

第3章 インフラストラクチャ

第3章 インフラストラクチャ

3.1 輸送

3.1.1 輸送施設の概況

サンアントニオ鉱山周辺の輸送ネットワークの概略を図3-1-1に示す。ボリヴィアの道路総延長40,987kmのうち舗装路は、1,538kmにとどまり、砂利道(9,268km)と土道(30,181km)とで96%強を占める。特に土道は雨期に通行不能となる区間が多い。サンアントニオ鉱山の位置するポトシ県スードリベス郡はボリヴィア国内でも特に人口の稀薄な地域で、道路や電力などのインフラストラクチャからみると空白地帯といつてよい。

道路の建設と管理に当たっているのはSNC(Servicio Nacional de Caminos)と呼ばれる公社である。現在のところSNCによる鉱山周辺地域での道路整備計画はない。ただ、ポトシ県開発公社(Corporación Regional de Desarrollo de Potosí: CORDEPO)では県西部の開発の足がかりとするためポトシ—ウユニ間の道路整備を優先的に取りあげ、SNCに計画実施を働きかけている。ボリヴィア国内には民間鉱山や農場が独自に開設した道路がかなりあるが、それらも完成後はSNCの管轄下に入り公道として維持管理されることになっている。

鉄道は国有であり、ENFE(Empresa Nacional de Ferrocarriles del Estado)によって運営されている。国内主要都市を結ぶ交通手段としての地位は依然高く、旅客は年間200万人以上、貨物は100万トン前後を扱う。1981年以後の経済危機を反映して貨物輸送量の減少が著しいにもかかわらずENFEは黒字経営を維持しており、輸送手段としての鉄道の信頼性は高い。サンアントニオ鉱山開発に直接かかわる鉄道整備計画はない。

3.1.2 輸送需要

サンアントニオ鉱山の開発にともなって以下の輸送需要が発生する。

- (1) 鉱山施設の建設および操業に必要な資機材の搬入
- (2) 生産されたPbおよびZn精鉱の搬出
- (3) 山元居住者のための生活物資の搬入
- (4) 山元居住者の移動にともなう輸送

この中で量として大きいのは産出精鉱の輸送である(表3-1-1)。Pb精鉱はポトシ北東約10kmのところにあるカラチパンパ製錬所まで運び処理される。Zn精鉱はチリ北部

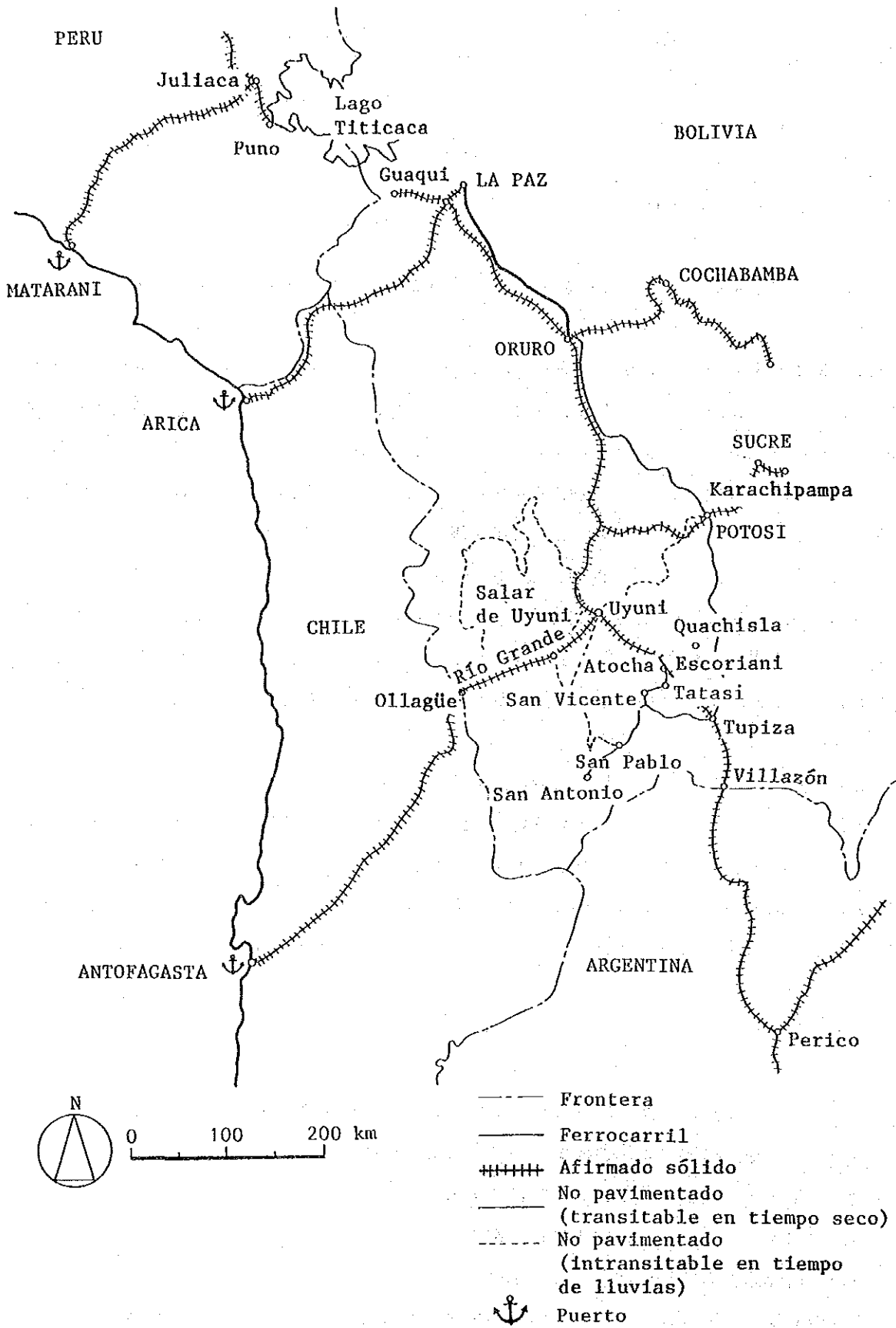


図3-1-1 ボリヴィア西部の輸送ネットワーク概略

の港アントファガスタで船積みし、フランスまたはベルギーの製錬所へ送られる。一方、資機材や生活物資はラパスまたはケチスラ鉱山の倉庫から運ばれるものが多く、一部の輸入品はアリカまたはアントファガスタ経由となる。

操業用資機材と生活物資は精鉱輸送の返り荷として運ぶのが経済的である。また人的輸送の需要は鉱山規模からみてさほど大きくはならないため、ここでは考慮しないこととする。

表3-1-1 輸送需要

項目	単位	重量	
		400トン/日	800トン/日
操業用資機材	トン/月	100	190
精 鉱			
Pb精鉱	トン/月	479	957
Zn精鉱	トン/月	697	1,394
生活物資	トン/月	110	150

3. 1. 3 代替輸送ルートとその検討

上記の物資を輸送するに当って一番問題となるのはサンアントニオから最寄りの都市または鉄道駅までの道路である。これには次の3ルートが考えられる。

- (1) サンアントニオ — ウユニ (225 km)
- (2) サンアントニオ — エスコリアニ駅 (179 km)
- (3) サンアントニオ — トッピサ (221 km)

(1) のルートは概ね平坦であるが、現況ではジープの通行が乾期にかろうじて可能であるだけで、重量トラックが雨期にも通れるようにするには全線にわたって相当の補修を要する。(2) のルートは山岳部を通過するため難所がいくつかある。しかし、このルートは最短であるほか、エスコリアニ駅と途中のサンピセンテ鉱山の間は整備状態もよい。(3) のルートの状況は (2) と類似しているがトッピサから精鉱引渡地やラパスまでの距離が長くなる分不利である。従って以下では (1) と (2) を補修費、輸送費の両面から比較検討する。

(1) のルートは全線にわたって新規建設と同程度の補修が必要と考えられるのに対し、(2) のルートはサンピセンテ — サンアントニオ間 (139 km) のうち延べ約60 km分についてのみ砂利敷、土盛、側溝、路肩補強、排水路などの工事を施せばよい。この区間には大小13か所の渡河地点があるが、いずれも本格的な架橋を要するほどではなく、洗い堰や河床を固めるなどの簡便な手段で十分である。補修費は (1) のルートがUS\$ 3,375,000、

(2) のルートが US \$ 480,000 と見込まれる (表 3-1-2)。

一方、それぞれのルートを使ったときの精鉱輸送手段としては次の 3 通りが考えられる。

(1)-(a)	Pb 精鉱	SA	$\xrightarrow{225}$	UY	$\xrightarrow{278}$	KP
	Zn 精鉱	SA	$\xrightarrow{225}$	UY	$\xrightarrow{617}$	AF
(1)-(b)	Pb 精鉱	SA	$\xrightarrow{225}$	UY	$\xrightarrow{201}$	KP
	Zn 精鉱	SA	$\xrightarrow{225}$	UY	$\xrightarrow{617}$	AF
(2)	Pb 精鉱	SA	$\xrightarrow{179}$	ES	$\xrightarrow{390}$	KP
	Zn 精鉱	SA	$\xrightarrow{179}$	ES	$\xrightarrow{729}$	AF

ただし、SA : サンアントニオ、UY : ウユニ、ES : エスコリアニ、KP : カラチパンパ製錬所、AF : アントファガスタ、 \longrightarrow : トラック輸送、 $\xrightarrow{\dots}$: 鉄道輸送をそれぞれ表わし、矢印の上の数字は距離 (km) である。この 3 案につき日産 400 トンケースで精鉱輸送費をそれぞれ計算すると

(1)-(a) 131,100 ドル/月

(1)-(b) 155,200 ドル/月

(2) 119,700 ドル/月

となり、この面でも (2) ルートの有利さが判明する。従って、鉱山からの輸送路としてはサンアントニオ — エスコリアニを採用し、その整備を図ることとする。

なお、この場合はエスコリアニ駅に一時貯鉱のための倉庫を新設する必要がある。面積 250 m² のものを 1 棟 (400 トン/日) または 2 棟 (800 トン/日) 建設し、その借地料は ENFE の負担とする。

また、トラック輸送は COMIBOL 自家所有トラック (10 トン積み) により行なう。エスコリアニまで往復 2 日行程として所要台数は 12 台 / 23 台 (予備含む) となり、これはすべて新車を購入する。

表 3-1-2 代替輸送ルートでの費用比較

補修費			
ルート	要補修区間長 (km)	単価(1) (\$US/km)	総費用 (\$US)
1	225	15,000	3,375,000
2	60	8,000	480,000

精鉱輸送費 (出鉱量400t/日のケース)

ルートと輸送手段	精 鉱		ト ラ ッ ク	鉄 道		送 費 用 (\$US/月)	輸 送 費 計 (\$US/月)
	種 別	重 量 (t/月)		区 間 長 (km)	単 価(2) (\$US/t/km)		
1-a	Pb	479	225	0.33	35,600	UY-KP	43,200
	Zn	697	225	0.33	51,800	UY-AF	87,900
小 計					87,400		131,100
1-b	Pb	479	426	0.33	67,300	—	67,300
	Zn	697	225	0.33	51,800	UY-AF	87,900
小 計					119,100		155,200
2	Pb	479	179	0.33	28,300	ES-KP	38,400
	Zn	697	179	0.33	41,200	ES-AF	81,300
小 計					69,500		119,700

注(1) 渡河部工事費を含む。

(2) COMIBOL 自家用トラック使用。

(3) ポリヴィア国内分運賃については輸出品のため30%割引を適用。アントファガスタ港での積み換え等費用 (\$US7.5/t) を含む。

3. 2 水 資 源

3. 2. 1 サンアントニオ周辺の水文・気象特性

ボリヴィアは大きく3つの水系に分れ(図3-2-1)、サンアントニオは中央盆地水系の南端に位置する。アルティプレーノと呼ばれる中央盆地は東西を高い山脈に挟まれているため水の出口がなく、ウユニ塩湖をはじめ多くの塩湖が生成している。この盆地は高度3,600~3,900mに広がる平坦な地形をなすが、年間雨量は500mm以下、平均気温も10℃以下と農耕にはあまり適していない。サンアントニオはこの盆地の南端で東西に連なるリペス山脈の北面にあり、平均して年間300mm程度の降雨をみる(表3-2-1)。一方、この地域の年間潜在蒸発量は600mm程度と推定される。

リペス山麓に源を発するミナ・ブランカ川とユラフ・サリ川は坑口付近で合流しサンタ・ローサ川となって北流する。この川はさらにグランデ川に合流し、最終的にウユニ塩湖に注いでいる。流域一帯はボリヴィア国内でももっとも人口稀薄なところで、1976年のデータによるとノルリペス郡の人口は9,162人、人口密度0.40人/km²であり、スードリペス郡は4,149人、0.19人/km²となっている。上記の川沿いに集落はほとんど存在していない。

表3-2-1 月 間 降 水 量

サンアントニオ(高度: 4,500m)

(単位: mm)

