

第 8 章 最適技術オプション

第8章 最適技術オプション

8.1 効率的なロジスティックスの実現

トラック以外の輸送機関の輸送は、その両端の集配をトラックが受け持つので、インターモーダルな性格を有している。インドでは、近年、海外との取引が増えて、船と鉄道やトラックが連携した輸送が多くなった。

船と鉄道、トラックと異種輸送機関が連携して実現する輸送を効率化することは容易ではない。ここでは効率的なロジスティックスを実現するための方法として、システムの視点からのアプローチを初めに紹介し、続いてこれを支援する技術及び制度について紹介する。

8.1.1 輸送システムのシームレス化

異種輸送機関が連携して実現する輸送を効率化するためには、輸送全体を一つのシステムとして捉えることが大切である。あたかも一つの輸送機関と見做せるようにして行くこと、言葉を変えればシームレス化が必要である。

ここでは輸送システムを構造およびパフォーマンスの二つの側面において把握することを提言するとともに、その際の視点を紹介する。また DFC での大きなテーマとなっているインターモーダル輸送における輸送時間とコストの削減アプローチの手法について提言する。

(1) 輸送全体の構造面からの把握(ハード的アプローチ)

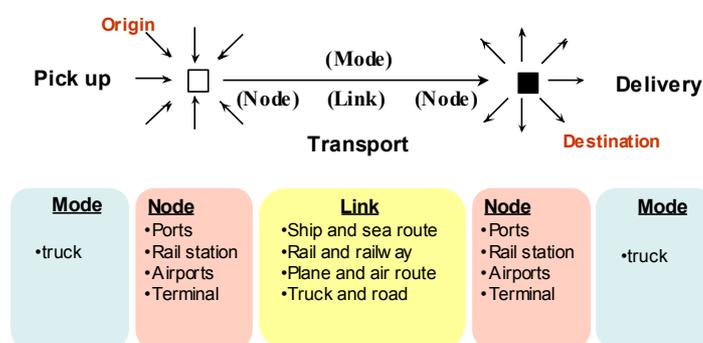


図 8-1 物流の構造

輸送全体の構造はリンク、ノード、モードの三つで構成されていると考えることができる。リンクは物流拠点を結ぶ通路であり、鉄道・道路・水路・空路の四つからなる。これにパイプラインを加えることがある。ノード(物流拠点)は貨物を荷役する場であり、貨物駅・トラックターミナル・港湾・空港とその施設である。

モードは交通路上を移動する輸送機関をいう。鉄道でいえば機関車・貨車である。道路ではトラックである。水路では船であり、空路では航空機である。

発地から着地までの輸送能力を向上するためには、一つのリンク(輸送手段)やモー

ド（輸送機関）の輸送能力だけを增加させても、輸送全体の輸送能力は増えない。またすべてのリンクやモードの輸送能力を同水準に向上させたとしても、ノード（輸送機関の結節点=積み換え地点）の能力が変わらなければ、輸送全体の能力を向上させることはできない。ノードの滞貨が増えるだけである。こうした観点を念頭において、個々の輸送能力を高めていくことが必要である。

(2) 輸送全体のパフォーマンス面からの把握(ソフト)

オペレーション（輸送計画、輸送能力）、コントロール（輸送管理）などの視点から輸送全体のパフォーマンスを評価しつつ、輸送全体の改善を進めて行くことがもう一つの重要な視点である。

輸送システムは多くの輸送手段や物流拠点で構成されているので、全体としての輸送日数は各モードの所要日数と、ノードにおける一つのモードから次のモードへの積み換えに必要な日数をすべて合計した時間となる。すなわち一つの輸送機関の輸送時間が非常に短くなったとしても、他の輸送機関の輸送時間や積み換えに要する時間が従来どおりに掛かるのであれば、トータルとしての輸送時間はあまり短くならない。

また一つの輸送機関の輸送に掛かる時間が不安定であれば、輸送全体の所要時間は明確化できない。インターモーダル輸送全体としての輸送時間を明確化するためには、すべての輸送機関の所要時間およびノードでの積み換えに必要な時間を明確化する必要がある。

(3) インターモーダル輸送の時間および経費削減

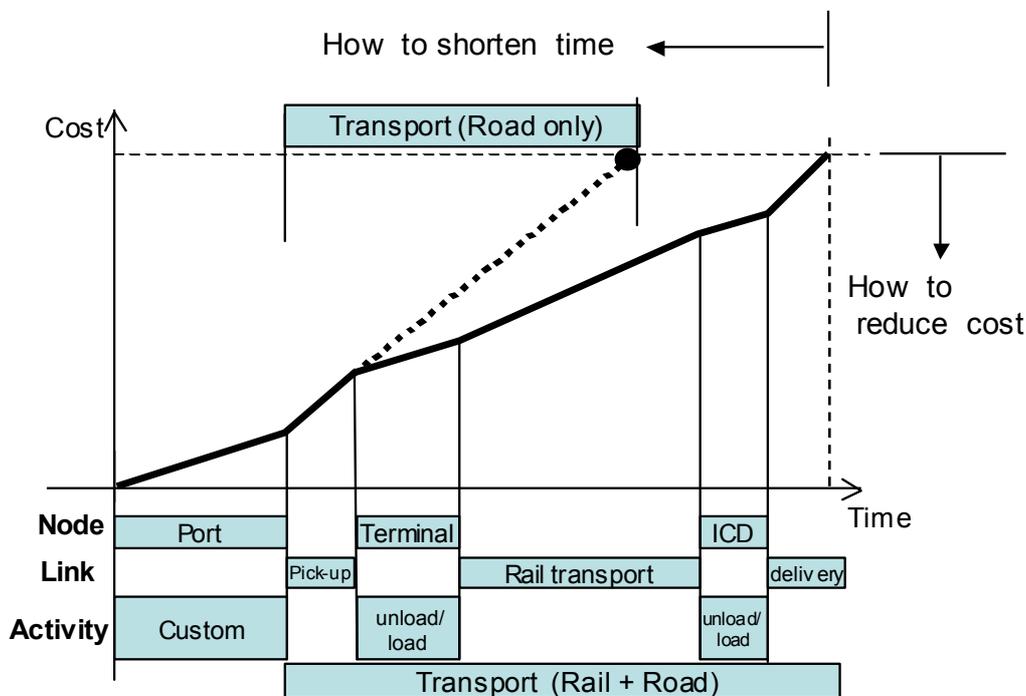


図 8-2 物流における時間と価格関連図

インターモーダル輸送の輸送時間短縮と輸送コスト削減を行うにはどうすれば良いか。これは図 8.2 のように、発地から着地までをシステムとして総括的に捉えることにより、初めて、どこに問題があるかが判明する。

ノードでは港湾、ターミナル、ICD があり、リンクとしてはコンテナのピックアップ、鉄道輸送、トラックによる配達がある。またノードでの作業として、通関、列車への積卸し、トラックへの積卸しがある。これらのうち、物理的な改善だけでなく、作業面、制度面も含めた改善を実施し、時間とコストの両面で大きく目立つものから小さくしていく努力を重ねることにより、全体としての縮減効果を得る。この際、鉄道と道路の特徴を比較し、弱点をどう補うかを考えて行くことが必要である。

表 8-1 鉄道と道路の特徴

Term	Rail	Road
Transport Cost	○(low)	△(high)
Frequency	△(low)	○(high)
Unload/Load	△(many)	○(once)
Damage	○(low)	△(high)
Custom	△(same)	△(same)

8.1.2 ロジスティクス技術のシームレス化

(1) 人間

機械化や情報化が進んでも、物流のサービス水準は実際に貨物を扱う人間によって決まる。物流において、人間が果たす役割は大きく変わってきている。ここではその代表的な二つの例を示す。

1) 多能化によるワンストップ化の実現

日本では家庭や企業に届く荷物を配送する「宅配」が日本人の生活を変えてきた。この「宅配」を行う配達担当者は単にトラックを運転するだけではない。荷物を配達するときに集金もする。配達に行っても不在であっても、荷受人が連絡すれば再度配達に出向く。コールセンターの役割も背負っている。配達する荷物も普通の荷物から、配達日指定のゴルフバッグ、保冷輸送が必要な冷凍食品、毎日の食事の配達など、それぞれ特殊な扱いを要する荷物を一人のトラック・ドライバーがこなす。

これは物流企業からみれば多能化であり、人件費の節減であるが、荷主から見れば、何事もドライバーに頼めば良い（ワンストップ化）ということであり、まさに物流のシームレス化を実現している。

2) 輸送途上における物流コントロールの実現

高速道路を走行するトラック運転手は携帯電話を持っている。前方で大きな交通事故があり、その先に進めなくなったなどの場合、直ちにセンターと電話交信する。結果としてトラックが高速道路を降りて、平行迂回路を取ることはごく普通に行われる。場合によっては荷主からの要請で、行き先地を変更するな

どの手配も行われる。このように例外処理についても、円滑に処理できることがロジスティクスにとって欠かせないサービスとなっている。これは、いったん輸送会社に預けた貨物でも荷主の意向のままに動くということであり、まさに物流のシームレス化を実現している。

(2) ロジスティクス技術のシームレス化

シームレス化の実現を支える物流技術について、標準化と専用化の両側面から紹介する。

1) 標準化とユニットロード・システム

ロジスティクスはパレット化、コンテナ化などのユニットロード・システムにその基礎を置いている。パレットに合うよう製品を入れる段ボール箱が設計され、パレットに合う荷役機械が準備される。フォークリフトはパレットに載せた1トン単位の貨物を簡単に移動でき、人間の数十倍の能率である。コンテナはそのパレットを積んで長距離を輸送する箱である。

表 8.2 を見ると判るように、標準化と言っても、輸送品目や地域によって幾つかの異なるサイズがある。各業界の要求ニーズや各国の輸送事情などにより、パレットのような小物は必ずしも全て統一されていない。コンテナも標準サイズは決まっているが、同じ 20ft でも許容重量が異なるなど、国によって異なる規格が存在しており、世界標準として全てが統一されていない。

表 8-2 パレット、コンテナの代表的サイズ

パレット	1100 x 1100mm(食糧ほか)	日本、韓国
	900x1100mm(ビール、酒類)	日本
	1400x1100mm(米、化学製品)	日本
	1165x1165mm	オーストラリア
	1200x1000mm	カナダ、メキシコ
	1200 x 800mm	欧州
	48 x 40 Inch(1219 x 1016)	米国
コンテナ(幅は世界で統一されている)	40ft	世界標準
	12 ft, 20 ft, 31ft	JR貨物

2) 複合輸送システム (LOLO、 RORO)

a) 輸送機関どうしの連携

鉄道、トラック、船、飛行機など異種輸送機関が連携して貨物を運ぶ場合、貨物の積み換えが発生する。この手間を出来るだけ少なくするために、共通の輸送手段を用いることがシームレス化であり、時間節約とコスト削減につながる。

LOLO とは Load on-Load off の略で、クレーンやリフトなど機械を使って積荷を積み換えることをいう。すでに紹介したコンテナがその代表例である。コンテナ化は作業時間を短縮できるばかりでなく、コンテナ化す

ることにより、雨中でも貨物を濡らすことなく荷役できるようになった。港湾荷役作業の近代化に大きな役割を果たしたと言われている。

それと対称的に RORO は Roll on-Roll off の略で、貨物を積んだトラックやシャーシをそのまま、船や貨車、さらには飛行機に載せて運ぶことをいう。インドではすでに Konkan 鉄道で実施している。

b) 輸送品質の連携

輸送を連携するだけでなく品質も連携する必要がある。冷蔵・冷凍食品などを扱うコールドチェーンが代表的例である。冷蔵コンテナを搭載した列車、保冷トラックなどの輸送手段(モード)と倉庫や店舗などの施設(ノード)の温度管理が一貫していないと、商品を損ねてしまう。

食品によって適温が異なる。鮮魚は 0°C であり、野菜果物は 15°C 以下、肉類はその中間である。3 温度帯管理といわれるものである。そのほかに冷凍食品輸送では -18°C 以下でないと商品が劣化するおそれがある。

このように品目ごとの温度の品質管理基準は標準化されている。

3) 専用化

大量に輸送が発生する品目の場合、輸送品質向上とコスト低減を追求して行くと、物資別専用の輸送用具を開発して使用することが多い。石油専用トラック、コンテナ専用船、巨大な機械等を運搬する専用航空機などの例がある。中でも専用船は費用低減効果が大きく、原油・石油、石炭、鉱石、鉄鋼、自動車など種類は多い。ただしその品目専用であるから帰り荷はあまり期待できない。帰り荷がなくとも採算が合うほどの大量輸送に向いている。

(3) IT技術の活用

インターモーダル輸送においては複数の輸送機関、物流施設を経由するため、どの過程にあるか、貨物がどこにあるのかを知るために手間を要する。従って、以前は貨物の位置と状態を把握することは非常に難しかった。しかし、急速に発展した IT 技術の物流への適用により、個々の貨物の識別、貨物の位置や状態の把握、輸送事業者間での情報接続ができるようになり、輸送過程全体での貨物の管理ができるようになってきた。この IT 技術の適用により、従来ならブラック・ボックスともいわれていた物流過程全体をシームレスに管理できるようになりつつある。言い換えれば IT 化により「物流の可視化」が実現しつつあるとも言える。ここでは物流シームレス化を実現する IT 技術の基盤からトータルとしての活用までを紹介する。

1) 貨物と輸送用具の識別

物流においては、関係する事業者毎に物資の識別単位が異なる。メーカーは商品コード単位、問屋は箱単位、長距離輸送事業者はコンテナ単位、小口配送事業者はパレット又は箱単位、というように、事業者の取扱単位で識別単位が決まる。

各事業者は自分の扱う単位で情報管理を行っているため、物流全体のシームレス化を実現するには、どの貨物がどの輸送道具に積載されているか、言い換え

れば貨物と輸送用具の関係付けを行う仕組みが必要である。例えばトラック所在情報を、それに積載されているコンテナ番号に関係付けて、コンテナの所在情報に変換するというように、階層の上位レベルで管理されている情報を下位レベルの単位に関係付けすると、関係事業者間での情報の可視化、シームレス化の基盤ができる。図 8.3 は物資の識別単位と識別技術を階層的に示したものである。

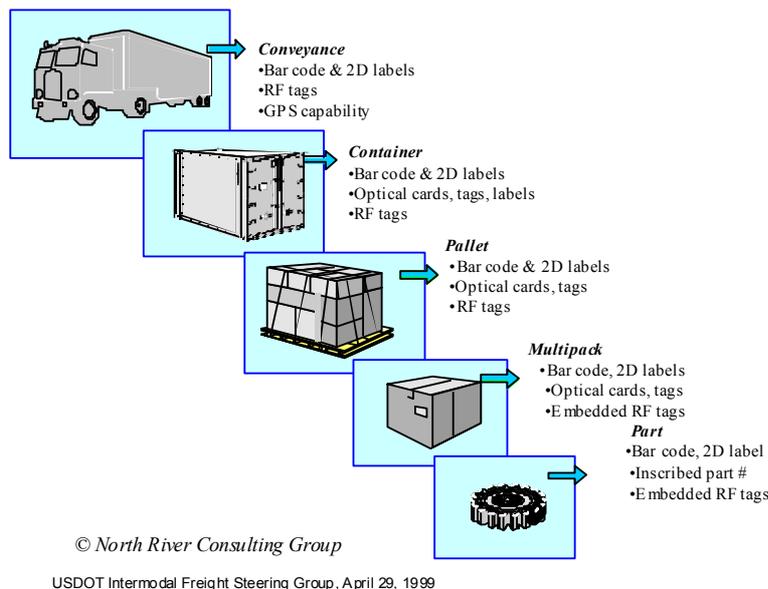


図 8-3 物資の識別単位と識別技術

2) ラベルの共通化

物流の可視化を行うために事業者間を情報連携しようとした場合、上述した識別単位の違いの他に、管理情報の違いの問題が発生する。これは貨物に貼り付けられるラベルの情報内容に端的に表れる。ラベルの貼り付けを行う発荷主は、出荷検品のための製品番号や注文番号、注文顧客名などの情報をラベルに記載する。輸送事業者には配送先住所や荷姿、容積、実重量などの情報が必要である。これら情報を 1 枚のラベルに記載することができれば、荷主、輸送業者それぞれにラベルを貼る必要はない。事業者間でラベルが異なれば、受け渡しの都度、データを入力の手間とミスが発生がする。共通のラベルであれば、そのような手間とリスクがなくなる。

シームレスな物流の実現のためには、どのような情報が必要で、その情報をどのようにして交換しあうかを決める必要があり、2000 年に国際標準ラベルとして ISO15394 が制定されている。

3) 情報の共有化

企業において生産・受注・倉庫からの払い出し・輸送業者への指示など、各段階の作業で伝票を用いている。これらの情報内容には共通点が多い。全段階で情報を共有化し、各々の目的のために活用することができれば、その都度のデ

一タ入力・転記作業がなくなり、入力ミスもなくなる。さらには入力作業の手待ちによる時間ロスもなくなる。このような情報活用により出荷ミスや在庫相違、そして誤配などが未然に防ぐことができるようになり、格段に正確な処理ができるようになった。また、一旦入力した貴重な情報を、各段階において徹底的に利用し尽す「情報の共有化」により、物流のシームレス化が実現できる。

このための道具立てとして情報システムがある。JR 貨物ではコンテナ管理のための IT-FRENS システムを開発している。このシステムではコンテナ輸送に必要な一連の情報、コンテナの発着駅、コンテナ形式、搭載列車情報などを共有化しつつ、搭載列車の予約管理、コンテナ留置場所の現況管理、コンテナ荷扱い作業計画策定、荷役作業実績の算出などを行っている。なお、このシステムは次項で述べる企業・組織間での情報のシームレス化の事例ともなっている。

