

インド国  
幹線貨物鉄道輸送力強化計画調査  
(エンジニアリング)

最終報告書

Volume 1  
要旨

平成19年10月  
(2007年)

独立行政法人国際協力機構  
(JICA)

日本工営株式会社  
社団法人 海外鉄道技術協力協会  
株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル

社会

JR

07-60

インド国  
幹線貨物鉄道輸送力強化計画調査  
(エンジニアリング)

最終報告書

Volume 1  
要旨

平成19年10月  
(2007年)

独立行政法人国際協力機構  
(JICA)

日本工営株式会社  
社団法人 海外鉄道技術協力協会  
株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル

## インド国 幹線貨物鉄道輸送力強化計画調査（エンジニアリング）

### ファイナル・レポートの構成

- Volume 1 要旨（タスク 0、タスク 1 およびタスク 2）／和文及び英文
- Volume 2 ファイナル・レポート（タスク 0& 1）／和文（要約）及び英文
- Volume 3 ファイナル・レポート（タスク 2）／和文（要約）及び英文
- Volume 4 別添 1 技術資料（Annex 1 Technical Working Papers）／英文
- Volume 5 別添 2 概略設計図面（Annex 2 Preliminary Design Drawings）／英文(限定部数)

#### 交換レート

US\$1.00 = INR42.98

INR1.00 = JPY 2.77

## 序 文

2005年4月29日、デリーにおける日印首脳会談において、両国首相は「日印グローバル・パートナーシップ強化のための8項目の取り組み」を通して両国のグローバル・パートナーシップを強化することに合意しました。また同時に、本邦技術活用制度（STEP）がインドにおける大規模インフラプロジェクトを実施するための効果的整備手法の一つであるとの認識を共有し、本邦技術・専門知識の支援を受けて本件調査を実施することについて確認しました。

このような両国の理解を背景に、2005年7月、インド政府は優先順位の高い交通開発計画プロジェクトとして幹線貨物鉄道建設計画（デリー～ムンバイ間及びデリー～ハウラー間）の事業化可能性について我が国に技術協力を要請しました。

この要請を受け、2005年10月、日本政府は独立行政法人国際協力機構（以下、JICA）を通じ上記プロジェクトに必要な情報の収集・分析を行うための予備調査団を派遣し、JICAとインド鉄道省との間で同プロジェクトの事業化可能性調査を協力して実施することについて同意が取り交わされました。翌月、2005年11月に日本政府はその予備調査結果に基づき、“幹線貨物鉄道輸送力強化計画調査（デリー～ムンバイ間及びデリー～ハウラー間）”の事業化可能性調査の実施を決定しました。

2006年2月にJICAは事前調査団を派遣し同調査の実施細則（S/W）の確認を行い、協議議事録（M/M）を作成、インド鉄道省との間で署名を取交わしました。

この実施細則に基づき、JICAは平成18年5月から日本工営株式会社の澁谷實氏を団長とし、同社及び社団法人海外鉄道技術協力協会、株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの3社から構成される調査団による本格調査を開始しました。

本報告書は、平成18年5月から平成19年10月末までに同調査団が実施した調査について取りまとめたものです。なお、本調査に先立ち、JICAは、日本貨物鉄道株式会社の岩沙克次特別顧問を委員長とする国内支援委員会を設立しました。JICAに対する適確なご支援および関係省庁との協議調整にもご尽力いただきました岩沙委員長、国内支援委員の皆様がこの場を借りて御礼申し上げます。

最後に、この調査報告書が本プロジェクトの推進に大いに寄与することを願いつつ、本調査にご協力いただいた現地の方々その他関係各位に感謝申し上げます。

平成19年10月

独立行政法人 国際協力機構

理事 橋本 栄治

平成 19 年 10 月

独立行政法人 国際協力機構  
理事 橋本 栄治 殿

## 伝 達 状

謹啓、時下益々ご清栄の事とお慶び申し上げます。

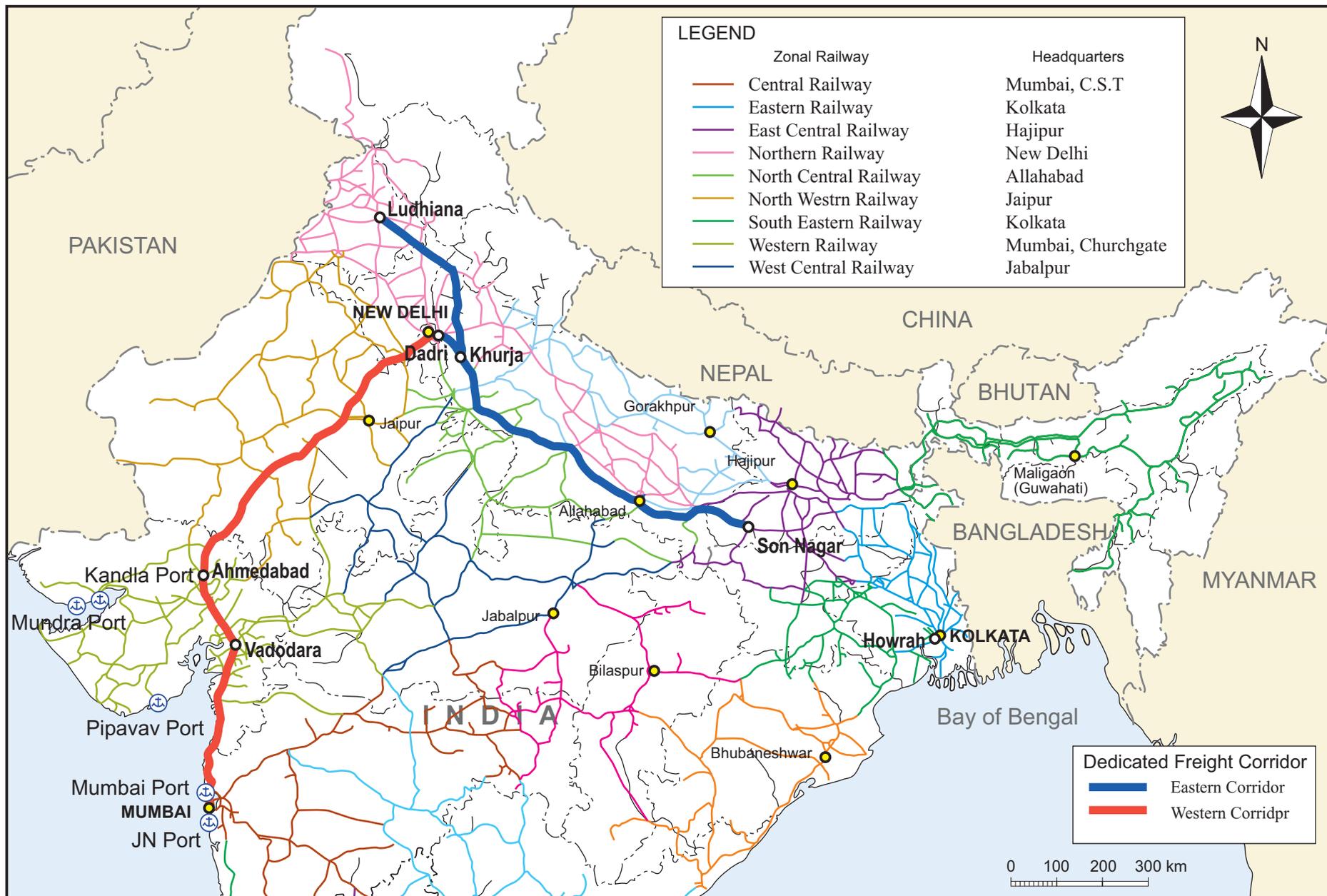
ここに「インド国 幹線貨物鉄道輸送力強化計画調査（エンジニアリング）」の最終報告書を提出いたします。

本報告書は、貴機構との契約に基づき、2006 年 5 月より 2007 年 10 月末にかけて日本工営株式会社、社団法人海外鉄道技術協力協会、および株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルからなる共同企業体を実施した調査成果を取りまとめたものです。本報告書は事業実行可能性を検証するにあたり技術的妥当性、財政的実行可能性、および環境・社会面での持続可能性等の側面から検討結果を網羅致しました。

本報告書の提出にあたり、諸般のご協力を賜った貴機構、国内支援委員会、外務省、在インド日本大使館ならびにインド国鉄道省、カウンターパート・スタッフの方々に心からの謝意を表するとともに、この報告書がインド国の発展に貢献することを祈念いたします。

謹白

幹線貨物鉄道輸送力強化計画調査  
共同企業体  
日本工営株式会社  
社団法人 海外鉄道技術協力協会  
株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル  
団長 渋谷 實



**LOCATION MAP**

プロジェクト概要

---

## プロジェクト概要 (全区間)

No.	項目	細目	
		西回廊	東回廊
0	対象区間		
		JNPT - Vasai Rd – Vadodara – Ahmedabad – Ajmer – Rewari - Dadri	Sonnagar - Mughal Sarai – Kanpur – Khurja – Dadri、 Khurja – Kalanaur - Dhandari Kalan(Ludhiana)
1	区間延長		
	総延長	1,468 km	1,309 km
	- 複線区間	1,468 km	883 km
	- 単線区間	-	426 km
2	縦断勾配		
	- 最急勾配	1 : 200 (5/1000)	
	- ヤード内最急勾配	1 : 1200 (0.83/1000) 1 : 400 (2.5/1000) やむを得ない場合	
3	標準仕様		
	- ゲージ	1,676 mm	
	- レール	UIC 60 kg/m、 HH rail	
	- 枕木	PC 1660 本/km、 本線部 PC 1540 本/km、 副本線・側線	
	- 分岐器	12 番マンガククロスینگ、PC 枕木または合成枕木。 重要度の低い側線は、8 1/2 番。	
	- バラスト厚	300 mm	
	- 最高速度	100 km/hr	
- 列車と軸重	ウェルタイプダブルスタックコンテナ列車および最大 5800 トンの石炭列車等、軸重 25 トン		
4	盛土構造 (迂回区間)		
	- 複線区間盛土幅	12.5 m	
	- 法面勾配	2H: 1V	
	- 複線区間切土幅	14.9 m (11.9 m+1.5 m×2 側溝部を含む)	
	- 切土勾配	1:1	
	- ブランケット厚	0.60 m	

No.	項目	細目	
		西回廊	東回廊
5	曲線		
	- 最急曲線	2.5 度 (曲線半径 700 m)	
	- 曲線補正	曲率 1 度あたり 0.04 %	
6	車両限界		
	- 車両限界高	6.83 m	
7	建築限界		
	- 建築限界高	7.76 m	
8	軌道中心間隔		
	DFC 軌道中心間隔	5.5 m	
	既存線と DFC の軌道中心間隔	6.0 m	
9	橋梁		
	- 設計荷重	軸重 30 ton, 荷重密度 12 ton/m	
	- 重要橋梁延長	12,810m (18 橋)	2,660m (6 橋)
	- 主要橋梁延長	16,890 m	9,740m
10	交差道路		
	- 跨道橋箇所数 (迂回区間)	133	79
	- 踏切箇所数	505	368
	- 跨線橋箇所数(架替)	27	8
	- 跨道橋箇所数(腹付区間)	357	202
11	交差線路		
	- フライオーバー箇所数	41	31
12	駅		
	- ジャンクションステーション	9 駅	12 駅
	- ターミナルステーション	3 駅	2 駅(Dadri を含まず)
	- クロッシングステーション		
	複線区間	32 駅	16 駅
単線区間	-	36 駅	
13	トンネル		
	- トンネル箇所数	1	0
	- トンネル延長	4,000m	-

No.	項目	細目		
		西回廊	東回廊	
14	必要取得用地			
	- 軌道部	5,411 ha	2,832ha	
	- 跨線橋	44 ha	12 ha	
	合計	5,455 ha	2,844 ha	
15	迂回区間			
	- 区間延長	474 km	275 km	
16	信号・通信システム			
	- 信号システムのタイプ	AF 軌道回路を用いた ATS 付自動信号システム		
	- 閉塞区間長	標準部：1.5 km 駅付近：1 km		
	- 通信システム	GSM-R		
17	列車牽引方式			
	- 機関車タイプ	電気機関車	電気機関車	
	- 電化システム	25 kV AC		
	- き電方式	AT き電(25kVx2)		
18	概算事業費 (百万. Rs)			
	- 建設費	164,655	110,540	
	- コンサルティングサービス費	5,432	3,419	
	- 物的予備費	10,079	7,356	
	- プライスエスカレーション	18,838	13,749	
	- 用地取得費	26,640	25,495	
	- 税金	2,234	1,326	
	- 一般管理費	10,599	7,235	
	- 建中金利	9,608	7,102	
	- 機関車調達費	39,334	36,217	
	合計	<b>287,420</b>	<b>212,437</b>	

No.	項目	細目	
		西回廊	東回廊
19	列車運行システム		
	- 運行タイプ	運転士 1 人体制 (ブレーキバン連結なし)	
	- 最高速度	100 km/hr	
	- 線路容量 複線区間 単線区間	1 方向あたり 140 本/日 (保守間合 4 時間) 1 方向あたり 25 本/日 (保守間合 4 時間)	
	- 列車長	686 m CSR 対応	
20	経済・財務評価		
	- 内部経済収益率(EIRR)	14.09 %	15.26 %
	- 内部財務収益率(FIRR)	9.08 %	15.59 %
21	経済波及効果		
	- 生産波及効果	1,386 十億 Rs.	
	- 粗付加価値波及効果	700 十億 Rs.	
	- 政府への波及効果	22 十億 Rs.	
	- 企業利益への波及効果	249 十億 Rs.	
	- 世帯への波及効果	372 十億 Rs. 110 万人	

## プロジェクト概要 (Phase I-a 区間)

No.	Description	Details	
		西回廊	東回廊
0	対象区間		
		Vadodara – Ahmedabad – Ajmer - Rewari	Mughal Sarai - Kanpur - Khurja
1	区間延長		
	延長(Phase I-a 区間)	918 km	710 km
2	縦断勾配		
	- 最急勾配	1 : 200 (5/1000)	
	- ヤード内最急勾配	1 : 1200 (0.83/1000) 1 : 400 (2.5/1000) やむを得ない場合	
3	標準仕様		
	- ゲージ	1,676 mm	
	- レール	UIC 60 kg/m、 HH rail	
	- 枕木	PC 1660 本/km、 本線部 PC 1540 本/km、 副本線・側線	
	- 分岐器	12 番マンガクローッシング、PC 枕木または合成枕木。 重要度の低い側線は、8 1/2 番。	
	- バラスト厚	300 mm	
	- 最高速度	100 km/hr	
- 列車と軸重	ウェルタイプダブルスタックコンテナ列車および最大 5800 トンの石炭列車等、軸重 25 トン		
4	盛土構造 (迂回区間)		
	- 複線区間盛土幅	12.5 m	
	- 法面勾配	2H: 1V	
	- 複線区間切土幅	14.9 m (11.9 m+1.5 m×2 側溝部を含む)	
	- 切土勾配	1:1	
	- ブランケット厚	0.60 m	

No.	Description	Details	
		西回廊	東回廊
5	曲線		
	- 最急曲線	2.5 度 (曲線半径 700 m)	
	- 曲線補正	曲率 1 度あたり 0.04 %	
6	車両限界		
	- 車両限界高	6.83 m	
7	建築限界		
	- 建築限界高	7.76 m	
8	軌道中心間隔		
	DFC 軌道中心間隔	5.5 m	
	既存線と DFC の軌道中心間隔	6.0 m	
9	橋梁		
	- 設計荷重	軸重 30 ton, 荷重密度 12 ton/m	
	- 重要橋梁延長	5,970m (4 橋)	1,620m (2 橋)
	- 主要橋梁延長	7,960m	2,200m
10	交差道路		
	- 跨道橋箇所数 (迂回区間)	87	48
	- 踏切箇所数	317	212
	- 跨線橋箇所数(架替)	1	2
	- 跨道橋箇所数 (腹付区間)	207	110
11	交差線路		
	- フライオーバー箇所数	29	18
12	駅		
	- ジャンクションステーション	21 駅	14 駅
	- ターミナルステーション	7 駅	8 駅
	- クロッシングステーション	0 駅	0 駅
13	トンネル		
	- トンネル箇所数	0	0

No.	Description	Details	
		西回廊	東回廊
14	必要取得用地		
	- 軌道部	3,329 ha	1,683ha
	- 跨線橋	2 ha	6 ha
	合計	3,331 ha	1,689 ha
15	迂回区間		
	- 区間延長	292 km	153 km
16	信号システム		
	- 信号システムのタイプ	AF 軌道回路を用いた ATS 付自動信号システム	
	- 閉塞区間長	標準部 : 1.5 km 駅付近 : 1 km	
	- 通信システム	GSM-R	
17	列車牽引方式		
	- 機関車タイプ	- 機関車タイプ	- 機関車タイプ
	- 電化システム	- 電化システム	
	- き電方式	- き電方式	
18	概算事業費 (百万. Rs)		
	- 建設費	93,464	61,355
	- コンサルティングサービス費	3,393	1,376
	- 物的予備費	6,770	4,913
	- プライスエスカレーション	12,653	9,182
	- 用地取得費	16,339	15,143
	- 税金	1,332	540
	- 一般管理費	6,628	4,202
	- 建中金利	6,222	4,597
	- 機関車調達費	39,334	36,217
合計	<b>186,136</b>	<b>137,526</b>	

No.	Description	Details	
		西回廊	東回廊
19	列車運行システム		
	- 運行タイプ	運転士 1 人体制 (ブレーキバン連結なし)	
	- 最高速度	100 km/hr	
	- 線路容量		
	複線区間	1 方向あたり 140 本/日 (保守間合 4 時間)	
単線区間	1 方向あたり 25 本/日 (保守間合 4 時間)		
- 列車長	686 m CSR 対応		

目次

---

インド国  
幹線貨物鉄道輸送力強化計画調査（エンジニアリング）

ファイナル・レポート  
要旨

目次

序文

伝達上

位置図

プロジェクト概要

I.	序論 .....	1
II.	インド国内交通における鉄道の位置づけ .....	3
III.	対象地域の社会経済情勢 .....	3
IV.	対象路線の輸送の現状と課題 .....	3
V.	鉄道を経由したインターモーダル戦略 .....	4
VI.	線路容量の検討 .....	5
VII.	既存設備の現状および課題 .....	5
VIII.	関連施設の改良・整備計画 .....	7
IX.	技術要素マトリックス .....	8
X.	代替案比較 .....	9
XI.	RITES 調査（PETS II）のレビュー .....	11
XII.	貨物新線事業の整備シナリオの設定 .....	12
XIII.	需要予測 .....	16
XIV.	技術オプションの比較検討 .....	17
XV.	DFC の輸送計画 .....	19
XVI.	施設・設備概略設計 .....	20
XVII.	インターモーダル輸送改善のアクションプラン .....	23
XVIII.	運行保守管理 .....	25
XIX.	環境社会配慮 .....	26
XX.	事業費積算 .....	28
XXI.	経済・財務分析 .....	30
XXII.	事業主体および制度にかかわる考察 .....	32
XXIII.	事業実施計画 .....	33
XXIV.	プロジェクトの総合評価 .....	35
XXV.	結論と提言 .....	36

### 図リスト

付図 1-(1)	DFC 西回廊の段階整備シナリオ	38
付図 1-(2)	DFC 東回廊の段階整備シナリオ	38
付図 2-(1)	事業実施スケジュール（全額 ODA 資金による施工）	39
付図 2-(2)	事業実施スケジュール（日印分担施工）	40
付図 2-(3)	事業実施スケジュール（全体）	41
付図 3-(1)	設計・入札業務実施体制	42
付図 3-(2)	施工管理体制	42

### 表リスト

表-1	西回廊の段階整備シナリオ	14
表-2	東回廊の段階開発シナリオ	15
表-3	DFC 全体の事業費	29
表-4	提案する DFC 第 1 期-A 整備事業の事業費	30

