

6・3・2 分布交通需要予測

分布交通量の予測は、出発地から到着先に至る交通の流れをOD表に作り上げることを意味する。

現在のOD表は、実測結果から確定される。そしてこれに基づいて将来OD表を作るのであるが、この目的で次の二つの方法が用いられる。

- a) 現在パターン法
- b) 地域間交通モデル法

[解説]

(1) 現在パターン法

現在の交通流の実測値、すなわち現在OD表の交通パターンと将来の各ゾーンの発生・集中交通量予測値とを勘案して、将来OD表を作成する。

(2) 地域間交通モデル法

二つのゾーン間の交通量を、両ゾーンの経済指標、ゾーン間の時間距離等から直接に予測する方法である。これには各種のモデルが考えられるが、通常よく用いられるのは重力モデルである。

$$T_{ij} = k \frac{P_i^\beta P_j^\gamma}{D_{ij}^\alpha}$$

T_{ij} : i, j ゾーン間の交通量

P_i, P_j : i, j ゾーンの経済指標

D_{ij} : i, j ゾーン間の時間距離

α, β, γ, k : パラメータ

(3) 収束計算

a)、b) いずれの方法によっても、各ゾーンの発生（集中）交通量の総和は更に上位の計画から与えられる対象地域内の交通量の総和（コントロール・トータル）と整合されなければならない。そのためには、次のような収束計算を行う必要がある。

- 均一成長率法
- 平均成長率法
- デトロイト法
- フレータ法

これらの方法の中で、現在の分布交通パターンと、各ゾーンの将来の発生・集中交通量の動向を最もよく取り入れて、且つ収束の早い計算方法として、フレータ法がよく用いられる。

0 \ D	1	2		j			$\sum_{j} t_{ij}$
1							
2							
i				t_{ij}			$t_{i\cdot}$
$\sum_{i} t_{ij}$				$t_{\cdot j}$			$t_{\cdot\cdot}$

$T_{i\cdot}$: iゾーンの発生計 将来交通量
 $t_{i\cdot}$: iゾーンの発生計 現在交通量
 $T_{\cdot j}$: jゾーンの集中計 将来交通量
 $t_{\cdot j}$: jゾーンの集中計 現在交通量

フレータ法による収束計算

$$F_i = \frac{T_{i\cdot}}{t_{i\cdot}}$$

$$F_j = \frac{T_{\cdot j}}{t_{\cdot j}}$$

$$T_{ij}(i) = t_{ij} F_i \times F_j \times L_i$$

$$T_{ij}(j) = t_{ij} F_i \times F_j \times L_j$$

$$T_{ij} \text{の最確値: } T_{ij} = t_{ij} F_i \cdot F_j \cdot \frac{L_i + L_j}{2}$$

ここでLは Location factorと呼ばれる。

$$L_i = \frac{t_{i\cdot}}{\sum_j t_{ij} F_{\cdot j}}$$

$$L_j = \frac{t_{\cdot j}}{\sum_i t_{ij} F_i}$$

6・3・3 交通機関分担

分布交通量が得られたら、次に各交通機関の機関分担が予測される。旅客輸送を例にとると、交通機関の選択について次の要因が用いられる。

a) 旅行者の要因

旅行目的、旅行費用負担、年齢別、性別、所得レベル、グループサイズ、
自家用車の保有の有無等

b) 交通機関の要因

運賃・料金、所要時間、フリケンシー、乗換えの有無、安全性、快適性、
混雑度等

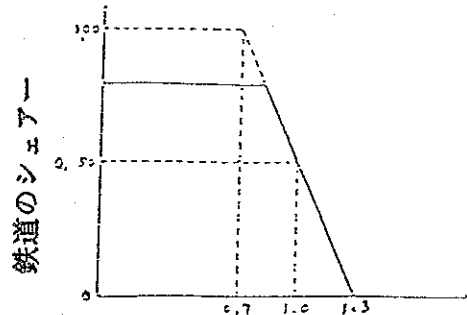
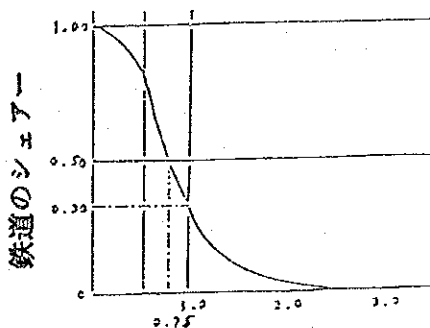
これらの要因を用いて交通機関分担モデルが構築される。

【解説】

(1) 旅行所要時間の比や、差を要因とする交通機関選択モデル。

通勤交通の場合には、交通機関の選択要因は主として、到達時間と運賃とである。下の図は鉄道とバスとの到達時間の比を要因にとった鉄道のシェア推計のモデルである。

わが国のように通勤費が生活費にくらべてウェイトが小さく、また雇用主が大部分を負担するような場合には、到達時間の比のみを要因とすることが多いが、開発途上国では運賃の個人負担のウェイトが高く若干無理がある。



鉄道による到達時間/バスによる到達時間

(2) 交通抵抗値を用いた交通機関選択モデル。

$$R_r = f(C_r, T_r, L_r, S_r \dots)$$

ここで R_r : 交通抵抗 L_r : 労力項

C_r : 運賃 S_r : サービス項

T_r : 所要時間

交通分担率は次のようになる。

$$P_r = \frac{R_r^{-n}}{\sum_r R_r^{-n}}$$

(3) 指数関数を用いた交通機関選択モデル

$$P_{ij} = \frac{1}{1 + e^{-U_{ij}}}$$

ここに $U_{ij} = a + bL_{ij} + cE_{ij} + dF_{ij} + eG_{ij}$

P_{ij} : i ゾーンと、 j ゾーンの間、鉄道の分担率

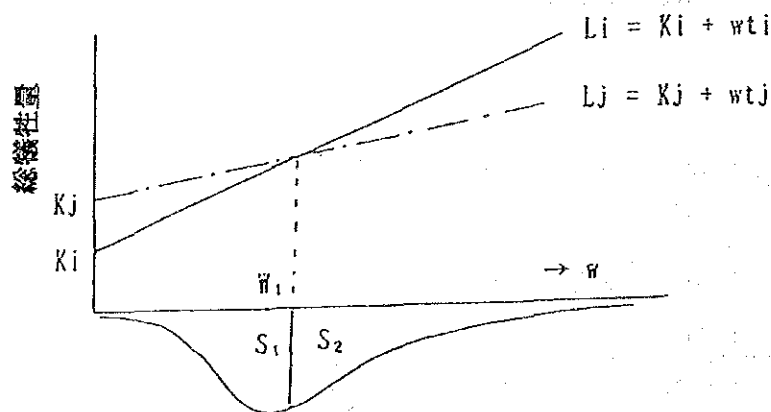
L_{ij} : i ゾーンと、 j ゾーンの間、バスと鉄道の所要時間差

E_{ij} : i ゾーンと、 j ゾーンの間、バスと鉄道の乗降場までの時間差

F_{ij} : i ゾーンと、 j ゾーンの間、バスと鉄道の運賃差

G_{ij} : i ゾーンと、 j ゾーンの間、バスと鉄道の待ち時間差

(4) 時間価値分布を用いた交通機関選択モデル



時間価値モデルの概念

上の図は二つの交通機関 $i \cdot j$ の交通量配分を求める場合の例である。

ここに、

K_i : i 交通機関の運賃

T_i : i 交通機関による所要時間

w : 旅客の時間価値

L_i : i 交通機関を利用する場合の旅客の払う総犠牲量

L_i 及び L_j の二つの直線の交わる点に相当する時間価値を w_1 とすると、時間価値が w_1 より少ない旅客は総犠牲量の少ない i 交通機関を選び、時間価値が w_1 より大きい旅客は j 交通機関を選ぶと考え、両者の分担率は $S_1 : S_2$ となる。

(5) 集計モデルと非集計モデル

交通行動の基本的な意志決定単位は個人であり、個人はある選択状況の中から、最も望ましい選択肢を選択する。

以上述べて来た集計モデルは、ゾーンという空間の拡がりをも一つの単位としているのが欠点であり、集計により一つの歪みを生ずる原因を作っている。

個々人あるいは車を単位とした行動を一つのデータとして扱うモデルが非集計モデルであり、今後活用される需要予測手法のひとつである。

近年特に交通機関分担予測の分野で逐次実用されるようになって来ているのでこの項にあげた。

開発途上国での交通需要予測にどのように活用して行くかは今後の課題である。

6・3・4 経路配分

ゾーン間の交通機関別の交通量が求められた後、特に道路交通においては、ゾーン間に通常複数のルートがあるため、これらのルートに交通量が配分されることを予測しなければならない。鉄道の場合も複数のルートがあれば同様の配分予測が必要である。

道路交通の場合は、所要時間は交通量と逆相関関係があり、鉄道輸送との配分計算にフィードバックする必要がある場合も生ずるので、道路交通量がどの道路にどのように配分されるかを予測することが必要である。

[解説]

(1) 鉄道の交通量の経路配分

ゾーン間に複数の鉄道ルートがある場合には、最短経路法により、発地と着地のそれぞれの最寄駅の間を乗車するように配分する。

(2) 道路交通量の経路配分

ゾーン間には多くの場合、複数の道路ルートがある。

道路ネットワーク上に、バス及び乗用車の交通量を配分する場合、よく用いられる方法はつぎのようである。

まずバスの交通量を最初に最短線路法により各ルートに配分する。ついで、すでにバス交通量を持つ道路上に、乗用車の交通量を数分割（例えば5分割）して、容量制限法を用いて配分する。

この方法は、道路の各リンクに、走行できる速度（ V ）と交通量（ Q ）の関係式（ $Q-V$ 曲線と呼ばれる）を与えておき、交通量の増加に従って、最短経路が変化するように工夫されたものである。

このようにすることによって、道路の交通流の実際をシミュレートしながら、各道路ルートへの配分を推計することができる。

6・3・5 交通量の波動

交通量は季節、週の曜日、及び毎日の時刻に応じて変動する。特に都市周辺の鉄道については、通勤目的の旅客が多いので、朝の通勤時間帯に最大の交通量が発生する。

従って、設備計画に当たっては、通常朝の通勤客を、目標とする混雑度以内で輸送できるように計画する。

そのため、交通量の波動を推計することが重要である。

【解説】

(1) 交通量の波動

交通量はその交通目的に応じて、夫々、季節、週の曜日、毎日の時刻に応じて変動する。

その状況は、当該国の産業構造、社会条件、対象とする交通の種別（通勤、観光・貨物等）等によって著しく異なってくるので、既往の調査結果等から判断するが、データがない場合には、簡易な計測が必要である。

(2) 通勤交通の時間波動

交通量の波動のうち通勤・通学交通の時間波動は、施設計画に大きく影響するので、十分に把握する必要がある。とくに朝の通勤時刻における集中が大きく、かつ郊外の住居地と、都心の就業地とでは集中のパターンが異なっている。また対象国によっては、昼休みの前後にも集中する場合がある。

時間波動の度合は、先進国の例ではカバーできないので、現地のデータがない場合には、簡易な計測が必要である。

6・3・6 予測モデルの検証

交通需要予測の各段階において、前提条件の変化、モデル構造などの要因から誤差が発生し、これが伝播して行く可能性がある。これらの誤差の発生を最小にするため、予測モデルの検証を行い、修正して行くことが必要である。

[解説]

(1) 交通需要予測における誤差

交通需要予測における誤差には、対象地域における人口、就業者数、産業配置、生産高等の外部要因による誤差と、モデルの構造的な不十分さなどの内部要因による誤差が含まれるが、特に上記の外部要因は、需要予測の前提条件となっているので、更に上位の計画や、関連計画等から十分にチェックすることが必要である。

項目 \ 線名		A	B	C	D	E
延長 (km)		13.5	8.4	6.4	6.9	12.9
需要予測手法		駅勢圏法	四段階法	駅勢圏法	四段階法	四段階法
利用人員 (1日平均) (千人)	予測値 (a)	182	102	61	59	35
	実績値 (b)	147	27	43	43	15
	(b)/(a)	0.81	0.27	0.70	0.73	0.43
夜間人口 (千人)	予測値 (c)	1,211 *	1,350 *	13.5**	40	214
	実績値 (d)	1,160 *	1,060 *	11.6**	28	131
	(d)/(c)	0.96	0.79	0.86	0.70	0.61
従業人口 在学人口	予測値 (e)			29.4	41.0	60
	実績値 (f)			13.7	7.5	78
	(f)/(e)			0.47	0.18	1.30
備考	注1) 数値は極力59年度又は60年度のものを計上した。 但し ** 印は57年度 注2) 予測値は免許申請時のものを計上した。 注3) 人口等は利用人員予測に影響の大きい地域のもの掲上した。 但し *印は全市域のものを示す。					

前頁の表は日本国内において近年開業して、やや営業実績をもつ軌道系交通機関についての利用人員の、推計値と実績値を比較したものである。どの線区をとっても、免許申請時に推計した利用人員と、実績がかなり大きく乖離している。これらの線区の利用者は、その後沿線の人口・産業配置が進展して来たこともあって、逐次増加して来ているが、この表から見られることは、夜間人口、従業人口等の予測値の変動が、交通需要に大きく影響していることである。

日本国内では地域内各ゾーンの就業人口、従業人口等は、別の次元で定められ、交通計画者には与件として与えられるケースが多いので、詳細な予測計算にも拘らず、このような結果となることが、間間あるわけである。

海外プロジェクトのフィージビリティ調査に当たっては、需要予測作業の前提となる地域の社会・経済的フレームについても、まずチーム全体で十分に検討し、最も確実な前提条件を設定することに留意する必要がある。

(2) 予測モデルの検証

(1)項に述べた前提条件から来る誤差は、別途の方法で除去することとしても、分布交通量、交通機関分担等の段階にも、モデル構造や、他の交通機関との競争条件の変動などの要因から誤差の発生の可能性がある。

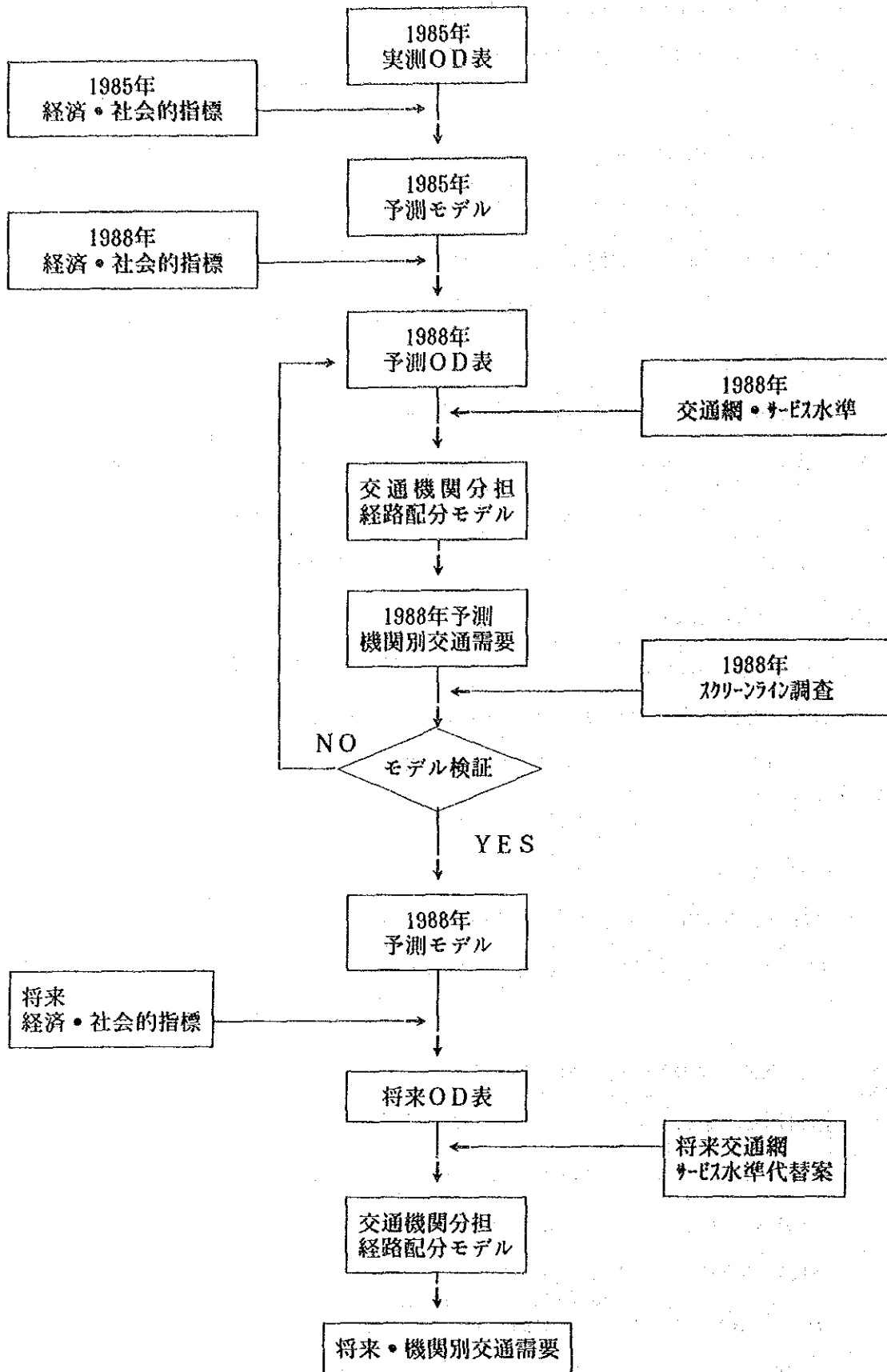
そのため、予測計算の過程で、予測モデルの検証（バリデーション）を行う必要がある。