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1980	95.9	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	163.9
1981	69.4	187.9	40.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.0	93.3	429.6
1982	109.3	28.0	68.7	15.0	10.6	0.0	0.0	2.0	8.9	23.1	0.0	36.7	302.3
1983	19.7	44.5	3.5	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	24.0	0.0	2.3	14.8	110.8
1984	217.4	184.3	200.4	0.0	0.0	-	-	-	-	17.2	32.6	23.8	(-)

サンバプロ(高度: 4,230m)

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1978	185.0	27.5	17.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	55.1	264.5
1979	211.0	7.0	44.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.7	144.0	408.7
1980	80.0	46.0	23.5	0.0	3.0	0.0	8.6	0.0	0.0	16.4	21.8	0.0	199.3
1981	172.6	236.7	48.8	11.3	2.5	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	16.3	66.3	559.7
1982	29.2	48.9	85.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-	8.0	(-)
1983	34.3	52.1	8.8	0.0	2.1	11.2	5.4	0.0	25.0	11.0	2.1	29.6	181.6
1984	177.3	135.5	92.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2	42.9	8.8	476.9

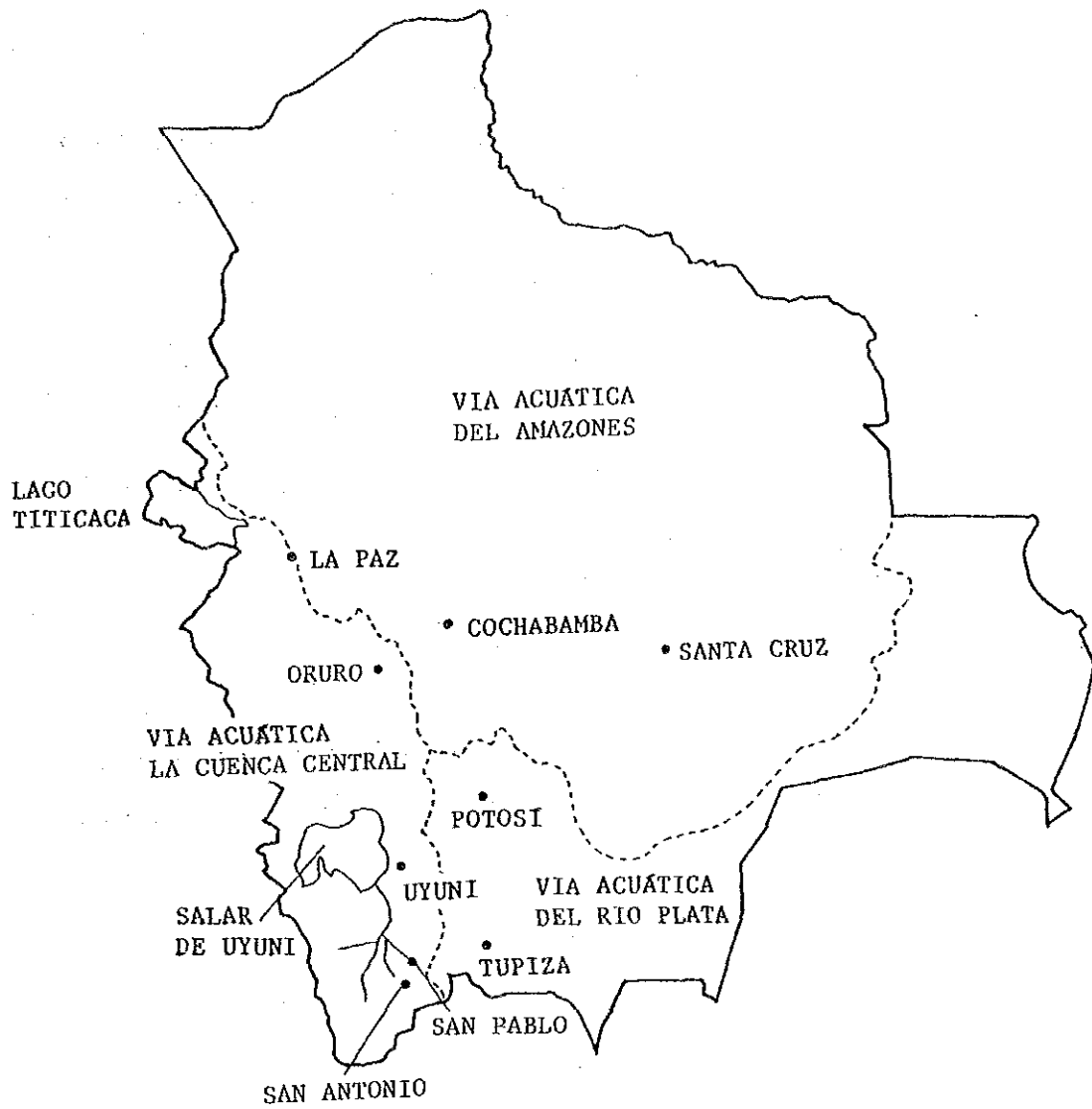


図3-2-1 ボリヴィア水系図

3. 2. 2 用水需要

鉱山の操業に必要な用水量は以下の通りである（表3-2-2）。

工業用水の大部分は選鉱場で使用される。粗鉱1トン当りの選鉱用水を3.5㎡とみて、必要水量は1日当り1,400㎡（400トン/日）または2,800㎡（800トン/日）となるが、このうちトン当り1㎡分は循環使用分とすると新水量としてはそれぞれ1,000㎡、2,000㎡となる。他に採鉱部門、修理工場などで50ないし60㎡/日が必要である。

表3-2-2 用水需要

	(単位：㎡/日)					
	400トン/日			800トン/日		
	新水	再使用水	合計	新水	再使用水	合計
工業用水						
選 鉱	1,000	400	1,400	2,000	800	2,800
採 鉱 他	50	0	50	60	0	60
生活用水	180	0	180	260	0	260
計	1,230	400	1,630	2,320	800	3,110

住宅、診療所、学校などで使用する生活用水は、山元居住人口1人当りの消費量を200ℓ/日とみて、180㎡/日（400トン/日）または260㎡/日（800トン/日）となる。

3. 2. 3 用水源

上述の用水の供給源としては次の3つが考えられる。

- (1) ミナ・ブランカ川
- (2) ユラフ・サリ川
- (3) 坑内水

ミナ・ブランカ川は現坑口の前を流れる小川で、水源から坑口までの長さが7kmほど、流域面積は約17㎢で大きくはない。流量は乾期の終りの最も少ない時期で26ℓ/秒である。しかし、この水はリベス山の万年雪を源とするために流量が安定しており、年間および年毎の変動は小さい。また、水質も極めてよく、そのまま飲用に適する。

ユラフ・サリ川はミナ・ブランカ川の隣の沢をほぼ平行して流れており、流域面積は24 ㎥ほど、流量は18 ㎥ / 秒である。状況はミナ・ブランカ川と同様で、質のよい水を安定して得ることができる。

現在ミナ・ブランカ川に排水されている坑内の湧水はpHが5.1程度と酸性も強くなく、選鉱用水としてならば十分に使用できる。流量は5 ㎥ / 秒で多くはないが、安定した補助水源となり得る。(調査団が現地で調査した際には坑口で15 ㎥ / 秒程度の流量が観察された。これは地表からの浸透水が増えたためとみられる。表3-2-3に掲げるのはこの時に採取した水の分析結果で、pHが7.0となっていることからわかるように、本来の坑内水がかなり希釈されている点に留意されたい。)

表3-2-3 用水源の水質と流量

	色	臭	味	pH	Ca (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	溶解 固形分 (g/l)	流 量 l/秒	量 m ³ /日
ミナ・ ブランカ川	無	無	無	7.2	310	213	90	0.84	26	2246
ユラフ・ サリ川	無	無	無	7.3	500	33	0	1.11	18	1555
坑内水 (坑口)	無	無	塩味	7.0	955	392	0	16.98	5	432

3. 2. 4 用水供給方法

出鉱量400トン/日の場合、ミナ・ブランカ川だけで必要量を満たすには一応十分であるが、余裕をみるために坑内水を選鉱用に使うことにすれば安全である。取水・送水の方法は次の通りとする。まずミナ・ブランカ川上流の高度4,670m地点の狭隘部に取水堰を設け、そこから6インチパイプを通じて自然流下させる。途中、現坑口の上部付近に用水タンク(容量100m³)を設け、工業用水分を取水し、残りをさらに4インチパイプを通じて住宅地に設ける濾過タンクに導く。この水は濾過処理を施したのち各戸に配水する。冬期の氷結を防ぐためパイプは地中に埋める必要がある。また、流速もある程度以上大きくなければならないが、取水堰と濾過タンクの間およそ2,700mの延長に対し高低差が45m得られるので十分である。一方、坑内水は現坑口から別系統の4インチパイプを敷設し同じく自然流下で選鉱場へ導く。

出鉱量800トン/日の場合は、上記の2系統に加えてさらにユラフ・サリ川の水も利用する必要がある。この川ではミナ・ブランカ川との合流点より約1km上流にある狭隘部に

取水堰を設けるのが好都合である（ここにはスペイン時代に築造した石積ダムの跡がある）。ただ、この地点は高度が4,640 mしかなく住宅地まで自然流下で送ることができないため、この川からの取水分は全て選鉱用水として用いることにする。従って、取水堰から4インチパイプを現坑口まで敷き、坑内水と合流させたあと6インチパイプで選鉱場へ導く方式をとる。

用水供給システムの概略を図3-2-2に示す。

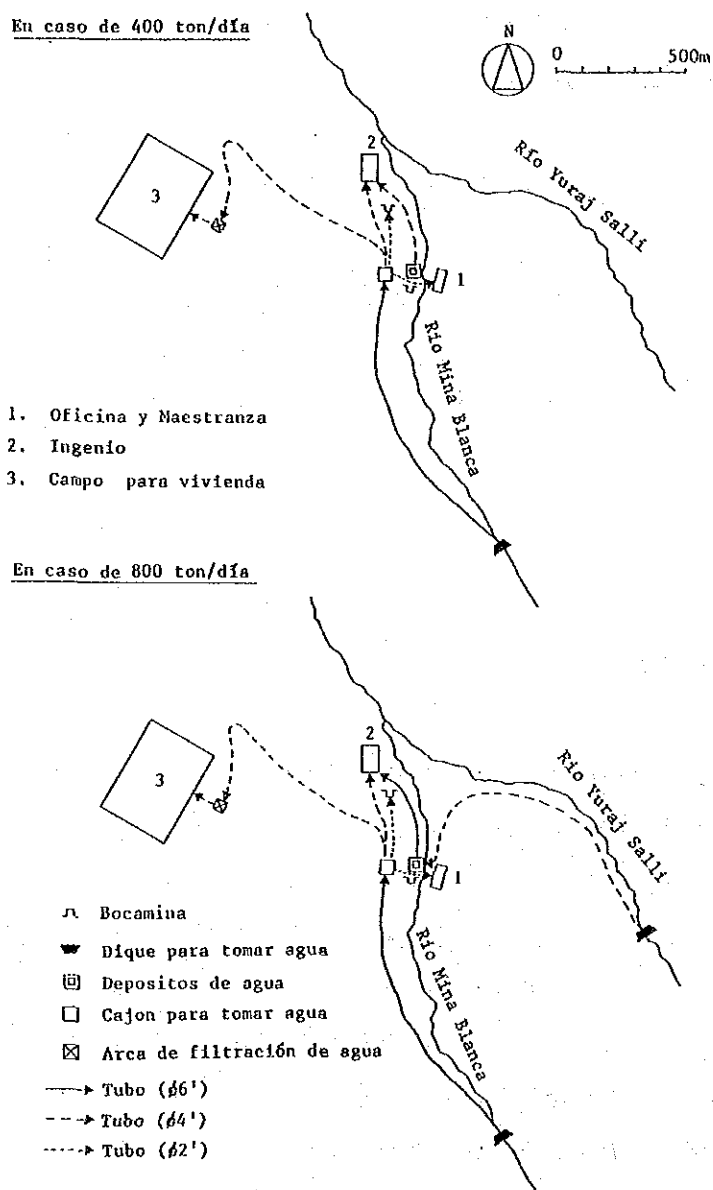


図3-2-2 用水供給システム

3. 3 電力・通信

3. 3. 1 電力供給システムの概況

サンアントニオ鉱山周辺には電力供給源となり得る発電所、送電線は存在しない。供給源となり得る最も近いものは、現在タタシ鉱山まで伸びているCOMIBOLの送電線である(図3-3-1)。COMIBOLはボトシ南西のユラ川に3カ所の水力発電所(キルパニ、ランダラ、ブヌトゥーマ)を持ち、ケチスラ、チョロルケ、タタシ、サンピセンテなどの鉱山に電力供給を行なっている。3カ所合計の発電量は平均640万kWh/月であるのに対し、COMIBOL所属鉱山の使用量は全体で平均411万kWh/月程度で、余剰は民間電力会社のENDE(Empresa Nacional de Electricidad)へ売却されている。

ENDEはボリヴィア最大の電力会社である。ENDEのシステムはCOMIBOLや他の民間鉱山所有の発電所と一体化されており、電力の相互供給が行なわれている。ボトシ—ブヌトゥーマ—テラマユ間にはENDEの送電線が架設されているが、需要先がないためブヌトゥーマ—テラマユ間は現在使用されていない。