### 略語集

要旨

---

## 要旨

### I. 序論

0. 2005年4月 New Delhi で開催された日印首脳会談において、本邦技術活用（STEP）制度がインドの優先度の高い大規模事業を実施するための効果的な方法の一つである事で両国の見解が一致し、Mumbai～Delhi および Delhi～Howrah 間の貨物専用新線（Dedicated Freight Corridor : DFC）建設事業（本プロジェクト）について、STEP を利用した実施可能性を協力して検証していくことが合意された。この合意に基づき、2005年7月にインド政府はJICA 開発調査スキームによる本プロジェクトのフィージビリティ調査（本調査）の実施をわが国に要請し、2005年11月に日本政府は本調査の実施を決定した。JICA は2006年2月に事前調査団を派遣し、本調査実施に係わる S/W と M/M を取り交わし、同年5月にコンサルタントを調達し調査を開始した。本調査は1) 対象路線の現状および問題点の把握（タスク0）、2) 代替案比較による貨物新線建設事業の妥当性の検証（タスク1）、3) 貨物新線の実施可能性の検証（タスク2）および4) わが国の鉄道関連技術・知見のインド側との共有、を目的として実施される。本調査は2007年3月までにタスク1を終了し、同年10月までにタスク2を含む全調査を完了する予定である。なお、調査を円滑に進めるため、JICA 調査団は、①統合マネジメント、②インターモーダルプロジェクト研究、③エンジニアリング、の三つのグループで構成された。

インド国幹線貨物鉄道輸送力強化計画調査(本調査)は2006年6月から現地調査が開始された。本調査の対象範囲は、日印双方が事前調査時のS/Wで確認した以下の範囲である。

- 1) DFC 西回廊： Jawaharlal Nehru Port Terminal (JNPT) - Dadri、Tuglakabad ICD までの支線を含む
- 2) DFC 東回廊： Sonnagar - Dhandarikalan (Ludhiana)、Khruja-Dadri 間の支線を含む

インド国政府はDFC東回廊をSon NagarからKolkata地区の深海港地点まで延伸することを決定している。この延伸区間を本調査の対象に加えることについては調査団・鉄道省間で調査期間中に協議されたが、DFC東回廊が接続すべきKolkata地区の深海港地点が本調査期間内に決定されなかったため、この延伸区間は本調査対象外とされた。

1. ファイナル・レポートは本調査開始以後2007年10月までの全調査成果を取りまとめたものであり、タスク0「対象路線の現状および問題点の把握」およびタスク1「代替案比較による貨物新線案の妥当性の検討」およびタスク2「貨物新線の実施可能性の検証」の全調査内容を含んでいる。また、本報告書は、2007年9月18日にインド国鉄道省に提出したドラフト・ファイナル・レポートに対するコメントを同省から同年10月17日に受領し、コメントを考慮して作成したものである。
2. 最終報告書の全体は以下の構成となっている。

Volume 1 要旨（タスク0、タスク1およびタスク2） / 和文および英文

- Volume 2 最終報告書 (タスク 0 およびタスク 1) / 和文(要約)および英文
- Volume 3 最終報告書 (タスク 2) / 和文(要約)および英文
- Volume 4 別添 1 技術資料 (Annex 1 Technical Working Papers) / 英文
- Volume 5 別添 2 概略設計図面 (Annex 2 Preliminary Design Drawings)  
/英文 (限定部数)

## <タスク 0 輸送力強化のための基礎的検討>

### II. インド国内交通における鉄道の位置づけ

3. インド政府は昨年 12 月に第 11 次国家 5 ヶ年計画（2007 年-2012 年）のアプローチ・ペーパーを発表した。鉄道セクターの Working Group Paper では輸送力増強の方策として DFC の建設と機関車（5 年間で 1,800 両）を含む車両の増強が計画に盛り込まれている。また貨物輸送ビジネスの推進領域として Public Private Partnership (PPP)による物流基地や貨物ターミナル事業への参加が提唱されている。
4. 鉄道による輸送量は年々増加しているが、一方で輸送全体に占める鉄道のシェアは、旅客・貨物輸送とも低下傾向にある。これは、道路網の整備とモータリゼーションの進展によるものであるが、現状の鉄道輸送量が施設能力の限界に近い状態にあることも原因の一つであり、シェア増加のため鉄道輸送力を増強する事が求められている。また道路輸送に対して競争力を確保するためには、顧客志向の輸送サービスの充実が求められている。

### III. 対象地域の社会経済情勢

5. 提案されている東西貨物新線は、西海岸に面したマハラシュトラ州（州都 Mumbai）から東海岸に面した西ベンガル州（州都 Kolkata）までの間の 10 州を通過する。この 10 州だけで人口 6.2 億人を擁する。Mumbai を中心にした西部沿岸地区（マハラシュトラ州、グジャラート州）はいくつかの深海港を抱え工業、商業が盛んである。Delhi を中心にした首都圏地区は人口集中が著しく工業、商業、農業とも進展している。北部のパンジャブ州は豊かな土壌に恵まれインドの穀倉地帯である。Kolkata を中心にした東部沿岸地区（西ベンガル州）は近年の経済成長が著しい。西ベンガル州の後背に位置するジャルカンド州は石炭、鉄鉱資源に恵まれ、これに依存した製鉄所等の重工業が発達している。

### IV. 対象路線の輸送の現状と課題

6. バルク輸送での拠点間輸送の場合を除いて、鉄道貨物輸送は鉄道のみでは輸送が完結せず、港や集荷場、Inland Container Depot (ICD)への接続および道路輸送との連携が不可欠である。今後貨物輸送のコンテナ化が世界的に進展していくものと想定され、本プロジェクトにとっても大きなビジネスターゲットとなる。コンテナ輸送は複合輸送（インターモーダル輸送）を前提に貨物の積替えをできる限り容易にした貨物輸送システムであるが、鉄道によるコンテナ輸送のサービス向上には積替え施設、異なった輸送モード間の連携の向上が不可欠であり、この部分の改善により道路コンテナ輸送との間の競争力が担保されることを認識する必要がある。
7. 対象路線が接続する港湾施設としては、西回廊には Mumbai 周辺の Jawaharlal Nehru 港（JN 港、最大バース水深 15m）および Mumbai 港（10m）、グジャラート半島の Pipavav 港（12.5m）、Kandla 港（14.6m）および Mundra 港（17m）等の水深 10m 以上の港が存在する。JN 港はインド国最大のコンテナ港でありインド全体の海上コンテナの 60%を取扱っている。一方東回廊には Kolkata 周辺に Kolkata 港（8m）、Haldia 港（8.5m）があるが、いずれも河川港で

水深が浅いため大型コンテナ船が利用できる状況にない。コルカタ地区には深海港計画としてガンガ川河口に位置するサガール港(計画水深 12.5m)の建設計画が提案されているが、この計画はまだ具体化していない。

8. 鉄道コンテナ輸送は 15 社にライセンスが供与されたが、これまでは The Container Corporation of India (CONCOR)の独占状態にあった。同社は全国約 40 箇所に ICD を所有し運営している。Delhi 近郊の ICD は、Tuglakabad (TKD) と Dadri の 2 箇所であり、鉄道に接続している。TKD ICD は Delhi から 17km の近距離にあり、地理的に恵まれているが、接続する道路の整備状況の悪いこと、また ICD 周囲の都市化が進み拡張性のないことが問題である。TKD ICD の計画容量は年間 25 万 TEU とされているが実際には年間約 40 万 TEU を扱っており常時容量超過の状態を呈している。Dadri ICD は 2004 年に操業が開始され、最終的に年間 100 万 TEU の容量が計画されている。しかしながら、計画容量の半分程度が整備されたのみで、アクセス道路の状況も良好であるものの取扱量は 2005-06 年度で 10 万 TEU 程度に止まっている。Delhi から 45km と離れていることが原因と考えられ、荷主は Delhi に近い TKD ICD を選択していることが伺える。CONCOR では貨物新線にあわせて Delhi 近郊に新たな Logistic Park と呼称する大規模 ICD の建設を計画中である。
9. インド国鉄は多くの区間で 1 駅間 1 閉塞の Absolute Blocking System (ABS)を採用しており、駅間に 1 列車しか入れないため、列車運転本数（線路容量）増加の上での大きな障害となっており、輸送力増強のためには 1 駅間に複数の閉塞区間を設けた自動信号化を推進することが必要である。また、貨物列車は列車運転時刻表による計画運転が実施されていないが、貨物輸送サービスの質の向上のため、近代的な列車運行管理システムの導入と貨物列車の計画運転を行うことが求められる。

## V. 鉄道を経由したインターモーダル輸送戦略

10. インドにおける道路輸送は、燃料経費が鉄道輸送に比べて割高であるばかりでなく、州境において通過手続きや州境税の納付など、鉄道輸送に比べて不利な要素があるのにもかかわらず、年々輸送シェアを拡大させている。鉄道側の輸送力不足との関係者の認識があるものの、鉄道側の改善も進まない。一方荷主、道路輸送業者、CONCOR をはじめとする鉄道輸送関係者へのヒアリングからは、鉄道コンテナ輸送は「関係者の連携が悪い」「いつコンテナが着くか判らない」「サービス上の問題があり使いにくい」との問題点が多く指摘された。
11. Mumbai-Dehli 間の鉄道と道路のコンテナ輸送を運賃、所要時間で比較すると、40ft コンテナ当りの運賃は道路 53,000 ルピーに対し、鉄道が 49,000 ルピーと安い。所要時間は道路輸送の方がかなり有利となっていた。したがって、鉄道側では前述の改善方策を実施し、所要時間を全体で 6 日程度に短縮することと合わせて、貨物列車ダイヤと列車予約システムの導入により、コンテナ到着時間を明確化すること緊急の課題である。
12. コンテナは鉄道経由では 1 TEU あたり 20t 以上のコンテナが 6 割を占め、比較的重量品を輸送している反面、軽量で運賃負担力の高い貨物は道路で輸送されている。運賃負担力が高い貨物を呼び込むことのための運賃体系とする工夫も必要である。

13. 顧客志向のサービス実現のためには、顧客対策を ICD 経営の民間輸送事業者まかせにせず、DFC Corporation of India Ltd. (DFCCIL) がイニシアティブをとって鉄道コンテナ輸送全体の顧客サービス向上を図る努力が求められる。DFCCIL および MOR は「貨物追跡システムによる物流可視化の実現」「料金後納の容易化のための信用保証機関の設立など各事業者共通の仕組み作り」「首都圏 ICD 計画の推進」などのインターモーダル輸送サービス改善においてリーダーシップを取り、鉄道コンテナ輸送の競争力を高めるとともに、インターモーダル輸送のコア部分を掌握することによりビジネス拡大チャンスを最大限活かす必要がある。

## VI. 東西回廊の線路容量の検討

14. 線路容量の数値を左右する要素は多くあるが、線路容量の増強には信号改良（自動信号化）と駅構内改良が効果的である。調査団は、自動信号化および駅構内改良（構内通過速度制限なし）を前提に、列車運行ダイヤを作成し、改善された場合の線路容量を算定した。その結果、1日4時間の保守間合いを考慮しても複線電化区間の線路容量として140列車/日/片道を確保できることとなった。これはインド国鉄の当該区間の Line Capacity Statement (2005-06)のもの（=85列車/日/片道。保守間合いを取った後では71本）よりも50%余り上回る。
15. この数値の差異の原因としては、駅構内分岐器の分岐側の速度制限（15km/h または 30km/h 以下）、列車の進行ルートに反対方向の列車の進路を支障する箇所が存在、信号間隔が線路容量を最大化するものとなっていない、機関車の加減速性能が公称より低いことなどが挙げられる。
16. 前 14,15 項の検討と考察を基に、本調査の代替案比較検討で使用する線路容量は、新線（貨物新線、旅客新線）については線路容量計算の前提にした条件が整えられると考え 140 列車/日/片道とした。DFC の単線区間は平均表定速度が倍加すると想定し片道 40 本とした。既存線改良については営業線の改良工事となることの制約を含めて両者の線路容量（140 および 71）の差異の約 50%まで改良可能と想定し 110 列車/日/片道、単線区間については多くの改良が望めないため現行の 20 列車/日/片道とした。

## VII. 既存設備の現状および課題

17. 【輸送】列車の最高運転速度は、非常ブレーキ停止距離 1,200m 以内（日本の場合は 600m）または次の信号機までの距離以内の停止条件で決められている。ほとんどの貨物列車の列車長は線路有効長（686m）限度一杯に設定されており、編成を長くすることはできない。9 に述べたように、ABS 信号方式がネックとなっていることに対しては、自動信号化による輸送力増強が可能である。15 項で述べた制約条件の解消には、分岐器交換や構内配線改良、電子連動採用が課題である。また、列車運行管理も人間主体となっている現状があり、これのシステム化を課題となる。
18. 【停車場】旅客駅/貨物駅/機関区/客車区/貨車区の機能を併せ持った大規模総合駅、待避線/旅客プラットフォーム/貨物設備を備えた中規模駅および待避線/旅客プラットフォームのみ備えた中間駅が存在する。停車場改良に関しては前項に述べたように分岐器交換とともに、

輸送体系の変化に対応した構内配線の整理改良が課題である。

19. 【軌道構造】 インド国鉄は広軌鉄道建設基準のなかで、設計速度を A～E の 5 段階に分類している。重要ルートは A グループに分類され、標準的な軌道構造は、バラスト厚 300mm、PC 枕木採用、枕木間隔 1,660 本/km、60kg/m 規格ロングレールであり、締結装置はバンドロールが採用されている。鉱物資源輸送を主に行っている線区では一部急曲線部に頭部焼入れ（HH）レールを採用している。
20. 【土木構造物】 既存線のほとんどは盛土構造になっており、高架構造は橋梁部を除いて見受けられない。標準的な軌道中心間隔は 5.3m であり、日本の在来線の標準値 3.8m を大きく上回る。地形の平坦な区間は路線のすぐ脇の敷地内の地盤を掘削し盛土を構築しているため、盛土脇が水路状になっている所がある。既存線は概ね周辺地盤より 2m 程度高く、洪水時水位を考慮しているものと推察される。
21. 【橋梁】 インド国鉄では橋長 300m 以上の橋を Important Bridge と分類しており、Important Bridge のほとんどは 30m または 60m を標準スパンとした下路式鋼製トラス橋梁である。100 年以上を経過した橋梁が多いが保守状況は良好であると見受けられた。新設の Important Bridge にはコンクリート橋（PC 箱桁橋）が採用されているケースもある（Sone 川橋等）。Major Bridge と分類されている橋長 30m 以上の橋梁の中で古いものの多くは上路プレートガーダー橋梁であるが、近年架け替えられたものにはコンクリート橋梁が採用されている。
22. 【電気設備】 インド鉄道全体の 25% が電化されており、日本の電化率 26% とほぼ同じである。人キロベースでの旅客輸送の 48%、トンキロベースでの貨物輸送の 61% は電気牽引での輸送となっている。交流 25,000V が採用されている。例外的に直流 1,500V 区間も存在するが、今後 5 年間で交流電化に改修する計画である。Zonal Railway からのヒアリングでは、電力会社からの電力の安定供給について特段の問題はなく、落雷などによる停電障害もほとんど発生しないとのことで、将来の電化に対しても極めて楽観的であった。エネルギー省の長期計画でも発電能力増強が予定されている。
23. 【通信】 インド国鉄は全幹線に沿って光ファイバーケーブルを敷設する計画を実行中であり、2005 年 3 月時点で計画全体 42,000km の内 27,000km の敷設が完了している（事業主体は MOR 参加の SPV である RailTel 社）。余剰回線は商業ベースで外部に提供する事業も開始されている。列車と駅間との通信である移動通信システム（150MHz 帯）は、従来のインド国鉄では限られた少数の地域を除き整備されていなかった。また、このシステムも雑音等の影響を受け利用が困難な状況にあった。そこでインド国鉄では、欧州標準の GSM-R（Global System for Mobile Communication for Railway Applications）の整備計画（敷設延長 3,200km）を決定し、その整備が行われている。
24. 【信号】 信号システムに関しては、9 項で述べたように、整備が遅れている状況にある。駅構内の信号システムでは電気転てつ機も採用されつつあるが、機械式の転轍鎖錠装置が主流であり、継電連動装置も経年の大きいものが使用されており、電子連動装置等の導入が課題である。

25. 【鉄道車両】インド国内には鉄道省傘下の電気機関車、ディーゼル機関車、客車および車輪・車軸の製造工場、国営重電機メーカー並びに民間資本の入った貨車メーカーが存在し、インド国鉄は基本的にこれら国内の車両メーカーから車両を調達している。最新の電気機関車（WAG-9）は誘導電動機駆動 6000 馬力の 6 軸機関車であり、最新のディーゼル機関車（WDG-4）は誘導電動機駆動 4000 馬力の 6 軸機関車となっている。インド国内の車両製造技術は欧州、米国、日本から技術導入しインドに適合させたものとなっている。しかしながら、貨物新線に要求される高速コンテナ列車および重量列車牽引のためには、現状の車両よりも高性能のものが必要となる。

## VIII. 関連施設の改良・整備計画

26. 【鉄道の改良計画】各 Zonal Railway は幹線を中心に改良工事を進めているが、主たる内容は以下の通りであり、当面の輸送需要増加に対応した改良に留まっており、長期的な需要増に対応した抜本的輸送力増強につながるものではない。

- 軌道強化： 52kg/m レール/ 木枕木の区間を 60kg レール/m/ PC 枕木に順次更新
- 橋梁架け替え： 老朽化した橋梁の順次架け替え、新設橋梁は軸重 25t 対応化
- 複線化/広軌化： 幹線に残る単線区間の複線化およびメーターゲージ区間の広軌化
- 自動信号化： 大都市周辺に限られていた自動信号を都市間部である東回廊に沿った Ghaziabad～Kanpur 間に導入予定
- その他： 石炭輸送需要を抱える South-Eastern Railway は管内で完結する石炭輸送ルートについて一般部の許容軸重を 25t、新設橋梁は 30t とする改良を独自に推進

27. 鉄道省は 2004 年 11 月に「総合鉄道近代化計画 2005-2010（IRMP）」を策定した。IRMP は旅客輸送事業の近代化（予算総額約 1,400 億円）、貨物輸送事業の近代化（同 1,300 億円）、その他の近代化（同 3,200 億円）事業で構成されている。旅客輸送は、列車運転の高速化、駅施設の清潔化、情報提供システムの改良が主たる事業内容である。貨物輸送は、貨物駅近代化、顧客情報関連サービスの充実、耐腐食性貨車/軽量貨車の導入や車両ブレーキの改良のほか貨物輸送の高速化（100km/h）、ダブルスタックコンテナ(DSC)輸送の導入などが含まれている。その他の近代化は、客貨に共通する事業であり、軌道の 25t 対応化、橋梁のモニタリング/維持管理システム導入、信号・通信システム近代化、電気・ディーゼル機関車の近代化（インバーター制御化）等が主たる内容である。これらの事業は通常求められる鉄道近代化事業の範疇の内容であり、現状および近未来の輸送需要に対する改善策であって抜本的な輸送力増強効果はない。

28. 【道路の改良計画】国道を管理している港湾省道路運輸部の国道局（NHAI）は、国道改良事業(National Highway Development Project : NHDP)において、黄金の四角形を結ぶ主要幹線道路や国の東西南北の遇部を十字に結合する幹線道路を最優先改修対象路線としている。これに加え、インド国全体のその他の国道を 8 段階（港湾接続道路含む）に分けて整備する方針を立て事業を実施中である。この道路整備事業により、2015 年 12 月には約 50,000km 以上の道路が片側 2 車線以上に改良されるのみならず、BOT による一部有料高速道路や主要都市の環状道路・バイパス・交差点の立体化が整備される計画である。

29. 【港湾の改良計画】 現地踏査および聞き取り調査結果から判明した西回廊の主要港湾における将来の改良計画は以下の通りである。

- i) Mumbai 港 コンテナ取扱能力向上のために、沖合にコンテナ 3 バース、ドック埋立てによる大規模コンテナヤード建設の計画があり、BOT ベースの開発が進められる。これによりコンテナ取扱能力 20 万 TEU/年が 190 万 TEU/年に増強される。
- ii) J.N.港 第 4 ターミナルの建設を計画しており、工事完成後、約 400 万 TEU の取扱能力増加となる。これによりコンテナ取扱能力 360 万 TEU/年が 900 万 TEU/年まで増強される見通しである。
- iii) Pipavav 港 長期的に既存港湾施設の北側に掘込式の Multi-Purpose Port を建設する計画を持っており、その規模は、岸壁延長 2,200m、水深-15m である。コンテナ取扱能力 42 万 TEU/年は 340 万 TEU/年まで増強される。
- iv) Kandla 港 コンテナ取扱能力 17 万 TEU/年を 70 万 TEU/年まで増強する計画である。将来的には岸壁、ターミナル、航路浚渫等の拡張を計画しており、主に工業港の拠点として開発が進むとが想定される。
- v) Mundra 港 Coal Berth (1 バース、2-3 年以内)、LNG Jetty (2、3 年以内)、Liquid Cargo Jetty (1 バース、2 年以内)および Container Berth(13 バース、4-5 年以内)の建設計画を有する。全ての工事完了後、コンテナ 17 バース、バルク 12 バースの計 29 バースとなる。コンテナ取扱能力 120 万 TEU/年は 840 万 TEU/年まで増強される。
- vi) Rewas 港 Maharashtra 州は、J.N.港より南約 10km の Karanja 湾近傍に Rewas 港の建設を進めている。Rewas 港は 1 期工事 6 バース総延長 2,000m(水深 13m)、長期的には 22 バース (水深 13~18m) まで拡張される。Rewas 港では、主にコンテナ、鉄鉱石、石炭、液化バルクが取扱われる予定である。

