The Kingdom of Thailand
State Railway of Thailand (SRT)

# The Kingdom of Thailand
# Data Collection Survey
# on Railway Electrification
# in the Kingdom of Thailand
# โครงการสำรวจรวบรวมข้อมูลการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในราชอาณาจักรไทย

## Final Report

February 2022

Japan International Cooperation Agency
(JICA)

Japan International Consultants for Transportation Co., Ltd.
Oriental Consultants Global Co., Ltd.

| TI |
| --- |
| JR |
| 22-001 |

# Data Collection Survey on Railway Electrification in the Kingdom of Thailand

Final Report

(Summary)

February 2022

Japan International Consultants for Transportation Co., Ltd.

Oriental Consultants Global Co., Ltd.

# Abbreviations

| Abbreviation | English |
|---|---|
| AC | Alternating Current |
| ADB | Asian Development Bank |
| AR | Augmented Reality |
| BCG | Bio-Circular-Green |
| B-DL | Battery Diesel Locomotive |
| B-DMU | Battery Diesel Multiple Unit |
| BEM | Bangkok Expressway & Metro |
| B-EMU | Battery Electric Multiple Unit |
| B-MU | Battery Multiple Unit |
| BS Grand sta. | Bang Sue Grand Station |
| CBI | Climate Bond Initiative |
| CBM | Condition Based Maintenance |
| CCUS | Carbon Dioxide Capture, Utilization and Storage |
| DC | Direct Current |
| DEL | Diesel Electric Locomotive |
| DL | Diesel Locomotive |
| DMU | Diesel Multiple Unit |
| DRT | Department of Rail Transport |
| EEC | East Economic Corridor |
| EIRR | Equity Internal Rate of Return |
| EL | Electric Locomotive |
| E&M | Electrical & Mechanical |
| EMU | Electric Multiple Unit |
| EV | Electric Vehicle |
| FC | Freight Car |
| FIRR | Financial Internal Rate of Return |
| F/S | Feasibility Study |
| GDP | Gross Domestic Product |
| GPS | Global Positioning System |
| GRP | Gross Regional Product |
| Hydrogen-FCEU | Hydrogen-Fuel Cell Electric Unit |
| ICD | Inland Container Depot |
| JBIC | Japan Bank for International Cooperation |
| JICA | Japan International Cooperation Agency |

| | |
|---|---|
| JOIN | Japan Overseas Infrastructure Investment Corporation for Transport & Urban Development |
| JR | Japan Railway Companies |
| JST | JICA Study Team |
| KPI | Key Performance Indicator |
| KTM | Keretapi Tanah Melayu |
| LD | Long Distance Train |
| MaaS | Mobility as a Service |
| MG | Meter Gauge |
| M-MAP | Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region |
| MOT | Ministry of Transport |
| NESDC | Office of the National Economic and Social Development Council |
| OCS | Overhead Catenary System |
| O&M | Operation & Maintenance |
| PC | Passenger Car |
| PDMO | Public Debt Management Office |
| PM | Particulate Matter |
| PMSM | Permanent Magnet Synchronous Motor |
| PPP | Public-Private Partnership |
| PSO | Public Service Obligation |
| SiC | Silicon Carbide |
| SRT | State Railway of Thailand |
| toe | tonne of oil equivalent |
| THB | Thai Baht |
| VR | Virtual Reality |
| 4D1E | Digitalization, Decarbonization, Decentralization, Deregulation, Electrification |
| SRT-Elect-F/S | Feasibility Study of SRT Electrification 4 Lines Project in September 2016 |

# Contents

Chapter1 Introduction ..... 1-1
1.1 Outline and Purpose of the Survey ..... 1-1
1.1.1 Background of the Survey ..... 1-1
1.1.2 Purpose and Scope ..... 1-1
1.1.3 Composition of the report ..... 1-2
Chapter2 Review of the Current Situation in Thailand and SRT ..... 2-1
2.1 Geography ..... 2-1
2.1.1 Energy Environment ..... 2-1
2.2 SRT Issues ..... 2-3
Chapter3 Electrification Plan ..... 3-1
3.1 Long Term Scenario (Based on SRT-Elect-F/S) ..... 3-1
3.2 Issues to be considered in the SRT Railway Electrification Plan ..... 3-3
3.2.1 Electrification by Distance and by Corridor ..... 3-3
3.2.2 Budget ..... 3-5
Chapter4 Smoke Exhaust Problem at BS Grand sta. ..... 4-1
4.1 Background and Structure of BS Grand sta. ..... 4-1
4.2 Countermeasures for SRT and JST ..... 4-2
4.3 Analysis of the Existing Ventilation Equipment and Countermeasures ..... 4-2
Chapter5 JICA's proposal for possible cooperation in the field of railway electrification planning ..... 5-1
5.1 New Technology for Rolling Stock ..... 5-1
5.1.1 B-EMU ..... 5-1
5.1.2 B-DMU ..... 5-2
5.1.3 Bi-mode train ..... 5-3
5.1.4 EMU ..... 5-4
5.1.5 Hydrogen-FCEU ..... 5-5
5.1.6 Hybrid shunting locomotives ..... 5-6
5.1.7 New Technology Considerations ..... 5-7
5.2 Analysis on Short Term Electrification Plan ..... 5-11
5.2.1 Analysis on Short Term Electrification Plan ..... 5-11
5.2.2 Freight Transport and GHG Emission Reduction ..... 5-14
5.3 Framework for Future Cooperation ..... 5-15
5.3.1 SRT Electrification Master Plan ..... 5-15
5.4 Cost Review ..... 5-18
5.5 Electrification Projects ..... 5-20
Chapter6 Ideas for implementing JICA projects ..... 6-1

6.1 Possibility of participation of Japanese companies ..... 6-1
6.1.1 Possibility of Market Entry ..... 6-1
6.1.2 Japanese Technologies ..... 6-1
6.1.3 Challenges ..... 6-2
6.2 Proposal of JICA's follow-up support plan ..... 6-3
6.2.1 Red Line Commuter Projects and North Extension ..... 6-4
6.2.2 Private Sector Investment Finance ..... 6-4
6.2.3 Capacity Enhancement of SRT Training Center ..... 6-5
6.2.4 R&D of New Technologies (such as Hybrid Trains) ..... 6-6
6.2.5 Electrification of Freight Corridor ..... 6-7
6.2.6 Prospects of Local Production ..... 6-7
6.3 Summary of Discussions with Other Stakeholders ..... 6-8
6.3.1 ADB ..... 6-8
Chapter7 Conclusion ..... 7-1
7.1 Conclusion ..... 7-1
7.1.1 Method to Proceed with Electrification according to the Original Study Plan ..... 7-1
7.1.2 Short-distance electric railway plans using new technologies, and JICA project implementation ideas ..... 7-2
7.1.3 Summary of smoke exhaust problems at BS Grand sta. ..... 7-4
7.2 Acknowledgment ..... 7-5

# Contents of Figures

Figure. 2.2-1 Vacancies of SRT Officers and Employees ..... 2-4
Figure. 2.2-2 Breakdown of SRT Officers and Employees as of September 2021 ..... 2-4
Figure. 2.2-3 Age Structure of SRT Officers ..... 2-4
Figure. 3.1-1 Long-Term scenario electrification route map ..... 3-1
Figure. 3.2-1 Electrification Plan by Distance from Bangkok ..... 3-4
Figure. 4.1-1 Cross Section of BS Grand sta. ..... 4-1
Figure. 4.3-1 Smoke exhaust / intake equipment ..... 4-3
Figure. 4.3-2 Ventilation volume and blower capacity ..... 4-3
Figure. 4.3-3 Intake and louver above the track ..... 4-5
Figure. 4.3-4 Proposed hood shape and DL chimney ..... 4-6
Figure. 5.2-1 Short-Term scenario route map ..... 5-12
Figure. 5.3-1 Example of how to Use the North Line and Northeast Line by Rolling Stock Type ..... 5-16
Figure. 5.5-1 Electrification Promotion Program ..... 5-22

# Contents of Tables

Table. 2.2-1 Average Operating Distance by Driver in Comparison with Other Countries ..... 2-5
Table. 3.1-1 New socio-economic input from NESDC estimates (2019) ..... 3-2
Table. 3.1-2 Long-Term scenario preconditions ..... 3-2
Table. 3.1-3 Long-Term scenario analysis result ..... 3-3
Table. 4.2-1 Countermeasures for SRT and JST ..... 4-2
Table. 5.1-1 B-EMU in Japan ..... 5-2
Table. 5.1-2 B-DMU in Japan ..... 5-3
Table. 5.1-3 Bi-mode Train Class 802 ..... 5-4
Table. 5.1-4 EMU E235 Type ..... 5-5
Table. 5.1-5 Hydrogen-FCEU FV-E991 Type ..... 5-6
Table. 5.1-6 Hybrid Shunting Locomotive ..... 5-7
Table. 5.1-7 Evaluation of new technologies ..... 5-11
Table. 5.2-1 Short-Term scenario preconditions ..... 5-13
Table. 5.2-2 Short-Term scenario analysis result ..... 5-14
Table. 5.4-1 Cost for Short Scenario ..... 5-18
Table. 5.4-2 Comparison of the Cost of Power per 1 km ..... 5-19
Table. 5.4-3 Comparison of Track Length per Substation ..... 5-20

Table. 5.4-4 Cost of Power Works at Depot ..... 5-20
Table. 5.5-1 Preliminary List of Electrification Projects ..... 5-21
Table. 5.5-2 Comparisons – Original Plan in FS and Proposal under this Study ..... 5-22
Table. 6.1-1 Preliminary Ideas for Project Implementation ..... 6-1
Table. 6.2-1 Preliminary Ideas for Project Implementation ..... 6-3

# Chapter1 **Introduction**

## 1.1 Outline and Purpose of the Survey

### 1.1.1 Background of the Survey

The development of electrified railways in Thailand is underway in the Bangkok Metropolitan Area with a planned length of 503 km, covering a population of about 5.13 million by 2029, in the M-MAP. On the other hand, State Railway of Thailand (SRT) has a route network that exceeds 4,041 km (SRT data as of May 2020), and all are operated by diesel locomotives (DL) and diesel railcars (DMU) powered by internal combustion engines. SRT is scheduled to replace DL and DMU as they have been in service for 30 to 50 years. Therefore, SRT conducted the SRT-Elect-F/S (Feasibility Study of SRT Electrification 4 Lines Project in September 2016) and worked on the electrification plan.

### 1.1.2 Purpose and Scope

#### (1) Railway electrification plan

The purpose of this survey is to organize and review the current status of railway electrification plans throughout Thailand, and to examine and organize the possibility of Japan International Cooperation Agency's (JICA) cooperation in this plan. Based on the existing urban planning, urban transportation and energy planning policies and equipment renewal plans of the Thai government, SRT, etc., the current situation, issues and related parties in the railway field throughout Thailand will be comprehensively examined, and the ideal railway electrification will be considered. In addition, a survey will be conducted to collect information that will contribute to future commercialization through loan aid (JPY loan, overseas investment and loan), and the possibility of technical cooperation, and cooperation by JICA, will be examined.

#### (2) BS Grand sta. smoke exhaust problem

In December 2021, it was announced that the long-distance express trains of DL and DMU operated by SRT would be consolidated at Bang Sue Grand Station (BS Grand Sta.) but due to the limited smoke exhaust capacity of the station, there is an urgent need to formulate a short-term response policy, in addition to formulating a medium- to long-term electrification plan.

Based on this background, this survey will review the non-electrified route operation plan by SRT and propose short-term countermeasures for the smoke emission problem of the station.

### 1.1.3 Composition of the report

This report consists of seven chapters.

In Chapter 2, the study team confirmed the current situation of Thailand and SRT by field surveys and extracted issues.

In Chapter 3, the study team reviews the electrification plan reported in the SRT-Elect-F/S, reviews the demand forecast, confirms the electrification priority route, and proposes the ideal future electrification plan.

On the other hand, exhaust from DMU/DL to the platform of BS Grand Sta. would be a problem, therefore SRT requested the study team to consider for improvement measures. The study team researched current measures under consideration by SRT, and comparison with the proposal of our study team is described in Chapter 4.

After visiting Thailand for discussion, it was confirmed that the policy stance of SRT was changed to the following:

(1) Request a budget to purchase 50 DLs and 400 DMUs for the time being, not on the premise of electrification of long-distance trains.

(2) However, the (electric) extension work of the Red Line will continue.

In response to the above, the study team proposed transportation improvements to short-distance sections in the short term, including the introduction of new rolling stock technologies in Japan in Chapter 5. Specifically, the JICA study team (JST) made a proposal for Battery Electrical Multiple Unit (B-EMU) operation in the section of about 140 km from Bangkok on the North Line after conducting a demand forecast and financial analysis. As the next step, JST also proposed a feasibility study for electric railways considering the number of trains and the characteristics of the lines.

In addition, based on the information gained from this visit to SRT, the introduction of an improvement plan for the training center, which contains the framework for SRT's rolling stock development plan and training of R&D engineers, is considered.

Chapter 6 introduces the superiority of Japanese technology and describes the extension of the Red Line to the north as a possibility for participation by Japanese companies.

JICA project implementation ideas are described, considering future commercialization through loan aid (JPY loan, overseas investment and loan), and technical cooperation, and cooperation including other international organization.

# Chapter2 Review of the Current Situation in Thailand and SRT

## 2.1 Geography

Thailand is located between 5 to 20 degrees north latitude and 97.5 to 105.5 degrees east longitude, with a time difference of 2 hours from Japan and 5 hours from European Standard Time (daylight saving time), and attracts many European tourists. The country is divided into the southern peninsula region, the Mekong river basin including the Korat region, and the Chao Phraya river basin, which flows into the sea through the capital, Bangkok. The Phetchabun Mountains are the watershed between the above two basins, and the railway runs to the lower part, but there is a slope of 16 ‰.

The highest point in the country is Mt. Inthanon near Chiang Mai, which is 2,565 m high. The road leading to neighboring Mawlamyaine in Myanmar also passes through a point at an altitude of 700 m. There are active faults in this area which lies at the southern end of the Alpine-Himalayan orogenic belt, and although there are earthquakes the risk is small. The Andaman Sea side of the peninsula is susceptible to tsunami.

Most regions have the Asian monsoon climate, with a dry season from November to April and a rainy season from May to October, with floods at the end of the rainy season. Unlike Japan, the rainy season is characterized by a slow start and a long inundation period. The annual rainfall in Bangkok is 1,200 mm, and the average monthly temperature is 25.5–31°C.

### 2.1.1 Energy Environment

#### (1) Energy consumption and production

**① Energy production**

Energy production in Thailand comes from natural gas (about 60%), coal and lignite (18%), imports (12%) and renewable energy (9%). The country's power development plan puts particular focus on reducing reliance on natural gas. The plan aims to maintain the same power production capacity target of 77,211 MW in 2037, with additional capacity from new projects (56,431 MW) and reductions from the retirement of outdated power plants (25,310 MW).

**② Energy Consumption**

In 2020, total energy consumption in Thailand was 77,340 ktoe, of which the majority was for commercial use, amounting to 66,821 ktoe (86.40% of the total). The transport sector accounted for the largest share of final energy consumption, at around 38.40%. Energy production in 2020 was 65,821 ktoe, over 60% of which was commercial energies such as from crude oil and natural gas.

### (2) Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy

According to Thailand's Long-term Low Greenhouse Gas Emission Strategy (LEDS) goals of becoming carbon neutral in 2065–2070 and under the National Energy Plan (NEP 2022), the transport sector needs to increase the energy efficiency to 68% of total final energy consumption in 2050.

### (3) 20-Year National Strategy (2018-2037)

Under 20-Year National Strategy (2018–2037), the Ministry of Transport has formulated a 20-year transport system development strategy (2018–2037), focusing on infrastructure development to build competitiveness. Improve quality of life and environmentally friendly and set the rail system to be the axis of the country's travel and transportation.

### (4) National Energy Plan 2022

The Government prepared the "National Energy Plan 2022" under the Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy. EV 30@30, which sets targets for EVs according to the 30@30 policy and supporting infrastructure, and 4D1E, which means Digitalization, Decarbonization, Decentralization, Deregulation, Electrification, are relevant to the electrification of SRT.

### (5) BCG Economy & Green Growth Strategy

The Ministry of Environment, which is appointed as the focal point, prepared "BCG (Bio, Circular, Green) Economy & Green Growth Strategy." Its relevance to the transport sector includes promoting the use of EV technology to reduce emissions, and promoting the manufacture of electric vehicles and parts.

### (6) SRT's Environmental Target

SRT's environmental target is an integral part of the 20-year action plan (2020–2040):

- 2020–2025: Promote core businesses through rehabilitation and infrastructure development.
- 2025–2030: Shift to an energy-saving and eco-friendly transportation system.
- 2030–2035: Save energy by over 50% by the eco-friendly transportation system (compared to 2020 level).
- 2030–2035: Save energy by over 90% by the eco-friendly transportation system (compared to 2020 level).

### (7) Consistency with government policies

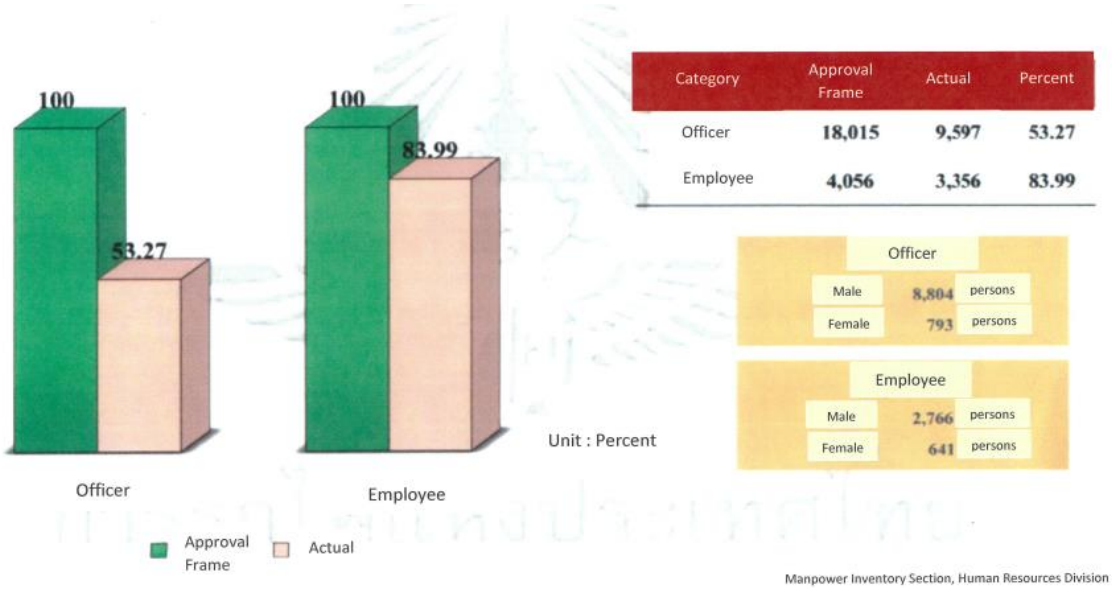
The team recognizes that SRT electrification is closely aligned with the policy of the

government, goals and objectives, and SRT's action plans. The Government aims to reduce the environmental burden through research and development and industry localization. The promotion of local production of EMU as well as the development of new technologies such as B-EMU will ensure consistency with the policy. Among the keywords under 4D1E, decarbonization and decentralization are highly relevant to the electrification project.

## 2.2 SRT Issues

### (1) SRT personnel status and issues

According to the staff list as of December 2019 provided by SRT, there are only 9,597 full-time employees (officers[1]), compared to a capacity of 18,015. There are vacancies for 8,418 employees, probably because the government restricts labor costs for SRT. Contract employees (employees[2]) are used to fill these vacancies. The required number of contract employees is 4,056, and the number is currently 3,356. Contract employees can be promoted to regular employees.




Source: SRT

[1] Regular employees are translated in the order of literal translation, SRT personnel department materials, SRT Rolling Stock maintenance department materials, as regular employees-office-staff.

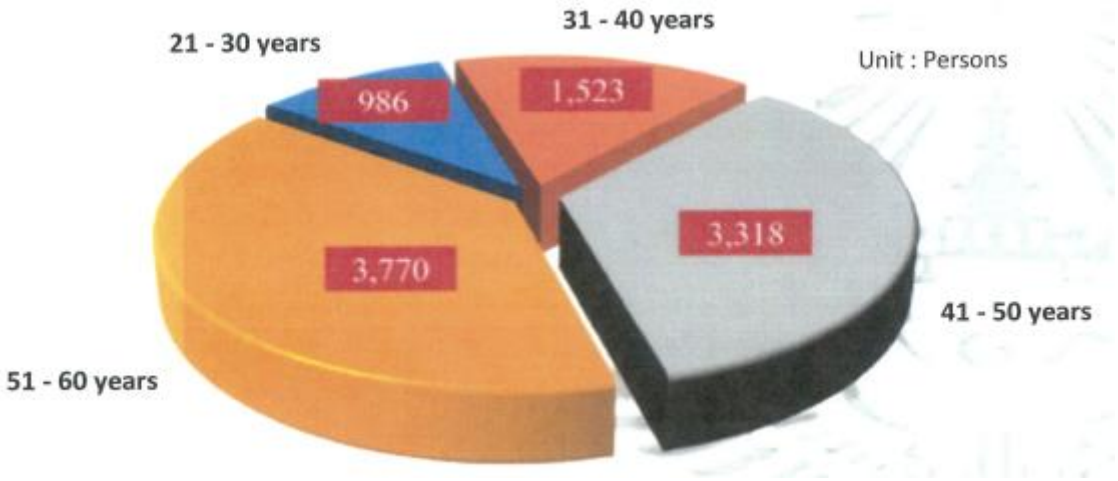
[2] On the other hand, contract employees include special-purpose employees, employees (specific task employees), and maintenance crew, and account for two-thirds in the Bang Sue Vehicle depot.

**Figure. 2.2-1 V**acancies of SRT Officers and Employees

| Business Cluster | Frame | Actual |
|---|---|---|
| Directly under the Governor | 272 | 171 |
| Strategy | 320 | 212 |
| Administration | 851 | 341 |
| Infrastructure | 4,460 | 2,406 |
| Electrified Rail Management | 744 | 533 |
| Traffic Business Cluster | 7,893 | 4,982 |
| Locomotive and Rolling Stock Business Cluster | 6,920 | 4,240 |
| Property Management Business Cluster | 197 | 119 |

Source: SRT

**Figure. 2.2-2 Breakdown of SRT Officers and Employees as of September 2021**




Source: SRT

**Figure. 2.2-3 Age Structure of SRT Officers**

Fig. 2.2-3 shows the age structure of regular employees by age group. Those aged 51 and over account for the largest proportion at 40%. The government is curbing new hires due to retirees; if nothing is done, there will be 3,770 retirees over the next 10 years, and the number of regular employees will decrease.

**Table. 2.2-1 Average Operating Distance by Driver in Comparison with Other Countries**

| | Train-km/year in thousand | Driver in person | Average train-km per a driver in thousand train-km/driver |
|---|---|---|---|
| Thailand SRT | 32,453 | 2,500[3] | 13.1 |
| Malaysia KTM | 14,771 | 759 | 19.5 |
| East Japan Railway | 268.046 | 7,816 | 34.3 |

Source; JST based on UIC and SRT statistics

According to table 2.2-1, SRT always has an assistant driver on board, so the annual train operating kilometers per driver is 13,100 km, which is small compared to JR East and Malaysia. Actually, each SRT driver or assistant driver operates 26,200 km because each train has two crew members.

**① Summary of personnel issues**

It is considered that more personnel will be needed due to the increase in transportation capacity. The number of personnel is permanently insufficient, and in the near future, it may not be possible to provide the required transportation.

In Japan, even before privatization, JNR had been rationalizing, outsourcing, and mechanizing to deal with the shortage of personnel and the increase in transportation capacity, and has been improving conditions for staff by increasing the allowance and improving the working environment. These actions were accepted by JNR staff. For example, the working environment of EMU is better than that of DL and DMU.

### (2) Passenger train network

It seems that SRT does not intend to change the system mainly for long-distance night trains even after double-tracking and the opening of high-speed rail (HSR). However, the passenger option base will also change as the GRP increases.

After electrification, limited express trains on daytime conventional lines were arranged, with high-performance trains such as acceleration/deceleration and higher speed, and the frequency was increased, which contributed to the increase in the number of passengers.

After the inauguration of HSR, daytime limited express trains on parallel conventional lines were almost abolished, and limited express trains for transit were increased from the HSR terminal station of HSR. Also, the number of regular trains as a feeder service from HSR station was increased.

---

[3] Including Assistant driver by SRT hearing.

Source; JST based on UIC statistics in 2013

### (3) Increase in freight transportation capacity

SRT is considering the two issues of strengthening the Thailand-Laos-China corridor, and economic growth in Thailand. It is also proceeding with double-tracking simultaneously. As a result, the need to increase the capacity of freight transportation is gradually increasing.

SRT needs to make efforts to clearly indicate the arrival time of containers even in the event of an accident or disaster, as JR Freight did immediately after privatization. Furthermore, it is good that the rolling stock depot between Lat Krabang and Laem Chabang is being maintained while minimizing vehicle breakdowns.

### (4) Procurement of vehicles for the project

Infrastructure such as civil engineering and electricity is being implemented with the government budget. Procurement of vehicles is being covered by SRT budget, but timely and appropriate measures are desired.

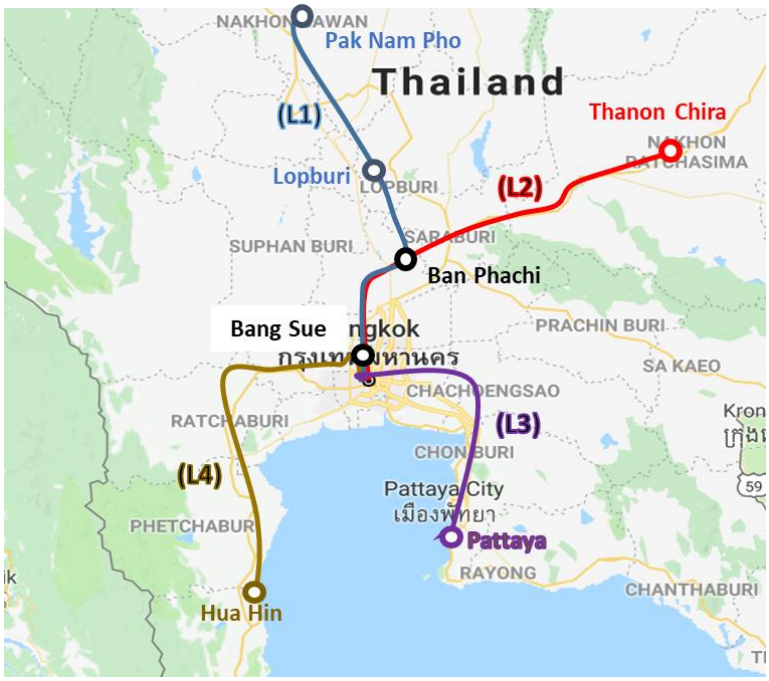
### (5) Measures for the new Rail Transport Act

The Rail Transport Act is expected to be enacted in the next fiscal year, which will allow trains to be operated by other companies using SRT infrastructure. It is necessary to consider drafting a contract for new entrants, such as for vehicle inspection, fuel supply, and handling in the event of problems.

# Chapter3 **Electrification Plan**

## 3.1 Long Term Scenario (Based on SRT-Elect-F/S)

In Long Term Scenario, the demand forecast, economic, and financial analysis will be conducted based on the plan, route, condition, and settings assumed in SRT-Elect-F/S. However, the following new assumption will be added/updated to the analysis. First, instead of the opening year of 2022, the opening year will be shifted 10 years later to 2032 in this study. Second, due to the rapid change in socio-economic conditions in Thailand, especially population growth, the socio-economic will be updated based on the estimation from NESDC in 2019. Third, since the income from freight transport was not considered in SRT-Elect-F/S, JST assumes the 52% of passenger revenue as freight revenue and adds this to the financial analysis. The route map of the Long Term Scenario is shown in the figure below.




Source: JST

**Figure. 3.1-1 Long-Term scenario electrification route map**

In practice, the LD train which runs beyond Pak Nam Pho, Thanon Chira, Hua Hin, and Pattaya will require to switch from EL to DL. Based on the discussion with SRT staff, currently, a maximum of 15 minutes is required to switch between DL and DL. However, the switching time was not included in the demand forecast model in SRT-Elect-F/S. In order to secure consistency with the result from SRT-Elect-F/S, analysis in this study will also exclude the time and cost from locomotive switching.

It should be noted that the breakeven point for electrification of 80 trains/day was suggested by JICA in 2019. Therefore, JST considers the sections beyond Pak Nam Pho, Thanon Chira, Hua Hin, and Pattaya not feasible for the electrification based on the current condition. However, electrification could be feasible if there is a rise in demand in the future. Also, branch lines such as Mae Klong line and Kanchanaburi are not considered for the same reason.

**Table. 3.1-1 New socio-economic input from NESDC estimates (2019)**

| Year | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 | 2047 |
|---|---|---|---|---|---|
| GDP (billion baht) | 11,108.7 | 12,329.7 | 13,552.4 | 14,774.3 | 15,995.7 |
| Population (1,000person) | 69,382 | 69,735 | 69,362 | 68,738 | 68,506 |

Source: NESDC Estimates, 2019

**Table. 3.1-2 Long-Term scenario preconditions**

| Scenario | L1 | L2 | L3 | L4 |
|---|---|---|---|---|
| Line | North | Northeast | East | South |
| Electrification Section | Bang Sue-Ban Phachi-Pak Nam Pho | Bang Sue-Ban Phachi-Thanon Chira | Bang Sue-Pattaya | Bang Sue -Hua Hin |
| Base Year | 2032 (BE 2575) (same input as 2022 in SRT-Elect-F/S, except socio-economic data) | | | |
| Socio-Economic Data | Updated values from NESDC | | | |
| Battery Train Section | N/A | | | |
| Timetable/Frequency | Same as SRT-Elect-F/S | | | |

Source: JST

Analysis result for long-term scenario are given below.

**Table. 3.1-3 Long-Term scenario analysis result**

| Scenario Comparison | | L1 (North) | L2 (NE) | L3 (East) | L4 (South) |
|---|---|---|---|---|---|
| EIRR | | 10.76% | 15.97% | 13.60% | 15.21% |
| FIRR | | 2.88% | 7.86% | 5.40% | 1.07% |
| Passenger demand (Pax/Day Line load) | 2032 | 33,400 | 69,600 | 20,400 | 45,819 |
| | 2037 | 37,838 | 77,500 | 23,851 | 51,311 |
| | 2042 | 41,792 | 81,854 | 26,588 | 56,263 |
| | 2047 | 46,069 | 88,572 | 29,801 | 61,575 |
| | Line load Section | Ban Takhli-Pak Nam Pho | Mab Kabao–Thanon Chira | Chacheongsao - Sriracha | Nong Pla Duk -Hua Hin |
| Annual Emission Reduction (Ton-$CO_2$) | | 2,384 | 2,156 | 891 | 1,822 |

Source: JST

The result of the highest investment priority section is the same as shown in SRT-Elect-F/S, where the Northeast line shows the best evaluation result. The South Line can be determined as the second-best in the long-term scenario.

## 3.2 Issues to be considered in the SRT Railway Electrification Plan

As described in figure. 3.2-1, the electrification of SRT lines in the F/S covers a radius of 200–250 km from the center of Bangkok. In response to the result of the F/S, NESDC pointed out that the entire plan for electrification should be presented. Therefore, this section examines the prospects for electrification.

### 3.2.1 Electrification by Distance and by Corridor

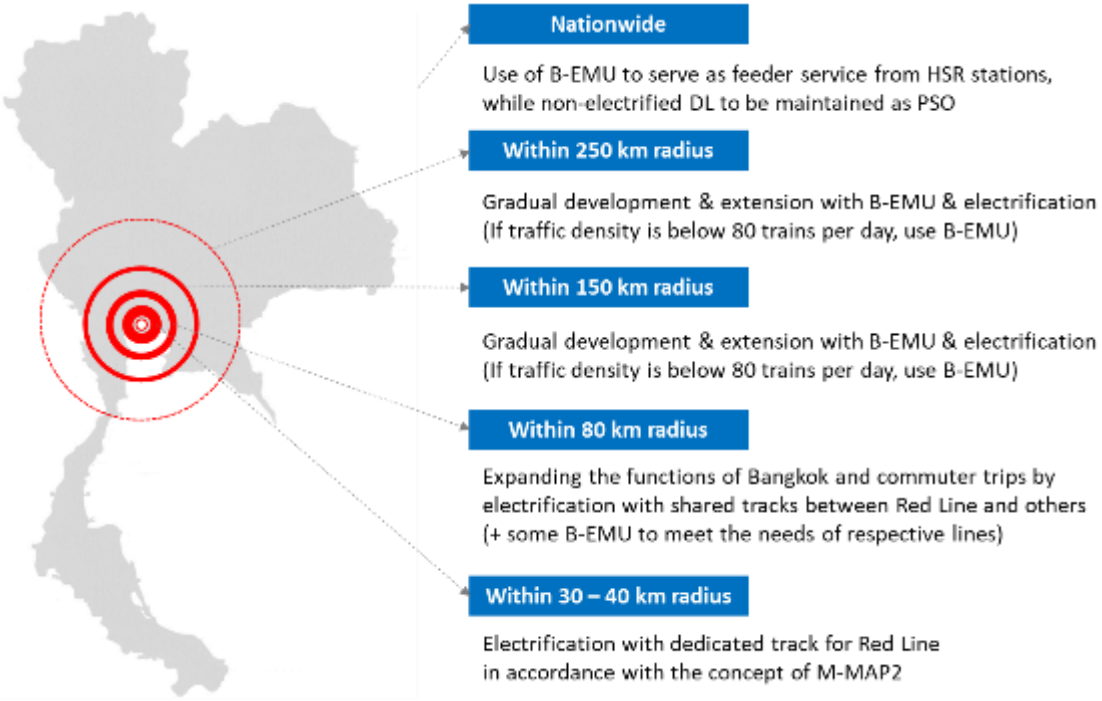
#### (1) Electrification plan by distance

The figure below shows the concept of railway electrification by distance from the center of Bangkok.

- **Within 30-40km:** Railway should be electrified with dedicated track for the Red Line.
- **Within 80km:** As the largest commuting distance, electrification should be made with shared tracks between the Red Line and others (+ provision of some B-EMUs to meet the needs of respective lines in accordance with the electrification criterion of 80 trains per

day).

- **Within 150km and 250km:** Gradual development and extension with B-EMU; electrification should be made (if traffic density is below 80 trains per day, B-EMU should be selected).
- **Beyond 250km:** Electrification is no longer feasible as the traffic density is unlikely to exceed 80 trains per day.




Source: JST

**Figure. 3.2-1 Electrification Plan by Distance from Bangkok**

### (2) Electrification plan by corridor

#### ① Greater Bangkok Region (within 30–40 km) and suburban lines (within 80 km)

**North Line:** As part of the Red Line commuter projects, the North Line is being prepared for implementation. In addition to the Rangsit – Thammasat section of the Red Line commuter project, electrification should continue to Ban Phachi to provide commuter services to the end of the suburban line.

**East Line:** It is assumed that the East Line will continue to function as the test track for new technologies instead of electrification.

**West / South Line:** As part of the Red Line commuter projects, electrification from Taling Chan to the east up to Salaya is being prepared. The plan includes the further electrification of Salaya – Nakhon Pathom.

**Mae Klong Line:** One idea is to provide tourist trains with B-EMU for the tourists visiting

Maha Chai Market and Mae Klong Railway Market.

**② North and Northeast Lines (within 250 km)**

Beyond the suburban lines, the northern and north-eastern directions are selected as priority corridors. The Team suggested ordinary electrification for the North and Northeast Lines, with B-EMU trains to supplement the functions.

**③ Nationwide (beyond 250 km)**

No electrification beyond a 250 km radius should be assumed, as the traffic density is unlikely to exceed the criterion (80 trains per day) and investment in electrification is not really feasible. Instead, B-EMU may be used for feeder services from the hub HSR stations. Meanwhile, non-electrified DL should be maintained as a public service obligation (PSO) for socially vulnerable segments of the population.

**④ Freight trains**

Freight transportation in Thailand is concentrated in the Lat Krakbang ICD – Laem Chabang section, with very little in other areas. Therefore, the section is the highest priority for electrification.

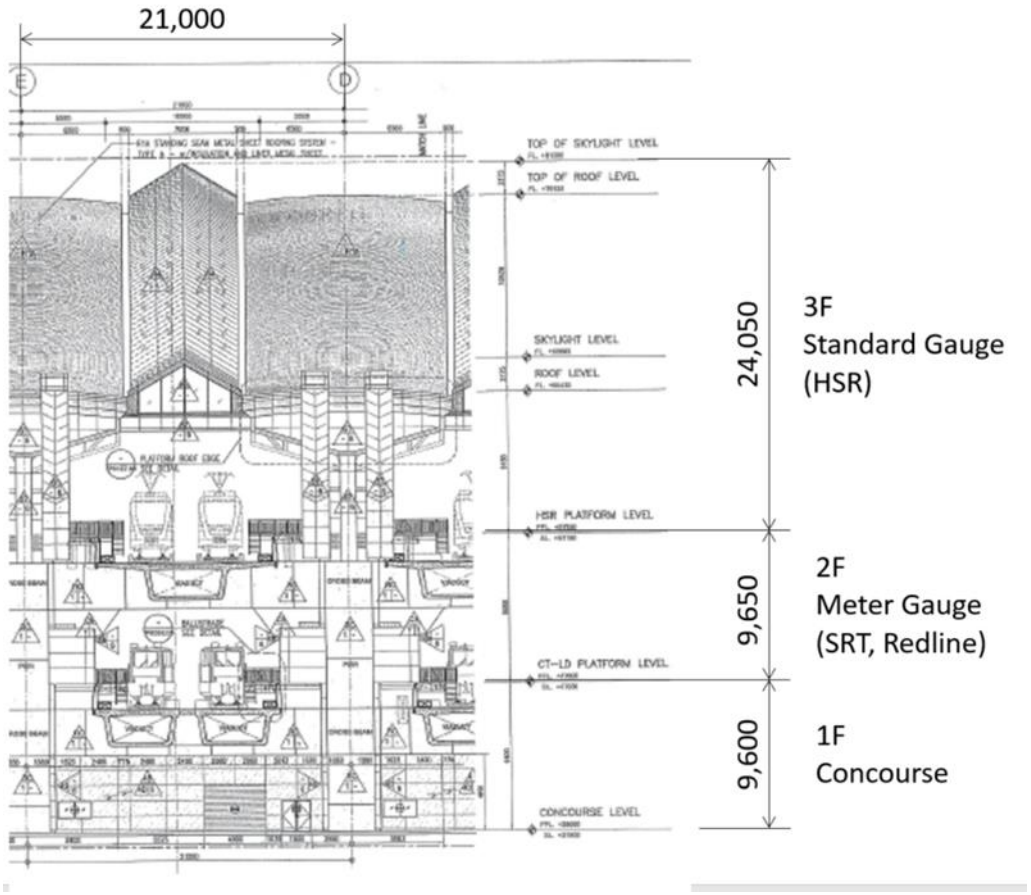
### 3.2.2 Budget

Feasibility Study on SRT electrification (2016) estimated that the total investment cost for the entire projects is estimated as THB 100 billion, which accounts for 14% of the total amount of 5 year investment plan.

The public debt to GDP ratio increased to 59.58% in November 2021, nearly reaching the limit of 60% controlled by PDMO. According to PDMO, SRT's accumulated debt is about THB 200 billion (JPY 690 billion), requiring substantial improvement of its financial condition. Under such circumstances, NESDC suggested to focus on the priority corridor, instead of electrifying all four directions.

# Chapter4 **Smoke Exhaust Problem at BS Grand sta.**

## 4.1 Background and Structure of BS Grand sta.




Source; JST from the materials provided by SRT

**Figure. 4.1-1 Cross Section of BS Grand sta.**

BS Grand sta. (Bang Sue Grand Station) is a new three-story building with a height of 43 m and was built as a new terminal in Bangkok. On the 2nd floor, there are tracks and platforms for the Red Line for suburban trains and platforms for long-distance trains. On the 3rd floor, there are also girders and platforms for high-speed railways. Because of the closed space, smoke exhaust from DLs and DMUs is a problem.

Both SRT and the study team individually examined countermeasures. However, the ceremony to commemorate the first long distance trains of DL/DMU entering the new station on December 23, 2021 was postponed. Since trains will enter in the future, JST prepares the following plans as described in Section 4.2.

## 4.2 Countermeasures for SRT and JST

SRT had also proposed the plan shown in Table 4.2-1; plan S1 "DL/DMU stands at the end of the platform" and plan M1 "Use battery locomotives or replace by EL" in the medium term. The JICA study team (JST) has already considered similar plans independently. JST examined the effectiveness of the current ventilation equipment at the request of SRT. JST then proposed plan S2 "to cover each intake with a hood" to grasp the leakage of DL/DMU exhaust. Furthermore, in order to suppress smoke emission, JST proposed plan S3 "DL/DMU throttle control".

**Table. 4.2-1 Countermeasures for SRT and JST**

| No. | Countermeasures | Problems | Cost | EPC Period | Gas Exhaust Effect |
|---|---|---|---|---|---|
| S1 | DL Position in either platform end. | Passengers must walk on platform in long distance. | Small | Short | Slightly good |
| S2 | Hood installation at intakes for exhausting smoke | It will interfere with the electrification work to some extent in the future | Slightly small | Slightly small | Good |
| S3 | Driving throttle manipulation | Skill training | Small | Short | Slightly good |
| S4 | DL Position to be outside without decoupling | Location of signaling block. Passengers must walk on platform and through the end passenger cars. | Fair | Fair | Good |
| S5 | After decoupling, DL stands outdoors. | Increased coupling and decoupling work. Power supply facility needed. | Fair | Fair | Good |
| M1 | Shunting battery cars or EL at Bang Sue area. | Procurement Cost is large. | Large | Long | Perfect |

S1=Short Term Measure 1 M1=Middle Term Measure 1 SRT's measure JST proposes
Source; JST

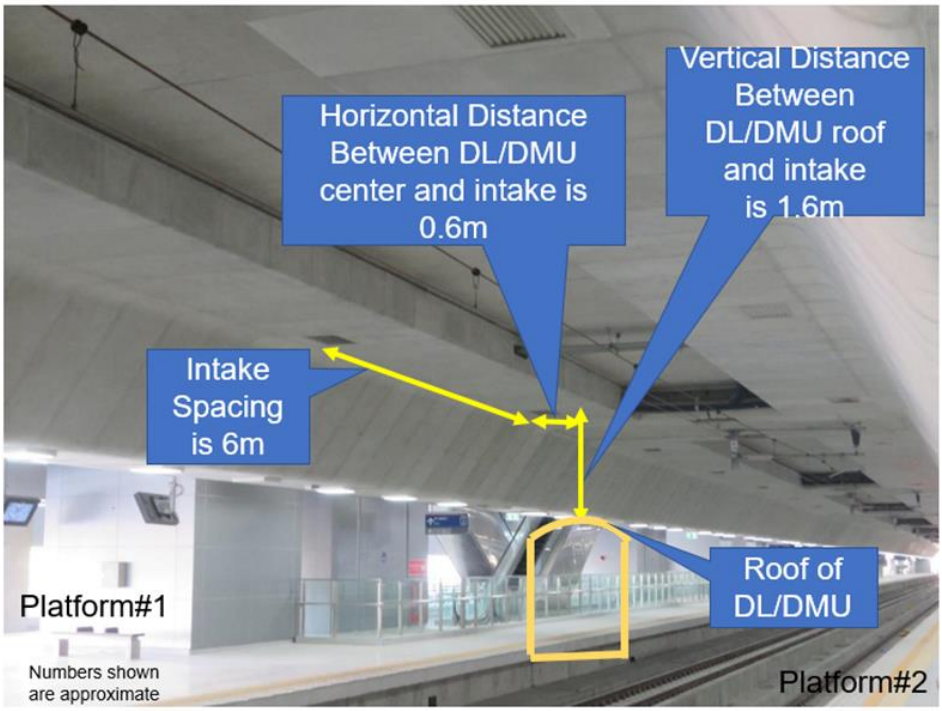
## 4.3 Analysis of the Existing Ventilation Equipment and Countermeasures

### (1) The purpose of this survey

The purpose of the survey is to analyze and propose an exhaust equipment and ventilation plan for BS Grand sta. provided from SRT in relation to plan S2 in Table 4.2-1.

### (2) Equipment Location

The main duct is installed along the platform. The intake port of the branch duct is above the track, and its center is located about 1.6 m in height and 1.6 m in the lateral direction from the center of DL/DMU as shown in Fig. 4.3-1.




Source: JST

**Figure. 4.3-1 Smoke exhaust / intake equipment**

### (3) Ventilation capacity of the duct

As shown below both main duct (blower) and branch duct (blower) have enough capacity.

**1.Checking Main Duct Capacity for Smoke Exhaust**

1) Room volume for one main duct (with 24 main blowers)
in 2nd Floor 209,484m³
209,484m³ = cross-sectional area of 414m2 × the total length of 506m
2) Replacement of Air in every 10 to 12 minutes.
3) Required Hourly Volume 209,484m³× 6 times (every 10 min/hour)= 1,258,942 m³ /h
4) Main blower capacity 51,000 m³ / h × 24 sets = 1,224,000 m³ /h
5) Main duct exhaust capacity 3)≒4) OK

**2.Checking Branch Duct Capacity for Smoke Exhaust**

1) Exhaust volume for Main DL Chimneys 178m³/min
2) Branch blower capacity 13,000 m³ / h ÷ 60min= 216m³/min
3) Branch duct exhaust capacity 1) < 2) OK

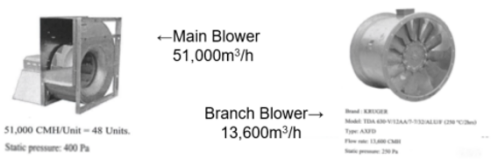



**Figure. 4.3-2 Ventilation volume and blower capacity**

In Figure 4.3-2, the static pressure value of 400 Pa[4] of the main blower seems to be the air volume under the condition of low resistance as the design value of the blower. In a general example, when the following static pressure reaches 1500 Pa, the air volume becomes about half.

**(4) Examination result**

The concept of the above ventilation volume calculation itself seems to be good. In addition, the specified value of the blower per set is not significantly different from the ventilation volume examined by JST, and so it is considered that the capacity of the blower itself is appropriate. 13,000 $m^3$/h (capacity of branch blower) ÷ 60 minutes = 216 $m^3$/min > 180 $m^3$/min (calculated by the survey team)

However, there are some concerns in terms of ventilating the exhaust smoke from the DL/DMU:

1. Since the concept of ventilation focuses on ventilating the entire amount of air, it seems that the so-called dense exhaust smoke at the chimney of DL/DMU cannot be absorbed and diffuses to some extent on the platform. It seems that ventilation will occur over time (10 to 20 minutes), but there is concern about whether it can be tolerated.
2. The area of the duct intake is small and the louver acts as a resistance, so the air volume inhaled may be smaller than the calculated value.

**(5) Our recommendation**

From the above examination results, it is listed that recommendations can be made to improve smoke absorption efficiency.

**① Checking the intake of the blower**

Measure the wind speed at the intake of the blower and confirm that the air volume is as calculated. The larger the resistance, the smaller the air volume.

**② Removing the louvers and installing hoods**

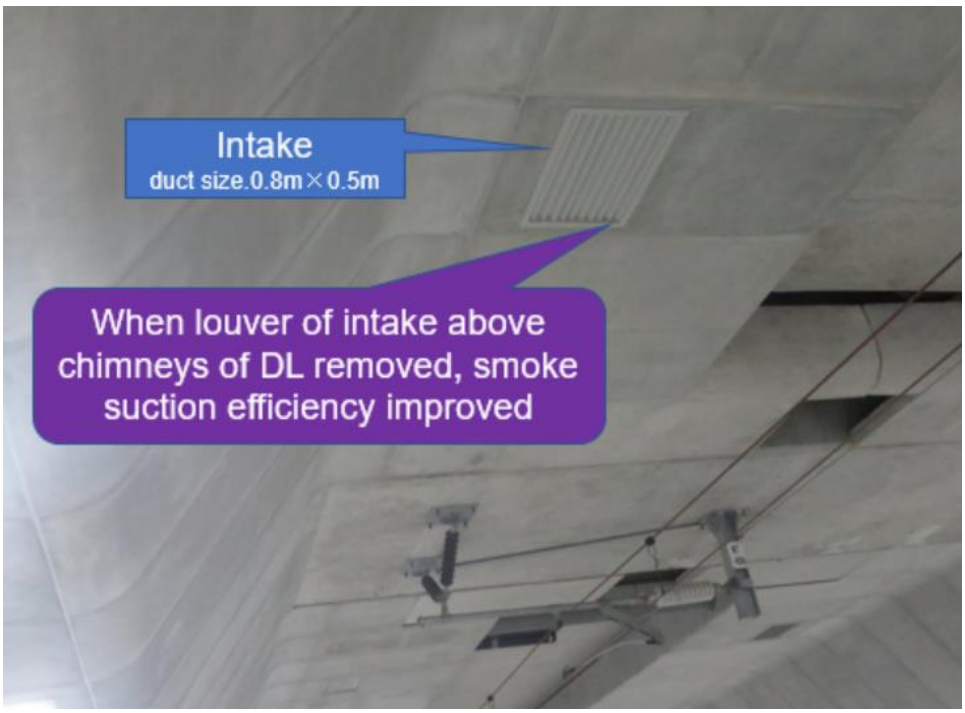
Since there is about 1.6 m between the roof of the DL/DMU and the intake, smoke leakage near the chimney may become a problem. To increase the effect, remove the louver at the intake near chimneys. Furthermore, if a hood (tapered intake) is attached, the effect will be further improved. In Figure 4.3-2 it is desirable to install the hood above the position of the

[4] The static pressure of the blower is the resistance of the blower, and the air volume decreases as the resistance increases.

DL/DMU chimneys, and since there are intakes every 6 m, the effect will be enhanced if they are in contact with each other. In principle, DL has two chimneys along the axis of the locomotive at intervals of 1 m to 3.5 m from the midpoint in the locomotive length direction. Since the position of the chimney differs depending on the model, the installation position should be considered. In the case of electrification work, removal work is required. The main locomotive stands at the end of the platform, but it is assumed that the wind from the outside will be taken into consideration. The shunting locomotive stops at the intermediate of the platform at 2nd floor of the station, so this measure is necessary for both types of locomotives.

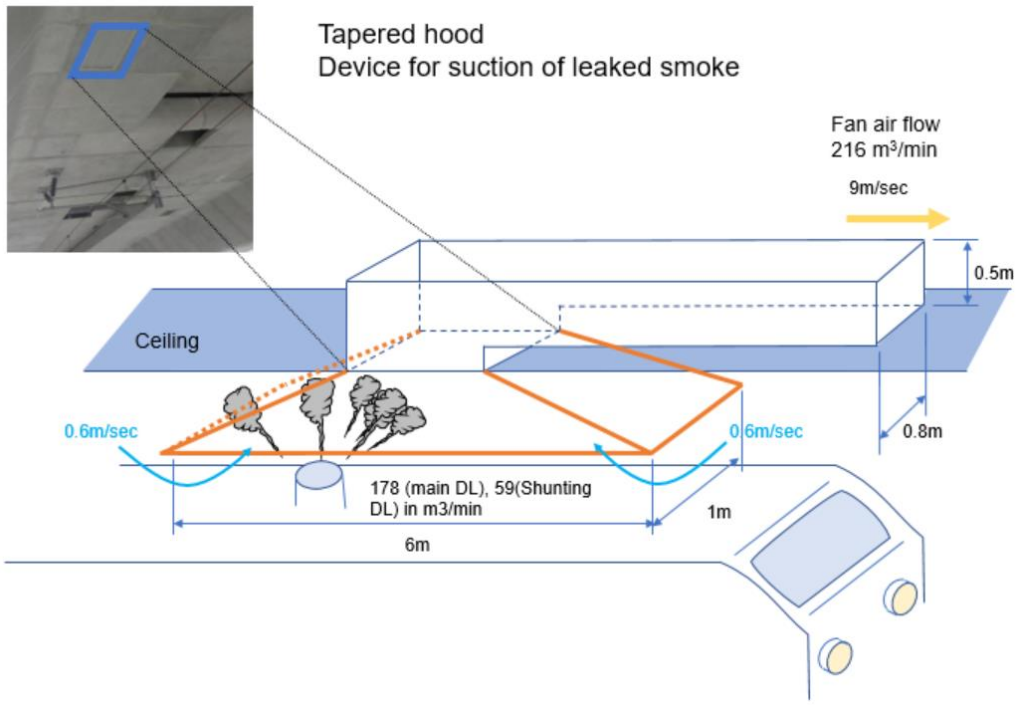
**③ Preventing intake**

In locations where DL/DMU do not pass usually, it is possible to increase the suction capacity near the chimney by closing the intakes that are not near the chimney when the DL stops.




Source: JST

**Figure. 4.3-3 Intake and louver above the track**




Source: JST

**Figure. 4.3-4 Proposed hood shape and DL chimney**

The amount of smoke exhausted shown in Fig. 4.3-4 is the maximum amount of the main/shunting locomotives.

**(7) Throttle control**

This applies to shunting locomotives and DMUs that stop at a relatively intermediate position along the platform, for which position throttle control is very effective. (Plan S3 in Table 4.2-1)

# Chapter5 **JICA's proposal for possible cooperation in the field of railway electrification planning**

## 5.1 New Technology for Rolling Stock

In January 2021, Thailand's Prime Minister Prayuth announced that the country would make Bio-Cycle-Green (BCG) a national strategic model, and interest in environmental considerations and carbon dioxide ($CO_2$) reduction has been growing.

B-DMU and B-EMU, are also being considered within SRT. Therefore, as an introduction to the new technology of Japanese rolling stock, JST introduces the B-DMU, which runs on both engine power and battery power as auxiliary power, and the B-EMU, which runs on battery power in non-electrified sections as a next-generation rolling stock powered by cleaner energy.

Bi-mode vehicles equipped with engines for non-electrified sections and equipment for running on electrified sections, the latest EMUs, and fuel cell vehicles that use hydrogen as their energy source are also introduced.

### 5.1.1 B-EMU

The B-EMU system is designed to run on electrified sections by raising the pantograph to obtain electric power, and on non-electrified sections by using the power of the batteries installed in the vehicle. The batteries are recharged in the electrified section, and at the terminus station are recharged with a quick recharging device in about 6 to 10 minutes.

Since B-EMU runs on battery power in non-electrified sections, there is no need to pay for the equipment required for electrification, and thus the cost can be reduced. However, the cost of the vehicle is higher than that of a normal train because the vehicle must be equipped with sufficient battery capacity to power the vehicle for several tens of kilometers. In terms of technology, the maximum battery range in Japan is 26.4 km, which limits the driving range. The current issue is to improve the performance of the batteries in order to drive longer distances. In addition, it is necessary to consider the configuration of vehicle equipment that can be used with meter gauges in Thailand and the development of a system that can efficiently control the vehicle by using the battery capacity. In terms of operation, it can run on non-electrified sections, although there are restrictions on the distance it can run, and it can also be used on electrified sections, just like regular trains, making it a highly versatile vehicle.

**Table. 5.1-1 B-EMU in Japan**

| Name | EV-E301Type (ACCUM) | EV-E801Type (ACCUM) | BEC-819 Type (DENCHA) |
|---|---|---|---|
| Type | DC overhead line type With battery | AC overhead line type With battery | AC overhead line type With battery |
| Railway operator | JR East | JR East | JR Kyushu |
| Manufacturer | Japan Transport Engineering Company | Hitachi, Ltd. | Hitachi, Ltd. |
| Travel section (Non-electrified section) | Karasuyama Line Hoshakuji – Karasuyama (20.4 km) | Oga Line Oiwake – Oga (26.4 km) | Chikuho main line Wakamatsu – Orio (10.8 km) |
| Introduction year | Year 2014 | Year 2017 | Year 2016 |
| Picture | | | |

Source: Revised by JST for JR East, JR Kyushu homepage and press

### 5.1.2 B-DMU

The B-DMU is equipped with an engine and battery, and runs on battery power when departing from the station, engine and battery power when accelerating, battery power when braking, and battery power when stopping to operate service equipment. It is a system that runs on a combination of engine power and battery power.

When the train stops or departs from a station, it uses battery power to reduce exhaust gas and noise, and since it generates electricity by combining engine and battery power, it can reduce fuel consumption by 10% to 30% compared to DMUs. The cost of the vehicle is higher than that of a normal train because it must be equipped with a battery. In terms of technology, it is necessary to consider the configuration of the vehicle equipment for meter gauge in Thailand and the development of a system for battery control according to the traveled section. From an environmental standpoint, since the train is powered by the engine, $CO_2$ emissions cannot be reduced to that extent, but since the train is powered by the battery when starting and stopping, it is expected to help prevent smoke emissions at BS Grand sta.

**Table. 5.1-2 B-DMU in Japan**

| Name | E200 Type | HB-E210 Type | HC 85 Type (In development) |
|---|---|---|---|
| Type | Engine + Battery | Engine + Battery | Engine + Battery |
| Railway operator | JR East | JR East | JR Central |
| Manufacturer | Japan Transport Engineering Company | Japan Transport Engineering Company | Nippon Sharyo, Ltd. |
| Travel section | Koumi Line | Senseki-Tohoku Line | Takayama Main Line/ Kisei Main Line |
| Introduction year | Year 2007 | Year 2015 | Year 2022-2023 (schedule) |
| Picture | | | |

Source: Revised by JST for JR East, JRC homepage and press

### 5.1.3 Bi-mode train

Bi-mode trains are equipped with both an engine to run on non-electrified sections and electrical equipment to run on electrified sections, and so can run on both sections.

Although the weight of the vehicle is heavier due to the engine and electrical equipment, the vehicle can run on electrified sections, making it more environmentally friendly than conventional DMUs that run on engines. The cost of the train is higher than that of a normal train because it has to be equipped to run on both non-electrified and electrified sections. In addition, maintenance costs and time for maintenance will also increase because the equipment must be maintained to run on both sections.

In terms of technology, although the rolling stock has a proven track record overseas, it is necessary to study the configuration of the rolling stock equipment and the details of the rolling stock according to the running conditions for meter gauge in Thailand. As the vehicles can run on both non-electrified and electrified sections, they can be used for a variety of purposes depending on the future electrification plan, but the number of manufacturers in Japan that can provide this service is limited.

**Table. 5.1-3 Bi-mode Train Class 802**

| | |
|---|---|
| Name | Class 802 |
| Type | Bi-mode train (Engine + Pantograph) |
| Railway operator | Great Western Railway (Great Britain) |
| Manufacturer | Hitachi, Ltd. |
| Travel section | Great Western Main Line<br>Cornish Main Line<br>East Coast Main Line |
| Introduction year | Year 2018 |
| Picture | |

Source: Revised by JST for Hitachi, Ltd. homepage and press

### 5.1.4 EMU

The latest EMU vehicles are equipped with regenerative braking and the latest technology SiC inverters and highly efficient motors in the vehicle equipment, resulting in a 57% reduction in power consumption when compared to conventional EMUs. In addition, thanks to the improved performance of the train information management system, the various data that can be obtained from the vehicle can be used to identify signs of equipment failure and to perform optimal maintenance condition based maintenance (CBM) according to the condition of the vehicle. This is expected to lead to the establishment of new maintenance methods in Japan in the future.

As for the environment, the EMU is a highly efficient vehicle with the latest technology in electrical equipment, and since it does not use an engine, it emits less $CO_2$ than the DMU, making it a more environmentally friendly vehicle. In order to solve future environmental problems, it is essential to introduce EMUs that emit less $CO_2$.

In terms of technology, it is necessary to study the configuration of the vehicle equipment for the meter gauge in Thailand and the details according to the route to be traveled, but because of its track record in Japan and overseas, this vehicle requires fewer development elements than

other vehicles and can be introduced at a lower cost.

**Table. 5.1-4 EMU E235 Type**

| | |
|---|---|
| Name | E235 Type |
| Type | EMU (Pantograph) |
| Railway operator | JR East |
| Manufacturer | Japan Transport Engineering Company |
| Travel section | Yamanote Line |
| Introduction year | Year 2015 |
| Picture | |

Source: Revised by JST for JR East homepage and press

### 5.1.5 Hydrogen-FCEU

The hydrogen-FCEU is a vehicle equipped with a fuel cell that uses hydrogen as fuel and a hybrid system that uses storage batteries as the power source.

Hydrogen can be produced from a variety of raw materials and renewable energy sources, and has the excellent environmental characteristic of emitting no carbon dioxide when used as energy. It is hoped that the development of innovative railcars powered by hydrogen will contribute to the realization of a decarbonized society by preventing global warming and diversifying energy sources.

Currently, East Japan Railway Company, Hitachi, Ltd. and Toyota Motor Corporation are working together to develop hydrogen fueled vehicles, combining JR East's technology for designing and manufacturing rolling stock, Hitachi's technology for hybrid drive systems for railroads developed jointly with JR East, and Toyota's technology for fuel cells developed through the development of the MIRAI fuel cell car and the SORA fuel cell bus. The demonstration tests are scheduled to start in 2022 on the Tsurumi Line, the Shitte branch line of the Nambu Line, and the Nambu Line (Shitte to Musashi Nakahara). Currently, various verifications are being conducted for practical use, so it will be several years before the system

is introduced.

**Table. 5.1-5 Hydrogen-FCEU FV-E991 Type**

| | |
|---|---|
| Name | FV-E991 Type (HYBARI)<br>(In development) |
| Type | Hydrogen-FCEU |
| Railway operator | JR East |
| Manufacturer | Japan Transport Engineering Company |
| Travel section | Tsurumi line/Nambu line<br>Nambu branch line<br>（Test run schedule ） |
| Introduction year | Year 2022～(schedule) |
| Picture | |

Source: Revised by JST for JRE homepage and press

### 5.1.6 Hybrid shunting locomotives

The HD300 Type is Japan's first hybrid shunting locomotive, and uses a system called a "series hybrid" system, in which power from the diesel generator and storage batteries are coordinated to control the motor. The diesel engine installed in this locomotive is not used directly for driving power, but only for generating power to rotate the generator. As environmental benefits, the hybrid locomotive reduces fuel consumption by 36%, NOx emissions by 62%, and noise level by 22 decibels compared to conventional locomotives. The purpose of use is as a shunting locomotive, and the maximum speed is 45 km/h. Forty locomotives have been introduced by JR Freight.

Currently, Toshiba Corporation is developing the HD800 hybrid shunting locomotive for the European market.

**Table. 5.1-6 Hybrid Shunting Locomotive**

| | |
|---|---|
| Name | HD300 Type |
| Type | Hybrid Shunting Locomotives |
| Railway operator | JR Freight |
| Manufacturer | Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation |
| Travel section | — |
| Introduction year | Year 2012 |
| Picture | |

Source: Revised by JST for Toshiba Corporation homepage and press

### 5.1.7 New Technology Considerations

#### (1) B-DMU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record in Japan, but no track record of implementation overseas.

**② Environmentality**

An engine is used as the power source, so there are $CO_2$ emissions, but it is more environmentally friendly than existing DMUs because it uses a battery. However, it is not as environmentally friendly as the EMU that runs on electricity.

**③ Operability**

Since it runs on engine power, it does not require electrification and can run in non-electrified areas.

**④ Maintainability**

There are engines that take time to maintain, and they are not as easy to maintain as EMUs that do not require refueling, etc.

**⑤ Vehicle price**

The vehicle price is more expensive than EMU because the vehicle has to be equipped with

more batteries and a system to control the batteries.

### (2) B-EMU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record in Japan, but no track record of implementation overseas.

**② Environmentality**

Since the power source is electricity, the system is environmentally friendly.

**③ Operability**

Electrification equipment is required depending on the distance traveled, but if the distance can be traveled on batteries, only a quick charging facility is required, and the vehicle can travel on non-electrified sections.

**④ Maintainability**

As with EMU maintenance, there are fewer consumable parts to replace and maintenance can be reduced. Battery replacement is required according to the life of the battery.

**⑤ Vehicle price**

The vehicle price is more expensive than EMU because the vehicle has to be equipped with more batteries and a system to control the batteries.

### (3) Bi-mode

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record in Europe and England.

**② Environmentality**

The vehicles are heavier and use engines as the power source in non-electrified sections, so they are not as environmentally friendly as EMUs.

**③ Operability**

Since it can run on an engine, it does not need electrification equipment and can run in non-electrified areas.

**④ Maintainability**

Since the maintenance of equipment for both non-electrified and electrified sections must be carried out, maintenance costs and maintainability are labor intensive.

**⑤ Vehicle price**

Since it must be equipped to run on both non-electrified and electrified sections, the price of the vehicle is higher than that of a regular EMU.

### (4) EMU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record of introducing vehicles overseas and Red Line and Purple Line vehicles in Thailand.

**② Environmentality**

Since the power source is electricity, the system is environmentally friendly.

**③ Operability**

Electrification facilities are needed to run on electrified sections.

**④ Maintainability**

Less consumable parts to replace and less maintenance required.

**⑤ Vehicle price**

Because there is a lot of experience in Japan and overseas, this technology can be offered at a lower cost than other new technologies in terms of vehicle price.

### (5) DMU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record of introducing vehicles overseas.

**② Environmentality**

Since the power source is an engine, it is not environmentally friendly.

**③ Operability**

Since it runs on engine power, it does not require electrification and can run in non-electrified areas.

**④ Maintainability**

There are engines which take time to maintain, and they are not as easy to maintain as EMUs that do not require refueling, etc.

**⑤ Vehicle price**

Since there is not much demand in Japan and only a small number of vehicles are manufactured, the vehicle price is higher than that of a regular EMU.

### (6) Hydrogen-FCEU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

Currently under development, so there is no overseas experience.

**② Environmentality**

It is environmentally friendly because it uses a fuel cell powered by hydrogen.

**③ Operability**

Since the train runs on a fuel cell powered by hydrogen, it does not require electrification and can run on non-electrified sections.

**④ Maintainability**

Currently, a trial run is being conducted to verify safety and maintenance.

**⑤ Vehicle price**

As the vehicle is currently under development, the price of the vehicle is not yet known, but it is expected that the price of the vehicle in railroads will come down as the fuel cell technology in the automobile industry improves and demand increases.

### (7) Evaluation of new technologies

The evaluation of each Japanese technology is summarized in the table below. Since each vehicle has various characteristics, it is necessary to consider which vehicle best suits the future SRT policy according to its intended use. Although there are some vehicles that are currently under development in Japan or have not been used overseas, Japanese companies can manufacture many vehicles that utilize new technologies, and can conduct detailed studies once the required specifications of the vehicles and information on the lines to be traveled are clarified. In addition, the cost for vehicles other than EMUs is currently high, but as the track record and parts become more cost effective, it will be possible to offer them at lower prices.

**Table. 5.1-7 Evaluation of new technologies**

| Item | Overseas Achievements | Environmentality | Operability | Maintainability | Vehicle Price |
|---|---|---|---|---|---|
| B-DMU | Low | Good | Excellent | Fair | Fair<br>2.5 times<br>(EMU Comparison) |
| B-EMU | Low | Excellent | Good | Excellent | Good<br>2 times<br>(EMU Comparison) |
| Bi-mode | Good | Good | Excellent | Low | Low<br>3～4 times<br>(EMU Comparison) |
| EMU | Excellent | Excellent | Fair | Excellent | Excellent<br>1 time |
| DMU | Fair | Low | Excellent | Fair | Good<br>2 times<br>(EMU Comparison) |
| Hydrogen-FCEU | —<br>In development | Excellent | Excellent | —<br>In development | —<br>In development |

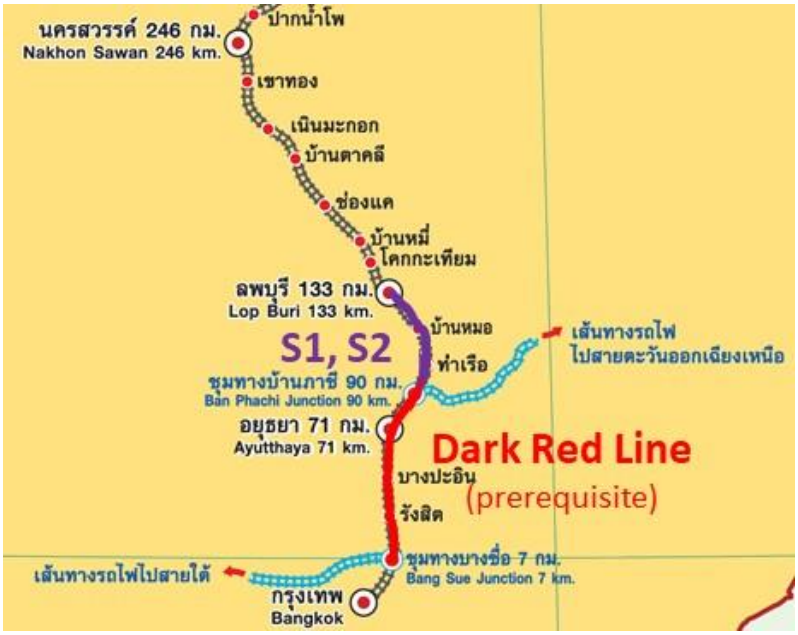
※Results may vary depending on the conditions of the vehicle specifications.

Source: JST

## 5.2 Analysis on Short Term Electrification Plan

### 5.2.1 Analysis on Short Term Electrification Plan

In the short-term scenario, JST would like to introduce the usage of EMU and B-EMU in the shorter section of about 120km. The construction of the Dark Red Line extension up until Ban Phachi will be the prerequisite condition in the short-term scenario. In the short-term scenario, JST proposes a new service plan by using EMU or B-EMU in the section between Ban Phachi – Lopburi. Also, in order to promote the modal shift from highway-based transport to railway, additional service to achieve less than 30-minute headway is proposed in this scenario. The route map of the short-term scenario is shown below.




Source: JST

**Figure. 5.2-1 Short-Term scenario route map**

In scenario S1, electrification in Ban Phachi – Lopburi section as well as the introduction of EMU or EL[5] service are proposed. Section beyond Lopburi will require a transfer to DMU or DL service. On the other hand, S2 will propose the service of B-EMU instead of electrification in Ban Phachi to Lopburi section. Other major preconditions are listed below.

- Since the Dark Red Line is considered as a prerequisite in scenario S1 and S2, JST can assume the fixed cost between Bang Sue to Ban Phachi section allocated to the Dark Red Line. Only the fixed cost between Ban Phachi to Lopburi will be considered in scenario S1 and S2.
- Same as SRT-Elect-F/S, assume the cost of EMU as 72.5 Million Baht per car.
- JST assumes the cost of B-EMU as two times higher than EMU.
- In order to increase the service frequency up to 30 minutes per train, JST assume the addition of 10 cars (5 set, 2 car/set) required.
- Assume no electrification in scenario S2. Instead, the cost of two charging stations will be added. Assume the cost of one charging station as equals to 178,350,000 baht. See the detail description regarding this assumption in cost revision in the Chapter 5.
- Assume the charging time of 6 minutes for B-EMU at Ban Mo and Lopburi.

[5] EMU and EL are not distinguished in the model. This also applies to DMU and DL

- In order to secure consistency with the result from SRT-Elect-F/S, analysis in Long-Term Scenario will exclude the locomotive switching time. However, in Short-Term Scenario (for both S1 and S2), 7 minutes of locomotive switching time is assumed at Ban Phachi Station only for EL/DL train.

Summary of preconditions in short-term scenario are shown below.

**Table. 5.2-1 Short-Term scenario preconditions**

| Scenario | S1 | S2 |
|---|---|---|
| Line | North | North |
| Electrification Section | Ban Phachi-Lopburi | N/A |
| Base Year | 2027 (BE 2570) (same input as 2022 in SRT-Elect-F/S, except socio-economic data) | |
| Socio-Economic Data | Updated values from NESDC | |
| Battery Train Section | N/A | Bang Sue-Lopburi |
| Timetable/Frequency | Additional of 15 train/direction/day Until Lopburi | |

Source: JST

Due to the increase in service frequency, the result of FIRR is relatively higher compared to the Long-Term Scenario. The result of the Short-term scenario is as shown below.

**Table. 5.2-2 Short-Term scenario analysis result**

| Scenario Comparison | | S1 (N Electrification) | S2 (N Battery) |
|---|---|---|---|
| EIRR | | 16.30% | 17.28% |
| FIRR | | 17.52% | 18.61% |
| Passenger demand (Pax/Day Line load) | 2027 | 29,291 | 29,279 |
| | 2023 | 34,043 | 34,029 |
| | 2037 | 38,604 | 38,589 |
| | 2042 | 44,239 | 44,222 |
| | 2047 | 48,896 | 48,876 |
| | Section | Ban Phachi - Lopburi | |
| Annual Emission Reduction (Ton-$CO_2$) | | 1,053 | |

Source: JST

### 5.2.2 Freight Transport and GHG Emission Reduction

Since the demand forecast analysis of the freight is not included in this study, JST would like to provide an introduction to a calculation to determine the GHG emission reduction from electrification based on the method used in SRT-Elect-F/S. Here, the electrification section between Hua Takhe and Laem Chabang will be considered as an example due to the highest freight volume. Ideally, the section from ICD Lat Krabang, not from Hua Takhe is preferred but as the ICD Lat Krabang station was not included in the model, JST cannot target the analysis from ICD Lat Krabang station.

First, based on the result from SRT-Elect-F/S, 40 trains/day of the freight train was estimated running between Hua Takhe and Laem Chabang. In SRT-Elect-F/S, the fuel consumption rate of 0.34 liter/km and the emission rate of 2.72 kg-$CO_2$/liter were assumed. From these assumptions, the emission from DL train in the Without Electrification Case can be determined as follow.

No. of Freight Train Hua Takhe - Leam Chabang ＝40 train/day
Distance Train Hua Takhe - Leam Chabang ＝139.58-33.86＝105.99 km/train

| | |
|---|---|
| Fuel Consumption Rate | ＝0.34 liter/km |
| Emission Rate of DL | ＝2.72 kg-$CO_2$/liter |
| Annual Emission from DL | ＝40x105.99x365x0.34x2.72＝1,443.4 ton-$CO_2$ |

Next, the emission from the power plant supplying EL is assumed to be 28% of the direct emission from DL. Thus, the reduction of CO2 emission can be determined as follow.

| | |
|---|---|
| Annual Emission from EL | ＝1,443.4x0.28＝401.8 ton-$CO_2$ |
| CO2 emission reduction from electrification | ＝1,443.4-401.8＝1,041.6 ton-$CO_2$ |

## 5.3 Framework for Future Cooperation

### 5.3.1 SRT Electrification Master Plan

#### (1) SRT Electric Railway Possibility Survey

The SRT-Elect-F/S was studied in 2016. As of 2022, almost 6 years have passed, and the overall social and technology situation has changed as described below. Therefore, a new study including a new electric railway and its advantages is proposed. A study without OCS is also considered. In this new study, some of the policies stated in the SRT-Elect-F/S, including fares and costs, are also reviewed.

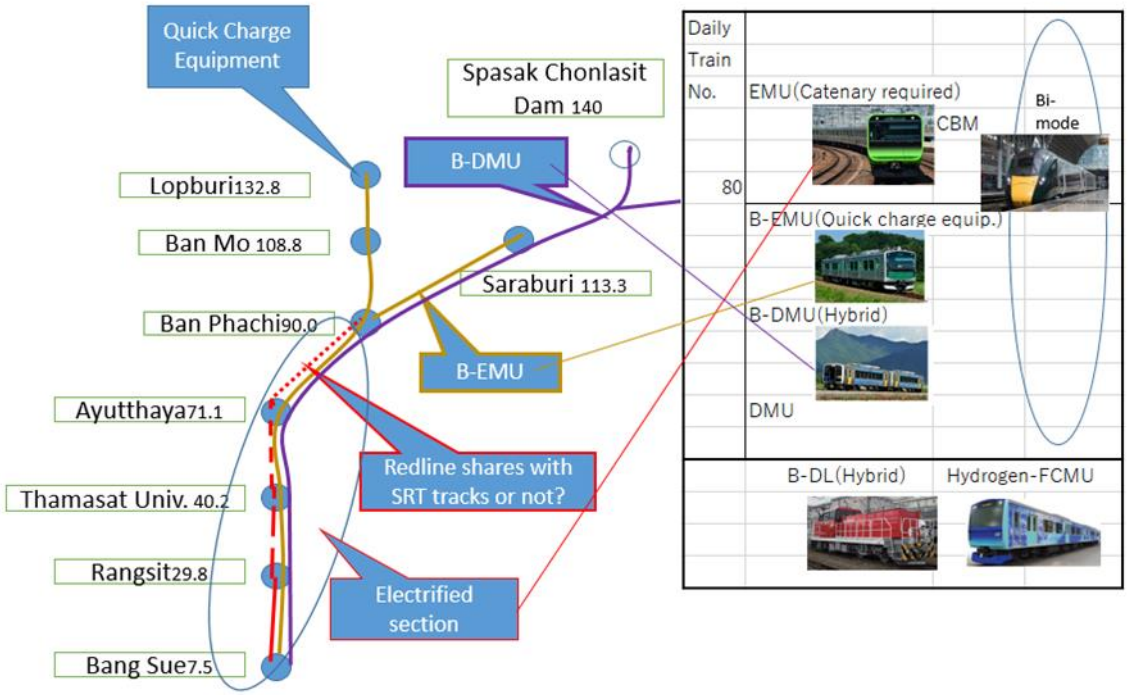
1. Changes in socio-economic framework
2. Serious environmental problems ($CO_2$ emissions, air pollution)
3. Expected completion of development of the railway network (urban railways for passengers, high-speed railways)
4. Emergence of new railway technology
5. Progress of purchase plan for SRT DL50 and DMU400
6. Change of freight transportation system

#### (2) Use of B-EMU depending on the number of trains and its superiority

The guideline for electrification with OCS is 80 trains/day (former JNR data), but B-EMU is considered to be effective in areas where the number is slightly smaller (26–80 trains/day in Japan). In Thailand, it is considered to be effective when electrifying non-electrified sections in phases. If the number is smaller, B-DMU is also effective, but there is a disadvantage that it does not become zero carbon.

The above guideline value of 80 trains/day in the SRT train system is to be re-examined. In any case, the train system is determined by the characteristics of the line section (passing trains,

city layout, city characteristics), and then the type of vehicle is selected. For freight trains, consideration will be given to vehicle types from the viewpoints of energy saving and zero carbon.




Source: JST

**Figure. 5.3-1 Example of how to Use the North Line and Northeast Line by Rolling Stock Type**

New technology should be adopted based on the demand forecast, regardless of electrification with the OCS system. The appropriate rolling stock type or electrification method should be examined for each SRT line and section.

### (3) Survey location

As shown in Figure 5-3.1, the Red Line along the SRT North Line is planned to be electrified in three stages to reach Ban Phachi. At this stage, EMU is used from Bang Sue to Ban Phachi to provide commuting services. From here, extension to the North Line (Lopburi) and Northeast Line (Saraburi) will use B-EMU. For the Northeast Line (north route) which branches at Kaeng Khoi, B-DMU may be used to the Pasak Jolasit Dam.

It is also possible to consider using B-EMU to stations farther away from the final stations in phased electrification to Thammasat or Ayutthaya on the Red Line extension. Since the North

Line and the Northeast Line branch off at Ban Phachi Station, socio-economic effects can be expected on both sides. Locomotive switching (EL/DL) should be done here to reduce the smoke exhaust problem at BS Grand sta.; depot area is easily secured because SRT has a large area of land here. Improving the efficiency of locomotive switching should be considered in a future study.

Since there are already three tracks in this section for SRT long distance train, it is meaningful to consider the possibility of using the existing tracks when extending and electrifying the Red line. Exampling the dense operation case in only a double track between Inazawa and Gifu near Nagoya in Japan, there are 38 limited express trains, 156 rapid trains and 154 local trains operated by JR Central, 78 freight trains operated by JR Freight, therefore a total of 426 trains during the day[6].

### (4) Train service and fare structure

Regarding the fare setting, the rate of 1.3 Baht/km was assumed in SRT-Elect-F/S to calculate FIRR. This rate can be considered very reasonable assumption if considering the current rate of about 1.0-1.4 Baht/km for the SRT limited express train (vary depending on train fee and berth fee) and the rate of 12 Baht + 1.5 Baht/km for the Red Lines. However, the rate higher than 1.3 Baht/km can be considered expensive when compare to other competitive modes such as bus and mini-bus. Yet, if the higher travel speed and better comfortable from electrification can attract the user, and if the electrification is considered as an extension to the Red Lines, then it is possible to apply the same fare structure as the Red Lines. Also, as SRT train fare is heavily regulated, the fare increase, for example 5-10 years after the opening of the project, is very difficult in practice. Therefore, JST suggests that the fare increase scheme should be further discussed in the future.

### (5) Emission reduction and economic benefit analysis

This study follows the method provided in the SRT-Elect-F/S to calculate the GHG emissions as well as the economic benefit from emission reduction. However, several issues regarding the methodology should be pointed out. First, in the economic benefit, “emission reduction” and “$CO_2$ reduction” are both included in the calculation which could overestimate the benefit in the environment sector. Second, the EL/EMU emission rate is assumed to be 28%

[6] Total value of east-and west-bound trains according to the 2017 train time schedule. Infrastructure and passenger trains are operated and owned by JR Central.

of the DL/DMU emission rate. This assumption should be further verified with actual measurements from EL/EMU and the data provided by power generation companies in Thailand. Losses during transmission should also be considered during the process of calculation. Finally, JST simply assumed that the emission rate of B-EMU is equal to that of EMU, however, the emissions for the whole lifecycle of the battery, including battery manufacturing as well as the emissions at the lithium mine, should be considered as well.

## 5.4 Cost Review

### (1) Cost for Long Term Scenario and Short Term Scenario

Table 5.4-1 shows the cost of the short distance section as explained in Chapter 5.2.

**Table. 5.4-1 Cost for Short Scenario**

| Scenario / Section for Electrification (Distance) / Works | S1 (North Line) | S2 (North line) |
|---|---|---|
| | Ban Phachi - Lopburi (43km) | Ban Phachi - Lopburi (43km) |
| Civil works | 416,832,510 | 416,832,510 |
| Track works | 13,257,651 | 13,257,651 |
| Signaling & communication works | 369,459,943 | 369,459,943 |
| Power works | 1,453,657,387 | 356,700,000 |
| Rolling stock | 2,810,552,870 | 2,810,552,870 |
| Additional rolling Stock (10 veh.) | 725,000,000 | 1,450,000,000 |
| Total | 5,788,760,36 | 5,416,802,974 |

Unit: THB Source: JST

Table 5.4-1 shows the costs of civil works, track works, signaling & communication works, power works and rolling stock of the short-term scenario for S1 and S2 calculated based on the ratio of the long-term scenario to the short-term scenario on the Northern Line.

The sections for electrification of S1 and S2 are from Ban Phachi to Lopburi and to Ban Phachi, respectively. The cost of power works for S2 is the cost of charging equipment, etc. required for the B-EMU to run from Ban Phachi to Lopburi.

In this report, a higher price was set in consideration of the installation in Thailand with reference to the cost of building charging equipment and substation equipment in Japan as an estimated amount. However, a detailed examination needs to be done in the next survey. The

additional rolling stock price will be described in (3) Review of the cost of the introduced vehicle.

Comparing the overall costs of S1 and S2 in the short-term scenario, the cost of S2 is lower than that of S1, and the introduction of B-EMU may be an effective method for advancing electrification in the future.

### (2) Review of the cost for power

In the 2018 Electrification Report (Study of Roadmap for SRT Electrification 2018), JST gave an example from Japan and suggested that the cost of power works for the SRT Electrification Project is low. In this study, JST compared the cost of power works of SRT with that of the Red Line.

**Table. 5.4-2 Comparison of the Cost of Power per 1 km**

| Lines | Main Track Length(km) | Amount (million THB) | Amount per 1 km of main track (million THB) |
|---|---|---|---|
| SRT North Line | 429 | 8,245 | 19..2 |
| Red Line | 74 | 7,394 | 99.8 |

Source: 2018 Study of Roadmap for SRT Electrification

The cost of the Red Line is expected to be higher than that of SRT because it includes the following, however, the cost of power works of SRT is still expected to be lower.

(a) OCS poles

H-shaped steel is used for OCS poles in the Red Line. Compared to concrete poles, OCS poles are more expensive due to the material cost and galvanizing process.

(b) Number of substations

There is one substation on the Red Line, but from the data obtained, there is still room for the Red Line substations to supply electricity along the line, so it is considered relatively expensive at this point in time.

**Table. 5.4-3 Comparison of Track Length per Substation**

| Lines | **A** Main Track Length (km) | **B** Number of Substation | **A/B** (km/substation) |
|---|---|---|---|
| SRT North Line | 429 | 4 | 107 |
| Red Line | 74 | 1 | 74 |

Source: JST

(c) Cost for power at depot

Table 5.4-1, which shows the cost of the short-distance section, does not include the cost of the depot. In the SRT-Elect-F/S, Table 5.4-4 shows the cost of power works at the depot.

**Table. 5.4-4 Cost of Power Works at Depot**

| Works | Depot |
|---|---|
| Power | 392,415,890 |

Unit: THB Source：SRT-Elect-F/S

As a result of the review of (a), (b), and (c), there may be an increase or decrease in the cost of electric power works for SRT and the Red Line, respectively, but since the cost of electric power works for SRT is still low, a detailed cost estimation should be conducted in the next survey.

### (3) Review of costs by introduced rolling stocks

The cost of additional vehicle EMUs in S1 is based on data from Design Report 2016.

B-EMU is being considered in S2, but the vehicle specifications need to be clarified for detailed costs. The new design elements for the vehicle include the installation of batteries, system development, and requests for MG support and various SRT requirement specifications.

Since it is expected that these new design elements will be addressed and overseas transportation costs will be incurred, the price of the B-EMU was set at twice the amount of the EMU.

## 5.5 Electrification Projects

### (1) Preliminary list of electrification projects

**Based on the philosophy of future electrification as indicated in "Electrification by Distance and Corridor," the Study Team prepared a preliminary list of electrification projects as follows.**

**Table. 5.5-1 Preliminary List of Electrification Projects**

| No. | Project | Cost (M. Baht) | Length (km) | Priority* |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Red Line Bang Sue – Rangsit | 9,087 | 22.5 | In service |
| 2 | Red Line Bang Sue – Taling Chan (+ Bang Sue Station) | 62,772 | 15.0 | In service |
| 3 | Red Line Rangsit – Thammasat University | 6,640 | 8.84 | A1 |
| 4 | Red Line Taling Chan – Salaya | 10,600 | 10 | A1 |
| 5 | Red Line Taling Chan – Siriraj Hospital | 4,730 | 5.7 | A1 |
| 6 | Red Line Bang Sue – Hua Lamphong – Hua Mak | 49,600 | 25.9 | A1 |
| 7 | Red Line Thammasat University – Ayutthaya | | 30.9 | A2 |
| 8 | Red Line Ayutthaya – Ban Phachi | | 18.8 | A2 |
| 9 | Red Line Salaya – Nakhon Pathom | | 30.0 | A2 |
| 10 | B-DL Bang Sue Depot | | - | A2 |
| 11 | BMU Hua Mak – Hua Takhe | | 15.7 | A2 |
| 12 | B-EMU Wong Yen Yai – Maha Chai | | 31.2 | B |
| 13 | Freight Corridor Lat Krakbang – Laem Chabang | | 108 | A2 |
| 14 | Freight Corridor Laem Chabang – Map Ta Phut | | 60 | B |
| 15 | Northeast Line Ban Phachi – Kaeng Khoi | | 35.1 | B |
| 16 | North Line Ban Phachi – Lopburi | | 43.0 | B |

* The priorities are as follows:

A Routes to be promoted by the target year

A1 Routes to be operational by the target year (conditions satisfactory for implementation)

A2 Routes to be under construction by the target year (not fully satisfactory in terms of maturity, investment returns, etc.)

B Routes to be considered in the future (based on a review of development along the corridor, traffic demand, investment capacity, etc.)

### (2) Comparisons – Original plan in F/S and proposal under this study

A comparison of the original plan in the SRT-Elect-F/S and the proposal in this study is illustrated in the following table. In general, target routes for electrification are reduced, while part of the adjustment is supplemented with the development and introduction of new technologies (B-DL, BMU and B-EMU).

**Table. 5.5-2 Comparisons – Original Plan in FS and Proposal under this Study**

| | Original Plan in F/S | Proposal in this Study |
|---|---|---|
| General | Electrification of 200/250 km from central Bangkok in 4 directions (north/northeast/east/south) | Electrification of 200/250 km from central Bangkok in 2 directions (north/northeast), electrification of freight corridor on East Line, and electrification of commuter line on West/South Line |
| North | Electrification to Pak Nam Pho | Electrification to Lopburi (distance reduced) |
| Northeast | Electrification to Thanon Chira | Electrification to Kaeng Khoi (distance reduced) |
| East | Electrification to Pattaya | Electrification of Lat Krakbang – Laem Chabang (– Map Ta Phut) (distance reduced) |
| South | Electrification to Hua Hin | Electrification of Nakhon Pathom (distance reduced) |
| New technology | Not considered | Development and introduction of B-DL, BMU, B-EMU, etc. |

### (3) Electrification promotion program

The electrification promotion program under this study envisages the Priority [A1] projects, which are already in progress, incorporated with the Priority [A2] projects. The program has four main pillars: "Red Line north extension," "Capacity enhancement of SRT Training Center," "R&D of new technologies (such as hybrid trains)," and "Electrification of freight corridor."

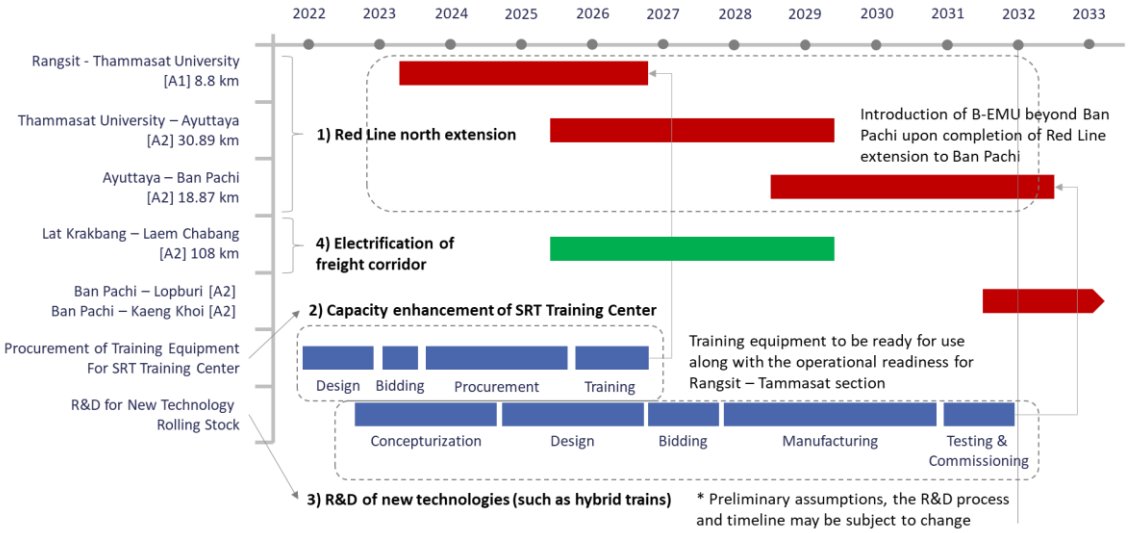



**Figure. 5.5-1 Electrification Promotion Program**

#### ① Red Line north extension

The project pipeline is to electrify the Red Line commuter route from Rangsit to Ban Phachi, in three phases.

Phase 1 Rangsit – Thammasat University (8.84 km), 3 years
Phase 2 Thammasat University – Ayutthaya (30.9 km), 4 years
Phase 3 Ayutthaya – Ban Phachi (18.8 km), 4 years

The initial phase of construction, Rangsit – Tammasat, is assumed to begin in June 2023 as announced by SRT. Extension to Ban Phachi is scheduled to be completed in the next 10 years (2032) by starting the next phase of construction before completion of the previous phase.

**② Capacity enhancement of SRT Training Center**

In order to cater for the growing need for O&M personnel in terms of quality and quantity, the project aims to expand the existing functions of the SRT Training Center, thereby creating a railway academy as a hub for human resource development in the railway sector. With 2026 as the target year, training equipment should be made ready for use along with the operational readiness of the Rangsit – Tammasat section. Training equipment includes driving simulators, station mock-ups, and cut-away models (such as track structure and bogies) so that comprehensive training can be provided for all disciplines of O&M. In addition, training curriculums and materials, possibly along with institutional designs and guidelines for training on electrified railways, will be developed.

The delivery schedule of training equipment is 3.5 years, including design (1 year), bidding (0.5 year), and procurement (2 years). To meet this timeline, design may have to begin in 2023.

**③ R&D of new technologies (such as hybrid trains)**

Along with the progress of electrification, the project aims to promote R&D activities to meet the recent requirements for new technologies. Once the electrification to Ban Phachi is completed, the outcomes of R&D activities (such as hybrid trains) will be put into use. Working toward this goal, a joint approach between Thailand, Japan, industry and academia should be established. As the starting point of the above, one idea is to create a “Thailand – Japan Railway R&D platform” between the two countries to work on conceptualization, where both parties periodically explain their R&D activities in order to enhance cooperation.

**④ Electrification of freight corridor**

The project aims to strengthen the logistic functions between the rapidly emerging EEC area and the Bangkok Metropolitan Area, by electrification of the freight corridor Lat Krakbang ICD – Laem Chabang (approx. 108 km) as the dominant section to carry goods and items in Thailand. Electrification of Leam Chabang – Map Ta Phut (approx. 60 km) could be a future extension.

# Chapter6 **Ideas for implementing JICA projects**

## 6.1 Possibility of participation of Japanese companies

### 6.1.1 Possibility of Market Entry

The Study Team analyzed the possibility for Japanese firms to participate in the electrification projects in order to design the next assistance programs.

### 6.1.2 Japanese Technologies

Japanese technologies considered useful for the electrification projects include EMU, hybrid trains, E&M systems, maintenance, freight business, and training equipment.

**Table. 6.1-1 Preliminary Ideas for Project Implementation**

| Category | Japanese Technology | Description of Technology and Effects |
|---|---|---|
| EMU | Permanent magnet synchronous motor (PMSM) | Totally enclosed structure, no cooling fan, no disassembly and cleaning, reduced maintenance cost, reduced electric power consumption |
| | Totally enclosed high-efficiency induction motor (bearing disassembly free type) | Reduced electric power consumption with expanded regenerative coverage and less load loss |
| | SiC element | Smaller size and weight, electricity regeneration at higher running speed, reduced power conversion loss, reduced electric power consumption |
| | Parallel synchronization of auxiliary power<br>Auto suspension during light loading period | Less power loss by reducing the number of auxiliary power sources during off period, reduced electricity power consumption |
| Hybrid Trains | B-EMU | Battery drive at non-electrified sections<br>Reduced investment cost in electrification facilities |
| | B-DMU | Battery drive for departure and arrival, reduced emissions and noise impact, 10–30% reduction in fuel consumption compared to DMU |
| | Hydrogen-FCEU | Contribution to a low-carbon society by using clean energy |
| | Hybrid shunting locomotive | Motor control by synchronizing power from diesel generator and battery, fuel consumption reduced by 36%, NOx emission by 62%, and noise level by 22 dB compared to diesel locomotive |
| E&M Systems | Power storage device | Effective use of regenerative power of trains |
| Maintenance | Rolling stock maintenance | Reduced failure rate, high reliability, stable operation |
| | Condition based maintenance | High reliability, reduced burden on workers |
| Freight Business | Rail container transport | Know-how on transportation of dangerous goods |
| | Container transport management system | Flexible adjustment of transportation routes by leveling transport volumes, reduced loading/unloading time, improved accuracy of transportation with goods location tracking at freight yards by GPS and IC tags |
| | Remote monitoring system | Failure prediction and device deterioration monitoring, reduced rate of failure and reduced time for recovery |
| Training Equipment | Driving simulator | Various products, including dynamic simulators and desktop simulators, rich contents and materials for training, capacity development and R&D |
| | Training system with VR/AR technologies | Civil structure inspection, safety education for works at tracks, prevention of accidents (hit by trains, electric shock), train failure rectification, degraded operations during abnormalities, signaling simulator, etc. with VR/AR technologies, introduced by each operator |

Source: JST

### 6.1.3 Challenges

#### (1) General

Payment risk can be a matter of concern if SRT plays the role of implementing agency. Some pointed out that SRT is lack in contract administration, which can be a bottleneck to participate in the projects. Some sorts of credit enhancement measures can possibly promote the involvement of Japanese firms.