ENDEは地熱発電の可能性を検討しており、サンアントニオ西方約80kmのコロラダ湖周辺に出力30MWの発電所を建設しアトチャまで約200kmを送電する構想がある。これが実現すればサンアントニオ鉱山に最も近接する供給源となるが、調査中の段階であり今回の検討の対象とはしないこととする。

3. 3. 2 電力需要

生産設備及び付帯・福利施設の最大電力は約1,600kW(400トン/日)、2,200kW(800トン/日)、平均電力は約1,200/1,700kW、年間電力量は9,213/12,541MWhと推定され、その部門別構成は表3-3-1の通りである。

月間の平均必要電力量はそれぞれ77万/105万kWhとなるが、これらの量は仮にCOMIBOLの水力発電所から供給するとしても現在の余剰(約230万kWh/月)で十分に賄えるものである。

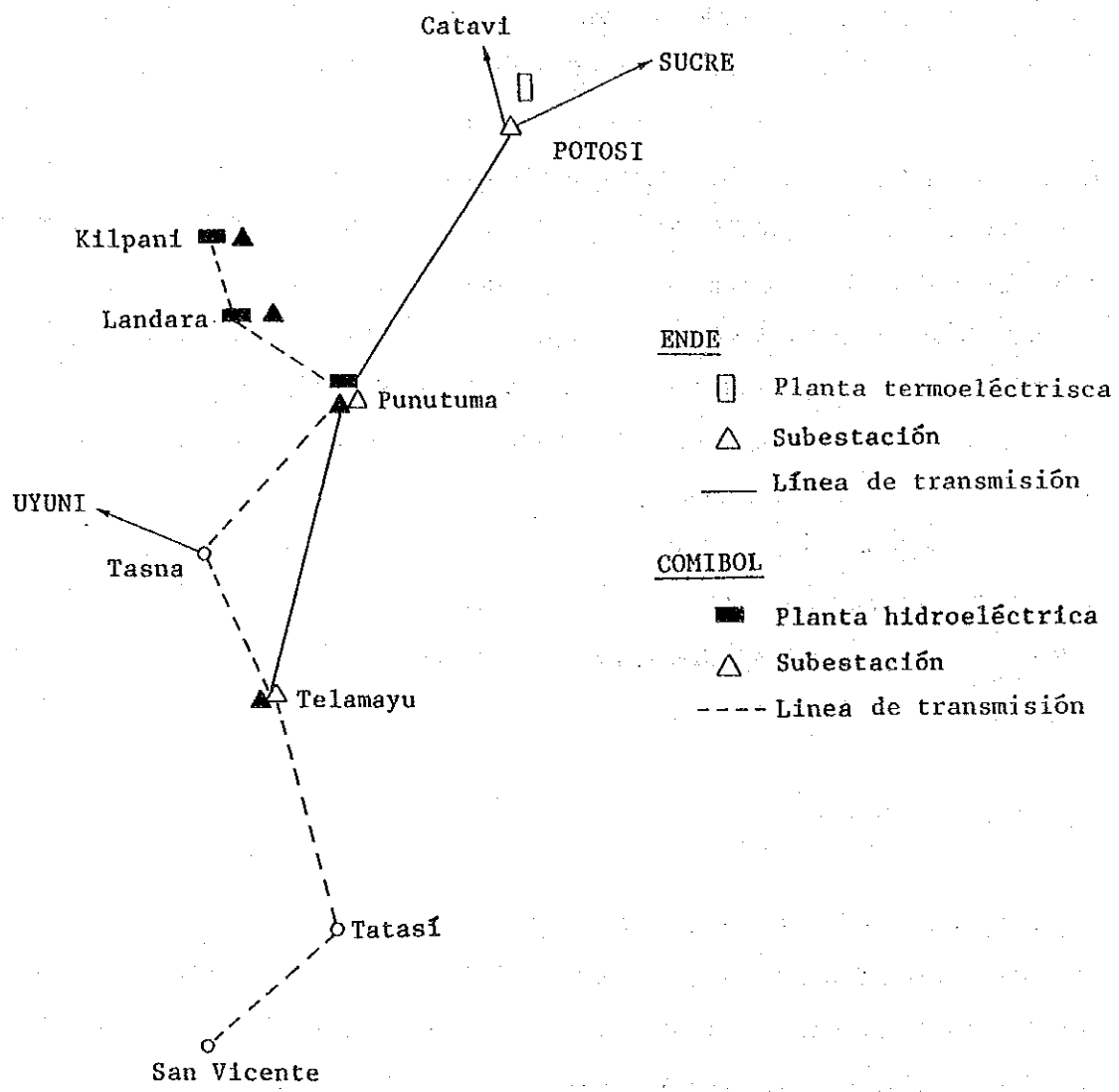


图3-3-1 周边电力系统

表 3-3-1 電力需要

部門	設備容量 (kW)		需要率 (%)	最大電力 (kW)		負荷率 (%)	平均電力 (kW)		年間需要 (MWh)	
	400 t / 日	800 t / 日		400 t / 日	800 t / 日		400 t / 日	800 t / 日	400 t / 日	800 t / 日
採 鉱	342	688	80	274	550	70	192	385	1,435	2,883
選 鉱	1,300	1,600	80	1,040	1,280	80	832	1,024	6,230	7,668
付帯施設	250	250	40	100	100	40	40	40	300	300
福利施設	200	270	85	170	230	60	102	138	894	1,208
計	2,092	2,808		1,584	2,160		1,166	1,587	8,859	12,059
合成最大 (不等率1.05) 損失 (4%)				1,509	2,057					
必要電力計				60	82		47	63	354	482
				1,569	2,139		1,213	1,650	9,213	12,541

3. 3. 3 代替供給方式とその検討

上記の電力を供給する方法として次の3通りを検討する。

- (1) 送 電
- (2) ディーゼル発電
- (3) 買 電

(1) 送 電

現在タタシ鉱山まで来ているCOMIBOLの送電線(送電電圧44kV)を140km延長する。この場合、送電効率を考慮して、延長する線の送電電圧は69kVとしタタシに変電所を設ける。(タタシ—サンピセンテ間の既設線路は送電電圧25kV用であるため、利用できない。)

初期投資額は343ないし378万ドルと大きい、電力コストが安い(0.03ドル/kWh)ため年間コストは37.9万ドル(400トン/日)/48.9万ドル(800トン/日)と、他の2案に比べて半分以下となる点が有利である。

(2) ディーゼル発電

ディーゼル発電機を設置する場合は、高度や気温の条件を考慮して出力補正をする必要がある。海拔4,600mにおける出力低下の補正率は37%と推定されるので、最大電力1,600/2,200kWを確保するためには発電機の出力が約2,500/3,500kWなければならない。従って過給機つき平地出力820kWのディーゼル発電機を400トン/日の場合は3台、800トン/日の場合は5台設置する。初期投資額の低減をはかるため予備機の設置はしないこととして比較する。

この発電機を使用した場合、ディーゼル油の消費量は1kWh当たり0.3ℓとして年間約276万/376万ℓとなり、その費用(輸送費含む)は約88万/120万ドルである。

(3) 買 電

必要電氣量をすべてENDEから買電して賄うとすると、年間電力料金の計算は次式による。

$$\begin{aligned} \text{年間電力料金} = & [\text{契約容量 (kW)} \times 14 (\$/\text{kW}) \\ & + \text{電力使用量 (kWh/月)} \times 0.055 (\$/\text{kWh})] \times 12 \end{aligned}$$

これにより、400トン/日の場合約78万ドル、800トン/日の場合約106万ドルとなる。

ただし、ENDEから買電する場合もタタシからの送電線は必須であり、その建設費をだれが負担するかが問題となる。ここでは仮にENDEが全額負担するとして検討をすすめる。

以上の3案の優劣を比較するため、現在価値に直したそれぞれの総費用を次式により計算する。ここで鉱山ライフは400トン/日の場合 $n=10$ 、800トン/日の場合 $n=5$ または10、割引率10% ($i=0.1$)とする。(割引率は実勢では8~10%とみられるが、ここでは比較が目的であるので仮に10%を採用する。これは初期投資額が大きい送電案にとって最も不利な場合である。)

$$\text{総費用現在価値} = \text{初期投資} + \left[\text{年間コスト} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

計算結果を表3-3-2にまとめる。この表からわかるように、ディーゼル発電はいずれの操業規模においても不利である。最も有利なのは買電案であるが、前述の通り、ここには送電線建設費が計上されておらず、仮にCOMIBOLでも100万ドル以上の投資負担をすることになれば送電案の方が有利になる。以上の諸点を考慮して、サンアントニオ鉱山の電力供給方式としては送電案を採用することとする。

なお鉱山建設の際には変電設備などに他の休業鉱山の機器を再利用するものとし、初期投資額の30%減を図る。

表3-3-2 電力供給方式の比較

	単位:千ドル		
	送電	ディーゼル発電	買電
1. 400 t/日			
初期投資額	3,430 ⁽¹⁾	1,764	0
年間コスト			
電力	276	879	776
メンテナンス	103	38	0
小計	379	917	776
総費用現在価値 ($n=10$ 年)	5,759	7,399	4,769
2. 800 t/日			
初期投資額	3,780 ⁽¹⁾	2,940	0
年間コスト			
電力	376	1,196	1,059
保守	113	63	0
小計	489	1,259	1,059
総費用現在価値 ($n=5$ 年)	5,634	7,713	4,015
($n=10$ 年)	6,785	10,677	6,508

注(1) 変電所建設費を含む。

3. 3. 4 通信設備

サンアントニオ鉱山の近くにあるサンアントニオの集落まで1回線の有線電話が通じているが、待時通話方式で鉱山の使用に供するのは無理である。従って鉱山独自の通信設備を備える必要がある。

山外との通信には、現在もCOMIBOLが諸鉱山との連絡に用いている無線電話方式を採用する。山内の通信は有線電話によるものとし、中央事務所に50回線の自動交換機を設置する。

3. 4 鉱山キャンプ

3. 4. 1 キャンプ居住人口の算定

鉱山に勤務する人間の数(ラ・パス、オルロー勤務者を除く)は166人(400トン/日)、237人(800トン/日)となるので、この数値をもとに推定したキャンプ居住人口は表3-4-1の通りである。

まずCOMIBOLの職員以外に学校、診療所、警察に勤務する者があり(これらの人員はそれぞれ所管の役所に所属)、その合計が19人(400トン/日)、26人(800トン/日)と見込まれる。これにより鉱山全体での労働人員は185/263人となり、このうち既婚者の割合を90%、一家族当り人数を平均5.2人として算定すると総人口は882/1258人となる。このうち学齢人口は総人口の40%とみて353/503人である。この人口は次に述べる理由から全員が山元の鉱山キャンプに居住するものとして以下の検討を行なう。

サンアントニオ鉱山の近辺にある集落としてはサンアントニオとサンパブロが主なものである。サンアントニオは坑口から尾根を一つ越えたところの急峻な谷間にある小集落で、世帯数は60程度、総人口は約250人とみられる。ただ、これらの人々はリヤマの遊牧で生計をたてているため、ふだんサンアントニオに実際に住んでいる人の数はこれよりはるかに少ない。公共施設としては小学校(2教室、生徒数23人)と教会がある。

サンパブロはサンアントニオから道路距離にして北東へ50kmの地点にあり、スードリベス郡の郡役所所在地である。約100世帯が住む。郡役所の他に警察、軍隊の駐在所、教会、小中学校(小学生41人、中学生25人、全6教室)がある。

サンアントニオ鉱山の従業者の居住地として、これらの既存集落はいずれも不適當である。サンアントニオは谷底のわずかな平地に広がる集落で、新しく住宅を建てる余地がほとんど

ない。また、小学校も現状では小さすぎるため既存公共施設を利用するメリットがない。

一方、サンパブロには集落を拡張する余地はあるものの、鉱山から50km、車で1時間15分という長距離を通勤せねばならないデメリットは既存集落の施設を利用できるメリットよりも大きいと考えられる。従って、鉱山人口は全員をキャンプに居住させるものとしてキャンプの位置を選定する。

表3-4-1 キャンプ居住人口

職 種	単位：人						
	400 t / 日			800 t / 日			
	妻帯者	単 身	計	妻帯者	単 身	計	
職 員	46	0	46	56	0	56	
従業員・鉱員	103	17	120	158	23	181	
小 計	149	17	166	214	23	237	
学 校	11	1	12	15	2	17	
診 療 所	5	1	6	7	1	8	
警 察	1	0	1	1	0	1	
小 計	17	2	19	23	3	26	
合 計	(A) 166	(B) 19	185	(A) 237	(B) 26	263	
総 人 口	$A \times 5.2 + B =$		(C) 882	$A \times 5.2 + B =$		(C) 1258	
学 齡 人 口	$C \times 0.4 =$		353	$C \times 0.4 =$		503	

