# スリランカ国

# コロンボ新総合都市公共交通システム 導入計画準備調査

ファイナルレポート 要 約

> 平成 30 年 5 月 (2018 年)

独立行政法人 国際協力機構(JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル 日本コンサルタンツ株式会社 株式会社トーニチコンサルタント イー・アール・エム日本株式会社

南ア JR(先) 18-031

# スリランカ国

# コロンボ新総合都市公共交通システム 導入計画準備調査

ファイナルレポート 要 約

> 平成 30 年 5 月 (2018 年)

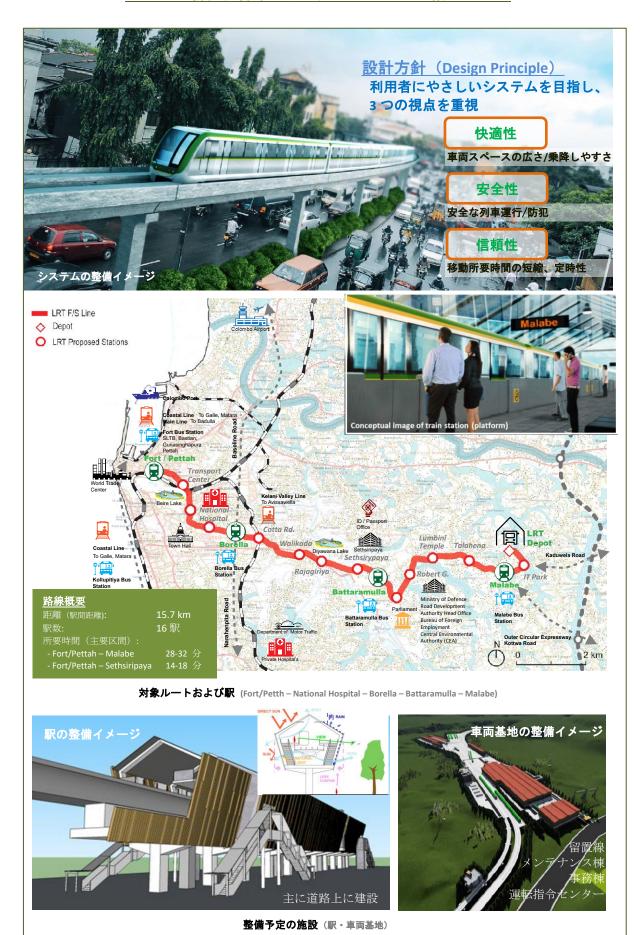
独立行政法人 国際協力機構(JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル 日本コンサルタンツ株式会社 株式会社トーニチコンサルタント イー・アール・エム日本株式会社

US\$ 1.00 = LKR 153 US\$ 1.00 = JPY 113

(2018年1月)

# コロンボ新総合都市公共交通システムの整備イメージ



# プロジェクト概要

1. 国名: スリランカ民主社会主義共和国

2. 事業名: コロンボ新総合都市公共交通システム導入計画準備調査

3. | 実施機関: メガポリス西部開発省

#### 4. 調査の背景

コロンボ都市圏では、道路網を利用した交通機関の利用者数の急増による深刻な交通渋滞が 課題となっており、都市公共交通システムの導入が急務とされている。メガポリス西部開発 省は、「メガポリス都市マスタープラン(Western Region Master Plan-2030)」を策定し、都市 公共交通モードとして、7つの高速輸送システム(Rapid Transit System: RTS)の路線網を特定 した。この RTS ネットワークの1と4に対して、スリランカ政府は、我が国に対して中量級 の鉄軌道による公共交通システム(Light Rail Transit: LRT)の導入に係る支援を要請した。本 調査は、要請があった公共交通システムの導入に向けて、技術、経済、財務、制度、環境の 観点から、その実行可能性について検討をおこなうものである。

#### 5. 調査内容

スリランカ政府と JICA は、本事業のフィージビリティ調査を行うことで合意した。本調査は、 過年度に実施された JICA 調査による既存データや情報を活用し、以下のルートを対象に調査 を行った。

- RTS-1: Fort Kollupitiya Borella Union Place Maradana
- RTS-4: Borella Rajagiriya Battaramulla Malabe

本調査の調査内容は、以下のとおりである。

- 基本設計(路線/線形計画、車両計画、需要予測、構造設計、信号・通信、電気機械、車両基地、 駅施設)
- 施工計画、運営維持管理(O&M)計画、積算
- 事業評価(経済分析、財務分析)
- 事業実施計画 (調達方法、実施計画)
- 環境社会配慮調査(環境影響評価(EIA)、住民移転計画(RAP))

#### 6.|結論と提言

#### 結論

- 本事業は、コロンボ首都圏の交通渋滞緩和に対して、技術的にも経済的にも効果のある 解決手段である。
- 本事業のシステムの導入は、実施にかかる事業費を踏まえても、十分な経済便益を有しており、経済的観点から妥当である。
- 運賃を妥当な価格(Fort~Malabe 間を 100 LKR 未満)に設定した場合、本事業の運営維持管理会社は、財務的に採算が取れる見込みがある。
- EIA 調査では、環境への影響は、主に建設段階において発生する可能性があり、運営段階ではその影響は少ないと考えられることが確認された。
- 社会調査では、車両基地の一部が農地や水田に影響を及ぼすが、家屋や商業施設の移転 の数は比較的少ないことが確認された。

#### 円滑な事業実施に向けた提言

- 事業実施における PMU の能力強化と市民の理解を促すこと
- ユーティリティ施設(埋設管・架空線)の詳細な把握と移設等の準備をすること
- 事業実施に伴う環境・社会に与える影響を最小限に抑えること
- 運営維持管理会社を適切なタイミングで設立すること
- 事業に関わる関係者との調整を円滑にする進めること

#### 事業の効果をより高めるための提言

- 本邦技術活用条件(STEP)活用による本邦技術の導入と入札競争性を確保すること
- 本事業の付加価値向上を目指すこと(駅周辺開発やフィーダーバス導入)
- 本邦鉄道事業者の経験を活かした技術支援を組み合わせること
- 都市公共交通システムを活かした新しい生活スタイルをアピールすること

# 目次

	rage
第1章	序論1
1.1	調査の背景および目的1
1.2	調査内容
第2章	上位計画および関連計画の確認4
2.1	上位計画および関連計画の概要4
2.2	既往計画の確認結果4
2.3	メガポリス都市マスタープランにおける構造計画5
2.4	社会経済指標6
2.5	メガポリス都市交通マスタープランにおける提案内容7
2.6	本調査で考慮すべき主要プロジェクト10
2.7	LRT システムに対する MMWD が求める要件10
第3章	LRT システムの概要11
3.1	MMWD により提案された RTS ネットワークと接続性11
3.2	Malabe 回廊の特徴11
3.3	整備の基本的な考え方12
3.4	車両についての考え方13
3.5	高架構造物や曲線部に関する考え方14
3.6	路線計画16
第4章	概略設計19
4.1	概要19
4.2	自然条件19
4.3	平面・縦断線形20
4.4	将来需要予測
4.5	土木構造物
4.6	車両
4.7	列車の運行計画31
4.8	車両基地
4.9	信号・通信40
4.10	電気・機械42
4.11	駅舎計画
4.12	施工計画51

4.13	障害とジェンダーの主流化	56
第 5 章	概略事業費	59
5.1	概算事業費の算出	59
5.2	建設費の妥当性	60
5.3	調達方針	60
5.4	STEP の適用可能性	60
5.5	コスト縮減策	60
第6章	組織計画および運営保守 (O&M)	61
6.1	運営保守の基本方針	61
6.2	運営保守の事業主体の提案	61
6.3	運営保守の組織体制	62
第7章	プロジェクト評価	64
7.1	経済分析	64
7.2	財務分析	65
7.3	運用・効果指標	67
第8章	プロジェクトの実施計画	69
8.1	概要	69
8.2	契約パッケージの考え方	69
8.3	プロジェクトの実施工程	69
第9章	環境社会配慮	70
9.1	概要	70
9.2	自然環境への影響	70
9.3	社会環境への影響	72
第 10 章	: 結論と提言	77
10.1	結論	77
10.2	本事業に対する提言	77
付属資料	本事業におけるLRT の路線図	80

# 図目次

		P	age
図	1.1.1	本事業の対象路線(主要な結節点を表示)	2
义	1.2.1	調査の全体スケジュール	3
図	2.3.1	提案されたメガ・シティの都市構造計画 (ストラクチャー・プラン)	5
义	2.4.1	MMWD と CoMTrans の西部州人口推計の比較	6
义	2.4.2	MMWD と CoMTrans の所得階層別人口割合	6
図	2.5.1	公共交通整備計画(西部州)	8
図	2.5.2	道路整備計画(西部州)	9
図	3.1.1	RTS ネットワークと主要な結節点	.11
図	3.2.1	Malabe 回廊の特徴	.12
図	3.2.2	回廊ごとのモード別の車両台数	.12
図	3.4.1	立ち席部分のイメージ(赤色部分)と立ち席の幅	.14
図	3.5.1	標準断面図(イメージ)	.15
図	3.6.1	本事業の路線と SKYTRAIN の路線の違い	16
図	3.6.2	配線略図	.18
図	4.4.1	需要予測フローチャート	.21
図	4.5.1	単柱橋脚	.27
図	4.5.2	門形橋脚	.27
図	4.6.1	ボルスタレス、第三軌条集電台車の例	30
図	4.6.2	車両限界、建築限界の例	.31
义	4.7.1	列車運転本数 (ピーク時間帯・オフピーク時間帯)	.32
図	4.8.1	車両基地のレイアウト (案)	.35
図	4.8.2	車両基地の設置箇所	36
図	4.8.3	車両基地予定地の洪水予測範囲(黄色が 100 年確率洪水範囲)	.37
図	4.8.4	車両基地に構築予定の人工地盤	.38
図	4.8.5	車両基地の 3D イメージ	40
図	4.10.1	本事業における電気的流れのイメージ(第三軌条)	.42
図	4.10.2	RSS と TSS の設置箇所(案)	.44
図	4.10.3	地下に設置する変電所の概念図	.44
図	4.11.1	駅の整備コンセプト (案)	46
図	4.11.2	1 改札口タイプの平面図	48
図	4.11.3	2改札口タイプの平面図	.49
図	4.11.4	2 改札口タイプのイメージ図	49
义	4.11.5	Welikada 駅の断面イメージ(上段)と模型(下段)	.50

义	4.11.6	駅舎の構造ダイアグラム(建築構造・鉄道の土木構造との分離)	. 50
図	4.12.1	既存の道路上における工事帯の配置例	51
図	4.12.2	鋼管回転杭	52
図	4.12.3	鉄筋コンクリート造橋脚 / 鋼製橋脚(参考)	52
図	4.12.4	PC 箱桁セグメント製作(参考)	. 53
図	4.12.5	PC 箱桁セグメント製作(参考)	. 53
図	4.12.6	仮設桟橋および仮締切(参考)	. 54
図	4.12.7	高架駅建設時の工事帯の配置例	. 54
図	4.12.8	車両基地の人工地盤	55
図	4.12.9	本事業の高架構造物を含む道路断面図	55
図	4.13.1	ワークショップの様子と駅施設の体験概要	58
図	6.3.1	運営会社の職員数および組織図	62
図	6.3.2	運営会社の立上げスケジュール	63
図	9.1.1	プロジェクトエリア	70
図	9.2.1	EIA/IEE にプロセス	71

# 表目次

		Pa	ge
表	2.5.1	メガポリス都市交通マスタープランの提案内容	. 7
表	2.6.1	本調査で考慮すべき主要プロジェクト	0
表	3.6.1	線形諸元1	7
表	3.6.2	路線(および線形)の代替案の検討箇所1	7
表	4.3.1	路線における設計諸元2	20
表	4.5.1	桁(上部工)の種類2	26
表	4.5.2	杭工法の比較2	28
表	4.6.1	本事業における LRT の推奨仕様2	28
表	4.7.1	主要駅間の必要時分	32
表	4.7.2	列車運行計画の概要	32
表	4.8.1	鉄道車両の検査体系	33
表	4.8.2	車両の検査に使用する主な設備の例	34
表	4.8.3	車両基地に必要な検査能力	34
表	4.8.4	車両基地に必要となる設備ライン数(案)	35
表	4.8.5	車両基地内に構築予定の建築物	38
表	4.8.6	車両基地から排出される廃棄物	39
表	4.9.1	信号・通信システム計画の前提条件	10
表	4.9.2	列車運転に関する基本事項	<del> </del> 1
表	4.9.3	信号システムの概要	<del> </del> 1
表	4.9.4	通信システムの概要	<del>1</del> 1
表	4.10.1	RSS の設置箇所(案)	<del>1</del> 3
表	4.10.2	TSS の設置箇所(案)	<del>1</del> 3
表	4.10.3	機械設備の一覧	<del>1</del> 5
表	4.11.1	本事業で整備する各駅の概要・特徴	<del>1</del> 7
表	4.13.1	アクセシブルな LRT に向けたワークショップのプログラム	57
表	5.1.1	事業概要	59
表	5.1.2	事業費の算出条件	59
表	5.1.3	本事業の事業費	50
表	5.4.1	STEP 適用項目の想定金額と比率	50
表	6.3.1	運営保守費の試算(2017 年価格)	52
表	7.1.1	経済分析の結果(感度分析含む)	55
表	7.2.1	評価・分析のケース	56
表	7.2.2	財務分析の結果	56

表 7.3.1	運用・効果指標(案)	68
表 8.3.1	プロジェクト実施計画	69
表 9.3.1	用地取得面積、被影響者/企業数	72
表 9.3.2	用地取得および用地所得に伴う補償の支払いプロセス	73
表 9.3.3	住民移転計画実施スケジュール案	75
表 9.3.4	ステークホルダー協議実績一覧	76

# 略語表

略語	英語
ABT	Account Based Ticketig
ADSCR	Average Debt Service Coverage Ratio
AFC	Automatic Fare Collection
ATO	Automatic Train Operation
ATP	Automatic Train Protection
ATS	Automatic Train Supervision
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CBD	Central Business District
CBT	Card Based Ticketing
CBTC	Communications-Based Train Control
CCTV	Closed Circuit Television
CEB	Ceylon Electricity Board
CNG	Compressed Natural Gas
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide
CO <sub>2</sub> e	Carbon Dioxide equivalent
CP	Packages
CTC	Centralised Traffic Control
D	Diameter
DC	Direct Current
DS	Divisional Secretariat
E&M	Electrical & Mechanical
EIA	Environmental Impact Assessment
EIRR	Economic Internal Rate of Return
EMMP	Environmental Management and Monitoring Plan
EMP	Environmental Management Plan
EMoP	Environmental Monitoring Plan
ENPV	Economics Net Present Value
EPA	Environmental Protection Area
FIDIC	International Federation of Consulting Engineers
FIRR	Financial Internal Rate of Return
FS	Feasibility Study
GDP	Gross Domestic Product
GN	Grana Niladhari
GOA	Grade of Automation
GRDP	Gross Regional Domestic Product
GSS	Grid Substation
HSR	Highway Schedule of Rates
IC	Integrated-Circuit
ICB	International Competitive Bidding
ICR	Inception Report
ICT	Information and Communication Technology
IEC	International Electrotechnical Commission
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
JICA	Japan International Cooperation Agency
JPY	Japanese Yen
KPI	Key Performance Indicator

LARC	Land Acquisition and Resettlement Committee
LCB	Local Competitive Bidding
LCD	Liquid-Crystal Display
LKR	
LRT	Sri Lankan Rupee Light Rail Transit
-	
MDB	Multilateral Development Bank
MMC	Multi Modal Centres
MMS	Mobile Mapping System
MMWD	Ministry of Megapolis and Western Development
MST	Minimum Spacing Tree
MVA	Megavolt-ampere
MmTH	Multimodal Transport Hub
NFC	Near Field Communication
NPD	National Planning Department
NPV	Net Present Value
O&M	Operation & Maintenance
OCC	Operation Control Centre
OD	Origin-Destination
ODA	Official Development Assistance
PAP	Project Affected Persons
P&R	Park & Ride
PC	Pre-stressed Concrete
PCU	Passenger Car Unit
PHC	High Strength Concrete
PMU	Project Management Unit
PPHPD	Passenger Per Hour Per Direction
PSD	Platform Screen Door
Pax.	Passengers
QR	Quick Response
R	Radius
RAP	Resettlement Action Plan
RC	Reinforced Concrete
RDA	Road Department Authority
ROW	Right of Way
RP	Revealed Preference
RSS	Receiving Substation
RTS	Rapid Transit System
RTU	Remote Terminal Unit
SAM	Secure Application Module
SBD	Standard Bidding Document
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SCF	Standard Conversion Factor
SIV	Static Inverter
SKYTRAIN	Integrated Transport System with Monorail
SLR	Sri Lanka Railways
SP	Stated Preference
SSS	Service Substation
STEP	Special Term for Economic Partnership
	•
TDM	Transport Demand Management

TOD	Transit Oriented Development
TOR	Terms of Reference
TSS	Traction Substation
TTC	Travel Time Cost
UDA	Urban Development Authority
UPS	Uninterruptible Power Supply
USD	United States Dollar
V	Volt
VA	Volt Ampere
VAT	Value-Added Tax
VOC	Vehicle Operating Cost
VVVF	Variable-Voltage/Variable-Frequency
cm	Centimetre
ha	Hectare
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
km	Kilometre
km/h	Kilometre Per Hour
m	Metre
mH	Millihenry
mm	Millimetre
S	Second
t	Ton
°C	Celsius
%	Percent

# 第1章 序論

#### 1.1 調査の背景および目的

スリランカ国では、人・貨物輸送の 90%以上が道路輸送網に依存している。とりわけコロンボ都市圏を抱える西部州は、国内総生産 (GDP) の約 42%と人口の約 29%が集中しており、内戦終結以降の堅調な経済成長 (GDP 成長率年平均 6%超) と社会の安定化を背景に、自動車、バス、自動二輪車等の道路網を活用した交通モードの利用数が急増している。コロンボ中心部へは 1 日約 100 万人が流入されているとされ、特に通勤・通学時間帯をピークに、激しい交通渋滞が発生している。また、朝夕の時間帯には、コロンボ市中心部およびその周辺部道路網のほとんどで、車両の走行速度が交通渋滞と定義される 20km/h 以下となっており、一部では、走行速度が 10km/h 以下の道路もあるなど、道路網に過度に依存した都市交通網は限界を迎えている状況である。このような交通流動性の低下は、コロンボ都市圏の経済活動に悪影響を及ぼし、また、国家経済への悪影響も懸念される。

既存のコロンボ市内の主要道路網が飽和状態であること、また、私的交通モードと比較して交通容量で優位性のある公共交通の観点から、都市公共交通システムの改善が急務とされている。JICA の支援にて 2012 年から 2014 年にかけて実施された「コロンボ都市交通調査プロジェクト(CoMTrans)」では、コロンボ中心部に向かう 7 つの主要回廊のうち、Malabe回廊が最も私的交通(自動車)量が多く、ピーク時の平均速度が遅い深刻な状況であることが分かった。そのため、新しい公共交通システムとして、モノレールを前提とした統合交通システムを Malabe回廊に導入することが提案され、「新総合都市公共交通システム導入準備調査 (SKYTRAIN)」が実施された。これは、CoMTrans における最優先プロジェクトとして選定されたものでもあった。

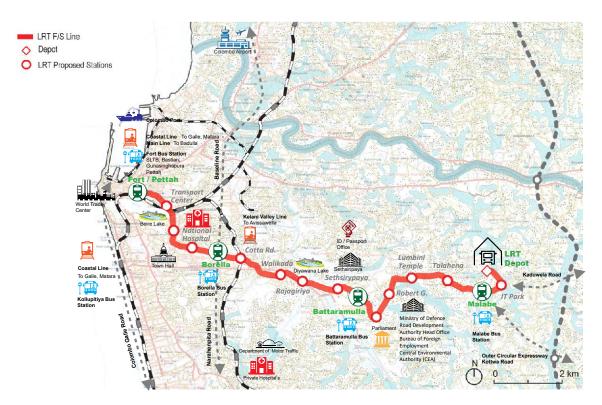
スリランカ政府は、上記の問題に対応するため、コロンボ都市圏の都市開発を所掌するメガポリス西部開発省(MMWD)を 2015 年に新たに設立し、「メガポリス都市マスタープラン(Western Region Master Plan-2030)」を策定した。同プランでは、コロンボ都市圏における渋滞の問題解決の有効手段として、都市公共交通の導入を優先課題に掲げている。これらの背景から、スリランカ政府は、我が国に対して、中量級の鉄軌道システム(Light Rail Transit: LRT)として提案された RTS-1(高速輸送システム: Rapid Transit System)と RTS-4の導入を、我が国に対する円借款事業(本邦技術活用条件(STEP)を適用)として要請した。

我が国政府に対する LRT についての正式な要請を受け、JICA は 2016 年 9 月に、スリランカ政府との本調査の実施内容を議論するため調査団を派遣した。その結果、本調査 (フィージビリティ調査) は、過年度に JICA で実施した調査結果を活用し、下記の路線を対象に検討することとされた。

- Rapid Transit System (RTS)-1: Fort Kollupitiya Borella Union Place Maradana
- RTS-4: Borella Rajagiriya Battaramulla Malabe

また、両者は、RTS-1 の北側環状部分については、SKYTRAIN の路線と異なることから、 本調査にて、この事業にとって最適なる路線を検討することで合意した。

本調査は、新しい軌道系交通システムをコロンボに導入する事業に対するフィージビリティを確認することを目的に、対象路線に対して準備調査を実施するものである。また、我が国政府開発援助(ODA)における円借款事業(本邦技術活用条件(STEP)を適用)として、審査に必要な情報を集めることも目的とされている。



出典:調査団

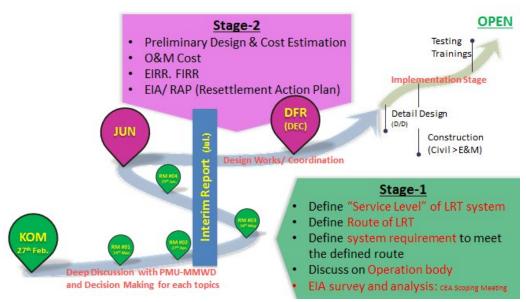
図 1.1.1 本事業の対象路線(主要な結節点を表示)

#### 1.2 調査内容

上記の背景をもとに、本調査は、我が国の円借款事業としてスリランカ政府により正式要請された事業(LRT システム)に対して、そのフィージビリティを調査するものであり、以下の調査内容が含まれている。

- 事業の概要および概略設計 (路線/線形計画、車両計画、需要予測、構造設計、 運行計画、信号・通信、電気機械、車両基地、駅施設)
- 施工計画
- 運営維持管理(O&M)計画
- 概算事業費の算定
- 事業評価(経済的内部収益率(EIRR)、財務的内部収益率(FIRR))
- 事業実施計画 (調達方法、実施計画)
- 事業実施および維持管理の実施体制に係る協議
- 環境社会配慮調査(環境影響評価(EIA)、住民移転計画(RAP))

調査全体のスケジュールを図 1.2.1 に示す。



出典:調査団、インセプションレポート (ICR)、2017年2月

図 1.2.1 調査の全体スケジュール

# 第2章 上位計画および関連計画の確認

#### 2.1 上位計画および関連計画の概要

JICA の支援のもとで、2012 年から 2014 年にかけて実施された「コロンボ都市交通調査」(CoMTrans)では、2035 年を目標年次とした包括的な都市交通マスタープランが策定されている。また、CoMTrans に引き続き、2014 年には「新総合都市公共交通システム導入準備調査」(SKYTRAIN)にて、CoMTrans にて最優先プロジェクトとして選定された Malabe 回廊に対するモノレールによる統合的な都市交通システム導入に関するフィージビリティ調査が実施された。その後、2015 年には、運輸省と Moratuwa 大学により、CoMTrans のレビューをしたうえで、コロンボ都市圏の交通管理に関する戦略計画」が策定された。

メガポリス西部開発省(MMWD)が 2016 年 1 月に設立した後に、メガポリス都市マスタープラン $^2$ とメガポリス都市交通マスタープラン $^3$ が策定された。都市交通マスタープランでは、Rapid Transit System (RTS) の整備が、Fort および Malabe 地点間を含む形で提案された。また、RTS については、中量級の軌道系交通システムであることを、スリランカ政府が決定した。