#### (2) EMU

It is difficult to measure the interests of Japanese firms without more detailed plan, especially quantity of orders and its contract period. Continuous orders over a hundred of cars every year will be likely to increase their interest. In case the quantity is less, specifications of the rolling stock should remain unchanged from the Red Line in operation, as their interest will become smaller if special designs and manufacturing are required. Needless to say, appropriate price should be incorporated in the budget. In addition, their willingness to participate will be greatly influenced by project (financing) scheme, e.g. Japanese ODA loan, financing by the government of Thailand, or PPP.

#### (3) Electric locomotive

Similar to EMU, procurement schedules, number of cars, specifications (whether or not Japanese standards are accepted), scale of budget, and financing scheme will influence their willingness to participate.

#### (4) Hybrid trains

As hybrid trains require plenty of design factors, it is hard to measure the interest of Japanese firms without cost requirements and route conditions. Hydraulic trains are still in the process of research and development within the framework of several Japanese companies, and therefore, such technology should not be considered as the option at this moment. Export of B-EMU is still not ready to conclude as they still haven’t developed the criteria for go/no-go decisions with regard to the scale of order and fitness to the different specifications.

#### (5) Hybrid locomotive

The existing product can be used only for the purpose of shunting in depot, not at the mainline. Japanese firms may show good interest depending on the number of units and timing of procurement. If capacity of batteries increase significantly, manufactures will consider to develop hybrid locomotives for mainline operations.

### (6) Rolling stock maintenance

As maintenance service will require hiring of local maintenance workforce, their interest to participate will depend on the preparedness and terms and conditions of the contract of the project. At least, KPIs (such as availability and failure rate requirements) should not be excessive. It depends on the financing scheme and rolling stock specifications, but as far as the terms and conditions of the contract is clear and acceptable and if the maintenance is for their own projects, Japanese firms can show interest.

### (7) Rolling stock lease

Procurement schedules, number of cars, specifications (whether or not Japanese standards are accepted), scale of budget, and financing scheme will influence their willingness to participate. Compared to procurement only, rolling stock lease will be more challenging for Japanese firms.

### (8) Freight business

The current transport volume can be insufficient to attract Japanese firms. Number of freight operations should increase along with the modal shift from road to rail. Also, vertical separation model, the new institutional framework under the draft Railway Act, needs to be realized as the starting point.

## 6.2 Proposal of JICA's follow-up support plan

This section outlines subsequent assistance plans for electrification projects. Based on the interest of Japanese firms and the possibility of participation, the plans need to be elaborated to make them feasible for actual implementation. Ideas for project implementation are summarized in the following table.

**Table. 6.2-1 Preliminary Ideas for Project Implementation**

| Idea for Project Implementation | Areas for Assistance | Assistance Scheme |
|---|---|---|
| Red Line commuter projects and north extension | E&M systems procurement | ODA loan |
| | Maintenance service contract | ODA loan |
| | Rolling stock lease and maintenance | Private-sector investment finance |
| | Property development along SRT suburban lines | Private-sector investment finance |
| | MaaS through industry-academia collaboration | Technical assistance/private-sector investment finance |

| | | |
|---|---|---|
| Capacity enhancement of SRT Training Center | Technical assistance to strengthen the capacity of the Training Center | Technical assistance |
| | Procurement of driving simulators and other training equipment | ODA loan |
| R&D of new technologies (such as hybrid trains) | Thailand – Japan Railway R&D platform (tentative) | (MOU) |
| | Design, manufacture, and delivery of hybrid trains | ODA loan |
| Electrification of freight corridor | Procurement of electrification facilities and equipment, and electric locomotives | ODA loan |
| | Freight railway business | Private-sector investment finance |

Source: JST

### 6.2.1 Red Line Commuter Projects and North Extension

Red Line Commuter Projects and North Extension

#### (1) Scope

Future assistance for Red Line commuter projects and north extensions are considered.

#### (2) ODA Loan

The possibility of ODA loans for the Red Line commuter projects depends on the private sector's willingness to invest, the plans of the government on financial arrangements, and the intention of financial institutions (e.g. JICA), while the government of Thailand puts priority on private investment over ODA loans in view of suppressing the ratio of public debt to GDP. An ODA loans could be an option for north extensions as the project plans including financial arrangements are yet to be finalized, but this also depends on the decisions for Red Line commuter projects.

### 6.2.2 Private Sector Investment Finance

Preliminary ideas for Japan's foreign private investment loan include rolling stock lease and maintenance service to the operator, property development along SRT suburban lines, and MaaS through industry-academia collaboration, etc.

#### (1) Rolling stock lease and maintenance service

One idea is for Japanese firms to be the rolling stock lease and maintenance service provider,

with SRT or a private company as the operator with foreign private investment in the lease company by JICA (or JBIC, or JOIN). Several requirements must be satisfied to attract Japanese firms, including the number of cars to be ordered, reduction of payment risk, existence of capable local sub-suppliers, etc.

#### (2) Property development along SRT suburban lines

Along with the electrification projects, property development along SRT suburban lines is a good opportunity for the private sector. The asset management entity under SRT grants the development right and private developers carry out property development around stations and along the corridor. JICA, JBIC or JOIN may get involved, with private-sector financial institutions investing in or providing loans to the developers. Potential areas for property development include Ayutthaya, which would support the expansion of the greater Bangkok region.

#### (3) MaaS through industry-academia collaboration

Along with the electrification projects, MaaS (Mobility as a Service) through industry-academia collaboration is a good opportunity for the private sector. By exchanging a MaaS service contract between SRT as the operator and a MaaS platformer, tourism MaaS or transport MaaS can be provided through industry-academia collaboration. JICA, JBIC or JOIN may get involved with investment or loan to the MaaS platformer by providing private-sector investment finance. In order to assess the interest of Japanese firms, the detailed concept of MaaS development needs to be discussed. The first step is to introduce the latest developments of MaaS in Japan to SRT and academia. Once keen interest is shown, JICA may form a technical assistance project. A Japanese MaaS platformer is expected to get involved during the design, implementation, and introduction under private-sector investment finance, if applicable.

### 6.2.3 Capacity Enhancement of SRT Training Center

#### (1) Scope

In order to cater for the growing need for O&M personnel in terms of quality and quantity, the project aims to expand the existing functions of the SRT Training Center through technical assistance to strengthen the capacity (soft components) and procurement of driving simulators and other training equipment (hard components).

#### (2) Technical assistance

With the goal of realizing safe, reliable and efficient operations of urban railways in

Thailand, the objective of the technical assistance is to strengthen the capacity of the Training Center and develop quality O&M workforce. Included in the assistance are training curriculum and materials development and institutional development including guidelines for training on electrified railways, as required.

#### (3) ODA loan

As training equipment for electrified railways, another component of the project is to procure driving simulators, station mock-up, and cut-away models (such as tracks and bogies) with the aim of offering comprehensive training programs. This may be assisted with ODA loan. With 2026 as the target year, training equipment should be made ready for use along with the operational readiness for the Rangsit – Tammasat section.

### 6.2.4 R&D of New Technologies (such as Hybrid Trains)

#### (1) Scope

The project aims to provide expert advice on R&D activities for bi-mode trains in Thailand through industry-academia collaboration between Thailand and Japan, where both parties periodically explain their R&D activities for better cooperation. If Japanese firms show interest in developing hybrid trains, the project can proceed to the design, manufacturing and delivery stages.

#### (2) Memorandum of understanding/cooperation

As the starting point of the above, one idea is to sign a memorandum of understanding or cooperation (MOU or MOC) to create a “Thailand – Japan Railway R&D platform (tentative)” between the two countries to work on conceptualization, where both parties periodically explain their R&D activities for better cooperation. This platform should seek possibility of cooperation with an MOU on academic cooperation “Production and Development of Rail Personnel and Research and Development of Rail Technology and Innovation to Support the Rail Industry”. Through presentations and lectures by Japan’s research institutes and suppliers, the platform should provide advice and share information about R&D concepts and education.

#### (3) ODA loan

In the event that Japanese firms show interest in participating in the R&D activities, the process of design, manufacturing and delivery may be supported by an ODA loan. Once the electrification to Ban Phachi is complete, the outcomes of R&D activities (such as hybrid

trains) will be put into use.

### 6.2.5 Electrification of Freight Corridor

#### (1) Scope

The project aims to strengthen the logistic functions between the rapidly emerging EEC area and the Bangkok Metropolitan Area, by electrification of the freight corridor Lat Krabang ICD – Laem Chabang (approx. 108 km), which is the dominant section used to carry goods and items in Thailand.

#### (2) ODA loan

Use of an ODA loan for the procurement of electrical facilities, equipment and electric locomotives is one option. However, if operation is separated from infrastructure development, the assigned operator may need to be responsible for the procurement of rolling stock.

Another issue is transport demand. Currently, the section operates one passenger train and 11 or 12 roundtrips of freight trains, which means that a significant modal shift from road to rail is necessary to make the investment financially viable. As SRT recently purchased and put into service diesel locomotives from China, electrification of the line in the short term would be a difficult decision. Also, one technical constraint is the necessity of switching locomotives when a freight train enters the loading point at Leam Chabang Port, which will require a technical solution.

#### (3) Private-sector investment finance

The private sector may show interest in participating in the freight railway business if the number of freight operations increases along with the modal shift from road to rail. One idea is to support their market entry with private-sector investment finance. Notwithstanding this, the vertical separation model, which is the new institutional framework under the draft Railway Act, needs to be realized as the starting point.

On the other hand, JR Freight (JRF), which possesses technology and know-how on freight transport in Japan, has established a branch office in Thailand, aiming to engage in the container rail transport business. JRF's involvement in the project would be beneficial to make the project even more effective.

### 6.2.6 Prospects of Local Production

SMEs could be involved in ordinary electrification as follows.

**(1) EMUs**

EMUs are assembled and tested in Japan and transported to the project country. In order to use local parts, such goods must be transported from the country of origin to Japan. This is the reason why past similar projects usually avoided using local parts.

**(2) Electrification facilities and equipment**

In the short term, localization should focus on works and services, such as equipment design, delivery of devices and materials, installation at site (poles, cables, processed steel products, iron-ware, passenger seats, installation of substations, etc.). Led by overseas engineering companies (including those from Japan), initial skill development and training of local suppliers are necessary. As Japanese SMEs have such track record and experience, they can contribute to the export of Japanese products and promote localization in partnership with local companies.

## 6.3 Summary of Discussions with Other Stakeholders

This section summarizes the points of discussions with ADB.

### 6.3.1 ADB

Recently, ADB assisted the Ministry of Finance with particular focus on green financing and climate bond initiatives. Improvement of the national railway was programmed in 2021 in ADB's Country Operations Business Plan: Thailand, 2020–2022. Since they are in general accordance with the objectives of SRT electrification, some involvement by ADB would be expected.

- Green finance (renewable energies, electrification, decarbonization)
- Pink/yellow line projects (construction and O&M) (USD 311 million)
- Assistance on climate bond initiative (CBI)
- Orange Line – eastern section (assistance to PDMO to apply CBI)
- Purple Line – south extension, Orange Line west extension, national railway improvement

**(1) Ideas for future assistance**

Preliminary ideas for future assistance by ADB include the following.

**① Co-financing on Red Line Extension Projects**

There is a possibility of co-financing on the Red Line commuter projects and the North extensions by ADB and JICA. In that case, ADB may arrange certain assistance programs (in particular, ADB Project Readiness Fund and/or Transaction TA facility). The Government of

Thailand is yet to reach a conclusion on the project scheme (financing scheme, private investment portion, and risk-sharing framework) for the Red Line commuter projects, for which the first market survey was carried out in October 2021. Therefore, the possibility of co-financing still depends on the final decision of the Government. Alternatively, two technical assistance projects may be considered as follows, which would identify potential projects for future co-financing opportunities. JICA is concerned that collaboration with other donors may result in the use of non-Japanese systems and rolling stock against its wishes.

**② Technical assistance to develop a decarbonization roadmap for SRT**

SRT's environmental target is an integral part of the 20-year action plan (2020–2040), where the first 5 years focus on promoting core business through rehabilitation and infrastructure development, and from 2030 to 2035, over 90% compared to the 2020 level is energy-saving and eco-friendly transportation systems. On the other hand, the feasibility of the target as the basis is uncertain and breakdowns for the target are not explained in accordance with the investment plan of SRT. Aiming toward a low-carbon society, technical assistance should be provided to draw up a decarbonization road map for SRT that is consistent with the Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy, the 20-Year National Strategy (2018–2037), the National Energy Plan 2022, the BCG Economy & Green Growth Strategy, etc.

**③ Technical assistance to promote open access in freight transportation**

The draft Railway Act embodies a new institutional framework to allow open access under the vertical separation model. Following enactment of the Act, by-laws, such as rules, regulations, guidelines and others based on the regulatory framework (e.g. commercial regulation and safety management systems) need to take effect. The technical assistance aims to provide support for the institutional designs with the pilot project to operate trains by a third-party operator on the existing SRT track, thereby enabling private operators to provide transport services to the public in sections with relatively low traffic density. By this approach, SRT will be able to improve financial conditions by receiving track access fees from private operators.

If a particular section is found to have good potential for electrification and the rationale for an ODA loan is identified in the course of providing technical assistance, SRT may seek the possibility of loans from financial institutions such as ADB and JICA.

# Chapter7 **Conclusion**

## 7.1 Conclusion

### 7.1.1 Method to Proceed with Electrification according to the Original Study Plan

#### (1) Information Collection

This survey, "Data Collection Survey on Railway Electrification in the Kingdom of Thailand," in line with its purpose examined the natural conditions, socioeconomic status, SRT status and issues in Chapter 2. The analysis according to the SRT-Elect-F/S was described in Chapter 3.

#### (2) Current status and issues of SRT

The immediate problems for SRT are outlined below.

**① Personnel**

The currently on-going large-scale projects such as double tracking will require the number of personnel. And approximately 40% of current regular employees will retire in the next 10 years. The government is passive to hire many staff. Since SRT has these issues, JST gave examples of the rationalization carried out by the Japanese National Railways.

**② Increase in transportation capacity through large-scale investment such as connection with China and Laos and double-tracking projects in Thailand**

As the transportation volume increases, a container transshipment base will be established in Laos and a container base will be established in Thailand across the border. The direction of reorganization of freight trains such as containerization is good. In line with this policy, stable operation and failure prevention are required including vehicle maintenance and response in the event of an abnormality.

On the other hand, for passenger trains, it seems that SRT has no intention of changing the current long-distance night train-based system even after double-tracking and the expected opening of high-speed railways. The choice of passengers, however, will be changed in response to the increase in GRP. Taking the example of Japan, passengers choose daytime trip as GRP increased. Then passengers demanded with higher frequency of lineup of limited express trains with high acceleration / deceleration and speed performance. They were made possible by electrification.

**③ Compliance with the new railway act (Rail Transport Act)**

The Rail Transport Act is expected to be enacted, and class 2 railway operators will be able to enter and use SRT's infrastructure. It is time to consider making agreements with them.

**④ Vehicle Procurement**

Infrastructure is improved along with large-scale projects, but it is necessary to procure in timely and appropriate vehicles.

### (3) Review of priority line among the four main lines

Following the SRT-Elect-F/S (SRT order, in 2016), demand forecasting and economic and financial analysis were conducted to reflect the 2019 socio-economic framework of the National Economic and Social Development Council (NESDC). The EIRR was 15.97% and the FIRR was 7.86%, both of which were the highest in the Northeast Line, similar to the SRT-Elect-F/S. Therefore, the priority line for electrification among the four main lines from Bangkok is the Northeast Line.

### (4) Specific examination of railway electrification

JST conducted a study on OCS, which was the original purpose of the survey. And JST described the contribution of electrification to the greenhouse gas reduction effect and PM2.5 reduction effect. It is necessary to make a detailed electrification plan for the future.

There are ways to proceed electrification by line distinction or by distance (depending on the distance from Bangkok). The advantages of the “by distance approach” for passengers is explained; For freight, by line distinction approach and the section of a lot of cargo is more advantageous.

The merits of electrification with reference to examples in Japan according to the increase in transportation volume were clarified. SRT is required to focus on;

1) Personnel and training for drivers, vehicle maintenance
2) Reformation of Train network sys.

## 7.1.2 Short-distance electric railway plans using new technologies, and JICA project implementation ideas

At the time to visit in November 2021, it was confirmed that the policy stance of SRT was changed to the following.

1) Not premised on the electrification of long-distance trains, but for the time being, a budget is requested to purchase 50 DLs and 400 DMUs.
2) However, the Red Line electrification extension work will continue.

In response to this change, Chapter 5 introduces new technologies, examines short-distance

electric railway

**(1)** Introduction of new technology

JST introduced new vehicle technologies suitable for the transportation density and the characteristics of the line section, and added a study on their operation. Development examples in Japan and the characteristics of B-DMU, B-EMU, new EMU, Hydrogen-FCEU, and Bi-mode (both engine and electric power) vehicles were shown. Regardless of what new technology is used for DL and DMU, the effect on reducing $CO_2$ to zero is small. Therefore, it is significant to electrify the necessary section to achieve zero carbon and prevent air pollution in the suburbs of metropolitan areas.

**(2) B-EMU usage and demand forecast when new technologies are introduced**

JST proposed a short-distance section plan to operate 15 new technology B-EMUs / day, one way) between Bangkok-Bang Sue-Lopburi about 140km, with the premise of already electrification on the Northeast line. As a result of performing demand forecast and financial analysis with this plan and comparing it with normal electrification, the B-EMU usage plan is superior, EIRR is 17.28%, FIRR is 18.61%., and the amount of CO2 reduction is 1,460 t/day, which is highly effective compared to the case of DL operation.

**(3) JICA project implementation ideas**

**① Possibility survey of electric railways using new technology**

The survey items of the SRT-Elect-F/S, and the optimum conditions suitable for train density and line section characteristics were surveyed, considering the socioeconomic status and the use of the above new technology. The scope of the survey was a short-distance section between Bang Sue and Ban Phachi and beyond Ban Phachi, where the transportation density is high and there is a plan to extend the Red Line. The Red Line can be shared with the SRT main line as an option.

**② Support for SRT training center and Training R&D engineers**

It is shown in timeline that the development plan of SRT training center, the enhancement of equipment, the training of personnel and electrification project. The project is as follows;
1) Extension of Red Line including the use of new technology vehicles (between Rangsit and Ban Phachi) and 2) Electrification of sections with high CO2 reduction effect and high freight transportation (between Lat Krabang and Laem Chabang)

DRT/SRT is playing a central role in starting the development of B-DL and B-MU. JST propose to establish a railway R&D platform as cooperation between businesses and

universities. Further, JST indicate a timeline for the training center, and to establish course of training R&D engineer.

#### (4) Interest level and possibility of participation of Japanese companies

JST surveyed 9 major manufacturers, trading companies, etc. and summarized them. In vehicle manufacturing with ODA loan, if there are no new development elements and it is equivalent to the rolling stock specifications that have been proven in Thailand and overseas, there is interest from companies. And it is important that the timing, the number of cars, and Japanese standards are recognized. Regarding local production, it is only necessary to have a stable supply of vehicles in a certain area, but it is difficult even considering stable demand in one country and neighboring countries, and it is actually difficult considering the investment effect of factories. Regarding maintenance, if the guidance target, scheme, liability conditions, etc. are clarified for the cars delivered made by produced company, inspection and maintenance work may be possible.

Based on the above, the idea of implementing a JICA project is combined with three cooperation means: yen loan, overseas investment and loan, and technical cooperation project (dispatch of JICA experts, acceptance of trainees, and provision of equipment), aiming for a unified effect.) A specific example is described below.

--Extension of the red line to the north (yen loan, overseas investment and loan)

--Electrification of sections with a lot of freight transportation (yen loan, overseas investment and loan)

--Development of training center (technical cooperation project, yen loan)

--Development of hybrid vehicle (yen loan)

It is also mentioned ADB's support for the SRT decarbonization roadmap

### 7.1.3 Summary of smoke exhaust problems at BS Grand sta.

The opening ceremony for long-distance express trains to enter the new station, which was scheduled to be held on December 23, 2021, was canceled just before, and the problem was postponed. In accordance with the JST study plan, in preparation for the re-entry of long-distance trains in the near future, the measures already decided by SRT and the materials provided are reviewed below, and the measures proposed by the Study Team are presented.

1. SRT decided to put the main line locomotive at the end of the platform. However, the stop positions of shunting locomotives and diesel railcars are in the middle of the platform.
2. The existing smoke exhaust equipment received from SRT is able to completely replace the air in the premises in 10 to 12 minutes. However, the chimneys of shunting locomotives and

diesel railcars are located in the middle of the platform**.** Therefore, JST recommends that the amount of smoke captured should be measured first and that a hood inhaling leaked smoke from DL/DMU chimney should be installed because the distance between the intake port and the chimney of the vehicle is about 1.6 m.

Furthermore, throttle control is recommended when the shunting locomotive departs (forwards).

## 7.2 Acknowledgment

Mr. Anan, Assistant Governor of Operation, SRT and other practitioners from related departments gave detailed explanations, and listened enthusiastically to the explanations by JST. Although there were some differences in the interests of both parties, the fact that 10 meetings were held in 3 weeks reflects the enthusiasm of both parties. JST would also like to express its gratitude to the officials in the International Affairs Division who accompanied us, including for the five on-site visits.

Furthermore, at BS Grand sta. and the surrounding site depots, JST was warmly welcomed despite the busy schedule for the opening of the Red Line on November 29 and the arrival and departure of long-distance trains from the new station planned on December 23. Furthermore, even though it was just after restrictions on entry by foreigners due to the COVID-19 pandemic had eased, JST was very grateful for the warm reception it received.

It was invaluable to be able to have discussions from different angles with government offices such as NESDC and DRT. Also, to save time, JST held two video conferences with BEM and MRTA.

Many Japanese companies also held video conferences and direct meetings, including before, during, and after JST's stay in Thailand.

Finally, we would like to thank the officials at the JICA Thailand office and the JICA experts.

ราชอาณาจักรไทย

การรถไฟแห่งประเทศไทย

# โครงการสำรวจรวบรวมข้อมูลการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในราชอาณาจักรไทย

## รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

กุมภาพันธ์ 2565


Japan International Cooperation Agency

(JICA)

Japan International Consultants for Transportation Co., Ltd.

Oriental Consultants Global Co., Ltd.

# ตารางอักษรย่อ

| คำย่อ | ภาษาอังกฤษ | ภาษาไทย |
|---|---|---|
| รฟท. | State Railway of Thailand | การรถไฟแห่งประเทศไทย |
| ADB | Asian Development Bank | ธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย |
| BCG | Bio-Circular-Green | โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว |
| B-DL | Battery Diesel Locomotive | รถจักรดีเซลแบตเตอรี่ |
| B-DMU | Battery Diesel Multiple Unit | รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ |
| B-EMU | Battery Electric Multiple Unit | รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ |
| DL | Diesel Locomotive | รถจักรดีเซล |
| DMU | Diesel Multiple Unit | รถไฟดีเซลราง |
| EEC | East Economic Corridor | ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก |
| EIRR | Equity Internal Rate of Return | อัตราผลตอบแทนภายในทางเศรษฐศาสตร์ |
| EL | Electric Locomotive | รถจักรไฟฟ้า |
| EMU | Electric Multiple Unit | รถไฟฟ้าชุด |
| EV | Electric Vehicle | รถยนต์ไฟฟ้า/ยานพาหนะไฟฟ้า |
| FIRR | Financial Internal Rate of Return | อัตราผลตอบแทนภายในทางการเงิน |
| F/S | Feasibility Study of SRT Electrification 4 lines Project in Sept, 2016 | รายงานศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทาง กันยายน พ.ศ.2559 |
| GDP | Gross Domestic Product | ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ |
| HSR | High Speed Rail | รถไฟความเร็วสูง |
| Hydrogen-FCEU | Hydrogen-Fuel Cell Electric Unit | รถไฟพลังงานไฮโดรเจน |
| ICD | Inland Container Depot | สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง |
| JBIC | Japan Bank for International Cooperation | ธนาคารเพื่อความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น |
| JICA | Japan International Cooperation Agency | องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น |
| JOIN | Japan Overseas Infrastructure Investment Corporation for | บรรษัทเพื่อการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานในต่างประเทศเพื่อการพัฒนาเมืองและการ |

| | | |
|---|---|---|
| | Transport & Urban Development | คมนาคม |
| JST | JICA Study Team | ทีมศึกษา JICA |
| KPI | Key Performance Indicator | ดัชนีชี้วัดผลงาน |
| KTM | Keretapi Tanah Melayu | การรถไฟแห่งประเทศมาเลเซีย |
| ktoe | Kilotonne of oil equivalent | หน่วยพลังงานเทียบเท่าพันตันของน้ำมันดิบ |
| LEDS | Long-Term Low Greenhouse Gas Emission Strategy | ยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก |
| MaaS | Mobility as a Service | ระบบขนส่งแบบเชื่อมโยงเพื่อการบริการ |
| M-MAP | Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region | แผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (พื้นที่ต่อเนื่อง) |
| M-MAP2 | The Second Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region | แผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (พื้นที่ต่อเนื่อง) ระยะที่ 2 |
| NEP | National Energy Plan | แผนพลังงานชาติ |
| OCS | Overhead Catenary System | ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว |
| ODA | Official Development Assistance | ความช่วยเหลือเพื่อการพัฒนาแบบทวิภาคี |
| O&M | Operation & Maintenance | การเดินรถและการบำรุงรักษา |
| PDMO | Public Debt Management Office | สำนักงานบริหารหนี้สาธารณะ |
| PPP | Public Private Partnership | การร่วมทุนระหว่างภาครัฐและเอกชน |
| R&D | Research and Development | การวิจัยและพัฒนา |
| SMEs | Small and Medium Enterprises | วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม |
| 4D1E | Digitalization, Decarbonization, Decentralization, Deregulation, Electrification | นโยบาย 4D1E (Digitalization, Decarbonization, Decentralization, Deregulation, Electrification) ที่กำหนดไว้ในแผนพลังงานชาติ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันด้านพลังงาน |

# สารบัญ


บทที่ 1 บทนำ ..... 1-1

1.1 เค้าโครงและวัตถุประสงค์ของการศึกษา ..... 1-1

1.1.1 ความเป็นมาของการศึกษา ..... 1-1

1.1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ ..... 1-1

1.1.3 องค์ประกอบของรายงาน ..... 1-2

บทที่ 2 การทบทวนสถานการณ์ปัจจุบันของประเทศไทยและ รฟท. ..... 2-1

2.1 ภูมิศาสตร์ ..... 2-1

2.2 ด้านพลังงาน ..... 2-1

2.2.1 สถานการณ์การใช้พลังงาน ..... 2-1

2.2.2 ยุทธศาสตร์การพัฒนาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ ..... 2-2

2.2.3 ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ..... 2-2

2.2.4 แผนพลังงานแห่งชาติ พ.ศ.2565 ..... 2-2

2.2.5 โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพและยุทธศาสตร์การเติบโตสีเขียว ..... 2-2

2.2.6 เป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมของ รฟท. ..... 2-2

2.2.7 ความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาล ..... 2-3

2.3 ปัญหาของ รฟท. ..... 2-3

2.3.1 สถานภาพและปัญหาบุคลากรของ รฟท. ..... 2-3

2.3.2 สรุปปัญหาด้านบุคลากร ..... 2-6

2.3.3 โครงข่ายรถไฟโดยสาร ..... 2-6

2.3.4 การเพิ่มความสามารถในการขนส่งสินค้า ..... 2-6

2.3.5 จัดซื้อขบวนรถไฟ ..... 2-7

2.3.6 มาตรการสำหรับกฎหมายรถไฟฉบับใหม่ ..... 2-7

บทที่ 3 การศึกษาทบทวนแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ..... 3-1

3.1 แผนระยะยาว (ปรับแก้อ้างอิงจากการศึกษาของรฟท.) ..... 3-1
3.2 ประเด็นที่จะพิจารณาในแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของ รฟท. ..... 3-3
3.2.1 แผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าตามระยะทางและตามแนวเส้นทาง ..... 3-3
3.2.2 งบประมาณ ..... 3-6
บทที่ 4 ปัญหาการปล่อยควันไอเสียที่สถานีกลางบางซื่อ ..... 4-1
4.1 สถานีกลางบางซื่อ ..... 4-1
4.2 มาตรการแก้ไขของ รฟท.และทีมศึกษา ..... 4-2
4.3 ระบบระบายอากาศเดิมและแนวทางการปรับปรุง ..... 4-2
4.3.1 ตำแหน่งอุปกรณ์ ..... 4-3
4.3.2 การตรวจสอบความสามารถในการระบายอากาศของท่อ ..... 4-4
4.3.3 ข้อเสนอแนะจากทีมศึกษา ..... 4-5
บทที่ 5 ข้อเสนอแผนการพัฒนาการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ..... 5-1
5.1 แนะนำเทคโนโลยีใหม่ในขบวนรถไฟ (Rolling Stock) ..... 5-1
5.1.1 รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) ..... 5-1
5.1.2 รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) ..... 5-2
5.1.3 รถไฟสองระบบ (Bi-mode Train) ..... 5-3
5.1.4 รถไฟฟ้าชุด (EMU) ..... 5-4
5.1.5 รถไฟฟ้าพลังงานไฮโดรเจน ..... 5-5
5.1.6 หัวรถจักรสับเปลี่ยนแบบ Hybrid ..... 5-6
5.1.7 การพิจารณาเทคโนโลยีใหม่ ..... 5-7
5.2 แผนระยะสั้น ..... 5-12
5.2.1 ผลวิเคราะห์ ..... 5-12
5.2.2 ตัวอย่างการคำนวณการลดปริมาณการปล่อย $CO_2$ ในเส้นทางรถไฟสินค้า ..... 5-14
5.3 กรอบความร่วมมือในอนาคต ..... 5-15

5.3.1 แผนแม่บทการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของ รฟท. ..... 5-15
5.4 การทบทวนราคาของโครงการ ..... 5-19
5.4.1 ราคาของโครงการในแผนระยะยาวและแผนจำลองระยะสั้น ..... 5-19
5.4.2 การทบทวนราคาของงานระบบไฟฟ้ากำลัง ..... 5-20
5.4.3 การทบทวนราคาขบวนรถไฟที่เสนอแนะ ..... 5-21
5.5 สรุปแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ..... 5-22
5.5.1 รายการเบื้องต้นของโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ..... 5-22
5.5.2 การเปรียบเทียบระหว่างแผนเดิมในรายงานการศึกษาความเหมาะสม (F/S) กับข้อเสนอจากการศึกษานี้ ..... 5-22
5.5.3 แผนการส่งเสริมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ..... 5-23
บทที่ 6 การศึกษาความเป็นไปได้ของความร่วมมือจากต่างประเทศ ..... 6-1
6.1 ความเป็นไปได้ในการมีส่วนร่วมในการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของบริษัทญี่ปุ่น ..... 6-1
6.1.1 เทคโนโลยีของญี่ปุ่น ..... 6-1
6.1.2 ประเด็นความท้าทาย ..... 6-3
6.2 แผนการให้ความช่วยเหลือ ..... 6-4
6.2.1 โครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดงและส่วนต่อขยายทางตอนเหนือ ..... 6-6
6.2.2 การลงทุนภาคเอกชน ..... 6-6
6.2.3 การเพิ่มขีดความสามารถของศูนย์ฝึกอบรมของ รฟท. ..... 6-7
6.2.4 การวิจัยและพัฒนา (R&D) เทคโนโลยีใหม่ (เช่น รถไฟไฮบริด) ..... 6-8
6.2.5 การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าสำหรับรถสินค้าใน EEC ..... 6-9
6.2.6 โอกาสของผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่น ..... 6-10
6.3 ผลการหารือกับธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย (ADB) ..... 6-10
6.3.1 การให้การสนับสนุนทางการเงินร่วมกันในโครงการรถไฟสายสีแดงส่วนต่อขยาย ..... 6-11
6.3.2 ความช่วยเหลือด้านเทคนิคในการพัฒนาแผนการลดคาร์บอนของ รฟท. ..... 6-11

6.3.3 ความช่วยเหลือด้านเทคนิคเพื่อส่งเสริมการเข้าถึงการขนส่งสินค้า .....6-11
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา .....7-1
7.1 บทสรุป .....7-1
7.1.1 ประเด็นในแผนการศึกษาเดิม .....7-1
7.1.2 แผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในระยะทางสั้นโดยใช้เทคโนโลยีใหม่และแนวคิดในการดำเนินโครงการของ JICA .....7-3
7.1.3 ปัญหาควันไอเสียของสถานีกลางบางซื่อ .....7-5
7.2 กิตติกรรมประกาศ .....7-6

# สารบัญรูป

รูปที่ 2.3-1 อัตรากำลังพนักงานและลูกจ้างของ รฟท. ..... 2-4
รูปที่ 2.3-2 รายละเอียดของอัตรากำลังพนักงานและลูกจ้างของ รฟท. (กันยายน พ.ศ.2564) ..... 2-4
รูปที่ 2.3-3 โครงสร้างอายุของพนักงานของ รฟท. ..... 2-5
รูปที่ 3.1-1 แผนที่เส้นทาง สำหรับแผนการพัฒนาระยะยาว ..... 3-1
รูปที่ 3.2-1 แผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าตามระยะทางจากกรุงเทพมหานคร ..... 3-4
รูปที่ 4.1-1 รูปหน้าตัดของสถานีกลางบางซื่อ ..... 4-1
รูปที่ 4.3-1 ภาพจำลองตำแหน่งท่อควันไอเสียและช่องดูดอากาศ ..... 4-3
รูปที่ 4.3-2 ภาพจำลองตำแหน่งท่อควันไอเสียและช่องดูดอากาศ ..... 4-4
รูปที่ 4.3-4 ช่องดูดอากาศเข้าและบาดเกล็ดเหนือรางรถไฟ ..... 4-6
รูปที่ 4.3-5 ลักษณะท่อดูดควันและปล่องปล่อยควันของรถจักรดีเซลที่นำเสนอ ..... 4-6
รูปที่ 5.2-1 แผนที่เส้นทาง สำหรับแผนระยะสั้น ..... 5-12
รูปที่ 5.3-1 ตัวอย่างการเลือกประเภทรถไฟของสายเหนือและสายตะวันออกเฉียงเหนือ ..... 5-17
รูปที่ 5.5-1 แผนส่งเสริมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ..... 5-24

# สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.3-1 ระยะทางขับเฉลี่ยของคนขับเปรียบเทียบกับต่างประเทศ ..... 2-5
ตารางที่ 3.1-1 สมมุติฐานการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมโดย สศช. (พ.ศ. 2562) ..... 3-2
ตารางที่ 3.1-2 สมมุติฐานอื่นๆ ในแผนระยะยาว ..... 3-2
ตารางที่ 3.1-3 ผลการวิเคราะห์ในแผนระยะยาว ..... 3-3
ตารางที่ 4.2-1 มาตรการแก้ไขของ รฟท.และทีมศึกษา JST ..... 4-2
ตารางที่ 5.1-1 รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ในญี่ปุ่น ..... 5-2
ตารางที่ 5.1-2 รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ในญี่ปุ่น ..... 5-3

ตารางที่ 5.1-3 รถไฟสองระบบ Class 802 ..... 5-4
ตารางที่ 5.1-4 รถไฟฟ้าชุด (EMU) E235 Type ..... 5-5
ตารางที่ 5.1-5 Hydrogen-FCEU FV-E991 ..... 5-6
ตารางที่ 5.1-6 หัวรถจักรสับเปลี่ยนไฮบริด ..... 5-7
ตารางที่ 5.1-7 สรุปการประเมินเทคโนโลยีใหม่ ..... 5-11
ตารางที่ 5.2-2 สมมุติฐานอื่นๆ ในแผนระยะสั้น ..... 5-13
ตารางที่ 5.2-3 ผลการวิเคราะห์ในแผนระยะสั้น ..... 5-14
ตารางที่ 5.4-1 ราคาโครงการสำหรับแผนระยะสั้น ..... 5-19
ตารางที่ 5.4-2 การเปรียบเทียบราคาของงานระบบไฟฟ้ากำลังต่อกิโลเมตร ..... 5-20
ตารางที่ 5.4-3 ตารางเปรียบเทียบความยาวรางต่อสถานีไฟฟ้าย่อย ..... 5-21
ตารางที่ 5.4-4 ราคาค่างานระบบงานจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ..... 5-21
ตารางที่ 5.5-1 สรุปโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าเบื้องต้น ..... 5-22
ตารางที่ 5.5-2 ข้อแตกต่างระหว่างแผนใน F/S กับข้อเสนอจากการศึกษานี้ ..... 5-23
ตารางที่ 6.1-1 เทคโนโลยีภายในตัวรถของญี่ปุ่น ..... 6-1
ตารางที่ 6.1-2 เทคโนโลยีภายในตัวรถของญี่ปุ่น (ต่อ) ..... 6-2
ตารางที่ 6.2-1 แนวคิดเบื้องต้นสำหรับการดำเนินโครงการ ..... 6-5

# บทที่ 1 บทนำ

## 1.1 เค้าโครงและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.1.1 ความเป็นมาของการศึกษา

การพัฒนาการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นในปัจจุบันได้มีการดำเนินการในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลตามโครงการ M-MAP ทั้งสิ้น 509 กิโลเมตร ครอบคลุมประชากรโดยประมาณ 5.13 ล้านคน ภายในปี พ.ศ.2572 นอกจากนี้ การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) มีโครงข่ายทางรถไฟมากกว่า 4,041 กิโลเมตร (ข้อมูล รฟท. เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2563) และทั้งหมดเป็นการเดินรถโดยใช้เครื่องยนต์ชนิดสันดาปภายในของรถจักรดีเซลและรถดีเซลราง โดย รฟท. มีกำหนดจะเปลี่ยนรถจักรดีเซลและรถดีเซลรางหลังจากอายุ 30 ถึง 50 ปี ด้วยเหตุนี้ รฟท. จึงได้ทำการศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทางในเดือนกันยายน พ.ศ.2559 อย่างไรก็ตามแผนดังกล่าวยังมีปัญหาในการดำเนินการ จึงเป็นที่มาในการศึกษาเพิ่มเติมในครั้งนี้

1.1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ

(1) แผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางรถไฟของ รฟท. ซึ่งจะการรวบรวมข้อมูลจากหลายส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น นโยบายและแผนการลงทุนและพัฒนาระบบราง, แผนการพัฒนาองค์กรของ รฟท., และความเป็นไปได้ในความร่วมมือทางการเงิน เช่น แนวทางลงทุนจากเงินกู้จากรัฐบาลญี่ปุ่น หรือจากเงินกู้จากสถาบันการเงินต่างประเทศ โดยบนพื้นฐานของข้อมูลที่รวบรวม ทางคณะศึกษาจะขอนำเสนอแนวทางการพัฒนาการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า และแนวทางความร่วมมือด้านการพัฒนาร่วมกับทาง JICA ที่เป็นไปได้ในอนาคต

(2) ปัญหาการปล่อยควันเสียของสถานีกลางบางซื่อ

ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 รฟท. ประกาศที่จะให้รถจักรดีเซลและรถดีเซลรางของรถไฟทางไกลรวมไว้ที่สถานีกลางบางซื่อ แต่เนื่องจากความสามารถในการดูดควันเสียของสถานีมีจำกัด จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนในการกำหนดนโยบายรับมือในระยะสั้น นอกเหนือจากแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าระยะกลางถึงระยะยาว จากปัญหาข้างต้น การศึกษานี้จะทำการทบทวนแผนการดำเนินงาน และเสนอมาตรการแก้ไขระยะสั้นสำหรับการแก้ปัญหาการ

ปล่อยควันเสียในสถานีกลางบางซื่อบนพื้นฐานการเดินรถดีเซล

1.1.3 องค์ประกอบของรายงาน

รายงานประกอบด้วย 7 บท โดยในบทที่ 2 จะสรุปถึงสถานการณ์ปัจจุบันของประเทศไทย และ รฟท. จากการสำรวจภาคสนามและแยกประเด็นปัญหา และในบทที่ 3 ทีมศึกษาจะทบทวนแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในรายงานการศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทาง ,กันยายน พ.ศ. 2559 และทำการทบทวนการคาดการณ์ความต้องการการเดินทางใหม่ ทบทวนเส้นทางที่มีลำดับความสำคัญก่อน และเสนอแนวคิดแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในอนาคต

นอกจากนี้ ทีมศึกษาได้พิจารณามาตรการแก้ไขการปล่อยควันเสียจากรถดีเซลรางและรถจักรดีเซลที่สถานีกลางบางซื่อ โดยการศึกษามาตรการแก้ไขในปัจจุบันของ รฟท. และทำการเปรียบเทียบกับข้อเสนอแนะของทีมศึกษาไว้ในบทที่ 4

หลังจากเดินทางมาประเทศไทยเพื่อหารือ ทีมศึกษาได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงนโยบายของ รฟท. ไปในทิศทางดังต่อไปนี้

(1) มีการจัดงบประมาณในการจัดซื้อรถจักรดีเซลจำนวน 50 คัน และรถดีเซลรางจำนวน 400 คัน และในขณะนี้ไม่มีการใช้ระบบไฟฟ้าของรถไฟทางไกล

(2) อย่างไรก็ตามงานส่วนต่อขยาย (ระบบไฟฟ้า) ของรถไฟฟ้าสายสีแดง จะยังคงดำเนินต่อไป

จากข้อเท็จจริงข้างต้น ทีมศึกษาได้เสนอการปรับปรุงการขนส่งบนเส้นทางระยะทางสั้นในระยะสั้น รวมถึงการแนะนำเทคโนโลยีรถไฟฟ้าใหม่ในญี่ปุ่นไว้ในบทที่ 5 ทีมศึกษาได้เสนอการเดินรถโดยรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) ในระยะทางประมาณ 140 กิโลเมตร จากกรุงเทพฯ ในเส้นทางสายเหนือ หลังจากทำการคาดการณ์ความต้องการการเดินทางและการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านเศรษฐกิจและการเงินขั้นต้น นอกจากนี้ ทีมศึกษายังเสนอความเหมาะสมของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าโดยพิจารณาจากจำนวนรถไฟและคุณลักษณะเฉพาะของแนวเส้นทางเป็นขั้นตอนต่อไป

จากข้อมูลที่ได้จาก รฟท. ทีมศึกษาได้เสนอแนะแผนการปรับปรุงศูนย์ฝึกอบรมซึ่งประกอบด้วยกรอบการพัฒนารถไฟของ รฟท. และการฝึกอบรมวิศวกร ส่วนในบทที่ 6 ได้แนะนำความเป็นเลิศของเทคโนโลยีในญี่ปุ่นและแสดงโอกาสความเป็นไปได้ของการมีส่วนร่วมของบริษัทญี่ปุ่นในโครงการรถไฟสายสีแดงส่วนต่อขยายทางตอนเหนือ

# บทที่ 2 การทบทวนสถานการณ์ปัจจุบันของประเทศไทยและ รฟท.

## 2.1 ภูมิศาสตร์

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างละติจูดเหนือประมาณ 5 ถึง 20 องศา และลองจิจูดตะวันออก 97.5 ถึง 105.5 องศา โดยมีความแตกต่างของเวลาจากญี่ปุ่น 2 ชั่วโมง และ 5-6 ชั่วโมงจากเวลาภาคกลางยุโรป (ปรับเวลาตามฤดูกาล) พื้นที่ของประเทศแบ่งออกเป็นภูมิภาคคาบสมุทรทางใต้ ลุ่มน้ำโขง รวมทั้งภูมิภาคโคราช และลุ่มน้ำเจ้าพระยาในกรุงเทพฯ ที่ไหลลงสู่ทะเล มีเทือกเขาเพชรบูรณ์ซึ่งเป็นสันปันน้ำระหว่างลุ่มน้ำทั้งสองที่กล่าวไว้ข้างต้น และทางรถไฟวิ่งสู่ด้านล่าง และมีความลาดชันร้อยละ 16

จุดสูงสุดของประเทศคือ เทือกเขาอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูง 2,655 เมตร มีถนนที่มุ่งสู่เมืองมะละแหม่ง ประเทศเมียนมาร์ ผ่านจุดที่ระดับความสูง 700 เมตรเช่นกัน มีรอยเลื่อนมีพลังอยู่ในบริเวณนี้ที่ปลายด้านใต้ของแนวเทือกเขาอัลไพน์-หิมาลัย และถึงแม้จะมีความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวได้น้อย แต่ฝั่งทะเลอันดามันมีโอกาสเกิดภัยสึนามิได้

ภูมิภาคส่วนใหญ่มีสภาพอากาศแบบมรสุมเอเชีย โดยมีฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน และฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และจะมีน้ำท่วมขังในช่วงปลายฤดูฝน โดยลักษณะการท่วมจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และมีระยะเวลาน้ำท่วมนานซึ่งต่างจากประเทศญี่ปุ่น ปริมาณน้ำฝนต่อปีในกรุงเทพฯ อยู่ที่ 1200 มิลลิเมตร และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 25.5 องศาเซลเซียส ถึง 31 องศาเซลเซียส

## 2.2 ด้านพลังงาน

2.2.1 สถานการณ์การใช้พลังงาน

(1) การจัดหาพลังงาน

พลังงานของประเทศไทยประกอบด้วย ก๊าซธรรมชาติร้อยละ 60 ถ่านหินและลิกไนต์ร้อยละ 18 นำเข้าไฟฟ้าร้อยละ 12 พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 9 รัฐบาลไทยได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานสำหรับเรื่องนี้ โดยเฉพาะปัญหาการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในปริมาณมาก

ในแผนระยะยาว โรงงานผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิต 25,310 เมกะวัตต์ จะปิดตัวลง และโรงงานผลิตไฟฟ้าแห่งใหม่จะมีกำลังการผลิต 56,431 เมกะวัตต์ รัฐบาลกำหนดเป้าหมายที่จะผลิตไฟฟ้าให้ได้ 72,211 เมกะวัตต์ภายในปี พ.ศ.2580

(2) การใช้พลังงาน

ในปี พ.ศ. 2563 การใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศไทยคิดเป็น 77,340 ktoe ซึ่งส่วน

ใหญ่เป็นการใช้พลังงานเพื่อการพาณิชย์โดยคิดเป็น 66,821 ktoe (ร้อยละ 86.40 ของทั้งหมด) ภาคการขนส่งมีสัดส่วนในการใช้พลังงานสุดท้ายมากที่สุด คิดเป็นประมาณร้อยละ 38.40 ของการใช้พลังงานสุดท้าย ในปี พ.ศ. 2563 ผลิตภัณฑ์พลังงานคิดเป็น 65,821 ktoe, ซึ่งเกินกว่าร้อยละ 60 เป็นพลังงานเชิงพาณิชย์ เช่น น้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ

2.2.2 ยุทธศาสตร์การพัฒนาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ

ตามเป้าหมายของยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของประเทศไทย (LEDS) ไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนในปี พ.ศ. 2608-2613 และภายใต้แผนพลังงานแห่งชาติ (NEP 2022) ภาคการขนส่งจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเป็นร้อยละ 68 ของการใช้พลังงานสุดท้ายทั้งหมดในปี พ.ศ.2593

2.2.3 ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580)

ภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) กระทรวงคมนาคมได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบการขนส่ง 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) โดยเน้นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขัน การพัฒนาคุณภาพชีวิตและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และกำหนดระบบรางให้เป็นแกนหลักในการเดินทางและขนส่งของประเทศ

2.2.4 แผนพลังงานแห่งชาติ พ.ศ.2565

“แผนพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2565” ภายใต้ยุทธศาสตร์การพัฒนาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ โดยในภาคการคมนาคมกำหนดเป้าหมายยานพาหนะไฟฟ้า (EV) ตามนโยบาย 30@30 และการสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน และนโนบาย 4D1E : Digitalization, Decarbonization, Decentralization, Deregulation, Electrification ซึ่งทั้งสิ้นก็เกี่ยวข้องกับการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) ด้วยเช่นกัน

2.2.5 โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพและยุทธศาสตร์การเติบโตสีเขียว

กระทรวงทรัพยากรแห่งชาติและสิ่งแวดล้อมซึ่งได้รับการแต่งตั้งให้เป็นศูนย์กลางการดำเนินการนโยบาย “โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียวและยุทธศสตร์การเติบโตสีเขียว” ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับภาคการขนส่ง ได้แก่ การส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อลดการปล่อยมลพิษ และการส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าและชิ้นส่วน

2.2.6 เป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมของ รฟท.

เป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมของ รฟท. เป็นส่วนหนึ่งของแผนปฏิบัติการ 20 ปี (พ.ศ.2563-2583) โดยในช่วง 5 ปีแรกมุ่งเน้นการส่งเสริมธุรกิจหลักผ่านการบูรณะและพัฒนาโครงสร้าง

พื้นฐาน หลังจากปี พ.ศ. 2568 จะปรับไปสู่ระบบขนส่งที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยที่ตั้งแต่ พ.ศ. 2573 ถึง 2578 จะใช้ระบบขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงานมากกว่าร้อยละ 50 และ พ.ศ. 2578 ถึง 2583 จะปรับใช้เป้าหมายเป็นมากกว่าร้อยละ 90 เมื่อเทียบเทียบกับปี พ.ศ.2563

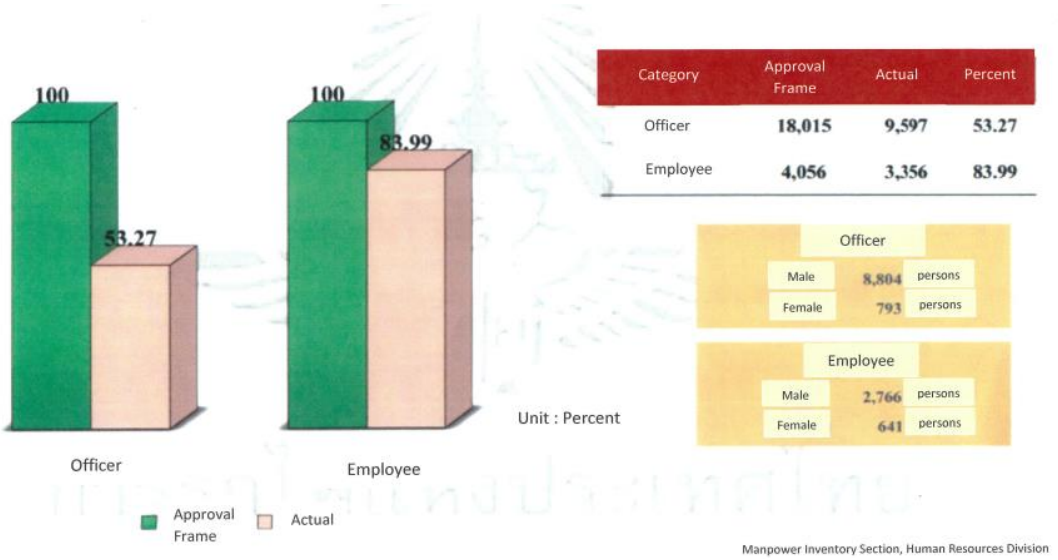
2.2.7 ความสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาล

ทีมศึกษามีความเห็นว่า การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของ รฟท. มีความสอดคล้องอย่างมากกับนโยบายของรัฐบาล ทั้งเป้าหมายและวัตถุประสงค์ รวมถึงแผนปฏิบัติการของ รฟท. รัฐบาลมีเป้าหมายที่จะลดภาระด้านสิ่งแวดล้อมด้วยการวิจัยและพัฒนา (R&D) และใช้อุตสาหกรรมแบบท้องถิ่น การส่งเสริมผลิตภัณฑ์รถไฟฟ้าชุด (EMU) ของท้องถิ่นรวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น รถไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่ (B-EMU) จะทำให้มีความสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลมากขึ้น นอกจากนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนโยบาย Decarbonization และ Decentralization ในนโยบาย 4D1E มีความสอดคล้องกับโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

## 2.3 ปัญหาของ รฟท.

2.3.1 สถานภาพและปัญหาบุคลากรของ รฟท.

อ้างอิงจากสถิติรายการบุคลากร ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 ที่จัดทำโดย รฟท. มีพนักงานประจำ (เจ้าหน้าที่) เพียง 9,597 อัตรา เมื่อเทียบกับกรอบอัตรากำลัง 18,015 อัตรา มีตำแหน่งว่างจำนวน 8,418 อัตรา เนื่องจากรัฐบาลมีลดอัตราการจ้างของ รฟท. ลงและมีลูกจ้างที่เป็นสัญญาจ้างรายปี (ลูกจ้าง) มาเสริมจำนวน 3,356 อัตรา จากกรอบอัตรากำลังของลูกจ้าง 4,056 ตำแหน่ง ซึ่งอาจมีการสนับสนุนให้ลูกจ้างสัญญาจ้างรายปีสามารถปรับเป็นพนักงานประจำได้




ที่มา: รฟท.

**รูปที่ 2.3-1 อัตรากำลังพนักงานและลูกจ้างของ รฟท.**

| Business Cluster | Frame | Actual |
|---|---|---|
| Directly under the Governor | 272 | 171 |
| Strategy | 320 | 212 |
| Administration | 851 | 341 |
| Infrastructure | 4,460 | 2,406 |
| Electrified Rail Management | 744 | 533 |
| Traffic Business Cluster | 7,893 | 4,982 |
| Locomotive and Rolling Stock Business Cluster | 6,920 | 4,240 |
| Property Management Business Cluster | 197 | 119 |

ที่มา: รฟท.

**รูปที่ 2.3-2 รายละเอียดของอัตรากำลังพนักงานและลูกจ้างของ รฟท. (กันยายน พ.ศ.2564)**

ที่มา: รฟท.

**รูปที่ 2.3-3 โครงสร้างอายุของพนักงานของ รฟท.**

รูปที่ 2.3-3 แสดงโครงสร้างอายุของพนักงานแบ่งตามช่วง 10 ปี กลุ่มที่มีอายุ 51 ปีขึ้นไปเป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดถึงร้อยละ 40 โดยรัฐบาลกำลังควบคุมการจ้างใหม่แทนพนักงานเกษียณอายุ ดังนั้น หากไม่มีการดำเนินการใดๆ จะมีพนักงานเกษียณอายุ 3,770 คนใน 10 ปีข้างหน้า และทำให้ มีแนวโน้มจำนวนพนักงานจะลดลงอย่างต่อเนื่อง

**ตารางที่ 2.3-1 ระยะทางขับเฉลี่ยของคนขับเปรียบเทียบกับต่างประเทศ**

| | ระยะทางวิ่งรถไฟ (1000 กิโลเมตรต่อปี) | จำนวนพนักงานขับรถไฟ (คน) | ระยะทางขับรถไฟต่อคน (1000 กิโลเมตรต่อปี) |
|---|---|---|---|
| ประเทศไทย (รฟท) | 32,453 | 2,500[1] | 13.1 |
| ประเทศมาเลเซีย (KTM) | 14,771 | 759 | 19.5 |
| JR East | 268,046 | 7,816 | 34.3 |

ที่มา: JST ตามสถิติ UIC และสถิติของ รฟท.

จากตารางที่ 2.3-1 จะเห็นว่ารฟท. จะมีผู้ช่วยคนขับ (พนักงานห้องเครื่อง) อยู่บนรถไฟเสมอ ดังนั้นระยะทางที่วิ่งต่อปีต่อคนขับคือ 13,100 กิโลเมตร ซึ่งถือว่าน้อยเมื่อเทียบกับ รถไฟญี่ปุ่นตะวันออก (JR East) และ KTM ของมาเลเซีย ซึ่งหากสามารถพัฒนาอานัติสัญญาณและจุดตัดให้มีประสิทธิภาพและลดยกเลิกการใช้ผู้ช่วยพนักงานขับรถไฟได้ ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพต่อ

[1] รวมผู้ช่วยพนักงานขับรถไฟ

คนสองเท่าเป็น 26,200 กิโลเมตรต่อคนได้

2.3.2 สรุปปัญหาด้านบุคลากร

ความต้องการด้านบุคลากรเป็นเรื่องสำคัญเนื่องจากปริมาณด้านการขนส่งที่เพิ่มขึ้นและจำนวนบุคลากรที่ขาดแคลนอย่างถาวร อาจไม่สามารถตอบสนองความต้องการด้านการขนส่งในอนาคตอันใกล้นี้ได้

ในประเทศญี่ปุ่น แม้กระทั่งก่อนการแปรสภาพเป็นเอกชน การรถไฟแห่งประเทศญี่ปุ่น(JNR) แก้ปัญหาด้วยการว่าจ้างบุคคลภายนอก และการใช้เครื่องจักรเพื่อจัดการกับปัญหาการขาดแคลนบุคลากรและปริมาณด้านการขนส่งที่เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกัน ทางประเทศญี่ปุ่นก็พยายามทำความเข้าใจพนักงานด้วยการเพิ่มเบี้ยเลี้ยงและปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน และพนักงานของการรถไฟแห่งประเทศญี่ปุ่น (JNR) ยอมรับว่าสภาพแวดล้อมในการทำงานของรถไฟฟ้าชุด (EMU) ดีกว่ารถจักรดีเซล(DL) และรถดีเซลราง (DMU)

2.3.3 โครงข่ายรถไฟโดยสาร

ดูเหมือนว่า รฟท. ไม่ได้มุ่งที่จะเปลี่ยนระบบสำหรับรถไฟทางไกล (รถไฟกลางคืน) แม้หลังจากจะมีรถไฟทางคู่และเปิดบริการรถไฟความเร็วสูง (HSR) แล้วก็ตาม แต่ทางเลือกของผู้โดยสารจะเปลี่ยนไป เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภาค (GRP) เพิ่มขึ้น

ในตัวอย่างของประเทศญี่ปุ่น หลังจากมีการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าแล้ว รถไฟด่วนพิเศษในเส้นทางปกติในเวลากลางวันจะกลายเป็นรถไฟที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น อัตราการเร่ง/การชะลอตัวที่ดีขึ้น ความเร็วที่สูงขึ้น และความถี่รถที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้จำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้น

หลังจากการเริ่มใช้รถไฟความเร็วสูง (HSR) รถไฟด่วนพิเศษในเวลากลางวันในเส้นทางสายหลักจะถูกยกเลิกไปเกือบทั้งหมด และรถไฟด่วนพิเศษสำหรับการเปลี่ยนขบวนจากสถานีรถไฟความเร็วสูง (HSR) จะเพิ่มขึ้น และจำนวนรถไฟทั่วไปที่ให้บริการในเส้นทางรองจากสถานีรถไฟความเร็วสูง (HSR) จะเพิ่มขึ้นด้วย

2.3.4 การเพิ่มความสามารถในการขนส่งสินค้า

ในปัจจุบันปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าทางรถไฟเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากสองประการหลัก ประการแรกคือ เสริมสร้างความเข้มแข็งของเส้นทางเชื่อมต่อพรมแดนระหว่างไทย - ลาว - จีน และ ประการที่สอง คือ การเติบโตทางเศรษฐกิจภายในประเทศ พร้อมกับการดำเนินการโครงการรถไฟทางคู่ โดยสำหรับ รฟท. แล้ว ในการเพิ่มขีดความสามารถในขั้นถัดไปนั้น จะต้องสามารถกำหนดเวลาที่คอนเทนเนอร์จะมาถึงได้อย่างชัดเจนแม้ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุหรือภัยพิบัติ

แบบที่บริษัทรถไฟขนส่งสินค้าของประเทศญี่ปุ่น (JR Freight) ได้ดำเนินการทันทีหลังจากการแปรสภาพเป็นเอกชน รวมถึงการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟที่ศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟที่กำลังดำเนินการอยู่ระหว่างเส้นทางลาดกระบังและแหลมฉบังเพื่อลดการชำรุดของรถไฟให้น้อยที่สุด

2.3.5 จัดซื้อขบวนรถไฟ

ตามขั้นตอนปกติแล้ว โครงสร้างพื้นฐาน เช่น งานโยธาและระบบไฟฟ้าจะดำเนินการโดยงบประมาณของรัฐบาล แต่ รฟท. จะรับผิดชอบด้านการเรื่องการจัดซื้อขบวนรถไฟด้วยงบประมาณ รฟท. โดยแผนและการดำเนินงานทั้งโครงสร้างพื้นฐานและตัวรถถึงแม้จะมีงบที่ต่างกัน แต่ก็ควรต้องมีแผนจัดซื้อจัดจ้างที่เหมาะสมและทันเวลา

2.3.6 มาตรการสำหรับกฎหมายรถไฟฉบับใหม่

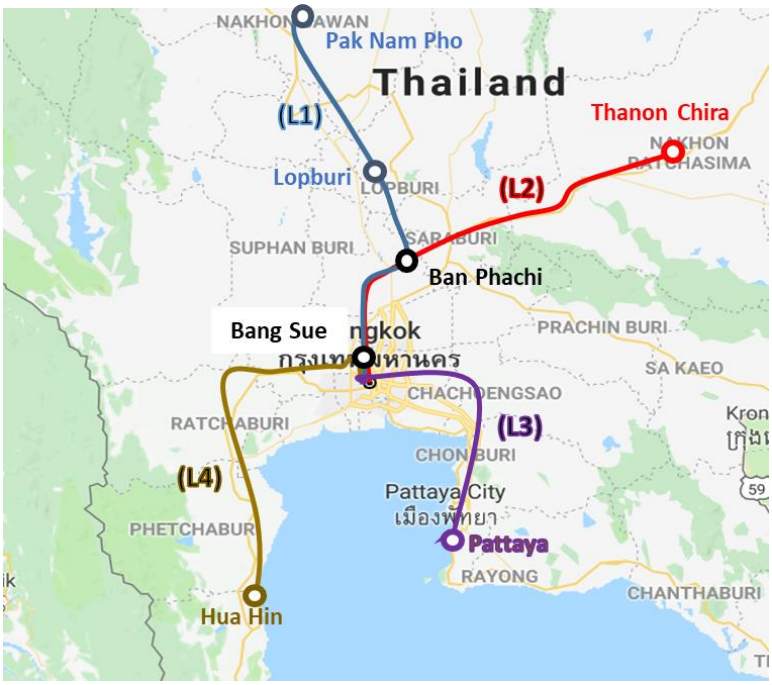
คาดว่าพระราชบัญญัติการขนส่งทางรางจะมีผลบังคับใช้ในปีงบประมาณหน้า และหากมีการเริ่มใช้ มีความเป็นไปได้ที่จะเปิดให้บริษัทอื่นเดินรถโดยใช้โครงสร้างพื้นฐานของ รฟท. จำเป็นต้องมีการพิจารณาการจัดทำร่างสัญญาสำหรับผู้ให้บริการรายใหม่ เช่น การตรวจสอบก่อนการเดินรถไฟ การจัดหาเชื้อเพลิง และการจัดการในกรณีที่เกิดความผิดปกติ

# บทที่ 3 การศึกษาทบทวนแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

## 3.1 แผนระยะยาว (ปรับแก้อ้างอิงจากการศึกษาของรฟท.)

สำหรับการวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ ทาง JST ขอนำเสนอผลวิเคราะห์ขั้นต้นสำหรับสองแผนการพัฒนาด้วยกัน กล่าวคือ แผนระยะสั้น ซึ่งจะขอนำเสนอในบทที่ 5 และแผนระยะยาวที่จะนำเสนอในหัวข้อนี้ โดยการวิเคราะห์สำหรับแผนระยะยาวนั้นอ้างอิงแผนพัฒนา, เส้นทาง, สมมุติฐาน, แบบจำลอง และวิธีคำนวณจาก F/S เป็นหลักและทำการปรับแก้สมมุติฐานให้ทันสมัยขึ้นดังนี้

- เลื่อนสมมุติฐานการเปิดการให้บริการจากปี พ.ศ. 2565 ที่ได้ตั้งสมมุติฐานใน F/S ไปเป็นปี พ.ศ. 2575
- แก้ไขสมมุติฐานคาดการณ์การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคม โดยอ้างอิงตามข้อมูลของ สศช. ที่ได้ทำการวิเคราะห์ในปี พ.ศ. 2562
- เพิ่มสมมุติฐานรายได้จากการขนส่งสินค้า โดยสมมุติให้เป็นร้อยละ 52[2] ของรายได้จากการขนส่งผู้โดยสาร




ที่มา: JST

**รูปที่ 3.1-1 แผนที่เส้นทาง สำหรับแผนการพัฒนาระยะยาว**

[2] อ้างอิงจากอัตราส่วนรายได้ที่เผยแพร่ผ่านรายงานประจำปีของการรถไฟแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2562

ในทางปฏิบัติแล้วหากพัฒนาระบบไฟฟ้าตามแผนระยะยาวแล้ว สำหรับรถไฟทางไกลจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนหัวรถจักรระหว่าง EL กับ DL ที่สถานีปากน้ำโพ, ถนนจิระ, หัวหิน และ พัทยา ซึ่งจากการสอบถาม รฟท. แล้ว จำเป็นต้องใช้เวลาอย่างมาก 15 นาทีในการเปลี่ยนหัวรถจักร อย่างไรก็ตามสมมุติฐานนี้ไม่ได้นำไปพิจารณาใน F/S ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้เป็นไปในแนวทางเดียวกับการศึกษาใน F/S ทาง JST จึงขอไม่พิจารณาเวลาและค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหัวรถจักรด้วยเช่นกัน

นอกจากนั้นแล้วในการศึกษาขั้นต้นโดย JICA ในปี พ.ศ. 2562 นั้น ทางคณะศึกษาได้เสนอจุดคุ้มทุนในการลงทุนระบบไฟฟ้าที่ 80 ขบวนต่อคันต่อสองทิศทาง ดังนั้นเมื่อพิจารณาความถี่ในการเดินรถ ทั้งรถโดยสารและรถสินค้าแล้ว ทาง JST เห็นด้วยว่าช่วงที่ต่อไปจาก สถานีปากน้ำโพ, ถนนจิระ, หัวหิน และ พัทยา นั้นมีความถี่ในการเดินรถที่ต่ำและไม่คุ้มค่าในการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า อย่างไรก็ตามหากมีความต้องการในการใช้รถไฟที่เพิ่มขึ้นในอนาคตก็อาจทบทวนการพัฒนาระบบไฟฟ้าในภายหน้าได้ ด้วยเหตุผลด้านความคุ้มทุน แผนการพัฒนาระบบไฟฟ้าในการศึกษาฉบับนี้ก็จะไม่พิจารณาในเส้นทางรองอื่นๆ เช่น สายแม่กลอง และสายกาญจนบุรี ด้วยเช่นกัน

**ตารางที่ 3.1-1 สมมุติฐานการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมโดย สศช. (พ.ศ. 2562)**

| พ.ศ. | 2570 | 2575 | 2580 | 2585 | 2590 |
|---|---|---|---|---|---|
| GDP (พันล้านบาทต่อปี) | 11,108.7 | 12,329.7 | 13,552.4 | 14,774.3 | 15,995.7 |
| ประชากร (1,000 คน) | 69,382 | 69,735 | 69,362 | 68,738 | 68,506 |

ที่มา: สศช.

**ตารางที่ 3.1-2 สมมุติฐานอื่นๆ ในแผนระยะยาว**

| Scenario | L1 | L2 | L3 | L4 |
|---|---|---|---|---|
| เส้นทาง | เหนือ | ตะวันออกเฉียงเหนือ | ตะวันออก | ใต้ |
| ช่วงที่พัฒนาระบบไฟฟ้า | บางซื่อ-บ้านภาชี-ปากน้ำโพ | บางซื่อ-บ้านภาชี-ถนนจิระ | บางซื่อ-พัทยา | บางซื่อ-หัวหิน |
| ปีฐาน | พ.ศ. 2575 (เปลี่ยนเฉพาะค่าคาดการณ์เศรษฐกิจและสังคมใหม่ นอกนั้นใช้ input เดียวกับปี พ.ศ. 2565 ใน F/S) | | | |
| ค่าคาดการณ์เศรษฐกิจและสังคม | ค่าคาดการณ์ใหม่จาก สศช. ในปี พ.ศ. 2562 | | | |
| ช่วงที่วิ่งรถ BMU | ไม่มี | | | |
| ตารางเดินรถ | สมมุติฐานเดียวกับ F/S | | | |

ที่มา: JST

โดยผลการวิเคราะห์เป็นไปดังตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 3.1-3 ผลการวิเคราะห์ในแผนระยะยาว**

| Scenario | | L1 (เหนือ) | L2 (ต.อ.เฉียงเหนือ) | L3 (ตะวันออก) | L4 (ใต้) |
|---|---|---|---|---|---|
| EIRR | | 10.76% | 15.97% | 13.60% | 15.21% |
| FIRR | | 2.88% | 7.86% | 5.40% | 1.07% |
| คาดการณ์ปริมาณผู้โดยสาร (Line load คน/วัน) | 2075 | 33,400 | 69,600 | 20,400 | 45,819 |
| | 2080 | 37,838 | 77,500 | 23,851 | 51,311 |
| | 2085 | 41,792 | 81,854 | 26,588 | 56,263 |
| | 2090 | 46,069 | 88,572 | 29,801 | 61,575 |
| | ช่วง Lineload ที่พิจารณา | บ้านตาคลี – ปากน้ำโพ | มาบกะเบา – ถนนจิระ | ฉะเชิงเทรา – ศรีราชา | หนองปลาดุก – หัวหิน |
| ปริมาณ $CO_2$ ที่ลดลง (ตัน-$CO_2$/ปี) | | 2,384 | 2,156 | 891 | 1,822 |

ที่มา: JST

ผลการวิเคราะห์เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลจาก F/S กล่าวคือเส้นทางสายตะวันออกเฉียงเหนือมีความเหมาะสมทั้งทางเศรษฐศาสตร์ และทางบัญชีมากที่สุด รองลงมาเป็นเส้นทางสายใต้

## 3.2 ประเด็นที่จะพิจารณาในแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของ รฟท.

ในรายงานการศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของ รฟท. ครอบคลุมรัศมี 200-250 กม. จากศูนย์กลางกรุงเทพมหานคร จากผลการศึกษา สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (NESDC) ได้ให้ความเห็นว่าควรมีการนำเสนอแผนทั้งหมดของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ดังนั้น ในบทนี้จะแสดงแนวทางของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าที่เป็นไปได้

3.2.1 แผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าตามระยะทางและตามแนวเส้นทาง

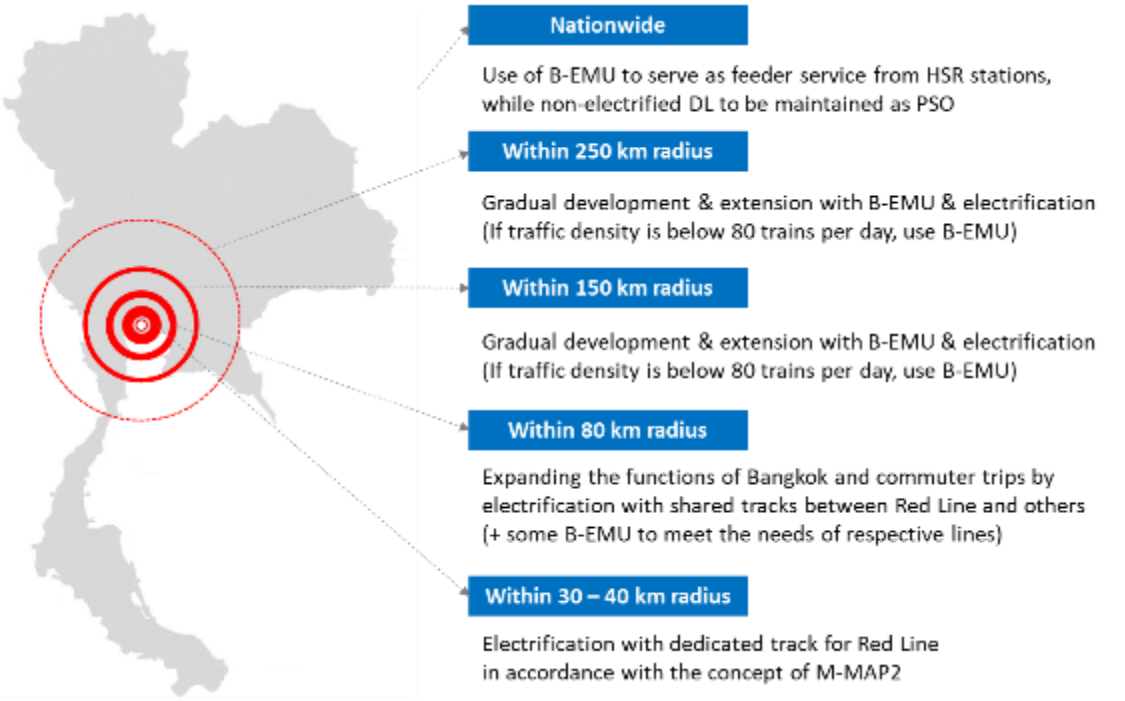
(1) จำแนกตามระยะทาง

แนวทางการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าตามระยะทางจากศูนย์กลางกรุงเทพมหานครแสดงไว้ในรูปด้านล่าง

- **ภายในระยะทาง 30-40 กิโลเมตร** พัฒนาระบบไฟฟ้าสำหรับรถไฟสายสีแดง
- **ภายในระยะทาง 80 กิโลเมตร** หากอ้างอิงตัวอย่างจากประเทศญี่ปุ่น จะสามารถพิจารณาให้เป็นระยะทางสูงสุดสำหรับการเดินทางในลักษณะไปทำงานเช้าเย็นกลับทุกวันได้ ฉะนั้นการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าควรใช้รางร่วมระหว่างสายสีแดงและสายอื่นๆ

พร้อมจัดหารถไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่บางส่วนเพื่อให้ตรงกับความต้องการเพิ่มเติมของแต่ละสาย (บนหลักเกณฑ์การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า: 80 ขบวนต่อวัน)

- **ภายในระยะทาง 150 กิโลเมตร และ 250 กิโลเมตร** ค่อยๆ พัฒนาและขยายการเดินรถไฟด้วยรถไฟฟ้า สำหรับในช่วงต่อที่มีความถี่ต่ำกว่า 80 ขบวนต่อวันควรเลือกใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่มาเดินรถเสริม
- **ระยะทางเกิน 250 กิโลเมตร** ไม่เหมาะสมที่จะเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าเนื่องจากมีแนวโน้มที่ความถี่จะไม่เกิน 80 ขบวนต่อวัน




ที่มา: JST

**รูปที่ 3.2-1 แผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าตามระยะทางจากกรุงเทพมหานคร**

(2) จำแนกตามแนวเส้นทาง

- กรุงเทพมหานคร (ภายในระยะทาง 30-40 กิโลเมตร) และเส้นทางชานเมือง (ภายในระยะทาง 80 กิโลเมตร)
  - **สายเหนือ** เป็นส่วนหนึ่งของโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง ซึ่งอยู่ระหว่างการเตรียมดำเนินการ จากโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง ช่วงรังสิต – ธรรมศาสตร์ การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าควรต่อไปถึงบ้านภาชีเพื่อให้บริการรถไฟชานเมืองจนสุดเส้นทางชานเมือง

- **สายตะวันออก** ใช้เป็นเส้นทางทดสอบเทคโนโลยีใหม่ เช่นเทคโนโลยีรถไฟแบตเตอรี่ 100% แทนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า
- **สายตะวันตก/สายใต้** เป็นส่วนหนึ่งของโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าจากตลิ่งชันไปทางทิศตะวันออกถึงศาลายากำลังอยู่ในระหว่างการเตรียมการ ซึ่งมีแผนเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าต่อจากศาลายา – นครปฐม
- **สายแม่กลอง** อาจจัดให้บริการรถไฟท่องเที่ยวโดยรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) โดยพัฒนาระบบจ่ายไฟเหนือหัวถึงมหาชัยตามแผนสายสีแดงเข้ม และขยายเส้นเดินรถจากมหาชัยข้ามแม่น้ำท่าจีนไปจนถึงแม่กลองด้วยรถไฟฟ้าแบตเตอรี่

- สายเหนือและสายตะวันออกเฉียงเหนือ (ภายในระยะทาง 250 กิโลเมตร)

ในส่วนที่เกินจากเส้นทางชานเมืองแล้ว ทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือได้รับการพิจารณาให้เป็นแนวเส้นทางที่ควรดำเนินการก่อน ทีมศึกษาเสนอแนะให้เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าสำหรับเส้นทางสายเหนือและสายตะวันออกเฉียงเหนือ และเสริมด้วยการใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU)

- ทั่วประเทศ (ระยะทางเกิน 250 กิโลเมตร)

ไม่แนะนำให้เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในรัศมีเกิน 250 กิโลเมตร เนื่องจากความถี่ไม่มีแนวโน้มที่จะเกินเกณฑ์ที่ศึกษาไว้ (80 ขบวนต่อวัน) และการลงทุนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าก็ไม่เหมาะสม แต่อาจใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) เป็นบริการสายรอง (feeder service) ให้บริการต่อจากสถานีรถไฟความเร็วสูง (HSR) ในขณะเดียวกันรถดีเซลเก่าอาจนำไปให้บริการเชิงสังคม

- รถไฟขนส่งสินค้า

การขนส่งสินค้าในประเทศไทยกระจุกตัวอยู่ในเส้นทาง สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง (ICD) ลาดกระบัง – แหลมฉบัง เส้นทางอื่น ๆ ยังคงมีน้อยมาก ดังนั้น การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางนี้จึงควรได้รับการพิจารณาก่อน

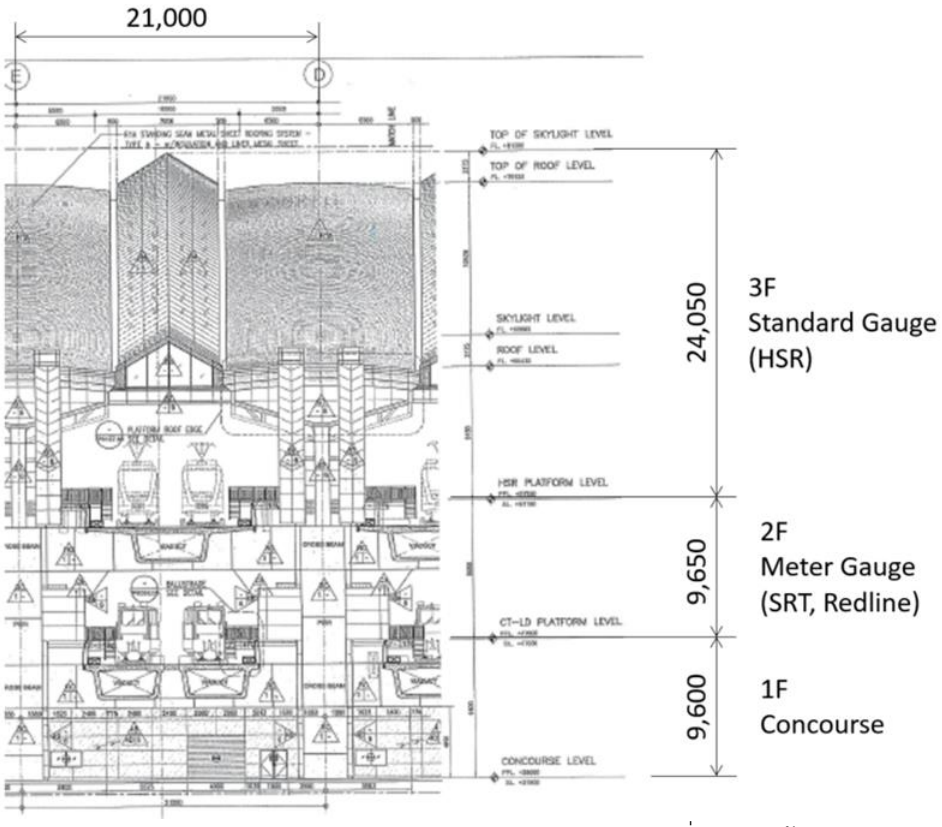
3.2.2 งบประมาณ

งานศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทางปี พ.ศ. 2559 ได้ประมาณการเงินลงทุนทั้งหมดของโครงการอยู่ที่ประมาณ 100,000 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 14 ของจำนวนเงินทั้งหมดตามแผนการลงทุน 5 ปี

จากสถิติในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 อัตราส่วนหนี้สาธารณะต่อ GDP ของประเทศเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 59.58 ซึ่งใกล้จะถึงอัตราที่สำนักงานบริหารหนี้สาธารณะ กระทรวงการคลังได้ควบคุมไว้ที่ร้อยละ 60 จากรายงานของสำนักงานบริหารหนี้สาธารณะ รฟท. มีหนี้สะสมประมาณ 200,000 ล้านบาท ซึ่งจำเป็นจะต้องได้รับการปรับปรุงสถานะทางการเงินอย่างมีนัยสำคัญ ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเสนอแนะให้มุ่งเน้นการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าโดยพิจารณาตลอดแนวเส้นทางที่มีลำดับความสำคัญก่อน แทนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าทั้ง 4 ทิศทาง

# บทที่ 4 ปัญหาการปล่อยควันไอเสียที่สถานีกลางบางซื่อ

## 4.1 สถานีกลางบางซื่อ




ที่มา: รูปหน้าตัดจากรฟท. แก้ไขโดย JST

**รูปที่ 4.1-1 รูปหน้าตัดของสถานีกลางบางซื่อ**

สถานีกลางบางซื่อเป็นอาคารสามชั้นแห่งใหม่ที่มีความสูง 43 เมตร และถูกสร้างขึ้นเป็นอาคารผู้โดยสารแห่งใหม่ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งบนชั้น 2 จะมีรางรถไฟและชานชาลาของรถไฟสายสีแดงที่เป็นรถไฟชานเมืองและชานชาลาสำหรับรถไฟทางไกล บนชั้น 3 มีโครงสร้างคานและชานชาลาสำหรับรถไฟความเร็วสูง และเนื่องจากเป็นพื้นที่ปิดจึงเกิดปัญหาจากควันไอเสียของรถจักรดีเซล (DL) และรถดีเซลราง (DMU)

ดังนั้น ทาง รฟท.และทีมศึกษาต่างทำการตรวจสอบเพื่อหามาตรการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ แม้ว่าจะมีประกาศเลื่อนการนำขบวนรถไฟทางไกล ทั้งประเภทขบวนพ่วงหัวรถจักรดีเซล (DL) และรถดีเซลราง (DMU) ทุกขบวนเข้าสู่สถานีกลางบางซื่อเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ทางทีมศึกษาได้เตรียมแผนและมาตรการแก้ไขดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 4.2

## 4.2 มาตรการแก้ไขของ รฟทและทีมศึกษา.

จากการพูดคุย พบว่าทาง รฟท. ได้เสนอแผนการแก้ไขในระยะสั้นคือแผน S1 (ดังแสดงที่ในตารางที่ 4.2-1) "รถจักรดีเซลและรถดีเซลรางจอดอยู่ที่ส่วนปลายของชานชาลา" และแผนระยะกลาง M1 "ใช้หัวรถจักรแบตเตอรี่หรือเปลี่ยนเป็นรถจักรไฟฟ้า (EL)" ซึ่ง ทีมศึกษาได้พิจารณาแผนที่มีความคล้ายคลึงกัน และตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ระบายอากาศที่ใช้อยู่ในปัจจุบันตามคำร้องขอของ รฟท. จากนั้นทีมศึกษาได้เสนอแผน S2 ซึ่งเป็น “แผนที่จะคลุมแต่ละช่องอากาศเข้าด้วยปล่องดูด” เพื่อจับการรั่วไหลของไอเสียของรถจักรดีเซลและรถดีเซลราง นอกจากนี้ ทีมศึกษาได้เสนอแผน S3 "การควบคุมคันเร่ง (Throttle Control) รถจักรดีเซลและรถดีเซลราง" เพื่อลดการปล่อยควัน

**ตารางที่ 4.2-1 มาตรการแก้ไขของ รฟท.และทีมศึกษา JST**

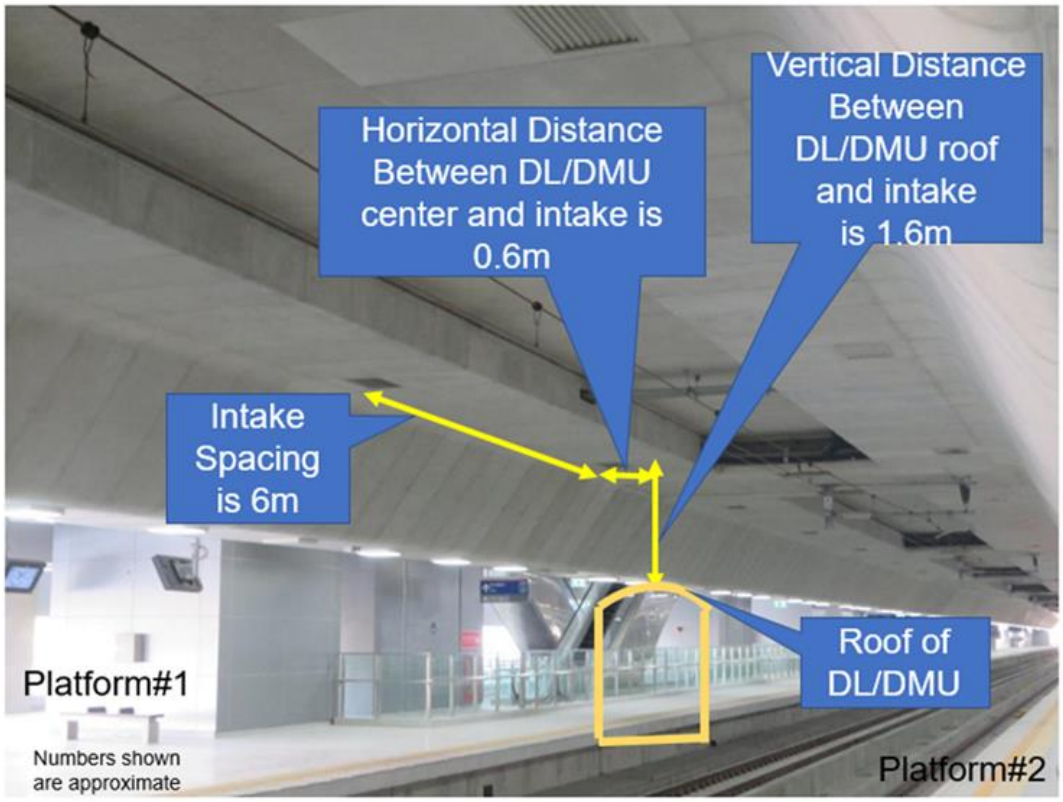
| No. | Countermeasures | Problems | Cost | EPC Period | Gas Exhaust Effect |
|---|---|---|---|---|---|
| S1 | DL Position in either platform end. | Passengers must walk on platform in long distance. | Small | Short | Slightly good |
| S2 | Hood installation at intakes for exhausting flue gas | It will interfere with the electrification work to some extent in the future | Slightly small | Slightly small | Good |
| S3 | Driving throttle manipulation | Skill training | Small | Short | Slightly good |
| S4 | DL Position to be outside without decoupling | Location of signaling block.<br>Passengers must walk on platform and through the end passenger cars. | Fair | Fair | Good |
| S5 | After decoupling, DL stands outdoors. | Increased coupling and decoupling work.<br>Power supply facility needed. | Fair | Fair | Good |
| M1 | Shunting battery cars or EL at Bang Sue area. | Procurement Cost is large. | Large | Long | Perfect |

S1=Short Term Measure 1 M1=Middle Term Measure 1 SRT's measure JST proposes
Source; JST

ที่มา: JST

## 4.3 ระบบระบายอากาศเดิมและแนวทางการปรับปรุง

วัตถุประสงค์ของการสำรวจเพื่อวิเคราะห์และเสนออุปกรณ์ท่อไอเสียและแผนการระบายอากาศของสถานีกลางบางซื่อที่ได้รับข้อมูลจาก รฟท. ตามแผน S2 ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2-1




ที่มา: JST

**รูปที่ 4.3-1 ภาพจำลองตำแหน่งท่อควันไอเสียและช่องดูดอากาศ**

4.3.1 ตำแหน่งอุปกรณ์

ตำแหน่งของท่อหลักถูกติดตั้งไว้ที่ชานชาลาตลอดแนว ช่องอากาศเข้าของแต่ละท่อแยกจะอยู่เหนือรางรถไฟ และสูงจากกึ่งกลางของหลังคารถจักรประมาณ 1.6 เมตร และ 0.6 เมตรตามแนวขวาง ดังแสดงในรูปที่ 4.3-1

4.3.2 การตรวจสอบความสามารถในการระบายอากาศของท่อ

เมื่อตรวจสอบความสามารถในการระบายอากาศของท่อระบายอากาศแล้วพบว่ามีความสามารถโดยรวมเพียงพอต่อการระบายอากาศ ดังนี้

## 1.Checking Main Duct Capacity for Smoke Exhaust

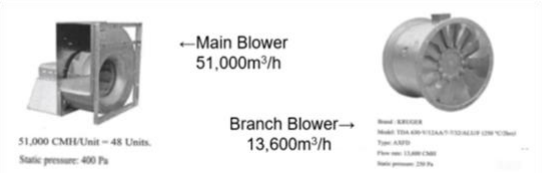
1) Room volume for one main duct (with 24 main blowers) in 2nd Floor 209,484m³

209,484m³ = cross-sectional area of 414m2 × the total length506m

2) Replacement of Air in every 10 to 12 minutes.
3) Required Hourly Volume 209,484m³×6(every 10 min)= 1,258,942 m³ /h
4) Main blower capacity 51,000 m³ / h × 24 sets = 1,224,000 m³ /h
5) Main duct exhaust capacity 3)≒4) OK

## 2.Checking Branch Duct Capacity for Smoke Exhaust

1) Exhaust volume for Main DL Chimneys 178m³/min
2) Branch blower capacity 13,000 m³ / h ÷60min= 216m³/min
3) Main duct exhaust capacity 1) < 2) OK




ที่มา: JST

**รูปที่ 4.3-2 ภาพจำลองตำแหน่งท่อควันไอเสียและช่องดูดอากาศ**

จากการคำนวณอัตราการระบายอากาศพบว่ามีความสามารถเพียงพอ นอกจากนี้ ค่าที่ตั้งไว้ในการคำนวณเครื่องเป่าลมต่อชุดไม่แตกต่างจากปริมาตรการระบายอากาศที่ตรวจสอบโดยทีมศึกษา และถือว่าขนาดของเครื่องเป่าลมมีความเหมาะสมคือ 13,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ความสามารถของเครื่องเป่าลม) หารด้วย 60 นาที จะเท่ากับ 216 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ซึ่งมากกว่า 180 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (ที่คำนวณโดยทีมศึกษา) อย่างไรก็ตามทางทีมศึกษายังมีข้อกังวลบางประการเกี่ยวกับการระบายอากาศไอเสียจากหัวรถจักรหรือจากรถดีเซลราง ดังนี้

(1) เนื่องจากแนวคิดของการระบายอากาศมุ่งเน้นไปที่การระบายอากาศทั้งหมด ไม่ได้เน้นเฉพาะจุด ฉะนั้นไอเสียที่มีความหนาแน่นสูงที่ออกจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์จะไม่สามารถถูกดูดได้หมดในช่วงต้น และกระจายไปบนชานชาลาได้ในระดับหนึ่ง และการระบายอากาศทั้งหมดจะเกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป (10 ถึง 20 นาที)

(2) พื้นที่ของท่ออากาศเข้ามีขนาดเล็กและติดตั้งบานเกล็ดซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นตัว

กรอง ทำให้ปริมาตรอากาศที่จะเข้าไปได้อาจจะน้อยกว่าค่าที่คำนวณไว้

4.3.3 ข้อเสนอแนะจากทีมศึกษา

จากผลการตรวจสอบที่กล่าวมาข้างต้น มีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดูดซับควันเสีย ดังนี้

(1) ตรวจสอบการรับลมเข้าของเครื่องเป่าลม

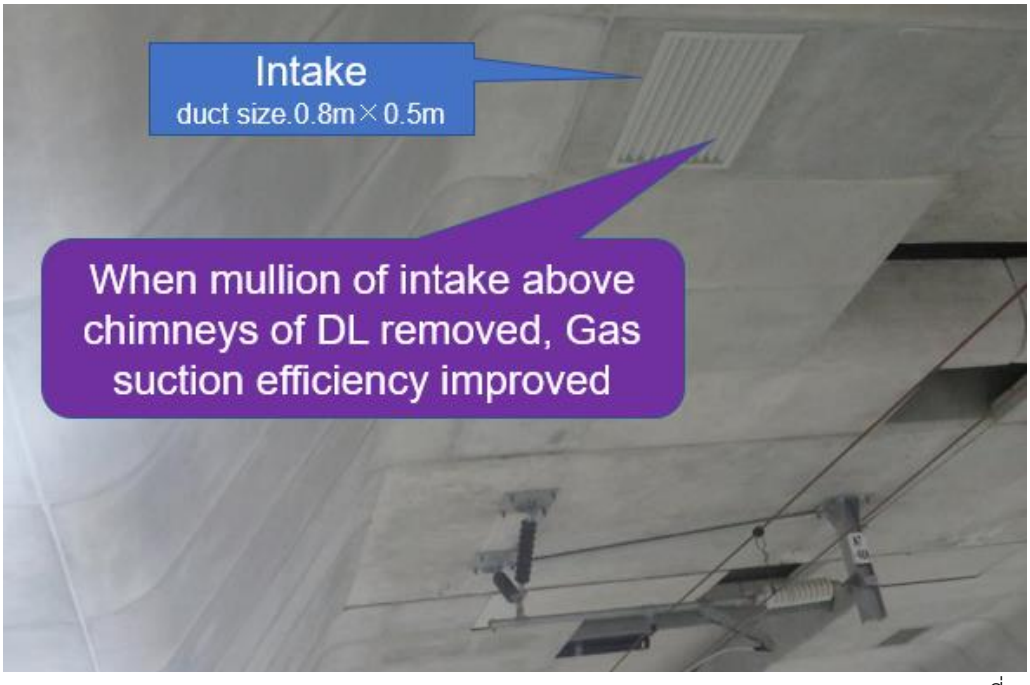
วัดความเร็วลมที่ช่องลมเข้าของเครื่องเป่าลมและตรวจสอบว่าปริมาณลมเป็นไปตามที่ได้คำนวณไว้ หากมีความต้านทานมาก ปริมาณอากาศก็จะน้อยลง

(2) ถอดบานเกล็ดและติดตั้งปล่องดูด

เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างหลังคาของรถจักรดีเซลกับช่องดูดอากาศเข้าประมาณ 1.6 เมตร จึงคาดว่าการรั่วไหลของก๊าซบริเวณปล่องปล่อยควันเสียของเครื่องยนต์อาจจะกลายเป็นปัญหาได้ การถอดบานเกล็ดที่ช่องอากาศเข้าที่ใกล้กับเครื่องยนต์จะเพิ่มประสิทธิภาพของช่องอากาศเข้าได้มากขึ้น และหากติดตั้งท่อดูดควัน (แบบ Tapered Intake) การระบายควันไอเสียจะยิ่งดีขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3-4 เสนอให้ติดตั้งอยู่เหนือตำแหน่งของท่อปล่อยไอเสียของรถจักรดีเซล และเนื่องจากมีช่องดูดอากาศเข้าทุกๆ 6 เมตร หากติดตั้งตำแหน่งท่อดูดควันใกล้ๆกัน จะช่วยเพิ่มการระบายควันไอเสียได้มากขึ้น โดยหลักการแล้วรถจักรดีเซล มีปล่องปล่อยควันสองปล่องตามแนวหัวรถจักรระยะห่าง 1 เมตร ถึง 3.5 เมตร จากจุดกึ่งกลางของหัวรถจักรตามแนวยาว และเนื่องจากตำแหน่งของปล่องปล่อยควันจะแตกต่างกันไปตามรุ่นของรถ จึงควรพิจารณาเรื่องการติดตั้ง (รูปที่ 4.3-5) ในกรณีที่เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าจะต้องมีการรื้อถอน Tapered Intake นี้ออก การที่หัวรถจักรหลักจอดอยู่ที่ปลายชานชาลา แต่ลมจากภายนอกจะต้องถูกนำมาพิจารณา การสับเปลี่ยนจะหยุดที่กึ่งกลางของชั้นสองของสถานี ดังนั้น มาตรการนี้จึงจำเป็นสำหรับรถจักรทั้งสองแบบ

