

No.

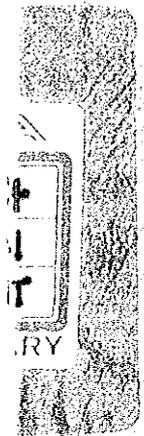
チリ共和国
鉱山公害防止技術協力事業
事前調査団報告書

1986.4

国際協力事業団

鉱開技
JR
86-82

チリ共和国鉱山公害防止技術協力事業事前調査団報告書



904
66.1
MIT

チリ共和国
鉱山公害防止技術協力事業
事前調査団報告書

JICA LIBRARY



1026060E2J

1986. 4

国際協力事業団

國際協力事業団		
受入 月日	86. 7. 26	704
登録 No.	12918	66.1 MIT

は し が き

チリ共和国は、銅鉱石埋蔵量、生産量において世界一の産銅国であり、同国輸出総額の約50%を占める程、銅産品が重要な外貨収入源となっている。

近年、銅産品の国際的需要の減退及び価格の下落等の現状はあるも、チリ共和国にとっては、最大の輸出産品である銅による外貨獲得のため積極的な銅産業振興を図っているところである。

しかしながら、このような状況の下、一方で鉱業活動に起因する大気・水質等の環境汚染が大きな社会問題として取り上げられてきている。

そこで、チリ共和国政府は鉱業関連地域で生じている汚染問題の把握・対策のため、かつ、環境との調和のとれた鉱業発展を図るべく、我が国に対して鉱山公害防止にかかる技術協力を要請越したものである。

当事業団は、これを受け、鉱業の各分野で生じている大気・水質汚染の防止に係る技術の移転及びそれに携わる技術者の養成を目途に、その協力の可能性につき3月23日から4月5日まで事前調査団を派遣した。本調査の実施にあたり、各方面より積極的な協力を受けたことをここに深謝申し上げる。

1986年4月

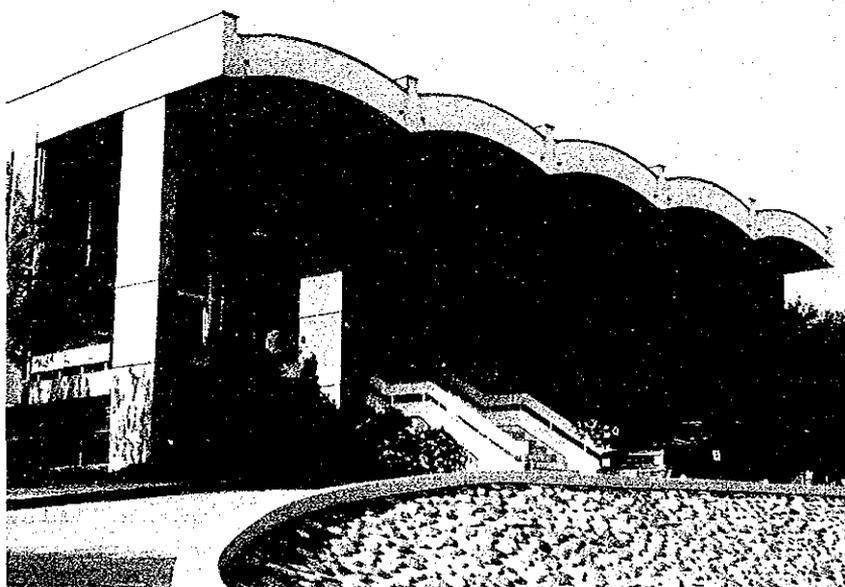
国際協力事業団

鉱工業開発協力部長

北 村 俊 男



M/M 署名 (於 CIMM)
WERNER CIMM 所長と北村 団長



CIMM 外 観



CHAGRES 製鍊所



EL TENIENT 製鍊所

目 次

は し が き

1. 事前調査団の派遣	1
1-1 調査団の派遣の経緯と目的	1
1-2 調査団の構成	1
1-3 調査日程	2
1-4 主な面談者	3
2. 要 約	4
3. 要請の背景	6
4. 要請の内容	7
5. プロジェクト実施体制	9
5-1 実施機関の組織及び事業概要	9
組 織	9
事 業 概 要	12
研 究 所 規 模	12
人 員	12
予 算	13
6. 協議の概要	15
6-1 プロジェクトの目的及び目標	15
6-2 プロジェクトの範囲	15
6-3 プロジェクトの名称	19
6-4 プロジェクト実施機関	19
6-5 プロジェクトの期間	21
6-6 プロジェクト実施場所	21
6-7 R/D締結時の署名	21
6-8 鉱害プロジェクトについての第3国協力	21
6-9 ローカルコストの負担能力	21
6-10 カウンターパート配置計画	21
6-11 部局の新設	22
6-12 プロジェクト実施計画（専門家派遣・研修員受入れ，機材供与）	22
6-13 その他の事項	23
7. 協議の結果	25
8. 今後の留意点	26
9. 収集資料リスト	27
10. 調査概要（チャグレス，バンターナス，エルテニエンテ鉱山）	28

