

## 2. 鉄道の現況

Oruro・Cochabamba間の鉄道は、標高4,000m前後の高原地帯にある Oruro 駅から、東アンデス山系を La Cumbre 駅（標高4,138m）で越え、Rio Arque水系の急勾配の河川に沿って Buen Retiro 駅（標高2,379m）に到る。そこから緩勾配を上り、Cochabamba盆地の中心 Cochabamba 駅（標高2,556m）に到る全長210.8kmの路線である。Rio Arque水系に沿う La Cumbre・Buen Retiro間においては、鉄道は河川に近接して最急勾配30%、最小曲線半径 72mという悪条件で敷設されており、斜面の崩壊、谷部における土石流の発生、土石流の流入に伴う河床の上昇、河岸の浸食等によって、毎年雨期（12月～3月）に長期間の運転中止等を含む多くの線路災害が発生している。表2-1に毎年の運転中止日数を示す。

表2-1 Oruro・Cochabamba 間災害及び脱線による運転中止日数

項目 \ 年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
災害運転中止	86	46	108	68	89	15	39	45	28	16
脱線運転中止	22	21	12	10	10	8	11	18	17	10

1993年における西部局全線と Oruro・Cochabamba間の災害、事故発生件数を表2-2に示す。

表2-2 1993年災害、事故発生件数

項目 \ 線別	Oruro・Cochabamba間	その他の線	西部局全線
営業キロ程	211km	1,874km	2,085km
現設定列車キロ	168,219km/年	859,536km/年	1,027,755km/年
脱線転覆	3	3	6
脱線	490	328	818
死傷事故	3	24	27
踏切事故等	2	13	15
列車分離	0	2	2
計	498	370	868
営業1千当たり件数	2.36	0.20	0.42
列車百万千当たり件数	2,960	430	845

全体として発生件数はきわめて高いが、その中でも当区間の発生率はきわだっている。特に脱線事故が多く、西部局全体の60%を占めている。1990年から1993年まで4年間の事故発生状況を表2-3に示す。事故の原因として災害では、路盤軟弱が394件と最も多く、災害461件中85%を占めている。残りは線路上の土砂堆積、線路冠水等である。線路故障については軌道レベル不整が1,006件中479件で最も多い。車両故障は大部分が貨車故障である。

表2-3 1990～1993年Oruro・Cochabamba間原因別事故件数

項目	災害	線路故障	車両故障	その他	計
1990年	143	202	78	7	430
1991年	98	338	99	10	545
1992年	96	238	149	7	490
1993年	124	228	138	8	498
計	461	1,006	464	32	1,963

この路線はボリビアの三大都市 La Paz、Cochabamba、Santa Cruz を結ぶ線上にあり、調査位置図に示すようにCochabamba・Santa Cruz間のインターモーダル輸送の活用により、また将来、ENFEの東西を結ぶ新線を建設すれば、南米大陸を東西に横断する重要な輸送ルートを形成し得る位置を占めている。輸送量は表2-4、表2-5に示すように、近年、旅客は漸減しているが、貨物は伸びている。貨物は鉱石類、大豆及び同製品、小麦、木材、セメント、建設材料等を内容として、西部局全体の13% (42,181千トンキロ) の輸送量を保持し、その90%が輸出入貨物である。

旅客列車は1994年現在Ferrobús (急行列車) 週3往復、混合列車、配給列車がそれぞれ週1往復で、貨物列車はほぼ毎日1往復程度運行されている。災害と設備の更新が不十分なため線路の状態が劣悪であり、このうち約40kmの区間で22km/hの長期徐行を行っており、年間約500件の脱線事故を起こしている。また、31kmにわたって行違設備がない区間があり、現状の約7本/日の列車本数に対しても列車の運行は容易でない。

このように、Oruro・Cochabamba間の鉄道は本来鉄道の持つ機能を十分に発揮していない状況にあり、早急に輸送基盤、とりわけ線路を災害を受けない、もしくは災害を受けても復旧が容易な設備に改善する必要がある。その上で、安定した効率のよい輸送を実施して、ボリビア経済の発展に大きく貢献することが期待される。

表2-4 旅客輸送量

年	E N F E 全線			西部局			Oruro・Cochabamba間			
	輸送人員 (千人)	輸送人 (千人和)	平均輸送和 (和)	輸送人員 (千人)	輸送人 (千人和)	平均輸送和 (和)	輸送人員 (千人)	輸送人キ口 (千人和)	(%)	平均輸送和 (和)
1986	1,885	657,121	349	1,201	354,465	295	206	29,533	8.3	143
1987	1,393	500,388	359	769	233,916	304	111	15,110	6.5	136
1988	1,051	368,886	351	565	162,935	288	76	9,603	5.9	126
1989	1,092	385,831	353	600	174,178	290	103	12,947	7.4	126
1990	1,071	388,085	362	590	170,889	290	94	11,994	7.0	128
1991	901	350,043	389	445	136,983	308	39	4,703	3.4	121
1992	869	333,835	384	430	127,680	297	47	6,024	4.7	128
1993	747	288,476	386	377	114,344	303	43	5,756	5.0	134

注：Oruro・Cochabamba間輸送人キ口欄(%)は西部局全線に対する比率

表2-5 貨物輸送量

年	E N F E 全線			西部局			Oruro・Cochabamba間			
	輸送トン (千トン)	輸送ト和 (千ト和)	平均輸送和 (和)	輸送トン (千トン)	輸送ト和 (千ト和)	平均輸送和 (和)	輸送トン (千トン)	輸送トンキ口 (千ト和)	(%)	平均輸送和 (和)
1986	923	463,617	502	535	271,781	508	102	20,868	7.7	205
1987	982	504,753	514	582	294,996	507	127	26,375	8.9	208
1988	872	423,850	486	534	254,071	476	102	21,287	8.4	209
1989	1,014	511,650	505	595	285,241	479	129	27,299	9.6	212
1990	1,082	540,923	500	676	326,105	482	175	36,574	11.2	209
1991	1,309	682,266	521	777	372,738	480	201	42,314	11.4	211
1992	1,409	710,411	504	825	373,688	453	194	41,001	11.0	211
1993	1,343	692,337	516	709	322,184	454	200	42,181	13.1	211

注：Oruro・Cochabamba間輸送トンキ口欄(%)は西部局全線に対する比率

### 3. 自然条件・環境

#### 3-1 自然条件

##### (1) 気候

調査対象地域周辺の山岳、高原、溪谷地帯においては降水量年間平均 600mm程度と少ない。ここでは雨期と乾期の区別が極めて明瞭で雨期が12月から3月の4ヶ月、乾期は4月から11月までの8ヶ月となっている。

調査対象地域は雨の少ない地域であるが、短期間に豪雨が集中するため、土石流、斜面崩壊などの災害が大きくなっている。

##### (2) 地形

ボリヴィア西部のアンデスの山岳地帯は標高 6,000m級の山を含む2列の山脈が走り、両山脈に挟まれた地域は標高 4,000m前後の高原地帯（アルティプレーノ）となっている。東部には、アマゾン川支流やラプラタ川支流を取り囲む沖積性の低地と台地上のブラジル盾状地が広がっている。

調査対象地域はアルティプレーノから東アンデス山系（東 Cordillera 山系）に跨がっている。

##### 1) 地形

Oruro ~San Pedro ~Paria 間は標高約 3,700m の起伏の少ないアルティプレーノである。その後鉄道の路線は東アンデス山系（東Cordillera山系）に入り、緩らかな河川に沿って本線最高地点である La Cumbreへと至る。La Cumbre ~Buen Retiro 間は急勾配が続く。この区間は斜面災害が多発している。Buen Retiro 駅付近から Cochabamba へ至る路線は緩い上り勾配へと変化する。

##### 2) 水系

調査対象地域の水系は起点 OruroからLa Cumbre 駅付近（標高4,138m）を分水界として、西側アルティプレーノの Oruro方向へ流れる Rio Jachcha Uma水系と、東側 Cochabamba方向へ流れる Rio Arque水系とに分れる。東側水系の Rio Arqueは Buen Retiro駅付近でCochabamba方面から南下する Rio Rochaと合流してRio Caine となる。

Rio Arque 水系は山を深く刻み、周辺は概ねV字谷の急斜面となっている。

### 3) 地 質

#### a) アルティプラーノ

アルティプラーノに位置するOruro ~ San Pedro ~ Paria間は、周辺のアンデス山系からもたらされた河川堆積物や氷河堆積物、および第3紀以降における火山活動による火山噴出物などが埋積された堆積物から成っている。堆積物はこの内海化したアルティプラーノ帯を厚く覆っている。

#### b) 東アンデス山系 (東 Cordillera 山系) 地域

Paria ~ Sutiocollo間は東アンデス山系の山岳地帯に位置する。アンデス山脈の地質構造は、主にオルドビス紀、シルル紀、デボン紀などの古生代の地層から成る。これらの地層は造山運動によるさまざまな褶曲形状及び断層を生じ、破碎、変質、風化などを受け軟弱化している個所が多く見られる。

#### c) Cochabamba盆地地域

Sutiocollo ~ Cochabamba 間は山脈内の盆地に位置する沖積地である。この地域においてもアルティプラーノと同様に内陸性の堆積物から構成されている。

### (3) 自然災害

調査対象区間の主な自然災害は、斜面の崩壊、谷部における土石流の発生、土石流の流入に伴う河床の上昇、河岸の浸食といったもので、これらは既設の鉄道の運行に大きな影響を及ぼしている。

Oruro-Cochabamba間で災害が多発しているのはRio Tacopaya, Rio Chull Mayu, Rio Arque(名称は異なるが同一の河川) に沿う急勾配区間である。この河川には数多くの支流が急流となって合流している。流域は、支流域を含めて脆弱な急斜面からなり崩壊が引き起こされている。このため、多くの土石流が発生しており、おびただしい土石が本流に流入し河床の上昇をもたらしている。

なお、地震の発生はボリヴィアでは少ない。

### 3-2 環境

本プロジェクトが地域の自然環境、社会環境及び生活環境に対して重大な影響を及ぼさないよう十分に配慮することが必要である。なお、本プロジェクトの鉄道改良計画に伴う変更行為は、既設鉄道の改良であることから規模は小さい。

#### (1) ボリヴィア国の環境影響評価

ボリヴィア国においては、鉄道案件に対する環境影響評価の手続きは1992年4月に可決されたProyecto de Ley No.9, General del Medio Ambiente (環境一般法案)に基づき実施される。これに基づき環境及び住民の生活に及ぼす影響を事前に予測・評価し、同時に環境に対する対策を講じ、適切な事業の推進をはかる。

#### (2) 計画ルート周辺の環境の状況

線路改良が実施されることになるAguas Calientes～Irpa Irpa間の周辺環境の状況は以下のとおりである。

##### 1) 地域住民の生活の状況

###### ・居住状況

駅間の山地斜面には住居が点在しているが数は少ない。また、駅周辺は、学校、教会、病院等の公共施設のある比較的住居の多い集落を形成している。

###### ・土地の所有権・水利権

鉄道周辺の土地は地元の住民が所有し、土地台帳は軍が保有している。水を利用する権利は部落の長を中心として部落毎に決められている。

###### ・交通施設

地域住民の主な交通手段は本プロジェクトの対象となる鉄道である。同時に鉄道ルートは住民の歩行路としても利用されている。

##### 2) 動植物

流域一体が耕作地を除いて放牧地として利用されていることおよび雨量が少ない乾燥地帯であることから、生育している植物は成長が阻害されている。このため、高木の林は集落の周辺に植栽されたユーカリの林が見られる程度で天然のものは見られな

い。

### 3) 公 害

周辺の大気、騒音・振動、水質等に係わる調査結果は存在しておらずその状況を把握することはできない。しかし、周辺の状況から判断してこれらが問題となることは少ないと考えられる。

### 4) 規制区域等の状況

自然公園、保全地域等開発規制に係わる地域は、周辺には存在していない。

## (3) 配慮すべき環境項目

本プロジェクトは環境への影響は少ないものと考えられるが、プロジェクトの実施にあたり、次の事項に配慮する必要がある。

### 1) 住民移転

線路の移設に伴って地域の分断が起こらないように、最適ルートを選定した。しかし、ルートの移設により、住居の移転が発生するので、住民と十分な話合いの場を設けて対応することが必要となる。また、対応の方法としては、これまで実施されている金銭補償、代替地の提供のみに限定せず、柔軟に対応することが望まれる。

### 2) 騒音・振動

工事中には、工事機械の稼働、ダイナマイト使用による騒音・振動が発生する。鉄道の周辺に住居は少なく、都市部の場合と比較してその影響は小さい。しかし、工事区間に近接する住民に対しては、住民との話合いを十分に行い、理解を求め施工する必要がある。

### 3) 災害の発生

工事中の土石の発生については、現況の周辺の自然条件によってもたらされている土石の発生と比較してみると、その規模は小さいものと考えられるが、切取り、盛土の施工時には、十分な安定が図れるよう考慮し、周辺地域の安全性の確保に配慮することが望まれる。

## 4. 路線計画

### 4-1 ルート選定の考え方

- (1) 在来線と河川とが平行する区間において、改良を必要とする区間は概ね20～40年程度の対応を目途とする。その場合ルートは、河床の上昇を考慮し、原則として地形に沿って全体的に山側へルートを変更する。
- (2) 平行する河川（Rio Tacopaya、Rio Chull Mayu、Rio Arque）と在来線との高低差が5m程度以上の区間等、当面災害を受けないと判断される区間は、在来線の利用を基本とする。
- (3) ルートと交差する沢からの大規模な土石流が予測される箇所は、橋りょう、ボックストンネル、覆い等で災害時の路線の確保を図る。
- (4) 改良工事費の低廉化を図るため、多大な工事費を必要とする長大トンネルは極力避け、保守管理のしやすい路線計画とする。
- (5) ルートは止む得ない箇所を除き、変更区間は線路近接作業となるため、在来線の安全を確保するとともに、施工の容易な路線計画とする。

### 4-2 ルート選定における主な諸条件

- (1) 設計速度  $V = 80 \text{ km/H}$
- (2) 最小曲線半径  $R = 120 \text{ m}$ （ただし、地形上止むを得ない場合は  $R = 100 \text{ m}$ まで縮小することができる。）
- (3) 最急勾配  $i = 30\%$ （ただし、曲線抵抗を考慮しない）  
                  停車場                  車両の解結等考慮する場合  $i = 3.5\%$ 以下  
  車両の解結等考慮しない場合  $i = 15\%$ 以下
- (4) 緩和曲線長  $L = 250 \cdot C_0$ 。（ $C_0$ ：実カント量）
- (5) 縦曲線半径  $R = 2,000 \text{ m}$ 以上（ただし、地形上止むを得ない場合は  $R = 1,000 \text{ m}$ まで縮小することができる。）
- (6) 曲線間直線長  $L = 20 \text{ m}$ 以上
- (7) 停車場線路有効長  $L = 300 \text{ m}$ 以上



### 4-3 最適ルートを選定

改良計画区間であるAguas Calientes・Irpa Irup間において、当面災害を受けないと判断される区間は在来線の利用を基本とすることから、路線を20区間に分け奇数番号を改良区間、偶数番号を在来線利用区間に区分する。

最適ルートの選定は図4-1のフローに従い、まず改良計画区間①・⑦・⑪・⑬に第一次ルート代替案を設定し、線路条件等の評価をしたうえで、第二次ルート代替案として改良計画区間⑪・⑬に各2ルートを設定した。次に第二次ルート代替案について技術面、環境面、輸送面、経済・財務面から総合評価をするとともに、ボリヴィア側との協議の結果、改良計画区間⑪のC案と改良計画区間⑬のA案を組み合わせたルートを最適ルートとして選定した。

