

表 6-2-1

## 短期、中期、長期計画におけるモニタリング関連分析設備一覧(1/4)

	Item	Equipment	Cost of Equipment	Consumable	Cost of Yearly Operation	Testing Points	Frequency
Short Term	pH	Portable pH Meter	Already Donated	Distillated Water		To be defined by Bolivian side	To be defined by Bolivian side
	Electric Conduct	Portable E.C. Meter	Same Above	Distillated Water			
				Main Equipment Maintenance(5%)			
	<i>Short Term</i>		<i>USD10,000</i>		<i>USD500</i>		
Middle Term	First Stage						
Water	Lead	Multipurpose rapid water analyzer	USD35,000	Test Chemical, Sample Bottle	USD500	1)DCSA Drainage	
	Copper	Multipurpose rapid water analyzer	Same Above	Test Chemical, Sample Bottle	USD500	2)Ingenico Drainage	
	Arsenic	Multipurpose rapid water analyzer	Same Above	Test Chemical, Sample Bottle	USD500	3)Mining Spot Drainage	
	Cadmium	Multipurpose rapid water analyzer	Same Above	Test Chemical, Sample Bottle	USD500	4)Ingenico Waste -	
	COD	Multipurpose rapid water analyzer	Same Above	Test Chemical, Sample Bottle	USD500	Recovery Plant Drainage	
				Main Equipment Maintenance(3%)	USD1,050	5)Treated Acid Water	
	<i>Middle Term/First Stage Total</i>		<i>USD35,000</i>		<i>USD3,550</i>	6)Others	
	Second Stage						
Water	pH	Table pH Meter	USD1,200				
	E.C.	Table E.C. Meter	USD1,200				
	Oxidation Meter	Table Oxidation Meter	USD1,100				
	Basic -	Refrigerator	USD3,000				
	Instruments	Distillator	USD8,000				
		Glass Tube Thermometer	USD2,000				
		Beaker	USD2,000				
		Microscope	USD10,000				
		Electric Furnace	USD10,000				
		Test Table	USD1,000				
		Draft Chamber	USD3,000				
		Standard Balance	USD1,000				
		Ultra micro Balance	USD10,000				
		Water Piping	USD2,000				
		Switch Board	USD2,000				
		Air Conditioning	USD2,000				
		Cabinet	USD3,000				
		Atomic Absorption Spectrometer	USD25,000				
		Flow Injection Analyzer	USD25,000				
		Microwave Digester	USD27,000				
		UV-Visible Spectrometer	USD30,000				
		Ion Chromatograph	USD40,000				
		Electrochemical Detector	USD25,000				
		Elemental Analyzer	USD35,000				
		Hydrogen Generator	USD10,000				

表 6-2-1

## 短期、中期、長期計画におけるモニタリング関連分析設備一覧(2/4)

	Item	Equipment	Cost of Equipment	Consumable	Cost of	Testing Points	Frequency
	Inside Painting (Metal Free)		USD15,000				
				Gases	USD5,000		
	Lead	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Lead	USD500		
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Copper	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Copper	USD500		
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Arsenic	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Arsenic	USD500		
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Cadmium	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Cadmium	USD500		
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	COD	Cooling Tube)	USD5,000	Test Chem. , S.B.	USD500		
		Frasco	USD1,000				
		Heat Panel	USD2,000				
		Ceramic Bowl	USD1,000				
		Temperature Controlled Water Pool	USD8,000				
	sub-total		USD311,500				
Sediment	Lead	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Lead	Same Above		
		Dryer	USD10,000	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Copper	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Copper	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Arsenic	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Arsenic	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Cadmium	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Cadmium	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	sub-total		USD10,000				
Monitoring	pH	Automatic Monitoring Instrument	Already Donated	Battery	USD500		
	E.C.	Automatic Monitoring Instrument	Already Donated				
	DO	Automatic Monitoring Instrument	Already Donated				
	Purity	Automatic Monitoring Instrument	Already Donated				
	sub-total						
				Main Equipment Maintenance(3%)	USD9,945+		
					USD1,500		
	<i>Middle Term / Second Stage Total</i>		<i>USD331,500</i>		<i>USD21,445</i>		
Long Term							
	Basic Instruments	Atomic A. S. Graphite Furnace	USD80,000				
		Digestion Kjeldahl	USD3,000				
		Distillator Kjeldahl	USD3,000				
Water	BOD	Germiculture Instruments	USD20,000				
	Zinc	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Zinc	USD500	1)Integrated Ingenic	
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500	Drainage	
	Chromium	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Chromium	USD500	2)Drainage from Suco	

短期、中期、長期計画におけるモニタリング関連分析設備一覧(3/4)

	Item	Equipment	Cost of Equipment	Consumable	Cost of	Testing Points	Frequency
	Iron	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Iron	USD500	3)Drainage from Vegetation/Land Cover	
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Manganese	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Manganese	USD500		
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Mercury	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Mercury	USD500		
		Mercury Reduction Vaporizer	USD5,000	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Sulfur	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Sulfur	USD500		
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Cyanide	Electrochemical Detector	Same Above	Cathode Lamp for Cyanide	USD500		
				Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Silver	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
Sediment	Zinc	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Zinc	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Chromium	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Chromium	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Iron	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Iron	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Manganese	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Manganese	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Mercury	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Mercury	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Sulfur	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Sulfur	USD500		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Tin(Sn)	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Bismuth(Bi)	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Antimony(Sb)	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Carbon	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
		Electric Furnace	Same Above				
	Silver	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
	Ignition Loss	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	USD500		
		Electric Furnace	Same Above				
Soil	Zinc	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Zinc	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Chromium	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Chromium	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Manganese	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Manganese	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Mercury	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Mercury	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Sulfur	Atomic Absorption Spectrometer	Same Above	Cathode Lamp for Sulfur	Same Above		
		Dryer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Tin(Sn)	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		

表 6-2-1

## 短期、中期、長期計画におけるモニタリング関連分析設備一覧(4/4)

	Item	Equipment	Cost of Equipment	Consumable	Cost of	Testing Points	Frequency
	Bismuth(Bi)	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Antimony(Sb)	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Carbon	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
		Electric Furnace	Same Above				
	Silver	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
	Ignition Loss	UV-Visible Spectrometer	Same Above	Test Chem. Standard Liquid, S.B.	Same Above		
		Electric Furnace	Same Above				
	Subtotal						
Monitoring	pH	Automatic Monitoring Instrument	Already Donated				
	E.C.	Automatic Monitoring Instrument	Already Donated				
	DO	Automatic Monitoring Instrument	Already Donated				
	Purity	Automatic Monitoring Instrument	Already Donated				
	Subtotal						
				Main Equipment Maintenance(3%)	USD3,330		
	<i>Long Term Total</i>		<i>USD111,000</i>		<i>USD14,830</i>		

表 6-2-2 アンチモン

アンチモン ( $\mu\text{g/L}$ )		
利用データ;19		
最適モデル式; $C_{ij}=0.187C_i+0.854C_j+0.0063$		
1次多項式との相関係数;0.801		
メンデス橋での平均予想濃度;0.3895 $\mu\text{g/L}$		
メンデス橋での最大予想濃度;2.0724 $\mu\text{g/L}$		
観察結果;メンデス橋でのアンチモン濃度に最も影響を及ぼすポイント; P4HU(C4)と P19Y(C19),それぞれ 51.6%と 70.2%		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; アンチモン( $\mu\text{g/L}$ )		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	0.28917	0.21138
C4	0.45250	0.34067
C5	0.00008	0.00028
C8	0.03133	0.10361
C9	0.12167	0.20008
C13	0.00008	0.00028
C16	0.29917	0.24433
C19	0.22417	0.13097
C24	0.38083	0.30488

表 6-2-3 砒素

砒素 ( $\mu\text{g/L}$ )		
利用データ;14		
最適モデル式; $C_{ij}=0.37C_i+2.751$		
1次多項式との相関係数;0.577		
メンデス橋での平均予想濃度;7.36282 $\mu\text{g/L}$		
メンデス橋での最大予想濃度;23.71355 $\mu\text{g/L}$		
観察結果;メンデス橋での砒素濃度に最も影響を及ぼすポイント; P8HR(C8)47.2%		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; 砒素( $\mu\text{g/L}$ )		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	7.34429	9.31023
C4	356.025	453.510
C5	147.494	188.967
C8	12.4114	11.8741
C9	2.61556	4.81708
C13	0.19764	0.30686
C16	6.20357	11.2512
C19	5.97857	8.62919
C24	10.9100	19.5293

表 6-2-4 カドミウム

カドミウム (mg/L)		
利用データ;14		
最適モデル式; $C_{25}=0.765C_{19}+10.0095$		
1次多項式との相関係数;0.756		
メンデス橋での平均予想濃度;0.03042mg/L		
メンデス橋での最大予想濃度;0.23815mg/L		
観察結果;メンデス橋でのカドミウム濃度に最も影響を及ぼすポイント; P19Y(C19)		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; カドミウム (mg/L)		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	0.01886	0.01845
C4	2.39786	2.31428
C5	0.03229	0.02371
C8	0.02357	0.02098
C9	0.02889	0.20883
C13	0.68500	0.16440
C16	0.01871	0.02616
C19	0.01857	0.01747
C24	10.9100	19.5293

表 6-2-5 銅

銅 (mg/L)		
利用データ;20		
最適モデル式; $C_{25}=0.0068C_4+0.113C_{13}+0.0104$		
1次多項式との相関係数;0.485		
メンデス橋での平均予想濃度;0.02612mg/L		
メンデス橋での最大予想濃度;0.09740mg/L		
観察結果;メンデス橋での銅濃度に最も影響を及ぼすポイント; P5RI で(C <sub>4</sub> )と P16H(C <sub>13</sub> )		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; 銅 (mg/L)		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	0.00220	0.02612
C4	16.4433	12.7155
C5	1.15056	1.26545
C8	0.03333	0.03955
C9	0.00991	0.01987
C13	20.1117	7.98401
C16	0.01250	0.01559
C19	0.01956	0.02717
C24	0.94500	1.43239

表 6-2-6 鉄

鉄 (mg/L)		
利用データ;21		
最適モデル式; $C_{25}=0.74C_5+0.62C_{19}-0.01$		
1次多項式との相関係数;0.781		
メンデス橋での平均予想濃度;0.23381mg/L		
メンデス橋での最大予想濃度;1.0396mg/L		
観察結果;メンデス橋での鉄濃度に最も影響を及ぼすポイント; P19Y(C19)と P5RI(C5),それぞれ 76.0%と 37.0%		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; 鉄 (mg/L)		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	0.18474	0.28116
C4	537.966	361.1030
C5	0.10947	0.08296
C8	0.31053	0.40998
C9	0.17333	0.32103
C13	304.786	238.361
C16	6.73632	27.2921
C19	0.33947	0.25984
C24	39.1400	115.727

表 6-2-7 マンガン

マンガン (mg/L)		
利用データ;17		
最適モデル式; $C_{25}=0.038C_5+0.769C_{19}+0.382$		
1次多項式との相関係数;0.66		
メンデス橋での平均予想濃度;0.27825mg/L		
メンデス橋での最大予想濃度;0.88885mg/L		
観察結果;メンデス橋でのマンガン濃度に最も影響を及ぼすポイント; P5RI(C5)P19Y(C19)		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; マンガン (mg/L)		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	0.28647	0.25916
C4	16.3447	8.87244
C5	0.97776	3.48386
C8	0.36176	0.15171
C9	0.07836	0.07159
C13	41.2152	19.2990
C16	0.06412	0.10137
C19	0.06571	0.09514
C24	15.3364	10.4925

