

## 2-2. 2-1-4 で選定した水系の現状確認

### 2-2-1 対象水系流域及び下流域における環境汚染・健康被害等の現状確認・分析

#### (1) 対象水系流域及び下流域における環境汚染・健康被害等の現状

##### 1) Rinconada 地区水質汚濁の現状調査

図 2-2.1 Rinconada 湖及び Lunar 湖の位置に Rinconada 地区パイロット・プロジェクトの調査関係位置を示す。

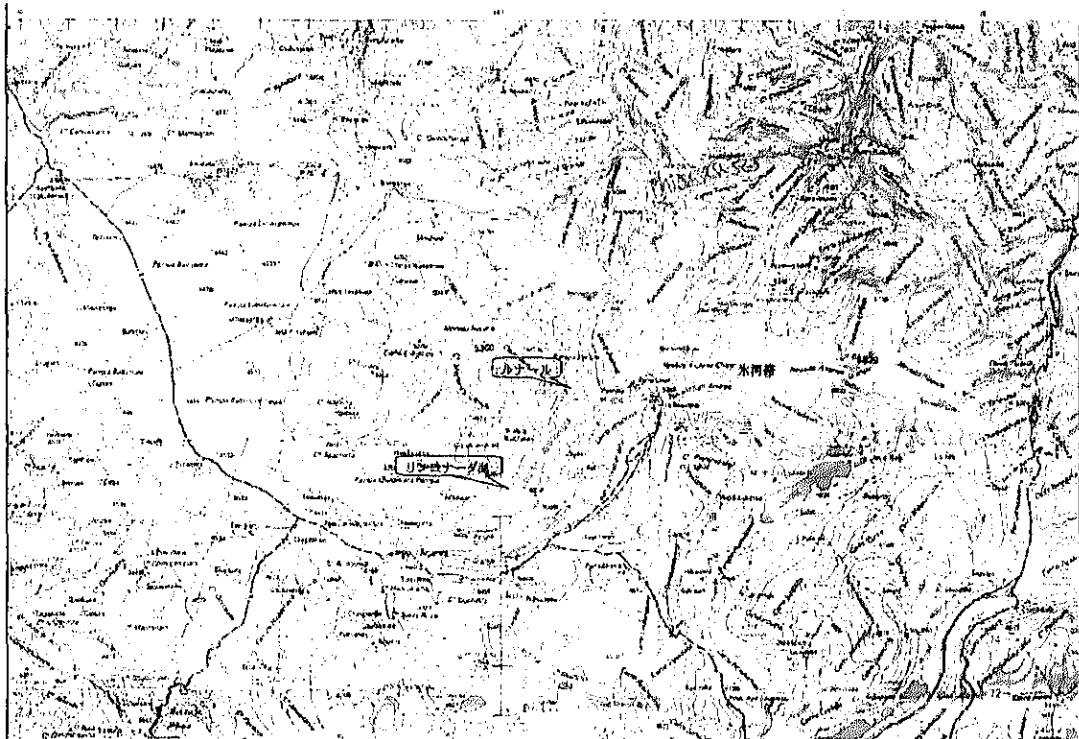


図 2-2.1 Rinconada 湖及び Lunar 湖の位置

#### a. Hg 汚染

Rinconada 地区では、零細採金業者による Hg を使用したキンバレッテ (quimbalete) と呼ばれる石臼を利用した Hg アマルガメーション法による Au 回収活動が行われており、その廃水は未処理のまま放流され下流域での Hg 汚染が深刻な状況である。

一方、廃坑から湧出する酸性水により、La Rinconada 集落の下方で Lunar de Oro 集落の直上に位置する Lunar 湖の湖水は pH3.6 の強酸性を示し、As および Hg 度が日本および欧米の環境基準を大幅に上回る深刻な状況である（ペルーには環境基準が無いために日本および欧米の環境基準で評価した）。

Rinconada 地区の鉱業活動に起因する排水が流れている水路の全ての採取点でペルー国の Hg の基準を超過する値を呈した。また、自然水域である Rinconada 湖でも Hg における水質基準を超えており、日本および米国の基準と比較しても高

い値を示している。このなかでも金鉱のアマルガム回収法に利用されているキンバレッテやボールミルの排水が流入する Gavilan (ガピラン) と呼ばれている排水路 (導水路[開路]) での Hg 濃度が非常に高い数値を呈しており、操業工程からの Hg 流入と強い関係があることが推定できる。

さらに、Lunar 湖には La Rinconada 集落の生活排水の一部が流入するとともに湖畔は固形廃棄物の捨て場ともなり、湖水は腐臭を発している惨状で COD 値も高い値を示した。

また、Lunar 湖の溢流水の殆どは Rinconada 湖の下流までアアセキアで導かれ、Ananea (アナネア) 郊外に点在するアンデス鉱山他によって比重選鉱に利用されている。この比重選鉱廃水は沈殿池等の簡易処理をへた後 Rinconada 川へ放流されており、Rinconada 川下流の Grande 川の As、Hg 等の毒性重金属汚染を引き起こしている。

Rinconada 地区では、零細金採掘業者によるアマルガメーション法による Au 回収活動に伴って発生している現在進行形の Hg 汚染と過去の Au 回収活動に伴って Lunar 湖底および Rinconada 湖底に沈積している Hg 含有廃滓との問題が考えられる。

Grande 川流域を対象に、1997 年に実施された EVAT に次いで、鉱業における環境への影響調査がラ・モリナ農業国立大学 (1999)、INGEMMET (2006)、DIGESA (2007) 等によって随時行われてきた。

これらの調査結果をもとに Rinconada 湖周辺の水質モニタリングデータを表 2-2.2 にまとめる。

表 2-2.2 Rinconada 湖周辺水系水質モニタリングデータのまとめ

項目	単位	水質基準		Lanar湖				La Rinconada湖				Grande川		
		田舎用水	VI水生物保全	4	4	4	4	1	2	4	4	3	4	
出典				2007/3/8	2007/7/30	2007/9/25	1999/1/1	2003/10/12	2006/3/31	2007/3/8	2007/7/30	2007/9/25	1999/1/1	2006/3/31
試料採取日						10		12	12			13.1		
水温	°C					3.7	7.4		7.3			8.56	7.7	7.2
pH		5~9				1,102			262			106		144
電気伝導度	µS/cm					706					166	6		
SS	mg/L					0.073	0.043	0.001	0.070	<0.005	0.006	<0.005	0.017	0.790
Cu	mg/L	0.5		0.040	0.098	0.048	<0.005	<0.002	0.17	<0.25	<0.25	<0.25	<0.005	0.70
Pb	mg/L	0.1	0.03	1.459	1.280	1.47	0.005	0.62	0.62	<0.038	<0.038	<0.038	0.344	1.96
Zn	mg/L	25		<0.01	<0.01	<0.01	<0.001	<0.001	0.004	<0.01	<0.01	<0.01	0.002	0.005
Cd	mg/L	0.01	0.004	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01	<0.001	0.27	<0.05	<0.05	<0.05	0.002	0.005
Cr	mg/L	1.0	0.05	0.102	0.0022	0.715	<0.01	<0.004	0.45	0.006	0.0029	0.0161	0.03	1.07
As	mg/L				0.0052	0.00301	<0.001	<0.001	0.030	0.006	0.006	0.00042	<0.001	2.00
Hg	mg/L	0.01	0.0002	1.581	2.083	2.630	0.025	0.052	138.0	0.205	0.061	0.093	0.234	0.006
Mn	mg/L													14.9
Ni	mg/L							<0.001						
Fe	mg/L			22.0	20.4	39.13	0.105	0.2	34.0	0.340	4.194	0.490	11.5	773.0
CN	mg/L	0.080	0.022					<0.005						

出典:

- 1 Vargas R. et al. Informe Técnico de Inspección a la Cuenca del Río Ramis y Sector Pusi-Pirin en los alrededores del Lago Titicaca. Setiembre 2006.
- 2 INCEMIMET. Estudio de la Actividad Minera de la Zona de Añanca y sus Implicancias Ambientales en la Cuenca del Río Ramis. Diciembre de 2006.
- 3 Universidad Nacional Agraria La Molina. Investigación y Monitoreo de los Ríos Carabaya-Ramis, Cabanillas-Coata y del Lago Titicaca. Diciembre de 1999.
- 4 DYGESA. Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Ramis. Marzo, Julio, Setiembre de 2007.

測定方法等が統一されていないため単純な比較は難しいが、上表のデータから以下の傾向が推定できる。

- ① ペルーの環境水質基準の灌漑用水用の水質基準値と比較して Rinconada 湖では、Hg と Pb の値が超過しており、またその下流域の Grande 川でも Pb と Cr の値が超過している。
- ② 同様に水生生物の保全のために定められている水質基準値と比較しても Rinconada 湖の上流にある Lunar 湖では Hg と Pb の値が超過、Rinconada 湖でも Hg、Grande 川では近年、Hg と Cd が超過する測定値を示している。

上記情報を踏まえ、第二次現地調査（6月中旬：乾期）期間中に水質・土質分析のための試料を採取し、金属濃度・含有量の定量分析を行った。下表に水質分析のうち、Hg 濃度分析の結果を示す。

表 2-2.3 Rinconada 地区の水質分析結果 (Hg)

試料採取点	記号	座標 (UTM・WGS84・19L)		標高 (m)	採取日時	Hg (mg/L)
		W	S			
ルナール湖中央岸	LL-01	451,696.44	8,383,422.35	4,740	18-Jun-08 09:15	0.00272
ルナール湖出口	LL-02	451,638.59	8,383,177.99	4,805	18-Jun-08 16:10	0.00273
ガビラン排水路上流域	AC-01	451,387.85	8,383,046.92	4,765	18-Jun-08 16:40	0.09750
カサブランカ湖	LRP	448,982.88	8,382,935.10	4,641	19-Jun-08 10:10	0.00006
リンコナーダ湖流入沢	LR-01	449,395.05	8,382,388.46	4,650	19-Jun-08 11:30	0.00049
ガビラン排水路中流域	CG	449,642.54	8,382,197.56	4,670	19-Jun-08 13:00	0.01360
リンコナーダ湖流中央岸	LR-02	448,424.68	8,380,800.48	4,642	19-Jun-08 13:30	0.00073
ガビラン排水路下流域	AC-02	441,763.69	8,378,781.68	4,619	19-Jun-08 15:20	0.00009
シャクンカ湖出口	LS-01	446,597.96	8,376,407.97	4,799	19-Jun-08 16:20	0.00015
<b>環境基準</b>						
ペルー: 第III種(灌漑用)						0.001
ペルー: 第VI種(水生生物保全)						0.0002
日本: 人間の健康の保護						0.0005
日本: 排水基準						0.005
米国: 環境保護庁推薦水質基準						0.00077

Rinconada 地区の鉱業活動に起因する排水が流れている水路の全ての採取点でペルーの第 VI 種（水生生物保全）はおろか第 III 種（灌漑用水）の Hg の基準を超過する値を呈した。また、自然水域である Rinconada 湖でも第 VI 種の水質基準を超えており、日本の基準と比較しても高い値を示している。このなかでも Au 鉱のアマルガム回収法に利用されているキンバレッテやボールミルの排水が流入する Gavilan 排水路での Hg 濃度が非常に高い数値を呈しており、操業工程からの Hg 流出と強い関係があることが推定できる。

水質分析と同様に Rinconada 地区の土壌（選鉱廃滓および水域の底質）試料を採取し、Hg の含有量を測定した。その結果を下表に示す。

表 2.2-4 Rinconada 地区の土壌分析結果 (Hg)

試料採取点	記号	座標 (UTM・WGS84・19L)		Hg ppm
		W	S	
零細工場キンバレテ尾鉱	2			>100
CMA選鉱場最近の選鉱尾鉱	6	451,459	8,382,925	4.13
CMA選鉱場2005年代の選鉱尾鉱	7	451,428	8,382,961	>100
チャキミナス地区基盤岩(粘板岩)	18			1.33
ルナール湖中央岸底質	LL-01	451,696	8,383,422	85
カサブランカ湖底質	LRP	448,983	8,382,935	0.76
リンコナーダ湖流入沢底質	LR-01	449,395	8,382,388	19.3
リンコナーダ湖流中央岸底質	LR-02	448,425	8,380,800	0.72
ガビラン排水路下流域底質	AC-02	441,764	8,378,782	0.13
グランデ川底質	RG-01	438,223	8,378,758	0.07
環境基準				
オランダ:土壌浄化ガイドライン(上質土壌の閾値)				0.5
オランダ:土壌浄化ガイドライン(人間の健康に影響が懸念される閾値)				2
オランダ:土壌浄化ガイドライン(汚染土壌)				10
英国:汚染土壌再開発ガイドライン(園芸、耕作)				1
英国:汚染土壌再開発ガイドライン(娯楽施設、空地)				20

\*CMA: Compañía Minera El Altiplano S.A.

日本の土壌・地下水汚染に係る調査・対策指針運用基準の目安

15

ペルーには土壌環境基準は存在しないため、一例として日本の指針、英国のガイドラインによって評価を行った。

なお、水質、土壌に関する排出基準及び環境基準については世界共通の基準が存在するものではなく、各国それぞれの事情に応じて独自に定められている。したがって、ペルーの環境状況についての調査結果は、調査項目及び排出基準か環境基準かの区別ごとに適用可能な先進国で公表されている基準を比較対象として評価した。

汚染源と思われる選鉱廃滓からは非常に高い Hg の含有量が検出されており、特に零細鉱業が扱っているキンバレッテと合法的に活動している Corporación Minera Ananea S.A. の古い廃滓からは分析の測定限度を超える値が示された。Rinconada 湖では、流入沢での Hg の分析値が高く、同湖の中央部底質にも Hg 汚染の影響が及んでいる。

図 2-2.2 に Rinconada 地区周辺の水中および土壌中の Hg 濃度を示した（括弧内数値は、水質の場合はペルーの水質基準 III 級との比較、土壌の場合はオランダの土壌環境基準との比較）。

図示のとおり、Au の採掘処理活動が行われている上流域では、水質および土壌中の Hg の存在量が高い値を示している。特に、選鉱廃滓を受け入れる Gavilan（ガビラ

ン) 排水路の Hg 濃度が著しく高い。

Rinconada 湖の水質に関しては、雨期のデータが高い Hg 濃度を示す傾向があるため、面源汚染あるいは Gavilan 排水路からのオーバーフローの影響が考えられる。スポット・サンプリングした底質分析の結果からは極端に高い Hg 含有量は検出されなかったが、若干の分析値 (0.7ppm) が示されたので、詳細調査によって確認する必要がある。その際、Hg の循環機構調査を行い、毒性の高いアルキル化の進行度合いおよび嫌気状態が維持された湖底生態系での硫酸還元能による鉱物の硫化反応の進行動態を把握することを提言する。

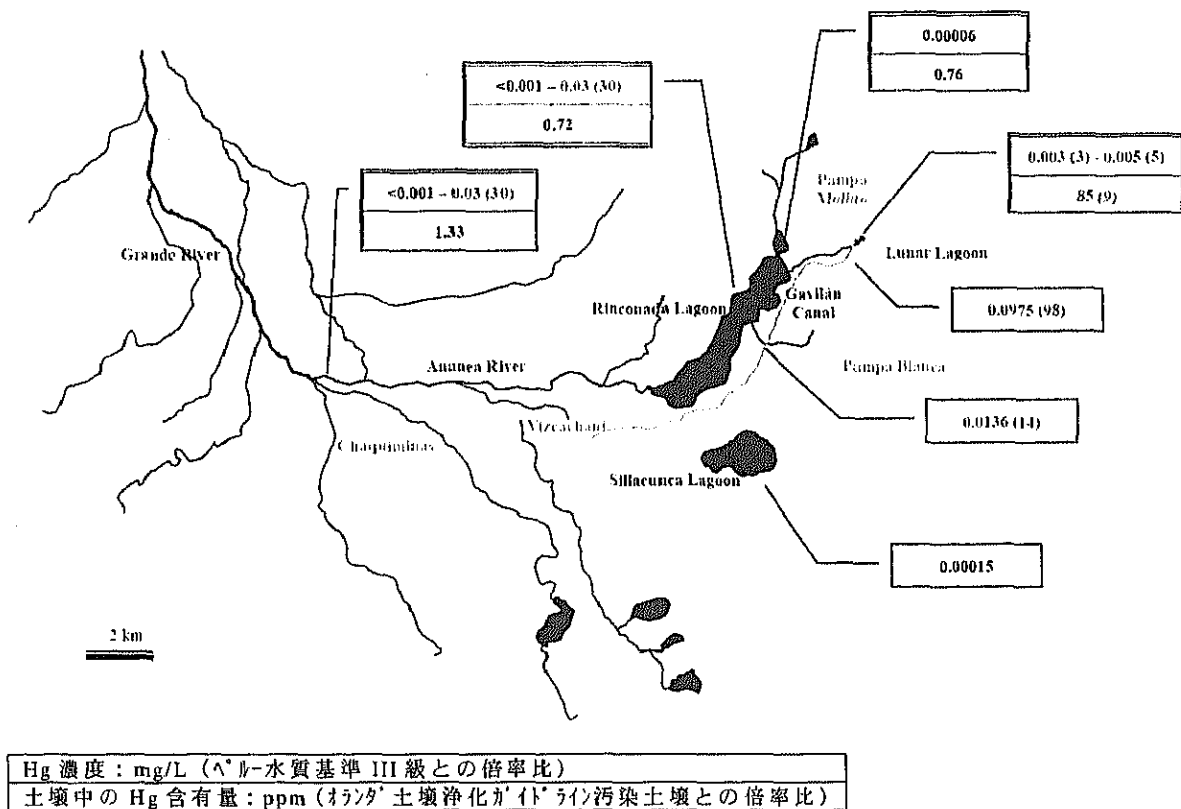


図 2-2.2 Rinconada 地区の Hg 濃度分布図

一方、米国モンタナ州立大学とアルティプラノ国立大学の共同研究 (2002 年) の Titicaca 湖の魚類組織中の Hg 含有量調査では、ペヘレイ (*Basilichthyes bonariensis*) およびカラチ (*Orestias*) の各々 27% および 75% の試料から米国環境保護庁の基準 (0.30 μg/g) を超過する数値が確認された。更に、同調査結果、その汚染源が Rinconada 地区および Cecilia 選鉱場等にあることが把握された。

b. 酸性水汚染

今回の調査結果から下記のことが推定できる。

- ① 特に、Lunar 湖は強酸性であり、Fe、Mn、Pb、Zn 等の重金属や As の濃度が高いことから AMD の影響が大きいと考えられる。
- ② Grande 川では一部の重金属濃度が Rinconada 湖より著しく高い測定値を呈しているため、Rinconada 湖とは別の支流からの影響を受けている可能性がある。

Rinconada 地区での現場踏査の過程で簡易水質測定を行い水質汚濁の概況把握を行った。並行して精密分析機器による分析試料の採取も行った。簡易水質測定のうち pH および水温測定結果を下表に示す。

表 2-2.5 Ramis 川流域での水質簡易測定結果 (pH)

測定点	記号	測定日	座標 (UTM・WGS84・19L)		標高 (m)	水温 (°C)	pH
			W	S			
バルコンⅢ坑口排水		2008.6.18	451,764	8,383,116	4,843	7	3.4
ルナール湖流入沢		2008.6.18	451,539	8,383,422	4,856	11	3.8
ルナール湖中央岸	LL-01	2008.6.18	451,696	8,383,422	4,740	12	3.8
ルナール湖出口	LL-02	2008.6.18	451,639	8,383,178	4,805	9.5	3.3
ガピラン排水路上流域	AC-01	2008.6.18	451,388	8,383,047	4,765	8	4.3
カサブランカ湖	LRP	2008.6.19	448,983	8,382,935	4,641	12.5	6.5
リンコナーダ湖流入沢	LR-01	2008.6.19	449,395	8,382,388	4,650	13	7.1
ガピラン排水路中流域	CG	2008.6.19	449,643	8,382,198	4,670	19	7.0
リンコナーダ湖流中央岸	LR-02	2008.6.19	448,425	8,380,800	4,642	12	7.3
ガピラン排水路下流域	AC-02	2008.6.19	441,764	8,378,782	4,619	15	7.0
シャクンカ湖出口	LS-01	2008.6.19	446,598	8,376,408	4,799	7	7.6
パンバブランカ地区排水	PB-01	2008.6.19	450,846	8,376,727	4,840	10	7.0
グランデ川上流域		2008.6.20	438,223	8,378,758	4,589	7	7.4
セシリア水系サンタローサ坑口排水		2008.6.20	409,216	8,396,559	4,406	12	2.3
セシリア水系ランバ坑口排水		2008.6.20	409,337	8,396,933	4,363	11	3.8
セシリア川ピコタニ川合流点下流		2008.6.20	412,699	8,401,297	4,292	14	8.1
グランデ川ピコタニ川合流点		2008.6.20	412,699	8,401,297	4,292	14	8.2
ラミス川下流域		2008.6.17	406,192	8,313,228	3,828		8.5
<b>環境基準</b>							
ペルー環境基準Ⅲ級 (灌漑用)							
ペルー環境基準Ⅵ級 (水生生物保全用)							
日本：環境基準 (河川類型D：農業用水)							6~8.5
日本：環境基準 (湖沼類型B：農業用水)							6.5~8.5
日本：環境基準 (河川類型A：自然環境保全)							6.5~8.5
日本：環境基準 (湖沼類型AA：自然環境保全)							6~8.5
日本：人間の健康の保護に関する環境基準							
米国環境保護庁推薦水質基準							6~9

Rinconada 地区での酸性水の発生源として、Corporación Minera Ananea S.A.の鉱区内にある Balcon(バルコン)Ⅲ坑口からの強酸性の坑排水を確認した。この酸性水の影響は Lunar 湖までにも及ぶ強酸性の挙動を示している。地下水位は最低の坑道とほぼ同じレベルにある模様で、その発生量は調査時点で約 50L/min 程度で大量に発生している状況ではなかった。この坑口も Lunar 湖より若干高い位置にあり、地下水による坑道の水没の問題は稀であると考えられる。

Rinconada 地区下流の Grande 川支流である Cecilia 川の上流に位置する廃鉱の旧坑口、廃石および廃滓堆積場から大量の酸性水が流出している。Cecilia 川の Crucero 川との合流点では Picotani 川との合流により希釈中和されているが、堆積場の不安定性の問題もあり、適切な対応が必要である。

表 2-2.6 に金属類における簡易測定の結果および分析の結果を示す。

表 2-2.6 Ramis 川流域での水質簡易測定結果 (Fe、Fe<sup>2+</sup>、As、Cr(VI)、CN<sup>-</sup>)

測定点	Fe (mg/L)	Fe(II) (mg/L)	As (mg/L)	Cr(VI) (mg/L)	CN (mg/L)
ペルー環境基準III級 (灌漑用水)					
日本: 環境基準 (河川類型D: 農業排水)					
日本: 環境基準 (湖沼類型B: 農業排水)					
日本: 環境基準 (河川類型A: 自然環境保全)					
日本: 環境基準 (湖沼類型AA: 自然環境保全)					
日本: 人間の健康の保護に関する環境基準			0.01	<0.05	検出されないこと
米: 環境保護庁推薦水質基準	1		0.15	0.011	0.0052
バルコン山坑口排水	8 ~ 14.6	6.4 ~ 9.6	0.8 ~ 1.6	~ 0.05	~ 0.02
ルナール湖流入沢	10 ~ 19.8	1.6 ~ 2.4	0.2 ~ 0.5	~ 0.05	~ 0.02
ルナール湖中央岸	16 ~ 38.6	9.6 ~ 20	0 ~ 0.8	~ 0.05	~ 0.02
ルナール湖出口	40 ~	10 ~	0.02 ~ 0.05	~ 0.05	~ 0.02
ガビラン排水路上流域	20 ~ 39.4	4.8 ~ 9.7	0.02 ~ 0.05	~ 0.05	~ 0.02
カザブランカ湖	0.5 ~ 1	0.1 ~ 0.2	~	~ 0.05	~ 0.02
リンコナーダ湖流入沢	5 ~ 10	1.2 ~ 2.5	0 ~	~ 0.05	~ 0.02
ガビラン排水路中流域	10 ~	2.5 ~		~ 0.05	~ 0.02
リンコナーダ湖中央岸	~ 0.2			~ 0.05	~ 0.02
ガビラン排水路下流域	~ 0.2	~ 0.1	0.02 ~ 0.05	~ 0.05	~ 0.02
シャクンカ湖出口	0.2 ~ 0.5	~ 0.1	0.2 ~ 0.5	~ 0.05	~ 0.02
パンパブランカ地区排水	0.2 ~ 0.5	~ 0.1	0.02 ~ 0.05	~ 0.05	~ 0.02
グランデ川上流域	~ 0.2		0 ~ 0.02	~ 0.05	~ 0.02
サンタローサ坑口排水	320 ~	80 ~	3 ~	~ 0.05	~ 0.02
ランバ坑口排水					
サンタローサ川下流域	0.2 ~ 0.5	~ 0.1	0 ~		
グランデ川下流域	~ 0.2		0 ~ 0.02		~ 0.02
ラミス川下流域			0.05 ~ 0.1	~ 0.05	

