

4. 鉄道施設

4.1 構造物（線路、駅）

4.1.1 線路

土木構造物の検討項目では、自然条件として地形、地質、土質、及び地域の地震活動状況がある。また社会的条件として既設鉄道線、道路、河川、既成市街地、及び周辺環境がある。加えて、構造施設物の経済性、施工性、施工期間、さらには構造施設物供用開始後の運営や維持管理等もある。

高速鉄道の土木構造物としては、切取、盛土、高架橋、橋梁、ボックスカルバート、トンネル、駅がある。明かり区間では、建設費を下げるために土構造物を多用する。高架橋は大規模な建物が周辺にあり、道路や鉄道が多く人口密度の高い地域や、土構造物が周辺の環境に悪影響を及ぼしかねない場所に適用する。また、軟弱な地盤で盛土による残留沈下が大きいと予想される地域にも適用する。

構造タイプごとの留意事項を以下に示す。

(1) 土構造物（盛土および切土）

土構造物の設計・施工では、地盤沈下や降雨による構造物の崩壊に対する安全性を考慮する。近年、日本では層厚管理材、盛土補強材、排水ブランケット、法面保護工、補強路盤などの新材料や新工法が開発、採用されている。また、性能照査型設計法の適用により、コンクリート構造物と同等の要求性能（安全性、使用性、復旧性）を満たす土構造物の設計・施工が可能となっている。下記理由により、明かり区間において可能な限り土構造物を採用する。

- 盛土は高架橋と比べて建設費が経済的である。
- ベトナムでは、品質の良い盛土材が入手し易く、トンネル工や切土工により発生した良質な土材を盛土工に転用することが可能である。

高盛土の設置では、用地幅が広くなり、周辺の環境に悪影響を及ぼすこともある。このため、盛土の最大高さを9 mとし、これを超える場合には高架橋を採用する。高さ9 mの盛土は、高架橋の用地幅の約4倍の広さを要し、地域を分断するために、用地取得のための費用と時間が増加し、建設期間に影響することも考えられるからである。これは、鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物が、構造物沈下の可能性から盛土高さとして9 m以下を推奨する考え方とも合致する。

高速鉄道の盛土の施工基面内には、列車による風圧を考慮して、保守作業通路や法肩崩壊などに対する余裕として最小1 mの風圧限界幅をとる。また法尻と侵入防止柵にも1 m幅の保守作業通路幅を確保する。

盛土および切土の法面勾配は、土質に応じて、それぞれ1:1.5~1.8および1:1.5とする。盛土や切土が高い場合は1.5 mの犬走り設ける。犬走り設ける高さの目安は鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物（鉄道総研、2013）を参照し、6.0 mよりも高い場合とする。

犬走りは、雨水による法面の侵食を防止する効果があり、また、法面の保守用作業通路としても利用できる。切土を適用する個所で、用地取得が難しい場合等は、切土補強工を適用し、壁面工の法面勾配を 1 : 0.35 とする。

盛土補強材は、盛土の耐震性や降雨への耐久性の向上に有効である。盛土補強材は層厚管理材とは異なり、盛土層の圧縮力の向上は期待できないが、引張強度の向上や円弧滑りに対する抵抗力の向上に有効である。

法面保護工は盛土および切土の法面侵食を防ぐのに有効で、雨水の浸水や滑り破壊の防止に効果がある。法面保護工の種類と効果を表 4.1 および表 4.2 に示す。

表 4.1 : 盛土の法面保護工種類と効果

主な法面工の例	機能				
	遮水	表層の侵食防止	表層すべり防止	湧水による土砂流出防止	緑化による環境保全
張ブロック工	◎	◎	○	○	-
防草シート	◎	◎	-	-	○
格子枠工	-	◎	◎	◎ *1	◎ *2
岩座張	-	◎	○	○	-
植生工	-	○	-	-	◎

◎: 高い機能を有する ○: 機能を有する -: 機能を有しない

*1: 枠内は栗石工等で防護 *2: 枠内は植生工等で防護

出典：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物（鉄道総研、2013）

表 4.2 : 切土の法面保護工種類と効果

主な法面工の例	機能					
	遮水	表層の侵食防止	風化の進行防止	表層の崩落・剥落防止	湧水による土砂流出防止	緑化による環境保全
張ブロック工	◎	◎	◎	-	○	-
プレキャスト格子枠工	-	○	○	○	◎ *1	◎ *2
場所打ち格子枠工	-	◎	○	◎	◎ *1	◎ *2
吹付枠工	-	◎	○	◎	◎ *1	◎ *2
張コンクリート工	◎	◎	◎	◎	○	-
遮水防草シート	◎	◎	◎	-	-	○
モルタル吹付工	◎	◎	◎	○	○	-
コンクリート吹付工	◎	◎	◎	○	○	-
植生工	-	○	-	-	-	◎

◎: 高い機能を有する ○: 機能を有する -: 機能を有しない

*1: 枠内は栗石工等で防護 *2: 枠内は植生工等で防護

出典：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物（鉄道総研、2013）

盛土の支持地盤が軟弱である場合、その改良工としてプレロード工法やバーチカルドレーン工法がある。しかし地盤の改良範囲が深く、盛土工の採用が不経済となる場合は、杭基礎で支持する高架橋で代替する。軟弱な土層が厚く連続する地盤では、盛土による残留沈下の発生が予想されるので、高架橋の適用を検討する。様々な地盤改良工法があるので、経済性、現地の土質および周辺の環境を考慮して、適切な工法を選択する。採用が考えられる軟弱地盤対策工法を以下に示す。

i) 表層置換え工法

軟弱地盤層が表層より 2~3 m 程度と浅い場合に、軟弱層を良質な土砂に置換える置換工法である。

ii) 圧密沈下促進工法

粘土層に排水材を挿入し、サーチャージ载荷により粘土層を加圧して排水を促し、地盤を改良する。周辺の構造物への影響があるので、周辺地域の確認と管理を要する。

工期が長く、時間的制約が少ない場合は、経済的な圧密沈下促進工法として、プレロード工法がある。圧密対象の地層が厚く、急速な圧密化が必要な場合は、サンドドレイン工法の適用が考えられる。

iii) 締固め工法

締固め工法として、サンドコンパクション工法およびバイプロフロテーション工法がある。これらの工法は、振動や衝撃により土砂を軟弱層に圧入するので、近隣への振動や騒音の問題が生じる。

iv) 固結工法

固結工法として、攪拌処理工法や石灰杭工法がある。これらは、地中の軟弱地盤を固結剤により硬化させる。施工中に近隣への振動や騒音による影響は少ないが、改良面積が広大で、施工費が高くなることもあるので、杭基礎高架橋との比較検討が必要となる。

v) パイルネット工法

軟弱層の厚さが 3~10 m と浅い場合に、パイルネット工法は経済性がある。しかし、杭の施工期間中に振動や騒音が発生し、近隣への影響が懸念される。

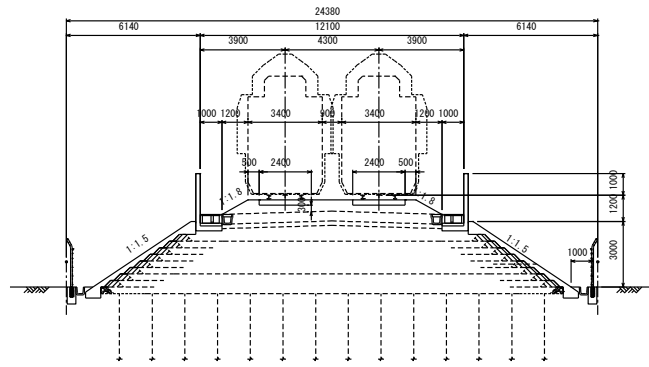
上述のように様々な地盤改良工法があるが、経済性やベトナムの施工実績から見て、ベトナムでは圧密沈下促進工法が軟弱地盤対策の標準的な工法になると考えられる。

雨水が路床下部に浸透し、風化を促進しないよう、盛土および切土の上面の路盤は、下層に良質な碎石を敷設し、上層にはアスファルト混合物を敷設して強化する。これにより、路盤の安定性と耐久性が向上し、列車の通過時に発生する噴泥を回避できる。

土構造物は、盛土内の間隙水圧の上昇を抑えることが、構造物の崩壊を防止するのに効果的である。

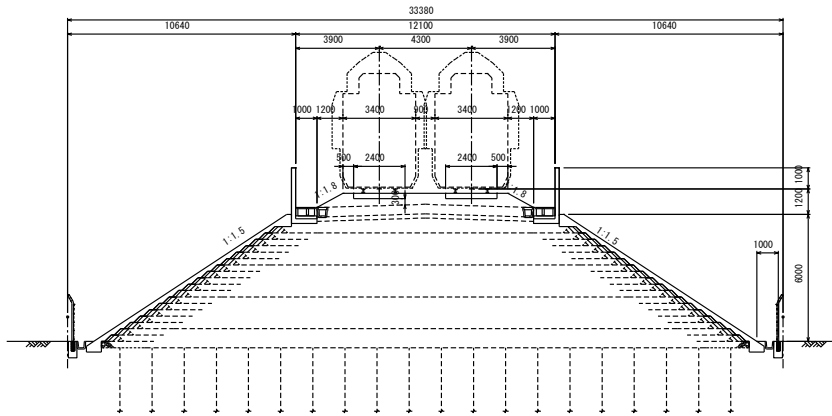
ベトナムには、放牧牛や野生動物が多い。高速鉄道運行の安全性と安定性を確保するため、鉄道敷地内への動物の侵入を防ぐ必要があるため、盛土および切土区間には侵入防護柵の設置を要する。

図 4.1~図 4.3 に盛土標準図を、図 4.4~図 4.9 に切土標準図を示す。



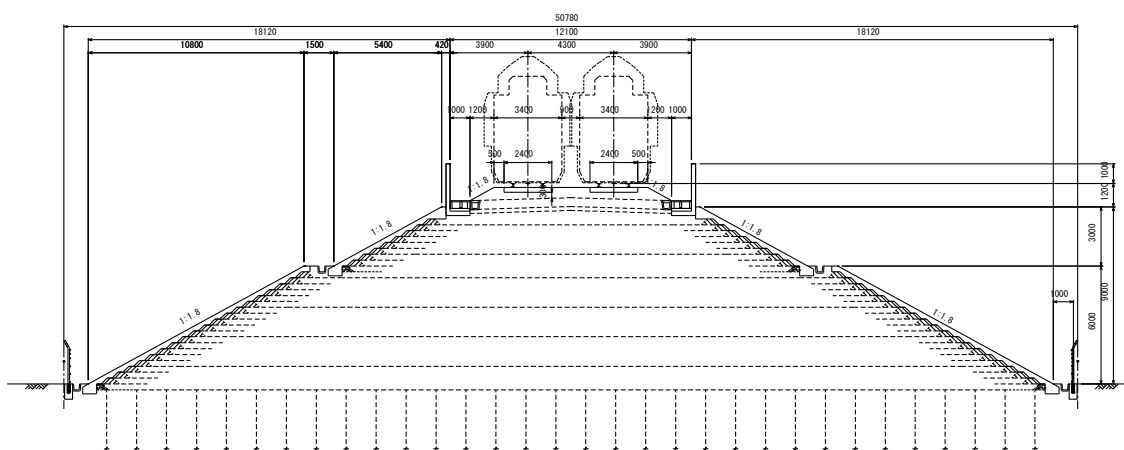
出典：JICA 調査団

図 4.1：盛土標準図 タイプ1



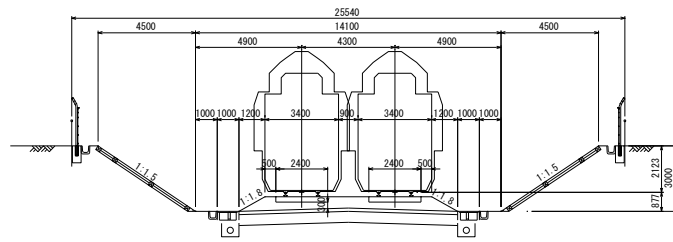
出典：JICA 調査団

図 4.2：盛土標準図 タイプ2



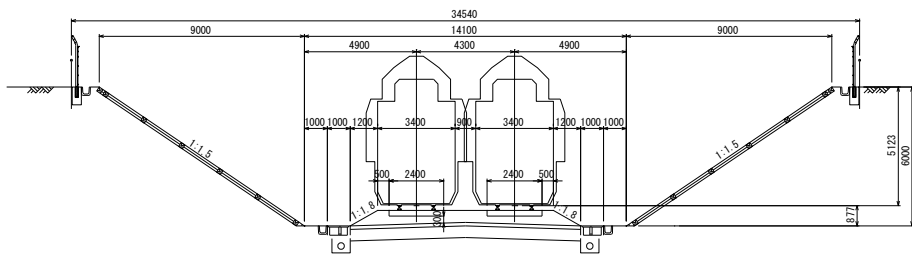
出典：JICA 調査団

図 4.3：盛土標準図 タイプ3



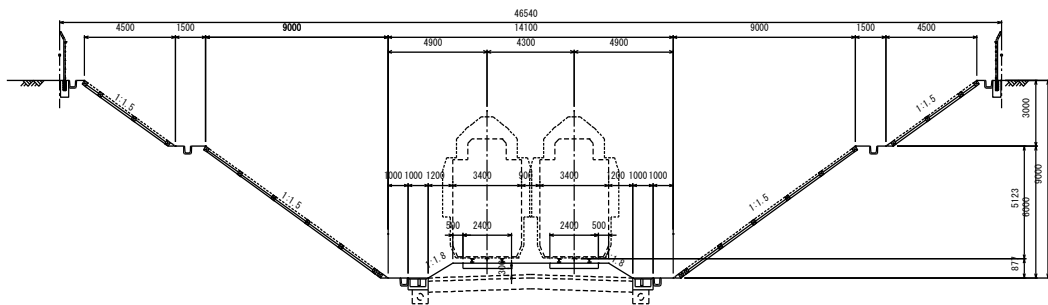
出典：JICA 調査団

図 4.4：切土標準図 タイプ1



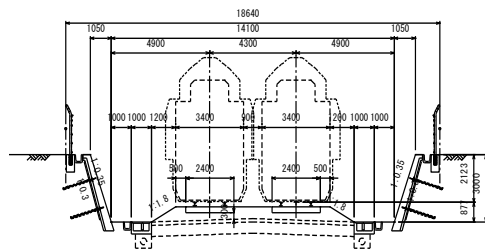
出典：JICA 調査団

図 4.5：切土標準図 タイプ2



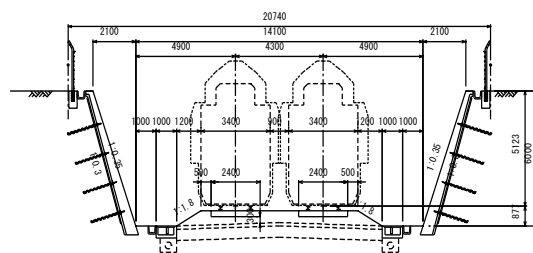
出典：JICA 調査団

図 4.6：切土標準図 タイプ3



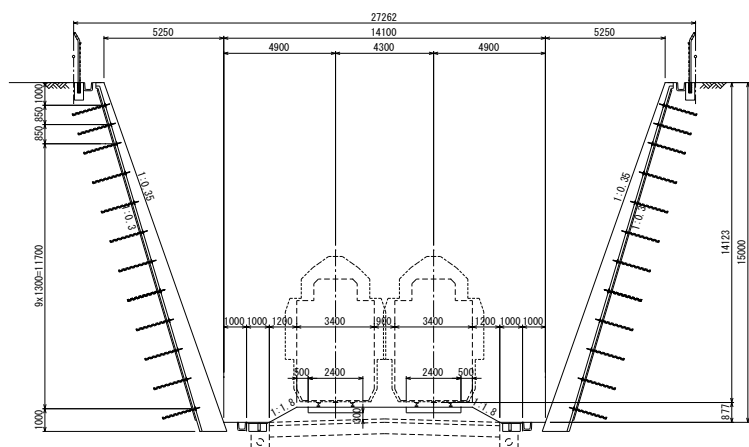
出典：JICA 調査団

図 4.7：切土標準図 タイプ4



出典：JICA 調査団

図 4.8：切土標準図 タイプ5



出典：JICA 調査団

図 4.9：切土標準図 タイプ6

(2) 高架橋および橋梁

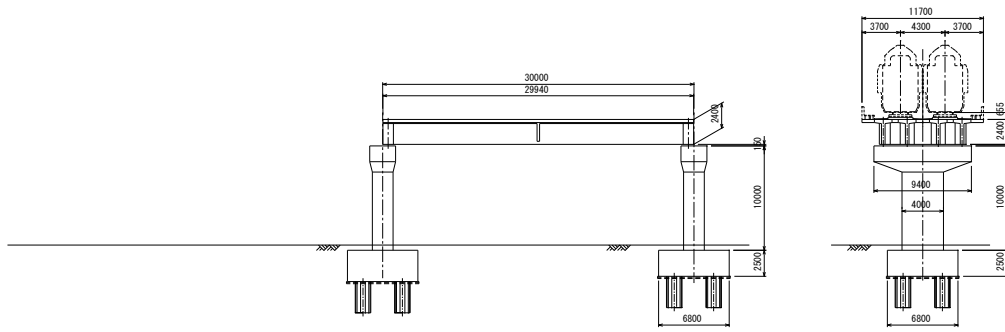
明かり区間で、地盤が軟弱地盤であるか、盛土高が制限値を超える場合には、高架橋が適用される。一般に、既存の鉄道や道路との交差では鉄道を高架化するが、これが難しい場合は、道路側を高架化することもある。

高架橋および橋梁は、PC-T 形桁橋および PC 箱桁橋を標準的な構造形式とする。この理由は次のとおりである。

- 日本方式のラーメン高架橋は、材料費を最小化できる合理的な構造形式であり、経済的である。一方、配筋が複雑で施工の手間がかかる。このことから多くの国では PC 桁橋が一般的であり、標準化された桁を連続的かつ迅速に施工している。ベトナムでも施工実績が多いことから、PC 桁形式が標準になると考えられる。
- RC 桁に比べ、PC-T 型桁および PC 箱桁は、維持管理費を減らすことが可能である。
- 桁式高架橋の施工費は、PC-T 形桁の桁長により定まる径間数および橋脚の数で決まる。一般に PC-T 形桁の桁長は 30 m が経済的と考えられている。本事業では、PC-T 形桁の標準桁長を 30 m および 40 m とする。40 m の桁は道路や河川等との交差条件から 30 m の桁を適用できない際に用いる。通常、PC-T 形桁は施工現場付近に設置したヤードで製造し、現場に搬入した後クレーンで架設する。PC-T 型桁を製造する型枠は他工区に転用して、全体としての型枠数量を減らすことができる。

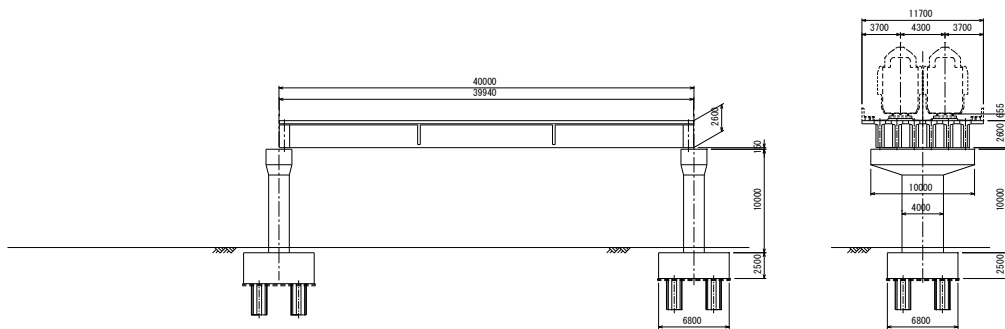
- 桁長が 60 m の橋梁には、PC 箱桁を標準とする。国内外で一般的な形式であり、国内では新幹線で多用されている。支保工による架設工法が多いが、押し出し架設工法や横取り工法も適用できる。

本事業では、場所打ちコンクリート杭基礎を下部工構造の標準とする。
高架橋および橋梁の標準図を図 4.10～図 4.12 に示す。



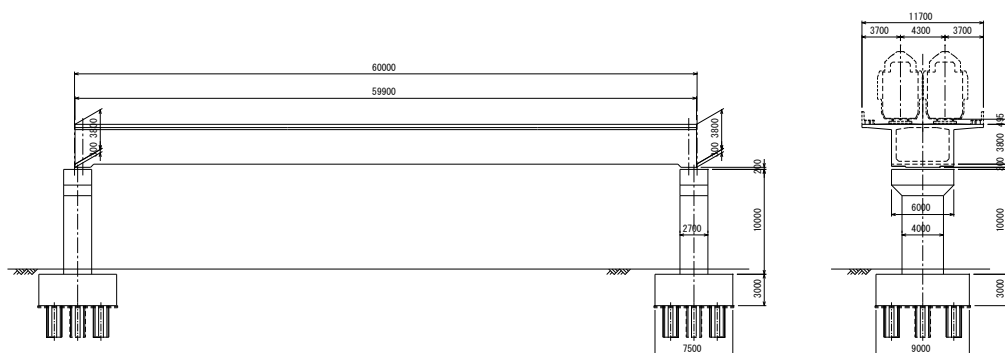
出典：JICA 調査団

図 4.10：高架橋および橋梁標準図 タイプ 1



出典：JICA 調査団

図 4.11：高架橋および橋梁標準図 タイプ 2



出典：JICA 調査団

図 4.12：高架橋および橋梁標準図 タイプ 3

高速鉄道の走行安全性と乗り心地を確保するため、設計にあたっては、桁のたわみ、軌道面における不同変位と折れ角に対する制限を設ける。この制限は、橋梁形式の検討時にも考慮する必要がある。

表 4.3 : 常時の走行安全性から定まる桁のたわみの設計限界値

連数	最高速度 (km/h)	桁または部材のスパン長 Lb (m)									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100以上
単連	260	Lb/700									
	300	Lb/900									
	360	Lb/1100									
複数連	260	Lb/1200					Lb/1400				
	300	Lb/1500					Lb/1700				
	360	Lb/1900					Lb/2000				

出典：鉄道構造物等設計標準・同解説 変位制限（鉄道総研、2006）

表 4.4 : 常時の走行安全性から定まる軌道面における鉛直目違いの設計限界値

最高速度 (km/h)	単連 (mm)	複数連 (mm)
260	2.0	3.0
300	1.5	2.5
360	1.0	2.0

出典：鉄道構造物等設計標準・同解説 変位制限（鉄道総研、2006）

表 4.5 : 常時の走行安全性から定まる軌道面における折れ角の設計限界値

最高速度 (km/h)	鉛直方向 $\theta L (\cdot 1/1000)$		水平方向 $\theta L (\cdot 1/1000)$	
	平行移動	折れ込み	平行移動	折れ込み
210	4.0	4.0	2.0	2.0
260	3.0	3.0	1.5	2.0
300	2.5	2.5	1.0	1.0
360	2.0	2.0	1.0	1.0

出典：鉄道構造物等設計標準・同解説 変位制限（鉄道総研、2006）

表 4.6 : 地震時における角折れ・目違いの設計限界値

方向	最高速度 (km/h)	角折れ $\theta L (\cdot 1/1000)$			目違い (mm)
		平行移動		折れ込み	
		Lb=10m	Lb=30m		
水平	210	5.5	3.5	4.0	10
	260	5.0	3.0	3.5	8
	300	4.5	2.5	3.0	7
	360	4.0	2.0	2.0	6

Lb: 桁および部材長さ

出典：鉄道構造物等設計標準・同解説 変位制限（鉄道総研、2006）

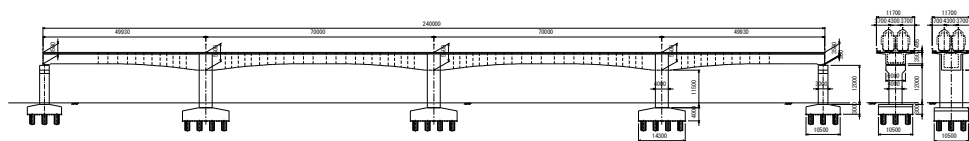
(3) 長大橋梁

長大橋梁に適用できる形式には、コンクリート橋梁、鋼トラス橋梁と合成桁橋梁がある。更に、コンクリート橋梁は連続桁形式および連続ラーメン桁形式に分けられる。本事業では、以下の理由より、長大橋梁は連続ラーメン形式を標準的な形式とする。

- 走行安全性と乗り心地を確保するために、桁のたわみ、軌道面における不同変位と折れ角に対して厳しい制限がある。コンクリート橋梁は、他橋梁に比べて、これらを経済的に満たすことができる。
- PC連続ラーメン桁形式では、中間柱頭部支点到にゴムシューやストッパーなどの支承システムを設ける必要がないため、耐震性の向上、施工費や支承の維持管理費を削減できる。

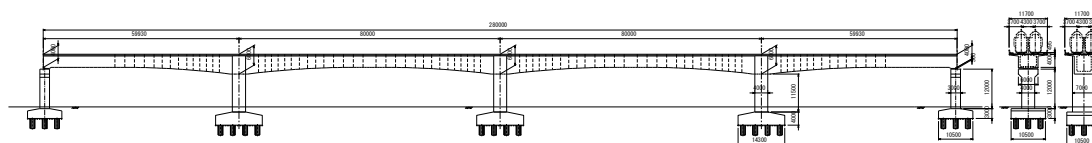
長大橋の形式やスパンは、河川管理者や道路管理者との協議により定まるため、現況では具体的に定めることができない。また、箇所毎に異なる形式・スパンとなる。ここでは、一例として、 $70\text{ m}@2+50\text{ m}@2=240\text{ m}$ と $80\text{ m}@2+60\text{ m}@2=280\text{ m}$ の2タイプのラーメン橋を挙げる。

長大橋梁の標準図を図 4.13 と図 4.14 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.13：長大橋梁標準図 タイプ1



出典：JICA 調査団

図 4.14：長大橋梁標準図 タイプ2

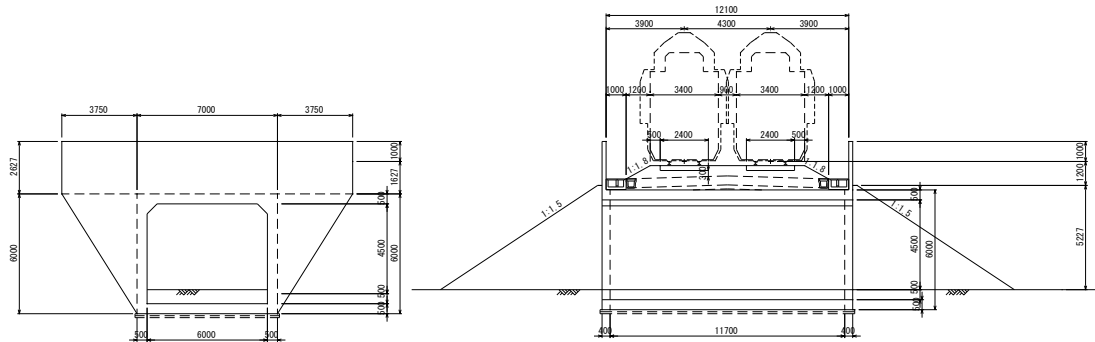
(4) ボックスカルバート

盛土は既設道路や水路を遮断し、降雨時には雨水をせき止める可能性がある。一般に、中規模および大規模な道路と交差する場合には高架橋が用いられるが、地方道路や狭い道路の場合には、ボックスカルバートの方が経済的である。

ボックスカルバートの設計時には以下の事項に対して留意する必要がある。

- 車道部内空断面の決定
- 盛土とボックス接続部の沈下防止対策（アプローチブロックの設置）
- 季節変動を考慮した地下水位高さの設定

ボックスカルバートの標準図を図 4.15 に示す。

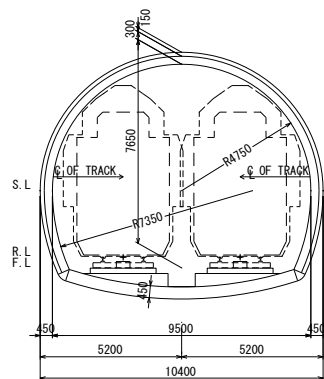


出典：JICA 調査団

図 4.15：ボックスカルバート標準図

(5) トンネル

トンネルは NATM 工法で建設し、建設するトンネル断面は新幹線複線トンネル断面と同一とする。トンネルの標準図を図 4.16 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.16：トンネル標準図

標準的なトンネル掘削方式、トンネル掘削順序、トンネル坑口タイプおよび補助工法を下記に示す。

1) トンネル掘削方式

トンネル掘削方式には、下表の通り、発破掘削方式や機械掘削方式がある。

表 4.7：トンネル掘削方式

	発破掘削方式	機械掘削方式	
		自由断面掘削方式	シールド方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> 安全な箇所から起爆装置を操作して火薬を爆発させ掘削する 	<ul style="list-style-type: none"> トンネルの切羽および側壁を自由断面掘削機により掘削する 	<ul style="list-style-type: none"> シールド内で人力あるいは機械により掘削する
機器および資材	<ul style="list-style-type: none"> ダイナマイト、ANFO、爆薬等 電気起爆装置、非電気起爆装置等 	<ul style="list-style-type: none"> ロードヘッダー、ブレイカー、ブームヘッダー、特殊タイプ等の自由断面掘削機 	<ul style="list-style-type: none"> シールド、掘削機、セグメント建込機等
適用可能な地質	<ul style="list-style-type: none"> 硬岩から中硬岩 	<ul style="list-style-type: none"> 硬岩から中硬岩 	<ul style="list-style-type: none"> 中硬岩から軟弱地盤
利点	<ul style="list-style-type: none"> 軟弱地盤以外のトンネルに適用可能 地山の性状にあわせ、補助工法の導入・変更が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 発破にくらべ、掘削範囲を小さくできる 地質に応じた掘削機を使える 	<ul style="list-style-type: none"> 崩落への安全性が高い トンネル上の地表面沈下を最小限に抑制できる ほぼ全ての作業をシールド内で実施可能 騒音振動が少なく、都市部での建設に有利
欠点	<ul style="list-style-type: none"> トンネル掘削速度は、作業者の熟練度による 他の掘削方法よりも余分な掘削量が多い 騒音、粉塵、振動が多く発生する 	<ul style="list-style-type: none"> 発破ほどではないが、騒音、粉塵、振動が発生する トンネル掘削速度は、作業員の熟練度による 	<ul style="list-style-type: none"> 地質の変化に柔軟に対応するのが難しい

出典：JICA 調査団

2) 掘削工法

表 4.8 に掘削工法と適用条件を示す。

表 4.8 : トンネル掘削工法

掘削工法		適用条件	利点	欠点
全断面工法		<ul style="list-style-type: none"> 小断面トンネルにおける施工法 大断面（60 m²以上）では比較的安定した地山 中断面（30 m²程度）では比較的安定した地山 良好な地山が多くても不良地山が狭在する場合には段取り替えが多くなり不適 	<ul style="list-style-type: none"> 機械化による省力化、急速施工に有利 切羽が単独であるので作業の錯綜がなく、安全面等の施工管理に有利 	<ul style="list-style-type: none"> トンネル全長が単一工法で施工可能とは限らないので、補助ベンチ等の施工法の変更体制が必要 天端付近からの浮石の崩落がある場合には、落下高さに比例して衝突エネルギーが増大するので注意を要する
補助ベンチ付全断面工法		<ul style="list-style-type: none"> 全断面では施工が困難で、インバート閉合の必要のない程度に比較的安定した地山 全断面施工中に施工が困難になった場合 良好な地山が多いが部分的に不良地山が狭在する場合 	<ul style="list-style-type: none"> 機械化による省力化、急速施工に有利 切羽が単独であるので作業の錯綜がなく、安全面等の施工管理に有利 	<ul style="list-style-type: none"> 補助ベンチでも切羽が自立しなくなった場合の段取り替えが困難 掘削工法の変更には費用と時間を要する
ベンチカット工法	ロングベンチカット工法	<ul style="list-style-type: none"> 全断面では施工が困難で、インバート閉合の必要のない程度に比較的安定した地山 切羽が不安定になる場合、リングカット工法を適用する 	<ul style="list-style-type: none"> 上半・下半を交互に掘削する交互掘進方式の場合、省力化が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 交互掘進方式の場合、工期がかかる
	ショートベンチカット工法	<ul style="list-style-type: none"> 切羽が不安定になる場合、リングカット工法を適用する 	<ul style="list-style-type: none"> 地山の変化に対応しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 上半・下半の作業時間サイクルのバランスがとりにくい 上半盤と下半盤とを連絡する斜路が設けにくい場合が多く、ずり処理に工夫がいる
	ミニベンチカット工法	<ul style="list-style-type: none"> 不安定な地盤においても適用が可能 ショートベンチカット工法の場合よりもさらに内空変位を抑制する必要がある場合 	<ul style="list-style-type: none"> インバートの早期閉合がしやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 大型または通常機器は空間が狭いため使用し難い 上半施工用の架台が必要となる

掘削工法		適用条件	利点	欠点
		<ul style="list-style-type: none"> 膨張性地山等で早期の閉合を必要とする場合 		
	多段ベンチカット	<ul style="list-style-type: none"> 縦長の大断面トンネルで比較的良好な地山に適用されることが多い 	<ul style="list-style-type: none"> 切羽の安定が確保しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 閉合時期が遅れると不良地山では変形が大きくなる 各ベンチの長さが限定され作業スペースが狭くなる 各段のずり処理に工夫を要す
	中壁分割工法	<ul style="list-style-type: none"> 地表面沈下を最小限に防止する必要のある土被りの小さい土砂地山 大断面トンネルで比較的不良な地山 	<ul style="list-style-type: none"> 断面を分割することによって切羽の安定が確保しやすい 地表面沈下を相当程度まで小さくすることが可能 	<ul style="list-style-type: none"> 中壁撤去時の変形等に留意が必要である 安定したトンネル切羽を確保するために追加の支持部材が必要である
導坑先進工法	側壁導坑先進工法（硬岩）	<ul style="list-style-type: none"> 良好な岩石と大断面トンネル トンネル掘削前および途中において、地質、漏水などの地盤条件を調査する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 導坑断面の一部を比較的マッシュな側壁コンクリートとして先行施工するため支持力が期待できる 偏圧に対する抵抗力も高い 	<ul style="list-style-type: none"> 導坑掘削時に用いる施工機械が小さくなる 工期は、ベンチカット掘削工法よりも長くなる
	側壁導坑先進工法（軟岩）	<ul style="list-style-type: none"> 軟弱地盤や膨張性地盤などの難しい地盤 不良地盤におけるトンネル坑口掘削 	<ul style="list-style-type: none"> トンネルの変位や地盤沈下を抑えることが可能 導坑口区間は、地盤条件により変更可能 	<ul style="list-style-type: none"> 導坑掘削時に用いる施工機械が小さくなる 工期は、ベンチカット掘削工法よりも長くなる
	底設導坑先進工法	<ul style="list-style-type: none"> 軟弱地盤や浸水が確認される難しい地盤 	<ul style="list-style-type: none"> 切羽および支持工の設置の安定が図れる 導坑を先行することにより地質の確認ができる 切羽の排水が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 導坑区間が十分でない場合、大きな機器の適用は難しい 特別な機器や人力掘削が必要となる 掘削費用が増加する
	頂設導坑先進工法	<ul style="list-style-type: none"> 良好な岩石と大断面トンネル 地質の確認、地下水位低下、先行変位や拡幅時の応力軽減等を期待する地山 	<ul style="list-style-type: none"> 導坑を先行することにより地質の確認ができる 拡幅時の切羽の安定が向上する 	<ul style="list-style-type: none"> 地山の状態が悪くなる場合、施工時間を要する

出典：前回調査（JICA、2013）

3) トンネル坑門形式

トンネル坑門の設置位置や構造形式の検討においては、以下の要素を考慮する必要がある。

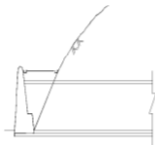
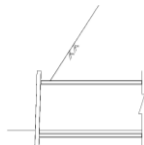
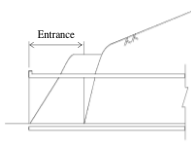
- 坑門付近の地形および地質
- 坑門付近の上載土の厚さ
- 環境条件

トンネルの天端／アーチ部分の崩壊は、トンネル天端に引張応力が作用し、その応力が周辺の地山の引張強度を超過した時に発生する。トンネルの数値解析によると、上載土が厚くなると引張域が徐々に狭くなっていくことが解明されている。

トンネル坑門の上載土の厚さは、一般的にアーチ効果が発揮され、部材の削減が可能となる $1.5D \sim 2.0D$ (D : トンネルの直径) 以上が望ましいが、トンネル坑門の位置は、各トンネル周辺の地形と地質を考慮して選定する必要がある。

一般的な鉄道トンネル坑門構造を表 4.9 に示す。

表 4.9 : トンネル坑門構造

	擁壁型	面壁型	突出型
形状			
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 比較的地形が急峻な場合や土留擁壁の構造を必要とする場合 • 落石が多いと予想される場合 • 最近では面壁型で代用されほとんど採用されない 	<ul style="list-style-type: none"> • 比較的急峻な地形で切り込んで坑口を設ける場合 • 斜交型斜面の場合は、側方に土留壁や抱き擁壁を設ける 	<ul style="list-style-type: none"> • 周辺の地形が比較的なだらかな場合 • 斜面对策のための抑え盛土を施工した場合 • 坑口周辺地形の切土等、成形が比較的可能な場合
留意点	<ul style="list-style-type: none"> • 地盤条件によっては杭や置換え基礎が必要になる 	<ul style="list-style-type: none"> • トンネル本体との一体化が必要 	<ul style="list-style-type: none"> • トンネル延長が長くなる • 保護盛土の必要性を検討する

出典：前回調査 (JICA、2013)

4) トンネル補助工法

トンネル補助工法は、フォアパイル工法、フォアポール工法、鏡面および脚部の補強工法、地盤補強工法や湧水対策工に分類される。フォアパイル／ポール工法は、補助工法の経済性、ベトナムの施工実績の面で他工法に比べ優位であるため、本案件で適用する。

フォアパイル工法およびフォアポール工法は、いくつかの工法に分類されるが、表 4.10 に一般的な補助工法を示す。

表 4.10 : トンネル補助工法

	充填式フォアポーリング	注入式フォアポーリング	注入式フォアパイリング
概要	<ul style="list-style-type: none"> 切羽天端付近から斜め前方地山へ5 m 程度のアンカーを60 cm 間隔で配置し、地山を拘束する。 	<ul style="list-style-type: none"> 切羽天端付近から斜め前方地山へ5 m 程度の注入アンカーを60 cm 間隔で配置し、そこに薬液注入し、地山を拘束する。 	<ul style="list-style-type: none"> 切羽天端付近から斜め前方地山へ5~12 m 程度の注入アンカーを45 cm 間隔で配置し、そこにシリカレジンやセメント系注入材を注入し、地山を拘束する。
利点	<ul style="list-style-type: none"> 簡易な機械で施工が可能である。 工費が経済的であり有利である。 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易な機械で施工が可能である。 地山の変化に容易に対応が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 地山の変化に容易に対応が可能である。 先受長が長いいため、掘削作業と補助工法作業の分割が可能である。
欠点	<ul style="list-style-type: none"> 確保可能な安定性は地山状況に依存する。 	<ul style="list-style-type: none"> 先受長が短いため、切羽前方からの地山の安定性を確保できない。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工性に関して、フォアポーリング工法に劣る。

出典：JICA 調査団

5) トンネル緩衝工

列車が高速でトンネルに侵入するとトンネル内の空気が圧縮され、反対側出口で破裂音が発生する。必要な場合、この音を低減するために入口側に緩衝工を設置する。緩衝工には鉄製およびコンクリート製の2種類のタイプがある。一般的に緩衝工の必要断面積は、トンネル本体の1.4倍程度を必要とし、長さおよび窓あきによる開口量を検討する必要がある。

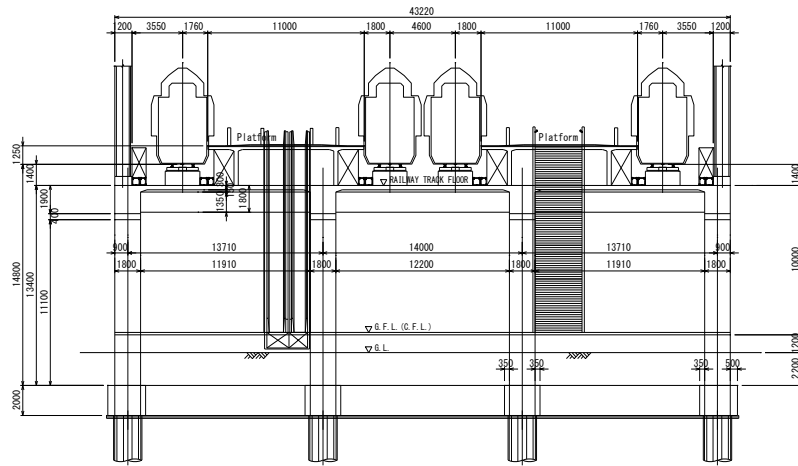
(6) 駅構造

駅は、高架駅、地平駅、地下駅に分類できる。高架橋区間に設置する場合は、鉄道や道路の直上に建設でき、下層階をコンコースや商業施設として利用することが可能である。また、縦断条件により駅は地上にも地下にも建設が可能である。

駅構造は、高架駅で島式2面4線と相対式2面4線、地平駅で島式2面4線と相対式2面4線の4タイプの駅構造を採用する。

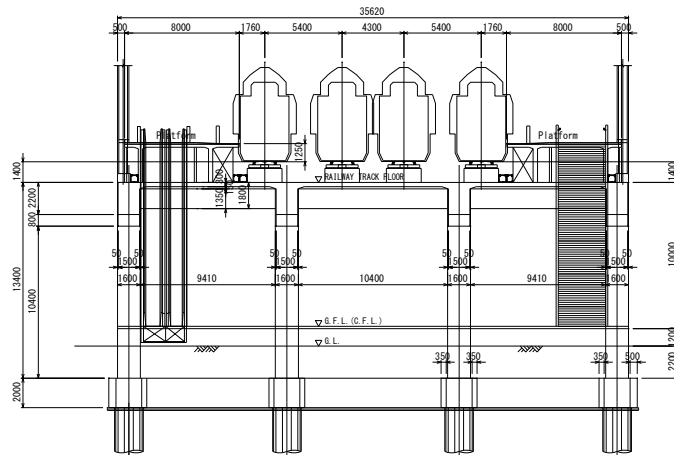
高架駅の構造は、以下の点からRCラーメン構造を標準とする。

- 高架下の空間利用を考慮すると、ラーメン構造であれば壁式橋脚よりも、コンコースレイアウトに基づいて橋脚位置の決定が可能であるため、汎用性がある。
- ラーメン高架橋は桁式高架橋よりも、階段、エスカレーター等の配置に伴う柱配置や床板開口等への対応が容易である。



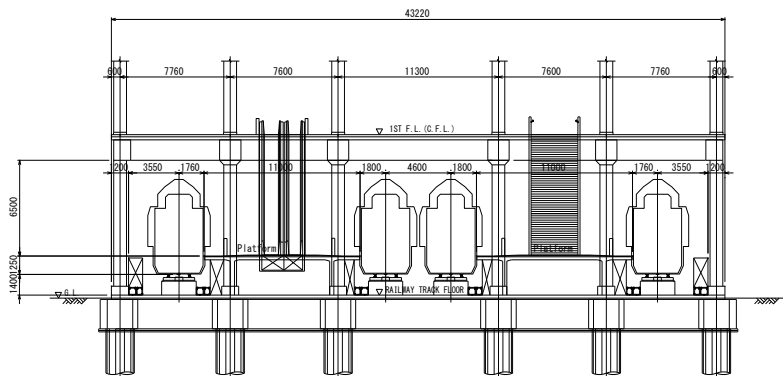
出典：JICA 調査団

図 4.17：駅標準図 タイプ1



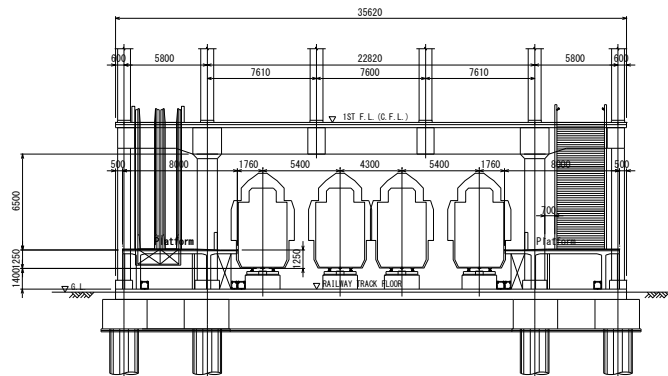
出典：JICA 調査団

図 4.18：駅標準図 タイプ2



出典：JICA 調査団

図 4.19：駅標準図 タイプ3



出典：JICA 調査団

図 4.20：駅標準図 タイプ 4

4.1.2 駅舎及び駅施設

(1) 基本方針

次の視点から、高速鉄道駅の計画・設計を行う。

i) 意匠

高速鉄道に乗車することで乗客が抱く緊張感を緩和し、平穏な気持ちを維持することに資する意匠を取り入れる。

ii) 空間

列車に乗降するとの目的に対し、駅の所要の機能がわかりやすく配置された空間を形成する。

iii) 設備・施設

地震、気象、火災等に対応し、また交通弱者にも優しく、安全で使いやすい設備・施設とする。

iv) 快適性

機能性とともに、便利で心地よい環境を提供できる計画を行う。駅構内の待合室、喫茶・飲食店、土産物店等へも配慮する。

v) 利便性と収益性

更に高速鉄道の構造物を有効に活かすことを考え、旅客及び周辺住民の利便性を考慮する。

公的機関の出張所窓口に加えて、専門飲食店、フードコート、ブランドショップ、お土産物屋等を視覚的に明るく、楽しく配置することにより、多くの人々が集まり、楽しむことができる。また、事業者にとっては運輸収入にプラスした収益を得ることができる。

(2) プラットホームの長さ

車両は、長さ 25.0 m、幅 3.4 m とされている。想定される列車の数は、運転開始時には 10 両編成、将来的に 16 両編成である。プラットホームの長さは 260 m (余裕 5 m + 25 m × 10 両車両分 + 余裕 5 m) で設計され、将来的には、プラットホームは両端部 75 m ずつ拡張され、全長は 16 両編成 410 m (75 m + 260 m + 75 m) を想定している。

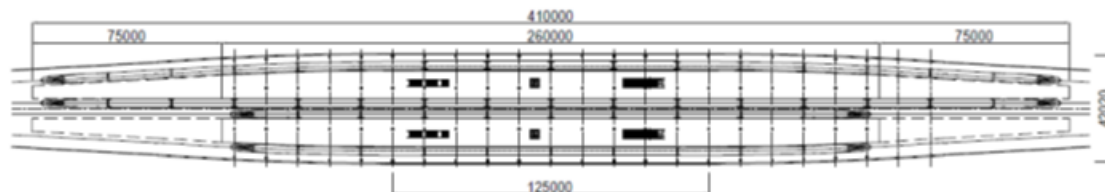
(3) 安全柵

プラットホームには、高速走行 (260 km/h 以上) による強い風圧やプラットホームからの落下を防止するための安全柵を設置する。

安全柵は、高速列車の通過を考慮し、プラットホームの縁端から 2 m の距離を確保する。

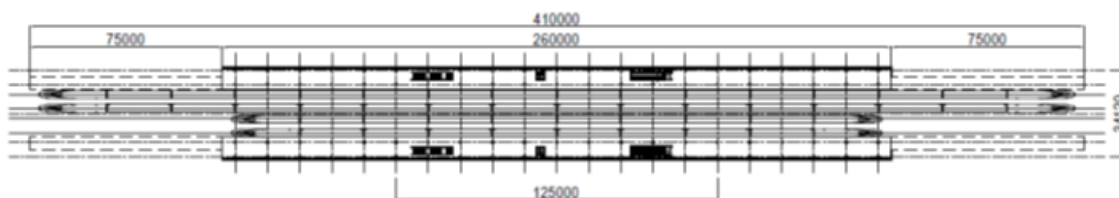
(4) 駅舎面積

想定乗降客数から駅舎様式を決定し、その構造体から駅舎面積を決定する。駅舎の範囲を下図に示す。



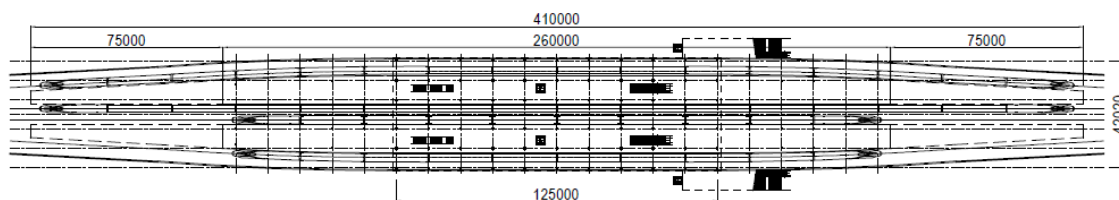
出典：JICA 調査団

図 4.21：駅舎様式 1：橋上島式プラットホーム 2 面 4 線



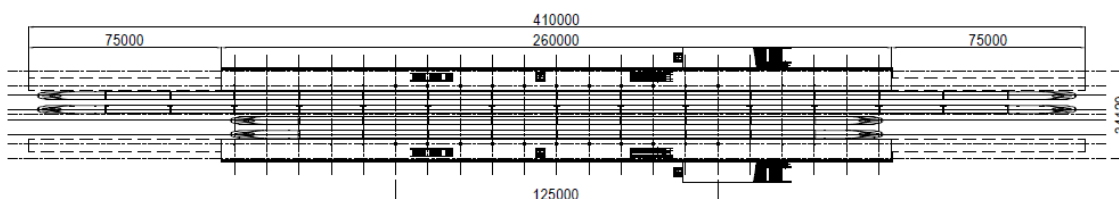
出典：JICA 調査団

図 4.22：駅舎様式 2：橋上相対式プラットホーム 2 面 4 線



出典：JICA 調査団

図 4.23：駅舎様式 3：地平島式プラットホーム 2 面 4 線



出典：JICA 調査団

図 4.24：駅舎様式 4：地平相対式プラットホーム 2 面 4 線

(5) 駅舎の概要

駅舎の概要を下表に示す。

表 4.11 : 駅舎の概要

駅舎の様式	様式 1	様式 2	様式 3	様式 4
配線レイアウト				
駅部断面図				
プラットホーム	橋上	橋上	地平	地平
プラットホーム様式	島式	相対式	島式	相対式
プラットホーム長さ (m)	260	260	260	260
プラットホーム幅 (m)	11+11	8+8	11+11	8+8
駅部総面積 (m ²)	16,300	13,200	17,000	13,900
プラットホーム面積 (m ²)	11,000	8,900	11,000	8,900
コンコース面積 (m ²)	5,300	4,300	6,000	5,000
改札口 (箇所)	1	1	1	1
エレベーター (ラチ内／ラチ外)	2/0	2/2	2/0	2/2
エスカレーター (ラチ内／ラチ外)	4/0	4/2	4/0	4/2
階段 (ラチ内／ラチ外)	2/0	2/2	2/0	2/2
便所 (男／女／多用途)	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1

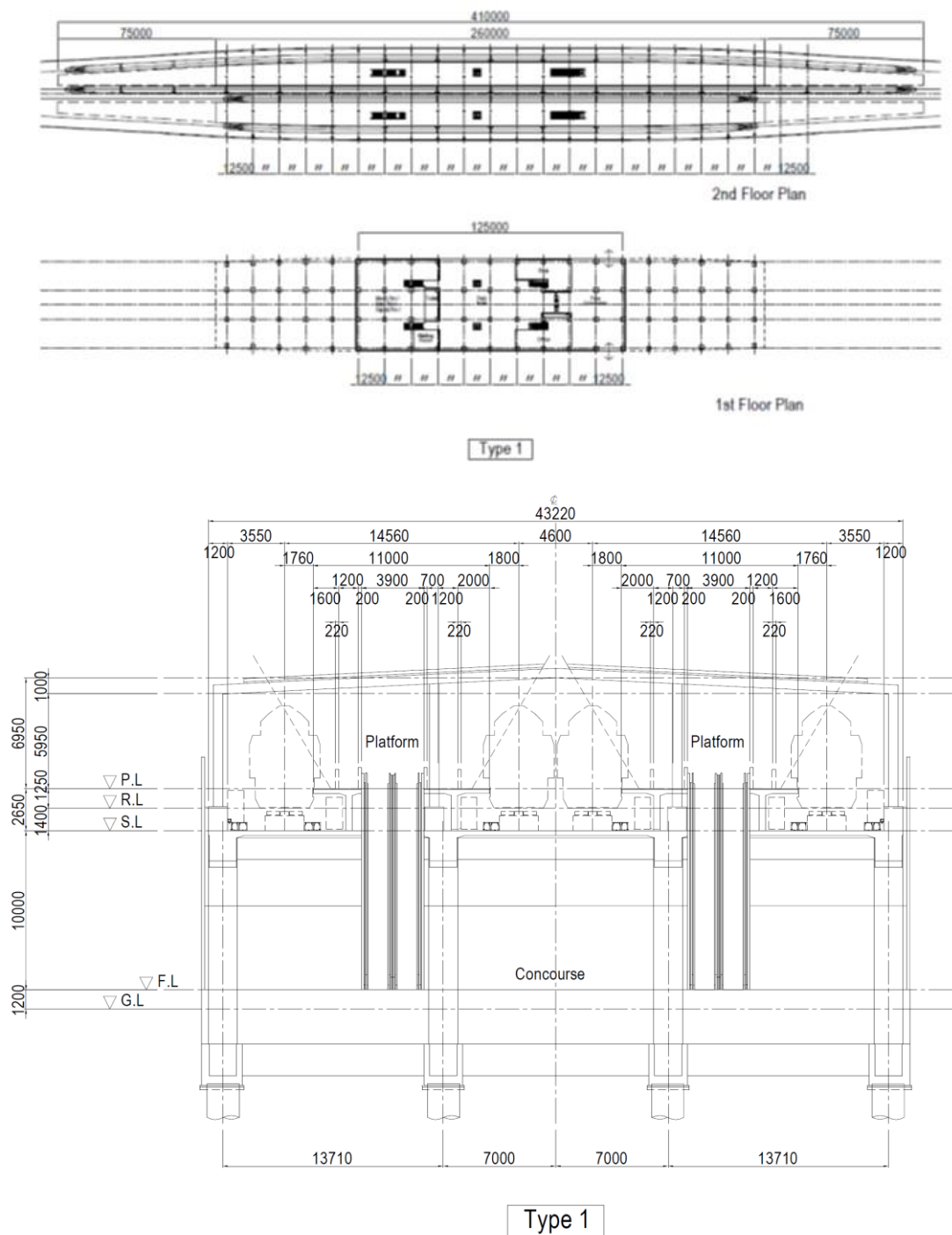
出典：JICA 調査団

(6) 提案する駅のタイプ

1) 駅舎様式 1

比較的乗降客の多い駅で、全列車が停車可能とする。

タイプ 1 駅は 2 層構成とする。2 階に線路を 4 本と島式のプラットフォーム 2 面を置き、1 階をコンコースとする。



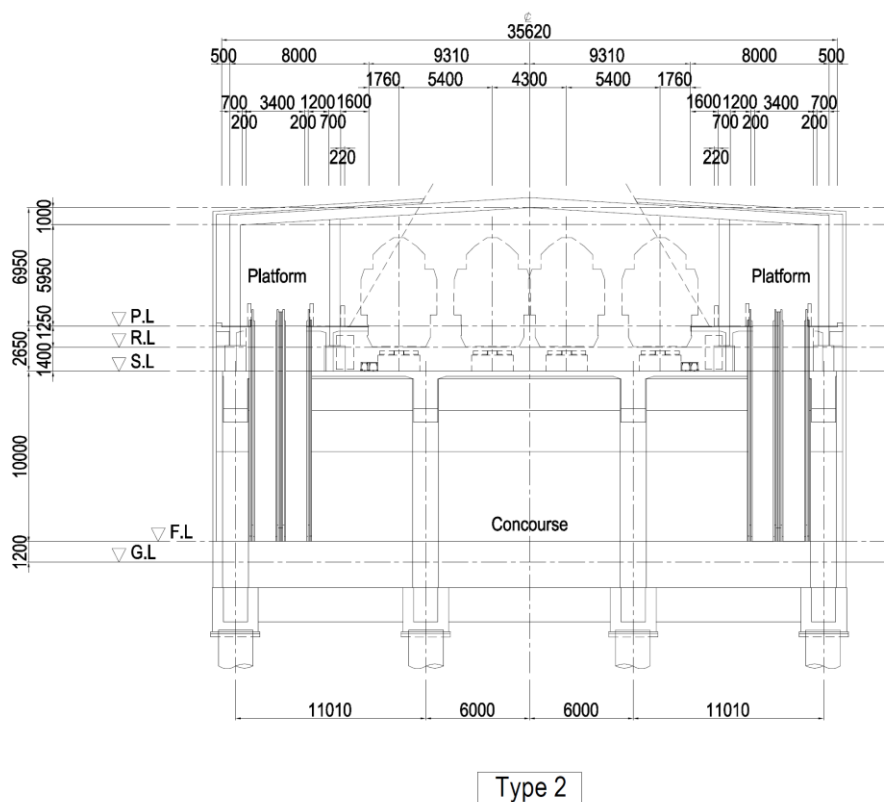
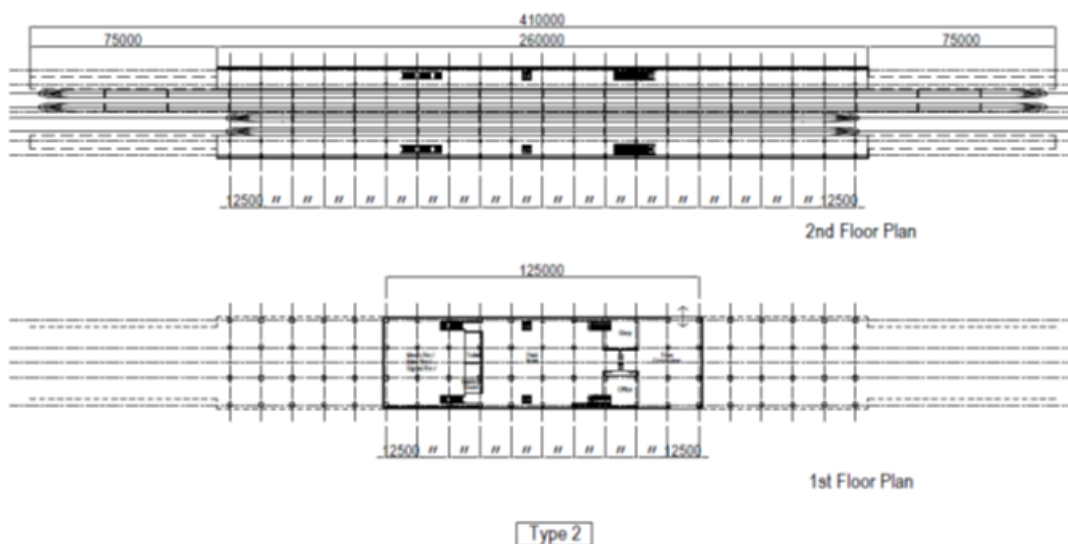
出典：JICA 調査団