なお、最適ルートの概略平面、線路縦断図を図4-2～5に示す。

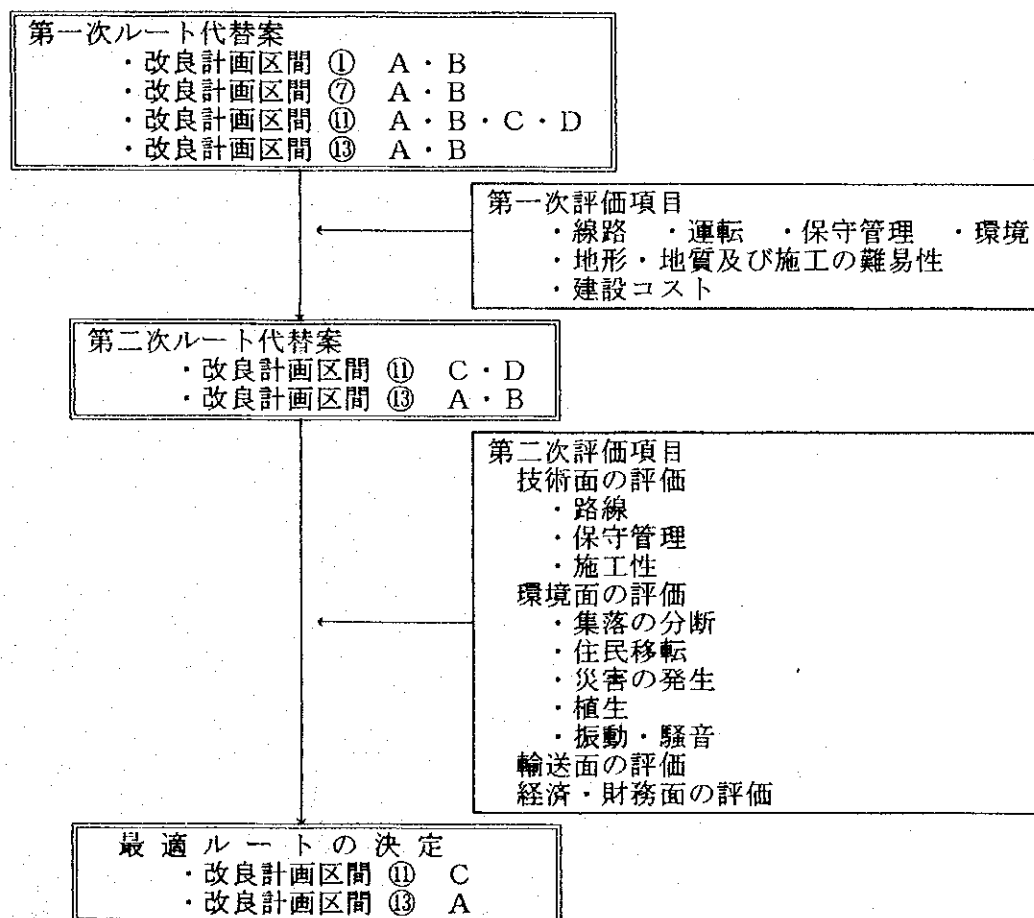
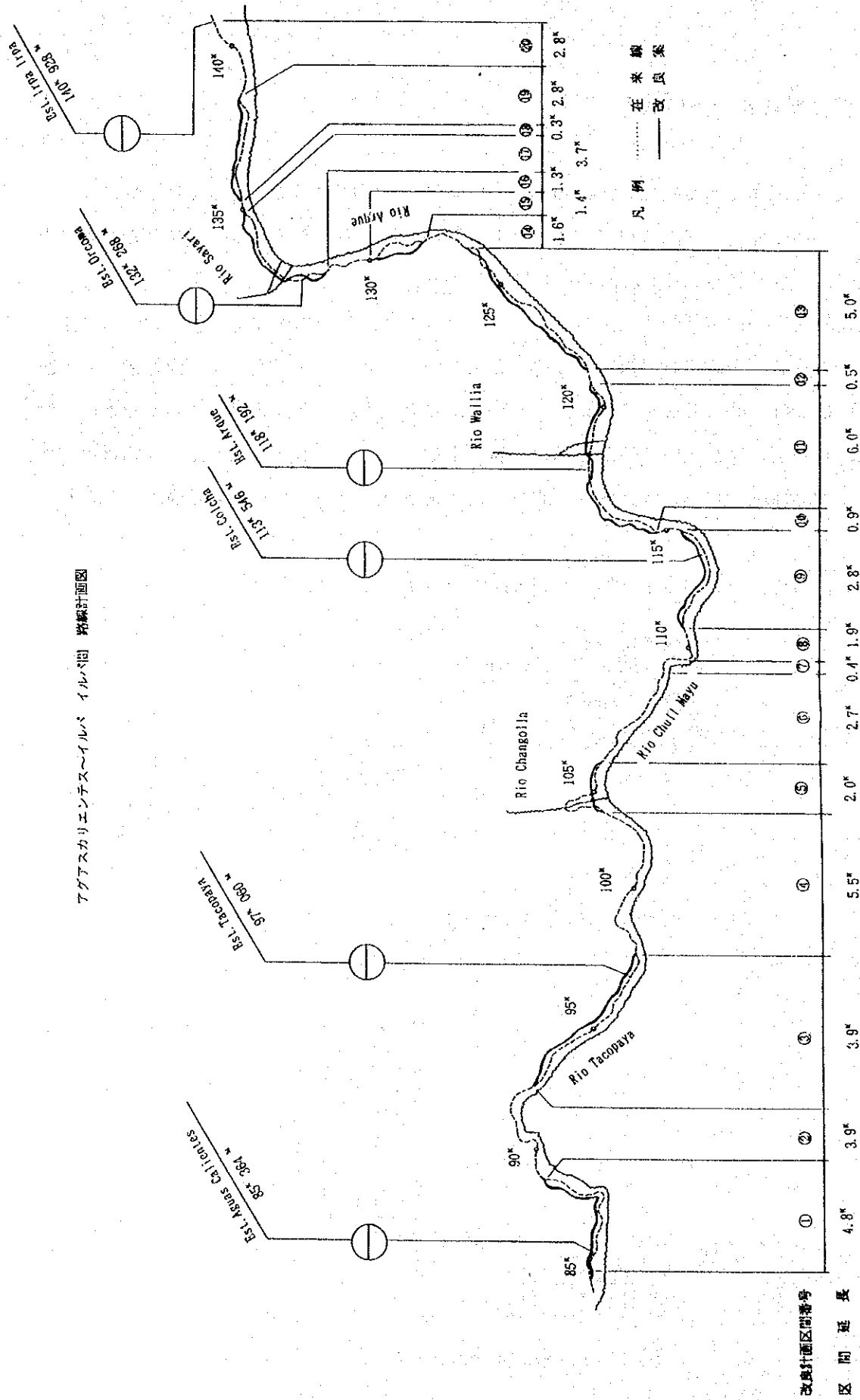


図4-1 最適ルート決定までのフロー

アグアスカリエンテス〜イルバ間 路線計画図



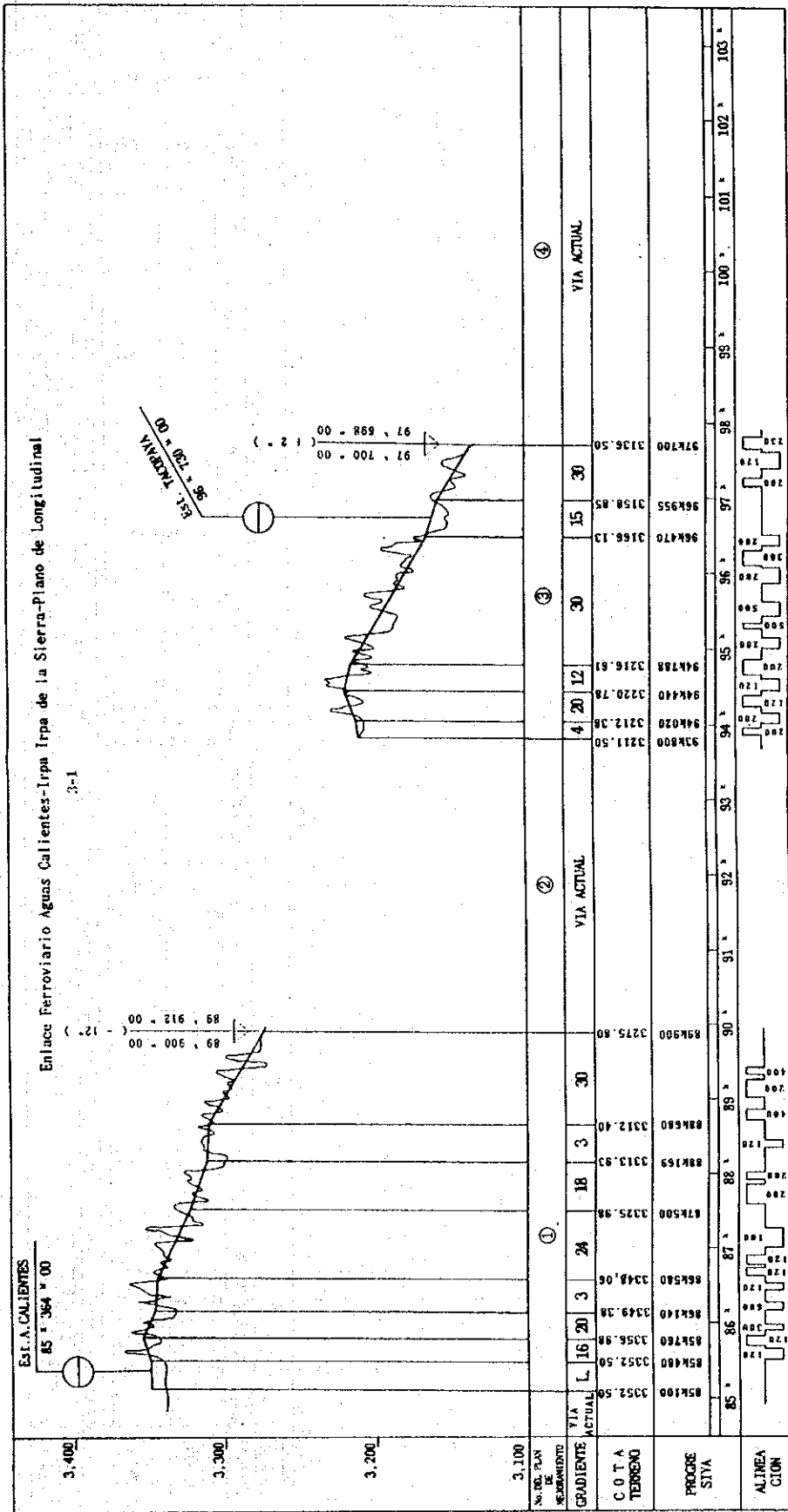


図 4 - 3 オルロ〜コチャバン間鉄道改善計画線路縦断面図 3 の 1



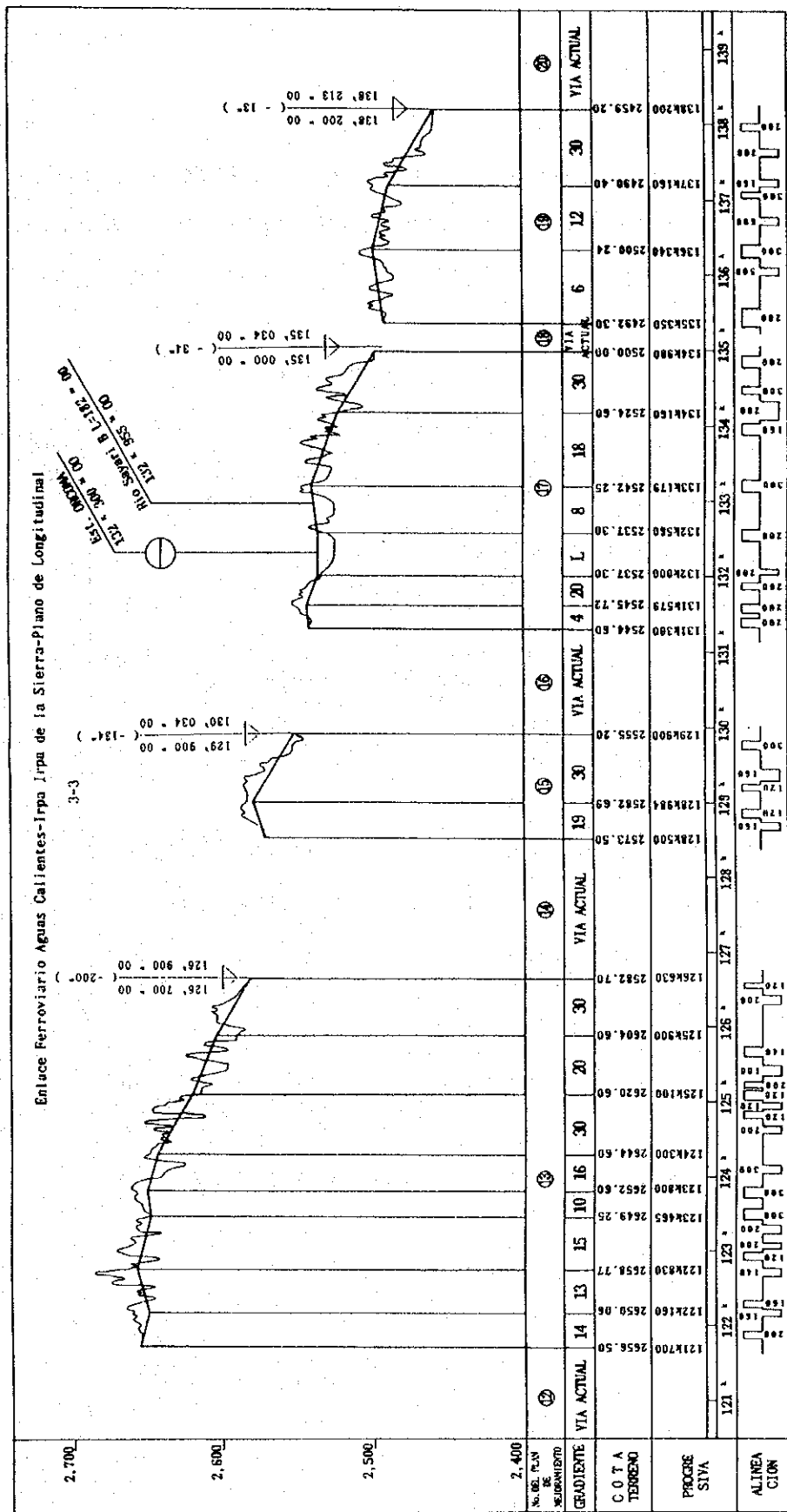


図 4-5 オルロ〜ココチャバン間鉄道改善計画線路縦断面図 3 の 3

#### 4-4 ルート選定結果

ルート選定の結果、線路条件及び構造物延長等の改良路線概要を表4-1に示す。

なお、工事費の低廉化を図るため、A：現在不通線区で有り、将来とも開通する見込みの無いYapacani線の既存桁を転用する場合と、B：Yapacani線の既存桁を転用せず新桁を製作する場合の2ケースについて検討を行った。

表4-1 改良路線概要

主要項目	選定結果		全延長に占める割合
改良路線延長	32.85 km		
最急勾配	30%区間が12,548 m		
最小曲線半径	R=100 mが2箇所		
駅勾配	A. Calientes(L)、Tacopaya (15‰)、Colcha (15‰)、Arque (3‰)、Orcoma (L)、		
切取延長	選定結果A 選定結果B	14,613m 14,652m	44.5 %
盛土延長	選定結果A・B共 15,252m		46.4 %
BOXトンネル	選定結果A・B共 1,380m 9箇所		4.2 %
山岳トンネル	選定結果A・B共 110m 1箇所		0.3 %
橋りょう	選定結果A 選定結果B	1,535m 76箇所 1,496m 76箇所	4.6 %
支障家屋数	選定結果A・B共 152 戸		
用地買収面積	選定結果A・B共	宅地 33,250 m <sup>2</sup> 田畑 99,200 m <sup>2</sup>	

なお、改良区間の最長橋りょうは Changolla L=243.60m である。

## 5. 需要予測

### 5-1 予測方法

#### (1) 予測フロー

図5-1 予測フローに示す4段階推計法により、旅客・貨物別に推計した。

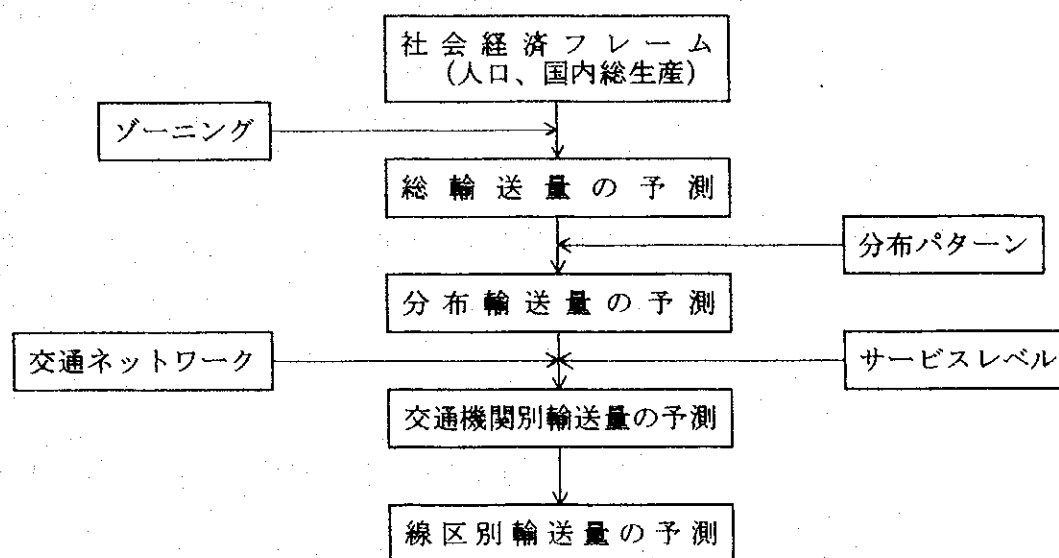


図5-1 輸送需要予測のフロー

(2) 予測年次；2000年、2010年、2020年

(3) 予測対象輸送機関

旅客； 鉄道、道路（バス）、航空 / 貨物； 鉄道、道路（トラック）

注：貨物輸送にせめる航空のシェアは極めて小さいので航空は貨物輸送の予測対象から除外した。

(4) 総輸送量の予測

旅客は人口一人当たりの年間発生トリップ数が将来においても一定とし、総旅客数は人口に比例するものとして予測した。現在の一人当たり年間発生トリップ数は鉄道、バス、航空を合わせて1.30トリップ/人・年である。