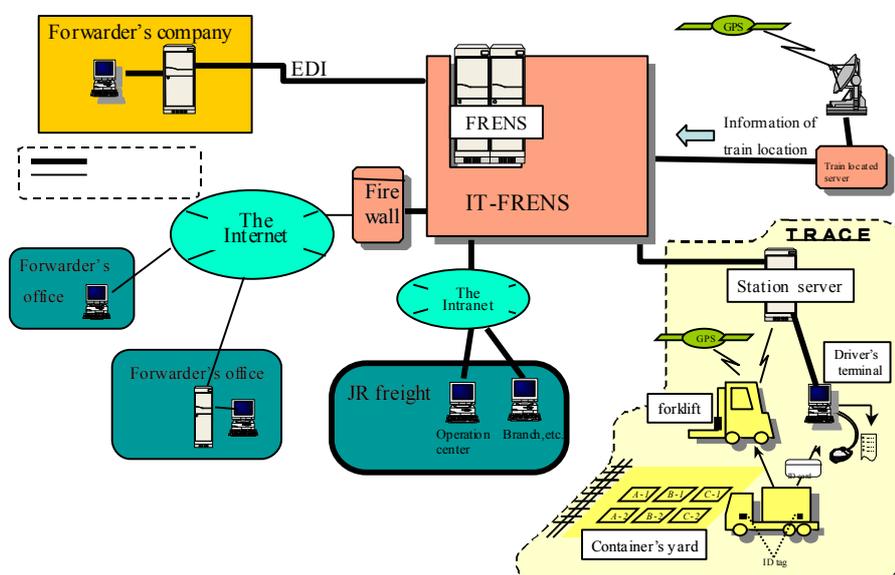


図 8-4 IT-FRENS の概要図

4) 企業・組織間での情報のシームレス化

現代の輸送はリンク毎にモードである船舶やトラックのルート案内やトラブル情報の提供を行う支援システムが整備されている。例えば海上輸送では AIS (Automated Identification System 自動識別システム)、道路輸送では ITS (Intelligent Transport System : 輸送情報システム) などが挙げられる。また、各輸送事業者では運行管理システムを導入し、自社の輸送モードの走行実績管理や貨物追跡を行っている。

これらリンク毎の支援システムや各社の運行管理システムを相互に結び、陸海を一貫した貨物追跡や輸送ルート最適化を実現して行く必要がある。図 8-5 は海陸一貫輸送における情報のシームレス化の模式図である。これを見れば物流のシームレス化において、情報がいかに重要な要素であるかわかる。情報の

シームレス化はそのまま物流の可視化につながっている。

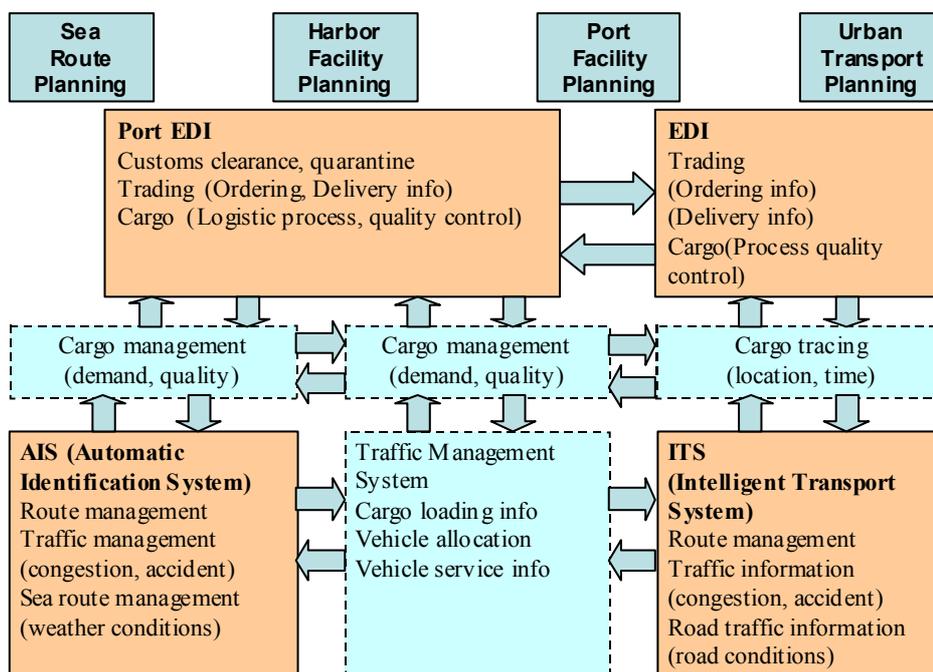


図 8-5 海陸一貫輸送における情報のシームレス化

8.1.3 制度システムのシームレス化

(1) 法律と政策の整備

1) 交通政策の推進

高度成長がもたらすものは、国内・国際における貨物輸送、旅客輸送の大きな需要増と構造変化である。高度成長のさ中にある多くの国の場合、急増し構造の激変した輸送需要を既存施設の増強でまかなうことが中心になっていて、基本インフラの整備は遅れる傾向がある。自動車の増加に追い付かない道路拡張整備、線路の輸送力が限界にきている鉄道、殺到するコンテナを捌き切れない港湾施設である。この弊害が例えば都市交通における通勤・通学輸送のひっ迫、路面交通の猛烈的な渋滞と交通事故の激増を招く。この弊害を解消すべく、道路、鉄道、港湾の整備・拡張を迅速かつバランス良く拡張整備するための交通政策が必要である。

b) インターモーダル輸送の支援

インターモーダルに関する輸送機関はそれぞれ所管官庁が異なることが多く、届け出の仕方が異なっていたり、手続きが重複していたりすることがある。輸送システムのシームレス化を推進するには、その基盤となる法律による規制、手続きをこれに適合するものとする必要がある。それには政府のシームレス化政策が重要である。正しく物流の状況を理解して必要な法律を整備するために、貨物の全国地域間流動の統計調査や、インターモーダル輸送による重複分を除いた貨物純流動調査のような統計の実施が効果的である。

(2) 制度の整備・充実

現行の商取引や代金・運賃清算方式の多くは、個々の輸送機関が個別に活動していた時代にできた慣習であり、ロジスティックスのシームレス化の時代に合った手続き・制度と清算システムが求められる。その内容は以下のように多岐にわたる。

- 行政制度（通関、検疫、倉庫業、港運業など）
- 労働環境の整備（勤務形態、運行方法など）
- 情報システムの連携（省庁間、官と民間の連携）
- 情報の公開（事前予定情報、事後情報）
- 鉄道関係（鉄道運賃後納制度と運賃保証協会、交互計算制度）

ここではシームレス化の時代にあった制度として、二つの制度について説明する。

1) 鉄道運賃後納制度

鉄道による貨物輸送の運賃は元払いを原則としているが、毎日、多くの貨車やコンテナを利用している鉄道フォワーダーは、その清算に手間がかかるので、毎月 1 回、発送実績に基づいて鉄道との間でまとめて清算している。鉄道運賃の後納である。鉄道フォワーダーは運送保証協会に保証料を支払えばその便宜が受けられる。保証料は運賃額によって決まる。万一、鉄道フォワーダーが支払えなくなった場合は、運送保証協会が代わって鉄道に運賃を支払う。

2 交互計算

発着地の鉄道フォワーダーが互いの貨物を集配する時に、その料金を清算する仕組み。

出発地の鉄道フォワーダーA が到着地の鉄道フォワーダーB に鉄道貨物の配達作業を支払い、逆の輸送、つまり出発地の B が到着地の A に鉄道貨物の配達作業を支払うことがあるとき、互いの支払料金を相殺し、ネットの支払い分だけを清算する。実際には多数の鉄道フォワーダーがこの仕組みに参加し、1 か月に 1 回コンピュータで清算している。請求された金額は必ず支払われるという、他の清算方式にはない仕組みをとっている。もしその請求に間違いがあれば翌月に反対請求する。

(3) 物流センター設置に関する法制度の整備(日本の事例紹介)

制度システムのシームレス化に関する日本における事例を紹介する。

各企業の物流センターや配送センターを一定地域に集中立地させることで、都市内交通渋滞緩和に寄与する。また貨物駅や ICD、トラックターミナルを同一地域に配置すれば、鉄道・道路・海運・航空輸送の連携を促進し、インターモーダル輸送を支援することになる。

日本では高度成長開始から 10 年後の 1966 年に、流通業務地区を設定する「流通業務市街地の整備に関する法律」が制定・実施された。これは、大都市の物流活動の効率

化のために、物流センターやトラックターミナル等を集約的に立地させようとするものであった。この法律は企業の物流センターのみならず、卸売市場、倉庫、流通加工などの施設の整備も対象としており、日本の物流効率化に貢献してきた。

一方で、土地収用法が適用できるようになっていたのに、流通業務団地内での用途が厳しく限定されていた。そのために多様な物流需要に適合しない面があり、それを改めるべく 1993 年に改正されて今日に至っている。

また 2005 年には、居住環境や地球環境問題と、物流効率が両立する物流体系の構築を目指し、かつ物流センターの効率的な配置のために、「流通業務の総合化及び効率化の促進に関する法律」が制定された。

これらの法制度が、物流効率化に果たして来た役割は大きい。

8.2 高軸重に適した軌道技術

8.2.1 インド鉄道の軌道維持管理とレール折損

現在 IR においてはレール折損が多発しているといわれている。その数量、原因、内容については公式のデータが得られていないので明確ではないが、工場溶接(フラッシュバット)、現場溶接(テルミット)を問わず、溶接部の品質が低いということは、至るところで補強継目板が設置されていることから否定できないと考えられる。IR 本体、DFC 施工主体いずれにおいても溶接の技術、品質の確保は不可欠の条件である。

レールの損傷・劣化は、下記に示すような要因によって生じる。レールの損傷・劣化によるレール交換は線路維持管理費の中でかなりの部分を占めるので、このコストの削減は鉄道経営の健全化にとって重要な要素である。

- a) 車輪のころがり摩耗によるレール頭部の断面の減少
- b) 曲線部における車輪フランジとの摩擦により発生する摩耗によるレール頭部内側の断面の減少
- c) 車輪の繰り返し走行による転動疲労に起因する亀裂のうち表面に発生する微小亀裂を起点として発達するもの
- d) 車輪の繰り返し走行による転動疲労に起因する亀裂のうち内部の材料疲労を起点として発達するもの
- e) 製造時から内在する不純物を起点として発生する亀裂
- f) 溶接不良により溶接部に発生する亀裂
- g) 継目・継目板のボルト穴から発生する亀裂（破端）

a)、b)の摩耗によるものは経年によるものであり、点検と時期を見ての交換により対応できる。しかし、その他は突然の破断による事故、あるいは寿命以前に超音波探傷等の定期点検により亀裂等が発見されて破断に至らないものの予想外の交換による費用の増大（交換工費・寿命短縮によるレール材料費）を招くこととなる。

上記の要因に対して、次のような対応策があり、それぞれの鉄道で極力寿命を延ばすよう図っている。

- ・ 上記 b)の曲線部の摩耗問題は HH レール（熱処理レール、焼き入れレール）を使用することによって軽減を図ることが可能であり、広く実施されており、PETS-II でも DFC の 2°（R=873m）以下の曲線部に採用することが提言されている。
- ・ 上記 a) の直線部（及び緩い曲線部）における摩耗はごく僅かであり、これによるレール交換は十分に長い周期で問題はない。
- ・ 上記 c)の表面の微小亀裂起点の転動疲労によるレール亀裂は、車両の高速化、重量化に伴い、近年のその発生が目立つようになった。IR のレールにおいても表面の傷の発生が見受けられる。これに対しては、亀裂が発達する以前にレール表面を研磨（削正）する事によって、表面疲労・微小亀裂を取り除き新品同様の表面とすることで防止できることが一般的に認められており、近年各国の鉄道で定期的なレールの研磨がなされるようになってきている。日本の東海道新幹線においては、1年に1回約 0.1mm を削正することにしており、これにより、このタイプのレールの損傷をなくすことができたことが報告されている。IR では現在レール研磨（削正）は行われていないが、DFC の保守体制を構築するに当たってはレール研磨（削正）を組込むことが不可欠である。
- ・ 上記 d)の内部起点の転動疲労によるレール破断の発生は高軸重輸送を行っている北米において発生しているといわれている。そのメカニズム及び対策を明確にするには、更なる Study を要するが、北米においては内部起点の転動疲労によるレール破断の発生を軽減するために直線部にも HH レールを採用する傾向がある。
- ・ 上記 e)の製造時からの不純物の内在による折損は、レールを製作する製鉄所の品質管理の向上により近年発生は少なくなっており、購入先を厳選すれば問題はない。
- ・ 上記 f) の熔接不良は、熔接の品質管理の向上と技術の向上により避ける事が先決である。DFC の建設・維持管理に際しては、十分な品質管理・技術力の確保が可能な体制を確立することが先決で、これがなされれば十分対応できる。
- ・ 継目ボルトの穴は継目の存在とともにレールの弱点であるが、近年ロングレール化が進んだことにより継目がほとんどなくなっている。上記 g) については、確実な点検体制（数が少ないので大きな負担とはならない。）により対応することが必要である。

IR のレールの現状について、Delhi 近辺の 3 か所において観察を行った。工場熔接・現場熔接ともに不良が目立った。観察した限りではレール本体の損傷・折損の明確な形跡は見られなかった。また、レール表面の疲労損傷が見られた。

上記を管轄する保線区の管内（ルートキロ約 100km）において、レール折損事故の発生が年に 2 回程度といわれており、異常に多いといえる。軸重等の条件は異なるが、日本においては約 20,000km においてほとんど折損事故は発生していない。

RDSO において IR 全体のレール損傷に関する公式データを保有しているとのことである（現時点までに入手できていない）。このデータは DFC の軌道建設・維持管理に関する計画立案に関わる重要な要素である。

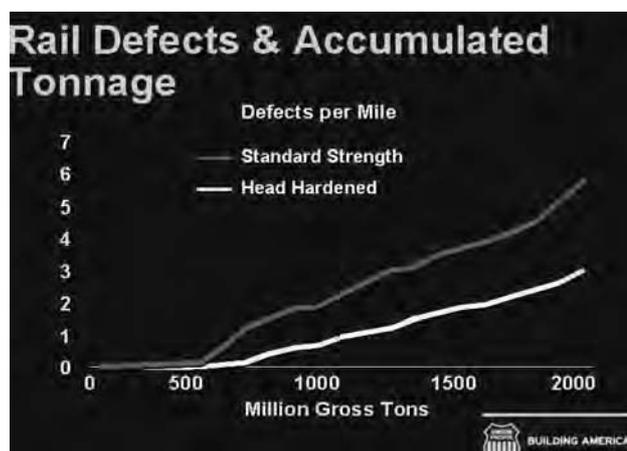
8.2.2 重荷重鉄道における課題と HH レール

貨物輸送の効率化を図るため、北米等の鉄道及び各国の鉱山鉄道において高軸重化が進んでおり、DFC も当初 25t、将来 30t と軸重の増加を計画している。軸重が大きくなれば、レールの摩耗・損傷の程度が大きくなるとともに高軸重ゆえの要因による損傷発生も可能性があり、一層の対策が求められる。

曲線部の HH レールの採用、定期的レール研摩（削正）及び高水準の熔接は DFC に当然求められるが、更なる対応として次のような事項が挙げられる。これらは現時点で明確になっていない内容が含まれているが、有利性が認められるため更なる調査を進め DFC の実施段階での軌道計画に反映できるよう図る必要がある。

レール頭部に内部起点の亀裂の発生が北米等の高軸重鉄道において見られるといわれている。これに対して HH レールの使用が効果があるということで、急曲線部以外にも HH レールの採用が進められている実績は確認されている。しかし、ロジカルな根拠、効果の実績に関する十分なデータが得られていないので、検証のため更なる調査が必要である。

なお北米の高軸重環境（軸重 30t 以上）下で、累積追加トン重とレールの損傷度との関係を普通のレールと HH-レールのケースとで比較した資料を下図に示す。これによると高軸重環境下では直線部においても HH レールの優位性が認められるが、DFC の軸重環境（当初軸重 25t）下で同様の傾向が得られるかは今後の検討が必要である。



HH レールと普通レールにおける「累積通過トン数(単位百万グロストン)」と「1マイル(1.6km)当りのレール探傷車による発見欠陥数」の比較

出典:Union Pacific Railroad (Railway Age, Jan. 2007)

図 8-6 HH レールと普通レールにおける発見欠陥数の比較

表面起点の亀裂に関しても、転動疲労による表面の微少亀裂・損傷の進行抑えることができれば、研摩の周期の延伸・深さの縮小を図ることができ、ライフサイクルコストの削減を図ることができるので、熱処理により表面を含む頭部の強度を上げた HH

レールを急曲線だけでなく全面的に採用することが有効であるともいわれているが、一方、表面の磨耗が遅いため発生した亀裂深さの自然な減少が少なくこの面の効果は期待できないという説もある。これについては検証のため更なる調査が必要である。

8.2.3 マンガンクロッシング

マンガンクロッシングは高マンガン鋼を使用し、一体鋳造で製造されるクロッシングである。

- ・ 粘り強くて割れにくく、傷が発生しても進展が遅い。
- ・ 加工硬化性があり、車輪が通過することによって硬さが Hs30～Hs50-60 に増加する。
- ・ 耐摩性があるという特徴があつて、高荷重鉄道に適しており、DFC の本線分岐器には、全面的に使用することとしている。

8.2.4 PC 枕木

プレストレス枕木の長所は次のとおりである。

- ・ 腐食・腐朽がなく耐用年数が長い。
- ・ 軌道狂い進みが少なく保守費が節約できる。
- ・ 重くて安定性があり、座屈抵抗が大きいのでロングレール化には不可欠である。

高軸重になれば破壊力が大きくなるので、設計において期待され品質が確保されることが必要であり現在以上の品質管理の向上がなされなければならない。現在の IR の PC 枕木は、ひび割れ・欠け等が多く見受けられ、十分な品質を確保しているといがたい状況にある。

8.3 軸重および Loop Length

8.3.1 バルク輸送貨車

バルク貨車については、バルク貨物輸送に広く使用されている BOXN 形 4 軸貨車を基礎とすると、表 8-3 に示す結果が得られる。すなわち、有効長 750m¹における最大両数は 66 両であり、軌道の当面の設計強度である軸重 25t において、列車重量 6,600t、Pay Load は 4,954t となる。Pay Load と空車質量の比率は 20.3t の場合が 2.61 であるのに対し、軸重 25t では 3.01 に改善される。これは、軸重 23%増加に対し Pay Load が 28%増加することを意味している。

軸重 30t の場合は、最大 6,960t との結果を得る。この場合、Pay Load 5,370t となり、軸重 48%増加に対し、Pay Load が 58%増加する。必要に応じて 2 つの列車を連結すれば 13,920t となる。さらに、Loop length 1,500m とすれば 15,000t を実現することが可能である。

以上から、軸重 30t とすることの効果が大いだが、構造物の検討結果から、Feeder lines

¹ 現在の有効長は 686m であるが、将来の計画 750m で列車編成長を検討した。コンテナについては DSC の可能性もあるので、686m とした。

との関連も考慮して、当面軸重 25t とし、将来 30t とできるよう、構造物を計画しておくことが望ましい。

貨車設計に関し、車端圧縮荷重 200t の UIC 規格が採用されているが、重量列車牽引時にはより大きな車端圧縮荷重を想定した AAR 規格の導入を検討すべきである。同時に、ブレーキ力を同期化させるブレーキシステムの採用も検討されるべきである。このブレーキシステムは既存のシステムとの互換性を担保する。

