

第3章 電力開発

第3章 電力 開 発

第1節 ペルー共和国の電力事情

1-1 電力供給の現状

1-1-1 電力供給能力

ペルー共和国エネルギー鉱山省 (MEM: Ministerio de Energía y Minas) 発行の1976年版電力統計年鑑によれば、同年における全発電設備容量は2,515.8MWで、これは人口1人当たり165.4kWに相当する。また発生電力量は、7,911.1GWhで、これを人口1人当たりで換算すると520kWh/人である。

1967年から1976年の過去10カ年における、ペルー全土の発電設備容量の推移は表3-1に示す通りである。10年間の年平均伸び率は6.6%であり、また1976年における総発電設備容量2,515.8MWのうち、水力発電は56%に相当する1,405.8MW、火力発電は44.12%に相当する1,110.0MWである。

表3-1 水力、火力別全発電設備の推移

(単位: MW)

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
水力	870.9	915.1	918.6	922.6	989.2	1,056.8	1,278.3	1,388.0	1,397.3	1,405.8
火力	688.1	691.4	733.8	754.5	807.5	873.2	875.6	876.8	961.5	1,110.0
合計	1,559.1	1,606.5	1,652.4	1,677.1	1,796.7	1,930.0	2,153.9	2,264.8	2,358.8	2,515.8

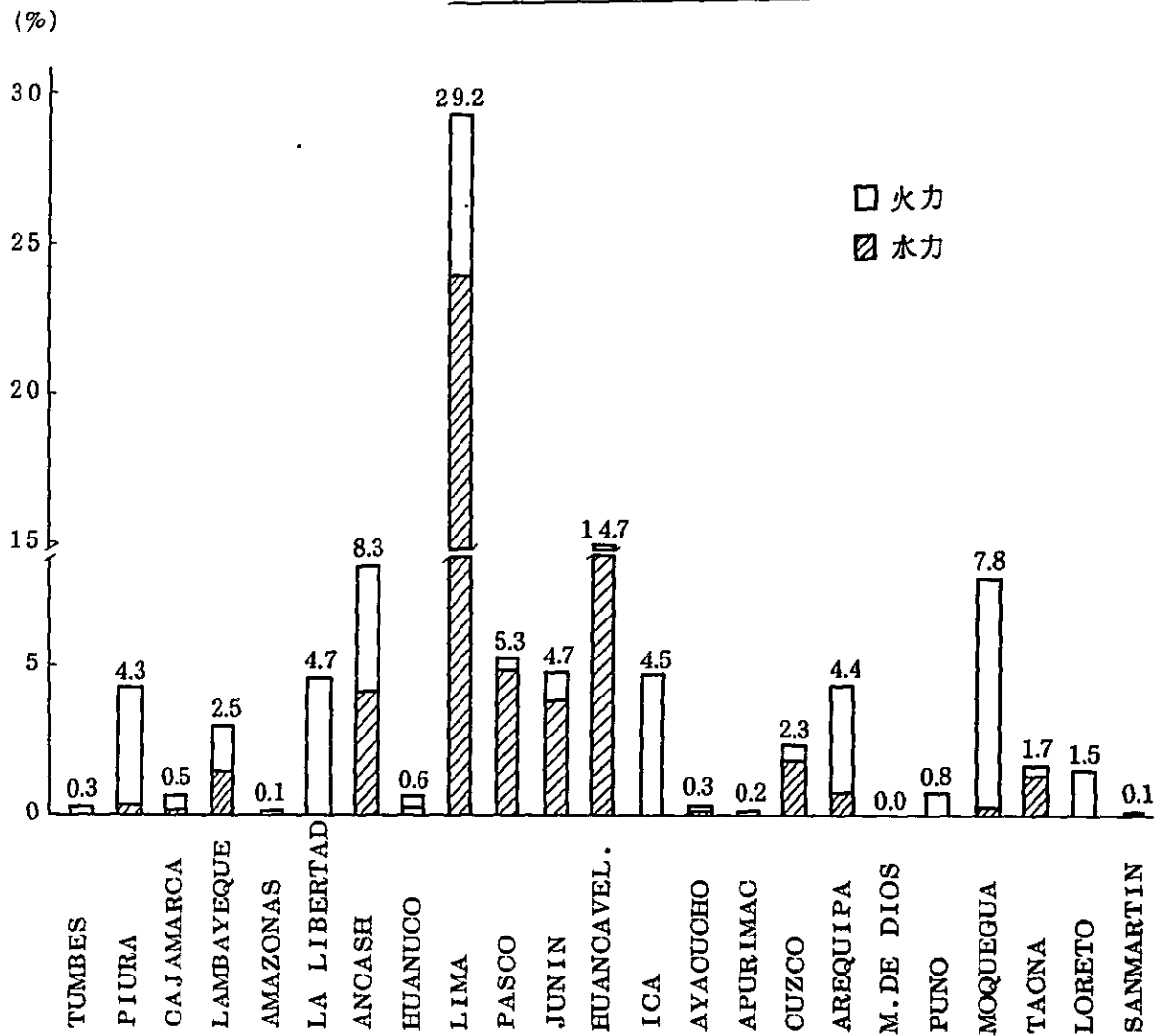
(出所) Ministerio de Energía y Minas.

また、これを電気事業用と、自家用に分類すれば、電気事業用発電設備は1,495.0MWで全体の59%、自家用発電設備は1,020.8MWで全体の41%に相当する。近年、ペルー電力公社 (Electro Perú) による開発が進み、次第に事業用発電設備が増加しつつある。

自家用発電設備を保有する産業としては鉱業が最も多く、その代表的なものとしては、サザン・ペルー社 (SPCC: Southern Peru Copper Corporation) のイロ火力発電所 (176MW)、ペルー鉱山公社 (Minero Perú) のセロ・ベルデ火力発電所 (31MW)、セントロミン・ペルー社 (Centromin Perú) の電力系統 (合計183.4MW) などがある。

ペルー共和国の電力行政区分は、北部、中部、南部、東部の4地域に分けられている。これら4地域別の発電設備は極端に偏在していて、中部64%、北部22%、南部13%、東部1%で、中でも国内の産業の70%が集中している首都リマを中心とした中部地域にその大半が集中している。一方国土の5分の3近くを占めるアマゾン流域の東部地方は、わずか1%である。この状態を州別にみたものを図3-1に示す。

図 3-1 州別発電設備出力 (1976)

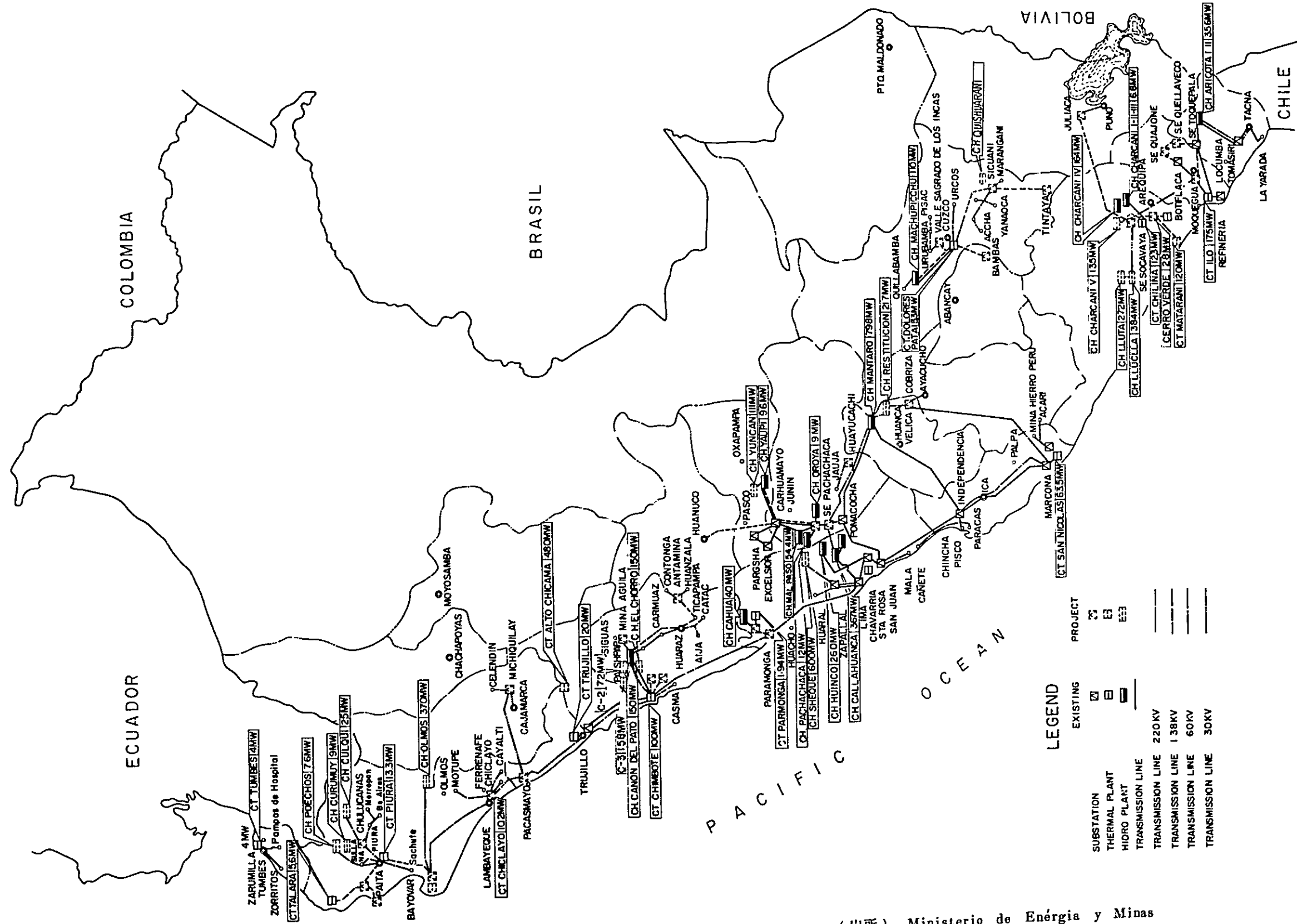


(出所) Ministerio de Energía y Minas

1-1-2 主要電力系統

ペルー共和国の主要な電力系統は、図 3-2 に示すように、首都リマを中心とする中部地域において発達している。この地域ではマンタロ発電所 (798 MW)、ウィンコ発電所 (260 MW)、カジャワнка発電所 (367 MW) などの主要発電所と需要地を結ぶ 220 kV 送電線網が形成されている。また現在この中央系統と北部系統を連系するリマ～チンボテ送電線 (220 kV、400km) も建設中で、この送電線が完成する 1981 年には、中央～北部連系系統が実現する。そのほか、この中央系統とセントロミン・ペルー社系統との連系送電線工事も進められている。その他の地域では南部のタクナ系統とサザン・ペルー社のイロ系統が 138 kV で連系されており、この系統と、アレキーバとを結ぶ連系送電計画も始められようとしている。また地方の主要発電所と需要地を結ぶ 138 kV の系統として、北部のキャニオン・デル・バト系統、南部のマチュピチュ系統がある。

図 3-2 パルー全国電力設備計画図(合、既設)



(出所) Ministerio de Energía y Minas



1-1-3 ペルー共和国の電気事業

ペルー共和国の電気事業は、1972年9月、大統領令により創設されたペルー電力公社および8つの地域的な電気事業者によって行われている。ペルー電力公社はその発生電力を民間の電気事業者への卸売り、大口需要家への直接供給、地方の小規模単独電力システムの経営を行うとともに、電源開発、送変電計画、地方電化計画の立案、調査、設計、施工をその事業としている。このほか、大規模な自家発電設備を持つ事業者が、地方の公共用電力の供給も行っている。

1-2 電力需要の現状

1976年における全国の消費電力量を需要別にみると、損失を含めて表3-2に示す通りである。

表3-2 用途別年間消費電力量(1976)

用	途	消費電力量(GWh)	構成比(%)
街	灯	332.0	4.19
住	宅	1,353.8	17.11
商	業	266.9	3.37
工	業	2,669.5	28.68
農	業	292.9	3.70
鉱	業	1,957.8	24.75
水産	業	67.7	0.85
一	般	337.7	4.26
揚水ポンプ		123.0	1.55
損	失	909.9	11.54
合計(発電々力量)		7,911.1	100.00

(出所) Ministerio de Energía y Minas

1-3 電気料金

ペルー共和国の電気料金制度は従来多数の電気事業者により個々に定められていたが、ペルー電力公社への統合も進み小規模の事業者も少なくなったこともあり、政策的な見地から監督官庁であるエネルギー鉱山省によって定められるようになった、その内容は全国を4料金地域に分け、さらに需要者別に69分類して定められている。その一例として本プロジェクトに関係がある60kV以上の特別高圧受電を行う大口需要家の電気料金表を表3-3に示す。

従ってクスコ地方の鉱工業大口需要家には表3-3中の2が適用され、その電力料金は下記の通りである。

- ① kW 料金..... 1,016.65 ソーレス/kW

- ② 有効分電力量 10時から22時の間…………… 4.75 ソーレス/kWh
- ③ 有効分電力量 22時から10時の間…………… 2.90 ソーレス/kWh
- ④ 無効分電力量 2.15 ソーレス/kVarh

表 3-3 電気料金表の一例

料金 % 供給方式	消費のタイプおよび 料金レベルおよび適用電力公社		
	1	2	3
<u>大規模産業:</u>			
999 kW以上の契約者 定格電圧 60,000 V 以上 の受電者			
35 最大需要が月間契約の最 低 60%以上 有効電力	S/.12,000kW-月	S/.1,016.65kW-月	S/.982.90kW-月
10時から22時まで 有効電力	S/.4.60/kWh	S/.4.75/kWh	S/.4.60/kWh
22時から10時まで 無効電力	S/.2.80/kWh <u>S/.2.15/kVarh</u>	S/.2.90/kWh <u>S/.2.25/kVarh</u>	S/.2.80/kWh <u>S/.2.15/kVarh</u>
	ELECTRO LIMA	ELECTRO PERU	ELECTRO PERU
		PT. I - II - III - IV	PT. I A - IIIA

- (注) 1 …… リマ地域 (リマ電力会社供給地域)。
2 …… リマ地域および東部地域を除くペルー電力公社の供給区域。
3 …… 東部地域 (ペルー電力公社供給地域)。

(出所) Ministerio de Energía y Minas

1-4 電力開発計画

1-4-1 電力開発政策

ペルー共和国の電力開発政策はエネルギー鉱山省を中心に進められているが、需要の増大と電力開発が全国的に幾分アンバランスとなり、ところによってはすでにクリティカルな様相を呈しはじめている。この原因は開発計画に遅れを生じたためであり、今後 1990年までに水力発電所、火力発電所、連系送変電設備など約 40 プロジェクトの開発が必要となった。

そこでペルー政府は 1978年に内閣の多部門諮問委員会(Comisión Multisectorial)に諮問しその最終報告書が同年7月に提出された。その結論は9項目に分けられ概ね次の通りで、これが今後の電力開発政策の骨子となるであろう。

委員会の結論

- ① 現在各産業部門の電力需要を満たす電源を持たないため、電力不足は年々つる状況に

ある。従って将来の電力需要に対処するための最低限の開発計画の完成が必要である。

- ② 現状では国内の電力供給は危機状態にある。その原因は次の通りである。
 - －財政資金の投入が不十分である。
 - －国のエネルギー政策が不十分である。
 - －情報システムが不十分である。
 - －各電力公社（会社）の発電設備に対する投資計画を賄うに十分な資金手当が不足している。
- ③ ペルーにとって重要な水力エネルギーの開発が不十分である。

このことはペルーの持つ開発可能な水力資源の2.9%しか開発されていないことによっても証明される。ちなみに現有の全発電設備容量2,566 MWのうち水力は55%に相当する1,422 MWで、残りの45%に当たる1,144 MWは火力である。
- ④ 電力プロジェクトの計画、実施には多部門にわたる緊密なコーディネートが必要であることが認識された。
- ⑤ 電源の多様化として一つには石炭資源の利用が考えられ、アルト・チカマ地区の石炭利用の可能性も検討中である。
- ⑥ 水力発電所または連系送電網が完成するまでの電力不足を防ぐため、ただちに緊急用発電設備の設置が必要である。
- ⑦ 1978～84年の間に開発される予定の各電力プロジェクトは多くの場合代案の検討がなされていないため最適な開発計画の実施が危ぶまれる。
- ⑧ 国の産業の70%が集中している首都リマへの電力供給状況は1979年以降危機的な段階に入る。これはマンタロ発電所と首都を結ぶ送電線の容量不足によるものである。
- ⑨ 1978～84年の間の需要想定をみると、将来の電力需要増加に対応する電源開発に17億8,400万ドルの投資が必要で、この期間中に完成する分に対し8億900万ドル、残りの9億7,500万ドル分は1984年以後運転開始のプロジェクトに引当予定であるが、これを繰り上げて、それ以前に完成しないと供給不足となる。1985～95年の期間は15億6,700万ドルの追加投資が必要で、1978～95年の間の投資額総計は33億5,100万ドルにのぼる。これは年平均2億ドルを1995年まで投資することを意味する。また1978～84年の期間には年平均2億5,000万ドルの巨額な投資を必要とするものである。

1-4-2 電力開発計画

ペルー共和国の電力開発計画はエネルギー鉱山省の指導の下に進められており、その承認を得たのち経済企画庁（INP: Instituto Nacional de Planificación）によりプライオリティづけが行われたうえ、必要ある場合は大統領特令を受けて着工することになる。

現在施工中の大規模プロジェクトとしてはマンタロ発電所増設（最終798 MW…1979年完成）、マンタロ送電線増強（1981年完成）、リマ～チンボテ連系送電線（1981年完成）、チャルカ＝V発電所（135 MW、1984年完成）などがある。これらの開発計画を表3-4および表3-5に示す。この計画は、内閣の多部門諮問委員会の最終報告によるも

のであるが、このほかにも各地域の計画によると、例えばジユクジャ水力計画(382.0MW)などがある。

表3-4 電力開発計画(1978~84)

プロジェクト名	容量(MW)	工期(年)
マンタロ水力増設	114×4=456(計798)	~1979
マンタロ~カジャワソカ送電線	-	1979~1981
レスチツシオン水力新設	217	1979~1983
リマ~チンボテ送電線	-	1978~1981
キャニオン・デル・バト水力増設	50	1978~1981
カルワケロ水力新設	75	1980~1984
チラーピウラ水力新設	50	1979~1983
トルヒーヨ~パヨバル送電線	-	1981~1983
チャルカニーV水力新設および周波数変換設備	135	1979~1984
トケバラ~アレキーバ送電線	-	1980~1983
チリーナ火力増設Ⅲ期	10	~1979
アレキーバ火力新設Ⅰ期	16.5	1979~1983
マチュピチュ水力増設	69.9	1979~1983
ドロレス・パタ火力増設	7.5	~1979
イキトス火力および配電網新設	20	1979~1982
プカシバ火力および配電網新設	20	1979~1981

(出所) 内閣多部門諮問委員会

表3-5 電力開発計画(1985~95)

プロジェクト名	容量(MW)	工期(年)
ユンカン水力新設	126	1979~1984
シェケ水力新設	600	1980~1989
オルモス水力新設	360	1980~1988
エルチョロ水力新設	150	1980~1984
ウィンコ水力増設	600	1983~1987
カラボンゴ水力新設	300	1985~1992
サンタC-2水力新設	65	1986~1993
ホルタレサ水力新設Ⅰ期	368	1986~1994
同上Ⅱ期	201	1988~1994
キンタイーフウラ水力新設	228	1987~1994
ブルバブランケダ火力新設	27	1982~1985
アルト・チカマ火力新設	480	1986~1991
ジュタ水力Ⅰ期Ⅱ期	260	1979~1987
キシユアラニ水力新設	46	1984~1989
イキトス、プカシバ増設	50	1983~1991

(出所) 内閣多部門諮問委員会

第2節 対象地域の電力供給の現状

今回の調査地域であるクスコ州南部はペルー共和国の電力行政区分から見ると南部地域内に位置する。この南部地域は、ペルー第2の都市アレキパーはじめクスコ市、プノ市などの大都市を含み、産業的にみても鉱業が盛んで、イロ精練所など電力の大需要地でもある。しかしながら公共的な電力設備の面から見ると全く不十分であり、地域内の電力系統は、南西系統と呼ばれるタクナ～イロ系統および南東系統と呼ばれるマチュピチュ～クスコ系統のほか、アレキパー電力組合 (Asociación Eléctrica de Arequipa) 系統とセロベルデ鉱山の自家用設備の相互融通用送電線があるのみで、プノ州などは小規模なディーゼル火力発電所を幾つか設けて電力供給を行っているにすぎない。なお今回の調査対象地域はマチュピチュ～クスコ系統に属する。図3-3に南部地域の現状を示す。

2-1 マチュピチュ～クスコ系統の現状

この系統の主力発電所はマチュピチュ水力発電所 (40 MW) と、クスコ市内のドロレス・パタディーゼル発電所 (15.6 MW) である。系統の最大電力は約37 MWで、通常はマチュピチュ発電所が単独運転を行っており、ドロレス・パタ発電所は非常用である。系統内の最大の需要家はカチマヨ肥料工場で、この増設による電力需要およびその他の需要はここ数年の間マチュピチュ発電所の供給不足のため頭打ちの状態である。

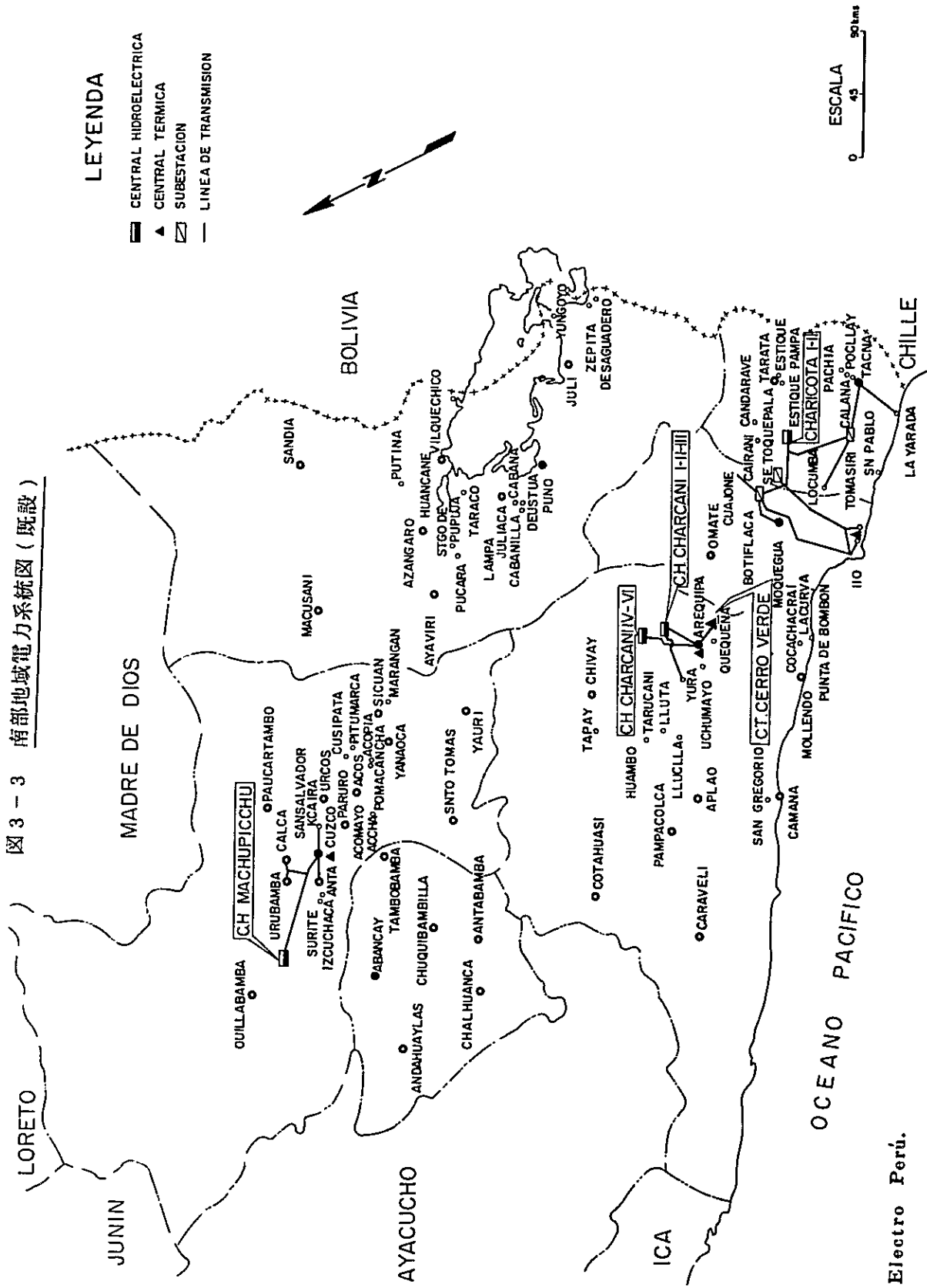
2-2 マチュピチュ発電所増設および系統増強計画

ペルー電力公社はクスコ州の電力不足と、州内の地方電化、産業部門からの要請に対処するため、マチュピチュ発電所の増設 (69.9 MW、最大出力計109.9 MW) を計画し、すでにその実施設計および138 kV送電線約308 km、関連送変電設備、配電幹線網の実施設計を完了し、1977年に工事費のファイナンスについて米州開発銀行 (IDB: Inter-American Development Bank) と契約を締結した。しかしその後ペルー国内の経済状態が悪化したため、このプロジェクトは実現までに至らなかった。今年に入って、ペルーの経済状態が好転した結果、ペルー電力公社としては本プロジェクトに対する融資の交渉を再開したい意向のようである。この計画による電力系統図を、図3-4に示す。またこの計画概要は次の通りである。

第1期工事

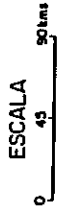
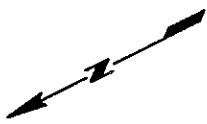
- ① マチュピチュ水力発電所増設工事
 - 沈砂池の拡大工事
 - 水圧鉄管1株の増設 (流量 $2.5.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、直径 2,920~2,160 mm、全長 502.5 m、下部3分岐管)
 - 地下発電所の新設 (長さ 46.5 m、幅 18.0 m、高さ 27.2 m)

図 3 - 3 南部地域電力系統図 (既設)



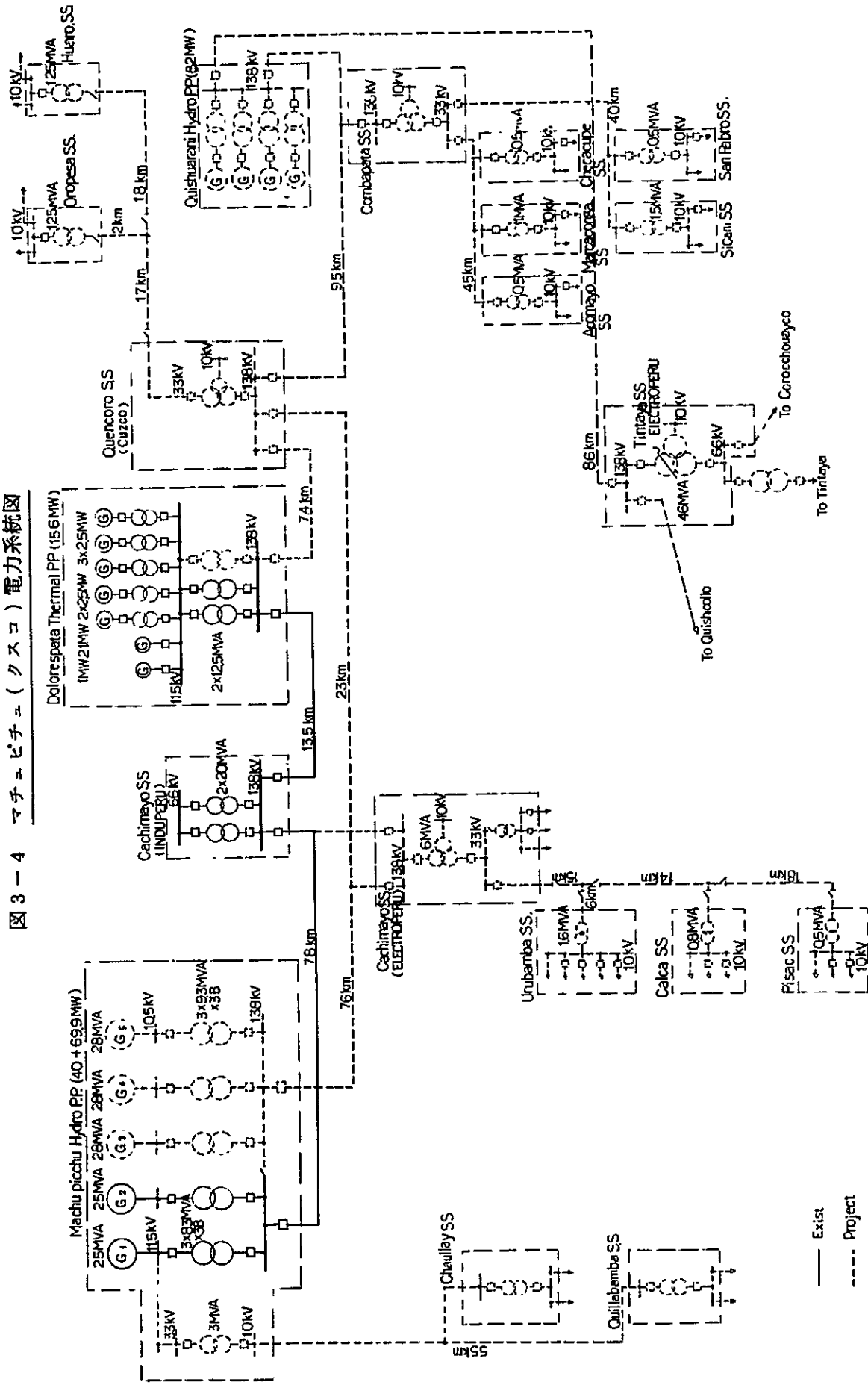
LEYENDA

- ▬ CENTRAL HIDROELECTRICA
- ▲ CENTRAL TERMICA
- ◻ SUBESTACION
- LINEA DE TRANSMISION



(出所) Electro Perú.

