

No

鉍工業プロジェクト形成基礎調査

(チリ国リーチング工場環境配慮型操業改善計画)

報告書

平成11年5月

IC LIBRARY



J1150725 (8)

国際協力事業団

鉍工業開発調査部

鉍調査
UR
99-108

鉍工業プロジェクト形成基礎調査

(チリ国リーチング工場環境配慮型操業改善計画)

報 告 書

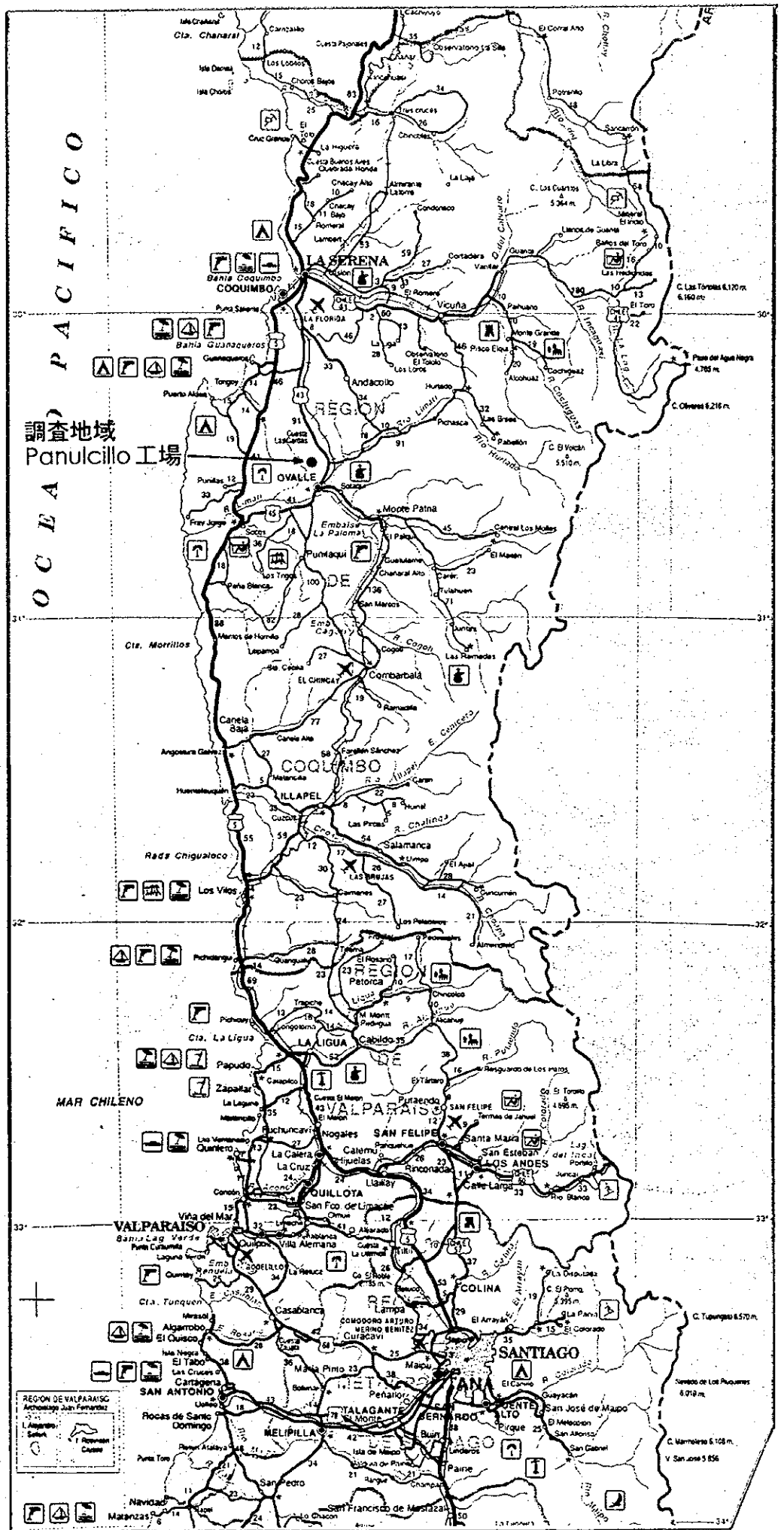
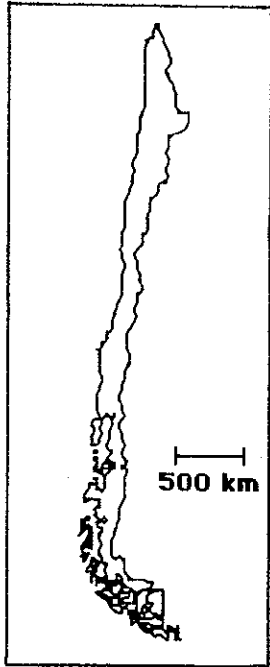
平成11年 5 月

国際協力事業団

鉍工業開発調査部



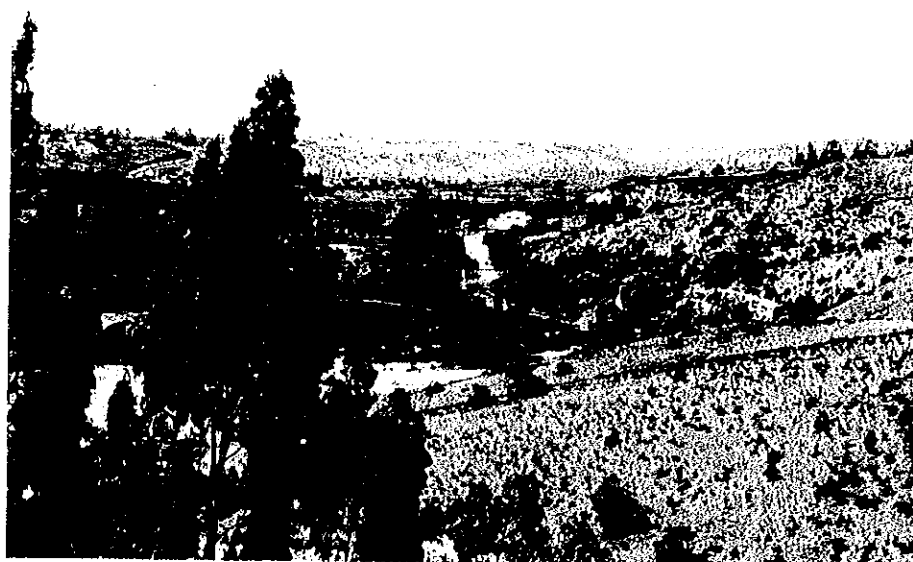
1150725 [8]



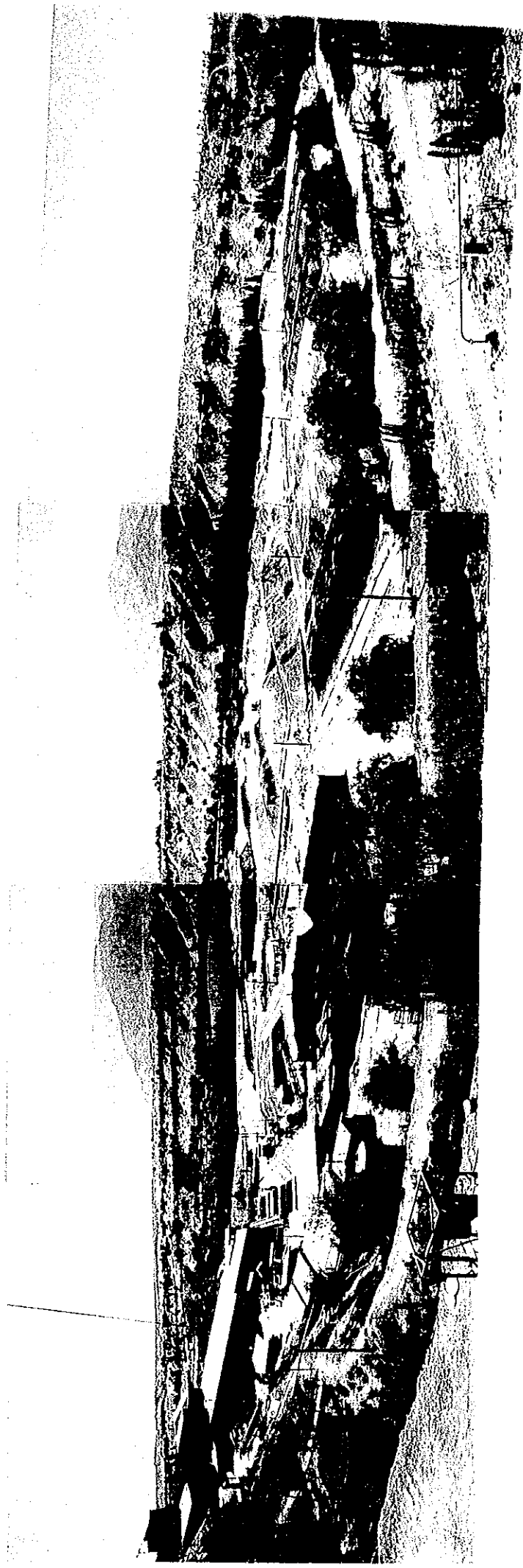
調査地域位置図



パヌルシージョ工場の上流側からの遠景
(工場の上流側は農耕地の為緑が多い)

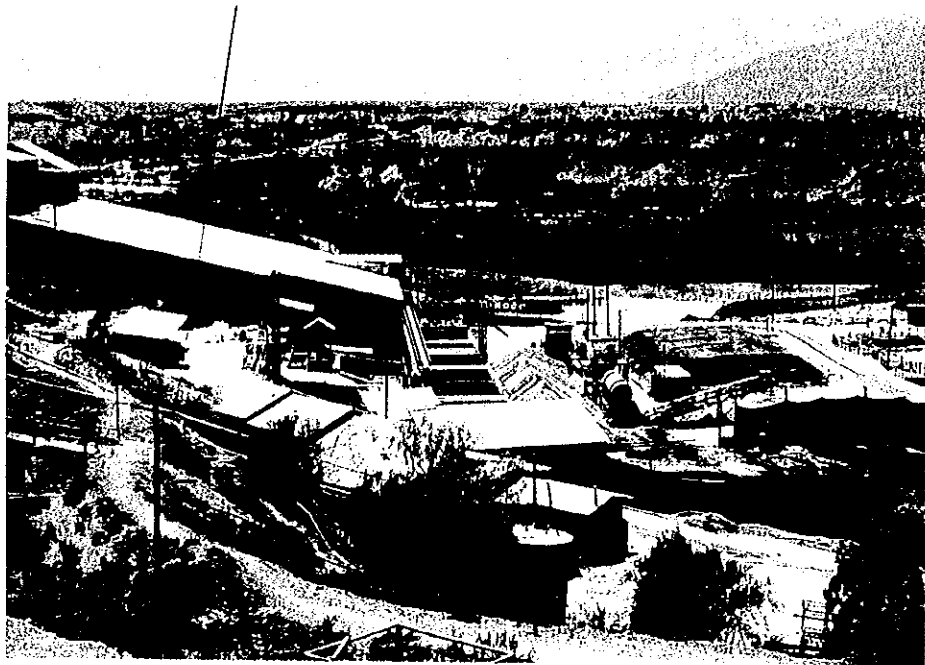


工場からの下流側の遠景
(川を挟む溪谷地帯は緑が多い農耕地である。
工場の下流2km位迄、川の水は強い酸性である。)

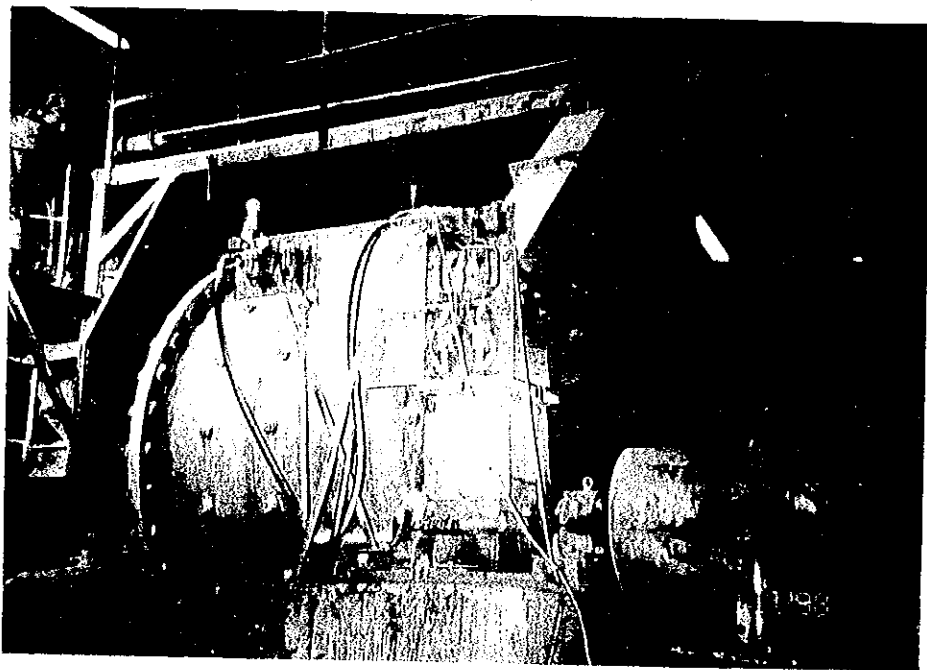


パヌルシージョ工場の全景

左端は破碎工場と浮選工場、その隣はアグロメレーション用ドラムとピラー
中央部の手前側の黒い囲いは、沈殿銅及び銅精鉱の乾燥ヤード
右側には、3つの新しいピラーと2次リーチング・ピラー及び溶液タンクが見える。