表 8-3 バルク貨物における軸重と列車重量

軸重(t)	貨車形式	長さ(m)	有効長 686(m) 内両数	空車重量(t)	積載荷重(t)	全重量 (t)	全積載重量(t)	積載/空車重量比	軸重 20.3 t に対する比率
20.3	BOXN	10.6	66	22.5	58.7	5,359	3,874	2.61	1.00
22.5	BOXN	10.6	66	23.6	66.4	5,940	4,382	2.81	1.08
25	BOXN	10.6	66	24.9	75.1	6,600	4,957	3.02	1.16
30	BOXN	10.6	66	27.3	92.7	7,920	6,118	3.40	1.30
30	BOXN	10.6	63	27.3	92.7	7,560	5,928	3.40	1.30

8.3.2 コンテナ輸送貨車

コンテナ貨車については、CONCOR 社でコンテナ輸送に使用されている BLC 形 4 軸貨車を基礎に、DSC 前提に計算すると、表 8-4 に示す結果が得られる。すなわち、有効長 686m における最大両数は 45 両であり、軌道の当面の設計強度である軸重 25t において、列車重量 4,500t、Pay Load は 3,600t となる。Pay Load と空車質量の比率は 20.3t の場合が 3.28 であるのに対し、軸重 25t では 4.00 に改善される。これは、軸重 23%増加に対し Pay Load が 28%増加することを意味している。

バルク輸送貨車と同様に 2 つの列車を連結して運行することも可能である。この場合は軸重 25t で 9,000t、360TEU となる。

1 両当たりの最大積載コンテナ数は軸重 20.3t の場合、20ft コンテナ 2 個または 40ft コンテナ 2 個、軸重 25t の場合、20ft コンテナ 2 個および 40ft コンテナ 1 個または 40ft コンテナ 2 個となる。軸重 30t では、20ft コンテナ 4 個までの積載が可能となる。

表 8-4 コンテナ貨物の軸重と列車重量

軸重(t)	貨車形式	長さ (m)/5 両	有効長 686 (m) の両数	空車重量 t/5 両	積載荷重 t/5 両	全重量 (t)	全積載重量 (t)	積載/空車重量比	軸重 20.3 t に対する比率
20.3	BLCA+B	66.0	45	92.0	311	3,654	2,800	3.28	1.00
22.5	BLCA+B	66.0	45	94.9	350	4,050	3,150	3.50	1.07
25	BLCA+B	66.0	45	100.0	400	4,500	3,600	4.00	1.22
30	BLCA+B	66.0	45	109.6	500	5,486	4,500	4.56	1.39

8.3.3 Loop Length

(1) 車両のブレーキ性能の課題

列車長を現在の Loop length に対応した 686m から 1,500m とする場合には、Loop length の延伸や信号設備の変更の他に、車両のブレーキ性能の改善が必要となる。すなわち、IR が使用している自動空気ブレーキでは、各車両に引き通した空気配管を經由してブレーキ指令が伝達されるため、機関車からブレーキ指令を出してからブレーキが利きだすまでの時間、「空走時間」は列車が長くなるとともに長くなり、ブレーキ距離が大きくなるとともに、列車内の衝撃も大きくなる。これを避けるために、二つの方策がある。

「機関車を列車中間にも連結する」および「貨車のブレーキの同期化」である。いずれを採用するかは、既存車両との互換性、トータルコストを考慮して決める必要がある。

(2) 長大編成列車の列車運動

貨車設計に導入されている UIC 規格は、車端圧縮荷重 200t であるため、DFC のような長大編成列車については、非常ブレーキ動作時の大きな応力に対応して AAR 規格導入あるいは、ブレーキシステムの改良を検討することが望ましい。ブレーキシステムの変更は、既存車両との連結の可否も考慮して決める必要がある。

(3) 輸送面からの課題

列車長あるいは牽引トン数増加のためには、駅有効長延伸、変電所能力増強が必要である。軸重を増加する場合は、軌道構造の変更または保守量の増加を伴う。

列車長増加に伴ない列車運行間隔の長くなることが予想されるが、それを最小限とするためには、駅構内の分岐器通過速度向上、信号設備の改良が必要となる。

機関車の牽引性能から、1,500m または 15,000t 列車の牽引には 2 乃至 3 両の機関車が必要となる。DFC 線内のみ列車運行であれば、列車先頭に機関車を集中して連結することも考えられる。この場合、起動時あるいはブレーキ時の列車内に作用する衝撃力の緩和あるいは吸収が課題となる。このためには、貨車のブレーキ同期化が必要となる。

フィーダー線からの乗入列車については、フィーダー線の Loop length の制約から、DFC との接続駅でフィーダー線からの列車を 2 つ連結して DFC 線内を運行することが考えられる。この場合、機関車を先頭に連結するために入換するか、中間にも機関車を連結する方法の 2 つが可能である。後者は、前項に述べたように、空走時間短縮および列車内衝撃力抑制の効果が期待される。

上記の 2 つのいずれについても、複数の機関車の総括制御システム採用が望ましい。

8.4 ダブル・スタック・コンテナ（DSC）輸送

8.4.1 事例調査

DSC は 1990 年代にコンテナ輸送需要増に応え、生産性向上のため開始された。DSC は大きな車両限界を必要とするため、西海岸からはじまり、大陸横断ルートに拡大した。東海岸においても電化線区にも拘らず、DSC が運行されている。

中国鉄道でも DSC 導入が北京、上海間を中心に進められ、2007 年 4 月から営業運転を開始している。交流 25kV 電化区間であり、電車線高さ 5.73m で、クリアランスを確保するため、台車間の床を下げたところにコンテナを搭載するウェルタイプ貨車を採用し、8ft または 8ft 1/2 コンテナのみ積載している（図 8-7（左）参照）。他の線区でも DSC が計画されている¹。

米国の DSC 貨車は全体の高さを抑えるため、台車間の床を下げたところにコンテナを搭載するウェルタイプである。これは列車全長に対するコンテナ積載長さの比率を小さくしている。このため、台車を 2 車体で共有する連節車が採用されている（図 8-7（右）参照）。

また、インド側でも DSC 事例調査²が行われており、電化線区での DSC についての情報も収集している。

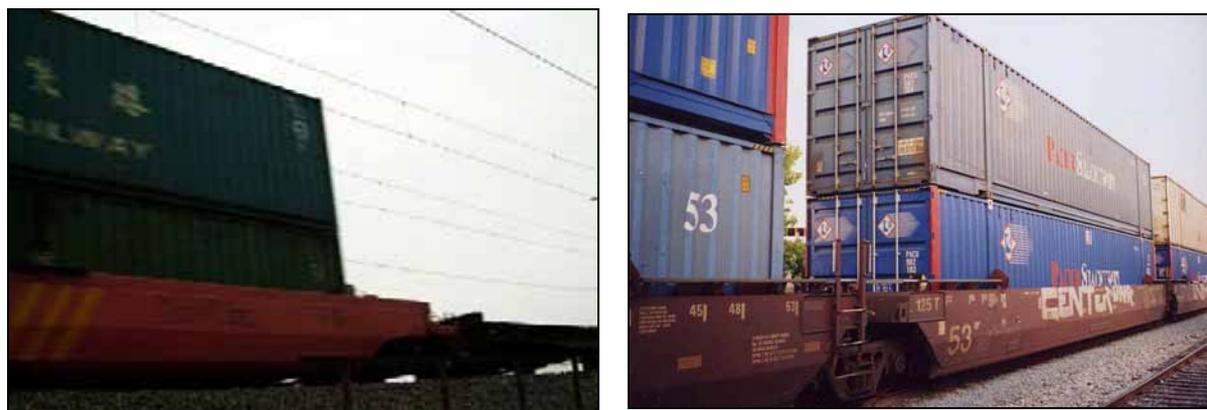


図 8-7 ダブル・スタックの事例

（左：電化区間での事例(中国)、右：ウェルタイプ貨車の事例(米国)）

8.4.2 技術的可能性と制約

(1) 車両構造

前項で述べたように米国および中国は DSC のためにウェルタイプ貨車を使用している。しかしながら、図 8-8 に示すように、ウェルタイプは列車長さ当たりのコンテナ積載数が少なくなる。

¹ World Bank Report, No. AB 1807, date of Appraised 22nd September 2005, Approval 13th March 2006

² Chinese Railway's Experiences with Double Stack Container Operation under Overhead Conductor System, R. N. LAL, Technical Papers, Internation Seminar on Energy Efficient Electrical System in Rail Sector, IREE

米国は積載効率を上げるために、台車を2両の貨車で共用する連節構造を採用している。しかしながら、連節車は1軸当たりの重量、軸重を大きくし、3車体以上の連節車では35tを超える。DFCでは軸重は当面25t、将来30tとしているので、連節車は使用できない。

一方、DFCにおいて有効長1500mとすることも検討されているが、現状の686mの制約からフラットタイプ貨車を使用したDSCがIRで研究されている。

フラットタイプの場合は重心高さがウェルタイプよりも高くなり、商業化する前に、走行安定性や大きな車両限界について検証する必要がある。

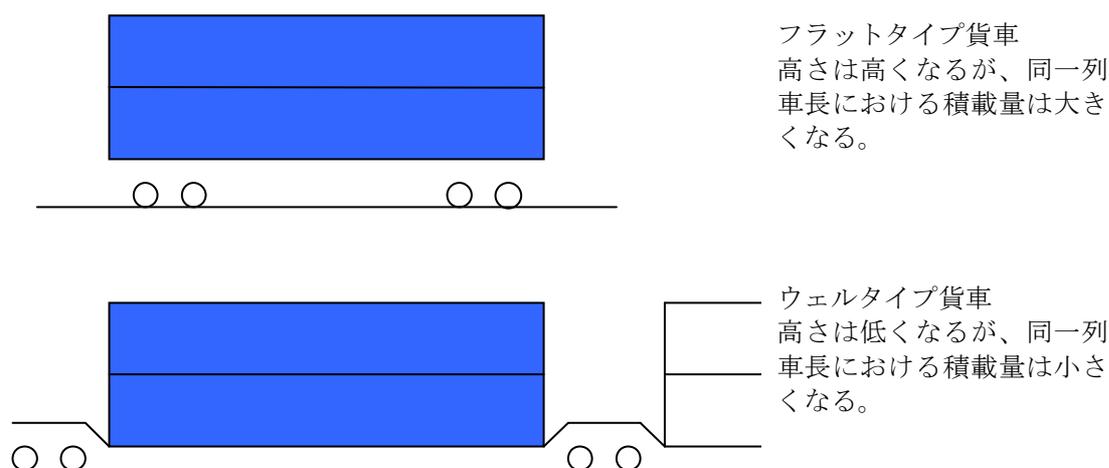


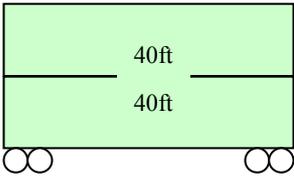
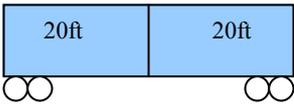
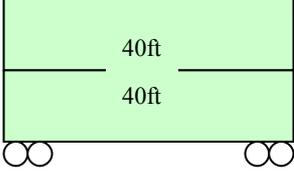
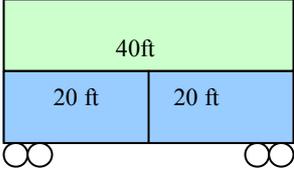
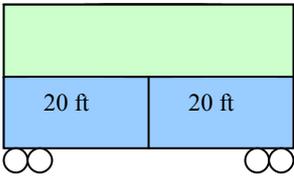
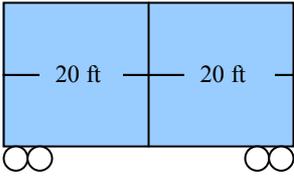
図 8-8 フラットタイプ貨車とウェルタイプ貨車との比較

(2) DSC 積載条件

大車両限界を有するDFC線上でダブルスタックコンテナ(DSC)の導入は可能である。有効長686mの中では、ウェル形よりも平貨車のDSCの方が積載効率を高くすることができる。

DSCはIRの試行結果から実現可能である。積載量を増やすためには軸重25tとすることが望ましい。30tとすれば、20ftコンテナ4個積みも可能であるが、そのような必要性が少ないことから、30tとすることは実際的ではない。各ケースについての比較結果を下表に示す。いずれにしても、貨車の軽量設計が必要である。

表8-5 軸重荷対応した DSC 積載条件

ケース	積載条件	コンテナ	空車重量	全重量
1A Axle load 22.5 t		Two 40 ft Load 62 t	A:19.4 t	A:81.4 t
			B:18.4 t	B:80.4 t
1B Axle load 22.5 t		Two 20 ft Load 50 t	A:19.4 t	A:69.4 t
			B:18.4 t	B:68.4 t
2A Axle load 25 t		Two 40 ft Load 62 t	A:20.0 t	A:82.0 t
			B:19.0 t	B:81.0 t
2B Axle load 25 t		Two 20 ft plus one 40 ft Load 81 t	A:20.0 t	Exceed axle load
			B:19.0 t	B:100.0 t
3A Axle load 30 t		Two 20 ft plus one 40 ft Load 81 t	A:22.0 t	A:103.0 t
			B:20.0 t	B:101.0 t
3B Axle load 30 t		Four 20 ft Load 100 t	A:22.0 t	Exceed axle load
			B:20.0 t	B:120.0 t

(3) 走行安定性

DSC は重心が高くなり、表8-6 に示すように曲線通過速度を SSC に比べ 20~30km/h 下げなければならない。実行計画策定に際しては、曲線速度制限も考慮しなければならない。速度制限の影響は DSC または SSC の評価で考慮されなければならない。

DSC の動的挙動に関する RDSO 報告書¹ は、「Dhasa-Savarkundla of Bhavnagar Division of Western Railway で試験した結果、いかなる問題も認められなかった」と記述され

¹ Detail Oscillation Trials for Double Stack Container Operation, *Testing Directorate Report No. MT-64C/F*

ている。しかし、積荷の組み合わせは無数であり、長期の観察が必要である。最終的には様々な条件が与えられる長期の試使用の中で注意深く検証されるべきである。

RITES PETS II には「DSC の最高速度は 75km/h に制限され、これが DFC の列車運行計画に影響を与える」旨の記述があるが、RDSO での聞き取り調査では、「75km/h 制限は現在の信号システムの制約からなされており、走行安定性が問題ではない。現在開発中の新型台車の採用も含めて DFC では 100km/h-110km/h 運転が可能」との見解を得ている。

表 8-6 曲線区間における制限速度

Radius in meter	Radius in degree	Speed limit for DSC	Speed limit for SSC
291	6.0	44.2	62.2
437	4.0	54.1	76.2
582	3.0	62.5	87.9
699	2.5	68.5	96.3
873	2.0	76.5	107.7
998	1.75	81.8	115.5

$$\text{Speed limit } V = \sqrt{\frac{127GR}{2kH}}$$

G: Gauge 1.676 m, R: Radius in meters,
k: safety factor, 3.50, H: Height of gravity centre

(4) 横風の影響

RDSO での聞き取り調査では、モンスーンシーズンの強風が DSC 運行に影響を与えているとの情報を得た。IR では風速による運行規制が行われていないので、DSC も含めて鉄道全体の安全性向上の観点から、運行規制について検討すべきである。

横風の影響については、Volume 4 Task2 Section 5.1 に述べる。

8.4.3 電化との関連

電化線区における DSC の課題はクリアランスを如何に確保するかである。

8.4.1 項に述べたように、中国において交流 25kV 電化線区で電車線高さ 6.5m の下での DSC 運転が行われている。また、米国の北東回廊でも電化線区で DSC 運転が行われている。

電車線構造については、DSC に対応する電車線高さの高いものが図 8-9 に示すように RDSO から提案されており、技術的困難さはない。また、機関車のパンタグラフについても、電車線高さ 4.8m から 7.53m まで追従可能なものが実用化されている。

以上から、電化線区での DSC 運転に技術的問題は見受けられない。

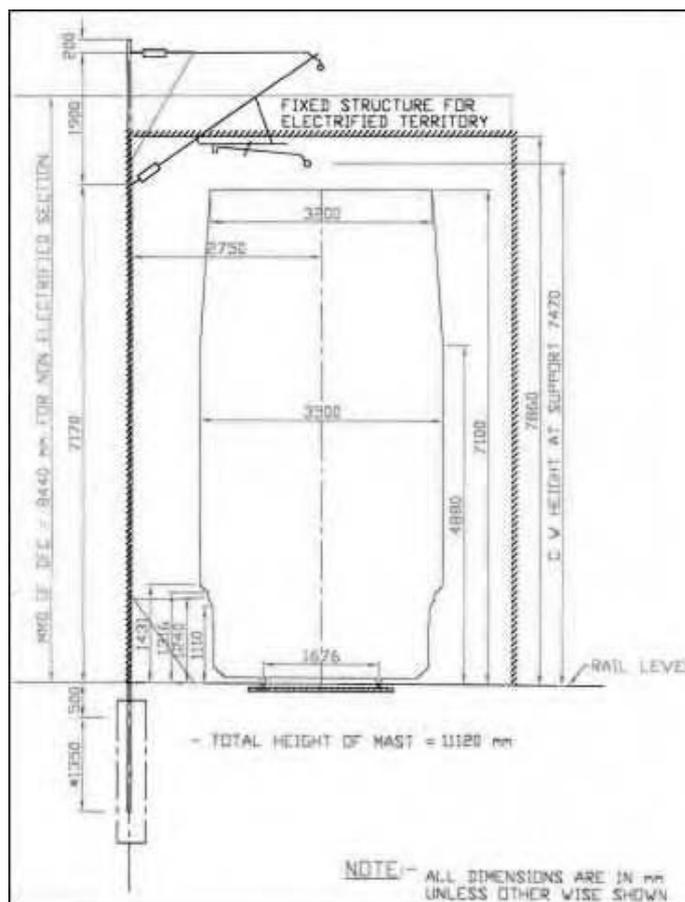


図 8-9 DSC に対応した MMD のための架線標準図 (RDSO 調査)

8.4.4 既存線との直通運転に関する考察

DFC で DSC を運行するについては、既存線との直通運転、交差および干渉の問題が発生する。後者についてはルート選定を注意深く行うことにより解決されるが、デリーおよびムンバイ地区は既に高密度の電化線区が存在し、それらとの関連で新線建設も含めて調査を深度化する必要がある。電化線区での DSC が可能であろうがなかろうが、DSC の直通問題は DFC プロジェクトの課題として残っている。