図 3-4 マチュピチュ (クスコ) 電力系統図



(出所) Electro Perú.

- 水車の増設、立軸4ノズル、ペルトン水車、23.3MW、有効落差345m、使用水量7.67m³/sec、回転数450r.p.m.、台数3台
- 発電機、3相同期内冷形、28MVA、周波数60Hz、電圧10.5±5%、台数3台
- 起重機、天井走行形、65/12.5トン
- 新旧発電所連絡トンネルおよび換気室
- 放水路トンネル、馬蹄形4.5m、長さ132m
- 放水路チャンネル、幅10.0m、長さ45m
- 開閉所および変電所、10.5/13.8kV、単相9.3MVA×3台、3組
- ② マチュピチュ〜クスコ、138kV送電線、102kmおよび関連変電所(図3-4参照)
- ③ クスコ〜チンタヤ、138kV送電線、206kmおよび関連変電所(図3-4参照)
- ④ 関連送配電網(33kV/10kV)
- ⑤ 総工事費、88,526×10³ドル(外貨34,209×10³ドル、内貨54,317×10³ドル)
- ⑥ 工事工程
 工事工程は1980年着工可能な場合、図3-5の通りである。

図3-5 工事工程表

	1980	1981	1982	1983	1984
1. Machu-picchu発電所増設(土木)	[Progress bar from 1980 to 1983]				
" (電気)	[Progress bar from 1980 to 1984]				
2. Machu-picchu〜Cuzco138kV送電線関連変電所	[Progress bar from 1980 to 1983]				
3. Cuzco〜Tintaya138kV送電線関連変電所	[Progress bar from 1981 to 1984]				
4. 33/10kV送配電網	[Progress bar from 1980 to 1982] [Small bar in 1983]				
5. 修理工場設備(Cuzco)	[Progress bar from 1980 to 1983]				

入札裁定
工事

(出所) Electro Perú.

なお、ここで注目しなければならないのはマチュピチュ系統において、発電所の増設が完了しその最大出力合計が55.6 MWから125.5 MWに増加し、調査対象地域であるクスコ州南東部のチンタヤまでの138 kV送電線および関連変電所の建設が予定されていることである。しかしチンタヤ地区において受電が可能になるのは、図3-5(既出)工事工程表に示されているように1980年当初において資金手当が完了し、入札公示、見積、入札、評価、商議、契約などの一連の手続きに6カ月とすれば、1980年なかばに着工が可能で、工期は4年とすれば完成するのが、1984年9月であり、これ以上の大幅な工期短縮は不可能である。

2-3 南西系統の現状

南西系統の現状は図3-2(既出)に示すように、アレキーバ系統とイロ〜タクナ系統に分かれる。アレキーバ系統ではアレキーバ電力組合の持つチャルカニ、I、II、III、IVおよびVIの水力発電所群(合計出力24.2 MW)およびチリーナ火力発電所(出力12 MW)、合計36.4 MWとペルー鉱山公社のセロ・ベルデ鉱山の持つ自家用発電所(ガスタービン発電機:16.5 MW 2台計23 MW)およびディーゼル発電機(2.5 MW 2台計5 MW)合計28 MWが10 kV、1回線の送電線および10 MWの周波数変換機(アレキーバ電力組合の系統のみがペルー共和国における唯一の50 Hz系統である)を通じて相互に電力融通を行っている。

この系統では目下のところ供給力の不足から需要が頭打ちになっているため近くアレキーバガスタービン発電所(16.5 MW 2台計33 MW)が新設されるほか1982~83年にかけて50 Hz、60 Hz両用のガスタービン発電機の増設(25 MW 2台計50 MW)予定がある。

イロ〜タクナ系統はペルー電力公社のアリコータ第1および第2水力発電所(計35.4 MW)とサザン・ペルー社がイロ市に有する自家用火力発電所(66 MW 2台、22 MW 2台、合計最大出力176 MW)を138 kV 1回線を通じて連系している。

このほか南部地域のプノ州およびアプリマック州には電力系統と呼称し得るものは全くなく小規模の水力発電所またはディーゼル発電所による局地的な電力供給が行われているにすぎない。

第3節 対象地域への電力供給計画

ペルー電力公社からクスコ州南部のエスピナル郡地方に対して電力を供給し得るようになるのは前節で述べたように1984年末ないし、1985年になるであろう。

3-1 対象地域の電力需要

本プロジェクトの対象となる電力需要家は、現在計画之中である、チンタヤ鉱山、コロコワイコ鉱山、ケチュア鉱山、とすでに操業中のアトラヤ鉱山およびヤウリ、ヘクトール・テハダ、両

町である。しかしアタラヤ鉱山については銅鉱山規模としては小さく、すでに自家用のディーゼル発電所を持って操業中であり、私企業であることおよび今後の鉱山耐用年数を考慮し、一応対象から除外する。またヤウリ、ヘクトール・テハダ、両町の需要については、ペルー電力公社が行っている需要想定、その他の需要の中で充分賄い得る量であるので除外する。

昨年度の第1次調査において策定された3銅鉱山の開発規模を表3-6に示す。

表3-6 3 鉱山概要

単 位	チンタヤ鉱山	コロワイコ鉱山	ケチュア鉱山
操業開始年	1983	1986	1989
操業度 トン/日	8,000	1,000	8,000
設備要量 kW	15,000	5,200	15,000
最大電力 kW	12,000	4,160	12,000
年間使用電力量 MWh	90,000	20,000	68,000

(注) チンタヤ鉱山は操業開始が1983年と予定されているが、マチュピチュ電力系統からの受電が可能となる1985年までの2カ年については、表3-8に示す電力需要想定値の中にこれを含めず、1985年以降とした。

なお、チンタヤ鉱山とケチュア鉱山の電力量の違いは、鉱石の品位の相違による選鉱用電力量に差があるためである。

また、各鉱山の主な電力需要は、鉱石の破碎、選鉱、照明、用水取水用ポンプおよび鉱山従業員の住宅用である。

3-2 対象地域の需給バランス

マチュピチュ系統の発電設備は前節で述べたように1979年末において、水力・火力合計で55.6 MWにすぎず、その内訳はマチュピチュ水力発電所(40 MW)とドロレス・パタディーゼル発電所(15.6 MW)である。その他は各地区に小水力発電所またはディーゼル発電所があるが、これは将来ともこの系統に連系されることはなく、逆にマチュピチュ系統が増強されれば廃止されることになるであろう。

またドロレス・パタ発電所も、マチュピチュ発電所の予備力としての役割を果たしている。ここで考慮されなければならないのは、マチュピチュ発電所は、その水量としては110 MWまで増設可能であるということである。現状では常にダムからオーバーフローしているが、水質的に河川水の中に含まれる硅砂分が非常に多く、原動機であるフランシス水車のランナー、ガイドベーン磨耗が甚だしいために年1回の定期点検補修が必要で、この期間約2カ月/年近くその出力を半減しなければならない。この際はこの系統の最大発生電力は35.6 MWに低下する。この状態はマチュピチュ水力発電所の増設工事が完成する1984年末まで続くものと思われる。

表3-7にマチュピチュ系統における需要別の電力量と最大電力の推移(1960年から1976年の間)を示す。この系統内の最大の負荷はカチマヨ肥料工場で全体の負荷の約

65%を占めている。

表3-8にマチュピチュ系統の1979～90年の間のkW需給バランス想定値を、また図3-6に同想定曲線を示す。表3-9はMWhによるバランス想定である。これらの想定値については、いずれもエネルギー鉱山省発行の電力統計年鑑1976年版に基づき、マチュピチュ発電所の増設工事の竣工時期を1984年末と仮定し、本調査団が需給バランスを想定したものである。

また、ペルー電力公社の南東系統計画局(Gerencia de Proyectos Sistema Sur - Este)において、1979年に作成されたkWバランス想定曲線を参考までに、図3-7に示す。ただし、この電力需給バランスにみられるマチュピチュ発電所増設完了時期には1カ年のずれがある。しかしいずれにしても、マチュピチュ発電所増設完了まではクスコ地方の需給状況は、供給不足の状態が続き、マチュピチュ発電所の増設および系統増強工事の実現なしには、新規電力需要の参入は全く不可能であることを示している。

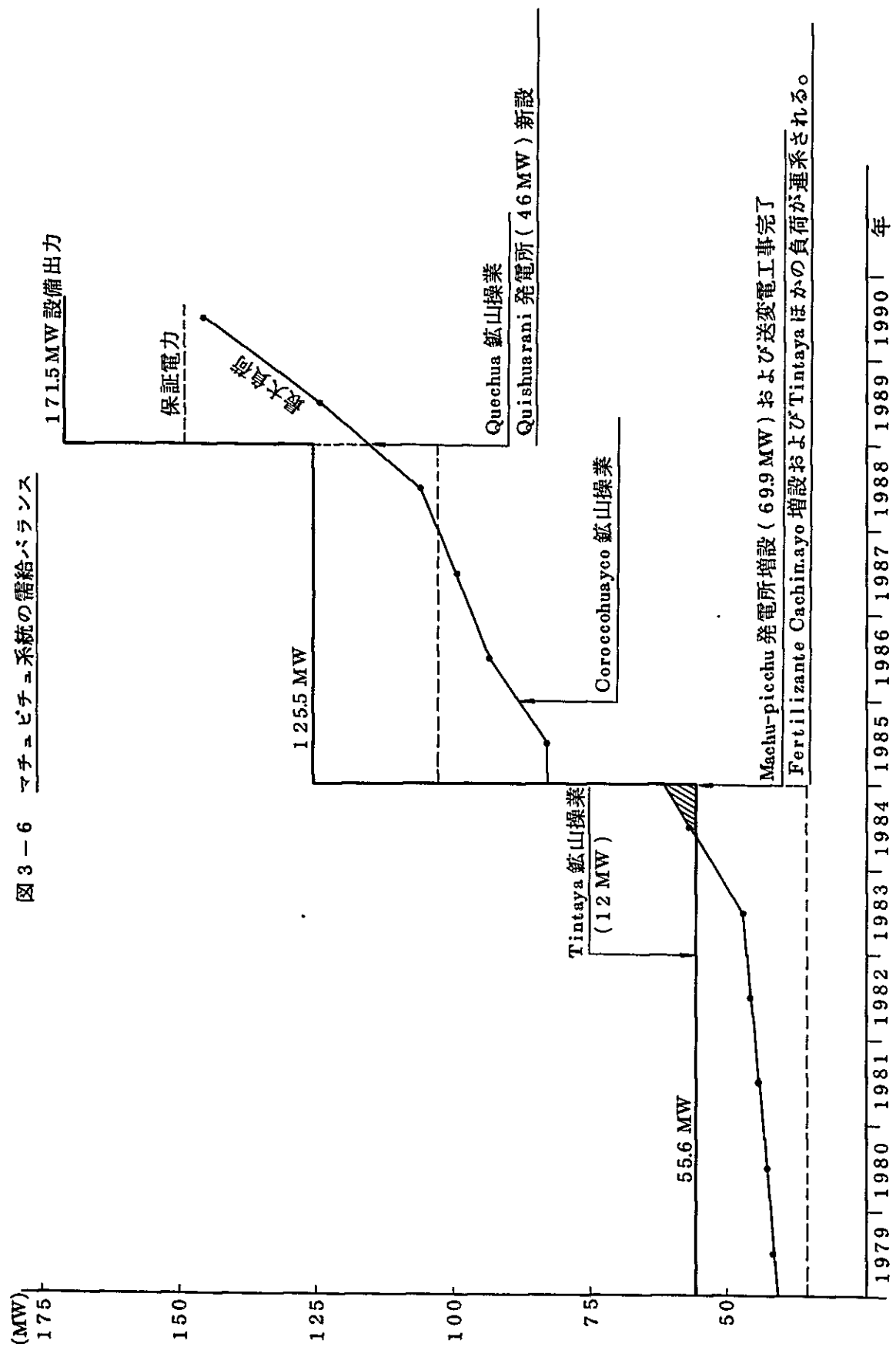
また後述するように、工期も短く設備投資が少なくてすむガスタービン発電所は、海拔3,000～4,000mのクスコ州では、空気密度の低下のため、出力の減少が大きい。ディーゼル発電所も、25～30%程度出力が低下し、また燃料輸送費も過大で、商業ベースでの発電は困難と考えられる。

表3-7 マチュピチュ系統における需要別電力量と最大電力の推移

年	公共照明	一般住宅	商業	工業	Cachimayo 肥料工場	合計	損失(MWh)	損失率(%)	総合計(MWh)	最大電力(kW)
1960	676	4,266	626	2,535		8,103	657	7.50	8,760	
1961	891	4,837	835	2,163		8,726	459	4.99	9,185	
1962	996	5,757	868	1,892		9,513	1,312	12.12	10,824	
1963	1,016	6,202	1,008	1,823		10,049	2,740	21.42	12,789	
1964	999	6,939	1,078	2,635		11,651	4,558	28.12	16,209	4,600
1965	1,118	8,117	1,337	2,221	71,642	84,435	7,964	8.61	92,399	23,000
1966	1,500	8,812	1,453	10,255	59,952	81,972	6,470	7.31	88,442	22,000
1967	1,876	10,000	1,489	3,823	59,713	76,901	6,298	7.56	83,199	21,200
1968	2,015	11,416	1,567	5,113	55,059	75,170	9,942	11.68	85,112	27,100
1969	2,077	12,367	1,607	8,273	146,240	173,564	8,491	4.66	182,055	31,200
1970	2,494	14,283	1,738	9,548	111,208	139,271	6,469	4.43	145,740	30,400
1971	3,490	15,292	2,075	7,615	133,969	162,441	10,702	6.18	173,143	30,700
1972	4,309	15,627	3,174	7,307	124,526	154,943	11,281	6.78	166,224	29,500
1973	4,416	17,186	4,203	7,816	160,175	193,796	14,180	6.81	207,976	34,700
1974	4,801	19,615	4,545	3,317	135,966	168,244	13,852	7.60	182,096	32,800
1975	4,896	21,933	4,828	4,230	162,660	198,547	16,875	7.83	215,423	37,600
1976	5,200	18,800	6,800	4,000	166,174	201,368	16,927	7.75	218,295	37,000

(出所) Ministerio de Energía y Minas

図 3-6 マチュピチュ系統の需給バランス



(出所) Ministerio de Energiay Minas, Electro Perú

表3-9 マチユピチユ系統の需給バランス

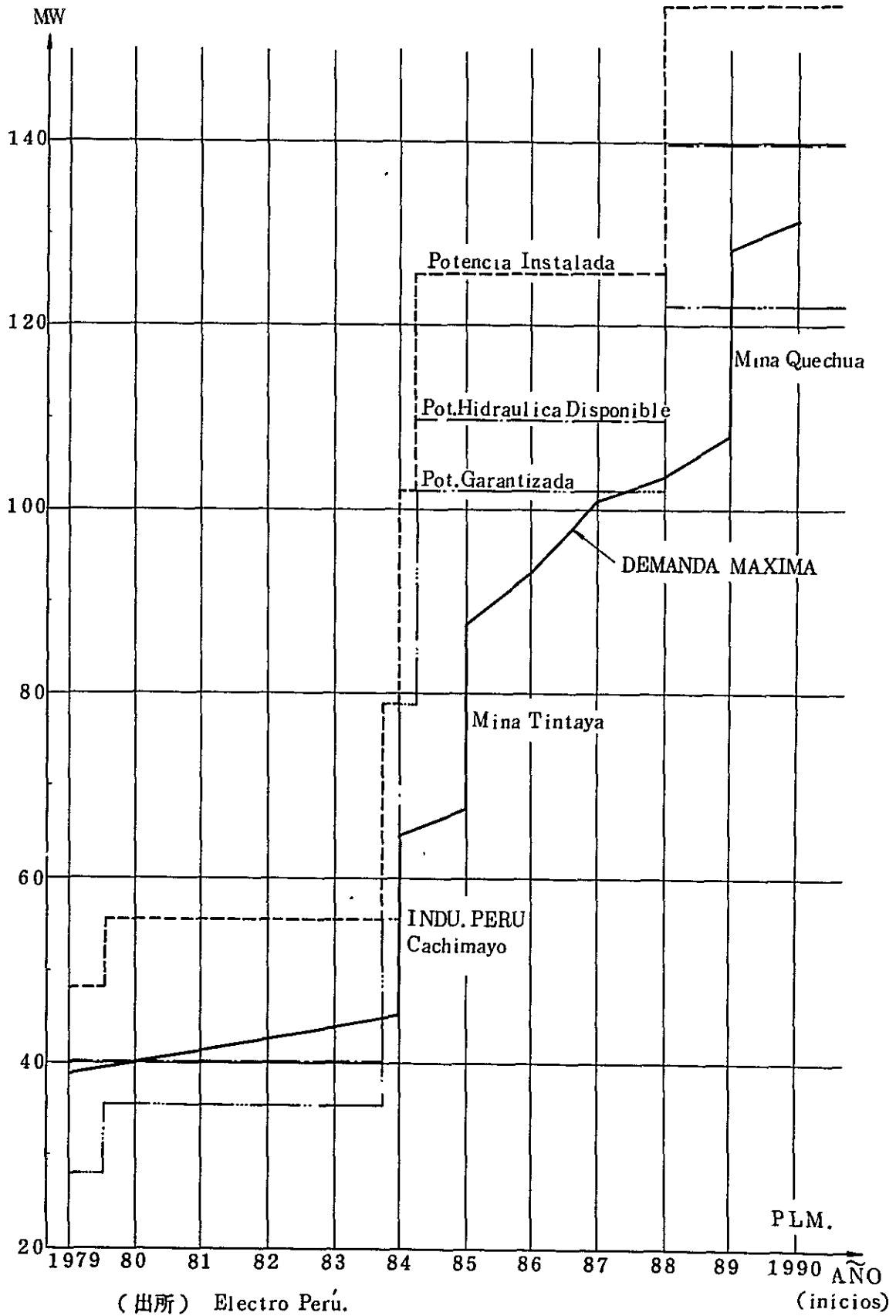
(単位: MWh)

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Cuzco-Valle												
Sagrado	61,091	66,853	72,201	77,977	84,216	90,953	98,229	106,087	114,574	123,740	133,640	144,331
Fertilizantes												
Cachimayo	174,000	174,000	174,000	174,000	174,000	174,000	256,000	256,000	256,000	256,000	256,000	256,000
Proyecto Minero												
Bambas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,000
Proyecto Minero												
Tintaya	-	-	-	-	(90,000)	(90,000)	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000
Proyecto Minero												
Corocochuayco	-	-	-	-	-	-	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Proyecto Minero												
Quechua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68,000	68,000
Fca. Tejidos												
Marangani	-	-	-	-	-	-	893	893	893	893	893	893
Quillabamba	-	-	-	-	-	-	7,078	7,362	7,654	7,961	8,277	8,608
Otros Nucleos												
Urbanos	-	-	-	-	-	-	40,318	42,063	42,810	44,702	46,152	47,640
Nuevos Proyectos												
Perdidas	16,456	16,860	18,057	19,950	20,619	21,253	38,349	42,013	44,085	46,265	53,345	56,000
Total	251,54	257,713	276,015	304,955	315,180	324,874	586,193	642,202	673,871	707,190	815,420	856,005
Producción												
Envergetica (b)	372,124	372,124	372,124	372,124	372,124	372,124	923,215	923,215	923,215	923,215	1,245,583	1,245,583
(Ano Nominal)												
(b)-(a)	+120,577	+114,411	+96,105	+67,169	+56,944	+47,250	+337,022	+281,013	+249,344	+216,025	+430,163	+389,578
Produccion												
Energetica (b)	372,124	372,124	372,124	372,124	372,124	372,124	744,124	744,124	744,124	744,124	1,066,492	1,066,492
(Ano Seco)												
(b')-(a)	+120,577	+114,411	+96,105	+67,169	+56,944	+47,250	+157,931	+101,922	+70,253	+36,934	+251,072	+210,487

(注) 損失電力は7%と仮定

(出所) Ministerio de Energía y Minas

図 3-7 マチュピチュ系統の kW バランス 想定曲線



第4節 対象地域への電力供給方法

前年度実施された第1次調査の結果と、その結論に示された「次期詳細調査への提言」に基づき、あらゆる可能性について調査および検討を行った。対象地域は電力の未開発地区であり、産業的な需要家は全くなく、一般需要についても、いわゆるパンパと呼ばれる高地の大平原の中に点在する農牧民の家がほとんどで、「点」としての存在でしかない。これを送配電線という「線」で結ぶことは経済的にみてほとんど不可能に近い。集落といえるものはわずかに、エスピナル郡の郡庁所在地であるヤウリに957戸(3,972人)とヘクトール・テハダに250戸(915人)がある程度で、人口からみてペルー共和国の平均的電力需要値をもって計算して810kW程度であるので今回の調査においては、銅鉱山3山への電力供給についてのみ検討を進めることとした。

4-1 銅鉱山3山への電力供給方法

4-1-1 基本的な考え方

第1節で述べたように、ペルー共和国は今後1990年までの10年間に開発すべき電力プロジェクトを30以上有し、その投資額は年平均2億5,000万ドルの巨額に達する。これらプロジェクトは各産業間で協調をとりながら政策としても強力に推進されるものであり、それ以外の部門で、すなわち本プロジェクトのように電力が必要であるとして、国の電力開発計画と無関係に計画を立案しこれを推進することは、いたずらに、国の政策を乱し、健全な発展を阻害するのみでなくそのプロジェクトにとっても、その経済性を圧迫することになる。

例えばこの3銅鉱山の寿命は一応15年と仮定されているので、3鉱山の操業開始時期の差を考慮に入れても20年ないし25年程度であり、一方電力設備の場合その決定耐用年数は火力を除いては45年ないし50年である。鉱山が閉山してからもその耐用期間の半ば以上が残り、その転用には多額の移設費用を考慮しなければならない。また水力発電設備の場合には国家的、長期的な観点からその開発規模が決められるべきであるが、これを鉱山の自家用設備として開発する場合には、鉱山側の電力需要の大きさによりその規模は決められることになる。これはいつの日にか再開発を行う必要があることを意味する。

従って、本調査における基本的な考え方として、エネルギー鉱山省の政策に沿った、ペルー電力公社による開発に期待し、補完的なものとしてのみ鉱山の自家用発電設備も考えてみた。

4-1-2 銅鉱山への電力供給方法

3銅鉱山への電力供給方法として可能性のあるものは、前年度の提言にもある通り次の5項目がある。

- ① マチュピチュ発電所の増設と電力系統の増強。
- ② 南西電力系統からの受電
- ③ ディーゼル発電所の新設
- ④ 地熱発電所の新設

⑤ 水力発電所の新設

以下にそれぞれの方法および調査結果について概要を述べる。

4-1-3 マチュピチュ発電所の増設と電力系統の増強

この電力系統より電力を供給する方法が最も信頼性がありエネルギー鉱山省の政策に沿ったものである。技術的な諸問題についても、充分検討され解決されており、ペルー電力公社としてもすでに、開発のプログラムに織り込み済みのものであることからしても推奨するに足るものである。

ただし、その着工時期はすでに述べた如く資金調達問題が未解決のため、チンタヤ鉱山の操業開始を予定されている1983年始めには受電が不可能で、早くても1984年末となるであろう。また第3節の需給バランス(図3-6、既出)で明らかな如く、1990年には再び需給状態の悪化が予想される。

4-1-4 南西系統からの受電

今回の調査においては、その範囲を拡げ、プノ州、アレキープ州など南部地域全体の電力事情を調査し、対象地域であるチンタヤ地区に対して供給可能な電源を求めてみた。その結果南部地域の電力事情は現状では第2節に述べた様な状況であるが、その将来については、現在進行中の下記の電力開発プロジェクトにより、充分、対象地域への電力の供給が可能であることが判明した。

① チャルカニV水力発電計画

(135 MW, 1984年竣工予定)

この計画は、アレキープ市の北約15 kmのチリ川に建設中で、今年ブラジル、フランス、カナダ、の資金協力により、ペルー電力公社が1984年内の運転開始を目指している。

② 南西系統連系送電計画

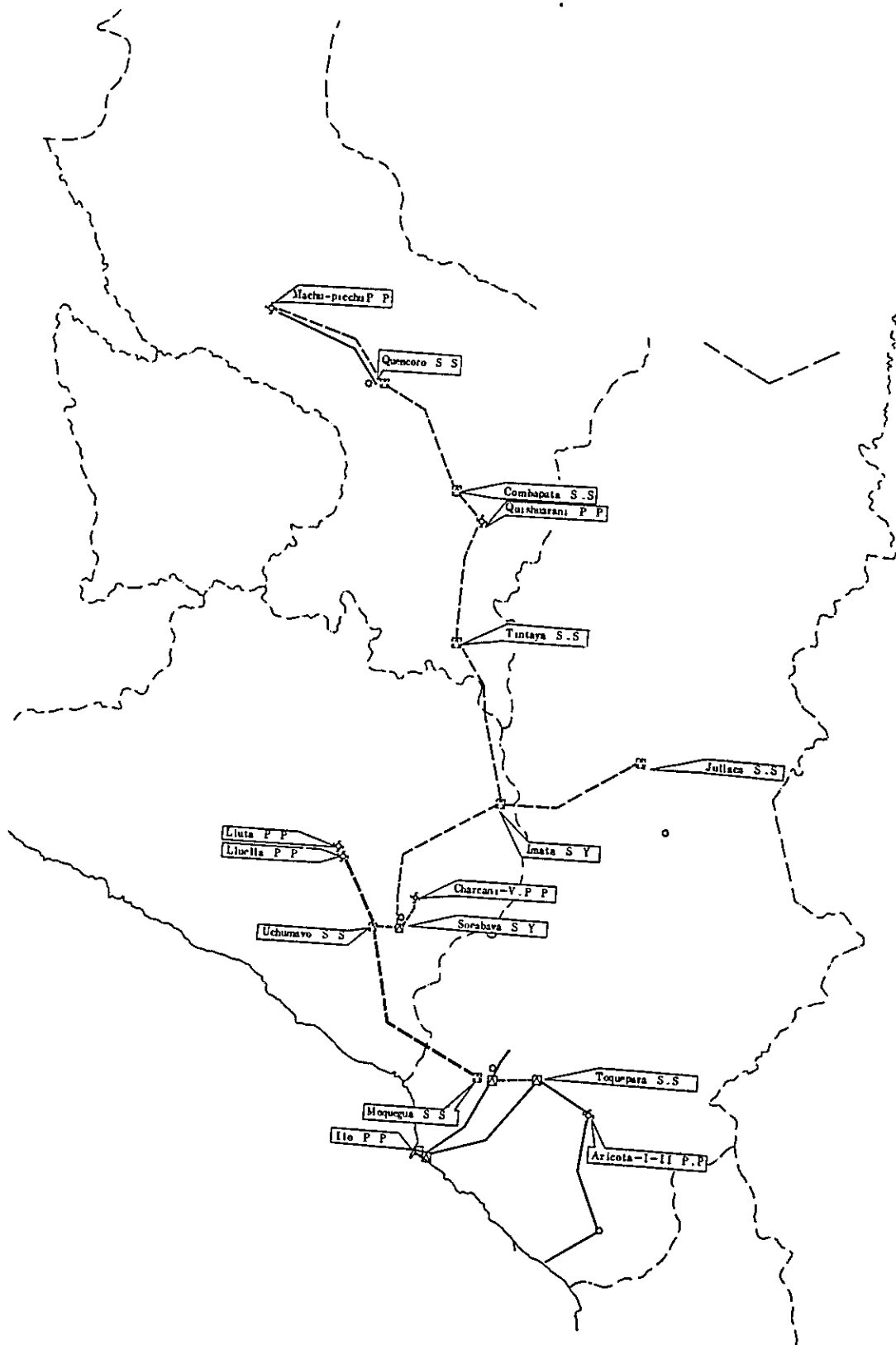
(アレキープ～モケグア間220 kV, 135 km, 1984年運転開始予定)

この計画は、チャルカニV発電所の運転開始に合わせて、タクナ～イロ電力系統とアレキープ系統を連系しようとするもので、ペルー電力公社はその調査、設計を開始している。この連系が行われると、電源容量500 MWの南西系統が実現し、水力、火力、の合理的な運用が可能となる。(図3-8、3-9参照)

③ マヘス総合プロジェクト

この計画は、アレキープ州のマヘス・シグアス、の両パンバ約60,000ヘクタールを灌漑し、農業開発することを主目的とし、ペルー、スウェーデン、イギリス、スペイン、南アフリカ、カナダの6カ国が共同開発を行っている大プロジェクトで、すでに第1期工事を実施中である。アンデス高原の海拔4,100 m地帯に、コンドロマ貯水池(貯水容量 $250 \times 10^3 \text{ m}^3$)およびアングスツラ貯水池(貯水容量 $1,000 \times 10^3 \text{ m}^3$)を建設し、ここよりシグアス川上流のワスマヨ谿谷まで延長約108 kmの水路を以って導水する、このシグアス川がパンバに至る25 km区間に総落差1,900 mがあり、ここ

图 3 - 8 南部系統連系計畫位置圖



(出所) Electro Perú.