貨物は主要12品目について各州の生産量と消費量との差が州外への輸送の対象(発生量又は集中量)になるものとし、ボリヴィア全国での生産量と消費量との差はその品目の輸出量又は輸入量に等しいものと考えた。将来の貨物量は予測年次毎のPIB成長率に比例するものとした。

#### (5) 分布輸送量の予測

各ゾーンの発生・集中量と距離からまず重力モデルで分布輸送量を計算し、次いでフレーター法による収束計算によりOD表を作成した。

#### (6) 交通機関別輸送量の予測

交通機関別の表定速度と運賃を抵抗値とするロジットモデルにより各交通機関別の輸送量を計算した。

#### (7) 鉄道線区別輸送量の予測

(6)で求めた鉄道のゾーン間OD輸送量を経路に配分することにより、通過断面輸送量を予測した。

### 5-2 社会経済フレーム

ボリヴィア経済は1980年代前半にかつてない経済危機に直面し、空前のインフレーションを招いたものの、1985年に策定された新経済政策により急速に改善し、以後ゆるやかな成長へと転換した。最近の国内総生産(PIB)の推移は表5-1のとおりである。

需要予測のための社会経済フレームは1989年に中長期計画として立案された「社会経済開発戦略、1989~2000」における分野別PIB成長率予測を表5-1の近年の成長率実績により修正して表5-2のとおり設定した。また、将来人口は表5-2に示すように、1992年6月に実施された国勢調査をもとにINEが発表した将来予測値を適用した。



表5-1 国内総生産（PIB）の分野別推移

(単位：ボリビアーノ, 1980年固定価格)

部 門	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	
生産部門	農 牧 業	25,337	25,951	25,604	25,097	26,911	25,683	27,164
	石油・ガス	6,950	7,189	7,503	7,780	7,950	7,956	8,002
	鉱 業	5,401	7,617	9,545	10,560	11,358	10,975	11,655
	製 造 業	14,087	14,852	15,374	16,250	17,333	17,917	18,111
	建 設 業	2,637	3,019	3,218	3,297	3,364	3,855	4,012
	小 計 (%)	54,412 48.73	58,628 51.00	61,244 51.86	62,984 51.92	66,916 52.96	66,386 51.50	68,944 51.66
基礎サービス (%)	10,821 9.69	10,919 9.50	11,179 9.47	11,526 9.50	12,012 9.51	12,918 10.02	13,493 10.11	
その他サービス (%)	44,150 39.54	43,589 37.92	43,868 37.14	45,279 37.32	45,886 36.32	48,387 37.54	49,771 37.30	
輸入間接税 (%)	2,276 2.04	1,827 1.59	1,811 1.53	1,527 1.26	1,527 1.21	1,207 0.94	1,239 0.93	
総 計 (%)	111,659 100.00	114,963 100.00	118,102 100.00	121,316 100.00	126,341 100.00	128,896 100.00	133,447 100.00	

(注) 1987~1993：暫定値、1987：デノミネーション（10<sup>6</sup> ペソ=1ボリビアーノ）

表5-2 PIB成長率と将来人口予測値

(PIB成長率：%/年)

	1994	2000	2010	2020	
農 牧 業		3.4	1.9	1.9	
鉱業及び金属		11.1	6.2	6.2	
製 造 業		5.8	3.7	3.7	
石 油 類		8.0	4.5	4.5	
電気・ガス・水道		14.2	6.0	6.0	
交 通 運 輸		5.4	3.5	3.5	
建 設 業		5.8	4.6	4.6	
サ ー ビ ス		2.2	2.2	2.2	
国内総生産（PIB）		4.6	3.0	3.0	
人口	予測値（1000人）	7,414 *	8,329	10,229	12,193
	増加率（%/年）		2.35	2.08	1.77

(注) \*：1995年の予測値

### 5-3 ゾーニングおよび将来交通ネットワーク

#### (1) ゾーニング

ボリヴィア国内を18ゾーン（1州1ゾーンを基本。Santa Cruz州のみ広大なため10ゾーンに分割）、隣接国を4ゾーンとする合計22ゾーン。

#### (2) 将来交通ネットワーク

鉄道、道路は各年次別に整備状況を整理した。図5-2は2020年におけるネットワーク図である。航空については予測年次全てにおいて各州都間をダイレクト便が運航するものと設定した。

【鉄道】

【道路】

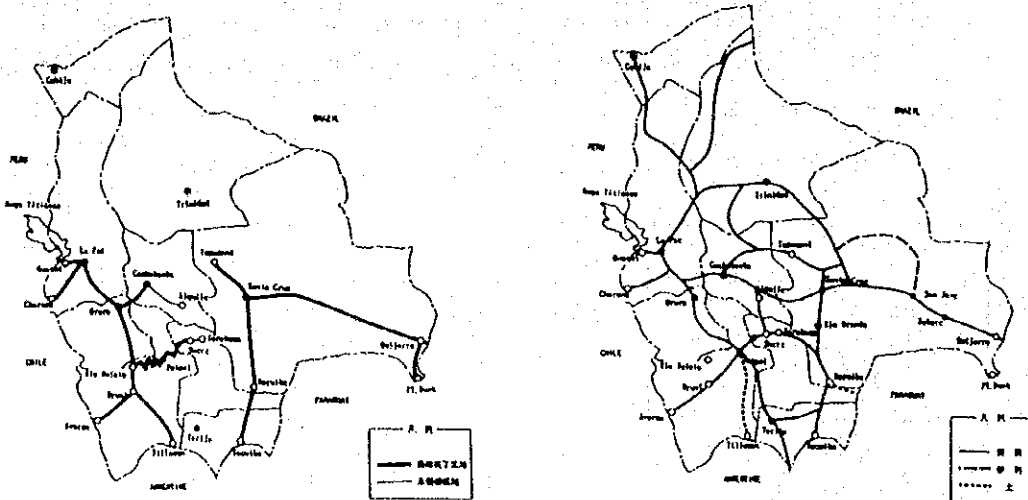


図5-2 2020年における交通ネットワーク図

5-4 サービスレベル (所要時間、運賃)

(1) 所要時間

1) 鉄道

鉄道の表定速度

(単位: km/h)

区 間	年 次	旅 客				貨 物			
		現行	2000	2010	2020	現行	2000	2010	2020
La Paz - Oruro		60	62	62	62	33	51	51	51
Oruro - Rio Mulato		57	57	62	62	25	25	52	52
Rio Mulato - Uyuni		47	62	62	62	32	53	53	53
Uyuni - Tupiza		35	35	62	62	26	26	41	41
Tupiza - Villazon		35	35	62	62	29	29	40	40
La Paz - Guaqui		49	49	49	65	26	26	26	44
La Paz - Charana		51	52	52	52	25	41	41	41
Oruro - Cochabamba		41	42	42	42	19	33	35	35
Cochabamba - Aiquile		21	21	21	21	22	22	22	22
Rio Mulato - Potosi		45	39	39	39	21	21	21	29
Potosi - Sucre		39	39	39	39	28	28	28	29
Uyuni - Avaroa		40	40	40	68	42	42	42	43
Santa Cruz - Quijarro		42	74	74	74	27	44	44	44
Santa Cruz - Yacuiba		43	43	74	74	29	29	38	38
Santa Cruz - Yapacani		-	-	-	-	22	22	22	22

2) 道路

道路輸送による所要時間の算出根拠データ

	平均走行速度 (km/h)				休憩時間	貨物(トラック)の積替時間 (h)			
	地 形	舗装	砂利	土		駅 名	2000	2010	2020
バス	高地	80	50	40	15分/走行1時間	Santa Cruz	8	8	8
	山岳部	45	35	25		Cochabamba	8	8	8
	低地	80	60	40					
トラック	高地	60	45	30	10分/走行1時間 更に1時間/走行4時間 更に1時間/走行8時間 更に8時間/走行12時間	Tupiza	36	36	8
	山岳部	40	30	20		Villa Monte	36	36	8
	低地	60	45	30					

3) 航空

航空輸送の所要時間

飛行時間 (h)	アクセス時間 (h)	待ち時間 (h)
$0.00108 \times L + 0.293$ L: 距離 (km)	1.0	1.5

(2) 運 賃

1) 鉄 道

1人当たりの旅客運賃 (ドル) =  $0.00950 \times L \text{ (km)} + 0.0058$

1トン当たりの貨物運賃 (ドル) =  $\{0.0491 \times L \text{ (km)} + 4.62\} \times 0.9$

2) 道 路

1人当たりのバス運賃 (ドル) =  $0.0245 \times L \text{ (km)} - 1.95$

1トン当たりのトラック運賃 (ドル) =  $0.0491 \times L \text{ (km)} + 4.62$

3) 航 空

1人当たりの旅客運賃 (ドル) =  $0.0922 \times L \text{ (km)} + 9.241$

5-5 需要予測結果

各交通機関別の将来輸送量及びシェアの変化を図5-3、4に示す。鉄道の旅客シェアは現状より10~11%と若干伸びる。一方貨物については40~50%のシェアを維持し、全輸送を道路とほぼ2分するが、鉄道の貨物は輸出入貨物が90%をしめている。なお、鉄道旅客及び貨物の断面輸送量を図5-5、6に示す。

Oruro ~ Cochabamba間の鉄道輸送量を表5-3に示す。2020年においては旅客は現状の4倍強、貨物は6倍に増大する。もし本区間を改善しない場合(without)はその効果は約80%に低下するものと予想される。

表5-3 Oruro・Cochabamba 断面の鉄道輸送量

		1993年 実 績	with			without		
			2000年	2010年	2020年	2000年	2010年	2020年
旅客輸 送入 量年	Oruro→ Cochabamba	21,530	56,268	77,800	92,789	49,628	65,897	77,200
	Cochabamba →Oruro	21,135	57,601	78,406	92,563	51,610	67,116	71,551
	計	42,665	113,869	156,206	185,352	101,238 (88.9)	133,013 (85.2)	148,751 (80.3)
貨物輸 送量年	Oruro→ Cochabamba	75.5	178.3	269.4	399.3	157.2	228.2	332.1
	Cochabamba →Oruro	124.5	563.9	779.7	989.8	505.5	638.4	807.4
	計	200.0	742.2	1049.1	1389.1	606.7 (89.3)	866.6 (82.6)	1139.5 (82.0)