水質の酸性度に伴い Fe 分が比例した高い濃度で検出された。特に、強酸性である Santa Rosa 坑口では測定限度を超える濃度を呈した。As に関しては酸性の度合いとの相関を示しているが、アルカリ性の場所でも高い数値を確認しており、鉱石分析で示された含 As 鉱物からの浸出に由来するものであると考えられる。As に関しては Ramis 川の下流域で再び濃度が増加するため、Rinconada 地区のみの問題ではないと推定する。

表 2-2.7 に Rinconada 地区の主要金属に関する水質分析結果を示す (その他金属に関する分析値は巻末資料参照)。

表 2-2.7 Rinconada 地区の水質分析 (金属類)

試料採取点	記号	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
ルナール湖中央岸	LL-01	0.070	0.0088	<0.001	0.057	32.404	0.782	0.1	2.113
ルナール湖出口	LL-02	0.073	0.0082	<0.001	0.054	32.325	0.759	0.091	2.036
ガビラン排水路上流域	AC-01	0.421	0.0076	0.01	0.053	43.405	0.692	0.144	1.905
カザブランカ湖	LRP	<0.003	<0.0004	<0.001	<0.001	1.006	<0.001	<0.005	<0.002
リンコナーダ湖流入沢	LR-01	0.104	<0.0004	<0.001	0.005	9.283	0.081	<0.005	0.183
ガビラン排水路中流域	CG	0.156	0.0068	0.004	0.023	33.187	0.71	0.053	1.907
リンコナーダ湖中央岸	LR-02	<0.003	<0.0004	<0.001	<0.001	0.347	0.01	<0.005	0.026
ガビラン排水路下流域	AC-02	0.019	<0.0004	<0.001	<0.001	1.82	0.032	<0.005	0.059
シャクンカ湖出口	LS-01	0.014	<0.0004	0.004	0.006	5.93	<0.001	0.021	0.052
水質基準									
ペルー: III灌漑用水			0.01	1.0	0.5			0.1	25
ペルー: VI水生生物保全			0.004	0.05				0.03	
日本: 人の健康保護		0.01	0.01					0.01	
日本: 生活環境保全									0.03
米: 環境保護庁基準			0.00025		0.009	1	0.052	0.0025	0.12

\*各基準を超過している測定値を色別表記した。



分析の結果は簡易測定の結果を裏付ける結果を示し、酸性水の影響を受けている場所では高い重金属濃度との相関を示唆する。

As に関してはペルーには環境基準が定められていないが、日本の環境基準との比較では、大半の分析値が基準値を超過し、基準値の 40 倍の極端な値も確認された。重金属に関しては Pb が一部ペルーの灌漑用水の基準を超過し、Cd の場合は水生生物保全用の基準を超える数値が確認された。Cu、Fe、Zn 等では日本や米国の基準以上の数値が広い範囲で確認された。

Rinconada 地区の鉱業活動に伴う酸性水および選鉱廃滓の土壌への影響を把握する目的で、尾鉱、底質、土壌試料を採取し金属定量分析を実施した。その分析結果のうち主要成分を下表 2-2.8 に示す。前述のごとくペルーには土壌環境基準が定められていないため、オランダ、英国の基準及び日本の参考値を比較掲載し評価した。

表 2-2.8 Rinconada 地区の土壌分析（主要金属）

試料採取点	記号	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
		ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
零細工場キンパレテ尾鉱	2	2,440	1.24	26	34.5	5.05	>100	0.42	28.0	197.5	199
CMA選鉱場最近の選鉱尾鉱	6	579	0.16	23	5.1	2.56	4.13	1.03	9.9	18.6	58
CMA選鉱場2005年代の選鉱尾鉱	7	7,880	0.98	45	126.5	10.05	>100	2.60	57.9	432.0	323
チャキミナス地区基盤岩(粘板岩)	18	54	0.16	72	50.1	4.54	1.33	0.48	37.4	31.1	102
ルナール湖中央岸底泥	LL-01	3,670	1.63	205	116.5	6.91	85.00	28.90	107.0	150.5	306
カサブランカ湖底泥	LRP	141	0.18	78	20.3	4.89	0.76	0.52	39.4	30.7	168
リンコナーダ湖流入沢底泥	LR-01	264	0.33	36	22.9	3.20	19.30	0.47	20.6	59.1	120
リンコナーダ湖流中央岸底泥	LR-02	98	0.70	76	33.7	4.56	0.72	0.76	77.9	31.3	222
ガビラン排水路下流域底泥	AC-02	93	0.17	36	19.0	2.92	0.13	0.33	17.2	23.2	91
グランド川底泥	RG-01	89	0.19	30	17.4	2.57	0.07	0.37	16.3	24.6	75
環境基準											
オランダ:土壌浄化ガイドライン(上質土壌の閾値)		20	1	100	50			10	50	50	
オランダ:土壌浄化ガイドライン(人間の健康に影響が懸念される閾値)		30	5	250	100			40	100	150	
オランダ:土壌浄化ガイドライン(汚染土壌)		50	20	800	500			200	500	600	
英国:汚染土壌再開発ガイドライン(園芸、耕作)		10	3	600						500	
英国:汚染土壌再開発ガイドライン(娯楽施設、空地)		40	15	1,000						2,000	

日本の参考値	50	9				3			600	
日本の土壌基準（溶出検査）(mg/L)	0.01	0.01	0.05	125		0.0005			0.01	

\*各基準を色別表記した。

幾つかの重金属は基準値を超える結果となっているが、特に As の場合は全ての分析結果で基準超過の数値を示している。オランダの上質土壌の基準値に対し Lunar 湖の底質は約 400 倍の値を呈している。

図 2-2.3 に Ramis 川流域全体の pH 値を示す。この pH 分布図は、本調査の現場測定データおよび MEM、DIGESA、INRENA、INGEMMET や PELT 等から収集した水質データを総合したものである。

この地域の特徴として、雨期に酸性の挙動を示唆する傾向がある。また、この傾向

に沿って As や重金属の濃度が上昇する傾向も伴うため、酸性水の起源となる硫化鉱物の露出部との反応による面源汚染や、雨期における降雨の地下浸透や地下水面上昇による旧坑道からの湧出および廃滓堆積場浸透による酸性湧水が発生している可能性が想定される（AMD の発生）。

今回の調査では Rinconada 地区を中心に実施したが、酸性水および重金属汚染の影響を把握するためには、Cecilia 川の上流域で確認したように Ramis 川流域全体の詳細調査が必要である。

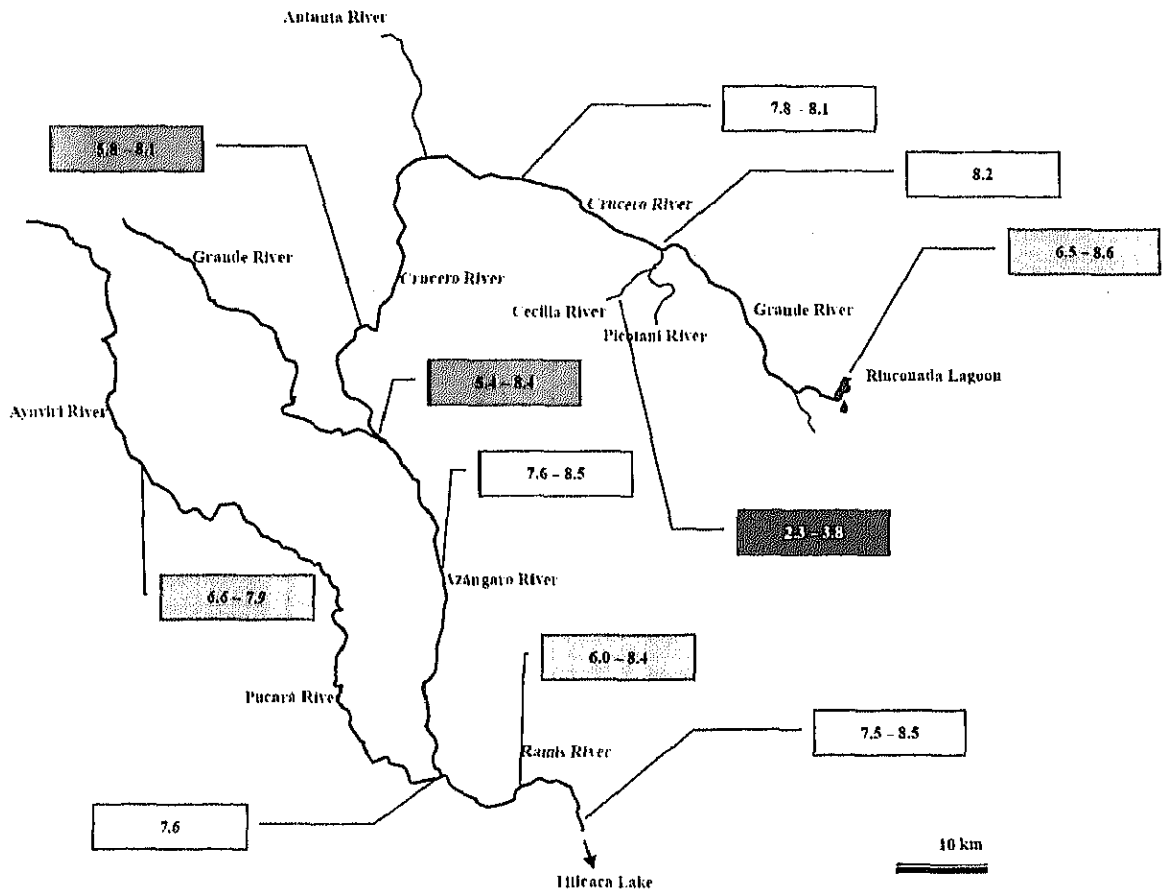


図 2-2.3 Ramis 川流域の pH 値分布図

### c. 生活排水による汚染

Rinconada 湖の上流、標高 5,000~5,200m の位置に La Rinconada 集落がある。ここで把握されている投票権者 1,080 名を含む約 6,000 人といわれる鉱山労働者とその家族が生活している。La Rinconada 集落には、季節労働者とも言うべき不定期労働の鉱山労働者およびその家族も住んでおりその数 25,000~30,000 とされる。

また、Lunar 湖（湖面標高 4,800m）の下流には Lunar de Oro と呼ばれる集落があり、

そこではキンバレットと呼ばれるアマルガメーション法による採金活動が行われている。これらの住民の生活排水は Lunar 湖及び Rinconada 湖へ流入している。

一方、キンバレット尾鉱はアセキアと呼ばれる水路（Gavilan 排水路）を通じて Rinconada 湖を迂回して下流へ流れる。Rinconada 湖下流では、このアセキアの水を活用して比重選鉱（猫流し）によって Au を回収する活動が行われており、その廃水は未処理のまま Grande 川支流へ放流されている。

下表に Rinconada 地区での有機物指標および微生物指標の簡易測定結果を示す。

表 2-2-9 Rinconada 地区の有機物・微生物指標簡易測定結果

測定点	COD (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	PO <sub>4</sub> (mg/L)	Coliform MPN/100mL
ペルー環境基準III級（灌漑用水）					
日本：環境基準（河川類型D：農業用水）					
日本：環境基準（湖沼類型D：農業用水）	<5				
日本：環境基準（河川類型A：自然環境保全）					50
日本：環境基準（湖沼類型AA：自然環境保全）	<7.5				50
日本：人間の健康の保護に関する環境基準					
米国環境保護庁推薦水質基準					
バルコン山坑口排水			<10		
ルナール湖流入沢	20 ~ 26	2 ~ 3.8	0.04 ~ 0.08	0.2 ~ 0.35	1,500
ルナール湖中央岸	0 ~ 40	1.6 ~ 2.6	0.16 ~ 0.26	8 ~ 15.65	2,500
ルナール湖出口	20 ~ 25	7.4 ~ 18.5	0.14 ~ 0.25		2,000
ガビラン排水路上流域	20 ~ 25	0.2 ~ 0.5	0.14 ~ 0.25		1,500
カサブランカ湖	13 ~ 20	0.2 ~ 0.5	0.05 ~ 0.1	0.1 ~ 0.2	500
リンコナーダ湖流入沢	10 ~ 13	0.2 ~ 0.5	0.02 ~ 0.05	~ 0.05	1,500
ガビラン排水路中流域	10 ~ 13	0.5 ~ 1	0.02 ~ 0.05	~ 0.05	1,500
リンコナーダ湖流中央岸	0 ~ 5	~ 0.2	~ 0.02	~ 0.05	1,000
ガビラン排水路下流域	5 ~ 10	0.2 ~ 0.5	0.02 ~ 0.05	0.2 ~ 0.5	1,500
シヤクンカ湖出口	5 ~ 10	0.2 ~ 0.5	~ 0.02	0.2 ~ 0.5	2,000
パンバブランカ地区排水	0 ~ 5	0.2 ~ 0.5	~ 0.02	1 ~ 2	500
グランデ川上流域	5 ~ 10	0.5 ~ 1	0.05 ~ 0.1	0.1 ~ 0.2	2,000
サンタローサ坑口排水					
ランバ坑口排水					
サンタローサ川下流域	0 ~ 5	0.2 ~ 0.5	~ 0.02	0.05 ~ 0.1	0
グランデ川下流域	0 ~ 5	0.2 ~ 0.5	~ 0.02	0.05 ~ 0.1	1,500
ラミス川下流域	5 ~ 10	0.2 ~ 0.5	~ 0.02	0.5 ~ 1	2,000

（社）日本下水道協会公開の生活排水の参考値は、COD 80mg/L、全窒素 9mg/L、全リンが 2mg/L である。これと比較すると Lunar 湖や Gavilan 排水路の水質は生活排水を 1/2~1/4 に希釈したような水質に等しい。一方、Lunar 湖での P は異常に高い値を示している。住民による含磷洗剤の利用による影響の可能性が高い。

上記推定を鑑み、Rinconada 湖での現場踏査において、以下の留意点を念頭にして実施する必要がある。

- ① Rinconada 湖周辺の環境汚染負荷の状況把握：水質および底質への影響とともに AMD の影響、比重選鉱、浮選選鉱、アマルガメーション法等による環境への影響の把握に努めること。
- ② Ramis 河川流域に対し、Rinconada 湖周辺の影響度合いの把握：Rinconada 湖周辺の下流域にも鉱業活動が行われているため、これらによる Ramis 河川流域への総合的なインパクトに係り、文献やヒアリングによる情報収集が必要である。即ち、Rinconada 周辺での回復対策によって、Ramis 河川流域の水質改善がどこまで期待できるかのデータを必要とする。

- ③ 過去の蓄積汚染と既存零細金鉱山の環境負荷の度合い: Rinconada 湖周辺では既存の零細鉱業以前の有権者不特定の鉱業活動によって蓄積された汚染の問題もあり、これら情報は今後の取組みに関し責任負担の検討のために必要となる。
- ④ CONAM によって、Ramis 川流域に対し環境非常事態宣言が下されたため、MEM として実施しなければならないアクションプランと本案件形成との関わりについて明確にする必要がある。

以上、Rinconada 地区の環境汚染状況を以下にまとめる。

(a) 水質汚濁状況

- Lunar 湖は上流にある鉱山廃水のみならず La Rinconada 集落の生活排水が流入しており腐臭が酷い。水質簡易測定結果、pH3.8 で COD、NH<sub>4</sub>、PO<sub>4</sub> の生活排水に関する項目の影響が高い他 As、Fe 等の重金属成分も高い値を示した。
- Lunar 湖の一部が流入する Rinconada 湖の水質は、pH7.1 で中性であるが COD および Fe が高い値を示した。
- 生活排水と零細採金業者の廃滓とが混在し、しかも下記に示す如く、採金活動が複数の段階で行われその分汚染も複雑化している。

(b) 鉱業活動状況

- Corporación Minera Ananea S.A は当該地区唯一の会社組織の鉱山で、4 鉱区を所有し、鉱区のほとんどを採掘業者 (Contratista) に請け負わせ、自らは 25t/d の規模で、浮選により硫化鉄 (黄鉄鉱) を回収した後に CN (CIC 法) を使って Au を回収している。同地区全体の 10% を担っていると言われている。
- 残る 90% の内一部は Contratista (コントラティスタ) と呼ばれる賃契約の採掘業者が採掘し、その他ほとんどが不法採掘 (Informales) である言われている。
- La Rinconada 集落および Lunar de Oro 集落内には多くのキンバレッテ法を使ったアマルガメーション設備が散在し (400~500 とされる) その廃水は垂れ流しである。
- キンバレッテ法による採取率は不明であるが、一般的に言われる水銀アマルガメーション法による Au 採取率の 45~60% を超えることはないと思われる。
- Lunar de Oro 集落下流では、キンバレッテ法廃滓が混入した Lunar 湖溢流水を利用して比重選別による Au 回収活動が行われている。
- さらに、キンバレッテ法廃滓は集められて Juliaca (フリアカ) あるいは Nasca (ナスカ) へ送られて CIC 法で Au 回収が行われているようである (非合法)。すなわち、Au 回収活動も 2 段、3 段構えで行われている。
- 水質、底質汚染も複数の段階で発生していると思われる (採取試料の分析結果による解明が期待される)。

### (c) 複雑な社会環境

- La Rinconada 集落の人口は、調査対象者ごとにあいまいな異なる数字が挙げられた。一般に 25~30 千人と言われているが、2007 年の国勢調査では、選挙権有権者 1,080 名が把握されており、家族を含め 6,000 人が La Rinconada 集落の公式に把握されている人口で残りは季節労働者及びその家族とのことで正確には把握されていない。
- 上下水設備がなく不法居住者を含む住民による生活排水の垂れ流し、固形廃棄物の不法投棄も大きな問題である。
- 各役場の規模は小さく中でも環境対策予算はきわめて小さく、強化の必要がある。

### 2) Cecilia 川水系水質汚濁の現状調査

Cecilia 川は、Ramis 川の上流域である Crucero 川の支流として、Crucero 村の上流側で合流する河川である。

Cecilia 川の上流域には、旧 Comunidad Minera Altiplano (コムニダ・ミネラ・アルティプレーノ) 社が保有していた Santa Rosa (サンタ・ローサ) 鉱山がある。同鉱山は 1987 年にテロリズムの被害を受けて閉山したが、残された廃鉱として、強酸性の排水が流れる旧坑口と物理的に不安定な廃滓堆積場と廃石捨て場が散在する。

現場踏査の結果、Santa Rosa 鉱山廃坑から湧出する酸性水は湧水量約 200L/min (調査当時の目視)、pH2.3 の強酸性 (携帯用の pH 計による測定値) で、流入している Cecilia 川の水質汚濁を引き起こしており Ramis 川重金属汚染への影響の程度は高いと考えられる。

すなわち、Cecilia 川水系は典型的な AMD 汚染である。

さらに、同鉱山の Cecilia 選鉱場廃滓堆積場の築堤は表面浸食が進み堆積場崩壊の危険性を孕んでいる。崩壊すると約 75 万 m<sup>3</sup> の重金属を含む廃滓が Cecilia 川を汚濁することになる。

Cecilia 川の Crucero 川との合流地点では、中和された弱アルカリ性の水質を確認したが、雨期の状況が確認できなかったことと、廃滓堆積場の大規模な決壊事故が発生した状況を想定すると、Ramis 川流域への潜在的な環境被害が懸念される。

## (2) 対象水系流域及び下流域における環境汚染・健康被害等の分析・解析

### 1) Rinconada 地区

Rinconada 地区の環境汚染は前述の如く、零細業者による水銀アマルガメーション法による Au 回収活動に伴う Hg 汚染 (河川・湖沼の水質汚濁および Hg 蒸気が沈積することによる農作物・土壌・地下水汚染)、坑内および廃石を浸透して発生

する As をはじめとする重金属イオンを含む AMD の影響による水質汚濁等があるが、健康被害に関しては Ananea にある総合病院の医師（複数）への聞き取り調査で Hg 汚染及び As 汚染があるとのことであった。

一方、PELT（Programa de Evaluacion Binacional Lago Titicaca：二国間チチカカ湖評価計画）の調査の中に Rinconada 地区住民の尿中の Hg に関する調査データがあるが、尿中の Hg は検出されていない。

## 2) Cecilia 川水系

現場踏査では Santa Rosa 鉱山の放置された坑口から湧出する AMD（pH2.3、湧水量約 200L/min）が近傍を流れる Cecilia 川へ流入し同河川の水質汚濁を引き起こしており、As や重金属濃度が高い強酸性の排水が直接河川へ流れている状況と廃滓堆積場が決壊し、周囲の河川流域へ沈積されている状況を確認した。

調査結果、人的被害あるいは農業、牧畜業、漁業等への二次的被害のデータは得られなかったが、Cecilia 川の下流で Cecilia 川に合流する Picotani 川水系では広範囲に農業が営まれ放牧も行われているのに反し、Cecilia 川の Santa Rosa 鉱山が存在した位置より下流では無人化していて、農業はおろか牧畜もまったく行われていない荒地と化している。

### 2-2-2 廃鉱に残存する抽出可能な有価鉱物の品位・量の分析

#### [Rinconada 地区]

##### (1) Rinconada 地区

Rinconada 地区における有価鉱物は Au である。

現在でもキンバレッテ法により Au 回収活動が行われているが、その採取率は 45～50%といわれる（現地での具体的なデータなし）。この採取率を近代的な Au 回収設備を導入することにより 90%以上向上させる。

並行して、Hg 使用を削減させるとともに AMD 起因の As 汚染の改善を図る。

##### a. 金属鉱床概要

Rinconada 地区の地質鉱床は東アンデス鉱床区に属する。そのうち鉱床区西側は Sn、W を産する複雑鉱床帯、その東側は古生代堆積岩中に Au を産する鉱床帯が分布する。

Rinconada 地区の Rinconada 及び Lunar の鉱床は古生界紀の黒色粘板岩中にほぼ地層と平行し Au を含む石英細脈群が分布する鉱床である（マント型鉱床という）。

Rinconada 地区にはこの古生代堆積岩中に Au を産する鉱床とは別に、山岳氷河によりこれらの堆積岩が削剥され、下流の谷にモレーン（氷堆積、山岳氷河によって削剥された物質が U 字谷に堆積したもの）として堆積した漂砂鉱床も広く分布する。

マント型鉱床は古生代黒色粘板岩中に厚さ数 cm～数 10cm の石英脈を含む鉱石部が母岩となる黒色粘板岩層とほぼ平行に胚胎する。これら互層の層厚は平均 1.8m で数層認められている。石英脈と石英脈及びその周辺 10cm 程度までに自然金、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱が認められる。マント型鉱床中及び漂砂鉱床中に認められる主要鉱石鉱物を表 2-2.10 に示す。また、鉱床中の主要脈石鉱物を表 2-2.11 に示す。

Rinconada 地区のマント型鉱床の鉱量品位は鉱量 2,240,000t、品位 10-20g/t という報告がある(INGEMMET 2003)。

漂砂鉱床は古生代黒色粘板岩を基盤に、その上部のモレーン中に細粒自然金として存在すると言われている。このモレーン中に認められる主要鉱物を表 2-2.12 に示す。

モレーンは細粒部のシルト状、砂状、最大 30cm の円磨礫を含む礫層として認められ、これらの粒度分布を表 2-2.20 に示す。

表 2-2.10 マント型鉱床に含まれる鉱石鉱物

鉱物名		化学組成	鉱物名		化学組成
和名	スペイン語名		和名	スペイン語名	
自然金	Oro nativo	Au	硫砒鉄鉱	Aarsenopirita	FeAsS
黄鉄鉱	Pirita	FeS <sub>2</sub>	磁硫鉄鉱	Pirrotita	FeS
閃亜鉛鉱	Blenda	ZnS	方鉛鉱	Galena	PbS
錫石	Casiterita	SnO <sub>2</sub>	鉄マンガ重石	Wolframita	(Fe-Mn)WO <sub>4</sub>
灰重石	Scheelita	CaWO <sub>4</sub>			

表 2-2.11 鉱床に含まれる主要脈石鉱物

鉱物名		化学組成	鉱物名		化学組成
和名	スペイン語名		和名	スペイン語名	
石英	Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	緑泥石	Clorita	*11
白雲母	Muscovita	*12			

表 2-2.12 漂砂鉱床に含まれる鉱石鉱物

鉱物名		化学組成	鉱物名		化学組成
和名	スペイン語名		和名	スペイン語名	
自然金	oro nativo	Au			

\*11 : (Mg,Fe,Mn,Ni)<sub>6-x-y</sub>(Al,Fe<sup>3+</sup>,Cr,Ti)<sub>y</sub>O<sub>x</sub>(Si<sub>4-x</sub>Al<sub>x</sub>)O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub>

\*12 : K<sub>2</sub>Al<sub>4</sub>(Si<sub>6</sub>Al<sub>2</sub>)O<sub>20</sub>(OH,F)<sub>4</sub>

表 2-2.13 モレーンの平均粒度分布

粒度	+6 インチ (+15cm)	-6 インチ (-15cm)	-4 インチ (-10cm)	-1.5 インチ (-3.75cm)	細粒砂、粘土
比率	5%	4%	27%	31%	33%