に、ジュタ水力発電(274 MW)、ジュクジャ水力発電(382 MW)の両計画が立てられている。ジュタ水力発電計画はすでに、ペルー電力公社によりフィービリティ調査が完了し、第1期工事(137 MW)は1986年末に、第2期工事(137 MW)は1987年末に運転開始が予定されており、ジュクジャ水力発電計画も1991年末に第1期工事(127.3 MW)の完成が予定されている。

④ 緊急火力発電計画

1980年から、チャルカニV発電所が完成する1984年までの、アレキーバ地方の電力不足を補うため、アレキーバ市外に、ガスタービン発電設備16.5 MW×2および25 MW×2の4台計83 MWが建設される予定である。

⑤ プノ送電計画

アレキーバ市の南郊ソカバヤ開閉所からプノ州のフリアカまで138 kV送電線約220 kmの新設が1990年運転開始を目途に計画されている(図3-8、3-9参照)。

これらの各プロジェクトが南西地域において電力系統に投入されて行くに従って、今までの電力不足は急速に解決し、ジュタ水力発電所1期工事竣工後は漸次この地方の火力発電所を廃止、または予備力化するように考えられている。

そこで、本調査団はこの点に着目し、チンタヤ地区の各鉱山の電源としての南西系統を検討するとともに、南部連系送電系統の可能性について調査した結果を下記に述べる。

第1節において言及したように、1978年の内閣多部門諮問委員会の最終報告の結論の中で開発計画の代案が求められている。一方開発計画はその地域の需給バランスの上に立って立案されている。また、地域別の需要想定を見ると、大電源を持つ地域の需要の伸びは、電源を持たない地域の需要の伸びに比べ極端に大きい。換言すれば、電力を持つ地域に産業が集中し増大しつつあり、そこにはまた人口も流入し増大する傾向があり、一方電力を持たない地方の過疎化の傾向は激しくなっており、この南部地域内の各系統毎の需給バランスは表3-10に示す。

① 南西系統

南西系統内においては1985年以後、電力に余裕を生じ火力の廃止又は予備化が計られている(図3-10参照)。

② マチュピチュ系統

この系統については第3節に述べた通りでマチュピチュ発電所増設後も電力供給に十分な余力を持たず、1988年にはキシュアラニ水力発電所の投入が必要である。

③ プノ系統

プノ州においては、水力発電所による電力の供給はなく、また経済的な開発地点も持たないため、ディーゼル発電によってその需要を賄われており、慢性的な需要の頭打ち状態となっている。

そこで、前記委員会の最終報告に添付されているこの3系統の需給バランスを単純に加算すると、表3-10、図3-11が得られる。この表および図においては、アレキーバ地区に建設されるガスタービン発電所(25 MW×2台)、キシュアラニ発電所、の投入と、南西系統内の火力発電所の廃止は、意識的に除外したが、図3-11に見られる如く1985年以降の

表3-10 南部系統の需給バランス

(単位：MW)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
Demand (Total)	Sistema Sur-Oeste	317	334	356	371	392	428	450	474	497	522	542
	Sistema Sur-Este	81	84	89	92	97	112	116	125	132	140	146
	Sistema Puno	9	9	10	10	11	12	12	13	13	14	15
Total	407	427	455	473	500	552	578	612	642	676	703	
Demand + Reserve	Sistema Sur-Oeste	383	402	424	439	460	496	518	524	565	590	610
	Sistema Sur-Este	104	108	113	116	121	136	140	149	156	164	170
	Sistema Puno	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	17
Total	498	522	549	568	594	646	673	688	737	771	797	
Installed Capacity Hydro Therm	Sistema Sur-Oeste H	205.7	205.7	342.7	479.7	479.7	479.7	479.7	607.0	607.0	607.0	734.3
	Sistema Sur-Oeste T	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8
	Sistema Sur-Este H	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9	109.9
Sistema Sur-Este T	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	
Sistema Puno H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sistema Puno T	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
Total H	315.6	315.6	452.6	589.6	589.6	589.6	589.6	716.9	716.9	716.9	844.2	
Total T	278.4	278.4	278.4	278.4	278.4	278.4	278.4	278.4	278.4	278.4	278.4	
Dispose Capacity of Peak	Sistema Sur-Oeste	449.1	449.1	586.1	723.1	723.1	723.1	723.1	850.4	850.4	850.4	977.7
	Sistema Sur-Este	125.5	125.5	125.5	125.5	125.5	125.5	125.5	125.5	125.5	125.5	125.5
	Sistema Puno	17	17	17	17	17	17	17	19.5	19.5	19.5	19.5
Total	591.6	591.6	728.6	848.6	848.6	848.6	848.6	975.9	975.4	975.4	1,103.2	

C-V Lluta-I Lluta-II Lluella-I Lluella-II

Machupicchu

(出所) 内閣多部門諮問委員会

図 3-10 南西連系電力系統の需給バランス

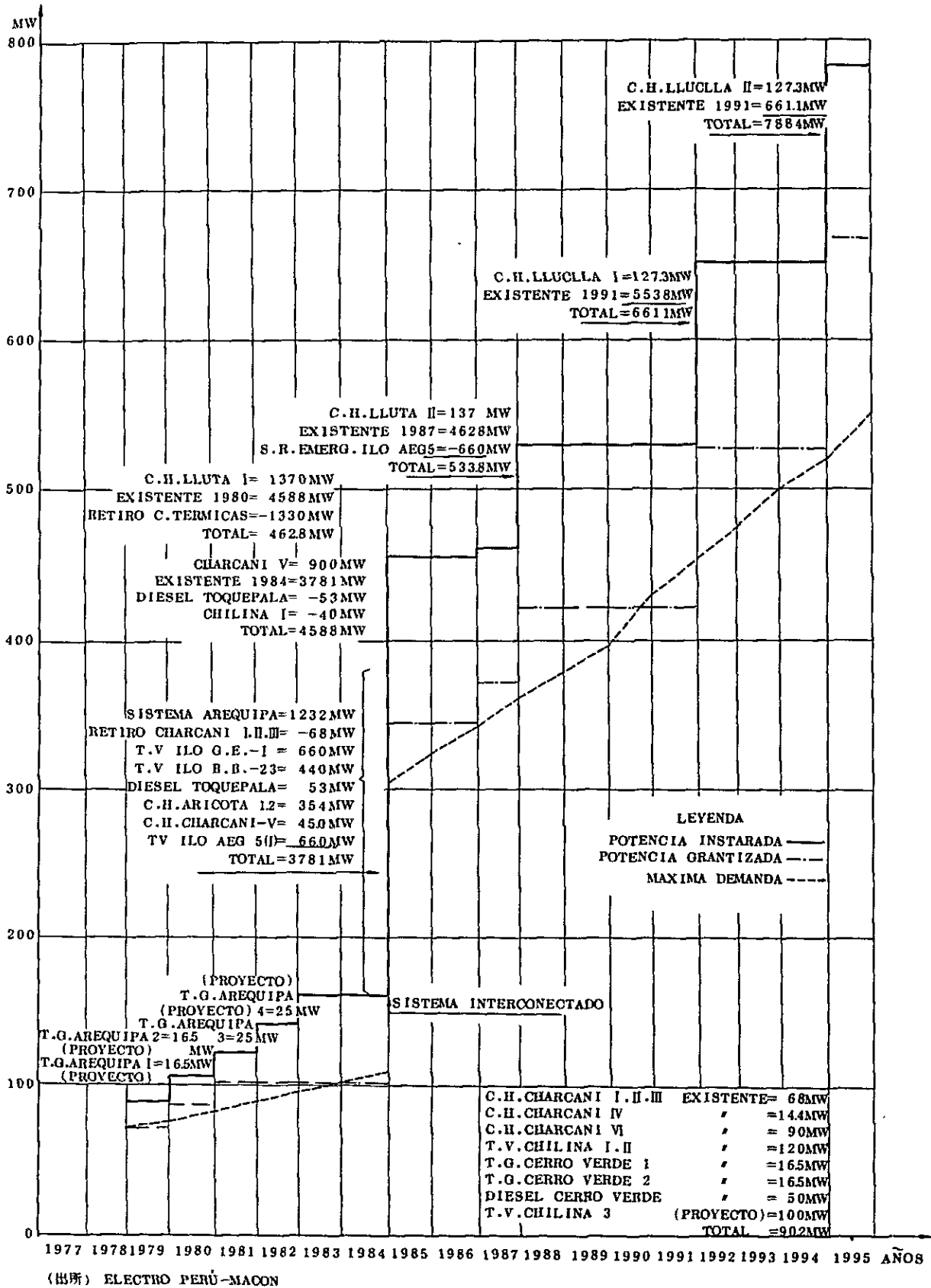
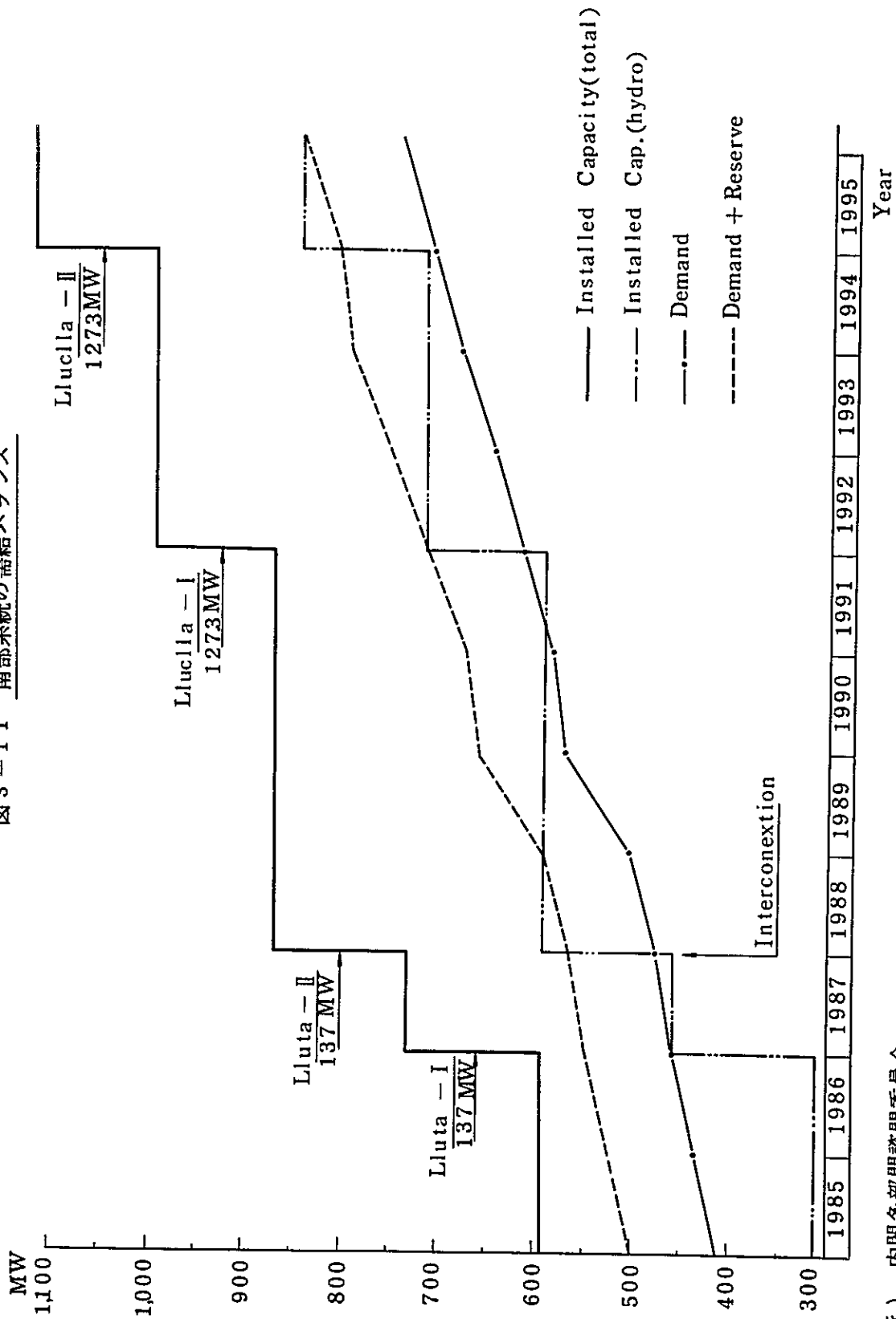


図 3-1-1 南部系統の需給バランス



(出所) 内閣多部門諮問委員会

需給バランス状態は、供給余力が充分あるものと考えられる。

南部連系電力系統の実現のためには、現在ペルー電力公社において計画中の2つの送電計画（既出、図3-8、図3-9、参照）、下記の

- ① マチュピチュ系統増強計画（クスコ～チンタヤ、138 kV送電線、209 km）
- ② アレキーバ～プノ送電線（138 kV、220 km）

至近点間を連系すれば良く、本調査団の想定によれば、チンタヤ変電所～イマタ開閉所間約100 kmの新線計画をたてればよい。

南部連系送電計画の技術的検討

今回の現地調査においては、この連系計画を考慮し、現地踏査を実施したが、送電線通過予定地点のコンドロマ峠（海拔4,600 m）も、写真に見られる如く、技術的にも、施工の面からも何等問題はないものと判断される。この送電線の亘長は図3-9（既出）に示す通りであるが、アレキーバ側の引出し点をチャルカニV開閉所にすれば、イマタまでの亘長は約20 km短縮が可能となるであろう。

また本調査団は、この連系送電線のうち、ソカバヤ～チンタヤ間についてのみ予備的な検討を行ったのでここにこれを紹介する。

① 基本事項

- (a) 送電距離—220 km
- (b) 送電々圧—受電端138 kV（電圧変動率5%）
- (c) 送電々力—40 MW以上
- (d) 送電損失—5%以内
- (e) 等価線間距離—7.58 m
- (f) 送電線経過地標高—4,000 m
- (g) 回線数 1回線

② ケース1 330 mm² 鋼心アルミ燃線（ACSR）単導体の場合

- (a) 負荷40 MW、力率0.8のとき、送電端電圧を144.9 kV（138 kV×1.05）に抑えるため必要な受電端調相容量は28.5 MVar（静電コンデンサ）が必要。
- (b) この時の送電損失は1.66 MW
- (c) 連系線として使用する場合の送電容量は60 MWである。
- (d) コロナ損失は0℃で無視（0.06 MW）でき、20℃では0.442 MWである。

③ ケース2 330 mm² 鋼心アルミ燃線（ACSR）複導体の場合

- (a) 負荷40 MW、力率0.8のとき、送電端電圧を144.9 kVに抑えるための調相容量は14.6 MVarが必要。
- (b) このときの送電損失は無視し得る。
- (c) 連系線としての送電容量は130 MVAである。
- (d) コロナ損失は発生しない。

④ ケース3 610 mm² 鋼心アルミ燃線（ACSR）単導体の場合。

- (a) 負荷電力40 MW、力率0.8のとき、送電端電圧を144.9 kVに抑えるための調相

容量は 2 1.5 MVar である。

(b) このときの送電損失は 0.88 MW である。

(c) 連系線として使用する場合の送電容量は 96 MW である。

(d) コロナ損失は発生しない。

以上参考までに検討を行ったが、将来の連系送電線としての役割を考慮すると、ケース 2 が望ましいと考えられる。

南部連系送電計画の利点

この連系送電計画の利点または意義は、下記の如く極めて大きい。

① 内陸部のプノ州、クスコ州のほとんどが海拔 3,000～4,500 m の高地である。この地域でのディーゼル発電は、低地に比べ空気密度の減少から出力は 70% 程度まで低下する。さらに燃料油はモジェンド港から南部鉄道等により運び上げられており、その距離も、フリアカまで 450 km、クスコまでは 790 km もあり、この燃料油の輸送のためにも多量の石油が消費されている。

これら諸州での発電用燃料の消費量は表 3-11、3-12、3-13 に示す通りで、今後も増加することが予想される。

表 3-11 発電用燃料消費量 (公共用: 1976)

Departamento	PETROLEO EN GALONES			GAS
	Crudo	Diesel	Residual Picos $\times 10^3$	
TUMBES		835,471		
PIURA		11,312,490		639,164
CAJAMARCA		752,977		
LAMBAYEQUE		3,583,047	1,902,078	
AMAZONAS		104,189		
LA LIBERTAD		701,240		
ANCASH		817,506		
HUANUCO		743,124		
LIMA		2,165,392		
PASCO		77,455		
JUNIN		781,123		
HUANCAVELICA		56,876		
ICA		424,438		
AYACUCHO		881,755		
APURIMAC		114,123		
CUZCO		160,500		
AREQUIPA	3,420,250	141,564		
MADRE DE DIOS		253,145		
PUNO		988,356		
MOQUEGUA		39,173		
TACNA		94,500		
LORETO		4,288,344		
SAN MARTIN		381,716		
TOTAL	3,420,250	29,698,504	1,902,078	639,164

(出所) Ministerio de Energía y Minas

表 3-12 発電用燃料消費量 (自家用: 1976)

Departamento	PETROLEO EN GALONES			GAS Pios 3×10^3	BAGAZO TM
	CRUDO	DIESEL	RESIDUAL		
TUMBES		116,213			
PIURA	843,200	1,256,880		2,679,959	
CAJAMARCA		393,026			
LAMBAYEQUE		1,319,842	1,736,160		307,784
AMAZONAS		13,140			
LA LIBERTAD	12,485,462	3,650,281	10,023,286		430,276
ANCASH		1,438,601	1,420,177		49,214
HUANUCO		2,074,553			
LIMA		1,385,363	9,517,147	581,160	
PASCO		1,769,710			
JUNIN		2,954,246	343,933		
HUANCAVELICA		4,629,922			
ICA		1,440,504	23,605,119		
AYACUCHO		611,559			
APURIMAC		147,650			
CUSCO		569,322			
AREQUIPA		4,852,872	2,600		
M. DE DIOS		1,500			
PUNO		1,317,269	1,905,888		
MOQUEGUA	28,654,698	4,262			
TACNA		904,118			
LORETO		1,947,336	252,075		
SAN MARTIN		17,490			
TOTAL	41,983,360	32,815,661	48,806,385	3,261,119	793,274

(出所) Ministerio de Energía y Minas

これに反して、南西系統内の低地に在る火力発電所は、廃止、又は予備力化しようとしている傾向にあるがこの矛盾が解消できる。

- ② 表 3-10、図 3-11 に示すように、キシュアラニ水力発電計画の投入を 1995 年以降まで遅らせても、需給バランス上支障は生じない、このため、ジュタ、ジュクジャなどのように、大規模で電力コストの安い計画に集中的に投資が可能で効果的である。
- ③ この送電線の経過地の附近には、タンボ計画のほか、ラグニージャ総合開発計画 (一部発電計画) などがあるが、これらの開発が容易になる。
- ④ プノ州の産業発展に寄与することが極めて大であるとともに、豊富な電力によりセメントなど、基礎的な産業の発達により、建設資材の価格の低下と量の確保が容易となり、電力開発の面でもその恩恵が受けられる。

表 3-13 発電用燃料消費量 (合計 : 1976)

DEPARTAMENTO	PETROLEO EN GALONES			GAS Pios 3×10 ³	BAGAZO TM
	CRUDO	DIESEL	RESIDUAL		
TUMBES		951,684			
PIURA	843,200	12,569,370		3,319,123	
CAJAMARCA		1,146,003			
LAMBAYEQUE		4,902,889	3,638,238		307,784
AMAZONAS		117,329			
LA LIBERTAD	12,485,462	4,351,521	10,023,286		436,276
ANCASH		2,256,107	1,420,177		49,214
HUANUCO		2,817,679			
LIMA		3,550,755	9,517,147	581,160	
PASCO		1,847,165			
JUNIN		3,735,369	343,933		
HUANCAVELICA		4,686,798			
ICA		1,864,942	23,605,119		
AYACUCHO		1,493,314			
APURIMAC		261,773			
CUZCO		729,822			
AREQUIPA	3,420,250	4,994,436	2,600		
M. DE DIOS		254,645			
PUNO		2,305,625	1,905,888		
MOQUEGUA	28,654,698	43,435			
TACNA		998,618			
LORETO		6,235,680	252,075		
SAN MARTIN		392,206			
TOTAL	45,403,610	62,514,165	50,708,463	3,900,283	793,274

(出所) Ministerio de Energía y Minas

写真 3-1 南西系統からの送電線通過予定地 (コンドロマ峠附近)

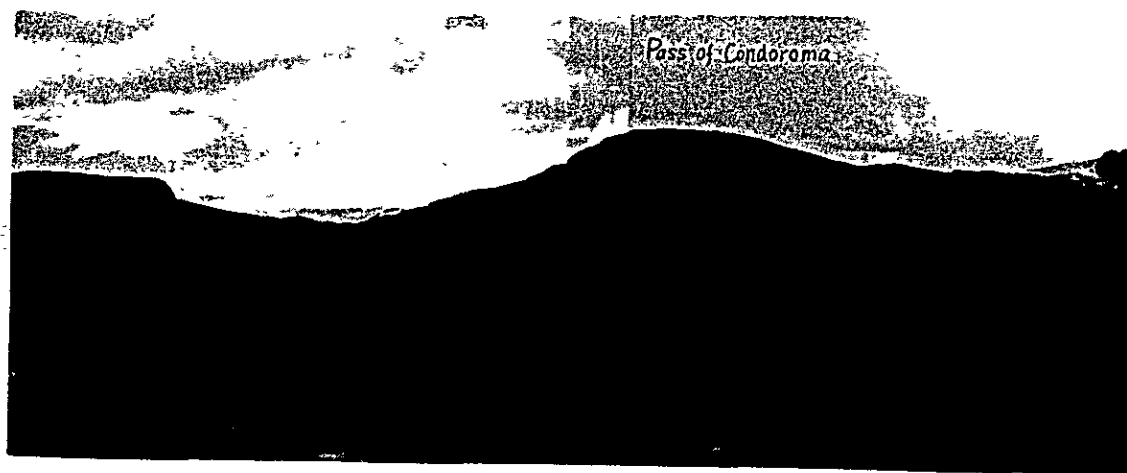


写真3-2 国道21号線沿いの送電線経過予想地遠望

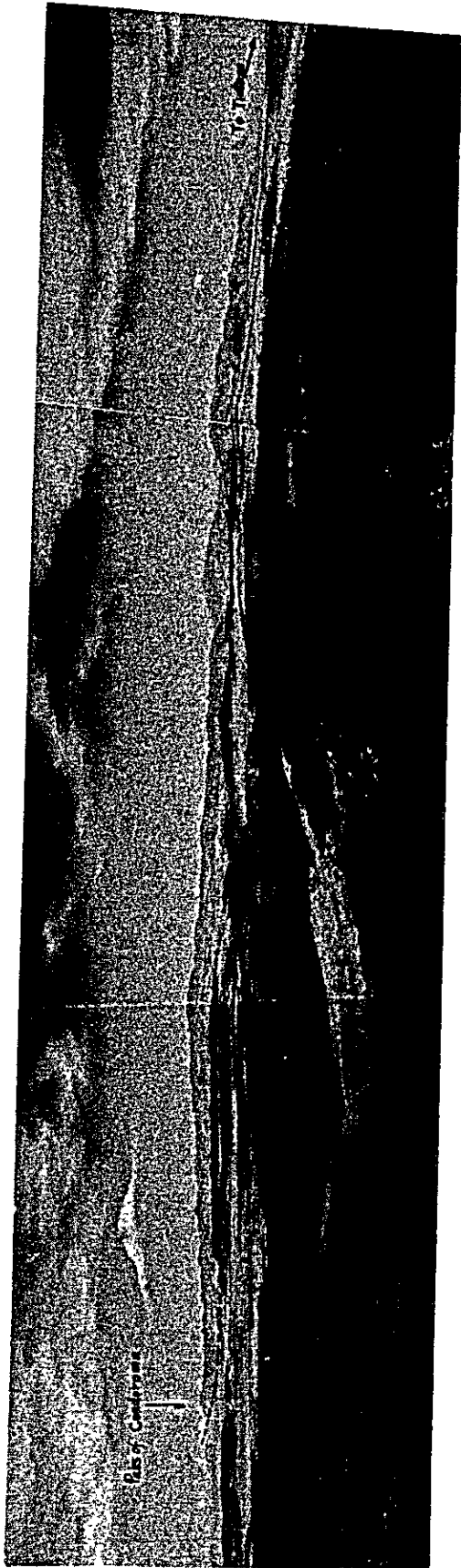


写真3-3 イマダ附近のパンパ

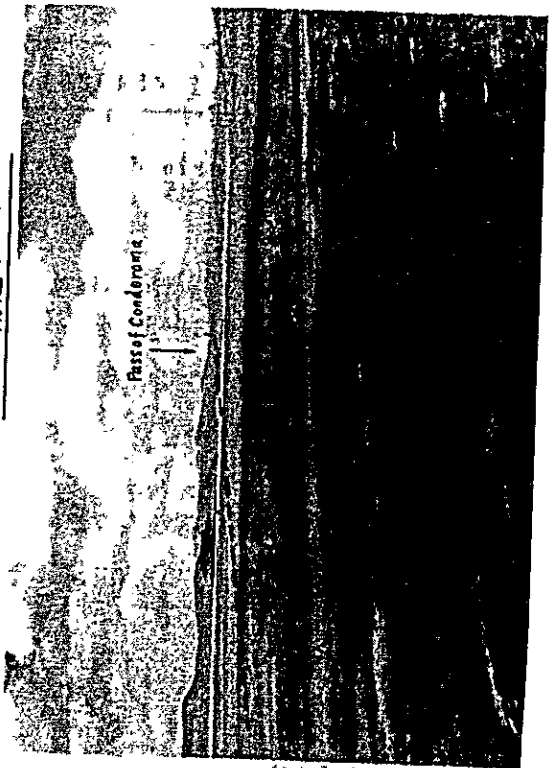
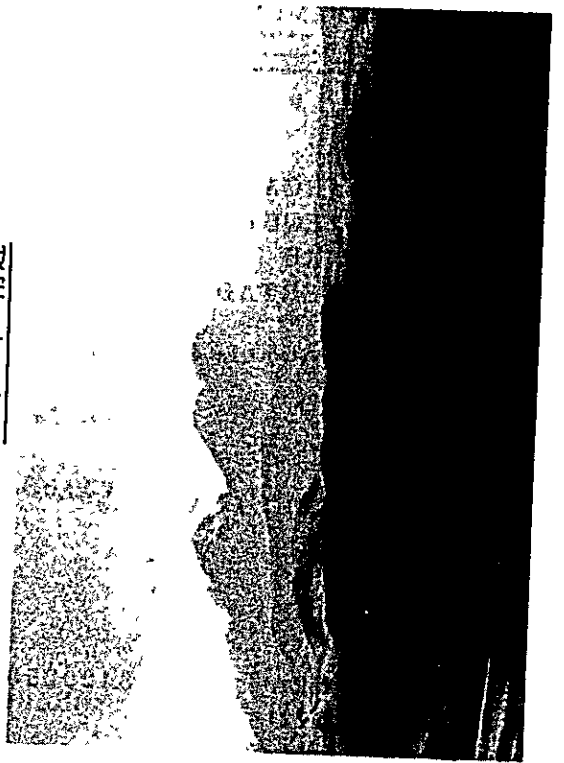


写真3-4 チャチャニ附近



4-1-5 ディーゼル発電所の新設

チンタヤ鉱山が操業を開始する予定の1983年には、前述の通り南部地域においてペルー電力公社の各系統内には新規に運転開始可能な電力プロジェクトはない。従ってチンタヤ鉱山は独自に、その電源となる発電設備を建設する必要がある。然しながら、1986年に操業開始予定のコロコワイコ鉱山および1989年操業開始予定のケチュア鉱山については、ペルー電力公社の送電線がチンタヤまで延長され、これにより受電は可能となる。

従ってチンタヤ鉱山が必要とする最大電力12MWの供給が可能な設備として考えられるのは、ディーゼル発電設備またはガスタービン発電設備であるが、チンタヤ地区は海拔4,200m程度であるため、ガスタービンの使用は技術的、経済的にみて好ましくない。

依って、設備費が最も安い6,000kW規模のディーゼル発電機を、予備1台を含めて3台設置する案を考慮したい。そのレイアウトを図3-12に示す。しかしこの計画には下記の問題がある。

- ① 前述のように、ペルー電力公社の計画による送電計画が1984年に完成すれば、電力公社系統からの受電が可能となり、それ以降は予備力化するであろう。然しながら海拔4,200mという燃料の経済性の悪い処に予備的な設備を置く理由は全く無く、他に移転するためには撤去工事費、輸送費、建設工事費が必要となる。
- ② この発電設備の運転保守のために、約15名程度の熟練した技術者が必要であるが、2年間しか運転しない発電所のために熟練技術者を雇用することは大変困難であると思われる。
- ③ 燃料油は日量72klと予想されるが、これが荷卸しされるシクアニ駅またはアヤビリ駅と、山元にそれぞれ、10日分程度の貯油設備が必要であり、その間の輸送に使用するタンクローリーも必要となる。
- ④ 燃料油はペルー石油公社(Petro Perú)がモジェンド港のタンクヤードから鉄道輸送を行い、プノ州のフリアカでの受渡価格は、89.5ソーレス/ガロン(1979年10月現在)でありフリアカから山元までの運賃合計13.2ソーレス/ガロンも上積みされ、さらに燃料輸送のための輸送エネルギーの浪費がある。

4-1-6 地熱発電所の新設

今回の調査において、キンコージョ地点における地熱発電の可能性について、物理探査、およびボーリングが行われ、その結果は第7章に述べられているが、地熱発電を調査対象銅鉱山の操業に間に合うよう開発することは大変困難であると思われる。なお、参考までに地熱発電所を含む電力系統図を図3-9(既出)に示す。

4-1-7 水力発電所の新設

今回の調査対象地域はアンデス山脈の中央に広がる海拔4,000m地帯であり、その東西に、東山系、西山系の万年雪を有する山々が連なる。年間雨量は約700mm程度であるが地形的な条件からこの地域の包蔵水力は極めて大きい。

ドイツ技術協力公社(GTZ:Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammen-

enarbeit)から派遣され、長期にわたって開発調査を指導している調査団の作成したこの地方の水力地点図を、図3-13に示す。今回の調査ではプロジェクト対象地域に最も近く、ペルー鉱山公社およびペルー電力公社とも、すでに開発計画を立案しているキシュアラニ地点について予備的な検討を実施した。

