

# ペルー環境関連情報

## ) ペルーの国土環境アセスメント(EVAT'S)

ペルー・エネルギー鉱山省(MEM)環境総局(DGAA)

Ing. Jose Vidalon Galvez

Ing. Richard Notsaller

### 1. はじめに

ペルー・エネルギー鉱山省(MEM)環境総局(DGAA)は、エネルギー鉱山技術支援貸付(EMTAL)の枠組み内においてペルー国内の異なる 15 の対象流域地帯をカバーする国土環境アセスメント調査(Estudios de Evaluacion Ambiental Territorial:EVAT'S)を委託し、1998年に完了した。すべての対象地域は過去または現在において鉱業活動が行われていることから、主な付随した排水システムを取り込むように選定された。EVAT'Sの主目的は、鉱山とそれに付随している事業に起因する環境問題の発生源(hot spots)を確認すること、そして、適切な改善計画を提言することにある。

この報告は、EVAT'Sの調査結果を総括し、調整するものである。特に主目的は、環境問題の重要性の順位を低下させ、解決するための戦略手段の開発のための基本として、EVAT'Sにおいて確認された改善プロジェクトに優先順位を定めることである。

EVAT'Sの基本的な焦点は、稼働している鉱山の現所有者に直接責任があるとするのができない、または一つ以上の発生源に帰することができる、放棄された鉱山とこれに付随した施設に起因する環境への影響である。稼働鉱山の環境への影響例と改善プロジェクトの数もEVAT'Sに示されている。特に、企業に責任がある環境適正化計画(PAMA'S)の中に改善方法が存在している場合においては、不要と見なされる。

### 2. 調査結果

1) EVAT'Sによって評価されたすべての流域と地域は、影響の度合いとその規模は異なるが、鉱山とその付随施設に起因した環境影響を受けている。最も深刻な影響を受けた流域はRimac川、Mantaro川とMadre de Dios川である。

Rimac川流域は、数多くのPAMA'Sの対象となっていない発生源を抱えているので、第1の優先順位流域としなければならない。渓谷下流域には人口密集地があり、リマ首都圏に対して非常に重要な水を供給している。また、堆積場サイトは危険性が高く、国の重要な輸送インフラに脅威を与えている。Mantaro川流域の環境影響はRimac川流域と同規模であるが、第2優先順位に位置付けられている要因は、改善作業を必要とする11の旧廃止鉱山があるにもかかわらず、重要とされる発生源が、改善計画が実行されているPAMA'S対象域に位置していることである。

2) ペルー国内の鉱山サイトでは、しばしば土木工学的(geotechnical)な環境負荷(environmental liabilities)と地化学的な環境負荷の結合が認められる。土木工学的な環境負荷は、選鉱廃滓堆積場とズリ堆積場の不安定性に関するものである。鉱山サイトの大部分が、地震活動の活発な地域に位置しさらに危険性を高めている。地化学的な環境負荷は廃滓堆積場、ズリ堆積場と坑口からの酸性廃水や堆積場の浸食、鉱山域からの土壌の流出が関係している。また、多くの地域では、エンジンオイルなどの危険物質、未処理廃水や生活排水による鉱害の証拠も見られる。

3) 鉱山がもたらす有害な影響は一般に、過去における不十分な環境管理と特殊な地域における操業規制との結合によるものである。特に鉱山の立地場所が急峻な地形にある場合、厳しい用地の限定要因となっている。アンデスの狭い渓谷における空間的制約は、広範囲に廃滓堆積場の建設を実施させた。一般には上流域に急勾配の盛土構造として構築した。この設計は地震に対する抵抗力に乏しく、多くのサイトが活発な地震活動域に位置するため廃滓堆積場が危険な環境負荷を受けている。

4) 空間的制約は、Cobriza 鉱山のように選鉱廃滓を直接河川に放流させることとなった。急傾斜地に計画された廃滓・ズリ堆積場の不適切な設置と不十分な水の管理が、結果的に重大な浸食をもたらし、土壌流出の基本的な原因となっている。不十分な水の管理は、廃滓・ズリ堆積場における硫化物の存在と共に、最終的にペルーの鉱山地域で一般的な現象として見られる酸性鉱廃水問題(ARD)の発生につながった。

5) ペルーにおける大規模で単一の環境負荷は、多雨森林域において進行中の環境破壊である。Madre de Dios の漂砂金鉱床区において、機械により大量の土壌を動かす非合法採掘の実施、管理されない広範囲な鉱業活動が広大な土地を荒廃させている。そして、土壌を含む懸濁物質が河川に激しい鉱害を生じさせている。影響を受けた地域が広範かつその活動が非合法的なため、責任ある組織の協力を得ることが極めて困難である。この地帯特有の環境問題として、生態系への水銀の流出とそれによる人体への影響がある。

6) 土木工学的な改善を開始するに先だって、鉱業活動後の土地使用については、地権者や地方議会のような公益集団との契約において計画されなくてはならない。そして、この改善は、農業、林業、湿地やレクリエーション区域を含む新しい土地の再配置や区画を設置するのに役だったりする。土地の回復は、可能な限り効率的な利用を目指し、関連する周辺の人々に土地回復の恩恵をもたらすことを目的に、Huepetuhe と Nueve の間に位置する 5~10ha のパイロットプロジェクトとして始めるべきである。Madre de Dios の土地回復計画にとって必要な詳細エンジニアリング事業の

概要は委託の条件に規定されている。

7) 鉱業がもたらす有害な環境影響の広範性から、環境事業に対する姿勢の劇的変化が鉱業活動の分野に必要とされている。適切な技術は、EVAT'S で確認された鉱業がもたらした有害な環境への影響を除去し、大きく減少させるのに役立つ。こうした状況において、最初のかつ最も重要なステップは、廃石、堆積場、水の管理に対して、国際基準と調和した効力のある環境管理システムの導入と共に、ベストプラクティス(Best Practices)が採用されねばならない。

8) 生態系の持続的な発展の基本的原則は、稼働中の鉱山と放棄鉱山サイトに起因した環境影響が、可能な技術的、経済的な範囲において修復されなければならないことを意味する。経済学的、社会的な正当報酬をベースに、責任ある当事者が認定した全てのケースは、汚染者負担の原則(Polluter-pays-principle:PPP)が適用されねばならない。これに対して、責任ある当事者が不在の場合には、その環境影響が公共に最も影響を及ぼすことから、受益者負担の原則(Beneficiary-pays-principle:BPP)が適用される。

9) PAMA'S サイトを対象とした財源上の選択は、法人のキャッシュ・フロー、国有鉱山民営化収入、法人社債(corporate bonds)、公的・私的拠出(public and private offerings)による新規自己資本(equity)、民間投資家からのベンチャーキャピタル(venture capital:投機資本)、そして、金融仲介機関、金融開発公社(COFIDE)を通じた融資などがある。法人社債と公的拠出を通じた自己資本は、法的に共同経営によって設立された大規模な鉱山企業にとって有益である。小規模な有限企業にとっては、ベンチャーキャピタルが重要な財源となりうる。実際には、それぞれの個々のケースにおいて、法人のキャッシュ・フロー、自己資本、ベンチャーキャピタルと融資の組み合わせが使われている。

10) 他方、PAMA'S サイトの対象外における財源上の選択は、臨時の特別付加税、特別料金、環境法規の違反者から徴収された罰金と科料、二国間贈与(bilateral debt-grant swaps)と政府開発援助(ODA)からなる。一般を対象とした0.1~0.2%の小規模な臨時の付加価値税のような特別付加税は、環境改善計画基金として多くの管轄区が採用している。税と特別料金は汚染行為を減少させる経済的な誘引をもたらす利点がある。ペルーでは、FONAM が監督する二国間贈与と政府開発援助の基金がPAMA'S サイトの対象外のプロジェクトにとって基本的な資金源である。Madre de Dios では、土地の再生経費または使用料(金採取によって得た所得のおよそ5%に相当する)が土地改良に必要な基金に充当される。

EVAT'Sにおける各流域・地域毎の改善要件一覧

流域/地域 プロジェクト名	鉱山企業/地区	改善プロジェクト	概算所要経費 (×千USドル)
Llucano川 (Proposed Remediation Projects)	1.Sinchao鉱山	環境影響を受けた地域400,000m <sup>2</sup> の回復、2坑口の閉塞	2,137
	2.Colquirumi	廃滓堆積場210,000m <sup>2</sup> の閉鎖、影響を受けた154,000m <sup>2</sup> の回復、2坑口の閉塞	2,430
	3.Los Negros & San Martin	環境影響を受けた地域45,800m <sup>2</sup> の回復、4坑口の閉塞	495
	4.El Dorado	廃滓堆積場30,000m <sup>2</sup> の閉鎖、鉱山地域60,000m <sup>2</sup> の修復、1坑口の閉塞	182
	5.Montoya、Quebrada Honda鉱山	廃滓堆積場20,000m <sup>2</sup> の掘削、3坑口の閉塞	415
	6.Mesa de Plata	環境影響を受けた地域12,000m <sup>2</sup> の回復、4坑口の閉塞	278
		計	5,937
Moche川 (Proposed Remediation Projects)	1.Moche川堆積場	廃滓堆積場40,000m <sup>2</sup> の掘削、河床1000m間の修復	451
	2.Salpol日廃止鉱山	環境影響を受けた地域65,500m <sup>2</sup> の回復、10坑道のプラグ打設、廃滓堆積場6,300m <sup>2</sup> の回復	1,340
	3.Samne堆積場	河川敷の廃滓堆積場6,300m <sup>2</sup> の安定化と緑化	213
		計	2,004
Parcoy-Liacuabamba川	1.稼働鉱山企業	廃滓堆積場の安定化 (PAMA'S対象)	計 75
Santa川	1.Alianza、Santo Toribio、 その他鉱山	12か所の廃滓堆積場の安定化	1,263
	2.Pushaquilca、El Triunfo、 その他鉱山	103か所で坑道のプラグ打設	2,520
	3.Madre de Dios、San Julio、 その他鉱山	12の廃棄物処理場の回復	1,350
		計	5,133
Mosana川	1.Contonga、Esparta、Katanga	廃滓堆積場の安定化	154
	2.Katanga、Chincho、Manto、 Esparta、Jinhua、Contonga、 Shiquiaycocha、Rosita de Oro、Flor de Habas	坑道のプラグ打設	1,211
	3.Contonga、Chincho、Manto	廃棄物堆積場の回復	428
		計	1,793
Pativilca川	1.Llipa、Santa Teresita	5か所の廃滓堆積場の安定化	237
	2.Aparipashca、Huarapasca、 Callaspunta	13か所の廃棄物堆積場の回復	480
	3.Huaraspasca、Dos de Abril、 Callashpunta、Calderoncito Quinones	12鉱山の50坑道でプラグ打設	1,200
		計	1,917

