

第6節 電力供給計画

経済分析用電力費用：以上の分析によって中央系統からの買電が経済的に最適の方法であることが判明した。従って経済分析では、中央系統によって発電するための費用が、電力費用となる。それは前節で分析したように1 kWh 当り151ペソが基礎になる。一年間の電力費用は、以下の通りである。

$$2.25 \text{ 億 kWh} \times 151 \div 339.8 \text{ 億ペソ}$$

これを表3-4を用いて、外貨と内貨に分割し、外貨に潜在外貨交換レートに乗じて経済費用を算出する。表3-4の発電原価における内、外貨の比率は、正確には分らないが、おおよそ外貨部分の割合を、燃料費については30%、人件費については0%、資本金については70%、その他については0%とした場合、全体の平均では、外貨部分は約30%となる。外貨部分は潜在的外貨交換レートを使って価格修正を行った。内貨部分については税金部分として10%控除した。故に、以下のように計算し、349.6億ペソを一年間の鉱山操業による電力の経済費用とした。

$$\begin{aligned} \text{外貨部分} & \quad 339.8 \text{ 億ペソ} \times 30\% = 101.9 \text{ 億ペソ} \\ & \quad 101.9 \text{ 億ペソ} \times 133.3\% = 135.5 \text{ 億ペソ} \\ \text{内貨部分} & \quad 339.8 \text{ 億ペソ} \times 70\% = 237.9 \text{ 億ペソ} \\ & \quad 237.9 \text{ 億ペソ} \times 90\% = 214.1 \text{ 億ペソ} \\ & \quad 135.5 \text{ 億ペソ} + 214.1 \text{ 億ペソ} = 349.6 \text{ 億ペソ} \end{aligned}$$

財務分析用電力費用：これは鉱山会社が実際に必要とする費用であるから、送電線の建設費用と、買電の電気料金である。送電線の建設費用に関しては、チレシート—鉱山間、29.6億ペソのうち、80%の23.7億ペソが1983年に、残り5.9億ペソが1984年に投資されるものとした。なお、チレシート—ラリオハ間、78.3億ペソに関しては、鉱山会社が建設を負担しなければならないことも考えられる。これによる費用増加部分は、鉱山全体の費用が上昇した場合の、感度分析で取扱うことにした。電気料金に関しては、中央系統から買電する場合、公共料金であるから、発電費用151ペソ/kWhより低いはずである。アルゼンチンの将来の電気料金については、1979年における平均販売単価65.0 USミル/kWhが、1982年には、73.6 USミル/kWhと上昇するが、その後1985年まで同じ水準を保ち、1990年には73.2 USミル/kWh（146.4ペソ/kWh = 15.7円/kWh）と、若干下降するものと予想されている。調査時点に於ける電力料金は、次のような計算により、101ペソ/kWhとした。1980年の水利電力公社の電気供給規定・料金表によると、

$$\begin{aligned} \text{需要電力料金} & \quad \text{kW} \cdot \text{1月当り} \quad 2 \text{ 万} 2.440 \text{ ペソ} \\ \text{電力量料金} & \quad \text{kWh} \quad \text{当り} \quad 51 \text{ ペソである。} \end{aligned}$$

この鉱山の所用電力量は前述の通り、最大需要電力4万2000 kW年間需要量は、2億2500万 kWh であるから、年間支払電気料は、

$2万2,440ベソ \times 4万2,000kW \times 12カ月 \div 113億1,000万ベソ$
 $51ベソ \times 2億2,500万kWh = 114億8,000万ベソ$
合計227億9,000万ベソとなる。

したがって、1 kWh 当りの電力料金は、

$$227.9億ベソ \div 2.25億kWh \div 101ベソ$$

であり、総電力料金費用は、227億9,000万ベソである。なお、運転費用の算定では、227億9,000万ベソに用水部分の電力費用17億4,000万ベソを加算して、総電力費用を245億3,000万ベソとして計算した。

操業度2万トン/日の場合：最大需要電力2万8,000 kW，年間需要量1億5,000万kWhであるから、操業度3万トン/日の場合と同じく、年間支払電気料金は、

$$2万2,440ベソ \times 2万8,000kW \times 12カ月 = 75億4,000万ベソ$$
$$51ベソ \times 1億5,000万kWh = 76億5,000万ベソ$$

合計、151億9,000万ベソである。

したがって1 kWh 当りの電気料金は、

$$151億9,000万ベソ \div 1億5,000万kWh \div 101ベソ$$

であり、総電力料金は151億9,000万ベソである。なお運転費用の算定では、151億9,000万ベソに用水部分の電力費用16億1,000万をを加算して、総電力費用を168億ベソとして計算した。

第4章 水資源開発計画

第4章 水資源開発計画

第1節 分析の背景

1-1 ファマティナ地域の気候

地域の気候は乾燥ないし半乾燥帯に属し、年間降水量は東部平地で200mm、西部山地では400mmを超える所もある(図4-1参照)。気温と降水量の季節変化は表4-1にあるようにかなり大きく、共に夏期(12月より3月)に高く冬期(6月より9月)に低くなっている。しかしながら高山地帯では、冬期にかなりの降雪があるため、降水量分布はいくらか異なる。また夏期の降水は、急なハイドログラフを持った豪雨の形を取ることも少なくない。

表4-1 8観測点における月別平均降水量と
チレシート市の月別平均気温

観 測 点	月												年間総 降水量
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ファマティナ	53	28	36	5	1	0	1	0	5	9	2	13	164
コラレス	76	30	43	11	1	2	2	4	9	11	1	38	223
ラエンセナーダ	181	100	103	31	11	11	0	8	18	49	30	49	634
サニヨガスタ	42	44	35	1	1	1	1	3	7	8	8	36	153
ミランダ	94	64	31	20	4	2	2	0	7	14	5	36	279
カチジュジャル	113	49	25	9	5	0	5	3	12	19	7	34	281
ガンチン	118	55	83	15	3	2	7	5	7	15	13	70	393
チレシート	46	41	37	9	5	4	4	4	4	8	22	28	212

(注) 月別平均は4年ないし7年間の平均。但しチレシート市については17年間の記録に基づいている。

(出所) Centro Regional de Agua Subterranea (C.R.A.S) San Juan.

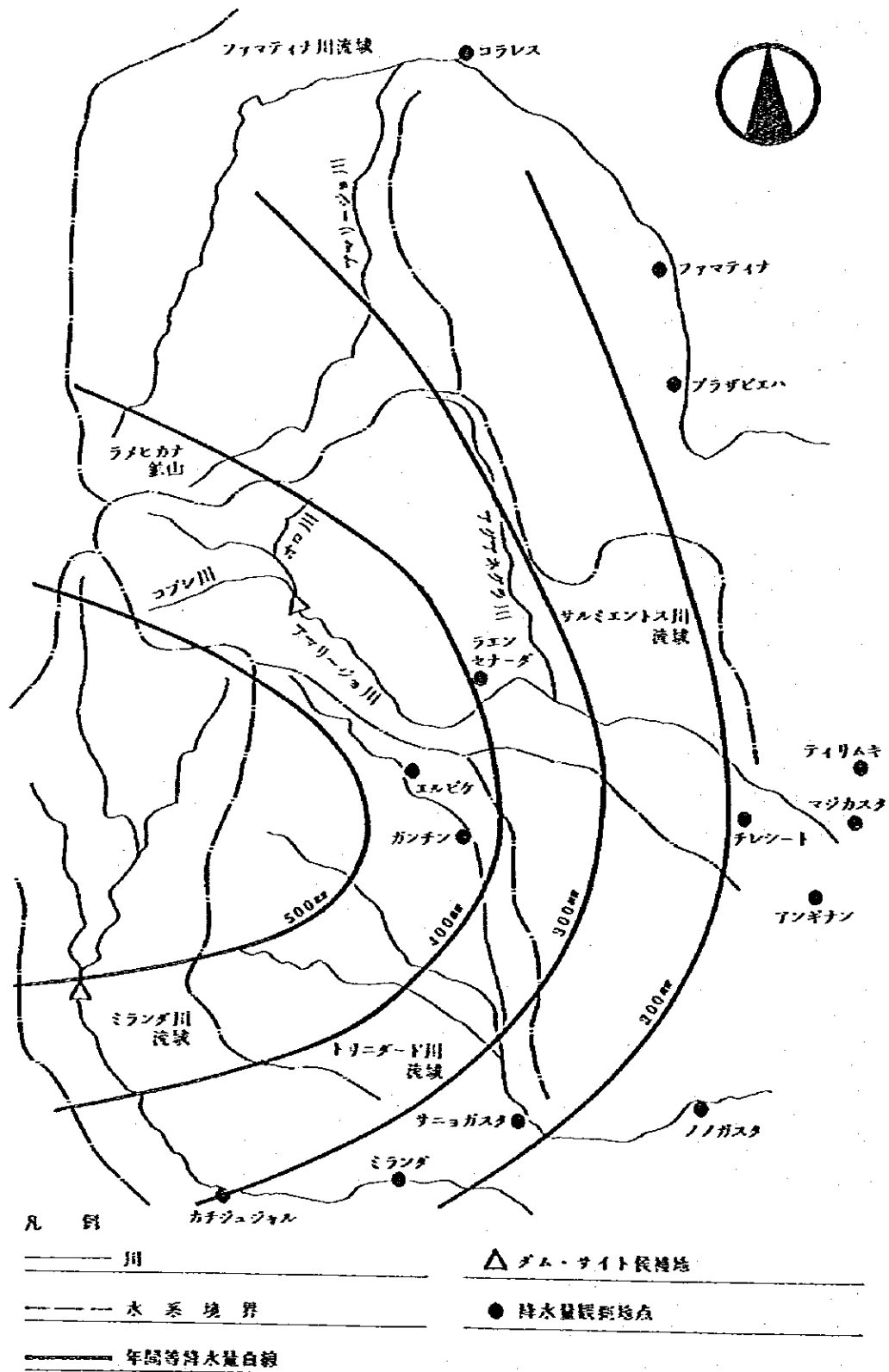
チレシート市の月別平均気温 1951-67

月												年間平均 気温
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
24	23	20	17	13	9	9	12	15	18	21	24	17.4

(出所) Secretaria de Estado de Recursos Hidricos (Direccion General de Obra Hidraulicas, Dpto. Estudios y Proyectos), La Rioja.

降水量の日変化、季節変化共に大きい為、地表水の利用可能性はかなり不安定なものである。一方地下水は、融雪による涵養がより大きいので、供給可能量は比較的安定していると考えられる。実際6月から10月の乾期における地表水の流れは主に地下水からの基底流出によるものと思われる。

図 4-1 計画地域と年間等降水量曲線



1-2 水資源賦存状況

計画地域はフアマティナ川、サルミエントス川、トリニダード川、ミランダ川の四大水系から成る。トリニダード川を除く3河川の年間総流量は平均年において6,780万 m^3 と推測されているが十分に長い期間にわたる流量調査はまだ行われていない。

これらの川の下流基準点までの流域面積はミランダ川が283 Km^2 、サルミエントス川が260 Km^2 、フアマティナ川が405 Km^2 、トリニダード川が265 Km^2 である。ただしこれらの面積は次のような理由により必ずしも流域各点における地表水の利用可能性を示してはいない。①降水分布が流域ごとに、また支流ごとに異なる。②地表水の伏流、地下水の基底流出の程度が特定地域の地質、地形等により異なる。③地表水の灌漑その他のための取水状況が流域、支流域によってかなり差がある。したがって同じ川において、その下流部よりも上流部でより多い流量が観察されることもまれではない。

地下水資源は比較的豊富であり、下流ではかなり広範に利用されている地域もある。地下水の探査はチレシート市の周辺地帯において、ラリオハ州地下水総管理局(DGAS: Dirección General de Agua Subterránea, La Rioja)によって行われており、約600mの深さまで数層の地下水層が確認されている。現在地下水はチレシート市及びその周辺地域において120mから200mの深さから汲み上げられている。高山地域においては地下水探査はなされていないが、鉱山の物理探査の際に36本の試掘のうち4本から出水のあったことが報告されている。

1-3 水使用の現状

フアマティナ地域のいくつかの町村における水供給施設の概略は表4-2の通りである。また表4-3には、地域のいくつかの支流の流量と、それぞれの支流からの分流量が対照されている。分流量の記録が欠けているサルミエントス川については、その支流であるアグア、ネグラ川から約83 ℓ/sec がチレシート市のために取水され、実に200から300 ℓ/sec が下流灌漑のために取水されていると報告されている。

表4-2 地域の主な町村における水供給システムの概略

町 目	水 源	処 理	人 口	水使用量 ¹⁾	注 釈
フアマティナ	地 表 水	沈 殿 ろ 過 塩素処理	2,200	7.6 ℓ/sec	
サニョガスタ	"	"	2,400	8.3	総ポンプ容量 110 hp 150 hp 100 hp
アンギナン	地 下 水	塩素処理	1,900	6.6	
マリガスタ	"	"	1,200	4.2	
ティリムキ	"	"	800	2.8	

(注) 1) 水使用量は1人当たり原単位を300 ℓ/day として概算した。

(出所) Secretaria de Estado de Recursos Hídricos (Dirección de Agua Potable Rural.) La Rioja.

表 4-3 地域における地表水流量の分布状況

単位: m^3/sec

流 れ	月/年			
	11/'79	3/'80	6/'80	8/'80
アマリージョ川:全流量	...	0.84	...	...
Canal Peñas Negras	0.51	0.78	0.64	0.49
サルミエントス川:全流量	0.75	0.78	1.20	0.90
ビスマンタ川 (堤所)	0.20	0.65	0.28	0.17
流れ 1	0.07	0.10	0.09	0.06
2	0.06	0.03	0.05	0.08
3 (ろ過装置)	0.03	0.02	0.03	0.02
ミランダ川	0.25	1.20	0.47	0.39
(Cañadán canal)	...	0.30	...	0.29

(出所) Centro Regional de Agua Subterranea, San Juan.

しかしながら、これらの分流量の値は必ずしも実際に使用された水量を示すものではなく、地表水のうち、どのくらいの部分が灌漑その他の目的で人口的システムに流れ込んでいるかを大枠的に示すものと見るべきである。ファマティナ川流域では、下流に多くの町村が存在するため比較的多量の水が水路などに導かれている。サルミエントス川の下流域も発展しているが、小さな町村は表 4-2 に見られるとおり農業および生活用水を地下水に依存している。

1-4 現行の水資源政策および計画

アルゼンチン政府は、国のエネルギー供給に占める石油への依存度を減らすために水力開発を促進している。ラリオハ州は乾燥ないし半乾燥地帯に位置するために、水力開発の可能性は限られているものの、補助的電力供給の可能性は検討されている。

ラリオハ州、特にチレシート郡における水資源に関するもう 1 つの大きな関心は、灌漑などのために水の供給を安定させることである。州内の灌漑面積は全耕地面積の約 3 分の 1 にあたる 2 万 ha に上り、このうち約 5,500 ha は州の北寄り中央部に位置している。農業生産の拡大のためには、地下水の開発および地表水のより有効な利用が不可欠である。

このような考えに沿って、ミランダ川にダムを建設することにより灌漑用水と電力を供給し、下流域の発展を図る計画が進行中である。また地下水の探査および開発も広範に継続されており、会計年度 1980 年には 74 本の井戸が新たに掘られている。このほかにも、サルミエントス川流域における小規模な水力開発、トリニダード川上流の小さな灌漑用水路の修復なども報告されているが、まだ実行段階には至っていない。

第 2 節 水資源開発代替案の設定

2-1 開発の目的

ファマティナ地域の水資源開発計画策定の目的は、鉱山はもとより鉱山周辺地域の産業開発に必要な用水を含めて、最適な計画をたてることである。より具体的には、計画は次に挙げる目的に適うものでなければならない。

- ① 選鉱に適した質を持った十分な水量を開発すること
- ② 鉱山キャンプ及び鉱山都市の用水を確保すること
- ③ 下流地帯の灌漑及び生活用水を確保すること、またそのために必要に応じた開発を行うこと
- ④ 鉱山、および選鉱所の操業に伴う排水その他が地域へ与えるマイナスの影響を最小化すること

2-2 鉱山開発のための必要用水量の推定

水資源開発の代替案を設定するには、まず開発に伴う種々の目的に必要な用水量を推定しなければならない。1トンの粗鉱を処理するのに必要な原単位は3ℓであり、用水の50%は繰り返し使用が可能である。したがって、鉱山操業が年間300日で、一日当たり2万トンあるいは3万トン粗鉱を処理するためには、それぞれ年間で900万ℓあるいは1,350万ℓの水が必要とわかる。これは表4-4に示されているように、それぞれ428ℓ/secあるいは285ℓ/secに相当する。

鉱山キャンプ及び鉱山都市における人口一人当りの水使用原単位は300ℓ/dayである。したがって鉱山キャンプ及び鉱山都市の用水必要量は、人口総数に水使用原単位：300ℓ/dayを乗じた量となり表4-4にある結果となる。

表4-4 鉱山開発のための用水必要量¹⁾

	開 発 規 模	
	20,000トン/日	30,000トン/日
選 鉱 所	9Mm ³ /年 =285 ℓ/sec	13.5Mm ³ /年 =428 ℓ/sec
鉱 山 都 市	28 ℓ/sec	38 ℓ/sec
鉱山キャンプ	5 ℓ/sec	7 ℓ/sec

(注1) これらの値は、第2章にある仕様に基づいて計算されたものである。

表4-4から明らかなように、ファマティナ地域の水資源開発計画を設定するのに最も重要な要素は、鉱山開発に伴う全用水必要量の90%を占める選鉱用水をいかに確保するか、ということである。

2-3 水資源開発代替案

ファマティナ地域の水資源開発代替案は用水必要量を満たし、かつ先に述べた開発の目的を最

大限満足させるように設定されなければならない。設定の基礎となるのは第1節にある、種々の水源からの取水可能性、水使用の現状、既存あるいは計画中の水資源施設など地域の背景を構成する情報である。

ミランダ川は現在下流の開発があまり進んでおらず、容易に取水できる地表水の量が最も豊富であり、また進行中のダム計画が存在する。これらの点を考慮して、まず次節ではミランダ川の流れを利用する代替案を検討する。次に第4節では、第1節で述べた鉱山近くでの地下水の利用可能性を評価し、この水源に基づく代替案の実現性を検討する。最後により一般的な、地表水と地下水とを組み合わせる代替案の分析を行う。この場合どの水系の地表水を利用するのが最も適当かを地域的観点から検討する。

第3節 ミランダ川を利用する代替案

3-1 ミランダ川ダム計画

原案に基づくミランダ川ダム計画の目的は、この川の中流にダムを設け灌漑及び生活用水の安定供給を図り、同時に水力開発も行おうとするものである。ダム・サイトとしては、州水資源省 (SERH: Secretaría de Estado de Recursos Hídricos, La Rioja) によって7つの地点が設定され、地質、地形その他の面から適性が検討された。

最終的に採用されたのは、ミランダ村の上流約20Km、高度2,200mの地点である(図4-2)。この地点における川の流量は月別の時系列として表4-5に与えられている。このデータは1968年から1977年の期間のものであるが、実際にはずっと長期にわたる観測値に基づいてSERHによって修正され導かれたものである。洪水や低水の記録が正當に反映して地表水の利用可能性をより正確に把握するために、このような修正が必要とされるわけである。

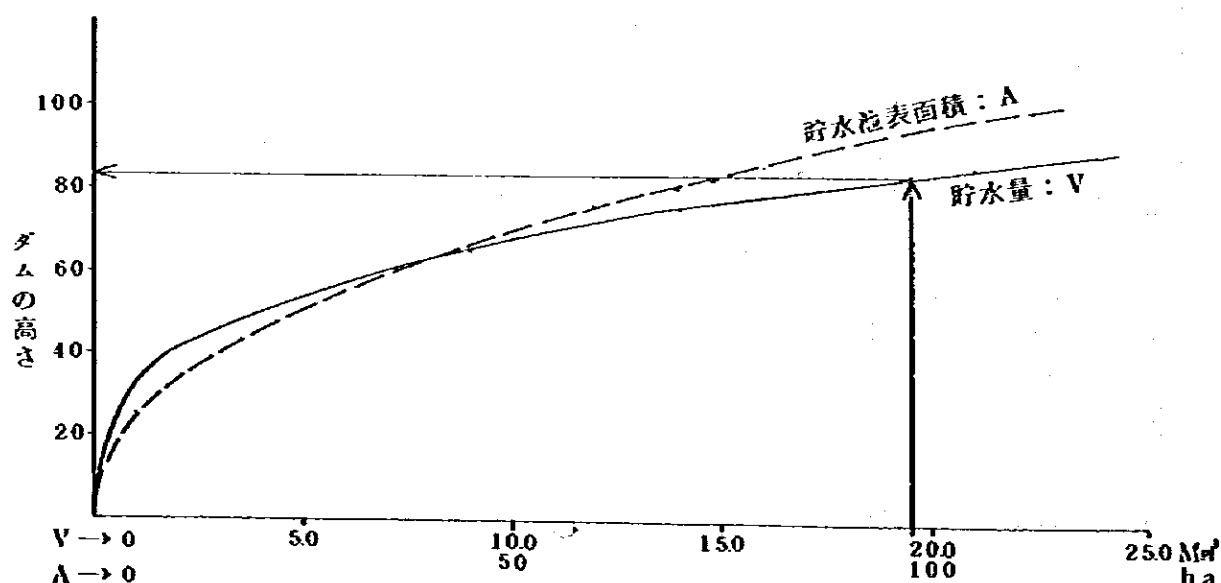


図4-2 ミランダ川ダム貯留曲線

表4-5 ミランダ川ダム・サイトにおける月別流量

単位:百万 m^3 /月

月	1968	'69	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77年
1		8.3	15.1	5.2	9.6	8.2	5.7	8.5	8.8	5.3
2		3.8	10.6	2.5	3.7	3.4	2.7	3.1	7.5	5.5
3		1.0	3.7	0.7	1.0	0.8	1.1	1.1	2.9	2.3
4		0.9	2.9	0.6	0.9	0.7	1.0	0.9	0.9	0.8
5		1.0	2.2	0.5	0.9	0.7	0.7	0.8	0.9	0.7
6		0.8	1.5	0.6	0.8	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6
7		0.7	1.3	0.5	0.9	0.6	0.8	0.8	0.6	0.5
8	0.8	2.8	1.9	0.5	0.8	0.6	0.8	0.8	0.6	0.5
9	0.8	2.9	1.1	2.3	0.7	0.3	0.8	0.8	0.6	
10	2.4	2.3	1.4	1.8	1.9	0.9	1.3	0.7	0.6	
11	2.1	4.6	1.3	2.2	3.7	1.3	1.8	1.3	1.0	
12	6.8	12.0	4.0	9.8	7.1	4.6	6.5	1.3	1.3	
年間総流量		41.1	47.0	27.2	32.0	22.9	24.0	21.2	26.4	

(出所) Secretaria de Estado de Recursos Hidricos, La Rioja

計画によると、90mの高さのロックフィル・ダムを建設することによって、およそ870 ℓ/sec の水が利用可能になると推測されており、この水によって2,500haの耕地を新たに灌漑することができると考えられている。また1,670kwの発電容量が設置される計画である。

3-2 ダム容量の検討

ミランダ川ダムを選鉱所のための水源として利用する可能性と、それによる下流における水使用への影響を検討するために、まずSERHの用いたものと同じデータを用いてダム・サイトの分析を行うこととする。ダム・サイトの貯留曲線と灌漑用水の需要予測は、それぞれ図4-3、表4-6に与えられている。

表4-6 ミランダ川下流域の月別灌漑用水需要の予想

単位:百万 m^3 /月

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
需 要	4.9	3.2	1.5	1.6	0	0	0	0.8	1.6	3.3	4.8	5.8

(出所) Secretaria de Estado de Recursos Hidricos, La Rioja

表4-5にある1969年から1976年の期間の年間総流量を用いて、流量の年度化に対処するための必要貯水量をグラフを用いて次のように推計することができる。まず累積流量を図4-4にあるように描き、次に年間総需要量2,750万 m^3 に対応する直線を原点から引く。この直線を平行移動して、これと累積流量の折れ線との垂直方向の最大距離として必要貯水量を1,550万 m^3 と求めることができる。