#### 2.2 既往計画の確認結果

#### 2.2.1 メガポリス都市マスタープラン

メガポリス都市マスタープランは、今後 15 年間の首都およびその周辺地区の再開発に関する一連の計画として、1) 都市化に伴って生じる混雑の緩和、2) 先進国となるための戦略作成、3) 国家繁栄のためのグローバルな技術・経済環境の活用という 3 つの目的に沿って立案されたものである。

メガポリス都市マスタープランでは、大小 150 以上のプロジェクトが計画されており、セクターや対象地域に応じて定められた 10 個の分野 (mega projects) のいずれかにグループ分けされている。

#### 2.2.2 メガポリス都市交通マスタープラン

メガポリス都市交通マスタープランは、先行する CoMTrans および運輸省の計画を考慮し、その提案プロジェクトを組み込む形で策定された。一方で、後述する新たな構造計画(ストラクチャー・プラン)にもとづき、人口推計が上方修正され、人口分布や交通需要についても見直しが加えられた。

メガポリス都市交通マスタープランは、各関連機関の長や、調整委員会の委員などで構成されており、MMWD 大臣が議長を務める会合において、2017年3月31日に正式に承認された。

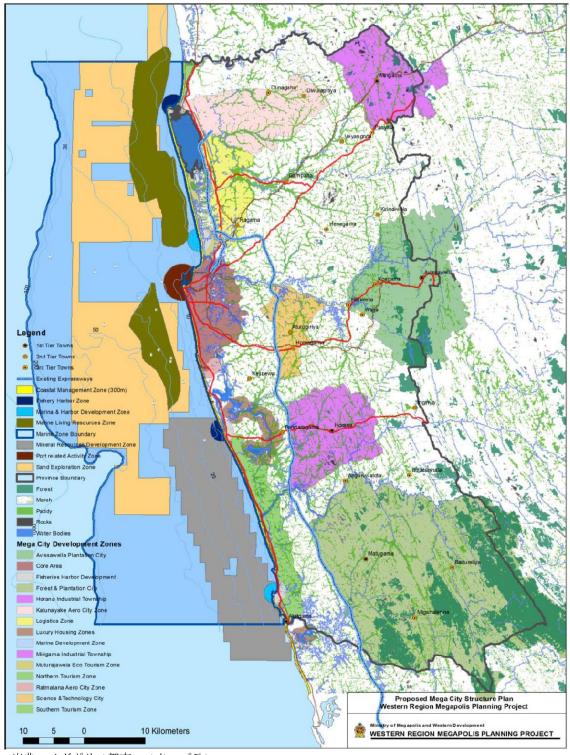
<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Strategic Plan for Traffic Management in Colombo Metropolitan Region

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> The Megapolis Western Region Master plan 2030

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Western Region Megapolis Transport Master Plan

#### 2.3 メガポリス都市マスタープランにおける構造計画

現状の課題をふまえ、メガポリス都市マスタープランにおいては、将来の西部州の開発目標に向けて取り組むとした4つの都市構造が検討され、そのうち図 2.3.1に示す構造計画が、メガポリス都市マスタープランの最終案として選定された。この計画は、新たな成長地域をコロンボの中心部から離れた場所においており、それぞれに異なる経済的な機能が付与されている。これらの点が、CoMTransにおいて提案された構造計画との主な違いである。



出典:メガポリス都市マスタープラン

図 2.3.1 提案されたメガ・シティの都市構造計画 (ストラクチャー・プラン)

#### 2.4 社会経済指標

#### 2.4.1 西部州の人口推計

メガポリス都市マスタープランによると、図 2.4.1 に示す通り、西部州の人口は、経済成長の目標に沿って、2013 年の580万人から、2035年には910万人に増加することが見込まれている。



出典:メガポリス都市交通マスタープラン

図 2.4.1 MMWD と CoMTrans の西部州人口推計の比較

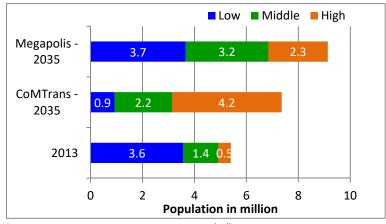
#### 2.4.2 地域内総生産 (Gross Regional Domestic Product: GRDP)

メガポリス都市マスタープランでは、西部州の GRDP は、2030 年に 215,00 百万ドルに達すると推計しており、IMF の予測値をもとにした CoMTrans の予測値と比較するとかなり高い値である(CoMTrans における年平均成長率の予測値は、2020、2025、2035 年で、17.5%、14.0%、10.0%としている)。この違いは、前述のメガポリス都市構造計画や、大規模開発等によるものと理解される。表 2.4.1 に CoMTrans における西部州の GRDP の予測値を示すとともに、図 2.4.2 に、メガポリス都市マスタープランおよび CoMTrans で推計された所得階層別の人口を示す。

表 2.4.1 MMWD による経済指標の目標値(2014 年~2030 年)

指標	2012	2020	2025	2030
2002 年価格 GRDP (十億ルピー)	1,341	2,20	2,971	3,828
GRDP の年平均成長率 (%)	6.4	6.5	6.0	5.0

出典: CoMTrans



注: Low income は 40,000 ルピー/月未満; Middle income は 40,000~79,999 ルピー/月; High income は 80,000 ルピー/月以上、を表す。 出典: MMWD および CoMTrans の資料をもとに調査団が作成

図 2.4.2 MMWD と CoMTrans の所得階層別人口割合

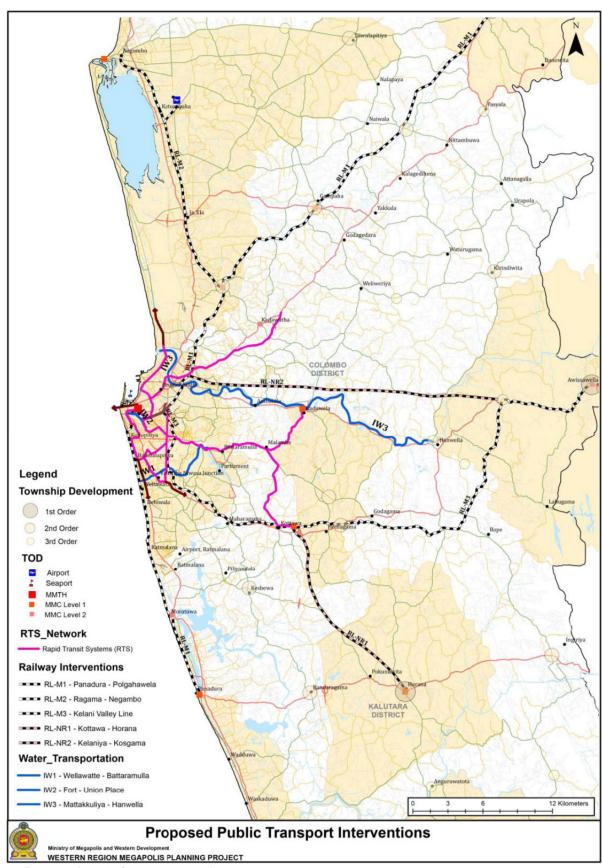
### 2.5 メガポリス都市交通マスタープランにおける提案内容

メガポリス都市交通マスタープランの提案内容を表 2.5.1 に、また、西部州の公共交通および道路整備計画の概要を図 2.5.1 と図 2.5.2 にそれぞれ示す。

表 2.5.1 メガポリス都市交通マスタープランの提案内容

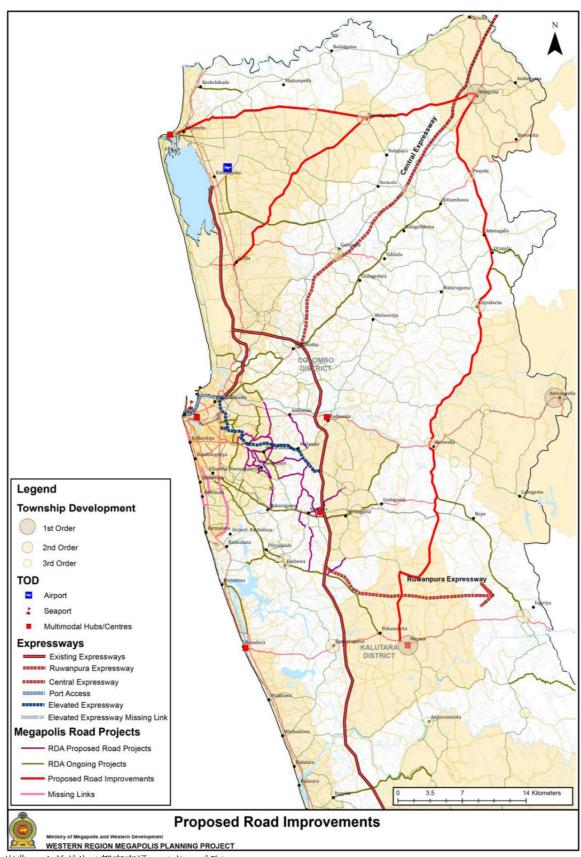
分類	案件	Feature and Coverage			
公共交通サービス改善	鉄道電化	● 5 路線; 延長 223km (西部州内)			
		● 2 路線(新線); Kottawa-Horana(22km)、			
		Kelaniya—Kosgama (30km)			
	新都市公共交通シス	● 計 7 路線			
	テム (RTS)	● 輸送モードとして LRT が採用された			
	水上輸送	● 計 3 路線 (Wallawatta-Battaramulla、Fort-Union			
		Place、Mattakkuliya-Hanwella)			
	バスの近代化	ICT (Information and Communication			
		Technology)の活用、低床、空調等			
	マルチモーダル施設	• マルチモーダルトランスポートハブ			
		(Multimodal Trnasport Hub: MmTH)			
		(Fort/Pettah 周辺)			
		● マルチモーダルセンター(Multi-modal Centre:			
		MMC)(その他主要駅)			
	スクールバス/タク	<ul><li>運営ガイドラインの作成</li></ul>			
	シーの規制	● 登録制の導入			
道路インフラ改善	都市間・都市内高速	• Ruwanpura 高速道路			
	道路の容量改善	• 中部高速道路			
		● 高架高速道路(新 Kelani 橋-コロンボ港)			
		● 高架高速道路(新 Kelani 橋-Pore)			
	既存道路の改善及び	• 成長エリアにおける道路改善事業(Horana、			
	ミッシングリンクの	Meerigama, Divulapitiya)			
	解消	• ミッシングリンクの解消:3か所(Marine			
		Drive, Baseline Road, Duplication Road)			
交通需要管理(TDM)		制、駐車場管理、一方通行、相乗り専用レーン、			
	ロードプライシング等				
持続可能な交通モード		転車道、圧縮天然ガス(CNG)車、			
	電気自動車用充電スタ	タンド等			

出典:メガポリス都市交通マスタープランをもとに調査団が作成



出典:メガポリス都市交通マスタープラン

図 2.5.1 公共交通整備計画(西部州)



\_\_\_\_\_\_ 出典:メガポリス都市交通マスタープラン

図 2.5.2 道路整備計画(西部州)

### 2.6 本調査で考慮すべき主要プロジェクト

国家計画局 (Department of National Planning: NPD) により、2017年5月に提供されたリストに従い、本調査で考慮すべき主要プロジェクトを、表 2.6.1 に整理した。

表 2.6.1 本調査で考慮すべき主要プロジェクト

案件名	開始年次	完了年次	本事業との 関係性
高架高速道路(新 Kelani -Rajagiriya)	2018	2020	近接、非交差
Rajagiriya 立体交差	2016	2018	沿線上
Cotta Road 立体交差	-	1	交差
Slave Island 立体交差	-	1	沿線上/他
郊外鉄道の電化(WTC, Maradana)	2017	2022	交差
KelaniVally Line(KV 線)の改良(Cotta Road)	2017	2022	交差
バス優先道路(Parliament Junction - Fort 間)	2017	2019	高架下
マルチモーダルハブ (Fort)	-	-	沿線上
Sethsiripaya ステージ III	-	-	沿線上
マルチモーダルセンター (Battaramulla)	-	-	沿線上
オフィス複合施設(Denzil Kobbekaduwa Mawatha)	-	-	沿線上/他

出典: 国家計画局、2017.5

#### 2.7 LRT システムに対する MMWD が求める要件

MMWD が、円借款事業(本邦技術活用条件(STEP)を適用)として正式に要請した LRT システムでは、以下の点を考慮すべきと要望された。

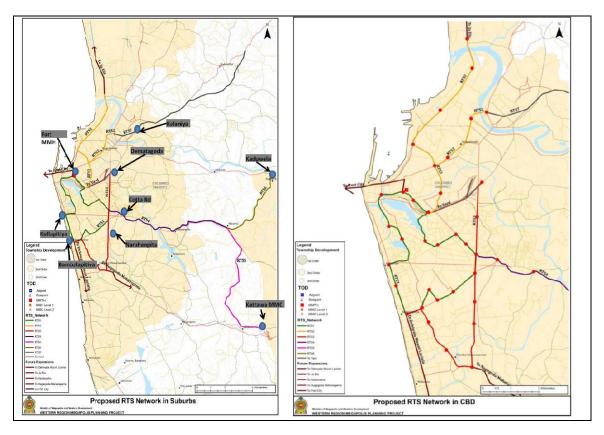
- 中量級の輸送力を有する都市交通機関である鉄軌道によるシステムであること(トラムや路面電車ではない)。
- 路線上の都市内道路は幅員が十分でないことから、全線を高架で整備すること。

# 第3章 LRT システムの概要

#### 3.1 MMWD により提案された RTS ネットワークと接続性

MMWD は、メガポリス都市交通マスタープランの中で、7 路線、計 75km の高速輸送システム (Rapid Transit System: RTS) を提案している。

提案された RTS ネットワークは、グラフ理論の最小全域木 (Minimum Spanning Tree: MST) にもとづき、建設費および主要な発生集中地点との接続性の観点を踏まえ、効率的な形・ネットワークとなるよう提案されたものである。具体的に定められた駅位置を 図 3.1.1 に示す。

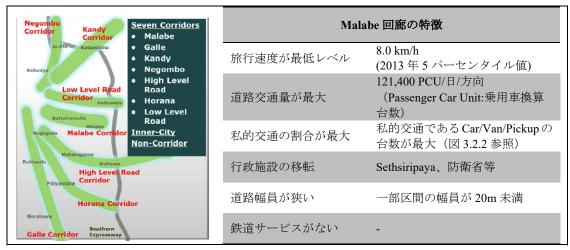


出典:メガポリス都市交通マスタープラン

図 3.1.1 RTS ネットワークと主要な結節点

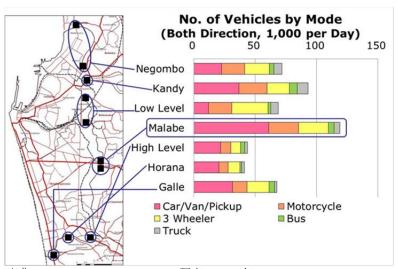
#### 3.2 Malabe 回廊の特徴

Malabe 回廊は、中心市街地と郊外を結ぶ7つの主要回廊の一つであり、CoMTrans においても中量級の軌道輸送システムを導入すべき最優先回廊と位置づけられている。メガポリス都市交通マスタープランにおいても、Fort - Malabe 間のRTS による接続(RTS-1、RTS-4)が優先プロジェクトとされている。7回廊の位置と Malabe 回廊の特徴を図 3.2.1 に示す。



出典: CoMTrans をもとに調査団により作成

図 3.2.1 Malabe 回廊の特徴



出典: CoMTrans の Screen Line 調査、2013 年

図 3.2.2 回廊ごとのモード別の車両台数

#### 3.3 整備の基本的な考え方

#### 3.3.1 基本的な整備の考え方 (Design Principle)

鉄道車両は、自動車やバス、航空機、船舶などと違い、一つの運行事業者(オペレータ)が、そこで提供する輸送サービス水準を設定し、車両の仕様やシステムを、自分自身で定めることができることが特徴である。したがって、スリランカ政府が、どのようなLRTシステムとしたいかについて、その基本的な整備の方針やサービス水準を定める必要が、最初の段階で重要である。

本調査において、MMWD 職員との一連の議論の結果、本事業の LRT システムに関する基本的な設計方針 (design principle) を以下のように定めた。

• 利用者にやさしい LRT システムの実現

これは、本事業において目指すLRTが「LRT利用者を第一に考えること」に最大限配慮して検討することを意味している。計画や設計の際に留意すべき 3 つの視点は以下のとおりである。

- 快適性 (Comfort)
- 安全性 (Safety)
- 信頼性 (Reliability)

快適性 は、利用者にとっての快適性を意味し、「車両内の空間」が、車内で座っている人にも、また立っている人にとっても十分であることを目的としている。これは、車両走行時と駅での乗降時においても十分であることが求められる。「快適な座席」の提供も重要な視点であり、素材や清潔さは、障がい者を含む人々にとって重要な視点である。「スムースな乗り心地」は、急激な揺れや上下振動などが発生しないよう平面・縦断線形を適切に設定する技術面での挑戦であるといえる。車両の十分な広さは、利用者の乗降を容易とし、混雑時おける緩和につながる。

**安全性** は、疑いようのない重要な視点である。「車両運行」は、通常時においても、また、 緊急退避が必要な場面においても、適切に管理できるようにする必要がある。「セキュリ ティ(保安)」については、車両内および駅において十分に対策が設けられることが重要 である。駅施設の整備においては、救急医療や消防への連絡体制についても検討すべき対 象となる。

信頼性 は、利用の促進を確実にするためにも重要な視点である。特に、本事業のLRTシステムは都市内を走ることから、「所要時間の短縮化」や「定時性」が求められる。これらの点は、線形、車両の選択、信号・通信システムの計画において重要な視点として検討されるべきである。

これらに加えて、基本的な整備の考え方においては、環境面では建設中の騒音や振動などへの影響を、社会面では用地取得や生活環境への負の影響を、回避することや最小化することを目指さなければならない。本事業の整備における方針としては、以下を重視する。

環境面: 建設中の影響、騒音、振動

• 社会面: 用地取得、生活環境への影響

#### 3.4 車両についての考え方

#### (1) 調査対象とした車両の種類

本事業のLRTシステムは、本邦技術活用条件(STEP)の適用を検討していることから、STEPの条件を満たす本邦企業の製品やシステムが、車両にも採用が想定される。これに加えて、スリランカ政府は、入札段階での競争性を重視していることから、車両の仕様は、すでに一般的に市場に存在する、都市内の通勤車両など一般的なものを採用することが推奨される。

以下は、世界において一般的な都市鉄道システムの車両メーカであるが、これらの車両のサイズ(幅員・車両長)などを比較整理した上で、MMWDと議論した。

- 本邦における車両メーカ<sup>4</sup>
  - 日立製作所
  - 総合車両製作所(J-TREC)
  - 川崎重工
  - 近畿車両
  - 日本車両
  - 日立レールイタリア

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> 円借款・本邦技術活用条件(STEP)にかかる運用ルールを参照 (https://www.jica.go.jp/activities/schemes/finance\_co/about/ku57pq00001bs41s-att/rule.pdf)

- 海外の車両メーカ
  - アルストム
  - ボンバルディア
  - 中国車両
  - シーメンス

#### (2) 様々な車両メーカによる LRT 車両の特徴

調査団は、上記の車両メーカが製作している車両のサイズについて比較調査を実施した。 その結果、LRTは、一般的に以下の2つの種類に分けられると考えられる。

- 1つ目の種類としては、「路面電車」のLRTであり、車両幅は2.65m以下と狭く、道路上の車線上を走行するものであり、場合によっては、他の車両(乗用車・バス・バイク等)と混合して運行されるもの
- もう1つの種類としては、「通勤車両」としてのLRTであり、車両幅は  $2.65m\sim3.2m$ 、車両長  $18m\sim24m$  で、専用の軌道上を走行するものであり、特に、高架上の専用軌道も含まれる。

これらの比較調査の結果、本事業には後者の「通勤車両」としてのLRTを適用することが望ましいと判断され、日本の都市鉄道においても、この車両の大きさは一般的であり、STEPの適合性の面からも問題はないと判断した。したがって、調査団は、本事業におけるLRTの車両は、この大きさの車両であることが望ましいとした。

車両の幅は、すなわち「立ち席の幅」であり、駅での車両への乗降時において、乗り降りをする人が立っている人の間をすり抜ける空間が十分に確保できるかに大きな影響をあたえ、駅でのスムーズな乗降による停車時間の短縮化に寄与する。また、この幅は、車内の快適性にも影響する。

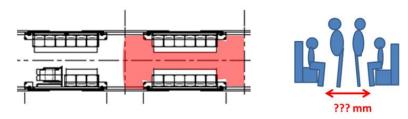


図 3.4.1 立ち席部分のイメージ(赤色部分)と立ち席の幅

#### 3.5 高架構造物や曲線部に関する考え方

出典:調査団

#### (1) 高架構造物幅および用地取得幅(Right-of-Way: ROW)の考え方

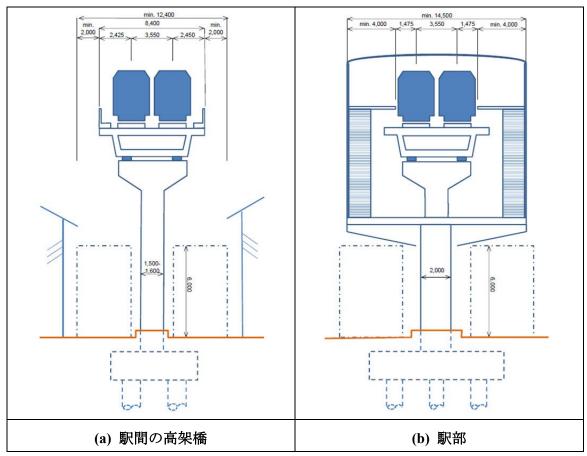
本事業における高架構造物の幅は 8.4mを標準とする。必要幅を考えるために必要な構成要素は、以下のとおりである。

- 車両の建築限界(3.65m)また、車両限界(2.85m)
- 軌道中心間隔(3.55m)
- 第三軌条による電力供給関連設備
- 信号・通信用のケーブルダクト
- 保守・避難用の通路(高架橋の両側 0.6~0.8m)
- 防音壁 (0.15m)

本事業では、第三軌条方式を採用することが MMWD により提案された。この第三軌条方式は、架線および架線柱を必要としないことから、スリムな外観の高架橋となり、都市景観の面で優れている。なお、列車の最大運行速度は 80km/h 以下であることから、第三軌条方式の適用が可能である。また、第三軌条方式は、構造が簡単でメンテナンスが容易なため、電力線の設置コストやメンテナンスコストを削減することが可能である。一方で、第三軌条方式は、直流 (DC) 750V での電力供給が必要となることから、架線方式の DC 1,500V に比べて、多くの変電所が必要となる。なお、将来の延伸区間については、安全かつ迅速な列車運行と道路交通への支障を避けるため、交差部は、すべて立体交差とし踏切を設置しないことが望ましい。

用地幅 (Right of Way: ROW) は、プロジェクトの開始前に準備される必要があるが、ROW の幅は、上記の高架構造物の幅 8.4mに両側 2.0m ずつを加えた、12.4m を標準とした。この 両側 2m は、高架橋や橋脚の建設時の余裕幅であるとともに、完成後に近接する建物が火災 などを起こした際の避難・消火のスペース (消防車の梯子を入れるスペース) となる。 なお、建物が近接し撤去が困難などのやむをえない場合は、このスペースを縮小することも 可能である。

下図に、駅間の高架構造物と、駅部での構造物のイメージ(直線区間、単位:mm)を示す。



出典:調査団

図 3.5.1 標準断面図 (イメージ)

#### (2) 最小曲線半径

道路上を基本とする路線となることから、交差点を曲がる際に、用地取得範囲を少なくするには、最小曲線半径をできる限り小さくする方が望ましい。しかしながら、小さい曲線半径の採用には、以下に示す課題を考慮する必要がある。

- 列車運転速度の制限
- 車輪とレールからのきしみ音の発生
- 耐摩耗レールの使用による建設コストの増加
- 車輪とレールの摩耗によるメンテナンスコストの増加
- 騒音および摩耗防止対策の機器の追加