1. 事前調査の派遣

1-1 調査団派遣の経緯と目的

チリ共和国は銅・鉛・鋅埋蔵量・生産量において世界有数の銅産国（埋蔵量1億トン・生産量125.9万t（83年）・輸出量でも鉛、粗銅、地金を含め121.8万t（83年））であり、チリ国の経済基盤は、総輸出量の50%弱を占める銅産品に支えられてきているのが現状である。

しかしながら近年、最大の輸出品である銅による外貨獲得のための積極的な増産、輸出政策がとられる中で、鉛業活動を起因とする水質汚染・大気汚染等の環境汚染問題が社会的問題となりつつある。

これらは、鉛業活動の各段階（採鉛・選鉛・製錬）における鉛害防止対策の組織的な対応の遅れ等に起因していることにあり、現実に鉛業活動による環境汚染の事例が顕在化しつつある。

このような状況のもと、チリ国政府は、鉛業関連地域で生じる汚染問題の把握対策のため、かつ環境保全と調和した産業発展を図るべく、鉛山公害分野で確立した技術を有する我が国に対して、技術協力の要請を越したものである。（関連公信：昭和59年2月21日公信90号）

これに対して、チリ側要請内容は、鉛業の各段階（採鉛・選鉛・製錬）における鉛害防止のための解決技術の移転であるが、我が国で未確立な技術分野から商業的ノウハウに関する技術等に至るまで広範囲にわたっているところ、今回の調査団の派遣をもって、チリ側の要請背景・目的・内容等について把握し、両者の本件要請に係る相互の理解と協議を行うこととなった。

1-2 調査団の構成

氏名	分野	所属
北村俊男	総括（団長）	国際協力事業団鉛工業開発協力部長
千村和弘	採鉛・選鉛	国際協力事業団鉛工業開発協力部特別囑託
榎本修造	製錬・分析	日本鉛業協会本部総合調査室調査役
松本光央	鉛山行政・法律	通商産業省立地公害局鉛山課鉛務監督官
浅野寿夫	業務調整	国際協力事業団鉛工業開発協力部鉛工業開発技術課

1-3 調査日程

月	日	曜	A.M. P.M.	主 な 日 程	宿 泊 地
3	23	日	P.M. P.M.	成 田 発 (JL-006) ニューヨーク着	ニューヨーク
	24	月	P.M.	ニューヨーク発 (EA-027)	機 中
	25	火	P.M.	サンチャゴ着 JICA 加藤所長・日本大使館三好一等書記官・佐原二等書記官・ CIMM WERNER所長等打合せ	サンチャゴ
	26	水		チャグレス製錬所・ラスペンターナス製錬所視察	サンチャゴ
	27	木		エルテニエンテ鉱山視察	サンチャゴ
	28	金	P.M.	団員打合せ・視察報告 (聖 週 間)	サンチャゴ
	29	土	A.M. P.M.	CIMMとの協議 (於 CIMM)	サンチャゴ
	30	日	A.M. P.M.	団員打合せ	サンチャゴ
	31	月	A.M. P.M.	CIMMとの協議 (於 CIMM)	サンチャゴ
4	1	火	A.M. P.M.	CIMMとの協議及び協議議事録署名 (於 CIMM) JICA事務所報告	サンチャゴ
	2	水	A.M. P.M.	日本大使館埜参事官へ報告 サンチャゴ発 (RG-921) リオ・デ・ジャネイロ着	リオ・デ・ジャネイロ
	3	木	P.M.	リオ・デ・ジャネイロ発 (RG-860)	機 中
	4	金	A.M.	ニューヨーク着 ニューヨーク発 (JL-005)	機 中
	5	土	P.M.	成 田 着	

1-4 主な面談者

(1) チリ側

- 1) MINISTERIO DE MINERIA (鉱山省)
NELSON FERRADA AROCA 事務次官
- 2) CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA
(CIMM・鉱山冶金研究センター)
WERNER SCHLEIN 所長
ANTONIO LURASCHI G. 次長
GABRIEL A. RIVEROS 金属抽出部プロジェクト長
ALBERTO TFLLO R. 調査サービス部副部長
NELSON BARRIOS D. 計画管理部長
RODRIGO QUINTANA 所長付
LEOPOLDO BUSTOS 化学分析部長
GABRIEL ZARATE プロジェクト長
PAULINA VALENZUELA 広報部長兼鉱山省広報官
- 3) FUNDICION CHAGRES (チャグレス精錬所)
PETER VON MOLDOVANYI 所長
- 4) FUNDICION Y REFINERIA VENTANAS (ラスベンターナス製錬所)
FRANCISCO DE LOS RIOS 監督官
RICORDO BASSA URZUS 工程技師
MOSE SOTO 広報担当
- 5) EL TENIENE (エルテニエンテ鉱山 - CODELCO 所属)
CLAUDIO H. QUEIROLO 精錬部冶金技師長
HUGO ALFARO G. 選鉱教育調整員