表 6-2-8 水銀

水銀 ( $\mu\text{g/L}$ )		
利用データ;19		
最適モデル式; $C_{25}=0.322C_1+0.115C_3+0.0787C_{21}-0.0239$		
1次多項式との相関係数;0.914		
メンデス橋での平均予想濃度;1.15585 $\mu\text{g/L}$		
メンデス橋での最大予想濃度;6.0368 $\mu\text{g/L}$		
観察結果;メンデス橋での水銀濃度に最も影響を及ぼすポイント; P4HU(C4),P5RI(C5),P24J(C24)で 83.8%		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; 水銀 ( $\mu\text{g/L}$ )		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	1.00000	1.66084
C4	1.88118	2.54108
C5	2.75059	5.79926
C8	0.73588	1.06089
C9	1.34818	2.56561
C13	0.00123	0.00188
C16	1.70647	3.59645
C19	0.61412	1.10564
C24	0.95647	1.92328

表 6-2-9 鉛

鉛 (mg/L)		
利用データ;17		
最適モデル式; $C_{25}=0.031C_1+0.137$		
1次多項式との相関係数;0.122		
メンデス橋での平均予想濃度; 0.21253		
メンデス橋での最大予想濃度; 0.31463		
観察結果;メンデス橋での鉛濃度に最も影響を及ぼすポイント; P4HU		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; 鉛 (mg/L)		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	0.23529	0.47480
C4	2.47765	1.57713
C5	0.28353	0.18510
C8	0.27235	0.57137
C9	0.19000	0.16583
C13	0.20706	0.14057
C16	0.21882	0.23948
C19	0.17471	0.16790
C24	0.20412	0.14975

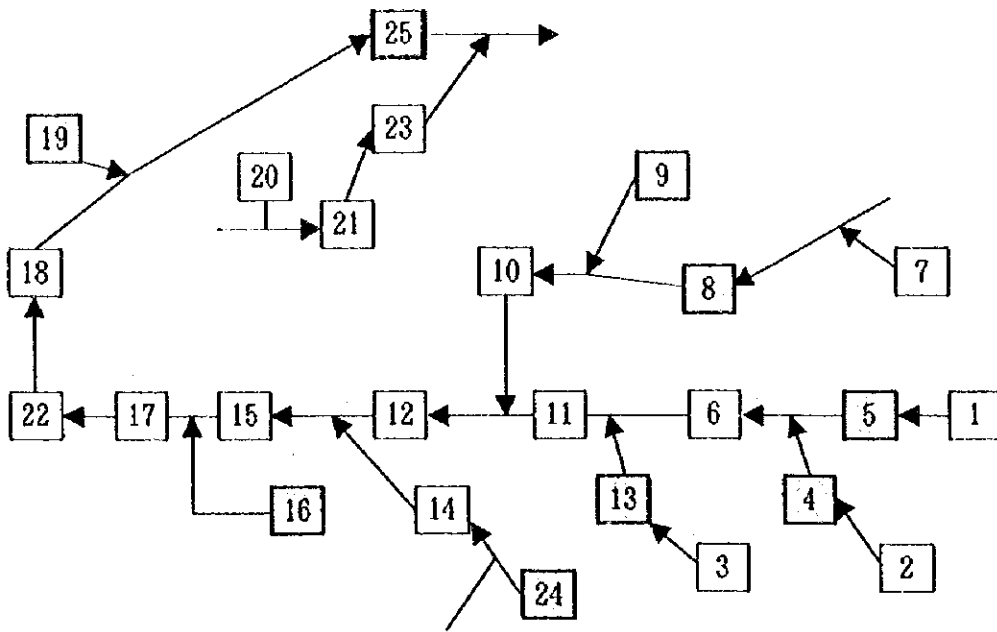


表 6-2-10 亜鉛

亜鉛 (mg/L)		
利用データ; 14		
最適モデル式; $C_{13} = 0.036C_3 + 0.249C_{13} + 0.0006C_{19} + 0.0043$		
多元 1 次式との相関係数; 0.469		
メンデス橋での平均予想濃度; 0.07644		
メンデス橋での最大予想濃度; 0.115972		
観察結果;メンデス橋での亜鉛濃度に最も影響を及ぼすポイント; P5R1(C5), P9JV(C9), P13K(C13)と P19Y(C19)で、およそ 31%		
サンプリングポイントで採取された平均濃度; 亜鉛 (mg/L)		
ポイント	平均値	標準偏差
C25	0.08122	0.05338
C4	298.083	138.384
C5	1.22944	3.46444
C8	0.14500	0.12118
C9	0.07583	0.07378
C13	119.633	48.6153
C16	4.55944	19.0771
C19	0.07167	0.07524
C24	216.945	153.884

表 6-2-11 環境影響評価調査の概要  
(建設工事全般に該当する事項についての事例)

<p>I 調査名 ポリヴィア国ポトシ県鉱山セクター環境汚染評価調査</p>
<p>II 事業内容</p> <p>(1) 背景          ポリヴィア政府は鉱業部門及びその他の部門の原因により引き起こされている鉱害を削減する計画を持っている。          しかしながら、現在の非鉄金属の国際価格の低迷に起因する鉱業全体の経済低迷の状況下において、鉱業部門の環境対策事業は進展していないといえる。かかる状況下、本調査はポリヴィア政府の要請によりポトシ県の鉱山公害を削減するために実現可能な手段を探す事を目的として開始された。          要請を受けた日本政府は環境管理計画および鉱害防止計画の提言を行うための調査団を派遣した。本調査団は鉱害防止計画の一環として提言する鉱山公害削減を目的とした施設の建設に係わる環境影響評価を準備した。</p> <p>(2) 実施母体          この事業はポトシ県において実施され、実施団体は県の行政部門と関係私的企業とに構成される公的機関もしくは一部私企業を前提としているが、その資金的負担割合については今後充分なる検討が必要である。</p> <p>(3) 事業構成内容          省略</p> <p>(4) 予算          省略</p> <p>(5) 環境保全の目的設定          本施設はポリヴィア国の環境法及び同規則に則り、水質、大気、騒音他においてその作業従事者にも健康障害を及ぼす事がない設備を目指し、環境予想書 (FA) を取得できる内容とする。</p>
<p>III 環境影響評価</p> <p>(1) 予測と評価          本施設は水質汚染改善を主たる目的としているが、水質改善の結果回収された有価金属は販売される事も視野に入れる。          改善されるといえども排出を無くさない限り汚染水は発生する訳で、排水は常に管理する体制が必要がある。          大気汚染としては、原料及び製品の入荷・出荷時の粉塵が周辺への拡散を招き気管支炎その他呼吸器系の問題を発生させる可能性があり、騒音汚染としては、開放型の建屋では粉碎機始めとする回転機械からの騒音が近隣公害になる可能性がある。従業員に対しては工場内の粉塵を原因とする呼吸器系の障害の発生を防止させる必要がある。</p> <p>(2) 環境影響の回避・軽減策          既存インヘニオ以外に新たに汚染物資を排出する設備を建設する事自体に問題を提起する事も出来るが、これら施設はいかなる汚染物資によるものであろうと、水の汚濁を最小にする考えで設計される事となっており、これら施設の建設自体が環境に悪い影響を与える事は予想されていない。操業に当たっては、いかなる事故によっても排水及び廃屑による汚染が発生しない予防のシステムの確立が必要である。これら施設の建設場所の選定に当たっては、出来るだけ、環境に影響の少ない地区に、既存の環境保護設備を考慮に入れて決定する事が要請されている。          即ち水質に関しては排出基準に合致するだけでなく、環境予想書 (FA) の取得のために既存インヘニオに適用される条件も満足するものとする。即ち最も合理的な手段を取るとすれば、既存選鉱場への適用が検討されている現在計画中のドイツの経済協力により建設されようとしている DCSA への注入を前提とし、その結果これら施設から川へ直接排出は希を目指す。          大気及び騒音に関しては原料の入荷および出荷に関しては室内での作業を基本とし、大気汚染、騒音汚染を排除し、同時に作業員に対しては、粉塵除去のマスクを支給し影響をなくす事を前提とする。</p> <p>(3) 環境モニタリング          これら施設からの環境破壊物質の排出は環境法、同規則及び FA 制度に基づき市及び県の環境管理当局の指示に従い事業者は水質検査報告を励行し別に定められる定期報告を実施する事を前提とする。</p>



数字は、表 4-1-1 に示されているそれぞれのサンプリング地点に対応する。

- 25
 モデル出口（従属変数）であるメンデス橋
- 独立変数として本モデルに採用されたサンプリング地点
- 独立変数ではあるが、本モデルに採用しないサンプリング地点
- ← 水流方向

図 6-2-1 モデル構築図

### 6-3 啓蒙、教育、環境技術・人材育成計画

現在のポトシ県における鉱害防止・環境保全に係る体制は不十分で、現状では6-1, 2節で説明した短期から長期に亙る施策に関する①～⑫の調査団提言(第8章 施策の実施計画(提言総括表)参照)の実施は困難である。

これら施策を効果的に進めるためには、環境管理関係者から地域住民に至る広い層の目的意識の一致が必要となる。そのためには、まず、環境管理関係者の上位レベル(指導層)の人材育成を早期に図り、鉱害防止・環境改善が各人の働きで確保できて、住環境の質の向上につながることの認識を得る。次いで、指導者を中心として、広い範囲の層を対象とした啓蒙・教育を持続的に実施し、順次下位レベルへ展開するシステムティックな啓蒙・教育方法を採用する必要がある。

これには、提言の中核をなす提言⑥の「環境・保安研究センター」を早期に設立し、提言実施に必要な啓蒙、教育、環境技術・人材育成をシステムティックに行い、提言を確実に実施して行くことが緊要である。

同センターは、ポトシ県、COMIBOL等を中心にトーマスフリアス自治大学(UATE)内に設立し、研修を行う。研修対象者は、ポトシ県、COMIBOL等を中心に、ポトシ市、UATE その他の関連機関(鉱山、インヘニオに係る協会、NGO等)の指導者とする。

なお、並行して、当面、大学、高校等の教育機関、NGO等の民間組織を対象とした教育、テレビ等マスメディアを通じた啓蒙を実施することが望ましい。

#### 6-3-1 環境・保安に係るポトシ県の課題

本調査において、環境・保安に係る現在のポリヴィア側体制は不十分であり、以下の課題がある。

環境・保安に係る現状の課題

1.技術	1)鉍害防止	(1)直接対策	①全鉍害防止技術の把握と、適用すべき同技術の検討不十分 ②適用鉍害防止技術の適用プロセス最適条件の追求試験・研究不十分 ③適用鉍害防止技術の実証不十分
		(2)間接対策	①全選鉍技術の把握と、適用すべき同技術の検討不十分 ②適用選鉍技術の適用プロセス最適条件の追求試験・研究不十分 ③適用選鉍技術の実証不十分
	2)環境管理	(1)モニタリングシステム不十分 (2)法、規則不十分 (3)環境保護組織不十分 (4)環境指標不十分	
2.人材	1)鉍害防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>トマスリアス大学の鉍山業部、化学部を中心に、民間鉍山、インヘニオに数10人の技術者がいるが、上記1.1)が不十分なため、実践においても不十分。</li> </ul>	
	2)環境管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>国、県に担当者がいるが、上記1.2)が不十分な上に、特に県の環境課は3人と少なく、実践においても不十分。</li> </ul>	
3.機材	1)鉍害防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>トマスリアス大学に、環境・選鉍に係る連続試験設備はなく、その他所有設備及び分析設備は不十分</li> </ul>	
	2)環境管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>モニタリング設備不十分</li> </ul>	