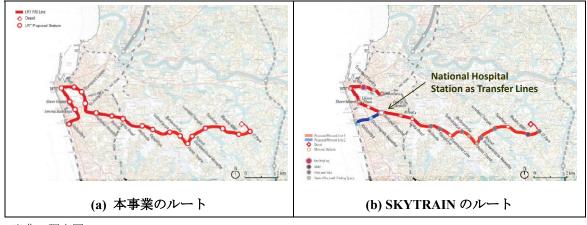
鉄輪式の鉄道システムでは、上記の理由により極端な急曲線は望ましくない。日本ならびに諸外国の事例を参考に、本調査では、最小平面曲線半径を100mとすることとした。なお、最小曲線半径を100m未満とする場合、追加の開発コストと対策が必要となり、対応ができる車両メーカが限定的になる可能性があることと、車両購入費が高くなることが想定される。

#### 3.6 路線計画

#### 3.6.1 本事業と SKYTRAIN (Line 1、2) の路線の違い

前述のとおり、要請された路線は、MMWD がメガポリス交通マスタープランで提案された RTS-1 の北部および RTS-4 から構成される路線である。この路線は、車両基地および IT Park (Malabe) から National Hospital が所在するコロンボ市の中心部までは、過去に検討されたモノレールをもとにした SKYTRAIN ほぼ同じ路線である。

市内の中心部では、両者では路線が異なり、本事業は、Union Place、T.B. Jayah Mw を経て Maradana 付近でスリランカ国鉄(SLR)と交差し、Fort、Kollupitiya へ至るものである。一方で、SKYTRAIN は、Union Place を直進し、Slave Island を経由し Fort/Maradana へ至る Line-1 の路線(その後に北に延伸する計画が存在)と、National Hospital から分岐して Kollupitiya までの短距離の支線(Line-2)から構成されている。以下に、それぞれの路線位置を示す。



出典:調査団

#### 図 3.6.1 本事業の路線と SKYTRAIN の路線の違い

需要や社会環境面などの諸々を考慮し、これらの路線を比較検討した結果、本事業では、(a) の路線を採用することとされた。採用されたルートを検討する際の線形諸元、ならびにより詳細な路線検討の概要を次節以降に示す。

#### 3.6.2 路線・線形計画

### (1) 線形諸元

本事業における線形諸元は、以下のとおりである。

表 3.6.1 線形諸元

項目	諸 元
軌間	1,435mm (標準軌)
集電方式および電圧	第三軌条方式、直流 750V
最高運転速度	80km/h
曲線半径 100 m 区間における運転速度	$30$ km/h $\sim 40$ km/h
軌道中心間隔	3.55 m
高架橋幅および用地幅	8.4m、12.4m(高架橋両側に 2.0m の余裕)
最小平面曲線半径	本線: 100m プラットホームに沿う区間: 300m 車両基地: 100m
最小円曲線長	20m
曲線間の最小直線長	20m
緩和曲線の種類	3 次放物線
最大勾配	本線: 35/1,000 駅部: 5/1,000 車両基地および留置線: 平坦
最小縦曲線半径	勾配変化量 10/1,000 以内: 3,000 m やむえない場合; 2,000 m
分岐器	本線: 1:10 車両基地: 1:8
桁下空頭距離 (道路)	6.0m
プラットホーム長さ	120m (6 両編成対応)
最小プラットホーム幅	島式: 6.0m 相対式: 4.0m

出典:調査団

#### (2) 路線の代替案の検討

いくつかの区間においては、路線の代替案の検討を行った。下表に示す区間・地点について、用地制約の条件、利用者の利便性、建設コストの削減、環境社会配慮などの観点から総合的に判断し、概略設計に必要な路線および線形を検討した。

表 3.6.2 路線(および線形)の代替案の検討箇所

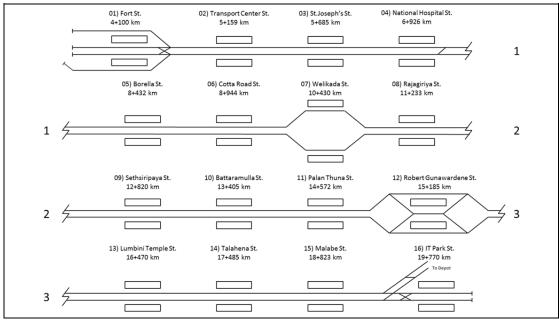
No	区間・地点	代替路線(線形)の検討概要
A)	スリランカ国鉄との交差 (Maradana 付近)	スリランカ国鉄交差部における橋梁架設位置(橋脚設置位置)
B)	Transport Centre 駅	Maradana~Borella 間の土地利用状況の違い
C)	Borella 駅(Borella Junction)	Bo tree および Borella super market への影響の最小化
D)	Cotta Road 駅~Sethsiripaya 駅	同駅間の道路上空利用の制限(景観)
E)	Welikada 駅(Rajagiriya Flyover)	既設フライオーバーと並行する区間における線形の検討 (Welikada 駅の構造を含む)
F)	Sethsiripaya 駅周辺	既存道路の幅員と政府関係施設との利便性を考えたルートと駅 位置の選定
G)	Thalangama 環境保護区	環境保護区の通過を避けるルートの選定.
H)	車両基地	車両基地に適切な場所の選定

出典:調査団

なお、表 3.6.2 で示した路線代替案への検討に加え、スリランカ国政府は、Fort 駅から Kollupitiya 駅までの路線に対して、Gangaramaya 寺院近辺を通る区間が社会的な配慮が必要であり、現時点においては整備に対しては慎重を期す必要があるとの判断がなされ、本事業の対象路線は、Fort〜Malabe〜車両基地を対象に概略設計を行うこととした。なお、Fort〜Kollupitiya までの区間は、将来の延伸の対象として取り扱うこととなった。

#### (3) 本事業の対象路線

これらの結果をうけ、本事業の対象路線は、駅間距離 15.7km、駅数 16 駅をを対象として実施することとなった。なお、配線については、後述する運転計画や現場の用地制約等などをもとに検討し、下図とするのが最良であると判断とした。



出典:調查団

図 3.6.2 配線略図

### 第4章 概略設計

#### 4.1 概要

本章は、前章までの基本条件をふまえ、概略設計として以下の項目を実施した結果を記したものである。

- 自然条件
- 平面・縦断線形
- 需要予測
- 土木構造物
- 車両
- 運転計画
- 車両基地
- 信号・通信システム
- 電気・機械 (E&M)
- 駅施設
- 施工計画

#### 4.2 自然条件

#### 4.2.1 地形

本事業の路線は、Malabe 地区と Fort 地区にまたがり、人口が密集している地域を通過する。 沿線は、ほぼ平坦であるが、路線の中央から東側にかけて緩やかな起伏が存在している。 また、Kelani 川が、事業対象路線から離れた北側に東から西へ流れており、いくつかの支流 が対象路線と交差する。その水位は、乾期には低いものの雨期は高いレベルとなる。

#### 4.2.2 気候

コロンボの気候は、熱帯モンスーン気候に区分され、年間を通じて暑く、3月から4月にかけては、最も暑い時期となる(年平均の最高気温は33℃である)。5月から8月および10月から1月にかけてのモンスーンの間には、強い風をともなう激しい雷雨が降る。年間を通して気温の差は小さく乾期の最低気温は約22℃である。年間の平均降水量は約2,500mmとなっている。また、スリランカには、サイクロンがしばしば接近し、自然災害を引き起こす。大きな災害をもたらすサイクロンは、年に2回ほどである。

#### 4.2.3 洪水

本事業の対象路線の一部区間ないしはその付近では、しばしば洪水が発生する。主な洪水 発生箇所は、以下の3箇所である。

- Diyawanna 湖(Rajagiriya Sethiripaya 間)
- 車両基地の予定地
- Talangama 環境保全区 (Environmental Protection Area: EPA) (路線上ではない)

#### 4.2.4 地質条件

SKYTRAIN のフィージビリティ調査時に実施した 13 か所のボーリング調査の結果に加えて、本調査では路線上の 20 か所において追加の調査を実施した。その結果、表層は、N 値が 14~24 の砂または粘土の沖積層で、また岩盤の深さは 6~28m と変化に富んでおり、岩盤の上面は起伏があると思われる。また上部の 2m 程度は風化していることが分かった。したがって、詳細設計段階では、より詳細な地質調査が必要である。

#### 4.2.5 地震

スリランカでは地震がほとんど発生しない。したがって、構造物の設計においては地震荷 重を考慮しなくてよい。

#### 4.3 平面·縦断線形

本事業における設計諸元を以下に示す。

表 4.3.1 路線における設計諸元

路線長		15.7km (駅間中心距離の延長)
駅数		16 駅
平均駅間距離		1.0km
線路		複線(車両基地出入庫線を含む)
構造物 e		全線高架
最大勾配		本線:2.0%、車両基地の出入庫線:2.5%
急曲線数 R=10	)2m	本線:9箇所、車両基地の出入庫線:2箇所
R=11	l0m	1 箇所
R=12	20m	3 箇所
車両基地		1 箇所(Malabe 地区)
最大編成両数		6 両

出典:調査団

#### 4.4 将来需要予測

#### 4.4.1 需要予測方法

本調査においては、先行する CoMTrans およびメガポリス都市交通マスタープランと同様に、世界各国で導入され実績のある 4 段階推定法を適用した。具体的には、CoMTrans で作成された図 4.4.1 に示すフローチャートに沿って実施された。

人口予測や土地利用計画などの諸条件は、メガポリス都市交通マスタープランで更新された条件に従った(図中の紫枠部分)。また、本事業の計画路線等は、本調査における条件を適用した(図中の青枠部分)。

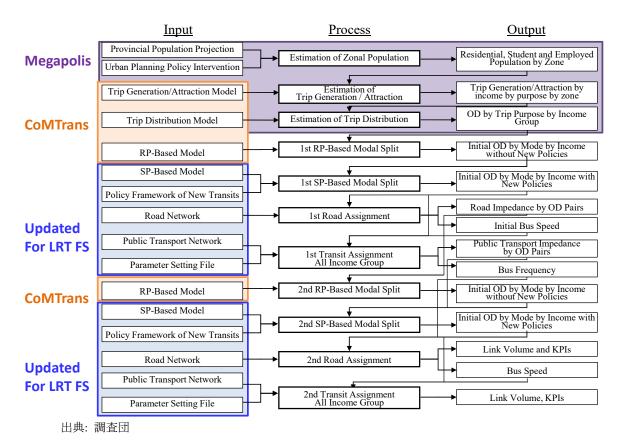


図 4.4.1 需要予測フローチャート

#### 4.4.2 需要予測結果

#### (1) 将来需要予測

2020、2025、2035 年の本事業の将来需要予測結果を表 4.4.1 に示す。日乗客数は、2035 年までに約50万人に達すると予測された。最も混雑する区間における一日あたりの断面乗客数と、ピーク率13%から計算される断面最大乗客数(PPHPD)は、2035 年で19,800(人/時/方向)となり、本事業が想定する車両の最大容量におさまる予測となった。

2020 2025\*\* 指標 2035 PPHPD\* 11,500 14,300 19,800 最大区間 Cotta Rd. - Walikada Cotta Rd. - Walikada Cotta Rd. - Walikada 日乗客数 295,000 363,000 498,000 日人キロ 1,736,000 2,087,000 2,787,000

表 4.4.1 将来需要予測結果(まとめ)

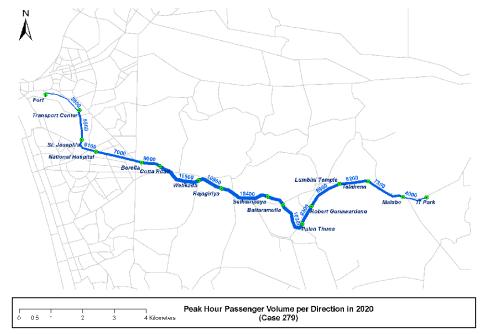
\*\*: 2020 年および 2035 年結果の線形補間

出典:調查団

<sup>\*:</sup> 断面最大乗客数(人/時/片方向)、Passenger per hour per direction

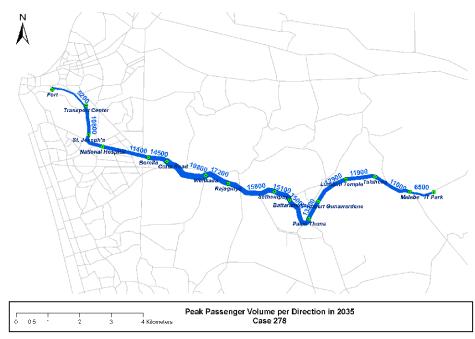
### (2) ピーク時断面乗客数

各断面における 2020 年と 2035 年のピーク時断面乗客数を図 4.4.1、図 4.4.2 に示す。



出典:調査団

図 4.4.1 ピーク時の区間別断面乗客数 (2020年)



出典:調査団

図 4.4.2 ピーク時の区間別断面乗客数 (2035年)

# (3) ピーク時乗降客数

2020、2035年の駅別乗降客数とピーク時の断面乗客数を図 4.4.3、図 4.4.4 に示す。これらの図から、利用者数の多い主要駅は、Fort、Transport Centre、Borella、Cotta Road、Malabe、IT Park になると予測される。主要駅の多くは、鉄道やバスといった他の公共交通モードとの乗換えが可能な交通結節点になっている。

#### Passengers per Hour per Direction - Outbound

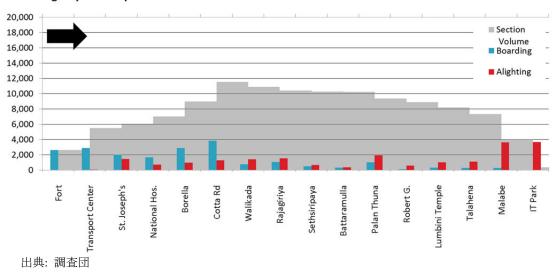


図 4.4.3 ピーク時乗降客数 (2020年)

#### Peak Hour Passengers per direction - Outbound

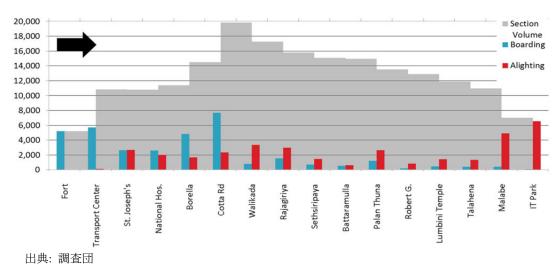


図 4.4.4 ピーク時乗降客数 (2035年)

# (4) 道路交通量の削減効果

図 4.4.5 は、本事業の有無 (With, Without) が沿線道路上の各区間の交通量に与える影響を予測したものである。この結果によると、本事業の導入により、概ね 7%から 11%程度の交通量削減効果が見込まれる。比較対象とした 11 区間全体では、約 10%の交通量削減が見込まれる。一般的に、10%の交通量削減は、交通混雑緩和策として有意な効果があるとされている。

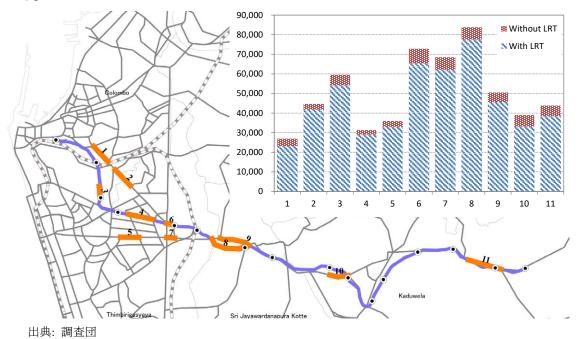


図 4.4.5 道路交通量の削減効果 (2035年)

図 4.4.6、 図 4.4.7 は、各道路区間の混雑度を本事業の With ケースと Without ケースで比較したものである。本事業の導入により、沿線である Malabe 回廊のみならず、中心部やBaseline Road といった沿線以外の部分でも混雑緩和が期待できることを示している。

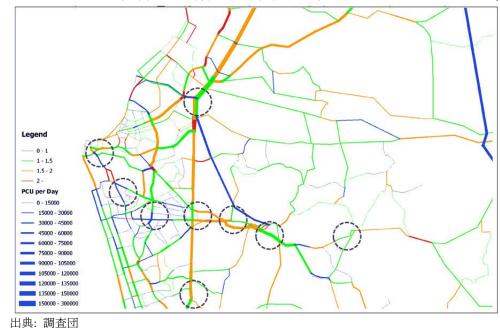


図 4.4.6 道路容量に対する交通量比 (2035年、本事業を実施したケース)

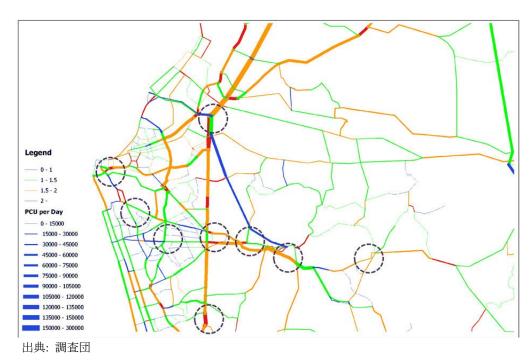


図 4.4.7 道路容量に対する交通量比 (2035年、本事業を実施しないケース)

## (5) モード別旅行速度

表 4.4.2 では、需要予測から得られる各年次の Fort~Malabe 間の平均旅行速度・時間を、本 事業の With ケースと Without ケースについて比較した。この結果は、本事業の導入により、 道路交通モードの旅行速度が改善されることを示している。また、With ケースと Without ケースのいずれにおいても、対象路線の速度は道路交通の速度より上回る予測となった。 ここでの速度は日交通量配分の平均速度であるため、ピーク時における道路速度はこれを 下回ると予測される。

2020 2025\* 2035 21.6 19.4 15.0 Road Avg. Speed (km/h) 45.2 (Without LRT) Avg. TT (min) 39.4 56.7 22.4 21.2 18.8 Road Avg. Speed (km/h) 40.4 45.4 (With LRT) 38.0 Avg. TT (min) 26.9 LRT Avg. Speed (km/h)

(min)

32.5

表 4.4.2 Fort~Malabe 間の旅行速度・旅行時間

Avg. TT \*:2020年および2035年結果の線形補間

出典:調查団

#### 4.5 土木構造物

本事業は、車両基地を含めて全区間が高架構造となる。構造物の種類の選定にあたっては、 安全性、経済性、環境面(景観)への影響などを考慮して検討した。

#### 4.5.1 桁(上部工)

- 一般的な鉄道高架橋に用いられる桁(上部工)の種類は、以下に示すとおりである。:
  - プレキャスト I 形桁+RC(Reinforced Concrete)コンクリート床版
  - プレキャスト箱桁(セグメント架設工法)
  - 鋼製箱桁+RC コンクリート床版(合成桁)

下表に、桁(上部工)の種類の比較検討の結果を示す。

プレキャストI形桁 プレキャスト箱桁 鋼製箱桁+RC コンクリー +RC コンクリート床版 (セグメント架設工法) ト床版 (合成桁) イメージ図 架設方法 セグメント架設 クレーン架設 クレーン架設 適用スパン  $15 \sim 30 \text{m}$ 30~50m 25m 以上 急曲線への対応 困難 可能 最適 1か月/スパン 1か月以上/スパン 工期\* 1週間/スパン (床板工事を含む) (床板工事を含む) 10~15年ごとに再塗装が必 メンテナンス 少メンテナンス 少メンテナンス 建設コスト\*(プ レストレストコ ンクリート(PC) 0.9 1.0 1.2 箱桁を1.0とし た時の比) 長大スパンや狭隘な道路上 本事業への適用 推奨しない 推奨 などの特殊区間で適用

表 4.5.1 桁(上部工)の種類

\*: 工期・工事費は、架設方法や現場の状況により変わる。

出典:調査団

上記の比較の結果、本事業では、プレキャスト箱桁を標準工法として適用するが、施工性 を考慮して、長大スパンや狭隘な道路上では、鋼製箱桁を適用することも可能である。

#### 4.5.2 橋脚(下部工)

一般的な鉄道高架橋に用いられる橋脚(下部工)の種類は、以下に示すとおりである。

- 単柱橋脚
- 門形橋脚

以下に、それぞれの特徴と想定される形状を記す。

#### (1) 単柱橋脚

一般的には、道路中央部に短柱橋脚を設置するが、線形や用地の関係で道路中央部に設置できない場合は、片持ち式短柱橋脚を設置する。下図に、短柱橋脚のイメージを示す。なお、道路開発庁 (Road Department Authority: RDA) の規定により、道路の最低空頭距離は 6.0m となっている。

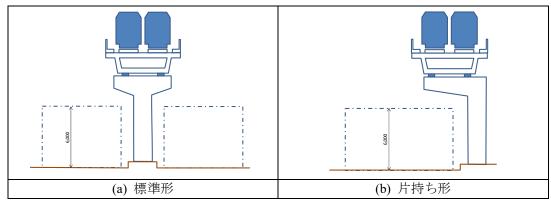


図 4.5.1 単柱橋脚

# (2) 門形橋脚

道路条件や線形条件により道路中央あるいは片側に短柱橋脚の設置が困難な場合は、門形橋脚を設置する。下図に、門形橋脚のイメージを示す。

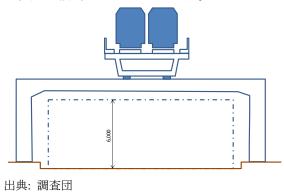


図 4.5.2 門形橋脚

橋脚は場所打ちRCまたは鋼製とし、施工条件に応じて適切な構造・寸法とする。鋼製橋脚は $10\sim15$ 年ごとに再塗装が必要になるなどメンテナンス面では不利な点もあるが、施工が早くスリムな形状ができる利点もある。橋脚の寸法(太さ)は、RC製で $1.6\sim1.8$ m角、鋼製で $1.2\sim1.4$ m角を標準とするが、道路幅などの施工条件に応じた適切な寸法を採用する。

# 4.5.3 基礎(杭)

本事業で用いられる基礎(杭)は、以下の2種類が考えられる。

- 場所打ち杭
- 回転鋼管杭

施工が容易で建設コストが低廉な場所打ち杭が一般的であるが、フーチングの寸法が大きくなり施工時の道路占有幅が大きくなるという課題もある。

一方、回転鋼管杭は建設コストが高いものの、省スペースでの施工でかつ施工期間も短いという利点をもつ。

下表に、杭工法の比較結果を示す。

表 4.5.2 杭工法の比較

	場所打ち杭	回転鋼管杭	
特長	アースドリル等による掘削後の穴 内に鉄筋かごを挿入しコンクリー ト注入して仕上げる	先端に刃を有する鋼管を回転さ せ、地中に圧入させる	
排土量	掘削量の約1.2倍	ほとんど発生しない	
セメント使用量	大量に使用	全く使用しない	
振動・騒音	低振動・騒音	低振動・騒音	
工事車両数	多い	少ない	
支持層の確認	サンプリング	トルク管理	
鉛直支持力・引抜き支持力	大きい	場所打ち杭より大きい	
フーチングの大きさ (高架橋スパン 40m)	5.0m <sup>2</sup>	$4.0\text{m}^2 \sim 4.8\text{m}^2$	
施工時の道路占有幅	10∼15m	6~10m	
工期	長い (1本/日)	短い(4本/日)	
工費 (場所打ち杭を1.0 とした 場合の比率)	1.0	1.1~1.4	

本事業では、道路幅が十分に広い区間では建設コストが安い場所打ち杭を適用し、道路が狭隘な区間では、回転鋼管杭を適用するものとする。

# 4.6 車両

# 4.6.1 本事業に推奨される車両仕様

調査団が作成した LRT の技術仕様について、設計方針(快適性、安全性、信頼性)、乗客需要予測、走行線区、STEP を適用することを踏まえた本邦の車両製造の市場状況、自然および文化の状況を勘案して、PMU(Project Management Unit)職員と議論を重ねた。

これに加えて、2017年9月にスリランカ政府要人を我が国に招待し、東京と大阪で、様々な種類の車両に試乗するとともに、車両基地を見学し、車両の検査・維持管理について視察した。

表 4.6.1 は、スリランカ最初の都市鉄道である LRT に推奨される仕様である。

表 4.6.1 本事業における LRT の推奨仕様

	項目	仕様		
最高速度			80km/h	
軌間			1,435mm(標準軌)	
給電方式			第三軌条	
<b>列車編成</b> Tc: 運転室付	き付随車, M: 動力車	2M2T (Tc+M+M+Tc)		
定員		座席(人)	立ち席 (人) (3.3 人/m <sup>2</sup> )	合計 (人)
	先頭車	42	86	128
	中間車	52	84	136