(2) 日本側

- 1) 在サンチャゴ日本国大使館
埴 哲 夫 参事官
三 好 泰 克 一等書記官
佐 原 隆 幸 二等書記官
- 2) JICAチリ事務所
加 藤 進 所長

2. 要 約

- (1) チリ側として、基幹産業である銅鉱山、銅製錬鉱業より発生する鉱害問題が増大しているため、その解決のための技術協力を日本に期待する旨の発言がなされた。
- (2) これに対し、日本側より、日本の経験では鉱害問題の解決には単に、研究所への技術移転で解決するものでなく法規制、測定監視、公害対策へのインセンティブある行政施策の実施等立体的に行なうことが効果的である旨のべ、チリ側の対応を質した。
- (3) これに対し、チリではここ1～2年のうちに突然、環境汚染問題（一般公害、鉱山公害等）が社会問題化してきたいきさつがあり、日本のように体制基盤の確立は今後の努力に待たねばならず、本件協力ではまず、鉱山公害そのものへの測定法、評価の仕方等、技術的側面の取り組み方、技術的改善の仕方などについての技術移転、人材養成を期待する旨の答がなされた。
- (4) 日本側としては、鉱害の測定、評価、改善への定性的な技術指導は可能であるが、国内規制や基準決定、対応措置などの最終的な解決策はチリ側の責任でなされるべきであると表明し、チリ側もこれに当然乍ら同意した。
- (5) 以後、双方で協力の範囲、目標、協力方法等協議した。
- (6) 協力の範囲としては、
 - ① 鉱山で採鉱、選鉱及び製錬工程における大気汚染及び水質汚濁等の測定分析技術、評価法ならびに適用可能な防止技術等についての指導助言。
 - ② 日智両国における鉱害関係行政組織及び法規比較を内容とするが、但し、日本で未確立、未実施、未経験な技術、商業的ノウハウに属する技術、要請期間内に日本側で提供不可能な技術、国内法令基準作成を直接目的とした技術等は今回の協力から除くことに合意した。
- (7) 協力の目標としては、テンタティブで更に検討を要するが、日本側より供与する技術が国内で実施している公害防止技術管理者（大気、水質部門）ならびに環境計量士に準じたレベルの内容までを移転することで達成目標として如何と提案し基本的に異存ないとの答えがあった。
- (8) 協力の方法としては、CIMMのカウンターパートへのトレーナーズトレーニングを原則として行い、このための長期専門家の派遣、機材の供与、研修員受入れ、短期専門家の派遣等の組合せを通じて行うことを述べ、チリ側は賛意を示した。
- (9) 本件協力が実施される場合、チリ側は、CIMM内に（仮称）鉱害対策技術部（18人程度）を新設した上で日本よりの技術協力を受け入れたい旨、説明があった。
- (10) なお、日本側より本件協力がなされる場合、相当額のローカルコストのチリ側負担を伴うことを述べ、チリは了解した。

- (1) 協力の期間については、当初、チリ側の要請は3年あったが、技術移転上の経験等勘案してR/D調印後4年とすることで同意した。
- (2) 実施取り極め署名者としてはCIMM所長及びCo-Signerとして鉱山省大臣又は鉱山省次官、日本側代表という3者とすることを打合せた。
- (3) チリ側より、本件協力の開始を早期に、可能であれば、年度内実施を強く希望する旨の要請がなされた。
- (4) 以上、本調査団としては、現地視察、CIMM調査等を通じて本件要請の背景、必要性、具体的内容、受入れ能力、日本側技術協力の可能性等についてかなりの部分が明確になったところ、そのコア部分についてミニッツとして取りまとめ署名した。
- (5) 結論として、本調査団は、本プロジェクトを、チリ側要請に沿い事前調査での了解事項にしたがって日本、チリ間のプロジェクト技術協力案件として実施することの妥当性については理解が得られたと確信する次第である。

3. 要 請 の 背 景

チリ国の鉱業は19世紀半ば銅生産が世界一となるとともに、チリ経済の中心になった。しかし、19世紀末には設備等の近代化の遅れにより、銅生産は減退に至った。その後、チリ北部から産出する硝石が火薬等の原料として輸出され、銅に代ってチリの経済を支えることになった。

20世紀に入り、世界の技術革新により、硝石の需要が落ち込むが、ほぼ同時代に外国資本による大規模銅山の開発が活発になり、銅が再びチリ経済の中心となり、アジェンデ政権の主要銅山の国有化を経て、現在まで銅埋蔵量・生産量とも世界一の座を占めつづけており、同国の輸出額の50%を銅産品が占める程、重要な外貨収入源となってきた。