流量の季節変化に対処するのに必要な貯水量を推定するために、1972年を平均年と考え、

図4-3 ミランダ川貯水池における流量の年変化に対処するのに必要な貯水量の決定

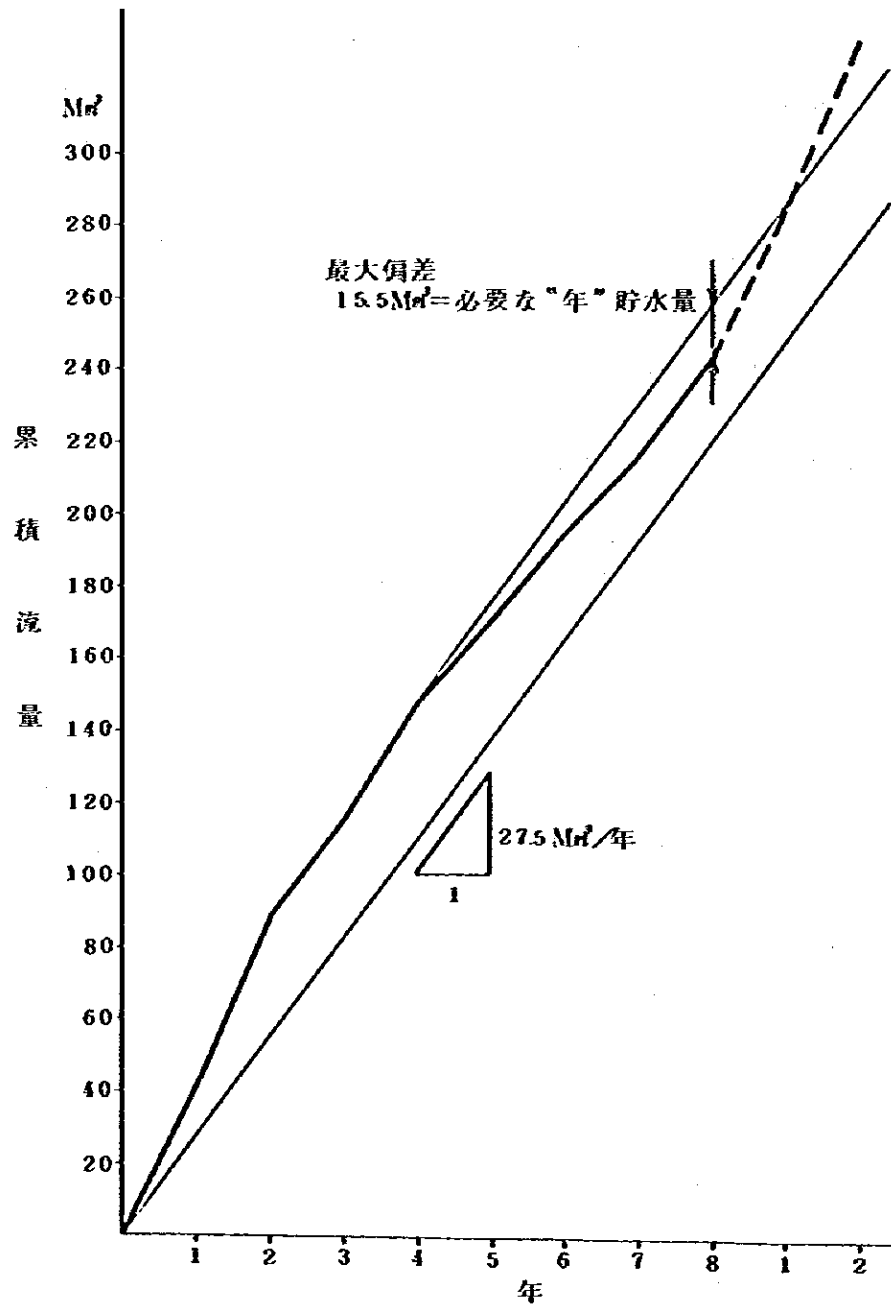
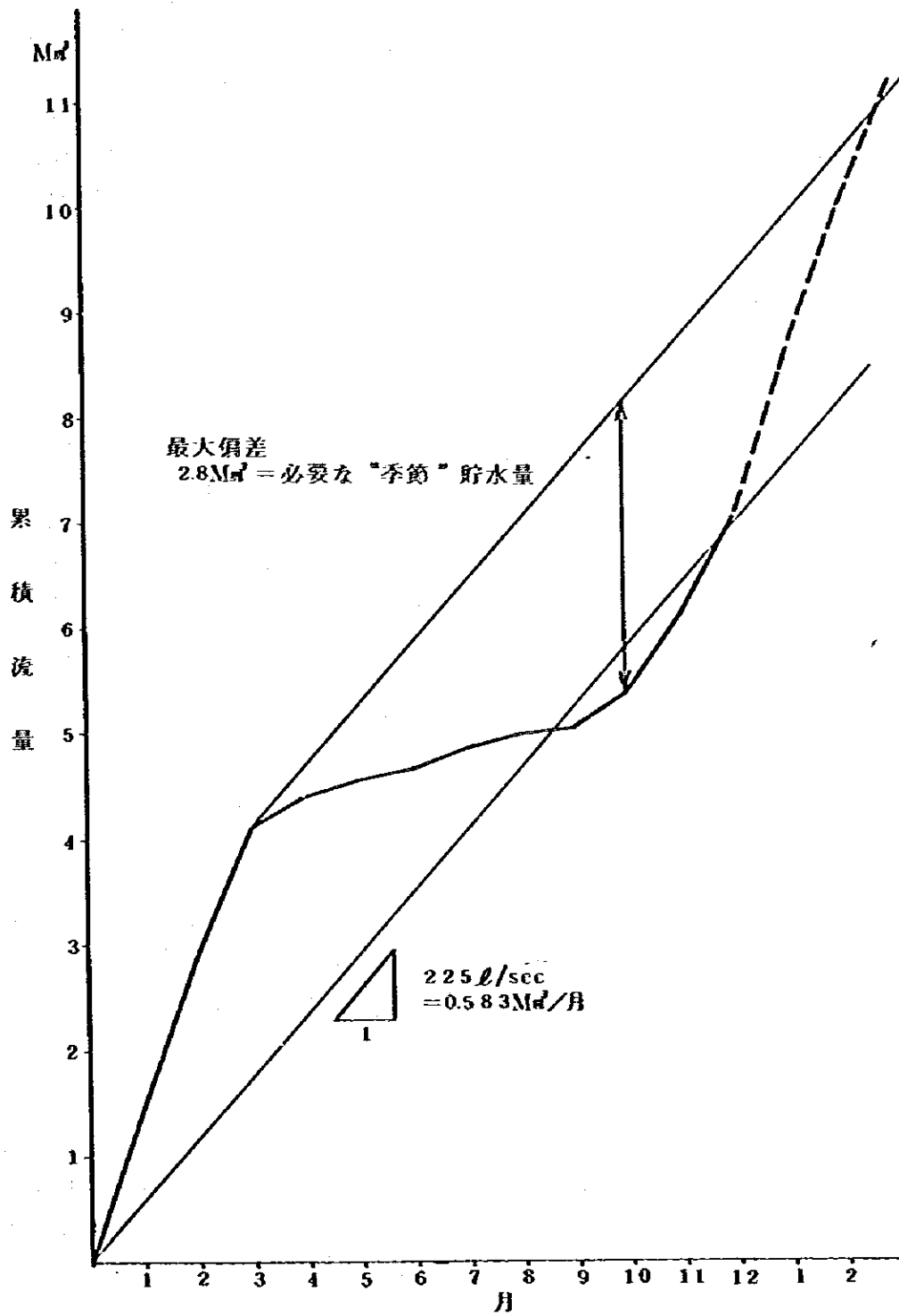


図 4-4 オロ川貯水池の必要貯水量決定



この年の月流量を多少の修正をして用いることにする。上のようなグラフによる方法は、灌漑用水の需要が月毎に異なるので簡単には用いることができない。そこで連続ピーク計算法 (Sequential peak algorithm) を修正した算法を用いて必要貯水量を求めると、表 4-7 に示されるごとく 400 万 m^3 という値が得られる。

表 4-7 連続ピーク算法による季節変化に対処するのに
必要な貯水量の決定

単位：百万 m^3

月 t	産出水量 Y_t	流入量 I_t	先の貯水量 S_{t-1}	現貯水量 $S_t = \{Y_t - S_{t-1} + I_t\}$ ¹⁾
1	4.9	9.3	0	0
2	3.2	3.4	0	0
3	1.5	0.9	0	0.6
4	1.6	0.9	0.6	1.3
5	0	0.8	1.3	0.5
6	0	0.8	0.5	0
7	0	0.9	0	0
8	0.8	0.8	0	0
9	1.6	0.7	0	0.9
10	3.3	1.6	0.9	2.6
11	4.8	3.4	2.6	4.0 = 必要貯水量
12	5.8	6.8	4.0	3.0
1	4.9	9.3	3.0	0

これ以下は最初のラウンドの繰り返し

注1) 必要な現貯水量は次のように計算される。

$$S_t = \begin{cases} Y_t - S_{t-1} + I_t & Y_t - S_{t-1} + I_t > 0 \text{ の場合} \\ 0 & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

以上の推計によると総必要貯水量は 1,950 (1,550 + 400) 万 m^3 であり、これだけの貯水量が満たされると貯水池から表 4-7 にあるようなスケジュールで取水することが可能になる。これだけの貯水量を得るのに必要なダムの高さは 83 m である (図 4-2)。この計算値は SERH によって最終的に採用されたダム高 90 m とほぼ符合している。計画中の貯水池は、堆砂、蒸発及び浸透による水の損失のための余裕量、さらに多少の予備貯水量を持っていると見ることができる。

3-3 選鉱所への水の転用

次に、ミランダ川ダムによって確保される水の一部を選鉱所へ転用することについて検討する。これは貯水池運用のスケジュールを全く変えることになる。転用後、下流における水使用のために残される水量を計算するには、前述の貯水容量の決定に用いた手順に依ることができる。

鉱山が、操業度 3 万トン/日で操業されたとすると、毎月 75 万 m^3 の取水が選鉱用に必要となる。それによって灌漑用水を減らすと、月毎の総取水量は表 4-8 第 2 列のようになる。このようなスケジュールでの取水を可能とするには、先に求められた 400 万 m^3 ではなく 490 万 m^3 が

季節変化に対処する貯水量として必要となる（表4-8）。しかしながらこの違いはきわめて小さいので残りの貯水容量によって流量の年変化を制御すれば毎年2,750万 m^3 の水を確保することは可能である。これは計画中の貯水池に、前述のごとく多少の予備容量を確保しているためである。従って年間900万 m^3 が選鉱所へ転用されるならば、1,850万 m^3 の水が下流域において使用可能である。

表4-8 転用のために必要となる季節貯水量の決定

単位：百万 m^3

月 t	産出水量 Y_t	流入量 I_t	先の貯水量 S_{t-1}	現貯水量 $S_t = \{Y_t - I_t + S_{t-1}\}^{1)}$
1	4.1	9.3	0	0
2	2.9	3.4	0	0
3	1.7	0.9	0	0.8
4	1.8	0.9	0.8	1.7
5	0.7	0.8	1.7	1.6
6	0.7	0.8	1.6	1.5
7	0.7	0.9	1.5	1.3
8	1.3	0.8	1.3	1.8
9	1.8	0.7	1.8	2.9
10	3.0	1.6	2.9	4.3
11	4.0	3.4	4.3	4.9=必要貯水量
12	4.6	6.8	4.9	2.7
1	4.1	9.3	2.7	0

これ以下は最初のラウンドの繰り返し

註1) 表4-7の注を参照。

同様に、採業度2万トン/日の場合、1億3,500万 m^3 の水が選鉱用に取水され1,400万 m^3 が下流での使用に供される。

3-4 他の代替案

ミランダ川ダムを利用する代替案の総費用は、ダム建設費が他の使用者との間でどのように分担されるかによって異なって来る。しかしながらもう一つの大きな費用要素は水輸送に伴う費用である。計画中のダムの位置から選鉱所まで水を輸送するには、30Kmの距離にわたって1,800mの高度差をポンプ・アップすることが必要となる。

もし選鉱所専用のダムをミランダ川の上流に建設するとすれば、ダムの規模は多少は小さくなるし、ダム建設費だけでなく水輸送に伴う費用も小さくなる。しかし選鉱に用いられる水はミランダ川水系には全く戻されないで、計画中のダムでの流量は減るのみである。これは下流域の農業開発計画のみならず、ダムの設計そのものの修正を要求することになる。従ってこの案は、ミランダ川ダム計画の実施が1981年中に始められると予定されているからには、現実的ではない。

第4節 地下水を利用する代替案

4-1 鉾山地帯における地下水貯留層

第1節で言及したように、鉾山の東側地区に地下水貯留層が存在することが報告されている。しかしながらこの地帯での地下水資源に関する広範かつ系統的な調査は現時点までのところなされていない。したがってこの地下水貯留層の査定は、いくつかのまばらな観察に基づくしかなく、この貯留層からどの程度の選鉱用水を汲み上げることができるかは、大雑把に推定されるのみである。

1980年10月に行われた計画地域の实地踏査において、各地の地表水の流量観察が行われた。一般に乾燥ないし半乾燥地帯においては、乾期の終わり近くの地表水流量は地下水からの基底流出によって維持されている場合が多い。即ちこの時期に観察された流量は、対応する地下水源から取水可能な量の下限を与えると見なすことができる。選鉱所の候補地であるクェバデベレス (Cueva de Perez) の近くでは、約3,830 mの高度において、およそ100 ℓ/secの流出が認められた。

また鉾山の物理探査における出水の観察に基づいて、鉾山の東側地区の地下水面は地表からおよそ150 mと報告されている。しかしながら出水のあった試掘の各々についての正確な記録は無く、地下水貯留層があると見られる地帯の標高も3,900 mから4,080 m程にわたっている。本報告書においては、地下水の水頭はこの地帯で平均3,850 mにあるものと想定する。

4-2 地下水産出量の推定

地下水の水頭を3,850 mとし貯留層とクェバデベレスとの平均距離を1,200 mとすると、平均動水勾配は次のように計算される。

$$\frac{2h}{2\ell} = \frac{3,850 - 3,830}{1,200} = 0.016$$

地下水の流量Qは対応する動水勾配に比例し次式で与えられる。

$$Q = KA \frac{2h}{2\ell}$$

ここにKは透水係数、Aは地下水脈の断面積である。

もしクェバデベレスで観察された総流量が鉾山近くの地下水貯留層からの流出と見なすことができるならば

$$Q = 0.1 \text{ m}^3/\text{sec}$$

であり従って

$$KA = \frac{0.1}{0.016} = 6.25 \text{ m}^3/\text{sec}$$

となる。出水のあった試掘井の位置分布から、この地下水脈は少なくとも800 mの幅があると推定される。従って水脈の有効厚を20 mと仮定すると、透水係数は次のような値となる。

$$K = \frac{6.25}{20 \times 800} = 0.000391 \text{ m/sec}$$

透水量係数 T は、透水係数に滞水層の厚さを乗じたものであるから

$$T = 0.000391 \times 20 = 0.00782 \text{ m}^2/\text{sec}$$

$$= 676 \text{ m}^2/\text{day}$$

となる。

上で計算された透水量係数 T の値を用いて、この滞水層から取水可能な水量は次のように推計される。まず揚水量 Q_w と透水量係数 T との間には次の関係がある。

$$Q_w = \frac{2\pi(S_1 - S_2)T}{\ln(r_2/r_1)}$$

ここに S_1 及び S_2 は揚水点からの距離 r_1 及び r_2 における地下水面の低下を意味する。もし r_2 を S_2 が無視できる程小さくなるような遠距離 $r_2 = r_e$ に取り、揚水井の半径 $r_1 = r_w$ における水位低下を $S_1 = S_w$ とすれば上の式は次のようになる。

$$Q_w = \frac{2\pi S_w T}{\ln(r_e/r_w)}$$

普通の不圧滞水層においては $r_e = 300 \text{ m}$ と取ることができ、井戸の半径は $r_w = 0.15 \text{ m}$ である。水位低下の最大許容値を $S_w = 10 \text{ m}$ とすれば、可能な揚水量 Q_w は次のように計算される。

$$Q_w = \frac{6.28 \times 10 \times 0.00782}{7.601} = 0.0646 \text{ m}^3/\text{sec}$$

これだけの容量を持つ井戸は、互いの干渉による過度の水位低下を最小限に止めるために少なくとも 500 m は離して設けられなければならない。この滞水層は、このような井戸4つを設置するだけの大きさがあると考えられるから、総揚水可能量は $258 \text{ l/sec} (= 4Q_w)$ になる。

地下水位は季節によって、また年によってかなり上下に変動するため、上に与えた水位の推定は確かにあまり厳密なものではない。したがって地下水産出量の推定にもある程度の誤差が生じる可能性がある。動水勾配、湧出量共に比較的少ないような場合にはこの誤差は特に大きくなる。それでも、推定産出量が選鉱所での必要用水量の全体に足りないことから、地下水に全面的に依存する代替案が実行可能でないことは確実となった。地下水資源の開発可能性をより正確に評価するには、物理探査を含めた広範な検討が必要であることは言うまでもない。

第5節 地表水と地下水を組み合わせる代替案

5-1 ダム・サイトの選定

鉱山地帯の滞水層から確実に揚水可能と思われる水量だけでは選鉱所の用水必要量に足りない。従ってこの節では、この地下水と地表水との組み合わせによる代替案を検討する。

地下水と地表水の混合代替案を設定する上での重要な問題は、地表水を集めるための貯水池をどこに設けるかということである。地質・地形・水文だけでなく、下流地域への影響も考慮に入れて各流域が検討されなければならない。

ミランダ川流域は第3節において詳細に検討したので、ここでは検討から除外することとする。トリニダード川流域は以下の理由で好ましくない。第1にこの流域は選鉱所から比較的離れており、間には高い峰が存在する。またこの川の流量は比較的少ない。例えばエルビケ村近くの支流では1980年10月の実地踏査において約60ℓ/secの流量が観察されたにすぎず、その大部分は既に灌漑用に取水されている。この支流には現在は機能していないと思われる灌漑用堤防が既に存在する。

フアマティナ水系のアマリージョ川は、選鉱所用の水源としては不都合な点がいくつかある。まず第1に水質に問題がある。この川のPHは2から3でありこのままでは選鉱に適さないし、適度な値にするには相当な費用がかかる。第2に表4-3に見られるように、この水系の全流量と比べて下流域の町村によって取水されている量が多い。第3の理由は選鉱所が同水系上に計画されているため、選鉱所近くの帯水層から多量の地下水が汲み上げられると、アマリージョ川そのものの流量が減る可能性が高いということである。更にアマリージョ川に貯水池を設けると、鉱山への既存の道路の一部が水没することになり、これを最大限利用する交通計画にも大きな影響を与える。

サルミエントス川もまた下流域の町村によって広範に利用されており、この中にはラリオハ州第2の都市チレシートが含まれる。チレシート市は現在約83ℓ/secの水を支流であるアグアネグラ川から取っている。これはこの支流の平均流量のおよそ25%に相当すると思われる。またこの水系にはアグアネグラ川に2つ、アマリージョ川に1つ、サルミエントス川主流に1つと合計4つの簡単な灌漑用取水堰がある。取水された灌漑用水は部分的にはコンクリート・トンネル、大部分は水路によって各地に運ばれる。この灌漑システムの各部の流量を合わせると多い時期には2~3㎥にもなるが、このすべてが実際に灌漑用に消費されるわけではない。またこの水系のアマリージョ川支流域には、1つの取水堰があるだけで多量の取水はされていない。更にこの支流の上流地帯はミランダ川の上・中流域と同様な花崗岩系の地質で、ダム・サイトとしてはトリニダード川およびアマリージョ川の2流域より適している。この水系のオロ川にダムを設ければ選鉱所への水輸送も比較的容易と思われる。

5-2 降水-流出分析

サルミエントス川、特にその支流オロ川については、流量データが入手できない。降水量の記録はこの水系では、ラエンセナーダ(La Ensenada)とチレシートの2カ所について存在し、月別の平均降水量は表4-1の通りである。これと図4-1にある年間等降水量曲線とから、オロ川流域での年間平均降水量はおよそ450㎜と推計される。

降水量データから地表水の流出を計算するには流出係数が推定されなければならない。一般に急峻な山岳地帯では流出係数は約0.7から0.9の値となる。特に一時的に多量の降雨がある場合、一次流出の割合は極めて高くなる。一方乾燥地帯においては、少量の降雨による一次流出は、ほとんどゼロという場合も稀でない。

ここではまず表4-5にあるミランダ川の流量を用いて、この流域の流出係数を計算する。ダ

ム・サイトまでの流域面積は 175 Km^2 であり、この地帯の年間平均降水量は約 500 mm であるから、表4-5から計算される年間平均流量 $3,030 \text{ 万 m}^3$ を用いれば、流出係数の平均値は次のようになる。

$$\frac{3,030 \text{ 万 m}^3}{500 \times 10^{-3} \times 175 \times 10^6 \text{ m}^3} = \frac{30.3}{87.5} = 0.346$$

計画地域においては他に降水量と流出量との一貫したデータは存在しないが、同様な乾燥地帯の流出係数は、その地質、地形のみから推測されるよりかなり小さい。オロ川流域は地質、地形、植生共にミランダ川上流域に類似しているので、流出係数の平均値として 0.35 を用いることにする。

ダム・サイトを正確に定めるには、流域の地質、地形その他の条件を詳細に調査し検討することが必要である。以下の分析はダムがサルミエントス川の2つの支流、コブレ川とオロ川の合流点近くに建設されるという仮定の基に行われる(図4-1)。この地点までの流域面積は約 45 Km^2 であるから、年間総流量は次のように計算される。

$$450 \text{ mm} \times 45 \text{ Km}^2 \times 0.35 = 7.09 \text{ 億 m}^3/\text{year} \\ = 225 \text{ 億 l/sec}$$

5-3 オロ川ダムの容量推定

一般にある年の地表水の供給可能量はその年の降水量にかなり直接的に影響されるが、地下水の供給量は比較的安定している。そこで利用可能な水量の年変化は地下水源の利用によって平均し、季節変化のみに対処するために地表水を集める貯水池を利用するというのが現実性のある水供給案と言える。

サルミエントス川水系については月別流量のデータが入手できないので、月別降水量から流量の季節変化を推定することにする。実際には地下水からの2次流出が流量安定化の方向に働くのが普通であるから、流量の季節変化は降水量の変化程ではない。計画地域の上流域のように、全降水量のかなりの部分が冬期における降雪の形を取り、その融雪が地下水を涵養するという場合は特にこの傾向が強い。

表4-1にあるラエンセナードとチレシートにおける月別平均降水量は、相関が非常に高い(相関係数の値は 0.90)。したがってチレシート市のデータをサルミエントス川流域における季節変化を代表するものとして用いることができる。

先に計算した年間総流量 7.09 億 m^3 をチレシート市の月別平均降水量に比例配分すると表4-9にある結果が得られる。これをオロ川ダム・サイトでの流量として用いて季節変化に対処する

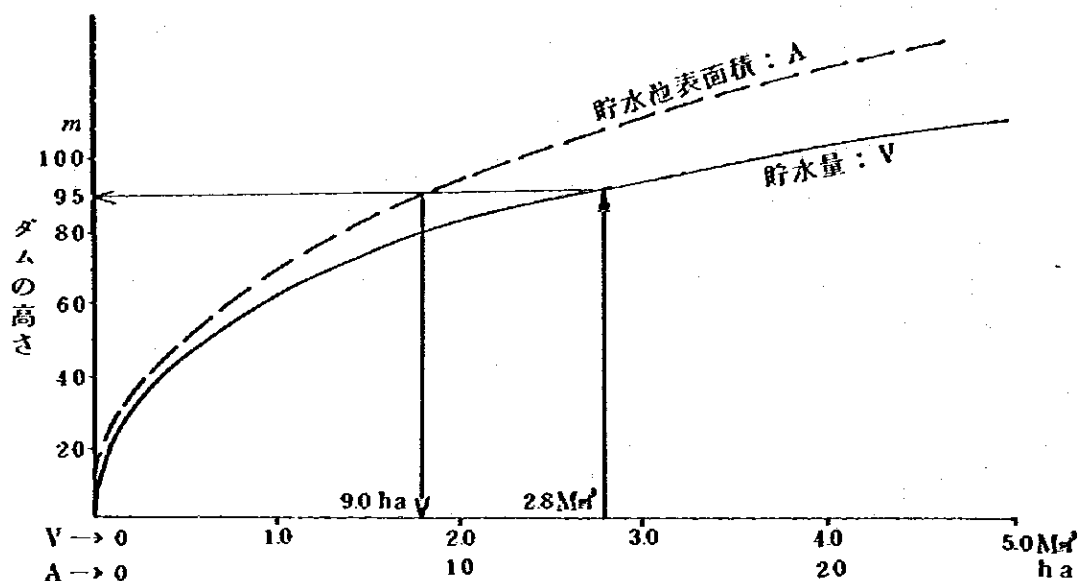
表4-9 オロ川の月別流量計算結果

単位：百万 m^3

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間総流量
流 量	1.52	1.38	1.28	0.28	0.17	0.14	0.14	0.14	0.12	0.27	0.75	0.93	7.09

のに必要な貯水池の容量を求める。計算方法は第3節と同様のグラフによる方式を用いる。即ち図4-5から225 ℓ/sec の割で取水するには280万 m^3 の貯水容量が必要と推計される。

図4-5 オロ川ダム貯留曲線



ダム・サイトをオロ川とコブレ川の合流点のやや下流として貯留曲線を描いたのが図4-5である(貯水池の表面積も貯水量の関数として示している)。この図から280万 m^3 の水をこの地点にためるには約95mの高さのダムが必要となることが理解出来る。ダムの堤頂部における長さは約180mとなる。満水時における貯水池の表面積は約9haである。

5-4 地下水開発の規模

鉱山が一日の粗鉱処理量2万トンで操業する場合、平均年において約60 ℓ/sec の水が地下水源から汲み上げられねばならない。乾燥年には地表水の取水量の減少分も地下水によって補われなければならないことを考慮して、約60 ℓ/sec の揚水容量を持つ井戸2本(あるいはそれと同等の設備)を設置することが必要である。

一日3万トンの粗鉱処理を可能とするには平均年に200 ℓ/sec 程の水が地下水に依存しなければならない。やはり乾燥年のための調節量を考慮すると、鉱山近くの帯水層に各々約60 ℓ/sec の揚水容量を保有する4本の井戸を掘る必要がある。

5-5 他の代替案

以上検討した代替案の変形がいくつか考えられる。まず、より多量の水を集めるためにオロ川の更に下流にダムを設ける案がある。しかしそうすると選鉱所への水輸送費が過度に高くなる。また上流での多量の取水は下流域の許容限度を越える恐れもある。

一方もし貯水池を前述した合流地点より上流に設ければ水輸送費は減少するが取水量は当然少なくなる。これは、より多くの選鉱用水を地下水に依存しなければならないということであり、

このような案を支持する充分なデータがない現時点ではこの案を採用することはできない。更に貯水池の標高が上がるにつれて一般に傾斜が急になるので、ダムの貯水効率（つまり貯水量の堤体体積に対する比）が悪くなる。また2つないしそれ以上の小さなダムを置くことはダムの建設費から考えて明らかに非経済的である。

第6節 鉾山キャンプ・都市の水供給案

6-1 水供給設備

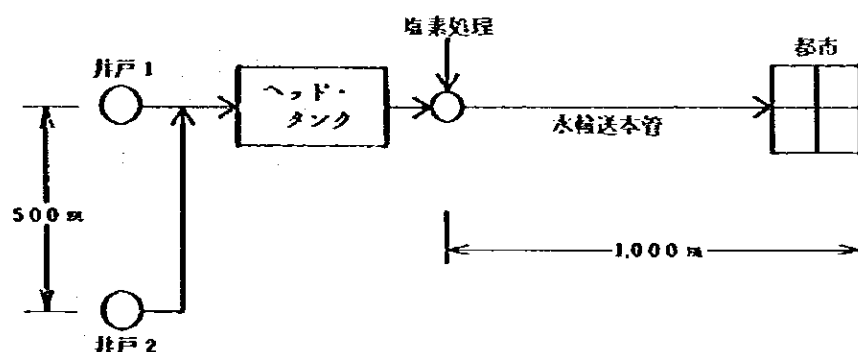
鉾山キャンプ及び鉾山都市での生活用水の必要量は選鉱用水量と比べると非常に少ないので選鉱用の水資源計画には影響しない。ここではキャンプ及び都市それぞれに水を供給するために最もふさわしいと思われる案のみを叙述する。

鉾山キャンプは標高3,000 mでフアマティナ流域のアマリージョ川とその支流との合流点に設置されることになるので、簡単な堰によって地表水を引くことが可能である。この場合アマリージョ川の支流の方が水質が良く、簡単なろ過装置と塩素処理によって飲用水を供することができ、他方アマリージョ川それ自体は水質に疑問がありその改良に付加的装置が必要となる。

鉾山都市の水源は地下水を利用できる。実際チレント市周辺では地下水が既にかなり用いられている。他方地表水の利用はオロ川が選鉱所用の水源として用いられる場合、当然のことながら不利となる。そうでなくてもサルミエントス川水系での地表水の利用はチレント市との競合もあり、より込み入った物理的、制度的調整が必要となるであろう。

鉾山都市の水供給案は図4-6に示してある。およそ500 mの間隔を置いて2つの井戸が設けられ容量500 m³の貯留タンクが必要となる。水は塩素処理のみで都市用水として利用可能である。

図4-6 鉾山都市の水供給案



6-2 費用推定

鉾山都市の水供給システム建設費には井戸掘削、ケーシング、揚水ポンプ、貯留タンク、塩素処理装置及び配水本管の各費用が含まれる。全費用は約3億6,000万ベソである。設備の維持、運用の全費用は、操業度2万トン/日、3万トン/日に応じてそれぞれ年間1億3,000万ベソあるいは1億5,000万ベソである。

鉾山キャンプの水供給設備建設費は1億3,000万ベソと推定される。維持、運用費は鉾山そのものの運用費によってカバーされる。

第7節 代替案の評価と比較

7-1 代替案の長・短所に影響する要因

前3節において2～3の明確な水資源開発案といくつかの変形案について検討した。このうち地下水に全面的に依存する代替案は、現在確認されている地下水源だけでは全必要量を満たせないため、採用することが出来ない。他の代替案、特にミランダ川代替案とオロ川代替案を本節では評価し比較検討することにする。