3. 4. 2 キャンプ位置の選定

キャンプの候補地として、図3-4-1に示す3個所を取り上げる。

Aは現坑口から道路距離にして1kmほどの地点にあり、サンタ・ローサ川の左岸に広がる面積約2.5haの平地である。高度は約4,550m、南西に低い丘陵が控えて強い南風をさえぎり地形条件がよい。

BはA地点からさらに1kmほど南西の丘陵の上にある皿状の台地である。約6haのまとまった平地が利用できるが、高度が約4,620mと高いこと、風に吹き曝しとなることが欠点である。

Cは坑口から1.1kmの地点にあるカマーチョと呼ばれる小集落(3世帯)である。南から北へなだらかに下る斜面とそれに続く広い氾濫原とから成り、地形条件は極めてよい。高度も4,300~4,350mにあり、A、B両地点に比べて有利である。しかし、距離が遠いことと飲用水の量の確保が難しいことの2つの欠点がある。

以上の3候補地を比較検討した結果、B地点をキャンプ建設用地として選ぶことにする。その理由は以下の通りである。

A地点の最大の欠点は面積が小さいことである。400トン/日の場合でも、学校及び診療所の敷地として0.4haは必要であり、残り2ha強の土地に160戸あまりの住宅を建設するのは不可能ではないにしてもあまり望ましくない。特に、建築材料が日干しレンガであるため高層化ができない点を考え合わせると、この面積では不十分であろう。さらにもう一つの欠点は、この敷地が新坑口と選鉱場に隣接し、しかもその風下に当ることである。このため騒音や粉塵の影響が予想される。

一方、C地点は距離の遠さが最大の欠点になる。3方操業を行なう鉱員の通勤には自動車を使うほかなく、このための経費が余分に必要となる。また、この地点では東から流れてくる小川を上水源とすることになるが、流量が少なく(踏査時の観察では3ℓ/秒程度)、用水確保に不安がある。

それに対し、B地点は高度も高く吹き曝しであるのが最大の欠点である。しかし、他の2地点の欠点に比べればこれらは許容できるものと考えられるので、この地点をキャンプ用地として選択する。ただし、今回の現地踏査では時間の制約があったため上述の比較検討が十全であるとは言い難い。従って、キャンプのサイト選択については今後の調査でさらに詳しく検討する必要があることを付言しておく。

3. 4. 3 諸施設の配置

主な鉱山施設（選鉱場、変電所、事務所など）とキャンプ内諸施設の配置を図3-4-2に示す。

3. 4. 4 キャンプ主要施設

(1) 職員用住宅

職員は全員妻帯者とする。教師、医師などの専門職のうち妻帯者については職員と同等の扱いとし、これらの世帯用の住宅としてCOMIBOL標準仕様の中から次の3種を建設する。

1. タイプEP（面積56㎡、寝室2、居間兼食堂、台所、洗面所）上級職員用
2. タイプV3（面積52㎡、寝室2、居間兼食堂、台所）大世帯職員用
3. タイプV2（面積36㎡、寝室1、居間兼食堂、台所）小世帯職員用

住宅はすべて日干しレンガ造の平屋建とし、タイプEPは一戸建、タイプV3、V2については2戸ないしそれ以上を1棟とする長屋形式を標準とする。

(2) 従業員・鉱員用住宅

従業員・鉱員の世帯用には次の2種の住宅を建設する。

1. タイプV2（面積36㎡、同前）
2. タイプV1（面積18㎡、寝室1、台所）

前と同様に日干しレンガ造平屋建とし長屋形式をとる。

(3) 単身者用住宅

1人当たり床面積を20㎡として、タイプV1に準じた寮を2ないし3棟建設する。

(4) 職員宿舎

鉱山操業中に所用で来山する職員のための宿舎を1棟建設する。室数は13、1室当たり床面積（含共用部分）を25㎡とする。仕様は住宅に準ずる。

(5) 従業員・鉱員宿舎

同じく従業員・鉱員用の宿舎を1棟建設する。室数は10、1室当たり床面積（含共用部分）を20㎡とする。

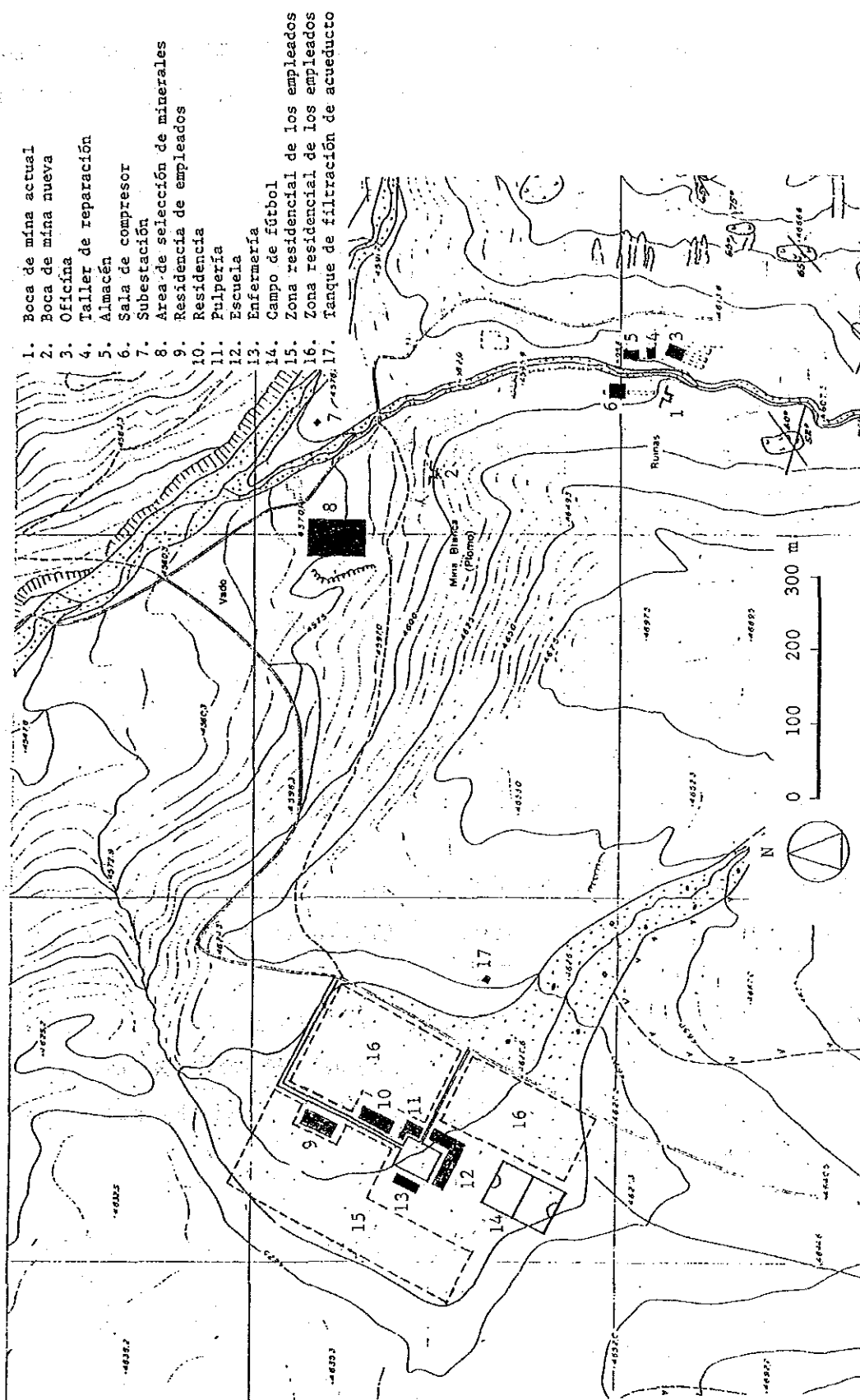


圖 3-4-2 鉞山施設配置

(6) 学 校

小中高校併設とし、経費節約のため10ないし13教室による2部授業を行なう。床面積は1,000㎡(400トン/日)ないし1,300㎡(800トン/日)を見込み、日干しレンガ造の平屋建とする。

(7) 診 療 所

ベッド数8(400トン/日)ないし10(800トン/日)、一般診療室、歯科診療室、手術室、看護婦室、薬局を備える。床面積300ないし350㎡の平屋建とする。

(8) 購 買 所

キャンプ居住者の食料、衣料、日用雑貨を供給する施設として購買所を1棟設ける。倉庫を併設し、面積は250ないし300㎡とする。

(9) サッカー場

娯楽施設としてサッカー場を1面設ける。位置は学校の敷地に連続させ、ふだんは生徒が使用できるようにする。

(10) 上下水道施設

上水はキャンプ東側の海拔4,625m地点に設置する濾過タンクより自然流下で各戸に配水する。

下水及びし尿は地中にしみ込ませる方法で戸毎に処理し、キャンプ全体の特別の施設は作らない。気温が低く有機物が腐敗しないため、この方法で不都合が生じることはない。

以上のキャンプ諸施設及び事務所等の鉱山施設の建設費を表3-4-2にまとめる。なお、日産800トン、鉱山ライフ5年のケースでは初期投資額を可能な限り抑える必要があるため、この場合は建設仕様を1ランク下げるなどの手段により建設費を全体で2割節約することとして財務・経済分析を行なう。

表3-4-2 山元施設建物建設費

種 類	建設費 単 価 (\$US/ m ²)	400 t/日			800 t/日		
		面積 (m ²)	戸数	費用 (千\$)	面積 (m ²)	戸数	費用 (千\$)
住 宅							
タイプ E P	68	56	8	30	56	8	30
タイプ V 3	53	52	45	124	52	59	163
タイプ V 2	53	36	40	76	36	50	95
タイプ V 1	42	18	73	55	18	120	91
単身者用	42	400	1	17	520	1	22
宿舎							
職員用	53	325	1	17	325	1	17
従業員用	53	200	1	11	200	1	11
学校	84	1,000	1	84	1,300	1	109
診療所	84	300	1	25	350	1	29
購買所	68	150	1	10	200	1	14
同倉庫	42	100	1	4	100	1	4
小 計				453			585
事 務 所	68	300	1	20	300	1	20
修 理 工 場	42	150	1	6	150	1	6
倉 庫	42	220	1	9	300	1	13
変 電 所	42	50	1	2	50	1	2
コンプレッサ室	42	360	1	15	480	1	20
小 計				52			61
計				505			646
							517

第4章 総合評価

第4章 総合評価

4.1 目的と手法

4.1.1 評価の目的

以上で2つの鉱山開発代替案（代替案Ⅰ及びⅡ）とひとつの試算用代替案（代替案Ⅱ'）についての鉱山開発計画、インフラ整備計画を作成し、またその起業・操業費用の見積りを行った。これに基づいて本章では財務評価、経済評価、更に感度分析をほどこし、代替案の比較やこのプロジェクトのフィージビリティそのものの検討を行うこととする。

ここで行う財務評価の目的は、この鉱山開発プロジェクトの費用と収益を分析してその実施事業体となるCOMIBOLの企業としての採算性を検討することにある。他方経済評価の目的は、ボリビアの国家経済の観点から資源の最適配分という意味で本プロジェクトが良い投資機会であるかどうかをその費用と便益を分析して判断することにある。さて、金属の建値は将来も変動していくので評価の中で仮定された収益、あるいは便益の算定は実際に少し変わってくることも予想され、また本調査で見積られた費用についても同様に不確定要素がある。さらに本調査では限られた選鉱サンプルで選鉱試験を実施しているので、ここで仮定された出鉱品位も実際には若干変わってくることも考えられる。そこでこれらの点について財務評価と経済評価の分析仮定を変えてみるとどうなるかを検討するのが、感度分析である。また、このような計量評価に現われない周辺鉱山開発への影響や地域開発へのインパクトについては、最後に別途検討することとする。

4.1.2 財務評価の手法と仮定

ここではディスカウント・キャッシュフロー法を用い、財務内部収益率を計算してその結果を予想される資金の利子率と比較して採算性を検討することにする。経済評価の手法は後述するが、いずれも世銀等の国際的金融機関が投資プロジェクトへの融資を審査する際に用いる手法を基本的に適用したものである。

具体的には、まずプロジェクトの全期間に渡って各年次毎の費用と収益を計算して、キャッシュフローを完成する。次に、そのキャッシュフローの純現在価値がゼロとなるような割引率 γ を求めるもので、それは以下のような式を満足させる。

$$\sum_{t=0}^T \frac{(\text{キャッシュインフロー}) - (\text{キャッシュアウトフロー})}{(1 + \gamma)^t} = 0$$

ただし、 t は投資開始年次からの経過年数で最後が第 T 年である。このような割引率 γ が財務内部収益率 (FIRR) と呼ばれ、その意味としてはそのプロジェクトが借入元金を返済しつつ払い得る最大の利率と表現することができることである。従って、理論的には資本の利率よりも高いFIRRを持つプロジェクトが採算性のあるプロジェクトだということが出来る。

このような背景があるのでここで作成するキャッシュフローは、一般の企業会計のために用いるものとは異なるところがある。利子支払いはキャッシュフローには含まれず、また減価償却は鉱産税 (Regalía) 計算のためだけに用いられフローの中には現われてこない。