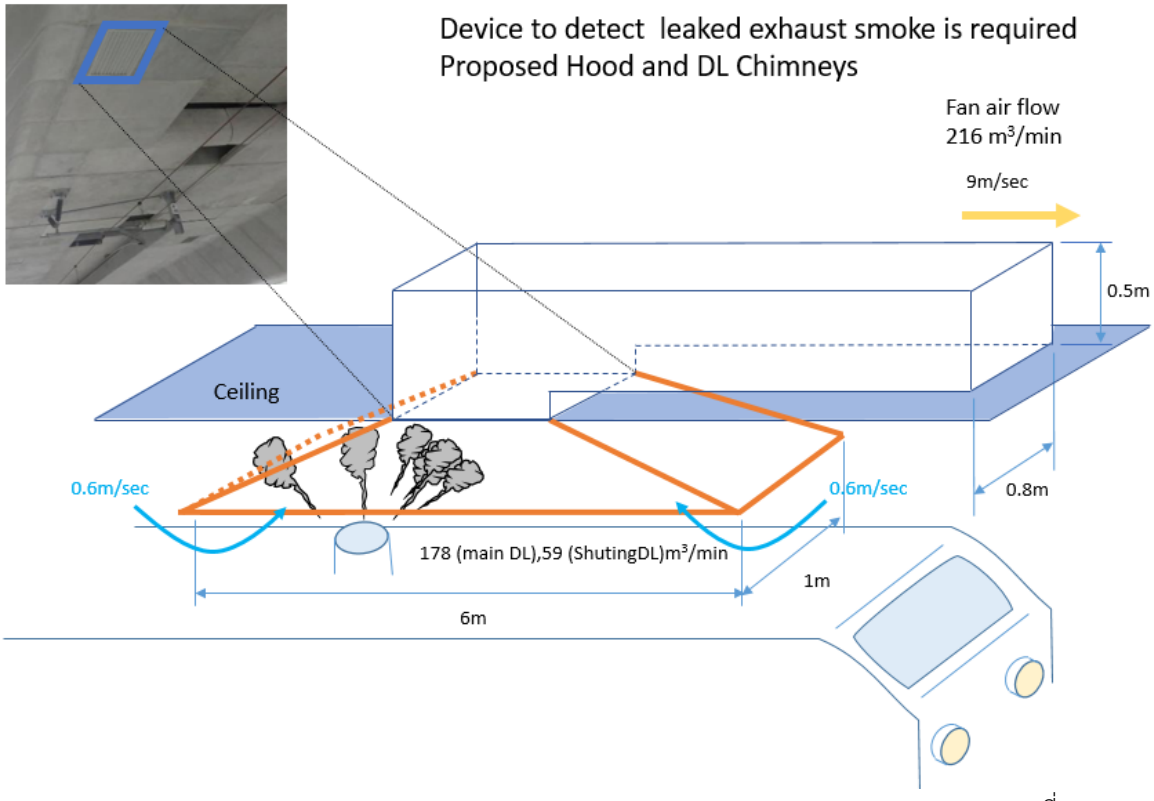
(3) ปิดเปิดช่องระบายอากาศเฉพาะจุดเข้า

ในขณะที่รถไฟเทียบชานชาลา ทางทีมศึกษาเสนอให้มีการพิจารณาติดตั้งระบบปิดช่องระบายอากาศในจุดที่ไม่จำเป็น และให้เปิดเฉพาะช่องที่ใกล้กับท่อไปเสียของหัวรถจักรเท่านั้น จะส่งผลให้เพิ่มกำลังการดูดในบริเวณที่ต้องการได้ เมื่อรถออกจากสถานีอาจเปลี่ยนไปใช้โหมดดูดทั่วบริเวณดังเดิม




ที่มา: JST

**รูปที่ 4.3-3 ช่องดูดอากาศเข้าและบาดเกล็ดเหนือรางรถไฟ**




ที่มา: JST

**รูปที่ 4.3-4 ลักษณะท่อดูดควันและปล่องปล่อยควันของรถจักรดีเซลที่นำเสนอ**

(4) การควบคุมคันเร่ง

สำหรับรถจักรสับเปลี่ยน (Shunting Locomotive) และรถดีเซลรางที่จอดในตำแหน่งกึ่งกลางตามแนวชานชาลา แนะนำให้ใช้การควบคุมคันเร่ง (เร่งน้อยๆ ในภายในสถานี) จะมีส่วนช่วยในการลดการปล่อยควันได้มาก

# บทที่ 5 ข้อเสนอแผนการพัฒนาการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

## 5.1 แนะนำเทคโนโลยีใหม่ในขบวนรถไฟ (Rolling Stock)

ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 นายกรัฐมนตรี พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา ประกาศให้ประเทศไทยใช้โมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว (BCG) เป็นยุทธศาสตร์ระดับชาติ และให้ความสนใจในด้านสิ่งแวดล้อมและการลดคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$)

รฟท. กำลังพิจารณาใช้รถดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) และรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) เพื่อคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ขอเสนอแนะการใช้เทคโนโลยีใหม่ของรถไฟญี่ปุ่น คือ รถดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) ซึ่งทำงานโดยใช้กำลังเครื่องยนต์และพลังงานแบตเตอรี่เป็นพลังงานเสริม และรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) ซึ่งใช้พลังงานแบตเตอรี่ในช่วงที่ไม่ใช้ระบบไฟฟ้าเป็นรถไฟรุ่นต่อไปที่ใช้พลังงานสะอาด

นอกจากนี้ ขอเสนอแนะรถไฟ Bi-Mode, รถไฟฟ้าชุด (EMU) รุ่นใหม่ และรถไฟ fuel cell ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน ดังนี้

### 5.1.1 รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU)

ระบบรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) ได้รับการออกแบบให้วิ่งบนช่วงที่มีระบบไฟฟ้าโดยยกแหนบรับไฟ (pantograph) ขึ้นเพื่อรับพลังงานไฟฟ้า และช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้าจะใช้พลังงานแบตเตอรี่ที่ติดตั้งในตัวรถไฟ แบตเตอรี่จะถูกชาร์จใหม่ในช่วงที่มีระบบไฟฟ้าและที่สถานีปลายทาง โดยแบตเตอรี่จะถูกชาร์จด้วยอุปกรณ์ชาร์จไฟแบบเร็ว และเวลาที่ใช้ในการชาร์จอย่างเร็วจะอยู่ที่ประมาณ 6 ถึง 10 นาที

เนื่องจากรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้า จึงไม่มีค่าลงทุนของอุปกรณ์สำหรับการจ่ายไฟฟ้า ราคาจึงลดลงได้ อย่างไรก็ตาม ราคาของขบวนรถไฟจะสูงกว่ารถไฟธรรมดาเนื่องจากตัวรถจะต้องติดตั้งแบตเตอรี่ที่มีความจุมากพอที่จะให้พลังงานให้รถไฟวิ่งได้หลายสิบกิโลเมตร ในด้านของเทคโนโลยีช่วงแบตเตอรี่สูงสุดในญี่ปุ่นสามารถทำระยะวิ่งได้ถึง 26.4 กิโลเมตร ปัญหาที่พบในปัจจุบันคือการปรับปรุงประสิทธิภาพของแบตเตอรี่เพื่อให้สามารถเดินรถได้ไกลขึ้น นอกจากนี้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงขนาดของอุปกรณ์ตัวรถที่สามารถใช้กับรางขนาดมิเตอร์เกจของประเทศไทยและการพัฒนาระบบที่สามารถควบคุมการจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ ในด้านของการเดินรถ รถไฟชนิดนี้สามารถวิ่งบนช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้าได้ แม้ว่าจะยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับระยะทางที่วิ่งได้ และยังสามารถใช้กับช่วงที่มีระบบไฟฟ้าได้

เช่นเดียวกับรถไฟทั่วไป ถือว่าเป็นทางเลือกที่ค่อนข้างมีความยืดหยุ่นในการใช้งานระดับหนึ่ง

**ตารางที่ 5.1-1 รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ในญี่ปุ่น**

| ชื่อ | EV-E301Type (ACCUM) | EV-E801Type (ACCUM) | BEC-819 Type (DENCHA) |
|---|---|---|---|
| ชนิด | ระบบจ่ายไฟกระแสตรงผ่านสายเหนือหัวกับแบตเตอรี่ | ระบบจ่ายไฟกระแสสลับผ่านสายเหนือหัวกับแบตเตอรี่ | ระบบจ่ายไฟกระแสสลับผ่านสายเหนือหัวกับแบตเตอรี่ |
| ผู้ให้บริการ | JR EAST | JR EAST | JR Kyushu |
| ผู้ผลิต | Japan Transport Engineering Company | Hitachi, Ltd | Hitachi, Ltd. |
| เส้นทาง (ช่วงที่ไม่ใช้ระบบไฟฟ้า) | Karasuyama Line Hoshakuji - Karasuyama (20.4 km) | Oga Line Oiwake - Oga (26.4 km) | Chikuho main line Wakamatsu - Orio (10.8 km) |
| ปีที่เปิดให้บริการ | ปี พ.ศ.2557 | ปี พ.ศ.2560 | ปี พ.ศ.2559 |
| รูปภาพ | | | |

ที่มา: สรุปโดย JST จากข้อมูลของ JR East และ JR Kyushu

5.1.2 รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU)

รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) จะติดตั้งเครื่องยนต์และแบตเตอรี่ และทำงานโดยใช้พลังงานแบตเตอรี่เมื่อออกจากสถานี ใช้กำลังเครื่องยนต์และพลังงานแบตเตอรี่เมื่อเร่งความเร็ว ชาร์จแบตเตอรี่ได้เมื่อเบรก และใช้พลังงานแบตเตอรี่เมื่อหยุดการทำงานของอุปกรณ์บริการ ซึ่งเป็นระบบที่เดินรถไฟแบบผสมผสานระหว่างกำลังเครื่องยนต์และพลังงานแบตเตอรี่

เมื่อรถไฟหยุดหรือออกจากสถานีรถไฟจะใช้พลังงานแบตเตอรี่เพื่อลดก๊าซไอเสียและเสียงรบกวน และเนื่องจากรถไฟจะผลิตกระแสไฟฟ้าโดยการทำงานร่วมกันของกำลังเครื่องยนต์และพลังงานแบตเตอรี่ จะสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้ร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับรถดีเซลราง (DMU) นอกจากนี้ ราคาของรถไฟดีเซลแบตเตอรี่จะสูงกว่ารถไฟธรรมดาเพราะต้องติดตั้งแบตเตอรี่ ในด้านเทคโนโลยีจำเป็นต้องพิจารณาถึงขนาดของอุปกรณ์ตัวรถที่สามารถใช้กับรางขนาดมิเตอร์เกจของประเทศไทยและการพัฒนาระบบที่สามารถควบคุมแบตเตอรี่ตามระยะของการเดินทางได้ สำหรับในด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากรถไฟขับเคลื่อนด้วยกำลังเครื่องยนต์ การปล่อย

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงไม่สามารถลดลงได้มาก แต่เนื่องจากรถไฟจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เมื่อออกตัวและหยุดรถ จึงคาดว่าจะมีส่วนช่วยในการป้องกันการปล่อยควันเสียที่สถานีกลางบางซื่อ

**ตารางที่ 5.1-2 รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ในญี่ปุ่น**

| ชื่อ | E200 Type | HB-E210 Type | HC 85 Type (อยู่ระหว่างพัฒนา) |
|---|---|---|---|
| ชนิด | เครื่องยนต์+แบตเตอรี่ | เครื่องยนต์+แบตเตอรี่ | เครื่องยนต์+แบตเตอรี่ |
| ผู้ให้บริการ | JR EAST | JR EAST | JR Central |
| ผู้ผลิต | Japan Transport Engineering Company | Japan Transport Engineering Company | Nippon Sharyo, Ltd. |
| เส้นทาง | Koumi Line | Senseki-Tohoku Line | Takayama Main Line/ Kisei Main Line |
| ปีที่เปิดให้บริการ | ปี พ.ศ. 2550 | ปี พ.ศ. 2558 | ปี พ.ศ.2565 – พ.ศ.2566 (กำหนดการ) |
| รูปภาพ | | | |

ที่มา: สรุปโดย JST จากข้อมูลของ JR East และ JR Central

5.1.3 รถไฟสองระบบ (Bi-mode Train)

รถไฟสองระบบจะมีการติดตั้งทั้งเครื่องยนต์สำหรับวิ่งในช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับวิ่งในช่วงที่มีระบบไฟฟ้า ทำให้สามารถวิ่งได้ทั้งในช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้าและช่วงที่มีระบบไฟฟ้า

แม้ว่าน้ำหนักของตัวรถไฟจะหนักกว่าเนื่องจากเครื่องยนต์และอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่รถไฟสามารถวิ่งได้ในช่วงที่มีระบบไฟฟ้าได้ทำให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่ารถดีเซลราง (DMU) ทั่วไปที่ใช้แค่เครื่องยนต์ ราคาของรถไฟนั้นจะสูงกว่าราคาของรถไฟธรรมดาเพราะจะต้องมีการติดตั้งเพื่อให้วิ่งได้ทั้งในช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้าและช่วงที่มีระบบไฟฟ้า นอกจากนี้ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและเวลาในการบำรุงรักษาก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากอุปกรณ์จะต้องได้รับการบำรุงรักษาเพื่อใช้งานได้ทั้งสองช่วง

ในด้านเทคโนโลยี แม้ว่าขบวนรถไฟชนิดนี้จะถูกเคยใช้และเป็นที่พิสูจน์แล้วในต่างประเทศ

แต่ก็จำเป็นต้องศึกษาขนาดของอุปกรณ์รถไฟและรายละเอียดของขบวนรถไฟให้สอดคล้องกับการเดินรถไฟบนขนาดรางมิเตอร์เกจของประเทศไทย เนื่องจากรถไฟสามารถวิ่งได้ทั้งในช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้าและช่วงที่มีระบบไฟฟ้าจึงสามารถใช้งานได้หลากหลายตามแผนการใช้ระบบไฟฟ้าในอนาคต แต่ผู้ผลิตในญี่ปุ่นยังมีจำนวนจำกัด

**ตารางที่ 5.1-3 รถไฟสองระบบ Class 802**

| | |
|---|---|
| ชื่อ | Class 802 |
| ชนิด | รถไฟสองระบบ (เครื่องยนต์+แหนบจ่ายไฟ) |
| ผู้ให้บริการ | Great Western Railway |
| ผู้ผลิต | Hitachi, Ltd |
| เส้นทาง | Great Western Main Line<br>Cornish Main Line<br>East Coast Main Line |
| ปีที่เปิดให้บริการ | ปี พ.ศ. 2561 |
| รูปภาพ | |

ที่มา: สรุปโดย JST จากข้อมูลของ Hitachi

5.1.4 รถไฟฟ้าชุด (EMU)

รถไฟฟ้าชุด (EMU) รุ่นล่าสุดได้รับการติดตั้งโดยใช้ระบบเบรคในการชาร์จไฟ และเทคโนโลยีล่าสุด SiC Inverter และมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในอุปกรณ์ของรถไฟ ส่งผลให้ลดการใช้พลังงานลงร้อยละ 57 เมื่อเทียบกับรถไฟฟ้าชุด (EMU) ธรรมดา นอกจากนี้ ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของระบบการจัดการข้อมูลรถไฟ ทำให้ข้อมูลต่างๆที่ได้จากรถไฟสามารถส่งสัญญาณบอกความผิดพลาดของอุปกรณ์ และสามารถดำเนินการบำรุงรักษาที่เหมาะสมที่สุดตามสภาพได้ (Condition Based Maintenance) ซึ่งคาดว่าจะนำไปสู่วิธีการบำรุงรักษาแบบใหม่ในญี่ปุ่นในอนาคต

สำหรับด้านสิ่งแวดล้อมนั้น รถไฟฟ้าชุด (EMU) เป็นยานพาหนะที่มีประสิทธิภาพสูงด้วยเทคโนโลยีล่าสุดของอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า และเนื่องจากไม่ได้ใช้เครื่องยนต์จึงปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ารถดีเซลราง (DMU) ทำให้เป็นรถไฟที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

รถไฟฟ้าชุด (EMU) ถูกเสนอแนะให้ใช้เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในอนาคต

ในด้านเทคโนโลยี จำเป็นต้องศึกษาขนาดของอุปกรณ์ตัวรถไฟสำหรับรางมิเตอร์เกจในประเทศไทยและรายละเอียดของเส้นทางที่จะนำไปใช้ ด้วยประสบการณ์การพัฒนาและการเดินรถไฟฟ้าชุดในญี่ปุ่นและการส่งของไปยังต่างประเทศที่มากมาย ทำให้ทางบริษัทญี่ปุ่นสามารถเสนอรถไฟฟ้าชุดได้ในราคาที่ถูกลงกว่าประเภทอื่น

**ตารางที่ 5.1-4 รถไฟฟ้าชุด (EMU) E235 Type**

| | |
|---|---|
| ชื่อ | E235 Type |
| ชนิด | รถไฟฟ้าชุด (แหนบรับไฟ) |
| ผู้ให้บริการ | JR EAST |
| ผู้ผลิต | Japan Transport Engineering Company |
| เส้นทาง | Yamanote Line |
| ปีที่เปิดให้บริการ | ปี พ.ศ.2558 |
| รูปภาพ | |

ที่มา: สรุปโดย JST จากข้อมูลของ JR East

5.1.5 รถไฟฟ้าพลังงานไฮโดรเจน

รถไฟฟ้าพลังงานไฮโดรเจนเป็นรถไฟที่ติดตั้งเซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงและติดตั้งระบบไฮบริดที่ใช้แบตเตอรี่สำรองเป็นแหล่งพลังงาน

ไฮโดรเจนสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบและแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่หลากหลายและมีคุณลักษณะเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีเยี่ยมที่ไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อใช้เป็นพลังงาน การพัฒนารถไฟที่เป็นนวัตกรรมใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยไฮโดรเจนมีความหวังว่าจะมีส่วนช่วยในการสร้างสังคมปลอดคาร์บอนด้วยการป้องกันภาวะโลกร้อนและกระจายแหล่งพลังงาน

ปัจจุบัน East Japan Railway Company, Hitachi, Ltd. และ Toyota Motor Corporation กำลังร่วมกันพัฒนาตัวรถไฟที่ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจน ซึ่ง JR East มีเทคโนโลยีสำหรับการออกแบบและการผลิตรถไฟ Hitachi มีเทคโนโลยีสำหรับระบบขับเคลื่อนไฮบริดสำหรับรถไฟที่พัฒนาร่วมกับ JR East และ Toyota มีเทคโนโลยีสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงที่พัฒนาขึ้นสำหรับรถยนต์

เซลล์เชื้อเพลิง MIRAI และรถบัสเซลล์เชื้อเพลิง SORA โดยการสาธิตการทดสอบมีกำหนดการจะเริ่มในปี พ.ศ. 2565 ในสาย Tsurumi, สายรอง Shitte ของสาย Nambu, และสาย Nambu ในช่วง Shitte ถึง Musashi Nakahara ในปัจจุบันมีการดำเนินการตรวจสอบต่างๆ และทดสอบเดินรถเส้นทางจริงในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาหลายปีกว่าที่ระบบจะมีการใช้อย่างเต็มรูปแบบ

**ตารางที่ 5.1-5 Hydrogen-FCEU FV-E991**

| | |
|---|---|
| ชื่อ | FV-E991 Type (HYBARI)<br>(อยู่ระหว่างพัฒนา) |
| ชนิด | Hydrogen-FCEU |
| ผู้ให้บริการ | JR EAST |
| ผู้ผลิต | Japan Transport Engineering Company |
| เส้นทาง | Tsurumi line/Nambu line<br>Nambu branch line (วิ่งทดสอบ) |
| ปีที่เปิดให้บริการ | ปี พ.ศ.2565 (คาดการณ์) |
| รูปภาพ | |

ที่มา: สรุปโดย JST จากข้อมูลของ JR East

5.1.6 หัวรถจักรสับเปลี่ยนแบบ Hybrid

หัวรถจักรสับเปลี่ยนรุ่น HD300 เป็นรถจักรสับเปลี่ยนแบบไฮบริดรุ่นแรกของญี่ปุ่นและใช้ระบบที่เรียกว่า ระบบ Series Hybrid ซึ่งใช้พลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและแบตเตอรี่ร่วมกันเพื่อควบคุมมอเตอร์ เครื่องยนต์ดีเซลที่ติดตั้งในหัวรถจักรนี้ไม่ได้ใช้ในการขับเคลื่อนโดยตรงแต่ใช้สำหรับการผลิตพลังงานเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น ในด้านประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม หัวรถจักรสับเปลี่ยนแบบไฮบริดช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงได้ร้อยละ 36 ลดการปล่อย $NO_x$ ได้ร้อยละ 62 และลดระดับเสียงได้ 22 เดซิเบลเมื่อเทียบกับหัวรถจักรแบบธรรมดา จุดประสงค์ในการใช้งานคือเป็นหัวรถจักรสับเปลี่ยนและความเร็วสูงสุดคือ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดย JR Freight สามารถนำเสนอหัวรถจักรสับเปลี่ยนจำนวน 40 คัน

ในปัจจุบัน Toshiba Corporation กำลังพัฒนาหัวรถจักรสับเปลี่ยนแบบไฮบริดรุ่น

HD800 สำหรับตลาดในยุโรป

**ตารางที่ 5.1-6 หัวรถจักรสับเปลี่ยนไฮบริด**

| | |
|---|---|
| ชื่อ | HD 300 |
| ชนิด | หัวรถจักรสับเปลี่ยนแบบไฮบริด |
| ผู้ให้บริการ | JR Freight |
| ผู้ผลิต | Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation |
| เส้นทาง | ใช้เฉพาะในย่าน |
| ปีที่เปิดให้บริการ | ปี พ.ศ.2555 |
| รูปภาพ | |

ที่มา: สรุปโดย JST จากข้อมูลของ Toshiba Corp.

5.1.7 การพิจารณาเทคโนโลยีใหม่

(1) รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU)

ก. ความสำเร็จในต่างประเทศของบริษัทญี่ปุ่น

มีประวัติการใช้งานในญี่ปุ่น แต่ไม่มีประวัติการส่งออกไปในต่างประเทศ

ข. สิ่งแวดล้อม

ใช้เครื่องยนต์เป็นแหล่งพลังงาน ดังนั้นจึงมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ยังคงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าขบวนรถไฟดีเซลรางที่มีอยู่เดิมเพราะใช้แบตเตอรี่ อย่างไรก็ตามรถไฟดีเซลแบตเตอรี่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเท่ากับรถไฟฟ้าชุดที่ทำงานด้วยระบบไฟฟ้า

ค. การเดินรถ

เนื่องจากรถไฟดีเซลแบตเตอรี่วิ่งด้วยกำลังเครื่องยนต์จึงไม่จำเป็นต้องมีระบบไฟฟ้าและสามารถวิ่งในพื้นที่ที่ไม่มีระบบไฟฟ้าได้

ง. การบำรุงรักษา

มีเครื่องยนต์ที่ต้องใช้เวลาในการบำรุงรักษาและไม่ง่ายที่จะบำรุงรักษาเหมือนรถไฟฟ้าชุดที่ไม่จำเป็นต้องเติมเชื้อเพลิง

จ. ราคารถไฟ

ราคารถไฟแพงกว่ารถไฟฟ้าชุดเพราะรถต้องติดตั้งแบตเตอรี่มากขึ้นรวมทั้งระบบควบคุมแบตเตอรี่

(2) รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU)

ก. ความสำเร็จในต่างประเทศของบริษัทญี่ปุ่น

มีประวัติการใช้งานในญี่ปุ่น แต่ไม่มีประวัติการส่งออกไปในต่างประเทศ

ข. สิ่งแวดล้อม

เนื่องจากแหล่งพลังงานเป็นไฟฟ้า ระบบจึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ค. การเดินรถ

จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทาง แต่หากเป็นระยะทางที่สามารถใช้แบตเตอรี่ได้ สิ่งอำนวยความสะดวกในการชาร์จอย่างรวดเร็วเท่านั้นที่ต้องมี และรถไฟสามารถวิ่งในช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้าได้

ง. การบำรุงรักษา

เช่นเดียวกับการบำรุงรักษารถไฟฟ้าชุด มีชิ้นส่วนสิ้นเปลืองน้อยลงที่ต้องเปลี่ยนและสามารถลดการบำรุงรักษาลงได้ การเปลี่ยนแบตเตอรี่เป็นไปตามอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

จ. ราคารถไฟ

เนื่องจากมีผลงานมากมายในญี่ปุ่นและต่างประเทศ จึงสามารถนำเสนอเทคโนโลยีนี้ได้ในราคาที่ต่ำกว่าเทคโนโลยีใหม่อื่น ๆ ในด้านของราคารถไฟ

(3) รถไฟสองระบบ) Bi-mode Train)

ก. ความสำเร็จในต่างประเทศของบริษัทญี่ปุ่น

มีประวัติการส่งออกไปในยุโรป

ข. สิ่งแวดล้อม

รถไฟมีน้ำหนักมากขึ้นและใช้เครื่องยนต์เป็นแหล่งพลังงานในช่วงที่ไม่ใช้ระบบไฟฟ้า ดังนั้นจึงไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเหมือนรถไฟฟ้าชุด

ค. การเดินรถ

เนื่องจากรถไฟสามารถวิ่งด้วยเครื่องยนต์จึงไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและสามารถวิ่งในพื้นที่ที่ไม่มีระบบไฟฟ้าได้

ง. การบำรุงรักษา

เนื่องจากต้องมีการบำรุงรักษาอุปกรณ์สำหรับทั้งช่วงที่ไม่ใช้ระบบไฟฟ้าและช่วงที่ใช้ระบบไฟฟ้า ดังนั้น จะมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและจะต้องใช้แรงงานมาก

จ. ราคารถไฟ

เนื่องจากมีความต้องการใช้ไม่มากในประเทศญี่ปุ่นและมีการผลิตรถไฟชนิดนี้ในจำนวนน้อย ราคารถไฟจึงสูงกว่ารถไฟฟ้าชุดปกติ

(4) รถไฟฟ้าชุด (EMU)

ก. ความสำเร็จในต่างประเทศของบริษัทญี่ปุ่น

มีประวัติการใช้รถไฟชนิดนี้ในต่างประเทศ รวมทั้งรถไฟฟ้าสายสีแดงและรถไฟฟ้าสายสีม่วงในประเทศไทย

ข. สิ่งแวดล้อม

เนื่องจากแหล่งพลังงานเป็นระบบไฟฟ้าจึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ค. การเดินรถ

สิ่งอำนวยความสะดวกระบบไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานในช่วงที่ใช้ระบบไฟฟ้า

ง. การบำรุงรักษา

มีชิ้นส่วนสิ้นเปลืองน้อยที่ต้องเปลี่ยนและต้องการการบำรุงรักษาน้อย

จ. ราคารถไฟ

เนื่องจากมีผลงานมากมายในญี่ปุ่นและต่างประเทศ จึงสามารถนำเสนอเทคโนโลยีนี้

ได้ในราคาที่ต่ำกว่าเทคโนโลยีใหม่อื่น ๆ ในด้านของราคารถไฟ

(5) ดีเซลราง

ก. ความสำเร็จในต่างประเทศของบริษัทญี่ปุ่น

มีประวัติการใช้รถไฟชนิดนี้ในต่างประเทศมายาวนาน

ข. สิ่งแวดล้อม

เนื่องจากแหล่งพลังงานเป็นเครื่องยนต์จึงไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ค. การเดินรถ

เนื่องจากรถไฟดีเซลรางทำงานด้วยกำลังเครื่องยนต์จึงไม่จำเป็นต้องมีระบบไฟฟ้าและสามารถวิ่งในพื้นที่ที่ไม่มีระบบไฟฟ้าได้

ง. การบำรุงรักษา

มีเครื่องยนต์ที่ต้องใช้เวลาในการบำรุงรักษาและรถไฟดีเซลรางไม่ง่ายที่จะบำรุงรักษาเหมือนรถไฟฟ้าชุด ที่ไม่จำเป็นต้องเติมเชื้อเพลิง ฯลฯ

จ. ราคารถไฟ

เนื่องจากมีความต้องการใช้ไม่มากในประเทศญี่ปุ่นและมีการผลิตรถไฟชนิดนี้ในจำนวนน้อย ราคารถไฟจึงสูงกว่ารถไฟฟ้าชุดปกติ

(6) รถไฟฟ้าพลังงานไฮโดรเจน

ก. ความสำเร็จในต่างประเทศของบริษัทญี่ปุ่น

ขณะนี้อยู่ระหว่างการพัฒนา ดังนั้นจึงไม่มีผลงานปรากฏ

ข. สิ่งแวดล้อม

เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนในการขับเคลื่อน

ค. การเดินรถ

เนื่องจากรถไฟใช้เชื้อเพลิงจากไฮโดรเจนที่ในการขับเคลื่อน จึงไม่จำเป็นต้องมีระบบไฟฟ้าและสามารถวิ่งในช่วงที่ไม่มีระบบไฟฟ้าได้

ง. การบำรุงรักษา

ขณะนี้กำลังมีการทดลองวิ่งเพื่อตรวจสอบความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

จ. ราคารถไฟ

เนื่องจากปัจจุบันรถไฟอยู่ระหว่างการพัฒนาจึงยังไม่ทราบราคา แต่คาดว่าราคาจะลดลงเนื่องจากเทคโนโลยีเซลเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมยานยนต์ดีขึ้นและมีความต้องการเพิ่มขึ้น

(7) สรุปการประเมินเทคโนโลยีใหม่

การประเมินเทคโนโลยีใหม่แต่ละเทคโนโลยีได้สรุปไว้ในตารางด้านล่างนี้ เนื่องจากรถไฟแต่ละชนิดมีคุณลักษณะเฉพาะหลากหลาย จึงจำเป็นต้องพิจารณารถไฟที่เหมาะสมที่สุดกับนโยบาย รฟท. ในอนาคตตามการใช้งานที่ตั้งไว้มากที่สุด แม้ว่าจะมีรถไฟบางชนิดที่อยู่ระหว่างการพัฒนาในญี่ปุ่นหรือยังไม่ได้มีใช้งานในต่างประเทศแต่บริษัทญี่ปุ่นสามารถผลิตรถไฟจำนวนมากที่ใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ และบริษัทจะสามารถทำการศึกษาโดยละเอียดได้ทันทีเมื่อมีข้อกำหนดรายละเอียดของรถไฟและข้อมูลของเส้นทาง นอกจากนี้ ราคาในปัจจุบันของรถไฟชนิดต่างๆ ยังสูงอยู่ยกเว้นรถไฟฟ้าชุด (EMU) แต่ประวัติการใช้งานและชิ้นส่วนต่างๆ มีความคุ้มค่ามากขึ้น จึงเป็นไปได้ที่จะเสนอราคาที่ต่ำกว่าได้

**ตารางที่ 5.1-7 สรุปการประเมินเทคโนโลยีใหม่**

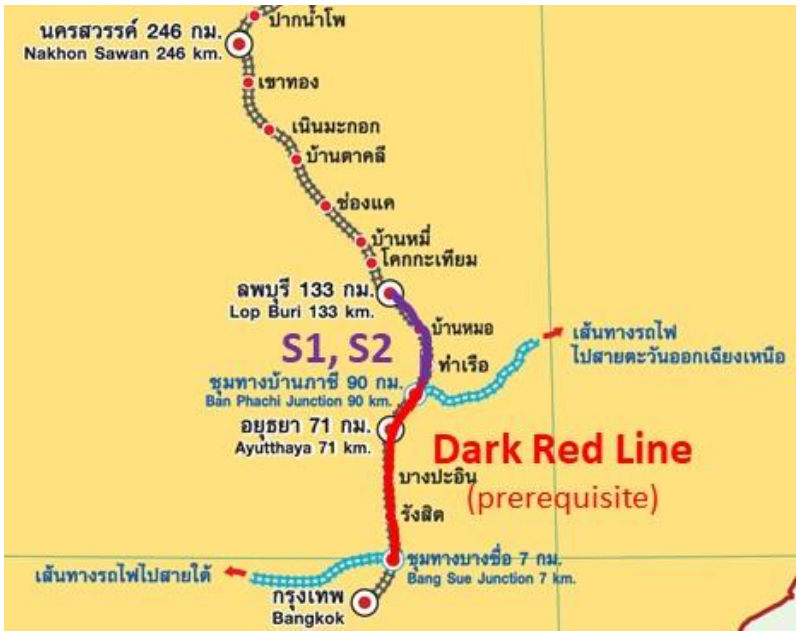
| รายการ | การใช้ในต่างประเทศ | สิ่งแวดล้อม | ความสามารถในการใช้งาน | การบำรุงรักษา | ราคา (เปรียบเทียบกับ EMU) |
|---|---|---|---|---|---|
| รถไฟดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) | ต่ำ | ดี | ดีมาก | ปานกลาง | ปานกลาง (2.5 เท่า) |
| รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) | ต่ำ | ดีมาก | ดี | ดีมาก | ดี (2 เท่า) |
| รถไฟ 2 ระบบ (Bi-mode) | ดี | ดี | ดีมาก | ต่ำ | ต่ำ (3-4 เท่า) |
| รถไฟฟ้าชุด (EMU) | ดีมาก | ดีมาก | ปานกลาง | ดีมาก | ดีมาก |
| รถไฟดีเซลราง (DMU) | ปานกลาง | ต่ำ | ดีมาก | ปานกลาง | ดี (2 เท่า) |
| รถไฟฟ้าพลังงานไฮโดรเจน (Hydrogen-FCEU) | อยู่ระหว่างพัฒนา | ดีมาก | ดีมาก | อยู่ระหว่างพัฒนา | อยู่ระหว่างพัฒนา |

*ผลลัพธ์อาจจะแตกต่างได้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดนรายละเอียดของรถไฟ

## 5.2 แผนระยะสั้น

5.2.1 ผลวิเคราะห์

สำหรับในแผนระยะสั้นนั้น ทาง JST จะขอเสนอแผนการใช้ B-EMU ในเส้นทางระยะประมาณ 120 กม. ร่วมกับช่วงที่ได้ทำระบบไฟฟ้าไปแล้ว ดังนั้นในแผนระยะสั้น การพัฒนาระบบไฟฟ้าในเส้นทางรถไฟสายสีแดงเข้มตอนเหนือไปจนถึงสถานีบ้านภาชีจะเป็นสมมุติฐานพื้นฐานในการพิจารณานี้ โดย JST จะเสนอแผนการใช้รถไฟ B-EMU วิ่งต่อในช่วงสถานีบ้านภาชี-ลพบุรีโดยใช้แบตเตอรี่ นอกจากนั้นแล้ว เพื่อเป็นการจูงใจผู้ใช้รถยนต์ส่วนตัวให้เปลี่ยนมาใช้รถไฟ JST จึงได้เสนอให้เดินรถด้วยความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 30 นาทีต่อขบวนในแผนระยะสั้นนี้ด้วย โดยแผนที่เส้นทางเป็นไปตามรูปข้างล่าง




ที่มา: JST

**รูปที่ 5.2-1 แผนที่เส้นทาง สำหรับแผนระยะสั้น**

ใน Scenario S1 นั้น จะเสนอแผนการเดินรถไฟด้วยระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในช่วงบางซื่อ - ลพบุรี โดยต้องลงทุนระบบจ่ายไฟเหนือหัวตั้งแต่บ้านภาชี – ลพบุรี แต่ใน Scenario S2 นั้น จะเสนอให้เดินรถช่วงบางซื่อ – ลพบุรี ด้วยตัวรถไฟ B-EMU ซึ่งในช่วง บางซื่อ – บ้านภาชีนั้นจะเดินรถด้วยระบบจ่ายไฟเหนือหัว แต่ในช่วงบ้านภาชี – ลพบุรี นั้นเสนอให้เดินรถเปลี่ยน mode ไปเดินรถด้วยระบบจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ ทำให้ไม่ต้องเสียค่าลงทุนในระบบจ่ายไฟเหนือหัวเหมือน Scenario S1 สมมุติฐานอื่นๆ ในการพิจารณาที่สำคัญๆ มีดังต่อไปนี้

- เนื่องจากในแผนระยะสั้นนี้ JST ตั้งสมมุติฐานให้มีการพัฒนารถไฟสายสีแดงเข้มก่อน ดังนั้น

เงินลงทุนในช่วง บางซื่อ – บ้านภาชี จะไม่ถูกพิจารณาใน และค่าใช้จ่ายในการลงทุนเฉพาะช่วง บ้านภาชี – ลพบุรี เท่านั้นที่จะถูกพิจารณาในแผนระยะสั้นนี้

- สมมุติให้ตัวรถ EMU มีราคา 72.5 ล้านบาท ต่อ ตู้ ซึ่งเป็นสมมุติฐานเดียวที่ใช้ใน F/S
- สมมุติให้ตัวรถ B-DMU มีราคาเป็นสองเท่าของ EMU หรือเท่ากับ 145 ล้านบาทต่อตู้
- สมมุติให้ต้องจัดหารถเพิ่มจากที่สมมุติใน F/S เพิ่มอีก 10 คัน (5 ขบวน, 2 ตู้/ขบวน) สำหรับการเดินรถในความถี่ 30 นาที/ขบวน
- สมมุติให้ไม่มีการลงทุนในระบบจ่ายไฟเหนือหัวใน Scenario S2 แต่ต้องลงทุนในสถานีชาร์จไฟฟ้าสองแห่ง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสถานีชาร์จไฟฟ้าอ้างอิงตัวเลขจากญี่ปุ่นและสมมุติให้เป็น 178,350,000 บาท สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อ “สมมุติฐานค่าใช้จ่าย”
- ใน Scenario S2 สมมุติให้ตัวรถ B-EMU ต้องมีการชาร์จไฟ 2 ครั้งต่อการวิ่ง 1 เที่ยว ที่สถานีบ้านหมอ และสถานีลพบุรี เวลาการชาร์จครั้งละ 6 นาที
- เนื่องจากแผนระยะสั้นนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบผลกับผลจาก F/S ดั้งนั้นทาง JST จึงสมมุติให้มีการเปลี่ยนหัวรถจักร EL/DL สำหรับรถไฟทางไกลที่สถานีบ้านภาชี เป็นเวลาครั้งละ 7 นาที

และสรุปสมมุติฐานอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นไปดังตารางล่างข้าง

**ตารางที่ 5.2-1 สมมุติฐานอื่นๆ ในแผนระยะสั้น**

| Scenario | S1 | S2 |
|---|---|---|
| เส้นทาง | เหนือ | เหนือ |
| ช่วงที่พัฒนาระบบไฟฟ้า | บ้านภาชี – ลพบุรี | ไม่มี |
| ปีฐาน | พ.ศ. 2570<br>(เปลี่ยนเฉพาะค่าคาดการณ์เศรษฐกิจและสังคมใหม่ นอกนั้นใช้ input เดียวกับปี พ.ศ. 2565 ใน F/S) | |
| ค่าคาดการณ์เศรษฐกิจและสังคม | ค่าคาดการณ์ใหม่จาก สศช. ในปี พ.ศ. 2562 | |
| ช่วงที่วิ่งรถ BMU | ไม่มี | บางซื่อ – ลพบุรี |
| ตารางเดินรถ | เพิ่มความถี่อีก 15 ขบวนต่อวันต่อทิศทาง | |

ที่มา: JST

เนื่องด้วยความถี่ในการให้บริการที่เพิ่มขึ้น ทำให้ได้ผลการคำนวณค่า FIRR มากขึ้นกว่าแผนระยะยาวอยู่พอสมควร โดยผลการวิเคราะห์ของแผนระยะสั้นเป็นไปตามที่แสดงในตารางข้างล่าง

**ตารางที่ 5.2-2 ผลการวิเคราะห์ในแผนระยะสั้น**

| Scenario | | S1 (ระบบจ่ายไฟเหนือหัว) | S2 (ระบบรถไฟแบตเตอรี่) |
|---|---|---|---|
| EIRR | | 16.30% | 17.28% |
| FIRR | | 17.52% | 18.61% |
| คาดการณ์ปริมาณผู้โดยสาร (Line load คน/วัน) | 2070 | 29,291 | 29,279 |
| | 2075 | 34,043 | 34,029 |
| | 2080 | 38,604 | 38,589 |
| | 2085 | 44,239 | 44,222 |
| | 2090 | 48,896 | 48,876 |
| | ช่วง Lineload ที่พิจารณา | Ban Phachi - Lopburi | |
| ปริมาณ $CO_2$ ที่ลดลง (ตัน-$CO_2$/ปี) | | 1,053 | |

ที่มา: JST

5.2.2 ตัวอย่างการคำนวณการลดปริมาณการปล่อย $CO_2$ ในเส้นทางรถไฟสินค้า

เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการคาดการณ์ปริมาณการขนส่งสินค้า ดังนั้นทาง JST จึงขอเสนอตัวอย่างการคำนวณการลดปริมาณการปล่อย $CO_2$ โดยอ้างอิงจากวิธีการคำนวณที่ใช้ใน F/S ในหัวข้อนี้จะขอเสนอตัวอย่างของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางรถไฟสินค้าระหว่าง หัวตะเข้ – แหลมฉบัง ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณการขนส่งสินค้าทางรางมากที่สุดอ้างอิงจากข้อมูลแบบจำลองของ F/S แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ควรจะต้องพิจารณาจากสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบังจึงจะเหมาะกว่าการพิจารณาจากสถานีหัวตะเข้ แต่เนื่องจากในแบบจำลองที่ใช้ใน F/S นั้นไม่ได้พิจารณาช่วงทางที่แยกจากสถานีหัวตะเข้เข้าไปในสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่องลาดกระบัง จึงไม่สามารถวิเคราะห์ตามลักษณะความเป็นจริงได้

โดยวิธีการคำนวณนั้น อ้างอิงจากผลจากแบบจำลองของ F/S กำหนดให้มีรถไฟสินค้าในช่วงทาง หัวตะเข้-ลาดกระบัง มีความถี่ 40 ขบวนต่อคันต่อสองทิศทาง ใน F/S ใช้สมมุติฐานอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่ 0.34 ลิตร/กม. และอัตราการปล่อย $CO_2$ ของหัวรถจักร DL ที่ 2.72 กก. $CO_2$/

ลิตร โดยจากสมมุติฐานขั้นต้นสามารถคำนวณปริมาณการปล่อย $CO_2$ ต่อปีหากไม่มีการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ได้ดังนี้

จำนวนรถไฟสินค้า ช่วง หัวตะเข้-ลาดกระบัง = 40 ขบวน/วัน/สองทิศทาง

ระยะทางระหว่าง หัวตะเข้-ลาดกระบัง = 139.58-33.86 = 105.99 กม./ขบวน

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน = 0.34 ลิตร/กม.

อัตราการปล่อย $CO_2$ ของหัวรถจักร DL = 2.72 กก. $CO_2$/ลิตร

ปริมาณการปล่อย $CO_2$ ต่อปี ไม่มีระบบไฟฟ้า

= 40x105.99x365x0.34x2.72 = 1,443.4 ตัน $CO_2$/ปี

จากนั้นแล้ว โดยอ้างอิงค่าจาก F/S ซึ่งสมมุติให้อัตราการปล่อย $CO_2$ ของโรงไฟฟ้าที่จ่ายไฟให้กับหัวรถจักร EL มีอัตราการปล่อย $CO_2$ เป็นร้อยละ 28 ของหัวรถจักร DL ดังนั้นจึงสามารถคำนวณปริมาณ $CO_2$ ที่ลดลงจากการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าได้ดังนี้

ปริมาณการปล่อย $CO_2$ ต่อปี มีระบบไฟฟ้า = 1,443.4x0.28 = 401.8 ตัน $CO_2$/ปี

ปริมาณการปล่อย $CO_2$ ที่ลดลงจากการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าต่อปี

= 1,443.4-402.8 = 1,041.6 ตัน $CO_2$/ปี

## 5.3 กรอบความร่วมมือในอนาคต

5.3.1 แผนแม่บทการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของ รฟท.

(1) การสำรวจความเป็นไปได้ของรถไฟฟ้าของ รฟท.

ในปี พ.ศ.2559 ได้มีการศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทาง แต่เนื่องจากสภาพทางสังคมและเทคโนโลยีที่แสดงไว้ด้านล่างนี้มีการเปลี่ยนแปลง จึงได้มีการศึกษาใหม่ในปี พ.ศ. 2565 รวมถึงการเสนอแนะทางรถไฟฟ้าสายใหม่และประโยชน์ที่จะได้รับ การศึกษาครอบคลุมถึงการไม่ใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ในการศึกษาใหม่นี้ นโยบายบางอย่างที่ระบุไว้ในรายงานศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทาง กันยายน พ.ศ.2559 ได้รับการทบทวนใหม่ รวมถึงด้านค่าโดยสารและราคาค่าใช้จ่ายโครงการ

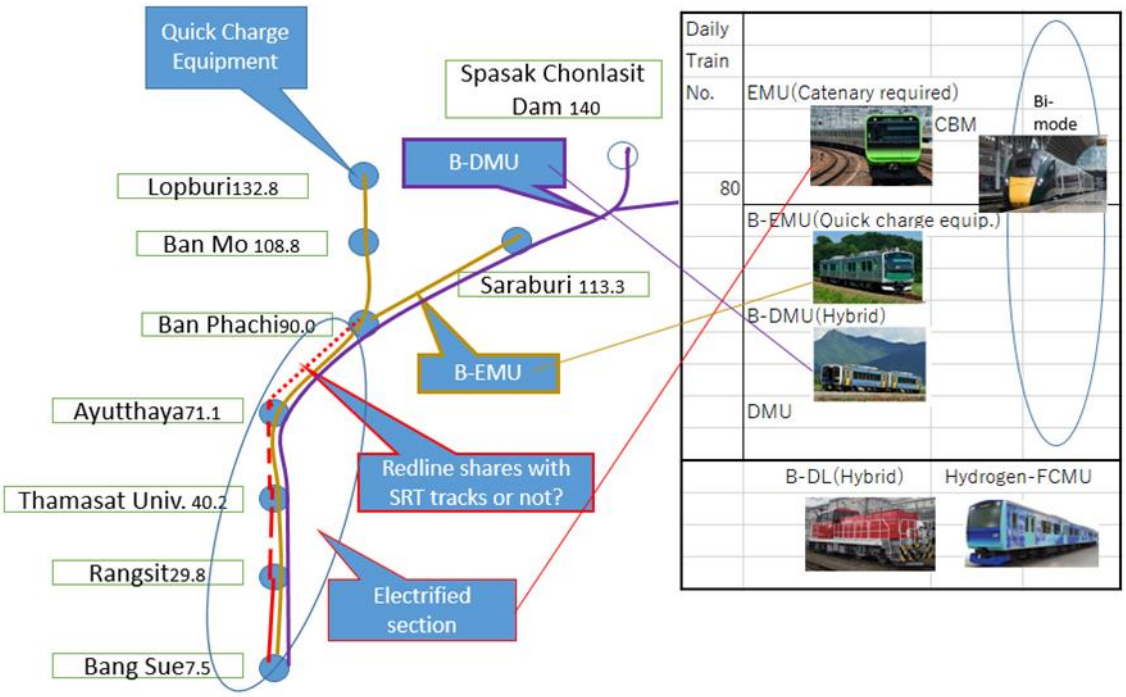
1. การเปลี่ยนแปลงกรอบเศรษฐกิจและสังคม

2. ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรง (การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษทางอากาศ)
3. การพัฒนาโครงข่ายรถไฟ-รถไฟชานเมืองสำหรับโดยสารและรถไฟความเร็วสูงที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ
4. การมีเทคโนโลยีรถไฟแบบใหม่
5. ความคืบหน้าแผนการจัดซื้อ DL 50 คัน และ DMU 400 คัน ของ รฟท.
6. การเปลี่ยนระบบขนส่งสินค้า

(2) การใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) ขึ้นอยู่กับจำนวนรถไฟและประสิทธิภาพที่สูงกว่า

แนวทางการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าด้วยระบบจ่ายไฟเหนือหัว คือ 80 ขบวน/วัน (ข้อมูลเดิมของการรถไฟแห่งประเทศญี่ปุ่น JNR) แต่รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) จะมีประสิทธิภาพในพื้นที่ที่มีจำนวนรถไฟค่อนข้างน้อย (26-80 ขบวน/วัน ในประเทศญี่ปุ่น) ซึ่งในกรณีของ รฟท. นั้นน่าจะเหมาะสมในให้บริการในรอยต่อระหว่างช่วงที่มีและไม่มีระบบจ่ายไฟเหนือหัว ในกรณีที่จำนวนรถไฟน้อยกว่านั้น รถดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) ก็ถือว่ามีประสิทธิภาพเช่นกัน แต่มีข้อเสียคือไม่ช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

นอกจากนี้ ตามจำนวนรถไฟข้างต้นที่ 80 ขบวน/วัน ในระบบรถไฟของ รฟท.จะต้องได้รับการตรวจสอบอีกครั้ง แต่ไม่ว่าในกรณีใด ระบบรถไฟจะถูกกำหนดโดยคุณลักษณะเฉพาะของเส้นทาง (รถไฟที่วิ่งผ่าน ผังเมือง และคุณลักษณะเฉพาะของเมือง) จากนั้นจึงจะเลือกประเภทของรถไฟ สำหรับรถไฟบรรทุกสินค้าจะพิจารณาประเภทของรถไฟจากการประหยัดพลังงานและการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์




ที่มา: JST

**รูปที่ 5.3-1 ตัวอย่างการเลือกประเภทรถไฟของสายเหนือและสายตะวันออกเฉียงเหนือ**

การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ตามการคาดการณ์ปริมาณความต้องการเดินทาง โดยไม่คำนึงถึงการจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว ตรวจสอบประเภทรถไฟที่เหมาะสมหรือวิธีการจ่ายไฟฟ้ากำลังของแต่ละเส้นทางและแต่ละช่วง

(3) เส้นทางที่สำรวจ

ดังแสดงในรูปที่ 5.3-1 รถไฟสายสีแดงตามแนวรถไฟสายเหนือมีแผนที่จะเปิดให้บริการรถไฟฟ้าเป็นสามระยะในอนาคตถึงบ้านภาชี ในขั้นนี้ มีการใช้ รถไฟฟ้าชุด (EMU) จากบางซื่อไปบ้านภาชีเพื่อให้บริการเขตชานเมือง จากบ้านภาชีต่อไปยังสายเหนือ (ลพบุรี) และสายตะวันออกเฉียงเหนือ (สระบุรี) จะใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) สำหรับสายตะวันออกเฉียงเหนือ (สายเหนือ) อาจจะใช้รถดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) สำหรับขบวนนำเที่ยวเพื่อไปยังเขื่อนป่าศักดิ์ชลสิทธิ์

นอกจากนี้ หากยังไม่มีแผนการต่อขยายเส้นทางรถไฟฟ้าสายสีแดง ก็สามารถใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) สำหรับเดินรถไปยังสถานีที่อยู่ห่างจากสถานีสุดท้ายในช่วงที่มีการใช้ระบบไฟฟ้า เช่นปัจจุบันถึงธรรมศาสตร์ หรืออยุธยาในกรณีส่วนต่อขยายสายสีแดงก็ได้

เนื่องจากในเส้นทางช่วงนี้มีราง 3 ราง สำหรับรถไฟทางไกล จึงมีความเหมาะสมอย่างมากในการพิจารณาความเป็นไปได้ในการใช้รางเดิมที่มีอยู่เมื่อมีการต่อขยายและการใช้ระบบไฟฟ้าของสายสีแดง ยกตัวอย่างกรณีการเดินรถที่มีการจราจรหนาแน่นในเส้นทางคู่ระหว่างอินาซาวะและกิฟุที่อยู่ใกล้กับนาโกย่าในประเทศญี่ปุ่น มีรถไฟด่วนพิเศษจำนวน 38 ขบวน รถไฟด่วนจำนวน 156 ขบวน รถไฟท้องถิ่นจำนวน 154 ขบวน รถไฟขนส่งสินค้า จำนวน 78 ขบวน และรวมมีรถไฟทั้งหมด 426 ขบวน[3]

(4) งานบริการรถไฟและโครงสร้างค่าโดยสาร

ในเรื่องการกำหนดอัตราค่าโดยสาร ในรายงานศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทาง กันยายน พ.ศ.2559 ใช้อัตรา 1.3 บาท/กิโลเมตรเพื่อคำนวณ อัตราผลตอบแทนภายในทางการเงิน (FIRR) ซึ่งถือเป็นราคาที่สมเหตุสมผล หากพิจารณาจากอัตราค่าโดยสารรถด่วนพิเศษของ รฟท. ที่ประมาณ 1.0 ถึง 1.4 บาท/กิโลเมตร (แปรผันตามค่าธรรมเนียมของประเภทรถ และเตียง) แต่หากเทียบกับอัตรา 12 บาท + 1.5 บาท/กิโลเมตร ของรถไฟฟ้าสายสีแดงอาจจะถือว่าถูกไปสักเล็กน้อย

แต่อย่างไรก็ตาม อัตราที่สูงกว่า 1.3 บาท/กิโลเมตร จะถือว่าแพงเมื่อเทียบกับระบบคมนาคมแบบอื่น เช่น รถบัสและรถมินิบัส ดังนั้น หากความเร็วในการเดินทางที่สูงขึ้นและความสะดวกสบายจากการใช้รถไฟฟ้าที่มากขึ้นสามารถดึงดูดผู้ใช้ได้ และหากรถไฟฟ้านั้นเป็นส่วนหนึ่งของส่วนต่อขยายของรถไฟฟ้าสายสีแดง ก็สามารถใช้โครงสร้างค่าโดยสารเดียวกันกับรถไฟฟ้าสายสีแดงได้ นอกจากนี้ เนื่องจากค่าโดยสารรถไฟ รฟท. ถูกควบคุมอย่างเข้มงวด จึงเป็นเรื่องยากมากในทางปฏิบัติที่จะขอขึ้นค่าโดยสารหลังเปิดให้บริการ ดังนั้น ทีมศึกษาเสนอแนะว่าควรมีการหารือเกี่ยวกับแผนการขึ้นค่าโดยสารเพิ่มเติมในอนาคตร่วมกับการวางแผนการเดินรถไปด้วย

(5) การลดการปล่อยมลพิษและการวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ

การศึกษานี้เป็นไปตามวิธีการที่ให้ไว้ใน รายงานศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทาง กันยายน พ.ศ.2559 เพื่อคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตาม ควรมีการชี้ให้เห็นปัญหาหลายประการเกี่ยวกับวิธีการ ประการแรก ในด้านผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ "การลดการปล่อยมลพิษ" และ "การลดคาร์บอนไดออกไซด์" จะรวมอยู่ในการ

[3] อ้างอิงตามตารางเวลารถไฟปีพ.ศ. 2560

คำนวณซึ่งอาจประเมินค่าผลประโยชน์ในภาคสิ่งแวดล้อมสูงเกินไป ประการที่สอง การใช้อัตราการปล่อยไอเสียของรถจักรไฟฟ้าและรถไฟฟ้าชุด (EL/EMU) ที่ร้อยละ 28 ของการปล่อยไอเสียของรถจักรดีเซลและรถดีเซลราง (DL/DMU) เป็นเพียงสมมติฐาน ดังนั้น ควรได้รับการตรวจสอบเพิ่มเติมด้วยการวัดค่าจริงจากรถจักรไฟฟ้าและรถไฟฟ้าชุด (EL/EMU) และข้อมูลจากบริษัทผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย อีกทั้งการสูญเสียระหว่างการส่งผ่านควรได้รับการพิจารณาไว้ในการคำนวณ ทีมศึกษาได้ตั้งสมมติฐานว่าอัตราการปล่อยไอเสียของรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) เท่ากับของรถไฟฟ้าชุด (EMU) อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาการปล่อยมลพิษตลอดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการผลิตแบตเตอรี่และการปล่อยมลพิษที่เหมืองลิเธียมด้วย

## 5.4 การทบทวนราคาของโครงการ

### 5.4.1 ราคาของโครงการในแผนระยะยาวและแผนจำลองระยะสั้น

ตารางที่ 5.4-1 แสดงค่าใช้จ่ายของในแผนระยะสั้นตามที่ใช้ในการคำนวณในหัวข้อ 5.2

**ตารางที่ 5.4-1 ราคาโครงการสำหรับแผนระยะสั้น**

หน่วย: บาท

| Scenario / ค่าใช้จ่าย | S1 (สายเหนือ) | S2 (สายเหนือ) |
|---|---|---|
| | บ้าน ภาชี - ลพบุรี (43 กม.) | บ้าน ภาชี - ลพบุรี (43 กม.) |
| งานโยธา | 416,832,510 | 416,832,510 |
| งานราง | 13,257,651 | 13,257,651 |
| งานระบบอาณัติสัญญาณและโทรคมนาคม | 369,459,943 | 369,459,943 |
| งานระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า | 1,453,657,387 | 356,700,000 |
| ขบวนรถไฟ | 2,810,552,870 | 2,810,552,870 |
| ขบวนรถไฟเพิ่มเติม (10 คัน) | 725,000,000 | 1,450,000,000 |
| รวมทั้งสิ้น | 5,788,760,361 | 5,416,802,974 |

ที่มา: JST

ตารางที่ 5.4-1 แสดงราคาของ "งานโยธา", "งานราง", "งานระบบอาณัติสัญญาณและโทรคมนาคม", "งานระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า" และ "ขบวนรถไฟ" ของแผนระยะสั้นสำหรับ Scenario S1 และ S2 ซึ่งคำนวณตามอัตราส่วนของแผนระยะยาวต่อแผนระยะสั้นในเส้นทางรถไฟสายเหนือ

สำหรับการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า Scenario S1 และ S2 จะมาจากบ้านภาชีถึงลพบุรี

ราคาของงานระบบกำลังไฟฟ้าสำหรับ S2 จะสมมุติให้เป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนสถานีชาร์จไฟสำหรับรถไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่ ที่จะวิ่งจากบ้านภาชีไปยังลพบุรี ในการศึกษานี้ ได้มีการกำหนดราคาที่สูงขึ้นโดยประมาณราคาอ้างอิงตามค่าลงทุนอุปกรณ์ชาร์จไฟฟ้าและอุปกรณ์ของสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยในญี่ปุ่น อย่างไรก็ตาม ควรจะมีการตรวจสอบโดยละเอียดอีกครั้งต่อไป

ราคาขบวนรถไฟเพิ่มเติมจะอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 5.4.3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบราคาโดยรวมของ S1 และ S2 ในสถานการณ์จำลองระยะสั้นแล้ว ราคาของ S2 จะต่ำกว่าของ S1 และการใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่อาจถือได้ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการพัฒนาเป็นรถไฟระบบไฟฟ้าในอนาคต

5.4.2 การทบทวนราคาของงานระบบไฟฟ้ากำลัง

ในรายงานการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าปี 2561 (การศึกษาเสริมต่อจากโครงการการศึกษารถไฟความเร็วสูง กรุงเทพ – เชียงใหม่) ทีมศึกษายกตัวอย่างของประเทศญี่ปุ่นและเสนอแนะว่าราคาการก่อสร้างระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำ ในรายงานการศึกษานี้ ทีมศึกษาได้เปรียบเทียบราคาของงานระบบกำลังไฟฟ้าของ รฟท. กับโครงการรถไฟสายสีแดง

**ตารางที่ 5.4-2 การเปรียบเทียบราคาของงานระบบไฟฟ้ากำลังต่อกิโลเมตร**

| เส้นทาง | ความยาวทางหลัก (กิโลเมตร) | จำนวนเงิน (ล้านบาท) | จำนวนเงินต่อกิโลเมตร ของทางหลัก (ล้านบาท) |
|---|---|---|---|
| สายเหนือ รฟท. | 429 | 8,245 | 19.2 |
| สายสีแดง | 74 | 7,394 | 99.8 |

ที่มา:การศึกษาแผนงานการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า รฟท. ปี 2561

ราคางานระบบกำลังไฟฟ้าของรถไฟฟ้าสายสีแดงจากการประมาณการจะสูงกว่าของสายเหนือ เนื่องจากมีรวมรายการดังต่อไปนี้ แต่อย่างไรก็ตาม ราคางานระบบกำลังไฟฟ้าของสายเหนือยังคงคาดว่าจะลดลง

(1) เสาจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (OCS Columns)

เสาจ่ายไฟฟ้าเหนือหัวในเส้นทางรถไฟสายสีแดงทำจากเหล็กตัว H ซึ่งมีราคาแพงกว่าเสาคอนกรีตเนื่องจากต้นทุนวัสดุและกระบวนการเคลือบสังกะสี หากใช้เสาคอนกรีตอาจจะลดต้นทุนลงได้

(2) จำนวนสถานีไฟฟ้าย่อย

โครงการรถไฟสายสีแดงมีสถานีไฟฟ้าย่อย 1 สถานี แต่จากข้อมูลนั้นพบว่าสถานีย่อย

1 สถานีสำหรับจ่ายไฟฟ้าของโครงการรถไฟสายสีแดงนั้นยังสามารถใช้ในระยะทางที่ยาวมากกว่านี้ได้ ดังนั้น จึงถือว่าจำนวนที่ประมาณไว้ในการศึกษาที่ผ่านมานั้นอาจจะมากเกินความจำเป็น

**ตารางที่ 5.4-3 ตารางเปรียบเทียบความยาวรางต่อสถานีไฟฟ้าย่อย**

| เส้นทาง | ความยาวทางหลัก (กิโลเมตร) | จำนวน สถานีไฟฟ้าย่อย (สถานี) | ความยาวทางหลักต่อ จำนวนสถานีไฟฟ้าย่อย (กิโลเมตร/สถานี) |
|---|---|---|---|
| สายเหนือ | 429 | 4 | 107 |
| สายสีแดง | 74 | 1 | 74 |

ที่มา: JST

(3) ราคางานระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ศูนย์ซ่อมบำรุง

ตารางที่ 5.4-1 แสดงราคาของแผนระยะสั้นไม่รวมราคาและค่าใช้จ่ายของศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) ซึ่งหากอ้างอิงจาก F/S (ที่อ้างอิงกับแผนระยะยาว) จะสามารถประมาณราคาของงานระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ศูนย์ซ่อมบำรุงได้ดังที่แสดงตารางที่ 5.4-4

**ตารางที่ 5.4-4 ราคาค่างานระบบงานจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ศูนย์ซ่อมบำรุง**

| งาน | งานระบบไฟฟ้าที่ศูนย์ซ่อมบำรุง (บาท) |
|---|---|
| กำลังไฟฟ้า | 392,415,890 |

ที่มา: รฟท., รายงานการศึกษาความเหมาะสมของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

จากผลการทบทวนหัวข้อ (1), (2) และ (3) ของค่างานระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับสายเหนือและสายสีแดงอาจมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง แต่เนื่องจากราคางานระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าของสายเหนือยังคงมีราคาต่ำ จึงควรดำเนินการประมาณการราคาโดยละเอียดต่อไป

5.4.3 การทบทวนราคาขบวนรถไฟที่เสนอแนะ

ราคารถไฟฟ้าชุดเพิ่มเติมใน S1 อ้างอิงจากข้อมูลในรายงานการออกแบบปี พ.ศ. 2559 และใน S2 พิจารณาใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ แต่ราคาโดยรายละเอียดจะต้องพิจารณาจากข้อกำหนดรายละเอียด (Specifications) ของตัวรถอีกครั้ง รวมทั้ง องค์ประกอบที่ต้องออกแบบใหม่สำหรับตัวรถและการติดตั้งแบตเตอรี่ การพัฒนาระบบ การปรับโบกี้รถสำหรับราง 1 เมตร และข้อกำหนดต่างๆของ รฟท. เนื่องจากคาดว่าต้องมีการออกแบบองค์ประกอบใหม่และมีค่าขนส่งจากต่างประเทศ ดังนั้น ราคาของรถไฟฟ้าแบตเตอรี่จึงถูกประเมินไว้เป็นสองเท่าของรถไฟฟ้าชุด

## 5.5 สรุปแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

### 5.5.1 รายการเบื้องต้นของโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

อ้างอิงจากหลักการของรถไฟฟ้าในอนาคตตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ "แผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าตามระยะทางและตามแนวเส้นทาง" ทีมศึกษาได้จัดทำรายการเบื้องต้นของโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ดังนี้

**ตารางที่ 5.5-1 สรุปโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าเบื้องต้น**

| ลำดับ | โครงการ | ราคา (ล้านบาท) | ระยะทาง (กิโลเมตร) | ลำดับความสำคัญ[4] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | สายสีแดง บางซื่อ – รังสิต | 9,087 | 22.5 | ให้บริการแล้ว |
| 2 | สายสีแดง บางซื่อ – ตลิ่งชัน (+สถานีบางซื่อ) | 62,772 | 15.0 | ให้บริการแล้ว |
| 3 | สายสีแดง รังสิต – ม.ธรรมศาสตร์ | 6,640 | 8.84 | A1 |
| 4 | สายสีแดง ตลิ่งชัน – ศาลายา | 10,600 | 10 | A1 |
| 5 | รถไฟฟ้าสายสีแดง ตลิ่งชัน – รพ.ศิริราช | 4,730 | 5.7 | A1 |
| 6 | สายสีแดง บางซื่อ – หัวลำโพง – หัวหมาก | 49,600 | 25.9 | A1 |
| 7 | สายสีแดง ม.ธรรมศาสตร์ – อยุธยา | | 30.9 | A2 |
| 8 | สายสีแดง อยุธยา – บ้านภาชี | | 18.8 | A2 |
| 9 | สายสีแดง ศาลายา – นครปฐม | | 30.0 | A2 |
| 10 | ศูนย์ซ่อมบำรุงรถจักรดีเซลแบตเตอรี่(B-DL) | | - | A2 |
| 11 | รถไฟแบตเตอรี่ (B-MU) หัวหมาก – หัวตะเข้ | | 15.7 | A2 |
| 12 | รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) วงเวียนใหญ่ – มหาชัย | | 31.2 | B |
| 13 | เส้นทางขนส่งสินค้า ลาดกระบัง – แหลมฉบัง | | 108 | A2 |
| 14 | เส้นทางขนส่งสินค้า แหลมฉบัง – มาบตาพุด | | 60 | B |
| 15 | สายตะวันออกเฉียงเหนือ บ้านภาชี – แก่งคอย | | 35.1 | B |
| 16 | สายเหนือ บ้านภาชี - ลพบุรี | | 43.0 | B |

ที่มา: JST

### 5.5.2 การเปรียบเทียบระหว่างแผนเดิมในรายงานการศึกษาความเหมาะสม (F/S) กับข้อเสนอจาก

[4] A1 หมายถึงเส้นทางที่จะมีการเดินรถตามปีเป้าหมาย (เงื่อนไขเหมาะสมกับการดำเนินโครงการ)

A2 หมายถึงเส้นทางที่เริ่มก่อสร้างตามปีเป้าหมาย (ไม่ถึงกับเป็นที่น่าพอใจในแง่ของการเติบโต และผลตอบแทนการลงทุน และอื่นๆ)

B หมายถึงเส้นทางที่ถูกพิจารณาในอนาคต (จะต้องมีการทบทวนความต้องการการเดินทาง ศักยภาพในการลงทุน และอื่นๆ)

การศึกษานี้

การเปรียบเทียบแผนเดิมในรายงานการศึกษาความเหมาะสม (F/S) และข้อเสนอภายใต้การศึกษานี้ได้แสดงไว้ในตารางดังต่อไปนี้ โดยทั่วไป เส้นทางที่เป็นเป้าหมายสำหรับการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าจะลดลง ขณะที่มีการปรับบางส่วนด้วยการเสริมด้านการพัฒนาและการแนะนำเทคโนโลยีใหม่ (รถจักรดีเซลแบตเตอรี่ (B-DL), รถแบตเตอรี่ (BMU) และ รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU))

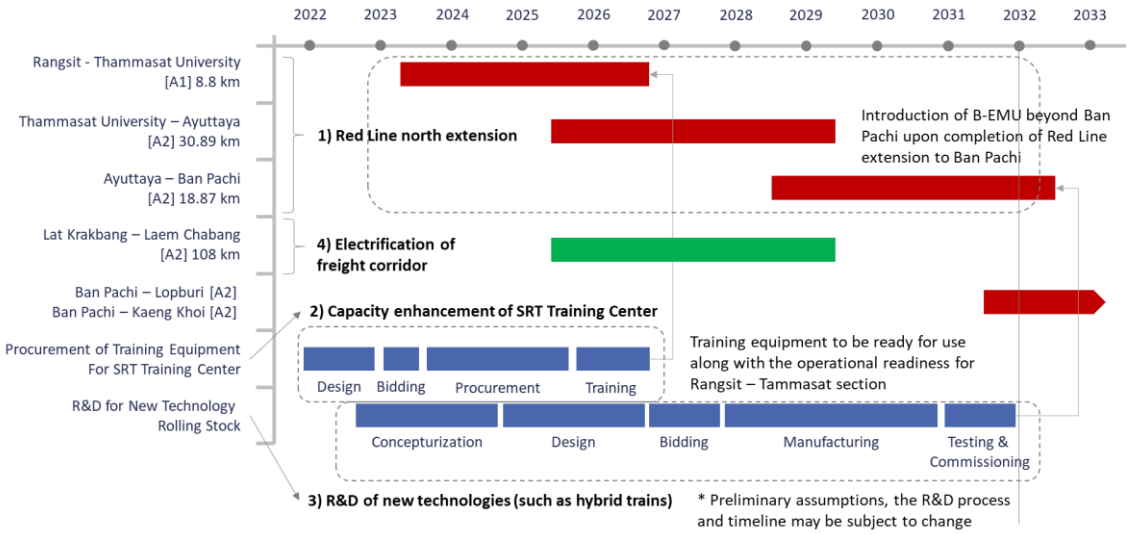
**ตารางที่ 5.5-2 ข้อแตกต่างระหว่างแผนใน F/S กับข้อเสนอจากการศึกษานี้**

| หัวข้อ | **แผนเดิมในการรายงานการศึกษาความเหมาะสม (F/S)** | **ข้อเสนอภายใต้การศึกษานี้** |
|---|---|---|
| ทั่วไป | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าระยะทาง 200-250 กม. จากใจกลางกรุงเทพฯ 4 ทิศทาง (เหนือ/ตะวันออกเฉียงเหนือ/ตะวันออก/ใต้) | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ระยะทาง 200-250 กม. จากใจกลางกรุงเทพฯ 2 ทิศทาง (เหนือ/ตะวันออกเฉียงเหนือ)<br>เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางขนส่งสินค้าสายตะวันออก และเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าเส้นทางชานเมืองสายตะวันตก/ใต้ |
| เหนือ | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงปากน้ำโพ | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงลพบุรี |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงถนนจิระ | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงแก่งคอย |
| ตะวันออก | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงพัทยา | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงแหลมฉบัง หรือมาบตาพุต |
| ใต้ | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงหัวหิน | เดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงนครปฐม |
| เทคโนโลยีใหม่ | ไม่พิจารณา | พัฒนาและแนะนำการใช้รถจักรดีเซลแบตเตอรี่ (B-DL) รถแบตเตอรี่ (BMU) รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) และอื่นๆ |

ที่มา: JST

5.5.3 แผนการส่งเสริมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

แผนการส่งเสริมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าภายใต้การศึกษานี้ ให้ลำดับความสำคัญโครงการ [A1] ก่อน ซึ่งกำลังดำเนินการอยู่แล้ว ร่วมกับลำดับความสำคัญโครงการ [A2] แผนการส่งเสริมนี้ประกอบด้วยโครงสร้าง 4 เสา ได้แก่ "สายสีแดงส่วนต่อขยายทางเหนือ", "การเพิ่มขีดความสามารถของศูนย์ฝึกอบรมของ รฟท.", "การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ (เช่น รถไฟไฮบริด)" และ "การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางขนส่งสินค้า"




ที่มา: JST

**รูปที่ 5.5-1 แผนส่งเสริมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า**

(1) สายสีแดงส่วนต่อขยายทางเหนือ

แนวเส้นทางโครงการนี้จะเดินรถไฟชานเมืองสายสีแดงด้วยระบบไฟฟ้าจากรังสิตไปบ้านภาชี 3 ระยะ

(ระยะที่ 1) รังสิต – ม.ธรรมศาสตร์ (8.84 กิโลเมตร), 3 ปี

(ระยะที่ 2) ม.ธรรมศาสตร์ – อยุธยา (30.9 กิโลเมตร), 4 ปี

(ระยะที่ 3) อยุธยา – บ้านภาชี (18.8 กิโลเมตร), 4 ปี

การก่อสร้างระยะที่ 1 ช่วงรังสิต – ธรรมศาสตร์ คาดว่าจะเริ่มก่อสร้างในเดือนมิถุนายน 2566 ตามที่ รฟท. ประกาศไว้ ส่วนต่อขยายไปบ้านภาชีมีกำหนดแล้วเสร็จในอีก 10 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2575) โดยเริ่มดำเนินการก่อสร้างในระยะต่อไปก่อนช่วงที่เกี่ยวข้องแล้วเสร็จ

(2) การเพิ่มขีดความสามารถของศูนย์ฝึกอบรมของ รฟท.

เพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นของบุคลากรด้านการเดินรถและการซ่อมบำรุง (O&M) ทั้งคุณภาพและจำนวน โครงการมีเป้าหมายที่จะขยายหน้าที่ที่มีอยู่ของศูนย์ฝึกอบรมของ รฟท. โดยการสร้างสถาบันการรถไฟให้เป็นศูนย์กลางในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในภาครถไฟ โดยในปี พ.ศ.2569 ซึ่งเป็นปีเป้าหมาย อุปกรณ์การฝึกอบรมควรเตรียมให้พร้อมใช้งานควบคู่ไปกับความพร้อมในการเดินรถช่วงรังสิต – ธรรมศาสตร์ อุปกรณ์การฝึกอบรมประกอบด้วยเครื่องจำลองการขับขี่ แบบจำลองสถานี และ cut-models (เช่น รางและตู้

รถไฟ) เพื่อให้สามารถจัดการฝึกอบรมที่ครอบคลุมทุกด้านของการเดินรถและซ่อมบำรุง (O&M) นอกจากนี้ หลักสูตรการฝึกอบรมและวัสดุอุปรณ์ และการออกแบบสถาบัน รวมถึงแนวทางการฝึกอบรมเกี่ยวกับรถไฟระบบไฟฟ้าจะต้องได้รับการพัฒนาด้วย

กำหนดการส่งมอบอุปกรณ์การฝึกอบรมคือ 3.5 ปี ประกอบด้วย การออกแบบ (1 ปี) การประกวดราคา (0.5 ปี) และการจัดซื้อ (2 ปี) เพื่อให้เป็นไปตามกำหนดการณ์ข้างต้น การออกแบบอาจต้องเริ่มในปี พ.ศ.2566

(3) การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ (เช่น รถไฟไฮบริด)

นอกเหนือจากความก้าวหน้าของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าแล้ว โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดล่าสุดของเทคโนโลยีใหม่ เมื่อการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าถึงบ้านภาชีแล้วเสร็จ ผลลัพธ์ของการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ (เช่น รถไฟไฮบริด) จะถูกนำไปใช้ โดยความร่วมมือระหว่างไทยและญี่ปุ่นในภาคอุตสาหกรรมและสถาบันวิชาการ แนวคิดหนึ่งคือการเริ่มสร้าง “แพลตฟอร์มการวิจัยและพัฒนา (R&D)” ระหว่างสองประเทศ เพื่อดำเนินการเกี่ยวกับแนวความคิดร่วมกัน โดยที่ทั้งสองฝ่ายจะบรรยายและแลกเปลี่ยนการวิจัยและพัฒนาของตนเป็นระยะๆ เพื่อความร่วมมือที่ดียิ่งขึ้น

(4) การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางขนส่งสินค้า

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างการทำงานด้านโลจิสติกส์ระหว่างพื้นที่ EEC ที่กำลังเติบโตอย่างรวดเร็วและเขตปริมณฑลของกรุงเทพฯ โดยเดินรถไฟขนส่งสินค้าด้วยระบบไฟฟ้าจากลาดกระบัง ICD – แหลมฉบัง (ประมาณ 108 กิโลเมตร) ซึ่งเป็นเส้นทางหลักที่สำคัญในการขนส่งสินค้าและสิ่งของในประเทศไทย การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าจากแหลมฉบัง - มาบตาพุด (ระยะทาง 60 กิโลเมตรโดยประมาณ) ไปถึงนิคมอุตสาหกรรมอาจเป็นส่วนต่อขยายในอนาคต

# บทที่ 6 การศึกษาความเป็นไปได้ของความร่วมมือจากต่างประเทศ

## 6.1 ความเป็นไปได้ในการมีส่วนร่วมในการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของบริษัทญี่ปุ่น

ทีมศึกษาได้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ที่บริษัทญี่ปุ่น จะเข้าร่วมในโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าเพื่อวัตถุประสงค์ในการออกแบบแผนการให้ความช่วยเหลือต่อไป โดยบทวิเคราะห์เป็นไปดังต่อไปนี้

### 6.1.1 เทคโนโลยีของญี่ปุ่น

เทคโนโลยีของญี่ปุ่นมีประโยชน์ในการนำมาปรับใช้ในโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ซึ่งรวมถึง รถไฟฟ้าชุด (EMU), รถไฟไฮบริด, ระบบไฟฟ้าและเครื่องกล, การบำรุงรักษา, ธุรกิจขนส่งสินค้า และอุปกรณ์การฝึกอบรม

**ตารางที่ 6.1-1 เทคโนโลยีภายในตัวรถของญี่ปุ่น**

| ประเภท | เทคโนโลยีญี่ปุ่น | รายละเอียดของเทคโนโลยีและผลกระทบ |
|---|---|---|
| รถไฟฟ้าชุด (EMU) | มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (PMSM) | โครงสร้างทั้งหมดปิดสนิท พัดลมระบายความร้อนน้อย ไม่ต้องถอดประกอบและทำความสะอาด ลดต้นทุนค่าบำรุงรักษา ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า |
| | มอเตอร์เหนี่ยวนำประสิทธิภาพสูงที่ปิดสนิท (แบริ่งชนิดไม่ต้องถอดประกอบ) | ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการขยาย regenerative coverage และการสูญเสียขณะมีโหลดน้อยลง |
| | องค์ประกอบซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) | ลดขนาดและน้ำหนัก, ผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วในการทำงานสูงขึ้น, ลดการสูญเสียการแปลงพลังงานลง, ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า |
| | การซิงโครไนซ์แบบขนานของพลังงานเสริม<br>ระบบกันสะเทือนอัตโนมัติในช่วงโหลดเบา | สูญเสียพลังงานน้อยลงโดยการลดจำนวนแหล่งพลังงานเสริมในช่วงปิดเครื่อง ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า |
| รถไฟไฮบริด (Hybrid Trains) | รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) | ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแบตเตอรี่ในช่วงที่ไม่ใช้ระบบไฟฟ้า<br>ประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุนในส่วนสิ่งอำนวยความสะดวกด้านระบบไฟฟ้า |
| | รถดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) | ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแบตเตอรี่สำหรับการออกตัวและเข้าจอด, ลดการปล่อยมลพิษและผลกระทบจากเสียงรบกวน, ลดการใช้เชื้อเพลิงลงร้อยละ 10-30เมื่อเทียบกับรถไฟดีเซลราง |

**ตารางที่ 6.1-2 เทคโนโลยีภายในตัวรถของญี่ปุ่น (ต่อ)**

| ประเภท | เทคโนโลยีญี่ปุ่น | รายละเอียดของเทคโนโลยีและผลกระทบ |
|---|---|---|
| รถไฟไฮบริด (Hybrid Trains) | รถไฟฟ้าพลังงานไฮโดรเจน (Hydrogen-FCEU) | สนับสนุนสังคมคาร์บอนต่ำโดยใช้พลังงานสะอาด |
| | หัวรถจักรไฮบริด (Hybrid shunting locomotive) | ควบคุมเครื่องยนต์ โดยการซิงโครไนซ์พลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลและแบตเตอรี่ ลดการใช้เชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 36, ลดการปล่อย NOx ร้อยละ62 และระดับเสียงประมาณ 22 เดซิเบล เมื่อเทียบกับรถจักรดีเซล |
| ระบบไฟฟ้าและเครื่องกล (E&M Systems) | อุปกรณ์เก็บกำลังไฟฟ้า | ใช้พลังงานของรถไฟอย่างมีประสิทธิภาพ |
| การบำรุงรักษา | การบำรุงรักษาขบวนรถไฟ | ลดอัตราความผิดพลาด และการดำเนินงานมีความน่าเชื่อถือและเสถียรภาพสูง |
| | การบำรุงรักษาตามสภาพ | มีความน่าเชื่อถือสูง ลดภาระของคนงาน |
| ธุรกิจขนส่งสินค้า | Rail container transport การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ทางรถไฟ | ความรู้เกี่ยวกับการขนส่งสินค้าอันตราย |
| | ระบบการจัดการการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ | มีความยืดหยุ่นในการปรับเส้นทางการขนส่งโดยการปรับระดับจำนวนการขนส่ง ลดเวลาในขนถ่ายสินค้า และเพิ่มความแม่นยำของการขนส่งด้วยการติดตามตำแหน่งสินค้าที่ลานขนส่งสินค้าโดยใช้ GPS และ ป้าย IC |
| | ระบบการติดตามทางไกล | การคาดการณ์ความผิดพลาดและการตรวจสอบการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ อัตราความผิดพลาดลดลง และเวลาการกู้คืนลดลง |
| อุปกรณ์การฝึกอบรม | เครื่องจำลองการขับขี่ | มีผลิตภัณฑ์หลากหลาย รวมทั้งแบบ dynamic และแบบ desktop มีหลากหลายเนื้อหาในการฝึกอบรม พัฒนาความสามารถและการวิจัยและพัฒนา |
| | ระบบการฝึกอบรมที่ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (VR/AR) | การตรวจสอบโครงสร้าง, ความรู้ด้านความปลอดภัยสำหรับการทำงานที่ราง, การป้องกันอุบัติเหตุ (รถไฟชน, อุบัติเหตุไฟฟ้าช็อต), การแก้ไขข้อผิดพลาดของรถไฟ, การดำเนินงานที่เสื่อมลงระหว่างมีความผิดปกติ, เครื่องจำลองการส่งสัญญาณ, ฯลฯ ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม, โดยผู้ให้บริการเดินรถแต่ละราย |

ที่มา: JST

6.1.2 ประเด็นความท้าทาย

(1) ภาพรวม

ความเสี่ยงของการจ่ายเงินค่าจ้างอาจเป็นอีกปัญหาหนึ่งหาก รฟท. เป็นหน่วยงานดำเนินโครงการ จากโครงการที่ผ่านๆ มาเห็นว่า รฟท. มีปัญหาในเรื่องการบริหารสัญญา ซึ่งอาจเป็นปัญหาในการเข้าร่วมโครงการของบริษัทจากประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นอาจต้องพิจารณาในวิธีการค้ำประกันบางประเภทในการช่วยให้บริษัทญี่ปุ่นมีส่วนร่วมในโครงการได้

(2) รถไฟฟ้าชุด (EMU)

เป็นการยากที่จะประเมินความสนใจของบริษัทญี่ปุ่นโดยไม่มีรายละเอียดของแผนงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณการสั่งซื้อและระยะเวลาของสัญญา หากมีคำสั่งซื้อมากกว่าร้อยคันต่อปีทุกๆ ปี อาจจะดึงดูดการลงทุนจากบริษัทญี่ปุ่นได้

นอกจากนั้นแล้ว ข้อกำหนดรายละเอียดของขบวนรถไฟไม่ควรจะเปลี่ยนแปลงจากการเดินรถของสายสีแดงในกรณีที่ปริมาณสั่งซื้อน้อย เพราะความสนใจจะลดลงหากต้องมีการออกแบบและการผลิตเป็นพิเศษ ราคาที่เหมาะสมควรรวมอยู่ในวงเงินงบประมาณ นอกจากนี้ รูปแบบโครงการ (การจัดหาเงินทุน) เช่น เงินกู้ ODA ของญี่ปุ่น การสนับสนุนเงินทุนโดยรัฐบาลไทย หรือ การร่วมทุนระหว่างภาครัฐและเอกชน (PPP) มีส่วนอย่างมากในการเพิ่มความสนใจของบริษัทญี่ปุ่นที่อยากจะเข้าร่วมทำโครงการ

(3) รถจักรไฟฟ้า

เช่นเดียวกับรถไฟฟ้าชุด (EMU), แผนการจัดซื้อ, จำนวนรถ, ข้อกำหนดรายละเอียด (ไม่ว่าเป็นมาตรฐานญี่ปุ่นหรือไม่) ขนาดของวงเงินงบประมาณ และรูปแบบการจัดหาเงินทุนจะมีส่วนต่อความสนใจที่จะเข้าร่วมของบริษัทญี่ปุ่น

(4) รถไฟไฮบริด

เนื่องจากรถไฟไฮบริดมีปัจจัยการออกแบบหลายอย่าง จึงเป็นการยากที่จะประเมินความสนใจของบริษัทญี่ปุ่นโดยไม่มีข้อกำหนดด้านราคาและสภาพเส้นทาง รถไฟไฮบริดยังคงอยู่ในกระบวนการวิจัยและพัฒนาภายใต้กรอบการทำงานของบริษัทญี่ปุ่นหลายแห่ง ดังนั้นเทคโนโลยีดังกล่าวจึงไม่ควรเป็นทางเลือกในขณะนี้ รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ยังไม่พร้อมที่จะสรุปเรื่องของการส่งออก เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลของขนาดการสั่งซื้อและความเหมาะสมกับข้อกำหนดรายละเอียดที่แตกต่างกัน

(5) รถจักรไฮบริด

ควรใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการสับเปลี่ยนที่ย่านเท่านั้น ไม่ใช่สำหรับลากจูงที่ทางรถไฟสายหลัก บริษัทญี่ปุ่นอาจแสดงความสนใจทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนและระยะเวลาในการจัดซื้อ หากความจุของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผู้ผลิตจะพิจารณาพัฒนารถจักรไฮบริดสำหรับใช้ในเส้นทางรถไฟหลัก

(6) การซ่อมบำรุงรักษาขบวนรถไฟ

เนื่องจากการให้บริการบำรุงรักษาจะต้องมีการว่าจ้างแรงงานซ่อมบำรุงรักษาในท้องถิ่น ความสนใจในการเข้าร่วมจะขึ้นอยู่กับความพร้อมและเงื่อนไขสัญญาของโครงการ อย่างน้อยดัชนีชี้วัดผลงาน (KPIs) (เช่น ข้อกำหนดการเกิดความผิดพลาดและอัตราความผิดพลาด) ไม่ควรมากเกินไป นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดหาเงินทุนและข้อกำหนดรายละเอียดขบวนรถไฟ แต่หากเงื่อนไขของสัญญามีความชัดเจนและยอมรับได้ และหากการบำรุงรักษาเป็นการซ่อมบำรุงรักษาของโครงการตนเอง บริษัทญี่ปุ่นอาจจะแสดงความสนใจได้

(7) การเช่าขบวนรถไฟ

แผนการจัดหา จำนวนรถ ข้อกำหนดรายละเอียด (ไม่ว่าเป็นมาตรฐานญี่ปุ่นหรือไม่) ขนาดของวงเงินงบประมาณ และรูปแบบการจัดหาเงินทุน จะมีส่วนต่อความสนใจที่จะเข้าร่วมของบริษัทญี่ปุ่น การเช่าขบวนรถไฟดูมีความน่าสนใจกับบริษัทญี่ปุ่นมากกว่าเมื่อเทียบกับการจัดซื้อ

(8) ธุรกิจขนส่งสินค้า

ปริมาณการขนส่งสินค้าในปัจจุบันยังไม่เพียงพอที่จะดึงดูดความสนใจของบริษัทญี่ปุ่น จำนวนการขนส่งสินค้าควรเพิ่มขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนรูปแบบจากการขนส่งทางถนนเป็นทางราง นอกจากนั้นแล้วต้องมีการศึกษารายละเอียดของการให้อนุญาตการเดินรถตามโครงสร้าง vertical separation model[5] ภายใต้ร่างพระราชบัญญัติการขนส่งทางรางเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการเข้าร่วมของบริษัทญี่ปุ่นต่อไป

## 6.2 แผนการให้ความช่วยเหลือ

รายละเอียดในหัวข้อนี้แสดงถึงแผนการให้ความช่วยเหลือในอนาคตที่เกี่ยวกับโครงการการเดิน

[5] แนวทางการบริหารที่แยกให้หน่วยงานหนึ่ง (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นภาครัฐ) รับผิดชอบดูแลด้านโครงสร้างพื้นฐาน และให้อีกหน่วยงานหนึ่ง (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเอกชน) รับผิดชอบเรื่องการให้บริการเดินรถ

รถไฟด้วยระบบไฟฟ้า ซึ่งแผนดังกล่าวจะต้องทำอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง เมื่อพิจารณาจากผลประโยชน์ของบริษัทญี่ปุ่นและความเป็นไปได้ในการมีส่วนร่วม แนวคิดสำหรับการดำเนินโครงการสรุปไว้ในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 6.2-1 แนวคิดเบื้องต้นสำหรับการดำเนินโครงการ**

| แนวคิดสำหรับการดำเนินโครงการ | ลักษณะความช่วยเหลือ | โครงการช่วยเหลือ |
|---|---|---|
| โครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดงและส่วนต่อขยายทางตอนเหนือ | การจัดจ้างระบบไฟฟ้าและเครื่องกล (E&M) | เงินกู้ ODA |
| | สัญญาให้บริการซ่อมบำรุง | เงินกู้ ODA |
| | การเช่าและซ่อมบำรุงขบวนรถไฟ | การลงทุนของภาคเอกชน |
| | การพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ตามแนวเส้นทางชานเมืองของ รฟท | การลงทุนของภาคเอกชน |
| | Mobility as a Service (MaaS) ผ่านความร่วมมือของสถาบันทางวิชาการและภาคอุตสาหกรรม | ความช่วยเหลือทางเทคนิค/การลงทุนของภาคเอกชน |
| การเพิ่มขีดความสามารถของศูนย์ฝึกอบรมของ รฟท. | ความช่วยเหลือด้านเทคนิคเพื่อเสริมศักยภาพของศูนย์ฝึกอบรม | ความช่วยเหลือทางเทคนิค |
| | จัดซื้อเครื่องจำลองการขับและอุปกรณ์การฝึกอบรมอื่นๆ | เงินกู้ ODA |
| การวิจัยและพัฒนา (R&D) เทคโนโลยีใหม่ (เช่น รถไฟไฮบริด) | แพลตฟอร์มการวิจัยและพัฒนา (R&D) รถไฟไทย – ญี่ปุ่น (ในเบื้องต้น) | (บันทึกความเข้าใจ) |
| | การออกแบบ ผลิต และส่งมอบรถไฟไฮบริด | เงินกู้ ODA |
| ระบบไฟฟ้าตามแนวรถไฟขนส่งสินค้า | การจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและหัวรถจักรไฟฟ้า | เงินกู้ ODA |
| | ธุรกิจรถไฟขนส่งสินค้า | การลงทุนของภาคเอกชน |

ที่มา: JST

6.2.1 โครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดงและส่วนต่อขยายทางตอนเหนือ

ความเป็นไปได้ของเงินกู้ ODA สำหรับโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดงขึ้นอยู่กับความต้องการในการลงทุนของภาคเอกชน แผนงานของรัฐบาลในการจัดการทางการเงิน และวัตถุประสงค์ของสถาบันการเงิน (เช่น JICA) ในขณะที่รัฐบาลไทยได้ให้ความสำคัญกับการลงทุนภาคเอกชนมากกว่าเงินกู้ ODA โดยมุ่งรักษาอัตราส่วนหนี้สาธารณะต่อ GDP เงินกู้ ODA อาจเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับส่วนต่อขยายทางตอนเหนือตามแผนโครงการที่วางไว้ รวมถึงการจัดการทางการเงินยังไม่ได้ข้อสรุป แต่ทั้งหมดขึ้นอยู่กับข้อสรุปของโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง

6.2.2 การลงทุนภาคเอกชน

แนวคิดเบื้องต้นสำหรับเงินกู้เพื่อการลงทุนภาคเอกชนในต่างประเทศของญี่ปุ่น อาจรวมถึงการให้เช่าขบวนรถไฟและการให้บริการซ่อมบำรุงแก่ผู้เดินรถ การพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ตามแนวเส้นทางชานเมืองของ รฟท และการสร้างระบบ MaaS (Mobility-as-a-Service) ผ่านความร่วมมือของสถาบันทางวิชาการและภาคอุตสาหกรรม และอื่นๆ

(1) การเช่าขบวนรถไฟและการให้บริการซ่อมบำรุง

แนวคิด คือ บริษัทญี่ปุ่นเป็นผู้ให้บริการเช่าขบวนรถไฟและให้บริการซ่อมบำรุงแก่ รฟท. หรือ บริษัทเอกชนในฐานะผู้ให้บริการเดินรถ โดยองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (JICA หรือ JBIC หรือ JOIN) ให้การสนับสนุนแก่ผู้ให้เช่า เป็นการลงทุนในต่างประเทศของภาคเอกชน ซึ่งข้อกำหนดต่างๆจะต้องเป็นที่น่าพอใจเพื่อดึงดูดความสนใจของบริษัทญี่ปุ่น รวมถึงจำนวนการสั่งซื้อ การลดความเสี่ยงในการชำระเงิน การมีซัพพลายเออร์ย่อยในท้องถิ่นที่มีศักยภาพ เป็นต้น

(2) การพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ตามแนวเส้นทางชานเมืองของ รฟท

นอกจากโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าแล้ว การพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ตามแนวรถไฟชานเมืองยังเป็นโอกาสที่ดีสำหรับภาคเอกชนอีกด้วย โดยที่ หน่วยงานบริหารสินทรัพย์ของ รฟท. ให้สิทธิ์ในการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์แก่นักพัฒนาภาคเอกชน เพื่อดำเนินการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์รอบสถานีและตามแนวเส้นทาง องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (JICA หรือ JBIC หรือ JOIN) อาจมีส่วนเกี่ยวข้องในส่วนของการลงทุนหรือให้กู้ยืมแก่นักพัฒนาโดยการจัดหาสถาบันการเงินของภาคเอกชนให้ พื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนา

อสังหาริมทรัพย์ ได้แก่ อยุธยา ซึ่งมีบทบาทสนับสนุนการขยายตัวของกรุงเทพมหานคร

(3) การจัดทำ “Mobility as a Service” (MaaS) ผ่านความร่วมมือของสถาบันวิชาการและภาคอุตสาหกรรม

นอกจากโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าแล้ว การสร้างระบบ Mobility as a Service (MaaS) ผ่านความร่วมมือของสถาบันทางวิชาการและภาคอุตสาหกรรมอาจเป็นโอกาสที่ดีสำหรับภาคเอกชน โดยการทำสัญญาให้บริการ MaaS ระหว่าง รฟท ในฐานะผู้ให้บริการเดินรถกับเจ้าของแพลตฟอร์ม MaaS ซึ่งให้บริการ MaaS ด้านการท่องเที่ยวหรือการขนส่ง ผ่านความร่วมมือของสถาบันการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (JICA หรือ JBIC หรือ JOIN) สามารถเข้าไปมีส่วนในด้านการลงทุนหรือให้กู้ยืมแก่เจ้าของแพลตฟอร์ม MaaS โดยการจัดหาเงินทุนเพื่อการลงทุนของภาคเอกชนให้ ในการประเมินความสนใจของบริษัทญี่ปุ่น จะต้องจัดให้มีการประชุมเพื่อให้รายละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดของการพัฒนา MaaS ขั้นตอนแรกสำหรับการดำเนินการนี้คือการแนะนำการพัฒนาล่าสุดของ MaaS ในญี่ปุ่นให้กับ รฟท และสถาบันทางวิชาการ เมื่อมีการแสดงความสนใจ JICA อาจจัดตั้งโครงการความช่วยเหลือด้านเทคนิค เจ้าของแพลตฟอร์ม MaaS ของญี่ปุ่นจะมีส่วนร่วมระหว่างการออกแบบ การดำเนินการ และการแนะนำภายใต้การลงทุนของภาคเอกชน

6.2.3 การเพิ่มขีดความสามารถของศูนย์ฝึกอบรมของ รฟท.