この検討では、水力計画の基本となるべきサルッカ川流域の水文資料がないこと、計画地点の地図としては、陸軍地理院発行の10万分の1の地図しか入手できなかったこと、地質資料がないこと、などのため次の如き前提条件のもとで検討を行った。水文資料としてはビルカノータ川のピサク測水所の過去10カ年の資料(第4章参照)の中から資料として整っている9カ年分を利用し、流域面積比でサルッカ川の想定流量を算出し、表3-14および図3-14を作成した。このようにして算出された9カ年の月別平均流量の平均値は、 $27.17 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 、月別平均流量の最小値は $6.51 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 、である。一方、10万分の1の地図を用いて貯水池の面積を求め、貯水容量曲線、図3-15を作成した。また、同地図により、ダム位置、取水口位置導水トンネル経路および長さ、発電所位置、ペンストック経路、長さ、放水路の経路、長さなどを決めた。図3-16にその地図を示す。

このようにして求められた資料から、一応発電所規模をペルー電力公社の案に近いものとして諸元を設定すると、下記ようになる。

- ① ダム
直線重力式コンクリートダム、堤頂長、150 m、ダム高さ、25 m
- ② 有効貯水量 $454 \times 10^3 \text{ m}^3$
- ③ 導水トンネル 円形圧力型、直径3.9 m、全長4.7 km
- ④ 水圧鉄管路 平均直径1.4 m、長さ792 m、1条(下部4分岐)
- ⑤ 有効落差 350 m
- ⑥ 最大使用水量 $28 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 、
- ⑦ 水車 立軸、4ノズル、ペルトン水車4台
- ⑧ 発電機 立軸、4台
- ⑨ 発電所 地上形
- ⑩ 放水路 馬蹄形、直径3.9 m、全長500 m
- ⑪ 発電所最大出力82 MW

以上の諸元で、1次電力約180 GWh、2次電力292 GWh、合計472 GWh、を得る。また概算工事費は、 $5万1,000 \times 10^3$ ドル、kW当たり工事費622ドル、である。ただし、図3-15の貯水容量曲線に示すようにダム高さを100 mとすれば $480 \times 10^6 \text{ m}^3$ となり、季節調整も可能な発電所として、さらに大容量発電計画がたてられる。然しながら、現段階では、基礎的な調査を充分に行うことが先決である。そのためには、まずダムサイト附近に測水所を設け、サルッカ川の流況を長期間測定すること、流域内に幾つかの雨量観測所を設け降雨量データを整備することが必要である。

また、下流ビルカノータ川は河床も高く流れも緩やかな部分も長い区間にわたっているので将来、この発電所の最大使用水量の決定の参考となる測量、測水など充分に行って、農地浸水などのトラブルを生じないように配慮されるべきである。

表3-14 月別平均流量・累加流量計算書(サルツカ川、ビルカノータ: c.a. = 2, 650 Km²)

(単位: m³/sec)

YEAR	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	ANNUAL
1965~1966(Qi)	816	1081	984	2272	2462	3179	2773	1809	1431	1100	945	907	19759
(qi)	98099	96463	94730	94285	94030	94492	94548	93640	92354	90737	88965	87155	
1966~1967	928	1456	1944	2838	2795	2709	5943	4176	1825	1939	1792	1785	30130
	85366	84105	83332	83453	83531	83523	86749	88208	87316	86538	85613	84681	
1967~1968	1887	2371	2140	3654	3591	6405	5319	3091	1754	1273	1138	919	33542
	83851	83505	82928	83865	84739	88427	91029	91403	90440	88996	87417	85619	
1968~1969	1198	1425	2198	2078	5368	7124	4502	3750	1158	1030	970	920	31721
	841	82808	82289	81650	84301	88708	90493	91526	89967	88280	86533	84736	
1969~1970	920	1082	1270	2229	4443	8709	8843	5064	1537	949	964	946	36956
	82939	81304	79857	79369	81095	87087	93213	95560	94380	92612	90859	89088	
1970~1971	931	1218	1310	4418	14085	15369	9743	5475	2003	1249	1003	996	57800
	87302	85803	84396	86097	97465	1,10117	1,17143	1,19901	1,19187	1,17719	1,16005	1,14284	
1971~1972	1015	1128	1620	2339	5392	4401	4253	2852	2226	2016	1274	1047	29563
	651	782	1131	1643	4681	7626	6517	3205	1964	1283	1080	1017	31580
1973~1974	1,09177	1,07242	1,05656	1,04582	1,06546	1,11455	1,15255	1,15743	1,14990	1,13556	1,11919	1,10219	
1974~1975	1136	1103	1030	1062	2735	4648	3665	2668	1872	990	764	707	22390
	1,08638	1,07024	1,05337	1,03682	1,03702	1,05631	1,06579	1,06530	1,05685	1,03958	1,02005	99995	
MEAN	1054	1294	1514	2504	5061	6686	5729	3566	1752	1315	1103	1027	2717

(注) 1 Qi=1月別平均流量、qi=累加流量、i=月

2 累加流量値は以下の様に算出される: qi=Qi - 27.17 + 定数 (1,000)

(出所) 気象水文庁

図3-14 サルッカ川流況曲線

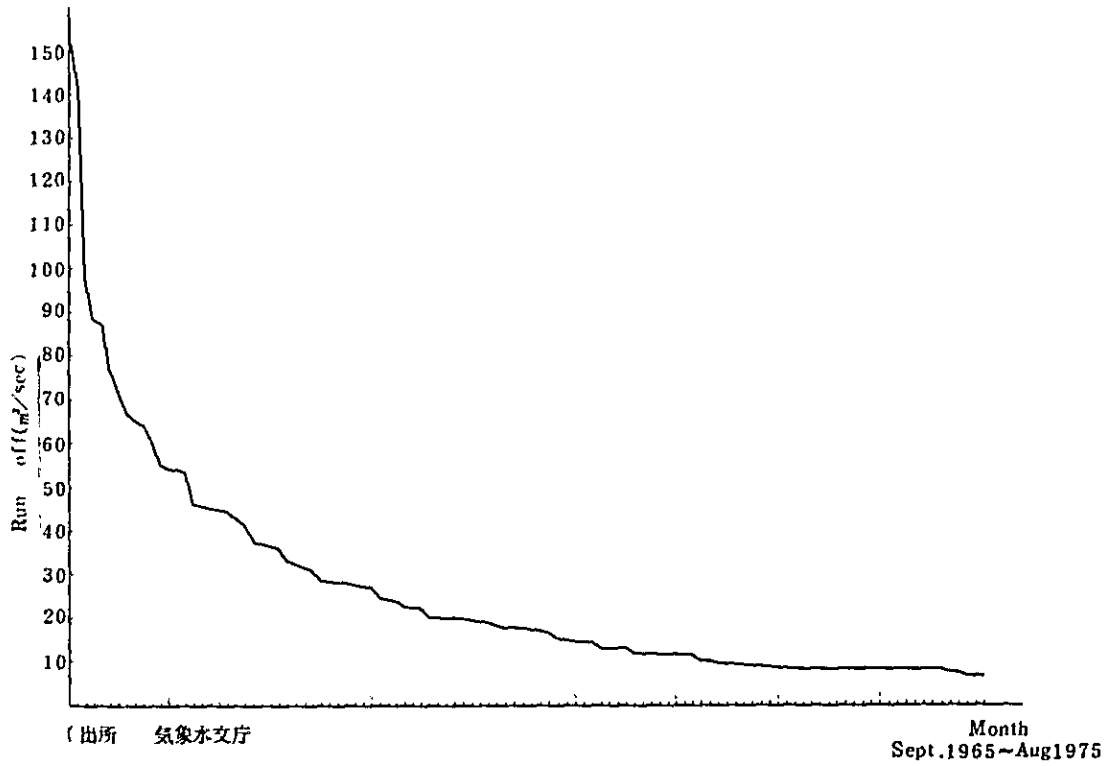
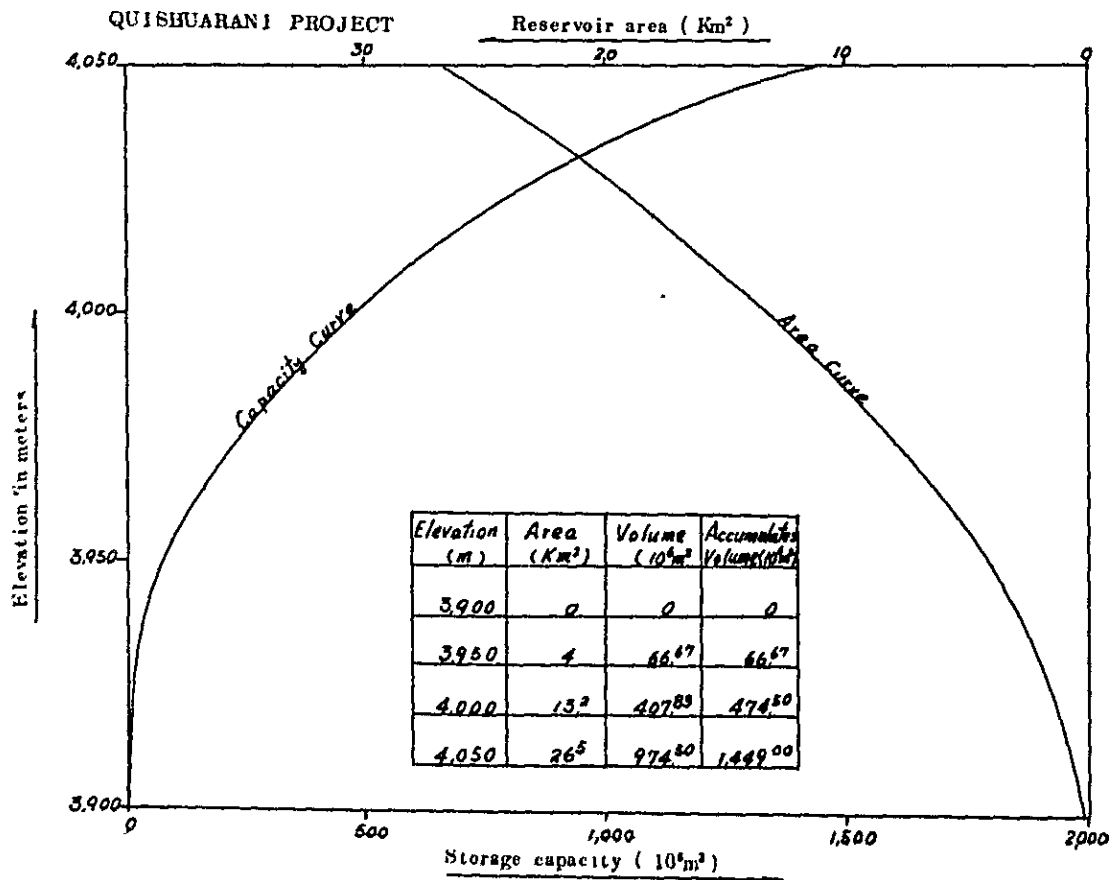


図3-15 貯水容量曲線



その他、ダムサイトの地質調査などについても充分調査を行った上で、フィージビリティスタディーを実施すべきである。

前回調査時に提起された、ランギ・ラヨ湖利用については、既設発電所もあり新規開発を行うため必要な水量は得られないであろう。

4-1-8 電力供給方法の比較

前述の5方法の優劣について、鉱山用電源供給という面から比較し順位をつけると、

① ペルー電力公社の電力系統からの受電。

これはすでに、エネルギー鉱山省およびペルー電力公社の長期需要想定にも組み込まれており最適な方法である。ただし受電可能となるのは1985年とある。

② ディーゼル発電設備の新設

1983年操業開始のチンタヤ鉱山については、ディーゼル発電設備による電力供給以外に方法はない。然しながら、前述の如く多くの問題がある。

③ 水力発電所の新設

エネルギー鉱山省ならびにペルー電力公社の計画によれば、キシュアラニ計画の運転開始は1988年とされており、基礎資料の整備など考慮すると、それ以前に運転を開始するのは無理である。水力開発のように多額な投資を必要とするものを、鉱山単独で開発することは、その鉱山計画自体の経済性を圧迫することになる。また例え可能であるとしても、水力開発を鉱山の需要にみあう規模で行うことは地点固有のポテンシャルを失うことになり、国家的資源の有効利用という観点からみて、その規模の決定に当たっては、鉱山の電力需要のみを対象とすることは好ましくない。

④ 地熱発電設備の新設

前述の如く現段階での経済的な開発は困難と思われる。

図3-17に開発工程表を示す。

4-2 電力コストの比較

4-2-1 比較の前提条件

前述の5つの電力供給方法のうち、対象銅鉱山への電力供給方法として、次の2つの方法について比較検討を行った。

① ペルー電力公社からの買電。

② ディーゼル発電設備の新設。

電力コスト算出のための前提条件は以下の通りとする。

① 鉱山の寿命はそれぞれ、15年とする。

② ディーゼル発電設備および鉱山地区内の自家用送電設備は、耐用年数を鉱山の寿命に合わせ、15年とする。

③ ペルー電力公社の電力設備の耐用年数は、50年とする。ただし、水力発電設備、送電線、変電所のみ。

図3-16 キシュアラニ発電計画位置図

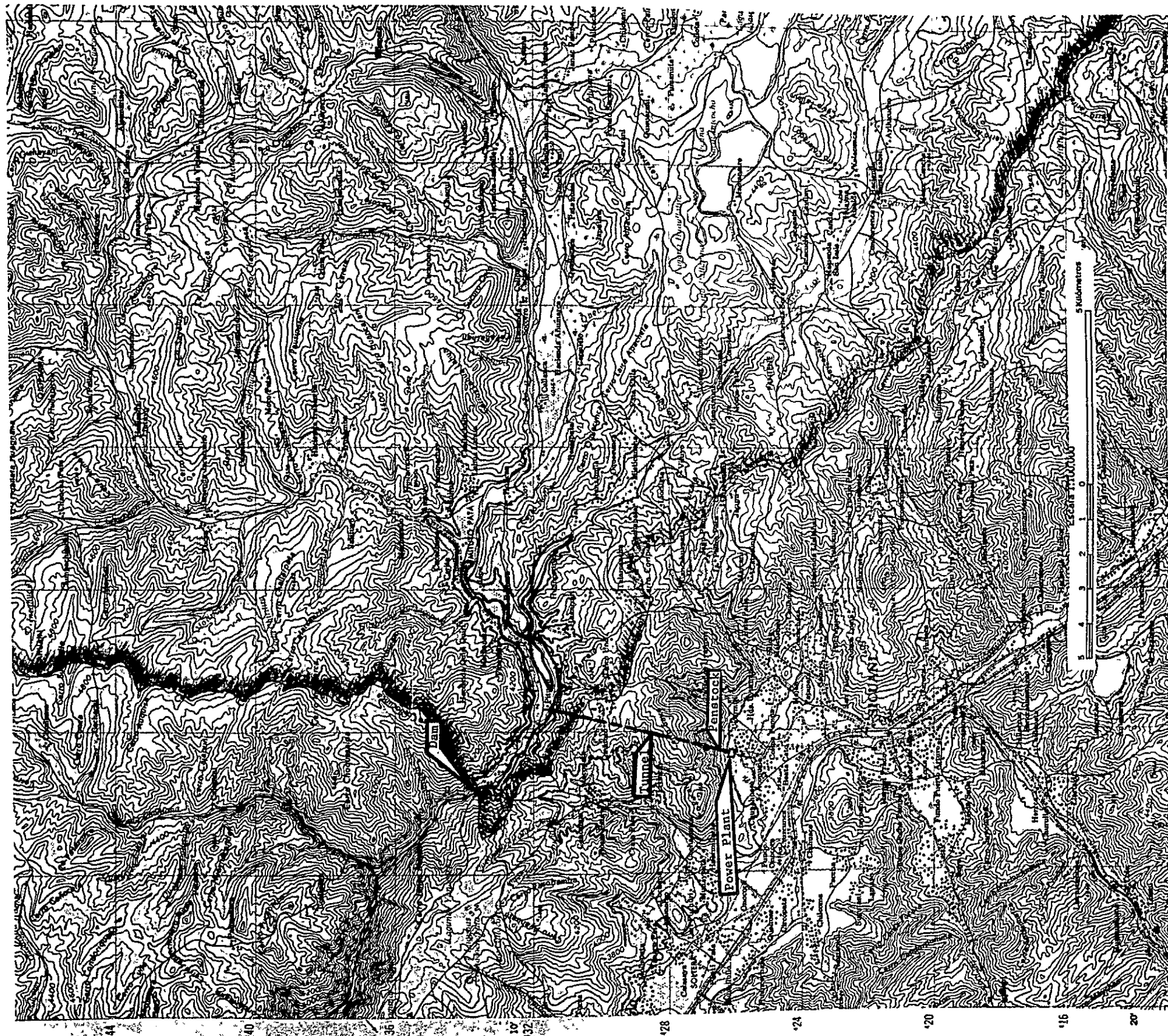




図 3-17 鉱山開発および電力開発工程表

年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
チンタヤ鉱山操業		-----	////	////	////	////	////	////	////	////
コロコワイコ鉱山操業					-----	////	////	////	////	////
チチュア鉱山操業								-----	////	////
ディーゼル発電設備工事		-----	////	////	////	18MW	-----	-----	-----	-----
マチュピチュ発電所増設 系統増強工事		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	69.9MW
チャルカニV発電所新設 南西系統連系工事			-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	135MW
ジュタ発電所新設			-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	137MW
キシュアラニ発電所新設						-----	-----	-----	-----	274MW
ジュクジャ発電所新設										1992 127MW
<p>----- 建設工事 // 操業・運転 _____ 休止</p>										

- ④ 主要機器および主要資材は輸入品と仮定する。
- ⑤ 輸入される主要機器および主要資材に対する関税は免除されるものとする。
- ⑥ 工事費については、ペルー電力公社がすでに算出しているものはその値を使用し、その他については、現状で妥当と考えられる単価で積算した。
- ⑦ エスカレーションは年率7%とした。
- ⑧ 経済コスト算出には割引率7%を使用し、財務コスト算出に当たっては金利7%とした。
- ⑨ ディーゼル発電用燃料（B重油）および潤滑油の価格について、財務コストの計算に使用するの現地における1979年10月現在の単価（フリアカ渡し）に、フリアカから現地までの輸送単価を上乗せした価格を使用した。また経済コスト算出に使用する単価はフリアカ渡しの国際価格を想定し、これと、現地までの運賃を上乗せした価格を使用した。
- ⑩ 電気料金は、表3-3の料金表を適用（料金No. 35、Electro Perú, PT, I-II

－Ⅲ－Ⅳ)し、日負荷曲線は表3-12のように想定した。

⑩ 価格はすべて1979年現在の表示とし、開発時期の相違によるエスカレーションは考慮してない。

4-2-2 ペルー電力公社からの買電の場合の電力コスト

ペルー電力公社からの受電をする場合、次の2方法がある。

- ① マチュピチュ電力系統(クスコ系統)からの受電。
- ② 南西系統(アレキパ～イロ～タクナ系統)からの受電。

この2方法のうち、ペルー電力公社がすでに政府の承認を得て、着工準備中の①についてコストの算出を行う。この場合の送電線経過ルートは図3-8(既出)に、また送電系統は図3-4(既出)に示す。

鉱山地区内における電力系統図は図3-18に示すように想定した。ただしこの電力コスト算定の対象となる電力設備は各鉱山の6.6kV/4.8kV用主要変圧器までとし、4.8kV側設備は鉱山設備側に含まれるものとした。

マチュピチュ発電所の増設およびマチュピチュ系統増強工事費は、ペルー電力公社によって算定された工事費表3-15の中から、直接鉱山に電力を供給するため必要な項目を選び、その直接工事を算出し、管理費、技術経費、間接費等を按分加算した。その結果を、財務コストは表3-16に、経済コストは表3-17に示す。

4-2-3 ディーゼル発電の場合の発電コスト

ディーゼル発電設備は、1983年に操業を開始するチンタヤ鉱山の電力需要に対してのみに必要であり、コロコワイコ鉱山およびケチュア鉱山の操業開始時点では、ペルー電力公社からの受電が可能であるので考慮しないこととした。

その設備内容としては、高地出力(標高4,000m)6,000kWの中速ディーゼル発電機、常用2台、予備1台、計1万8,000kWとし、主要変圧器、19MVA1台を含む屋外変電設備の高圧側まで、冷却水クーリングタワー、燃料および潤滑油タンクなど、図3-12(既出)に示す一式のほか、シクアニ駅に貯油タンク1基(600kl)を設備する。ただしシクアニ～チンタヤ間の燃料油の輸送に使用するタンクローリーは考慮していない。この場合の電力系統図は図3-18に示す通りである。また、燃料はB重油を使用するものとし、日量72kl潤滑油480klを消費するものと推定した。

燃料および潤滑油の価格は、表3-18に示す。この価格は1979年10月現在のフリアカ渡し価格および輸送費である。また経済コストに使用する燃料単価は、現在のように世界的に石油価格の変動が激しいため把握しにくいのが、現在定められているアラビヤンライト(標準油種)の上限価格である。23.5ドル/バレルとした。

図 3-18 チンタヤ鉱山地区の電力系統図

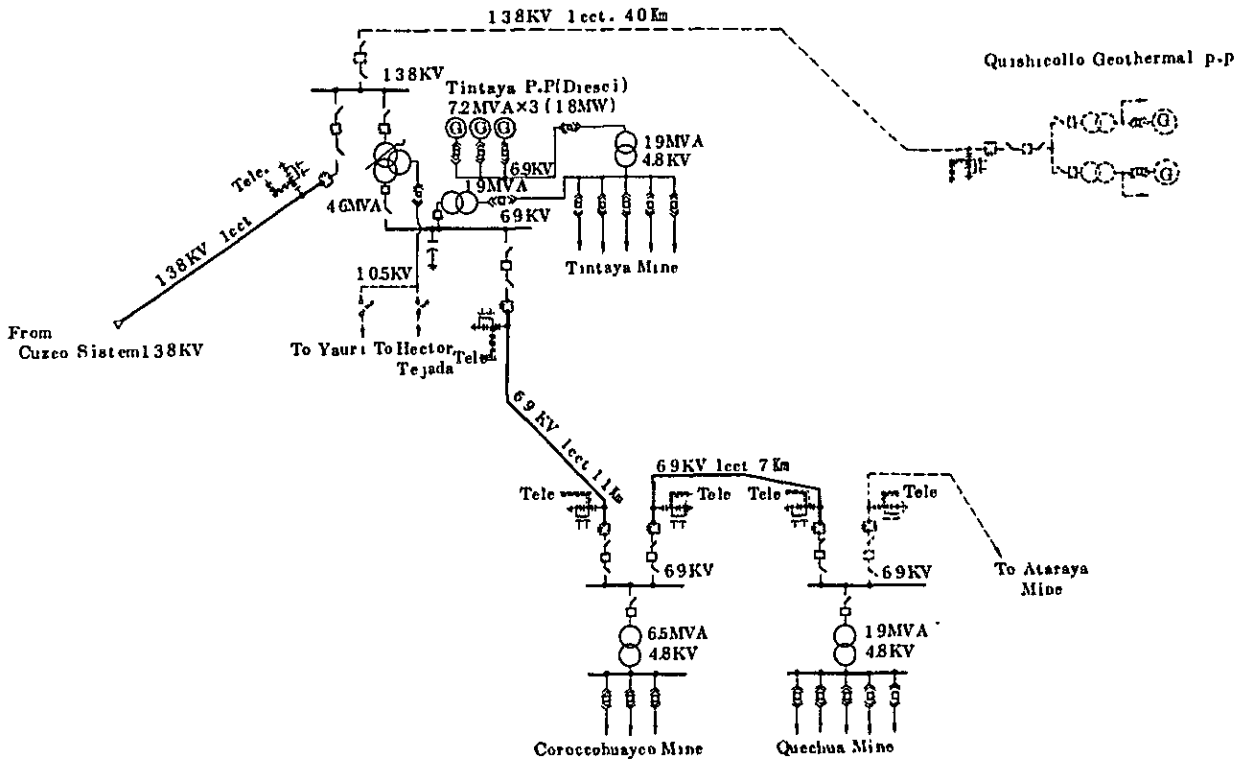


表 3-15 マチュピチュ発電所増設および関連設備工事費

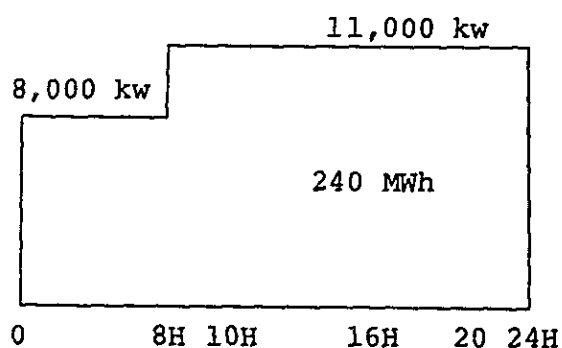
項 目	(単位: US\$ 10 ³)		
	外 貨	内 貨	合 計
1. 技術費及び管理費	1,520	3,172	4,692
2. 直接工事費			
2-1 Machu-Picchu P.P. 増設	2,300	9,091	11,391
2-2 Machu-Picchu~Cuzco 間送変電工事	10,436	529	10,965
2-3 Cuzco~Tintaya 間送変電工事	4,591	6,524	11,115
2-4 33/10 kV Valle Sagrado 系統工事	3,694	10,785	14,479
2-5 33/10 kW Pisco-Urcos-Cuzco 系統工事	2,083	8,111	10,194
2-6 Cuzco 修理センター新設	400	900	1,300
3. ファイナンス関連経費	---	---	---
4. 間接費、エスカレーション等	9,185	15,205	24,390
総 計	34,209	54,317	88,526

(出所) Electro Perú.