機関車の直通運転については、ディーゼル、電気ともに問題はない。

DSC を導入するか否かの問題は、直通運転を含めた全体の輸送計画についてのコスト、便益分析により検証されるべきである。

8.5 車両の最大移動寸法と貨車パラメーター

RITES 報告書は図 8-10 に示すように、DSC の車両限界をベースに最大移動寸法 (MMD、建築限界) を算出している。PETS I では側扉開放条件で、軌道中心間隔を 5.8m としていた。PETS II では側扉開放条件を変更し、スイングドアをスライドドアとすることにより、軌道中心間隔を 5.5m とした。

MMD は貨車の静的および動的挙動と側扉開放条件で計算している。後者は日本では計算条件とはしていない。より大きな建築限界は用地取得、建設費の増加をまねく。

仮にインド鉄道に将来の大型貨車導入計画があるとしても、側扉開放条件は DFC のコスト増につながるので、検討されるべきである。

電化線区については、図 8-11 に示す建築限界が提案されている。DSC の建設費試算には、この限界を使用した。

しかしながら、建築限界は輸送力、建設費または改良費に関り、フィーダー線との直通運転とも関連する。DFC に適用する車両限界は最終設計段階で変更がありうる。

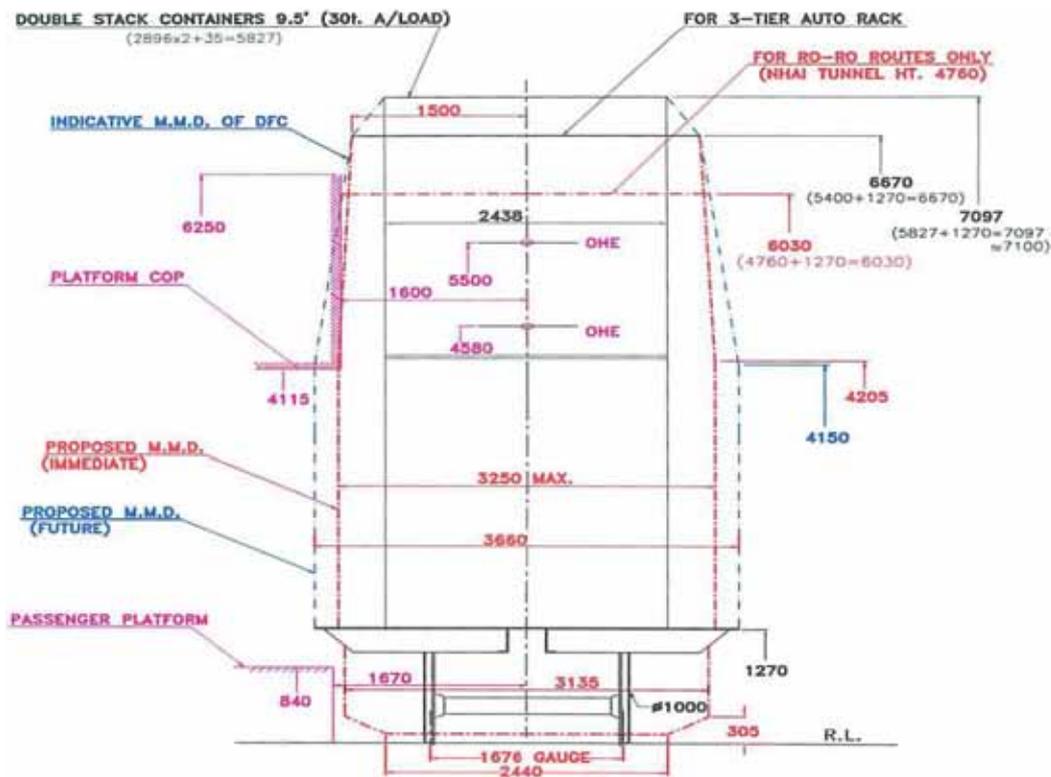


図 8-10 DSC の最大移動寸法(RDSO 調査)

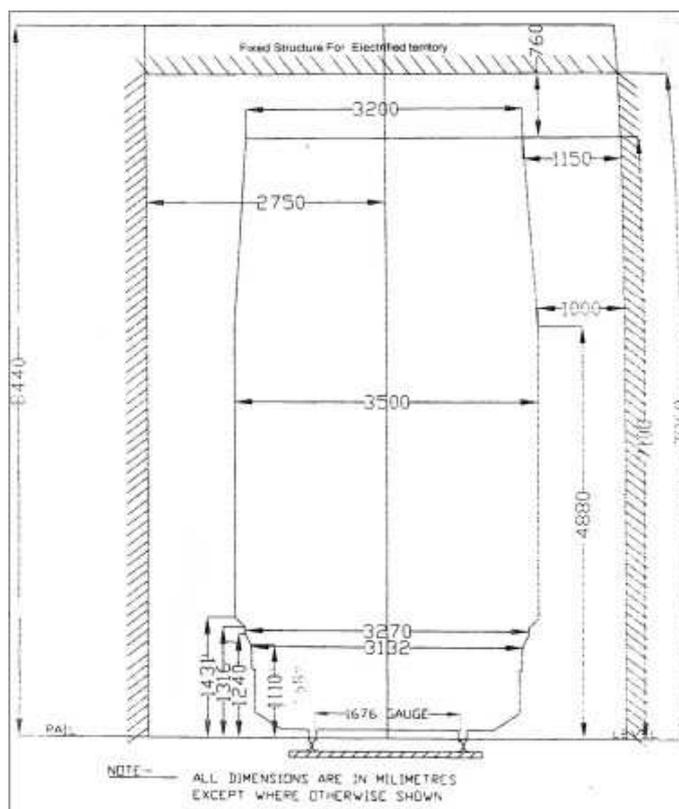


図 8-11 電化区間における DFC 建築限界(RDSO 調査)

8.6 構造物

8.6.1 土工

インド国内における道路建設事業では補強盛土工法が盛んに採用されており、JICA Study Team Office (Gurgaon, Haryana 州)の付近で施工中の NH8 (高速国道 8 号線)の橋梁アプローチ部でも多用されているのを見ることが出来る。一方インド国鉄の鉄道建設にはまだ採用された事例がない。

DFC の計画に当たり、補強盛土の採用は技術的および経済的の両側面から検討する必要があるが、少なくとも道路建設で多用されているのを見る限り、一定の高さの範囲と Location によってはその適用を考えるべきである。

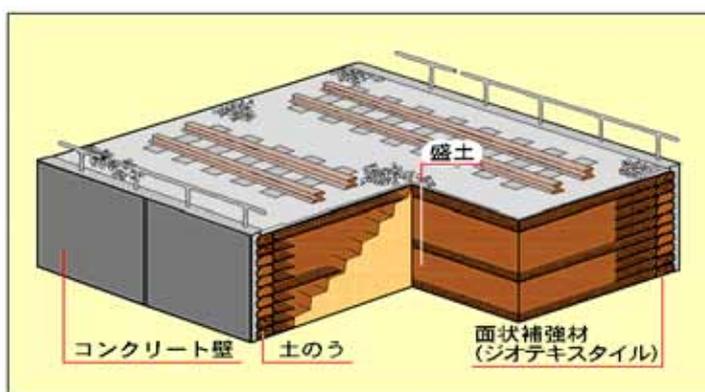
DFC への適用については、鉄道に使用された実績と高軸重に適用可能であるかの検証が必要と思われるが、日本の鉄道総合技術研究所で開発された RRR 工法は、新幹線をはじめ多くの実績を持ち、軸重 30t の荷重にも十分適用可能である (鉄道総研の当該技術開発責任者に確認済み) ことから、DFC への適用を提案したい。以下は鉄道総研のホームページに記載されている RRR 工法の概要と概念図である。

RRR 工法

RRR 工法とは、面状補強材(ジオテキスタイル)と剛壁面を用いて、盛土のり面を鉛直に構築する工法です。本工法で構築された盛土は、1995 年の兵庫県南部地震でも高い耐震性能を示しました。

本工法の特徴は、

1. 剛性の高い壁面を有しているため拘束効果が高く、完成後の変形を小さく抑えることができます。
2. 従来の盛土に比較し、用地が大幅に縮小できます。
3. 大型機械を用いないので、狭い場所でも施工できます。
4. 比較的短い補強剤で済むため、経済的です。
5. 盛土材の適用範囲が広く、発生土も有効に利用できます。



出展: 鉄道総研 HP より抜粋

8.6.2 橋梁

当該区間の在来線における橋梁支間長は、概ね 30~70m であり、橋梁形式としては、PC-T 桁橋および鋼プレートガーダー橋がほとんどである。下図に、支間長と最適橋梁形式の関係を示すが、最適橋梁形式が選定されていると言える。

Bridge type		Span length (m)																				
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
Steel Bridge	Plate Girder Bridge	Simple span	█																			
		Continuance span	█																			
	Box Girder Bridge	Simple span	█																			
		Continuance span	█																			
	Rigid-framed Bridge	█																				
	Truss Bridge (Open web)	█																				
	Arch Bridge	█																				
Cable stayed bridge	█																					
P.C.・R. C. Bridge	Simple Girder	Pre-tension T girder	█																			
		Post-tension T girder	█																			
	Continuance Girder	█																				
	Box girder	█																				
	Rigid-framed Bridge	█																				
	Arch Bridge	█																				
Cable stayed bridge	█																					

図 8-12 スパン毎の最適橋梁タイプ

以上を踏まえて、本貨物新線建設において、以下の技術、検討を提案する。

(1) 高力ボルト接合:

鋼部材の現場接合は、現在インドでは、支圧接合形式のリベット接合が用いられている。我が国においても、約 40 年前までは使われていたが、現在ではほとんど使われていない。リベット接合は、一本当りの耐力が高力ボルトに比べて小さいため、本数が多くなり、それによる断面欠損も大きく、それを補う板厚補強も必然的に厚くなる。

これに比べて、高力ボルトは、1 箇所当りの本数を、リベットに比べて少なくすることが出来、そのため、現場での接合に要する時間を短縮することが出来る。

本プロジェクトにおいては、工期が限られており、かつ、橋梁の建設工期が全体のクリティカルになっている。限られた工期内に工事を完成させるためにも、高力ボルト接合を採用し、工期短縮を図ることが望ましいと判断する。

(2) 耐候性鋼板:

完成後の維持補修のコストを考えた場合、鋼橋の腐食に対する維持補修のコストが、大きな部分を占める。したがって、鋼板の腐食に対する補修を少なくすることが、全体の維持補修費を提言させる大きな要因となる。そのための最新技術として、耐候性鋼板の使用を提案する。これは、鋼板表面にち密な安定さびを発生させ、それ以上腐食が進まないようにする鋼板である。効果に関しては、気候条件の影響を受けるが、飛来塩分が少ない箇所であれば、概ね問題はない。ほとんどの場合、無塗装で使用するため、着色は出来ないが、表面が安定すると、茶褐色を呈する。下の写真に、事例を示す。



図 8-13 耐候性鋼板

8.7 車両

8.7.1 高速重量列車牽引用機関車

(1) 電気機関車

電力素子の進歩により誘導電動機駆動技術が 1980 年代に開発され、日本と欧州が優位となっている。最新機関車の 1 軸あたり最大出力は、標準軌で 1,600kW、狭軌

(1,067mm)で 1,000kW となっている。電気ブレーキも採用され、最新のものは電力回生ブレーキにより、省エネと質量軽減を図っている。

DFC にこれら技術を適用するには、インドにおける高温での使用条件を考慮し、定格を日本あるいは欧州の 70%程度にする必要がある。

DFC での使用条件が明確になっていない中で、機関車性能を見積もるのは難しいが、最急 5‰、軸重 25t、貨車 58 両からなる 5,800t 列車を最高速度 100km/h で牽引する場合、1 軸 1,100kW (1,500Hp) の 8 軸機関車が必要となる。既存の WAG-9 では 2 両で牽引することとなる。

(2) ディーゼル機関車

欧米と日本の最新ディーゼル機関車の最新のものは 6 軸 6,000Hp である。誘導電動機駆動技術が採用されている。電気ブレーキは発電ブレーキのみである。

電気機関車と同じ牽引条件を設定するならば、6,000Hp クラス 2 両で牽引する必要がある。既存の WGDG-4 では 3 両必要となる。ディーゼルの場合、エンジン出力から電気動力への変換効率を 90%とすれば、6,000Hp ディーゼル機関車は 5,500Hp の電気機関車に相当する。

8.8 電力設備

8.8.1 PETS-II レビュー結果

西回廊については、非電化の考えを呈示しており、電化方式についての記述は見受けられない。

RITES 報告書では、東回廊については、既存線が電化されていることから、既存送電線を活用して変電所等を新設¹し、DFC に給電するとの計画である。電力設備は BT き電あるいは RC き電としている。しかしながら、変電所間隔を大きくできること、電圧降下を少なくし安定した運転を行えること、BT のように交流セクションを設けなくて済むことから、DFC には AT き電を採用することが望ましい。

8.8.2 電化方式の提案

SPV が DFC を建設し、運営する前提から、新規の独立システムを構築する方針とした。

電力は、インド国内に張り巡らされた商用周波超高压送電網から鉄道変電所に直接に引き込むことにした。即ち、この網から 2 回線、3 相 220kV の架空線で取込むことを基本にするが、この電圧がインドにおいて最も広く送電されているためである。2006 年 9 月時点の電力省発表では、全体の約 59%の 11 万キロメートルが 220kV 系統で 1 億 5 千万 kVA の送電能力を有しているが、地域によっては他の受電電圧、即ち、13.2 万 V 若しくは 11 万 V を選択することも可能とした。なお、今回の概略設計において、特に高電圧開閉機器の形態に関しては、敢えて言及しないが、将来の実設計の段階

¹ PETS-II で変電所等新設が明記された。

では変電所用地取得の困難または面積的制約、さらに、都会地における景観との兼ね合いから GIS（SF6 Gas Insulated Switchgear）の採用も検討したい。

しかしながら、インド国北部地域に比較的に多い 400 万 V 送電幹線網から鉄道変電所に直接引き込むことについては、設置機器に不必要な大型化を招くのみならず、絶縁距離の増大を招くと共に、高々数万 kVA 程度の鉄道変電所の 1 次電源としては実際的でないし、用地の拡大にもつながり、特に、事故時の被害が格段に大きくなるため現実的でないと判断した。そのほか、機器の調達と保守に困難が伴い、インド国鉄の技術者が長年に亘り培ってきたノウハウが適応できず、運用上で支障が大きいだらうと推量される。従って、220kV を超える電圧の採用は DFC には採用しないこととした。

変電所の回路素子の中で遮断器の役割は極めて重要である。現在でも一部き電変電所に使われている SF6 ガスや少油量遮断器は、経年劣化のためガス圧や絶縁油が漏れることがあると指摘されている。基本的に、本プロジェクトではすべて真空インタラプタを使用した真空遮断器を採用することとした。この遮断器は、他の形式に比べ環境への負担が皆無という技術的優位性が高い。これは、絶縁媒体に何らの「物質」を用いなく、「真空」容器の中で交流電流零点で遮断するという原理に基づく遮断器で、一般に普及して久しい。物理的にインタラプタが破損しない限り、事実上は保守管理が最少である。

8.8.3 SCADA の構築

主回路機器を常時監視し、開閉機器を操作するために、回廊を通した一元的な SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) の構築を目指すことにした。先の現場調査において、現在運用中の SCADA はその設置時期が地方鉄道局により異なり、また、製作会社の主導によって設計されたものが多く、他の局のシステムと互換性・共通性が少ないことが明確になった。RITES 報告書でもこの点を指摘しているが、DFC が全回廊を通して、列車の高速性を維持するためにはき電側の一元的な監視・制御を欠くことができなく、それらが系全体の安全の維持に担保される。SCADA の構築にあたっては、その対象範囲を電力関係に限定せず、将来は列車の信号システムの一部とも融合を図る余地がある。

8.8.4 通信・信号用高圧線の設置

IR は通信・信号システム用の電源を一般の電力系統から得ているために、電源の安定供給に不安があり、これは列車運行の安定性にも影響する。一方、走行用電力は優先的に供給されている。したがって、走行用電力と同じ電力系統から受電し、通信・信号用高圧配電線を設置することを提案する。

8.8.5 電力供給の計画

DFC に関連する電力供給について、CEA (Central Electric Authority) の電源開発計画を調査した。火力、水力合わせて全国で 70,275MW の計画がある。

西回廊に係る開発計画は、図 8-14 および図 8-15 に示すように、火力 15,245MW、水

力 980MW であり、調査団提案の西回廊電化のための変電所容量 126MW (2013 年)および 425MW(2031 年)に対し十分に余裕がある。また、MOR および RITES の関係者の聞き取り調査では、鉄道は優先的に電力供給を受けるとの証言を得ており、西回廊電化への支障はないものと判断される。