6-3-2「環境・保安研究センター」の技術取得項目

ポトシ県の鉍山セクターにおける環境汚染を改善し、同地区の環境保全に貢献するために、センターが実施すべき技術取得項目は下記が考えられる。

(1) 鉍害防止計画関連技術

- ・ 鉍山鉍害防止(廃水処理)
- ・ 選鉍(採取率向上と尾鉍品質向上)
- ・ 尾鉍処理
- ・ 廃石(デスマンテ、スーク)処理

(2) 環境管理計画関係

- ・ モニタリングシステムの検討
- ・ 環境管理計画、組織・体制
- ・ 環境関係法・基準
- ・ 環境・保安関係分析技術

(3) 啓蒙、教育、環境技術・人材育成

- ・ 環境管理関係指導者の環境技術・人材育成
- ・ 環境管理関係指導者教育
- ・ 採業と鉱害防止との関係に関する技術取得・教育
- ・ 啓蒙

6-3-3「環境・保安研究センター」の活動（アクションプラン）

センターの活動の主体は、目的の項で説明した ①～⑫ の提言に基づく施策を有機的に関連づけて効率的に実施出来る事を目標としている。

①～⑫ の項目は、実施時期を、緊急性並びに実施項目の性質上、短期（緊急）、中期、長期の3つの期間に分類して提言している。

以下に、センターの活動を分類された3つの期間に沿って説明する。

(1) 短期

1) 鉱害防止計画関連技術

鉱害防止計画関連の技術取得項目としては、鉱石処理（選鉱）工程の技術改善と廃水処理技術の導入が上げられる。

(ア) 鉱石処理（選鉱）工程の技術改善

選鉱技術改善の目的は採取率の向上であるが、採取率が向上すれば必然的に尾鉱の品質も向上し、鉱害対策につながる。一方、改善の効果は収益の向上となって現れるが、改善を如何に投資を少なく実施できるかがポイ

ントとなる。

現在のインヘニオの操業は、6-1-2 項で述べたように過給状態にあり、工程が消化不良を起こし、成績を悪くしているため、原料の供給量を減らすだけでも成績をより良くすることが出来ると提言している。この方法で有れば、初期投資は小さくて済み、操業コストを現在よりも少なく出来る可能性が大である。

[関連する提案項目]

② インヘニオ工程改善

#### (イ) 鉱山公害防止(廃水処理)技術取得

鉱害防止対策としては、酸性湧水対策および選鉱尾鉱処理が上げられるが、いずれも発生源対策として技術取得を実施する。

酸性湧水対策に関しては第4章で詳しく説明したが、センターにおいては中和沈殿処理（一段又は二段、バクテリア利用等）を主体として技術取得を行う。

選鉱尾鉱処理に関しても第4章で述べているが、固液分離の上、上澄水はリサイクルし、固形分は堆積場へ投入して系外へ排出しない方法を技術取得する。

さらに、尾鉱の性状、固液分離試験結果を分析し、適切な堆積場の検討（建設、維持管理）に関する技術を取得する。

[関連する提案項目]

① インヘニオ選鉱尾鉱の河川放流防止

⑤ 酸性水処理対策

#### 2) 環境管理計画関係

環境管理計画関係で早急に実施しなければならないことは、鉱害の現状並びに施策の効果の正確な把握と適切なフィードバックを最適なタイミングで

実施可能にすることである。このためにはモニタリング組織・体制の確立及びハードを含むモニタリングシステムの導入が緊急要件である。したがって、センターの活動としてモニタリング組織・体制の整備及びモニタリングシステムに関する技術取得を実施する。

[関連する提案項目]

③ モニタリング組織・体制、モニタリングシステム整備

3) 啓蒙、教育、環境技術・人材育成

環境保全の基本は、環境管理関係の担当者（為政者）、有識者、汚染行為者（直接、間接）、地域住民の全てが、鉱害防止・環境保全に関し同じ概念を持ち、可能なら同じレベルの知識を共有する事である。教育・人材育成は一朝一夕には成らないので地道な活動が必要となる。

知識の普及のためには、まず指導層の育成を行い、逐次下位レベルへ広げていく方法が現実的であろう。

センターの活動として、まず、環境管理関係担当者（指導層）の育成のために下記項目を実施する。

- ・ 環境管理計画、
- ・ 環境管理行政
- ・ 環境管理関係技術
- ・ 操業と鉱害防止との関係に関する教育

並行して、セミナー、メディア等を活用して、教育関係者、NGO 指導層、住民代表等への啓蒙を開始する。

[関連する提案項目]

④ 啓蒙、教育環境の整備、人材育成（指導者育成）

(2) 中期

1) 鉱害防止計画関連技術



中期に実施する鉍害防止計画関連の活動として下記項目が考えられる。

採鉍技術、尾鉍の再処理、固液分離、廃水処理（酸性水中和技術：継続）・排水リサイクル、堆積場の覆土・緑化である。

【関連する提案項目】

- ・ 効率的採鉍法導入
- ⑧ 旧堆積場覆土・緑化
- ⑨ 尾鉍再処理プラント導入
- ・ 排水リサイクル設備導入

## 2) 環境管理計画関係

中期に実施する環境管理計画関連の活動として下記項目があげられる。

- ・ 環境管理計画、組織・体制
- ・ 環境関係法・基準
- ・ 環境・保安関係分析技術（継続）
- ・ モニタリング（継続）

【関連する提案項目】

- ⑦ 法・基準整備、環境管理体制（システム）整備

## 3) 啓蒙、教育、環境技術・人材育成

短期で実施している活動を継続するとともに、育成された人材により第3国研修等のシステムを活用して、より下位レベルへの普及を図る。

【関連する提案項目】

- ④ 啓蒙、教育環境の整備、人材育成（指導者育成）

## (3) 長期

### 1) 鉍害防止計画関連技術

長期に実施する鉍害防止計画関連の活動として下記項目が考えられる。

- ・ 選鉍試験

ボトシ鉍に適した処理方法について、概念設計のために実施した試験結果を活用し連続試験を実施する。連続試験結果に基づき 1,500t/d 規模の工程の最適処理条件を把握する。

- ・ 尾鉍処理（坑内充填等）

尾鉍を河川へ放流しない方法のひとつとして、尾鉍をサンド/スライム分離後坑内に充填する方法がある。適切な坑内充填のためのサンド/スライム分離法等を検討する。

- ・ 堆積場の覆土・緑化（継続）

- ・ 廃石（デスマンテ、スーク）処理試験

廃石には、採取不十分な有価金属（Sn、Ag 等）が相当量含まれており、これらを効率的に回収する事は酸性源の発生源防止につながるばかりでなく、環境配慮のための利益創出のために重要である。したがって、廃石処理の試験を実施する。

[関連する提案項目]

- ・ 廃滓坑内充填

- ⑩ インテグレート選鉍場設置

- ⑪ 廃石・スークからの有価金属回収

## 2) 環境管理計画関係

短期でモニタリング組織・体制を整備し、中期に互って継続しているモニタリングシステムに関する技術移転、並行して実施した環境管理計画、組織・体制ならびに環境関係法・基準の整備をうけて実施する長期の環境管理計画関連の活動テーマは、環境法を現実に即した形に整備する。並行して、ピルコマヨ川水系のモニタリングシステムを構築し、それらをベースに環境管理を実施する。

[関連する提案項目]

- ⑦ 環境法の整備
- ⑫ ビルコマヨ川水系モニタリングシステムの構築

### 3) 啓蒙、教育、環境技術・人材育成

教育、環境技術・人材育成に関しては、短期、中期から継続して下位レベルまで幅広く周知徹底されるように活動を継続する。また、第3回セミナー、メディアを利用した啓蒙を行う。

[関連する提案項目]

- ④ 啓蒙、教育、人材育成

### 6-3-4 「環境・保安研究センター」の活動に伴う予想される成果

センターの活動によって期待される成果を列記すると下記のとおりである。

- ① ポトシ鉱に適した採鉱法の適用による効率的な鉱山開発の実現と延命。
- ② 効率的な選鉱（鉱石処理）法の導入による工程成績の向上と選鉱操業コストの低減（インヘニオの工程改善）。
- ③ 選鉱成績の向上による環境コストの捻出と鉱害防止の徹底。
- ④ リベラ川水系の水質改善。
- ⑤ ボリヴィア国の鉱害防止に適した法・基準整備、環境管理体制（システム）の整備。
- ⑥ ボリヴィア国の現状に適した守られ易い環境法の整備
- ⑦ ポトシ市の景観の改善と保護、住環境の質の向上。
- ⑧ 未利用資源（廃石・スークに含まれる有価金属）の回収と利用。
- ⑨ 廃石・スークの利用に伴う酸性水汚染源の減少。

- ⑩ ビルコマヨ川水系モニタリングシステムの構築と環境管理の徹底によるビルコマヨ川水系鉍害の改善。(鉍害輸出の防止)
- ⑪ 地域住民の環境汚染防止意識の向上に伴う地域ぐるみの良質な環境保全の実現。(トータル環境質の向上)
- ⑫ 鉍山公害に悩む他地区、他県の環境保全事業に対するモデルケース。
- ⑬ 第三国研修等による第三国への技術移転(伝播)。

## 第7章 財務・経済分析

### 7-1 財務分析

#### 7-1-1 はじめに

第6章における技術的検討を含めた総合的な鉱害防止対策案は、ポトシ県の鉱山セクターに係わる水質汚濁の改善に資するものと言える。

そのなかで、財務面からはインヘニオの経営改善について注目することとする。その理由として次のことが挙げられる。

- ① インヘニオから排出される尾鉱が河川汚染の主要な原因であること
- ② 現在計画が進行中である DCSA の利用によりこれら尾鉱を処理することが最適な対策になること
- ③ このためには、受益者であるインヘニオがその資金を負担すること

このようなことからポトシ県の主要産業を担うインヘニオが鉱害防止を考慮しながら、長期的な視野に立ち経営改善を推進する必要がある。

本調査では長期計画の最終目標として、インテグレイトプラントの建設を提言しているが、中間段階（短期、中期計画）でその目標が円滑に達成されるための提言を準備した。

しかしながらモデルプラント設置に関してポリヴィア側にプラント規模に対する投資規模や現行インヘニオを操業しながらの本プラントの運営に対して消極的な意見があり、投資コスト低減のための現有設備の有効利用や運営体制等について、さらに検討する必要がある。また、本来収入を伴わない対策案については後述する経済分析で検討することとする。

そこで、現段階で入手可能なデータを基に次のタイプの異なる対策案に関して財務面から経済性を検討する。

#### 7-1-2 分析方法

##### (1) 分析対象

インヘニオにおける鉱石処理改善計画のうち、第6-1-2項 インヘニオの工程改善検討、第6-1-4項 インヘニオ尾鉱からの錫回収選鉱場の導入及び第6-

1-7 項 インテグレイト選鉱場の導入における検討結果に基づき、これらの対策案について経済性を検討する。本分析では対策案をプロジェクト・ケースと呼び、その詳細は表 7-1-1 に示す。