流域/地域 プロジェクト名	鉱山企業/地区	改善プロジェクト	概算所要経費 (×千USドル)
Huaaura川	1.Santa Rita 2.Pampahuay、Santa Rita 3.Anamaray、Santa Rita	2か所の廃滓堆積場の安定化 40鉱山の坑道でプラグ打設、Pampahuay8坑道、Santa Pita1坑道 廃棄物処理場の回復	252
			880
			計 625
Torres川-Vizcarra川	1.San Francisco 2.Mercedes 3.Peru	廃棄物処理場の回復、5鉱山の坑道でプラグ打設 廃棄物処理場の回復、2鉱山の坑道でプラグ打設 廃棄物処理場の回復、2鉱山の坑道でプラグ打設	840
			742
			計 608
Rimac川	1.C.M.Millotiong SA/San Mateo S.M.Pacococha SA/San Mateo C.M.Huampar SA/Carampoma 2.C.M.ElBaron SA/San Mateo C.M.Millotiong SA/San Mateo S.M.Pacococha SA/San Mateo C.M.Venturosa SA/Carampoma C.M.Peru Matucana/San Mateo Qu.Viso、Caridad鉱山、Oroya鉱山、 Elisa鉱山、Cuarenta鉱山 3.C.M.Millotiong SA/San Mateo S.M.Pacococha SA/San Mateo Caridad鉱山	廃滓堆積場の安定化  酸性廃水の処理  堆積処理と排水調整	2,100
			9,800
			計 200
Alto Huallaga川  (各鉱山のPAMA'Sと共に)	1.C.M.Atacocha SA、C.M.El Pilar SA、 B.R.Espioza Bauer、Evita I 鉱山 2.C.M.Atacocha SA、C.M.El Pilar SA、 B.R.Espioza Bauer、Evita I 鉱山 C.M.Milpo SA 3.C.M.Atacocha SA、C.M.El Pilar SA、 B.R.Espioza Bauer、Evita 鉱山、 C.M.Milpo SA	廃滓堆積場の安定化  酸性廃水の処理  堆積処理と排水調整	11,400
			2,200
			計 2,700
			計 16,300
Nasca-Puquina地帯	1.放棄された堆積場	廃滓堆積場40の改良、土木工学的・地化学的な安定化	計 1,600
Azangaro-Carabaya川流域	1.非合法金採掘操業域	堆積ポンドの設置	計 100
Madre de Dios川流域	1.Caychive-Huepetuheの非合法砂金採掘 操業域	5,000haの土地修復(元の状態に復元すること)	計 50,000

流域/地域 プロジェクト名	鉱山企業/地区	改善プロジェクト	概算所要経費 (×千USドル)
<b>Mantaro川流域</b> (廃棄鉱山)	1.Carhuacayan鉱山	廃滓堆積場の安定化、5坑道の閉塞	417
	2.Huacracochoa鉱山	廃棄物処理場、1坑道の閉塞	255
	3.Huacracochoa鉱山	鉱滓堆積場の緑化ほか	46
	4.Churruca鉱山	廃棄物処理場	81
	5.Yacumina鉱山	廃棄物処理場、1坑道の閉塞	297
	6.Rio Pallanga鉱山	廃滓堆積場の安定化、3坑道の閉塞	482
	7.Santa Catalina鉱山	廃棄物処理場	314
	8.Pucara鉱山	廃滓堆積場、廃棄物処理場、ズリ堆積場	459
	9.Alpamarca鉱山	廃滓堆積場と廃棄物処理場の安定化、1坑道の閉塞	327
	10.Putcas鉱山	ズリ堆積場、廃棄物処理場、7坑道の閉塞	33
	11.Chaquichina鉱山	廃滓堆積場	193
	12.Santa Rita、Lucero選鉱場	ズリ堆積場、廃滓堆積場	74
		計	2,978

ペルーの国土環境アセスメント(EVAT'S)の概要

流域/地域 プロジェクト名	所在県	プロジェクト 数	概算所要経費 (×千USドル)	グループ	備考	調査委託企業
Llucano川	Cajamarca	6	5,937	A	Marañon川支流。多金属鉱山分布。旧廃止鉱山22:坑口62、ズリ堆積場23、廃滓堆積場15、稼働選鉱場5。	CESEL S.A. & TRC Environmental Corporation
Moche川	La Libertad	3	2,004	A	太平洋に注ぐ多金属鉱床区。すべての採水サンプルが農業に使用可能な水質クラス3の最大許容値のpH、Feを上回る。また、Cu、Pb、Zn、AsのMPLも越えている。	CESEL S.A. & TRC Environmental Corporation
Parcoy-Llacubamba川		1	75	A	Marañon川支流。金鉱床区。排水システム水路に沿った19地点の採水サンプルがしばしばCuとCNに關しMPLの値を上回る。鉱山企業によりPAMA'Sの改善計画が提出されている。	CESEL S.A. & TRC Environmental Corporation
Santa川	Ancash	6	5,133	E	太平洋に注ぐ。多金属・金鉱床区。	CESEL S.A. & TRC Environmental Corporation
Mosana川	Ancash	25	1,793	E	Marañon川支流。多金属鉱床区。	CESEL S.A. & TRC Environmental Corporation
Pativilca川	Ancash Lima	29	1,917	E	太平洋に注ぐ。多金属鉱床区。	CESEL S.A. & TRC Environmental Corporation
Huaura川	Lima	11	1,757	E	太平洋に注ぐ。多金属鉱床区。	CESEL S.A. & TRC Environmental Corporation
Torres川-Vizcarra川	Huanuco		2,190	G	Marañon川支流。多金属鉱床区。	Universidad Nacional de Ingeniería
Rimac川	Lima	11	12,100	B	太平洋に注ぐ。多金属鉱床区。堤体の決壊を生じる可能性があるため堆積場の安定性が最も重要な課題。	ADI International Incorporated
Alto Hualtaga川	Pasco Huancavelica	4	3,100	B	Marañon川支流。多金属鉱床区。	ADI International Incorporated
Mantaro川	Junin Huancavelica	11	2,978	F	Ucayali川支流。多金属・非金属鉱床区。La Oroya複合製錬所。	H.A.Simons Ltd.、Hatfield Cosultants, Ltd.& Klohn Crippen-SVS S.A.
Palpa-Nasca-Marcona、 Acari-Ocona、Cerro- Verde-Yarabamba- Puquina地域	Ica Arequipa Moquegua	2	1,600	C	海岸地域。細脈金鉱床・鉄鉱床・銅鉱床区。	Klohn Crippen & SVS S.A.Ingenieros Consultores
Azangaro-Carabaya川	Puno	1	100	D	Titicaca湖に注ぐ。坑内掘金鉱山・水力採鉱による金鉱床。	Klohn Crippen & SVS S.A.Ingenieros Consultores
Madre de Dios川	Madre de Dios	1	50,000	D	Amazonas川支流。水力、機械化による砂金鉱床。水洗場。	Klohn Crippen & SVS S.A.Ingenieros Consultores
		(合計)	90,684			

(注)Alto Hualtaga 川流域の概算所要経費は、PAMA'S 対象外のみの経費

) MANTARO 川流域の鉱業活動における環境コントロール

ペルー・エネルギー鉱山省  
米州開発銀行

はじめに

この報告書は、Mantaro 川流域に沿って分布する操業鉱山で実施されている環境管理を向上させるために実施された総合調査結果を要約したものである。

本書中では H.A.Simons Ltd.、Hatfield Consultants Ltd.、Klohn-Crippen Consultants Ltd.、Klohn-Crippen-SVS S.A. のメンバーで構成されたカナダの環境専門家グループに対して「プロジェクトチーム」という言葉が使用されている。彼等はカウンターパートのペルー専門家と密接に作業を行った。

この研究では、米州開発銀行による資金で、エネルギー鉱山省(MEM)が技術管理の実行責任機関とされた。技術的な助言はセントロミン(Centromin)公社に委ねられた。同公社は Mantaro 川流域に多くの鉱山を持っており、それらが管理業務や兵站業務に便宜を与えた。

プロジェクトチームは、地球環境工学、汚水処理、大気汚染および空気の品質コントロール、環境管理および環境科学の分野における専門家から構成され、生物学、溶錬・精錬操業、鉱山操業、空気の品質、および汚染コントロールの部門でペルー人専門家の協力を得た。