財務キャッシュフロー作成のために設けられた仮定及び算定根拠を、以下に説明する。

(1) 財務分析の表示通貨

財務分析は企業の採算性を検討するものなので、本来的にはボリヴィア通貨で行うのが望ましい。しかしながら、インフレのためペソでは数字が大きくなりすぎて理解しにくい点があり、またCOMIBOLでも建設計画や売鉱条件等を検討する際にドル表示で行うことが多い。従ってここでの財務分析もドル表示で行うこととする。ドル表示かペソ表示かの選択は財務内部収益率の計算結果には影響しない。なお、1ドルは1,900,000ペソとし、また一部日本から調達される機材の見積りには1ドル163円の換算率を用いた。見積りは基本的に1986年価格に統一してある。

(2) 探 鉱 費

既に探鉱費として382,000ドルが費やされており、そのうちの3分の2をCOMIBOL自身が負担している。しかしながら、これは広域探鉱的な性格もあり、このプロジェクトにとっては埋没費用ととれるので、評価には含めないことにする。今後発生する探鉱費としては100,000ドルが見積られており、建設開始前に一括して計上しておくこととする。なお、このうち50%が外貨部分、50%が内貨部分である。

(3) 設備機器類の寿命、修理部品費、及び残存価値

探鉱機器のうち40%は操業5年で耐用年数に達するので、6年目に中間投資を必要とする。一方、代替案Ⅱ' の場合はプロジェクトライフが5年間だけなので、耐用年数の長い機

器について残存価値が認められる。これら採鉱機器の修理部品費用はものによるが初期投資額の4~5%/年である。

選鉱設備機器は坑外なので基本的耐用年数は10年で、中間投資を必要としない。代替案Ⅱ'の場合には40%の残存価値が予想されている。年間の修理部品費用は3%として計算されている。

電力、水、及び通信の輸入設備機器も基本耐用年数は10年で、中間投資を必要としない。代替案Ⅱ'の場合、電力と通信の一部機器について40%の残存価値が認められている。これらの年間修理費は2%となっている。

(4) 労働者の給料及び福利厚生

2. 1節で設定した人員配置表に基づいて労働者の給料を計算し、採鉱・選鉱担当人員については各部門の見積りの中に、またインフラ及び管理担当人員については管理費の中にそれぞれ計上することにする。なお、給料単価は、

坑外管理職	\$ 3 1 5 / 月
坑内技師	\$ 3 4 0 / 月
坑外月給者	\$ 1 6 5 / 月
坑内日給者	\$ 5 / 日
坑外日給者	\$ 3 / 日

とした。この給料に加えて、健康保険、退職金、年金、住宅手当、教育費補助という社会便益として福利厚生費がCOMIBOLの負担となるのであるが、その額は給料の87.7%である。

(5) 一般管理費

財務費用の中の管理費には、インフラ及び管理担当人員の給料と福利厚生費の他にも一般管理費が含まれる。ここでは粗鉱1トン当りの一般管理費を0.5ドルとみることにする。また1年分の一般管理費相当額が、起業管理費として採鉱・建設中の各年次に発生するものと仮定する。

(6) 土地と水の財務費用

土地は公共的所有になっているので、用地取得費はゼロである。また水利権も設定されておらず、これに対する費用もがからない。

(7) 鉱産税 (Regalía)

COMIBOLはプロジェクトの収益に応じて国庫 (Tesoro General de la Nación) にレガリアと呼ばれる精鉱販売量に伴う鉱産税を納めなければならない。その算定方法は以下のとおりである。

1) まず販売費用控除が金属建値国際価格を基にして次のような率で認められる。

亜鉛	60%
鉛	70%
銀	15%

2) そして生産費用控除が金属量に対して次のような額で認められる。

銀	\$ 3.50 / Troy Ounce
鉛	\$ 0.06 / lb
亜鉛	\$ 0.08 / lb

3) 売上より上の2つの控除を引いたものが想定利益であり、鉱産税は想定利益に対して次のような率で計算される。

銀	53%
鉛	20%
亜鉛	20%

鉱産税の算定に用いられる生産費用見積りは、このようにCOMIBOLの会計上の設備機器減価償却やその他の費用とは無関係な方法が指定されている。

(8) 亜鉛精鉱の売鉱条件

亜鉛精鉱はヨーロッパに売却されるものとし、タタニ鉱山等の類似精鉱をCOMIBOLが現在売っている条件を準用した。その売上額算定手順を以下に示す。

1) 亜鉛精鉱の亜鉛品位は53%で、この場合製錬ロスに伴う控除が8%課せられる。従って支払対象となる亜鉛は、年間産出精鉱の45%である。亜鉛の建値を870.8\$/トンとして、各代替案についてその産出精鉱量より売上の基本額が計算できる。なお、この建値は1986年12月8日現在のものであり、建値の過去の動向や将来傾向については後に感度分析のところで検討し、それに応じた感度分析を施すことにする。

2) 亜鉛精鉱1トン当りの銀の含有は173gで、これは5.56トロイオンスに相当する。やはり製錬ロスに対応してこの場合3トロイオンスの控除が課せられ、支払対象品位は2.56トロイオンス/トンである。銀の建値を5.371\$/トロイオンスとして、各代替案の産出精鉱費より売上の基本額が計算できる。なお、銀の建値も1986年12月8日現在のもので、その動向については同じく感度分析のところで検討する。

3) 亜鉛精鉱については、ヨーロッパ（フランスまたはベルギー）までの輸送費と保険が売手側のCOMIBOL負担となっている。陸上運賃とアントワープ港での船積み費用までは輸送部門のところで既に積算に含めてあるが、海上運賃はトン当たり31ドルとなっている。また保険料は精鉱価値の0.187%で、その保険料に10%の手数料が上積みされる。

4) 製錬費は精鉱1トン当たり160ドルが基本額であるが、これは960\$/トンという亜鉛建値のG.O.B. "Producer Basis" に基づいたものであり、亜鉛建値が960\$/トンと違っている場合にはそれに応じた製錬費の修正が行われる。今回の仮定建値の場合には9.8\$/トン値引きされ、製錬費は150.2\$/トンとなる。

5) 以上の1) + 2) - 3) - 4) が亜鉛精鉱の純売上収入となる。計算の結果400トン/日操業の場合の年間純売上が1,869,626ドルで、同じく800トン/日の場合は3,739,252ドルとなった。

(9) 鉛精鉱の売鉱条件

鉛精鉱はカラチパンバ製錬所へ売却されるものとするが、同製錬所は目下稼動しておらず売鉱条件が明らかにならない。そこで現在タクシ鉱山やサンホセ鉱山の類似の精鉱をCOMIBOLがアメリカへ売却している条件を基本的に適用することにし、カラチパンバとの条件の違いを考慮して輸送費や経済費用算出については調整を加えることにする。その売上額算定手順を以下に示す。

1) 鉛精鉱の鉛品位は49%で、この場合製錬ロスに伴う控除が3%課せられる。従って支払対象となる鉛は、年間産出精鉱の46%である。鉛の建値を458.6\$/トンとして、各代替案についてその産出精鉱量より売上の基本額が計算できる。なお、この建値は1986年12月8日現在のものであり、建値の過去の動向や将来傾向については後に感度分析のところで検討し、それに応じた感度分析を実施することにする。

2) 鉛精鉱1トン当りの銀は2,522gで、これは81.09トロイオンスに相当する。やはり製錬ロスに対応してトン当たり4.06トロイオンス(5%)の控除が課せられ、支払対象品位は77.03トロイオンス/トンである。銀の建値をやはり5.371\$/トロイオンスとして各代替案の産出精鉱量より売上の基本額が計算できる。なお、銀の建値の感度分析がこの売上額についても実施される。

3) カラチパンバ製錬所までの輸送費は既に輸送部門の積算の中に含んであるので、製錬費だけを計算すればよい。精鉱の処理費はトン当たり9.0ドルであり、銀の製錬費が銀1トロイオンス当たり0.15ドルである。なお、精鉱にヒ素等の不利な成分が含まれている場合、さらにペナルティが課せられる。

4) 以上、1) + 2) - 3) が鉛精鉱の純売上収入となる。計算の結果、400トン/日操業の場合の年間純売上が3,003,352ドル、同じく800トン/日の場合6,006,704ドルとなった。

4. 1. 3 経済評価の手法と仮定

経済評価についても進め方の大筋は財務評価と同様であり、便益・費用フローを作成して経済内部収益率を計算し、その結果を社会的割引率と比較して経済的妥当性を検討する。財務評価は企業の立場での採算性を検討するのが目的であるため、企業にとってのキャッシュフローを市場価格で計算するものである。これに対して経済評価の場合は国にとっての経済投資上の妥当性を検討するのが目的であるため、国としての社会費用と社会便益を経済価格と呼ばれるもので計算する。

その経済価格を計算方法として、ここではLittleとMirrleesによって提案され世銀でも採用されている方法を基本的に適用することとする。これによると経済価格計算のニューメレア(numéraire)として慣例的に用いられているのは国境価格を国内通貨で表わしたもので、俗に“border rupees”と呼ばれている。貿易財の国境価格は、理論的には輸入財の場合限界輸入費用で、輸出財の場合限界輸出売上で計算するのが正しい。しかしながら本プロジェクトでは輸出入量によって貿易財の国境価格が考慮すべき程変わるとは考えられないので、輸入財については購入税や輸入税を含まない輸入価格(国際市場価格)そのものをペソに換算して国境価格とし、また輸出財については同じく売上税や輸出税(あるいは輸出補助金)を含まない輸出価格(国際市場価格)そのものを国境価格とする。

次に非貿易財については、やはり限界社会費用や限界社会便益をもって経済価格と計算するのが理論的には正しい。ここで限界社会費用とはその財を単位量だけ追加生産するのに必要な資源を経済価格で表わしたものであり、また限界社会便益とは同様にその財が単位量だけ追加供給されたことによって国の経済がうける便益のことである。しかしながらこれを綿密な分析によって求めることはむずかしいため、ここでは次のような方法をとって国境価格を計算することにする。まず非貿易財投入物の中でも外貨部分として容易に確認できる部分については貿易財と同様に国境価格に変換する。内貨部分については労働や土地については後述するような扱いをし、特殊性のない内貨部分については標準変換係数を乗じて国境価格に変換する。電力、鉄道サービスなど市場価格が著しく社会費用や社会便益を過大あるいは過小評価したものである場合には、入手できた情報の範囲内で最も適切だと思われる推計を行って変換係数を求め、これを市場価格に乗じて国境価格とする。

以上のような考え方に基づいて経済評価を行うにあたり、次のような仮定及び算定根拠を

設定する。

(1) 経済分析の表示通貨

前述のように、経済分析は国境価格の内貨表示で行うのが望ましい。しかしながら、インフレのためペソでは数字が大きくなり過ぎて理解しにくい点がある。そこで、ここでの経済評価は国境価格の内貨表示したものを1ドル1,900,000ペソでドル表示して行うこととする。ここでの分析は前述のように限界輸入費用や限界輸出売上高を簡略化して求めており、また経済内部収益率を評価指標としているため、ドル表示による不都合は特に出てくることはない。

(2) 標準変換係数 (SCF) の算出

$$SCF(t) = \frac{M(t) + X(t)}{(M(t) + T(t)) + (X(t) - D(t))}$$

M(t) : 輸入額

X(t) : 輸出額

T(t) : 輸出税額

D(t) : 輸入税額

$$SCF = \sum_t SCF(t)/N$$

t : 年次

N : 観察年数

$$SCF = 0.959$$

(3) 輸入税

1986年8月13日の法改正により、生産財・消費財を問わずCOMIBOLの機材も含めた全ての輸入品に一律で20%の輸入税が課せられることになった。プロジェクト投入物の外貨部分に相当する輸入機材の市場価格にはこの輸入税が含まれているので、経済費用に変換するためにはこれを差し引くことにする。なお、COMIBOLがこれらの機材を直接輸入することと仮定し、5%の売上税は含んでいない。

(4) 土地と水の経済費用

土地や水の経済費用は代替用途における価値によって計測される。サンアントニオ鉱山用地の場合代替利用用途が考えられないので、土地の経済費用はゼロとする。同様に水につい

標準変換係数 (SCF) 算出のための輸出入統計

t 年	X (t) 輸出額 (百万ドル)	T (t) 輸出税額 (百万ドル)	M (t) 輸入額 (百万ドル)	D (t) 輸入税額 (百万ドル)	SCF (t) 標準変換係数
1981	983.968	6.853	917.081	139.061	0.935
1982	898.531	5.225	554.135	56.410	0.966
1983	817.954	3.892	567.746	25.198	0.985
1984	781.508	1.846	473.651	60.700	0.955
1985	672.766	4.950	350.701	52.175	0.956

注 : ペソのドルへの換算には各年の月別為替レートを平均したものを用了。

出所 : Instituto Nacional de Estadística の輸出入統計と Ministerio de Finanzas の輸出入税額統計に基づき作成したもの。