ก. ขอบเขต

เพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นของบุคลากรด้านการเดินรถและการซ่อมบำรุง (O&M) ทั้งคุณภาพและจำนวน โครงการมีเป้าหมายที่จะขยายหน้าที่ที่มีอยู่ของศูนย์ฝึกอบรมของ รฟท. โดยความช่วยเหลือด้านเทคนิค เพื่อเพิ่มขีดความสามารถ และการจัดซื้อเครื่องจำลองการขับขี่และอุปกรณ์การฝึกอบรมอื่น ๆ

(2) ความช่วยเหลือด้านเทคนิค

ด้วยเป้าหมายเพื่อให้การเดินรถไฟในเขตเมืองของประเทศไทยมีความปลอดภัย เชื่อถือได้ และมีประสิทธิภาพ วัตถุประสงค์ของความช่วยเหลือด้านเทคนิค คือ การเสริมสร้างขีดความสามารถของศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาคุณภาพของบุคลากรด้านการเดินรถและการซ่อมบำรุง (O&M) ทั้งนี้ ความช่วยเหลือจะรวมถึงการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมและวัสดุ

อุปรณ์ และการพัฒนาสถาบัน รวมถึงแนวทางการฝึกอบรมเกี่ยวกับรถไฟระบบไฟฟ้าตามความจำเป็น

(3) เงินกู้ความร่วมมือเพื่อการพัฒนาอย่างเป็นทางการ (ODA)

อีกองค์ประกอบหนึ่งของโครงการการฝึกอบรมของรถไฟระบบไฟฟ้า คือ การจัดหาเครื่องจำลองการขับขี่ แบบจำลองสถานี และ Cut-Model (เช่น รางและตู้รถไฟ) โดยมีเป้าหมายเพื่อเสนอโปรแกรมการฝึกอบรมที่ครอบคลุม ซึ่งอาจได้รับการช่วยเหลือด้วยเงินกู้ ODA การเตรียมอุปกรณ์การฝึกอบรมควรมีความพร้อมควบคู่ไปกับความพร้อมในการเดินรถช่วงรังสิต – ธรรมศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2569 ซึ่งเป็นปีเป้าหมาย

6.2.4 การวิจัยและพัฒนา (R&D) เทคโนโลยีใหม่ (เช่น รถไฟไฮบริด)

(1) ขอบเขต

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนา (R&D) รถไฟแบบสองระบบ (Bi-mode train) ในประเทศไทย ผ่านความร่วมมือระหว่างไทยกับญี่ปุ่น ความร่วมมือของสถาบันทางวิชาการและภาคอุตสาหกรรม โดยทั้งสองฝ่ายจะบรรยายแลกเปลี่ยนกิจกรรม R&D ขอตนเป็นระยะๆ เพื่อความร่วมมือที่ดียิ่งขึ้น หากบริษัทญี่ปุ่นแสดงความสนใจในการพัฒนารถไฟไฮบริด โครงการสามารถดำเนินการออกแบบ การผลิต และขั้นตอนการส่งมอบได้

(2) บันทึกความเข้าใจ/ความร่วมมือ

จากจุดเริ่มต้นตามที่กล่าวมาข้างต้น แนวคิดหนึ่งคือการลงนามบันทึกความเข้าใจหรือบันทึกความร่วมมือสำหรับ “แพลตฟอร์มการวิจัยและพัฒนา (R&D) รถไฟไทย–ญี่ปุ่น (ในเบื้องต้น)” ระหว่างสองประเทศ เพื่อดำเนินการเกี่ยวกับแนวความคิด โดยที่ทั้งสองฝ่ายจะบรรยายกิจกรรม R&D ขอตนเป็นระยะๆ เพื่อความร่วมมือที่ดียิ่งขึ้น จากเวทีนี้ความเป็นไปได้ในความร่วมมือคือการทำบันทึกความเข้าใจกับสถาบันทางวิชาการ เรื่อง "การผลิตและการพัฒนาบุคลากรรถไฟและการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีรถไฟและนวัตกรรมเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมรถไฟ" ซึ่งสามารถให้คำแนะนำและแบ่งปันข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดและความรู้ด้าน R&D ผ่านการนำเสนอและการบรรยายโดยสถาบันวิจัยและซัพพลายเออร์ของญี่ปุ่น

(3) เงินกู้ความร่วมมือเพื่อการพัฒนาอย่างเป็นทางการ (ODA)

ในกรณีที่บริษัทญี่ปุ่นแสดงความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรม การวิจัยและพัฒนา (R&D)กระบวนการออกแบบ การผลิต และการส่งมอบอาจได้รับการสนับสนุนด้วยเงินกู้ ODA

เมื่อโครงการรถไฟระบบไฟฟ้าไปบ้านภาชีแล้วเสร็จ ผลของกิจกรรม R&D (เช่น รถไฟไฮบริด) สามารถถูกนำไปใช้ได้

6.2.5 การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าสำหรับรถสินค้าใน EEC

(1) ขอบเขต

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างการทำงานด้านโลจิสติกส์ระหว่างพื้นที่ EEC ที่กำลังเติบโตอย่างรวดเร็วและเขตปริมณฑลของกรุงเทพฯ โดยเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าขนส่งสินค้าจากลาดกระบัง ICD - แหลมฉบัง (ประมาณ 108 กิโลเมตร) ซึ่งเป็นเส้นทางสำคัญหลักในการขนส่งสินค้าและสิ่งของในประเทศไทย

(2) เงินกู้ความร่วมมือเพื่อการพัฒนาอย่างเป็นทางการ (ODA)

การใช้เงินกู้ ODA เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการจัดซื้อสิ่งอำนวยความสะดวกระบบไฟฟ้า อุปกรณ์ และหัวรถจักรไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม หากการเดินรถแยกจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ผู้ให้บริการเดินรถที่ได้รับมอบหมายอาจต้องรับผิดชอบในการจัดหาขบวนรถไฟ

อีกประเด็นหนึ่งคือความต้องการในการขนส่ง ในปัจจุบัน เส้นทางช่วงนี้เดินรถไฟโดยสาร 1 ขบวนและรถไฟบรรทุกสินค้าไปกลับ 11-12 รอบ ซึ่งหมายความว่าการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจากถนนเป็นระบบรางมีความจำเป็นอย่างมีนัยสำคัญเพื่อให้การลงทุนทางด้านการเงินมีความเหมาะสม เนื่องจาก รฟท. ได้มีการซื้อและใช้รถจักรดีเซลจากประเทศจีนในการให้บริการเดินรถเมื่อเร็วๆ นี้ ทำให้การเปลี่ยนไปเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในระยะสั้นนี้อาจเป็นเรื่องยาก นอกจากนี้ ข้อจำกัดทางเทคนิคประการหนึ่งคือ ที่จุดโหลดสินค้าท่าเรือแหลมฉบังเนื่องจากมีเครนอยู่ จึงไม่สามารถทำระบบจ่ายไฟเหนือหัวไม่ได้ อาจต้องพิจารณาวิธีการเปลี่ยนหัวรถจักรหรือใช้หัวรถจักรไฮบริด

(3) เงินลงทุนจากต่างประเทศ

ภาคเอกชนอาจแสดงความสนใจที่จะเข้าร่วมในธุรกิจรถไฟขนส่งสินค้าหากปริมาณการเดินรถขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนรูปแบบจากถนนเป็นระบบราง แนวคิดหนึ่งคือการสนับสนุนการเข้าสู่ตลาดด้วยการลงทุนการเงินของภาคเอกชน นอกจากนั้นแล้วต้องมีการศึกษารายละเอียดของการให้อนุญาตการเดินรถตามโครงสร้าง vertical separation model ภายใต้ร่างพระราชบัญญัติการขนส่งทางรางเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการเข้าร่วมของบริษัทญี่ปุ่นต่อไป

6.2.6 โอกาสของผลิตภัณฑ์ในท้องถิ่น

วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) สามารถมีส่วนร่วมในการโครงการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าได้ดังนี้

(1) รถไฟฟ้าชุด (EMU)

โดยหลักปฏิบัติแล้วรถไฟที่ส่งออกต้องมีการทดสอบในญี่ปุ่น ดังนั้นรถไฟฟ้าชุดจะถูกประกอบและทดสอบในประเทศญี่ปุ่นและขนส่งไปยังประเทศโครงการ หากต้องการใช้ชิ้นส่วนในท้องถิ่น ชิ้นส่วนดังกล่าวจะต้องถูกขนส่งจากประเทศต้นทางไปยังประเทศญี่ปุ่น นี่คือเหตุผลที่โครงการที่คล้ายคลึงกันในอดีตมักหลีกเลี่ยงการใช้ชิ้นส่วนในท้องถิ่น

(2) สิ่งอำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า

ในระยะสั้น งานและบริการควรเป็นงานของท้องถิ่น เช่น การออกแบบอุปกรณ์ การส่งมอบอุปกรณ์และวัสดุ การติดตั้งที่ไซต์งาน (เสา สายเคเบิล ผลิตภัณฑ์เหล็กแปรรูป ภาชนะเหล็ก ที่นั่งผู้โดยสาร การติดตั้งสถานีไฟฟ้าย่อย เป็นต้น) โดยมีบริษัทวิศวกรรมในต่างประเทศ (รวมถึงประเทศญี่ปุ่น) เป็นบริษัทนำ การพัฒนาทักษะเบื้องต้นและการฝึกอบรมซัพพลายเออร์ในท้องถิ่นเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจาก SMEs ของญี่ปุ่นมีประสบการณ์ดังกล่าว จึงมีความสามารถในการส่งออกผลิตภัณฑ์ญี่ปุ่นและส่งเสริมงานท้องถิ่นด้วยความร่วมมือกับบริษัทในท้องถิ่น

## 6.3 ผลการหารือกับธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย (ADB)

เมื่อเร็วๆ นี้ ADB ได้ช่วยเหลือกระทรวงการคลังโดยเฉพาะมุ่งเน้นเกี่ยวกับ green finance / Climate Bond Initiative การปรับปรุงทางรถไฟแห่งชาติถูกวางไว้ในปี พ.ศ. 2564 ในแผนธุรกิจของ ADB (Country Operations Business Plan: Thailand 2020–2022) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าของ รฟท ซึ่งคาดว่า ADB จะมีส่วนร่วมได้

- การเงินสีเขียว (พลังงานหมุนเวียน ระบบไฟฟ้า การลดคาร์บอน)
- โครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู/สีเหลือง (ก่อสร้างและ O&M) (311 ล้านเหรียญสหรัฐ)
- ความช่วยเหลือ Climate Bond Initiative (CBI)
- โครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม (ตะวันออก) (ให้ความช่วยเหลือแก่สำนักงานบริหารหนี้สาธารณะ (PDMO) เพื่อเข้าสู่ CBI)
- โครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง – ส่วนต่อขยายทางใต้ โครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มส่วนต่อ

ขยายตะวันตก และการปรับปรุงทางรถไฟของประเทศ

แนวคิดเบื้องต้นสำหรับความช่วยเหลือต่อไปของ ADB อาจรวมถึงแต่ไม่จำกัด ดังต่อไปนี้

6.3.1 การให้การสนับสนุนทางการเงินร่วมกันในโครงการรถไฟสายสีแดงส่วนต่อขยาย

มีความเป็นไปได้ที่ ADB และ JICA จะให้การสนับสนุนทางการเงินร่วมกันในโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดงและส่วนต่อขยายตอนเหนือ หากเป็นเช่นนี้ ADB จะจัดการแผนให้ความช่วยเหลือ (โดยเฉพาะ กองทุนเตรียมความพร้อมโครงการ ADB และ/หรือ สิ่งอำนวยความสะดวกให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิค) ในขณะที่รัฐบาลไทยจะได้ข้อสรุปรูปแบบโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง (รูปแบบการลงทุน ส่วนการลงทุนภาคเอกชน และกรอบความเสี่ยง) ซึ่งมีการทำ market sounding ครั้งแรกไปเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ.2564 ดังนั้น ความเป็นไปได้ในการสนับสนุนทางการเงินร่วมกันจะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของรัฐบาลไทย อีกทางหนึ่ง อาจพิจารณาโครงการความช่วยเหลือด้านเทคนิคสองโครงการ ดังนี้ โดยที่โครงการที่เป็นไปได้สำหรับโอกาสในการร่วมสนับสุนทางการเงินในอนาคตอาจถูกกำหนดผ่านความช่วยเหลือ มีข้อกังวลจากมุมมองของ JICA ที่ว่าความร่วมมือกับผู้สนับสนุนทางการเงินรายอื่นอาจส่งผลให้เกิดการใช้ระบบที่ไม่ใช่ของญี่ปุ่นและขบวนรถไฟที่ไม่เป็นไปตามความคาดหวังของ JICA

6.3.2 ความช่วยเหลือด้านเทคนิคในการพัฒนาแผนการลดคาร์บอนของ รฟท.

เป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมของ รฟท เป็นส่วนหนึ่งของแผนปฏิบัติการ 20 ปี (พ.ศ.2563-พ.ศ. 2583) โดยในช่วง 5 ปีแรกมุ่งเน้นไปที่การส่งเสริมธุรกิจหลักผ่านการฟื้นฟูและการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2573 ถึง พ.ศ. 2578 จะปรับใช้ระบบขนส่งที่ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้มากกว่า 90% เมื่อเทียบกับระดับปี พ.ศ.2563 ในทางกลับกัน ความเป็นไปได้ของเป้าหมายมีความไม่แน่นอนเนื่องจากรายละเอียดเพื่อบรรลุเป้าหมายไม่ได้แสดงไว้ให้สอดคล้องตามแผนการลงทุนของ รฟท. การให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิคเพื่อมุ่งสู่สังคมคาร์บอนตามแผนการลดคาร์บอนของ รฟท. ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำแห่งชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-พ.ศ.2580) แผนพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2565 ยุทธศาสตร์เศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว และ การเติบโตแบบสีเขียว (BCG Economy & Green Growth Strategy) เป็นต้น

6.3.3 ความช่วยเหลือด้านเทคนิคเพื่อส่งเสริมการเข้าถึงการขนส่งสินค้า

ร่างพระราชบัญญัติการขนส่งทางรางได้รวบรวมกรอบโครงสร้างองค์กรใหม่ที่เปิดให้มีการเข้าถึงภายใต้ vertical separation model หลังจากการตรากฎหมาย ข้อบังคับ เช่น กฎ ระเบียบ

แนวทางปฏิบัติ และอื่นๆ ตามกรอบการกำกับดูแล (เช่น กฎระเบียบทางการค้าและระบบการจัดการความปลอดภัย) แล้วจำเป็นต้องมีผลบังคับใช้ ความช่วยเหลือด้านเทคนิคมีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนการออกแบบโครงสร้างองค์กรด้วยโครงการนำร่องเดินรถไฟด้วยผู้ประกอบการเอกชนบนเส้นทางรถไฟของ รฟท ที่มีอยู่ ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการเอกชนสามารถให้บริการขนส่งแก่สาธารณะในช่วงที่มีความหนาแน่นของการจราจรค่อนข้างต่ำ ด้วยวิธีนี้ รฟท. จะสามารถปรับปรุงเงื่อนไขทางการเงินโดยจัดเก็บค่าธรรมเนียมการใช้รางจากผู้ประกอบการเอกชน

หากปรากฏให้เห็นว่าการใช้ระบบไฟฟ้าในเส้นทางใดๆ มีศักยภาพและเหมาะสมสำหรับการใช้เงินกู้ ODA ในระหว่างการให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิค มีความเป็นไปได้ที่ รฟท. จะขอเงินกู้จากสถาบันการเงิน เช่น ADB และ JICA

# บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา

## 7.1 บทสรุป

7.1.1 ประเด็นในแผนการศึกษาเดิม

(1) สภาพปัจจุบันและปัญหาของ รฟท.

ปัญหาเร่งด่วนของ รฟท. มีดังนี้

ก. บุคลากร

จำนวนของบุคคลากรกว่าร้อยละ 40 จะเกษียณอายุในอีก 10 ปีข้างหน้า และรัฐบาลยังมีเพดานในการจ้างพนักงานใหม่ ซึ่งทำให้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรยังคงมีต่อเนื่องแม้ว่าจะมีโครงการขนาดใหญ่ เช่น รถไฟทางคู่ที่ต้องการพนักงานจำนวนมาก จากปัญหาเหล่านี้ของรฟท. ทีมศึกษา ได้ยกตัวอย่างของการแก้ปัญหาที่ดำเนินการโดยการรถไฟแห่งชาติญี่ปุ่น (Japanese National Railways)

ข. การเพิ่มความสามารถในการขนส่งด้วยการลงทุนขนาดใหญ่

การเพิ่มความสามารถในการขนส่งเนื่องจากการลงทุนขนาดใหญ่ เช่น โครงการเชื่อมต่อประเทศจีนและลาวและรถไฟทางคู่ในประเทศไทย จากปริมาณการขนส่งที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ฐานการขนถ่ายตู้คอนเทนเนอร์จะเกิดขึ้นที่ประเทศไทยและประเทศลาว และจะมีการจัดตั้งฐานของตู้คอนเทนเนอร์กระจายตามแนวชายขอบของในประเทศไทย ทิศทางของการปรับโครงสร้างรถไฟบรรทุกสินค้าเช่นการเปลี่ยนไปใช้ตู้คอนเทนเนอร์เป็นมาตรฐานหลัก แต่ยังมีปัญหาด้านอื่นๆ เช่น การป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น รวมถึงการบำรุงรักษารถไฟ และการแก้ไขในกรณีที่ความผิดปกติเกิดขึ้น

ในด้านรถไฟขนส่งผู้โดยสาร ทาง รฟท. ยังไม่มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนระบบขนส่งทางไกล (ช่วง กลางคืน) ที่มีอยู่ในปัจจุบันแม้ว่าจะมีรถไฟทางคู่และรถไฟความเร็วสูง อย่างไรก็ตาม ทางเลือกของผู้โดยสารจะขึ้นกับผลิตภัณฑ์มวลรวมภาค (GRP) จากกรณีตัวอย่างของประเทศญี่ปุ่น หลังจากการใช้การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า จำนวนผู้โดยสารมีปริมาณเพิ่มขึ้นอันเป็นผลมาจากการเพิ่มความถี่ของรถไฟด่วนพิเศษในสายธรรมดาในช่วงเวลากลางวัน ประกอบกับการเร่ง/ลดความเร็วและสมรรถนะความเร็วสูงของรถไฟ

ค. ความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการขนส่งทางรางฉบับใหม่

หากพระราชบัญญัติการขนส่งทางรางมีผลบังคับใช้ และผู้ประกอบการเดินรถไฟเอกชนจะสามารถเข้าใช้โครงสร้างพื้นฐานของ รฟท.ได้ ดังนั้น จะต้องมีการพิจารณาแนวทางความร่วมมือระหว่าง รฟท. และเอกชนในอนาคตต่อไป

ง. การจัดซื้อขบวนรถไฟ

การลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานควรได้รับการลงทุนไปพร้อมกับโครงการการจัดหาขบวนรถไฟที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

(2) การทบทวนและวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของเส้นทางรถไฟ 4 เส้นทางหลัก

ในการทบทวนรายงานศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทาง กันยายน พ.ศ.2559 (F/S) ทีมศึกษาได้ใช้ข้อมูลการคาดการณ์ทางเศรษฐกิจและสังคมปี พ.ศ.2562 ของสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (NESDC) และทำการคาดการณ์ความต้องการและวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจและการเงิน (EIRR/FIRR) ได้ค่า EIRR เท่ากับ 15.97% และค่า FIRR เท่ากับ 7.86% ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในสายตะวันออกเฉียงเหนือ ผลลัพธ์นี้คล้ายคลึงกับผลการศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางคู่ 4 เส้นทาง เดิม ดังนั้น เส้นทางรถไฟฟ้าที่มีความสำคัญเป็นลำดับแรกจาก 4 เส้นทางหลัก จากกรุงเทพฯ คือ เส้นทางสายตะวันออกเฉียงเหนือ

(3) ข้อเสนอแนะการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้า

ทีมศึกษาได้ทำการศึกษาระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (overhead catenary system) ซึ่งเป็นจุดประสงค์เดิมของการสำรวจ และการเดินรถด้วยระบบรถไฟฟ้าที่จะส่งผลต่อการลดผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจกและฝุ่น PM 2.5 โดยจำเป็นต้องจัดทำแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าโดยละเอียดในอนาคต ซึ่งมีวิธีดำเนินการได้โดยแยกตามเส้นทางหรือระยะทาง (ขึ้นอยู่กับระยะทางจากกรุงเทพฯ) ทีมศึกษาได้อธิบายการเดินรถไฟโดยสารด้วยระบบไฟฟ้าตามระยะทางจากกรุงเทพเหมือนรถไฟฟ้าสายสีแดง และสำหรับรถไฟบรรทุกสินค้า การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าโดยแบ่งตามเส้นทางการเดินรถและช่วงที่มีการบรรทุกสินค้าปริมาณมากจะได้ประโยชน์มากกว่า ทีมศึกษานำเสนอตัวอย่างข้อดีของการใช้ระบบไฟฟ้าในประเทศญี่ปุ่น เช่น ปริมาณการขนส่งที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้ระบบไฟฟ้า

- เมื่อมีการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องมีการฝึกอบรมผู้ขับขี่ พนักงานซ่อมบำรุงรถไฟ และพนักงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า

- ระบบโครงข่ายรถไฟต้องได้รับการปรับปรุง

7.1.2 แผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในระยะทางสั้นโดยใช้เทคโนโลยีใหม่และแนวคิดในการดำเนินโครงการของ JICA

หลังจากมีการเข้าพบ รฟท. ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ได้รับข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายของ รฟท. กล่าวคือทาง รฟท. ไม่มีการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าสำหรับรถไฟทางไกล แต่ในขณะนี้ได้เสนอของบประมาณในการซื้อรถจักรดีเซล (DL) จำนวน 50 คัน และรถดีเซลราง (DMU) จำนวน 400 คัน อย่างไรก็ตามส่วนต่อขยายของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าสายสีแดงจะยังดำเนินต่อไป เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ บทที่ 5 ได้เสนอแนะเทคโนโลยีใหม่ ตรวจสอบแผนการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในระยะทางสั้น และตรวจสอบระบบความร่วมมือของ JICA และในบทที่ 6 ได้มีการตรวจสอบระดับความสนใจของบริษัทญี่ปุ่น จากนั้นทีมศึกษาได้เสนอแนวคิดในการดำเนินการโครงการ

(1) การแนะนำเทคโนโลยีใหม่

ทีมศึกษาแนะนำเทคโนโลยียานยนต์ใหม่ที่เหมาะสมกับปริมาณของการขนส่งและคุณลักษณะเฉพาะของเส้นทางการเดินรถไฟแต่ละเส้นทาง และตรวจสอบการดำเนินการ อีกทั้งเสนอการพัฒนาของประเทศญี่ปุ่นและคุณลักษณะเฉพาะของรถดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) รถไฟฟ้าชุดแบบใหม่ (EMU) รถไฟฟ้าพลังงานไฮโดรเจน (Hydrogen-FCEU) และรถไฟแบบ Bi-mode (ทั้งเครื่องยนต์และพลังงานไฟฟ้า) อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะใช้เทคโนโลยีใหม่ๆสำหรับรถจักรดีเซล (DL) รถดีเซลราง (DMU) รถดีเซลแบตเตอรี่ (B-DMU) และรถไฟแบบ Bi-mode ผลของการลดก๊าซ CO2 ให้เป็นศูนย์ก็ยังมีน้อย ดังนั้น จึงแนะนำให้ใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) หรือรถไฟฟ้าชุดแบบใหม่ (EMU) เพื่อให้ได้ค่าคาร์บอนเป็นศูนย์ (zero carbon) และป้องกันมลพิษทางอากาศในเขตชานเมืองของกรุงเทพมหานคร

(2) แผนการใช้รถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) ในระยะทางสั้นและการคาดการณ์ความต้องการ

ทีมศึกษาพิจารณาแผนของช่วงระยะทางสั้นเพื่อเดินรถด้วยรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) แบบเทคโนโลยีใหม่ โดยเพิ่มความถี่ 15 ขบวนต่อวันต่อทิศทาง ระหว่างบางซื่อ – บ้านภาชี - ลพบุรี ระยะทางประมาณ 140 กิโลเมตร โดยมีสมมติฐานว่าใช้ระบบไฟฟ้าอยู่แล้วบน

สายตะวันออกเฉียงเหนือผลของการคาดการณ์ความต้องการเดินทางและการวิเคราะห์ทางการเงินของแผนนี้โดยเปรียบเทียบกับการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าแบบปกติ พบว่า แผนการเดินรถไฟด้วยรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (B-EMU) ให้ผลที่ดีกว่า คือ ค่า EIRR เท่ากับ 17.28% ค่า FIRR เท่ากับ 18.61% และปริมาณก๊าซ $CO_2$ จะลดลงเมื่อเทียบกับการใช้รถจักรดีเซล (DL) พบว่ามีผลสูงถึง 1,460 ตัน/วัน

(3) การตรวจสอบความเป็นไปได้ของความร่วมมือของ JICA ในอนาคต

การสำรวจความเป็นไปได้ของการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีใหม่นั้นได้ผ่านมาแล้ว 6 ปี นับตั้งแต่การศึกษาความเหมาะสมการเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในปี 2559 ดังนั้นแล้วจึงควรทำการทบทวนการศึกษาใหม่ด้าน 1) การเปลี่ยนแปลงสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม 2) ความถี่ของรถไฟและคุณลักษณะเฉพาะของเส้นทางการเดินรถกับเทคโนโลยีใหม่ที่แสดงในข้อ (1)

(4) ระดับความสนใจและความเป็นไปได้ของการมีส่วนร่วมของบริษัทญี่ปุ่นและแนวคิดการดำเนินการโครงการ JICA

ทีมศึกษา JST ได้สัมภาษณ์บริษัทผู้ผลิตรายใหญ่ 9 บริษัทและบริษัทผู้ค้า สรุปได้ดังนี้

ในการผลิตรถไฟด้วยเงินกู้ ODA นั้น หากข้อกำหนดรายละเอียดของรถไฟเป็นไปตามมาตรฐานที่ทางญี่ปุ่นได้มีประวัติในการผลิตแล้วทั้งในและต่างประเทศอาจจะสามารถดึงดูดความสนใจจากบริษัทญี่ปุ่นได้ และสิ่งสำคัญคือ เวลาในการผลิต จำนวนที่ผลิต และมาตรฐานของญี่ปุ่นต้องเป็นที่ยอมรับ สำหรับการผลิตในท้องถิ่นนั้น จำเป็นจะต้องมีความต้องการของรถไฟที่แน่นอนในแต่ละพื้นที่ แต่การคาดการณ์ความต้องการที่แน่นอนยังคงเป็นไปได้ยาก แม้ว่าจะพิจารณาจากประเทศเพื่อนบ้านแล้ว อีกทั้งการพิจารณาด้านผลกระทบจากการลงทุนของโรงงานก็เป็นเรื่องที่ยาก สำหรับการบำรุงรักษารถไฟจะเป็นเรื่องที่สามารถทำได้หากมีความชัดเจนทางด้านแนวทาง รูปแบบ เงื่อนไขภาระหน้าที่ และอื่นๆ หลังจากการส่งมอบรถไฟแล้ว โดยแนวคิดเฉพาะมีดังนี้

- ส่วนต่อขยายรถไฟฟ้าสายสีแดงไปทางตอนเหนือ โดย เงินกู้ญี่ปุ่น การลงทุนและเงินกู้จากต่างประเทศ
- การเดินรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าในเส้นทางที่มีปริมาณการขนส่งสินค้ามาก โดยเงินกู้ญี่ปุ่น การลงทุนและเงินกู้จากต่างประเทศ
- การพัฒนาศูนย์ฝึกอบรม โดยโครงการความร่วมมือทางเทคนิค เงินกู้เยน

- การพัฒนารถไฟแบบไฮบริด โดยเงินกู้ญี่ปุ่น
- โครงการเดินรถไฟฟ้าเพื่อการลดปริมาณคาร์บอน โดยการสนับสนุนจาก ADB

7.1.3 ปัญหาควันไอเสียของสถานีกลางบางซื่อ

เนื่องจากกำหนดการเดินรถไฟทางไกลสู่สถานีกลางบางซื่อซึ่งกำหนดไว้เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2564 ถูกเลื่อนออกไป และจากแผนการดำเนินงาน ทีมศึกษาจึงได้ทบทวนมาตรการที่รฟท. ได้วางไว้และการเตรียมความพร้อมสำหรับกำหนดการในอนาคต ดังนี้

- ทีมศึกษาได้แนะนำมาตรการแก้ไขสำหรับรถจักรสับเปลี่ยน (shunting locomotives) และรถดีเซลราง (DMU) ที่จะเทียบอยู่ส่วนกลางของชานชาลา
- จากข้อมูลที่ได้จากรฟท. อุปกรณ์ระบายอากาศที่มีอยู่มีความสามารถในการเปลี่ยนอากาศภายในอาคารได้อย่างสมบูรณ์ภายใน 10 ถึง 12 นาที อย่างไรก็ตามปล่องปล่อยควันของรถจักรสับเปลี่ยน (shunting locomotives) และรถดีเซลราง (DMU) ตั้งอยู่กลางชานชาลา ดังนั้นทีมศึกษาขอเสนอให้วัดปริมาณควันที่ปล่อยออกมา และควรติดตั้งเครื่องดูดควันเพื่อดักจับควันไอเสียที่ปล่อยออกมาจากปล่องปล่อยควัน เนื่องจากระยะห่างระหว่างช่องดูดควันและปล่องปล่อยควันของรถอยู่ที่ประมาณ 1.6 ม
- นอกจากนี้ขอเสนอให้ใช้การควบคุมคันเร่งสำหรับรถจักรสับเปลี่ยน (shunting locomotives)

## 7.2 กิตติกรรมประกาศ

ทางทีมศึกษา ขอกราบขอบพระคุณ คุณอนันต์ โพธิ์นิ่มแดง ผู้ช่วยผู้ว่าการด้านปฏิบัติการ รฟท. และผู้ปฏิบัติงานอื่นๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ให้คำอธิบายโดยละเอียด และได้ร่วมรับฟังการบรรยายจากทีมศึกษาอย่างสนใจ แม้ว่ามุมมองของทั้งสองฝ่ายจะแตกต่างกัน แต่การประชุมทั้ง 10 ครั้งในระยะเวลา 3 สัปดาห์นั้นเกิดขึ้นได้จากร่วมมือของทั้งสองฝ่าย ทีมศึกษาขอแสดงความขอบคุณต่อเจ้าหน้าที่ของ รฟท.และกองการต่างประเทศที่เดินทางร่วมกับทีมในการเข้าเยี่ยมสถานที่ปฏิบัติงานทั้งห้าครั้ง

นอกจากนี้ ทีมศึกษาได้รับการต้อนรับอย่างอบอุ่นแม้ว่าทาง รฟท. จะมีตารางการเปิดรถไฟฟ้าสายสีแดงในวันที่ 29 พฤศจิกายน ที่สถานีกลางบางซื่อและบริเวณรอบศูนย์ซ่อมบำรุง และแม้ว่าจะเป็นช่วงทันทีหลังจากการผ่อนคลายการเข้าประเทศของชาวต่างชาติเนื่องมาจากสถานการณ์ COVID-19 แต่ทีมศึกษาก็รู้สึกขอบคุณมากสำหรับการต้อนรับพร้อมรอยยิ้มที่มีให้เสมอ

การหารือกับหน่วยงานของรัฐ เช่น สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (NESDC) และกรมการขนส่งทางราง (DRT) โดยสามารถข้อมูลจากอีกแง่มุมหนึ่ง นอกจากนี้ เพื่อเป็นการประหยัดเวลา ทีมศึกษาได้มีจัดการประชุมออนไลน์จำนวน 2 ครั้งกับบริษัท BEM และ BTS

และสำหรับการสัมภาษณ์บริษัทญี่ปุ่นหลายแห่งนั้น ได้มีการจัดการประชุมออนไลน์และการประชุมโดยตรง ทั้งในช่วงก่อนและหลังและระหว่างทีมศึกษาอยู่ในประเทศไทย

# Data Collection Survey on Railway Electrification in the Kingdom of Thailand

Final Report

February 2022

Japan International Consultants for Transportation Co., Ltd.

Oriental Consultants Global Co., Ltd.

# Abbreviation

| Abbreviation | English |
|---|---|
| AC | Alternative Current |
| ADB | Asian Development Bank |
| AFC | Automated Fare Collection |
| AR | Augmented Reality |
| ARL | Airport Rail Link |
| AT | Auto-Transformer |
| ATO | Automatic Train Operation |
| ATP | Automatic Train Protection |
| BAU | Business as usual |
| B/C | Benefit / Cost Ratio |
| BCG | Bio-Circular-Green |
| B-DL | Battery Diesel Locomotive |
| B-DMU | Battery Diesel Multiple Unit |
| BE | Buddhist Calendar |
| BEM | Bangkok Expressway & Metro |
| B-EMU | Battery Electric Multiple Unit |
| BIM | Building Information Modeling |
| BMA | Bangkok Metropolitan Administration |
| B-MU | Battery Multiple Unit |
| BMTA | Bangkok Mass Transit Authority |
| BTSC | Bangkok Mass Transit System Public Company Limited. |
| BS Grand sta. | Bang Sue Grand Station |
| BS Junc. | Bang Sue Junction |
| CBI | Climate Bond Initiative |
| CBM | Condition Based Maintenance |
| $CO_2$eq | $CO_2$ Equivalent |
| COP21 | 21st Conference of the Parties to the United Nations Convention on Climate Change |
| CTC | Centralized Traffic Control |
| DC | Direct Current |
| DEL | Diesel Electric Locomotive |
| DL | Diesel Locomotive |
| DMU | Diesel Multiple Unit |
| DRT | Department of Rail Transport |

| | |
|---|---|
| DX | Digital Transformation |
| EA | Energy Absolute Co., Ltd. |
| EE | Energy Efficiency |
| EEC | East Economic Corridor |
| EIA | Environmental Impact Assessment |
| EIRR | Equity Internal Rate of Return |
| EL | Electric Locomotive |
| E&M | Electrical & Mechanical |
| EMU | Electric Multiple Unit |
| ETCS | European Train Control System |
| EV | Electric Vehicle |
| EXAT | Expressway Authority of Thailand |
| FC | Freight Car |
| FIRR | Financial Internal Rate of Return |
| F/S | Feasibility Study |
| GDP | Gross Domestic Product |
| GHG | Greenhouse Gas |
| GPS | Global Positioning System |
| GRP | Gross Regional Product |
| HSR | High Speed Rail |
| Hydrogen-FCEU | Hydrogen-Fuel Cell Electric Unit |
| ICD | Inland Container Depot |
| ICT | Information and Communication Technology |
| JBIC | Japan Bank for International Cooperation |
| JIC | Japan International Consultants for Transportation Co., Ltd. |
| JICA | Japan International Cooperation Agency |
| JNR | Japan National Railway |
| JOIN | Japan Overseas Infrastructure Investment Corporation for Transport & Urban Development |
| JPY | Japanese Yen |
| JR | Japan Railway Companies |
| JST | JICA Study Team |
| KI | Key Instructor |
| KPI | Key Performance Indicator |
| KTM | Keretapi Tanah Melayu |
| LEDS | Long-term Low Greenhouse Gas Emission Strategy |
| LD | Long Distance Train |

| | |
|---|---|
| MaaS | Mobility as a Service |
| MIS | Management Information System |
| MG | Meter Gauge |
| MHSC | Mitsubishi Hitachi Sumitomo Consortium |
| MLIT | Ministry of Land, Infrastructure, Transportation and Tourism |
| M-MAP | Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region |
| M-MAP2 | The Second Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region |
| MOT | Ministry of Transport |
| M/P | Master Plan |
| MRTA | Mass Rapid Transit Authority of Thailand |
| NDC | Nationally Determined Contributions |
| NEP | National Energy Plan |
| NESDC | Office of the National Economic and Social Development Council |
| OCG | Oriental Consultants Global Co., Ltd. |
| OCS | Overhead Catenary System |
| ODA | Official Development Assistance |
| OFF-JT | Off-the-Job Training |
| OJT | On-the-Job Training |
| OTP | The Office of Transport and Traffic Policy and Planning |
| O&M | Operation & Maintenance |
| PC | Passenger Car |
| PDMO | Public Debt Management Office |
| PHEV | Plug-in Hybrid Electric Vehicle |
| PM | Particulate Matter |
| PMSM | Permanent Magnet Synchronous Motor |
| PPP | Public-Private Partnership |
| PTT | Petroleum Authority of Thailand |
| PSO | Public Service Obligation |
| QC | Quality Control |
| RE | Renewable Energy |
| R-MAP | Regional Railway Master Plan |
| ROW | Right of Way |
| RTU | Remote Terminal Unit |
| SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition |
| SDGs | Sustainable Development Goals |
| SG | Standard Gauge |
| SiC | Silicon Carbide |

| | |
|---|---|
| SL | Steam Locomotive |
| SRT | State Railway of Thailand |
| SRTET | SRT Electrified Train Company |
| toe | tonne of oil equivalent |
| TBM | Time Based Maintenance |
| THB | Thai Baht |
| TOD | Transit Oriented Development |
| VR | Virtual Reality |
| 4D1E | Digitalization, Decarbonization, Decentralization, Deregulation, Electrification |
| SRT-Elect-F/S | Feasibility Study of SRT Electrification 4 Lines Project in September 2016 |
| SRT-TDP-F/S | Feasibility Study of Track Doubling Project for North Line between Lopburi and Pak Nam Pho in January 2013 |

# Contents

Chapter1 Introduction ..... 1-1
1.1 Outline and purpose of the survey ..... 1-1
1.1.1 Background of the survey ..... 1-1
1.1.2 Purpose and scope ..... 1-1
1.1.3 Composition of the report ..... 1-2
1.2 Survey Framework ..... 1-3
1.2.1 Members of the Study Team ..... 1-3
1.2.2 Reports related to the Study ..... 1-3
1.2.3 Organizations related to this Study ..... 1-3
1.3 Project Schedule and Activity ..... 1-4
Chapter2 Review of the Current Situation in Thailand and SRT ..... 2-1
2.1 Geography ..... 2-1
2.2 Socio-economic Condition ..... 2-1
2.2.1 Socio-economic Condition ..... 2-1
2.2.2 Rail Sector and Projects ..... 2-2
2.2.3 Energy Environment ..... 2-5
2.3 Current status of the SRT and issues ..... 2-10
2.3.1 Organization, Facilities, Train Operation, SRT's vehicle investment plan ..... 2-10
2.3.2 Positioning of railway electrification plan ..... 2-20
2.3.3 Thailand-Laos-China Railway Link ..... 2-22
2.3.4 Rail Transport Act ..... 2-24
2.3.5 SRT Issues ..... 2-25
2.4 Site Visit ..... 2-30
2.4.1 Red Line ..... 2-30
2.4.2 SRT Depot and Workshop ..... 2-37
2.4.3 Railway Training Center ..... 2-43
Chapter3 Review of the SRT Railway Electrification Plan ..... 3-1
3.1 SRT-Elect-F/S Review ..... 3-1
3.1.1 Technical Overview ..... 3-1
3.1.2 Financial Overview ..... 3-6
3.2 Demand Forecast in 2016 SRT-Elect-F/S ..... 3-6
3.2.1 Consideration of HSR and Red Lines ..... 3-7
3.2.2 Short-term scenario ..... 3-7
3.2.3 Railway Freight Volume and GRP ..... 3-10
3.3 Long Term Scenario (Based on SRT-Elect-F/S) ..... 3-12
3.3.1 Long Term Scenario Analysis ..... 3-12

3.3.2 Financial Analysis Result ..... 3-15
3.4 Issue to be considered in The SRT Railway Electrification Plan ..... 3-15
3.4.1 Electrification by Distance and by Corridor ..... 3-15
3.4.2 Budget ..... 3-20
3.4.3 Technology for Electrified Systems ..... 3-21
3.4.4 Maintenance Method and Staffs ..... 3-25
3.5 Summary of Chapter 2 and 3 ..... 3-30
Chapter4 Smoke Exhaust Problem at BS Grand sta. ..... 4-1
4.1 Structure of BS Grand sta. and Train Operation Plan ..... 4-1
4.1.1 Structure of BS Grand sta. and History of Smoke Exhaust Problem ..... 4-1
4.1.2 Train operation planning and smoke emission problems ..... 4-4
4.2 Measures for SRT ..... 4-5
4.2.1 Countermeasures by SRT and JST ..... 4-5
4.2.2 Measurement of PM2.5 by SRT ..... 4-6
4.3 Analysis of the Existing Ventilation Equipment and Facility ..... 4-7
4.3.1 Existing Equipment ..... 4-7
4.3.2 Analysis of exhaust equipment and capacity ..... 4-8
4.3.3 Throttle control ..... 4-13
4.3.4 Example of Smoke Exhaust from JR Sapporo Station ..... 4-15
4.4 Summary of This Chapter ..... 4-17
Chapter5 JICA's proposal for possible cooperation in the field of railway electrification planning 5-1
5.1 Needs for the Short Term Electrification Plan ..... 5-1
5.1.1 Overview ..... 5-1
5.1.2 Battery Vehicle Policy from MOT ..... 5-1
5.1.3 Carbon Neutral ..... 5-1
5.2 New Technology for Rolling Stock ..... 5-2
5.2.1 B-EMU ..... 5-2
5.2.2 B-DMU ..... 5-4
5.2.3 Bi-mode train ..... 5-5
5.2.4 EMU ..... 5-6
5.2.5 Hydrogen-FCEU ..... 5-9
5.2.6 Hybrid Shunting Locomotives ..... 5-11
5.2.7 New Technology Considerations ..... 5-11
5.3 Analysis on Short Term Electrification Plan ..... 5-15
5.3.1 Short-Term Scenario ..... 5-15
5.3.2 Financial Analysis Result ..... 5-18

5.3.3 Issue to be considered in Demand Forecast ....5-18
5.3.4 Freight Transport and GHG Emission Reduction....5-19
5.4 Framework for Future Cooperation .... 5-20
5.4.1 SRT Electrification Master Plan....5-20
5.4.2 Electrification Projects ....5-27
5.4.3 Current Rolling Stock R&D by SRT ....5-33
Chapter6 Ideas for implementing JICA projects.... 6-1
6.1 Possibility of participation of Japanese companies.... 6-1
6.1.1 Possibility of Market Entry ....6-1
6.1.2 Corporate Interests ....6-5
6.2 Proposal of JICA's follow-up support plan .... 6-7
6.2.1 Preliminary Ideas for Project Implementation by JICA ....6-7
6.2.2 Red Line Commuter Projects and North Extension ....6-8
6.2.3 Capacity Enhancement of SRT Training Center....6-13
6.2.4 R&D of New Technologies (such as Hybrid Trains)....6-16
6.2.5 Electrification of Freight Corridor ....6-17
6.2.6 Prospects of Local Production....6-18
6.3 Summary of Discussions with Other Stakeholders.... 6-19
6.3.1 ADB ....6-19
6.3.2 World Bank ....6-21
Chapter7 Conclusion .... 7-1
7.1 Conclusion .... 7-1
7.1.1 Method to Proceed with Electrification according to the Original Study Plan.....7-1
7.1.2 Short-distance electric railway plans using new technologies, and JICA project implementation ideas ....7-2
7.1.3 Summary of smoke exhaust problems at BS Grand sta.....7-4
7.2 Acknowledgment .... 7-5

# List of Figures

Figure. 1.2-1 Members of the Study Team ..... 1-3
Figure. 1.3-1 Overview of the Study ..... 1-5
Figure. 1.3-2 Activities of the Study Team in the Secondary Survey ..... 1-6
Figure. 2.2-1 Construction of Double-Tracking Projects and New Lines ..... 2-4
Figure. 2.2-2 Proposed New Urban Rail Corridor in M-MAP2 Blueprint ..... 2-5
Figure. 2.3-1 Organization of SRT ..... 2-11
Figure. 2.3-2 Strength Measurement of Current Structure ..... 2-12
Figure. 2.3-3 Recent traffic volume for passengers and transported ..... 2-15
Figure. 2.3-4 Vehicles owned by SRT ..... 2-16
Figure. 2.3-5 DL owned by SRT ..... 2-17
Figure. 2.3-6 DMU owned by SRT ..... 2-17
Figure. 2.3-7 Passenger Car owned by SRT ..... 2-18
Figure. 2.3-8 Freight Car owned by SRT ..... 2-18
Figure. 2.3-9 SRT Vehicle Investment Plan ..... 2-20
Figure. 2.3-10 SRT Double-Tracking Plan（Phase1） ..... 2-21
Figure. 2.3-11 SRT Double-Tracking Plan（Phase2） ..... 2-21
Figure. 2.3-12 Railways (SG and MG) in Vientiane ..... 2-23
Figure. 2.3-13 Rail Transport Act ..... 2-25
Figure. 2.3-14 Vacancies of SRT Officers and Employees ..... 2-26
Figure. 2.3-15 Breakdown of SRT Officers and Employees as of September 2021 ..... 2-27
Figure. 2.3-16 Age Structure of SRT Officers ..... 2-27
Figure. 2.4-1 Organization of SRTET ..... 2-30
Figure. 2.4-2 Route Map of the Red Line ..... 2-31
Figure. 2.4-3 Punctuality of the Red Line ..... 2-32
Figure. 2.4-4 Operation Status of the Red Line in November 2021 ..... 2-33
Figure. 2.4-5 SRT Depot and Workshop ..... 2-37
Figure. 2.4-6 Maintenance Type ..... 2-38
Figure. 2.4-7 Maintenance Vehicles of Bang Sue Engine Depot ..... 2-39
Figure. 3.1-1 Comparison of Electrification Method in SRT-Elect-F/S ..... 3-1
Figure. 3.1-2 Concept of ATP ..... 3-3
Figure. 3.1-3 Location of CTC ..... 3-4
Figure. 3.1-4 Simple Catenary Method for Main Line ..... 3-5
Figure. 3.1-5 Direct Suspension System for Depot ..... 3-5
Figure. 3.2-1 Rolling Stock Plan in With Case (Mixed) ..... 3-7

Figure. 3.2-2 Rolling Stock Plan in With Case (EMU)..... 3-8
Figure. 3.2-3 Transition of Freight Volume..... 3-11
Figure. 3.3-1 Long-term scenario electrification route map ..... 3-12
Figure. 3.4-1 Electrification Plan by Distance from Bangkok..... 3-16
Figure. 3.4-2 Electrification Plan by Corridor (Greater Bangkok Region and Suburban Lines) 3-18
Figure. 3.4-3 Electrification Plan by Corridor (North and Northeast Lines) ..... 3-19
Figure. 3.4-4 Electrification Plan by Corridor (Nationwide)..... 3-20
Figure. 3.4-5 Break-even Point of Railway Electrification..... 3-23
Figure. 3.4-6 Progress of Electrification in Japan..... 3-23
Figure. 3.4-7 Red Line Maintenance Type..... 3-28
Figure. 3.4-8 Composition of SRTET Maintenance Workers ..... 3-28
Figure. 3.4-9 OCS Maintenance Vehicle for Red Line..... 3-29
Figure. 3.4-10 Medium/Long-term Maintenance Policy of SRTET..... 3-29
Figure. 4.1-1 Plan of BS Grand sta. on MG Platform and Train Standing Position ..... 4-2
Figure. 4.1-2 Cross Section of BS Grand sta. ..... 4-3
Figure. 4.3-1 Smoke exhaust / intake equipment..... 4-8
Figure. 4.3-2 Ventilation volume and blower capacity ..... 4-9
Figure. 4.3-3 Conceptual Scheme of Main Duct and Branch Duct..... 4-10
Figure. 4.3-4 Proposed hood shape and DL chimney ..... 4-12
Figure. 4.3-5 Location of Shunting/Main Locomotives..... 4-14
Figure. 4.3-6 Throttle Control for Shunting Locomotive..... 4-14
Figure. 4.3-7 Plan of Sapporo Station, and Comparison of Train Departure Data with Hua Lamphong Station..... 4-16
Figure. 4.3-8 Cross Section of Sapporo Station..... 4-16
Figure. 4.3-9 Summary of BS Grand sta. and its Vicinity ..... 4-17
Figure. 5.2-1 B-EMU Specifications ..... 5-3
Figure. 5.2-2 B-DMU Specifications..... 5-5
Figure. 5.2-3 Bi-mode Train Specifications..... 5-6
Figure. 5.2-4 Energy Consumption Comparison ..... 5-8
Figure. 5.2-5 TBM and CBM Concept Images..... 5-8
Figure. 5.2-6 Comparison of $CO_2$ Emissions..... 5-9
Figure. 5.2-7 Hydrogen-FCEU Specifications..... 5-10
Figure. 5.3-1 Short-term scenario route map ..... 5-16
Figure. 5.4-1 Electrification Promotion Program ..... 5-30
Figure. 5.4-2 Image of B-MU ..... 5-35

Figure. 5.4-3 Scheduled Development Line ..... 5-35
Figure. 6.2-1 Project Scheme (ODA Loan for Red Line Electrification) ..... 6-10
Figure. 6.2-2 Project Scheme (Rolling Stock Lease with Private Sector Investment Finance) .. 6-11
Figure. 6.2-3 Project Scheme (Property Development and MaaS Service with Private-Sector Investment Finance)..... 6-13
Figure. 6.2-4 Project Scheme (Technical Assistance for National Training Center)..... 6-16

# List of Tables

Table. 1.2-1 Organizations related to this Study ..... 1-4
Table. 2.2-1 List of SRT Projects in 2022 ..... 2-3
Table. 2.2-2 SRT Projects and Contributions to Decarbonization as per the NDC Roadmap .. 2-9
Table. 2.3-1 Status table of facilities, signals, and electricity in North Line..... 2-14
Table. 2.3-2 Timetable and fares of China - Laos railway ..... 2-24
Table. 2.3-3 Average Operating Distance by Driver in Comparison with Foreign Countries 2-28
Table. 2.4-1 Profile of the Red Line..... 2-31
Table. 2.4-2 Facility Data of the Red Line..... 2-32
Table. 2.4-3 Training courses..... 2-44
Table. 3.1-1 Substation Locations in SRT-Elect-F/S..... 3-2
Table. 3.2-1 Rolling Stock Investment Cost in Without Electrification Case ..... 3-8
Table. 3.2-2 Rolling Stock Investment Cost in With Case (Mixed)..... 3-8
Table. 3.2-3 Rolling Stock Investment Cost in With Case (EMU) ..... 3-9
Table. 3.2-4 Maximum Speed and Acceleration/Breaking Capacity used in Train Diagram.. 3-10
Table. 3.2-5 Freight Demand Forecast Result from SRT-Elect-F/S ..... 3-11
Table. 3.3-1 New socio-economic input from NESDC estimates (2019) ..... 3-13
Table. 3.3-2 Long-Term Scenario Key Assumptions ..... 3-13
Table. 3.3-3 Electrification Section in Long-Term Scenario..... 3-14
Table. 3.3-4 Long-term scenario analysis result ..... 3-14
Table. 3.4-1 Drivers and Licenses..... 3-25
Table. 3.4-2 Training hours in each certificate in Japan..... 3-27
Table. 4.1-1 Platform Use for MG (2nd Fl) at BS Grand sta. (as of November 2021) ..... 4-4
Table. 4.2-1 Countermeasures by SRT and JST ..... 4-5
Table. 4.2-2 Measurement of PM2.5 in the Wayside of DL and DMU..... 4-7
Table. 4.2-3 Air Pollutants in Exhaust Gas (image)..... 4-7

Table. 5.2-1 B-EMU in Japan ..... 5-3
Table. 5.2-2 B-DMU in Japan ..... 5-4
Table. 5.2-3 Bi-mode Train Class 802 ..... 5-6
Table. 5.2-4 EMU E235 Type ..... 5-7
Table. 5.2-5 Hydrogen-FCEU FV-E991Type ..... 5-10
Table. 5.2-6 Hybrid Shunting Locomotive ..... 5-11
Table. 5.2-7 Evaluation of New Technologies ..... 5-15
Table. 5.4-1 Cost for Long-term Scenario ..... 5-23
Table. 5.4-2 Cost for Short Term Scenario ..... 5-24
Table. 5.4-3 Comparison of the Cost of Power per 1 km ..... 5-25
Table. 5.4-4 Comparison of the Cost of Power per 1 km (Reviewed) ..... 5-25
Table. 5.4-5 Comparison of Track Length per Substation ..... 5-26
Table. 5.4-6 Cost of Power at Depot ..... 5-26
Table. 5.4-7 Preliminary List of Electrification Projects ..... 5-28
Table. 6.1-1 Japanese Technologies ..... 6-1
Table. 6.1-2 Railway Project Experience by Japanese companies in Thailand ..... 6-3
Table. 6.1-3 Survey of Japanese Firms' Interest ..... 6-5
Table. 6.2-1 Preliminary Ideas for Project Implementation ..... 6-8
Table. 6.2-2 Examples of Various Training Systems ..... 6-15
Table. 6.2-3 Training Facilities and Equipment ..... 6-16

# List of Photos

Photo. 2.4-1 Red Line Pit Line ..... 2-34
Photo. 2.4-2 Red Line Repair Line ..... 2-34
Photo. 2.4-3 Heavy maintenance Area1 ..... 2-34
Photo. 2.4-4 Heavy maintenance Area2 ..... 2-34
Photo. 2.4-5 Material Warehouse ..... 2-35
Photo. 2.4-6 QR Code ..... 2-35
Photo. 2.4-7 Overview of Dispatcher room ..... 2-35
Photo. 2.4-8 Train Operation Screen ..... 2-35
Photo. 2.4-9 Overview of Disaster Prevention room ..... 2-36
Photo. 2.4-10 Surveillance camera images ..... 2-36
Photo. 2.4-11 Pit Line ..... 2-40
Photo. 2.4-12 Tool Board ..... 2-40
Photo. 2.4-13 Tool Box, Tool Management Book ..... 2-40

Photo. 2.4-14 Lubricant Storage Tanks ..... 2-41
Photo. 2.4-15 Fuel Storage Tanks ..... 2-41
Photo. 2.4-16 Coolant Storage Tanks ..... 2-42
Photo. 2.4-17 Load Test Area ..... 2-42
Photo. 2.4-18 Locomotives Washing Area ..... 2-43
Photo. 2.4-19 Wheel Lathe Machine ..... 2-43
Photo. 2.4-20 Appearance of Training Center ..... 2-45
Photo. 2.4-21 Plates Certifying JICA Cooperation ..... 2-45
Photo. 2.4-22 Hitachi's DL Driving Simulator ..... 2-45
Photo. 2.4-23 Driving Simulator for Other Types ..... 2-45
Photo. 2.4-24 Overview of Safety Education Room ..... 2-46
Photo. 2.4-25 Safety education video ..... 2-46
Photo. 2.4-26 Rail Cutting Machine ..... 2-46
Photo. 2.4-27 Rail Hanging Tool ..... 2-46
Photo. 2.4-28 Signal Control Panel and Rail Crossing Device ..... 2-47
Photo. 2.4-29 Point Machine ..... 2-47
Photo. 2.4-30 Relay Interlocking Device ..... 2-47
Photo. 2.4-31 Signaling Rack ..... 2-47
Photo. 2.4-32 Route Control Panel ..... 2-48
Photo. 2.4-33 Hand-Operated Switch Lever ..... 2-48
Photo. 2.4-34 Token ..... 2-48
Photo. 3.2-1 KTM Class 93 ..... 3-10
Photo. 4.3-1 Intake and louver above the track ..... 4-12
Photo. 4.3-2 Various Types of Locomotives and Chimneys in Bang Sue Mechanical Depot 4-13
Photo. 5.4-1 GE UM12C (GEK) ..... 5-34
Photo. 5.4-2 Alstom AD24C (ALS) ..... 5-34

# Chapter1 Introduction

## 1.1 Outline and purpose of the survey

### 1.1.1 Background of the survey

The development of electrified railways in Thailand is underway in the Bangkok Metropolitan Area with a planned length of 503 km, covering a population of about 5.13 million by 2029, in the M-MAP. On the other hand, State Railway of Thailand (SRT) has a route network that exceeds 4,041 km (SRT data as of May 2020), and all are operated by diesel locomotives (DL) and diesel railcars (DMU) powered by internal combustion engines. SRT is scheduled to replace DLs and DMUs as they have been in service for 30 to 50 years. Therefore, SRT conducted the SRT-Elect-F/S (Feasibility Study of SRT Electrification 4 Lines Project in September 2016) and worked on the electrification plan.

### 1.1.2 Purpose and scope

#### (1) Railway electrification plan

The purpose of this survey is to organize and review the current status of railway electrification plans throughout Thailand, and to examine and organize the possibility of JICA's cooperation in this plan. Based on the existing urban planning, urban transportation and energy planning policies and equipment renewal plans of the Thai government, SRT, etc., the current situation, issues and related parties in the railway field throughout Thailand will be comprehensively examined, and the ideal railway electrification will be considered. In addition, a survey will be conducted to collect information that will contribute to future commercialization through loan aid (JPY loan, overseas investment and loan), and the possibility of technical cooperation, and cooperation by JICA, will be examined.

#### (2) BS Grand sta. smoke exhaust problem

In December 2021, it was announced that the terminal in Bangkok for long-distance DL and DMU express trains operated by SRT would be consolidated at Bang Sue Grand Station (BS Grand Sta.), but due to the limited smoke exhaust capacity of the station, there is an urgent need to formulate a short-term response policy, in addition to formulating a medium- to long-term electrification plan.

Based on this background, this survey will review the non-electrified route operation plan by SRT and propose short-term countermeasures for the smoke emission problem of the station.

### 1.1.3 Composition of the report

This report consists of seven chapters.

In Chapter 2, the study team confirmed the current situation of Thailand and SRT by field surveys and extracted issues.

In Chapter 3, the study team reviewed the electrification plan reported in the SRT-Elect-F/S, reviewed the demand forecast, confirms the electrification priority route, and proposed the ideal future electrification plan.

On the other hand, exhaust from DMUs and DLs to the platform of BS Grand sta. would be a problem, therefore SRT requested the study team to consider for improvement measures. The study team researched current measures under consideration by SRT, and compared with the proposal of our study team. It is described in Chapter 4.

After visiting Thailand for discussion, it was confirmed that the policy stance of SRT was changed to the following:

1. Request a budget to purchase 50 DLs and 400 DMUs for the time being, not on the premise of electrification of long-distance trains.
2. However, the (electric) extension work of the Red Line will continue.

In response to the above, the study team proposed transportation improvements to short-distance sections in the short term, including the introduction of new rolling stock technologies in Japan in Chapter 5. Specifically, the JICA study team (JST) made a proposal for Battery Electrical Multiple Unit (B-EMU) operation in the section of about 140 km from Bangkok on the North Line after conducting demand forecasting and financial analysis. As the next step, JST also proposed a feasibility study for electric railways considering the number of trains and the characteristics of the lines.

In addition, based on the information gained from this visit to SRT, the introduction of an improvement plan for the training center, which contains the framework for SRT's rolling stock development plan and training of engineers, is considered.

Chapter 6 introduces the superiority of Japanese technology and describes the extension of the Red Line to the north as a possibility for participation by Japanese companies.

## 1.2 Survey Framework

### 1.2.1 Members of the Study Team

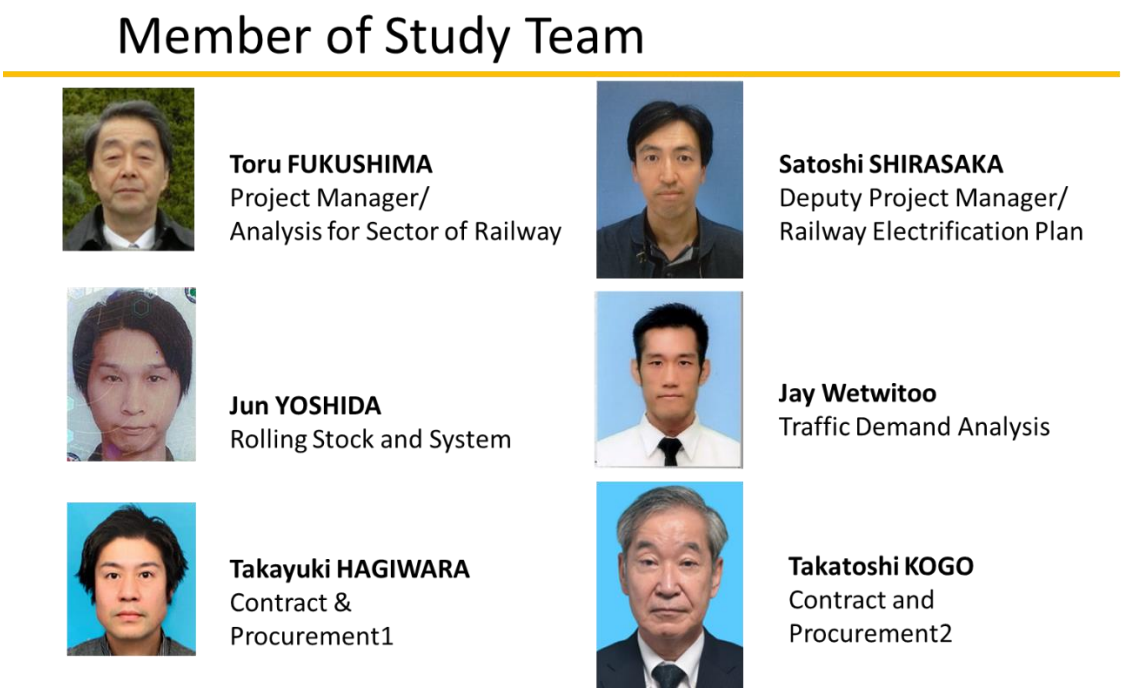



**Figure. 1.2-1 Members of the Study Team**

### 1.2.2 Reports related to the Study

- Feasibility Study of SRT Electrification 4 Lines Project (September 2016, SRT, "SRT-Elect-F/S")
- Feasibility Study of Track Doubling Project for North Line, Lopburi and Pak Nam Pho (January 2013, SRT, "SRT-TDP-F/S")
- "Preparatory Survey on the Bangkok – Chiang Mai High-Speed Rail Development Project" Report part 2 (December 2018, JICA)

### 1.2.3 Organizations related to this Study

Table 1.2-1 shows the related organizations that cooperated in conducting this survey.

| | |
|---|---|
| Authorities related to Thailland Government | |
| Name | Contents in the study |
| SRT | Discussion and site visit |
| SRTET | Discussion and site visit |
| DRT | Discussion |
| NESDC | Discussion |
| MOT | Information gathering on the policy |
| MOE | Information gathering on the policy |
| | |
| Transportation companies in Thailland | |
| Name | Contents in the study |
| MRTA | Information gathering on driver qualifications in Thailand |
| BEM | Information gathering on driver qualifications in Thailand |
| | |
| Consultants who made SRT-Elect-F/S | |
| Name | Contents in the study |
| WE Consultants | Information gathering on SRT-Elect-F/S |
| MHPM | Information gathering on SRT-Elect-F/S |
| PSK | Information gathering on SRT-Elect-F/S |
| ENRICH | Information gathering on SRT-Elect-F/S |
| | |
| International financial institutions | |
| Name | Contents in the study |
| ADB | Proposal of support measures for SRT |
| JBIC | Proposal of support measures for SRT |
| | |
| Japanese Enterprise | |
| Name | Contents in the study |
| Hitachi, Ltd. | Information gathering on Red Line construction |
| Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. | Information gathering on Red Line construction |
| SUMITOMO CORPORATION | Information gathering on Red Line construction |
| SANWA TEKKI CORPORATION | Information gathering on Red Line construction |
| Yachiyo-Koki Co., Ltd. | Information gathering on Red Line construction |
| MEIDENSHA CORPORATION | Information gathering on Pueple Line construction |
| Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation | Information gathering on Rolling Stock Production |
| Japan Transportation Technology | Information gathering on Pueple Line maintenance |
| Japan Freight Railway Company | Information gathering on Freight business in Thailand |

**Table. 1.2-1 Organizations related to this Study**

## 1.3 Project Schedule and Activity

As shown in Figure 1.3-1, this study was divided into three stages: primary survey (domestic study), secondary survey (field survey), and evaluation、Items 1 to 7 were conducted in the study.

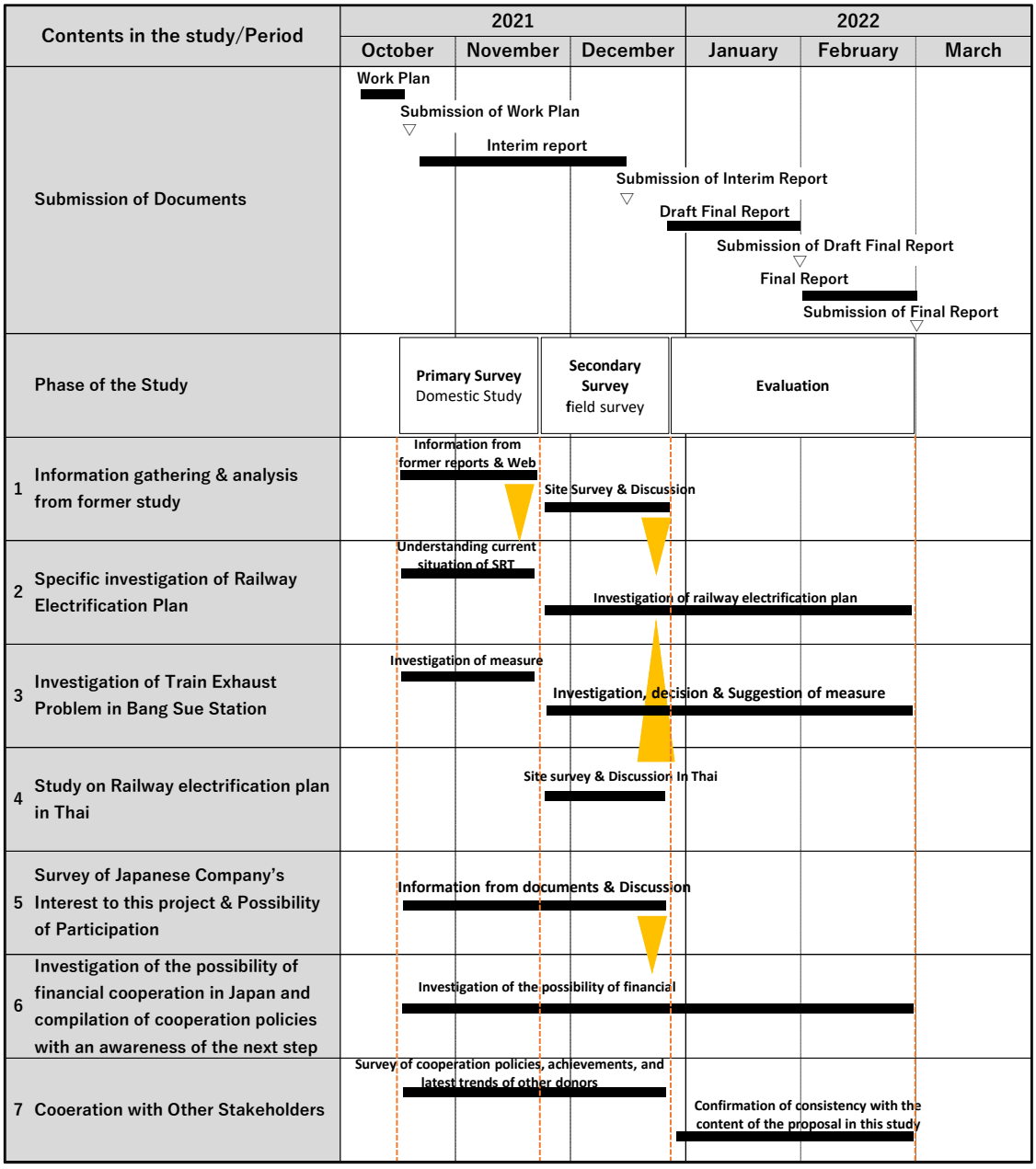



**Figure. 1.3-1 Overview of the Study**

Regarding the secondary survey, the study team, represented by the project leader, arrived in Thailand on 15th November, and, after a one-day quarantine period, started activities on 16th November, and then carried out on-site activities for 30 days.

The activities were mainly face-to-face meetings, and online meeting were held if the schedule was tight. Presentations were given to SRT at the start and the end of the activities. The contents of the activities are shown in Figure 1.3-2.

**Site study of Electrification Study in Thailand**

| DATE | | | Activity | Location | Partner |
|---|---|---|---|---|---|
| 11/15 | MON | AM | **Departure JL031（HND1120-BKK1620）** | | |
| | | PM | **Direct to isolation Dormitory** | | |
| 11/16 | TUE | AM | **Get out** | | |
| | | PM | | | |
| 11/17 | WED | AM | | | |
| | | PM | **Explanation about SRT kick-off MT** | **JICA Office** | **JICA Mr.Morita** |
| 11/18 | THU | AM | **Meeting with Red Line Project** | **JICA Office** | **MHSC Mr. Shirokihara** |
| | | PM | | | |
| 11/19 | FRI | AM | | | |
| | | PM | **Meeting about Freight transport** | **JR Freight Bangkok Office** | **JR Freight Mr.Shima** |
| 11/20 | SAT | | | | |
| 11/21 | SUN | | | | |
| 11/22 | MON | AM | | | |
| | | PM | **SRT kick-off MT** | **SRT Head Office** | **SRT Assistant Governor Mr.Anan** |
| 11/23 | TUE | AM | **SRT General plan and Policy** | **SRT Head Office** | **SRT** |
| | | PM | **Meeting with Thai electrification F/S designer** | **OCG Office** | **MHPM experts** |
| 11/24 | WED | AM | **SRT Investment plan** | **SRT Head Office** | **SRT** |
| | | PM | **Meeting about management and maintenance of Purple Line** | **JTT Office** | **JTT Mr.Yamakawa** |
| 11/25 | THU | AM | **Site visit at Bang Sue Station**<br>**Meeting with SRTET** | **Bang Sue Station** | **SRTET** |
| | | PM | **Site visit at Bang Sue Station and Red Line Depot** | **Bang Sue Station and Red Line Depot** | **SRTET** |
| 11/26 | FRI | AM | **Meeting with DRT** | **DRT Office** | **DRT Deputy Director-General Dr. Pichet** |
| | | PM | | | |
| 11/27 | SAT | | | | |
| 11/28 | SUN | | | | |
| 11/29 | MON | AM | **SRT Organization and Hunman Resource training** | **SRT Training Center** | **SRT** |
| | | PM | **Site visit at SRT Training Center** | **SRT Training Center** | **SRT** |
| 11/30 | TUE | AM | | | |
| | | PM | **Meeting about Activity Report to SRT** | **JICA Office** | **JICA Mr.Yuasa** |
| 12/1 | WED | AM | **SRT Finance** | **SRT Head Office** | **SRT** |
| | | PM | | | |
| 12/2 | THU | AM | **SRT Electrification Plan** | **SRT Head Office** | **SRT Assistant Governor Mr.Anan** |
| | | PM | | | |
| 12/3 | FRI | AM | **SRT Rolling Stock Plan** | **SRT Head Office** | **SRT** |
| | | PM | **Site visit at SRT Locomotive Depot** | **Bang Sue Locomotive Depot** | **SRT** |
| 12/4 | SAT | | | | |
| 12/5 | SUN | | | | |
| 12/6 | MON | | National Holiday | | |
| 12/7 | TUE | AM | | | |
| | | PM | | | |
| 12/8 | WED | AM | **SRT Train Operation Plan** | **SRT Head Office** | **SRT** |
| | | PM | **SRT Traial Train ride** | **Bang Sue Passenger Car Depot** | **SRT** |
| 12/9 | THU | AM | **NESDC** | **NESDC Office** | **NESDC** |
| | | PM | **Online meeting with BTS about driver training**<br>**Online meeting with BEM about driver training**<br>**Explanation of Activity Report to SRT** | **OCG Office**<br>**JICA Office**<br>**JICA Office** | **BTS**<br>**BEM**<br>**JICA Mr.Morita** |
| 12/10 | FRI | | National Holiday | | |
| 12/11 | SAT | | | | |
| 12/12 | SUN | | | | |
| 12/13 | MON | AM | **Activity Report to SRT** | **SRT Head Office** | **SRT Assistant Governor Mr.Anan** |
| | | PM | | | |
| 12/14 | TUE | AM | | | |
| | | PM | **Departure JL034（HND2205-HND540）** | | |
| 12/15 | WED | AM | **Arrived Tokyo** | | |

**Figure. 1.3-2 Activities of the Study Team in the Secondary Survey**

# Chapter2 Review of the Current Situation in Thailand and SRT

## 2.1 Geography

Thailand is located between 5 to 20 degrees north latitude and 97.5 to 105.5 degrees east longitude, with a time difference of 2 hours from Japan and 5 hours from European Standard Time (daylight saving time), and attracts many European tourists. The country is divided into the southern peninsula region, the Mekong river basin including the Korat region, and the Chao Phraya river basin, which flows into the sea through the capital, Bangkok. The Phetchabun Mountains are the watershed between the above two basins, and the railway runs to the lower part, but there is a slope of 16 ‰.

The highest point in the country is Mt. Inthanon near Chiang Mai, which is 2,565 m high. The road leading to neighboring Mawlamyaine in Myanmar also passes through a point at an altitude of 700 m. There are active faults in this area which lies at the southern end of the Alpine-Himalayan orogenic belt, and although there are earthquakes[1] the risk is small. The Andaman Sea side of the peninsula is susceptible to tsunami[2].

Most regions have the Asian monsoon climate, with a dry season from November to April and a rainy season from May to October, with floods[3] at the end of the rainy season. Unlike Japan, the rainy season is characterized by a slow start and a long inundation period. The annual rainfall in Bangkok is 1,200 mm, and the average monthly temperature is 25.5–31°C.

## 2.2 Socio-economic Condition

### 2.2.1 Socio-economic Condition

In March 2018, The Office of Transport and Traffic Policy and planning (OTP) drew up the "Rail Development Master Plan to Facilitate Special Economic Zones, Tourism and Local Area Development." The plan describes a railway to promote the development of local cities, expected to take about 30 years. Comparing the figures after the achievement of the long-term

---

[1] In May 2014, a magnitude 6.3 earthquake (on the Richter scale) hit Chiang Rai and Lampang in northern Thailand, killing one person.

[2] A magnitude 9.1–9.3 earthquake (Moment magnitude) in the Indian Ocean in December 2004 caused a tsunami along the coast of the Andaman Sea, killing more than 5,400 people.

[3] A flood in 2011 killed 450 people. A similar flood occurred in 2013, and Japanese companies actively relocated to the east of Bangkok.

investment plan in operating kilometers, for a MG (gauge of 1,000 mm), the total line length will be extended from the current 4,041 km to 6,395 km[4], and the sections with double-tracking or more will be extended from the current 280 km to 5,625 km to raise the double tracking rate from 6.9% to 88%. The electrification rate is 0%; it starts from the medium-term plan, and the goal of the long-term plan is 1,405 km, when the electrification rate will be 22%. On the other hand, the SG (gauge of 1,435 mm) mainly for high-speed railways and the Airport Rail Link (ARL) will be extended to 2,506 km in the long-term plan.

The total investment amount including the renewal of safety equipment, freight equipment and vehicles will be 2.7 trillion Baht (just under 10 trillion yen). Private funding by PPP is also envisioned.

In addition, Bangkok's urban transportation network currently has five routes and 141 km; the Red Line which will open in November 2021 and the ARL will bring the total to 207 km. The Mass Transit System Master Plan in Bangkok Metropolitan Region (M-MAP) plans to achieve a network of 503 km by 2029. Currently, revision of M-MAP to M-MAP2 is under consideration.

On the other hand, the future plan for high-speed railway (HSR) is 2,151 km for four lines, and the layout of BS Grand Sta. has already been considered for inauguration of these lines.

In the HSR construction, the 253 km section between Bangkok and Nakhon Ratchasima[5] is under construction; the 220 km section of the HSR East Line including the existing ARL, called the "High-Speed Rail Linked 3 Airport Project," is planned as a PPP business.

### 2.2.2 Rail Sector and Projects

Recently, there has been a shift from highway to railway investment in Thailand. Not only in the past but also investments in megaprojects in the railway sector such as HSR and urban railways in the M-MAP2 plan are expected to continue for the next 5–10 years. According to the 2022 MOT Annual Budget Report, the total budget of 35,753.24 million Baht from MOT will be distributed across all of the public enterprises under MOT. Among the public enterprises, railway agencies (SRT and MRTA) will receive an allocation of 31,434.51 million Baht, roughly about 88% of the total budget. In contrast, other agencies, including EXAT,

[4] Including two new lines of 678 km scheduled to be constructed in 2022. Based on materials provided by SRT. See Figure 2.2-1.

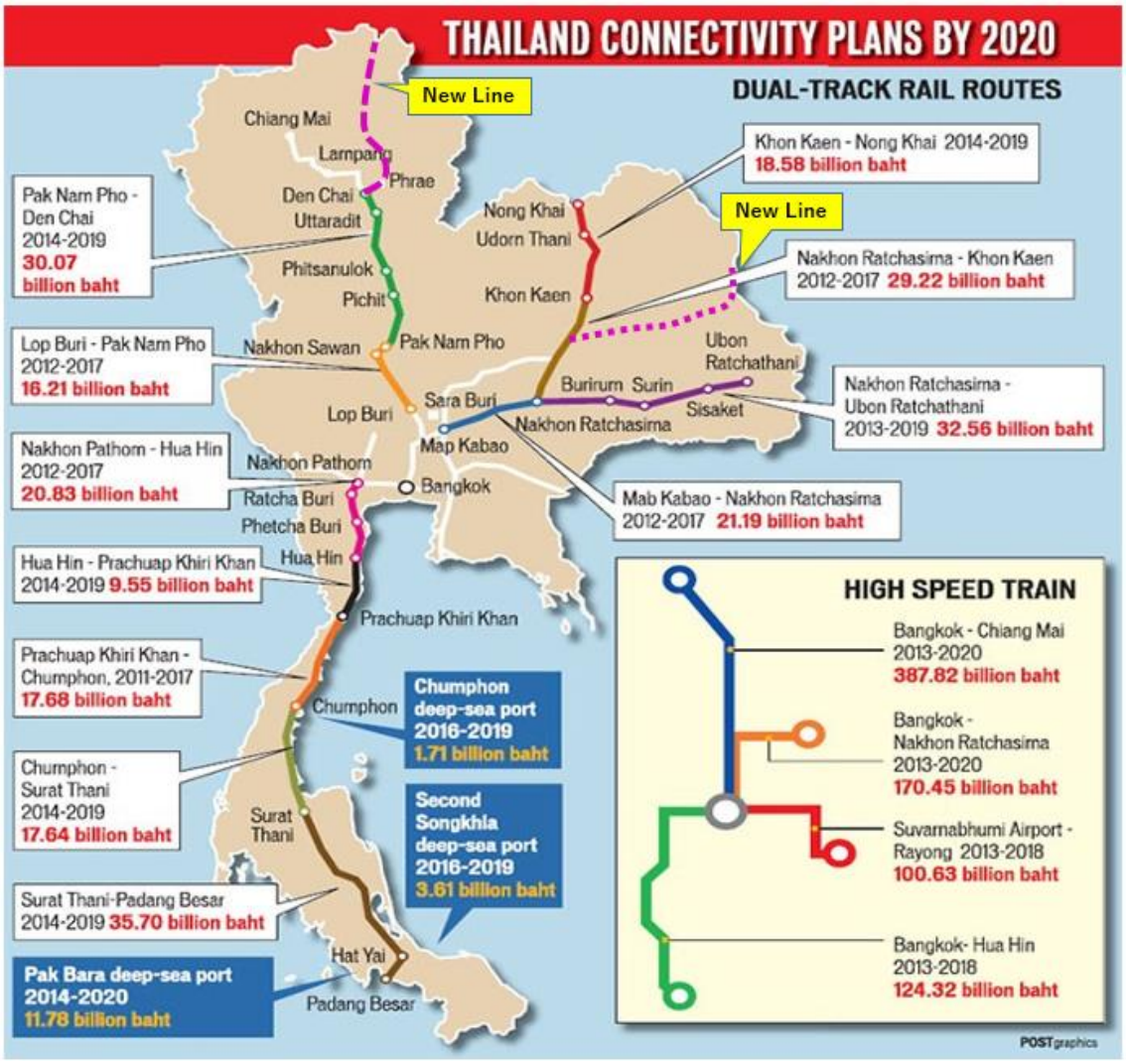
[5] The Memorandum of Understanding of the Thai-Chinese governments in 2014 states cooperation for HSR extension to Nong Khai and construction of the SG Kaeng Khoi-Map Ta Phut section mainly for freight.

BMTA, and CATC, will receive an allocation of only 4,318.73 million Baht. Railway projects under SRT in the fiscal 2022 budget are summarized in the table below.

**Table. 2.2-1 List of SRT Projects in 2022**

| No. | Project Name | Total Investment Cost (M. Baht) |
|---|---|---|
| SRT | | |
| 1 | HSR Bangkok – Nong Khai | 179,413 |
| 2 | Red Line Bang Sue – Rangsit | 9,087 |
| 3 | Red Line Bang Sue – Taling Chan (+BS Grand sta.) | 62,772 |
| 4 | Red Line Rangsit – Thammasat U. Rangsit Campus | 6,640 |
| 5 | Red Line Taling Chan – Salaya (+Additional Stations) | 10,600 |
| 6 | Red Line Taling Chan – Siriraj Hospital | 4,730 |
| 7 | Red Line Bang Sue – Hua Lamphong – Hua Mak | 49,600 |
| 8 | Double Tracking P1 Lopburi – Pak Nam Pho | 18,699 |
| 9 | Double Tracking P1 Mab Kabao – Thanon Chira | 23,910 |
| 10 | Double Tracking P1 Nakhon Pathom – Hua Hin | 15,718 |
| 11 | Double Tracking P1 Hua Hin – Prachuab Kirikan | 5,807 |
| 12 | Double Tracking P1 Prachuab Kirikan – Chumphon | 12,457 |
| 13 | Double Tracking P2 Khon Kaen – Nong Khai | 25,842 |
| 14 | Double Tracking P2 Thanon Chira – Ubon Ratchathani | 36,683 |
| 15 | Denchai – Chiang Khong Line | 72,921 |
| 16 | Ban Phai – Nakhon Panom Line | 54,684 |

Source: MOT

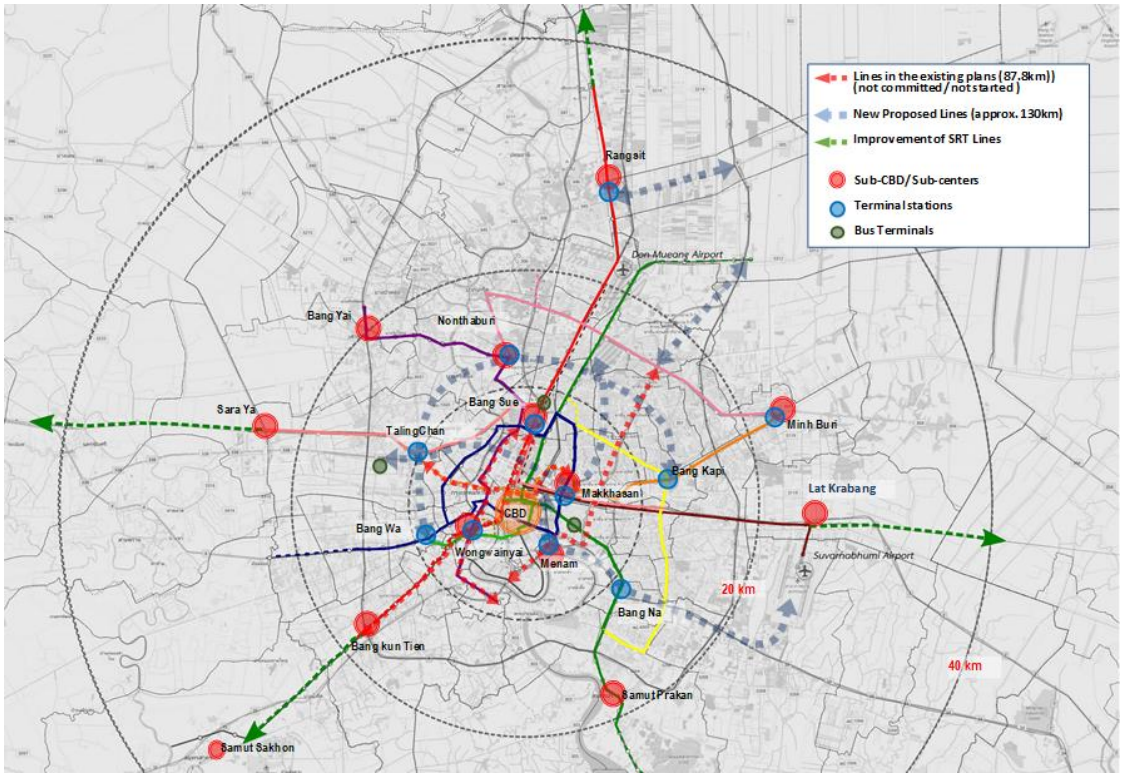



Source: JST, based on SRT information

**Figure. 2.2-1 Construction of Double-Tracking Projects and New Lines**

Currently, DRT is formulating railway master plans on a nationwide scale and for the Bangkok Metropolitan Area. However, the detailed feasibility study for each railway line is usually conducted by the project administrator such as SRT and MRTA. A new railway master plan for the Bangkok Metropolitan Area will be formulated under the M-MAP2 project, with JICA providing support to DRT. In this project, the development plan for the new mass transit system in the Bangkok Metropolitan Area as well as the TOD plan will be discussed. As for the nationwide scale, the master plan will be formulated under the R-MAP project. In R-MAP, passenger and freight volumes on regional railways will be analyzed by incorporating new factors such as the ECC, tourist attractions, and industrial estates across the country. Although the electrification sections in this study can be considered as a part of the whole regional railway network considered in R-MAP, JST has no information as to whether the electrification will be considered in R-MAP

or not.




Source: Data Collection Survey on the Development of the Blueprint for the Second Mass Rapid Transit Master Plan (M-MAP2) in The Kingdom of Thailand: Final Report

**Figure. 2.2-2 Proposed New Urban Rail Corridor in M-MAP2 Blueprint**

### 2.2.3 Energy Environment

#### (1) Energy Consumption and Production

**① Energy Production**

Energy production in Thailand comes from natural gas (about 60%), coal and lignite (18%), imports (12%) and renewable energy (9%). The country's power development plan puts particular focus on reducing reliance on natural gas. The plan aims to maintain the same power production capacity target of 77,211 MW in 2037, with additional capacity from new projects (56,431 MW) and reductions from the retirement of outdated power plants (25,310 MW).

**② Energy Consumption**

In 2020, total energy consumption in Thailand was 77,340 ktoe, of which the majority was for commercial use, amounting to 66,821 ktoe (86.40% of the total). The transport sector accounted for the largest share of final energy consumption, at around 38.40%. Energy production in 2020 was 65,821 ktoe, over 60% of which was commercial energies such as from

crude oil and natural gas.

### (2) Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy

#### ① Paris Agreement and global trend

According to the Paris Agreement, a legally binding international treaty on climate change, adopted by 196 Parties at COP21 in Paris on 12 December 2015 and entered into force on 4 November 2016, the goal is to address climate change by keeping the global temperature rise this century well below 2 degrees Celsius above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase even further to 1.5 degrees Celsius.

By 2020, countries submitted their plans for climate action known as Nationally Determined Contributions (NDCs). For example, Japan has set a $CO_2$ emission reduction target of 26% by 2030 compared to the 2013 level according to the resolution of COP21 made in 2015.

In April 2021, the British government announced a policy to reduce $CO_2$ emissions by 78% by 2035 compared to 1990 levels and to return to zero compared to 1990 levels by 2050. In 2018 the Department for Transport challenged the rail industry to remove all diesel-only trains from the network by 2040. Moreover, the Scottish Government has set a target to decarbonize domestic passenger rail services by 2035. As rail traction accounts for the largest proportion of rail emissions, to achieve net-zero, diesel traction will need to be reduced. The alternatives to diesel passenger trains are battery, electric or hydrogen rolling stock.

#### ② Thailand's target

According to Thailand's updated Nationally Determined Contribution (NDC) 2021–2030, Thailand intends to reduce its greenhouse gas emissions by 20 percent from the business-as-usual (BAU) baseline by 2030 with the total reduction of 111.0 $MtCO_2eq$, of which the transport sector has a total potential to reduce greenhouse gas emissions by 41 $MtCO_2eq$ by 2030, by taking measures to: 1) increase the efficiency of transportation energy consumption (8 $MtCO_2eq$), 2) change the transportation mode (23 $MtCO_2eq$) and 3) use biofuels for vehicles (10 $MtCO_2eq$). The total target reduction could reach 25 percent with the support of technology development and financial resources.

According to Thailand's Long-term Low Greenhouse Gas Emission Strategy (LEDS) goals of becoming carbon neutral in 2065–2070 and under the National Energy Plan (NEP 2022), Thailand will achieve net-zero carbon dioxide emissions by 2070, with renewable electricity plants accounting for 50% of new power generation capacity by 2050 and new electric vehicles (battery electric vehicles (BEV) and plug-in hybrid electric vehicles (PHEV)) accounting for 69% of the market by 2035. If improvements in energy efficiency are incorporated, Thailand will achieve net-zero carbon dioxide emissions as early as 2065.

According to the roadmap for the Nationally Determined Contribution (NDC), mitigation measures of the transport sector include "avoid/reduce traveling," "shift/maintain travel modes" and "improve energy efficiency in transport." The transport sector has the potential to reduce greenhouse gas emissions by 35.42 $MtCO_2eq$ in 2030. OTP identifies potential mitigation measures from relevant plans such as travel demand management (TDM), transit-oriented development (TOD), expansion of the railway network, and bus fleet upgrades. Under the strategy, the transport sector needs to increase the energy efficiency to 68% of total final energy consumption in 2050.

### (3) 20-Year National Strategy (2018–2037)

Under the 20-Year National Strategy (2018–2037), the Ministry of Transport has formulated a 20-year transport system development strategy (2018–2037), focusing on infrastructure development to build competitiveness, improve quality of life, be environmentally friendly, and make the rail system the axis of the country's travel and transportation.

Generally, main transport modes are road, air, water and rail. In many developed countries and regions such as Japan, Europe, Germany and North America, rail is a common mode of transport, but in developing countries, road transport plays a major role in transportation, resulting in traffic problems and less efficient use of energy. Similarly, Thailand still mainly relies on road transport while rail accounts for only a small portion of both passenger and freight. According to statistics of the Office of Transport and Traffic Policy and Planning (OTP), in 2017, the portion of passenger transportation by rail was 5%, whereas 91% was by road; also, the portion of freight transportation by rail was only 1.4%, whereas 87.5% was by road. Regarding energy consumption, the energy consumption index of private cars and buses is 5 times and 1.7 times that of public rail, respectively. For freight transportation, the energy consumption index of trucks is 3.5 times that of freight rail.

### (4) National Energy Plan 2022

The Government prepared the "National Energy Plan 2022" under the Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy as follows.

- RE>50% : Adjusting the proportion of electricity generation RE >50%
- EV 30@30 : Set targets for EV according to 30@30 policy and supporting infrastructure
- EE>30% : Increase energy efficiency by more than 30%
- 4D1E : Digitalization, Decarbonization, Decentralization, Deregulation, Electrification

### (5) BCG Economy & Green Growth Strategy

The Ministry of Environment, which is appointed as the focal point, prepared "BCG (Bio, Circular, Green) Economy & Green Growth Strategy." Its relevance to the transport sector includes promoting the use of EV technology to reduce emissions, and promoting the manufacture of electric vehicles and parts.

### (6) Energy consumption in the transport sector

Due to the imbalances in Thailand's transport sector which mainly focuses on road transport, the statistics of the Energy Policy and Planning Office showed that in 2017, the transport sector consumed 40% of the country's total energy consumption, almost 80% of which was consumed by land transport, causing Thailand to import a lot of energy for consumption. As a result, the country's economy is sensitive to changes in energy prices in the world market, especially oil prices.

In addition, Thailand, as a developing country, still needs to use fossil fuels and its urban areas are undergoing rapid growth, causing a continuous and increasing need for energy. This results in higher greenhouse gas (GHG) emissions. Thailand ranked 13th in the extreme risk category that is the most vulnerable to the future impacts of climate change over the next thirty years. It was found that the greenhouse gas emission rate of private cars is 9.49 times that of rail, while the rate of buses is 4.13 times that of rail.

For this reason, the Thai government recognizes the importance of shifting transport modes to rail as the country's main mode of transport and promoting the use of high-efficiency/energy-saving vehicles including the pursuit of renewable energy (RE), which is clean energy, to reduce the use of fossil fuel, help reduce pollution problems, and make the transportation system more environmentally friendly.

### (7) SRT's environmental target

SRT's environmental target is an integral part of the 20-year action plan (2020–2040)::

- 2020–2025: Promote core businesses through rehabilitation and infrastructure development.
- 2025–2030: Shift to an energy-saving and eco-friendly transportation system.
- 2030–2035: Save energy by over 50% by the eco-friendly transportation system (compared to 2020 level).
- 2030–2035: Save energy by over 90% by the eco-friendly transportation system (compared to 2020 level).

### (8) Consistency with government policies

As illustrated in the following table, few projects in the NDC Roadmap are clearly defined as electrification projects. However, as explained above, SRT electrification is closely aligned with the policy of the government, goals and objectives (in particular, the Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy, 20-Year National Strategy (2018–2037), National Energy Plan 2022, and BCG Economy & Green Growth Strategy), and SRT's action plans:

Even though the energy policy focuses on EVs for the automobile industry, railway electrification and the introduction of B-EMU will help accomplish the goal. The Government aims to reduce the environmental burden through research and development and industry localization. The promotion of local production of EMU as well as the development of new technologies such as B-EMU will ensure consistency with the policy.

Among the keywords under 4D1E, decarbonization and decentralization are highly relevant to the electrification project. Decarbonization can be promoted by shifting from the existing diesel technology to EMU and B-EMU, while decentralization can be realized by extending the electrified sections to the suburbs and provinces, thereby reducing travel time to and from Bangkok.

**Table. 2.2-2 SRT Projects and Contributions to Decarbonization as per the NDC Roadmap**

| No. | Investment Plan | short-term | mid-term | long-term | Responsibility |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Construction of 32 double-track railways | 1.43 | 0.03 | 0.02 | SRT |
| 2 | Construction of 20 mass transit and suburban train routes (including extensions) | 0.14 | 0.89 | 0.03 | SRT, SRTET |
| 3 | Construction of 14 new railway lines | 0.03 | 0.03 | 0.03 | SRT |
| 4 | Construction of HSR + EEC, a total of 4 routes | 0.75 | 0.7 | 1.34 | SRT |
| 5 | Modification of 8 power electric bogies | 0.009 | | | SRT |
| 6 | Modification of 12 electric power bogies | 0.0136 | | | SRT |
| 7 | Procurement of electric diesel locomotives Replace 50 GE diesel-electric locomotives | 0.0096 | | | SRT |
| | Sub-total | 2.3822 | 1.65 | 4.0322 | |
| | Grand-total | | 8.0644 | | |
| | Total in Transport Sector | | 35.42 | | |
| | Share of SRT Projects | | 22.8% | | |

Source: NDC Roadmap

### (9) Air pollution problem

Bangkok faces serious pollution problems due to car exhaust emissions. For example, regarding PM2.5, the safety benchmark set by the Pollution Control Department (PCD) is 50

μg/m$^3$, but the figure in Bangkok is 37 μg/m$^3$. The situation is worsened by dust storms during the dry season from November to February. The BMA is tackling the following issues:

1. Car exhaust smoke
2. Burning off the fields
3. Construction work of railway and road

The exhaust smoke particles produced by DLs are especially small and cause respiratory diseases. Railway electrification is one way to prevent this.

## 2.3 Current status of the SRT and issues

### 2.3.1 Organization, Facilities, Train Operation, SRT's vehicle investment plan

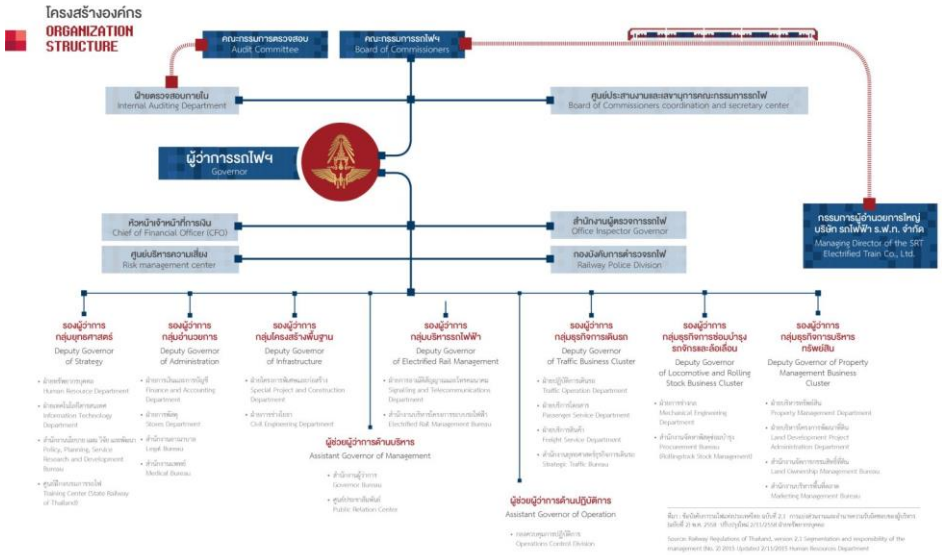
#### (1) Organization

SRT has seven Deputy Governors and two Assistant Governors under the Governor, each of whom is in charge of a department as follows.

- Strategic Department
- Administration Department
- Infrastructure Department
- Electrified Rail Management Department (SRTET)
- Traffic Business Department
- Locomotive and Rolling Stock Business Cluster
- Property Management Business Cluster
- Management Department
- Operation Department

Of these, drivers related to train operation belong to the Driving Business Division, and factory workers involved in vehicle maintenance belong to the Locomotive/Vehicle Division. As will be described later, SRT as a whole has a total

of 13,000 full-time and part-time employees.




Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.3-1 Organization of SRT**

### (2) Civil Structures for Electrification

This section describes the necessary items for the civil structures directly required for railway electrification, as well as for improving transportation capacity and increasing speed (increase in average speed) by railway electrification.