## (2) 分析上の諸前提

上記の経済性検討に際して、次のような諸前提を設定する。

### 1) 廃滓堆積場建設および運営

鉱滓流送施設の敷設を含む廃滓堆積場（DCSA）はドイツ復興金融公庫（KfW）の援助により近い将来に建設されることが予定されている。従って、堆積場建設については本調査の対象外であるが、管理・運営に関しては受益者であるインヘニオが資金を負担することになっているため、本調査で一部検討する。

堆積場プロジェクト側からの最新の報告によれば、かかる資金（以下、環境コストと呼ぶ）は選鉱尾鉱の処理費（尾鉱当たり 1.62 ドル）に加えて金利を含む返済費用も必要となることから、後者の返済費用は本分析で推定する。

また、本調査は DCSA が建設されることを前提としているが、本分析では、DCSA 建設の有無をとわず、環境コストの支払いは発生するものとする。

### 2) 1998 年の固定価格による検討

本分析で取り上げるプロジェクトケースは建設時期が異なるが、同じ基準による検討のために現在の経済状況を反映し、費用および価格は 1998 年の固定価格とし、その後の価格上昇分は見込まないものとする。

### 3) 主要項目（販売価格、投資コスト等）による超概算

プロジェクトケース B およびケース C に関しては、本調査を通じて建設候補地が提案され、その設備は概念設計に基づく積算である現段階では、プロジェクトの見通しを立てること、問題点があればその要素を指摘すること等に主眼をおき、販売価格、投資コストのような主要項目による大雑把な予測を試みる。

これに関連して、約 40 社のインヘニオの現行の費用等を個別に積上げることは実務上難しいので標準的な費用を設定する。

### (3) 評価方法

#### ① ケース A：既存インヘニオの工程改善

本ケースの投資効果は工程改善を実施した場合（“With” ケース）と現状のまま日常の小修理を行いながら操業を続けた場合（“Without” ケース）の収入と費用の差額を比較することによって分析される。

#### ② ケース B：尾鉱再処理（錫回収）プラントの建設

本ケースの場合、もしプロジェクトが実施されなければ、インヘニオの主力製品である鉛と亜鉛の操業を続けるため、投資効果は上記ケース A と同様に With-Without 法を採用する。

#### ③ ケース C：インテグレイト選鉱場の建設

本ケースの投資効果は新設の通常プロジェクトと同様に新規プロジェクトとして取扱う。従って既存のインヘニオの操業は中止となる。

### 7-1-3 前提条件

#### (1) 所要資金および資金調達

第 6-1 節で算出された建設費に基づき、本分析で使用する精鉱生産に必要な所要資金を見積もり、併せて資金調達のための条件を設定する。

本所要資金の見積もり基準として、通貨は US ドルを使用し、ボリビア通貨は第 3 次現地調査時（1998 年 6 月）の下記の交換レートを採用する。また、費用および価格は前述した 1998 年の固定価格とする。

1US ドル=5.5 Bolivianos (Bs)

#### 1) 投資額の算出

投資額は第 6-1 節で見積られた建設費を基に物理的予備費（10%）を加えて算出する。物理的予備費は、本積算時点において予知できない原因や見積精度により生じるであろう所要資金の超過に備える費用である。

なお、ケース A の建設費として、錫採取のためのシェイキング・テーブル

ル（212 台）および技術指導員（外国・現地各 2 名）の費用を計上した。  
ケース B も同様の技術指導員の費用を付加した。

## 2) 建設期間中の金利

後述の資金調達を前提とし、海外の国際金融機関から融資が利用できるものとする。

本分析では金利は 6%/年とし、全額借入とする。

## 3) 所要資金

以上の結果から、プロジェクト別の所要資金は表 7-1-2 のとおりとなる。

今後、詳細設計の段階で必要となる次の項目は本分析では計上しないこととした。

①土地代および用地整地費

②操業準備費

③追加的運転資金

その理由として、①は用地がまだ未定であり、現地地盤調査等を実施していないこと、②は試運転費用は建設費に含まれており、訓練等に係る諸費用は少ない等があげられる。

## 4) 資金調達

所要資金の全額は海外の国際金融機関から融資されるものと仮定する。

長期借入金の融資条件は、金利は 6%/年とし、措置期間（建設期間：2 年間）後 15 年均等年賦返済とする。

もし資金不足が生じた場合は、短期融資により賄うことと仮定し、金利は 10%/年とし、翌年払いとする。

## (2) 生産計画

前述の通り、通貨は US ドルを使用し、費用および価格は 1998 年の固定価格とする。

プロジェクト評価年数は建設期間 2 年および操業期間 15 年、計 17 年と設定する。

“Without” ケースおよび “With” ケースのフル稼働時の精鉱量は表 7-



1-3 のとおりである。

年間操業日数は 330 日とし、すべてのケースは操業初年度からフル稼働となるものとした。また、製品在庫は考慮しないで、生産された製品は即販売されるものとした。

#### 1) 操業費

会計上、操業費は直接費（原鉱、物品及び用役、人件費）と間接費（保守費、環境コスト）に分類する。

“Without” ケースおよび “With” ケースのフル稼働時の操業費は表 7-1-4 のとおりである。

同表から、原鉱は品位にかかわらず 30US\$/Ton とし、物品および用役は浮選剤等の薬品、電力および用水等を含む。ケース C では技術的検討結果から省エネ化等に伴うコスト削減に加えて要員は 60 名を見込むとともに、保守費は投資額の 3%相当額を計上する。

環境コストについては尾鉱の処理費（1.62 ドル/t）に加えて金利を含む返済費用は次の算式を使って求めることとする。

#### (7) 尾鉱堆積場の建設費および返済条件

- 堆積場建設費：7,700 千 US ドル
- 返済期間(n)：15 年間
- 金利(R)：12%/年

#### (i) 資本回収要素（CRF）の算式による返済率の算出

上記の前提条件から年間の金利を含む返済率（CRF）を次式より求める。

$$\text{CRF} = \frac{R}{1 - (1+R)^{-n}} = 0.14682$$

#### (ii) 尾鉱当りの返済費用

年間尾鉱量はケース C を採用すると 390 千トンとなる。上記①および②から全額返済する場合の年間返済額を算出し、その結果を年間尾鉱量で除して尾鉱当りの返済費用(C)を求める。

$$C = \text{堆積場建設費} \times \text{CRF} / \text{年間尾鉱量} = 2.9 \text{US\$}/\text{ton}$$

(1) 環境コスト

以上の算式から環境コストは尾鉱トンあたり 4.5 ドルとなる。

2) その他の費用

本費用として、次の償却費および所得税を計上する。

(7) 償却費：15年の定額償却

(4) 所得税：25%

(3) 販売価格

鉛および亜鉛（銀を含む）の販売価格（精鉱 FOB 価格）は London Metal Exchange (LME)における 1998 年の金属価格を基に、インヘニオで採用されている精鉱評価方式により算出する。また、錫の販売価格はオルロにある Vinto 社の購入価格を採用する。過去 5 年間の LME の金属価格を表 7-1-5 に示す。

同表から、1998 年の金属価格に関して、過去 5 年間の平均価格と比較すると、鉛が 15%安く、亜鉛が平均並となり、銀は 11%高い状況にあることがわかる。一方、錫精鉱（15%品位）の Vinto 社における購入価格は 103US\$/Ton であり、上表の錫の価格と比べて非常に安いといえる。

インヘニオでの精鉱評価方式による鉛および亜鉛の販売価格の詳細は表 7-1-7 および表 7-1-8 に示した。

以上のことから、プロジェクトケース別の錫を含む販売価格は表 7-1-6 のとおりとなる。

#### 7-1-4 分析結果

これまで述べてきた本分析のための前提条件に従って、各プロジェクトケースに関する分析は各種財務諸表、収益性を測定する主要指標である割引法による財務内部収益率（FIRR）によって行うこととする。次のプロジェクトケース毎の財務諸表を ANNEX(7)に添付する。

① 生産および販売計画表

- ② 損益計算書
- ③ 長期借入金返済表
- ④ 財務内部収益率計算書

但し、ケース A およびケース B は増分ベースとする。

上記の計算結果に基づき、経済性分析の概要を表 7-1-9 に示す。本表には、主要な前提条件に加えて、原鉱当りの平均販売価格と平均製造費用および FIRR の結果を要約した。さらに表 7-1-10、表 7-1-11、表 7-1-12 にプロジェクトケース毎の前提条件を要約した。

また、本分析の目的のために、本プロジェクトの評価基準は金利レベル (6%) にリスクプレミアム (5%) を加味した機会費用より高い FIRR を採用し、主として税引前 FIRR を使って検討する。

#### (1) 分析結果

種々の前提条件に基づく財務内部収益率の結果を表 7-1-13 に示す。

上記の結果に関して、下記に要点を手短に述べることとする。

##### 1) ケース A：既存インヘニオの工程改善

本ケースの FIRR (税引前) は 46.72% となり、他のケースと比べて少ない投資で非常に高い収益性を有している。安全性の面から見積りは新規設備を想定したが、国内で中古設備が入手できれば、さらに収益性の改善が期待できる。現段階ではインヘニオにおける、かかる設備の配分・配置は考えていない。

また、例えば外国・現地各 2 名から成る技術指導員を各 4 名に増員した場合、FIRR (税引前) は 39.07% となるように投資が変動した場合の収益性への影響が大きい点は留意する必要がある。

##### 2) ケース B：尾鉱再選鉱プラントの建設

本ケースの FIRR (税引前) は 0.22% となり、現段階ではその収益性は期待できないことが示された。その最大要因は錫そのものの販売価格が不当に安く評価されていることによるためである。

現在、Vinto 社は錫の高品位化のためのボラタイルゼイションプラント

を有している。

そこで、表 7-1-9 は錫の販売価格が変動した場合の感度分析の結果を示した。その結果、錫の販売価格が 300US\$/Ton から 400US\$/Ton の範囲になれば、十分な収益性が期待できることが示された。これは妥当な追加的な投資で技術的には可能であるとの専門家からの助言が得られた。

今後、ポトシ県の経済発展のためにも本プロジェクトは一層の調査研究が必要であると考ええる。

### 3) ケース C：インテグレイト選鉱場の建設

本ケースの FIRR（税引前）は 14.26%となり、上述した安価な錫の販売価格や環境コストの支払等の不利な要因を有しながら本ケースは妥当な収益性を有している。

従って、本プロジェクトの技術開発を推進する上でこの結果は、本プロジェクトの見通しが立てられたと言える。

## (2) 結び

以上述べてきたプロジェクトケース毎の検討に加えて、本プロジェクトの実施に際しては、融資上のインセンティブの一つとして本分析で想定した 6%の金利（LIBOR レベル）のような低利の融資が利用できるように国際金融機関による協力が必要になると考える。

DCSA 建設の融資では、12%の金利が予定されている。この支払いのためにインヘニオにおける経営が厳しいものになることが予想される。

従って、低利の融資が利用できればインヘニオにおける資金繰り上の健全性に寄与することになるだろう。

表 7-1-1 プロジェクトケースの内訳

ケース No.	プロジェクトケース	計画時期
A	既存インヘニオにおける工程改善	短期
B	尾鉱再選鉱プラントの建設	中期
C	インテグレイト選鉱プラントの建設	長期

表 7-1-2 所要資金の内訳

(単位：百万ドル)