また、電力送電線網についても、図 8-16 に示すように、東西回廊ともアクセス可能となっている。

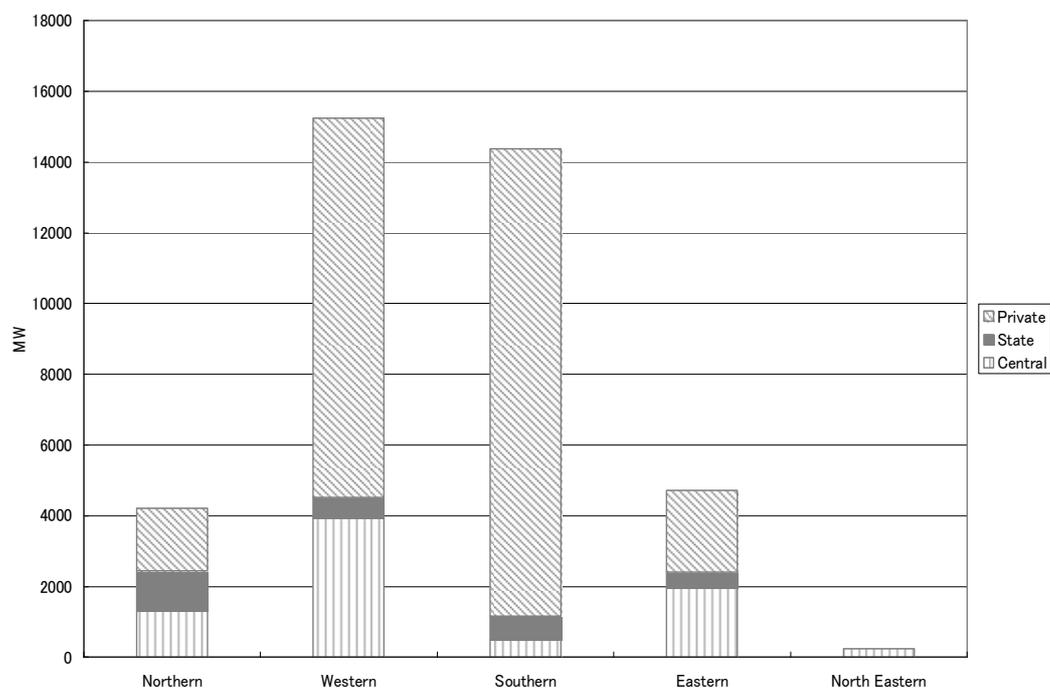


図 8-14 CEA 火力発電所開発計画

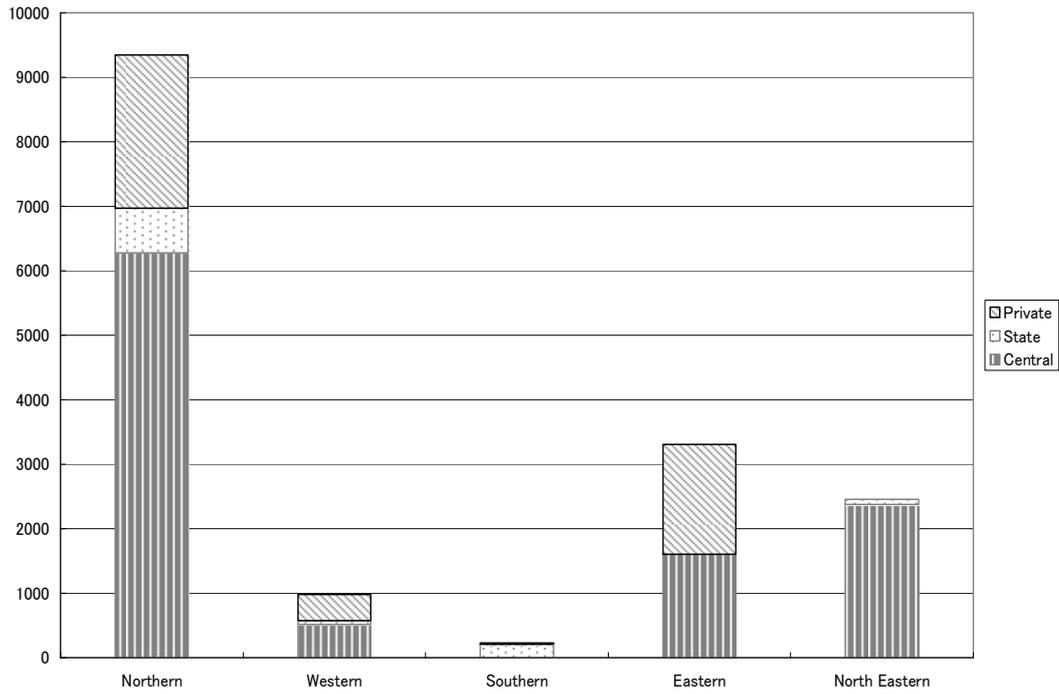


図 8-15 CEA 水力発電所開発計画



出典: Power Map of India 2003, Central Board of Irrigation & Power

図 8-16 DFC 西回廊に関連する電力送電網

8.9 通信および信号システム

8.9.1 通信システム

(1) RITES 報告書レビュー

これまで作成された 2 つの RITES 報告書および JICA 調査団では、以下に示す通信システムが貨物新線(DFC)の通信システムとして提案されている。

表 8-7 RITES 報告書で提案された通信システム

項目	RITES		JICA 調査団
	Report (November 2006)	PETS-II (January 2007)	Final Report
1. 固定通信システム			
1) タイプ	光ケーブルシステム	光ケーブルシステム	光ケーブルシステム
2) システム	SDH (STM1, 4)	SDH (STM1, 4)	SDH (STM1, 4)
3) システム構成	シングルシステム	シングルシステム	ダブルシステム (Unit Redandancy)
4) ネットワーク構成	ループ	記述なし	ループ
2. 移動通信システム			
1) システム	GSM-R	GSM-R	GSM-R
2) 一般機能	音声、データ(GPRS)	音声、データ(GPRS)	音声
3) 基地局間隔	10km	記述なし	7km
3. 交換機			
1) タイプ	電子交換機	電子交換機	電子交換機
2) 容量	5,000lines: Terminal st. 1,000lines: Junction st. 256lines: Crossing st..	5,000lines: Terminal st. 1,000lines: Junction st. 256lines: Crossing st.	Large: 2,000lines Medium: 256lines
4. 指令電話システム			
1) タイプ	選択呼出し方式	選択呼出し方式	選択呼出し方式

備考: St.: Station

上述の通り、RITES および JICA 調査団とも GSM-R の基地局間隔およびデータ通信機能を除き、基本的に同様の通信システムを提案している。

RITES が GSM-R の通信システムを提案した主な理由は、GSM-R を利用した「コミュニケーションベースの信号システム」を計画している事が挙げられる。一方、JICA 調査団は、コミュニケーションベースの信号システムではない一般的な信号システムを提案しているため、移動通信システムによるデータ通信システムは現段階では必要としていない。GSM-R は用意にデータ通信機能 (GPRS: General Packet Radio Services) を付加出来るシステム構成となっている。よって、将来 GPRS を利用したデータ通信機能が必要となった際に本機能を付加する事を推奨する。

GSM-R の基地局間隔については、これまでインド国鉄では 10km の値が採用されシステムの導入が進められて来た。しかし GSM-R の現況確認に関わる調査の結果、10km の間隔では良好な通信環境を得る事が出来ない区間が多くある事を把握した。無線システムは、伝送区間の地形および電波的な外部雑音の影響を受ける。これらは「電波伝搬実験」を行う事により確認され、基地局間隔の決定、無線機器の仕様設計に反映される。通常「電波伝搬実験」は詳細設計時に実施されるものであり、現在の F/S 調査段階では実施しない。よって、システムの仕様および RDSO を含む関係者との協議結より、現段階での基地局間隔は 7km と計画した。

(2) 提案システム

本プロジェクトでは、SPV (Special Purpose Vehicle) と呼ばれる組織が、貨物新線(DFC)の資金計画、設計、維持管理を実施する事が計画されている。よって、既存設備の管理主体であるインド国鉄とのシステムの設計、通信システムサービスの品質を含む維

持管理等の責任を明確化するため、本プロジェクトの通信システムに関してはインド国鉄が保有する既設設備の流用は行わず、新規に整備する事を以下計画する。

1) 固定通信システム

インド国鉄では、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）の優位性より、光ファイバー通信（OFC）が今後の固定通信システムとして位置づけられている。このため、2008年3月までに42,000kmの光ファイバー通信ネットワークを整備することが計画された。この42,000kmの内、およそ27,100kmの光ファイバーネットワークが整備され、すでに23,000kmが2005年6月30日現在利用されている。また、2,092の駅が光ファイバーにより接続されている。尚、7GHzのデジタルマイクロ通信システムの殆どは、現在、光ファイバー通信のバックアップとして利用されている。

JICA調査団もまた、マイクロ回線およびメタリック通信システムとくらべ光通信システムが技術的（電磁的および電氣的な誘導障害を受けない）に優位である事は認識している。

上記インド国鉄における現況および方針および技術的優位性より SDH による光ファイバー通信システムを固定通信システムとして推奨する。

2) 移動通信システム

鉄道用には従来の移動通信システムに加え、TETRA (Terrestrial Trunked Radio) システム、GSM-R(Global System for Mobile Communication for Railway Applications)等、いくつかの移動通信システムが開発され利用されている。特にGSM-Rは鉄道専用が開発された通信システムで、音声、データ通信に加え、さまざまな利用アプリケーションが準備されている。

インド国鉄では、ルート A、B、C へ GSM-R を導入する事が決定され、すでに9つの周波数を取得済みである。また、路線延長 2,415km を対象とした GSM-R の整備が“Integrated Railway Modernization Plan (2005-2010)”に述べられており、その業者契約はすでに締結されていると共に一部の区間への導入が行われている。

上記インドの現状および技術的視点より、JICA調査団は移動通信システムとして GSM-R(Global System for Mobile Communication for Railway Applications)を整備する事を推奨する。

3) その他主要通信システム

アナログ交換機と比較するとデジタル交換機は次のような優位性を有している。

- 低維持管理費
- 低消費電力
- 小設置スペース

インド国鉄では現在、交換の品質およびメンテナンスの労力を軽減するため、古いアナログ交換機を電子交換機に、置き換え中である。デジタル交換機の加入者は 2005 年 3 月現在、274,034 に達し、38,469 加入者が 2004 年から 05 年の間にデジタル交換機に接続された。インド国鉄におけるすべての管轄地域の交換機は、シームレスな接続環境を構築する目的から 2 MBPS のインタフェースに統合化中である。

上記、技術的およびコスト的視点より、調査団は、デジタル交換機を整備する事を推奨する。

本プロジェクトでは、中央列車指令所 (CTCC: Centralized Traffic Control Center) を整備し、①列車指令、②電力指令、③信号指令、④通信指令、⑤施設指令等を設ける事が計画されている。これら指令の業務を適切に支援するため、指令電話システムを設備する計画である。指令電話システムには、①個別型、②集中型の 2 つのシステムがあり、鉄道事業者は、機器設置の省スペース化、指令業務の効率化の観点から、最近では集中型指令電話システムを整備する傾向にある。上記技術的動向および業務の効率化は本プロジェクトにおいても重要なファクターの 1 つとなっていることから、集中形指令電話システムの導入を推奨する。

8.9.2 信号システム

(1) システム概要

閉塞長 1~1.5km の自動信号方式を提案する。列車検知は軌道回路を使用し、列車制御は ATS-P を基本とした Advanced TPWS を採用し、駅構内の運動は電子運動とすることを提案する。

(2) RITES 報告書レビュー

2007 年 1 月に作成された PETS-II レポートと JICA 調査団が作成したドラフト・ファイナル・レポートの内容を以下の表に示す。

表 8-8 RITES レポートと JICA 調査団提案の信号システム比較表

項目	RITES (PETS-II)	JICA 調査団 (DFR)
閉塞長	単線区間 10km 複線区間 2km	10km 1~1.5km
閉塞装置	- ABS(単線区間) ただし線路容量が増えた場合は IBS の追加で対応。 - 自動信号装置 - 無線方式信号装置	自動閉塞装置
列車検知方式 (閉塞区間)	- 軌道回路(自動信号の場合) - GPS(無線方式の場合)	軌道回路
列車制御方式	TPWS (自動信号装置の場合)	ATS-P 内容は ATS-P またはデジタル ATC に相当するが、インド側の既存システムと

		名称を合せ、 Advanced TPWS と して提案
駅構内信号設備	SSI(電子連動装置)	電子連動装置

同報告書に対する考察は以下の通り。

1) 閉塞長

PETS-II レポートでは閉塞長を算出する根拠として、自動信号区間の場合、線路容量を 2021 年には 109 本に達すること、および列車速度を 75km/h として算出している。

JICA 調査団では閉塞長は線路容量 140 本、列車平均速度 90km/h として算出したが、再度見直しを行い、線路容量は 140 本とし、列車平均速度を 70km/h として算出し、駅間では 1.5km、駅近傍では 1km として閉塞長を提案する。(Volume3 Task2, 第 6 章 輸送計画の項参照のこと。)

2) 閉塞装置

閉塞装置は RITES レポートでは単線区間が ABS、複線区間は自動信号装置、そして無線方式の GPS を使用した信号装置を併記して提案している。基本は自動信号とし、無線方式は技術的確認のため、一部区間に試験的に設置することを提案している。

JICA 調査団としては GPS 利用の信号システムはまだ時期尚早として、自動信号装置を提案しており、ほぼスタンスは同じであると考える。

3) 列車検知方式

自動信号装置の場合は本文には明記されていないが、軌道回路を使用する。(Appendix の見積および RITES インタビューによる)ただし軌道回路方式については不明。

4) 列車制御方式

RITES レポートでは、閉塞信号が停止現示のときに、昼間であれば 1 分の停車、夜間の場合には 2 分の停車の後、停止信号の内方に進入できる運転規則となっている。本来は赤信号を越えて運転するときは減速して走行する必要があるが、閉塞区間が 5km のように長い区間では、どうしても速度を上げて、前方に停止している列車に追突してしまう弱点がある。そのために、日本で ATS に相当する TPWS が必要であるとして認識している。

したがって、JICA 調査団が提案しているものと同じである。

5) 駅構内信号設備

RITES レポートでは接続駅には SSI を提案している。終端駅や途中の Crossing 駅については、特に言及していないが、当然 SSI が設備されるべきである。基

本的に JICA 調査団と同じと考える。

(3) 提案システム

1) 信号システム

前述したように、RITES のレポートと JICA 調査団が提案した内容に大きな差異はないものとする。GPS による Communication based Signaling System は時期尚早と考えられ、実績のある自動信号システムを提案する。

2) 列車検知方式

閉塞長が 1~1.5km と長いことから、これを 1 軌道回路で構成できる無絶縁 AF 軌道回路方式はないので、いくつかの軌道回路を連続して使用することを提案する。

8.9.3 通信・信号システムに対する電源供給

DFC に使用する信号通信の電源は、インド在来線では、各駅に買電電源を各々引き込んで使用しているところもあると聞いている。しかし、列車運転の保安を担うシステムとしては、冗長系の構成とすることが望ましく、専用の信号高圧電源を鉄道変電所から沿線に敷設することが望ましいと考える。

日本では AC6600V の信号高圧線を 2 系統引き、1 箇所の変電所の故障により、電源供給が不能となった場合でも、他の正常な変電所からの電源に切り替えることにより、冗長化を図っている。DFC においても同様な冗長化が必要と考える。

8.10 列車運行管理システム

8.10.1 DFC における運行管理システムの必要性

DFC における運行管理システムの必要性は以下のとおりである。

近代物流には Punctuality が必要：現代貨物輸送のニーズから DFC では速達性以上に定時性が強く要求される。自然災害、車両故障等で列車ダイヤに混乱があった場合、できるだけ、列車ダイヤの混乱を早く収束させることが必要である。また乗務員区などが指令員の行う運転整理に的確に追随していくためには、列車の運行状況情報が広く伝達されていることが重要である。DFC に運行管理システムを具備することで、これらの条件を満たすことができる。

DFC には効率の高い経営の実現が必要：DFC はコストパフォーマンスの高い経営ができる線区とすることが求められている。これには職員の数をできるだけ削減することが望ましい。DFC に運行管理システムを具備することで、駅要員の数を少なくすることができる。

8.10.2 列車運行管理システムの機能

列車運行管理システムは指令室に列車の現在位置情報を表示し、この情報をもとに指令員が各駅の信号でこれを操作できるようにする機能である。

システムを構成する基本的な装置としては、各駅と指令室間の情報伝送装置、指令室

に配置する列車運行表示ボード、信号操作卓、さらにはこのシステムで得られた列車運転状況情報を駅や乗務員区などに伝えるための情報表示装置がある(図 8-17 参照)。

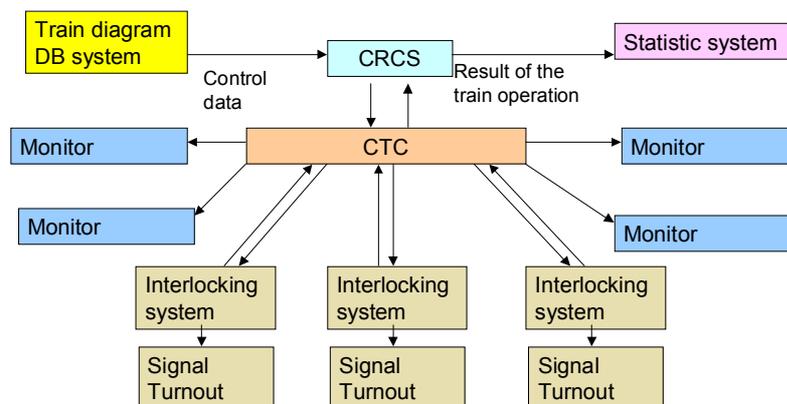


図 8-17 コンピュータによる列車運行管理システム

8.10.3 列車運行管理システム導入の効果

DFC は新たに建設される線区である。DFC に運行管理システムが導入された場合、期待できる効果は次のとおりである。

- 1) 信号扱い者数の圧縮
駅での信号でこ扱い作業を指令室へ集中させることによる駅員数の圧縮
- 2) 輸送管理の質的向上
列車群の現在位置情報を指令所に集まるので、全体的な運行状況を把握した上での輸送管理ができる。指令員は列車の乗務員と直接交信しつつ、列車の運行を制御することとなる。駅員という介在者がいないので、指令員の指示がスピーディかつ確実に伝達できる。
- 3) 列車運行情報の提供
駅、乗務員区等に列車運行情報が提供可能となる。

8.10.4 列車運行管理システムの最新技術動向

列車運行管理システムは近年、コンピュータの活用により、さまざまな発展を遂げている。また線区の輸送密度、列車の運行形態などによって、様々なオプションが考えられる。これらを以下に列挙する。

- 1) 進路制御のコンピュータ化
列車本数が少ない線区では指令室に集められた各駅の進路制御は指令員が直接制御する方法が取られる。列車密度が高い線区では進路制御のコンピュータ化が行われている。指令員は異常時でコンピュータからの問いかけに応ずることが主な職務となっている。
- 2) 集中と分散
列車運行システムは中央 1 箇所に置くことが効率的である。しかし、複雑なネ

ネットワークとなっている線区や路線の延伸などがある線区の場合、拡張性の観点からシステムを各駅に分散配置する方法がある。中央集中システムの場合、異常時にシステムがダウンすると、全線が不通となるが、これら分散システムでは不通区間は部分的なものに留まるという利点もある。

3) 指令室ディスプレイのコンパクト化

列車の運行状況を表示するボードを運行状況表示盤と言う。このボードに示される情報は列車運行管理を行う上で欠かすことのできない情報であり、指令室全体の共通情報となっている。Personal computer が発達してきた今日、これら運行表示を指令員各自の PC に表示し、ボードを設けない指令室が登場している。設備経費の削減のほか、指令室の面積が少なくて済み、レイアウト変更が容易となるというメリットがある(写真参照)。



図 8-18 指令室(左:表示ボードあり、右:表示ボードなし)