チリの銅生産量は125.9万t(83年)に達し、世界一位となり、その輸出量でも121.8万tと全世界の輸出量の約3割を占め、世界最大の銅輸出国となっている。

チリの銅は、前述の如く、世界的にみて最も恵まれた高品位の大鉱床を有し、安定した世界への銅供給国の一つとしてその地位が確立されているが、近年の国際的景気の後退に伴う銅需要の減退、国際価格の下落は同国経済に大きな痛手となっている。特に経常収支の赤字はここ数年10億~40億ドルの幅で定着化しており、対外債務も累計約200億ドル近くになっている。

対外債務問題は、民間銀行団・IMFとの交渉において、リスケジュール・新規融資という点で一応の結着はついたものの、IMFからのコンディショナリティーに沿って、経済立て直しを図る方向が打ち出され、その中に輸出促進・国際収支の改善等が含まれている。

チリ政府は、このため輸出産品の効率化を図るため、銅の最終製品である地金の生産にウェットをおいている。

これらの過程において我が国は、昭和51年11月から58年3月まで、プロジェクト方式技術協力により製錬技術の研究開発、人材養成を図るため銅製錬技術協力事業を実施し、相手側実施機関である鉱山冶金研究センター(CIMM)を通じ、技術移転をおこない、高い評価を受けつつ終了した。

このプロジェクトの評価を踏えつつ、チリ政府は主要産業である銅生産をはじめとする鉱業の環境との調和のとれた発展をめざすことを目途とし、殊に、採鉱に伴って発生する粉塵、ジーゼル排ガス、選鉱の廃さい、廃水、溶錬・製錬における砒素等を含む有害ガス等鉱災源の改善を図るため、ひきつづきCIMMに対する技術協力を要請越したものである。

4. 要 請 の 内 容

チリ側からの要請内容については、昭和59年2月21日公信第90号の添付書(CIMM)
(別添1)作成及び昭和61年本件事前調査団派遣前に得られたCIMMからの報告(別添-2)
によると以下の通りである。

分 野		目 的	要 請 技 術 移 転	要 請 機 材			
鉍 山 (坑 内)	1	SiO ₂ 粉塵の測定	<ul style="list-style-type: none"> 坑内・露天における粉塵ガスの測定法 坑内・露天における汚染コンピューターモデルの作成 パイロット鉍山プロジェクト 日本人専門家による鉍害管理者の養成 	<ul style="list-style-type: none"> CO, NO, NO₂, SO₂ 連続サンプラー 粉塵サンプラー(SiO₂用) 風向風速計 発生源での粉塵制御機器(吸塵・集塵) ジーゼルガス排気純化装置 			
	2	" " 低減					
	3	ジーゼル排ガス(CO, NO, NO ₂ , SO ₂)の測定					
	4	" " の低減					
	(露 天 堀)	1			SiO ₂ 粉塵の測定		
		2			" " 低減		
		3			ジーゼル排ガス(CO, NO, NO ₂ , SO ₂)の測定		
		4			" " の低減		
	(坑内・露天堀)	1			鉍山汚染度の評価法		
	選 鉍	1			選鉍水(MO, Cu, As, Fe)の海洋投棄方法	<ul style="list-style-type: none"> 連続モニター法 プラント及び尾鉍ダムの排水中の重金属・有機物の処理 WORKING-GROUPの結成 	<ul style="list-style-type: none"> 濁度計・汚濁粒子計 地表・地下水計 イオン濃度計(MO, Cu, As, Fe) PH, SS, BOD, COD, シアン測定機器
		2			選鉍水の農・動・植物への影響(生態学的分析)		
		3			尾鉍ダムからの漏水(MO, Cu, As, Fe)の農・動・植物への影響		
製 錬 (乾 式 冶 金)	1	既存プラントの改善(SO ₂ , Cl ₂ , As)	<ul style="list-style-type: none"> 機材による測定モニター技術 コンピューターモデル(汚染・拡散モデル) パイロットプロジェクト 	<ul style="list-style-type: none"> 自動変速吸引付インパクトダスト捕集器 ダストガスサンプラー 連続ガスサンプラー MIDGE'T 型ガスサンプラー ユニバーサルサンプラー SO₂, H₂S 連続分析計 空気流速計・湿度計 可搬気圧計 高圧液体クロマトグラフ 			
	2	硫酸プラントの砒素除去技術					

分野		目的	要請技術移転	要請機材
				<ul style="list-style-type: none"> ・赤外線分光光度計 ・ガスクロマトグラフ ・多点記録計 ・デジタル天秤 ・積算流量計 ・騒音計 ・大気分析試薬 ・較正用ボンベ他
(電気製錬)	1	電解液とスライムの漏れ対策	・電気製錬サイトでのモニター	<ul style="list-style-type: none"> ・化学分析機器 ・PH計
	2	プラントデザイン・操業改善	・パイロットプロジェクト評価	<ul style="list-style-type: none"> ・温度計 ・流量計 ・化学組成分析機器(As)
(湿式製錬)	1	重金属有機物による水質土壌汚染防止のためのプラント・操業改善	<ul style="list-style-type: none"> ・水質汚染分析技術 ・パイロットプロジェクト 	<ul style="list-style-type: none"> ・PH計 ・温度計 ・流量計 ・化学分析機器(As)
	2	廃液・尾鉱の処理 製錬所・リーチングプラントの排水測定		