30. 【ICD の整備計画】 Delhi 首都圏周辺には、大規模 ICD (TKD、Dadri) 2 箇所、小規模 ICD (Loni、Asaoti、Palwal、Kosi Kalan、Rewari) 5 箇所および建設中 ICD (Patli) 1 箇所があり、総取扱量は約 140 万 TEU である。一方、インド国鉄は、2007 年 1 月にフォアオーダー15社と「鉄道貨物輸送業務および ICD の建設・運営の実施権」契約を締結し、民間企業との提携による活性化と効率化を狙っている。それらフォアオーダーは、将来の ICD 計画をインド国鉄に提出することになっているが、2007 年 8 月末時点では提出されていない。ただし、首都圏中心部 Bijwasan (空港南部)、北部 Sonipat・Panipat、南部 Patli に新規 ICD が計画中であるとの個別情報を得ている。

## IX. 技術要素マトリックス

31. 【技術要素マトリックス】 本調査において本プロジェクトに必要とされる技術要素の抽出をマトリックスの形で行った。マトリックスには、信号システム、列車制御システム、コンテナ管理システム、電気機関車、HH レール等、本邦企業が技術的優位性をもつ技術が抽出整理された。本プロジェクトには本邦技術の活用が望まれており、本マトリックスに対するインド側コメントを受け、適用可能な本邦技術の絞込みを行った。

## <タスク 1 貨物新線建設の妥当性の検証>

### X. 代替案比較

32. 事前調査段階での S/W および M/M に基づき、貨物新線案の妥当性を検証するために代替案として旅客新線案、既存線改良案も設定し比較検討を行った、この 3 案のほかにプロジェクト評価のベースケースとなるゼロオプションの条件設定も合わせて実施した。代替案比較は以下の手順にて実施された。

1) 各代替案の内容	各代替案についてそれが持つべき機能・目的を特定し、それに沿って対象路線を設定した
2) 各代替案の得失の評価	代替案の特性を理解するために各代替案の得失を定性的に評価した
3) 輸送需要と輸送容量との比較による第 1 次評価	2021-22 年度および 2031-32 年度の需要と線路容量とを代表区間で比較し、各代替案が輸送需要を充足するかを検証した
4) 経済評価による第 2 次評価	各案の概略事業費を算定し、コスト比較を行なった。

33. 【貨物新線案の内容定義】貨物新線案は、新線は長距離貨物列車が専用使用し、既存線は全ての旅客列車と近距離貨物列車の利用に供するものと想定した。貨物新線のルートは RITES 調査で提案されているルートに従った。貨物新線は貨物輸送を対象としているため、都市中心部を通過する必然性がなく、都市部を迂回した新線ルート設定が可能となる。このため新線建設の用地確保に伴う都市部の土地収用を最小限にし、土地収用費用および住民移転規模を最小限化できる。また現在旅客列車とともに都市中心部を通過している貨物列車を都市郊外にバイパスできるため、都市内の踏切遮断による道路交通障害や沿道の排気ガス、騒音等の影響を軽減できるメリットがある。
34. 【旅客新線案の内容定義】旅客新線案は、新線建設により長距離旅客輸送列車を既存線から新線にシフトさせ、既存線の貨物列車輸送余力を増大させる案と定義した。したがって新線は長距離旅客列車が専用使用し、既存線は全ての貨物列車と一部の旅客列車（ローカル列車）が使用する想定となる。旅客新線は旅客輸送が目的であるので、都市部を迂回するルートは設定できず、基本的に既存線にそって都市部を通過することになる。このことから都市部での新線建設用地の確保が必要となり、土地収用費および住民移転規模が嵩むことになる。また、全ての列車が都市部を通過するので、踏切遮断による道路交通障害規模が増大するか踏切の立体交差化などの対策費が嵩むことになる。都市部沿線の排気ガスや騒音・振動の問題も深刻化する可能性がある。一方新線は旅客専用線であるため貨物新線に比して軸重を低くすることが可能であり、橋梁などの建設費は低減する。
35. 【既存線改良案の内容定義】既存線改良案は、客貨の需要増大に合わせて既存線の輸送力増強を行う案である。改良対象は、信号、停車場構内配線、踏切等である。既存の鉄道用地内での改良事業を想定するので、土地収用および住民移転の問題は基本的には発生しない。複雑な鉄道ネットワークの中で対象となるルートは複数考えられるが、本事業の対象である

長距離貨物が現在使用しているルートを検討対象として選定した。既存線改良案は、土地収用や住民移転が不要であることと初期投資を抑制するメリットがある。しかし、①増強する輸送容量が限定的、②全列車の都市部通過による道路交通障害、排気ガス・騒音・振動の沿道への影響増大、③改良工事期間中の営業線列車運転への障害発生等のデメリットが想定される。

**36. 【ゼロオプションの内容定義】**ゼロオプションは、Without case（貨物新線、旅客新線建設なし、既存線改良なし）を想定するもので、プロジェクトの便益評価の際のベースケースとなる。旅客輸送を現状維持とすれば、①代替手段の利用（道路建設推進、トラック輸送）、②輸送需要抑制（火力発電所建設計画見直しや港湾周辺での産業開発を推進）、③総需要抑制（経済成長の目標を下げ、電力消費や輸出入の需要抑制）が想定されるが、①以外の選択肢はあり得ないと考えられる。したがって、線路容量を超える需要を全て道路で輸送する案をゼロオプションと定義する。ゼロオプションでは貨物新線が負担するとされた輸送需要は、主に道路輸送が負担する想定とする。既存線が負担する部分はあるが、余力が限られているため数値的にはわずかと考えられる。鉄道に関しては現在実施中および実施が決定している改良工事までを本ケースに含めた。道路に関しては 2021-22 年には、Mumbai ~Delhi 間および Delhi~Kolkata 間の高速道路化が完成するとともに、幹線国道の全線 4 車線化も実施される計画であるので、これをゼロオプションの基本的想定とする。一方、道路輸送量も急激に増加しており、道路整備が需要に追いつかない状況を呈している。これに貨物新線分の需要が加わると交通渋滞が深刻化し、車両の走行速度が低下するので、走行経費とともに旅行時間も増大する。

**37. 【輸送需要と輸送容量との比較】**既存線改良案、貨物新線案、旅客新線案に関し、線路容量（可能列車運転本数）と 2016-17 年度、2021-22 年度および 2031-32 年度の輸送需要（必要列車運転数）との比較を行った。その結果 DFC 東西両回廊とも既存線改良案は 2016-17 年の輸送需要を充足できないことが判明し、代替案として棄却された。

貨物新線および旅客新線については、両案とも新線側は 2031-32 年までの需要を充足するが、旅客新線の場合は既存線が 2020 年(西回廊)、2025 年(東回廊)の需要を充足できなくなる。貨物新線の場合は西回廊の一部が 2026 年以降は需要が線路容量を超過することが認められたが、東回廊の既存線は 2030 年まで需要を充足することが判明した。

**38. 【貨物新線案と旅客新線案の経済比較】**以上の検討から、旅客新線は、貨物新線に対し社会環境影響面でも優位性がなく、既存線と新線の需要と容量の関係がアンバランスな案であると評価される。旅客新線の有利性を持つ点は軸重を低く設定して建設コスト低減できることである。このため段落 33、34 項に示した両案のコスト増減要因を考慮して概略建設コストを算定し比較した。この結果、旅客新線案は貨物新線案に対して西回廊は約 50%、東回廊は約 40%コストが高くなった。主たる理由は、旅客新線案が市街地に駅を設けることから用地費、土木工事費が嵩むことにある。以上から旅客新線案は貨物新線案に対して有利性がないとの結論が得られた。

**39. 【ゼロオプションの評価】**ゼロオプションは、貨物需要（2013-14 年 2,180 万 t、10 年後

9,640 万 t、20 年後 1 億 6840 万 t) を、トラックが鉄道に代わって担わなければならない。旅客についても道路が 2033-34 年に 319 億人キロを受け入れる必要がある。この場合、国道 8 号の Mumbai~Ahmadabad 間にコンテナトラック 4,300 台/日、10t トラック 1,300 台/日、バス 1,300 台/日に加わる事になる。国道 2 号では、10t トラック 3,600 台/日（多い区間では 7,000 台/日）となる。以上の交通需要を満たすためだけに 4 車線道路が新たに必要となる。国道開発計画に掲げられている 6 車線化や高速道路建設だけでは、道路混雑が激化し、物流の停滞は深刻になると予想される。

以上から、ゼロオプションは非現実的であり、鉄道による貨物輸送力増強が必要である事が示された。

## <タスク 2 最適案による実施可能性の検証>

### XI. RITES 調査 (PETS II) のレビュー

40. 【需要予測】 全体的に控えめな推計である。石炭輸送量は、火力発電所の具体的な将来計画をもとに推計しており、信頼性は高い。海上コンテナについてはやや楽観的な予測であるが、2021 年までの交通量しか予測しておらず、それ以降は一定としているため、過大な推計であるとは言えない。なお、需要予測の対象は DFC 利用の交通量のみであるため、経済財務分析には利用できない。
41. 【路線計画】 PETS-II で提案されている路線計画の中では、既存の Road Over Bridge (ROB) の架替えが極めて困難な既存線並行区間や、建物が密集している市街地を通過する迂回ルート案も提案されている。RITES は更に Final Location Survey (FLS) で詳細な検討を継続的に行いつつあるが、RITES の FLS 報告は 2007 年 12 月末に完了であるため本調査期間内には利用できない。このため本調査では社会環境影響に対する配慮を加味した JST 独自のルート検討を行い、必要な箇所について変更の提案を行った。
42. 【幾何的線形基準】 最急勾配=1/200、最小曲線半径=約 700m、線路中心間隔=5.5m (DFC 間) および 6.0m (DFC/既存線間)、施工基面幅=12.5m (盛土) および 14.9m (切土) が提案されている。基本的にインド鉄道の基準に準拠したものであり、特段の問題が無い限り、JICA 調査団もこれに従うものとする。
43. 【軌道構造】 軸重=25t (将来 30t)、列車最高速度=100km/h、線路有効長(CSR)=750m (将来 1,500m)、最大牽引重量=5,800 トン (将来 15,000 トン)、レール重量=60kg/m(UIC)、レール強度=90kgf/mm<sup>2</sup>UTS、急曲線部での頭部焼入れ (HH) レールの使用が提案されている。基本的にインド鉄道の基準に準拠したものであり、特段の問題が無い限り、JICA 調査団もこれに従うものとする。
44. 【停車場計画】 DFC の機能としては、ユニットトレインによる直行貨物輸送の輸送路に特化されており、貨物の積卸しを行ういわゆる貨物駅は DFC には設けられない。DFC と既存線との接続のための施設としての Junction Station (JS) と、異常時・車両故障時の列車の抑留・待避、列車・保守用車両の待避・滞泊等の目的のための JS 間に設けられる Crossing Station

(CS) が計画されている。

45. 【道路との交差構造】踏切立体化に必要な ROB (Road over Bridge) の建設コストは PETS II の積算では DFC の全体事業費の中で最もウェイトが高い項目である。踏切の立体化事態は好ましい事業であるが、ROB は既存線も跨ぎまた主たる受益者は道路の自動車交通であることから DFC 事業が主として費用負担する必然性はなく、別事業として毎年の予算の中で実施されていくべきである。またダブルスタックコンテナ (DSC) の走行を前提にした場合、ROB の路面高は周辺道路より 10m 程度高くなる。これは非動力系交通（徒歩、自転車、手押し車、馬車等）には非常な困難を強いるものであり、踏切の立体化に際してはこのような負のインパクトも考慮されなければならない。
46. 【車両】PETS II は既存機関車の性能をベースに機関車両数を算定し、合わせて 9,500Hp および 12,000Hp 機関車の提案を行っている。しかしながら、後者の根拠は示されていない。調査団は DFC に必要な機関車性能の検討を行い、コンテナ列車牽引用に 6 軸 9,000Hp、バルク貨物列車牽引用に 8 軸 12,000Hp の機関車を提案した。
47. 【車両保守基地】PETS-II は既存車両基地の増強等について述べ、工事費を提示しているが、具体的内容は示されていない。調査団は想定される車両数に基づき車両基地の概略検討を行った。
48. 【新 ICD 計画】PETS II では将来のコンテナ需要の増大に対応するため、Delhi 首都圏では最低 2 箇所に大型の ICD の建設が必要と結論している。しかし、新設 ICD 2 箇所の根拠や Rewari～Dadri 間の新線建設区間の用地取得や生活補償、さらに EIA 調査等による建設困難さを考慮した考察がないため、見直しが必要である。
49. 【DFC の概略設計】PETS II では鉄道施設の概略設計図面は作成されていない。路線の線形やジャンクション駅などの概略設計は現在進行中であり完了は 2007 年 10 月以降になる模様である。JICA 調査は 9 月のドラフト・ファイナル・レポートまでで調査を終了する必要があるため、RITES の概略設計策定作業と並行して PETS-II のレビュー作業を行い、独自にガイドラインデザインを策定し、これをインド側の実施設計に対する指針としてとして提示することとした。

## XII. 貨物新線事業の整備シナリオの設定

50. 【整備シナリオ設定の目的】インド政府は本プロジェクトの建設工事を 2008 年からの 5 年間で完了させる目標を設定している。しかしながらこれまでの現地調査および技術的検討結果から、技術面・環境面から早期建設着工が困難な区間や、需給状況からみて線路容量に余裕のある区間があることが認識された。本プロジェクトのようなインフラ開発プロジェクトのある部分が実施可能な状況にあると判断されるためには、以下の要件（プロジェクト実施可能条件）が満たされることが必要である。

- 1) 逼迫した需給状況が存在し、プロジェクトの必要性が高いこと
- 2) 十分な技術的検討に基づいた基本計画が確定していること
- 3) 基本計画に基づいた環境影響評価が実施されて、環境社会配慮面の課題がクリアー

されていること

- 4) その部分だけで事業として成立し、事業効果が発揮されること

上記条件はいずれも JBIC を含めた国際金融機関の案件審査の際に考慮される項目である。上記を考慮し、ここではプロジェクト全体をいくつかの区間に分割し、各区間について上記のプロジェクト実施可能条件を整理するとともに、各区間の事業実施可能性の評価を行い、本プロジェクトの実現化可能性の検討の前提条件として、事業全体を段階的に整備するシナリオを設定するものである。

**51. 【プロジェクト実施可能条件の把握】** 本プロジェクト全体のプロジェクト実施可能条件を俯瞰すると以下のように総括できる。

- 1) 需給状況: MOR は DFC に競合する既存線の改良については、DFC の整備が政府承認されていることからこれを実施しない方針である。現状の既存線の線路容量を用いて需給逼迫度を評価すると、ほとんどの路線で近未来的に需給が逼迫する状況にある。
- 2) 基本計画の熟度: 本プロジェクト実施上大きな物理的障害になるのが架替を要する市街地の ROB である。東西両回廊との既存線並行区間には架替が極めて困難な ROB がいくつか存在し、迂回路案を含めて抜本的なルート再検討を要する区間がある。トンネルが提案されている区間は、基本計画確定までには地質調査を含めた詳細な技術・環境面の追加検討が必要であり、早期着工は不可能である。
- 3) 環境社会配慮面のクリアランス: JBIC を含めて国際金融機関から融資を受けるためには環境影響評価（EIA）が実施され承認されていることが不可欠の要件である。現在のルート案では、マイナーなルート変更を行えば自然環境・社会環境には大きな影響を与えないと考えられる区間がある反面、既存線並行区間の一部では無視できないスコッターの存在が認められたり、市街地の架替 ROB により周辺環境に甚大な社会的影響を発生させる恐れのある箇所も確認されている。

**52. 【プロジェクト全体の区間分割】** 事業実施可能条件を考慮し、プロジェクト全体を付図 1 に示すように西回廊については 7 分割、東回廊については 6 分割し、個々の区間について事業実施可能条件の検討を行った。

**53. 【各区間の事業実施可能条件の整理と評価/段階整備シナリオの策定】** 段階整備シナリオを策定にあたり、各区間の事業実施可能条件にかかわる特性を把握するとともに、段階開発シナリオの各整備段階における対象事業を以下のように定義し、各整備段階に含まれるべき区間の特定をおこなった。調査団は Interim Report 2 において全体を 3 期に分けて、既存線改良による既存線の先行的増強を前提に、DFC 全体を 15 年で整備する計画を提案した。これに対し MOR 側から、①DFC を早急に整備する方針は政府決定されており大幅な整備期間の延長は受容できないこと、②DFC の整備が優先されるため既存線の先行的改良は実施しない方針であること、が表明された。この MOR の方針を考慮し、調査団は段階整備の方針を以下のように設定した。

第 1 期-A 整備事業: 短中期的需給が逼迫しており、かつ近い将来の事業実施あたって支障となる技術面・環境面の問題がない区間を組み合わせた事業であり、

かつひとつの事業として独立して事業効果を発揮できる事業パッケージで、国際金融機関の案件審査に耐えられると判断できる区間

第1期-B整備事業：短中期的需給が逼迫しており早期の整備が求められるが、早期事業着手のためには技術面・環境面の観点から致命的障害があり、国際金融機関資金参加による早期事業着手は不可能と判断される区間を組み合わせた整備事業。

第2期整備事業：短中期的需給の逼迫状況が認められない区間の整備事業で、工事着工期を需要逼迫時期まで先送りすることが可能な区間の整備事業、および区間全線に渡りルートの見直しが必要ですぐに工事着工できない区間の整備事業。

各区間の実施可能条件を総合的に評価し、上記定義に従って以下の段階整備シナリオを策定した（付図1参照）。

表-1 西回廊の段階整備シナリオ

項目	整備段階						
	第1期-A事業				第1期-B事業		第2期事業
整備区間	Rewari-Vadodara				Vadodara - Vasai Rd および Vasai Rd. - JNPT		Dadri - Rewari
整備延長	W-A2a 290km	W-A2b 368km	W-A3 124km	W-B1 136km	W-B2 344km	W-B3 89km	W-A1
	918km				433km		117km
想定工期	6年				8年		6年
工事開始/完了年	2008-09* / 2013-14				2008-09 / 2015-16		2010-11 / 2015-16
対象区間選定の理由	既存線並行区間、迂回区間とも事業実施上大きな障害となる技術面・環境面の要素はなく、本年中に基本計画が確定できる見込み。				当該には架替困難な多くの既存ROBがあり、ルートの再検討が必要。		Dadri/Rewari 間はトンネルが計画されており、追加調査を要する
期待される整備効果	(1) Delhi 首都圏を含むインド北部とグジャラート深海港群とがDFCで直結され基幹貨物輸送力が増強される (2) 西回廊で大きなボトルネックとなっているAhmadabadとVadodara駅をDFCで迂回できるので、JNP/Mumbai 港からの貨物列車運転も改良される。				(1) 最も需給が逼迫しているVadodara-Vasai Rd.の区間の輸送力が改善され、JNP およびムンバイ港と首都圏の貨物輸送力が大幅に改善される (2) 西回廊最大の需要地であるJNPにDFCが直結される		(1) Delhi 首都圏の既存主力ICD(TKD、Dadri)に接続され、首都圏の物流ネットワークが改善される
付帯的に必要な整備事項および留意事項	【付帯的整備事業】 (1) Delhi 首都圏の既存主力 ICD (TKD、Dadri) に接続できないので、Rewari-Delhi 間に DFC コンテナ用の新 ICD の建設が必要(本事業は DFC に不可欠であり、本プロジェクトのスコープに含める) (2) 上記にあわせて Rewari-Brar Square/Patel Naga 間の電化。 (3) Delhi Cantt.-Brar Square 間の短絡線の建設(既存線経由のTKD、Dadri ICD への接続改善) (4) Vadodara-Vasai Rd.間既存線の信号改良、停車場改良による輸送力増強				【整備事業実現のための条件】 (1) 当該区間には建設困難な市街地の架替えROBが多数存在する。このROBは事業実施上の大きな障害になるので、ROB架替えの技術的妥当性の検証および迂回路ルートの検討も含め早急な計画の見直しが必要 (2) W-B2、W-B3とも最も都市化の進展している地域であり、土地収用も困難が予想される。沿線住民の合意形成の		【整備事業実現のための条件】 (1) トンネル計画地点はEco-Sensitive Areaにあるとともに農耕地に対する大きな影響を発生すると予想される。このため環境調査および承認手続きに時間を要すと考えられ、早急な調査開始が必要である。 (2) TKD への支線区間に