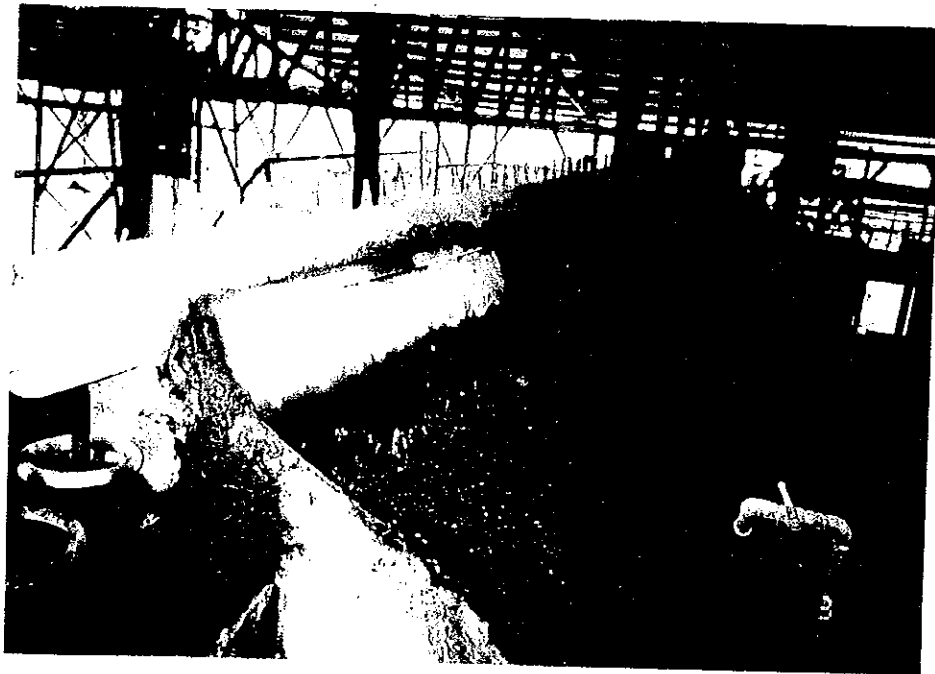
浮選工場
右側には、選鉱廃滓ダムが見える。



6'x 7' ボール・ミルとサイクロン（左側）



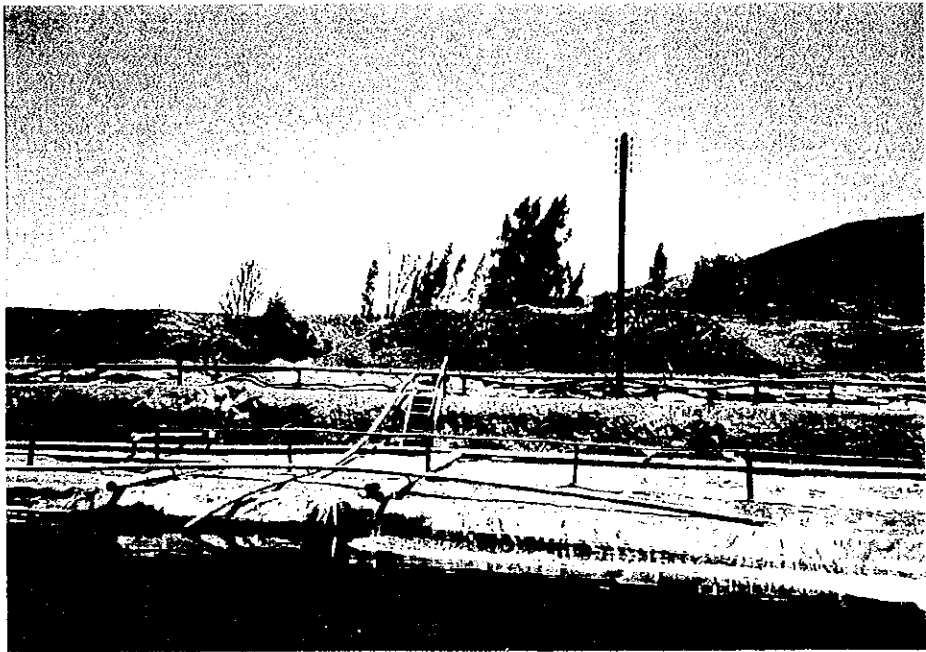
銅浮選のクリーナー (DV18SP型浮選機)



銅浮選系のスカベンジャー
(スーパーチャージ型フオレスター浮選機)



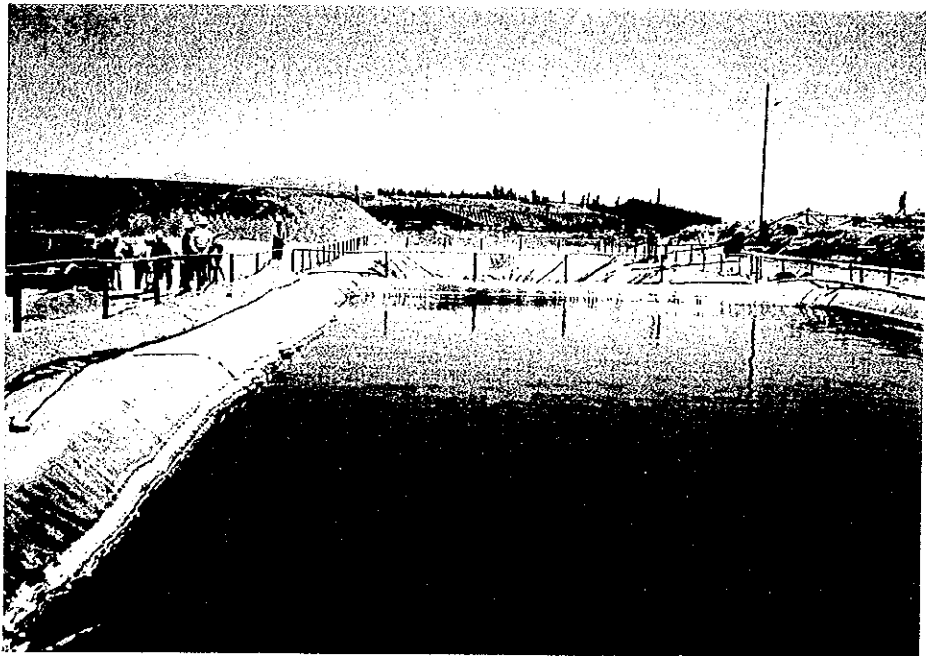
ピラーと溶液回収溝



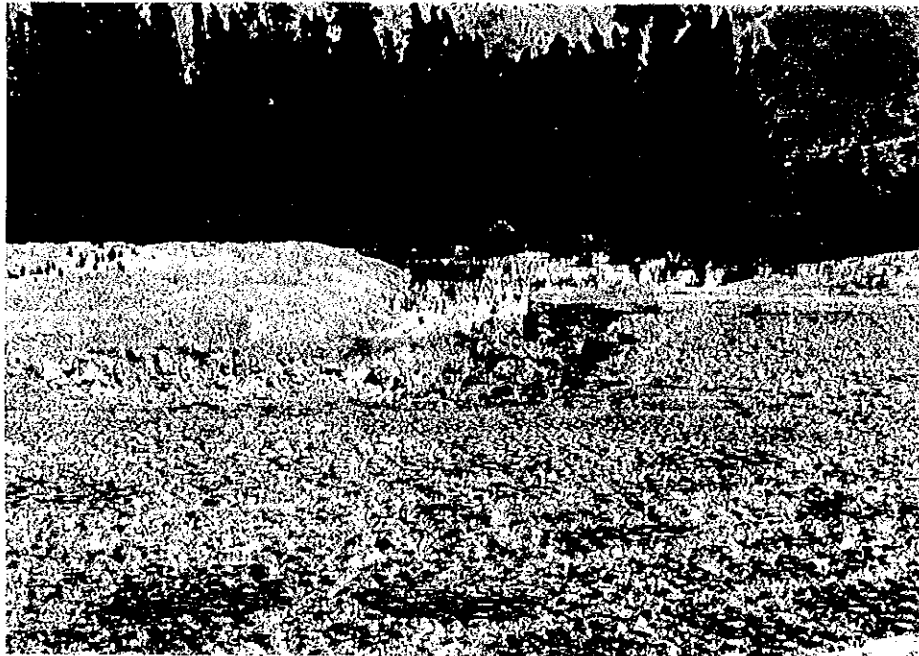
1次リーチング・ピラーと溶液貯溜池



溶液貯溜池（手前が貴液）



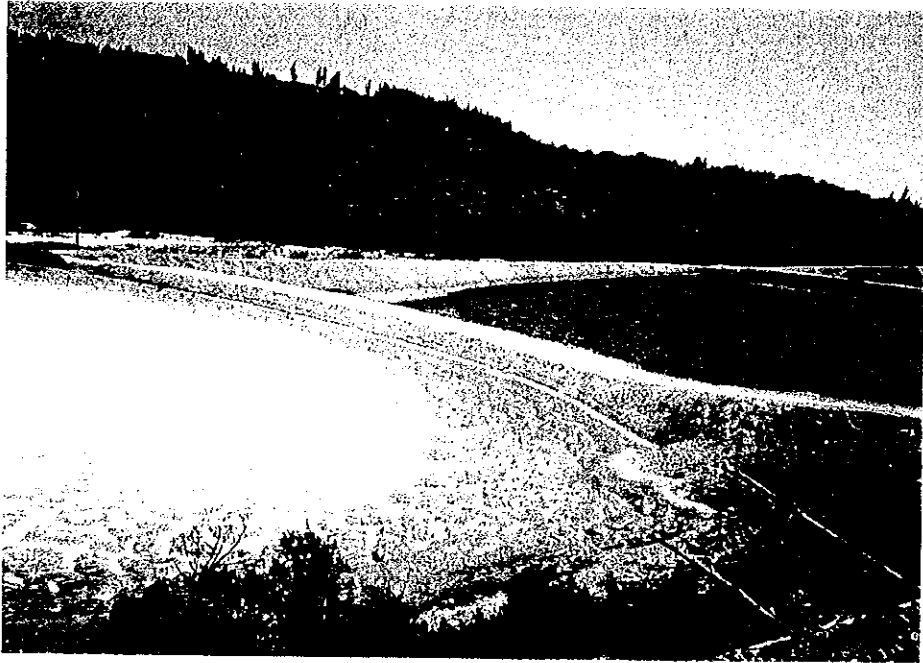
貴液用貯溜池



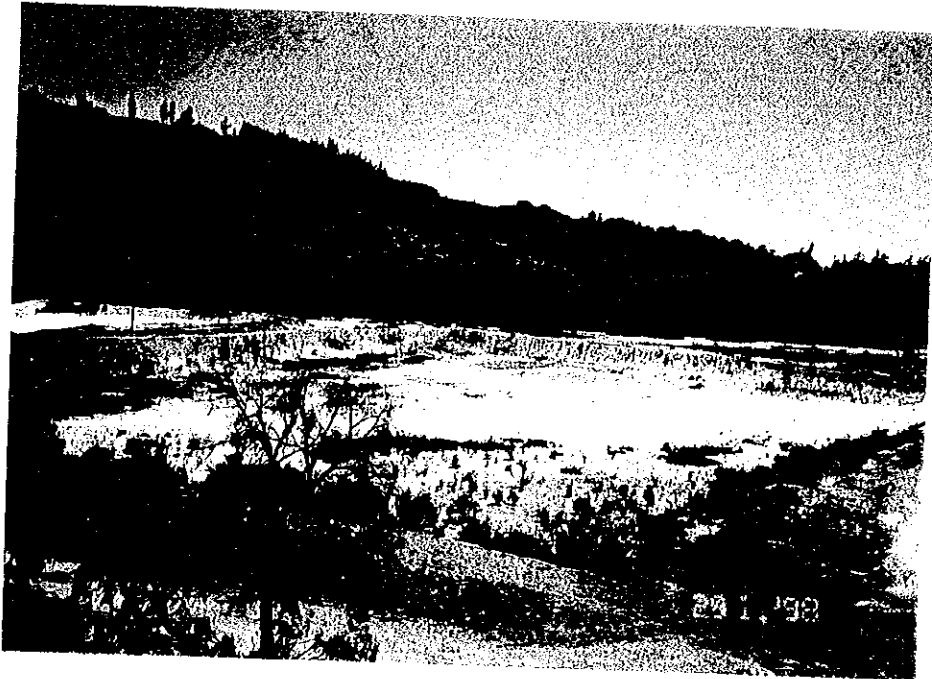
乾燥した蒸発池
(中仕切の堤は地震で崩れたままである。)



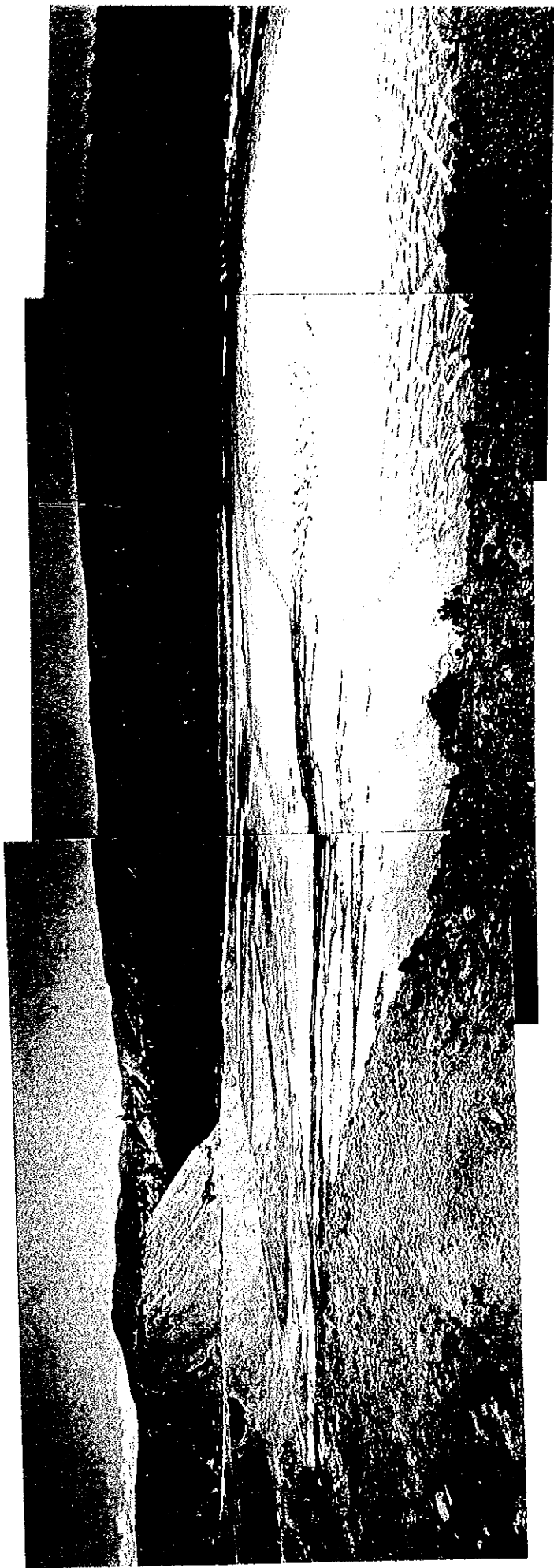
堤体に入った亀裂
(昨年の地震の被害)