即ち、予測モデルを構築し、現在の前提条件をインプットして、鉄道、道路各区間の交通量を計算し、いくつかのポイントで測定した実際の交通量とを比較し、その差がなるべく小さくなるように、予測モデルを修正するのである。

このような目的で行う調査をスクリーンライン調査といい、道路交通では、通常河川などをスクリーンラインとして、橋梁上を通過する交通量の調査を行う。

鉄道では同様にいくつかの区間を定めて調査を行う。

次頁の図は、1985年におけるOD表を原データとした交通需要予測モデルを、1988年の経済・社会指標を用いて修正した場合の予測モデルの検証を含む、交通需要予測のフローチャートの例である。



交通需要予測のフローチャートの例

第 7 章

鉄道改良近代化計画

第7章 鉄道改良近代化計画

7.1 基本方針の策定

第4章において個別に把握した現状から当該プロジェクトの目的に焦点を合わせて問題点を明確にしこの整理された問題点の把握に立って、鉄道の改良・近代化案の基本方針を策定する。

【解説】

当該鉄道の改良・近代化案策定に当たっての基本方針としては次の事柄を十分配慮すべきである。

- (1) 国の開発計画、土地利用計画、都市整備計画等 国、地域レベルの各計画との整合性をはかると共に、現在実施中又は計画が確定しているProjectとの整合性をはかる。
- (2) 鉄道と他の輸送モード（道路、国内河川、沿岸海運、航空）との一体化をはかり、統合輸送体系化をはかるように努める。
- (3) 地域的に他の輸送モードと競争関係にある場合は、鉄道の特徴を生かせる領域に積極的に投資をはかり、鉄道がその国の社会、経済の発展を支える重要なインフラストラクチャーとしての役割を果たせるように努める。
- (4) 鉄道網を一率に改良・近代化を計画するのではなく、鉄道網を構成する各線区の役割、特性を考慮して各線区に適合した改良・近代化計画とする。
- (5) 効率的経営改善をめざすと共に、安全で信頼性のある輸送の実現に努める。
- (6) 当該国の経済規模、運輸セクターへの投資規模を十分考慮し、適切な投資規模で現実的な計画とするように努める。
- (7) 可能な限り国産品を活用し、又技術の国産化を考慮し、外貨を減ずる計画とするように努める。
- (8) 計画の策定に当たっては鉄道経営の合理化の他に社会性（環境etc）、間接便益（地域開発etc）、等をも十分考慮する。
- (9) 改良・近代化の財源の確保の手段として、必要に応じ、BOTスキームの活用、開発利益の還元の利用の可能性も検討する。

- (10) 営業、輸送、施設、電気、車両の各部門の計画がその国の実情をふまえて総合的にバランスのとれたものであることに特に留意する。

7・2 輸送基本計画

7・2・1 旅客・貨物・荷物輸送改善計画

他輸送機関との関連で設定された輸送サービス条件にもとづいて想定された需要予測をベースに利用者のニーズ、輸送コストの低減を前提に各輸送改善計画を策定する事とし、旅客輸送については都市間輸送、ローカル輸送、都市通勤輸送システムを計画する。

貨物輸送については、雑貨はスピードアップを、大量物資は輸送定型化を、その他貨物は到達日時明確化となる輸送システムを計画する。

荷物輸送については速達と、到達日時明確化の面等から改善を計画する。

【解説】

1. 輸送サービス条件

①運賃設定

②輸送方式 旅客：特急、急行、快速、寝台、ローカル、通勤

貨物：コンテナ、物資別直行、一般

荷物：荷物専用、客貨併結

③到達時間

④フリケンシー

⑤輸送単位 旅客：フリケンシーとの関連、貨物：大単位（大量物資）

⑥アクセス輸送 旅客：バス、新交通システム等、貨物：通運等

2. 旅客輸送

①旅客流動及び旅行目的にあわせ、特急、急行、快速、寝台、通勤等の輸送サービスの改善強化を行う。

②他の輸送機関に対し到達時間、フリケンシー、運賃、アコモ等の面で優位差のある輸送とする。

③駅体制についてはその配置を重点化し、機能を強化（駅の機能、駅周辺の整備等）する。

④大都市通勤輸送については駅構内さくの整備等を行い、収入の確保をはかる。

(車内検札方式から駅改札方式へ)

3. 貨物輸送

- ①雑貨についてはコンテナ輸送等を導入し戸口から戸口への一貫輸送によりスピードアップと到達時間明確化を図る。
- ②大量物資については物資別専用直行によって輸送の定型化をはかる。
- ③一般貨物については到達日時を明確化する施策をすすめる。
- ④駅体制については網の配置を拠点駅配置へ、転続するとともに拠点駅の機能強化を流通保管等の機能付加を図る。
- ⑤貨車ヤードについては輸送システムの改善にあわせて配置と機能の見直しを行う。

4. 荷物輸送

オフレール輸送も含めて速達と到達日時明確化の面等から改善を計画する。

7. 2. 2 ☆ 列車運転システムと運転計画の基本条件の設定

輸送需要予測をベースにした輸送改善計画の前提条件が設定されると、列車運転システム及び運転計画を策定する上での基本条件を設定する。

[解説]

1. 列車運転システムの基本条件

列車運転システムには、次のようなものがある。

当該プロジェクトは、何のシステムが適切であり、何のように導入するかを設定する。

(1) 動力方式

電気機関車、電車、ディーゼル電気機関車、気動車等

(2) 閉そく方式

☆ ☆ ☆ ☆
自動、特殊自動、連査、通票閉そく式等

(3) 信号方式

☆
信号の現示方式、信号現示に対する運転速度（指示速度）等

(4) 連動方式

☆
第1種電気継電（電子式を含む。）、第2種継電連動等

(5) その他

☆
ATS（Automatic Train Stop）等の運転保安上のバックアップシステム等。

2. 列車運転計画の基本条件

列車運転計画の基本条件として設定するものは、次のようなものである。

(1) 車両諸元

動力車の出力、車両別重量、車両長、旅客車の座席数、貨車の積載可能重量等。

(2) 線路構造

単線・複線の別、曲線・勾配の位置と状態、停車場の位置と配線、有効長（着発線、乗降場、留置線等）、運転速度（最高速度、曲線、分岐器、下り勾配、

その他の制限速度等)。

(3) 輸送効率

☆
旅客列車については乗車効率、貨物列車については積載効率、☆
☆
牽引効率等。

7.3 列車運転計画

7.3.1 列車別輸送力、駅間毎の列車別運転時分及び駅における停車時分の設定

列車別の輸送力及び駅間毎の列車別運転時分及び駅における停車時分を設定し、列車運転計画の基礎とする。

[解説]

1. 列車別の輸送力の設定

(1) 旅客列車

1列車当たりの旅客車連結両数と座席及び寝台数と乗車効率から、列車種別毎（優等、普通、通勤等）に1列車当たりの輸送人員を設定する。

(2) 貨物列車

1列車当たりの貨車連結両数と貨物積載トン数、積車・空車の連結割合及び1列車当たりの牽引可能重量から、列車種別毎（専用、コンテナ、一般等）に輸送トン数を設定する。

この場合、線路の勾配や充当機関車の出力別に区間を決めて設定する場合が多い。

2. 列車運転時分の査定

列車運転計画を策定するため、列車種別毎に駅間別運転時分の査定が必要である。運転時分の査定方法は、凡そ次の3種類があり、プロジェクトにより選択するのが一般的である。

①車両性能、列車重量、線路条件をベースに、列車運転線図を作成し査定する方法。

②凡その列車の平均運転速度を設定し、計算する方法。

③現在の列車運転時分を参考として査定する方法。

3. 駅における停車時分の設定

駅における旅客の乗降及び貨物の取扱いに必要な時間、給水・給油等の作業時間について、駅及び列車種類別に設定する。

☆ 7. 3. 2 列車ダイヤの策定

輸送量及び1列車当たりの輸送力から、必要とされる列車運転本数が算定されると、列車の運転区間、運転時刻など列車運転計画を策定する。

【解説】

☆ 1. 列車運転時隔線図の作成

列車の着発本数の多い大きな停車場においては、列車の着発に必要な最小の運転時隔を査定し、列車ダイヤの策定のベースとする場合がある。

この場合は、運転線図と停車場配線、信号機設置位置及び信号現示システムの設定が必要である。

☆ 2. 構内作業ダイヤ

大きな停車場の改良や貨物ヤードの改良等が伴う場合の列車ダイヤを計画する前提として、停車場構内の作業をどのように行うかを定める必要があり、構内作業ダイヤを策定する場合がある。構内作業ダイヤは、列車着発線、乗降場、留置線等の使用方、列車・車両の構内に於ける移動方及び構内作業員の作業方・人員等である。

3. 列車ダイヤの作成

F/Sでは、プロジェクトの種類により、列車ダイヤの作成方が異なる。

例えば、通勤輸送の場合は、ラッシュ時間帯のみのモデル列車ダイヤを作成し、幹線輸送の場合には、列車設定パターン（列車の種別毎の本数比による）によるモデル列車ダイヤを作成するなどである。

開発途上国に於いては、運転時刻表のみで列車ダイヤの無い国や、列車ダイヤがあっても基本列車ダイヤが列車指令室に掲出されているのみのケースが多い。

なお、列車ダイヤを策定する際は、線路等の保守間合い及び方法を勘案することを忘れてはならない。

7. 3. 3 乗務員、駅要員等の算定

列車運転本数、列車ダイヤ等が策定されると、列車走行距離、所要運転時間等が算定されるので、改良計画に対する乗務員及び駅要員数を算定する。

【解 説】

1. 乗務員数の算定

(1) 乗務員の乗務基準

動力車乗務員及び列車乗務員を列車別にどのような業務に何人乗務させるかの基準を設定する。例えば、電気機関車には運転士と助手、列車には車掌何名と運転車掌1名、電車には運転士1名と車掌何名、運転車掌1名等。

(2) 乗務員の年間勤務日数と勤務時間

乗務員の年間稼働可能作業量として、年間の休祭日数、平均勤務時間及び1回当たり最長勤務時間等の基準を被調査国と調整して設定する。

(3) 所要乗務員数の算定

(1)及び(2)を基準とし、延べ列車運転時間又は乗務員運用ダイヤ(作成した場合)から、所要乗務員数を算出する。また、病気、事故等による稼働不能日数について過去の実績を勘案し予備要員数を見込む。

2. 駅要員数の算定

(1) 駅要員の勤務基準

駅毎に業務量を勘案し、配置基準を設定する。例えば、駅長1名、助役何名、出札何名、改札何名、構内作業掛何名、信号掛何名など。

(2) 駅要員の年間勤務日数と勤務時間

駅要員の年間稼働可能作業量として、年間の休祭日数、勤務体制(時間)を被調査国と調整し設定する。

(3) 所要駅要員数の算定

駅毎に算定し、乗務員と同様に予備要員を見込む。

3. その他

☆

- (1) CTC化(Centralized Traffic Control)等の場合は、CTC充当要員の勤務体

制を設定し、要員数を算定する。

(2) 車両基地の要員の算定も同様の手法により算定する。

7.3.4 車両数の算定

列車運転本数、列車の編成両数及び列車ダイヤなどが策定されると、車両走行距離、車両運用方法等が決まるので、改良計画に対する所要車両数を算定する。

[解説]

1. 車両の検査基準の設定

☆
車両別に検査基準（仕業検査、交番検査等）を設定する。これは、日数又は使用時間等で決めているが、国によって異なる。

2. 車両の検査等の所要時間の設定

車両別に検査別（仕業検査、交番検査等）の検査内容と検査所要時間（充当要員を含む。）を設定する。

なお、車両種別によっては、給油、給水などの所要時間も設定する。

3. 所要車両数の算定

(1) 機関車及び旅客車

1及び2項をベースとし、車両走行距離又は車両運用ダイヤから車両数を算定する。また、車種別に運用予備車両や検修予備車両の車両数を算定して加算する。

(2) 貨車

☆
貨車の場合は、一般的には運用効率（貨車の回転率）を意味するもので、1車両の1回の平均使用日数を設定し算出する。

7. 3. 5 乗務員及び車両基地の選定

列車運転計画により、列車の運転本数や列車の運転区間等が策定されると、乗務員基地及び車両基地の選定を行う。

【解 説】

1. 乗務員基地

(1) 基地の位置は、列車運転計画をベースに列車の始終着となる箇所、輸送量の段差の大きい箇所及び乗務員の勤務時間からみて乗務効率の良い箇所などについて検討する。また、乗務員の居住性の良い所を選定することも必要である。

(2) 乗務員基地の規模

乗務員の管理面、乗務員の運用行路及び教育・訓練等を勘案して、基地に配置する要員数を算定する。

2. 車両基地

(1) 車両基地の位置

車両基地の位置は、乗務員基地と同様、車両が効率的に使用出来る位置について運用計画を検討して選定する。この場合、調査対象線区に関係の深い関連線区の車両基地との整合性を考慮する。

(2) 車両基地の規模

車両基地の保守設備の規模及び要員規模等から、最も効率の良い規模を選定する。

7.3.6 輸送管理計画

鉄道輸送を安全で円滑かつ効率的に行うためには、その管理体制及びこれに必要な諸設備の整備が必要である。

[解説]

1. 輸送管理体制の確立

(1) 組織

輸送を円滑に行うための組織について、長期的な計画と日常の計画がスムーズに行うことができ、輸送の変動にも即応できるように有効な体制を設定する。

この場合、事故等の異常時における指揮・命令系統と事故の復旧体制にも考慮する。

(2) 列車運転に対する管理体制

日常の列車運転に伴う列車群の管理を十分に行うことにより、列車の遅延や事故を少なくするように考えて、列車指令をはじめとする各指令員の体制を確立する。特に、列車運転情報の把握と情報の提供が正確、迅速になされる体制とする。また、列車運転ダイヤの導入による列車運転管理方についても考慮する。

2. 輸送管理と諸設備

日常の輸送管理を行う場合、営業関係の情報（人及び荷物の動向）及び列車の運転状況の把握が必要である。このため、情報収集と情報伝達が迅速かつ確実に出来る設備の導入の検討を行う。

☆
これらは、列車番号・位置表示装置、☆
列車無線、☆
列車ダイヤ記録装置、ファックス等であるが、プロジェクトの内容に適合した設備の整備を計画する。

7. 4 線路施設改良計画

7. 4. 1 軌道計画

軌道計画の策定に当たっては、軌道構造全体、[☆] レール、[☆] マクラギ、[☆] ファンスニング、[☆] バラスト、[☆] 路盤等の各要素、[☆] 線形（[☆] カント、[☆] スラック等も含む）、[☆] 分岐器等について問題点を把握の上、改良案、近代化案を検討する。又併せて保守方式についても検討を加える

[解説]

(1) 軌道構造

(a) 一般

軌道はレール、マクラギ、ファンスニング、バラスト及び路盤より構成される。これらの要素の組合せは一般的にはその軌道の使用される線区の、年間通過屯数、最高列車速度によって決められる。開発途上国の軌道の改良近代化を計画する場合、通過屯数、最高列車速度に対応してどのような軌道構造にするか検討する必要がある。(meter gauge の場合、日本のJR groupが経済的な標準構造として用いているものが1つの目安となるであろう。)

尚、軌道構造を構成する各element について改良、近代化を行う上で考慮すべき点を以下にのべている。

(b) レール

(i) 長さ：製造した時の長さが11.89m、12m の様な短いレールは2～3本溶接して20～30m程度のレール長にして継目を減ずる事が望ましい。

ロングレール化は高速化、保守労力減、更には騒音防止上好ましい方策であるが、ロングレールを用いる時は直線部又は曲線半径の大きい区間(例えば日本では $R \geq 600m$)とし、コンクリートマクラギを採用しファスニングも二重弾性締結装置とし、又マクラギ端外方のバラスト肩巾を十分とることが必要である。

(ii) 耐摩性：

急曲線でレール摩耗の激しい区間では頭部熱処理レールを活用する

ことがRecommendされる。

(c) マクラギ

世界各国ではコンクリートマクラギ、鉄マクラギ、木マクラギが用いられている。

コンクリートマクラギは大別してモノブロックのPC又はRCマクラギ、ツーブロックのRCマクラギがある。メータゲージではモノブロックの方が軌道が安定して望ましい。又モノブロックではRCは亀裂が入り易いのでPCマクラギとすることが好ましい。標準軌ではモノブロックでもツーブロックでもどちらも遜色ない。

鉄マクラギの場合自動信号区間で軌道回路を用いる時は左右レールの電気絶縁が困難となるが、タブレット区間ではよく用いられている。

木マクラギの場合、木の材質によっては耐久性を増大する為にクレオソート注入を行うのが一般的である。

(d) ファスニング

マクラギとレールを締結するファスニングとしては、コンクリートマクラギの場合は、レールの下に弾性パッドを入れ、レールを上部からばねで弾性的に抑える二重弾性締結方式を用いる事が一般的である。

木マクラギの場合は中、下級線区は犬釘止めでよいが、上級線区及び中、下級線区でも急カーブでは[☆]タイプレートを[☆]用いる。鉄マクラギは日本では殆ど用いてないが、レール締結方式としてはレールの下にパッドを入れる二重弾性方式、タイプレート方式、鉄マクラギに直接締結する方式等色々ある。最近、世界各国でメンテナンスのかからない[☆]バンドロールが用い始められている。この方式はスラブ軌道の様に調整性、絶縁性、レールのクリープ抵抗値の規制等要求が大きい場合は別として、一般のバラスト軌道では採用することは問題ないと考えられる。

(e) バラスト

石質は物理的、化学的性質を規格により規制し、耐久性のあるものを選定すべきである。又粒度（最大粒径及び粒度分布）も規格により標準を定め、かみ合わせの良いものを用いる必要がある。

(f) 土路盤

土路盤で主として問題になるのは、路盤面にバラストがめりこみ噴泥を生じている場合と、地盤が弱くて路盤が沈下する場合、法面の崩壊等である。

☆
噴泥の場合は (a)道床厚を増加して路盤面への圧力をへらす。

(b)排水の改良

(c)路盤置換工法

(d)路盤面被ふく工法

等の対策がある。

土路盤の沈下については古い線路については路盤の下の軟弱地盤によるものであるが、その対策は色々あり又経費もかかるものであるので、線区の重要性に応じて適切な対策をとることが望ましい。

法面の崩壊については植生、コンクリートブロック積み、等色々あり、これも現状に合わせて適切な対策をとることとする。

(2) 線形、カント、スラック等

☆ ☆
(a) 平面曲線、勾配、縦曲線

一般的にいて、線形を改良することは、経費もかかり、容易でないが、列車速度、列車牽引能力に関係するものであるから、必要経費と改良効果を考慮の上、急曲線、急勾配等は改良の検討対象とする。

☆
(b) 緩和曲線

平面曲線と直線の間適切な形状及び長さの緩和曲線が挿入されているかどうか検討する必要がある。

形状は一般的に曲率を直線的に減する三次拋物線で十分であるが、特に高速で乗心地を重視する場合は曲率を曲線的に減する緩和曲線を用いる場合もある。(sin 半波長で減、4次拋物線で減、etc.)