項目					
列車定員(4両	i編成)	1 両あたり	車両数	合計	
	先頭車	128	2	256	
	中間車	136	2	272	
	合計定員(3.3 人/m²) 含:	座席定員		528(座席: 188)	
	異なった AW での定員 ( <u>A</u>	Added Weight due to star	nding passenger)		
	AW-4: 立ち席 (4 人/m²)+	座席	600		
	AW-6: 立ち席 (6 人/m²)+	座席	806		
主要寸法					
	先頭車長		18,000mm		
	中間車長		18,000mm		
	車体幅		2,650~2,850mm	n	
列車重量(空車)			120t		
車体材料			軽量ステンレス、また	はアルミ	
客室					
	ドア数		片側3扉		
	ドア種類		両開、幅 1,300 ~ 1,4	100mm	
	座席種類		ロングシート		
特別設備					
	車椅子スペース		有		
	大型荷物置き場		無		
	便所		無		
性能					
	加速度		3.2 km/h/s (0~30km/h)		
	現速度		常用 4.0 km/h/s		
	- Suberix		非常 5.0 km/h/s		
主回路装置		<u> </u>			
<u> </u>	集電システム	DC(Di	rect Current) 750 V, 集電	靴,(2 組 / 台車)	
	制御装置	`	riable-Voltage/Variable-Fro sulated Gate Bipolar Trans	,	
	ブレーキ制御装置		電気指令式空気ブレーキ		
台車			空気バネ付きボルスタ	レス方式	
空調装置			屋根上方式		
補助電源方式		SIV(St	tatic Inverter): 3 相交流 ii	nverter with IGBT	
連絡装置		5	先頭車運転室、後尾車車掌室連絡用		
Lt. Martin			スピーカ付き放送装置、		
放送装置			LCD(Liquid-Crystal Display) 画面による視覚情報システム		
監視装置			各車数台の監視カメラ設置		
信号システム Control), (ATO(A CBTC(Communications)			matic Train Protection), C ntrol), (ATO(Automatic Tr mmunications-Based Train 回路システム	ain Operation)) n Control)または軌道	

本事業の対象路線は、日本の通勤線区の路線より多くの急曲線が存在することから、ホイルベースの短い、軽量で、円弧踏面を持つ保守の簡単な台車を推奨する。このタイプの台車を図 4.6.1 に示す。



出典:調査団

図 4.6.1 ボルスタレス、第三軌条集電台車の例

# 4.6.2 車両の乗客定員

2025 年の Cotta Road~Welikada 間の需要予測は、1 時間あたり片方向 14,300 人 (14,300 PPHPD) であり、2035 年には19,800 人 (19,800 PPHPD) と推計されている。1 時間あたり 18 本~20 本の列車を運転するとすれば、2025 年には1 列車当たり 715 人~790 人の定員が必要となり、また2035 年には1000 人~1100 人の定員が必要となる。

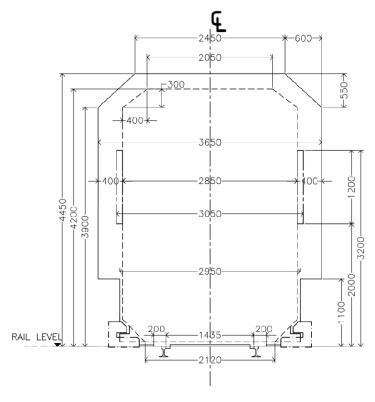
プラットホームは基本的に直線であることが望ましく、プラットホーム長を対象路線にあてはめた場合、現地の制約もあり、直線部分は 100m~120m 程度しか取れないのが実情である。

列車長が 108m ( $18m \times 6$  両) の場合、その乗車定員は、車体幅が 2.65m とすると 950 名、 2.8m は 1,200 名、3.2m は 1,450 名となる (立席の定員数はすべて 6 人/ $m^2$  で算出)。 2035 年の需要予測結果を考慮すると、少なくとも 1 列車あたりの定員は 1,000 名程度が必要となる。このことから、本事業の列車あたりの定員は、1,200 名が推奨され、その車両幅は 2.8m が望ましいと考える。

#### 4.6.3 車両と線路脇の地上構造物間に必要なスペース(限界)

車両限界、建築限界、第三軌条に係る限界を、本調査の中で議論した。車両の走行中は、 地上の構造物に衝突してはならないことから、車両と線路脇の構造物の間には、車両が揺 れた場合を想定し、一定の隙間が確保されていなければならない。このような衝突を避け るために、建築限界が定められている。

さらに、車掌または列車乗務員が自列車の不具合をチェック・観察するため、窓から顔を 出して外や後ろを確認することがある。この動作は、地上構造物に衝突することなく安全 におこなわれなければならない。この衝突を避けるため、車両限界と建築限界の隙間は、 両側とも最低 40cm が必要となる。図 4.6.2 に、車両限界と建築限界の線を示す。



LEGEND

CONSTRUCTION GAUGE

ROLLING STOCK GAUGE

IMIT FOR SIGNS, MARKER LIGHT, CAR SIDE LAMPS
MARKER LIGHT, CAR SIDE LAMPS
LIMIT FOR SIGNS, MARKER LIGHT, CAR SIDE LAMPS
UMBER CHIRD RAIL IS TO BE
DESIGNED IN DETAILED DESIGN STAGE

図 4.6.2 車両限界、建築限界の例

## 4.7 列車の運行計画

本事業の対象路線について検討された線形・縦断の情報をもとに速度制限区間を設定し、運転曲線を作成し、主要駅間の必要時分と往復に必要な時分を算出した。また、旅客需要予測の結果から、ピーク時に必要な運行本数を設定するとともに、それらを実現するダイヤを定め、必要となる列車編成数を算出した。

検討に用いた列車運行上の条件は、以下のとおりである。

始発列車: 4:30 (始発駅の出発時刻)
 ピーク時間帯: 7:00~9:00、17:00~19:00
 最終列車: 23:40 (終着駅の到達時刻)

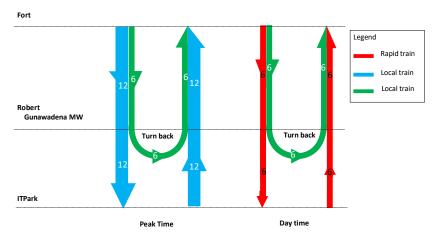
快速列車の運行: 10:00~16:00 (オフピーク時間帯のみの運行)

なお、用地に余裕がある Fort 駅と Robert Gunawadena 駅を、それぞれ 2 面 4 線、2 面 3 線の駅として整備することで、オフピーク時に限り快速運転が運行可能となるよう設定した。これによる、主要駅の必要時分は以下のとおりと算出された。

表 4.7.1 主要駅間の必要時分

主要な駅間	快速運行による時分	各駅停車運行による時分
Fort – Sethsiripaya	14分20秒	18分10秒
Fort – Robert Gunawadena	19分50秒	24 分 30 秒
Fort – Malabe	28分10秒	32分50秒
Fort – IT Park	30分30秒	35 分 10 秒
Malabe – Sethsiripaya	13 分 20 秒	14分20秒

なお、Fort 駅~Robert Gunawadena 駅間、Robert Gunawadena 駅~IT Park 駅間のピーク時とオフピーク時の運行本数を図 4.7.1 に示す。ピーク時では Fort 駅~Robert Gunawadena 駅間で 18 本/時が運行可能なように設定した。



注:図中の数字は一時間あたりの運行本数(本/時) 注:Rapid Train(快速)、Local Train(各駅停車)

出典:調査団

図 4.7.1 列車運転本数 (ピーク時間帯・オフピーク時間帯)

列車運転計画の結果を、表 4.7.2 に示す。これらは、電力消費量(列車運行費用)や運営会社の必要職員数、必要編成数、車両維持補修計画などに検討に用いられる。

表 4.7.2 列車運行計画の概要

運行計画における主要項目	計画値
1編成あたりの車両数	4 両編成 (2025年)、6 両編成 (2035年)
ピーク時の運行本数(一方向) Fort 駅~Robert Gunawadena 駅間	18 本 (2025年、2035年とも)
運行編成数	22 編成 (予備 3 編成含まず)
運行キロ (一日あたり)	6,245.40 km/ 日
のべ総運転時間 (一日あたり)	228 時間 24 分 50 秒/日
合計運行本数(一日あたり・一方向) Fort 駅~Robert Gunawadena 駅間	222 本/日/方向
合計運行本数(一日あたり・一方向) Robert Gunawadena 駅~IT Park 駅間	147 本/日/方向
一時間あたりの輸送力 Fort 駅~Robert Gunawadena 駅間	2025 年(4 両編成: 806 人): 14,508 (人/時/方向) 2035 年(6 両編成: 1,209 人): 21,762 (人/時/方向)

出典:調査団

# 4.8 車両基地

# 4.8.1 計画概要

鉄道車両が安全かつ円滑に運転可能な状態を保つためには、清掃を含む列車の停車、点検、 修理、保守を行う場所としての「車両基地」が必要となる。本調査では、車両基地に必要 な設備・施設および土木構造物について検討した。

# 4.8.2 車両基地の機能と設備

# (1) 鉄道車両の検査体系

鉄道車両のメンテナンスは、予防保全、事後保全、車両整備の 3 つに分けられる。これらの検査体系の概要は、表 4.8.1 のとおりである。

表 4.8.1 鉄道車両の検査体系

	検査	の種類	主な検査内容	検査周期
	仕業前点検		営業運転に必要な車両の状態と機能 を確認する。	車両基地からの出発前
	intenance	日常検査	消耗品の確認、車両の状態と機能を確 認、乗客用設備を確認する。	10 日以内
安全	Light Maintenance	月検査	日常検査の項目を行い、車両の状態と 機能を検査する。	3 か月以内
予防保全	Heavy Maintenance	重要部検査	月検査の項目を行い、重要な機器を解 体検査する。	4 年以内、もしくは、 600,000km 走行以内
		全般検査	重要部検査の項目を行い、全ての機器 を解体検査する。	8年以内
	車輪転削		車輪を削る。	(路線の状況と運行計画による)
事後	事後保全		車両の状態と機能を確認し、故障を直す。	(車両に故障が起きたとき)
∰	簡易清掃		列車のごみを拾う、もし、汚れていれ ば、客室を清掃する。	営業運転後
車両整備	車体洗浄		機械で車体を洗浄する。	3 日~4 日ごと
11111	全般清排		客室を清掃し、車体を洗浄する。	30 日以内

出典:調査団

これら検査を、車両基地で適切におこなうためには、車両基地には、以下の機能や検修設備が必要となると考える。

表 4.8.2 車両の検査に使用する主な設備の例

Light Maintenance   検査修繕庫   ビット   ビット   デッキ   高所作業足場   電路開閉器 (断路器)   工場主棟   リフティングジャッキ   台車の検査修繕設備   機器の解ぎ装設備   車体修繕設備   機器の解ぎ装設備   車体修繕設備   を機器の検査修繕設備   を機器の検査を経過機器   を表して   でット   でット   デッキ   高所作業足場   電路開閉器 (断路器)   車輪転削   車輪転削   車輪転削   車輪転削   車輪転削   東下在姿車輪旋盤   車両入換機   臨時修繕庫   台車交換装置   作業足場   可搬式足場   ア井クレーン   自動車体洗浄機   車両整備庫   車輪を洗浄機	検査の種類		主な設備
Light Maintenance			検査修繕庫
・ 高所作業足場			・ピット
・ 高所作業足場   電路開閉器 (断路器)		Light Maintenance	・・デッキ
工場主棟			・ 高所作業足場
<ul> <li>・ リフティングジャッキ ・ 台車の検査修繕設備 ・ 機器の解ぎ装設備 ・ 車体修繕設備 ・ 機器の検査修繕設備 ・ 信号の試験検査設備 ・ 虚シ技機械 落成検査棟 ・ 単ツト ・ デッキ ・ 高所作業足場 ・ 電路開閉器 (断路器) ・ 輪重測定装置</li></ul>			· 電路開閉器 (断路器)
・ 台車の検査修繕設備			工場主棟
・ 機器の解ぎ装設備         ・ 車体修繕設備         ・ 機器の検査修繕設備         ・ 事体塗装機械         落成検査棟         ・ デッキ       ・ 高所作業足場         ・ 電路開閉器(断路器)         ・ 輸転削庫         ・ 床下在姿車輪旋盤         ・ 車両入換機         臨時修繕庫         ・ 台車交換装置         ・ 作業足場         ・ 可搬式足場         ・ 天井クレーン         車体洗浄         ・ 自動車体洗浄機			・ リフティングジャッキ
・ 車体修繕設備         ・ 機器の検査修繕設備         ・ 信号の試験検査設備         ・ 車体塗装機械         溶成検査棟         ・ ビット         ・ デッキ         ・ 高所作業足場         ・ 電路開閉器(断路器)         ・ 輸重測定装置         車輪転削庫         ・ 床下在姿車輪旋盤         ・ 車両入換機         臨時修繕庫         ・ 台車交換装置         ・ 作業足場         ・ 可搬式足場         ・ 天井クレーン         車本洗浄機			・ 台車の検査修繕設備
・機器の検査修繕設備・信号の試験検査設備・信号の試験検査設備・金装棟・車体塗装機械落成検査棟・ビット・デッキ・高所作業足場・電路開閉器(断路器)・輪重測定装置・車輪転削庫・床下在姿車輪旋盤・車両入換機         車輪転削車・床下在姿車輪旋盤・車両入換機         事後保全・作業足場・可搬式足場・ア井クレーン         車本洗浄・自動車体洗浄機			・ 機器の解ぎ装設備
<ul> <li>車体塗装機械</li> <li>落成検査棟</li> <li>・ ピット</li> <li>・ デッキ</li> <li>・ 高所作業足場</li> <li>・ 電路開閉器 (断路器)</li> <li>・ 輪重測定装置</li> <li>車輪転削庫</li> <li>・ 床下在姿車輪旋盤</li> <li>・ 車両入換機</li> <li>臨時修繕庫</li> <li>・ 台車交換装置</li> <li>・ 作業足場</li> <li>・ 可搬式足場</li> <li>・ 下井クレーン</li> <li>響 副車体洗浄機</li> </ul>			・・車体修繕設備
<ul> <li>車体塗装機械</li> <li>落成検査棟</li> <li>・ ピット</li> <li>・ デッキ</li> <li>・ 高所作業足場</li> <li>・ 電路開閉器 (断路器)</li> <li>・ 輪重測定装置</li> <li>車輪転削庫</li> <li>・ 床下在姿車輪旋盤</li> <li>・ 車両入換機</li> <li>臨時修繕庫</li> <li>・ 台車交換装置</li> <li>・ 作業足場</li> <li>・ 可搬式足場</li> <li>・ 下井クレーン</li> <li>響 副車体洗浄機</li> </ul>	<b>₩</b>		・ 機器の検査修繕設備
<ul> <li>車体塗装機械</li> <li>落成検査棟</li> <li>・ ピット</li> <li>・ デッキ</li> <li>・ 高所作業足場</li> <li>・ 電路開閉器 (断路器)</li> <li>・ 輪重測定装置</li> <li>車輪転削庫</li> <li>・ 床下在姿車輪旋盤</li> <li>・ 車両入換機</li> <li>臨時修繕庫</li> <li>・ 台車交換装置</li> <li>・ 作業足場</li> <li>・ 可搬式足場</li> <li>・ 下井クレーン</li> <li>響 副車体洗浄機</li> </ul>	5保		<ul><li>信号の試験検査設備</li></ul>
<ul> <li>車体塗装機械</li> <li>落成検査棟</li> <li>・ ピット</li> <li>・ デッキ</li> <li>・ 高所作業足場</li> <li>・ 電路開閉器 (断路器)</li> <li>・ 輪重測定装置</li> <li>車輪転削庫</li> <li>・ 床下在姿車輪旋盤</li> <li>・ 車両入換機</li> <li>臨時修繕庫</li> <li>・ 台車交換装置</li> <li>・ 作業足場</li> <li>・ 可搬式足場</li> <li>・ 下井クレーン</li> <li>響 副車体洗浄機</li> </ul>	¥	Heavy Maintenance	塗装棟
<ul> <li>・ ピット</li> <li>・ デッキ</li> <li>・ 高所作業足場</li> <li>・ 電路開閉器 (断路器)</li> <li>・ 輪重測定装置</li> <li>車輪転削庫</li> <li>・ 床下在姿車輪旋盤</li> <li>・ 車両入換機</li> <li>臨時修繕庫</li> <li>・ 台車交換装置</li> <li>・ 作業足場</li> <li>・ 可搬式足場</li> <li>・ 下井クレーン</li> <li>響 副車体洗浄機</li> </ul>	.,	-	・・・車体塗装機械
<ul> <li>・ デッキ ・ 高所作業足場 ・ 電路開閉器 (断路器) ・ 輪重測定装置         車輪転削庫 ・ 床下在姿車輪旋盤 ・ 車両入換機         協時修繕庫 ・ 台車交換装置 ・ 作業足場 ・ 可搬式足場 ・ 可搬式足場 ・ 天井クレーン</li> <li> 車本洗浄</li> <li>・ 自動車体洗浄機</li> </ul>			落成検査棟
・ 高所作業足場         ・ 電路開閉器 (断路器)         ・ 輪重測定装置         車輪転削庫         ・ 床下在姿車輪旋盤         ・ 車両入換機         臨時修繕庫         ・ 台車交換装置         ・ 作業足場         ・ 可搬式足場         ・ 天井クレーン         響 副         車体洗浄機			・・ピット
・ 電路開閉器 (断路器)         ・ 輪重測定装置         車輪転削庫         ・ 床下在姿車輪旋盤         ・ 車両入換機         臨時修繕庫         ・ 台車交換装置         ・ 作業足場         ・ 可搬式足場         ・ 天井クレーン         響 離         車体洗浄機			・ デッキ
・ 軸重測定装置         車輪転削庫       ・ 床下在姿車輪旋盤         ・ 車両入換機         臨時修繕庫       ・ 台車交換装置         ・ 作業足場       ・ 可搬式足場         ・ 天井クレーン         響       車体洗浄機         調料       車車整備庫			・ 高所作業足場
車輪転削庫     ・ 床下在姿車輪旋盤       ・ 車両入換機       臨時修繕庫     ・ 台車交換装置       ・ 作業足場     ・ 可搬式足場       ・ 天井クレーン       響 車体洗浄     ・ 自動車体洗浄機       選出     車本洗浄			· 電路開閉器 (断路器)
車輪転削       ・ 床下在姿車輪旋盤・車両入換機         臨時修繕庫・台車交換装置・台車交換装置・作業足場・可搬式足場・可搬式足場・天井クレーン         車体洗浄機			・ 輪重測定装置
<ul> <li>・ 車両入換機</li> <li>臨時修繕庫</li> <li>・ 台車交換装置</li> <li>・ 作業足場</li> <li>・ 可搬式足場</li> <li>・ 天井クレーン</li> <li>響 車体洗浄</li> <li>・ 自動車体洗浄機</li> </ul>			車輪転削庫
臨時修繕庫       ・ 台車交換装置       ・ 作業足場       ・ 可搬式足場       ・ 天井クレーン       響     車体洗浄       ・ 自動車体洗浄機       副       正     車車敷借庫		車輪転削	
<ul> <li>・ 台車交換装置</li> <li>・ 作業足場</li> <li>・ 可搬式足場</li> <li>・ 天井クレーン</li> <li>         車体洗浄機</li> <li>・ 自動車体洗浄機</li> </ul>			・ 車両入換機
事後保全       ・ 作業足場         ・ 可搬式足場       ・ 天井クレーン         世       車体洗浄機         ・ 自動車体洗浄機       ・ 自動車体洗浄機			臨時修繕庫
<ul> <li>可搬式足場</li> <li>・ 天井クレーン</li> <li>些 車体洗浄</li> <li>・ 自動車体洗浄機</li> <li>副 車車車</li> </ul>			・ 台車交換装置
<ul> <li>・ 天井クレーン</li> <li>些 車体洗浄</li> <li>・ 自動車体洗浄機</li> <li>網 車車車</li> </ul>		事後保全	・・作業足場
響 車体洗浄 · 自動車体洗浄機 網 E 車面敷備庫			
A			・ 天井クレーン
A	41000	古 休 冼 洛	白動 市体 洗涤 操
E	整備	平净亿伊	日期中仍伊恢
	恒恒	A 40.24.13	車両整備庫
- <sup> </sup>	11111	全般清掃	

# (2) 車両基地に必要な検査能力

前述の運行計画と必要車両数等の情報をもとに、車両基地で必要となる検査能力は表 4.8.3 の通りであると算出された。

表 4.8.3 車両基地に必要な検査能力

年	日常検査	月検査	重要部検査	全般検査	全般清掃
2025	2.000 編成	0.354 編成	0.224 編成	0.263 編成	1.229 編成
2035	2.000 編成	0.354 編成	0.224 編成	0.263 編成	1.229 編成

出典:調査団

表 4.8.3 に記した編成数の値は、同時に検査する車両の編成数を意味している。メンテナンスを実施している間はその車両が使用できないため、車両の購入にあたっては、メンテナンス用の車両分含めて用意する必要がある。その結果、2025 年には 25 編成(運用に 22 編成、メンテナンスに 1 編成、故障のための予備として 1 編成)が必要となった。同様に 2035 年に必要な車両数・編成数も計算することが可能である。

これらをふまえ、車両基地に必要な面積を求めるための規模(案)は、表 4.8.4 となる。

表 4.8.4 車両基地に必要となる設備ライン数 (案)

設備	留置線	Light Maintenance	Heavy Maintenance	車両転削	事後保全	車両整備
車両基地	18	3	1	1	1	3

出典:調査団

これらの必要設備ライン数と、候補地の地形や制約条件(コンパクト化)をもとに、車両基地のレイアウトを作成した(図 4.8.1 参照)。



出典:調査団

図 4.8.1 車両基地のレイアウト (案)

運行計画によると、21 編成が車両基地に留置することが期待されているが、留置線は 18 線分のみとなっている。これは、車両整備線の 3 線も留置線として利用し、車両基地に必要な用地をできる限り削減する工夫を行った結果である。また、このレイアウト(案)は、18 線の留置線のうち 12 線部分が将来の拡張可能性があるように設計した。そのため、将来この部分を拡張すれば、12 編成分の留置がさらに可能となる。

#### 4.8.3 車両基地の設置箇所

前章での検討の結果、列車の運用上の制約や、確保可能な用地の面積・形状、建設コストなどを比較検討した結果、Malabe の北西エリアが最適な用地であると選定された。下図に車両基地の位置と、本線との関係を示す。



図 4.8.2 車両基地の設置箇所

#### 4.8.4 車両基地で考慮すべき自然条件

車両基地の予定地は、東西に 950m、南北に 90~380m であり、北・西・南側が丘陵に囲まれるとともに、東側は南北方向に走る水路に接している沖積低地である。東側の水路に面する場所が最も低く、西側に進むにつれて徐々に高くなっている地形である。また、南北の丘陵部の境界には水路が流れている。

この予定地の大半は農地であるが、東側はあまり利用されておらず湿地となっている。また、中央部には南北に地元住民用の道路があり、西側にも細い舗装された通路がある。

また、東側には 220kV の高圧送電線が南北方向に走っており、北側には別の 132kV の高圧 送電線が車両基地の境界沿いに走っている。現在、これらの高圧線が交差する箇所に新しい変電所が計画されている。

SKYTRAIN のフィージビリティ調査において、車両基地予定地の地質調査が行われている。この調査結果によると、表層は砂または粘土の沖積層で、岩盤の深さは 7~10m と比較的、浅いところに位置している。ただし、岩盤の上面は起伏があると思われ、また上部 2m 程度は風化しており、車両基地の設計に際しては、より詳細な地質調査を実施する必要がある。

特に留意すべき点としては、車両基地予定地が、雨期になるとしばしば洪水に見舞われることである。2016年5月には、2~3mの深さの水が溜まった。この場所がたびたび浸水する理由は、周辺からの雨水の流れ込みだけなく、予定地東側の水路の本流である Kelani 川からの逆流も原因の1つとされている。本調査で実施した洪水解析では、100年確率で地表から3m程度の水位の洪水となることが予測されている。