8.10.5 DFC における運行管理システムに必要な機能と仕様

(1) 運行管理システムの機能

今日の運行管理システムはコンピュータ制御が一般的である。コンピュータによる進路制御では列車運転時刻データが必要となる。また列車運転実績データをシステム内に蓄積することができる。そしてこれらデータを活用した様々なシステムを構築することができる。しかし、線区輸送がクローズしていない DFC にあっては、他線区情報の補完入力が必要となる。このため、少なくとも発足段階にあっては以下の機能に留めることを薦めたい。

- コンピュータ化された進路制御
- 司令員への予測列車ダイヤの提供
- 駅・乗務員区等への列車運転位置情報の提供
- 保守作業員がハンディターミナルを使用して、自ら線路閉鎖を取るシステム
- 指令員と列車乗務員が直接交信できる列車無線

(2) 運行システムの構成

DFC の東西両回廊を直通する輸送はさほど多くないと想定される。また両線区の長さも長い。このため、両回廊それぞれシステムを保有することが望ましい。ただし、この場合も指令室は1箇所とし、両線区の輸送管理に緊密な連携を取れるよう配慮する。

インド国鉄の路線網は複雑なネットワークとなっている。このネットワークをフルに活用するにはシステムは分散方式が望ましい。しかし、当面 DFC を機軸とした輸送で完結することから、コスト面を考えれば、集中システムとすることが現実的である。指令室は輸送指令と各技術分野の指令が一体となることが望ましい。DFC で電化する場合、SCADA についても、運行管理システムと同じ指令室で操作できるようにする。

- 集中システムによる構成
- 同一指令室に東西システムを設置
- SCADA システムも同じ指令室に設置

8.10.6 運行管理システムのハード構成

運行管理システムのハード構成として次の項目をコンセプトとしている。

- 1) 貨物列車の運行はダイヤによる定時運行を行う。
- 2) 進路制御は中央からダイヤに基づき自動制御を行う。
- 3) ダイヤの修正・追加などの操作が容易にできる。
- 4) 列番・在線位置・各駅の進路状態（転てつ機の開通方向や信号機の表示状態）・駅間の閉塞状態・き電加圧状況などを線区全体にわたって表示し運行管理できる。
- 5) 運行実績記録が自動で可能である。
- 6) 信頼度確保のためシステムは冗長構成とする。
- 7) 新システム追加（貨物管理システム）に容易に対応可能なこと。

以上の機能を実現するハード構成図を示す。

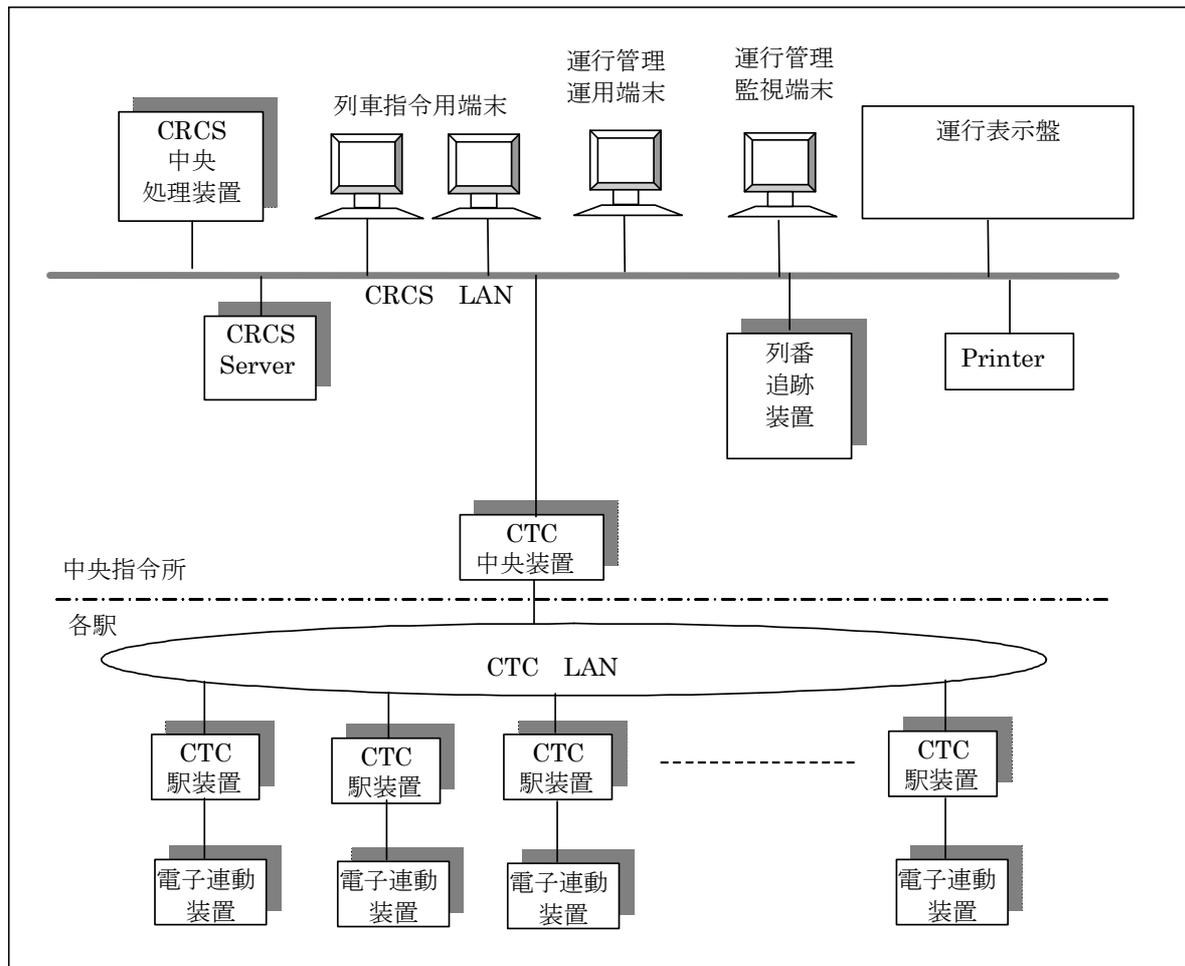


図 8-19 運行管理システム構成図

8.10.7 通信・信号機器モニタリングシステムのハード構成

通信・信号設備についてはメンテナンスフリーのシステムであるが、故障発生時に列車運行の支障を最小にすべく、保守体制とこれを支援するモニタリング設備が必要となる。

作業の流れは次のようになるう。

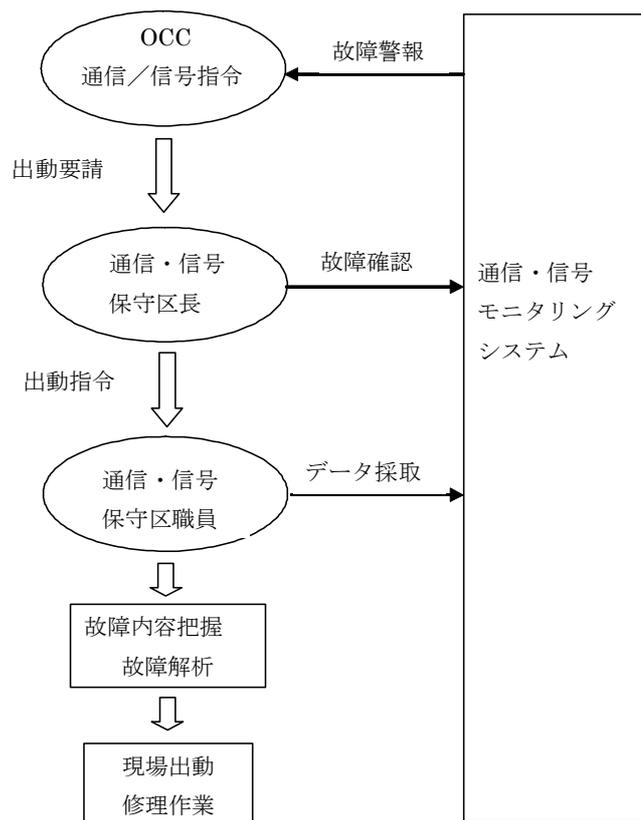


図 8-20 保守作業の流れ

保守体制を支援するモニタリングシステムとして、次の機能が要求される。

- 1) 故障発生の瞬時の通報機能
- 2) 故障の早期原因究明と復帰のためのデータ提供機能
- 3) 予防保全のためのデータ提供機能

これらの機能を実現するため、ハード構成として、OCC および保守基地に故障内容や機器の稼動状態をモニタできる装置を設けるものとする。

第9章 鉄道経由のインターモーダル輸送戦略

第9章 鉄道経由のインターモーダル輸送戦略

近年のモータリゼーションに進展に伴い、各国において陸上輸送の主役は鉄道輸送から道路輸送に転換し、各国の鉄道事業者は輸送量を激減させ経営問題を抱える状況を呈している。インド鉄道は 1990 年以降において輸送量を増大させており、世界各国の鉄道輸送が輸送量を減少させる中であっては特異な例と言える。この背景としては、インドにおいては道路インフラ整備が他の発展途上国と比較しても大幅に遅れていて、この間の急速な経済発展に伴う輸送需要を道路輸送が賄いきれていなかった事情があると考えられる。しかしながら、今後はインドにおいても道路インフラの整備は着実に進展していくことが予想される。また、道路輸送においては各国においてドア・ツー・ドア・サービスなど顧客のニーズに合わせた輸送サービスの高度化・多様化が進展しており、こうした道路輸送サービスの改善はインドにおいても一鉄道輸送の脅威として一実現されていくものと想定される。

DFC が対象とする長距離貨物輸送の市場では、鉄道輸送が競合するのは道路輸送であり、鉄道輸送が道路輸送に対して十分な競争力を有しないと、道路輸送改善の進展に伴い、他の国の例のように鉄道輸送が衰退の道を歩むことになる危険性を孕んでいる。

鉄道輸送の不利な点としては、鉄道輸送はそれ自身では輸送が完結できないという点が挙げられる。道路輸送の場合は起点から目的地までの完結した輸送サービスが可能であるが、鉄道輸送の場合は輸送を完結させるためには必ず他の輸送モードと連携(ほとんどの場合道路輸送との連携)が必要となる。このため鉄道輸送は、貨物輸送においては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の増加、さらに関係者が増えることによる不確実性の増加が発生する。輸送上の結節点または輸送の一部を他者に委ねざる得ないことが鉄道輸送の最大の弱点であり、道路輸送に対抗していくためにはこの弱点の克服、すなわちインターモーダル輸送としての改善が最大の課題となる。

鉄道輸送は道路輸送に対してエネルギー消費効率の面で圧倒的な優位性を保持しており、本来的には道路輸送より経済的かつ環境にやさしい輸送手段であるため、上記弱点が克服されれば道路輸送に対する優位性を確保できることになる。

本章においては、DFC 実現により保有することになる高い輸送力をインターモーダル輸送体系の中で有効に活用し、競合する道路輸送に対して十分な競争力を確保していくために必要な要件と対処方針を特定するための基礎的考察を行う。DFC 東回廊の主たる輸送品目は石炭および鉄鋼製品などのバルク貨物の長距離拠点間輸送であり、これについては鉄道輸送のほぼ独占状況にある。一方 DFC 西回廊はインド西海岸の港からの海上コンテナ輸送が主たる輸送品目で、鉄道輸送は道路輸送との激しい競争状況に晒されており、港や ICD と連携したインターモーダル輸送の整備が急務となっている。従い本章では DFC 西回廊のコンテナ輸送を対象とし、鉄道経由のインターモーダル輸送のあるべき戦略について考察する。

9.1 長距離道路貨物輸送の現状

DFC 西回廊のコンテナ輸送においては、鉄道輸送の競争相手は道路輸送である。ここでは鉄道と競合する道路輸送の状況について考察する。

9.1.1 道路輸送が抱える問題点

鉄道輸送量の伸び率が限定的であるのに対して、近年道路輸送は大幅な伸びを示している。この背景には幹線道路の整備の進展と国産トラックの性能向上が考えられるが、道路輸送側も以下のような問題を抱えている。

1) 道路整備事情が悪い

急速に高規格国道が整備されているが、施工の問題やインドの厳しい気候条件により、道路路面の傷みが激しい。また幹線道路においてもロバやラクダの引く荷車、トラクターといった低速車両が一般車両と混在し、走行速度と交通容量の低下を招いている。そのため長時間の高速走行を続けることができない。

2) 燃料消費コスト価格が高い

石油をほとんど輸入に頼っているインドでは燃料軽油の価格が高い。また道路輸送はトン-キロあたりの燃料消費量が鉄道輸送よりも大幅に嵩み、輸送コストの中に占める燃料コストの比率が高くなる。

道路輸送事業者にヒアリングした結果では、燃料費が運賃収入の約 60%を占める状態である（表 9-1 参照）。

表 9-1 道路輸送事業者の収入に対する経費率内訳

項目	経費率%
燃料費 (35Rs/l、4km/ l、平均 325 km/日走行)	58
作業士人件費 (運転士 2 名、助手 1 名の 3 名)	17
管理費 (修繕費、損害保険料、減価償却費、事務費、金利等)	16
利益 (税引き前、法人所得税は 40%なので利益率は 5%)	8

出展: 調査団

3) 州越境時に税金を徴収され、その審査に時間が掛かる

インドはアメリカのように州の独立性が高い。各州では営業車について、州の出入りの際に州付加価値税 (VAT : Value Added Tax)、入市税などを徴収している。道路輸送会社からのヒアリングでは各州で徴収率や対象が異なる (表 9-2 参照)。輸送貨物の審査 (課税対象か否かを審査する) と税の徴収には州を出る時に 2 時間、州に入る時に 2 時間、合計で 4 時間以上を要している。徴収される税金は荷主の負担となり、待ち時間と審査時間は運送事業者のロスになっている。

表 9-2 東西各回廊における通過各州の越境時の課税申告対象および課税率一覧

回廊	州	送り状 コピー 枚数	受取人につ いての LST, CST, TIN ※の必要有無	TIN 番 号の 始まり 数値	税金申告の 書式番号	持込税 の有無	入市税の 有無	他州製 品の通 過許可 の有無	備考
西	Delhi	3	必要	7	不要	無し	無し	無し	
	Haryana	3	必要	6	様式 38	無し	無し	無し	価格が 25000 ルピー未満の 製品の場合は 許可不要であ る
	Rajasthan	3	必要	8	様式 18A	無し	無し	有り	CST の様式 18B が政府当 局から要求さ れる
	Gujarat	3	必要	24	様式 402 が 州を出る際 に必要、様 式 403 が製 品の持込の 際に必要	無し	都市によ り必要	有り	入市税必要都 市:アーメダバ ード、バロー ダ、ビハール、 ジャイメール、 RAJICOT、ス ーラット
	Maharashtra	3	必要	27	不要	無し	有り	無し	製品価格表が 必須である
	合計	15			4 様式		1~7 箇所	2 枚	
東	Punjab	3	必要	3	不要	無し	有り	有り	
	Haryana	3	必要	6	様式 38	無し	無し	無し	価格が 25000 ルピー未満の 製品の場合は 許可不要であ る
	Uttar Pradesh	3	必要	NA	様式 31 もしくは 32	無し	無し	有り	現在の許可証 は F/QQ と F/RR である が、毎年変更さ れる見込み
	Bihar	3	必要	10	様式 D9	無し	無し	無し	許可証の有効 期限をチェック される。最低 15 日間ないとい けない。
	合計	12			3 様式		1 箇所	1 枚	

※LST:Local Sales Tax(州内売り上げ税) CST:Central Sales Tax(州間売上税) TIN:Taxpayer's Identification No.
(納税者ID番号)

9.1.2 今後の道路輸送の改善

道路輸送との競争において、前項で示した道路輸送の問題は鉄道輸送に有利に作用している。しかしながら道路輸送側の問題も今後次のような改善が進められていく予定であり、道路輸送の競争力がさらに高まることが予想される。

1) 高規格道路、及び高速道路の整備

NHAI(National Highway s Authority of India)は全国に高規格国道及び高速道路を整

備する計画を策定している (表 9-3 参照)。ロバ、ラクダが引く荷車やトラクター牽引車両などの低速車両を分離した高速道路が今後インド全国に広がっていくと考えられる。

2) 州越境時の徴税システムの廃止または簡素化

州越境時の VAT については、2010 年をめどに各州がばらばらであった課税基準を改め、全国統一の基準による徴収としていくこととなっている。また高規格国道では州を出る場合のチェックと州に入る場合のチェックを一括して行う試みも進められている。これらの措置により、州境におけるチェックは基本的に廃止の方向である。

表 9-3 国道開発計画一覧

国道開発計画段階	主要な計画	長さ (km)	費用 (千万Rs)
I 及び II	黄金四辺形と東西・南北道のバランス調整	13,000	42,000
III	片側4車線化	10,000	55,000
IV	片側2車線化	20,000	25,000
V	特定区間の片側6車線化	5,000	17,500
VI	高速道路(expressways)の開発	1,000	15,000
VII	環状道路、バイパス、立体交叉化、サービス道等	N.A.	15,000
	合計	45,000	1,69,500

出展: NHAI ホームページ

※修正された見積りは 2,20,000Crores(1000 万Rs)である

9.2 鉄道経由のインターモーダル輸送の問題点

鉄道輸送の伸び率が鈍化した原因として、これまで指摘されて言われてきたのは鉄道の輸送能力不足である。輸送能力があれば鉄道はもっと利用されるはずという考え方である。幹線路線の鉄道輸送力不足はシェア低下の要因のひとつであるが、本調査において実際に港湾や ICD (Inland Container Depot : 鉄道コンテナ駅) を調査し、荷主や道路輸送事業者からヒアリングした結果では、輸送能力の不足以外の問題として荷主側がに鉄道輸送を利用しない、または利用を避けている理由があることがわかった。ヒアリング結果を表 9-4 に示すが、鉄道輸送の主たる問題点としては「輸送に時間がかかる (Not speedy)」、「コンテナがいつ到着するかわからない (Not punctual)」、「使いにくく顧客志向になっていない (Not customer oriented)」の 3 点であった。「Without damage」「Not Cheap」という問題点については比較的指摘が少なかった。これは鉄道輸送が比較的安全であり、コスト的にも他輸送機関として遜色のないレベルに達しているためと考えられる。なお「顧客志向でない」という区分についてはヒアリング調査の当初分類調査項目として予定していなかったが、調査中に各方面からこの問題が指摘され追加した項目である。これは先進国ベースの調査では見られない区分であるが、インドの鉄道輸送の特徴を明確化するため設定した。

以下、具体的な問題について説明する。問題の理解のために、図 9-1 に問題の所在を現在の鉄道経由のインターモーダル輸送体系を模式的に示した。これに対応した、インド最大