5. プロジェクト実施体制

5-1 実施機関の組織及び事業概要

組 織

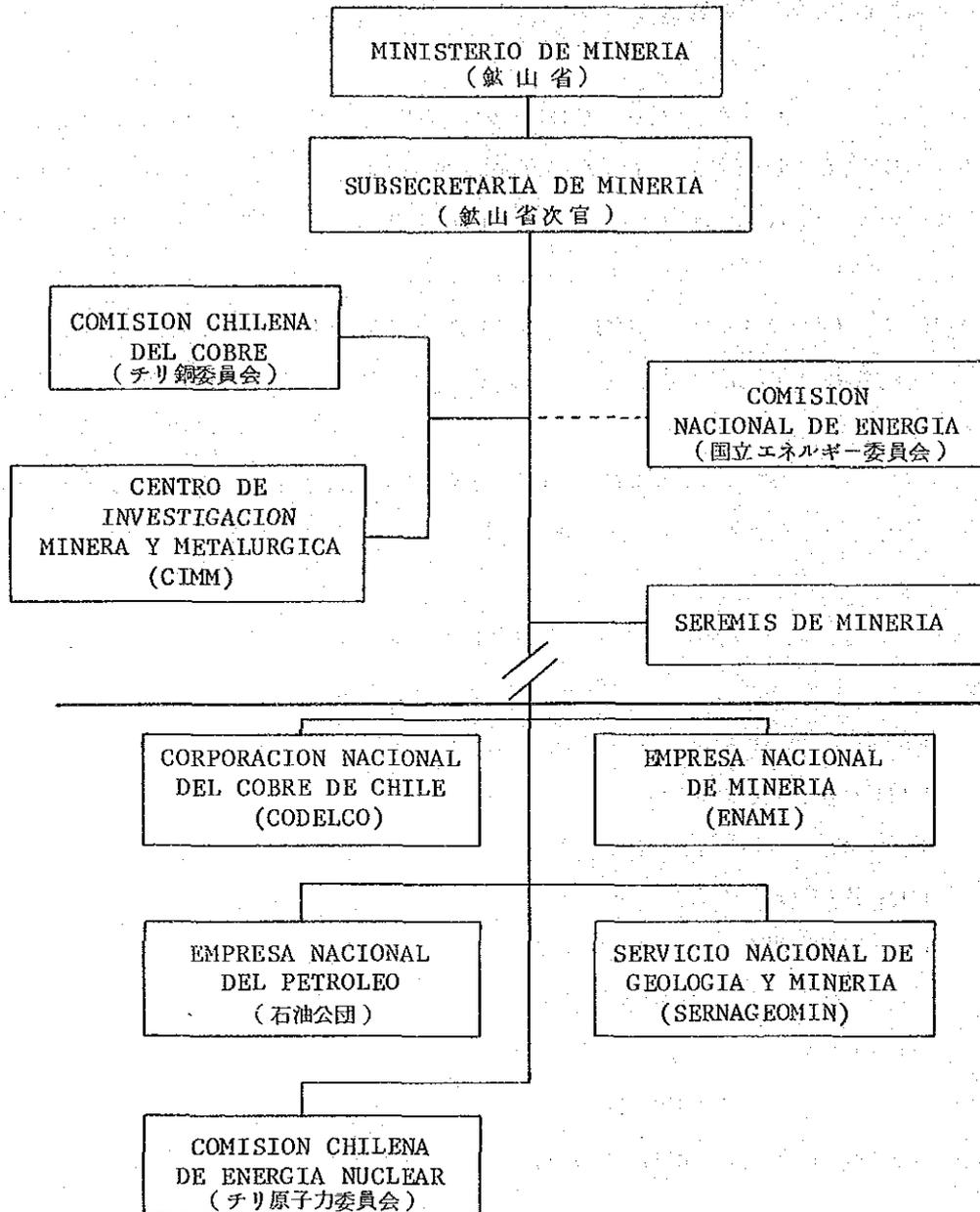
鉱山冶金研究センター(CIMM: CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA)は、チリ政府鉱山省の管轄のもと、1970年8月11日に設立され、当初CODELCO(CORPORACION DEL COBRE:チリ銅公社)の傘下にあったが1976年にCODELCOがCOMISION CHILENA DEL COBRE(チリ銅委員会)とCODELCO(CORDORACION NACIONAL DEL COBRE DE CHILE)に分割され、前者が生産に係る企画・管理及び営業部門を後者が生産・技術部門を各々担当することになった。

またCIMMはCODELCOからCOMISION CHILENAの傘下になったが、1981年6月鉱山省直属の機関に変更され、現在行政組織図では図-1及び図-2のようになっている。