The double-tracking of the four main lines, which is currently underway, basically aims for the future electrification policy. In addition, in the sections where there have been no large-scale improvement projects such as double-tracking and commuter rail (Red Line) construction for a long period, investments are insufficient.

Therefore, when newly electrifying sections, it is necessary to check the following civil structures and invest if they are not implemented.

The Right of Way (ROW) of SRT is 80 m wide in flat areas; this makes construction and alignment improvement work easier. The double-tracking work includes the following contents.

#### ① Track strengthening

Ballast shall be replenished or replaced, and also turnouts, rails, and concrete sleepers shall be replaced where necessary. Considering the future speed increase and the train numbers increase, the concrete sleepers shall be heavier. Insulation shall be required for the signal current and the regression current due to electrification, and rubber pads with insulation are required.

**② Curve improvement and gradient improvement**

Curve improvements are made to allow trains to pass at higher speeds, and gradient improvements are made to increase the traction constant of freight trains in particular.

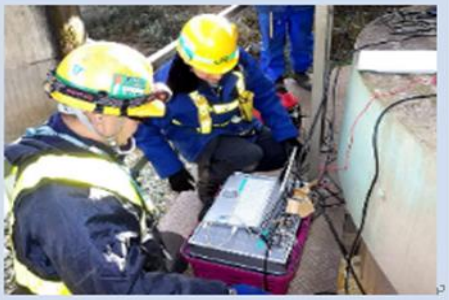
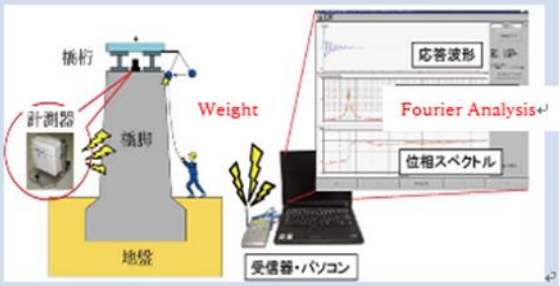
For this purpose, in the double-tracking work on the northeastern line, the tunnels has been constructing by SRT adopting mountain construction method the first on short-cut route, and the slope was lowered to 10 ‰. They are located in the Phetchaburi Mountains (about 140km from Bangkok) and consist of two parallel single track tunnels with a length of 5.2km. Inside the tunnel height is 8.5m and width is 7.5m. As of November 2021, the tunnel construction progress rate is 89%.

**③ Replacing old bridges and strengthening disaster prevention**

Replacing old truss bridges and taking measures to prevent pier scouring. Furthermore, it shall be necessary to overcome soft ground, to strengthen embankments, and to strengthen drainage channels.

Similar research is needed before electrification project because of the faster speed.

For reference, Figure 2.3-2 shows an example of diagnosis in Japan.

| Stress on Steel Superstructure<br>Testing System<br>By BMC | Soundness judgment system for piers and abutments<br>(Impact test) |
|---|---|
| The measurement sensor measures the current yield strength (stress measurement) when the trains pass by. Based on the results, the diagnoses for the current yield strength, remaining life, and train running safety are performed. | After scouring the ground around the bridge foundation due to flooding, the response waveform of the structure obtained by heavy weight impact is measured, and the response waveform is Fourier analyzed to obtain the natural frequency and vibration mode. Quantitative evaluation is performed on the rigidity of the bridge to determine the soundness of the bridge substructure. |
|  |  |

Source: JST

**Figure. 2.3-2 Strength Measurement of Current Structure**

**④ Overpass**

The problem of abolishing rail crossings will receive much attention, not only due to railway factors such as operating high-speed trains and long freight trains, but also road factors as traffic jams at rail crossings. Therefore, it is necessary to grade-separate roads such as by providing crossing bridges for automobiles and pedestrian bridges for residents.

The current double-tracking project under construction is aims to achieve complete grade separation, but some rail crossings remain due to local consultations. There are two types of crossing bridges, one is a crossing that is close to a right-angle by the road side budget, and the other is a U-turn crossing bridge that secures an approach within the SRT ROW by the SRT budget. Furthermore, for residents, overpass pedestrian bridges are installed near the station and in necessary locations (railroad crossing abolition points). At bridges, sufficient clearance to allow trains to pass should be considered for electrified construction gauge.

The investigations and confirmations of the above installation are necessary before the electrification work.

In Japan, track lowering work is carried out if the clearance is insufficient.

**⑤ Continuous structure for graded crossing**

Since there are many railroad crossings in medium-and large-size cities, it is necessary to elevate the railway and perform continuous grade separation. In the double-tracking project, this is being implemented in some areas such as the city of Khon Kaen and Hua Hin.

**⑥ Station building renewal**

It is necessary to improve the station building in order to improve the comfort of passengers' railway image by double tracking and electrification. In the current double-tracking project, the old station buildings was demolished and changed into new station buildings. The building size is adopted according to the size of the city. The platform level is raised to the same height as the floor of the vehicle, and a platform roof is provided to prevent rainwater.

Before the electrification project, these matter shall be investigated and confirmed, and invasion of the construction gauge (cross section for electrification) by station roofs are also be investigated and confirmed.

**⑦ Signal upgrading (ETCS)**

Safety must be ensured for increasing the speed.

The double-tracking project adopts ETCS Level 1 of EN.

Accordingly, civil structures strengthening are being strengthened in the double tracking project, and is also required for measures such as increasing the transportation volume and speed (increase in average speed) by railway electrification are also required.

Taking the North Line as an example, Table 2.3-1 shows the current status and plans of facilities, signals, and electricity. These policies are the same for the four related works on the North Line, Northeast Line, East Line, and South Line.

Regarding facilities, when increasing the transportation capacity or speed, it is necessary to consider measuring the yield strength of existing structures and countermeasures, strengthening the track, and upgrading the maintenance method.

**Table. 2.3-1 Status table of facilities, signals, and electricity in North Line**

| Station | km | No. of Main Tracks | | | Signal | | Electrification | | Investment Projects |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Long Distance | Red Line | Refugee Track*1 | Long Distance | Red Line | Long Distance | Red Line | |
| Hua Lamphong | 0 | | | | | | | | |
| Bang Sue | 7 | | | | | | | | |
| Chatuchak | 10 | 2 | 2 | 2 | *2 | ETCS1 | *3 | Yes | Red Line Ph1 (Inagulated) |
| Don Muang | 22 | 2 | 2 | 2 | *2 | ETCS1 | Yes | Yes | Red Line Ph1 (Inagulated) |
| Rangsit | 31 | 2 | 2 | 2 | *2 | ETCS1 | *3 | Yes | Red Line Ph1 (Inagulated) |
| Thammasat | 40 | 2 | *2* | | | *ETCS1* | *3 | | Red Line Ph2 (UnderApproval) |
| Ayutthaya | 71 | 3 | *2* | | | | *3 | | Red Line Ph3 (Planned) |
| BanPhachi | 90 | 3 | | | | | *3 | | |
| Biginning of DLB | *122* | 2 | | | | | *3 | | |
| End of DLB | 144 | *1→2* | | | ETCS1 | | *3 | | Double Tracking Ph1(UdrConstr.) |
| Pak Nam Pho | 250 | *1→2* | | | ETCS1 | | *3 | | Double Tracking Ph1(UdrConstr.) |
| Den Chai | 534 | 1 | | | | | *3 | | Double Tracking Ph2(Udf Approval) |
| Chiang Mai | 751 | 1 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| 1) Structure | 2 | Elevated |
| | 2 | Ground with graded crossing |
| | 2 | Ground with graded crossing after completion of construction |
| | 1 | Ground with grade crossings |

2) DLB=New Detour route for Lop Buri to avoid the cultural heritage in existing Lop Buri station at KM133.
Old line will remain with current double track up to existing Lop Buri station.
*1 Old line remains as Refugee Track for freight and local trains on the ground with level crossings
*2 ETCS1 is already Installed on the track., however rolling stock is not equipped yet.
*3 Future SRT Electrification Project in refer to SRT Electrification F/S

Source: Materials provided by SRT

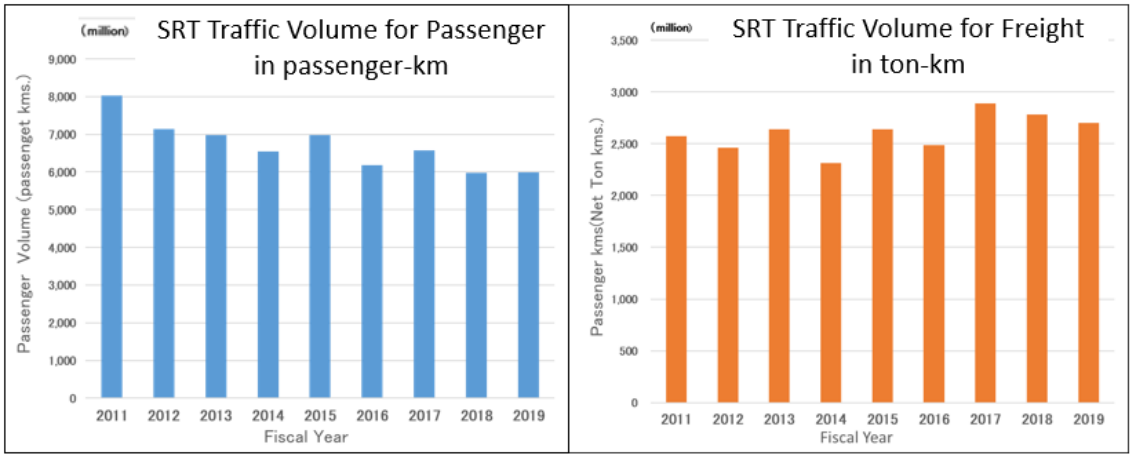
### (3) Transportation volume and train operation

The current passenger transport is 37 million people annually (2019), of which two-thirds are Public Service Operation (PSO). The Ordinary Train is applied for PSO, and the revenue will be only half of the total rail operation revenue, which is covered by the government. On the other hand, there are Super Express, Express, and Rapid trains, which are called Commercial Operations, and they have special charges. In the SRT business plan in 2019, they operate 84

trains per day for Commercial Operation (limited express, rapid train, etc.) and 152 trains per day for PSO as passenger trains.

According to the passenger and freight transport strategy received from SRT, the basic strategy is as follows;

1. Increase sales of passengers and shipments
2. Develop and improve service quality for customer satisfaction
3. Develop and expand travel demand using railways
4. Develop SRT image strategy and system efficiency
5. Improve passenger cars for travel
6. Identify business partners
7. Develop travel goods




Source: JST from materials provided by SRT

**Figure. 2.3-3 Recent traffic volume for passengers and transported**

Passenger transport volume has been around 6-8 billion passenger-kilometers per year for the last nine years, with a slight downward trend. The number of passengers is between 100,000 and 120,000 per day. In 2020, the transportation volume fell to 70% of that in 2019 due to the impact of COVID-19.

### (4) Freight transport volume and train network

Freight transportation is 2.3-2.9 billion ton-kilometers per year, showing a slight increasing trend. The daily volume handled is about 40,000 tons. According to the materials received from SRT, SRT's strategy emphasizes the following three points.

1. Container transportation in cooperation with trucks as feeders
2. Transportation by goods specializing in oil and limestone

3. Shuttle transportation between Lat Krabang ICD and Laem Chabang Port

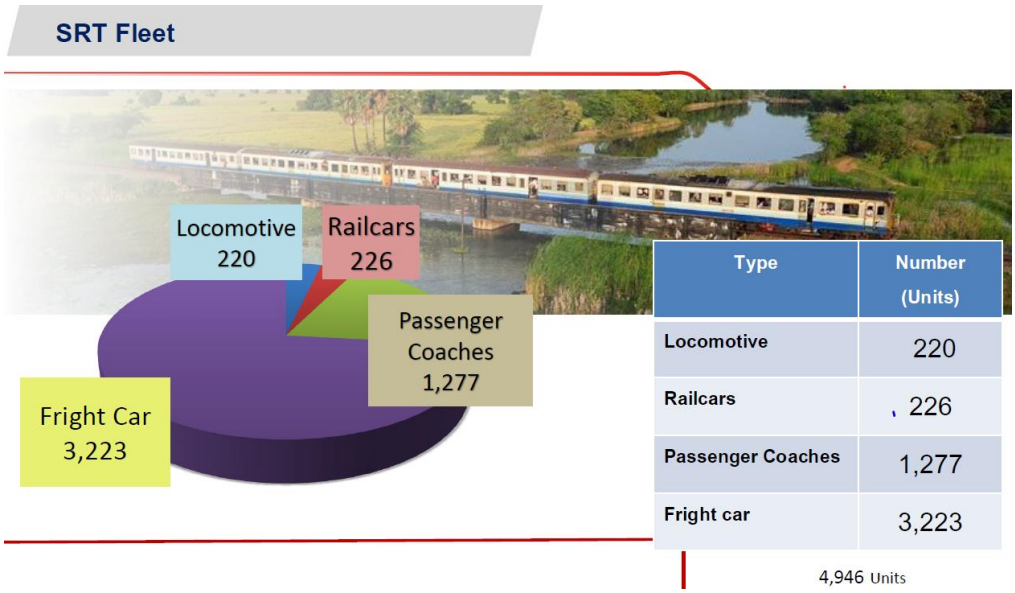
It is good to abandon the conventional policy of the train system in which each freight car of a train goes to different destinations. In addition, the policy to consolidate freight stations by utilizing trucks will save labor and assist faster delivery of goods.

As shown in Section 2.3.3, China and Laos are connected for the first time by rail, and a transshipment base between meter gauge (MG) and standard gauge (SG) freight cars is under construction. Since the transportation volume is expected to increase, it is necessary to increase the transportation capacity. The amount of freight transported in ton-base is shown in Figure 3.2-3.

### (5) SRT's vehicle investment plan

#### ① Vehicles owned by SRT

SRT currently has a fleet of 220 DLs, 226 DMUs, 1,277 passenger cars, and bogie flat wagons, most of which have been in use for a long time. The replacement of vehicles is under consideration.




Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.3-4 Vehicles owned by SRT**

Locomotive

| DESCRIPTION | CSR 5101-5120 | GEA 4523-4560 | Hitachi 4501-4522 | Alsthom 4101-4420 | GE 4001-4050 |
|---|---|---|---|---|---|
| Number of Cars | 20 | 36 | 21 | 98 | 45 |
| Number of cars available | 17.95 | 27.21 | 15 | 71.89 | 33.07 |
| Locomotive maker | China | U.S.A. | Japan | France Germany | U.S.A. |
| Year in service | 2015 | 1996 | 1993 | 1974 -81 | 1964 -67 |
| Service life | 7 | 25 | 28 | 40 - 47 | 54 - 57 |
| Max. Speed(km/h) | 100 | 100 | 100 | 95-100 | 103 |

Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.3-5 DL owned by SRT**

DMU : Diesel multiple units

| DESCRIPTION | RH/RHN | THN/NKF/ATR | ASR | ADR |
|---|---|---|---|---|
| Number of Cars | 58 | 112 | 17 | 39 |
| Number of cars available | 41.44 | 77.41 | 4.92 | 27.76 |
| Locomotive maker | Japan | Japan | England | Korea |
| Year in service | 1967-71 | 1983-85 | 1991 | 1995 -96 |
| Service life | 50-54 | 36-38 | 30 | 25 - 26 |
| Max. Speed(km/h) | 85-90 | 100 | 120 | 120 |

Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.3-6 DMU owned by SRT**

Passenger Coaches

| DESCRIPTION | Ordinary | Air-Conditioned |
|---|---|---|
| Number of Cars | 890 | 337 |
| Number of cars available | Japan, Belgium, Thailand, England, Australia | Japan, Korea, Thailand, China |
| Locomotive maker | 1949-2001 | 1968 - 2016 |
| Year in service | 20-72 | 5-53 |

Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.3-7 Passenger Car owned by SRT**

**Wagons**

| DESCRIPTION | 4-wheeled wagon | 8-wheeled wagon |
|---|---|---|
| Number of Cars | 1,152 | 2,071 |
| Year in service | 35-95 | 4-101 |

Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.3-8 Freight Car owned by SRT**

Currently, SRT plans to procure the following vehicles for commercial use.

**② DEL/EL investment plan**

- The purchase of DELs for replacement has been underway since 2015, with the first phase of 20 DELs expected to be delivered in March 2022, and the procurement of 50 locomotives to be completed in 2023.
- In 2027, procure 30 DELs for rent and freight trains; now in the process of collecting information to present the project.
- In 2036, procure 50 DELs or ELs as an alternative to Alstom.

**③ DMU/Bi-Mode Vehicle/EMU Investment Plan**

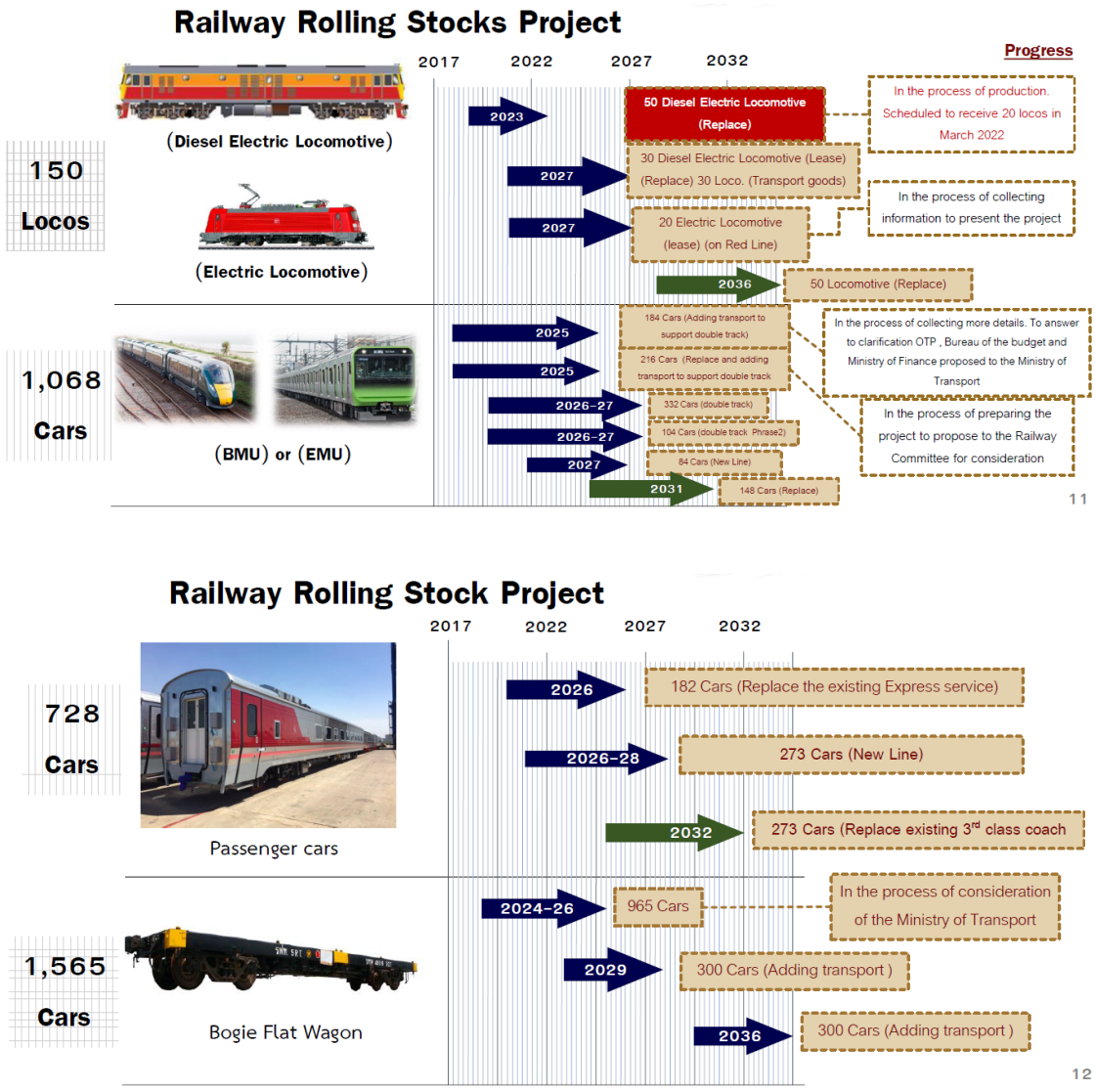
- In 2025, procure 184 cars to increase services and 216 cars for alternative.
- In 2026, procure 332 cars for the double-tracking project.
- In 2026–2028, procure 84 cars for the new line construction project.
- In 2027, procure 104 cars for Phase 2 of the double-tracking project.
- In 2029, procure 148 cars for local trains.

**④ PC investment plan**

- In 2026, procure 182 cars for express train alternatives.
- In 2026–2028, procure 273 cars for the new line construction project.
- In 2032, procure 273 cars for rapid trains.

**⑤ FC investment plan**

- In 2023–2025, procure 965 cars (approved by SRT committee already).
- In 2026, procure 300 cars for increased services.
- In 2032, procure 300 cars for increased services.




Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.3-9 SRT Vehicle Investment Plan**

### 2.3.2 Positioning of railway electrification plan

The investment plan for SRT focuses on the expansion of double-tracked sections, and will be implemented in two phases. Seven lines are planned as Phase 1 of the 2023 completion target, followed by seven lines as Phase 2 to be completed by 2025.

When the double-tracking project is completed, the line capacity of the line will increase, so it will be possible to increase the number of trains. For this reason, SRT is planning to procure passenger cars, locomotives, and freight cars after the completion of double-tracking.

The SRT authorities also understand that the electrification business should be carried out in step with the modernization plans in the civil and rolling stock sector. For example, after electrification, some of the passenger cars will be changed into EMUs.

However, it is not indispensable compared to modernization projects in other departments, and it is difficult to understand the effect of implementation, so the priority of electrification is relatively not so high.

Source: SRT

**Figure. 2.3-10 SRT Double-Tracking Plan（Phase1）**

Source: SRT

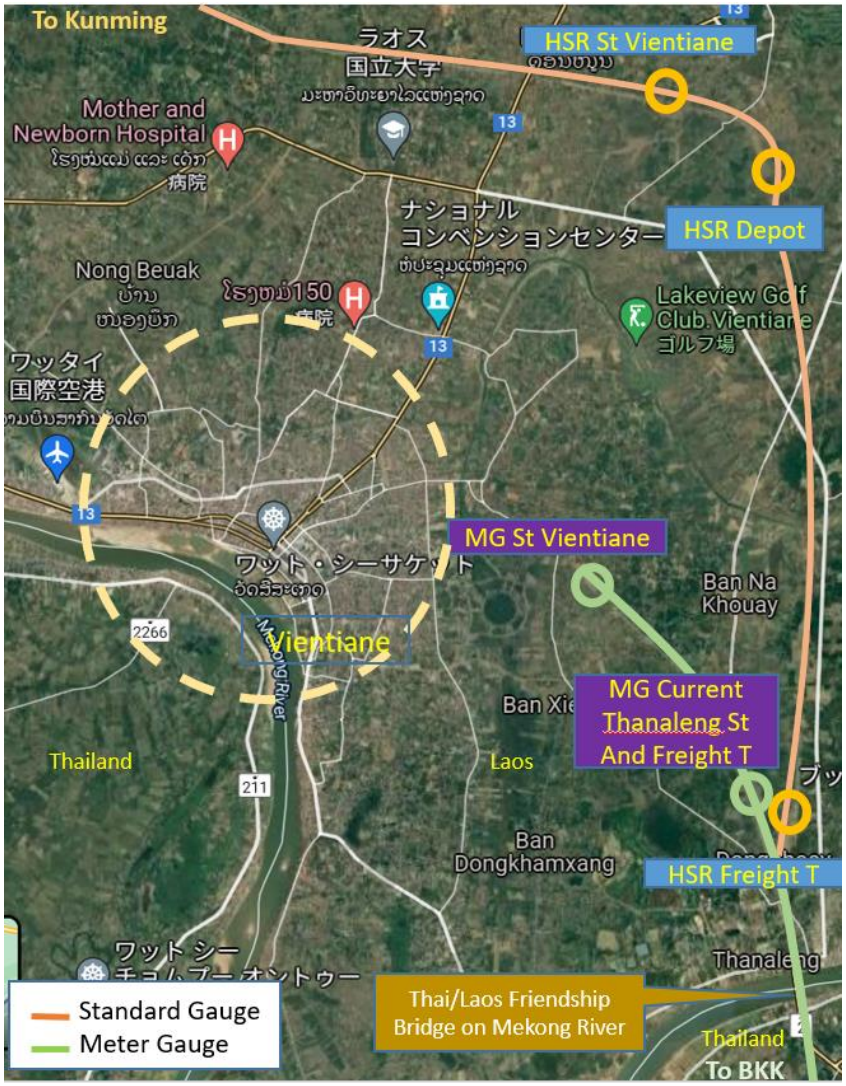
**Figure. 2.3-11 SRT Double-Tracking Plan（Phase2）**

### 2.3.3 Thailand-Laos-China Railway Link

#### (1) Rail link and Vientiane city center in December 2021

The HSR connecting Kunming Yunnan Province in China and Vientiane, the capital of Laos, was opened. Its length in Laos is 422 km, and it is standard gauge. Passenger trains and freight trains are designed to travel at the speed of 160 km/h and 120 km/h, respectively. The distance between Kunming and Vientiane is 1,035 km, with passenger trains taking 10 hours.

Vientiane HSR Station is located in the suburbs, 13 km north-east from the city center. The line goes further south to the eastern suburbs. Farther south, there is a HSR depot, and a freight transshipment base is under construction at the current terminal station of the conventional line (MG) at Thanaleng. From here, the line goes to the Na Tha transshipment (container) base to the south of Nong Khai, Thailand. From Thanaleng to Nong Khai, passenger DMUs run two round-trips/day, and there are also a few freight trains. The combined road/rail bridge over the Mekong River on the border was opened in 1994, the first bridge between Thailand and Laos; the road part was opened in 1994, and the railway part was opened in 2009. Currently, SRT manages the operation. Passenger trains make two round-trips per day, and cargo is scheduled to operate seven round-trips per day soon. Trains on the bridge are tentatively restricted to a 12-car configuration, but an investigation to allow 25 cars is under way. There is a plan to construct a new railway bridge (three rail tracks that can be used for both SG and MG) in parallel with this bridge, and talks between the three countries including China have already begun. Extension of the conventional line to central Vientiane (7 km east of the city center) is under construction. For reference, the current Vientiane airport is extremely convenient, 6 km from the city center.




Source: JST on the basis of google map

**Figure. 2.3-12 Railways (SG and MG) in Vientiane**

### (2) China and Laos railway timetable and fares

Table 2.3-2 shows the timetable between Vientiane and Boten, facing the Kunming border in China. The section distance of 414 km takes 4 hours and 4 minutes (southbound), and the nominal speed is 138 km/h. The hard seat fare (third class) is 2,380 JPY, which is as low as 5.75 JPY/km.

The cautionary note in this table states that a double vaccination certificate and a negative certificate within 72 hours of boarding are required as a measure against COVID-19. There are

reports that the first freight train runs from Kunming to Vientiane. [6]

**Table. 2.3-2 Timetable and fares of China - Laos railway**

ຖ້ຽວລົດໄຟນະຄອນຫຼວງ-ບໍ່ເຕ່ນ
中老铁路旅客列车时刻表
Laos-China Railway Timetable

| 车次No. | G82 ຂາໄປ | G84 ຂາໄປ | ສະຖານີ 站名 Station | G81 ຂາກັບ | G83 ຂາກັບ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ນະຄອນຫລວງວຽງຈັນ | | | |
| ລົດອອກ 开 Dep.T | 08:00 | 16:10 | 万象 Vientiane 0km | 15:19 | 20:46 | ຮອດ 到 Arri.T |
| ຮອດ 到 Arri.T | 08:30 | ——:—— | ໂພນໂຮງ 65km | ——:—— | 20:15 | ລົດອອກ 开 Dep.T |
| ລົດອອກ 开 Dep.T | 08:33 | ——:—— | 琅洪 Phon Hong | ——:—— | 20:12 | ຮອດ 到 Arri.T |
| ຮອດ 到 Arri.T | 09:01 | ——:—— | ວັງວຽງ 125km | ——:—— | 19:44 | ລົດອອກ 开 Dep.T |
| ລົດອອກ 开 Dep.T | 09:04 | ——:—— | 万荣 Vang Vieng | ——:—— | 19:41 | ຮອດ 到 Arri.T |
| ຮອດ 到 Arri.T | 09:56 | 18:02 | ຫລວງພະບາງ 238km | 13:39 | 18:50 | ລົດອອກ 开 Dep.T |
| ລົດອອກ 开 Dep.T | 10:01 | | 琅勃拉邦 Luang Parbang | 13:34 | | ຮອດ 到 Arri.T |
| ຮອດ 到 Arri.T | 10:46 | | ເມືອງໄຊ 338km | 12:49 | | ລົດອອກ 开 Dep.T |
| ລົດອອກ 开 Dep.T | 10:49 | | 孟赛 Mueang Xai | 12:46 | | ຮອດ 到 Arri.T |
| ຮອດ 到 Arri.T | 11:20 | | ບໍ່ເຕ່ນ 磨丁 Boten 405km | 12:15 | | ລົດອອກ 开 Dep.T |

票价公布请关注车站公告，以车站公告为准。

ຕາຕະລາງລາຄາປີ້ໂດຍສານລະຫວ່າງຕົ້ວເມືອງຫຼັກ (ລວມທ່າປະກັນໄພ 2 ຢວນ)

| ຕົ້ນທາງ | ປາຍທາງ | ລາຄາປີ້ຂະຫຍອນລົດໄຟ EMU ຊັ້ນ 1 一等座 | | ລາຄາປີ້ຂະຫຍອນລົດໄຟ EMU ຊັ້ນ 2 二等座 | | ລາຄາປີ້ຂະຫຍອນລົດໄຟ ຖຈາມໄຈທ໋ານະຕາ 硬座 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (ຢວນ/ ຄີບ/ ຖ້ຽວ)元 | (ກີບ/ ຄີບ/ ຖ້ຽວ)基普 | (ຢວນ/ ຄີບ/ ຖ້ຽວ)元 | (ກີບ/ຄີບ/ ຖ້ຽວ)基普 | (ຢວນ/ ຄີບ/ ຖ້ຽວ)元 | (ກີບ/ ຄີບ/ ຖ້ຽວ)基普 |
| ນະຄອນຫຼວງ ວຽງຈັນ 万象 Vientiane | ໂພນໂຮງ Phon Hong | 48 | 86.000 | 31 | 56.000 | 22 | 40.000 |
| | ວັງວຽງ Yang Vieng | 91 | 164.000 | 57 | 103.000 | 41 | 74.000 |
| | ຫຼວງພະ ບາງ 琅勃拉邦 | 174 | 313.000 | 110 | 198.000 | 78 | 140.000 |
| | ເມືອງໄຊ 孟赛 | 246 | 443.000 | 155 | 279.000 | 110 | 198.000 |
| | ບໍ່ເຕ່ນ 磨丁 | 294 | 529.000 | 185 | 333.000 | 132 | 238.000 |

Source: SRT

### 2.3.4 Rail Transport Act

The Rail Transport Act is described here because it is related to the entry of new operators into SRT lines, and driver's license.

The Rail Transport Act, which is currently being newly enacted by DRT, was formulated with reference to the Railway Operation Act and the Railway Business Act of Japan. The main items are shown below.

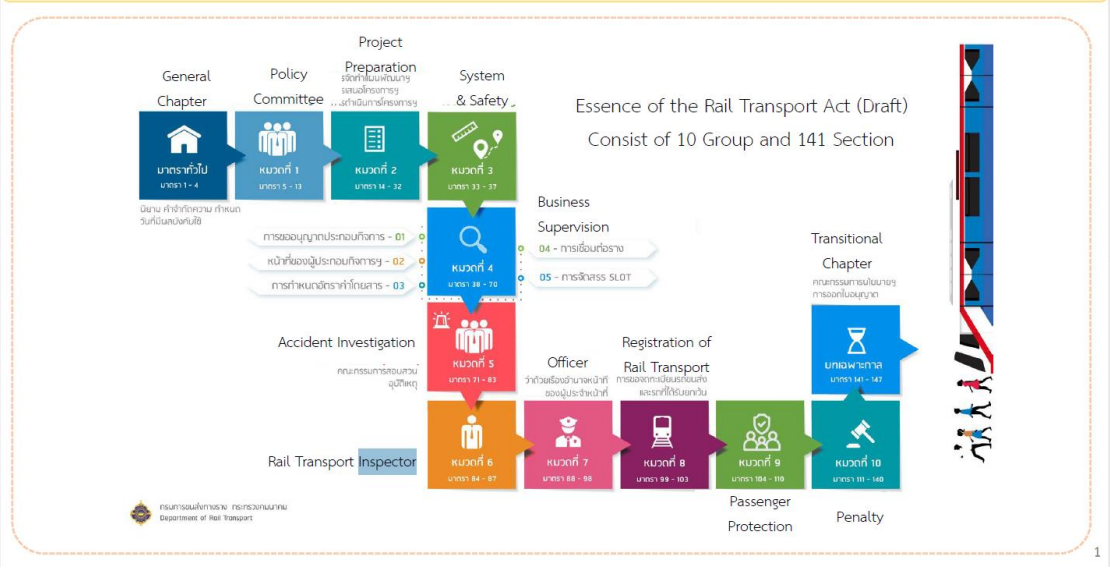
- Chapter 1: Policy Committee
- Chapter 2: Project Preparation

[6] Quoted from the Toyo Keizai, January 2, 2022.

- Chapter 3: System and Safety
- Chapter 4: Rail Business Supervision
- Chapter 5: Accident Investigation
- Chapter 6: Rail Transport Inspector
- Chapter 7: Rail Officer
- Chapter 8: Registration of Rail Transport
- Chapter 9: Passenger Protection
- Chapter 10: Penalty

Chapter 4 also includes fares, line connections, adjustment of train schedules, etc.; not only SRT and MRTA but also private companies (new entrants) are subject to the regulation. This corresponds to Class 2 railway operator under the Railway Business Act in Japan, and the operator does not have infrastructure. JR Freight is working with a major Thai shipper to become a railroad container transporter of dangerous goods.

According to increase hi-speed transport capacity by double tracking and electrification, reducing travel time intercity. As a result, to increase frequency of train and in addition volume of freight and passenger.




Source: DRT

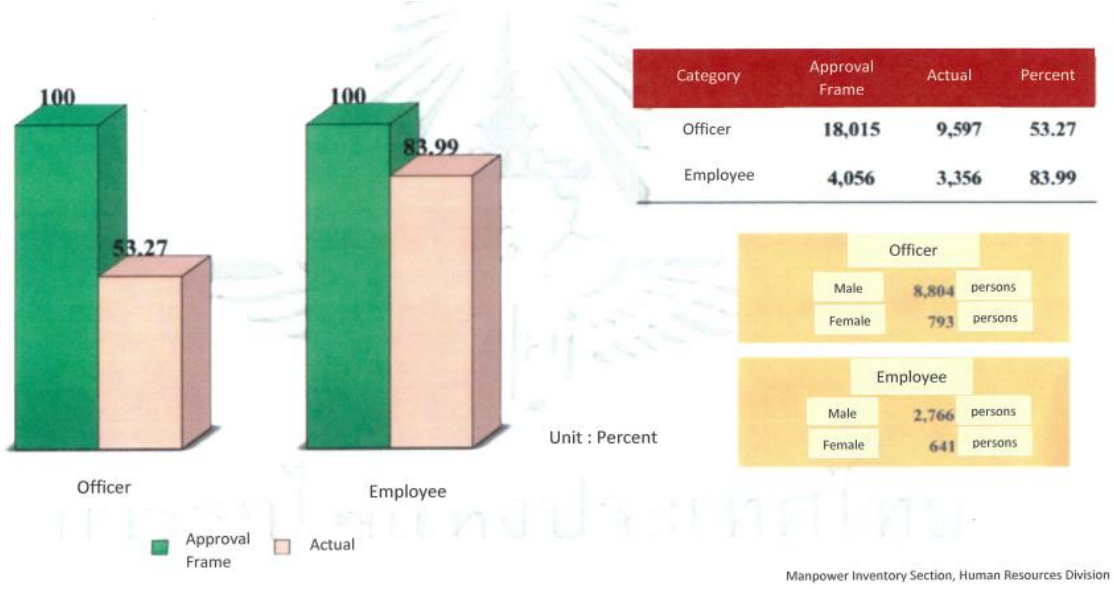
**Figure. 2.3-13 Rail Transport Act**

### 2.3.5 SRT Issues

#### (1) SRT personnel status and issues

According to the staff list as of December 2019 provided by SRT, there are only 9,597 full-

time employees (officers[7]), compared to a capacity of 18,015. There are vacancies for 8,418 employees, probably because the government restricts labor costs for SRT. Contract employees (employees[8]) are used to fill these vacancies. The required number of contract employees is 4,056, and the number is currently 3,356. Contract employees can be promoted to regular employees.




Source: SRT

**Figure. 2.3-14 Vacancies of SRT Officers and Employees**

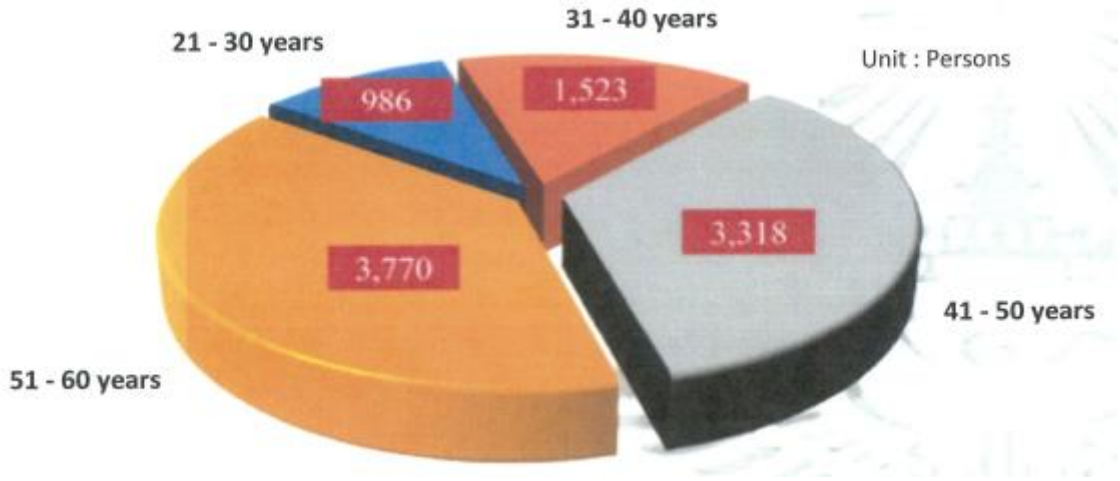
[7] Regular employees are translated in the order of literal translation, SRT personnel department materials, SRT Rolling Stock maintenance department materials, as regular employees-office-staff.

[8] On the other hand, contract employees include special-purpose employees, employees (specific task employees), and maintenance crew, and account for two-thirds in the Bang Sue Vehicle depot.

| Business Cluster | Frame | Actual |
|---|---|---|
| Directly under the Governor | 272 | 171 |
| Strategy | 320 | 212 |
| Administration | 851 | 341 |
| Infrastructure | 4,460 | 2,406 |
| Electrified Rail Management | 744 | 533 |
| Traffic Business Cluster | 7,893 | 4,982 |
| Locomotive and Rolling Stock Business Cluster | 6,920 | 4,240 |
| Property Management Business Cluster | 197 | 119 |

Source: SRT

**Figure. 2.3-15 Breakdown of SRT Officers and Employees as of September 2021**




Source: SRT

**Figure. 2.3-16 Age Structure of SRT Officers**

Fig. 2.3-16 shows the age structure of regular employees by age group. Those aged 51 and over account for the largest proportion at 40%. The government is curbing new hires due to retirees; if nothing is done, there will be 3,770 retirees over the next 10 years, and the number of regular employees will decrease.

**① Number of drivers and assistant drivers and comparison with other countries**

According to Table 2.3-3, SRT always has an assistant driver on board, so the annual train operating kilometers per driver is 13,100 km, which is small compared to JR East and Malaysia. Actually, each SRT driver or assistant driver operates 26,200 km because each train has two crew members.

**Table. 2.3-3 Average Operating Distance by Driver in Comparison with Foreign Countries**

| | Train-km/year (thousands) | Driver (persons) | Average train-km per driver (thousand train-km/driver) |
|---|---|---|---|
| Thailand SRT | 32,453 | 2,500[9] | 13.1 |
| Malaysia KTM | 14,771 | 759 | 19.5 |
| East Japan Railway | 268.046 | 7,816 | 34.3 |

By JST based on global statistics of UIC in 2013

**② Summary of personnel issues**

It is considered that more personnel will be needed due to the increase in transportation capacity. The number of personnel is permanently insufficient, and in the near future, it may not be possible to provide the required transportation.

In Japan, even before privatization, JNR had been rationalizing, outsourcing, and mechanizing to deal with the shortage of personnel and the increase in transportation capacity, and has been improving conditions for staff by increasing the allowance and improving the working environment. These actions were accepted by JNR staff. For example, the working environment of EMU is better than that of DL and DMU.

### (2) Passenger train network

It seems that SRT does not intend to change the operation system mainly for long-distance night trains even after opening of HSR. However, the passenger class will change as the GRP increases.

In Japan, before the inauguration of HSR, limited express trains could run more frequently and reach their destinations during the day by unifying the train performance with better acceleration/deceleration and higher operation speeds, which attracted a large number of passengers. After the inauguration of HSR, daytime limited express trains on parallel conventional lines were almost abolished, and limited express trains for feeder transit farther from the HSR terminal station increased. Also, the number of regular trains as a feeder service

[9] Including assistant drivers according to SRT.

from HSR stations was increased.

### (3) Freight transportation capacity

SRT is considering the two issues of strengthening the Thailand-Laos-China corridor, and economic growth in Thailand. It is also proceeding with double-tracking simultaneously. As a result, the need to increase the capacity of freight transportation is gradually increasing.

SRT needs to make efforts to clearly indicate the arrival time of containers even in the event of an accident or disaster, as JR Freight did immediately after privatization. Furthermore, it is good that the rolling stock depot between Lat Krabang and Laem Chabang is being maintained while minimizing vehicle breakdowns.

### (4) Procurement of vehicle for the project

Infrastructure such as civil engineering and electricity is being implemented with the government budget. Procurement of vehicles is being covered by SRT budget, but timely and appropriate measures are desired.

### (5) Measures for the new Rail Act

The Rail Transport Act is expected to be enacted in the next fiscal year, which will allow trains to be operated by other companies using SRT infrastructure. It is necessary to consider drafting a contract for new entrants, such as for vehicle inspection, fuel supply, and handling in the event of problems.

## 2.4 Site Visit

All photos shown in this section were taken by JST.

### 2.4.1 Red Line

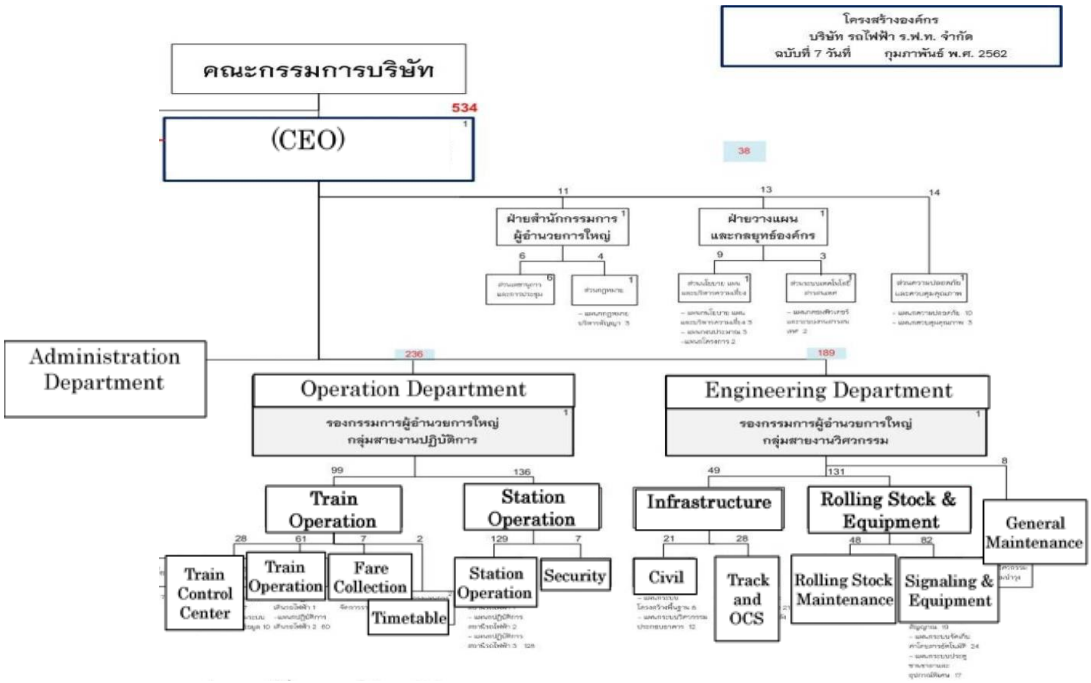
SRTET is a subsidiary of SRT which operates electric railways. In the past it operated ARL which opened in 2010, but ARL was diverted as part of the High-Speed Rail Linked 3 Airport project and the business was transferred to Asia Era One Co., Ltd. in October 2021, and was no longer managed by SRTET. Currently, SRTET operates the Red Line, which opened in November 2021.

#### (1) Organization of SRTET

The organization of SRTET is shown in Figure 2.4-1.

The total number of employees in SRTET is 534. Most of these employees had experience in railway operation at ARL, and remained at SRTET when the ARL business was transferred, and are now in charge of operating the Red Line.

Under the CEO, there are three departments as Administration, Operation, and Engineering. The operation department is divided into Train Operation and Station Operation. The Engineering department is divided into Infrastructure and Rolling Stock.




Source: Revised by JST based on SRTET information

**Figure. 2.4-1 Organization of SRTET**

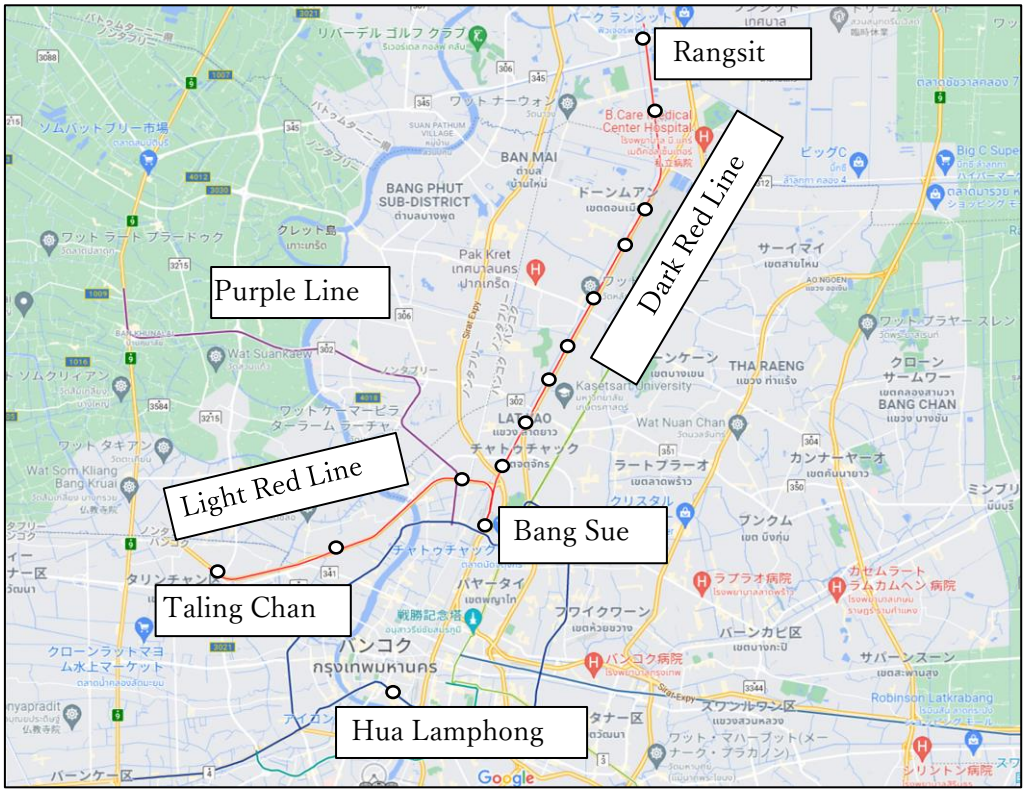
### (2) Overview of the Red Line

The Red Line consists of two lines and each line starts from BS Grand sta. The Dark Red Line (North Line) was built in parallel with the SRT North Line, and the Light Red Line (West Line) with the SRT South Line. The main specifications are shown in Table 2.4-1.

**Table. 2.4-1 Profile of the Red Line**

| | Dark Red Line | Light Red Line |
|---|---|---|
| Section | Bang Sue- Rangsit | Bang Sue- Taling Chan |
| Length | 22km | 14km |
| Number of stations | 10 | 4 |
| Travel time | 26 minutes | 19 minutes |
| Number of train cars | 6 | 4 |
| Train sets | 15 | 10 |
| Headway (rush hour) | 12 minutes | 20 minutes |
| Headway (daytime) | 20 minutes | |

Source: Revised by JST based on SRTET information




Source: JST

**Figure. 2.4-2 Route Map of the Red Line**

The condition of facilities are shown in Table2.4-2.

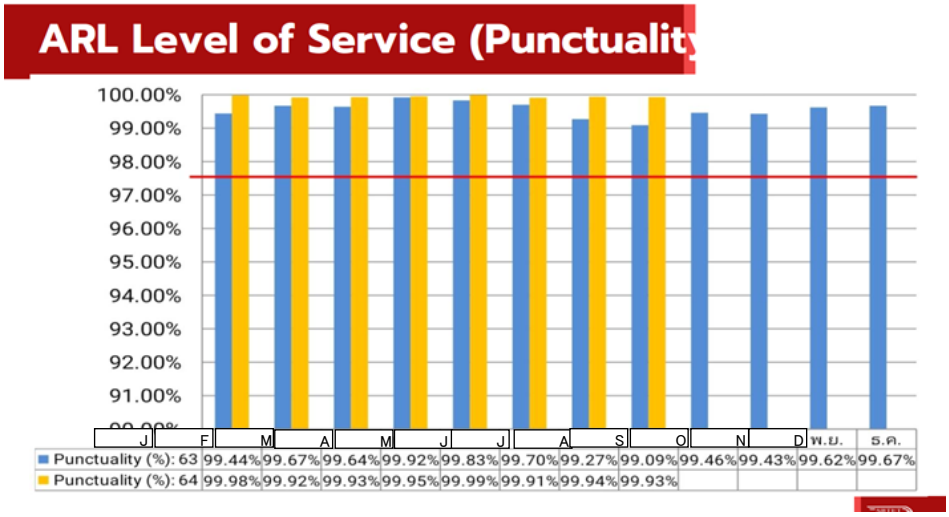
**Table. 2.4-2 Facility Data of the Red Line**

| | |
|---|---|
| Gauge | 1,000 mm (The same as SRT conventional line) |
| Electrification method and nominal voltage | AC25kV AT feeding method |
| Number of substations | 1 |
| Number of AT posts | 4 (Dark Red Line: 2, Light Red Line: 2) |
| Signaling system | ETCS Level 1 |
| Driving method | ATO |
| Platform screen door | None (Guardsmen at platform) |

Source: JST

### (3) Train operation of the Red Line

The Red Line started free fare operation as Soft Operation on August 2, 2021. Prior to that, test runs had been implemented by the drivers, and all trains including them were measured at the on-time performance rate (within 5 minutes delay) and the train suspension rate from the operation dispatcher to demonstrate the punctuality and reliability of the trains. The monthly on-time performance rate is 99% or more, and the Red Line keeps a high degree of reliability against delays..



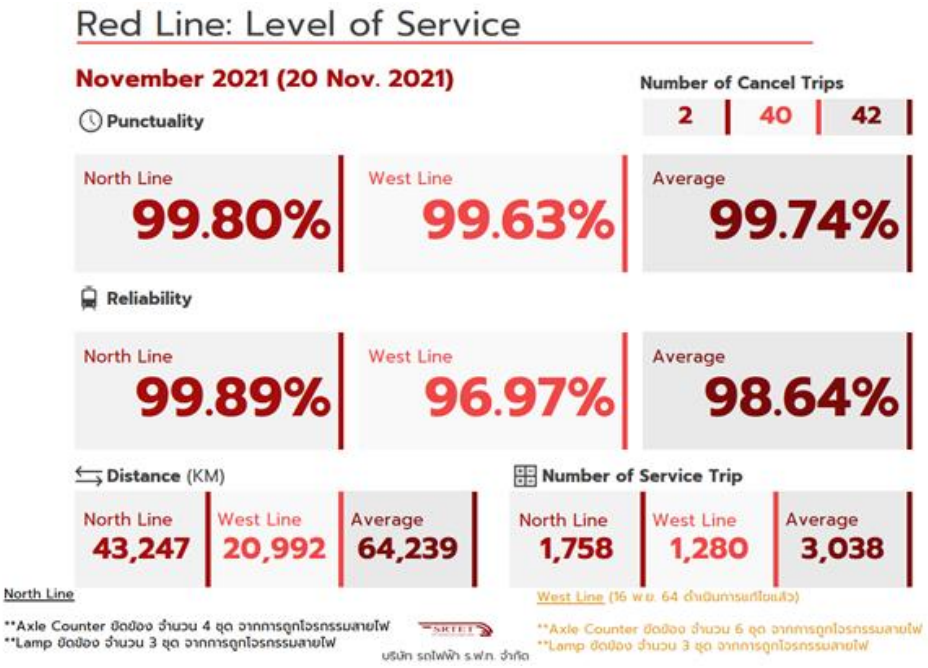

Source: Revised by JST based on SRTET information

**Figure. 2.4-3 Punctuality of the Red Line**

The operation status of the Red Line in November, just before its official opening, is shown

in Figure 2.4-4. The punctuality and reliability each exceed 95%, and so it is possible to realize the operation according to the planned schedule with few delays and suspensions.

At this point, it is free of charge, so the relationship between the number of passengers and the balance of payments is not yet clear, but it is thought that customers will appreciate the quality of transportation after the start of operation.




Source: SRTET

**Figure. 2.4-4 Operation Status of the Red Line in November 2021**

### (4) Red Line Depot

The Red Line Depot maintains the Red Line running from Rangsit to Taling Chan, and currently has 47 maintenance employees who perform daily inspection, weekly inspection, and monthly inspection maintenance. In the future, heavy maintenance will also be performed at the Red Line Depot.

#### ① Pit line, repair line

There are two pit lines where monthly inspections are conducted using movable overhead lines. In addition, there are two repair lines for repairing vehicles and raising and lowering car bodies, which are equipped with large cranes and car body jacks.

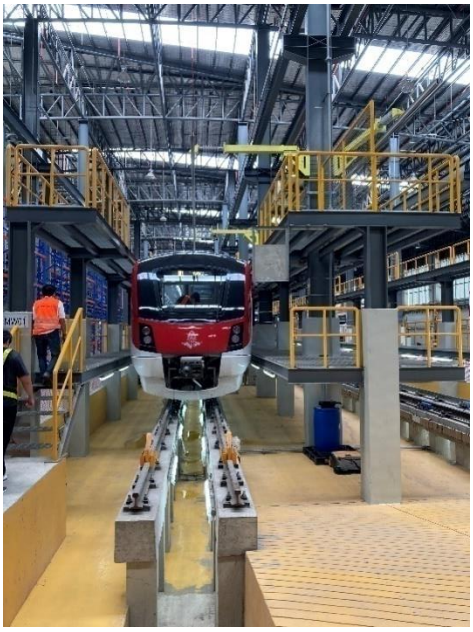


**Photo. 2.4-1 Red Line Pit Line**

**Photo. 2.4-2 Red Line Repair Line**

**② Heavy maintenance area**

The equipment for future heavy maintenance has already been delivered to the heavy maintenance area in the depot, but preparations and cleanup of the equipment did not seem to be in progress.

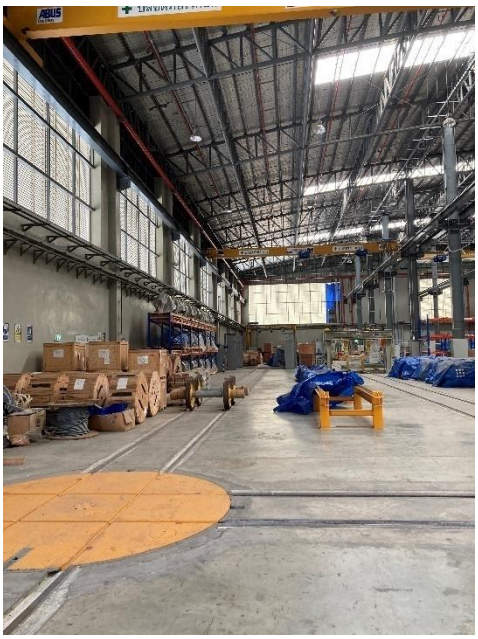


**Photo. 2.4-3 Heavy maintenance Area1**

**Photo. 2.4-4 Heavy maintenance Area2**

**③ Material warehouse**

The material warehouse is very well managed, and each part is given a QR code and managed by the Management Information System (MIS). The MIS functions include personnel

management, asset management, spare parts management (inventory control), and work order issuance. The system is already ready for operation, but since training for using the system has not been sufficiently implemented, additional training is currently being conducted to prepare for full operation.

**Photo. 2.4-5 Material Warehouse**

**Photo. 2.4-6 QR Code**

### (5) Operation Dispatcher of SRTET

The Operation Dispatcher room for the Red Line is located inside BS Grand sta., and the despatcher is in charge of monitoring train operations on all lines, communicating with drivers and communicating with each station. There is a large screen at the front of the dispatcher room, which displays both Red Line trains and SRT conventional trains that share the track. When a train crosses the boundary with the SRT dispatcher near Rangsit, the respective dispatchers contact each other.

**Photo. 2.4-7 Overview of Dispatcher room**

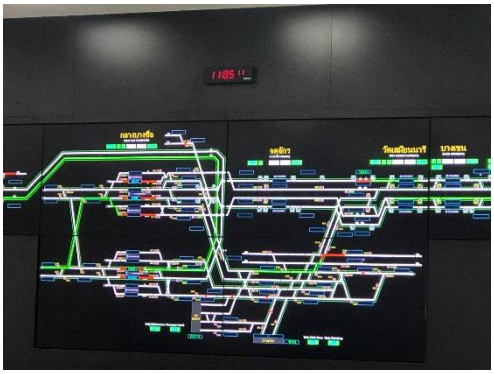


**Photo. 2.4-8 Train Operation Screen**

### (6) Disaster Prevention facility in BS Grand sta.

The disaster prevention facility at BS Grand sta. is installed in the station yard separate from the dispatcher. In addition to fire alarm devices such as sprinklers, surveillance camera images from various parts of the premises are collected here. The facility serves as a control tower for station facilities.

Communication devices are also equipped to communicate with MRT Bang Sue station. There is also a disaster prevention room and security guards, so any abnormality that occurs at the station can be dealt with.

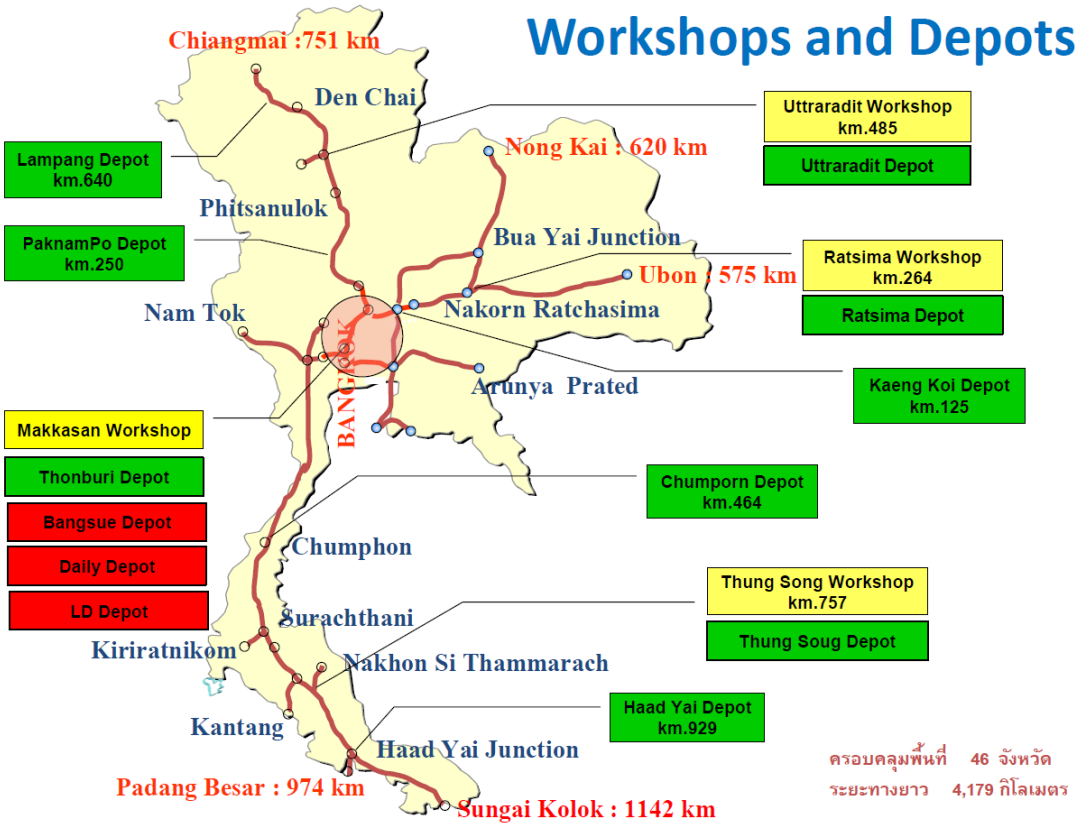
This room is managed by SRTET employees.

**Photo. 2.4-9 Overview of Disaster Prevention room**

**Photo. 2.4-10 Surveillance camera images**

### 2.4.2 SRT Depot and Workshop

There are a total of 16 SRT depots and workshops. During the field trip we visited the Bang Sue Locomotive Depot and the Red Line Depot.

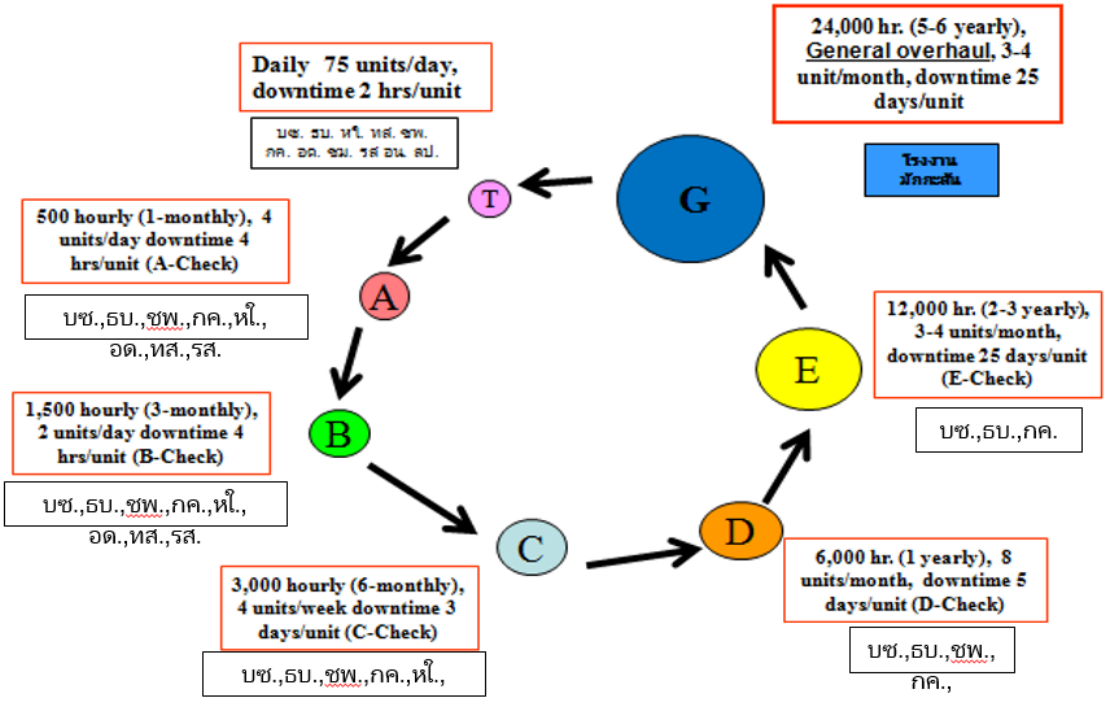



Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.4-5 SRT Depot and Workshop**

#### (1) Bang Sue Locomotive Depot

The Bang Sue Locomotive Depot, established in 1968, is a diesel locomotive plant with a 53-year history. 192 maintenance employees are engaged in daily inspections and various types of maintenance, including 12,000-hour inspections. There are five types of vehicle inspection models, and work is done on a 24-hour, three-shift system.

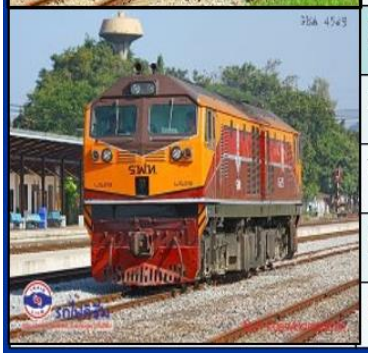



Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.4-6 Maintenance Type**

| | | |
|---|---|---|
| | Power Output | 2x660 HP |
| | Manufacturer | General Electric , U.S.A. |
| | Year in Service | 1963 - 1966 |
| | No. of Locomotive | 46 |
| | Engine | 2 x Cummins KT 38L |
| | Power Output | 2,250 HP |
| | Manufacturer | Alsthom , France |
| | Year in Service | 1975 - 1985 |
| | No. of Locomotive | 99 |
| | Engine | Pielstick PA 4 16V185 |

| | |
|---|---|
| Power Output | 2 x 1,450 HP |
| Manufacturer | Hitachi , Japan |
| Year in Service | 1993 |
| No. of Locomotive | 21 |
| Engine | 2 x Cummins KTA 50L |



| | |
|---|---|
| Power Output | 2 x 1,250 HP |
| Manufacturer | General Electric , U.S.A. |
| Year in Service | 1996 |
| No. of Locomotive | 36 |
| Engine | 2 x Cummins KTA 50L |

| | |
|---|---|
| Power Output | 2,380 KW (3,234 HP) |
| Manufacturer | CSR Qishuyan , China |
| Year in Service | 2015 |
| No. of Locomotive | 20 |
| Engine | CAT, C–175-16 |

Source: Materials provided by SRT

**Figure. 2.4-7 Maintenance Vehicles of Bang Sue Engine Depot**

**(2) Pit line, repair line**

There are six lines in the Bang Sue Locomotive Depot, including a pit line and a repair line, and different inspection lines are used for different types of inspections. Since the depot has been in operation for 53 years, some of the maintenance equipment, such as cranes, is old, but the factory was very clean and tidy.

Since the Bang Sue Engine Depot does not have the facilities to repair and inspect each part, maintenance is done by sending the parts to the Makkasan Workshop and having them sent back for repair, and then replacing them on the repair line. Information-sharing among the workshops is very important because delays in repairing parts in the Makkasan Workshop can delay the maintenance process.

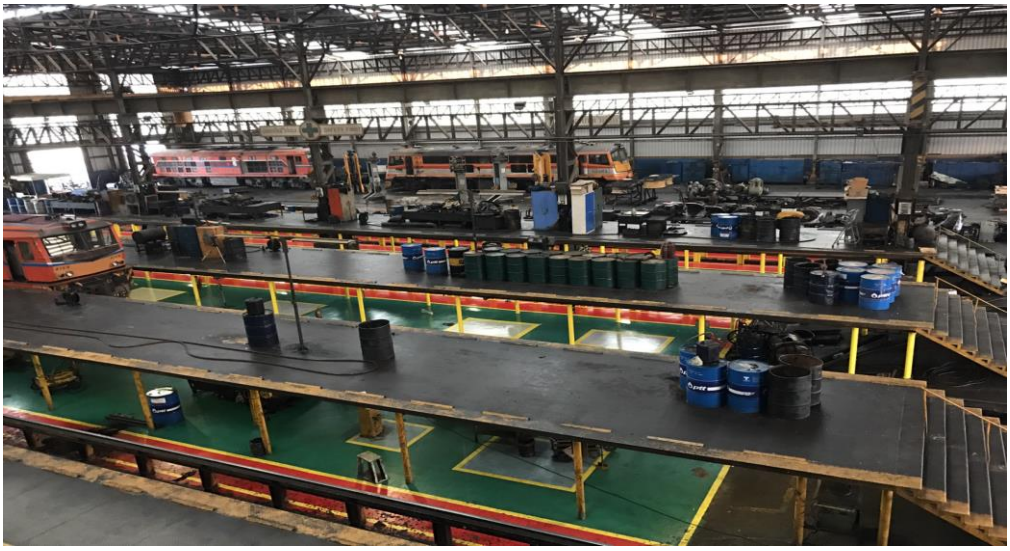


**Photo. 2.4-11 Pit Line**

### (3) Material warehouse, tool management

The materials warehouse was not equipped with the latest systems, but it was very well managed, and each part was taken out of the warehouse by the materials manager at the counter and controlled by a record book. In terms of tool management, when each tool is taken out of the office, it is managed by the tool manager at the counter and a tool management book to prevent tools from being misplaced.

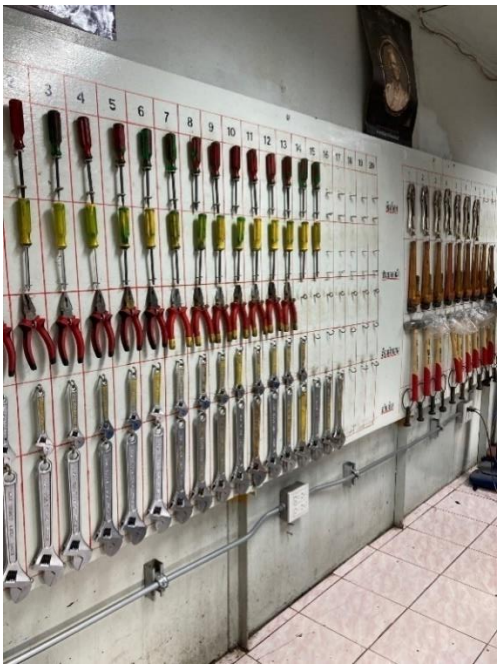


**Photo. 2.4-12 Tool Board**

**Photo. 2.4-13 Tool Box, Tool Management Book**

### (4) Facilities

#### ① Lubricant storage tanks

**Photo. 2.4-14 Lubricant Storage Tanks**

#### ② Fuel storage tanks

**Photo. 2.4-15 Fuel Storage Tanks**

**③ Coolant storage tanks**

**Photo. 2.4-16 Coolant Storage Tanks**

**④ Load test area**

**Photo. 2.4-17 Load Test Area**

**⑤ Locomotives washing area**

**Photo. 2.4-18 Locomotives Washing Area**

**⑥ Wheel lathe machine**

**Photo. 2.4-19 Wheel Lathe Machine**

### 2.4.3 Railway Training Center

#### (1) Training course

Except for the two years of the COVID-19 pandemic, the SRT Training Center attracts approximately 12,000 staff and students annually (SRT has 9,900 full-time employees), and provides technical expertise training in each field, There are 89 courses that include job-based

management and safety training. (See Table 2.4 -3)

**Table. 2.4-3 Training courses**

| Number of courses | Number of courses |
|---|---|
| Train Operation | 18 |
| Rolling Stock | 42 |
| Infrastructure | 13 |
| Management | 4 |
| Measures to prevent Accident | 12 |
| Total | 89 |

Source: SRT Training Center by SRT

Of particular note is the junior college (Called Por Wor Sor in Thai) course which enrolls about 150 students each year in up to 7 major a year. The Collage also provides academic service (short training courses) to university students and railway related companies, and serves as a professional standard Certifying Body (CB) for railway professionals. The tuition fee is relatively low compared to other vocational colleges with potential employment with SRT, making it attractive to students looking to work in the railway industry. As part of the course students also engage in intensive on-site training within SRT for approximate three months to familiarize them with potential works in their respective fields.

**(2) Training facility**

The training center is located near BS Grand sta.

It was established in 1994, with overall technical cooperation from JICA including dispatch of experts, provision of equipment and invitation of trainees to Japan.

This cooperation is a recent technical cooperation program, and experts are mainly dispatched from JR East. In addition to training facilities, an education building and accommodation dormitory are attached.

**Photo. 2.4-20 Appearance of Training Center**

**Photo. 2.4-21 Plates Certifying JICA Cooperation**

The training center has various rooms for driving, safety education, civil engineering, signaling & communication, and station.

### (3) Driving

There is a driving simulator that imitates Hitachi's DL in the driving room. Trainees can practice how to accelerate, decelerate, stop, etc. while watching a video of the track displayed on the front screen. At the time of our visit, the projection device was out of order and was due to be repaired by next summer. After the repair, it is planned to introduce VR technology to generate abnormal situations such as floods and landslides, to enable trainees to learn how to deal with them.

In addition, there was a cab simulation device to provide training for other types of vehicles.

**Photo. 2.4-22 Hitachi's DL Driving Simulator**

**Photo. 2.4-23 Driving Simulator for Other Types**

### (4) Safety education

The safety education room has a viewing facility with video projection equipment. The study team watched a re-enactment video of the experiences when employees were injured. It seems that the room is used to share awareness for accident prevention with trainees through visual means.

**Photo. 2.4-24 Overview of Safety Education Room**

**Photo. 2.4-25 Safety education video**

### (5) Civil engineering

Working tools and measuring instruments are equipped in the civil engineering room. All of the equipment was provided at the beginning and is partially damaged, but the study team was told that it is difficult to dispose of them because they were delivered with cooperation from Japan.

**Photo. 2.4-26 Rail Cutting Machine**

**Photo. 2.4-27 Rail Hanging Tool**

### (6) Signaling & communication

Working tools and measuring instruments are equipped in the Signal and communication room, and all of them were provided at the beginning.

The signal rack was covered with dust, and there was no evidence that it was being used much.

**Photo. 2.4-28 Signal Control Panel and Rail Crossing Device**

**Photo. 2.4-29 Point Machine**

**Photo. 2.4-30 Relay Interlocking Device**

**Photo. 2.4-31 Signaling Rack**

### (7) Station

The station room is equipped with a point machine, route control panels, tokens (devices that ensure safety between adjacent stations), and so on. At local stations, there are still hand-operated switch levers in the lever operating cabin, allowing trainees to learn how to use them.

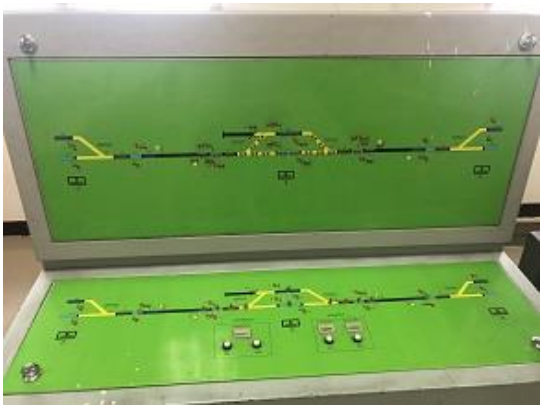


**Photo. 2.4-32 Route Control Panel**

**Photo. 2.4-33 Hand-Operated Switch Lever**

**Photo. 2.4-34 Token**

# Chapter3 Review of the SRT Railway Electrification Plan

## 3.1 SRT-Elect-F/S Review

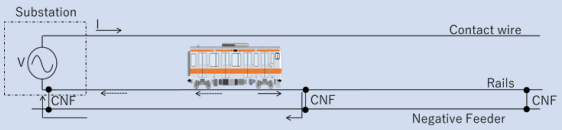
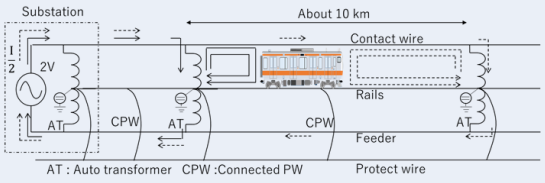
This chapter reviews the electrification plan reported in the SRT-Elect-F/S, reviews the demand forecast, confirms the electrification priority route, and proposes the ideal future electrification plan.

### 3.1.1 Technical Overview

In the Thai Electric F/S, the electrification of SRT conventional lines was considered. Electrification will be carried out in the range of 150–250 km from Bangkok, which has a large traffic volume.

#### (1) Electrification method

AC electrification, which has been proven in the ARL and Red Line, is adopted because the SRT conventional lines share track with the Red Line. There are two types of AC electrification methods in Thailand, direct feeding and AT feeding, each of which has advantages and disadvantages, as shown in Figure 3.1-1.

| Type | Schematic | Characteristics |
|---|---|---|
| Direct feeding with negative feeder （ARL） |  | Simple<br>Induction problem: less than Direct feeding<br>Distance between Substations: about 30km |
| Auto Transformer feeding (Red Line) |  | Complex<br>Induction problem: Little<br>Distance between Substations: about 60km<br>Twice higher voltage is required than others feeding system |

Source: Based on “Preparatory Survey on the Bangkok – Chiang Mai High-Speed Rail Development Project” Report part 2

**Figure. 3.1-1 Comparison of Electrification Method in SRT-Elect-F/S**

AT feeding is recommended for the electrification because the construction cost is lower because the substation interval can be lengthened and the number of substations can be reduced;

also, AT feeding is used for the Red Line.

In the case of adopting the AT feeding system, it is necessary to install ATs every 10 km as a measure against inductive interference with communication equipment.

### (2) Substations

The substation interval is generally about 60 km with the AT feeding system. The locations are shown in Table 3.1-1 proposed by the SRT-Elect-F/S.

As shown in the table, there are several sections where the interval exceeds 60 km, but this is possible because a power plant is located near the substation. The transformer capacity is stipulated assuming the train schedule after double-tracking and to secure the traction force. It is necessary to review the capacity if the train schedule changes.

**Table. 3.1-1 Substation Locations in SRT-Elect-F/S**

| Line | No. | Location | Capacity | Application |
|---|---|---|---|---|
| North Line 243 km | N1 | 10km | 40MVA x 3 | |
| | N2 | 74 km | 40MVA x 2 | |
| | N3 | 146 km | 25MVA x 2 | |
| | N4 | 224 km | 25MVA x 2 | |
| Northeast Line 259 km | NE1 | 119 km | 25MVA x 2 | Common with N1,N2 between Bang Sue and Bang Phachi |
| | NE2 | 184 km | 25MVA x 2 | |
| | NE3 | 250 km | 25MVA x 2 | |
| East Line 159 km | E1 | 57 km | 25MVA x 2 | E2 is close to the power plant |
| | E2 | 86 km | 25MVA x 2 | |
| South Line 222 km | S1 | 33 km | 40MVA x 2 | S2 is close to the power plant |
| | S2 | 120 km | 25MVA x 2 | |
| | S3 | 197 km | 25MVA x 2 | |

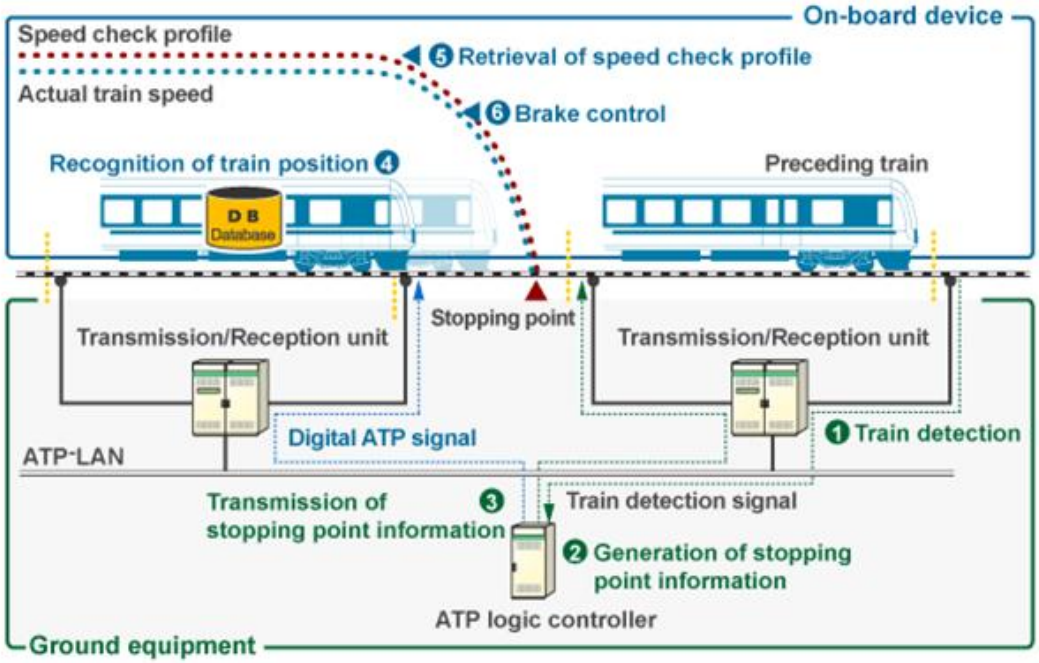
Source: JST based on SRT-Elect-F/S

### (3) Signaling

As for signal equipment, it is currently operated on single track in most sections, and there is one block between stations. As the transportation capacity will increase with the ongoing double-tracking, automatic train protection (ATP) is recommended as a signaling system for frequent operation.

By generating brake information for the following train so that it can stop without colliding

with the preceding train, the following train can travel closer to the preceding train. Therefore, the operation interval can be shortened and the trains can stop safely.




Source: SRT-Elect-F/S

**Figure. 3.1-2 Concept of ATP**

SRT will introduce ETCS Level 1 equivalent security equipment as Automatic Train Protection (ATP) at the same time as double-tracking work. This system is already used in the Red Line for train operation. However, especially on the South Line, the introduction of ETCS onboard equipment has been delayed, and the entry of trains into the Red Line section has been postponed.

With the introduction of ETCS, insulation will be inserted between rails at regular intervals to allow current to flow in the track. As a result, the rail functions as an electric circuit during electrification, and the electricity that has passed through the train can be returned to the substation.

### (4) Train dispatcher

Regarding train operation in the single-track section, train departures and arrivals are currently supervised in each station, but due to the increase in traffic by double-tracking, it is proposed to introduce centralized transport control (CTC) to enable trains to be monitored from the regional operation management office. Within the electrification range, four locations have been proposed: Bangkok, Nakhon Ratchasima, Nakhon Sawan, and Hua Hin.

| Study a current plan of Centralised Traffic Control Centre (CTC) | | | | | CTC Location |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | North | South | East | Northeast | |
| 1 | Bang Sue junction – Ban Phachi junction – Lopburi | | | | Bang sue |
| 2 | | | | Ban Phachi junction–Kaeng Khoi junction | Bang sue |
| 3 | | | Hua Mak - Chachoengsao junction- Sriracha | | Bang sue |
| 4 | | Sala Thammasop - Nakhon Pathom. | | | Bang sue |
| 5 | | | | Map kaboa – Chira Junction | Nakhon Ratchasima |
| 6 | Lopburi - Paknampho | | | | Nakhon Sawan |
| 7 | | Bangkok - Hua Hin | | | Hua Hin |

Source: SRT-Elect-F/S

**Figure. 3.1-3 Location of CTC**

### (5) Communication equipment

It is proposed to improve communication equipment for radio communication between CTC and train drivers and maintenance workers, and for transmitting data on equipment along the railway (e.g. water level gauges, anemometers, rain gauges, seismometers, supervisory control and data acquisition (SCADA), etc. in Japan).

In the case of wireless communication, radio waves are mainly transmitted to trains from antennas installed on utility poles at stations. In order to avoid communication blackouts, it is necessary to take measures such as relocating nearby obstacles such as utility poles. This work is done alongside double-tracking work.

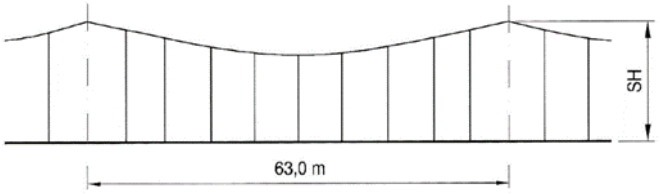
On the other hand, although there is no particular description about the transmission means between the CTC and the station in the SRT-Elect-F/S, high-speed and large-capacity data exchange would be possible if optical fiber cables are installed.

### (6) SCADA system

The SCADA system was proposed for remote monitoring and control of substations from the CTC. The operator at the CTC can monitor the status of the equipment in the substation, start/stop the equipment, and be notified by alarm when an abnormality occurs. For this purpose, an RTU is provided in the substation to communicate with the CTC control terminal.

### (7) Overhead catenary system (OCS)

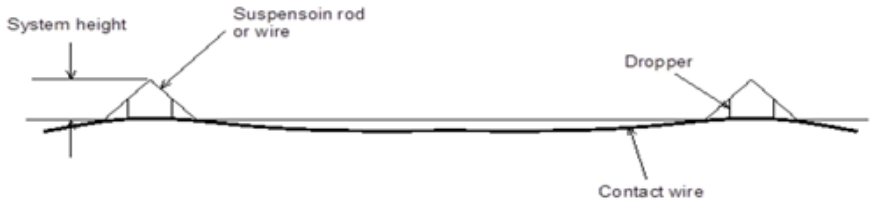
The overhead catenary system (OCS) is adopted in the SRT-Elect-F/S. The simple catenary method, in which the contact wire is hung from the messenger wire by hangers, as shown in Figure 3.1-4, is adopted for the main line. The messenger wire is suspended from beams attached to the utility poles, while the suspension interval depends on the magnitude of sway of the overhead wire due to the local maximum wind speed.




Source: SRT-Elect-F/S

**Figure. 3.1-4 Simple Catenary Method for Main Line**

The direct suspension system, in which the dropper is attached only around suspension point by the beam, as shown in Fig. 3.1-5, is adopted for depots and storage tracks.




Source: SRT-Elect-F/S

**Figure. 3.1-5 Direct Suspension System for Depot**

These are the same as the methods used for the Red Line.

### (8) Relocation of other facilities along the railway

Some facilities hinder the electrification work. In addition to existing equipment within the construction gauge, obstacles include overhead high-voltage power lines with insufficient insulation distance, buried metal objects which have a risk of electrolytic corrosion (for example, pipelines, gas pipes, etc.), and communication lines parallel to the track which have the risk of induction interference. Eventually, it will be necessary to relocate these obstacles. These are listed in the SRT-Elect-F/S.

### (9) Conditions required for electrification work

With the ongoing double-tracking work, the signal equipment is being improved. Although

facilities along the railway that hinder double-tracking are being relocated, obstacles such as overhead transmission lines, buried metals, etc. may be left behind. Many of these are not the property of SRT, so it will take time for external consultations and relocation work to resolve such obstacles. When implementing construction design, identifying obstacles is the key to smooth implementation of construction.

In principle, fences have already been installed at the boundary of SRT land but shall be surveyed after the completion of double-tracking.

EL/EMU equipment at the depot is also necessary due to differences in vehicle maintenance method.

### 3.1.2 Financial Overview

According to the SRT-Elect-F/S, PPP was initially considered. However, the infeasibility of PPP was explained due to the fact that several trains run under the public service obligation. Finally, the SRT-Elect-F/S proposed a scheme in which the land acquisition and related costs will be borne by the central government, and other costs, including civil works, power supply, signaling, and rolling stock will be invested by SRT. Regarding the source of financing for SRT's costs, the SRT-Elect-F/S proposed three options: domestic bank loan, Thai government bond, and international institution loan. From the three options, the SRT-Elect-F/S suggested the Thai government bond option because it has the lowest interest rate.

## 3.2 Demand Forecast in 2016 SRT-Elect-F/S

First, it should be noted that due to the time and budget limitation in this study, JST cannot conduct a full-scale demand forecast analysis as the modeling process would require a huge amount of time, and also there is insufficient budget to conduct new transport surveys to support the demand forecast modeling. Therefore, the demand forecast analysis, as well as the economic and financial analysis in this study, were conducted based on the model, system, and assumptions (except some socio-economic updates mentioned later in this report) used in the SRT-Elect-F/S. The demand forecast model used in the SRT-Elect-F/S was developed based on the CUBE software.

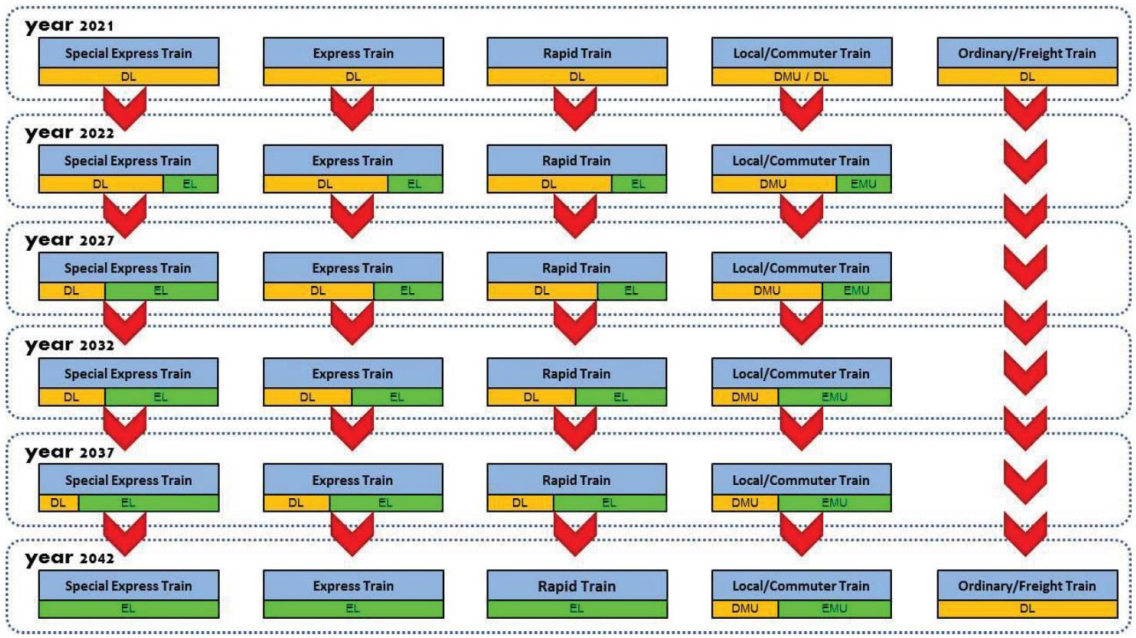
Next, it should be noted that in the economic and financial analysis, typically, the output of the "With Electrification Case" will be compared with the "Do Nothing Case." However, instead of the "Do Nothing Case," the "With Electrification Case" in the SRT-Elect-F/S will be compared with the "Without Electrification Case" where DLs or DMUs will be procured instead of ELs or EMUs.

### 3.2.1 Consideration of HSR and Red Lines

According to the demand forecast model used in the SRT-Elect-F/S, HSR was considered and treated as a separated mode from the meter gauge train (including the electrification section) in the Modal Split Model. All four HSR lines were considered and the development stage of each line was modeled according to the HSR plan available in 2016. However, the current Light and Dart Red Lines were not included in the model as they were considered to be urban railways. Nevertheless, the Red Line extension (to Nakhon Pathom, Ayutthaya, etc.) was included in the model.

### 3.2.2 Short-term scenario

Initially, the "Mixed Case" and "EMU Case" were considered as the "With Electrification Case" in the SRT-Elect-F/S. The Mixed Case proposed a gradual shift from DL to EL for rapid, express, and special-express trains, while local and commuter trains will shift to DMU. In the EMU Case, local and commuter, rapid, and express trains will shift to EMU, while long-distance special-express will continue using DL. As for the Without Electrification Case, the procurement of new rolling stock will proceed with only DL and DMU. A summary of the rolling stock plan from the SRT-Elect-F/S is shown below.