	<p><b>【整備事業実現のための条件】</b></p> <p>(1) 土地収用および先行工事資金として、インド政府自己資金を早急に手当てすること。</p> <p>(2) 当該区間の実施設定を 2007 年 12 月までに完了させること。</p> <p>(3) 架替え ROB については早急に道路行政側との協議を開始すること。</p> <p>(4) DFC に適用する主要技術につき、本調査での提案に基づき早急にインド政府としての決定を行うこと</p> <p>(5) 当該区間に対する EIA を 2007 年 11 月末までに鉄道省が承認すること</p> <p>(6) 沿線住民の合意形成努力を引き続き行うこと</p> <p>(7) 新 ICD に建設に対して早急に方針を確定すること</p>	<p>ために最大限の努力を行うとともに、土地収用のためのアクションを早急を実施すること。</p> <p>(3) W-B3 は地形的起伏が激しく、地形を正確に把握した上でのルート検討が必要である早急に広範囲な地形測量を行いルートの再検討を行うこと。</p> <p>(4) 本事業も多額の資金必要としかつ難度の高い技術を要するため、国際金融機関からの資金協力について早急に検討を行うこと。</p> <p>(5) 国際金融機関の資金参加を前提に、案件審査に耐えられるレベルの EIA をタイムリーに実施・完了させること</p>	<p>は架替困難な既存 ROB が 5 箇所存在する。この区間については ROB 架替を最小限にとどめるよう、既存線改良案との比較検討が求められる</p>
--	--	--	---

\* インド式の年度記述法で 2008-09 は 2008 年度を指す。

**表-2 東回廊の段階開発シナリオ**

項目	整備段階					
	第 1 期-A 事業		第 1 期-B 事業			第 2 期事業
整備区間	Mughal Sarai - Khurja		Khurja - Dadri および Khurja - Dhandori Kalan			Son Nagar - Mughal Sarai
整備延長	E-A1	E-A2	E-A3	E-C1	E-C2	E-B
	322km	388km	46km	242km	184km	
	710km		472km			127km
想定工期	6 年		8 年			6 年
工事開始/完了年	2008-09* / 2013-14		2008-09 / 2015-16			2010-11 / 2015-16
対象区間選定の理由	既存線並行区間、迂回区間とも事業実施上大きな障害となる技術面・環境面の要素はなく、本年中に基本計画が確定できる見込み。		Khurja/D. Kalan の区間には架替困難な多くの既存 ROB があり、数箇所ルートの再検討が必要。 Khurja/Dadri 間の需給が逼迫するのは 2020 年であり、西回廊の Rewari/Dadri 間の整備にあわせるのが妥当			需給が逼迫するのは 2025 年であり早期着工に必然性は認められない。
期待される整備効果	DFC 東回廊の需給の最も逼迫した区間の整備であり、東回廊全体の輸送力が増強される。		(1) DFC 東回廊と西回廊が直結され、東西方向の物流システムが増強される。 (2) Delhi 都心部をバイパスしてインド北部と西・東部が DFC で直結され、首都近郊の鉄道輸送の混雑状況が改善される			(1) Son Nagar まで直結され、DFC 東回廊全体が完成する。
付帯的に必要な整備事項および留意事項	<p><b>【付帯的整備事業】</b></p> <p>(1) 東回廊のボトルネックとなっている Mughal Sarai 駅を通過することになるため、既存 Mughal Sarai 駅の構内改良が必要となる。</p> <p><b>【整備事業実現のための条件】</b></p> <p>西回廊第 1 期-A 事業実現のための条件(1)-(6)と同じ条件整備が求められる。</p>		<p><b>【整備事業実現のための条件】</b></p> <p>西回廊第 1 期-B 事業実現のための条件(1),(2),(4),(5)と同じ条件整備が求められる。</p>			<p><b>【整備事業実現のための条件】</b></p> <p>Mugal Sarai J/S の大規模で複雑なレイアウトを確定するとともに、土地収用のための地元との協議を早急に開始すること。</p>

\* インド式の年度記述法で 2008-09 は 2008 年度を指す

**54. 【技術オプションについての段階整備の適用に関する考察】** 前項までは平面的な区間ベースの段階整備シナリオの策定を行ったが、DFC に適用される幾つかの技術オプションについて段階的整備を考察すると以下ようになる。

- 1) 東回廊の対象コンテナ輸送システム： 短中期的には DFC 東回廊のコンテナ輸送需要はきわめて小さく、ダブルスタックコンテナ（DSC）輸送を導入する必然性はない。コルカタ地区の深海港開発事業が実現し東回廊もコンテナ輸送需要が大きくなる時点まではシングルスタックコンテナ（SSC）輸送を前提にして、既存 ROB の架替を最小限にとどめることが推薦される。
- 2) 停車場計画： Junction Station は短中期の需要に見合った施設とし、立体交差構造は減らして施設計画を簡素化することが推薦される。また需要がさらに逼迫するまでは、停車場施設の側線の有効線路長は既存線の最大線路有効長とおなじ 750m とすることを推奨する。
- 3) 踏切の改良： DFC 建設にあわせて DFC が通過する既存踏切の全てを立体化する方針が打ち出されている。しかしながら、①市街地の踏切の立体化は建設が極めて難しくまた周辺社会への負の影響が大きいこと、②踏切統合を前提に道路網整備も含めて検討する必要があること、③道路管理側と設計や費用負担について十分な調整が必要であること等を考慮すると、踏切立体化には特別の配慮と長期間を要するものと考えられる。このため、踏切立体化事業は本プロジェクトとは別の独立した整備事業として扱い、インド側で計画的に順次整備していくことを推奨する。本プロジェクトでは DFC が通過する踏切については自動踏切化による改良を事業に含めることを提案する。
- 4) 西回廊の電化問題： 2007 年 3 月の第 4 回ステアリングコミティ会議では、西回廊は当初は非電化とし、ダブルスタックコンテナ（DSC）+電化のシステムが実証された後に電化する整備シナリオが議事録で確認された。しかしながら本年度中国の電化+ダブルスタックコンテナ（DSC）の実用例を調査し、ウェルタイプ DSC であれば電化+DSC が実証されたシステムであることが確認された。フラットタイプ DSC は実証技術とは言い難く、走行安定性確認のためには長期間の試験走行による確認が必要である。また、輸送需要動向およびコンテナの輸送単価の分析からウェル DSC とフラット DSC の有意差が少ないとの結果が得られた。以上から、ウェルタイプ DSC を前提に西回廊は第 1 期-A 事業から電化することを提案する。

### XIII. 需要予測

**55. 【方法論】** 需要予測については、まず品目別に州間の将来輸送量を推計し、その増加率を駅間 O/D に適用して将来の駅間 O/D を推計した。次にこれを鉄道ネットワークに配分することで、列車本数やトン数、トンキロ数などを推計した。海上コンテナについては、港湾での海上コンテナ取扱量の推計値に鉄道分担率を乗じて推計した。この際、コンテナ輸送の分布は現状パターンを仮定した。石炭輸送については PETS-II の方法が妥当であることから、そのまま採用した。その他の品目については、GDP や人口を変数とする回帰分析を行ない、GDP 成長率を 7%と想定して推計した。鉄道旅客については、人口を変数とする回帰分析から増加率を推計し、各路線の旅客列車本数に乗じて計算した。なお、予測年次は

2023-24年から5年きざみで2033-34年までとした。

56. 【海上コンテナ】インド全体の取扱量は、今後25年間に約8倍に増加し、年間4,300万TEUに達すると推計された。これは現在の米国の年間取扱量にほぼ等しく、中国の半分程度の取扱量である。西部回廊における鉄道コンテナ輸送は、DFC開通により鉄道シェアが増加し、同じ時期に約14倍に増加し、約1,000万TEUに達すると推計された。
57. 【ICD】Delhi周辺のICDだけで2033-34年に600万TEUの取扱需要が生じると計算された。これは既存施設の容量の限界を超える事が明らかであり、またこれだけの取扱需要がDelhiに集中する事は、交通や用地の問題から現実的ではなく、ICDの分散が必要となろう。
58. 【石炭】第11次五カ年計画の期間中に事業化が決定されている石炭火力発電所のうち、東部回廊に関連する発電所は11箇所、計7,370MWである。これらの発電所の完成により、石炭輸送量は年間271万トン（2004-05）から約2.4倍の650万トンに達し、最終的にその量は890万トンに達すると推計されている。これはPETS-IIの推計であるが、本調査でもこれを採用した。
59. 【輸送トン数、TEU数】東部DFCは、2013-14年に6,870万トンを輸送し、10年後には倍以上となる1億4080万トン、20年後には1億5240万トンを輸送すると推計された。一方西部DFCでは2013-14年に1.5百万TEUを含む3,770万トン、10年後には5.5百万TEUを含む9,620万トン、20年後には8.8百万TEUを含む1億4,040万トンを輸送すると推計された。
60. 【列車本数：東部DFC】開業当初は一日片方向50～60列車であるが、開業10年後には70～90本、20年後には80～100本になると予測される。Delhi方面への交通の7割近くは石炭列車であり、反対方向ではその回送列車を含め、8割近くが空荷の列車である。Khurja～Ludhiana間は、開業20年後でも一日片方向20～30列車程度である。
61. 【列車本数：西部DFC】グジャラート州にある港湾から発着する海上コンテナが入り込むため、Palanpur～Delhi間の列車本数が、Mumbai～Palanpur間の倍近くになる。開業後20年には、コンテナ列車だけで片方向一日140列車となる。Palanpur～Phurela間では線路容量を超える180列車という推計結果となった。なお、需要予測ではコンテナはシングルスタックを想定し計算をおこなっている。
62. 【リスク分析】GDP成長率とコンテナの鉄道分担率について、「あり得る」シナリオを想定し、将来交通量を再計算した。東回廊については大きな変動はないが、西回廊については、GDP成長率5%でかつ鉄道分担率一定というシナリオで、トンベースで2023-24年度に7割、2033-34年度に6割という結果となった。

#### XIV. 技術オプションの比較検討

63. 【コンテナ輸送システム】最大車両移動量（MMD）高さはフラットDSCで6.83m、ウェルDSCで6.23mである。地上設備の概略設計にはフラットDSCのMMDを用いた。PETS IIはディーゼル牽引によるフラットDSCを提案している。2031年時点の需要予測で

は、シングルスタックコンテナ (SSC) 輸送で対応できない。輸送力は SSC に対し、フラット DSC が 2 倍、ウェル DSC が 1.5 倍となり、いずれの DSC も 2031 年の需要を満たす。電気またはディーゼル、SSC またはフラット DSC、ウェル DSC の組み合わせに対する経済分析を行った。その結果、電気牽引による DSC が最も経済的であった。TEU 当りの輸送コストは SSC に対し、フラット DSC が 82%、ウェル DSC が 83% となった。

ウェル DSC は米国、中国およびオーストラリアで商業化されている。フラット DSC はインドで比較的短期間試行されたのみであり、現時点では実証技術とは言い難い。しかし様々な条件で長期間の試験が実施され安全性が確認された場合には導入の可能性も考えられる。中国鉄道は 25kV 電化線区で DSC を運行している。離隔 270mm 以上を確保することにより安全上の問題は起きていない。

PETS II では東回廊は電化+ウェル DSC が提案されており、西回廊を電化+ウェル DSC とするならば、同じ MMD となり、コンテナ列車の東西回廊直通運転も可能となる。また、ウェル DSC は、将来におけるフィーダー線改良コストを低くすることができる。したがって、DSC 輸送システムとしては低床構造のウェル DSC を推奨する。しかしながら、東回廊は当面 DSC の必要性はない。

**64. 【電車線とパンタグラフ】** 上記の MMD から、電化線区における、レール面から ROB 最下部までのクリアランスを、フラット DSC では 7.76m、ウェルタイプ DSC では 7.16m とした。また、フラット DSC の電車線高さが 7.53m と既存線の 5.6m から約 2m 高くなることに伴い、トロリー線とパンタグラフの相対的な接触位置関係についても検証し、電柱間隔 63m で問題のないことを確認した。合わせて、DFC と既存線の電車線高さ 5.6m との遷移区間についても検討し、技術的に問題ないことを確認した。

**65. 【列車牽引システム (電化/非電化)】** 本プロジェクトの需要レベルの輸送量を要する場合、環境へ与える影響および経済性の観点からは一般的には電化案が有利となる。西回廊はコンテナ、バルク輸送が混在し、最も高密度輸送となることが想定されているにもかかわらず、PETS II では非電化が提案されている。東回廊は電化で提案されている。このため西回廊を対象に電化・非電化の比較検討を行った。まず調査団は、環境面からの比較を行い、ディーゼル貨物列車のエネルギー消費量は電気列車の 3 倍、CO<sub>2</sub> ガス排出量は電気貨物列車の 1.9 倍との結果を得た。また、電化案は非電化案に比べてインフラ初期投資は嵩むが、機関車購入費と運転維持管理費が低廉になるという関係にある。本調査では上記のコスト増減要素を考慮し 30 年間の期間についてライフサイクルコストを用いて経済計算を行った。その結果、電化案のほうがライフサイクルコストで 69,278M.Rs.(約 2070 億円、現在価値評価で 630.3M.Rs.、約 185 億円)安くなり、経済的に有利であることが判明した。2007 年 7 月開催の第 5 回ステアリングコミティで指摘があった、電気機関車とディーゼル機関車の寿命の差については、MOR からの要請により同じ 36 年として経済分析を行ったが、電化有利との結論に違いは生じなかった。

**66. 【DCT (線路有効長 1500m)】** RITES の構想では 2 本の列車を連結して輸送力を高める構想 Double Coupled Train (DCT) が提案されている。しかし、需要面から判断した場合、東西両回廊とも DCT を導入しなければならない状況は 2033-34 年においても出現しないことが本調査で判明した。DCT 運転のため、駅線路の有効長を長くすると、通常の長さの列車を

運転しても信号や分岐器などによる速度制限区間を通過する時間が延びるため、線路容量が低下するデメリットが生じる。試算の結果駅線路の有効長を 1500m として通常の列車を運転した場合、運転できる列車本数は 17% 低下することが判明した。

長大編成列車に必要な機関車遠隔操縦技術は米国等では無線または有線によるものが実用化されており、DCT は実証技術といえる。無線はトンネルまたは覆われた区間では機関車からの指令伝送の問題があり、ブレーキの同期化には効果がない。一方、有線システムは、伝送の問題はない。

インドで使用されている自動空気ブレーキシステムは、長大編成列車では応答時間が長いことから停止距離が長くなり、連結器応力も増加し、脱線のおそれがある。この解決のため、電気指令式ブレーキ（EP）や電磁自動空気ブレーキ（ARE）などを採用すれば、車両コストが 1 両あたり約 1 万ドル高くなるデメリットも生じる。

軽量の緩急車を編成中間に連結することは脱線のリスクが増えるので、推奨できない。

DCT 列車導入が合理性をもつ状況は、鉄道インフラの線路容量が需要を充足できず新線建設が必要になる状況が生じた時に、新線建設に替わる代替手段として DCT 列車運転を導入する場合である。新線建設である DFC 事業を前提とした場合には DSC 列車の導入を前提にする必然性は認められず、DFC 開業当初から 1,500m の線路有効長を確保する意義は見出せない。

67. 【踏切改良方式の比較検討】 DFC は将来的には高密度輸送となるため、交通量が多い道路は立体交差化されることが望ましい。インド鉄道の基準では、10 万 TVU（列車本数×自動車台数）／日を超える踏切は ROB（立体交差）とすることになっているが、踏切自動化により、この基準は大幅に緩和することが可能である。本調査では踏切自動化を前提として、踏切遮断による経済損失を試算した。その結果、2005-06 年時点で 90 万 TVU 以上の踏切について立体交差化する事が経済的に妥当である事が示された。

## XV. DFC の輸送計画

68. 【前提条件の明確化】 DFC 独自の運転ルールの整備、駅の役割・設置標準などを整理するとともに、機関車の所要性能、自動信号機の設置標準、分岐器の速度制限等、1 日片道 140 本体制を維持できるための条件を具体的に設定した。
69. 【運転時分の査定】 線路の勾配、曲線データ、分岐器速度制限と機関車性能を組み合わせることで運転曲線を作成し、列車運転時分を算出した。結果として、12000HP 機関車 5800 t 牽引バルク列車が各 Junction 駅に 2 分停車するとして、両回廊とも表定速度 90kmph となった。この時分には余裕がまったく含まれていないので、実際の運転時分とは異なる。
70. 【列車ダイヤの作成】 年度毎の区間毎の列車本数表（需要推定データの一部）から、最大本数区間を選び、最小列車運転間隔を算出する。この運転間隔とすでに得られた列車運転時分をもとに列車ダイヤを作成した。
71. 【車両数の推定】 年度毎の運転区間別列車本数表（需要推定データ）から、機関車の行先地折り返し回数、折り返し時分を算出し、列車キロと列車の平均速度から機関車運転時分、車両数を算定した。2023 年時点の DFC 車両数は機関車約 430 両、コンテナ用貨車約 9,300

両、バルク用約 13,000 両となった。

- 72. 【列車時刻表の導入】** DFC ではコンピュータによる列車進路制御を行うことから、列車時刻表の導入がより有意義となる。これは到着日時の明確化の観点から、インターモーダル輸送の質的向上に資する。q 在来線貨物列車への列車時刻表導入はインド国鉄（IR）にとって、懸念がある。しかしながら IR はすでに一部コンテナ列車で部内用時刻表を導入しており、JST では段階的な導入で無理なく進めることを提案している。
- 73. 【Line Capacity の向上策】** IR は自動信号化ばかりでなく、上下線列車の進路競合を避けるための駅構内改良策を手がけている。また各駅停車の旅客列車については電車化を進めている。Line capacity 向上のための対策は徐々に採られてきていると言える。今後は車両・設備の品質向上を目指すとともに、関係者の考え方を変えるソフト的対策を合わせて手がけていくことにより、IR が限界としている 1 日片道 85 本を超える Line capacity を獲得することが可能になると考えられる。
- 74. 【DFC とフィーダー線の円滑な直通運転】** DFC とフィーダー線の接続駅は機関車や乗務員の交換、合流待ちのための列車待機の発生など鉄道輸送上の弱点箇所となる可能性がある。作業内容を見直し、機関車の交換時分を現行 20 分から 15 分へ、乗務員の交代時分を 5 分から 2 分へ短縮すること、また列車集中制御装置（CTC）での一括管理、貨物列車時刻表導入により、合流のための待機時分の短縮を行うことを提案した。さらに DFC 線内では不要となるブレーキバンを在来線でも連結省略とすることも提案した。以上により、IR は鉄道内部での結節点問題を解消していくことが期待される。
- 75. 【途中駅荷役】** 現行インド国鉄が行っているユニットトレイン方式では発着コンテナ数が少ない駅宛のコンテナを輸送する機会が少ない。この問題を解消し、かつ列車の到達時分を極端に延ばさないためには、途中駅の着発線でコンテナ荷役を行うことが有効であり、今後の検討課題となる。この方式については日本の方式が参考となる。
- 76. 【実際の列車到達時分】** 段階別にフィーダー線を含めた主要駅間の運転時分を算出した。最大で 3 日が 1 日となるほか、多くの区間で 2 日が 1 日となるなど大幅な時間短縮が期待できる。しかし、コンテナ輸送全体の中ではインターモーダルの結節点でのロスタイム減少と比べると短縮できる時間はわずかであり、結節点のロスタイム減少策があわせて求められる。

## XVI. 施設・設備概略設計

- 77. 【基本方針】** 本調査ではインド側が実施するフィージビリティ調査（PETS II）をレビューし、概略設計を実施することになっている。しかしながら PETS II では、大まかな構想が示されているのみであり、構造物、施設に関する具体的な設計は示されていない。ルート線形も含めて概略設計は Final Location Survey（FLS）と並行して RITES 社が実施中の状況であり、その成果が提出されるのは本年 10 月以降になることが判明した。このため調査団が、施設の場所や規模および基本レイアウトを定めた設計要領（ガイドライン・デザイン）を作成し、これに基づき環境社会配慮、事業費積算、事業実施計画を策定するとともに、