下図は、その洪水範囲の予測結果であるが、車両基地予定地のほぼ全域が浸水すると予測されている。

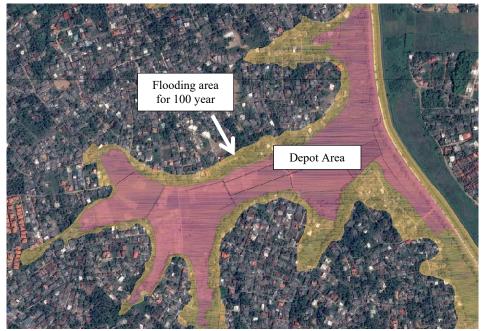
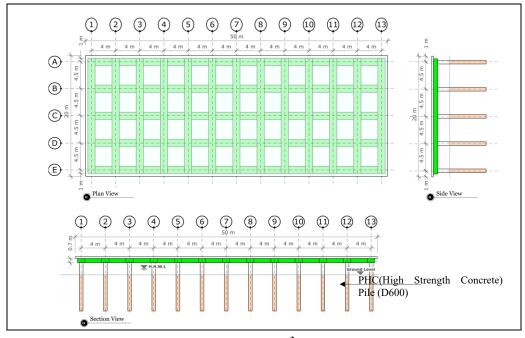


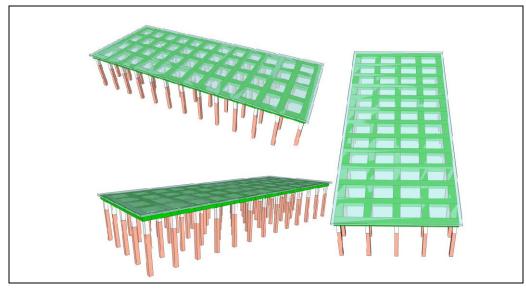
図 4.8.3 車両基地予定地の洪水予測範囲(黄色が 100 年確率洪水範囲)

# 4.8.5 車両基地に構築する土木構造物・軌道・建築物

前述のとおり、車両基地の予定地は、洪水時に遊水池機能を持たせている湿地とされていることから、車両基地は、洪水対策として人工地盤上に設置することを計画した。人工地盤は、50m x 20m を 1 つの区画として、これを複数並べて構築するものとした。杭は、径60cmの打ち込み杭とし岩盤まで打ち込むものとする。下図に、人工地盤のイメージを示す。



(a) 2D モデル



(b) 3D モデル

# 図 4.8.4 車両基地に構築予定の人工地盤

なお、この人工地盤の上に構築する軌道構造は、建設コストの削減や容易なメンテナンス、将来の配線変更などの可能性を考慮してバラスト軌道を提案する。最小曲線半径は、本線と同じ100mとし、原則として勾配は設けない。分岐器は1:8を採用する。

また、主要な建物(工場主棟、検査修繕庫、管理棟など)は、人工地盤から独立した基礎として構築することで、人工地盤の費用を可能な限り軽減する設計思想とした。なお、小建物は、人工地盤上の空いているスペースに直接設置することもあり得る。車両基地内に整備予定の建物の一覧を下表に示す。

表 4.8.5	車両基地内に構築予定の建築物
/X +.())	

No	建物の名称	建物の敷地 面積 (m²)	構造
1	Final Adjustment Shed(落成検査棟)	1,600	鋼構造、2 階建て
2	Train Preparation Shed(車両整備庫)	2,700	鋼構造、2 階建て
3	Light Maintenance Shed(検査修繕庫)	4,160	鋼構造、2 階建て
4	Wheel Re-profiling Shed(車輪転削庫)	700	鋼構造、1 階建て
5	Oil Storage	40	RC 構造、1 階建て
6	Garbage Storage	30	RC 構造、1 階建て
7	Staff Cabin	60	RC 構造、1 階建て
8	Water Supply Facility	200	RC 構造、1 階建て
9	Pump House	15	RC 構造、1 階建て
10	Heavy Maintenance & Breakdown Maintenance Shed (工場主棟および臨時修繕庫)	15,120	鋼構造、2 階建て
11	Painting Shed	2,400	鋼構造、1 階建て
12	Administration Building (管理棟 ; 本部, OCC, 訓練センターを含む)	1,000	RC 構造、5 階建て
13	Wastewater Treatment Facility	100	鋼構造、1 階建て
14	Emergency Vehicle Garage	200	RC 構造、1 階建て

No	建物の名称	建物の敷地 面積 (m²)	構造
15	Industrial Waste Storage	100	RC 構造、1 階建て
16	Oil/Paint Storage	100	RC 構造、1 階建て
17	Main Gate House	100	RC 構造、1 階建て
18	Sub Gate House	10	RC 構造、1 階建て

出典:調查団

#### 4.8.6 車両基地に必要な施設・設備

上下水道:現在、車両基地計画地周辺には公共上水道が整備されていないが、新しい浄水場と上水道が計画されている。この上水道は、2020年に完成し、1日あたり180,000m³の水が供給される予定とされている。この上水道の完成が車両基地の工事着工までに目処が立たない場合は、独自の上水道(地下水を含む)を整備することとなる。

雨水排水処理:人工地盤および建物屋根に降った雨水は、自然流下で人工地盤の下の地表に落とすことを想定している。地表には適宜、排水路を設けて雨水を集約したのち、外部の水路へ排出する計画である。

**排水処理**:車両や部品の洗浄などで発生する廃水や管理棟からの生活廃水など、車両基地で発生する廃水量は、1日あたり約100m³と試算した。これらの廃水は、車両基地内に設置される廃水処理装置を用いて規程の水質に処理されたのち、下水道あるいは水路に排出する計画である。

**廃棄物処理**: 車両基地から排出される廃棄物には、以下のものが想定されている。これら の廃棄物は、登録済みの産業廃棄物会社に委託し、汚染や安全性のリスクの原因とならな いよう、定期的に収集し適切に処理するものとする。

 廃棄物の種類
 廃棄物の発生源

 潤滑油
 コンプレッサーおよびギアボックス

 汚泥
 廃水処理装置 (車体および機器の洗浄)

 ブレーキパッド
 ブレーキ機器

 金属くず
 床下在姿車輪旋盤など (車輪転削、パーツ交換)

 ゴムパイプ
 ブレーキシステム

表 4.8.6 車両基地から排出される廃棄物

出典:調査団

保安対策: 車両基地は人工地盤上に設置されるが、セキュリティの観点から敷地境界にフェンスを設置する計画とした。また、管理棟など高いセキュリティが必要な建物については、CCTV による監視をおこなうとともに、メインゲートには守衛室を設けて不審者の侵入を防止する。

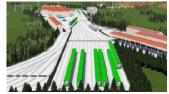
景観対策:車両基地の周辺は住宅地であることから、周辺との景観を考慮して、敷地境界部に幅 2~3m 程度の緑地緩衝帯を設けるものとする。

道路の切り回し等:車両基地予定地の中央部には、南北に地元住民用の道路が縦断している。この道路は、車両基地構築後は、人工地盤の下を潜ることになるが、洪水時に冠水する可能性があるため、入り口に注意喚起の標識を設置する必要がある。また、工事期間中(特に人工地盤の工事期間)は、迂回路を設け全ての道路を閉鎖する必要がある。

# 4.8.7 車両基地の整備イメージ

上記の検討結果をもとに作成した車両基地の3Dイメージは、以下のおとりである。





留置線部分



管理棟と工場主棟



検査修繕庫と留置線

出典:調査団

図 4.8.5 車両基地の 3D イメージ

# 4.9 信号·通信

スリランカにとって初めての都市鉄道であることから、本事業に必要な信号・通信システムは、実用的であり、かつ、運営しやすさに配慮する必要がある。また、将来需要および拡張可能性も念頭に置いた計画とする必要がある。以下に、本調査で設定した基本的な計画概要を整理する。

No.	項目	内容
1	運行区間	Fort Colombo~IT Park~Depot
2	区間長	17 km
3	駅数	16 駅(連動駅 4 駅含む)および車両基地
4	列車編成	一列車あたり6両編成(将来への対応を考慮)
5	列車速度	80km/h (最高速度)
6	車輪タイプ	鉄輪方式
7	電力供給方式	第三軌条方式
8	運行時隔	2分30秒
9	設計時隔	2分
10	運行管理センター	本線取扱い所と車両基地取り扱い所の統合化
11	車両扉及びホームドア	自動開扉および手動閉扉(連動方式)

表 4.9.1 信号・通信システム計画の前提条件

# 表 4.9.2 列車運転に関する基本事項

No.	分類	内容					
	本線						
	正常時	単一方向複線運転方式(自動列車運転・自動列車防護)					
1		ワンマン運転方式(Modified GOA(Grade of Automation) 2)					
	異常時	双方向単線運転方式(地上信号方式)					
		駅間閉そく方式					
		レール破断検知(無絶縁軌道回路方式)					
2	車両基地	手動運転 (自動列車防護の解放による入換信号方式)					
2	半門垄地	列車検知方式(集中無絶縁軌道回路)					

# 表 4.9.3 信号システムの概要

No.	分類	内容				
1	本線	CBTC 方式(ATS(Automatic Train Supervision)、ATP および ATO)				
		連動方式(電子連動装置)				
		レール破断検知方式(無絶縁軌道回路)				
		分岐器転換方式(電気転てつ機)				
		主信号、入換信号および進路表示器				
	車両基地	入換信号方式(ATP 解放の手動運転)				
		連動方式(電子連動装置)				
2		列車検知方式 (無絶縁軌道回路)				
		分岐器転換方式(電気転てつ機)				
		主信号、入換信号および進路表示器				

# 表 4.9.4 通信システムの概要

No.	分類	内容					
1	列車無線システム	列車無線、保守作業用無線、緊急警報 車内運行情報案内(運行遅延情報、接続情報等)					
2	電話システム	指令電話系、公衆電話系					
3	CCTV(Closed Circuit Television)	映像監視(駅ホーム、コンコース、入出改札口における旅客の安全監視)					
4	光伝送ケーブル系	バックボーンシステム、列車運行システム					
5	旅客案内情報システム	運行情報案内表示(列車遅延、行先、番線、列車種別)					
6	駅旅客放送案内	放送案内(列車接近情報、車閉扉、異常時等の誘導案内)					
7	設備情報集中 監視システム	主要信号通信設備の状態監視および制御並びに防災情報の収集提および提供					

## 4.10 電気・機械

## 4.10.1 電気

#### (1) 電源供給システム

本事業で採用する第三軌条システムの電力供給の概念図を図 4.10.1 に示す。発電所から発電された交流電力は、電力公社(Ceylon Electricity Board: CEB)のグリッド変電所(Grid Substation: GSS)を介して、本事業で整備する受電変電所(Receiving Substation: RSS)にて受電する。その後、RSSで 33kV に降圧したのち、き電変電所(Traction Substation: TSS)に送り、そこで交流電力を直流 750V に変換する。最終的には、TSS から第 3 軌条を介して、車両のモータに電力が供給される仕組みである。本調査では、CEB のグリッドからの供給はより、「RSS は PSS は TSS の T



出典:調査団

図 4.10.1 本事業における電気的流れのイメージ (第三軌条)

RSS は、 $25m \times 30m$  の用地が必要であるとともに、CEB のグリッド変電所 (GSS) の近くに設置するのが望ましい。また、TSS は  $45m \times 25m$  の用地が必要である。 用地の選定においては、いずれも洪水を避ける必要がある。

サービス変電所(Service Substation: SSS)は、駅の電気機器に電力を供給するために必要な施設であり、駅構内に設置するか駅構内に十分なスペースがない場合は、最寄りの場所に設置する必要がある。駅の電力供給に関しては、TSS で  $6.6 \mathrm{kV}$  に降圧して各駅に送電する計画とした。この  $6.6 \mathrm{kV}$  の電圧は、スリランカでは一般的ではものの、一般的な  $33 \mathrm{kV}$  電圧とした場合、絶縁距離とケーブルの曲げに必要な半径が大きくなることから、限られたスペースとなる駅構内や低い天井などの制約を考慮し、 $6.6 \mathrm{kV}$  の電圧の採用を提案した。なお、TSS から SSS への電力伝送は 2 回線となることから、冗長性が確保できる計画となっている。

き電電気室(Traction Electric Room)は、車両基地の軌道に電力を供給する施設であり Depot RSS 内に設置される。また、中央指令室(Operation Control Centre: OCC)電気室は、OCC と Power SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)が設置されている OCC の事務棟の 1 階に設置された運転制御センターに電力を供給する役割となっている。RSS から 2 回線で 33kV を給電するとともに、非常用発電機を設置する。

# (2) RSS と TSS に必要な容量

**TSS の容量**: 開業時である 2025 年当初は 4 両編成 (2M+2T) が想定されているが、10 年後の 2035 年以降は 6 両編成 (4M+2T) が想定され、3 分 20 秒間隔での運行が見込まれている。さらに、変電所の容量は短期間での増強が難しいことから、その必要な容量は、6 両編成 (4M+2T) による 3 分 20 秒間隔の運行時をもとに計算した。その結果、必要な整流器の容量は、TSS により  $3,000\sim4,000$ kW となることが分かった。また、TSS の整流器設備(整

流器用変圧器と整流器自体)は、片側の整流器に障害があった際にも、もう一台の整流器で間引き運転(列車間隔を約2倍程度の運転)が可能となることから、2バンクとする設計とした。

RSS の容量:調査の結果、RSS は 2 か所に設置することが望ましいと判断した。RSS から供給される電源は、電車を動かすために必要な TSS 以外にも、駅の電源や車両基地内の車両や中央指令室の電源として供給される。したがって、TSS の必要容量と、その他の電源の必要量をもとに算出し、約 20%の裕度を持たせた結果、RSS に必要な容量は、20MVA (Megavolt-ampere)の変圧器を 2 台準備した最大容量 40MVA が 2 か所で必要となることが分かった。

なお、2か所のRSS とした理由は、片側のRSS が障害で機能しない場合においても、もう片側のRSS から送電可能としたためである。

#### (3) RSS と TSS の設置箇所

RSS と TSS の候補地点を、表 4.10.1 と表 4.10.2 に示す。2 か所の RSS は、いずれも 132kV の高電圧送電線が近くにあり、そこからの電力を受電することが可能である。また、TSS は、直流の 750V の場合、 $2\sim3km$  ごとに設置する必要がある。

表 4.10.1 RSS の設置箇所(案)

No.	RSS 名称	設置箇所の概要				
1	Lotus Tower	・ CEB の GSS が近くにあり 132kV の回線を引き込むことが可能 スリランカ国鉄をまたぐ本事業の跨線橋に必要な用地内に確保する				
2	Depot	<ul> <li>近くに 132kV の送電線鉄塔があり、別の JICA 円借款事業による GSS の整備が予定されており、そこから 132kV の回線を引き込むことが可能</li> <li>湿地であることから、盛土などによる水の侵入防止やケーブルの水没等に対する保護が必要</li> </ul>				

出典:調査団

表 4.10.2 TSS の設置箇所(案)

No.	TSS 名称	設置箇所の概要				
1-1	Lotus Tower	・ Lotus Tower RSS の同じ場所に TSS を配置				
1-1		・ バッテリタイプの回生電力吸収装置を設置予定				
1-2	National	・ 当初案は、屈曲部で影響を受ける建物の地下を想定				
1-2	Hospital	・ 現在は、Hyde Park の地下に設置を計画				
1-3	Cotta road	・ スリランカ国鉄(KV-Line)Cotta 駅付近の空き地を活用				
2-1	Sethsiripaya	・ 公園の高架下を活用(TSS の幅は、本事業の高架構造物の幅を超えないよう計画する)				
2-2	Palam Thuna	・ Tharangama EPA(Environmental Protection Area)を回避する路線に変更されたことにより新たに必要となった TSS (地下型を推奨)				
2-3	Lumbini	· Lumbini 寺院駅の近くにある湿地帯付近に設置				
2-3	Temple	・ バッテリタイプの回生電力吸収装置を設置予定				
2-4	Depot	・ 車両基地近くに設置する RSS と同じ場所に配置				

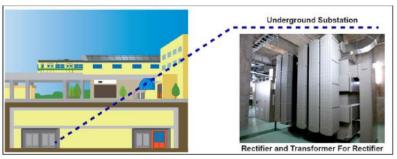
出典:調査団

対象路線上における RSS/TSS の設置箇所の概要を、図 4.10.2 に示す。



図 4.10.2 RSS と TSS の設置箇所(案)

なお、TSS に関して、建物の地下等に変電所を整備する際の概念図を、図 4.10.3 に示す。



出典:調査団

図 4.10.3 地下に設置する変電所の概念図

# (4) 本事業の電力供給に対する対策・留意点

本調査では、以下の点に留意して対策を検討した。

**最大負荷変動への対応**: 最大で同時に 8 編成がノッチをオフとする負荷変動が想定されることから、直列リアクトル (1.1mH 以上) をそれぞれの RSS に入れ、瞬間的な電流増加を抑止することが望ましい。また、バッテリー式回生電力吸収装置を設置することで、ブレーキ等の急激な電圧の上昇やき電圧の急激な低下を抑止することが望ましい。

高調波対策: 車両側の設計については、国際電気標準会議 (IEC) 61000-3 に合致したものとなると想定していることから、高調波は発生しにくい。高調波を発する可能性のある機器は、TSS の整流器と考えられることから、12 パルス整流器によりその発生を抑止することが望ましい。なお、RSS の変圧器の 3 次巻線に △結線を用いることで、第 3 次高調波を △結線内で消費し、CEB のグリッドへの流出防止を図ることを提案する。

CEB の高圧送電線との交差処理: 本事業の高架構造とは2か所で交差する。Sethiripayaで交差する132kVの送電線は、別途、CEBが円借款事業で改良工事を実施することから、LRT側の輸送限界を地上高20mから15mに変更し、離隔距離5.18m、裕度1.82mで最小離隔距離を22mとすることで、双方合意して進めることとしている。車両基地の上空とIT-Park駅~Malabe駅間の本線を交差する220kVの送電線は、東側に本路線とは交差しないかたちで移設することで検討を進めている。この移設は、本事業のLCB(国内競争入札)パッケージにて実施されることとしている。

回生電力吸収装置の設置: 前述した最大負荷変動の一環と、ホームドア (PSD) 設置に伴う回生電力の活用を目的に設置するものである。具体的には、回線電力発生時に消費する機器が稼働していない場合に受電点の外に電力が放出されないよう、インバーターシステムではないバッテリーシステムを採用した。計算の結果、2か所の TSS (Fort TSS と Lumbini TSS) にて設けることが望ましいと判断した。

**Power SCADA**: Power SCADA は、変電所(RSS、TSS)や電気室(SSS)の監視や制御を担うために設置されるものであり、中央司令室(OCC)に設置し、各変電所や電気室にその端末(Remote Terminal Unit: RTU)を設置する。Power SCADA と RTU 間は 2 重ループ化された光ケーブルにより接続する。なお、駅の重要機器の状態も Power SCADA に取り込み監視することを提案する。

**防雷システム**: スリランカにおいても落雷は多いことから、日本の鉄道事業者で導入されている防雷システムの整備も考えられるが、本調査ではその整備費用を考慮し、整備内容に含めていない。

#### 4.10.2 機械設備

機械設備については、以下のものが本事業に必要であると考える。

表 4.10.3 機械設備の一覧

項目	設備・仕様				
1) 空調設備	<ul><li>空調機器、(付属配管工事を含む)</li><li>排気ファン</li><li>ダクト(吹出し口、吸込み口、取入れ口、排気口を含む)</li></ul>				
2) 給排水設備	<ul><li>貯水槽と付属品</li><li>給水ポンプ</li><li>衛生設備</li><li>配管</li></ul>				
3) 防火設備	<ul> <li>火災警報設備</li> <li>防火水槽</li> <li>防火用水ポンプ</li> <li>消火栓関連</li> <li>防火用配管</li> <li>不活性ガス噴射設備</li> <li>携帯用消火器</li> </ul>				
4) 電気設備	<ul> <li>給電設備(SSSと同様)</li> <li>動力配電設備</li> <li>無停電電源装置</li> <li>室内灯具及びコンセント</li> <li>建物関係自動設備</li> </ul>				

項目	設備・仕様
5) 昇降機	<ul><li>エレベータ</li><li>エスカレータ</li></ul>
6) ホームドア プラットホー ム・スクリー ンドア: PSD	<ul> <li>ハーフハイト PSD</li> <li>制御機</li> <li>UPS(Uninterruptible Power Supply)付の電力供給システム</li> </ul>
7) 自動料金収 受(AFC) システム (Auto Fare Collection: AFC)	<ul> <li>チケット販売機</li> <li>ゲート</li> <li>料金調整機器</li> <li>料金管理施設</li> <li>サーバー・PC</li> <li>IC(Integrated-Circuit)カード(トップアップ機器等を含む)</li> </ul>

出典:調査団

なお、AFC システムについては、利用者にとって使いやすいものであるとともに、将来の技術開発・発展を見越したインターオペラビリティを確保したものであるよう、詳細設計の際に慎重に議論すべきである。ピーク時の駅利用者の改札をスムースにおこなうことは、駅における処理能力の観点から重要であることから、50~60人/分程度の改札が安全に処理可能なICカード(ICトークン含む)の技術を用いてシステムを構築することが望ましい。

現時点で想定する AFC システムへの留意点を以下に示す。詳細については、基本設計・詳細設計時に検討すべきである。

- IC カード (IC トークン) 以外にもスマートフォンなどの NFC (Near Field Communication) にも対応する。
- ゲートについては、様々な IC/NFC などの読み込み/書き込みが可能となるよう Secure Application Module: SAM を少なくとも3スロットル用意することが望ましい (QR (Quick Response)) コードについては、将来的な処理能力が上記の水準にまで達することができれば採用の可能性もある)。
- 初期投資および維持管理費用を鑑み、本事業の最初の段階としては、Card Based Ticketing: CBT でのシステム構築を提案する(Account based ticketing: ABT は、他のスマートカードや電子課金などが成熟し、それへの接続が求められた際と考える)。
- IC/NFC は、各駅に設置されるキオスクや関連事業などの支払いにも充てられるようにし、そこでのトップアップも可能とする。

現状の推定では、約100万人の利用者により、1日あたり300万回の支払い処理が発生するとともに、同時刻に求められる処理能力は、約1万ユーザと想定としている。

# 4.11 駅舎計画

# 4.11.1 設計の考え方・方針

駅舎の設計は、本事業が提供するサービス、運営効率、利用者の満足度、また街並みの形成において、多くの影響を及ぼす。それゆえ採用する構造計画、施工方法、使用材料においては、機能性や費用対効果だけでなく、持続可能性を確保する観点からも慎重に議論すべきである。本調査では、駅舎設計に設計方針として、以下に示す8つの方針を掲げた。

- コロンボの新旧の特徴を生かした意匠
- 環境に配慮した構造物設計(自然換気・照明・遮熱性等の採用)
- 圧迫感を最小限に抑えた構造(道路上の駅舎構築となることへの配慮)
- ユニバーサル・デザインの適用
- メンテナンスが容易で持続可能性のある駅舎構造・材料
- コミュニティ形成の促進をふまえた設計(歩行者デッキの接続など)
- 他の交通機関との接続を考慮した設計
- それぞれの土地が持つ特徴・地域性を生かした設計(駅周辺開発への期待)

図 4.11.1 に、これらの設計方針もとに本調査で提案した駅整備のコンセプトを示す。

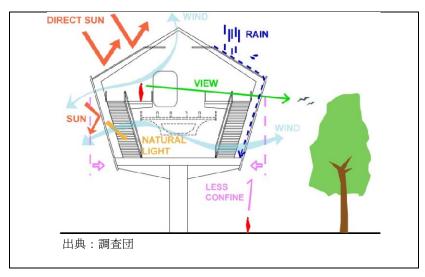


図 4.11.1 駅の整備コンセプト(案)

# 4.11.2 各駅の設計要件

本事業で整備予定の駅は、立地および地域性でそれぞれの特徴がある。個々の駅における 駅舎タイプ、ペデストリアンデッキの接続箇所、他の交通機関および将来の開発可能性な どを、表 4.11.1 に示す。