長さは一般的にカントの倍数で示されており、固定軸距が4.6m程度であれば、400倍以上あれば安全上十分であろう。安全上のみならず乗心地を考慮する場合は、カントの及びカント不足の時間的変化率を一定値以下に抑えるように長さを定める必要がある。

(c) 最小円曲線長、曲線間最小直線長

線形で注意を払う必要のある事柄として最小円曲線長、曲線間最小直線長があり、これらは緩和曲線の出入口での車両動揺が重合しない様な配慮から定められており、最低限1車両長以上は確保するという観点から、JRではそれぞれ20m以上としている。

(d) カント、スラック等

曲線部では、適正カントをつける必要がある。その曲線を走行する種々の速度の列車があるので、カントはこれらの列車の速度を平均化して（自乗平均、ウェイト付自乗平均etc.）この平均速度に均衡するカントをつけている。カントをつける場合注意すべき点は最大カントおよび最大カント不足をどう定めているかである。これらは乗心地、列車転倒の上の安全（最大風速の場合に対して）の両方から検討して厳しい方の条件から定める必要がある。

又急曲線部では列車の走行をスムーズにする為に曲線半径に応じたスラックをつける必要がある点にも注意を払うべきである。

(3) 分岐器

分岐器は主として駅構内に使用されるが、この場合主として問題となるのは、分岐器番数、直線側速度制限、分岐器速度制限である。

分岐器番数は基準線と分岐線のなす角度を表し、その分岐器に使用されているクロッシングの番数を用いている。クロッシングの番数(N)とクロッシング角(θ)の関係は $N=1/2 \cot \theta/2$ の関係がある。

外国においては、クロッシングの角度の \tan を比で表しているドイツ国鉄あるいは、 \tan の値をそのまま用いているフランス国鉄の例があり、ドイツでは1:9、1:12、1:14 etc.、フランスではTg:0.167、Tg:0.13 etc.と表示している。

分岐器番数は同一線区の本線では出来るだけ標準化して同一番数を用いることが好ましい。

分岐器における直線側速度制限はレール重量、クロッシングの種類、[☆]トングレールの種類によって定まる。

分岐器側の制限速度は番数によって定まるが、分岐器の分岐側はカントも緩和

曲線もつけられないので、一般曲線の場合と比較すると、乗心地が悪化する恐れがあり、制限速度を厳しくしている。

(4) 保守方式

開発途上国の線路保守に関しては、基本統計、線路規格、保守規定等の未整備が多くみられる。またレール、マクラギ、バラスト等軌道材料の劣化、不足、検査体制の未整備（検査方法、検査規程、etc.）、保守機器の未整備等も見受けられる。

従って保守システムの近代化改良案の策定に当たっては、これらの現状を十分ふまえた上で次の事項に十分留意して行う。

- (1)基本統計、規程類の整備
- (2)保守時間帯（夜間か、昼間か等）、保守間合の確保方（通常の列車間合か、列車ダイヤの変更等によるか等）
- (3)保守基地の位置、概略のlayout、主要設備
- (4)検査システム（検査基準、方法）
- (5)保守方法（機械化の程度）

7. 4. 2 土木構造物計画

線路建造物は、直接列車荷重を受ける構造物、外圧を支えて列車の通路を確保する構造物、列車の安全走行を確保するための防護設備、線路下又は上を横断する諸構造物等多種多様である。

改良計画に当たっては、改良目的に対し、現在の諸施設が適合するか否かの検討をし、補修、補強、増強、取替、新設のいずれかについて計画を行うが、この際周辺的环境についても十分考慮する必要がある。また保守について、土木構造物の検査体制を確立し、事前保全の考え方を考慮して、列車運行の安全性を向上する保守方式を検討する必要がある。

【解説】

(1) 直接列車荷重を受ける構造物

これには橋梁、盛土、線路下横断構造物等がある。

(2) 外圧を支え列車の通路を確保する構造物

具体的にはトンネル、切取、土留壁等がある。

(3) 列車の安全走行を確保するための防護設備

この設備は、目的に応じて多種多様であるが、一般的な設備としては、立入防護柵、落石防護柵・壁、砂防堰堤、土留め壁等がある。

(4) 線路下又は上を横断する諸構造物

①線路下を横断する構造物としては、伏樋、ボックスカルバート、石油パイプ、水道パイプ等がある。

②線路上を横断する構造物は、道路橋、水路橋、物質運搬用ケーブル、架空電線等がある。

(5) 現施設適合の可否検討

検討結果を明確に記載する必要がある。特に鉄桁橋梁については、主要断面の check を簡潔に示し、取替の計画を行う。

(6) 周辺環境に対する調和

構造物の増設、取替の場合、周辺環境に対する調和を十分考慮した計画でなけれ

ばならない。

(7) 新技術の導入

近代化ということで、すべてについて新技術を導入した構造物に取替えや新設には、十分注意する必要がある。構造物によっては、高価なものとなり、経済・財務分析で不利となる場合が生ずる。プロジェクト全体のバランスを考慮しながら新しい技術を取り入れた計画を行う必要がある。

(8) 土木構造物の保守

土木構造物の保守は、対象構造物の種類が多いこと、開発途上国においては永久構造物的な考え方があることなどにより、一般に事前保全的な考え方は少なく、十分な保守がされていない場合が多い。

土木構造物の適切な保守のため、まず規程類、保守・検査基準の整備を行い、構造物別の管理台帳（構造物の諸元、修繕等の経歴、検査の記録等を記載）を整備する。一方、管理部門、現業部門において、それぞれ土木構造物の検査担当者を配置し、検査体制の確立を図る必要がある。そして、定められた保守・検査基準による検査方法、検査周期により、確実に検査を実施することが重要である。その検査結果に基づき、修繕、取替等の措置を、計画的に実施し、土木構造物の機能維持に努める必要がある。この場合、検査担当者の検査技術、検査結果の判断技術等が重要なポイントになり、検査技術向上の教育訓練が大切である。

また、構造物の検査結果、構造物の修繕が必要となった場合、その修繕の計画、設計、施工段階に移行するが、その構造物の周辺状況（自然条件、環境条件等）を考慮して、適切な施工計画を策定し、当該構造物を修繕する施工体制を確立し、安全に施工を実施する施工技術の向上を図ることが大切である。

7. 4. 3 踏切計画

踏切は列車及び道路交通に大きな支障を及ぼさない構造で改良、新設計画をしなければならぬ。又、通過列車本数と道路交通の状況及び踏切の間隔等によっては、単独立体交差もしくは連続立体交差等の改良・新設計画を行う必要がある。

[解説]

踏切計画の際、特に留意しなければならない事項は、次の通りである。

(1) 改良、新設計画

- ①道路幅員と踏切幅
- ②道路見通し線と踏切での線路に対する角度
- ③道路から線路の見通し距離
- ④踏切に対する道路取り付け勾配（下り込み、上りの頂上付近）
- ⑤軌道整備が比較的容易な構造とすること。
- ⑥踏切標識は、見える場所で見やすい標識を配置すること。
- ⑦遮断機が必要か否かの検討

(2) 立体化について

- ①立体化の事由を明確にする。
- ②線路を上げるか下げるか、あるいは道路を上げるか下げるかの検討
- ③踏切をいくつか統合出来るか否かの検討
- ④用地が確保出来るか否かの検討

(3) 新技術の導入

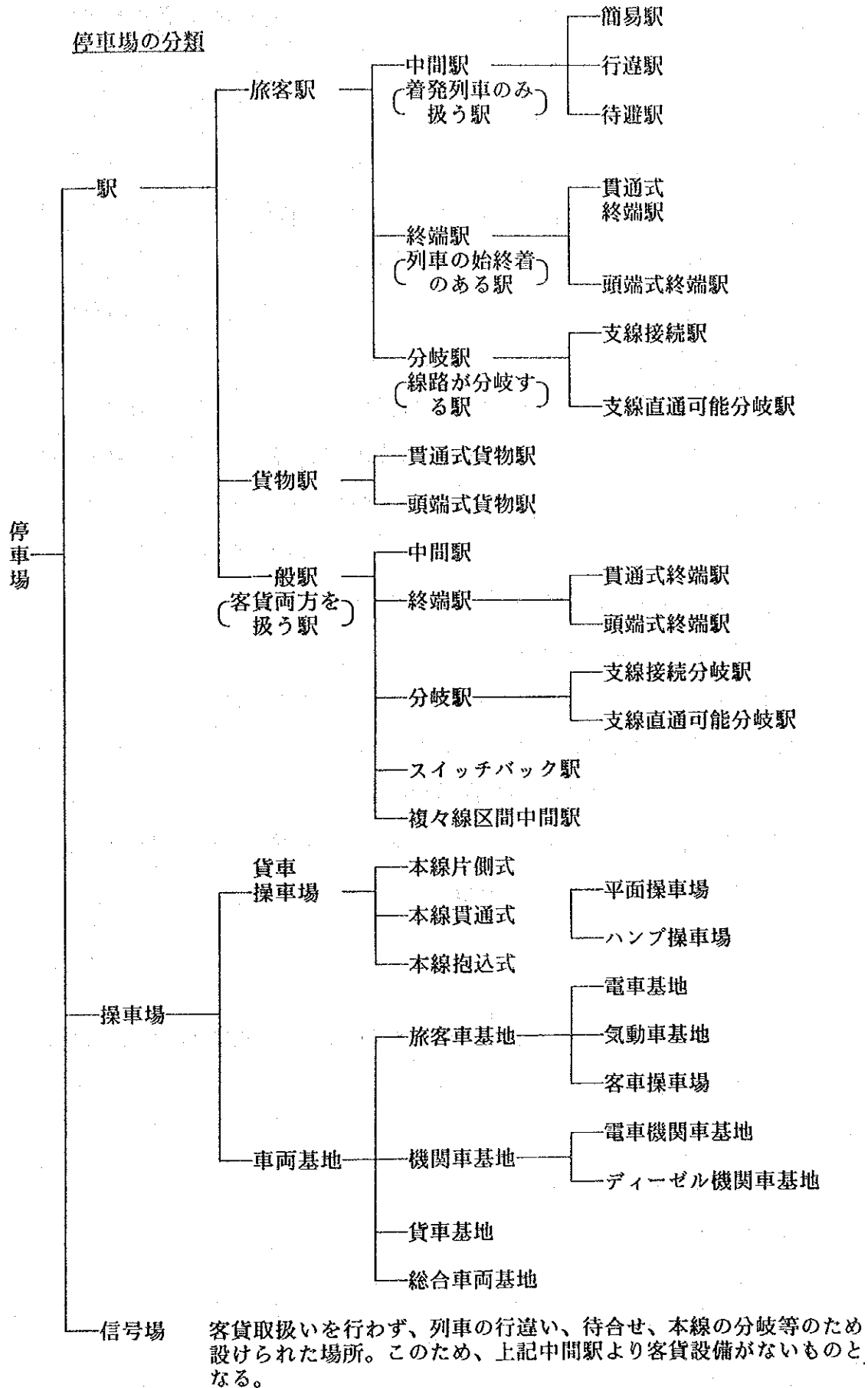
土木構造物計画で述べた通り。

7. 4. 4 停車場計画

需要予測・列車運転計画に基づいて、関係する停車場の各設備の能力を検討し、不足の場合改良、増設、新設計画を行う。

[解 説]

旅客駅、貨物駅及び貨車の行き先に応じて仕訳等を行う操車場についての計画がある。停車場を分類すると次図の通りである。



旅客駅、貨物駅、一般駅及び貨車操車場について計画で留意する点を述べると次の通りである。

(1) 旅客駅

- ①各線の機能を十分生かした配線
- ②単線、複線、複々線により旅客設備（ホーム等）の配置
- ③旅客通路幅は、十分確保されているか。
- ④旅客通路の線路横断方式
- ⑤ホーム幅は充分か。
- ⑥乗換の便利さ
- ⑦駅舎内の設備（改札、出札、荷物扱い、客溜り、業務用等スペース）は充分か
- ⑧その他

(2) 貨物駅

- ①取扱い荷物の種別及び数量
- ②高床ホーム、低床ホーム別の分類
- ③上屋の必要な貨物数量の把握
- ④本線に対する各作業線の配置
- ⑤着発線、引上げ線、仕訳線、積卸し線の配置
- ⑥自動車等通路と公道の取付
- ⑦業務用建物、機械の配置とその面積
- ⑧その他

(3) 一般駅

上記、旅客駅と貨物駅の機能を持つ駅であるので、1. 及び2. の項目を総合的に検討すること。

(4) 操車場

- ①1日当たりの取り扱い総貨車数
- ②1日当たりの着発列車回数
- ③波動状況
- ④必要仕訳数
- ⑤留置貨車数

⑥ハンプの規模

⑦仕訳の方式

⑧機関区、貨車区

⑨地形と全設備の配置

⑩業務用建物、機械の配置と面積

⑪その他

(5) 車両基地

個々の車両によって特性が異なるため、取扱両数等により単独基地か複合基地かの検討をする。また、列車計画や車両計画により線区内の位置として適切か否か車両運用上大きなロスの有無の検討も必要となる。又、取扱う車両により給油、給水、汚物処理装置、車両洗浄装置等の設置を検討する必要がある。

(6) 停車場建物及び付帯機械設備

停車場の規模により駅舎建物や業務用建物の面積、レイアウト等変わってくる。停車場の機能を十分把握した計画が必要である。又、駅舎の規模、要員の配置、旅客サービス等から、自動出改札設備、エスカレーター、荷物運搬設備、気象条件によっては空調設備等の設備の検討が必要となる。

貨物駅に於いては、取扱う貨物の種別により、積卸し機械の検討及び操車場に於いては貨車仕訳設備の機械化等の検討が必要となる。

7. 4. 5 鉄道防災計画

鉄道の受ける自然災害は、雨・風・雪・地震によるものがその大部分を占めておりこれ等の自然災害発生を科学的に予測又は検知する設備及び取扱を整備し、列車事故の併発を未然に防止するための計画である。

【解説】

開発途上国における鉄道で、防災に対する意識を持って、列車運行を系統的に、管理し制御している国はほとんどない。

列車速度、列車運行回数、輸送の重要度等を考慮し、ソフト面、すなわち、災害発生が予測される場合の列車運行に対する取扱い、又は地上における警備体制等及びハード面、すなわち災害の発生を検知するための設備等を総合的に検討を行って計画を作成する必要がある。場合によっては、この防災計画のみで1件のF/Sが成立する案件もある。

防災計画は、自然の条件雨、風、雪、地震の条件を捉え、列車運行を規制し、安全を確保するための計画である。自然条件を検知するだけでは意味をなさない。検知したデータを如何に列車の運行に生かせるかが問題である。

開発途上国においては、これ等のデータの蓄積から始めなければならない箇所もあると思われる。したがって、次の項目等に留意して、計画を作成することが考えられる。

- ①データ蓄積の項目と手段
- ②蓄積データの利用方法
- ③列車運転規制の方法
- ④規制解除の手続

具体的には、

- ①雨量検知装置
- ②風力検知装置
- ③積雪検知装置
- ④地滑り検知装置

⑤落石検知装置

⑥地震検知装置

⑦橋梁桁下空頭検知装置 等である。

自然災害ではないが、トンネル内に於ける車両火災については、大きな被害を伴う可能性が高いため、検討を必要とする場合もある。留意事項は次の通りである。

①車両発生時の列車取扱い

②停車した場合の避難通路、案内表示

③消火設備

④排煙対策

⑤その他

7・5 電気設備改良計画

7・5・1 電化計画

在来鉄道の近代化で、電化を伴う場合、二つのケースが考えられる。非電化線区を新たに電化する計画が普通言われる電化計画であるが、既に電化されている区間で線路増設、配線変更あるいはスピードアップ等に伴い電化設備を増強または改修する計画も電化計画として扱われる。ここでは前者を電化新設計画、後者を既設電化改良計画とする。

電化新設計画を行うにあたっては、電化方式の選定が最も重要な基本事項である。
☆
運転計画、車両計画と協調をとりながら変動する負荷容量、負荷特性、電源網、線路状態、地勢や自然条件を計算に入れ、更に既設電化区間がある場合にはそれとの整合性、また将来の延長の可能性も勘案しながら計画を策定する。その際、保全方式の策定を指令方式を含めて行う。