項目	ケース A	ケース B	ケース C
投資額	2.02	30.35	48.95
建中金利	0.13	1.95	3.13
合計	2.15	32.30	51.72

表 7-1-3 精鉱鉱量の内訳

(単位：TPD)

精鉱	“Without” ケース	“With” ケース		
		ケース A	ケース B	ケース C
鉛（銀含む）	22.6	24.1	24.1	24.0
亜鉛（銀含む）	245.5	252.9	252.9	262.5
錫	—	7.6	32.8	32.8

表 7-1-4 操業費の内訳

項目	単位	“Without” ケース	“With” ケース		
			ケース A	ケース B	ケース C
1) 原鉱量	TPD	1,327	1,327	1,327	1,500
2) 尾鉱量	TPD	1,059	1042	1,017	1,181
3) 直接費					
-原鉱	\$/T	30.0	30.0	30.0	30.0
-物品・用役	\$/T	6.5	6.5	6.5	4.5
-人件費	\$/T	1.5	1.5	1.5	0.7
4) 間接費					
-保守費	\$/T	2.0	2.0	2.0	2.9
-環境コスト	\$/T-T	4.5	4.5	4.5	4.5

表 7-1-5 LME における金属価格の推移

年度	鉛(Pb) (\$/T)	亜鉛(Zn) (\$/T)	錫(Sn) (\$/T)	銀(Ag) (\$/TOZ)
1994	548	998	5464	5.4
1995	631	1031	6214	5.1
1996	774	1027	6165	5.7
1997	633	1301	5669	4.9
1998	533	1047	5481	6.0
平均価格(5年間)	624	1081	5799	5.4

(出典) 1) Pb, Zn and Sn: LME 3month buyer

2) Ag: LME Spot

表 7-1-6 販売価格の内訳

(単位: US\$/Ton)

製品	"Without" ケース	"With" ケース		
		ケース A	ケース B	ケース C
鉛	578	578	578	705
亜鉛	246	246	246	260
錫	-	103	103	103

表7-1-7 インヘニオ含銀鉛精鉱FOB価格の算出

項目	現行	将来(目標値)	備考
1. 品質条件			
1) 品質			
- Pb	40.0 %	45.0 % (60.0%)	
- Ag	4500 g/t	5060 g/t	
2) 建値(LME)			
- Pb	533 \$/t	533 \$/t	
- Ag	0.19 \$/g	0.19 \$/g	
3) その他			
- 水分	10.0 %	10.0 %	
- Zn	15.0 %	10.0 %	
2. 精鉱評価			
1) 鉛	180 \$/t	205 \$/t (281)	$0.95 \times (\text{Pb含有品位} - 4.5\%) \times \text{Pb建値}$
2) 銀	804	905	$0.95 \times (\text{Ag含有品位} - 46.66\text{g/t}) \times \text{Ag建値}$
3) 減少後の評価	973	1098 (1186)	$0.99 \times (\text{Pb評価} + \text{Ag評価} - 1.0\$/\text{t})$
4) T/C	259	259	Pb建値が550\$/t以下の場合
5) R/C	63	71	Ag含有品位 $\times$ 14.0\$/kg
6) 商業チャージ(CC)	9	9	10.0\$/wt / 1.1t/wt
7) 運搬チャージ(TC)	54	54	59.0\$/wt / 1.1t/wt
8) Znペナルティ(10%以上の場合)	10	-	$2.0\$/\text{t} \times (\text{Zn品位} - 10.0\%)$
9) 費用合計	395	393	4)~8)の合計
10) FOB価格	578	705 (793)	3)~9)

表7-1-8 インヘニオ含銀亜鉛精鉱FOB価格の算出

項目	現行	将来(目標値)	備考
1. 品質条件			
1) 品質			
- Zn	50.0 %	51.0 % (55.0%)	
- Ag	1000 g/t	1040 g/t	
2) 建値(LME)			
- Zn	1047 \$/t	1047 \$/t	
- Ag	0.19 \$/g	0.19 \$/g	
3) その他			
- 水分	10.0 %	10.0 %	
2. 精鉱評価			
1) 亜鉛	440 \$/t	450 \$/t (492)	(Zn含有品位-8.0%) × Zn建値
2) 銀	108	113	0.65 × (Ag含有品位-124.41g/t) × Ag建値
3) 減少後の評価	542	556 (598)	0.99 × (Zn評価+Ag評価-1.0\$/t)
4) T/C	233	233	225\$/t+0.16 × (Zn建値-1000\$/t)
5) 商業チャージ(CC)	9	9	10.0\$/wt/1.1t/wt
6) 運搬チャージ(TC)	54	54	59.0\$/wt/1.1t/wt
7) 費用合計	296	296	4)~6)の合計
8) FOB価格	246	260 (302)	3)~7)



表7-1-9 経済性分析の概要

Item	Case A (Process Improvement)		Case B (Sn Recovery)		Case C (Integration)
	With	W/O	With	W/O	With
1. Crude Ore Capacity, TPD	1327	1327	1327	1327	1500
Metal Amount					
-Pb, TPD	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
-Zn, TPD	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
-Ag, kg/T	464.5	464.5	464.5	464.5	464.5
-Sn, TPD	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
2. Products, TPD					
-Pb Concentrates	24.1	22.6	24.1	22.6	24.0
-Zn Concentrates	252.9	245.5	252.9	245.5	262.5
-Sn Concentrates	7.6	-	32.8	-	32.8
3. Capital Requirement, US\$, MM	2.15	-	32.3	-	51.72
4. Unit Sale Price, US\$/Ton-Ore	58.0	55.3	59.9	55.3	59.0
5. Unit Production Cost, US\$/Ton-Ore	44.0	43.6	50.4	43.6	51.7
6. FIRR on Investment, %					
-Before Tax	46.72	-	0.22	-	14.26
-After Tax	(38.66)	-	(0.22)	-	(12.59)
7. Sensitivity Analysis by Before Tax, % (Sn Price in 1998: 103US\$/Ton at 15% Grade)					
-Sn Sales Price, 100% up	-	-	5.81	-	16.59
-Sn Sales Price, 200% up	-	-	10.38	-	18.81
-Sn Sales Price, 300% up	-	-	14.40	-	20.94

表7-1-10 プロジェクトの前提条件と財務的推定(Case A)

1. Project		4. Operating Costs	
Title	: Mine Pollution Assessment Project	Crude Ore	: 30.0 US\$/Ton
Location	: Potosi, Bolivia	Supplies & Utility	: 6.5 US\$/Ton
Project Case	: Base Case A (Process Improvement)	Personnel	: 1.5 US\$/Ton
Products (100%)	: Pb; 24.1 TPD, Zn; 252.9 TPD	Maintenance	: 2.0 US\$/Ton
	: Sn; 7.6 TPD	Treatment Charge	: 4.5 US\$/Ton - Tailing
Operable Days	: 330 DPY	for Tailing Dam	
Rated Capacity	: Crude Ore: 1,327 TPD		
Monetary Unit	: US\$ in terms of Fixed Price in 1998	5. Other Assumption	
Exchange Rates	: US\$1.00 = 5.5 Bolivianos (Bs)	Interest	: 6.0 %
		Depreciation	: 15.0 Years
2. Concentrates Price		Income Tax	: 25.0 %
Pb	: 578 US\$/Ton		
Zn	: 246 US\$/Ton		
Sn	: 103 US\$/Ton		
3. Financing Required			
Plant Construction	: 1.56 US\$, MM		
Technical Adviser Fee	: 0.46 US\$, MM		
Interest during Construct	: 0.13 US\$, MM		
<u>Total</u>	<u>2.15 US\$, MM</u>		

表7-1-11 プロジェクトの前提条件と財務的推定 (Case B)

1. Project		4. Operating Costs	
Title	: Mine Pollution Assessment Project	Crude Ore	: 30.0 US\$/Ton
Location	: Potosi, Bolivia	Supplies & Utility	: 6.5 US\$/Ton
Project Case	: Base Case B (Sn Recovery Plant)	Personnel	: 1.5 US\$/Ton
Products (100%)	: Pb; 24.1 TPD, Zn; 252.9 TPD	Maintenance	: 2.0 US\$/Ton
	: Sn; 32.8 TPD	Treatment Charge	: 4.5 US\$/Ton - Tailing
Operable Days	: 330 DPY	for Tailing Dam	
Rated Capacity	: Crude Ore: 1,327 TPD		
Monetary Unit	: US\$ in terms of Fixed Price in 1998	5. Other Assumption	
Exchange Rates	: US\$1.00 = 5.5 Bolivianos (Bs)	Interest	: 6.0 %
		Depreciation	: 15.0 Years
2. Concentrates Price		Income Tax	: 25.0 %
Pb	: 578 US\$/Ton		
Zn	: 246 US\$/Ton		
Sn	: 103 US\$/Ton		
3. Financing Required			
Plant Construction	: 29.89 US\$, MM		
Technical Adviser Fee	: 0.46 US\$, MM		
Interest during Construct	: 1.95 US\$, MM		
<u>Total</u>	<u>32.30 US\$, MM</u>		

表7-1-12 プロジェクトの前提条件と財務的推定 (Case C)

1. Project		4. Operating Costs	
Title	: Mine Pollution Assessment Project	Crude Ore	: 30.0 US\$/Ton
Location	: Potosi, Bolivia	Supplies & Utility	: 4.5 US\$/Ton
Project Case	: Base Case C (Integrated Plant)	Personnel	: 0.7 US\$/Ton
Products (100%)	: Pb; 24.0 TPD, Zn; 262.5 TPD	Maintenance	: 2.9 US\$/Ton
	: Sn; 32.8 TPD	Treatment Charge	: 4.5 US\$/Ton - Tailing
Operable Days	: 330 DPY	for Tailing Dam	
Rated Capacity	: Crude Ore: 1,500 TPD		
Monetary Unit	: US\$ in terms of Fixed Price in 1998	5. Other Assumption	
Exchange Rates	: US\$1.00 = 5.5 Bolivianos (Bs)	Interest	: 6.0 %
		Depreciation	: 15.0 Years
2. Concentrates Price		Income Tax	: 25.0 %
Pb	: 705 US\$/Ton		
Zn	: 260 US\$/Ton		
Sn	: 103 US\$/Ton		
3. Financing Required			
Plant Construction	: 48.59 US\$, MM		
Technical Adviser Fee	: - US\$, MM		
Interest during Construct	: 3.13 US\$, MM		
<u>Total</u>	<u>51.72 US\$, MM</u>		

表 7-1-13 財務内部収益率 (FIRR) の結果

(単位: %)

FIRR	ケース A	ケース B	ケース C
税引前	46.72	0.22	14.26
税引後	36.66	0.22	12.59

## 7-2 経済分析

### 7-2-1 分析方法

プロジェクトの経済的便益はプロジェクトの実施に伴って増大する国家、あるいは地域の所得と定義される。

この定義に沿い、提言された本プロジェクトの実施によるインヘニオにおける外貨獲得効果にピルコマヨ川流域へもたらされる水質改善効果を加味した定量的分析を試みることにする。

輸出商品である金属価格は国際価格によって評価できる。しかしながら、入手データの困難さも伴い水質改善による水質それ自体を直接評価することは容易ではない。

本分析では第 4-3 節で述べられた機会損失算出の基礎となる成果物（農作物および牧畜）の価格を用いて水質評価を行うこととする。

### 7-2-2 分析対象

本分析では水質改善が完全に達成された場合を想定した定量的分析を試みる。鉱害防止計画および環境管理計画の両面から検討された次の対策案を選定する。

- ① DCSA の堆積場建設を含むインテグレイト選鉱場の建設
- ② 鉱山系酸性湧水対策
- ③ 旧廃滓堆積場の覆土・緑化
- ④ 環境関係分析およびモニタリング設備の整備
- ⑤ 環境・保安センターの設立