Rinconada 地区の地質概略図と各鉱床の分布を図 2-2.4 に示す。

本地区の鉱床の品位、規模は個人または零細企業、不法採掘者による採掘が殆どであるため詳細は詳らかでない。鉱床品位については、現地に駐在する MEM 技師から聴取したところによると以下のとおりである。

表 2-2-14 鉱床品位

鉱床タイプ	項目	Au 品位	
マント型鉱床	脈石部	0~10g/t	石英脈から 10cm 以内
	鉱石部 (石英脈)	~4,000g/t	
漂砂鉱床	モレーン (細粒部)	0.55g/m <sup>3</sup>	
	モレーン平均	0.13g/m <sup>3</sup> ~0.48g/m <sup>3</sup>	INGEMMET 2003
	洗浄後廃石	0.07g/m <sup>3</sup> ~0.08g/m <sup>3</sup>	

#### b. 鉱石、廃石試料採取

試料採取に当たってはマント型鉱床から産する石英脈、母岩となる黒色粘板岩に区分し坑口において原石を手選にて採取した。Corporación Minera Ananea S.A. (アナネア鉱業社) においては選鉱廃滓を時代別に採取した。さらに、Rinconada 湖から下流のモレーン中からは、比較的細粒部の試料を採取した。採取各試料の状況は表 2-2.15 に示す。





表 2-2.15 Riconada 地区分析試料一覧表

試料 採取日	試料番 号	座標 (UTM・WGS84・19L)		試料記載	分 析	備 考
		E	S			
2008/6/8	①	451,685	8,383,237	少量の黄鉄鉱を含む石英脈と その母岩 (黒色粘板岩)		個人が石臼にて 小割
2008/6/8	②	—	—	キンバレーテ尾鉱	◎	零細工場
2008/6/8	③	—	—	キンバレーテ原鉱	◎	零細工場
2008/6/8	④	451,501	8,382,849	少量の黄鉄鉱を含む石英脈と 粘板岩 (選鉱破砕前の原鉱)		CMA 選鉱場
2008/6/8	⑤	451,501	8,382,849	選鉱供給前の径 1cm 大原鉱	◎	CMA 選鉱場
2008/6/8	⑥	451,459	8,382,925	2008 年代の選鉱尾鉱	◎	CMA 選鉱場
2008/6/8	⑦	451,428	8,382,961	2005 年代の選鉱尾鉱	◎	CMA 選鉱場
2008/6/8	⑧	452,660	8,382,717	石英脈のない黒色粘板岩廃石	◎	Comuni 坑口
2008/6/8	⑨	452,660	8,382,717	黄鉄鉱を含む石英脈が認めら れる廃石 (黒色粘板岩)	◎	Comuni 坑口
2008/6/18	⑩	451,737	8,383,127	含硫砒鉄鉱黒色粘板岩廃石		Balcon III 坑口
2008/6/18	⑪	451,737	8,383,127	含黄鉄鉱乳白色石英脈 (巾 2-3cm) の廃石		Balcon III 坑口
2008/6/18	⑫	451,832	8,383,408	坑口からの流水中の沈殿物	◎	Musqueiro 坑口
2008/6/18	⑬	451,832	8,383,408	含黄鉄鉱、硫砒鉄鉱黒色粘板岩		Musqueiro 坑口
2008/6/18	⑭	451,852	8,383,467	黄鉄鉱入り黒色粘板岩		Machaca 坑口
2008/6/18	⑮	452,150	8,383,511	含金石英脈入り黒色粘板岩		Ritty Cocho 坑口
2008/6/19	⑯	443,573	8,377,533	モレーン中の細粒部 (かば色)	◎	Musuc Mina
2008/6/19	⑰	443,564	8,377,534	選鉱後廃石の細粒部 (暗灰色)	◎	Musuc Mina
2008/6/19	⑱	439,846	8,377,697	基盤岩 (粘板岩) 直上のモレー ン中のシルト (かば色)	◎	Chaquiminas
2008/6/19	⑲	439,840	8,377,699	選鉱後廃石の細粒部 (暗灰色)		Chaquiminas
2008/6/18	LL-01	451,696	8,383,422	ルナール湖底質	◎	
2008/6/19	LRP	448,983	8,382,935	カサブランカ湖底質	◎	
2008/6/19	LR-01	449,395	8,382,388	リンコナーダ流入河川底質	◎	
2008/6/19	LR-02	448,435	8,380,800	リンコナーダ湖底質	◎	
2008/6/19	AC-02	441,764	8,378,782	ガピラン排水路底質	◎	
2008/6/20	RG-01	438,223	8,378,758	グランデ川底質	◎	
2008/6/20	MAR	409,835	8,397,736	セシリア堆積場選鉱廃滓	◎	

座標は GPSmap60CSx 測定値を表記した

CMA : Corporación Minera Ananea S.A.

◎ : 分析実施

(2) 採取試料の分析結果

採取された試料は金属含有量の分析を行った。分析結果は表 2-2.16 に示す。なお、ペルー地質鉱山冶金研究所報告書による分析品位は表 2-2.17 のとおりである。

表 2-2.16 採取試料の分析結果

SAMPLE SCRIPTIC	Au-AA23 Au ppm	ME-MS61 Ag ppm	ME-MS61 Cu ppm	ME-MS61 Fe %	ME-MS61 Ga ppm	ME-MS61 In ppm	ME-MS61 Li ppm	ME-MS61 Pb ppm	ME-MS61 S %	ME-MS61 Sb ppm	ME-MS61 TI %	ME-MS61 TI ppm	ME-MS61 W ppm	ME-MS61 Zr ppm
② Quimba	9.950	0.89	34.5	5.05	6.78	0.062	44.1	197.5	2.01	10.85	0.109	0.45	73.9	19.6
③ Quimba	>10.000	2.62	45.4	3.74	6.76	0.027	49.8	205.0	1.37	6.94	0.130	0.29	162.5	9.9
⑤ Planta C	2.200	0.18	11.1	2.62	8.26	0.037	33.0	59.5	0.37	4.53	0.189	0.22	4.3	14.2
⑥ Planta C	0.555	0.10	5.1	2.56	8.77	0.041	34.2	18.6	0.32	3.87	0.263	0.20	24.6	8.9
⑦ Planta C	2.160	1.48	126.5	10.05	12.50	0.126	40.2	432.0	4.39	27.70	0.288	0.73	13.7	18.8
⑧ Comuni	0.192	0.08	17.4	4.46	19.40	0.061	63.1	21.9	0.69	5.94	0.436	0.69	5.8	26.2
⑨ Comuni	0.268	0.11	45.4	11.40	12.20	0.067	75.2	11.3	2.57	29.60	0.389	0.09	7.9	12.5
⑫ Musque	2.510	0.32	22.5	3.59	9.34	0.047	51.1	76.6	0.94	5.50	0.195	0.41	23.7	12.7
⑬ Mina M	1.315	0.10	16.6	3.68	14.50	0.060	57.8	22.5	0.02	8.18	0.328	0.52	7.1	30.8
⑭ Mina M	0.020	0.07	14.8	3.55	15.00	0.043	62.4	15.5	0.03	8.98	0.318	0.62	11.8	27.9
⑯ Chaquir	0.020	0.09	50.1	4.54	22.60	0.128	72.4	31.1	0.03	3.23	0.371	0.85	2.8	45.6
LL-01	3.660	0.42	116.5	6.91	16.40	0.146	65.1	150.5	1.48	20.10	0.266	0.65	45.5	17.1
LRP	0.021	0.07	20.3	4.89	26.70	0.100	90.3	30.7	0.03	10.75	0.455	1.01	6.9	22.3
LR-01	0.631	0.17	22.9	3.20	14.35	0.079	48.7	59.1	0.16	8.73	0.388	0.69	19.4	34.5
LR-02	0.155	0.05	33.7	4.56	23.20	0.086	85.1	31.3	0.31	8.79	0.324	0.92	4.8	27.1
AC-02	0.022	0.06	19.0	2.92	14.65	0.067	54.4	23.2	0.02	21.80	0.401	0.55	7.8	32.9
RG-01	0.052	0.06	17.4	2.57	13.10	0.050	51.4	24.6	0.01	9.43	0.402	0.52	8.8	36.0

表 2-2-17 INGEMMET 資料 Rinconada 地区試料分析値

(S、Fe、As は%、その他は ppm)

Cuadro 3.1: Anaálisis del mineral aurífero primario de la zona fuente La Rinconada/Gavilán de Oro.  
(S, Fe, As en %, otros elementos en g/tm)

Elemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Au	1.40	0.28	0.70	245.0	10.80
S	25.71	1.47	8.49	1.03	1.21
Ti	< 5	3,160	7,260	529	1,820
Cr	740	942	670	525	931
Mn	340	440	160	190	260
Fe	37.90	8.32	10.40	1.26	1.96
Co	76	18	29	6	6
Ni	85	28	15	<2	15
Cu	701	65	120	1	5
Zn	319	189	44	92	71
As	32.10	0.53	1.11	0.06	0.04
Se	23	<3	<3	<3	7
Rb	28	31	148	11	44
Sr	40	20	96	6	44
Y	42	24	79	3	15
Zr	26	379	706	30	179
Nb	7	16	27	10	15
Mo	7	<2	<2	3	2
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	31.0	0.5
Cd	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	<2	3	18	19	3
Sb	638	59	143	9	12
Ba	<10	78	275	69	163
La	52	29	91	5	18
Ce	99	56	186	9	39
Nd	40	30	80	<10	20
Sm	6.2	4.4	15.5	0.5	2.6
Lu	1.1	0.4	1.1	<0.4	0.2
Ta	<2	10	<2	2	7
W	<3	<3	<3	<3	<3
Ti	<2	<2	<2	<2	<2
Pb	354	20	18	51	52
Bi	150	4	8	<3	<3
Th	21	12	24	4	7
U	17	<2	<2	<2	<2

Nota Muestra 1, manto de sulfuros  
Muestra 2, manto de cuarzo con granos de oro y sulfuros.  
Muestra 3, manto de cuarzo con granos de oro y sulfuros.  
Muestra 4, manto de cuarzo con charpas de oro (concentrado de bateo manual).  
Muestra 5, alimentación planta mineral promedio descarga de molino)

Fuente: Explotación de Metales Base y Oro de Dos Zonas del Perú-informe final—Fondo Ratatorio de las Naciones Unidas – 1990. INGEMMET 2003

(3) 廃鉱ないし零細金鉱山に残存する有価鉱物賦存（残存）の可能性と賦存（残存）量の推定

a. Rinconada 地区

調査を行ったマント型鉱床廃石、漂砂鉱床中の残存鉱石と選鉱後の廃石中の Au 量の推定を行った。Au 量の推定に当たっては、先述したように個人または零細企業、不法採掘者による採掘が殆どであるため詳細が不明であるために、多くの仮定を設定し推定を行った。

(a) 鉱量の推定

- (マント型鉱床の廃石量) . . . . . 400,000t
  - 平面積（地図上から推定）: 500m×100m=50,000m<sup>2</sup>
  - 平均廃石の厚さ（目視による推定）: 5m
  - 廃石の比重（一般的碎石）: 1.6
- (漂砂鉱床のモレーン堆積量) . . . . . 200,000,000m<sup>3</sup>
  - 平面積（Ananea-Chaquiminas 間）: 20km<sup>2</sup>（地形図上 8km×2.5km）
  - 平均モレーンの厚さ: 10m（Chaquiminas 周辺）
  - モレーンの比重: 2.25（INGEMMET 2003）

(b) 品位の推定

現地において MEM 技官から聴取した品位データから、マント状鉱床、漂砂鉱床の平均品位を表 2-2-18 のとおり推定した。

表 2-2-18 鉱床品位の推定

鉱床タイプ	項目 (層厚 m)	品位	推定平均品位の計算
マント型 鉱床	脈石 (155cm)	Au なし	$(155\text{cm} \times 0\text{g/t} + 10\text{cm} \times 5\text{g/t} + 15\text{cm} \times 100\text{g/t}) / (155\text{cm} + 10\text{cm} + 15\text{cm})$ =8.6g/t
	脈石(脈から10cmまで)	0~10g/t (平均 5g/t)	
	鉱石部(15cm)	~4,000g/t (平均 100g/t)	
漂砂鉱床	モレーン (細粒部)	0.55g/m <sup>3</sup>	0.55g/m <sup>3</sup>
	モレーン (粗粒部)	0.08g/m <sup>3</sup>	0.08g/m <sup>3</sup>
	モレーン平均	0.13g/m <sup>3</sup> ~0.48g/m <sup>3</sup>	0.305g/m <sup>3</sup> INGEMMET 2003
	洗浄後廃石	0.07g/m <sup>3</sup> ~0.08g/m <sup>3</sup>	0.075g/m <sup>3</sup>

(c) 金属量の推定

- (マント型鉱床の廃石中の金量) . . . . . 1.72t

廃石量： 400,000t  
 廃石中の Au 品位： 8.6g/t  
 廃石中の Au 残存率： 50%

- (漂砂鉱床の未採掘モレーン中の金量) . . . . . 30.5t

モレーン量： 200,000,000m<sup>3</sup>  
 モレーン中の平均金品位： 0.305g/m<sup>3</sup>  
 既採掘率： 50%

- (漂砂鉱床の既採掘モレーン廃石中の金量) . . . . . 15.25t

既採掘モレーン中の含有金量： 30.5t  
 既 Au 回収率： 50% (MEM 技師による)

上記仮定を設けた計算によると Rinconada 地区の Au 量は表 2-2-19 のとおりとなる。

表 2-2-19 タイプ別推定金量

	マント型鉱床 廃石	漂砂鉱床残部	漂砂鉱床廃石	合計
Au 量	1.72t	30.5t	15.25t	47.47t

[Cecilia 川水系]

(1) Cecilia 川水系

Santa Rosa 鉱山 Cecilia 選鉱場廃滓堆積場には、取り残した有価金属の賦存の可能性がある。

期待される有価鉱物は廃滓堆積場に残存する Pb、Zn、Cu 等のベース・メタル及び In 等のレア・メタルで再開発対象となりうる。

a. 概要

Cecilia 川水系の汚染源は、Santa Rosa 鉱山の旧坑から湧出する AMD のほかに、Cecilia 選鉱廃滓堆積場の浸透水 (AMD) が Cecilia 川へ流入し水質汚濁を起していることが観察された。Cecilia 川水系は典型的な AMD 汚染である。AMD 対策を施す過程で、放置されている選鉱廃滓堆積場の改善・補強を図る必要がある。

さらに、廃滓堆積場には有価鉱物が残存している可能性があり、スポットサンプリング結果からも上表に示す如く Pb、Zn、Cu、In の各品位が推定された。

PP では、Cecilia 選鉱廃滓堆積場に含まれる Zn 回収の過程で随伴するレア・メタルである In の回収が図れる。

b. 鉱石、廃石試料採取

スポット・サンプリングは、湿地化している廃滓堆積場の足場の良い部分でできるだけ中央部に寄った場所で行ったが、中央部には池があり池のふちはぬかるんでいたため試料がとれた場所はかなり淵の方であった。

(2) 採取試料の分析結果

(a) 鉱量の推定

- 1,250,000 t

平面積（目測）： 500m×250m=125,000m<sup>2</sup>  
 平均廃石の厚さ（目視による推定）： 6m  
 廃石の見掛比重（一般的碎石）： 1.6

(b) 品位の推定

廃滓堆積場のスポット・サンプリングによる試料の分析結果から想定される Cecilia 堆積場の有価金属の残存品位の推定値を下表に示す。

採取試料は手取りでまったくの表層を一掬いしたもののなので、全体を想定するために分析値を加工した値を下表に示した。精度を上げるためには、計画的なサンプリング計画に基づき格子状にコア・ボーリングを行い、複数試料を採取して解析する必要がある。

	鉱量 (m <sup>3</sup> )	分析値			
		Pb (%)	Zn (%)	Cu (%)	In (ppm)
Cecilia 堆積場	750,000	0.05	1.0	0.1	3

(c) 金属量の計算

(a)および(b)から廃滓堆積場に残存する金属量は下記のように推定できる。

	鉱量 (t)	賦存量			
		Pb (t)	Zn (t)	Cu (t)	In (kg)
Cecilia 堆積場	1,200,000	600	12,000	1,200	3,600

すなわち、Pb600t、Zn12,000t、Cu1,200t 及び In3,600kg をそれぞれ 90%の採集率で回収できると仮定して財務計算を行った。

なお、今回調査における廃石・廃滓の試料採取は、時間と費用の関係からボーリング機械による計画的なサンプリングではなく手取りによる表面からのスポットサンプリングを実施した。中央街道沿いの廃滓堆積場の試料、Rinconada 地区の試料、Cecilia

廃滓堆積場の試料のいずれも、表層からのスポット・サンプリングなので、品位・量ともに目安である。パイロット・プロジェクトを実施するに当たっては、正確を期すためにサンプリング計画に則ってグリッドを設定しボーリング機械により深さ方向にも複数のサンプルを採取して統計解析する必要がある。



### 2-3. 2-1-4 で選定した水系について、JBIC 事業として検討可能なパイロット・プロジェクトのプロファイルの準備

第 2-1-4 項において、下記の二つのパイロット・プロジェクト地区・水系を選定した。

- Rinconada 地区
- Cecilia 川水系

Rinconada 地区における環境問題は、アマルガメーション法による鉱業活動に起因する Hg 汚染と坑道から排出される AMD に含まれる重金属イオン、特に As イオンによる水質汚濁である。

Cecilia 川水系における環境問題は、廃鉱から排出される酸性水（AMD）及び廃滓堆積場から湧出する浸透水（AMD）に含まれる重金属イオンによる水質汚濁である。

以下に、アマルガメーションによる Hg 対策及び酸性水（AMD）対策・有価金属回収について説明する。

#### ① アマルガメーションによる Hg 対策

アマルガメーションによる Au 回収の場合、Au の採収率は極めて低く（45～55%）、しかも得られた Au・Hg アマルガム（金・水銀の合金）から純度の高い Au を得るためにアマルガムを加熱して Hg を蒸気化して揮発・蒸散（揮散）させる。したがって、揮散させた Hg が空中で冷却されるとともに液状水銀化し農植物や土壌へ沈積し Hg 汚染を引き起こす要因となる。一方、アマルガメーションは砕いた金鉱石に水を混ぜスラリー状にしボールミルや石臼を使用して（キンバレット法と呼ばれる）細かく砕きながら Hg を混ぜ込むことで行われるために排水中にも Hg が流失し水質汚濁の要因となる。

したがって、高い Au 採収率が得られるシアンを使用した高効率の Au 回収プラントを導入し、所定の処理費用を徴収しながら 90%以上の採収率で Au を回収する委託加工金回収システムの導入を行うことで零細業者、不法採掘業者の水銀アマルガメーション処理を減少させ最終的には Hg の使用を根絶する。

同システムには、Hg の回収固定無害化システム及びシアン分解設備を併設させ環境に配慮し周辺地域の環境改善に寄与することを目的とする。

図 2-3.1 パイロット・プロジェクト①にアマルガメーションによる Hg 対策のイメージを示す。

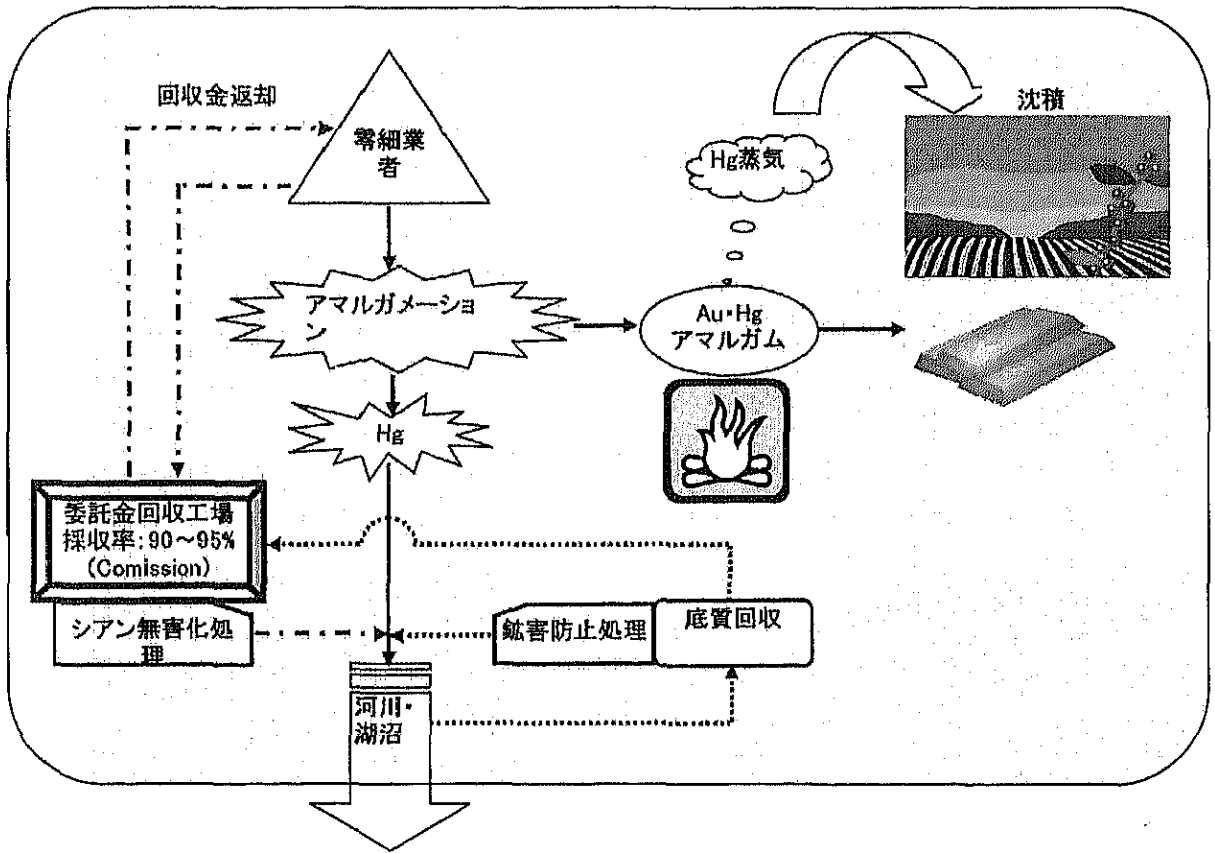


図 2-3.1 パイロット・プロジェクト②：アマルガメーションによる Hg 対策のイメージ

### ② 酸性水対策+有価鉱物回収

ひとつの水系で複数の AMD 発生現場が存在する場合、それぞれの位置関係にもよるが各 AMD 発生現場に発生状況に応じた AMD 処理設備を設置する。一方、有価金属が存在することが確認された廃滓堆積場には採掘設備（浚渫装置等）を設置し、各廃滓堆積場から採掘された廃滓は有価物回収工場に集約され鉱害防止に配慮しながら処理され有価物が回収される。無害化された排水は当該水系の河川へ放流される。有価物回収後の廃滓は、地下浸透防止、表面浸食対策、崩壊防止策、降雨対策を施した最終処分型の廃滓堆積場へ堆積保存される。