各代替案の長・短所は次のような要因によって影響される。

- ① 鉾山キャンプ及び都市の位置
- ② キャンプ、都市の水供給方法
- ③ 選鉱所と廃滓ダムの位置
- ④ 揚水その他のための電力入手方法
- ⑤ 現存する水利権との競合関係の程度
- ⑥ 現存する他町村の水供給システムへの水質、水量における影響度
- ⑦ 地下水系への影響度
- ⑧ 他の提案、計画との関連

これらの要素のうちあるものはプロジェクト費用の中に反映されるが、中には金銭的にあるいは定量的に容易に評価されないものもある。例えば③の選鉱所の位置との関係は、主に下流のダムから水輸送をするのに必要な費用という形でプロジェクト費用の中に入って来る。他方、⑦の水資源開発の地下水系への影響度、更には地下水に依っている水供給システムへの影響度などは容易には定量化されない。ここでは水資源開発の代替案をまず費用の面から比較検討し、更に他の面、特に地域への影響について考察を加える。

7-2 プロジェクト費用の推定

建設費：ミランダ川ダム及びオロ川ダムの建設費は表4-10のように積算される。ミランダ川ダムに関してはSERIIによって全建設費の試算がなされているが、オロ川ダムの建設費推定

と一貫させるため、表4-10-(2)のように積算がされた。各費用項目には、材料費、労務費、機械費が含まれる。オロ川代替案の場合の地下水開発費用は、操業度2万トン/日、3万トン/日の場合それぞれ4億8,400万ベソ、8億7,200万ベソと推定される。

表4-10 ミランダ川貯水池及びオロ川貯水池の建設費推定

(1) オロ川貯水池

項 目	仕 様	総 費 用 ×10 ⁶ ベソ	外 貨 部 分 %
付帯工事			
進入道路	8 km	320	30
送 電 線	7.2 km	626	35
他 設 備	高圧所等	100	40
小 計		1,046	33.95
転流工事	600 mトンネル	996	35
主 工 事			
掘 削	総体積12,000 m ³	1,016	35
基礎地盤処理	グラウチング 2,700 m穿孔 30トン セメント	2,515	35
築 堤	センター・コア ロックフィル型 総体積912,000 m ³	17,982	40
そ の 他	余水路 取水設備等	2,836	30
小 計		24,349	38.11
合 計		26,391	37.82

(2) ミランダ川貯水池

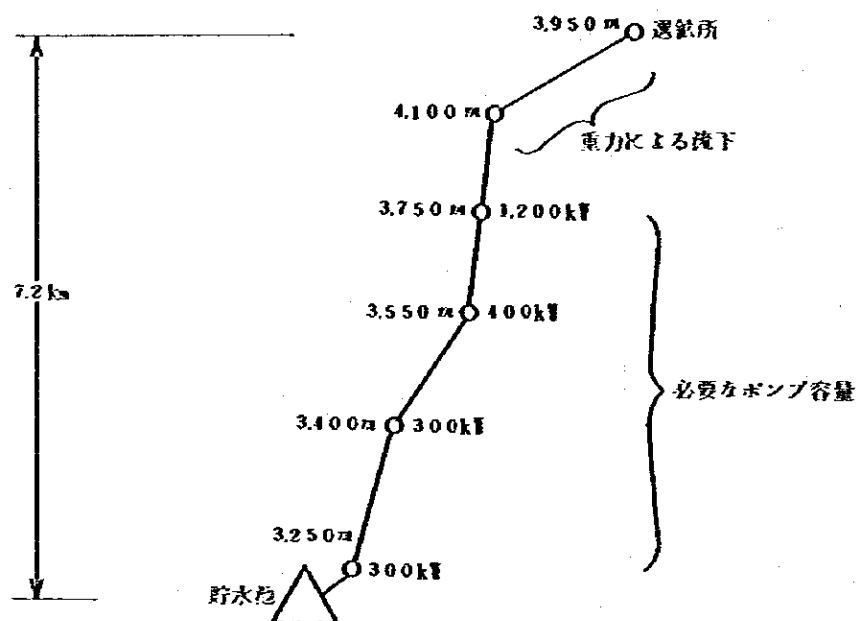
項 目	仕 様	総 費 用 ×10 ⁶ ベソ	外 貨 部 分 %
付帯工事			
進入道路	15 km	600	30
送 電 線	30 km	2,610	35
他 設 備	変圧所等	150	40
小 計		3,360	34.33
転流工事	480 mトンネル	1,387	35
主 工 事			
掘 削	総体積20,000 m ³	1,694	35
基礎地盤処理	グラウチング 3,750 m穿孔 40トン セメント	3,538	35
築 堤	センター・コア ロック・フィル型 総体積1,440,000 m ³	27,727	40
そ の 他		5,586	30
小 計		38,545	37.87
合 計		43,292	37.50

図4-7はオロ川ダムから選鉱所への水輸送案である。図面には各地点の標高と地点間の距離が示されている。輸送管の直径を500mmとしポンプ効率を0.7と仮定して、パイプ・ラインの各部分を225ℓ/secで水を輸送するのに必要なポンプ容量を計算すると図4-7の結果となる。全ポンプ容量2,200kw及びパイプ・ライン全長7.2Kmに基づいてこれらの費用を推定すると次のようになる。

ポンプ： 29億5,000万ベソ
 パイプ・ライン： 5億7,600万ベソ
 全直接費： 35億2,600万ベソ

予備費その他を全直接費の15%とすると、水輸送の全費用は40億5,500万ベソとなる。

図4-7 オロ川代替案における水輸送案



ミランダ川代替案の水輸送費も同様に計算することができるが、パイプ・ラインのルート全体に対して詳細な等高線入り地図がないので、単にダム・サイトと選鉱所との直接距離及び全ポンプ容量の推定に基づいて費用を算定する。

操業度2万トン/日あるいは3万トン/日に対して水輸送管の直径を500mm、700mmとし、ポンプ効率を70%とすると全ポンプ容量は次のように計算される。

2万トン/日：

$$\{9.8 \times 0.285 \text{ m}^3/\text{sec} \times (1,800 + 240) \text{ m}\} / 0.7 \\ = 8,140 \text{ kw}$$

3万トン/日：

$$\{9.8 \times 0.285 \text{ m}^3/\text{sec} \times (1,800 + 75) \text{ m}\} / 0.7 \\ = 11,235 \text{ kw}$$

上の計算で240mおよび75mは輸送による水頭損失にあたる。実際に必要なポンプ容量は地

形などによって変わって来るから、水輸送費は各開発規模に対して総ポンプ容量を9,000 kw及び1万2,000 kwとして計算すれば次の結果となる。

2万トン/日：

ポンプ： 121億ベソ
 パイプ： 24億ベソ
 全直接費： 145億ベソ

3万トン/日：

ポンプ： 161億ベソ
 パイプ： 33億ベソ
 全直接費： 194億ベソ

予備費その他を全直接費の15%と取ると水輸送のための全建設費は次のようになる。

2万トン/日： 166億7,500万ベソ

3万トン/日： 223億1,000万ベソ

ミランダ川代替案とオロ川代替案について全建設費を比較すれば当然のことながら、ダム建設費も輸送設備建設費も共に高いミランダ川案は明らかに不利になる(表4-11)。しかしミランダ川ダムの水は農業用水にも用いられるので、ダム建設費が農業開発に興味を持つ州政府と鉱山によって分担されるということもあり得る。このような費用分担問題に対しては、従来種々の方法が提案されたり適用されたりして来ている。簡便な方法は全費用を水使用量に比例配分するものである。この方法によると鉱山に配分されるべき費用は次のようになる。

2万トン/日：

$$432億9,200万ベソ \times \frac{285}{870} = 141億8,200万ベソ$$

3万トン/日：

$$432億9,200万ベソ \times \frac{428}{870} = 212億9,800万ベソ$$

このような費用を分担したときのミランダ川代替案の全費用は表4-11のごとくなる。即ちこの代替案は、操業度3万トン/日ではより大きな初期投資が必要であるが、2万トン換算ではオロ川代替案より初期投資はわずかながら少なくてすむということになる。

表4-11 ミランダ川代替案とオロ川代替案の総建設費比較

単位：百万ベソ

	開 発 規 模	
	20,000トン/日	30,000トン/日
オロ川代替案	30,930	31,318
ミランダ川代替案	59,967	65,602
ミランダ川代替案－ 費用振分け後	30,857	43,608

維持、運用費：水供給設備の維持、運用費の主なものは、労務費及び電力費である。ミランダ川代替案の場合は設備の日常運用に管理者及び熟練労働者が各1人必要であり、検査と維持に更に2人必要である。オロ川代替案においては設備の維持は鉱山自体の維持によってカバーされる

ため、管理者及び熟練労働者各一人が必要な労働力である。電力費用は基本料金 1 kWh 当り 101 ペソとして計算する。

ミランダ川代替案とオロ川代替案について全維持及び運用費を計算したものが表 4-12 である。ミランダ川代替案は水輸送に要する過度な費用のため、いずれの開発規模においても費用の点からは明らかに不利である。

表 4-12 ミランダ川代替案とオロ川代替案の維持運用費

	開 発 規 模	
	20,000トン/日	30,000トン/日
オロ川代替案		
人 件 費	60百万ペソ	60百万ペソ
電 力 費	1,610	1,740
合 計	1,670	1,800
ミランダ川代替案		
人 件 費	100	100
電 力 費	6,180	8,240
合 計	6,280	8,340

残存価値：ダムの残存価値は鉱山操業が終わった後でのダムの最も有効な使用法を考え、それから生じる便益を基にして計算することができる。その手順はオロ川ダムの場合について本章の結論に述べられている。

オロ川ダムの残存価値は結論にあるように 6 億 9,700 万ペソと計算される。ミランダ川ダムの残存価値も同様に、鉱山操業の終了によって使用可能となる水量に基づいて計算すると、一日 2 万トンあるいは 3 万トンの操業規模に対してそれぞれ 12 億 2,000 万ペソあるいは 18 億 7,000 万ペソという値になる。

7-3 地域への影響

水資源開発計画の長・短所に影響を与える要因の中にはプロジェクト費用に直接反映されないものもある。それらの要素を、ここでは地域的観点から検討する。

オロ川代替案の不都合の一つは、サルミエントス川水系上流部に建設されるダムによってその下流域で取水可能な地表水が減少することである。これはチレシート市及びその周辺地帯の開発に対して制約条件として働くかも知れない。特にチレシート市東部の農業開発は、鉱山都市がこの地域に建設されるとなるとある程度抑制される可能性もある。

他方ミランダ川ダムによって取水可能となる水は全量農業用水として利用できることになる。実際当初の計画によるとこのダムの水は、水路のネット・ワークによってサニョガスタ (Sañogasta) やノノガスタ (Nonogasta) 周辺まで輸送され利用されることになっている。従って

オロ川代替案が実施される場合にはチレシート市東部の農業開発を更に進めるよりは、発展をこれら南部地帯に向けることが得策と考えられる。

またオロ川代替案によって鉱山東部地帯の滞水層から多量の揚水がなされると、アマリージョ川の流量も減少する。しかしこの影響は同流域に位置される廃滓ダムによってある程度は補われる。即ち廃滓ダムの汚水は一部は蒸発によって失われるが大部分は地面に浸透するので、部分的には地下水系を量的に改良することになるわけである。

オロ川ダムの利点の一つは、同川の上流域に設けられるズリ捨て場によって生じるかも知れない問題に対してこの貯水池が緩衝物としての機能を持つということである。例えばズリ捨て場から多量の降雨による汚水の流出があったとしてもこの貯水池のために下流域に直接の影響を与えないで済む。このような効果は定量化が難しいが地域にとっては些細とは言えない利点である。

ミランダ川代替案の最大の利点は現在進行中の計画を利用できるということにある。この計画に対しては建設の初年度である1981年度分の政府援助額も決まっている。またミランダ川下流域は比較的発展が遅れているので、この代替案では現存の水利権との問題は少ないと思われる。しかしながらミランダ川ダムを選鉱所と農業開発のために共用することは、別の問題を生ずる可能性がある。すなわち費用分担や補助金の償還などの財務面がダムの選鉱所への転用によってどう変化するかを現時点で判断することは困難である。この転用の機会費用（即ち実現されない便益）を計算しそれを鉱山開発に伴う便益と比較することも可能であるが、この分担問題の解決にはそのような経済分析だけでは不十分かも知れない。

第8節 結論と提言

本章においては、ファマティナ地域の鉱山開発のための水資源開発計画の代替案をいくつか設定し、検討を加えた。その結果まず地下水に全面依存する案は採用しえないことになった。データ不足もあり、最終的な結論は下せないが鉱山東部地帯の滞水層は、選鉱用水の一部のみを満たすことができる程度である可能性が強い。

現時点でより実現性の高い代替案として2つ挙げることが出来る。一つは現在SERHによって計画中のミランダ川ダムの水を一部転用することであり（ミランダ川代替案）、他方はオロ川にダムを建設して選鉱所近くの地下水と組み合わせる案（オロ川代替案）である。これらの代替案を費用の面からだけでなく地域への影響という観点からも比較検討を加えた。

ミランダ川代替案は30Kmの距離にわたって約1,800mの高度差を水輸送しなければならず、その費用が膨大なものとなるのが最大の欠点である。オロ川代替案はここで検討されたすべての案の中で最も費用効率が高いのみならず、地域への影響という点でも第7節で述べたようないくつかの利点を持つ。

それでもオロ川ダムは標高の高い地点に建設されるために比較的大きな投資を必要とするし、選鉱所へ約850mの高度差を水輸送するのに更に費用がかかる。もしより多くの水が鉱山周辺地帯の地下水から取れるならば、ダムの規模を小さくすることができ従ってその建設費も少なくすることができる。したがって、現在チレシート市周辺部についてDGASによって始められている地下水資源の探査を、系統的に鉱山地帯にまで拡張することは非常に有意義である。いずれにしても地下水の探査は鉱山の試掘と平行して進められるべきである。

また種々の水源からの取水可能性をより正確に評価するには、より良い気象、水文データが高山地帯を含めた地帯でなされる必要がある。各河川に沿った数箇所において継続的な流量の記録があれば、乾燥ないし半乾燥地帯における水文サイクルではかなり重要な要素である地表水と地下水との相互作用及び地下水系の分析にも役立てることができる。

補論 オロ川ダムの残存価値の計算

鉱山の操業は開始から22ないし33年程で終わることになる。この間に新たに採鉱可能な鉱化帯が見つければ別であるが、そうでない限り閉山となり、物理的耐用年数の長いダムが残されることになる。このダムが他に転用されそれによって十分な便益が上がるのでなければ、このダムは鉱山の操業が終わった後は何ら経済的価値を持たない。即ちその残存価値はゼロである。言い換えるとこのダムは十分な便益を上げるような他の計画に転用されうる限りにおいてそれ相応の残存価値を持つ。

現時点において30年程も先の閉山後にダムがどのように用いられるかを定めるのは難しい。しかしこのダムによってより安定した水供給ができるのであるから、それが何らかの用途にかな

表4-13 自然流水による灌漑需要充足度

月	自然流量 Mrd/月	灌漑需要 Mrd/月	充足度 %
1	1.52	1.25	100
2	1.38	0.83	100
3	1.23	0.39	100
4	0.28	0.40	70
5	0.17	0	100
6	0.14	0	100
7	0.14	0	100
8	0.14	0.21	67
9	0.12	0.40	30
10	0.27	0.84	32
11	0.75	1.22	61
12	0.93	1.56	60
計	7.09	7.09	-

うことはほぼ間違いないと思われる。可能性としては農業用水あるいは都市用水への転用、または水力発電が考えられる。

ここではまずオロ川ダムの水がチレシート市周辺の灌漑による農業開発に使われるものと想定しよう。このダムの水を用いることによって単に自然流水を用いるよりはずっと広い面積が灌漑可能となる。どれ程この灌漑可能面積が広がるかを見るために、まず自然流水のみに依った場合の灌漑可能面積を計算する。表4-13にダム・サイトでの月別自然流水量と灌漑必要量が与えられている。後者はミランダ川計画についてSERHによって推定されたものから計算したものである。

表4-13から明らかなように灌漑に関しては9月が最も厳しい月であり、自然流量に依ると必要量の30%しか満たされない。つまり自然流量によって灌漑可能な面積はこの月によって規定されるので年間の全流量から計算されるよりずっと狭い面積しか灌漑農業を行うことができないということになる。

ミランダ川計画の原案によるとダムによって得られる年間2,750万 m^3 の水を用いて約2,500 haの土地が開発可能とされている。従ってオロ川ダムからの709万 m^3 の水に依って灌漑可能となる面積は最大限で次のようになる。

$$2,500 \times \frac{709}{2,750} = 645 \text{ ha}$$

他方、自然流量のみに依ると上に述べたようにこの最大灌漑可能面積の30%しか開発できない。これは194 haに相当するから、もしオロ川ダムを使って川の流量の季節変化を調節すれば平均年において451 ha余分の耕地が灌漑できることになる。実際にはこのダムの貯水量では流量の年変化は十分に調節しきれないため、灌漑農業開発が可能な面積は400 haであるとして以下の分析を行うことにする。

農業開発に伴う費用についてはラリオハ州農業局 (SEAA: Secretaria de Estado de Asuntos Agrarios, La Rioja) によって、州西部地域における30 haの土地をぶどう生産のために開発するのに要する費用が詳細に検討されている。ぶどうは同地域においては最も有望な作物であるから、以下の計算は主にこの研究に基づいて行うこととする。

農業開発の初年から毎年必要となる全費用は州農業局のデータに基づいて計算すると表4-14の第2列にある値となる。これらの値には機械、装置類の使用料も含まれている。同表第3列にある便益はぶどうの価格400ペソ/kg及び推定される年ごとの総収穫量に基づいて計算されたものである。収穫量は5年目に最大の30トン/haに達し、以後はこれが維持されるものとする。ダムの水を耕地まで運ぶための水路のネット・ワークの建設費は3億6,000万ペソと推定される。これも含め各年の総益を計算すると表4-14の第4列にある値となる。

表4-13にあるデータからダムの残存価値は次のように計算することができる。この農業開発計画が経済的に正当化されるためにはその内部収益率が少なくとも10%なくてはならないと考えられる。もし10%以下ならばこの計画は実施すべきではないということになるわけだが、内部収益率の値はダムの価格をどう査定するかによって当然変わってくる。言い換えるならばこの農業開発計画が実施されるからには、ダムはこの計画の内部収益率が10%となるように査定されただけの経済価値を最大限持つわけである。これがこのダムの残存価値SVであり次の式からその値を計算することができる(表4-14参照)。

$$\frac{1,875}{r(1+r)^5} + \frac{663}{(1+r)^5} = SV + 5,966 + \frac{1,183}{1+r} + \frac{1,441}{(1+r)^2}$$

ここに $r=0.1$ (10%)であり便益・費用の各値は百万ペソの単位で与えられている。従って残存価値は

$$SV = 6.36 \times 10^9 \text{ ペソ}$$

となる。

表4-14 農業開発計画の費用と便益

年	費用 M ペソ	便 益 M ペソ	純 便 益 M ペソ
1	5,606 + 360 ¹⁾	0	-5,966
2	1,183	0	-1,183
3	2,241	800	-1,441
4	1,737	2,400	663
5	2,925	4,800	1,875
:	:	:	:

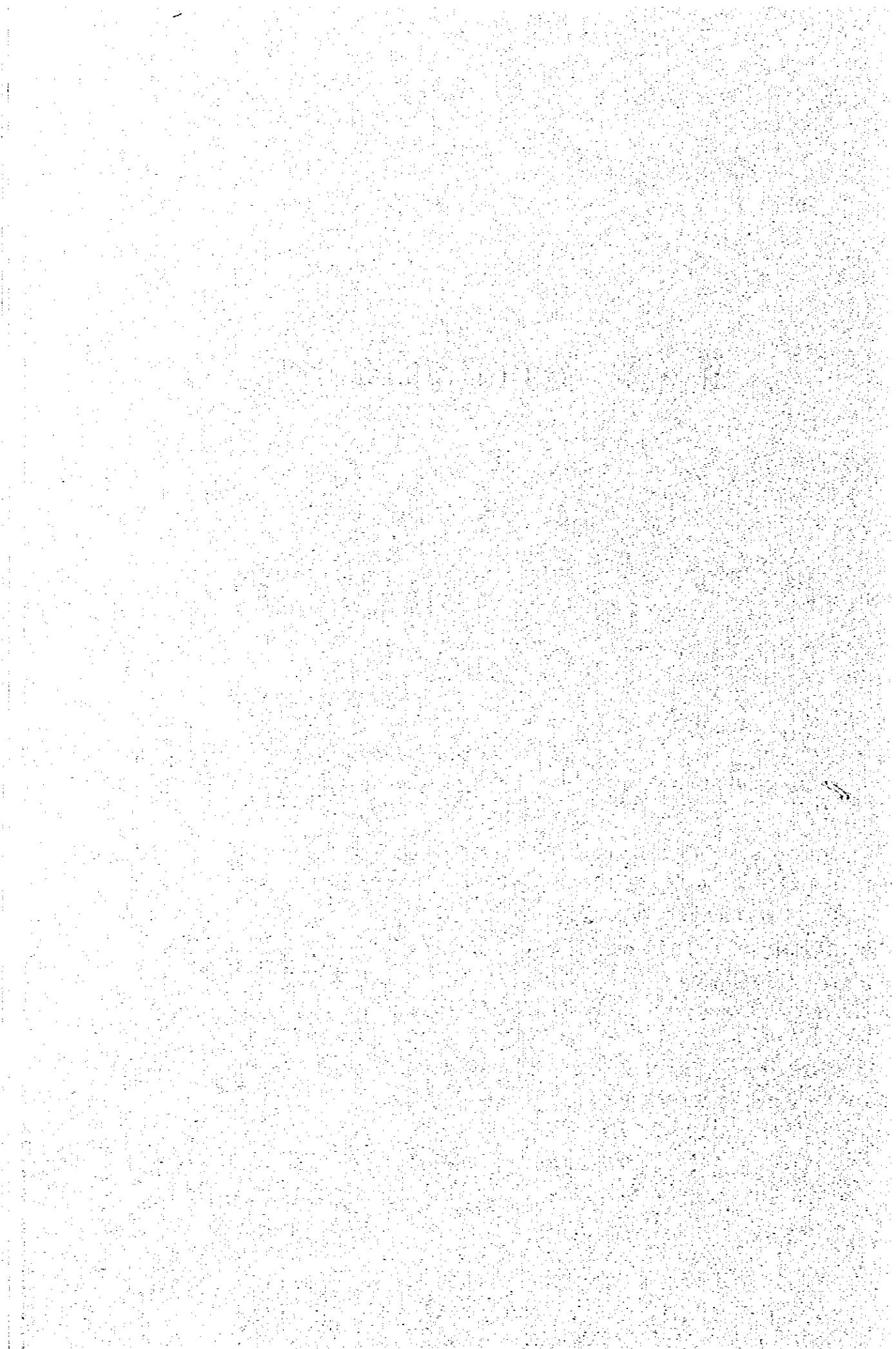
(註) 1) 本文に述べられている水路を建設するのに要する費用

(出所) Secretaria de Estado de Asuntos Agrarios, La Rioja
(SEAA)

上に述べた農業開発がオロ川ダムの転用法として最も益が多いかどうかは実際にはわからないので他の可能性も考慮した。即ちチレシート市の都市用水への転用と水力発電である。

チレシート市への水供給に伴う便益は、同量の水を供給するための最小費用の代替設備が地下水の開発であると考え、この開発に要する費用として計算する。また水力発電の便益の計算は流量225 l/sec, 有効落差180m, 現行電力費100ペソ/kWhに基づき、発電設備の効率を80%年間操業可能時間を7,000時間と想定して計算する。それによるとこれらの転用のために必要となる付加的設備への投資額を無視しても残存価値は都市用水及び水力発電についてそれぞれ 2.7×10^9 ペソ及び 2.1×10^9 ペソという計算となり、上で求めたよりずっと小さい。

第5章 鉾山都市開発計画



第 5 章 釧山都市開発計画

第 1 節 釧山都市の開発計画

釧山の開発に伴って、釧山の労働者やその家族、そして必要な都市サービス人口を含めた人々が生活できるような都市が必要となる。本節では、まず一般的な釧山都市の必要立地条件を整理する。その上で当プロジェクトがおかれた開発条件に目を向け、双方を照らし合わせて望ましい釧山都市の開発形態を決定する。

1-1 釧山都市の必要立地条件

釧山都市の必要立地条件として一般的に考えられる要因を、5つに整理して検討する。

通勤問題：一般的に釧山が存在するような地方部では、社会的に受け入れられる通勤時間が半時間程度と短く、通勤圏が限定される。このために釧山都市が釧山に近く、通勤が容易であることは重要な立地条件のひとつである。

高度限界：通勤問題とはうらはらに、釧山都市があまり釧山に近く立地すると高度が高くなり、人間の居住に不快感や支障をきたすことがある。釧山の合宿所施設としては海拔 4,000 m 程度のものも多く見られ、都市としても海拔 3,400 m 程度の例（たとえばペルー南方のクスコ市）はあり、一応人間の居住は可能である。しかしながら、このような高度になると、低地から訪問する人々の多くが高度によって不快感を味わうので、都市としては一般的な立地条件を超えていると判断される。多くの人々がそれ程不快を認識することなく居住できるよう、都市は海拔 3,000 m 以下の地点に立地することが望ましい。

用地適性：通勤問題や高度限界により限定された範囲の中でさらに、地形的に開発が容易な用地が必要な広さに減って確保できることが前提となる。ここでいう「必要な広さ」とは、次節で詳細に算定される都市規模、すなわち最低限の人口を収容するだけで 100 ha、将来の人口増も考慮すると 200 ha、さらに望ましくは 300 ha という規模に相当する。一方、このような大規模都市開発にとって「地形的に開発が容易であること」の代表的要素のひとつは、斜面勾配である。勾配が急だからといって開発が不可能な訳ではないが、土地利用上効率が悪く一定施設を収容するのにより広い面積が必要となり、また土工量や石積量が多く造成工事費が増大し、開発後の住民の生活も不便となる。平均勾配が 5% 以下の場合にはほとんど問題がないが、5% を超えると急激に不利点が増大し、15% を超えれば大規模な宅地としては実質的に利用が不可能となる。その他にも都市用水の供給可能性（計画 1 人 1 日平均給水量 300 L）などが、不可欠の条件となる。

既存集落との関係：社会経済的な側面からは、周辺既存集落との関係が重要である。鉦山都市の住民生活が、既に機能している既存集落と様々なかかわりを持つ中で、①既存の都市施設やサービスをどの程度まで共用できるか、②既存の経済活動にどのような好影響（規模の経済など）や悪影響（競合関係など）を与えるか、③既存の土地利用形態（農業的土地利用など）を阻害しないか、などといった点が特に注目される。そして、既存集落との関係は往々にして鉦山のプロジェクトライフが終った後に鉦山都市がどのような利用価値を残しているかという残存価値に大きな影響を与える。また、既存の開発計画との関係や土地所有形態及び地価といった面でも問題のないことが、鉦山都市の立地条件の中に含まれる。