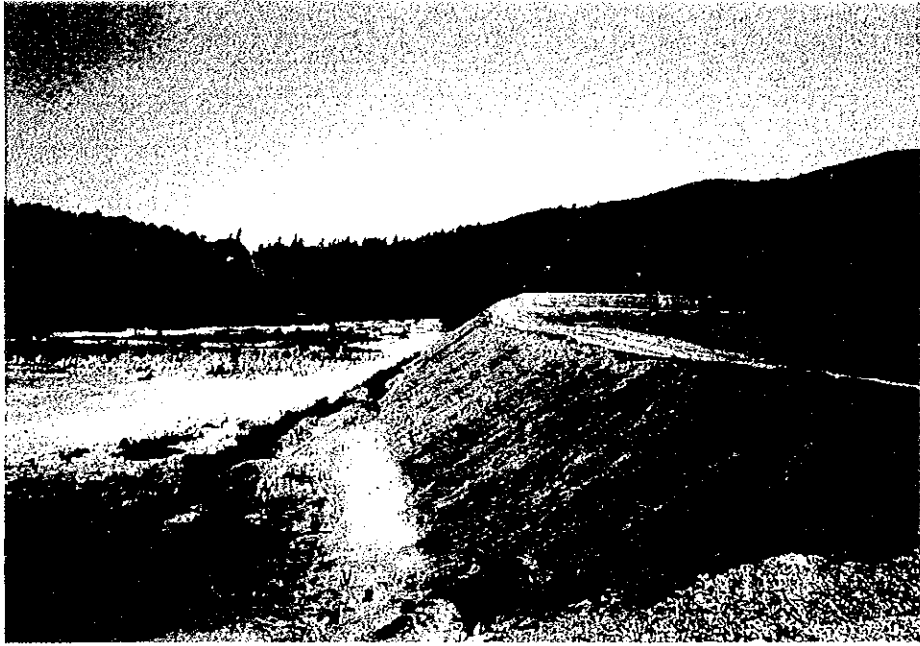
現在使用中の廃液処理池と乾固した池



乾固した廃液処理池



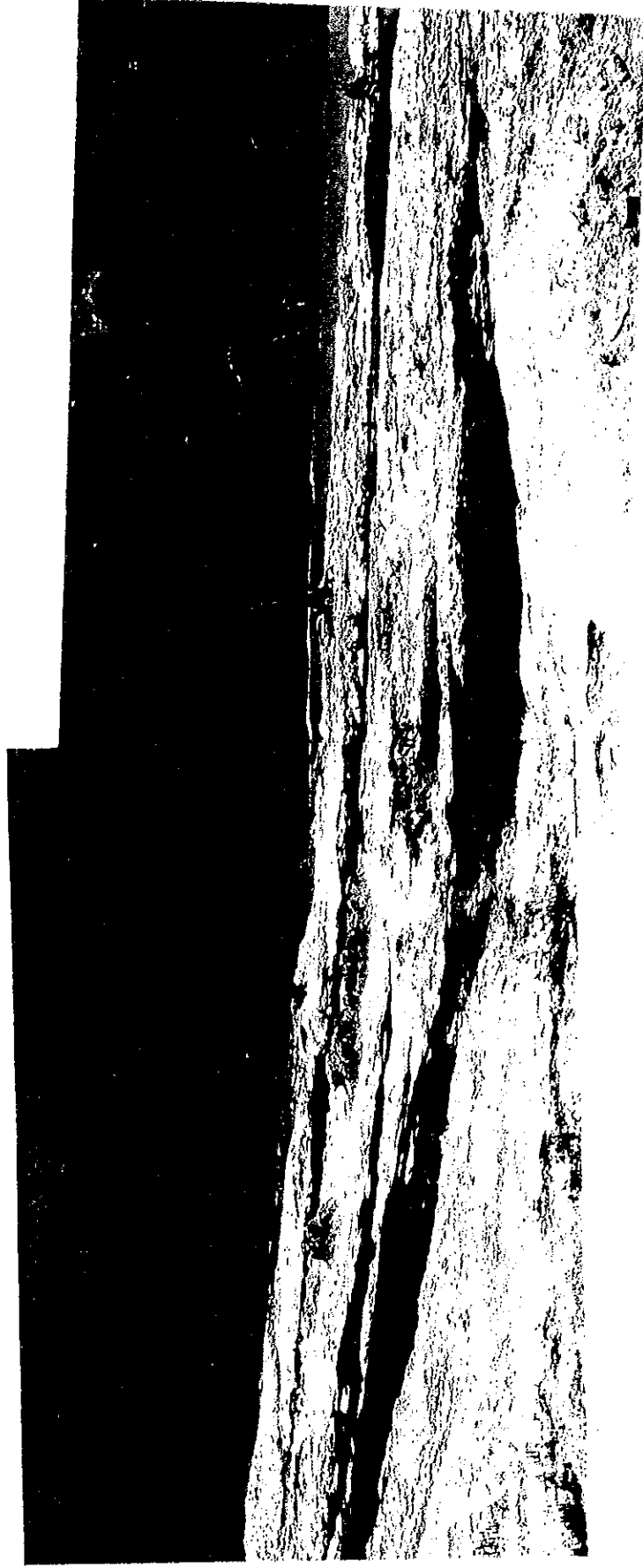
乾固した天日乾燥池



蒸発池の堤体



河川への放流水



放流点近くの河川敷

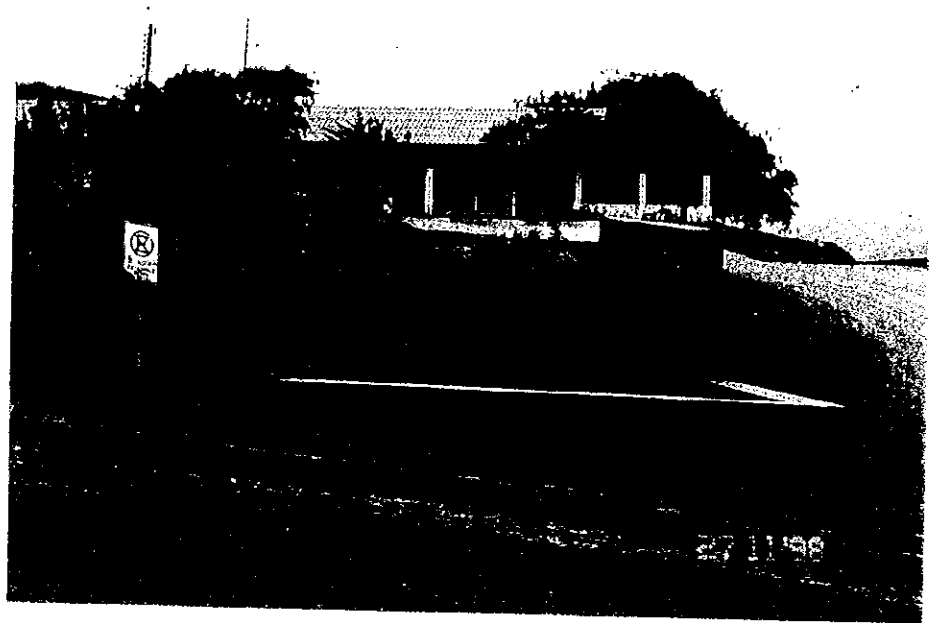
(手前側の紫色は2価鉄の色、奥の黄色は鉄が酸化した色)



インヘニオ川の上流部
(放流点の100m位上流の河川水：透明できれいな水)



インヘニオ川の下流
(放流点から下流側2km位迄、この色が続く)



エル・サラド工場の入り口



トラック・スケール
(トラックを計量中)



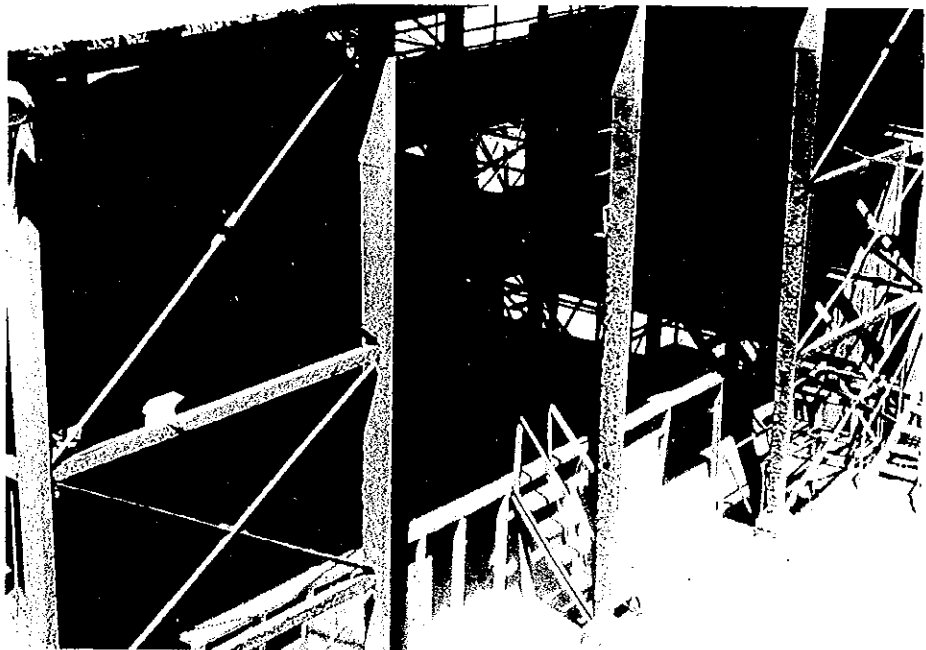
原鉱受け入れヤード



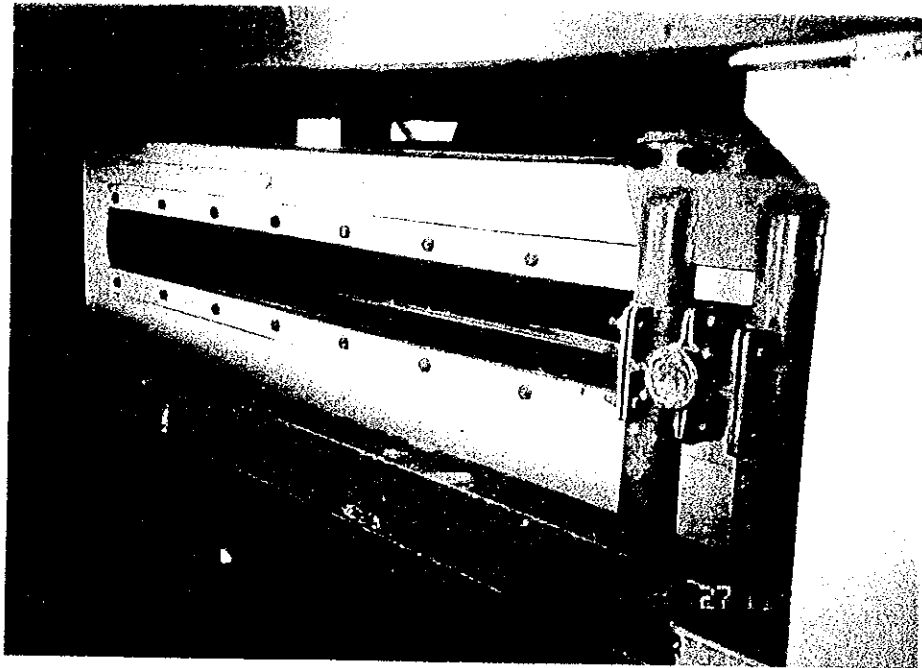
酸化銅鉱



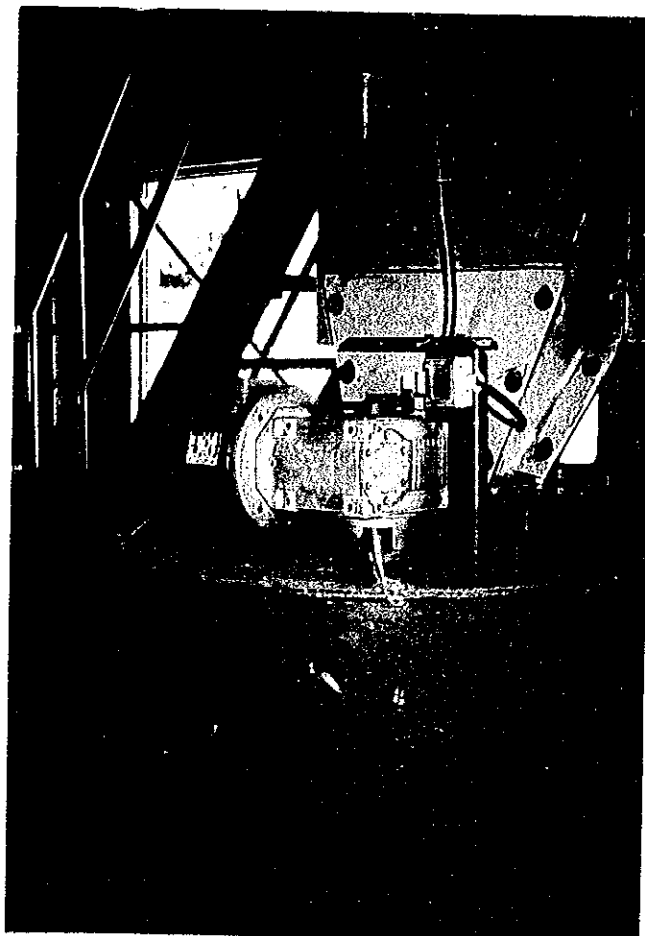
破碎工場と受入コンベヤー



破碎系統のコーン・クラッシャー
(2台並列操業中)