既設電化改良計画を行うにあたっては負荷増、スピードアップ、配線変更等を十分に勘案し、更にメンテナンスフリーを頭において計画をたてる必要がある。

【解説】

1. 電化計画と言う呼称と技術分野

電化計画とは広い意味で需要予測、経済・財務分析、運転計画、車両計画、土木計画等も含んだ計画を示すがこう言った関連は他の章で述べられているのでここでは電気設備改良計画と言う観点から電化計画と呼ぶことにする。

またこの電化計画は当該線区に適合する電化の基本システム（電源と電化方式）を選定すると言うシステム技術面から見た計画と電化の個別技術である電車線路の計画と変電所等の計画に分けられる。

電化の個別技術である電車線路技術は力学、波動工学の要素を含み、また変電技術は電気・電子工学的な要素の濃い技術であるが、この項目は従来から電力計画として分類されてきた。一方で、電化と直接に関係の無い一般的な電力施設（例えば照明、建物電源等）も電力計画となるので、ここではこの施設は電力計画（電気運転用電力以外）として別項に整理した。

また電化に伴い強電流、高電圧等の回路が構成されるので信号や通信設備も技術的に整合のとれたものとする必要がある。

☆
2. 電化方式（き電方式、架線方式）の種類

き電方式は一般的に直流方式、交流方式に大別されるが、交流方式は現在世界的に直接き電方式、B Tき電方式、A Tき電方式が採用されている。更に電圧、周波数でも区分される。

☆ ☆ ☆
また電車線方式ではシンプル・カテナリー方式、コンバウンド・カテナリー、直吊方式等、種々のものがある。

3. 電化新設計画

電化新設計画を策定する場合、電化システム計画と個別の技術の計画に大別される。電化システム計画は電化方式の選定、架線方式の選定が主体となり電化の基本システムを策定、計画する。

個別技術の計画は変電、電車線、また必要により信号、通信等の各技術計画に分けられる。

(1) 電化システム計画

(a) き電方式の選定

き電方式の選定に当たって考慮すべき事項は多岐にわたるが、その主なものをあげると次のとおりである。

• 輸送条件

列車ダイヤ、車両出力、駅、車両基地等

• 標準電圧

• 電源網

立地条件、短絡容量、電圧変動、停電率、不平衡率等

• 既電化区間との関係

☆
車両運用、交直接続

☆
• 絶縁離隔と支障物

トンネル等

• 事故電流と保護

• 線区の特種条件

地磁気観測所

☆

- 通信網と通信誘導障害
- レール電位上昇率
- 将来計画

電源開発、都市化、工業団地等、特に高密度輸送の可能性

(b) 架線方式の選定

一般鉄道における電化には、極めて特殊な場合を除き、架空単線式が採用されるのが普通である。

選定に当たって留意すべき事項の主なものは次のとおりである。

- 電車線路の列車負荷電流
電流容量、電圧降下
- 電気車の速度
集電性能
- パンタグラフの通過数
耐久力、保全性
- 絶縁離隔と支障物
トンネル等
- 自然条件
風
- 保全方式

(2) 電力計画（変電計画）

電化システム計画によって策定された電化方式に基づき最適な変電所等の位置、容量、機器配置、保護方式等の変電設備計画の策定を行う。

☆ ☆

変電所等（き電用変電所、き電区分所、補助き電区分所、指令所）の計画に当たって行われる主な作業と留意点は次のとおりである。

- 受電点の選定と変電所等の位置の選定

電力系統図、送電線路図と現地踏査により受電点を選定（短絡容量大、引き込み送電線負担金小、等）、また鉄道線路の近傍でき電引出しや機器の運搬が容易な変電所等位置の選定

• 負荷想定と変電所容量選定

電気車の負荷曲線の積上げから瞬時と定格負荷を算定し整流器（直流電化）、

き電用変圧器（交流電化）の容量選定

☆

• 線路常数の想定とき電区間の選定

• 主要機器と結線、機器配置の策定

• 保護方式及び制御システムの選定

☆

電力回生制動車両導入の場合は保護協調に留意

(3) 電力計画（電車線計画）

電化システム計画によって策定された架線方式に基づき支持物、[☆]き電線、電車線等の計画を行う。主な作業と留意点は次のとおりである。

• 電車線路構造の選定

車両計画及び自然条件と整合のとれた架線高さ、[☆]偏位、支持物径間、また[☆]トロ

[☆]リー線、吊架線の架設張力と方式

• き電線、電車線等の線種、サイズの選定

列車負荷電流、自然条件（風、塩害等の汚損）

• 絶縁強度、絶縁隔離の選定

自然条件（塩害等の汚損、雷害）、建築限界

• 電車線路用支持物の標準選定

列車速度及び自然条件を勘案した[☆]ブラケット、[☆]ビーム、電化柱等

• 架線範囲の策定

運転計画、駅等の配線計画との整合

• [☆]セクションや[☆]単巻変圧器等の設置位置、方式の選定

電化計画を行う場合、信号設備や通信設備の検討も必要であるがこれらは信号計画、通信計画の項で言及する。

4. 既設電化改良計画

既設電化区間において近代化計画に伴い列車本数の増、スピードアップ等が計画される場合がある。これを電化設備から見た場合、変電所設備の増強や電車線設備の方式変更、追加あるいは改良を必要とすることがある。

起こりうる例として見れば：

- 電化方式の変更（直流を交流に、直接き電をATき電に、等）
- 変電所間に新しい変電所を追加する
- 受電をより短絡容量の大きな送電線に切り替える
- 変電所の機器を増強する
- シンプル方式の電車線を他の方式に取り替える（電化柱の取替えも含む）
- 信号回路の改修等
- 方式の変更を伴わない改修（配線変更、駅の新設等に伴う）

これらの改修、増強を行う場合、既設設備の現状を充分把握したうえで事の大小はあっても基本的に電化新設計画の留意点を勘案しながら計画をたてる必要がある。また改修を行う場合、電気の加圧部分からの離隔や加重の点から関係の部門と特に意志を統一する必要がある。

5. 保安全管理

開発途上国では電化率が低い、それでも相当昔に電化された区間を持つ国もある。しかし維持管理の投資不足や保守管理の未整備等で老朽化が進んでいることが多く列車の運転を阻害するケースも多い。電化設備は特に電車線路が電気車のパンタグラフにより電車的・機械的に摩耗する。従って定期的な検査、及びその管理体制が必要である。また電車設備は絶縁が劣化するという事情も考慮にいれなければならない。

総体的に開発途上国の保守管理の実態を見ると：

- 保守管理の規程や保守のマニュアルが無い
- 検査の記録が採られていない
- 予備品や補修資材が不足している。
- 保守のための予算要求・通達のシステムがしっかりしていない
- 事後保守、あるいは事故復旧中心の体制となっている
- 電気設備に対する知識が欠如している（絶縁とその劣化、保護協調等）

従って保安全管理計画の策定にあたっては当該国の実情を充分把握するとともに設備計画の時点で必要最小限のメンテナンスフリーを考慮し、予備品の調達しやすい設備構成とするなど設備面での配慮と故障以前に行う予防保全とその他の事後保全の区分、また保全体制と方式などの提言を行う必要がある。

このことは電力設備（電車運転用電力以外）、信号、通信設備についても同様である。

7・5・2 電力計画（電車運転用電力以外）

非電化区間であっても駅等の建物の電源や照明が必要であり、また電化、非電化に関わらず自動信号区間にあつては信号機や電車融雪器等への電力供給信頼度を上げるために高圧配電線路が必要な場合がある。

さらに大きな駅や車両基地では変電所または配電所を計画したり、情報案内掲示装置、照明の方式等を計画する場合がある。

電源関係は電力供給システムとしての供給信頼度から見た機能を、また負荷関係はユーザーの意見を充分勘案して計画を進める必要がある。

【解説】

ここで言う電力計画とは鉄道電化用の電力設備以外の電力設備を対象とする。

電力設備の計画にあたって留意すべき点は以下のとおりである。

☆

1. 高圧配電線路、低圧配電線路等

- 信号負荷等の許容電圧、周波数変動、自然条件（風、汚損、雷害）
- 電力公社等の電源網
- 電車線路との電氣的、機械的協調

2. 大規模建物、車両基地の電源

- 負荷容量の算定と変電所、配電所の容量と結線
- 予備発電機の供給範囲と容量及び動作機能

3. 負荷設備

- 照明の方式と範囲
- 電気融雪器の設備範囲と容量及び制御方式
- 情報案内掲示装置の機能と制御方式
- 排水装置、トンネル照明の範囲と容量
- 上記は何れもユーザーと良くコンタクトする必要がある。

4. 電力設備（電気運転用電力以外の電力設備）は電化の時点や線路改良の時点で支障して改修を要することがある。

この場合、当該設備の改修計画にあたっては経済性を考慮しながら極力メインテ

ナンスフリーのものに取り替えることを検討する。

5. 保全管理

当該電力設備は信号設備の電源を構することもあり列車運転に支障を与ことも考えられる。従って照明等の一般的な電力設備と維持管理の方式を区別する必要もある。保全管理については総体的に電化の項と同じである。

7・5・3 信号計画

信号設備の導入を計画するに当たり、列車運転の安全確保、輸送力の向上のうえから運転計画と協調をとりながら閉塞方式を選定し、具体的な連動、信号方式等の策定を行う。更に列車運転の効率化、経費の節減等、経営改善上の必要性に応じてCTC等の設備計画を策定する。

また電化計画が行われる場合には、電化設備と電氣的、物理的な協調を考慮した設備を計画することが肝要である。

【解説】

1. 計画の対象となる信号設備の種類

閉塞装置、連動装置、軌道回路、[☆]転てつ装置、[☆]信号装置、[☆]信号線路、[☆]踏切保安装置、[☆]ATS装置、CTC装置等である。高速、或は高密度運転で対象となる車上信号(ATC等)は特殊なケースの扱いとなる。

2. 信号設備の計画に当たっての作業と留意点の主なものは次のとおりである。

(1) 閉塞方式(自動閉塞、連鎖閉塞等)の選定

運転計画、線路容量、取扱い要員

(2) 運転時隔と閉塞区間割

(3) 信号装置の策定

運転速度と信号現示方式、標識

(4) 連動装置の策定

種別

(5) 転てつ装置の策定

種別

(6) 軌道回路の策定

種別、電化との協調(き電電流と信号電流の重畳)

(7) 信号線路の策定

電化との協調(絶縁協調、誘導)

(8) 踏切保安設備の選定

種別、制御方式

(9) 電源の選定

☆
信号高圧配電線路、発動発電機、予備

(10) 自動列車停止装置 (ATS)

☆
(11) 遠隔制御装置 (CTC、RC等) の選定

種別、センター (位置と規模)

3. 保全管理

開発途上国の信号設備は電気式よりも機械式のものが多く、それも老朽化していることが多い。また機械類は外国製品に多く依存しているため、予備部品の確保に困難をきたす場合もある。また特に信号設備は回転摩耗部分の多い連動機部の保守、軌道回路の絶縁不良に対する処置などが重要である。

保全管理については総体的に電化計画の項と同じである。

7・5・4 通信計画・コンピューターシステム計画

鉄道通信設備は列車運転保安の確保、事故災害復旧等のための指令系、保全等を目的とした現業系、旅客・貨物サービス等のための情報系に分かれ、さらに伝送の仕方では有線、無線に大別される。近年、情報品質、量の確保の面から鉄道近代化の一步として通信設備の改良が計画されることが多い。

電化計画が行われる場合には、通信設備への誘導対策を考えるおかに絶縁協調等にも配慮する必要がある。

また通信回線の改良に伴い、経営改善や業務の近代化のため必要によりコンピューターシステムの導入計画を行う。

【解 説】

1. 通信計画に当たって留意すべき事項の主なものは次のとおりである。

(1) 伝送路

(a) 有線伝送路（裸架空線路、ケーブル線路）

線路の使用率、回線品質、災害、保全経済性から種類と施設方法

(b) 無線伝送路（SHF, UHF, VHF等） ☆

中継区間距離、予備方式、無線局の設置場所

(c) 伝送設備の容量

トラフィック調査により回線数の策定

(d) 伝送品質

減衰量配分、雑音配分

(2) 交換設備

設置位置、交換機種別、数量

(3) 電源設備

無停電電源、予備、容量

(4) 列車無線装置

設備場所、エリア

(5) 各種端末設備

☆
電話機、電信機、放送、トークバック等

2. 電化計画に伴う通信計画で留意すべき点は次のとおりである。

(1) 通信誘導（交流電化）

- 誘導予測計算に基づく通信ケーブル等への対策（部内外）
- 電化計画におけるき電方式選定にもはねかえる。

(2) 絶縁協調

ケーブル絶縁、機器絶縁

3. コンピューターシステムの導入計画

上記に述べた通信伝送計画が行われるに当たり、近年汎用性のあるオフィスコンピューター、パーソナルコンピューター等を活用してコンピューターシステムを構築し経営管理、業務管理に資する計画が考えられる。

システムの導入に当たり、ニーズと効率性を調査し計画に反映させることが重要である。

当面、考えられるシステムとして、LAN (Local Area Network) があるが、これは主要駅構内等のワークステーション群をLANで結合し、LAN内の共有資源を利用して、それぞれのワークステーションで必要な情報の処理を行うものである。将来は各LANをオンラインで結びシステムを拡大することも考えられる。

4. 保全管理

開発途上国の通信線路は、裸線路を主体として構成されていることが多く全般的に品質（聞き取りにくい等）が良いとは言えない。また通信機器は老朽化、保守部品の不足が目立つ。通信線路は信号の閉塞回線にも使われているので列車運転にも影響を及ぼすこともある。

保全管理については総体的に電化の項と同じである。

7・6 車両、車両工場、車両基地改良計画

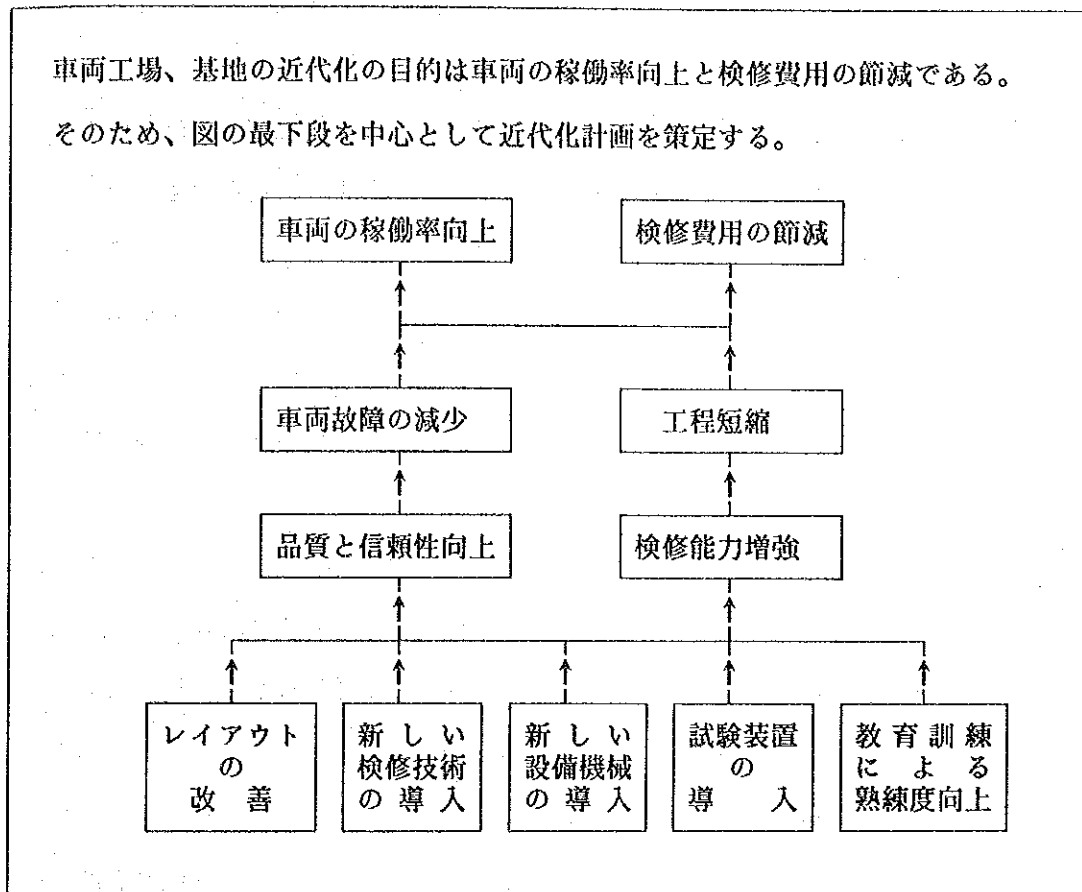
7・6・1 ☆ 車両計画

7・3・4により車両所要数が算定されるので、それに従って車両近代化のための車両の廃車、リハビリ、新製を含む車両計画をたてる。

【解説】

1. 4・6・1により収集した情報を整理し、少なくとも今後10年間について形式別に廃車計画、リハビリ計画、新製計画を策定する。それぞれの所要資金の算定も必要である。
2. 車両保守体制、技術に関連し、適正な予備車率を設定する必要がある。また適正な車両保守用循環予備品を計画すれば車両の稼働率を高めることが出来る。
3. リハビリ計画、新製計画については2ないし3種の代替え案を作成し、近代化車両を推奨する。
4. リハビリ工事は種車の条件にもよるが、現地の安い労働力を活用できる場合新製よりはるかに経済的となることがある。
5. 開発途上国の中には多車種をかかえ、部品の入手が困難等の理由によりメンテナンス体制が不十分なところがあり、休車率も一般には高い。計画にあたっては車両保守、部品供給体制と整合のとれた標準化について検討することも重要である。
6. 標準化を進めることは勿論重要であるが、一方当該国の立場を考慮し特定メーカーの独占を排除する程度の競争原理を残す必要がある。
7. 動力車の計画にあたっては、電力供給量、燃料油供給体制など現地の動力事情をも考慮しなければならない。
8. 自動ブレーキ化、自動連結器採用その他将来の展望についても配慮して計画を策定することが望ましい。