作業は以下の 4 フェーズで実施された。

- A) 診断調査
- B) 行動計画のワークショップ
- C) プロジェクトの戦略とアウトライン決定のワークショップ
- D) 参考項目

プロジェクトチームは業務の一部として次の報告書を作成した。

- “Control Ambiental de Actividades Mineras en la Cuenca del Río Mantaro- Informe del Estudio de Diagnóstico ” (1997 年 1 月)
- “Control Ambiental de Actividades Mineras en la Cuenca del Río Mantaro-Taller del Plan de Acción ” (1997 年 2 月)
- “Control Ambiental de Actividades Mineras en la Cuenca del Río Mantaro-Taller de Definición de Estrategias y Perfiles de Proyectos ” (1997 年 5 月)
- “Control Ambiental de Actividades Mineras en la Cuenca del Río Mantaro-Términos de Referencia ” (1997 年 6 月)

この報告書は上記の各報告書で述べられた情報の要約を含んでいる。

BID の Mantaro 川流域プロジェクトチームは、この報告書の論題に関する業務の他に、カナダ、アメリカ合衆国、ペルーおよびノルウェーの専門家によって実施された活動にも関係している。これらの業務で作成された報告書の内容とタイトルは以下のとおりである。

- ・ 休廃止鉱山調査(“Inventario de Minas Abandonadas en la Cuenca del Río Mantaro de Cerro de Pasco a Cobriza”) (1997 年 4 月)
- ・ 騒音コントロールおよび管理のための研究(“Proyecto Mantaro, Reporte Final del Estudio Piloto de Ruidos”) (1997 年 4 月)
- ・ 地質構造調査および地化学調査(“Evaluaciones de la Estabilidad Geoquímica y Geotécnica de las Areas Mineras Seleccionadas en la Cuenca del Río Mantaro, Perú”) (1997 年 5 月)
- ・ 社会的経済的調査(“La Dimensión Humana, la Contaminación y la Minería en la Cuenca del Río Mantaro, Estudio Piloto Socio comunitario”) (1997 年 5 月)
- ・ 天然資源の経済的評価(“Proyecto Mantaro, Análisis y Evaluación Económica y Social”) (1997 年 8 月)
- ・ 渇水期における Junin 湖の湖沼学的調査 (1998 年 2 月)
- ・ 休廃止鉱山調査(“Perfiles de Proyecto para la Restauración de 12 Areas Seleccionadas de Minas Abandonadas en la Cuenca del Río Mantaro”) (1998 年 9 月)

## BID の Mantaro 川流域プロジェクト

### A) 診断調査

事前診断調査の一部として、Mantaro 川流域にある鉱山の操業による環境影響や提案された緩和策に関連した検証調査とプレリミナリー評価が実施された。この調査の目的の一つは、プロジェクトチームが Mantaro 川流域にある種々の操業鉱山とそれぞれの鉱山に存在する特有な環境問題を十分理解することである。プロジェクトチームの事前診断期間を通じての主要な活動は以下のとおりである。

- ・ Mantaro 川流域で鉱山操業を行っている全地区の現地視察
- ・ 操業、環境管理の実施及び改善提案に関する情報を得るための、各鉱山の責任者(鉱山長)、環境コーディネーターおよび各会社の代表者との会議
- ・ 各操業鉱山のプレ環境評価(EVAP)と環境適正化計画(PAMA'S)の調査
- ・ その他のレポートや刊行物の調査

合計 18 の鉱業所(17 鉱山と La Oroya 複合製錬所)において、環境問題の評価と実行中または提案中の環境管理の調査が実施された。この事前診断調査が実施された時、これらの内、La Oroya の施設を含む 6 鉱山がセントロミンの所有で、残りの 12 鉱山が個人の所有だった。PAMA'S で計画された内容と関係する会社から提供された書類に、調査地域を訪問した時に入手した情報を加えて、鉱山町での環境問題の厳しさを十分に評価できた。

多くの鉱山地区は Mantaro 川の支流にあって、調査地北方の San Juan 川の近くに位置している Cerro de Pasco 市から南東の Mantaro 川に位置している Cobriza 鉱山まで、直線距離で約 300km 離れている。解析を容易にするために、調査地域は地形的に 3 地区 - 北部 Mantaro、中部 Mantaro、南部 Mantaro - に分割された。文末の図に 3 地区毎の鉱山の相対的な位置が示してあり、第 1 表に水系別の流域に沿って鉱山位置が記載してある。

第 1 表 Mantaro 川流域の鉱山名及び位置

地区名	支流/流域 水系別	期間中に調査された鉱山
北部 Mantaro	San Juan 川/Junín 湖	Cerro de Pasco Colquijirca(El Brocal)
	San José 川/Anticona 川	Huarón Animón
	Mantaro 川	支流の鉱山活動は記述済み
中部 Mantaro	Yauli 川	San Cristóbal と Mahr Túnel 選鉱場 Carahuacra Morococha Austria Duvas Manuelita(Yauli) Anticona(Santa Rita) Calera Cut-Off
	Huari 川	Andaychagua
	Mantaro 川	La Oroya 複合製錬所 支流の鉱山活動は記述済み
南部 Mantaro	Ichu 川	Marta
	Huarpa 川/Urubamba 川	Huachocolpa Recuperada Julcani
	Mantaro 川	Cobriza 支流の鉱山活動は記述済み

各操業鉱山のために入手された環境情報は、「診断調査報告書」(Reporte del Estudio de Diagnóstico)の一部のフォーマットに要約されて発表された。読者はこのフォーマットから、環境管理や汚染コントロールの計画案および/または実行中の試験と同様に、鉱山の歴史、経緯、汚染源の出所とタイプ、大気・水・陸上資源中での影響について容易に全体像を描くことができる。個々の鉱山のために、次の 2 つの総括表が添付された。

## ・一般情報表

環境、地質、埋蔵鉱量、採鉱、選鉱、尾鉱処理、水管理および大気に関する情報からできている。また、水質汚濁の主要な発生源や被害者も特定されている。同様に、平均流量、pH、浮遊物質総量、硫酸塩および特定金属類も確認されている。

## ・環境問題総括表

これらの問題の中でも最も重要なことが総括的に記述されている。個々のケース毎に一般的特徴、環境被害の実状および/または予想される影響について調査され、局部環境や Mantaro 川での各影響について詳細に述べられている。同様に、試験や計画案における解決戦略が要約されており、鉱山活動および/または冶金活動の影響についてのコメントも含まれている。通常、解決戦略は基本的には短期的な環境保全の観点に集中し、閉山に関するような長期的なものではない。

診断調査のなかでは、Mantaro 川とその支流における水質影響評価を特に強調した。水質に関する情報調査によって、Mantaro 川流域の一連の地点で、ペルーと同様世銀によっても設定されている重金属の許容限度を越えていることが明らかにされた。

Junín 湖は、Mantaro 川流域の最上部にあり、その地域で最も重要な環境コンポーネントの一つである。長年にわたって、鉱山から未処理または部分的に処理された流出物の流入を受けてきた。1974年に、その極めて特異な自然の保護と地域の社会的経済的發展に貢献するために、Junín 湖は国家保留地となった。その回復はエネルギー鉱山省とセントロミンの最優先課題となっている。

Mantaro 川流域で開発された鉱山活動に起因する汚染源は、解析を容易にするために次の3グループに分類された。

### 1) 特定汚染源

多くの特定汚染源は、鉱山、廃滓堆積場、捨石堆積場からの酸性排水さらに廃滓堆積場や捨石堆積場からの排水溝での沈殿物、廃滓堆積場からの溢流水(オーバーフロー)および事業廃水を含んでいる。鉱山会社によって実施された過去の調査で、これらの発生源が確認され、定量化されている。さらに、それらの大部分ではそれぞれの PAMA'S に含まれている緩和策が実施されている。しばしば(例えば Kingsmill トンネルの坑内水のように)実施された操業の程度によって配分された責任分担の割合の相違は起こるが、ほとんどの場合汚染源の責任が鉱山側にあることは容易に確認できる。

### 2) 不特定汚染源

不特定汚染源は環境汚染の脅威となる。それらは広範囲にわたるか、不規則な沈殿に関連してお

り、大気中での蓄積、降雨水の流出、地下水の浸透、水流による小川の侵食を含んでいる。特定汚染源は汚染の主要因となっているが、不特定汚染源も環境に著しい影響を与える。それ故、環境保全のあらゆる戦略に考慮しなければならない。

### 3) 危険と潜在的危機要因

Mantaro 川流域の環境への危険をはらむ潜在的危機要因は、燃料と化学薬品の貯蔵庫、廃滓ダム、捨石や廃滓堆積物に由来する酸性排水(DAR:Drenaje Acido de Rocas)の発生および汚染された浸透水の移動を含んでいる。Mantaro 川流域の環境の質を完全に向上させるためには、これらの危険を最小限にしなければならない。Mantaro 川流域の環境を完全に成功裏に回復するためには、特定汚染源と不特定汚染源の削減および汚染源に関係なくすべての環境の危険に立ち向かう必要があることは明白である。

診断調査期間中は、操業鉱山や環境問題の確認に力を入れた。それらは、プロジェクトの次期段階で、各々の特徴に従ってさらに詳細な調査を実施するという助言を正当化するものである。このような背景から次期調査が必要な以下の地区を確認した。

- ・ La Oroya 総合製錬所：気体の放出および溶錬・製錬プラントからの流出物
- ・ Cerro de Pasco：Yanamate 湖へ流れる坑内酸性水や SX-EW プラントからの抽出残物および、Quiulacocha 廃滓堆積場からの酸性排水(DAR)の San Juan 川への放流
- ・ Morococha 地区：Kingsmill トンネル
- ・ Carahuacra ~ San Cristóbal (Huaripampa)：Victoria トンネル
- ・ Carahuacra：廃滓堆積場の安定性
- ・ Huarón と Animón：鉱山排水と廃滓からの沈殿物 ~ オーバーフローに由来した汚染
- ・ Cobriza：廃滓の放出