原鉱石の自動サンプラー





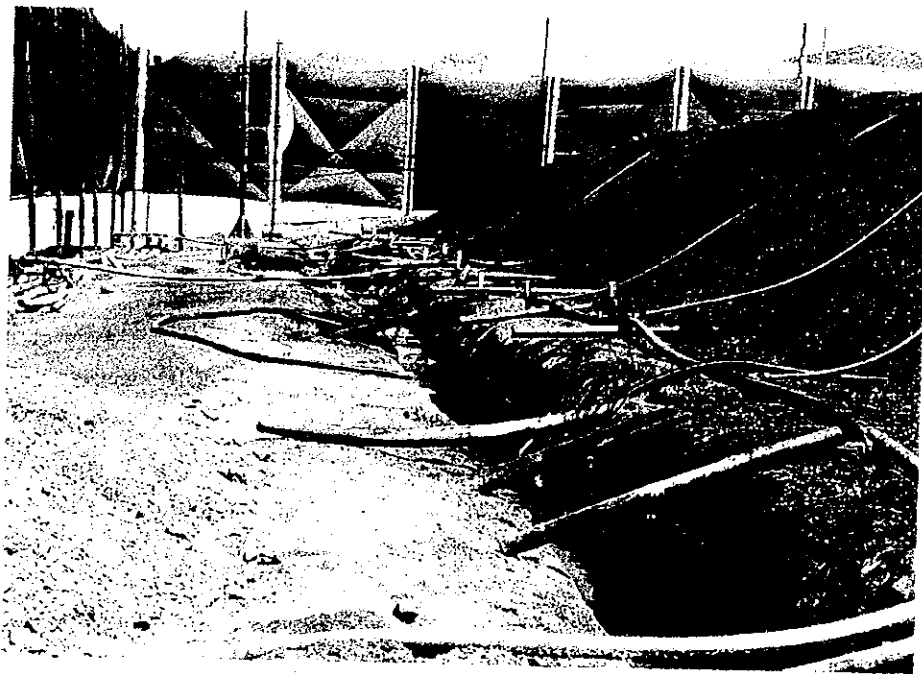
アグロメレーション・ドラム
(硫酸+水)をバインダーとしている



一次ピラー



一次ピラーと回収溶液



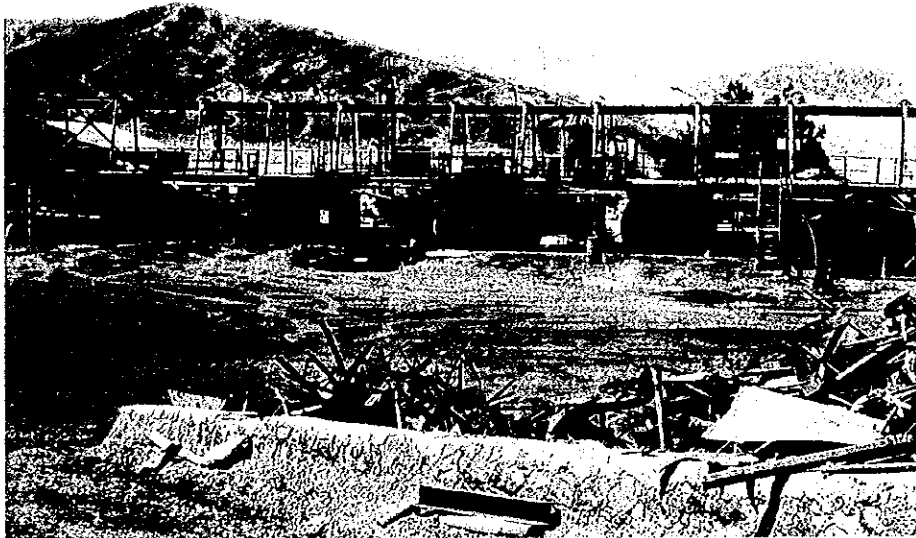
回収溶液と回収溝



一次ピラー



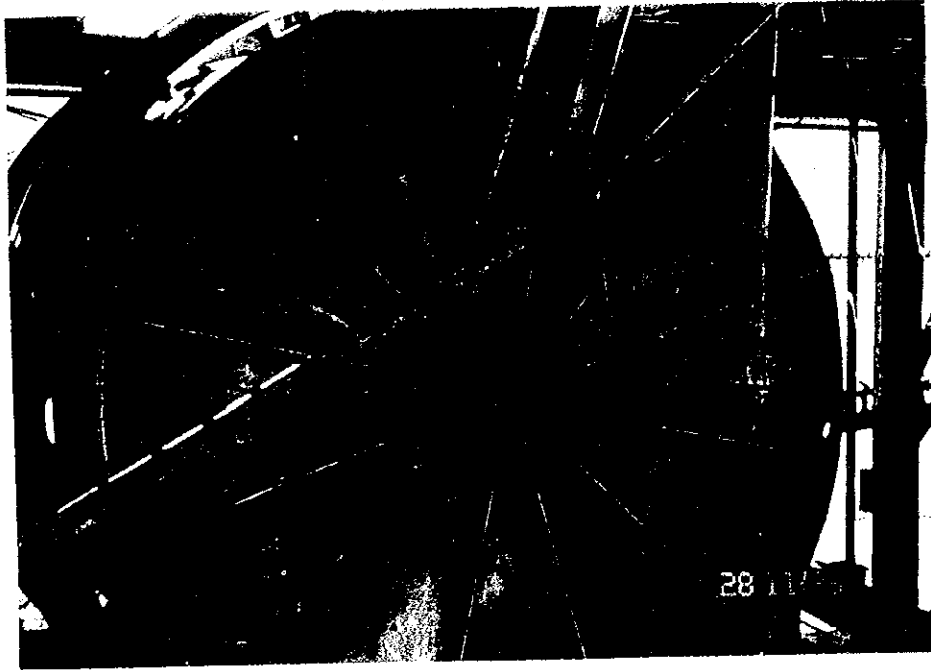
溶液貯留池（貴液）



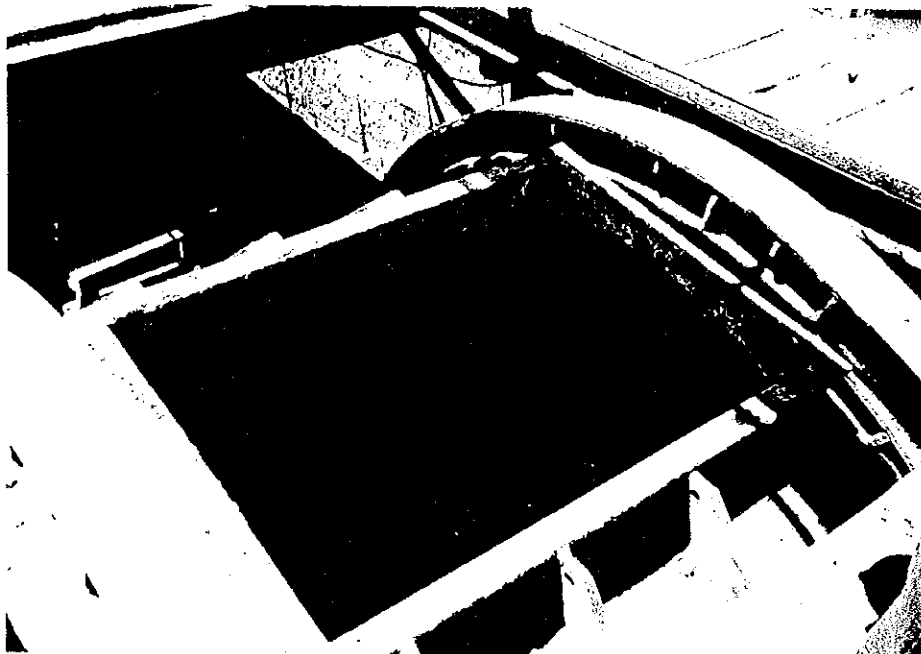
ロータリ式鉄置換機 (5 台)



鉄置換用の古鉄材



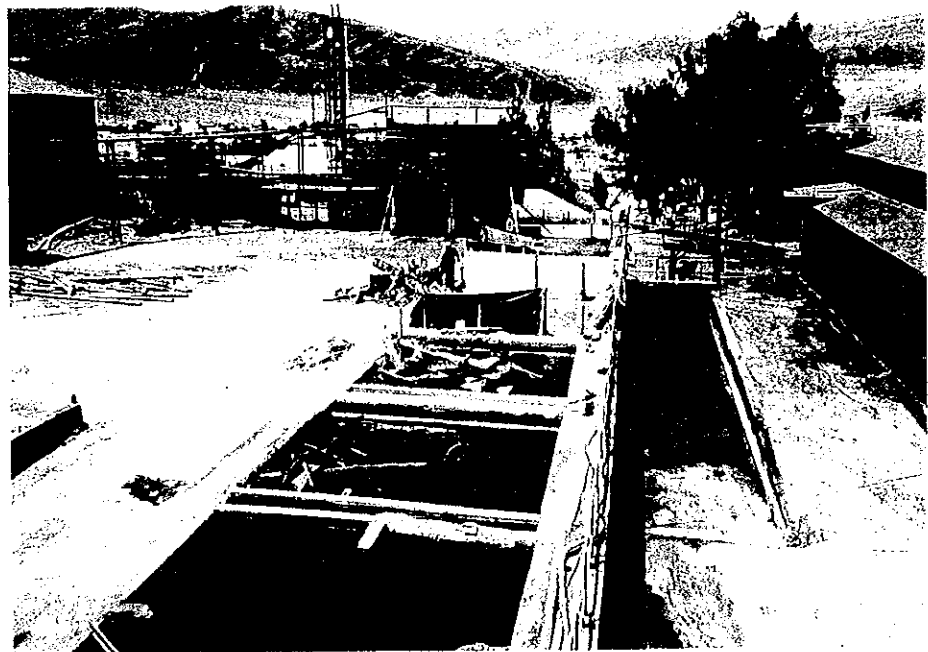
鉄置換ドラム（直径 3m x 胴長 3 m）



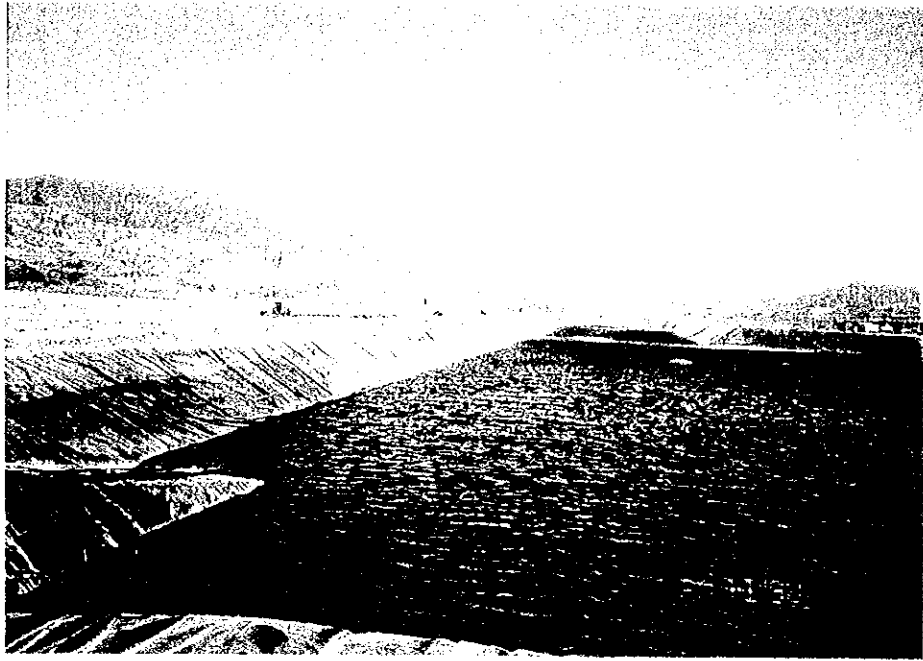
ドラムの内部



鉄置換ドラムからの排出液（赤色泥状・・沈殿銅）



ドラムからの排出液は、スカベンジャー池で清掃される



廃液貯溜池

(廃液は、貯溜池で天日蒸発乾固される。)

(廃液を全量蒸発する面積を有している。)