図 4.25 : 駅舎様式 1 の図面

2) 駅舎様式 2

比較的乗降客の少ない駅で、各駅停車だけが停車する。各駅停車の停車中に、急行列車が通過線を通して、各駅停車を追い越す。

タイプ 2 駅は 2 層構成とする。2 階に線路を 4 本と相対式のプラットホーム 2 面を置き、1 階をコンコースとする。



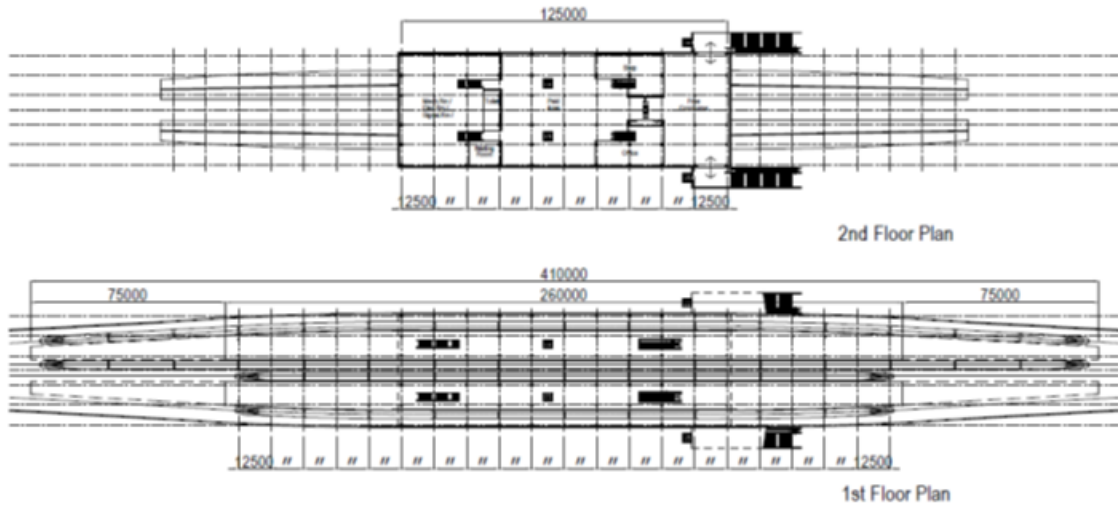
出典：JICA 調査団

図 4.26：駅舎様式 2 の図面

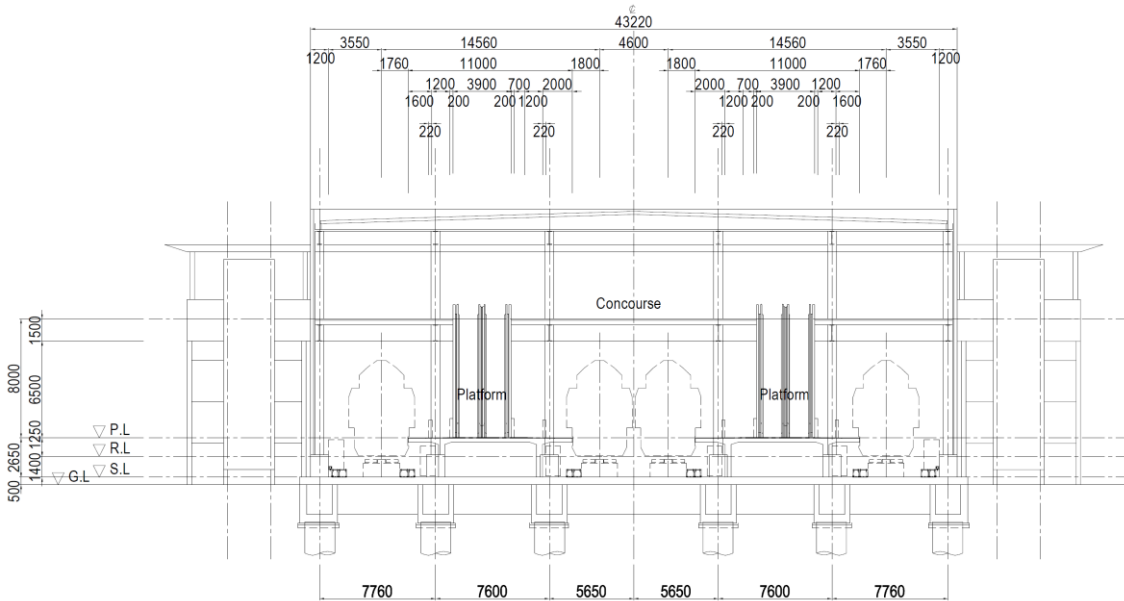
3) 駅舎様式 3

比較的乗降客の多い駅で、全列車が停車可能とする。

タイプ 3 駅は 2 層構造とする。2 階にコンコースがあり、地上部（1 階）に線路 4 本と島式のプラットフォーム 2 面とする。



Type 3



Type 3

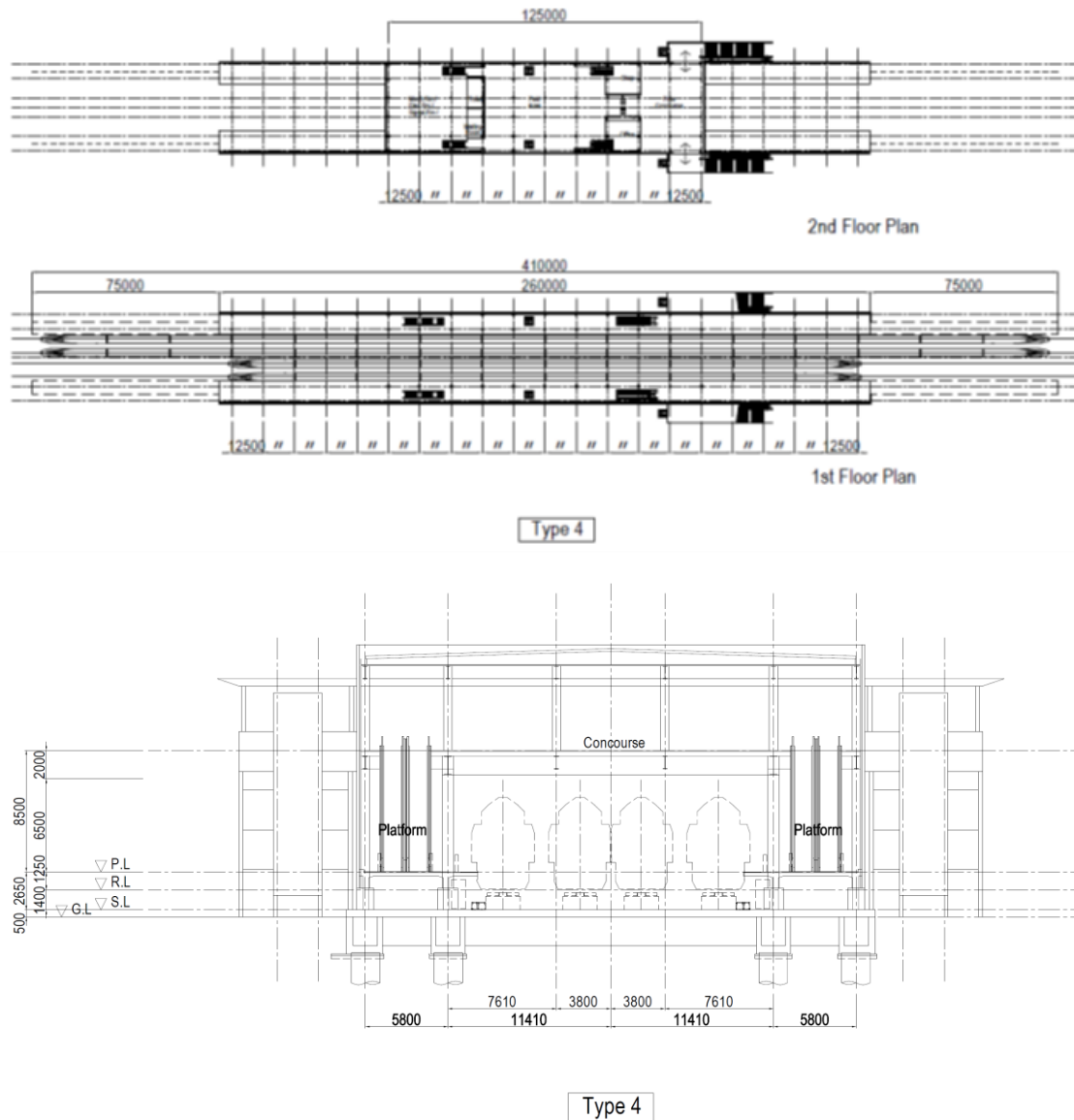
出典：JICA 調査団

図 4.27：駅舎様式 3 の図面

4) 駅舎様式 4

比較的乗降客の少ない駅で、各駅停車だけが停車する。各駅停車の停車中に、急行列車が通過線を通して、各駅停車を追い越す。

タイプ4駅は2層構成とする。2階にコンコースがあり、地上部（1階）に線路4本と相対式のプラットフォーム2面とする。



出典：JICA 調査団

図 4.28：駅舎様式 4 の図面

(7) ユニバーサルデザインの検討

駅舎及び駅施設は、年齢、性別、身体能力、文化的背景に関わらず、未来の世代を含むすべての人々に、平等に快適なサービスを提供することが求められる。

ユニバーサルデザインの概念は、1950年代から米国において、(i) 障害者権利運動、(ii) バリアフリーデザイン、(iii) 身体障害者のリハビリテーションと補助支援の潮流が、同時並行的に進んでいた。

そしてノースカロライナ州立大学ユニバーサルデザインのチームは、これらの潮流を統合し、変化する経済・社会情勢に対応するユニバーサルデザインとして、21世紀に向けて推進する必要があると1997年に提案した。これが核となり、昨今における各国の法制化の動き等につながっている。

ユニバーサルデザインの概念には、以下の7つの原則がある。全てを取り入れる必要はないが概念は尊重されるべきものである。

- 公平な使用（誰にでも公平に利用できること）
- 使用の柔軟性（使う上での自由度が高いこと）
- シンプルで直感的な使用（使い方が簡単ですぐわかること）
- 知覚可能な情報（必要な情報がすぐに理解できること）
- エラーの寛容（うっかりミスや危険につながらないデザインであること）
- 少ない物理的労力（無理な姿勢をとることなく、少ない力でも楽に使用できること）
- アプローチと使用のためのサイズとスペース（アクセスしやすい大きさと空間を確保すること）

駅舎、駅施設及び車両などへの適用対象には次の事項がある。

- 1) 移動のための空間
- 2) 行動のための空間
- 3) 情報
- 4) 環境
- 5) 安全性と保安

下表に、日本で適用された実例を、適用対象ごとに示す。

1) 移動のための空間

表 4.12 : ユニバーサルデザインの例 (移動のための空間)

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
自動改札機	ゲートの一部は、車椅子と大きな荷物を持っている乗客のためにより広いものとする。	 (出典：東京メトロ ¹)
エレベーター	乗客がどこにいるかを認識し、閉じた空間にいることを恐れる必要がないように、ウィンドウを内側と外側の両方に見えるように並べる。ボタンを簡単に操作しやすくする。	 (出典：東京メトロ ²)
エスカレーター	エスカレーターの終わり近くには、乗客のための踏み台を見るために、オーディオガイダンスと注意サインを設置する。	 (出典：東京メトロ ³)
スロープ (斜路)	高齢者や車いすの利用者のために、駅の小さな高さの違いを排除し、つまずきを避ける。	 (出典：東京メトロ ⁴)

¹ <https://www.tokyometro.jp/safety/barrierfree/facilities/index.html> (2019年6月10日参照)

² (同上)

³ (同上)

⁴ (同上)

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
点字ブロック／タイル	ブロック／タイルを指示された交通路に敷設する。視覚障害者誘導用ブロック（線状ブロックと点状ブロック）を使用する。	 <p>(出典：東京メトロ⁵)</p>
二段手摺り	高齢者と子供のための二段手すりを配置する。	 <p>(出典：東京メトロ⁶)</p>
車椅子階段昇降機	乗客は車椅子を離れることなく階段を登ることができる。	 <p>(出典：東京メトロ⁷)</p>
可動踏板	車椅子利用者が電車に乗るのを支援するために自動的に動く。	 <p>(出典：日本財団図書館⁸)</p>

⁵ <https://www.tokyometro.jp/safety/barrierfree/facilities/index.html> (2019年6月10日参照)

⁶ (同上)

⁷ (同上)

⁸ <https://nippon.zaidan.info/seikabutsu/2005/00250/contents/0002.htm> (2019年6月10日参照)

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
タラップ	駅のスタッフは車椅子利用者が電車に乗るのを助けるために車椅子スロープを設定する。	 <p>(出典：IYOTETSU⁹)</p>

出典：JICA 調査団

2) 行動のための空間

表 4.13：ユニバーサルデザインの例（行動のための空間）

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
多機能トイレ	男性と女性の入り口を区分する。便器洗浄ボタン、ペーパーホルダー、緊急コールボタン等に手を伸ばしやすくする	 <p>(出典：東京メトロ¹⁰)</p>
自動券売機	高齢者や子供のため、硬貨投入口を下げたり上げたりして、テンキーパッド、視覚障害者のための音声ガイダンス、手荷物用のカウンターを置く。	 <p>(出典：東京メトロ¹¹)</p>

出典：JICA 調査団

⁹ <https://www.iyotetsu.co.jp/sp/company/free/station.html> (2019年6月10日参照)

¹⁰ <https://www.tokyometro.jp/safety/barrierfree/facilities/index.html> (2019年6月10日参照)

¹¹ <https://www.tokyometro.jp/safety/barrierfree/facilities/index.html> (2019年6月10日参照)

3) 情報

表 4.14 : ユニバーサルデザインの例 (情報)

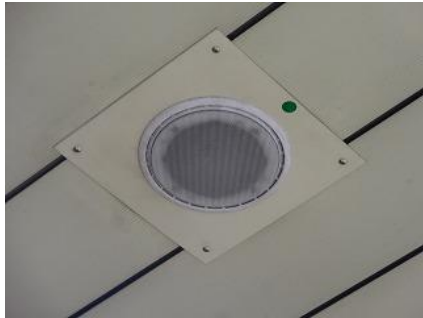
項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
行き先案内板	駅やホーム、車内での分かりやすい案内表示。	 <p>(出典：UR 都市機構¹²)</p>
Pictogram ピクトグラム	乗客が理解しやすいよう、言語でなく、絵文字を用いる。	 <p>(出典：都営地下鉄防災ハンドブック¹³)</p>
点字運賃表	すべての駅のチケットブース・券売機の近くに設置する。	 <p>(出典：東京メトロ¹⁴)</p>
具体的な地図	駅構内の案内や主要施設の場所を案内する、声触知図で、音声に加え、触知および点字で案内する。	 <p>(出典：東京メトロ¹⁵)</p>

¹² https://www.ur-net.go.jp/aboutus/action/ud/ud_08.html (2019年6月11日参照)

¹³ <https://www.kotsu.metro.tokyo.jp/subway/index.html> (2019年6月11日参照)

¹⁴ <https://www.tokyometro.jp/safety/barrierfree/facilities/index.html> (2019年6月11日参照)

¹⁵ <https://www.tokyometro.jp/safety/barrierfree/facilities/index.html> (2019年6月11日参照)

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
オーディオアシスト	視覚障害者の場合は、改札、トイレ、階段、エスカレーター、エレベーター、駅の入り口付近にオーディオアシストを設置する。	 <p>(出典：鉄道研究室ネット¹⁶)</p>

出典：JICA 調査団

4) 環境

表 4.15：ユニバーサルデザインの例（環境）

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
アート作品	各駅の特徴を表現するステンドグラス、陶板など。	 <p>新宿3丁目駅 (出典：鉄道建築ニュース（一般社団法人 鉄道建築協会, 2009）)</p>
オープン天井スペース	開放感を感じる吹き抜けの活用。	 <p>明治神宮駅 (出典：鉄道建築ニュース（一般社団法人 鉄道建築協会, 2009）)</p>

¹⁶ <https://tetsuken.ninja-web.net/ekigaido/ettyuujima.html> (2019年6月11日参照)

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
天窗	自然光の取りを工夫する。	 <p>ルーマニア：Bucharest Project (出典：JICA 調査団)</p>
列車風の低減対策	効果の高いフルスクリーンの場合。	 <p>白金台 (出典：JICA 調査団)</p>

出典：JICA 調査団

5) 安全性と保安

表 4.16：ユニバーサルデザインの例（安全性と保安）

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
緊急通報システム	緊急時に駅員へ連絡を取る。	 <p>白金台駅 (出典：JICA 調査団)</p>

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
非常停止スイッチ	非常時に列車を止める。	 <p>東京駅 (出典：JICA 調査団)</p>
プラットフォーム安全柵	列車とプラットフォームの間にスクリーンドアを設置し、乗客が転落しないようにする。	 <p>東京駅 (出典：JICA 調査団)</p>
トイレ用ドア	防犯上死角を少なくするため、多目的トイレと個室のドア以外は設置しない。	 <p>みなとみらい駅 (出典：鉄道建築ニュース(一般社団法人 鉄道建築協会, 2006))</p>
AED	緊急時に乗客がすぐに使用できる場所に設置する。	 <p>東京駅 (出典：JICA 調査団)</p>

出典：JICA 調査団

6) 車両

表 4.17 : ユニバーサルデザインの例 (車両)

項目	ユニバーサルデザインによる社会的配慮	実例
点字ガイドプレート	目の不自由な人のために、すべての入り口のドアに貼付する。	 <p>(出典：JICA 調査団)</p>
広い乗降口	車椅子のための幅の広い乗降口を設置する。	 <p>東京駅 (出典：JICA 調査団)</p>

出典：JICA 調査団

4.2 給電システム

4.2.1 電力系統

(1) ベトナムの電力体制

ベトナムでは、商工省（MOIT：Ministry of Industry and Trade）が電力・エネルギーの分野を管轄し、MOIT傘下のエネルギー研究所（IE：Institute of Energy）がエネルギー政策の立案と電力開発計画の策定を行っている。

電力系統は、ベトナム電力グループ（EVN：Vietnam Power Group）が、発電会社、給電指令所、送電会社、配電会社などを保有・管理している。その中で、500kV、220kVの基幹系統は、国家送電公社（NPT：National Power Transmission Corporation）が建設、管理を行っている。一部220kVおよび110kV送電系統、配電系統は、5つの送電公社（北部電力公社：NPCEVN、中部電力公社：ENVCPC、南部電力公社：EVNSPC、ハノイ電力公社：EVNHANOI、ホーチミン電力公社：EVNHCMC）が建設管理を行っている。

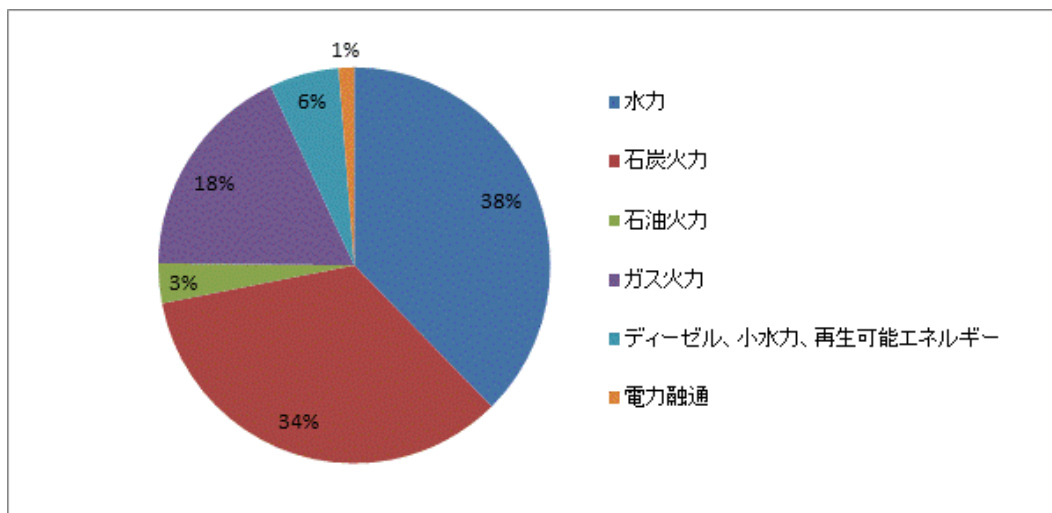
(2) ベトナム電力系統の現状

ベトナムの電源構成は、下表及び下図に示すとおり、水力発電所、石炭火力発電所の比率が多く、全発電容量の72%を占めている。水力発電の比率が高く、渇水期の発電量確保のため、石炭火力の出力増が必要となる。2016年末時点の発電機総設備量は、42,135 MWである。

表 4.18：発電機種別毎の発電機合計容量および構成比（2016年12月時点）

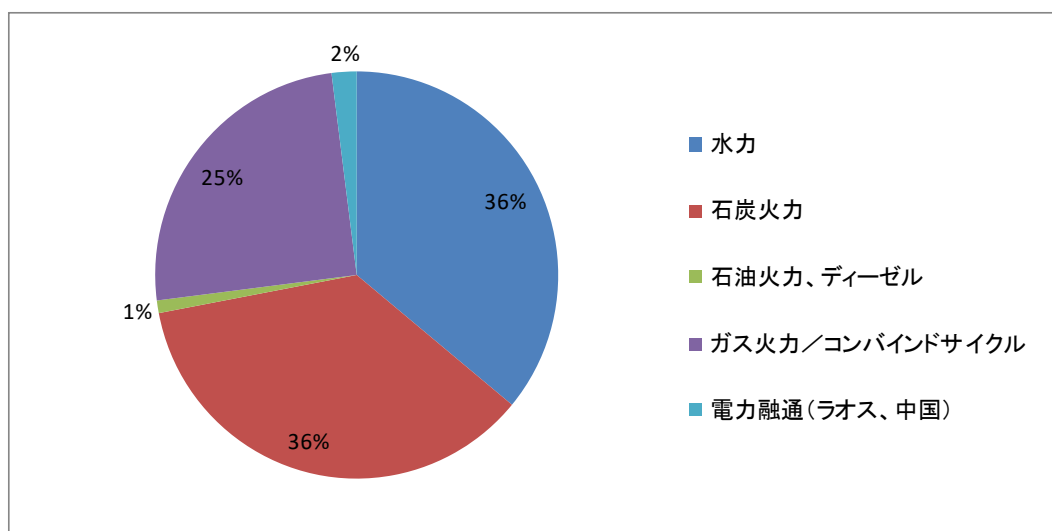
発電種別	発電容量 (MW)	構成比 (%)
水力	15,857	37.6%
石炭火力	14,448	34.3%
石油火力	1,370	3.3%
ガス火力	7,502	17.8%
ディーゼル、小水力、再生可能エネルギー	2,418	5.7%
電力融通（輸入）	540	1.3%
計	42,135	100%

出典：EVN Annual Report 2017



出典：EVN Annual Report 2017

図 4.29：発電機種別毎の発電機容量構成比（2016年12月時点）



出典：EVN Annual Report 2017

図 4.30：発電種別毎の発電量（2016年12月時点）

発電量は、水力発電所、石炭火力発電所がともに36%、ガス火力発電所が25%を占める。電力系統は、送電系統が500 kV、220 kV、110 kVの電圧で構成され、500 kV送電線は、ベトナム北部地域と南部地域を縦断して建設されているが、220 kV系統は、北部地域周辺、ホーチミン周辺、中央部の電源系統に建設されている。220 kV系統のベトナム全土の連系は、ベトナムの国家電力開発計画によると2030年頃完成予定である。ベトナムの送電系統の設備概要を下表に示す。

表 4.19 : 国家送電公社 (NPT) 所管の超高圧系統概要 (2016 年 12 月時点)

設備	単位	設備量
500kV 送電線亘長	km	7,446
220kV 送電線亘長	km	16,071
500kV 変圧器容量	MVA	26,100
220kV 変圧器容量	MVA	41,538

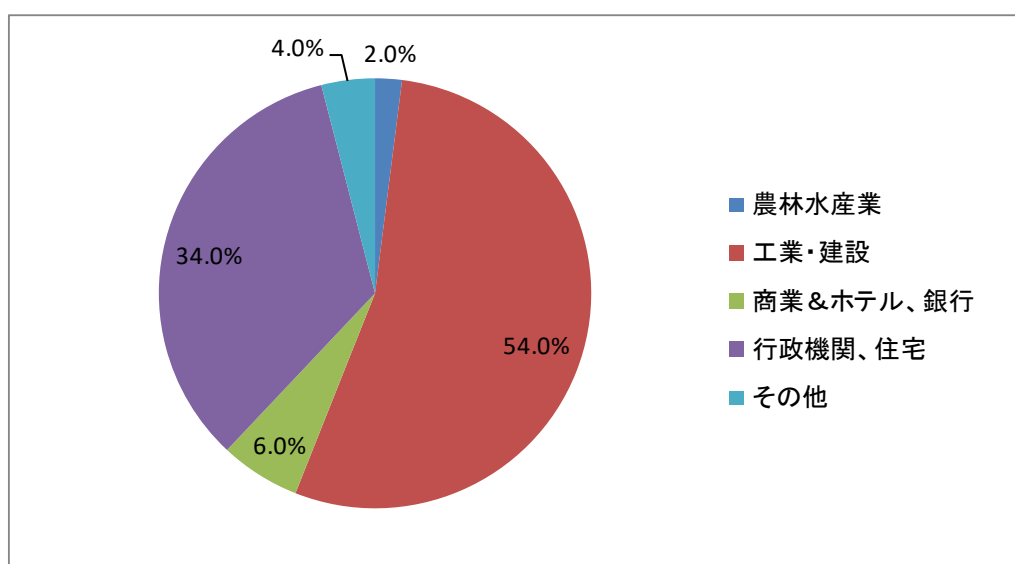
出典 : EVN Annual Report 2017

表 4.20 : 地方配電公社の送電、配電系統概要 (2016 年 12 月時点)

設備	単位	設備量
220kV 送電線亘長	km	108
110kV 送電線亘長	km	19,335
中間、低電圧配電線亘長	km	495,688
220kV 変圧器容量	MVA	3,250
110kV 変圧器容量	MVA	52,360
配電用 変圧器容量	MVA	89,609

出典 : EVN Annual Report 2017

送電系統の 110 kV 以上の設備は、直接接地系統となっており、事故時の事故判定を容易にしている。また、国家電力規格では、電圧変動範囲を標準電圧の±5%に規定している。ベトナムの電力供給量は、下図のように工業・建築と行政機関、住宅で約 9 割を占めている。また、下表で示すように、供給量の伸びは、ほぼ 10%台を維持している。



出典 : EVN Annual Report 2017

図 4.31 : 顧客種別毎の電力供給量 (2016)

表 4.21 : 電力供給量の成長率（対前年比）

年	2011	2012	2013	2014	2015	2016
電力供給量(%)	10.49	11.43	9.30	11.58	11.70	11.21

出典：EVN Annual Report 2017

(3) ベトナム電力システムの将来計画

第7次国家電力開発計画は、2016年から2030年までの年平均7%のGDP成長率を目指す国家目標を達成するために十分な電力供給を目指す計画となっている。発電機種別毎の発電機合計容量および構成比、年間発電量を以下に示す。

表 4.22 : 第7次国家電力開発計画における発電機種別毎の発電機構成比

年		2020	2025	2030
発電機容量合計 (MW)		60,000	96,500	129,500
発電機構成比	水力	30.1%	21.1%	16.9%
	石炭火力	42.7%	49.3%	42.6%
	ガス火力	14.9%	15.6%	14.7%
	再生可能エネルギー	9.9%	12.5%	21.0%
	原子力	-	-	3.6%
	電力融通（輸入）	2.4%	1.5%	1.2%

出典：第7次国家電力開発計画（ベトナム政府、2016年3月）

表 4.23 : 第7次国家電力開発計画における発電機種別毎の年間発電量構成比

年		2020	2025	2030
発電量 (billion kWh)		265	400	572
発電機構成比	水力	25.2%	17.4%	12.4%
	石炭火力	49.3%	55.0%	53.2%
	ガス火力	16.6%	19.1%	16.8%
	再生可能エネルギー	6.5%	6.9%	10.7%
	原子力	-	-	5.7%
	電力融通（輸入）	2.4%	1.6%	1.2%

出典：第7次国家電力開発計画（ベトナム政府、2016年3月）

この開発計画では、渇水期に出力が減少する水力発電の比率を30%以下に減少させ、安定した発電量を期待できる火力発電設備の比率を高める計画としている。また、高速鉄道の運転開始予定である2030年の水力発電機の総量は、17%程度確保されており、負荷変動にも柔軟に対応できる電源構成となっている。電力系統の開発計画を下表に示す。

表 4.24 : 2030 年までの基幹系変圧器および送電線の増強計画

	単位	2016 - 2020	2021 - 2025	2026 - 2030
500kV変電所変圧器容量合計	MVA	26,700	26,400	23,550
220kV変電所変圧器容量合計	MVA	34,966	33,888	32,750
500kV送電線	km	2,746	3,592	3,714
220kV送電線	km	7,488	4,076	3,435

出典：第7次国家電力開発計画（ベトナム政府、2016年3月）

第7次国家電力開発計画では、500 kV 送電線の強化や、220 kV 送電線の南北連系線の建設が計画されており、高速鉄道ルート付近に送電線が建設される計画となっている。

220 kV 送電設備の増強計画を表 4.25 から表 4.30 に示す。

表 4.25 : 220 kV 変圧器増強計画一覧 (北部地域)

No.	Substation name	Transformer Capacity set(s) x MVA	Note
Construction Plan from 2016 to 2020			
1	Quang Chau	1 x 250	
2	Thuy Nguyen	1 x 250	
3	Lang Son	1 x 125	
4	Son Tay	1 x 250	
5	Long Bien	2 x 250	
6	West of Hanoi	2 x 250	
7	Bac Ninh 2	2 x 250	
8	Dong Anh	2 x 250	
9	Bac Ninh 3 (Yen Phong)	2 x 250	
10	Vinh Tuong	2 x 250	
11	Yen My	1 x 250	
12	Bac Ninh 4	1 x 250	
13	Truc Ninh	2 x 250	
14	Thai Thuy	1 x 250	
15	Thanh Nghi	1 x 250	
16	Ninh Binh 2	1 x 250	
17	Bao Lam	2 x 125	
18	Than Uyen	1 x 250	
19	Nghia Lo	1 x 250	
20	Lai Chau	2 x 250	
21	Phu Tho	2 x 250	
22	Bac Kan	1 x 125	
23	Muong Te	1 x 250	
24	Luu Xa	1 x 250	
25	Quynh Luu	1 x 250	
26	Vung Ang	1 x 125	
27	Nong Cong	1 x 250	
28	Bac Me	1 x 63	
29	Khe Than	1 x 63	
30	Muong La	2 x 125	
Construction Plan from 2021 to 2025			
31	Duong Kinh	1 x 250	
32	Bac Ninh 5 (Dong Ky)	1 x 250	
33	Ba Thien	1 x 250	
34	Me Linh	1 x 250	
35	Ung Hoa	1 x 250	
36	An Lao	2 x 250	In the 500kV Hai Phong Substation
37	Gia Loc	2 x 250	
38	Pho Gao	2 x 250	
39	Hai Hau	2 x 250	
40	Vu Thu	1 x 250	
41	Dong Mo	1 x 250	
42	Dai Tu	1 x 250	
43	Phu Tho 2	1 x 250	
44	Lang Giang	1 x 250	
45	Bac Ninh 4	2 x 250	
46	Gia Luong (Bac Ninh 6)	1 x 250	
47	Dien Bien	2 x 125	
48	Yen Thuy	1 x 125	
49	Yen Hung	1 x 250	
50	Sam Son	2 x 250	
51	Nam Cam	1 x 250	
52	Thach Khe	1 x 250	
Construction Plan from 2026 to 2030			
53	Dong Anh 2	2 x 250	
54	Soc Son 2	2 x 250	
55	Long Bien 2	2 x 250	
56	Chuong My	2 x 250	
57	Do Son	1 x 250	
58	Dai Ban	1 x 250	
59	Tu Ky	2 x 250	
60	Phuc Dien	2 x 250	
61	Hung Yen City	1 x 250	
62	Ly Nhan	2 x 250	
63	Nam Dinh 2	1 x 250	
64	Quynh Phu	2 x 250	
65	Tam Diep	2 x 125	
66	Luc Yen	2 x 125	
67	Song Cong	1 x 250	
68	Tam Duong	1 x 250	
69	Chu	2 x 125	
70	Thuan Thanh	2 x 250	
71	Dong Ky (Bac Ninh 7)	2 x 125	
72	Mong Cai	2 x 125	
73	Ha Long	1 x 250	
74	Tan Lac	1 x 125	
75	Hau Loc	2 x 250	
76	Ngoc Lac	2 x 125	
77	Tuong Duong	1 x 125	
78	Can Loc	1 x 125	

注 : Hanoi (ハノイ)

出典 : 第 7 次国家電力開発計画 (ベトナム政府、2016 年 3 月)

表 4.26 : 220 kV 変圧器増強計画一覧 (中部地域)

No.	Substation name	Transformer Capacity set(s) x MVA	Note
Construction Plan from 2016 to 2020			
1	Ngu Hanh Son	1 x 250	
2	Son Ha	2 x 125	
3	Hai Chau	1 x 250	
4	Phong Dien	1 x 125	
5	Duy Xuyen	1 x 125	
6	Kon Tum	1 x 125	
7	Dak Nong	2 x 125	
8	Chu Se	1 x 125	
9	Phu My	1 x 125	
10	Van Phong	1 x 250	
Construction Plan from 2021 to 2025			
11	Krong Ana	2 x 125	
12	Cam Ranh	1 x 250	
13	Lao Bao	1 x 125	
14	Tam Hiep	2 x 125	
15	Dung Quat 2	1 x 250	
16	Ninh Hoa	2 x 250	
17	Chan May	1 x 125	
Construction Plan from 2026 to 2030			
18	An Don	1 x 250	
19	Bac Chu Lai	1 x 125	
20	Lien Chieu	2 x 250	
21	Quang Ngai 2	1 x 250	
22	Song Cau	2 x 125	
23	Nhon Hoi	1 x 250	
24	Bo Y	1 x 125	

出典：第7次国家電力開発計画（ベトナム政府、2016年3月）

表 4.27 : 220 kV 変圧器増強計画一覧 (南部地域)

No.	Substation name	Transformer Capacity set(s) x MVA	Note
Construction Plan from 2016 to 2020			
1	Duc Trong	2 x 125	
2	Ham Tan	1 x 250	
3	Vung Tau	2 x 250	
4	My Xuan	2 x 250	
5	Chau Duc	1 x 250	
6	Tan Uyen	2 x 250	In the 500kV Tan Uyen Substation
7	Tay Ninh 2	1 x 250	
8	Tam Phuoc	1 x 250	
9	Chon Thanh (Binh Long 2)	1 x 250	In the 500kV Chon Thanh Substation
10	Ben Cat	2 x 250	
11	Ben Cat 2	2 x 250	
12	District 8	2 x 250	
13	High tech zone0)	2 x 250	
14	Tan Cang	2 x 250	
15	Dam Sen	2 x 250	
16	Thu Thiem	1 x 250	
17	Tan Son Nhat	2 x 250	
18	Mo Cay	1 x 125	
19	Can Duoc	1 x 250	
20	Ben Luc	1 x 250	
21	Sa Dec	2 x 250	
22	Long Xuyen 2	1 x 250	
23	Chau Thanh (Hau Giang)	1 x 250	
24	Can Tho	1 x 250	
25	Gia Rai	1 x 125	
26	An Phuoc	2 x 250	
Construction Plan from 2021 to 2025			
27	VSIP	2 x 250	
28	Phan Ri	1 x 250	
29	Dat Do	2 x 250	
30	Bac Chau Duc	2 x 250	In the 500kV electrical substation
31	Phu My 3 industrial zone	2 x 250	
32	District 7	2 x 250	
33	Cu Chi 2	2 x 250	
34	Binh Chanh 1	2 x 250	
35	Phuoc Long	1 x 250	
36	Tan Bien	2 x 250	
37	Phuoc Dong	1 x 250	
38	Lai Uyen	2 x 250	
39	Tan Dinh 2	2 x 250	
40	Binh My	1 x 250	
41	Long Khanh	2 x 250	
42	Dinh Quan	2 x 250	
43	Nhon Trach industrial zone	2 x 250	
44	Duc Hoa 2	2 x 250	
45	Duc Hoa 3	2 x 250	
46	Lap Vo	1 x 250	
47	Chau Thanh	1 x 250	
48	Go Cong	1 x 250	
49	Duyen Hai	1 x 250	
50	My Tu	1 x 125	
51	Cai Be	1 x 250	
52	Chau Thanh	1 x 125	
53	Hon Dat circuit breaker station		
54	Nam Can	1 x 250	
55	Long Son	1 x 250	
Construction Plan from 2026 to 2030			
56	Ninh Phuoc	1 x 250	
57	Phu My City	2 x 250	
58	Nam Hiep Phuoc	2 x 250	
59	Binh Chanh 2	2 x 250	
60	Phu Hoa Dong	1 x 250	
61	Northwest of Cu Chi	1 x 250	
62	Dong Xoai	1 x 250	
63	Ben Cau	2 x 250	
64	Tay Ninh 3	2 x 250	
65	Phu Giao	1 x 250	
66	Ho Nai	2 x 250	
67	Bien Hoa	2 x 250	
68	Dau Giay	2 x 250	
69	Tan An	2 x 250	
70	Duc Hoa 4	2 x 250	
71	Thanh Binh	2 x 250	
72	Hong Ngu	1 x 250	
73	Cho Moi	1 x 250	
74	Vinh Long 3	2 x 250	
75	Ba Tri	1 x 250	
76	Vinh Thuan	1 x 250	
77	Hon Dat	1 x 250	

注：Thu Thiem (トゥティエム)

出典：第7次国家電力開発計画 (ベトナム政府、2016年3月)

表 4.28 : 220 kV 送電線増強計画一覧 (北部地域)

No.	Transmission line section	Circuit(s) x km	Note
Construction Plan from 2016 to 2020			
1	Bao Thang - Yen Bai	2 x 117	
2	Than Uyen - Ban Chat	2 x 26	
3	Bao Lam - branch to Nho Que - Cao Bang	2 x 5	
4	Phu Tho - branch to Viet Tri - Yen Bai	2 x 7	
5	Viet Tri 500kV - branch to Viet Tri	4 x 10	
6	Nghia Lo - Viet Tri 500kV	2 x 85	
7	Muong Te - Lai Chau	2 x 80	
8	Branch to Luu Xa	2 x 5	
9	Huoi Quang - Nghia Lo	2 x 65	
10	Son Tay - branch to Hoa Binh - Viet Tri	2 x 1	
11	Dong Anh - Hiep Hoa	2 x 24	
12	Long Bien - branch to Dong Anh - Bac Ninh 2	4 x 4,5	
13	Dong Anh - Bac Ninh 2	2 x 20	
14	Pho Noi 500kV substation - Pho Noi - Pha Lai	4 x 5	
15	Pho Noi 500kV - Bac Ninh 2	2 x 30	
16	Vinh Tuong - branch to Son Tay - Viet Tri	4 x 2	
17	Bac Ninh 3 - branch to Dong Anh - Hiep Hoa	2 x 5	
18	West of Hanoi - branch to Ha Dong - Chem	4 x 12	
19	Hoa Binh - West of Hanoi	2 x 50	
20	Yen My - branch to Pho Noi - Thuong tin	2 x 2	
21	Connection to Bac Ninh 4	2 x 11	
22	Branch to Quang Chau	4 x 6	
23	Thuy Nguyen - branch to Hai Phong thermal power station - Vat Cach	4 x 2	
24	Lang Son - Bac Giang	2 x 95	
25	Hai Duong thermal power station - branch to Pha Lai - Hai Duong 2	4 x 2	
26	Hai Duong thermal power station - Pho Noi 500kV	2 x 60	
27	Thai Binh - Kim Dong	2 x 46	
28	Truc Ninh - branch to Nam Dinh - Ninh Binh	2 x 29	
29	Thai Binh - Thai Binh thermal power station	2 x 30	
30	Thai Thuy - Thai Binh thermal power station	2 x 0,5	
31	Truc Ninh - Thai Binh thermal power station	2 x 45	
32	Nho Quan - Thanh Nghi	2 x 25	
33	Ninh Binh 2 - branch to Ninh Binh - Thai Binh	2 x 19	
34	Vung Ang - Ba Don - Dong Hoi	2 x 85	
35	Trung Son hydropower plant - branch to Hoa Binh - Nho Quan	2 x 57	
36	Thanh Son - branch to Trung Son - Nho Quan	2 x 0,5	
37	Dong Van - branch to Hua Na - Thanh Hoa	2 x 0,5	
38	Hoi Xuan - branch to Trung Son - Nho Quan	2 x 16	
39	Branch to Quynh Luu	4 x 5	
40	Vung Ang - Vung Ang thermal power station	2 x 3	
41	Branch to Nong Cong	4 x 5	
42	Viet Tri 500kV - branch to Phu Tho - Viet Tri	2 x 10	
43	Khe Than - branch to Son Dong thermal power station - Trach Bach	2 x 3	
44	Van Dien - branch to Ha Dong - Thuong Tin	4 x 7	
45	Branch to Bac Me	2 x 1	
46	Muong La - branch to Son La 500kV - Son La	2 x 1,5	
47	Viet Tri - Vinh Yen - Soc Son	2 x 74	
Construction Plan from 2021 to 2025			
48	Connection to Bac Ninh 5	2 x 7	
49	Viet Tri 500kV - Tam Duong	2 x 20	
50	Tam Duong - Ba Thien	2 x 18	
51	Ba Thien - Me Linh	2 x 20	
52	Me Linh - branch to Soc Son - Van Tri	2 x 3	
53	Gia Loc - branch to Hai Duong thermal power station - Pho Noi	4 x 2	
54	Duong Kinh - branch to Dong Hoa - Dinh Vu	4 x 3	
55	My Ly - Ban Ve	2 x 72	
56	Nam Mo 1 - branch to My Ly - Ban Ve	2 x 18	
57	Phu Tho 2 - branch to Son La - Viet Tri	2 x 5	
58	Son La - Dien Bien	2 x 126	
59	Vinh Tuong - Vinh Yen	2 x 8	
60	Yen Thuy - branch to Hoa Binh - Nho Quan	4 x 3	
61	Dong Mo - branch to Bac Giang - Lang Son	4 x 3	
62	Dai Tu - branch to Tuyen Quang - Luu Xa and Tuyen Quang hydropower plant - Thai Nguyen	4 x 3	
63	Hai Phong 500kV - branch to Dong Hoa - Thai Binh	4 x 5	
64	Hai Phong 500kV - Gia Loc	2 x 35	
65	Lang Giang - branch to Bac Giang - Thai Nguyen	2 x 2	
66	Bac Ninh 500kV - branch to Bac Ninh 2 - Pho Noi 500kV	4 x 3	
67	Bac Ninh 500kV - Bac Ninh 4	2 x 15	
68	Gia Luong (Bac Ninh 6) - branch to Bac Ninh 2 - Pho Noi 500kV	4 x 2	
69	Long Bien - Mai Dong	2 x 20	

No.	Transmission line section	Circuit(s) x km	Note
70	Dong Anh 500kV - Van Tri 2	2 x 16	
71	Vinh Yen 500kV - Ba Thien	2 x 10	
72	Vinh Yen 500kV - Vinh Yen	2 x 16	
73	Vinh Yen 500kV - branch to Ba Thien - Me Linh	4 x 3	
74	West of Hanoi - branch to Chem - Tay Ho	2 x 25	
75	Ung Hoa - branch to Ha Dong - Phu Ly	2 x 4	
76	My Dinh - branch to West of Hanoi - Chem	4 x 1	
77	Connection to Hai Phong 3 thermal power station		92
78	Thai Binh 500kV - branch to Thai Binh - Kim Dong	4 x 5	
79	Thai Binh 500kV - Thanh Nghi	2 x 34	
80	Pho Cao - branch to Thai Binh - Kim Dong	4 x 2	
81	Vu Thu - branch to Thai Binh - Nam Dinh and Thai Binh - Ninh Binh 2	4 x 5	
82	Hai Hau - Truc Ninh	2 x 16	
83	Thanh Hoa 500kV - branch to Nghi Son - Ba Che	4 x 5	
84	Nong Cong - branch to Nghi Son - Ba Che	4 x 2	
85	Thanh Hoa 500kV - Sam Son	2 x 25	
86	Nam Cam - branch to Nghi Son thermal power station - Vinh and Quynh Luu - Vinh	4 x 3	
87	Nghi Son thermal power station - branch to Nghi Son - Vinh	2 x 10	
88	Suspension of 2 nd circuit in Thanh Hoa - Nghi Son - Quynh Luu	1 x 70	
89	Thach Khe - Ha Tinh 500kV	2 x 15	
90	Ninh Binh - Tam Diep - Bim Son	2 x 27	
91	Son La - Phu Tho - Viet Tri	1 x 192	
92	Connection to Yen Hung	2 x 12	
93	Van Tri - Tay Ho	1 x 7	
Construction Plan from 2026 to 2030			
94	Luc Yen - branch to Bao Thang - Yen Bai	4 x 2	
95	Son Tay 500kV - Vinh Yen	2 x 30	
96	Son Tay 500kV - Son Tay	2 x 8	
97	Tan Lac - branch to Hoa Binh - Yen Thuy	4 x 1	
98	Tan Lac - branch to Trung Son hydropower plant	2 x 1	
99	Thai Nguyen 500kV - branch to Bac Kan - Thai Nguyen and Tuyen Quang - Thai Nguyen	4 x 3	
100	Branch to Luu Xa	2 x 3	
101	Thai Nguyen 500kV - Thai Nguyen	2 x 5	
102	Son My thermal power station - Chu	2 x 30	
103	Dong Mo - Chu	2 x 30	
104	Bac Giang 500kV - branch to Bac Giang - Thai Nguyen	2 x 10	
105	Bac Giang 500kV - branch to Bac Giang - Dong Mo	2 x 10	
106	Song Cong - branch to Phu Binh - Hiep Hoa	4 x 5	
107	New Dong Bac coal-based thermal power station (Hai Ha 500kV) - Mong Cai	2 x 38	
108	New Dong Bac coal-based thermal power station (Hai Ha 500kV) - Hai Ha	2 x 3	
109	Ha Long - Quang Ninh	2 x 10	
110	Hai Phong 500kV - Do Son	2 x 25	
111	Hai Phong 500kV - Duong Kinh	4 x 15	
112	Tu Ky - branch to Gia Loc - Hai Phong 500kV	4 x 2	
113	Phuc Dien - branch to Gia Loc - Pho Noi 500kV	4 x 2	
114	Dong Anh 500kV - Dong Ky	2 x 8	
115	Dong Anh 2 - branch to Dong Anh - Van Tri	4 x 2	
116	Soc Son 2 - branch to Dong Anh - Hiep Hoa	2 x 10	
117	West of Hanoi - branch to Ha Dong - Thanh Cong	2 x 12	
118	Chuong My - branch to Ha Dong - Ung Hoa	4 x 10	
119	Ung Hoa - branch to Ha Dong - Phu Ly	2 x 4	
120	South of Hanoi 500kV - branch to Ha Dong - Phu Ly	4 x 2	
121	Thuan Thanh - branch to Bac Ninh - Pho Noi	2 x 6	
122	Long Bien 500kV - branch to Long Bien - Mai Dong	4 x 2	
123	Long Bien 500kV - branch to Long Bien - Bac Ninh 2	2 x 5	
124	Thai Binh 500kV - Hung Yen City	2 x 15	
125	Ly Nhan - branch to Thai Binh 500kV - Thanh Nghi	4 x 2	
126	Nam Dinh 2 - branch to Nam Dinh - Ninh Binh & Vu Thu - Ninh Binh 2	4 x 3	
127	Nam Dinh 2 - branch to Truc Ninh	2 x 2	
128	Quynh Phu - branch to Hai Phong 500kV - Thai Binh I	4 x 2	
129	Thanh Hoa 500kV - Hau Loc	2 x 27	
130	Nam Dinh I thermal power station - Hau Loc	2 x 40	
131	Nam Dinh I thermal power station - Ninh Binh 2	2 x 25	
132	Nam Dinh I thermal power station - Hai Hau	2 x 10	
133	Tam Diep - branch to Bim Son - Ninh Binh	2 x 5	
134	Can Loc - branch to Vinh - Ha Tinh	4 x 2	
135	Tuong Duong - branch to Ban Ve hydropower plant - Do Luong	2 x 3	
136	Tuong Duong - branch to Nam Mo - Ban Ve	1 x 6	
137	Tuong Duong - Do Luong	1 x 118	
138	Do Luong - Nam Cam	2 x 45	

注：Hanoi（ハノイ）

出典：第7次国家電力開発計画（ベトナム政府、2016年3月）

表 4.29 : 220 kV 送電線増強計画一覧 (中部地域)

No.	送電線区間	回線数 x km		備考
Construction Plan from 2016 to 2020				
1	Ngu Hanh Son - branch to Da Nang - Tam Ky	2	x 12	
2	Dong Hoi - Dong Ha	2	x 108	
3	Dong Ha - Hue	2	x 68	
4	Phong Dien - branch to Dong Hoi - Hue	4	x 5	
5	Hoa Khanh - Hai Chau	2	x 10	
6	Duy Xuyen - branch to Da Nang - Tam Ky	4	x 2	
7	Xekaman 1 - Pleiku	2	x 133	
8	Pleiku 2 - branch to Pleiku - Se San 4	4	x 16	
9	Connection to the aluminum smelting factory	6	x 10	
10	An Khe biomass power plant - branch to Pleiku - An Khe hydropower plant	2	x 1	
11	Pleiku 2 - branch to Pleiku - Krong Buk	2	x 13	
12	Pleiku 2 - Krong Buk	1	x 141	
13	An Khe - Pleiku 2	1	x 120	
14	An Khe - Quy Nhon	1	x 46	
15	Quang Ngai - Phuoc An	2	x 135	
16	Phu My - branch to Phuoc An - Quang Ngai	2	x 2	
17	Thuong Kon Tum - Quang Ngai	2	x 76	
18	Chu Se - branch to Pleiku - Krong Buk	2	x 2	
19	Duc Trong - branch to Da Nhim - Di Linh	2	x 7	
20	Nha Trang - Thap Cham	2	x 105	
21	Van Phong - branch to Nha Trang - Tuy Hoa	4	x 3	
Construction Plan from 2021 to 2025				
22	Thanh My 500kV - Duy Xuyen	2	x 57	
23	Krong Ana - branch to Krong Buk - Buon Kuop	2	x 12	
24	Cam Ranh - branch to Thap Cham - Nha Trang	4	x 2	
25	Lao Bao - Dong Ha	2	x 52	
26	Hai Chau - Ngu Hanh Son	2	x 15	
27	Tam Hiep - Doc Soi	2	x 14	
28	Dung Quat 2 - Dung Quat thermal power station	2	x 15	
29	Dung Quat thermal power station - branch to Dung Quat - Doc Soi	4	x 1	
30	Dung Quat thermal power station - Doc Soi	2	x 5	
31	Nha Trang - Krong Buk	1	x 147	
32	Ninh Hoa - branch to Tuy Hoa - Nha Trang	4	x 5	
33	220kV circuit breaker station - 500kV electrical substation in Krong Buk - Krong Buk	4	x 30	
34	220kv circuit breaker station - 500kV electrical substation in Van Phon - Ninh Hoa	2	x 25	
35	220kv circuit breaker station - 500kV electrical substation in Van Phong - branch to Ninh Hoa - Tuy Hoa 1	2	x 25	
Construction Plan from 2026 to 2030				
36	An Don - branch to Hai Chau - Ngu Hanh Son (District 3)	2	x 1	
37	Bac Chu Lai - branch to Tam Ky - Doc Soi	4	x 3	
38	Quang Ngai 2 - branch to Doc Soi - Quang Ngai	4	x 3	
39	Bo Y - Kon Tum	2	x 60	
40	220kV circuit breaker station - 500kV electrical substation in Binh Dinh - branch to Phuoc An - Phu My	4	x 20	
41	220kV circuit breaker station - 500kV electrical substation in Binh Dinh - Nhon Hoi	2	x 22	
42	Song Cau - branch to Quy Nhon - Tuy Hoa	2	x 3	
43	Nhon Hoi - Song Cau	2	x 75	
44	Song Cau - Tuy Hoa	2	x 40	
45	Van Phong thermal power station - branch to Ninh Hoa - Van Phong	2	x 25	

注 : Nha Trang (ニャチャン)

出典 : 第 7 次国家電力開発計画 (ベトナム政府, 2016 年 3 月)

表 4.30 : 220 kV 送電線増強計画一覧 (南部地域)

No.	Transmission line section	Circuit(s) x km	Note
Construction Plan from 2016 to 2020			
1	Phan Thiet – Tan Thanh (Phu My 2 industrial zone)	2 x 144	
2	My Xuan – branch to Phu My – Cat Lai	4 x 0,5	
3	Ham Tan – branch to Phan Thiet – Tan Thanh	4 x 1	
4	Di Linh – Bao Loc	1 x 34	
5	Chau Duc – branch to Ham Tan – Tan Thanh	4 x 2	
6	Cau Bong – Hoc Mon – branch to Binh Tan	4 x 7	
7	Cau Bong – Duc Hoa	4 x 12	
8	High tech zone – Cat Lai	2 x 6,5	
9	Binh Chanh – District 8	2 x 6,5	
10	My Tho 500 – branch to Long An – Cai Lay	4 x 3	
11	Connection to Ben Luc	2 x 10	
12	Tay Ninh – Binh Long	2 x 64	
13	Tan Uyen – Thuan An	2 x 8	
14	Tan Uyen – branch to Thu Duc – Long Binh	4 x 8	
15	Tay Ninh 2 – branch to Trang Bang – Tay Ninh	2 x 5	
16	Tan Cang – Cat Lai	2 x 14	
17	Junction from Vinh Loc to Hoc Mon – Binh Tan	2 x 5	
18	Tam Phuoc – branch to Long Thanh – Long Binh	2 x 2	
19	Phu Lam – Dam Sen	2 x 8	
20	Connection to Thu Thiem	4 x 0,5	
21	Ben Cat – branch to Binh Long – My Phuoc	4 x 2	
22	Chon Thanh – branch to Binh Long – My Phuoc	4 x 10	
23	Chon Thanh – Ben Cat	2 x 50	
24	Hiep Binh Phuoc – Tan Son Nhat	2 x 7	
25	Bien Hoa – branch to Tan Uyen – Long Binh	4 x 1	
26	Song May – Tam Phuoc	2 x 20	
27	An Phuoc – branch to Long Binh – Long Thanh	4 x 5	
28	Can Duoc – branch to Phu My – My Tho	4 x 5	
29	Sa Dec – branch to Vinh Long 2 – O Mon	2 x 5	
30	Long Xuyen 2 – branch to Thot Not – Chau Doc	4 x 6	
31	Cai Lay – Cao Lanh (2 nd generator set)	1 x 54	
32	Cao Lanh – Thot Not (2 nd generator set)	1 x 27	
33	Long Phu thermal power station – Can Tho – Tra Noc	2 x 95	
34	Duc Hoa 500kV – Duc Hoa 1	4 x 22	
35	Long Phu thermal power station – Soc Trang	2 x 25	
36	Chau Thanh (Hau Giang) – branch to O Mon – Soc Trang	4 x 5	
37	Duc Hoa 500kV – branch to Phu Lam – Long An	2 x 20	
38	Dam Sen – Tan Son Nhat	2 x 6	
39	Tan Son Nhat – Thuan An	2 x 15	
40	Long Thanh 500kV – High tech zone	2 x 25	
41	Long Thanh 500kV – branch to Long Thanh – Long Binh	4 x 12	
42	Ben Cat 2 – branch to Tan Dinh – Cu Chi	4 x 2	
43	Ben Cat – Ben Cat 2	2 x 20	
44	Gia Rai – branch to Ca Mau thermal power station – Bac Lieu 2	4 x 2	
Construction Plan from 2021 to 2025			
45	Dinh Quan – branch to Bao Loc – Song May	4 x 1	
46	Phan Ri – branch to Phan Thiet – Vinh Tan	4 x 2	
47	Bac Chau Duc – branch to Tan Thanh – Chau Duc	4 x 10	
48	Son My – branch to Ham Tan – Chau Duc	4 x 4	
49	Dat Do – branch to Son My – Chau Duc	4 x 2	
50	Phu My 3 industrial zone – branch to Tan Thanh – Bac Chau Duc	4 x 6	
51	Tao Dan – Tan Cang	2 x 7	
52	Binh Chanh 1 – Cau Bong	2 x 13	
53	Cu Chi 2 – branch to Cu Chi – Cau Bong	4 x 1	
54	Thu Thiem – branch to Cat Lai – Tan Cang	2 x 2	
55	District 7 – Nha Be	2 x 6	
56	Binh Duong – branch to Uyen Hung – Song May	4 x 2	
57	Binh My – branch to Song May – Binh Duong	4 x 2	
58	VSIP – branch to Binh Hoa – Thuan An	4 x 2	
59	Tan Dinh 2 – branch to Tan Dinh – Ben Cat	4 x 2	
60	Lai Uyen – branch to Chon Thanh – My Phuoc	4 x 2	
61	Tan Bien – Tay Ninh	2 x 30	
62	220kV busway – 500kV electrical substation in Tay Ninh – branch to Tay Ninh – Trang Bang	4 x 1	
63	220kV busway – 500kV electrical substation in Tay Ninh – Phuoc Dong	2 x 36	
64	Long Khanh – branch to Long Thanh – Xuan Loc	4 x 2	
65	Nhon Trach City – Nhon Trach industrial zone	2 x 3	
66	Nhon Trach industrial zone – Long Thanh 500kV	2 x 30	
67	Duc Hoa 3 – 220kV busway and 500kV electrical substation in Duc Hoa	2 x 6	
68	Chau Thanh – branch to Chau Doc – Thot Not	4 x 2	
69	Lap Vo – 220kV circuit breaker station and 500kV electrical substation in Thot Not	2 x 22	