7. 6. 2 車両工場、車両基地計画



【解説】

この際留意すべき点は次のとおりである。

1. 既存の建物や構造物を最大限活用することにより、改良工事費を少なくすること。
2. 新しい提案（レイアウト、その他）については、数種の代替案を示すこと。
3. 単に新しい機械の導入や作業の機械化だけではなく、検修作業全体をシステムとしてとらえ、効率化を図ること。このため重要な作業についてはパート図手法を用いて詳細な分析を行うこと。
4. 導入すべき新しい技術および設備の水準については、対象国の現状および将来の発展の可能性を十分考慮して決定すること。
5. 車両の予防保全体制はとられているのが一般であるが、資材管理の不備による予備品の不足がその体制を崩している場合が多いので、資材管理のあり方に言及すること。

6. 資材調達については、対象国の資源、能力が十分活用できること。
7. 近代化車両、近代化設備の導入に際しては、特に保守体制、教育訓練のあり方に言及すること。
8. 設備機械、試験装置類は、作業効率、安全作業および検査精度の向上にとって重要なファクターなので、工場のレイアウト及び対象車両に合ったものを十分検討する必要がある。

7・7 管理運営計画

7・7・1 管理・運営計画策定の基本方針

近代化計画により投資された施設、車両を有効に管理、運営し、かつ要員、業務等経営の合理化を実行に移すため管理・運営計画を樹てねばならない。この計画は鉄道が社会的役割を果たしながら効率的経営と安全輸送を行うことを基本として、組織、要員、従業員の教育訓練、施設・車両の管理・運営について策定すべきである。

またフィージビリティスタディの経済・財務分析に必要な要員、施設・車両に関する管理・運営費の算定を行う。

[解 説]

1. 近代化計画調査における管理・運営計画では、上記の各項目を主体に計画するが、経営体の変更（国営から民営化等）、運賃制度、補助制度などに法律改正を伴うような抜本的な経営改善計画はこの項では取り扱わないこととする。
2. 施設・車両のそれぞれの管理・運営の計画については、改良計画のそれぞれの項で計画されたものを統合して策定する。
3. 開発途上国の保守管理の現状をみると、多くの場合次の様な状況である。
 - (1) 線路設備 — 基本統計の欠如、保守管理規程の未整備、軌道材料の劣化、不足、検査システムの未整備、保守機械の不足
 - (2) 構造物 — メタル構造物の腐食、経年劣化、コンクリート構造物の経年劣化、検査体制の不備
 - (3) 車 両 — 資材管理の不備、予備品の不足、車種の標準化のおくれ（車種が多い）
 - (4) 電気設備 — 電氣的知識不足（絶縁管理等）、保守マニュアル未整備、事後保守あるいは事故復旧中心の体制、検査記録なし、予備品の不足

従って、これらの管理運営計画の策定に当たっては、これらの現状を十分ふまえて行う必要がある。

7・7・2 組織

組織は鉄道の規模、輸送状況、その国の国情等にあわせて作る必要がある。

各組織については、職務内容（責任分野）、指揮命令系統を明確にし、また効率的な運営が図られるものとしなければならない。

組織は業務の内容により駅、運転、施設・車両の保守等直接運輸に当たる部門と総務、経理等の管理業務に当たる間接部門に、また命令系統、組織の所在地から中央組織と地方組織に分けられることが多い。

【解説】

1. 組織については、鉄道の規模等により種々の形態があり、一率に最適なものを定めることができない。しかし少なくとも次の分野で活動を行う部門を明確にしておくことが必要である。

企画（経営計画、投資管理、安全対策）

総務（庶務、人事、労働、厚生、教育）

経理、資材

営業

運転

車両（検修、工場、機械）

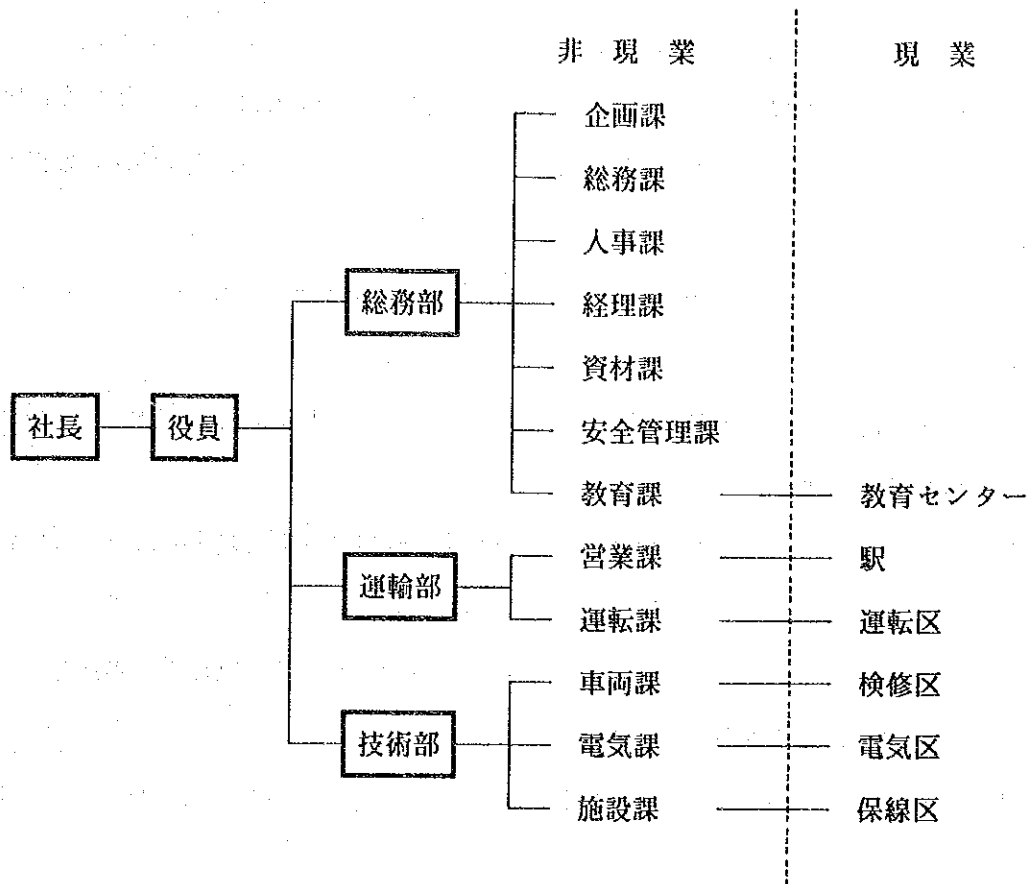
施設（軌道、構造物、建築）

電気（電力、信号、通信）

なお、事故防止のための安全対策組織は全社的な体制とすべきである。

2. 新線建設、大改良工事等の建設工事に関する組織は、鉄道企業の内部に置かれることもあるが、政府の別の機関や民間にあることが多い。
3. 鉄道車両新製工場は、鉄道直営の例もあるが、民間に属することが多い。
なお、車両の保守はほとんど直営である。
4. 施設の保守は、直営の場合が多いが、その一部または大部分を外注するところがある。

5. 簡単な管理運営組織の例を次に示す。



7・7・3 要員計画

組織の各部門が鉄道を効率的に管理、運営できるよう要員計画を樹てる必要がある。要員計画は想定される輸送需要、列車運転計画及び各種の輸送設備の規模等を基本として策定する。

[解説]

1. 要員計画に関する資料が充分でないときは、類似の鉄道企業、日本の鉄道の状況を参考にする。
2. 要員計画は、鉄道の運営ばかりでなく、鉄道では営業経費において人件費の占める割合は高いので経営上からも重要である。
3. 要員計画では、まず現業職員の要員計画を策定し、現業職員数を考慮して非現業職員の要員計画を策定する。
4. 現業職員の要員計画は現業組織を各部門に区分し、それぞれについて策定する。

1) 営業関係

営業の主体をなす駅要員は、旅客駅については各駅の乗降人員を基本として、また貨物駅については貨物取扱量（必要により構内作業ダイヤを作成）を基本として策定する。

2) 運転区関係

乗務員は車両運用計画（列車ダイヤ）、1列車に対する運転士と車掌の人数、及び両者の勤務時間等を基本として策定する。

運転関係の地上勤務員（区長、庶務、車両・乗務員の運用計画、乗務員指導等）は乗務員数を考慮して策定する。

3) 車両工場、車両基地関係

仕業検査、交番検査、要部検査及び全般検査等の車両の検修に直接従事する要員は配置される車種及び車両数に応じて策定する。管理部門のほか、工場および基地の設備保守、クレーン操作、資材管理等の間接的に車両の検修に係わる要員は、工場および基地の規模を考慮して策定する。

4) 線路保守区関係

直接保守に係わる要員は線路延長、通過列車重量を基本とし、保守機械等の導入を考慮して策定する。区長、管理職等の間接的に保守に係わる要員は直接要員の規模を考慮して策定する。

5) 電路保守区関係

直接保守に係わる要員は、電路延長、電力・信号・通信設備等を基本に策定する。区長、管理職等の間接的に保守に係わる要員は直接要員の規模を考慮して策定する。

7・7・4 管理運営費の算定

管理運営費の算定に当たっては、各種経費の費目を設定するとともに、各費目毎に原単位を設定し、積算することとする。

【解 説】

(1) 費目の設定

必要となる経費を、一般的に次の費目に区分し設定する。

- ① 一般管理費 — 総務、経理部門に要する費用、職員の福利厚生費
(人件費と物件費に区分される。以下同じ。)
- ② 輸送管理費 — 運輸(駅)、運転業務のオペレーションに必要な管理費
- ③ 保守管理費 — 軌道、電線路、車両等の保守管理に必要な管理費
- ④ 運輸費 — 駅務要員、車掌等の旅客輸送に伴う人件費、物件費
- ⑤ 運転費 — 運転士の人件費、運転動力費等の物件費
- ⑥ 線路保守費 — 軌道等の保線関係の保守費
- ⑦ 電路保守費 — 電力、信号、通信設備等の保守費
- ⑧ 車両保守費 — 車両の検査、修繕費に必要な保守費

(2) 原単位の設定

管理運営費の算定には種々の手法があるが、原単位法による場合が多く、この場合は次に留意して行う。

- ①各費目毎に、当地において最も適正と考えられる単位を設定する。
- ②人件費については、各部門に所属する要員数を、また物件費のそれぞれの費目については、車両キロ、軌道キロ、職員数、輸送人員等それぞれに比例するものをそれぞれの単位として使用する。
- ③輸送管理費、運輸費については輸送人員、一般管理費については職員数、運転費については車両キロ、線路保守費については車両キロ、軌道キロに比例するものとして、これ等を単位として使用する。
- ④単位の設定に当たっては、その国の過去の実績並びに類似の鉄道及び日本の鉄道の実績を参考とする。

(3) 管理運営費の算定

輸送計画、要員計画、設備計画及び原単位から管理運営費を算定する。

7・7・5 教育訓練計画

鉄道には多種多様の業務があり、これら全ての業務が的確に行われることによって安全な輸送が確保される。このため、業務内容の知識・技能の習得を目的とする従業員に対する教育訓練は欠くことができない。特に改良・近代化により新技術を導入した場合はなおさらである。

鉄道の従業員に対する教育訓練は、新入社員の教育訓練、専門業務の教育訓練、日常の教育訓練などに大別される。当該鉄道に適合した教育訓練の方法、内容、期間等を具体的に定め、従業員に対する教育訓練を計画することが必要である。

【解説】

1. 新入社員の教育訓練

鉄道会社に就職し、鉄道の業務に初めて接した者に対する教育訓練である。この教育訓練は、鉄道の業務に必要な知識・技能の習得よりも、社会人としての人間教育や鉄道の事業全般に対する基本的な知識等を習得させることに重点が置かれている。したがって、教育訓練の内容は、見学や講話といったものが中心となり、教育訓練が行われる期間は短期間な場合が多い。

2. 専門業務の教育訓練

鉄道の従業員として、業務を的確に行うために必要な教育訓練いわゆる専門職員の養成である。この教育訓練は、業務に必要な専門的な知識・技能を習得させるとともに熟知させることを目的としたものであることから、内容は業務によって大幅に異なっている。専門業務の教育訓練の代表例としては、運転士の養成があるが、この場合、鉄道会社は内部の組織として教育訓練のための施設を設け、専ら従業員の教育訓練を行う職員または部外の講師により、6か月～10か月間程度の長期間にわたって教育訓練を行うことが多い。

また、施設や車両の保守の業務の専門業務の教育訓練は、それぞれの業務を行いながら、既に技能・知識を十分に保持している先輩の従業員とのマン・ツー・マンによるon-the-job-trainingを受けることが多い。この場合は教育訓練の内容や教育訓練が行われる期間が一定ではない。

3. 日常の教育訓練

既に鉄道の業務を行っている従業員に対する次のような教育訓練である。これら日常の教育訓練は、業務の一環として1月間あるいは1年間の中で一定の時間数を割り振り、定期的に行うことが望まれる。

(1) 専門業務の教育訓練で習得した内容を保有しておくための反復教育訓練

これについては教育施設に職員を集めて行う集合教育と、各現場で行うon-the-job-training とがある。

(2) 新技術の導入、設備・取扱の変更などにより、業務の内容が新たに追加された場合の専門業務についての教育訓練

(3) 配置転換、昇格などに伴う新業務についての教育訓練

(4) その他、必要な特別の教育訓練

4. 改良、近代化に伴う新しい技術導入に対応した教育・訓練システム

開発途上国においては次の順序で行うことが一般的である。

(1) リーダー格の適当数の職員を先進国に適切な期間派遣して改良・近代化に伴う新しい技術を習得させる。または、先進国から派遣された部門別専門家から技術指導、訓練を受けることにより、新技術を習得する。

(2) これらのリーダー格の職員を指導者として国内の教育設備で中堅職員を集め、中堅的指導者を育成する。

(3) 中堅的指導者は更に現場の末端の職員に教育訓練を与える。

なお、新規に開業する場合の教育訓練には、開業前の規程の制定、各種試験、訓練運転等に要する期間を考慮することが重要である。

5. 教育訓練の施設として、教育の内容に応じ管理棟、教室、生徒の宿舍、図書室、実習設備、(シミュレーション、実技訓練用各種機械・器具・模型等)、視聴覚教育設備等を設ける。適切な指導者は部内外から集める。またテキスト等の教材も十分準備する必要がある。

一方このような集合教育施設の他に各職場にon-the-job-training を行うための簡易な設備を設けるのが有効である。

7. 8 環境対策

在来鉄道近代化に係る環境影響問題として、騒音、振動、車両基地等の含油排水及び汚水処理、通信誘導障害等がある。開発途上国においても、当該地域住民の生活レベルの向上や環境の質に対する価値観の変化に伴ない、環境に対する住民の意識は日増しに高まっているのが現状である。

こうした現状を踏まえ、在来鉄道近代化計画策定の際、計画が環境に及ぼす影響を予測、評価し、必要に応じた対策を講ずることが重要である。

また、在来鉄道の近代化の結果、自動車台数の増加を抑制し、自動車排気ガスによる大気汚染の抑制に大きく貢献することも十分考慮して評価する必要がある。

【解説】

全般的な鉄道に係る環境影響評価については補論第1章を参考にするとして、ここでは、現路線での在来鉄道近代化に係る主な環境問題について解説する。

(1) 対象項目

在来鉄道近代化に伴い環境に影響する主な項目は次の通りである。

近代化の種別	影響項目
速度向上、線路増設	騒音、振動
電化	通信誘導障害、電波障害
工場、車両、車両基地改善	含油排水、汚物、汚水
高架化	電波障害、景観、日照

(2) 環境の評価、対策

当該国に、環境基準、規制基準が定められている場合はその基準によるが、定められていない場合は、必要により、当該地域の環境の現況、特性及び専門家の意見、日本の例（補論第1章参照）を参考にして環境保全目標値を設定する。

環境影響の予測は、モデルによる数値計算或は類似事例による推定によって行う。評価は、予測結果と環境保全の目標値と比較して行う。

目標値を満足できない場合は必要な対策を検討し、策定する近代化計画に組

み入れる。

また、近年、世界的な課題になっている自動車排気ガスによる大気汚染について、鉄道近代化の結果、自動車による輸送量が鉄道輸送へ転換され、自動車台数増加の抑制がはかれる。大気汚染抑制の面から、鉄道近代化が環境問題によい影響を与えることを考慮して評価する必要がある。

(3) 主な項目

1) 騒音、振動

速度向上、線路増設に伴って新たに発生する騒音及び振動について検討する必要がある。

環境保全基準は、日本と外国では基準値が異なるとともにその内容が異なる。日本の新幹線騒音に関しては、住居地域が騒音ピークレベルで70 d B以下、商工業地域等では75 d B以下となっている。フランスでは等価騒音レベルで評価しており、静かな住宅地域で60 d B以下、住宅地域で止むを得ない場合70 d B以下の基準となっている。

等価騒音レベルは、1日の列車本数等に関係し、東海道新幹線1日あたり187本の列車本数の場合は、騒音ピークレベル71 d Bは、等価騒音レベルで51 d Bに相当する。