ても代替用途が周辺では考えられないので、その経済費用をゼロとする。

(5) 労働の経済費用

労働の経済費用は、限界労働生産性によって計測される。COMIBOLの合理化政策やボリヴィア国内の失業状況を鑑み、労働の財務費用に対する経済費用の変換率を熟練労働者については1.0、未熟練労働者については0.5とそれぞれする。人員配置計画と給料基準に基づいて変換率の加重平均を求めると、0.822と計算された。すなわち、配置人員に対する給料と社会便益（給料の87.7%）の合計に対してこの加重変換率を乗じたものが労働の経済費用となる。

(6) 電力と鉄道

電力及び鉄道の事業体は政府独占的な性格を持っており、独占価格（利潤や補助金のため）がとられているとその料金が社会費用から大きく離脱していることが考えられる。ENDE（電力会社）及びENFE（ボリヴィア国鉄）でのヒアリングに基づき、電力料金及びボリヴィア国鉄料金の経済価格への変換係数をそれぞれ0.40及び0.93とした。

(7) 便益の経済価格

亜鉛精鉱は精鉱のまま輸出されるので、その国境価格は基本的に経済価格となる。ただ、純売上収入を計算するのに海上輸送費と保険料が含まれているので、これを国境価格に直す必要がある。海上運賃は外国船利用のための外貨であり、その国際市場価格の内貨表示額が国境価格になる。一方の保険料はボリヴィアの保険会社を利用するために内貨とみなされ、標準変換係数を乗じて国境価格に変換する。

鉛精鉱はカラチパンパ製錬所へ売却され、そのあと金属として輸出されると仮定する。従って、便益の経済価格は、市場価格に製錬費用の市場価格と経済価格との差を加えたものとなる。カラチパンパ製錬所の建設投資額及び運転費用を分析の結果、製錬費用の市場価格の経済価格への変換係数は0.874とした。

以上のような考え方に基づいて計算を行った結果、亜鉛精鉱に伴う年間経済便益は400トン/日操業の場合で1,869,912ドル、同じく800トン/日の場合に3,739,824ドルとなった。また鉛精鉱に伴う年間経済便益は400トン/日操業の場合で3,076,813ドル、同じく800トン/日の場合に6,153,626ドルとなった。なお、鉱産税は、他の税と同様に内部移転とみなせるので、経済分析では考慮されない。

4. 2 財務分析のデータ

以上のような手法に基づいて準備された財務分析のためのデータを表にしてまとめることにする。まず400トン/日操業という代替案Ⅰについて、その採鉱費、選鉱費、及びインフラ整備費・管理費を表4-2-1、表4-2-2、及び表4-2-3にそれぞれ載せる。これらの費用と精鉱収益、そして鉱産税をキャッシュフローとしてまとめたのが表4-2-4である。

同様の表を試算用代替案Ⅱ'（800トン/日、5年間操業）についてまとめたのが表4-2-5から表4-2-8までである。同じく代替案Ⅱ（800トン/日、10年間操業）については表4-2-9から表4-2-12にまとめてある。

表4-2-1 採鉱費，代替案Ⅰ（基本見積額）

（単位：USドル）

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1 探 鉱 期 間	0.	0.	0.	0.
2 建設初年次	1234700.	161700.	69452.	1465852.
3 建設2年次	917025.	238025.	86930.	1241980.
4 操業初年次	1404032.	107328.	149760.	1661120.
5 操業2年次	551032.	107328.	149760.	808120.
6 操業3年次	551032.	107328.	149760.	808120.
7 操業4年次	551032.	107328.	149760.	808120.
8 操業5年次	551032.	107328.	149760.	808120.
9 操業6年次	1593032.	107328.	149760.	1850120.
10 操業7年次	551032.	107328.	149760.	808120.
11 操業8年次	551032.	107328.	149760.	808120.
12 操業9年次	551032.	107328.	149760.	808120.
13 操業10年次	551032.	107328.	149760.	808120.
14 残存価値発生年次	0.	0.	0.	0.

表4-2-2 選鉱費，代替案Ⅰ（基本見積額）

（単位：USドル）

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1 探鉱期間	0.	0.	0.	0.
2 建設初年次	0.	0.	0.	0.
3 建設2年次	4341600.	343000.	19650.	4704250.
4 操業初年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
5 操業2年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
6 操業3年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
7 操業4年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
8 操業5年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
9 操業6年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
10 操業7年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
11 操業8年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
12 操業9年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
13 操業10年次	1190128.	0.	50544.	1240672.
14 残存価値発生年次	0.	0.	0.	0.

表4-2-3 インフラ整備費及び管理費，代替案Ⅰ（基本算定値）

（単位：USドル）

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1 探鉱期間	0.	62400.	0.	62400.
2 建設初年次	19000.	596400.	60909.	676309.
3 建設2年次	1804400.	1710400.	93471.	3608271.
4 操業初年次	1413395.	1120012.	400817.	2934224.
5 操業2年次	444395.	1120012.	400817.	1965224.
6 操業3年次	444395.	1120012.	400817.	1965224.
7 操業4年次	444395.	1120012.	400817.	1965224.
8 操業5年次	444395.	1120012.	400817.	1965224.
9 操業6年次	1413395.	1120012.	400817.	2934224.
10 操業7年次	444395.	1120012.	400817.	1965224.
11 操業8年次	444395.	1120012.	400817.	1965224.
12 操業9年次	444395.	1120012.	400817.	1965224.
13 操業10年次	444395.	1120012.	400817.	1965224.
14 残存価値発生年次	0.	0.	0.	0.

表4-2-4 キャッシュフロー（財務分析用），代替案Ⅰ（基本算定値）

（単位：USドル）

年次	亜鉛精 鋳取益	鉛精鋳収益	インフロー 合計	生産費用	亜鉛鋳産税	鉛鋳 産税	銀鋳産税	アウトフロー 合計
1	0.	0.	0.	162400.	0.	0.	0.	162400.
2	0.	0.	0.	2142161.	0.	0.	0.	2142162.
3	0.	0.	0.	9571501.	0.	0.	0.	9571501.
4	1869626.	3003352.	4872978.	5836016.	152426.	2977.	289097.	6280516.
5	1869626.	3003352.	4872978.	4014016.	152426.	2977.	289097.	4458516.
6	1869626.	3003352.	4872978.	4014016.	152426.	2977.	289097.	4458516.
7	1869626.	3003352.	4872978.	4014016.	152426.	2977.	289097.	4458516.
8	1869626.	3003352.	4872978.	4014016.	152426.	2977.	289097.	4458516.
9	1869626.	3003352.	4872978.	6025016.	152426.	2977.	289097.	6469516.
10	1869626.	3003352.	4872978.	4014016.	152426.	2977.	289097.	4458516.
11	1869626.	3003352.	4872978.	4014016.	152426.	2977.	289097.	4458516.
12	1869626.	3003352.	4872978.	4014016.	152426.	2977.	289097.	4458516.
13	1869626.	3003352.	4872978.	4014016.	152426.	2977.	289097.	4458516.
14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

表4-2-5 採鋳費，試算用代替案Ⅱ'（基本見積額）

（単位：USドル）

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1	探鋳期間	0.	0.	0.
2	建設初年次	1428348.	229348.	80277.
3	建設2年次	975925.	296925.	108490.
4	操業初年次	2317628.	204672.	249600.
5	操業2年次	966628.	204672.	249600.
6	操業3年次	966628.	204672.	249600.
7	操業4年次	966628.	204672.	249600.
8	操業5年次	966628.	204672.	249600.
9	残存価値発生年次	-646000.	0.	0.

表4-2-6 選鉱費，試算用代替案Ⅱ'（基本見積額）

(単位：USドル)

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1 探 鉱 期 間	0.	0.	0.	0.
2 建設初年次	0.	0.	0.	0.
3 建設2年次	5008800.	374000.	20697.	5403497.
4 操業初年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
5 操業2年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
6 操業3年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
7 操業4年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
8 操業5年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
9 残存価値発生年次	-2003520.	0.	0.	-2003520.

表4-2-7 インフラ整備費及び管理費，試算用代替案Ⅱ'（基本見積額）

(単位：USドル)

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1 探 鉱 期 間	0.	124800.	0.	124800.
2 建設初年次	19000.	655800.	70403.	745203.
3 建設2年次	2365000.	1423800.	113297.	3902097.
4 操業初年次	2706783.	2073404.	541440.	5321627.
5 操業2年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
6 操業3年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
7 操業4年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
8 操業5年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
9 残存価値発生年次	-926800.	0.	0.	-926800.

表4-2-8 キャッシュフロー（財務分析用），試算用代替案Ⅱ'（基本算定値）

（単位：U S ドル）

年次	亜鉛精 鉍収益	鉛精鉍収益	インフロー 合計	生産費用	亜鉛鉍産税	鉛鉍 産税	銀鉍産税	アウトフロー 合計
1	0.	0.	0.	224800.	0.	0.	0.	224800.
2	0.	0.	0.	2483176.	0.	0.	0.	2483176.
3	0.	0.	0.	10703934.	0.	0.	0.	10703930.
4	3739252.	6006704.	9745956.	10342478.	304852.	5954.	578194.	11231480.
5	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
6	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
7	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
8	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
9	0.	0.	0.	-3576320.	0.	0.	0.	-3576320.

表4-2-9 採鉍費，代替案Ⅱ（基本見積額）

（単位：U S ドル）

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1 探鉍期間	0.	0.	0.	0.
2 建設初年次	1428348.	229348.	80277.	1737973.
3 建設2年次	975925.	296925.	108490.	1381340.
4 操業初年次	2317628.	204672.	249600.	2771900.
5 操業2年次	966628.	204672.	249600.	1420900.
6 操業3年次	966628.	204672.	249600.	1420900.
7 操業4年次	966628.	204672.	249600.	1420900.
8 操業5年次	966628.	204672.	249600.	1420900.
9 操業6年次	2258228.	204672.	249600.	2712500.
10 操業7年次	966628.	204672.	249600.	1420900.
11 操業8年次	966628.	204672.	249600.	1420900.
12 操業9年次	966628.	204672.	249600.	1420900.
13 操業10年次	966628.	204672.	249600.	1420900.
14 残存価値発生年次	0.	0.	0.	0.

表4-2-10 選鉱費、代替案Ⅱ（基本見積額）

(単位：USドル)

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1 探 鉱 期 間	0.	0.	0.	0.
2 建設初年次	0.	0.	0.	0.
3 建設2年次	5008800.	374000.	20697.	5403497.
4 操業初年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
5 操業2年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
6 操業3年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
7 操業4年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
8 操業5年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
9 操業6年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
10 操業7年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
11 操業8年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
12 操業9年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
13 操業10年次	2196535.	0.	52416.	2248951.
14 残存価値発生年次	0.	0.	0.	0.

表4-2-11 インフラ整備費及び管理費、代替案Ⅱ（基本見積額）

(単位：USドル)

年次	外貨	内貨	人件費	合計
1 探 鉱 期 間	0.	124800.	0.	124800.
2 建設初年次	19000.	667800.	70403.	757203.
3 建設2年次	2365000.	1544800.	113297.	4023097.
4 操業初年次	2706783.	2073404.	541440.	5321627.
5 操業2年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
6 操業3年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
7 操業4年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
8 操業5年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
9 操業6年次	2706783.	2073404.	541440.	5321627.
10 操業7年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
11 操業8年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
12 操業9年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
13 操業10年次	849533.	2073404.	541440.	3464377.
14 残存価値発生年次	0.	0.	0.	0.

表4-2-12 キャッシュフロー（財務分析用）、代替案Ⅱ（基本算定値）

（単位：USドル）

年次	亜鉛精 鉱収益	鉛精鉱収益	インフロー 合計	生産費用	亜鉛産税	鉛産税	銀産税	アウトフロー 合計
1	0.	0.	0.	224800.	0.	0.	0.	224800.
2	0.	0.	0.	2495176.	0.	0.	0.	2495176.
3	0.	0.	0.	10824934.	0.	0.	0.	10824930.
4	3739252.	6006704.	9745956.	10342478.	304852.	5954.	578194.	11231480.
5	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
6	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
7	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
8	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
9	3739252.	6006704.	9745956.	10283078.	304852.	5954.	578194.	11172080.
10	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
11	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
12	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
13	3739252.	6006704.	9745956.	7134228.	304852.	5954.	578194.	8023228.
14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

4. 3 経済分析のデータ

前述のような手法に基づいて準備された経済分析のための費用／便益フローをまとめると、代替案Ⅰ（400トン／日、10年間操業）の場合が表4-3-1、試算用代替案Ⅱ'（800トン／日、5年間操業）の場合が表4-3-2、そして代替案Ⅱ（800トン／日、10年間操業）の場合が表4-3-3のようにそれぞれなる。

表4-3-1 費用／便益フロー（経済分析用），代替案Ⅰ（基本算定値）

（単位：U S ドル）

年 次	便 益	費 用
1 探 鉱 期 間	0.	147792.
2 建 設 初 年 次	0.	1837135.
3 建 設 2 年 次	0.	8028641.
4 操 業 初 年 次	4946725.	4723407.
5 操 業 2 年 次	4946725.	3265807.
6 操 業 3 年 次	4946725.	3265807.
7 操 業 4 年 次	4946725.	3265807.
8 操 業 5 年 次	4946725.	3265807.
9 操 業 6 年 次	4946725.	4874607.
10 操 業 7 年 次	4946725.	3265807.
11 操 業 8 年 次	4946725.	3265807.
12 操 業 9 年 次	4946725.	3265807.
13 操 業 10 年 次	4946725.	3265807.
14 残存価値発生年次	0.	0.