診断調査レポートの提出後実施された行動計画ワークショップで、これらの地区が論議された。これらの問題地区や行動計画ワークショップ期間中に選ばれた地区は、上述のワークショップ終了後に、プロジェクトチームにより作成されたプロジェクトのアウトラインのテーマに入れられた。

計画の一部として、Mantaro 川流域の鉱山での緩和戦略の実行に対し相対的に進捗状況を検証し、測定するために使用される参考指標に関してリコメンドすることがプロジェクトチームに求められたので、3種類の環境管理の戦略が提出された。

a : 水系毎の流域に重点を置いた見方

Mantaro 川支流の完全な回復を達成するための流域における緩和策の実現を支援する。

b : 水質に重点を置いた見方

特別な使用のための水質目標を達成する回復策の実現を選択する。

c : 負荷軽減に重点を置いた見方

流出物または特殊物質の(排出)基準を遵守する目的を持った回復策の実現を含む。

行動計画ワークショップでこれらの戦略が論議された。ワークショップで発表された情報やプロジェクトチームのメンバーによる経験を基に、負荷軽減に重点をおいた見方が採用された。これには、操業鉱山が、特別地域を基準にした開発計画に基づく流出物の水質基準 / 目標を遵守することが必要である。流入側および / または流出側の水質基準は参考指標として、多くの国で曖昧に使用されている。しかし Mantaro 川流域の場合のように大規模な汚染コントロールが必要な場所では、一般に指標として流出物の水質基準が使用される。

1996 年 1 月にエネルギー鉱山省は規則 RM-011-96-EM-VMM により、ペルーの鉱山操業や選鉱に由来する液体排出物に対して、流出物基準を制定した。この規則で 2 つのリストを作成している。

- ・ 1993 年 5 月以降に鉱山操業が開始されたかまたは 50%以上の割合で拡張された場合 : R.M. の別添 1 に各々の標準規格が明記されている。
- ・ 1993 年 5 月以前に操業が開始された場合 : R.M. の別添 2 に各々の標準規格が明記されている。

1993 年 5 月に鉱山が建設中の場合には別添 2 の標準規格を達成するために(2002 年までの)5 年の猶予が与えられている。この期間が終了後別添 1 を達成するために、さらに 5 年の期間が考慮されている。これらの指標は一般に世銀の環境ガイドラインに一致している。別添 1 と別添 2 に含まれていないが、Mantaro 川流域でコントロールされる必要がある 2 つの重要なパラメーターはカドミウムとマンガンである。プロジェクトチームはカドミウムとマンガンの許容限界濃度をそれぞれ 0.1、3.0mg/l に設定することをリコmendしている。

## B) 行動計画ワークショップ

1997年1月末、診断調査段階の真最中にリマのMEM事務所でワークショップが開催された。この中で、Mantaro川流域にある18の鉱業活動地区の環境保全問題や実施について参加者に説明するために、診断調査結果が発表された。プロジェクトチームの他にMEM、BID、セントロミンやMantaro川流域で操業中の民間鉱山の関係者が多数参加した。

ワークショップの主要な目的の一つは、BID出資によるプロジェクトの後期段階での詳細調査のテーマとなるべき鉱工業の特別環境問題に関し、参加者から意見を聞くことであった。参加者とMEM、BID、セントロミンの代表者で形成されたプロジェクト調整委員会の討論の後、プロジェクトチームとの会合が持たれ、同チームが詳細調査を実施する地区の選定を行い、ノルウェーの地質構造と地球化学の専門家の管理によって世銀の資金で実施される活動を決定した。

ワークショップの結果を第2表に示す。表はMEMへの援助を3項目に分類してある。

第2表 行動計画ワークショップの結果

プロジェクトの概要 SIMONS-BIDプロジェクト	援助 SIMONS-BIDプロジェクト	ノルウェー専門家 地質構造/地球化学
Quiulacocha 廃滓 Excélsior 捨石堆積物	Huarón/Animón 排水	Carahuacra 廃滓のDARと安定化
Kingsmill トンネル坑内水	Cerro de Pasco Yanamate 湖	Mahr Túnel 廃滓のDARと安定化
Victoria トンネル坑内水	休廃止鉱山	Julcani 廃滓のDARと安定化
La Oroya 三酸化砒素堆積物	Junín 湖の回復	La Oroya の鉱滓(スラッグ)
La Oroya のシンクワイト	ノルウェー環境専門家 による管理	La Oroya の溝の修復
Huascacocha 廃滓処理		Cobriza の沈降と廃滓

DAR : Drenaje ácido de rocas(岩石からの酸性排水)

プロジェクトチームはプロジェクトのアウトライン作成、つまり第1列に含まれる地区における概念的エンジニアリング調査とプレ・フィージビリティ調査を実現するプロジェクトに関与した。同チームは第2列で列挙された作業も担当したが、第1列ほど消耗するものでなかった。第3列はノルウェーの専門家に割り当てられ、地質構造的、地球化学的問題のある地区を含んでいる。

第2表には極めて重要な2つの環境問題、La Oroyaの複合製錬所からの流出物及び排気については含まれていない。優先リストの中に含まれていない主な理由は、両方とも既に1997年4月の民営化のために計画されていたからである。移管後、新事業主が設備の生産性向上とプラント内の操業の改善を目指した大きな変革を約束し、さらに率先して溶錬・製錬の操業を近代化することが

予想された。このような状況だったので、将来の事業主が操業を近代化しようとする計画を把握せずにプロジェクトチームが排気や流出物の処理を指導しようとする努力しても、時間の損失を招いたり業務を十分に実施できない恐れがあったため、上記時間と努力を他の問題に取り組むために振り分けた。

### C) プロジェクトの戦略とアウトライン決定のワークショップ

プロジェクトのアウトラインを作成するために、プロジェクトチームは問題があるとされた地区のそれぞれの環境オプションについて分析しながら、概念的エンジニアリング調査とプレ・フィージビリティ調査を実施した。概念的エンジニアリング設計は、技術的、経済的フィージビリティを分析しながら、各地区で利用できる環境保全プロセスを定義し、コスト見積もりを作成した。

発表されたプロジェクトのアウトライン毎に含まれる情報は、解析された地区に影響を及ぼした特殊問題によって変化するが、一般に以下の事項を含んでいる。

- ・一般的な廃棄物の特徴、物理的背景、影響等を含む環境問題の記載
- ・鉱山のオペレータによって施行された、環境問題のコントロールまたは緩和を目的とする開発プログラムの記載
- ・プロジェクトチームによって検討された解決策オプションの記載
- ・問題の現状を図解説明した地域図
- ・提案されたより良い環境を達成するための活動が実施可能な場所を示したデザイン/デッサン
- ・提案された環境管理オプションの機能を示すデザイン/デッサン、流出物処理設備の概念的エンジニアリングデザイン、工程フローシート、固体と液体のバランスおよび装置のリスト
- ・操業コスト情報および環境管理オプションの資金に関する情報
- ・オプションの検討結果として予想された社会的、環境的効果に関する情報
- ・地区毎のオプションの比較
- ・より良いオプションとその効果についての議論

実行可能なリストに基づいて、以下のオプションが選択された。

#### 1) Cerro de Pasco の Exélsior 捨石堆積場、Quiulacocha の廃滓堆積場と流出物処理

a : Exélsior 捨石堆積場と Quiulacocha 廃滓堆積場

- ・捨石堆積場と廃滓堆積場のドライカバー(乾式被覆)
- ・捨石堆積場のドライカバーと廃滓堆積場の浸水(湿式被覆)

b : Quiulacocha の溢流水処理

- ・ 溢流水とプラントからの廃滓を調合し、pH を 9.5 に上げ Ocroyoc 廃滓堆積場で処理する。
- ・ 溢流水と SX-EW プラントからの抽出残物および残留溶液を調合し、引き続き SX-EW プラントに隣接したメカニックプラントで処理する。
- ・ 溢流水と SX-EW プラントからの抽出残物および鉱山からの残留溶液を調合し、引き続き Quiulacocha の廃滓堆積場の最上部にある沈殿池で処理する。

c : SX-EW プラントからの抽出残物処理および Yanamate 湖への残留溶液の放流

- ・ SX-EW プラント設備に隣接するメカニックプラントで両者を混合処理し、Quiulacocha 廃滓堆積場に建設された沈殿槽で殿物を除去する。
- ・ 混合物を Quiulacocha 廃滓堆積場へポンプアップし、廃滓堆積場の地表部に建設された沈殿池で処理する。

2) La Oroya (Vado 及び Malpaso) の三酸化砒素堆積物

- ・ 滲出(リーチング)液回収システム(現地で全てカプセル化)を備えた、技術設計されたコーティング施設で抽出し保管する。
- ・ 上部に水がある水圧式障壁(現地で被覆)を備えた、特殊設計のカバーを建設する。

3) Victoria トンネルの坑内水処理

- ・ 選鉱場内に pH を 7.0 か 9.5 (2つのオプション)にする含高濃度殿物水の処理プラントを建設する。殿物は、廃滓と一緒に Carahuacra 堆積場で処理される。
- ・ 坑内水に石灰を注入した後、清澄装置で固形物を分離。殿物は選鉱場へ送られ処理されるか Carahuacra 堆積場で廃滓と一緒に処理される。
- ・ 坑内水に石灰を注入し沈殿池で固形物を分離し Carahuacra 廃滓堆積場へ送られる。