表3-16 買電の場合の電力(財務)コスト

区 分	単 位	チンタヤ	コロコワイコ	ケチュア
年間使用電力量	MWh	90,000	20,000	68,000
操業開始年	年	1,985	1,986	1,989
工事費	1000US\$	400	530	1,720
耐用年数	年	15	15	15
年経費率	%	12.9	12.9	12.9
送電損失	%	0	2	4
MWh 当たり送電コスト	US\$/MWh	0.6	3.4	2.5
MWh 当たり電気料金	US\$/MWh	23.2	23.7	24.2
買電コスト	US\$/MWh	23.8	27.1	26.7

チンタヤ鉱山の場合の電気料金



KW料金

$$1016.65^{S/\cdot} \times 1/30 \times 11,100^{kW} = 372,772$$

KWh 料金

$$4.75^{S/\cdot} \times 12^h \times 11,000^{kW} = 627,000$$

$$2.90^{S/\cdot} \times 8 \times 8,000^{kW} = 185,600$$

$$2.90^{S/\cdot} \times 4 \times 11,000^{kW} = 127,600$$

有効分合計

$$940,200$$

無効分 (P.F 0.9)

$$240 \times 10^3 \text{ kWh} \times 0.43 \times 2.25^{S/\cdot} = 232,200$$

$$372,772 + 940,200 + 232,200$$

$$\frac{\cdot}{240 \times 10^3} = 5,567^{S/\cdot} / \text{MWh}$$

$$\doteq 23.2 \text{ US}\$/\text{MWh}.$$

表3-17 買電の場合の電力(経済)コスト

区 分	単 位	チンタヤ鉱山	コロコワイコ 鉱 山	ケチュア鉱山
年間使用電力量	MWh	90,000	20,000	90,000
操業開始年	年	1,983	1,986	1,989
負担建設費	1,000US\$	8,983	3,505	10,303
耐用年数	年	15	15	15
年経費率	%	12.9	12.9	12.9
年経費	1,000US\$	1,158.8	256.2	1,329.1
経済コスト	US\$/MWh	12.9	12.8	14.8

(注) 経済コストの算定にあたっての負担建設費の計算条件は次の通り。

- 1 マチュピチュ発電所増設および送電系統増強工事費のうち、3鉱山に直接送電に関係ある直接工事費と、この金額に比例した技術費、管理費、間接費との合計 $53,329 \times 10^3$ US\$ を経済コスト算出の基礎とした。
- 2 上記金額を各鉱山の最大電力とマチュピチュ発電所増設分出力 69,900 kW との比で按分した。
- 3 鉱山の寿命(耐用年数)15年と電力設備の耐用年数比、ただし鉱山が電力設備を利用する期間は設備完成当初の15年で、残りの耐用年数35年との間の価値の差を考慮した補正係数 0.75 を使用し按分した。
- 4 上記の各計算により算出した金額と、各鉱山固有の設備工事費の合計を負担建設費とした。
なお、各鉱山の電力設備のうち電力側で考慮したのは、主要変圧器までであり、2次側の設備からは鉱山設備側で算出されるものとし除外した。

表3-18 燃料油および潤滑油価格

項 目	単 位	数 値	備 考
B重油(#2)	Soles./G	98.5	Juliaca 渡し
潤滑油(CD-3-30))	Soles./G	1,171.71	Juliaca 渡し
運 賃			
Juliaca~Sicani	Soles./G	8.2	(鉄道輸送)
Sicani~Tintaya	Soles./G	5.0	(自動車輸送)

(出所) 三井金属、ペルー支社

以上により計算したコストを表3-19に示す。

表3-19 ディーゼル発電の場合の発電コスト

項 目	単 位	数 値	備 考
設 備 客 領	kW	18,000	6,000kW×3台(予備1台)
年 間 発 生 電 力 量	MWh	90,000	発電端電力量で所内電力は含まない
建 設 費	1,000US\$	15,900	土木工事費機械設備1式 (主要変圧器まで)
耐 要 年 数	年	15	
年 経 費 率 (経 済 コ ス ト)	%	15.1	5%のOM費を含む 5%のOM費を含む
年 経 費 率 (財 務 コ ス ト)	%	15.1	
固 定 費 (経 済 コ ス ト)	1,000US\$	2401	
固 定 費 (財 務 コ ス ト)	1,000US\$	2401	
燃 料 単 価 (経 済 コ ス ト)	US\$/ℓ	0.22	Mollendからの運賃を含む
燃 料 単 価 (財 務 コ ス ト)	US\$/ℓ	0.123	
潤 滑 油 単 価 (経 済 コ ス ト)	US\$/ℓ	0.77	
潤 滑 油 単 価 (財 務 コ ス ト)	US\$/ℓ	0.77	
kWh当たり消費量 (燃料油)	ℓ/kWh	0.3	
kWh当たり消費量 (潤滑油)	ℓ/kWh	0.002	
年 経 費 (経 済 コ ス ト)	1,000US\$	8,480	
年 経 費 (財 務 コ ス ト)	1,000US\$	5,861	
発 電 コ ス ト (経 済 コ ス ト)	US\$/MWh	94.2	
発 電 コ ス ト (財 務 コ ス ト)	US\$/MWh	65.1	

4-2-4 電力コストの比較結果

ペルー電力公社の電力系統からの買電コストと、チンタヤ鉱山に自家用発電所を建設した場合の発電コストは表3-20の通りである。

現在の世界的な石油事情を勘案し、さらに、1938年操業開始の2年後にはペルー電力公社からの受電が可能となることを考慮すると、1983年のチンタヤ鉱山操業開始には問題がある。またコロコワイコ、ケチュアの両鉱山についても、ペルー電力公社からの受電が最も経済的である。なお、工事費に関しては表3-21の通りである。

表3-20 チンタヤ鉱山の電力コスト

(単価: US\$/MWh)

	買電コスト	自家発電コスト
財務コスト	23.8	65.1
経済コスト	12.9	94.2

表3-21 推定工事費

(単位: 1,000US\$)

	チンタヤ鉱山		コロコワイコ鉱山		ケチュア鉱山	
	外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨
ディーゼル発電所新設	10,335	5,565	-	-	-	-
合計	15,900					
ペルー電力会社からの受電	260	140	345	185	1,118	602
合計	400		530		1,720	

第5節 次期詳細調査への提言

今回実施した調査によって、チンタヤ地区の各鉱山およびエスピナル地方への電力の供給方法は、その的を絞り、ペルー電力会社からの受電と山元においてディーゼル発電設備による発電を行うか、の2方法とした。従って下記の事項を次期調査に対する提言とする。

5-1 チンタヤ鉱山の操業時期について

図3-17、鉱山開発および電力開発工程表に示す如く、1983年時点で南部地域内に供給可能となる発電プロジェクトは無い。

しかし1984年末には、この地域において、マチュピチュ発電所およびチャルカニーV発電所が運転を開始することになっている。

一方、ディーゼル発電による電力コストは、ペルー電力会社系統から受電(買電)する方法とを比べ極めて高いことが確認された。

従ってチンタヤ鉱山の操業開始時期については、ペルー電力会社の各電力プロジェクトの進捗状況を勘案のうえ、決定されたい。

5-2 南部系統連系計画の検討

アレキパ市の南、ソカバヤ開閉所から引出しが予定されている。ソカバヤ〜プノ送電線のイマタ附近からチンタヤ変電所までの新線計画のフィージビリティレベルでの調査と、関係

省庁、公社との協議をされたい。

この計画は、マチュピチュ系統の増強工事が、資金調達などの理由で遅れを生じた場合の代案として有利であろう。

5-3 キシュアラニ水力発電計画

この計画は4-1-7に述べた通り鉾山の自家用発電所としての開発は不適當と考える。この計画を鉾山用として開発する場合は、鉾山負荷の性質から見て年間95%保証流量と想定される $8 \text{ m}^3/\text{sec}$ を最大使用水量に選ぶ必要があり、この場合の最大出力は23 Mw程度で、3鉾山の合計最大負荷28.16 MWを満たし得ない。またこの規模ではkW当たり単価も高くなる。

第4章 水資源開発

第4章 水資源開発

第1節 調査地域の概況

1-1 地形と植生

調査地域はアプリマック川がサラード川と合流する地点より南部のサラード川流域約2,500 km²である。この地域は標高約3,900 mから4,800 mの間に位置し、高原丘陵地帯が支配的で永久氷河（ネバダ）は見られない。サラード川は右岸側に2つの主要支川、すなわち、フィチュマ川、パイバタマヨ川をもち、左岸側にはカニビア川、オコルロ川の主要支川をもつ。アプリマック川とサラード川の合流点以南の約200 km²は盆地を形成しており、ヤウリ市はその盆地内の旧氷河湖堆積地上にある。盆地南側より入るカニビア川と盆地東側より入るサラード川の河道両側にはかなり広い河岸段丘が広がっている。開発対象の3鉱山（チンタヤ、コロコワイコ、ケチュアの各鉱山）はいずれもカニビア川とサラード川を東西に区切る分水嶺の丘陵地帯に存在している。サラード川の河床平均勾配は標高4,200 mまではゆるやかで300分の1程度で蛇行が著しい。標高4,200 m以上は勾配は急となり山地河川の形状を示しているが流域南端および東端部の標高4,800 m附近にはいくつかの氷河湖が存在する。カニビア川は集水域の中心部附近に盆地が広がり湿地帯が見られる。標高4,200 m以上の小支川は乾期に涸れ河となることが多いが主要支川では標高4,200 m以下になると、乾期においても表流水が流れている。

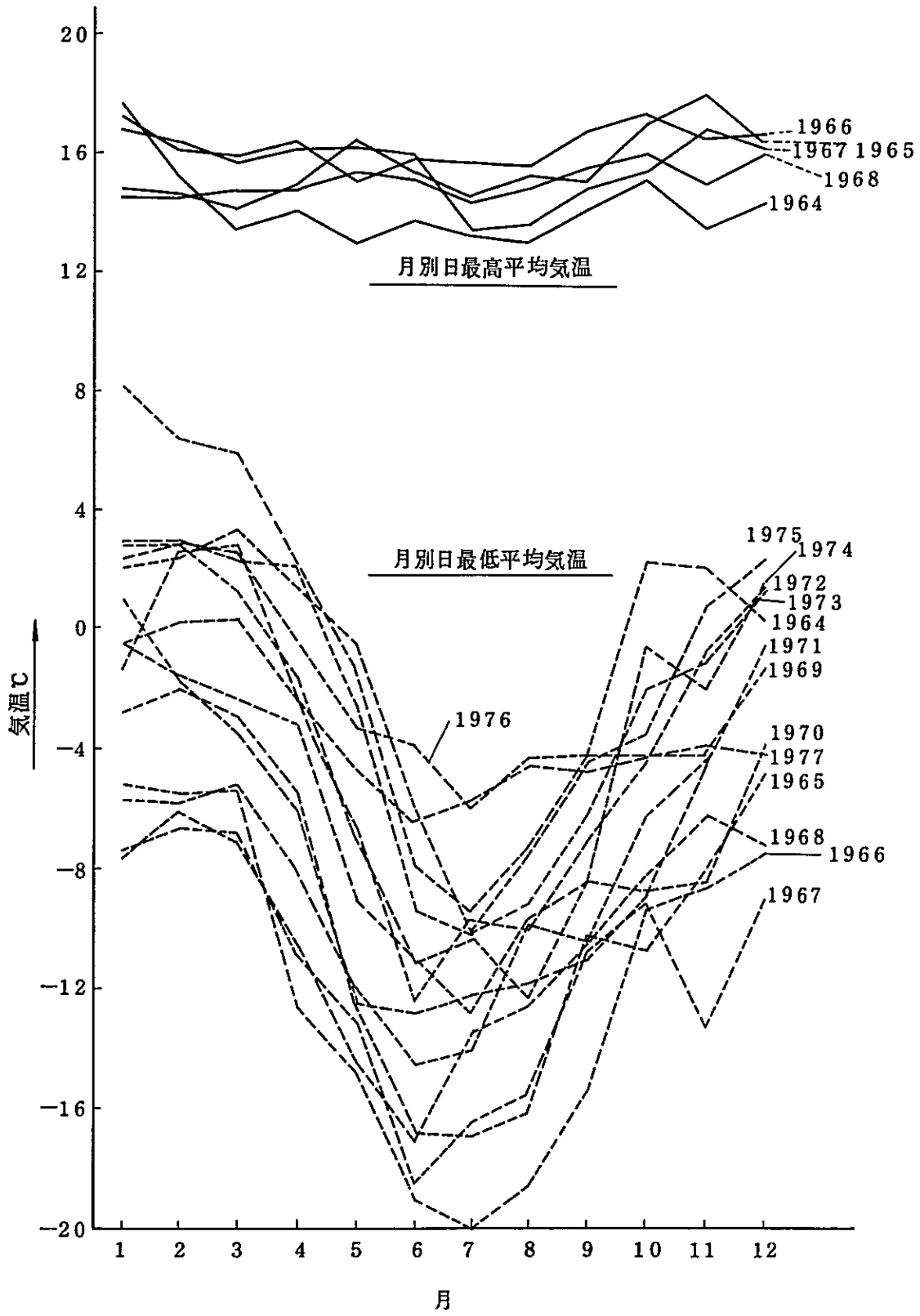
地域の植生はいわゆる草原（バンバ）で占められており、灌木は見られない。雨期（12～4月）と乾期（5～11月）が極めて明瞭で、乾期の後半では草地は枯れた多年草イチュ類でおおわれ、河川沿いの水ぎわと湧泉部周辺を除いて緑は見られない。雨期直前は焼畑が行われ勾配のゆるやかなところでは一部耕作が数年周期で行われている。調査地域の水系図を図4-1に示す。

1-2 気 象

1-2-1 気 温

調査地域では年間を通して日最高気温は大きな変化がなく14～16°Cであるが、日最低気温の季節的変化は大きく、乾期の5～9月の間は常に氷点下で、特に6月には年間の最低気温を記録することが多く、凍土によって栽培作物のパパ・アマルガ（馬鈴薯の原種）に被害を及ぼすことがある。相対湿度は年間を通して大きな季節的変化はなく、50～70%内外である。ヤウリ市（標高3,915 m、S.14°17'、W.71°25'）の1964年から5年間の月別日最高平均気温および1964年から14年間の月別日最低平均気温を図4-2に示す。またヤウリ市の1964年から1978年までの月別日最高平均気温、月別日最低平均気温、月別日平均気温、月平均相対湿度、月平均気圧、月別降水量、月別最大日降水量を表4-1に示す。

図4-2 調査地域気温



(出所) 気象水文庁(ヤウリ)

表4-1 気象記録：ヤウリ測候所

1964							
月	日最高 平均気温	日最低 平均気温	日平均 気温	月降水量	相対湿度	気圧	日最大降雨
	°C	°C	°C	mm	%	mb	mm
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	17.6	8.2	12.9	85.4	58	4.5	27.0
2	15.2	6.4	10.2	85.5	59	5.2	13.4
3	13.4	5.9	9.7	130.0	68	5.3	25.0
4	14.0	2.4	8.2	59.0	70	4.8	27.0
5	13.0	-1.2	5.8	4.0	63	3.3	3.0
6	13.7	-7.9	2.9	0.0	62	2.4	-.-
7	13.2	-9.4	1.9	0.0	64	2.6	-.-
8	13.0	-7.3	2.9	0.0	64	3.5	-.-
9	14.1	-4.2	5.0	10.0	73	4.0	3.0
10	15.1	2.3	8.7	14.0	72	5.0	4.0
11	13.5	2.1	8.0	33.4	71	5.0	19.2
12	14.4	0.4	7.4	102.2	70	4.8	19.5
平均	14.2	-2.0	7.0	523.5	66	4.2	
1965							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	14.8	1.0	7.9	77.8	72	5.3	20.5
2	14.6	-1.7	6.4	107.2	76	5.7	14.9
3	14.1	-3.5	5.3	107.6	78	5.9	20.2
4	14.9	-6.0	4.4	42.0	83	6.4	15.0
5	16.4	-2.5	2.4	0.0	85	8.5	-.-
6	15.3	-16.7	-0.7	0.0	83	6.5	-.-
7	14.5	-16.9	-1.2	2.2	81	5.8	2.2
8	15.2	-16.2	-0.5	0.0	58	4.2	-.-
9	15.1	-10.2	2.4	17.9	60	4.8	5.5
10	17.0	-10.7	3.2	22.5	71	6.8	8.5
11	18.0	-8.0	5.0	30.1	74	7.4	8.5
12	16.3	-4.9	5.7	191.5	85	8.0	22.4
平均	15.5	-8.8	3.3	598.8	75	6.2	
1966							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	17.2	-5.2	6.0	110.4	87	8.4	28.4
2	16.1	-5.5	5.3	190.2	88	8.4	24.5
3	15.9	-5.4	5.4	86.6	89	8.7	15.4
4	16.4	-2.6	1.9	8.9	82	7.6	3.5
5	15.0	-14.8	0.1	24.0	82	7.3	10.0
6	15.8	-19.0	-1.6	0.0	78	6.4	-.-
7	15.7	-20.9	-2.6	0.0	68	5.6	-.-
8	15.6	-18.6	-1.5	0.0	76	6.3	-.-
9	16.8	-15.5	0.7	5.5	59	4.8	5.5
10	17.3	-9.3	4.0	131.1	54	4.8	20.0
11	16.5	-8.6	3.9	54.6	51	4.6	9.7
12	16.7	-7.5	4.6	126.1	47	4.4	17.3
平均	16.2	-11.9	2.2	737.4	72	6.4	

1967

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	16.8	-7.4	4.7	63.4	46	4.2	10.7
2	16.2	-6.4	4.7	91.4	46	4.1	9.7
3	15.7	-6.8	4.5	172.3	50	4.4	22.0
4	16.1	-10.9	2.6	41.4	52	4.4	16.5
5	16.2	-13.1	1.6	11.2	50	3.9	9.2
6	15.9	-18.5	-1.3	0.0	40	2.6	-.-
7	13.4	-16.5	-1.5	9.9	47	3.0	4.5
8	13.6	-15.5	-0.8	18.3	59	3.6	5.7
9	14.8	-10.7	2.0	29.2	49	3.2	7.0
10	15.4	-9.1	3.1	89.2	55	4.1	16.2
11	16.8	-13.3	1.7	23.5	48	3.8	10.5
12	16.3	-9.0	3.7	103.9	57	4.7	9.5
平均	15.6	-11.4	2.1	653.7	50	3.8	

1968

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	14.5	-7.5	3.5	238.5	74	6.2	18.7
2	14.5	-6.1	4.5	114.1	71	6.1	11.6
3	14.7	-7.0	3.8	99.9	68	5.6	25.0
4	14.9	-10.6	2.2	14.0	52	3.8	5.5
5	15.4	-14.6	0.4	0.0	49	3.1	-.-
6	15.1	-17.0	-0.9	4.5	51	3.2	2.5
7	14.5	-13.5	0.4	13.0	52	3.6	10.5
8	14.8	-12.6	1.1	15.7	52	3.8	5.5
9	15.5	-10.6	2.4	10.5	51	3.7	4.5
10	16.0	-8.2	3.8	70.4	63	5.1	13.5
11	15.0	-6.2	4.4	128.7	72	6.0	14.0
12	16.2	-7.2	4.5	90.1	63	5.5	12.0
平均	15.6	-11.4	2.1	653.7	50	3.8	

1969

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	15.1	-5.7	4.7	204.7	72	6.0	15.0
2	15.3	-5.8	4.3	152.4	73	6.1	18.0
3	15.9	-5.2	5.3	76.5	70	5.9	23.0
4	16.5	-8.0	4.2	51.0	66	5.6	16.0
5	16.8	-12.0	4.4	0.0	62	5.7	-.-
6	16.2	-14.5	0.8	0.0	63	4.3	-.-
7	15.2	-14.0	0.6	5.0	67	5.4	5.0
8	16.6	-9.8	3.4	-.-	-.-	-.-	-.-
9	15.2	-10.4	2.5	-.-	-.-	-.-	-.-
10	16.4	-6.2	5.1	-.-	-.-	-.-	-.-
11	17.2	-4.2	6.5	-.-	65	5.4	-.-
12	16.7	-1.0	7.8	-.-	66	5.4	-.-
平均	16.0	-8.1	4.0	489.6	67	5.5	

1970

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	15.7	-0.5	7.6	-.-	72	6.4	-.-
2	16.2	-1.5	7.4	-.-	73	6.7	-.-
3	16.6	-2.3	7.1	39.6	-.-	-.-	6.0
4	16.3	-3.2	6.6	61.5	-.-	-.-	9.5
5	15.9	-9.0	3.5	3.5	-.-	-.-	3.5
6	15.8	-11.1	2.3	0.0	-.-	-.-	-.-
7	15.3	-10.3	2.5	0.0	-.-	-.-	-.-
8	15.9	-12.3	1.8	5.5	-.-	-.-	5.5
9	15.7	-8.4	3.6	70.5	-.-	-.-	19.0
10	17.0	-8.7	4.1	10.0	-.-	-.-	5.6
11	17.3	-8.4	4.5	19.5	-.-	-.-	10.0
12	15.7	-3.8	5.9	142.2	-.-	-.-	17.0
平均	16.1	-6.6	4.7	352.3	-.-	-.-	

1971

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	15.7	-2.8	6.4	174.3	63	5.0	16.1
2	14.7	-2.0	6.3	284.4	65	5.2	16.5
3	16.2	-3.0	6.6	111.7	62	4.8	16.0
4	16.6	-5.4	5.6	49.6	59	4.6	17.0
5	16.8	-12.5	2.1	0.0	57	3.7	-.-
6	14.4	-12.8	0.8	2.5	56	3.5	2.5
7	14.0	-12.2	0.9	0.0	54	3.4	-.-
8	13.5	-11.8	0.9	0.0	57	3.6	-.-
9	15.3	-11.0	2.1	0.0	51	3.2	-.-
10	16.2	-8.7	3.8	10.1	53	3.7	4.3
11	17.2	-4.5	6.3	6.0	45	3.3	3.5
12	15.8	-0.5	7.6	119.3	56	4.3	17.6
平均	15.5	-7.3	4.1	757.9	56	4.0	

1972

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	15.2	-0.5	7.3	193.7	62	4.9	15.8
2	14.8	0.2	7.5	175.3	66	5.1	13.6
3	14.2	0.3	7.3	144.7	72	5.6	12.0
4	15.5	-2.3	6.6	34.0	63	4.7	10.2
5	15.4	-6.7	4.3	0.0	60	3.9	-.-
6	14.0	-12.4	0.8	0.0	55	3.3	-.-
7	15.2	-9.7	2.7	16.2	55	3.5	8.0
8	15.2	-9.9	2.6	8.6	54	3.4	4.6
9	16.2	-7.1	4.6	25.4	53	3.5	7.6
10	16.3	-4.5	5.9	53.2	51	3.5	8.6
11	16.2	0.7	8.4	64.4	53	3.9	9.4
12	16.1	1.4	8.7	162.7	58	4.8	23.1
平均	15.3	-4.2	5.5	878.2	58	4.2	

1973

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	15.0	2.9	9.0	362.3	69	5.9	29.8
2	14.4	3.0	8.7	370.5	71	5.8	22.0
3	14.5	2.3	8.4	236.4	72	5.9	20.0
4	15.1	2.1	8.6	185.6	76	5.8	16.2
5	16.0	-2.5	6.8	15.6	64	4.8	8.6
6	15.4	-9.3	3.0	-	61	4.1	-
7	14.3	-0.2	2.0	3.3	58	3.8	1.8
8	14.6	-9.2	2.7	5.9	54	3.7	2.5
9	15.0	-6.2	4.4	69.2	53	3.8	22.2
10	16.3	-2.0	7.2	24.8	56	4.6	15.0
11	16.7	-1.0	7.8	71.1	57	4.8	20.8
12	16.3	1.4	8.9	104.7	56	4.6	15.0
平均	15.3	-2.4	6.4	1449.4	62	4.8	

1974

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	14.6	2.8	8.7	250.9	69	6.0	22.0
2	14.0	2.9	8.5	252.4	71	6.0	19.8
3	14.9	1.3	8.1	187.9	71	5.9	13.8
4	15.8	-1.5	7.2	63.8	68	5.7	18.0
5	16.4	-6.8	4.8	2.6	64	4.9	1.4
6	16.7	-11.0	2.9	18.6	60	4.1	15.2
7	16.4	-12.8	1.8	0.0	58	4.1	-
8	14.8	-9.7	2.5	115.4	60	4.2	20.6
9	16.4	-8.4	4.0	28.2	56	3.9	8.8
10	16.2	-0.5	7.9	23.3	56	4.4	9.4
11	16.8	-2.0	7.4	12.2	51	4.0	6.0
12	16.9	1.6	9.1	45.0	56	4.5	8.8
平均	15.8	-3.8	6.1	1000.3	62	4.8	

1975

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	15.5	2.0	8.8	166.5	62	5.1	17.6
2	14.2	2.4	8.3	229.4	67	5.5	18.6
3	14.2	3.3	8.2	128.2	68	5.5	14.8
4	14.4	1.4	7.9	124.6	66	5.3	10.6
5	15.7	-0.5	7.6	32.6	62	4.8	16.4
6	16.2	-5.9	5.1	7.8	59	4.1	5.6
7	16.8	-10.1	3.3	0.0	54	3.6	-
8	16.1	-7.6	4.3	0.0	57	3.8	-
9	15.5	-4.4	5.5	0.0	58	3.9	-
10	15.8	-3.5	6.2	9.0	58	4.1	5.8
11	15.4	0.8	8.1	43.4	59	4.3	8.0
12	14.5	2.4	8.5	99.4	64	5.1	12.6
平均	15.4	1.6	6.8	839.9	61	4.6	

1976

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	13.9	2.4	8.2	192.8	65	5.1	14.6
2	13.6	2.9	8.2	182.4	66	5.4	13.0
3	14.4	2.6	8.5	119.1	64	5.2	11.6
4	16.2	-0.4	7.8	26.4	55	4.2	8.4
5	16.8	-3.2	6.8	11.8	53	3.5	11.8
6	17.5	-3.9	6.8	37.4	54	3.7	14.2
7	17.3	-5.9	5.7	0.0	53	3.6	-.-
8	15.7	-4.3	5.7	31.8	53	3.4	13.8
9	16.5	-4.2	6.2	1.6	53	3.5	11.0
10	16.5	-4.2	6.2	1.6	53	3.5	1.6
11	17.2	-4.1	6.6	23.6	53	3.6	10.6
12	16.6	-1.1	7.7	71.6	53	3.7	10.2
平均	16.0	-2.0	7.0	700.1	56	4.0	

1977

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	16.6	-1.3	7.6	43.8	51	3.8	8.6
2	14.1	2.6	8.4	154.6	59	4.5	16.0
3	14.8	2.8	8.8	60.8	61	4.8	9.6
4	16.1	-2.3	6.9	0.0	56	4.2	-.-
5	17.0	-4.7	6.2	1.4	52	3.3	1.4
6	17.5	-6.4	5.5	0.0	62	5.8	-.-
7	17.0	-5.8	5.6	6.2	64	6.0	6.2
8	16.7	-4.5	6.1	0.0	64	6.2	-.-
9	16.8	-4.7	6.0	10.2	65	6.4	5.6
10	16.4	-4.3	6.0	49.2	65	6.3	9.4
11	17.0	-3.9	6.5	42.0	65	6.4	8.2
12	17.1	-4.1	6.5	40.2	63	6.5	7.8
平均	16.4	-3.0	6.7	406.4	60	5.3	

1978

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	15.0	-3.3	5.8	204.2	68	6.6	19.2
2	16.2	-3.8	6.2	39.0	66	6.5	6.8
3	16.2	-2.4	6.9	44.0	67	6.7	6.8
4	16.1	-3.2	6.4	27.4	69	6.7	6.2
5	17.2	-4.3	6.4	0.0	64	6.2	-.-
6	17.1	-5.2	5.9	0.0	64	6.1	-.-
7	17.3	-5.4	5.9	0.0	62	6.1	-.-
8	16.7	-4.7	6.0	0.0	65	6.4	-.-
9	17.0	-3.8	6.6	-.-	65	6.3	-.-
10	16.7	-4.2	6.2	-.-	65	6.4	-.-
11	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
12	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
平均	16.5	4.0	6.2	314.6	65	6.4	

(出所) 気象水文庁(ヤウリ)

1-2-2 降水量

調査地域内の年降水量は過去13年の記録によると、平均約780mmであるが最大年降水量は1,449mm、最小は408mmで図4-3に見る如く年による降水量の変化の割合は大きい。

降雨特性は山地型降雨で雷を伴う極所的な移動性降雨で、日最大降雨は20～30mm程度である。雨期の夜間には気温が氷点下15°C近くとなるため、降雪が顕著である。しかし、日中の気温が高く(15°C内外)、夜間の積雪はほとんど日中に融雪するため、積雪が長期間地上に存在することは少ない。

ヤウリ測候所での日降雨資料と、ヤウリ市より北北西100kmにあるアコマヨ測候所の日降雨資料によると、ヤウリ市での過去14年間の年最大日降水量は27.0mm、最小は14.0mmであった。一方アコマヨ市ではそれぞれ48.0mm、21.0mmであった。

以上のデータを基に確率的処理をしたものが図4-4である。サンプル数が少ないために長期的変動等を吟味することができないが、概略、ヤウリ市での100年確率日最大降雨量は33mm程度であろう。

第2節 水資源賦存状況

水資源の賦存状態を検討するにあたっては、他のセクターの調査の中心課題と整合性をもたせることに努めた。調査期間が短期であった為に、計画対象全域をカバーすることはせず、もっぱら3鉱山を中心とした周囲の地域を重点的に踏査検討した。

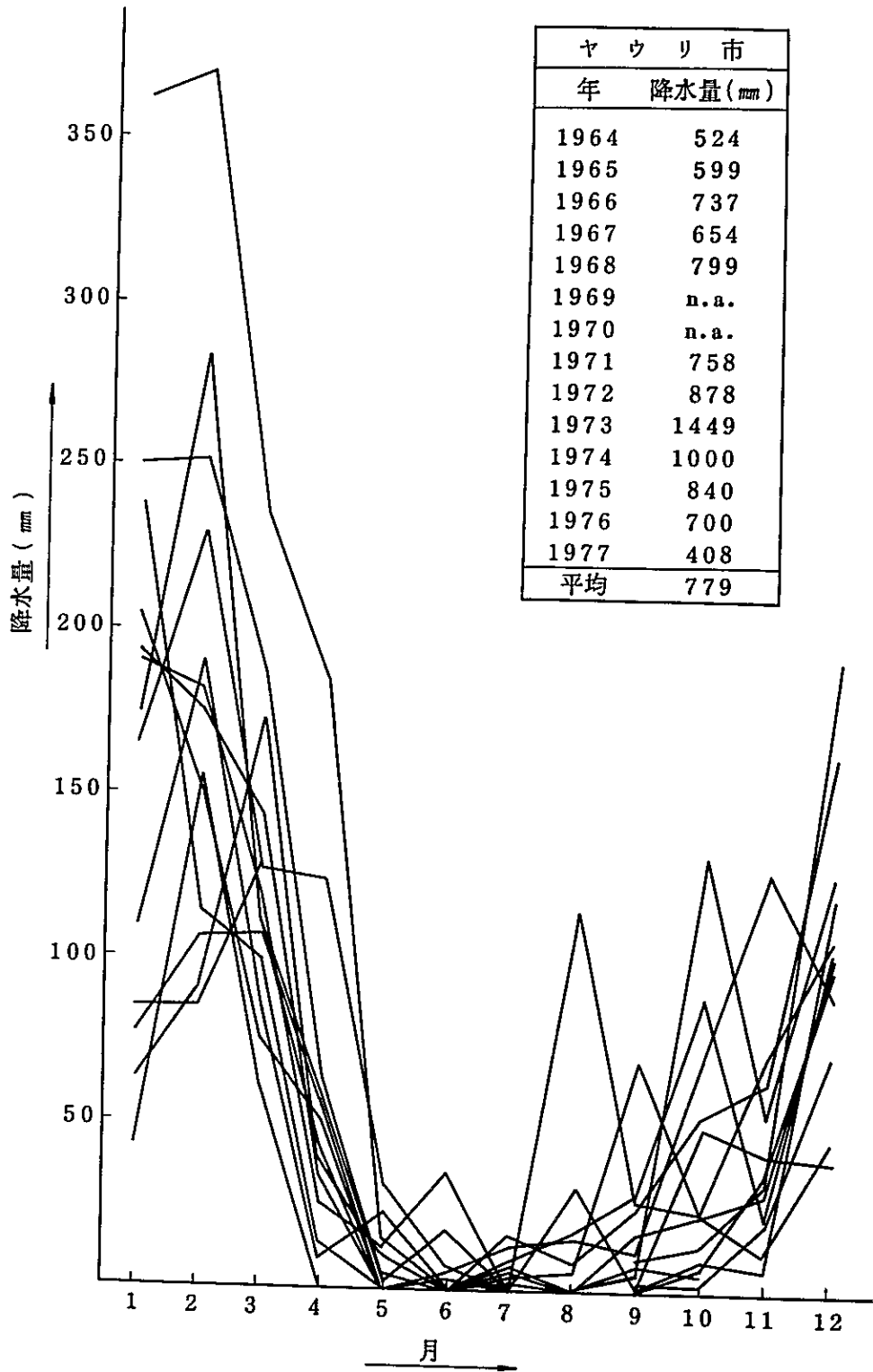
2-1 河川流出

2-1-1 流出率

調査地域内サラード川水系に流量観測所は無く、サラード川が合流するアプリマック川水系にも流量観測所はない。この為、東部に隣接するビルカノータ川流域内にあるクスコ北東約16km地点のピサクの流量観測データを分析した。ピサク地点での支配流域面積は約6,700km²(75万分の1の地図による算定)である。域内降水量観測地点は、クスコ、ウルコス、シクアニの3地点である。

ティーセン法によって流域内加重平均降水量を求め、ピサクの1965年から1974年までの流量観測データを基にした各水文年平均流出率は0.46である(表4-2、表4-3参照)。この流域の年降水量は調査地域の降水量とほぼ等しい。流域の地勢はビルカノータ川流域には高地の割合が大でまたネバダがかなり存在する。植生においては極端な差異は認めがたい。このようなことからこのビルカノータ川のピサク地点の流出率は当調査地域の流出率よりは幾分大きいことが予想されるが、調査地域の流出率算定の重要な参考指標と考えて良い。ピサクの基底流出量は乾期(6～9月)の月別流量のうちから最小のものを選び推計することとする。これによると各年の基底流量および基底比流量は表4-3に示す如くである。