表 4.11.1 本事業で整備する各駅の概要・特徴

駅名		駅舎タイプ	ペデストリアンデッキ の接続箇所	他の交通機関			考慮すべき他の交 通機関との接続 (計画含む)		
				MmTH/ MMC/ P&R	鉄道	バス	駐車場	三輪車乗り場	RTS との接続
01	Fort	2プラットフォー ム+4路線	鉄道駅 / バスターミナル	MmTH	х	T*			
02	Transport Centre	1改札口タイプ	鉄道駅 / Beila 湖		x	Sp*			(2)
03	St. Joseph's	1改札口タイプ	National Hospital LRT 駅			Sp			
04	National Hospital	2改札口タイプ	St. Joseph's LRT 駅/ National Hospital			Sp			
05	Borella	2改札口タイプ	Building, Underground pass			Sd*			3
06	Cotta Rd.	1改札口タイプ			х	Sp			
07	Welikada	2プラットフォー ム+2路線	バスロータリー/ Nawala rd. / Cotta rd.	(MMC)		Sp		X	
08	Rajagiriya	1改札口タイプ				Sp			
09	Sethsiripaya	1改札口タイプ	Diyatha Uyama park			Sp			
10	Battaramulla	1改札口タイプ		MMC		Sp	(x)	(x)	
11	Palan Thuna	1改札口タイプ				Sp			
12	Robert Gunawardena	2プラットフォー ム+3路線				Sp	х	х	
13	Lumbini Temple	1改札口タイプ				Sp			
14	Talahena	1改札口タイプ				Sp			
15	Malabe	1改札口タイプ	乗換路線のあるバス停	MMC		Sd		X	5,6
16	IT Park	1改札口タイプ	駐車場	P&R		Sp	X	X	

T\*: バスターミナル、 Sp\*: バス停、Sd\*: 乗換路線のあるバス停

出典:調査団

**駅舎との接続**:エレベーターは、全ての駅舎タイプにおいて上り下りそれぞれの歩道に設置する予定である。また、2 改札口タイプは、上下線の歩道にエレベーターに加え、エスカレーターも設置する。ペデストリアンデッキは、鉄道駅、バス停、交差点、大規模商業施設、学校、病院などの、主要な施設と駅を結ぶ計画とする。駅舎の詳細な位置は、今後の地元協議において変更する可能性もある。また、ペデストリアンデッキの接続箇所に関しては、駅位置や周辺の地権者との議論をもとに、詳細設計にて詳しく検討することになる。

# 4.11.3 駅舎の計画概要

## (1) 施設概要

必要な諸室、設備、プラットフォームを含む駅舎の設計は、各駅の立地条件に基づき、利用可能なスペースを考慮して計画する。設計を行うにあたり、考慮すべき共通の計画概要を以下に記す。

• 駅事務所: 従業員4名、空調あり

• 改札機: 自動料金収受システム (AFC) 付き

• ショップ、キオスク: 空調あり

• 電気室: メンテナンス用に 4m x 3m の床開口を設ける(空調あり)

• 通信室: 電気室に隣接して設ける

ポンプ室: 地上レベルにおいて柱間に設ける

トイレ: 多機能トイレ、機械換気を設ける

• プラットフォーム (120m): 直線で計画可能な箇所に設ける。最小幅 3m (一部 2.1m の箇所あり)、自然換気 、風雨を防ぐための屋根付き

• セキュリティカメラ: CCTV 付き

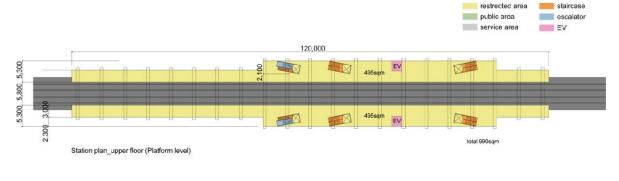
• 防火設備

上記に加えて、運営に必要な諸室(例えば倉庫など)が必要となる。

# (2) 駅舎タイプ

## 1改札口タイプ

ほとんどの駅舎がこのタイプに属する。改札口が 1 か所なので、ペデストリアンデッキは 改札のある方向のみに接続される。そのため、電気室や通信室などの旅客が利用しない諸 室は改札とは逆側に設けることとした。図 4.11.2 は、左側からのみのアクセスとなってい るが、左右反転して設ける事も可能である。



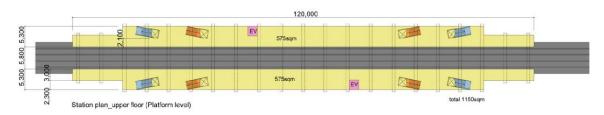


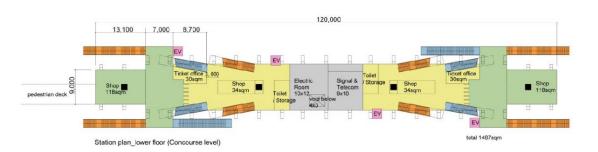
出典:調査団

図 4.11.2 1 改札口タイプの平面図

# 2改札口タイプ

このタイプは、2 つの駅(National Hospital 駅と Borella 駅)のみに採用されており、これら の駅は、主要な施設や他の交通機関とのアクセスが必要とされている。このタイプは左右 両側に改札口があり、旅客は両側からアクセスができる。電気室、通信室は中央に配置し、 旅客動線の妨げとならないよう考慮している。



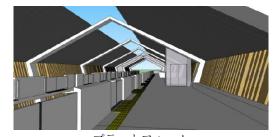


出典:調査団

図 4.11.3 2 改札口タイプの平面図



駅舎の外観



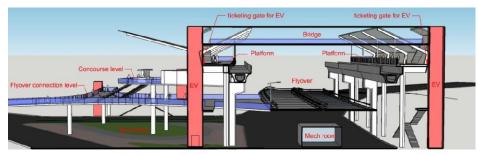
プラットフォーム

出典:調査団

図 4.11.4 2改札口タイプのイメージ図

# その他: Welikada 駅

Welikada 駅は、Rajagiriya フライオーバーの両横に分けて設置する必要がある。地上レベル にバスの転回場を設けるとともに、フライオーバー上にバスベイを設ける計画を提案した。 またこの駅は、上下線の線路がフライオーバーにより分離されているため、プラットフォー ムも分けて設置する必要があり、それらを結ぶ橋は、プラットフォームの上階に設けてい る。図 4.11.5 に、当該部分の断面イメージと作成した模型を示す。





出典:調査団

図 4.11.5 Welikada 駅の断面イメージ(上段)と模型(下段)

## (3) 駅舎の構造計画

本事業における駅舎の構造では、鉄道の高架橋の土木構造とは完全に切り離せるよう計画した。この手法は、平面計画、外装計画、費用、施工期間において多くのメリットがある。道路から伝わる振動を防ぐため、地上レベルからコンコースレベルまでを鉄筋コンクリート造、それより上は、自重を軽くするため鉄骨造とした。五角形の構造は、プラットフォームを支える柱を不要とし、コンコース階の自由な平面計画を可能とする。それだけでなく、コンコース階の横幅を抑えることで、地上階から見上げた時の圧迫感を抑えるようにした。図 4.11.6 に五角形の構造ダイアグラムを示す。

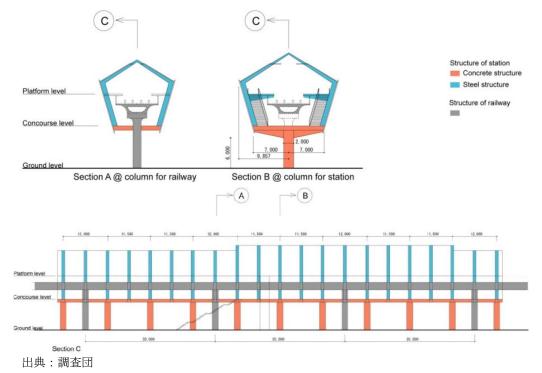


図 4.11.6 駅舎の構造ダイアグラム (建築構造・鉄道の土木構造との分離)

## 4.12 施工計画

#### 4.12.1 施工方法

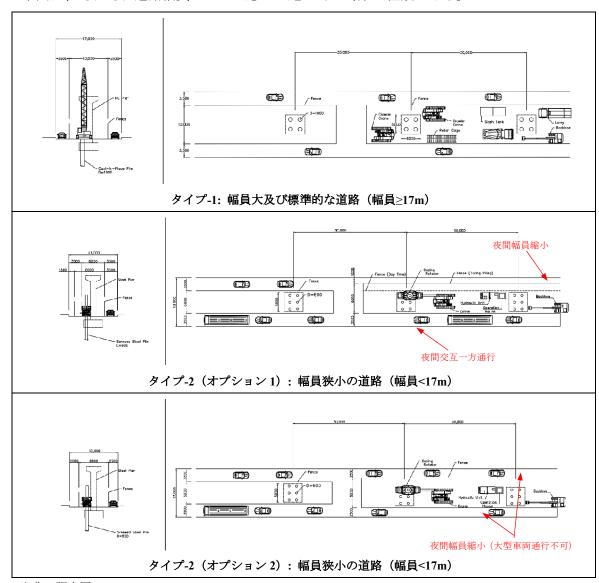
本事業の建設工事では、注意深く作成した計画や体制、急速施工技術の検討、高品質、スムーズな施工の実施、適切な調整、機能的数量的に十分な建設機械、最適な仮設ヤード、適切な交通管理、ユーティリティ移設、安全確保等が求められる。

以下に、各構造物の施工における留意点等を記す。

# (1) 高架橋

**基礎(杭基礎)**: 高架橋の基礎は、従来の場所打ち鉄筋コンクリート杭とパイルキャップで構成される。場所打ち杭とパイルキャップ施工のためのスペースや建設資機材の設置場所の確保するため、通常は、既存道路の中央部に少なくとも幅 10m の作業帯が必要となる。

下図は、それぞれ道路幅員レベルに応じた施工時の対策の種類である。



出典:調査団

図 4.12.1 既存の道路上における工事帯の配置例

タイプ-1: 幅員大及び標準的な道路(幅員 ≥17m): 幅員が 17m 以上の道路では、幅 10m の作業帯が道路中央部を占有しても、片側 1 車線以上を確保することができる。本事業の高架橋には、従来の場所打ち杭とパイルキャップが適用されるが、建設工事は車両通行止めにすることなくおこなうことができる。

タイプ-2: 幅員狭小の道路(幅員 <17m): 幅員が 17m 未満の道路では、両方向 1 車線を確保しなければならない場合、幅 10m の作業帯を中央部に設置することができない。そのため、幅員が十分でない道路においては、作業帯の幅が 8m あれば施工可能な鋼管回転杭(図 4.12.2 参考)の採用を計画している。これには、以下の二つのオプションがある。



出典:植田基エウェブサイト(http://www.uedakikou.co.jp/industrial/industrial eco.html)

#### 図 4.12.2 鋼管回転杭

- オプション 1 は、基礎工事ができるように夜間のみ作業帯を幅 8m に拡幅するものである。その際、片側の車線は幅 3.5m を確保できるが、もう一方の側の車線はわずか幅 1.5m となってしまう。そのため、幅 3.5m の車線は 5 分おき程度の相互一方通行が必要となる。
- オプション 2 は、同じく夜間のみ作業帯を幅 8m に拡幅するが、両方向の車線と も幅 2.5m に縮小し、小型車両のみが通行できる状況とするものである。そのた め、大型車両は、施工中は迂回する必要がある。

上記のオプション 1、2 とも、連続する 3~4 支間 (1 支間は約 30m) が道路中央の一つの作業帯に含まれることになる。下部工の構築は通常、片側から順次進められることから、作業帯は、下部工構築が完了するごとに 1 支間ずつ前方にスライドしていくこととなる。

幅員が狭小な道路においては、十分な作業スペースが確保できないことから、山留め用の 鋼矢板をパイルキャップのコンクリート型枠として用いることも検討する。この場合、鋼 矢板は引き抜いて再利用することはできないため、建設費が通常の方法よりも高くなる。

下部工: 本事業の高架橋下部工には、従来の鉄筋コンクリート造の橋脚が用いられる予定である。しかしながら、車両通行に影響が出る幅員が狭小な道路においては、施工期間を大幅に短縮できる鋼製橋脚が採用可能である(図 4.12.3 参考)。



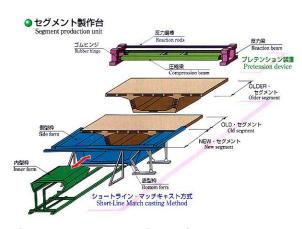
出典:調査団



出典:酒造教授(大同工業大学)ウェブサイト(http://www.daido-it.ac.jp/~doboku/miki/pier1.html)

図 4.12.3 鉄筋コンクリート造橋脚/鋼製橋脚(参考)

上部工: 上部工には、いくつかの箇所を除き、駅部を含む標準区間で PC 箱桁(図 4.12.4 参考)が推奨される。PC 箱桁の製作には、プレキャストコンクリート工法が用いられる。1 スパンの PC 箱桁(標準長 30m)は、いくつかのセグメントに分割され、本事業の計画路線沿いの仮設ヤードで製作される。仮設製作ヤードは、門型クレーンや屋根付きの作業場を備える。

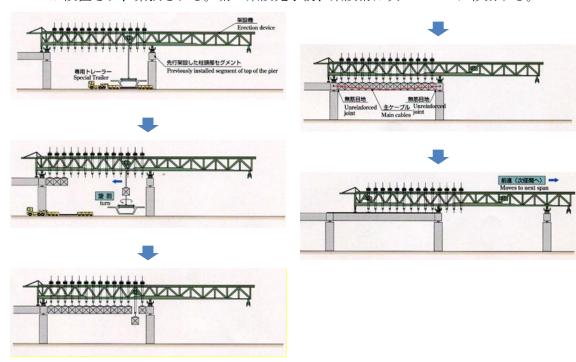




出典:昭和コンクリート工業ウェブサイト (http://www.showa-con.co.jp/cms/site/technology/c\_number06.html) および道路構造物ジャーナルウェブサイト (https://www.kozobutsu-hozen-journal.net/walks/detail.php?id=17&page=2)

# 図 4.12.4 PC 箱桁セグメント製作 (参考)

製作されたセグメントは、門型クレーンにより特殊運搬車両に載せられ、一つずつ建設現場に輸送される。桁の架設には、架設桁を用いたスパンバイスパン工法が適用される。各セグメントは架設桁により引き揚げられるが、すべてのセグメントが揃ったのち PC 主ケーブルが設置され、緊張される。桁の架設完了後、架設桁は次のスパンに移動する。



出典:昭和コンクリート工業ウェブサイト (http://www.showa-con.co.jp/cms/site/technology/c\_number06.html)

図 4.12.5 PC 箱桁セグメント製作(参考)

湖沼部 (Diyawanna 湖) における高架橋 (橋梁) 建設: この建設には、高架橋に平行した幅 10~12m の仮設桟橋(構台)と、既存道路から同仮設桟橋への接続道路の設置が求められる。加えて、杭工事や下部工建設のための仮締切が必要となる。上部工の構築についても、同仮設桟橋からの作業となる。高架橋建設完了後は、仮設桟橋ならびに仮締切はすべて解体、撤去される。



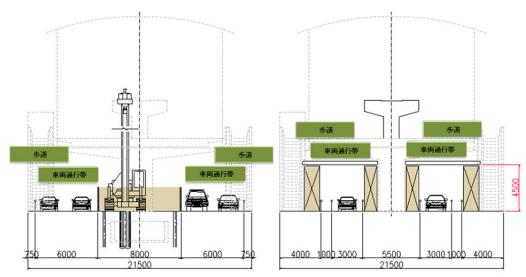
出典:京都府ウェブサイト http://www.pref.kyoto.jp/chutan/doboku/1228288326711.html

図 4.12.6 仮設桟橋および仮締切(参考)

#### (2) 高架駅

前述した通り、本事業の高架駅の設計コンセプトは、駅舎構造物全体を中央に配置される支柱で支持するものである。施工中、最も道路交通に影響を与えるのは、支柱頭部の張り出し部分の構築時である。この時点では、同張り出し部分の支保工設置のために、幅約 18mの作業帯が必要となる。そのため、施工中は、道路のうち片側 2 車線ずつを占有することになる。しかしながら、一旦、支柱頭部の張り出し部分の構築が完了し、コンコースレベルの支持梁及び床版が設置されれば、占有されていた車線は開放され、以後の工事は道路通行への影響を最小にして行うことが可能となる。

杭基礎施工時と、支柱頭部の張り出し部分の構築と、コンコースレベル支持梁ならびに床 版設置時の作業状況の概略を、図 4.12.7 に示す。



出典:調查団

図 4.12.7 高架駅建設時の工事帯の配置例

#### (3) 車両基地における土木構造物

車両基地は、既製杭(PHC 杭、長さ約 13.5m、径 600mm)の基礎と、鉄筋コンクリートスラブ(厚さ 300mm、梁あり、1 ユニット: 50m)から構成される人工地盤上に建設される(下図参照)。杭打ち作業後、ユニット単位で型枠および型枠支保工を組み、鉄筋コンクリートスラブを構築する方法を採用する。

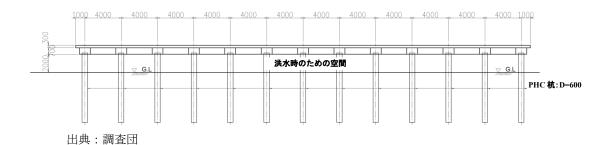


図 4.12.8 車両基地の人工地盤

重・軽整備工場、塗装工場、検査棟、車輪削正施設、車両工場、管理棟等の車両基地内の 建屋については、それぞれの荷重を支持するための独立した基礎を別途設計・構築する必 要がある。

# (4) ユーティリティ移設

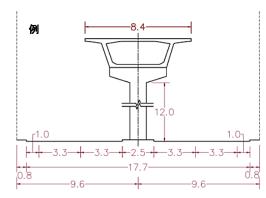
本調査において、高圧送電線(220kV、132kV)、電力線(33kV、11kV、400V(地下・架空)、電話線(地下埋設、光ファイバー含む)、架空電話線、水道管、下水管などのユーティリティが、本事業の構造物の構築に影響を与える可能性があることが判明した。

ユーティリティ移設のうち、高圧送電線 (220kV) の移設は、独立したパッケージで行うことで計画されている。コントラクターは、国内競争入札 (LCB) にて選定され、実際の移設作業は、下請けの専門業者により行われる予定である。その他のユーティリティ移設は、事業全体のスムーズな進捗のため、本事業の本体工事着工前に完了していることが望ましいが、詳細設計が完了して初めて、どのユーティリティが影響しているかが判るものもあり、いくつかのユーティリティ移設は、本体構造物の施工と並行して行われる。

#### (5) 主要な道路への高架構造物の設置(断面)

高架橋建設完了後の道路は、幅 3.3m の車線、幅 1.0m の硬路肩および高架橋の橋脚を含む幅 2.5m の中央分離帯で構成される。

多くの道路では、高架橋完成後も以前の車線数が確保されるが、一部の道路では、歩道が幅 1.5m を下回る可能性がある。それらの道路については硬路肩の幅を縮小することで、適切な歩道幅を確保することができる。



出典:調査団

図 4.12.9 本事業の高架構造物を含む道路断面図

#### 4.12.2 建設工事の安全管理

#### (1) 施工の安全に関する法律

スリランカ国には、日本の労働安全衛生法にあたる法律は存在しない。しかしながら、工場条令があり、主に工場作業の安全衛生のためのものであるが、建設現場や作業員にも適用される。なお、現在スリランカ国政府により労働安全衛生法の制定手続き中である。

#### (2) 施工の安全の現状

スリランカ国の建設業界の現状については、熟練工や経験豊富な下請け業者、施工の安全 管理、安全教育や訓練、品質基準、整備済み建設機械が不十分であり、事故が多発してい ると推測される。

# (3) 本事業の建設工事の特徴

本事業の建設工事の特徴として、高架構造物、交通量の多い場所での施工、重機の使用、溶接作業、水上作業、高圧線近接などが挙げられる。

#### (4) ODA 建設工事安全管理ガイダンス

上述の建設工事における特徴に対して、掘削作業、杭基礎作業、型枠・型枠支保工作業、 鉄筋作業、コンクリート作業、水上作業、墜落災害の防止対策、公衆災害・交通事故の防 止対策、飛来落下災害の防止対策、崩壊・倒壊災害の防止対策、建設機械・設備災害の防 止対策、保護具などについて、JICAの「ODA建設工事安全管理ガイダンス」に記されてい る安全施工技術指針や事故防止対策にもとづき、施工されるべきである。

#### (5) 建設工事の安全管理

建設作業は、承認済みの安全計画や施工計画書に規定される安全管理に則しておこなわれる。コントラクターにより指名され、発注者により承認された安全管理者は、建設作業に係る安全に対して責任を負うとともに、コンサルタントの安全衛生・環境専門家や施工監理者の監視のもと、職務を全うする。

#### 4.13 障害とジェンダーの主流化

# 4.13.1 障害の主流化に係る法制度の枠組みと課題

スリランカ国では、障がい者の権利保護法 (1996 年) と障がい者へのアクセシビリティーの規則 (2006 年) が整備されており、人権の保護と促進に向けた国家アクションプラン 2017 ~2021 においても障がい者の公共交通のアクセシビリティーの担保が記載されている。

調査の結果、スリランカ国のアクセシビリティーに関する規則では、導入予定の自動改札・エレベーターなど、基準がないものが存在することや、寸法に誤植が見られ、そのまま適用できないことが判明した。また、これらの法令・規則の実施状況としては、比較的新しい建築物には、スロープ・誘導タイルが設置されているが、手すりの高さが低すぎる、スロープの素材が滑りやすい素材でできている、誘導タイルが正しく貼られていないなど、規則が必ずしも適切に実施されていない事例が見られる。

また、障がい者への聞き取りの結果、視覚障がい者は盲学校で点字・誘導ブロックについて学習し外出訓練を受けているが、屋外や公共交通機関で誘導ブロックが適切に敷設されていないことが指摘された。また、スリランカ国では中途失明者が多く、点字を読むことができないという現状が報告されている。鉄道駅などを踏査した結果、駅構内にエレベーターがなく、また、車両とプラットフォーム間に高い段差があり四肢障がい者が介助者なしで使用するのは困難を伴うことが判明している。

#### 4.13.2 ジェンダーの主流化に係る法制度の枠組みと課題

スリランカ国では、スリランカ国憲法や 1983 年に制定された女性憲章で性差別を禁止し、平等な権利を保障している。また、人権の保護と促進に向けた国家アクションプラン 2017~2021 においても女性の公共交通分野における安全で平等な労働環境の確保が記載されており、性暴力に対する政策枠組みおよび国家アクションプラン 2016~2020 においては、公共交通機関内のセクシャルハラスメントへの対応と、質の高い交通サービスの提供が戦略と行動の一つとして挙げられている。

公共交通機関を使用する女性に係る正式な統計データは存在しないが、世界銀行が実施した聞き取り調査では、80 パーセント以上の女性が公共交通機関を使用した際にセクシャルハラスメントを経験したという結果が報告されている。また、スリランカ国においては男性の労働市場参加率74.9%に対して、女性が半数以下の35.6%の状況であり、公共交通機関の整備の際には、女性の雇用、開業後の女性の労働市場の参加促進が求められている。

# 4.13.3 アクセシブルな LRT に向けたワークショップの実施

本事業の実施者であるメガポリス省職員の理解向上と、障がい者団体との意見交換による相互理解、また、障がい者および移動制約者(妊婦等)に駅舎の施設の原寸大のモデルを体験し、その使い勝手を確認することを目的にワークショップを実施した(2017 年 9 月 6 日と 7 日の 2 日間)。

ワークショップには、ジェンダーおよび障がいの主流化に関係する政府機関を含むスリランカ国政府機関、障がい当事者団体、NGO、障害者、妊娠後期の妊婦が参加した。また、日本からは、バリアフリーの事例紹介や、意見交換・体験のファシリテーションとして、公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団から2名の専門家に参加いただいた。また、青年海外協力隊員にも、意見交換や体験に関する支援を得た。

ワークショップの実施内容や実施風景は以下のとおりである。

# 表 4.13.1 アクセシブルな LRT に向けたワークショップのプログラム

# ワークショップのプログラム

- 日本のバリアフリーの事例紹介
- 政府機関職員と障害者による、アクセシブルな LRT システムに対するグループ ディスカッション(駅舎・アクセス・車両・人材育成)
- 障害当事者による公共交通機関の移動の制約の事例紹介
- 原寸大モデルを用いた券売機、改札、手すり、エレベーター、プラットフォーム の幅員・高さの確認