4) Kingsmill トンネルの坑内水処理

- ・ 選鉱場内に pH を 7.0 か 9.5 (2つのオプション)にする含高濃度殿物水の処理プラントを建設する。殿物は、Mahr Túnel の廃滓堆積場で処理されるか選鉱場に隣接する倉庫に貯蔵される。
- ・ Kingsmill トンネルの坑内水に石灰を注入し、その後プラント外にある沈殿池で処理される。固形物は機械的な方法で除去され、Mahr Túnel の廃滓堆積場か固形物永久貯蔵庫にトラックで輸送される。

#### 5) Huascacocha 廃滓処分場の閉鎖

- ・効果を得るために廃滓を Huascacocha 湖のさらに深部へ移動させ、恒久的に水で被覆する。
- ・Huascacocha 湖の堤防の嵩上げにより、廃滓場を浸水状態に維持する。
- ・その地区の建設材を使用し、エンジニアリング設計されたドライカバーを設置する。周囲の地形に調和した景色となるように、事前に廃滓の集積に適切な形状または傾斜を与える。
- ・エンジニアリング設計されたドライカバーを設置しながら、廃滓を再配置する。

#### 6) ジンクフェライト(赤カス)堆積物 - La Oroya

##### a : 残さ(渣)の貯蔵

- ・エンジニアリング設計されたカバーを建設する。また、水と貯蔵廃棄物が相互作用を起こさないように誘導水路および分離壁を設置する。
- ・メタルの回収処理がされるまでの残さ堆積物の上部を一時的にカバーで被覆する。

##### b : 水処理(溢流水と浸透水)

- ・溢流水と浸透水を集水し、石灰を注入し、現地で清澄装置を使って処理する。
- ・溢流水と浸透水を集水し、溶錬所にポンプで送水し、溶錬工程で発生した流出物と一緒に処理する。
- ・溶錬所でのジンクフェライト(赤カス)パルプに石灰を注入し、その後 Huanchán 地区の貯蔵所で処理する。

各々の地区で考察された環境管理のオプション毎に定性的な評価が実施された。さらに好都合なオプションの評価と選定は、環境管理のオプションごとに特典を与えたり、評価で考慮される要素毎に重みを加えながら、解析基準や決定基準に基づいて実施された。

第3表の最初の列に各地区毎に都合の良いオプションが要約してある。表に示された情報は、プロジェクトチーム以外の評価や、戦略決定ワークショップに参加した人によって提出された情報も考慮してある。

第3表の第5列は、各地区毎に好都合なオプションを実施する目的で、プロジェクトチームが作成した参考項目(TDR)の各段階に一致している。これらの参考項目は別々の報告書として作成され、同じ物がこのレポートの“参考項目”の欄に要約されている。

第3表 戦略決定ワークショップの結果

リコメンド地区と解決案	費用 (百万 US ドル)	環境への効果	他の要素	参考項目
Cerro de Pasco : Quiulacocha の溢流水と Paragsha、Expedito 廃滓を混合し、石灰で pH を 9.5 に上げ Ocroyoc 廃滓堆積場に放流。	仁シャルコスト 0.18 年間経費 0.95	Quiulacocha の流出物は廃滓と一緒に Ocroyoc へ放流、Ocroyoc からさらに放流する場合には水質を向上させ、ペルーの排出基準を達成する。 San Juan 川や Junin 湖の水質向上。	もし Junin 湖の全面回復が効果的に実行されれば重要なステップ。	詳細設計、建設のフェーズのために準備。
Excélsior の捨石は被覆、Quiulacocha の廃滓は浸水、DAR は捨石場付近で回収。	仁シャルコスト 33.6 年間経費 0.03	DAR の削減、流出物の質的向上、長期間の回復、流出物の量の削減。	もし Junin 湖の全面回復が効果的に実行されれば重要なステップ。	プレリミナリー設計、詳細設計、建設のために準備。
La Oroya : Vado と Malpaso の三酸化砒素廃棄物の被覆。	仁シャルコスト 2.82 年間経費 0.01	滲出液の質的向上、汚染溶液量の削減、風で運ばれた汚染物質のコントロール、長期間の回復。	廃棄物から少量の砒素を回収し、使用できる可能性が僅かにある。	プレリミナリー設計、詳細設計、建設のために準備。
Victoria トンネル坑内水 : 清澄装置、又は沈殿槽を使用した坑内水処理。	清澄装置 仁シャルコスト 3.8 年間経費 pH 7.0 0.76 pH 9.5 2.45 沈殿槽 仁シャルコスト 2.7 年間経費 pH 7.0 0.75 pH 9.5 2.76	・ pH 9.5 : ペルーの水質基準をクリアし、Yauli 川の水質向上。  ・ pH 7.0 : 無処理で現状の流出物の質が向上するが、ペルーの排出基準はクリアしない。	Yauli 川の水質は他鉱山の流出物の排水によっても影響を受ける。pH の試験操作の段階には環境的、経済的展望からの見直しが必要。処分可能な土地があれば処理案を決定するのに有利。	2 つの処理オプションのフィージビリティ・スタディ、2 条件の pH 操作、引き続いてプレリミナリー設計、詳細設計および建設のために準備。
Kingsmill トンネルの坑内水 : 外部での沈殿池、又はメカニックプラントを使用した坑内水処理。	沈殿池 仁シャルコスト 5.8 年間経費 pH 7.0 2.51 pH 9.5 5.14 メカニックプラント 仁シャルコスト 13.8 年間経費 pH 7.0 2.77 pH 9.5 4.69	・ pH 9.5 : ペルーの排出基準をクリアし、Yauli 川の水質向上。  ・ pH 7.0 : 無処理で現状の流出物の質が向上するが、ペルーの排出基準はクリアしない。	Yauli 川の水質は他鉱山の流出物の排水によっても影響を受ける。pH の試験操作の段階には環境的、経済的展望からの見直しが必要。処分可能な土地は有利条件とならない。	2 つの処理オプションのフィージビリティ・スタディ、2 条件の pH 操作、引き続いてプレリミナリー設計、詳細設計および建設のために準備。

Huascacocha 廃滓堆積場： 廃滓ダムを嵩上げし廃滓処理場を湿式被覆。	仁シャルコスト 年間経費 3.5 低い	DAR 問題の回避、長期間の解決（閉塞）、湖や Yauli 川下流の水質向上。	将来リマへの水供給として湖の水が使用できる。 水力発電所の操業は影響すると思われる。 民衆が解決策を受け入れることが重要。	全オプションの社会的、環境影響評価を実施する必要がある。その後助言されたオプションのプレリミナリー設計、詳細設計および建設（現時点ではダムを嵩上げする湿式被覆が最良）。
La Oroya の赤カス堆積物： 永久閉塞。	仁シャルコスト 年間経費 7.10 0.04	Mantaro 川へ放流する溶液量の削減、放流溶液の質的向上、Mantaro 川の水質向上。	より良いオプションは再処理と流出物の詳細な調査結果（滲出液を処理するオプション）に関して技術的経済的に考慮しているかどうかによる。	赤カス再処理のフィージビリティ調査の後、プレリミナリー設計、詳細設計および建設のために参考項目が準備される。
再処理と一時閉塞	仁シャルコスト 年間経費 7.26 0.04	Mantaro 川へ放流する溶液量の削減、放流溶液の質的向上、Mantaro 川の水質向上。	より良いオプションは処理と流出物の詳細な調査結果（滲出液を処理するオプション）に関して技術的経済的に考慮しているかどうかによる。	赤カス再処理のフィージビリティ調査の後、プレリミナリー設計、詳細設計および建設のために参考項目が準備される。

#### D) 参考項目

プロジェクトチームの最後の仕事は、選択された環境管理のオプションを次のフェーズで実行するために参考項目を作成することであった。

- ・ Cerro de Pasco における参考項目事項：

Excelsior 捨石堆積場のカバーのプレリミナリー設計、詳細設計、建設。Quiulacocha 廃滓堆積場の浸水、ストックパイル周辺の DAR(岩石からの酸性排水)の回収。Quiulacocha 流出物を収集しポンプアップし、Ocroyoc 廃滓堆積場で処理するための詳細設計と必要なすべての施設の建設。

- ・ La Oroya(Vado および Malpaso)における三酸化砒素堆積物のための参考項目事項：

捨石堆積場カバーのプレリミナリー設計、詳細設計および建設。

- ・ Victoria および Kingsmill トンネルからの坑内水放流のための参考項目事項：

操業での pH に関する代替案を含む 2 つの設計オプションのフィージビリティ・スタディ。得られた解析結果に基づいて選択されたオプションのプレリミナリー設計、詳細設計および建設。

- ・ Huascacocha 湖における廃滓処分場のための参考項目事項：

リマへの水の供給源として湖を使用するために、長年の関心を考慮した湖回復のための様々な選択の社会的影響および環境影響評価。得られた解析結果に基づいて選択されたオプションのプレリミナリー設計、詳細設計および建設。