No.	Transmission line section	Circuit(s) x km	Note
70	Connection to Kien Giang thermal power station		20
71	Hon Dat busway - branch to Kien Binh - Rach Gia	2 x 2	
72	Cai Be - branch to Cao Lanh - Cai Lay	4 x 3	
73	Chau Thanh - branch to O Mon - Long Phu	4 x 2	
74	My Tu - branch to Chau Thanh - Long Phu	2 x 2	
75	Ninh Kieu - branch to Tra Noc - Long Phu	4 x 4	
76	Nam Can - Ca Mau 2	2 x 55	
77	Duyen Hai 2 - branch to Duyen Hai thermal power station - Mo Cay	4 x 2	
78	Go Cong - Can Duoc	2 x 20	
79	Connection to Long An 1 thermal power station		60
80	Long Son - branch to Chau Duc - Phu My 3 industrial zone	2 x 8	
81	Phuoc Long - branch to Binh Long - Dak Nong	2 x 5	
Construction Plan from 2026 to 2030			
82	Ninh Phuoc - branch to Thap Cham - Vinh Tan	4 x 2	
83	Ho Nai - branch to Song May - Tam Phuoc	4 x 2	
84	Phu My City - branch to Bac Chau Duc - Phu My 3 industrial zone	4 x 8	
85	Phu Giao - branch to Uyen Hung - Binh Duong 1	4 x 4	
86	Phu Hoa Dong - branch to Cu Chi 2 - Cu Chi	4 x 2	
87	Cu Chi 3 - 220kV busway and 500kV electrical substation in Cu Chi	2 x 5	
88	Tay Ninh 3 - branch to Tay Ninh 2 - Tay Ninh 1 busway	4 x 3	
89	220kV circuit breaker and 500kV electrical substation in Tay Ninh - branch to Tay Ninh 2 - Trang Bang	4 x 2	
90	Binh Long 2 - branch to Binh Long - Chon Thanh	4 x 4	
91	Ben Cau - branch to Tay Ninh 2 busway - Trang Bang	4 x 4	
92	Duc Hoa 4 - 220kV busway and 500kV substation in Duc Hoa	2 x 7	
93	220kV busway and 500kV electrical substation in Duc Hoa - branch to Phu Lam - Ben Luc	2 x 20	
94	Binh Chanh 2 - branch to Phu Lam - Duc Hoa busway	4 x 2	
95	Dau Giay - 220kV busway and 500kV electrical substation in Dong Nai 2	2 x 20	
96	Bien Hoa - branch to Long Binh - Tan Uyen busway	4 x 2	
97	Hong Ngu - Chau Doc	2 x 34	
98	Hong Ngu - 220kV busway and 500kV electrical substation in Dong Thap	2 x 24	
99	Thanh Binh - 220kV circuit breaker station and 500kV electrical substation in Dong Thap	2 x 7	
100	Cho Moi - 220kV busway and 500kV electrical substation in Dong Thap	2 x 12	
101	Cho Moi - Chau Thanh	2 x 15	
102	Vinh Thuan - branch to Rach Gia - Ca Mau thermal power station	2 x 2	
103	220kV busway and 500kV electrical substation in Tien Giang - branch to Vinh Long 2 - Sa Dec	4 x 15	
104	220kV busway and 500kV electrical substation in Tien Giang - branch to Cao Lanh - Cai Be	4 x 4	
105	Vinh Long 3 - branch to Vinh Long 2 - Tra Vinh	4 x 2	
106	Ba Tri - Ben Tre	2 x 18	
107	Tan An - branch to My Tho - Can Duoc	4 x 5	
108	Connection to Long An 2 thermal power station		62
109	Dong Xoai - Chon Thanh	2 x 39	
110	Nam Hiep Phuoc - branch to Phu My - Can Duoc	4 x 2	
111	Connection to Tan Phuoc power center		120

注：Long Thanh（ロンタイン）、Thu Thiem（トゥティエム）

出典：第7次国家電力開発計画（ベトナム政府、2016年3月）



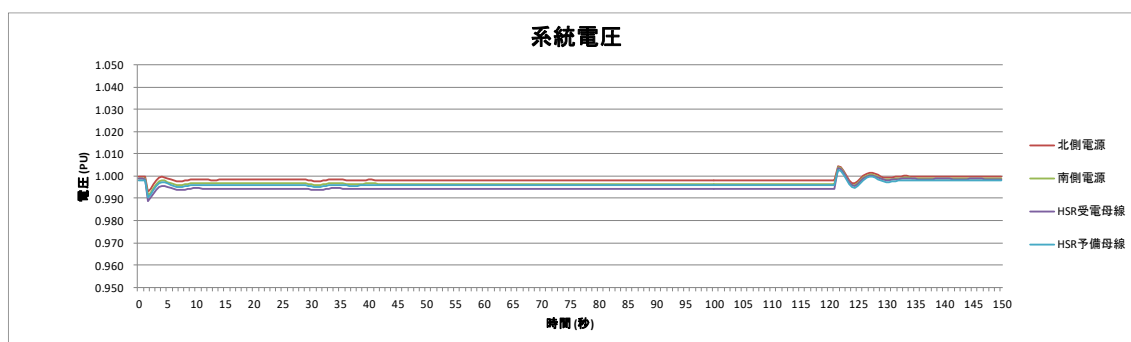
出典：EVN Annual Report 2017

図 4.32：ベトナムの電力システム

(4) 高速鉄道への電力供給

高速鉄道への電力供給は、電圧変動範囲、高速鉄道の負荷、供給系統の短絡容量を考慮して決定する。国家電力規格の電圧変動許容値は、通常運用時に標準電圧±5%と規定されている。高速鉄道の最大負荷は、1時間5本の運行の場合に1変電所から特急1本、各停4本、計5本に同時供給する電力となる。き電用変圧器容量から無効電力は、25MVARとなる。5%以内の電圧変動に抑える場合の必要短絡容量は、500MVAとなる。この短絡容量から110kV系統からの供給も可能と思われるが、供給信頼性などを考慮すると、日本で供給している送電電圧275kVと同等の220kV送電線から供給することが望ましい。

簡易電源モデルによるシミュレーションを行った結果、電圧変動は、1.1%程度であり、電圧変動許容値以内と考えられる。



出典：JICA 調査団

図 4.33：系統電圧変動シミュレーション結果

高速鉄道変電所への供給送電線は、基本的には既設送電線より分岐して高速鉄道変電所への送電線を建設するが、高速鉄道変電所が電力系統の変電所近傍に位置する場合は、変電所に高速鉄道供給用の専用線を建設し電力供給を行う。

電力系統から高速鉄道へ供給する電力設備の費用は、接続送電線建設費、送電線を分岐して接続送電線を建設するための既設設備改造費や専用線新設費が必要となる。今後計画が進むなかで、基本計画段階の高速鉄道の変電所位置を具体化して EVN へ供給申請する必要があるため、受電系統の具体化検討を進めることが望ましい。

4.2.2 電力供給システム

(1) 一般的事項

電力供給システムは、電化された輸送システムの重要な項目の一つであり、沿線の電気機器および設備に対して安定した信頼性のある電力を供給しなければならない。プロジェクトで使用される電源を決めるには、電力供給システムを調査・研究する必要がある。

全体として、電源の選択は、重要度の高い順に分類され、以下の基準に基づく。しかし、需要家は関連する要件について、最も重要と考える基準を採用することができる。

- **安定性と信頼性**：電力供給システムは、輸送手段と機器の運用のための最良条件を確保する。そのために、安定した信頼性の高い電力供給を提供しなければならない。照明、換気システムなどに対する電源は、電源の電圧変動率 (%) により安定性と信頼性が示される。
- **可用性**：運転中や、操作中に必然的に事故や障害が発生する可能性がある。このため、システムでは、一つの設備が故障しても、全体的な運用と沿線全体の利用に障害を及ぼさないことを確実にしなければならない。
- **安全性と環境保護**：この基準は、電気安全のための最良の条件を保証し、環境、人、無線、電気通信インフラ等への悪影響をも最小限に抑える事が必要となる。
- **経済的基準**：この基準は、減価償却費の回収、運転中の電磁誘導障害の最小化など、経済的有効性を高めるために、投資コストと運用コストを最適化する事が必要とされる。
- **美観的要素**：これは一般的な景観や環境条件等、特に考慮する必要がある都市部に直接関連する要件である。

(2) 電力供給システム

1) 変電システム

i) き電システム

日本では1964年10月東海道新幹線が営業運転を開始して以来、山陽新幹線、北新幹線、上越新幹線が順次開業した。また、近年には1997年、北陸新幹線（高崎・長野間）が、引き続き九州新幹線（新八代・鹿児島中央間）が開業し、順調な営業運転がなされている。

今回の提案は、日本の新幹線が長期に亘って築いた技術と信頼性、さらには近年急速に進歩したパワーエレクトロニクスを駆使した最新の技術を融合させた最新かつ信頼度の高いシステムである。

ii) 電車線電圧

今回提案する新幹線の電車線電圧を下表に示す。

表 4.31 : 電車線電圧

種別	電圧
最高電圧	30 (kV)
標準電圧	25 (kV)
最低電圧	22.5 (kV)
瞬時最低電圧	20 (kV)

出典：JICA 調査団

iii) き電方式

運転用電力は、電車線とレールを通じて電気車に電気を供給する。この時、き電回路の帰線側が大地に接したレールとなるため、帰線電流の一部がレールから大地に漏出することになる。

交流電気鉄道では、この漏出した電流が付近の通信線に誘導し、通信線に対する誘導障害を起こすので、流出電流を抑制するための対策を用いたき電方式が採用されている。主なき電方式としては「直接き電方式」「BT き電方式」「AT き電方式」「同軸ケーブルき電方式」の四種類がある。これらの各方式の特徴を次表に示す。

この中で AT き電方式は、「変電所間隔を長くすることができる」、「通信線に対する誘導障害の軽減効果が大きい」「レールからの大地に流れる漏れ電流を限定できる」など新幹線に適した多くの特徴を持っている。よって、高密度・大電力の新幹線に適した「単巻変圧器（AT：Auto Transformer）き電方式」を採用する。また AT は標準 10～15 km 間隔で設置する。

今回、AT は、各変電所（Sub-Station）および、き電区分所（Sectioning Post）、補助き電区分所（Sub-Sectioning Post）、AT ポスト（AT-Post）に設備することとし、AT 一台あたりの定格自己容量は「5MVA」とする。

表 4.32 : 各き電方式の特徴

方式	特徴	概要図
直接 き電 方式	<ul style="list-style-type: none"> 最も簡単なき電回路方式である。 通信線への誘導特性が悪い。 がいし閃絡等の保護対策が必要である。 レール電位が他のき電方式より高い。 	
BT き電 方式	<ul style="list-style-type: none"> 吸上変圧器を使用した方式 通信誘導軽減効果が大きい。 BT セクションを必要とする。 BT セクションの架線構造が複雑となる。 き電回路インピーダンスが大きい。 	

方式	特徴	概要図
AT き電 方式	<ul style="list-style-type: none"> • き電電圧（変電所送出電圧）を電車線電圧より高くできるので大容量負荷への供給に適する。 • 変電所間を他のき電方式より長くすることができる。 • BT セクション等のセクションが不要である。 • AT の間隔は概ね 10 km 程度である。 	
同軸 ケー ブル 方式	<ul style="list-style-type: none"> • 吸い上げ効果も大きく通信誘導軽減効果がある。 • BT セクション等のセクションの必要がなく、導体配置が簡単で狭小区間に適する。 • ケーブルが高価である。 • 往復インピーダンスが架線の約 1/7 と小さい。 • 高調波電流の共振に留意が必要である。 	

出典：JICA 調査団（前回調査 JICA、2013 等を参照）

iv) き電用変圧器

- き電用変圧器の種類

三相電力系統から新幹線電気車のような単相で駆動される単相電力を使用すると、三相側に電源の短絡容量に反比例した逆相電圧が発生し、一般の三相機器に種々の弊害を起す場合がある。三相側の電流をできるだけ平衡させるため、日本の交流き電システムでは三相電力を二相電力に変換し、き電回路を方面別または上下線別にして、できるだけ三相側の各相の電流が等しくなるようにしている。（電圧不平衡率については、電力会社と協議する。）

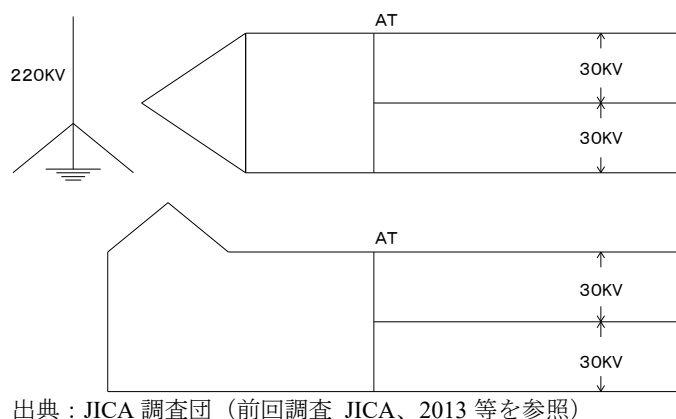
三相電力を二相電力に変換するための変圧器としては、「スコット結線変圧器」、「変形ウッドブリッジ結線変圧器」、「ルーフデルタ結線変圧器」の三種類のき電用変圧器があり、受電電圧等を勘案して選択される。

ベトナムでは 2020 年までに 220 kV 系の送電網が構築されるので、最も経済的な「ルーフデルタ結線変圧器」の採用を推奨する。

- ルーフデルタ結線変圧器

新幹線では超高圧 220 kV、275 kV 受電を行う場合は、三相側中性点の直接接地ができる変圧器として、変形ウッドブリッジ結線変圧器が採用されていた。最近、このトランスに変わり、ステップ巻線が省略でき、巻線容量が減少することで構造を簡略化し、軽量化された「ルーフブリッジ結線変圧器」が開発された。このトランスの

結線図を下図に示す。主変圧器は Y- Δ 結線を組み合わせたものである。主変圧器の三相各相のインピーダンスをそれぞれ等しくすれば、1 次中性点を接地しても付加電流による中性点電流は流れない。A 座、B 座負荷による三相平衡条件は、スコット結線変圧器と同じである。



出典：JICA 調査団（前回調査 JICA、2013 等を参照）

図 4.34：ループブリッジ変圧器の結線図

- き電用変圧器の二次側出力電圧

き電用変圧器の二次側出力電圧は、電車線電圧の許容最高電圧でき電する。従って、AT き電方式の場合には、き電用変圧器の二次側出力電圧は「60 kV」となる。電力会社の電源電圧変動に対しては、き電回路の電圧が許容最高電圧となるように調整できる一次タップ（無電圧タップ）切り替え方式を選定する。

v) き電回路の構成

- 変電所等の種類と配置

交流き電用変電所では、隣接した変電所間での電源の位相が異なるため、変電所と変電所との中間にき電区分所（SP：Sectioning Post）を設ける。今回の場合、き電区分所を設置する上での制約条件が明らかになっていないが、一変電所のき電区間距離を片側 40km ずつ、合計 80 km 程度とし、き電用変圧器の容量を検討する。検討結果から、変電所は 21 箇所、き電区分所は 20 箇所とした。

また、変電所とき電区分所の間には保守、事故時にき電系統を限定区分できるようにするため補助き電区分所（SSP：Sub-Sectioning Post）を、電圧降下の救済、及び弱電回路の誘導障害を軽減するための AT ポスト（ATP：AT Post）を設ける。

補助き電区分所は、き電距離、AT の設置個所、駅の位置、経済性などを考慮して設置位置を選定し SSP は 82 箇所、AT ポストは 7 箇所とした。

また営業運転が終了すると、電車線路の保守などのためにき電用変電所から本線へのき電は停止する。これに対して車両基地では、営業運転終了後であっても、車両の保守などを行ったり早朝の営業運転に備えて車両の空調等を動かしたりするための運転用電力が必要になるので、本線のき電とは分離された電源系統が必要である。車両基地に電力を供給する方法には、「専用の変電所を設置する方法」と「直近の変

電所から基地専用の電力を供給する方法」とがあるが、経済性を考慮して後者の方法を採用することとする。

また、長大トンネル内には区分断路器を設けて、事故時に電源を区分できるようにする。

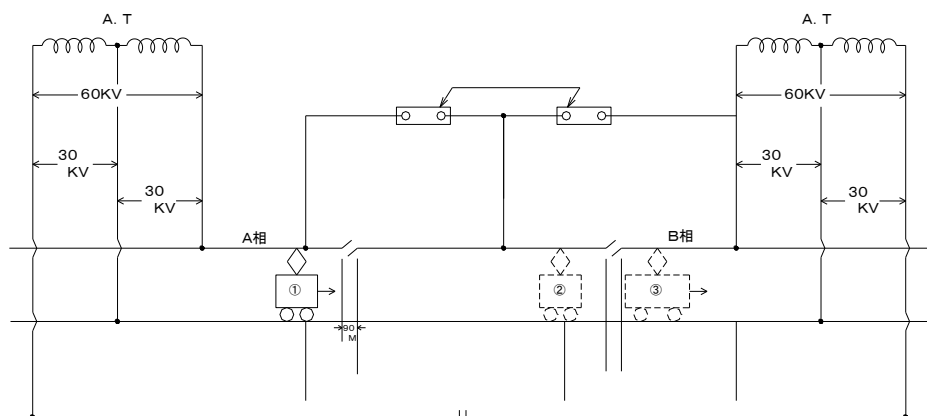
- 方面別き電方式

き電方式は、変圧器の M 座と T 座の電圧を、変電所中心に左右のき電回路へき電する方面別のき電方式を採用する。

- き電システムの運用方式

- **上下タイ設備**: 上下タイ設備は、方面別のき電方式を採用している複線区間において、変電所 (SS)、き電区分所 (SP)、補助き電区分所 (SSP) で上下のトロッコ線及びき電線を結ぶ方式である。この方式は、き電回路における電圧降下の改善及び列車の上下渡セクションにおけるアーク消弧対策に効果がある。
- **上下一括き電**: 上下一括き電は、変電所の方面別上り線、下り線を共用してき電する方式である。実際には、上下一括き電であっても変電所には上下線及び方面別に各 1 台ずつ、計 4 台のき電用遮断器を設けて、常時は各方面 2 台の遮断器のうち 1 台を使用して上下一括き電を行い、残りの 1 台は予備として運用することで、き電システムの信頼性を向上させている。
- **切替セクション**: 変電所の直下では、M 座 T 座の電源が付合せとなり、また、き電区分所では電源系統が異なる電源が付合せとなるので、列車通過時にパンタグラフによる異相電源の短絡を生じないように異相セクション用として切替セクションを設ける。新幹線は、200 km/h 以上の高速運転となるため力行（ノッチ制御なし）のまま通過できるように下図に示すように 2 つのエアセクションを設けて約 1,000 m の中セクションを構成し、切替遮断器によって車両が必要な電源の切り替えを行っている。

切替遮断器の切替は列車からの位置を伝える信号を受けて行う。この切替遮断器には真空遮断器を採用しているが、列車が通過する度に入り切りを行うので、多頻度仕様が要求されることから新幹線用に特別に開発された、上り線、下り線各々に常用器、予備器を設備し、き電システムの信頼度を向上させている。なお、切替に伴う瞬時時間は「300±50 ms」程度である。



出典：JICA 調査団（前回調査 JICA、2013 等を参照）

図 4.35：切替セクションの構成図の例

- **延長き電**：変電所、き電区分所の設備としては、延長き電が行える構成とする。延長き電とは、主に変電所における片座に故障が発生した場合に同相電源を正常時のき電区間にき電し、あるいは隣接変電所で停電が発生した場合に、き電区分所を介して、隣接変電所までき電する方式である。この方式により、当該区間に残存する車両への照明、空調等旅客に対するサービス電源を供給することができる。ただし、下記に示す事項により、延長き電による正常運転は行わないこととする。
 - 2 回線の送電線で受電し、き電用変圧器を 2 台設けて常用予備運転を行い、また他の機器も二重化するので、変電所の停電が継続する可能性は非常に少ない。
 - 延長き電を行い正常な運転を確保するとなると、変電所間隔が長くなり電源対策に過大な設備が必要となり、コスト高になる。
 - き電用変圧器を並列してのき電は行わない。仮に行なえば、短絡電流が大きくなるため単巻変圧器、遮断器などの過電流強度を大きくしなければならず、結果としてコスト高となるからである。

従って、き電用変圧器、単巻変圧器、遮断器などの定格は正常き電を行うことを前提として製作する。

- き電回路の構成
標準的なき電回路の構成を次図に示す。

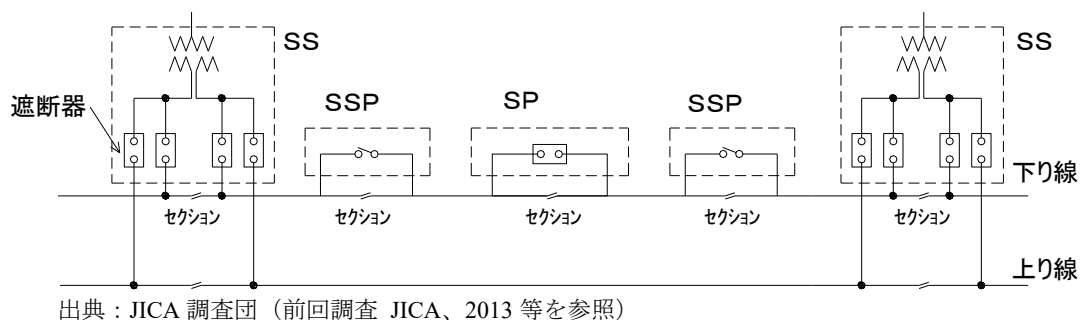


図 4.36：交流き電回路の構成例

- き電回路の電圧降下

き電回路の電圧降下は、列車の位置、列車電流、同一き電区間内の列車数、線路インピーダンスなどの前提条件によって大きく異なる。詳細な検討は困難であるが、与えられた条件を基に試算した結果では、列車の最低パンタ電圧は 22.5 KV 程度あり、電車線電圧の許容変動範囲に入っている。
- 交流き電回路の高調波

新幹線車両は PWM コンバータで交流電力を直流電力に変換後、VVVF インバータにより電圧と周波数を変化させて、三相誘導電動機を駆動している。このため 1 次側の電流波形は正弦波に近い低次の高調波電流が少なく、き電用変電所では低次の高調波対策は不要と考えられる。また、高次の高調波については車両内での低減が図られるため非常に少ない。しかし、電鉄負荷から派生する高調波電流が系統へ障害を与えるおそれがある場合は、その対策としてフィルター設備、高調波共振抑制装置も考えられる。
- 絶縁協調

変電所のき電変圧器からき電用遮断器までの機器の絶縁強度は、基本的には BIL300 kV の絶縁とし、避雷器は定格 84 kV のものを使用する。また、AT き電回路の電車線線路、切替セクションの切替開閉器、き電区分所及び補助き電区分所などの機器は、BIL200 kV の絶縁とし避雷器は定格電圧 42 KV のものを使用する。また、新幹線のき電用変電所では、特別高圧受電、き電設備、及び低圧制御回路が混在しているため、特別高圧系が地絡した場合でも接地電位が均一化するように網目状接地を施したり、構外より入線する制御・表示に必要な通信ケーブル、連絡遮断用ケーブルなどに光ケーブルを採用する。
- 誘導障害とその対策

電車線に近接した通信線には、電車線電圧に比例した静電的に誘起される静電誘導と、帰線電流のうちで大地に漏れる電流により電磁的に誘起される電磁誘導の作用によって誘導電圧と雑音が生じる。

- **静電誘導**：静電誘導現象により通信線に誘起される静電誘導電圧は、電車線対地電圧に比例する。また電車線電圧に高調波電圧が含まれると、高調波誘導電圧が発生する。これを線間の雑音電圧と言い、この対策としては以下の事項を検討する必要がある。
 - 通信線を電車線からできるだけ隔離する。
 - 通信線をケーブル化し完全に遮蔽する。

- **電磁誘導**：電磁誘導とは、き電回路における電車線が変圧器の1次巻線、通信線が2次巻線に相当し、変圧器回路が成立し電車線から電磁誘導により、通信線に誘導電圧が発生する。この電圧は周波数、漏れ電流、相互インダクタンス、両線の並行区間の長さに比例する。また車両負荷からは高調波電流が、き電回路に流れると高調波による電磁誘導電圧が発生する。これを線間の雑音電圧という。対策として以下の事項を検討する必要がある。
 - 大地に漏れる電流を抑制するためにAT（単巻トランス）を設備し積極的にレール電流を吸い上げる。
 - 通信線を電車線からできるだけ隔離するか通信線を遮蔽ケーブル化する。

- **保護継電器の方式**
 - **受電回線の保護及び運用**：電力会社から受電する回線の保護及び運用に関する事項（連絡・再閉路等）は電力会社と協議の上で最終的な方法を決定する必要がある。
 - **き電用変圧器の保護**：き電用変圧器は、比率作動継電器、過電流継電器、圧力継電器、温度継電器、油量継電器などで保護する。
 - **き電回路の保護**：交流き電回路の保護は、距離継電器、交流 ΔI 形故障選択装置によって行う。
 - **切替遮断器の保護**：切替遮断器は動作頻度が多いため、極間短絡継電器等で保護する。

- **き電用遮断器の再閉路**

電気車の運転中に外線事故などによって引き起こされた停電時間が長くなると電気車の制御電源を含めた全電源が停電となるため、補機などの再起動に時間を要し、運転時間に遅れを生じる。交流き電回路においては、がいし閃絡などの一過性の事故が比較的多く、いったん無電圧にすると事故点の絶縁は回復し再加圧しても異常なくき電を行うことができ、また再閉路成功率も比較的高い。したがって、新幹線システムにおいては電力供給、電気運転の保安度向上のため本方式を採用する。

- **変電所等の遠方監視・制御**

き電用変電所、き電区分所、補助き電区分所、ATポストなどの監視・制御は、通常指令所から行う。変電所などと指令所間の伝送装置には、日本の新幹線や電力会社向けの電力供給システムで多数使用され、十分実績のあるマイクロコンピューターを使用した遠方監視制御装置（SCADA）を使用する。SCADAは、最新形のワークス

テーションを機能別に分散するシステムを使用し、高級な機能を低コストで実現することができ、現在の監視・制御の主流である。

- 機器の構成
 - **き電用変電所等の機器の方式**：き電用変電所等の機器の方式は、屋外方式とし機器の統一化を図る。
 - **受電設備**：受電設備にはガス絶縁開閉装置（GIS）を使用する。GISには次のような特徴がある。
 - コンパクトである。
 - 据え付け、配線工事が容易である
 - 電極部の露出がないため安全である。

なお、電力会社から2回線で受電し、各々の回線はき電用変圧器と直接接続し並列受電は行わないことで回線構成はシンプルとする。1回線は常用とし他の1回線は予備として運用し、回線故障時には自動的に予備に切り替わるものとする。

- **き電用変圧器**：き電用変圧器は、ルーフデルタ結線変圧器とする。変圧器は2台設備し1台は常用、他の1台は予備として使用し、並列運転は行わない。1台故障時には自動的にその回線を切離し、予備に切り替わることで正常なき電を確保する。
- **き電用設備**：き電変圧器2次側のき電用主回路機器は、設置スペースを小さくすることと、工事費の低減を図ること、及び安全を考慮して、受電設備と同様にガス絶縁開閉器で構成することとする。き電用遮断器は各方面に2台あるが、うち1台は常用、もう1台は予備の運用とすることができ、非常に信頼度の高い機器構成とすることができる。1台故障時には自動的に回線を切離し、予備器に切替ることで正常なき電を確保する。また、切替セクション用の切替開閉装置も常用のほかに予備をもち、信頼度の向上を図る。
- **配電盤**：監視制御保護を行う配電盤は、プログラマブルコントローラ（PC）、デジタルリレー（PI）などのマイコン応用機器を採用しコンパクト化・メンテナンスフリー化を図ることとする。PC、PIは2重化構成として信頼度を上げる。PCは、通常の監視制御機能の他に計測、自動切替、再閉路などの機能を備えている。なお、マイコン応用機器を使用するため、配電盤を設備する建物には空調設備を設ける。
- **機器の冗長性**：以上のように、受電設備、き電用変圧器、き電用遮断器、切替開閉装置などの主要機器はすべて2重化構成とするので、非常に信頼度の高い構成となる。
- **き電区分所、補助き電区分所、ATポスト、区分用断路器**：き電区分所等の主回路機器構成も、き電用変電所と同様GISを中心に構成することとし、コンパクト化を図ることとする。また、配電盤も変電所と同様にPC、PIを採用してコンパクト化を図る。これらの配電盤設備は、新幹線高架下を活用することで用地取得費の低減が図れる。

vi) 変電所設備の容量算出

- 前提条件
変電所の構成は、前述のき電回路を前提として算出する。
- 列車関連データ
車両諸元は次のケースを想定する。

-	列車本数	ハノイ - ビン	4 列車/時間/片道
		ビン - ホーチミン	5 列車/時間/片道
-	最高運行速度	320 km/h	
-	列車構成	10 両 (8M2T)	
		16 両 (14M2T)	
-	列車重量	10 両	500 t
		16 両	800 t
-	力率	0.99	
-	列車最大電流	10 両	470 A
		16 両	754 A
-	パンタ電圧	25 kV 50 Hz	
-	送出電圧	30 kV	
-	き電距離	40 km	

vii) き電用変圧器の容量

- 標準変圧器
変圧器の標準容量は次の通りである。

表 4.33 : き電用主変圧器の標準容量

変圧器結線	容量 (KVA)
変形ウッドブリッジ	50,000、80,000、100,000
スコット結線	10,000、15,000、20,000、30,000、50,000、80,000、100,000

出典：電気工作物設計施工標準（日本鉄道建設公団、S63）

き電用変圧器の信頼性は、以下の事項を考慮して、過負荷定格容量を増すことで高められる。

- 電気車の負荷は大きく変動すること
 - 変圧器の容量と平均電力消費率から算出した時間最大電力量が釣りあうこと
 - 瞬時的最大電力量への配慮
 - 過負荷定格は「300% 2分」の連続繰り返しを可能とする。
- 給電距離
変電所間距離（給電距離）は、現地調査と電力網計画から決定する。

- 1 時間最大電力

<10 両編成、4 往復の場合>

新幹線の平均電力消費率 P_m は、50 kwh/1,000t-km である。

1 時間最大電力は次式で計算できる。

$$P = P_m \times W_t \times D \times N = (50 \times 500 \times 40 \times 8) / 1,000 = 8,000 \text{ kwh}$$

P : 1 時間の最大電力 (kwh)

P_m : 平均電力消費率 (50 kwh/1,000t-km)

W_t : 1 列車の重量

D : き電距離 40 km

N : 1 時間当り列車本数往復 8 列車/h

$$KVA = P \times \alpha \times \beta \times \gamma / \delta = 8,000 \times 1.5 \times 1.2 \times 1.515 / 0.99 = 22,036$$

α 延長き電 : 1.5

β 将来負荷増 : 1.2

γ 将来速度増 : 1.5

δ 電力消費率 : 0.99

変圧器容量は両座で $22.036 + 22.036 = 44\text{MVA}$

従ってトランス容量は、上記表により 50MVA となる。

<10 両編成、5 往復の場合>

変圧器容量は、4 往復より 25%増し ((5-4)/4 = 0.25) ゆえ、

変圧器容量は $44\text{MVA} \times 1.25 = 55\text{MVA}$

トランス容量は 80MVA となる。

<16 両編成、5 往復の場合>

変圧器容量は、10 両 5 往復の 1.6 倍 ((16-10)/10=1.6) ゆえ、

変圧器容量は $55\text{MVA} \times 1.6 = 88\text{MVA}$

トランス容量は 100MVA となる。

- 変圧器容量

表 4.34 : き電用変圧器の所要容量計算結果及び定格容量

区間	列車本数 (片道)	1 時間最大電力 (MW)	変圧器の定格容量 (MW)	備考
ハノイ - ビン	列車編成 10 両 (特急 1 本、普通 3 本)	44 MVA	50 MVA	き電距離 40 km と想定
ニャチャン - ホーチミン	列車編成 10 両 (特急 1 本、普通 4 本)	55 MVA	80 MVA	
ハノイ - ホーチミン	列車編成 16 両、本数 5 本	88 MVA	100 MVA	

出典：JICA 調査団

トランス容量は、全線が開業し 16 両 5 本の運転の始まる時期を考慮して決定するのがよい。16 両化が、開業の 25-30 年程度先なら、当初は 80MVA のトランスとし、16 両化の時期に 100MVA とするのが妥当である。他の機器を含めた更新時期となるからである。

しかし開業から 10 年程度で 16 両編成になる場合は、列車の運行をしながらの更新工事となり、建設費が高むので、あらかじめ 100MVA としておくのがよい。80MVA と 100MVA のトランス工事費の差額は、全体工事費の 5%程度である。

- 単巻変圧器 (AT) の容量

AT の容量は、短絡電流及び負荷電流から、それぞれ必要容量を求め、大きい値を選択する。

AT の自己容量は直列巻線または分路巻線の電圧と電流の積であり、実質的な大きさを表す。線路容量は供給できる容量で、巻数費が 1 : 1 の場合は自己容量の 2 倍である。

- 短絡強度

短絡強度は AT が設置されている箇所における短絡電流 I_s から求める。き電電圧 V 、短絡電流を N とすれば、短絡容量 W_1 (自己容量) は次式で求められる。

$$W_1 = (V \times I_s) / 2N$$

短絡強度は一般的に 25 倍であるが変電所などの短絡電流が大きい場合は 35 倍にすることがある。今回は短絡電流を計算していないのでこの式による計算は省く。

- 1 時間最大容量

1 時間最大電力 W_2 (自己容量) は列車の電力消費率

平均電力消費率 P_m (kwh/1,000t-km) と

列車の重量 (t) W 、

列車本数 N (本/h)、負荷力率 P_f 、AT 間隔を L (km) とすると

$$W_2 = (P_m \times W \times N \times L) / 2 \times P_f$$

*列車が 2 個の AT の中にあるので 2 で割っている

$$W_2 = (594 \times 588 \times 5 \times 10) / (2 \times 0.99) / 1000$$

$$= 174636 / 1.98 = 8,820$$

従って AT 容量は 10 MVA になる。

表 4.35 : 単巻変圧器の標準容量および短絡強度

変圧器結線	容量 (KVA)	短絡強度
単巻変圧器	5,000、7,500、10,000	25 または 35

出典：電気工作物設計施工標準（日本鉄道建設公団、S63）

viii) 土木構造物に関する変電設備

• 土木委託

下記の項目は土木工事部門に委託する。

- 変電所等用地買収、
- 変電所等用地造成、
- 構内排水路、
- 変電所等取付道路
- 施工杭

なお、詳細については設計段階で土木と協議する。

• 建築委託

下記の事項は建築工事部門に委託する。

- 構内排水路
- 構内通路、
- 外壁、
- 建物、
- 給排水設備
- 柵、および門扉等、なお詳細については設計段階で建築と協議する。

2) 電車線設備

i) 電車線路設備計画

電車線路は、変電所から電力をパンタグラフにより、電気車へ供給する設備であり、支持物、き電線路、電車線及び保護装置等から構成され、常に安定した電力を電気車に供給でき、かつ一重系設備であるため保安度の高い設備が要求される。

ii) 基本仕様

• 電気方式、及びき電方式

- 電気方式：単相交流 25,000 V、周波数 50 Hz とする。
- き電方式：AT き電方式とする。

• 気象条件

想定する気象条件は、以下のとおりとする。

- 気温：設計上想定する気温は、ベトナムの過去の気温データを採用する。
- 風：設計上想定する風速値は、ベトナムの過去の実績の最大瞬間風速値を採用する。
- 雷：ベトナム全地域に雷害対策を考慮する。
- 塩害：全線区間塩害を考慮する。

- ちょう架線方式
電車線のちょう架方式、電車の種類及び標準張力は下表による。

表 4.36 : 電車線の種類と標準張力

区間	ちょう架方式	種類及び断面積		標準張力
主本線	シンプルカテナリ ちょう架式 CS (銅覆鋼) シンプル (張力 4.0 t) (39.2 kN)	ちょう架線	硬銅より線 150 mm ²	2,000 kgf (19.6 kN)
		トロリ線	CS トロリ線 110 mm ²	2,000 kgf (19.6 kN)
主本線 以外	ヘビーシンプルカテナリ ちょう架式 (張力 2.5 t) (24.5 kN)	ちょう架線	亜鉛めっき鋼より線 110 mm ²	1,500 kgf (14.7 kN)
		トロリ線	みぞ付き硬銅トロリ線 170 mm ²	1,000 kgf (9.8 kN)

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』（鉄道運輸機構、2012）

- 架高
電車線の架高は、下表による。

表 4.37 : 電車線の標準架高

ちょう架方式	区間	架高
シンプルカテナリちょう架式	全区間	950 mm
ヘビーシンプルカテナリちょう架式	駅構内	950 mm
ヘビーコンパウドカテナリちょう架式	全区間	1,000 mm

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』（鉄道運輸機構、2012）

- トロリ高さ／勾配
 - 本線のトロリ高さは、5,000 mm±100 mm とする。
 - 本線とトロリ線の勾配は、1/1,000 以下とする。
- 振止金具
 - 直線線路及び 12,000 m 以上の曲線路のトロリ線は、下表により振止装置を設備する。

表 4.38 : 振止金具の設置範囲

区間	設置範囲	記事
明かり区間	各支持点	トンネル出入り口第一支持点にも設備する。
トンネル区間	4 径間毎	

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』（鉄道運輸機構、2012）

- 12,000 m 未満の曲線路のトロリ線には、下表により曲線引金具を設備する。

表 4.39 : 曲線引金具の範囲

区間	設置範囲	場所
明かり区間	全場所	各支持点
トンネル区間	$10,000 \text{ m} \leq R \leq 12,000 \text{ m}$	2 径間毎
	$R < 10,000 \text{ m}$	各支持点

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』（鉄道運輸機構、2012）

- テンショニングシステム
 - 電車線の引留区間の長さは、1,600 m 以下とする。
 - 電車線には、自動張力調整装置および手動張力装置を設備する。
- き電線

き電線の種類は、下表による。

表 4.40 : き電線の種類

区間	線種
架空式 明かり区間	硬アルミより線 300 mm ²
	硬銅より線 200 mm ²
架空式 明かり区間（塩害区間）	硬銅より線 200 mm ²
トンネル区間	硬銅より線 200 mm ²
地上式	架橋ポリエチレン絶縁ビニールシースケープル 200～600 mm ²

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』（鉄道運輸機構、2012）

- 保護方式

保護方式の適用区分は、下表による。

表 4.41 : 保護方式の適用区分

保護方式	適用箇所
AT 保護線放電間げき方式	明かり区間一般箇所
AT 保護線放電間げき方式	トンネル箇所
保護地線方式（FW 方式）	トンネル区間（直流の影響がない区間）
線絡保護方式	き電線引出鉄鋼構
単独接地方式	断路器、線条変圧器等の機器

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』（鉄道運輸機構、2012）

保護線の種類と標準張力は、次表による。

表 4.42 : 保護方式の適用区分

区間	線種
明かり区間	硬アルミより線 150 mm ²
	硬銅より線 75 mm ²
トンネル区間	硬銅より線 75 mm ²

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』
(鉄道運輸機構、2012)

- 支持物相互間の距離
架空電車線路支持物径間は、下表によるものとし、隣接する径間差は、10 m 以下を標準とし、やむを得ない場合は、15 m 以下とする。

表 4.43 : 標準径間

区間	標準径間
明かり区間	50 m
トンネル区間	45 m

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』
(鉄道運輸機構、2012)

- 電車線支持物、及び碍子
 - 電柱：電柱の種類は、鋼管柱、鉄柱とする。
 - 固定ビーム：固定ビームは、山形鋼かご形ビーム、V トラスビームを標準とする。
 - 可動ブラケット：電車線支持は、可動ブラケットとする。
 - 下束：トンネル内の支持物は、鋼管下束を標準とする。
 - 碍子：電車線は、懸垂碍子、可動ブラケットは、長幹管碍子を使用する。
 - 開閉装置
 - 駅側線、車両基地等区分が必要な個所に開閉装置を設備する。
 - 開閉装置は、開、閉、接地それぞれの位置でロック可能とする。
 - 関係者以外操作不可能な設備とする。
 - レールボンド
レールボンドの使用箇所は、分岐部及び EJ (レール伸縮継ぎ目) 箇所に設備する。
- iii) 土木構造に関わる電車線路設備
電車線路設備としては、次の事項を土木構造物と一体として構築する。
- 電柱基礎 ・ 支線基礎 ・ トンネル内設備 (下束、支線、機材坑等) ・ 接地
 - 各種横断管路等
- 詳細については、設計段階で土木と協議することとする。

3) 電灯電力設備計画

i) 電灯電力設備計画

- 設備の概要

電灯電力設備は、新幹線の車両以外の負荷に電気を供給する電力設備と、駅の建物等に付属する照明やコンセントなどの負荷設備としての電力設備に大別される。電力設備は、電力会社から電源を受電し各負荷が必要とする電気に編成する配電所設備、編成した電気を負荷に配電する配電線路設備、そして電灯設備（負荷設備）がある。電灯設備としては、トンネル内設備、保守用コンセント設備、駅、車両基地などの構内設備、建物付帯設備などがある。建物付帯設備は鉄道としての特有なものはないため省略する。

- システム仕様の基本

電力設備は高速鉄道として、特別なシステムや機械装置はないので、一般電気鉄道、電力会社、大口需要家で採用されているシステムで構築する。ただし、供給信頼度は他のシステムと協調を図る必要があるため、運転に直接関係する設備やこれに準ずる負荷設備に対しては2電源（2回線）供給を原則とする。また電源は受電地点により供給信頼度のばらつきがあるので、非常用発電機を設備し一定の供給信頼度を確保する必要がある。

ii) システム内容

- 配電所設備

- 配電所は、駅、車両工場、車両基地に設置し電力会社から高圧、または特別高圧回線を受電し構内や沿線に分布する各設備へ所定の電源に変換し供給を行う。
- 電力会社電源停電対策として非常用発電機を設備する。
- 配電所機器はすべて屋内設備とする。
- 機器の監視状態と制御は電力指令所から遠方にて監視制御する。システムは変電遠方監視制御システムに包含する。
- 配電所の下位電源設備として負荷拠点ごとに屋内電気室を設備する。電気室へは2回線（常用系、非常系）を供給する。
- 電気室の機器状態は、配電所を親局、電気室を子局とする簡易な遠方監視装置を設備し変電所遠方監視制御を経由し電力指令にて監視する。
- 駅、指令所には瞬時停電対策などのため無停電電源装置（UPS）を設備する。

- 配電線路

- 駅間に点在する各設備への電源を供給するための高圧配電線（3相 6.6 kV 電力ケーブル）1回線（長大トンネル供給区間は2回線）を設備する。
- 電力ケーブルの施設方法は、明かり区間は土木施工のケーブルダクトに、トンネル区間は側壁に添加する。
- 駅間の保守基地、信号通信機器室、変電所等へは、本線から高圧ケーブルを途中分岐し供給する。

- 中間信号機器室用電気室は、駅配電所を親局、電気室を子局とする簡易な遠方監視装置を設備し変電所遠方監視制御を経由し電力指令所で監視・制御する。
 - その他負荷設備へは、全線 1 km 毎に設備する屋外電源設備から低圧供給する。
 - トンネル照明設備
 - トンネル照明は 200 m 以上のトンネルを対象として行い、電源は 1 km ごとにトンネル機材坑内に設備する。
 - 照度は歩行に支障しない明るさとして平均 5 ルック程度（灯具は、上下線側壁に 15 m 間隔設置）を確保する。
 - トンネル照明の点滅は 1 km を一区間とするが、点滅スイッチは 500 m 間隔に設備する。
 - 長大トンネルの照明の点滅は、上記で記載している他、非常時にトンネル全体を点灯できるスイッチを 500 m 間隔（電話機の位置）に設備する。またこの機能は、配電所を親局、トンネルを子局とする簡易な遠方装置により、変電所遠方監視装置により電力指令所から点灯制御が可能なものとする。
 - 保守作業コンセント設備
 - 保線作業コンセントは、全線にわたり線路片側 100 m 間隔で設備する。
 - 電源は、高架橋上、または高架橋下、及びトンネル機材坑内に 1 km 間隔に設備し、低圧ケーブルにてコンセントに供給する。
 - 明かり区間の低圧ケーブル、接地線は、ケーブルダクト内に施設する。高圧ケーブルと、低圧ケーブルは不燃性の隔壁でセパレートする。
 - 車両基地、及び車両工場内設備
 - 構内に分散する負荷に対して電源供給をするため、配電所から各負荷へ高圧配電線（3 相 6.6 kV）を設備する。高圧配電線は一般負荷用と非常用負荷用の 2 回線を設備する。
 - 屋外に設備される各負荷または小規模の建物電源は、屋外電源設備から低圧供給する。
 - 屋外電源設備は屋外用キューピクル形とし、変圧器と低圧配電線用遮断機を組み込んだ構成とする。
 - 構内照明は電車線支持物の上に投光器照明を標準とし、保安上必要な照度を確保する。
 - 架線加圧表示器は、着発番表示器など保安上必要な装置を設備する。
- iii) 各機器システムの規格
- 配電所設備
 - 配電所の受電電圧は 3 相 50 Hz 6.6 kV を標準とする。
 - 高圧遮断機は、真空遮断を標準とする。
 - 変圧器は、モールド型とする。

- 遮断機、変圧器その他電力機器を収納する盤類は、引出型メタルクラッドとし、保護継電器は IP2X を標準とする。
 - 変圧器保護用遮断機は、300 kVA 以下は LBS（高圧交流負荷開閉器）とし、変圧器盤内に収納する。
 - 力率改善用コンデンサは油入とし、リアクトル、放電コイルを付加する。
 - 非常用発電機は、ガスタービン発電装置とする。なお発電装置は区分した部屋に設備する。
 - 燃料は灯油を標準とし、貯蔵容量は 10 時間とする。
 - 保護、計測、制御装置は静止型装置とする。
 - 遠方監視制御装置は変電所遠方監視制御装置に準ずる。
 - 低圧遮断器は変圧器容量 500 kVA 以上の二次主幹は ACB（気中遮断器）、他は MCCB（配線用遮断器）とする。
 - 機器制御用の直流電源装置は MSE 型とする。
 - 配電所内で使用する電線、ケーブルは耐火、難燃、または燃えても煙が少なく無害な材質とする。
 - 配電所下位の電気室の機器仕様は配電所機器に準ずる。
- 配電線路設備
 - 高圧配電線路は 3 相 6.6 kV とし、ケーブルは 6 kV-CVT とする。なお、トンネル内は燃えても煙のすくない無害な材質とする。
 - 駅間電源機器の仕様も配電所機器に準ずる。
 - 1 km 間隔で設置する電源設備の変圧器は 3 相 6.6 kV/240 V、30 kVA 中性点接地付きとし、防錆対策を施した箱内に収納する。なお、保護装置は PC とする。
 - トンネル照明設備
 - トンネル照明器具は防錆装置対策を施した灯具とし、トンネル両側 15 m 間隔チドリ配置に設備する。
 - トンネル内の低圧ケーブルは、灯具、コンセント用分岐付きケーブルとし側壁に添架する。またケーブルは燃えても煙が少ない無害な材質とする。
 - 保守作業用コンセント設備
 - 保線作業用コンセントは、防錆を考慮した箱内に漏電遮断を設備し、3 相 240 V コンセント 2 個、接地用端子を組み込んだもので、線路片側、防音壁、または電柱に概ね 100 m 間隔で設備する。
 - コンセント用配線ケーブルは、分岐付きビニルケーブル、接地線はビニル電線としケーブルダクト内に収納する。
- iv) 土木構造物に関わる電力設備
- ケーブルダクト
 - 明かり区間全線に亘り片側に（長大トンネル用は配電線がある区間は両側）に電力ケーブルを収納するケーブルダクトを施工（土木施工）する。

- トンネル内機材坑
トンネル照明その他トンネル内設備に電源の供給を行うための変圧器などを収容する機材坑をトンネル片側 1 km 間隔(長大トンネルは両側)に設置する(土木施工)。なお、機材坑は信号、通信設備と共用する。
- 接地
トンネル内電力用の接地は機材坑毎に施工する。設置種別は C 種、D 種とこれを計測する補助接地とする。施工時の抵抗値は季節変動を考慮し規定値の 80%程度を確保する。ただし各種接地を共用する場合は、接地抵抗を 10 オーム以下とする。
- 線路横断管路
線路を横断するケーブルを収納する管を埋設する。材質は防錆と作業性から、ポリエステル製可とう管 (FEP) とする。

(3) 新幹線の配電線路の電圧

1) はじめに

東海道新幹線が 1964 年に開業した際には、日本国有鉄道は独自の配電線路を持たず、沿線の信号、照明等の施設ごとに、電力会社から受電していた。その結果、電力会社からの送電が止まると、列車の運行に支障をきたす問題があった。この対策として、東北新幹線以降、JNR は駅に電気室を設け、ここから新幹線専用の 6.6 kV の配電線路を敷設した。

更に 1972 年に、北陸本線のトンネル内で列車火災が発生し 137 名が死亡した。当時のトンネル内に照明設備がなく、これが乗客の避難を妨げた一因でもあった。この反省から、トンネル内には照明設備の設置が義務づけられた。更に 5 km 以上の長大トンネルには、2 回線の電力を供給し、異常時には全ての照明が点灯する「一斉点灯設備」の設置も義務付けられた。その後、東海道新幹線も、駅の電気室から 6.6 kV の自身の配電線路が敷設された。

2) 専用配電線路からの電力供給

新幹線の配電線路からは、次のような設備に電力が供給されている。

- トンネル内照明設備
- 沿線に設備された保守用コンセントボックス
- トンネル内列車防護スイッチ
- トンネル警報
- 保守用車充電設備
- 通信ハット
- LCX の増幅用設備
- 雨量計、風速計、地震計
- トンネル内区分断路器の操作電源、及び遠制御電源
- 変電所、区分開閉所、補助き電区分所等の予備電源
- 信号用機器
- その他

3) 配電線路の電圧

- 日本の電圧の規程

日本では電気設備技術基準の第2条で、以下のような電圧が規定されている。

表 4.44 : 電気設備技術基準 (第2条)

分類	記事
低圧	直流で 750 V 以下、交流で 600 V 以下
高圧	直流で 750 V より高く 7,000 V 未満、交流で 600 V より高く 7,000 V 未満
特高圧	直流、交流とも 7,000 V より高い 鉄道技術者協会では特高圧を次のように標準化している 22 kV、33 kV、66 kV、77 kV、154 kV、275 kV、500 kV、1,000 kV

出典：電気設備技術基準（経済産業省、2013）

- 日本の在来鉄道の配電線路電圧

日本の鉄道会社における配電線路の電圧は、すべて 6.6 kV を採用している。
また電力会社の配電電圧も 6.6 kV となっている。

- 在来線の配電線路から電力を供給する機器

配電線路から受電する施設には次のものがある。

表 4.45 : 配電線路から受電する施設

施設	例
電力供給	融雪器、ポンプ、踏切、照明
信号	分岐器、信号灯、軌道回路、踏切用（遮断機、軌道回路）
通信	電話、ルーター、トランシーバー

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』（鉄道運輸機構、2012）

- 海外における配電線の電圧

次表はアジアにおける配電線路の電圧である。

表 4.46 : アジアにおける配電線路の電圧

国	線	電圧 kV	対象
インドネシア	在来線	6.6	信号、踏切等
タイ	在来線	6.6	
台湾	高速鉄道	6.6	新幹線と同じ
中国	高速鉄道	6.6 & 10.0	

出典：JICA 調査団

4) 6.6 kV と 20 kV の比較

i) 一般的な比較

次表は 6.6 kV と 20 kV の一般的な比較を示す。

表 4.47 : 6.6 kV と 20 kV の一般的な比較

電圧	危険度	機器			ケーブル				評価
		離隔	機器形状	機器の値段	太さ	値段	配電距離	端末処理難度	
6.6 kV	1	1	小	1	1	1	1	易しい	○
22 kV	3	2	大	4	0.5	2	2	難しい	▼

出典：『九州新幹線工事誌：博多・新八代間』（鉄道運輸機構、2012）

ii) 機器関連

電圧が高くなれば機器は大きくなる。これは電線と基盤、また電線相互に大きな離隔を要するためである。そのため基盤が大きくなり価格も上がる。もちろん工事費も上がり、広い設置場所がいる。

iii) ケーブル関係

電圧が上がればケーブルは細くなり、配電距離を長くできる。しかし、ケーブルの値段は高くなる。設置工事費は、機械で敷設するので大きな差はない。高電圧ケーブルは大きな離隔距離がいる。ケーブルの端末処理は、特高ケーブルの場合、特別な資格者が必要になり材料費と工事費が高い。6.6 kV の場合は一般の電工者でも施工可能で材料費も工事費も安くなる。

iv) 高架橋及びトンネルの工事費への影響

配電盤の大きさが、高架橋の施工基面幅に影響する。台湾新幹線では高架橋上に 6.6 kV の配電盤（トランス箱）を設置したが、22 kV なら施工基面内には収まらない。高架橋の工事費に加え、用地買収も増加する。

v) トンネル内施設

新幹線のトンネル内には器材抗が設備され、そこに配電盤が設置されている。仮に 22 kV の場合は、大きな配電盤となり、器材抗も大きくなってトンネル工事費がかさむ。

vi) 機器のメンテナンス

特別高圧に対応した機器（トランス盤）は大きく、高架下に置かざるを得ない。このため機器を保守するための進入路を確保する必要がある。6.6 kV 対応であれば高架上で保守ができる。

5) 結論

ベトナム新幹線の配電線路電圧は、危険度、配電盤の大きさ、価格、ケーブルの施工方法、保守等を総合的に勘案して、配電線路の電圧を 6.6 kV とすることを勧める。

4.3 信号通信設備

4.3.1 鉄道信号の目的と機能

「鉄道信号」の目的は、線路上に混在する複数列車の安全な運行を可能にすることである。そのための機能は、「閉そく」、「速度制御」、「連動」に集約される。

1) 閉そく

「閉そく」により、列車は一定区間の線路を占有する。この機能により、列車の衝突は生じない。「閉そく」には、設定区間が固定される「固定閉そく」方式と、列車の運行に応じて設定区間が移動する「移動閉そく」方式がある。

「固定閉そく」方式では、ブレーキ距離が長い高速列車に対して、長い閉そく区間を占有させるために、線路容量が下がる欠点がある。

一方「移動閉そく」方式は、列車間隔を最小限に縮めることができるので、列車の高速化と線路容量の向上が可能となる。「移動閉そく」方式を実現するには、列車の現在位置、速度、進行方向及び、各列車の性能をリアルタイムに把握し、その情報を無線装置により伝達することが不可欠である。

2) 速度制御

「速度制御」により、列車は、定められた方向に、定められた速度以下で運行する。運転士は、信号の現示（「進行」、「注意」、「停止」、または「許容速度〇〇km/h 以下」など）に従って列車を操縦（力行、ブレーキ）する。しかし、信号の誤認や見落としが生じると、列車の衝突・脱線などの重大事故につながる。

このために近代的な鉄道は、自動列車停止装置：ATS（Automatic Train Stop device）や自動列車制御装置：ATC（Automatic Train Control device）と呼ばれる運転制御装置を導入し、運転士がミスをした場合に、自動的にブレーキを動作させ、減速させ、あるいは停止させる機能を有する。

列車が「速度制御」信号を地上から受信する方式としては、複数の地点から非連続に受信する「離散受信」方式と、軌道回路又は無線を介した「連続受信」方式とがある。高速鉄道では、高速性と効率性を両立するため、後者が一般的である。

3) 連動

「連動」により、駅構内等の複雑な線路上で、列車の進路を構成する。

初期の鉄道は、分岐器の開通方向が安全であることの責任は、駅長（信号取扱者）にあった。彼らが取扱いを誤れば、大事故の可能性があった。

「連動」は、進路の構成と信号を、列車の在線位置と関連付ける機能であり、列車が在線している場所や進行する方向へは、他列車が進入しないための仕組みである。

ここで述べた、「閉そく」、「速度制御」、「連動」の機能は、鉄道の創業時代には導入されていなかった。これらの機能は、多くの列車事故を教訓として、また鉄道の高速化と列車本数増に対応するために、進化してきたものである。

4.3.2 ベトナム高速鉄道での信号方式の検討

(1) 東海道新幹線の信号方式

1) 在来線の信号方式

一般的な在来線では、列車位置を軌道回路で自動的に検知する「固定閉そく」方式を採用し、各駅には、関連して「連動」装置を備えている。「速度制御」は、軌道回路の境界に地上信号機を置き、運転士に対して運転条件を信号で示している。

列車を安全に運行するには、次表に掲げるような多くの情報を要する。そして在来鉄道では、運転士の知識と注意力に頼るところが多い。多くの線区では、列車の最高速度を 120 km/h 程度以下に制限し、運転士の通常見通し距離（約 600 メートル）内に停車可能なようにしている。

表 4.48 : 安全運転に必要な情報

情報の種別		主な事例
ガイド ウェイ	計画	速度制限（曲線、こう配、分岐器、地盤、き電区分・工事・保守作業など）
	現場	レール変形・折損、道床流失・崩壊、倒木、架線異常、駅・沿線火災など
運転条件	計画	発車・到着・通過時刻、発車順序、車両・乗務員運用、車両清掃など
	現場	進路開通、列車解結、踏切支障、線路内立入、ホーム転落、投石・置石など
沿線気象	現場	強風、豪雨雪、落雷、洪水、地震、レール温度上昇など
車両状態	計画	加減速性能、エネルギー効率、積空荷重制限、車両キロ、点検・検査周期など
	現場	車軸折損、走り不具合、機器故障（ブレーキ、ドア、パンタグラフ）など