出典:調査団



出典:調査団

図 4.13.1 ワークショップの様子と駅施設の体験概要

ワークショップで体験した原寸大モデルのうち、スリランカ国の基準を用いて作成した券 売機については、コイン投入口の高さが届き難いとの意見を得たが、その他のモデルにつ いては問題なく使用できることが確認された。

スリランカ国においては、インフラ開発案件の調査段階で障がい当事者による参加型のワークショップを実施することは初めての試みであり、ワークショップを通じて、メガポリス省 PMU と障がい当事者団体および NGO の協力体制を構築することができた。

# 第5章 概略事業費

## 5.1 概算事業費の算出

#### 5.1.1 事業概要

事業概要は、表 5.1.1 に示すとおりである。営業運転の開始は、2025年に設定されている。

#### 表 5.1.1 事業概要

項目	内容		
本線	Fort 駅 ~ IT Park 駅(車両基地に接続) 構造物延長:17.0 km(駅間距離:15.7km)、駅数:16 駅		
車両基地	総面積:16.0 ヘクタール (ha) (鉄筋コンクリート造の人工地盤面積:11.5 ha)		

出典:調査団

## 5.1.2 事業費の算出条件

#### (1) 算出条件

事業費算出条件を、表 5.1.2 に示す。

## 表 5.1.2 事業費の算出条件

「非公開]

#### (2) 建設ベースコスト

建設工事は、以下の3つの主項目に分けられる。

- 車両、E&M(電気・機械)システム、軌道構造物、AFC(自動料金収受)システム
- 車両基地(機器・設備類、土木構造物、建屋等)
- 本線構造物(高架橋、駅舎)

車両、E&M システム、軌道構造物、AFC システムの費用算定にあたっては、過去の実績や業者からの見積りを参考に計算された単価を用いている。

土木構造物や建築構造物(駅舎や車両基地の建屋)、ユーティリティ移設の建設工事単価は、スリランカ国の他プロジェクト(New Bridge Construction Project over the Kelani River(ケラニ河新橋建設事業)等)や、アジア諸国における類似案件の参考工事単価、コントラクターやメーカからの見積り、スリランカ国の Ministry of Higher Education & Highways(高等教育・道路省)による「Highway Schedule of Rates(HSR)」の単価をもとに設定した。

#### (3) コンサルティング・サービス費

「非公開]

#### (4) 土地収用費

土地収用に係る概算費用は、別途、路線上に影響のある家屋、車両基地に必要な用地などから算出した。

#### 5.1.3 概算事業費

概算事業費は、建設工事、ユーティリティ移設、予備費、コンサルティング・サービス、 土地収用、管理費、VAT 他を含み、算出された。

## 表 5.1.3 本事業の事業費

「非公開]

5.2 建設費の妥当性

[非公開]

5.3 調達方針

[非公開]

#### 5.4 STEP の適用可能性

当該事業は、本邦技術活用条件(STEP)の適用が想定されており、本調査において、本邦企業が有する土木・建築工事や機器、資機材に関する先進的な技術について、優位性、技術妥当性、経済性、自然環境への影響等の観点で適用可能性を検討した。

STEP 適用可能な品目やサービスを想定し、それらの想定金額および建設費全体に占める比率を表 5.4.1 に整理した。STEP 適用項目の想定金額の合計は、建設費全体の 47.1% となり、これは 30%以上という STEP のルールを満たしている。

なお、これらの金額や比率は、本調査における想定であり、最終的な数値については詳細 設計後に示される。

#### 表 5.4.1 STEP 適用項目の想定金額と比率

[非公開]

## 5.5 コスト縮減策

コストの縮減については、施工法や施工技術、工程、契約形態の最適化や事業計画の見直しの様々観点から検討した。具体的に採用したコスト縮減策は、以下のとおりである。

線形:用地取得面積の最小化、曲率半径を100m以上とすることによる標準型車両の採用可能化、線形の最適化による本線延長の短縮

高架橋:桁の標準化(長さ30m、幅8.4m)、スリランカ国で普及している鉄筋コンクリート場所打ち杭の採用、幅員の狭小な道路区間における鋼管回転杭の使用(場所打ち杭よりも施工期間が短い)、駅部における駅舎と高架橋の構造分離による設計作業の縮小(高架橋は他区間と基本的に共通のため設計不要)

**車両基地**:鉄筋コンクリート造による人工地盤への既製杭(PHC 杭)の採用、人工地盤面積の最小化、車両基地パッケージの先行開始(本線構造物パッケージよりも早くした)

その他:第三軌条の採用、現地国および発展途上国の資機材等の活用、構造物構築に影響するユーティリティの事前把握

# 第6章 組織計画および運営保守(O&M)

## 6.1 運営保守の基本方針

調査期間中、運営保守(Operation and Maintenance: O&M) ワーキンググループを設立し、本事業の運営保守に関しての基本方針やスキームについて議論した。以下は、重要な基本方針とスリランカ政府が実施すべきアクションとして了解された内容である。

**O&M について自律性を持った組織とすること:**高質な鉄道サービスの提供と収益性の高い 鉄道事業の運営を実現するためには、事業主体は自律性を持った管理が出来るようにしな ければならない。

**政府による財政支援の担保**:持続的な鉄道運営を実現するためには、損益が黒字に転換するまでの間、事業主体に対して政府が財政支援をおこなうしくみを構築する必要がある。

**法制度の創設**:運営保守のスキームに応じ、国が事業主体を管理するためには、法制度の 構築が不可欠である。

## 6.2 運営保守の事業主体の提案

運営保守の事業主体の設立に際しては、①組織の経営、特に人的管理体制について独自の 判断が出来る自由度を有すること、②収入と運営保守費との間に大きな赤字が発生した際 に確実に政府がこれを支援できるしくみを構築すること、の2点が実現できる組織形態が 重要である。

これを前提として望ましい組織形態を議論したところ、O&M ワーキンググループのメンバーの多くは、本事業の事業主体に対する政府出資が 50%以上の場合、設置に際し特別法の制定が必要であることから、これを避けるため、政府出資が半数未満の民間との合弁企業が適切との意見であった。また、政府出資が過半数となる場合、同様に鉄道を営むスリランカ国鉄を考慮すれば、新たな LRT 事業会社が政府系企業であるにも関わらず自由度の高い雇用条件を採用することとなり、同鉄道の従業員にとっては LRT 事業会社との違いに違和感を覚えることが懸念される、との意見が挙がった。

さらにワーキンググループメンバーの多数意見として、もし政府が事業会社に対して損失 補てん制度を構築できるのであれば、経営の自立性を担保するためにも民間出資が過半数 の会社が望ましいとのことであった。

今後、スリランカ政府の状況に合致した望ましい事業スキームについて、さらに O&M ワーキンググループにて議論が続けられる予定である。

## 運営保守の作業スキーム

運営と保守の作業を実施するためには、一般に以下の3つのスキームがあり得る。

タイプ A: 事業主体自らが運営と保守を実施する。

**タイプ B**: 運営は事業主体が自らで実施するが、保守は他の企業に外注して実施させる。

タイプ C:他の企業に対して運営・保守の作業をすべて委託する。

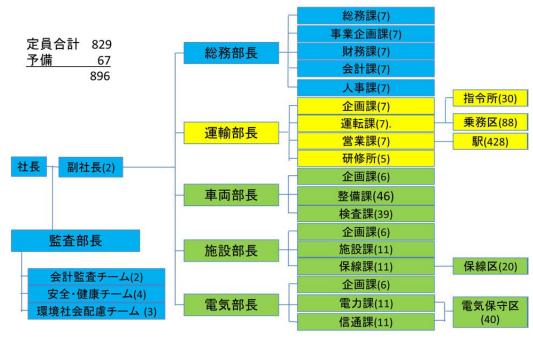
これらいずれの方法でも鉄道事業の運営は可能であるが、事業主体が運営・保守作業のリ

スクをどこまで負おうとするか、もしくは、委託事業者にどの程度の金額を支払おうとするかの考え方で採用が異なってくる。

事業の持続性と、今後、スリランカに LRT の運営保守に関する産業を育成することを考えれば、開業前に運営保守の技能教育を完全に受けることができる支援体制の構築を条件に、タイプ A が推奨される。このため、運営保守の技能教育に対する支援制度の構築が重要となる。

#### 6.3 運営保守の組織体制

運行計画にもとづき、本事業における LRT の運営保守に必要な人数と組織体制を検討した。 図 6.3.1 にその結果を示す。



出典:調查団

図 6.3.1 運営会社の職員数および組織図

#### (1) 運営保守のコスト

2025年と2035年の運営保守のコストを、人件費、運輸・保守費、電力費、管理費として試算した。その結果を表 6.3.1 に示す。

費用 (1,000 LKR/年) 項目 2025 2035 職員人経費 953,940 953,940 運輸費 637,211 955,816 外注費および 車両保守費 404,521 606,781 部品•消耗品 土木保守費 415,922 415,922 代 電気保守費 499,107 499,107 電力費 573,641 860,461 管理費 95,394 95,394 合計 3,579,736 4,387,421

表 6.3.1 運営保守費の試算 (2017年価格)

出典:調査団

## (2) 都市鉄道 (LRT) に対する法制度

都市鉄道やLRTの運営保守の形態は、国鉄とは大きく異なることから、スリランカ国鉄の 法体系とは別の法体系により管理されることが望ましい。このためには、都市鉄道のため の法律を創設しなければならない。以下が、都市鉄道のための法律に必要な項目である。

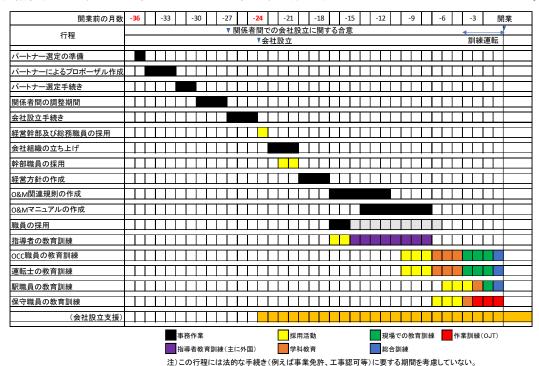
- a. 路線計画建設
- b. 免許、運賃制度、事業報告等、運営上必要な制度
- c. 事業者に対する規制、監督権限
- d. 事業者、旅客、第三者に対する義務と罰則

理想的には、本事業の建設を開始する前にこれらの内容を含む新法律が制定されることが 望ましい。しかし、法制定には長時間を要するので、これは困難と考えられる。

民間企業によって建設が行われる場合には、その監督のためには、建設開始前に $b\sim d$ を含む法制度を整備しておく必要がある。しかし、本事業の場合、建設は政府によっておこなわれるため、監督は政府内部でおこなえる。このため、少なくとも開業前にdに関する法制度を整備することが必須である。

## (3) 開業に向けた運営主体のスケジュール

開業に向けて必要となる運営主体の設立および作業のスケジュールをに図 6.3.2 示す。開業には、設備が完全に動く状態で運営主体に引き渡されてから、運転士等の訓練に 3 か月、総合訓練に 1 か月の計 4 か月を要する。また、その前に必要な、採用期間、指導者の訓練(主に海外で行う想定)、社内の規程類の整備、社内体制の立ち上げ等を考慮すると、会社設立は遅くとも開業の 2 年前に、設立準備は遅くとも 3 年前に始める必要がある。なお、設備仕様に運営方針を反映させるため、運営会社の設立は早ければ早い方が望ましい。



出典:調査団

図 6.3.2 運営会社の立上げスケジュール

# 第7章 プロジェクト評価

#### 7.1 経済分析

本調査の経済分析は、事業実施による資源の効率的配分と、投資が国家に利益をもたらし、国民経済の発展につながるかどうかを評価するために行われた。具体的には、「With-Project」と「Without-Project」のシナリオを設定し、その差分として、経済便益、経済費用を算出し、経済費用便益分析を行うことで、経済分析の評価基準である経済的内部収益率(Economic Internal Rate of Return: EIRR)と経済正味現在価値(Economic Net Present Value: ENPV)を算出した。なお、本事業のプロジェクト実施期間として35年間(2018年~2052年)を想定した。

#### 7.1.1 経済分析の前提条件

- 基準年は2017年とする。物価上昇は考慮しない。
- 割引率は、スリランカ財務計画省が発行した「2001 年運輸セクターにおける公 共投資評価」やスリランカの他の運輸セクター事業において用いられている12% を適用した。
- スリランカの貿易統計にもとづき、過去5年間の平均の標準変換係数 (SCF) として0.92 を適用した。

#### 7.1.2 経済便益の項目

## (1) 旅客・貨物車両の運行費用 (Vehicle Operating Cost: VOC) の節約効果

VOC の単価は、「2001 年運輸セクターにおける公共投資評価」に示された単価にもとづいて算出された。代表的な 6 車種(オートバイ、三輪車、乗用車/小型バス、中大型バス、中大型 2 軸トラック、大型 3 軸トラック)における速度帯別の VOC を、2017 年価格に変換して算出した。

#### (2) 旅客・貨物別の輸送時間(Travel Time Cost: TTC)の節約効果

旅客の時間価値単価は、CoMTrans プロジェクトにおいて 2013 年に実施された家庭訪問調査の結果と、国勢調査局が 2012 年に実施した家計調査の結果にもとづき、3 つの所得カテゴリーに分けて算出した。所得のカテゴリーは、家庭訪問調査における車両保有と車種選択の特性を考慮して分類され、平均世帯所得は 2012 年の家計調査をもとに推計された。なお、同数値は 2017 年価格に変換して使用している。

#### (3) 交通事故の削減効果

交通事故による損失額は、「2001 年運輸セクターにおける公共投資評価」によって示された方法で推計した。1999 年の車両 1km あたりの交通事故発生率に伴う損失費用を 2017 年価格に変換した。また、この損失費用は毎年 4%減少するとして算出した。

## (4) 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の排出削減効果

車種別の $CO_2$ 排出原単位および2017年時点の $CO_2$ 排出権取引価格である0.19ユーロ/t- $CO_2$ e (0.21 米ドル/t- $CO_2$ e) を用いて排出削減効果を算出した。

## 7.1.3 経済費用への変換

建設費は、SCF(Standard Conversion Factor)の 0.92 を用いて財務価格から経済価格への変換を行った。なお、物価上昇、付加価値税、金利コストなどは含まず、また土地取得費用のうち損害賠償費用のみを経済価格に含めた。また、更新費および維持管理費は、SCF を利用して経済価格へ変換した。

#### 7.1.4 経済分析の結果

費用便益分析の結果としては、ベースケースにおいて、EIRR は 20.18%、ENPV は 1,743 億 LKR となった。EIRR は、割引率の 12%を上回り、ENPV はプラスの数値となっていることから、プロジェクト実施は、国家経済の観点から経済的妥当性があると判断される。

感度分析として、i) 経済便益 10%減、ii) 経済費用 10%増、iii) 経済便益 10%減および経済費用 10%増、の 3 つのケースについて実施した。その結果、すべてのケースにおいても経済的実現可能性が得られることが分かった。なお、経済便益の 50%減、経済費用の 210%増を適用した場合でも EIRR は割引率(カットオフレート)の 12%を上回る結果となる。

便益 -10% 指標 ベースケース 便益 -10% 費用 +10% 費用 +10% **EIRR** 20.18% 18.97% 19.08% 17.91% ENPV (10 億 LKR) 174.3 142.4 159.9 128.0

表 7.1.1 経済分析の結果(感度分析含む)

出典:調査団

#### 7.2 財務分析

## 7.2.1 本事業における LRT 運営会社の財務分析

本事業におけるLRT 運営会社設立のために必要な財務分析は、収入としては、LRT の運営による収入(料金収入と広告などその他収入)とし、費用としては、会社設立費用(開業前の職員訓練等)、維持管理費、更新費(車両、信号・通信、電機・機械機器)、減価償却費、金利コストなどの財務費用を推計し、4つのケースにて分析した。なお、この分析では、初期投資(建設費用)は、政府資金によって負担されることを前提とした。

指標としては、投資収益率および債務返済能力を測定することを目的に、財務内部収益率 (FIRR)、純現在価値 (NPV) および、平均デット・サービス・カバレッジ・レシオ (ADSCR) を用いた。評価期間は、2回の車両交換を想定することから、30年間の車両耐用年数を用いて、運行開始後の60年間 (2025年~2084年) にて実施した。

## (1) 評価・分析のケース

LRT 運営会社としての実現可能性は、3 つの運賃水準に対して、更新費用の分担(政府と運営会社)について場合分けをおこない、以下の4 ケースにて実施した。

運賃水準については、普通バスの運賃を基準とし、その 1.2 倍、2.3 倍の種類を採用した。これらは、初乗り 1.5km までのベース運賃(15LKR, 18LRK, 27LKR)と、その後の対距離運賃(2.55LKR/km, 3.4LKR/km, 5.1LRK/km)から構成される。これにより、Fort~Malabe 間の運賃は、48LKR, 62LKR, 93LKR となる。前述の 0&M ワーキンググループの委員からは、2.3 倍のケースにおいても同区間の運賃が 100LRK 未満となることから、現状のバイクによる諸費用と同様であり、十分にコロンボ市民にとって支払い可能レベルであると判断された。

表 7.2.1 評価・分析のケース

項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
ベース運賃	普通運賃×1.2 (15 LKR)	普通運賃×1.5 (18 LKR)	普通運賃×1.5 (18 LKR)	普通運賃×2.3 (27 LKR)
参考運賃 (Fort-Malabe)	48 LKR	62 LKR	62 LKR	93 LKR
更新費用(車両、サービス施設、情報システム、 電力システム等)の運営 会社負担	/ステム、   一部負担 (単阿   全負担 (60 年		全負担(60年間)	
更新費用に係る減価償 却費の運営会社負担	負担なし <sup>6</sup>	費用負担	費用負担	費用負担

出典:調査団

## (2) 財務分析(LRT 運営会社)の結果

上記の前提条件と分析ケースに対して実施した、LRT 運営会社としての財務分析の結果を下表 7.2.2 に示す。

表 7.2.2 財務分析の結果

項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
税引後純利益が、黒字を 達成する営業年数	29年	1年	1年 1年	
税引後累積純利益が、黒 字を達成する営業年数	なし	12年	13年	3年
運転資金拠出のための 短期借入の必要性	28 年間(合計 8,140 億 LKR)	9 年間(合計 27 億 LKR)	6年間(合計6 億 LKR)	借入不要(自己 資金のみでの運 営が可能)
更新費用拠出のための 長期借入の必要性	更新費用は負担 しない想定のた め不要	営業開始後の 30年目、40年 目、60年目	営業開始後の 10年目、15年 目、20年目、30年目、40年目、60年目	営業開始後の 30年目
更新費用拠出のための 政府支援による出資或 いは補助金の必要性	100%政府が負担することを前提	更新費の一部負担であるため追加の支援は不要と想定	営業開始後の 10年目、15年 目、20年目、30年目、40年目、 60年目	政府支援は不要 (自己資金のみ で運営が可能)
投資家への配当金支払 いが可能となる営業年 数(資本金の20%であ る216百万LKRを想定)	29 年	11 年	41 年	1年
FIRR (>8.87% <sup>7</sup> ) NPV (>0) 最低 ADSCR (>1.2)	マイナス ▲1480 億 LKR ▲1.40	9% ▲2 億 LKR 0.02	マイナス ▲74 億 LKR ▲0.99	27% 85 億 LKR 2.00

出典:調査団

 $<sup>^5</sup>$  このケースは、更新費用とそれに係る減価償却費は、LRT 運営会社が負担せず、政府補助金などで賄われると想定。

<sup>6</sup> 同上

<sup>7</sup> スリランカ短期国債利回り (2017年8月時点)

評価結果をみると、ケース 2 とケース 4 のみが、資本の機会費用 8.87%を上回るプラスの FIRR を記録したことを示している。債務返済能力を測定するための最低 ADSCR (一般的 に 1.2 を上回る $^8$ ) については、ケース 4 のみが 1.2 を超えていることを示している。

したがって、ケース 4 で示した運賃水準 (普通バスの運賃×2.3) のケースが、運転資金および更新費用が賄え、かつ配当金を支払うことができる財務的に健全なケースであり、この運賃水準での事業実施が適切であると提言する。

## 7.2.2 プロジェクトの財務分析

本事業の財務分析を、建設費、収入、維持管理費、更新費の推計値を用いて実施した。投資収益率を測定する指標として FIRR と NPV を算出した。評価期間としては、35 年間のプロジェクトの実施(2018 年~2052 年)が想定された。

本事業の財務分析の結果、FIRR はマイナス 5.17%であり、NPV はマイナス 1,900 億 LKR となった。プロジェクト期間中、正味キャッシュフローは、マイナスからプラスに転換しない結果となった。

プラスの FIRR を達成するためには、広告、スペース貸し、エキナカビジネスなど、その他運賃以外の収入を増やすことが考えられる。プラスの FIRR を達成するためには、LRT の運賃収入の 110%を他の収入(現在は 7%を想定)として確保する必要がある。また、資本の機会費用である 8.87%を達成するには、運賃収入の 490%に相当する収入が必要となる。

## 7.3 運用・効果指標

本事業の運用・効果指標は、表 7.3.1 に示すとおりである。定量的評価のための指標は、 プロジェクト実施時の運用状況とその影響・効果を確認するために設定された。それぞれ の目標値は、旅客需要予測や列車運行および運営計画をもとに設定された。

-

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Cesar Queiroz, Financial Assessment of PPP Projects

表 7.3.1 運用・効果指標(案)

	福口	}}⊀ <del>( L</del> -	目標値	
	項目	単位	2025 年	2035 年
	旅客数	旅客/日	363,000	498,000
	PPHPD	旅客/時間/方向	14,300	19,800
	年間旅客キロ	100 万旅客キロ/年	660	880
	年間運賃収入	100 万 LKR/年	5,017	6,979
	列車運行数			
運用	1) Fort 駅〜Robert Gunawadena 駅間の1日1 方向あたりの営業列車本数	列車/日	222 (4 車両)	222 (6 車両)
指標	2) Robert Gunawadena 駅~IT Park 駅間の1日1 方向あたりの営業列車本数 <sup>9</sup>		147 (4 車両)	147 (6 車両)
	稼働率10			
	1) 故障なし (22 編成による運行)	%	91.7	92.0
	2) 目標運行(運行不能となる列車・日/年)	70	91.0 (61 列車・日)	91.0 (89 列車・日)
	1日あたりの列車走行距離	km/∃	6,245.40	6,245.40
	所要時間 (Fort-Malabe 区間)			
	1) 乗用車11	分・秒	40 分	45 分
	2) LRT(快速列車)	カ・fb 	28分10秒	28分10秒
	3) LRT (普通列車)		32分50秒	32分50秒
	本事業(LRT)へのモーダルシフト	1) +2) = 100%		
効果	1) バスから LRT への旅客シフト <sup>12</sup>	%	71	57
指標	2) 乗用車、オートバイ、三輪車から LRT への 旅客シフト	%	29	43
	駅での停車時間を除いた平均走行速度 (Fort-Malabe 区間)			
	1) LRT(快速列車) <sup>13</sup>	km/h	36.2	36.2
	2) LRT (普通列車) <sup>14</sup>	km/h	34.5	34.5

出典: JICA「円借款運用・効果指標リファレンス」(2017年11月)を参考に調査団作成

上記以外のプロジェクト実施の効果については、以下に示す項目が想定される。現時点では、これらの定量的価値を測定することは難しいが、実施機関が社会経済的影響を測定しかつモニタリングする仕組みを確立すれば、定量的な測定が可能となる。

- 本事業の LRT 駅沿いの都市開発 (土地の価値、開発エリア/フロア)
- 本事業の LRT 沿線の税収の増加
- 児童、障がい者、高齢者の LRT 利用者数

<sup>9</sup> Robert Gunawadena 駅において、オフピーク時には、利用者は快速から普通・普通から快速に乗り換えることが可能。

<sup>10 「</sup>運行中の列車数」:「保守点検中の列車を除いた全列車数」

 $<sup>^{11}</sup>$  平均所要時間。Google Map 交通状況による最近の所要時間は Rajagiriya フライオーバー建設の影響により  $40{\sim}80$  分である。

<sup>12 「</sup>本事業実施前にバスを利用していた旅客数」÷「本事業のLRTの全旅客数」

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> LRT (快速列車) の平均速度 (Fort-Malabe 間) = 「距離: 14.835km」÷「実質走行時間: 0.41 時間」