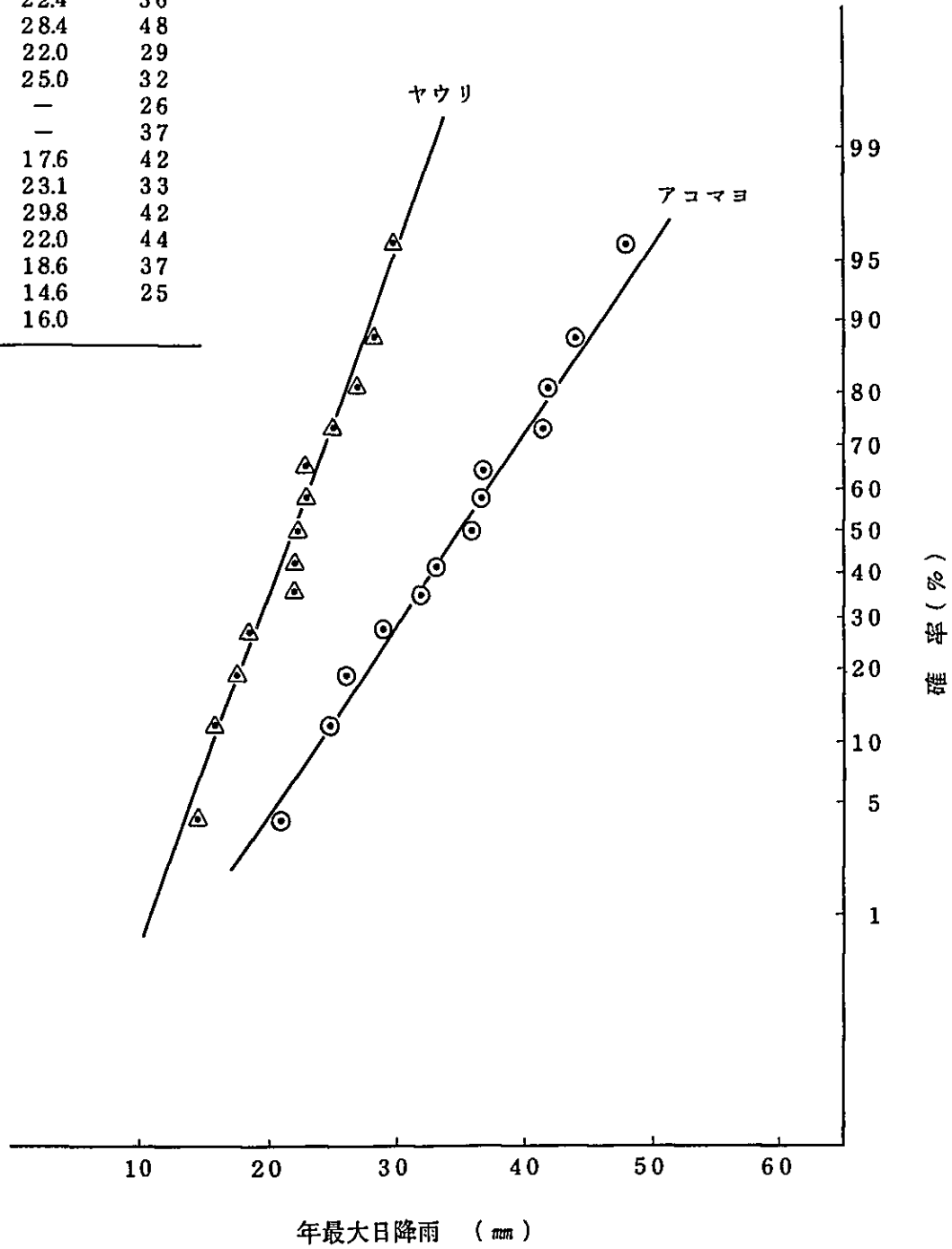
図 4-3 調査地域降水量



(出所) 気象水文庁(ヤウリ)

図 4-4 年最大日降雨量

年	最大日 降水量 (mm)	
	ヤウリ	アコマヨ
1964	27.0	21.
65	22.4	36
66	28.4	48
67	22.0	29
68	25.0	32
69	—	26
70	—	37
71	17.6	42
72	23.1	33
73	29.8	42
74	22.0	44
75	18.6	37
76	14.6	25
77	16.0	



(出所) 気象水文庁

表4-2 ビルカノータ川、ピサク地点流出率計算表

1965/66	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	平均/合計	
(1)	ピサク月平均流量 (m³/s)	20.6	27.3	34.9	57.4	62.2	80.4	70.1	45.7	36.1	27.8	23.9	22.9	42.1	ピサク流域面積 6,700 km² 流出率 (f) = 0.29
(2)	クスコ月別降水量 (mm)	44.2	59.4	63.0	186.7	110.5	184.0	79.6	12.3	25.2	0	0	0.8	765.7	
(3)	ウルコス月別降水量 (mm)	30.0	25.0	65.0	117.0	64.2	175.2	74.0	14.0	32.0	0	1.8	3.2	601.4	
(4)	シクアニ月別降水量 (mm)	52.5	64.1	61.0	179.7	81.6	118.2	94.2	6.0	35.0	0	0	2.3	694.6	
(5)	流域内加重平均年降水量 (mm)													(682.6)	
1966/67	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
(1)		23.5	36.8	49.2	71.7	70.7	86.5	150.3	105.6	46.1	49.0	45.3	45.1	64.9	f = 0.40
(2)		29.7	78.3	62.0	40.4	82.8	106.0	134.0	16.1	1.8	0.6	9.0	23.7	584.4	
(3)		41.0	55.0	99.0	63.0	44.0	114.0	92.0	38.0	14.0	0	10.0	27.0	597	
(4)		38.9	148.7	106.0	121.0	63.4	117.2	155.9	33.6	8.2	1.4	21.2	28.7	844.2	
(5)														(758.6)	
1967/68	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
(1)		47.7	60.0	54.1	92.4	90.8	161.9	134.5	78.2	44.3	32.2	28.8	23.2	70.4	f = 0.40
(2)		25.2	78.9	51.6	89.4	56.6	72.5	47.4	19.7	0.4	5.2	42.0	7.4	496.3	
(3)		13.0	80.0	53.0	101.0	126.0	146.4	82.0	51.0	0	0	20.0	10.0	682.4	
(4)		40.4	49.0	46.8	129.5	118.2	171.6	272.9	56.6	0	0	16.0	28.2	929.2	
(5)														(822.9)	
1968/69	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
(1)		30.3	36.0	55.6	52.5	135.7	180.1	113.8	94.8	29.3	26.0	24.5	23.2	66.1	f = 0.44
(2)		10.2	36.1	50.5	41.5	114.5	83.7	80.8	9.6	5.0	3.5	9.3	0.0	444.7	
(3)		11.0	58.0	99.0	101.0	131.0	80.0	101.0	20.0	0	11.0	8.0	1.0	621.0	
(4)		21.4	62.1	149.3	64.2	132.5	127.0	140.4	67.0	3.6	2.8	8.0	1.6	779.7	
(5)														(704.7)	
1969/70	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	平均/合計	
(1)		23.3	27.3	32.1	56.4	112.3	220.2	223.6	128.0	38.9	24.0	24.4	23.9	77.0	f = 0.51
(2)		15.9	22.1	42.7	73.1	126.9	69.4	92.4	68.9	13.5	0	2.2	0.6	527.7	
(3)		20.0	26.0	45.0	121.0	167.0	57.0	157.0	63.0	6.0	11.0	8.0	1.0	682	
(4)		18.0	78.2	76.2	80.8	172.3	139.5	141.3	50.3	5.6	0	0	0	762.2	
(5)														716.4	
1970/71	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
(1)		23.5	30.8	33.1	111.7	356.1	388.6	246.3	138.4	50.6	31.6	25.4	25.2	120.3	f = 0.73
(2)		22.0	21.5	36.2	191.6	94.8	127.4	46.9	32.7	0	0	0	1.7	574.8	
(3)		39.0	41.0	60.0	204.0	136.0	203.0	78.0	63.0	1.0	0	3.0	1.0	829.	
(4)		20.4	48.3	46.6	185.4	189.5	162.0	66.1	66.9	6.0	0	0	0	791.2	
(5)														773.5	
1971/72	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
(1)		25.7	28.5	41.0	59.1	136.3	111.3	107.5	72.1	56.3	51.0	32.2	26.5	62.2	
(2)			49.1	44.4	125.5	154.3	68.0	54.1	36.7	0	0	3.5	24.2	559.8	
(3)		10.0	45.0	50.0	76.0	187.0	93.0	71.0	16.0	8.0	1.0	9.0	28.0	-	
(4)					71.6	164.2	76.5	95.6	58.1	6.3	0	15.9	29.6	-	
(5)														-	
1972/73	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
(1)		26.7	26.6	32.7		176.6	276.6	269.8	196.7	54.8	30.9	20.5	16.0	-	
(2)		18.0	11.3	66.2	147.4	205.5	78.5	127.1	91.0	4.0	0	1.0	18.0	768	
(3)		7.0	10.0	59.0	111.0	184.0	108.0	162.0	50.5	13.0	3.0	11.0	5.0	-	
(4)		28.0	8.0	35.2	94.4	140.7	136.2	168.0	82.5	3.1	0	2.0	11.8	-	
(5)														-	
1973/74	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	平均/合計	
(1)		16.5	19.8	28.6	41.5	118.4	192.8	164.0	81.0	49.6	32.4	27.3	25.7	65.8	f = 0.42
(2)		16.5	22.0	74.4	80.3	124.4	153.9	138.2	72.2	8.0	12.0	0	32.2	734.1	
(3)		31.0	43.0	51.0	95.0	134.0	187.0	158.0	49.0	1.0	7.0	1.0	44.0	801	
(4)		5.9	27.0	47.7	96.2	168.5	223.3	91.1	25.1	0.8	6.5	0	16.0	708.1	
(5)														-	
1974/75	月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
(1)		28.7	27.9	26.1	26.8	69.1	117.5	92.7	67.5	47.3	25.0	19.3	17.9	46.7	
(2)		5.0	25.6	37.6	123.2	145.9	179.4	126.3	115.0	26.6	0	0	4.2	788.8	
(3)		10.0	21.0	24.0	68.0	127.0	189.0	104.0	34.0	13.0	6.0	0	6.0	-	
(4)		24.5	13.0	51.5		157.0	103.9	134.9	39.4	20.3	0.7	0	8.4	-	
(5)														-	

表 4-3 ビサク地点基底流量と流出率

水 文 年	65/ 66	66/ 67	67/ 68	68/ 69	69/ 70	70/ 71	71/ 72	72/ 73	73/ 74	74/ 75	平均
基底流量 (m ³ / s)	206	23.5	23.2	23.2	23.3	23.5	25.7	16.0	16.5	17.9	21.3
比流量 (m ³ /s/100km ²)	0.31	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.38	0.24	0.25	0.27	0.32
平均流量 (m ³ / s)	42.1	64.9	70.4	66.1	77.0	120.3	62.2	—	65.8	46.7	68.4
降水量 (mm) (加重平均)	683	759	823	705	716	774	560	768	732	789	730.9
流 出 率	0.29	0.40	0.40	0.44	0.51	0.73	0.52	—	0.42	0.48	0.46

(出所) 気象水文庁 (クスコ)

2-1-2 洪水流量

調査地域内では実測洪水流量に関する資料はない。従って、現場踏査による河道沿岸の洪水痕跡や住民からのヒヤリング等によって洪水流量・水位を想定し、合せて経験式による尖頭洪水流量を算定し、河川構造物設計に資するものとする。

サラード川がオコルロ川と合流する地点直下 (流域面積 877 km²) 地点の両岸に見られる水位痕跡は現況水面より約 1 m 上位にあった。この地点で河川断面は幅 25 m の矩形に近く、現況平均水深は 30 cm 程である。河床勾配は 0.0125 であるから、マンングの平均流速公式により増水時の流量を以下のように求める。

$$Q = AV = A \cdot \frac{1}{n} h^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

Q : 流量 (m³ / s) A : 断面積 (m²)

n : 粗度係数 h : 水深 (m)

I : 水面勾配

$$Q = (25 \times 1.3) \times \frac{1}{0.04} \times 1.3^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.0125} = 110 \text{ m}^3 / \text{s}$$

以上から雨期の増水時の流量は約 110 m³ / s と想定される。

さらに、住民からのヒヤリングでは、洪水ピーク時では現況水面から約 3 m 近く水位が上昇するとの事であった。上記マンング式へ、h = 3.3 m を置換すると、流量 (Q) は 510 m³ / s となる。

尖頭洪水流量は前節 2-1-1 で解析した 50 年確率日最大降雨量の 35 mm を用いて、オコルロ川との合流点直下のサラード川の尖頭洪水流量を以下の経験式から求める。

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A$$

Q : 尖頭洪水流量 (m³ / s) f : 流出率 (0.7)

A : 流域面積 (877 km²)

$$r = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

R₂₄ : 日最大降雨量 (50年確率35mm)

T : 洪水到達時間 (hr)

$$T = \frac{L}{W}$$

L : 流路延長 (46 km)

$$W = 20 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6}$$

H : 標高差 (450 m)

これらの式に各数値を代入すると、 $W = 1.25$ 、 $T = 10.2$ hr、 $r = 2.58$ 、となり流量 Q は、

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.7 \times 2.58 \times 8.77 = 440 \text{ m}^3/\text{s}$$

となる。以上のことから、洪水ピーク時には現況濁水位より3m近く上昇し、そのピーク流量は500 m³/s程度と思料される。

2-1-3 河川流量

河川水を工業用、生活用および灌漑用として利用する場合に重要なことは、年間を通して安定した供給が量的に可能かどうかを検討するとともに水質に関する適合性をも合せて検討することが必要である。今回の現地踏査で行った実測流量を表4-4に示す。実測地点は図4-1(既出)に示されている。

表4-4 実測流量

河川名	地点	流域面積 (km ²)	流量 (m ³ / s)	比流量 (m ³ /s/100 km ²)
サラード川	オコルロ川との 合流点直下	923	0.79	0.086
オコルロ川	サラード川との 合流点直上	345	0.20	0.058
カニビア川	コロヨ川との 合流点直下	349	0.12	0.034

流量を観測した1979年10月14日から16日時点での累積降水量は、5月の雨期終了から積算して35mmにすぎず、観測された流量は明らかに基底流量(2次流出量)である。さらに、1978年9月より1979年8月までの前年度雨期の降水量合計は767mmを記録(コロコワイコキャンプ地点)しており、過去14年間の年平均降水量にほぼ等しい。

以上のことから、今回観測した流量は、雨期直前の平均的な濁水流量(年間355日以上はこの流量を上回る流量)と思料される。

調査地域（ヤウリ測候所）での過去12年間の降水量から、10年確率降水量を算出すると（図4-5参照）、450mm内外である。

渇水流量が年降水量に比例するものとすれば、10年確率渇水流量は上記観測流量（渇水流量）に450mm / 767mm = 0.59を乗じたものである。この結果を表4-5に示す。

表4-5 10年確率渇水流量

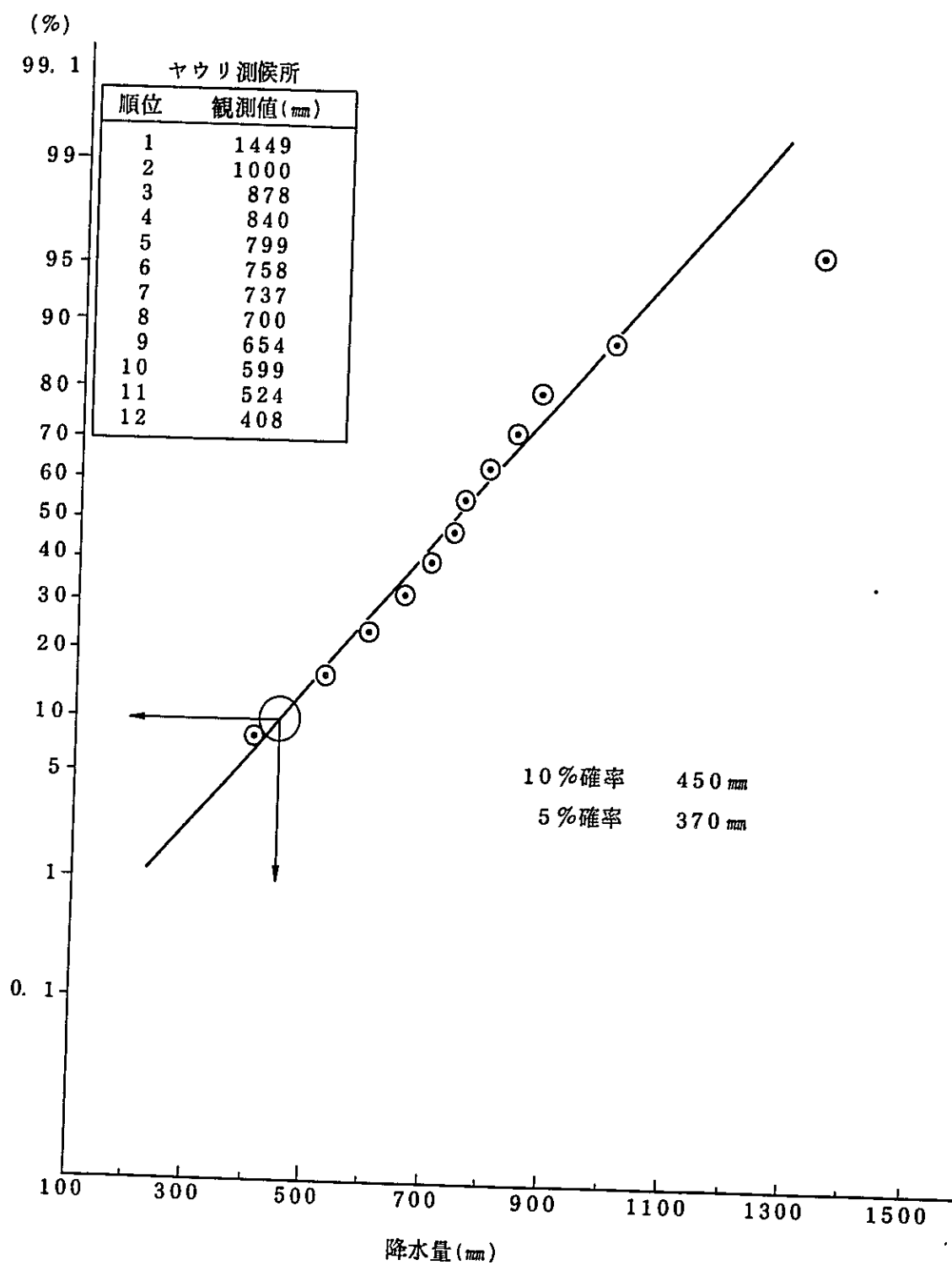
流域 河川名	面積 (km ²)	10年確率		平均年	
		渇水流量 (m ³ /s)	渇水比流量 (m ³ /s/100km ²)	渇水流量 (m ³ /s)	渇水比流量 (m ³ /s/100km ²)
サラード川	923	0.47 (40,600m ³ /日)	0.051	0.79 (68,300m ³ /日)	0.086
オコルロ川	345	0.12 (10,400m ³ /日)	0.035	0.20 (17,300m ³ /日)	0.058
カニビア川	349	0.07 (6,000m ³ /日)	0.020	0.12 (10,400m ³ /日)	0.034

一般的には基底流出量は年降水量に対して正比例関係というよりは $\frac{1}{2}$ 乗に比例する傾向を持つ、従って、上記で求められた確率渇水流量は過少評価の傾向を持つものと思料される。

2-1-4 水 質

過去において、調査地域内河川で行われた水質分析にはオコルロ川とハルマ川（サラード川右岸側支川）がある。オコルロ川の水質は良好で、鉱山用水、生活用水、灌漑用水の水源として問題はない。しかし、サラード川上流に位置するハルマ川の水質は上流にある温泉の影響を強く受けておりNaイオン濃度は2,350ppmを記録している。この川が合流するサラード川沿岸のヘクトール・テハダ附近の住民の話では、サラード川の水は灌漑用水として使用できないとのことであった。サラード川がオコルロ川と合流する地点での今回の水質検査結果（表4-6参照）によるとNaイオンが900ppm、Clイオンが1890ppm、全硬度（CaCO₃）が542である。この水質では、灌漑用水としては不適當であり、飲用水（生活用水）としてもこのままでは好ましいとは考えられない。生活用水として用いる場合には軟水化する必要がある。もし、オコルロ川の流量全てが取水される場合は、サラード川の水質はさらに悪化するであろう。表4-6にサラード川、オコルロ川、カニビア川、ハルマ川の水質検査結果を示す。現地踏査によるヒアリングと、河川の植生、水生動物等の観察から判断して検査を行わなかった河川の水質で特に問題となるところはないものと思料される。

図4-5 年降水量確率



(出所) 気象水文庁

表4-6 河川水水質

河川名	オコルロ川	ハルマ川	サラード川	カニビア川
検査日	1976年9月27日	1978年10月11日	1979年10月14日	10月16日
流域面積	345 km ²	181 km ²	923 km ²	349 km ²
水温	17.2 °C	22 °C	15 °C	16 °C
PH	6.6	7.6	7.4	7.0
E.C.	—	12,000	5,400	570
Cu (ppm)	0.3	—	0.01 以下	0.01 以下
Pb (ppm)	0.1	—	0.01 以下	—
Zn (ppm)	0.08	—	—	—
Fe (ppm)	0.05	0.22	—	—
Cl (ppm)	7.0	—	1890	59.2
Ca (ppm)	26.5	315	174	—
Mg (ppm)	—	67.5	26.1	—
K (ppm)	—	37.5	—	—
Na (ppm)	—	2350	900	34
全硬度 (CaCO ₃)	—	—	542	183
As (ppm)	—	—	0.024	—

2-2 地下水

調査地域内において地下水の調査は全く行われていない。井戸はヤウリ市内に浅井戸が2カ所あるだけである。現場踏査および地形図上から判断して地下水は豊富と考えられる。調査地域内の盆地は旧氷河湖で、河道はかなり深い砂利層上にある。特にカニビア川沿いにあるパンパフィニ附近は伏流水となっており帯状の帯水層が広い範囲に存在しその不圧地下水位は地表面近くにある。

現在操業中のアトラヤ鉱山では、選鉱用水および生活用水合せて約2,000 m³/日の新水を鉱内水でまかなっており、選鉱用水は回収再利用を全くせず沈殿池を経て放流している。またコロコワイコ鉱山採鉱用のボーリング結果でも随所で被圧地下水涌出が見られており、この開発鉱区一帯には地下水脈が地表面下100 m内外に豊富にあるものと思料される。従って、表流河川水に不足をきたす場合には井戸による地下水利用が充分期待できる。

第3節 鉱山用取水計画

3-1 用水需要量

3 鉱山の開発時期とそれぞれの工業用および生活用の水需要を下表4-7に示す。これら各鉱山の需要量は、昨年度実施された第1年次調査時点で設定されたインフラ開発計画策定のための諸元に基づくものである。

工業用水需要のほとんどは選鉱用水である。上記の各鉱山需要量の数値は新水のみのもので、選鉱用水の再利用率は各鉱山とも40～50%程度と見込んでいる。

表4-7 鉱山開発に伴う水需要

鉱山	建設時期	水需要 (m ³ /日)	
		工業用	生活用
チンタヤ	1980～82	7,000	1,800
コロコワイコ	1983～85	2,000	1,000
ケチュア	1986～88	11,300	1,200

3-2 供給計画

3-2-1 水源の検討

水源の位置は、3 鉱山共通の選鉱場を設置する場合と、各鉱山ごとに独自の選鉱場を設置する場合とでは自ずと違ってくる。選鉱場の開発形態を確定するに当たり、どちらの案を採用するかについては共同選鉱場の持つスケールメリット、選鉱場と水源の物理的ディメンジョンおよび各鉱山の開発スケジュール等あらゆる側面からその優位差の比較を行った上で決定すべきである。本稿では水資源の立場からの両案の比較検討を行うとともに、両案について取水源の検討を行った。鉱山開発の立場から共同選鉱を提言しているのでその場合には共同取水が望ましい。

3-2-2 取水案の比較

3 鉱山共通の取水設備を持つことは、1つの有力な代替案である。各鉱山の開発時期、開発規模、そして相互の位置関係等を開発地域の地形ならびに水源の賦存状況とともに検討することとする。

共通取水設備を3 鉱山の合計需要量を満たす流量のあるサラード川のバイパタマヨ川との合流点直下に設置した場合、各鉱山への直線導水距離およびポンプアップ揚程（静水頭）の概略値はそれぞれチンタヤへ6.8 km、揚程（4,110 - 3,900 = 210 m）、コロコワイコへ8.7 km、揚程（4,070 - 3,900 = 170 m）、ケチュアへは1.24 kmで、揚程は尾根を越える必要から（4,300 - 3,900 = 400 m）となる。一方、各鉱山に近接しかつ需要を満たす流量を持つ河川と各鉱山への距離とポンプの必要揚程（静水頭）の概略値は、それぞ

れ、チンタヤ鉱山がサラード川から6.8 km、揚程210 mで変らず、コロコワイコ鉱山へはオコルロ川より4.5 km、揚程124 m、ケチュア鉱山はカニピア川より17.5 km、揚程100 mである。

以上のように簡単な比較を試みると、合計輸送直線距離においては両者に大差ないが、ポンプアップ静水頭揚程では各鉱山別個に取水源を設置した方が有利である。一方、チンタヤ鉱山とコロコワイコ鉱山の2鉱山のみを共同取水する案もその導水距離および揚程から検討して各鉱山個別取水よりもその物理的ディメンションは劣る。共通に取水設備を建設するメリットは、いわゆる建設のスケールメリットである。ただし共同で取水設備を持つ事は、一方では不確実性（危険性）が集中することを意味する。すなわち、取水設備に不測の事態が発生した場合その影響は3鉱山に同時に波及する。従って、共同取水の場合には、異常洪水の事態に耐え得るだけの構造を持ち、かつ安定の良い固定堰を設置するとともに、ポンプ台数、導水管本数も複数にしておくことを提言する。

3鉱山をとり巻く地域の表流河川水の位置、および10年確率洪水流量は模式図4-6に示す通りである。ケチュア鉱山の取水は後述するようにカニピア川の表流水だけでは乾期に不足するので、伏流水取水とする必要がある。また、コロコワイコ鉱山がオコルロ川で取水しても下流のチンタヤ鉱山で取水に支障をきたすことはない（図4-6参照）。

3-2-3 水利権

サラード川水系においては、チンタヤ鉱山およびコロコワイコ両鉱山の全需要取水量は乾期（洪水期間）でも、河川流量の20%程度である。また、サラード川がアプリマック川と合流する区間の約40 kmでは、サラード川を灌漑用水源としているところはない。

一方、カニピア川は、河道が台地をえぐって流下している為に、利水には不適で、灌漑用水および生活用水としての機能性はほとんどない。

以上のことから、各鉱山の取水が下流域住民の生活に与える影響、すなわち下流域住民の慣行水利権に抵触することはないものと考えられる。

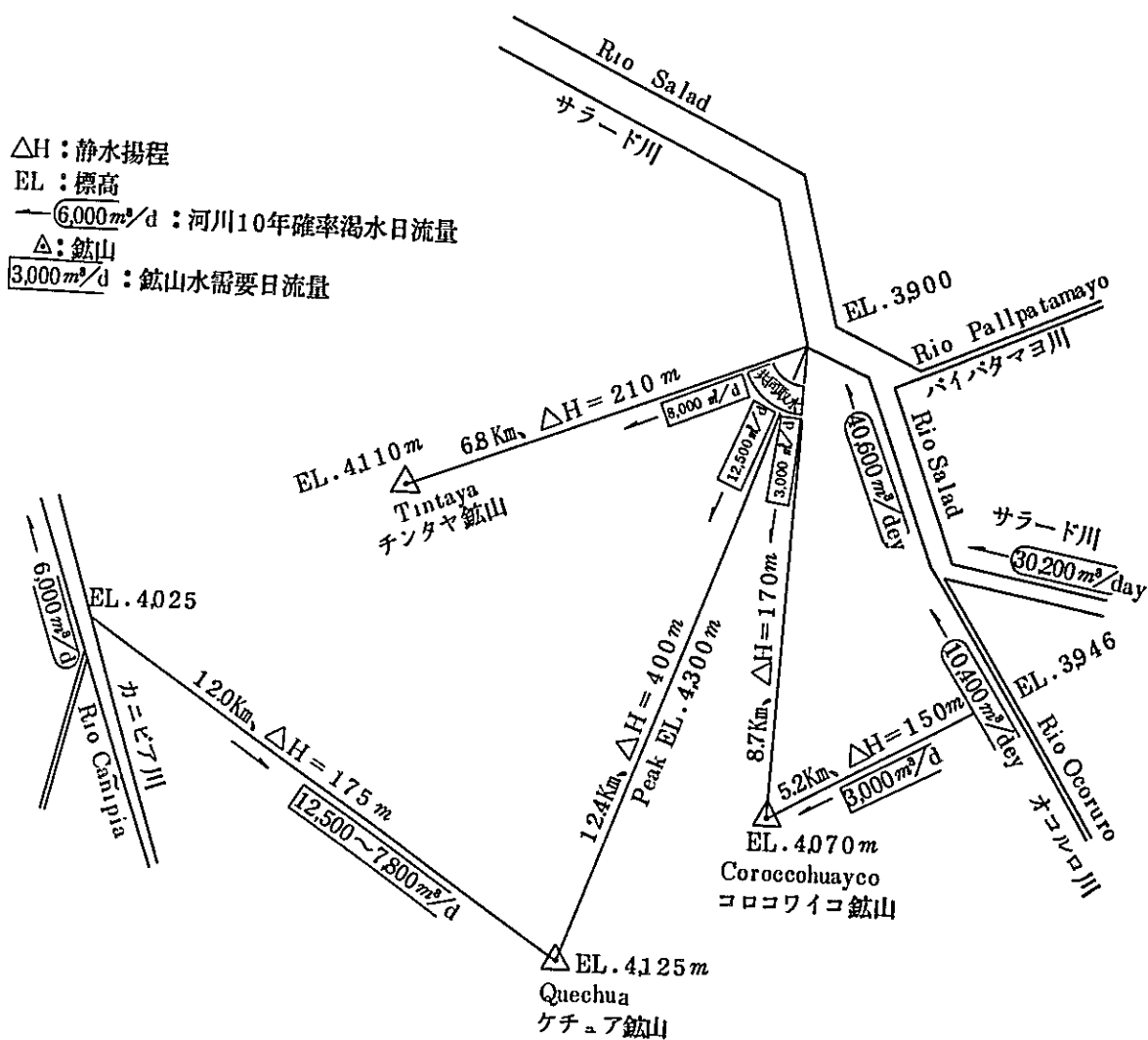
3-3 共同取水計画

前節で述べた如く、3鉱山の開発に伴う水需要に対応する供給計画案としては、各鉱山が個別に近隣河川より供給を計ることが水源確保の代替案検討の観点からは適切であることであった。各鉱山についての詳細な取水導水計画については次節で述べられる。