その他の条件：以上の他にも、洪水の危険性、鉦山の排煙や廃水による汚染の問題などについても、鉦山都市の候補地を検討する必要がある。

1-2 候補地の選定

通勤問題に関してラリオハ州では、都市的機能を備えたラリオハ市やチレント市での社会的許容通勤時間は10～20分といわれており、農業活動が主なフーマティナ村などではほとんどが職住一致の散村形式をとっている。鉦山の労働者の場合には特殊な労働環境を考慮してこの許容通勤時間の点で大幅な譲歩を余儀無くされるが、それでも半時間ないし1時間が限度である。

図5-1は、鉦山都市の立地条件を検討する資料である。通勤問題と高度限界の条件をできるだけ柔軟に捉えてそれぞれ1時間以内、海拔3,250m以下とした場合に、斜線部がこの2つの条件の範囲内での立地可能地域であり、極めて限定される。¹⁾さらに山腹の登り勾配そのものに加えて尾根や沢が入り組んでいるところから、都市開発が可能な緩やかな勾配の用地はまとまった広さで存在しないことが判明した。

わずかに、鉦山から約13Km、高度約3,000mのクェパデノローニャに平均勾配10%程度の土地があるが、面積的に10～20haと全く足りない上に、雨期（11月～3月）に洪水の危険の強い川が横貫している。また、鉦山から南東約30Km、高度約2,000mのラスブラセタスにも若干の緩やかな勾配の土地があるが、面積的に10ha以下と狭く、通勤可能圏内を既に越えている。また次章で説明されるようにこのルートに道路を計画することができないという問題がある。

(注) 1) 第6章移住計画において詳しく説明されるように、開発される砂利道路は鉦山からクェパデノローニャを経由してロスコラレスに至るルートを取り、そこで既存道路に連絡される。道路開発後の鉦山からロスコラレスまで(30km)の所要時間は、積載運搬用の20トン積セミトレーラーで3時間、労働者通勤用のバスで2時間、普通乗用車で1時間半程度と見込まれる。

通勤可能圏を遙かに越えて山を下って山裾にさしかかると、ロスコラレスやファマティナの辺りで宅地開発の可能な用地を帯状に100ha程度とすることはできる。しかしなお6~8%位の勾配を残し、かつ川筋の土地であるところから治水工事の課題を伴わざるを得ない。さらに、チレシート市に至ると、既存市街地の近くに平均勾配5%以内の開発適地を数百ないし数千haの広さまで求めることができる。

1-3 合宿所と鉱山都市の組み合わせ

以上の検討から明らかなように、鉱山都市の開発可能地が存在する山裾は、鉱山までの通勤時間が2~3時間という通勤可能圏外である。この地域の社会的傾向を無視し、かつ経済的効率に逆らって労働者に1日往復4~6時間の通勤を余儀なくするよう計画することは避けるべきである。事実こうした社会的・経済的に無理な計画が問題を起こした例もある(たとえば、カナダ南西部のベスレヘム銅山)。

結果的に当プロジェクトでは、労働者が平日寝泊りする合宿所を銅山近くに設けると同時に、山裾にその家族が生活する鉱山都市を開発して休日に労働者も帰宅するという方式をとることにした。このように合宿所と鉱山都市を組み合わせるという方式は、ペルーなど外国にも例がある。また、アルゼンチンにおいても、労働者が平日の間家族と離れて就業するというケースはある。このような例や当プロジェクトの雇用計画、そして地域の社会的状況を考慮した結果、この合宿所と鉱山都市の組み合わせ方式は基本的に社会的問題はない。

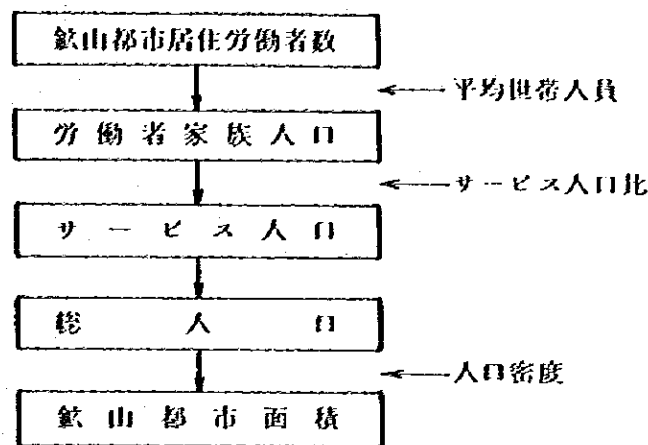
鉱山都市の開発可能地が鉱山からの通勤可能圏内を大きく外れている場合、先に挙げた一般的な鉱山都市の立地必要条件のうち通勤問題の占める比重は著しく減少し、代りに既存集落との関係という条件が大きく重要性を増して来る。すなわち、既存の都市施設やサービスの共用の可能性、経済活動の相互作用や鉱山都市の残存価値といった点で、既存の集落近くに立地することが有利となる。そこで鉱山都市の候補地としては、基本的に、①ファマティナ村付近と②チレシート市付近の2つに絞り、その適性を比較することとする。

第2節において鉱山都市の規模を算定した上で、第3節において2つの候補地の立地適性を検討する。

第2節 鉱山都市の規模算定

鉱山都市の規模算定の手順を簡略化して表わすと、図5-2のようになる。本節ではこれに従って、鉱山都市の規模を算定する。

図 5 - 2 釧山都市規模の算定手順



2 - 1 釧山都市の人口規模

釧山会社の労働者は、操業度 3 万トン/日、2 万トン/日の場合にそれぞれ 2,000 人、1,500 人で、その勤務地別内訳は表 5 - 1 の通りである。このうちチレシート事務所勤務者と釧山勤務者が釧山都市に住む可能性がある。労働者採用計画によると、職員は全員チレシート周辺以外からの採用になるのに対して、労働者のうち 300 人がチレシート周辺で採用できる見通しであり、かつ既存の自宅に住むと仮定する。従って釧山都市に住む釧山会社の労働者数は、操業度 3 万トン/日の場合職員 515 人、労働者 1,100 人の計 1,625 人、同じく 2 万トン/日の場合職員 390 人、労働者 758 人の計 1,148 人と想定される。

表 5 - 1 釧山会社就業者

単位：人

操業度	30,000t/日			20,000t/日		
	職 員	労働者	小 計	職 員	労働者	小 計
フェノスアイズ事務所 勤務者	30	20	50	20	15	35
ラリオハ事務所 勤務者	15	10	25	10	7	17
チレシート事務所 勤務者	15	10	25	10	8	18
釧山勤務者	500	1,400	1,900	380	1,050	1,430
計	560	1,440	2,000	420	1,080	1,500

一般的にこれらの労働者の平均結婚年齢は 22 才と若いところから、釧山都市計画に当ってはこれら労働者全員が非単身世帯とみなすこととする。また、平均世帯人員については、ラ

リオハ州平均の4.5～4.7人／世帯や同州都市住宅局の計画基準5.0人／世帯に準じて、5.0人／世帯とする。このようにして求められる鉱山都市基本計画人口に対して、サービス人口の全鉱山都市人口に占める割合はチレント市の現況に倣って20％と仮定する。以上の検討に基づいて、鉱山都市の計画人口を推計すると、表5-2のように操業度3万トン／日の場合11,000人、同じく2万トン／日の場合8,000人となる。

表5-2 鉱山都市計画人口推計結果

単位：人

操 業 度		30,000t／日	20,000t／日
労働者	職 員	515	390
	労働者	1,110	758
	合 計	1,625	1,148
労働者とその家族合計人口		8,125	5,740
サービス人口		2,031	1,435
そ の 他		844	825
計画都市人口		11,000	8,000

注 その他人口には、当初の建設労働者やその後の第1次第2次産業人口、及びサービス業の予備人口等が含まれる。

当プロジェクトに関しては以後も労働者数の変化することはないので、仮に人口の自然増分がそのまま流出しかつ社会増はないとすれば、これが鉱山都市の計画対象人口であり、都市規模にも変化は起こらない。しかしながら現実にはこの程度の都市規模になれば、人口の自然増分が新たな雇用機会を見つけて定着し、一方で人口流入も期待される。しかも当プロジェクトの場合は、前節で述べたように鉱山都市が既存集落に隣接して立地するところから、都市開発後の自然増、社会増による都市の成長の可能性が強いと予想される。

このような都市開発後に増加する人口については分析の中に含める必要はないが、鉱山都市の立地条件の検討に当ってはひとつの要因となる。すなわち、鉱山都市の開発が地域に与える社会経済的貢献度をより高めるためには、地形的に全く都市拡大の余地のない用地より、人口増加を受け入れられる用地の方が望ましい。鉱山都市立地条件の具体的な検討の参考となるよう、ある人口増加率を仮定した場合の人口増加状況を計算してみる。人口の自然増がアルゼンチン全体のそれに倣って年1.3％、社会増がチレント市のそれに倣って1.0％と仮定した場合には、1万1,000人の人口は22年のプロジェクトライフ後には約1万8,000人、同様に8,000人の人口は33年後には約1万6,000人になると予測される。また、次節で述べるようにチレント市やファミナ村の既存市街地は地形的理由から大幅な拡大が困難であるため、これら既存集落に対する人口増加傾向をも鉱山都市に含めるとすれば、予測人口はさらに大きくなる。

2-2 鉾山都市の面積規模

さて以上のように求められた都市人口に対して、必要な鉾山都市の面積を算定する。現状ではラリオハ州の住宅は、地理的条件や生活様式などからほとんどが一戸建ないし二戸建住宅で、一部にテラスハウス形式の住宅が並んでおり、集合住宅は皆無である。鉾山都市の計画に当たっても、プロジェクトライフの長さや都市施設の残存価値を考えてこうした地域の傾向を基本的に尊重する。同時に鉾山会社の財政への配慮からテラスハウス形式住宅を多くとって建設効率を高めることが望ましい。そこで鉾山都市全体として、一戸建・二戸建住宅とテラスハウス形式住宅を半々とした。

表5-3の人口密度基準に基づいて、都市人口1万1,000人を収容するために必要な鉾山都市面積を算定すると、表5-4のように100ha、という結果が得られた。もちろんこれは最低限の人口を収容するのに必要な面積であり、将来の人口増も考慮すると200ha、さらに都市の発展性をみておくと望しくは300haという用地が有用である。なお、このうち鉾山会社自体が当初取得しなければならない用地は、操業度3万t/日の場合には鉾山労働者1,625世帯のための住宅用地（ネット人口密度200人/ha）41.6haと鉾山会社用地12.5haの合計約55haである。2万トンの場合も同様の方法で計算した。

表5-3 人口密度基準

住 宅 形 式	1)	2)
	グロス人口密度 (人/ha)	ネット人口密度 (人/ha)
1戸建・2戸建住宅	100	150
テラスハウス形式住宅	200	300
3階建までの集合住宅	360	500
4階建以上の集合住宅	600	800

（出所） 社会福祉省都市開発住宅庁

（注） 1）グロス人口密度とは住宅用地以外に道路用地、公共施設用地、商業施設用地等を含んだ全面積に対する人口密度である。

2）ネット人口密度とは、住宅用地（地区内アクセス道路とプレイロットのみを含む）のみの面積に対する人口密度である。

表5-4 必要都市面積の算定

単位：人

操 業 度	30,000 t/日	20,000 t/日
都 市 人 口 合 計	11,000人	8,000人
1戸建・2戸建住宅収容人口	5,500人	4,000人
テラスハウス形式住宅収容人口	5,500人	4,000人
1戸建・2戸建住宅用地グロス面積 (グロス人口密度 100人/ha)	55 ha	40 ha
テラスハウス形式住宅用地グロス面積 (グロス人口密度 200人/ha)	27.5 ha	20 ha
住宅用地グロス面積合計	82.5 ha	60 ha
鉾山会社用地 ¹⁾	12.5 ha	10 ha
都市予備用地 ²⁾	5 ha	5 ha
必要都市面積	100 ha	75 ha

- (注) 1) 鉾山会社用地は、事務所、宿泊施設、資材置場等のために、鉾山会社が取得しておく業務用の土地である。
- 2) 都市予備用地は、道路、公共施設、商業施設等の予備用地として確保される土地である(たとえば、現在チレシート市には下水処理場用地が、3万人分用15ha設けられており、鉾山都市がこの近くに立地した場合これを使用することが可能となるが、それでもチレシート市と鉾山都市の下水普及率が100%に達すれば、これだけの用地では足りない)。

第3節 鉾山都市の立地選定

第1節において、鉾山都市の候補地を基本的に、①ファマティナ村付近と②チレシート市付近の2つに絞った。本節では、この2つの候補地について立地適性を評価し、最適な鉾山都市の立地選定を行う。

3-1 鉾山都市の立地候補地

ファマティナ村付近：ファマティナ村は現在人口約4,000人で、農業を主体とした生産活動を行っている。辺りは山裾ではあるが図5-3のようにまだ尾根がせまっており、しかも家が互いに離れてそれぞれの畑近くに位置するという散村の土地利用形態をとっているため、開発適地を見つけることはできない。ファマティナ村周辺では、何とか100ha位の帯状の用地を川筋に確保することができる、という状況である。なお、この土地は持主が確認されていない民有地で、州政府が管理しているところから土地所有状況に問題はない。ただ、山裾で6～8%の傾斜があることと、川筋の土地であるので堤防工事などの治水工事を必要とする。また、土地の形状が細長く帯状であるため都市施設の誘致距離を考える時、土地利用を効率的に計画

することができない。交通の点ではチレシート市までは35kmの距離があり、道路の建設予定ルートからすると、この距離の分だけファマティナ村は鉱山へ近いことになる。しかし、当プロジェクトの鉱山都市が鉱山の合宿所との組合せ方式をとっているだけに、通勤問題の比重はかなり減少していると考えられる。

ファマティナ村の公共施設としては、学校や教会等の最低限の近隣施設があるだけで、1万人前後の規模の鉱山都市ができれば都市施設は全て新規に建設する必要がある。また鉱山都市の影響を受けてファマティナ村の乏しい都市施設やサービスが向上する期待が持たれる反面、鉱山都市と既存村との生活様式の格差がクローズアップされて、たとえば既存の小規模商店が圧迫されたり、散村農業という現在の土地利用形態が崩壊するなどの社会的・経済的マイナス要因が発生する懸念もある。

この鉱山開発のプロジェクトライフが終って別の新たな鉱山開発も起こらないと仮定した場合に、鉱山以外の産業が興って雇用機会を創出して都市施設が引き続き使われるという可能性については、次のように考えられる。まず、農業については既に実績はあるものの、地形的に開発可能地が限られているところから、農業就業者の増加に限りがある。また工業や商業の可能性という点では、用地、技術、市場、輸送などの面を考慮すればチレシート市やラリオハ市などをさしおいて発展することは考えられない。結論的に、鉱山閉山後はチレシート市やラリオハ市あるいはその他の都市へ人口が移動する可能性が強く、従って商業機能も次第に低下することが考えられる。これらを総合して、ファマティナ村周辺に鉱山都市が立地した場合には、都市の残存価値という点でも多くは期待できない。

チレシート市付近：既存のチレシート市街地自体は、四方を川や山で囲まれ、これ以上の大幅な拡大は無理である。しかしながらその山や川を越えたすぐ東側には、ほぼ平地に近い土地が広大な広さで有用であり、現にチレシート市の衛星集落とも呼ぶべき部落が7つ存在している。その中でも鉱山都市の開発に最も適しているのは、図5-4に示されたロスサルミエントスの北側の隣接地である。この地区は、①洪水の心配がなく、②空港による騒音や危険からはずれており、③土地所有状況からみてもチレシート市周辺では例外的に持主の不明な州政府管理の民有地に相当し、かつ④地価もファマティナ村付近と同じである。

ロスサルミエントスの開発適地は数千haにも及んでおり、地形的にみた都市拡大可能性という点では申し分ない。また社会経済的な都市の残存価値という観点からも優れている。まず農業では近年チレシート市周辺で積極的に進められている州の補助による農業振興開発計画が今後も続けられ、鉱山都市周辺に新たな入植計画がたえられる可能性は高い。工業では、必ずしも発展が保障されているわけではないが、既存のワイン工場、かんずめ工場、セラミック工場などの実績を踏まえて、現況の工業就業率15～20%を維持する程度の工業開発規模なら期待できる。また商業については、既存の都市的商業施設が都市規模の拡大によって相乗的な発展効果を示すものと期待されている。

図5-3-37 イナ村周辺土地利用現況図

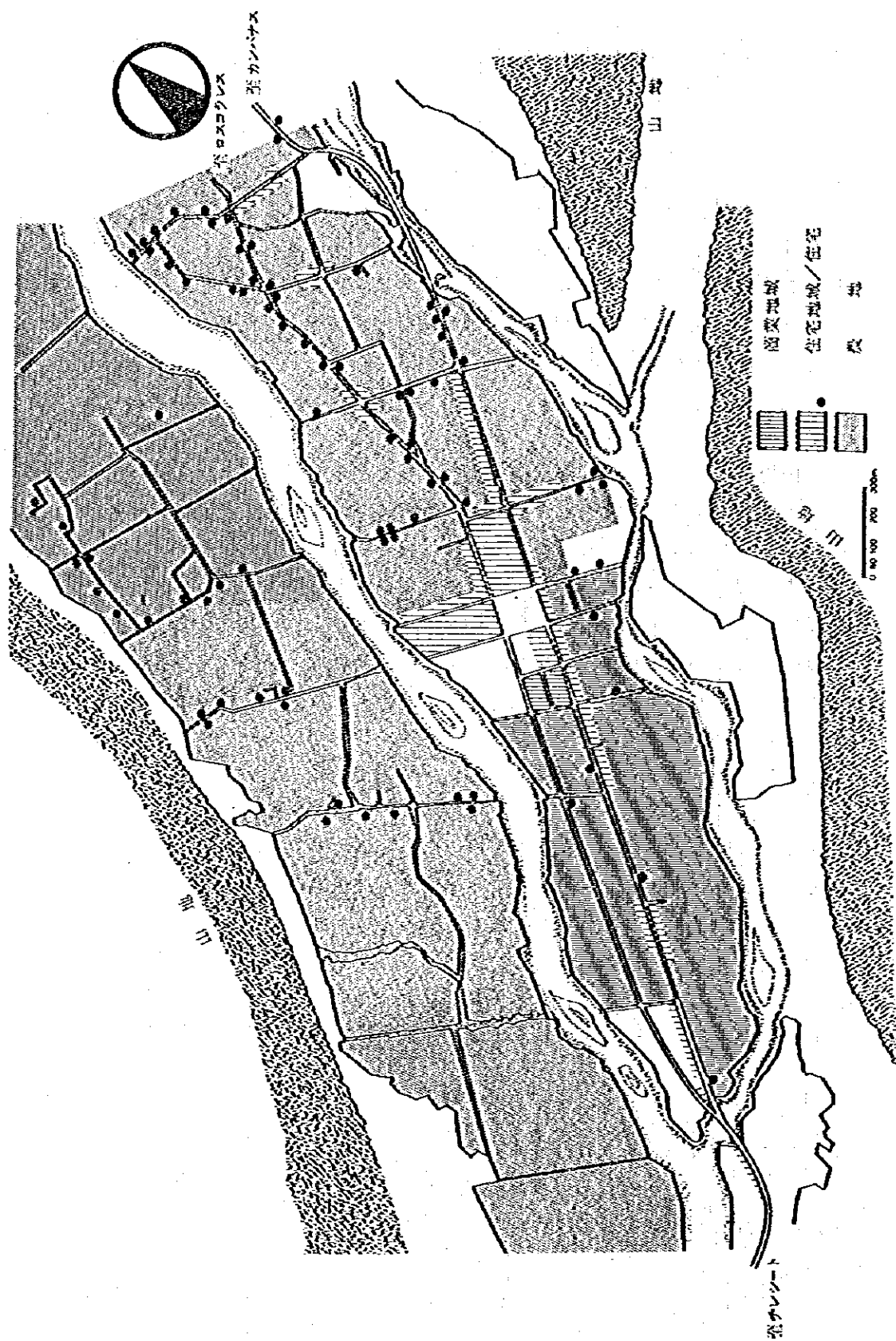


図5-4 チレシート市周辺土地利用図

既存チレシート市街地

既存集落

鉾山郡市開発適地

開発農地

山地

既存集落名

A: マジガスタ

B: アギナン

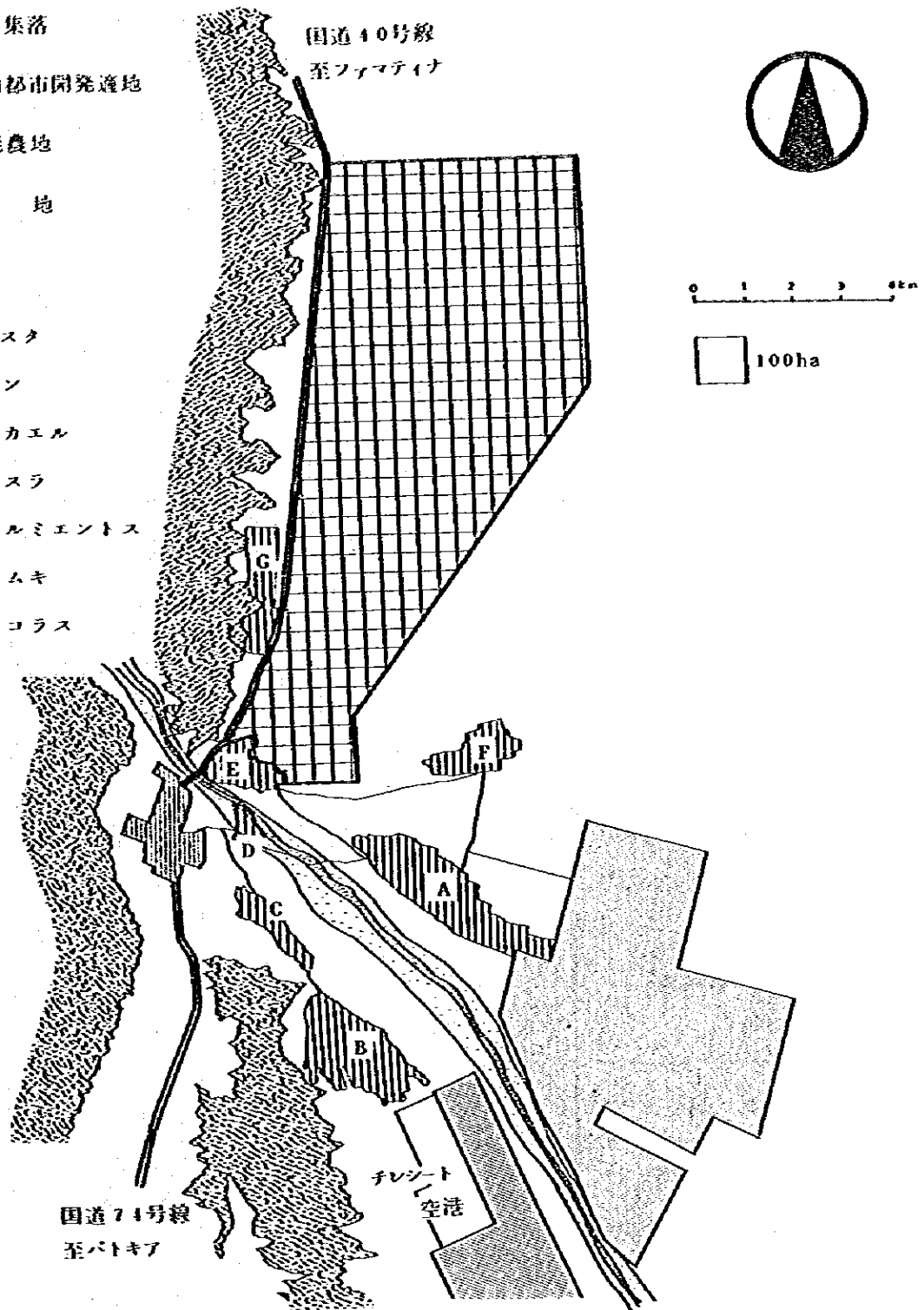
C: サンミカエル

D: ラブンスラ

E: ロスサルミエントス

F: ティリムキ

G: サンニコラス



都市施設に関してチレシート市の場合はファマティナ村の場合と違って、近隣施設以外にも文化、保安、医療などで地域の中心的機能を備えた施設を擁している。これらの中には施設容量にまだ余裕を残しているものもあり、かつロスサルミエントスはこれらが所在する既存チレシート市街地から橋をひとつ隔てたところにあつて誘致圏内であり、それらを共用することにより計画の効率を上げることができる。

3-2 立地適性評価

2つの鉱山都市の立地候補地に関する以上の説明から、チレシート市付近ロスサルミエントスの方がファマティナ村付近より立地適性において優れていることがうかがえる。ここではそれを確認する意味で、2つのアプローチを試みてみる。

- (1) まず、表5-5は、以上で議論された2つの候補地の適性を定性的に整理し直したものである。これによると、ファマティナ付近の方が有利なのは交通条件だけであり、空港問題、土地所有形態、地価では条件が同じで、あとの基準では全てロスサルミエントスの方が有利になっている。
- (2) 次に、2つの候補地の適性を計量的に分析すると、一定の仮定のもとに次のようなモデルを考えることができる。それは、立地適性評価基準のうち特に定量的評価の可能な4つの指標について、2つの候補地の立地適性の差を経済費用として計量化しようというものである。ここでは操業度3万トン/日の場合を例に、数字を示してみる。

表5-5 鉱山都市立地適性、定性的評価

評価基準	ファマティナ村付近	チレシート市付近 ロスサルミエントス
1) 用地広さ(将来の都市拡大性)	最低限の面積程度しかとれない。	数千haまで拡大可能。
2) 用地形状 (土地利用効率)	帯状で都市施設距離に問題がある。	どのようにしても効率的に計画できる。
3) 用地勾配	6~8%の傾斜地で造成費が高くなる。	ほぼ平地で問題ない。
4) 洪水の危険性	治水工事の必要性あり。	問題ない。
5) 空港の騒音・危険性	問題ない。	問題ない。
6) 土地所有形態	政府管理地で問題ない。	政府管理地で問題ない。
7) 地 価	同じ (300,000 ペソ/ha)	同じ (300,000 ペソ/ha)

8) 鉱山までの交通	3.5 Km 近い	3.5 Km 遠い
9) 既存都市施設の共用の可能性	ほぼ全て新設しなければならない。	中心的都市施設をかなり共用できる。
10) 既存土地利用、経済活動への影響	山村農業的土地利用を崩壊する可能性	都市的な経済活動を促進
11) 都市の残存価値	多くの人口が流れ出しあまり残存価値を期待できない。	農業、工業、商業でかなりの雇用吸収が期待でき、かなりの都市機能を維持

用地の勾配：前述のようにロスサルミエントスはほぼ平地なのに対して、ファマティナ周辺は6～8%の勾配をもった傾斜地である。傾斜地では土工量や石積量が大幅に増え、現段階では正確には見積れないがファマティナ周辺の場合はロスサルミエントスよりも造成費が約1.5倍位に高くなるものと考えられる。この0.5倍に相当する差は、 $100(\text{ha}) \times 1 \text{億} 4407 \text{万}(\text{ベソ/ha}) \times 1/2 = 72 \text{億} 350 \text{万ベソ}$ と概算することができる¹⁾。

鉱山までの交通：鉱山までの交通所要時間ではファマティナの方がロスサルミエントスより有利であり、その差は凡そ半時間である。鉱山労働者1,900人が週末の前後に鉱山と鉱山都市を行き来する時間が短縮されて、仮にそれを全員の給料に換算したとすると、その節約分は、 $0.5(\text{時間}) \times 2(\text{片道}) \times 52.14(\text{週}) \times 1.760 \text{万}(\text{ベソ}) = 9 \text{億} 1766 \text{万}$ となる。