( ) : withに対する割合、%

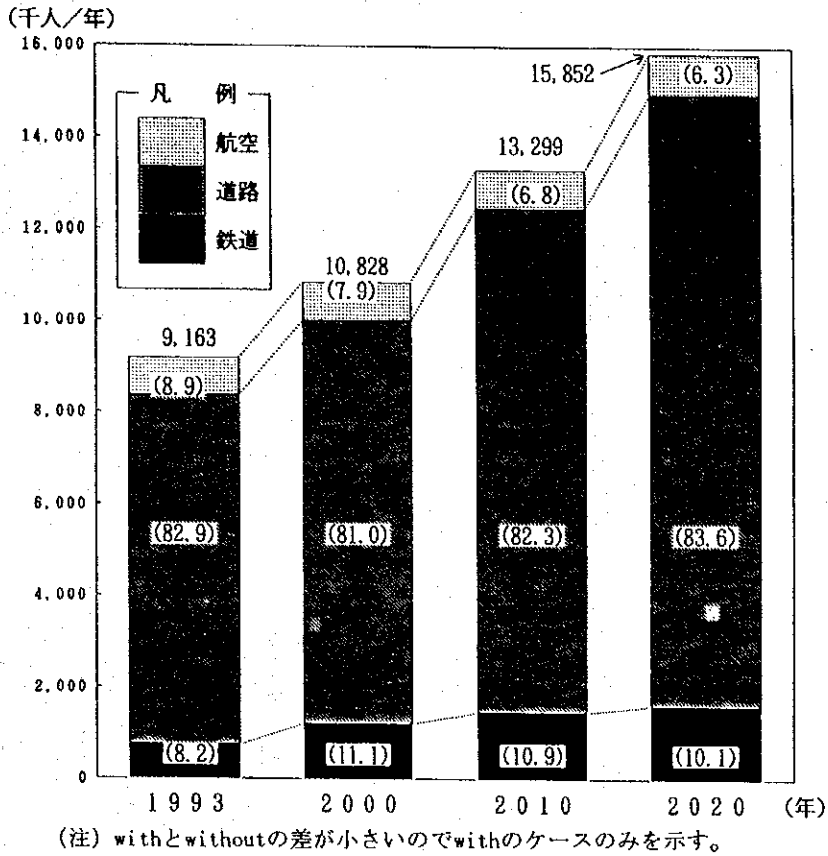


図5-3 年次別旅客輸送量の予測結果

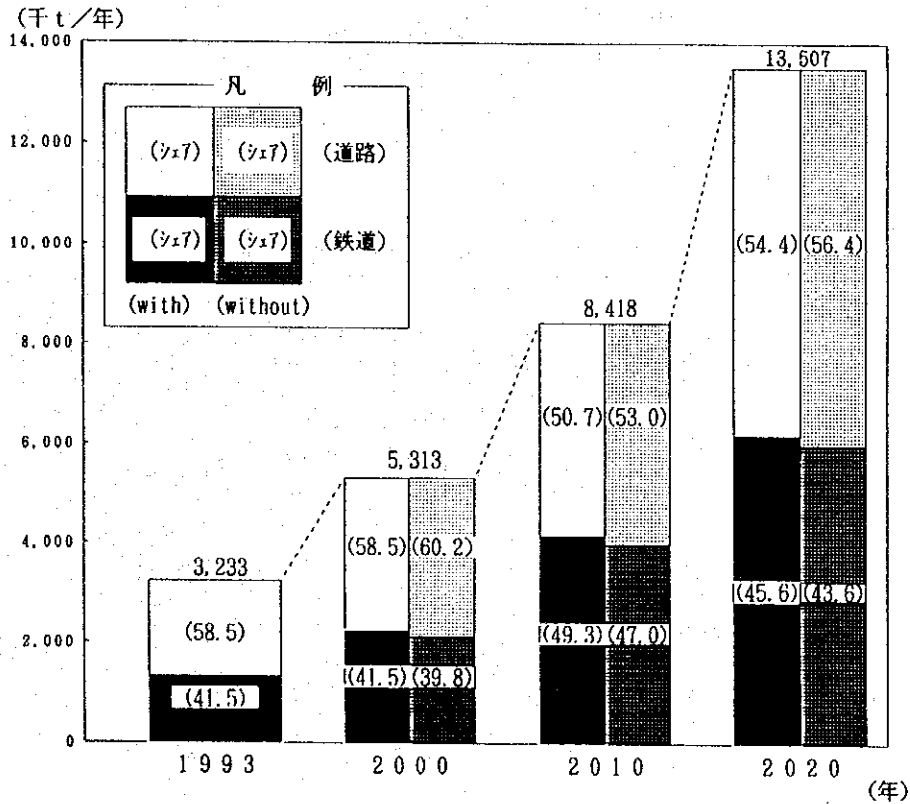


図5-4 年次別貨物輸送量の予測結果

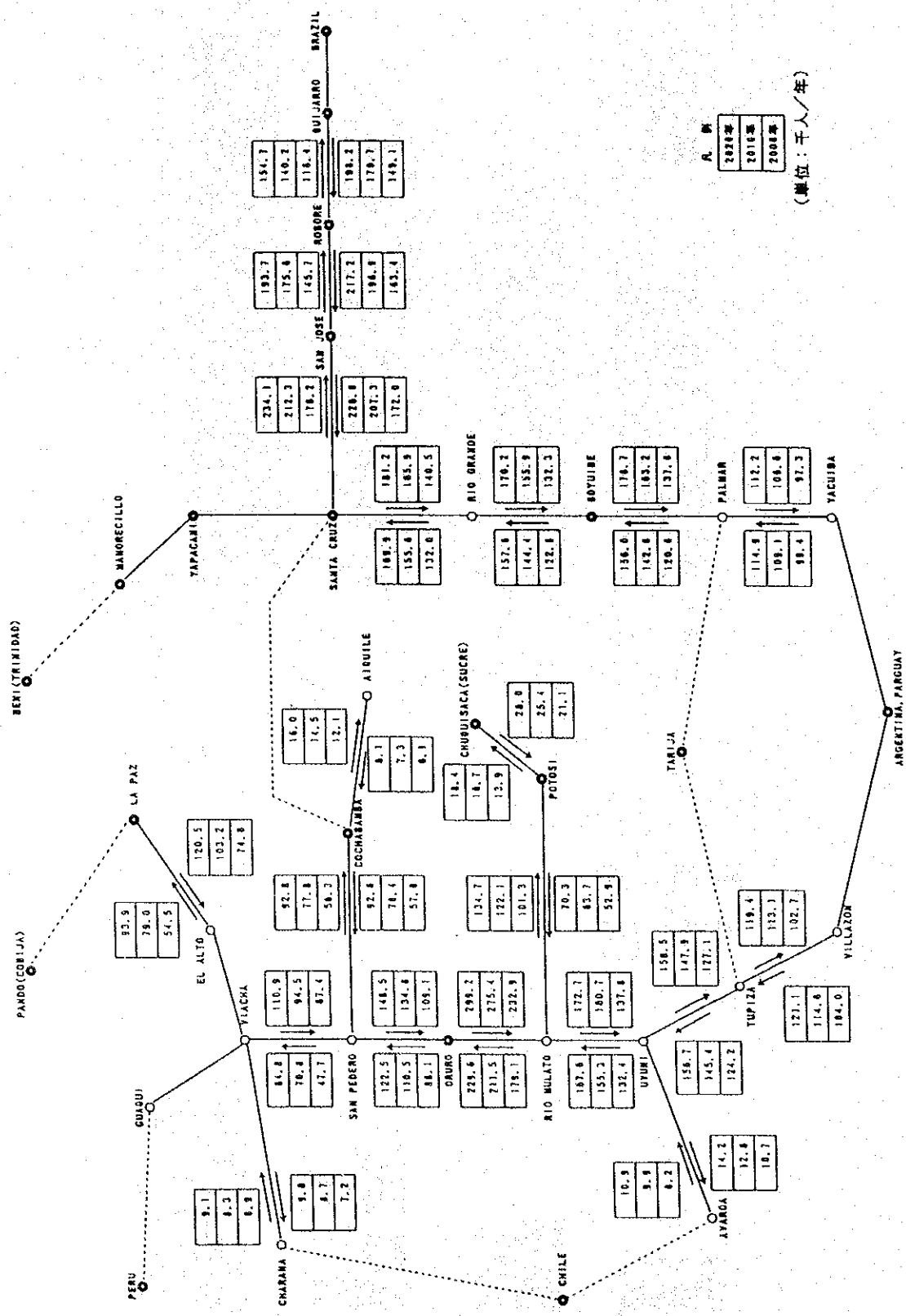


图 5-5 铁道旅客断面输送量 [with]



## 6. 輸 送 計 画

### 6-1 輸送計画策定の考え方と基本条件

輸送業務は安全の確保が必須条件であり、災害、事故による運休、遅延のない輸送の提供によって、旅客、荷主の信頼を得てはじめて需要も喚起される。計画の実施にあたっては要員、車両等の効率的な運用など能率の向上が必要である。

- (1) 列車の最高速度は、Oruro・San Pedro間旅客95 km/h、貨物75 km/h、San Pedro・Cochabamba間旅客80 km/h、貨物65 km/hとする。
- (2) 運転保安方式は現状の「票式」のままとする。現在 San Pedro・Tolapalca 間にある許容閉塞区間を絶対閉塞区間に改める。
- (3) Cona Cona 駅に行違設備を新設し、一方Changolla 駅及びHiguerani 駅の行違設備を撤去する。これによってこの区間の線路容量の最低は9から23に向上する。

### 6-2 輸送計画

#### (1) 旅客列車

旅客の利便を図り需要を喚起するために、DCによる急行列車、普通列車（各駅停車）を1日に各1往復ずつ設定する。急行列車は、旅客の流動に合わせ、Oruro 経由のLa Paz・Cochabamba間の通し運転とする。普通列車はOruro・Cochabamba間運転とする。輸送量の増大にしたがい、編成両数を増加させる。設定の概要を表6-1に示す。



表6-1 旅客列車設定計画

列車種別	設定輸送力 (片道)								
	2000年			2010年			2020年		
	編成両数	座席数	年間輸送力	編成両数	座席数	年間輸送力	編成両数	座席数	年間輸送力
急行	3	164	42千人	4	228	58千人	4	228	58千人
普通	2	120	31千人	2	120	31千人	3	184	47千人
計	5	284	73千人	6	348	89千人	7	412	105千人
需要予測	下り	56,268人		下り	77,800人		下り	92,789人	
	上り	57,601人		上り	78,406人		上り	92,563人	

(2) 貨物列車

貨物列車はOruro・Cochabamba間を通して直行貨物列車として運転する。1000形DELで、上りは600トン牽引とし、勾配区間である Buen Retiro・La Cumbre 間のみ重連運転とする。下り列車は800トン牽引まで可能である。表6-2に列車設定計画を示す。

表6-2 貨物列車設定計画

上下別	一列車当たり輸送力			年間輸送可能トン数					
	牽引定数	平均牽引両数	一列車輸送トン数	2000年		2010年		2020年	
				列車本数	年間輸送力	列車本数	年間輸送力	列車本数	年間輸送力
上り	600t	13.3	360t	5	657千ト	6	788千ト	8	1,051千ト
下り	800t	18	420t	5	767千ト	6	921千ト	8	1,228千ト
需要	Cochabamba→Oruro			563,878ト		779,737ト		989,780ト	
予測	Oruro→Cochabamba			178,274ト		269,408ト		399,342ト	

図6-1に2020年列車ダイヤ(案)の一例を示す。

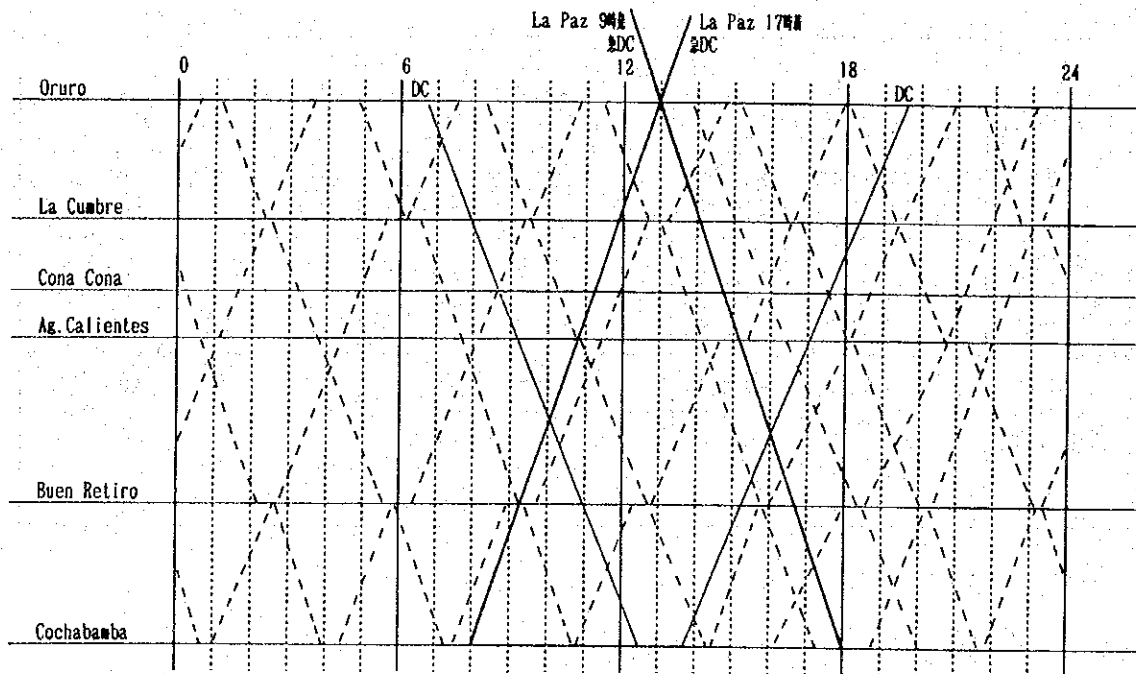


図6-1 2020年列車ダイヤ(案)

運転時分及び表定速度を表6-3に示す。貨物列車は2000年時点で一部徐行区間が残るが、工事完成の2005年には徐行はすべて解消する。

表6-3 Oruro・Cochabamba間運転時分、表定速度

列車種別		上下別	運転時分 時:分	停車時分 分	到達時分 時:分	表定速度 km/h
旅客列車	急行	下り	4:53	7	5:00	42.2
		上り	4:52	6	4:58	42.4
	普通	下り	4:57	26	5:23	39.2
		上り	5:07	50	5:57	35.4
貨物列車	2005年	下り	5:14	38	5:52	35.9
	工事完成時	上り	5:30	42	6:12	34.0
	2000年	下り	5:33	46	6:19	33.4
	一部徐行時	上り	5:47	52	6:39	31.7

注：停車駅は急行3駅、普通21駅、貨物列車はLa Cumbre及びBuen Retiro等で停車する。

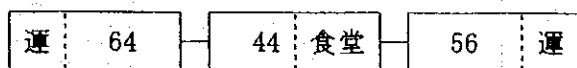
## 6-3 車両計画

### (1) 車両計画

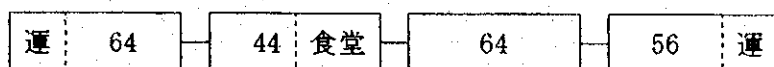
#### 1) 気動車

全車両動力車とし、編成の両端に運転台を備えたものとする。図6-2にその概要を示す。

急行列車3両編成 (座席数164)



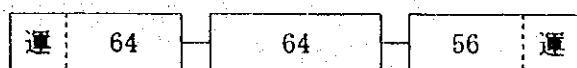
急行列車4両編成 (座席数228)



普通列車2両編成 (座席数120)



普通列車3両編成 (座席数184)



凡例

運：運転台

数字は座席数を示す

図6-2 気動車編成概要

#### 2) 機関車

1000形DE Lを使用する。なお、重連運転時には総括制御する。

#### 3) 貨車

現在、西部局で使用している車種と同等の貨車を使用する。

### (2) 必要車両数及び車両増備計画

Oruro・Cochabamba間に充当する車両、及びその増備数、投資額を表6-4に示す。これらの車両は本来西部局全体で運用されるものであり、今後、使用効率の向上、検査、修繕の適正化により新製両数の削減が可能である。ENFEとしては、老朽車両の取り替え、検査、修繕の効率化等を考慮した別途のプロジェクトにより、車両の問題に早急に取り組まれることがのぞましい。

表6-4 Oruro・Cochabamba 間充当車両、増備両数、投資額

年	充 当 両 数			増 備 両 数			投資額
	機関車	気動車	貨 車	機関車	気動車	貨車	US千ドル
1992	3	5	284 (254)				
2000	9	6	650 (552)	6	1	298	27,120
2005	10	6	901 (766)	1		214	10,960
2008	10	7	901 (766)		1		800
2011	11	7	957 (871)	1		105	6,600
2017	13	7	1,148 (976)	2		105	9,000
2018	13	8	1,148 (976)		1		800
増 備 両 数 計				10	3	722	
単 価 (US千ドル)				2,400	800	40	
投 資 額 (US千ドル)				24,000	2,400	28,880	55,280

注：充当両数 貨車の欄（ ）は私有貨車を除いた両数

## 7. 施 設 計 画

### 7-1 諸 標 準

施設計画にあたって使用した標準は以下の通りである。

- 建築限界 図7-1に示す通り
- 車両限界 図7-1に示す通り
- 施工基面幅 5.20m (図7-2)
- 列車荷重 Cooper E-40 (図7-3)

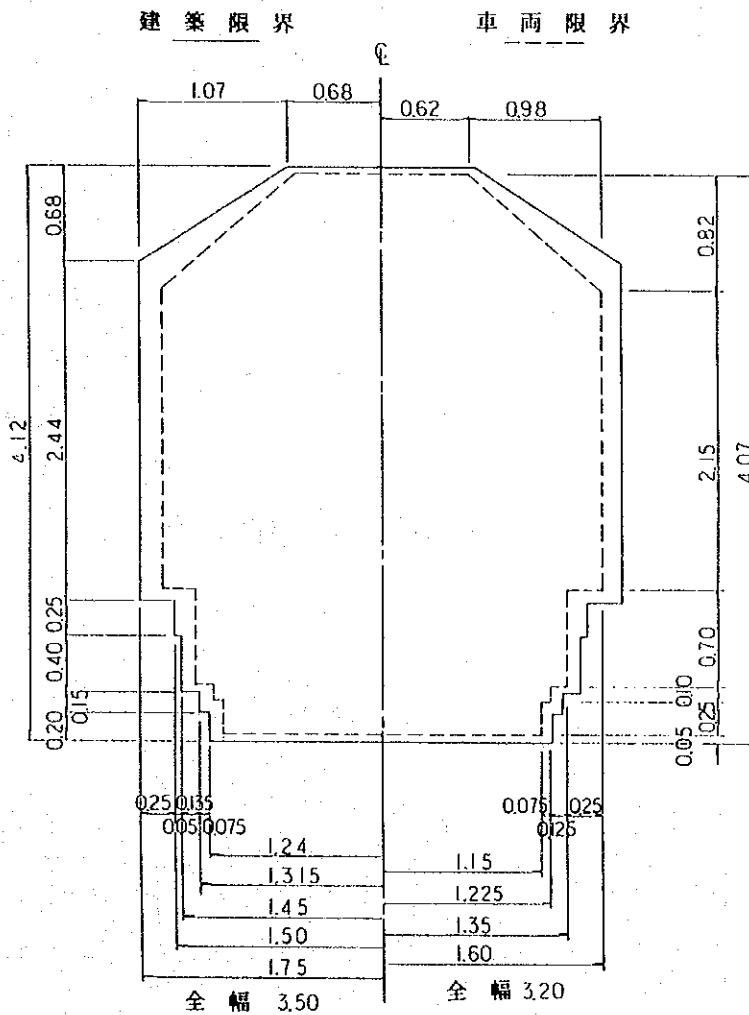
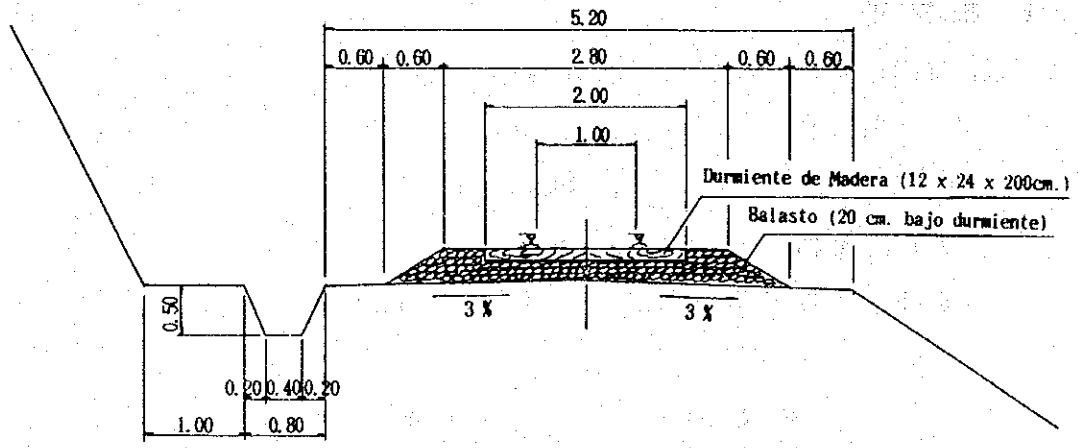


図7-1 建築限界、車両限界 (単位：m)



注) 曲線半径  $R \leq 200$  m には、  
軌間保持のためにタイプレ  
ートを設置する。

図 7-2 路 盤 構 造 図 (単位: m)

(COOPER E-40)

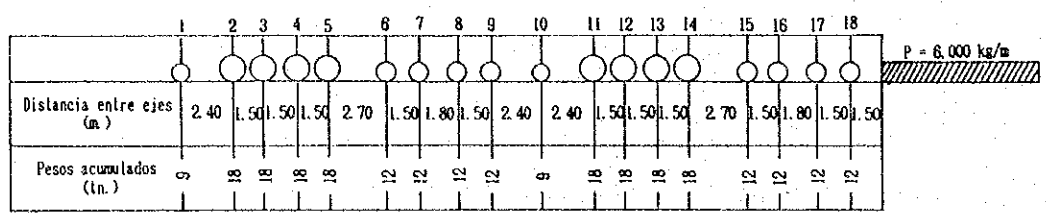


図 7-3 列 車 荷 重 図

## 7-2 構造物

構造物の計画にあたっては、カウンターパートとの現地踏査および協議の結果を反映させるとともに、安全性、経済性、施工性、保守性等に十分配慮した。基本的には、ENFEが十分な施工経験をもつ土構造物（切取、盛土）を主体に計画し、沢の横断カ所においては線路と地盤との高低差に応じて橋梁とボックストンネルを計画した。また、切取りが大規模となる箇所においては、地盤の状態を調査した上で、山岳トンネルを計画した。