Source: SRT-Elect-F/S

**Figure. 3.2-1 Rolling Stock Plan in With Case (Mixed)**

Source: SRT-Elect-F/S

**Figure. 3.2-2 Rolling Stock Plan in With Case (EMU)**

**Table. 3.2-1 Rolling Stock Investment Cost in Without Electrification Case**

| Total Needed Rolling Stocks / Type | Availability (%) | Price (Million Baht) | 2565 | | | 2570 | | | 2575 | | | 2580 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) |
| Diesel Locomotive (DL) | 91 | 120.000 | 279 | 46 | 5,520 | 314 | 49 | 5,880 | 354 | 51 | 6,120 | 400 | 59 | 7,080 |
| Electric Locomotive (EL) | 91 | 125.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Air Conditioned 1st Class Day & Night Coach (ANF)-Trainset | 90 | 72.000 | 51 | 42 | 3,024 | 67 | 16 | 1,152 | 78 | 11 | 792 | 89 | 11 | 792 |
| Air Conditioned 2nd Class Day & Night Coach(ANS)-Trainset | 90 | 65.000 | 460 | 379 | 24,635 | 600 | 140 | 9,100 | 700 | 100 | 6,500 | 800 | 100 | 6,500 |
| Air Conditioned Second Class Day & Night Coach with Handicap Facility (ANSH)-Trainset | 90 | 65.000 | 51 | 42 | 2,730 | 67 | 16 | 1,040 | 78 | 11 | 715 | 89 | 11 | 715 |
| Air Condition Restaurant Car (ARC)-Trainset | 90 | 50.000 | 51 | 42 | 2,100 | 67 | 16 | 800 | 78 | 11 | 550 | 89 | 11 | 550 |
| Air Conditioned Power Van with Facility Compartment (APVC)-Trainset | 90 | 45.000 | 51 | 42 | 1,890 | 67 | 16 | 720 | 78 | 11 | 495 | 89 | 11 | 495 |
| 1st Class -Particular Coach | 90 | 58.768 | 64 | 19 | 1,117 | 71 | 7 | 411 | 80 | 9 | 529 | 84 | 4 | 235 |
| 2nd Class -Particular Coach | 90 | 57.114 | 631 | 131 | 7,482 | 708 | 77 | 4,398 | 812 | 104 | 5,940 | 891 | 79 | 4,512 |
| 3rd Class -Particular Coach | 90 | 18.027 | 1,064 | 64 | 1,154 | 1,181 | 117 | 2,109 | 1,361 | 180 | 3,245 | 1,584 | 223 | 4,020 |
| Restaurant Car, Facility Compartment - Particular Coach | 90 | 6.654 | 211 | 31 | 206 | 234 | 23 | 153 | 268 | 34 | 226 | 298 | 30 | 200 |
| Diesel Multiple Unit (DMU) | 91 | 53.059 | 125 | 79 | 4,192 | 152 | 27 | 1,433 | 171 | 19 | 1,008 | 178 | 7 | 371 |
| Electric Multiple Unit (EMU) | 85 | 72.500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bogie Container Flat Wagon (BCF.) | 96 | 2.652 | 2,929 | 129 | 342 | 3,045 | 116 | 308 | 3,199 | 154 | 408 | 3,546 | 347 | 920 |
| Brake Van | 91 | 5.213 | 84 | 34 | 177 | 87 | 3 | 16 | 91 | 4 | 21 | 101 | 10 | 52 |
| | | | 6,051 | 1,080 | 54,569 | 6,660 | 623 | 27,519 | 7,348 | 699 | 26,549 | 8,238 | 903 | 26,442 |

Source: SRT-Elect-F/S

**Table. 3.2-2 Rolling Stock Investment Cost in With Case (Mixed)**

| Total Needed Rolling Stocks Type | Availability (%) | Price (Million Baht) | 2565 | | | 2570 | | | 2575 | | | 2580 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) |
| Diesel Locomotive (DL) | 91 | 120.000 | 233 | 0 | 0 | 219 | 0 | 0 | 208 | 0 | 0 | 195 | 0 | 0 |
| Electric Locomotive (EL) | 91 | 125.000 | 40 | 40 | 5,000 | 79 | 39 | 4,875 | 123 | 44 | 5,500 | 168 | 45 | 5,625 |
| Air Conditioned 1st Class Day & Night Coach (ANF)-Trainset | 90 | 72.000 | 51 | 42 | 3,024 | 56 | 5 | 360 | 64 | 8 | 576 | 78 | 14 | 1,008 |
| Air Conditioned 2nd Class Day & Night Coach(ANS)-Trainset | 90 | 65.000 | 460 | 379 | 24,635 | 500 | 40 | 2,600 | 580 | 80 | 5,200 | 700 | 120 | 7,800 |
| Air Conditioned Second Class Day & Night Coach with Handicap Facility (ANSH)-Trainset | 90 | 65.000 | 51 | 42 | 2,730 | 56 | 5 | 325 | 64 | 8 | 520 | 78 | 14 | 910 |
| Air Condition Restaurant Car (ARC)-Trainset | 90 | 50.000 | 51 | 42 | 2,100 | 56 | 5 | 250 | 64 | 8 | 400 | 78 | 14 | 700 |
| Air Conditioned Power Van with Facility Compartment (APVC)-Trainset | 90 | 45.000 | 51 | 42 | 1,890 | 56 | 5 | 225 | 64 | 8 | 360 | 78 | 14 | 630 |
| 1st Class -Particular Coach | 90 | 58.768 | 64 | 19 | 1,117 | 73 | 9 | 529 | 82 | 9 | 529 | 82 | 0 | 0 |
| 2nd Class -Particular Coach | 90 | 57.114 | 624 | 124 | 7,082 | 722 | 98 | 5,597 | 831 | 109 | 6,225 | 869 | 38 | 2,170 |
| 3rd Class -Particular Coach | 90 | 18.027 | 991 | 0 | 0 | 1,098 | 107 | 1,929 | 1,220 | 122 | 2,199 | 1,289 | 69 | 1,244 |
| Restaurant Car, Facility Compartment - Particular Coach | 90 | 6.654 | 204 | 24 | 160 | 231 | 27 | 180 | 260 | 29 | 193 | 269 | 9 | 60 |
| Diesel Multiple Unit (DMU) | 91 | 53.059 | 59 | 13 | 690 | 59 | 0 | 0 | 59 | 0 | 0 | 66 | 7 | 371 |
| Electric Mutiple Unit (EMU) | 85 | 72.500 | 79 | 79 | 5,728 | 86 | 7 | 508 | 99 | 13 | 943 | 99 | 0 | 0 |
| Bogie Container Flat Wagon (BCF.) | 96 | 2.652 | 2,929 | 129 | 342 | 3,045 | 116 | 308 | 3,199 | 154 | 408 | 3,546 | 347 | 920 |
| Brake Van | 91 | 5.213 | 84 | 34 | 177 | 87 | 3 | 16 | 91 | 4 | 21 | 101 | 10 | 52 |
| | | | 5,971 | 1,009 | 54,674 | 6,423 | 466 | 17,700 | 7,008 | 596 | 23,074 | 7,696 | 701 | 21,491 |

Source: SRT-Elect-F/S

**Table. 3.2-3 Rolling Stock Investment Cost in With Case (EMU)**

| Total Needed Rolling Stocks Type | Availability (%) | Price (Million Baht) | 2565 | | | 2570 | | | 2575 | | | 2580 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) | Required (Car) | Added (Car) | Investment (MB) |
| Diesel Locomotive (DL) | 91 | 120.000 | 233 | 0 | 0 | 219 | 0 | 0 | 208 | 0 | 0 | 195 | 0 | 0 |
| Electric Locomotive (EL) | 91 | 125.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Air Conditioned 1st Class Day & Night Coach (ANF)-Trainset | 90 | 72.000 | 51 | 42 | 3,024 | 51 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 |
| Air Conditioned 2nd Class Day & Night Coach(ANS)-Trainset | 90 | 65.000 | 460 | 379 | 24,635 | 460 | 0 | 0 | 460 | 0 | 0 | 460 | 0 | 0 |
| Air Conditioned Second Class Day & Night Coach with Handicap Facility (ANSH)-Trainset | 90 | 65.000 | 51 | 42 | 2,730 | 51 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 |
| Air Condition Restaurant Car (ARC)-Trainset | 90 | 50.000 | 51 | 42 | 2,100 | 51 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 |
| Air Conditioned Power Van with Facility Compartment (APVC)-Trainset | 90 | 45.000 | 51 | 42 | 1,890 | 51 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 |
| 1st Class -Particular Coach | 90 | 58.768 | 33 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 2nd Class -Particular Coach | 90 | 57.114 | 387 | 0 | 0 | 327 | 0 | 0 | 249 | 0 | 0 | 124 | 0 | 0 |
| 3rd Class -Particular Coach | 90 | 18.027 | 780 | 0 | 0 | 711 | 0 | 0 | 640 | 0 | 0 | 511 | 0 | 0 |
| Restaurant Car, Facility Compartment - Particular Coach | 90 | 6.654 | 133 | 0 | 0 | 118 | 0 | 0 | 93 | 0 | 0 | 58 | 0 | 0 |
| Diesel Multiple Unit (DMU) | 91 | 53.059 | 46 | 0 | 0 | 53 | 7 | 371 | 66 | 13 | 690 | 66 | 0 | 0 |
| Electric Mutiple Unit (EMU) | 85 | 72.500 | 607 | 607 | 44,008 | 1,084 | 477 | 34,583 | 1,655 | 571 | 41,398 | 2,361 | 706 | 51,185 |
| Bogie Container Flat Wagon (BCF.) | 96 | 2.652 | 2,929 | 129 | 342 | 2,814 | 0 | 0 | 2,891 | 77 | 204 | 3,199 | 308 | 817 |
| Brake Van | 91 | 5.213 | 84 | 34 | 177 | 80 | 0 | 0 | 82 | 2 | 10 | 91 | 9 | 47 |
| | | | 5,896 | 1,317 | 78,906 | 6,099 | 484 | 34,954 | 6,566 | 663 | 42,302 | 7,273 | 1,023 | 52,049 |

Source: SRT-Elect-F/S

Based on the cost estimation shown in the tables above, the cost for the EMU Case is almost double that of the Mixed Case. Therefore, the rolling stock cost breakdown for the With Electrification Case in the economic and financial analysis will be based only on the Mixed Case.

Also, the specification of EMU in the Mixed Case was assumed based on the KTM Class 93 used in Malaysia. Details of the EL rolling stock are not described in the SRT-Elect-F/S. The train diagram proposed in the SRT-Elect-F/S was drawn based on the specification shown in the

table below. However, in the demand forecast model, the speed of the electrified section was simply assumed as 120% of that of the unelectrified section.

Source: by JST

**Photo. 3.2-1 KTM Class 93**

**Table. 3.2-4 Maximum Speed and Acceleration/Breaking Capacity used in Train Diagram**

| Rolling Stock | Max Speed (km/h) | Acceleration/Breaking | |
|---|---|---|---|
| | | Rate ($m/s^2$) | Distance (m) |
| EMU | 140 | 0.45 | 1,680 |
| EL | 120 | 0.212 | 2,622 |
| DMU | 120 | 0.30 | 1,852 |
| Passenger DL | 100 | 0.11 | 3,266 |
| Freight DL | 80 | 0.07 | 3,557 |

Source: SRT-Elect-F/S

### 3.2.3 Railway Freight Volume and GRP

The freight demand forecast model used in the SRT-Elect-F/S was developed based on CUBE Cargo software, separately from the passenger model. From the first step in the model, the freight trip generation and attraction were estimated based on different assumptions from the passenger trip generation/attraction model. To analyze the freight demand in the electrification section, an additional time equal to the passenger demand analysis is required.

Therefore, due to the time limitation, it is difficult to conduct freight demand analysis and so the freight demand will not be considered in this study.

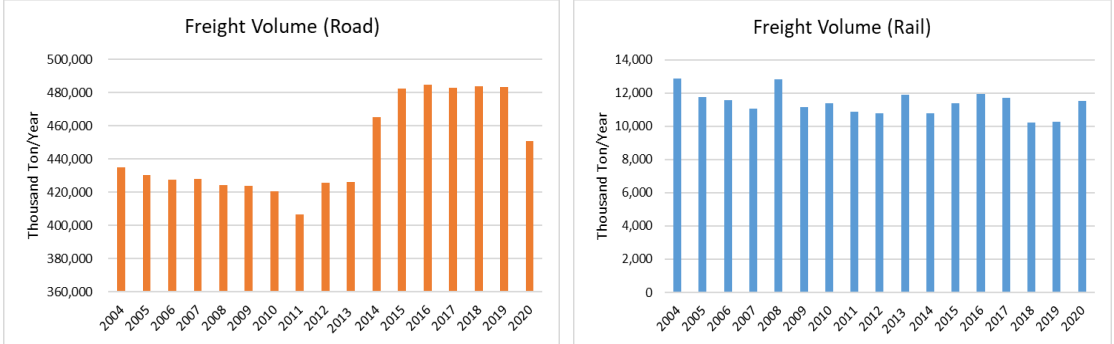
Considering the freight demand forecast result from the SRT-Elect-F/S, the analysis was conducted only for 2022. The freight volume in 2027, 2032 and 2037 was calculated assuming a fixed rate of increase of 7% every 5 years as shown in the table below.

**Table. 3.2-5 Freight Demand Forecast Result from SRT-Elect-F/S**

| Section | Freight Transport Demand Volume (Million tons/day) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2565 | | | 2570 | | | 2575 | | | 2580 | | |
| North Line | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total |
| Bang Sue - Rangsit | 10,307 | 14,736 | 25,042 | 11,027 | 15,765 | 26,792 | 11,797 | 16,867 | 28,664 | 12,622 | 18,046 | 30,667 |
| Rangsit - Ban Phachi | 6,614 | 18,069 | 24,683 | 7,076 | 19,332 | 26,408 | 7,571 | 20,683 | 28,253 | 8,100 | 22,128 | 30,227 |
| Ban Phachi - Lop Buri | 8,489 | 19,944 | 28,433 | 9,082 | 21,338 | 30,420 | 9,717 | 22,829 | 32,545 | 10,396 | 24,424 | 34,819 |
| Lop Buri - Ban Takhli | 16,354 | 8,789 | 25,144 | 17,497 | 9,404 | 26,900 | 18,720 | 10,061 | 28,780 | 20,028 | 10,764 | 30,791 |
| Ban Takhli - Pak Nam Pho | 8,805 | 16,141 | 24,945 | 9,420 | 17,269 | 26,689 | 10,078 | 18,475 | 28,553 | 10,782 | 19,766 | 30,549 |
| North-east Line | 8,805 | 16,141 | 24,945 | 9,420 | 17,269 | 26,689 | 10,078 | 18,475 | 28,553 | 10,782 | 19,766 | 30,549 |
| Ban Phachi - Map Kabao | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total |
| Map Kabao - Thanon Chira | 21,809 | 7,903 | 29,712 | 23,333 | 8,455 | 31,788 | 24,963 | 9,046 | 34,009 | 26,707 | 9,678 | 36,385 |
| East Line | 22,346 | 8,440 | 30,786 | 23,907 | 9,030 | 32,937 | 25,578 | 9,661 | 35,238 | 27,365 | 10,336 | 37,700 |
| Yommaraj - Makkasan | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total |
| Makkasan - Hua Mak | 13,296 | 0 | 13,296 | 14,225 | 0 | 14,225 | 15,219 | 0 | 15,219 | 16,283 | 0 | 16,283 |
| Hua Mak - Hua Takhe | 7,288 | 9,518 | 16,806 | 7,797 | 10,183 | 17,980 | 8,342 | 10,895 | 19,237 | 8,925 | 11,656 | 20,581 |
| Hua Takhe - Chachoengsao | 7,288 | 9,518 | 16,806 | 7,797 | 10,183 | 17,980 | 8,342 | 10,895 | 19,237 | 8,925 | 11,656 | 20,581 |
| Chachoengsao - Si Racha | 35,451 | 23,725 | 59,176 | 37,928 | 25,382 | 63,311 | 40,578 | 27,156 | 67,734 | 43,414 | 29,053 | 72,467 |
| Si Racha - Lam Chabang (Pattaya) | 34,170 | 23,269 | 57,439 | 36,557 | 24,895 | 61,452 | 39,112 | 26,634 | 65,746 | 41,845 | 28,495 | 70,340 |
| South Line | 34,170 | 23,269 | 57,438 | 36,557 | 24,894 | 61,452 | 39,112 | 26,634 | 65,746 | 41,845 | 28,495 | 70,340 |
| Bang Sue - Taling Chan | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total | Upline | Downline | Total |
| Taling Chan - Nakorn Pathom | 8,724 | 5,252 | 13,976 | 9,333 | 5,619 | 14,952 | 9,986 | 6,012 | 15,997 | 10,683 | 6,432 | 17,115 |
| Nakorn Pathom - Nong Pla Duk | 8,307 | 5,003 | 13,310 | 8,888 | 5,342 | 14,230 | 9,507 | 5,726 | 15,233 | 10,164 | 6,137 | 16,301 |
| Nong Pla Duk - Hua Hin | 8,307 | 5,003 | 13,310 | 8,888 | 5,342 | 14,230 | 9,507 | 5,726 | 15,233 | 10,164 | 6,137 | 16,301 |
| North Line | 6,883 | 4,636 | 11,518 | 7,364 | 4,960 | 12,323 | 7,878 | 5,306 | 13,184 | 8,429 | 5,677 | 14,106 |

Source: SRT-Elect-F/S

However, considering the freight statistics from the MOT, freight transport volume is increasing in road-based transport but that in railway transport has been stagnant for the past 15 years. Compared with passenger transport, the cost of freight transport is critical in deciding the mode rather than the time, therefore, in addition to reducing the travel time by electrification, facilities such as a container yard and inland port should also be considered to promote freight transport by railway.




Source: Plotted by JST based on MOT database

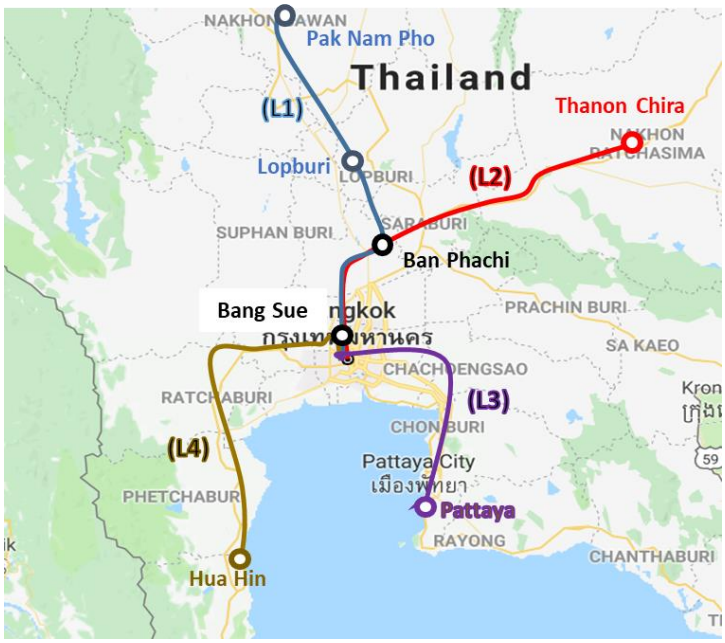
**Figure. 3.2-3 Transition of Freight Volume**

## 3.3 Long Term Scenario (Based on SRT-Elect-F/S)

### 3.3.1 Long Term Scenario Analysis

According to the SRT-Elect-F/S, the electrification was originally planned to be conducted in parallel with the double-tracking project. Thus, the year 2022 was assumed as the opening year in the SRT-Elect-F/S. However, it is impossible to start from 2022 as the discussion of electrification has not progressed. Therefore, JST will reconsider the SRT-Elect-F/S plan as the "long-term scenario" in this study.

In the long-term scenario, the demand forecasting, economic analysis, and financial analysis will be conducted based on the plan, route, condition, and settings assumed in the SRT-Elect-F/S. However, the following new assumption will be added to the analysis or updated. First, instead of the opening year of 2022, the opening year will be shifted 10 years later to 2032 in this study. Second, due to the rapid changes in socio-economic conditions in Thailand, especially population growth, the socio-economic conditions will be updated based on the estimation from NESDC in 2019. Third, since the income from freight transport was not considered in the SRT-Elect-F/S, JST assumes that freight revenue is equal to 52%[10] of passenger revenue and adds this to the financial analysis. The route map of the long-term scenario is shown in the figure below.




Source: JST

**Figure. 3.3-1 Long-term scenario electrification route map**

[10] Calculated based on the 2019 SRT accounts

In practice, the LD train which runs beyond Pak Nam Pho, Thanon Chira, Hua Hin, and Pattaya must switch from EL to DL. Based on the discussion with SRT staff, currently, a maximum of 15 minutes is required to switch between DL and EL. However, the switching time was not included in the demand forecast model in the SRT-Elect-F/S. In order to secure consistency with the result from the SRT-Elect-F/S, the analysis in this study will also exclude the time and cost of locomotive switching.

It should be noted that the breakeven point for electrification of 80 trains/day was suggested by JICA in 2019. Therefore, JST considers that electrification of the sections beyond Pak Nam Pho, Thanon Chira, Hua Hin, and Pattaya is not feasible based on the current conditions. However, electrification could be feasible if demand increases in the future. Also, branch lines such as the Mae Klong Line and Kanchanaburi are not considered for the same reason.

**Table. 3.3-1 New socio-economic input from NESDC estimates (2019)**

| Year | 2027 | 2032 | 2037 | 2042 | 2047 |
|---|---|---|---|---|---|
| GDP (billion baht) | 11,108.7 | 12,329.7 | 13,552.4 | 14,774.3 | 15,995.7 |
| Population (1,000person) | 69,382 | 69,735 | 69,362 | 68,738 | 68,506 |

Source: NESDC Estimates, 2019

**Table. 3.3-2 Long-Term Scenario Key Assumptions**

| | |
|---|---|
| Base Year | 2032 (BE 2575)<br>(same input as 2022 in SRT-Elect-F/S, except socio-economic data) |
| Project Period | 30 Years (2032-2061) |
| Cost | Initial Investment<br>• Land Acquisition<br>• Civil Works<br>• Mechanical and Engineering<br>• Rolling Stock<br>• Depot<br>Operating and Maintenance<br>• Environment<br>• Civil Works<br>• Mechanical and Engineering<br>• Depot |
| Benefit | Highway<br>• Vehicle Operating Cost<br>• Travel Time Saving<br>• Accident Reduction<br>• GHG Emission Reduction<br>Railway<br>• Cost Saving (compared to Without Case) |

| | |
|---|---|
| | • $CO_2$ Emission Reduction |
| Social Discount Rate | 12% |
| Revenue | • Passenger Income<br>• Freight Income (assumed 52% of passenger income)<br>• Commercial Income (assumed 10% of passenger income) |
| Financial Discount Rate | 5% |
| Socio-Economic Data | Updated values from 2019 NESDC Estimates |

Source: JST

**Table. 3.3-3 Electrification Section in Long-Term Scenario**

| Scenario | L1 | L2 | L3 | L4 |
|---|---|---|---|---|
| Line | North | Northeast | East | South |
| Electrification Section | Bang Sue-Ban Phachi-Pak Nam Pho | Bang Sue-Ban Phachi-Thanon Chira | Bang Sue-Pattaya | Bang Sue-Hua Hin |

Source: JST

Analysis result for long-term scenario are given below.

**Table. 3.3-4 Long-term scenario analysis result**

| Scenario Comparison | | L1 (North) | L2 (NE) | L3 (East) | L4 (South) |
|---|---|---|---|---|---|
| EIRR | | 10.76% | 15.97% | 13.60% | 15.21% |
| FIRR | | 2.88% | 7.86% | 5.40% | 1.07% |
| Passenger demand (Pax/Day Line load) | 2032 | 33,400 | 69,600 | 20,400 | 45,819 |
| | 2037 | 37,838 | 77,500 | 23,851 | 51,311 |
| | 2042 | 41,792 | 81,854 | 26,588 | 56,263 |
| | 2047 | 46,069 | 88,572 | 29,801 | 61,575 |
| | Line load Section | Ban Takhli-Pak Nam Pho | Mab Kabao-Thanon Chira | Chacheongsao - Sriracha | Nong Pla Duk -Hua Hin |
| Annual Emission Reduction (Ton-$CO_2$) | | 2,384 | 2,156 | 891 | 1,822 |

Source: JST

The result of the highest investment priority section is the same as shown in the SRT-Elect-F/S, where the Northeast Line shows the best evaluation result. The South Line is determined as

the second-best in the long-term scenario. Calculation sheets of EIRR and FIRR are given in the appendix.

### 3.3.2 Financial Analysis Result

The result shown in the SRT-Elect-F/S indicates that the FIRR of all four lines is above the criterion of 5%. However, analysis of the long-term scenario in this study shows the FIRR is above 5% only for the Northeast and East Lines. Based on the result of EIRR, the Northeast, South, and East Lines are economically feasible for development. This implies that development of the South Line may require a financial subsidy, which could be for the cost of rolling stock which is higher than that of the other lines.

## 3.4 Issue to be considered in The SRT Railway Electrification Plan

As described previously, electrification of SRT lines in SRT-Elect-F/S covers 200-250 km radius from the center of Bangkok. In response to the result of the F/S, NESDC pointed out that the entire plan for electrification should be presented. Therefore, this section gives implications for the prospects of electrification.

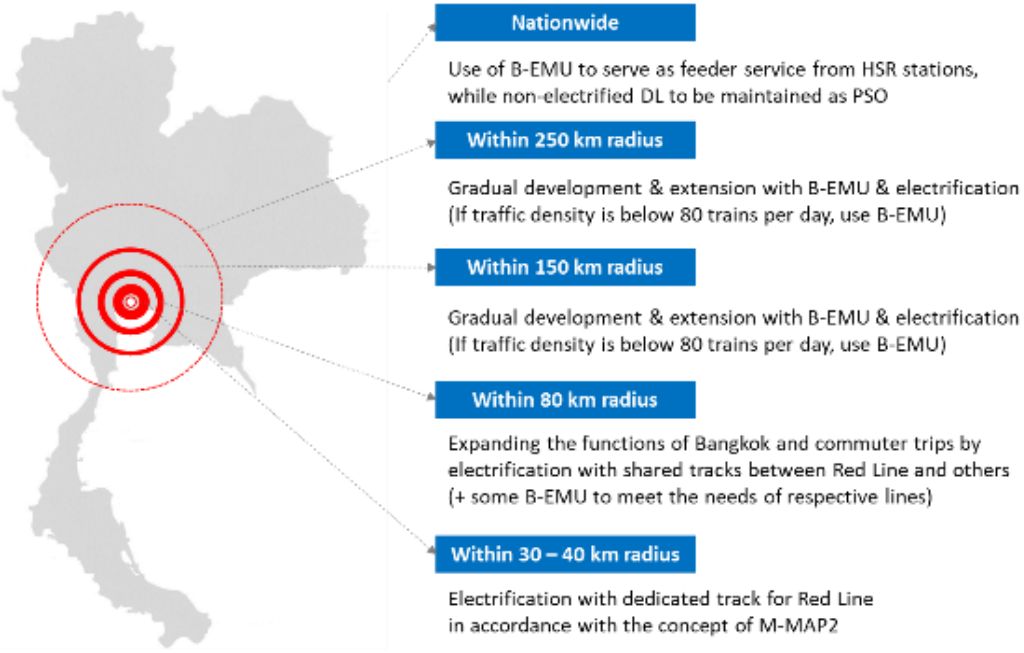
### 3.4.1 Electrification by Distance and by Corridor

#### (1) Electrification plan by distance

The figure below shows the concept of railway electrification by distance from the center of Bangkok.

- **Within 30–40 km:** Railway should be electrified with dedicated track for the Red Line. According to M-MAP, this area is defined as suburban lines with electrification. M-MAP2 also indicates that electrified urban railways should be promoted within a 40 km radius from the center of Bangkok.
- **Within 80 km:** As the largest commuting distance, electrification should be made with shared tracks between the Red Line and others (+ provision of some B-EMUs to meet the needs of respective lines in accordance with the electrification criterion of 80 trains per day).
- **Within 150–250 km:** Gradual development and extension with B-EMU; electrification should be made (if traffic density is below 80 trains per day, B-EMU should be selected). Once the electrification is extended, B-EMU will be replaced on further sections. As such, coverage of the service network should be expanded.
- **Beyond 250 km:** Electrification is no longer feasible as the traffic density is unlikely to

exceed 80 trains per day. B-EMU should be used for feeder services from HSR stations, while non-electrified DL should be maintained as a public service obligation (PSO) for socially vulnerable segments of the population.




Source: JST

**Figure. 3.4-1 Electrification Plan by Distance from Bangkok**

### (2) Electrification Plan by Corridor

The figure below shows the railway electrification plans by direction and section.

#### ① Greater Bangkok Region (within 30-40 km) and Suburban Lines (within 80 km)

SRT lines in the greater Bangkok region and suburban lines are defined as the Red Line. The end of suburban lines (within approx. 80 km, except for west direction) are Ban Phachi (North Line), Chachoengsao (East Line), Nakhon Pathom (West/South Line) and Pak Tho (Mae Klong Line).

The plan includes the following, taking the particular needs of respective corridor into consideration.

**North Line:** The Rangsit – Thammasat section, part of the Red Line commuter projects, is being prepared for implementation. In addition, electrification should continue for the Thammasat – Ayutthaya and Ayutthaya – Ban Phachi sections to provide commuter services to the end of the suburban line. The existing SRT routes separate to the Northern and Northeast Lines from Ban Phachi Station. Electrification to Ban Phachi will, therefore, contribute to economic growth in the two directions. Also, as SRT owns relatively large areas of land around

Ban Phachi Station, once shunting, marshaling and switching functions on those lands are strengthened, various train configurations and operation patterns will be made possible.

**Priority [A2]:** This includes the Red Line north extension to Ban Phachi and the West/South Line to Nakhon Pathom, introduction of B-DL to Bang Sue Depot, introduction of BMU to Hua Mak – Hua Takhe, and electrification of the freight corridor of Lat Krakbang – Laem Chabang. Among these proposals, extension of the Red Line and electrification of the freight corridor require financing capacity to be secured, while new rolling stock technologies are needed to address technological challenges.

**East Line:** The plan includes BMU service for school transport and commuting purposes between Hua Mak – Hua Takhe as well as carrying out test runs for the B-DL being developed, which will subsequently be used for shunting service at Bang Sue Depot (as part of the ongoing joint R&D activities between SRT and Lat Krabang University). The SRT-Elect-F/S reported that a cost-benefit analysis shows that B/C of the East Line is less than 1.0 in the base case. Therefore, it is assumed that the East Line will continue to function as the test track for new technologies instead of electrification. With respect to the East Line, electrification of the freight corridor, Lat Krakbang – Laem Chabang (– Map Ta Put), is incorporated in the electrification plan as described below.

**West/South Line:** As part of the Red Line commuter projects, electrification from Taling Chan to the east up to Salaya is being prepared. The plan includes the further electrification of Salaya – Nakhon Pathom, or otherwise B-EMU or BMU may be used for the section for commuter service depending on the progress of R&D activities.

**Mae Klong Line:** Although the line is an integral part of the suburban lines of the Red Line projects, ONEP recently rejected the EIA for the section, and therefore electrification of this section is very unlikely to take place. Nowadays, the Maha Chai market attracts tourists and many of them use the Mae Klong Line for sightseeing. Therefore, one idea is to provide tourist trains with B-EMU for the tourists visiting Maha Chai Market and Mae Klong Railway Market.

Other developments include the Missing Link project (Bang Sue – Phaya Thai – Makkasan – Hua Mak) and Red Line commuter Taling Chan – Siriraj section.

Source: JST

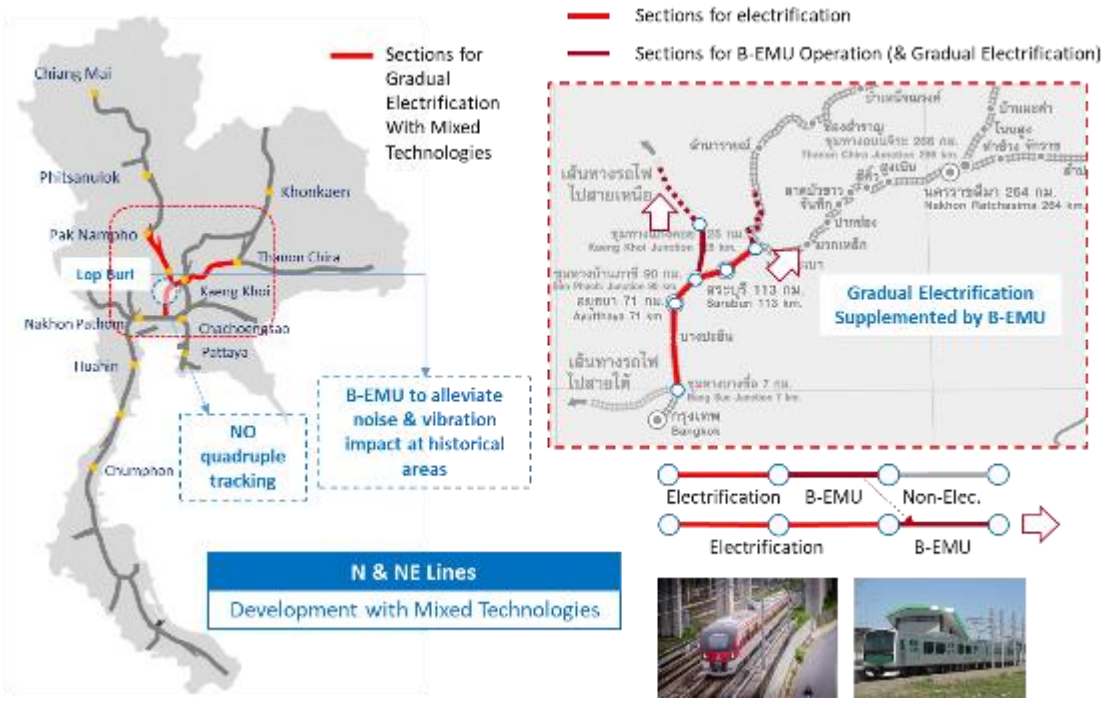
**Figure. 3.4-2 Electrification Plan by Corridor (Greater Bangkok Region and Suburban Lines)**

### ② North and Northeast Lines (within 250km)

Beyond the suburban lines, the northern and northeastern directions are selected as priority corridors. This is because these corridors show the highest B/C in the SRT-Elect-F/S with the development effect of the Northeast HSR. The Team suggested ordinary electrification for the North and Northeast Lines, with B-EMU trains to supplement the functions. The scenario includes several options, i.e. electrification up to Ban Phachi, and the following options beyond Ban Phachi:

- Option 1: Electrification to Kaeng Khoi of the Northeast Line and B-EMU beyond Kaeng Khoi
- Option 2: Electrification to Lopburi of the North Line and B-EMU beyond Lopburi
- Option 3: B-EMU beyond Ban Phachi

Subsequently, gradual electrification along with B-EMU operation at non-electrified sections will continue to expand the network.




Source: JST

**Figure. 3.4-3 Electrification Plan by Corridor (North and Northeast Lines)**

**③ Nationwide (beyond 250km)**

No electrification beyond 250km radius should be assumed, as traffic density is unlikely to go beyond the criteria (80 trains per day) and investment on electrification is not really feasible. Also, this is partly because electrification of conventional lines would duplicate the functions of HSR network if it exceeds the 250 km radius from Bangkok.

Instead, B-EMU may be used as the feeder service from the hub HSR stations, by relocating the trains used in the North and North-Eastern lines when ordinary electrification comes to completion. In fact, need for feeder services in provincial areas with smaller populations are often discussed to attract passengers to use rail. Therefore, this idea could be a solution in future.

Meanwhile non-electrified DL should be maintained as Public Service Obligation (PSO) for socially vulnerable segments of population.

**④ Freight Trains**

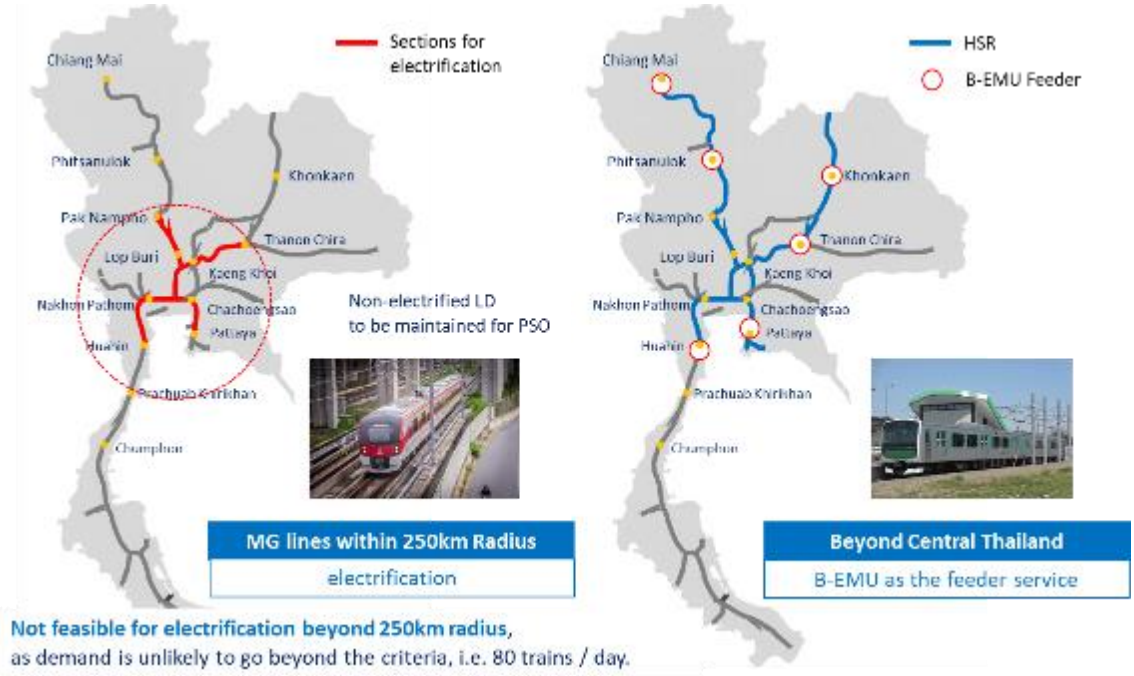
The plan for electrification of freight railways is as follows.

Freight transportation in Thailand is concentrated in the Lat Krakbang ICD – Laem Chabang section, with very little in other areas. Therefore, the section is the highest priority for electrification.

In addition to the above, the Leam Chabang – Map Ta Phut section would be a candidate for

electrification. The Map Ta Phut Industrial Port, which is known as a high-capacity industrial port, is promoting the "Carbon Neutral Industrial Estate" project at the Map Ta Phut Industrial Estate, as part of Thai-Japanese cooperation to fight climate change. Toyota Motor Thailand, Bangkok Industrial Gas, Osaka Gas, PTT Global Chemical, Kansai Electric Power, and Toyota Tsusho Thailand formed a partnership to conduct a feasibility study.

The long-term perspective for freight electrification should focus on the cross-border logistics with long-distance routes. Without passing through Bangkok, freight trains from these ports will be running on the electrified Northeast Line to Nong Khai, via Chachoengsao and Kaeng Khoi.




Source: JST

**Figure. 3.4-4 Electrification Plan by Corridor (Nationwide)**

### 3.4.2 Budget

#### (1) Financial arrangement

The financial sources for investment in railway development are, in principle, as follows:

**Red Line**

- Construction (civil works, track works, signaling & communications) by Government budget
- Electrification, mechanical system and rolling stock procurement by SRT loan

**Double-tracking**

- Land acquisition and construction (civil works, track works, signaling & communications) by Government budget
- Rolling stock procurement by SRT loan

### (2) Capital requirement

SRT's five-year investment plan (2022–2026) shows the following demand for financing: THB 54.5 billion (2022), THB 123.5 billion (2023), THB 184.3 billion (2024), THB 201.8 billion (2025), THB 125.4 billion (2026), which excludes electrification projects as set out in the SRT-Elect-F/S.

The Feasibility Study on SRT electrification (2016) estimated the total investment cost for the entire project as THB 100 billion, which accounts for 14% of the total amount of the five-year investment plan.

The public debt to GDP ratio increased to 59.58% in November 2021, nearly reaching the limit of 60% controlled by PDMO. According to PDMO, SRT's accumulated debt is about THB 200 billion (JPY 690 billion)[11], requiring substantial improvement of its financial condition. Under such circumstances, NESDC suggested to focus on the priority corridor, instead of electrifying all four directions.

## 3.4.3 Technology for Electrified Systems

### 1. Improvement of average train speed and reduction of required number of vehicles

In general, the acceleration/deceleration of EMU is better than that of DL or steam locomotive (SL). In addition, EL has better slope-climbing ability. DL and SL need to stop at certain stations at regular intervals to take on fuel and water, and SL also requires the locomotive to be changed at an appropriate distance for vehicle maintenance.

In Japan, the average scheduled time can be shortened by electrification, and the number of required vehicles can be reduced because it is possible to arrive on the same day or to make a round-trip. When the limited express EMU "Kodama" started operating on the 553 km section between Tokyo and Osaka in 1958, it became possible to make a round-trip on the same day; before then, passenger trains could only operate one way a day, and so four trains were required for two round-trips. The number of trains was reduced to three, even including the preliminary

[11] https://www.pdmo.go.th/en/public-debt/non-financial-guranteed-debt/domestic-external?ft=yearly&ms=9&ys=2020&me=9&ye=2021

trains

## 2. Increased transportation capacity

On the main line, the acceleration and deceleration of ordinary trains is slow, hindering the line capacity (the maximum number of trains between stations that can normally run in 24 hours) even in the double-tracking section, not to mention in the single-track section. If DL and DMU ordinary trains are replaced with EL and EMU, the line capacity will increase.

## 3. Improvement of working environment

SL require the assistant driver to supply coal in the locomotive. In addition, there are dangers such as suffocation due to smoke exhaust in tunnels. Compared to DL locomotives, electrification shifts to a driving environment that allows only one driver to be on board. Regarding maintenance, the conversion to EMU will improve the working environment by eliminating the need for refueling for DL and refilling coal for SL.

Regarding reorganization of the train operation system in Japan, there were various train types such as limited express, express, and rapid trains without using locomotives, but with electrification as a trigger, limited express[12] trains run between major cities to improve passenger service.

### (1) Break-even point of railway electrification

In Japan, electrification has progressed since the 1960s. The break-even point of JNR's electrification is shown below.

[12] To give an example, the limited express "Hibari" between Tokyo and Sendai, which offers unified performance of EMU, runs once an hour during the day, and departs every 12 minutes per hour in principle. The departure time that can be memorized was set.

In JNR Era (in 1960's), electrification was drastically proceeded.
For proceeding this policy, it was said that
*80 trains (bi-direction) is a breakeven point of electrification or not*
with following conditions.

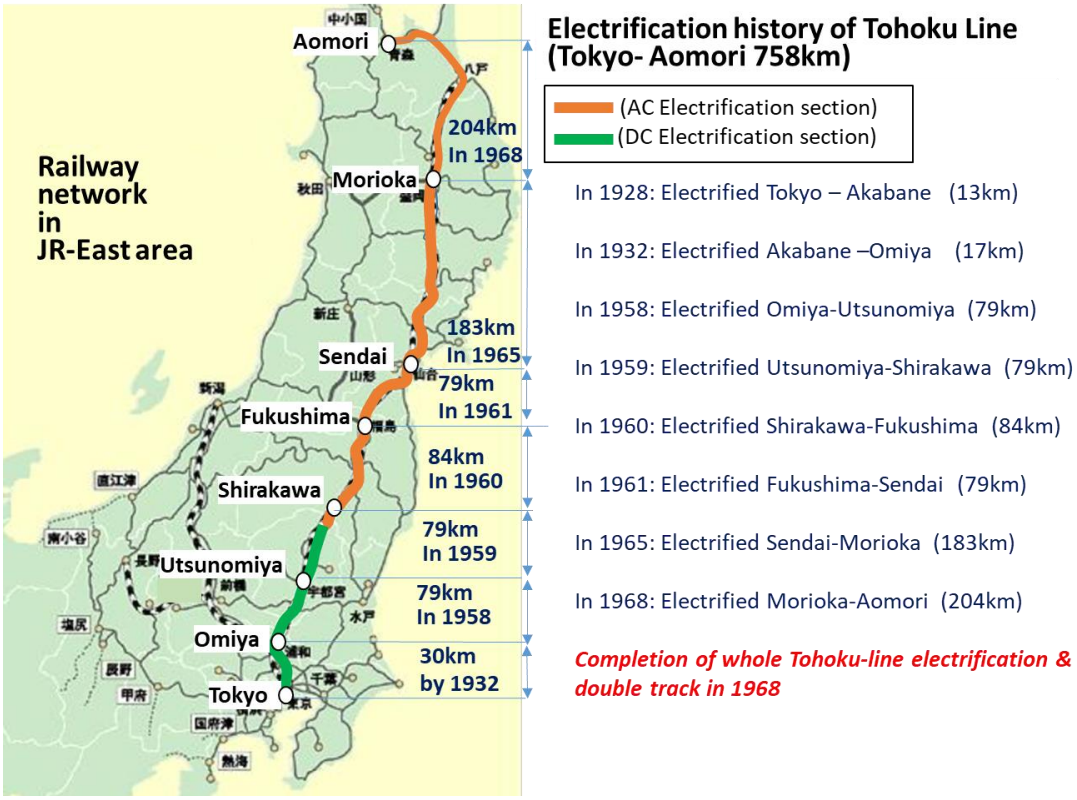
Precondition

| | | |
|---|---|---|
| - Revenue branch point | : | Interest Rate = 7 % |
| - Passenger trains : Freight trains | : | 80 % : 20 % |
| - Component of a train set | : | 6 cars |
| - Maximum Traction of locomotive | : | 600,000 kg |
| - Daily train Distance | : | Passenger : 380km/day<br>Locomotive : 280km/day |

Source: How to proceed with electrification by JNR, September 1968

**Figure. 3.4-5 Break-even Point of Railway Electrification**

### (2) Phased inauguration of electrification in Japan




Source: Based on JICA BKK-Chiang Mai HSR F/R in 2018

**Figure. 3.4-6 Progress of Electrification in Japan**

Part of Japan's rail electrification was carried out before World War II. After the War, the

Japanese economy grew rapidly, and transportation demand increased significantly as a result. Therefore, the Japanese National Railways (JNR) increased the transportation capacity and set completion targets for electrification and double-tracking work at the same time, and implemented it step by step, focusing on the main lines. Another purpose of electrification was to abolish SL, which was the mainstay at that time, and to strengthen the transportation capacity.

Taking the Tohoku Line as an example, the progress of electrification is shown in Figure 3.4-6. In order to train electrification design personnel and maintenance personnel including rolling stock, electrification was implemented every 80–100 km of section distance.

In addition, due to the introduction of EMU, SL and DL became unnecessary on the main lines and were transferred to other branch lines, etc., improving the transportation capacity of local routes.

### 3.4.4 Maintenance Method and Staffs

#### (1) Driver and labor market

**① Driver and License**

Currently, each company issues driver's licenses based on internal regulations. When the Rail Transport Act is enacted in 2022 (fiscal year starting in October), a ministerial ordinance will be created and the licenses will be unified. Each company tests the driver and issues a certificate, which is then used to have the license issued by the director of DRT. The act allows other railway operators to enter SRT lines (Class 2 operator under the Japanese Railway Business Act).

**Table. 3.4-1 Drivers and Licenses**

| Area | All of the nation | City area (BKK Metropolitan Area) |
|---|---|---|
| Operator | SRT | SRTET (Red Line), BEM, ARL[13] |
| Job title | Driver, Assistant Driver (AD) | Train Operation Driver |
| Training period | After 3 months of training, become an AD. After another 7 years as AD, passing the test, and taking a training course for few weeks, become a Driver. | 3 months in a classroom (including passenger information in abnormal situations)<br>One month for actual operation |
| Note | | In case of quitting within 2.5 years, must repay the training expenses |
| Crew | Two crew even for DMU | One driver with no conductor |
| No. of cars | Max. 22 cars in passenger event train | 4 to 6 cars |
| Signal | Tablet method or automatic signal | ATO, LZB, ETCS Level 1 |
| Type of certificate | One certificate (DL and DMU) | EMU |
| Current process | SRT high level issues certificate | Training Div. issues certificate, and informs DRT |
| After new act | SRT high level issues certificate, DRT director issues license | Training Dir. issues certificate, DRT director issues license |
| No. of drivers | 1,250 | 454 [14] |

Source: JST interview

[13] The ARL business license was transferred from SRTET to Asia Era One Co., Ltd. (AEO) at the end of October 2021. In the future, it will extend to the east and become part of the three airport connecting lines (high-speed rail).

[14] The total number of drivers for urban transportation is estimated to be about 1,000. Based on an interview with BTS unless otherwise specified.

There are three companies, BEM, SRTET, and ARL, in Bangkok only, and each issues licenses individually. Their trains use a one-man crew without a conductor. The BTS Gold Line is completely unmanned with an ATO of over 1 km in length. ATO, LZB, or ETCS Level 1 is used as the security method for urban transportation. SRT has a nationwide network: there are still a few ETCS sections with signals, and there are other sections where blockage is secured with tablets, so an assistant driver is also on board on all routes. DMUs are operated in the same way. In Japan, trains have long used a one-person crew, and in the case of locomotive pulling, a one-person crew has been promoted by introducing emergency brake (EB) equipment and equipment such as automatic signaling. Thereafter, freight trains became a direct system without shunting, and the brake van attached to the end of the train was abolished together with the conductor due to the introduction of rear protection equipment.

**② Supply and demand of drivers**

Few employees quit their job with SRT. Since it is a nationwide network, the driving depots (driver's bases) are scattered, and there are no other companies in the same railway sections in the regions, so its employment liquidity is low. Normally, 7 years of experience as an assistant driver is needed to qualify to take the driver's exam. After passing the exam and training for several weeks, a driver is certified. There are various routes to becoming a driver such as graduating from a junior college two-year course at the Railway Training Center or recruiting within the department to become an institutional assistant.

On the other hand, drivers of urban railways change jobs. Up to about 5 drivers a year quit the company, and half of them switch to other urban transportation companies. To fill the vacancies, candidate drivers are recruited, put to work in station operations, etc., and when the number reaches about 15 persons, they are put into the training program.

Some drivers change to another company with a certificate and some drivers join the company with a certificate acquired in another company's training. It is not difficult to recruit drivers.

**③ Training of drivers for SRT electrification**

SRT is trying to modernize signals (adopt ETCS Level 1) in the electrification plan or double-tracking plan, which also aim to completely abolish railroad crossings. In the case of electrification, it is essential to secure the required number of drivers by increasing the number of trains and to secure training personnel for conversion education to EL and EMU. Assistant drivers seems to be required in the current situation where the ETCS sections have not the majority.

Since DL/DMU and EL/EMU have different structures, they should be licensed separately. In Japan, the period for obtaining a new license (conversion education) is 2 to 3 months

including practical skills.

**Table. 3.4-2 Training hours in each certificate in Japan**

(in hours)

| License | | EL,EMU | DL,DMU |
|---|---|---|---|
| Safety principal | | 21 | 21 |
| Rolling stock | Control | 79 | 65 |
| | Brake, Bogie | 40 | 54 |
| Driving rule | | 92 | 92 |
| Signaling, Communication | | 32 | 32 |
| Track | | 10 | 10 |
| Electrics | | 40 | 40 |
| Driving theory | | 60 | 60 |
| Inspection, Repair | | 18 | 18 |
| Working safety | | 8 | 8 |
| Total | | 400 | 400 |

Source: MLIT

### (2) Rolling stocks

The Red Line's 130 cars are currently maintained by 47 employees, many of whom have experience in Airport Rail Link maintenance and have undergone manufacturer training before conducting inspections.

Currently, vehicle maintenance is conducted by weekly inspection within 10 days and by monthly inspection within 3 months. Monthly inspection is done by a total of 8 people, 4 of whom inspect the vehicle from above and 4 of whom inspect the vehicle from below. Since the current maintenance is performed at the level of a vehicle center in Japan, it is expected that there will be sufficient personnel. However, since heavy maintenance will have to be considered in the future, it is important to prepare for securing personnel and training employees. The size of the Red Line plant would require an additional 60 or so personnel for heavy maintenance.

| Type of Inspection | Location of Maintenance | Performed by | Inspection Period |
|---|---|---|---|
| **Daily inspection** To check the facility of the train set before starting and after finishing its operation | Depot stabling track or station platform | Train Operator | Daily (at the time of raised pantograph and descended pantograph) |
| **Weekly Inspection** To check the facility of the train-set through visual inspection (in particular the roof and under floor parts) and condition of consumables, equipment | Depot train inspection track | Maintainer | Weekly (period may be extended up to 10 days if experience confirms that reliability will not be affected) |
| **Monthly inspection (Facility Inspection)** To check the facility and condition of consumables equipment without dismantlement. | Depot train inspection track | Maintainer | One month (period may be extended up to 3 months if experience confirms that reliability will not be affected) |

Source: JST

**Figure. 3.4-7 Red Line Maintenance Type**

### (3) Power supply

In the Red Line, electric equipment maintenance work is carried out by 14 SRTET employees. The breakdown is 7 persons in charge of substation equipment and 7 persons in charge of OCS equipment (27 people in common with track equipment maintenance, other than 20 people in charge of track).

| | Number of Staffs |
|---|---|
| AFC | **24** |
| COM | **21** |
| DWE | **14** |
| MMC | **13** |
| PDS | **7** |
| RST | **47** |
| SIG | **20** |
| STR | **7** |
| TRW/OCS | **27** |

Source: Materials provided by SRTET

**Figure. 3.4-8 Composition of SRTET Maintenance Workers**

All employees used to do maintenance work of ARL in the past, and now they are in charge of Red Line maintenance due to the management change of SRTET. For ARL, they had experience of maintaining electrical equipment for more than 10 years, but the Red Line has just opened and is in the DLP period, so only inspection work is being implemented at present.

Considering the situation of maintenance depots in Japan, it is necessary to set up a maintenance depot of the above scale every 30 km of line length when SRT is electrified.

The OCS equipment is installed above the roof of rolling stock. For maintenance of OCS, an inspection vehicle that can run on both track and road will be introduced. During maintenance work, the inspection vehicle moves on the track from the depot to the site. It is desirable that this inspection vehicle be deployed at each maintenance depot for inspection work.

Source：Materials provided by SRTET

**Figure. 3.4-9 OCS Maintenance Vehicle for Red Line**

As for future equipment maintenance plans, for the time being, the employees will gain equipment experience through technical education from suppliers, maintenance parts will be secured after the fifth year, and the equipment will be renewed after the tenth year. The study team believes that these ideas can be applied to later SRT electrification.

Nov 2021

| No | Topic | Solution | Method |
|---|---|---|---|
| 1 | Staff Rack of education and training | Get some training from Supplier | Buy some spare with supplier |
| 2 | Environmental response and utilization of DX | Keep contact with supplier | |
| 3 | After sale service | Supplier remote support | Cooperate with supplier |

5 -10 Year

| No | Topic | Solution | Method |
|---|---|---|---|
| 1 | Computer | 1. Change Computer PC and Server Base | |
| 2 | Sparepart electrical | 1. Collect spare for enough 5 year maintenance<br>2. Select equivalent sapre if have | |

10 -15 Year

| No | Topic | Solution | Method |
|---|---|---|---|
| 1 | Install new system | Replace old system with new one | |
| 2 | Replace old technology with new technology | Study from other Operator or knowledge from supplier | |

Source：Materials provided by SRTET

**Figure. 3.4-10 Medium/Long-term Maintenance Policy of SRTET**

## 3.5 Summary of Chapter 2 and 3

Electrification should proceed according to the original study plan.

1) Information collection

This survey is "Data Collection Survey on Railway Electrification in the Kingdom of Thailand," and in line with its purpose, the natural conditions, socioeconomic status, SRT status and issues were described in Chapter 2. The analysis according to the SRT-Elect-F/S was described in Chapter 3.

2) Current status and issues of SRT

The immediate problems with SRT are as follows:

- Personnel: 40% of current regular employees will retire in the next 10 years.

The government is reluctant to hire many staff; this will become a major problem.

- Increase transportation capacity through large-scale investment such as connection with China and Laos and double-tracking projects in Thailand.

As the transportation volume increases, a container transshipment base will be established in Laos and a container base will be established in Thailand across the border. Issues regarding personnel and the train system need to be solved.

- Compliance with the new railway act (Rail Transport Act)

The Rail Transport Act is expected to be enacted, and class 2 railway operators will be able to enter and use SRT's infrastructure. It is time to consider making agreements with them.

3) Review of priority line among the four major lines

Following the Thai SRT-Elect-F/S (SRT order, in 2016), demand forecasting and economic and financial analysis were conducted to reflect the 2019 socio-economic framework of the National Economic and Social Development Council (NESDC). The EIRR was 15.97% and the FIRR was 7.86%, both of which were on the Northeast Line, similar to the SRT-Elect-F/S. Therefore, the priority line for electrification among the four main lines from Bangkok is the Northeast Line.

4) Specific examination of railway electrification

JST conducted a study on OCS, which was the original purpose of the survey. It is necessary to make a detailed electrification plan for the future, but there are ways to proceed by line distinction or distance (depending on the distance from Bangkok). The advantages of the "by distance approach" for passengers is explained; line distinction is more advantageous for lines with a lot of cargo.

It was clarified with the example of Japan that electrification becomes necessary due to the transportation volume increase. The requirements for SRT focus on personnel, training, and train system maintenance issues.

# Chapter4 Smoke Exhaust Problem at BS Grand sta.

## 4.1 Structure of BS Grand sta. and Train Operation Plan

### 4.1.1 Structure of BS Grand sta. and History of Smoke Exhaust Problem

#### (1) Background

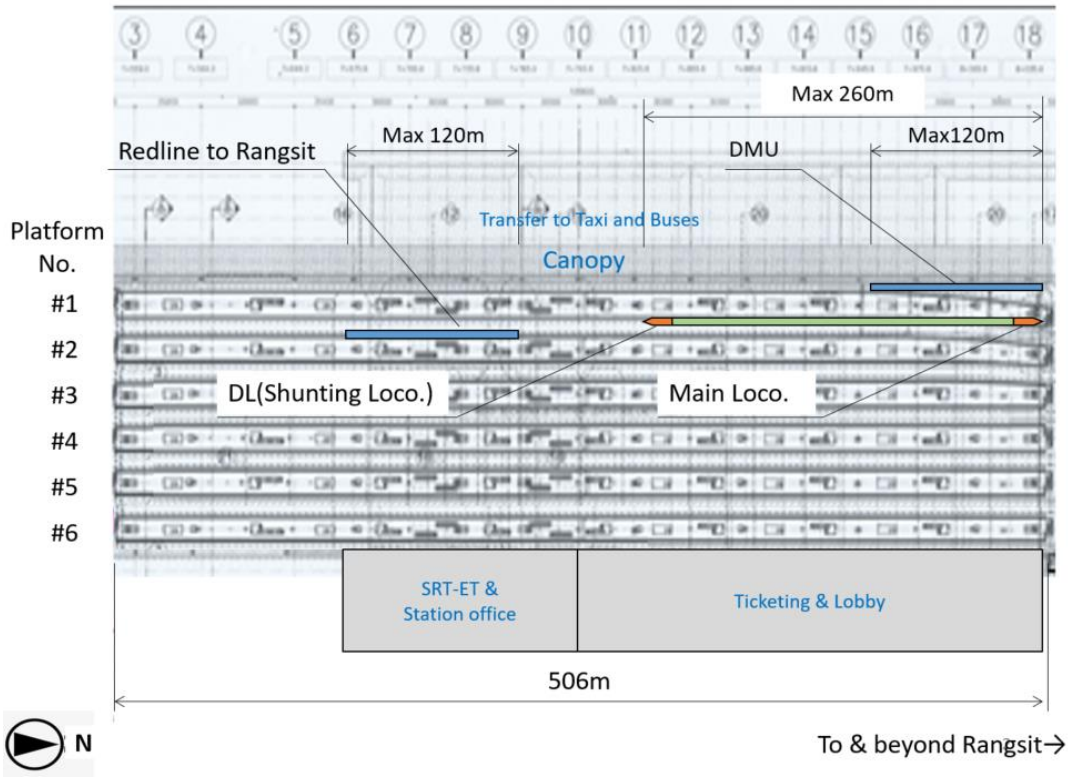
The smoke exhaust problem at BS Grand Sta. (Bang Sue Grand Station) was raised in 2017. In December 2021, it was announced that the terminal for long-distance express trains of DL and DMU in Bangkok will be consolidated at BS Grand Sta., but due to the limited smoke exhaust capacity of the station, there is an urgent need to formulate a short-term response policy, in addition to formulating a medium/long-term electrification plan.

Based on this background, this survey will review the non-electrified route operation plan of SRT and propose short-term countermeasures for the smoke emission problem of BS Grand Sta.

However, the opening ceremony for long-distance express trains to enter the new station, which was scheduled to be held on December 23, 2021, was postponed just before, and Hua Lamphong Station remained as before.

In this section, in accordance with the JST work plan, the measures taken by SRT and the Study Team to tackle the smoke emission problem are organized and reviewed in preparation for the introduction of DL/DMU to BS Grand Sta. in the future. Therefore, the countermeasures described in this chapter are as of November 2021 before the decision.

### (2) Structure of BS Grand sta.




Source: JST from materials provided by SRT

**Figure. 4.1-1 Plan of BS Grand sta. on MG Platform and Train Standing Position**

The Red Line, which is used for urban transportation, officially opened on November 29, 2021. It was the first line to use BS Grand sta., which was completed at the same time with 12 platforms and 24 tracks; the 1st floor is the concourse, the 2nd floor has 6 platforms for MG (meter gauge) trains of the Red Line and as the terminal of long-distance (LD) trains. The 3rd floor has 6 platforms for SG (standard gauge) as the terminal of HSR for the North, Northeast and South Line, and as an intermediate station of the High-Speed Rail Linked 3 Airport project.

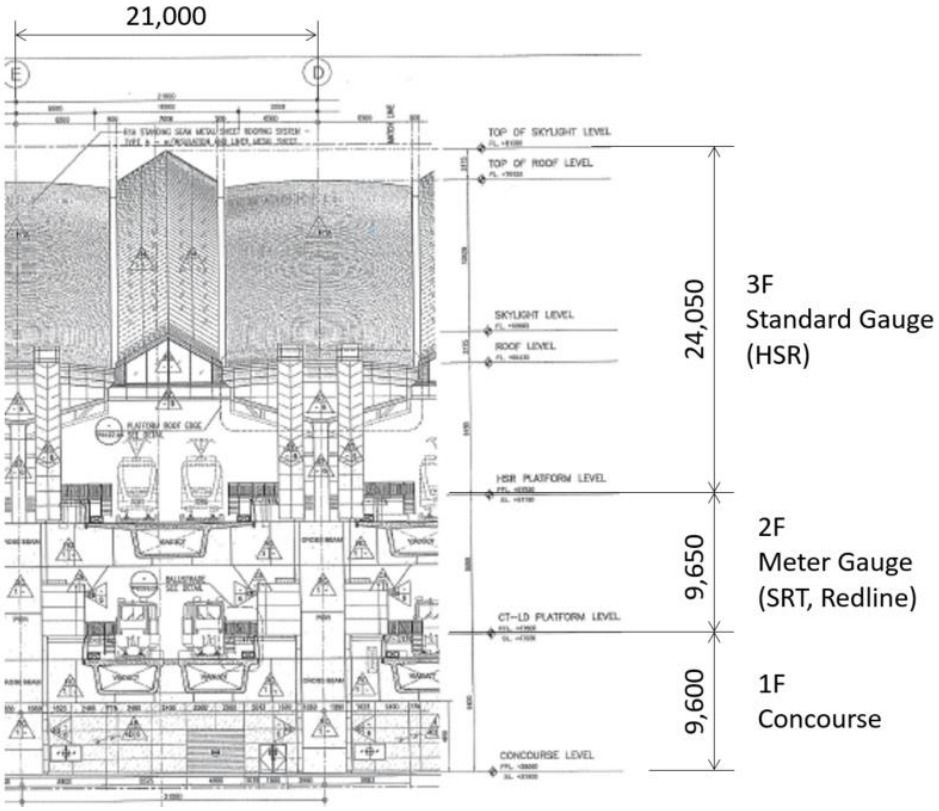
The platforms run north to south with the length of 500 m. The southern half of the 1st floor is for short-distance trains of the Red Line, with a concourse, ticket office and transfer passages to the MRT Blue Line. The northern half is planned to be the LD concourse. The station building lies on the east side of the concourse, with a ticket office for LD trains and commercial facilities. There is a canopy on the west side, which is a space for transferring to buses and taxis.

This new station is a large terminal that functions as the gateway station for the capital of

Thailand; it boasts a total area of 6 ha[15] and is the largest station in ASEAN (source: SRT data).

BS Junc. (Bang Sue old station) is located just to the west of BS Grand sta., and trains departing from this station will use the ordinary line that remains on the ground as far as Rangsit on the North Line. Therefore, the rail crossings will remain. Some freight trains also use this line. This situation is the same for the line to Taling Chan in the west.

The locomotives that pull the trains departing from the new station will be forwarded from the westward locomotive depot on the north side of BS Grand sta. Then the passenger cars will be connected at the newly established passenger car depot on the east side of BS Grand sta., and will pass through the shunting track to the platform on the 2nd floor of the new station. The Red Line EMU Depot lies on the northeast side of BS Grand sta., and deadhead EMUs arrive on the platform of the new station from the north side using the same shunting line. (Refer to Fig. 4.3-9.)




Source: JST from the materials provided by SRT

**Figure. 4.1-2 Cross Section of BS Grand sta.**

[15] The Bang Sue railway area covers approximately 27 ha including stations, depots, and the Red Line Depot. The Greater SRT Bang Sue area covers approximately 372 ha including planned business development and residential areas.

### 4.1.2 Train operation planning and smoke emission problems

#### (1) Train operation plan (as of November 2021)

For the time being, LD only the express trains on the North and Northeast lines (21 trains / one way) departs from BS Grand sta., and all local trains and South line trains use BS junc..

59 trains/ one-way on the North, Northeast, South, and East lines started from Hua Lamphong Station, but only 11 PSO local trains/ one-way would depart from there temporary. In addition, as for local trains, the number of trains in the section parallel with Red Line will be reduced at the opening of the Red Line, while the number of trains departing from Rangsit and Thonburi connected at Taling Chan will be increased. In addition, SRT will decide that the toilets of passenger cars will be locked in the newly opened elevated section as a measure against the drainage of filth from the toilets. In the future, SRT plans to purchase passenger cars for which all measures have been taken, and a sewage removal device has already been installed in the passenger car depot.

**Table. 4.1-1 Platform Use for MG (2nd Fl) at BS Grand sta. (as of November 2021)**

| Platform | Plan | Remarks |
|---|---|---|
| #1 | LD (SRT-N, SRT-NE) departure | Express trains only |
| #2 | Dark Red Line to Rangsit | |
| #3 | LD (SRT-N, SRT-NE) arrival | Express trains only |
| #4 | LD (SRT-S) departure | Not used for the time being |
| #5 | Light Red Line to Taling Chang | |
| #6 | LD (SRT-S) arrival | Not used for the time being |

Source: JST from the materials provided by SRT as of November, 2021

At the departure platforms (#1 and #4) of long-distance trains, the shunting locomotive stops at the center of the platform, which causes a major problem. (See Table 4.1-1.)

#### (2) Smoke exhaust problem

As shown in Figure 4.1-2, there is a high-speed rail on the 3rd floor about 7 m above the long-distance tracks on the 2nd floor, which is completely covered by the platforms and track girders, so the smoke exhausted by DL/ DMU will be trapped on the 2nd floor. As a countermeasure, smoke exhaust equipment is installed. As shown in Table 4.1-1, the departure platforms (#1 and #4) of long-distance trains become a major problem due to DL parking at the middle of the platforms.

## 4.2 Measures for SRT

### 4.2.1 Countermeasures by SRT and JST

**Table. 4.2-1 Countermeasures by SRT and JST**

| No. | Countermeasures | Problems | Cost | EPC Period | Gas Exhaust Effect |
|---|---|---|---|---|---|
| S1 | DL Position in either platform end. | Passengers must walk on platform in long distance. | Small | Short | Slightly good |
| S2 | Hood installation at intakes for exhausting smoke | It will interfere with the electrification work to some extent in the future | Slightly small | Slightly small | Good |
| S3 | Driving throttle manipulation | Skill training | Small | Short | Slightly good |
| S4 | DL Position to be outside without decoupling | Location of signaling block. Passengers must walk on platform and through the end passenger cars. | Fair | Fair | Good |
| S5 | After decoupling, DL stands outdoors. | Increased coupling and decoupling work. Power supply facility needed. | Fair | Fair | Good |
| M1 | Shunting battery cars or EL at Bang Sue area. | Procurement Cost is large. | Large | Long | Perfect |

S1=Short Term Measure 1 M1=Middle Term Measure 1 SRT's measure JST proposes
Source; JST

Source: JST

JST presented Table 4.2-1 at the kick-off meeting with SRT on November 22, 2021, and the policy of SRT (yellow frame) was explained at that time. The measures by SRT for the time being are as follows, and all of them are effective.

1. Use DL with less smoke purchased after 2015.
2. DL/DMU stands at the end of the platform (No. S1 in Table 4.2-1).

This measure places the source of smoke exhaust as close to the outdoors as possible. The standing positions of DL, DMU and the Red Line are shown in Figure 4.1-1. In addition, all of the outer windows of the building on the west side of platform #1 are removed to improve air flow.

3. Reduce the standing time from 20 minutes to 5–12 minutes

As noted in Section 3.2.2, SRT plans to purchase 184 DMU cars for express and 216 DMU cars for local operation. In addition, SRT is now purchasing DL50. However, since it is not a fundamental solution, SRT plans to purchase 20 ELs to shuttle and tow passenger cars between Bang Sue and Rangsit, or battery-equipped DLs (Proposal M1 in Table 4.2-1). Both S4 and S5 proposed by JST are plans to put the locomotive on standby outdoors, where there are no

structures above or on either side of the track. Work such as laying the signal circuit and relocating the departure signal is required. In addition, the passengers for the cars beyond the end of the platform must walk through the preceding cars (S4). As for plan S5, there is no need to walk through other passenger cars, but work is required to install a power supply facility at the wayside to the passenger cars. Because of these works and costs, SRT does not support plans S4 and S5. Therefore, although JST does not recommend them, they are possible measures. JST prefers plan S2, has analyzed the existing equipment and its intake/smoke exhaust capacity, and proposes to reduce the amount of smoke exhausted in the platform. In addition, it is recommended to add throttle operation control (plan S3). These are described in Section 4.3.3.

### 4.2.2 Measurement of PM2.5 by SRT

Figure 4.2-2 shows PM2.5 measured by SRT on exhaust smoke emissions. The measurements were made for a certain number of DLs and DMUs. As a result, the numerical values measured in the vicinity of some DLs are in the range where the behavioral restriction of the 1-hour standard value (the 1-hour average value of the measured concentration) of the Japanese air pollution standard is applied. Railway vehicles stop only briefly, so the emission is brief and does not seem to violate the regulations, but every effort must be made to reduce it. As a reference, a long-term value (below 15 $\mu m/m^3$ (average for a year)) is determined comprehensively from an epidemiological point of view, and a short-term value of 35 $\mu m/m^3$ (average for a day) is set. The Thai standard is 35 $\mu m/m^3$ (average for a day) in the short term. (Expert Meeting Report on Fine Particulate Matter (PM2.5), 2013 Japanese Ministry of the Environment)

**Table. 4.2-2 Measurement of PM2.5 in the Wayside of DL and DMU**

| AQI PM 2.5 µm/m3 24hours average | PM 2.5 measured by SRT in BS grand sta. µm/m3 temporary data | | | Air Quality Index in Japan（µm/m$^{3)}$） |
|---|---|---|---|---|
| | DL | PC | DMU | |
| 0-25 | 16 | 7.5<br>9<br>11 | 13<br>14<br>19 | - 15<br>*average for a year |
| 26-37 | | | 32<br>38 | - 35<br>*average for a day |
| 38-50 | | 45<br>51 | 44 | |
| 51-90 | | | 53 | Behavioral restrictions<br>*70 daily average<br>*85 hourly average |
| 91- | 97<br>181 | | | |

Source: JST from the materials provided by SRT

**Table. 4.2-3 Air Pollutants in Exhaust Gas (image)**

| Contents In smoke | odor | Generated mainly on Idling | Generated mainly on acceleration |
|---|---|---|---|
| PM | none | | Yes |
| CO | none | Yes | Yes |
| HC | smelly | Yes | Yes |
| NOx | none | | Yes |
| $SO_2$ | smelly | | Yes |

HC=Hydrocarbon

Source: JST

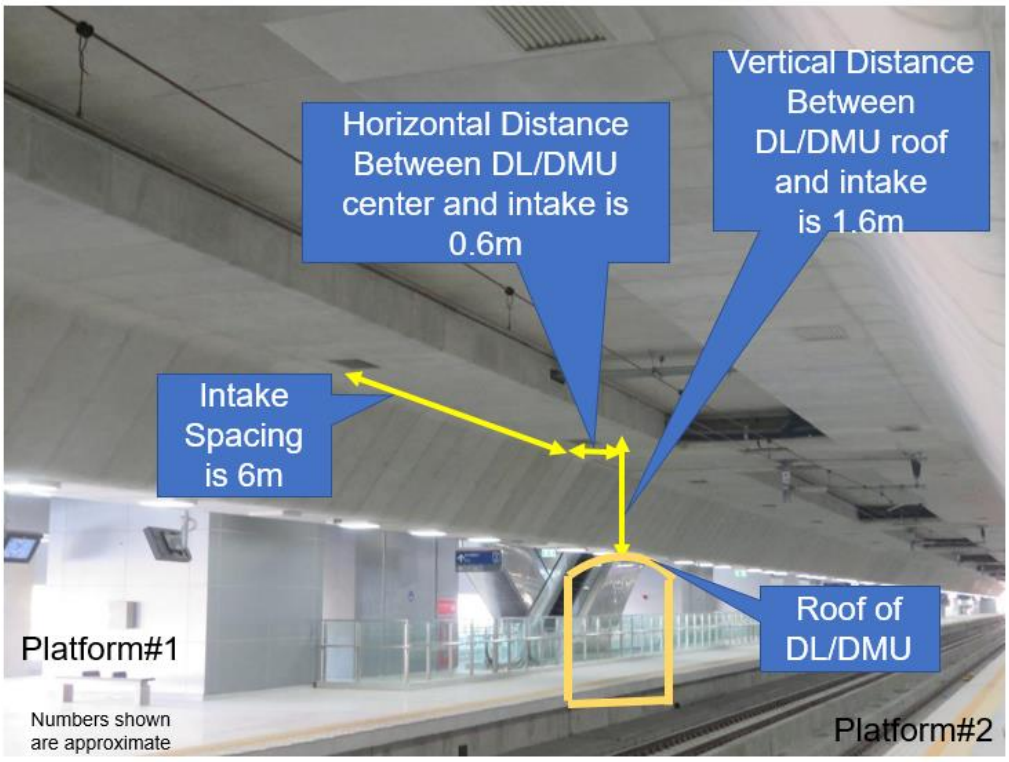
The air pollutants in DL and DMU are shown in Table 4.2-3. Some carbon (C) is contained in PM2.5, while soot and other large particles look black in smoke; it is the main element. The main causes of odor are hydrocarbons such as methane and sulfur dioxide.

## 4.3 Analysis of the Existing Ventilation Equipment and Facility

### 4.3.1 Existing Equipment

The main duct is installed along the platform. The intake port of the branch duct is above the

track, and its center is located about 1.6 m in height and 0.6 m in the lateral direction from the center of DL/DMU as shown in Fig. 4.3-1. The interval between air intakes is 6 m. The dented part of the ceiling corresponds to the girder of the track on the 3rd floor. Also, as the largest amount of smoke is emitted during the departure of trains, platform #1 was kept in mind.




Source: JST

**Figure. 4.3-1 Smoke exhaust / intake equipment**

### 4.3.2 Analysis of exhaust equipment and capacity

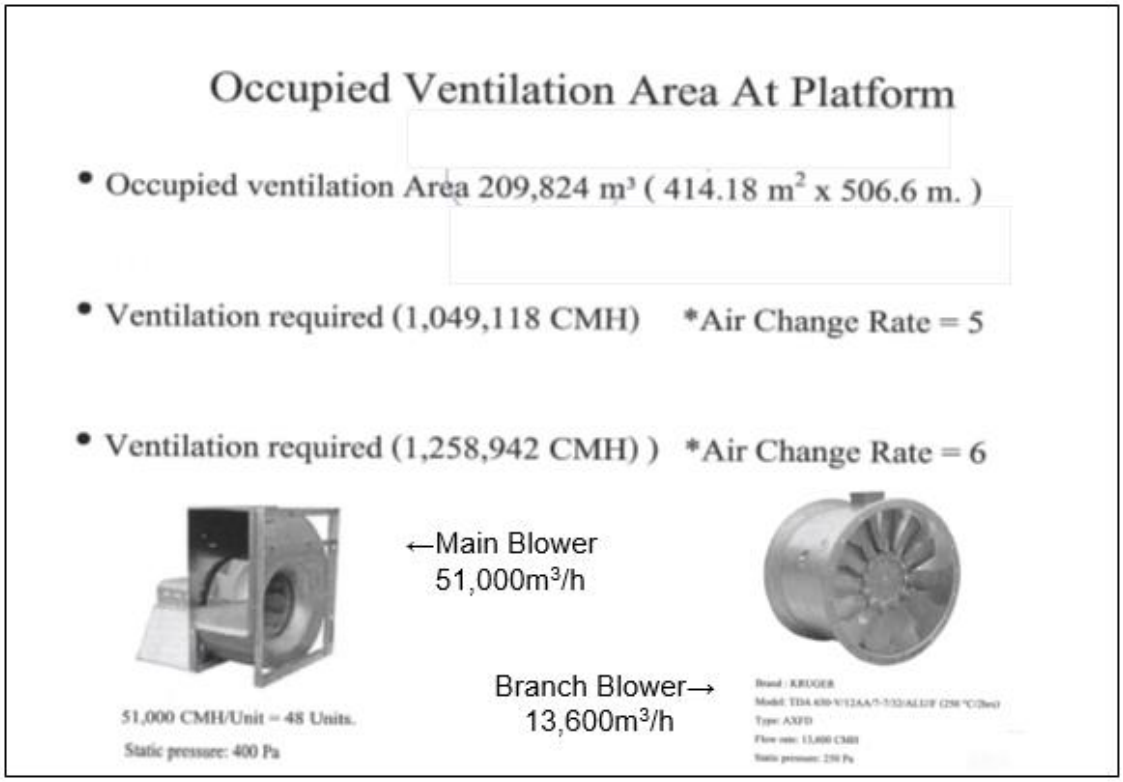
#### (1) The purpose of this survey

The purpose of the survey was to analyze and propose an exhaust equipment and ventilation plan for BS Grand sta. received from and requested by SRT in relation to plan S2 in Table 4.2-1.

#### (2) Ventilation capacity of the duct

Calculating the volume of one duct from Figure 4.3-2, the volume of [cross-sectional area of 414 $m^2$ × total length of platform of 506 m] is replaced 5 or 6 times per hour, that is, the total amount of air is replaced every 10 or 12 minutes. It is considered that the amount of air that can be generated is the ventilation volume. That is, the requirement per hour (main blower capacity) is 209,842 $m^3$ (required replacement amount in 10 minutes) x 6 times = 1,258,942 $m^3$/h. Since

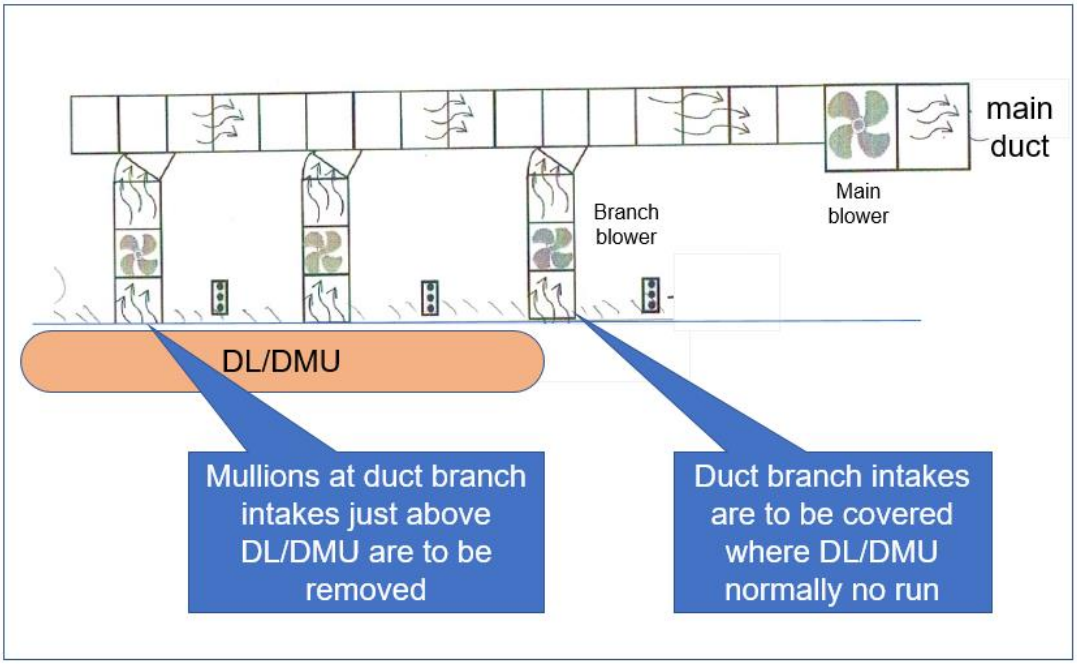
24 sets are operated in normal times, 51,000 $m^3/h$ × 24 sets = 1,224,000 $m^3/h$ (blower capacity) ≒ 1,258,942 $m^3/h$ (required ventilation volume). Therefore, if 24 sets of the main blower (51,000 $m^3/h$) are operated (at intervals of about 21 m along the platform length), the required ventilation volume can be achieved. These are summarized as follows.




Source: provided by SRT

**Figure. 4.3-2 Ventilation volume and blower capacity**

For one normal set, three branch blowers are provided for each main blower and are connected to the intake port.




Sourc: JST from the materials provided by SRT

**Figure. 4.3-3 Conceptual Scheme of Main Duct and Branch Duct**

In Figure 4.3-3, the static pressure value of 400 Pa[16] of the main blower seems to be the air volume under the condition of low resistance as the design value of the blower. In a general example, when the following static pressure reaches 1500 Pa, the air volume becomes about half.

### (3) Examination result

The concept of the above ventilation volume calculation itself seems to be good. In addition, the specified value of the blower per set is not significantly different from the ventilation volume examined by JST, and so it is considered that the size of the blower itself is appropriate. 13,000 $m^3$/h (capacity of branch blower) ÷ 60 minutes = 216 $m^3$/min > 178 $m^3$/min (exhausted smoke from main DL, calculated by the survey team)

However, there are some concerns in terms of ventilating the exhaust smoke from the DL/DMU:

1. Since the concept of ventilation focuses on ventilating the entire amount of air, it seems that the so-called dense exhaust smoke at the outlet of the chimney of DL/DMU cannot be inhaled and diffuses to some extent on the platform. It seems that ventilation will occur

[16] The static pressure of the blower is the resistance of the blower, and the air volume decreases as the resistance increases.

over time (10 to 20 minutes), but there is concern about whether it can be tolerated.

2. The area of the duct intake is small and the louver acts as a resistance, so the air volume may be smaller than the calculated value.

### (4) Recommendation by Study Team

From the above examination results, recommendations can be made to improve smoke absorption efficiency.

**① Checking the intake of the blower**

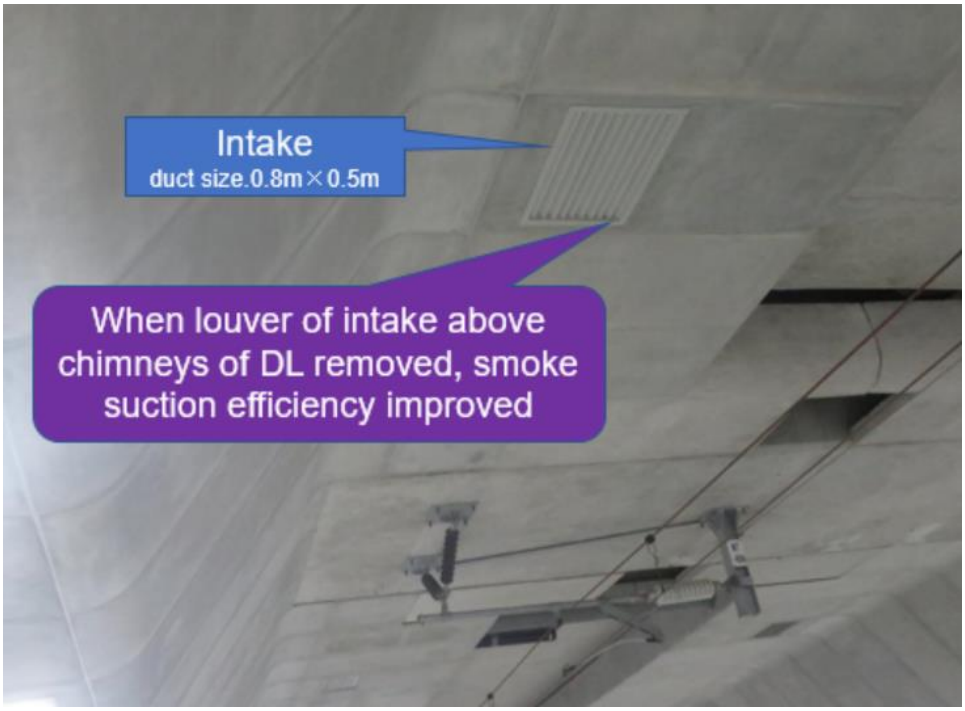
Measure the wind speed at the intake of the blower and confirm that the air volume is as calculated. The larger the resistance, the smaller the air volume.

**② Removing the louvers and installing hoods**

Since there is about 1.6 m between the roof of the DL and the intake, smoke leakage near the engine exhaust port (chimney) may become a problem. To increase the effect, remove the louver at the intake near the engine. Furthermore, if a hood (tapered intake) is attached, the effect will be further improved. In Figure 4.3-4, it is desirable to install the hood above the position of the DL chimney, but since there are intakes every 6 m, the effect will be enhanced if they are in contact with each other. In principle, DL has two chimneys along the axis of the locomotive at intervals of 1 m to 3.5 m from the midpoint in the locomotive length direction. Since the position of the chimney differs depending on the model, the installation position should be considered (Photo 4.3-2). In the case of electrification work, removal work is required. The main locomotive stands at the end of the platform, but it is assumed that the wind from the outside will be taken into consideration. The shunting locomotive stops at the center of the 2nd floor of the station, so this measure is necessary for both locomotives.

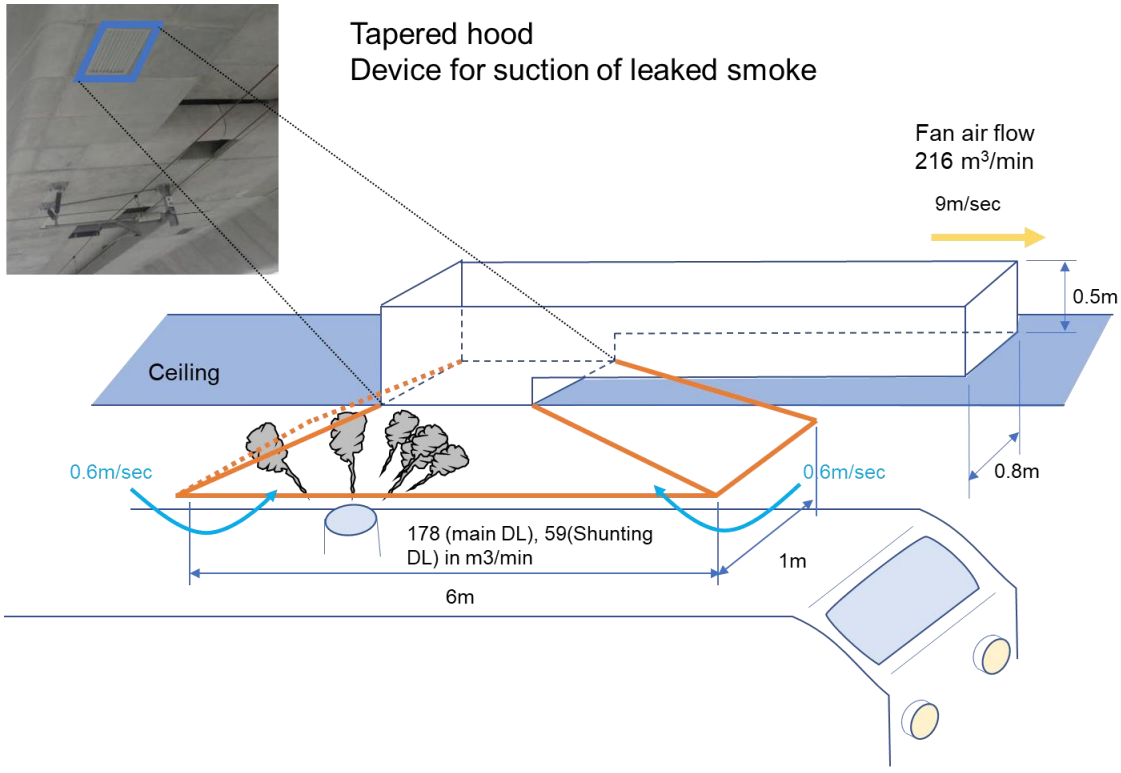
**③ Prevent the suction port**

In locations where DLs and DMUs do not pass usually, it is possible to increase the suction amount near the chimney by closing the intakes that are not near the chimney when the DLs stop; this should be considered. Figure 4.1-1 shows an example, which is the southern half of platform #1.




Source: JST

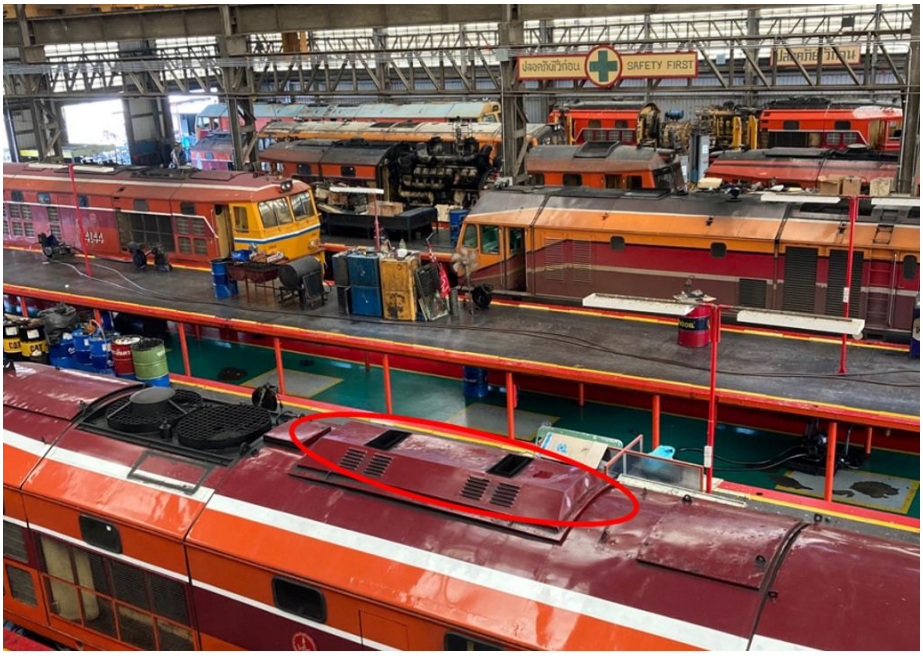
**Photo. 4.3-1 Intake and louver above the track**




Source: JST

**Figure. 4.3-4 Proposed hood shape and DL chimney**

The amount of smoke exhausted shown in Fig. 4.3-4 is the maximum amount of the main locomotive.




Source: JST

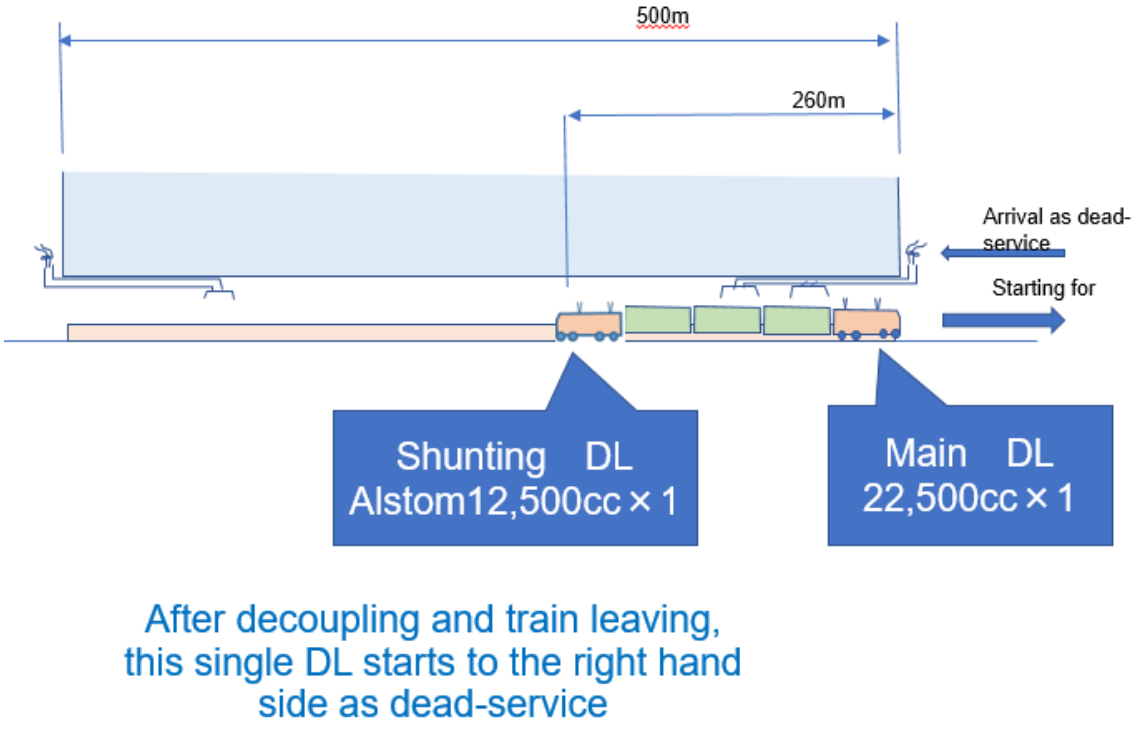
**Photo. 4.3-2 Various Types of Locomotives and Chimneys in Bang Sue Mechanical Depot**

### 4.3.3 Throttle control

The measures here apply to shunting locomotives and DMUs that stop at a relatively central position of the platform. Taking a shunting locomotive as an example, throttle control is proposed in order to make the measures given in Section 4.3.1 more effective. There is some effect even by itself. The route of the departure train up to the platform is shown in Figure 4.3-9. Starting from the Bang Sue locomotive depot, passenger cars are coupled in the passenger car depot, then shunting locomotive + passenger cars + main locomotive are performed in this order to the platform (Fig. 4.3-5). In principle, SRT avoids push driving (the locomotive pushes the passenger car from behind). When the shunting locomotive arrives, the passenger cars are decoupled, and after the main line train departs, a single shunting locomotive follows the route back to the depot.

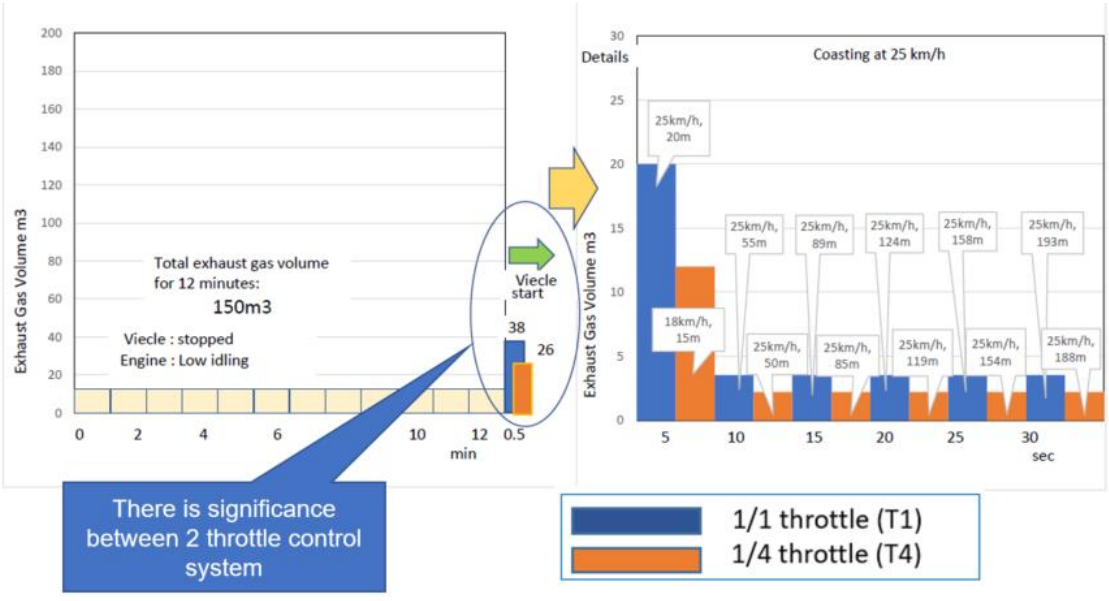
Regarding the amount of smoke emitted from the shunting locomotive, it emits 150 $m^3$ when idling for 12 minutes (see the figure on the left in Figure 4.3-4). The train length is assumed to be 260 m for the sleeper train between Bangkok and Chiang Mai, which seems to be the longest. Regarding the amount of smoke emitted from the shunting locomotive when departing and forwarding from here, the position of the shunting locomotive is near the center of the 500 m platform; the total emission from here to leaving the platform is shown in Figure 4.3-6. There is a significant difference between 48 $m^3$ at 1/1 throttle and 29 $m^3$ at 1/4 throttle. Comparing

this to an automobile, the one with less depression of the accelerator is superior.




Source: JST

**Figure. 4.3-5 Location of Shunting/Main Locomotives**




Source: JST

**Figure. 4.3-6 Throttle Control for Shunting Locomotive**

### 4.3.4 Example of Smoke Exhaust from JR Sapporo Station

Sapporo New Station was fully opened in 1990 and has five platforms, but due to heavy snowfall, it has a 200 m cover in the track direction. The number of trains is 12 DL/one-way and 83 DMU/one-way, which is an example where there are many trains but no complaints have occurred.

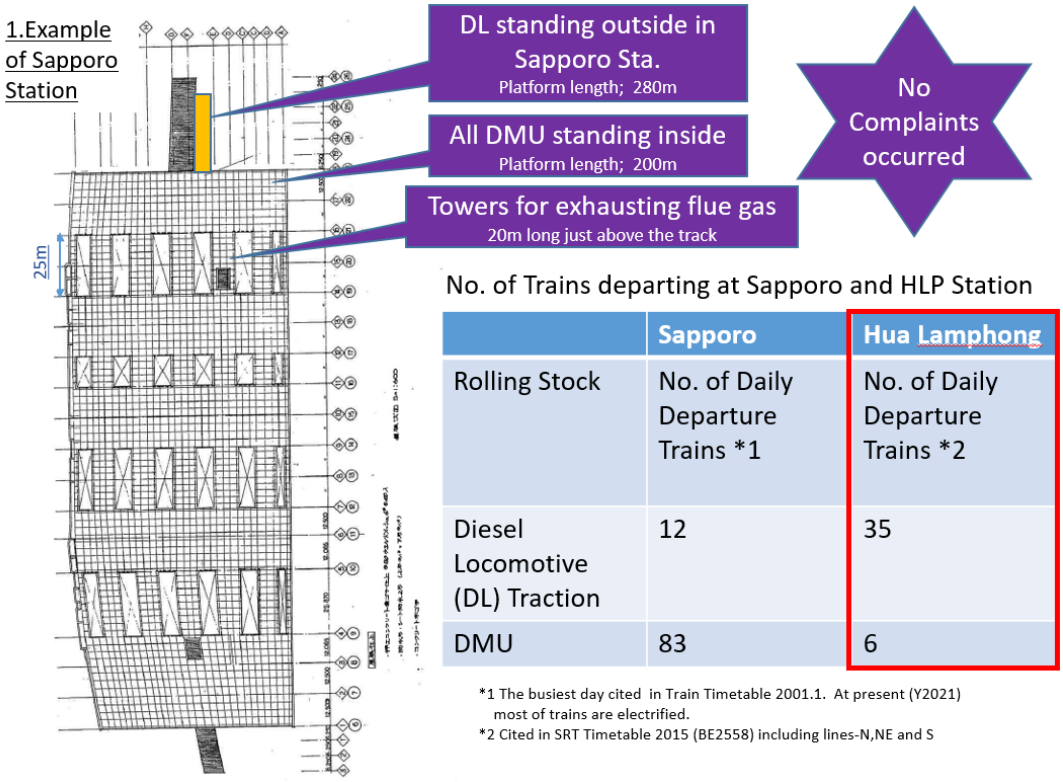
Since BS Grand Sta. has a forced ventilation system compared with Sapporo Station, which has more trains, it is considered that the measures described in Sections 4.3.2 and 4.3.3 in the previous section will be more effective.

The countermeasures at Sapporo station are as follows:

1. Install a smoke exhaust device (natural ventilation) with a 7 m smoke vent on the roof.
2. Stop the locomotive outdoors.