CIMMの組織は、予算獲得・執行・決算及び事業内容の承認等について、理事会承認事項になっており、理事会構成メンバーは以下のとおりである。

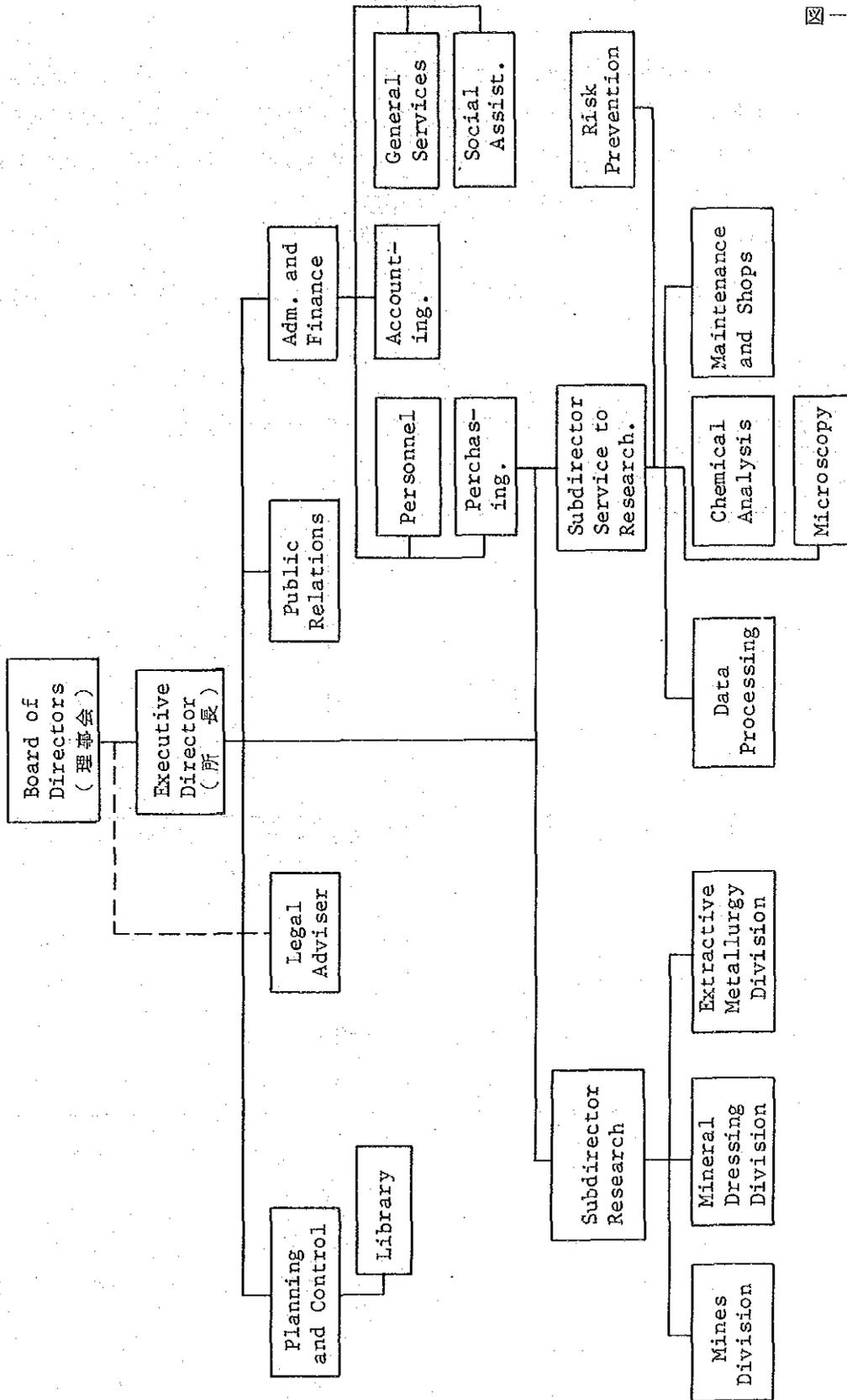
- 鉱山省 (座長・事務次官)
- CODELCO (チリ銅公社)
- ENAMI (国立鉱業公社)
- COCHICO (チリ銅委員会)
- CONICYT (国立科学技術調査委員会)
- CORFO (生産振興公社)
- ODEPLAN (企画省)
- (チリ鉱業学会)

以上の8機関ならなるCIMM理事会は、CIMM所長を選任し、実質的権限を所長に委ねている。



ORGANIGRAMA

CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA



事業概要

現在 CIMM は鉱山省管轄の法人組織であり、鉱業分野の生産・開発の諸問題を解決すべく CODELCO, ENAMI をはじめとする公社及び民間中小鉱山に対して科学的、技術的ノウハウをサービスする研究組織であり、CIMM が獲得した経験を通じ、鉱山冶金のあらゆる分野における技術の移転を目途としている。