### (1) 土構造物

#### 1) 切取区間

切取の法面勾配は、地質条件により変化させるものとし、頁岩の場合は $1:0.2$ 、崖推地帯の場合は $1:0.5$ を標準とした。

#### 2) 盛土区間

盛土の法面勾配は、主に盛土材料により左右されるが、ここでは切取り区間より発生する土砂および河川堆積物を盛土材料に利用することとし、盛土高が $9\text{m}$ までは $1:1.5$ 、 $9\text{m}$ 以上の場合は高さに応じて順次緩くすることを標準とした。また、法面崩壊を防ぐため犬走り $1.5\text{m}$ を考慮した。

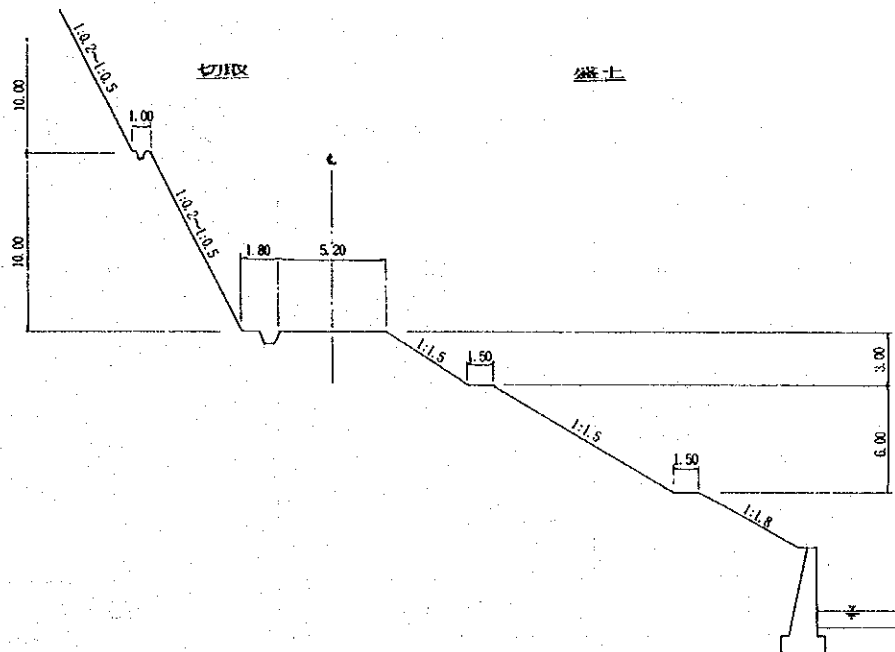


図7-4 切取・盛土の標準断面図（単位：m）

## (2) 橋 梁

橋梁の鉄桁については、既存桁を積極的に採用することで工事費の低減を図ることとした。既存桁はCochabamba線でルート変更した後に発生する桁、Yapacani線の不通線区において将来とも開通する見込みのない線区の桁、および現在 Oruro等に保管された桁である。ただし、Yapacani線の既存桁については、転用できるかどうか現時点では不明確であるため、転用する場合と転用しない場合の2ケースについて検討した。

### 1) 既存桁の転用

転用桁と新桁の桁数及び全桁数に対する転用桁の割合は表7-1の通りである。

表7-1 転用桁の桁数と割合

	桁 数			転用桁の割合 (%)
	転用桁	新 桁	合 計	
Yapacani線の桁を転用する場合	73	7	80	91
Yapacani線の桁を転用しない場合	52	28	80	65

### 2) 橋長別分類

橋梁を橋長別に分類すると表7-2の通りである。

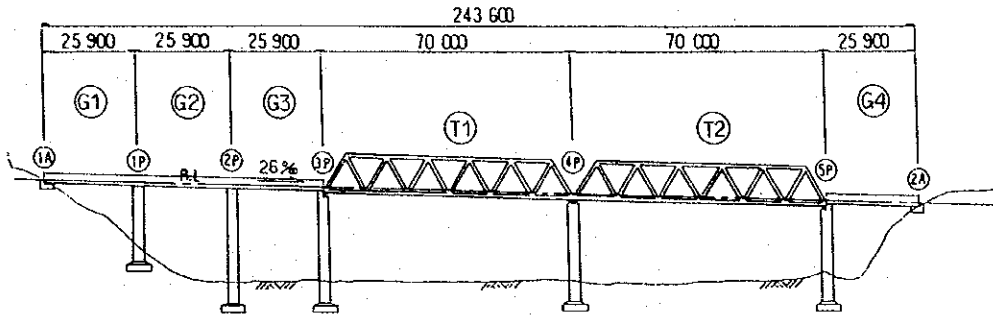
表7-2 橋 長 別 分 類

橋 長	橋 梁 数	
	Yapacani線の桁を転用する場合	Yapacani線の桁を転用しない場合
$L \leq 10m$	43	52
$10m < L \leq 20m$	12	10
$20m < L \leq 30m$	15	8
$30m < L \leq 50m$	1	1
$50m < L \leq 100m$	2	2
$100m < L \leq 200m$	2	1
$200m < L \leq 250m$	1	2
計	76	76

なお、最長橋梁となるRIO CHANGOLLA 橋梁一般図を図7-5に示す。ただし、改良計画区間⑤において、ENFE計画中の橋梁(8箇所)を含む。



縦断図



平面図

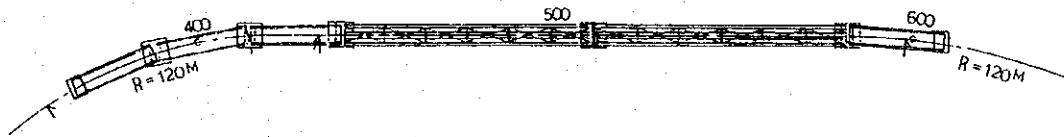


図7-5 RIO CHANGOLLA橋梁一般図

(3) トンネル

トンネルは、地盤の状態と土被り厚に応じてボックストンネルと山岳トンネルを計画した。これらをトンネル延長別に分類すると表7-3の通りである。

表7-3 トンネル延長別分類

トンネル延長	トンネル数	
	ボックストンネル	山岳トンネル
$L \leq 50\text{m}$	2	—
$50\text{m} < L \leq 100\text{m}$	2	—
$100\text{m} < L \leq 150\text{m}$	2	1
$150\text{m} < L \leq 200\text{m}$	1	—
$200\text{m} < L \leq 300\text{m}$	1	—
$300\text{m} < L \leq 400\text{m}$	1	—
計	9	1

なお、トンネルの標準断面図を図7-6、図7-7に示す。

トンネル標準断面は、片側に保守用通路(70cm)を確保する。

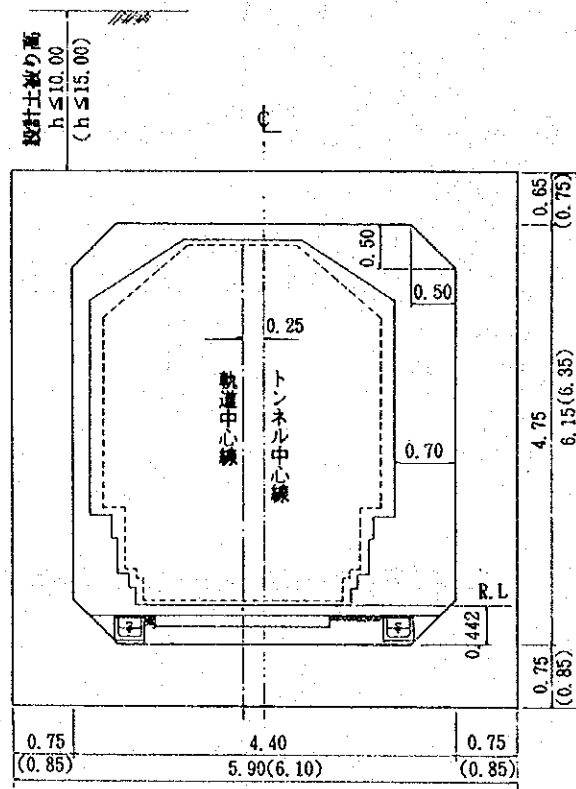


図7-6 ボックストーンネル標準断面図

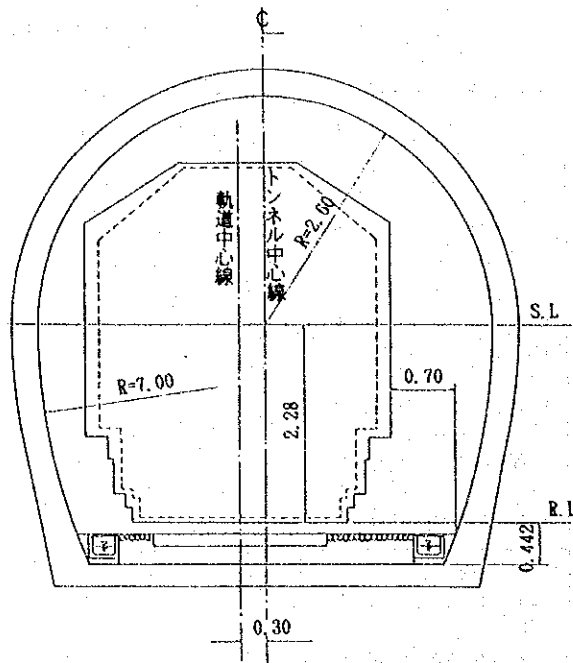


図7-7 山岳トンネル標準断面図

### 7-3 軌道

Oruro ~Cochabamba間の線路は、La Paz~Oruro 間のOruro駅から1駅手前のSan Pedro 駅を起点に、途中災害多発区間であるAguas Calientes 駅(85k364m)からIrpaIrpa駅(140k 928m)を通ってCochabamba駅(204k850m)に至りその後Aiquile(419k649m)までの路線である。

#### (1) 軌道状況

軌道整備状態は、災害多発区間を除けば、現行の列車運行になんとか耐えているが、列車運行の安定を図るためにも土道床のバラスト化を推進する必要がある。

災害多発区間以外にも河川沿いの区間で、河床の上昇による線路浸水で軟弱路盤化したり、流水により護岸が崩壊の危険に晒されている区間もある。

1990~1993年において、オルロ・コチャバンバ間における施設関係の設備が原因で起こった列車等の事故を箇所別にまとめると図7-8に示す通りである。今回のルート変更区間に多く集中しているが、66~80 km及び145~153kmの区間で事故数が多くなっている。これらの区間は山間区間であり線形もまだきびしいこともあり、事故が多発しているものと思われる。

#### (2) 線路保守

Oruro・Cochabamba 間の線路は、Oruro 保線区が85kmまでとCochabambaから先Tin Tin までをParotani保線区が保守を担当している。西部局全体からみると災害線区を抱えているため、多めの要員が配置されてはいるが、保守軌道延長に対する要員は0.22~0.25人/kmと非常に少ない配置となっている。

軌道保守方法は、従来のにたよった整備方法が主流となっており、軌道整備に使用している機器類も旧来の物が多く使用されている。軌道測定機器も新しい物が導入されてはいるが、一部の技術者が試みに使用した程度で、実際に直接現場で保守を担当している作業員に理解されていないのが現実である。この様な現状を早急に改善するために、線路保守の近代化が必要である。特に線路作業員の保守技術の向上及び外注業者の育成が急務である。鉄道技術先進国から線路保守の専門家を受け入れて、近代化を推進することを望む。

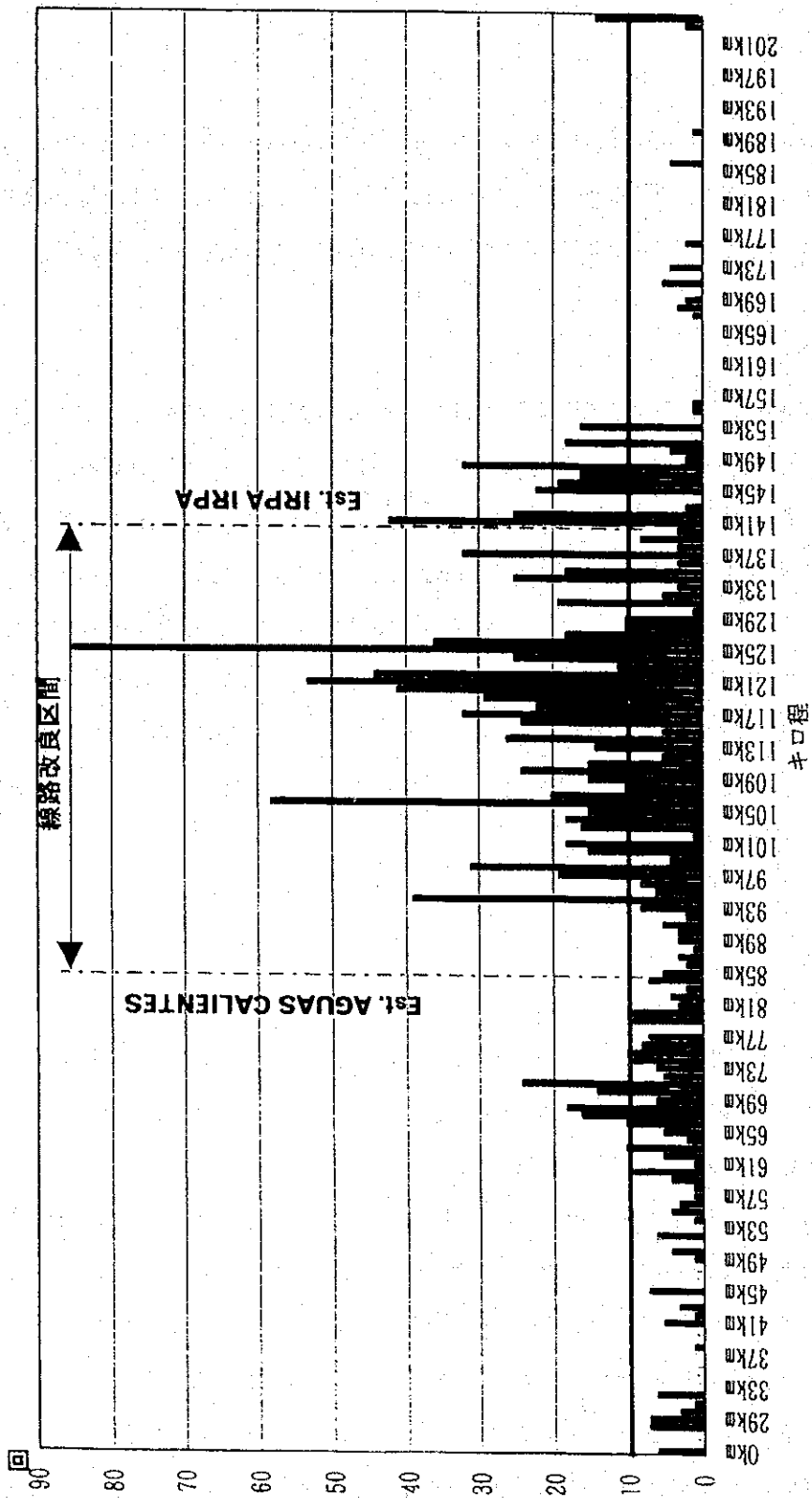


図 7-8 災害・線路故障合計回数 (1993~93) (San Pedro - Cochabamba間)

(3) 軌道整備計画

今回のルート変更等を行うAgua Calientes・Irpa Irpa間約55km及びこの区間以外で脱線等の事故が多発している区間約14kmについて、表7-4に示す基準に基づいた軌道構造で整備を行う計画とした。Agua Calientes・Irpa Irpa間以外で事故等が多発している区間を表7-5に示す。

表7-4 軌道構造基準

項目	内容
レール種別	75Lb/Yard 以上
分岐器	8#以上 (普通分岐器)
枕木種別及び本数	木枕木 一般区間 1,500本/km 曲線区間 1,567本/km (R≤600m)
道床種別及び厚さ	砕石 厚さ 200mm 以上

表7-5 事故等多発区間

区間	線路延長	発生件数
63~64km	1 km	10 件
66~69km	3 km	46 件
70~72km	2 km	38 件
(改良区間)	(55 km)	(974 件)
141~143km	2 km	67 件
145~149km	4 km	103 件
151~152km	1 km	18 件
153~154km	1 km	23 件
計	14 km	305 件

(4) 軌道等整備機械の計画

現在の軌道構造は、土道床でありバラスト道床に対応した軌道保守用機械は配置されていない。今回の整備に伴って Oruro保線区のCochabamba線の保守を担当しているグループとParotani保線区の線路保守グループに表7-6に示す機器を投入する。また、線路改善が完成したとしても災害がなくなる訳ではなく、毎年雨期には土石流が線路及び橋梁の下、ボックストンネルの上に押し寄せて来ることが予想されるため、これら構造物を維持していくために、大型の土砂排除機械を投入しておく必要がある。