ガイドライン・デザインをインド側に示し、以後のインド側の概略設計は本ガイドライン・デザインに基づいて実施することを要請し、合意を得る方針とした。

78. 【計画軸重】 構造物の設計荷重は 30t で計画する。ただし、軌道は当面 25t 対応とする。
79. 【路線計画】 路線計画のレビューは RITES から入手したルート情報を、建物等の保全対象物が確認できる衛星画像上にプロットし、保全対象物をできるだけ避け社会的影響を最小化するようルートの再設定を行った。縦断計画は調査期間中に実施した全線に亘る GPS 付きのビデオ撮影調査により得られた GPS 情報を最大限利用して計画した。本調査でルート変更を提案した箇所は以下の通りである。。

Eastern Freight Corridor : Allahabad Detour、Kanpur Detour、Etawah Detour、Aligarh Detour  
Western Freight Corridor : Vadodara-Ahmedabad Detour、Palanpur Detour、Kishangarh Detour、  
Phulera Detour、Ringas Detour

尚、2007 年 10 月時点では以下の区間の FLS 結果が入手できた。

西回廊 Palanpur - Amarapura の平行区間

東回廊 Aligarh - Kanpur 間の平行区間

80. 【駐車場の配置と配線】 Junction Station について、PETS II では、既存線との連絡線を、交差角をゆるく取った立体交差のため、広い範囲にわたって配置した大規模な施設が提案されており、土地利用・地域交通等社会環境に配慮した見直しが必要である。現在最終的なレイアウトは策定中であり、この調査としては上記に沿うガイドライン・デザインを提示した。列車の出入り本数の少ない連絡線は中線を設けた平面交差とし、立体交差構造箇所を減じた。また列車本数の少ない方向に対しては接続線を設けず、折返し運転で対応する計画を対案した。

CSR (線路有効長) は 1,500m で計画しているが、これは、将来に備えるものであり、プロジェクトライフ期間中の需要においては必要でなく、将来に備えての用地確保・位置選定を行うが建設は 750m で実施することとした。

81. 【土木関係施設】 土工： 土工数量の Review は、PETS-II の土工数量算出根拠が示されなかったためこれを直接レビューすることはできなかった。調査団は部分的に利用可能な PETS-I の計画縦断に示されている現地盤高のほか、衛星画像データや既存の 1/5 万地形図データを利用して路線に沿った地盤高を把握し、79 項で述べた路線計画をもとに概略土工数量を算定した。

跨線道路橋 (ROB) : DFC が既存線に平行して建設される区間に位置する既存 ROB は DFC を通過させられる水平/垂直両方向の空間的余裕(空頭)等を個別に検証し、架替の可否を判断した。本調査において、現地踏査を実施し想定される対策を取りまとめた。ただし対策の最終決定にあたっては詳細調査を必要とする。

橋梁：洪水問題の生じている西回廊の重要橋梁について、洪水解析を行い、必要な橋長を算定しガイドラインデザインとして示した。

82. 【軌道施設】現在一部線区で軸重 22.9t の列車を運行している、軌道強化事業に適用している軌道構造を DFC の軸重 25t 対応として採用する。軸重 30t に対しては更なる技術的検討が必要であり、将来の取替え時期での交換で対応することとする。世界的には高軸重車両に対してレールの強度を上げる傾向にあり、一部の高軸重鉄道では全線に亘って HH レールが使われているが、DFC への適用も可能と考えられる。  
インドでは木材の入手困難なことから、分岐器にも PC 枕木を使用しているが、工事施工の容易さや迅速施工の面から、分岐器、無道床鉄桁および直結軌道部分に、近年技術が確立し日本においては全面的に採用されている合成枕木を使用することも可能である。
83. 【電力設備】PETS-II では東回廊は既存の変電所から貨物新線に給電する計画であったが、DFCCIL が貨物新線を建設することから、既存線から独立した給電システムを設けることで検討した。この結果、変電所間隔を大きく取れること、セクションを要しないことなどから、AT き電システムを推奨する。変電所間隔は約 50km とし、変電所への送電線は商用送電網から分岐する三相交流 220kV 回線を 2 組として、電源異常時への対応を図る。中央制御のための SCADA を構築することが推奨される。PETS II は、西回廊はディーゼル牽引として電化設備の検討を行っていない。  
本調査では西回廊に対しても東回廊とおなじシステムによる電化を提案する。
84. 【列車運行管理システム】DFC の列車運行管理として、通信・信号システム、中央列車制御装置および列車運行管理システムを組み合わせ、高度にコンピュータ化された総合的な運行管理システムの導入を提案する。これにより、列車の定時運行、管理組織の簡素化、設備管理の合理化を達成し、効率的な貨物輸送を行い、道路輸送との競争でも有利な立場を得ることとする。列車運行管理システム、信号システム、自動列車停止装置、列車・地上間通信システム、列車指令と駅等の現場を近代的な移動体通信あるいは光ファイバーケーブルで結び、シームレスな鉄道運営を実現するものである。列車指令および設備指令は東西回廊合わせて 1 箇所に集約し、DFC の一元的なオペレーションを行うことが望ましい。
85. 【通信システム】インド国鉄は基幹固定通信には光ファイバー通信、移動通信手段としては GSM-R システムを採用して通信システム整備を進めている。固定通信には代替案としてマイクロ回線およびメタリック通信システムが考えられるが、光ファイバー通信は通信容量、通信の品質（電磁的および電氣的誘導等の干渉を受けない）の点で優位性があり本事業に適切なシステムであると評価できる。移動通信についても代替案としては従来の移動通信システムに加え、TErrestrial Trunked Radio (TETRA) システムなどが考えられるが、GSM-R は音声、データ通信に加え、鉄道分野で利用できる様々なアプリケーションが準備されているため、他システムと比べ本事業へ適する評価できる。
86. 【信号システム】列車検知方式は、AF 軌道回路を推奨し、駅間は無絶縁、駅構内は有絶縁とする。自動列車停止システムは、トランスポンダーまたは軌道回路から信号を受信して車上装置で速度照査を行うもの（インド向けに Advanced TPWS と称する）を本調査で提案している。また、オプションとして濃霧発生時に対応する車内信号も提案した。上記通信システムと合わせ、信号システム、中央列車制御装置(CTC)、列車運行管理システムを包含したシステム（84 項参照）とし、本事業への適用による高度な輸送システム実現を狙いと

している。

- 87. 【車両】軸重：** 軸重増加の効果について 25t と 30t の 2 ケースを検討した。バルク輸送貨車は、既存の軸重 20.3t の場合に比べて、25t は積載量が 28%増加し、30t は積載量が 58%増加することになり、輸送効率が向上する。しなしながら、軸重増加に伴うインフラ側のコスト増やフィーダー線の関連も考慮すると、貨車の面からは当面軸重 25t が推奨され、将来は 30t とできるよう構造物を計画することが提案される。

コンテナ貨車については、25t の場合 20ft コンテナ 2 個+40ft コンテナ 1 個、または 40ft コンテナ 2 個の 2 段積みが可能となる。30t でもコンテナ搭載上の制約から積載量は増えないので、25t が望ましい。

機関車性能： 軸重 25t の前提で、列車牽引重量をバルク輸送では 5,800t、コンテナ輸送では 4,500t と想定し、勾配と速度と機関車出力との関係から貨物新線に必要な機関車仕様を検討し、バルク輸送用に 8 軸、12,000Hp、DSC コンテナ輸送用に 6 軸、9,000Hp の電気機関車を提案した。平坦部での最高速度 100km/h、1/200（5‰）勾配区間での均衡速度は 75～80km/h である。ディーゼル牽引の場合は、5,000Hp クラスの機関車を開発しても 1 軸当りの動輪周馬力は 750Hp であるので重量列車牽引用では 6 軸機関車 3 両、コンテナ貨車牽引用には 6 軸機関車 2 両が必要となる。

開発・製造： 電気機関車については、高性能の新機軸を有する機関車であるため、遅くとも開業 2 年前までにはプロトタイプを製造し、機関車性能の確認、通信・信号設備等とのインターフェースを確認する必要がある。また、開業時までには約 170 両、開業後毎年 15～30 両製造する必要がある。現在のインド国内における製造能力から見ると、輸入、機関車工場新設あるいは機関車製造能力増強による機関車調達が望まれる。貨車については、軸重 25t に対応した貨車の開発を早期に開始する必要がある。ウェルタイプの DSC 貨車を製造する場合は、米国特許の存在に留意すべきである。

- 88. 【車両保守計画】** 車両故障が輸送力に大きな影響を及ぼす貨車の故障データおよび保守作業について分析し、ブレーキ部品組み立て作業の改善、作業環境改善の提言を行った。

- 89. 【車両基地】** 想定された車両数をベースに、東西回廊に電気機関車保守基地 2 箇所、貨車保守基地 2 箇所新設が必要であることを示した。合わせて、既存の基地の増強も行う。東回廊の電気機関車基地は既にインド国鉄が Lucknow に計画中であり、調査団は西回廊の Rewari にも新設することを提案した。貨車については、東回廊は Dadri の重要部検査/全般検査（ROH/POH）基地を、Rewari に重要部検査（ROH）基地新設を提案した。車両基地については、基本的には既存施設で対応可能であるが、仮に追加用地取得が必要となった場合は、MOR 所有の遊休用地で十分に対応可能である。

## XVII. インターモーダル輸送改善のアクションプラン

- 90. 【システム整備の重要性】** 鉄道輸送は道路輸送に対してトンキロ当たりの燃料消費量や人的資源インプットが著しく小さいという経済的にきわめて有利な要素を持っている反面、鉄道輸送はそれ自身では輸送が完結できないという制約がある。このため他の輸送モード（通常は道路輸送）への結節のための積荷の積替えや留置といった結節プロセスの回数が

道路輸送に対して倍加し、これに伴う費用増や輸送に要する総所要時間が増大する点が最大の弱点として指摘される。鉄道輸送が道路輸送に対抗していくためには、この弱点の克服が鉄道輸送の最大の課題となる点を関係者は強く認識する必要がある。DFC 完成を待たず伸び続ける輸送需要に対応するため、また DFC 完成後に DFC の輸送力を有効に活用するため、インターモーダル輸送に関する整備は可能なところから今すぐ着手されなければならない。

91. 【インターモーダル戦略（港湾）】 DFC 沿線に位置する各主要港湾の取扱量の 35%を鉄道輸送が分担するとした場合の将来取扱量を示し、Volume2 タスク 1 第 9 章で提案した港湾内のコンテナ荷役・移送・留置の改善案について、インフラ整備面の提案を行った。また最大のコンテナ取扱港である JNP について、取扱量に対応した新しい港湾鉄道ヤード計画案を示した。また港湾内のコンテナ荷役・移送について、列車予約情報との連動、取扱事業者が混載された列車における作業委託処理システムの構築を提案した。
92. 【インターモーダル戦略（フィーダー線）】 港湾の取扱能力と DFC 本線の輸送能力が向上した場合、各港湾と DFC 本線を結ぶフィーダー線がボトルネックになる恐れがある。そのため現在ほとんど単線非電化区間となっている Gujarat 州の主要港湾（Mundra 港 + Kandla 港、Pipavav 港）と DFC を結ぶフィーダー線について、将来取扱量から複線化が必要な時期について検討した。Pipavav 港のフィーダー線については 2033-34 年まででは複線化の必要はないが、Mundra 港 + Kandla 港のフィーダー線については 2023-24 年までに複線化が必要である。
93. 【インターモーダル戦略（鉄道）】 鉄道貨物輸送における現状の問題である不確実性を解消するには貨物輸送に対しても運行ダイヤを設定することが重要である。列車ダイヤを設定できない原因のひとつとされる線路容量不足問題は DFC 整備により解消するが、もうひとつの原因として、起点駅で貨物が集まるまで列車運転を待つという問題が残る。この問題に対する解決策のひとつとして DFC の途中駅に着発線荷役を行うことで、複数の着発線荷役駅による 1 列車の貨車のシェアを行うことを提案する。
94. 【インターモーダル戦略（Delhi 首都圏の ICD）】 Dehli 首都圏には TKD と Dadri の 2 つの主要 ICD が存在するが、Dehli 首都圏のコンテナ将来取扱量を考えると、この 2 つの ICD だけでは対応できない。また、第 1 期-A 整備事業では DFC が既存 ICD に接続されないため Rewari-Delhi 間に新規 ICD が必要である。新規 ICD については DFC 第 1 期-A 整備事業の絶対的成立要件となるが、民間オペレーターによる首都圏の ICD 計画が不確定であるため、DFCCIL が自ら ICD のインフラを整備する計画とし、本プロジェクトのスコープに含めることを提案をする。
95. 【インターモーダル戦略（トラックとの連携）】 トラック輸送は鉄道輸送に対する競争相手であるが、同時に連携すべき相手でもある。インドのトラック運送事業者は概して小規模であるがゆえに顧客からは信頼できるトラック運送事業者を確保しづらいという意見がある。そこで、鉄道フォワーダーが顧客への優良トラック事業者の推薦、更には自らトラック運送事業者と契約し、道路輸送と連携した輸送のワンストップサービスを提供するこ

とを提案する。

96. 【**インターモーダル輸送による輸送時間の改善目標**】提案したインターモーダル輸送戦略を実施した場合の輸送改善目標を定めて総輸送時間を算定した。現在の JNP~Delhi 間は船から荷主に配達されるまで、トラック輸送が 168 時間を要するのに対して鉄道輸送は 317 時間要する。算定結果では、この 317 時間を 99 時間まで短縮することが可能であった。これによりトラック輸送よりも輸送時間において有利になる。
97. 【**インターモーダル輸送実施の効果**】インターモーダル輸送の整備によって改善される経済評価を算定した。改善効果として港の滞留日数は 5 日間、ICD での滞留日数は 2 日間短縮される。貨物自体の時間短縮便益、貨物保管料の節約、アクセス道路改良による便益を算定した。DFC 本線の時間便益を除いた 35 年間の便益合計額は 203,430 百万ルピーである。これを資本の機会費用 12%で割り引いた現在価値は 22,530 百万 Rs.となる。特に ICD と港の時間便益は非常に大きい。
98. 【**改善タスクフォースの設立**】多くの関係者が関与する鉄道コンテナ輸送全体を改善していくためにタスクフォースを設立することを提案する。同タスクフォースは、本調査で指摘した問題を含めての中で障害となっている問題を特定するとともに共通認識を醸成し、各機関にフィードバックすることにより具体的なアクションにつなげる活動を行う。構成員としては鉄道省、海運・道路省、商業・産業省、計画委員会、DFCCIL、関係港湾公社、港湾オペレーター、鉄道フォワードラー、関係地方政府、学識経験者、顧客側代表が想定される。議長役は革新的な鉄道貨物輸送となる DFC の事業者である DFCCIL が果たすことを提案する。

## XVIII. 運行保守管理

99. 【**運行保守管理体制**】DFC の運行・維持についてはスリムで異常時の運行にも強靱な対応能力を持つことが求められる。また DFC は長大な線区であり、列車本数も多いので、どうしてもトラブルが発生する頻度は多くなる。異常時でも混乱を大きくしないように適切に列車運行管理を遂行できるようにする環境整備が重要である。わが国新幹線での経験を念頭に、具体的な組織体制構築の提案を行った。

管理部門では部門ごとの課題を示すとともに、遠隔地に置く支社を含めた組織を検討した。運行部門(指令所)は管理部門の一部門と位置づけた。運行部門については DFC 指令と在来線指令との緊密な連絡体制の構築を課題として、具体的な連絡体制を提案した上で、指令所組織を提案した。列車運転の体制ではワンマン運転の導入、ブレーキバン連結省略について日本の経験を紹介し、インドでも実現可能性が高いことを示した。

DFC ではワンマン運転の実施、所属会社が異なる問題の解決、CTC 化により列車運転における機関士の役割の増大などが重要な課題となる。安全性を高めていくためには、乗務員を中心とした教育・訓練体制を整備・充実させることが重要である。

保守管理については故障の減少と事故・異常時における即応体制の構築が課題である。DFC は最新の技術を適用し、トータルライフサイクルコストを低減することを目指している。保守職場の設置基準は適切な保守の実施と応急処置を考慮して提案した。応急処置

技能教育を終えた職員を駅に配置することも提案した。

100. **【運行保守管理経費単価と賃率】**経費算出のための経費単価は人件費と物件費を区分して算出した。人件費はインドで New standard と言われる Konkan 鉄道での要員体制(営業キロあたりの人員はインド国鉄 (IR) の 24.1%)および日本での経験値をベースに分野別単人工を査定した。駅数が少ないことから、現行 IR 要員体制よりかなりスリムなものとなっている。人件費単価として IR の平均単価 158 千 Rs を採用した。経費については原則として IR の数字を準用した。運賃については IR の ton-km 及び TEU-km あたりの単価を用いて算出した。
101. **【時点別収益と経費】**100 項の数値を用いて時点別職場要員数と収支を算出した。2013-14 の開業時点で東回廊は 5,110 人、西回廊は 6,565 人となった (IR の所属となる機関士、検修職場の要員も含む)。収支面では金利、減価償却前の数値ではあるが、DFC は開業当初から経営は順調であることを示している。プロジェクトとしての収益/経費の増も数値は低い傾向は同様である。

## XIX. 環境社会配慮

102. 本調査の環境社会配慮はインド側が主体となって実施すべきであるが、インド国では鉄道事業が環境影響評価の対象になっていないため、従来の鉄道事業では環境社会配慮面の検討が計画段階から体系的に行われておらず、本調査の対象事業についてもインド側による環境社会配慮に係る調査・検討は行われてこなかった。  
本事業の実施に際してわが国の資金援助（円借款）や ADB、世界銀行などの国際機関からの融資を想定する場合、十分な環境社会配慮調査の実施が不可欠である。このため、本調査では JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づく環境社会配慮調査の実施に加えて、将来の円借款および国際機関からの資金援助の可能性に備えて、インド側が本事業の実施に際して必要とする環境社会配慮に係る提言を行った。本調査での提言に基づき、インド側は円借款および国際機関からの資金援助によるプロジェクト実施のための環境社会配慮に関する実施体制の枠組みを理解した上で、早急に提言事項を実行することが望まれる。
103. 本調査では 1 年次において全 DFC 事業通過地域である 10 州を対象とした環境社会配慮調査 (IEE レベル) を実施し、環境・社会現況等に係る全般的な二次データ収集に加えて、原単位取得を目的とした鉄道騒音・振動測定、既存線の環境社会状況および鉄道施設の現況把握のための軌道上からの全線ビデオ撮影、土地利用状況把握のための既存線の両側 1 km 幅での衛星画像解析による GIS マッピングを実施した上で、代替案の検討、2 年次に実施の環境社会配慮調査 (EIA レベル) の調査対象区間の絞込みとスコーピング、および TOR 作成を行った。2 年次では、環境社会配慮調査 (EIA レベル) を実施し、優先整備区間での事業実施に伴う環境社会影響の予測・評価、対策案の立案、住民移転計画フレームワークの策定、環境管理・モニタリング計画の策定と実施体制に係る提言を行った。
104. 環境社会配慮調査で確認された自然環境上の Sensitive Area は Gujarat 州北部に位置する Balaram Ambaji 野生生物保護区である。当プロジェクトの既存線並行部は長さ 2.4 km に亘って当該野生生物保護区内を通過する。その他、保護林・保全林を通過する区間や沿線

の立木伐採の発生する区間では、それぞれ補償植林および立木補償・再植林による対策を行うと共に、住宅地近隣を通過する区間における樹木の植栽により、騒音低減を図る。

- 105.** 本調査で実施した路線沿いでのアンケート調査の結果にもみられるように沿線住民は一般的に鉄道事業に伴う公害関連の環境項目として騒音・振動の発生についての関心が高い。インド国ではこれまで鉄道騒音・振動に係る調査の蓄積がないことから、本調査で予備的な将来予測評価を行うために鉄道騒音・振動の原単位取得のための現地測定、および学校・病院等のセンシティブ・レセプターでの鉄道騒音・振動のそれぞれの環境レベルへの寄与度をみるための現地測定を行った。本調査の結果と提案する対策案を参考に本事業の次ステージでは特に都市部区間において地域を絞った詳細な検討が必要と考えられる。
- 106.** 貨物新線の路線は大規模な住民移転を避けるため、地方都市を迂回するよう設計している。しかしながら、迂回路の多くは農村地帯を通過することによる農地取得および農家移転、および駅周辺部に集中している不法占有者（スクウォッター）の住民移転の発生が見込まれる。