振動の基準については、日本の環境庁長官の勧告（対策指針）によると70 d Bを越える地域について早急に対策を講じることになっている。

騒音・振動に対する対策例として次のものがある。

車両・・・車両の碼子形状、車体形状の改良、タイヤフラットの解消（削正）

軌道・・・レールの重量化、ロングレール化、レール波状摩耗の解消（削正）

バラスト道床化等

橋梁・・・構造物の重量化、遮音板の設置等

一般・・・防音壁の設置、吸音材の取り付け、線路側道等空地帯の設置等

2) 工場、車両基地等の排水、汚水

車両工場、車両基地の近代化に伴ない、排出される含油排水、汚水について検討する必要がある。

また、列車便所のいわゆる「黄害」に対しては、列車回数の多い区間の人家密

集地帯では重点的検討する必要がある。当該区間通過時、列車便所の鎖錠等のソフト面で対応することも出来る。しかし鉄道沿線の住民及び現場作業員等の衛生的環境保持上、当該国の要請がある場合は、旅客列車の便所をタンク式に改良に、併せて車両基地等で、車両タンクで一時貯留したものを一括排水処理する設備の新設等の対策を検討する。

車両工場等から排出される含油排水、汚水について、日本では公共下水道へ流す場合と、直接河川へ流す場合に分けて、きめ細かく排水基準が決められている。(補論第1章参照)

排水処理の対策例として次のものがある。

車両工場、車両基地等に含油排水処理設備、汚水処理設備を設置する。

含油排水処理設備の方式として、浮上分離式、沈降分離式、ろ過分離式等があるが、一般に凝集加圧浮上方式が多く採用されている。

また汚水処理設備としては活性汚泥法、散水ろ床法、腐敗分散法等があるが、一般に活性汚泥法の実施例が多い。

3) 通信誘導障害及び電波障害

電化に伴って沿線の通信線路に誘導電圧が発生し、雑音等の障害が発生する場合がありますので、通信誘導障害について検討する必要があります。また、電車の走行、高架橋の新設に伴って、付近住宅のテレビ受信障害が発生する場合がありますので、電波障害について検討する必要があります。

通信障害として、雑音による通話品質の低下のほか交換機器、通信ケーブルの絶縁破壊、交換機器、電信機器の誤動作等が考えられる。また電波障害は、テレビ受信障害が考えられるが、放送局に近く電波の強い都市部では線路から100m程度、電波の弱い地域では線路から400m程度まで影響することがある。

通信誘導障害の対策として、直流電化の場合、変電所に濾波器(フィルター)を入れる方法が一般的である。交流電化の場合は、適切な電方式を選択し、高周波除外のフィルターを車両、変電所に設ける方法がある。

また、電波障害対策として、テレビ受信障害については、共同受信施設を良好な電波を受信する場所に設置し、そこから同軸ケーブルを通して各家庭に分配する方法等が一般的に採用されている。

第 8 章

概略設計、積算及び施工計画

第8章 概略設計、積算及び施工計画

8・1 概略設計

8・1・1 土木（軌道、構造物、停車場等）

概略設計は、計画に基づき各工種の計画数量、計画工事費を算出するため、一般図を作成するものである。従って、本体の設計及び現地の状況に応じた施工のための仮設物も考慮しておく必要がある。

【解説】

本線路の荷重を直接受ける構造物等は、概略の設計計算を行い、主要断面形状等を決定することが必要である。これに基づき、各構造物について一般図を作成する。

各構造物の一般図には次の項目等を明示すること。

軌道 … 平面図、本線縦断面図

曲線の半径、交差角、曲線長、

勾配の変更点、縦曲線長、

勾配

主要構造物

分岐器の位置

その他必要な構造等

構造物… 平面図

主要断面図

特種構造

その他必要な構造等

停車場… 平面図

主要横断面図

線間

各線の有効長

各設備の位置

駅本屋平面図

その他必要な設備等拡大図

8・1・2 電気（電化、電力、信号、通信設備等）

電化計画等の電気設備計画に基づき、変電所、き電区分所、電気線路、信号、通信等の各設備の概略設計を行う。概略設計に当たっては基本計画、電気設備計画の把握は勿論のこと、現地の実態把握に基づき各設備毎に設計レベルの調和を図りながら設計基準を確定する必要がある。

また当該国の資機材調達レベル、工事施工実態、設備使用開始後の保全体制等を充分勘案する。

〔解説〕

概略設計に当たって留意すべき主な事項は次のとおりである。

1. 概略設計の前提条件（実態把握）

- 基本計画及び各設備計画の考え方の把握
- 現地踏査で線路、自然条件の把握
- 当該国の他線区の設備実態の把握（整合性）
- 当該国の関連諸規定の把握
- 当該国における重電・弱電機器、線条類、電子機器の調達の可能性
- 当該国における建設用機器の利用実態の把握
- 当該国の建設工事コントラクターの実態把握
- 当該国の保全の実態把握（保全体制と方式、指令体制）

2. 概略設計実施条件

- 各電気設備間の設計レベルの協調（絶縁レベル、対汚損レベル、災害対策レベル等）
- 車両等、他関連系統との協調（入出力、支障物等）
- 設計基準の確定
- 日本における設備施工標準等との相違点の把握

8・1・3 車両

7・6・1で述べた車両のリハビリ計画、新製計画に対する近代化車両システム推奨案の2～3の代替案を作成し、Interim Report報告時に1つの案にしぼり込み、仕様書作成のために必要となる基本事項をとりまとめる。

【解説】

仕様書の作成は詳細設計となるので、F/Sの段階では仕様書作成のために必要となる次の基本事項をとりまとめる。

☆
(1) 動力方式

☆
(2) 制御方式

(3) ブレーキ方式

☆
(4) 保安方式

(5) 車体構造

(6) 台車構造

(7) 車両重量（許容軸重と共に）

客車については定員と満員の場合の重量

動力車については自重

(8) 運転条件

(9) 線路条件

(10) 電化の場合は電化条件

(11) 車両性能

車両性能は(1)～(10)のデータから、コンピュータによる走行シミュレーションにより決定される。

(12) 概略価格

8・1・4 車両工場、車両基地設備

7・6・2の改良計画案をもとにして、車両工場、基地の近代化推奨案の数種の代替案を作成し、Interim Report 報告時に1つの案にしぼり込み概略設計を行う。

【解説】

1. 概略設計を行う項目は次のとおりである。

(1) レイアウトと職場配置計画

(2) 新築、増築、改築計画

(3) 設備（入出場線、入出場検査箇所、試運転線、車体・部品検修箇所・動力設備、資材倉庫等）

機械（クレーン他の荷役機械、車輪ら旋盤他の工作機械・検修用機器、等）
計画

(4) 工期、工事費計画

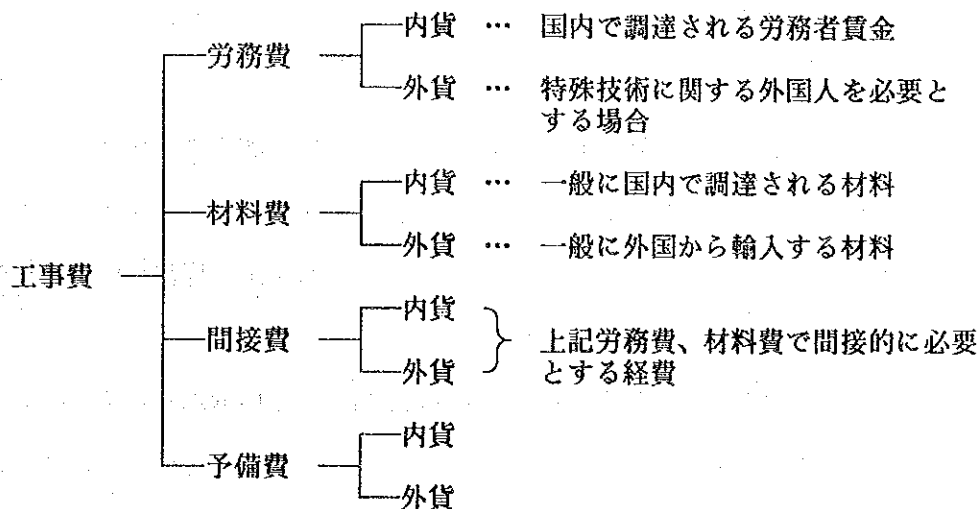
2. 検修業務の中断は許されないので、近代化への移行措置に配慮することが大切である。

概略設計に基づいて各工種毎に工事費を算出する。

【解 説】

1. 工事費の組立

工事費の組立は次の通りである。



2. 工事費の算出時点及び補正

工事費は市場価格により算出する。

調査年の各公示単価を用いるのが良いが、資料を収集出来ない場合は、物価上昇率等を考慮して調査年価格に補正を行うことが必要である。

3. 労務費

公示単価があればそれを使うが、無い場合は実情を調査して算出する。公示されている単価には、会社等が負担して政府等に納める社会保険費等が含まれていない場合はそれを含めて労務費とする。

4. 材料費

工事を行う現場での受け取り価格があれば最適であるが、一般的に現場着価格を示したものはない。入手箇所から現地までの輸送費等を考慮した価格で算出すること。

また、機械類、車両等の輸入品の場合は、輸入税等があるのでそれを加算した。

市場価格を用いる。

5. 間接費

間接費を1つ1つ取り上げて算出するのは困難であるため、その国の実情等を考慮に入れて純工事費の割合により、算出するのが一般的である。通常10~20%程度である。

6. 予備費

通常Contingencyと言われるもので、不測の事態に対応するものである。通常総工事費の10%程度である。

7. 工事費の単位

国によって通貨の単位は異なるが、調査の中で相手国側カウンターパートと協議して決めておく必要がある。

原則として、現地通貨で表示するが、国によっては現地貨幣価値の変動が大きいため、US\$表示を望む場合もある。

いずれの場合も工事費算出時点及び現地通貨と日本円或はUS\$との交換レートを記述する必要がある。

8.3 施工計画

工事の目的を円滑に能率的に達成するために、工事基本計画に基づいて、合理的な施工計画を立てなければならない。

計画にあたっては、工事内容、工期、予算、設計条件等を理解するとともに当該国の労務、地形、気象、材料の生産性、等の条件を調査検討し、既往の工事計画の実績などの資料をもとに計画することが必要である。

[解説]

開発途上国では、機械集約型施工性の有利さにより、多様な省力機械の導入に対して抵抗感を持たない場合もあるが、他方では、失業対策として、社会政策的に労働省の大量投入を期待する場合もあり、工事を円滑に、能率的に進めるには工期的にも容易なことではない。

このため、施工計画を立てるにあたっては、下記に基づいて調査検討し、計画を立てなければならない。

1) 調査検討事項として

工事対象、作業可能日数、施工施設（電源、骨材、現場施設建物用地、作業用地）交通規制、作業時間規制、用排水、公害問題（騒音振動）労務の状況、材料、施工機械の使用状況、重機械の現場への搬入、購入の必要性、地質、土質条件、地下水位の変動

2) 工事方法の選定として

施工内容、期間、予算、契約内容より工事方法（機械の選定、施工法）工期を定める。

3) 現場配置計画として

現場配置計画を作業の流れ、公費、能率、土地の利用状況を考慮して定める。

4) 標準作業量計画として

標準作業量を工期より定めて材料、労務、建設機械の予算消化計画の基本とする。

5) 品質基準に合致した材料、施工法の決定として

規格、施工管理基準などを満足させ得る材料、施工法を確定する。

6) 工程計画の作成として

工事の合理的施工法、単位作業ごとの職種別人員配置、材料計画、また、工事の合理的な工種別（土木・軌道・電気等）施工順序、必要があれば関連する他プロジェクトの工事工程との調整を図ったうえ、効率的な工程計画を策定する。

第 9 章

經濟・財務分析

第9章 経済・財務分析

9・1 経済分析

9・1・1 目的と手法

経済分析の目的は、あるプロジェクトが国民経済にもたらす便益(Benefit)と、その実施に必要な費用(Cost)を計測し、当該プロジェクトが実行に値するかどうかを国民経済的視点から判断し、また複数個の同種のプロジェクトがある場合には各代替案の順位付けを行い、資源の最適利用を図り得る案を選択するにある。

費用と便益の比較、いわゆる費用便益分析は、プロジェクトが実施された場合(WITH THE PROJECT)と、実施されなかった場合(WITHOUT THE PROJECT)について行われる。

[解説]

1. 経済分析の目的

国民経済的視点とは、事業主体がプロジェクトを実施することによって得られる収入と、それを得るために必要な支出という視点ではなく、プロジェクトの実施により、その地域ないし国家が得る社会的便益と、発生する社会的費用という、より広い概念を用いるにあり、経済分析はこうした便益と費用を定量化し、比較分析、評価することによって行われる。

2. 経済分析の手法

鉄道の改良近代化プロジェクトが実施された場合、新規の投資と、投資された施設の維持運営費が必要となる一方で、旅客または貨物が目的地により早く到着できるなどの便益が発生する。これに対し、プロジェクトが実施されなかった場合、旅客、貨物は未改良の既存鉄道を利用することになるが、その容量を超える交通量については道路など他の交通手段を利用せざるを得ず、結果として既存鉄道の経費や道路関係などの投資が必要になる。すなわちWITHOUT THE PROJECTとは必ずしも現状そのままを意味するものではない。

このように、WITH/WITHOUT分析とは、プロジェクトを実施した場合(WITH)と、しない場合(WITHOUT)を比較するもので、実施以後(AFTER)と以前(BEFORE)の比較

ではない。従って、分析にあたってはWITHOUTの内容をどのように設定するかの判断が重要である。

JICA案件を中心とする過去の改良近代化プロジェクトにおけるWITHOUT設定の実例を以下に示す。

① 衡陽・広州間電化、複線化

鉄道は現状のまま（単線、非電化）、平行道路増設。

② 上海都市快速鉄道整備

a. 道路は現状のままバス、トロリーバス、自転車により需要増を賄う。

b. 上記に加え最小限度の道路拡幅等の施策を施す。

③ バンコク首都圏国鉄高架化

フライオーバー建設。

④ ジャカルタ中央線高架化

老朽設備の更新と近代化（踏切については、自動化と一部フライオーバーの建設）。

⑤ ビルマ幹線鉄道整備

鉄道について現状の設備水準を落とさないだけのメンテナンス費用の投入と需要増に見合った車両の購入。代替輸送手段としてはバス、トラック、船舶等を購入。

⑥ マレーシア鉄道整備

鉄道のほか、道路、内航海運、航空で増加交通量を分担。

⑦ ラングーン鉄道環状線電化

鉄道については、需要の一定の伸びに基づき必要となる軌道、信号、通信など諸設備の改修費用とディーゼル機関車、客車の更新・追加購入費用。バス、道路については、電化されたら鉄道に転換したはずの旅客数に対する投資。

9・1・2 評価の指標

経済分析において、個別プロジェクトの評価またはプロジェクト相互の優劣判定のために、便益と費用の比較を行う場合は、主として純現在価値(Net Present Value: NPV)、便益・費用比率(Benefit Cost Ratio: B/C Ratio) および内部収益率(Internal Rate of Return: IRR)の3指標が利用される。いずれも、将来の便益と費用を、一般に資本の機会費用(Opportunity Cost of Capital)と呼ばれる社会的割引率で、現在時点の価値に引き直す考え方が、基本になる。

[解説]

1. 主要な評価指標

(1) 純現在価値

各年の便益と費用をそれぞれ現在価値に引き直し、便益の総現在価値から費用の総現在価値を引いた差をいう。値が正であれば便益が費用を上回っていることを意味し、プロジェクトは国民経済的にみて実施可能と判断できる。

$$NPV = \sum_{t=1}^n B_t / (1+i)^{t-1} - \sum_{t=1}^n C_t / (1+i)^{t-1}$$

B : 便益

C : 費用

t : 年次

n : プロジェクトライフ

i : 割引率

(2) 便益・費用比率

便益の総現在価値と費用の総現在価値の比をいう。数字が1以上であれば便益が費用を上回っており、プロジェクトは実施可能と判断される。

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n B_t / (1+i)^{t-1}}{\sum_{t=1}^n C_t / (1+i)^{t-1}}$$

(3) 内部収益率

便益と費用の総現在価値が等しくなる、言い換えればプロジェクトの純現在価値をゼロにする割引率である。すなわち以下の式における i を内部収益率という。

$$\sum_{t=1}^n (B_t - C_t) / (1+i)^{t-1} = 0$$

内部収益率は、そのプロジェクトがどの程度の割引率に耐え得るかの限度を示し、資本の機会費用を上回っていれば、プロジェクトは実施可能と判断される。

財務評価の指標として同じ原理に基づく財務内部収益率 (Financial Internal Rate of Return: FIRR) が利用されるため、経済分析における内部収益率を特に区別して、経済内部収益率 (Economic Internal Rate of Return: EIRR) と呼ぶこともある。

2. その他の評価指標

同様の効果をもたらすであろう複数のプロジェクトの間で、それらの効果を同一と判断した上で、現在価値に割り引いたそれぞれの費用を比較し、最小費用のプロジェクトを選択する方法がある。これを最小費用比較 (Least Cost Method) と呼び、便益の計測が困難な場合などに利用される。

3. 資本の機会費用

便益および費用の現在価値を求める場合に用いる社会的割引率を資本の機会費用といい、内部収益率を用いてプロジェクトの評価を行う場合には、この資本の機会費用を上回るかどうか判断の基準となる。