既存都市施設の共用の可能性：ロスサルミエントスに立地した場合はチレシート市の既存の都市施設をかなり活用できるが、ファマティナ周辺に立地した場合はその利点がない。その場合ロスサルミエントスに立地した場合よりも表5-6に記載しただけ多くの施設を必要とする。これをファマティナで造成するには $0.7175(\text{ha}) \times 14407(\text{ベソ/ha}) \times 10^6 \times 1.5(\text{倍}) = 1 \text{億} 5505 \text{万}(\text{ベソ})$ かかり、建設費の方は $2.975(\text{m}^2) \times 72 \text{万}(\text{ベソ}) = 21 \text{億} 4200 \text{万}(\text{ベソ})$ で、合計22億9,705万ベソとなる。

表5-6 ファマティナ周辺立地の場合の都市施設需要増分

施設名	病院	市役所	警察所	消防署	図書館	劇場	教会	バスターミナル	合計
床面積(m ²)	1,100	330	250	150	330	440	275	100	2,975
敷地面積(m ²)	2,750	660	375	300	660	880	550	1,000	7,175

(注) 1) 費用の詳細については第4節参照。

都市の残存価値：ロスサルミエントスの場合の鉾山都市の経済的残存価値は次のように計算される（表5-14）。

$$1.637 \text{ 億 } 6,443 \text{ 万} \times 0.6 \times 0.8 = 786 \text{ 億 } 692 \text{ 万ベソ}$$

ロスサルミエントスの場合の 物理的 社会的
都市建設総経済費用(ベソ) 残存価値 残存価値

これに対してファマティナ周辺に立地した場合の残存価値については、都市施設の物理的残存価値は、ロスサルミエントスの場合と同じで60%¹⁾と計算される。しかしながら、鉾山閉山後に別の産業が興り、これらの施設が続いて使われるという意味での社会的価値は、ロスサルミエントスの場合80%程度は期待できるのに対して、ファマティナ周辺の場合は前述のような状況から人口流出が予想されるので、50%程度とみるのが妥当だと考えられる。従って、ファマティナ周辺に立地した場合の鉾山都市の残存価値は、同様にして次のように算定される。

$$(1.637 \text{ 億 } 6,443 \text{ 万} + 72 \text{ 億 } 350 \text{ 万} + 22 \text{ 億 } 9,715 \text{ 万}) \times 0.6 \times 0.5$$

ロスサルミエントスの場 ファマティナ周辺の ファマティナ周辺の場 物理的 社会的
合の都市建設総経済費用 場合の造成費割増分 合の都市施設建設割増 残存価値 残存価値
(ベソ) (ベソ) 分(ベソ)

ファマティナ周辺の場合の
都市建設総経済費用(ベソ) = 519 億 7,952 万ベソ

以上の結果から都市の残存価値はロスサルミエントスの場合が、ファマティナ周辺の場合よりも、266億2,740万ベソ高いと推計される。

以上4つの定量的指標を、表5-7のようにして現在価値に割引くと、50億1,434万ベソだけロスサルミエントスの方がファマティナ周辺の場合より立地適性が高いことが明らかになる。もちろんこのモデルはいくつかの仮定的な数字に基づいてはいるが、その概念的根拠は明確であり仮定数字の誤差は結論を逆転させることはないと考えられる。むしろ、①ファマティナの場合の治水工事をモデルに組み込む可能性、②鉾山までの交通時間の節約分を100%まで給与に換算するのはオーバーエスティメイトになる恐れがあること、そして③他に評価基準も全てロスサルミエントスに肯定的であること、などを考慮すれば、この結論がより明確に裏づけられることになる。また、操業度2万トン/日としてこのモデルを動かした場合や、都市を2分するなどしてこのモデルを動かした場合にも、指標の内容から考えてほぼ比例的に同様の結論が得られる。

(注) 1) 鉄筋コンクリート造の都市施設の耐用年数を50年とし、定額に償却していくものと仮定している。

表5-7 鉾山都市立地適性，定量的評価

単位：百万円

年 評価指数	建設期間			操業期間					残存価値
	0	1	2	3	---	n+2	---	24	25
用地の勾配	7,204	--	--	--	--	--	--	--	--
鉾山までの交通	--	--	--	△918	---	△918	---	△918	--
既存都市施設の 共用の可能性	155	1,071	1,071	--	--	--	--	--	--
都市の残存価値	--	--	--	--	--	--	--	--	26,627
現存価値割引率	1.0	0.909	0.826	= 7.249					0.092
現在価値	7,359	974	885	△6,652.12					2,450

（結論）……立地適性の現存価値では、 $5,014.35 \times 10^6$ 円だけロスサルミエントスの方が適性が高い。

（注）○ロスサルミエントスが有利な場合+，ファミナ周辺が有利な場合△とした。

○建設期間の初年次に割引いた。

○資本の機会費用は10%とした。

以上の議論の結果、適性が優れていることが明らかになったロスサルミエントスを鉾山都市の適地として選定し、以下の計画を進めることとする。

第4節 都市施設の計画

本節ではまず、①鉾山都市内の住宅をはじめとする都市施設の内容、規模、及び建設の財務費用を鉾山会社負担と公共負担のものに分けて計画し、次に②鉾山付近の合宿所施設についても規模の算定と建設の財務費用の見積りを行う。なお本節では数量や費用は原則的に操業度3万トン/日の場合を示し、()内に同じく2万トン/日の場合をつけ加えた。

4-1 鉾山会社負担の鉾山都市施設の計画

土地取得計画及び造成計画：第2節で算定されたように必要な都市面積100ha（75ha）のうち、鉾山会社が取得しなければならない用地は55ha（40ha）で地価は30万円/haであるが造成工事費は、整地、擁壁建設、地区内アクセス道路整備、植樹などを含めておよそ1億4,407万円/haと見積られる。財務分析上からは、鉾山会社の取得用地については、造成工事費も鉾山会社の負担となる。

水道・電気設備計画：水道、電気設備の基幹線整備計画は、それぞれ用水計画、電力計画の章で検討したが、末端設備の計画はここで都市施設計画に含めて検討する。土地利用計画との関連のもとに人口密度分布にも左右されるが、ここでは整備費を一律に5,445ベソ/haと仮定する。

下水道施設整備計画：チレシート市では現在人口の約3分の1に対して、下水道施設が普及しており、普及率は今後も向上していく見通しである。このような傾向から、鉾山都市でも下水道施設を整備する必要がある。1万人を単位として下水道施設整備費は、この程度の人口密度の都市の場合、終末処理施設10億ベソ、幹線下水路25億ベソ、支線下水路15億6,250万ベソ/1万人と推定される。財務分析上は、水道・電気設備や下水道施設の整備費のうち鉾山会社に係わるものは分担金を負担することとする。

住宅建設計画：鉾山都市に居住する鉾山労働者1,625人(1,148人)のうち職員515世帯(390世帯)に対する住宅を床面積80㎡、そして労働者1,110世帯(758世帯)に対する住宅を床面積60㎡として計画する。なお、参考として床面積60㎡の2LDKの住宅設計例を示す(図5-5)。従って、鉾山会社が当初建設しなければならない住宅の延床面積は10万7,800㎡(7万6,680㎡)で、一方住宅建設費は¹⁾90万ベソ/㎡と見積られる。宅地造成費は既に前述の造成計画の中に含まれているが、参考までに、60～80㎡の床面積の住宅の敷地面積は250㎡前後である。

鉾山会社施設：鉾山都市で勤務する労働者は、職員15人(10人)、労働者10人(8人)の計25人(18人)である。ひとり当たり総事務所床面積5㎡、共用部分面積率100%²⁾として、鉾山会社や鉾山都市内事務所床面積は250㎡(180㎡)である。この他、宿泊施設や倉庫などのために事務所と同面積を確保するとして、鉾山会社施設の総床面積は500㎡(360㎡)となる。この鉾山会社施設の建設費は床面積1㎡当たり72万ベソと見積られる。

鉾山都市建設に係わる財務費用のうち鉾山会社の負担となるのは以上で、これを計算して整理すると表5-8のようになる。

(注) 1) ラリオハ州では、ほぼ全ての建物が鉄筋コンクリート造で間仕切や外壁はブロック積という造りになっている。①工業化が進んでいないのでプレハブの鉄骨造は普及していないこと、②耐震設計を余儀なくされているということ、③現況の構造が地元の業者にとって最も施工しやすいこと、などから当プロジェクトでもこの構造に依ることとする。

2) ここでいう共用部分とは会議室、廊下、ホール、便所、湯沸室などを含む。

図 5-5 住宅設計例 (2LDK)

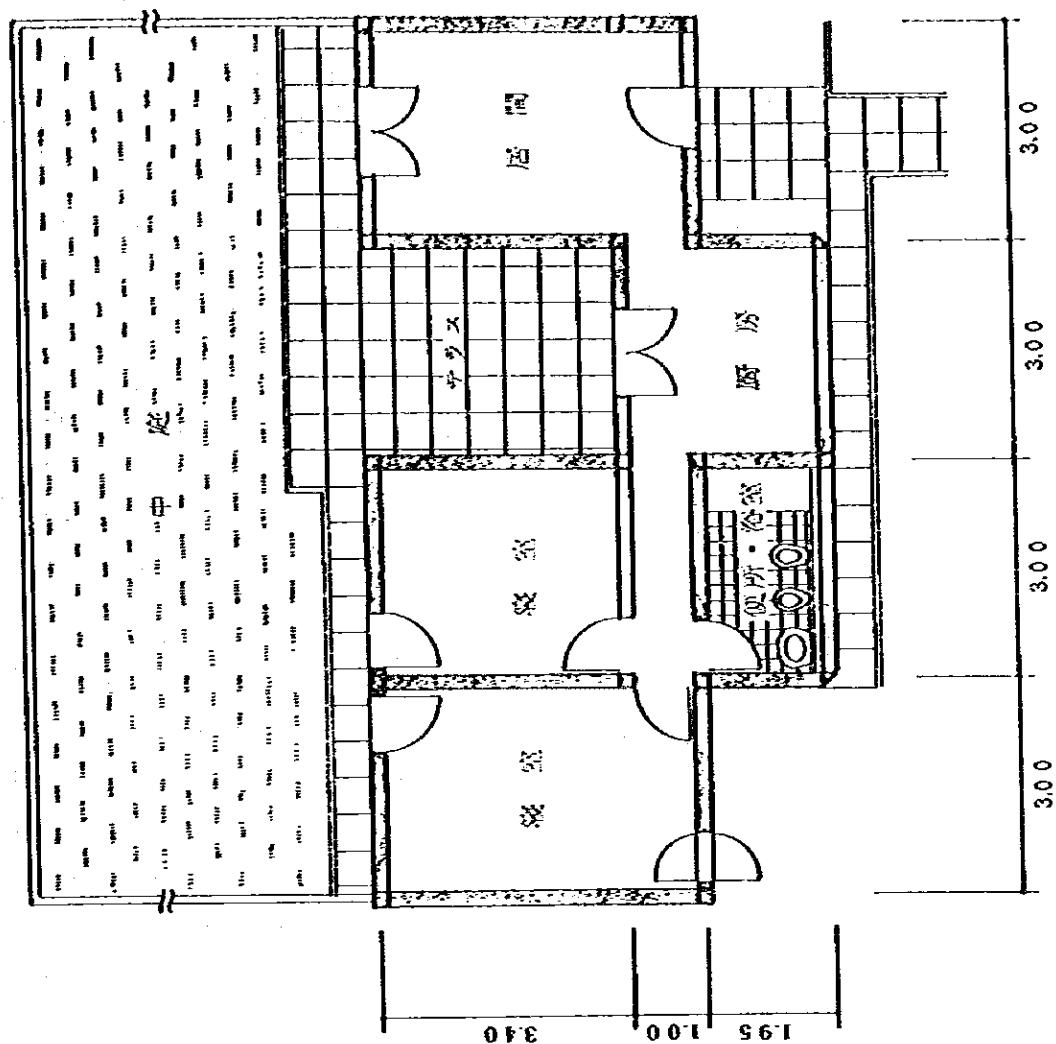


表5-8 鉾山都市建設、鉾山会社負担財務費用

費用単位：百万ペソ

費 用 項 目	単 価	操業度 30,000トン/日		操業度 20,000トン/日	
		数 量	費 用	数 量	費 用
用地取得費	0.3×10^6 ペソ/ha	55 ha	16.50	40 ha	12.00
造成費	144.07×10^5 ペソ/ha	55 ha	7,923.85	40 ha	5,762.90
水道・電気設備費	51.15×10^6 ペソ/ha	55 ha	2,994.75	40 ha	2,178.00
水道施設費	50.625×10^6 ペソ/1万人	8,125 人	4,113.28	5,740 人	2,905.88
住宅建設費	0.9×10^6 ペソ/㎡	107,800 ㎡	97,020.00	76,680 ㎡	69,012.00
鉾山会社施設建設費	0.72×10^6 ペソ/㎡	500 ㎡	360.00	360 ㎡	259.20
合 計	--	—	112,428.38	—	80,129.98

4-2 その他の鉾山都市施設の計画

鉾山都市に必要な施設のうちには、前述のように鉾山会社の負担となるものの他に、商業施設など民間が自由に開発するものと、国や地方公共団体などの公共負担となるものが存在する。商業施設についてはそれぞれの民間サービス業者が負担するのは当然である。しかし都市内幹線道路や教育施設などの公共施設については、鉾山会社が建設費を負担して公共団体に移転してサービスを任せるといった形をとるのでは、鉾山会社の財務的負担が厳しくなりすぎる懸念が強い。当プロジェクトへの関係公共団体の支持ぶりを考慮して、公共施設については用地取得や建設についても当該公共団体が費用を負担するものとして分析を進めることとする。商業施設や公共施設の建設費用は鉾山会社の負担とはならないので財務分析には含まれないが経済分析では経済費用として計上されるものである。

鉾山都市の1万1,000人(8,000人)という人口に必要な都市施設は、次の通りである。この施設計画は、施設内容、施設構成、施設規模、施設誘致距離などといった面で、社会福祉省(Ministerio de Bienestar Social)、都市開発・住宅庁(Secretaría de Estado de Desarrollo y Urbano y Vivienda)、都市開発局(Subsecretaría de Desarrollo Urbano)の定める基準に従っており、当然各種の法律、融資条件及び社会的状況にもかなっている。また、チレシート市の既存の都市施設のうち、大学病院、運動公園、市役所、警察署、消防署、図書館、劇場、教会、墓地、バスターミナル及び商業などといった施設についてその一部ま

たは全部を共用することを前提としている。なお、これら都市施設の建設費用は平均して床面積 $1m^2$ 当り 72 万ベソと仮定する。

教育施設：表 5-9 のとおり計画される。

表 5-9 教育施設計画

施設名	操業度 30,000t/日			操業度 20,000t/日			備 考
	施設数	1校あたり敷地面積	1校あたり延床面積	施設数	1校あたり敷地面積	1校あたり延床面積	
幼稚園	2校	500 m^2	200 m^2	2校	500 m^2	200 m^2	生徒対象年令 2～5才
小学校	2校	5,040 m^2	2,520 m^2	2校	5,040 m^2	2,520 m^2	生徒対象年令 6～12才 建築面積は1260 m^2 で2階建
中高等学校	1校	4,440 m^2	2,800 m^2	1校	4,440 m^2	2,800 m^2	生徒対象年令 13～17才 建築面積は940 m^2 で3階建
合 計	5校	15,520 m^2	8,240 m^2	5校	15,520 m^2	8,240 m^2	

(注) 幼稚園、小学校、中・高等学校とも2部制をとることとなり、操業度3万トン/日の場合と同じく2万トン/日の場合との生徒数の差が、同時利用者数であまり変わらず、施設規模は同じである。

医療施設：病院はチレシート市の既存施設を利用し、診療所施設が敷地面積 830 m^2 (600 m^2)、床面積 330 m^2 (240 m^2) の規模で1施設必要となる。

公園施設：表 5-10 のとおり計画される。なお、公園施設の建設費は平均的に公園面積 $1m^2$ 当り 7 万ベソと見積られる。

表 5-10 公園施設計画

施設名	操業度 30,000t/日		操業度 20,000t/日	
	施設数	1ヶ所あたり面積	施設数	1ヶ所あたり面積
プレイロット	4	1,380 m^2	3	1,340 m^2
近隣公園	2	5,500 m^2	2	4,000 m^2
運動公園	1	27,500 m^2	1	20,000 m^2
合 計 面 積		44,020 m^2		28,020 m^2

公官庁施設：市役所、警察署、消防署については、チレシート市の既存の本部施設を利用することが可能で、巡出所だけが必要となる可能性があるがこれは施設規模も非常に小さいのでここでは省略することとする。郵便局については誘致圏が100haと小さいので、敷地面積350㎡(350㎡)、床面積300㎡(300㎡)の施設が1ヶ所、新たに必要となる。

社会文化施設：図書館、劇場、大教会などはチレシート市の既存施設を利用できるため、表5-11の施設だけが新たに必要となる。

表5-11 社会文化施設計画

施設名	操業度 30,000人/日			操業度 20,000人/日		
	施設数	1ヶ所あたり敷地面積	1ヶ所あたり床面積	施設数	1ヶ所あたり敷地面積	1ヶ所あたり床面積
託児所	5	360㎡	180㎡	4	320㎡	160㎡
教会	1	560㎡	280㎡	1	400㎡	200㎡
合計	—	2,360㎡	1,180㎡	—	1,680㎡	840㎡

商業施設：銀行、ホテルなど一部の商業施設はチレシート市の既存施設が利用されることになるが、鉾田市市内には新たに表5-12のような商業施設が必要となる。

表5-12 商業施設計画

施設種類	操業度 30,000人/日		操業度 20,000人/日	
	敷地面積合計	床面積合計	敷地面積合計	床面積合計
販売業	4,840㎡	2,420㎡	3,520㎡	1,760㎡
サービス業	2,200㎡	1,100㎡	1,600㎡	800㎡
総計	7,040㎡	3,520㎡	5,120㎡	2,560㎡

以上の教育施設から商業施設までの床面積を合計すると1万3,570㎡(1万2,180㎡)となり、公園面積は4万4,020㎡(2万8,020㎡)である。これらの施設計画に伴う基盤整備も含めて、鉾山会社以外の公共団体や民間が負担する鉾山都市建設の財務費用は、表5-13の通りである。

表5-13 鉾山都市建設、公共団体、一般民間負担財務費用

費用単位：百万円

費用項目	単価	操業度30,000t/日		操業度20,000t/日	
		数量	費用	数量	費用
用地取得費	0.3×10^6 円/ha	45 ha	14	35 ha	11
交通・施設建設費	300×10^6 円/ha	18 ha	5,400	135 ha	4,050
造成費	144.07×10^6 円/ha	27 ha	3,890	215 ha	3,097
水道・電気設備費	54.45×10^6 円/ha	27 ha	1,470	215 ha	1,171
下水道施設費	50.625×10^6 円/万人	2,875 人	1,455	2,260 人	1,144
サービス業等人口住宅建設費	0.9×10^6 円/m ²	40,250 m ²	36,225	31,640 m ²	28,476
公共施設建設費	0.72×10^6 円/m ²	13,570 m ²	9,770	12,180 m ²	8,769
公園施設整備費	0.04×10^6 円/m ²	44,020 m ²	1,761	28,020 m ²	1,121
合 計	—	—	59,985	—	47,839

(注) これらの財務費用は、鉾山会社の負担とはならないので財務分析には含まれないがこれを経済費用に直したものが当プロジェクトの費用として経済分析にインプットされる。

4-3 合宿所施設の計画

鉾山付近には、①500人(380人)の職員のための事務所と会議室などの関連施設、②1,400人(1,050人)の労働者を含めた合計1,900人(1,430人)の労働者のための合宿所施設、③食堂、グラウンドなどの最低限の福利厚生施設が必要となる。

まず事務所については、ひとり当り総事務所面積5m²、共用部分面積率¹⁾80%として、500人(380人)の職員に対しては4,500m²(3,420m²)の床面積が必要である。また合宿所施設については、ひとり当り総寝室床面積を職員10m²、労働者5m²とし、さらに共用部分面積率²⁾100%とすると、500人(380人)の職員と1,400人(1,050人)の労働者に対しては、2万4,000m²(1万8,100m²)の床面積が必要となる。

(注) 1) ここでいう共用部分とは、会議室、廊下、ホール、便所、湯沸室、物置などを含む。

(注) 2) ここでいう共用部分とは、食堂、バー、娯楽室、廊下、ホール、便所、風呂、保健室、管理室などを含む。

事務所と合宿所の床面積の合計 $2万8,500m^2$ ($2万1,520m^2$) を容積率 100% で収容するには、延床面積と同じ広さの用地が必要となる。この他に、グラウンド、屋外パーティ施設、資材置場等のために $2万1,500m^2$ ($1万8,480m^2$) の用地を準備すると、必要用地面積は合計で $5ha$ ($4ha$) となる。

この $5ha$ ($4ha$) の用地を確保するのに最も適しているのは地形的にみて、クェバデベレスの既存キャンプ施設の南西部の裏山を切土して開発することである。しかしながら、この地点が採掘の対象になっているため、それより北東方向に降りた適当な地点をこれに充てることとする。この必要用地面積は鉱山都市面積と比べて極めて小さいためあまり重大な問題にはならないが、 10% 以上の勾配の土地を造成することになるため、造成費はおおよそ $2億8,814万ベソ/ha$ 位になると考えられる。

また、施設の建設費も山のふもとより高く、床面積 $1m^2$ 当りおおよそ $86万4,000ベソ$ と見積られる。 $5ha$ ($4ha$) の用地造成費 $14億4,070万ベソ$ ($11億5,256万ベソ$) と、延床面積 $2万8,500m^2$ ($2万1,500m^2$) の施設建設費 $246億2,400万ベソ$ ($185億7,600万ベソ$) の合計 $260億6,470万ベソ$ ($197億2,856万ベソ$) は、当然ながら 100% 鉱山会社の負担である。

第5節 鉱山都市開発費用の算定

5-1 鉱山都市開発の財務費用

都市施設開発において鉱山会社が負担しなければならない費用は、①表5-8に整理された鉱山都市施設建設費と、②前節最後にまとめられた鉱山付近の合宿所等の施設建設費である。これらの財務費用の投資時期に関して、鉱山都市がチレシート市街地に隣接しているため建設期間中は既存施設を一時的に共用でき、特定の施設を先に建設するような配慮は特に必要ない。

従って、①鉱山都市の用地取得費と造成費は建設3年間の初年次に、②水道・電気設備費と下水道施設費の全て、及び住宅建設費と鉱山会社施設費の2分の1は同じく2年次に、そして③鉱山都市の残りの建設費は3年次にそれぞれ投資するものとする。一方の合宿所等の施設については、①造成費を初年次に、②施設建設費については2年次と③3年次に2分の1ずつ、それぞれ投資すると仮定する。

鉱山都市内の鉱山労働者用の住宅は、一旦鉱山会社が建設したあと、労働者に売却するのか無料ないし安い家賃で貸すのかという問題が残る。現段階においては労働者が必ずしも購入を希望するという見通しがないため、鉱山会社がほぼ無料で労働者に提供するという仮定のもと

に、分析を進める。ただし住宅だけに関してプロジェクトライフが終った時点で、操業度3万トン/日の場合は住宅建設費の60%、2万トン/日の場合は同じく40%の値段で全住宅の80%まで売却することができると仮定して財務的残存価値を考える。なお、合宿所建設の方は、残存価値はゼロと仮定する。

以上を整理し直すと、鉾山都市開発の財務費用は表5-14のように支出されることとなる。ただし、鉾山都市や合宿所の施設の維持管理費は、別に計上される鉾山会社の一般管理運営費の中に含まれている。

表5-14 都市施設関連財務費用フロー

単位：百万円

費用項目		操業度 (トン/日)	建設期間			残存価値
			初年次	2年次	3年次	
鉾山都市建設費	用地取得費	30,000	17	—	—	—
		20,000	12	—	—	—
	造成費	30,000	7,924	—	—	—
		20,000	5,763	—	—	—
	水道電気設備費	30,000	—	2,995	—	—
		20,000	—	2,718	—	—
	下水道設備費	30,000	—	4,113	—	—
		20,000	—	2,906	—	—
	住宅設備費	30,000	—	48,510	48,510	△46,570
		20,000	—	34,506	34,506	△22,084
合宿所施設費	鉾山会社施設建設費	30,000	—	180	180	—
		20,000	—	130	130	—
	造成費	30,000	1,441	—	—	—
		20,000	1,153	—	—	—
	施設建設費	30,000	—	12,312	12,312	—
		20,000	—	9,288	9,288	—
合計		30,000	9,382	68,110	61,002	△46,570
		20,000	6,928	49,008	43,924	△22,084

5-2 鉾山都市開発の経済費用

都市施設開発に関して、経済分析において当プロジェクトに伴う費用とみなされるものは、項目としては①表5-8に整理された鉾山都市施設建設費、②前節最後にまとめられた鉾山付近の合宿所等の施設建設費、及び③表5-13に整理された公共団体・一般民間負担の都市施設建設費である。しかしながら、前節で検討されているのは全て財務費用であり、ここでは経済費用に変換する必要がある。

前節で算定された財務費用から経済費用を求めるために、次の2つの方式に従うものとする。まず、①用地取得費は、国を基準とした経済分析においてはセクター間の内部移転とみられるものであるため除くこととし、②他の全ての建設費に関して税金など内部移転部分として25%を差し引くこととする。

これら経済費用の投資時期に関して、まず財務的に鉱山会社の負担になる項目については財務分析の場合に準じることになるのは当然であるが、公共団体や一般民間負担の費用については、財務費用の場合と同様の理由により次のように仮定する。すなわち、建設期間3ヶ年の間で①交通施設建設費と造成費は初年度に、②水道・電気設備費と下水道路施設費の全額及び他の施設費2分の1は2年次に、そして③残りの費用は3年次に、それぞれ投資されるものとする。

鉱山都市の経済的残存価値については、第3節で詳しく検討したように、鉱山都市の建設に係る経済費用のうち、操業度3万トン/日の場合は60%、同じく2万トン/日の場合は40%の物理的価値に対して、さらに社会的価値80%を考慮することとする。ただし、鉱山付近の合宿所等の施設に関しては、プロジェクトライフ後社会的に利用される見通しがないところから、残存価値は財務分析の場合と同じくゼロとする。

このような経済費用のうちの内貨部分と外貨部分の構成については、高度な建設機械の使用の割合に注目して9:1と仮定する。なお、都市施設に関するプロジェクトライフ中の維持修理費については、①維持費の額が建設費に比べて少ないこと、②修理費は時期的にかなり遅れて発生するので現在価値に割引くとかなり小さな額になること、などを理由に考慮しないこととした。