表4-3-2 費用／便益フロー（経済分析用），試算用代替案Ⅱ'（基本算定値）

（単位：U S ドル）

年 次	便 益	費 用
1 探 鉱 期 間	0.	207633.
2 建 設 初 年 次	0.	2130594.
3 建 設 2 年 次	0.	8904246.
4 操 業 初 年 次	9893450.	8432487.
5 操 業 2 年 次	9893450.	5865887.
6 操 業 3 年 次	9893450.	5865887.
7 操 業 4 年 次	9893450.	5865887.
8 操 業 5 年 次	9893450.	5865887.
9 残存価値発生年次	0.	-2861056.

表4-3-3 費用／便益フロー（経済分析用），代替案Ⅱ（基本算定値）

（単位：USドル）

年次	便益	費用
1 探 鉱 期 間	0.	207633.
2 建 設 初 年 次	0.	2142102.
3 建 設 2 年 次	0.	9020285.
4 操 業 初 年 次	9893450.	8432487.
5 操 業 2 年 次	9893450.	5865887.
6 操 業 3 年 次	9893450.	5865887.
7 操 業 4 年 次	9893450.	5865887.
8 操 業 5 年 次	9893450.	5865887.
9 操 業 6 年 次	9893450.	8384967.
10 操 業 7 年 次	9893450.	5865887.
11 操 業 8 年 次	9893450.	5865887.
12 操 業 9 年 次	9893450.	5865887.
13 操 業 10 年 次	9893450.	5865887.
14 残存価値発生年次	0.	0.

4. 4 分析結果と感度分析

4. 2節及び4. 3節にまとめたデータを用いて財務内部収益率及び経済内部収益率を計算した。その結果代替案Ⅰの場合財務内部収益率が負の値となり、経済内部収益率は5.48%と求められた。同じく試算用代替案Ⅱ'の場合は財務内部収益率がやはり負で、経済内部収益率は17.35%となった。また、同じく代替案Ⅱの場合は財務内部収益率がやはり負で、経済内部収益率は24.16%となった。

いずれの場合も財務内部収益率は負の値であり、財務的には投資を回収できずもちろん貸付利子も払えないという状況を示している。しかしながら経済内部収益率は財務内部収益率に比べてかなり高い値になっており、特に試算用代替案Ⅱ'、さらには代替案Ⅱになる程優れている。USAIDボリヴィア事務所のヒアリング等を参考にするとボリヴィアにおける社会的割引率は10%前後と考えられるので、代替案Ⅱ'及びⅡの場合には経済的にはこのプロジェクトが十分フィージブルであると認められる。

各代替案についての分析結果を、表現を変えてもう一度解説すると次のようである。

(1) 代替案Ⅰ(400トン/日、10年間操業)の場合、このプロジェクトにとって貸付利子はおろか投資額そのものを回収することもできない。また国としてもこのプロジェクトが良い投資機会であるとはいま一步のところではいえない。

(2) 試算用代替案Ⅱ'(800トン/日、5年間操業)の場合、プロジェクトの財務的な状況は基本的には代替案Ⅰの場合と同じである。しかしながらボリヴィアの国家経済にとってはこのプロジェクトは試算上優れた投資機会だとみなされる。財務状況の改善のためには、COMIBOLに対して輸入税や鉱産税を軽減するなどの優遇措置をとることが考えられる。代替案Ⅰと代替案Ⅱ'の場合の分析結果を比較して、仮に同じ130万トンという可採鉱量の場合は800トン/日として操業をした方が有利であることが計算上は明らかになった。試算用代替案Ⅱ'の場合鉱山ライフは5年間と現実的でないが、計算上は経済的にフィージブルであり、仮に可採鉱量があまり増えなくても理論上は800トン/日操業の方が望ましいことが裏づけられる。

(3) 代替案Ⅱ(800トン/日、10年間操業)の場合、基本的に試算用代替案Ⅱ'と同じような結果が出ているが、代替案Ⅱ'よりも国家経済に与える影響はより優れている。かつ後に感度分析の結果のところでも再確認するのであるが、COMIBOLの財政的負担も試算用代替案Ⅱ'より軽いので、それを仮に税制優遇措置等で改善する場合も容

易である。従って、同じ800トン/日操業を行うにしても可採鉱量を探鉱によりできるだけ増やした方が有利であるとの結論が得られる。

以上の分析は4.2節及び4.3節にまとめたいわば基本見積額あるいは基本算定値をもとに行ったものである。以下に感度分析を実施することにするが、これは何らかの要因で仮定された費用や収益あるいは便益が少し違ってきた場合に分析結果にどの程度の違いが現われるかを検討するものである。同時に、この感度分析は、費用や収益あるいは便益を将来的にどの程度まで改善すれば思うような結果が得られるかという政策目標設定のためにも有用である。

まず収益あるいは便益、そして費用が変動する要因を考察して感度分析の仮定変更の幅を決定することにする。

精鉱収益算定に用いた金属建値は先述のように1986年12月8日時点のものである。表4-4-1に金属建値の動向が載せてあるが、1981年以来の傾向としては鉛、銀が下降したままであるのに対して亜鉛はやや持ち直してきている。COMIBOLによる金属建値の今後の見通しとしては、まず亜鉛は安価な金属として比較的安定した需要がみられるところからその建値が極端に下がることはなく、中期的には少し上がるものとしている。鉛については用途が限られまた有害性があるところから既存の需要が減っていく反面、開発途上国を中心にした需要は少し伸びるとみられ、全体としては建値の上昇はあまり期待できない。銀の建値予想は多くの要因があつてむずかしいが、中期的に現状維持かあるいはフィルムを中心とした需要増による建値の若干の上昇が予想されている。

収益あるいは便益についての感度分析のいまひとつの主な要因は出鉱品位である。今回の分析で仮定した出鉱品位は過去の探鉱結果と今回平行して実施した選鉱試験に基づいて試算されたものである。既に若干の金が含まれていることが確認されているが、今後さらに詳しく選鉱試験等を実施することによって出鉱品位が少し変わってくることも考えられる。これら金属建値や出鉱品位などを総合的に考慮して、収益あるいは便益についての感度分析の幅は-5%、+5%、及び+10%とすることとした。

一方の費用側での変動要因としては、投入物の価格の変動以外に今後の詳細な調査・計画による費用低減の達成及び海外からの援助などが考えられる。これらを総合して、費用低減についての感度分析の幅は-5%、+5%、+10%、及び+15%とすることにする。なお、これは全体費用についての感度分析であり建設・設備費も操業・運転費も一律にしたものである。ただし、この感度分析の幅は費用低減についてのものであり、-5%とは費用が5%増加した場合を意味するので注意を要する。

各代替案についての感度分析の結果を、表4-4-2、4-4-3、及び4-4-4に示

表4-4-1 金属建値の動向

	亜鉛(\$/ポンド)	鉛(\$/ポンド)	銀(\$/トロイオンス)
1981年	0.389	0.333	10.664
1982年	0.340	0.251	8.042
1983年	0.352	0.196	11.586
1984年	0.406	0.199	8.143
1985年	0.383	0.175	6.126
1986年1月	0.318	0.167	6.065
1986年2月	0.309	0.166	5.870
1986年3月	0.304	0.166	5.663
1986年4月	0.316	0.167	5.217
1986年5月	0.335	0.170	5.089
1986年6月	0.371	0.189	5.153
1986年7月	0.381	0.172	5.049
1986年8月	0.384	0.177	5.207
1986年9月	0.409	0.185	5.679
1986年10月	0.417	0.195	5.654
1986年11月	0.413	0.211	5.575
1986年12月8日	0.395	0.208	5.371
1987年	0.41	0.22	6.00
1988年	0.42	0.22	6.50
1989年	0.43	0.23	7.00
1990年	0.43	0.22	7.00
1991年	0.45	0.22	7.00
1992年	0.46	0.23	8.00
1993年	0.48	0.23	9.00
1994年	0.49	0.23	9.50
1995年	0.50	0.24	10.00
1996年	0.50	0.24	12.00

出所: COMIBOL

注: 1987年以降の建値はCOMIBOLロンドン事務所の予想値。

す。これより以下のような点が指摘できる。なお、財務内部収益率と比べる対象になる融資の年間利子率であるが、もしCOMIBOLが援助の要素の強いソフトローンを受けられるのであれば10%を下回ることが考えられるが、そうでなければ10%を逆に数%超えることが予想される。一方の経済内部収益率と比べる対象になる社会的割引率は上述のように10%前後である。

- (1) 代替案Iは最も不利なものであることは既に確認済である。その経済内部収益率に着目すると、収益が10%増加するか費用が10%減少するか、もしくは共に5%ずつ改善されるかした場合に初めて経済評価上フィジブルになる。その場合でも財務内部収益率は負であり、投資額の回収さえできないので財務状況の改善措置が必要となる。なお、財務改善措置がない場合収益が10%増加すると同時に費用が15%減少して初め

表4-4-2 代替案I (400t/日、10年間操業)の感度分析

(内部収益率(%))

		収益の増加率(基本算定値に対して)(%)				
		-5	0	5	10	
費用の減少率(基本算定値に対して)(%)	-5	財務	—	—	—	—
		経済	—	2.944	6.389	9.579
	0	財務	—	—	—	—
		経済	1.939	5.483	8.746	11.798
	5	財務	—	—	—	—
		経済	4.548	7.892	11.006	13.942
	10	財務	—	—	—	—
		経済	7.016	10.197	13.186	16.023
	15	財務	—	—	—	1.895
		経済	9.368	12.414	15.297	18.049

注:費用減少率-5%とは、費用が5%増加した場合を意味する。

表4-4-3 試算用代替案II'(800t/日、5年間操業)の感度分析

(内部収益率(%))

		収益の増加率(基本算定値に対して)(%)				
		-5	0	5	10	
費用の減少率(基本算定値に対して)(%)	-5	財務	—	—	—	—
		経済	9.869	14.413	18.827	23.118
	0	財務	—	—	—	—
		経済	12.875	17.352	21.702	25.934
	5	財務	—	—	0.383	4.194
		経済	15.849	20.260	24.548	28.724
	10	財務	—	0.811	4.821	8.733
		経済	18.792	23.139	27.368	31.488
	15	財務	1.288	5.518	9.640	13.658
		経済	21.704	25.989	30.160	34.227

注:費用減少率-5%とは、費用が5%増加した場合を意味する。

表4-4-4 代替案Ⅱ（800t/日、10年間操業）の感度分析

(内部収益率(%))

		収益の増加率（基本算定値に対して）（%）				
		-5	0	5	10	
費用の減少率（基本算定値に対して）（%）	-5	財務	—	—	—	1.669
		経済	16.894	21.329	25.531	29.553
	0	財務	—	—	1.891	6.295
		経済	19.871	24.162	28.255	32.191
	5	財務	—	2.136	6.733	10.907
		経済	22.760	26.929	30.928	34.789
	10	財務	2.405	7.215	11.570	15.606
		経済	25.575	29.642	33.559	37.353
	15	財務	7.748	12.303	16.518	20.484
		経済	28.330	32.307	36.152	39.887

注：費用減少率-5%とは、費用が5%増加した場合を意味する。

て財務内部収益率が1.90%とプラスに転じ、投資の回収と若干の利子支払が可能となる。このような仮定が実際に実現する期待は小さく、仮にそれが実現しても1.90%という利子支払能力では不十分である。

(2) 試算用代替案Ⅱ' の場合には基本計算値で既に経済的にフィージブルであった。感度分析によって、仮に収益が5%減少するか費用が5%増加してもなおかつ経済的なフィージビリティが保持されることが確認された。財務的には収益が10%増加しかつ費用が15%減少したような場合には一般の金利支払が可能となるが、これは実現しそうな仮定である。非常にソフトなローンを手に入ればそれより多少は実現しそうな仮定で税制優遇措置なしに利子支払をできるようになる。しかしこれも実現しそうななければ、やはりプロジェクトの財務状況改善のための優遇措置が必要になる。ただ、いずれの場合も国家経済にとっては十分に優れた投資機会であることは変わらない。これにより、今後あまり可採鉱量が増えなくても400トン/日よりは800トン/日操業の方が理論的には有利なことが再確認できる。

(3) 代替案Ⅱの場合には国家経済にとっての投資効果は申し分ない。財務的には、収益が10%増加し同時に費用が10%減少するなら15%の利子返済能力が出てくる。もしソフトなローンが入手できるならばそれよりもっと実現可能性の高い仮定のもとで今の税制のままで利子返済が可能になる。基本算定値の場合より収益の増加や費用の減少が達成できない場合でも、経済内部収益率の高さを考慮すると何とか財務的改善措置をとって実施すべきであると考えられる。従って、800トン/日操業を行うこととして実際の可採鉱量が試算用代替案Ⅱ'よりできるだけ代替案Ⅱに近づくように、今後の探鉱努力の重要性が再確認できる。