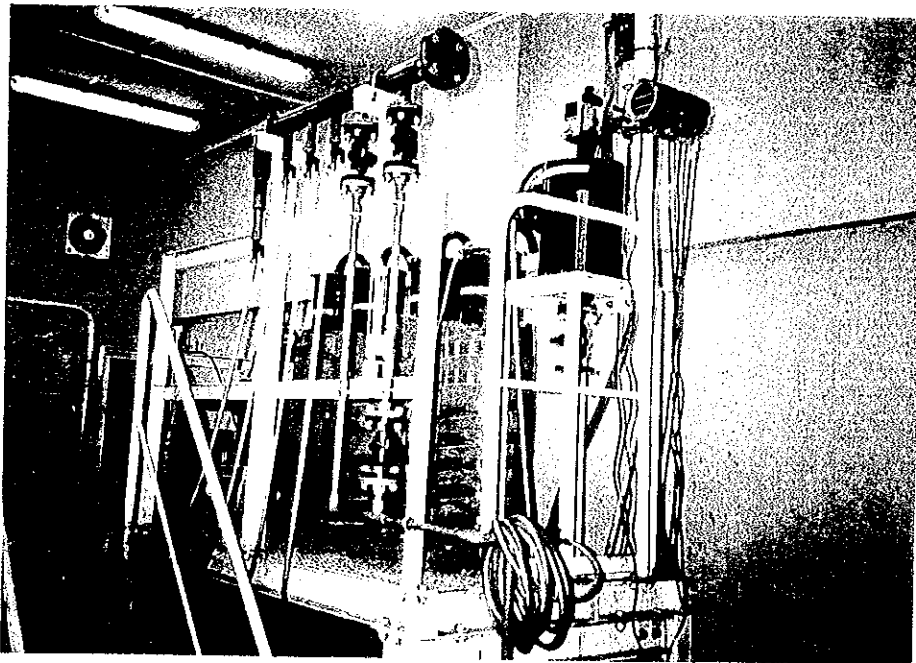


貯溜池のライニング

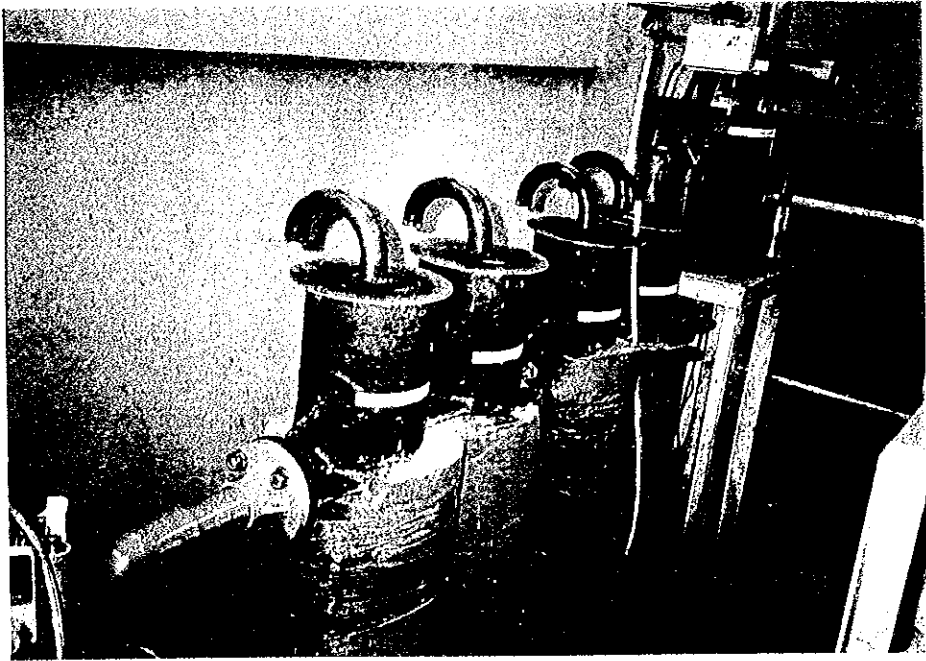
(貯溜池は厚さ 0.5 mm の塩ビ・シートでカバーされている。)



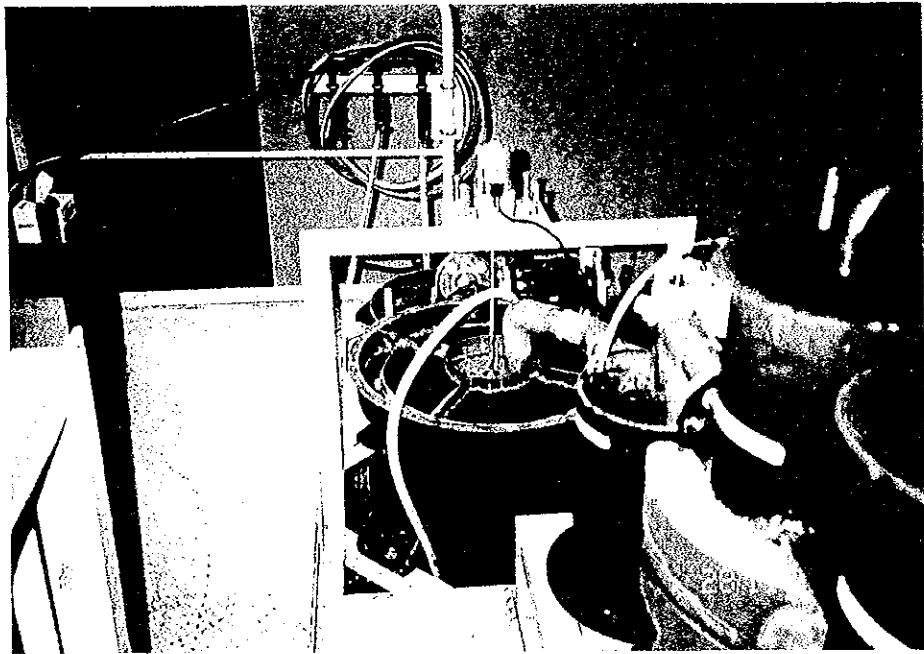
JICAミニプロ『銅浸出工場の改善』



試験装置



バクテリア反応槽



略語表

(略語)	(名称)	(日本語名)
AGCI	:Agencia de Cooperación Internacional de Chile	チリ国際協力庁
CIMM	:Centro de Investigación Minería y Metalurgica	金属冶金研究センター
COCHILECO	:Comisión Chilena del Cobre	チリ銅委員会
CODELCO	:Corporación Nacional del Cobre de Chile	チリ銅公社
CONAMA	:Comisión Nacional del Medio Ambiente	国家環境委員会
ENAMI	:Empresa Nacional de Minería	チリ鉱業公社
ENAP	:Empresa Nacional del Petroleo	チリ石油公社
SERNAGEOMIN	:Servicio Nacional de Geología y Minería	鉱業省鉱業地質局

関係地図

写真集

略語表

第1章	プロジェクト形成基礎調査団の概要	3
1-1	要請の背景・経緯	3
1-2	調査の目的	3
1-3	団員構成	4
1-4	調査日程	4
1-5	主要面談者	4
第2章	協議の概要	9
2-1	協議結果	9
2-2	団長所感	10
第3章	チリ国の鉱業と鉱害	15
3-1	鉱業の概要	15
3-2	鉱害の現状	15
3-2-1	鉱害問題に対する概要	15
3-2-2	法体系について	16
3-2-3	鉱害対策に関係する各組織について	17
3-3	チリ鉱山公社 (ENAMI)	22
3-3-1	ENAMI概要	22
3-3-2	ENAMIの鉱害対策	27
第4章	リーチング工場現況調査	31
4-1	El Salado工場	31
4-1-1	工場概要	31
4-1-2	鉱石処理工程	31
4-1-3	廃液及び廃液処理の概要	32
4-1-4	ミニプロでの鉄酸化バクテリア酸化テストの状況	34
4-1-5	環境汚染の現状	34
4-2	Panulcillo工場	35
4-2-1	工場概要	35
4-2-2	鉱石処理工程	38
4-2-3	廃水処理	44
4-2-4	操業改善の必要性の有無	45
4-2-5	環境汚染の現状	47
4-3	モデル工場の選定	48
4-4	鉄酸化バクテリア法に対する検討	49
4-4-1	鉄酸化バクテリア酸化法の現状	49
4-4-2	鉄酸化バクテリア酸化法と他方法の比較	49
4-4-3	現時点での懸念及び課題	50
4-4-4	当面の対応策	52
4-5	廃水処理費用の対策	52
4-5-1	廃水処理コストの試算	52
4-5-2	廃水処理費用の吸収策	54
4-5-3	参考資料	55

第5章 本格調査の概要	59
5-1 本格調査の目的	59
5-1-1 要請の背景と目的	59
5-2 本格調査の概要	59
5-2-1 調査の範囲・対象	59
5-2-2 調査の骨子	59
5-2-3 調査期間	60
5-3 本格調査の内容	60
5-3-1 現状把握調査	60
5-3-2 モデルプラントの供与	61
5-3-3 フル・スケール・プラント案の提案	61
5-4 本格調査・人員構成	62
5-5 本格調査実施上の留意点	62
5-5-1 ENAMIの実施体制	62
5-5-2 ラセレナ大学との協力体制	63
5-5-3 調査研究体制の確認と対応	63
5-5-4 現地再委託業務	64
5-5-5 相手側の要望	65
5-5-6 その他	65

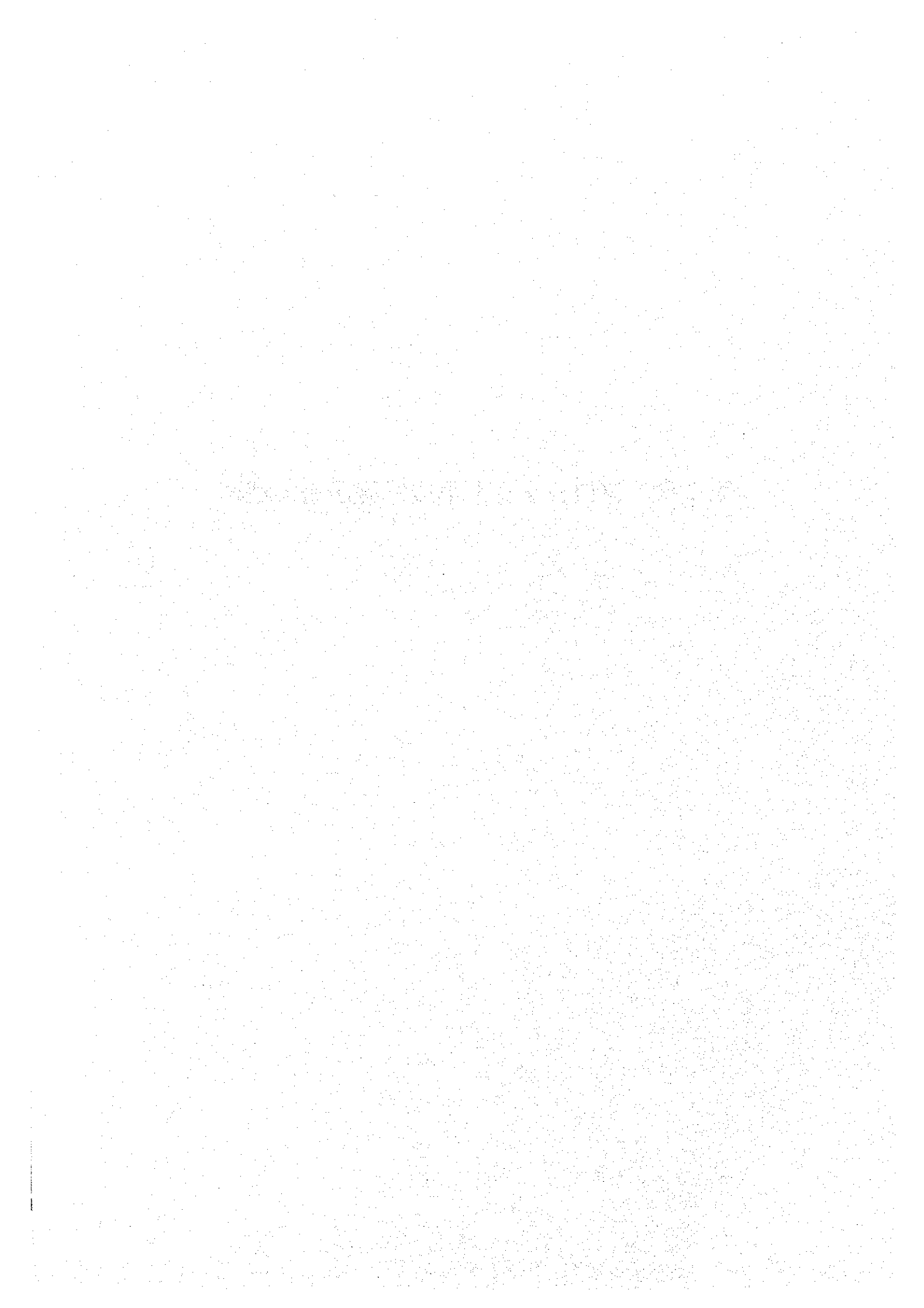
付属資料

I. 対処方針会議資料	69
II. 質問票回答	85
III. 個別専門家チーム派遣「酸化銅リーチングプラント操業改善」概要	117
IV. 参考資料：銅価低迷の影響	125
V. 排出基準（抄）	133
VI. 鉾山機械一覧、廃液の分析値・浮選成績他、調査団の質問に対する回答	137

図表目次

表3-1	チリの金属鉱物資源生産量	15
表3-2	環境基本法の内容	16
表3-3	河川に排水する場合の汚染物質の許容最大値	18
図3-1	CONAMAの組織図及びCONAMAを構成している各種組織メンバー	20
図3-2	鉱業省の組織図	21
表3-4	ENAMIの収支状況	22
表3-5	ENAMIの生産量	23
表3-6	ENAMIの製品販売量	23
表3-7	ENAMIの製品販売先（銅）	23
表3-8	ENAMIの製品販売先（金）	24
表3-9	ENAMIの製品販売先（銀）	24
表3-10	ENAMIの鉱山規模別鉱石・精鉱等購入量（1997年）	24
表3-11	ENAMIの工場別鉱石・精鉱等購入量（1997年）	25
図3-3	ENAMIの組織図	26
表4-1	El Salado工場に供給される鉱石の鉱物組成	31
図4-1	El Salado工場の鉱石処理フローシート	33
表4-2	El Salado工場の廃液成分分析	34
表4-3	パニユルシージョ工場の鉱石処理実績	37
表4-4	パニユルシージョ工場選鉱成績	37
表4-5	パニユルシージョ工場リーチング成績	37
表4-6	原鉱石中の不純物	38
図4-2	パニユルシージョ工場における選鉱のフローシート	39
図4-3	パニユルシージョ工場におけるリーチングのフローシート	40
表4-7	Panulcillo工場の廃液成分分析	45
表4-8	リーチング廃液によるインヘニオ川の汚染状況	47
表4-9	リーチング廃液及び浸透水の性状	48
表4-10	総汚染量（負荷量）	48
表4-11	リーチング廃液処理方法の比較	51
表4-12	水質予想	52
表4-13	ランニング・コスト試算	53

第1章 プロジェクト形成基礎調査の概要



第1章 プロジェクト形成基礎調査団の概要

1-1 要請の背景・経緯

チリは世界一の銅生産国であり、銅を主とする鉱産物の輸出額は総輸出額の約1/2を占めている。銅の生産は経済における政府の最大の関心事であり、CODELCO（Corporacion Nacional del Cobre de Chile:チリ銅公社）、ENAMI（Empresa Nacional de Mirería:鉱山公社）の二つの国営企業により、生産の維持、拡大に努めている。