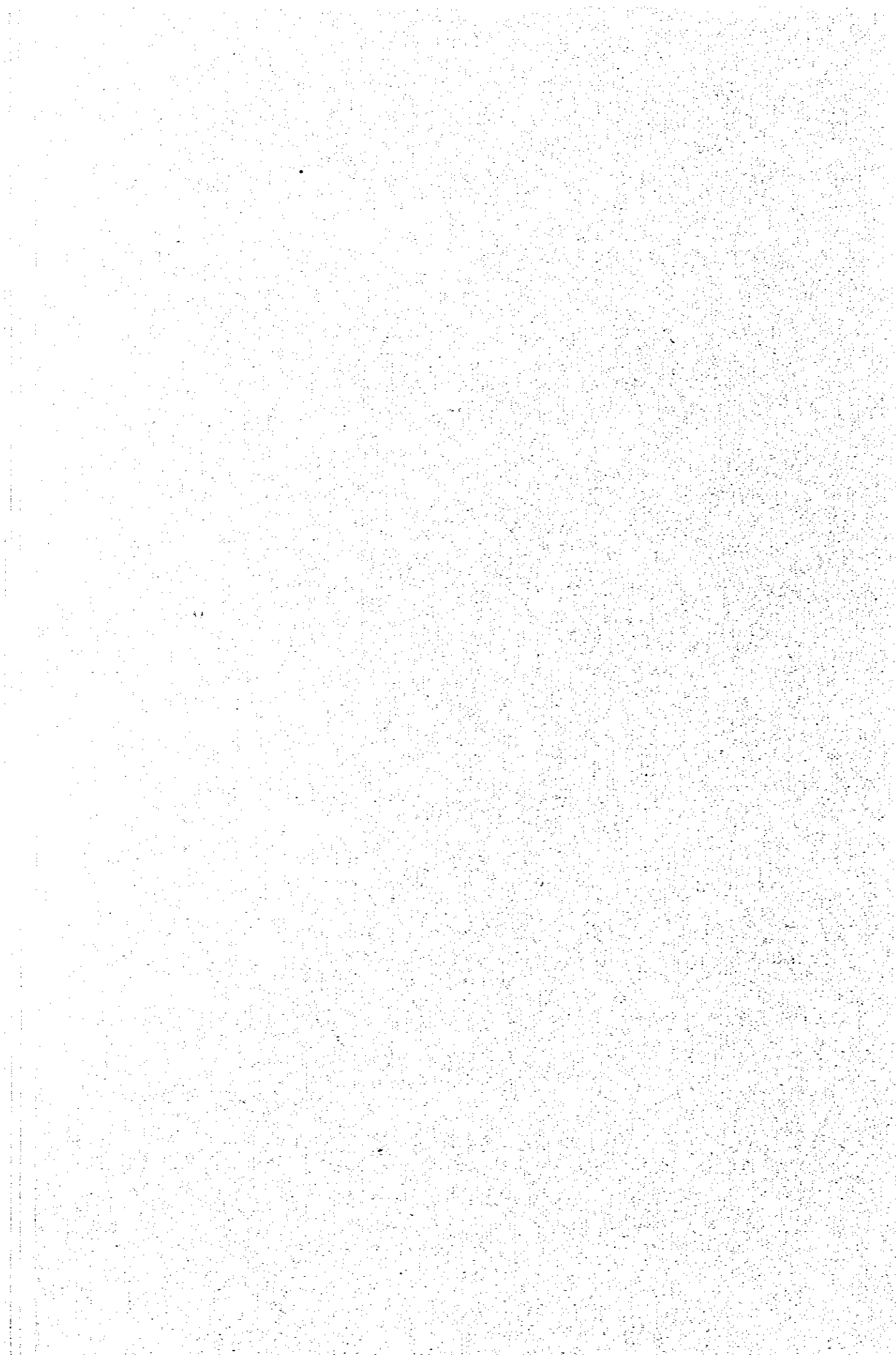
以上の経済費用を整理し直すと、表5-15のような経済費用のフローを得ることができる。

表5-15 都市施設関連経費フロー

単位：百万円

費 用 項 目		操業度 (トン/日)	建 設 期 間			残 存 価 値
			初年次	2年次	3年次	
鉾山会社負担鉾山都市建設費	造 成 費	30,000	7,528	-	-	△ 3,613
		20,000	5,475	-	-	△ 1,752
	水道・電気設備費	30,000	-	2,845	-	△ 1,366
		20,000	-	2,069	-	△ 662
	下水道施設費	30,000	-	3,908	-	△ 1,876
		20,000	-	2,761	-	△ 883
	鉾山労働者住宅建設費	30,000	-	4,6085	4,6085	△ 14,241
		20,000	-	3,2781	3,2781	△ 20,980
	鉾山会社施設建設費	30,000	-	171	171	△ 164
		20,000	-	123	123	△ 79
合宿所施設建設費	造 成 費	30,000	1,369	-	-	-
		20,000	1,095	-	-	-
	施設建設費	30,000	-	11,696	11,696	-
		20,000	-	8,824	8,824	-
公共団体・一般民間負担鉾山都市建設費	交通施設建設費	30,000	5,130	-	-	△ 2,462
		20,000	3,848	-	-	△ 1,231
	造 成 費	30,000	3,695	-	-	△ 1,774
		20,000	2,943	-	-	△ 942
	水道・電気設備費	30,000	-	1,397	-	△ 670
		20,000	-	1,112	-	△ 356
	下水道施設費	30,000	-	1,383	-	△ 664
		20,000	-	1,087	-	△ 348
	サービス人口等住宅建設費	30,000	-	17,207	17,207	△ 16,519
		20,000	-	13,526	13,526	△ 8,657
	公共施設・商業施設建設費	30,000	-	4,641	4,641	△ 4,455
		20,000	-	4,166	4,166	△ 2,666
	公園施設整備費	30,000	-	836	836	△ 803
		20,000	-	532	532	△ 341
合 計	30,000トン/日	内貨部分	15,950	81,152	72,572	△ 70,746
		外貨部分	1,772	9,017	8,064	△ 7,861
	20,000トン/日	内貨部分	12,024	60,283	53,956	△ 35,007
		外貨部分	1,337	6,698	5,995	△ 3,890
	合 計	30,000	17,722	90,169	80,636	△ 78,607
		20,000	13,361	66,981	59,952	△ 38,897

第6章 輸 送 計 画



第 6 章 輸 送 計 画

第 1 節 輸送計画の課題

1-1 主な調査対象事項

鉱山の開発に伴って発生する輸送需要を内容的にみると次の通りとなる。

- ① 銅及びモリブデンの精鉱の選鉱所（鉱山）から引渡地（ブエノスアイレス）までの輸送。
- ② 採鉱や選鉱のために必要な資材（部品、機械器具、試薬等）の調達地（ブエノスアイレス）から鉱山までの輸送。
- ③ 鉱山と鉱山都市（ロスサルミエントス）とを連絡する人及び物の移動。

精鉱の輸送については、

- ① 鉱山から精鉱の国際価格の設定場所であるブエノスアイレスまで、銅及びモリブデンを精鉱のまま輸送することを基本条件に輸送計画を策定し、輸送費用を算定する。

その他に特に銅については、

- ② ラアルンプレラ鉱山がアンダルガラに計画を予定している銅精錬所を利用する場合と、
- ③ エルパチョン鉱山がバレアルに計画を予定している銅精錬所を利用する場合を仮定して、それぞれの輸送計画を策定し、輸送費用を算定しておき総合評価の検討に資する。

最適な輸送計画を作成する過程で、いくつかの大きな意思決定が伴う。まず、(1) 鉱山からチレシート市までは 20 トン積をミトレラーによる道路輸送とし、道路建設ルートを決める必要がある。(2) それに続くチレシート市以降については、基本的に道路輸送を延長するのか、鉄道輸送に連絡するのかという大きな選択が残されている。ここでは道路輸送と鉄道輸送のそれぞれの財務費用と経済費用を算出し、第 5 節において総合的な検討を加えた上で最適輸送計画を決定する。¹⁾ また輸送計画の中にはこの他に、銅精鉱あるいは電気銅を輸出すると想定した場合の積出港の使用等に関する費用見積も含まれている。

1-2 道路輸送の背景と課題

アルゼンチンの国道は 1977 年現在で総延長約 4 万 7,500 Km、その凡そ 50% が既に舗装されている。一方、州道のうち約 6 万 8,800 Km が主要幹線道路でその 22% が舗装道路である。他に 9 万 4,000 Km の補助幹線道路があるが舗装率はわずか 2% にすぎない。州道に

(注) 1) なお、財務費用とは鉱山会社が直接支出する費用でこの場合は運賃を指し、最適輸送計画の策定の総体プロジェクト総合評価の財務分析のインプット項目となる。他方、経済費用とはセクターは問わず国の構成員がその輸送のために実質的に費した費用のことで、税金、赤字負担、税等のセクター間の内部移転は考慮に入れない。算出された経済費用は、最適輸送計画の策定の総体プロジェクト総合評価の経済分析のインプットとなる。

はさらに、砂利道あるいは土砂道からなる地方道路も含まれ、州道総延長は95万5,300Kmと推計される。

なおこれら道路ネットワークに対応する道路行政の責任は、以下のように分担されている。国道の計画、建設及び維持は国家道路局（Dirección Nacional de Vialidad）が担当しており、公共事業省（Ministerio Transporte y Obras Públicas）の監督の下にはあるが独立した機能を有している。フェノスアイレスに所在する道路局本部では予算や開発計画の調整そして経済的・技術的な研究を行っている一方、全国24カ所に設けられた支局では本部との密接な連絡のもとに工事監督や道路の維持管理に努めている。また、州道の方は、州道路局（Dirección Provincial de Vialidad）が基本的に計画から管理までを任されている。

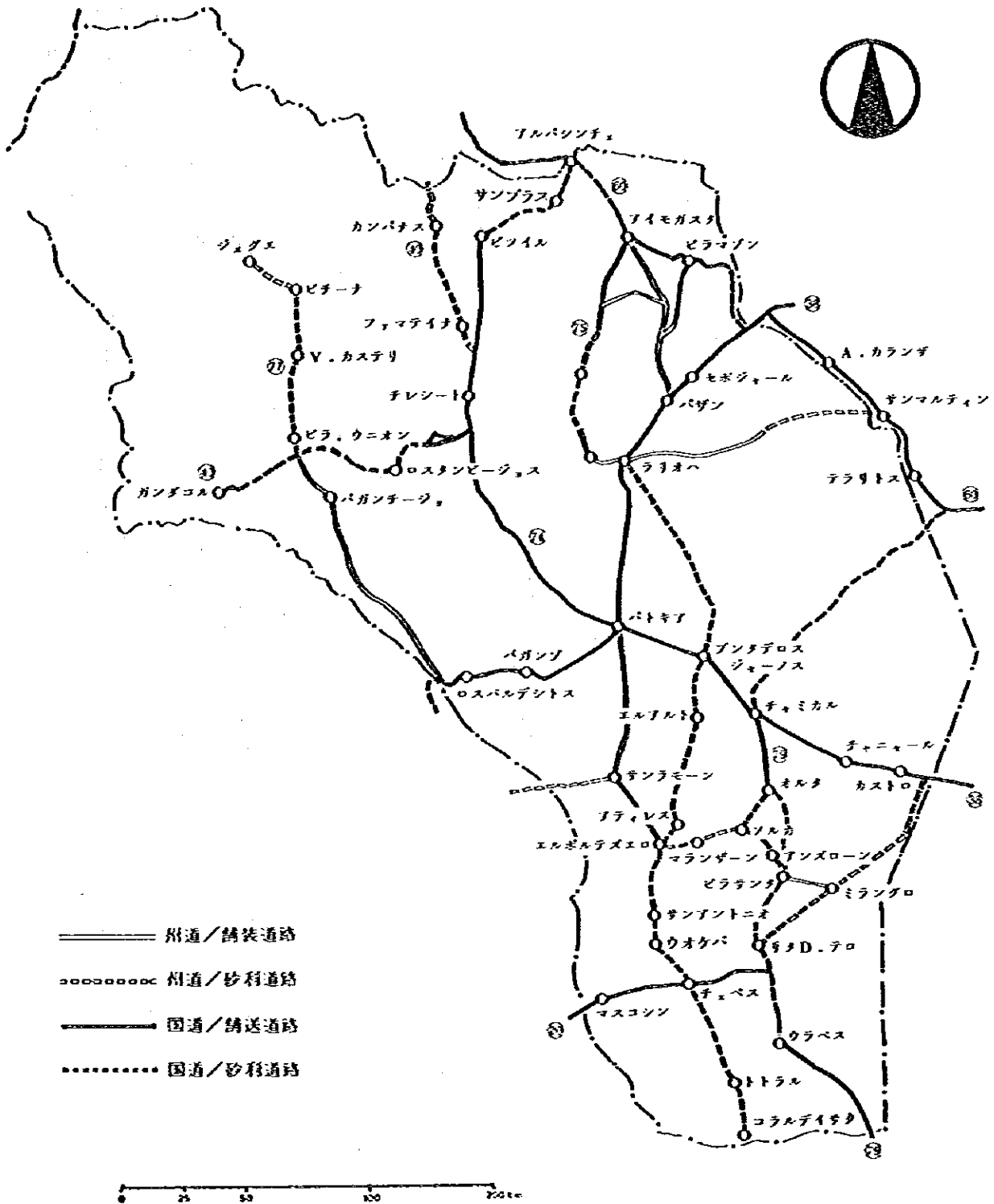
さて、図6-1は、ラリオハ州における国道と州道の既存ネットワークを示したものである。この図から明らかなように、鉱山を下りるとファマティナ村付近（ロスコラレス）あるいはチレシート市付近（ガンチンGuanchin北西6Km地点）において既存の道路ネットワークに連絡することができる。しかしながら、現在は鉱山からこれらの地点までは、採鉱のために切り開いたロスコラレスまでの仮道があるだけである。従って、道路輸送計画の最初の課題は、この間の道路建設であり、結果的に最速ルートとして選択された鉱山ーロスコラレス間の道路建設は「鉱山ーロスコラレス間道路建設計画」として第3節で取り扱われる。この鉱山ーロスコラレス間の道路は当プロジェクトの専用道路であり、建設費及び維持費も鉱山会社の負担となるものである。

なお、鉱山からチレシートまではラノヒカーナ鉱山時代の1913年に建設された索道（空中ケーブル）が残っているが、①既に耐用年数を過ぎており、②構造や機構が旧式で当プロジェクトの発生輸送量には使用に耐えないことなどから、利用は不可能であると判断した。また、鉱山ーチレシート間について、このような索道の新たな建設を含めて、パイプラインなど道路以外の輸送手段も理論上は考えられるが、①輸送対象が精鉱の搬出だけでなく大型機材を含めて精鉱とほぼ同重量の資材を搬入する必要があること、②鉱山開発の近代技術を経験的にみて道路輸送が最も効率的であると判断されることなどから、鉱山ーチレシート間は道路輸送が最速であるとの結論を得た。

ロスコラレス以降は前述のように既存道路ネットワークを利用することができる。利用する既存道路の一部を改良あるいは補修する必要があるかどうかについては、以下のように考えられる。

- (i) 図6-2は国道の典型的な横断面図である。通常の維持がなされていれば、当プロジェクトにより新たに発生する20トン積セミトレーラーによる1日20台前後の交通量増加に対しては特に改良の必要はないと考えられる。ただ、国道74号線チレシートーパトキア間の一部については、①表層に亀裂があり現状で既に補修工事を必要とする区間、②枯川横断地点の凹部の障害性の高い箇所、③現在は簡易舗装のままになっている区間が存在

図6-1 ラリオハ州既存道路網



する。これらの区間について、道路局では既に改良工事（一部区間については既存道路を廃止し平行する道路を新設する工事）を計画している。しかしながら、①この改良計画が当プロジェクトの進捗とは全く無関係に進められていること、②この区間の現在1日当り平均交通量412台を考慮すると改良計画全体のうち当プロジェクトが受ける恩恵はあまり大きくはない。従って財務分析はもちろん経済分析においても改良工事費のうちの当プロジェクトの負担分はみないものとする。

- (2) 結果的に当プロジェクトの輸送トラックは、国道40号線ファマティナ方面からチレシート市街地を通り抜けて国道74号線に至ることになるので、市街地を迂回するバイパス建設の必要性が出てくる。しかしながらこのバイパス建設については、当プロジェクトとは全く無関係に既にチレシート市と社会福祉省（Ministerio de Bienestar Social de la Nación）が長年の懸案として計画を進めている。従って、前述の国道74号線の改良計画の場合と同様の理由で、このバイパス建設費のうちの当プロジェクトの負担分はみないものとする。

- (3) ファマティナから国道40号線への分岐点までの15Kmは舗装された州道であり、図6-2の国道の横断面図に準じた設計がされており、問題はないと考えられる。この区間の道路の維持費については、財務分析上州の負担になることは疑いがない。ところが、交通量のうちの相当の部分が当プロジェクト関連であることを考慮すると、経済分析上はある程度当プロジェクトの負担分をみる必要があるかもしれない。しかしながら、①この区間が既存道路であること、②現状でも日平均交通量215台を擁して、予想される当プロジェクト関連の発生交通量を上回ることなどから、経済分析上も当プロジェクトの負担分をみないこととした。

- (4) 現在、チレシートーアンダルガラ間のうちの128Kmの国道及びアンダルガラーコルドバ間のうちの106Kmの国道は砂利道路となっており、道路状況は良好である。当プロジェクトにより発生する交通量により、これらの区間の舗装工事計画の投資が正当化されるかどうかに興味を持たれる。しかしながら、アンダルガラ経由ルートに発生する当プロジェクトの日交通量は10台以下である一方、これらの区間の舗装化に必要な日平均交通量は500台（章末付1参照）であるので、当プロジェクトはこれらの区間の舗装化の主要因にはなり得ない。従って、これらの区間の舗装計画が実現する時期がきても、その工事費の一部を当プロジェクトの経済分析の費用に加える必要はないと考えられる。

- (5) 現在、ロスコラレスーファマティナ間17Kmの州道は砂利道路である。そのうち30%の区間については道路状況も良好で幅員も2車線相当分あるが、あとの70%の区間については拡張を含めた改良工事を必要とする。この道路は州道であるため改良工事費及び以後の維持費については財務分析上は州の負担となる。しかし、前述のように交通量の大半が当プロジェクト関連であるところから、経済分析では改良工事と維持費それぞれの、80%を当プロジェクトの負担とみなすこととする。

1-3 鉄道輸送の背景と課題

アルゼンチンの鉄道は、現在のように自動車輸送が発達していない時代に建設されたままであり、このままの状態での近代化投資は意味をなさないため、近代化の前に多くの合理化計画が進められている。すなわち、国鉄は巨額の赤字を抱かえているため投資計画のPhase Iとして3つの主要政策(①多額の投資をする、②少額の投資をする、③投資を行わない)を基本にして計画を立案している。

貨物輸送については穀物、砂糖、セメント、石油、ワイン、鉄鉱の6種の輸送に重点をおいているが、旅客については、ブエノスアイレスを中心にコルドバ、メンドーサ、バリローチェ等、主要都市間及び通勤輸送を除き路線の廃止を計画している。このような基本方針に基づき、合理化方策として、鉄道営業キロについては、1976年に4万2,000 Kmだったのを1981年には2万8,000 Kmに縮小する計画である。現在までに6,000 Kmを廃線、450駅を廃止、3つの鉄道工場を閉鎖し、職員数は15万8,000人から10万5,000人へと約5万人が削減された。

このような状況において、本プロジェクトで生産される銅の輸送ルートと考えられるベルグラノー線のうちチレシートーセレスエラ間は1年間の廃止猶予線となっており、輸送需要に応じて列車が運転されている。また同じくベルグラノー線の¹⁾チュンビーチャーレオ間は廃止されているため、アンダルガラ精錬所(仮名)からブエノスアイレスへ輸送するためには、バトキアまで同じ線に戻らなくてはならない。チレシートーセレスエラ間については、廃止後設備を除去しないので3~4年間は現設備を使えるものとした。

(注) 1) ベルグラノー線の概要

軌 間: 1,000 m
軌 道 延 長: 1万688 Km
軌 道 状 態: 94%以上
動 力 方 式: 2,305.5万Kmのうち91.3%はディーゼル運転
輸送量: 旅客: 12億5,150万人・Km/1978年
貨物: 33億7,920万トン・Km/1978年

営 業 経 費: 1,362億ペソ
営 業 収 入: 610億ペソ

サンマルティン線の概要

軌 間: 1,676 m
軌 道 延 長: 4,523 Km
軌 道 状 態: 95%以上
動 力 方 式: 1,025.6万Kmのうち100%はディーゼル運転
輸送量: 旅客: 16億2,340万人・Km/1978年
貨物: 32億8,540万トン・Km/1978年

営 業 経 費: 662億ペソ
営 業 収 入: 610億ペソ

1-4 輸出港利用の背景と課題

輸送計画の策定に際して、モリブデン、銅精鉱、電気鋳を国際価格と比較するために輸出港としてどの港を使用するかということが問題になる。可能性として挙げられる港は、国内では①ブエノスアイレス港、②ロザリオ港、そして③ソミサ港（政府系製鉄所である Sociedad Mixta Siderurgia Argentina が所有する港で、パラナ川に面するサンニコラス市に位置する）の3つである。

このうちまずソミサ港についてはお頭 980 m のうち 300 m にあたる 3 バースが設備的には使用可能であるが、製鉄所が通常稼動している時は鉱石輸送に使用を譲る時間的余裕がないという状況である。またロザリオ港を使用するには、船がパラナ川をブエノスアイレスから約 320 Km 航行しなければならないし、輸出先や運航計画が全く未定の現段階では船の大きささえも特定することができないなど問題が多い。また国内の3つの港の他、国外ではチリのコピアポ港（Copiapó）も可能性としては挙げられるが、①輸送ルートにあたるパソサンフランシスコ峠が凍結のため11月から3月までの5カ月間だけしか通行できないこと、②チリとの政治的問題から輸送の長期的な確実性が必ずしも保証されない、などの問題を残している。以上の点を考慮して、当プロジェクトでは制約条件の少ないブエノスアイレス港を使用することを前提として輸送計画を策定する。

なお、ブエノスアイレス港の港使用料は凡そ230ペソ/トン・日である。また運航計画によってかなり左右されるのであるが、水先案内、接岸、曳航の費用として1140ペソ/トンを見積っておく必要がある。従って、鉱石1トン当りの港使用料合計は1370ペソとして分析を進める。また、港使用料の経費費用については、財務費用から税金等の内部移転部分を10%差し引いて求め、かつ外貨部分の占める割合を30%として計算する。

第2節 輸送代替案の作成

2-1 発生輸送需要の算定

鉱山と鉱山都市候補地であるロスサルミエントスとの間の人や物の移動のための平日の交通量は、乗用車、大型・小型トラック、バスなどを含めて100台前後と予想される。また、第5章で述べたように当プロジェクトでは鉱山都市がロスサルミエントスに計画されることから、鉱山に勤務する労働者が週末を鉱山都市で過ごすため金曜日や月曜日にこの間を移動する。主として、50人乗りのバスを利用するとして、鉱山と鉱山都市の間の交通量は、この週末の前後の日には凡そ200台前後と予想される。なお、この労働者の通勤にかかる輸送費は、鉱山会社の一般管理費の方に含めて計算しておく。

その他の輸送量としては、1983年を初年度に3年間予定されている建設期間中に、操業度3万トン/日の場合で延10万トンの建設用機材の搬入が必要となる。これは、機材の調達地であるブエノスアイレスから鉱山へ運び込まれるもので、その建設期間3カ年の内訳は表6-1、2のようになる。

2-2 代替輸送ルート及び輸送手段の整理

(1) 代替輸送ルート

表6-1 発生輸送需要量（銅及びモリブデン精鉱、電気銅、資材）

輸送対象		操業度 30,000トン/日		20,000/日	
		トン/日	トン/年	トン/日	トン/年
銅 精 鉱	選鉱所 → 引渡地	200	59,000	130	39,000
電 気 銅	製錬所 → 引渡地	37	11,000	24	7,200
モリブデン精鉱	選鉱所 → 引渡地	27	8,100	18	5,400
資 材	調達地 → 鉱 山	200	60,000	134	40,000

(注) ・粗鉱採掘量は { 操業度3万トン/日の場合 900万トン/年となる。
 { 2万トン/日 600万トン/年 }

・粗鉱品位は、銅0.17%、モリブデン0.0604%とする。

・選鉱実収率は、銅、モリブデンとも70%とする。

・精鉱品位は、Cu 20%、MoS₂ 85%とする。

・輸送の対象となる精鉱は、銅、モリブデンとも乾鉱の8%の水分を含むとする。

・資材には、採鉱や選鉱に使用する部材、機械器具、試薬等が含まれ、調達地はブエノスアイレスとする。

・年間操業日数は300日とする。

表6-2 発生輸送需要量（建設用機材）

単位：トン

年	操業度	30,000トン/日	20,000トン/日
建設初年度		30,000	21,000
建設2年目		40,000	28,000
建設3年目		30,000	21,000
建設期間3ヶ年合計		100,000	70,000

このように発生する輸送需要量に対して、輸送の代替ルートとしては前節で設定したように3つのケースを検討するが、そのそれぞれを以下のように呼ぶことにする。

- ① ケースⅠ（ブエノスアイレス直行ルート）— 鉱山から引渡地であるブエノスアイレスまで、銅、モリブデンとも精鉱のまま輸送する場合。
- ② ケースⅡ（アンダルガラ経由ルート）— 特に銅について、鉱山からラアルンプレラまで精鉱で運び、そこで精錬された電気銅を引渡地であるブエノスアイレスまで輸送する場合。
- ③ ケースⅢ（バレアル経由ルート）— 特に銅について、鉱山からバレアルまで精鉱で運び、そこで精錬された電気銅を引渡地であるブエノスアイレスまで輸送する場合。

なお、ケースⅡ、ケースⅢの場合にも、モリブデンについては精鉱のまま鉱山からブエノスアイレスへ直行して輸送するものとする。またいずれのケースにおいても、操業に必要な資材及び初期の建設機材の搬入は、ブエノスアイレスから直行して鉱山に輸送することとなる。これら3つの輸送ルートを、道路に沿って地図に示したのが図6-3である。