表7-6 保守用機械器具投入計画

機器名	形式	Oruro 保線区	Parotani保線区	記事
スクラムバ 伐緊解機	油圧式	2 台	4 台	発動機付
レール切断機	電動式	1 台	2 台	発電機付
レール穴明機	〃	1 台	2 台	〃
レール溶接機	テルミット	1 組	2 組	
タイタンパー	4 丁組	2 組	4 組	発電機付
ブルドーザ	CAT D7G		5 台	
タイヤトラックター	CAT 814		2 台	
ショベル	CAT 966		2 台	

## 7-4 停車場

### (1) 停車場の改良計画

今回改善を行う Aguas Calientes・Irpa Irpa 間では、建設当初からの設備が動力の変更が行われているにも関わらず、設備変更改良が行われていない。今後必要としない設備は全て廃止することで計画する。

停車場構内の線路有効長は、輸送計画から最低300mが必要であり、現在運転取り扱いを行っている駅ではほぼ満足している。ルート変更等を実施する Aguas Calientes・Irpa Irpa 間では駅位置の変更及びルート選定上廃止せざるを得ない駅もある。行き違い設備を廃止する駅は、Changolla と Higuera 駅である。

Aguas Calientes・Irpa Irpa 間の各駅改良計画略図を図7-9に示す。

### (2) Cona Cona 駅の改良

San Pedro・Cochabamba 間で線路容量が不足している La Cumbre～Aguas Calientes 間のほぼ中間に位置する Cona Cona 駅は行き違い可能な設備に改良し San Pedro・Cochabamba 間の輸送力を確保することにする。

改良計画略図を図7-10に示す。

### (3) インターモダル設備

西部路線と東部路線が接続されていない現在、両路線を自動車交通で接続して一貫した貨物輸送を行うために、Cochabamba 駅と Santa Cruz 駅 (Guaracachi) に貨物積み替え専用設備の設置が進められている。Cochabamba 駅は今回機関区が廃止となったため、各貨物設備の配置を変更することで検討した。図7-11に改良計画案略図を示す。

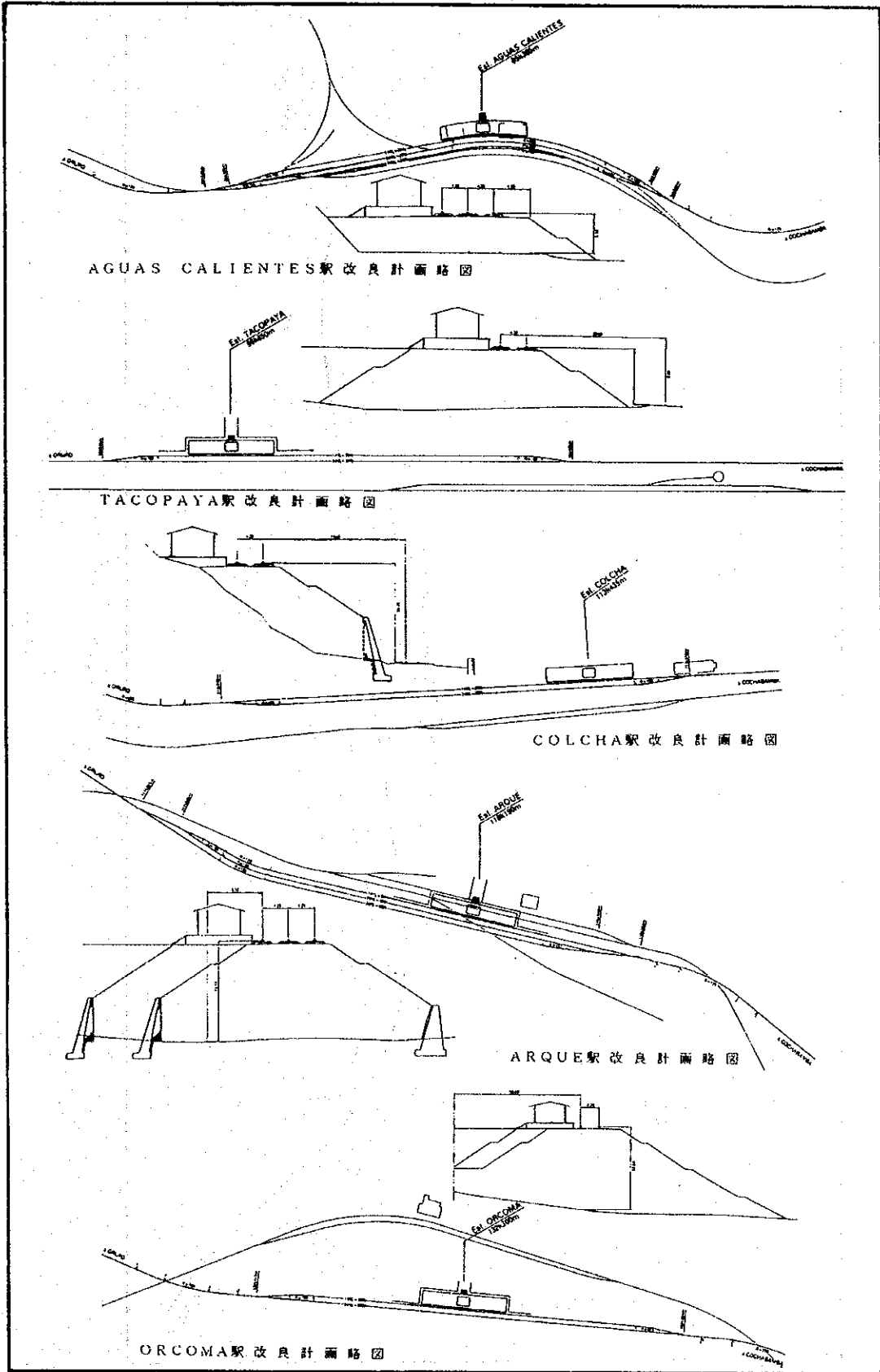


图7-9 各 站 改 良 计 画 略 图





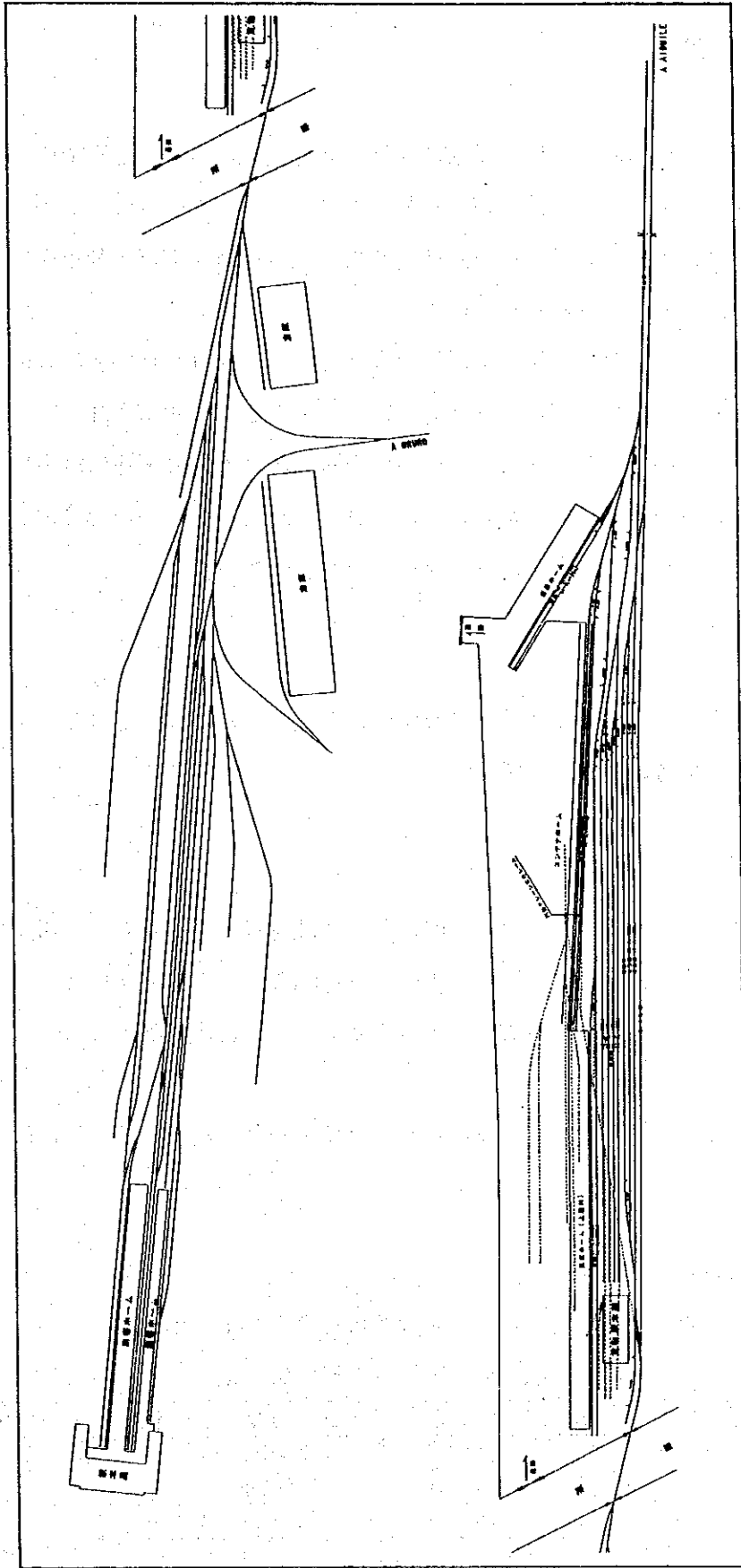


図 7 - 1 1 COCHABAMBA 駅構内 (INTERMODAL 設備) 配線略図

## 7-5 信号・通信設備

Oruro ~Cochabamba間において信号設備はほとんど皆無であるが、各駅構内には転てつ器の開閉方向を示す標識、また、踏切道には踏切を示す標識が設置されている。

通信設備は、裸通信線、HF無線通信設備を基軸とする通信設備が、列車運転のための保安設備、情報連絡設備として使われている。

現在Oruro ~Cochabamba間の各駅には、世銀の協力によりVHF無線通信設備の新設計画が進められており、これらは主として列車無線システムとして使用される。

改良計画区間であるAgua Calientes ~IrpaIrpa間における信号・通信設備は、当該線区の列車運転頻度、設備の使用頻度を考えると、現状の設備で列車の運行管理が十分可能であるため、ここではルート変更に伴う支障移転のみ計画する。

### (1) 標 識

ルート変更をしない区間においては現状のままとし、ルート変更区間においては各駅構内の転てつ標識の支障移転等を行う。

### (2) 通信設備

通信設備は、ルート変更をしない区間においては現状の通信設備を使用するものとし、ルート変更区間においては裸通信線の支障移転等を行う。裸通信線の支障移転にあたっては、将来にわたり土石流等の災害を受けにくく、保守管理のしやすいよう考慮する。

この場合の裸通信線ルートは、原則として改良後の路線沿いに、地形に沿った山側を基本とする。

### (3) 信号・通信設備の支障移転数量

ルート変更区間における支障移転の設備数量を表7-7に示す。

表7-7 支 障 移 転 数 量

設 備 名	設 備 内 訳	数 量	備 考
信 号 設 備	転 て つ 標 識	17組	
通 信 設 備	裸 通 信 線	35.5 km	
	電 話 機	20個	

## 8. 管理運営計画

### 8-1 組織・要員

#### (1) 組織

ENFEの組織は本社、西部局、東部局から構成されている。本社の役員会はENFE全体の施策を決定し、西部局および東部局は、分権化した実施機関として業務を遂行しているが、本社組織を見ると、各専門分野系統別の管理部門が西部局との間で明確になっていない。

これは、ENFE成立の歴史的経緯や、本社、西部局がLa Pazに所在すること等止むを得ない一面もあるが、本社組織として、簡素で機能的な系統別管理部門を確立して、ENFE全体を円滑に管理運営する必要がある。

#### (2) 要員

ENFEの職員は1990年の7,190人をピークとして急激な減少に転じ、1993年には5,254人と、3年間で全体の4分の1を超える大幅な削減が達成された。これを1992、1993の両年について東部局、西部局ごとに、部門別の増減を見たのが、表8-1である。

表8-1 部門別ENFE職員数の推移

(年平均)

局 部門 \ 年	西部局			東部局		
	1992年	1993年	増減	1992年	1993年	増減
一般管理部門	544.4	494.6	-49.8	258.6	263.6	5.0
同 比 率	14.8%	14.5%		13.8%	14.3%	
現業部門	3,126.3	2,920.4	-205.9	1,611.1	1,575.0	-36.0
同 比 率	85.2%	85.5%		86.2%	85.7%	
両部門計	3,670.7	3,415.0	-255.7	1,869.6	1,838.6	-31.0
全社計				5,540.3	5,253.6	-286.6

東部局は西部局より削減率が低く、一般管理部門はわずかながら増員となっている。もちろん、これをもって直ちに人員削減の内容を評価は出来ないが、少な

くともENFEの一般管理部門要員数の比率が全職員の14%を超えるのは、本邦大手民鉄の実績と比較して、やや過大の感を免れない。

## 8-2 管理運営費

### (1) 費目と原単位の設定

管理運営費は次の8費目に分け、各費目ごとに最も適正と考えられる単位を設定して算出する。各項目は人件費と物件費に区分し、人件費については必要な職員数を、物件費についてはそれぞれ以下の各単位を使用するものとする。

- |               |               |
|---------------|---------------|
| ① 一般管理費： 職員数  | ⑤ 通信保守費： 列車キロ |
| ② 保守管理費： 車両キロ | ⑥ 車両保守費： 車両キロ |
| ③ 輸送管理費： 輸送量  | ⑦ 運輸費： 輸送量    |
| ④ 線路保守費： 車両キロ | ⑧ 運転費： 車両キロ   |

### (2) 管理運営費の算定

輸送計画、要員計画および原単位から管理運営費を算定する。改良工事実施後のOruro・Cochabamba間に必要な要員数は表8-2のとおりである。

また、設定した原単位を表8-3に、管理運営費の算定結果を表8-4に示す。

表8-2 要員計画

年次	2000年	2010年	2020年
現業部門	433	465	481
一般管理部門	49	52	54
合計	482	517	535

表8-3 原 単 位

(単位：ポリビアーノ)

費目	原単位
人件費	20,257 /人 (職員数)
物件費 一般管理費	15,607 /人 (職員数)
保守管理費	0.096 /和 (車両和)
輸送管理費	2.723 /千人トンキロ (輸送量)
線路保守費 (2000年) (2010年以降)	0.055 /和 (車両和) 0.045 /和 (車両和)
通信保守費	0.069 /和 (列車和)
車両保守費	0.174 /和 (車両和)
運輸費	5.368 /千人トンキロ (輸送量)
運転費	0.453 /和 (車両和)

表8-4 管 理 運 営 費

(単位：千ポリビアーノ)

項 目	年 次	2000年	2010年	2020年
職員数 (人)		482	517	535
輸送量 (千人トンキロ)		176,829	249,120	326,001
車両キロ (千キロ)		11,960	14,379	19,018
列車キロ (千キロ)		1,077	1,231	1,539
人件費		9,764	10,473	10,838
物件費 一般管理費		7,522	8,069	8,350
保守管理費		1,152	1,385	1,832
輸送管理費		482	678	888
線路保守費		660	641	848
通信保守費		75	86	107
車両保守費		2,078	2,498	3,304
運輸費		949	1,337	1,750
運転費		5,412	6,507	8,606
物件費計		18,330	21,201	25,684
合計		28,094	31,674	36,522

## 8-3 教 育 ・ 訓 練

本改善計画の施工を円滑に遂行し、工事完成後の運営に支障が生じないようにするためには、各部門別に以下のような教育・訓練を実施する必要がある。

## (1) 運 輸

現在ENFEの最大の問題点は脱線等運転事故が多いことであり、当面安全教育、技術教育の実施が緊急かつ不可欠である。また、VHF無線の取り扱い方およびこれによる情報連絡体制を確立し、これに習熟させることが必要である。

## (2) 施 設

現在のENFEの軌道管理状況では満足出来るものでなく、この状況を改善するためには、早急に軌道整備基準や作業方法・手順等を整備し、現場指導者の教育を徹底して行い、現場保守作業に反映させる必要がある。

また、構造物においても現状の把握が殆どなされていないことで起こる事故等で列車運行に支障をきたしている。個々の構造物毎に施工の記録を含めた台帳等を作成、保管するなど、今後の構造物維持管理の基礎データを整備することが望まれる。