西部回廊の環境社会配慮調査の対象区間（Vasai Road－Rewari 間）では、農村地帯を通過する迂回路が多いが、既存線並行部と併せて約 1,300 件の規模の住民移転が生ずる見込みである。一方で東部回廊の環境社会配慮の調査対象区間（Mugal Sarai－Dadri 間）では、迂回路であっても市街地を通過することが避けられない箇所があり、既存線並行部と併せて約 2,350 件の規模の住民移転が生ずる見込みである。最終的な貨物新線のルート確定後に、移転対象住民に対しては各 District で詳細なインベントリー調査を実施して住民移転計画を策定しなければならない。

西部回廊の環境社会配慮調査の対象区間では、駅に生活を依存し、既存線の鉄道用地(ROW)およびその近隣の DFC の工事影響範囲に居住しているスクウォッターが、特に Surat 以南の区間にみられる。定住性向の高い世帯および低い世帯を含めると、500 名を超えることが確認されており、その対策が住民移転上の大きな問題となると考えられる。同様に東部回廊でも 200 名を超えるスクウォッターの移転が見込まれる。

さらに、迂回路での農地取得によって生計手段に影響が生じる農家が西部回廊東部の Haryana 州、南部の Gujarat 州、Maharashtra 州および東部回廊の Uttar Pradesh 州で多く発生する。このため、被影響農家の中には新たな農地を自ら取得することが難しい場合もあることから、適切な生計回復の確保の観点からは再取得価格による農地取得補償だけでなく、プロジェクトが被影響農家に対して適当な農地を斡旋するような支援も必要である。

- 107.** 用地取得および非自発的住民移転に伴う影響を回避・軽減するための住民移転計画フレームワークは、用地取得・住民移転に係る国家政策（National Rehabilitation Policy-2006 : NRP-2006）を基本とするが、迂回路で多く発生する農地取得に対する市場価格を反映した「再取得価格」の適用、および並行区間のスクウォッターに対する生計回復支援など国際ドナーが要求する住民移転計画の内容に対して、NRP-2006 の内容にはギャップがある。このようなギャップを埋めるべく、各種施策を盛り込んだ本調査提案の住民移転計画フレームワークに基づいた用地取得・住民移転を適切に実施すべく、鉄道省および DFCCIL

は関係機関との調整および実施体制の確立に早急に取り組む必要がある。

**108.** 本プロジェクトは、国家プロジェクトであることから、住民移転計画の内容およびその運用が各州によって異なることは望ましくない。国家プロジェクトとして、統一的かつ計画的な住民移転計画の立案およびその運用が求められる。そのためには、DFCCIL が、用地取得および住民移転の専従組織（住民移転局：仮称）を設立し、用地取得および住民移転の実施に際して、従来のように District Collector に用地取得交渉等を一任するのではなく、DFCCIL が率先して用地取得交渉や移転住民とのコンサルテーションに臨むなど、総司令塔としての責任を果たすことのできる体制を構築することが必要である。一方で、DFCCIL の組織作りや用地取得交渉のあり方や個々の被影響者の損失補償インベントリー作成などの本調査での提案内容の適切な実施状況をチェックするメカニズムを構築する必要がある。

**109.** MOR に環境社会配慮を担当する組織がないことなどから、インド側が主体となって環境社会配慮調査を実施する母体として環境ワーキンググループ（EWG）を本調査開始時に設立した。EWG は鉄道省、環境森林省と地方開発省のメンバーのほか学識者のメンバーで構成され、2007 年 9 月までに全 8 回の会議を開催し、調査団による環境社会配慮調査の進捗報告と意見交換を行った。また学識者のメンバーによる現地踏査も実施された。

**110.** 本調査における現地ステークホルダー協議（SHM）は、2007 年 1～2 月に第 1 ステージの SHM を M/P 対象区間沿線の全 10 州を対象に各州で開催し、第 2 ステージおよび第 3 ステージの SHM として F/S 対象区間の全 37 District を対象に各 District にてそれぞれ 2007 年 6～7 月および 8 月～9 月に開催し、両ステージの SHM の間に影響村落ごとにおける村落レベルの協議を開催した。また 9 月末に環境社会配慮調査（EIA レベル）の結果を公開する目的で中央レベルでのステークホルダー協議を開催した。当初、MOR などインド側プロジェクト実施関係者の参加がなかったが、調査団による働きかけに応じ、DFCCIL の地域担当者が配置された後に開催された第 3 ステージの SHM では、DFCCIL の地域担当者の積極的な参加がみられた。

本調査期間中に実施したステークホルダー協議においては、本事業計画に対する地元住民からの反対意見表明が少なからず挙がっている。従って、MOR および DFCCIL は、地元住民を含めたステークホルダーからの事業実施に対する合意を得られるよう最大限の努力と配慮をする必要がある。また、本調査終了によって完成する環境社会配慮調査（EIA レベル）報告書が、インド側の最終承認に至るまでにインド側関係者に公開され意見聴取が行われる必要がある。

**111.** 環境社会配慮上の対策等の措置を適切に実施するため、本調査で提案した環境管理計画の実施体制および方法に基づく工事中（施工中）における実施状況の管理が必要である。また事業の供用時においては、環境モニタリング計画に基づき、移転住民や用地取得に伴う被影響者の生計回復状況も含めて環境社会影響の各種軽減策の効果等をモニタリングし、モニタリング結果に応じた新たな対策等の実施が適切に行われるような実施体制の構築が必要である。

## XX. 事業費積算

112. 【事業範囲の定義】DFCの事業費としては、DFCが各整備段階で事業として成立し整備効果を発揮するため必要な項目に対する費用として計上する。事業に必要な項目として事業費に算入した項目は以下の通りである。

1) 土地収用・補償費、2) 公共設備移設費、3) 既存ROB架替工事費、4) DFCインフラ建設費、5) 第1期-A整備事業時に必要な新ICD建設費用、6) コンサルタント（調査・設計・入札図書作成・入札補助・施工監理）費用、7) 機関車調達費用、8) 機関車デポ建設費用、9) 予備費、10) プライスエスカレーション、11) 税金、12) 建中金利。

上記のほかに貨車の調達が必要になるが、貨車については個々の鉄道フォワーダーが調達するものであり、本プロジェクトの事業費の対象から除外した。

また既存線の改良も必要であるが、この改良はDFCのためだけの事業とはならないため、本プロジェクト事業費の対象からは除外した。

PETS IIでは既存踏切立体化事業が本プロジェクトに含まれていたが、54項での考察に従い本プロジェクトの対象から除外している。

上記の中でPETS IIでは本事業に含まれていない項目で、本調査で事業に含めた項目は、5) から12)までの項目である。このうち7) 機関車調達費および8) 機関車デポ建設費用はインド国鉄（IR）が実施機関となる。6)および9)から12)までの項目は円借款前提にする場合事業費に含める必要がある。

113. 【事業費積算】PETS-IIの報告を見直し、本報告で積算された事業費は以下とおりである。

表-3 DFC全体の事業費

費用項目	西回廊 (百万 Rs)	東回廊 (百万 Rs)	合計 (百万 Rs)	比率
01:建設工事費（DFCCIL分）	163,938	110,540	274,477	54.9%
02:建設工事費（機関車デポ、IR分）	717	0	717	0.1%
03:車輛費（電気機関車、IR分）	39,334	36,217	75,551	15.1%
04:コンサルティング・サービス費	5,432	3,419	8,851	1.8%
05:物的予備費	10,079	7,356	17,436	3.5%
06:プライス・エスカレーション	18,839	13,749	32,587	6.5%
<b>小計-1:</b>	<b>238,339</b>	<b>171,281</b>	<b>409,620</b>	<b>81.9%</b>
07:用地取得費・補償費	26,640	25,495	52,134	10.4%
08:事前調査費（詳細測量、設計）	742	491	1,232	0.2%
09:一般管理費	9,857	6,744	16,601	3.3%
10:税金	2,234	1,326	3,560	0.7%
11:建中金利	9,608	7,102	16,710	3.3%
<b>事業費・合計:</b>	<b>287,420</b>	<b>212,437</b>	<b>499,857</b>	<b>100.0%</b>
DFC事業費外とした項目				
*貨車+貨車基地費	20,999	16,004	37,003	
*踏切立体化事業費(PETS-2)	30,605	21,962	52,566	

(\*参考見積り金額)

また提案された第1期-A整備事業の事業費は下表のように算定された。機関車については第1期-Aにおいて2023年の需要を対象にした必要両数を調達するものとしている。

**表-4 提案するDFC第1期-A整備事業の事業費**

費用項目	西回廊 (百万 Rs)	東回廊 (百万 Rs)	合計 (百万 Rs)	比率
01:建設工事費 (DFCCIL 分)	92,747	61,355	154,102	47.6%
02:建設工事費 (機関車デポ、IR 分)	717	0	717	0.2%
03:車輛費(電気機関車、IR 分)	39,334	36,217	75,551	23.3%
04:コンサルティング・サービス費	3,393	1,376	4,769	1.5%
05:物的予備費	6,770	4,913	11,683	3.6%
06:プライス・エスカレーション	12,653	9,182	21,835	6.7%
<b>小計-1:</b>	<b>155,615</b>	<b>113,043</b>	<b>268,658</b>	<b>82.9%</b>
07:用地取得費・補償費	16,339	15,143	31,482	9.8%
08:事前調査費(詳細測量、設計)	464	279	742	0.2%
09:一般管理費	6,164	3,923	10,087	3.1%
10:税金	1,332	540	1,872	0.6%
11:建中金利	6,222	4,597	10,820	3.3%
<b>事業費・合計:</b>	<b>186,136</b>	<b>137,526</b>	<b>323,662</b>	<b>100.0%</b>

## XXI. 経済・財務分析

114. 【**経済分析**】 経済分析の結果は、西回廊に総コスト 287,420 百万 Rs. (約 8,600 億円 - 1Rs.=¥3.0) 東回廊に 212,437 百万 Rs.(約 6,300 億円 同)を投じて DFC を建設しても、インドは国家的にみて、西回廊 1.2 倍、東回廊 1.4 倍の便益を得ることが出来る。便益の種類は非常に多いが、計測した便益は、1) 時間節約、2) 運転経費節約、3) 65 項で示した、排気ガス削減である。便益を直接受ける対象は貨車、客車、トラック、バス等の運転経費、旅客(客車、バス)、貨物(貨車、トラック)等の時間節約、トラック、バス等の排気ガス削減で、合計 10 項目の便益項目が計測された。DFC の建設は、単に貨物輸送への効果にとどまらず、道路交通への影響効果も非常に大きい。この比較は、35 年間の総投資コストと便益総額を 2007 年現在の価値に割り引いて比較された。コストと便益の現在価値が等しくなる内部経済収益率は西回廊が 14.09%、東回廊が 15.26%である。この指標は 12%以上であれば投資妥当である。内部経済収益率が高いということはインドにとって国家的な便益が高いこと、非常に重要な国家的プロジェクトであることの証明である。

115. 【**財務分析**】 35 年間の運賃収入と費用の長期的な比較である。費用は建設コスト、車輛コスト、運行管理コストの 3 項目である。経済分析と同じく 2007 年現在の価格に割り引いて比較した。その結果、内部財務収益率は西回廊 9.08%、東回廊 15.59%である。従って、特に西回廊については長期的に安定した低利の資金源を獲得し、プロジェクトの財務収益性を確保する必要がある。

116. 【**事業効果分析**】 DFC プロジェクトのような大規模投資は国内および周辺国を含んだ社会経済に大きなインパクトを与える。プロジェクトが始まると、様々な活動が開始され、

「投資→直接需要→生産→所得→消費→生産への経済循環」が生まれる。一方、その過程において雇用、所得、税収、国際貿易量（輸出入）も増大する。

プロジェクト研究グループによって、産業連関表を用いて事業効果の算定が行われており、この研究成果をもとに本調査で算定された事業費をインプットして算定した事業効果は次のとおりである。

- ・生産波及効果 : 1兆3,860億ルピー
- ・粗付加価値波及効果 : 6,997億ルピー
- ・政府への波及効果（税収効果） : 219億ルピー
- ・企業利益への波及効果（営業利益） : 2,488億ルピー
- ・世帯への波及効果 : 所得3,716億ルピー、雇用：110万人
- ・輸出入への波及効果 : 輸出501億ルピー、輸入672億ルピー

このうち、世帯への波及効果は、貧困層にも及ぶものである。計画委員会(Planning Commission)によると2004-05年の貧困層の人口は約1.9億人と推定されているが、これらの人々は経済評価において述べられている旅客の旅行時間の短縮による利便性の増大による便益を受けるとともに、雇用機会および所得の増大が期待できる。

117. 【地域開発効果】本プロジェクトの実施は国全体の経済活動を活発にし、地域社会の社会経済の向上に大きく貢献する。国土開発計画上の観点から見て、地域開発の促進はきわめて重要である。本プロジェクトの実施により間接的に以下のような効果が期待できる。

**広域規模の開発：**Delhi～Mumbai間およびDelhi～Sonnagar間の輸送時間が約1/3に短縮（平均速度の比較による）されることにより、産業活動、社会活動が活発になることが期待できる。また、こうした活動の活発化は、両回廊に点在する地方中核都市の開発を促し、雇用の拡大、所得格差の低減などが図られて広域規模の適正な地域開発を促進する。

**工業の振興：**本プロジェクトの実施により、工業分野において原材料および製品をより早く、しかも時間どおりに輸送できるようになるため、新規開発の工場および関連諸施設の建設が期待される。すでに、Delhi～Mumbai間産業大動脈構想の実現に向けて日・印関係機関の動きが活発になっており、この大構想の実現のためにも本プロジェクトの早期実施が期待されている。沿線各地における工業開発を促進するために本プロジェクトは重要な役割を果たす。

**農林水産業の振興：**本プロジェクトが整備されると農林業生産地と市場および加工工場までの輸送時間が短縮されるため、沿線各地において、生産地の拡大および生産量の増大が期待される。また、海岸地域から内陸地域までの輸送時間も短縮されることから、これまで以上に海産物の流通が増大することが期待できる。こうしたことから国の重要な政策の一つとなっている農林漁業の振興を大いに促す。

**生活水準の向上：**本プロジェクトの実施により、客貨の混雑が軽減され、旅客輸送の利便性も向上する。間接的に多くの人々は病院、学校、行政機関などの公共サービス施設へのアクセスが改善され、これらの施設の活用が容易になることが期待される。このことは

地域住民の生活水準を向上させ、前節で述べた雇用機会の増大および所得の増加と同様に地域住民の生活安定に大きく寄与する。

## XXII. 事業主体および制度にかかわる考察

118. 世銀、ADB の指摘と協働と自己努力の結果、インド国鉄は 2001 年以來の経営の効率化が実を結ぶとともに生産性が向上し、これにより収益も著しく増大し、Net Income(純利益)は 2006-07 年度には 2001-02 年度の 6.3 倍で約 4,500 億円 (1,492 億ルピー) を記録している。この利益の源泉は貨物輸送にあり、MOR はこれに自信を得て DFC 事業を積極的に展開しようとしている。
119. 落ち続けてきたマーケットシェアを回復することによって、DFC 事業の収入を増加させるために、①長距離鉄道輸送と道路交通とのモード結合拠点である Rail-side Warehouse & Logistic Park の開発、②安全性、確実性の信頼回復のための到着日保証制度の設立等の工夫が必要である。また予想される需要構造に従った、貨物別、距離帯別の戦略的運賃設定も重要である。更に輸送トンキロを伸ばし、従業員を削減することで実現した最近 5 年の線路生産性、従業員生産性、Wagon 生産性の向上を DFC でも継続することも大切である。
120. これから期待されているインドの高度経済成長と産業育成を達成するためには基幹コリドーでの鉄道の復権が不可欠であり、その意味で DFC に寄せられる期待は大きい。その為には DFC はインド国鉄 (IR) の旧態からの変革を必要とする。その成果をモニターするためには、最低次の 2 つの数値目標が必要となろう。
- (1) 西回廊でのコンテナ輸送の鉄道マーケットシェア: 35%
- 顧客指向の Business Development を DFC で開発、定着させ、IR 全体に普及させることが出来るか否かを見る指標である。
- (2) DFC の Operating Ratio: DFC 全体(35%)、西回廊(30%)
- 高い鉄道生産性を誇る、カナダ、USA を目指して、更なる生産性の向上を計画通りに実現できたかどうかの見る指標である。
121. この様にして増加した DFC 収入をインド国鉄経理から分離経理し、更に DFCCIL に Project Planning, Operation & Business Development 等の機能を大幅に移譲することで自主経営を可能にするとともに、MOR 内に Zonal Railways と同格の DFC Railway (仮称) を新設し、DFC が扱う貨物の顧客窓口の一本化を実現することを提案する。
122. DFC Railway は運転手、機関車、貨車を保有し、認可された 15 社のコンテナ・バルク輸送業者とコンセッション契約を結び、牽引料金を徴求する。又大口顧客と直接長期の輸送契約を結び、運賃収入を得る。一方で DFCCIL は DFC に関しコンセッション契約を結び、DFC Railway が担当する以外の全ての業務を行い、その対価として Track Access Charge(TAC)を受け取る。顧客からの運賃収入及び牽引料金は先ず始めに顧客担当の Zonal Railway に入り、その後、これまで数十年の実績のある Zonal Railway 間の収入配分システムによって DFC Railway に配分される。
123. TAC の定式化は各国夫々の事情により異なり、標準と呼べるものは無いが、DFC はその

収益性、事業主体が国営企業（PSU：Public Sector Undertakings）であることから言って、イギリスの総括原価方式（線路主体の経常費＋資本報酬）をとるべきである。

124. 必要な調達資金は約 5,000 億ルピーであり、工事は 3 段階で整備するものとし、自己資金（年利 6.5%）のほか JBIC Loan(0.4%)、その他国際金融機関からの借入金（6%）および商業資金（12%）を想定し Cash Flow Projection を行った。試算結果は平均 Debt Service Coverage Ratio(DSCR：元利金返済カバー率)は 4.5（DFC プロジェクトとして）、1.8（TAC を収入とする DFCCIL として）であり、Return On Equity (ROE：資本利益率)は 47.1%(DFC), 14.1%(DFCCIL)である。
125. そのほか、①鉄道マーケットシェアが回復せず、且つ GDP 成長率が予想より 2%低い 5%と仮定した事業リスク、②DFC 収入の 20%が Zonal Railway 会計に埋没する組織リスク、③Operating Ratio の DFCCIL 標準未達成リスク、④その他 Donor Loan が利用できずに、商業性資金を代替した金利リスク、⑤2 年の Completion Delay と 50%の Cost Overrun が起こる事業実施リスク、⑥中距離帯の鉄道回帰を促すための戦略的運賃の収入リスク、⑦事業リスクと事業実施リスクの複合リスクのシミュレーションを実施したが、DFCCIL の平均 DSCR も ROE も夫々最低基準(1.2 及び 6%)をクリアした。

### XXIII. 事業実施計画

126. 【事業実施スケジュール】本年 6 月に本プロジェクトに対する円借款要請が正式にインド政府から日本政府に出された。ここでは本プロジェクトに円借款が供与される前提で事業実施計画の策定を行った。円借款を借り入れて事業実施する場合、JBIC のコンサルタント雇用ガイドライン、コントラクターの調達ガイドラインにしたがって入札手続および入札図書作成を実施する必要がある。本実施計画ではこれら入札および入札図書作成に要する時間を以下のように想定した。

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| 1) ICB によるコンサルタント選定・雇用手続き： | 10 ヶ月                   |
| 2) 資機材調達/本体工事入札図書作成手続き：    | 6 ヶ月（資機材調達）-12 ヶ月（本体工事） |
| 3) 資機材サプライヤーの調達手続き：        | 4 ヶ月                    |
| 4) 本体工事コントラクターの調達手続き（ICB）： | 12 ヶ月                   |

一方施工計画上のクリティカルパスを検討すると、以下の項目がクリティカルであることが判明した。

- |                 |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|
| i) 土地収用・移転補償：   | 土地収用・移転対象が特定されてから工事開始には最低 18 ヶ月を要する |
| ii) 架替する既存 ROB： | 道路側との調整・土地収用が必要であり、工事開始までに相当時間を要する  |
| iii) 土木工事：      | 他の工種に対して最も先行する工事である。                |
| iii) バラスト材/枕木：  | 生産能力に余裕がなく、工事に先立って材料調達する必要がある。      |