一般に割引率とは手持ちの財 (現在財) と将来手に入る財 (将来財) の交換比率であるが、財が金銭を意味する場合この割引率は利子率であり、それぞれ異時点て利用可能となる金銭を等価値化するために、利子の支払いが行われる。これに対して社会的割引率とは、金銭より広い概念である便益と費用の異時点間の交換比率を表す。すなわち将来の消費を見返りに現時点での資源の消費をあきらめて、これを投資に回すという選択をした場合、この間に増殖する部分を資本の機会費用という。資本の機会費用は一国の資本の限界投資の生産性に等しい。言い

換えれば、一定の財政・金融条件下にある経済社会において、資本投資に利用可能な最後の資金が投入された際、その投資が生むであろうと期待される妥当な収益と定義できる。

しかしながら、現実にはプロジェクト対象国における資本の機会費用を正確に計算することは困難である。もし完全な資本市場があって、市場利子率が直接に資金の生産性を反映しているならば、市場の均衡利子率を資本の機会費用とすればよいが、実際にこのような条件が成立することは、特に開発途上国においては難しい。表9-1は、国際的な援助機関、融資機関が社会的な割引率をどの程度と考えているかを示したものである。ほとんどの機関が資本の機会費用を割引率とする考え方をとり、その値をおおむね8%から12%の範囲とし、国ごとに発展段階を考慮するなどして、それぞれ独自に適用すべき割引率を設定しているのが実状である。

表9-1 外国援助機関の割引率

機関名\内容	設 定 値	考 え 方	設定のための指標 (方法)
ODM	基本的 8% 実際例 8-12%	資本の機会費用	<ul style="list-style-type: none"> 一流有価証券の実質利回り その国への借款の利子率の最高のもの
UNIDO		消費利子率 (CRI)	<ul style="list-style-type: none"> $CRI = e \cdot GR + PTP$ e: 消費の効用弾性値 (0.5-2.0) GR: 消費成長率 PTP: 純粹選好率 (2-8%)
USAIDO	10%	資本の機会費用	
IBRD	12%	資本の機会費用	<ul style="list-style-type: none"> 既存プロジェクトのIRRの中で最も低いもの
ADB	8% 8-12%*	資本の機会費用 資本の機会費用	<ul style="list-style-type: none"> 地域開発銀行と世銀の起債債券の平均利回り

* 対象国の成長度合いに応じて区別する場合
 GNP成長率6%未満の場合... 8%
 GNP成長率6%以上の場合... 12%
 土木学会編： 海外交通プロジェクトの評価、鹿島出版会、1986

純現在価値、便益・費用比率の算定にあたっては、まず便益、費用を割り引くのに用いる利子率として、資本の機会費用を選択しなければならないが、上記の

理由によりその推定は極めて難しい。一方内部収益率の計算では、この悩みを避けて通ることができる。もちろん、内部収益率を利用するとしても、プロジェクト評価の段階で資本の機会費用の水準を考慮しなければならなくなるのは、当然である。

4. プロジェクトライフ

便益、費用は、プロジェクト開始後同一期間（プロジェクトライフ）内に発生したものについて比較する。プロジェクトライフは、投資された設備の物理的・経済的耐用年数を考慮して設定されるが、時期が先になればなるほど、各種予測数値の不確実性が増す一方で、割り引かれた便益、費用の現在価値はますます小さくなり、プロジェクト評価の指標に影響を及ぼす度合いが低下するので、極端に長いプロジェクトライフを設定するのは、労のみ多くしてあまり意味がない。

鉄道案件では、通常30年が一般的である。

9・1・3 評価手法の選択

経済分析における主要な評価の指標である、純現在価値、便益・費用比率、内部収益率には、各々一長一短があるので、それぞれの手法の特徴を十分把握し、評価の目的に応じて使い分ける必要がある。

【解説】

1. 個別プロジェクトの評価

個別のプロジェクトが成立するためには便益の総現在価値が費用の総現在価値を上回っている必要があり、この場合各主要評価指標は以下の範囲にある。

- ① 純現在価値 ≥ 0
- ② 便益・費用比率 ≥ 1
- ③ 内部収益率 \geq 社会的割引率

①、②、③が成立する条件は一致しており、個別のプロジェクトの採択に関しては、どの指標によっても同一の結果を得られることは明らかである。

2. 複数代替案の比較

複数案を順位付けして最適プロジェクトを選定する場合、各指標は必ずしも同一の結果をもたらさない。

例えば、純現在価値は、プロジェクトがその実施国にもたらす純便益の量（便益と費用の差）を表し、数字が大きければ大きいほどプロジェクトの優先度が高い。小規模のプロジェクトでは、仮に便益・費用比率や内部収益率が高くとも、純現在価値は小さいことがあり得るし、逆にプロジェクトの規模が大きければ、便益・費用比率、内部収益率が低くても、純現在価値は大きくなる。このように、純現在価値はプロジェクトの規模を反映するので、実施国にもたらす純便益の絶対額で選択を行う場合、利用価値があるといえる。

内部収益率は、初期投資が小さく、維持運営費が比較的高くて、大きな便益が早期に発生する案件では非常に高く、逆に初期投資が大きく、その後は少額の維持運営費ですむ案件については、低い数値を示す傾向がある。従って、便益、費用発生の時系列パターンが大幅に異なる複数のプロジェクトを相互に比較するに

は、純現在価値、あるいは便益・費用比率を用いる方が適当である。

3. インテリムレポートにおける代替案の選択、最適案の選定

インテリムレポートにおいて、多数の代替案候補からいくつかの有力な案をその後の検討対象として選択する場合、すべての候補案について内部収益率、純現在価値等の主要指標を計算して比較を行おうとすると、あまりにも膨大な労力を要することが多い。その上この時点では、多くの場合、指標算定に必要な諸データが、十分に信頼できる精度で用意できているとは言い難い。

この場合、目的は比較優位にある複数の代替案を選び出すにあり、選択された各案相互間の厳密な順位付けは求められていないと考えられるので、指標の算出は省略し、前述の最小費用比較法を用いたり、費用対便益の比率、あるいは各案の費用に大差が無いと予想される場合は逆に便益のみを比較し、更には、これらに定性的な判断を加えるなど、簡便な手法で評価を行うことも多い。

また、インテリムレポートにおいて、いくつかの代替案の中から最適案を選定する場合においても、この時点では毎年の投資額、その他必要なデータが十分な精度で用意されていない場合が多く、従って、すべての代替案について内部収益率、純現在価値の計算を行うことは省略し、費用対便益の比率、総費用の指標やその他定性的な項目を加えての総合的評価によって最適案を選定することも多い。この選定した最適案について、相手方の政府の同意が得られれば、この最適案について、インテリムレポートの時に策定したものより更に詳しい近代化改良案を策定し、また、より精度の高い便益の計算および年度別投資計画を用いて、内部収益率、現在価値の計算により、プロジェクトのフィージビリティの検討を行うこととする。

9・1・4 感度分析とリスク分析

経済分析に用いる各種の数値は、プロジェクト対象国における基礎データの不備、予期せざる社会、自然現象の変動等により増減することが避けられず、多分に不確実性を含む存在である。こうした数値の変動が及ぼす影響の大きさを把握し、プロジェクトの採択に際し、いかなる考慮を払うべきかを判断するのが、感度分析(Sensitivity Analysis)である。また、リスク分析(Risk Analysis)は感度分析を更に一歩進め、内部収益率などの指標につき、統計的手法を用いて、その加重平均と確率分布を求めんとするものである。

【解説】

1. 感度分析

感度分析とは、経済分析に用いる各種のデータにそれぞれの不確実さに応じて原数値から一定の変動幅を想定し、その結果、評価の指標がどのように変化するかを観察、分析結果の安定性を確認するもので、一般に鉄道案件においては、交通需要予測や工事費、維持運営費等の諸費用などが対象となる。また、複数の数値の変動が同時に発生すると仮定して分析する場合もある。

変動幅は通常5-10%から、項目によっては20-30%程度までとすることが多く、あまり極端な変動を想定することは、原数値の信頼性に疑問を抱かせる結果ともなりかねない。また、数値は当然プラス、マイナス両方向への変動が考えられ、そのいずれについても分析が可能であるが、プロジェクトの安全性の観点から、指標を悪化させるような変動のみの分析にとどめることも多い。

2. リスク分析

経済分析に用いる数値について一定幅の変動が起こり得る確率を想定した上で、それぞれの変動に対応する評価の指標を求め、それらの確率を組み合わせ、指標の加重平均と確率分布を算出する分析手法をリスク分析という。リスク分析は、指標の統計的な期待値と、評価結果が許容できない範囲になる確率を示すことができる点で、理論的には感度分析より高度な手法と言えるが、変動発生確率を納得のいく形で数量化するのは容易ではなく、鉄道案件に適用された事

例はまだほとんど見当たらないのが実状である。

9・1・5 便益、費用の計測

便益、費用の計測にあたっては、各調査担当者から提出された数値と、収集した各種のデータを基に、必要な修正を加えた計算価格を算出する。特に市場価格(Market Price)で表示されたデータを経済価格(Economic Price)に転換する。

[解説]

1. インフレ要因の取り扱い

インフレは考慮せず、すべて調査時点の貨幣価値または貨幣の購買力で評価するのが原則である。時点の違いによって資源の価値判断に差異が生ずるとすれば、割引率を用いた便益、費用の現在価値への転換と比較という経済分析の基礎的な考え方が、無意味になってしまうからである。

2. 経済価格

市場価格で表示された便益、費用のデータは、(1)税金、補助金等を加減し、更に(2)外国為替相場、労働・用地の価格等に調整を加えるなどして使用される。

(1)は移転項目(Transfer)の調整、(2)は市場価格のゆがみの修正であり、こうした作業を通じて事業体の立場に立つ市場価格から、国民経済的視点に立った社会的な便益、費用を表す経済価格への転換が行われるのである。

(1) 移転項目

市場価格を構成する直接税、関税、消費税などの租税と、マイナスの税金とみなされる補助金は、経済価格からはすべて除外される。これらは国民経済的に見て資源の直接的な消費ではなく、単なる国内的な移転項目に過ぎないからである。同様に借入金の元本償還、利払い、減価償却などの財務的な資金の移動も移転項目であり、経済価格には含まれない。

(2) 外国為替相場の調整

一般に開発途上国においては、外為取引が国家によって管理されて種々の制約を受け、公定相場の使用が義務づけられるなどしているために、自由な為替市場が存在せず、為替相場が恒常的に実勢からかい離している例が多い。従って、経済価格を得るには、まずこのゆがみを修正することが必要である。

為替市場がこのような状況に陥ると、国の監視の目を逃れていわゆる闇市場が成立するのが一般的である。闇市場における相場は、ある意味では実勢を示すものといえるが、国家の規制の及ばない限られた範囲での取引であること、非合法なるが故のリスク料が加味されていること、断片的な取引事例は入手できても信頼するに足る統計資料は存在しないことなどの理由により、経済価格算定に利用するには不適當である。

通貨の交換比率のゆがみ、すなわち一国の通貨が過大または過小に評価されている程度は、結局のところ国際価格を尺度として計測される。多くの場合、開発途上国においては国内価格と国際価格のギャップを埋めるために、輸入関税の徴収、輸出補助金の支給が行われているので、為替相場を調整して経済価格を算定するには、関税および補助金の影響を除去しなければならない。そのために用いられるのがシャドウ・エクステンジ・レート(Shadow Exchange Rate: SER)であり、以下の計算式で算出される。

$$SER = OER \times \frac{M + X + mt + xs - xt}{M + X}$$

SER：シャドウ・エクステンジ・レート

OER：公定為替相場

M：輸入金額 (CIF 価格)

X：輸出金額 (FOB 価格)

mt：輸入関税収入

xs：輸出補助金

xt：輸出関税収入

実際の算定では、当該国の貿易・通関統計等を利用して、輸出入、関税、輸出補助金の総額から計算する方法と、主要輸出入品を抽出し、それぞれの品目に対する規定の関税、補助金の率から加重平均関税率を求めて計算する方法がある。

(3) 労働コストの調整

労働は大きく熟練労働と未熟練労働に分けられる。熟練労働者については、開発途上国においても程度の差こそあれ市場メカニズムが機能していると考え

られるので、実際に支払われた市場賃金率で評価することができる。しかし、未熟練労働者は過剰状態でありながら市場流動性が低く、最低賃金法や労働組合が存在したりして、市場賃金率が真の経済価値からかい離していることが多い。従って、未熟練労働は、プロジェクトがひとりの労働者を追加雇用した場合、経済のどこか（途上国では、多くの場合最終的に労働力が引き出される農村部）で失われる限界生産力の価値で評価されることになり、これをシャドウ・ウエイジ・レイト(Shadow Wage Rate: SWR)と呼ぶ。しかしながら、実際問題として途上国の農村部における労働者の限界生産力を推定するに足る統計データの入手は、ほとんど不可能というべきであり、結局はなんらかの形で市場賃金率を参考にして判断を下さざるを得ない。例えば、年間のある限られた日数だけ日雇労働で収入を得る限界的な農村の未熟練労働者が、残りの期間は家内労働に従事するものとして、日雇労働から得る年間賃金総額と自家労働における年間生産貢献額を、それぞれ年間労働日数で割ったものの合計をもって限界生産力と推定する考え方である。

(4) 用地費の調整

事業費としての土地の市場価格は、本来その土地の限界生産価値、すなわち土地が供されている事業の収益を反映すべきものと考えられる。しかしながら、現実の市場価格は多くの場合将来の値上がりを見込んだ投機的要素を含むために、必ずしも事業収益から還元された価格とは一致しない。従って、土地について市場価格をそのまま経済価格とすることは適当ではなく、その土地が生み出す年々の収益を市場金利で割り引いて得る現在価値の総額を計算し、これを利用することが望ましい。ここで収益とは、その土地をプロジェクトの用地に用いた場合得られる金額ではなく、プロジェクトへの供用によって失われるものを意味する。

また現在収益を生んでいない公共用地は収益還元法の対象にならないが、この場合でも近隣の事業用地の代替地となる可能性があるので、こうした近隣の土地との比較から経済価格を推計することになる。

9・1・6 投資費用

プロジェクトの投資費用は、改良近代化事業のための用地費（移転補償費を含む）、工事費（車両、機器等の購入費を含む）、技術費に予備費を加えたものであり、各数値は項目別、支出年次別の区分に加えて、経済価格への転換を可能にするため、内貨払い、外貨払いの別、労務費とその他経費の別等が明らかにされている必要がある。

積算担当者から提示された投資費用に必要な修正を加えた後、減価償却の考え方をを用いて、再投資を行うべき年次を求め、プロジェクトライフ最終年における資産の残存価値(Salvage ValueまたはResidual Value)を計算する。

【解 説】

1. 予備費

予備費は、施工段階での予期せざる工事費数量の変動に備えて、積算の際、経験的に費用の一定割合を付加、計上するもので、インフレによる価格上昇予測を考慮に入れたものではない。

2. 減価償却

プロジェクトに投資される資産には、取替資産、非償却資産、償却資産の別がある。取替資産は、毎年継続的に資産の一部を更新して、価値の維持を図っていくものであり、非償却資産は、土地のように全く減価しないものである。これに対し、償却資産とは、ある耐用年数の間、年々一定の額、または率で資産が減価すると考えられるものである。

減価償却は、償却資産の耐用年数到来後、事業を継続するために必要な資産を再度取得する資金を生み出す目的で、一定の基準に従って年々積み立てを行う会計上の操作である。減価償却費は、企業会計上は積み立てを実施した年次の支出であるが、経済分析においては費用ではない。しかし、経済分析においても再投資時期の決定、残存価値の算定にあたっては、減価償却の考え方が必要になってくる。

減価償却費の算出方法には定額法と定率法があり、鉄道案件では一般に前者を

用いている。税法の体系が整備され、企業会計の慣行が確立している国では、減価償却の手法、特に算出の基礎となる耐用年数について一定の基準が定められているのが普通であるが、開発途上国はそのような状況にないことが多い。従って、調査対象国の実態を把握する必要があるが、必ずしも当該国の制度にこだわることなく、機器の物理的耐用年数、先進国の規定等を勘案し、プロジェクトの健全性を損なわない範囲で妥当な基準を設定して差し支えない。

3. 再投資

プロジェクトライフ期間内に資産の耐用年数が経過した場合、代替の設備、機器を投入しないと事業運営の継続が不可能となるので、その翌年に資産取得原価と同額の再投資費用を計上する。

4. 残存価値

プロジェクトライフの最終年に投資資産の多くは耐用年数が到来しておらず、仮に事業を清算すれば他のプロジェクトに転用可能な状態にある。通常プロジェクトライフの経過後も事業は引き続き運営されるので、最終年には、その時点までの資産投資の総額から償却の累計額を控除した残額をマイナスの投資費用として計上する必要があり、これを残存価値という。

5. 埋没費用

在来鉄道の改良近代化案件においては、

①以前に建設した設備の一部を新規プロジェクトに再利用する、

②中断していたプロジェクトを再開して完成させる、

③旧施設に追加投資を行って、施設の拡充、容量の増加を図る、

④償却済だが、物理的に使用可能な資材をプロジェクトに流用する、

といった例がよく見られるが、こうしたコストを埋没費用(Sunk Cost)と呼ぶ。

経済分析では、埋没費用はコストに含めず、追加の便益と費用について分析を行うのが原則である。

9・1・7 便益

便益とは、プロジェクトの実施に伴って発生する国家的、社会的な利益を意味し、鉄道案件の場合、時間節減（サービスの向上）、経費節減（費用の減少）などが代表的な例であるが、プロジェクトの内容によっては様々な便益が考えられるので、定量化できるものは計上し、不可能なものについては、定性的な記述を行う。