4. 5 地域社会に対する影響

4. 5. 1 鉱山開発への影響

サンアントニオ鉱山開発による地域社会に対する影響としての社会経済的な面は後述として、ここではまず周辺鉱山あるいはボリヴィア全体の鉱山開発への影響を検討することとする。

まず、鉱山開発によって精鉱が生産されれば当然その国の製錬所に寄与し、もし製品が輸出されれば外貨獲得に寄与することになる。この点でサンアントニオ鉱山が開発されればこの鉛精鉱を受入れるカラチバンパ鉛製錬所が直接利益を享受することとなる。現在同製錬所は原料不足などの理由で休転しており、サンアントニオ鉱山などの鉛精鉱を産出する鉱山の早期開発が待たれている。

またボリヴィアの鉱業の現状として、従来錫生産が主となっており国家の、或いはCOMIBOLの財政を支えてきたが、ここ二、三年来の錫価格の低下でCOMIBOLは大きな赤字を抱えるに至り、稼行鉱種の転換を計って収益改善を計る必要に迫られ、比較的建値の高い銀などの増産を行う必要がある、この点よりも銀を含有するサンアントニオ鉱山の開発は望ましい。

一方、技術的な観点より見ればCOMIBOLは、1952年の鉱山国有化後新規鉱山の開発を実施したことがなかった。もしサンアントニオ鉱山を開発するとすれば、同鉱山は以前開発されたとはいいながら長い休山時代を経ているので全く新規に開発すると言っても過言ではない。従って開坑、選鉱場建設、インフラストラクチュアなどの一連の開発工事を通じこれらの技術を習得することはCOMIBOLにとって極めて有意義であり新しい経験である。

人員の雇用の増大という観点より見ればサンアントニオ鉱山の開発により日給者、月給者を合計して400トン/日の場合168人、800トン/日の場合240人であり、雇用人口の増大はたいして大きくはない。しかしこうした少数の人員の雇用でも大工業を有していないボリヴィアにとっては有意義である。従業員に伴い移住して来ることとなる家族全体を含めて鉱山人口は882人(400トン/日)、1,258人(800トン/日)となり、この広大なリベス地域では最大の都市となる。現在郡都であるサンプロでさえせいぜい200人の人口と言われている。この人口増は当地域での食糧消費も増大し、わずかに自分の家族を支えるリャマなどの牧畜のみで自給自足しているケチュア族原住民の生産意欲を向上させ、そのマーケットを広げることとなる。

また人員の面については現在COMIBOLが人員過剰で合理化を行っているが、

本鉱山の開発に着手すれば建設時には多数の人員を必要とし熟練工の配転が行われ、COMIBOLにとっても人員合理化の一翼を担うこととなる。

本鉱山の開発は以上述べたように直接COMIBOL、サンアントニオ地域に益するところ大であるが周辺鉱床地帯に対する副次的影響も見逃すことは出来ない。

既述の地質の項で述べられたようにサンアントニオ鉱山周辺には第三紀の石英安山岩の活動と関連して生成された多数の鉱床がありブエナビスタ (Ag, Pb, Zn, Sb)、エスカーラ (Ag, Pb, Zn)、トラピチュ (Au, Sb)、モロコ (Ag, Pb, Zn)、ヌエボムンド (Ag, Pb)、ハケグウア (Ag, Pb) などの鉱床が分布している。これらの鉱床は今後の探鉱の結果が良好で鉱山開発を行う際にはサンアントニオ鉱山開発に整備されたインフラストラクチュア、特に道路、電力などの便益を直接受けることとなる。遠距離の道路改修、送電線の建設が不必要となり、開発費用はサンアントニオ鉱山に比してはるかに低減し開発し易くなる。

ブエナビスタ鉱山などはサンアントニオ鉱山と同様有望性があるが、サンアントニオへの道路または予定送電線よりわずかに5 km前後であり、この鉱山は最もサンアントニオ鉱山開発の直接の便益を受け探鉱開発も促進される。またエスカーラ鉱山にはサンバプロより至る道路ではサンアントニオ鉱山への道路の分岐点より約37 kmであり、道路、電力などブエナビスタ鉱山と共に直接鉱山開発に対するインフラストラクチュアの便益を得ることが出来る。こうしたサンアントニオ地域の鉱山は例え探鉱鉱山で未稼行であっても探鉱機器の修理、人員の交流などで能率的に業務を促進することが出来、無形の影響は無視することは出来ないであろう。こうして探鉱結果が良好であれば上記の鉱床も容易に開発され、サンアントニオ鉱山の開発はこれらの礎石であると言って過言でない。

4. 5. 2 社会経済的影響

ボリヴィア経済は従来錫をはじめとする鉱業、天然ガス生産及び農業に支えられていた。総人口643万人(1985年現在)の約半分が農牧業に従事しているが、生産性は低く国内総生産額に占める割合は約2割に過ぎない。また近年の金属市況の悪化により鉱物の輸出も伸び悩んでいる。たとえば本プロジェクトでも産出される亜鉛、鉛、銀をみると1985年の輸出量はそれぞれ3,394.1トン、1,369トン、52トンとなっているが、これは1981年に比べそれぞれ24.0%減、91.2%減、74.7%減となっている。貿易収支は小幅であれ黒字になっているが(1984年で+2.7億ドル)、内陸国で小規模な商船隊しか有せず、また資本輸入国であるため伝統的に貿易外収入に乏しく対外債務が累積している(1984年時点で45億ドル)。このような背景からサンアントニオ鉱山のように外貨収

入をもたらして満足的な経済内部収益率をもたらすプロジェクトには積極的に取り組む姿勢が必要である。

錫をはじめとする金属建値の近年の低下によりCOMIBOLでは休山する鉱山が多く、またその合理化政策により1986年から1987年にかけて約2万人の人員整理を実施中である。これは既に20%に近いボリヴィアの失業率をさらに1%押し上げることにもなるので、小規模ながら本プロジェクトでも雇用機会を創出することは大切である。

ボリヴィア全国は9つの県に分かれるが、サンアントニオ地域のあるポトシ県は全人口の13.7%に相当する87.8万人の人口を擁する(1985年現在)。しかしながら、ポトシ県の地域生産額は国内総生産額の9.7%を占めるに過ぎず、後進県として位置付けられている。同じポトシ県の中でもサンアントニオ地域が属する南西部地方はボリヴィア高原地帯(Altiplano Boliviano)南部に属しほぼ砂漠化しており、生産活動も低調である。南西部地方の人口は約4.8万であるが、人口密度は0.64人/㎢と低い。人口増加率は0.54%/年となっておりポトシ州平均の0.99%よりも低く、かつ人口流出傾向が見られる。

ポトシ県南西部地方の就業構造をみると、農牧業53.3%、鉱業14.5%、サービス業14.0%の順になっている。しかしながら生産額の点では農牧業8.4%、鉱業29.3%、サービス業23.4%で農業の生産性の低さが目立っている。農業ではキヌア(quinua)が主作物であるが(耕作面積3,490ヘクタール)、今のところ生産性は低い(435kg/ヘクタール)。サンアントニオ地域周辺のSur Lipez郡ではリャマとアルパカを中心とした牧畜業が最も盛んである。

南西部地方開発のボトルネックは輸送、通信、エネルギー等のインフラ整備の立ち遅れであり陸の孤島的な様相を呈している。たとえば道路は全て土砂道で雨期には通行不能になるなど、生産・社会活動に支障をきたしている。衛生面でも医療の適時救援がなく、地方全域に発生する種々の流行病に対して無防備な状態になっている。このような事情から生活の安定を求める住民の希望が強く、サンアントニオ鉱山開発実施への期待も大きい。

ポトシ県南西部地方には農業(キヌア、馬鈴薯、小麦等)、ウユニ塩湖(リチウム、カリウム、ホウ素)、地熱エネルギー、大理石、など豊富な開発資源が眠っている。以下に挙げる開発候補プロジェクトは、強い開発意欲を持っているポトシ県開発公社(CORDEPO)によって検討されているものである。これら開発ポテンシャルの個々の可能性の検討と同時に互いの整合性を検討し、インフラ整備を進めて、地域の総合開発計画を立案することが開発実現性を高めるひとつの大きな推進力となる。サンアントニオ鉱山の開発にはそうした総合開発のパイロット的な役割も期待されている。そして逆に総合的な開発が進めば相乗効果により個々のプロジェクトの収益性は一段と高まるものと期待される。

ボトシ県南西部地方開発候補プロジェクトとその必要投資額 (US \$)

ボトシーウユニ間道路	6 3 0 0 0, 0 0 0
ウユニ塩湖開発	2 1 0, 0 0 0, 0 0 0
地熱	6 6, 0 0 0, 0 0 0
亜鉛製錬	(未定)
二酸化マンガ	6, 4 0 0, 0 0 0
農業総合計画	1 3, 7 8 1, 0 0 0
化学	1 4 0, 0 0 0, 0 0 0
硫黄精製	6, 7 3 0, 0 0 0
衛生・教育施設	3 5, 0 0 0, 0 0 0
銅リチング	(未定)
燐ベース肥料	(")
硫酸塩精製	(")
ウラニウム処理	(")
オニックス大理石工業化	3, 7 5 0, 0 0 0
ベントナイト処理プラント	1, 8 0 0, 0 0 0
キヌア工業化	1, 1 7 5, 0 0 0
ビン用ガラス工場	2 5, 0 0 0, 0 0 0
アルパカ等、毛繊維化	1 0, 0 0 0, 0 0 0
次亜塩素酸カルシウム工場	1 9 8, 0 0 0, 0 0 0

出所 : CORDEPO

第5章 結論と提言

第 5 章 結論と提言

総合評価を踏まえて導かれる結論と提言を以下に記す。

(1) サンアントニオ鉱山の財務分析と経済分析の計算に対しては、まだ探鉱途中の鉱山であり、可採鉱量も十分でなく、また現在の世界的に低迷している金属建値ではその採算性が問題であるため、可能な限り起業費、操業費の逓減を計ることを目途とした。特に輸入選鉱設備や電気関係輸入設備費は休山している他の鉱山の遊休機材を活用することと仮定した。また選鉱の試薬についても同様な作用を有するもので安価なものを探すものとした。この条件が実現するよう最大の努力が不可欠である。

(2) 生産計画については鉱山ライフ10年として400トン/日(代替案Ⅰ)の場合より800トン/日の場合の収益性が、仮に同じ130万トンという鉱量とした試算用代替案Ⅱの場合でもはるかに高い。これは操業費が倍にならず効率的であることによる。かつ収益が早く出るので便益が前倒しになり、また残存価値が残り設備転用が可能となることによる。また可採鉱量が倍になると仮定した代替案Ⅱがさらに優れた分析結果を示していることから、今後の探鉱によって鉱山ライフの延命を少しでも計ることの重要性が指摘できる。

(3) いずれにしても基本計算値の場合の財務分析の結果は、企業化するには投資の回収が困難である。このため今後、操業費の逓減、探鉱による品位の向上、鉱量の増加に努めなければならない、また、選鉱の実収率を高めることも大切である。

(4) 経済内部収益率は財務内部収益率より高く、この差は便益側から鉱産税、輸入税などが内部移転されたためなどによる。当国にとって鉛、亜鉛生産物の国内消費は殆んどなく、海外に輸出されるので外貨獲得のメリットがある。従って、開発企業と目されるCOMIBOLのこのプロジェクトに関する財務的な条件を改善すればボリビア当国にとっては条件の良いプロジェクトである。鉱産税や輸入税などの税制優遇措置について考慮し、一方積極的に探鉱を進めて鉱量の獲得を計るべきであろう。

(5) 本鉱山が開発されれば当地域に対する影響が大であり雇用の増大、社会環境の整備が計られ、ボリビアでも避地と見られている当地域に曙光を与えるものであるが、単に地域の社会開発に貢献するのみならず、サンアントニオ地域の各鉱山の開発に活力を与えることとなり、この影響が大きい。特にこれらの鉱山が開発される場合のインフラストラクチュア

の費用の軽減などその効果は大きい。

(6) 現在カラチパンパ (Karachipampa) 鉛製錬所は原料不足等の理由で休転中であるが、サンアントニオ鉱山の鉛精鉱が生産されるようになればこの原料不足を補うひとつの鉱山となり得る。

(7) 選鉱試験の結果については、銀は鉛と挙動が近いので、大部分は鉛精鉱中に回収され鉛製錬の工程で効率よく製品化されることが考えられる。従って本鉱石の処理のためにはコストの高い湿式処理法は特に必要ないと判断される。しかし一般的に亜鉛精鉱中の銀の回収には湿式法の適用の検討の余地もある。

以上のように財務分析の結果は厳しいものとなったが、経済分析の結果は良好であり国としては積極的に進めるプロジェクトであろう。COMIBOLとしては探鉱を進め鉱量獲得を計ると共に選鉱試験などを実施して、操業費の逡減などを計る一方政策的には税制の優遇措置の考慮などすれば、将来当地域の基幹鉱山として国家的に貢献するものと考えられる。