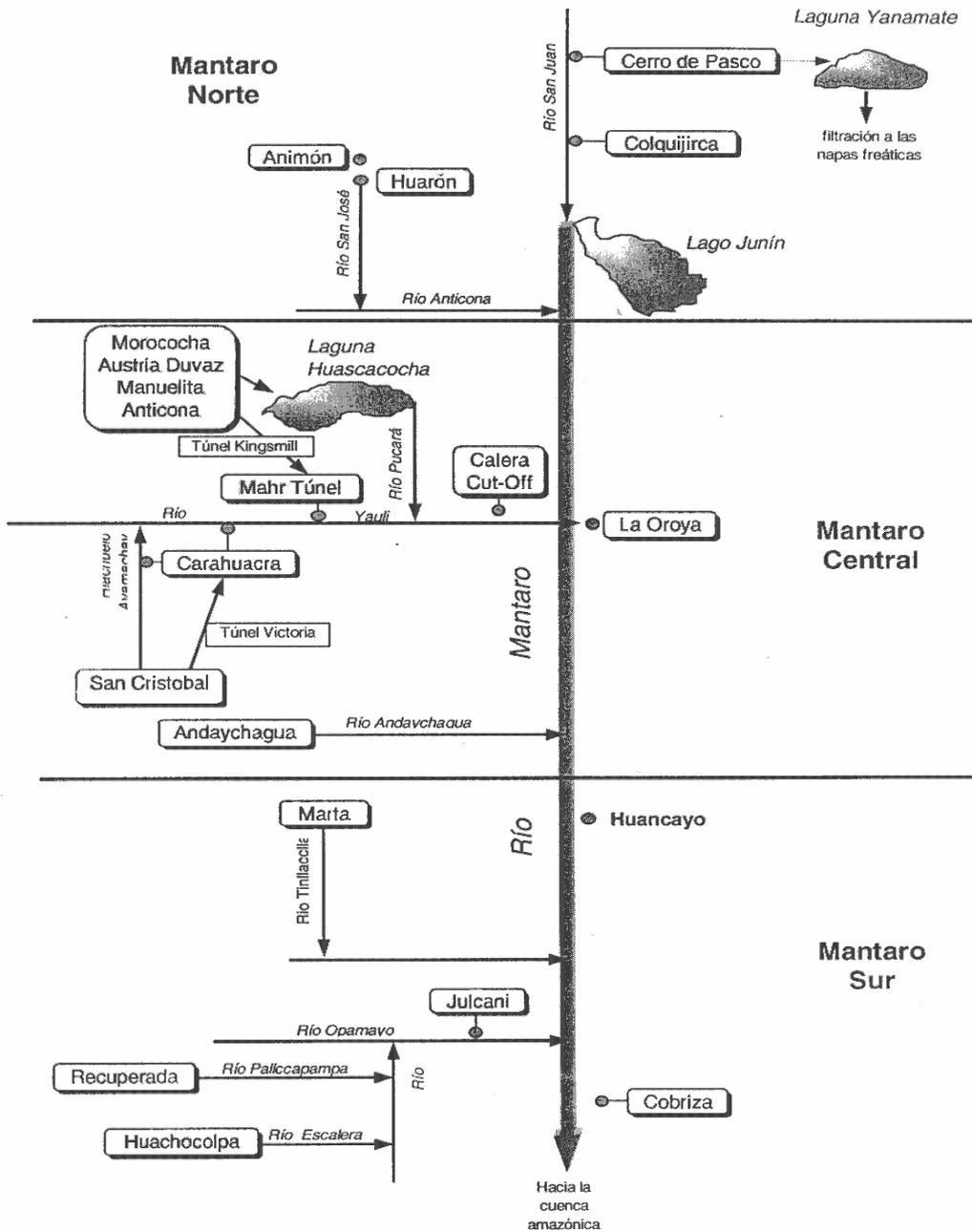
- ・ それぞれの調査によって La Oroya のジंकフェライト(赤カス)再処理の技術的、経済的フィージビリティが決定した後の環境問題解決のための参考項目事項：

2 つのオプションのプレリミナリー設計、詳細設計および建設。ジंकフェライト堆積物の恒久的閉塞オプションおよび再処理のための一時的閉塞オプション。両オプションはジंकフェライト堆積物から由来した流出物(滲出溶液)処理プラントの設計と建設を含む。

上記に述べた参考項目に加えてプロジェクトチームは以下の活動の参考項目を作成した。

- ・ 環境保全に関連する分野または手続きに関する組織改善、法枠改善、エネルギー鉱山省の制度強化の改善。

- “Mantaro 川流域の鉱山活動による環境コントロール” “戦略決定ワークショップ最終レポート” および “プロジェクトのアウトライン” の報告書に含まれているリコメンデーション実行のための活動プランの実現。
- Yanamate 湖へ向かう SX-EW プラントの残物と坑内水の影響解明調査。



Mantaro 川流域の水系別鉱山分布概略図

## ) SANTA 川流域の環境評価調査概要(抜粋)

ペルーの主要 4 流域(Santa、Mosana、Pativilca、Huaura 川)での環境評価最終調査概要

ペルー・エネルギー鉱山省

### はじめに

ペルーは伝統的な鉱業国であり、国の輸出額の 40～50%は鉱産物に依存している。世界の鉱産国の中では亜鉛、銀、錫はトップレベルに、鉛、銅、金はセカンドレベルにある。鉱物学的多様性と複雑さによってペルーにはあらゆる種類の金属鉱物が賦存するといえる。さらに、採掘されていない非金属資源もある。

最近の 5 年間はグローバル経済と投資への開始の時期にあり、鉱業のあらゆる段階で国内外からの民間投資が行われている。今世紀の終わりには、現在実施されている多くのプロジェクトが鉱山・製錬操業を開始しようとしている。また、操業を再構築し拡張段階にある中小規模鉱山と選鉱場が多くある。

### 経緯

ペルーでの民間投資の促進策に関係した法令 757 は、それぞれの生産部門(鉱業、漁業、工業等)での環境コントロールに関する規則を取り決めている。

鉱業のために、特別に大統領令 016-93-EM と 059-93-EM D.S.の規則が発表された。同様に 1996 年の初めに、鉱山・製錬会社の環境適正化計画(PAMA'S)を規準化させるように、液体とガス放出物に対し排出許容限界濃度(Limites Maximos Permisibles de Emisión : LMP)が発表された。

### 流域調査の重要性

鉱業活動がもたらす極めて重要な汚染は、無機汚染といわれている。これは鉱山・製錬操業から排出されるあらゆる種類の流出物中の溶解金属元素である。この意味で、一つまたはそれ以上の川の流域は、最終的に汚染された流出物が到達する場所となる。金属汚染レベルはいつも変化に富み、河川生息動物相に多大な脅威となる重大な汚染源となっている。

ペルー政府は、エネルギー鉱山省(MEM)を通じて流域に操業鉱山・設備を持つ鉱山企業に PAMA'S を、また、探鉱プロジェクトを有する企業に対しては環境影響評価(EIA)を体系化するよう指示を出した。この重要な部門は、汚染コントロールを重視している。それぞれの緩和策を通して汚染の軽減・除去を提起するためには、他の不法な小規模鉱山活動、または廃止鉱山に由来する汚染が流

域に付加されていることも配慮する必要がある。それぞれが連携して汚染の軽減に取り組むためには、流域の鉱害を定量化することが、流域に流入する他の汚染を知ることにもなる。主として有機汚染が、地区内にある町や村から発生し川に流入している。

追求される目的は、上記流域の本来の汚染要素による影響を最小化しながら、汚染源を削減・除去することである。この調査は、将来の汚染物質による影響を防ぐために、上記流域での自然的特性(地形学、地質学、鉱物学、水文学等)をより深く分析することも含んでいる。

## Santa 川流域における鉱害を軽減・除去するための環境評価調査及び企画調査(実施概要)

### 実施業務の目的と記載

調査目的は、コスト評価及びこれらの鉱山環境適正化計画を含む個別プロジェクトを概念的レベルで作成しながら、流域の鉱山環境適正化計画のガイドラインを制定することで、過去と現在の鉱山活動で汚染された Santa 川流域の環境評価(La Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río Santa)に関係している。

### 位置と特性

Santa 川流域はペルー北海岸の太平洋側斜面に位置しており、流域面積は 14,954m<sup>2</sup> である。行政的には Ancash 県に位置し、Bolognesi、Recuay、Huaraz、Carhuaz、Yungay、Huaylas、Corongo、Pallasca、Santa 各郡及び Libertad 県の Santiago de Chuco、Huamachuco 各郡の全体、または一部を含んでいる。地理学的には、南緯 10°08' と 8°04' 間、西経 78°38' と 77°12' 間にある。標高は、海面から西アンデス山脈の頂上線まで、高い所は海拔 4,000m 以上あり、Marañon 川と Santa 川流域の分水嶺を形成している。最高地点は標高 6,768m(Nevado Huascarán Sur) である。

流域の一般的な地形は極めて起伏に富んでおり、奥深く長く伸びた水系に沿う盆地と屹立した峡谷を持っている。Santa 川は水源から河口まで全長約 316km で、平均勾配は 1.4%を示すが、Cedro 谷と Quitarasca 谷の出口のいわゆる “Cañon del Pato(パト峡谷)” の 13km の区間では、勾配はさらに大きくなって 4%になる。川は水源から大部分が Cordillera Blanca と Cordillera Negra の地質構造による谷を流れている。

Santa 川の河川水は、上流域の降雨と Cordillera Blanca の雪解け水である。渇水期でも十分な水量を維持している。ペルーの海岸域の河川としては平均的な河川の一つである。Puente Carretera の気象観測所で計った 1943～1970 年の年間平均流量は、142.73m<sup>3</sup>/s である。1 日当たりの最高流量は 1932 年 2 月 20 日の 1,500m<sup>3</sup>/s で、最低流量は 1968 年 7 月 12 日に 21.20m<sup>3</sup>/s を記録している。

## 流域の集落

下流域や谷間にある集落は典型的な市町村で、Chimbote、Santa、Casma と Huarney の町に集中している。これらの地区はその他の海岸の町と同様、主に村から町への移住現象によって人口の増加率が高い。移住現象は町で経済社会的な複合問題を発生させるが、経済社会的な問題の分析は本調査とは別である。上流域の集落は、中央アンデスにおける他の谷間のように、多くは農用地に配置され、これらの集落における経済活動の中心は農業である。