## 9. 事業実施計画

### 9-1 投資額

#### (1) 投資額算出の前提条件

投資額の算出に当たっては、以下の項目を前提として算出した。

① 投資額はA・B二つのケースについて算出する。

・投資額A：YAPACANI線より鋼桁（約W=1,300ton）をENFE直轄工事により回収し、当工事に転用するものとして、その回収費、運送費を見込む。

・投資額B：YAPACANI線の鋼桁回収が不可能な場合、全数新桁として製作費を見込む。

② 工事費は、内貨、外貨に区分し、全て米ドルで算出する。

③ 工事費は、各工事項目毎に労務費、材料費（機械損料を含む）、諸経費等で構成する。

④ 工事費は、1994年9月現在の価格として算出し、物価上昇分は見込まない。

⑤ 外貨交換レートは、

$$1 \text{ US\$ (ドル)} = 4.65 \text{ Bs (ポリヴィアーノス)}$$

$$1 \text{ US\$ (ドル)} = 100 \text{ 円 (エン)}$$

⑥ 外貨の対象となる輸入資機材等については、CIF価格とする。

⑦ 各工事項目とも労務費は、全て内貨とする。

⑧ 積算に当たっては、努めて国産品を使用する。

⑨ 工事施工に伴う予見不可能性への対応として、工事費に10%のコンテンジェンシー（予備費）を計上する。

⑩ 間接工事費は、測量・地質調査及びES/I・ES/IIで構成されており、ES/Iとは、構造物の詳細設計費を示し、土木・軌道・建物費の4%とする。また、ES/IIとは、コンサルタントによる現場工事監理業務費を示し、直接費（用地及び予備費を除く）の10%を計上する。

⑪ 保守用機械および工事用機械については、表9-1に示す機器類を計上する。

表9-1 保守用および工事用機械

保守用機械		工事用機械	
ブルドーザ	スクリュースパイラ緊解機	工事用モーター	コンクリートプラント
タイヤトラック	レール切断機	平台車	コンクリートポンプ車
ショベル	レール穴明機	バラスト運搬車	コンクリート運搬車他
タイタンパー	レール溶接機		

② 投資額の構成を図9-1に示す。

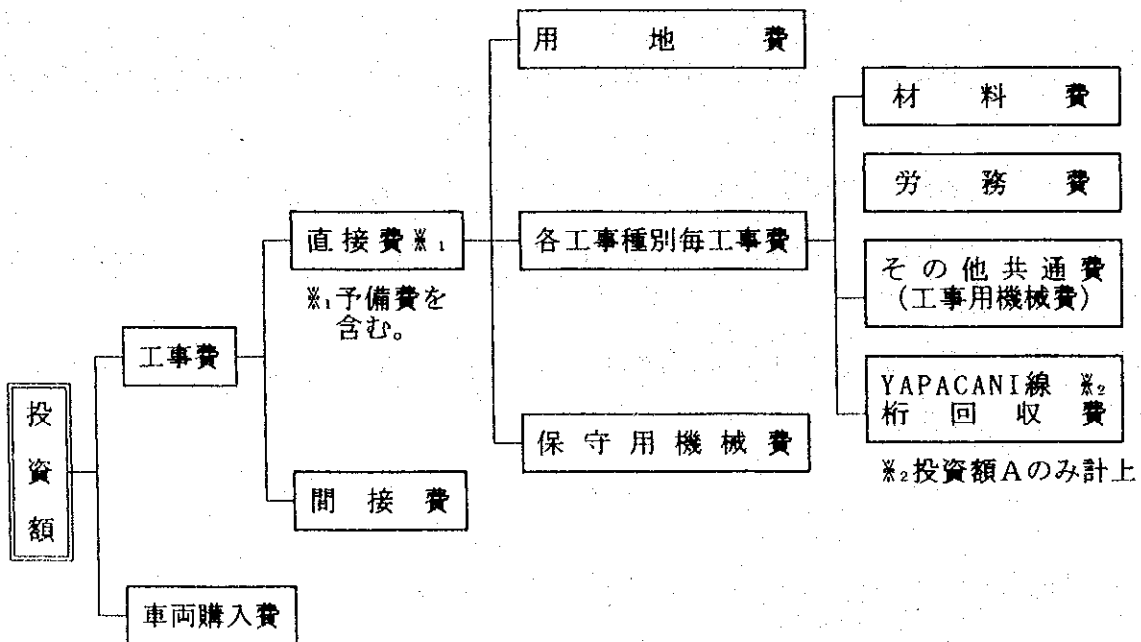


図9-1 投資額の構成

(2) 投資額の算出

- ① 投資額A：YAPACANI線の鉄桁を転用する場合、  
総投資額は車両費を含め、約1.41億ドルで、そのうち、地上設備関係の投資額は約86百万ドル（第I期約50百万ドル、第II期約36百万ドル）である。
- ② 投資額B：YAPACANI線の鉄桁を転用しない場合、  
総投資額は車両費を含め、約1.47億ドルで、そのうち、地上設備関係の投資額は約92百万ドル（第I期約53百万ドル、第II期約39百万ドル）である。



投資総額は、表9-2の通りとなる。

表9-2 投資額

単位：1000US\$

項目	区分	投資額	I期工事 1996～2000年度	II期工事 2001～2005年度	2006年度 以降
投資額 A	地上設備費	85,833 ( 30,614)	49,503 ( 20,266)	36,330 ( 10,348)	— —
	車両購入費	55,280 ( 55,280)	27,120 ( 27,120)	10,960 ( 10,960)	17,200 (17,200)
	総額	141,113 ( 85,894)	76,623 ( 47,386)	47,290 ( 21,308)	17,200 (17,200)
投資額 B	地上設備費	91,641 ( 36,128)	52,556 ( 23,265)	39,085 ( 12,863)	— —
	車両購入費	55,280 ( 55,280)	27,120 ( 27,120)	10,960 ( 10,960)	17,200 (17,200)
	総額	146,921 ( 91,408)	79,676 ( 50,385)	50,045 ( 23,823)	17,200 (17,200)

( ) 内は外貨再掲を示す。

## 9-2 投資工程

### (1) 工程の考え方

投資工程の設定に当たっては、本F/Sの完了後、1996年度よりENFEにより関係諸手続きが開始されるものとして計画する。

本改良工事に先立つ事前調査（測量、地質調査、詳細設計）は、1996年度中旬より着手し、I期工事分は1997年度末に完了するものとする。

工事は最も緊急性の高い区間より着手し、I期工事は1998年度より2000年度までに5区間約16kmの路盤および軌道工事を完成させる。続いてII期工事は2003年度より2005年度までに残り5区間約17kmの路盤および軌道工事を完成するものとして計画する。

### (2) 投資工程表

表9-3に投資工程を示す。



## 10. 経済分析

### 10-1 経済分析の目的と方法

本章の目的は調査対象区間 (Oruro ~ Cochabamba) の整備計画に対する投資効果 について経済的見地から分析と評価を行うことである。2つのケース；A (Yapacani線の鉄桁を転用する場合) 及びB (転用しない場合) が分析の対象であり、投資費用と見込まれる諸便益について以下の指標により評価される。なお投資費用については2つのケース (A 及びB) 別に扱われるが、便益については両案に差はない。

#### 評価指標

- ・ 純現在価値：NPV (Net Present Value)
- ・ 内部収益率：EIRR (Economic Internal Rate of Return)

なお便益の発生は2001年、分析期間は2030年までとし、割引率は12%/年とする。

### 10-2 投資コスト

後述の「13章 財務分析」における外貨・内貨別の投資額 (市場価格) をもとに、関税、諸税等の移転項目を控除した投資コスト (経済価格) は表10-1の通りである。

表10-1 全投資額  
単位：千ドル (1994年価格)

	市場価格	経済価格
ケースA	196,850	157,632
ケースB	203,474	162,723

・ 投資期間：1996～2030年  
(利息を除く)

・ 耐用年数経過後の設備の  
再投資額を含む。

### 10-3 便益の算定

本計画の便益は策定された投資計画を実施しない場合 (Without) に比べ同計画を実施する場合 (With) の経済的費用の節減額として表される。この経済分析で計量の対象とした便益は以下の通りである。

① 鉄道と道路の輸送費の節減

本プロジェクトの整備後における鉄道の単位当りの輸送コスト（人・キロ，トン・キロ）が道路のそれより小さいことから、WithとWithoutの2つのケースにおける鉄道と道路を合計した総輸送費の差が便益として発生する。

② 時間短縮便益

鉄道旅客及び鉄道貨物の輸送時間の短縮によってもたらされる便益であり、それぞれの単位時間価値を推定し、これに総短縮時間を乗じて便益額を算定した。

③ 道路保守費の節減

整備後における鉄道輸送量の増加に見合う道路交通量の減少により道路保守費が節減される。道路保守費と道路交通量の関係式を用いて、保守費の節減額を推定した。

④ Oruro・Cochabamba間における災害復旧費の回避

本区間は毎年災害に見舞われているが、本整備計画の実施後においては災害復旧工事を行う必要がなくなる。過去7年間のこの費用の年平均値が回避されるものとして便益額に算入した。

⑤ インターモーダルにおける貨物の積み替えコスト

鉄道輸送の場合 Cochabamba 及び Santa Cruz においてトラックと貨車との間で貨物の積み替えのコストが発生する。これを負の便益として計上した。

⑥ 便益額のまとめ

便益額は以上の各項目における With と Withoutのコストの差として求められる。それぞれの便益額は表10-2の通りである。

表10-2 便益額のまとめ  
単位：千ドル/年（1994年価格）

年次	2000年 (2001)	2010年	2020年
① 輸送コスト便益 (貨物)	7,483	13,853	21,944
" (旅客)	47	118	226
② 時間節約便益 (貨物)	1,233	1,799	2,155
" (旅客)	77	104	130
③ 道路保守費の節減	642	1,067	1,646
④ 災害復旧費の回避	67	67	67
⑤ 貨物の積卸し便益	-146	-351	-477
便益額合計	9,403	16,657	25,691

注) 1. 2000年の便益は第I期の整備計画完了(2000年)後の2001年に発生するものとする  
2. 上記便益額はケースA, Bに共通である

## 10-4 分析結果

12%の割引率による2030年までの純現在価値 (NPV)と内部収益率(EIRR)をケースA, Bについて示すと表10-3の通りであり、ケースAのEIRRは 13.24%, ケースBは 12.69%となった。これらのEIRRは世界銀行のプロジェクト選択基準の目安といわれる10%を上回っているので両ケースとも実施の経済的妥当性がある。

またNPVについては、ケースA、Bのいずれにおいても便益額が費用を上回っている。ケースAとBを比較すると、ケースAのNPVが12%の割引率で 5.8百万ドルに対し、ケースBは 3.4百万ドルで前者の約60%にとどまっている。

ケースA、BのEIRR及びNPVの数値の差は初期投資額の 5.1百万ドルの増分によるものであり、意味のあるほどの違いではない。しかしながらこのことは本プロジェクトにおいては初期投資額の大小が結論に直接大きい影響を与えることを示している。従ってこのプロジェクトの効果をより大きくするためには初期の資本費用を極力小さくする努力が必要であろう。

表10-3 経済分析結果 (割引率12%)

単位：千ドル

	ケース A	ケース B
a. 総投資額	157,632	162,727
b. 割引後の総投資額	56,155	58,592
c. 総便益額	603,467 (A, Bに共通)	
d. 割引後の総便益額	61,981 ( " )	
d-b: 純現在価値 NPV	5,826	3,389
内部収益率 EIRR	13.24%	12.69%

## 10-5 感度分析

感度分析は、

- ① 総投資額が10%増加した場合
- ② 便益額が10%減少した場合

③ 総投資額が10%増加し、同時に便益額が10%減少した場合の3ケースを行い、感度分析の結果は表10-4の通りである。総投資額の10%の増加は両案のEIRRを約1.2%低下させ、また便益額の10%の減少は同様に約1.3%低下させる。さらにこれら2つの条件が同時に起こった場合の影響は約2.4%の低下である。この第3の最悪のケースは、もし投資額か輸送需要のいずれか一方のみが変動する場合を考えると、投資額の20%の増加か輸送需要の20%の減少に相当するものであり、このような状況においても依然として10%以上のEIRRを維持しているため、いずれの案においても経済的妥当性が高いといえる。

表10-4 感度分析結果

	ケース A	ケース B
	EIRR(%)	EIRR(%)
総投資額の10% 増加	12.04	11.53
便益額の10% 減少	11.92	11.41
総投資額の10% 増加 + 便益額の10% 減少	10.79	10.31

## 10-6 その他の便益

上述の計量化の対象とした便益に加えて、以下の項目が期待される。

- ① 本整備区間における年平均約500件の脱線事故のほか、踏切事故、死傷事故等の減少
- ② 工事中における地域住民の雇用  
本プロジェクトの工事中に雇用される労働者数を試算すると約延40,000人・月となり、年平均330人が10年間にわたり雇用される。
- ③ 完成後における雇用機会の創出  
整備完了後のENFEの要員増（施設、車両整備、管理、他）ならびにこれらに関連する各種の雇用機会の拡大
- ④ 道路から鉄道輸送への転換による大気汚染の緩和、道路交通事故の抑制効果等

## 10-7 評 価

以上のように本プロジェクトの NPVは、益便額が費用を上回っており、またEIRRは13%前後であり、世銀の選択基準の目安といわれる10%を超えている。さらに本計画に期待される雇用機会の創出や経済的波及効果は沿線地域のみならず広く国民経済に好影響を与えるものと考えられる。

また、本計画の環境に与える影響は道路輸送に委ねるより良好なものと判断される。以上のことから本プロジェクトは国民経済的にみて実施の妥当性が高いといえる。

## 1 1 . 財 務 分 析

### 1 1 - 1 分析の目的と手法

Oruro・Cochabamba 間鉄道改善計画を実施した場合、どの程度収益改善が期待でき、健全な経営が可能であるかを分析して、財務的な評価を行うために、指標として財務内部収益率 (Financial Internal Rate of Return: FIRR) を求める。

### 1 1 - 2 主要前提条件

#### (1) 分析期間、分析に使用する通貨等

2030年までをプロジェクトライフとし、投資額、資金調達と収入・費用の増加分を分析して収益力を検討する。収入、管理運営費は、いずれも 2000～2010 年、2010～2020年の間毎年均等に増加し、その後はプロジェクトライフ期間の最終年まで横ばいに推移するものとした。なお、分析は米ドル建てで行う。

#### (2) 投資費用

Yapacani線の鉄桁を転用する場合 (投資額A) としない場合 (投資額B) について分析を行う。分析には市場価格を用いるが、輸入機材の場合は、CIF 価格に輸入諸掛かり、付加価値税 (IVA) 等として29.31%を加算したものを市場価格とする。耐用年数が経過した場合は、初期投資と同額の再投資を行うものとし、再投資を含むプロジェクトライフ中の総投資額を表 1 1 - 1 に示す。

表 1 1 - 1 総 投 資 額

(単位： 千米ドル)

事業実施計画	外 貨	内 貨	合 計
工 事 費 A	141,023	55,828	196,850
工 事 費 B	147,962	55,512	203,474

#### (3) 資金調達

初期投資に要する資金のうち外貨部分については、ボリヴィア国に対し適用可能な海外の公的機関からの借款を利用するものとし、条件を、金利 3.0% p. a.、期間30年 (10年据置)、20年均等半年賦と想定した。



また、内貨部分については、初期投資の外貨部分を海外借款で調達した後、投資費用、金融費用、運転資金の不足分を必要最小限度賄うものとして分析し、調達方法としては次の2ケースを取り上げる。

資金調達ケース1： 全額、無利子の内部資金および政府資金

資金調達ケース2： 金利 4.5 % の金融機関借り入れ

#### (4) 収入

旅客は断面交通量を通過と区間内発着に分け、それぞれ乗車距離に応じた1人あたり運賃を掛けて求め、貨物はすべて全区間通して輸送されるものとして算出する。運賃は、旅客、貨物とも需要予測の前提となったドル建ての料率を使用する。その外、手小荷物等その他の運輸収入と、構内営業等の雑収入を計上する。

### 11-3 分析結果

以上の前提条件に基づく収入及び管理運営費の算定結果が表11-2である。また、分析結果の主要な各種指標を取りまとめて、表11-3に掲げる。

表11-2 Oruro・Cochabamba間収入および管理運営費

(単位：千米ドル)

費目	年次	1992年	2000年	2010年	2020年
収入		4,119	10,869	15,357	20,294
(同1992年比増加額)			6,750	11,237	16,175
管理運営費		3,744	7,204	8,122	9,365
(同1992年比増加額)			3,459	4,377	5,620

表11-3 分析結果の指標

(単位：千米ドル)

工事費	A		B	
	ケース1	ケース2	ケース1	ケース2
資金調達				
財務内部収益率	3.31%		3.09%	
単年度黒字化	2009年	2018年	2010年	2024年(注)
累積赤字解消	2014年	2031年以降	2016年	2031年以降
海外借款ピーク残高	90,101		97,245	
内貨資金ピーク残高	44,047	96,737	46,886	113,449