- iv) 機関車の設計・製造： 量産化までに詳細設計、型式認定、プロトタイプ製造および試験のプロセスが必要でコントラクター決定から6年程度が必要になる。

上記条件を考慮し、段階整備シナリオに基づき第1期-A整備事業を対象に以下の2つのオプションについて事業実施スケジュールを策定した。

Option-1： 円借款対象として適格な項目については全て円借款を利用して工事を実施する案。この場合、インド側資金負担分は全事業費の17.4%となる。

Option-2： クリティカルとなる土木工事、バラスト材/枕木の材料調達の一部（30%）、機関車の基本設計をインド側資金にて先行実施する案。この場合インド側の資金負担分は全事業費の33.4%となる。

Option-1の場合はL/A締結後DFC開業までには8年強の期間を要する結果となった。これに対してOption-2の場合ではL/A締結後DFC開業までに要する期間は約6年であり、Option-1に対して2年以上早期開業を図ることができる（付図2参照）。

なお第1期-B事業はインド側資金で2008年に工事を開始するが、国際金融機関の資金協力による工事開始には2年のリードタイムが最低必要と想定した。従い第1期-B事業の工期は8年と想定した。第2期事業のうちRewari-Dadri間は追加的技術調査と基本設計およびEIAに2年程度の期間が必要と想定し、またSon Nagar-Mugar Sarai間は需要面から2年程度工工事開始を遅らせることが妥当と判断した。

この結果DFC全体の工事が完了するのは第1期-AのL/A締結から8年後（2015-16年）となる計画となった。

127. 【事業実施体制】本プロジェクトは第1期-A整備事業だけでも全長1,600mを超える鉄道新線計画であり、この事業を5年程度の期間で成功裏に完成させるためには、プロジェクト全体を管理できる確固たる事業実施体制が不可欠である。インフラ部分の事業主体はDFCCILとなるが、DFCCILはスリム経営の方針としており、事業実施のため必要な要員も外的リソースから確保する方針である。また本プロジェクトが本邦技術を活用してSTEP円借にて実施された場合、インド鉄道（IR）にとって経験のない技術が採用されることも考えられるとともに、IRのこれまでの鉄道インフラ整備事業とは異なる、JBICのガイドラインに従った国際競争入札を前提とするコントラクターの調達やプロジェクト管理が求められる。このため本プロジェクトの事業実施に当たっては国際コンサルタントをGeneral Consultant（GC）として雇用したプロジェクト管理が求められる。GCは実施設計、入札図書作成、入札補助、施工管理、運営維持管理指導を行う。

第1期-A建設時においては中央にプロジェクト全体を統括するGCのCore Team（CT）を配置し、東西両回廊をそれぞれZonal Management Team（ZMT）を配置し、その下に直接現場管理を行うDivisional Supervision Team（DST）を配置する体制を提案する。ZMTはその地区のインド国鉄Zonal Railwayと連携し、当該Zonal Railway管内の全てDSTの管理・モニタリングを行いCTに報告を行う。DSTはZonal Railway内の各District Officeと連携して日常の施工管理を行う。

上記提案するプロジェクト管理組織図を付図3に示す。

## XXIV. プロジェクトの総合評価

128. 【技術的妥当性の評価】 調査団が提案している第1期-A 整備事業範囲および適用する技術については技術的に妥当であると評価された。PETS 2 で提案されている西回廊のフラット DSC システムは安定性が実証されておらず、技術的妥当性に問題があると判断され、本調査では実証済みシステムであるウェル DSC システムを提案している。第1期-B 整備事業および第2期整備事業に含まれる架替えを要する都市内の既存 ROB は、架替え工事が極めて困難でありかつ周辺社会への負の影響が多岐であり、技術的妥当性については今後慎重に検討される必要がある。

129. 【環境社会配慮面の妥当性評価】 第1期-A 整備事業範囲については調査団の策定した路線、停車場、橋梁のガイドラインデザインにしたがってインド側の FLS が完了し、環境管理計画・環境モニタリング計画・住民移転計画のフレームワーク等の提言が実施されれば、自然環境および社会環境に対する深刻な影響は回避・最小化できると判断された。第1期-B 整備事業および第2期整備事業範囲には、大規模な住民移転、都市部の架替え ROB やトンネル建設等、現計画では周辺社会に深刻な社会的影響を与える危険要素があり、今後さらに慎重な調査と検討を要すると判断された。

一方本事業実現により道路交通からのモーダルシフトが図られ、エネルギー消費量の削減、地球温暖化ガスの排出量の削減という環境改善効果がきわめて大きいことが確認された。

130. 【組織面の妥当性評価】 DFC のインフラ事業は新しく組織された DFCCIL が建設・維持管理を担当する。DFCCIL はまだ設立されたばかりであり、今後組織が拡充されていくものと判断される。MOR は DFCCIL の業務範囲をより拡大する方針に転換し、DFCCIL 内にもマーケティングを意識した部署を設置している。また IR の旧来からのシステムとはハード的にもソフト的にも異なる新しいシステムを DFC に適用し、それによる DFC プロジェクトの成功をもって、IR の合理化改革の引き金にしようという意思が複数の関係者から聴取されている。組織・制度面の整備はこれから実施されるものであり、現段階でその妥当性については評価できないが、このようなインド側の革新的な意思が高まっていけば十分な整備が可能と期待される。

131. 【経済・財務面の妥当性評価】 経済的には東西両回廊とも十分な数字をもって妥当性が検証された。東回廊は財務的妥当性が問題なく検証されたが、西回廊は財務的内部収益率が 9%程度とどまるため、財務的妥当性を確保するためには低利子の資金を調達する必要がある。本調査では二次的な経済波及効果の評価も行ったが、生産波及効果、粗付加価値波及効果、税収増加効果、世帯収入増加効果などの面で大きな効果があることが判明し、国家経済的に大きな事業投資価値があることが確認された。

132. 【プロジェクトスコープの定義の妥当性評価】 本調査では本プロジェクトの本体部分の定義として、DFC の鉄道インフラ設備の建設とそれに伴い必要となる既存 ROB の架替工事のほかに、DFCCIL の事業として「新 ICD の建設」が、また IR の事業として DFC を運行する「電気機関車の調達と機関車デポの建設」がプロジェクトスコープに含まれている。このプロジェクトスコープの定義は、「当該事業本体が事業として成立するために必

要な要素であり、かつ公共性が高く、当該事業による専用性が高い要素」を含めたプロジェクトスコープとなっており、円借供与を前提とした場合妥当な定義と判断する。PETS II では DFC が通過するすべての既存踏切を ROB 化する事業が含まれているが、この事業は技術的妥当性、経済的妥当性および社会環境影響面の妥当性が正当化できないことに加え、DFC による専用性の点でも本プロジェクトに含めることは正当化できなかった。このため本調査では既存踏切の ROB 化事業は、本プロジェクトのスコープの対象外とし、独立した事業として MOR が計画的に実施することを提案している。同様に TKD-Asaoti 間の DFC 建設についてもプロジェクトスコープから除外した。なお上記本体部分のスクープのほか、用地取得・移転保障、コンサルタントサービスが事業スコープに含まれている。

133. 【事業実施計画面の妥当性評価】第 1 期-A 整備事業について調査団は 2008-09 年工事開始、工期約 6 年を提案している。本案はインド側による用地取得がタイムリーに終了されれば工程的には可能な計画である。第 1 期-B 整備事業は前項の技術的課題解決のリードタイムを考慮し工期 8 年とし、第 2 期整備事業もトンネル区間の追加検討等の問題のための 2 年間のリードタイムを想定している。この想定通り事業が進捗するかはこのリードタイム期間中のインド側の計画熟度向上努力如何にかかっている。

## XXV. 結論と提言

134. 【本調査の結論】本事業は経済面、財務面も含めて総合的に投資価値の高い事業と結論される。第 1 期-A 整備事業については事業実施が技術的に妥当と判断され、環境社会配慮面からも本調査での提言事項が適切に実施されれば環境・社会影響を回避・最小化することが可能であり、需給面からの必然性も高く早急な事業実施が強く推奨される。第 1 期-B 事業については需給面からの必然性は高いが、工事開始に先立って解決しなければならない技術面・環境面の問題を有する区間が存在するため、この問題を解決するためのリードタイムが必要であり、インド政府のこの間の最大限の問題解決努力が不可欠である。第 2 期事業については事業実施までには需給面で一定の余裕があるが、トンネル区間の存在など技術面、環境面で十分な調査と検討を必要とする問題があり、同じくインド側の問題解決努力が求められる。本事業全体の中には、社会環境に大きな影響がある区間が存在することが判明した。また現地ステークホルダー協議においては、本事業計画に対する地元住民から主として用地取得問題に起因した反対意見表明が少なからず挙がっている。したがって DFCCIL および MOR は、地元住民を含めたステークホルダーからの事業実施に対する合意を得られるよう最大限の努力と配慮をする必要がある点も、本調査の結論および提言として強調されなければならない。

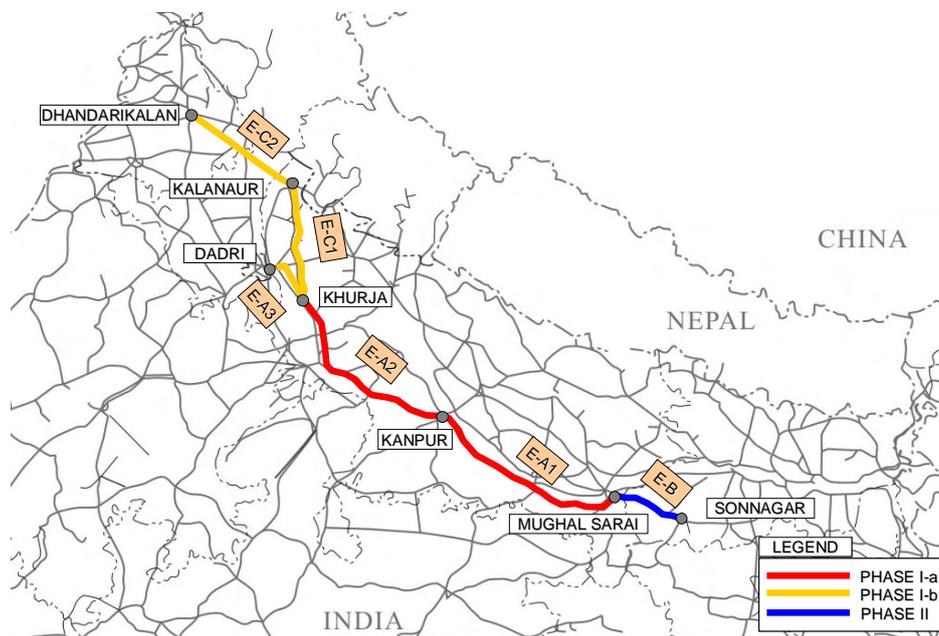
貨物新線建設事業そのものは貨物輸送システム全体の中の一部の役割を担うに過ぎない。本調査において、本事業投資が有効に活用され、期待される事業効果を発現させる為には関連するインターモーダル施設やシステムの整備が必要であることが確認され、その整備のためには MOR/DFCCIL が主体となって関係機関への働きかけが求められるとの結論に達した。

135. 【今後実施すべき事項】インド側はプロジェクト実現のために以下のアクションをタイムリーに実施する必要がある。

1. 事業全体を実現し成功させるためには有利な条件の資金調達が不可欠である。インド政府は第1期-A整備事業を含めて早急に円借款以外の国際金融機関（ADB、世界銀行）からの資金協力の必要性について具体的検討を行うとともに、これか関係機関との協議を開始すること。
2. 用地取得や工期短縮のためにインド側が先行して実施する工事に必要な資金をカバーするために、早急に十分なインド政府自己資金を確保すること。
3. 第1期-A事業範囲の施設設計については予定通り実施設計を2007年12月までに完了させること。
4. 本事業全体の大きな障害となっている既存ROBの架替えについては個々のROBについて道路行政側との協議と調整が必要であるので早急に技術調査と概略設計を行い道路側との設計協議を開始すること。
5. 本調査で比較検討し提案されている技術オプションについて、本調査の検討結果を踏まえて鉄道省としての意思決定を早急に行うこと。
6. DFC西部回廊第1期-A事業開業時に必要なRewari-Delhi間の新ICDの事業実施について、調査団の提案を踏まえて至急方針決定すること。
7. 円借款を含めて国際金融機関からの資金で工事を実施する場合は、今後早期に必要な検討を加え、政府承認を終えること。
8. 現地ステークホルダー協議において、過去のプロジェクトで適切な補償や支援がなされなかった経験などを理由に本事業に反対する意見が出ていることに鑑み、今後もMOR/DFCCILが主体となって住民説明会を実施し沿線住民の合意形成が得られるよう継続努力を行うこと。
9. 用地取得・住民移転に際して、以下の実施が必要である。
  - ・ FLSに基づき、被影響住民の土地・資産に関する市場価格調査を実施すること。
  - ・ 本事業の補償政策は、同調査に基づいて策定すること。
  - ・ Right of Way (ROW)内に居住するスクワッターについても協議の対象に含め、立ち退きにより貧困化することのないよう十分配慮する計画を策定すること。
  - ・ 実施の際にDFCCILが内部モニタリングのためにInternational Consultantを採用する他に、ドナー側から外部モニタリングのConsultantを別途参加させること。
10. インターモーダル輸送改善のためのアクションはDFCとは関係なく現状において必要な方策である。本調査で提案されているタスクフォース設立に向けてMOR/DFCCILが主体となった具体的なアクションを早急に起こすこと。