The night sleeper expresses bound for Tokyo and Osaka depart from the long central platform (280 m), and the DL stops outdoors to avoid smoke staying indoors. The other four platforms are housed indoors, many of which are EMUs, but only the Sassho Line (Academic City Line) departs every 20 minutes, with DMU. Generally, about 20% of the roof area is provided with smoke exhaust with a height of 7 m, but no forced smoke exhaust equipment is installed. Currently, because the Shinkansen has been extended to Hakodate, regular sleeper trains bound for Honshu such as Tokyo and Osaka have been completely abolished, and the Sassho Line has also been electrified.

Hua Lamphong Station has a high roof and the locomotive is located outdoors at the time of departure, so the smoke exhaust problem is light.



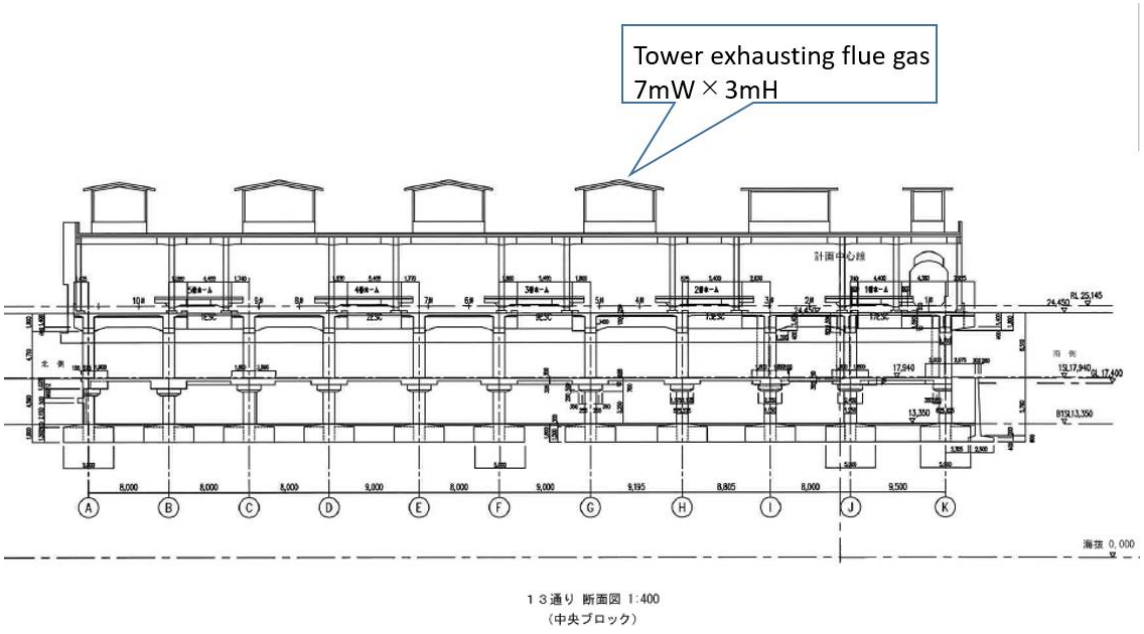

No. of Trains departing at Sapporo and HLP Station

| | Sapporo | Hua Lamphong |
|---|---|---|
| Rolling Stock | No. of Daily Departure Trains *1 | No. of Daily Departure Trains *2 |
| Diesel Locomotive (DL) Traction | 12 | 35 |
| DMU | 83 | 6 |

*1 The busiest day cited in Train Timetable 2001.1. At present (Y2021) most of trains are electrified.
*2 Cited in SRT Timetable 2015 (BE2558) including lines-N,NE and S

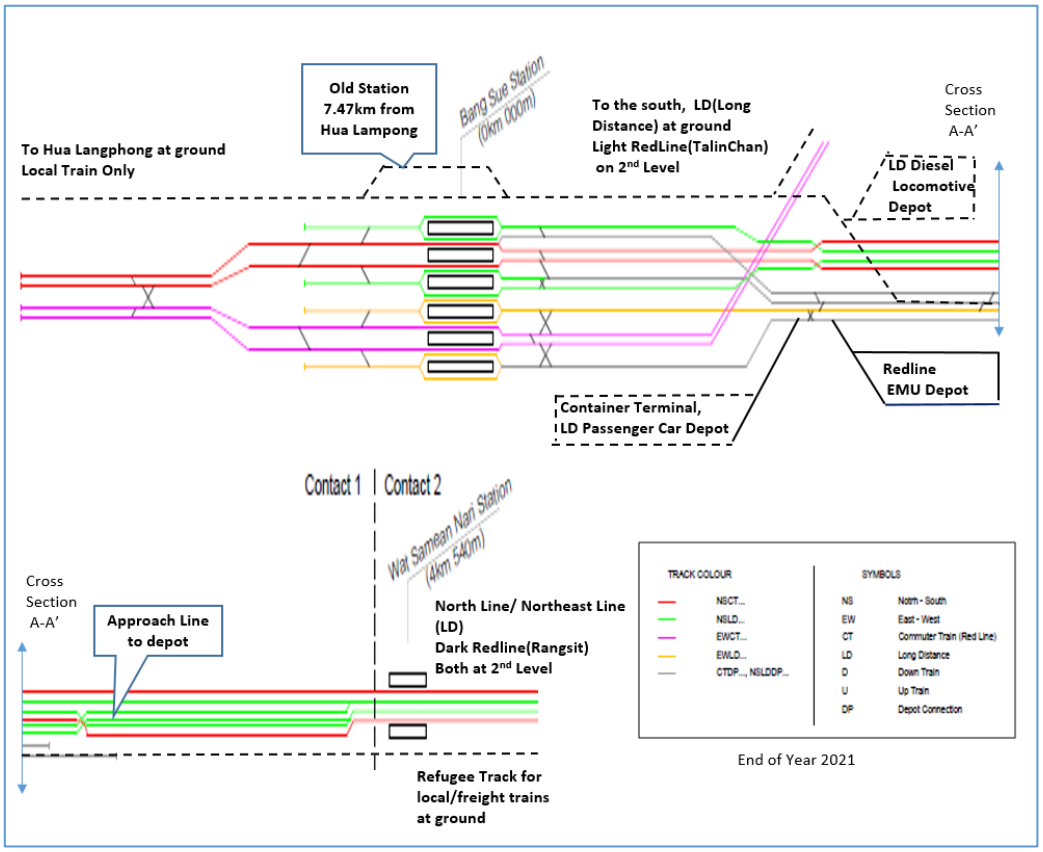
Source: JST from the materials provided by SRT and JR-Hokkaido

**Figure. 4.3-7 Plan of Sapporo Station, and Comparison of Train Departure Data with Hua Lamphong Station**




Source: Materials provided by JR Hokkaido

**Figure. 4.3-8 Cross Section of Sapporo Station**




Source: JST

**Figure. 4.3-9 Summary of BS Grand sta. and its Vicinity**

## 4.4 Summary of This Chapter

The opening ceremony for the long-distance express trains to enter the new station was scheduled for December 23, 2021 but was canceled just before the official decision, and the problem was postponed. In this study, in accordance with the JST study plan and in preparation for the re-entry of long-distance trains in the near future, the measures already decided by SRT and the materials provided were reviewed. The study team proposes the following measures.

1. SRT decided to put the main line locomotive at the end of the platform. However, the stop positions of shunting locomotives and diesel railcars are in the middle of the platform.
2. The existing smoke exhaust equipment received from SRT is sufficient to completely replace the air in the premises in 10 to 12 minutes. However, the chimneys of the shunting locomotive and diesel railcars are located in the middle of the platform. Therefore, JST recommends that the amount of smoke captured should be measured first and that a hood just above chimney should be installed in order to capture the exhaust smoke because the distance between the intake port and the chimney of the vehicle is about 1.6 m.

Furthermore, throttle control is recommended when the shunting locomotive departs (forwards).

# Chapter5 JICA's proposal for possible cooperation in the field of railway electrification planning

## 5.1 Needs for the Short Term Electrification Plan

### 5.1.1 Overview

In Chapter 3, the long-distance electrification plan was evaluated by updating the survey results of the SRT-Elect-F/S, but it was confirmed after the visit to Thailand that the policy stance of SRT was changed to the following:

- Request budget to purchase 50 DLs and 400 DMUs for the time being, not on the premise of electrification of long-distance trains.
- However, the (electric) extension work of the Red Line will continue.

In Chapter 5, in response to this fact and to reduce costs, JST proposes a short-term electrification plan for short-distance sections, including the introduction of new vehicle technologies used in Japan. Specifically, in the short-term electrification plan, JST compares the B-EMU operation in the section from Bangkok on the North Line to about 140 km with the conventional electrification method (hereafter referred to as “normal electrification”), and performs demand forecasting and financial analysis. These are described in Section 5.3.

In addition, as the next step, a feasibility study of electric railways considering the number of trains and the characteristics of the line section is proposed in Section 5.4.

### 5.1.2 Battery Vehicle Policy from MOT

To promote the electric vehicle industry in Thailand, MOT has issued a policy of increasing the number of electric vehicles in Thailand. Currently, several electric buses and boats are operating in Bangkok. However, implementation in the railway sector is still lagging, therefore, SRT is planning to introduce battery trains. SRT plans for battery trains will be further discussed in Section 5.4.3, while more information regarding battery trains in Japan is provided in the next section.

### 5.1.3 Carbon Neutral

Thailand is currently aiming to reach carbon neutrality by 2050. To achieve this target, a low-emission train/locomotive should be considered to replace the current DL/DMU. Especially in the short-term scenario which considers the section between Ban Phachi and Lopburi, electrification of this section could reduce emissions due to its close proximity to power supply from hydropower and wind turbines at the Lam Takhong Dam.

## 5.2 New Technology for Rolling Stock

In January 2021, Thailand's Prime Minister Prayuth announced that the country would make Bio-Cycle-Green (BCG) a national strategic model, and interest in environmental considerations and carbon dioxide ($CO_2$) reduction has been growing.

B-DMU and B-EMU, are also being considered within SRT. Therefore, as an introduction to the new technology of Japanese rolling stock, JST introduces the B-DMU, which runs on both engine power and battery power as auxiliary power, and the B-EMU, which runs on battery power in non-electrified sections as a next-generation rolling stock powered by cleaner energy.

Bi-mode vehicles equipped with engines for non-electrified sections and equipment for running on electrified sections, the latest EMUs, and fuel cell vehicles that use hydrogen as their energy source are also introduced.

### 5.2.1 B-EMU

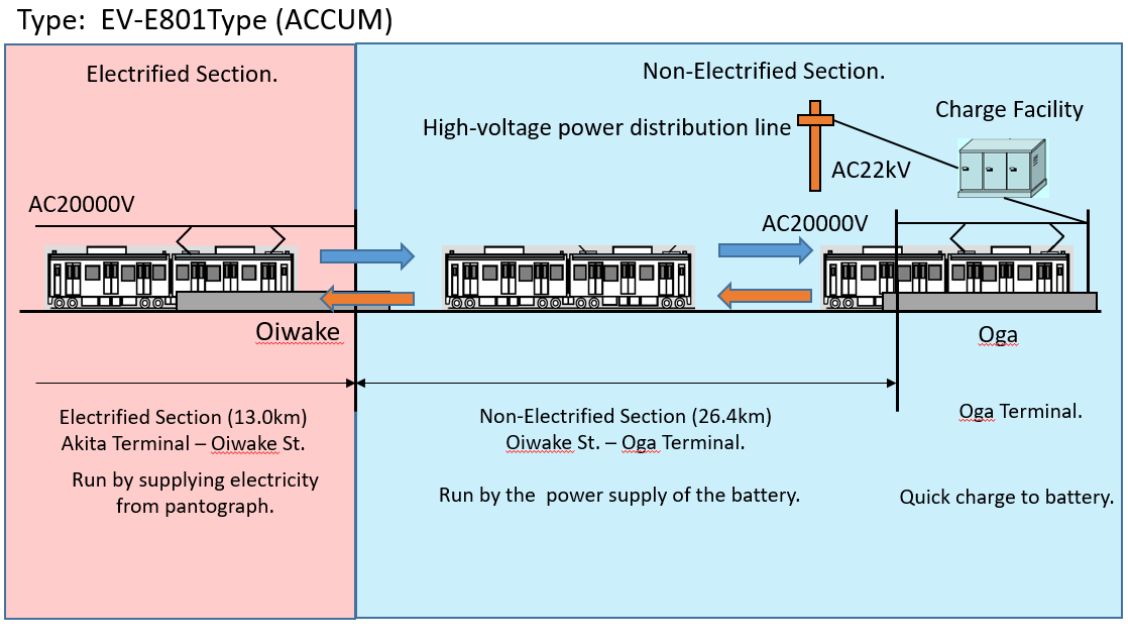
The B-EMU system is designed to run on electrified sections by raising the pantograph to obtain electric power, and on non-electrified sections by using the power of the batteries installed in the vehicle. The batteries are recharged in the electrified section, and at the terminus station are recharged with a quick recharging device in about 6 to 10 minutes.

Since B-EMU runs on battery power in non-electrified sections, there is no need to pay for the equipment required for electrification, and thus the cost can be reduced. However, the cost of the vehicle is higher than that of a normal train because the vehicle must be equipped with sufficient battery capacity to power the vehicle for several tens of kilometers. In terms of technology, the maximum battery range in Japan is 26.4 km, which limits the driving range. The current issue is to improve the performance of the batteries in order to drive longer distances. In addition, it is necessary to consider the configuration of vehicle equipment that can be used with meter gauges in Thailand and the development of a system that can efficiently control the vehicle by using the battery capacity. In terms of operation, it can run on non-electrified sections, although there are restrictions on the distance it can run, and it can also be used on electrified sections, just like regular trains, making it a highly versatile vehicle.

**Table. 5.2-1 B-EMU in Japan**

| Name | EV-E301Type (ACCUM) | EV-E801Type (ACCUM) | BEC-819 Type (DENCHA) |
|---|---|---|---|
| Type | DC overhead line type With Battery | AC overhead line type With Battery | AC overhead line type With Battery |
| Railway operator | JR East | JR East | JR Kyushu |
| Manufacturer | Japan Transport Engineering Company | Hitachi, Ltd. | Hitachi, Ltd. |
| Travel section (Non-electrified section) | Karasuyama Line Hoshakuji -Karasuyama (20.4 km) | Oga Line Oiwake - Oga (26.4 km) | Chikuho main line Wakamatsu - Orio (10.8 km) |
| Introduction year | Year 2014 | Year 2017 | Year 2016 |
| Picture | | | |

Source: Revised by JST for JR East, JR Kyushu homepage and press




Source: JST

**Figure. 5.2-1 B-EMU Specifications**

### 5.2.2 B-DMU

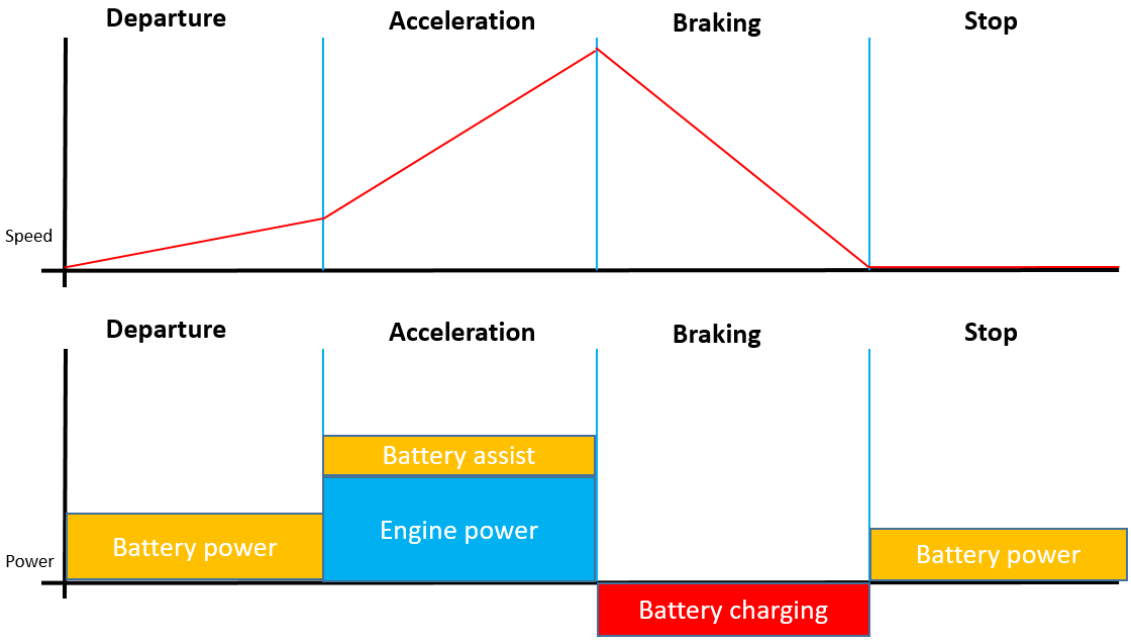
The B-DMU is equipped with an engine and battery, and runs on battery power when departing from the station, engine and battery power when accelerating, battery power when braking, and battery power when stopping to operate service equipment. It is a system that runs on a combination of engine power and battery power.

When the train stops or departs from a station, it uses battery power to reduce exhaust gas and noise, and since it generates electricity by combining engine and battery power, it can reduce fuel consumption by 10% to 30% compared to DMUs. The cost of the vehicle is higher than that of a normal train because it must be equipped with a battery. In terms of technology, it is necessary to consider the configuration of the vehicle equipment for meter gauge in Thailand and the development of a system for battery control according to the traveled section. From an environmental standpoint, since the train is powered by the engine, $CO_2$ emissions cannot be reduced to that extent. But since the train is powered by the battery when starting and stopping, it is expected to help prevent smoke emissions at BS Grand sta.

**Table. 5.2-2 B-DMU in Japan**

| Name | E200 Type | HB-E210 Type | HC 85 Type<br>(In development) |
|---|---|---|---|
| Type | Engine + Battery | Engine + Battery | Engine + Battery |
| Railway operator | JR East | JR East | JR East |
| Manufacturer | Japan Transport Engineering Company | Japan Transport Engineering Company | NIPPON SHARYO, LTD |
| Travel section | Koumi Line | Senseki-Tohoku Line | Takayama Main Line/<br>Kisei Main Line |
| Introduction year | Year 2007 | Year 2015 | Year 2022–2023<br>(schedule) |
| Picture | | | |

Source: Revised by JST for JR East, JRC homepage and press




Source: JST

**Figure. 5.2-2 B-DMU Specifications**

### 5.2.3 Bi-mode train

Bi-mode trains are equipped with both an engine to run on non-electrified sections and electrical equipment to run on electrified sections, and so can run on both sections.

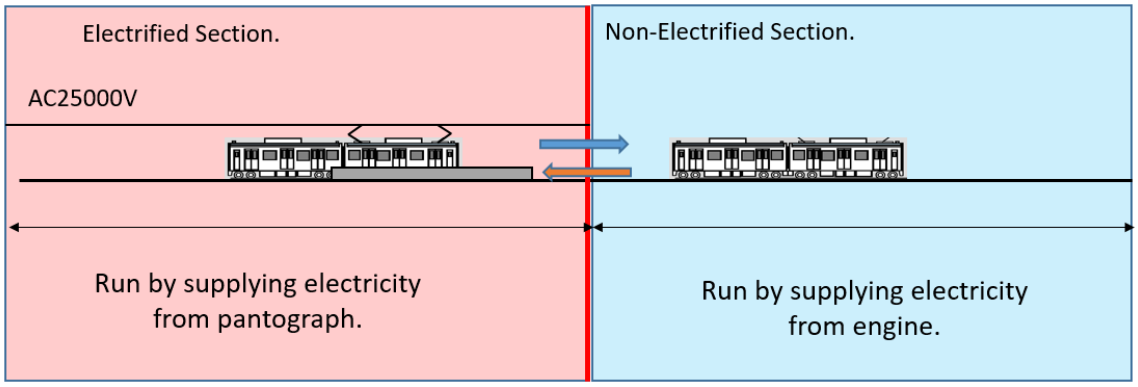
Although the weight of the vehicle is heavier due to the engine and electrical equipment, the vehicle can run on electrified sections, making it more environmentally friendly than conventional DMUs that run on engines. The cost of the train is higher than that of a normal train because it has to be equipped to run on both non-electrified and electrified sections. In addition, maintenance costs and time for maintenance will also increase because the equipment must be maintained to run on both sections.

In terms of technology, although the rolling stock has a proven track record overseas, it is necessary to study the configuration of the rolling stock equipment and the details of the rolling stock according to the running conditions for meter gauge in Thailand. As the vehicles can run on both non-electrified and electrified sections, they can be used for a variety of purposes depending on the future electrification plan, but the number of manufacturers in Japan that can provide this service is limited.

**Table. 5.2-3 Bi-mode Train Class 802**

| | |
|---|---|
| Name | Class 802 |
| Type | Bi-mode train (Engine + Pantograph) |
| Railway operator | Great Western Railway |
| Manufacturer | Hitachi, Ltd. |
| Travel section | Great Western Main Line<br>Cornish Main Line<br>East Coast Main Line |
| Introduction year | Year 2018 |
| Picture | |

Source: Revised by JST for Hitachi, Ltd. homepage and press




Source: JST

**Figure. 5.2-3 Bi-mode Train Specifications**

### 5.2.4 EMU

The latest EMU vehicles are equipped with regenerative braking and the latest technology SiC inverters and highly efficient motors in the vehicle equipment, resulting in a 57% reduction in power consumption when compared to conventional EMUs. In addition, thanks to the improved performance of the train information management system, the various data that can be obtained from the vehicle can be used to identify signs of equipment failure and to perform

optimal maintenance condition based maintenance (CBM) according to the condition of the vehicle. This is expected to lead to the establishment of new maintenance methods in Japan in the future.

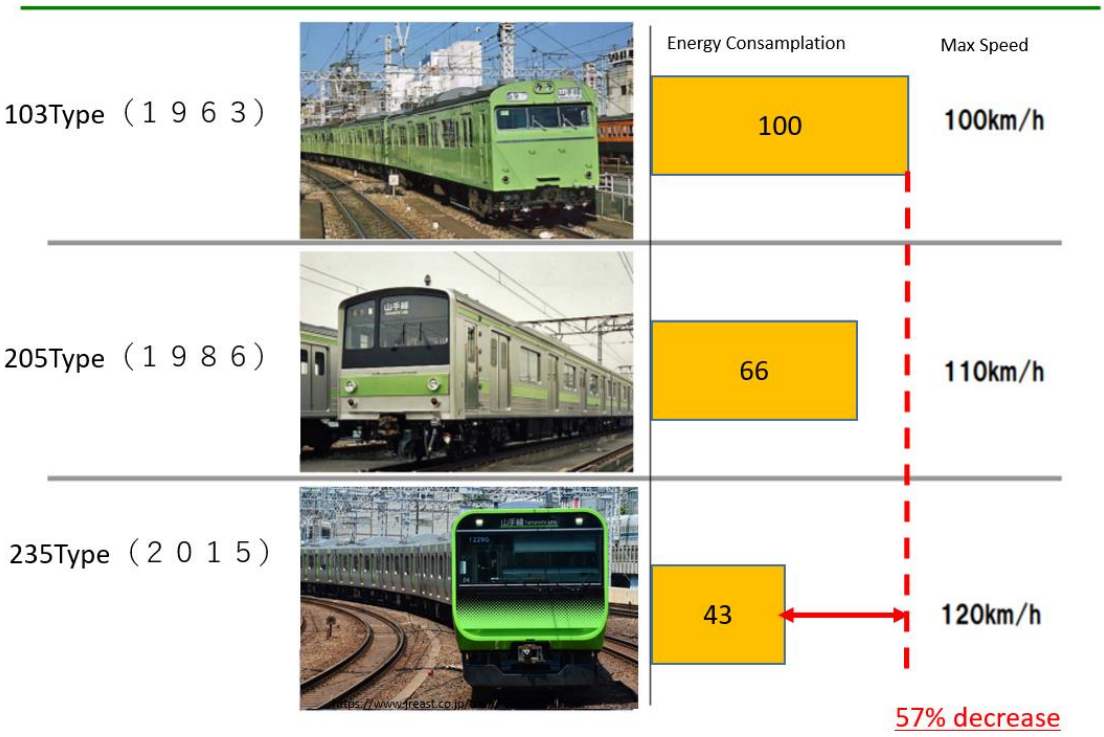
As for the environment, the EMU is a highly efficient vehicle with the latest technology in electrical equipment, and since it does not use an engine, it emits less $CO_2$ than the DMU, making it a more environmentally friendly vehicle. In order to solve future environmental problems, it is essential to introduce EMUs that emit less $CO_2$.

In terms of technology, it is necessary to study the configuration of the vehicle equipment for the meter gauge in Thailand and the details according to the route to be traveled, but because of its track record in Japan and overseas, this vehicle requires fewer development elements than other vehicles and can be introduced at a lower cost.

**Table. 5.2-4 EMU E235 Type**

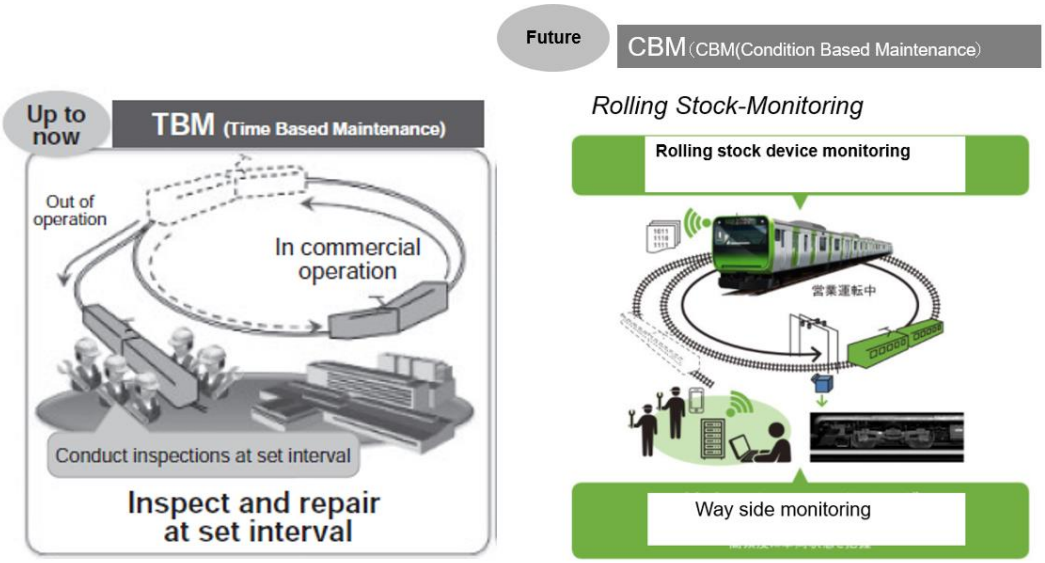
| | |
|---|---|
| Name | E235 Type |
| Type | EMU (Pantograph) |
| Railway operator | JR East |
| Manufacturer | Japan Transport Engineering Company |
| Travel section | Yamanote Line |
| Introduction year | Year 2015 |
| Picture | |

Source: Revised by JST for JR East homepage and press




Source: Revised by JST for JR East homepage

**Figure. 5.2-4 Energy Consumption Comparison**

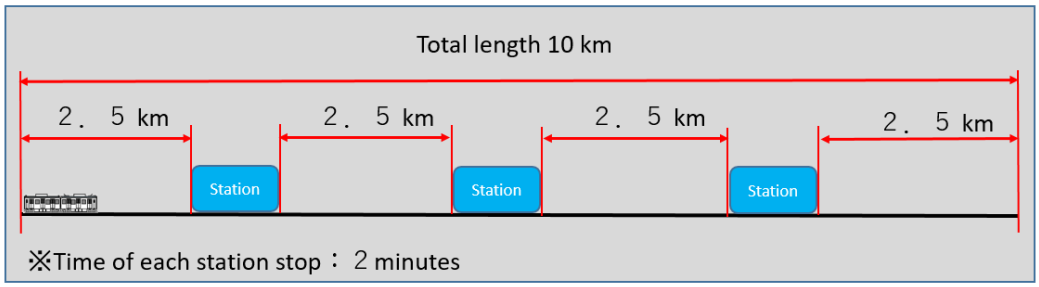



Various studies are currently underway to use the monitoring data to perform maintenance at the most appropriate time.

Source: Revised by JST for https://www.jreast.co.jp/e/development/tech/pdf_39/tec-39-05-10eng.pdf

**Figure. 5.2-5 TBM and CBM Concept Images**

Calculation conditions




| Type | Co2 emissions(kg/km/car) |
|---|---|
| DMU | 2.480 |
| BDMU | 2.232 |
| EMU | 0.541 |

※Calculations are based on per car,
and results may vary depending on driving conditions and vehicle specifications.

Source: Calculated by JST for Railway Technical Research Institute homepage

**Figure. 5.2-6 Comparison of $CO_2$ Emissions**

### 5.2.5 Hydrogen-FCEU

The hydrogen-FCEU is a vehicle equipped with a fuel cell that uses hydrogen as fuel and a hybrid system that uses storage batteries as the power source.

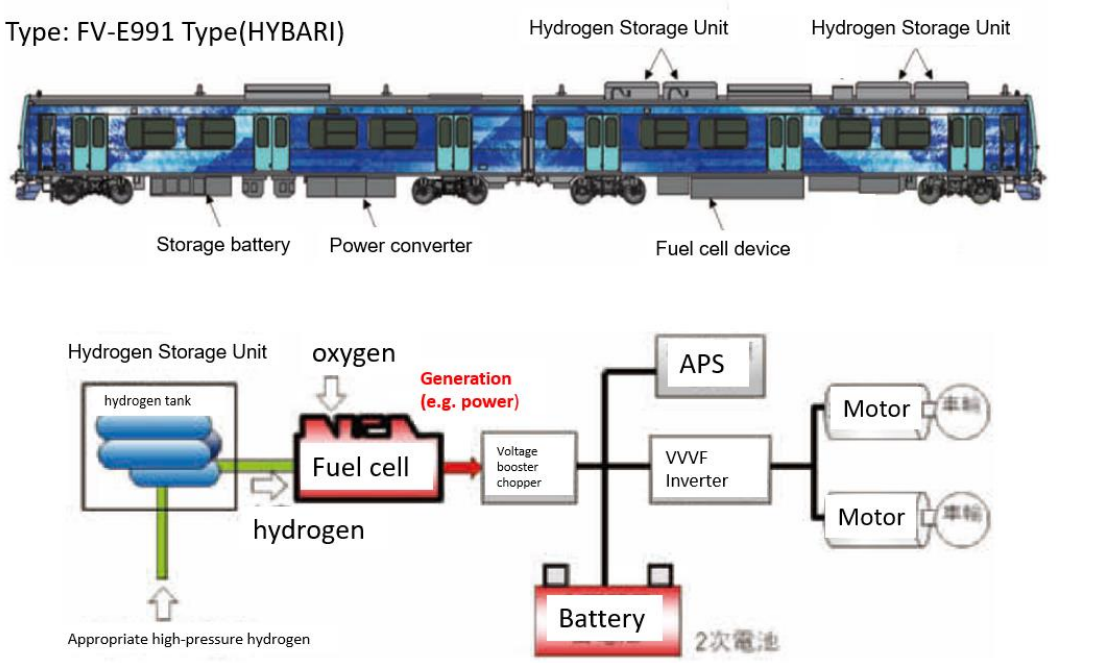
Hydrogen can be produced from a variety of raw materials and RE sources, and has the excellent environmental characteristic of emitting no carbon dioxide when used as energy. It is hoped that the development of innovative railcars powered by hydrogen will contribute to the realization of a decarbonized society by preventing global warming and diversifying energy sources.

Currently, East Japan Railway Company, Hitachi, Ltd. and Toyota Motor Corporation are working together to develop hydrogen fueled vehicles, combining JR East's technology for designing and manufacturing rolling stock, Hitachi's technology for hybrid drive systems for railroads developed jointly with JR East, and Toyota's technology for fuel cells developed through the development of the MIRAI fuel cell car and the SORA fuel cell bus. The demonstration tests are scheduled to start in 2022 on the Tsurumi Line, the Shitte branch line of the Nambu Line, and the Nambu Line (Shitte to Musashi Nakahara). Currently, various verifications are being conducted for practical use, so it will be several years before the system is introduced.

**Table. 5.2-5 Hydrogen-FCEU FV-E991Type**

| | |
|---|---|
| Name | FV-E991 Type (HYBARI)<br>(In development) |
| Type | Hydrogen-FCEU |
| Railway operator | JR East |
| Manufacturer | Japan Transport Engineering Company |
| Travel section | Tsurumi line/Nambu line<br>Nambu branch line<br>（Test run schedule） |
| Introduction year | Year 2022– (schedule) |
| Picture | |

Source: Revised by JST for JRE homepage and press




Source: Revised by JST for JREA202001-035 Series

**Figure. 5.2-7 Hydrogen-FCEU Specifications**

### 5.2.6 Hybrid Shunting Locomotives

The HD300 Type is Japan's first hybrid shunting locomotive, and uses a system called a "series hybrid" system, in which power from the diesel generator and storage batteries are coordinated to control the motor. The diesel engine installed in this locomotive is not used directly for driving power, but only for generating power to rotate the generator. As environmental benefits, the hybrid locomotive reduces fuel consumption by 36%, NOx emissions by 62%, and noise level by 22 decibels compared to conventional locomotives. The purpose of use is as a shunting locomotive, and the maximum speed is 45 km/h.

Forty locomotives have been introduced by JR Freight.

Currently, Toshiba Corporation is developing the HD800 hybrid shunting locomotive for the European market.

**Table. 5.2-6 Hybrid Shunting Locomotive**

| | |
|---|---|
| Name | HD300 Type |
| Type | Hybrid Shunting Locomotives |
| Railway operator | JR Freight |
| Manufacturer | Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation |
| Travel section | — |
| Introduction year | Year 2012 |
| Picture | |

Source: Revised by JST for Toshiba Corporation homepage and press

### 5.2.7 New Technology Considerations

#### (1) B-DMU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record in Japan, but no track record of implementation overseas.

**② Environmentality**

An engine is used as the power source, so there are $CO_2$ emissions, but it is more environmentally friendly than existing DMUs because it uses a battery. However, it is not as environmentally friendly as the EMU that runs on electricity.

**③ Operability**

Since it runs on engine power, it does not require electrification and can run in non-electrified areas.

**④ Maintainability**

There are engines that take time to maintain, and they are not as easy to maintain as EMUs that do not require refueling, etc.

**⑤ Vehicle price**

The vehicle price is more expensive than EMU because the vehicle has to be equipped with more batteries and a system to control the batteries.

### (2) B-EMU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record in Japan, but no track record of implementation overseas.

**② Environmentality**

Since the power source is electricity, the system is environmentally friendly.

**③ Operability**

Electrification equipment is required depending on the distance traveled, but if the distance can be traveled on batteries, only a quick charging facility is required, and the vehicle can travel on non-electrified sections.

**④ Maintainability**

As with EMU maintenance, there are fewer consumable parts to replace and maintenance can be reduced. Battery replacement is required according to the life of the battery.

**⑤ Vehicle price**

The vehicle price is more expensive than EMU because the vehicle has to be equipped with more batteries and a system to control the batteries.

### (3) Bi-mode

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record in Europe.

**② Environmentality**

The vehicles are heavier and use engines as the power source in non-electrified sections, so they are not as environmentally friendly as EMUs.

**③ Operability**

Since it can run on an engine, it does not need electrification equipment and can run in non-electrified areas.

**④ Maintainability**

Since the maintenance of equipment for both non-electrified and electrified sections must be carried out, maintenance costs and maintainability are labor intensive.

**⑤ Vehicle price**

Since it must be equipped to run on both non-electrified and electrified sections, the price of the vehicle is higher than that of a regular EMU.

### (4) EMU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record of introducing vehicles overseas and Red Line and Purple Line vehicles in Thailand.

**② Environmentality**

Since the power source is electricity, the system is environmentally friendly.

**③ Operability**

Electrification facilities are needed to run on electrified sections.

**④ Maintainability**

There are fewer consumable parts to be replaced and less maintenance is required.

**⑤ Vehicle price**

Because there is a lot of experience in Japan and overseas, this technology can be offered at a lower cost than other new technologies in terms of vehicle price.

### (5) DMU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

There is a track record of introducing vehicles overseas.

**② Environmentality**

Since the power source is an engine, it is not environmentally friendly.

**③ Operability**

Since it runs on engine power, it does not require electrification and can run in non-electrified areas.

**④ Maintainability**

There are engines which take time to maintain, and they are not as easy to maintain as EMUs that do not require refueling, etc.

**⑤ Vehicle price**

Since there is not much demand in Japan and only a small number of vehicles are manufactured, the vehicle price is higher than that of a regular EMU.

### (6) Hydrogen-FCEU

**① Overseas achievements of Japanese companies**

Currently under development, so there is no overseas experience.

**② Environmentality**

It is environmentally friendly because it uses a fuel cell powered by hydrogen.

**③ Operability**

Since the train runs on a fuel cell powered by hydrogen, it does not require electrification and can run on non-electrified sections.

**④ Maintainability**

Currently, a trial run is being conducted to verify safety and maintenance.

**⑤ Vehicle price**

As the vehicle is currently under development, the price of the vehicle is not yet known, but it is expected that the price of the vehicle in railroads will come down as the fuel cell technology in the automobile industry improves and demand increases.

### (7) Evaluation of new technologies

The evaluation of each Japanese technology is summarized in the table below. Since each vehicle has various characteristics, it is necessary to consider which vehicle best suits the future SRT policy according to its intended use. Although there are some vehicles that are currently under development in Japan or have not been used overseas, Japanese companies can manufacture many vehicles that utilize new technologies, and can conduct detailed studies once the required specifications of the vehicles and information on the lines to be traveled are clarified. In addition, the cost for vehicles other than EMUs is currently high, but as the track

record and parts become more cost effective, it will be possible to offer them at lower prices.

**Table. 5.2-7 Evaluation of New Technologies**

| Item | Overseas Achievements | Environmentality | Operability | Maintainability | Vehicle Price |
|---|---|---|---|---|---|
| B-DMU | Low | Good | Excellent | Fair | Fair<br>2.5 times<br>(EMU Comparison) |
| B-EMU | Low | Excellent | Good | Excellent | Good<br>2 times<br>(EMU Comparison) |
| Bi-mode | Good | Good | Excellent | Low | Low<br>3～4 times<br>(EMU Comparison) |
| EMU | Excellent | Excellent | Fair | Excellent | Excellent<br>1 time |
| DMU | Fair | Low | Excellent | Fair | Good<br>2 times<br>(EMU Comparison) |
| Hydrogen-FCEU | —<br>In development | Excellent | Excellent | —<br>In development | —<br>In development |

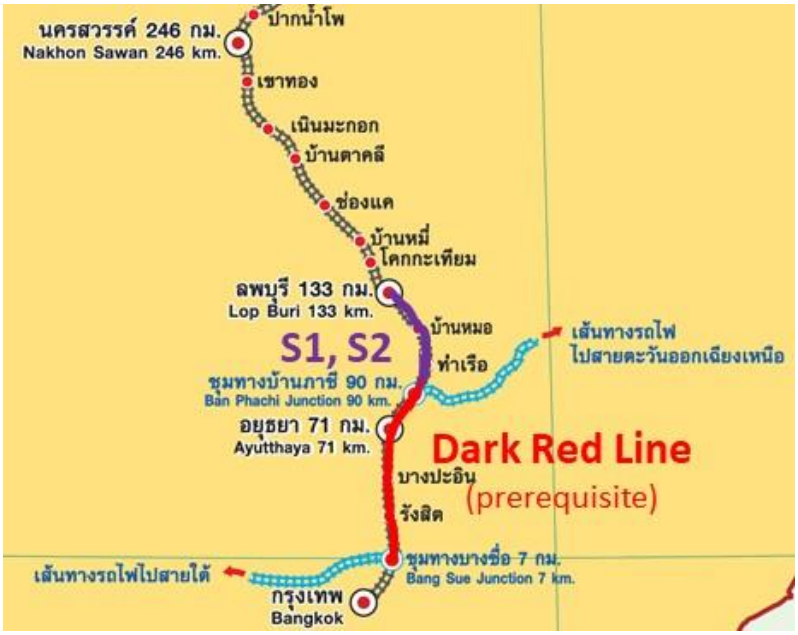
※Results may vary depending on the conditions of the vehicle specifications.

Source: JST

## 5.3 Analysis on Short Term Electrification Plan

### 5.3.1 Short-Term Scenario

In the short-term scenario, JST would like to introduce EMU and B-EMU in shorter sections of about 120 km. The construction of the Dark Red Line extension up until Ban Phachi will be the prerequisite condition in the short-term scenario. In the short-term scenario, JST proposes a new service plan by using EMU or B-EMU in the section between Ban Phachi and Lopburi. Also, in order to promote the modal shift from highway-based transport to railway, an additional service to reduce the headway to less than 30 minutes is proposed in this scenario. The route map of the short-term scenario is shown below.




Source: JST

**Figure. 5.3-1 Short-term scenario route map**

In scenario S1, electrification in Ban Phachi – Lopburi section as well as the introduction of EMU or EL[17] service are proposed. The section beyond Lopburi will require a transfer to DMU or DL. On the other hand, scenario S2 will propose B-EMU instead of electrification in the Ban Phachi – Lopburi section. Other major preconditions are listed below.

- Since the Dark Red Line is considered as a prerequisite in scenario S1 and S2, JST assumes that the approval of the scenario L2. Therefore, JST can assume the fixed cost between Bang Sue to Ban Phachi section allocated to the Dark Red Line. Only the fixed cost between Ban Phachi to Lopburi will be considered in scenario S1 and S2.
- Assume the cost of EMU as 72.5 Million Baht per car. In order to increase the service frequency up to 30 minutes per train, JST assume the addition of 10 cars (5 set, 2 car/set) required. Also, JST assumes the cost of B-EMU as two times higher than EMU.
- Assume no electrification in scenario S2. Instead, the cost of two charging stations will be added. Assume the cost of one charging station as equals to 178,350,000 baht. Details of this assumption are given in the cost revision in the Chapter 5.4.1(6).
- Assume the charging time is 6 minutes for B-EMU at Ban Mo and Lopburi.
- In order to secure consistency with the result of the SRT-Elect-F/S, the analysis in the long-

[17] EMU and EL are not distinguished in the model. This also applies to DMU and DL

term scenario excludes the locomotive switching time. However, in the short-term scenario (for both S1 and S2), a locomotive switching time of 7 minutes is assumed at Ban Phachi Station only for EL/DL trains.

Summary of preconditions in short-term scenario are shown below.

**Table 5.3-1 Short-term scenario preconditions**

| | |
|---|---|
| Base Year | 2027 (BE 2570)<br>(same input as 2022 in SRT-Elect-F/S, except socio-economic data) |
| Project Period | 30 Years (2027-2056) |

Source: JST

**Table 5.3-2 Short-term scenario electrification and diagram**

| Scenario | | S1 | S2 |
|---|---|---|---|
| Line | | North | |
| Electrification | Ban Phachi – Lopburi | Yes | No |
| | Other Sections | Same as Long-Term Scenario | |
| Train Type | Bang Sue – Ban Phachi | EMU | B-EMU |
| | Ban Phachi – Lopburi | | |
| | Lopburi – Chiang Mai | DL or DMU | |
| | Other Lines | Same as Long-Term Scenario | |
| Timetable/Frequency | | Additional of 15 train/direction/day<br>Until Lopburi | |

Source: JST

Due to the increase in service frequency, the result of the FIRR is higher compared to the long-term scenario. The result of the short-term scenario is as shown below.

**Table 5.3-3 Short-term scenario analysis result**

| Scenario Comparison | | S1 (N Electrification) | S2 (N Battery) |
|---|---|---|---|
| EIRR | | 16.30% | 17.28% |
| FIRR | | 17.52% | 18.61% |
| Passenger demand (Pax/Day Line load) | 2027 | 29,291 | 29,279 |
| | 2023 | 34,043 | 34,029 |
| | 2037 | 38,604 | 38,589 |
| | 2042 | 44,239 | 44,222 |
| | 2047 | 48,896 | 48,876 |
| | Section | Ban Phachi - Lopburi | |
| Annual Emission Reduction (Ton-$CO_2$) | | 1,053 | |

Source: JST

### 5.3.2 Financial Analysis Result

The result of the demand forecast model indicates that, due to the increase in the service frequency assumed in the short-term scenario, revenue, which is calculated from the passenger-kilometers, has drastically increased, which greatly boosts the FIRR compared to the result of the long-term scenario. However, due to the limitations in this study, only the initial cost of the new rolling stock is assumed in the calculation. The maintenance cost for the new rolling stock cannot be estimated and is not included in this study. A detailed cost estimation is required for further consideration of the plan proposed in scenarios S1 and S2.

### 5.3.3 Issue to be considered in Demand Forecast

As mentioned above, the analysis in this section was conducted based on the SRT-Elect-F/S calculation procedure, in which several issues were identified. The issues and suggestions for future study are listed below.

**Table 5.3-4 Demand Forecast Model**

| Issue found in this study | Suggestion |
|---|---|
| Capacity is assumed at 4,000 passengers per train set. | The train attribute should be modeled in more detail based on the actual specification. |
| EMU/EL, as well as DMU/DL are not distinguished in the model | |
| In the case of DL/EL train, locomotive switching time at the end of the electrification section is not considered in the model | Required time and cost for switching should be reflected in the model and the economic/financial analysis. |
| Train service frequency is defined as one-day aggregate data frequency | Train headway should be specified based on the actual timetable |
| Red Line Extension (to Ayutthaya, Nakhon Pathom, Chacheongsao) is not included in the model | Service attributes of the Red Line Extension (headway, capacity, timetable, etc.) should be modeled |

Source: JST

**Table 5.3-5 Benefit, Revenue, Cost**

| Issue found in this study | Suggestion |
|---|---|
| Travel time reduction benefit is considered only for highway user | Travel time reduction benefit should be considered for every mode users |
| Emission reduction benefit is considered only for $CO_2$ emission reduction | $NO_x$, PM, etc. should be also considered |
| $CO_2$ emission in electrified section is fixed at 28% of the unelectrified section. | 1. For unelectrified section, GHG emission from each types of vehicle should be further investigated<br>2. For electrified section, emission from each types of power plant, as well as the loss in the electric supply system should be considered in the calculation. |
| SRT-Elect-F/S did not consider the freight revenue. In this study, freight revenue is assumed as 52% of passenger revenue. | Freight train should be modeled. With this model, the benefit to the reduction in transport cost, as well as the freight revenue to SRT can be captured. |
| Fixed cost is calculated based on SRT electrification F/S | Fixed cost should be calculated based on the latest price index |

Source: JST

### 5.3.4 Freight Transport and GHG Emission Reduction

Since a demand forecast analysis is not included in this study, JST introduces here a calculation to determine the GHG emission reduction from electrification based on the method used in the SRT-Elect-F/S. Here, electrification of the section between Hua Takhe and Laem Chabang will be considered as an example because it has the highest freight volume. Ideally, the section from ICD Lat Krabang, not from Hua Takhe, would be preferred but as ICD Lat

Krabang station was not included in the model, JST cannot perform the analysis from ICD Lat Krabang station.

First, based on the result of the SRT-Elect-F/S, it was assumed that 40 freight trains/day run between Hua Takhe and Laem Chabang. The SRT-Elect-F/S assumed the fuel consumption rate of 0.34 liters/km and the emission rate of 2.72 kg-$CO_2$/liter. From these assumptions, the emissions from a DL train in the Without Electrification Case can be determined as follows.

| | |
|---|---|
| No. of Freight Train Hua Takhe - Leam Chabang | ＝40 train/day |
| Distance Train Hua Takhe - Leam Chabang | ＝139.58-33.86＝105.99 km/train |
| Fuel Consumption Rate | ＝0.34 liter/km |
| Emission Rate of DL | ＝2.72 kg-$CO_2$/liter |
| Annual Emission from DL | ＝40x105.99x365x0.34x2.72＝1,443.4 ton-$CO_2$ |

Next, the emissions from the power plant supplying EL are assumed to be 28% of the direct emissions from DL. Thus, the reduction of $CO_2$ emissions can be determined as follows.

| | |
|---|---|
| Annual Emission from EL | ＝1,443.4 x 0.28＝401.8 ton-$CO_2$ |
| $CO_2$ emission reduction from electrification | ＝1,443.4-402.8＝1,041.6 ton-$CO_2$ |

## 5.4 Framework for Future Cooperation

### 5.4.1 SRT Electrification Master Plan

#### (1) Survey on Possibility of SRT Electric Railway

The SRT-Elect-F/S was studied in 2016. As of 2022, almost 6 years have passed, and the overall social and technology situation has changed as described below. Therefore, a new study including a new electric railway and its advantages is proposed. A study without OCS is also considered. In this new study, some of the policies stated in the SRT-Elect-F/S, including fares and costs, are also reviewed.

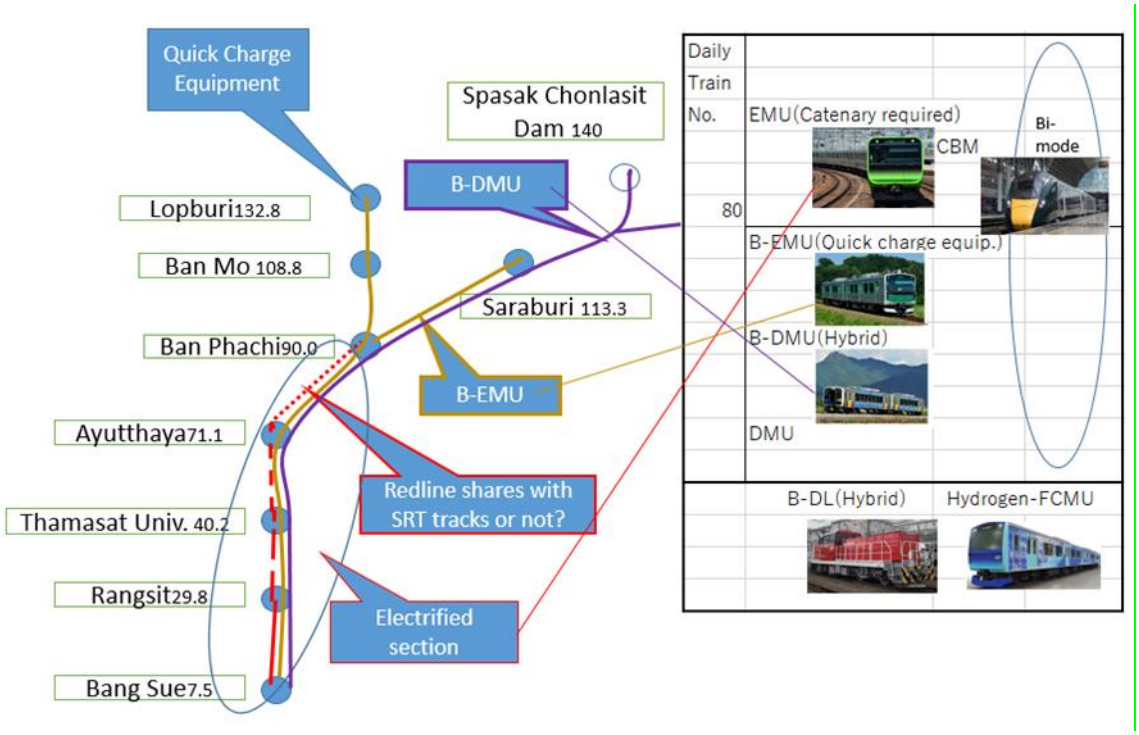
1. Changes in socio-economic framework
2. Serious environmental problems ($CO_2$ emissions, air pollution)
3. Expected completion of development of the railway network (urban railways for passengers, high-speed railways)
4. Emergence of new railway technology
5. Progress of purchase plan for SRT DL50 and DMU400

6. Change of freight transportation system

### (2) Use of B-EMU depending on the number of trains and its superiority

The guideline for electrification with OCS is 80 trains/day (former JNR data), but B-EMU is considered to be effective in areas where the number is slightly smaller (26–80 trains/day in Japan). In Thailand, it is considered to be effective when electrifying non-electrified sections in phases. If the number is smaller, B-DMU is also effective, but there is a disadvantage that it does not become zero carbon.

The above guideline value of 80 trains/day in the SRT train system is to be re-examined. In any case, the train system is determined by the characteristics of the line section (passing trains, city layout, city characteristics), and then the type of vehicle is selected. For freight trains, consideration will be given to vehicle types from the viewpoints of energy saving and zero carbon.




Source: JST

**Figure 5.4-1 Example of How to Use the North Line and Northeast Line by Rolling Stock Type**

New technology should be adopted based on the demand forecast, regardless of electrification with the OCS system. The appropriate rolling stock type or electrification method should be examined for each SRT line and section.

### (3) Survey location

As shown in Figure 5-4.1, the Red Line along the SRT North Line is planned to be electrified in three stages to reach Ban Phachi. At this stage, EMU is used from Bang Sue to Ban Phachi to provide commuting services. From here, extension to the North Line (Lopburi) and Northeast Line (Saraburi) will use B-EMU. For the Northeast Line (north route) which branches at Kaeng Khoi, B-DMU may be used to the Spasak Chonlasit Dam.

It is also possible to consider using B-EMU to stations farther away from the final stations in phased electrification to Thammasat or Ayutthaya on the Red Line extension.

Since there are already three tracks in this section for SRT long-distance trains, it is worth considering the possibility of using the existing tracks when extending and electrifying the Red Line. An example of dense operation is the double-track between Inazawa and Gifu near Nagoya in Japan, where there are 38 limited express trains, 156 rapid trains, 154 local trains and 78 freight trains operated by JR Freight, giving a total of 426 trains per day.[18]

Since the North Line and the Northeast Line branch off at Ban Phachi Station, socio-economic effects can be expected on both sides. Locomotive switching (EL/DL) should be done here to reduce the smoke exhaust problem at BS Grand sta.; depot area is easily secured because SRT has a large area of land here. Improving the efficiency of locomotive switching should be considered in a future study.

### (4) Train service and fare structure

Regarding the fare setting, the rate of 1.3 Baht/km was assumed in the SRT-Elect-F/S to calculate the FIRR. This rate is considered very reasonable in view of the current rate of about 1.0 Baht/km for SRT limited express trains and 12 Baht + 1.5 Baht/km for the Red Line. However, a rate exceeding 1.0 Baht/km is expensive compared to other competitive modes such as bus and mini-bus. Yet, if the faster travel and better comfort brought by electrification can attract users, and if the electrification is considered as an extension to the Red Line, then it is possible to apply the same fare structure as the Red Line. Also, as SRT train fares are heavily regulated, increasing the fare, for example 5 to 10 years after the opening of the project, is very difficult in practice. Therefore, JST suggests that the fare increase scheme should be discussed further in the future.

---

[18] Total value of east- and west-bound trains according to the 2017 train schedule. Infrastructure and passenger trains are operated and owned by JR Central.

### (5) Emission reduction and economic benefit analysis

This study follows the method provided in the SRT-Elect-F/S to calculate the GHG emissions as well as the economic benefit from emission reduction. However, several issues regarding the methodology should be pointed out. First, in the economic benefit, "emission reduction" and "$CO_2$ reduction" are both included in the calculation which could overestimate the benefit in the environment sector. Second, the EL/EMU emission rate is assumed to be 28% of the DL/DMU emission rate. This assumption should be further verified with actual measurements from EL/EMU and the data provided by power generation companies in Thailand. Losses during transmission should also be considered during the process of calculation. Finally, JST simply assumed that the emission rate of B-EMU is equal to that of EMU, however, the emissions for the whole lifecycle of the battery, including battery manufacturing as well as the emissions at the lithium mine, should be considered as well.

### (6) Cost Review

#### ① Cost for long-term scenario and short-term scenario

**Table. 5.4-1 Cost for Long-term Scenario**

| Scenario / Section for Electrification (Distance) / Works | L1(North) Bang Sue - Ban Phachi - Pak Nam Pho (243km) | L2（NE） Bang Sue - Ban Phachi (259km) | L3（East） Bang Sue - Pattaya (159km) | L4（South） Bang Sue - Hua Hin (222km) |
|---|---|---|---|---|
| Civil Works | 2,364,158,072 | 2,533,468,091 | 2,144,180,780 | 1,013,248,780 |
| Track Works | 75,193,712 | 39,386,808 | 33,175,098 | 72,064,929 |
| Signaling& Communication works | 2,095,474,043 | 2,380,005,773 | 1,438,970,744 | 1,472,785,668 |
| Power Works | 8,244,740,415 | 8,900,223,001 | 4,728,896,379 | 6,203,744,177 |
| Rolling Stocks | 15,940,674,220 | 16,296,847,633 | 1,782,073,372 | 24,810,577,055 |
| TOTAL | 28,720,240,462 | 30,149,931,306 | 10,127,296,373 | 33,572,420,609 |

Unit: THB　　Source：SRT-Elect-F/S

**Table. 5.4-2 Cost for Short Term Scenario**

| Scenario / Section for Electrification (Distance) / Works | S1 (North Line) | S2 (North line) |
|---|---|---|
| | Ban Phachi - Lopburi (43km) | Ban Phachi - Lopburi (43km) |
| Civil Works | 416,832,510 | 416,832,510 |
| Track Works | 13,257,651 | 13,257,651 |
| Signaling& Communication Works | 369,459,943 | 369,459,943 |
| Power Works | 1,453,657,387 | 356, 700,000 |
| Rolling Stocks | 2,810,552,870 | 2,810,552,870 |
| Additional Rolling Stocks (10 Veh.) | 725,000,000 | 1,450,000,000 |
| TOTAL | 5,788,760,36 | 5,416,802,974 |

Unit: THB Source : JST

Table 5.4-1 shows the cost of the long-term scenario (2016 SRT-Elect-F/S cost: Financial Value of the Investment). The costs of civil works, track works, signaling & communication works, power works and rolling stock of the short-term scenario for S1 and S2 are calculated based on the ratio of the long-term scenario to the short-term scenario on the Northern Line. The sections for electrification of S1 and S2 are from Ban Phachi to Lopburi and to Ban Phachi, respectively. The cost of power works for S2 is the cost of charging equipment, etc. required for the B-EMU to run from Ban Phachi to Lopburi.

In this report, JST set a higher price considering the installation in Thailand with reference to the cost of building charging equipment and substation equipment in Japan as an estimated amount. However, a detailed examination needs to be done in the next survey. The additional rolling stock price will be described in ③ Review of the cost of the introduced vehicle.

Comparing the overall costs of S1 and S2 in the short-term scenario, the cost of S2 is lower than that of S1, and the introduction of B-EMU may be an effective method for advancing electrification in the future.

**② Review of the cost for Power**

In the 2018 Electrification Report (Study of Roadmap for SRT Electrification 2018), JST gave an example from Japan and suggested that the cost of power works for the SRT Electrification Project is low. In this study, JST was able to obtain an estimate for the Red Line (Bang Sue – Taling Chan and Bang Sue – Rangsit), and compared it with the cost of power works for the Red Line and SRT.

**Table. 5.4-3 Comparison of the Cost of Power per 1 km**

| Lines | Main Track Length(km) | Amount (Million THB) | Amount per 1km of Main Track（Million THB） |
|---|---|---|---|
| SRT North Line | 429 | 8,245 | 19..2 |
| Red Line | 74 | 7,394 | 99.8 |

Source：2018 Study of Roadmap for SRT Electrification

**Table. 5.4-4 Comparison of the Cost of Power per 1 km (Reviewed)**

| Lines | Main Track Length(km) | Amount (Million THB) | Amount per 1km of Main Track（Million THB） |
|---|---|---|---|
| Red Line | 74 | 5,155 | 69.7 |

Source: JST

The cost of power works for SRT was about 20% of the cost of the Red Line in the previous report. Compared with the amount based on new information obtained, it was less than 30% of the cost of SRT. It is still cheaper than that of SRT.

However, the following are possible reasons why the cost of the Red Line is higher than that of SRT.

1. OCS Poles

H-shaped steel is used for OCS poles in the Red Line. Compared to concrete poles, OCS poles are more expensive due to the material cost and galvanizing process: the price in Japan is almost double. Since OCS poles account for about 5% of power works, if they are replaced with concrete poles, they will be evaluated in Japan, the ratio would be 2.5% of power works.

.

2. Number of Substations

There is one substation on the Red Line, which covers the section between Bang Sue – Rangsit and the section between Bang Sue – Taling Chan. Comparing the A/B value, the Red Line is smaller, however from the documents obtained, there is still room for the Red Line substations to supply electricity along the line, so it is considered relatively expensive at this point in time.

**Table. 5.4-5 Comparison of Track Length per Substation**

| Lines | **A** Main Track Length (km) | **B** Number of Substation | **A/B** (km/substation) |
|---|---|---|---|
| SRT North Line | 429 | 4 | 107 |
| Red Line | 74 | 1 | 74 |

Source: JST

3. Cost for power at depot

Table 5.4-2, which shows the cost of the short-distance section, does not include the cost of the depot. In the SRT-Elect-F/S, Table 5.4-6 shows the cost of power works at the depot.

**Table. 5.4-6 Cost of Power at Depot**

| Works | Depot |
|---|---|
| Power | 392,415,890 |

Unit: THB Source：SRT-Elect-F/S

Since this amount is the total amount of the four lines of SRT, if it is allocated by the distance of the long-distance section and the amount equivalent to the distance of S1 is added to the cost of the electric power work of S1, it will increase by about 1%.

As a result of the review of 1, 2, and 3, there may be an increase or decrease in the cost of electric power works for SRT and the Red Line, respectively, but since the cost of electric power works for SRT is still low, a detailed cost estimation should be conducted in the next survey.

**③ Review of costs by introduced rolling stock**

The cost of additional vehicle EMUs in S1 is based on data from Design Report 2016.

B-EMU is being considered in S2, but the vehicle specifications need to be clarified for detailed costs. The new design elements for the vehicle include the installation of batteries, system development, and requests for MG support and various SRT requirement specifications.

Since it is expected that these new design elements will be addressed and overseas transportation costs will be incurred, the price of the B-EMU was set at twice the amount of the EMU.

### 5.4.2 Electrification Projects

#### (1) Electrification projects

**① Preliminary list of electrification projects**

Based on the philosophy of future electrification as indicated in Section "3.4.1 Electrification by Distance and Corridor," the Study Team prepared a preliminary list of electrification projects as follows. The projects are categorized by priority into [A] Routes to be promoted by the target year ([A1] Routes to be operational by the target year (conditions satisfactory for implementation), [A2] Routes to be under construction by the target year (not fully satisfactory in terms of maturity, investment returns, etc.) and [B] Routes to be considered in the future (based on a review of development along the corridor, traffic demand, investment capacity, etc.).

**Priority [A1]** This includes the four lines of the Red Line commuter projects as the next program to be implemented. SRT carried out a market survey of the private sector on 26 October 2021, envisaging PPP with a 50-year concession scheme. The total investment cost of the four projects is 188 bn Baht with 2028 as the target year of revenue service for the Missing Link sections and 2026 for the other sections.

**Priority [A2]** This includes the Red Line north extension to Ban Phachi and the West/South Line Nakhon Pathom, introduction of B-DL to Bang Sue Depot, introduction of BMU to Hua Mak – Hua Takhe, and electrification of the freight corridor Lat Krakbang – Laem Chabang. Of these, Red Line extension and freight corridor electrification need to secure financing capacity, while new rolling stock technologies are needed to address technological challenges.

**Priority [B]** This includes the introduction of B-EMU to the Mae Klong Line, electrification of the freight corridor Laem Chabang – Map Ta Put, and electrification of the Northeast Line Ban Phachi – Kaeng Khoi and North Line Ban Phachi – Lopburi. These routes should be considered in the future.

**Table. 5.4-7 Preliminary List of Electrification Projects**

| No. | Project | Cost (M.Baht) | Length (Km) | Priority *[19] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Red Line Bang Sue – Rangsit | 9,087 | 22.5 | Shared |
| 2 | Red Line Bang Sue – Taling Chan (+BS Grand sta.) | 62,772 | 15.0 | Shared |
| 3 | Red Line Rangsit – Thammasat University | 6,640 | 8.84 | A1 |
| 4 | Red Line Taling Chan – Salaya | 10,600 | 10 | A1 |
| 5 | Red Line Taling Chan – Siriraj Hospital | 4,730 | 5.7 | A1 |
| 6 | Red Line Bang Sue – Hua Lamphong – Hua Mak | 49,600 | 25.9 | A1 |
| 7 | Red Line Thammasat University – Ayutthaya | | 30.9 | A2 |
| 8 | Red Line Ayutthaya – Ban Phachi | | 18.8 | A2 |
| 9 | Red Line Salaya – Nakhon Pathom | | 30.0 | A2 |
| 10 | B-DL Bang Sue Depot | | - | A2 |
| 11 | BMU Hua Mak – Hua Takhe | | 15.7 | A2 |
| 12 | B-EMU Wong Yen Yai – Maha Chai | | 31.2 | B |
| 13 | Freight Corridor Lat Krakbang – Laem Chabang | | 108 | A2 |
| 14 | Freight Corridor Laem Chabang – Map Ta Put | | 60 | B |
| 15 | North-Eastern Line Ban Phachi – Kaeng Khoi | | 35.1 | B |
| 16 | North Line Ban Phachi - Lopburi | | 43.0 | B |

Source: JST

* The priorities are as follows:

A Routes to be promoted by the target year

A1 Routes to be operational by the target year (conditions satisfactory for implementation)

A2 Routes to be under construction by the target year (not fully satisfactory in terms of maturity, investment returns, etc.)

B Routes to be considered in the future (to review development along the corridor, traffic demand, investment capacity, etc.)

**② Comparisons – Original plan in SRT-Elect-F/S and proposal in this study**

A comparison of the original plan in the SRT-Elect-F/S and the proposal in this study is illustrated in the following table. In general, target routes for electrification are reduced, while part of the adjustment is supplemented with the development and introduction of new technologies (B-DL, BMU and B-EMU).

[19] Project priority

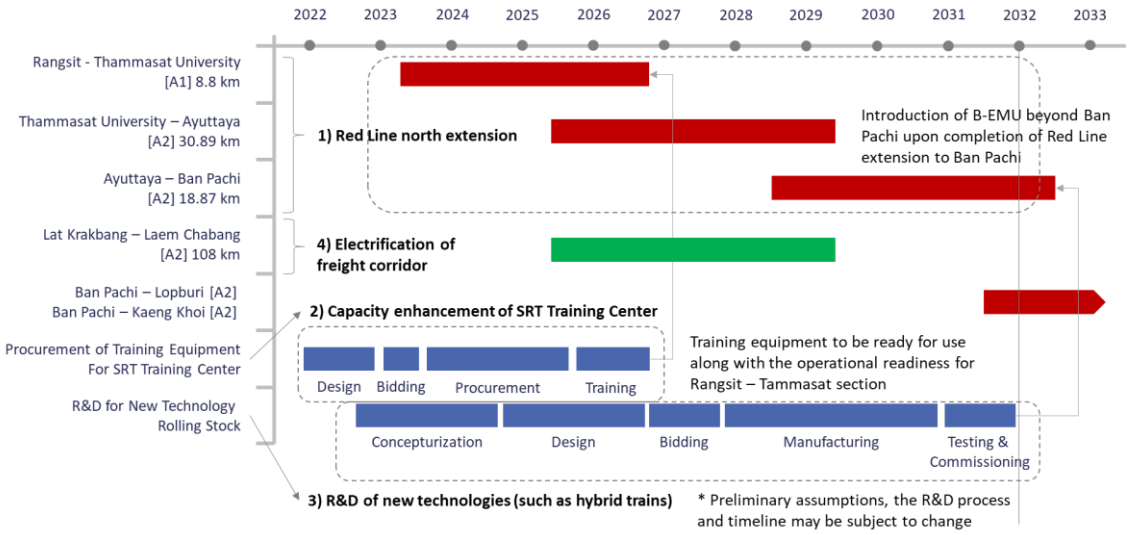
**Table 5.4-1 Comparisons – Original Plan in SRT-Elect-F/S and Proposal in this Study**

| | Original Plan in SRT-Elect-F/S | Proposal under this Study |
|---|---|---|
| General | Electrification of 200/250 km from central Bangkok in 4 directions (north/northeast/east/south) | Electrification of 200/250 km from central Bangkok in 2 directions (North/Northeast), electrification of freight corridor on East Line, and electrification of commuter line on West/South Line |
| North | Electrification to Pak Nam Pho | Electrification to Lopburi (distance reduced) |
| Northeast | Electrification to Thanon Chira | Electrification to Kaeng Khoi (distance reduced) |
| East | Electrification to Pattaya | Electrification of Lat Krakbang – Laem Chabang (– Map Ta Put) (distance reduced) |
| South | Electrification to Hua Hin | Electrification of Nakhon Pathom (distance reduced) |
| New technology | Not considered | Development and introduction of B-DL, BMU, B-EMU, etc. |

Source: JST

### (2) Electrification promotion program

The electrification promotion program under this study envisages the Priority [A1] projects, which are already in progress, incorporated with the Priority [A2] projects. The program has four main pillars: “Red Line north extension,” “Capacity enhancement of SRT Training Center,” “R&D of new technologies (such as hybrid trains),” and “Electrification of freight corridor.”




Source: Material provided by SRT

**Figure. 5.4-1 Electrification Promotion Program**

### (3) Red Line north extension

#### ① The project

The project pipeline is to electrify the Red Line commuter route from Rangsit to Ban Phachi, in three phases.

- Phase 1 Rangsit – Thammasat University (8.84 km), 3 years
- Phase 2 Thammasat University – Ayutthaya (30.9 km), 4 years
- Phase 3 Ayutthaya – Ban Phachi (18.8 km), 4 years

The initial phase of construction, Rangsit – Tammasat, is assumed to begin in June 2023 as announced by SRT. Extension to Ban Phachi is scheduled to be completed in the next 10 years (2032) by starting the next phase of construction before completion of the previous phase.

#### ② Issues to be addressed

Thailand ranked 13th in the world, in the extreme risk category, of countries that are most vulnerable to the impacts of climate change over the next thirty years. It was found that the greenhouse gas emission rate of private cars is 9.49 times that of rail, while that of buses is 4.13 times that of rail. For this reason, the Thai government recognizes the importance of shifting to rail as the country's main mode of transport and promoting the use of high-efficiency, energy-saving vehicles including the pursuit of clean renewable energies to reduce the use of fossil fuels, which will help reduce pollution problems and make the transportation system more environmentally friendly.

**③ Effects**

The project will extend the commuting range, expand the functions of the Bangkok Metropolitan Area and address the heavy concentration on the capital. In comparison with the existing DMU and DL, EMU can reduce travel times by improving acceleration/deceleration, operational punctuality and frequency. As the result, a modal shift from automobiles to rail transport will be promoted, thereby helping to realize a low-carbon society.

### (4) Capacity enhancement of SRT Training Center

**① The project**

In order to cater for the growing need for O&M personnel in terms of quality and quantity, the project aims to expand the existing functions of the SRT Training Center, thereby creating a railway academy as a hub for human resource development in the railway sector. With 2026 as the target year, training equipment should be made ready for use along with the operational readiness of the Rangsit – Tammasat section. Training equipment includes driving simulators, station mock-ups, and cut-away models (such as track structure and bogies) so that comprehensive training can be provided for all disciplines of O&M. In addition, training curriculums and materials, possibly along with institutional designs and guidelines for training on electrified railways, will be developed.

The delivery schedule of training equipment is 3.5 years, including design (1 year), bidding (0.5 year), and procurement (2 years). To meet this timeline, design may have to begin in 2023.

**② Issues to be addressed**

The next four lines for Red Line commuter projects will expand the existing Red Line network (37.5 km) to approximately 90 km by 2028, which will eventually be enlarged to approximately 140 km by 2032. Taking the other mass transit lines to be developed by MRTA into account, securing a large number of and providing quality training for O&M personnel will soon become an urgent issue that must be addressed.

**③ Effects**

The project will accelerate the training of railway personnel and improve the service quality of the operator by strengthening the fundamental skills and knowledge. Relating to this, DRT signed an MOU on academic cooperation “Production and Development of Rail Personnel and Research and Development of Rail Technology and Innovation to Support the Rail Industry” with six other parties. The project should seek the possibility of cooperation through this channel. Also, the “Industrial Human Resources Development Project” being implemented under JICA assistance, “Education and Training at the Railway Academy” under this project, and the existing and future “Assistance for Urban Railway Development” will be able to create an effective value chain in the rail industry, thus enhancing the assistance.

### (5) R&D of new technologies (such as hybrid trains)

#### ① The project

Along with the progress of electrification, the project aims to promote R&D activities to meet the recent requirements for new technologies. Once the electrification to Ban Phachi is completed, the outcomes of R&D activities (such as hybrid trains) will be put into use. Working toward this goal, a joint approach with industry-academia collaboration between Thailand and Japan should be established.

The R&D schedule is for 10 years with the target year of 2032, which includes conceptualization (2 years), design (2 years), bidding (1 year), manufacturing (3 years) and testing & commissioning (1 year). (The preliminary assumptions, R&D process and timeline are subject to change.) If the timeline can be shortened to 5 years, for example, the outcomes may be temporarily introduced to the Salaya – Nakhon Pathom section of the Red Line as an alternative.

As the starting point of the above, one idea is to create a "Thailand – Japan Railway R&D platform" between the two countries to work on conceptualization, where both parties periodically explain their R&D activities in order to enhance cooperation.

#### ② Issues to be addressed

SRT earlier intended to proceed with the electrification of suburban lines and extension to 200–250 km as proposed in the SRT-Elect-F/S. However, a higher authority (NESDC) advised SRT to work on R&D for new technologies, such as bi-mode trains by renovating the existing DMU and DL. Also, the MOU focuses on R&D for new technologies. As such, the railway sector in Thailand is required to act in line with the BCG Economy & Green Growth Strategy. Notwithstanding the above, research and development on hybrid trains is still proceeding even in Japan, which may make it difficult to disclose information to others. Therefore, it is recommended to establish a platform that allows Thailand and Japan to discuss the concept for R&D activities.

#### ③ Effects

Once the introduction of hybrid trains, etc. becomes possible as the result of R&D on new technologies, the railway sector can provide rail transport services without diesel propulsion systems, while reducing the investment cost on OCS and substation facilities. This will help develop environment-friendly means of transport on the lines and sections with relatively low traffic density at lower investment cost. In this regard, the project is aligned with the BCG Economy & Green Growth Strategy as it can promote industrial development and economic growth with new technologies as the driving force.

### (6) Electrification of freight corridor

#### ① The Project

The project aims to strengthen the logistic functions between the rapidly emerging EEC area and the Bangkok Metropolitan Area, by electrification of the freight corridor Lat Krabang ICD – Laem Chabang (approx. 108 km) as the dominant section to carry goods and items in Thailand. Electrification of Leam Chabang – Map Ta Phut (approx. 60 km) could be a future extension.

#### ② Issues to be addressed

EEC development aims to improve connectivity across the nation. Despite the impact of COVID-19, investment in the area, particularly on large infrastructure development projects, continues to grow. Logistics is one of the target clusters defined in EEC development, where improving efficiency and connectivity are the key challenges. EEC emphasizes the importance of the SDGs, proactively promotes renewable energy and EVs, and aims to improve the management of natural resources and wastes, to achieve net zero. Under such circumstances, freight transportation will, sooner or later, be required to contribute to a low-carbon society.

#### ③ Effects

Electrification of the freight corridors to replace the existing diesel-driven locomotives will contribute to efficient logistics, which is desired by EEC, and help realize a low-carbon society aiming toward net zero. JR Freight (JRF), which possesses technology and know-how on freight transport in Japan, has established a branch office in Thailand, aiming to engage in the container rail transport business. JRF's involvement in the project would be beneficial to make the project even more effective. One technical constraint is the necessity of switching locomotives when a freight train enters the loading point at Leam Chabang Port; this will require a technical solution.

## 5.4.3 Current Rolling Stock R&D by SRT

### (1) B-DL development

SRT is currently considering the development of B-DL by converting the existing General Electric USA or Alstom DL for shunting usage. It seems that SRT, DRT, and EA are working together to develop this technology, but no detailed information was disclosed.

GE UM12C (GEK)

Source: taken by JST

**Photo. 5.4-1 GE UM12C (GEK)**

Alstom AD24C (ALS)

Source: taken by JST

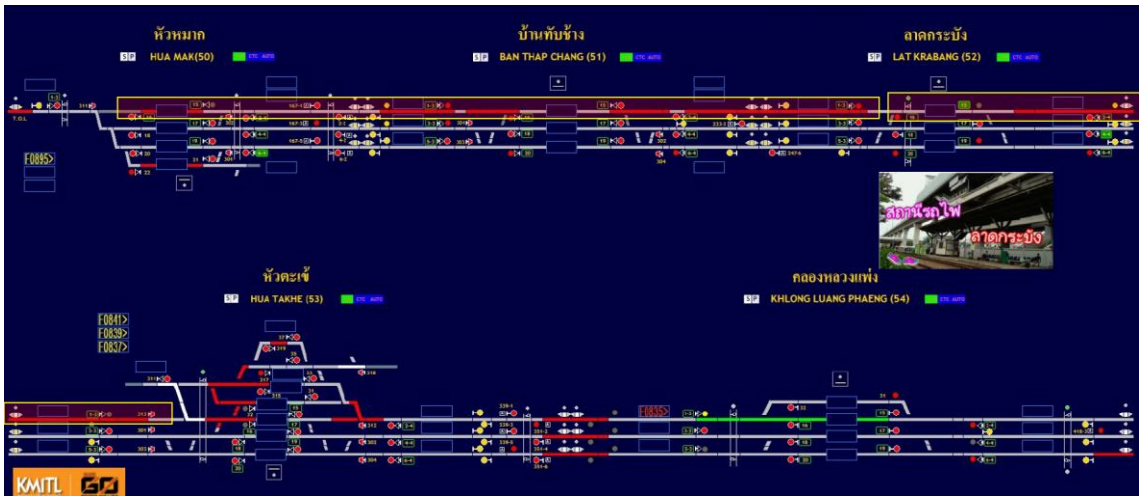
**Photo. 5.4-2 Alstom AD24C (ALS)**

### (2) B-MU development and test by SRT

SRT and KMITL are currently collaborating on the development of B-MU. They aim to develop a vehicle that can run between Lat Krabang and Hua Takhe in the first phase, and between Hua Mak and Hua Takhe in the second phase, using only battery power. However, no detailed information was disclosed.

Source: Materials provided by SRT

**Figure. 5.4-2 Image of B-MU**




Source: Materials provided by SRT

**Figure. 5.4-3 Scheduled Development Line**

# Chapter6 Ideas for implementing JICA projects

## 6.1 Possibility of participation of Japanese companies

### 6.1.1 Possibility of Market Entry

The Study Team analyzed the possibility for Japanese firms to participate in the electrification projects in order to design the next assistance programs.

#### (1) Japanese technologies

Japanese technologies considered useful for the electrification projects include EMU, hybrid trains, E&M systems, maintenance, freight business, and training equipment.

**Table. 6.1-1 Japanese Technologies**

| Category | Japanese Technology | Description of Technology and Effects |
|---|---|---|
| EMU | Permanent magnet synchronous motor (PMSM) | Totally enclosed structure, no cooling fan, no disassembly and cleaning, reduced maintenance cost, reduced electric power consumption |
| | Totally enclosed high-efficiency induction motor (bearing disassembly free type) | Reduced electric power consumption with expanded regenerative coverage and less load loss |
| | SiC element | Smaller size and weight, electricity regeneration at higher running speed, reduced power conversion loss, reduced electric power consumption |
| | Parallel synchronization of auxiliary power Auto suspension during light loading period | Less power loss by reducing the number of auxiliary power sources during off period, reduced electricity power consumption |
| Hybrid Trains | B-EMU | Battery drive at non-electrified sections Reduced investment cost in electrification facilities |
| | B-DMU | Battery drive for departure and arrival, reduced emissions and noise impact, 10–30% reduction in fuel consumption compared to DMU |
| | Hydrogen-FCEU | Contribution to a low-carbon society by using clean energy |
| | Hybrid shunting locomotive | Motor control by synchronizing power from diesel generator and battery, fuel consumption reduced by 36%, NOx emission by 62%, and noise level by 22 dB compared to diesel locomotive |
| E&M Systems | Power storage device | Effective use of regenerative power of trains |
| Maintenance | Rolling stock maintenance | Reduced failure rate, high reliability, stable operation |
| | Condition based maintenance | High reliability, reduced burden on workers |
| Freight Business | Rail container transport | Know-how on transportation of dangerous goods |

| | | |
|---|---|---|
| | Container transport management system | Flexible adjustment of transportation routes by leveling transport volumes, reduced loading/unloading time, improved accuracy of transportation with goods location tracking at freight yards by GPS and IC tags |
| | Remote monitoring system | Failure prediction and device deterioration monitoring, reduced rate of failure and reduced time for recovery |
| Training Equipment | Driving simulator | Various products, including dynamic simulators and desktop simulators, rich contents and materials for training, capacity development and R&D |
| | Training system with VR/AR technologies | Civil structure inspection, safety education for works at tracks, prevention of accidents (hit by trains, electric shock), train failure rectification, degraded operations during abnormalities, signaling simulator, etc. with VR/AR technologies, introduced by each operator |

Source: JST

### (2) Advantages of Japanese technologies

#### ① EMU and E&M systems

The existing Bang Sue – Rangsit and Bang Sue – Taling Chan sections of the Red Line introduced EMU and E&M systems from Japanese suppliers. Japanese firms would be advantageous especially for signaling systems and rolling stock if the specifications of the extended sections remained unchanged from the Red Line.

#### ② Hybrid trains

Japan is able to build a wide variety of trains with new technologies, though most of them are still being developed and so do not have a history of being exported. European suppliers have an advantage in terms of track record and battery capacity (simply due to the size of trains to accommodate batteries).

#### ③ Rolling stock maintenance

There is no significant difference in maintenance capacity, provided the supplier maintains its own products.

#### ④ Freight business

Japan possesses advanced technologies and know-how, which may be a great advantage depending on the type of business. In terms of business promotion, Japan may be ahead (a test run was carried out earlier with the help of JRF).

#### ⑤ Training equipment

There is little difference in technical capacity between Japanese and European firms with regard to driving simulators. Regarding training systems with VR/AR technologies, European

firms may be ahead in terms of innovation as some European operators (such as London Underground) have developed and introduced a system with BIM + VR/AR technologies

### (3) Procurement package

The SRT electrification project consists of the following five works:

1. Civil works
2. Track works
3. Signaling & communication
4. Power works
5. Rolling stock

Of these works, Table 6.1-2 summarizes the results of railway works by Japanese companies in Thailand.

**Table. 6.1-2 Railway Project Experience by Japanese companies in Thailand**

| No. | Works | Package | Completion |
|---|---|---|---|
| 1 | Civil Works | MRT Blue Line | 2000 |
| 2 | Track Works | Red Line | 2018 |
| 3 | Signaling & communication Works | Red Line<br>MTR Purple Line | 2018<br>2015 |
| 4 | Power Works | Red Line<br>MRT Purple Line | 2018<br>2015 |
| 5 | Rolling Stocks | Red Line<br>MRT Purple Line | 2018<br>2015 |

Source: JST

JST proposes the following three types of packages that are expected to be of interest for Japanese companies to participate in the SRT electrification project.

1. Electric power work + signaling & communication work
2. Rolling stock
3. Power + S & T + rolling stock

The main reason for recommending these packages is that experience of railway projects in Thailand is important. For Japanese companies, overseas projects have various risks compared with domestic projects. These risks are particularly important regarding procurement of human resources, materials, equipment, etc., and are mitigated by Japanese companies' past experience in Thailand. Civil works are not included in the package because Japanese companies' experience was over 20 years ago and recent projects are carried out by local contractors.

### (4) Challenges

#### ① General

Payment risk may be a concern if SRT serves as the implementing agency. It has been pointed out that SRT lacks experience of contract administration, which could hinder participation in the projects. Measures to enhance credit could promote the involvement of Japanese firms.

#### ② EMU

It is difficult to assess the interest of Japanese firms without a more detailed plan, especially the quantity of orders and contract period. Continuous orders for over a hundred cars every year would likely increase their interest. If the quantity is less, the specifications of the rolling stock should remain unchanged from the Red Line already in operation, as firms will lose interest if special designs and manufacturing are required. Needless to say, an appropriate price should be incorporated in the budget. In addition, their willingness to participate will be greatly influenced by the project (financing) scheme, e.g. Japanese ODA loan, financing by the government of Thailand, or PPP.

#### ③ Electric locomotive

Similar to EMU, procurement schedules, number of cars, specifications (whether or not Japanese standards are accepted), scale of budget, and financing scheme will influence their willingness to participate.

#### ④ Hybrid trains

As hybrid trains involve many design factors, it is hard to measure the interest of Japanese firms without cost requirements and route conditions. Hybrid trains are still in the process of research and development by several Japanese companies, and so the technology should not be considered as an option at present. It is not yet possible to export B-EMU as the criteria for deciding the scale of order and fitness for different specifications have yet to be developed.

#### ⑤ Hybrid Locomotive

The existing product can be used only for shunting in a depot, not on the main line. Japanese firms may show strong interest depending on the number of units and timing of procurement. If the capacity of batteries increases significantly, manufacturers may consider developing hybrid locomotives for main line operations.

#### ⑥ Rolling stock maintenance

As maintenance service will require the hiring of local maintenance workers, Japanese firms' interest in participating will depend on the preparedness and terms and conditions of the

contract of the project. At least, KPIs (such as availability and failure rate requirements) should not be excessive. It depends on the financing scheme and rolling stock specifications, but provided the terms and conditions of the contract are clear and acceptable and the maintenance is for their own projects, Japanese firms may show interest.

**⑦ Rolling stock lease**

Procurement schedules, number of cars, specifications (whether or not Japanese standards are accepted), scale of budget, and financing scheme will influence their willingness to participate. Compared to procurement only, rolling stock lease would be more challenging for Japanese firms.

**⑧ Freight business**

The current transport volume may be insufficient to attract Japanese firms. The number of freight operations should increase along with the modal shift from road to rail. Also, the vertical separation model, the new institutional framework under the draft Railway Act, needs to be realized as the starting point.

### 6.1.2 Corporate Interests

The Study Team carried out a preliminary survey of Japanese firms to assess their interest in the electrification projects: "Red Line north extension," "Capacity enhancement of SRT Training Center," "R&D of new technologies (such as hybrid trains)," and "Electrification of freight corridor."

**Table. 6.1-3 Survey of Japanese Firms' Interest**

| Project | Query |
|---|---|
| Red Line North extension | 1. Interest in delivering E&M systems and rolling stock (by financing scheme)<br>2. Interest in operation and/or maintenance service (by financing scheme)<br>3. Possibility of local production for E&M systems and rolling stock (specific components)<br>4. Other possible schemes (rolling stock maintenance, rolling stock lease, etc.)<br>5. Minimum number of orders for rolling stock procurement<br>6. Ideas for new technologies suitable for the projects<br>7. Necessary assistance from Japan to promote participation |
| Capacity enhancement of SRT Training | 1. Interest in delivering training equipment (by financing scheme)<br>2. Necessary assistance from Japan relating to SRT Training Center |
| R&D of new technologies (such | 1. Possibility of participating in R&D activities for new technologies (such as hybrid trains) |

| | |
|---|---|
| as hybrid trains) | 2. Conditions for participating in assisting R&D (such as SRT's commitment to order)<br>3. Minimum number of orders for rolling stock procurement<br>4. Possible other subjects for R&D activities<br>5. Assumed time span to start exporting hybrid trains overseas<br>6. Necessary assistance from Japan for R&D activities in Thailand |
| Property development along SRT suburban lines | 1. Interest in property development along SRT suburban lines (specific areas, if any)<br>2. Necessary assistance from Japan for urban development projects in suburban areas |
| MaaS through industry – academia collaboration | 1. Interest in participating in MaaS development through industry-academia collaboration<br>2. Possible digital technologies/solutions relating to SRT electrification<br>3. Necessary assistance from Japan to promote digital technologies/solutions in Thailand |
| Electrification of freight corridor | 1. Interest in participating in the freight electrification project (by financing scheme)<br>2. Interest in operation and/or maintenance service (by financing options)<br>3. Minimum number of orders for rolling stock (electric locomotives)<br>4. Necessary assistance from Japan to promote participation |

Source: JST

### (1) Vehicle manufacturing and maintenance business

Companies were surveyed on their level of interest in the vehicle manufacturing and maintenance business.

There was a high level of corporate interest in the project provided the vehicles are manufactured with JPY loans, have no new development elements, and have the same specifications as vehicles already in use in Thailand and overseas. The timing, number of vehicles, and recognition of Japanese standards are considered to be important.

As for local production, preferably there should be a stable supply of vehicles in a certain region, but it may be difficult even if there is stable demand in one country and neighboring countries. The companies considered it would be difficult to deal with the problem considering the return on investment.

As for maintenance, companies are interested in vehicles delivered by themselves, and there is room for consideration if the targets, schemes, and conditions of responsibility are clarified. Issues of concern were the problem of finding and hiring workers with maintenance experience,

and the more stringent the customer's requirements for availability and failure rate, the higher the hurdle to entry.

**(2) Rolling stock lease**

As mentioned earlier, there are several challenges to attract Japanese companies under the rolling stock leasing scheme:

- Ordering a sufficient number of EMUs
- Sufficient mitigation of payment risk
- Sufficient capacity of local industry

The Study Team will further study how to attract Japanese companies, by clarifying the constraints for market entry and defining a sound business environment through interviews.

**(3) Solar cell power plants within the right of way**

The number of solar cell power plants is increasing thanks to the favorable conditions of solar radiation. The placement of solar cell power plants within the railway right of way will help expand the use of renewable energy and contribute to carbon neutrality.

For example, J-power, a Japanese power generation company, participates in the rooftop solar business in Thailand. After entering into a purchase contract with a local company, J-power installs solar power equipment on the roofs of factories, etc. to supply electricity produced from renewable energy.

## 6.2 Proposal of JICA's follow-up support plan

This section outlines subsequent assistance plans for electrification projects. Based on the interest of Japanese firms and the possibility of participation, the plans need to be elaborated to make them feasible for actual implementation. Ideas for project implementation are summarized in the following table.

### 6.2.1 Preliminary Ideas for Project Implementation by JICA

The following is a list of preliminary ideas for projects.

**Table. 6.2-1 Preliminary Ideas for Project Implementation**

| Idea for Project Implementation | Areas for Assistance | Assistance Scheme |
|---|---|---|
| Red Line commuter projects and north extension | E&M systems procurement | ODA loan |
| | Maintenance service contract | ODA loan |
| | Rolling stock lease and maintenance | Private sector investment finance |
| | Property development along SRT suburban lines | Private sector investment finance |
| | MaaS through industry-academia collaboration | Technical assistance/private-sector investment finance |
| Capacity enhancement of SRT Training Center | Technical assistance to strengthen the capacity of the Training Center | Technical assistance |
| | Procurement of driving simulators and other training equipment | ODA loan |
| R&D of new technologies (such as hybrid trains) | Thailand – Japan Railway R&D platform (tentative) | (MOU) |
| | Design, manufacture, and delivery of hybrid trains | ODA loan |
| Electrification of freight corridor | Procurement of electrification facilities and equipment, and electric locomotives | ODA loan |
| | Freight railway business | Private sector investment finance |

Source: JST

### 6.2.2 Red Line Commuter Projects and North Extension

#### (1) Scope

Scope of the Red Line commuter projects and north extensions includes the following.

**① Red Line commuter projects**

- Red Line Rangsit – Thammasat University (THB 6,640 M, 8.84 km)
- Red Line Taling Chan – Salaya (THB 10,600 M, 10 km)
- Red Line Taling Chan – Siriraj Hospital (THB 4,730 M, 5.7 km)
- Red Line Bang Sue – Hua Lamphong – Hua Mak (THB 49,600 M, 25.9 km)

SRT carried out a market survey for the above four projects on 26 October 2021, with the provision of the PPP scheme, and gathered the opinions and interests of the private sector on the alternative PPP models (net cost, gross cost, or modified gross cost) and private investment portions (civil works + E&M + rolling stock, E&M + rolling stock, or rolling stock only).

**② Red Line north extensions**

- Red Line Thammasat University – Ayutthaya (project cost: unknown, 30.9 km)
- Red Line Ayutthaya – Ban Phachi (project cost: unknown, 18.8 km)

The project costs and financing schemes of the above projects remain unclear (even though the detailed designs were performed under the four lines project, the information is outdated as the scope has been changed).

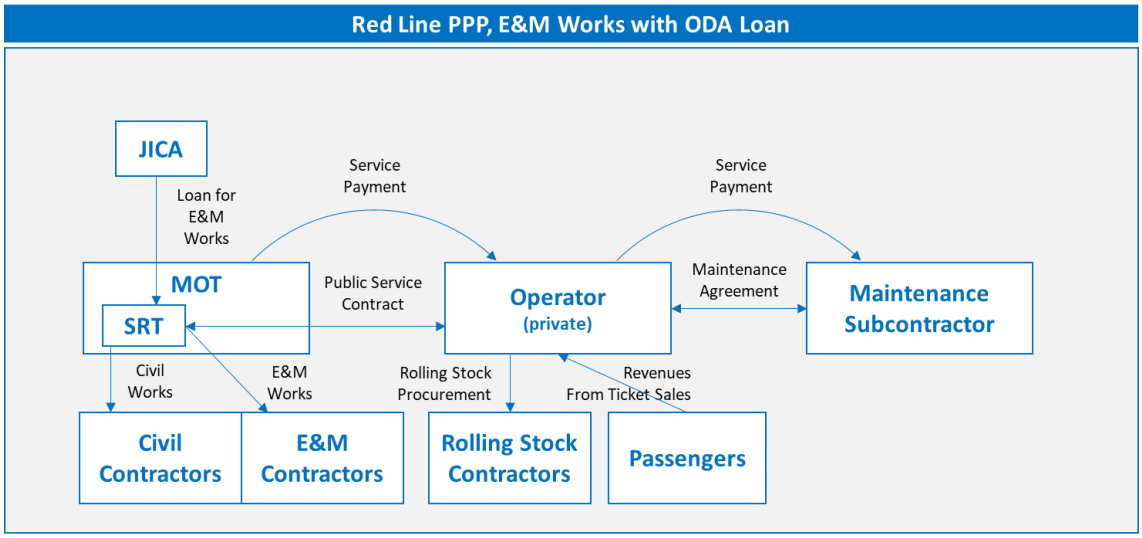
### (2) ODA loan

The possibility of ODA loans for the Red Line commuter projects depends on the private sector's willingness to invest, the plans of the government on financial arrangements, and the intention of financial institutions (e.g. JICA), while the government of Thailand puts priority on private investment over ODA loans in view of suppressing the ratio of public debt to GDP. ODA loans could be an option for north extensions as the project plans including financial arrangements are yet to be finalized, but this also depends on the decisions for Red Line commuter projects.

Since the existing Red Line Bang Sue – Rangsit and Bang Sue – Taling Chan introduced EMU and E&M systems from Japanese suppliers, Japanese firms would be advantageous especially for signaling systems and rolling stock if the specifications of the extended sections remain unchanged from those of the Red Line. This means that Japanese firms could win the contracts for procurement of railway systems and rolling stock and maintenance services thereof directly from the PPP concessionaire, even if ODA loans are not provided for the projects.

A desirable approach for assistance would be an ODA loan for E&M systems with the Japanese private sector investing in rolling stock and engaging in the O&M, if fully aligned with Japan's Strategy for Infrastructure System Exports. This is largely because the project viability and creditworthiness of the implementing agency (i.e. payment risk) become the hindrance. One idea is to provide an ODA loan for maintenance service to enhance the creditworthiness of SRT and thereby mitigate the payment risk (as an example, JICA provided an ODA loan for the rehabilitation and maintenance service on Manila MRT3).

SRT, as the implementing agency, is responsible for land acquisition and civil works. At present, civil works are likely to be financed by the government of Thailand.