地理学的に流域は、下流域(または湿地流域)と上流域(または谷間)の 2 つの地域に分けられる。上流域では Cátac、Ticapampa、Recuay、Huaraz、Jangas、Tarica、Yungar、Pariahuanca、Anta、Carhuaz、Mancos、Yungay、Caraz、Huallanca、Chuquicara、Corongo、Pallasca、Cabana、Conchucos 等の重要な町がある。

## 流域の農業用地

農業用地は Santa 川に沿って分布しており、最も開拓された地域は海岸側の谷である。高地および中間部では、主に谷や支流の水または一部湧水を灌漑に利用している。低い土地と川の近くにある土地では、無数の小さい取水による灌漑も行われている。Santa 川流域では、灌漑によって総面積 47,807ha が耕作されており、1 年間に平均 617.15 百万 m<sup>3</sup> の水を使用している。上記面積の内 6,516ha は海岸側の谷にあり、338.987 百万 m<sup>3</sup> の水を使用している。41,292ha の農用地は “ Callejón de Huaylas ” と呼ばれる谷に沿っており 278.17 百万 m<sup>3</sup> の水を使用している。

## パラメータの特徴

### 気象

#### a) 降水量

Santa 川流域の年間降水量は、太平洋近くの海岸での数 mm というものから降水量が顕著に変化する地区での年平均 1,200mm まで大きく変化する。Catac と Tablachaca の鉱山地域では、年間で 1,400mm の降水量を記録している。水文学的サイクルでの時間的変化は、毎月の降水量には著しい変化があって、降水量の 80%が 12 月から 3 月までの期間に集中する。

#### b) 気温

降水量と同じように、気温についても、その独特な変化は標高のファクターに関連している。Santa 川流域内で実施された ONERN の調査により、年間平均気温は海岸の 20 から最も高い所の 6 まで変化する。または、これらの温度の範囲内で、流域内の標高ごとに特有な温度を示す。

### c) 相対湿度

一般的には、相対湿度は海岸(Coasta)81%、アンデス山岳部(Sierra)61%で前者がより高い。同様に、海岸では冬に湿度が高く、アンデスでは夏に湿度が高い。一方、海岸では1年を通じ相対湿度は一定であるが、アンデスでは変化が大きい。

## 地質

流域の広域的な地質は、一連の堆積岩類、火山岩類、貫入岩類から成り、その年代は上部ジュラ紀から現世まで変化する。一般に第四紀堆積物は、それ以前の地層岩石を被覆しており、大部分が下流域、Santa川の扇状地および海岸のパンパに見られる。中流域や上流域には、これらの堆積物が河川や高原及び山脈中の谷からの扇状地を形成している。その起源によって、風成層、河岸段丘堆積物、沖積層、海成層、氷河堆積物、崩積堆積物に分けられる。

## 地形

Santa川流域は太平洋の斜面にあつて、Libertad県とAncash県の海岸およびアンデスの区間を含む。西から東まで地形的に以下の3単元に分けられる。

- ・海岸パンパ(Pampas Costaneras)
- ・アンデスの西側(Flanco occidental de los Andes)
- ・アルティプラノ(Altiplano)

## 地震

過去の資料解析によると、この流域にダメージを与えた重要な地震は海岸で発生している。また、約400年間にこの地域で起こった地震の最高震度はマグニチュード6~7であった。

## 生物圏と生態形成の確認

既往調査結果や本地域で実施された調査、特にINRENA(国立天然資源協会)とLeslie R.Holdridgenoの世界生物圏分類システムを基本にして、太平洋の河口からアンデスの頂上境界線までのSanta川流域14区域で生物圏を確認し、これらを簡単に記載できるように5つの生態群にグループ分けした。

### a) 生物圏

(和訳は参考まで)

Desierto desecado Subtropical 亜熱帯性乾燥砂漠

Desierto preárido Montano bajo subtropical 亜熱帯性低山岳乾燥砂漠

Matorral desértico Montano bajo subtropical 亜熱帯性低山岳砂漠性草地

Desierto superárido Premontano tropical 熱帯性低地極乾燥砂漠  
Desierto preárido Premontano tropical 熱帯性低地乾燥砂漠  
Matorral desértico Montano bajo tropical 熱帯性低山岳砂漠性草地  
Matorral desértico Premontano tropical 熱帯性低地砂漠性草地  
Monte espinoso Premontano tropical 熱帯性低地有刺低木林  
Estepa espinosa Montano bajo tropical 熱帯性低山岳有刺植物ステップ(荒地)  
Estepa Montano tropical 熱帯性山岳ステップ(荒地)  
Páramo muy húmedo Subalpino tropical 熱帯性亜高山多湿潤草原地帯  
Bosque húmedo Montano tropical 熱帯性山岳湿潤森林地帯  
Bosque muy húmedo Montano tropical 熱帯性山岳多湿潤森林地帯  
Páramo pluvial Subalpino tropical 熱帯性亜高山多雨草原地帯

b) 生態群

(和訳は参考まで)

Desierto Premontano 低地砂漠  
Matorral desértico Premontano 低地砂漠性草地  
Estepa espinosa Premontano 低地有刺植物ステップ(荒地)  
Pradera húmeda Montano 山岳湿潤草原  
Pradera muy húmeda Montano 山岳多湿潤草原

Santa 川流域の鉱山活動

鉱山に起因する環境汚染源の検証

今世紀の初めから Santa 川流域で活発な鉱業活動が行われてきた。非常に高品位の鉱石が存在する小規模鉱業地であったため、鉱山銀行(Banco Minero)は、隣接鉱山から運ばれた鉱石を処理するために選鉱場を建設した。想像できるように、多くの鉱山の廃滓はそれぞれの堆積場で処分された。10~20年前から、コスト高、不適切な税金の徴収、最良の精鉱を獲得できない鉱物の複雑さ等の理由で小規模鉱業の衰退が始まり、それぞれの小規模鉱山は、現在では放棄されたか停止したままである。

鉱山活動の種類

多金属鉱床を対象とした零細鉱山や小規模鉱山が鉱山活動の重要な部分を演じており、これらの鉱山や選鉱場は1日当たり数10tから100tまたは200tの鉱石を生産、処理している。一般に鉱物は様々な幅の鉱脈から採掘され、鉱量は少ないが高品位である。選鉱は浮遊選鉱が採用されており、個人の小規模選鉱場か第三者の選鉱場で実施されている。

他の重要な鉱山活動は砂金採取である。一般に金の濃集は低いが、処理量や処理し易さから経済的回収がなされている。この採掘活動のある部分は違法であり、Tablachaca 流域でも確認されている。ここでの回収方式は、アマルガムを作るために水銀を使用し、その後メタルの金を得るためアマルガムを揮発させるものである。

最後に、その他の特徴として無煙炭の採炭と処理があり、鉱山は断続的に操業している。また、タングステン鉱物が存在し、基本的な選鉱方式は重力選鉱である。

#### 流域における鉱山活動と汚染源の分布

現場での調査業務の一部として、流域の鉱山に起因する汚染源を詳細に検証する作業が実施された。下表に坑道、廃滓堆積場を有する選鉱場、自然排水のリストを示す。

鉱山		選鉱場	
操業中	休廃止	操業中	休止中
Garroza	Pushaquilca	Jangas	Alianza
Toma la Mano	El Triunfo	Mesapata	Santo Toribio
Condormina	La Florida	Patay	Huancapetí
Arequipa	Santo Toribio	Pasto Bueno	Chahuapampa
Santón	Zoila	Nueva California	El Mojón
Nueva	San Salvador	La Romina	Santón
California	La Calgada		Pushaquilca
Magistral	Mongol		Tungsteno
Pararrayo	Apachica		Peruana
	Diez Hermanos		Gran Bretaña
	Madre de Dios		Pelayo y Leoncio
	Santa Elenita		Virgen del Pilar
	Nivel tres		Santa Elenita
	San Julio		Montecristo
	Magistral SMRL		
	Mayacuyán		
自然排水			
Olleros			
La Pampa			
Pallasca			
Aguas Termales Chancos			
Aguas Termales La Pampa			
Aguas Termales Tablachaca			

#### 現場業務

##### 目的

CESEL-TRC ENVIRONMENTAL SOLUTIONS, INC が実施した現場での業務目的は、基本的に下記の調査項目を実施し、各種情報データを得ることである。

- ・ 鉱山に起因する環境汚染源の位置の確認。特に廃止鉱山と放棄堆積場。
- ・ 地表水の汚染源に起因する汚染負荷に関する要素の決定。
- ・ 等高線による特徴づけと汚染水の影響を受けた地区の土壌サンプリング。これは耕作地における環境影響の質的特徴を決定する。
- ・ 鉱床採掘による水汚染に影響されやすい地区での代表的植物のサンプリング。これは葉を分析して化学的な特徴を決定する。
- ・ 復旧対策を計画するための手助けとなる情報データの入手。

#### 地表水の水質(環境基準値を超過)

Santa 川流域にある各鉱山地区の無機質汚染の負荷(寄与)レベルを知る最も正確で信頼できるデータは、鉱山起源の汚染の指示元素である金属元素と非金属元素のいわゆる負荷バランスである。よく知られているように、負荷バランスは添加である。ある地点での含有量と川に沿って決められた加担者の含有量を集計し、下流の次の地点で再集計できる。新しい地点での試料はバランスの閉鎖を評価できる。この方法は、さらに汚れのない支流による希釈効果があったとしても、金属負荷の真の負荷(寄与)量を確認することが可能である。方法論として、各試料に含まれる元素の化学分析だけでなく各流水の容量も必要であるが、実際の状況に適用するには非常に困難である。しかし、選択された緩和策の実行により金属含有量の変化(減少)を明確にする目的で、ある決まった時間に川の負荷バランスを測定することを提言する。