このうち、第①項のインテグレイトプラントの建設に関しては財務分析を行った。

ボリヴィア税制では輸出プロジェクトに対しては輸入関税の免除および金属価格の付加価値税の還付のようなインセンティブがあることから、これら諸費用は、財務計算から除外した。また、DCSA の建設費は環境コストとして本プラントに計上している。

従って財務分析の FIRR (14.26%) は、経済分析にそのまま利用できること

になる。

本分析では第②項から第⑤項までの対策案を対象に分析を行った上で、第①項のインテグレイトプラント建設を加味して総合的評価を行うこととする。

### 7-2-3 前提条件

本分析に適用する主な前提条件は次の通りである。

- ① 通貨、交換レートおよび基準価格は財務分析と同じものを使用する。
- ② 関税、税金および利子は国民経済上の移転項目として経済価格から除外する。
- ③ 本分析では輸出入商品は国際価格を用いるとともに、国内商品は価格調整を行わないで市場価格を使用する。

### 7-2-4 便益の算出

#### (1) 諸前提

##### 1) 対象セクター

第 4-3 節で述べられたセクターのうち、本分析では農業および牧畜業を対象とし、各機会損失額を便益算出の基礎とする。

漁業は調査流域におけるデータが入手できないため除外する。また、労働力の機会損失については汚染と平均寿命の因果関係を説明するに足りる情報の不足のため除外した。

##### 2) 流域範囲の分類

水質浄化に伴って農業および牧畜業が実施できうる流域範囲を次表のよう

流域範囲の分類

区分	ビルコマヨ川広域		ビルコマヨ川限定流域	
	農業 (ha)	牧畜業 (km <sup>2</sup> )	農業 (ha)	牧畜業 (km <sup>2</sup> )
ボトシ県	42,224	21,500	1,898	4,300*
他県	89,102	27,700	4,007*	5,540*

(注) \*印は推定値、他県はチュキサカ県とタリファ県である

ここで、広域とは、ピルコマヨ川本流に流れ込む支流を含む広範囲な流域であり、限定流域とは、リベラ川からタラパヤ川を経てピルコマヨ川のメンデス橋に至る調査対象流域である。

### 3) 河川利用率を含む水質浄化による寄与率の設定

本分析では、機会損失額は農業および牧畜業の成果物により評価されたことから、水質浄化による原寄与率を50%と仮定する。

次にこれを基に流域毎の河川利用率を加味して水質浄化による寄与率を次表のように設定する。

水質浄化による寄与率の設定

区分	ピルコマヨ川広域	ピルコマヨ川限定流域
ボトシ県	25%=50%×50%	50%=50%×100%
他県	12.5%=50%×25%	25%=50%×50%

(注) 寄与率=原寄与率×河川利用率

## (2) 便益の算出

### 1) 農業

- ① 1993年の機会損失額は当該耕作地に全国との農業生産差額を乗じて算出する。  
なお、新規農業化可能地の場合は全国平均生産額を使用する。
- ② 1998年の機会損失額は上記①の損失額をドル換算後1998年までの5年間の上昇率(年3%)を見込んで算出する。
- ③ 1998年の正味機会損失額は上記②の損失額に水質浄化寄与率を乗じて算出する。

### 2) 牧畜業

- ① 1993年の機会損失額は生産性が半減した汚染流域面積(即ち水質浄化で利用可能な面積)に平均牧畜生産額を乗じて算出する。
- ② 1998年の正味機会損失額は農業と同様な方法で算出する。



### 3) 便益の概要

上述した手順に基づく 1998 年の正味機会損失額を次表に示し、その詳細は表 7-2-1 に示す。

正味機会損失額の概要 (単位: 1,000US\$)

区分	農業	牧畜業	合計
ピルコマヨ川広域			
ポトシ県	1,060	511	1,571
他県	1,312	2,370	3,682
合計	2,372	2,881	5,253
ピルコマヨ川限定流域			
ポトシ県	162	204	366
他県	185	948	1,133
合計	347	1,152	1,499

### 7-2-5 費用の算出

#### (1) 投資額

インテグレイトプラントを除く水質改善を完全に達成するために要する投資額の内訳を次表に示す。

物理的予備費は含めたが建設中金利は移転費用のため含んでいない。

投資額の内訳 (単位: 1,000US\$)

項目	金額
- 鉱山系酸性湧水対策費	1,670
- 旧廃滓堆積場の覆土・緑化	1,420
- 環境関連分析およびモニタリング設備	910
- 環境・保安センター	2,500
合計	6,500

#### (2) 年間運営費

本プロジェクトの実施に伴って必要となる流域毎の年間運営費を次表に示す。

流域毎の年間運営費の内訳 (単位: 1,000US\$)

区分	ピルコマヨ川広域	ピルコマヨ川限定流域
ポトシ県	650	488
全県	1,300	650

(注) 全県はポトシ県と他県を含む。

## 7-2-6 分析結果

前述した諸前提に基づき、下記に示す各プロジェクトケースに関する分析は経済内部収益率（EIRR）によって行い、その内訳を表 7-2-2 に示し、各の計算書を ANNEX(8)に添付する。

なお、第 7-2-2 節で述べたとおり、インテグレイト選鉱場の EIRR は 14.26% となる。

本分析では水質改善が完全に達成された場合を想定して、経済的便益は農業および牧畜業部門の機会損失額（即ち水質浄化がなされれば得られるであろう便益）を算出した。さらに水質改善がもたらすピルコマヨ川流域の影響度を推定するために、調査対象地域であるポトシ県のみならず、他県（チュキサカ県、タリファ県）も含めて分析を行った。本分析に採用したプロジェクトケースは次の通りである。

ケース No.	プロジェクトケース
D-1	ポトシ県ピルコマヨ川広域
D-2	ポトシ県ピルコマヨ川限定流域
E-1	全県ピルコマヨ川広域
E-2	全県ピルコマヨ川限定流域

なおケース C は財務分析と同じインテグレイトプラントである。

上記プロジェクトケース毎にインテグレイトプラントを含めた場合（総合ケースと呼ぶ）に加えて流域範囲の違いによる影響度をみるために、インテグレイトプラントを含めない場合（単独ケースと呼ぶ）も試算した。

単独ケースの場合、ポトシ県ではケース D-2 の効果が期待できないが、ケース D-1 は 11%を上回っている。他県を含めたケース E-1 はさらに効果があることを示している。

次に総合ケースの場合、ポトシ県では最悪であるケース D-2 でさえ 11%を上回っているが、ケース D-1 はケース C と比べてわずかに下回っている。

最後に、以上述べてきた通り、便益として農業および牧畜業部門の定量化可能

なデータに限定した試算ではあるけれども、水質改善によってピルコマヨ川流域にもたらされる便益は大きいものであると推定される。

また、総合ケースの投資効果からインテグレート選鉱場の優位性が示されている。ポトシ県の特長性からみてインヘニオが果す役割がより重要になると予想される。

表 7-2-1 農業・牧畜業部門の機会損失の算出(1/2)

1. 農業

	ポトシ県	チユキサカ県
1) ビルコマヨ川広域		
-耕作地 (10 <sup>3</sup> ha)	116	149
-全国との農業生産差額 (Bs/ha)	370	434
-ビルコマヨ川広域耕作地 (10 <sup>3</sup> ha)	42.2	89.1
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> Bs, 1993)	15,623	38,669
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1993)	3,659	9,056
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1998)	4,240	10,496
-正味機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1998) (寄与率)	1,060 (25%)	1,312 (12.5%)
2) ビルコマヨ川限定流域		
-既存農耕地 (ha)	1,537 (81%)	3,246 (81%)
-農業化可能地 (ha)	361 (19%)	761 (19%)
流域合計	1,898 (100%)	4,007 (100%)
-機会損失額 (1993)		
-既存分 (10 <sup>3</sup> Bs)	569	1,409
-新規分 (10 <sup>3</sup> Bs)	622	1,311
-損失合計 (10 <sup>3</sup> Bs)	1,191	2,720
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1993)	279	637
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1998)	323	738
-正味機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1998) (寄与率)	162 (50%)	185 (25%)

表 7-2-1 農業・牧畜業部門の機会損失の算出(2/2)

2. 牧畜業

1) ビルコマヨ川広域

	ボトシ県	チュキサカ県	タリファ県
-年間牧畜生産額 (10 <sup>3</sup> Bs, 1993)	33,807	95,904	59,526
-流域面積 (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	43.0 (36.4%)	30.8 (59.8%)	24.6 (65.4%)
非汚染流域	21.5 (18.2%)	15.4 (29.9%)	12.3 (32.7%)
汚染流域 (生産性 1/2 とする)	21.5 (18.2%)	15.4 (29.9%)	12.3 (32.7%)
-流域外面積 (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	75.2 (63.6%)	20.7 (40.2%)	13.0 (34.6%)
-想定牧畜可能面積 (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	96.7 (81.8%)	36.1 (70.1%)	25.3 (67.3%)
-平均牧畜生産額 (Bs/km <sup>2</sup> )	350	2,657	2,353
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> Bs, 1993)	7,525	40,918	28,942
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1993)	1,762	9,583	6,778
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1998)	2,042	11,107	7,856
-正味機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1998) (寄与率)	511 (25%)	1,388 (12.5%)	982 (12.5%)

2) ビルコマヨ川限定流域

-汚染流域 (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	4.30	3.08	2.46
1)の 20%とする			
-平均牧畜生産額 (Bs/km <sup>2</sup> )	350	2,657	2,353
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> Bs, 1993)	1,505	8,184	5,788
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1993)	352	1,917	1,356
-機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1998)	408	2,221	1,571
-正味機会損失額 (10 <sup>3</sup> \$, 1998) (寄与率)	204 (50%)	555 (25%)	393 (25%)

表 7-2-2 経済内部収益率 (EIRR) の内訳

1. 基本ケース：水質改善が完全に達成した場合の結果

(単位：%)

No.	プロジェクトケース	総合ケース (EIRR 1)	単独ケース (EIRR 2)
C	インテグレートプラント	14.26	—
D-1	ボトシ県広域	13.83	11.42
D-2	ボトシ県限定流域	11.78	Negative
E-1	全県広域	19.29	48.77
E-2	全県限定流域	13.69	9.12

## 第8章 施策の実施計画(提言総括表)

ポトシ県の鉱山セクターに関わる環境汚染を改善するために今後取るべき施策として、施行の緊急性及び資金の調達能力によって短期（緊急を要する施策）、中期、長期（持続的に実施すべき施策）の3つの期間別に整理して提案する（表 8-1 参照）。これらの施策は、それぞれが独立して改善効果を上げることができるが、各施策が相互に関連して全体構想に貢献する。最終目標は、インテグレイト選鉱場の建設と工業団地の導入による生活圏と工業活動圏の分離である。現在、ポリヴィア国、特にポトシ県ではこれら施策を実施するには技術力が大幅に不足しているために、人材の育成と機材の導入を図り、これら、ひとつひとつの構想を有機的にまとめ全体構想を完成するための核となるのが環境・保安研究センターを設立することが重要である。