 $<sup>^{14}</sup>$  LRT(普通列車)の平均速度(Fort-Malabe 間)=「距離: $14.835 \mathrm{km}$ 」÷「実質走行時間:0.43 時間」

# 第8章 プロジェクトの実施計画

#### 8.1 概要

プロジェクトの実施期間は、表 8.3.1 の工程表に示されるように、土木・システムなどの基本設計・詳細設計および施工段階に分かれる。この工程(案)は、重要でかつ工程に影響を与える工事種類(土木とシステムの連携に配慮)や、その他の必要手続き(環境影響評価書、住民移転、用地取得などの承認を含む)などを考慮したものである。

加えて、スリランカ政府や関係省庁で必要となる承認プロセス (例えば、料金設定や事業主体) などについても確認のうえ、工程表に反映させたものである。

#### 8.2 契約パッケージの考え方

[非公開]

#### 8.3 プロジェクトの実施工程

想定されるマイルストーンをもとに、ゼネラルコンサルタントの調達や各契約パッケージの工事工程および用地取得の工程などを含む「プロジェクト実施計画」を作成した。この工程表を表 8.3.1 に示す。

## 表 8.3.1 プロジェクト実施計画

[非公開]

# 第9章 環境社会配慮

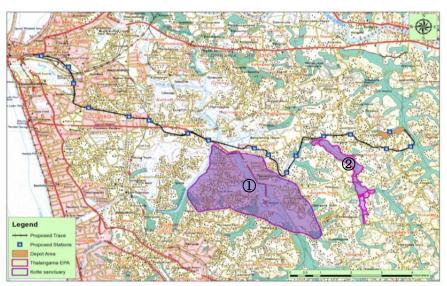
#### 9.1 概要

#### 9.1.1 JICA 環境社会配慮ガイドライン

本案件は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2010 年 4 月制定)に掲げる鉄道セクターに該当するため、カテゴリーA に該当する。

## 9.1.2 プロジェクトエリアの概要

本事業は、コロンボ中心部から東部の郊外エリアを接続するネットワークとなる。対象路線の西側エリアは主に商業地域として利用され、Malabe に向かう東側エリアは、Diyawana 湖や農地などの空閑地が広がる準都市エリアとなっている。対象路線の周辺には、Thalangama 保護区および Sri Jayewardenepura 鳥類保全区が位置している。また、構造物はは、用地取得を最小化するために、高架構造として大半のルートが既存道路に建設される。



出典:調査団

注:①が Sri Jayewardenepura 鳥類保全区、②が Thalangama 保護区)

図 9.1.1 プロジェクトエリア

## 9.2 自然環境への影響

## 9.2.1 環境影響評価(Environmental Impact Assessment)プロセス

スリランカ国内法上においても、国家環境法(National Environmental Act)に掲げる、①鉄道事業、②4へクタールを超える土地の埋立、③指定保護区、動植物保全地域の境界線から100m以内の開発に該当するため、EIAの実施が義務付けられている。スリランカにおけるEIAの実施は、中央環境局(Central Environmental Authority)が管轄し、以下のプロセスで実施される。

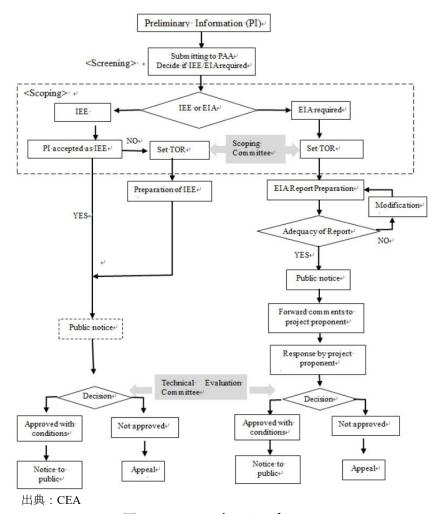


図 9.2.1 EIA/IEE にプロセス

#### 9.2.2 環境影響

本事業による環境社会影響に関して、環境汚染(5項目)、自然環境(4項目)、社会環境(14項目)およびその他(2項目)の25項目に対して、建設段階および操業段階の各段階において想定される影響について影響評価を行った。

環境評価の結果、主要な影響は、工事中に発生することが見込まれている。環境汚染項目では、建設活動により大気、騒音および振動の項目で著しい影響が見込まれ、社会環境では土地取得、生計手段の損失、既存の社会インフラ(道路交通への影響)に対して影響が著しくなることが予測された。また、工事活動による水質への影響、建設工事で発生する廃棄物管理による影響、水象への影響、樹木の伐採(主に街路樹)、土地利用の変化、利益相反(バスなど交通交通システムへの影響)、通学への影響、菩提樹への影響、景観への影響、労働者の流入による健康影響、及び労働環境に関して負の影響が見込まれる予測となった。

供用時は、鉄道の運行による騒音・振動、駅および車両基地から生じる固形廃棄物および 排水による影響が想定される。騒音・振動に関しては、当該国における鉄道に対する騒音・ 振動基準が設定されていないため、日本や豪州等の基準値を本調査では参照した。騒音モ デリングの結果、この騒音は日本および豪州における鉄道に対する騒音基準値を満たす予 測結果となった。

正の影響として、本事業におけるLRTの導入により、道路上の交通量を減少させることによる大気質の改善への貢献、建設時およびLRTの運営維持管理時における雇用創出、交通システムの改善などが見込まれる。

また、代替案分析として、複数の区間においてルートの代替案分析を環境面、社会面、経済面及び技術面の観点より総合的に比較評価を行った。その中で、Thalangama 保護区を通過するルートに関して代替案分析を行った結果、Thalangama 保護区を通過しない案を採用することとした。

# 9.2.3 環境管理・モニタリング計画 (Environmental Management and Monitoring Plan: EMMP)

本調査を通じて確認された環境社会影響を緩和・管理するため、本事業の工事中および供用時の環境管理計画(Environmental Management Plan: EMP)が策定された。工事中の EMP には、建設工事の活動で見込まれる大気汚染、水質、振動等に対する緩和策、自然生態系および土地取得、生計手段の損失、交通渋滞、既存のインフラ施設、労働環境等への影響に対する管理計画が含まれる。また、供用段階は、排水管理、騒音・振動、労働環境等への管理計画が策定されている。緩和策は、実施機関である MMWD の監督のもと、工事中は請負業者が実施し、供用時は運営維持管理会社が実施することとなる。

また、法令順守と事業活動の適切な実施を担保するために、本事業の環境モニタリング計画(Environmental Monitoring Plan: EMoP)を策定した。EMoP は、モニタリングにかかる項目、方法、頻度、場所および責任機関を示しており、本事業のモニタリングにかかる主たる責任は、本事業の PMU の支援のもと、実施機関である MMWD が負うこととなる。

これらの計画は、詳細設計中に重大な変更が生じた場合、その変更をふまえて更新されるものである。これらの計画の実施に必要な予算を計画に反映させるため、極力コストを含んだものとなっている。PMUは、これらの計画で要求されている事項を請負業者が実施することを支援する。

#### 9.3 社会環境への影響

#### 9.3.1 用地取得・住民移転

本事業により影響を受けるエリアは、駅周辺(幅が狭い道路-例: Malabe エリア)、対象路線の急カーブ部分および車両基地エリアとなる。本事業により、私有地および車両基地の農地エリアが用地取得の対象となり、約200,000m²の用地取得が必要となる。なお、本事業により影響を受ける資産のうち、約80%が商業施設となることが見込まれている。詳細な用地取得面積、被影響者/企業数を以下の表に示す。

項目 面積/数 用地取得(私有地)面積  $208,418 \text{ m}^2$  $44,937 \text{ m}^2$ 用地取得(政府所有地) 被影響世帯 712 世帯 被影響住民 717人 (PAPs: Project Affected People) 住民移転が必要な世帯数(人数) 1世帯 (3人) 商業施設/用地保有者 37 人 商業事業主 100 人 被雇用者 455 人 農地所有者 41 人 小作農家 5 人

表 9.3.1 用地取得面積、被影響者/企業数

出典:調査団

## 9.3.2 住民移転計画 (RAP: Resentment Action Plan)

本事業により影響を受ける住民 (PAPs: Project Affected People) に対しては、損失する財産・ 資産に対する補償および生計の回復および改善を目的とした RAP が作成された。

これらの住民に対する影響を補償するための受給権者要件・補償内容、実施計画、ステークホルダーとの関与、および苦情処理メカニズムがこの住民移転計画で提示されており、総事業費に含めるべき用地取得にかかる費用の総計も算出されている。また、補償として、土地、農地および建物の補償に加え、商業施設の従業員、生計回復に必要な支援(引っ越し費用等)が含まれている。

なお、本事業では、PAPs に対する補償方針の一環として、用地取得および住民移転委員会 (Land Acquisition and Resettlement Committee: LARC) 制度に定められた補償制度を採用することがスリランカ政府で承認された。

用地取得および用地所得に伴う補償に関するプロセスを以下の表に示す。

表 9.3.2 用地取得および用地所得に伴う補償の支払いプロセス

アクション/ステップ	責任機関	
Forward the application through the respective Ministry	Applicant Institution	
Grant authority to enter the land and the decision of Hon. Minister that the particular land is needed for a public purpose. (Section 2 Direction)	Ministry of Land and Parliament Reform (MLPR)	
Publish the notice in the surrounding area. (Section 2 Notice)	Divisional Secretary (DS)	
Advance Tracing	Superintendent of Surveys	
Inviting objections from the land owners and decision of the Hon. Minister for investigation. (Section 4 Direction)	MLPR	
Publish the notice inviting objections. (Section 4 Notice)	DS	
Forward recommendations after conducting investigations on objections	Applicant Ministry	
Decision of the Hon. Minister of Lands that the land is to be acquired. (Section 5 Declaration)	MLPR	
Publish a gazette notice that Hon. Minister of Land decided that the land is to be acquired. (Section 5 Notice)	DiS/Government Printer	
Final plan	Superintendent of Survey	
Invitation notice to investigate the title of the land. (Section 7 Gazette Notice)	DS/Registrar General	
Investigating title (Section 9- Inquiry into Title)	DS	
Publish the notice in the surrounding area. (Section 15 Notice)	DS	
Determine the title (Section 10- Decision on Title)	DS	
Valuation	Valuation Department	
Section 17 – Awarding Compensation	DS	
Allocate financial provisions from the MLPR or the relevant Institution and make payments to the land owner		
Take over the land's possession to the Government. (Gazetting 38 Order)	MLPR	
Take over the procession and hand it over to the applicant institution	DS	
Issue vesting certificate to the Institution concerned, after payment of compensations to the land owners (Section 44 Vesting Certificate/Registration of State Ownership)	DS/Registrar General	

出典:調査団

また、RAP の作成において、損失した生計を回復するための生計回復計画のフレームワークが検討された。生計回復計画は、詳細設計の段階で、PAPs からのヒアリング等を経て具体的な生計回復プログラムの立案、実施を行う。

住民移転計画の実施は、PMUのプロジェクトディレクターによって監督される。PMUのもとにある住民移転ユニットは、施工監理コンサルタントの支援を受けて住民移転計画の実施の活動、モニタリングを行う。

住民移転計画の実施に関するスケジュール案を以下の表に示す。

MLLD: Ministry of Land and Land Developmen MMWD Ministry Megapolis & Western Development EMA: External Monitoring Agency GRC: Grievance Redress Committee DS: Divisional Secretariat Responsibility Valuation Dept PMU/MMWD Survey Dept Survey Dept. Consultant Consultant Contractor Consultant MLLD/DS DS/MLLD MLLD LARC PMU PMU PMU PMU EMA EMA DS DS SO DS Sa quiring Objection and getting decision egister the ownership of the land as a securing Budget for Implementation of AP (Including compensation) reparation and Implementation of IRP sue 10-1 notice (informing eligibility) bmit land acquisition application to entation of Internal Monitoring nplementation of External Monitoring ssue the order under section 2 (Give authority to DS to aquire the land) eparation of the Advance Tracing eparation of the Preliminary Plan surance of Sec17 (Informing the AH: Project Affected Household MU: Project Management Unit volvement of LARC/S-LASRC hysical relocation of PAPs section 5 (Gazette notice) ayment of compensation Pre-Project Activities endering for Contractor mpensation amount) ievance Redressing Resettlement Unit Establishment of GRC ■Relocation of PAPs ection 4 (Objection) suing 38 proviso ection 9 Inquiry tailed Design nstruction

住民移転計画実施スケジュール案

表 9.3.3

出典:調査団ステークホルダー協議

本調査を通じて、関連省庁や自治体レベルから、DS(Divisional Secretary: 地区レベルの行政区画)/GNs(Grama Niladhari: 最小の行政区画)レベル、通行人・学校のスクールドライバー・3 輪車ドライバー・菩提樹の崇拝者等のフォーカスグループまで、さらには、住民移転計画や、Thalangama 保護区に関する説明を含む、様々な階層やテーマでステークホルダー協議が開催された。本調査におけるステークホルダー協議の実績を以下の表に示す。

表 9.3.4 ステークホルダー協議実績一覧

	日付	対象/テーマ	参加人数
1	2017/5/16	関連省庁や自治体レベルへの事業説明・意見交換	50
2	2017/5/24	自治体レベルでの事業説明(Colombo DS)	45
3	2017/5/26	自治体レベルでの事業説明(Thinbirigasyaya DS)	31
4	2017/5/31	自治体レベルでの事業説明(Kotte DS)	35
5	2017/6/14	自治体レベルでの事業説明 Kaduwela DS)	58
6	2017/6/7	自治体レベルでの事業説明 Kaduwela DS)	30
7	2017/7/1	車両基地予定地の農地利用者との協議	23
8	2017/7/11	スコーピング段階の公聴会(Kotte DS)	14
9	2017/7/12	スコーピング段階の公聴会(Colombo DS)	34
10	2017/7/12	スコーピング段階の公聴会(Thinbirigasyaya DS)	29
11	2017/7/18	スコーピング段階の公聴会(Kaduwela DS)	69
12	2017/8/31	住民説明会(Suhurupaya)	17
13	2017/9/6	Thalangama 保護区に関する説明・意見交換	3
14	2017/11/11	ドラフト EIA 段階の公聴会(Colombo DS)	35
15	2017/11/11	ドラフト EIA 段階の公聴会(Thinbirigasyaya DS)	19
16	2017/11/17	ドラフト EIA 段階の公聴会(Kaduwela DS)	60
17	2017/11/21	ドラフト EIA 段階の公聴会(Kotte DS)	12
18	2018/1/4	PAPs と RAP に関する説明・意見交換	29
19	2018/1/5	PAPs と RAP に関する説明・意見交換	38
20	2018/1/5	PAPs と RAP に関する説明・意見交換	15

出典:調査団

ステークホルダーからの意見は、適宜 EIA 調査に反映され、PMU は各意見に対する PMU の対応方針を EIA レポートにおいて整理した。

# 第10章 結論と提言

#### 10.1 結論

本調査の結果は、以下のように整理される。

- 本事業のLRTシステムは、コロンボ首都圏におけるメガポリス都市マスタープランで提案された新しい都市公共交通システムの導入のための有効な手段として、技術的、経済的にも妥当である。また、路線および駅は、コロンボ都市内における制約をふまえたうえで、乗客需要の増加を捉れられるよう選定された。したがって、本事業は、都市部の社会環境を配慮したうえで、交通渋滞の緩和に寄与する。
- 本事業の実施にかかる事業費は、十分な経済便益を満たしていることから、経済 的に実行可能である。
- 財政的な実行可能性の観点では、LRT 運賃を一般的な市民が無理なく払える価格 (Fort~Malabe 間を 100 LKR 未満)の範囲で、運営維持管理会社が、財務的に 採算が取れる見込みがある。
- 環境配慮に関しては、主に建設中に環境に影響を与える可能性がある一方で、運営段階では環境に与える影響の可能性は限定的である。建設中における騒音や振動、渋滞、社会インフラへの影響は大きいと思われるが、適切な緩和策により緩和できることが EIA 調査で提案されている。また、調査団が提案する施工方法は、最新の技術解決策であり、これらの影響緩和に寄与する。
- 社会配慮は、車両基地の一部が農地や水田に影響を及ぼすことが分かった。路線については、主に既存の道路上に建設されることから、住民や商業施設の移転の数は比較的少なく抑えられる。被影響者住民に対する補償方針については、様々なステークホルダーミーティングを経て、住民移転計画に定められている。

#### 10.2 本事業に対する提言

円滑な事業実施および事業の効果を高めるための提言を以下に示す。

#### 10.2.1 円滑な事業実施に向けた提言

事業実施における PMU の能力強化: 本調査の期間中にプロジェクト実施ユニット(PMU)が設立されており、実施に向けて各分野の専任職員が確保されていることは、高く評価できる。事業の実施段階では、環境および社会保障に関する活動を実施する必要があり、これを行う PMU の能力の向上が鍵となる。また、PMU は、環境および社会への影響に対応していく必要がある(建設工事を開始する前までに、実施計画に基づいた用地取得のプロセスも含まれる)。そのため、経験豊富なスタッフで構成された PMU の設立とともに、これらの分野に実績のある他機関(例えば RDA)からの支援を受けて、能力向上の機会を図ることが重要であると提案する。

ブランド戦略:本事業は、スリランカ初の都市鉄道システムの導入であることから、「LRT 事業のブランド戦略」により、コロンボ市民が公共交通機関を正しく理解するようにすることは、PMU が行うべき重要な活動である。このブランディング構築に対する努力は、コロンボ市民が本事業の早期の実現に向けたサポーターの役割を担うことを促すものとなる。

**ユーティリティ施設の詳細な把握と移設の準備**:計画どおりに建設工事を進めるためには、本事業の路線における地下および地上のユーティリティ施設の正確な場所の把握が極めて重要である。本調査においてモバイルマッピングシステム (MMS) を構築し、これらのユーティリティ施設をデジタイズしていることから、この情報を、橋脚・杭基礎の位置決めや、ユーティリティ施設の移設などの詳細設計の段階で活かすことを提案する。

事業による社会環境に対する影響の最小化:建設がもたらす環境・社会面への影響については、避けるとともに最小限に抑えることが不可欠である。 詳細設計の段階では、以下の点を考慮すべきと考える。

- 道路上における施工に必要な範囲の削減、また、建設期間の削減
- 用地取得を最小化するような駅施設の設計
- 環境社会への影響を最小限に抑えるための適切な施工方法の選択
- 包括的な交通管理計画の策定
- 建設工事による大気汚染、騒音、振動を最小限に抑えるための対策の実施

運営維持管理会社の適時の設立:第5章で述べたように、本調査期間中に、スリランカ政府内で運営維持管理のスキームや組織体制についての議論が開始され、経済的かつ技術的に持続可能であり、かつ自律的な運営維持管理の運営会社であることを出発点とした議論が続けられている。スリランカ政府内で、維持管理会社の設立に向けた具体的な手続きが計画されている。さらに、運賃の収集方法や運賃レベルについても議論されている。また、LRTシステムに関する法整備が、本事業やその延伸、また、他のRTS路線を対象に整備される予定である。

事業関係者との調整能力の向上: 事業関係者、特に関連する政府機関や事業の影響を受ける方々から、政治的な不信などとは関係なく、事業実施に係る支援を受けることができるよう、調整能力を向上させることが極めて重要である。そのためには、透明性の確保や継続的かつ開かれた会話が行われるべきである。事業関係者からの支援を得ることは、用地取得や移転、ユーティリティ施設の移設、道路交通との調整や交通管理の面において有効に働く。

## 10.2.2 事業の効果をより高めるための提言

STEP 活用による本邦企業の紹介と競争性の確保: 事業対象地域の状況を鑑み、より効果的な鉄道システムや機器をもって、狭小区間での施工方法を適用することが極めて重要である。そのため、STEP 条件を適用することにより、スリランカ初の都市交通システムにおいて、最新の本邦技術を活用する絶好の機会である。適正な入札価格と最新技術を有する入札者を得るためには、その発注仕様は、入札者にとって明確でかつ魅力的なものとなるよう、さらなる検討が必要である。

本事業と連携した駅周辺開発に関する調査: 本調査は、LRTシステムに必要なインフラのみを対象にしており、駅周辺の都市開発計画を作成するための包括的な調査は含まれていない。

本事業は、コロンボ、特に Malabe 回廊に沿った公共交通網とその接続性に影響を与えることから、公共交通指向型開発(TOD)といった公共交通の駅周辺の都市開発の調査が次の段階で必要であり、都市開発局(UDA)との連携を図ることが推奨される。この調査には、以下のものが含まれる。a) 教育、健康、文化、地方/行政事務所といった公共サービスや建物の開発、また LRT 駅周辺に位置する大規模な商業施設やオフィス、b) それぞれの LRT 駅におけるアクセシビリティの改善(徒歩、パラトランジット、フィーダーバスサービス、駅前広場(バス停、パラトランジット乗り場、自動車乗降場などからなる))、マルチモーダルセンター(他の公共交通機関とのスムースな乗り換えが可能となる結節点)、歩道橋(エレベータや隣接するビルなどに直結したもの)がある。これらは、すべての公共交通

利用者にとってのユニバーサルデザインの原則にのっとり、バリアフリーとして設計されるべきものである。

同時に、P&R 駅と称す駐車場を備えた戦略的な駅については、慎重にその位置を選定する必要がある。都市交通計画の観点からは、自宅からの移動全体に対して便利な公共交通サービスを提供することが自家用車利用を減らしていくことから、P&R 駅は、基本的には CBD(業務中心地区)の外側に立地させるべきである。現在、P&R として見込まれる駅としては、IT-Park 駅と Robert Gunawardena 駅がある。

さらに、MmTHのFS調査がFort/Pettah地区にて行われることが予定されていることから、本事業は、MmTHの検討チームと密に連携をとり、他の交通機関とのスムースな接続やMmTH周辺の都市開発について議論すべきである。

上記を考慮することで、LRT はより魅力的な公共交通機関となり、また、都市開発における基礎的な役割を担う可能性があるといえる。

フィーダーバスサービスの導入: 複数のバス路線が本事業の対象路線と同じであることから、現在のバス利用者がLRTに転換する可能性がある。確かに、バスはそれぞれの居住地の近くからサービスを提供していることから、現在の長距離となっているバス路線ではなく、住宅地域内を走りLRT駅までを繋ぐ、より短距離の「フィーダーバスサービス」があることが、その転換を促す機会になり得る。このフィーダーバスサービスは、より効率的な(走行費用の削減)、かつ、より多くの乗客の獲得(運賃収入の増加)につながり、より多くの人に公共交通を利用する機会を促すことになる。

詳細設計の段階では、このフィーダーバスサービスに関する路線の検討や、LRT 駅に設置されるバス停において、良好な運行調整が可能かを検討することを提案する。

本邦鉄道事業者の経験を活かした技術支援: LRT システムは、コロンボにとって初のシステムであることから、第5章で述べたように、LRT を運営する事業会社は、その運営・維持管理に対する研修が必要となる。

技術的な持続性の確保と、LRT に付随する新しい産業や雇用の創出の観点から、本事業と同規模の鉄道事業者における経験豊富な技術者や管理者から、運営維持管理に関する知識と技術を取得することを提言する。提供される技術支援は、LRT 運営会社の設立後にその職員を訓練するだけではなく、詳細設計段階から運営の視点からの設計に対する改善提案を得られるようにしたほうが望ましい。

LRT との新しい都市生活の創造(教育と促進プログラム): 新しい公共輸送システムが運行を開始する前に、コロンボの人々の通勤や週末の活動において LRT がどのように役立っているのかを想像することは難しい。その結果、人々がどのように新しい公共交通機関を利用すべきかを理解することや、新しい公共交通システムから得られる利点が何であるかを理解することに時間を要していることが、さまざまな国や都市で多く見られる。したがって、できる限り早く、コロンボの人々が本事業の恩恵を十分に享受するためには、事業を開始する前に、LRT をどのように利用するか、また、LRT のある生活というのはどの様なものか、を分からせるような教育プログラムを入念に準備し、実施する必要がある。

さらに、日本における公共交通の利用促進策(例:公共交通の通勤手当のみに適用される特別法人税の免除制度)などを参考として検討すべきである。 P&R の駐車代金、LRT の運賃、および商用クーポンなどを統合する仕組みについても、LRT の運行開始前までに調査することで、より多くの LRT 利用者を促し、都市部への自家用車の使用を減らすことにつながると考える。

# 付属資料 本事業における LRT の路線図