出典：JICA 調査団

2) 東海道新幹線開業時の信号方式

1964 年に開業した東海道新幹線は、東京 - 新大阪間 515 km を途中、名古屋と京都の駅に停車する最速列車「ひかり」が 3 時間 10 分で結ぶ計画としていた。

この最高時速 210 km/h は、停止までに約 3 km の制動距離を要するため、運転士の見通し距離を大きく超える。従前の人間の注意力による制御では列車の安全を確保できないことを意味した。

このため、東海道新幹線では、「閉そく」と「連動」は従来の概念を踏襲したが、「速度制御」については、地上から伝送される信号の指示速度まで列車速度を自動的に下げる ATC が導入された。

また、東海道新幹線は、新しく完全に自動化され集中化された様々なシステムを装備した。同時に、運輸、旅客、施設、電力、信号通信など各指令を東京駅の中央指令所に集約して、指令管理業務を効率化した。

表 4.49 : 東海道新幹線における輸送設備の近代化

軌道妨害自動検知警報装置	<ul style="list-style-type: none"> ● 新幹線は、道路とは立体的に交差しており、踏切は存在しない。また、必要な箇所には、軌道妨害を自動検知し、警報を発する装置を設置し、安全を担保している。
自動列車制御装置	<ul style="list-style-type: none"> ● 常用保安方式として、速度制御式 ATC を設備した。 ● 各駅機器室及び沿線の ATC 地上装置は、軌道回路受信機による列車検知によって列車間隔制御を実行する方式とした。軌道回路受信機は、受信レベルを常時集中監視し、安定した列車検知を可能にした。 ● 各列車に搭載される ATC 車上装置は、受信した ATC 速度信号と現在速度を比較し、現在速度が制限速度以上になれば、ブレーキを動作させ、制限速度以下になればブレーキを緩めることとした。 ● ATC の故障時には、列車検知器を用いて駅間を 1 列車のみとする代用保安方式を採ることとした。
列車集中制御装置 (CTC) 沿線情報集中監視装置 (CIC) 変電所集中監視制御装置 (CSC)	<ul style="list-style-type: none"> ● 中央指令で、高速列車群に対応する運行監視、進路制御、乗務員との双方向直接通話、指令伝達などを行うため、CTC 装置 (中央指令⇄駅)、列車無線装置 (中央指令⇄列車)、及び CIC 装置 (中央指令⇄沿線監視設備) を設備した。 ● 中央指令で、き電系統の監視や変更を遠隔集中制御するため CSC 装置 (中央指令⇄各変電所等) を設備した。
列車防護装置	<ul style="list-style-type: none"> ● 事故災害等の異常時に、列車を強制停止させる実用的な手段として、列車防護装置 (列防スイッチ、列車防護無線、限界支障報知装置) を沿線必要個所に設置した。
作業安全方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 営業列車を運転する運転時間帯 (6:00~24:00) と保守作業を行う作業時間帯 (0:00~6:00) を分離して、列車の高速走行と保守作業の安全を両立させた。 ● 保守作業時間帯の終了時、全区間上下線で確認車を運行し、初列車に対する建築限界支障リスクを除去した。

出典：JICA 調査団

3) 東海道新幹線の輸送力改善

東海道新幹線は、1964 年の開業から今日までの 54 年間に、更なる改善が行われた。これを次表に示す。

表 4.50 : 東海道新幹線の輸送力改善

	開業時 (1964 年)	現在 (2018 年)
車両形式	0 系	N700 (A) 系
編成質量	672 t (12 両)	700 t (16 両)
最高速度	210 km/h	285 km/h
起動加速度	1.0 km/h/s	2.6 km/h/s
減速度 (常用)	2.84 km/h/s	2.70 km/h/s
主電動機定格	185 kW 直流直巻電動機	305 kW かご形三相誘導電動機
定格出力	8,880 kW (12 M)、11,840 kW (16 M)	17,080 kW (14M2T)
最短到達時分	3 時間 10 分 (名古屋、京都停車)	2 時間 22 分 (品川、新横浜、名古屋、京都停車)
1 日当り列車本数	86 本 (43 往復) : 2 (ひかり) -2 (こだま) パターン ダイヤ	365 本 : 10 (のぞみ) -2 (ひかり) -2 (こだま) パターンダイヤ
1 日当り輸送人員	約 8.4 万人	約 45.2 万人
ATC	ATC-1 型 (アナログ方式多段ブレーキ)	ATC-NS (デジタル方式一段ブレーキ)
列車無線	空間波アナログ方式	LCX (※1) デジタル方式
無線回線	アナログ 8 回線 (通話回線のみ)	デジタル 42 回線 (インターネットアクセスを含む通話/データ回線)
通話可能エリア	全線 99.9%以上	全線 99.99%以上
通話 SN (※2) 比	全線 90%以上で 35 dB 以上	全線 99%以上で 40 dB 以上
データ通信品質	なし	ビット誤り率 : 1×10^{-4} 以下

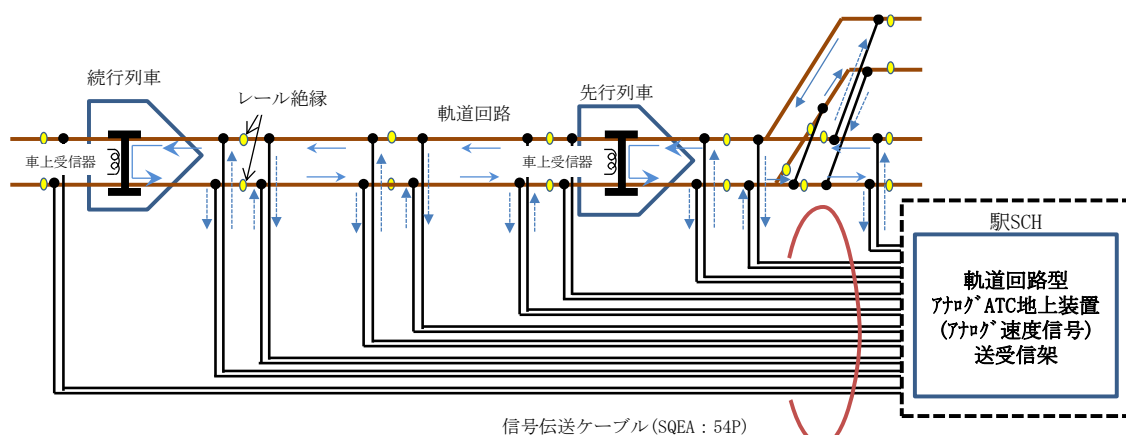
(※1) LCX : 漏えい同軸ケーブル Leaky coaxial cable、(※2) SN : 信号雑音比 Signal to Noise

出典 : 鉄道要覧 (国土交通省、2018)、新幹線 50 年史 (交通協力会、2015)

4) 東海道新幹線 ATC のデジタル化

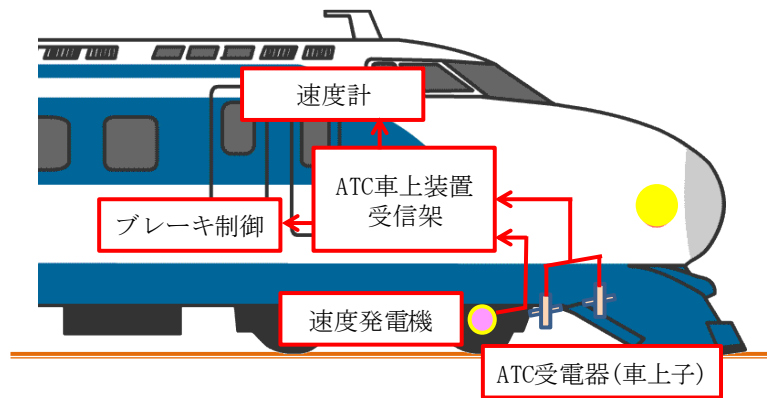
更なる高速化・高密度化運転に適応するため、東海道新幹線の ATC は、当初のアナログ信号による多段ブレーキ方式からデジタル信号による一段ブレーキによる定点自動停止に改良された。これにより、ブレーキ距離の短縮だけでなく、乗り心地も向上した。

アナログ ATC 地上装置の構成、及びアナログ ATC 車上装置の構成を下図に示す。



出典 : JICA 調査団

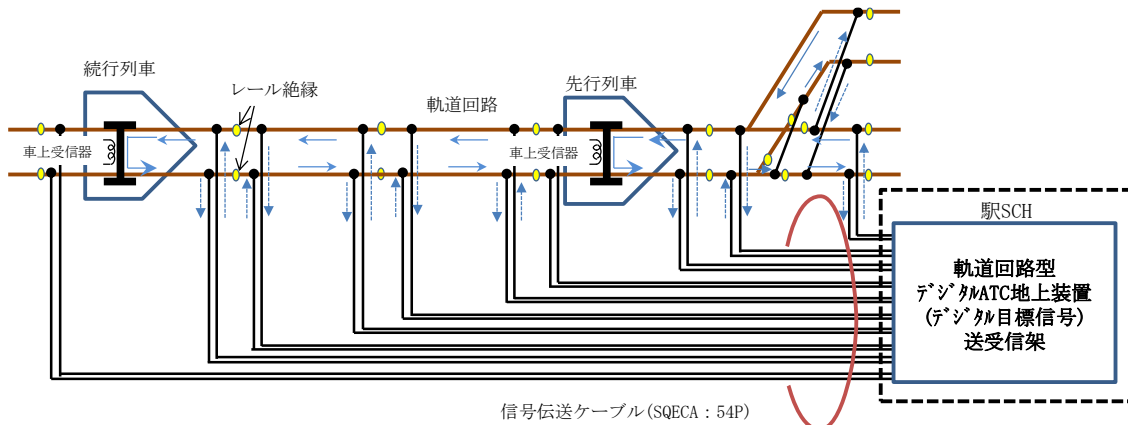
図 4.37 : アナログ ATC 地上装置の構成



出典：JICA 調査団

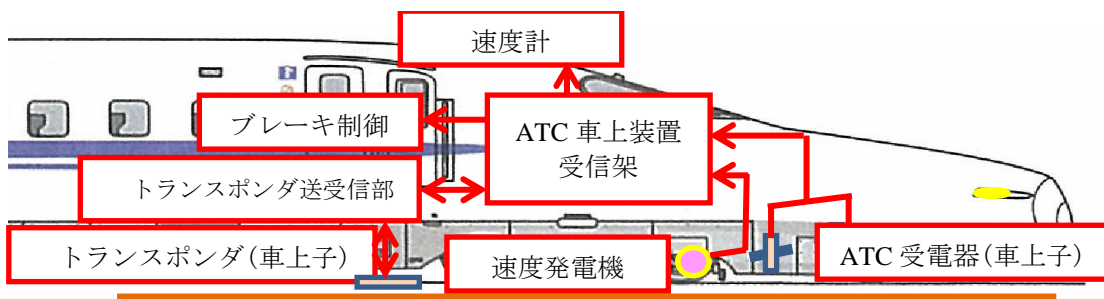
図 4.38 : アナログ ATC 車上装置の構成

デジタル ATC の基本構成について、地上装置と車上装置をそれぞれ下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.39 : デジタル ATC 地上装置の構成



出典：JICA 調査団

図 4.40 : デジタル ATC 車上装置の構成

アナログ ATC とデジタル ATC の比較を下図に示す。

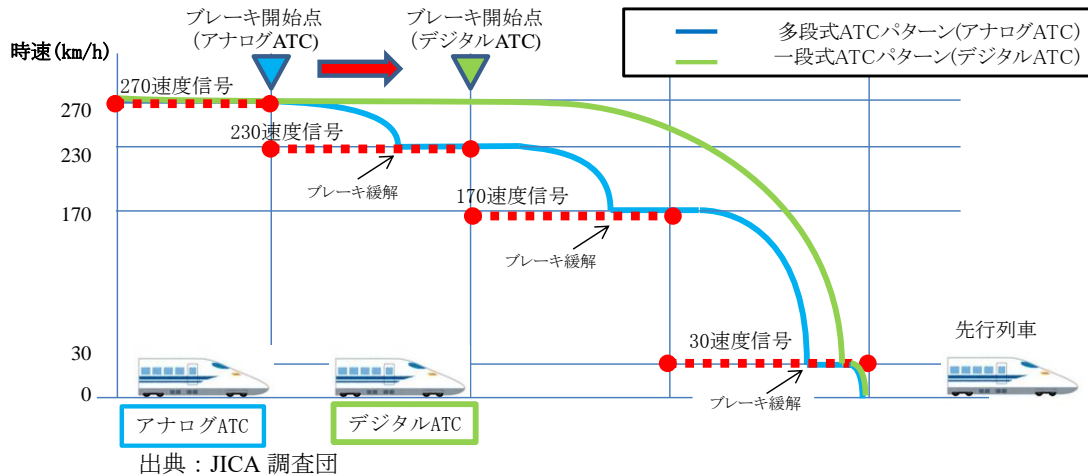


図 4.41 : アナログ ATC とデジタル ATC の比較

(2) 無線式新幹線 ATC

1) デジタル ATC の特徴

デジタル ATC は、車上装置に自律的な速度制御機能を持たせ、一段ブレーキ制御方式と組み合わせることで、次の事項が改善された。

- 特徴 1：自律的な速度制御機能

地上装置から受信した先行列車や場内 ATC 進路までの距離（軌道回路区間数など）及び自らが記憶する線路データや最高速度や加減速度などの車両性能データをもとに、車上装置で主体的にブレーキ曲線を作成するため、適切な列車制御が可能となった。

- 特徴 2：車両性能の発揮

新型車両を順次導入する場合、既存車両の車両性能に影響されることなく、新型車両本来の性能を発揮できるようになった。

- 特徴 3：乗り心地の向上

従来の速度信号式 ATC は、停止までの速度情報の段階ごとに常用ブレーキの制動と緩解が繰り返されていた。これに対し、最高速度から停止までのブレーキ制動が停止まで途中緩解することなく滑らかに作動するため、乗り心地が大幅に向上した。

2) デジタル ATC の課題

しかし、デジタル ATC は、列車検知と情報伝送を両方とも軌道回路で行うため、ベトナム高速鉄道のような駅間距離の長い線区に適用しようとする、以下の課題がある。

- 課題 1：閉そく位置の固定化

列車の位置検知を軌道回路で行う場合、検知精度は一軌道回路長単位となる。そのため、停止信号を受信する地点は、閉そく境界が変化しない「固定閉そく」となる。

従って、後続列車は、先行列車が在線する閉そく区間の手前では必ず停止する必要がある、運転時隔を最適化できない。

- 課題 2：軌道回路の設置・保全コスト

軌道回路を用いて、ATC 制御情報をデジタル伝送する場合、伝送容量の条件から変調周波数を音声帯域（600 Hz～1,200 Hz）にする必要がある。このため、線路からの電流漏れを抑制して、安定した情報伝送を実現するため、1 軌道回路の長さを 1 km 程度に細分化する必要がある。

従って、駅間隔が長くなるほど、相対的に軌道回路の設置コストが多くなる。

- 課題 3：単線並列方式の設置コスト

単線並列は、片方の線路が事故等で不通になった場合や線路閉鎖工事で使用できない場合に適用される。

しかし、複線のデジタル ATC で“単線並列”を実現しようとする、上下線の各軌道回路すべてに ATC 信号の送信を双方向とする設備をハード的に付加することになり、デジタル ATC の設置・保全コストを押し上げることになる。

3) RS-ATC (digital Radio communication & control for Shinkansen ATC)

i) 開発経緯

近年、携帯電話に代表される移動体通信技術は格段の進歩を遂げており、鉄道信号技術にこの技術を適用して、次世代の列車制御システムを構築する動きが国際的に活発になっている。

JR 東日本 (JRE) では、2002 年 11 月に東北・上越新幹線へデジタル列車無線を導入し、データ系無線伝送の品質向上及び高速大容量伝送を可能とした。

このデジタル列車無線のデータ伝送機能を、地上・車上間の ATC 情報の伝送に用いれば、以下の各機能を可能とする、より優れたデジタル ATC を実現できることとなる。

- 単線双方向運転への適応
- 移動閉そく運転の実現
- 駅中間に存在する信号設備のスリム化

そこで、JRE は、上記の機能を実現すべく、LCX 式デジタル列車無線を使用した新しい LCX 列車無線を用いた無線式新幹線 ATC：RS-ATC の検討を開始した。

しかし当時の日本には、新幹線 ATC に列車無線を用いた前例がなかった。

新幹線の常用保安方式を、軌道回路を用いた従来タイプの DS-ATC を RS-ATC に置き換えるには、RS-ATC の安全性と信頼性を確認する十分な検証期間が必要であるとされた。

そこで、JRE は、2009 年以降、まず東北、上越、北陸の各新幹線に順次、RS-ATC を代用保安装置として導入した。

同時に、その安全性と信頼性を確認する検証作業を開始した。

ii) 現在の状況

RS-ATC は、次世代 ATC 装置実現へ向けての第一ステップとすべく、DS-ATC による運転時にも、地上・車上間の双方向の情報伝送により、常時、以下の確認を行っている。

- RS-ATC（無線）による列車位置検知と、DS-ATC（軌道回路）による列車検知とを常時比較し、両者に相違がないこと。
- 地上・車上間の無線伝送の実績を積み重ねることで、弱電界箇所やゾーン境界等での無線伝送特性、システム全体の稼働率等を確認すること。

なお、RS-ATC の車上装置から地上装置へ送信する電文には、車上装置で設定した列車 ID が含まれており、この列車 ID を地上装置（駅 PRC）¹⁷が進路制御に使用する。

そのため、RS-ATC の実用化時、各駅に設置してあった従来方式の列車 ID 送受信機は撤去されている。

4) VHSR-ATC

i) 構成と機能

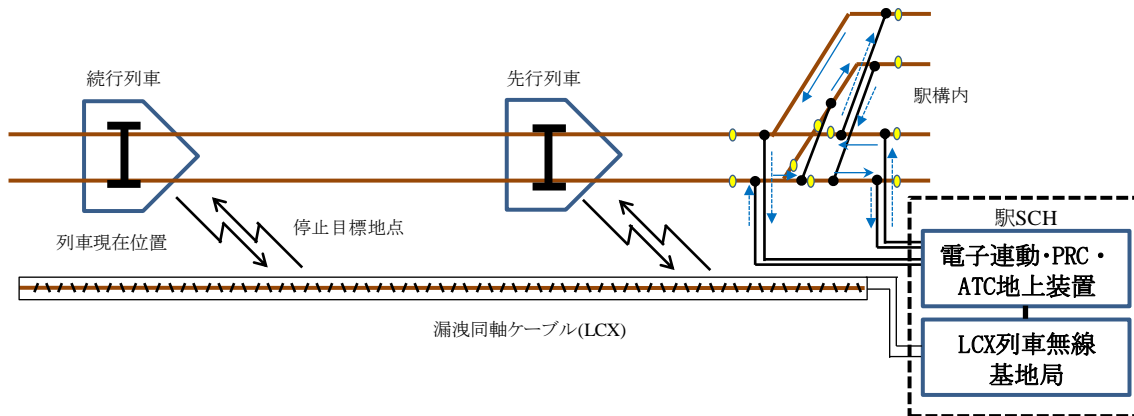
ベトナム高速鉄道（最高運行速度 320km/h）の信号方式として VHSR-ATC（Vietnam HSR-ATC）の採用を提案する。この理由は駅間距離が長く、線路保守のためにも、単線双方向運転への対応が求められているからである。VHSR-ATC は LCX を導入することで、駅中間の信号設備を簡素化でき、双方向運転の機能を容易に付加できる。

この概念は、以下の通りである。

- 地上装置の機能
 - 軌道回路で検知した「列車位置」から「停止・減速目標地点までの距離」を判定する。
 - 車上装置に対し、リアルタイム（約 1 秒間隔）に「停止・減速目標地点までの距離」を無線送信する。
 - 車上装置からリアルタイム（約 1 秒間隔）に「列車 ID」を無線受信する。
- 車上装置の機能
 - 地上装置に対し、リアルタイム（約 1 秒間隔）で「列車 ID」を無線送信する。
 - 地上装置から、リアルタイム（約 1 秒間隔）に「停止・減速目標地点までの距離」を無線受信する。
 - 受信した「停止・減速目標地点までの距離」と、列車の現在位置、速度、及び車上データベースの線区情報に適合した「ブレーキ曲線」を作成し、必要な「一段ブレーキ制御」を行う。

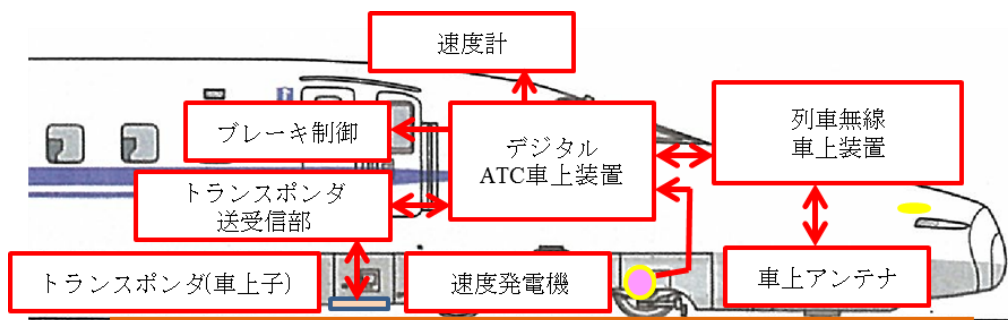
¹⁷ PRC：自動化された進路制御システムの 1 種。列車ダイヤに基づき、連動装置に対して、分岐器の転換、信号機の表示、設定進路の鎖錠を実行させる。また、列車の発着状況を監視し、旅客への案内放送も行う。

従って、後続列車は、先行列車が現在位置する軌道回路の手前にまで接近できる。
VHSR-ATC の基本構成について、地上装置と車上装置を下図に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.42：VHSR-ATC 地上装置の基本構成



出典：JICA 調査団

図 4.43：VHSR-ATC 車上装置の基本構成

ii) 開発コンセプト

- 更なる列車制御の安全性と効率性の向上
VHSR-ATC では、「停止・臨速目標地点までの距離」及び「駅間の運転方向」を無線により車上に約 1 秒周期で伝送することにより、以下の機能を実現する。
 - OCC（中央指令所）より任意に単線並列運転を設定（解除）する
 - 一段ブレーキ方式により列車速度を効率的に制御する

結果として、軌道回路方式の DS-ATC と比較し、VHSR-ATC は、列車制御の安全性と効率性を向上する。

- 駅間信号設備の大幅な簡素化
VHSR-ATC では、駅中間での列車位置は、低周波電流を用いる長大軌道回路（回路長約 5 km）で検知する。

このため、駅中間の信号設備（軌道回路及び信号器具箱、信号ケーブル）は、DS-ATC に比べて 1/5 程度に減少する。

但し、列車運転の高速性と安全性を考慮し、駅構内における列車位置は、有絶縁軌道回路を用いて、よりの確に検知する。

DS-ATC、RS-ATC 及び VHSR-ATC の主な相違点を下表に示す。

表 4.51 : DS-ATC、RS-ATC 及び VHSR-ATC の主な相違点

項目		DS-ATC	RS-ATC	VHSR-ATC
①	運転方向(駅中間)	順線	○	○
		逆線	×	○
②	駅間列車本数	複数	一本(上下各)	複数
③	閉そく方式	固定	(代用保安方式)	固定
④	最高速度	200km/h以上	110km/h	200km/h以上
⑤	検知方式	列車位置	軌道回路	車軸検知器
		列車番号	列車番号送受信機	無線
⑥	停止位置目標	軌道回路	×	軌道回路
⑦	ATC制御伝送	地上→車上	軌道回路	×
		車上→地上	×	×
⑧	車両状態地上伝送	×	×	無線(列車番号)

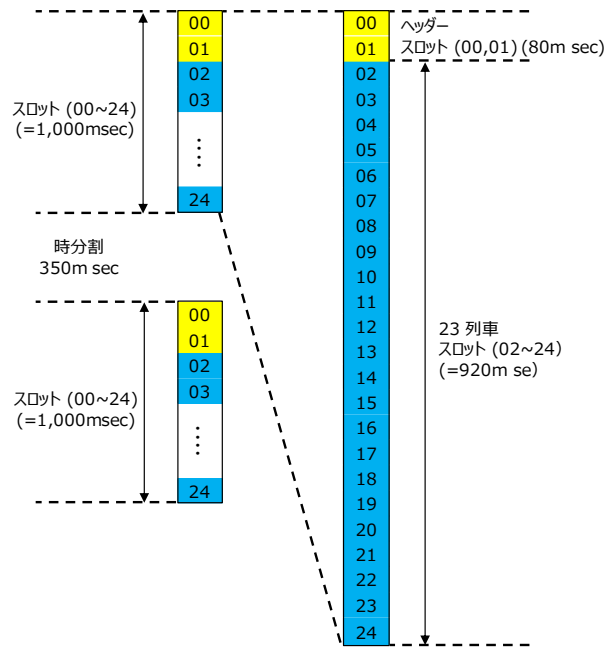
出典：JICA 調査団

- 地上装置
 - 列車位置の検知
 - 駅中間については、長大軌道回路により列車検知を行う。
 - 駅構内については、有絶縁軌道回路により列車検知を行う。
 - 運転方向の規定
 - 各駅の連動装置に運転方向てこを設け、「順線」・「逆線」の運転方向を担保する。
 - 各駅の連動制御パネルには、「順線」・「逆線」の運転方向てこを設け、OCC からの指令により、線別の運転方向を規定する。
 - 「停止・臨速地点電文」の作成
 - 地上装置から車上装置へ送信する、列車を制御するための電文を「停止・臨速地点電文」という。
 - 検知した各列車の位置と ATC 進路状態、臨時速度制限てこ状態及び車上データベースの諸情報から、各列車に向けた「停止・臨速地点電文」の作成を行う。
 - 「停止・臨速地点電文」の送信
 - 地上装置は、「停止・臨速地点電文」を該当列車の無線スロットに書き込み、車上装置へ送信する。
 - 駅 PRC 装置への情報入力
 - 地上装置は、車上装置から受信する「列車電文」に含まれる列車 ID と列車位置を、駅 PRC 装置に入力し、進路制御を実行させる。

- 車上装置
 - 速度照査パターンの作成
 - 車上装置は、地上から受信した「停止・臨速地点電文」に対する速度照査パターンを受信する都度作成する。
 - 速度照査パターンには、NB（常用ブレーキ）とEB（非常ブレーキ）の2種類がある。
 - VHSR-ATC では、順線、逆線とも線区最高速度を最大走行速度とする。
 - 速度照査とブレーキ制御
 - 車上装置は、作成した速度照査パターンが示す速度と自列車速度とを照査し、自車のブレーキを自動制御する。
 - なお、停車時のブレーキ操作は、現行通り、運転士の手動扱いとする。
 - 運転台のモニター画面
 - 車上装置は、DS-ATC と同様、運転台のモニター画面に、現在位置と現在速度、速度照査パターンなどを表示する。

iii) データ伝送方式

- 専用チャンネルの確保
 - VHSR-ATC で使用する無線装置は、LCX 式デジタル列車無線とする。
 - データ通信用 15 チャンネル のうち 4 チャンネル（1 チャンネルあたり 9.6 kbps）を VHSR-ATC 専用として確保する。
 - 4 チャンネルは、1・3 チャンネルを上り列車用、2・4 チャンネルを下り列車用に割当て、上下別の 2 重系を構成する。
- 時分割スロットの割当て方法
 - 1 チャンネルを 1 列車で占有すると制御できる列車数が不足するため各チャンネルを 25 個/秒のタイムスロットに時分割し、1 列車に対して 1 タイムスロットを割り当てる。
 - 電文送信は 1,350 ms 周期とし、電文を送信しないアイドル時間を 350 ms 確保する。
 - 25 タイムスロットのうち 2 タイムスロットは初期立ち上げ時に使用し、1 つの無線基地局ゾーンあたり、最大上下各 23 列車まで同時に列車制御を可能とする。
 - なお、各列車へのタイムスロットの割り当てや、統制局（ゾーン）境界を亘る際の新規タイムスロット予約等は、地上無線装置で実行する。
 - VHSR-ATC 時分割スロット割当ての事例を下図に示す。



出典：JICA 調査団

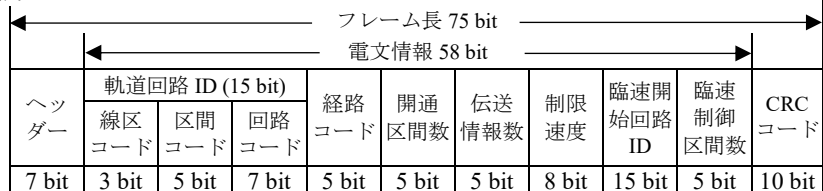
図 4.44：時分割スロット割当ての事例

- ATC 伝送の手順
 - 列車無線を使用した ATC 制御電文は、軌道回路からの ATC 制御電文と異なり、1 無線ゾーン内の全ての列車が受信する。
 - そのため、当該列車宛かどうかを車上装置側で判断する必要がある。
 - 自列車宛かどうかを判断するキーとして、車上装置毎にユニークに割り当てた車上装置の移動局番号 (1~255) を付記する。
 - VHSR-ATC の主要諸元を下図に示す。

項目		諸元
変調方式		$\pi/4$ shift QPSK 2 波デジタル列車無線データ系
列車制御用チャンネル		データ系 4 チャンネル(下り線用、上り線用各 2CH)
誤り訂正水準		ビット誤り率 10^{-4} 以下
伝送速度	ATC 論理部→基地局	64 kbps
	基地局→移動局(列車)	9.6 kbps
電文長(地上⇄車上)	40 m 秒/列車	フレーム長 384 bit (=48 × 8 bit)
伝送周期	ATC 制御電文：(A→B)	1.35 秒
	列車位置電文：(B→A)	1.35 秒
最大制御列車本数		上下各 23 列車/1 統制局(ゾーン)

(参考) DS-ATC 軌道回路伝送方式

- 軌道回路搬送周波数 (下り線 1.5 kHz, 上り線 1.6 kHz)
- ATC 制御電文：(A→B)
- 伝送速度：64 bit/sec
- データ検定方式：Cyclic Redundancy Check CRC

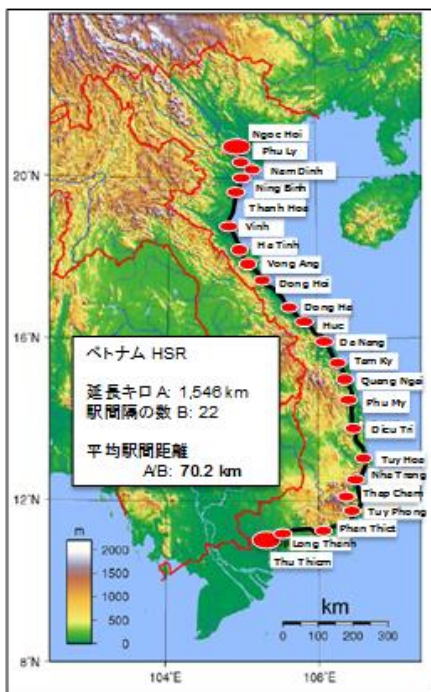


出典：JICA 調査団

図 4.45：VHSR-ATC データ伝送主要諸元

参考資料 1 : 平均駅間距離 (VHSR/新幹線)

ベトナム HSR



日本 新幹線

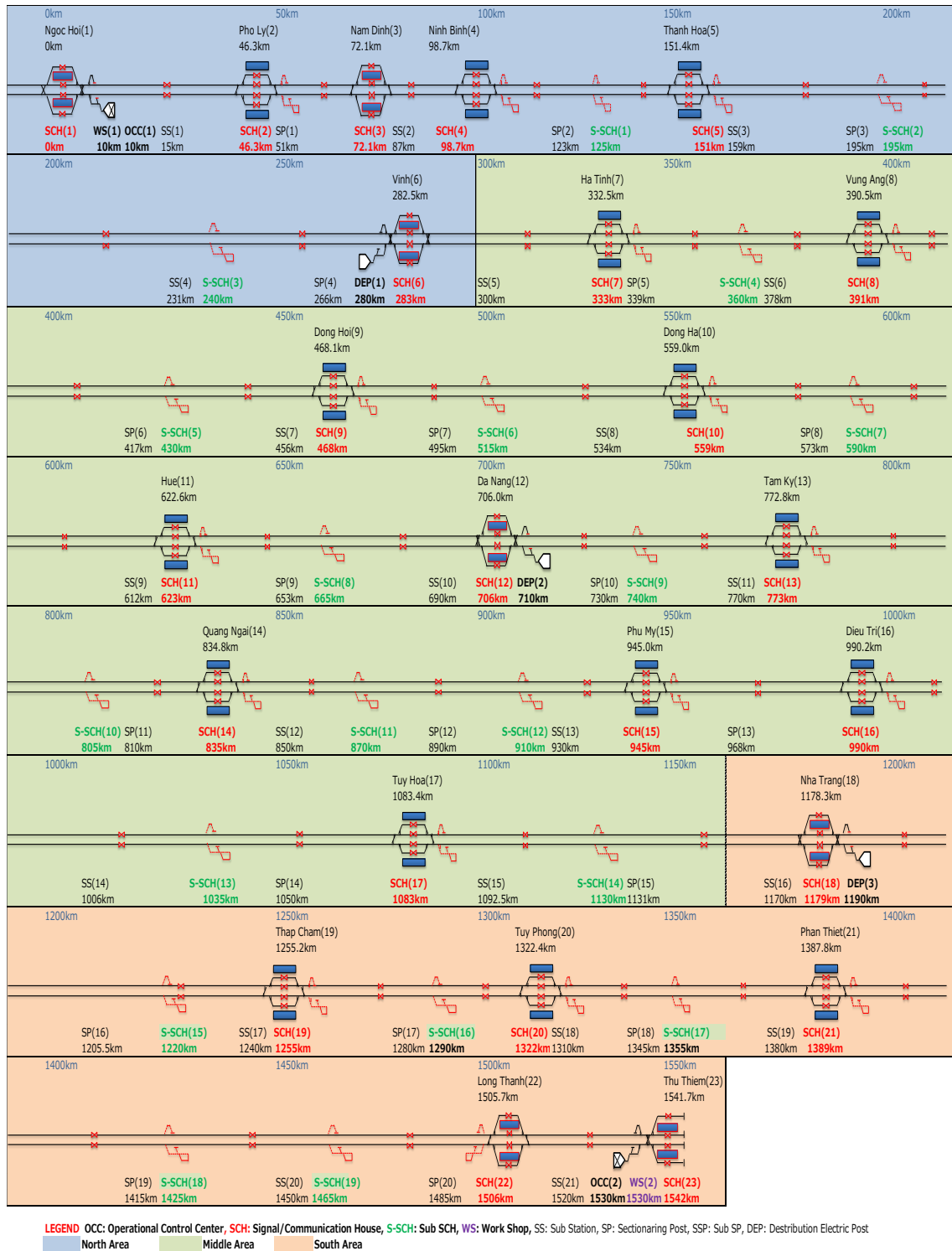


出典：地形図¹⁸ (Sadalmelik, 2007) と新幹線図¹⁹ (UIC, 2015) に JICA 調査団が表と駅位置を記入

¹⁸ https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/75/Vietnam_Topography.png (2019年7月12日参照)

¹⁹ <https://uic.org/high-speed-database-maps> (2019年7月12日参照)

参考資料 2 : 設備概要 (信号/通信)



注 : Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典 : JICA 調査団

4.4 車両と車両基地

4.4.1 車両

(1) 基本コンセプト

1) 高速と安全

高速列車の社会的影響は顕著で、移動時間の短縮だけでなく、新たな需要が喚起され、沿線の経済発展が期待できる。それは日本の新幹線の50年にわたる歴史が物語っている。一方、高速列車の運転には高い安全性が求められる。軽微な事故が致命的な大事故に拡大することから、高速列車のリスクは在来列車と比較して高くなる。高速列車の安全は人間の注意力で保つのは不可能であることから、先進的な安全システムが求められる。日本の新幹線は致命的な事故が50年以上発生していない。

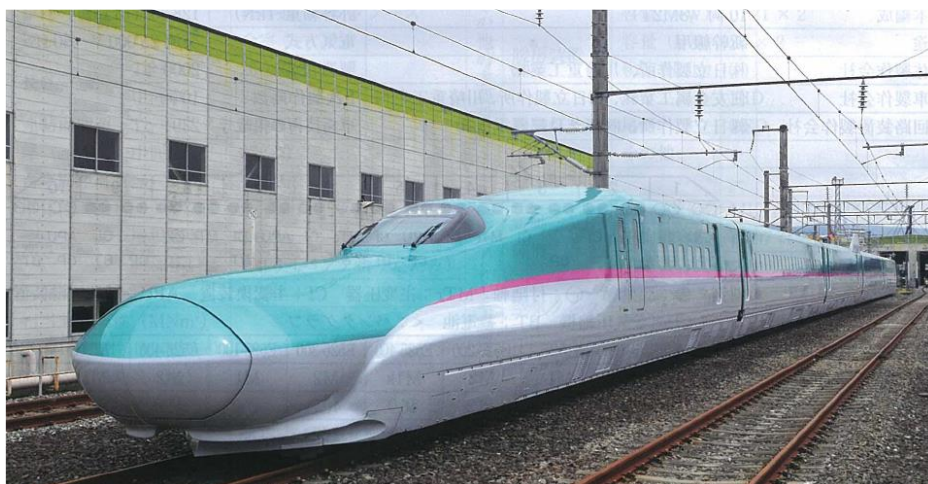
2) 核心的事項

高速列車の安全運行を確保するため、標準軌の専用線路を導入する。そのため、在来線の利用は考慮しない。高速列車の300 km/h以上での安定した運行を確保するため、動力分散の電車方式を採用する。電車方式の利点は高出力と力行時の低い粘着係数のみならず、空気摩擦ブレーキに頼らず回生ブレーキがブレーキ力を負担することである。

大きな輸送力と低い初期投資を両立させるため、広幅車体（1列5人座席）を狭い路盤（複線中心間距離4.3 m）と小さなトンネル断面積（64 m²）で300 km/h以上で運行する。この核心的事項は日本の新幹線で実証済みの事項である。

3) 付加的配慮

環境のため、高速走行による騒音・振動の低減に配慮する。省エネルギーのため、軽量車体、軽量台車、そして効果的な回生ブレーキを導入する。これらは東北新幹線E5系で実現した事項である。



出典：JR 東日本 E5 系新幹線電車（量産先行車）の概要（車両技術 239 号、2010 年 3 月）

図 4.46：東北新幹線 E5 系

(2) 基本仕様

以下の表はベトナム高速鉄道用車両の基本仕様を示す。これは東北新幹線 E5 系に基づいている。

表 4.52 : ベトナム高速鉄道車両 基本仕様

項目	仕様
軌間	1,435 mm
電化方式	AC25 kV 50 Hz
最高速度	350 km/h (設計)、320 km/h (営業)
列車編成 ²⁰	10 両 (8M2T)、16 両 (14M2T) 将来
座席	リクライニング機能付回転式
乗客定員	10 両 : 740 (特別車 : 55、普通車 : 685) 16 両 : 1,220 (特別車 : 122、普通車 : 1,098)
総重量 (空車)	10 両 : 約 460 t、16 両 : 約 740 t
最大軸重	14 t (定員乗車)
主要寸法	
長さ (先頭車)	26,250 mm
長さ (中間車)	25,000 mm
最大幅	3,350 mm
最大高さ	3,650 mm
台車中心間	17,500 mm
車体構造	アルミ合金押出材ダブルスキン構造 (気密構造)
台車	
方式	ボルスタレス方式
車輪径	860 mm (新品時)
軸距	2,500 mm
主回路システム	
制御システム	VVVF コンバータ・インバータ制御システム (IGBT 3 level PWM)
主電動機	誘導電動機 300 kW
パンタグラフ	低騒音シングルアーム式 10 両 : 2 基中 1 基使用、16 両 : 4 基中 2 基使用
ブレーキシステム	電気指令式 回生ブレーキ付
保安システム	デジタル ATC による車上演算ブレーキ制御
列車無線	空間波方式および漏洩同軸ケーブル方式 (デジタル)

出典 : JICA 調査団

²⁰ 5 両編成時は 3M2T (五段階整備ケース、ロンタイン - トゥティエム間運転、2030 年~2040 年)

(3) 特有の技術

以下に示す日本の新幹線で開発された E5 系特有の技術を適用する。これらの実績ある設計が、安全性、信頼性、可用性、保守性、そしてコスト低減をもたらす。

1) 広幅車体

普通車は広幅車体に 1 列 5 人座席を可能にしている。1 両の定員拡大は、車両数削減とコスト低減を実現する。



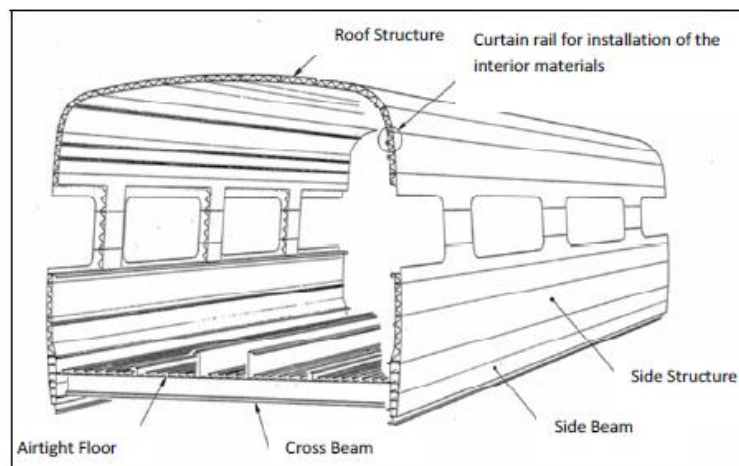
出典：JR 東日本 E5 系新幹線電車（量産先行車）の概要（車両技術 239 号、2010）

図 4.47：E5 系 普通車

図 4.48：E5 系 特別車（グリーン車）

2) 軽量車体

アルミダブルスキン構造により強度を保ちながら車体の軽量化と軸重の軽減を実現している。軽量化は省エネルギーと運行コスト低減につながる。軸重軽減は建設コスト削減に大きな効果を発揮する。



出典：前回調査（JICA、2013）

図 4.49：アルミ押出材ダブルスキン構造

3) 主回路システム

誘導電動機とVVVF制御システムは主回路システムの保守低減を実現する。このシステムによる効果的な回生ブレーキは、エネルギーとブレーキパッド保守作業の低減を実現する。

4) デジタルATC

デジタルATCシステムは安全運行を支えている。キャブシグナルは運転士前面のモニター画面に速度を指示する。演算された走行パターンにしたがって、ブレーキ指令を発信する。軽量車体は、デジタルATCの信頼性に基づく衝突回避の考え方で成り立っている。今回提案のVHSR-ATCは、高速での双方向運転機能を付加した改良版である。

5) 流線型部分が長い先頭車

トンネル微気圧波は高速鉄道の大きな問題のひとつである。もしトンネル断面が大きければこの問題は解決するが、建設コストは上昇する。トンネル断面を拡大せずに微気圧波を低減するため、流線型部分が長い(15 m)先頭車を採用する。

6) 低騒音パンタグラフ

パンタグラフは大きな騒音源のひとつである。低騒音パンタグラフが走行気流を安定させる整風板とともに設置されている。10両編成には2基のパンタグラフがあるが、騒音低減のため後方の1基のみを使用する。



出典：JR 東 E5 系（量産先行車）の概要（車両技術 239 号、2010）

図 4.50 : E5 系のパンタグラフと整風板

7) フルアクティブ・サスペンション

フルアクティブ・サスペンションが全車両に設置されている。このシステムの制御ユニットは、センサで横方向の振動を検知し、アクチュエーターの制御により振動を抑制するものである。

(4) 保守周期

日本の新幹線での実績から想定する保守周期を以下の表に示す。

表 4.53 : 車両の保守周期

検査種別	検査項目	周期	場所	所要時間
仕業検査	パンタグラフ、走り装置、ブレーキ、ドア開閉などの操作と機能	48 時間以内	車両基地 または 工場	約 1 時間
交番検査	パンタグラフ、主回路システム、制御システム、ブレーキシステムの状態と機能、および電気機器の絶縁	30 日以内 または 30,000 km 以内	車両基地 または 工場	1 日
台車検査	台車の主要な部品、たとえば輪軸、駆動装置、ブレーキ装置、主電動機を台車から外す。 検査を効率化するため台車交換、すなわち検査対象の台車は予備の台車に交換する。	18 ヶ月以内 または 600,000 km 以内	工場	約 3 日 予備台車に 交換
全般検査	主要な装置を車両から取り外して詳細な検査を実施する。 検査を効率化するため検査対象の装置は予備と交換する。 同時に台車交換、車内装置の修理も実施する。	36 ヶ月以内 または 1,200,000 km 以内	工場	約 3 週間

出典：JICA 調査団

(5) 将来展望

1) 初期の最高速度制限

営業当初は最高速度を抑制し（250 km/h 以下）、全線開通してから最高速度を引き上げる案（300 km/h 以上）がある。この速度抑制は、車両新製にかかるコストに大差は無く、線路の追加工事（曲線部のカントの嵩上げ）を伴うので推奨できない。

2) ハノイーホーチミン間の夜行列車

全線開通後、所要時間は5時間20分となる。この場合、寝台車による夜行列車の運行が有効となる。たとえば、夜行列車のハノイ出発時刻を最終フライトの後に設定し、ホーチミン到着時刻を翌朝一番のフライト到着前に設定することが挙げられる。

必要なことは、深夜における線路・架線の保守時間を確保することである。それには2つの方法があり、下記の ii) を推奨する。

- i) 片方の線路で保守を行い、夜行列車はもう片方の線路を低速で走行する。
- ii) 保守時間帯（0:00-6:00）夜行列車は途中駅で停車する。

日本の新幹線は、始終点間の所要時間が短いため夜行列車は存在しない。以下の写真は中国の例で（CRH2E）、車体断面はE5系とほぼ同じである。



出典：JICA 調査団

図 4.51：CRH2E のコンパートメント



出典：JICA 調査団

図 4.52：CRH2E の通路

4.4.2 車両基地

(1) 車両基地の設置

車両の留置ならびにメンテナンス（車輪転削、車両洗浄、仕業検査、交番検査、全般検査など）のために5つの車両基地を設ける。早期開業、車両基地間距離を考慮して5カ所とした。各車両基地の概要は下表に示す通りである。なお、車両工場は、南北の早期開業区間に1つずつ設けられる。

各車両基地の必要線数は、当調査 2030 年、2040 年、2050 年の運行計画から設定されている。なお、編成長は 16 両編成であり、検査線数ならびに各種建物に必要なスペースは、日本の新幹線での事例を参照して設定されている。表 5.5 に基地別の所要編成数を示す。

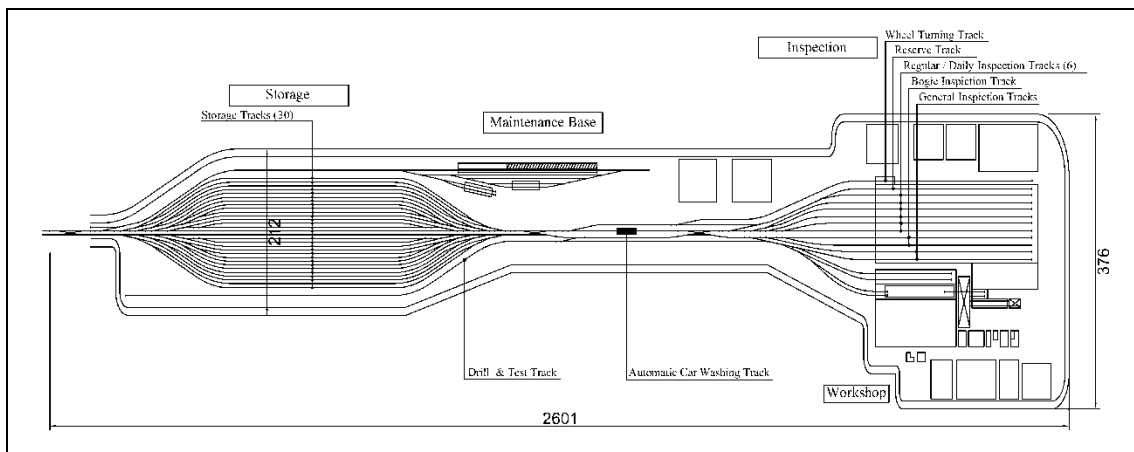
表 4.54 : 車両基地概要

	留置 編成数 (本)	留置線 (本)	仕業 検査線 (本)	交番 検査線 (本)	車輪 切削線 (本)	予備線 (本)	台車 検査線 (本)	全般 検査線 (本)	工場	面積 (ha)
ノックホイ	25	28	3	3	1	1	2	2	有	54.7
ビン	10	11	2	1	1	1	-	-	-	25.4
ダナン	30	33	4	3	1	1	-	-	-	48.1
ニャチャン	16	18	2	2	1	1	-	-	-	30.7
トゥティエム	27	30	4	3	1	1	2	2	有	57.1

出典：JICA 調査団

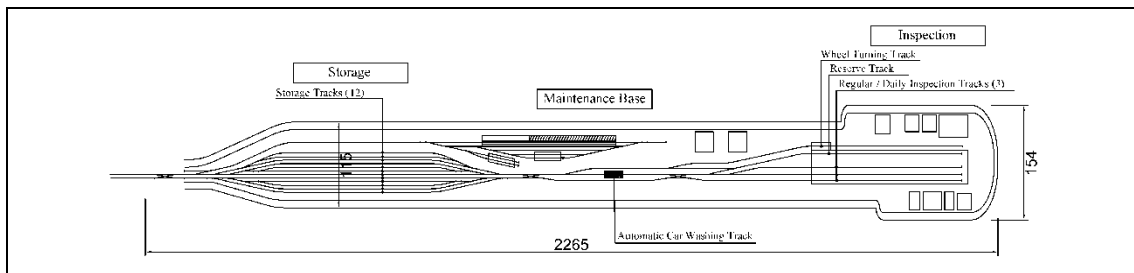
(2) トラックレイアウト

各車両基地のトラックレイアウトを図 4.53～図 4.57 に示す。各車両基地は保守基地を擁する。



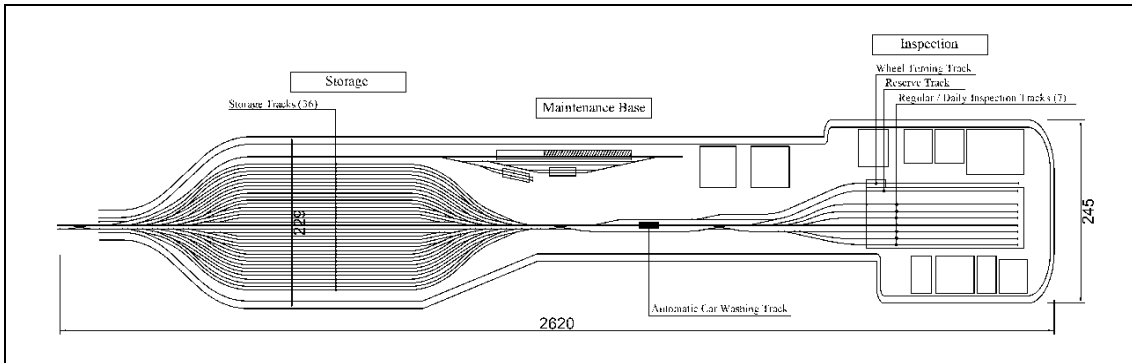
出典：JICA 調査団

図 4.53 : ノックホイ車両基地レイアウト



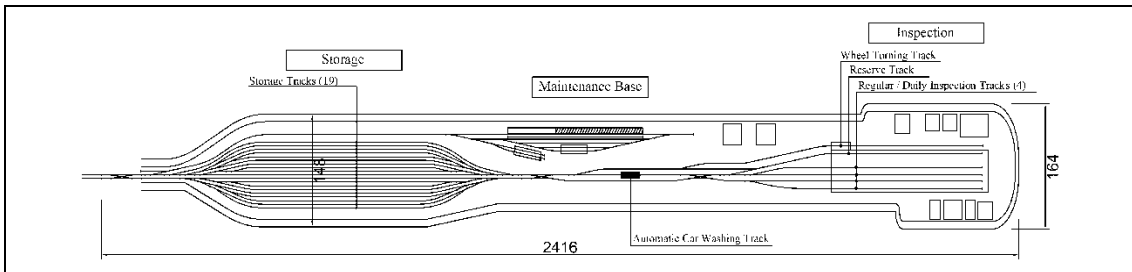
出典：JICA 調査団

図 4.54 : ビン車両基地レイアウト



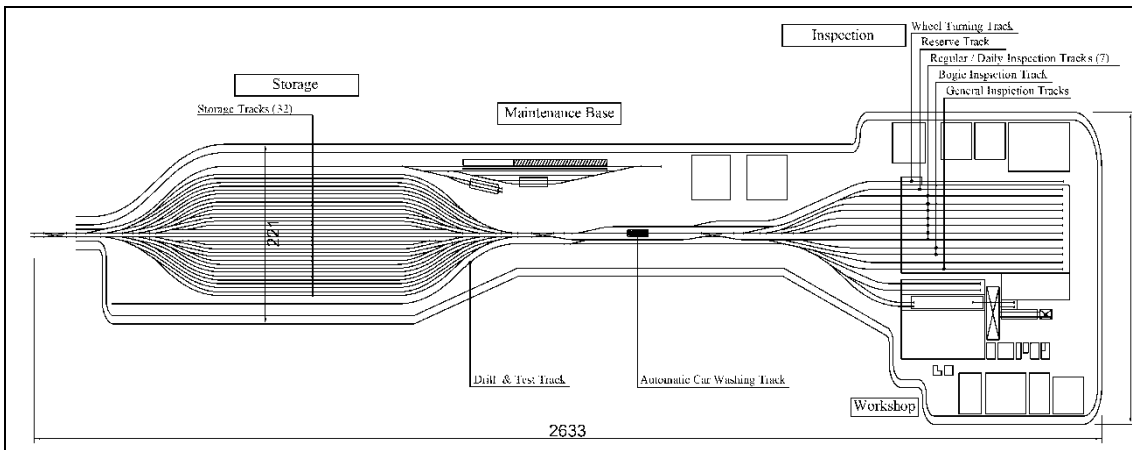
出典：JICA 調査団

図 4.55：ダナン車両基地レイアウト



出典：JICA 調査団

図 4.56：ニャチャン車両基地レイアウト



出典：JICA 調査団

図 4.57：トゥティエム車両基地レイアウト

(3) 車両基地設置位置

ここでは、各車両基地の候補地を挙げる。なお、ここに挙げる候補地はあくまで例を示すものであり、現地協議により現地の事情に合わせて車両基地用地を確保することを第一とする。

1) ノックホイ車両基地

当該車両基地の候補土地として、ノックホイ駅から南方 10 km 程度に 2 カ所の候補を挙げる。駅よりも北方は開発が進んでいるため、車両基地を設置するまとまった土地を確保するのは非常に困難である。駅南方も 10 km 程度までは、集落の点在状況からまとまった土地を確保しづらい。

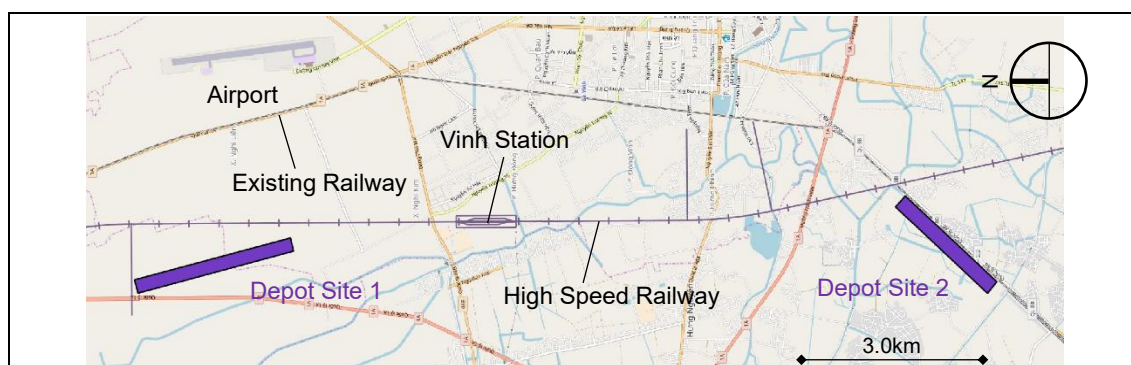


出典：JICA 調査団

図 4.58：ノックホイ車両基地候補地

2) ビン車両基地

当該車両基地の候補土地として、ビン駅の起点方、終点方に一カ所ずつ候補を挙げる。両候補ともに駅から比較的近いため、どちらの候補も有力である。

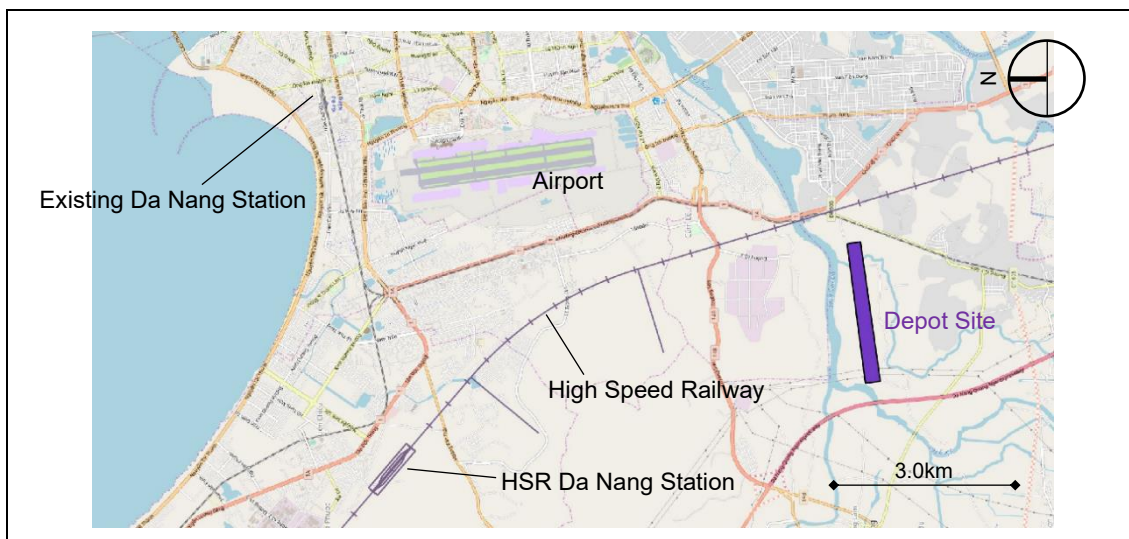


出典：JICA 調査団

図 4.59：ビン車両基地候補地

3) ダナン車両基地

ダナン駅の北方は、既開発地が広がり、さらに北方は丘陵地となるため、車両基地の用地を確保することは難しい。南方は、駅の約8km地点の河川以南に比較的まとまった土地があるため候補とした。当該車両基地では一カ所の候補を挙げる。