本節では、3鉱山が共同選鉱場を設けることを前提とした場合の取水源を検討することとする。

3鉱山の合計水需要量は、工業用が20,300 m³/日、生活用が4,000 m³/日である。この需要量を満たす河川は、10年確率洪水流量が40,000 m³/日であるサラード川である。しかし、前述した如く、サラード川の水質は生活用水とするには不适当であり、生活用水はより水質の良いオコルロ川からの取水が適切である。そして、工業用水のみをサラード川より供給することにすることが得策である。取水、導水計画の物理的諸元は、共同選鉱場の位置、規

図 4-6 各鉱山と河川位置関係



模、開発のタイミング等に依拠するため詳細は検討できないが、取水堰のみの建設諸元と費用は概算下記の通りである。

サラード川工業用水用取水堰

堰	長	50 m
堰	高	4 m
コンクリート構造		1,500 m ³
建設費		27,700千ソールレス (=115千US\$)

オコルロ川生活用水用取水堰

堰	長	50 m
堰	高	2 m
コンクリート構造		500 m ³
建設費		11,400千ソールレス (48千US\$)

なお、異常洪水の事態に耐え得るだけの構造を持ち、かつ安定の良い固定堰を設置するとともに、ポンプ台数、導水管本数も複数にして置くことを提言する。

3-4 個別取水計画

3-4-1 チンタヤ鉱山

チンタヤ鉱山開発に関するフィージビリティ調査は、1977年にペルー鉱山公社によって行われた(“Tintaya Project Feasibility Study, Minera del Perú, 1977”)。その取水計画によると、サラード川がその支川であるパイバタマヨ川と合流する地点直下に堤頂長約120m、堤高12m(越流部堤高5m)のコンクリートコアのロックフィルダムを築堤し、貯水池上にフローティングポンプを係留して取水することを提案している。この計画の基本は、チンタヤ鉱山の新水需要量を年間280万m³と算定し(約8,000m³/日)、サラード川の濁水状況が著しいことを想定し、鉱山新水需要水量の約1カ月分の水量である約20万m³を貯水しようとするものである。

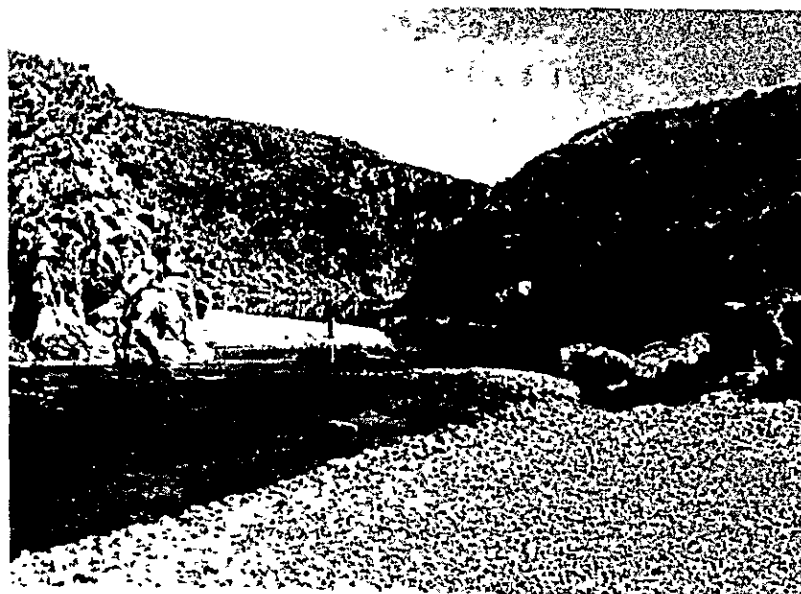
今回の現地流量観測で明らかになったことは、2-1-3項で述べた如く、サラード川の流量はオコルロ川との合流点直下で10年確率濁水量として0.47m³/Sec(4万600m³/日)ある。これはチンタヤ鉱山需要量8,000m³/日を大きく上回っている。たとえオコルロ川からの流量全部がコロコワイコ鉱山ならびに灌漑用水として取水されたとしても、なお0.35m³/sec(3万200m³/日)の流量がある。

従って、量的には問題がなく、鉱山用水確保の為の貯水池の必要性はないものと思料される。サラード川から取水する場合、水量よりは水質に問題がある。水質試験結果で明らかのように乾期のサラード川の水質は電気伝導度が5,400μs/cmにも達し、各塩分濃度も極めて高い。

従って選鉱用水として適格か否かの検討が必要かと思われる。また飲用水としては全硬度が 540 ppm もあることから流量の少なくなる渇水期には軟水化の処理が必要である。

チンタヤ鉱山の取水地点は、鉱山から最も近いパイバタマヨ川との合流点直下の狭窄部とし（写真4-1参照）、高さ3m程度のコンクリート堰（コンクリートフローティングダム）を設置して、取水口とポンプ場を左岸段丘上に設置することがフィージビリティ報告書で述べられているダム貯水池によるフローティングポンプ案に比較して建設費を多少節約できると思われる。その他の主要構造物や、パイプライン等に関しては、フィージビリティ報告書に変更の余地はないであろう。以上のことから取水計画案において、その建設諸元および建設費用を大幅に修正する根拠はなく、フィージビリティ報告書に準拠して良いであろう。

写真4-1 サラード川取水地点附近狭窄部（上流より望む）

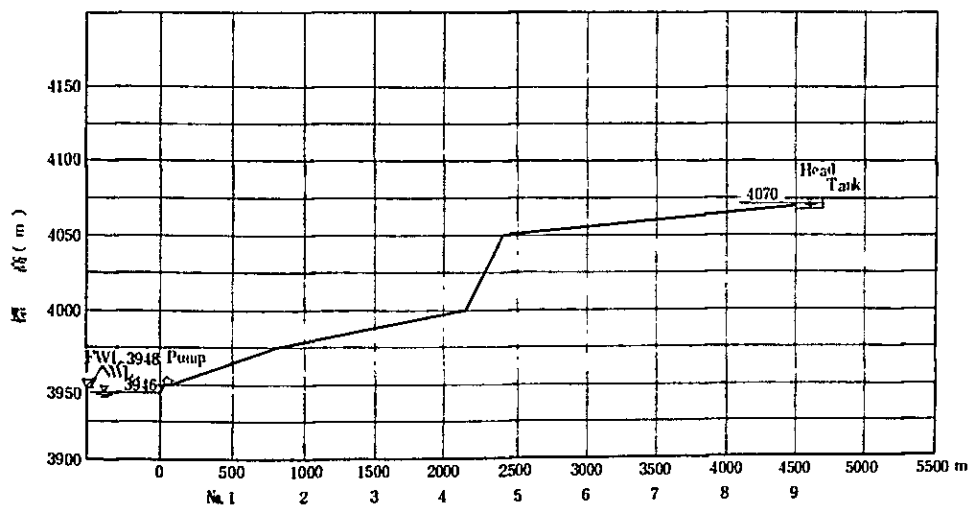
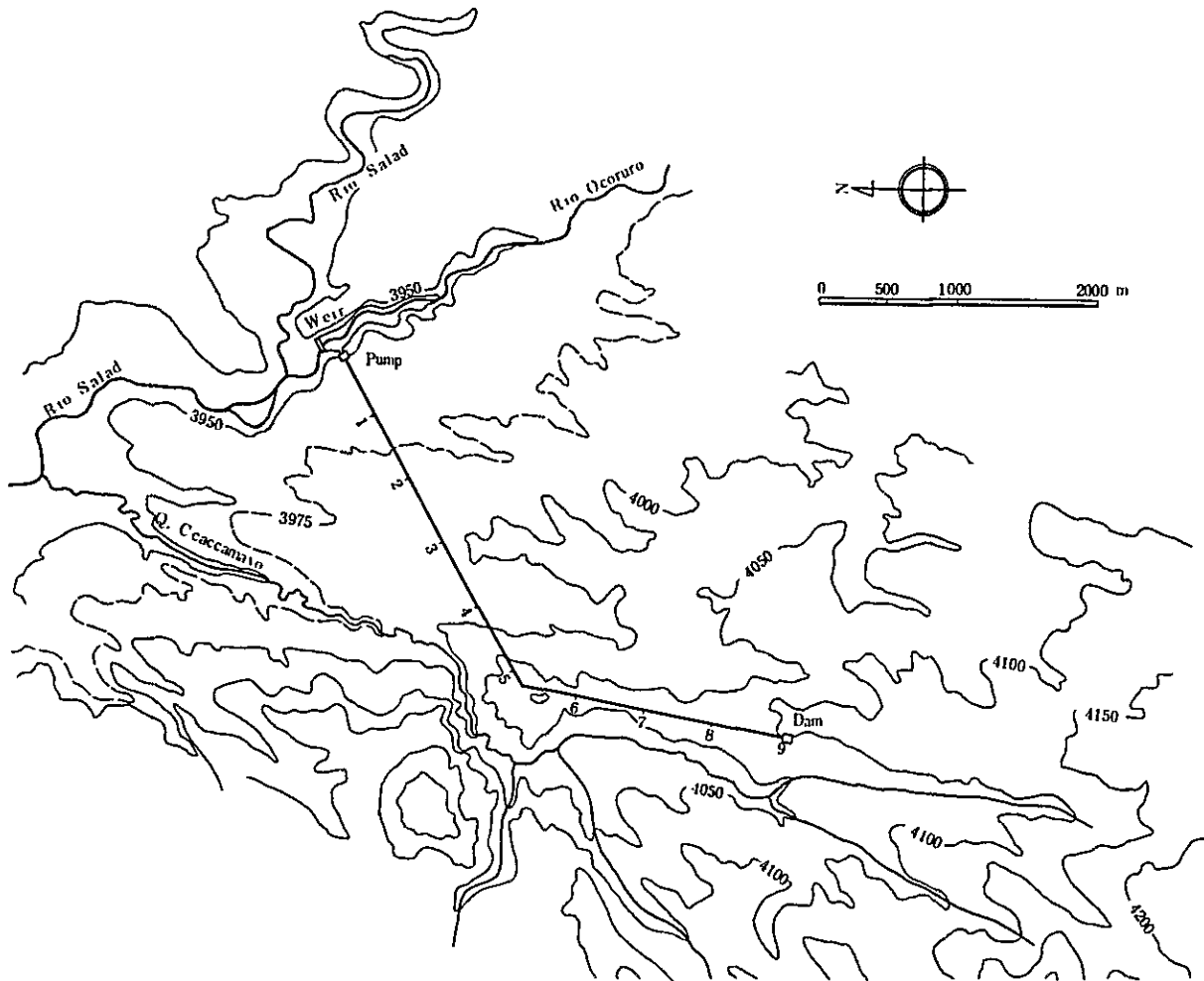


3-4-2 コロコワイコ鉱山

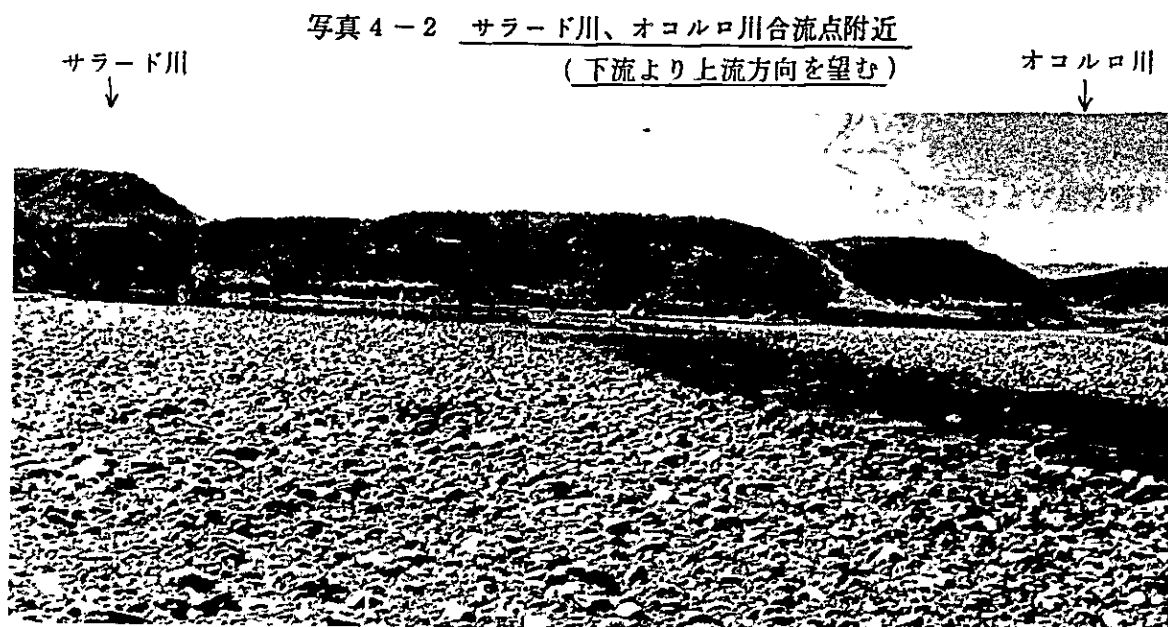
工業用水、生活用水ともに鉱山より最短距離にあるオコルロ川より取水（サラード川との合流点より上流約2kmの地点）する事が適切である。オコルロ川のこの地点（流域面積345km²）の平均年渇水流量は0.20m³/sec、また10年確率渇水流量は0.12m³/sec（1万400m³/日）で、コロコワイコ鉱山需要の0.035m³/sec（3,000m³/日）を大幅に上回っている。水質は今回の水質検査結果で明らかなようにサラード川と比べて格段に良質で飲用水、灌漑用水として適格である。鉱山用に用いた残りの水は灌漑用水として利用可能である。

取水方法は河道上に堰高2m、堰頂長50mのコンクリート堰を設ける（写真4-2参照）。堰の構造はこの地点での尖頭洪水流量の約200m³/sec（2-1-2項参照）を安全に流下されることできるように設計される。この堰直上の左岸側にポンプ場を設け、そこから山元ヘッドタンクへ鋼管によって送水するものとする。ポンプ場位置、アラインメント、ヘッド

図 4-7 コロコワイコ嶺山取水計画概要図



タンクの概略位置等は図4-7に示す。ヘッドタンクに送られた水は一部上水用に分岐し、殺菌後上水道用ヘッドタンクに送水される。鉱山用取水計画の諸元と建設費(1979年10月価格)を表4-8に示す



3-4-3 ケチュア鉱山

ケチュア鉱山は未だ探鉱継続中の鉱山で水需要の正確な値は判断しにくい状況であるが、計画段階では1万2,500 m³/日から8,000 m³/日内外の用水需要が見込まれており、3鉱山のうち最も多量の用水を必要とする。ケチュア鉱山に接して流れるアラフアラ川は集水面積が62 km²で、今回の現地調査で実測した湧水流量は430 l/分(620 m³/日)であり、生活用水量(1,200 m³/日)の半分の需要を満たす程度である。

工業用水の取水源としてはケチュア鉱山から北西へ直線距離で33 kmのオケロ川、分水嶺を越えた東側を流れるサラード川、そして、ケチュア鉱山と同一水系内にあるカニビア川の伏流水の3つの代替案が考えられる。最初のオケロ川の取水適地点の標高は3,850 mで導水距離は30 km以上に達する。サラード川取水候補地点の標高は3,900 m、導水路延長は15 kmと短い。サラード川水系とカニビア川水系の分水界の峠を越えねばならず、その標高は4,350 mにも達する。一方、カニビア川の取水候補地点の標高は3,925 mで導水延長は約17.5 kmである。しかし表流水だけでは需要を満たせない為に伏流水(不圧地下水)の取水をする必要がある。

概略の試算によれば、100 mの場程に要するエネルギー費用と初期投資額の償却費用の合計額は、約7 kmの水平距離に鋼管を埋設するに必要な初期投資額の償却費用にほぼ等しい。従って、サラード川から導水する案はカニビア川から導水する案よりもはるかにコスト高である。一方、オコルロ川からの導水案もカニビア川からの導水案と比較して明らかにコスト高である。

表 4-8 コロコワイコ鉱山用工業用水および生活用水取水設備
諸元と建設費 (1979年10月価格)

工 種	概 要 諸 元	建設費 (1,000ソールズ)
(a) 取水設備		
取水堰	堰高 2 m、堰堤長 50 m、コンクリート構造	11,400
取水口	フロテングダム形式 $Q_{max} = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 灌漑用水兼用	1,600
沈砂池	コンクリート製 導水路、サクションピット兼用 $1,500 \text{ m}^2 \times 2$ 基	12,600
ポンプ場	$25 \text{ m}^2 \times 1$ 棟 ブロック建屋	1,400
ポンプ	$2.1 \text{ m}^3/\text{min} \times 140 \text{ MH} \times 2$ 台 (1台予備)	10,300
	小 計	37,300
(b) 送水設備		
送水管	$\phi 200 \text{ mm}$ 黒 G.P. 5,200 m 付属設備、水位コントロール装置一式を含む	79,000
	小 計	79,900
(c) 配水設備		
ヘッドタンク (工業用)	$1,000 \text{ m}^3 \times 2$ 基 コンクリート製	6,800
	小 計	6,800
(d) 上水道用設備		
浄水設備	フィルター、滅菌装置一式	200
配水池	$200 \text{ m}^3 \times 2$ 基	2,000
	小 計	2,200
	合 計	126,200

以上のことから、取水地点はカニピア川がカタンマヨ川と合流する地点（集水面積 349 km²）が適当である。この地点は上流側に約 50 km² に近い盆地を持ち、湿地帯も各所に見られる。また河床推積層は砂利でその深さは数十メートルに達するものと思われる。伏流水（不圧地下水）の水位は地表面近くにあり、地形、河状、景観から判断して相当多量な経年循環不圧地下水層があるものと判断され、ケチュア鉱山の工業用水需要量（1万300 m³/日）を充分満たす量があるものと判断される。

この取水地点はケチュア鉱山自身の下流にあり表流水は鉱山排水の影響を受ける懸念があるが、現在操業中のアタラヤ鉱山の排水の影響を見るとその水質への影響は深刻ではない。また、伏流水を取水するということから考えても、たとえ選鉱排水の影響下にあるとしても選鉱用水として不都合をきたす程水質が悪化することはないであろう。

生活用水は前述した如く、清浄なアラフアラ川からその需要の半分を取水し残りの半分は住宅地周辺の井戸水によるものとする。

取水候補地点を写真 4-3 に示し、図 4-8 では取水ルート概要を示す。また、取水設備の概要諸元と建設費用（1979年10月価格）を表 4-9 に示すこととする。

写真 4-3 カニピア川取水候補地点（上流側より望む）



図 4-8 ケチュア鉱山取水計画案

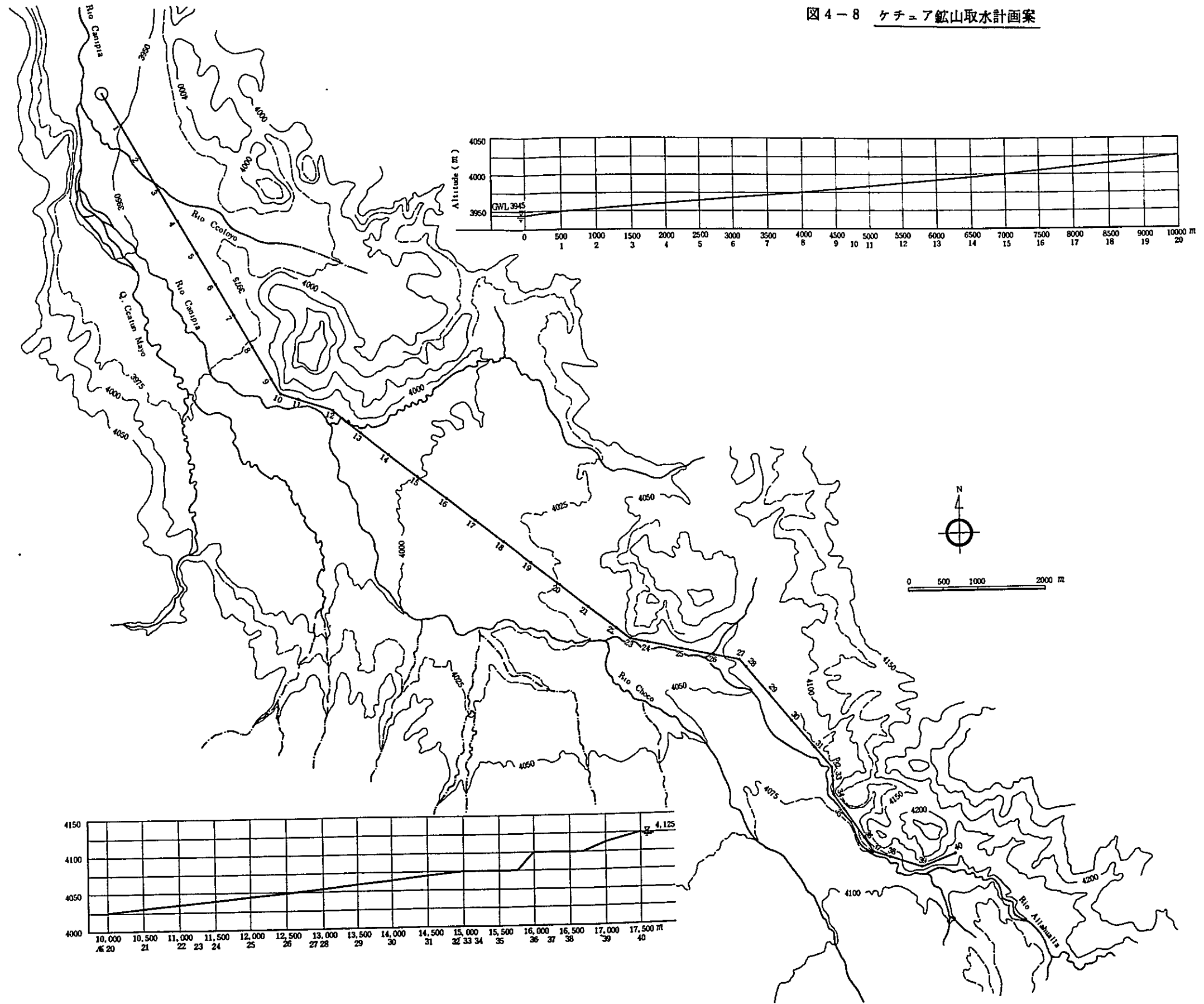


表 4-9 ケチュア鉱山用工業用水取水設備諸元と建設費用(1979年10月価格)

工 種	概 要 諸 元	建設費 (1,000ソール)
(a) 取 水 工		
伏流水取水工	埋設有孔管 $\phi 800 \text{ mm} \times 100 \text{ m}$ (コンクリート管) $\phi 500 \text{ mm} \times 100 \text{ m}$	13,600
接合井戸	コンクリート、2基	900
サクションピット	コンクリート、1基 ポンプ建屋を含む	2,200
水中ポンプ	2.4 m ³ /分、揚程 10 m 6台(予備2台)	8,100
導水路	10 m、コンクリート	1,600
	小 計	26,400
(b) 送 水 設 備		
サクションピット	コンクリート 1基	3,000
ポンプ場	50 m ²	2,700
ポンプ	9.6 m ³ /分、150 MH、2台 (予備1台) 据付け費等を含む	40,600
パイプライン	$\phi 500 \text{ mm}$ 黒 G.P. 17.5 km 据付け、アクセサリ等を含む	342,000
	小 計	388,300
(c) 配 水 池		
ヘッドタンク	5000 m ³ × 2基、コンクリート製	21,800
	小 計	21,800
(d) 上 水 道 取 水		
表流水取水ポンプ	423 l/分、コンクリート堰	500
	560 l/分、20 MH × 2台(1台予備)	800
地下水取水浅井戸	浅井戸4本、10 m ケーシング等を含む	4,000
ポンプ	150 l/分 13 MH × 5台(1台予備)	500
パイプ	$\phi 100 \text{ mm} \times 500 \text{ m}$	2,200
配水池	500 m ³ × 2基	3,000
浄水装置一式		500
	小 計	11,500
	合 計	448,000

第4節 灌漑計画

本節の目的は、農業牧畜部門に於いての灌漑計画策定に必要な基本的な諸元を与えることにとどめる。従って、当該地域での灌漑プロジェクトの詳細な内容については第8章を参照されたい。

4-1 概況

調査対象地域は標高3,900m以上の高原地帯で、気象条件は栽培農業にとって不利である。1-2-1項で述べたように日最低気温の季節的変動は大きく低温に極めて強いといわれる馬鈴薯の原種のババ・アマルガでも低温期の6月にしばしば冷害を受けている。

降雨は1-2-2項で述べた如く、雨期と乾期が明瞭で雨期の10月から4月までの期間に年間降雨のほとんどである770mm程度が降り、乾期には有効雨量はほとんどない。

土壌は酸性で表土は薄く計画対象地域一帯40～50cmの厚さにすぎない。その下には深い砂利層か石灰岩である。

このような自然条件下にあって、当該地域の栽培農業は他の標高の低い地域と比べて、いわゆる比較劣位にある。現在当該地域内で消費される農作物はアレキバおよびクスコ方面から調達されている。このように、他地域からの輸送費、マーケティングマージン等を考慮しても、当該地域では域内消費をまかなうだけの比較優位さえもないのが現状である。

しかし、乾期に安定した灌漑用水さえあれば現在栽培しているババ・アマルガの他に馬鈴薯の改良品種を栽培できる可能性はあり、冷害の発生する6月以前の収穫も可能となるであろう。

上述した一般的状況の元では、灌漑計画事業を当該地域内で単独に実施する経済的優位性は少ないであろう。従って、考えられる方策としては、鉱山開発に伴う関連施設を鉱山開発事業に支障をきたさない範囲内で最大限に利用して農業の生産基盤を整備することである。

4-2 灌漑適地の選定

当該調査地域で、鉱山開発の為に取水施設を利用し易く、同時に、地形上灌漑に有利な地区は、サラード川沿岸の河岸段丘一帯とヤウリ市街南部に広がるフィナヤパンバである。

しかしながら、サラード川の水質は上流域に点在する温泉の影響を受け、乾期にはその塩分濃度が1,000ppm以上に達し、灌漑用水としては不適格である。一方、ヤウリ市南部パンバを流れるカニピア川の乾期の表流水流量は少なく灌漑用水量の確保は困難である。

以上のことから、鉱山開発に関連して、水質・水量の観点から灌漑用水として利用できる河川はオコルロ川に限定される。灌漑地区はオコルロ川より重力導水が可能なサラード川左岸に位置するパンバカンジー一帯で、現在天水耕作が行われている約500ヘクタールである。この地区はサラード川が形成した河岸段丘上で東側へゆるやかに傾斜している。

この地区の表土は40～50cmあり、その下は玉砂利である(写真4-4参照)。土壌サンプルの調査結果は第8章に述べられている。

写真 4-4 灌漑地区表土層



4-3 灌漑用水量と用水計画

4-3-1 計画の概要

取水地点は、オコルロ川がサラード川と合流する地点直上に設置されるコロコワイコ鉱山用取水堰左岸側が適当である。最渇水期でも灌漑用に取水が保障される流量は鉱山用取水量に支障をきたさない範囲の流量、すなわち、オコルロ川の年平均渇水流量の $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$ から鉱山需要量 $0.035 \text{ m}^3/\text{s}$ を差引いた残りの $0.165 \text{ m}^3/\text{s}$ である。

乾期の平均流量は上記渇水流量より多いこと、またコロコワイコ鉱床には地下水が豊富と判断され鉱山用水需要のかなりが鉱内水によってまかなわれる可能性があることを勘案して、最小限值として灌漑用水量を $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ として、灌漑用施設の設計値とする。

取水口はコロコワイコ鉱山用と共用することが望ましい。導水路は取水地点からヤウリ市へ向う道路沿いに設置され、その延長は灌漑地区入口まで 7 km である。勾配は $1/1,000$ で、コンクリート台形断面水路である。灌漑計画の概要平面図、圃場整備および灌漑方法については第8章を参照されたい。

取水工から圃場に至る灌漑用構造物の主な計画諸元と建設費用（1979年10月価格）を以下の表4-10に示す。

表 4-10 灌漑用取水、導水路工事諸元と建設費

工 種	概 要	建設費 (1,000 ソーレス)
(a) 取 水 口	鉦山用サクションビット 内に構築、コンクリート製 角落しゲート付き $Q_{max} = 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{mini} = 0.165 \text{ m}^3/\text{s}$	400
(b) 導 水 路	コンクリート、台形断面、勾配 1/1,000、延長 7 km	21,600
	合 計	22,000