図 2-3.2 パイロット・プロジェクト②に酸性水対策+有価鉱物回収のイメージを示す。

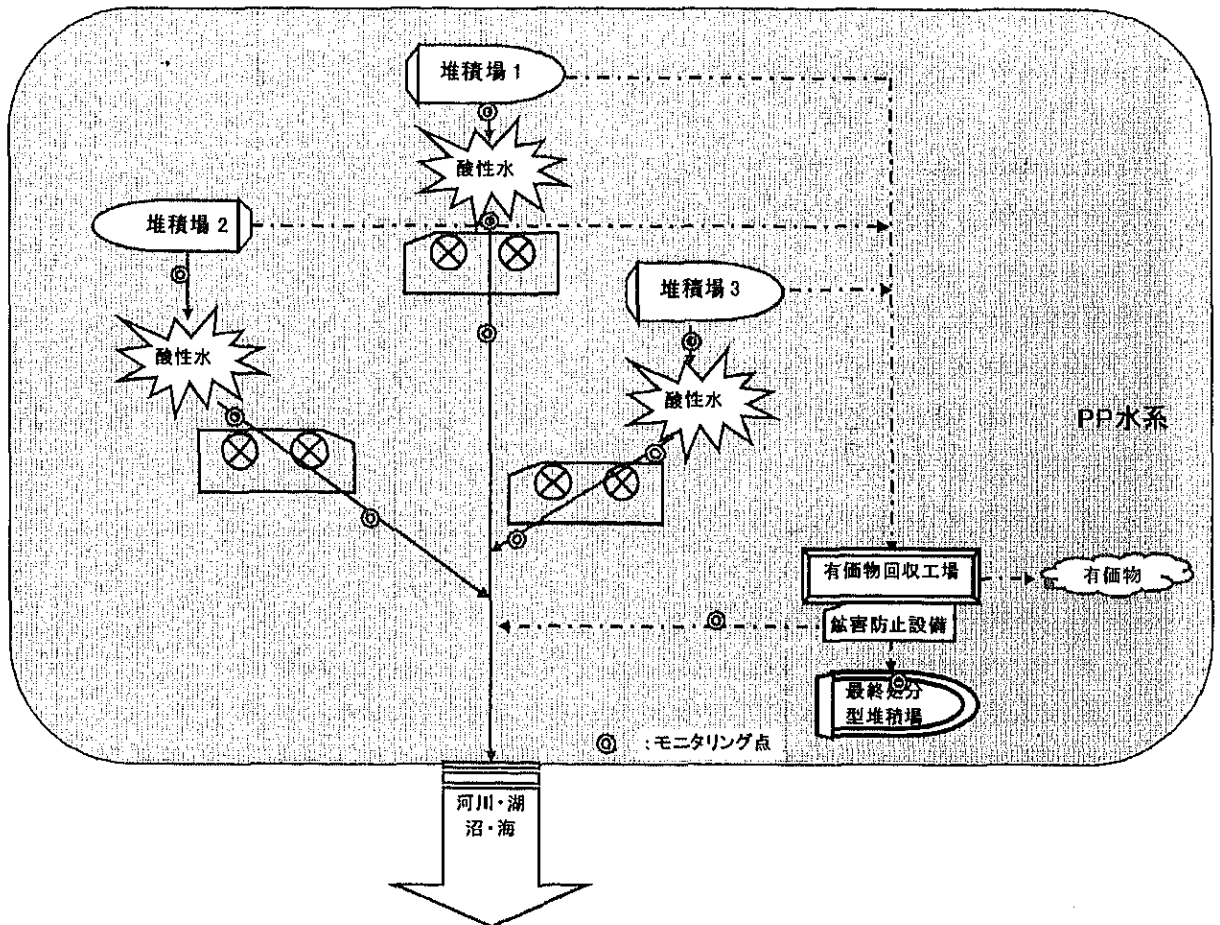


図 2-3.2 パイロット・プロジェクト②：酸性水対策+有価鉱物回収のイメージ

## 2-3-1 パイロット・プロジェクト概要（名称、目的）

### (1) Rinconada 地区水質汚濁対策と Au 回収率向上に伴う Hg 汚染防止

#### 1) 名称

Rinconada 地区におけるパイロット・プロジェクトの名称は「Rinconada 地区 Hg 汚染の改善と Au 回収率向上」（仮題）とする。

#### 2) 目的

Rinconada 地区 Hg 汚染の改善と Au 回収率向上は下記の目的を持つものとする。

- Lunar 湖水質汚濁（Hg、As 等の重金属汚染、N、P 等の有機排水汚染）の改善
- Lunar 湖底質汚染（Hg 等の有害重金属汚染、残留 Au の存在）の改善と Au 回収
- Lunar 湖への AMD の処理
- Rinconada 湖水質汚濁（As、Hg 等の重金属汚染）の改善
- Rinconada 湖底質汚染（Hg 等の有害重金属汚染、残留 Au の存在）の改善
- キンパレット（アマルガメーション）法による採金活動による Hg 汚染の防止

#### 3) システム構築のための投資

- アマルガメーション法による Au 回収活動に起因する汚染対策（Hg 汚染対策）：
  - ・ Au 回収設備（CIC/CIP、含公害防止設備）、
  - ・ Hg 無害化設備、
  - ・ シアン無害化設備
  - ・ 無公害型廃滓堆積場（最終処分型）、
  - ・ モニタリング設備、（管理体制維持制度提言）
  - ・ 酸性水処理設備、生活排水処理設備の必要性確認

Rinconada 地区水質汚濁対策と Au 回収率向上に伴う Hg 汚染防止案件は以下の機能を具備する。

- ・ 高効率 Au 回収設備の導入と委託加工制度の導入による Hg 使用量の削減・廃絶
- ・ Lunar 湖底質の浄化（Hg 濃度が高く、Au 回収の可能性もある）
- ・ 分析・モニタリング設備・制度の導入
- ・ 地域住民、学校対象の環境・鉱害に関する啓蒙・教育（NGO の活用）
- ・ 中央及び地方自治体の制度強化指導（CD）

Lunar 湖底質の Hg 汚染は浚渫回収処理で一時的には改善できても、現在進行中の

Hg 汚染をなくさない限り根本対策にはならない。その効果的な対策を目指すためには、法による強制には限界があるので、法・基準を整備する鞭の政策が効率的に実施できるように委託加工による給を準備し同時並行して進めることが効果的である。

なお、パイロット・プロジェクト導入に当たっては、現状の不利、パイロット・プロジェクトの有利性について地域住民の理解が得られることが前提であるので、地域住民参加型の SHM(\*10)開催を含む啓蒙・教育が必要であり、その費用手当も考慮する必要がある。

**\*10 : Stake-holder Meeting**

**(2) Cecilia 川水系環境改善と再開発**

1) 名称

Cecilia 川水系に関するパイロット・プロジェクトの名称は「Cecilia 川水系の環境改善と再開発」（仮題）とする。

2) 目的

「Cecilia 川水系の環境改善と再開発」は下記の目的を持つものとする。

- Sanat Rosa 鉱山廃坑からの AMD による Cecilia 川水質汚濁の改善
- Sanat Rosa 鉱山 Cecilia 選鉱場廃滓堆積場の有価金属鉱物の再開発
- Sanat Rosa 鉱山 Cecilia 選鉱場廃滓堆積場築堤浸食(堆積場崩壊の恐れ)の防止
- Cecilia 川汚濁の影響による Crucero 川水質汚濁の防止

3) システム構築のための投資

- 廃鉱再開発 (AMD 対策) :
  - ・ 酸性水処理設備、
  - ・ 有価金属回収設備 (含二次災害防止設備)、
  - ・ 無公害型廃滓堆積場 (最終処分型)、
  - ・ モニタリング設備、(管理体制維持制度提言)

Cecilia 川水系環境改善と再開発案件は以下の機能を具備する。

- ・ AMD 処理設備
- ・ 廃滓堆積場再開発(有価金属回収)設備
- ・ 廃滓堆積場公害防止対策
- ・ 分析・モニタリング設備・制度の導入
- ・ 中央及び地方自治体の制度強化指導(CD)

図 2-3.4 に Cecilia 川水系パイロット・プロジェクトにおける廃滓堆積場再開発(有価金属回収)プラント設備及び廃滓堆積場位置を示す。

なお、その他「Huascacocha 堆積場環境改善と再開発」が代替案候補となり得る。

モニタリングは、パイロット・プロジェクトを進めるための鍵となる。そのモニタリングは、MEM が支部を通じて実施することとなるが、少なくとも雨季と乾季の年 2 回実施し、そのデータは集積した上で整理・コンパイルし、解析を行ってパイロット・プロジェクト実施水系へフィードバックできる体制作りが必要である。

モニタリング実施体制の例を次に示す。

- モニタリング点:最少 5 箇所
- モニタリング頻度:最少 2 回/年
- 分析:重金属 20 成分パッケージ分析(Hg、As、Cu、Pb、Zn、Fe 等)+生活項目 5 成分(BOD、COD、P、N、大腸菌)分析(分析は外注)
- データベース化:GIS(PC、印刷機、複写機等のハード及び GIS ソフト)
- フィードバック体制:インターネット環境整備、管理・指導員の指導(管理・指導員配置及び組織体制作りは MEM へ助言・指導)
- 現地事務所(支所)設備機器:サンプリング用具、携帯用 pH・EC 計、簡易流量計、PC 以上の体制を整えるために、最少限、初期投資として 56,900US\$、年間維持費として 2,900US\$が必要である。

なお、モニタリング体制構築及び実施のための費用の詳細については、ANNEX 9 に示す。

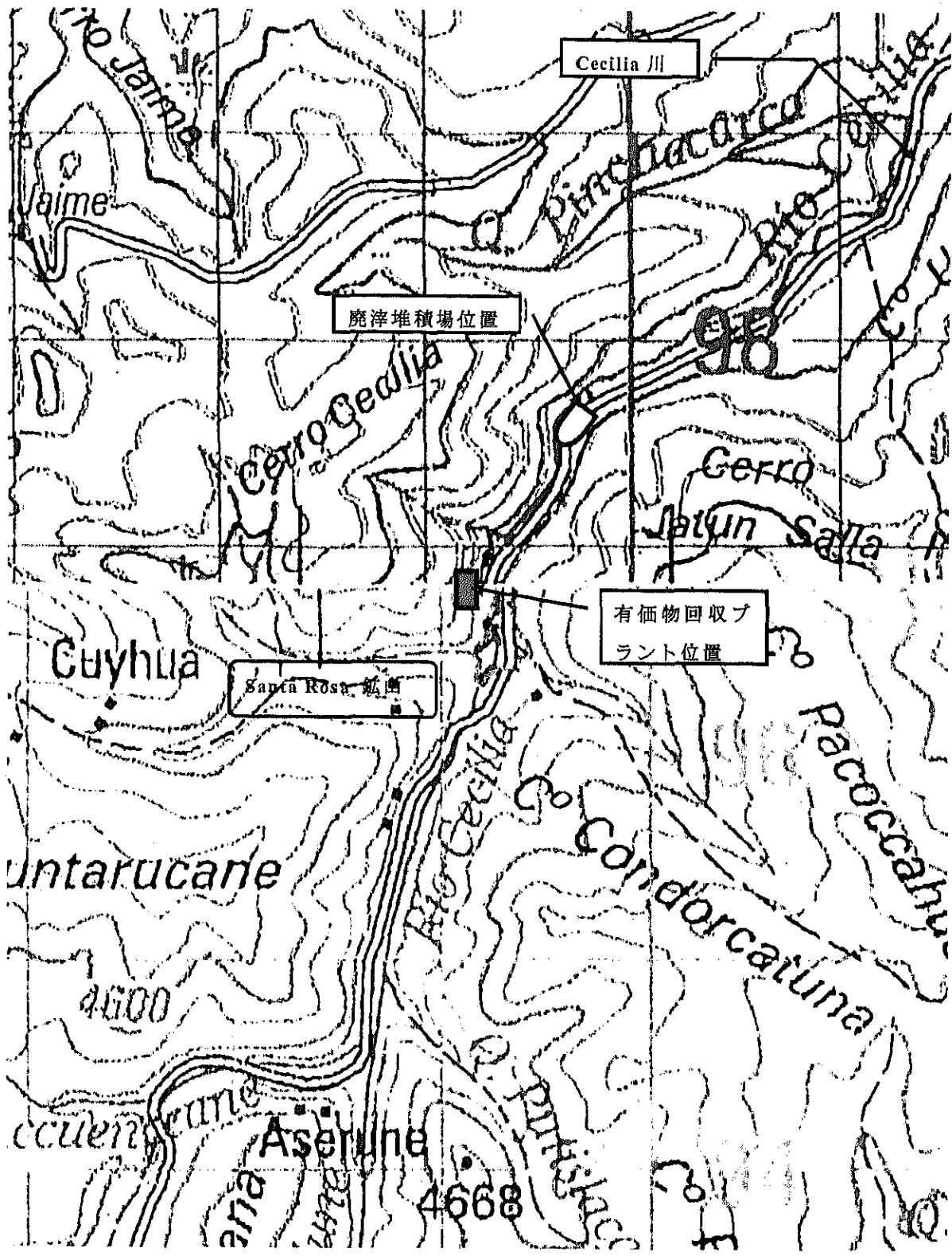


図 2-3.3 Cecilia 川水系パイロット・プロジェクトプラント及び廃滓堆積場位置図

## 2-3-2. 環境汚染に対する技術的・制度的対策の検討

### (1) 技術的対策

- Rinconada 地区における現在進行中の Hg 汚染対策  
高効率金回収プラント設置による委託加工システムの導入により、零細採金業者が実施しているアマルガメーション法の削減と根絶を目指す。
- Rinconada 地区における蓄積 Hg 汚染対策  
高効率金回収プラントに併設される水銀回収設備により、Lunar 湖底質等に蓄積されている水銀を回収無害化する。
- AMD 対策（Rinconada 地区における As 汚染、Cecilia 川水系対策、Kingsmill トンネル対策）  
パイロット・プロジェクトとして導入予定の AMD 処理システムにより酸性水中和及び含有される重金属イオンの中和除去により汚染河川・湖沼の水質改善を図る。
- 廃滓堆積場築堤侵食・崩壊防止対策  
廃滓堆積場に残存する有価金属鉱物の回収を図る際に、現在の廃滓堆積場を一旦取り壊すことになるので、最終処分型の無公害廃滓堆積場を構築し残存有価金属鉱物回収後の廃滓を投入保管する。
- 廃鉱の再開発・有価金属の回収  
パイロット・プロジェクトには有価金属鉱物の回収システムも含まれており、無公害廃滓堆積場を建設しながら廃滓堆積場に残存する有価金属鉱物、特に当時着目されていなかった In、W 等のレアメタルの回収を図る。

### (2) 制度的対策

- 鉱山公害に関する排出基準の制定および鉱山公害を俯瞰した環境基準の見直し  
ペルーには排出基準があいまいであり、環境基準も諸外国の基準をそのまま導入している部分がある。MEM および新たにできた MENAM との調整を行いながらペルー国内の事情に合った基準を設定する必要がある、そのための支援が必要である。
- 水質環境モニタリング制度の強化  
従来、諸外国各機関の支援を含め各種のモニタリングが行われているが、目的・意図が別々のため、期間限定（数年程度）でありしかも実施結果が実施機関に保管されしかるべき機関へのフィードバックが不十分な現状である。また、零細・小規模鉱山は MEM の監督の下で EIA を実施することになっているがインベントリーの遅れ等で管理が不十分な状況にある。  
モニタリングは継続して実施されるべきであり、資料は統計的に整理され必要な機関へフィードバックされて初めて結果が活かされる。現在、稼働中の鉱山



からは逐一 MEM へモニタリングデータが届けられているが、千数百と言われる休廃止鉱山に関しては MEM 内の限られた陣容で常時モニタリングすることは不可能である。モニタリング体制（出先機関、地方自治体を含む）を必要な法整備を含め整備構築し、現在見直されている鉱山インベントリーの結果を参考に、調査流域に優先度を付け順次実施していける体制を整える。

- 休廃止鉱山の定義と対応策の確立

従来、事業者不在とされていた廃止鉱山にも登録上有権者が存在することが判明したので、MEM が進めている案－向こう 1 年間等の期限を決めて環境改善策に取り組を開始しない鉱山は MEM の管轄下に置く－の進捗状況を見ながら休・廃止鉱山の定義見直しと分類・適切な法整備に関する必要な支援を行い、対策の確立に協力する。

- MEM の地方支所（監督局）の再整備・強化と地方自治体の鉱山公害対応能力強化

人材不足の MEM の地方支所（監督局）、環境に関する体制不備・予算不足の地方自治体の鉱山公害対応能力強化は緊急の課題である。特に地方自治体の体制強化にはカノン・ミネロ、レガリア・ミネラ等の制度の効率的な活用が必要である。

- 同上のための CD（Capacity Development：キャパシティー・ディベロップメント）CD 実施のために MEM に対する協力・支援（予算を含む）が必要である。

- 地域住民、地方自治体への啓蒙・教育（NGO の協力）

地域住民を巻き込んだ啓蒙・教育には地の利のある地元の NGO の協力が必須であり、そのための予算化が不可欠である。パイロット・プロジェクト実施水系の利害関係者には地域住民参加型の SHM(Stake-holder Meeting：ステーク・ホルダー・ミーティング)を開催してパイロット・プロジェクト実現に関する理解を得ることが先決の課題となる。

- 外国資金導入に関する円滑な融資制度の構築

パイロット・プロジェクト所轄機関である MEM、実施機関及び外資導入の承認機関である MEF との円滑な連携が取れる制度を構築しておく必要がある。

- 非合法零細業者の組合組織化による合法化

第 2-1-1 項で述べたごとく、Rinconada 地区では、約 5,000 とされる非合法零細業者が合法化されたことになっているが、旧不法金採掘業者は、株を取得して株主となったものの企業化したわけではなく同社が持つ 4 つの鉱区内で従来どおりの採金活動を継続している。名目上合法扱いするだけで実態は変わらない状況であった。特に、環境保全対策は殆どなされていないため、パイロット・プロジェクト実施を機に組合組織化を促し名実ともに合法化する必要がある。公的機関である委託加工場へ、組織化された組合を通して金回収委託業務を行

う形にすることで、安定供給を図ると同時に組織として環境保全への責任を負わせることで取り組みが行われ易くなり、またモニタリングも行い易くなると考える。さらに、鉱山労働者及びその家族すなわち Rinconada 地区居住者にとっても環境改善に伴う住環境の質の向上につながり裨益効果が出てくる。

なお、提案するパイロット・プロジェクト実施のためには、高効率金回収システムの導入、AMD 処理を含む環境モニタリング及びサンプリング・分析に関して現地の体制を整えるために、パイロット・プロジェクト導入と同時に少なくとも下記 3 分野における技術指導（TA）が必要である。

- ① 高効率金回収システム技術指導：Activos Mineros S.A.C.担当者対象
- ② AMD 処理を含む環境モニタリング：MEM 本部、現地駐在員、地方政府環境担当者
- ③ サンプリング・分析：MEM 本部、現地駐在員、地方政府環境担当者

これら、3 分野の TA は、パイロット・プロジェクト導入前後に MEM 及び地方政府の環境担当者と一致協力して、現地の零細採金業者及び地域住民に対して、パイロット・プロジェクトの目的、意義、特性、裨益効果等に関する理解を得るための教育・啓蒙を行い、平行して零細採金業者の組織化・共同組合化の指導・支援を行うものとする。

### 2-3-3 経済・社会的インパクトの予測

#### (1) Rinconada 地区

提案する PP を実施することによる Rinconada 地区への経済・社会的インパクトは下記の項目が予想される。

- 組合等組織化された機関を通して委託加工工場へ金原鉱を納入することにより、金買取業者による搾取が無くなり安心して委託できること、また、定期的に委託することで家計の見込みを立て易くなる。
- 合法化された鉱業活動に伴いカノン税配分を受ける権利が発生し、有効活用の機会につながる
- Lunar 湖へ流入する AMD の対策実施および現在進行中の Hg 汚染の削減や Lunar 湖 Hg 含有底質の除去に伴う Lunar 湖水質改善（Hg 汚染改善）などの環境改善に伴って住環境も改善され、生活の質の向上につながる。
- PP の実施によって生じる Au 回収大幅向上による地域への経済効果が期待できる。
- Lunar 湖および Rinconada 湖の美観・景観の回復と住環境の改善が進む。
- 改善された環境維持のために行われるモニタリングを含む各種の保全業務の発生に伴う就労機会の拡大が見込まれる。

- Madre de Dios 川水系、Ica 州 Nazca 地区等 Hg アマルガメーション法による Au 回収が盛んな地区で発生している Hg 汚染対策の見本となり他地域への波及効果が期待できる

(a) Ramis 川上流域での環境への影響の経済的評価

La Rinconada 地区の鉱業活動に起因する環境被害の経済的評価は、同地区での生態経済学的な視点による自然資源勘定における取り組みが実施されていないため、影響範囲である Ramis 川流域の水質や土壌質の回復による便益を仮定的評価手法 (contingency valuation) に委ねることとなる。

La Rinconada 地区の鉱業活動に起因する環境の問題として以下事項が確認されている。

- ・ 金鉱の坑内採掘工程から発生する重金属を含む強酸性排水による河川・湖沼の水質汚濁問題：坑内採掘活動によって地下水の自然挙動が変化し、酸素と水が硫化鉱物と反応して発生する硫酸による酸性水が露出した鉱物に含まれる As や重金属を溶かし、有害物質濃度の高い酸性水の問題を起こしている。
- ・ 比重選鉱法による Au 回収工程からの大量の懸濁物質による河川や湖沼の水質汚濁問題：比重選鉱の廃滓は浮遊状態の細かい粒子含んだ濁流として排水路へ流下し、その下流の通水性が低い河底や湖底に沈積される。これらには As、重金属や Au 回収工程から漏洩した Hg も含まれおり、濁流による水域での光合成阻害や有害物質の沈積による底性生物の生息被害問題を起こしている。
- ・ Au 回収工程に利用される Hg のアマルガメーション吸着工程からの水系への漏洩による水質汚濁および土壌汚染：この問題は特に、Ramis 川の上流域では深刻な問題を及ぼし、地域の水質は当該目標値（環境基準）を達成することができない状態である。
- ・ 同じ、Au 回収工程に利用される Hg アマルガムの過熱蒸発処理による大気汚染、農作物・植生への冷却沈積や土壌汚染に伴う住民への Hg 暴露の問題が懸念されている。
- ・ 未処理の生活排水や一般廃棄物の堆積・散乱からの浸出液（リーチエット：leachate）による河川や湖沼の有機物汚染が起きている。

本調査では上記の環境問題のうち、最も深刻である Hg 汚染、AMD および懸濁物質の問題を回避・軽減するための鉱物処理プラントの建設・運転を含むシステムの導入を提言する。このプロジェクトによって、改善されると予想する便益の評価を以下に記す。

Rinconada 地区下流域の Crucero 村では水質汚濁や懸濁物質の沈積による灌漑水路の密閉が問題となっている。しかし、これらの経済評価は、生産高の統計等のデータ不足のため困難である。一方、ヘドニック手法を勘案した場合の不動産価値についても

Rinconada 地区での鉱業活動が Au 建値高騰の市況に伴い、最寄の集落となる Crucero での土地売買が盛んに行われるようになり、汚染状況が無視されるような地価上昇の傾向にある。以下に Crucero 村の不動産税試算用の地価の推移および La Rinconada 地区の鉱害被害を受けた土地が対象となる標高 4,000m 以上の農業用地の地価の推移を示す（名目単価、物価指数調整単価は左縦軸、名目為替換算単価は右縦軸を参照）。

表 2-3.1 Crucero 村の不動産税試算用地価の推移

土地の種類		単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
農業用地	標高: 3,000m~4,000m未満	名目単価 (Sol/ha)	499.24	574.12	688.94	791.66	910.66	1,047.26	1,047.26	1,099.62
		物価指数調整単価 (Sol/ha)	511.75	574.12	684.72	770.13	849.72	962.87	945.60	977.74
		名目為替換算単価 (US\$/ha)	143.17	162.59	197.91	227.55	261.91	321.94	320.85	346.88
	標高: 4,000m以上	名目単価 (Sol/ha)	160.65	184.74	221.68	254.93	293.16	337.13	337.13	353.98
		物価指数調整単価 (Sol/ha)	164.68	184.74	220.32	248.00	273.54	309.96	304.41	314.74
		名目為替換算単価 (US\$/ha)	46.07	52.32	63.68	73.28	84.31	103.64	103.29	111.67
牧草地 (標高4,000m以上)	第3級	名目単価 (Sol/ha)	169.83	195.30	234.36	269.51	309.93	356.42	356.42	374.25
		物価指数調整単価 (Sol/ha)	174.09	195.30	232.92	262.18	289.19	327.70	321.82	332.77
		名目為替換算単価 (US\$/ha)	48.70	55.31	67.33	77.47	89.14	109.57	109.20	118.06
	第4級	名目単価 (Sol/ha)	153.00	175.95	211.14	242.81	279.23	321.11	321.11	337.16
		物価指数調整単価 (Sol/ha)	156.84	175.95	209.85	236.21	260.54	295.23	289.94	299.79
		名目為替換算単価 (US\$/ha)	43.88	49.83	60.65	69.79	80.31	98.71	98.38	106.36
	第5級	名目単価 (Sol/ha)	137.90	158.58	190.29	218.83	251.65	289.40	289.40	303.87
		物価指数調整単価 (Sol/ha)	141.36	158.58	189.12	212.88	234.81	266.08	261.31	270.19
		名目為替換算単価 (US\$/ha)	39.55	44.91	54.67	62.90	72.38	88.96	88.66	95.86
荒地	名目単価 (Sol/ha)	45.89	52.77	63.32	72.82	83.74	96.30	96.30	96.30	
	物価指数調整単価 (Sol/ha)	47.04	52.77	62.93	70.84	78.14	88.54	86.93	85.63	
	名目為替換算単価 (US\$/ha)	13.16	14.94	18.19	20.93	24.08	29.60	29.50	30.38	
物価指数			97.55	100.00	100.62	102.80	107.17	108.76	110.75	112.47
6月末中央銀行平均為替			3.49	3.53	3.48	3.48	3.48	3.25	3.26	3.17

出典: 地価: Municipalidad Distrital de Crucero, Carabaya, Puno, Mayo 2007.  
 物価指数: INEI, Información Económica, Sistema de Índice de Precios 2008.  
 為替: INEI, Información Económica, Sector Externo, Tipo de Cambio Bancario, 2008.