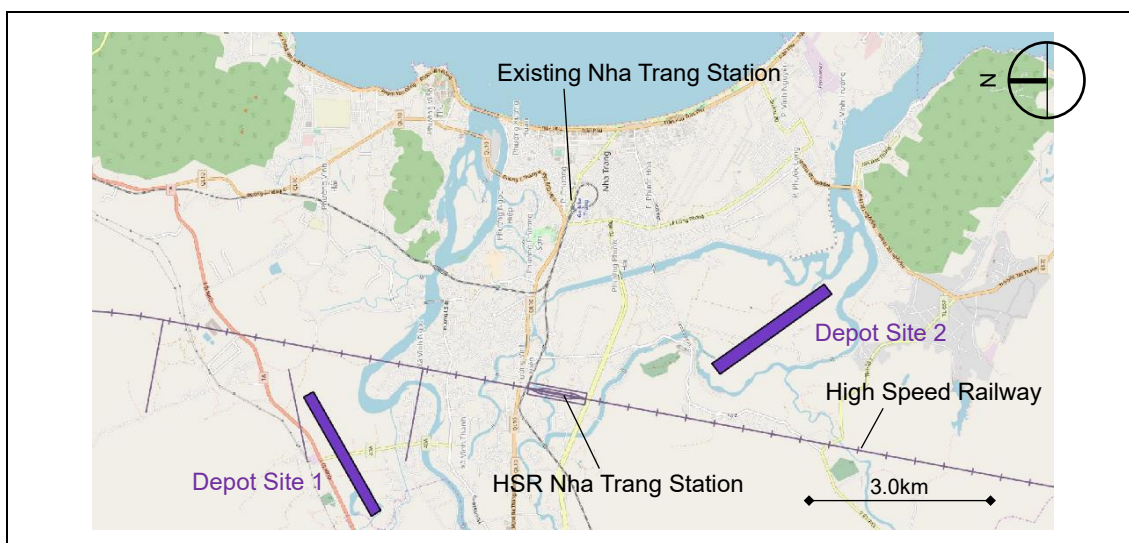


出典：JICA 調査団

図 4.60：ダナン車両基地候補地

4) ニャチャン車両基地

北方は、河川北側の農地を候補地とする。河川以南は住居等が密集しており適当な用地の確保は難しい。南方は、河川以南の農地を候補地とする。南方の候補は駅から近くアプローチ線形も良いが、北方の候補の方が地質は良いと思われる。



出典：JICA 調査団

図 4.61：ニャチャン車両基地候補地

5) トゥティエム車両基地

駅から約 10 km 東方までは車両基地を設けるまとまった土地は無い。比較的建築物の少ない2カ所を候補地とした。いずれも、本線から車両基地へのアプローチは高速道路を超える必要がある。候補2は直線タイプの車両基地を収めるだけの十分な長さがなく、平行タイプにする必要がある。候補1は十分な直線長を確保できるが、いくつかの住居移転が必要となる。これらの候補が利用できない場合は、河川東側での設置となる。



出典：JICA 調査団

図 4.62：トゥティエム車両基地候補地

(4) 保守基地

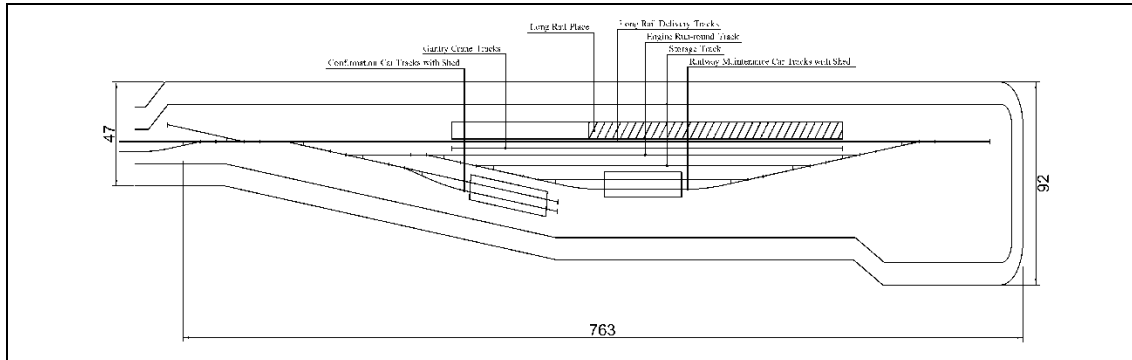
1) 保守基地の設置

軌道のメンテナンスを行うため、50 km 程度に 1カ所の割合で保守基地を設ける。トータルで保守基地は 42カ所となる。なお、5カ所は車両基地内への設置となる。このため、単独の保守基地は 37カ所である。位置図を図 3.7 の配線図に示す。

保守は営業時間外の限られた時間に行われる。保守基地間隔が長くなると往復のために時間を要し作業能率が低下する。このため、日本では 30～50 km を標準として保守基地を設けている。

2) 保守基地のレイアウト

単独の保守基地のレイアウトを下図に示す。図の敷地内の空地は管理棟や倉庫などのためのスペースである。



出典：JICA 調査団

図 4.63 : 保守基地レイアウト

4.5 概算建設費

本節は非公開

5. 鉄道運営

5.1 列車運行計画

5.1.1 輸送計画の策定方針

輸送計画は、2.1 章で述べたように二段階整備ケースと五段階整備ケースについて検討する。

二段階整備ケースは、全体を 3 区間に分け、2030 年に北部区間と南部区間を、2040 年に中部区間を開業するものである。

五段階整備ケースは、全体を 5 区間に分け、2030 年にロンタイン - トゥティエムを単線開業し、その後は 2040 年にハノイ - ビン、2050 年にニャチャン - トゥティエム、2060 年にダナン - ニャチャン、そして 2070 年にビン - ダナンを、それぞれ複線開業するものである。

5.1.2 輸送計画の概要（二段階整備ケース）

(1) 輸送計画の前提条件

輸送計画を策定するにあたり、次の事項を前提とした。

- 1) 2030 年にノックホイ - ビン間、ニャチャン - トゥティエム間を開業する
- 2) 2040 年にノックホイ - トゥティエム間の全線を開業する
- 3) 需要は本調査による 2030 年、2040 年、2050 年の予測値とする
- 4) 車両は最高速度 320 km/h、定員は 10 両編成時 740 人、16 両編成時 1,220 人とする
- 5) 列車の運行時間帯は 6:00-24:00 とした。

(2) 駅間の運転時分

上記前提条件の下で各駅間のランカーブを作成した（図 5.1 に、ノックホイ - ビン間を例示）。これによる駅間の運転時分を表 5.1 及び表 5.2 に示す。

ノックホイ - トゥティエム間の所要時間は緩行タイプで 7 時間 15 分、急行タイプで 5 時間 20 分となった（停車中の時間、各種の調整のための余裕時間を含む）。

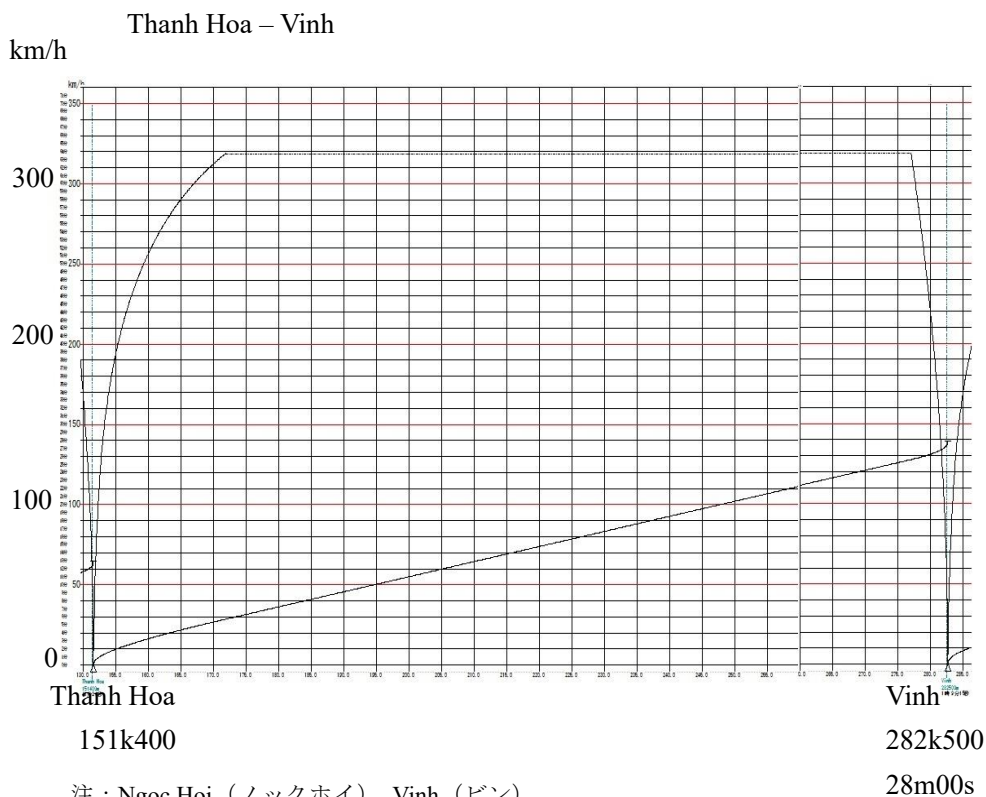
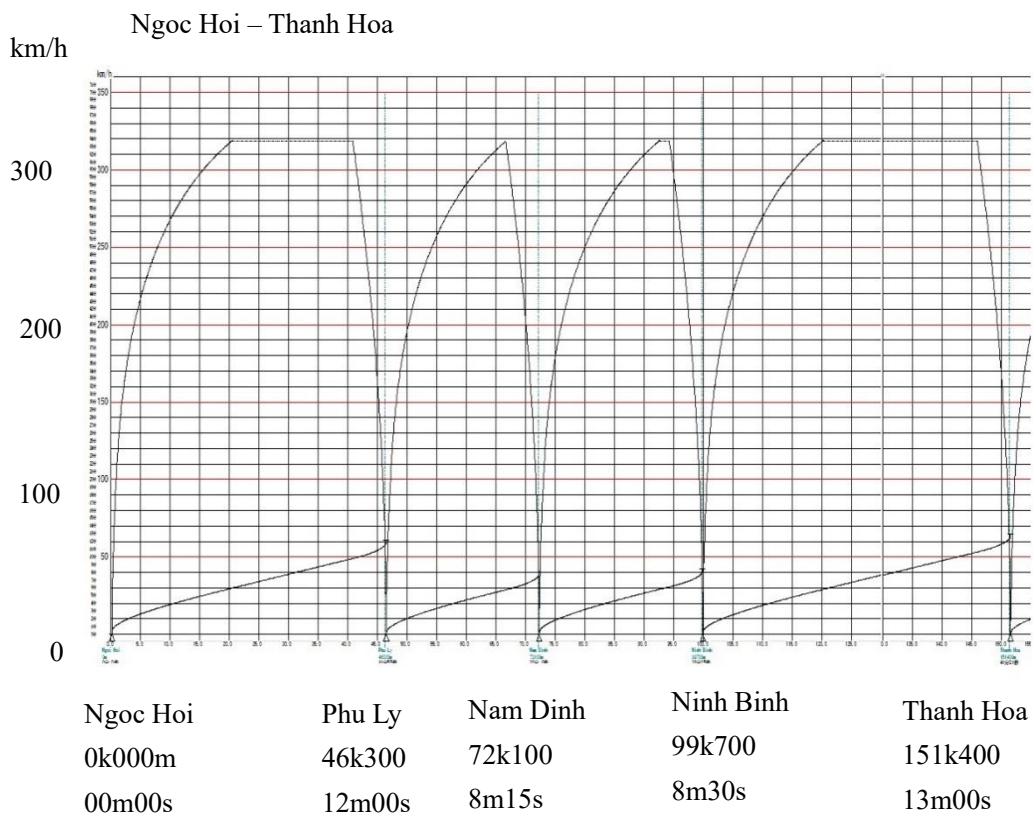


図 5.1：ランカーブの例（ノックホイ駅 – ビン駅）

(3) 所要列車本数

1 日片道の列車設定本数は、2030 年に ノックホイ - ビン間 36 本、ニャチャン - トゥティエム間も同じく 36 本である。2040 年及び 2050 年は ノックホイ - トゥティエム 間が開業し、72～90 本へと大幅に増加する。

駅間の輸送量と列車設定本数を、表 5.3 及び表 5.4 に示す。

5.1.3 運転計画

列車の運行形態として緩行（すべての駅に停車する）と急行（特定の駅のみ停車して到達時間を短くする）を設定した。急行停車駅は各駅の乗降数、車両基地の有無、国際空港の予定等を考慮し、ビン、ダナン、ニャチャン、ロンタインとした。2030 年時点では列車本数が少ないので緩行列車だけを設定した。

停車時分は、いずれの駅も 2 分とした。実際のダイヤ構成では、追い越し駅の設定などで列車ごとに所要時間が変化する。

表 5.1 : 運転時分 (ノックホイ駅 → トゥティエム駅)

	駅名	駅中間位置(単位m)	駅間距離(単位m)	運行時分		停車時分
				緩行	急行	
1	Ngoc Hoi	0				
			46,300	12 : 00		
2	Phu Ly	46,300				2:00
			25,800	8 : 15		
3	Nam Dinh	72,100				2:00
			27,600	8 : 30		
4	Ninh Binh	99,700				2:00
			51,700	13 : 00		
5	Thanh Hoa	151,400				2:00
			131,100	28 : 00		
6	Vinh	282,500			0:57:00	2:00
			50,000	12 : 45		
7	Ha Tinh	332,500				2:00
			58,000	14 : 15		
8	Vung Ang	390,500				2:00
			77,600	18 : 00		
9	Dong Hoi	468,100	0			2:00
			90,900	20 : 30		
10	Dong Ha	559,000	0			2:00
			63,600	15 : 15		
11	Hue	622,600	0			2:00
			83,400	19 : 00		
12	Da Nang	706,000	0		1:23:45	2:00
			66,800	16 : 00		
13	Tam Ky	772,800	0			2:00
			62,000	15 : 00		
14	Quang Ngai	834,800	0			2:00
			110,200	24 : 00		
15	Phu My	945,000	0			2:00
			45,200	11 : 45		
16	Dieu Tri	990,200	0			2:00
			93,200	20 : 45		
17	Tuy Hoa	1,083,400	0			2:00
			94,900	21 : 15		
18	Nha Trang	1,178,300	0		1:32:45	2:00
			76,900	17 : 45		
19	Thap Cham	1,255,200	0			2:00
			67,200	16 : 00		
20	Tuy Phong	1,322,400	0			2:00
			65,400	15 : 45		
21	Phan Thiet	1,387,800	0			2:00
			117,900	25 : 30		
22	Long Thanh	1,505,700	0		1:05:30	2:00
			36,000	10 : 00		
23	Thu Thiem	1,541,700			0:10:00	
				6:03:15	5:09:00	0:42:00

運転時分	6:03:15	5:09:00
停車時分計	0:42:00	0:08:00
余裕時分	0:29:45	0:03:00
計	7:15:00	5:20:00

注 : Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典 : JICA 調査団

表 5.2 : 運転時分 (トゥティエム駅 → ノックホイ駅)

	駅名	駅中間位置(単位m)	駅間距離(単位m)	運行時分		停車時分
				緩行	急行	
1	Thu Thiem	0				
			36,000	10 : 00		
2	Long Thanh	36,000			0:10:00	2:00
			117,900	25 : 30		
3	Phan Thiet	153,900	0			2:00
			65,400	15 : 45		
4	Tuy Phong	219,300	0			2:00
			67,200	16 : 00		
5	Thap Cham	286,500	0			2:00
			76,900	17 : 45		
6	Nha Trang	363,400	0		1:05:30	2:00
			94,900	21 : 15		
7	Tuy Hoa	458,300	0			2:00
			93,200	20 : 45		
8	Dieu Tri	551,500	0			2:00
			45,200	11 : 45		
9	Phu My	596,700	0			2:00
			110,200	24 : 00		
10	Quang Ngai	706,900	0			2:00
			62,000	15 : 00		
11	Tam Ky	768,900	0			2:00
			66,800	16 : 00		
12	Da Nang	835,700	0		1:32:30	2:00
			83,400	19 : 00		
13	Hue	919,100	0			2:00
			63,600	15 : 15		
14	Dong Ha	982,700	0			2:00
			90,900	20 : 30		
15	Dong Hoi	1,073,600	0			2:00
			77,600	18 : 00		
16	Vung Ang	1,151,200	0			2:00
			58,000	14 : 15		
17	Ha Tinh	1,209,200	0			2:00
			50,000	12 : 45		
18	Vinh	1,259,200	0		1:23:45	2:00
			131,100	28 : 00		
19	Thanh Hoa	1,390,300	0			2:00
			51,700	13 : 00		
20	Ninh Binh	1,442,000	0			2:00
			27,600	8 : 30		
21	Nam Dinh	1,469,600	0			2:00
			25,800	8 : 15		
22	Phu Ly	1,495,400	0			2:00
			46,300	12 : 00		
23	Ngoc Hoi	1,541,700			0:57:00	
				6:03:15	5:08:45	0:42:00

運転時分	6:03:15	5:08:45
停車時分計	0:42:00	0:08:00
余裕時分	0:29:45	0:03:15
計	7:15:00	5:20:00

注 : Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典 : JICA 調査団

5.1.4 列車の設定区間と本数

(1) 列車の設定区間と輸送量

列車の設定区間は車両基地に近接する駅間とした。ノックホイ - ビン、ビン - ダナン、ダナン - ニャチャン、ニャチャン - トゥティエム間である。これらの駅は、乗降客が多いことに加え、車両基地が近いので、列車編成の運用効率も良くなる。各駅間の輸送量を下表に示す。

表 5.3 : 駅間輸送量 (二段階整備ケース)

(人・日・往復)

区間	2030年	2040年	2050年
Ngoc Hoi - Phu Ly	36,720	128,249	145,264
Phu Ly - Nam Dinh	25,946	112,510	124,415
Nam Dinh - Ninh Binh	14,330	108,845	117,304
Ninh Binh - Thanh Hoa	13,489	110,173	118,527
Thanh Hoa - Vinh	11,416	112,246	119,566
Vinh - Ha Tinh	0	121,631	130,586
Ha Tinh - Vung Ang	0	116,113	123,496
Vung Ang - Dong Hoi	0	113,747	120,458
Dong Hoi - Dong Ha	0	116,033	123,076
Dong Ha - Hue	0	119,889	127,802
Hue - Da Nang	0	119,878	127,709
Da Nang - Tam Ky	0	119,922	128,281
Tam Ky - Quang Ngai	0	115,573	123,026
Quang Ngai - Phu My	0	116,746	124,157
Phu My - Dieu Tri	0	115,171	122,898
Dieu Tri - Tuy Hoa	0	116,554	124,516
Tuy Hoa - Nha Trang	0	123,121	133,096
Nha Trang - Thap Cham	16,560	118,009	127,023
Thap Cham - Tuy Phong	16,982	118,548	127,639
Tuy Phong - Phan Thiet	21,133	123,260	133,277
Phan Thiet - Long Thanh	27,357	130,325	141,738
Long Thanh - Thu Thiem	37,036	131,453	151,175

注 : Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典 : JICA 調査団

(2) 列車本数の設定

列車の設定区間内において、輸送量の最大値に対応できる列車本数を算出した。2030 年は輸送量が少ないので 10 両編成とする。定員は 740 人であるが、利用時間帯などにより列車ごとに乗降客数が増えるので、平均乗車率を 70%と仮定した。2040 年及び 2050 年は輸送量が大幅に増加するので 16 両編成とした。定員 1,220 名、平均乗車率 70%である。設定本数は、算出した結果に加え、列車編成の運用も考慮した。列車設定区間ごとの列車本数を下表に示す。

表 5.4 : 区間別列車設定本数 (二段階整備ケース)

	列車設定区間	駅間 輸送量 A	列車編成諸元		列車本数			駅間 距離 G	列車キロ H = F×G×2
			編成両数 B	編成定員 C	乗車人数 D = C×0.7	算出結果 = A / (2×D)	設定本数 F		
2030	ノックホイー - ビン	36,720	10	740	518	35.4	36	282.5	20,340.0
	ビン - ダナン								
	ダナン - ニャチャン								
	ニャチャン - トゥティエム	37,036	10	740	518	35.7	36	363.4	26,164.8
2040	ノックホイー - ビン	128,249	16	1220	854	75.1	76	282.5	42,940.0
	ビン - ダナン	121,631	16	1220	854	71.2	72	423.5	60,984.0
	ダナン - ニャチャン	123,121	16	1220	854	72.1	72	472.3	68,011.2
	ニャチャン - トゥティエム	131,453	16	1220	854	77.0	78	363.4	56,690.4
2050	ノックホイー - ビン	145,264	16	1220	854	85.0	86	282.5	48,590.0
	ビン - ダナン	130,586	16	1220	854	76.5	78	423.5	66,066.0
	ダナン - ニャチャン	133,096	16	1220	854	77.9	78	472.3	73,678.8
	ニャチャン - トゥティエム	151,175	16	1220	854	88.5	90	363.4	65,412.0

- A 各駅間の輸送量の最大値(人・日・往復)
- B 編成両数 (両/編成)
- C 編成定員 (人/列車)
- D 70%乗車時の人数 (人/列車)
- E 算出結果 (本/日・片道)
- F 列車編成の運用等も考慮した設定本数 (本/日・片道)
- G 駅間距離 (km)
- H 駅～車両基地間回送キロを除く (km/日・往復)

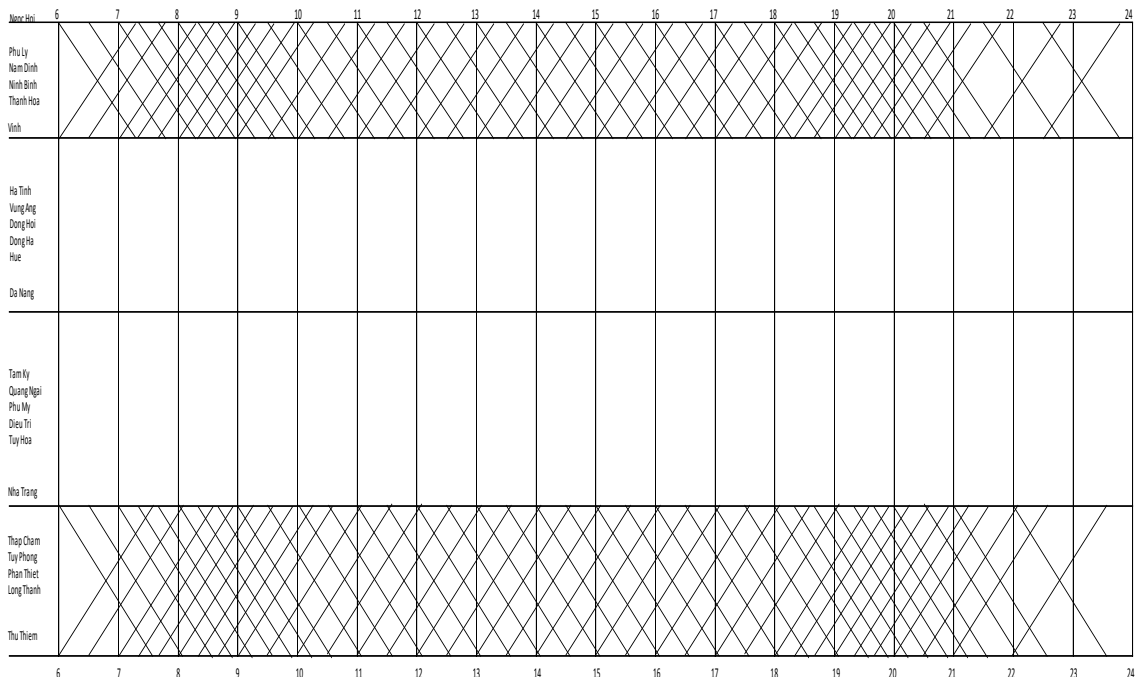
出典：JICA 調査団

5.1.5 列車ダイヤと所要編成数

2030 年のノックホイー - ビン間は、片道 2 本/時を設定した。ニャチャン - トゥティエム間も片道 2 本/時であるが、両区間とも需要の多い朝夕時間帯は 3 本/時である。両区間とも急行は設定しない。これは設定本数が少なく、到達時間も 1 時間 30 分程と短いことによる。

2040 年は設定本数が大幅に増え、片道 70 本/日を超える。このため普通列車に加え急行も設定した。時間帯によって多少の差はあるが、急行 3 本/時、緩行 2 本/時のパターンとなる。

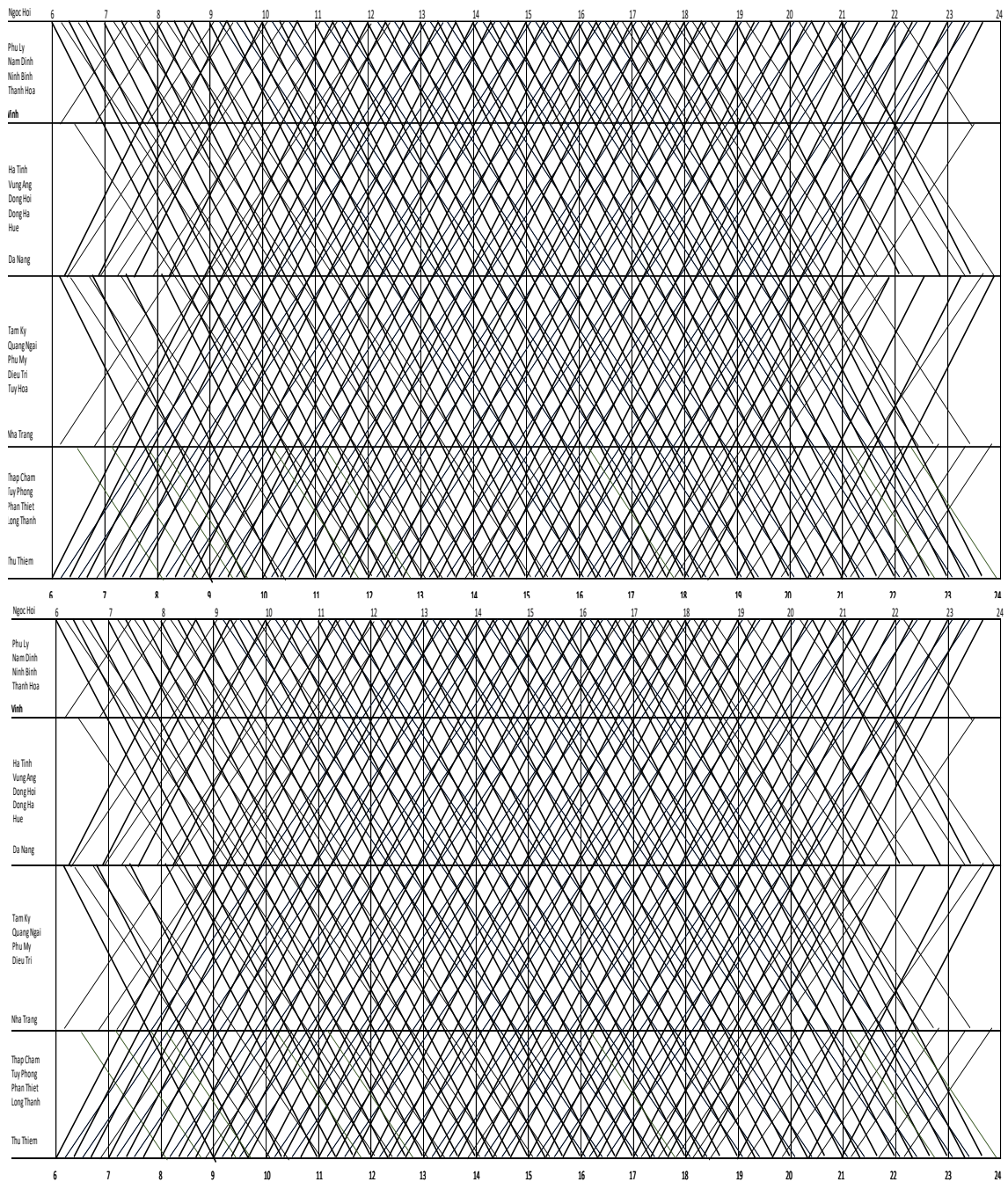
2050 年はさらに増加し、最も多い区間では片道 90 本/日に達する。引き続き急行を設定し、急行 3 本/時、緩行 3 本/時のパターンとした。



注：Ngoc Hoi（ノックホイ）、Vinh（ビン）、Hue（フエ）、Da Nang（ダナン）、Nha Trang（ニャチャン）、Long Thanh（ロンタイン）、Thu Thiem（トゥティエム）

出典：JICA 調査団

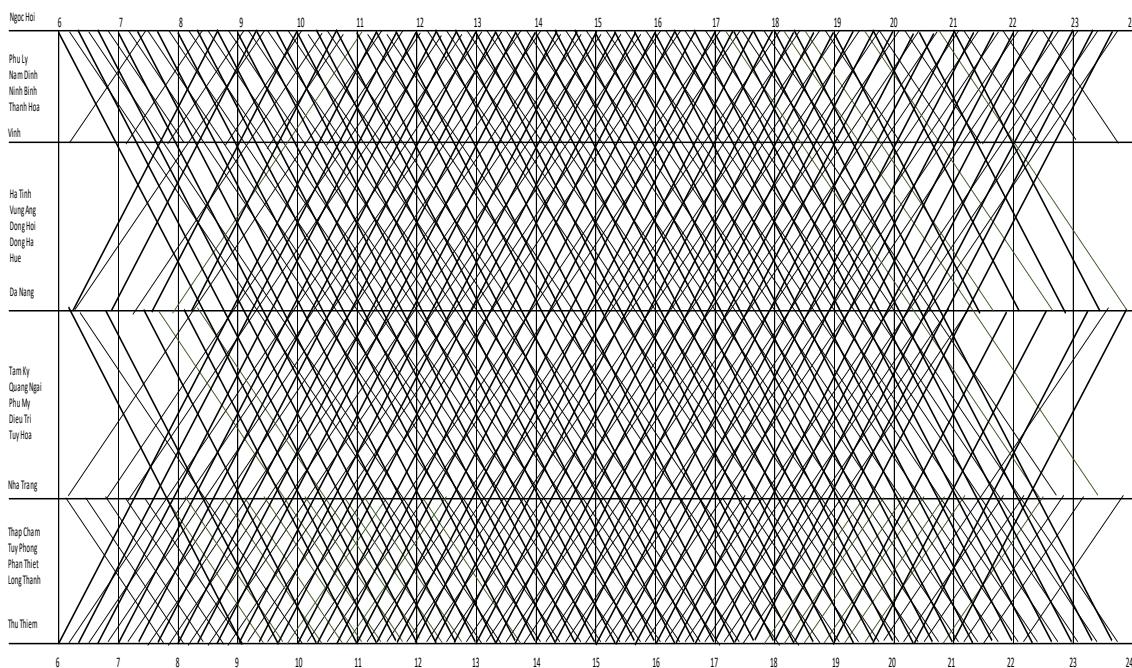
図 5.2 : 2030 年ダイヤ



注：Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典：JICA 調査団

図 5.3 : 2040 年ダイヤ



注：Ngoc Hoi（ノックホイ）、Vinh（ビン）、Hue（フエ）、Da Nang（ダナン）、Nha Trang（ニャチャン）、Long Thanh（ロンタイン）、Thu Thiem（トゥティエム）
出典：JICA 調査団

図 5.4：2050 年ダイヤ

ダイヤ上で設定した列車の運行に必要な編成数は、次のように考えて設定する。

- 1) 朝の始発駅に着目する。一番列車が到着し出発準備が整うまでの間（40 分）は、前夜から停車していた列車を出発させる。これが始発駅に必要な編成数である。
- 2) 始発駅に到着した列車は、出発準備ができた後に折り返せるので、折り返し可能時間以降に発車する列車を用意する必要はない。
- 3) 途中駅から到着する列車があれば、これらは折り返し列車として使うことができるので、始発駅に用意する列車から減ずることができる（途中駅出発列車として加算する）。
- 4) 上記を原則として、ダイヤを追うことで、所要の列車編成数を知ることができる。

急行用と緩行用を区分して運用する。また多客期等には、予備編成を用いて、臨時列車を運行する。臨時運転用・予備は各基地最低 1 編成を配置する。

表 5.5 : 基地別所要編成数 (二段階整備ケース)

2030年		10両編成				
	緩行運用	急行運用	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
ノックホイ	6	0	6	0.6	1	7
ビン	6	0	6	0.6	1	7
ダナン	0	0	0	0	0	0
ニャチャン	7	0	7	0.7	1	8
トゥティエム	7	0	7	0.7	1	8
計	26	0	26	2.6	4	30
2040年		16両編成				急行限定運用
	緩行運用	急行運用	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
ノックホイ	9	15	24	2.4	2	26
ビン	4	0	4	0.4	1	5
ダナン	8	8	16	1.6	2	18
ニャチャン	7	0	7	0.7	1	8
トゥティエム	9	15	24	2.4	2	26
計	37	38	75	7.5	8	83
2050年		16両編成				急行限定運用
	緩行運用	急行運用	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
ノックホイ	11	15	26	2.6	2	28
ビン	6	0	6	0.6	1	7
ダナン	6	8	14	1.4	2	16
ニャチャン	16	0	16	1.6	2	18
トゥティエム	10	15	25	2.5	2	27
計	49	38	87	8.7	9	96

注：検査用編成数を除く。

出典：JICA 調査団

5.1.6 輸送計画の概要 (五段階整備ケース)

(1) 輸送計画の前提条件 (五段階整備ケース)

輸送計画を策定するにあたり、次の事項を前提とした。

- 1) 2030年にロンティン - トゥティエム間を単線開業する
- 2) 2040年にノックホイ - ビン間を開業する
- 3) 2050年にニャチャン - トゥティエム間を複線開業する
- 4) 2060年にダナン - ニャチャン間を開業する
- 5) 2070年にビン - ダナン間を開業する
- 6) 需要は本調査による2030年、2040年、2050年、2060年、2070年の予測値とする
- 7) 車両は最高速度 320 km/h、定員は5両編成時 370人、10両編成時 740人、16両編成時 1,220人とする
- 8) 列車の運行時間帯は 6:00 - 24:00 とした。

(2) 駅間の運転時分

上記前提条件の下でも、各駅間のランカーブや駅間の運転時分は、輸送計画（二段階整備ケース）にある図 5.1、表 5.1 及び表 5.2 と変わらない。そしてノックホイ - トゥティエム間の所要時間は緩行タイプで 7 時間 15 分、急行タイプで 5 時間 20 分となる（停車中の時間、各種の調整のための余裕時間を含む）。

(3) 列車設定本数

1 日片道の列車設定本数は、開業直後の 2030 年はロンティン - トゥティエム間 20 本であるが、全線開通する 2070 年にはノックホイ - トゥティエム 間で 106 本へと大幅に増加する。

駅間の輸送量と列車設定本数を、表 5.6 及び表 5.7 に示す。

5.1.7 運転計画

列車の運行形態として緩行（すべての駅に停車する）と急行（特定の駅のみ停車して到達時間を短くする）を設定した。急行停車駅は各駅の乗降数、車両基地の有無、国際空港の予定等を考慮し、ビン、ダナン、ニャチャン、ロンティンとした。2030～2050 年時点では列車本数が少ないので緩行列車だけを設定した。

停車時分は、いずれの駅も 2 分とした。実際のダイヤ構成では、追い越し駅の設定などで列車ごとに所要時間が変化する。

5.1.8 列車の設定区間と本数

(1) 列車の設定区間と輸送量

列車の設定区間は車両基地に近接する駅間とした。ノックホイ - ビン、ビン - ダナン、ダナン - ニャチャン、ニャチャン - トゥティエム間である（2030 年時点はロンティン - トゥティエム間）。これらの駅は、乗降客が多いことに加え、車両基地が近いので、列車編成の運用効率も良くなる。各駅間の輸送量を次表に示す。

表 5.6 : 駅間輸送量 (五段階整備ケース)

(人・日・往復)

区間	2030年	2040年	2050年	2060年	2070年
Ngoc Hoi – Phu Ly	0	46,094	60,594	69,765	166,822
Phu Ly – Nam Dinh	0	30,291	39,613	45,519	140,608
Nam Dinh – Ninh Binh	0	14,543	19,157	22,014	129,727
Ninh Binh – Thanh Hoa	0	12,894	16,810	19,222	130,840
Thanh Hoa – Vinh	0	8,738	10,721	11,888	130,772
Vinh – Ha Tinh	0	0	0	0	143,655
Ha Tinh – Vung Ang	0	0	0	0	134,886
Vung Ang – Dong Hoi	0	0	0	0	131,130
Dong Hoi – Dong Ha	0	0	0	0	134,141
Dong Ha – Hue	0	0	0	0	139,878
Hue – Da Nang	0	0	0	0	139,784
Da Nang – Tam Ky	0	0	0	20,848	140,789
Tam Ky – Quang Ngai	0	0	0	17,253	134,367
Quang Ngai – Phu My	0	0	0	20,380	135,481
Phu My – Dieu Tri	0	0	0	20,440	134,358
Dieu Tri – Tuy Hoa	0	0	0	24,084	136,232
Tuy Hoa – Nha Trang	0	0	0	35,036	147,079
Nha Trang – Thap Cham	0	0	13,540	36,873	139,989
Thap Cham – Tuy Phong	0	0	15,306	37,759	140,710
Tuy Phong – Phan Thiet	0	0	21,646	45,622	146,280
Phan Thiet – Long Thanh	0	0	31,158	57,416	154,634
Long Thanh – Thu Thiem	10,521	14,159	51,652	85,311	181,404

注：Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典：JICA 調査団

(2) 列車本数の設定

列車の設定区間内において、輸送量の最大値に対応できる列車本数を算出した。2030年 は輸送量が少ないので5両編成とする。定員は370人である。2040年～2060年は開業区間の延長に伴って輸送量が増加するので10両編成とした。定員740名である。全線開業する2070年は輸送量が大幅に増加するので16両編成とした。定員1,220名である。いずれの場合も、利用時間帯などにより列車ごとに乗降客数が増減するので、平均乗車率を70%と仮定した。設定本数は、算出した結果に加え、列車編成の運用も考慮した。列車設定区間ごとの列車本数を下表に示す。

表 5.7 : 区間別列車設定本数 (五段階整備ケース)

	列車設定区間	駅間 輸送量 A	列車編成諸元		列車本数			駅間 距離 G	列車キロ H=F×G×2
			編成両数 B	編成定員 C	乗車人数 D=C×0.7	算出結果 E=A/(2×D)	設定本数 F		
2030	ロンタイン - トゥティエム	10,521	5	370	259	20.3	20	36.0	1,440.0
2040	ノックホイ - ビン	46,094	10	740	518	44.5	46	282.5	25,990.0
	ロンタイン - トゥティエム	14,159	5	370	259	27.3	28	36.0	2,016.0
2050	ノックホイ - ビン	60,594	10	740	518	58.5	60	282.5	33,900.0
	ニャチャン - トゥティエム	51,652	10	740	518	49.9	50	363.4	36,340.0
2060	ノックホイ - ビン	69,765	10	740	518	67.3	68	282.5	38,420.0
	ダナン - ニャチャン	35,036	10	740	518	33.8	34	472.3	32,116.4
	ニャチャン - トゥティエム	85,311	10	740	518	82.3	82	363.4	59,597.6
2070	ノックホイ - トゥティエム	181,404	16	1,220	854	106.2	106	1,541.7	326,840.4

注：編成両数を考慮する際、同一区間において将来にわたり列車本数が減少しないようにする。隣接運転区間（2060年におけるダナン - ニャチャン及びニャチャン - トゥティエム）は同一両数とする。

- A 各駅間の輸送量の最大値(人・日・往復)
- B 編成両数 (両/編成)
- C 編成定員 (人/列車) 5両編成は10両編成の按分
- D 70%乗車時の人数 (人/列車)
- E 算出結果 (本/日・片道)
- F 列車編成の運用等も考慮した設定本数 (本/日・片道)
- G 駅間距離 (km)
- H 駅～車両基地間回送キロを除く (km/日・往復)

出典：JICA 調査団

5.1.9 所要編成数

所要編成数は列車設定やホーム折り返しに要する時間、車両検査計画などによって決まる。本計画では開業区間が10年毎に順次拡大する。各時点での列車設定の概要を表5.8に示す。ホーム折返し時分は清掃時間と乗客の乗り降り時間を含めて約40分とした。なお、2030年のロンタイン - トゥティエム間は短距離運転なのでホーム折返し時点での清掃は行わないこととした。必要な清掃は他の編成と差し替えて行うこととし、所要編成数には差し替え用の編成も加えている。これらに基づき所要編成数をカウントした結果を表5.9に示す。

表 5.8 : 区間別列車設定概要 (五段階整備ケース)

	列車設定区間	設定本数	平均的時間(本/時)	
			緩行	急行
2030	ロンタイン - トゥティエム	20	1~2	0
2040	ノックホイ - ビン	46	3	0
	ロンタイン - トゥティエム	28	1~2	0
2050	ノックホイ - ビン	60	4	0
	ニャチャン - トゥティエム	50	3	0
2060	ノックホイ - ビン	68	4	0
	ダナン - ニャチャン	34	1	1
	ニャチャン - トゥティエム	82	2	3
2070	ノックホイ - トゥティエム	106	2	4

出典：JICA 調査団

表 5.9 : 基地別所要編成数 (五段階整備ケース)

2030年	編成両数	緩行	急行	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
トゥティエム	5	2	0	2	0.2	1	3
計	-	2	0	2	0.2	1	3
2040年	編成両数	緩行	急行	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
ノックホイ	10	6	0	6	0.6	1	7
ビン	10	6	0	6	0.6	1	7
トゥティエム	5	2	0	2	0.2	1	3
計	-	14	0	14	1.4	3	17
2050年	編成両数	緩行	急行	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
ノックホイ	10	9	0	9	0.9	1	10
ビン	10	8	0	8	0.8	1	9
ニャチャン	10	8	0	8	0.8	1	9
トゥティエム	10	9	0	9	0.9	1	10
計	-	34	0	34	3.4	4	38
2060年	編成両数	緩行	急行	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
ノックホイ	10	10	0	10	1	1	11
ビン	10	10	0	10	1	1	11
ダナン	10	8	4	12	1.2	2	14
ニャチャン	10	4	7	11	1.1	2	13
トゥティエム	10	10	8	18	1.8	2	20
計	-	42	19	61	6.1	8	69
2070年	編成両数	緩行	急行	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
ノックホイ	16	8	17	25	2.5	3	28
ビン	16	6	0	6	0.6	1	7
ダナン	16	9	21	30	3	3	33
ニャチャン	16	8	0	8	0.8	1	9
トゥティエム	16	9	18	27	2.7	3	30
計	-	40	56	96	9.6	11	107

注：2030、2040年のロンタイン-トゥティエム間運転時はホーム折り返し清掃は行わず、清掃は随時別編成と差し替えて行う。

その他は折り返し清掃等で約40分確保。

急行は2060年のダナン-トゥティエム間及び2070年の全区間に設定し、限定運用とした。

検査用編成数を除く。

臨時運転用・予備は各基地最低1編成を配置する。

出典：JICA 調査団

5.2 保守（地上設備、車両）

5.2.1 新幹線保守の概要

鉄道の保守には多くの作業と経費を要する。日本の例では、全運営費に占める保守費の割合は地上設備が40%、車両設備が20%程度を占める。したがって効率的な保守は、鉄道経営上の大きな課題である。

(1) 軌道と電気回路の測定

線路と電路の状態を把握するため、10日に一度程度、電気軌道検測車が全線を走る。検測車は、東海道・山陽新幹線用がドクターイエロー、東北・上越新幹線用がイーストアイと呼ばれている。

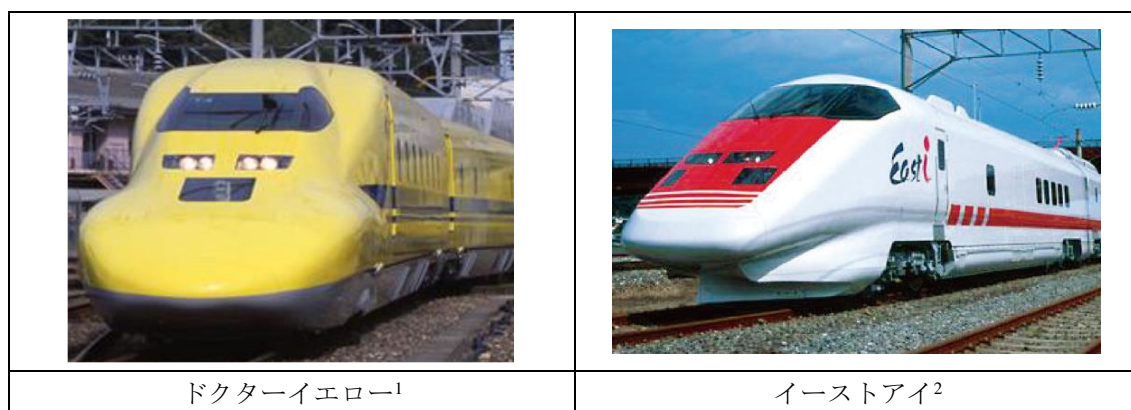


図 5.5 : 電気軌道検測車

検測結果は、東海道・山陽新幹線は新幹線情報管理システム (SMIS : Shinkansen Management Information System)、東北・上越・北陸・北海道新幹線は新幹線総合システム (COSMOS : Computerized Safety, Maintenance and Operation Systems of Shinkansen) で処理され、乗り心地の向上、安定した集電、信号トラブルの未然防止などのために使用される。

(2) 保守作業の手順

1) 保守作業の実施時間帯

新幹線の保守作業は、在来線のように列車の間合いではなく、営業列車の運転が終了してから翌朝の初列車が運行するまでの保守作業時間帯に行う。

2) 保守作業の進行手順

設備指令は、保守作業の計画を作成し、関係各所へ通知する。計画には作業時間帯及びび電停止の開始・終了時刻、保守用車と確認車の運転計画が含まれる。

3) 作業時間帯の設定

作業時間帯は駅中間と駅構内に区分し、最終列車が当該区間を去った時点から、上下線とも一括して作業時間帯とする。

¹ 出典 : JR 東海 https://railway.jr-central.co.jp/train/work/detail_04_01/index.html (2019年6月10日参照)

² 出典 : JR 東日本 <https://www.jreast.co.jp/recruit/student/ebook/maintenance/book.pdf> (2019年6月10日参照)

4) 作業時間帯の開始と終了

作業時間帯の開始は輸送指令が決定し、これを運行管理システムに表示する。作業の終了は設備指令が確認し、輸送指令がチェックしたうえで作業時間帯を終了し、運転時間帯に移行する。

5) 作業の統制

作業時間帯の作業は、設備指令が統制する。具体的には作業内容と作業時間帯の設定、作業の着手・終了の承認、異常時の取り扱いを指示する。

6) 確認車の運転

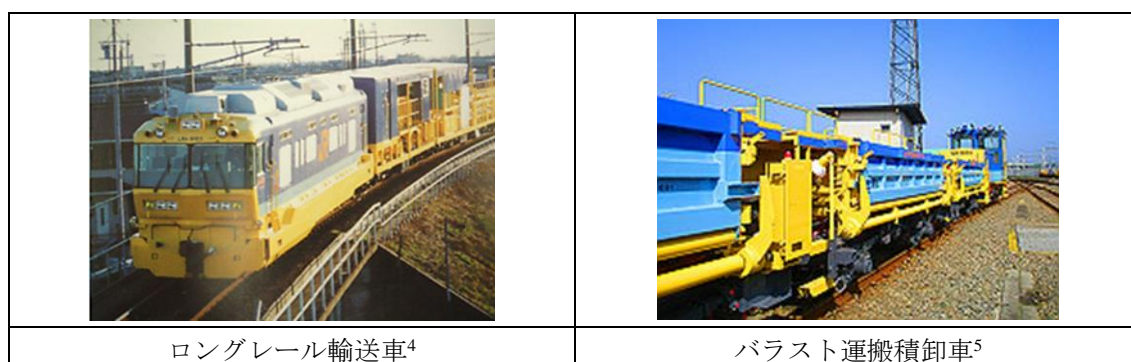
作業の終了後、運転時間帯に戻す前に、線路等の異常がないことを確認するために高速確認車を運行する。



図 5.6 : 高速確認車

(3) 作業機械

作業用の主な機械を次に示す。



³ 出典：新潟トランス KK、<http://www.niigata-transys.com/products/photo02.html> (2019年6月10日参照)

⁴ 出典：日本機械保線、http://www.nkh-cjrg.co.jp/business/03_02.html (2019年6月10日参照)

⁵ 出典：新潟トランス KK、<http://www.niigata-transys.com/products/photo02.html> (2019年6月10日参照)



図 5.7 : 作業機械

(4) 保守技術の進展

新幹線は、速達性と利便性から、高い社会的評価を受けている。しかし開業当初は高速走行に伴う騒音や振動問題が発生し、対策を求められた。課題の多くは、レールと車輪、また架線とパンタグラフの接触で発生した。これらの多くは、保守部門での地道な技術開発で解決された。以下は、一端の紹介である。

⁶ 出典：日本機械保線、http://www.nkh-cjrg.co.jp/business/03_02.html (2019年6月10日参照)

⁷ 出典：(同上)

⁸ 出典：(同上)

⁹ 出典：(同上)

¹⁰ 出典：JR 西日本 <https://www.westjr.co.jp/fan/car/> (2019年6月10日参照)

¹¹ 出典：(同上)

1) レールと車輪

列車を推進する力は、レールと車輪との間の粘着力を介して生じる。粘着力は、重力によって車輪がレールに及ぼす鉛直力と、両者間での摩擦係数の積である。そして摩擦係数は、速度が上がるにつれて小さくなる。

新幹線の出現した頃、速度が上がれば粘着力が減り、空気抵抗等が大きくなるので、250-300 km/h 程度が車輪レール系の速度限界と考えられていた。これが新幹線開業の2年前に、鉄道技術研究所が MAGLEV の研究を始めた理由でもある。実際には、車輪の回転力のキメ細かな制御が可能になり、現在では 300-350 km/h での営業運転に問題はない。

騒音振動問題は、車輪が真円でなく、レールが平滑でないとき大きくなる。列車にブレーキをかけると、車輪がレール上を滑ってフラットと呼ばれる傷が車輪にでき、車輪の傷はレールを痛め、レールと車輪とは相互に傷つけあって、問題は更に大きくなる。車両の検修時に車輪を削正して真円とし、保線作業でレールを削正して表面を滑らかにすることが解決策となった。

2) 架線とパンタグラフ

架線とパンタグラフも、それらが滑らかでないと摺動音が生じる。加えてパンタグラフが架線から離れるとアークが生じ、パンタグラフと架線との両方を痛める。新幹線の開業当時は多くのパンタグラフ（2両に1基）があり、前方のパンタグラフが架線を揺らし、揺れた架線は後続のパンタグラフを痛めた。

解決策はパンタグラフの数を減らし、残ったパンタグラフを車両側の高圧母線でつなぐことであった。パンタグラフの減少により空力音が低下し、パンタグラフ相互間は高圧母線でつながっているため、一つのパンタグラフが離線しても、電位は同じゆえ、アークは発生しない。

架線とパンタグラフの相互作用が減ることで、これらの寿命が延び、騒音も減るなど、状況は大きく改善した。

3) 部材と材料

上記以外にも車両、軌道、電力設備についての構成や材料の改良が行われた。これらを次表に示す。

表 5.10 : 構造と材料の改良

分野	項目
車両	アルミ車体、交流誘導電動機、VVVF インバータ、静止型補助電源装置、高周波焼き入れ車軸、密封式軸受け、ユニットブレーキ、回生ブレーキ、耐摩耗性ブレーキ材料、カーボン系すり板、高圧母線（パンタグラフ減少）
軌道	ロングレール、スラブ軌道、頭部熱処理レール、有道床弾性枕木、合成枕木
電力	高張力架線構造、耐摩耗トロリ線

出典：鉄道のメンテナンスに関する研究開発の現状と展望（鉄道総研、2008）

(5) 今後の方向とベトナム高速鉄道への提言

これからの保守は、次の方向と考えられている。

1) 予防保全の高度化

鉄道の創成期は、設備・部品の損傷が見つければ、その都度補修する「事後保全方式」が主流であった。その後、ノウハウの蓄積と共に、定期的な検査を行って、故障の可能性のある部位の取替・補修を行う「定期修繕方式」に移行してきた。

近年は、劣化の予兆を検知して対策を講じる「予防保全方式」が主流となっている。今後は予測の精度を高め、またライフサイクルコストや劣化損傷リスクの考慮が課題となるであろう。

2) 境界問題の解明

鉄道では、車輪とレール、架線とパンタグラフ、車輪とブレーキ材など、相互に影響を及ぼし合い、傷つける要素が多い。今後は劣化と損傷のメカニズムの根源を解明し、相手部材を含むトータルコストの低減が求められる。最終的には、技術分野毎の枠組みを越えた、鉄道事業としての最適性を求めることになる。

3) 検査の自動化と省力化

人手不足とヒューマンエラーに対応して、自動化と省力化が必要になっている。このため、検査方法や補修方法について、新たな技術開発の成果を取り入れてゆくことが求められている。

4) ベトナム高速鉄道への提言

新幹線の開業時点の保守は、従前の鉄道における経験に基づいていた。しかし前述のように多くの問題があり、地道な技術開発が行われるなかで、徐々に現在の方式が定着した。

ベトナム高速鉄道での保守を計画する場合、在来鉄道と高速鉄道とは全く異なるシステムであると認識することが重要である。まずは新幹線で行われている保守方式をそのまま取り入れ、その定着を目指すのが第一歩である。

その上で現場の状況を観察しながら、他国の事例を学習し、改良工夫を行うことになる。

5.2.2 新幹線の線路保守

東海道新幹線の建設時には、バラスト軌道が全面的に採用された。当時は、これに替わる軌道が実用化されておらず、また建設費が低廉であったことが理由である。

開業後には、高速列車の運行により軌道破壊が急速に進むことが判明し、新たな軌道構造として、スラブ軌道の開発実用化が急速に進められた。そして1960年以降は、スラブ軌道の採用が原則とされた。一方、スラブ軌道を適用しがたい区間に対しては、改良型のバラスト軌道を適用することとなった。

(1) 新幹線のバラスト軌道

従前のバラスト軌道と、改良型バラスト軌道との比較表を次に示す。

表 5.11 : 改良軌道構造

項目	従前の軌道構造			改良軌道構造			備考
	土路盤	トンネル	高架橋	土路盤	トンネル	高架橋	
レール	60 kg			60 kg			
タイパッド	90 t/cm			60 t/cm			バネ常数低下
バラストマット	なし			なし	あり	あり	
PC 枕木	3T 又は 4T 形 (W=280 mm、D=190 mm)			3H 形 (W=310 mm、D=220 mm)			弾性値増大
道床厚 (mm)	300	250	200	300	250	200	

出典：全国新幹線網の軌道構造（鉄道線路、1973）

改良型バラスト軌道の特徴は、軌道構造全体を柔らかくし、またレール面の凹凸を抑制することであった。これらは、車両のバネ下重量の軽減と共に、著大輪重の発生を抑制する。改良点を次に示す。

- レール支持バネ係数の軽減
 - タイパッドのバネ常数の低下
 - 枕木弾性の大きいものにする
 - 枕木と道床の間にゴム板などを入れる
 - 道床に適度の弾性を与える。（バラスト粒度、石質の管理強化による道床劣化防止）

- レール頭頂面の凹凸など短波長軌道狂いの抑制
 - 溶接継目部の仕上げ精度の向上
 - レール制作時のレール仕上げ精度（公差）を向上する

(2) 軌道構造の変遷

新幹線の軌道構造は、徐々にスラブ軌道の割合が多くなった。この状況を下表に示す。

表 5.12 : 新幹線の軌道構造

線路延長 (km)

路線	バラスト軌道				スラブ軌道	計	開業年
	トンネル	高架橋	土路盤	計			
東海道新幹線 (東京～新大阪)	69	173	274	516 (100%)	0	516 (100%)	1964
山陽新幹線 (新大阪～岡山)	47	89	12	148 (90%)	16 (10%)	164 (100%)	1972
山陽新幹線 (岡山～博多)	10	62	54	126 (32%)	272 (68%)	398 (100%)	1975
東北新幹線 (東京～盛岡)	0	85	7	92 (19%)	406 (81%)	498 (100%)	1982

出典：世界の鉄道（一般社団法人海外鉄道技術協力協会、2015）

次表は東北新幹線の軌道構造である。

表 5.13 : 東北新幹線における線路分類別軌道構造（東京～盛岡）

項目	線路分類			
	主本線	副本線	回送線	着発収容線
レール	60 kg ロングレール ただし R<800 m 区間 及び前後の短小区間は 定尺	60 kg ロングレール 又は定尺		50 kg 以上
スラブ 枕木	スラブ または PC3H 43/25 m	スラブ または PC3T または PC4T 42/25 m		RC39+W1 /25 m
継目方式	伸縮継目 (R≥1,000 m) 接着絶縁継目 定尺区間は支継	簡易伸縮継目、接着 絶縁継目または支継		支継
締結 装置	スラブ	直結 4 型、直結 5 型	直結 4 型、直結 5 型	
	バラスト	新幹線 60 kg 高速用 60G 大盤用 (定尺継目)	102 改良型 60G 大盤用 (定尺)	RC103 改良 F 型、50H 大盤
道床 厚さ	土路盤	砕石 300 mm 以上		砕石 200 mm 以上
	トンネル	砕石 250 mm 以上		
	高架橋	砕石 200 mm 以上		
バラストマット	トンネル、橋梁用バラストマット			