Source: JST

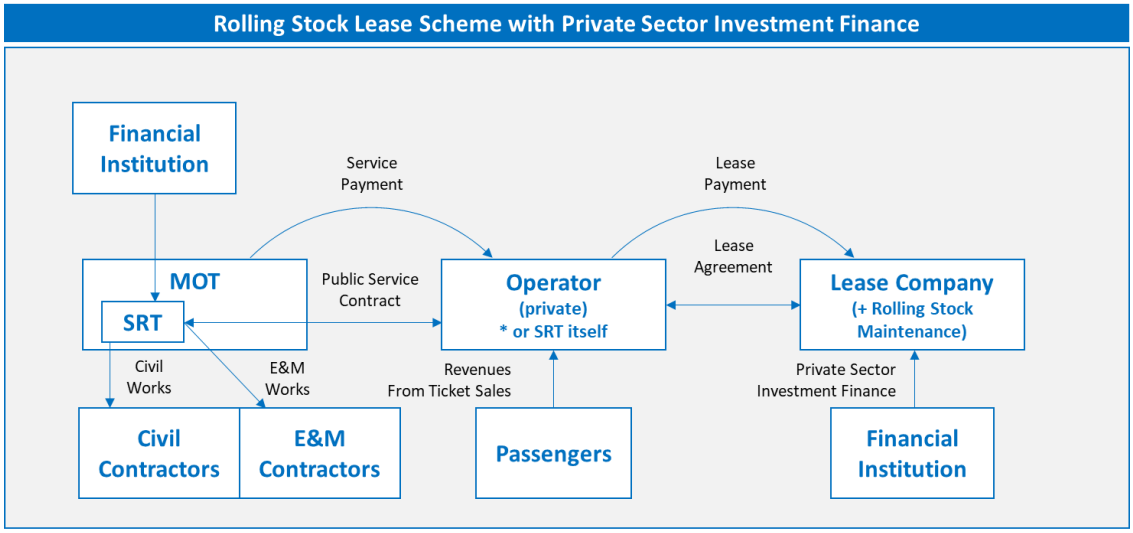
**Figure. 6.2-1 Project Scheme (ODA Loan for Red Line Electrification)**

### (3) Private Sector investment finance

Preliminary ideas for Japan's foreign private investment loan include rolling stock lease and maintenance service to the operator, property development along SRT suburban lines, and MaaS through industry-academia collaboration, etc.

#### ① Rolling stock lease and maintenance service

One idea is for Japanese firms to be the rolling stock lease and maintenance service provider, with SRT or a private company as the operator with foreign private investment in the lease company by JICA (or JBIC, or JOIN). Several requirements must be satisfied to attract Japanese firms, including the number of cars to be ordered, reduction of payment risk, existence of capable local sub-suppliers, etc.




Source: JST

**Figure. 6.2-2 Project Scheme (Rolling Stock Lease with Private Sector Investment Finance)**

**② Property development along SRT suburban lines**

Along with the electrification projects, property development along SRT suburban lines is a good opportunity for the private sector. The asset management entity under SRT grants the development right and private developers carry out property development around stations and along the corridor. JICA, JBIC or JOIN may get involved, with private-sector financial institutions investing in or providing loans to the developers.

Potential areas for property development include Ayutthaya, which would support the expansion of the greater Bangkok region. In fact, OTP planned to develop the area around Ayutthaya Station of the HSR Northeast Line under a PPP scheme, with the investment scale of THB 3,190 billion (JPY 110 billion).

**③ MaaS through industry – academia collaboration**

Along with the electrification projects, MaaS (Mobility as a Service) through industry-academia collaboration is a good opportunity for the private sector. By exchanging a MaaS service contract between SRT as the operator and a MaaS platformer, tourism MaaS or transport MaaS can be provided through industry-academia collaboration. JICA, JBIC or JOIN may get involved with investment or loan to the MaaS platformer by providing private-sector investment finance. In order to assess the interest of Japanese firms, the detailed concept of MaaS development needs to be discussed.

In “Thailand 4.0,” which aims to transform the country into a value-based economy, the digital industry is defined as areas where continuous growth in the long term is sought. Also,

aligned with the "Digital Thailand Plan" launched in 2016, Thailand is accelerating the development of digital infrastructure and human resources. The Ministry of Digital Economy and Society (MDES) was created as part of the initiatives to realize a digital society in all aspects, ranging from business to public administration.

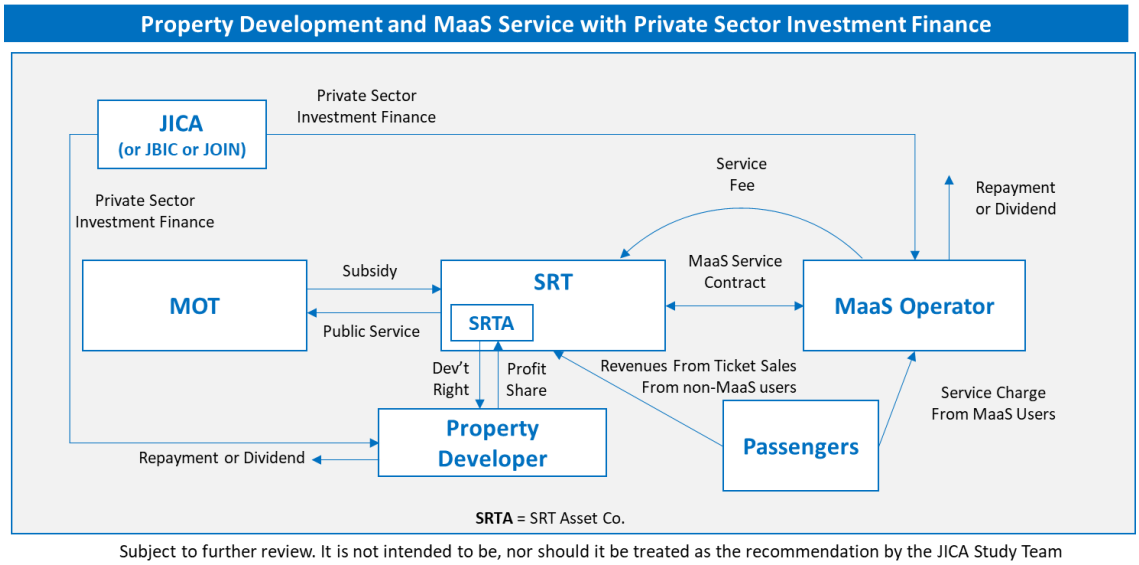
According to the "20 year Strategic Plan" of SRT, "Transport to Digital" is one of the five pillars of their organizational philosophy, under which SRT has a program to move ahead toward a multimodal platform and E-transactions to integrate railways with other modes of transportation. There are several well-known universities (Thammasat, Lat Krabang, and Mahidol) along the suburban sections of the Red Line, and collaboration with Lat Krabang University, in particular, for R&D on bi-mode trains and renovation of locomotive simulators, is in progress. Also, there is a provision to introduce bi-mode trains to the Hua Mak – Hua Take section to give students access to Lat Krabang University. Along with the electrification projects, the MaaS platform may be developed through industry-academia collaboration to offer seamless service to students and accelerate digital innovation.

The first step is to introduce the latest developments of MaaS in Japan to SRT and academia. Once keen interest is shown, JICA may form a technical assistance project. A Japanese MaaS platformer is expected to get involved during the design, implementation, and introduction under private-sector investment finance, if applicable.

**What is MaaS (Mobility as a Service)?**

MaaS is the concept of seamless mobility that integrates various forms of transport services into a single mobility service, regardless of public or private modes and independent of the operators, by connecting mobility with cloud computing systems.

MaaS enables the organization and operation of various transport options including modes and routes through the application platform. Also, the platform offers a single booking and payment channel instead of multiple ticketing and payment operations.




Source: JST

**Figure. 6.2-3 Project Scheme (Property Development and MaaS Service with Private-Sector Investment Finance)**

### 6.2.3 Capacity Enhancement of SRT Training Center

#### (1) Scope

In order to cater for the growing need for O&M personnel in terms of quality and quantity, the project aims to expand the existing functions of the SRT Training Center through technical assistance to strengthen the capacity (soft components) and procurement of driving simulators and other training equipment (hard components).

#### (2) Technical Assistance

With the goal of realizing safe, reliable and efficient operations of urban railways in Thailand, the objective of the technical assistance is to strengthen the capacity of the Training Center and develop quality O&M workforce. Included in the assistance are training curriculum and materials development and institutional development including guidelines for training on electrified railways, as required. The technical assistance spans 3 to 4 years from 2023 to 2026 with the following outputs:

- Output 1: Training courses for electrified railways are established at the SRT Training Center.
- Output 2: Regulations and guidelines on the human resource capacity of railway operators in Thailand are established.
- Output 3: Training modules and materials for electrified railways are prepared.

- Output 4: Training for electrified railways is regularly provided.
- Output 5: Training facilities and equipment are properly installed.
- Output 6: The function and responsibility to conduct R&D on the railway sector in Thailand are prescribed.

The training policy of JR is explained as an example in Japan. The aim is to develop autonomous human resources who can not only perform their own job but also take the initiative to identify and solve problems spontaneously.

The most important asset of a company is "human resources," and the policy is that "to develop the company, it is necessary to develop the abilities and individuality of each employee."

In order to develop the skills of employees, in addition to OJT at site, various training courses were established, and numerous group training (OFF-JT) sessions have been conducted at the training center and training facilities in each branch office for education on management, safety and service.

In addition, as part of self-development, external correspondence training centered on general education and qualification acquisition, and in-house correspondence training mainly on railway operations are carried out. Furthermore, in order to cultivate a broad perspective and rich sensibility, external training systems such as various public seminars, offshore training, and overseas training are actively utilized.

**Table. 6.2-2 Examples of Various Training Systems**

| Training Course | Summary of Training |
|---|---|
| **Human Resources Development Training** | **Approximately 32,800 people/year** |
| Seminar for new directors and auditing of group companies | Training upon appointment |
| Marketing seminar | Acquisition of knowledge in other business fields |
| Training for new site managers & assistants | Training upon appointment |
| Training for new/young employees | Acquisition of discipline and manners as an employee |
| Training for persons who passed the promotion exam | Training for the position after promotion |
| QC activity leader training | Training for workplace improvement |
| QC activity instructor training | Training for workplace improvement |
| | |
| **Knowledge and Skill Improvement Training** | **Approximately 59,000 people/year** |
| Driver and conductor training | Training upon appointment |
| Training center, sales training | Improving customer service level |
| Training to strengthen various business knowledge and technical skills | Skill acquisition, safety awareness, & knowledge improvement |
| | |
| **External Training** | **Approximately 3,100 people/year** |
| Management training and cross-industry exchange training | Exchange with other industries, Awareness of business improvement |
| Various qualification acquisition training, external correspondence training | Recommendation of self-improvement |
| Overseas, offshore training | Exchange with other industries, Awareness of business improvement |
| | |
| **Total** | **Approximately 95,800 people/year** |

Source: JST based on material provided by JR East

Moreover, there are systems such as studying abroad at domestic and overseas universities.

### (3) ODA Loan

As training equipment for electrified railways, another component of the project is to procure

driving simulators, station mock-up, and cut-away models (such as tracks and bogies) with the aim of offering comprehensive training programs. This may be assisted with ODA loan. With 2026 as the target year, training equipment should be made ready for use along with the operational readiness for the Rangsit – Tammasat section.

The following table shows the training facilities and equipment for consideration. In addition to this, VR/AR aided training systems, as actively introduced by Japanese railway operators, may be suitable for this project.

**Table. 6.2-3 Training Facilities and Equipment**

| Classroom | Example of Training Equipment |
|---|---|
| General classroom | – |
| Station operation classroom | Station equipment |
| Train driver classroom | Driving simulator, platform screen doors |
| Rolling stock maintenance classroom | Bogie, pantograph, motor, and other electrical parts |
| Civil and track maintenance classroom | Turnouts, tracks |
| Electrical maintenance classroom | Signaling & communication, substation equipment |
| Practical training space | Maintenance tools, inspection tools |

Source: JST

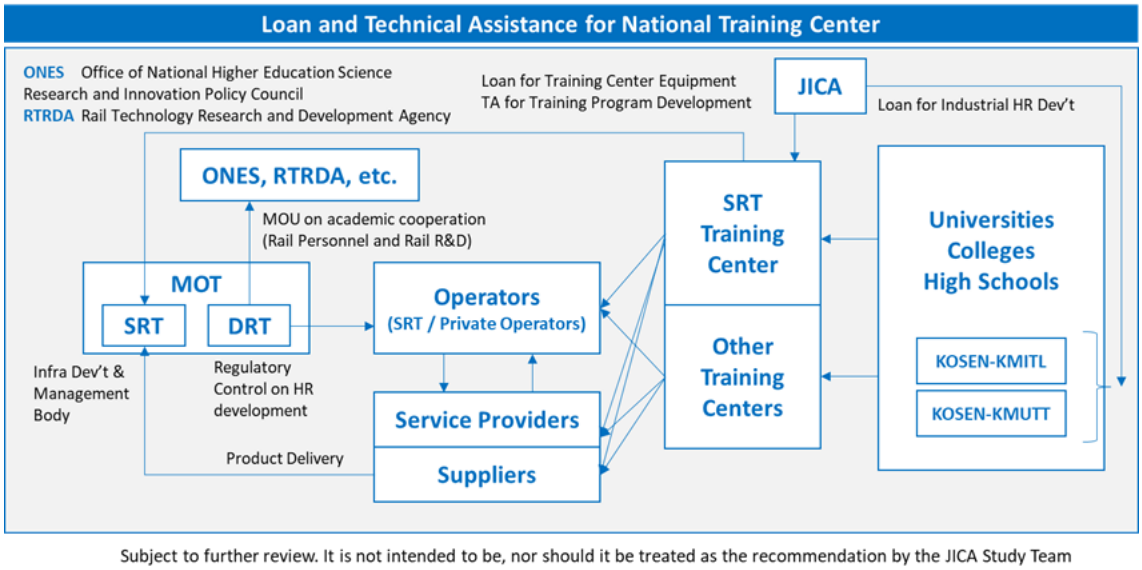



**Figure. 6.2-4 Project Scheme (Technical Assistance for National Training Center)**

### 6.2.4 R&D of New Technologies (such as Hybrid Trains)

#### (1) Scope

The project aims to provide expert advice on R&D activities for bi-mode trains in Thailand through industry-academia collaboration between Thailand and Japan, where both parties

periodically explain their R&D activities for better cooperation. If Japanese firms show interest in developing hybrid trains, the project can proceed to the design, manufacturing and delivery stages.

**(2) Memorandum of understanding / cooperation**

As the starting point of the above, one idea is to sign a memorandum of understanding or cooperation (MOU or MOC) to create a "Thailand – Japan Railway R&D platform (tentative)" between the two countries to work on conceptualization, where both parties periodically explain their R&D activities for better cooperation. This platform should seek the possibility of cooperation with an MOU on academic cooperation, "Production and Development of Rail Personnel and Research and Development of Rail Technology and Innovation to Support the Rail Industry." Through presentations and lectures by Japan's research institutes and suppliers, the platform should provide advice and share information about R&D concepts and education

**(3) ODA loan**

In the event that Japanese firms show interest in participating in the R&D activities, the process of design, manufacturing and delivery may be supported by an ODA loan. Once the electrification to Ban Phachi is complete, the outcomes of R&D activities (such as hybrid trains) will be put into use.

The R&D schedule is for 10 years with the target year of 2032, which includes conceptualization (2 years), design (2 years), bidding (1 year), manufacturing (3 years) and testing & commissioning (1 year). (The preliminary assumptions, R&D process and timeline are subject to change.) If the timeline can be shortened to 5 years, for example, the outcomes may be temporarily introduced to the Salaya – Nakhon Pathom section of the Red Line as an alternative.

### 6.2.5 Electrification of Freight Corridor

**(1) Scope**

The project aims to strengthen the logistic functions between the rapidly emerging EEC area and the Bangkok Metropolitan Area, by electrification of the freight corridor Lat Krabang ICD – Laem Chabang (approx. 108 km), which is the dominant section used to carry goods and items in Thailand.

**(2) ODA loan**

Use of an ODA loan for the procurement of electrical facilities, equipment and electric locomotives is one option. However, if operation is separated from infrastructure development,

the assigned operator may need to be responsible for the procurement of rolling stock.

Another issue is transport demand. Currently, the section operates one passenger train and 11 or 12 roundtrips of freight trains, which means that a significant modal shift from road to rail is necessary to make the investment financially viable. As SRT recently purchased and put into service diesel locomotives from China, electrification of the line in the short term would be a difficult decision. Also, one technical constraint is the necessity of switching locomotives when a freight train enters the loading point at Leam Chabang Port, which will require a technical solution.

#### (3) Private sector investment finance

The private sector may show interest in participating in the freight railway business if the number of freight operations increases along with the modal shift from road to rail. One idea is to support their market entry with private-sector investment finance. Notwithstanding this, the vertical separation model, which is the new institutional framework under the draft Railway Act, needs to be realized as the starting point.

On the other hand, JR Freight (JRF), which possesses technology and know-how on freight transport in Japan, has established a branch office in Thailand, aiming to engage in the container rail transport business. JRF's involvement in the project would be beneficial to make the project even more effective.

### 6.2.6 Prospects of Local Production

SMEs could be involved in ordinary electrification as follows.

#### (1) EMUs

EMUs are assembled and tested in Japan and transported to the project country. In order to use local parts, such goods must be transported from the country of origin to Japan. This is the reason why past similar projects usually avoided using local parts.

#### (2) Electrification facilities and equipment

In the short term, localization should focus on works and services, such as equipment design, delivery of devices and materials, installation at site (poles, cables, processed steel products, iron-ware, passenger seats, installation of substations, etc.). Led by overseas engineering companies (including those from Japan), initial skill development and training of local suppliers are necessary. As Japanese SMEs have such track record and experience, they can contribute to the export of Japanese products and promote localization in partnership with local companies.

## 6.3 Summary of Discussions with Other Stakeholders

This section summarizes the points of discussions with other stakeholders.

### 6.3.1 ADB

#### (1) ADB's activities in Thailand's transport sector

Recently, ADB assisted the Ministry of Finance with particular focus on green financing and climate bond initiatives. Improvement of the national railway was programmed in 2021 in ADB's Country Operations Business Plan: Thailand, 2020–2022. Since they are in general accordance with the objectives of SRT electrification, some involvement by ADB would be expected.

ADB's recent activities in Thailand:

- Green finance (renewable energies, electrification, decarbonization)
- Pink/yellow line projects (construction and O&M) (USD 311 million)
- Assistance on climate bond initiative (CBI)
- Orange Line – eastern section (assistance to PDMO to apply CBI)
- Purple Line – south extension, Orange Line west extension, national railway improvement

#### (2) Points of discussion with ADB

The following points were highlighted in the meeting with an ADB officer on the SRT electrification project.

**① Need for the entire plan for electrification**

ADB pointed out that the entire plan for electrification should be presented, even if electrification of the rest of the area within a 200–250 km radius from central Bangkok would be done in the long-term future. In line with this advice, this report gives implications in Section "3.4 Prospects for Electrification" by describing the entire plan for SRT electrification.

**② Proposal in line with the policy of the government**

ADB recommended the Study Team to elaborate new technology in the proposal in accordance with the "Thailand 3.0" policy. In addition to railway electrification with OCS, the proposal should incorporate the introduction of new technologies to be aligned with the national policy. After showing the development programs in phases, the proposal should specify the technologies to be used for each route/section. Accordingly, this report provides a preliminary list of electrification projects in Section "9.2 Electrification Projects," and an electrification promotion program consisting of four pillars, i.e. "Red Line north extension," "Capacity enhancement of SRT Training Center," "R&D of new technologies (such as hybrid trains)," and "Electrification of freight corridor."

**③ Financial conditions of SRT**

Considerations should be made for the financial conditions of SRT. In an earlier meeting between SRT and ADB, open access for third-party operators to the existing lines aiming to improve the profitability of SRT was discussed. Accordingly, this report reflects past discussions by adding "freight business" etc., along with the provision of open access.

### (3) Ideas for future assistance

Preliminary ideas for future assistance by ADB include the following.

**① Co-financing on Red Line Extension Projects**

There is a possibility of co-financing on the Red Line commuter projects and the North extensions by ADB and JICA. In that case, ADB may arrange certain assistance programs (in particular, ADB Project Readiness Fund and/or Transaction TA facility). The Government of Thailand is yet to reach a conclusion on the project scheme (financing scheme, private investment portion, and risk-sharing framework) for the Red Line commuter projects, for which the first market survey was carried out in October 2021. Therefore, the possibility of co-financing still depends on the final decision of the Government. Alternatively, two technical assistance projects may be considered as follows, which would identify potential projects for future co-financing opportunities. JICA is concerned that collaboration with other donors may result in the use of non-Japanese systems and rolling stock against its wishes.

**② Technical assistance to develop a decarbonization roadmap for SRT**

SRT's environmental target is an integral part of the 20-year action plan (2020–2040), where the first 5 years focus on promoting core business through rehabilitation and infrastructure development, and from 2030 to 2035, over 90% compared to the 2020 level is energy-saving and eco-friendly transportation systems. On the other hand, the feasibility of the target as the basis is uncertain and breakdowns for the target are not explained in accordance with the investment plan of SRT. Aiming toward a low-carbon society, technical assistance should be provided to draw up a decarbonization road map for SRT that is consistent with the Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy, the 20-Year National Strategy (2018–2037), the National Energy Plan 2022, the BCG Economy & Green Growth Strategy, etc.

**③ Technical assistance to promote open access in freight transportation**

The draft Railway Act embodies a new institutional framework to allow open access under the vertical separation model. Following enactment of the Act, by-laws, such as rules, regulations, guidelines and others based on the regulatory framework (e.g. commercial regulation and safety management systems) need to take effect. The technical assistance aims to provide support for the institutional designs with the pilot project to operate trains by a third-

party operator on the existing SRT track, thereby enabling private operators to provide transport services to the public in sections with relatively low traffic density. By this approach, SRT will be able to improve financial conditions by receiving track access fees from private operators.

If a particular section is found to have good potential for electrification and the rationale for an ODA loan is identified in the course of providing technical assistance, SRT may seek the possibility of loans from financial institutions such as ADB and JICA.

### 6.3.2 World Bank

Although the World Bank has carried out several studies on the transport sector in Thailand, there is no ongoing financial assistance for SRT projects.

World Bank's recent activities in Thailand:

- Conducted transport sector studies and trans-Asia connectivity studies.
- Listed up 19 potential projects in ASEAN for the transport, power, and ICT sectors.

Among these, projects in Thailand included a digital hub, Hadyai – Sadao expressway, and Bangkok – Nong Khai HSR (as of November 2019).

# Chapter7 Conclusion

## 7.1 Conclusion

### 7.1.1 Method to Proceed with Electrification according to the Original Study Plan

#### (1) Information Collection

This survey, "Data Collection Survey on Railway Electrification in the Kingdom of Thailand," in line with its purpose examined the natural conditions, socioeconomic status, SRT status and issues in Chapter 2. The analysis according to the SRT-Elect-F/S was described in Chapter 3.

#### (2) Current status and issues of SRT

The immediate problems for SRT are outlined below.

**① Personnel**

The currently on-going large-scale projects such as double tracking will require the number of personnel. And approximately 40% of current regular employees will retire in the next 10 years. The government is passive to hire many staff. Since SRT has these issues, JST gave examples of the rationalization carried out by the Japanese National Railways.

**② Increase in transportation capacity through large-scale investment such as connection with China and Laos and double-tracking projects in Thailand**

As the transportation volume increases, a container transshipment base will be established in Laos and a container base will be established in Thailand across the border. The direction of reorganization of freight trains such as containerization is good. In line with this policy, stable operation and failure prevention are required including vehicle maintenance and response in the event of an abnormality.

On the other hand, for passenger trains, it seems that SRT has no intention of changing the current long-distance night train-based system even after double-tracking and the expected opening of high-speed railways. The choice of passengers, however, will be changed in response to the increase in GRP. Taking the example of Japan, passengers choose daytime trip as GRP increased. Then passengers demanded with higher frequency of lineup of limited express trains with high acceleration / deceleration and speed performance. They were made possible by electrification.

**③ Compliance with the new railway act (Rail Transport Act)**

The Rail Transport Act is expected to be enacted, and class 2 railway operators will be able to enter and use SRT's infrastructure. It is time to consider making agreements with them.

**④ Vehicle Procurement**

Infrastructure is improved along with large-scale projects, but it is necessary to procure in timely and appropriate vehicles.

### (3) Review of priority line among the four main lines

Following the SRT-Elect-F/S (SRT order, in 2016), demand forecasting and economic and financial analysis were conducted to reflect the 2019 socio-economic framework of the National Economic and Social Development Council (NESDC). The EIRR was 15.97% and the FIRR was 7.86%, both of which were the highest in the Northeast Line, similar to the SRT-Elect-F/S. Therefore, the priority line for electrification among the four main lines from Bangkok is the Northeast Line.

### (4) Specific examination of railway electrification

JST conducted a study on OCS, which was the original purpose of the survey. And JST described the contribution of electrification to the greenhouse gas reduction effect and PM2.5 reduction effect. It is necessary to make a detailed electrification plan for the future.

There are ways to proceed electrification by line distinction or by distance (depending on the distance from Bangkok). The advantages of the “by distance approach” for passengers is explained; For freight, by line distinction approach and the section of a lot of cargo is more advantageous.

The merits of electrification with reference to examples in Japan according to the increase in transportation volume were clarified. SRT is required to focus on;

1) Personnel and training for drivers, vehicle maintenance
2) Reformation of Train network sys.

## 7.1.2 Short-distance electric railway plans using new technologies, and JICA project implementation ideas

At the time to visit in November 2021, it was confirmed that the policy stance of SRT was changed to the following.

1) Not premised on the electrification of long-distance trains, but for the time being, a budget is requested to purchase 50 DLs and 400 DMUs.
2) However, the Red Line electrification extension work will continue.

In response to this change, Chapter 5 introduces new technologies, examines short-distance

electric railway

**(1)** Introduction of new technology

JST introduced new vehicle technologies suitable for the transportation density and the characteristics of the line section, and added a study on their operation. Development examples in Japan and the characteristics of B-DMU, B-EMU, new EMU, Hydrogen-FCEU, and Bi-mode (both engine and electric power) vehicles were shown. Regardless of what new technology is used for DL and DMU, the effect on reducing $CO_2$ to zero is small. Therefore, it is significant to electrify the necessary section to achieve zero carbon and prevent air pollution in the suburbs of metropolitan areas.

**(2) B-EMU usage and demand forecast when new technologies are introduced**

JST proposed a short-distance section plan to operate 15 new technology B-EMUs / day, one way) between Bangkok-Bang Sue-Lopburi about 140km, with the premise of already electrification on the Northeast line. As a result of performing demand forecast and financial analysis with this plan and comparing it with normal electrification, the B-EMU usage plan is superior, EIRR is 17.28%, FIRR is 18.61%., and the amount of CO2 reduction is 1,460 t/day, which is highly effective compared to the case of DL operation.

**(3) JICA project implementation ideas**

**① Possibility survey of electric railways using new technology**

The survey items of the SRT-Elect-F/S, and the optimum conditions suitable for train density and line section characteristics were surveyed, considering the socioeconomic status and the use of the above new technology. The scope of the survey was a short-distance section between Bang Sue and Ban Phachi and beyond Ban Phachi, where the transportation density is high and there is a plan to extend the Red Line. The Red Line can be shared with the SRT main line as an option.

**② Support for SRT training center and Training R&D engineers**

It is shown in timeline that the development plan of SRT training center, the enhancement of equipment, the training of personnel and electrification project. The project is as follows;
1) Extension of Red Line including the use of new technology vehicles (between Rangsit and Ban Phachi) and 2) Electrification of sections with high CO2 reduction effect and high freight transportation (between Lat Krabang and Laem Chabang)

DRT/SRT is playing a central role in starting the development of B-DL and B-MU. JST propose to establish a railway R&D platform as cooperation between businesses and

universities. Further, JST indicate a timeline for the training center, and to establish course of training R&D engineer.

#### (4) Interest level and possibility of participation of Japanese companies

JST surveyed 9 major manufacturers, trading companies, etc. and summarized them. In vehicle manufacturing with ODA loan, if there are no new development elements and it is equivalent to the rolling stock specifications that have been proven in Thailand and overseas, there is interest from companies. And it is important that the timing, the number of cars, and Japanese standards are recognized. Regarding local production, it is only necessary to have a stable supply of vehicles in a certamayn area, but it is difficult even considering stable demand in one country and neighboring countries, and it is actually difficult considering the investment effect of factories. Regarding maintenance, if the guidance target, scheme, liability conditions, etc. are clarified for the cars delivered made by produced company, inspection and maintenance work may be possible.

Based on the above, the idea of implementing a JICA project is combined with three cooperation means: yen loan, overseas investment and loan, and technical cooperation project (dispatch of JICA experts, acceptance of trainees, and provision of equipment), aiming for a unified effect.) A specific example is described below.

--Extension of the red line to the north (yen loan, overseas investment and loan)

--Electrification of sections with a lot of freight transportation (yen loan, overseas investment and loan)

--Development of training center (technical cooperation project, yen loan)

--Development of hybrid vehicle (yen loan)

It is also mentioned ADB's support for the SRT decarbonization roadmap

### 7.1.3 Summary of smoke exhaust problems at BS Grand sta.

The opening ceremony for long-distance express trains to enter the new station, which was scheduled to be held on December 23, 2021, was canceled just before, and the problem was postponed. In accordance with the JST study plan, in preparation for the re-entry of long-distance trains in the near future, the measures already decided by SRT and the materials provided are reviewed below, and the measures proposed by the Study Team are presented.

1. SRT decided to put the main line locomotive at the end of the platform. However, the stop positions of shunting locomotives and diesel railcars are in the middle of the platform.
2. The existing smoke exhaust equipment received from SRT is able to completely replace the air in the premises in 10 to 12 minutes. However, the chimneys of shunting locomotives and

diesel railcars are located in the middle of the platform**.** Therefore, JST recommends that the amount of smoke captured should be measured first and that a hood inhaling leaked smoke from DL/DMU chimney should be installed because the distance between the intake port and the chimney of the vehicle is about 1.6 m.

Furthermore, throttle control is recommended when the shunting locomotive departs (forwards).

## 7.2 Acknowledgment

Mr. Anan, Assistant Governor of Operation, SRT and other practitioners from related departments gave detailed explanations, and listened enthusiastically to the explanations by JST. Although there were some differences in the interests of both parties, the fact that 10 meetings were held in 3 weeks reflects the enthusiasm of both parties. JST would also like to express its gratitude to the officials in the International Affairs Division who accompanied us, including for the five on-site visits.

Furthermore, at BS Grand sta. and the surrounding site depots, JST was warmly welcomed despite the busy schedule for the opening of the Red Line on November 29 and the arrival and departure of long-distance trains from the new station planned on December 23. Furthermore, even though it was just after restrictions on entry by foreigners due to the COVID-19 pandemic had eased, JST was very grateful for the warm reception it received.

It was invaluable to be able to have discussions from different angles with government offices such as NESDC and DRT. Also, to save time, JST held two video conferences with BEM and MRTA.

Many Japanese companies also held video conferences and direct meetings, including before, during, and after JST's stay in Thailand.

Finally, we would like to thank the officials at the JICA Thailand office and the JICA experts.

# Appendix EIRR and FIRR Calculation Sheet

Table. 1 Long-Term Scenario EIRR
Table. 2 Long-Term Scenario FIRR
Table. 3 Short-Term Scenario EIRR
Table. 4 Short-Term Scenario FIRR

Note:
- Project Period = 30%
- Thailand's Social Discount Rate = 12%
- Thailand's Financial Discount Rate = 5%
- Unit shown below is in Million Baht

## Table. 1 Long-Term Scenario EIRR

N1 (North Line)

| A.D. | Project Year | B.E. | Cost | | | | | | | | | | Benefit | | | | | | | | | | Benefit - Cost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Initial Investment | | | | | O&M | | | | Total Cost | VOC Saving | Travel Time Saving | Accident Reduction | Emission Reduction | Rolling Stock Saving | Investment Saving | O&M Saving | CO2 Reduction | Total Benefit | |
| | | | Land | Civil | M&E | Rolling Stock | Depot | Environment | Civil | M&E | Depot | | | | | | | | | | | | |
| 2028 | | 2571 | (122) | (215) | - | - | (412) | - | - | - | - | (749) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -749 |
| 2029 | | 2572 | - | (1,073) | - | - | (1,442) | - | - | - | - | (2,516) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -2,516 |
| 2030 | | 2573 | - | (869) | (4,550) | - | (1,442) | - | - | - | - | (6,861) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -6,861 |
| 2031 | | 2574 | - | - | (4,550) | (12,907) | (824) | - | - | - | - | (18,281) | - | - | - | - | 11,713 | - | - | - | 11,713 | -6,568 |
| 2032 | 1 | 2575 | - | - | - | - | - | (1) | (30) | (261) | (55) | (348) | 644 | 357 | 10 | 174 | - | 330 | 334 | 21 | 1,869 | 1,552 |
| 2033 | 2 | 2576 | - | - | - | - | - | (1) | (30) | (261) | (55) | (348) | 664 | 409 | 10 | 184 | - | 1,154 | 334 | 22 | 2,776 | 2,429 |
| 2034 | 3 | 2577 | - | - | - | - | - | (1) | (30) | (261) | (55) | (348) | 684 | 432 | 11 | 194 | - | 1,154 | 334 | 22 | 2,831 | 2,483 |
| 2035 | 4 | 2578 | - | - | - | - | - | (1) | (30) | (261) | (55) | (348) | 704 | 457 | 12 | 205 | - | 659 | 334 | 23 | 2,394 | 2,046 |
| 2036 | 5 | 2579 | - | - | - | - | - | - | (30) | (261) | (55) | (346) | 725 | 483 | 12 | 216 | - | - | 334 | 24 | 1,795 | 1,448 |
| 2037 | 6 | 2580 | - | - | - | (2,547) | - | - | (36) | (471) | (58) | (3,111) | 747 | 511 | 13 | 228 | 2,357 | - | 554 | 24 | 4,444 | 1,333 |
| 2038 | 7 | 2581 | - | - | - | - | - | - | (36) | (471) | (56) | (563) | 765 | 555 | 13 | 239 | - | - | 554 | 25 | 2,152 | 1,589 |
| 2039 | 8 | 2582 | - | - | - | - | - | - | (36) | (471) | (56) | (563) | 784 | 603 | 14 | 251 | - | - | 554 | 26 | 2,231 | 1,669 |
| 2040 | 9 | 2583 | - | - | - | - | - | - | (36) | (471) | (56) | (563) | 802 | 654 | 15 | 264 | - | - | 554 | 27 | 2,316 | 1,753 |
| 2041 | 10 | 2584 | - | - | - | - | - | - | (36) | (471) | (56) | (563) | 822 | 711 | 15 | 277 | - | - | 554 | 28 | 2,406 | 1,843 |
| 2042 | 11 | 2585 | - | - | - | (3,395) | - | - | (37) | (598) | (67) | (4,097) | 841 | 772 | 16 | 291 | 2,023 | - | 601 | 28 | 4,572 | 535 |
| 2043 | 12 | 2586 | - | - | - | - | - | - | (37) | (598) | (65) | (700) | 861 | 814 | 17 | 305 | - | - | 601 | 29 | 2,626 | 1,926 |
| 2044 | 13 | 2587 | - | - | - | - | - | - | (37) | (598) | (65) | (700) | 880 | 859 | 17 | 319 | - | - | 601 | 30 | 2,707 | 2,007 |
| 2045 | 14 | 2588 | - | - | - | - | - | - | (37) | (598) | (65) | (700) | 900 | 907 | 18 | 335 | - | - | 601 | 31 | 2,791 | 2,092 |
| 2046 | 15 | 2589 | - | - | - | - | - | - | (37) | (598) | (65) | (700) | 921 | 957 | 19 | 351 | - | - | 601 | 32 | 2,880 | 2,180 |
| 2047 | 16 | 2590 | - | - | - | (550) | - | - | (40) | (722) | (67) | (1,379) | 942 | 1,009 | 19 | 368 | 1,412 | - | 805 | 33 | 4,588 | 3,209 |
| 2048 | 17 | 2591 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 963 | 1,065 | 20 | 386 | - | - | 805 | 34 | 3,272 | 2,445 |
| 2049 | 18 | 2592 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 985 | 1,123 | 21 | 404 | - | - | 805 | 35 | 3,373 | 2,546 |
| 2050 | 19 | 2593 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,007 | 1,185 | 22 | 424 | - | - | 805 | 36 | 3,479 | 2,652 |
| 2051 | 20 | 2594 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,030 | 1,251 | 23 | 444 | - | - | 805 | 36 | 3,589 | 2,762 |
| 2052 | 21 | 2595 | - | - | (409) | - | - | - | (40) | (722) | (67) | (1,238) | 1,054 | 1,319 | 24 | 466 | - | - | 805 | 37 | 3,705 | 2,467 |
| 2053 | 22 | 2596 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,078 | 1,392 | 25 | 488 | - | - | 805 | 38 | 3,826 | 2,999 |
| 2054 | 23 | 2597 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,102 | 1,469 | 26 | 512 | - | - | 805 | 39 | 3,952 | 3,126 |
| 2055 | 24 | 2598 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,127 | 1,550 | 27 | 537 | - | - | 805 | 40 | 4,085 | 3,258 |
| 2056 | 25 | 2599 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,153 | 1,635 | 28 | 563 | - | - | 805 | 41 | 4,224 | 3,397 |
| 2057 | 26 | 2600 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (67) | (829) | 1,179 | 1,725 | 29 | 590 | - | - | 805 | 42 | 4,369 | 3,540 |
| 2058 | 27 | 2601 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,206 | 1,820 | 30 | 618 | - | - | 805 | 43 | 4,522 | 3,695 |
| 2059 | 28 | 2602 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,233 | 1,920 | 32 | 648 | - | - | 805 | 44 | 4,681 | 3,854 |
| 2060 | 29 | 2603 | - | - | - | - | - | - | (40) | (722) | (65) | (827) | 1,261 | 2,026 | 33 | 679 | - | - | 805 | 45 | 4,849 | 4,022 |
| 2061 | 30 | 2604 | - | 853 | 205 | 1,811 | 2,183 | - | (40) | (722) | (65) | 4,224 | 1,290 | 2,137 | 34 | 712 | - | - | 805 | 45 | 5,024 | 9,248 |
| | NPV@ | 12% | (97) | (1,465) | (5,491) | (8,616) | (2,698) | (2) | (156) | (1,984) | (269) | (20,777) | 3,619 | 3,031 | 67 | 1,225 | 7,787 | 1,398 | 2,290 | 122 | 19,584 | -1,193 |

| | |
|---|---|
| EIRR | 10.76% |
| NPV(MBaht) | -1,193 |
| BC | 0.94 |

## N2 (Northeast Line)

| AD | Project Year | BE | Cost | | | | | | | | | | Benefit | | | | | | | | | Benefit - Cost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Initial Investment | | | | | O&M | | | | Total Cost | VOC Saving | Travel Time Saving | Accident Reduction | Emission Reduction | Rolling Stock Saving | Investment Saving | O&M Saving | CO2 Reduction | Total Benefit | |
| | | | Land | Civil | M&E | Rolling Stock | Depot | Environment | Civil | M&E | Depot | | | | | | | | | | | |
| 2018 | | 2571 | (122) | (226) | - | - | (412) | - | - | - | - | (761) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -761 |
| 2019 | | 2572 | - | (1,132) | - | - | (1,442) | - | - | - | - | (2,575) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -2,575 |
| 2020 | | 2573 | - | (906) | (4,953) | - | (1,442) | - | - | - | - | (7,311) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -7,311 |
| 2021 | | 2574 | - | - | (4,953) | (13,118) | (824) | - | - | - | - | (18,905) | - | - | - | - | 13,062 | - | - | - | 13,062 | -5,844 |
| 2022 | 1 | 2575 | - | - | - | - | - | (1) | (14) | (297) | (56) | (368) | 976 | 585 | 15 | 283 | - | 330 | 336 | 19 | 2,523 | 2,155 |
| 2023 | 2 | 2576 | - | - | - | - | - | (1) | (14) | (297) | (56) | (368) | 1,001 | 617 | 16 | 277 | - | 1,154 | 336 | 20 | 3,420 | 3,052 |
| 2024 | 3 | 2577 | - | - | - | - | - | (1) | (14) | (297) | (56) | (368) | 1,028 | 650 | 16 | 291 | - | 1,154 | 336 | 20 | 3,496 | 3,128 |
| 2025 | 4 | 2578 | - | - | - | - | - | (1) | (14) | (297) | (56) | (368) | 1,055 | 685 | 17 | 307 | - | 669 | 336 | 21 | 3,080 | 2,712 |
| 2026 | 5 | 2579 | - | - | - | - | - | - | (14) | (297) | (56) | (367) | 1,083 | 722 | 18 | 323 | - | - | 336 | 22 | 2,503 | 2,136 |
| 2027 | 6 | 2580 | - | - | - | (2,983) | - | - | (19) | (556) | (58) | (3,616) | 1,112 | 760 | 19 | 340 | 6,557 | - | 793 | 22 | 9,603 | 5,987 |
| 2028 | 7 | 2581 | - | - | - | - | - | - | (19) | (556) | (56) | (631) | 1,129 | 818 | 20 | 363 | - | - | 793 | 23 | 3,136 | 2,505 |
| 2029 | 8 | 2582 | - | - | - | - | - | - | (19) | (556) | (56) | (631) | 1,146 | 881 | 20 | 357 | - | - | 793 | 24 | 3,231 | 2,600 |
| 2030 | 9 | 2583 | - | - | - | - | - | - | (19) | (556) | (56) | (631) | 1,163 | 948 | 21 | 382 | - | - | 793 | 24 | 3,332 | 2,701 |
| 2031 | 10 | 2584 | - | - | - | - | - | - | (19) | (556) | (56) | (631) | 1,180 | 1,021 | 22 | 398 | - | - | 793 | 25 | 3,438 | 2,808 |
| 2032 | 11 | 2585 | - | - | - | (4,775) | - | - | (26) | (966) | (67) | (5,834) | 1,198 | 1,099 | 23 | 414 | 4,833 | - | 1,283 | 26 | 8,874 | 3,040 |
| 2033 | 12 | 2586 | - | - | - | - | - | - | (26) | (966) | (65) | (1,057) | 1,221 | 1,155 | 23 | 432 | - | - | 1,283 | 26 | 4,142 | 3,085 |
| 2034 | 13 | 2587 | - | - | - | - | - | - | (26) | (966) | (65) | (1,057) | 1,244 | 1,216 | 24 | 451 | - | - | 1,283 | 27 | 4,246 | 3,190 |
| 2035 | 14 | 2588 | - | - | - | - | - | - | (26) | (966) | (65) | (1,057) | 1,268 | 1,280 | 25 | 472 | - | - | 1,283 | 28 | 4,356 | 3,299 |
| 2036 | 15 | 2589 | - | - | - | - | - | - | (26) | (966) | (65) | (1,057) | 1,292 | 1,346 | 26 | 493 | - | - | 1,283 | 29 | 4,469 | 3,413 |
| 2037 | 16 | 2590 | - | - | - | (5,399) | - | - | (33) | (1,530) | (67) | (7,028) | 1,317 | 1,417 | 27 | 515 | 4,206 | - | 1,812 | 30 | 9,323 | 2,295 |
| 2038 | 17 | 2591 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,343 | 1,490 | 28 | 538 | - | - | 1,812 | 31 | 5,241 | 3,614 |
| 2039 | 18 | 2592 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,368 | 1,568 | 29 | 562 | - | - | 1,812 | 31 | 5,371 | 3,743 |
| 2040 | 19 | 2593 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,395 | 1,650 | 30 | 587 | - | - | 1,812 | 32 | 5,506 | 3,879 |
| 2041 | 20 | 2594 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,422 | 1,736 | 32 | 613 | - | - | 1,812 | 33 | 5,647 | 4,020 |
| 2042 | 21 | 2595 | - | - | (534) | - | - | - | (33) | (1,530) | (67) | (2,163) | 1,449 | 1,827 | 33 | 641 | - | - | 1,812 | 34 | 5,794 | 3,631 |
| 2043 | 22 | 2596 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,477 | 1,922 | 34 | 669 | - | - | 1,812 | 35 | 5,948 | 4,321 |
| 2044 | 23 | 2597 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,505 | 2,022 | 35 | 699 | - | - | 1,812 | 35 | 6,109 | 4,481 |
| 2045 | 24 | 2598 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,534 | 2,127 | 37 | 730 | - | - | 1,812 | 36 | 6,276 | 4,649 |
| 2046 | 25 | 2599 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,563 | 2,238 | 38 | 763 | - | - | 1,812 | 37 | 6,452 | 4,824 |
| 2047 | 26 | 2600 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (67) | (1,630) | 1,594 | 2,355 | 39 | 797 | - | - | 1,812 | 38 | 6,635 | 5,005 |
| 2048 | 27 | 2601 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,624 | 2,478 | 41 | 833 | - | - | 1,812 | 39 | 6,826 | 5,199 |
| 2049 | 28 | 2602 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,655 | 2,607 | 42 | 870 | - | - | 1,812 | 39 | 7,026 | 5,399 |
| 2050 | 29 | 2603 | - | - | - | - | - | - | (33) | (1,530) | (65) | (1,627) | 1,687 | 2,743 | 44 | 909 | - | - | 1,812 | 40 | 7,235 | 5,608 |
| 2051 | 30 | 2604 | - | 1,393 | 267 | 4,788 | 2,183 | - | (33) | (1,530) | (65) | 7,004 | 1,720 | 2,886 | 46 | 949 | - | - | 1,812 | 41 | 7,454 | 14,458 |
| | NPV@ | 12% | (97) | (1,535) | (5,994) | (9,489) | (2,698) | (2) | (91) | (2,999) | (269) | (23,144) | 5,259 | 4,439 | 96 | 1,768 | 10,474 | 1,393 | 3,731 | 110 | 27,271 | 4,127 |

| | |
|---|---|
| EIRR | 15.97% |
| NPV (MBaht) | 4,127 |
| B/C | 1.18 |

## N3 (East Line)

| AD | Project Year | BE | Cost | | | | | | | | | | Benefit | | | | | | | | | Benefit - Cost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Initial Investment | | | | | O&M | | | | Total Cost | VOC Saving | Travel Time Saving | Accident Reduction | Emission Reduction | Rolling Stock Saving | Investment Saving | O&M Saving | CO2 Reduction | Total Benefit | |
| | | | Land | Civil | M&E | Rolling Stock | Depot | Environment | Civil | M&E | Depot | | | | | | | | | | | |
| 2028 | | 2571 | (122) | (192) | - | - | (412) | - | - | - | - | (726) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -726 |
| 2029 | | 2572 | - | (958) | - | - | (1,442) | - | - | - | - | (2,400) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -2,400 |
| 2030 | | 2573 | - | (766) | (2,714) | - | (1,442) | - | - | - | - | (4,923) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -4,923 |
| 2031 | | 2574 | - | - | (2,714) | (1,590) | (824) | - | - | - | - | (5,128) | - | - | - | - | 3,072 | - | - | - | 3,072 | -2,056 |
| 2032 | 1 | 2575 | - | - | - | - | - | (1) | (18) | (93) | (57) | (168) | 408 | 245 | 6 | 110 | - | 330 | 137 | 8 | 1,242 | 1,074 |
| 2033 | 2 | 2576 | - | - | - | - | - | (1) | (18) | (93) | (57) | (168) | 422 | 260 | 7 | 117 | - | 1,154 | 137 | 8 | 2,105 | 1,936 |
| 2034 | 3 | 2577 | - | - | - | - | - | (1) | (18) | (93) | (57) | (168) | 438 | 277 | 7 | 124 | - | 1,154 | 137 | 8 | 2,145 | 1,977 |
| 2035 | 4 | 2578 | - | - | - | - | - | (1) | (18) | (93) | (57) | (168) | 454 | 295 | 7 | 132 | - | 669 | 137 | 9 | 1,693 | 1,524 |
| 2036 | 5 | 2579 | - | - | - | - | - | - | (18) | (93) | (57) | (168) | 471 | 313 | 8 | 140 | - | - | 137 | 9 | 1,078 | 910 |
| 2037 | 6 | 2580 | - | - | - | (1,485) | - | - | (20) | (141) | (60) | (1,706) | 488 | 334 | 8 | 149 | 2,847 | - | 224 | 9 | 4,059 | 2,353 |
| 2038 | 7 | 2581 | - | - | - | - | - | - | (20) | (141) | (57) | (219) | 501 | 353 | 9 | 157 | - | - | 224 | 9 | 1,253 | 1,044 |
| 2039 | 8 | 2582 | - | - | - | - | - | - | (20) | (141) | (57) | (219) | 514 | 395 | 9 | 165 | - | - | 224 | 10 | 1,316 | 1,096 |
| 2040 | 9 | 2583 | - | - | - | - | - | - | (20) | (141) | (57) | (219) | 527 | 430 | 10 | 173 | - | - | 224 | 10 | 1,374 | 1,155 |
| 2041 | 10 | 2584 | - | - | - | - | - | - | (20) | (141) | (57) | (219) | 540 | 468 | 10 | 182 | - | - | 224 | 10 | 1,435 | 1,216 |
| 2042 | 11 | 2585 | - | - | - | (2,512) | - | - | (24) | (225) | (70) | (2,831) | 554 | 509 | 10 | 192 | 3,712 | - | 331 | 11 | 5,319 | 2,488 |
| 2043 | 12 | 2586 | - | - | - | - | - | - | (24) | (225) | (68) | (317) | 569 | 538 | 11 | 201 | - | - | 331 | 11 | 1,661 | 1,345 |
| 2044 | 13 | 2587 | - | - | - | - | - | - | (24) | (225) | (68) | (317) | 584 | 569 | 11 | 212 | - | - | 331 | 11 | 1,718 | 1,402 |
| 2045 | 14 | 2588 | - | - | - | - | - | - | (24) | (225) | (68) | (317) | 599 | 602 | 12 | 223 | - | - | 331 | 12 | 1,778 | 1,462 |
| 2046 | 15 | 2589 | - | - | - | - | - | - | (24) | (225) | (68) | (317) | 614 | 637 | 12 | 234 | - | - | 331 | 12 | 1,841 | 1,524 |
| 2047 | 16 | 2590 | - | - | - | (1,890) | - | - | (28) | (288) | (70) | (2,276) | 630 | 674 | 13 | 246 | 4,559 | - | 468 | 12 | 6,603 | 4,327 |
| 2048 | 17 | 2591 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 647 | 712 | 14 | 259 | - | - | 468 | 13 | 2,113 | 1,728 |
| 2049 | 18 | 2592 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 663 | 754 | 14 | 272 | - | - | 468 | 13 | 2,185 | 1,801 |
| 2050 | 19 | 2593 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 681 | 797 | 15 | 286 | - | - | 468 | 13 | 2,261 | 1,876 |
| 2051 | 20 | 2594 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 698 | 843 | 15 | 301 | - | - | 468 | 14 | 2,340 | 1,956 |
| 2052 | 21 | 2595 | - | - | (227) | - | - | - | (28) | (288) | (70) | (614) | 716 | 892 | 16 | 317 | - | - | 468 | 14 | 2,423 | 1,809 |
| 2053 | 22 | 2596 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 735 | 943 | 17 | 333 | - | - | 468 | 14 | 2,511 | 2,127 |
| 2054 | 23 | 2597 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 754 | 998 | 18 | 350 | - | - | 468 | 15 | 2,603 | 2,219 |
| 2055 | 24 | 2598 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 774 | 1,055 | 18 | 368 | - | - | 468 | 15 | 2,699 | 2,315 |
| 2056 | 25 | 2599 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 794 | 1,116 | 19 | 387 | - | - | 468 | 15 | 2,800 | 2,416 |
| 2057 | 26 | 2600 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (70) | (387) | 814 | 1,181 | 20 | 407 | - | - | 468 | 16 | 2,906 | 2,520 |
| 2058 | 27 | 2601 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 835 | 1,249 | 21 | 428 | - | - | 468 | 16 | 3,018 | 2,634 |
| 2059 | 28 | 2602 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 857 | 1,321 | 22 | 450 | - | - | 468 | 16 | 3,135 | 2,751 |
| 2060 | 29 | 2603 | - | - | - | - | - | - | (28) | (288) | (68) | (384) | 879 | 1,397 | 23 | 474 | - | - | 468 | 17 | 3,258 | 2,874 |
| 2061 | 30 | 2604 | - | 1,179 | 114 | 2,030 | 2,183 | - | (28) | (288) | (68) | 5,121 | 902 | 1,478 | 24 | 498 | - | - | 468 | 17 | 3,388 | 8,509 |
| | NPV@ | 12% | (97) | (1,299) | (3,274) | (1,876) | (2,698) | (1) | (95) | (706) | (277) | (10,324) | 2,373 | 2,031 | 44 | 807 | 3,569 | 1,393 | 1,099 | 45 | 11,372 | 1,047 |

| | |
|---|---|
| EIRR | 13.60% |
| NPV(MBaht) | 1,047 |
| BC | 1.10 |

## N4 (South Line)

| AD | Project Year | BE | Cost | | | | | | | | | | Benefit | | | | | | | | | Benefit - Cost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Initial Investment | | | | | O&M | | | | Total Cost | VOC Saving | Travel Time Saving | Accident Reduction | Emission Reduction | Rolling Stock Saving | Investment Saving | O&M Saving | CO2 Reduction | Total Benefit | |
| | | | Land | Civil | M&E | Rolling Stock | Depot | Environment | Civil | M&E | Depot | | | | | | | | | | | |
| 2008 | | 2571 | (122) | (96) | - | - | (412) | - | - | - | - | (630) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -630 |
| 2009 | | 2572 | - | (478) | - | - | (1,442) | - | - | - | - | (1,920) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -1,920 |
| 2010 | | 2573 | - | (382) | (3,378) | - | (1,442) | - | - | - | - | (5,202) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -5,202 |
| 2011 | | 2574 | - | - | (3,378) | (20,041) | (824) | - | - | - | - | (24,243) | - | - | - | - | 19,717 | - | - | - | 19,717 | -4,527 |
| 2012 | 1 | 2575 | - | - | - | - | - | (2) | (18) | (220) | (56) | (297) | 535 | 321 | 8 | 144 | - | 330 | 256 | 16 | 1,611 | 1,313 |
| 2013 | 2 | 2576 | - | - | - | - | - | (2) | (18) | (220) | (56) | (297) | 550 | 339 | 9 | 152 | - | 1,154 | 256 | 17 | 2,476 | 2,179 |
| 2014 | 3 | 2577 | - | - | - | - | - | (2) | (18) | (220) | (56) | (297) | 566 | 358 | 9 | 160 | - | 1,154 | 256 | 17 | 2,519 | 2,222 |
| 2015 | 4 | 2578 | - | - | - | - | - | (2) | (18) | (220) | (56) | (297) | 581 | 377 | 10 | 169 | - | 659 | 256 | 18 | 2,070 | 1,772 |
| 2016 | 5 | 2579 | - | - | - | - | - | - | (18) | (220) | (56) | (295) | 597 | 398 | 10 | 178 | - | - | 256 | 18 | 1,457 | 1,162 |
| 2017 | 6 | 2580 | - | - | - | (8,277) | - | - | (24) | (486) | (59) | (8,846) | 614 | 420 | 11 | 187 | 12,162 | - | 640 | 19 | 14,052 | 5,207 |
| 2018 | 7 | 2581 | - | - | - | - | - | - | (24) | (486) | (56) | (566) | 628 | 455 | 11 | 196 | - | - | 640 | 19 | 1,950 | 1,384 |
| 2019 | 8 | 2582 | - | - | - | - | - | - | (24) | (486) | (56) | (566) | 642 | 494 | 11 | 206 | - | - | 640 | 20 | 2,013 | 1,447 |
| 2020 | 9 | 2583 | - | - | - | - | - | - | (24) | (486) | (56) | (566) | 656 | 535 | 12 | 216 | - | - | 640 | 20 | 2,080 | 1,514 |
| 2021 | 10 | 2584 | - | - | - | - | - | - | (24) | (486) | (56) | (566) | 671 | 581 | 12 | 226 | - | - | 640 | 21 | 2,152 | 1,586 |
| 2022 | 11 | 2585 | - | - | - | (9,306) | - | - | (29) | (778) | (68) | (10,181) | 686 | 630 | 13 | 237 | 12,418 | - | 998 | 22 | 15,004 | 4,823 |
| 2023 | 12 | 2586 | - | - | - | - | - | - | (29) | (778) | (66) | (873) | 701 | 684 | 13 | 248 | - | - | 998 | 22 | 2,647 | 1,774 |
| 2024 | 13 | 2587 | - | - | - | - | - | - | (29) | (778) | (66) | (873) | 716 | 699 | 14 | 260 | - | - | 998 | 23 | 2,710 | 1,838 |
| 2025 | 14 | 2588 | - | - | - | - | - | - | (29) | (778) | (66) | (873) | 731 | 737 | 15 | 272 | - | - | 998 | 24 | 2,777 | 1,904 |
| 2026 | 15 | 2589 | - | - | - | - | - | - | (29) | (778) | (66) | (873) | 747 | 777 | 15 | 285 | - | - | 998 | 24 | 2,846 | 1,974 |
| 2027 | 16 | 2590 | - | - | - | (10,217) | - | - | (32) | (1,108) | (68) | (11,426) | 763 | 819 | 16 | 298 | 12,236 | - | 1,374 | 25 | 15,531 | 4,104 |
| 2028 | 17 | 2591 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 779 | 863 | 16 | 312 | - | - | 1,374 | 26 | 3,370 | 2,163 |
| 2029 | 18 | 2592 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 796 | 909 | 17 | 327 | - | - | 1,374 | 26 | 3,449 | 2,242 |
| 2030 | 19 | 2593 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 813 | 958 | 18 | 342 | - | - | 1,374 | 27 | 3,532 | 2,325 |
| 2031 | 20 | 2594 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 830 | 1,010 | 18 | 358 | - | - | 1,374 | 28 | 3,618 | 2,412 |
| 2032 | 21 | 2595 | - | - | (726) | - | - | - | (32) | (1,108) | (68) | (1,934) | 848 | 1,065 | 19 | 375 | - | - | 1,374 | 29 | 3,709 | 1,774 |
| 2033 | 22 | 2596 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 866 | 1,122 | 20 | 392 | - | - | 1,374 | 29 | 3,803 | 2,597 |
| 2034 | 23 | 2597 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 884 | 1,182 | 21 | 411 | - | - | 1,374 | 30 | 3,902 | 2,695 |
| 2035 | 24 | 2598 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 903 | 1,246 | 22 | 430 | - | - | 1,374 | 31 | 4,006 | 2,799 |
| 2036 | 25 | 2599 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 923 | 1,313 | 22 | 450 | - | - | 1,374 | 31 | 4,114 | 2,907 |
| 2037 | 26 | 2600 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (68) | (1,209) | 942 | 1,384 | 23 | 471 | - | - | 1,374 | 32 | 4,227 | 3,018 |
| 2038 | 27 | 2601 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 962 | 1,459 | 24 | 493 | - | - | 1,374 | 33 | 4,345 | 3,139 |
| 2039 | 28 | 2602 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 983 | 1,537 | 25 | 517 | - | - | 1,374 | 33 | 4,469 | 3,263 |
| 2040 | 29 | 2603 | - | - | - | - | - | - | (32) | (1,108) | (66) | (1,207) | 1,004 | 1,620 | 26 | 541 | - | - | 1,374 | 34 | 4,599 | 3,393 |
| 2041 | 30 | 2604 | - | 557 | 363 | 9,530 | 2,183 | - | (32) | (1,108) | (66) | 11,486 | 1,025 | 1,708 | 27 | 566 | - | - | 1,374 | 35 | 4,735 | 16,221 |
| | NPV@ | 12% | (97) | (648) | (4,094) | (16,034) | (2,698) | (4) | (108) | (2,308) | (273) | (26,265) | 2,963 | 2,516 | 54 | 1,001 | 17,842 | 1,393 | 2,893 | 93 | 28,755 | 2,490 |

| | |
|---|---|
| EIRR | 15.21% |
| NPV (MBaht) | 2,490 |
| B/C | 1.09 |

## Table. 2 Long-Term Scenario FIRR

N1 (North Line)

| Year | | N1 FIRR(Unit: Million Baht) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Project Year | A.D. | Initial Investment | Additional Rolling Stock | Environmental Improvement Cost | O&M Cost | Sum Cost | Revenue | Balance |
| | 2028 | 876.7 | | 0.4 | 0.0 | 877.1 | 0.0 | -877.1 |
| | 2029 | 3,078.6 | | 0.4 | 0.0 | 3,079.0 | 0.0 | -3,079.0 |
| | 2030 | 8,593.2 | | 0.4 | 0.0 | 8,593.6 | 0.0 | -8,593.6 |
| | 2031 | 24,944.7 | | 0.4 | 0.0 | 24,945.1 | 0.0 | -24,945.1 |
| 1 | 2032 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 478.4 | 479.9 | 1,776.2 | 1,296.3 |
| 2 | 2033 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 490.4 | 491.9 | 1,857.6 | 1,375.7 |
| 3 | 2034 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 502.6 | 504.1 | 1,963.7 | 1,459.5 |
| 4 | 2035 | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 515.2 | 516.8 | 2,064.7 | 1,548.0 |
| 5 | 2036 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 528.1 | 528.1 | 2,171.0 | 1,642.9 |
| 6 | 2037 | 0.0 | 3,797.1 | 0.0 | 862.1 | 4,659.2 | 2,282.7 | -2,376.5 |
| 7 | 2038 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 870.9 | 870.9 | 2,410.0 | 1,539.1 |
| 8 | 2039 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 892.7 | 892.7 | 2,544.5 | 1,651.8 |
| 9 | 2040 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 915.0 | 915.0 | 2,686.5 | 1,771.5 |
| 10 | 2041 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 937.9 | 937.9 | 2,836.4 | 1,898.5 |
| 11 | 2042 | 0.0 | 5,625.5 | 0.0 | 1,243.9 | 6,869.4 | 2,994.6 | -3,874.8 |
| 12 | 2043 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,260.6 | 1,260.6 | 3,136.9 | 1,876.3 |
| 13 | 2044 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,292.1 | 1,292.1 | 3,285.8 | 1,993.8 |
| 14 | 2045 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,324.4 | 1,324.4 | 3,441.9 | 2,117.5 |
| 15 | 2046 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,357.5 | 1,357.5 | 3,605.4 | 2,247.9 |
| 16 | 2047 | 0.0 | 1,049.7 | 0.0 | 1,639.2 | 2,689.0 | 3,776.6 | 1,087.6 |
| 17 | 2048 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,663.9 | 1,663.9 | 3,956.0 | 2,292.1 |
| 18 | 2049 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,705.5 | 1,705.5 | 4,143.8 | 2,438.4 |
| 19 | 2050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,748.1 | 1,748.1 | 4,340.6 | 2,592.5 |
| 20 | 2051 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,791.8 | 1,791.8 | 4,546.8 | 2,755.0 |
| 21 | 2052 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,854.7 | 1,854.7 | 4,762.7 | 2,908.1 |
| 22 | 2053 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,882.5 | 1,882.5 | 4,988.9 | 3,106.4 |
| 23 | 2054 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,929.6 | 1,929.6 | 5,225.9 | 3,296.3 |
| 24 | 2055 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,977.8 | 1,977.8 | 5,474.0 | 3,496.2 |
| 25 | 2056 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,027.3 | 2,027.3 | 5,734.0 | 3,706.8 |
| 26 | 2057 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,098.4 | 2,098.4 | 6,006.4 | 3,908.0 |
| 27 | 2058 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,129.9 | 2,129.9 | 6,291.6 | 4,161.7 |
| 28 | 2059 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,183.1 | 2,183.1 | 6,590.4 | 4,407.3 |
| 29 | 2060 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,237.7 | 2,237.7 | 6,903.4 | 4,665.7 |
| 30 | 2061 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,293.7 | 2,293.7 | 7,231.3 | 4,937.6 |
| Total | | 37,493.2 | 10,472.3 | 7.7 | 85,269.8 | 133,242.9 | 119,040.3 | -14,202.6 |

| | Project Period | |
|---|---|---|
| | 25 Years | 30 Years |
| NPV | -13,417.19 | -9,702.73 |
| B/C | 0.73 | 0.81 |
| FIRR | 1.40% | 2.88% |

N2 (Northeast Line)

| Year | | N2 FIRR(Unit: Million Baht) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Project Year | A.D. | Initial Investment | Additional Rolling Stock | Environmental Improvement Cost | O&M Cost | Sum Cost | Revenue | Balance |
| | 2028 | 890.7 | | 0.5 | 0.0 | 891.2 | 0.0 | -891.2 |
| | 2029 | 3,150.5 | | 0.5 | 0.0 | 3,151.0 | 0.0 | -3,151.0 |
| | 2030 | 9,170.9 | | 0.5 | 0.0 | 9,171.4 | 0.0 | -9,171.4 |
| | 2031 | 25,879.4 | | 0.5 | 0.0 | 25,879.9 | 0.0 | -25,879.9 |
| 1 | 2032 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 503.9 | 505.6 | 3,701.3 | 3,195.6 |
| 2 | 2033 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 516.5 | 518.3 | 3,878.3 | 3,360.0 |
| 3 | 2034 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 529.4 | 531.2 | 4,063.9 | 3,532.6 |
| 4 | 2035 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 542.7 | 544.5 | 4,258.3 | 3,713.7 |
| 5 | 2036 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 556.2 | 556.2 | 4,462.0 | 3,905.7 |
| 6 | 2037 | 0.0 | 4,447.9 | 0.0 | 959.0 | 5,406.9 | 4,675.4 | -731.5 |
| 7 | 2038 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 970.2 | 970.2 | 4,892.3 | 3,922.1 |
| 8 | 2039 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 994.5 | 994.5 | 5,119.3 | 4,124.8 |
| 9 | 2040 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,019.4 | 1,019.4 | 5,356.8 | 4,337.4 |
| 10 | 2041 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,044.8 | 1,044.8 | 5,605.3 | 4,560.4 |
| 11 | 2042 | 0.0 | 8,055.2 | 0.0 | 1,819.5 | 9,874.7 | 5,865.3 | -4,009.4 |
| 12 | 2043 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,850.6 | 1,850.6 | 6,122.5 | 4,272.0 |
| 13 | 2044 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,896.8 | 1,896.8 | 6,391.1 | 4,494.2 |
| 14 | 2045 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,944.2 | 1,944.2 | 6,671.4 | 4,727.1 |
| 15 | 2046 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,992.9 | 1,992.9 | 6,963.9 | 4,971.1 |
| 16 | 2047 | 0.0 | 10,304.2 | 0.0 | 3,100.8 | 13,405.1 | 7,269.4 | -6,135.7 |
| 17 | 2048 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,162.0 | 3,162.0 | 7,588.2 | 4,426.2 |
| 18 | 2049 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,241.0 | 3,241.0 | 7,921.0 | 4,679.9 |
| 19 | 2050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,322.1 | 3,322.1 | 8,268.3 | 4,946.3 |
| 20 | 2051 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,405.1 | 3,405.1 | 8,631.0 | 5,225.9 |
| 21 | 2052 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,508.3 | 3,508.3 | 9,009.5 | 5,501.2 |
| 22 | 2053 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,577.5 | 3,577.5 | 9,404.6 | 5,827.1 |
| 23 | 2054 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,666.9 | 3,666.9 | 9,817.1 | 6,150.1 |
| 24 | 2055 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,758.6 | 3,758.6 | 10,247.6 | 6,489.0 |
| 25 | 2056 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,852.6 | 3,852.6 | 10,697.1 | 6,844.5 |
| 26 | 2057 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,949.3 | 3,949.3 | 11,166.2 | 7,196.9 |
| 27 | 2058 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4,047.6 | 4,047.6 | 11,655.9 | 7,608.3 |
| 28 | 2059 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4,148.8 | 4,148.8 | 12,167.1 | 8,018.3 |
| 29 | 2060 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4,252.5 | 4,252.5 | 12,700.7 | 8,448.2 |
| 30 | 2061 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4,358.8 | 4,358.8 | 13,257.7 | 8,898.9 |
| Total | | 39,091.6 | 22,807.3 | 9.2 | 145,025.7 | 206,933.7 | 227,828.3 | 20,894.6 |

| | Project Period | |
|---|---|---|
| | 25 Years | 30 Years |
| NPV | 8,298.08 | 15,039.91 |
| BIC | 1.13 | 1.22 |
| FIRR | 6.93% | 7.86% |

N3 (East Line)

| Year | | N3 FIRR(Unit: Million Baht) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Project Year | A.D. | Initial Investment | Additional Rolling Stock | Environmental Improvement Cost | O&M Cost | Sum Cost | Revenue | Balance |
| | 2028 | 849.2 | | 0.2 | 0.0 | 849.4 | 0.0 | -849.4 |
| | 2029 | 2,937.6 | | 0.2 | 0.0 | 2,937.8 | 0.0 | -2,937.8 |
| | 2030 | 6,174.8 | | 0.2 | 0.0 | 6,175.0 | 0.0 | -6,175.0 |
| | 2031 | 6,565.2 | | 0.3 | 0.0 | 6,565.4 | 0.0 | -6,565.4 |
| 1 | 2032 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 251.3 | 252.2 | 1,084.9 | 832.6 |
| 2 | 2033 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 257.6 | 258.5 | 1,147.9 | 889.4 |
| 3 | 2034 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 264.1 | 265.0 | 1,214.6 | 949.6 |
| 4 | 2035 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 270.7 | 271.6 | 1,285.2 | 1,013.6 |
| 5 | 2036 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 277.4 | 277.4 | 1,359.9 | 1,082.4 |
| 6 | 2037 | 0.0 | 2,214.1 | 0.0 | 369.4 | 2,583.6 | 1,438.9 | -1,144.7 |
| 7 | 2038 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 365.9 | 365.9 | 1,522.0 | 1,156.1 |
| 8 | 2039 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 375.0 | 375.0 | 1,609.9 | 1,234.8 |
| 9 | 2040 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 384.4 | 384.4 | 1,702.8 | 1,318.4 |
| 10 | 2041 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 394.0 | 394.0 | 1,801.2 | 1,407.1 |
| 11 | 2042 | 0.0 | 4,237.8 | 0.0 | 621.1 | 4,858.8 | 1,905.2 | -2,953.7 |
| 12 | 2043 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 622.1 | 622.1 | 2,001.9 | 1,379.8 |
| 13 | 2044 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 637.7 | 637.7 | 2,103.5 | 1,465.9 |
| 14 | 2045 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 653.6 | 653.6 | 2,210.4 | 1,556.7 |
| 15 | 2046 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 670.0 | 670.0 | 2,322.6 | 1,652.6 |
| 16 | 2047 | 0.0 | 3,607.2 | 0.0 | 826.2 | 4,433.4 | 2,440.5 | -1,992.9 |
| 17 | 2048 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 830.5 | 830.5 | 2,564.4 | 1,734.0 |
| 18 | 2049 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 851.2 | 851.2 | 2,694.7 | 1,843.4 |
| 19 | 2050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 872.5 | 872.5 | 2,831.5 | 1,959.0 |
| 20 | 2051 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 894.3 | 894.3 | 2,975.3 | 2,080.9 |
| 21 | 2052 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 934.7 | 934.7 | 3,126.3 | 2,191.6 |
| 22 | 2053 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 939.6 | 939.6 | 3,285.1 | 2,345.5 |
| 23 | 2054 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 963.1 | 963.1 | 3,451.9 | 2,488.8 |
| 24 | 2055 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 987.2 | 987.2 | 3,627.1 | 2,640.0 |
| 25 | 2056 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,011.8 | 1,011.8 | 3,811.3 | 2,799.5 |
| 26 | 2057 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,057.6 | 1,057.6 | 4,004.8 | 2,947.3 |
| 27 | 2058 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,063.1 | 1,063.1 | 4,208.2 | 3,145.1 |
| 28 | 2059 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,089.6 | 1,089.6 | 4,421.9 | 3,332.2 |
| 29 | 2060 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,116.9 | 1,116.9 | 4,646.4 | 3,529.5 |
| 30 | 2061 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,144.8 | 1,144.8 | 4,882.3 | 3,737.5 |
| Total | | 16,526.7 | 10,059.1 | 4.6 | 41,994.6 | 68,585.0 | 77,682.4 | 9,097.4 |

| | Project Period | |
|---|---|---|
| | 25 Years | 30 Years |
| NPV | -1,818.62 | 990.68 |
| BC | 0.93 | 1.04 |
| FIRR | 4.08% | 5.40% |

N4 (South Line)

| Year | | N4 FIRR(Unit: Million Baht) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Project Year | A.D. | Initial Investment | Additional Rolling Stock | Environmental Improvement Cost | O&M Cost | Sum Cost | Revenue | Balance |
| | 2028 | 734.5 | | 0.8 | 0.0 | 735.2 | 0.0 | -735.2 |
| | 2029 | 2,349.6 | | 0.8 | 0.0 | 2,350.4 | 0.0 | -2,350.4 |
| | 2030 | 6,525.2 | | 0.8 | 0.0 | 6,526.1 | 0.0 | -6,526.1 |
| | 2031 | 33,473.3 | | 0.8 | 0.0 | 33,474.1 | 0.0 | -33,474.1 |
| 1 | 2032 | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 412.7 | 415.6 | 2,436.6 | 2,021.0 |
| 2 | 2033 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 423.0 | 426.0 | 2,556.1 | 2,130.1 |
| 3 | 2034 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 433.6 | 436.6 | 2,681.4 | 2,244.8 |
| 4 | 2035 | 0.0 | 0.0 | 3.1 | 444.4 | 447.6 | 2,812.9 | 2,365.3 |
| 5 | 2036 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 455.6 | 455.6 | 2,950.8 | 2,495.2 |
| 6 | 2037 | 0.0 | 12,341.2 | 0.0 | 866.2 | 13,207.4 | 3,095.5 | -10,111.9 |
| 7 | 2038 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 875.0 | 875.0 | 3,263.5 | 2,388.4 |
| 8 | 2039 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 896.9 | 896.9 | 3,440.5 | 2,543.6 |
| 9 | 2040 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 919.3 | 919.3 | 3,627.2 | 2,707.9 |
| 10 | 2041 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 942.3 | 942.3 | 3,824.1 | 2,881.8 |
| 11 | 2042 | 0.0 | 15,698.3 | 0.0 | 1,520.5 | 17,218.8 | 4,031.6 | -13,187.2 |
| 12 | 2043 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,544.1 | 1,544.1 | 4,217.3 | 2,673.2 |
| 13 | 2044 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,582.7 | 1,582.7 | 4,411.7 | 2,829.0 |
| 14 | 2045 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,622.3 | 1,622.3 | 4,614.9 | 2,992.7 |
| 15 | 2046 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1,662.8 | 1,662.8 | 4,827.6 | 3,164.8 |
| 16 | 2047 | 0.0 | 18,877.4 | 0.0 | 2,330.0 | 21,207.4 | 5,050.0 | -16,157.4 |
| 17 | 2048 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,371.9 | 2,371.9 | 5,282.7 | 2,910.8 |
| 18 | 2049 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,431.2 | 2,431.2 | 5,526.1 | 3,094.9 |
| 19 | 2050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,492.0 | 2,492.0 | 5,780.7 | 3,288.8 |
| 20 | 2051 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,554.3 | 2,554.3 | 6,047.1 | 3,492.8 |
| 21 | 2052 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,636.2 | 2,636.2 | 6,325.7 | 3,689.5 |
| 22 | 2053 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,683.6 | 2,683.6 | 6,617.2 | 3,933.6 |
| 23 | 2054 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,750.7 | 2,750.7 | 6,922.1 | 4,171.4 |
| 24 | 2055 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,819.5 | 2,819.5 | 7,241.0 | 4,421.6 |
| 25 | 2056 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,889.9 | 2,889.9 | 7,574.7 | 4,684.8 |
| 26 | 2057 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2,982.6 | 2,982.6 | 7,923.7 | 4,941.1 |
| 27 | 2058 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,036.2 | 3,036.2 | 8,288.8 | 5,252.6 |
| 28 | 2059 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,112.1 | 3,112.1 | 8,670.7 | 5,558.6 |
| 29 | 2060 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,190.0 | 3,190.0 | 9,070.2 | 5,880.3 |
| 30 | 2061 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3,269.7 | 3,269.7 | 9,488.2 | 6,218.5 |
| Total | | 43,082.5 | 46,916.9 | 15.3 | 112,302.9 | 202,317.7 | 158,600.8 | -43,716.9 |

| | Project Period | |
|---|---|---|
| | 25 Years | 30 Years |
| NPV | -25,033.54 | -20,350.50 |
| BC | 0.66 | 0.74 |
| FIRR | -1.30% | 1.07% |

## Table. 3 Short-Term Scenario EIRR

S1 (EMU)

| AD | Project Year | BE | Cost | | | | | | | | | | Benefit | | | | | | | | | Benefit - Cost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Initial Investment | | | | | O&M | | | | Total Cost | VOC Saving | Travel Time Saving | Accident Reduction | Emission Reduction | Rolling Stock Saving | Investment Saving | O&M Saving | CO2 Reduction | Total Benefit | |
| | | | Land | Civil | M&E | Rolling Stock | Depot | Environment | Civil | M&E | Depot | | | | | | | | | | | |
| 2023 | -4 | 2566 | (122) | (39) | - | - | (73) | - | - | - | - | (233) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -233 |
| 2024 | -3 | 2567 | - | (189) | - | - | (254) | - | - | - | - | (444) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -444 |
| 2025 | -2 | 2568 | - | (151) | (802) | - | (254) | - | - | - | - | (1,208) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -1,208 |
| 2026 | -1 | 2569 | - | - | (802) | (3,001) | (145) | - | - | - | - | (3,948) | - | - | - | - | 2,065 | - | - | - | 2,065 | -1,883 |
| 2027 | 1 | 2570 | - | - | - | - | - | (0) | (5) | (46) | (10) | (61) | 228 | 129 | 3 | 61 | - | 58 | 59 | 9 | 547 | 486 |
| 2028 | 2 | 2571 | - | - | - | - | - | (0) | (5) | (46) | (10) | (61) | 235 | 138 | 3 | 65 | - | 208 | 59 | 10 | 713 | 652 |
| 2029 | 3 | 2572 | - | - | - | - | - | (0) | (5) | (46) | (10) | (61) | 242 | 148 | 3 | 69 | - | 208 | 59 | 10 | 734 | 673 |
| 2030 | 4 | 2573 | - | - | - | - | - | (0) | (5) | (46) | (10) | (61) | 249 | 159 | 4 | 72 | - | 116 | 59 | 10 | 669 | 608 |
| 2031 | 5 | 2574 | - | - | - | - | - | - | (5) | (46) | (10) | (61) | 255 | 170 | 4 | 76 | - | - | 59 | 11 | 576 | 515 |
| 2032 | 6 | 2575 | - | - | - | (449) | - | - | (6) | (83) | (10) | (549) | 264 | 183 | 4 | 81 | 417 | - | 98 | 11 | 1,057 | 508 |
| 2033 | 7 | 2576 | - | - | - | - | - | - | (6) | (83) | (10) | (99) | 272 | 215 | 4 | 85 | - | - | 98 | 11 | 685 | 586 |
| 2034 | 8 | 2577 | - | - | - | - | - | - | (6) | (83) | (10) | (99) | 280 | 254 | 4 | 90 | - | - | 98 | 11 | 738 | 638 |
| 2035 | 9 | 2578 | - | - | - | - | - | - | (6) | (83) | (10) | (99) | 289 | 299 | 5 | 95 | - | - | 98 | 12 | 797 | 698 |
| 2036 | 10 | 2579 | - | - | - | - | - | - | (6) | (83) | (10) | (99) | 297 | 353 | 5 | 100 | - | - | 98 | 12 | 865 | 766 |
| 2037 | 11 | 2580 | - | - | - | (588) | - | - | (6) | (105) | (12) | (712) | 307 | 416 | 5 | 106 | 357 | - | 106 | 13 | 1,309 | 597 |
| 2038 | 12 | 2581 | - | - | - | - | - | - | (6) | (105) | (11) | (123) | 314 | 445 | 6 | 111 | - | - | 106 | 13 | 994 | 871 |
| 2039 | 13 | 2582 | - | - | - | - | - | - | (6) | (105) | (11) | (123) | 321 | 476 | 6 | 117 | - | - | 106 | 13 | 1,038 | 915 |
| 2040 | 14 | 2583 | - | - | - | - | - | - | (6) | (105) | (11) | (123) | 329 | 509 | 6 | 122 | - | - | 106 | 14 | 1,085 | 962 |
| 2041 | 15 | 2584 | - | - | - | - | - | - | (6) | (105) | (11) | (123) | 337 | 544 | 6 | 128 | - | - | 106 | 14 | 1,135 | 1,012 |
| 2042 | 16 | 2585 | - | - | - | (97) | - | - | (7) | (127) | (12) | (243) | 345 | 581 | 7 | 135 | 249 | - | 142 | 15 | 1,473 | 1,231 |
| 2043 | 17 | 2586 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 353 | 622 | 7 | 141 | - | - | 142 | 15 | 1,279 | 1,134 |
| 2044 | 18 | 2587 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 361 | 665 | 7 | 148 | - | - | 142 | 15 | 1,339 | 1,193 |
| 2045 | 19 | 2588 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 370 | 711 | 7 | 156 | - | - | 142 | 16 | 1,401 | 1,255 |
| 2046 | 20 | 2589 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 379 | 760 | 8 | 163 | - | - | 142 | 16 | 1,468 | 1,322 |
| 2047 | 21 | 2590 | - | - | (409) | - | - | - | (7) | (127) | (12) | (556) | 388 | 812 | 8 | 171 | - | - | 142 | 16 | 1,538 | 982 |
| 2048 | 22 | 2591 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 397 | 869 | 8 | 180 | - | - | 142 | 17 | 1,612 | 1,467 |
| 2049 | 23 | 2592 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 406 | 929 | 9 | 189 | - | - | 142 | 17 | 1,692 | 1,546 |
| 2050 | 24 | 2593 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 416 | 993 | 9 | 198 | - | - | 142 | 18 | 1,776 | 1,630 |
| 2051 | 25 | 2594 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 426 | 1,062 | 9 | 208 | - | - | 142 | 18 | 1,865 | 1,719 |
| 2052 | 26 | 2595 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (12) | (146) | 436 | 1,135 | 10 | 218 | - | - | 142 | 18 | 1,959 | 1,813 |
| 2053 | 27 | 2596 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 446 | 1,214 | 10 | 229 | - | - | 142 | 19 | 2,060 | 1,914 |
| 2054 | 28 | 2597 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 457 | 1,297 | 11 | 240 | - | - | 142 | 19 | 2,167 | 2,021 |
| 2055 | 29 | 2598 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 468 | 1,387 | 11 | 252 | - | - | 142 | 20 | 2,280 | 2,134 |
| 2056 | 30 | 2599 | - | 229 | 205 | 319 | 365 | - | (7) | (127) | (11) | 992 | 479 | 1,483 | 12 | 264 | - | - | 142 | 20 | 2,400 | 3,393 |
| | NPV@ | 12% | (97) | (257) | (983) | (1,931) | (476) | (0) | (27) | (350) | (47) | (4,168) | 1,300 | 1,496 | 22 | 442 | 1,373 | 246 | 404 | 54 | 5,336 | 1,168 |

| | |
|---|---|
| EIRR | 16.30% |
| NPV(MBaht) | 1,168 |
| B/C | 1.28 |

## S2 (B-EMU)

| A.D. | Project Year | B.E. | Cost | | | | | | | | | | Benefit | | | | | | | | | Benefit - Cost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Initial Investment | | | | | O&M | | | | Total Cost | VOC Saving | Travel Time Saving | Accident Reduction | Emission Reduction | Rolling Stock Saving | Investment Saving | O&M Saving | CO2 Reduction | Total Benefit | |
| | | | Land | Civil | M&E | Rolling Stock | Depot | Environment | Civil | M&E | Depot | | | | | | | | | | | |
| 2023 | -4 | 2566 | (122) | (38) | - | - | (73) | - | - | - | - | (233) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -233 |
| 2024 | -3 | 2567 | - | (189) | - | - | (254) | - | - | - | - | (444) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -444 |
| 2025 | -2 | 2568 | - | (151) | (320) | - | (254) | - | - | - | - | (725) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -725 |
| 2026 | -1 | 2569 | - | - | (320) | (3,726) | (145) | - | - | - | - | (4,191) | - | - | - | - | 2,065 | - | - | - | 2,065 | -2,125 |
| 2027 | 1 | 2570 | - | - | - | - | - | (0) | (5) | (46) | (10) | (61) | 228 | 129 | 3 | 61 | - | 58 | 59 | 9 | 547 | 486 |
| 2028 | 2 | 2571 | - | - | - | - | - | (0) | (5) | (46) | (10) | (61) | 235 | 138 | 3 | 65 | - | 203 | 59 | 10 | 712 | 651 |
| 2029 | 3 | 2572 | - | - | - | - | - | (0) | (5) | (46) | (10) | (61) | 242 | 148 | 3 | 69 | - | 203 | 59 | 10 | 734 | 672 |
| 2030 | 4 | 2573 | - | - | - | - | - | (0) | (5) | (46) | (10) | (61) | 249 | 159 | 4 | 72 | - | 116 | 59 | 10 | 669 | 607 |
| 2031 | 5 | 2574 | - | - | - | - | - | - | (5) | (46) | (10) | (61) | 256 | 170 | 4 | 76 | - | - | 59 | 11 | 576 | 515 |
| 2032 | 6 | 2575 | - | - | - | (449) | - | - | (6) | (83) | (10) | (549) | 264 | 182 | 4 | 81 | 417 | - | 98 | 11 | 1,057 | 508 |
| 2033 | 7 | 2576 | - | - | - | - | - | - | (6) | (83) | (10) | (99) | 272 | 215 | 4 | 85 | - | - | 98 | 11 | 685 | 586 |
| 2034 | 8 | 2577 | - | - | - | - | - | - | (6) | (83) | (10) | (99) | 280 | 254 | 4 | 90 | - | - | 98 | 11 | 737 | 638 |
| 2035 | 9 | 2578 | - | - | - | - | - | - | (6) | (83) | (10) | (99) | 288 | 299 | 5 | 95 | - | - | 98 | 12 | 797 | 697 |
| 2036 | 10 | 2579 | - | - | - | - | - | - | (6) | (83) | (10) | (99) | 297 | 353 | 5 | 100 | - | - | 98 | 12 | 865 | 766 |
| 2037 | 11 | 2580 | - | - | - | (588) | - | - | (6) | (105) | (12) | (712) | 306 | 416 | 5 | 106 | 357 | - | 106 | 13 | 1,308 | 597 |
| 2038 | 12 | 2581 | - | - | - | - | - | - | (6) | (105) | (11) | (123) | 314 | 445 | 5 | 111 | - | - | 106 | 13 | 994 | 870 |
| 2039 | 13 | 2582 | - | - | - | - | - | - | (6) | (105) | (11) | (123) | 321 | 475 | 6 | 117 | - | - | 106 | 13 | 1,038 | 915 |
| 2040 | 14 | 2583 | - | - | - | - | - | - | (6) | (105) | (11) | (123) | 329 | 508 | 6 | 122 | - | - | 106 | 14 | 1,085 | 962 |
| 2041 | 15 | 2584 | - | - | - | - | - | - | (6) | (105) | (11) | (123) | 336 | 544 | 6 | 128 | - | - | 106 | 14 | 1,135 | 1,011 |
| 2042 | 16 | 2585 | - | - | - | (97) | - | - | (7) | (127) | (12) | (243) | 344 | 581 | 7 | 135 | 249 | - | 142 | 15 | 1,472 | 1,229 |
| 2043 | 17 | 2586 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 353 | 621 | 7 | 141 | - | - | 142 | 15 | 1,279 | 1,133 |
| 2044 | 18 | 2587 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 361 | 664 | 7 | 148 | - | - | 142 | 15 | 1,338 | 1,192 |
| 2045 | 19 | 2588 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 370 | 710 | 7 | 156 | - | - | 142 | 16 | 1,401 | 1,255 |
| 2046 | 20 | 2589 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 378 | 759 | 8 | 163 | - | - | 142 | 16 | 1,467 | 1,321 |
| 2047 | 21 | 2590 | - | - | (163) | - | - | - | (7) | (127) | (12) | (309) | 387 | 812 | 8 | 171 | - | - | 142 | 16 | 1,537 | 1,228 |
| 2048 | 22 | 2591 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 397 | 868 | 8 | 180 | - | - | 142 | 17 | 1,612 | 1,466 |
| 2049 | 23 | 2592 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 406 | 928 | 9 | 189 | - | - | 142 | 17 | 1,691 | 1,545 |
| 2050 | 24 | 2593 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 416 | 992 | 9 | 198 | - | - | 142 | 18 | 1,775 | 1,629 |
| 2051 | 25 | 2594 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 426 | 1,061 | 9 | 208 | - | - | 142 | 18 | 1,864 | 1,718 |
| 2052 | 26 | 2595 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (12) | (146) | 436 | 1,135 | 10 | 218 | - | - | 142 | 18 | 1,959 | 1,812 |
| 2053 | 27 | 2596 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 446 | 1,213 | 10 | 229 | - | - | 142 | 19 | 2,059 | 1,913 |
| 2054 | 28 | 2597 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 457 | 1,297 | 11 | 240 | - | - | 142 | 19 | 2,166 | 2,020 |
| 2055 | 29 | 2598 | - | - | - | - | - | - | (7) | (127) | (11) | (146) | 468 | 1,387 | 11 | 252 | - | - | 142 | 20 | 2,279 | 2,133 |
| 2056 | 30 | 2599 | - | 229 | 82 | 319 | 385 | - | (7) | (127) | (11) | 869 | 479 | 1,483 | 12 | 264 | - | - | 142 | 20 | 2,399 | 3,269 |
| | NPV @ | 12% | (97) | (257) | (391) | (2,342) | (476) | (0) | (27) | (350) | (47) | (3,988) | 1,299 | 1,495 | 22 | 442 | 1,373 | 246 | 404 | 54 | 5,334 | 1,346 |

| | |
|---|---|
| EIRR | 17.28% |
| NPV (M Baht) | 1,346 |
| B/C | 1.34 |

## Table. 4 Short-Term Scenario FIRR

S1 (EMU)

| Year | | S1 FIRR(Unit: Million Baht) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Project Year | A.D. | Initial Investment | Additional Rolling Stock | Environmental Improvement Cost | O&M Cost | Sum Cost | Revenue | Balance |
| | 2023 | 154.6 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 154.6 | 0.0 | -154.6 |
| | 2024 | 542.8 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 542.9 | 0.0 | -542.9 |
| | 2025 | 1,515.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 1,515.2 | 0.0 | -1,515.2 |
| | 2026 | 4,398.1 | 725.0 | 0.1 | 0.0 | 5,123.1 | 0.0 | -5,123.1 |
| 1 | 2027 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 174.7 | 174.9 | 1,491.8 | 1,316.8 |
| 2 | 2028 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 179.0 | 179.3 | 1,577.3 | 1,398.0 |
| 3 | 2029 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 183.5 | 183.8 | 1,667.6 | 1,483.9 |
| 4 | 2030 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 188.1 | 188.4 | 1,763.2 | 1,574.8 |
| 5 | 2031 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 192.8 | 192.8 | 1,864.3 | 1,671.4 |
| 6 | 2032 | 0.0 | 3,797.1 | 0.0 | 262.9 | 4,059.9 | 1,971.1 | -2,088.8 |
| 7 | 2033 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 256.6 | 256.6 | 2,073.2 | 1,816.6 |
| 8 | 2034 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 263.1 | 263.1 | 2,180.7 | 1,917.6 |
| 9 | 2035 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 269.6 | 269.6 | 2,293.7 | 2,024.1 |
| 10 | 2036 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 276.4 | 276.4 | 2,412.6 | 2,136.2 |
| 11 | 2037 | 0.0 | 5,625.5 | 0.0 | 394.6 | 6,020.1 | 2,537.6 | -3,482.5 |
| 12 | 2038 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 390.0 | 390.0 | 2,662.8 | 2,272.8 |
| 13 | 2039 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 399.8 | 399.8 | 2,794.3 | 2,394.5 |
| 14 | 2040 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 409.7 | 409.7 | 2,932.2 | 2,522.4 |
| 15 | 2041 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 420.0 | 420.0 | 3,076.9 | 2,656.9 |
| 16 | 2042 | 0.0 | 1,049.7 | 0.0 | 486.1 | 1,535.8 | 3,228.8 | 1,692.9 |
| 17 | 2043 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 481.9 | 481.9 | 3,388.1 | 2,906.2 |
| 18 | 2044 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 493.9 | 493.9 | 3,555.4 | 3,061.4 |
| 19 | 2045 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 506.3 | 506.3 | 3,730.9 | 3,224.6 |
| 20 | 2046 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 519.0 | 519.0 | 3,915.0 | 3,396.0 |
| 21 | 2047 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 550.0 | 550.0 | 4,108.2 | 3,558.3 |
| 22 | 2048 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 545.2 | 545.2 | 4,311.0 | 3,765.8 |
| 23 | 2049 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 558.9 | 558.9 | 4,523.8 | 3,964.9 |
| 24 | 2050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 572.8 | 572.8 | 4,747.1 | 4,174.2 |
| 25 | 2051 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 587.1 | 587.1 | 4,981.4 | 4,394.2 |
| 26 | 2052 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 622.3 | 622.3 | 5,227.2 | 4,605.0 |
| 27 | 2053 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 616.9 | 616.9 | 5,485.2 | 4,868.4 |
| 28 | 2054 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 632.3 | 632.3 | 5,756.0 | 5,123.7 |
| 29 | 2055 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 648.1 | 648.1 | 6,040.1 | 5,392.0 |
| 30 | 2056 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 664.3 | 664.3 | 6,338.2 | 5,673.9 |
| Total | | 6,610.5 | 11,197.3 | 1.3 | 12,745.9 | 30,555.0 | 102,635.5 | 72,080.4 |

| | Project Period | |
|---|---|---|
| | 25 Years | 30 Years |
| NPV | 15,820.07 | 20,125.89 |
| B/C | 2.01 | 2.25 |
| IRR | 17.14% | 17.52% |

S2 (B-EMU)

| Year | | S2 FIRR(Unit: Million Baht) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Project Year | A.D. | Initial Investment | Additional Rolling Stock | Environmental Improvement Cost | O&M Cost | Sum Cost | Revenue | Balance |
| | 2023 | 154.6 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 154.6 | 0.0 | -154.6 |
| | 2024 | 542.8 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 542.9 | 0.0 | -542.9 |
| | 2025 | 909.7 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 909.7 | 0.0 | -909.7 |
| | 2026 | 3,777.5 | 1,450.0 | 0.1 | 0.0 | 5,227.6 | 0.0 | -5,227.6 |
| 1 | 2027 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 174.7 | 174.9 | 1,491.2 | 1,316.2 |
| 2 | 2028 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 179.0 | 179.3 | 1,576.6 | 1,397.3 |
| 3 | 2029 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 183.5 | 183.8 | 1,667.0 | 1,483.2 |
| 4 | 2030 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 188.1 | 188.4 | 1,762.5 | 1,574.1 |
| 5 | 2031 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 192.8 | 192.8 | 1,863.5 | 1,670.7 |
| 6 | 2032 | 0.0 | 3,797.1 | 0.0 | 262.9 | 4,059.9 | 1,970.3 | -2,089.6 |
| 7 | 2033 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 256.6 | 256.6 | 2,072.4 | 1,815.8 |
| 8 | 2034 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 263.1 | 263.1 | 2,179.8 | 1,916.8 |
| 9 | 2035 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 269.6 | 269.6 | 2,292.8 | 2,023.1 |
| 10 | 2036 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 276.4 | 276.4 | 2,411.6 | 2,135.2 |
| 11 | 2037 | 0.0 | 5,625.5 | 0.0 | 394.6 | 6,020.1 | 2,536.6 | -3,483.5 |
| 12 | 2038 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 390.0 | 390.0 | 2,661.8 | 2,271.8 |
| 13 | 2039 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 399.8 | 399.8 | 2,793.2 | 2,393.4 |
| 14 | 2040 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 409.7 | 409.7 | 2,931.0 | 2,521.3 |
| 15 | 2041 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 420.0 | 420.0 | 3,075.7 | 2,655.7 |
| 16 | 2042 | 0.0 | 1,049.7 | 0.0 | 486.1 | 1,535.8 | 3,227.5 | 1,691.6 |
| 17 | 2043 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 481.9 | 481.9 | 3,386.8 | 2,904.9 |
| 18 | 2044 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 493.9 | 493.9 | 3,554.0 | 3,060.0 |
| 19 | 2045 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 506.3 | 506.3 | 3,729.4 | 3,223.1 |
| 20 | 2046 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 519.0 | 519.0 | 3,913.4 | 3,394.5 |
| 21 | 2047 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 550.0 | 550.0 | 4,106.6 | 3,556.6 |
| 22 | 2048 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 545.2 | 545.2 | 4,309.3 | 3,764.1 |
| 23 | 2049 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 558.9 | 558.9 | 4,522.0 | 3,963.1 |
| 24 | 2050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 572.8 | 572.8 | 4,745.2 | 4,172.3 |
| 25 | 2051 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 587.1 | 587.1 | 4,979.4 | 4,392.2 |
| 26 | 2052 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 622.3 | 622.3 | 5,225.1 | 4,602.9 |
| 27 | 2053 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 616.9 | 616.9 | 5,483.0 | 4,866.2 |
| 28 | 2054 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 632.3 | 632.3 | 5,753.7 | 5,121.4 |
| 29 | 2055 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 648.1 | 648.1 | 6,037.6 | 5,389.5 |
| 30 | 2056 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 664.3 | 664.3 | 6,335.6 | 5,671.3 |
| Total | | 5,384.6 | 11,922.3 | 1.3 | 12,745.9 | 30,054.1 | 102,594.4 | 72,540.3 |

| | Project Period | |
|---|---|---|
| | 25 Years | 30 Years |
| NPV | 16,244.55 | 20,548.44 |
| BC | 2.07 | 2.31 |
| IRR | 18.28% | 18.61% |