Santa 川流域での目標のために以下に負荷バランスを示す。

#### ・ 硫酸塩(SO<sub>4</sub>)バランス

溶液中にこの陰イオンが検出されれば、自然による風化現象または鉱山の採掘活動の影響によって酸化された硫化鉱物が最初に存在したことを示している。この成分は pH 値の広い範囲で非常に安定している。

Santa 川での特別な場合として、下表に示すように鉱山の影響範囲内で、全ての川の流れに沿ってこの陰イオンが増加しているという明白な事実を示している。

Callejón de Huaylas の Santa 川の流れに沿う硫酸塩の負荷			
測点	流量 (m <sup>3</sup> /s)	濃度 SO <sub>4</sub> =(mg/l)	負荷 (kg/日)
1	2.1	5.8	1,052
5	3.2	8.3	2,303
7	21.0	13.6	24,693
11	45.0	27.7	107,542
14	48.0	36.2	150,253
16	11.0	62.9	59,780

Santa 川の硫酸塩負荷のベースラインは約 1,000kg/日である。この陰イオンの含有量が急上昇するのは、測点 5 と 7 の間の区間で Ollerros 地区の自然風化と Santo Toribio 鉱山の影響による。その後は測点 7 と 11 の間で温泉の自然活動に起因する(恐らく川に流入する地下水の存在がある)。測点 7 と 11 の間の負荷が増加するのは、この区間で Santa 川に合流する Manta 川による。一方、Tablashaca 川流域は、Pallasca の“地滑り”とおそらく地下水による流入を伴う温泉活動のため負荷が高い。これらの全てが全負荷の結果を導いている。その後 Santa 川と Tablachaca 川の合流点からは約 210,000kg/日となる。

#### ・鉄バランス

この金属元素は水質に関する排出許容限界濃度(LMP)の第3クラスの許容限界濃度を超過している。この元素の負荷バランスを評価すると、鉱山活動からの正味の生産物として全含有量は Tablachaca 川への流入前が 2,500~3,000kg/日で、Tablachaca 川は約 1,500~2,000kg/日を負荷(寄与)している。これらの全てから鉱山活動により 4,000~5,000kg/日の鉄が含まれ、合計では約 12,000kg/日が関与している。たとえ鉱山活動の生産物として除去(または軽減)して鉄のレベルをさらに低いレベルにしたとしても、まだ 1~1.5mg/l の鉄の残留物が残される。このことから、地下水の自然活動や目に見える又は目に見えない温泉活動が Santa 川に重大な負荷(寄与)を与えていると結論づけられる。

#### ・亜鉛バランス

この元素はおよそ 800kg/日の金属負荷を示しているが、軽減対策によって 40~50%に減少でき、許容レベル内になる。

・その他の金属元素の負荷は次のとおりであり、これらの元素は計画された軽減策によって著しく減少する。

銅：50kg/日

鉛：400kg/日

砒素：200kg/日

マンガン：3,500kg/日

同様に pH には特徴があり、全流域でほぼ一定の pH を維持し、Tablachaca 川との合流点の後では一般に 7.5~7.6 の値を示す。このことは異なった支流や流出物の流入により酸性度が上昇するのを防止する顕著な中和能力を有していることを示している。

## 汚染の減少

流域での汚染とリスクを徐々に減らすことを目指す環境管理計画があることはすでに述べた。重要な目的は、水の一般法にある第3クラスの水質(農作業で使用できる No.14 項目)を短期間で獲得し、許容限界値を保証することである。

短期計画のため、第1コントロールレベルと呼ばれる設計を基にした概念的設計を提案する。これは汚染を60%から70%のオーダーで減少させるために適合した緩和策である。その時期の第1レベル対策の評価によって、もし第2レベルの補完対策を適用する必要があるれば最初に計画した目的は得られないだろう。

## 環境管理計画

鉱山活動によって永年にわたって蓄積された汚染とリスクを徐々に減少する目的の環境管理計画は、流域の適正化計画またはPAMA'S(環境適正化計画)と同種のものである。この計画には、種々の状況で実行されなければならない緩和策と、緩和策の効率を確認するためのモニタリング計画が記述してある。

## 流域を復旧または軽減するための計画

検証された様々な汚染源を考慮に入れ、排出許容限界濃度(LMP)内となる水質(水の一般法の第3クラス)を得るため、下表に示す軽減計画がある。

Santa 川流域のために計画されたプロジェクト					
番号	プロジェクト名	見積資金 (US ドル)	汚染への寄与	汚染軽減対策	優先順
1	Alianza 廃滓堆積場の回復	495,347	浸食による固形物は不明。 崩壊の危険。	崩壊の危険の除去。 固形物の搬出。	1
2	Santo Toribio 廃滓堆積場の回復	42,279	浸食による固形物は不明。 崩壊の危険。	崩壊の危険の除去。 固形物の搬出。	1
3	Pushaquilca 主要坑道の閉塞	45,000	Fe、Cu の高い含有量による汚染。	溶解金属汚染の除去。	1
4	El Triunfo 鉱山の坑道閉塞	45,000	Fe、Cu、硫酸塩、pH による汚染。	Santa 川に排出される汚染水の除去。	1
流域における軽減経費見積もり					
廃滓			1,262,769 US ドル		
廃石			1,350,057 US ドル		
坑道			2,520,000 US ドル		
			計 5,132,826 US ドル		

## モニタリング計画

モニタリングは、流域をコントロールするために、復旧対策実施の前と後に行われる。エンジニアリング工事と施行される軽減業務の効率を評価することが重要である。Santa 川流域に沿って 17

か所でモニタリングされ、その内 8 か所が 1 年に 1 回、9 か所が 6 か月毎に実施される。

このために必要な見積もり経費は年間 2,600 ドルで、さらにサンプル採取費用と現場での分析費を含めなければならない。

#### 一般的なコメント

Santa 川流域において、過去に鉱山活動が活発に行われた形跡があり、多金属、金、石炭、タンゲステンや非金属が採掘されたが、環境的負荷源が放置された。それらは大部分が小規模鉱山で、一部が中規模鉱山である。

1. 流域の汚染の何パーセントかは無機物汚染、Santa 川に面した Ticapampa にある Alianza 鉱山の廃滓堆積場の浸食、累積堆積量、堆積場の高さに起因する。堆積場は雨や空気による浸食によって、汚染物質の中心となる。そのため堆積場を修復することをリコメンドする。それは、堆積場を保護するために法面を平らにしたり、土壌や植生によって被覆したり、排水溝を建設することである。またその効果をコントロールするために後でモニタリングを設置する。
2. Santa 川に面しているため水や空気の浸食により汚染されるので、Santo Toribio の廃滓堆積場の修復が最優先と考えられる。そのため法面の安定化、土壌による被覆、再植林、雨水や排水用側溝による堆積場の保護が実施される。これで酸性水の形成や発生を防止する。対策をコントロールするためにモニタリング計画が作成される。
3. Pushaquilca 鉱山の主要坑道は、現在 130 l/sec の排水があり、鉄や銅の含有量が高く pH は 6.9 を示す。それ故、十分な区間で高品質のセメンテーションによる坑道の閉塞が考えられる。セメントと岩石との隙間はグラウティングで封印し、漏水を防止する。さらに坑内水がとどまるレベルまで岩石の割れ目を通して漏出が起こらないよう検査する。
4. El Triunfo 鉱山の坑道からの坑内水は、現在水量は 12 l/sec で鉄、銅、砒素の含有率が高く、pH 3.4 の黄色い水である。このために十分な区間で高品質のセメンテーションによる坑道の閉塞が考えられる。セメントと岩石との隙間はグラウティングで封印し、岩石中のすべての割れ目を塞ぐ。El Triunfo の坑口には 1909 年 6 月という銘が刻まれている。
5. 流域で大量のあらゆる種類の環境負荷がみられるが、肉眼で確認できる法的責任はない。提案された環境管理計画は以下の基準に基づいて優先順位が付けられた(重要な順に最初から最後)。

- a) ある程度強い地震のような偶発的な出来事が発生した場合、廃滓堆積場の物理的な不安定さによる危険の削減・除去。地質構造的調査の実施を計画する。最初に適切な強化タイプを知って設計し、後にそれぞれの地区を平らにして植林する。
- b) 水質低下防止のため酸性坑内水の削減・除去。レベル 1、2 の対策が効果的に作用し改善するために(またはアイデアを持つために)、事前に鉱山の水文地質調査をして閉塞策が適用される。実際この酸性排水の場合、処理計画は積極的でも消極的でもない。
- c) Pallasca 地区の自然の物理的に不安定な影響の削減・除去(水中の浮遊物質の削減)。事前に地区の地質構造的調査が必要である。
- d) “乾燥”(排水のない)鉱山での酸性排水の発生の防止。坑口の簡単な閉塞。
- e) 危険地区の地ならし、または植林によって、流域中の堆積場に貯蔵された廃滓の雨水または風による飛散の削減・除去。ここでは流域の地形に関し景観を良くする効果を含んでいる。

6. 環境管理計画の総コストは 5,133,000US ドルに達する。これらは計画された優先順序に基づいて以下のように分割される。

第 1 優先(危険の削減と鉄を除く第 3 クラスの水品質保証)	627,626 US ドル:12.23%
第 2 優先(将来の汚染の防止)	1,669,555 US ドル:32.51%
第 3 優先(将来の汚染発生予防と保証)	2,836,645 US ドル:52.26%

(2000 年 7 月 5 日)