出典：東北新幹線（東京・盛岡間）の軌道工事（鉄道線路、1974 年 1 月）

(3) スラブ軌道の経済性

スラブ軌道は、保守の手間が少ないので、軌道修繕費はバラスト軌道の 25% で済む。建設費は高いが、投資額は約 4 年で回収できる。

表 5.14 : スラブ軌道の経済計算

項目	単位	有道床 A	スラブ軌道 B	比較	備考
建設費	千円/km	30,000	58,000	$B - A = 28,000$	28,000/6,985
保守要員	人/km	0.83	0.41	$B/A = 0.50$	= 4.0
1) 年間経費	千円/km	13,807	6,822	$B - A = \Delta 6,985$	= 2) + 5)
2) 経常費	〃	12,347	3,592	= $\Delta 8,755$	= 3) + 4)
3) 職員給	〃	1,835	906	= $\Delta 929$	
4) 修繕費	〃	10,512	2,686	= $\Delta 7,826$	
5) 資本費	〃	1,460	3,230	= 1,770	= 6) + 7)
6) 償却費	〃	290	960	670	
7) 利子	〃	1,170	2,270	1,100	

出典：山陽新幹線（岡山-博多間の軌道構造について（鉄道線路、1975年2月）

この比較は高架橋上でのスラブ軌道とバラスト軌道との比較であり、土路盤上のバラスト軌道と高架橋上のスラブ軌道の経済比較ではないことに注意を要する。

東北新幹線（東京～盛岡）のスラブ軌道及びバラスト軌道の割合は次の通りである。

表 5.15 : 東北新幹線（東京～盛岡）のスラブ軌道及びバラスト軌道の割合

	スラブ軌道 A	バラスト軌道 B	計 C	スラブ化率 (A/C)
トンネル	110 km	0 km	110 km	100%
高架橋・橋梁	257 km	85 km	342 km	75%
土路盤	普通	7 km	7 km	0%
	特殊	39 km	39 km	100%
合計	406 km	92 km	498 km	82%

出典：東北新幹線（東京・盛岡）の軌道工事（鉄道線路、1974年1月）

高架橋・橋梁区間でもバラスト軌道区間が 85 km ある。これは地盤軟弱区間や前後の構造物の特殊性などによる。普通土路盤区間はごく僅かであるが全てバラスト軌道が採用されている。

5.2.3 車両

(1) 車両検査の概要

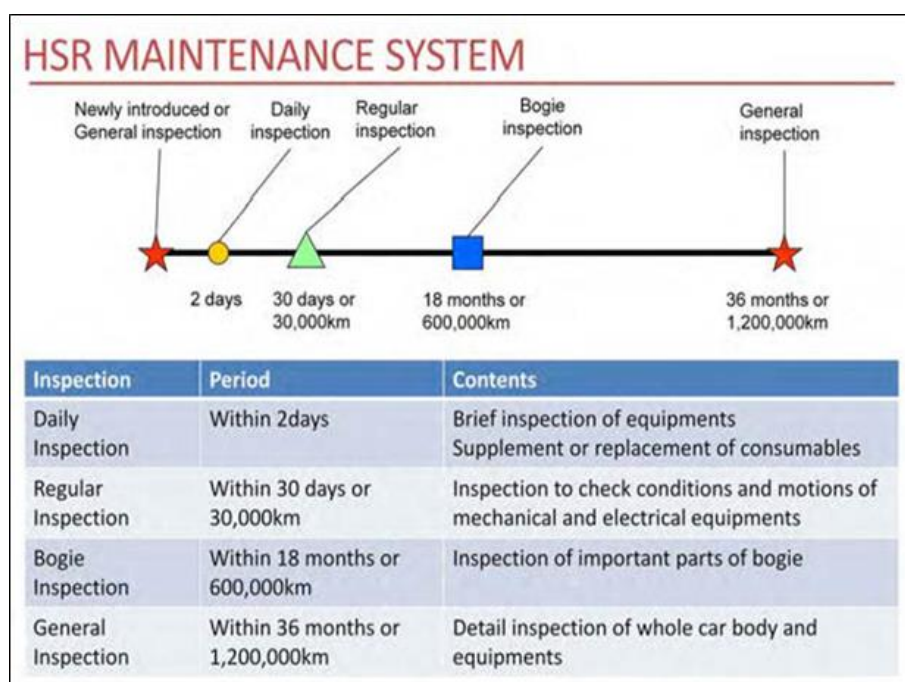
1) 車両検修の概念

鉄道車両は、日々、線路上を走行して旅客を輸送するので、劣化が進むことは避けられない。しかし適切な点検整備を行なうことで、新製時とかわらぬ性能と機能を維持しつつ、車両の寿命を延ばすことができる。また車両の状態を良好に保つことで、事故や運転阻害を最小限にとどめ、利用者への良好なサービスを保つことができる。

日常的な車両の点検整備は、車両の運用を担当する運転区所が行なう。大規模な点検整備や、予防保全的な検査や修繕は、設備の整った車両工場で行なう。近年は、運転区所と工場の機能をあわせもつ総合区で、すべての検査を扱う傾向になっている。

2) 車両検査の種類

車両は、各種多様な装置・部品から構成されている。それらの耐用期間や補修までの走行距離には相違があるので、同程度の期間や走行距離の装置・部品ごとに区分して管理する。新幹線車両の検査体系を下図に示す。



出典：前回調査（JICA、2013）

図 5.8：新幹線車両の検査

3) 車両形式

開業時に導入を予定している車両形式は、日本の JR 東で使用している E5 系を想定する。車両の仕様を次の表に示す。

表 5.16 : 車両の仕様

項目		仕様
車両長	先頭車	26,250 mm
	中間車	25,000 mm
車両幅		3,350 mm
車両高さ		3,650 mm
台車間距離		17,500 mm
列車編成		16 両
列車編成長		402,500 mm
軸重		13.1 トン

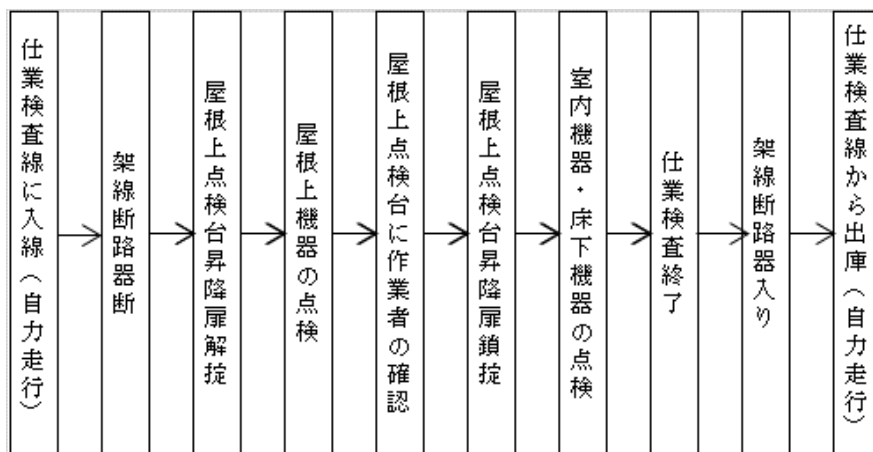
出典：JR 東 E5 系（量産先行車）概要（車両技術 239 号、2010 年 3 月）

(2) 車両検査の内容

本高速鉄道の工場は、ハノイ付近とホーチミン付近の 2 か所とし、それぞれの工場が同数車両を担当すると考える。¹²

1) 仕業検査

仕業検査の流れは次図のとおりで、検査周期は 48 時間である。作業は運用効率を高めるため、夜間の滞泊時間に行う。また仕業検査と併行して ATC 動作検査、清掃整備作業も行う。1 編成の検査には 1 時間を要する。仕業検査線には、サービスデッキを設ける。



出典：JICA 調査団

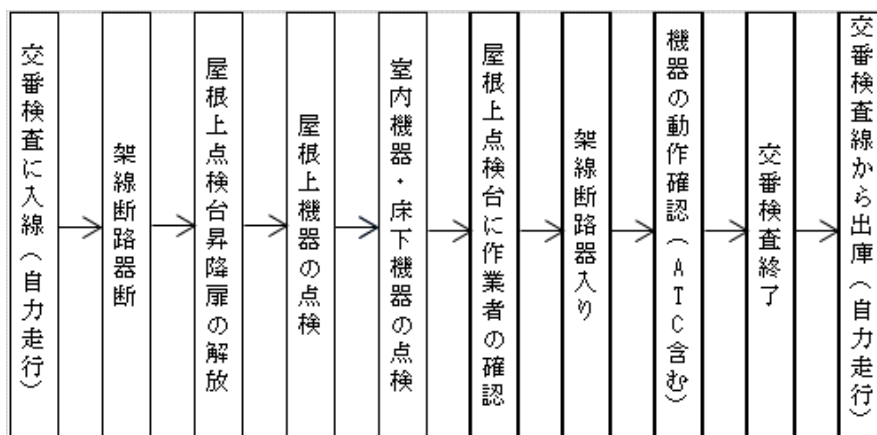
図 5.9 : 仕業検査の標準作業フロー

- 作業時間帯
20 時から翌朝 6 時までの 10 時間とする。
- 仕業検査線
受け持ち編成数、検査周期、検査時間からみて、3 線で足りる。

¹² それぞれが 51 編成を受け持つ。

2) 交番検査

交番検査の流れを、次図に示す。周期は 30 日又は 3 万 km 以内である。電車全般にわたり在姿状態で各部を点検・加修する。対象とする機器類は、解体検査などで確認する。また ATC 特性検査、超音波による車軸の探傷検査も行う。多くの車両基地では、仕業検査と併用可能なサービスデッキを設ける。車両の使用効率を高めるため、昼間の検査で半日交検の体制とする。



出典：JICA 調査団

図 5.10：交番検査の標準作業フロー

- 入場率
1 編成の年間入場回数は年間 30 回となる。
- 検査編成数
1 日に 8 編成を検査する。
- 交番検査線の数
交番検査線数は 4 本である。

3) 台車検査

走行に重要な台車を、細部にわたって検査するもので、台車、主電動機、輪軸の細部を解体して検査を行なう。検査周期は 1.5 年又は 60 万 km 以内である。台車検査の流れを下図に示す。日本では、検査による休車時間を減らすために、予備台車との振替方式をとって運用効率を高めている。

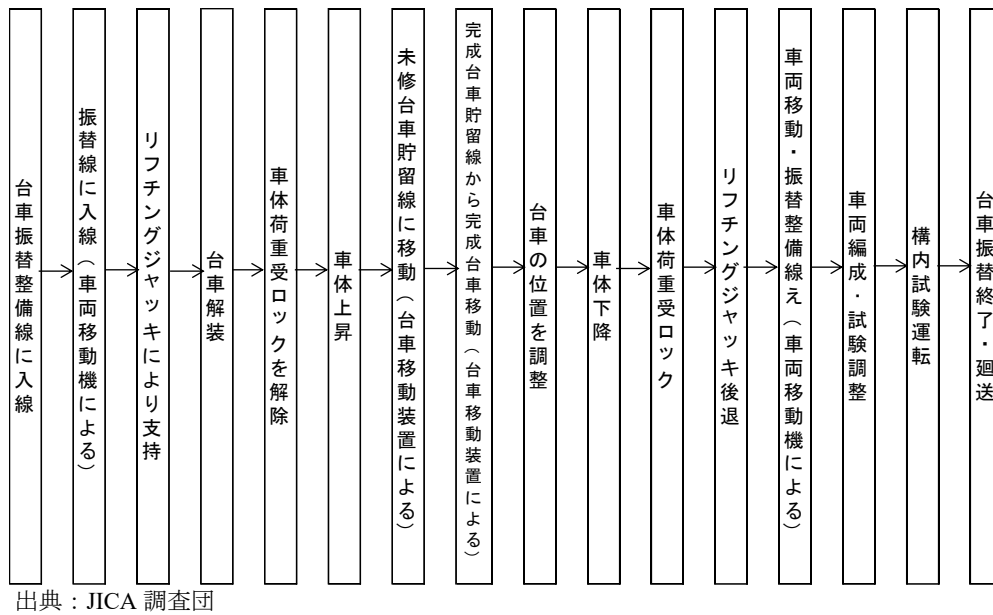


図 5.11：台車振替の標準作業フロー

- 台車振替方式の計画
予備車両数減のため、半編成（8両）の台車を一括振替する。
このため16の予備台車を備える。
- 台車検査両数
検査両数は全般検査と同数である。

4) 全般検査

全般検査は車両を解体し全ての機器と部品を検査する。検査は編成（16両）単位で行う。

- 年間の検査編成数
入場率は期間よりも走行距離で左右され、年間47編成が、入場間隔5日が入場する。
- 全般検査の標準工程
下図に全般検査の流れを示す。編成の入場後、出場までの期間は15日で計画する。
- 工場の規模
解・艤装線に同時に在場する車両数は、34両/日と想定される。

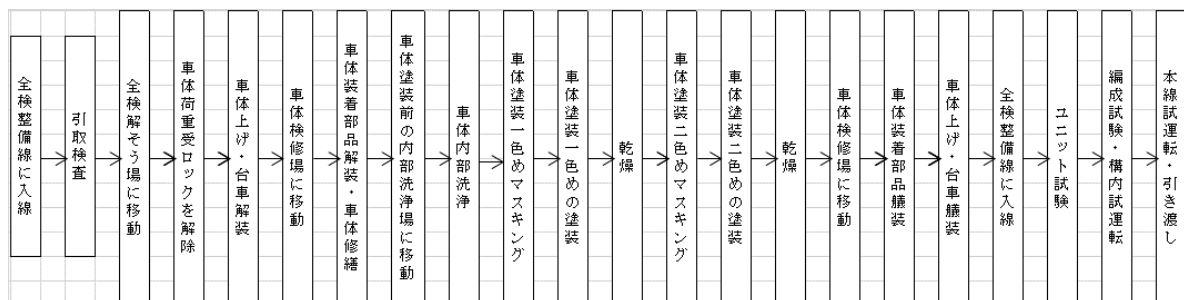
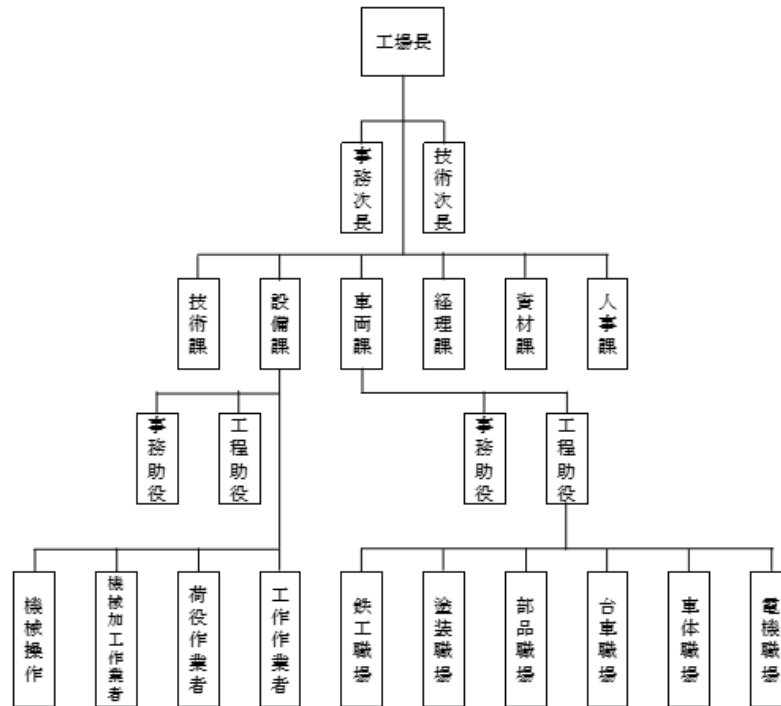


図 5.12：全般検査の標準作業フロー

(3) 車両基地の組織・要員・配置

車両基地の組織は次図のようになる。



出典：JICA 調査団

図 5.13：車両組織図

組織ごとの作業場面積を次表に示す。

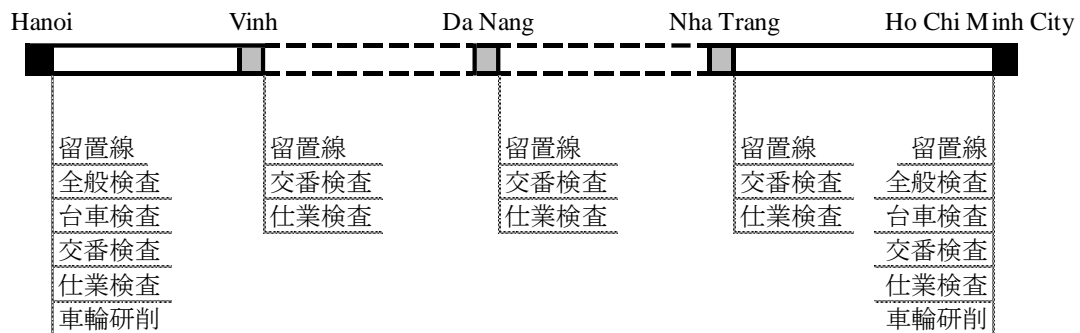
表 5.17：作業上の面積

	組織名	作業場面積 (m ²)
1	仕業検査線	27 × 414 = 11,178 (3 線)
	運転整備線	
2	交番検査線	36 × 414 = 14,904 (4 線)
3	軌道・架線検測車庫	18 × 50 = 900
4	車輪転削庫	17 × 50 + 8 × 40 = 1,170
	小計	28,152
5	台車振替線	18 × 206 = 3,708
6	台車検査整備線	9 × 414 = 3,726
7	全般検査整備線	18 × 414 = 7,452
8	車体上げ・車体載せ	20 × 36 = 720
9	車体検修場	20 × 170 + 33 × 168 = 8,944
10	車体塗装場	12 × 36 + 12 × 90 = 1,512
11	車体部品検修場	60 × 206 = 12,360

組織名		作業場面積 (m ²)
12	事業用車検修場 (新車復元庫)	$35 \times 100 + 8 \times 50 = 3,900$
13	資材庫	$20 \times 35 = 700$
14	危険品庫	$10 \times 20 = 200$
15	塗料調合場	$10 \times 10 = 100$
16	塵芥処理場	$20 \times 20 = 400$
17	汚水処理場	$10 \times 20 = 200$
18	動力室	$20 \times 20 = 400$
19	守衛室	$10 \times 5 + 20 \times 5 = 150$
20	車庫	$8 \times 20 = 160$
21	事務所・会議室	
22	更衣室・浴場	
	面積合計	72,784

出典：JICA 調査団

車両基地の配置と工場のレイアウトを次に示す。

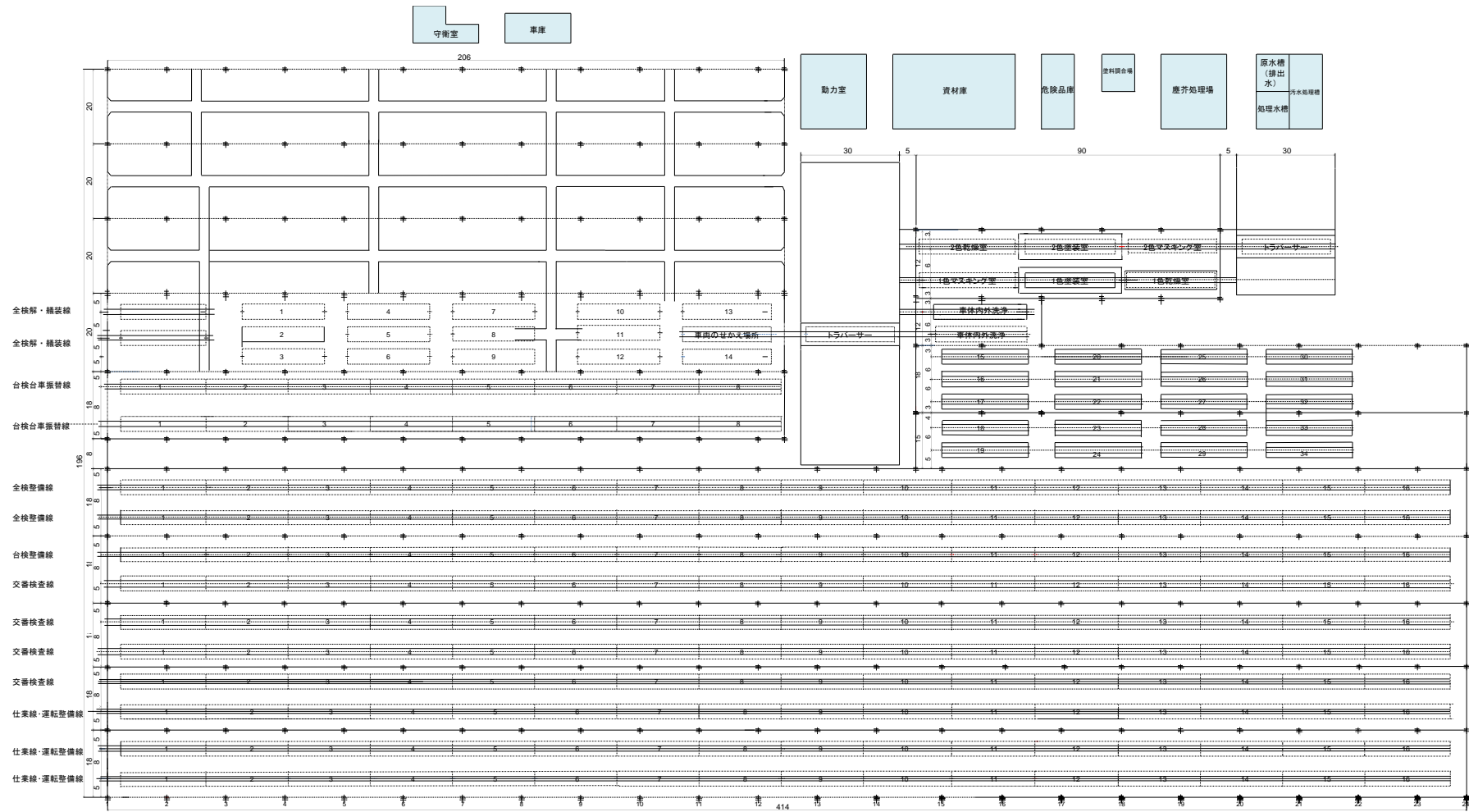


注：Hanoi（ハノイ）、Vinh（ビン）、Da Nang（ダナン）、Nha Trang（ニャチャン）、Ho Chi Minh City（ホーチミン）

出典：JICA 調査団

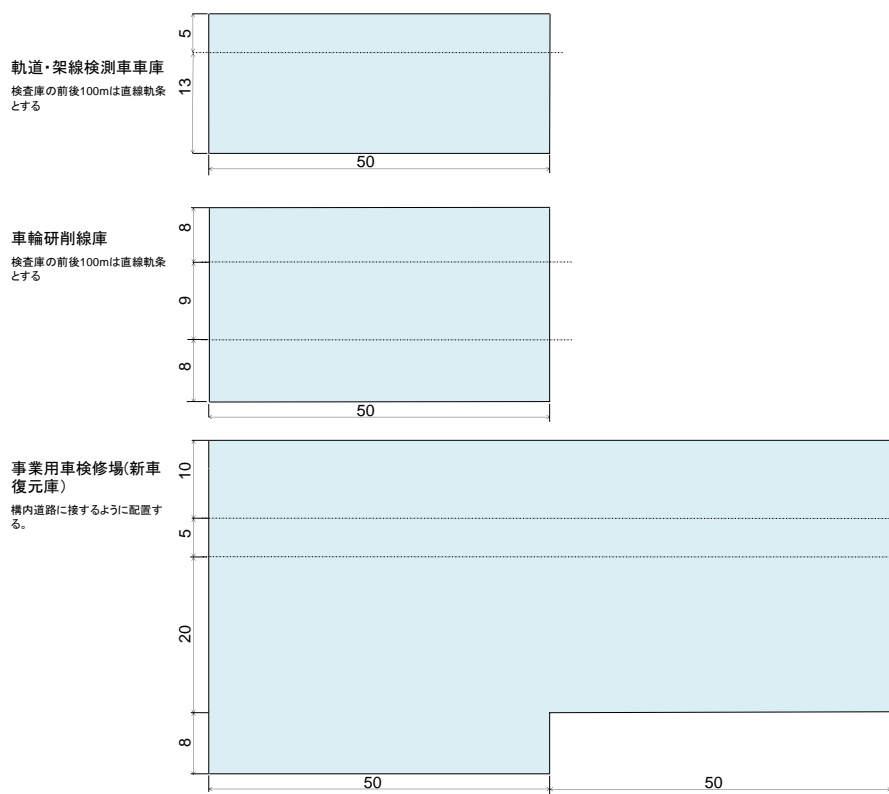
図 5.14：車両基地配置図

5-30



出典：JICA 調査団

図 5.15：工場のレイアウト (1/2)



記事：上記 3 建物は、基地内の適切な場所に設置する。

出典：JICA 調査団

図 5.15：工場のレイアウト（2/2）

5.3 運営と維持管理組織

運営・維持管理は、管理組織である本社、北部支社及び南部支社、並びに現場作業を行う現業組織によって行われる。体制及び要員を検討する前提となる列車運行や鉄道設備を 5.3.1 章に整理した。組織全体の要員を算定した結果を 5.3.2 章に、管理部門及び現業岐南の組織体制を 5.3.3 章及び 5.3.4 章で述べる。最後に、五段階整備ケースにおける運営と維持管理組織について 5.3.5 章にて述べる。

5.3.1 前提条件の整理

組織体制を検討する前提条件となる、高速鉄道の列車本数、構造種別、及び軌道構造を、それぞれ表 5.18、表 5.19、表 5.20 にて再掲する。また鉄道設備は次のように想定する。

- 車両：新幹線 E5 タイプ
- 運転保安・信号方式：CTC 及び ATC 方式
- 電化方式：交流 25,000 V

表 5.18 : 2030 年、2040 年、2050 年の列車本数

区間	2030 年	2040 年	2050 年	備考
ノックホイ - ビン	*36	**76	**86	運転時間帯は 6:00~24:00
ニャチャン - トゥティエム	*36	**72	**90	
ノックホイ - トゥティエム	--	**72	**78	

注：*は 10 両編成 **は 16 両編成

出典：JICA 調査団

表 5.19 : ベトナム高速鉄道の構造別内訳

区間	駅	構造別内訳 (km)				
		盛土	切土	高架橋 ・橋梁	トンネル	計
ノックホイ - ビン	6	26.6	11.9	226.1	11.0	275.6
ビン - ニャチャン	11	187.4	95.1	463.2	135.6	881.2
ニャチャン - トゥティエム	6	73.2	62.6	196.3	31.8	363.9
ノックホイ - トゥティエム	23	287.2	169.5	885.6	178.5	1,520.7

注：駅を含まない。

出典：ローカルコンサルタント

切土及び盛土の土構造物上をバラスト軌道、他をスラブ軌道とすれば、軌道構造は次のようになる。

表 5.20 : ベトナム高速鉄道の軌道構造

区間	構造別内訳 (km)				
	バラスト軌道		スラブ軌道		計
ノックホイ - ビン	38.5	14.0%	237.2	86.0%	275.6
ビン - ニャチャン	282.5	32.1%	598.8	67.9%	881.2
ニャチャン - トゥティエム	135.8	37.3%	228.1	62.7%	363.9
ノックホイ - トゥティエム	456.7	30.0%	1,064.0	70.0%	1,520.7

注：駅を含まない。

出典：JICA 調査団

管理組織である本社及び支社や、現場における業務は、日本の例を参考に、次のように想定した。

- 現場の作業は原則として直轄作業とするが、車両の洗浄、トロリ線の目視検査及び絶縁材の洗浄等の作業は、部外能力を活用する。
- 管理組織である本社及び支社の要員は、列車の増発があっても変わらないものとする。
- 駅要員については駅の規模や乗客数の増加に伴う出改札業務を勘案して算出する。
- 車両の検修要員は配備車両数とそれに基づく検修計画により算出する。

5.3.2 組織全体の要員

日本の例を参考に、部門ごとの要員を、次のように想定した。

表 5.21 : 2030 年、2040 年及び 2050 年における要員数

組織		2030 年	2040 年	2050 年
本社		173	173	173
北部	支社・運輸指令	194	194	194
	現業機関	1,944	6,043	6,339
	合計	2,138	6,237	6,533
南部	支社・運輸指令	194	194	194
	現業機関	2,325	6,088	6,385
	合計	2,519	6,282	6,579
合計		4,830	12,692	13,285

出典：JICA 調査団

5.3.3 管理部門（本社、支社、総合運転指令所）の組織と要員

本社の要員を次のように想定した。

表 5.22 : ベトナム高速鉄道管理会社における本社管理と要員数

組織		主要な業務	要員数
総合企画部	企画	経営計画	6
	投資	設備投資	10
	小計		16
安全管理・危機管理室		安全・危機管理	8
教育		社員教育、養成・訓練	8
総務・人事部	総務	総務、広報、法務	10
	人事	要員需給、任免、賞罰	15
	厚生	福利・厚生	6
	小計		31
財務・資材部	主計	予算管理、出納	15
	会計	会計処理、決済	20
	資材	資材業務	10
	小計		45
運輸事業本部	管理	総務・人事、庶務	5
	企画	販売企画、駅業務、乗車券販売	6
	輸送	列車ダイヤ、乗務員運用、指導	10
	車両	車両の検修計画	6
	施設	鉄道線路・鉄道構造物	10
	電気	電力、信号・通信	10
	小計		47
情報システム		情報機器の維持管理	8
鉄道技能養成所		教育、技能訓練	10
合計			173

出典：JICA 調査団

支社の要員を次のように想定した。

表 5.23 : ハノイ及びホーチミン支社管理組織と要員数

組織		主要な業務	要員数
安全対策室		安全推進計画、事故防止対策	6
教育・養成		社員教育、鉄道学園教育・養成計画	6
総合企画部	総務	総務、庶務、広報、法務	10
	人事	需給計画、昇進、任免、賞罰	15
	財務	予算管理、出納、会計、決済	20
	資材	資材業務	10
	小計		55
運輸・車両部	管理	部内管理、総務、庶務	5
	営業	販売企画、駅業務、	5
	輸送	列車ダイヤ、乗務員運用、指導	10
	車両	車両の検修計画	10
	小計		30
施設部	管理	部内管理、総務、庶務	5
	保線	線路保守管理	10
	土木・建築	鉄道土木、建築管理	10
	小計		25
電気部	管理	部内管理、総務、庶務	5
	電力	電力機器管理	10
	信号・通信	信号・通信機器管理	10
	情報システム	情報機器管理	6
	小計		31
総合指令所		新幹線の指令業務	41
合計			194

出典：JICA 調査団

総合指令所の業務は高速鉄道の運行を管理する業務で、指令員の人数は次の通りである。

表 5.24 : 総合指令所（ハノイ・ホーチミン支社とも同じ）

業務内容	出面	要員	摘要
指令長・副指令長	2	7	1 交代 24 時間勤務
列車指令	3	11	
旅客指令	1	4	
輸送指令	2	7	
施設指令	1	4	
電力指令	1	4	
信通指令	1	4	
合計	11	41	

出典：JICA 調査団

5.3.4 現業機関の組織と要員

現業機関として駅、運輸区、車両検査区、総合車両所、保線区、電力区、信号・通信区及び資材センターを置くこととし、これらの要員数を、次のように想定した。

表 5.25 : 現業機関の要員数

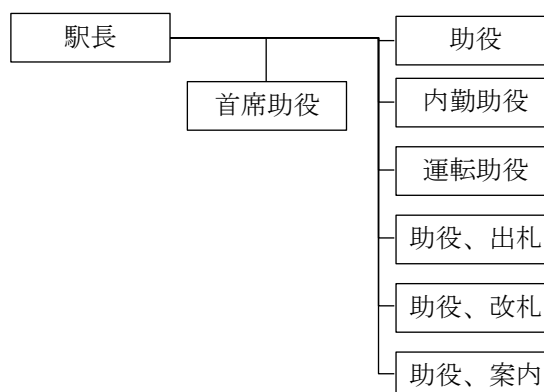
業務機関		箇所数		要員数		
		2030年	2040年	2030年	2040年	2050年
ハノイ支社	駅	6	12	357	942	1,029
	運輸区	2	3	131	654	723
	車両検査区	1	3	38	158	196
	総合車両所	1	1	318	1,150	1,252
	保線区	3	6	429	1,299	1,299
	電力区	3	6	337	990	990
	信号・通信区	3	6	284	750	750
	資材センター	2	4	50	100	100
	小計	21	41	1,944	6,043	6,339
ホーチミン支社	駅	6	11	371	789	868
	運輸区	2	2	156	687	765
	車両検査区	1	2	38	118	156
	総合車両所	1	1	318	1,150	1,252
	保線区	3	6	595	1,411	1,411
	電力区	3	6	435	1,046	1,046
	信号・通信区	3	6	362	792	792
	資材センター	2	4	50	95	95
	小計	21	38	2,325	6,088	6,385
全社計	駅	12	23	728	1,731	1,897
	運輸区	4	5	287	1,341	1,488
	車両検査区	2	5	76	276	352
	総合車両所	2	2	636	2,300	2,504
	保線区	6	12	1,024	2,710	2,710
	電力区	6	12	772	2,036	2,036
	信号・通信区	6	12	646	1,542	1,542
	資材センター	4	8	100	195	195
		計	42	79	4,269	12,131

出典：JICA 調査団

(1) 駅

- 業務 - 出札、改札、ホーム業務、乗客案内等
- 要員算出方法
 - 駅長、助役及び駅員は6分類された規模 A（1日の乗車人数が4万人以上）、B（2.5万人以上4万人未満）、C（1.5万人以上2.5万人未満）、D（0.5万人以上1.5万人未満）、E（2.5千人以上5千人未満）F（2.5千人未満）
 - ホーム要員：駅設備条件及び列車の発着本数による。
 - 出改札要員：当該駅の乗降客数による。

- 指揮系統



出典：JICA 調査団

表 5.26 : 乗降人員と駅の規模

駅	2030 年		2040 年		2050 年	
	乗降人員	規模	乗降人員	規模	乗降人員	規模
Ngoc Hoi	36,720	B	128,249	A	145,264	A
Phu Ly	11,294	D	19,671	C	25,571	B
Nam Dinh	12,528	D	28,967	B	34,687	B
Ninh Binh	2,715	E	7,310	D	9,565	D
Thanh Hoa	6,351	D	15,763	C	19,625	C
Vinh	11,416	D	27,601	B	32,462	B
Ha Tinh			10,780	D	13,248	D
Vung Ang			4,618	E	5,674	D
Dong Hoi			7,188	D	8,660	D
Dong Ha			6,942	D	8,514	D
Hue			21,409	C	24,835	C
Da Nang			32,910	B	37,260	B
Tam Ky			6,533	D	7,895	D
Quang Ngai			7,197	D	8,631	D
Phu My			4,385	E	5,089	D
Dieu Tri			7,839	D	8,942	D
Tuy Hoa			8,801	D	11,260	D
Nha Trang	16,560	C	27,626	B	33,153	B
Thap Cham	2,884	E	4,185	E	5,354	D
Tuy Phong	6,229	D	8,866	D	10,792	D
Phan Thiet	9,344	D	13,301	D	16,185	C
Long Thanh	15,151	C	27,194	B	37,781	B
Thu Thiem	37,036	B	131,453	A	151,175	A

注：Ngoc Hoi（ノックホイ）、Vinh（ビン）、Hue（フエ）、Da Nang（ダナン）、Nha Trang（ニャチャン）、Long Thanh（ロンタイン）、Thu Thiem（トゥティエム）

出典：JICA 調査団

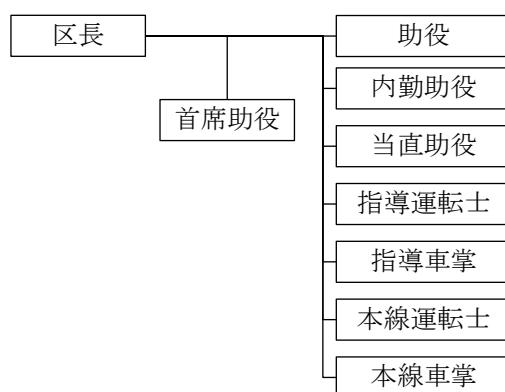
表 5.27 : 駅の要員数

駅		要員数		
		2030年	2040年	2050年
ハノイ支社	Ngoc Hoi	105	197	210
	Phu Ly	58	77	88
	Nam Dinh	62	94	102
	Ninh Binh	29	47	54
	Thanh Hoa	44	69	77
	Vinh	59	91	99
	Ha Tinh		57	63
	Vung Ang		37	41
	Dong Hoi		47	51
	Dong Ha		46	51
	Hue		80	87
	Da Nang		100	106
	小計		357	942
	ホーチミン支社	Tam Ky		46
Quang Ngai		49		53
Phu My		37		40
Dieu Tri		51		54
Tuy Hoa		54		60
Nha Trang		71	94	104
Thap Cham		30	37	41
Tuy Phong		43	54	59
Phan Thiet		53	65	73
Long Thanh		68	94	111
Thu Thiem		106	208	222
小計		371	789	868
合計		728	1,731	1,897

注：Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)
出典：JICA 調査団

(2) 運輸区

- 業務 - 列車運転及び車掌業務
- 10両編成の列車には1人の運転士と2人の車掌が乗務する。ただし16両編成の列車には3人の車掌が乗務する。
- 本線運転士20人当たり1名の指導運転士、及び車掌30人当たり1名の指導車掌を配置する。
- 指揮系統



出典：JICA 調査団

- 要員数：東北新幹線及び上越新幹線を参照

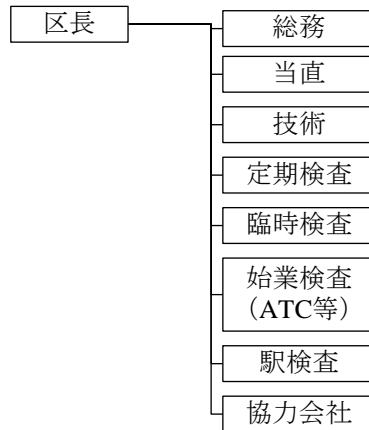
表 5.28：運輸区の要員数

運輸区		要員数		
		2030年	2040年	2050年
ハノイ支社	管理者	6	27	30
	運転士	48	241	266
	車掌	77	386	427
	小計	131	654	723
ホーチミン支社	管理者	7	28	31
	運転士	57	253	282
	車掌	92	406	452
	小計	156	687	765
全社計	管理者	13	55	61
	運転士	105	494	548
	車掌	169	792	879
	計	287	1,341	1,488

出典：JICA 調査団

(3) 車両検査区

- 業務 - 始業検査及び定期検査
- 原則として車両検査区で実施されるが、車両洗浄は部外能力を活用する。
- 組織



出典：JICA 調査団

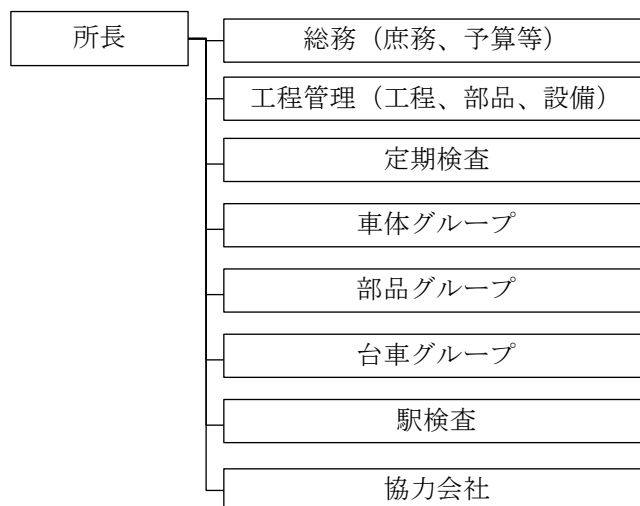
表 5.29：車両検査区の要員数

車両検査区	要員数		
	2030年	2040年	2050年
ハノイ支社	38	158	196
ホーチミン支社	38	118	156
全社計	76	276	352

出典：JICA 調査団

(4) 総合車両所

- 業務 - 始業検査、定期検査、全般検査及び重要部検査
- 検修業務は総合車両所及びその周辺で実施される。
- 組織



出典：JICA 調査団

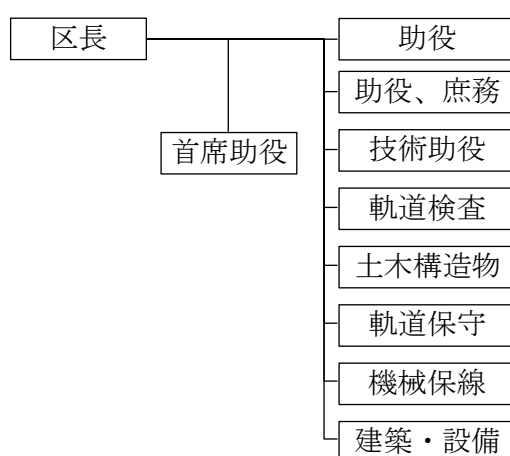
表 5.30 : 総合車両所の要員数

総合車両所	要員数		
	2030年	2040年	2050年
ハノイ支社	318	1,150	1,252
ホーチミン支社	318	1,150	1,252
全社合計	636	2,300	2,504

出典：JICA 調査団

(5) 保線区

- 業務は、軌道、土木構造物及び建築物の維持・補修
- 軌道構造は北部地区ではバラスト軌道が 14.0%、スラブ軌道が 86.0%、中部地区ではバラスト軌道が 32.1%、スラブ軌道が 67.9%、南部地区ではバラスト軌道が 37.3%、スラブ軌道が 62.7%、全体ではバラスト軌道が 30.0%、スラブ軌道が 70.0%で構成されている。（参照 表 5.20 ベトナム高速鉄道の軌道構造）
- バラスト軌道区間の総突き固め作業量を少なくするために「改良軌道構造」を採用する。（参照 新幹線のバラスト軌道について：表 5.11 改良軌道構造）
- 総合指令所に施設指令を派遣する。
- 保守基地を約 50 km 間隔で設置する。
- 組織



出典：JICA 調査団

- 要員数 - 東海道新幹線、山陽新幹線及びバラスト軌道におけるその後の改善策を参照した。
- スラブ軌道区間については 1 km あたりの要員を 1.45 人とし、バラスト軌道同区間については 1 km あたりの要員を 1.95 人と査定した。
- 全線開通となる 2040 年には列車本数が急激に増加することから 2030 年基準の 10% 割り増しで配置することとする。

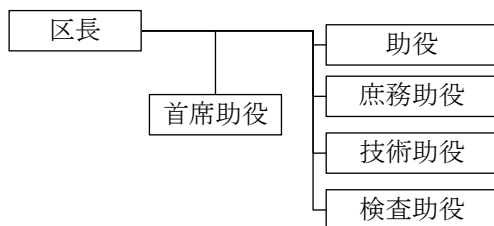
表 5.31 : 保線区の要員数

保線区	要員数		
	2030 年	2040 年	2050 年
ハノイ支社	429	1,299	1,299
ホーチミン支社	595	1,411	1,411
全社合計	1,024	2,710	2,710

出典：JICA 調査団

(6) 電力区

- 業務 - 電力供給設備及び機器の維持管理
- トロリ線の目視検査などの部外能力を活用する以外は電力区で電力供給設備及び機器の維持管理を実施する。
- 総合指令所に電力指令を派遣する。
- 約 50 km 間隔に保守基地を設置する。
- 組織



出典：JICA 調査団

- 要員数 - 東海道新幹線開業当初を参考に 1 km あたりの要員を 1.0 人と査定したが、ベトナムの場合初めての鉄道電化であることを考慮してその 20%増しで配置することとする。
- 全線開通となる 2040 年には列車本数が急激に増加することから 2030 年基準の 10%増しで配置することとする。

表 5.32：電力区の要員数

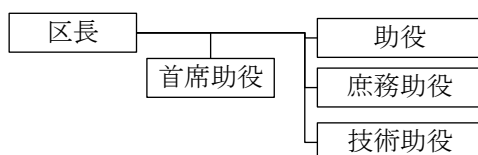
電力区	要員数		
	2030 年	2040 年	2050 年
ハノイ支社	337	990	990
ホーチミン支社	435	1,046	1,046
全社合計	772	2,036	2,036

出典：JICA 調査団

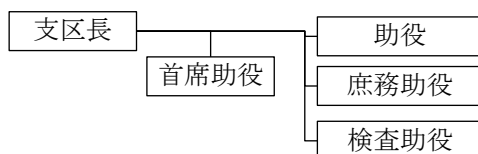
(7) 信号・通信区

- 業務 - 信号・通信システムの維持管理
- 電気ポイントの交換作業などの部外能力活用を除けば信号・通信区でこれら設備及び機器の維持管理を実施する。
- 総合指令所に信号・通信指令を派遣する。
- 基地局が北部及び南部にそれぞれ 1 箇所ずつ設置され、サブ基地局が約 50 km 間隔に設置される。
- 組織

[本区]



[支区]



出典：JICA 調査団

- 要員数 - 東海道新幹線開業当初を参考に 1 km あたりの要員を 1.0 人と査定した。

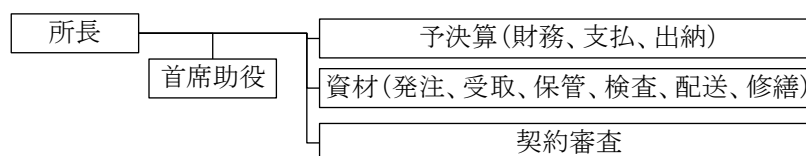
表 5.33 : 信号・通信区の要員数

信号・通信区	要員数		
	2030年	2040年	2050年
ハノイ支社	284	750	750
ホーチミン支社	362	792	792
全社合計	646	1,542	1,542

出典：JICA 調査団

(8) 資材センター

- 業務- 要請、受取、支払い、保管、検査、配送、調達、修繕及び現業機関への資材輸送手配
- 組織



出典：JICA 調査団

- 要員数

表 5.34：資材センターの要員数

資材センター	要員数		
	2030年	2040年	2050年
ハノイ支社	50	100	100
ホーチミン支社	50	95	95
全社合計	100	195	195

出典：JICA 調査団

5.3.5 五段階整備ケースにおける管理と運営組織

五段階整備ケースにおいても同様に、組織体制を検討する前提条件となる、列車本数について表 5.35 にまとめる。また、構造及び軌道構造については表 5.19、表 5.20 の、二段階整備ケースと同じ前提条件を用いている。

表 5.35：五段階整備ケースにおける 2030 年から 2070 年までの列車本数

区間	2030年	2040年	2050年	2060年	2070年	備考
ノックホイ - ビン		**46	**60	**68	***106	運転時間帯は 6:00～24:00
ビン - ダナン					***106	
ダナン - ニャチャン				**34	***106	
ニャチャン - トゥティエム			**50	**82	***106	
ロンタイン - トゥティエム	*20	*28				

注：*は 5 両編成、**は 10 両編成、***は 16 両編成

出典：JICA 調査団

要員の算出にあたっては基本的には二段階整備ケースで述べた同じ条件及び前提条件で要員を算出している。しかしながら 2030 年のロンタイン - トゥティエム (36.0 km) 間の開業時点については次の点を考慮した。

- 本社、支社の組織は極力コンパクトな組織とする。
- 現業機関については将来の技能養成も考慮しつつ、集団作業に必要な要員を確保する。

業務機関別社員数は表 5.36 の通りである。比較のため、二段階整備ケースにおける業務機関別の社員数を表 5.37 に再掲する。

表 5.36 : 五段階整備ケースにおける業務機関別社員数

業務機関	2030年	2040年	2050年	2060年	2070年
本社	20	90	173	173	173
支社	30	224	388	388	388
現業機関	330	2,350	5,005	8,123	13,550
計	380	2,664	5,566	8,684	14,111
駅	112	484	940	1,354	1,985
運輸区	13	185	432	763	1,911
車両検査区	32	70	208	334	725
総合車両所	73	391	880	1,284	2,446
保線区	40	469	1,024	1,783	2,710
電力区	30	382	775	1,342	2,036
信号・通信区	25	319	646	1,118	1,542
資材センター	5	50	100	145	195
計	330	2,350	5,005	8,123	13,550

出典：JICA 調査団

表 5.37 : 二段階整備ケースにおける業務機関別社員数

業務機関	2030年	2040年	2050年
本社	173	173	173
支社	388	388	388
現業機関	4,269	12,131	12,724
計	4,830	12,692	13,285
駅	728	1,731	1,897
運輸区	287	1,341	1,488
車両検査区	76	276	352
総合車両所	636	2,300	2,504
保線区	1,024	2,710	2,710
電力区	772	2,036	2,036
信号・通信区	646	1,542	1,542
資材センター	100	195	195
計	4,269	12,131	12,724

出典：JICA 調査団

5.4 概算運営費

本節は非公開

6. 社会的基盤

6.1 法制度

6.1.1 ベトナムの鉄道建設に係る法体制

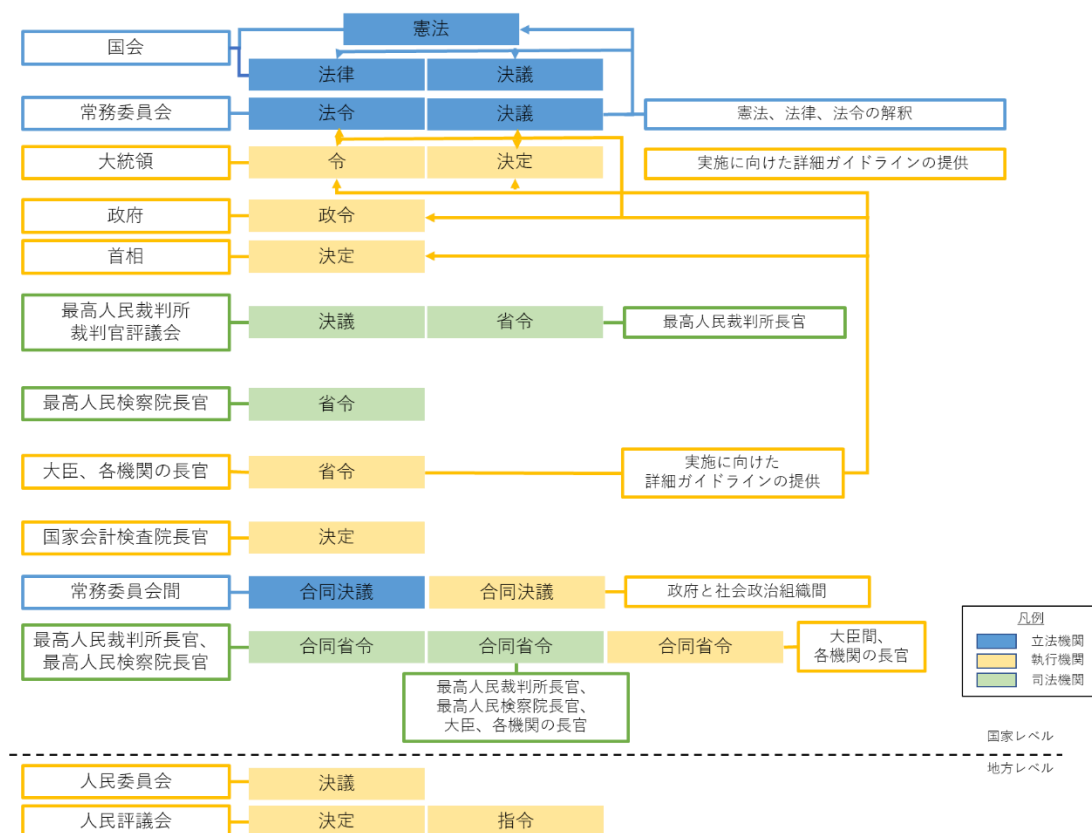
(1) 概要

ベトナムの統治機構は、4つのレベル（国家：National、省：Provincial、県：District、及び Commune：市）から構成されている。

国会は人民の代表機関であり、かつ国家の最高権力機関である。国会の傘下にある常設委員会は、憲法で規定された法律上の監視役として、人民委員会及びその他の委員会を監督するための法令を公布する。

政府は国会の意向を執行する最高行政機関で、首相（Prime Minister）と他の大臣（Ministers）から構成される。人民評議会（People's Committee）は、国家の意思を実行する地方機関であり、地方住民により選出され、地方行政に係る高度の措置を実施し、現地での事務を行う。人民委員会（People's Council）は、憲法、法律及び上級国家機関の公文書命令及び人民評議会の決定を執行する人民評議会の執行機関である。

ベトナムの法体系は、国会が定める法律（Law）、政府が定める政令（Decree）、省庁が定める省令（Circular）からなっている。



出典：Key Features of Vietnam's Legal System (Cambridge, 2013)

図 6.1 : ベトナムの法体系

(2) 鉄道関連法

多くの国と同様、鉄道関連の法律や規制は多様である。本項では、鉄道事業の管理及び車両や運営に適用される鉄道法（Law 03/2017/L-CTN）及び、鉄道を含むインフラ建設と管理に適用される建設法（50/2014/QH13）に焦点をあてて記述する。

1) 鉄道法及び関連法令

• 鉄道法

鉄道法（Law 03/2017/L-CTN）は2017年6月に国会で改正された。ここには鉄道のインフラ計画、投資、建設、維持管理、鉄道産業及び鉄道事業が規定されている。新しい鉄道法の構成は、下表に示す通りである。2005年に制定された鉄道法と比較して、高速鉄道に関する第8章を含む、新たな規定が追加された。

表 6.1 : 改正された新鉄道法（Law 03/2017/L-CTN）

第1章	総則
第2章	鉄道インフラ
第3章	鉄道産業の発展、鉄道輸送の手段・形態
第4章	鉄道サービスを提供する鉄道係員
第5章	鉄道交通規則、信号規則、安全の確保
第6章	鉄道事業
第7章	都市鉄道
第8章	高速鉄道
第9章	鉄道事業の管理体系
第10章	実施規定

出典：ベトナム鉄道法、2017年

鉄道法の第1章第3条では、「高速鉄道とは、設計速度が200 km/h以上、ゲージ幅は1,435 mm、複線化され電化された国家鉄道である」と定義されている。また高速鉄道に関する第8章では、高速鉄道を、大都市圏、主要経済圏、及びその他の輸送モードを効率的に結ぶインフラ設備とすると規定している。さらに国家は高速鉄道の建設、投資、維持管理、運営において主導的役割を果たし、建設用の土地は、建設マスタープランに従って管轄政府機関によって承認される必要があると定めている。高速鉄道に係るインフラ整備に関しては、安定的且つ持続可能であることが定められている。また、安全性、環境、火災等の技術的要件を満たさなければならない。電力供給システムに関しては、集中的且つ安定的に制御・監視でき、列車運転の中断を招かないように規定されている。

鉄道法第8章の構成を下表に示す。

表 6.2 : 新鉄道法第8章 高速鉄道

第78条	高速鉄道の総則
第79条	高速鉄道の開発政策
第80条	高速鉄道インフラの要件
第81条	高速鉄道の運用、維持管理
第82条	高速鉄道の安全管理

出典：ベトナム鉄道法、2017年

高速鉄道に係る章以外に関する鉄道法の改正では、国家および都市鉄道施設の開発、更新、保守のための投資に優先順位を付けるよう規定する条項や、中央予算資金の配分を通じて、計画中国家鉄道インフラの整備が優先されることが追加された。また、鉄道インフラ事業には、国有鉄道の土地利用税を伴わない土地の配分、国家の投資信用供与源から鉄道輸送事業、都市鉄道事業等への譲許的融資、政府保証貸付、優遇法人所得税などの投資インセンティブが与えられると新たに規定された。また、鉄道事業には、鉄道運行管理のための無線周波数と列車運行のための牽引力供給システムへのアクセスが与えられることも新たに規定された。

- 鉄道法施行細則

鉄道法施行細則（On Specifically Stipulating and Guiding the Implementation of Several Articles in the Railway Law (Decree 14/2015/ND-CP)）は、鉄道法の施行に関する詳細が示されている政令である。高速鉄道を含む鉄道法が改正されたことから、高速鉄道に適用される施行細則が今後必要となる。

表 6.3 : 鉄道法施行細則 (Decree 14/2015/ND-CP)

第1章	総則
第2章	鉄道インフラ
第3章	鉄道事業
第4章	鉄道車両
第5章	危険物のリストと鉄道による危険物輸送
第6章	都市鉄道
第7章	鉄道通信、輸送司令及び安全を確保するための国、出先機関、地方人民委員会の責任
第8章	実施規定

出典：ベトナム鉄道法施行細則、2015年

2) 建設法

建設法は、鉄道を含む、土木施設や建築物の計画、設計、建設、管理に関する法律である。建設法の主務省庁は建設省であるが、鉄道（国家鉄道及び都市鉄道）については、その手続き等は交通運輸省及び関係機関に権限が委譲されている。建設行為には保守も含まれており、建設法に基づいて建設された施設の保守についても本法律に基づくことになる。建設法は、下表に示す条項で構成されている。

表 6.4 : 建設法 (Law 50/2014/QH13)

第1章	総則
第2章	建設計画
第3章	建設投資事業
第4章	建設調査及び建設設計
第5章	建設許可
第6章	建造物の建設
第7章	建設投資支出と建設契約
第8章	建設運営能力の条件
第9章	国家機関の建設投資活動に関する管理責任
第10章	実施規定