ENAMIは中小鉱山振興のために設立され、2,000以上の中小鉱山が採掘する鉱石、精鉱を買い上げ、5カ所の選鉱場（Taltal, Salado, Matta, Vallenar, Panulcillo）、2カ所の製錬所（Ventanas, Paipote）により電気銅を生産している。中小鉱山の振興は銅の生産ばかりでなく、過疎地の振興、雇用の創出にも大きな役割を果たしている。

近年、アジア金融危機などの影響による銅価の低迷が続いており、中小鉱山の経営は非常に苦しく、経済的、社会的な問題となっている。また人口分布が少ない砂漠地帯で操業してきたためそれほど取り上げられてこなかった工場廃水などの環境問題が、環境意識の高まりと規制強化等の中で、問題視されてきている。

このため、チリ政府は中小鉱山の経営に大きな影響を持つENAMIの近代化政策を策定中であり、組織管理の改善、人材育成などを進める一方、選鉱場の効率改善・環境対策を積極的に進める意向である。

選鉱場では、硫化鉱については浮選、酸化鉱についてはリーチングによって処理をしており、浮選工程では用水の循環使用が行われているが、リーチング工程ではリーチング廃液を循環再利用せず、廃さいダムあるいは自然界に廃棄しているため、操業成績の悪化、環境への負荷が増大している。

かかる背景から、ENAMIはリーチング工場近代化の基礎となる、リーチング、廃液処理及び工業用水などの改善計画を策定するため、酸性リーチング廃液処理のモデルプラントの設置とその実証試験を含む開発調査の実施を要請している。

1-2 調査の目的

- (1) 要請内容の確認
- (2) チリ国の鉱害に対する政策・制度の調査
- (3) ENAMIの環境保全に対する取り組みの調査
- (4) リーチング工場周辺の環境汚染の実態調査（現地調査）
- (5) リーチング工場の操業実態の調査及び問題点の抽出（現地調査）
- (6) リーチング工場の廃水の性状の調査及び処理方法の検討（現地調査）

1-3 団員構成

団長・総括	宇佐美 毅	国際協力事業団専門技術嘱託
鉱山保安政策	立松 博樹	通商産業省環境立地局鉱山保安課
鉱害防止対策	廣川 満哉	金属鉱業事業団環境業務部業務課課長代理
鉱石処理技術	匂坂 和夫	株式会社環境工学コンサルタント
廃水処理技術	長濱 達也	株式会社環境工学コンサルタント
企画・調整	神谷 太郎	国際協力事業団鉱工業開発調査部資源開発調査課
通訳	藤本 巴	財団法人日本国際協力センター

1-4 調査日程

日数	月日	行程
1	11月22日(日)	東京12:00-<JL006>-10:15ニューヨーク ニューヨーク22:00-<LA531>-
2	23日(月)	-12:20サンチャゴ
3	24日(火)	日本大使館表敬・打合せ JICAチリ事務所打合せ 金属鉱業事業団サンチャゴ事務所表敬 AGCI表敬
4	25日(水)	鉱業省・ENAMIと協議
5	26日(木)	サンチャゴ10:45-<LA112>-12:50コピアボ 資源環境研修センター表敬 竹島・平井専門家と打合せ
6	27日(金)	El Salado工場調査 コピアボ17:55-<LA119>-18:40ラ・セレナ
7	28日(土)	Panulcillo工場調査
8	29日(日)	ラ・セレナ13:30-<UC313>-14:20サンチャゴ
9	30日(月)	鉱業省・ENAMIと協議 CONAMA表敬
10	12月1日(火)	日本大使館、JICA事務所報告
11	2日(水)	サンチャゴ00:40-<AA946>-07:40ダラス ダラス11:00-<AA061>-
12	3日(木)	-15:55東京

1-5 主要面談者

(1) ENAMI

Patricio Artiagoitia	Chief Executive Director
Higinio Traslaviña Araya	Administrador General de Plantas
Hugo Balocchi Velastin	Jefe Gestión de Calidad y Medio Ambiente
David Olguin Araya	Administrador de Planta Salado
Marcelino Barrios Varas	Gerente General de Planta la Cocinera
Tsuyoshi Takeshima	JICA Expert
Masanao HIRAI	JICA Expert

(2) 鉱業省

Erwin Oyanader M.

Jefe Unidad Ambiental

(3) 国際協力庁 (Agencia de Cooperación Internacional de Chile, AGCI)

Arturo Vergara Moreno

Coordinador Programa Asia-Pacifico

Mitsuo OBA

JICA Expert

(4) 国家環境委員会 (Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA)

Patricia Matus Correa

Jefe Depto. Descontaminación, Planes y Normas

Rodorigo Lucero Chilovitis

Unidad Descontaminación, Planes y Normas

第2章 協議の概要

第2章 協議の概要

2-1 協議結果

(1) 本件調査の位置付け

チリ国においては、産業・経済対策の発展、首都圏への人口集中等に伴い、大気汚染、水質汚濁等の公害問題が顕在化し、国家として環境問題に積極的に取り組む必要が生じてきた。そのためチリ政府は、環境保全を目的に1990年6月に「国家環境委員会（Comisión Nacional del Medio Ambiental, CONAMA）」を大統領令により設置するとともに、これまで各省庁が独自に規制を策定してきたのに対し、1994年3月には「環境基本法」を公布し、「持続可能な開発」を基本として総合的環境行政を推進している。

一方、日本のほぼ倍の面積を持ちながら人口は1,400万人程度と少ないチリにおいては、鉱物資源に恵まれている北部に不毛なアタカマ砂漠が広がっていることもあり、鉱業活動に伴う大規模な環境破壊や人的被害は余り知られていない。しかしながら、鉱業分野においては、輸出産業であることによるグローバルスタンダードへの適合の必要性や外国資本の開発への参加により、早くから環境問題に対する意識の高い。

チリ国鉱業省としての鉱害に対する対策は、1991年の製錬所に対する二酸化硫黄、ヒ素、粉塵の排出規制に関する政令が最初である。さらに製錬所に対して削減計画の策定を求め、ENAMIが最初に削減計画を策定し、硫酸回収装置の設置などの措置を行った。また、1997年には鉱業分野においても環境影響評価システムを導入することが求められる等、チリ国では鉱業は最大の産業であり、環境に与える影響も一番大きいものと考えられ、積極的な環境政策が執られている。

しかしながら、製錬所からの排ガス問題については改善されてきているが、排水の問題について取り組みが遅れている。今回の調査団が調査を行ったPanulicillo工場においては、リーチング廃液が河川に流れ込んでおり、すでに罰金を払う事態になっていることや、近々全ての産業に関して表流水に対する排水基準も定められることから、早急に対策を立てる必要が求められている。

このように、チリ国は積極的に環境政策を実施しており、本要請案件はその政策に沿ったものであると考えられる。

(2) 本格調査の目的と内容

ENAMI所有のリーチング工場では、酸化銅鉱から硫酸で銅をリーチングし、銅イオンが溶存しているリーチング液に屑鉄を投入し、銅を沈澱させることで、銅を回収している。銅を回収した後のリーチング廃液は強酸性で鉄イオンが大量に含まれているが、現状ではこの廃液の処理をせず放流しているため、工場周辺の環境問題を引き起こすとともに、工業用水の循環使用が行われていない。従って本格調査では酸化銅リーチング工場からの廃液を処理し、工業用水として再利用することにより、自然界への汚染物質の排出をなくすとともに、廃液に含まれる未回収の銅をリーチングシステムに戻すことにより、銅回収率の向

上を図ることを目的とする。具体的には、鉄酸化バクテリアによる鉄酸化工程、炭酸カルシウムによる中和工程、固液分離工程からなるモデルプラントを設置・運転・評価を行い、リーチング工場の廃水処理計画を立案する。さらに、対象工場としてはすでに河川への汚染が見られるPanulcillo工場を対象とする。

(3) 事業化の見通し

鉄置換法による銅の回収を行っている工場はENAMI所有のもので4工場あり、このうち2工場についてENAMIは本プロジェクトの成果を生かしたいとしている。また、チリ国内では現在銅価格の低迷から10工場程度であるが、銅価が上昇すれば休止中の工場も生産を再開するものと考えられる。ENAMIの主要業務は中小鉱山の活動を振興することであり、このような民間工場にも技術移転を図りたいとしている。さらに本プロジェクトの成果はCONAMAにも報告され、CONAMAもそのメリットを広報するとされており、本プロジェクトの成果はチリ国において活かされるものと考えられる。

(4) ENAMIの民営化問題及びSX-EW法の導入について

ENAMIの民営化については、今政権中に民営化はないとのことである。また、2000年3月に政権交代が予定されており（フレイ現大統領の再選はなし）、次期政権ではENAMIの民営化が実施される可能性があるが、その場合でも100%の民営化はない見通しである。

また、酸化銅鉱に対するSX-EW法の導入に関しては、ENAMIは自山を持っていないことから、量・質ともに安定した処理鉱石を受け入れることができないので、SX-EW法の導入は事実上できず、これまで行われている鉄置換法を継続しなければならないとのことである。

2-2 団長所感

(1) 国家経済が輸出に大きく依存するチリにとって、今後グローバル・スタンダードの下で順調な産業・経済発展を進めていくためには、環境問題への取り組みをさらに強化することが喫緊の課題である。特に主要産業である鉱業分野においては、大気・水質汚染等の鉱害問題が顕在化しており、これらへの対策が急務であるため、鉱業省を中心に積極的な取り組みがなされている。

この中でENAMIは傘下の工場（5カ所の選鉱場、2カ所の製錬所）の鉱害問題に対して、抜本的な操業改善を求められている。このため、ENAMIは独自の環境理念を掲げ、それに基づく具体的方策を順次実行に移す努力を払っている。

このような大局的な視点から見て、我が国の環境技術協力は時宜を得たものであり、チリ政府も鉱業大臣以下日本の協力に対し、強い期待を抱いている。

(2) 今回の調査対象となったEl Salado工場とPanulcillo工場の2工場のうち、農村地帯にあるPanulcillo工場は、地形上あるいはスペース面での制約もあって、リーチング廃液の処理が

思うように進展していない。このため廃液の一部が周辺の河川に浸透し、深刻な鉍害問題を惹起しており、早急な対策が求められている。この問題の解決のために一丸となって取り組んでいるENAMIに対して、JICAが新たに進めている産業公害対策調査による技術協力を実施することは非常に意義があり、また大きな成果を生み出す可能性も期待できる。従って、本案件への適用は妥当なものであると思料される。

(3) 具体的な廃液処理法についてはENAMIから強い要請のある鉄酸化バクテリアを利用する鉄酸化処理（以下「鉄バク法」と呼ぶ。）工程を導入することが適切であると判断される。この方法は、前述の通り若干の技術的課題はあるものの、ランニングコストが低いこと、環境面からみても優れていることなど将来的に魅力のある技術であり、ヒープリーチングを採用する銅鉍山の多いチリにとって相応しい方法であると思われる。

本案件が実施されることになれば、その成果は環境改善のみならず、残存銅分の回収、リサイクルによる用水の節約に寄与するものと予想される。また、モデルプラントによる試験的操業は実用化へ向けて貴重なデータを提供するとともに、他の工場への普及を促進するインセンティブを与えるものと期待される。

(4) 鉄バク法については、1996年1月から3年間にわたり、JICAのミニプロジェクトとしてEl Salado工場が協力が進められており、この間に当該分野に於けるカウンターパートが育成されるとともに、バイオケミカルラボラトリーが完成されるなど、今後の展開を図るための基盤が構築されている。このミニプロジェクトに関し、最近実施された終了時評価調査結果の中でも、当ミニプロの成果をベースに、パイロットプラントなどによる検証・評価の必要性が強調されており、この面からみても鉄バク法による操業改善は妥当なものであると考えられる。

(5) 鉄バク法の採用に当たって特に留意すべき事項は、廃液性状等の急激な変化に対して、バクテリアの活性を大きく低下させない手段を講じることである。このためにはプラントの設計に際し、変動要因を十分に考慮することが重要である。

モデルプラントの設置の対象となるPanulcillo工場での廃液総量は、現在600m³/dayであるの対し、モデルプラントの処理能力は予算の制約もあり、現時点では100m³/dayが妥当と考えられる。この場合、残り500m³/dayの処理に関しては、モデルプラントの成果をベースにENAMIが独自に新しいプラントを導入していこうとする意欲も十分に窺うことができ、事業化への見通しは明るいものと予想される。