(注) 2020年にひとまず黒字化の後、2022、2023の両年は再度赤字計上。

すべての指標において工事費Aが工事費Bに対して優位に立つが、その開きは特に大きくない。財務内部収益率(FIRR)は両工事費とも3%台の前半で決して高い水準とはいえない。

ないが、資金調達ケース1であれば、FIRRが資金コストを上回るので、プロジェクトの実施に問題はない。一方資金調達ケース2の場合、本プロジェクトは相当困難で、内貨資金、外貨資金ともに出来る限り有利な資金調達を図る必要がある。

収支については、資金調達ケース1の場合、工事費Aと工事費Bの差はそれほど大きくなく、単年度黒字化、累積赤字解消ともにプロジェクトライフ中に可能である。

一方、資金調達ケース2の場合、両工事費とも単年度黒字化が遅れる上、累積赤字解消はプロジェクトライフ後に持ち越される。

資金繰り面でも、同一資金調達ケースの場合、工事費の違いによる差はわずかであり、逆に工事費が同じであっても、資金調達方法の違いによる負担の差は大きい。

#### 11-4 感度分析

資金調達ケース1の工事費A、Bについて、総投資額が10%増加した場合（ケース1）、総需要が10%減少した場合（ケース2）、総投資額が10%増加し、同時に総需要が10%減少した場合（ケース3）の3ケースを設定して、感度分析を行い、分析結果を表11-4に示す。

表11-4 感度分析結果の指標

(単位：千米ドル)

ケース	募 変	感度分析1	感度分析2	感度分析3
工事費	A			
財務内部収益率	3.31%	2.73%	1.90%	1.40%
単年度黒字化 累積赤字解消	2009年 2014年	2012年(注1) 2018年	2014年	2019年
海外借款ビーク残高	90,101	99,111	90,101	99,111
内貨資金ビーク残高	44,047	58,376	72,689	91,816
工事費	B			
財務内部収益率	3.09%	2.52%	1.72%	1.24%
単年度黒字化 累積赤字解消	2016年	2020年	2024年	2031年(注2)
海外借款ビーク残高	97,245	106,969	97,245	106,969
内貨資金ビーク残高	46,886	66,776	80,325	100,216

(注1) 2016年にひとまず黒字化の後、2017年は再度赤字計上。

同率の増減であれば、総需要減少（感度分析ケース2）の方が総投資額の増加（感度分析ケース1）よりも大きな影響を及ぼす。

### 11-5 投資規模の検討

分析の前提とした条件で、本プロジェクトに必要な海外借款を借り入れても、年間の元本返済・利払い額が、ENFEにおいて既に確定している借款の元利払い額を超えることはない。従って、本件は概ねENFEの過去の投資規模の範囲内であり、資金的に実現可能な案件と言えよう。

しかしながら、ENFEにとって現状、本プロジェクト以外にも、急を要する改良、整備、増設等の案件は少なくない。本件がENFE内での優先度が高いことは言うまでもないが、その他の諸工事も、ENFEの経営改善に資する限り、極力早期に実現を図ることが望ましい。そのため、本プロジェクトの実行にあたっては、他案件のための資金調達余力を残すように、可能な限り投資額を圧縮するとともに、外貨資金、内貨資金ともにできる限り有利な資金調達を図る努力が必要である。

### 11-6 評価

Oruro・Cochabamba間鉄道改善計画の財務内部収益率（FIRR）は、工事費の差により3.31%または3.09%で決して高いとは言えないが、所要資金を金利3%の海外借款と無利子の内部資金、政府資金で調達できれば、十分プロジェクト実施可能な水準にある。ただし内貨資金を全額借り入れて賄う場合の金利が4.5%となると、収支、資金繰りともに困難を伴うものと判断されるので、内貨資金については、より低い利子の資金が活用できる割合を高めると同時に、海外借款についても可能な限り有利な条件を求めべきである。

本プロジェクトは、投資、需要の変動に耐える余力も大きくはないが、投資規模は過去のENFEの実績から見て決して過大ではないので、極力有利な資金調達の道を探ることは、極めて大切である。

## 12. 結論と提言

### 12-1 結論

#### (1) プロジェクトの概要

ボリヴィア国の輸出回廊の一部を構成する Oruro・Cochabamba間鉄道は、毎年雨期を迎えると度重なる災害により、長期間にわたり列車の運休を余儀なくされている。このため当区間において、災害に強い或いは災害を受けても短期間で復旧が可能なように配慮して、年間を通じ、安全、確実な輸送の確保を図るために改善計画を策定した。

改善計画は、Oruro(San Pedro)・Cochabamba間約 204kmを対象としており、特に災害多発地域であるAgua Calientes・Irpa Irpa間約 55 kmは、Phase 1で地形図を作成し、Phase 2(今回の調査)でルート変更等を検討した。

Agua Calientes・Irpa Irpa間のうち、当面、既設線ルートでは災害が発生すると判断される10区間約33 kmを対象にルート変更等の計画を策定した。

また、工事費の低廉化を図るため、既存の鉄桁を積極的に転用して使用することとした。しかし、Yapacani線からの転用鉄桁21連については、

① 転用する場合

② 転用しない場合(新しく鉄桁を製作する場合)

の2ケースを検討した。これらの結果を踏まえ、ボリヴィア国鉄は、本プロジェクトの実施段階において、Yapacani線から転用する鉄桁を決定し実行する。

計画の整備時期については、段階的に実施することとし、より緊急度の高い5区間約16 kmを第I期として2000年までに整備するものとし、残りの5区間約17 kmを第II期として2005年を目標に整備することとした。

所要投資額については、1994年9月現在の価格で、

① Yapacani線の鉄桁を転用する場合、

総投資額は車両費を含め、約1.41億ドルで、そのうち地上設備関係の投資額は約86百万ドル(第I期約50百万ドル、第II期約36百万ドル)である。

② Yapacani線の鉄桁を転用しない場合、

総投資額は車両費を含め、約1.47億ドルで、そのうち地上設備関係の投資額は約92百万ドル（第Ⅰ期約53百万ドル、第Ⅱ期約39百万ドル）である。

プロジェクトの主な改善計画の概要は次のとおりである。

- 1) Oruro・Cochabamba 間のうち、Aguas Calientes・Irpa Irpa 間
  - a) 線路と平行する河川との高低差が少なく、将来線路浸水の恐れがある10区間約33 kmは山側へルートを変更し、同時に軌道整備を行う。
  - b) また、線路と交差する河川、沢等からの土石流に対しては、橋りょう、ボックストンネル等で線路を防護する。
  - c) ルート変更に伴ない、Aguas Calientesu、Tacopaya、Colcha、Arque、Orcomaの5駅を改良する。また、この区間における線路容量との関係で、Changolla、Higueraani の2駅の列車行き違い設備を廃止する。
  - d) ルート変更をしない既設線10区間約22 kmの軌道整備を行う。
- 2) Oruro・Cochabamba 間のうち、1)を除いた区間（Oruro・Aguas Calientes間及びIrpa Irpa・Cochabamba 間）
  - a) 災害・線路故障に起因する脱線事故の多い区間約14 kmの軌道整備を行う。
  - b) 線区の線路容量との関係で、Cona Cona 駅に列車行き違い設備を新設する。

(2) プロジェクトの評価

1) 技術面

a) ルート

最適ルートについては、まず既設線のルート、災害の規模・頻度、地形条件等を考慮して多数のルートを計画した。次に、これらのルートについて総合評価をしながら、3段階にわたり、ルートの絞り込みを行ない、その都度ボリヴィア側との協議のうえ、特に災害発生予想箇所に対し慎重に検討して、最適ルートを選定した。

最適ルートは、Aguas Calientes・Irpa Irpa間の改良ルートとして適切なものである。

## b) 地上設備

ルート変更に伴う地上設備については、ボリヴィア国鉄の施工経験・技術力を考慮して計画しており、このため十分に施工経験のある切取、盛土区間が全延長の約91%を占めている。一方、土木構造物についてみると、長大橋梁は、基礎地盤確認のためのボーリング等による地質調査が必要となるが、特に難工事になるものはない。また、山岳トンネルは、ボリヴィア国鉄として施工経験が少ないものの、トンネル延長が約110mと短く、地質条件が良いので施工上の問題はないと考える。電気関係設備は、ルート変更に伴う通信線の移設が主たる工事であり、全く問題ない。

## c) 運転・車両

列車運転については、需要の増加にあわせた運転計画を策定している。また、現在徐行している区間については、軌道整備を行い、所定の速度への向上を図っている。さらに線路容量との関係で Cona Cona 駅に列車行き違い設備を新設し、Changolla 駅、Higuerani 駅の列車行き違い設備を廃止する等、Oruro・Cochabamba 間全線にわたって、輸送力の調整を図った計画となっている。

車両計画は、需要、列車運転計画に整合したこの区間のみの車両増備計画となっている。

## 2) 環境面

最適ルート沿線には集落が点在しているが、集落の分断、支障家屋の移転等を極力さけるように配慮してルートを選定しており大きな問題はないと考える。しかし、住民の移転には十分慎重に実施する必要がある。

本プロジェクトは、山岳地帯における鉄道線路の改良であるため、集落地域における施工時の振動・騒音の発生に十分注意を払う必要はあるものの、全体的に振動・騒音の問題は少ない。

また、最適ルート区間には、遺跡、文化財、保全地域等開発規制にふれるものはないため、本プロジェクトの環境への影響は小さい。

## 3) 経済面

本プロジェクトの経済内部収益率 (EIRR) は、Yapacani 線の鉄桁を転用する場合 13.24%、転用しない場合 12.69% である。これは、世界銀行、アジア開発銀行等国際

金融機関のプロジェクト選定基準の目安を越えている。さらに、プロジェクト実施に伴う雇用機会の創出、道路交通事故の抑制、大気汚染に与える影響の緩和等の社会的・経済的な間接便益を考慮すれば、本プロジェクトは、国民経済的に有意義なものと判断される。

#### 4) 財務面

本プロジェクトの財務内部収益率 (FIRR) は、Yapacani線の鉄桁を転用する場合 3.31%、転用しない場合 3.09% である。これは決して高い数値とは云えないが、ボリヴィア国鉄の財政的な健全化を図るためには、外貨資金に対しては低利子の国際機関、または政府間ベースの借款による資金調達、一方、内貨資金に対しても政府の出資、あるいは低利子の資金調達が可能であれば、本プロジェクトの実施に特に問題はない。

#### 5) 総合評価 (結論)

ルート変更等を内容とする本プロジェクトは、技術的に実行可能であり、また環境への影響も少ない。

国民経済的にみた経済内部収益率は、13.24%~12.69%で、その他の間接便益も考慮すると、本プロジェクトは国民経済的に実行の妥当性があると考えられる。またボリヴィア国鉄の経営面からみた財務内部収益率は3.31%~3.09%であり、低利子の借款の活用等、低利子の資金調達が可能であれば、このプロジェクトの実施に特に問題はない。

総合的な見地から、本プロジェクトは、アンデス山脈の厳しい地形、度重なる災害による長期間の列車運休を余儀なくされている線区に対し適切なものであり、技術面、環境面、経済面、財務面から実行可能なものと判断される。

また、本プロジェクトの実施により、Oruro・Cochabamba間鉄道の安定した輸送が可能になり、ボリヴィア国の健全な社会、経済活動の発展に寄与できる。

なお、本プロジェクトの効果的実現のためには、地上設備、車両等のハード面の改善のほかに、輸送管理、施設・設備の保守、教育・訓練等ソフト面の改善が必須である。

## 1.2-2 提 言

本プロジェクトを実施するにあたり、本プロジェクトを一層効果的なものとするため、次の事項を提言する。

### (1) 関係機関等との協議・調整

- 1) Oruro・Cochabamba 間鉄道の災害の規模、発生頻度、原因等をみると、本来、治山・治水事業による総合的な災害対策が必要と思慮されるので、今後、治山・治水の関係機関の主動のもとに、鉄道災害発生の原因の除去に努力する必要がある。
- 2) 線路容量との関係で、Changolla、Higuerani 駅の列車行き違い設備を廃止する計画とした。しかし、両集落の交通手段、需要の状況から、必要な場合には、両駅の旅客、貨物の取り扱いを検討する必要がある。

### (2) 環境面への配慮と工事の円滑な推進

- 1) ルート選定上、支障家屋をできるだけ避けるよう計画したが、止むを得ず集落地域において住民移転が発生する。これら移転交渉に際しては、集落の課題として取り組むとともに、話し合いにより住民の理解を得て、慎重に且つ円滑に推進を図る。
- 2) 施工時に発生する騒音・振動については、計画路線の周辺が山岳地帯であることから影響の程度は小さいが、集落地域周辺で工事をする場合は、地域住民の理解を得て実施することが望まれる。
- 3) 切り取り法面や盛土法面に対しては、十分な安定が図れるよう設計、施工し、線路及び周辺地域の安全性を確保することが望まれる。
- 4) 本工事に先立って地質調査、構造物の詳細設計及び工事の進捗にあわせた鉄桁回収計画、新桁の発注計画等、工事全体を把握するとともに、適切な詳細工程を作成し工事の円滑な推進を図る。
- 5) 鉄道技術の先進国より鉄道技術専門家を常駐させ、ボリヴィア国鉄技術者への指導、技術移転及び工事に対するアドバイス等を行い、工事の円滑な推進を図ることが有効である。



### (3) 投資額の節減

- 1) 建設費については、既存鉄桁の転用等で建設費の低廉化を検討したが、これを機会に東西両鉄道局全体の鉄桁転用計画を見直し、本プロジェクトに対しできるだけ既存鉄桁の使用を推進する必要がある。
- 2) 本ルートに交差するRio Sayari, Rio Wallia等の河床上昇に対しては、本調査では主として聞き取り調査によって行なった。従って、今後、計測等により実態を十分把握し、より適切な計画と建設費の低減に努める必要がある。
- 3) 車両購入計画については、今回はOruro・Cochabamba間鉄道の需要に対する車両数のみを検討した。本来、車両の運用は西部局路線全線にわたっており、車両の使用効率の向上、検査・修繕の効率化等を考慮すると、必要車両数の減少も考えられ、本プロジェクトの投資額軽減にもつながる。別途のプロジェクトにより車両保守工場の改善を含む、西部局全体の車両問題に早急に取り組まれることが望ましい。
- 4) 車両、資機材の調達については、品質の許せる範囲で出来るだけ低廉なものを確保するよう努め、投資額の減少を図る。
- 5) ボリヴィア国鉄の財政を考えると、プロジェクトはできるだけ低利子の資金を調達することが重要である。

### (4) 保守管理運営等

- 1) 本プロジェクトが完成した場合でも、災害がなくなるわけではなく、毎年雨期には土石流が橋梁下、ボックストンネル上に流出してくるので、これら土石の排出を行う等、構造物の適切な保守管理を継続して行う必要がある。
- 2) 軌道整備について、脱線事故を減少させるため、軌道管理の確立を図るとともに、特に軌道弱点部のレール継ぎ目部分の管理、及び路盤の軟弱化防止のために切取り区間の側溝整備等に重点をおいて保守管理する必要がある。

また、今回のプロジェクトにおいては、脱線回数が非常に多い約69kmの区間を緊急的に軌道整備することで計画しているが、将来的に、Oruro・Cochabamba間全線の有道床化を図るため、ボリヴィア国鉄は、全線の有道床化を本プロジェクトに引き続き検討・推進する必要がある。

- 3) プロジェクト実現のため、車両、地上設備等のハード面の投資のほかに、管理運営、運転事故防止、車両稼働率の向上、軌道・土木構造物等の保守、教育・訓練等のソフト

ト面の改善がさらに必要である。これらソフト面の改善は、Oruro・Cochabamba 間鉄道のためだけでなく、ボリヴィア国鉄全般に云えることであり、鉄道先進国から適当な期間、専門家の派遣を受けて、その推進を図ることが有効であると考えられる。

4) 現在検討中のボリヴィア国鉄の民営化（キャピタリゼーション）が具体化した場合、今回提案している工事実施体制、保守体制は、民営化された組織・体制を踏まえて、見直す必要がある。

5) Oruro・Cochabamba 間鉄道の輸送能力は、現在の設備では、2020年で予測した需要量の輸送でほぼ限界に達する。Oruro・Cochabamba 間鉄道の安定した輸送が定着し、将来さらに大巾な輸送の需要が見込まれる場合には、輸送力を増強するようなハード面の改良の検討が必要である。

6) 西部局路線と東部局路線とを連絡するいわゆる東西連絡については、本プロジェクトの実施と並行して、現在推進中のCochabamba・Santa Cruz間のインターモダル輸送の定着化を図り、改善されるOruro・Cochabamba 間鉄道が安定した輸送需要量を確保し、有効に利用されることが重要である。

また、長期的な観点から、Land Bridge を利用する国際貨物輸送需要の的確な把握に基づく、東西連絡の新線建設は、関係路線の輸送力増強とあわせて検討を進める必要がある。



JICA

LIBRARY