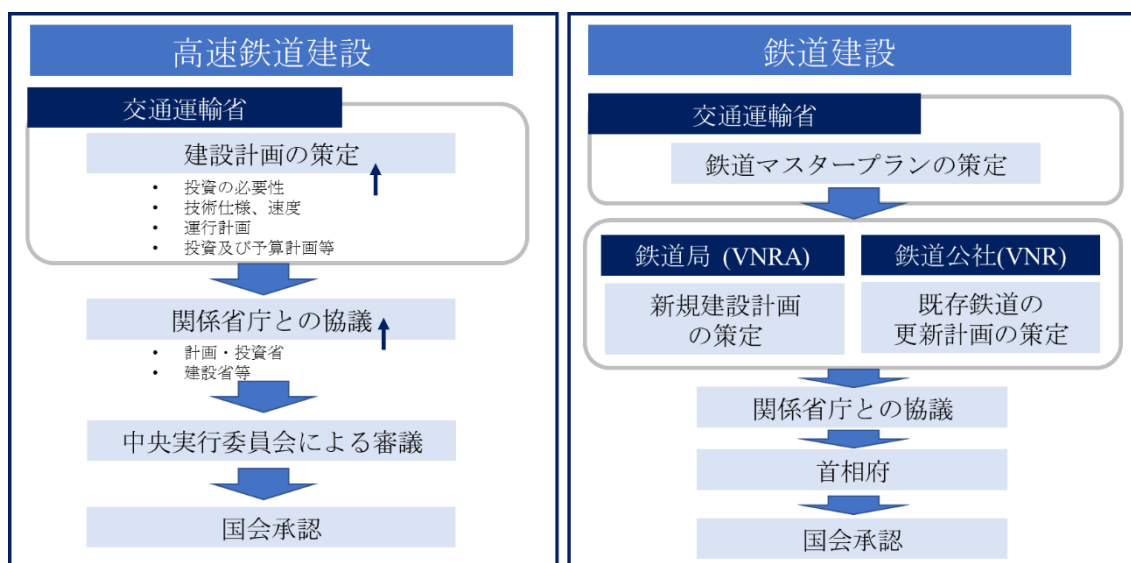
出典：ベトナム建設法、2014年

(3) 鉄道建設及び土地取得手続き

1) 鉄道建設の手順

計画段階から、様々な省庁が関与する。交通運輸省は、中長期的な輸送戦略と鉄道マスタープランの策定を行ない、計画投資省は、他の省庁と連携して、社会経済開発戦略に関する概念的計画を策定する役割を担う。建設省は、国家都市計画のマスタープランを策定し、政府の管理下にある事業を担当し、地方人民委員会は、包括的な計画の策定及び都市計画の実施を担う。

実施段階では、交通運輸省が鉄道建設を実行する責任を担い、鉄道局 (VNRA) が新しい鉄道の建設、鉄道公社 (VNR) は既存鉄道の更新を行なう。投資の必要性が論議されている大規模案件の高速鉄道事業に関しては、公共投資法第7条で定められている国家重要プロジェクトのうち、VND 10,000 billion (約430百万米ドル) 以上のプロジェクトに該当するため、政府の承認と国会への提出が必要とされている。



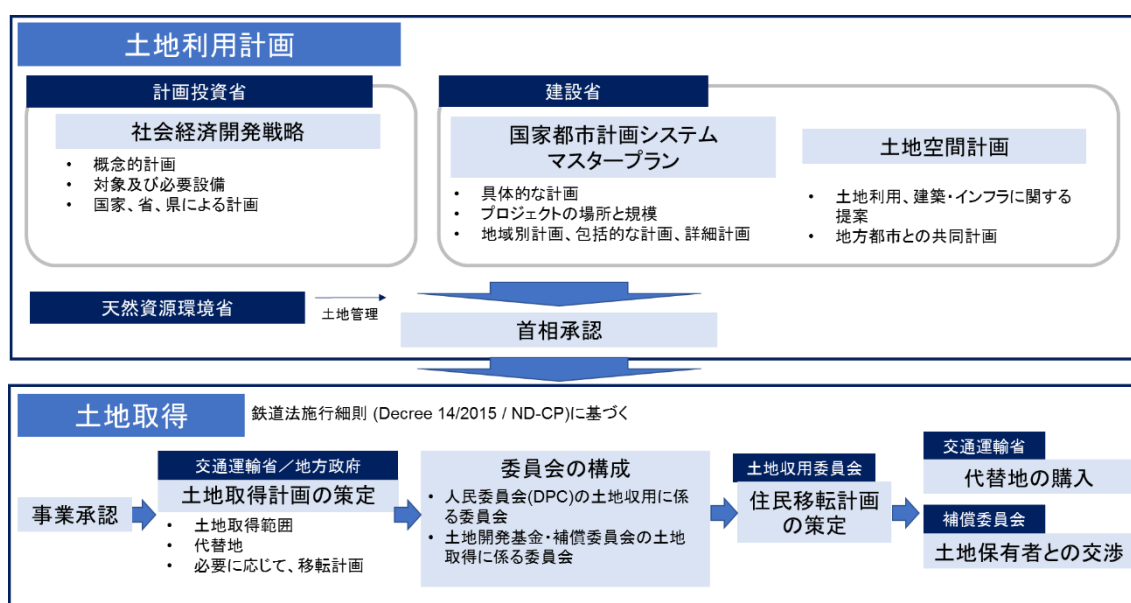
出典：JICA 調査団 (ローカルコンサルタントへのヒアリングによる)

図 6.2 : ベトナムにおける鉄道建設手続き (主要な流れ)

2) 土地取得

鉄道事業の土地取得に関する主要な法律は、2013年に制定された土地法（Law 45/2013/QH13）¹及び鉄道法がある。土地法は土地取得、補償、援助、移転の法的枠組みを規定している。関連する政令には、土地利用、補償、支援、再定住に関するガイドラインが規定されている。事業が承認された後、土地取得計画が策定され、地方人民委員会に土地取得委員会が設立され、土地所有者との交渉が開始される。

過去には、新たに建設された道路に隣接する地域で、売れ残った土地の土地価格が道路建設後に急騰し、建設前に売却された土地の価格と比較して不公平であると訴える問題が発生した模様である。日本でも類似の経験があり、土地区画整理制度が拡充された。日本での経験の詳細については、次項以降に記載する。



出典：ベトナム土地法（2013年）に基づき JICA 調査団

図 6.3：土地利用計画と土地取得

(4) PPP の法的枠組み

公的部門と民間部門が協力してインフラ整備を行う官民連携（PPP）事業は、首相が発令した Decree 108/2009 / ND-CP と Decision 71/2010 / QD-TTg によって規定されていた。しかし、2015年には、官民連携投資に係る政令第15号（Decree 15/2015 / ND-CP）が制定され、一つに統一された。さらに、2018年5月には、政府は政令第15号を代替する新たな官民連携投資に係る政令第63号（Decree 63/2018 / ND-CP）が制定された。2018年7月現在、政令第63号がPPPプロジェクトに関する最新の法律である。

政令第63号で言及されているPPP形態には、プロジェクト契約、Build-Operate-Transfer 契約（BOT）、Build-Transfer-Operate 契約（BTO）、Build-Transfer 契約（BT）、Build-Own-

¹ 2003年の土地法からの主な改正点として、土地取得のための国内外の投資家が同等に扱われるようになったことがある。新法では、国内と外国の投資家はどちらも土地割当（宅地に限定）または土地の賃貸によって土地を取得することが可能となった。

Operate 契約 (BOO)、Build-Transfer-Lease Service 契約 (BTL)、Build-Lease Service-Transfer Contracts 契約 (BLT) と、Operate-Management 契約 (O&M) が含まれる。

新しい政令第 63 号の下では、投資登録証を取得する必要がなくなり、手続きが簡素化された一方で、総投資額が 1 兆 5,000 億ドンまでのプロジェクトに関して、個人投資家の最低資本要件が 15% から 20% まで引き上げられた。さらに、政令第 63 号においても、収入保証や為替兌換等、政府と民間のリスク分担のメカニズムが明確に定められていない、海外への外貨送金の制限もあることから、現在の PPP モデルでは、リスクの大部分を民間が担うことになり、民間による投資ハードルは高いままである。当該政令では外国法を適用することを可能とする規定が含まれているが、契約者が外国法人である場合適用可能かの詳細は定められていない。さらに、土地の使用権及び付随する資産等を抵当に入れることは当該政令にて可能となったが、ベトナムの土地法においては、ベトナムに支店を構える外国籍の銀行が上記資産を抵当に入れることについて明確に規定していない等、他法律との調整が不十分である。さらに、当該政令ではアンソリシティド・プロポーザルの評価方法が規定されていない等、不透明な部分が残る。このため、計画投資省は、これら課題の改善を含む、新 PPP 法を 2020 年～2021 年の国会へ提出することを検討している。

鉄道輸送部門を含む PPP プロジェクトの実施は、基本的に以下の手順に従うが、プロジェクトの規模やセクター等で承認及び実施プロセスが異なる。

- 1) 事前実行可能性調査の評価とプロジェクトの決定と発表
- 2) フィージビリティスタディの審査と承認
- 3) 政府補助金と投資保証の決定
- 4) 投資家の選定
- 5) 契約の交渉と署名
- 6) プロジェクトの実施、事業の移転

高速鉄道プロジェクトに関しては、ベトナム公共投資法第 7 条に基づき、国家重要プロジェクトに位置付けられる可能性が高い。政令 63 号において国家プロジェクトについて規定されているのは以下の通りである。

- 国会は、国家プロジェクトへの投資方針を決定する
- 国家評議会 (State Appraisal Council) は、国家プロジェクトの FS を評価する。
- 首相は、国家プロジェクトの FS を承認する

6.1.2 日本の新幹線建設に係る法体制

(1) 高速鉄道法

日本では、高速鉄道は主に以下の法律や規制によって規制されている。

- 全国新幹線鉄道整備法（第 71 号、1970 年）
- 鉄道事業法（第 92 号、1986 年）
- 鉄道営業法（第 65 号、1900 年）
- 全国新幹線鉄道整備法施行規則（第 86 号、1970 年）
- 全国新幹線開発法施行令（第 272 号、1970 年）

全国新幹線鉄道整備法は、日本全国における高速鉄道網の整備、経済発展への貢献、市民生活圏の拡大、地域開発等を目的として制定された。以下の表は、全国新幹線鉄道整備法の条項を示す。

表 6.5 : 全国新幹線鉄道整備法（第 71 号、1970 年）

目次	条項
1 総則	第 1 条 目的
	第 2 条 定義
	第 3 条 新幹線鉄道の路線
2 新幹線 鉄道の 建設	第 4 条 基本計画
	第 5 条 建設線の調査の指示
	第 6 条 営業主担及び建設主体の指名
	第 7 条 整備計画
	第 8 条 建設線の建設の指示
	第 9 条 工事実施計画
	第 10 条 行為制限区域の指定及び解除
	第 11 条 行為の制限
	第 12 条 他人の土地の立入り又は一時使用
	第 13 条 建設費用の負担等 地方公共団体に対する財源措置
3 新幹線 鉄道の 大規模 改修	第 14 条 鉄道事業法の適用の特例 交通政策審議会への諮問
	第 15 条 所有営業主体の指定
	第 16 条 引当金積立計画
	第 17 条 新幹線鉄道大規模改修引当金の積立て
	第 18 条 大規模改修実施計画の認定
	第 19 条 大規模改修実施計画の変更
	第 20 条 他人の土地の立入り又は一時使用に係る規定の準用
第 21 条 鉄道事業法の適用の特例	
4 雑則	第 22 条 大規模改修実施計画の認定の取消し
5 罰則	第 25 条～29 条

出典：日本の全国新幹線鉄道整備法（1970 年）

(2) 新幹線建設手続き

全国新幹線鉄道整備法（第71号、1970年）に基づく日本の新幹線建設の手続きを下図に示す。国土交通省大臣は、基本計画を策定した後、地形・地質調査、供給輸送力、建設費、施設・車両の技術等の調査を実施する。次に、大臣は、交通政策審議会²やその他の協議会³と協議を行い、営業主体と建設主体を指名し、整備計画を決定する。整備計画が策定されると、大臣は建設主体に建設を指示し、建設主体は営業主体と協議して工事実施計画を準備する。工事実施計画が許可された後、着工される。

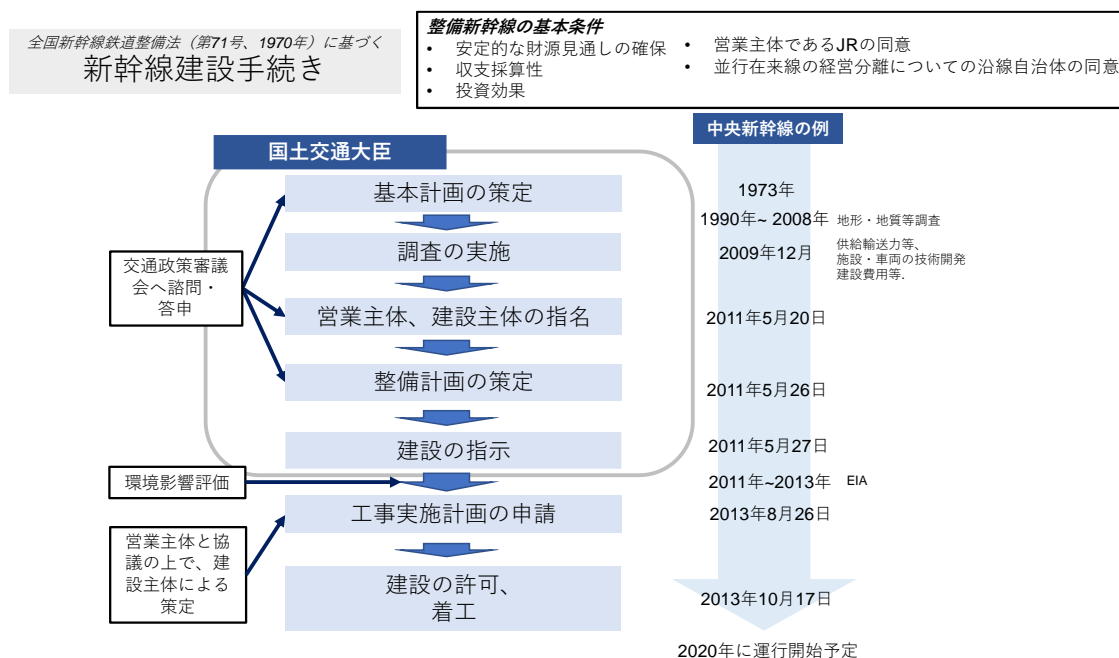


図 6.4：新幹線建設手続きのフロー

(3) 土地取得

日本における土地管理及び土地取得に関する法律は、次表の通りである。新幹線建設のための土地取得は、建設ルート決定後に開始される。都市計画の主体は地方自治体であり、鉄道の駅前や周辺地域の計画は、都市計画審議会で審議のうえ決定される。そして当該区域内で事業の障害になる建築行為は制限される。

² 交通政策審議会は、交通政策に関する重要事項を調査・審議し、関係大臣に意見を提供する国土交通省設置基準（第100号、1999年）に基づいて設立された審議会である。交通政策評議会には8つの分科会が設けられている：交通体系、技術、観光、陸上交通、海事、港湾、航空、気象。

³ 国土審議会では、主に土地の利用、開発及び保全について調査・審議される。社会資本整備審議会では、不動産業、宅地、住宅、建築、建築士及び官公庁施設に関する重要事項の調査審議等が行われる。

表 6.6 : 土地管理・取得に関する規則

1	国土形成計画法	第 205 号、1950 年
2	国土利用計画法	第 92 号、1974 年
3	都市計画法	第 100 号、1968 年
4	建築基準法	第 201 号、1950 年
5	土地収用法	第 219 号、1951 年
6	土地区画整理法	第 119 号、1954 年
7	都市再開発法	第 38 号、1969 年
8	大都市地域における宅地開発及び鉄道整備の 一体的推進に関する特別措置法	第 61 号、1989 年

出典：JICA 調査団

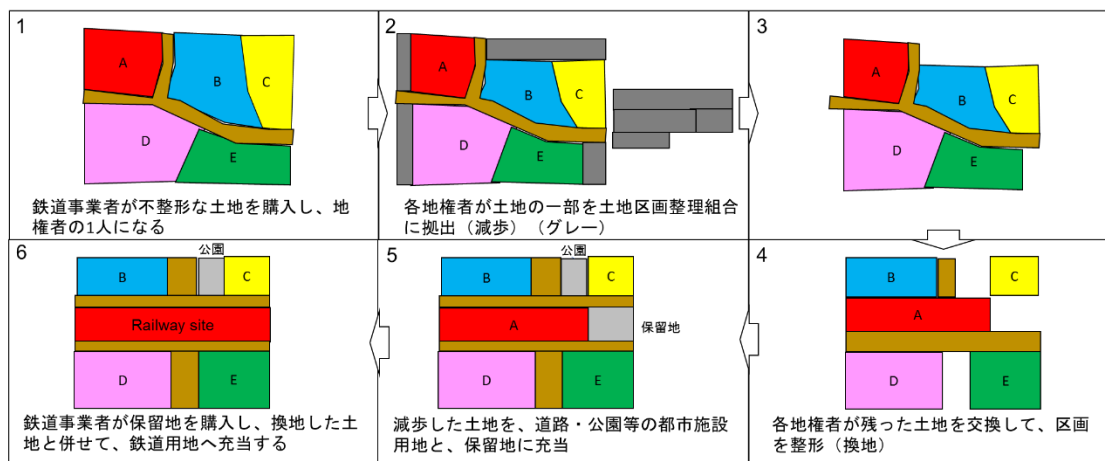
公共事業において、通常の用地取得は、事業主と土地所有者間の交渉で行われる。合意できない場合は、土地収用法に基づいて強制的な収用が行われる。取得補償額は、事業が承認された時点に基づいて決定される。したがって事業開始後の地価上昇が影響しないことに留意を要する。

日本には、公共施設の整備改善や宅地の利用の増進を目的とした土地区画整理法（第 119 号、1954 年）がある。この法律に基づき、都市計画区域内の土地における土地区画整理事業を行うことで、公共施設の建設を容易化することができる。

土地区画整理事業の例を下図に示す。区画整理は以下の手順に従って行われる。

- 鉄道事業者が、不整形な土地区画を購入し、地権者の一人になる
- 各地権者が土地の一部を土地区画整理組合に抛出（減歩）
- 各地権者が残った土地を交換して、区画を整形（換地）
- 減歩した土地を、道路・公園等の都市施設用地と、保留地に充当
- 鉄道事業者が保留地を購入し、換地した土地と併せて、鉄道用地へ充当する

この区画整理によって、地権者が保有する土地面積は元々の面積よりも小さくなる。しかし、道路や施設が整備されることにより、面積当たりの資産価値が増加し、地域全体の資産価値の増加を期待できる。



出典：ミャンマー鉄道新線建設に係る調査（国土交通省、2016）

図 6.5：土地区画整理事業による鉄道用地取得の例

(4) 安全対策

ベトナムの新しい鉄道法（Law 03/2017/L-CTN）の第5章「鉄道交通規則、信号規則、安全の確保」には、安全に関する規定が含まれている。さらに、同法の第82条では、高速鉄道に係る安全管理が規定されており、内容は以下の通りである。

- 新設または更新された高速鉄道は、運行前にシステムの安全性を評価及び認証されなければならない。
- 高速鉄道事業を運営する事業者は、安全管理システムを構築し、維持する。

建設事業に対しては、建設事業の品質管理及び維持に係る政令（46/2015/ND-CP）が定められており、外国籍の事業者にも適用される安全規定である。

一方で、日本の円借款事業については、「ODA 建設工事安全管理ガイドンス」が定められている。同ガイドンスは、ODA（政府開発援助）による公共施設等の建設プロジェクトにおける労災や災害を防止するために作成され、安全管理に関する基本方針及び具体的な安全施工等に関する具体的な技術指針をまとめたものである。ガイドンスにおける安全管理の基本方針は以下の通りである。

- 原因除去の徹底
- 予防措置の徹底
- JICA 事業が適用を受ける関連法令の順守の徹底
- 公衆災害防止の徹底
- 安全管理の PDCA サイクルの徹底
- 事業関係者との情報共有の徹底
- 事業関係者すべての工事安全対策への参加の徹底

同ガイドンスは、6つの章で構成されており、安全対策プランの策定や事業関係者の責任と役割、安全施工技術指針、予防措置等が含まれる。下表に、ガイドンスの条項を示す。

表 6.7 : ODA 建設工事安全管理ガイドンス

第1章	総則
第2章	安全管理の基本原則
第3章	「安全対策プラン」の内容
第4章	「安全施工プラン」の内容
第5章	安全施工技術指針（作業別）
第6章	安全施工技術指針（災害タイプ別）

出典：ODA 建設工事安全管理ガイドンス（JICA、2014）

6.1.3 高速鉄道の導入に必要な取り組みと手続きに関する提言

高速鉄道は在来線と全く異なる鉄道システムである。このため高速鉄道の設計、建設及び運行のためには独立した法的基盤の整備を要する。ベトナムでは、鉄道法に高速鉄道が追加されたことで、第一歩が踏み出された。一方、高速鉄道を整備する上では、その手順や手続きを明確にしておく必要がある。日本では、全国新幹線鉄道整備法及び全国新幹線鉄道整備法施行規則が制定されており、基本計画、整備計画、工事实施計画の策定等にはじまり、新幹線を整備するまでの手順や、将来の改修の実施に係る引当金計画に関する規定までも定められている。そのうえで建設の決定は国土交通省の大臣が行うこととされている。これらはベトナムに於いても参考になると考える。高速鉄道に限らず公共事業を行うにあたり、用地の円滑な取得は世界共通の課題である。この方策として、日本には、多くの地権者が所有地を提供しあい、公共用地を生み出す土地区画整理の手法がある。これはベトナムに於いても有効な手法と考える。

高速鉄道の法体系として必要な形態及び提言は以下の通りである。

1) ベトナム政府

- 法律：新鉄道法において、高速鉄道が定義された。
- 政令：鉄道法の施行細則として、高速鉄道の整備及び運営に関する政令を発効する。
- 省令：交通運輸省による、高速鉄道の安全性、検査・認証、新車両の認証、鉄道車両運転免許の許可等の管理に関する省令を発効する。また、技術仕様を規定し、性能基準を設け、新技術導入の促進も行う。

2) 鉄道組織

本報告書の第5章で述べたように、ベトナム政府は、高速鉄道の導入に際して、組織制度（規制当局、実施機関、高速鉄道運営者）を整備する必要がある。組織レベルでは、技術基準とマニュアルを以下の通り導入する必要がある。

- 技術基準：建設、運行、保守に関する技術基準を含む。上記の鉄道法等に基づき鉄道組織が作成し、承認のために交通運輸省に提出されるものとする。
- マニュアル：建設、運行、保守のための具体的な手順や手続きを含む。規則および内部規定に従って鉄道組織が策定することを想定する。

制定者	分類	内容
ベトナム政府/ 交通運輸省 (規制機関)	鉄道法	• 定義、政策、必要性
	政令	• 組織及びファイナンス • 建設手続き
	省令	• 安全性 • 認証（新線、車両、運転） • 技術仕様
鉄道組織 (建設主体と 運営主体)	技術基準	• 建設、運行、保守の基準
	マニュアル	• 建設、運行、保守のためのマニュアル

出典：ベトナム鉄道法（2017年）に基づき JICA 調査団

図 6.6：高速鉄道に必要な法体系と技術基準

法制度と技術基準の準備に必要な期間の例を下表に示す。

表 6.8：法制度と技術基準整備のタイムラインの例

項目/年	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	12年目	13年目
タイムライン	計画期間						建設期間						開業
1 国会承認	■												
2 HSR審議会の設立		■											
3 政令の公布		■	■										
4 高速鉄道の組織体制の確立、建設公団設立		■	■	■									
5 省令の公布			■	■									
6 高速鉄道の設計基準の設定			■	■	■								
7 高速鉄道の環境基準の設定			■	■	■								
8 建設規格の承認				■	■	■							
9 建設マニュアルの設定					■	■	■						
10 運行マニュアルの設定						■	■	■	■	■	■	■	■

出典：JICA 調査団

3) 法体系に係る提言

鉄道の開通は地元住民や地方政府に多大な便益をもたらす。日本では、鉄道のネットワークの重要性を考慮し、「鉄道敷設法」が1892年に制定された。国の責任において建設する鉄道路線が規定され、国の資金により整備するとされた。日本の幹線鉄道網の整備が進むと、1922年に改正鉄道敷設法が公布された。その後の地方交通線を国の責任で建設運営するとし、建設路線は国会で決定された。しかしモータリゼーションの進展から、地方交通線の採算性は極めて悪くなった。一方、地方選出議員にとっては鉄道の建設が最重要課題であり、日本国有鉄道の経営赤字とあいまって政争の具と化した。この矛盾から、この法律は1987年の日本国有鉄道改革とあわせて廃止された。

一方、全国新幹線整備法は、きわめて概略の路線を計画する一方、実際の建設決定は国土交通大臣に委ねられている。事前に有識者、事業運営者、地方自治体の意見聴取、財源確保の見通し等の確認を要するが、政府に対する国会からの圧力は緩和されたかに見える。

ベトナムの高速鉄道は、地域発展への影響が大きいことから、関係者からの様々な意見があるものと予想される。国としてのコンセンサスを得るためには、様々な段階での議論が必要だが、混乱を避けるためには、国会、政府機関、地方の人民評議会や人民委員会の間での役割分担を明確にする必要がある。

6.2 鉄道産業・鉄道裾野産業の育成

6.2.1 背景

フランス植民地時代に導入されたベトナムの鉄道システムは、東南アジア地域で最も古く、全体的な完成度の高い鉄道システムの一つであった。しかし、繰り返される戦争やそれに伴う政治的混乱のあおりを受け、十分な維持管理が行われず劣化が進み、今では時代遅れのシステムとなってしまっている。その結果、道路整備や航空業界の順調な成長とは対照的に、市場シェアを失い、現在では一般乗客、物流業界双方にとり、不便かつ魅力に乏しい選択肢と位置付けられている。

しかし、鉄道インフラへの投資は、地域経済の活性化にも繋がる、国として検討すべき重要事項である。都市化・人口増加に伴い、都市鉄道網の需要は今後も伸びる。長距離列車は物資および人の移動性を向上させ、新しい駅は地域開発のきっかけとなる。鉄道インフラへの投資を戦略的に行うことで、新しい雇用の創出、物流の改善、輸出産業の拡大等、国の長期的な経済成長に繋がっていく。同時に、鉄道産業で多くの技術者を育成することは競争力の高い鉄道裾野産業を構築することに繋がり、中長期的な経済成長を促すことになる。

6.2.2 鉄道技術のメリット

鉄道は車両、構造物、電力供給、信号および通信システムなど多数の要素の運営管理を要する統合システムであり、土木、電気、機械等、いずれの分野から見ても、高度な水準が求められる。その為、鉄道産業を確立することは、国全体の工業力を上げることに相当するとも言える。鉄道を持ちながらも車輪やレールが作れない国は多い。実際、殆どの途上国で見られるように、自国で生産出来なければ輸入に頼り続けるしかない。

鉄道産業に必要な技術の多くは、二輪車・自動車の製造やメンテナンスなど、他の産業にも応用可能である。現状では製造よりも組立が中心となっているが、ベトナムにはすでに発達した二輪車産業が存在する。市場の視点でも、大きな二輪車・自動車市場が存在し、国内の鉄道市場も今後拡大していく見通しである。ベトナムの製造産業は新技術を吸収し成長する大きな可能性がある。

6.2.3 東南アジアにおける発展と機会

(1) ベトナム国内の鉄道産業の発展

ベトナム政府は、既存の鉄道システムの改修・近代化に向けて投資を強化する方向性を示している。主要な鉄道整備事業の名称と、根拠となる計画を次に示す。

- 港と繋がる新しい鉄道線 (Master Plan of Viet Nam Seaport System to 2020)
- アジア横断鉄道 (Trans-Asian Railway Project)
- ハノイ市・ホーチミン市の都市鉄道 (Adjustment to the Master Plan for Viet Nam Railway Transport Development, 2009)
- 南北ハノイ～ホーチミン間を走る高速鉄道 (North – South express railway plan)

2001年に提案されたホーチミン地下鉄は、度重なる延期に見舞われながらも、現在一号線を建設中である。長期計画では、複数の地下鉄路線に加え、路面電車やモノレールの導入まで検討されている、大規模な開発計画である。ハノイの交通開発計画は2008年7月に承認され、2018年現在、地下鉄二線が建設中である。国レベルでは、ハノイ～ホーチミン間の都市・経済地区を繋ぐ南北高速鉄道の建設が検討されている。

「2030年を見据えた2020年までの鉄道開発戦略 (Railway Development Strategy to 2020 with a Vision toward 2030)」によると、政府は、2015年にはそれぞれ全体の0.5%・1%であった総旅客輸送・総貨物輸送のシェアを、2020年までに13%・14%に引き上げることを目標としている。

(2) 東南アジアの鉄道産業の発展

ベトナム鉄道産業は、上記のような拡大が見込まれるが、中国、インド、その他ASEAN諸国に比べると、ベトナムの市場規模は大きくない。それを踏まえて長期的には、輸出市場の確立に向けて、地域協力の戦略を模索する必要がある。

2017年に50周年を迎えた東南アジア諸国連合(ASEAN)であるが、東南アジアの経済は成長軌道に乗っており、2020年の消費者支出が2.3兆米ドルに達する見込みである。中国が進める一帯一路計画の影響もあり、地域の鉄道網の建設活動が盛んに行われている。東南アジアの鉄道網の整備・連携は、中国～東南アジア間の物流におけるボトルネックの解消に加え、域内貿易を拡大し、同地域に劇的な変化をもたらすことが期待される。

また、東南アジア全域で実施中の多数の高速鉄道プロジェクトも、社会経済交流を発展させると考えられる。シンガポールとマレーシアは両国間での高速鉄道プロジェクトを提案しており、インドネシアでも国内高速鉄道の計画が進んでいる。延期となっていた中国～ラオス～タイ間の高速鉄道プロジェクトにも動きが見られる。

(3) 役割分担を通じた地域協力

複数の国を網羅する高速鉄道網のような大規模プロジェクトでは、建設基準や技術レベルの違い、請負業者間の競争、資金調達と環境問題、複数の管轄区域間での意見の不一致等、様々な問題が考えられる。しかし、これらの課題を踏まえても、東南アジアの鉄道網発展は、ベトナムが近隣諸国、特に ASEAN 加盟国と協力し、自国経済を拡大する大きな機会である。

ASEAN 加盟国の間で締結された貿易協定「ASEAN 自由貿易地域」(AFTA) は、地域内関税を排除し現地生産を支援することを目的とし、遅れて加盟した国も含め、ゼロ関税は現在ほぼ達成された。米国の離脱宣言後一時は窮状に陥った環太平洋パートナーシップ協定(TPP) は、今年初め、残った 11 カ国が新たな自由貿易協定「全面的かつ先進的な TPP」(CPTPP) に調印した。ASEAN と主要貿易相手六か国(中国、日本、韓国、インド、オーストラリア、ニュージーランド)の間では、物品・サービスの自由貿易を拡大し、投資を強化する「東アジア地域包括的経済連携」(RCEP) の交渉も進んでいる。東南アジアは今後も更なる経済成長が期待される市場として有望視されており、通商的枠組みの整備も着実に進んでいる。これらの政策がもたらす新たな経済的機会を活かし、ASEAN は、相互に有益な役割分担に基づいた地域貿易を考案すべきである。

ベトナム人は、勉強意欲、向上心が高く勤勉であるとの評判に加え、人口構成が若く、大きな可能性を秘めた労働力を持つ。それをベースとした経済的専門化と役割分担は、ベトナムのような比較的小さな国でも中国やインドといった経済大国との競争を可能にする。ASEAN 諸国との競争に勝ち抜いてサプライチェーンにおける自国の市場シェアを最大化するには、他国よりも早く鉄道システムの近代化を進め、国全体の工業力の強化を図るべきである。

6.2.4 能力強化

(1) 技術移転の仕組み：制度的枠組みと政策

専門化と地域内の役割分担を可能にする国際競争力には、単純な組立や繰り返し作業を超えた技術力の確立が必要となる。このためには体系的なカリキュラムを通じた技術移転と実践的な訓練を支援・促進する制度作りが重要となる。

1) 政府の政策

民間企業への投資を加速させるには、法人税免除、機械購入税額控除、研究開発費補助金などのインセンティブ作りが求められる。ベトナム政府が、2005 年版から 2017 年版に改正した鉄道法が 2018 年 7 月に発効した。改正法は、国内外の組織に適用される鉄道インフラ計画、投資、建設、保護、管理、メンテナンスおよび開発の規定を定めるものであり、高速鉄道に関する新しい章も追加されている。新しい規制が、インフラ整備事業にとどまらず、製造技術移転・裾野産業発展を促進する枠組みとなることが期待される。

2) 外国直接投資の環境

外国直接投資を呼び込むには、投資家にとって有利な条件（資金調達、税金、土地、労働規制など）を設けることが好ましい。投資を確保するには当然、一定の利益の保証も必要となる。

3) 合弁企業の設立

効果的な技術移転を促進するため、日本との合弁企業として部品製造会社を設立することが好ましい。日本と協力するメリットとして、日本の技術レベルの高さと、日本がベトナムへの最大投資国の一つであることが挙げられる。2000年代初め以来、日本はベトナムを将来の製造業の拠点とすべく期待を寄せており、既に進出している多くの日本企業が、同国における事業活動の拡大を計画している。ベトナム国内では、特にインフラ整備に関して、日本の投資による技術や経営の改善を期待する声も少なくない。

(2) 技術移転の順序

大規模な能力強化には、外国直接投資の支援を受けた段階的なアプローチが有効である。以下に、漸進的な技能移転のプロセスを提案する。基本的には、組み立て作業→その作業で部品を研究→容易な部品から製造を開始→技術レベルの向上に伴いより複雑な部品の製造、という流れとなっている。最終的には、部品輸入を減らし国内で車両の維持管理を行うことが望ましい。

1) 車両の運営と管理

- 車両の解体・組み立て設備を国内で保有する。これは鉄道保守工場の設備そのものである。
- 組み立て・修理する過程で各部品を勉強し、自国生産の可能性を検討
- 自国生産が可能・有利な部品は、製造会社を設立。日本と合弁事業を立ち上げる方が、より早く効果的に技術移転が可能

以下の作業は、日本との合弁事業で進めることが望ましい。

2) 内装品の製造

- 解体・組み立て工程で得た知識を活かし、シート、吊皮、ガラス、等、技術的に比較的容易な部品の製造を始める
- これらの部品は、技術的には容易であっても、安全性基準や異なる国際基準に留意する

3) 電気部品の製造

- 解体・組み立て工程で得た知識を活かし、重要でない部品の製造から始める
- 東南アジア諸国との水平あるいは垂直分業が必要
- 日本の技術者等に学びながら、将来的には設計技術の育成も視野に入れる

4) 機械部品の製造

- 重要でない部品の製造から始める
- 出来る限り自国で製造／入手可能な材料を利用する（金属、プラスチック、コークス等）
- 政府は、制度的に技術訓練プログラムを奨励すべきである

日本との合弁企業で製造された部品は、国内利用はもちろん、まず ASEAN 諸国および日本への輸出を想定する。日本への輸出は品質向上・国際市場での競争力強化に貢献すると考えられる。

6.2.5 まとめ

ベトナムの鉄道業界は、今大きな機会を迎えている。政府は既存システムの近代化に向けた投資と改正鉄道法を発表した。近年の東南アジア鉄道網事業拡大と貿易協定の発展は、地域全体の製造や物流に変化をもたらしていく。経済競争の中でこの機会を活かすことが出来れば、国内の鉄道事業の復活、そして裾野産業や輸出経済の成長も可能である。そのためには、ASEAN や近隣諸国との経済協力の強化、国内工業力の向上と経済的専門化を迅速に進めなければならない。技術移転には、日本の鉄道技術とベトナムへの投資意欲を利用することがベトナムにとって有利であると考えられる。

7. 予備的経済評価

本章は非公開

8. 事業スキームと資金調達

8.1 プロジェクトスキームの検討

8.1.1 ベトナム政府の財政状況

プロジェクトスキームを考えるに先立ち、ベトナムにおける公共投資計画、政府の財政状況、および対外借入抑制方針について簡単に整理する。

ベトナムでは、政策優先度、投資金額、セクター等、一定要件を満たす案件については、中期公共投資計画 (MTPIP) に、その事業がリストアップされる必要がある¹。最新の MTPIP は、2016 年～2020 年をカバーするものであり、次の MTPIP の策定は、2020 年～2021 年になされる予定である。現行の MTPIP (2016-2020) には、高速鉄道事業はリストアップされていない。よって、現状では本事業にかかる予算も確保されていない状況である。参考までに、交通運輸省によると、現状で最も重要な事業は、南北高速道路の整備である。その投資額は、約 13.8 Billion 米ドル (VND 312 Trillion) である。全線開通は、2030 年を見込んでいる。

次に、参考までに、2018 年における、ベトナム政府、交通運輸省、およびホーチミン市の総歳出予算および公共投資予算を下表に整理した。

表 8.1 : 政府機関およびホーチミン市の歳出予算 (2018 年)

(単位 : Billion)

予算	金額 (VND)	金額 (米ドル)	金額 (円)
国家予算 (全体)	1,523,200	67.9	7,326.59
国家予算 (公共投資)	372,036	16.6	1,789.49
国家予算 (公共投資 : 対外借入)	52,568	2.3	252.85
交通運輸省予算 (全体)	21,230	0.9	102.11
交通運輸省予算 (公共投資)	8,444	0.4	40.62
交通運輸省予算 (公共投資 : 対外借入)	12,785	0.6	61.5
ホーチミン市予算 (全体)	41,537	1.9	199.79
ホーチミン市予算 (公共投資)	38,673	1.7	186.02
ホーチミン市予算 (公共投資 : 対外借入)	2,864	0.1	13.78

出典 : Vietnamese Government decision (2131/QĐ-TTg) 2018 年度

ベトナム政府の 2018 年度の歳出金額 (計画値) は、約 67.9 Billion 米ドルである。本ベトナム高速鉄道事業の初期投資額 (CAPEX) が、ベトナム政府にとっていかにインパクトの大きいものとなるかが分かる。上記の支出計画の中で、ODA を含む投資予算は約 16.6 Billion 米ドルである。その投資予算はさらに省庁や人民委員会の予算に分類されるが、例えば交通運輸省の予算は 0.9 Billion 米ドル、ホーチミン市の予算は 1.9 Billion 米ドルとなっている。

ベトナム政府の財政状況はひっ迫している一方で、対外借入の累積値が高くなっており、ベトナム政府はその抑制に腐心している。ベトナムにおいては国会の決定により対外借入

¹ 公共投資法第 14 条および政令 2017 年 86 号 / ND-CP (Decree of the Government defining the functions, tasks, powers and organizational structure of the Ministry of Planning and Investment) を参照のこと。

債務を GDP の 65%以下に抑えることとしており、過去 5 年間における GDP および対外借入債務の数字を示したのが、下表である。

表 8.2 : 対外借入の現状と対外借入債務残高

年	GDP (Billion 米ドル)	GDP に対する債務残高
2013	171	54.5%
2014	186	58.0%
2015	193	61.0%
2016	205	63.6%
2017	221	61.3%

出典：JICA 調査団

上表から、借入債務残高は既に 65%に近い値となっており、なかなか新規で新たな対外借入ができない状況にあることが分かる。参考までに、本調査の実施中、ベトナム政府としては、毎年の対外借入の金額を、1.5～1.7 Billion 米ドルに収める努力をしているとの非公式情報も計画投資省関係者から聞かれた。

8.1.2 ベトナムにおける PPP 制度

ベトナムには膨大なインフラ整備ニーズが存在するが、上で述べたように政府の財政状況は厳しく、十分な投資予算を確保できない状況にある。そのため、政府は民間資金を活用した PPP 型の事業を推進している。ベトナムはこれまで PPP に関連する多くの政令や規則を定めてきたが、最新の状況としては、2018 年に既存の PPP 政令の改定を行い、新たに政令 63 号（2018 年）を定めた。これがベトナムにおける PPP 実施の根拠になっている。また、政府は、PPP の法的根拠をより明確にし、他の法令との不整合や優劣関係の問題を解決するため、PPP 法制定のための準備を進めているところである。

こうした状況ではあるものの、ベトナムの PPP 政令は、既存の法令との抵触がまだ解決されていないこと、手続きが過度に複雑であること、政府機関や人民委員会にとっても政府の財政支援などのメリットが少ないこと、政府職員の能力や経験値がまだ十分でないこと等の理由により、同政令に基づいた競争的な調達事例はほとんど存在しない状況である。むしろ、民間提案型のアンソリシティド・プロポーザル（事実上、競争過程を経ない随意契約）を通じて PPP が実施されている。ただし、アンソリシティド型のプロジェクトもそれほど多くはない。その理由としては、民間には用地取得が難しい、収益性予測が難しい、或いは、透明性やコンプライアンス上の問題があるといったことが挙げられる。

このように、同国において PPP 政令は存在するものの、それがまだ十分に機能していない状況にある。

8.1.3 本事業における PPP モダリティの検討

事業スキームおよび事業実施主体（プロジェクトカンパニー）については、他国の高速鉄道プロジェクトおよびベトナムの現状（鉄道事業の実態および PPP 法制度の整備状況等）からみて、以下の 3 つの方式が考えられる。

- ・ ベトナム鉄道公社がプロジェクトカンパニーとなり、事業施設の整備・運営を行う。
- ・ 民間企業がプロジェクトカンパニーを形成し、PPP の形で事業施設の整備・運営を行う。
- ・ 民間事業者とベトナム鉄道公社が共同出資によりプロジェクトカンパニーを設立し、事業施設の整備・運営を行う。

民間事業者の活用には、以下のようなメリットが考えられる。

- ・ 政府の（直接的な）財政負担を軽減できる可能性がある。
- ・ 民間の技術やノウハウの活用により、事業費の縮減やサービスの向上が得られる可能性がある。
- ・ 事業費の縮減等を通じて、事業施設の整備機関が短縮され、より早期に鉄道サービスを提供できる可能性がある。

一方で、民間事業者を活用することには、以下のような課題も存在する。

- ・ 需要リスク、用地取得リスク、収益性等を理由に、民間企業の参加が進まない可能性がある。
- ・ ベトナム国内に、高速鉄道事業を経験したことのある企業が存在しない。

これらのうち、高速鉄道事業の技術や経験については、運営実績を持つ外国企業等からの協力や支援を得ることが必須である。また民間事業者が参画する場合の事業実施主体の選定では、適切な公共調達過程を経て、競争性と公平性を確保することが求められる。

8.2 事業の資金調達オプション

前節で述べたように、本事業のスキームとしては3つの方法が考えられるが、その資金調達の方法としては、政府資金（税収等）、政府資金（対外借入）および民間資金がある。なお、対外借入には、ODA も含まれる。それらの資金調達ソースの、ベトナム政府にとってのメリットおよびデメリットを次表に整理した。

表 8.3：資金調達オプションのメリットとデメリット

	メリット	デメリット
政府資金 (税収等)	- 手続きが簡素で迅速である。	- 投資に利用可能な資金が限定的である。
政府資金 (対外借入)	- より多くの投資が可能となる。 - ソースによっては、譲許性が高い。 (低金利、長期返済等)	- 手続きが上記より複雑である。 - 外貨建てで借入する場合、為替リスクが存在する。
民間 (商業ベース)	- 資金調達の選択肢が広がる。 - 政府負担を軽減することができる。 - 民間の創意工夫を活用することができる。	- PPP 制度が不十分なため手続きが複雑である。 - 資金調達規模・範囲が限定的である。 - 政府調達に比べて金利が高くなる。

出典：JICA 調査団

これらの選択肢の中でも、政府資金（税収等および対外借入）については、GDP の値は伸びているものの、既に計画されている投資案件もあり、本事業のためにさらに大幅に増やすことは難しい状況にある。特に、対外借入については、既にその累積額が GDP の 65% 近くまでになっており、政府としても慎重を期している。そのような状況下において、ベトナム政府が、民間資金の活用に大きな期待を寄せることは理解ができる。しかし、前節で述べたように、それも簡単なことではない。まず、本事業の投資金額が、ベトナム政府の国家予算に匹敵しうる規模であることを認識しなければならない。その上で、PPP 政令は存在するものの未だ十分に機能しておらず、具体的には、同政令によって実施された PPP 事業がほぼないこと、採算補填（VGF）が提供された案件はないとの現実がある。このように、PPP や民間資金の活用のためには越えるべき多くの課題があり、楽観的な見方はできない状況にある。

このような理由により、本調査においては、本事業の資金調達策について明確な答えを示すことは難しい。ただ明らかなことは、民間資金への過度の依存は現実的ではなく、原則的には政府が投資資金を用立てなければならないということである。税収等の伸びは限られているので、基本的には ODA 等の対外借入を有効に活用することが基本的なアプローチと考えられる。また、これに関連し、事業施設の建設計画を検討する際には、単に技術的な面だけでなく、財政のサステナビリティや、政府のアフオーダビリティも十分に考慮する必要がある。

8.3 諸外国における高速鉄道の事例

8.3.1 台湾

(1) 事業概要

台湾の高速鉄道（台湾新幹線とよく呼ばれる）は、日本の新幹線が海外に輸出された初めての案件である。また、台湾では、民間資金を活用した画期的な事業であった。事業方式としては、いわゆる BOT（Build-Operate-Transfer）方式が採用されている。これは、政府の支援なしに、民間が事業施設の建設、資金調達および事業運営を行うものである。

台湾政府が本プロジェクトの実施を公表したのは、1996 年 10 月であった。入札においては、仏独企業とアライアンスを組んだ台湾高速鉄道コンソーシアムと、日本企業とアライアンスを組んだ中国高速鉄道コンソーシアムが、初期スクリーニングを通過した。1997 年 9 月に最終入札が行われ、台湾高速鉄道コンソーシアムが勝り、優先交渉権を獲得した²。

また、1998 年 5 月には、事業会社として、Taiwan High Speed Rail Co., Ltd. (THSRC) が設立された。これは、台湾企業 5 社の出資からなる特別目的会社である。さらに 1998 年 7 月

² 台湾高速鉄道コンソーシアムの勝因については、複数の事項が指摘されている。1 つには、入札価格が低かったことが挙げられるが、そのほかにも、建設期間中における政府の支払いを求めなかったことも勝因の 1 つとして挙げられている。これに対し、中国高速道路鉄道コンソーシアムは、政府が 149.5 Billion NT\$ 払うべきとの提案をしていた（出所：China Economy, 2005）

には、台湾政府と THSRC の間で、事業施設の建設と、35 年間にわたる運営に関する事業契約が締結された³。

事業施設の建設は、THSRC によって実施された。これには、E&M（電気・機械）と土木工事の双方が含まれる。路線延長は 345 km（台北－高雄）で、台北の一部を除いてすべて THSRC の工区とされた。建設工事は 2000 年 8 月に開始され、6 年間の時を経て、2007 年 1 月に運転開始された。以上の事業概要を整理したのが、下表である。

表 8.4：台湾高速鉄道の事業概要

事業会社	Taiwan High Speed Rail Corporation Ltd. (THSRC)
路線延長	345 km（台北－高雄）*2016 年 7 月に 10 km 延長
事業費	513.3 Billion NT\$（約 1.8 兆円） ⁴
建設期間	8 年 6 ヶ月（1998 年 7 月に事業契約締結 ⁵ 、2007 年 1 月に運転開始）
運営期間	35 年（後に 2015 年の契約変更により、70 年（～2068 年）までに延長）

出典：Taiwan HSR HP⁶

(2) 事業の経緯

当該事業の事業実施経緯を、以下の 3 つの期間に整理して以下に示す。

- 1) 赤字期間：運転開始直後から赤字が継続していた期間
- 2) 回復期間：乗客数が増加し、経営が改善した期間
- 3) 再構築期間：政府主導による事業のリストラが行われた期間

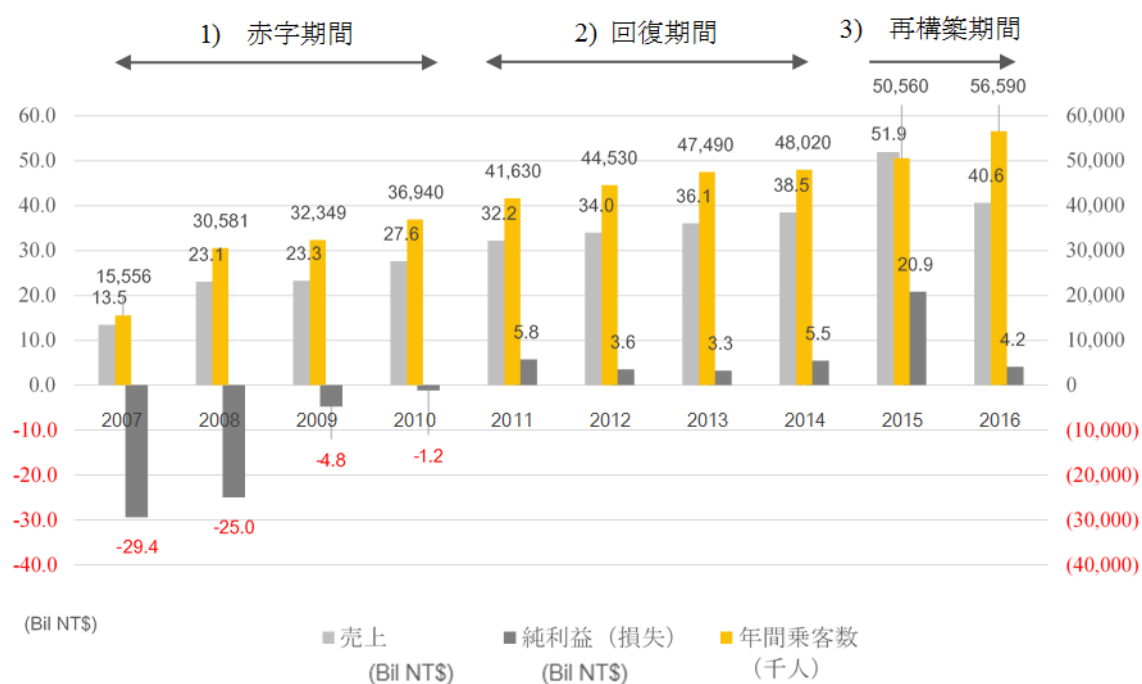
下の図は、当該事業の売上、純利益および年間旅客数のトレンドを示したものである。

³ 事業契約締結後、THSRC には、自身で設備や車両を選定する権利が認められた。上述のとおり、当初、THSRC はドイツとフランスの企業と連携していたが、ちょうどドイツで鉄道（ICE）の脱線事故が発生し、事業の実施状況に変化が生じた。結果として、日本の新幹線を導入するという選択肢が浮上してきた。最終的には、導入車両については、日本企業と、独仏企業連合の競争入札となり、結果、日本企業が優先交渉権を獲得し、正式な契約を締結するに至った。なお、この経緯に関する詳細については、“Transport Policy Studies Vol. 6 No. 1 (2003)”を参照のこと。

⁴ 全事業費のうち、民間セクターの負担額は、406.6 Billion NT\$（約 1.5 兆円）であった。

⁵ 1999 年 9 月に台湾で大規模な地震が発生し、土木工事の設計・施工契約の見直しが必要となった。それによる契約変更が最終的に 2000 年 3 月になされ、新しい設計を踏まえた工事が同年の 8 月より再開された。

⁶ https://www.thsrc.com.tw/index_en.html（2019 年 7 月 10 日参照）



出典：THSRC Annual Report に基づき JICA 調査団作成

図 8.1：事業収支および旅客数の変遷（2007-2015）

1) 赤字期間（2007-2010）

2007年の運転開始初年度の運営収入は約4 Billion NT\$で、29.4 Billion NT\$の赤字を記録した（減価償却および金利負担を控除後）。第2年次には、THSRCは当初、約24万人/日の旅客数を予想していたが、実際の旅客数は8万人/日であった。これは、明らかに楽観的な需要予測であった。その後も旅客数は停滞する一方で、減価償却と金利負担は経営に重くのしかかってきた。結果的に、2010年には、累計の負債額が73.5 Billion NT\$となった。これは、THSRCの資本金の約70%に相当する金額であった。こうした状況下において、THSRCは資金繰りの危機に立たされた。THSRCは金融機関と協議を行い、結果的に382 Billion NT\$の借り換えを行うこととなった。

2) 回復期間（2011-2014）

THSRCは、2011年に初めて黒字を計上した。これは、直接的には旅客数の安定的な増加によるものであった。後述するように、旅客数の増加は、THSRCが継続的に鉄道サービスの向上努力を継続したために実現したものである。具体的には、以下のような指標において、経営の改善が認められた。

- 旅客数：4,160万人（前年比+12.7%）
- 乗車率（passengers-km/seat-km）：51.6%（前年比+2.6%）
- 年間車両運行数：48,553本（前年比+3.3%）
- 定時性：99.86%（前年比+0.64%）

これらから明らかなように、2011年には前年度に比べて複数の面において改善が見られた。例えば、定時性は、開業後数年は99.1%~99.2%程度であったが、2011年には0.64%向上している。また、THSRCのAnnual Report(2011)によると、チケットの販売方法の改善(コンビニエンス・ストアでの販売や携帯電話による予約システムの導入)に加え、駅へのアクセス(市内とのシャトルバスの運行開始や駅周辺インフラや設備)の向上が、乗客数の伸びに大きく貢献した。結果として、2011年から2014年の間は、旅客数は安定的に、年4.4%の割合で増加した。

3) 再構築期間(2015-)

上記のような指標改善は見られたものの、THSRCは、多額の累積赤字のため、資金調達難に面していた。また、株主の中には、配当の遅延や、優先株の再購入に不満を持ち、THSRCを訴えるものも現れた。こうした状況を打開し倒産を回避するため、THSRCは、2015年に、政府に対して経営改善計画を提出し、それが認められた。これにより、THSRCは資本金を6割減らして65.1 Billion NT\$とすることが認められた。一方で、政府より30 Billion NT\$の資金援助が投じられることとなった。結果的に、政府の持ち株比率が63.7%となった。併せて事業期間(運営期間)も35年延長されて、2068年までとなった。これにより、毎年の減価償却の負担額が緩和されることとなった。

2016年7月、開業後、初めて路線の延伸が行われた。これは、北側のターミナルを、台北から南港とするものであった。さらに、同年10月、THSRCはTaiwan Stock Exchangeへの上場を果たした。このような、政府主導による事業の再構築、延伸、上場により、人々の当該事業に対する将来の期待感はさらに高まっている。

(3) 本事業からの教訓

本事業から得られた教訓は、次のとおりである。

- 楽観的な収支計画

計画段階における需要予測が甘すぎた。開業年でいうと、予想は24万人/日であったが、実際は8万人/日であった。旅客数が少なかった理由としては、例えば、駅を郊外に設置しており、都市部からの交通アクセスが悪かった。

- 膨大な建設費

THSRCは、台北の一部を除くすべての路線の建設費を負担した。そのため、年間の減価償却費と金利の支払いの負担が過度に重かった。このため、THSRCは経営的に非常に困難な状況に陥った。

- 運営サービスの改善

旅客数を増やすため、THSRC は、駅と市内を結ぶシャトルバスの増便や、駅周辺のインフラや施設の改善を図った。また、チケットの販売方法の改善や、定時性の改善も図られた。これらの努力が実り、乗客数は増え、THSRC は黒字を計上するまでになった。

- 政府による巨額の赤字補填

当初の計画では、政府の財政負担は用地取得と一部の建設費に限られており、政府はそれを高く評価した。しかし、THSRC は自力での経営回復は難しい状況にまで陥ることとなった。結果として、政府主導による事業の再構築と、それに巨額な財政支援が行われた。

8.3.2 英国

(1) 事業概要

英国の High Speed 1 (以降「HS1」と称する)⁷は、ロンドンと海峡トンネルを結ぶ全長 109 キロの高速鉄道である。1996 年 2 月に、民間企業のコンソーシアムである London and Continental Railway (LCR) が、HS1 の事業施設の建設および運営を行うためのコンセッションを取得した。しかし、事業開始後、英国政府が利用したコンサルタントの需要予測がかなり甘いことが判明し、LCR は資金調達難に陥った。このため、英国政府は LCR に対して財政支援を行うことを決定した。これには、3.75 Billion ポンドの借入に対する保証、通行料金の支払保証、および 1.7 Billion ポンドの補助金が含まれる⁸。資金調達に関する目論見書に基づき、建設工事は 1998 年の 10 月に開始された。はじめの 74 km は、2003 年 9 月に開通した。全区間の供用が開催されたのは、2007 年 11 月である。

当該事業の概要は、下表のとおりである。

表 8.5 : HS1 の事業概要

事業会社	London and Continental Railway (LCR)
路線延長	109 km (ロンドンー海峡トンネル)
事業費	5.8 Billion ポンド ⁹
事業期間	11 years and 9 months (signed a contract in February 1996, commenced the operation of whole section in November 2007)
運営期間	30 年 ¹⁰

出典：“Railway: HS1” (英国議会、2011) に基づき調査団作成

(2) 事業の経緯

HS1 の事業実施経緯は、1) 立ち上げ期と 2) 安定期に区分することができる。それぞれの概要を以下に示す。

⁷ 本事業は、全線開通以前は、Channel Tunnel Rail Link (CTRL) と呼ばれていた。

⁸ 保証提供の見返りとして、英国政府は HS1 の運営収入の 35%を受け取ることにした。

⁹ 計画時における事業費 (1997 年) は、EUR 4.17 Billion であった。

¹⁰ 当初は 99 年であったが、90 年に短縮された。さらに 1998 年には 30 年に変更された。

1) 立ち上げ期 (2003-2009)

英国の鉄道事業では、輸送サービスの提供と事業施設のメンテナンスは明確に区分されている。特に、1994年のBritish National Railwayの民営化後、その分離スタイルが確立された。実際、鉄道事業の運営とインフラのメンテナンスは、異なる主体が行うのが一般的である。しかし、HS1では、事業会社がそれらを一体的に行うこととされた。すなわち、LCRはインフラのメンテナンス（実際はNetwork Railに委託）と鉄道運営（Eurostar）の双方を行うこととなっていた¹¹。

そして、2009年には、在来線と高速鉄道の連携的な運営が開始された¹²。また、これに関連し、国内貨物輸送ネットワークも拡大された。一方で、この間、LCRは深刻な資金調達難に面していた。LCRの負債額は、莫大な初期投資額に加え、Eurostarの運営赤字のため、増加し続けた¹³。英国政府は、こうした状況を深刻に受け止め、このままでは永久に政府の支援が続く危険性があると考えた。2009年、ついに、英国政府はLCRをその管理下におき、根本的な事業再生を行うことを決定した。

2) 安定期 (2010-)