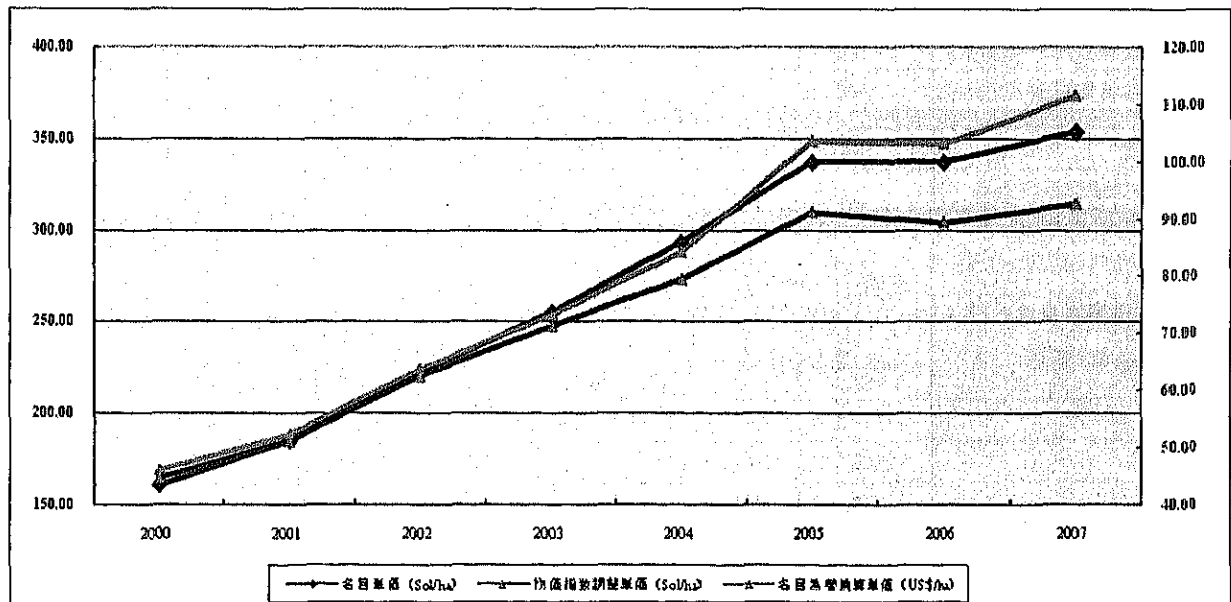


図 2-3.4 Rinconada 地区の鉱業被害対象地の地価の推移

上表のとおり、Crucero 村では、Rinconada 地区からの鉱害問題の影響が強いにも関わらず、Au 採掘活動による局所的物価上昇の傾向を示しているため、地価を指標とした環境経済的なアプローチは困難である。このような状況下、Rinconada 地区下流域

の Crucero 村で発生している水質汚濁の問題、農牧地への被害や灌漑設備の回復事業を考慮した機会費用法による経済的評価を試みる。

Rinconada 地区での効率良い環境配慮型プラントである比重・シアンリーチング Au 回収選鉱場が導入された場合の同地区での Hg 利用の廃止と汚濁防止による環境汚染問題の回避・軽減によって予想される便益は以下のとおりである。

- ・ 水質改善による便益：灌漑用水の水質基準が達成された場合の水資源の経済的評価は、Ramis 川の上流域である Crucero 川の Antauta（アンタウタ）川との合流地点上流域までの便益として評価する。Ramis 川流域の場合は流域管理行政の管轄外にあるため、灌漑用水の料金は利水組合の実費（灌漑設備の運転費、維持費および改善費を含む）と水資源利用料金（Canon de Agua）から構成されている。後者、水資源利用料金は前者実費の 10%と指定されている。下表上部に Ramis 川流域の灌漑用水料金の推移（2001 年～2007 年）を示す。同表下部には、Crucero 川の Antauta 川との合流地点までの調達可能な水量における灌漑用水の経済的試算を示す。この結果から、水質改善による便益は約 US\$80,000/年となる。

表 2-3.2 Ramis 川流域の水資源の経済評価

灌漑用水料金	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
名目料金 (Sol/m <sup>3</sup> )	0.0092	0.0092	0.0072	0.0072	0.0072	0.0072	0.0072
物価指数調整料金 (Sol/m <sup>3</sup> )	0.0092	0.0092	0.0070	0.0067	0.0066	0.0065	0.0064
名目為替換算料金 (US\$/m <sup>3</sup> )	0.0026	0.0027	0.0021	0.0021	0.0022	0.0022	0.0023
物価指数	100.00	100.62	102.80	107.17	108.76	110.75	112.47
6月末中央銀行平均為替	3.53	3.48	3.48	3.48	3.25	3.26	3.17

灌漑対象地	座標 (UTM・WGS84・19L)		運転流量 (m <sup>3</sup> /s)	年間利用可能水量 (m <sup>3</sup> )	水資源の評価額 (2007年)		
	W	S			現地通貨名目換算額	現地通貨物価指数調換算額	名目為替換算額
					(Sol/年)	(Sol/年)	(US\$/年)
Caiconi	392,290	8,411,176	0.03	946,080	6,780	6,028	2,139
Sapapujio	389,503	8,411,204	0.40	12,614,400	90,395	80,375	28,516
Crucero	388,302	8,411,439	0.50	15,768,000	112,993	100,469	35,645
Puerto Arturo	371,779	8,417,015	0.20	6,307,200	45,197	40,188	14,258
合計				35,635,680	255,365	227,060	80,557

出典：

- ・灌漑用水料金：INRENA. Intendencia de Recursos Hídricos. Tarifa de Agua Superficial con Fines Agrarios 2001-2007.
- ・物価指数：INEI. Información Económica, Sistema de Índice de Precios. 2008.
- ・為替：INEI. Información Económica, Sector Externo, Tipo de Cambio Bancario. 2008.

- ・ 雨期による牧草地への被害の修復：INRENA が実施した被害調査の結果によると、Ramis 川流域での鉱業活動に起因する牧草地の被害状況は下表のとおりである。上

記と同様に Rinconada 地区での鉱業活動との因果関係が明確である Crucero 川の Antauta (アンタウタ) 川との合流地点上流域までの牧草地への被害の状況が回復された状態を想定した便益として評価する。この場合、被害状況は Crucero 村の Potoni (ポトニ) 牧草地までとし、年間評価額は約 US\$600,000 となる。

表 2-3.3 Ramis 川流域での鉱業活動に起因する牧草地への被害状況

影響範囲	用途	影響面積 (ha)	被害単価 (Sol/ha)	被害総額	
				(Sol)	(US\$)
Ananea	天然牧草	640	1,280.00	819,200	258,423
Crucero, Potoni	天然・人工牧草	900	1,280.00	1,152,000	363,407
小計		1,540		1,971,200	621,830
San Antón	天然・人工牧草	80	1,280.00	102,400	32,303
Asillo	天然・人工牧草	560	1,280.00	716,800	226,120
Progreso	天然・人工牧草	2,040	1,280.00	2,611,200	823,722
合計		5,760		7,372,800	1,703,975

出典: INRENA. Diagnóstico Ambiental Participativo para Evaluar los Impactos Negativos que Ocasiona la Contaminación del Río Ramis en la Actividad Agropecuaria. 2007.

- ・ 雨期による灌漑設備への被害の修復: INRENA が実施した被害調査の結果によると、Ramis 川流域での鉱業活動に起因する灌漑設備への被害状況は下表のとおりである。上記と同様に Rinconada 地区での鉱業活動との因果関係が明確である Crucero 川の Antauta 川との合流地点上流域までの灌漑設備への被害の状況が回復された状態を想定した便益として評価する。この場合、被害状況は Crucero 村の Unión Puerto Arturo (ユニオン・プエルト・アルトゥーロ) の灌漑設備までとし、年間評価額は約 US\$60,000 となる。

表 2-3.4 Ramis 川流域での鉱業活動に起因する灌漑設備への被害状況

灌漑設備位置		座標 (UTM-WGS84-19L)		運転流量 (L/s)	影響距離 (km)	水利権者数	灌漑面積 (ha)	懸濁物堆積量 (m <sup>3</sup> )	除去費用	
村名	市名	W	S						(Sol)	(US\$)
Caiconi Bajo Fundición	Potoni	392,290	8,411,176	30	4	103	25.75	2,600	49,540.00	15,628
Sapapujio	Potoni	389,503	8,411,204	400	20	52	10.00	3,380	59,680.00	18,826
Crucero	Crucero	388,302	8,411,439	500	26	59	25.75	4,300	71,640.00	22,599
Unión Puerto Arturo	Potoni	371,779	8,417,015	200	10	9	5.40	520	22,500.00	7,098
小計				1,130	60	223		10,800	203,360.00	64,151
Recreo	San Antón	356,832	8,386,926	50	5	-	-	1,350	26,690.00	8,420
Asillo Progreso	Asillo	354,098	8,383,197	1,500	7			15,600	209,314.00	66,030
San Jerónimo	Asillo	353,125	8,381,085	80	2	35	9.25	1,000	19,954.00	6,295
Santa Cruz Machariri	Asillo	353,340	8,377,781	120	3	51	13.75	1,200	22,334.00	7,045
Manzanari	Asillo	361,300	8,367,950	250	4	95	23.75	1,300	25,600.00	8,076
Azángaro	Asillo	361,700	8,366,200	600	4	149	78.50	1,700	28,368.00	8,949
合計				3,730	84			32,950	535,620.00	168,965

出典: INRENA. Diagnóstico Ambiental Participativo para Evaluar los Impactos Negativos que Ocasiona la Contaminación del Río Ramis en la Actividad Agropecuaria. 2007.

- ・ Hg 暴露による被害の修復: Hg 暴露による被害に関しては現在調査が行なわれていないため、評価は困難である。Ananea 村には Rinconada 地区を管轄とする診療所が設置されたが、Hg 暴露による被害に関係するデータは人材と予算不足のため、十分な調査が行われておらず資料も整備されていない。

(b) Rinconada 地区の環境への社会・経済的評価

上記の便益を下表にまとめる。雨期による牧草地と灌漑設備への被害の修復については、プロジェクトの外部費用として年間便益と同等の投資金額が必要となる。一方、表示年間便益は、比重・シアンリーチング Au 回収選鉱場の完全操業によって Rinconada 地区での Hg 汚染および濁流汚染の問題が解決し、同地区の河川および湖沼の水質がペルーの環境基準 III 級（灌漑用水基準）を達成した状況の場合に享受されるものとする。

表 2-3.5 便益のまとめ

便益項目	プロジェクト外必要投資額 (US\$)	年間便益 (US\$)
水質改善による便益		80,000
雨期による牧草地への被害の修復	600,000	600,000
雨期による灌漑設備への被害の修復	60,000	60,000
水銀暴露による被害の修復	不明	不明
合計	660,000	740,000

(2) Cecilia 川水系の環境への影響の経済的評価

- Cecilia 川へ流入する Santa Rosa 鉱山廃鉱の AMD 対策による Cecilia 川水質汚濁



## 改善

- Cecilia 選鉱場廃滓堆積場の整備・補強による崩壊防止（Cecilia 川水系、Ramis 川水系水質汚濁の未然防止）
- Cecilia 選鉱場廃滓堆積場に残留している有価金属の回収と環境対策費の捻出
- ペルー全土に無数に存在する AMD 発生および有価金属賦存の廃鉱への波及効果

### (a) Cecilia 川水系における環境への影響

Cecilia 川は、Ramis 川の上流域である Crucero 川の支流として、Crucero 村の上流側で合流する河川である。Cecilia 川の上流域には、旧 Comunidad Minera Altiplano S.A.(コムニダ・ミネラ・アルティプレーノ会社)が操業した休廃止鉱山がある。同鉱山は 1987 年にテロリズムの被害を受けて閉山したが、残された廃鉱として、強酸性の排水が流れる旧坑口と物理的に不安定な廃滓堆積場と廃石置き場が散在する。

現地踏査では As や重金属濃度が高い強酸性の排水が直接河川へ流れている状況 (pH: 3.4、水量: 目視推定約 100L/min) と廃滓堆積場の築堤の表面浸食が進行し一部は決壊し、流失した廃滓が周囲の河川流域へ沈積されている状況を確認した。

### (b) Cecilia 川水系における環境影響の社会・経済的評価

Cecilia 川の Crucero 川との合流地点では、中和された弱アルカリ性の水質を確認したが、雨期には調査時点の水量（目視約 1m<sup>3</sup>/min）がはるかに増量するであろうこと及び廃滓堆積場の大規模な決壊事故が発生した状況を想定すると、Ramis 川流域への潜在的な環境被害が懸念される。これら環境被害の評価を行うために必要な社会・経済的な十分な情報を得るために、本地区がパイロット・プロジェクトとして選定された場合にはその初期の段階でベースライン調査を実施する必要がある。

たとえば、Cecilia 川水系の集水面積は約 48km<sup>2</sup>、そのうち AMD の影響があると推定される面積は Santa Rosa 鉱山坑口より下流の約 19km<sup>2</sup> である。すなわち、Cecilia 川水系集水面積の約 40% が AMD の影響を受け農業がおこなわれない状況にあると考えられる。その面積は、Ramis 川に合流する直前で Cecilia 川に合流する Picotani 川水系の集水面積 75km<sup>2</sup> の 25% に相当する。なお、Picotani 川の pH は中性で、同水系では農業が盛んにおこなわれている。（図 2-3.5 参照）

すなわち、Cecilia 川水系の水質汚濁が改善されれば、荒地と化して無人化していた Santa Rosa 鉱山坑口より下流の約 19km<sup>2</sup> が農地としてよみがえり、Picotani 川水系で行われている農業の 25% に相当する農産物収入増とその農業に従事するための農村人口の増加が考えられる。

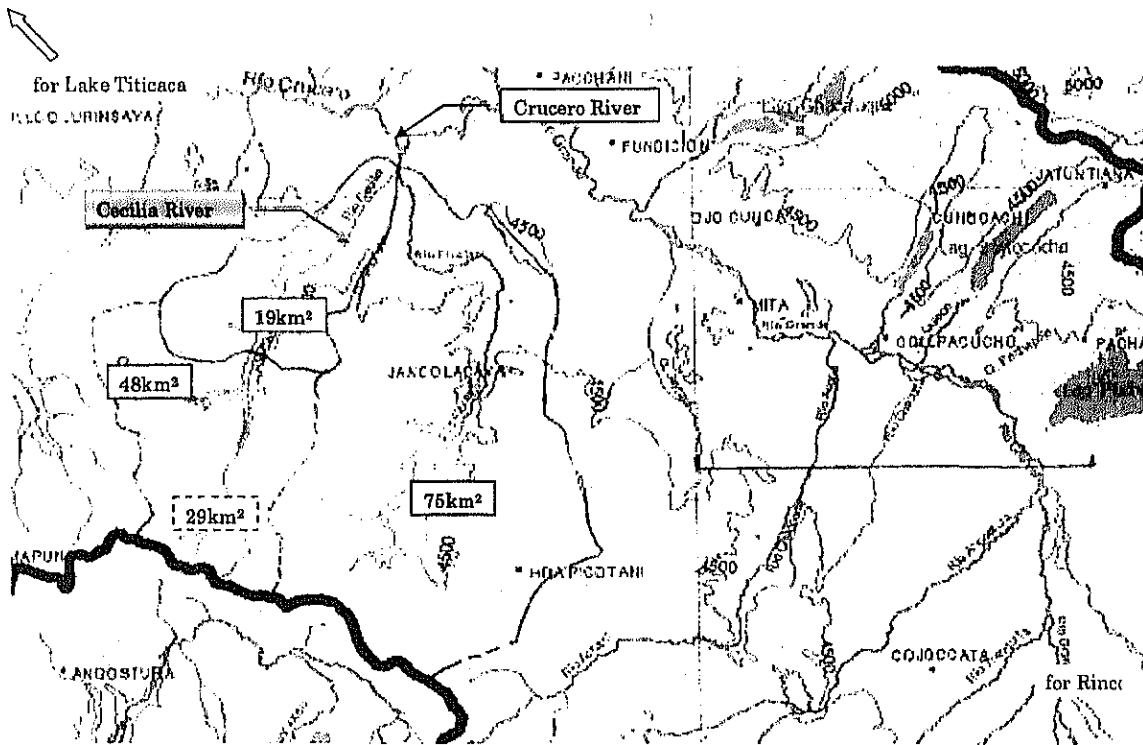


図 2-3.5 Cecilia 川水系集水面積

#### 2-3-4 残存有価鉱物の回収方法の検討及び回収による収益の試算

残存有価鉱物としては、ベースメタル鉱山廃鉱の Cu、Pb、Zn 及びこれら金属鉱物に随伴する In 等のレアメタル鉱物と Au、Ag 等の貴金属鉱物に大別できる。残存有価鉱物の回収方法も、図 2-3.6 に示す如く、前記分類に沿って基礎金属類の回収システムと貴金属類の回収システムとに分けられる。

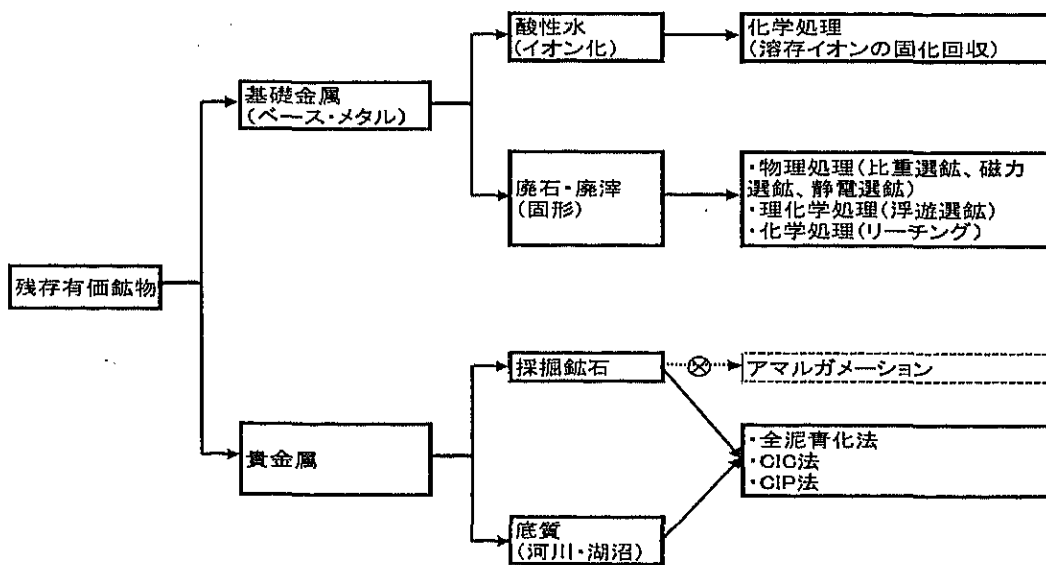


図 2-3.6 有価鉱物の回収方法

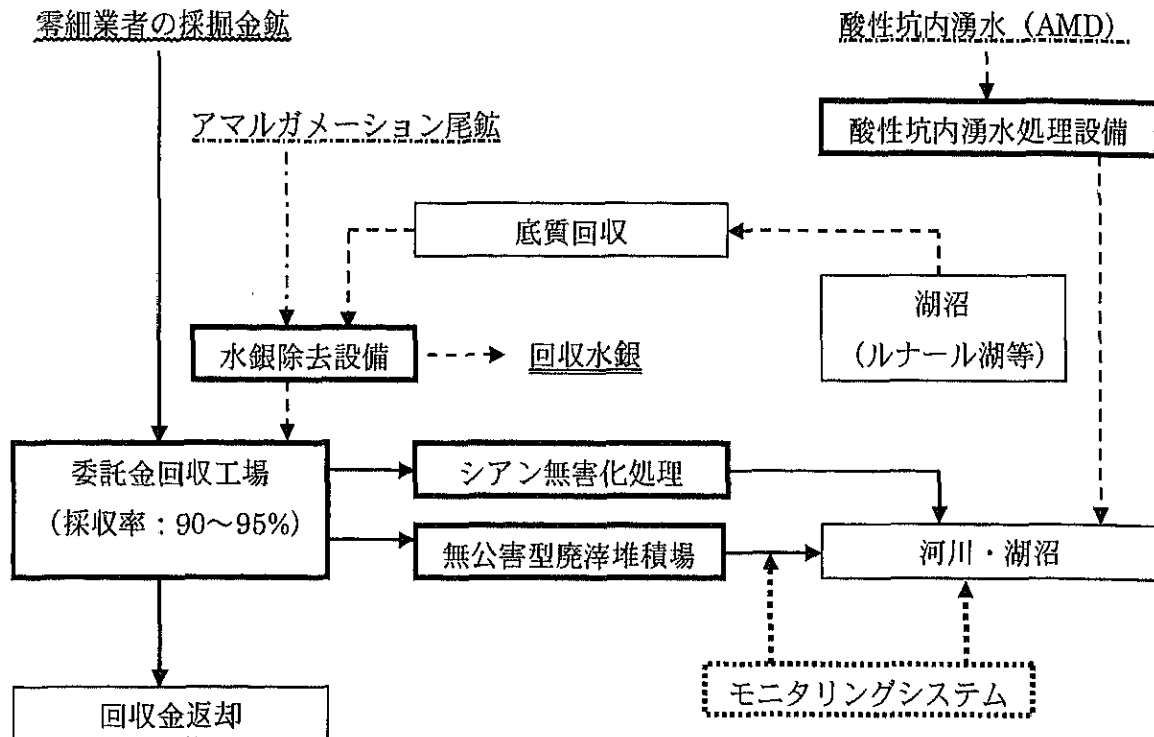
Rinconanda 地区パイロット・プロジェクトは図 2-3.7 の貴金属回収に相当する。一方、Cecilia 川水系パイロット・プロジェクトは図 2-3.7 の基礎金属（ベースメタル）回収に相当する。Rinconanda 地区パイロット・プロジェクトシステム及び Cecilia 川水系パイロット・プロジェクトの各設備フロー概念を ANNEX 11、12、13、14、15、16、17 に示す。

また、両水系のパイロット・プロジェクト実施に必要な主要設備及び同設備の推定投資額を ANNEX 9 に示す。

### 2-3-5 運営維持管理費用を含む事業費の算定

#### (1) Rinconada 地区 Au 採掘活動に起因する汚染対策 (Hg 汚染対策)

Rinconada 地区におけるパイロット・プロジェクトは、図 2-3.6 の貴金属回収の部分の基本とし、Hg 公害対策、シアン分解、酸性水対策を含んだ下記の概念に示すフローで実施するものとする。



すなわち、Rinconada 地区におけるパイロット・プロジェクトは下記主要設備で構成される。

- Au 回収設備(CIC/CIP、含公害防止設備)、
- シアン分解無害化設備
- Hg 除去設備、
- 無公害型廃滓堆積場 (最終処理分)、
- モニタリング設備、(管理体制維持制度提言)、
- 酸性水処理設備、

事業のオプションとしては、「委託加工」か「買い取り」か、施設の運営が「民間」か「公営」かと言う選択肢がある。

買い取りとすると多数を対象に品質確認 (第三者分析等) と価格交渉が頻発し紛争のもととなる。定額加工費で委託処理を行う方が委託側も計算しやすく安心して委託できる。本プロジェクトを金原鉱石を買い取り精製後、地金販売するビジネスモデル

を想定すると、将来、金価格低下に伴ってとられるコスト削減のために鉱害防止（Hg 回収、シアン無害化）部分が圧縮される恐れが出てくる。したがって、本プロジェクトでは「委託加工」が基本であり、収益を目的とせず公害発生を伴わない実費委託加工費により「Au 回収工程」を提供することを目的とする。

#### a. Rinconada 地区パイロット・プロジェクト概要（計算基本条件）

##### [操業条件]

- 稼働日数： 300 d/y
- 稼働率： 90%
- 採金鉱処理量： 1,000t/d
- 年間採金鉱処理量： 270,000t
- 採金鉱推定 Au 含有量： 4gr/t
- Au 金回収率： 90%
- （年間 Au 回収量/最大： 970kg/y）
- 為替交換レート： 2.941 Nuevo Soles（以下 Soles または Sol）  
/US\$（3/7/2008） 106.77Jyen/US\$（3/7/2008）
- 原鉱（金粗鉱）；270,000t/y → 加工後金：970kg
- 金価格： 740US\$/Oz(=920×0.8)  
Oz：トロイオンス(=31.103g)

##### [財務計算入力項目]

- 原材料費
- 労務費、減価償却費、修繕費、租税、その他固定費
- 金利、所得税

#### b. Rinconada 地区 Au 回収加工原価表

##### (a) 前提条件

試算は、Case-1 から Case-5 までの 5 つのケースについて実施した。

Case-1 は、委託加工費をエネルギー関連が 1.7 US\$/t、消耗品関連が 4.5 US\$/t、労務費関連が 4.0 US\$/t、設備維持費関係が 3.4 US\$/t、減価償却費関連が 8.7 US\$/t、その他が 0.7 US\$/t として費用を積算して得られた最小限の費用である 23.00USD の場合。