したがって、本調査業務の結論としては、各提案事項が逐次実施されることが必要であるが、その大前提として、提案されている各項目が円滑に実施され、有機的に関連した全体構想が実現されるために重要な役目を果たす環境・保安研究センター設立を早急に準備することを提言する。

### 8-1 緊急(短期)に実施すべき事項(表 8-1 参照)

#### ① インヘニオ(選鉱)尾鉱の河川放流停止(ハード[H]が必要)

リペラ川水系の水質汚濁に最も影響が大きいインヘニオ(選鉱)尾鉱の河川放流を停止し別途処理する(別途処理方法の一つとして、独援助による堆積場建設計画が進行中)。

#### ② インヘニオ(選鉱)の工程改善(ソフト[S]及びハード[H]ともに必要)

各インヘニオの選鉱成績を大幅に改善し、経済性を向上させるとともに結果的に尾鉱の品質向上に寄与する。

—基本的には企業努力が必要であるが、軌道に乗るまでの短期の資金補助が必要である。

#### ③ モニタリング体制の整備([S]、[H])

・環境管理組織・体制の一環として、状況把握と迅速なフィードバックのためのモニタリング組織・体制の構築がポトシ県の中に必要となる([S])。

・モニタリング設備、環境関係分析設備の整備・強化が必要である([H])。

#### ④ 啓蒙・教育・人材育成([S])

環境管理関係者から地域住民に至る広い層の啓蒙・教育を早めを開始し、住み良い環境が各人の働きで確保できることを認識を得る。啓蒙・教育のノウハウに関しては、ポリヴィア国及びポトシ県

としても早期に指導者の育成を図り、広い範囲の啓蒙・教育を持続的に実施する必要がある([S])。

一人材育成を図り、ついで教育・啓蒙を行う。教育は当面大学、高校等の学校組織、NGO等の民間組織を対象とし、啓蒙はテレビ等マスメディアを通して実施する。

## 8-2 中期的に実施すべき事項(表 8-1 参照)

### (1) 中期の前半で実施すべき事項

#### ⑤ 酸性水処理対策([H])

アルカリ性選鉱尾鉱の別途処理が実現すると、酸性水問題が顕在化する。調査地域の酸性排水は、坑内酸性湧水と廃石・堆積場・スークからの浸透水に大別できる。坑内酸性湧水は乾期、雨期の変動が比較的少ないが、廃石・堆積場・スークからの浸透水は雨期のしかも降雨直後に発生が集中している。独 KIW のアイデアにある選鉱尾鉱との混合による中和法が物理的に適用できない浸透水に関しては、個別に処理する必要がある。重金属イオンを含有する酸性浸透水の処理は共沈現象を利用した中和沈殿法による([H])。

#### ⑥ 環境・保安研究センター(仮称)の設立 ([S]、[H])

環境・保安に係る技術力の確保を目的とした人材の育成と機材の導入が緊急に必要である。従って、これに係る環境・保安研究センター(仮称)の設立に関する本提言が、短期から長期に亘る施策に関する提言の中で最も重要で、提言に基づく全体計画の最中心核となるものである。

下記テーマを目的とした研究センターをトーマスフリアス自治大学(UATF)内に設立し、4～5年間に亘り該当分野の専門家の派遣、必要な設備・機材の供与、カウンターパート(C/P)の研修を行う。C/Pはポトシ県が主導し、ポトシ県、ポトシ市、UATFその他の関連機関(インヘニオ協会、NGO等)で構成する。技術移転対象者は、各機関の指導者とする([S]、[H])。

技術移転項目は下記とする。

- 鉱山鉱害防止(廃水処理)
- 選鉱(採集率向上と尾鉱品質向上)
- モニタリングシステム
- 環境管理
- 環境・保安関係分析

設立目標は、ピルコマヨ川に至るポトシ市周辺のリベラ川水系の持続的な水質汚濁・鉱害防止、同種の問題で悩む周辺水系の環境改



善、環境管理・モニタリングの継続がポトシ県関係機関で独自にでき、地域住民の環境保全に関する認識を深めることでポトシ県の環境が改善され、良好な状態で維持されるようになること。そして、ポリヴィア国内の鉱山セクタに関する環境汚染の改善に関する中心的なセンターとすることである。

⑦ 環境管理体制の整備、排出基準・罰則の整備([S])

地域の持続的な環境保全に最適なものも強力な環境管理組織・体制を整備する必要がある。また、最適なモニタリングシステムを導入する。一方、環境管理が円滑に行えるように法・基準(排出基準・罰則)の整備を行うことが必要である。インヘニオの整理統合が順調に行われるためには、強力な行政指導とともに補助金制度の導入も必要である([S])。

⑧ 旧廃滓堆積場の覆土植栽([S])

サン・ミゲル堆積場等ポトシ市内に存在する旧堆積場は、降雨による酸性浸透水発生防止、景観の回復、生態遷移を図るために植栽緑化を行う必要がある。特に、脱鉱山、観光立地を進めるポトシ市にとって、鉱害防止、景観保護は重要な要素となる。無機物の固まりである尾鉱堆積場は、そのままでは緑化する事は困難であり、肥沃な土壌で覆土する必要があるが大きな費用がかかるが、浸透水防止のためには覆土植栽は不可欠である。

(2) 中期の後半で実施されるべき事項

⑨ 尾鉱再処理プラントの導入([H])並びに排水リサイクル設備導入([H])

・ 尾鉱再処理プラント

DCSA 堆積場の上流に、各インヘニオから流送されてきた尾鉱を再処理し、尾鉱中に残留していた有価金属を回収する 1,500t/d 規模のプラントを導入する([H])。本プラントの尾鉱は濃縮され、上澄水をインヘニオ用水としてリサイクルし、濃縮されたスピゴットはDCSAへ投入される。

本プラントは、将来、インヘニオをインテグレートした選鉱場を設置する場合に、工程の下流部分を担う設備として組み込まれて使用される予定である。本プラントの導入により、下記目的を達成できる。

- ・ 堆積場の延命
- ・ 堆積場上澄水水質の向上
- ・ 有価金属の回収に伴う環境保全コストへの補填

- リサイクル用水水質の安定・向上
- リサイクル用水を利用するインヘニオの操業安定

### 8-3 長期的に実施すべき事項(表 8-1 参照)

#### ⑩ 廃滓の坑内充填

坑内から採掘されたものは坑内へ返すという自然の理念に基づく発想である。坑内充填は、錫等の有価物を再回収した後濃縮された尾鉱を坑内へ返送する方法であるが、スラリー流送、充填方法、充填場所で初期に発生する溢流水の処理方法等各種ノウハウが有り、技術導入が必要である。

#### ⑪ インテグレート選鉱場の設置([H])、廃石(デスモンテ)、スークからの銀回収プラントの設置([H])

- ポトシ鉱山で採掘され、ポトシ市市内及び近郊のインヘニオで処理される鉱石をすべてまとめて一括処理できる規模(1,500t/d)のインテグレートされた最新鋭設備を持つ選鉱場を、サン・アントニオ堆積場(DCSA)上部に設置する。このとき、既に設置されていた尾鉱再処理プラントがインテグレート選鉱場の下流工程を担当する設備として組み込まれる。本プラントの設置によって初めてポトシ鉱山鉱石は世界的な回収効率で、鉱害を出さずに処理されることになる([H])。
- インテグレート選鉱場の設置と平行して、廃石・スークに含有される銀を対象としたヒーブリーチング-亜鉛末沈殿方式のプラント(200t/d規模?)をDCSA上部に設置する。本プラントの設置により、ポトシ山斜面に張り付き、同山の景観を損なっている廃石類を除去しながら銀を回収できる([H])。

以上の施策が実現できれば、DCSA堆積場上部に選鉱場主体の工業団地が出来上がり、鉱害防止・環境保全対策をまとめて効率よく実施できる。

一方、ポトシ市内のインヘニオが無くなり、生活環境の改善、景観保護となる。さらに、排水の分別ができ、廃水処理対策が容易になる。

#### ⑫ ビルコマヨ川水系モニタリングシステムの構築([S]、[H])

改善されたりペラ川をはじめとするビルコマヨ川上流域の水質を維持し、鉱害の輸出につながらないよう持続的に環境管理を行うた

めに、ピルコマヨ川上流水系全域をモニタリングし、管理対策を迅速にフィードバックできるシステムを導入する([S]、[H])。

#### 8.4 施策による改善効果のまとめ

8-1～8-3 項で提案した項目①から⑫までの施策を逐次実現させたることによる効果の一例として、ポトシ地域のリベラ川の水質汚濁のカドミウム(Cd)の負荷量の変化を例にとりて表 8-2 及び図 8-1 に示す。

図 8-1 は、ポトシ県の環境状況を現状のまま推移した場合、2015 年迄に累計約 610 トンの Cd がリベラ川水系へ放出されることが推定されるが、前記①から⑫までの施策を逐次実現させると、累積 Cd 量を 15 年間で 380 トン減少させ約 230 トンにすることが出来る事を示している。

図 8-1 は Cd を例にとった説明となっているが、その他の有害重金属も同様の傾向となる。

たとえば、4-3-4 項で説明されている機会損失額 5.7 百万ドル/年(1993 年時点の農業、牧畜業、漁業の合計額)を用いると 2015 年までの 15 年間で約 85.5 百万ドルに相当する改善効果が得られることになる。

一方、①から⑫までの施策を実施するために必要な費用を、表 8-3 に示す。

表8-1 今後の施策に向けての提言

提 言		短期(~2年未満)	中期(2年以上~5年未満)	長期(5年以上~)	
1. 鉱害防止計画	①インヘニオ選鉱尾鉱の河川放流防止			→	
	②インヘニオ工程改善			→	
	⑤酸性水処理対策			→	
	⑧旧堆積場覆土・緑化			→	
	⑩尾鉱再処理プラント導入			→	
2. 環境管理計画	⑩インテグレイト選鉱場設置			→	
	⑪廃石・スークより有価金属回収			→	
	③モニタリング組織・体制、モニタリングシステム整備			→	
3. 環境・保安研究センター	⑦法・基準整備、環境管理体制(システム)整備、環境法整備			→	
	⑫ピルコマヨ川水系モニタリングシステム構築			→	
11 実施事項	④啓蒙、教育環境整備、人材育成(指導者育成)*			→	
	⑥環境・保安研究センター設置:上記④を実施			→	
	鉱害防止計画	①鉱害防止1(選鉱尾鉱処理)及び水リサイクル技術検討、財務検討	①同左及びフォローアップ	①同左	
		②選鉱1(鉱石処理:摩鉱、浮選)技術検討、財務検討	②同左及びフォローアップ	②同左	
		⑤鉱害防止2(廃水処理)技術検討、財務検討	⑤同左及びフォローアップ	⑤同左	
		⑧鉱害防止3(堆積場の緑化)技術検討、財務検討	⑧同左及びフォローアップ	⑧同左	
	環境管理計画	⑨選鉱2(鑛石回収)技術検討、財務検討	⑨同左及びフォローアップ	⑨同左	
		⑩選鉱3(トータルシステム)技術検討、財務検討、インヘニオ統合・整備	⑩同左及びフォローアップ	⑩同左	
		⑪選鉱4(廃石等処理)技術検討、財務検討	⑪同左及びフォローアップ	⑪同左	
		③必要最小限調査項目のモニタリング・分析・モニタリング・分析・シミュレーション技術導入	③必須項目のモニタリング・分析・汚染被害シミュレーション技術・モニタリング体制整備関連人材育成技術蓄積	③全規制項目のモニタリング・分析・モニタリング・分析・シミュレーション技術蓄積改善	
		⑦[法・規則]法・規制間の内容の整合性と、現地事情と法・規制の整合性検討;地域特有事情データ蓄積 [環境保護組織]国と県、市の行政組織整備;関係行政官庁・国県レベルでの連携強化、行政による環境白書作成、審議会活動への知識人・教育者等の参加 [環境指標]行政準備:最低指標の研究と提言 [啓蒙・教育・人材]環境指導者確保:環境保護の意義と必要性の普及	⑦[法・規則]法・規制内容の実行性確保、法・規制・条例等の基礎情報蓄積;地域特有事情考慮の飽と鞭を含む条例提案 [環境保護組織]環境改善のための住民組織化;住民の環境問題理解強化に学校・教会活用、環境白書作成への住民参加 [環境指標]住民参加による指標作り;指標の使い方と、作り方の技術蓄積 [啓蒙・教育・人材]中核シンボリック指導者確保、指導者全員の教育;住民への環境教育の技術・システムの整備	⑦[法・規則]法・規制・条例の変化する現状への再整合性確保;広域モニタリング体制整備と地域人材確保 [環境保護組織]住民組織の定期的見直しと改善;清潔で健康的な町作りへの住民活動の積極的活用 [環境指標]行政と住民による指標の定期的見直しと改善 [啓蒙・教育・人材]環境教育の指導的センターの継続的確保;環境改善対策事業普及のための環境管理技術紹介	
		⑫ピルコマヨ川水系汚染被害データ蓄積	⑫ピルコマヨ川水系汚染被害状況をシミュレーションモデル式により確認	⑫ピルコマヨ川水系汚染被害対策の効果をシミュレーションモデル式に反映評価	