のコンテナ取扱い港であり、DFC 西回廊の最大の需要発生拠点である JNP の全体マップと関係施設の配置およびコンテナの動きを図 9-2 に示した。

表 9-4 に示した問題点のうち、港湾、鉄道、道路などのインフラ整備については施設管理者ないしは事業者が主体になって整備を進めており、これらの計画については Volume2 タスク 0&1 第 4 章 4.8 において記述している。本章ではこれら関連インフラ施設の整備以外の、インターモーダル輸送にかかわる問題点について考察を行う。

表 9-4 鉄道経由のインターモーダル輸送におけるノード・モード別問題点

	港湾(Port)	CY(コンテナヤード)、RY(鉄道ヤード)(Yard)	鉄道輸送(Rail)	ICD	配送(トレーラー)(Truck)
時間がかかる	[P1] 「沖待ち」が 10 日以上になることがある	[Y1]コンテナが数日～10 日余りコンテナヤードに留置されており、トータル輸送日数はトラック輸送よりも長くなっている。	[R1] 輸入貨物を鉄道輸送するために保税輸送許可書(SMTP)が必要であり、SMTPの取得と到着ICDへの伝達の手間がかかっている(EDI導入により伝達については短縮されつつある)	[I1]ICD での倉庫荷役が人手に頼っているため荷役の効率が悪い	[T1] 都市部の道路規制による通行不能時間があるため、配送時間が制限されてしまう
	[P2] 港が受け入れてくれず、別の港に回されることがある	[Y2] 船から卸したコンテナは一旦コンテナヤードに留置され、列車に積載する際に改めてシャーシに載せて列車脇に移送し、そのまま GTM が直接列車に積載する形態を取っている。作業自体はシンプルだが、線路脇がシャーシで輻輳し、荷役に時間が掛かる。	[R8] 港湾内の引込線や本線に接続するフィーダー線の輸送能力不足により、操車場での列車の待ち時間が発生している(複線化等の設備改良が進行中である)		
		[Y3] 他埠頭オペレーター向けコンテナを混載したコンテナ列車が到着した場合、それぞれの埠頭オペレーターが自分のコンテナを運ぶので、全部のコンテナが取り卸されるまでに時間がかかる。			
		[Y4] 完成車の事前検査施設がムンバイ港にないため、JNPに立ち寄ってから横もちしなければならない			
到着日不明		[Y5] コンテナが港に到着した順番に列車に積載されないことがある(先入れ先出しができていない)。鉄道ヤードでの移送と貨車への積載作業は埠頭オペレーターの所管であるため、引き取り荷主がCONCORに要請しても対応できない(船会社に頼んで要請してもらっている現状である)	[R2] 同じ着ICD向けのコンテナ発送数が一定以上にならないと列車を組成しない	[I2] 到着日時が不明なため、輸入貨物の通関を通関業者に依頼するタイミングが遅い顧客があり、留置コンテナ増加の原因になっている	
			[R3] 貨物列車の運転時刻が公示されておらず、コンテナが積載される列車を予め決められない		
使いにくい			[R4]列車が出発するまでCONCORのコンテナ照会システムに情報が掲示されない(列車に積載されて発送されたかを、毎日システム照会して確認しなければならない)	[I3] 貨物の保管スペースがない	[T2] 品質の高いトラック業者の手配が難しい(過積載や故障を多発させるトラック事業者が多い)
			[R5] CONCORへの輸送申込は窓口申込が原則で、かつ前金制のためデポジットが必要であり、申込が面倒である(TKDでは電子データによる申込受付とクレジット決済を始めた)		[T3] 老朽化したトラックが多く、荷傷みの発生率が高い
			[R6]コンテナが何時到着して配送になるかわからないので、受取荷主側で在庫を多く持つ必要がある		
			[R7]認可運賃であるため、個別の運賃交渉ができない		
その他				[I4] 通関前に貨物を転売する業者がいる。転売が成立するまで着ICDでコンテナを留置するケースがある。これが留置量の増加につながっている。	

インフラ整備により解決できる問題点については網掛けとした。

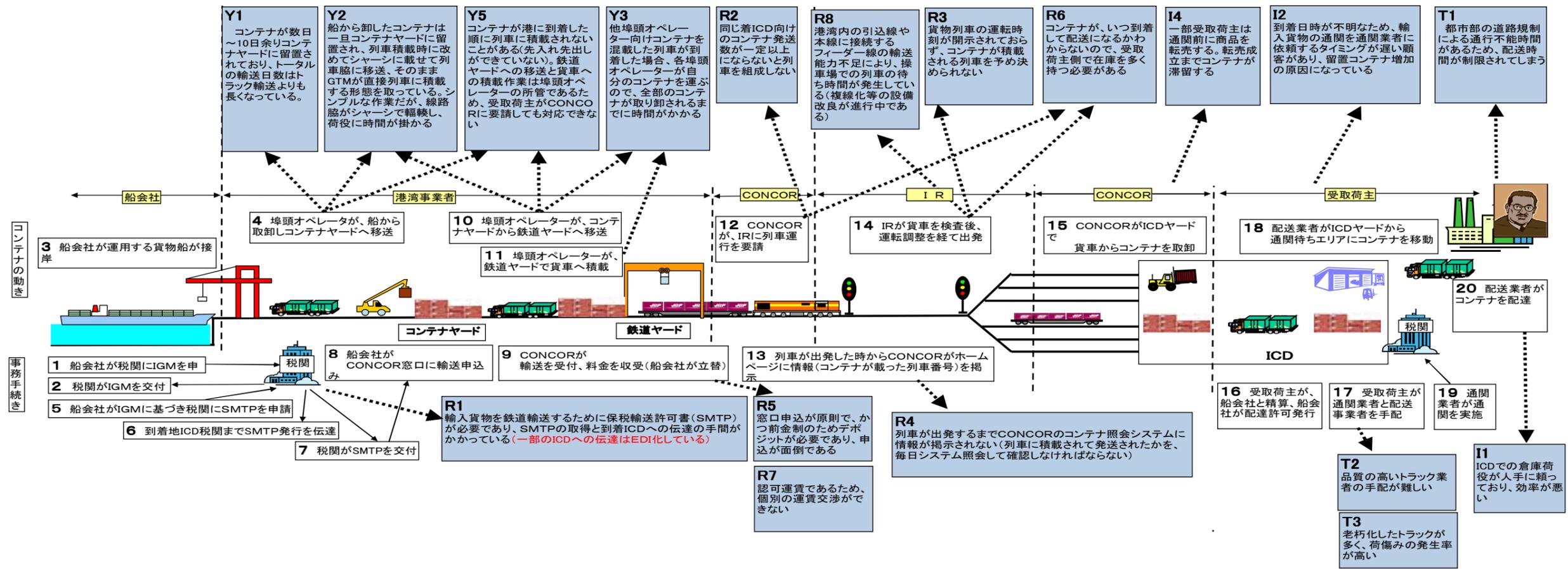


図 9-1 JNP-Delhi 間のコンテナ輸送フローと問題点



図 9-2 JNP における関係施設配置とコンテナの流れ

(1) 輸送に時間がかかる(Not speedy)

JNP からデリー周辺の ICD までのコンテナ輸送全体の中で鉄道輸送部分の日数は 3 日以内であるにもかかわらず、港からの荷揚げから ICD からの配送までの総所要日数は最短で 7 日、最長では実に 21 日も要しているという調査結果がある（表 9-5 参照）。

表 9-5 港の陸揚げから荷受人が受け取るまでの日数調査結果

行 程	JICA Study Team 調査			N社調査※2	
	HONDA ※1	プロジェクト研 究 G 調査		最短	最長
		最短	最長		
港湾の荷揚げから列車発車まで	2	7	12	7	12
列車輸送	2	2	3	2	4
ICD での取卸し、通関	2	2	3	2	4
ICD からの配送	1	1	1	1	1
合計	7	12	19	12	21

※1: HONDA からの聞き取り調査による。

※2: 日系企業 N 社が 2007 年 4 月に実施した聞き取り調査による。

このように輸送日数を要する原因は以下によるものと推測される。

- 1) 鉄道輸送申込の受付順に貨車への積載を行う仕組みが確立していないため、埠頭で取り卸したコンテナが申込の順番通りに列車に積載されないこと。
- 2) 船から卸したコンテナは一旦コンテナヤードに留置され、列車に積載する際に改めてトレーラートラックに載せて列車脇に移送し、そのまま橋型ガントリークレーンが直接列車に積載する形態を取っている。作業自体はシンプルだが、線路脇がトレーラートラックで混雑輻輳し、荷役に時間が掛かる。
- 3) 鉄道による海上コンテナ輸送は、通関手続きは内陸の ICD で実施し、港湾内では通関そのものは実施されない（道路コンテナ輸送の場合は港湾内の税関で通関業務を実施する）。内陸の ICD 向けの鉄道コンテナ輸送を行うには保税輸送許可証（SMTP: Semi Manifest for Transport Permission）が必要であり、かつ SMTP は到着 ICD 地の税関が書類を確認した後、発送側（港湾）地の税関から船会社に対して発行される仕組みとなっている。そのため、SMTP の発行を含む通関業務に時間がかかっている。ただし、SMTP の到着 ICD の地税関までの伝達は現在 EDI 化されつつある。
- 4) 到着 ICD（Tuglakabad）でアクセス道路の通行制限時間帯があり、朝夕のラッシュ時を含む時間帯はトラックの出入りができない。そのために ICD からのコンテナ配送時間帯に制約が生ずる（図 9-3 参照）。
- 5) 輸出コンテナが埠頭の鉄道ヤードに到着する際、異なった埠頭向けのコンテナが混載されている場合、埠頭オペレーターは他の埠頭オペレーターが取りにくるまでコンテナを貨車から卸さないで待っている。そのため到着した貨車への輸入コンテナの積載開始が遅れる。

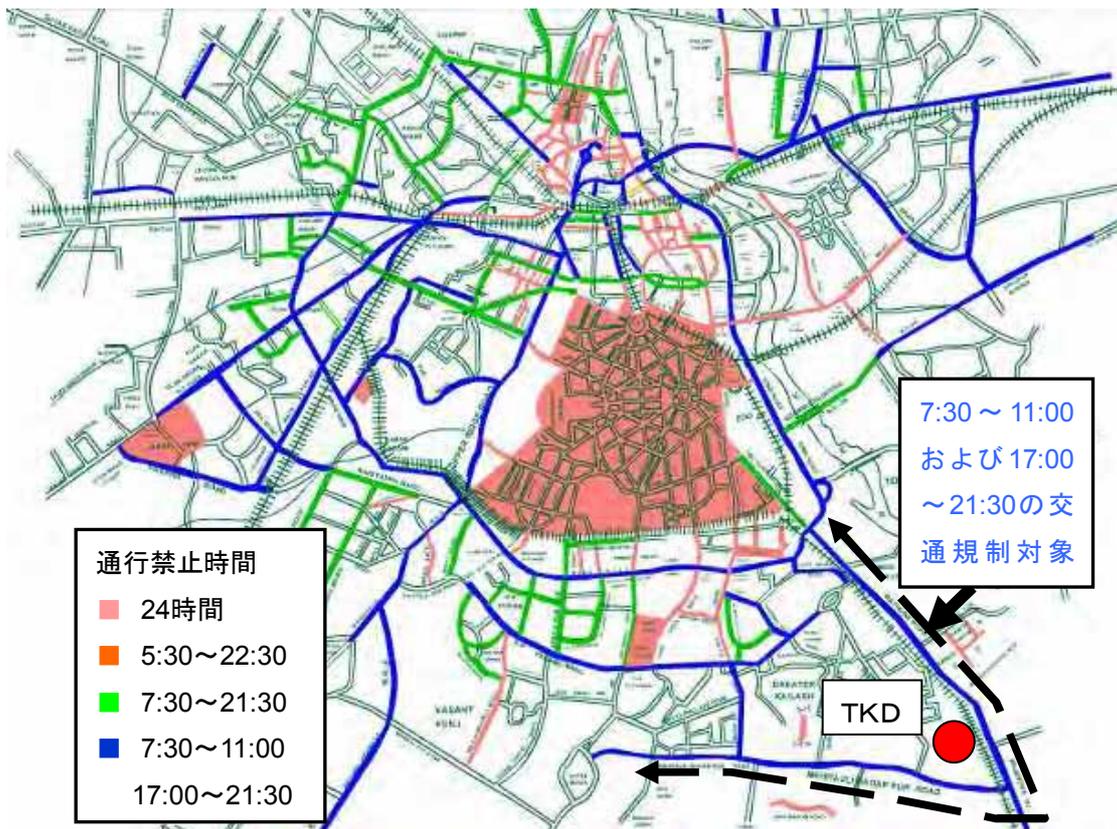


図 9-3 デリー市街地の大型車両交通規制状況

(2) コンテナがいつ到着するかわからない(Not punctual)

前項で示したように、実際に列車輸送が開始されるまでに、時間的ばらつきはあるが JNP で相当時間の滞留が発生している。またコンテナの位置情報を管理するシステムがなく、荷主にはコンテナが今どこにあるのかまたいつ ICD に到着するのかが判らない状態となっている。このため、鉄道輸送は貨物の到着日時が判らない不透明な輸送システムになってしまっている。このようなことが発生する原因は以下であると考えられる。

- 1) 列車の積載効率を高めるため、ほぼ 1 列車分のコンテナが集まるまで列車を組成して貨車へのコンテナ積載を開始しない。そのため発送数量の少ない ICD 向けのコンテナは列車が出発するまで何日も滞留しなければならない。表 9-6 は昨年 5 月 8 日から 17 日までの 10 日間および 6 月 8 日から 17 日までの 10 日間で、JNP から出発した列車の行き先 ICD 別の集計表である。この表から明らかなように、JNP からの配送が行われている 19 箇所の ICD のうち 1 日平均 1 本、つまり 10 日間で 10 本以上の列車が運行されている ICD (網掛け) は Tuglakabad、Dadri、Ludhiana の 3 箇所しかない。Others に分類されている 11 の ICD に対しては合計して 10-16 の列車運転本数であり、1 週間から 10 日に一列車の運転頻度に止まっていることが伺える。
- 2) コンテナの列車への搭載は CONCOR が行っているが、港での荷揚げから鉄道ヤードまでの移送は埠頭オペレーターが行っている。港でのコンテナ取扱いが一元化されておらず関係者間で連携が取れていないため、着荷主が到着の遅れているコンテナを早く発送するように CONCOR に要請しても CONCOR は十分な対応ができない。

- 3) 貨物列車の輸送ダイヤがないため、コンテナが積載される列車を予め決めることができない。

表 9-6 JNPT からの列車運行本数(2007 年)

ICD	5/8-5/17	6/8-6/17
Tuglakabad (TKD)	65	71
Dadri(DDR)	21	26
Ludhiana(DDL)	12	13
Sabarmati(SBI)	8	9
Nagpur(NGP)	6	7
Mulund(NGSM)	6	7
Sanathnagar(SNF)	6	5
Moradabad(MB)	5	3
Others (11ICD)	16	10
Total	145	151

CONCOR のホームページから集計。1 日平均 1 本以上の列車が運行されている ICD について網掛けした。

(3) 荷傷みがある (With damage)

「海路の貨物は荷傷みが多い」「コンテナへの積荷作業は人力で行われている」などのヒアリング結果はあるが、鉄道で発生したものか、道路で発生したものかを判別するまでには至らなかった。道路ではトラックが横転している姿はしばしば見かけるところであり、鉄道経由での事故、荷傷みは大きな問題として認識されていないようである。

(4) 安価ではない (Not cheap)

「鉄道はトラックより安価ではないので使わない」という意見は日系企業から聞かれた。一方「鉄道はトラックより安価なので使用している」との意見も聞かれた。鉄道輸送のコストに関する荷主側の評価にはばらつきがあることが判明した。

(5) 使いにくい輸送モードとなっている (Not customer oriented)

当初「顧客志向ではない」という範疇は独立して扱う予定はなかった。顧客志向はあらゆることに通ずる項目だからである。しかしヒアリングの結果、表現は様々であるが、鉄道は利用しにくいという意見が寄せられた。内容的にはインド旧来のお役所的なサービスシステムが残存している様子が伺える。以下にその原因と推定される事柄を示した。

- 1) CONCOR がホームページで提供するシステムでは列車が出発した時点からしかコンテナの現況照会ができない。そのため荷主は自社扱いのコンテナがいつ列車に積載されて JNPT を出発したかを知るために、毎日 CONCOR のホームページにアクセスし調べている。
- 2) CONCOR への輸送申込は窓口申込、運賃前払いが原則であるため、申込のために ICD まで行って現金を支払わなくてはならない (一部の大口荷主にはデポジット制を認めているが、これも運賃前払いの一種である)。ただし TKD においては最近、希望する大口荷主を対象に電子データによる申込受付とクレジット決済を始めた。

- 3) 運賃の適用に柔軟性がなく大口荷主であっても運賃に交渉の余地はない。公示されている運賃だけである。運賃を値引きする際は新聞等に公示され、すべての荷主と貨物に等しく適用される。

9.3 鉄道経由のインターモーダル輸送が目指すべき方向

前項で浮かび上がってきた現行の鉄道経由のインターモーダル輸送が抱える問題点を解決するため、第 8 章 1 項「最適物流管理」で示した各種方策をベースに、日本での経験も踏まえて検討を行った。また道路輸送と鉄道経由の輸送運賃を比較することにより、今後の方向を模索した。以下に鉄道経由のインターモーダル輸送が今後目指すべき方向を示す。

9.3.1 インターモーダル輸送の所要日数の短縮

表 9-7 に鉄道経由のインターモーダル輸送の日数短縮のための解決策とこの効果を示した。鉄道経由のインターモーダル輸送に時間が掛かる原因の多くは、関係者間の連携の不足である。関係事業者（港湾オペレーター、税関、鉄道フォワーダー）がハード・ソフト両面から迅速に貨物を運ぶための新しい仕組みを作っていくことが必要である。これには、鉄道経由のインターモーダル輸送の主役である MOR と DFCCIL が主体となって関係機関に働きかけを行っていくことが重要である。鉄道の問題ではないとして手をこまねいては、鉄道経由のインターモーダル輸送そのものの改善が実現できない。