Case-2 は、委託加工費を 25.00USD とした場合。

Case-3 は、委託加工費を 29.00USD とした場合。

25US\$/t 及び 29US\$/t については、加工費の上昇がパイロットプロジェクトの運営に与える影響を判断するための試算用に設定した数値である。

Case-4 は、委託加工費を 29.00USD に維持したまま、操業を 80%に落とした

場合。

そして、Case-5 は、委託加工費が 29.00USD、操業は 100%であるが労務費が 3/4 となった場合。

の 5 つのケースを想定して、N 年度の累計キャッシュフローが、19 百万ドル(初期投資額)と同額になるための割引率で FIRR を試算した。

基本的な委託加工に必要な原価を以下に示す。

Case-1 加工費 23.00US\$/t

US\$

	1~5	6~	備 考
原 材 料 費	1,886	1,886	
労 務 費	1,822	1,822	
減 価 償 却 費	2,604	281	
修 繕 費	922	922	
租 税	8	8	
そ の 他 固 定 費	195	196	
固 定 費 計	5,551	3,229	

総 原 価	7,437	5,115	
-------	-------	-------	--

① Direct cost: Raw materials, Energy costs, US\$.1,886,011/y

US\$

	Amount	Remarks
Energy: Electricity	906,010	270,000t×3.8236kWh/t×0.8776US\$/kW
Water	122,041	270,000t×3.8236 m <sup>3</sup> /t×0.118US\$/m <sup>3</sup>
Consumables	857,960	Regents, Balls, Liners, Auxiliaries.
<b>Total Direct Cost</b>	<b>1,886,011</b>	

② Investment : US\$.17,241,424. Depreciation : US\$2,804,030/y

US\$

	Main system	Auxiliary sys.	Construction	Total	Depreciation
Mach. & Equip.	5,411,300	1,104,130	5,097,631	11,613,061	2,322,612
Build. & Struc.		2,701,000	2,827,363	5,628,363	281,418
<b>Total</b>	<b>5,411,300</b>	<b>3,805,130</b>	<b>8,024,954</b>	<b>17,241,424</b>	<b>2,604,030</b>

注1) 耐用年数：機械・器具：5年、建物・構築物：20年

③ Labor Cost : 47persons、 US\$1,822,244/y

US\$

	Num.	Salary/y/m	Salary +	Incidental	Total /y	Total	Retirement

		(Sol)	Bonus(Sol)	Exp (Sol)	(Sol)	(US\$)	reserve
General Mngr	1	23,000	322,000	54,901	376,901	128,154	
Plant Mngr	1	16,000	224,000	38,192	262,192	89,151	
Stuff	7	14,800	1,450,400	247,293	1,697,693	577,250	
Sub-Stuff	8	7,500	840,000	143,220	983,220	334,315	
Operator	21	1,690	496,860	84,715	581,575	197,747	
Maintenance	6	1,690	141,960	24,204	166,164	56,499	
Office Clerk	4	7,200	403,200	68,746	471,946	160,471	
Others (Cleaners, Assistants, Auxiliary workers etc.)	8	1,029	115,248	19,650	134,898	45,868	
<b>Total</b>	<b>47</b>		<b>3,993,668</b>	<b>680,921</b>	<b>4,674,589</b>	<b>1,589,456</b>	<b>232,788</b>

注1) 賞与：給与2ヶ月/y

注2) 労務付帯費：健康保険：給与×9%、鉱山特別保険（1.55+6.5）=8.05% 計17.05%

注3) 退職給与引当金：総額給与12ヶ月分：年間給与を5年間で積み上げるとする。

④ 修繕費： US\$.921,643/y

⑤ その他固定費：US\$.195,412/y

⑥ 租税

a) 金融取引税：(売上げ+仕入れ) × 0.07%

● 売上 原材料費 修繕費 その他

$$(7,830 + 1,886 + 922 + 195) \times 0.07\% = 7,583$$

b) 労働分配金：営業利益×8%

● 1～5年：(7830-7432) × 8% = 31

$$6 \sim 20/y : (7830 - 5114) \times 8\% = 217$$

c) 所得税：純益×30%

⑦ 借入金：

● US\$.19,000,000 = 2,028,630,000 円

● 40/y (10年据置き) 金利0.65%

● 金利：US\$130,000/y、返済：11年目からUS\$633,333/y

### (3) Rinconada 地区パイロット・プロジェクト試算考察

5ケースについてのN年度の累計キャッシュフローが、19百万ドル(初期投資額)と同額になるための割引率で算出したFIRRを考察する。

- Case-1：加工費 23.00US\$/t、操業 100% (1,000t/d=270,000t/y)
- Case-2：加工費 25.00US\$/t、操業 100%
- Case-3：加工費 29.00US\$/t、操業 80% (216,000t/y)
- Case-4：加工費 29.00US\$/t、操業 100%
- Case-5：加工費 29.00US\$/t、操業 100%、労務費 3/4 (人員 3/4)

なお、初期投資額には、EIA、FS の実施およびプラント建設に関する SV (プラント、モニタリング及び分析) のための技術支援 (TA) 費用も含まれている。

本プロジェクトは Rinconada 地区における深刻な公害問題を発生させている零細金鉱山の鉱業活動を何らかの方法により防止することである。

その方法として、零細金鉱採掘、収集業者に公的「Au 回収加工」を提供し彼等に代わってより高い採収率で「Au 回収」を実施することにより、その公害を防止することを目的とする。

- ・ Case 1:フル稼働 (1,000 t/d)、加工費 23US\$/tを前提とした場合。操業開始2年目から各年のキャッシュフローはプラスであり、資金繰り上問題はないが、損益累計は19年目に漸くプラスとなる。また、累積損益が投資額19百万ドルを上回る(投資を回収できる)のは40年目を超え、たとえ譲許的融資があっても、独立採算は現実的ではない。
- ・ Case II:フル稼働、加工費 25USD/tを前提とした場合。操業開始初年度から各年のキャッシュフローはプラスであり、資金繰り上問題はないが、損益累計は11年目でプラスとなる。また、累積損益が投資額19百万ドルを上回る(投資を回収できる)のは29年目を超え、きわめてマージナルである。
- ・ Case III~IV:加工費 29US\$/tを前提とした場合。操業規模80% (800t/d、21,6000t/y) のCase IVでも初年度から各年のキャッシュフローはプラスとなる。Case IIIの場合、損益累計が6年目でプラスとなり18年目で初期投資額を回収できる。FIRRは20年目で7.23%である。Case IVの場合、損益累計が13年目でプラスとなるが、初期投資額の回収時期は30年目である。操業規模の低下 (80%) 以外に、1,000t/d 操業において金の国際価格が80%に低下した場合あるいは試薬、労務費、エネルギー費用等の操業費が25%上昇した場合でも同様と言える。Case IVのFIRRは、20年目で漸く0.5525%が得られる。
- ・ Case V:加工費 25USD/t、労務費がCase I~IIIの3/4を前提とした場合。操業開始初年度から各年のキャッシュフローはプラスであり、損益累計は9年目でプラスとなる。また、累積損益が投資額19百万ドルを上回る(投資を回収できる)のは20年目を超え、FIRRは、20年目において5.075%と見込まれる。

以上を纏めて、次表に示す。

上記の通り、有利な条件を設定したCase- 3(フル稼働、加工費 29US\$/t) の場合でも、FIRR は、20 年後においても7.23%と見込まれ、10%を超えない低水準である。すなわち、本



プロジェクトは特別低利、超長期資金によってのみ採算可能と思われる。また、将来の金価格の変動等の不確定要素を勘案すると、零細業者に委託加工のインセンティブを与えるためには、マージンは出来るだけ低く抑えた委託加工費を固定で設定する必要がある。これらを勘案すると、本プロジェクトは「委託加工」かつ「公営」とすることによってはじめて実現が可能となる。

000US\$					
	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5
投資額	19百万ドル	19百万ドル	19百万ドル	19百万ドル	19百万ドル
能力	270,000t/Y	270,000t/Y	270,000t/Y	216,000t/Y	270,000t/Y
採金量	970g/Y	970g/Y	970g/Y	776g/Y	970g/Y
委託加工料	23US\$/t	25US\$/t	29US\$/t	29US\$/t	25US\$/t
人員	48人	48人	48人	48人	48人→36人
備考	フル操業	フル操業	フル操業	操業80%にお とした場合	5年後水銀処理完了 生産コスト3/4
<b>累計損益</b>					
5年	-8,307	-5,742	-1,023	-5,788	-5,742
10年	-5,207	-903	7,294	-1,300	2,945
15年	-2,043	3,999	15,194	1,846	11,695
20年	1,194	8,976	23,198	6,164	20,520
25年	5,408	14,928		11,766	
30年	9,696	20,954		17,441	
35年	14,054				
40年	18,477				
<b>累計キャッシュフロ</b>					
5年	4,889	7,454	12,074	7,408	7,454
10年	8,133	12,433	20,538	12,038	16,285
15年	9,539	15,575	27,162	13,422	23,283
20年	11,017	18,789	33,858	15,979	30,985
25年	12,066	21,575		18,412	
30年	13,187	24,437		20,918	
35年	14,379				
40年	16,901				
<b>累計キャッシュフ ロー達成率 (%)</b>					
5年	25.7	39.2	63.5	39.0	39.2
10年	42.8	65.4	108.1	63.4	86.2
15年	77.6	82.0	143.0	70.6	122.5
20年	58.0	98.9	178.2	84.1	163.1
25年	63.5	113.6		96.9	
30年	69.4	128.6		110.1	
35年	75.7				
40年	89.0				
<b>FIRR (%)</b>					
5年					
10年			10年 1.30		13年 0.9415
15年			5.50		2.5377
20年		22年 0.3985	7.23		5.0745
25年		1.1645		27年 0.0975	
29年		1.9762		0.5525	

零細金採掘・収集業者は Au 含有量 4g/t の「原料金鉱石」を持ち込み、加工後「委託加工費」を支払いトン当たり 3.6 グラム (4g/t の 90%) の「Au」現物をドーレ (Dore : 粗金) の形で受領する。

ちなみに、DCF-IRR 試算(\*11)に使用した金価格 (740US\$/Oz) で計算すると、3.6g/t の金は 85US\$/t となる。なお、ここ数年の金建値は異常な値上がりを示し一時、10 年前の 2 倍以上を示したが、ここにきて下降傾向を示しておりいずれ 500US\$/Oz 程度に下がることも考えられる。

\*11 : Rinconada 地区および Cecilia 川水系パイロット・プロジェクトの DCF-IRR 試算結果を ANNEX9-1 及び 9-2 に示す。

一方、Rinconada 地区で多用されている水銀を使用したキンバレット法による回収率に関しては、9 割が零細業者による個人的な活動と言われまともな資料が存在しないので一部の聞き取りによる推定の域を出ないが、50%に届いていないと思われる。一般に、水銀アマルガメーション法で金を回収する場合の採取率は 45 ないし 55%とされている。Rinconada 地区でのキンバレット法による採取率を 50%とすると、4g/t の原鉱から 2g/t 分の金が回収でき、その価格は 47US\$/t となる。ただし、零細採金業者 (合法、非合法を問わず) は金引き取り業者と目視による言い値で売買しており、搾取の余地が存在する等、上記金額 (740US\$/Oz) を基礎とした正規の取引がなされているとは考えにくい。仲買業者の手数料を含め、仮に 7 割で取引されたとすると、約 33US\$/t となる。この価格には採掘費が含まれていない。採掘費を 10US\$/t と仮定すると(現地では統計的な資料がなく世界的な一般例を適用)実質的に零細採金業者の収入は 23US\$/t と推定できる。

零細採金業者の採掘・キンバレット処理量は約 250kg/d (現地での複数の業者からの聞き取り) なので、5.75US\$/d (=23US\$/t×0.25t) が一日当たりの収入と言う計算となる。この収入で標高 5,000m 近くの厳しい環境の中で一家が生活していることになる。

この現状に対して、パイロット・プロジェクトが実現した暁には、零細採金業者は、純度 90%以上が保障された 85US\$/t から固定の委託加工費 (23US\$/t) を引き去った金額相当の金ドーレを手にすることができるようになる。一日当たり収入は、15.5 US\$/t (62 US\$/t×0.25t) となる。

DCF-IRR 計算条件に示したように、加工費には減価償却を鉱山機械 5 年定額 (20%)、付帯設備 20 年定額 (5%) を見込んでおり投資額の回収を含んでいる。

なお、運営は公営と言う性質上、利益は見込んでいない。金の国際相場が急落した場合には損失が発生し公的機関からの補てんの必要が出ることも可能性としては考慮しておく必要がある。

フル稼働の前提では、加工費 23US\$/t でも資金繰り上問題はないが、損益では 19 年目に漸く累損が 0 となる。29US\$/t が許容されれば Case-4、操業規模 80% (800t/d、21,6000t/y) でも運営可能である。感度分析的な検討例として操業規模が 80% に低下した場合を試算したが、加工費を 29US\$/t と設定すると、操業規模の低下 (80%) 以外に、1,000t/d 操業において金の国際価格が 80% に低下した場合あるいは試薬、労務費、エネルギー費用等の操業費が 25% 上昇した場合でも同様に運営可能と言える。

しかし、有利な条件を設定した Case-3 (フル稼働、加工費 29US\$/t) の場合でも、FIRR は、20 年後においても 7.23% と見込まれ、10% を超えない低水準である。すなわち、本プロジェクトは特別低利、超長期資金によってのみ採算可能と思われる。また、将来の金価格の変動等の不確定要素を勘案すると、零細業者に委託加工のインセンティブを与えるためには、マージンは出来るだけ低く抑えた委託加工費を固定で設定する必要がある。これらを勘案すると、本プロジェクトは「委託加工」かつ「公営」とすることによってはじめて実現が可能となる。

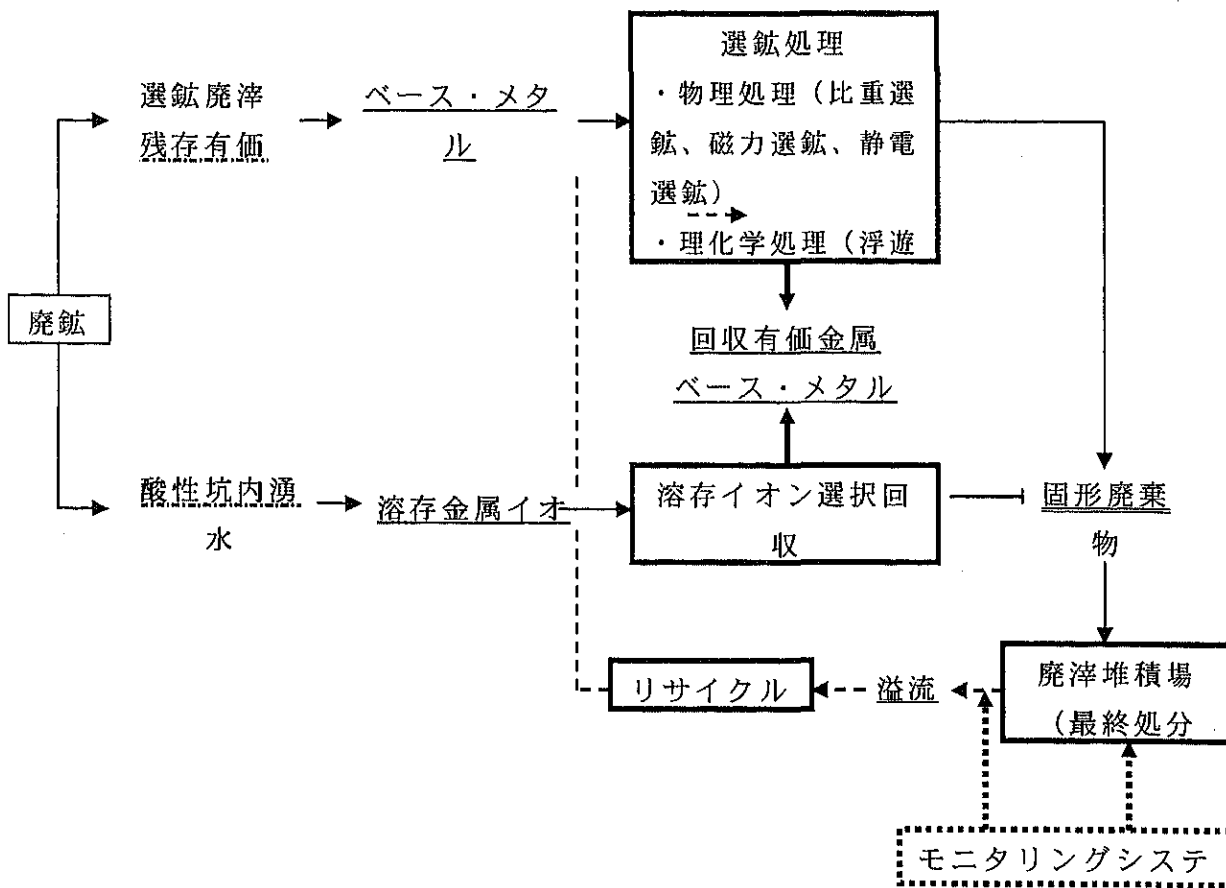
本パイロット・プロジェクトを導入し円滑に運営するには、高効率の金回収システムの運営、水質及び土壌環境モニタリングおよびそのためのサンプリング・分析に関する技術移転 (TA) が必要不可欠である。したがって、パイロット・プロジェクト導入前から、金回収システムの運営の専門家、モニタリングの専門家及びサンプリング・分析の専門家それぞれが少なくとも各 1 年間にわたり、現地において TA を行うものとする。

すなわち、下記費用が計上され、初期投資額 17,241 千 US\$ とあわせて 19,000 千 US\$ となる。

	(単位千 US\$)
(a) 可能性調査 (FS) :	233
(b) 環境影響評価 (EIA) :	119
(c) PP 設計 (BD、DD) :	515
(d) 設備技術移転 :	715
(e) リスクマネジメントおよび啓蒙・教育 :	117
(f) <u>モニタリング :</u>	<u>60</u>
合計	1,759

(2) Cecilia 川水系廃鉱物の環境改善と再開発に資する事業

Cecilia 川水系パイロット・プロジェクト（酸性水対策+有価鉱物回収）の概念を下図に示す。



Cecilia 川水系におけるパイロット・プロジェクトは下記主要設備で構成される。

- 有価鉱物回収設備
- AMD 処理設備（溶存イオン選択回収設備）
- 廃滓堆積場、
- 堆積場溢流水リサイクル設備
- モニタリング設備、（管理体制維持制度提言）

(a) Cecilia 川付近環境改善パイロット・プロジェクト概要（設計基本条件）

[操業条件]

- 稼動日数： 300 日/y
- 稼動率： 90%
- 廃鉱原石・廃滓処理量： 1,000t/日
- 年間廃鉱処理量： 270,000t/y
- 回収粗銅（25%）： 1,944t/y

- 回収粗鉛 (60%) : 405t/y
- 回収粗亜鉛 (50%) : 9,720t/y
- インジウム・インゴット : 972kg/y
- 製品価格 (100%) :
  - ・ Cu 6,938US\$/t
  - ・ Pb 1,364US\$/t
  - ・ Zn 1,475US\$/t
  - ・ In 800US\$/kg
- 為替交換レート : 2.941Soles/US\$ 3/7/2008  
106.77Jyen/US\$ 3/7/2008

[財務計算入力項目]

- 原材料費
- 労務費、減価償却費、修繕費、租税、その他固定費
- 金利、所得税

(b) Cecilia 川パイロット・プロジェクト原価表

000US\$

	1~5	6~	備 考
原 材 料 費	5,272,	5,272	
労 務 費	1,822	1,822	
減 価 償 却 費	2,209	768	
修 繕 費	1,453	1,453	
租 税	13	13	
そ の 他 固 定 費	345	345	
固 定 費 計	5,842	4,401	
総 原 価	11,114	9,673	

① 売上高

US\$

品 名	年間売上高	備 考
Cu concentrate	3,203,275	1,944t/y × @ 6,938US\$/t × 25% × 0.95
Pb concentrate	314,879	405t/y × @ 1,364US\$/t × 60% × 0.95
Zn Concentrate	6,810,075	9,720t/y × @ 1475US\$/t × 50% × 0.95
In Ingot	738,720	972kg/y × @ 800US\$/t × 0.95
	11,066,949	

## ② 変動費

US\$

	金額	備考
Exploitation	2,700,000	270,000t×10US\$/t
Electricity	906,010	270,000t×3.8236kW×0.8776US\$/kW
Water	702,013	270,000t×3.8236 m <sup>3</sup> /t×0.680US\$/m <sup>3</sup>
Consumables	964,262	Regents, Balls, Liners, Auxiliaries.
<b>Total Direct Cost</b>	<b>5,272,285</b>	

## ③ 設備投資：US\$.25,000,000、減価償却費：US\$2,209.093/y

US\$

	Main system	Auxiliaries.	Construction	Total	Depreciation
Mach. & Equip.	7,206,849			7,206,849	1,441,370
Build. & Struc.	3,249,434	4,077,943	8,026,000	15,353,377	767,669
<b>Total</b>	<b>10,456,283</b>	<b>4,077,943</b>	<b>8,026,000</b>	<b>22,560,226</b>	<b>2,209,039</b>

注2) 耐用年数：機械・器具：5年、建物・構築物：20年

## ④ 労務費：47persons、US\$1,822,244/y

US\$

	Num.	Salary/y/m (Sol)	Salary + Bonus(Sol)	Incidental Exp (Sol)	Total / y (Sol)	Total (US\$)	Retirement reserve
General Mngr	1	23,000	322,000	54,901	376,901	128,154	
Plant Mngr	1	16,000	224,000	38,192	262,192	89,151	
Stuff	7	14,800	1,450,400	247,293	1,697,693	577,250	
Sub-Stuff	8	7,500	840,000	143,220	983,220	334,315	
Operator	21	1,690	496,860	84,715	581,575	197,747	
Maintenance	6	1,690	141,960	24,204	166,164	56,499	
Office Clerk	4	7,200	403,200	68,746	471,946	160,471	
Others	8	1,029	115,248	19,650	134,898	45,868	
<b>Total</b>	<b>56</b>		<b>3,993,668</b>	<b>680,921</b>	<b>4,674,589</b>	<b>1,589,456</b>	<b>232,788</b>

b. 賞与：給与2ヶ月/y

c. 労務付帯費：健康保険：給与×9%、鉱山特別保険(1.55+6.5)=8.05% 計17.05%

d. 退職給与引当金：総額給与12ヶ月分：年間給与を5年間で積み上げるとする。

## ⑤ 修繕費：US\$.1,453,423/y

## ⑥ その他固定費：US\$.345,208/y

## ⑦ 租税

d) 金融取引税：(売上げ+仕入れ) × 0.07%

売上 原材料費 修繕費 その他  
 $(11,067 + 5,272 + 1,453 + 195) \times 0.07\% = 13$

e) 労働分配金：営業利益×8%

1～5年： $(11,067 - 11,114) \times 8\% = -$

6～20年： $(11,067 - 9,673) \times 8\% = 112$

f) 所得税：純益×30%

⑧ 借入金：

US\$.25,000,000 = 2,669,250,000 円

40年（10年据置き） 金利 0.65%

金利：US\$162,500/y、返済：11年目から US\$833,333/y

(c) Cecilia 川水系パイロット・プロジェクト試算考察

本プロジェクトは、Cecilia 川水系における Santa Rosa 鉱山廃坑から湧出する酸性水及び Cecilia 選鉱場廃滓を再処理することにより鉱害防止を図りながら有価鉱物資源を回収販売することにより、同水系酸性廃水処理費用の一部を賄うことを目的とするプロジェクトである。

については、本調査に基づく基礎資料により本プロジェクトの採算性を、20年間にわたり、インフレ率、外貨為替比率、稼働率は現状、製品価格は現状の95%を想定固定し、その損益、キャッシュ・フロー、FIRRを検討した。

- Case-1：操業 100% (1,000t/d=270,000t/y)、Cu、Pb、Zn、In の価格は現在建値の90%、総投資額を25百万USドルとした場合
- Case-2：操業 100% (1,000t/d=270,000t/y)、Cu、Pb、Zn、In の価格は現在建値の75%、総投資額を25百万USドルとした場合
- Case-3：操業 100% (1,000t/d=270,000t/y)、Cu、Pb、Zn、In の価格は現在建値の75%、総投資額を19百万USドル、操業費をCase-I、IIの3/4とした場合
- Case-4：操業 50% (500t/d=135,000t/y)、Cu、Pb、Zn、In の価格は現在建値の75%、総投資額を22百万USドル、操業費をCase-I、IIの3/4とした場合

なお、初期投資額には、EIA、FSの実施およびプラント建設に関するSV（プラント、モニタリング及び分析）のための技術支援（TA）費用も含まれている。

- ・ Case 1:フル稼働(1,000 t/d)、Cu、Pb、Zn、Inの価格は現在建値の90%、総投資額を25百万USドルとした場合。操業開始2年目から各年のキャッシュフローはプラスであり、資金繰り上問題はなく、損益累計は6年目でプラスとなる。しかし、累積損益が投資額25百万ドルを上回る(投資を回収できる)のは29年目で、その時点でのFIRRは0.0013%とき