【解説】

1. 主な便益とその算定方法

便益はプロジェクトの内容によって様々なものが考えられるが、ここでは主として過去のJICA案件で取り上げられた例を示す。

(1) 時間節減便益

(a) 旅客

プロジェクトの実施によって節約された時間を所得機会に充当した結果得られる所得の増加分を時間価値とし、これを短縮される旅行時間に掛けたものが旅客の時間節減便益である。旅行時間の短縮は、列車のスピードアップのほか、列車事故の減少、遅延の回避等の理由によるものも考えられる。

便益 = (WITHOUT の人時間 - WITH の人時間) × 時間価値

時間価値は以下の式で求められる。

時間価値 = 単位時間あたり旅客平均所得 × 非勤労時間調整値

非勤労時間調整値は、1日の活動時間を勤労時間と非勤労時間に分け、非勤労時間には、勤労時間の価値を1とした場合の価値を表す一定の係数を掛けて算出する。これは、余暇、通勤時間等は直接所得は産み出さないものの、勤労時間に所得を得るためには必要不可欠で、ある程度の価値は認められるという考えに基づくもので、例えば世銀などではこの割合を4分の1としている。

$$\text{非勤労時間調整値} = \frac{\text{勤労時間}}{\text{活動時間}} + \frac{\text{非勤労時間} \times 1/4}{\text{活動時間}}$$

開発途上国のように所得格差が大きく、国民全体の平均所得統計を利用した

のでは正確を期し難い場合は、階層別に時間価値を求めることもある。

(b) 貨物

貨物の時間節減便益も旅客の場合と同様、短縮される輸送時間に時間価値を掛けたもので表される。

便益 = (WITHOUT のトン時間 - WITH のトン時間) × 時間価値

貨物の時間価値は、貨物が目的地により早く到着すれば、それだけ販売、代金回収が促進され、荷主にとって金融コスト（金利）の節約につながるという考え方を前提としている。

時間価値 = トンあたり貨物価格 × 1時間あたり金利

トンあたりの貨物価格は、総輸送量を主要品目別に分類し、トンあたり卸売価格の加重平均を求めたものである。金利は、通常貨物の在庫資金には短期借入金を利用するものとして、当該国の平均的な短期市中金利を1時間あたりに換算して、これを適用する。

(2) 経費節減便益

WITH THE PROJECTとWITHOUT THE PROJECTの両ケースにおける年々の維持運営費の差でWITHのケースの費用は、改良近代化された鉄道の人件費、物件費（維持・取替費、動力費等）である。WITHOUTはケースによって様々だが、例えば、鉄道に代わって輸送を担当する道路、航空、内航海運等の維持運営費である。

(3) 既存線高架化案件で発生する便益

(a) 道路車両時間節減便益

鉄道と道路の立体交差により道路交通利用者が踏切で一旦停止したり、しゃ断されたりすることがなくなり、より早く目的地に着けるようになる結果生ずる時間節減便益で、短縮される走行時間に車両時間価値を掛けたものである。車両時間価値は車両の利用時間あたり経済価格、乗務員（営業車両の場合）の時間価値および乗客または積載貨物の時間価値の合計である。

(b) 燃料節約便益

WITHOUTのケースが踏切の場合は一旦停止後再発進のため、フライオーバー建設の場合は陸橋登坂のため、それぞれ余分の燃料が消費される、立体交差

によって、この無駄が省かれる便益である。

(c) 踏切事故回避便益

高架化によって踏切事故が回避できる便益である。

踏切事故回避便益 = 年平均事故件数 × 1 件あたり平均損害額

事故件数はプロジェクトの実施によって回避できる件数であり、損害額は人命、車両、鉄道施設等に対するものを含む。

(d) 高架下利用便益

高架下利用便益 = 用途別利用可能面積 × 用途別利用価格

(4) 車両工場建設（機関車国産）による便益

新たに工場を建設して、ディーゼル電気機関車を製造する費用と、同型の機関車を外国から輸入した場合の費用の差を便益とする。

(5) 大気汚染回避便益

道路から鉄道への転換交通量に、車両 1 台あたりの大気汚染に係わる社会的費用を掛けて求める。大気汚染の社会的費用とは、例えば呼吸器疾患の治療費、家屋、緑地等の被害の補修、修復の費用で、そのうち自動車の排気ガスが原因と考えられる部分を計上する。調査対象国に適切な調査・統計資料がない場合は他国のデータを参照し、これに修正を加えて利用する。

2. その他の便益

このほか定量化して示すことは困難であるが、多くの間接的な効果または便益が考えられる。以下は過去の調査報告書で言及された例である。

(1) 雇用機会の創出

工事期間中の建設従事者と、完成後の運営要員が考えられる。

(2) 技術の移転

教育、訓練を通じて諸外国の進んだ技術が導入される。

(3) 国内産業の発展

プロジェクトの実施は、乗数効果を通じて国内他産業の発展をもたらす。

(4) 地域開発効果

周辺地域の社会的、経済的開発が促進される。

(5) 外貨の節減

例えば新工場の建設によって車両の国産化率が向上すれば、途上国にとって貴重な外貨が節減でき、別の重要物資輸入、過去の債務返済などに振り向けることが可能になる。

9・2 財務分析

9・2・1 目的と手法

経済分析が国民経済的視点に立ったプロジェクト評価を目的とするのに対し、財務分析は、事業主体にとってのプロジェクトの健全性、実施可能性を財務面から検討する目的で行われる。このため、年々の収入、支出と現金の流入（キャッシュフロー）を予測し、プロジェクトの収益性、資金の流動性につき分析、評価する。

【解説】

1. 財務分析の目的

プロジェクトが財務的に実施可能であるためには、経費が収入で十分カバーできるとともに、所要資金の調達とその返済、利払いが円滑に行われる必要がある。こうした可能性を検討するのが、財務分析の目的である。

2. 財務分析の対象

財務分析の対象となるのは、通常、料金収入を伴うプロジェクトのみである。工事費、運営費が全額租税収入で賄われる公共事業について、実施主体である国または地方公共団体が財政負担に耐え得るかについても、類似の手法で分析可能であろうが、これを財務分析に含めて考える必要はない。

3. 財務分析の手法

プロジェクトの収益性分析においては、事業主体の収入、支出を見積もり、予想損益計算書を作成する。資金の流動性分析では、予想資金繰り表を作成して、財務的健全性を検討するが、その手法としては、借入計画を未定として当該プロジェクトが耐え得る資金コストの限界を求め、妥当な資金調達計画を立案する方法と、想定し得る資金調達計画を前提にして、債務返済能力の検討を行う方法がある。

事業主体の収支と資金繰りは、互いに関連するものの別の概念である。従って、採算は黒字でも資金繰り困難なプロジェクトの例は、決して珍しくない。

9・2・2 評価の指標

財務分析において評価の指標として最もよく利用されるのは、経済内部収益率(EIRR)と同じ原理に基づいて算出される、財務内部収益率(FIRR)であるが、その外、純現在価値、収支比率、収支黒字転換年なども指標として利用できる。

また、借入金元本や利息などの支払い能力を示す指標としては、債務返済能力比率(Debt Service Coverage Ratio: DSCR)がある。

これらの指標を算出するにあたって利用する各種のデータが、ほとんど何らかの不確実性を含む存在であることは経済分析と同様であり、従って、財務分析においても、感度分析またはリスク分析によりそれらの数値の変動が及ぼす影響の大きさを把握する必要がある。

[解説]

1. 主要な評価指標

(1) 財務内部収益率

財務内部収益率は、経済内部収益率と同様、プロジェクトの純現在価値をゼロにする割引率で、キャッシュフローを用いて求める。すなわち、以下の式の*i*が財務内部収益率である。

$$\sum_{t=1}^n \text{Cash Flow}_t / (1+i)^{t-1} = 0$$

t: 年次

n: プロジェクトライフ

財務内部収益率は、プロジェクトの収益力と、その耐え得る資金コストの限界を示し、ROI (Return on Investment)、ROE (Return on Equity)の2種類がある。それぞれ評価の対象となる資金の範囲が異なり、別々のキャッシュフローを使って計算される。

(a) Return on Investment

投資全体の収益性を示す指標で、キャッシュフローは、次の式で表される。

ROIのキャッシュフロー = 営業利益 + 減価償却 + 残存価値 - 投資

減価償却は、経理処理上、各年次の費用として営業利益算出の段階で収入から控除されるが、実際は投資実行の時点で既に支払いが行われており、改めて現金の流出を伴うわけではないので、キャッシュフロー算出の際は、これを修正するために繰り戻す。

ROIは、出資金、借入金を含む総資金の調達コストを、加重平均でこれ以下に抑えることができれば、プロジェクトが財務的に実施可能になる金利水準を意味する。

(b) Return on Equity

ROEは、予想される資金調達計画に従って外部資金を借り入れた場合の、出資部分（資本金）の収益性を表す指標で、この場合のキャッシュフローは、ROI算出に用いたキャッシュフローに資金取引の受け払いを加減したものである。

ROEのキャッシュフロー＝営業利益＋減価償却＋残存価値－投資
＋借り入れ－返済－利払い

ROEの数字が、プロジェクト実施国の資本利益率の水準を下回っていると、事業への出資を求めるのに、困難が生ずることが予想される。

(2) 純現在価値

経済分析における純現在価値と計算方法は同じであるが、便益、費用に代えて収入、支出を用い、割引率は一般に市中金利を用いる。

(3) 収支比率

各年度ごとの、または一定期間の収入と支出の比率で、営業段階、経常段階それぞれの収入、支出を比較する場合があります、また営業支出に償却費を含める場合（償却後）と含めない場合（償却前）などの別があり、目的に応じて使い分けられる。

(4) 収支黒字転換年

一般に鉄道業は、多額の初期投資を伴うため、新設備の供用開始直後は支出が収入を上回り、年数が経過するにつれて徐々に収支が良化してくる。収支の黒字転換の年次は、評価の指標として複数代替案の比較、選別などに利用される。

単年度で初めて黒字に転換した年次と、その後年々黒字が累積し、初めて通算で黒字に転換した年次の両方の指標が考えられ、必ずしも単年度黒字転換の早いプロジェクトが累積の黒字転換も早いとは限らない。

(5) 債務返済能力比率

プロジェクトの収益を借入金の元本返済と支払金利の合計額で割った比率で、各年次ごと、およびプロジェクトライフの全期間について求める。

$$DSCR = (R_t - E_t) / (D_t + I_t)$$

R : 収入

E : 支出

D : 返済元本

I : 支払金利

t : 年次

全期間通算で数字が1に達していなければ、プロジェクトライフ期間中に借入金返済が不可能であることを示す。通算の数字が1以上であっても、途中1を下回る年次があれば、その時点で一時的な資金不足が発生していることを意味する。各年次の数字がすべて1を上回っていれば、借入金返済には全く問題ない。

2. 評価手法の選択

財務内部収益率と純現在価値が、いずれも異時点の金額をすべて割り引いて現在時点の価値を求め、比較を行う手法であるのに対して、収支比率、収支黒字転換年は、こうした考え方をを用いず、単に収支、損益の時系列を求めて比較するもので、主にインテリムレポートにおける代替案の選択の際などに利用され、最終的な評価は、財務内部収益率、純現在価値を算出して行うことが多い。

債務返済能力比率の目的は、収益性が評価されたプロジェクトの資金流動性、債務返済可能性を検証することにあるので、通常他の指標と併用される。

3. 感度分析とリスク分析

財務分析においても、経済分析と同様、不確実性のある数値については、一定の変動幅を想定して、感度分析、あるいはリスク分析を行い、変動の影響を検討する。通常、分析項目、変動幅等は経済分析と同一とするが、財務分析独自の項

目として、例えば、運賃料率の変動などを取り上げる場合もある。資金調達も財務分析のみに関係する項目である。市場金利の変動などは感度分析の対象となるであろうが、融資条件を異にするいくつかの借入方法があって、いずれを利用できるか未確定の場合などは、むしろ代替案としての比較検討の対象と考えられる。

9・2・3 分析項目

財務分析の評価指標算出にあたっては、経済分析における社会的な便益、費用に代わって、事業主体の収入と支出が分析の対象となる。各種のデータは、経済分析と異なり、すべて市場価格で表示される。

【解説】

1. 市場価格とインフレ要因

財務分析の各種の評価指標を算出する際、経済分析と異なり、各種のデータは、すべて実際の取引に適用される市場価格で表示されたものを、修正を加えずそのまま使用する。

この考え方からすると、インフレ要因についても、これを折り込んで、事業主体が各時点で実際に受け取り、または支払うと予想される額を計上するのが、理論的には正しいと思われる。しかしながら、インフレ率の水準は多分に当該国の経済政策の運営如何に左右されることもあり、その将来予測は極めて難しく、しかも問題が生ずる恐れが多い。そのため実際の分析にあたっては、全般的なインフレーションは収入、支出の両者を同程度に上昇させ、その影響はほぼ相殺されると考え、調査時点の市場価格をそのまま適用している例が多い。ただし、平均的インフレ率と大幅に異なる率で変動することが明らかに予想される項目（例えば用地費、人件費など）があれば、その差を考慮に入れる必要があろう。

2. 投資費用

投資費用は、経済価格でなく市場価格で表示される点を除けば、経済分析と同じデータを用いる。予備費、プロジェクトライフ、減価償却、再投資、残存価値等の扱い方も、経済分析と同様である。

3. 収入

収入は、本来の業務から得られる営業収入と、それ以外の営業外収入からなる。

鉄道の営業収入は、いうまでもなく運賃収入で、予測された輸送需要と、その前提となった料率から、年次別に求められる。営業外収入は、その外一切の収入

を含み、現実の事業運営の過程では、当然様々な内容のものが発生することが考えられるが、財務分析においては、改良近代化の目的でプロジェクトの対象とされた業務からの収入のみを計上すればよいであろう。過去の案件では、立体交差化のプロジェクトで高架下の土地賃貸料収入を取り上げた例などがある。

4. 支出

(1) 維持運営費

プロジェクトの運営、施設の維持に必要な直接費と、管理部門の経費を含み、人件費と物件費から成る。

(2) 償却費

(a) 減価償却

年々の減価償却額は、損益計算書では当該年次の経費とされ、営業利益算出の段階で営業収入から控除されるが、キャッシュフローにおいては、現金の流出を伴わない減価償却ではなく、実際に投資が実行された時、その年次の支出となる。

(b) 繰延資産

減価償却は償却資産を対象としたものであるが、技術費等物的な資産に対する投資以外の費用で、実際には初期投資の段階で支出されるが、その時点で一度に全額を経費とすると、プロジェクトの収益を著しく圧迫する恐れのあるものについては、減価償却と同様分割して各年の経費とする処理方法が、企業会計上も妥当と認められている。このように本来は支出時点の経費であるが、将来の一定期間にわたって費用として取り扱うため、貸借対照表に計上された資産を繰延資産という。

(3) 支払利息

想定された資金調達計画に基づく融資の条件から、各年次の支払い額を求めて、計上する。建設期間中の金利（建中金利）は、資産の取得額に含める取り扱いが一般的である。

金利の資産繰り入れは、実態のない架空の資産を貸借対照表に計上するに外ならず、財務の安全性の見地から好ましくないとして、企業会計の立場では認められないのが普通である。しかし、鉄道業の場合、工事が完了して、運行が

開始されるまで、かなりの期間まったく収入が見込めないことも多く、この間も金利の支払いを求めるのは、かえって事業主体の負担を加重する結果となる。そこで、国際的な援助機関、融資機関でも、むしろ金利相当額を借入元本に繰り入れ、あるいは利払い資金を別途貸し付けるなどして、工事費の融資分とともに長期分割返済させる方法をとっている例が多い。建中金利の処理は、分析手法をこうした融資の実態に対応させたものと言える。

(4) 租税公課

収入から各種の支出を差し引いて、最終的に当期利益が計上されれば、法人税等の諸税が賦課される。国家的なプロジェクト、国際協力案件等には、特例として租税の減免が許容されることもあるので、対象国の税制一般のみならず、こうした優遇措置の有無についても調査を行う必要がある。

9・2・4 資金調達計画

通常、資金調達計画策定にあたっては、まずプロジェクト全体の収益性を分析し、資金コストの限界（所要資金の全額を借入金で賄ったとした場合の耐え得る金利水準）を求める。次いで、利用可能と見られる各種融資の条件を組み合わせ、いくつかのケースについて投資家（出資者）の採算を探る。

こうした金利採算面からの分析に加え、資金の量的な確保の可能性、元利返済の見通し（債務返済能力）、なども検討する必要がある。

【解説】

1. 資金コスト面からの分析

財務内部収益率のうち、ROIはプロジェクト全体の、すなわちプロジェクトを実施する事業主体にとっての、耐え得る資金コストの限界を示す。この場合の資金は、多くの源泉から調達した、出資金、借入金などの全体であるから、例え借り入れ部分の金利がROIを上回っていても、残りの出資金部分を無利子として計算すればプロジェクトは成り立ち得ることもある。

その場合、出資金の拠出者である投資家の採算を表すのがROEであり、この数字が低ければ、民間からの投資はまず期待できないし、政府出資についても、他のプロジェクトとの間で、実施優先度の問題を巡って競合関係が厳しくなる。

ROEがマイナスであれば、無利子の出資金を投入しても、借入金の金利を支払うだけの収益が得られず、更に出資部分の比率を増やすか、あるいは別途、補助金の支給を受ける必要があることを示している。

2. 借入金

(1) 融資条件

プロジェクトの所要資金のうち投資家の出資部分以外は、主として長期借入金で調達される。長期借入金は、金利、返済期限、据置期間（返済を猶予する期間のことで、融資実行から一定期間経過した後、返済を開始することを認めるもの）返済方法（年々均等の分割返済等）が定められており、事業主体にとっては安定した資金である。