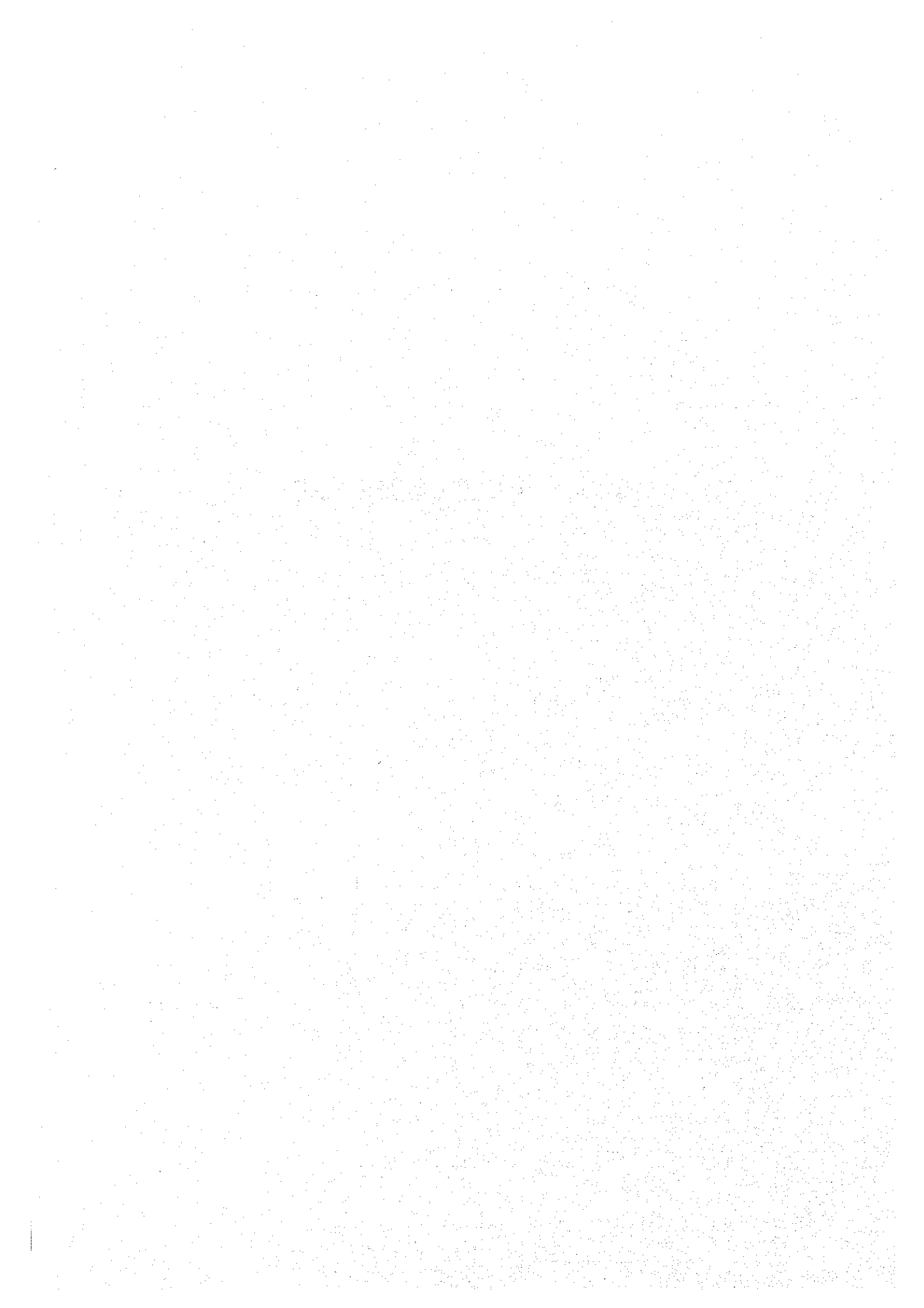
(6) 以上を踏まえ、Panulcillo工場にモデルプラントが導入された場合を想定し、ENAMI側との間で確認した事項は下記の通りである。

(7) 設計条件として必要な基礎データをENAMI側が収集し、できるだけ早期に日本側に提出する。

(4) モデルプラントのランニングコスト及びパイプ設備等の雑役務費などはENAMI側が負担する。

(ウ) ミニプロを実施したEl Salado工場とモデルプラントの設置対象となるPanulcillo工場は遠距離にあるため、本プロジェクトを円滑に推進できるENAMI側の実施体制を確立する。特に、ミニプロにより育成されたカウンターパートはKey Personとなるため、本プロジェクトに直接従事できる配置を行う。また、バイオケミカルラボラトリーについても、ENAMI共有の実験室となるよう徹底する。

第3章 チリ国の鉱業と鉱害



第3章 チリ国の鉱業と鉱害

3-1 鉱業の概要

チリは世界の銅埋蔵量の約25%（世界第1位）を有する他、モリブデン、金、銀、鉛、亜鉛、マンガン等多くの鉱物資源を有している。また、生産量に関しても銅鉱石の生産量は世界第1位（約28%）であり、他にもモリブデン（同3位）等の主要生産国でもある。また、鉱産物の輸出額は総輸出額の約1/2を占め、特に銅は約38%を占めている（1996年）。従って、銅の生産は経済における政府の最大の関心事であり、鉱業省のもと鉱業分野に係わる政策を積極的に進めており、CODELCO及びENAMIの二つの国営企業により、生産の維持、拡大に努めている一方で、民主化達成後、90年代に入り、本格的に外国資本による銅鉱山開発が相次いでいる。

表3-1 チリの金属鉱物資源生産量

鉱種	チリ(A)	世界(B)	(A)/(B) %	ランク
銅鉱石(千t)	3,392.0	11,386.3	29.8	1
銅地金(千t)	2,116.6	13,384.4	15.8	2
金鉱石(t)	47.8	2,227.7	2.1	13
鉛鉱石(千t)	0.8	2,786.7	0.0	39
モリブデン鉱石(千t)	21.3	139.9	15.2	3
銀鉱石(t)	1,088.0	14,616.1	7.4	6
亜鉛鉱石(千t)	35.6	7,051.2	0.5	24
マンガン鉱石(千t)	62.8	22,959.3	0.3	13
水銀鉱石(t)	5.0	5,437.4	0.1	10
セレン(t)	26.1	2,117.1	1.2	14
テルル(千t)	1.4	257.9	0.5	10

また、我が国はチリから銅精鉱及び銅地金を大量に輸入しており、それぞれの輸入量に占める割合は36.2%、51.8%となっている。

3-2 鉱害の現状

3-2-1 鉱害問題に対する概要

(1) 環境問題の現状と取り組みについて

産業・経済対策の発展、首都圏への人口集中等に伴い、大気汚染、水質汚濁等の公害問題が顕在化し、チリ国家として環境問題に積極的に取り組み必要が生じてきた。そのためチリ政府は、環境保全を目的に1990年6月に「国家環境委員会」を大統領令により設置するとともに、これまで各省庁が独自に規制を策定してきたのに対し、1994年3月には「環境基本法」を公布し、総合的環境行政を推進している。ただし、環境基本法には理念的な

ことが示されており、排出基準値等のための細則については未だ整備中である。

(2) 鉱害問題に対する取り組みの概要

チリでは鉱業が行われている地域が砂漠地帯に多いため、鉱害としての認識及び対策がとられたのは最近のことであるが、それでも他産業に先駆けて環境対策に取り組んでいる。最初に対策がとられたのは製錬所からの排ガスであり、1991年には硫黄酸化物及び浮遊粉塵に関して環境基準値を定め、すべての製錬所に対して3年程度で排出を低減するように通達を出した。

また、1997年には全ての鉱業活動に対して「環境影響評価システム」に参加するよう義務づけられ、鉱業事業者は事業を開始する前に環境に与える負荷を評価し国家環境委員会に提出しなければならないとされている。

3-2-2 法体系について

(1) 環境基本法について (法律19,300)

1990年代初頭に環境問題に対する意識の高まり、また環境問題に関連した分野の政策や法律に指導・調整メカニズムが欠けており、国の諸機関はそれぞれが所管する環境問題において対策を強化することができなかった。こうした状況から、現在の環境問題を解決し、環境問題を未然に予防するために社会全体を一つにまとめられるような法的枠組みが必要であることが明確となった。上記の事情を考慮し1994年3月に国家環境委員会にて環境基本法が施行された。

本法律は全6章、99条からなるが、その第一条において「公害のない環境で生活する権利及び自然環境の保護の規定」がうたわれており、チリの環境政策に対する基本理念が書かれた内容となっている。

各章の内容は以下のとおり。

表3-2 環境基本法の内容

章	題名	主な内容
第一章	一般規定	法律の目的、用語の定義
第二章	環境行政の手段	環境教育、環境影響評価システム
第三章	環境破壊の責任	環境破壊に対する法的責任、罰則規定
第四章	監査	環境影響評価システム等に対する監査
第五章	環境保全基金	環境保護等の目的の環境保護基金
第六章	国家環境委員会	国家環境委員会の機能等の定義

(2) 排出基準値を定めた法律について

環境基本法には環境問題に対して理念的なものが書かれており、大気及び水の等の排出基準値は別の法律に定められている。

大気に対する排出基準値は既に施行されているが、水の排出基準値については、現在、最終方針案が国家環境委員会で作成されている。

この水の排出基準値を定める法律の目的はチリ国内の地表の水域（大陸部、島、海域を含む）に排出される排水を規制することによって、水域の汚染を防止し環境を守ることであり、各汚染物質の排出基準値は表3-3のとおりである。なお、排出基準値は河川の希釈能力を考慮して定められている。また、この排出基準値を守らない場合には罰則規定もある。

この水の排出基準値が作成させるまでは、灌漑用水に対する排出基準等の排出基準値がいくつもあり非常に複雑であったが、今後は水に対してはこれひとつになる。

なお、この水の排出基準値が施行されると、今後、新規に設置される事業所については直ぐに本規定が適用されるが、既存の事業所については5年間の適用猶予が認められる。

(3) 環境影響評価システムについて

チリでは環境影響評価システムが採用されている。これは環境を害する可能性のある全ての新規プロジェクトに適用され、事業者は事業をしようとするときは、その事業によりどのような環境負荷を与えるかを評価し、国家環境委員会にその報告書を提出、承認を受けなければならないというものである。

鉱業事業者についても環境影響評価報告書を提出しなければならないが、具体的には鉱山の拡張探鉱を行う際、鉱物処理プラント及び製錬所からの硫酸輸送ルート等の際には本報告書の提出、承認を受けており、鉱業事業者が鉱業省に事業の認可申請をする際には、国家環境委員会の環境評価承認書が必要となる。

1990年～1997年5月までの実績は、環境影響評価報告書を申請し承認されたプロジェクトの総数としては178件であり、その中で、鉱業に関するものは77件であった。

3-2-3 鉱害対策に関係する各組織について

(1) 国家環境委員会 (CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente)

産業・経済の発展、サンチャゴ首都圏への人口の集中化に伴い、大気汚染、水質汚濁、廃棄物等の公害問題が顕在化すると共に、土壌浸食、自然環境の破壊が進行したため、チリ国家として、環境問題に積極的に取り組む必要が生じた。そのため、チリ政府は、環境保全を目的として1990年6月に「国家環境委員会」を大統領令により設置した。

国家環境委員会は大統領府省 (Ministerio Secretaria General de la Presidencia) を通して大統領の監督下に置かれている。最高執行機関は理事会であり、そのメンバーは大統領府省、公共事業省、農業省、国土省、保険省、鉱業省等の各大臣からなる。

表3-3 河川に排水する場合の汚染物質の許容最大値

(1) 希釈能力を持たない河川に排水する場合の許容最大値		(2) 希釈能力のある河川に排水する場合の許容最大値	
パラメータ	単位	表記	単位
アルミニウム	mg/L	Al	mg/L
砒素	mg/L	As	mg/L
ホウ素	mg/L	B	mg/L
カドミウム	mg/L	Cd	mg/L
シアニ化物	mg/L	CN ⁻	mg/L
塩化物	mg/L	Cl ⁻	mg/L
全銅	mg/L	Cu	mg/L
6価クロム	mg/L	Cr ⁶⁺	mg/L
全リン	mg/L	P	mg/L
フッ素	mg/L	F	mg/L
溶存鉄	mg/L	Fe	mg/L
マンガン	mg/L	Mn	mg/L
水銀	mg/L	Hg	mg/L
モリブデン	mg/L	Mo	mg/L
ニッケル	mg/L	Ni	mg/L
pH		pH	
鉛	mg/L	Pb	mg/L
セレン	mg/L	Se	mg/L
全懸濁固形物	mg/L	SS	mg/L
硫酸塩	mg/L	SO ₄ ²⁻	mg/L
硫化物	mg/L	S ²⁻	mg/L
温度	°C	T°	°C
亜鉛	mg/l	Zn	mg/l

(注1)有機系のもの等リーチング工場に關係ないと思われるものは除いた。

(注2)網掛けのものはパニキュルシージョ工場で許容最大値を超えていると推測されるもの

国会環境委員会の権限については「環境基本法」に定められており、①大統領への環境政策の提言、②大統領に対し定期的に環境に関する現行の法律を遂行・適用状況について報告する、③州別にまとめた環境に関する公的に情報システムを管理保持すること、④全国レベルで環境影響評価システムの運営し、環境に関する基準を選定する手続きを調整し、その基準を遂行する計画を決定する、⑤環境保護や自然保護、環境資産の保護に対して国民の意識を促し市民参加を得るため関係省庁と協力して環境に関する教育や情報普及の計画を準備し展開する、⑥環境プロジェクトへの国際支援に関する事項について、所轄期間の間の調整役をする、等である。

なお、⑥にあるとおり環境に対する国際支援についても所管しており、鉱害問題に関するプロジェクトの結果報告については鉱業省を通じて国家環境委員会に報告され、各鉱山にその成果が伝えられる。

(2) 鉱業省

鉱業省の役割は鉱物又は燃料を扱う鉱業とエネルギー資源に関連する業務を実施し、国内の鉱物資源の利用と保護のため、政策を立案し、法律を定め、さらにこれを実行する役割を担うことである。

鉱業省の中には、環境業務室がありここで鉱害対策に対する各業務を行う。具体的には、①既存の鉱業関連事業所の環境の環境に与える影響を評価し、鉱業プロジェクトの環境影響評価報告書の評価をする。②関係諸機関とともに環境関連の法律や基準、規則の策定に協力する。③環境汚染除去計画の作成に助言をし、関係諸機関との間で監査・査察について調整する。④鉱業関連プロジェクトの計画段階で環境に対する配慮がなされているか、また制定される環境基準が鉱業部門の競争に影響を与えないよう監視する等である。

水の排出基準値等の策定は国家環境委員会の役目であるが実際の作業は各省庁の担当部局（鉱業省の場合は環境室）で構成される技術委員会策定される。

(3) 鉱山地質局 (SERNAGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería)

鉱業地質局は鉱業省の下部組織である。主な業務としては、①地質・鉱業に関する事項についての鉱業大臣への助言 ②チリ国の地質図を作成する他、地質構造図、基本部会鉱物分布図の作成 ③チリ国の鉱物資源の分布、開発、管理に関する情報を所有し、また、公開する ④鉱業法・鉱山保安法の施行 ⑤鉱山で使用する爆発物の運搬、貯蔵に関する監督業務などである。

鉱山地質局の本部の下に、地方支所が全国の6ヶ所があり、鉱山への検査等ははこの地方支所が行う。活動としては保安行政に関するもの（鉱山への立入検査等）及び鉱業権の申請の受理を行っている。