付図 1-(1) DFC 西回廊の段階整備シナリオ

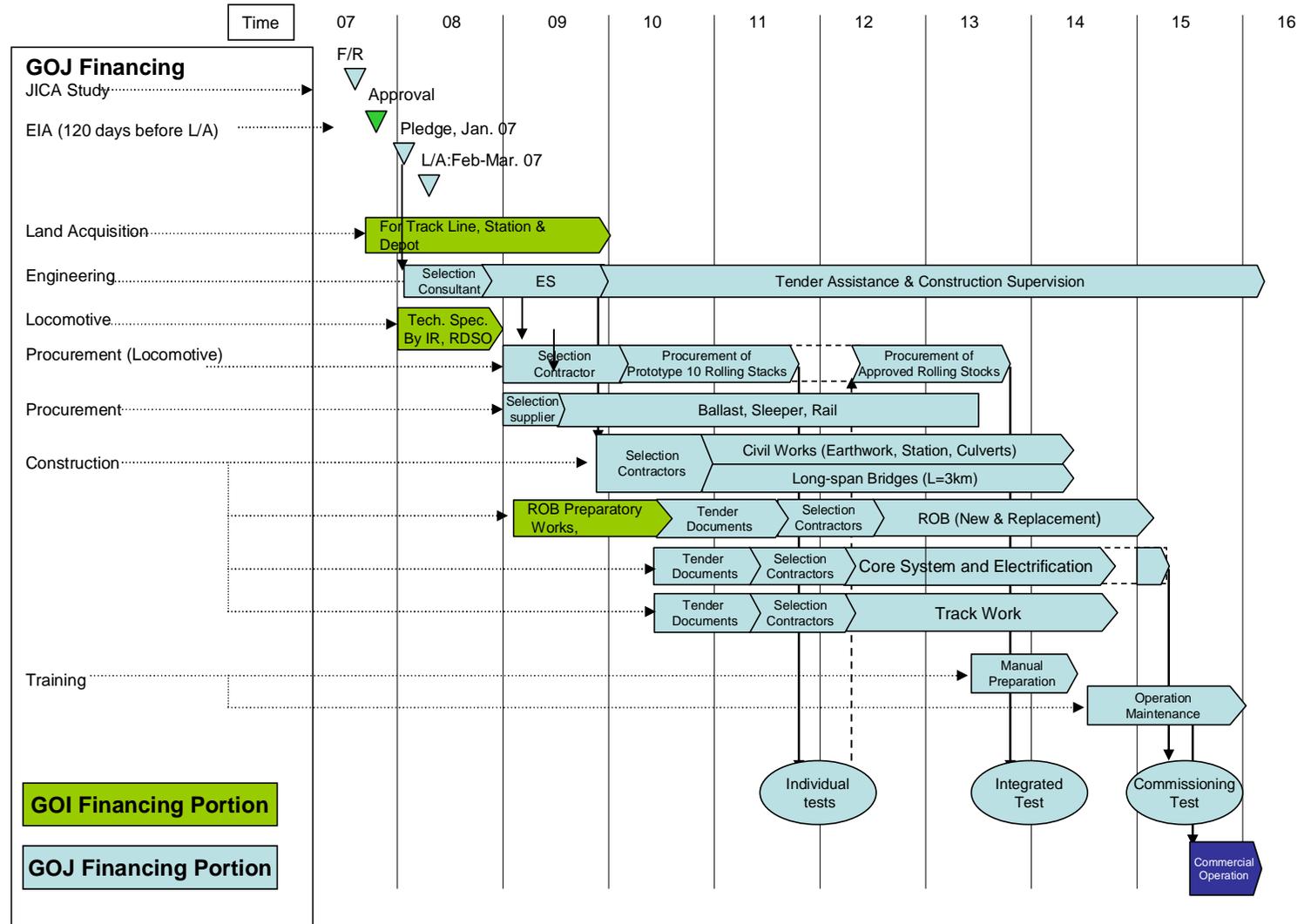


付図 1-(2) DFC 東回廊の段階整備シナリオ

# DRAFT DFC PHASE 1 ROADMAP

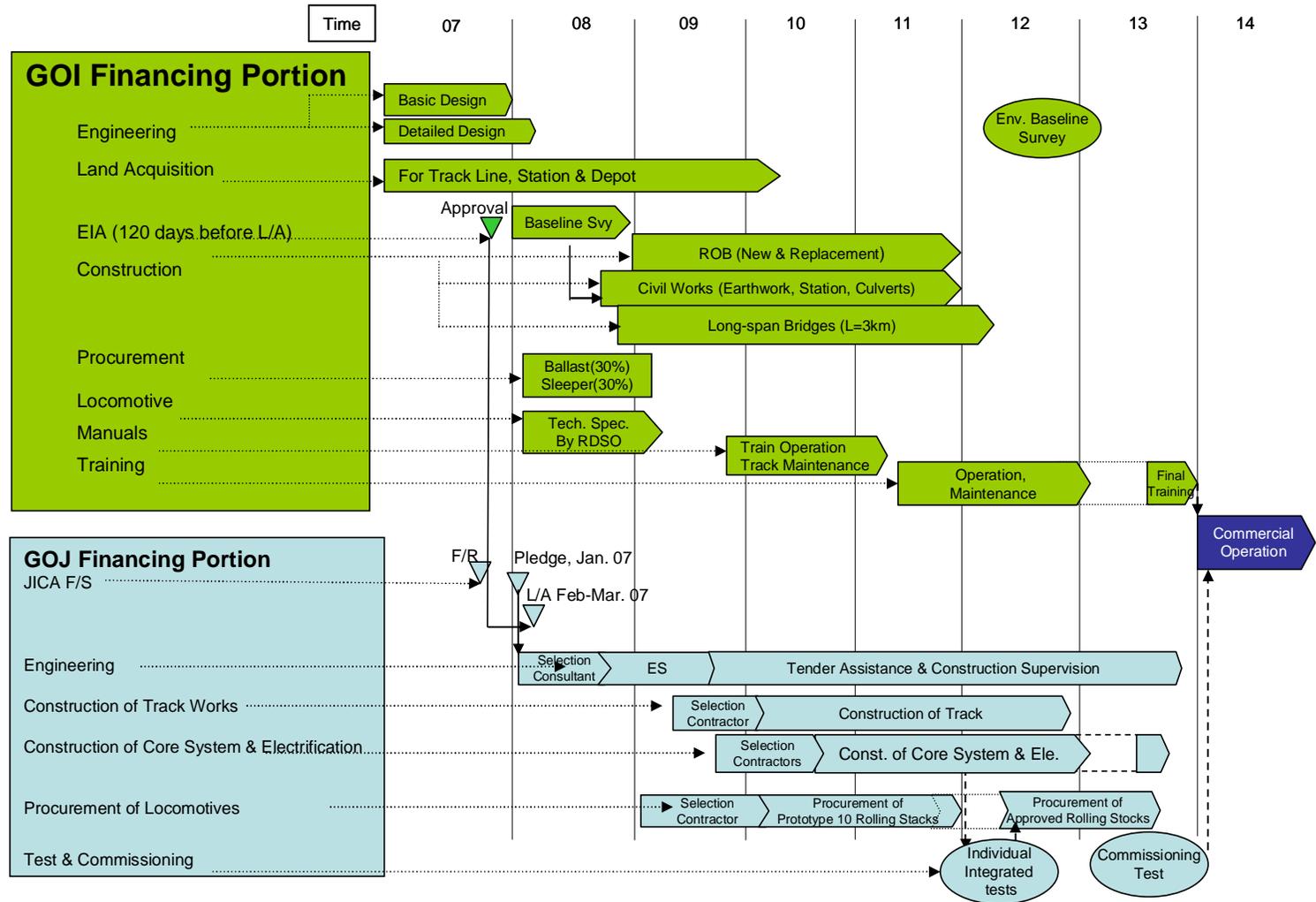
CASE-1: ALL IN ONE IMPLEMENTATION

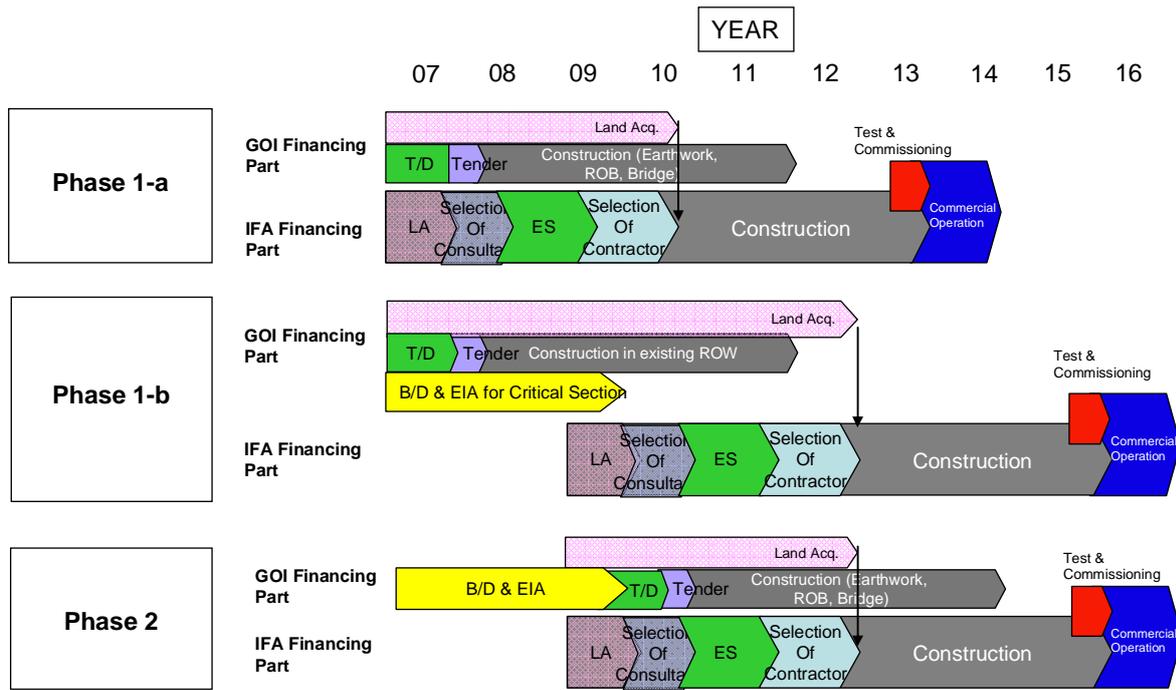
付図 2-(1) 事業実施スケジュール(全額 ODA 資金による施工)



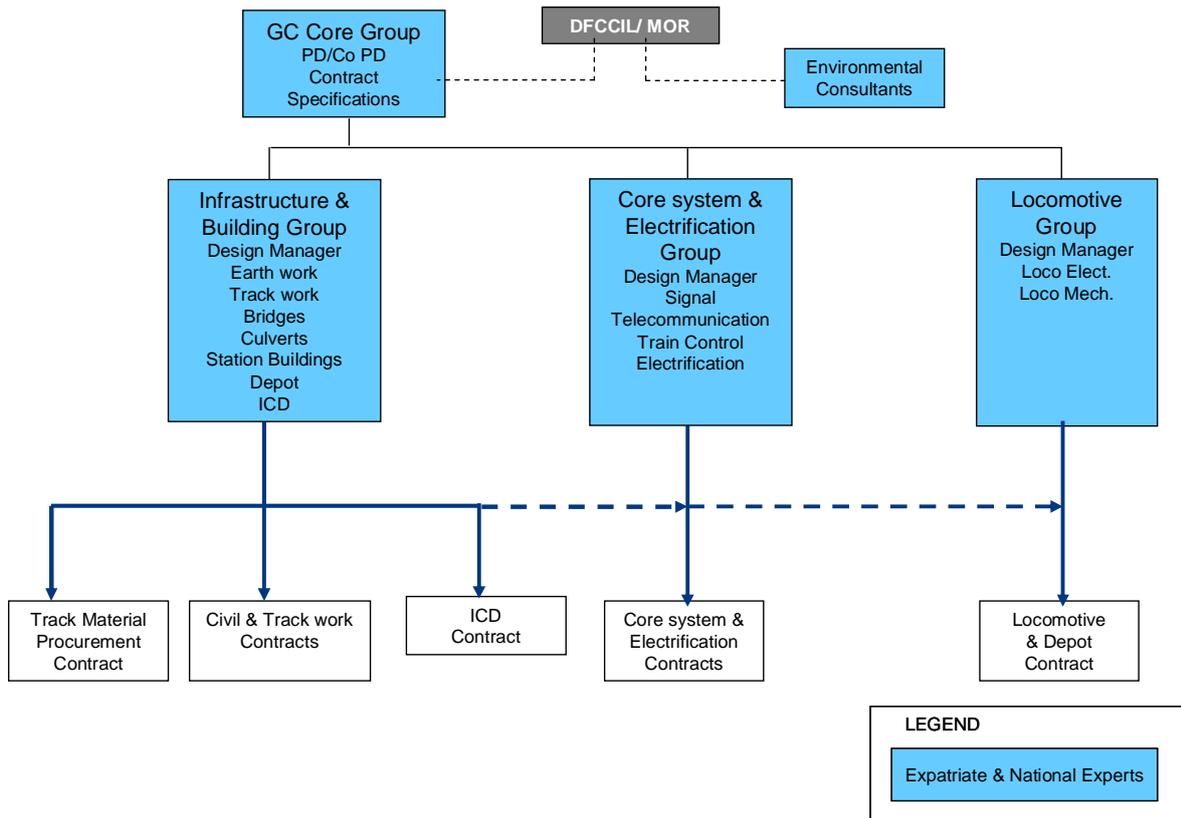
# DRAFT DFC PHASE 1 ROADMAP CASE-2: FAST TRACK IMPLEMENTATION

付図 2-(2) 事業実施スケジュール (日印分担施工)

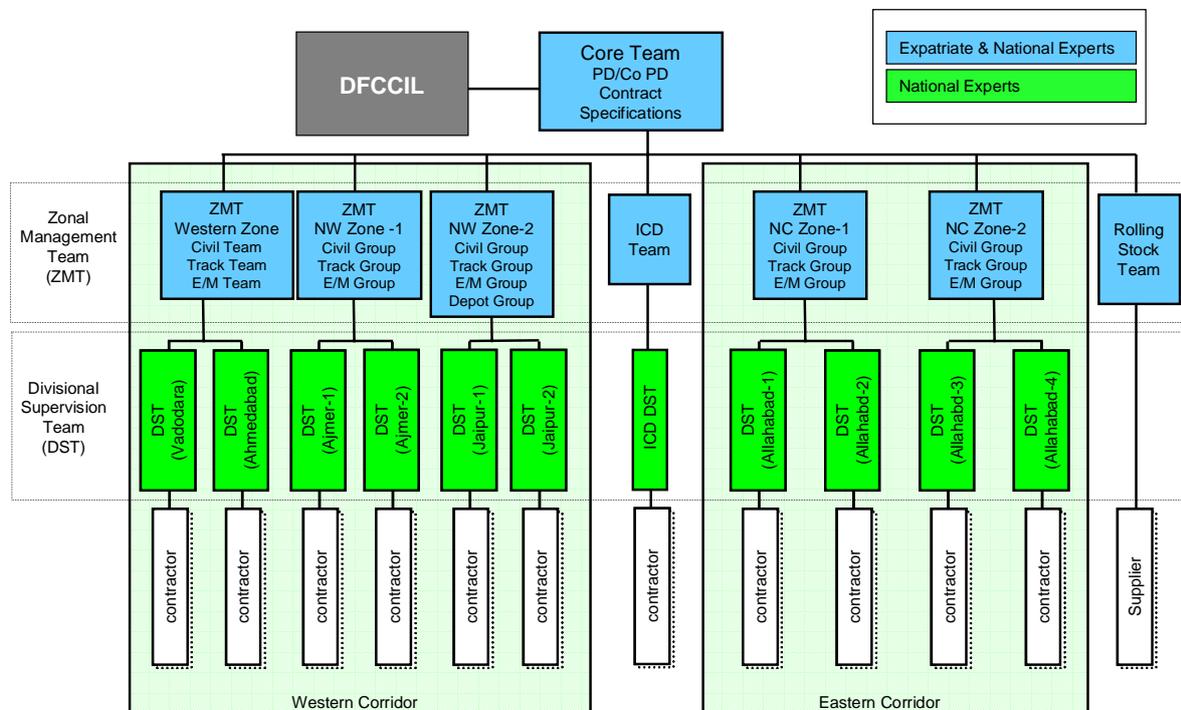




付図 2-(3) 事業実施スケジュール (全体)



付図 3-(1) 設計・入札業務実施体制



付図 3-(2) 施工管理体制

略語集

---

## 略 語 集

（適切な和訳がない用語については括弧にて用語の意味を記す）

AAR	Association of American Rairoads	全米鉄道協会
ABB	Air Blast Breaker	空気遮断器
ABS	Absolute Blocking System	（一駅間を一閉塞区間とするインド鉄道の標準信号システム）
ACD	Anti-Collision Device	自動列車衝突防止装置
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AFTC	Audio Frequency Track Circuit	可聴周波軌道回路
AT	Auto-transformer	単巻変圧器
ATC	Automatic Train Control	自動列車制御装置
ATO	Automatic Train Operation	自動列車運転装置
ATP	Automatic Train Protection	自動列車防護装置（ATS と同等機能）
ATS	Automatic Train Stop	自動列車停止装置（和製英語）
BHEL	Bharat Heavy Electrical Limited	（インド商工業省傘下参加の国営重電メーカー）
BPAC	Block Proving by Axle Counter	車軸検知方式閉塞装置
BPK	Billion Passenger Km	十億人キロ
BSS	Base Station System	基地局システム
BT	Booster Transformer, Boosting Transformer	吸上変圧器
BTS	Base Transceiver Station	無線基地局
CAGR	Compound Annual Growth Rate	年平均成長率
CAPEX	Capital Expenditure	（設備投資のために支出する金額のこと。）
CCEA	Cabinet Committee of Economic Affairs	経済協議委員会
CEA	Central Electric Authority	中央電力機構
CFA	Cash Flow Projection	キャッシュフロー予測
CL	Curve Length	曲線長
CLW	Chittaranjan Locomotive Works	チッタランジャン機関車工場（電気機関車製造工場）
CMS	Cast Manganese Steel	鑄造マンガン鋼
Cr.	Crore	（インド）1000 万
CRCS	Computerized Route Control System	運行制御装置
CRIS	Centre for Railway Information Systems	（インド鉄道省の情報センター）
CS	Crossing Station	（運行列車の退避、行違いを主たる目的にして DFC に設置される停車場施設）

CSR	Clear Standing Room	(停車場線路有効長、日本とは若干定義が異なる)
CTC	Centralized Traffic Control System	列車集中制御装置
CTCC	Centralized Traffic Control Centre	中央指令所
DCT	Double Coupled Train	(2 編成連結列車)
DFC	Dedicated Freight Corridor	貨物専用鉄道
DFCCIL	DFC Corporation of India Ltd.	(DFC のインフラを建設・維持管理する特別目的会社)
DGPS	Differential GPS	相対測位式 GPS の一つ: (位置の分かっている基準局が発信する電波を利用して、GPS(全地球測位システム)の計測結果の誤差を修正して精度を高める技術)
DLW	Diesel Locomotive Works	ディーゼル機関車工場
DPC	Dedicated Passenger Corridor	旅客専用鉄道
DR	Detailed Railway Noise and Vibration Survey	詳細鉄道騒音・振動調査
DRB	Detailed Railway Noise and Vibration Survey at Bridge	橋梁部詳細鉄道騒音・振動調査
DRP	Detailed Railway Noise and Vibration Survey at Plain Route	平野部詳細鉄道騒音・振動調査
DSC	Double-stack container	2 段積コンテナ
DSCR	Debt Service Coverage Ratio	元利金返済カバー率
DSS	Double Slip Switch	ダブルスリップスイッチ
DTMF	Dual Tone Multi Frequency	トーン信号
EDI	Electric Data Interchange	(商取引に関する情報を標準的な書式に統一して、企業間で電子的に交換する仕組み)
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service	(欧州の静止衛星を利用したナビゲーション精度向上サービス)
EIA	Environmental Impact System	環境影響評価
EIRENE	European Integrated Railway Radio Enhanced Network	ヨーロッパ集積鉄道無線増強網
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
ELI	Existing Line Improvement	既存線改良
ELL	Electric Leveling Luffing	電気レベル検知
EMaP	Environmental Management Plan	環境管理システム
EMoP	Environmental Monitoring Plan	環境モニタリングシステム
ERTMS	European Rail Traffic Management System	(欧州の鉄道制御方式)
ESCS	Environment and Social Consideration Study	環境社会配慮調査

ESIMMS	Environmental and Social Impact Mitigation Measures Study	環境社会影響軽減調査
ETCS	European Train Control System	ヨーロッパ列車制御システム
EUDL	Equivalent Uniformly Distributed Load	等価均等配分負荷
EWG	Environmental Working Group	環境ワーキンググループ
FCL	Full Container Load	(FCL 貨物: コンテナ 1 本を単位として輸送される貨物、LCL 貨物と対比する用語)
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
FL	Formation Level	施工基面高
FLS	Final Location Survey	(RITES が実施する地形調査)
FOIS	Freight Operations Information System	貨物輸送情報システム
FS	Feasibility Study	実現可能性調査
GBAS	Ground-based Augmentation System	地上式補強システム
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GL	Ground Level	地盤高
GNSS	Global Navigation Satellite Systems	全世界的航法衛星システム
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GQ	Golden Quadrilateral	黄金の四辺形
GSDP	Gross State Domestic Product	州内総生産
GSM	Global System for Mobile communication	(携帯電話の通信方式の一つ。ヨーロッパ/中東/アフリカ/アメリカ(の一部)で支配的な方式)
GSM-R	Global System for Mobile Communication for railway applications	携帯電話の GSM の技術をベースにヨーロッパにて規格化された鉄道向け移動通信システム
GTO	Gate Turn Off Thyristor	ゲートターンオフサイリスター(パワーエレクトロニクスに用いる素子の名称)
HLR	Home Location Register	ホームロケーションレジスター
IA	Intersection Angle	交角
IBS	Intermediate Blocking System	駅間閉塞分割装置
ICD	Inland Container Depot	内陸コンテナ基地
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準機構
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor	インシュレーテッドゲートバイポーラートランジスター(パワーエレクトロニクスに用いる素子の名称))
IMO	Independent Monitoring Organization	第三者モニタリング機関

IP	Intersection Point	交点
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
IWT	Inland Water Transport	内陸水運
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
JS	Junction Station	（既存線との接続を主たる目的として DFC に設置される停車場施設）
JST	JICA Study Team	JICA 調査団
KBI	Knorr-Bremse India	クノールブレーキ・インド社
KDS	Kolkata Dock System	コルカタ港
KoPT	Kolkata Port Trust	コルカタ港湾公社
KRCL	Konkan Railway Corporation Ltd	コンカン鉄道会社
LCL	Less than Container Load	（LCL 貨物: コンテナ 1 個に満たない小口貨物で、1 本のコンテナに混載する）
LCX	Leaky Coaxial Cable	漏洩同軸ケーブル
LWR	Long Welded Rail	ロングレール
MMD	Maximum Moving Dimensions	最大車両移動寸法
MOR	Ministry of Railway	鉄道省
MSC	Mobile Switching Center	移動無線交換局
MTRC	Mobile Train Radio Communication	列車移動通信
MUX	Multiplexer	多重化装置
NCR	National Capital Region	首都圏
NDP	Net Domestic Product	国内純生産
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NHDP	National Highways Development Project	国家道路整備計画
NRP	National Rehabilitation Plan	国家住民移転政策
NRVY	National Rail Vikas Yojana	国家鉄道開発計画
NSDP	Net State Domestic Product	州内純生産
OFC	Optical fiber cable	光ファイバーケーブル
PAF	Project Affected Family	被影響世帯
PAP	Project Affected People	被影響者
PCM	Pulse Code Modulation	パルス符号化変調
PETS	Preliminary Engineering cum Traffic Study	（RITES が実施したフェージビリティスタディ調査）
PPP	Public Private Partnership	官民協働
PPTA	Project Preparatory Technical	（ADB の実施する TA のひとつ）

	Assistance	
PSC	Prestressed Concrete	プレストレストコンクリート/PC
PSU	Public Sector Undertaking	国営企業
RAP	Resettlement Action Plan	住民移転計画
RDSO	Research Designs and Standards Organization	(インド国鉄の技術研究所の名称)
RITES	Rail India Technical and Economic Services	(インド国鉄傘下のコンサルタント)
RL	Rail Level	軌道高
RMG	Railed Mounted Gantry Crane	軌道式門型クレーン
ROB	Road Over Bridge	跨線道路橋
ROE	Return On Equity	資本利益率
ROW	Right of Way	鉄道用地
RRP	Framework of Resettlement and Rehabilitation Plan	住民移転計画フレームワーク
RS	Railway Station	鉄道駅
RTK	Real Time Kinematics	D-GPS と同様、相対測位方式の一つ。基準点で誤差を求め、それを移動局(位置測定対象物)にリアルタイムで知らせることで精度を上げる方式
RTRI	Railway Technical Research Institute	鉄道総合技術研究所(日本の鉄道関係研究機関)
RUB	Road Under Bridge	架道橋
RVNL	Rail Vikas Nigam Limited.	(鉄道省傘下の国営企業。鉄道建設を担当する)
RWF	Railway Wheel Factory	鉄道車輪工場
SBAS	Satellite-based Augmentation System	静止衛星型衛星航法補強システム
SC	Schedule Castes	指定カースト(インドにおける特定の被差別カースト。不可触賤民)
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	電力監視制御指令システム
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同期デジタルハイアラキー
SEZ	Special Economic Zone	特別経済区
SGC	State Grievance Committee	州苦情処理委員会
SMTP	Sub-Manifest Transshipment Permit	(インド独特の通関書類手続きのひとつ)
SOD	Schedule of Dimensions	車両限界
SP	Section Post	き電区分所
SPAD	Signal Passed at Danger	信号冒進
SPART	Self-propelled Accident Relief Trains	自走式事故救援列車

SPURT	Self Propelled Ultrasonic Rail Testing	自走式超音波探傷車両
SR	Sensitive Receptor	センシティブ・レセプター
SSC	Single Stacked Container	1 段積コンテナ
SSS	Single Slip Switch	シングルスリップスイッチ
ST	Schedule Tribes	指定部族（インドにおける特定の被差別少数民族）
STEP	Special Terms for Economic Partnership	本邦技術活用条件
TA	Technical Assistance	技術協力
TAC	Track Access Charge	（上下分離の場合の「線路使用料」）
TCL	Transitional Curve Length	緩和曲線長
TETRA	Terrestrial Trunked Radio	テトラデジタル移動無線システム
TEU	Twenty feet equivalent unit	20 フィートコンテナ換算
TLD	Track Loading Density	（長さあたりの列車荷重、軸重と並用して用いる）
TMCP	Thermo-Mechanical Control Process	熱加工制御
TMG	Tire Mounted Gantry Crane	タイヤ式門型クレーン
TPWS	Train Protection and Warning System	列車防護警報システム
TS	Terminal Station	（既存線への接続を主たる目的に DFC の末端に設置される停車場設備）
TSS	Traction Substation	き電変電所
TVU	Train Vehicle Unit	踏切通過交通量
UIC	Union Internationale Chemins de Fer	世界鉄道連合
UTS	Ultimate Tensile Strength	終局引張強度
VCB	Vacuum Circuit Breaker	真空遮断器
VCL	Vertical Curve Length	縦曲線長
VRRC	Village Resettlement and Rehabilitation Committee	住民移転及び生計回復村落委員会
V-SAT	Very Small Aperture Terminal	超小型地球局
WB	World Bank	世界銀行