わめて低く、たとえ譲許的融資があっても、独立採算は現実的ではない。

- ・ Case II:フル稼働操業 (1,000t/d)、Cu、Pb、Zn、Inの価格は現在建値の75%、総投資額を25百万USドルとした場合。操業開始6年目から各年のキャッシュフローはプラスとなるが、損益累計はプラスとなる見込みが無く、10年目においても累積損益が投資額19百万ドルの3%にも達していないため40年間以内に初期投資額を回収できる可能性はない。
- ・ Case III:操業1,000t/d、Cu、Pb、Zn、Inの価格は現在建値の75%、総投資額を19百万USドル、操業費をCase-I、IIの3/4とした場合。各年のキャッシュフローは、操業開始2年目からプラスとなり資金繰り上問題はなく、損益累計は6年目でプラスとなる。しかし、累積損益が投資額19百万ドルを上回るのは20年目で、その時点でのFIRRは1.605%であり、きわめてマージナルである。長期低利融資を前提としてはじめて運営可能となる。
- ・ Case IV:操業50% (500t/d)、Cu、Pb、Zn、Inの価格は現在建値の75%、総投資額を22百万USドル、操業費をCase-I、IIの3/4とした場合。3年目から各年のキャッシュフローがプラスとなる。損益累計は9年目でプラスとなる。しかし、累積損益が20年目でも投資額22百万ドルの20%に達せず、40年間以前に投資を回収できる可能性はない。

以上を纏めて、次表に示す。



	Case - 1	Case - 2	Case - 3	Case - 4
投資額	2,669 百万円 25 百万 US ドル	2,669 百万円 25 百万 US ドル	2,059 百万円 19 百万ドル	2,350 百万円 22 百万 US ドル
処理容量	270,000t/Y	270,000t/Y	270,000t/Y	135,000t/Y
回収金属	Cu, Pb, Zn, In.	Cu, Pb, Zn, In.	Cu, Pb, Zn, In.	Cu, Pb, Zn, In.
LME	現在建値 90%	現在建値 3/4	現在建値 3/4	現在建値 3/4
人員	48 人	48 人	37 人	37 人
概 要		Case-1 から、金 属建値が 3/4 に 下落した場合	金属建値 3/4 と なるが、初期投資 操業費ともに 3/4 とした場合	金属建値 3/4 と なるが、処理容量 500t/D, 操業費は 1/2, 労務費 3/4, 投資は原案 90%
累計損益				
5 年	-1,047	-16,973	-795	-6,437
10 年	2,884	-29,524	2,146	-6,444
15 年	6,899		5,149	-6,318
20 年	11,008		8,227	-6,120
25 年	17,685			
30 年	24,457			
累計キャッシュ・フロー				
5 年	7,262	28	8,448	2,280
10 年	13,840	651	13,961	2,644
15 年	17,553		16,679	3,060
20 年	21,315		19,469	3,549
25 年	23,351			
30 年	25,958			

	Case - 1	Case - 2	Case - 3	Case - 4
投資額	2,669 百万円 25 百万 US ドル	2,669 百万円 25 百万 US ドル	2,059 百万円 19 百万ドル	2,350 百万円 22 百万 US ドル
処理容量	270,000t/Y	270,000t/Y	270,000t/Y	135,000t/Y
回収金属	Cu, Pb, Zn, In.	Cu, Pb, Zn, In.	Cu, Pb, Zn, In.	Cu, Pb, Zn, In.
LME	現在建値 90%	現在建値 3/4	現在建値 3/4	現在建値 3/4
人員	48 人	48 人	37 人	37 人
概 要		Case-1 から、金 属建値が 3/4 に 下落した場合	金属建値 3/4 と なるが、初期投資 操 業 費 と も に 3/4 とした場合	金属建値 3/4 と なるが、処理容量 500t/D, 操業費は 1/2, 労務費 3/4, 投資は原案 90%

累計キャッシュ・フロー達成率				
5 年	29.0	0.1	44.5	10.4
10 年	55.4	2.6	73.4	12.0
15 年	70.2		87.8	13.9
20 年	85.3		102.5	16.1
25 年	93.4			
30 年	103.8			
FIRR (%)				
5 年	—	—	—	—
10 年	—	—	—	—
15 年	—	—	(17 年 0.488)	—
20 年	—	—	1.6047	—
25 年	—	—		—
30 年	0.0013 (29 年)	—		—

上記の通り、有利な条件を設定したCase-3の場合でも、FIRR は、20 年後においても1.6%と  
きわめて低い値である。すなわちFIRRの観点からは極めて低回収プロジェクトである。本プロ  
ジェクトは特別低利、超長期資金によってのみ運営可能と思われる。

## 2-3-6 経済・財務評価

### [財務分析]

#### (1) 分析方法

##### a. 分析上の諸前提

- a) 休廃鉱山廃滓堆積物処理場システムの構築費、金鉱山廃滓堆積物/排水処理システムの構築費、及びその運営費を推定し、それに基づき財務・経済評価を行った。
- b) 本分析におけるパイロット・プロジェクト・ケースは施工（システムの構築）、運営期間によりコスト算定基準が異なるが、システムの構築費、運営費ともに現在の経済状況における費用、価格を前提とし、その後の価格上昇（下落）は見込まないものとした。
- c) 主要項目（販売価格、投資コスト、運営コスト等）による超概算評価を行った。
- d) 所要資金及び資金調達は、2-3-4、及び2-3-5で推定されたシステムの構築費、運営費に基づき所要資金を見積もり、基準はUSドルを使用しシステムの構築資金はJBIC、運転資金は市中借り入れを行うこととして試算した。
- e) 生産（回収/処理）販売は前述2-3-4項の計画値による。
- f) 操業費は会計上、直接費（廃滓堆積物搬入費、試薬剤費、動力費、直接労務費、製品搬出費）と間接費（償却費、保守費、労務費、）、金融費用に分類して試算した。
- g) その他の費用として、所得税（30%）、金融取引税 $[(売上+仕入れ) \times 0.07\%]$ 、労働分配金(営業利益 $\times 8\%$ )、社会保険料（賃金 $\times 17\%$ ）を考慮した。

##### b. 分析結果

分析のための上記諸前提に従って、(a)、(b)各パイロット・プロジェクトに関する分析は、

- a) 生産（回収/処理）及び販売計画表
- b) 損益計算書
- c) 長期借入金返済表
- d) 財務内部収益率表、

にまとめ、収益性を測定する主要指標であるキャッシュ・フローの割引法による財務内部収益率（FIRR）により行った。

### [経済分析]

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。

この定義に沿ってパイロット・プロジェクト実施による関係地域の水質改善効果はヘドニック法アプローチによる把握を試みたが、統計資料が整っておらず解析に不足であったため機会損失法等他の手法を組み合わせるを得なかった。

すなわち、本パイロット・プロジェクト実施前の関係周辺地価が、排水質改善により上昇することがあれば、それは本プロジェクトの経済効果と見なすことができる。

あるいは、現在土壌汚染により農作物耕作が困難な地域がこのプロジェクト実施により水質改善、ひいては土壌改良により農作物収穫が見込まれる場合、それも本プロジェクトの経済効果と見なせる。その場合、農作物収穫のための農業従事者の増加すなわち雇用の創出にもつながる。

また、第 2-3-5 項(1)で試算した如く、パイロット・プロジェクト実施によって零細金採掘業者の収益が 23US\$/t から少なくとも 56US\$/t へと 2 倍以上となり、25~30 千人と推定されている地域住民の生活の質が格段に良くなることが予想される。零細金採掘業者の生活が向上すれば、Lunar de Oro 集落や Rinconada 集落の商業活動も比例して活発となり、パイロット・プロジェクトによって創出される直接・間接の雇用増、季節労働者の定住、非合法採掘活動の減少、地方自治体の税収増と環境関連組織の強化等波及効果は絶大なものとなる。

また、MEM にとっても政策上、非合法活動の季節労働者の定住化、合法化が進め易くなり、法・基準の徹底も図り易くなることが予想される。

さらに、パイロット・プロジェクトが軌道に乗り、地方自治体の財政改善に貢献するようになれば、カノン・ミネロの地方自治体分からパイロット・プロジェクトの運営費や季節労働者の定住性の向上に伴う福利厚生費を補填することも必要と考える。その割合は、定住者 6 千人と言われる La Rinconada 集落の人口が 25 千人に膨らむとすれば、必然的に現状の数倍の福利厚生費、公共施設維持費を賄う必要が出てくる。

### 2-3-7 運営維持管理費用を含む資金計画の策定

第二次現地調査結果、選定された Rinconada 地区および Cecilia 川水系のパイロット・プロジェクトについて、①パイロット・プロジェクト投資資金計画、②パイロット・プロジェクト・プラント運営維持管理資金計画（20 年）を作成した。

運営維持管理・資金計画にて、

- 再回収金属量・価額の推定値、
- エネルギー、
- 運送費等

が主として変動要因として考えられるが、これらは現時点の最適推定値を中心として、感度分析を合わせ検討した。

Rinconada 地区のパイロット・プロジェクトは、委託加工方式を採用するために公営による運営を行う（具体的には、JBIC 融資を受けた MEM の資金により Activos Mineros S.A.C. が操業を担う）。

このうち、Cecilia 川水系におけるパイロット・プロジェクトの場合、廃滓堆積場の再開発によって得られる有価鉱物の売り上げを運転資金へ補填する。有価鉱物の売り

上げは収益を得られるほど大きくは無いので、パイロット・プロジェクトの運営も公的に行わざるを得ない。

この収入に関しては、第 2-2-2 項の廃鉱ないし零細金鉱山に残存する抽出可能な有価鉱物の品位、量の分析結果から推定される有価鉱物の価格について、現在市況に加え過去 10 年間の LME の価格 (ANNEX 8 主要金属価格の推移参照) 等と将来予測を勘案し、本プロジェクト評価価格を試算に使用した。

またプロジェクトによっては国、地方公共体から何らかの援助、もしくはインセンティブが得られる場合はそれを勘案することとした。

減価償却については、ペルー税法 (定額) 鉱山機械 5 年定額を適用して試算した。

Rinconada 地区パイロット・プロジェクトの DCF-IRR の一例 (Case-1) を次に示す。ANNEX 9-1 に Case-1~Case-5 の結果を示す。

Case-1 Rinconada 地区金回収加工プラント Cash-flow 270,000T/Y 加工費:23.00USD/T  
 借入金: 20,286,300円/USD190000. 40年(据置10年) 0.65% 000USD

	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計
売上			4,658	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	60,548
借入	10,000	9,000											19,000
計	10,000	9,000	4,658	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	79,548
コスト	697	697	7,437	7,437	7,437	7,437	7,437	5,114	5,115	5,114	5,115	5,114	64,151
金利	65	124	124	124	124	124	124	124	124	124	119	115	1,415
(原価償却)			(2,604)	(2,604)	(2,604)	(2,604)	(2,604)	(281)	(282)	(281)	(282)	(281)	(14,427)
設備投資	8,620	8,621											17,241
所得税・労配								353	353	353	354	356	1,769
計	9,382	9,442	4,957	4,957	4,957	4,957	4,957	5,310	5,310	5,310	5,306	5,304	70,149
返済											(633)	(633)	(1,266)
差引	618	-442	-299	1,253	1,253	1,253	1,253	900	900	900	271	273	8,133
累計		176	-123	1,130	2,383	3,636	4,889	5,789	6,689	7,589	7,860	8,133	

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	合計
売上	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	122,648
借入											19,000
計	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	141,648
コスト	5,115	5,114	5,115	5,114	5,115	5,114	5,115	5,114	5,115	5,114	115,296
金利	111	107	103	99	95	91	88	82	78	74	2,341
(原価償却)	(282)	(281)	(282)	(281)	(282)	(281)	(282)	(281)	(282)	(280)	(17,241)
設備投資											17,241
所得税・労配	357	358	359	361	362	363	364	368	367	368	5,394
計	5,301	5,298	5,295	5,293	5,290	5,287	5,283	5,281	5,278	5,276	123,031
返済	(634)	(633)	(633)	(634)	(633)	(633)	(634)	(633)	(633)	(634)	(7,600)
差引	275	279	282	283	287	290	293	296	299	300	11,017
累計	8,408	8,687	8,969	9,252	9,539	9,829	10,122	10,418	10,717	11,017	

Case-1 Rinconada 地区金回収加工プラント Cash-flow 270,000T/Y 加工費:23.00USD/T  
 借入金: 20,286,300円/USD190000. 40年(据置10年) 0.65% 000USD

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	計
売上	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	184,748
借入											19,000
計	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	203,748
コスト	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	163,638
金利	70	66	61	58	54	49	45	41	37	33	2,855
(原価償却)											(17,241)
設備投資											17,241
所得税・労配	469	470	471	472	474	475	476	477	478	480	10,137
計	5,373	5,370	5,366	5,364	5,362	5,358	5,355	5,352	5,350	5,347	176,627
返済	(633)	(633)	(634)	(633)	(633)	(634)	(633)	(633)	(634)	(633)	(13,933)
差引	204	207	210	213	215	218	222	225	228	230	13,187
累計	11,221	11,428	11,638	11,851	12,066	12,284	12,506	12,731	12,957	13,187	

	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	合計
売上	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	246,848
借入											19,000
計	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	6,210	265,848
コスト	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	4,834	211,976
金利	28	25	21	16	12	8	4	0			2,970
(原価償却)											(17,241)
設備投資											17,241
所得税・労配	481	482	484	485	488	487	489	490	490	490	15,001
計	5,344	5,341	5,339	5,335	5,332	5,329	5,327	5,324	5,324	5,324	229,947
返済	(633)	(634)	(633)	(633)	(634)	(633)	(633)	(634)			(19,000)
差引	233	235	238	242	244	248	250	252	886	886	16,901
累計	13,420	13,655	13,893	14,135	14,379	14,627	14,877	15,129	16,015	16,901	

なお、初期投資金額の内の20%の自己資金にはカノン税の配分を適用することを想定した。しかし、下記理由からカノンの適用には種々制約があるためにその解決を図

る必要がある。

- 流用できる割合は地区配分分の25%（郡及び州の分の流用は他地区の賛成を必要とする）。
- カノンは毎年発生する運営資金見合いであり、初期投資は一時的に発生するもので性格が異なる。
- カノンの原資は、鉱山業社の所得税であり、年間変動が大きいことが予想され、長期に亘って安定的に補填される保証がない。

したがって、MEMの強力な指導と根回しの下に、Activos Mineros S.A.C./MEMの責任で調達するのが妥当かと思慮する。

さらに、Cecilia川水系パイロット・プロジェクトのDCF-IRRの一例（Case-1）を次に示す。ANNEX 9-2にCase-1～Case-4の結果を示す。

Case-1 セシリア川水系環境改善パイロット・プロジェクト Cash-flow 計算書  
処理量:270,000T/Y 借入金: 2,669百万円 (25百万USD)。40年(据置10年) 0.65% 000USD

	-1	-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計
売上			8,300	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	107,903
借入	12,500	12,500											25,000
計	12,500	12,500	8,300	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	132,903
コスト	1,083	1,083	11,114	11,114	11,114	11,114	11,114	9,673	9,673	9,673	9,673	9,673	106,101
金利	81	162	162	163	162	163	162	163	162	163	157	152	1,852
(原価償却)			(2,209)	(2,209)	(2,209)	(2,209)	(2,209)	(768)	(768)	(768)	(768)	(768)	(14,885)
設備投資	9,024	13,536											22,560
所得税・労配								353	353	353	354	356	1,769
計	10,188	14,781	9,067	9,068	9,067	9,068	9,067	9,421	9,420	9,421	9,416	9,413	117,397
返済											(833)	(833)	(1,666)
差引	2,312	-2,281	-767	1,999	2,000	1,999	2,000	1,646	1,647	1,646	818	821	13,840
累計		31	-736	1,263	3,263	5,262	7,262	8,908	10,555	12,201	13,019	13,840	

IRR  
5年  
10年  
15年  
20年

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	合計
売上	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	218,573
借入											25,000
計	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	243,573
コスト	9,673	9,673	9,673	9,673	9,673	9,673	9,673	9,673	9,673	9,673	202,831
金利	146	141	135	130	125	119	114	108	103	98	3,071
(原価償却)	(768)	(768)	(768)	(768)	(768)	(768)	(768)	(768)	(768)	(768)	(22,565)
設備投資											22,560
所得税・労配	453	454	456	456	456	461	463	464	466	467	6,365
計	9,504	9,500	9,496	9,491	9,486	9,485	9,482	9,477	9,474	9,470	212,262
返済	(833)	(833)	(833)	(833)	(833)	(833)	(833)	(833)	(833)	(833)	(9,996)
差引	730	734	738	743	748	749	752	757	760	764	21,315
累計	14,570	15,304	16,042	16,785	17,533	18,282	19,034	19,791	20,551	21,315	

Case-1

処理量: 270,000T/Y

借入金: 2,669百万円 (25百万USD), 40年 (据置10年) 0.65%

000USD

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30年計
売上	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	11,067	329,243
原材料費	5,272	5,272	5,272	5,272	5,272	5,272	5,272	5,272	5,272	5,272	158,180
労務費	1,822	1,822	1,822	1,822	1,822	1,822	1,822	1,822	1,822	1,822	54,660
減価償却											22,565
修繕費	1,453	1,453	1,453	1,453	1,453	1,453	1,453	1,453	1,453	1,453	43,590
租税	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	390
その他固定費	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345	10,350
固定費計	3,633	3,633	3,633	3,633	3,633	3,633	3,633	3,633	3,633	3,633	131,555
原価計	8,905	8,905	8,905	8,905	8,905	8,905	8,905	8,905	8,905	8,905	289,715
営業利益	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	2,162	39,528
支払利息	92	87	81	76	70	65	60	54	49	43	3,505
労働分配金	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	3,403
所得税	569	571	572	574	576	577	579	581	582	583	10,931
純益	1,328	1,331	1,336	1,339	1,343	1,347	1,350	1,354	1,358	1,363	21,690
純益累計	12,336	13,667	15,003	16,342	17,685	19,032	20,382	21,736	23,094	24,457	



### 2-3-8 EIA 実施の必要性の確認

提言するパイロット・プロジェクトの実施に係り、EIA の必要性については、本報告書 2-1-2 の項「提案されるパイロット・プロジェクトに影響を及ぼす環境・鉱害及び廃鉱再開発に係る法・制度の確認」に記述したが、以下各ケースの具体的内容を記す。

・Rinconada 地区のパイロット・プロジェクトの場合：Rinconada 地区のパイロット・プロジェクトは委託加工事業を行うこととなっており、廃鉱の再開発としてはみなされない案件となる。したがって、EIA プロセスの関係では選鉱権を取得するための許認可制度が適用される。いわゆる、新規の選鉱事業と同様な既存の EIA 評価制度の対象となる。この詳細について ANNEX 5「廃鉱の再開発に係る法規制の抜粋」の(4)EIA 制度を参照。

・Cecilia 川水系に関するパイロット・プロジェクトの場合：Cecilia 川水系のパイロット・プロジェクトは廃鉱の再開発となるため、鉱業環境負債の性質確認が必要となる。2006 年 6 月公表の環境負債リストでは旧 Compañía Minera El Altiplano S.A.社の責任下にある休止鉱業環境負債として分類されているが、1987 年に鉱区権が放棄されている事情から、棄権鉱業環境負債として取扱われる可能性もある。この廃鉱の再開発に係る EIA 制度の行方は、DL 1042 の施行規則の制定内容次第となる。

ANNEX 10 に JBIC 環境配慮ガイドライン（以後「JBIC-GL」と称す）の環境チェックリストをまとめる。

JBIC-GL の環境チェックリスト一覧表の 1 鉱山の項では下記項目のチェックが必須と指定されている。

- (1) 許認可・説明
- (2) 汚染対策
  - ① 大気質、②水質、③廃棄物、④騒音・振動、⑤地盤沈下
- (3) 自然環境
  - ① 保護区、②生態系、③跡地管理
- (4) 社会環境
  - ① 住民移転、②生活・設計、③文化遺産、④景観、⑤少数民族・先住民族
- (5) その他
  - ① 工事中的影響、②事故防止対策、③モニタリング

パイロット・プロジェクト候補水系について以上の項目を検討した結果を ANNEX 9 に示す。

いずれの結果も EIA は必要という結果である。

なお、パイロット・プロジェクト-1 の Rinconada 地区においては Lunar 湖の腐臭と Hg 含有底質の問題があり、鉱山のチェックリストから外れている 2 汚染対策の項の悪

臭および底質をチェックに含めた。

### 2-3-9 パイロット・プロジェクトに関する代替案の検討

第 2-1.4 項に記載した如く、パイロット・プロジェクト候補として①Rinconada 地区及び②Cecilia 川水系をパイロット・プロジェクト実施水系として選定したが、そのほかに③Huascacocha 廃滓堆積場及び④Kingsmill トンネルを代替案候補として挙げる。、その他候補である①の生活廃液・廃棄物、③及び④案件については以下に述べる項目について詳細検討が必要である。

#### ① Rinconada 地区

- La Rinconada 集落の生活排水の Lunar 湖への流入及び Lunar de Oro 集落の生活排水のアセキアへの流入による Lunar 湖、Rinconada 湖および Grande 川水質汚濁
- La Rinconada 集落及び Lunar de Oro 集落からの固形廃棄物の発生(腐臭、漏洩液、プラスチック袋の飛散、景観悪化と不快感)

#### ② Mantaro 水系 Huascacocha 堆積場

- 有価金属の残存(特に 2%超の Zn)

#### ③ Mantaro 川水系 Kingsmill トンネル

- AMD 発生
- 水質汚濁(特に浮遊懸濁物質[SS])
- 有価金属の残存

Rinconada 地区環境総合改善案を Rinconada 地区のパイロット・プロジェクト代替案として提言する。

なお、MEM で進行中のインベントリーの見直しの進展次第では、Huascacocha 堆積場あるいは Kingsmill トンネルは Cecilia 川水系のパイロット・プロジェクトの代替案候補として検討の余地が出てくる。

### 3. パイロット・プロジェクトに基礎を置いた廃鉱の環境改善に関する提言（試案）

提案しているパイロット・プロジェクトを実現するためには、パイロット・プロジェクトを運営する Activos Mineros S.A.C.及び Activos Mineros S.A.C.を管理する MEM に対して、シアンを使用した高効率の金回収システム、シアン分解・無害化システム、水銀回収・無害化システム、AMD 処理システムの運営方法（技術面、制度・政策面）、系統的な水質・底質モニタリングシステムの構築と効率的な展開方法およびそのための迅速かつ正確な分析方法に関する技術指導が必要である。

Rinconada 地区における円借款事業として検討可能なパイロット・プロジェクトのコンセプトは、図 2-3.3 パイロット・プロジェクト②：アマルガメーションによる Hg 対策に図示したように Hg 鉱害防止および Au 回収率の向上による零細採金業者を含む地域住民への還元である、

Rinconada 地区は、環境非常事態宣言が出された Ramis 川水系の最上流部に位置し、MEM によって同水系の最大汚染源と認識されていることおよび汚染の複雑さならびに深刻さから総合的に鉱害対策を実施するパイロット・プロジェクト対象として最優先すべきプロジェクトと考える。

- Rinconada 地区水質汚濁対策と Au 回収率向上に伴う Hg 汚染防止

Rinconada 地区水質汚濁対策と Au 回収率向上に伴う Hg 汚染防止案件は以下の機能を具備する。

- ・ 高効率 Au 回収設備の導入と委託加工制度の導入による Hg 使用量の削減・廃絶
- ・ Lunar 湖底質の浄化 (Hg 濃度が高く、Au 回収の可能性もある)
- ・ 分析・モニタリング設備・制度の導入
- ・ 地域住民、学校対象の環境・鉱害に関する啓蒙・教育 (NGO の活用)
- ・ 中央及び地方自治体の制度強化指導 (CD)

なお、本案件の代替案として、Rinconada 地区環境改善総合対策を提言する。

一方、廃鉱の環境改善と再開発案件対象パイロット・プロジェクト実施水系候補として

- Cecilia 川水系環境改善と再開発を提言する。

Cecilia 川水系環境改善と再開発案件は以下の機能を具備する。

- ・ AMD 処理設備
- ・ 廃滓堆積場再開発 (有価金属回収) 設備
- ・ 廃滓堆積場公害防止対策
- ・ 分析・モニタリング設備・制度の導入
- ・ 中央及び地方自治体の制度強化指導 (CD)

なお、本案件の代替案としては具体的な調査を行っていないが、Huascacocha 堆積場環境改善と再開発あるいは Kingsmill トンネル AMD 処理等をパイロット・プロジェクト代替案候補と

して検討することを提言する。

さらに、MEM 鉱業技術部が実施している再調査の進捗状況次第では、Torres(トーレス)川水系の環境改善と再開発案件候補として追加の可能性も出てくる。

### 3-1 廃鉱の環境改善促進に係る制度の提言

#### ・ 環境基準（水質）

ペルーの鉱害防止に適用される環境水質基準は水域法典 17752 号（Ley No 17752）の施行規則とする農牧省令 261 号（1969 年交付 D.S. No 261-69-AP）に掲載される基準として下表のとおり定められている。