(2) 代替輸送手段

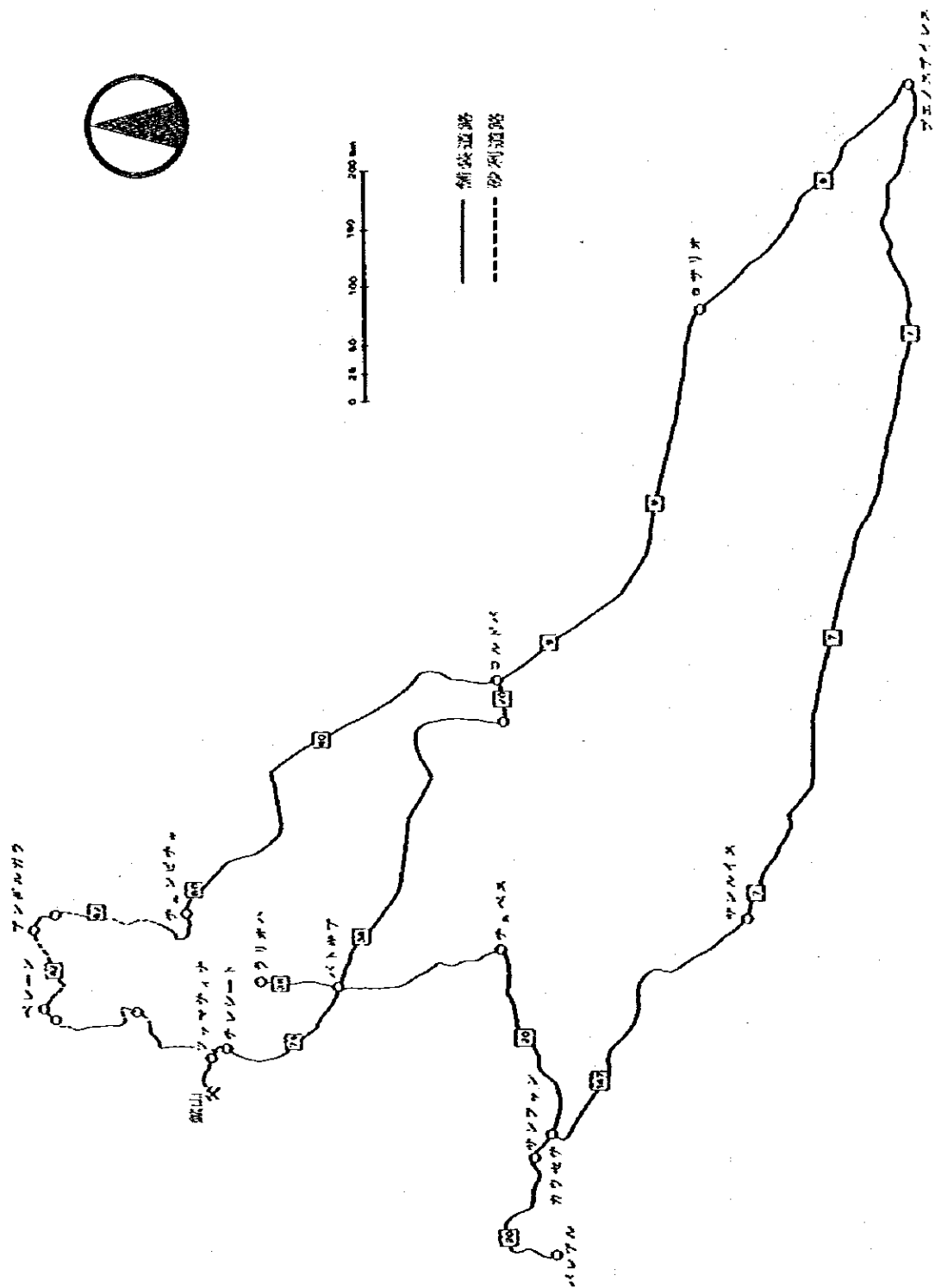
さらに、このような代替輸送ルートについて、鉄道か道路かの輸送手段にも考慮を加えて代替輸送案を整理すると、次のようである。前節で紹介したように、鉱山—チレシート間はいずれのケースでも20トン積セミトレーラーによる道路輸送となるわけである。この区間の最速ルートとして選定されたロスコラレスルート（詳細説明は次節参照）の道路建設後の距離と状況は、表6-3の(1)に示したとおりである。チレシート以降の輸送がどういうルートあるいは手段をとろうと、この鉱山—チレシート間の道路輸送を経ることになる。¹⁾

これに続くチレシート以降の輸送については、3つのルートとも鉄道輸送か道路輸送かの代替手段の選択の余地が残されている。そのうち道路輸送を行うとした場合の各ルートの道路の距離及び状況は、表6-3の(2)にまとめられている。この表6-3の(1)を(2)の各ルートに結ぶと、鉱山からブエノスアイレスまでの各ルートの距離と道路状況を得る。その結果が表6-3の(3)であり、道路輸送手段を選択した場合のブエノスアイレス直行ルート、アンダルガラ経由ルート、バレアル経由ルートを以後それぞれケース㉔-Ⅰ、ケース㉔-Ⅱ、ケース㉔-Ⅲと呼ぶこととする。

それに対してチレシート以降を鉄道利用する場合のこれら3つのルートをとる輸送代替案を、それぞれケース㉔-Ⅰ、ケース㉔-Ⅱ、ケース㉔-Ⅲと称することにする。すなわち、鉄道による輸送は、Qベルグラノー線の鉱山への最寄駅がチレシート駅であるため、①ここからブエノスアイレス港へ精鉱を輸送する場合、②アンダルガラ精錬所（仮名）へ

(注) 1) ただし、アンダルガラ経由ルートを道路輸送する場合のみ、ファミティナから国道40号線に出るとチレシートとは逆の方向に北上することになる。

图 6-3 道路修建计划图



精鉱を運び、アンダルガラから電気銅をブエノスアイレス港へ輸送する場合、③バレアル精錬所（仮名）へ精鉱を搬入するために、最寄駅のサンファンまで精鉱を運び、電気銅をメンドーサからブエノスアイレス港に運ぶ場合の3仮定において、それぞれ最短距離を代替ルートとして選んだ。

①の場合のルートは、チレシートからバトキア、コルドバ、ロザリオ、ブエノスアイレスのレティロに至る1,269Kmである。

②の場合のルートは、チレシートからバトキア、セボジャールを経てアンダルガラへ精鉱を433Km運びアンダルガラから電気銅をセボジャール、バトキア、コルドバ、ロザリオ、ブエノスアイレスのレティロへ1,446.3Kmを運ぶ。

③の場合は、精鉱をチレシートからバトキアを経てセレスエラ、サンファンまで651Km運び、電気銅をメンドーサからサンマルティン線でレティロへ1,049Km運ぶ。

表6-3 道路輸送代替ルートの距離と道路状況

(1) 鉱山——チレシート間

単位：Km

輸送区間		道路状況	総延長	舗装道路	砂利・土砂道路	
					平地	山地
全ケース共通	鉱山——チレシート間		82	35	17	30
	鉱山——ロスコラレス		30	0	0	30
	ロスコラレス——ファマティナ		17	0	17	0
	ファマティナ——チレシート		35	35	0	0

(2) チレシート——ブエノスアイレス間

単位：Km

単位: km

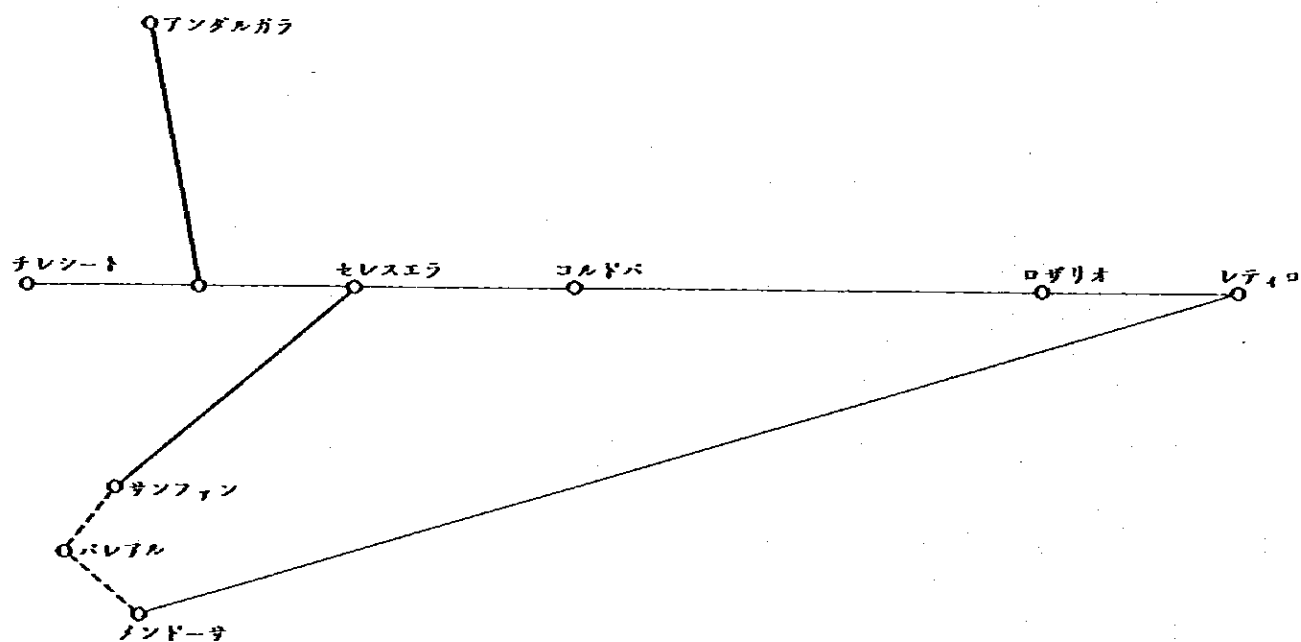
輸送区間		道路状況	総延長	舗装道路	砂利・土砂道路	
					平地	山地
ケースⅠ	ブエノスアイレス直行ルート		1,217	1,217	0	0
	チレシート — コルドバ		508	508	0	0
	コルドバ — ブエノスアイレス		709	709	0	0
ケースⅡ	アンダルガラ経由ルート		1,592	1,358	234	0
	{	銅精鉱輸送距離	303	175	128	0
		電気銅輸送距離	1,289	1,183	106	0
	チレシート — アンダルガラ		303	175	128	0
	アンダルガラ — コルドバ		580	474	106	0
	コルドバ — ブエノスアイレス		709	709	0	0
ケースⅢ	バレアル経由ルート		1,974	1,974	0	0
	{	銅精鉱輸送距離	673	673	0	0
		電気銅輸送距離	1,301	1,301	0	0
	チレシート — バレアル		673	673	0	0
	バレアル — サンルイス		519	519	0	0
	サンルイス — ブエノスアイレス		782	782	0	0

(3) 鉱山——ブエノスアイレス間

単位：Km

輸送区間		道路状況	総延長	舗装道路	砂利・土砂道路	
					平地	山地
ケース ①	ブエノスアイレス直行ルート		1,299	1,252	17	30
	欽山——コルドバ		590	543	17	30
	コルドバ——ブエノスアイレス		709	709	0	0
ケース ②	アンダルガラ経由ルート		1,604	1,323	251	30
	{	銅精鉱輸送距離	315	140	145	30
		電気銅輸送距離	1,289	1,183	106	0
	欽山——アンダルガラ		315	140	145	30
	アンダルガラ——コルドバ		580	474	106	0
	コルドバ——ブエノスアイレス		709	709	0	0
ケース ③	バレアル経由ルート		2,056	2,009	17	30
	{	銅精鉱輸送距離	755	708	17	30
		電気銅輸送距離	1,301	1,301	0	0
	欽山——バレアル		755	708	17	30
	バレアル——サンルイス		519	519	0	0
	サンルイス——ブエノスアイレス		782	782	0	0

図 6 - 4 鉄道輸送ルート図



第3節 輸送施設の整備計画

3-1 道路の新設・改良及び維持計画

(1) 欽山ーロスコラレス間道路建設計画

ルート選定：欽山と既存道路ネットワークを結ぶのに3つの代替ルートがあるが、それらが選定所の所在するクェバデベレスを起点として図6-5に示されている。ここで、地形図、現地踏査、そして図6-6の縦断面図を参考に、各ルートの状況に考察を加える。

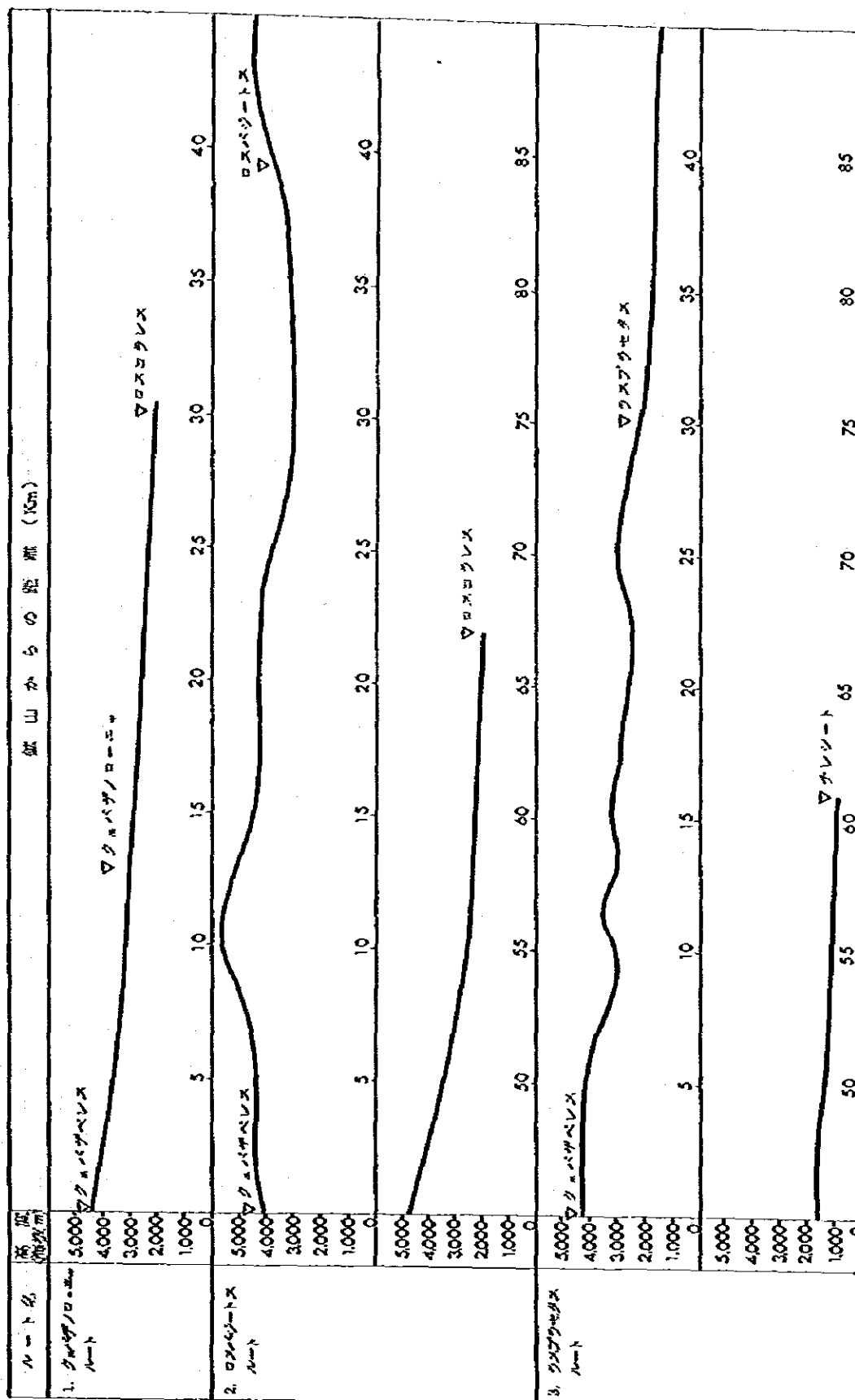
① クェバデノローニャルート：クェバデベレスからクェバデノローニャを通ってロスコラレスに至り、既存州道に連絡するルートで、建設区間距離は30Kmである。このルートに採鉱のための仮道が開発されている。このルートは勾配も比較的緩やかでかつ地質的にも道路建設に適している。勾配をみると、クェバデベレスから最初の7~8Kmは6~10%で局所的に15%前後を含む程度であり、あとの22~23Kmの区間は4~7%でごく局所的に10%近いところが見られるにすぎない。また地質的にみても、クェバデノローニャの南方の約3Km区間は凡そ90%程度岩質（結晶片岩）でダイナマイト爆破等による施工に頼らざるを得ないが、それより南側の11Km区間では約80%また北側の17Km区間では約90%がれき質で、ブルドーザだけによる開発が可能とみられる。

② ロスバジートスルート：やや西寄りのロスバジートスを経由してロスコラレスに至るルートも、採鉱のための仮道建設の際に試みられた。しかし、道路建設区間が凡そ60Km位に長くなること、及び20%程の急な勾配の区間を含んでいることなどから断念されたといういきさつがあり、道路建設にはあまり適していない。

③ ラスブラセタスルート：第3の代替ルートとして、クェバデベレスから南東方向へラスブラセタスを通って、グアンチンの北西6Km地点で既存州道に連絡するルートが、1979年に州道路局によって現地踏査されている。このルートの建設区間は37Kmであるが、勾配と地質に関して次のような問題がある。まず、クェバデベレスとラスブラセタスの間3つの区間において各数Kmに渡って、勾配15%程度の急な部分が存在する。また、このルートの最初と最後は80%以上がれき質でブルドーザによる道路開発が可能とみられるのに対して、中間のクェブラーダデルティグレとミナデルオロの間約8Kmがほとんど岩質でダイナマイト爆破による施工が必要となる。

ロスバジートスルートは給外として、クェバデノローニャルートとラスブラセタスルートを比べる時、次のようなことが理解できる。クェバデノローニャルートをとるとクェバデベレスからチレシートまでは82Kmに及ぶのに対して、ラスブラセタスルートでは同じく61Kmにしか過ぎない。しかしラスブラセタスルートは2,800mという高度差があり許容最急縦断勾配を10%とすると、道路線形設計においてかなりの迂回が必要であり、結局はクェバデノローニャルートをしのぐ優位性は薄れる。この点に、①地質条件、②道路建設区間距離、③既存仮道の利用可能性といった面も考慮すると、明らかにクェバデノローニャルートの方が道路建設に適していると判断される。

図 6-6 鉾山-テラレシート間道路縦断面図



建設工事費：クェバデベレスーロスコラレス間の交通量は①鉱山ー鉱山都市を結ぶ輸送が平日で100台、週末の前後日で200台、②精鉱・資材を運搬する20トン積セミトレーラーが20台前後で、これに③その他の付属的な交通量（たとえば、訪問者やセールスマンなど）を含めても、1日平均交通量にして200台には達しないと予想される。これは舗装道路建設を正当化するのに充分ではなく（章末付①参照）、砂利道建設の方が経済効率がよいと判断される。車線幅員4.5m、路肩幅員1.0mとして、砂利道路を30Km建設する。費用は以下のように求められる。ただし、30Kmの全てが山地であり、うちれき質区間が23.6Km、岩質区間が6.4Kmである。

砂利道路建設費は、れき質区間で1億2,400万ペソ/Km、岩質区間では路盤工事費がかさむため2億2,000万ペソ/Kmと凡そ見積られる。これを当該ルートに適用すると、建設費は43億3,200万ペソとなる。なお、軍（ラリオハ市に駐在する第141建設工兵大隊－Batallón de Ingenieros de Construcciones）が道路建設に協力する場合は軍は人件費を見ずに機械使用費や材料費の実費だけを請求するため、通常の建設費の40%すなわち24億8,300万ペソと見積ることができる。

この他に、のり面保護のための擁壁や枯川横断部の川底敷の建設のためにコンクリート工事が必要となり、その工事費は道路線形設計がなされるまでは把握しにくいだが、ここでは7億5,000万ペソと仮定する。従ってコンクリート工事費を加えると、一般業者施工の場合では工事費合計は50億8,200万ペソとなる。一方、軍はコンクリート工事の技術を持たないためこの工事だけは一般業者に請負わすことになり、軍の施工の場合の工事費合計は24億8,300万ペソとなる。さらに実際の道路線形設計に当っては、許容最急横断勾配の制約から道路建設区間が30Kmより長くなったり、20トン積セミトレーラーのために自給部の拡張や待機のため補助車線が必要となることなども考えられる。従って、上のように計算された工事費合計に対して、15%の臨時費用をみておくこととする。

結論的に、鉱山ーロスコラレス間道路建設計画の費用は、一般業者施工の場合で58億4,500万ペソ、軍施工の場合で28億5,400万ペソとなる。これが鉱山会社の負担となる財務費用であり、一方の経済費用については、一般業者施工の場合の費用から税金等の内部移転部分として5%を差引き、55億5,100万ペソと考える。この経済費用のうち、機械に伴う費用が約35%で、さらにその約80%が外貨部分であるところから、外貨部分が経済費用で占める割合は30%と仮定する。

維持費：建設される鉱山ーロスコラレス間道路の年間維持費は、地形条件も考慮して、594万ペソ/Kmとおおよそ見積られる。従って、30Kmの区間の維持のための財務費用は、年間1億7,800万ペソとなる。また、維持のための経済費用については、建設費の場合と同様内部移転部分としての5%を差し引いて1億6,900万ペソ/年とした。なお

維持費の場合は経済費用のうちの外貨部分の占める割合については、10%と仮定する。

鉱山—ロスコラレス間道路の以上の建設費と維持費を整理すると、表6-4のようになる。

表6-4 道路の新設・改良・維持計画の費用

単位：百万ペソ

		欽山—ロスコラレス間 道路建設計画	ロスコラレス—ファマティナ間 道路改良計画	道路整備 合計	
財務費用	一般業者施工 の場合建設費	5,844	—	5,844	
	軍施工の場合 建設費	2,855	—	2,855	
	年間維持費	178	—	178	
経済費用	建設費	内貨部分	3,886	758	4,644
		外貨部分	1,665	325	1,990
		合計	5,551	1,082	6,634
	年間維持費	内貨部分	152	58	210
		外貨部分	17	6	23
		合計	169	64	233

(注) ロスコラレス—ファマティナ間道路改良計画の財務費用はラリオハ州の負担となり、鉱山会社の財務分析には含まれない。

(2) ロスコラレス—ファマティナ間道路改良計画

建設工事費：既存のロスコラレス—ファマティナ間17kmの州道のうち、約70%の12km区間の砂利道路について、拡幅を含めた改良工事を必要とする。この区間の交通量は現在日平均20台にも満たないとみられ、当プロジェクトが実施された後でも200台を下回るとみられる。一方この道路の舗装工事投資を正当化するのに必要な日平均交通量は375台（章末付1参照）であり、周辺部の開発状況に大きな変化のない限り交通量がここまで増加する見込みはないところから、砂利道路としての改良にとどまる。

車線幅員4.5m、路肩幅員1.0mで設計すると、れき質、ほぼ平地という条件から、道路建設の財務費用はおおよそ1億300万ペソ/kmと見積られる。施工区間12km、臨時費15%として、建設費は1億4,400万ペソとなる。この財務費用は州が負担することとなり財務分析には含まれないが、これから税金等の内部移転部分を5%差し引き、経済費用1億3,300万ペソとする。第1節で検討したように、この経経済費用のうちで80%が当プロジェクトの負担とみなされることから、経済分析の費用は1億8,200万ペソとなる。なお、経済費用のうち外貨部分の占める割合は、鉱山—ロスコラレス間道路建設計画の場合と同様、30%と仮定する。

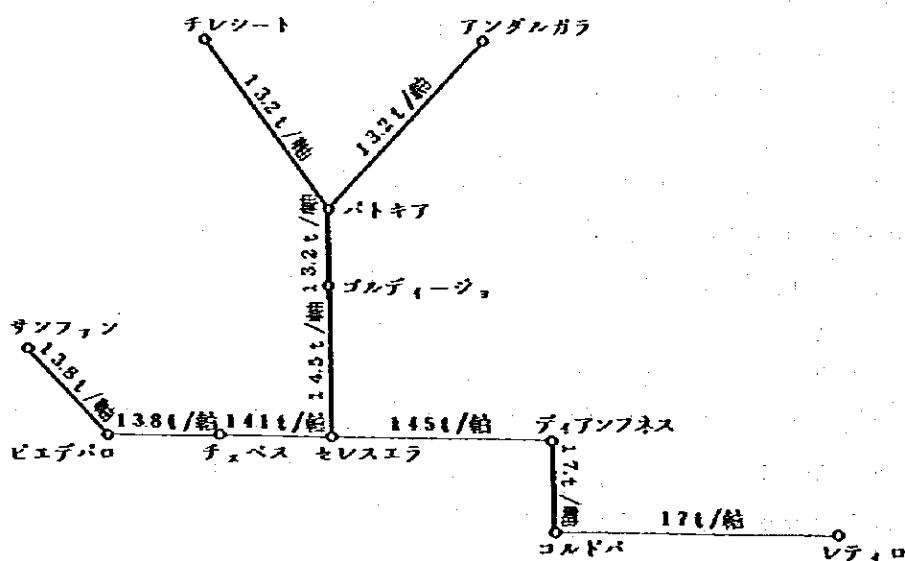
維持費：改良されるロスコラレスーファマティナ間道路の年間維持費は、地形条件も考慮しておおよそ495万ベソ/Kmと見積られる。従って、17Kmの区間の維持のための財務費用は年間8,415万ベソとなるが、これは州の負担となり財務分析には含まれない。経済費用についてはやはり5%の内部移転部分を差し引いて、7,940万ベソ/年と求められる。この区間の維持のための経済費用は、改良の建設費の場合と同じく80%が当プロジェクトの負担とみなされるところから、経済分析にインプットされる年間維持費は、6,395万ベソとなる。なお、このうち外貨部分の占める割合については、鉱山ーロスコラレス間道路の場合と同様、10%と仮定する。

ロスコラレスーファマティナ間道路に関する以上の建設費と維持費は、やはり表6-4にまとめられている。なお、維持費はプロジェクトライフの間毎年必要であるのに対して道路が全ての開発の基礎となるところから、建設費は建設期間の初年次に100%投資されることになる。また、整備された道路のプロジェクト終了後の残存価値は、みないものとする。

3-2 鉄道の改良計画

現在のベルグラノー線及びサンマルティン線の設備は、日産3万トン規模の場合においても軌道、橋梁等設備の大きな改良は必要ない。精鉱を運搬するベルグラノー線の軌道、橋梁、道床を含めた軌道負担力は、図6-7の通りである。最も弱い13.2トン/軸の箇所では、貨車は4軸だから、貨車当り52.8トンの負担力があり、貨車当り40トン積載し、貨車の自重10トンを入れても負担力内である。従って軌道設備の強化改良の費用はかからない。しかし、チレシート駅は精鉱の積載、資材の積降し、留置線等多少の改良を必要とするが、現有設備を充分に活用することを考えれば、この工事費用は無視できるものと考えられる。

図6-7 ベルグラノー線の軌道負担力



第4節 輸送費の算定

4-1 道路輸送の財務費用

トラック輸送の運賃に関して、表6-5はひとつの代表例としてのコルドバ貨物自動車輸送連合が定めている基本運賃体系の抜粋である。これは運輸局や法務省にも承認されている。しかしながら現実の契約に当っては一般的に運賃のゆがみが多様に見うけられる。当プロジェクトの輸送を委託する場合にも、①輸送発生が長期かつ定期的であること、②両方向の輸送が長距離にわたって発生することなどから、運賃の割引を期待することができる。

ラリオハ州政府鉱山局の収集による現行契約運賃の資料を検討した結果、以下のように運賃体系を想定することとした。

- (1) コルドバ貨物自動車輸送連合の運賃体系を基礎とする。
- (2) コルドバ貨物自動車輸送連合の基本運賃に加えて、次の2つの規定を採用する。
 - ①土砂あるいは砂利道路の場合は24.25ペソ/トン・Kmの運賃を割増する。
 - ②山地の場合は48.27ペソ/トン・Kmの運賃を割増する。
- (3) (1)及び(2)で求められる運賃に対して、
 - ①コルドバまたはサンルイスより南東部にあたるブエノスアイレス寄りについては、その運賃の85%を、
 - ②コルドバまたはサンルイスより北西部の地域については、その運賃の50%を、それぞれ契約運賃として想定する。コルドバを経由して長距離の輸送を行うわけであるが、距離はコルドバを起点として計り、この①、②の修正をそれぞれに施すものとする。そしてその合計をもって、想定運賃として財務分析に採用する。

この運賃算定方式に基づいて、道路輸送の財務費用を各代替案ごとに計算すると、表6-6にまとめられたようになる。ただし、発生輸送需要量は表6-1、表6-2に、また輸送距離と道路状況は表6-3にそれぞれ載せられている。