なお、SERNAGEOMINはドイツ・地球科学天然資源局との間で「地質鉱業環境プロジェクト」を実施しており、SERNAGEOMINの環境部門の強化を図っている。

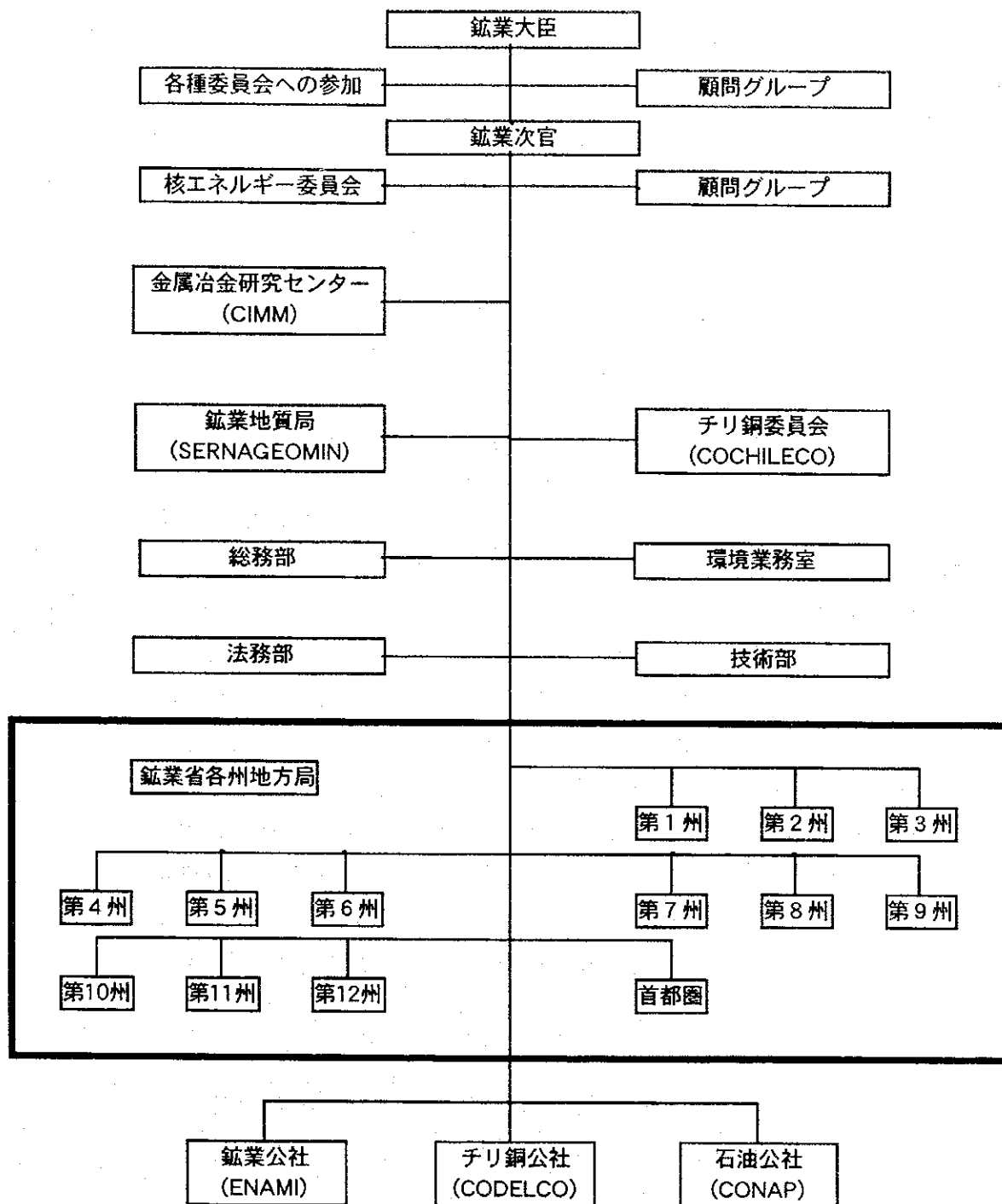


図3-2 鉱業省組織図

3-3 チリ鉱山公社 (ENAMI)

3-3-1 ENAMI概要

- (1) 名称 ENAMI (Empresa Nacional de Minería: 鉱山公社)
- (2) 本部所在地 Mac Iver 459, Santiago, Chile
- (3) 資本金 298.2百万ドル
- (4) 従業員 2,215人 (1997年12月現在)
- (5) 主要系列会社 Quebrada Blanca 鉱山、Altamira 鉱山 (チリ) の権益。
アルゼンチン、ブラジル、韓国、英国、イタリア、フランス、
日本、台湾、中国に販売会社。
- (6) 主要事業 チリの中小鉱山振興のために設立された国営企業。
銅鉱石の選鉱、製錬事業
銅地金の販売
中小規模鉱山への技術的、資金的支援及び育成
- (7) 主要工場チリ国内の数千に及ぶと言われる中小鉱山から鉱石、精鉱を買い上げ、以下の主要2製錬所、5工場において銅を生産している (表3-10鉱山規模別鉱石・精鉱購入量参照)。
- ・ Ventanas銅製錬所
 - ・ Herman Videla Lira銅製錬所
 - ・ Taltal工場 (最大能力 リーチング14,000トン/月、浮選18,000トン/月)
 - ・ Salado工場 (最大能力 リーチング18,000トン/月)
 - ・ Matta工場 (最大能力 浮選110,000トン/月)
 - ・ Vallenar工場 (最大能力 リーチング16,000トン/月、浮選18,000トン/月)
 - ・ Panulcillo工場 (最大能力 リーチング12,000トン/月、浮選10,000トン/月)
- (8) 収支状況

表3-4 ENAMIの収支状況 (単位:百万ドル)

	1997年	1996年
売上高	730.2	746.9
経常利益	24.7	21.9
税引き前利益	18.2	15.0
負債額	18.7	19.2
投資額	75.9	65.4

(9) 非鉄関連事業

(7) 生産量

表3-5 ENAMIの生産量

	1997年	1996年
銅 地 金 (t)	289,651	215,059
金 (kg)	6,746	7,480
銀 (kg)	116,840	112,006
セ レ ン (kg)	26,056	18,473
テ ル ル (kg)	1,356	1,675
硫化ニッケル (kg)	193,004	306,114
硫 酸 (t)	308,105	256,008

(4) 販売量及び販売先

表3-6 ENAMIの製品販売量

	1997年	1996年
銅 地 金 (t)	289,651	215,059
金 (kg)	6,746	7,480
銀 (kg)	116,840	112,006
セ レ ン (kg)	26,056	18,473
テ ル ル (kg)	1,356	1,675
硫化ニッケル (kg)	193,004	306,114
硫 酸 (t)	308,105	256,008

表3-7 ENAMIの製品販売先 (銅・単位t)

	1997年	1996年
ア ジ ア 地 域	100,458	110,872
ヨ ー ロ ッ パ 地 域	48,749	49,077
ア メ リ カ 地 域	59,078	51,595

表3-8 ENAMIの製品販売先（金・単位kg）

	1997年	1996年
アメリカ	6,064	7,013
ドイツ	750	0
チリ国内	91	443

表3-9 ENAMIの製品販売先（銀・単位kg）

	1997年	1996年
アメリカ	18,450	57,200
ブラジル	76,900	47,303
アルゼンティン	4,500	0
チリ国内	16,886	17,790

(ウ) 購入量

表3-10 ENAMIの鉱山規模別鉱石・精鉱等購入量（1997年・dry metric ton）

	小鉱山	中鉱山	単独鉱山	合計
酸化鉱	449,032			449,032
銅浮選用鉱石	145,622	257,803		403,425
金浮選用鉱石	49,817			49,817
銅直送鉱	2,546			2,546
金直送鉱	1,295			1,295
銅精鉱	22,419	322,409	313,123	657,951
銀精鉱			243	243
金精鉱	14,598	25,701	16	40,315
沈澱銅	2,488		128	2,616
火力精製銅			35,681	35,681

表3-11 ENAMIの工場別鉱石・精鉱等購入量（1997年・dry metric ton）

工場	鉱石			精鉱			沈澱銅
	リーチング	銅浮選	金浮選	銅	銀	金	
トコピヤ	21,315	2,501					
サラルデルカルメン	82,626		597				283
タルタル	68,737	72,151	1,910				
サラダ	136,996	712	22				51
インカデオロ	3,930	441	2,249				
パイポテ				202,449	12	6,728	816
マッタ	32,035	272,505	29,723	49,264			
バジェナール	37,064	11,774	6,769				
コキンボ				2,331		4,773	690
パニユルシージョ	59,644	26,824	1,371	9		6	
イジャベル	6,686	4,132	1,879				
ガビルト		12,386	5,297				
ベントナス				336,264	232	28,808	776
サンチャゴ				67,634			
合計	449,033	403,426	49,817	657,951	244	40,315	2,616

(10) 組織

図3-3に示す組織図のとおり。

(11) 最近のENAMIの動向

(7) 銅価低迷

銅価が昨年以來低迷しており、今年に入り80セントを下回る銅価では、中小鉱山の維持が困難になりつつある。実際、チリ鉱業協会によれば、3万人の雇用に影響があるとしている。小規模鉱山の生産コストは102～105セントかかっており、政府が銅安定化基金により95セントの据え置いているが、助成金を上乘せしても生産の継続には借金が必要となっている。このような背景から中小鉱山から買鉱しているENAMIは、中小鉱山助成策として製錬加工賃を上げることができず結果的にENAMIの収益を圧迫している。

(i) ENAMI近代化法案の行方

チリ政府はENAMIの収益悪化の抜本的対策として、民営資本導入を含めたENAMI近代化法案を検討中。同法案の当面の議会への提出は見送られたものの法案の内容の変更はない見込みである。近代化法案はENAMIの権益（Paipote、Ventanas製錬所など）の49パーセントまで認めるものである。

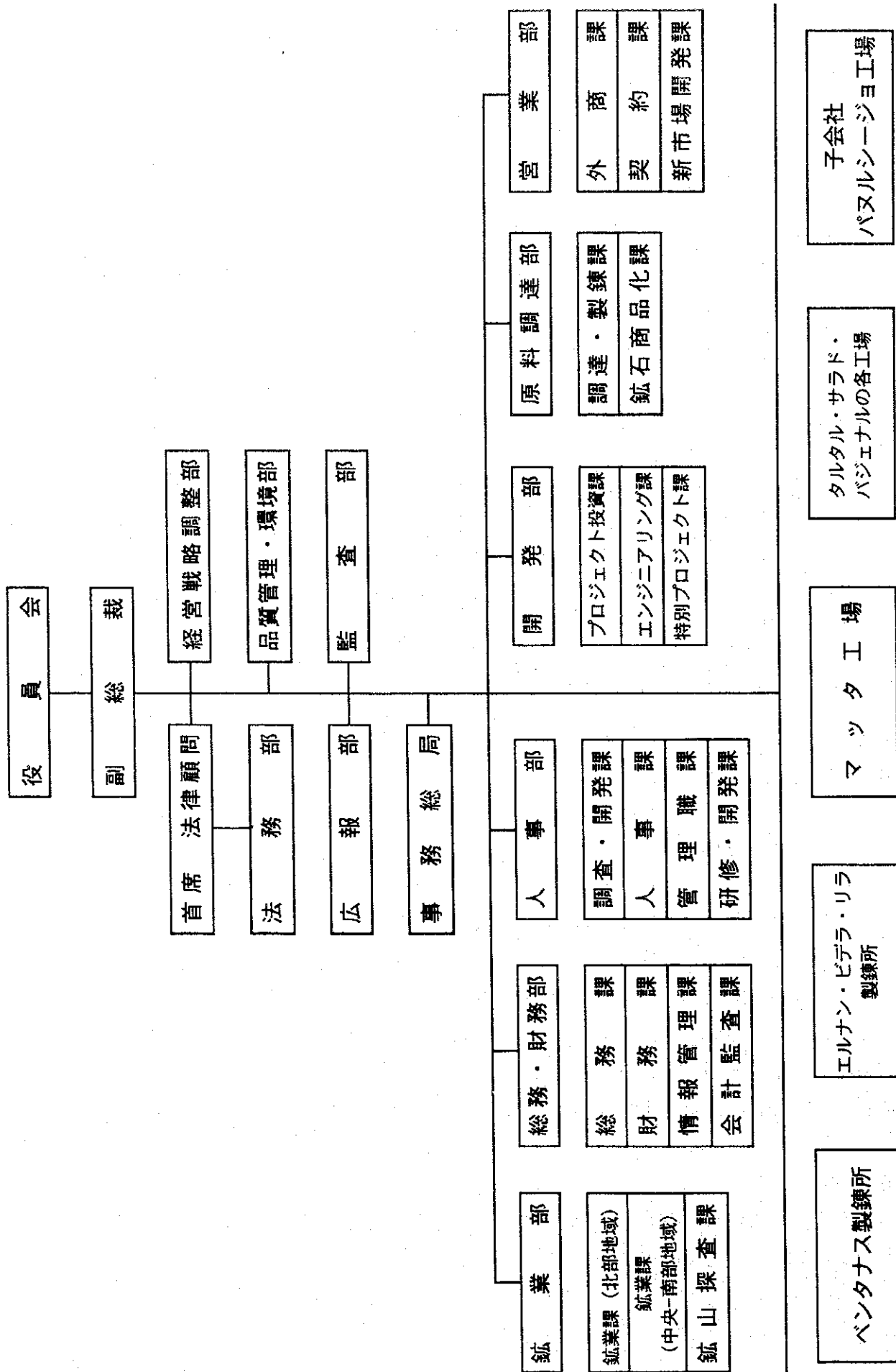


図3-3 ENAMI組織図

(ウ) 銅価低迷の与えるENAMIへの影響

金属鉱業事業団サンチャゴ事務所では、銅価低迷がENAMIに与える影響について付属資料のとおり分析している。

3-3-2 ENAMIの鉱害対策

現地の新聞報道によるとチリ国内における環境法の整備に対応して、銅製錬所に以下の環境対策を実施している。

- ・ Paipote 製錬所にテニエンテ転炉の導入等に8,500万ドル投資
- ・ Ventanas製錬所に9年間で大気汚染対策として1.5億ドルを投資