注)\*: 啓蒙、教育環境整備、人材育成に係る必要機材(環境、鉱山、選鉱に係る調査、試験(パッチ及び連続)研究、分析等)整備を同時に行う。又、人材育成(指導者育成)は、人員の確保も併せ行う。

表8-2 ポトシ市における汚染の実態と対策

	発生源	発生原因	メカニズム	水質汚染物質	流量	Cd流出量	Cd流出形態	pH	対策表6-4-1参照
1	選鉱場	尾鉱、排水	未分離金属 選鉱試薬等	金属含有泥質 試薬類とアルカリ	6,000ton/day*1 69lit/sec	81Kg/day*2 (29.6t/year)	SS	11~12	2.工程改善 1.尾鉱ダム(KAW事業) 3.環境関連分析設備 3.モニタリング設備 6.環境・保安センター 9.尾鉱再処理 9.排水リサイクル設備 11.インテグレート選鉱場
2	鉱山坑口	降雨、浸透水	酸の生成 金属の抽出	溶解重金属 酸性水	777ton/day*3 9lit/sec	7.8kg/day*4 (含率10mg/lit) (2.8t/year)	イオン	1~2	5.酸性湧水対策 1.尾鉱ダム(KAW事業) 3.環境関連分析設備 3.モニタリング設備 6.環境・保安センター
3-1	廃石、ずり	降雨	酸の生成 金属の抽出	溶解重金属 酸性水	乾季:4,320ton/day*5 50lit/sec	9.5kg/day*6 (含率2.2mg/lit)	イオン	2~3	5.酸性湧水対策 8.覆土・緑化
3-2	旧尾鉱堆積場 (錫の比重選鉱)	降雨	酸の生成 金属の抽出	溶解重金属 酸性水	雨季:間欠大量	(3.5t/year)			10.廃滓坑内充填 1.尾鉱ダム(KAW事業)
3-3	旧尾鉱堆積場 (鉛、亜鉛浮鉱)	降雨	アルカリの生成	重金属の残存 アルカリ性水					3.環境関連分析設備 3.モニタリング設備 6.環境・保安センター 11.廃石・金属回収
4	住民	市民生活	生活排水 廃棄物	有機物、大腸菌 アンモニア、他	13,478ton/day 156lit/sec				x.排水処理施設(KAW)
合計(San Antonio付近)						98.3Kg/day*7 (含率2.51mg/lit) (35.9t/year)	SS主体	6~12	
環境基準						(含率0.005mg/lit)			

\*1 6,000ton/day=1,200ton/day(選鉱処理量)x5(係数)

\*2 81kg/day=1,200ton/dayx3/4(原鉱に対する尾鉱比率)

x0.12(原鉱中の亜鉛含有比率)x1/200(原鉱での亜鉛とCd含有比率の関係)x15/100(原鉱と尾鉱に含まれる亜鉛比率の関係)

\*3 777ton/day=9lit/secx60(sec/min)x60(min/hour)x24hours

\*4 7.8kg/day=10mg/litx777,600lit/day

\*5 4,320ton/day=50lit/secx60x60x24

\*6 9.5kg/day=2.2mg/litx4,320,000lit/day

\*7 98.3kg/day=2.51mg/litx39,130,000lit/day

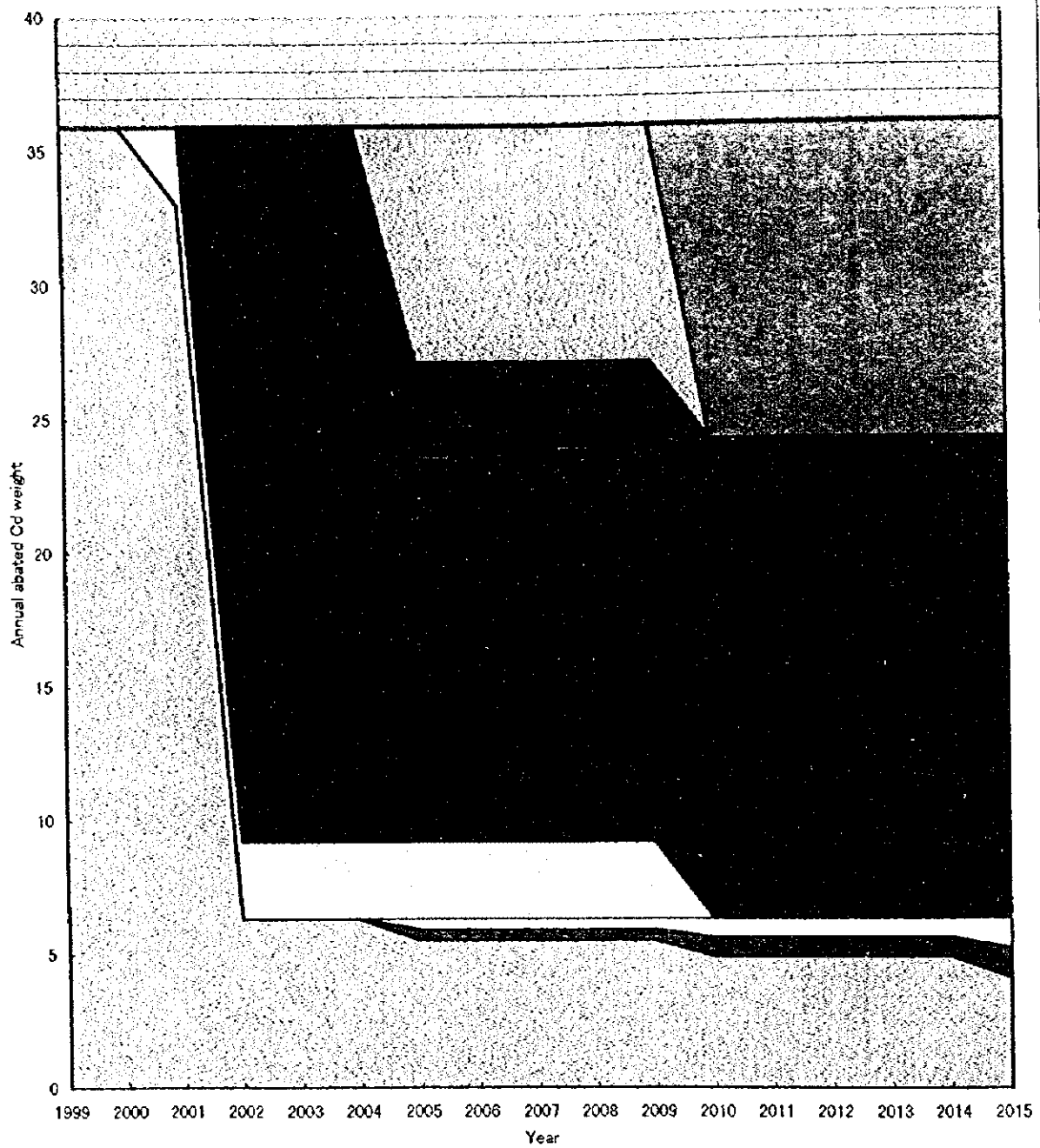
表 8-3 水質汚濁防止対策費用と効果

	対策案	経費 初期投資	効果
[1]	酸性汚染坑廃水処理	約2.0億円	鉱山系汚濁物質の酸性水の無公害化
[1]	廃滓坑内充填		堆積場新規建設必要性削減 堆積場崩壊の心配削減、坑内安定化
[2]	覆土・緑化	約1.7億円+α	堆積場酸性水大幅削減 堆積場跡地公園化、堆積場安定化
[3]	尾鉱ダム（廃滓堆積場）	約10.0億円(KfW)	選鉱系汚濁物質のSS及びアルカリ性水の無公害化 選鉱場排水量の極小化
[4]	工程改善	約2.4億円	選鉱場採取率向上（Pb, Zn, Ag, 及びSn）
[15]	環境・保安センター	約3.0億円	総合的対策の研究 総合的対策行政の調整、教育、啓蒙（指導者育成）
[5]	尾鉱再処理施設（*）	約36.4億円	選鉱場採取率向上（Sn）
[5]	排水リサイクル設備		全部選鉱場排出水量大幅削減
[6]	モデル選鉱場	約14.3億円	インテグレイト選鉱場のモデル
[7]	廃石・金属回収		Ag, Snの採取旧堆積場の有価化と堆積場縮小化 景観の回復
[8]	インテグレイト選鉱場 （尾鉱再処理設備含む）	約58.3億円	選鉱成績（採取率、精鉱品位：単位処理コスト）大幅向上、住宅地域と工場 地域の分別、大規模近代化による競争力強化、環境コストの捻出
[11]	環境関連分析設備	約1.1億円	汚染状況調査 環境管理へのバックアップ
[11]	モニタリング設備 （一部供与済みJICA）	上記設備に含む	汚染対策実施の方針策定 環境管理へのバックアップ

\* インヘニオ尾鉱からの錫回収選鉱場

[10]：欠番

図 8-1 水質汚濁対策による効果予想  
(Cd汚染負荷の変化)



- Annual abatement volume of Cd by Integrated Plan (M. of I. and T.T.P.)
- Annual abatement volume of Cd by Tailing Treatment Plant (2005year: 8.8t)
- Annual abatement volume of Cd by DCSA (2002year: 26.7t 2005year: 17.9t)
- Annual abatement volume of Cd by Modernization of Ingenio (2.9t)
- Annual abatement volume of Cd from Main Acid Water Drainage (2.8t)
- Annual abatement volume of Cd from Waste Rock & Tailing Drainage (3.5t)
- Cd annual abatement volume (t), (Total Cd annual production volume: 35.9t)











JICA