なお、財務費用については、このように輸送会社に委託する輸送運賃を求めるかわりに、鉱山会社内に輸送部門を設けた場合を想定して費用を求める方法も考えられる。その場合、輸送会社の運賃に含まれている利益などは除かれるが、逆に車両運転効率は輸送会社よりは低下し、道路状況等を考慮すると結局は輸送運賃と近似した費用になると予想される。

表6-5 トラック輸送の基本運賃

距離 (Km)	基本運賃 (ペソ)	距離 (Km)	基本運賃 (ペソ)	距離 (Km)	基本運賃 (ペソ)	距離 (Km)	基本運賃 (ペソ)
5	4,460	205	24,436	405	41,125	605	54,859
10	5,215	210	24,881	410	41,492	610	55,181
15	5,970	215	25,326	415	41,860	615	55,504
20	6,725	220	25,771	420	42,227	620	55,827
25	7,480	225	26,216	425	42,594	625	56,150
30	8,235	230	26,661	430	42,961	630	56,472
35	8,990	235	27,106	435	43,328	635	56,795
40	9,745	240	27,551	440	43,696	640	57,118
45	10,190	245	27,996	445	44,063	645	57,440
50	10,635	250	28,443	450	44,430	650	57,763
55	11,080	255	28,888	455	44,781	655	58,086
60	11,525	260	29,333	460	45,133	660	58,408
65	11,970	265	29,778	465	45,484	665	58,731
70	12,415	270	30,223	470	45,835	670	59,054
75	12,860	275	30,668	475	46,187	675	59,377
80	13,305	280	31,113	480	46,538	680	59,699
85	13,750	285	31,558	485	46,889	685	60,022
90	14,195	290	32,003	490	47,240	690	60,345
95	14,640	295	32,448	495	47,592	695	60,667
100	15,085	300	32,895	500	47,943	700	60,990
105	15,530	305	33,295	505	48,280	705	61,313
110	15,975	310	33,695	510	48,616	710	61,635
115	16,420	315	34,095	515	48,953	715	61,958
120	16,865	320	34,495	520	49,289	720	62,281
125	17,310	325	34,895	525	49,626	725	62,604
130	17,755	330	35,296	530	49,963	730	62,926
135	18,200	335	35,701	535	50,299	735	63,249
140	18,645	340	36,106	540	50,636	740	63,572
145	19,090	345	36,511	545	50,972	745	63,894
150	19,539	350	36,916	550	51,309	750	64,217
155	19,984	355	37,301	555	51,632	755	64,540
160	20,429	360	37,686	560	51,954	760	64,862
165	20,874	365	38,071	565	52,277	765	65,185
170	21,319	370	38,456	570	52,600	770	65,508
175	21,764	375	38,841	575	52,923	775	65,831
180	22,209	380	39,226	580	53,245	780	66,153
185	22,654	385	39,611	585	53,568	785	66,476
190	23,099	390	39,996	590	53,891	790	66,799
195	23,544	395	40,378	595	54,213	795	67,121
200	23,991	400	40,758	600	54,536	800	67,444

(出所) ゴルドバ貨物自動車輸送連合

表 6-6 道路輸送の財務費用

ケース①-I: 銅精鉱、モリブデン精鉱ともにブエノスアイレスへ直行輸送した場合。

ケース①-II: モリブデン精鉱はブエノスアイレスへ直行し、銅精鉱はアンダルガラへ運んだ後、電気銅としてブエノスアイレスへ輸送した場合。

ケース①-III: モリブデン精鉱はブエノスアイレスへ直行し、銅精鉱はバレアルへ運んだ後、電気銅としてブエノスアイレスへ輸送した場合。

ただし、いずれの場合にも建設用機材と操業用資材はブエノスアイレスから鉱山へ直行輸送するものとする。

代替案	操業度 (t/日)	建設用機材			精 鉱 } 計 電気銅 } (千ペソ/年)	資 材 (千ペソ/年)	精 鉱 } 計 電気銅 } 資 材 } (千ペソ/年)
		初 年 (千ペソ)	2 年目 (千ペソ)	3 年目 (千ペソ)			
ケース①-I	3 万	2,417,250	3,223,000	2,417,250	5,406,580	4,834,500	10,241,080
	2 万	1,692,080	2,256,100	1,692,080	3,577,530	3,223,000	6,800,530
ケース①-II	3 万	2,417,250	3,223,000	2,417,250	2,709,080	4,834,500	7,543,580
	2 万	1,692,080	2,256,100	1,692,080	1,788,730	3,223,000	5,011,730
ケース①-III	3 万	2,417,250	3,223,000	2,417,250	3,523,460	4,834,500	8,357,960
	2 万	1,692,080	2,256,100	1,692,080	2,327,000	3,223,000	5,550,000

4-2 道路輸送の経済費用

20トン積セミトレーラーによる輸送の経済費用は、各要素毎に以下のような方式により算定される。

(1) 設備費の走行1時間当り 等価費用

$$c = 4,992 \times 1.29 \div 6,400 \text{ ペソ/時間}$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{トラック基} \\ \text{本値} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{重量セミ} \\ \text{トレーラー補正值} \end{array} \right]$$

(2) 固定管理費

$$f = 3,082 \times 1.27 \div 3,900 \text{ ペソ/時間}$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{トラック基} \\ \text{本値} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{重量セミ} \\ \text{トレーラー補正值} \end{array} \right]$$

(3) 走行距離当り維持費 (タイヤ消耗費を含む)

$$o = \left(\begin{array}{c} 66 \times 2.51 + 94 \times 1.26 \end{array} \right) \times r \div \left[\begin{array}{c} \text{トラック基} \\ \text{本値} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{重量セミ} \\ \text{トレーラー補正值} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{トラック基} \\ \text{本値} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{重量セミ} \\ \text{トレーラー補正值} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{道路種類} \\ \text{による補} \\ \text{正值} \end{array} \right]$$

タイヤ消耗費 その他の維持費

舗装道路 280 ペソ/Km
土砂/砂利道路 310 ペソ/Km

(4) 燃 料 費

$$p = 0.296 \times (a_0 + 989.7 x^{-1} + 156.7 x^2 \times 10^{-3}) \text{ ペソ/Km}$$

燃料単価

ただし、 x は走行速度Km/時間

かつ係数 a_0 は式 $a_0 = 277 + 20.1 + a$ で与えられ次の表にある値をとる。

	トラック 基本値	重量セミ トレーラー 修正値	道路種類 による修正値
			土砂道路 砂利道路 舗装道路
平地	478.0	467.2	425.6
山地	547.8	537.0	515.6

(5) 運転手人件費

$$l = 4.917 \text{ ペソ/時間}$$

(1)から(5)までの費用を走行距離あるいは走行時間（平均走行速度より算出）に応じてそれぞれ計算し、合計して経済費用を得る。なお、この方式による算定の仮定条件は次のようである。

- ①積載量は恒度100%とする。
 - ②車両整備状況及び道路維持状況はいずれも良好とする。
 - ③実費をもって経済費用の概算値とみなす。
 - ④アルゼンチン政府公共事業省による輸送費用の研究結果を基礎とする。
 - ⑤当プロジェクトでは片荷現象の配慮は必要ないものとする。
- (6) 当プロジェクトにおける20トン積セミトレーラーの平均走行速度を、次のように仮定する。

道路種類 \ 地域		コルドバ・サンルイス より北西部	コルドバ・サンルイス より南東部
舗装道路	平地	60 Km/時	30 Km/時
砂利道路	平地	40 Km/時	
土砂道路	山地	10 Km/時	

これらの仮定に基づいて当プロジェクトにおける20トン積トラックのDKm区間に対する経済費用は以下のように計算される。

(1) コルドバ、サンルイスより北西部の平地舗装道路

$$c = 107D \quad f = 65D \quad o = 280D \quad p = 133D$$

$$(\because a_0 = 425.6, x = 60) \quad l = 82D$$

$$\therefore c + f + o + p + l = 667D$$

(2) コルドバ、サンルイスより南東部の平地舗装道路

$$c = 213D \quad f = 130D \quad o = 280D \quad p = 136D$$

$$(\because a_0 = 425.6, x = 30) \quad l = 164D$$

$$\therefore c + f + o + p + l = 923D$$

(3) 平地砂利(土砂)道路

$$c = 160D \quad f = 98D \quad o = 310D \quad p = 150D$$

$$(\because a_0 = 478.0, x = 40) \quad l = 123D$$

$$\therefore c + f + o + p + l = 841D$$

(4) 山地砂利(土砂)道路

$$c = 640D \quad f = 390D \quad o = 310D \quad p = 191D$$

$$(\because a_0 = 547.8, x = 10) \quad l = 492D$$

$$\therefore c + f + o + p + l = 2,023D$$

このように計算された経済費用を表にして整理すると、次表のようになる。ただし、単位はペソ/Kmである。

道路種類 \ 地域			コルドバ・サンルイス より北西部	コルドバ・サンルイス より南東部
舗装道路	平	地	667	923
砂利道路	平	地	841	
土砂道路	山	地	2,023	

この算定方式に基づいて道路輸送の経済費用を各代替案ごとに計算すると、表6-7にまとめられたようになる。ただし、発生輸送需要量は表6-1、表6-2に、また輸送距離と道路状況は表6-3にそれぞれ載せられている。表6-7の経済費用は、表6-6の財務費用の70%前後に相当する。この財務費用と経済費用との差には、税金や運送会社の利益などが含まれていると考えられる。また、これら道路輸送の経済費用のうち、外貨部分の占める部分はないものと仮定する。

4-3 鉄道輸送の財務費用

財務的鉄道輸送費用は、精鉱、電気銅とも40トン/貨車積載の無蓋車のブロック・トレインで輸送した場合にアルゼンチン国鉄で定めた運賃を用いた。ただし実際には、5~10%の割引運賃が適用される。以上をまとめると表6-8のようになる。

表6-7 道路輸送の経済費用

ケース①-I：銅精鉱、モリブデン精鉱ともにブエノスアイレスへ直行輸送した場合。

ケース①-II：モリブデン精鉱はブエノスアイレスへ直行し、銅精鉱はアンダルガラへ運んだ後、電気銅としてブエノスアイレスへ輸送した場合。

ケース①-III：モリブデン精鉱はブエノスアイレスへ直行し、銅精鉱はパレアルへ運んだ後、電気銅としてブエノスアイレスへ輸送した場合。

ただし、いずれの場合にも建設用機材と操業用資材はプエノスアイレスから鉱山へ直行輸送するものとする。

代替案	操業度 (トン/日)	建設用機材輸送経済費用			精 鋳 電気銅 } 計 (千ペソ/年)	資 材 (千ペソ/年)	精 鋳 電気銅 } 計 (千ペソ/年)
		初 年 (千ペソ)	2 年目 (千ペソ)	3 年目 (千ペソ)			
ケース ①-I	3 万	1,637,340	2,183,120	1,637,340	3,662,180	3,274,680	6,936,860
	2 万	1,146,140	1,528,190	1,146,140	2,423,260	2,183,120	4,606,380
ケース ①-II	3 万	1,637,340	2,183,120	1,637,340	1,839,180	3,274,680	5,113,860
	2 万	1,146,140	1,528,190	1,146,140	1,214,450	2,183,120	3,397,570
ケース ①-III	3 万	1,637,340	2,183,120	1,637,340	2,643,760	3,274,680	5,918,440
	2 万	1,146,140	1,528,190	1,146,140	1,746,270	2,183,120	3,929,390

表 6-8 運賃

区 間 (距 離)	公 定 料 金		5 %割引料金		10 %割引料金		輸 出 品目
	ペソ/トン	ペソ/トン・キロ	ペソ/トン	ペソ/トン・キロ	ペソ/トン	ペソ/トン・キロ	
チレシートーレティロ (1,269Km)	102,300	80. ⁴¹	97,185	76. ³³	92,070	72. ⁵⁵	精 鋳
チレシートーアムダルガラ (433Km)	47,500	109. ¹⁹	45,125	104. ²²	42,750	98. ¹⁸	精 鋳
アムダルガラーレティロ (1,446Km)	114,300	79. ⁶³	108,585	75. ⁶³	102,870	71. ¹³	カソード
チレシートーサンファン (651Km)	60,400	92. ¹⁸	57,380	88. ¹⁴	54,360	83. ³⁹	精 鋳
メンドーサレティロ (1,049Km)	86,500	82. ⁴⁵	82,175	78. ²⁴	77,850	74. ²¹	カソード

(出所) Los Ferrocarriles en 1979

(注) レティロにおける野積みのための敷設使用料は年間3100ペソ/㎡×2000㎡=6200万ペソである。

4-4 鉄道輸送の経済費用

アルゼンチン国鉄の運賃収入は総費用をカバーしていない。すなわち赤字経営である。運賃収入+赤字=総費用、の式のうち、総費用部分が経済費用を算出するための分析対象となる。経済費用は真に輸送にかかった費用であるから、総費用から減価償却、税金、利子等を差引いて得られる。そこで、表6-9を用いてベルグラノー線とサンマルティン線の2路線の費用を路線延長によって2按分すると次のようになる。

営業外費用、一般管理費用部分

ベルグラノー線 : 232億ペソ①

サンマルティン線 : 99億ペソ②

表6-9 財政事業年度(12/31'77~12/31'78)に対応した比較損益計算表

科 目	1977年			1978年		
	10億ペソ		%	10億ペソ		%
I 収 入	111.8			306.1		
備給料, 通行料その他の特別な費用	△ 0.6	111.2	76	△ 2.5	303.6	96
II 営業経費						
一般管理費	192.7			496.3		
減価償却	13.3	206.0	142	77.7	574.0	181
III 営業損失		94.8	65		270.4	85
IV 営業外経費						
無料サービスまたは管理設備費	3.5			9.0		
不採算支線の管理費	0.3			4.7		
財務費用	10.1	13.9	10	26.2	39.9	13
V 経常損失		108.7	75		310.3	98
VI 特別損失		26.6	18		34.8	11
VII 特別利益		8.8	6		30.9	10
VIII 当期(純)損失		126.5	87		314.2	99
前期(純)繰越損失		19.0	13		2.3	1
当期末損失残		145.5	100		316.5	100

(出所) Los Ferrocarriles en 1979

営業費用部分

ベルグラノー線 : 131 億ペソ③

サンマルティン線 : 55 億ペソ④

支線部分の営業費用

ベルグラノー線 : 1362 億ペソ⑤

サンマルティン線 : 662 億ペソ⑥

費用総計

ベルグラノー線 :

①+③+⑤=1725 億ペソ⑦

サンマルティン線 :

②+④+⑥=816 億ペソ⑧

表6-10 各線と中央機関の営業費(1978年)

(部門ごと)

単位: 10 億ペソ

細 目	各 線 名						中 央 機 関	合 計
	ロカ線	Mitre線	サンマルティン線	サルミエントス線	ウルキーサ線	ベルグラノー線		
線路と建物の保全	10.9	15.1	12.3	6.8	7.0	28.1	—	80.2
車両の保全	15.3	17.8	12.3	7.2	6.5	24.6	—	83.7
車両の登録と走行	16.5	15.5	12.6	6.5	5.8	27.2	—	84.1
運輸業務	36.4	30.6	22.0	14.7	14.6	44.6	—	162.9
河川サービス業	—	—	—	—	2.4	—	—	2.4
管 理	4.3	5.7	5.2	3.9	3.5	9.1	42.1	73.8
供 給	1.2	1.8	1.8	0.9	0.9	2.6	—	9.2
総 営 業 費	84.6	86.5	66.2	40.0	40.7	136.2	42.1	496.3

(出所) Los Ferrocarriles en 1979

しかし、これらの費用は貨物、旅客、郵便等を一緒にした費用なので、この中から貨物部分を抜き出さなければならない。そこで表6-11の貨物、旅客、郵便及び倉敷料の収入を用い収入の比率と費用の比率はほぼ同じと考え、貨物だけの費用を算出した。

まず表6-11から次の表にある値が得られる。

	ベルグラノー線		サンマルティン線	
	収 入	比率	収 入	比率
貨 物	409 億ペソ	67%	389 億ペソ	64%
旅 客	151 "	25%	193 "	32%
郵便等	21 "	3%	22 "	3%
その他	29 "	5%	6 "	1%
合計	610		610	

表6-11 各線ごとの営業利益（1978年）
（純 益）

単位：10億円

線 名	乗 客			貨 物	郵便小包と 倉庫保管料	その他	合 計
	近郊・市外地	一 般	全乗客数				
	1	2	3 = 2 + 1	4	5	6	7 = 3 + 4 + 5 + 6
ロ カ 線	13.8	17.4	31.2	24.5	2.0	0.8	58.5
ミ ト レ 線	13.8	16.7	30.5	31.6	1.8	1.5	65.4
サンマルサイン線	11.4	7.9	19.3	38.9	2.2	0.6	61.0
サルミエントヌ線	21.6	1.7	23.3	8.5	1.2	0.3	33.3
ウ ル ヤ ー サ 線	3.8	4.9	8.7	14.4	0.8	0.5	24.4
ベルグラマーノ線	8.1	7.0	15.1	40.9	2.1	2.9	61.0
総 収 益	72.5	55.6	128.1	158.8	10.1	6.6	303.6

（出所） Los Ferrocarriles en 1979

前記⑦、⑧の総費用に上に計算した貨物の割合、67%、64%をそれぞれ乗じ、貨物だけの費用を算出すると、

ベルグラード線 : 1,156 億ベソ

サンマルティン線 : 521 億ベソ

となり、これをそれぞれの線の貨物輸送量で除して、1トンキロ当りの実際の貨物輸送の費用を求めると、

ベルグラード線 : 34.30 ベソ/トン・Km

サンマルティン線 : 15.86 ベソ/トン・Km

となる。しかしこれは1978年の値なので、1979年のインフレーション率150%及び1980年1月から10月までのインフレーション率80%を乗して1980年11月現在の値になおすと、

ベルグラード線 : 154.35 ベソ/トン・Km

サンマルティン線 : 71.37 ベソ/トン・Km

となる。これを本プロジェクトの鉄道輸送の経済的費用とする(表6-12参照)。

第5節 最速輸送計画の策定

5-1 最速輸送代替案の選定

最速輸送代替案の選定にむけて残された課題は、チレシート以降の輸送を道路と鉄道のどちらの手段を選ぶかということである。

それぞれの費用を比較するため、まず道路輸送に関連する費用を整理し直すと表6-13のようになる。ただし、第3節で述べた道路の新設・改良・維持にかかる費用は、鉾山-チレシート間の輸送に伴うもので、ここでの代表案の比較には関連してこない。一方、鉄道輸送に関連する費用を整理し直すと、表6-14のようになる。

表 6-12 年間鉄道輸送費用

単位：百万ペソ

年間財務的鉄道輸送費用

区 間 (距 離)	日 産 3 万 ト ン 規 模		日 産 2 万 ト ン 規 模	
	精鉱またはカソード	資 材	精鉱またはカソード	資 材
チレシートーレタイロ (1.269Km)	6,035. ¹	6,138. ⁰	3,989. ²	4,092. ⁰
チレシートーアングルガラ (4.33Km)	2,802. ⁰	—	1,852. ⁰	—
アングルガラーレタイロ (1.446Km)	1,257. ⁰	—	823. ⁰	—
チレシートーサンフラン (6.51Km)	3,563. ⁰	—	2,355. ¹	—
メンドーサーレタイロ (1.049Km)	951. ¹	—	622. ⁰	—

単位：百万ペソ

年間経済的鉄道輸送費用

区 間 (距 離)	日 産 3 万 ト ン 規 模		日 産 2 万 ト ン 規 模	
	精鉱またはカソード	資 材	精鉱またはカソード	資 材
チレシートーレタイロ (1.269Km)	11,556. ²	11,752. ²	7,638. ²	7,834. ¹
チレシートーアングルガラ (4.33Km)	3,943. ²	—	2,606. ¹	—
アングルガラーレタイロ (1.446Km)	2,455. ¹	—	1,607. ⁰	—
チレシートーサンフラン (6.51Km)	5,928. ¹	—	3,918. ⁰	—
メンドーサーレタイロ (1.049Km)	823. ⁰	—	539. ⁰	—

表 6-13 チレシート以降、年間道路輸送費用（精鉱、電気銅、資材の合計）

代 替 案	操 業 度 (トン/日)	財 務 費 用 (百万ベソ)	経 済 費 用 (百万ベソ)
ケース㊸-I (プエノスアイレス直行ルート)	30,000	9,220	6,312
	20,000	6,122	4,191
ケース㊸-II (アンダルガラ経由ルート)	30,000	6,522	4,489
	20,000	4,333	2,983
ケース㊸-III (バレアル経由ルート)	30,000	7,337	5,293
	20,000	4,872	3,514

（注） チレシート以降の輸送費として、各ルート全輸送費から鉱山—チレシート間の輸送費を差し引いた。

表 6-14 チレシート以降、年間鉄道輸送費用（精鉱、電気銅、資材の合計）

代 替 案	操 業 度 (トン/日)	財 務 費 用 (百万ベソ)	経 済 費 用 (百万ベソ)
ケース㊸-1 (プエノスアイレス直行ルート)	30,000	12,174	23,309
	20,000	8,082	15,474
ケース㊸-2 (アンダルガラ経由ルート)	30,000	10,198	18,151
	20,000	6,768	12,048
ケース㊸-3 (バレアル経由ルート)	30,000	10,653	18,504
	20,000	7,070	12,293

これらの費用を比較して明らかなように、鉱山会社の経営に関する財務費用と国全体の経済効率に関する経済費用の両方の点で、道路輸送手段の方が優れている。鉄道輸送の場合はこの他にも、それぞれの駅でトラック輸送に積み替えるフィダー輸送を必要とするハンデがあることなども考慮に入れて、当プロジェクトでは道路輸送を最適代替手段として選定することとする。ただし、鉄道輸送の財務費用すなわち運賃が予想外に大幅に割引されたり、同じく経済費用が他の需要量変動等に関連して大幅に低下したりする場合には、新たな分析が必要となることを付け加えておく。

5-2 輸送計画関連費用のまとめ

ここで、選定された最適輸送代替案のもとでの全ての輸送計画関連費用を、表 6-15 に整理する。これが、財務分析と経済分析のインプットとなるもので、さらに総合評価における操業度の代替案の選定の検討材料となる。また、輸送代替ルートについては、精錬所の利用計画として総合評価に含まれるが、その検討にも資するものである。

表6-15 輸送計画関連全費用のまとめ

単位：百万ペソ

投資時期		建設初年次				建設2年次				建設3年次								
費用項目	費用種類 操業年度	財務	経済費用			財務	経済費用			財務	経済費用			財務	経済費用			
		費用	内貨 部分	外貨 部分	合計	費用	内貨 部分	外貨 部分	合計	費用	内貨 部分	外貨 部分	合計	費用	内貨 部分	外貨 部分	合計	
道路 建設費	トン/日 30000	1) 5844	4644	1930	6634	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20000	1) 5844	4644	1930	6634	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
道路 維持費	30000	—	—	—	—	178	210	23	233	178	210	23	233	178	210	23	233	
	20000	—	—	—	—	178	210	23	233	178	210	23	233	178	210	23	233	
建設材料 運搬費	30000	2417	1637		1637	3223	2183		2183	2417	1637		1637	—	—	—	—	
	20000	1632	1146		1146	2256	1528		1528	1632	1146		1146	—	—	—	—	
2) 精製 電気銅 資材輸送費	ケースⅠ 30000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10241	6937	0	6937	
	20000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6801	4606	0	4606	
	ケースⅡ 30000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7541	5114	0	5114	
	20000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5042	3338	0	3338	
	ケースⅢ 30000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8358	5918	0	5918	
	20000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5550	3929	0	3929	
港 使用料 (銅・モリブデン精製)	30000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92	58	25	83	
	20000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61	38	16	55	
輸送関連費用合計	ケースⅠ 30000	3) 8261	6281	1930	8271	3401	2393	23	2416	2595	1847	23	1871	6511	7205	43	7253	
	20000	4) 7536	5790	1930	7780	2434	1738	23	1761	1870	1356	23	1379	7019	4655	43	4834	
	ケースⅡ 30000	3) 8261	6281	1930	8271	3401	2393	23	2416	2595	1847	23	1871	7814	5882	48	5430	
	20000	4) 7536	5790	1930	7780	2434	1738	23	1761	1870	1356	23	1379	5251	3646	43	3686	
	ケースⅢ 30000	3) 8261	6281	1930	8271	3401	2393	23	2416	2595	1847	23	1871	8628	6156	48	6234	
	20000	4) 7536	5790	1930	7780	2434	1738	23	1761	1870	1356	23	1379	5769	4178	43	4217	

(注) 1) 軍施工の場合には、2855百万ペソとなる。

2) ケース①は、プエノスアイレス直行ルート、②はアンダルガラ経由ルート、③はパレアル経由ルート

3) 軍施工の場合には、5272百万ペソとなる。

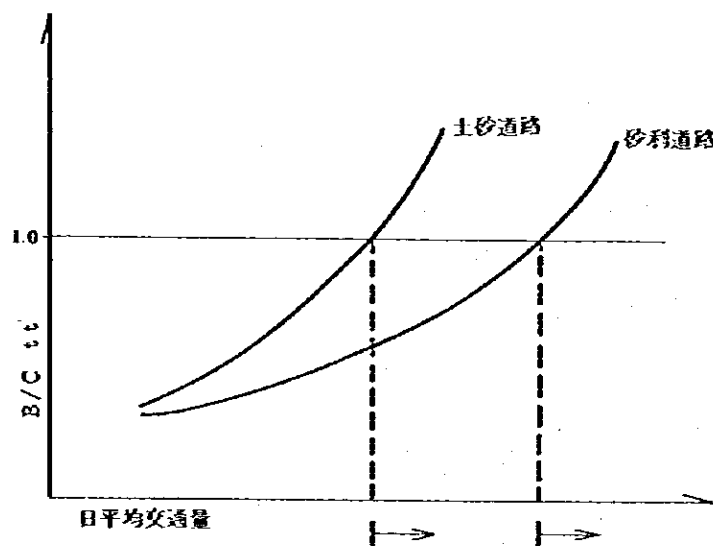
4) 軍施工の場合には、4547百万ペソとなる。

補論 道路舗装工事の投資を正当化する交通量

現況の土砂道路あるいは砂利道路を舗装する投資が正当化されるかどうか判断するために、図6-11で示されるように舗装プロジェクトの便益/費用比 (B/C ratio) が1.0となる日平均交通量を求め、舗装化に必要な最低交通量とした。表6-16が、その結果である。ただし、これは次のような仮定に基づいており、計算は公共事業省による。

- (1) 交通量の車種構成は、当プロジェクトの関連道路を想定して、トラック40%、バス5%、乗用車55%とした。
- (2) 年平均交通量増加率を、同様に4%とした。
- (3) 現在価値割引率を、10%とした。
- (4) プロジェクトライフを20年とした。
- (5) 便益には①燃料費、人件費等の走行費の節約、及び②時間節約を含める一方、費用には①建設費、②定常的維持費、そして③大規模補修費を考慮した。

図6-8 道路舗装工事の投資を正当化する交通量



現況の土砂道路、あるいは砂利道路を、
舗装する投資が正当化される交通量

表 6-16 道路舗装工事の投資を正当化する交通量

道路現状		舗装化に必要な 最低交通量(台)
種類	状況	
土 砂 道	不良	250
	普通	280
	良好	375
砂 利 道	不良	300
	普通	350
	良好	500