LCRのリストラクチャリングにより、LCRによる事業施設の所有とマネジメントは分離された。すなわち、事業施設は英国政府に帰属し、LCRは運営を行うだけとなった。一方、事業施設のO&Mと国際鉄道はHS1に移転された。この結果、HS1自体の経営は巨額の負債から解放されることになった¹⁴。さらにその後、英国政府は、HS1に対し、その株式を民間投資家に譲渡することを推奨した。その目的は、HS1とLCRの資金負担を軽減することにあった¹⁵。

¹¹ 国内鉄道に関しては、Southern Railwayが、フランチャイズ協定に基づいて管理している。

¹² 車両の提供およびメンテナンスは、日立が行っている。

¹³ 2008年12月末時点で、LCRの債務額は6,268百万ポンドで、Eurostar(UK)の累積の運営負債額は、2,578百万ポンドであった。

¹⁴ European Commission "Restructuring of London & Continental Railways and Eurostar (UK)" (2009)

¹⁵ 2010年11月に、カナダの投資会社のコンソーシアム(Borealis Infrastructure and the Ontario Teacher Pension Fund)が、30年のO&Mのコンセッションを取得した。契約金額は、2.1 Billionポンドであった。その後、2017年9月に、英国インフラストラクチャーファンド(UK infrastructure funds)がその全株式を取得した。さらに、日立が参加する本邦ファンドであるJapan Infrastructure Initiativeが、関係するファンドに75百万ポンドの金額を投資した。

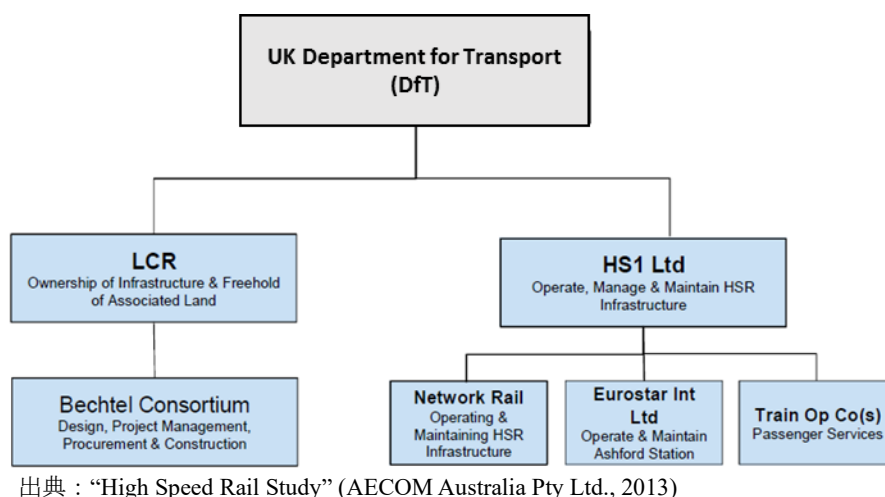


図 8.2 : HS1 のビジネススキーム

(3) 本事業の教訓

本事業からの教訓は、次のとおりである。

- 政府による楽観的な需要予測

政府による需要予測が楽観的であったため、結果的に民間事業者が困難な状況に陥った。実際、政府による財政支援は必要であった。結果的に、事業資金は政府からの資金拠出や保証の支援を受けることになった。

- 事業施設の所有と運営の一体化によるコスト増加

本事業では、初期投資費用が莫大で民間負担としては過度であった。はじめから、すべて民間負担とせず、政府が支援を行う形をとるべきであった。

- 事業施設の所有と経営の分離

LCR のリストラクチャリングの後、事業施設の所有と経営は分離され、それが功を奏した。

9. 予備的財務分析

本章は非公開

10. 運用指標・効果指標

10.1 運用指標

事業の運営状況を定量的に測る指標である運用指標として以下の指標を設定することを提案する。事業の実施者はこれらの指標を毎年モニタリングし、結果を年報などで交通運輸省・開発パートナー・出資者・融資者に報告するとともに、広く一般に周知して、積極的に大衆に高速鉄道の高い運行信頼性をアピールし、顧客を募り、他交通機関からの転換を促進することが推奨される。これらの運用指標の定義を表 10.1、目標値を表 10.3 に示す。

基本的運用指標

- 1) 年間旅客輸送量
- 2) 年間列車運行本数
- 3) 車両稼働率

運用の質を示す指標

- 4) 運行信頼度

表 10.1 : 設定を提案する運用指標

指標	定義	備考
1. 年間旅客輸送量	年間旅客輸送実績 (百万人・キロ)	運行実績を示す基礎指標として、モニタリングをし、交通運輸省・ドナー・出資者に報告するとともに広く一般に周知する。
2. 年間列車運行本数	年間列車運行実績 (片道列車本数/年)	
3. 車両稼働率	延車両稼働台数・日/保有車両台数×営業日数 (%)	
4. 運行信頼度	出発予定時刻 15 分以内に発着駅を出発した列車本数/計画列車運行本数 (%)	* 不可抗力による運休・遅延を除く。 * 高速鉄道サービスの高信頼性を広く一般にアピールし、利用客の増加を期す。

出典：JICA 調査団

10.2 効果指標

事業実施・運営の効果の発現状況を定量的に測る指標として以下の効果指標の設定を提案する。効果指標についても運用指標と同様に公開して運営事業者の実績を広く一般大衆に示すことが好ましい。提案される効果指標の定義、目標値をそれぞれ表 10.2、表 10.4 に示す。

- 5) 年間旅客輸送量 (人・キロ/年) (1) に同じ)
- 6) 特定区間の平均所要時間 (時：分：秒/片道)

表 10.2 : 設定を提案する効果指標

指標	定義	備考
5. 年間旅客輸送量	年間旅客輸送実績 (百万人・キロ)	サービスの効果を示す基礎指標として、モニタリングをし、交通運輸省・ドナー・出融資者に報告するとともに広く一般に周知する。
6. 特定区間の平均所要時間	特定区間の平均所要時間 (時：分：秒／片道)	

出典：JICA 調査団

表 10.3 : 運用指標の目標値

指標		目標値								
		二段階整備ケース				五段階整備ケース				
1. 年間旅客輸送量 (百万人・キロ)		2030	2040	2050	2030	2040	2050	2060	2070	
		7,167	67,466	72,755	138	2,244	7,015	14,800	82,892	
2. 年間列車運行本数 (片道列車本数/年)	区間	ノックホイ - ビン	ビン - ダナン	ダナン - ニャチャン	ニャチャン - トゥティエム	ノックホイ - ビン	ビン - ダナン	ダナン - ニャチャン	ニャチャン - トウ ティエム	ロンティン - トウ ティエム
	2030	26,280	---	---	26,280	---	---	---	---	14,600
	2040	55,480	52,560	52,560	56,940	33,580	---	---	---	20,440
	2050	62,780	56,940	56,940	65,700	43,800	---	---	36,500	---
	2060	---	---	---	---	49,640	---	24,820	59,860	---
	2070	---	---	---	---	77,380	77,380	77,380	77,380	---
3. 車両稼働率 (%)		2030	2040	2050	2030	2040	2050	2060	2070	
		89.3%	92.3%	92.5%	73.3%	85.9%	91.6%	90.7%	91.8%	
4. 運行信頼度 (%) *		98%								

(注) * : 台湾高速鉄道の例 (台湾高鐵年報 2007 年-2016 年) を参照 (営業キロは 345 km、ベトナム高速鉄道の 22%)。台湾高速鉄道では開業 (2007 年) 以来一貫して出発予定時刻 5 分以内 (ただし、2007 年は 10 以内) に発着駅を出発した列車本数は運行予定本数の 99%以上となっている。

出典 : JICA 調査団

表 10.4 : 効果指標の目標値

指標		目標値										
		二段階整備ケース						五段階整備ケース				
5. 年間旅客輸送量 (百万人・キロ)		2030	2040	2050	2030	2040	2050	2060	2070			
		7,167	67,466	72,755	138	2,244	7,015	14,800	82,892			
6. 特定区間の平均所要時間 (時 : 分 : 秒 / 片道)	ノックホイ - トゥティエム	ノックホイ - ビン		ビン - ダナン		ダナン - ニャチャン		ニャチャン - トゥティエム*		ロンティン - トゥティエム		
	各駅停車	急行	各駅停車	急行	各駅停車	急行	各駅停車	急行	各駅停車	急行		
	7:15:00	5:20:00	1:21:00	57:30	1:59:00	1:24:00	2:11:00	1:34:00	1:38:00	1:18:30	0:11:00	

(注) * : ニャチャン - トゥティエム間の急行の計画所用時間はロンティン駅での停車を想定して計算されている。

出典 : JICA 調査団

11. 事業効果の定性的分析

11.1 事業効果の種類と便益の定量化

南北高速鉄道の整備・運営により生じる効果は、表 11.1 に示すようにさまざまな種類のものがある。第 7 章の予備的経済評価での費用便益分析では、「走行経費の節減」「走行時間の節減」「交通事故減少」「温暖化ガス排出軽減」について定量的に便益を推計し、費用効果分析の結果が記述されている。

高速鉄道事業は一般的に巨額の投資を伴う。このため経済分析にあたっては、定性的評価に比べてより説得力の高い、定量的な分析が行われることが多い。本調査での定量的分析の便益計上の対象とはなっていないが、「環境」「住民生活」に関する便益についても、表 11.1 に示す方法により、定量化が可能である。ただし、これらの便益を「サービス利用」により生じる便益に加算することは便益の二重計上の可能性があるとしてされている。

高速鉄道のような大規模インフラ整備事業は、地域経済・国家経済の開発への貢献が大きい。これらの事業の実施の是非を検討する際には、表 11.1 に示すモデルを用いて、地域経済・国家経済に及ぼす効果を定量的に推計・分析することが多い。ただし、これらのモデルにより推計される便益は、「サービス利用」の効果から派生する便益を含んでいることから、通常、これらのモデルのいずれかにより推計される便益のみを計上して費用便益分析が行われる。

表 11.1 : ベトナム南北高速鉄道整備事業の効果

受益の直接性	受益者	受益内容		第7章で計上しなかった便益			定量化	
		分野	項目	交通量に直接依存しない	非市場的価値	波及効果	定量化の可否	主な手法
直接効果	HSR サービス利用者	サービス利用	走行経費の節減				可	第7章参照 第7章参照 第7章参照 仮想評価法 (CVM)
			走行時間の節減				可	
			交通事故減少				可	
			快適性の向上		○		やや困難	
		環境	温暖化ガス発生減少				可	第7章参照 旅行費用法 ヘドニック法 CVM、代替法
			新たな景観の創出・景観向上 騒音、生態系	○			やや困難 やや困難	
	沿線 および 地域社会	住民生活	生活圏・交流機会の拡大	○	○		可	旅行費用法 ヘドニック法 CVM 代替法
公共サービスへのアクセス向上			○	○		やや困難		
レクリエーション施設へのアクセス向上			○	○		やや困難		
地域文化振興・伝統文化保存			○	○		やや困難		
災害時の代替交通手段確保			○	○		やや困難		
防災空間の提供			○	○		やや困難		
間接効果	地域経済	建設事業による需要創出	○		○	可	産業連関分析モデル 地域計量経済モデル 応用都市経済モデル 土地利用交通モデル 空間的応用一般均衡 (SCGE) モデル	
		雇用・所得の増大	○		○	可		
		ビジネス環境の改善	○		○	可		
		新規立地に伴う生産増加	○		○	可		
		資産価値の増加	○		○	可		
		観光客誘致・観光業振興	○		○	可		
		公共施設の整備費用の節減	○		○	可		
		財・サービス価格の低下	○		○	可		
国	国土均衡	地域格差の是正			○			

出典：「道路投資の評価に関する指針（案）第2編総合評価」（日本総合研究所、2000）、「鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル2012（案）」（国土交通省鉄道局、2012年）、「国土交通省公共事業システム研究会資料『公共事業評価の基本的考え方』（国土交通省、2002）などを参考に JICA 調査団作成

11.2 拡大費用便益分析

高速鉄道事業の実施の是非を検討する際の経済評価について、「走行経費の節減」「走行時間の節減」「温暖化ガス発生減少」「交通事故減少」のみを推計・計上する従来の経済評価では、高速鉄道事業の実施による効果、特に地域経済・国家経済に及ぼす効果が計上されないとして、従来の評価で推計・計上されている便益に加算可能な形での経済効果を推計する方法が検討されている。

世界銀行（世銀）は、中国での技術協力等を通して以下の便益を計測するための手法を開発している。¹

- 1) 経済集積による生産性効果（agglomeration-induced productivity effects）：投入材・生産物の市場の拡大、生産者・消費者のマッチングの改善に伴う生産性の向上・生産の増大
- 2) 雇用効果（employment effects）：生産高・生産地の変化に伴う雇用の増減
- 3) 観光効果（tourism effects）：観光客数・滞在日数・観光支出の変化、目的地が変更されたかどうかの確認が必要

英国の運輸省は従来の輸送費（旅行費）節減効果に加えて以下の便益を拡大計上すべきとしている。²

- 1) 集積効果：交通プロジェクト実施による企業間・産業間の連携強化（静的クラスター化）、交通プロジェクト実施による企業・産業立地促進による集積（動的クラスター化）による生産性の向上
- 2) 雇用効果：交通プロジェクト実施による勤務地へのアクセス向上による雇用促進、アクセス向上による労働需要の変化
- 3) 投資誘発効果：交通プロジェクト実施による企業・産業立地促進による投資誘発、企業・産業立地の変化による国全体での投資誘発効果

また、日本では公共事業実施の妥当性を検討する際に、産業連関図を用いて、公共事業（建設工事）の実施が地域経済・国家経済に与える影響（生産誘発効果）を推計することもある。公共工事の生産誘発効果は、従来の経済評価で便益として計上されるサービス利用に由来する便益とは発生時期・裨益対象が異なるため、二重計上の恐れはないと考えられる。

本調査での予備的経済評価では、社会的割引率を7%と設定し、従来の経済評価で推計されている便益のみを計上し、EIRRを7.27%と推計している。EIRRは社会的割引率を少し上回っているだけで、本事業は、経済性の高い事業としては評価されていない。FS調査実施等の際には、世銀・英国運輸省のモデル・ガイドライン、ならびに、日本での公共工事の生産誘発効果の推計例等を参考にして、二重計上に留意しつつ、本事業が地域経済・国家経済に及ぼす効果を推計・計上すれば、本事業の経済性をよりの確に評価することができると思料される。

¹ “Regional Economic Impact Analysis of High Speed Rail in China” (World Bank, June 2014)

² “Updating Wider Economic Impacts Guidance” (Department of Transport, UK, September 2016)

11.3 定性的分析

本事業の実施により、以下の効果の発現が期待される。下記には上述の手法を用いて定量的に把握可能であるが、本調査では定量化されていない便益の定性的分析も含んでいる。

これらの便益を勘案すると、本事業実施の社会的・経済的妥当性は高いと考えられる。

(1) ビジネス界に与えるインパクト

高速鉄道が運行されるようになると、例えば二段階整備ケースでは、2030年において主要都市間が1日36便で結ばれることとなり、2040年では1日の便数は72以上となる。所要時間は表11.2のとおり、在来鉄道による所領時間の1/6以下となると期待される。また、ハノイを起終点とする航空機による移動の場合、都市間の距離にかかわらず3~4時間を要すると考えられ、料金面でも全ての人々が気軽に利用できるとは言いがたい。これらの点を考慮すると、日本と同様に、高速鉄道はビジネス界に大きなインパクトを与えることが予測される。

日本の企業・官公庁では、新幹線沿線に所在する本店・本省・支店・支所（九州などの遠隔地を除く）での会議等が必要となると、すぐに担当者間で日帰り出張の予定を決める。最寄りの新幹線の駅に行けば所定の時間で目的地近くの新幹線の駅まで確実にに行けると認識しているからである。新幹線網はビジネス界に不可欠な社会インフラとなっている。

本事業はベトナムの二大都市を結ぶ大動脈を形成する事業であり、本事業の実施はビジネス界全体に確実な移動手段をもたらすことにより多大な影響を及ぼし、産業全般の生産性を高め、ひいては、ベトナムの産業の国際競争力向上にも寄与することが期待できる。

表 11.2 : 在来鉄道・高速鉄道による主要都市間の移動時間

到着駅名	鉄道種	出発駅名			
		ノックホイ	(単位：時間:分:秒)		
ビン	在来	6:00:00	ビン		
	高速	0:57:30			
ダナン	在来	15:56:00	9:56:00	ダナン	
	高速	2:23:00	1:24:00		
ニャチャン	在来	25:45:00	19:45:00	9:49:00	ニャチャン
	高速	3:58:30	2:59:30	1:34:00	
トゥティエム	在来	33:09:00	27:09:00	17:13:00	7:24:00
	高速	5:20:00	4:21:00	2:55:30	1:20:00

(注) 在来鉄道による所要時間はSE1列車（ハノイ駅を19:30発）の場合。

高速鉄道による所要時間は急行の場合で、駅での停車時間は0:1:30を想定している。

ニャチャン-トゥティエム間の所要時間はロンタイン駅での停車時間0:1:30を含む。

出典：JICA調査団

(2) 高度社会サービスに関する構造改革の促進

表11.2に見られる都市間所要時間の短縮、ひいては日帰り旅行圏の拡大から、高度社会サービス施設のサービス圏の拡大が可能となり、これらの施設整備投資額の節減やより質の高い社会サービスの適用が可能となる。

例えば、高度医療施設に関して、従来では近隣各省それぞれが「ガン治療医療センター」「脳疾患医療センター」「循環器治療センター」などを個々に整備しなければならなかったのが、日帰り旅行圏の拡大に伴い、近隣省でこれらの施設をシェアすることによって、各省の整備コストが節減できるとともに、各高度医療センターのサービスが向上し、シェアしている省の住民はより高度な医療サービスを受けることが可能となる。

こうした例は、国レベルで提供される専門行政サービス、金融サービス等の集約についても適用することが可能と考えられる。

(3) 駅前・沿線の産業振興、産業立地の促進による土地利用の高度化

高速鉄道の各駅では、高速鉄道の乗降客や、他の交通機関の乗り換え客等が往来し、駅中・駅周辺での商業活動等が盛んになると予測される。また、周辺都市からのアクセスが改善されることから、産業振興、特に商業・サービス業の発展を促すこととなると推測され、ひいては関連企業の立地が促進されると予見できる。このことから駅前・沿線での土地利用が高度化し、国土のより有効な利用に繋がると考えられる。

(4) 地方中核都市の発展

高速鉄道事業の実施により都市間のアクセスが改善され、特に急行が停車する都市（ビン、ダナン、ニャチャン）の商業圏・サービス施設（民間企業による施設を含む）のキャッチメントエリアが拡大することが予見される。このことから、これらの都市が地方中核都市として発展していくことが期待される。さらにはこれらの都市の地方中核都市としての発展が、高速鉄道の利用客の増加に繋がることも推測される。ただし、高速鉄道整備の効果としての地方中核都市の形成・発展を単に待つだけではなく、これらの都市への企業誘致、都市開発を戦略的に推進して、本事業の実施を、バランスのとれた国土開発、国民全体の厚生レベル向上に繋げて行くことが望まれる。

(5) 国の一体感の醸成

本事業は、ハノイ・ホーチミンの二大都市、ベトナムの北と南を結ぶもので、南北高速道路建設・在来鉄道改善と合わせて、国内の人・ものの往来のための基盤整備の中心的な事業である。本事業の実施が、特に人の往来がより活性化され、国民間の交流もより活発になり、結果として国の一体感を醸成し、強固なものとしていくことに寄与すると考えられる。

日本で新幹線が建設された時期は、敗戦から立ち直り、この後、先進国の仲間入りをしていく時期に相当した。結果として、新幹線建設事業は、東京オリンピックの実施・名神高速道路の建設とともに、日本が欧米諸国と肩を並べていくというシンボル事業の1つであった。ベトナムにおいても、本事業は、タイ・マレーシアと同様に高中所得国の仲間入りを果たしていく際のシンボリックな存在である。また、事業が実現すれば、先進的な鉄道システムを有する国の仲間入りをしたとの意識が共有され、国民のプライドも刺激しよう。

更に、国の一体感の醸成、国民のプライド高揚から、国民の愛国心の高揚にも繋がっていくと期待される。

12. 結論・提言

12.1 調査の枠組

ベトナム政府の交通運輸省は、南北高速鉄道事業の国会への附議を 2019 年と予定した。このため、傘下のプロジェクト管理部は自らベトナムのコンサルタントを雇用し、国会へ提出するプレ FS を作成している。本調査はベトナム側のコンサルタントを支援して、ベトナム政府によるプレ FS の作成を支援するものである。調査期間は 2017 年 12 月から 2019 年 8 月である。

本報告書は、これまでに調査団からベトナム側に提供し、あるいは説明した情報を取りまとめたものである。そのため、ベトナム側のコンサルタントの関心事であった、高速鉄道上での貨物輸送や、速度の低い鉄道を将来的に高速化する可能性、在来鉄道の改良等についての論述が多く含まれる。

12.2 本調査の結論

世界各国の高速鉄道の開業時期には GDP や人口との関連性がある。これをベトナムの経済社会の発展状況にあてはめると、高速鉄道の開業は 2030 年頃と見込まれる。本調査では在来線、幹線道路網、航空インフラの改良計画を念頭において需要予測を行なった。その結果、次のことが判明した。

- 1) 在来線を複線化改良しても 2030 年代から一部区間での輸送力が不足し、年を追うごとに需給ギャップが拡大する。
- 2) 対策としては高速鉄道の整備が効果的である。
- 3) 高速鉄道があっても、なお在来線の容量不足が懸念されるので、ボトルネックとなる区間の複線化が必要である。

高速鉄道は旅客専用の新線とし、2030 年の開業時から 320 km/h で運転する。需要の多い南北両端の運行区間から部分的に開業し、これらを延伸して全線を開業する。在来線は単線としての輸送力を最大化する方針で、2020-25 年までに改良し、この間の旅客・貨物需要に応える。ただし在来線のなかで需要の多い区間では、部分複線化を行う。

高速鉄道プロジェクトの経済便益を、プロジェクトが実施された場合と、実施されなかった場合を比較して推計した。経済分析の結果は次表のとおりで、本プロジェクトには経済的な妥当性があることを示している。

表 12.1 : プロジェクトの EIRR・B/C・NPV

指標	経済的内部収益率	費用便益費比	純現在価値
	EIRR	B/C	NPV (百万米ドル)
値	非公開		

出典：JICA 調査団

本プロジェクトの収益性を示す指標として、財務的内部収益率（FIRR）を用いた。初期投資費用（CAPEX）における民間の負担割合について、いくつかのケースを設定した。また、政府の財政負担力（アフォーダビリティ）を確認するため、それらの各ケースにおけるベトナム政府の負担額についても計算した。前提条件は、次のとおりである。

- 区間：ハノイ - ホーチミン
- 種類：高速鉄道、最高速度 320 km/h
- 建設期間：2020-2039 年（2030 年に部分開業）
- 運営期間：2030-2039 年（部分開業）、2040-2069 年（全線開業）
- 事業主体：特別目的会社

FIRR の計算結果を下表に示す。

表 12.2：予備的財務分析の結果

非公開
FIRR

出典：JICA 調査団

しかしフィージビリティに関しては、単に FIRR だけでは判断できない。建設期間が 10 年以上であり、かつ運営開始後 10 年間は、事業を実施するプロジェクトカンパニーは利益を生まない。もしこうした条件下で民間事業者を呼び込み、PPP の形で事業を実施するならば、政府によるプロジェクトカンパニーの赤字補填の支援が必須である。

12.3 事業化への配慮

鉄道が建設されると、交通の便が良くなることで、沿線に新たな産業が形成され、沿線地域の経済的な一体化が進む。これは鉄道沿線の文化にも波及し、人々の言語や次世代への教育内容にも影響する。ロシアのシベリア鉄道や日本の鉄道網は、この役割を果たした。

近年のチベットへ至る中国の青蔵鉄道やスペインの高速鉄道は、国民意識の統合を目指しているとみられ、採算性をさほど考慮していないように見受けられる。

上述のように鉄道には地域を統合するとの重要な機能がある一方で、建設には膨大な資金を要する。このため事業化にあたっては次の事項に配慮を要する。

12.3.1 国家目標の明確化

南北高速鉄道の事業化にあたっては、できる限り遠い将来を見通しながら、高速鉄道と関連付けた国家目標を明確化することが求められる。その過程では、次のような事項の検討を要する。

- 1) 沿線の開発計画

国土計画：ベトナム国家 100 年のビジョン

地域計画：新産業都市の計画

2) ベトナムと他国の分業

他国との競争と協調を前提に、ベトナムの得意分野と育成分野を特定する。

3) ベトナムの強みと弱みの把握

次の観点から、ベトナムの強みと弱みを把握して、対応策を講じる。

国民：人材、教育、共通の利害、宗教、主義

経済：マーケット、内資、外資

自然：地形、天然資源

12.3.2 現地企業・人々の啓発

高速鉄道は、国家の発展基盤となる重要なインフラである。このためベトナムの国家あるいは企業が主体的責任を持って運行を担うべきである。PPP を検討する際は、参画可能性のあるベトナムや外資企業の意見を聞きながら、実現性のある事業スキームの検討を要する。高速鉄道の建設には人々の協力を求めることになるので、次の観点から啓蒙活動を行なう必要がある。

1) 鉄道への理解促進

鉄道の効用： 旅客貨物の両方に役立ち、国民統合の象徴となる。

在来線： 地域交通と貨物輸送のために改良する。

高速鉄道： 旅客専用として機能を最大化する。

2) 共通の夢

高速鉄道は、以下に示すベトナム人共通の夢の実現に資する。

豊かな社会： 内外資の導入による新たな産業の構築で豊かになる。

平和な国家： 諸外国と協調して平和を保つ。

多様な文化： 伝統を守り革新を取り入れることで多様性を保つ。

12.4 謝辞

本調査では、ベトナム側からは資料の提供等多くの便宜供与を受け、また意見交換を通じて関係者の向学心に深い感銘を覚えた。また調査の過程では国土交通省から資料提供やアドバイスなど、一方ならぬ指導を得た。ベトナムの交通運輸省、PMU、ローカルコンサルタント、関連する諸機関、さらには日本政府に深い感謝の意を表する。

添付資料

添付資料 1-1
準高速鉄道の検討

準高速鉄道の検討

1. 検討方針

(1) 速度

ここで検討する準高速鉄道とは、運転最高速度 320 km/h に対応して整備された線路を、最高速度 200 km/h で運行する鉄道をいう。検討の目的は、準高速とした場合の需要、列車運行、運営維持管理への影響を考察することにある。

(2) 設備

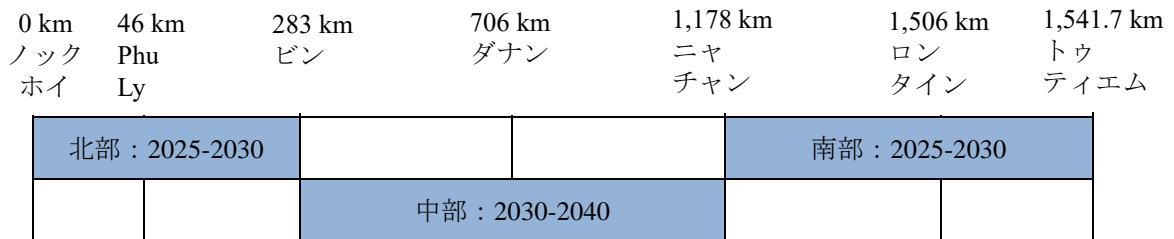
地上設備は 320 km/h に対応した設備とする。カントは最高速度 320 km/h にあわせて設定する。このため 320 km/h 以下での走行時に超過カントとなり、乗り心地を悪くするが、安全性には支障がないのでやむなしとする。車両は 320 km/h 走行に対応したものとし、将来の 320 km/h 化時に即応できるものとする。

(3) 建設工程

建設工程は二段階整備ケースと同じとし、2 期 3 区間に分けた建設工程を想定する。準高速での運行は、第 1 期の北部と南部の区間において、中部区間が開通するまでの期間と想定する。

準高速の対象となる区間は、北部区間のノックホイービン 283 km と南部区間のニャチャンートゥティエム 363 km であり、2030 年の開業を想定する。2040 年には中部区間のビンーニャチャン 896 km を開業し、準高速から高速に移行する。

建設工程と概要を、次の図と表に示す。



出典：JICA 調査団

図 1.1：建設工程（準高速ケース）

表 1.1：概要（準高速ケース）

区間	起終点	延長	建設期間	開業	運行最高速度
北部	ノックホイービン	283 km	2025-2030	2030	2040 まで 200 km/h、 2040 以降 320 km/h
南部	ニャチャンートゥティエム	363 km	2025-2030		
中部	ビンーニャチャン	896 km	2030-2040	2040	320 km/h

出典：JICA 調査団

2. 需要予測

2.1 検討の前提

需要予測の方法は高速運転で行った方法と同一とする。高速運転ケースと異なる条件は、最高速度を 200 km/h（停車時間を含めた平均速度は 150 km/h）とする点である。料金設定水準は同一条件に据え置く（900 VND/km）が、速達性のサービス水準が低くなることから、料金を既存鉄道水準程度（700 VND/km）にしたケースを参考として感度分析を行った。

2.2 検討結果

2030 年における駅間の乗客数を、高速運転と対比して次に示す。準高速の場合、全体の乗客数は、高速運転ケースに比べて北区間と南区間を合わせて約 13% 低くなる結果である。

(1) 北区間

表 2.1 : 駅間乗客数の比較（2030 年）（北区間）

準高速（200 km/h）	Ngoc Hoi	Phu Ly	Nam Dinh	Ninh Binh	Thanh Hoa	Vinh
Ngoc Hoi	0	10,796	11,715	1,529	3,115	4,654
Phu Ly	0	0	2	97	110	38
Nam Dinh	0	0	0	74	57	115
Ninh Binh	0	0	0	0	684	83
Thanh Hoa	0	0	0	0	0	1,796

高速（320 km/h）	Ngoc Hoi	Phu Ly	Nam Dinh	Ninh Binh	Thanh Hoa	Vinh
Ngoc Hoi	0	11,034	12,070	1,603	3,337	8,676
Phu Ly	0	0	2	100	116	42
Nam Dinh	0	0	0	75	59	322
Ninh Binh	0	0	0	0	700	237
Thanh Hoa	0	0	0	0	0	2,139

注：Ngoc Hoi（ノックホイ）、Vinh（ビン）

出典：JICA 調査団

(2) 南区間

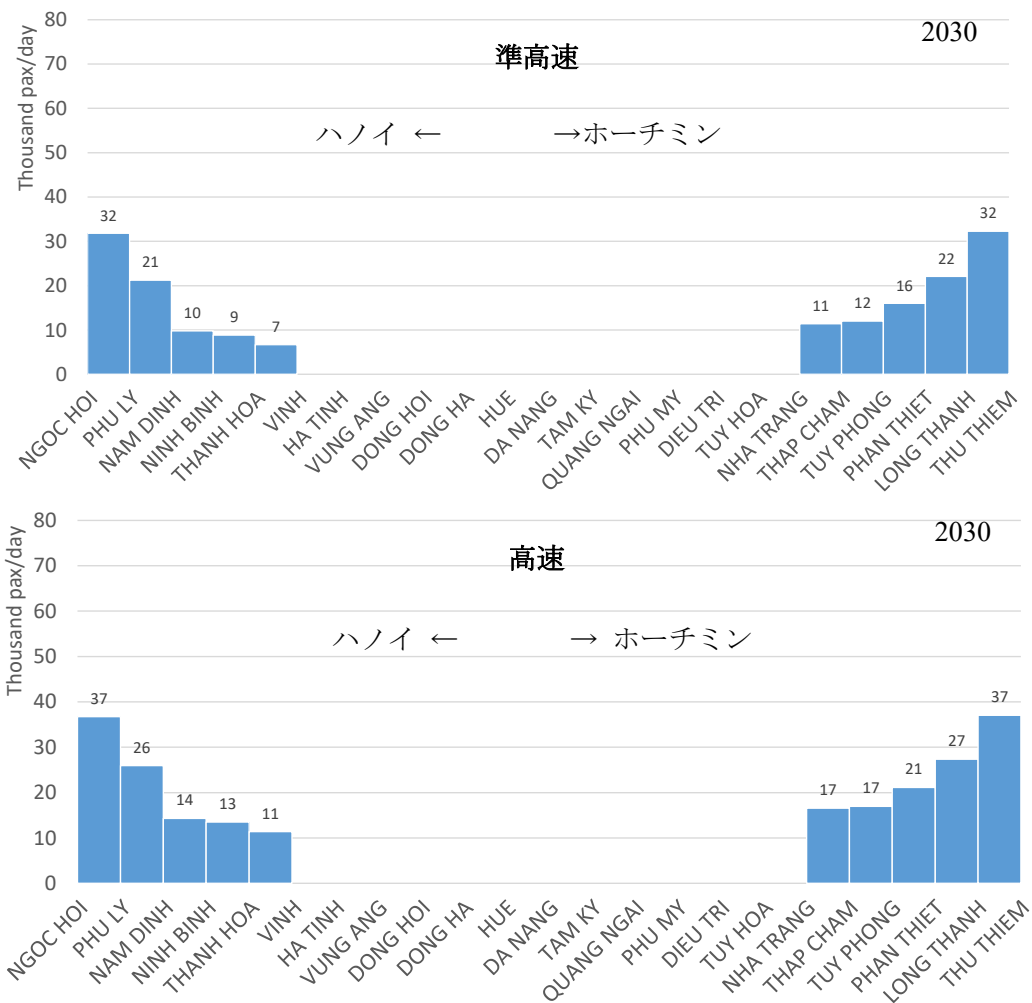
表 2.2 : 駅間乗客数の比較（2030 年）（南区間）

準高速（200 km/h）	Thap Cham	Tuy Phong	Phan Thiet	Long Thanh	Thu Thiem
Nha Trang	1,008	578	866	893	8,039
Thap Cham	0	445	668	51	457
Tuy Phong	0	0	0	506	4,553
Phan Thiet	0	0	0	758	6,826
Long Thanh	0	0	0	0	12,415
Thu Thiem	0	0	0	0	0

高速（300 km/h）	Thap Cham	Tuy Phong	Phan Thiet	Long Thanh	Thu Thiem
Nha Trang	1,231	589	884	1,386	12,470
Thap Cham	0	450	676	53	474
Tuy Phong	0	0	0	519	4,671
Phan Thiet	0	0	0	778	7,006
Long Thanh	0	0	0	0	12,415
Thu Thiem	0	0	0	0	0

注：Nha Trang（ニャチャン）、Long Thanh（ロンタイン）、Thu Thiem（トゥティエム）

出典：JICA 調査団



注：Ngoc Hoi（ノックホイ）、Vinh（ビン）、Hue（フエ）、Da Nang（ダナン）、Nha Trang（ニャチャ
ン）、Long Thanh（ロンタイン）、Thu Thiem（トゥティエム）
出典：JICA 調査団

図 2.1：区間別乗客数の比較（2030 年）

参考として、料金水準を変えた場合の結果を感度分析として示す。料金水準を既存鉄道水
準まで落とした場合の乗客数は高速ケースの場合とほぼ同じ水準である。

表 2.3：駅間乗客数の比較（2030 年）

料金水準 (VND/km)	総乗客数需要 (人/日)			最大断面需要 (人/日)		
	900	800	700	900	800	700
準高速 200 km/h	72,928 (87)	76,537 (91)	80,341 (96)	32,290 (87)	34,662 (94)	37,692 (102)
高速 320 km/h	84,114 (100)	-	-	37,036 (100)	-	-

注：() 内は高速ケースの乗客数を 100 とした場合の指数
出典：JICA 調査団

3. 列車運行計画

2030年に北部区間と南部区間が開業し、その後2040年に全線が開業するまでの間、最高速度200 km/hで運行する場合（準高速ケース）の列車運行計画を検討する。

全線が開業する2040年以降は320 km/h運転となるので、列車運行計画は高速ケース（二段階整備）と同一である。

3.1 運行計画（準高速ケース）

(1) 運行計画の前提

輸送計画の前提条件は、次のとおりである。

- 1) 2030年に北部区間（ノックホイ - ビン）及び南部区間（ニャチャン - トゥティエム）を開業する。
- 2) 列車の運行最高速度は200 km/hとする。
- 3) 需要は列車速度を反映した予測値とする。
- 4) 車両は2040年以降も速度320 km/hで継続使用できるよう高速ケース（二段階整備）と同じ車種とする。
編成は8両で乗客定員を555人とし、1日当たりの列車本数を高速ケース（二段階整備）と同程度とする。
2040年以降の高速運転で、4組の電動車ユニット（2両単位）を連結して16両編成化する。
- 5) 列車の運行時間帯は6:00-24:00とする。

(2) 駅間運転時間

北部区間も南部区間も区間長が短いので、急行タイプの列車は設定しない。上記の前提条件に基づき算定した駅間距離及び運転時分を表3.1及び表3.2に示す。途中駅での停車時間は2分としている。所要時間は、ノックホイ - ビンが1時間50分、ニャチャン - トゥティエムが2時間15分である。

表 3.1 : 駅間距離と運転時間 (ノックホイ - ビン)

Ngoc Hoi → Vinh

	駅名	駅中間位置 (単位m)	駅間距離 (単位m)	運行時分	停車時分
				準高速	
1	Ngoc Hoi	0			
			46,300	16 : 30	
2	Phu Ly	46,300			2:00
			25,800	10 : 15	
3	Nam Dinh	72,100			2:00
			27,600	10 : 45	
4	Ninh Binh	99,700			2:00
			51,700	18 : 15	
5	Thanh Hoa	151,400			2:00
			131,100	42 : 15	
6	Vinh	282,500			
				1:38:00	8:00

運転時分	1:38:00
停車時分計	8:00
余裕時分	0:04:00
計	1:50:00

Vinh → Ngoc Hoi

	駅名	駅中間位置 (単位m)	駅間距離 (単位m)	運行時分	停車時分
				準高速	
1	Vinh	0			
			131,100	42 : 15	
2	Thanh Hoa	131,100			2:00
			51,700	18 : 15	
3	Ninh Binh	182,800			2:00
			27,600	10 : 45	
4	Nam Dinh	210,400			2:00
			25,800	10 : 15	
5	Phu Ly	236,200			2:00
			46,300	16 : 30	
6	Ngoc Hoi	282,500			
				1:38:00	8:00

運転時分	1:38:00
停車時分計	8:00
余裕時分	0:04:00
計	1:50:00

注 : Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)

出典 : JICA 調査団

表 3.2 : 駅間距離と運転時間 (ニャチャン - トゥティエム)

Nha Trang → Thu Thiem

	駅名	駅中間位置 (単位m)	駅間距離 (単位m)	運行時分	停車時分
				準高速	
1	Nha Trang	0			
			76,900	25 : 45	
2	Thap Cham	76,900			2:00
			67,200	22 : 45	
3	Tuy Phong	144,100			2:00
			65,400	22 : 15	
4	Phan Thiet	209,500			2:00
			117,900	38 : 15	
5	Long Thanh	327,400			2:00
			36,000	13 : 15	
6	Thu Thiem	363,400			
				2:02:15	8:00

運転時分	2:02:15
停車時分計	8:00
余裕時分	0:04:45
計	2:15:00

Thu Thiem → Nha Trang

	駅名	駅中間位置 (単位m)	駅間距離 (単位m)	運行時分	停車時分
				準高速	
1	Thu Thiem	0			
			36000	13 : 15	
2	Long Thanh	36,000			2:00
			117900	38 : 15	
3	Phan Thiet	153,900			2:00
			65400	22 : 15	
4	Tuy Phong	219,300			2:00
			67200	22 : 45	
5	Thap Cham	286,500			2:00
			76900	25 : 45	
6	Nha Trang	363,400			
				2:02:15	8:00

運転時分	2:02:15
停車時分計	8:00
余裕時分	0:04:45
計	2:15:00

注 : Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)
出典 : JICA 調査団

(3) 駅間輸送量と列車設定本数

駅間輸送量を次表に示す。

表 3.3 : 駅間輸送量 (準高速ケース)

(人・日・往復)

区間	2030 年
Ngoc Hoi – Phu Ly	31,809
Phu Ly – Nam Dinh	21,260
Nam Dinh – Ninh Binh	9,789
Ninh Binh – Thanh Hoa	8,856
Thanh Hoa – Vinh	6,686
Vinh – Ha Tinh	0
Ha Tinh – Vung Ang	0
Vung Ang – Dong Hoi	0
Dong Hoi – Dong Ha	0
Dong Ha – Hue	0
Hue – Da Nang	0
Da Nang – Tam Ky	0
Tam Ky – Quang Ngai	0
Quang Ngai – Phu My	0
Phu My – Dieu Tri	0
Dieu Tri – Tuy Hoa	0
Tuy Hoa – Nha Trang	0
Nha Trang – Thap Cham	11,384
Thap Cham – Tuy Phong	11,997
Tuy Phong – Phan Thiet	16,033
Phan Thiet – Long Thanh	22,083
Long Thanh – Thu Thiem	32,290

注 : Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、
Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh
(ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典 : JICA 調査団

列車本数は平均乗車率が高速ケースと同じ70%となるように設定した。

表 3.4 : 区間別列車設定本数 (準高速ケース)

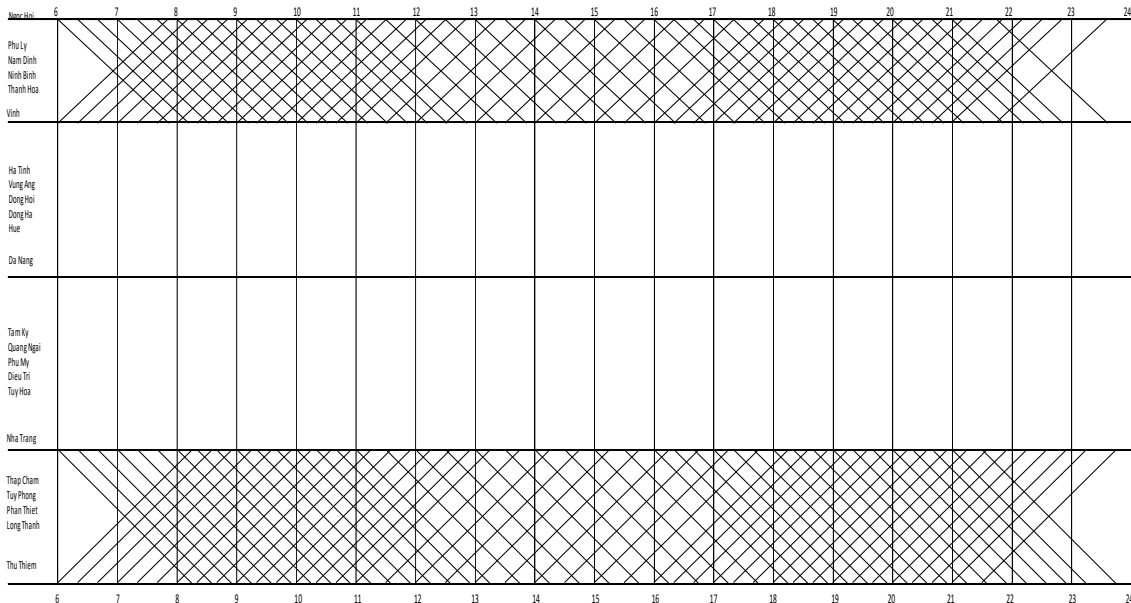
	列車設定区間	駅間輸送量 A	列車編成諸元		列車本数			駅間距離 G	列車キロ H=F×2×G
			編成両数 B	編成定員 C	乗車人数 D=C×0.7	算出結果 =A/(2×D)	設定本数 F		
高速ケース (二段階整備)	ノックホイ - ビン	36,720	10	740	518	35.4	36	282.5	20,340.0
	ニャチャン - トゥティエム	37,036	10	740	518	35.7	36	363.4	26,164.8
準高速ケース	ノックホイ - ビン	31,809	8	555	388.5	40.9	42	282.5	23,730.0
	ニャチャン - トゥティエム	32,290	8	555	388.5	41.6	42	363.4	30,525.6

- A 各駅間の輸送量の最大値 (人・日・往復)
- B 編成両数 (両/編成)
- C 編成定員 (人/列車) 5両編成は10両編成の按分
- D 70%乗車時の人数 (人/列車)
- E 算出結果 (本/日・片道)
- F 列車編成の運用等も考慮した設定本数 (本/日・片道)
- G 駅間距離 (km)
- H 駅～車両基地間回送キロを除く (km/日・往復)

出典 : JICA 調査団

(4) 列車運行計画と列車設定本数

北部区間 (ノックホイ - ビン) も南部区間 (ニャチャン - トゥティエム) も、需要が多い朝、夕～夜の時間帯は3本/時、需要が少ない昼間時間帯は2本/時とした。図 3.1 にダイヤを、表 3.5 に基地別の所要編成数を示す。



注 : Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Hue (フエ)、Da Nang (ダナン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典 : JICA 調査団

図 3.1 : 2030 年ダイヤ (準高速ケース)

表 3.5 : 基地別所要編成数 (準高速ケース)

	緩行運用	小計	小計×0.1	臨時・予備	計
ノックホイ	8	8	0.8	1	9
ビン	8	8	0.8	1	9
ダナン	0	0	0	0	0
ニャチャン	9	9	0.9	1	10
トゥティエム	9	9	0.9	1	10
計	34	34	3.4	4	38

注：検査用編成数を除く。臨時運用・予備は各基地最低1編成を配置する。
 出典：JICA 調査団

3.2 高速運転との比較

高速運転と準高速運転の輸送計画を比較する。

(1) 駅間所要時間

高速運転ケース（二段階整備）の各駅停車と、準高速ケースとの駅間所要時間の比較を、表 3.6 及び表 3.7 に示す。

北部区間（ノックホイ - ビン）では、高速運転が 82 分に対し、準高速運転では 110 分と約 30 分所要時間が長い。また南部区間（ニャチャン - トゥティエム）では、高速運転が 98 分に対し、準高速運転では 135 分と約 40 分所要時間が長い。

表 3.6 : 北部区間（ノックホイ - ビン）の運転時分比較

Ngoc Hoi → Vinh

	駅名	運行時分		停車時分
		高速運行	準高速	
1	Ngoc Hoi			
		12 : 00	16 : 30	
2	Phu Ly			2:00
		8 : 15	10 : 15	
3	Nam Dinh			2:00
		8 : 30	10 : 45	
4	Ninh Binh			2:00
		13 : 00	18 : 15	
5	Thanh Hoa			2:00
		28 : 00	42 : 15	
6	Vinh			
		1:09:45	1:38:00	8:00

運転時分	1:09:45	1:38:00
停車時分計	8:00	8:00
余裕時分	0:04:00	0:04:00
計	1:21:45	1:50:00

Vinh → Ngoc Hoi

	駅名	運行時分		停車時分
		高速運行	準高速	
1	Vinh			
		28 : 00	42 : 15	
2	Thanh Hoa			2:00
		13 : 00	18 : 15	
3	Ninh Binh			2:00
		8 : 30	10 : 45	
4	Nam Dinh			2:00
		8 : 15	10 : 15	
5	Phu Ly			2:00
		12 : 00	16 : 30	
6	Ngoc Hoi			
			1:38:00	8:00

運転時分	1:09:45	1:38:00
停車時分計	8:00	8:00
余裕時分	0:04:00	0:04:00
計	1:21:45	1:50:00

注 : Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)

出典 : JICA 調査団

表 3.7 : 南部区間（ニャチャン - トゥティエム）の運転時分比較

Nha Trang → Thu Thiem

	駅名	運行時分		停車時分
		高速運行	準高速	
1	Nha Trang			
		17:45	25 : 45	
2	Thap Cham			2:00
		16 : 00	22 : 45	
3	Tuy Phong			2:00
		15 : 45	22 : 15	
4	Phan Thiet			2:00
		25 : 30	38 : 15	
5	Long Thanh			2:00
		10 : 00	13 : 15	
6	Thu Thiem			
		1:25:00	2:02:15	8:00

運転時分	1:25:00	2:02:15
停車時分計	8:00	8:00
余裕時分	0:04:45	0:04:45
計	1:37:45	2:15:00

Thu Thiem → Nha Trang

	駅名	運行時分		停車時分
		高速運行	準高速	
1	Thu Thiem			
		10 : 00	13 : 15	
2	Long Thanh			2:00
		25 : 30	38 : 15	
3	Phan Thiet			2:00
		15 : 45	22 : 15	
4	Tuy Phong			2:00
		16 : 00	22 : 45	
5	Thap Cham			2:00
		17 : 45	25 : 45	
6	Nha Trang			
		1:25:00	2:02:15	8:00

運転時分	1:25:00	1:38:00
停車時分計	8:00	8:00
余裕時分	0:04:45	0:04:00
計	1:37:45	1:50:00

注 : Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)
出典 : JICA 調査団

(2) 輸送量と列車本数

駅間の輸送量及び列車設定本数の比較を、表 3.8 及び表 3.9 に示す。

表 3.8 : 駅間輸送量の比較 (2030 年)

(人・日・往復)

区間	高速	準高速
Ngoc Hoi – Phu Ly	36,720	31,809
Phu Ly – Nam Dinh	25,946	21,260
Nam Dinh – Ninh Binh	14,330	9,789
Ninh Binh – Thanh Hoa	13,489	8,856
Thanh Hoa – Vinh	11,416	6,686
Nha Trang – Thap Cham	16,560	11,384
Thap Cham – Tuy Phong	16,982	11,997
Tuy Phong – Phan Thiet	21,133	16,033
Phan Thiet – Long Thanh	27,357	22,083
Long Thanh – Thu Thiem	37,036	32,290

注：Ngoc Hoi (ノックホイ)、Vinh (ビン)、Nha Trang (ニャチャン)、Long Thanh (ロンタイン)、Thu Thiem (トゥティエム)

出典：JICA 調査団

表 3.9 : 設定列車本数の比較

	列車設定区間	駅間輸送量 A	列車編成諸元		列車本数			駅間距離 G	列車キロ H=F×2×G
			編成両数 B	編成定員 C	乗車人数 D=C×0.7	算出結果 =A/(2×D)	設定本数 F		
高速ケース (二段階整備)	ノックホイ – ビン	36,720	10	740	518	35.4	36	282.5	20,340.0
	ニャチャン – トゥティエム	37,036	10	740	518	35.7	36	363.4	26,164.8
準高速ケース	ノックホイ – ビン	31,809	8	555	388.5	40.9	42	282.5	23,730.0
	ニャチャン – トゥティエム	32,290	8	555	388.5	41.6	42	363.4	30,525.6

- A 各駅間の輸送量の最大値 (人・日・往復)
- B 編成両数 (両/編成)
- C 編成定員 (人/列車) 5 両編成は 10 両編成の按分
- D 70%乗車時の人数 (人/列車)
- E 算出結果 (本/日・片道)
- F 列車編成の運用等も考慮した設定本数 (本/日・片道)
- G 駅間距離 (km)
- H 駅～車両基地間回送キロを除く (km/日・往復)

出典：JICA 調査団

(3) 所要編成数

デポ別の車両編成数の比較を、表 3.10 に示す。高速運転ケースの方が編成数は少ない。また車両数も高速ケースは 300 両と、準高速ケースの 304 両より少ない。この理由は準高速とすることで輸送需要は減るが、速度が低下することで列車の運用効率が下がることによる。

表 3.10 : 運行用の編成数

2030	高速ケース(10両編成)			準高速ケース(8両編成)		
	運用	臨時・予備	計	運用	臨時・予備	計
ノックホイ	6	1	7	8	1	9
ピン	6	1	7	8	1	9
ニヤチャン	7	1	8	9	1	10
トゥティエム	7	1	8	9	1	10
計(編成数)	26	4	30	34	4	38
車両数			300			304

検査用編成数を除く

臨時運転用・予備は各基地最低 1 編成を配置する

出典：JICA 調査団

4. 設備計画

ここでの前提は 2030 年に準高速で開業し、2040 年に 320 km/h へ速度を向上することである。したがって地上設備は、最初から高速で開業するケース（二段階整備）と変わらない。この理由は、耐用年数や取替費用からみて、10 年程度での設備更新が現実的でないからである。

したがって準高速と高速との設備面の相違は、車両に限られる。

4.1 車両

(1) 検修用を含めた編成数

車両を保守するために、日々の検査に加え、車両基地では交番検査、台車検査、全般検査が行われる。検査の周期は、走行距離と走行日数に応じて定められている。車両基地での検査中は営業用に使えないので、そのための編成を準備する必要がある。

次表は高速ケースと準高速ケースについて、検修用を含めた編成数と車両数の比較である。

表 4.1 : 検修用を含めた編成数の比較 (2030 年)

	高速ケース		準高速ケース		備考
	北部区間	南部区間	北部区間	南部区間	
延長 km	282.5	363.4	282.5	363.4	
列車本数	72	72	84	84	
運行編成数	12	14	16	18	
予備編成数	2	2	2	2	
運行用編成数	14	16	18	20	
列車キロ/日	20,376	26,136	23,730	30,526	
列車キロ/編成/日	1,455	1,634	1,318	1,526	列車キロ/日/編成
交番検査周期 (日)	21	18	23	20	30,000 km 又は 30 日
台車検査周期 (日)	412	367	455	393	60,000 km 又は 1.5 年
全般検査周期 (日)	824	735	910	786	120,000 km 又は 3 年
交番検査用編成数	1	1	1	1	
台車検査用編成数	1	1	1	1	
全般検査用編成数	1	1	1	1	
検査用編成数	3	3	3	3	
区間別編成数 計	17	19	21	23	
編成数 合計	36		44		
車両数 合計	360		352		

出典：JICA 調査団

(2) 車両購入価格

車両の購入価格は次表のようになる。

表 4.2 : 車両調達価格の比較

2030年	高速ケース	準高速ケース
編成両数 (両/列車)	10	8
編成数 (編成)	36	44
両数 (両)	360	352
調達価格、経費込 (百万米ドル)	非公開	

出典：JICA 調査団

4.2 投資額

本節は非公開

5. 運営・維持管理

(1) 組織と要員

準高速ケースの運営組織は、高速ケースと同一と考える。要員数は業務量を考慮して設定する。高速ケースとくらべて業務量が変わらないのは、本社及び、支社、駅、線路保守、電路保守、材料調達の分野である。一方、速度が低下するので、運転手や車掌の乗務時間が増える。車両の走行距離が減るので、検修要員は減る。次表は両ケースの要員比較である。

表 5.1 : 要員比較 (2030)

機関		機関数	高速ケース	準高速ケース	差引
本社		1	173	173	
ハノイ支社	支社・運輸指令	1	194	194	
	駅	6	357	357	-
	運輸区	2	131	210	79
	車両検査区	1	38	28	-10
	総合車両所	1	318	239	-79
	保線区	3	429	429	
	電力区	3	337	337	
	信号・通信区	3	284	284	
	資材センター	2	50	50	
	小計	22	2,138	2,128	-10
ホーチミン支社	支社・運輸指令	1	194	194	
	駅	6	371	371	
	運輸区	2	156	258	102
	車両検査区	1	38	37	-1
	総合車両所	1	318	307	-11
	保線区	3	595	595	
	電力区	3	435	435	
	信号・通信区	3	362	362	
	資材センター	2	50	50	
	小計	22	2,519	2,609	90
全社	本社	1	173	173	
	支社・運輸指令	2	388	388	
	駅	12	728	728	
	運輸区	4	287	468	181
	車両検査区	2	76	65	-11
	総合車両所	2	636	546	-90
	保線区	6	1,024	1,024	
	電力区	6	772	772	
	信号・通信区	6	646	646	
	資材センター	4	100	100	
	計	45	4,830	4,910	80

出典：JICA 調査団

(2) 人件費

本項は非公開

(3) 消費電力

列車が消費する電力量は、列車の速度と走行距離によって変わる。高速ケースでは速度 320 km/h で 10 両編成の列車が走行する場合の電力量を 31.7 kwh/列車キロと考えた。これに対応する準高速ケースの電力量は、18.1 kwh/列車キロとなる。この値は、次のように導かれる。

新幹線の速度と走行抵抗の関係を示す次の経験式¹がある。

$$R = 1.60 + 0.0350 V + (0.0197 + 0.00241 * n) * V^2 / W$$

ここで

R : 走行抵抗 (kgf)

V : 列車速度 (km/h)

W : 車両重量 (ton) 500 ton/10 両

n : 編成数 (両)

上式によれば、速度 320 km/h (10 両編成) と 200 km/h (8 両編成) の走行抵抗は次のとおりである。

320 km/h (10 両編成) : 21.8 kgf

200 km/h (8 両編成) : 12.5 kgf

消費電力量が走行抵抗に比例すると考えれば、準高速ケースは、高速ケースの 57% (=12.5/21.8) を消費する。すなわち準高速ケースは 18.2 kwh/列車キロ (=31.7*0.57) を消費する。

次表は、両ケースの年間の動力用電力量の比較である。

表 5.2 : 動力用の電力比較

項目	高速ケース 10 両 320 km/h	準高速ケース 8 両 200 km/h
走行距離 (列車キロ/日)	46,505	54,256
消費電力 (kwh/列車キロ)	31.7	18.2
動力用電力 (百万 kwh/年)	538	360

出典 : JICA 調査団

通常、駅や工場では、動力用エネルギーの 10% を使用する。この付加的電力を考慮し、想定される単位電力料金を乗じて、全電力費を示す次表が得られる。

¹ 速度定数業務必携 国鉄運転局

表 5.3 : 消費電力と電力費

項目	高速ケース	準高速ケース
動力用電力 (百万 kwh/年)	538	360
その他電力 (百万 kwh/年)	54	36
消費電力計 (百万 kwh/年)	592	396
電力料金 (百万米ドル)	非公開	

出典：JICA 調査団

(4) 車両保守

人件費を除く車両保守費は、部品・材料費、諸経費、車両洗浄費からなる。部品・材料費及び諸経費は、それぞれ保有車両価格の 1.5%及び 0.3%と想定した。両ケースの比較表を次に示す。

表 5.4 : 車両保守費

項目	高速ケース			準高速ケース		
	ハノイ	ホーチミン	計	ハノイ	ホーチミン	計
車両数 (両)	170	190	360	168	184	352
保有車両価格 (百万米ドル)	非公開					
部品・材料費						
諸経費						
車両洗浄費						
合計						

出典：JICA 調査団

(5) 物件費の比較

本項は非公開

(6) 運営費のまとめ

本項は非公開

6. 準高速での運営についての予備的経済評価

本章は非公開