表 9-7 「輸送に時間が掛かる(Not speedy)」に対する解決策とその効果

番号	解決策	効果	改善される問題点
1	鉄道輸送における予約システム(次(2)項参照)の情報を港湾荷役作業と連動させる仕組みを構築する(港湾荷役機器への情報端末の導入、列車予約システムと港湾荷役管理システム間のデータ接続など。8.1.2(3)参照)	鉄道輸送するコンテナを発送順番通りに直接 RY に留置することが可能になる。これによりコンテナの移送順序の逆転がなくなり、コンテナ留置日数を削減することができる。また荷役回数が減ることで荷役機器とトレーラーの効率的な運用が可能になる。	Y1 Y2
2	鉄道輸送を行う輸入コンテナについては、埠頭で船から卸した際に、直接鉄道ヤード(RY)に移送する。(コンテナヤード(CY)はトラックで運ぶコンテナのみ留置とする)。RY に鉄道輸送対象のコンテナを留置できるスペースを確保する。	SMTP の発行にかかる時間をなくすことができる。	R1
3	IGM(Import General Manifest)と SMTP(Semi Manifest for Transport Permission)の記載事項を統合し、SMTP を IGM に統合する(既に計画委員会において 2005 年 11 月に提案されている)。さらに IGM の本船の到着前受付化についても検討する。	港の RY に到着した輸出コンテナを速やかに取卸することができる。荷役時間を節約でき、列車折返し時間を短縮できる。	Y3
4	内陸 ICD から複数の埠頭ターミナル行きの輸出コンテナを混載した列車が到着した場合、到着した鉄道ターミナルでは他の埠頭ターミナル行きのコンテナを速やかに取卸して配送するルールを設ける(8.1.3(2)「交互計算制度」を参照)	都市部 ICD 到着コンテナの配送遅れを解決できる。ICD 滞留コンテナ数の削減も期待できる。	T1
5	各 ICD の果たすべき役割を明確に分離する。 都市交通規制により通行制限を受ける ICD(現在は TKD のみであるが、都市圏拡大により他の既存 ICD も対象になる可能性がある)については、都市部への小口配送拠点と位置づけ、倉庫や仕分け施設などを整備し、都市部配送物品以外の到着を極力受けないようにする。 工場などに配送する貨物については幹線道路に隣接した都市周辺部の ICD に到着をシフトする。	倉庫や仕分け施設を効率よく活用できる。	I1
6	ICDに設置した倉庫や仕分け施設ではパレットや小型フォークリフトを採用し、人手による荷役を少なくして荷役効率を上げる(8.1.2「ロジスティックス技術」参照)。		

※網掛け項目は優先的に実施すべき項目である。

9.3.2 コンテナ到着日時の明確化

表 9-8 に、いつコンテナが到着するのかを明確にするため解決策とこの効果を示した。「使いにくい。面倒」という荷主の声も、実は鉄道輸送の到着予定日時の不明確さから発しているものが多いと推察される。列車の運行計画を明確にし、コンテナが搭載される列車を明確化することが鉄道輸送の情報提供サービスを高める第一歩である。

表 9-8 「いつ到着するか判らない (Not punctual)」に対する解決策とその効果

番号	解決策	効果	解決される問題点
1	列車の運行ダイヤを設定し、その発着時刻を開示する。	荷主は輸送したコンテナが、いつ出発していつ到着するかを明確に知ることができる。	R3
2	鉄道フォワーダーはその運送約款において、コンテナが満載にならなくても運行ダイヤに従って列車を出発させることを明確化する。		R2
3	列車の予約システムを構築し、荷主に輸送予定を明示する。		R6
4	IR および鉄道フォワーダーは鉄道輸送中および ICD 留置中のコンテナのステータスを把握するコンテナ追跡システムを構築する(8.1.2(3)参照)		R4 I2
5	港湾荷役管理システムとコンテナ追跡システムを結合し、埠頭の荷揚げから ICD 持ち出しまでのコンテナ・ステータスを把握し、これを荷主に開示する(8.1.2(3)参照)。		Y5
6	鉄道フォワーダーは運送事業者を一定基準(業務年数、保有車両の数と質、荷主からのクレームの数等)で審査し、一定の基準を達した事業者については優良事業者として認定し、これを荷主に開示する。	荷主は道路輸送事業者を利用するにあたり、優良事業者であるか否かという判定基準を持つことができる。	T2 T3

※網掛け項目は優先的に実施すべき項目である

9.3.3 顧客の利便性を満足させるサービスの質の改善

表 9-9 に、顧客の利便性を満足させるための解決策とこの効果を示した。

現在の鉄道輸送サービスでは、従来からのお役所的なインド流サービスの考え方が残存している。競合する道路輸送事業者はすでにこの考え方を完全に払拭し、顧客満足 (Customer's Satisfaction) を優先したサービス改善の実現に努めている。

表 9-9 「使いにくい輸送モードとなっている (Not customer oriented)」の解決策とその効果

番号	解決策	効果	解決される問題点
1	電子データでの申込と鉄道運賃後納制度(8.1.3(2)参照)を拡大する(TKDが実施している電子データ受付&クレジット決済方式の全 ICD への拡大)	荷主が窓口まで鉄道運賃を持参する手間と時間が省ける。また、デポジット制よりもはるかに軽いコスト負担で鉄道輸送を利用できる。	R5
2	保険の考え方を応用し、鉄道運賃後納制度を利用しやすくするための信用保証機関を設立する(8.1.3(2)参照)	多くの運送事業者が料金後納制度を使うことができる。	R5
3	大口荷主については出荷条件等が各々異なる。設備、対応方、運賃等について個別的扱いができるようにする。	個別的扱いを行うことにより、新たなビジネスチャンスが生まれる。	R7

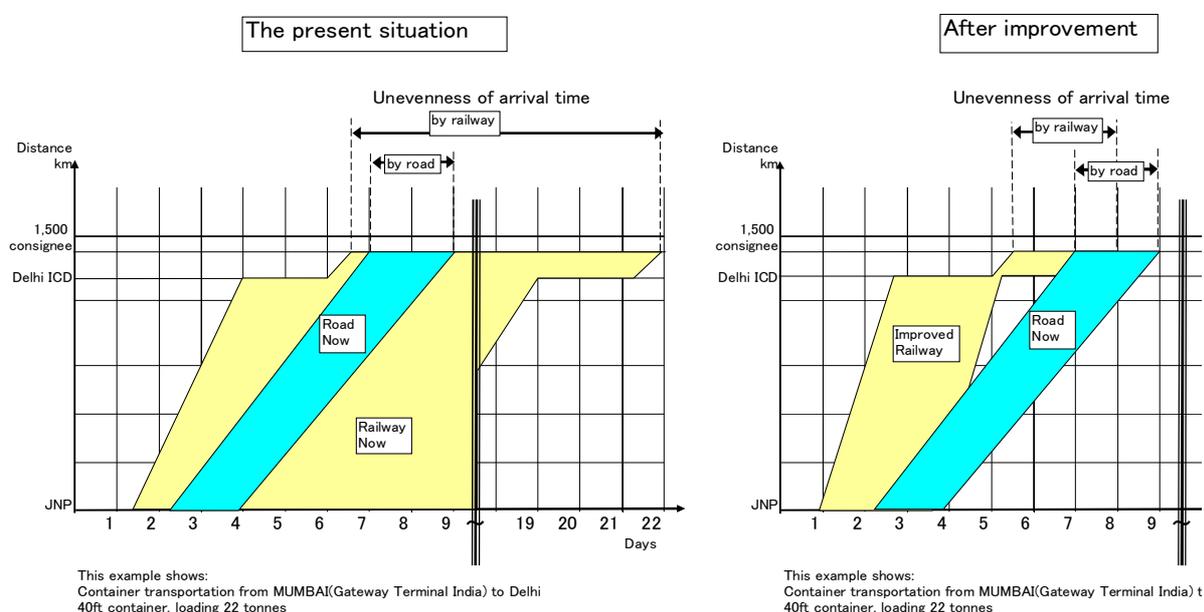
※網掛け項目は優先的に実施すべき項目である

9.3.4 インターモーダル輸送改善効果の推定

8.1.1(3)に示した解決策実施による改善効果を求める。図 9-4 は鉄道経由のインターモーダル輸送と道路輸送の輸送距離と所要時間の関係を表したものである。左側の図が現状について示している。「輸送に時間がかかる (Not speedy)」ならびに「いつ到着するか判ら

ない (Not punctual)」について、9.1.1 と 9.1.2 で述べた優先的に実施すべき網かけ項目を実現した場合、鉄道を経由したインターモーダル輸送がどのように改善できるかを右の図に示した。ムンバイ～デリー間のコンテナ輸送の総輸送日数は6日間になると考えられる (図 9-4 右グラフの薄いシャドー部分)。

現時点では、鉄道経由のインターモーダル輸送 (斜線) が道路輸送に対して平均所要日数で大幅に上回りかつ所要数の変動が大きいことが図から読み取れる。このことが、鉄道輸送が顧客に敬遠される状況を端的に物語っている。一方、改善後の状況を見ると、鉄道経由の輸送は輸送日数の変動幅が小さくなり、かつ道路輸送より時間的にも優位性を持つことになると思われるが、その差は存外小さく、両者は拮抗した状態になると考えるのが妥当である。DFC が完成すれば、鉄道部分の輸送時間は1日程度となる見込みであり、鉄道輸送の優位性は更に高まると考えられるが、道路輸送においても道路整備などの環境改善による輸送時間短縮の可能性が十分にあり、予断を許さない。



出展: 調査団

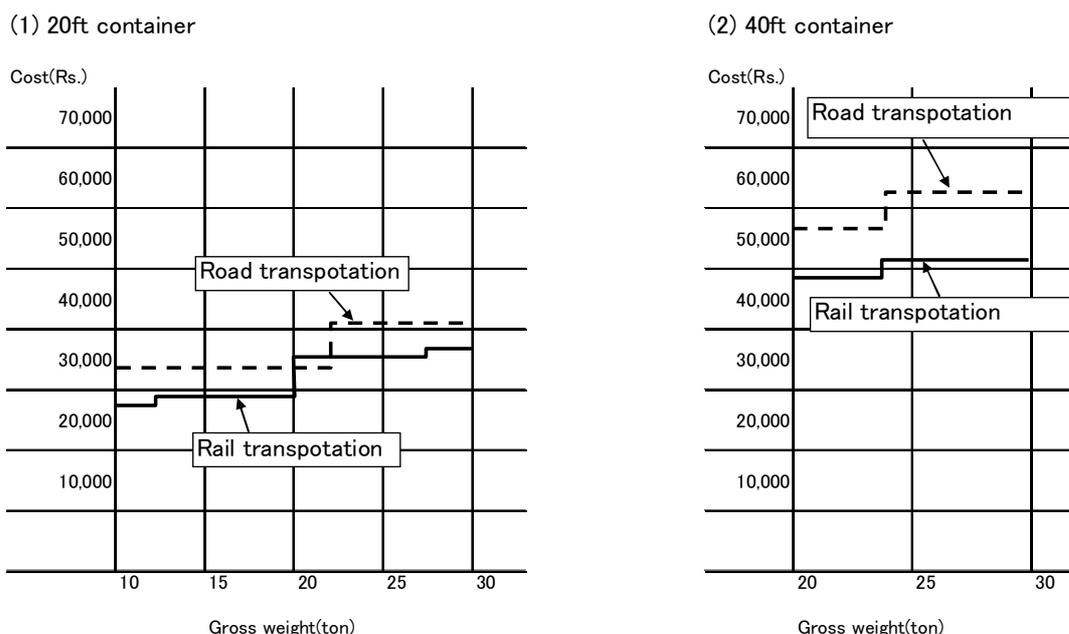
図 9-4 鉄道経由のインターモーダル輸送と道路輸送の輸送距離と所要時間の関係

9.3.5 運賃負担力の高い貨物の獲得

前節では鉄道を経由したインターモーダル輸送と道路輸送の運賃と時間の関係を論じたが、この節ではコンテナの積載重量とコストの関係に着目する。図 9-5 は 20 フィートコンテナと 40 フィートコンテナのムンバイ～デリー間におけるコンテナ積載重量と運賃料金の関係図である。鉄道の方が重量区分に応じた運賃階梯が細かくなっている。道路輸送については 20 フィートコンテナ、40 フィートコンテナともに 22 トン前後で運賃が変更される。(トラックではコンテナの積載トン数で計算し、境界が 20 トンである。それに風袋の約 2 トンを加えた総重量の 22 トンで鉄道は計算する)

比較すると 20 フィートの 20~22 トン以外は道路輸送の運賃料金が高くなっている。この運賃体系であれば、重量に関係なく鉄道輸送が選択されるように思えるが、RITES の

PETS-II レポートによれば鉄道輸送は重量コンテナの比率が非常に高い（PETS-II レポートには 20 フィートコンテナの実績が記載されており、総重量 20 トン以上のコンテナが全体の 60%もある）。同じ運賃であれば重量の軽いコンテナを輸送した方がトラックの燃費が良い。そこで道路輸送事業者は軽いコンテナを獲得すべく競争を繰り広げ、結果として鉄道は重いコンテナを輸送することになっていると思われる。比較的重量の軽いコンテナは運賃負担能力が高い貨物であることが多い。従って、今後は運賃体系を、運賃負担能力の高い軽量貨物をより優遇して獲得する体系としていく必要がある。



調査団：調査団

図 9-5 重量別運賃単価比較

9.4 インターモーダル輸送と DFCCIL 及び IR の役割（提言）

DFC ができた段階では、輸送力不足という問題は改善される。鉄道インフラとしては荷主に対し、まさに理想的なサービスを提供できる状況が期待できる。一方鉄道輸送については、MOR はコンテナ輸送業務に民間資本を活用し、多くの企業(現在 15 社)に鉄道フォワーダーのライセンスを与え企業間競争によって顧客の満足度を高める施策を取ろうとしている。

従って、荷主サービスは鉄道フォワーダー15 社に任せ、DFC は運行維持がメインの仕事と考えがちである。しかしながら、“道路輸送に対する競争力確保”という課題については、鉄道行政を司る MOR、DFC のインフラ建設・維持管理を担当する DFCCIL そして鉄道貨物フォワーダー各社に共通した課題であり、連携して協働した改善努力を行い、顧客獲得を実現する必要がある。この共通課題に対する取り組みにあたっては政策権限を持つ MOR とともに DFCCIL がイニシアティブをとって対処していくことが求められる。ここではインターモーダル輸送改善に中で必要となる共通課題を以下の 3 つの課題に集約し、それに対して適用が考えられる一般的な対処方針を提案する。

9.4.1 全貨物輸送区間の物流可視化の実現

現状の鉄道によるコンテナ輸送サービスにおいてもっとも欠けていることは、第8章8.1.2でも取り上げた“物流の可視化”注）である。9.3(3)で示したように鉄道経由のインターモーダル輸送は極めて厳しい状況にあり、物流可視化実現は今後、鉄道経由の物流を増加させていく上で必須の要件である。この物流の可視化は鉄道を越えて、輸送全体を対象としなくてはその意義が半減する。これには鉄道輸送経由のインターモーダル輸送に関わっているすべての事業者（船会社、埠頭オペレーター、税関、通関事業者、鉄道フォワーダー、IR、DFCCIL、配送事業者）に参加を呼びかけ、共通情報基盤構築などによる情報連携を確立することが必要である。これはまさに MOR、DFCCIL レベルの事業である。なお、この事業はソフト開発やシステム整備の費用を関係会社共同負担にして費用軽減ができるため、参加各社にとってもメリットのあるテーマである。情報を掌握するビジネスは現在の成功ビジネス領域であり、MOR、DFCCIL はこの貴重なチャンスを活かしていかなければならない。

注）“物流の可視化”とは、貨物の輸送過程における貨物の状況（現在位置、取扱業者、到着予定等の情報）および貨物の内容（発・着荷主、品目、梱包状況等の情報）について、関係事業者（発荷主、着荷主、輸送事業者）が把握でき、その情報を共有化できる状態にすることを言う。

9.4.2 各鉄道フォワーダー共通の仕組み作り

鉄道フォワーダーは相互に競争して、活力ある輸送サービスを実現することが本来の狙いである。その一方、鉄道フォワーダーが共同して取り組むことにより、より効率的に実現することは数多くあると推察される。上記、物流可視化もその一つである。これらを方向付けし、全体を牽引していくのは MOR、DFCCIL の責務である。

物流可視化以外の具体的テーマとしては次のようなことが考えられる。

(1) 鉄道運賃後納制度を担保するための信用保証機関の設立

現在、鉄道運賃の後日精算制度はあるが、実質的に前払いであり顧客にとっては抵抗のある運賃制度となっている。顧客にとって利用しやすい運賃後払い方式を可能にするために、フォワーダーの運賃収受を保証するための制度として信用保証機関を設け、保険の概念で運賃後払い方式を実現する仕組みの導入が考えられる。これは一種の保険制度であり、できるだけ多くの参加者が参加することによって料率が低下する。このため、個々の鉄道フォワーダーを超えた仕組みとすることが現実的である。

(2) 相互受託の確立

鉄道フォワーダーは MOR により Category 1 から 4 までのランクが制定されている。Category 1 については輸送サービスの全国展開が可能であり、その他のランクはサービス展開が地域的に限定されている。各フォワーダーは自社車両で運行する列車の発地と着地に拠点を設ける必要があるが、インド国内は広大であり、すべての発着地に拠点を設けることは難しい。荷主の要望にすべて対応しようとすると採算割れと言う事態も生じかねない。これを相互受託によってカバーできれば、荷主の満足度を安価に実現できる。これを金銭面の制度として支えるのが全国フォワーダー間の料金精算を効率的に行う「交互計算」であり、その導入が提案される（8.1.3(2)参照）

9.4.3 首都圏 ICD の計画の推進

インドにおいて輸出コンテナを発送する荷主は道路輸送より鉄道経由による輸送を好むと言われる。これはすでに示したように鉄道経由の運賃が安価なこともあるが、荷主にすれば、地元の ICD にコンテナを持ち込めば、その後、着荷主に届くまでの輸送責任は船会社となるためであると言われている。

ICD は鉄道輸送営業の窓口であり、ノードとしての役割は極めて重要である。とりわけ多くのコンテナの出入りがある首都圏については、その設置及び整備は DFC の建設と同じように重要と言える。DFC 計画では ICD の整備は貨車の調達とともに、PPP（Public and Private Partnership）の対象となっており、民間の鉄道フォワーダーをめざす企業の手に乗せられる計画である。しかし首都圏の地価は高く、鉄道フォワーダーにとって ICD の整備は非常にリスクの高い投資となる。

DFC プロジェクトの成功のためには、DFCCIL は民間鉄道フォワーダーが抱える事業リスクを低減し、積極的に ICD 整備を進める環境を整えることが重要な役割となっている。とりわけ段階整備の第一段階において、DFC が TKD、Dadri などの首都圏の既存 ICD に直結できない場合、当面の受け皿として、新しい ICD を首都圏に整備することは DFCCIL の新たな使命となっている。これらの使命をどのように果たすべきか、提案の詳細については F/S 編を参照されたい。