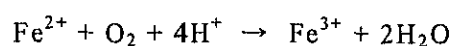
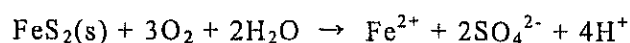
表 3-1.1 ペルーの環境水質基準

項目	第 I 種	第 II 種	第 III 種	第 IV 種	第 V 種	第 VI 種
微生物指標 (MNP/100mL)						
大腸菌	8.8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
糞便性大腸菌	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000
生物化学的酸素要求量および溶存酸素量 (mg/L)						
BOD	5	5	15	10	10	10
溶存酸素	3	3	3	3	5	4
有害物質指標 (mg/L)						
As	0.1	0.1	0.2	-	0.01	0.05
Cd	0.01	0.01	0.05	-	0.0002	0.004
Cr	0.05	0.050	1.000	-	0.05	0.05
Cu	1,000	1,000	500	-	10	-
Ni	0.002	0.002	-	-	0.002	-
Hg	0.002	0.002	0.001	-	0.0001	0.0002
Pb	0.05	0.05	0.1	-	0.01	0.03
Se	0.01	0.01	0.05	-	0.005	0.01
Zn	5,000	5,000	25,000	-	0.02	-
CN	0.2	0.2	-	-	0.005	0.005
NO <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.1	-	-	-
S	0.001	0.002	-	-	0.002	0.002
Esters	0.0003	0.0003	0.0003	-	0.0003	0.0003
PCB	0.001	0.001	-	-	0.002	0.002
Phenols	0.0005	0.001	-	-	0.001	0.1

上記水域の種類について以下のとおり指定されている。

- ・ 第 I 種： 簡易的な消毒によって上水道への配水が可能な水域
- ・ 第 II 種： 健康省が認定する凝集・沈殿・濾過・塩素消毒によって上水道への配水が可能な水域
- ・ 第 III 種： 灌漑用水および牧畜用水
- ・ 第 IV 種： 水浴等リクリエーション用途の水域
- ・ 第 V 種： 双殻類漁業用の水域
- ・ 第 VI 種： 水生生物保全用および一般漁業用の水域

廃鉱に起因する鉱害問題は主に廃石置場や廃滓堆積場からの酸性湧水や露天掘り跡地や旧坑道から流出する酸性水である。これらは以下の化学反応機構によって発生する。



また、発生した硫酸によって周辺の金属が溶解され、重金属豊富な酸性水として水系へ流下する。この酸性水は河川や湖沼で希釈中和されることに伴い、酸性の状態では水溶性である重金属類が水酸化物へと変移し、大量の懸濁物を生じ光合成への阻害を起こす一方、河底や湖底へ沈積され底性生物の生息にも影響を及ぼす。

日本や米国では、水系の自然条件や有害物質における水生生物への毒性試験のデータに基づいて、水質基準を定めている。下表に鉱害問題に関わりのあるシアン、Asや重金属における日本および米国の環境水質基準とペルーの基準値を比較する。

表 3-1.2 環境水質基準の比較表

項目	ペルー		日本	米国
	第 III 種	第 VI 種		
Al (mg/L)	-	-	-	0.087
As (mg/L)	0.2	0.05	0.01	0.15
Cd (mg/L)	0.05	0.004	0.01	0.00025
Cr (mg/L)	1.000	0.05	-	-
Cr(III) (mg/L)	-	-	-	0.074
Cr(VI) (mg/L)	-	-	0.05	0.011
Cu (mg/L)	-	-	-	0.009
Fe (mg/L)	-	-	-	1.000
Hg (mg/L)	0.01	0.0002	0.0005	0.00077
Hg (alkylmercury)	-	-	検出されないこと	-
Ni (mg/L)	0.002	LC <sub>50</sub> ×0.02	-	0.052
Pb (mg/L)	0.1	0.03	0.01	0.0025
Se (mg/L)	0.05	0.01	0.01	0.005
Zn (mg/L)	25.000	LC <sub>50</sub> ×0.02	0.03	0.12
CN (mg/L)	0.005	0.005	検出されないこと	0.0052

出典：

・ ペルー：D.S. N° 261-69-AP.

・ 日本：「人の健康の保護に関する環境基準」、「生活環境の保全に関する環境基準」

- ・ 米国：EPA. National Recommended Water Quality Criteria, 2006 revised standards. Freshwater Criterion Continuous Concentration.

上表によると一般的に、第 III 種「灌漑用水および牧畜用水」の基準値は比較的緩和されている状況である一方、第 VI 種「水生生物保全用および一般漁業用の水域」の一部は日本や米国の基準値よりも厳しい数値が指定されているため、その妥当性について再考する必要がある。また、Ni や Zn 等一部のパラメータは明確に定められておらず、毒性試験の結果によるものとしているが、その適用方法についても規格化されていないので応用が困難である。このような状況を是正するための規制化を進める必要がある。

特に Hg や Cd の第 VI 種基準値は低い値であり、一般的な水質分析の検出限界より低く、先端分析技術が求められる。したがって、これらに対応可能な分析サービスは国内では限られているため、その実用性についても再考する必要がある。

・ 排水基準（鉱業分野）

鉱害防止のための排水基準は鉱業次官令 011-96-EM/VMM 号（RM No 011-96-EM/VMM）によって制定された。その内容は下表に示すとおりである。

表 3-1.3 ペルー鉱業冶金セクターの排水基準

項目	随時許容値	年間平均値	第 III 種環境水質基準
pH	<6,9>	<6,9>	-
SS (mg/L)	50	25	-
CN (mg/L)	1.0	1.0	0.005
As (mg/L)	1.0	0.5	0.2
Cu (mg/L)	1.0	0.3	0.5
Fe (mg/L)	2.0	1.0	-
Pb (mg/L)	0.4	0.2	0.1
Zn (mg/L)	3.0	1.0	25.000

上表には鉱業冶金セクターの排水基準と第 III 種環境水質基準を列挙した。CN の場合は 200 倍希釈されないと環境基準が達成されないこととなる一方、Zn の場合は排水基準が環境基準よりも厳しい数値となっている。このような矛盾を是正するための総合的な改訂が必要である。また、流域単位管理の導入を目指し、総量規制の検討を行い、流域別の水質管理の概念も必要となる。

なお、本邦の参考例として、河川法による河川の重要性による区分にしたがって、国土交通省（中央政府）が管理する一級河川や自治体の行政区域にまとまる二級河川以下の管理による行政区域の管理範囲を超える河川とその範囲内にある河川を区別した流域を単位とした総合的な取り組みを検討することが考えられる。そのような流域単位管理体制が整備された上、更に、本邦のような、全国レベルの濃度規制である排水基準の遵守があったとしても環境基準の達成が困難である河川に対し、自治体レベ

ルで制定可能な総量規制によって水質目標を達成させる取り組みも検討する余地がある。

Rinconada 地区にパイロット・プロジェクトを導入するためには、MEM は JBIC 融資を受け、その資金を Activos Mineros S.A.C. へ配分し、Hg 回収設備およびシアン分解・無害化設備を伴う高効率の Au 回収プラント、AMD 処理プラント、廃滓堆積場等一連の設備の設計及び建設および操業を行わせる。運転費用は、Au 鉱処理の受託費用によってまかなう。これらの展開を円滑に進めるためには Au 回収プラントの操業技術支援、モニタリング技術支援および分析技術支援が必要である。

一方、Cecilia 川水系にパイロット・プロジェクトを導入するためには、廃滓堆積場の再開発に伴う残存有価鉱物再開発プラント、AMD 処理プラント等の一連の設備の設計及び建設および操業を行わせる。運転費用は MEM が負担し Activos Mineros S.A.C. が担当する。有価鉱物再開発プラントおよび AMD 処理プラントの操業技術支援、モニタリング技術支援および分析技術支援が必要である。

すなわち、AMD 及び鉱業活動に伴って発生する水質汚濁、大気汚染に関する法・基準を統一するとともに、モニタリング資料の整理・蓄積とフィードバック制度を含む体制の強化が必要である。このために技術支援が必要である。

環境汚染対策を実施するに当たっては、地域住民を含む利害関係者の理解を売ることが重要であり、リスクコミュニケーションを図るためにもパイロット・プロジェクト導入に関する意識調査や SHM の開催が欠かせない。そのためには地域の NGO の活用も考慮する必要がある。

### 3-2 廃鉱管理の改善に資する資金制度の提言

本調査第 2 次現地調査中（2008 年 6 月 26 日）に交付された DL 1042 によって鉱業環境負債の再開発が可能となり、従来の閉鎖処分のみとして限られていた規制が改訂された。本大統領例の施行のためには、細則制定が必要となるが、この機会を経て負債責務の定義を明確にするとともに受益者負担の概念を導入することを推薦する。

更に、鉱業環境負債の再開発・閉鎖のための財源が限られているところ、新たなメカニズムを検討することも必要である。この場面では既存の法 27506 号（Ley No 27506：天然資源セクター法人税配分制度「Canon」）や法 28258 号（2004 年 6 月交付 Ley No 28258：鉱物資源開発税「Regalía Minera」）によって徴税される財源は地方自治体の開発プロジェクトへの拠出が可能となっているが、この財源の鉱業環境負債の再開発・閉鎖に関するプロジェクトの位置付けが優先されていない状況の是正が必要であると考えられる。

ここで、現在実施されている外国機関からの融資による事業実施の場合の一般的な資金の流れと管理及び関連機関の相関を図 3-2.1 に示す。



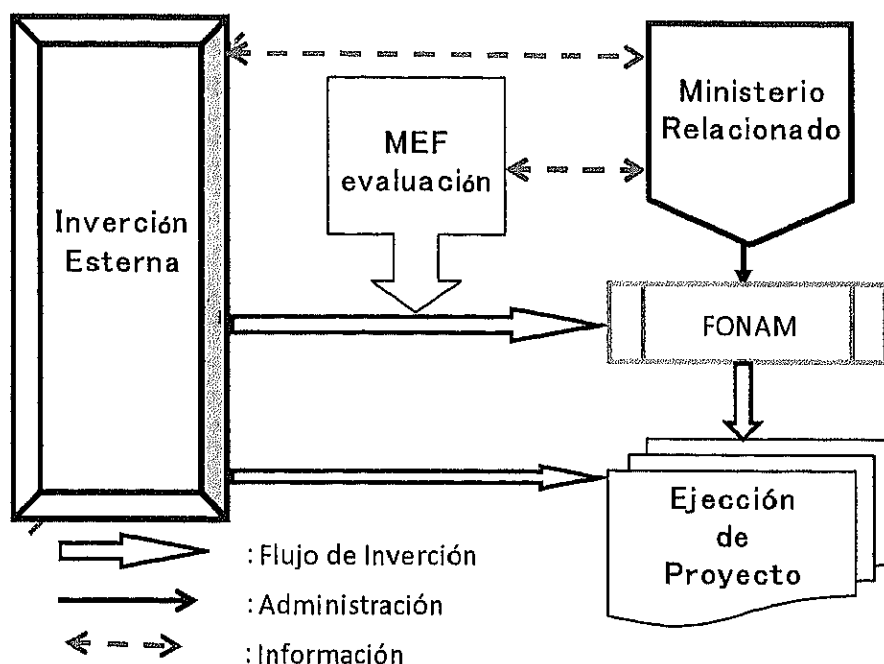


図 3-2.1 海外融資の資金の流れと関連機関事業実施との相関

一方、責任者不特定の鉱業環境負債における再開発・閉鎖事業促進のためには、その責任を担う Activos Mineros S.A.C への財源拡張が必要であり、上記の天然資源セクター法人税配分制度や鉱物資源開発税の改訂を鑑み、同公社への予算配分を可能とすることが望ましい。

更に、金属建値高騰時に限らず、鉱業環境負債の再開発・閉鎖事業の優位性を確保するための法規制を整備し、Activos Mineros S.A.C.等 国営機関による直営の仕組みも再考する必要がある。低金属建値の市況でも環境社会的な観点から妥当性のある鉱業環境負債の再開発・閉鎖事業の持続性を図ることが重要な課題となる。

図 2-3.1 に MEM、MEF、FONAFE、Actios Mineros S.A.C.等の機関の間における資金の流れと管理の関係を示した。

ペルー国内の鉱業権者不在の休廃止鉱山に関しては MEM が管理する方向で、優先順位付けを目的として全国の鉱山の再調査（インベントリー）が開始された。休廃止鉱山および鉱害に関しては、WB（世界銀行）、IDB（米州開発銀行）および PERCAN 等の外国機関も実施しており 2006 年から 2008 年にかけて逐次報告書が提出されている。また、環境汚染・鉱害発生あるいはその恐れある鉱山の対策に関しては Activos Mineros S.A.C.が担当して逐次実施している。しかし、Activos Mineros S.A.C は 4 つの州の環境対策をしながら更に JICA（旧 JBIC）提案の Puno 州案件（Rinconada 地区、Cecilia 川水系）への取り組みについても前向きな姿勢を示している。

したがって、今後増加する環境汚染・鉱害対策のために MEM 内部に外国からの融資の受け皿となる仕組み・制度を導入しその資金を目的に応じて Activos Mineros

S.A.C.を含め複数の機関・企業に配分する制度が必要と考える。

Activos Mineros S.A.C.は株式会社組織ではあるが FONAFE が所有するいわゆる公社的な存在で株は 100%政府所有である。また、パイロット・プロジェクトは財務試算上も極めてマージナルな結果なので、公営として運営すべきであることを重ねて提言する。

Rinconada 地区及び Cecilia 川水系を対象としたパイロット・プロジェクト実施に際しての資金制度提言案の概念をまとめて図 3-2.2 に示す。

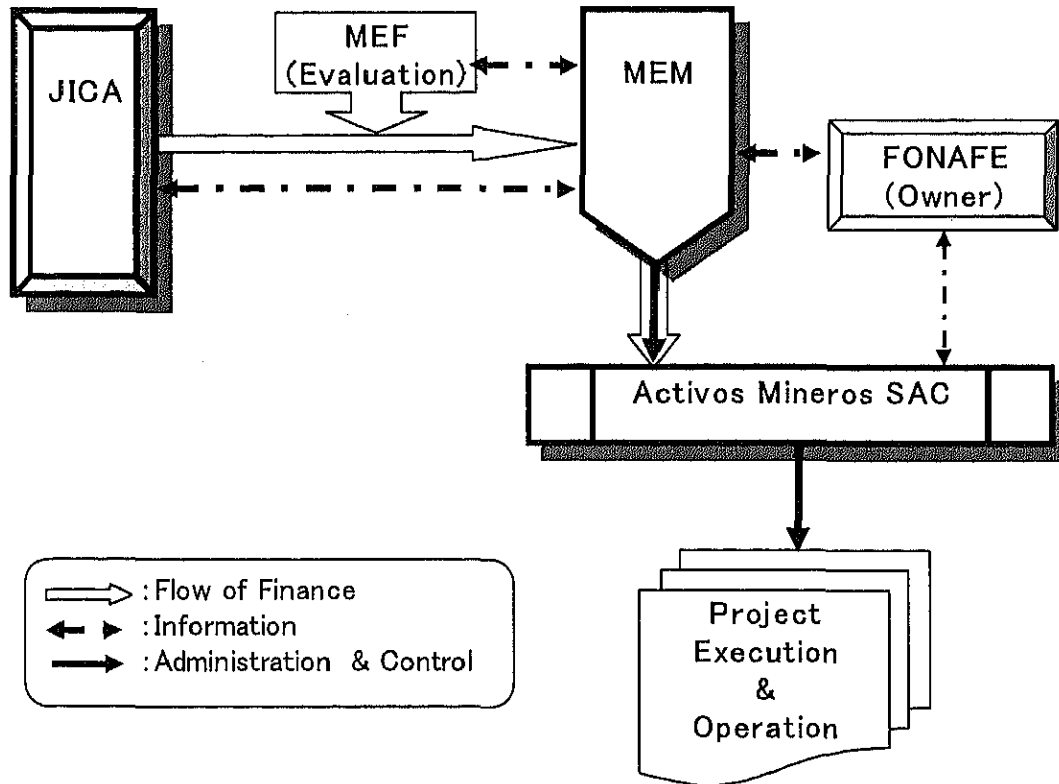


図 3-2.2 資金制度提言案の概念図

以下に、提案する融資の流れと組織・制度を述べる。

JICA からの融資が MEF の審査を受けた後 MEM 内に設けられた担当部署に渡る。MEM に渡った資金は、MEM の管理下で Activos Mineros S.A.C.へ渡され、MEM の管理・指導の下、パイロット・プロジェクトの導入と運営に利用される。

カノン・ミネロ（カノン税）は所得税（法人税）の 50%を地方へ配分すると定められている。その内訳は、天然資源が存在する Gobierno Regional(州)に 25%、Departamento（県）に 40%、Provincia（郡）に 25%、Distrito（[地]区）に 25%とされている。この配分率はいずれも人口及び貧困率による比率及び地域の特殊事情に寄り配慮される余地がある。パイロット・プロジェクト選定の Rinconada 地区は、Puno 州 San Antonio de Putina（サン・アンドニオ・デ・プティナ）郡 Ananea 地区にあり、上記配分に基づく

と Puno 州に 25%、San Antonio de Putina 郡に 25%そして Ananea 地区に 25%が配分されることになる。

2007 年度のペルー全土のカノン税は約 1,516 百万 US\$であった。そのうち上位 10 州で 92%の配分を占め、残り 8% (約 121.3 百万 US\$) を Puno 州を含む 14 州で配分している。したがって単純に計算すると Puno 州配分は 8.7 百万 US\$と試算できる。このうち幾ら位が各年度貯蓄され累積しているか不明であるが、Puno 州が持つカノン税受け取り額をすべて提案の PP へ充当できると仮定すれば、自己資金分 3,800 千 US\$を十分賄うことが出来ることになる。

なお、パイロット・プロジェクトは公営による委託加工であるが、Activos Mineros S.A.C.は株式会社組織であり、同社が行う委託加工活動に対し、カノン・ミネロが発生しよう。

パイロット・プロジェクト実施によって受益者が潤えば、カノンの割合も増えるので地方政府財政への配分も増加する。カノン税の地方政府部分の一部をパイロット・プロジェクトへの再配分も十分可能と考える。第 2-3-5 項(1)で解析したごとく、フル稼働の場合は、加工費 23US\$/t で資金繰り上問題はないが、パイロット・プロジェクトへカノン税の配分が考慮できれば、委託加工費をさらに下げる余裕も出てくる。すなわち、零細採金業者がより委託し易い条件となり、委託が促進され Hg 利用削減を加速することが期待できる。

ANNEX 23 に、Rinconada 地区及び Cecilia 川水系におけるパイロットプロジェクトの SNIP 形式に基づくプロフィールを示す。

#### 4. セミナー開催

DFR 内容を広く周知するために関係機関関係者を対象として、本事業の目的および調査結果の概要を周知しペルー側の理解とコンセンサスを得るためのセミナー(\*13)を開催した。

\*13 : ANNEX 18 「Seminar Agenda」参照

環境省、FONAM、DIGESA、INRENA、Activos Mineros S.A.C.等の関係諸機関(\*14)を招聘し、丸岡 JBIC リマ事務所首席駐在員および Valdivia (ヴァルディヴィア) エネルギー鉱山省大臣の冒頭挨拶で始まったセミナーによって今回の JBIC 調査の目的と意図について MEM 内はもとより関係諸機関の認識が得られパイロット・プロジェクト実施の必要性と実現へのコンセンサスが得られたものとする。

\*14 : ・ ANNEX 19 「Relación de Invitados」、

・ ANNEX 20 「参加者記帳リスト」参照、

・ ANNEX 21 各専門家講演内容(ppt)

・ ANNEX 22 「セミナー写真」参照

## ANNEX 一覧

- ANNEX 1: 休廃止鉱山分布図
- ANNEX 2: Activos Mineros S.A.C. Anual Report 2007
- ANNEX 3 鉱業環境負債の州別件数 (Pasivos Ambientales)
- ANNEX 4 訪問機関一覧表
- ANNEX 5 関連法規制抜粋
- ANNEX 6 Cuenca Rio Rimac、Huascacocha、Kingsmill トンネル調査結果
- ANNEX 7 廃滓全成分分析結果
- ANNEX 8 LME 主要金属価格推移
- ANNEX 9-1 DCF-IRR Rinconada (PP 損益、キャッシュフロー比較)
- ANNEX 9-2 DCF-IRR Cecillia (PP 損益、キャッシュ・フロー比較)
- ANNEX 10 JBIC-GL(Mining) チェック・リスト
- ANNEX 11 Rinconada プラント及び堆積場設置位置図
- ANNEX 12 Cyanidation System フロー図
- ANNEX 13 Cyanide Decomposition System フロー図
- ANNEX 14 AMD Treatment System フロー図
- ANNEX 15 有価鉱物回収システムフロー図
- ANNEX 16 廃滓堆積場概念図(A)
- ANNEX 17 プラント配置概念図(B)
- ANNEX 18 Seminar Agenda
- ANNEX 19 Relación de Invitados (招待者リスト)
- ANNEX 20 参加者記帳リスト
- ANNEX 21 各専門家講演内容(pdf)
- ANNEX 22 調査状況およびセミナー風景写真
- ANNEX 23 パイロット・プロジェクトの SNIP 形式によるプロフィール

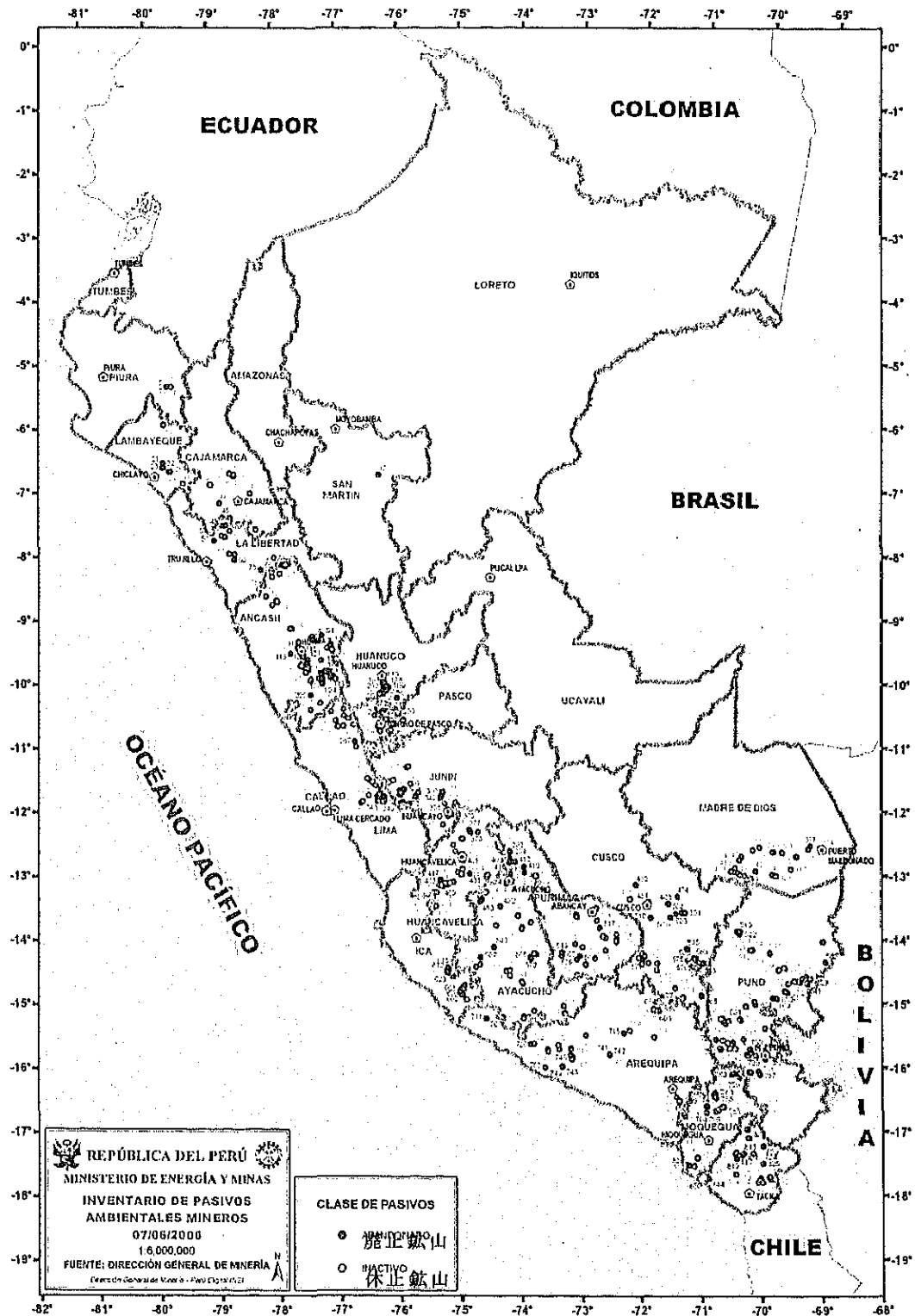


## ANNEX 1 休廃止鉱山分布図





ANNEX 1



ANNEX 1 休业止鉱山分布图