研究所規模

CIMM 所在地はサンチャゴ市郊外にあり、12000 m²の建坪を所有し、各種研究室が配置されている。

人 員

CIMM の過去 3 年間にわたる職員の推移は以下の通りであり、特に 1986 年 3 月現在のスタッフ内訳は別表のとおりである。

年	人 員
1983	198人
1984	209人
1985	267人

1986年3月現在

(表-1参照)

研 究 者	技 術 者	管 理・事 務	雑 務	合 計
101人	89人	34人	43人	267人
博士資格 6	研究技術者 60	会 計 3	作 業 36	
修士 " 6	機械 " 18	法 律 1	その他 7	
学士 "(6年卒) 64	そ の 他 11	一般管理 14		
学士 "(4~5年卒) 25		秘 書 16		

表-1

PERSONNEL	TOTAL 267
Executive Direction	5
Planning and Control	7
Legal Adviser	1
Public Relations	1
Administration and Finance	28
Research Subdirection	4
Mines Division	33
Mineral Dressing Division	52
Extractive Metallurgy Division	65
Services to Research Subdirection	3
Chemical Analysis	45
Microscopy	7
Data Processing	3
Maintenance and Shops	12
Risk Prevention	1
According their activities:	
Professionals	99
Technical	54
Administratives	14
Secretaries	15
Laborers	86

予 算

CIMMの予算については、以下の通り。

チリ国予算年度は1月1日から12月31日のカレンダーイヤーと同じである。

またCIMMは設立当初、国連開発計画（UNDP）及び政府援助によって設立されたが、その後の変遷を経て、近年の収入はCODELCO、ENAMI等の公営企業体をはじめ、民間あるいは鉱山省直接の要請にもとづき、技術サービスの収入を主とし、その他政府の援助及びパテント料の収入等によっているが、今後の方針としては政府の資金援助を減らす方向で、独立採算性をとりたいとしている。しかしながらこれはCIMMが民間に移行することを意味するものではなく、今後とも鉱山省直轄の公企体として法人組織として、存続していくものである。

1985年収支表

収 入		支 出	
費 目	額 (百万ペソ)	費 目	額 (百万ペソ)
技術サービス	263,210	管理・人件費	349,523
政府援助	123,388	調査・研究費	47,469
その他(パテント料)	32,070		
計	418,668		396,992

(注-1) 支出額のうち、人件費の占める割合は毎年70~75%である。

(注-2) 支出項目には機材の原価償却は含まれていない。

1986年収入

費 目	額 (U\$)	
技術サービス	1,620,000	(70%)
政府援助	700,000	(30%)
計	2,320,000	

6. 協 議 の 概 要

6-1 プロジェクトの目的及び目標

本件プロジェクトの目的は鉱業分野と環境との調和のとれた鉱業発展にあり、その目的のため、鉱害の測定・評価・対策を含めた人材の養成及び最終的にはチリ側の手により、独立して汚染対策がとれるようにすることである。そのために日本側に標記分野の技術移転を要請した次第であり、現在チリ国において、ここ1～2年とみに鉱山公害の環境に与える影響が深刻な問題としてとりあげられてきている。

このことは、米州開発銀行（IDB）の融資によりサンチャゴ市内の公害防止プログラムが計画されていること、（鉱山公害ではないも）、今年1月に国立生態学委員会（COMISION NACIONAL DE ECOLOGIA）の創設により、公害の、生態への影響に関心が持たれてきていること、さらにはCODELCO及びENAMIが製錬所の改善を検討していることなどがあり、CIMMとしても無関心ではいられない現状がある。

かかる状況の中で、我が国は経験に照らして、本プロジェクトの目標を(1)日本で確立されている技術の移転を通じ、CIMMにおける人材の育成(2)それによるチリ国内への技術伝播(3)日本の鉱山公害に関する環境計量士及び公害防止管理者準じたレベルまでを技術移転の目標とすることを設定した。