第5節 上 水 道

ここでは、ヤウリとヘクトール・テハダ両市の上水道施設の現況を述べ、併せて、将来の3鉦山開発に伴う取水・排水が両市上水道に与える問題点を記述することとする。

5-1 ヤウリ市上水道

現在の上水道取水源はヤウリ市の南 1.2 km に位置するワイジュマヨ川、パンパチャコ附近の表流水である。この取水地点から約 6 km の地点までは幅 3 m の土水路で導水し、ここで上水道用水と発電用水に分岐する。水道用水は長さ 15 m の沈砂池を経て、鋼管 (口径 8 インチ) によって、ヤウリ市内の丘の上に設置された配水池 (容量 150 m³) へと導水される、この間浄水施設はない。発電用水は、ヤウリ市内にある小型水力発電所 (可能最大出力: 10 kW) のヘッドタンクまで土水路によって送水されている。この発電用水路は、ヤウリ市南部に拡がるパンバとヤウリ市内を通過しており、用水の一部は途中で灌漑用水として利用されたり、生活用水として附近の住民に利用されている。

上水道施設の給水可能量は乾期で 800 m³/日、雨期では 1,500 m³/日内外である。乾期の 1 人当たり 1 日の利用可能水量は 30% 程度の配水ロスを考慮して 140 (ℓ/人日) 内外で、極端な水量不足ではない。市内には戸別および共同あわせて 400 個の給水栓がある。水質は浄水処理を行っていない為にかなり劣悪で、飲用水としては不適合である。

このような状況に鑑み、施設の改善計画の概略設計が住宅省 (Ministerio de Vivienda) によって完成されている。この計画によると、取水源をカニビア川としている。これは現在操業中のアタラヤ鉦山および将来の開発が予定されているケチュア鉦山の選鉦排水の影響下にある。またケチュア鉦山での取水量は多量でカニビア川にはヤウリ市上水道へ送水するのに十分な余剰流量はないものと考えられる。従って、カニビア川をヤウリ市の上水道取水源とすることは、その水量、水質の両面から考えて好ましいとはいえない。以上の事から、ヤウリ市の上

水道改善計画の実行に当たっては、鉱山開発計画と緊密な協議を行った上で実施されることが肝要である。

ケチュア鉱山の開発を前程とするならば、上水道の取水源はカニピア川とは別の水系にあって鉱山開発の影響を受けない現行取水源であるワイジュマヨ川からの取水が望ましい。

5-2 ヘクトール・テハダ市上水道

1967年以来、取水源をパイバタマヨ川とし、ポンプによって市内中央に位置する高架配水槽（容量30m³）に導水していたが、動力燃料費の負担が困難となった為に、1977年には取水源をコロコワイコ鉱区内丘陵地にある涌泉に変更した。この取水源から口径2インチのパイプによって11km離れた前記高架水槽へと重力送水を行っている。

給水栓は市内に約100カ所あり1人1日当たりの給水可能水量は150ℓ/人日程度である。料金は給水栓当たり月額100ソールズである。

水質は水源が涌水であることから、極めて良質であり問題はない。しかし水量は渇水期の6～9月に不足する。

上述のごとく、取水源がコロコワイコ鉱区内にあるために、鉱山開発に伴う影響が憂慮される。すなわち、鉱区内採鉱に伴って、この地区の地下水位の低下が予想され、涌泉が涸れて取水源としての役割が果せなくなる可能性がある。従って、コロコワイコ鉱山の開発に伴って、ヘクトール・テハダ市の上水道取水源は、市の北方2kmにある水量・水質ともに問題のない旧取水源のパイバタマヨ川とするか、コロコワイコ鉱山用上水道をヘクトール・テハダ市の需要を含めた施設規模とし、現行パイプラインを利用してヘクトール・テハダ市に送水するかのどちらかの方策をとる必要がある。

第6節 要約と次期詳細調査への提言

当該調査地域は大旨水資源に恵まれており、鉱山開発に伴う水需要に対して、技術的にも経済的にも充分対応できるだけの水資源が存在している。

ケチュア鉱山に関しては、今後の本鉱山の開発調査の進捗に合わせて、伏流水の定量的調査、すなわち、河道上での揚水試験等を実施することが望ましいであろう。

生活用水に関しては、チンタヤ鉱山の場合取水源のサラード川の水質に問題があり、特に渇水期には軟水化処理あるいは、地下水による希釈等の工夫が必要である。コロコワイコ鉱山では水質水量ともに問題はない。ケチュア鉱山の場合は水質上支障はないが、量的には表流水だけでは不足するので地下水の利用が必要である。

一般的所見として、当該地域では、地下水が豊富であり、万一河川表流水に不足を生じる場合でも鉱山サイト附近の地下水利用によって一部代替が可能であろう。

今後の水資源部門の調査は、鉱山開発実施計画に合わせて、今回の概査の方針に従った実施設計段階へ移行することであろう。

第5章 鐵道開発

☆ 國 民 共 同 體

第5章 鉄道開発

第1節 ペルー鉄道の概要

1-1 概 要

ペルーの国土は、そのほぼ中央をアンデス山脈が南北に縦走しているため、海岸部・山岳部・森林部の3つにはっきり分かれている。西側の海岸部は、雨量が少ないためオアシスを除いては一面の砂漠であり、中央の山岳部は平均標高4,000mの高地のため冷涼で、東側の森林部はほとんどが人跡未踏のジャングルである。

このような厳しい地理的条件と経済活動の偏在により、鉄道の発達は著しく阻害されており、全国的な鉄道網は勿論、海岸線に沿って南北に縦走する幹線すら未完成で、海岸部のオアシスに発達した都市と山岳部の都市または鉱山とを結んでいるのは、中央および南部鉄道だけで他はいずれも100km程度の短い路線が点在しているにすぎない。

ペルーの鉄道の路線延長は運輸通信省(MTC:Ministerio de Transportes y Comunicacions)管轄下の国営鉄道公社(ENAFER:Empresa Nacional de Ferrocarriles)の経営する公共鉄道1,672kmと鉱山会社その他が経営する民間鉄道300kmの計1,970kmで、輸送量は少なく中南米の他の国に比較しても鉄道は未発達の状態にある。

1-2 鉄道網

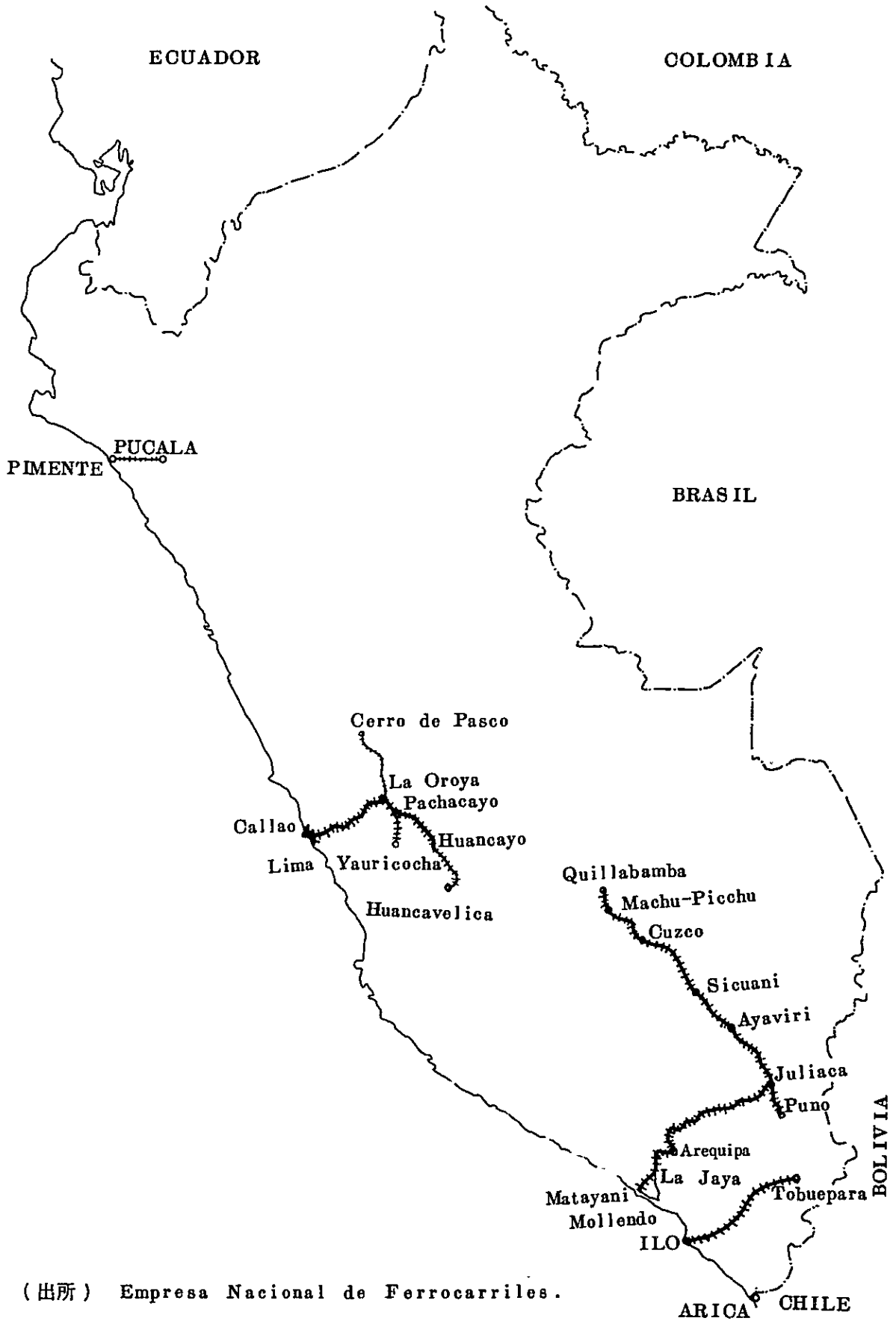
ペルーの鉄道網は図5-1、本線路の延長は表5-1の通りである。

表5-1 路線別の軌間および延長

路 線	軌 間(m)	延 長(km)
公共部門 (ENAFER)		
中央鉄道		
カヤオーラ・オロヤーワンカヨ	1435	3823
ワンカヨーワンカベリカ	0914	1287
南部鉄道		
モジェンド マタラニ	1435	9280
クスコーキリヤパンバ	0914	1711
タクナーアリカ	1435	620
小 計		<u>16721</u>
民間部門		
ラ・オロヤーセロ・デ・バスコ	0914	1220
イロートケバラ	1435	1360
ブカラーヒメンテ	0914	420
小 計		<u>3000</u>
合 計		<u>19721</u>

(出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles. JETRO.

図5-1 ペルーの鉄道網図



中央鉄道 (Ferrocarri Central de Peru) は、ペルー最大の港であるカヤオから首都リマを経てラ・オロヤ鉱山と農業の中心地であるワンカヨを結ぶ 382.3km と終点ワンカヨ～ワンカベリカ間 128.7km よりなっており、ペルー経済に果す役割は大きい。

南部鉄道 (Ferrocarri del Sur) は、モジェンド、マタラニ両港よりペルー第 2 の都市アレキバを経て、フリアカで分岐し、ブノおよびクスコに至る 92.8km と、クスコ～キリヤバンバ間 171.2km およびチリ国境のタクナ～アリカ間 62km よりなっている。このほかボリビアとの間にチチカカ湖を経由してブノ～グアキ間 20.9km、ブノ～チャグアヤ間 12.1km の国際輸送を行っている。

ペルーとボリビアの政府間には、鉄道の自由通行の取決めがあり、客貨ともチチカカ湖をフェリーで輸送しているが線路の軌間がペルー側は 1.435m、ボリビア側は 1m であるため貨物はグアキにおいて積み換え作業を行わなければならない。ボリビアからの貨物も、フェリーポート上の線路の軌間が 1.435m であるためグアキで積み換えが行われる。ペルーとチリ政府間にも鉄道の自由通行の取決めがあり、同一列車がタクナ～アリカ間を往復運転しているため、客貨とも乗り換える必要はない。

1-3 路線と車両

現在の国営鉄道公社の路線と車両の概要は表 5-2 の通りである。

1-4 組織

国営鉄道公社は運輸通信省の監督下でありその組織は図 5-2 の如く、総取締役の下に中央および南部鉄道を総括する支配人がいる。中央および南部鉄道には、総括支配人の下にそれぞれ管理部および営業部があり、管理部は経理、資材調達を、営業部は営業および土木・機械技術を担当している。

従業員は、非組合員 894 人、組合員 5,041 人、計 5,935 人で、うち南部鉄道は非組合員 490 人、組合員 3,040 人、計 3,530 人である。

表 5-2 路線と車両 (1977. 12.21)

	中央鉄道				南部				鉄道		合計
	Callao	Huancayo	Huancayo	計	Matarani	Cuzco	Chaullay	Tacna	Arica	計	
	Huancayo	Huelica			Cuzco						
軌間 (m)	1,435	0,914	0,914	1,435	0,914	1,435	1,139,446	1,650,479			
本線 (km)	382,333	128,700	511,033	927,956	149,490	62,000	99,600	209,769			
側線 (km)	103,795	63,74	110,169	84,376	8,582	6,642					
最高点 (m)	4,781	3,678		4,476	3,676	554		62	89		
駅	19	8	27	49	10	3					
機関車											
・電気ディーゼル 2,400HP	19		19	10				10			29
・電気ディーゼル 1,800/2,000				17				17			17
・電気ディーゼル 1,200	6		6	10	5			15			21
・電気ディーゼル 900	5		5	1				1			6
・機械ディーゼル又は電気ディーゼル	3		3	3				3			6
・蒸気	1	6	7		4	1		5			12
計	34	6	40	41	9	1		51			91
自走車両	3	9	12		5	7		12			24
客車	40	30	70	83	36	5		124			194
貨物	1,093	91	1,184	901	107	41		1,045			2,233

(出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles.

1-5 復興および新線計画

1-5-1 復興計画

現在までの投資不足により老朽化した車両、施設を取り換え、1990年までの輸送需要に対応するための復興計画が現在立案されている。

この計画は、ハンガリアの調査団の協力と経済企画庁（INP: Instituto Nacional de Planificacion）の勧告により実施されており、自己資金、政府の補助金および外部からの融資は、機関車、貨車、客車、線路設備、器材の購入に充当される予定で、その数量は表5-3の通りである。

表5-3 復興計画資材表

区 間	中 央 鉄 道		南 部 鉄 道	
	Callao- Huancayo	Huancayo- Huancavelica	Matarani- Cuzco	Cuzco- Chaulay
機 関 車	6	—	16	2
客 車	35	32	104	6
貨 車	404	174	250	22
レールおよび付属品 (t)	10,750	12,500	9,680	—
橋 り ょ う	45	1,130	—	—
枕木および付属品 (t)	140,000	16,300	187,000	—

(出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles.

1-5-2 新線計画

鉄道の有する大量輸送の長所を活用するため、政府の補助金による新線の建設および調査が目下進められている。

1978年、クスコ～チャウヤイ線がキリヤバンパまで21.5km延伸、開業されたほか、マタラニ～イロ間新線建設工事のうちマタラニ～モジェンド間15kmは、路盤が完成し80年開業の予定で、これが完成すればモジェンド～ラ・ホヤ間の線路(87km)は、撤去が可能となる。なお同線の終点近くのトケバラ付近も一部工事に着手している。

またボリビアとの国際輸送は、現在チチカカ湖を經由して行われているが、陸続きの輸送とするため、プノ、デサガデロ間142kmの新線工事も着手され、1982年の完成が期待されている。

これらのほか、建設の予定されている区間は図5-3の通りで、調査の進行状況は表5-4の通りである。

図 5 - 3 鉄道新線計画図

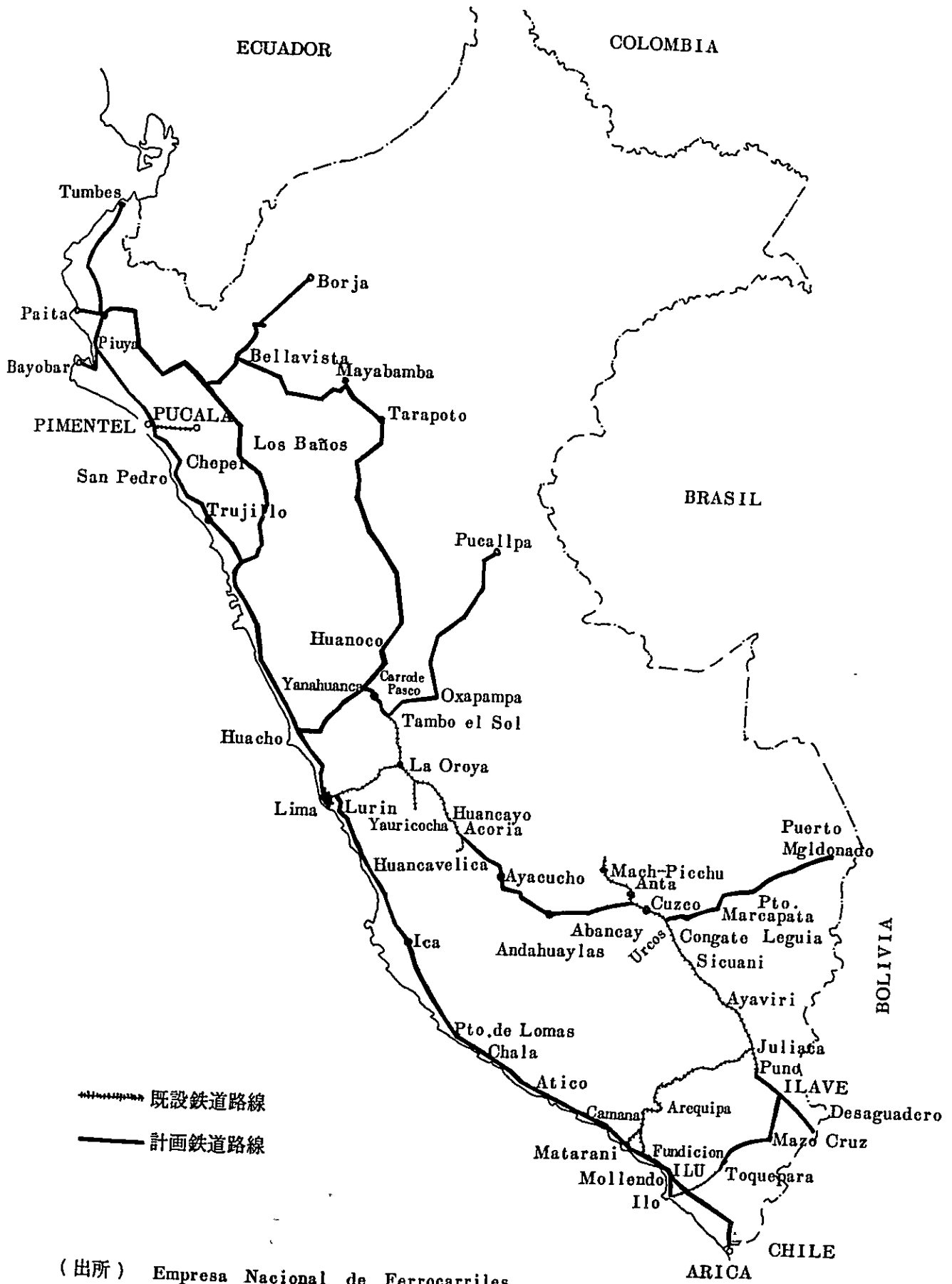


表 5 - 4 新線建設調査表

区	間	現	状
1.	Caripa - Condorcocha - Tarma (60 km)	Caripa - Condorcocha 区間 (16 km)	調査完了
2.	Santa Clara - Cajamarquilla (12 km)		調査完了
3.	Matarani - Ilo - Tacna (210 km)		調査予定
4.	Puno - Desaguadero		調査予定
5.	Ilo - Ilave		調査予定
6.	Tacna - Arica (60 km)		復興を研究する予定
7.	San Jose - Cerro Verde (16 km)		調査予定

(出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles .

第 2 節 南部鉄道の現況

2-1 概 要

南部鉄道は、海岸部のマタラニ、モジェンド両港よりアンデス山脈を横断して山岳部のフリアカ、プノ、クスコ、キリヤバンパの諸都市を結ぶ路線であるため急勾配区間が多く海岸部のタクナ・アリカ間 62km を除く 1,099km のうち約半分の区間が、輸送力にかなりの制限を受けており、機関車の型式別の輸送可能トン数は表 5-5 の通りである。

これらの区間はいずれも単線で、そのうちマタラニ～アレキーパ間 147km およびモジェント～ラ・ホヤ間 87km は、貨物列車だけであるが他の区間は、旅客・貨物列車とも運転されている。(写真 5-1 参照)

列車回数は、曜日によって異なるが、アレキーパ～フリアカ～プノ間は、夜行を含め旅客 2 本、貨物 3 本、プノ～フリアカ～クスコ間は旅客 1 本、貨物 2 本と極めて少ない。なお、クスコ～マチュピチュ～キリヤバンパ間には、旅客・貨物列車のほか観光列車が毎日運転されており、チチカカ湖を経由するボリビアとの国際輸送は、旅客夜行 1 便、貨物 2～3 便である。

写真 5 - 1 中間駅停車中の貨物列車



表 5 - 5 機関車の型式別けん引トン数表

(単位：t)

区 間	550	Acoplado 550/550	570	Acoplado 570/570	450	Acoplado 450/450	650	Acoplado 650/650
南部鉄道								
下		300	600	365	715		350	700
		300	600	350	700		350	700
		300	600	300	600		350	700
り		900	1800	900	1800	800	900	1800
		900	1800	1000	2000		1000	2000
上		900	1800	1000	2000		1000	2000
り		900	1800	900	1800		900	1800
		400	800	400	800	250	400	800
		600	1200	600	1200	400	600	1200
		800	1600	800	1600		800	1600
		300	600	300	600		300	600
		300	600	350	700		350	700
		300	600	350	700		350	700
MATARANI - PUNO								
下		750	1500			750	1500	
		500	1000			500	1000	
		300	600			200	400	
		450	900			350	700	
り						750	1500	
						500	1000	
上		500	1000			750	1500	
		300	600			500	1000	
		450	900			200	400	
り		750	1500			350	700	
						750	1500	
JULIACA - CUZCO								

(出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles.

2-2 輸 送 量

2-2-1 貨物輸送

最近5年間の貨物輸送の推移は表5-6の通りで、1972年における鉄道貨物の輸送トン数は、81万3,000トン、6億6,980万トンキロであったが、その後横ばいを続け、1977年には78万7,000トン、6億7,300万トンキロで、トン数は3%の減、トンキロでは0.5%の増である。

この原因は輸送需要の減退では無く、施設・車両等の保守が充分に行われないうために輸送力が需要に対応できないことにあると考えられる。

この問題に対処し、鉄道輸送を発展させるため、貨物輸送の合理化を推進する委員会が結成され、輸送力の増強と鉄道が分担すべき貨物の目録を作るなどの試案が検討されている。

国内・国際別の一般・鉱石別貨物輸送量の推移および貨物輸送の内訳を表5-7、表5-8に示す。

鉱石の国内輸送に占める割合は、トン数で12%、トンキロで64%、国際輸送に占める割合は、トン数では11%、トンキロで65%である。また国際輸送の全輸送量に占める割合は、トン数で16%、トンキロで19%である。

主要な貨物は海岸部から、ボリビアを含んだ山岳部へは燃料(30%)、小麦粉および穀物(15%)、砂糖、米その他の食料(7%)で、海岸部への輸送は、国内とボリビアからの鉱石(19%)、セメント、合成肥料(6%)等である。

2-2-2 旅客輸送

最近5年間の旅客輸送量の推移は、表5-9の通りで、1972年における旅客輸送量は輸送人員80万7,000人、人キロ1億5,024万9,000人キロであったが、毎年着実に増加し、1977年にはそれぞれ152万人、4億6,329万3,000人キロと、人員では約2倍、人キロでは3倍に増加している。

旅客輸送のほとんどは国内で、国際輸送は道路輸送に転移し72年は全輸送量の0.5%であったが77年には僅か0.2%となっている。

2-3 線 形

南部鉄道は、海岸部と山岳部の主要都市を結ぶ鉄道で地形がきびしいため、かなりの急曲線、急勾配が採用されている。現在のモジェンド、マタラ=港から、プノ、クスコに至る区間の線路の規格は表5-10、線路縦断略図は図5-4、機関車の軸重および軸距は図5-5の通りである。

表5-6 貨物輸送の推移

(区間 マタラニ - クスコ)

	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<u>鉄道貨物</u>						
輸送トン (1,000)	813	793	828	795	804	787
正味トンキロ (100万)	338.8	349.4	346.5	345.7	334.5	330.5
総トンキロ (100万)	669.8	666.7	668.3	681.7	660.5	673.0
総トンキロに対する正味トンキロ (%)	50.0	52.4	51.8	50.7	50.6	49.1
正味トンキロ当たりの価格 (センターボ)	90.0	94.6	99.3	108.5	166.1	249.3
輸送総トンキロ (T・K・B) の合計	796.1	802.1	809.4	882.1	848.4	863.5
<u>チチカカ湖の汽船</u>						
輸送トン (1,000)	187	187	178	142	142	123
正味トンキロ (100万)	32.4	32.5	32.9	24.5	24.9	21.5
正味トンキロ当たりの価格 (センターボ)	62.6	62.8	82.1	104.1	126.0	176.0

(区間 クスコ - チャウヤイ)

	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<u>貨物</u>						
輸送トン (1,000)	61.8	36.7	46.5	42.6	40.9	32.3
正味トンキロ (100万)	5.7	5.9	12.9	13.5	11.3	8.6
総トンキロ (100万)	10.5	8.1	N.A.	41.5		10.9
総トンキロに対する正味トンキロ (%)	54	73	N.A.	33		79
正味トンキロ当たりの価格 (センターボ)	55	116	N.A.	70		260
輸送総トンキロ合計	29.4	30.9	N.A.	42.0		54.5

(出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles.

Tables 5-7 and 5-8 show changes in freight transport and the types of freight shipments respectively for general freight and ore both domestically and internationally. The percentage of ore in domestic transportation is 12% in tons and 64% in ton-km. The percentage in international transportation is 11% in tons and 65% in ton-km. The percentage of international transport with respect to total transport is 16% in tons and 19% in ton-km.

表5-7 貨物輸送の推移

	1972	1973	1974	1975	1976	1977
輸送トン数						
(マタラニ・クスコ間)						
国内						
貨物	557,162	545,124	539,439	578,634	594,208	582,672
石	69,292	65,562	60,527	64,798	71,314	79,250
国際						
輸入商品	66,445	67,978	81,491	65,402	48,471	44,675
輸出鉱石	119,708	114,004	100,720	86,484	90,049	80,496
計	812,607	792,668	782,177	795,318	804,042	787,093
指数	100	98	96	98	99	97
統計に対する国際の%	23	23	23	19	17	16
(湖上汽船)						
貨物	66,446	76,199	75,693	60,995		
石	119,707	111,150	101,694	86,666		
計	186,153	187,349	177,387	147,661	142,101	123,491
指数	100	101	95	79	76	66
輸送トンキロ						
正味トンキロ						
国内						
貨物	225,822	229,383	233,268	249,903	240,172	239,963
石	24,652	29,366	23,128	21,169	24,636	29,149
国際						
貨物	32,733	33,723	39,885	32,507	24,719	21,301
石	55,664	56,888	50,259	43,154	44,929	40,167
計	338,871	349,360	346,540	346,733	334,450	330,580
指数	100	103	102	102	99	98
統計に対する国際の%	26	26	26	22	21	19
平均輸送距離 - Km	417.0	440.7	443.0	436.0	416.0	420.0

1 (出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles.

表 5 - 8 貨物輸送の内訳 (1977)

輸送方向	貨物		車両数又は 発走回数	鉱石		車両数又は 発走回数
	(t)	(t.km)		(t)	(t.km)	
<u>国内</u>						
貸切り扱い	上り	466,666	159,282,426	15,007		
	下り	80,146	29,934,107	3,517	79,061	29,081,419
混載扱い	上り	23,074	9,620,644	32,575	39	17,457
	下り	12,786	5,125,402	24,206	150	49,735
小計		582,672	293,962,579		79,250	29,148,611
<u>国際</u>						
貸切り扱い	上り	37,114	17,534,045	1,048		
	下り	16	8,032	1	80,496	40,167,384
混載扱い	上り	7,474	3,724,021	2,820		
	下り	71	35,287	13		
小計		44,675	21,301,385		80,496	40,167,384
合計		627,347	261,263,964		154,746	69,315,995

(出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles.

表5-9 旅客および手小荷物輸送の統計

	1972	1973	1974	1975	1976	1977
(マタラニ・グスコ間)						
<u>旅客</u>						
輸送乗客数	807,561	839,692	1,004,258	1,184,075	1,311,792	1,539,883
輸送人キロ	150,246,374	159,959,627	229,087,261	254,170,551	311,464,129	463,293,125
平均走行距離 (Km)	186.0	190.5	228.1	214.7	237.4	300.9
人キロ当たりの収益 (センターポ)	36.5	39.5	35.5	43.3	56.0	57.0
<u>手荷物</u>						
輸送トン数	4,063	4,093	5,395	6,344	6,531	7,100
正味トンキロ	1,680,654	1,675,306	2,500,589	2,326,525	2,667,130	2,595,823
人キロ当たりの収益 (センターポ)	355.2	346.3	261.0	382.9	487.4	760.6
(湖上輸送)						
<u>チチカカ湖の汽船</u>						
<u>旅客</u>						
輸送乗客数	4,885	4,256	5,942	4,889	3,449	2,650
輸送人キロ	1,024,309	889,809	1,241,773	1,021,801	720,841	553,242
人キロ当たりの収益 (センターポ)	109.0	117.4	104.9	123.2	229.3	446.0
<u>手荷物</u>						
輸送トン数	523	501	535	588		
正味トンキロ	109,307	104,709	103,037	122,802		

(出所) Empresa Nacional de Ferrocarriles.