6-2 プロジェクトの範囲

CIMMとの協議を通じ、技術協力の範囲の設定及び方法・手段について以下のとおり両者の合意が達せられた。

A) 技術協力範囲の基準

（対象とするもの）

(1) 鉱山、選鉱及び製錬における大気汚染及び水質汚濁等の測定・分析技術ならびに適用可能な防止技術等についての助言

(2) 日智両国における鉱害関係行政組織及び法規比較

（対象としないもの）

(1) 日本で未確立・未実施の技術

(2) 日本で未経験な技術

(3) 企業の商業的ノウハウに関する技術

(4) 要請期間内で日本側の提供不可能な技術

(5) 特殊事情による日智双方の合意の得られない対象（例：係争中の鉱山等）

(6) 公害防止についての基準・法令の作成のための技術

以上の協力範囲をもって、チリ側の要請を検討した結果、日智双方にてまずチリ側要請のすり合せを行ったところ、以下のとおり合意に達した。

		チリ側要請		日本側対処			
鉱山 (坑内) (露天掘) (坑内露天掘)	1	SiO ₂ 粉塵の測定	<ul style="list-style-type: none"> 坑内・露天における粉塵ガスの測定法 坑内・露天における汚染 コンピューターモデルの作成 パイロット鉱山プロジェクト 日本人専門家による鉱害管理者の養成 	<ul style="list-style-type: none"> 粉塵は実測まで対処(坑内流量実測・粉塵(7ミクロン)の実測) シリカ質粉塵は日本で未確立な技術であるので対象から外す。 ジーゼル排ガス(CO, NO, SO₂)の実測) 露天掘りも坑内と同じ対処 			
	2	" " 低減					
	3	ジーゼル排ガス(CO, NO, NO ₂ , SO ₂)の測定					
	4	" " の低減					
	1	SiO ₂ 粉塵の測定					
	2	" " 低減					
	3	ジーゼル排ガス(CO, NO, NO ₂ , SO ₂)の測定					
	4	" " の低減					
	1	鉱山汚染度の評価法					
	選鉱	1			選鉱水(MO, Cu, As, Fe)の海洋投棄方法	<ul style="list-style-type: none"> 連続モニター法 プラント及び尾鉱ダムの排水中の重金属・有機物の処理 WORKING-GROUPの結成 	1) 日本で現在未実施な技術であり対象外 2,3) 生態学的影響については、日本で既知でないところ対象外 ・プラント及び廃さいダム排水中の重金属有機物(PH, SS, BOD, CODなど)の評価まで対処
	2	選鉱水の農・動・植物への影響(生態学的分析)					
	3	尾鉱ダムからの漏水(MO, Cu, As, Fe)の農・動・植物への影響					
製錬 (乾式冶金)	1	既存プラントの改善(SO ₂ , Cl ₂ , As)	<ul style="list-style-type: none"> 機材なる測定モニター技術 コンピューターモデル(汚染・拡散モデル) パイロットプロジェクト 	1) 企業の商業的ノウハウに属する技術故対象外 2) " " 但し、製錬所、エントツ内、周辺地域における粉塵・有害ガス、ばいじん(As)の評価まで対処			
	2	硫酸プラントの砒素除去技術					
	(電気製錬)	1	電解液とスライムの漏れ対策	<ul style="list-style-type: none"> 電気製錬サイトでのモニター パイロットプロジェクト評価 	1,2) 同上 対処方針も同上		
		2	プラントデザイン操業改善				
	(湿式製錬)	1	重金属有機物による水質土壌汚染防止のためのプラント操業改善	<ul style="list-style-type: none"> 水質汚染分析技術 パイロットプロジェクト 	1) 同上 2) 排水中の重金属及びPH, BOD, COD シアンなどの実測を通じ、日本の基準に照らした評価及びとるべき水処理技術のアドバイス 日智双方における鉱害防止行政及び法規比較		
		2	廃液・尾鉱の処理 製錬所・リーチングプラントの排水測定				

表-2 技術協力の範囲 (1)

派遣専門家別		大 気				水 質		その他
対 象		作 業 環 境		鉍 害				
	測定箇所	粉 塵	有害ガス	煉 塵	有毒ガス		水 質	
鉍 山	坑 内	実測まで	実測まで	—	—		—	
	露天掘り	実測まで	実測まで	—	—		—	
選鉍場	堆 積 場	—	—	—	—	排水口 上・下流	評価まで	
製錬所	所 内	評価まで	評価まで	—	—	排水口 上・下流	評価まで	
	煙 突 内	—	—	評価まで	評価まで		—	
	周辺地域	—	—	評価まで	評価まで	上・下流	評価まで	

表-3 技術協力の範囲 (2)

	機材供与	操作取扱い	サンプリング又は測定	化学分析	データ処理	日本の基準に照らし比較評価	基準作成	測定計画の作成	
(鉱山)	塵粉	塵粉塵計等	↑						
坑内	ディーゼルス排ガス	↑	↑						
	塵粉	↑	↑						
露天掘り	ディーゼルス排ガス	↑	↑						
(選鉱場)	水							チリ側	
堆積場								チリ側	
(製錬所)	塵粉							チリ側	
内	有害ガス							チリ側	
	水							チリ側	
煙突内	塵粉							チリ側	
	有害ガス							チリ側	
	塵粉							チリ側	
	有害ガス							チリ側	
周辺地域	塵粉							チリ側	
	有害ガス							チリ側	

注) 露天ではガス拡散があり、測定まで

6-3 プロジェクト名称

本件プロジェクト名称は、記のとおりとすることで、双方の意見の一致をみた。

「TECHNICAL COOPERATION ON MINING POLLUTION TECHNOLOGY PROJECT」

当初「CONTROL」の語を使用する予定であったが、基本作成・測定計画作成の段階まで協力範囲を拡大しないことで合意した点を考慮し、上記名称とした。但し、日本文では「鉱山公害防止技術協力事業」とする。

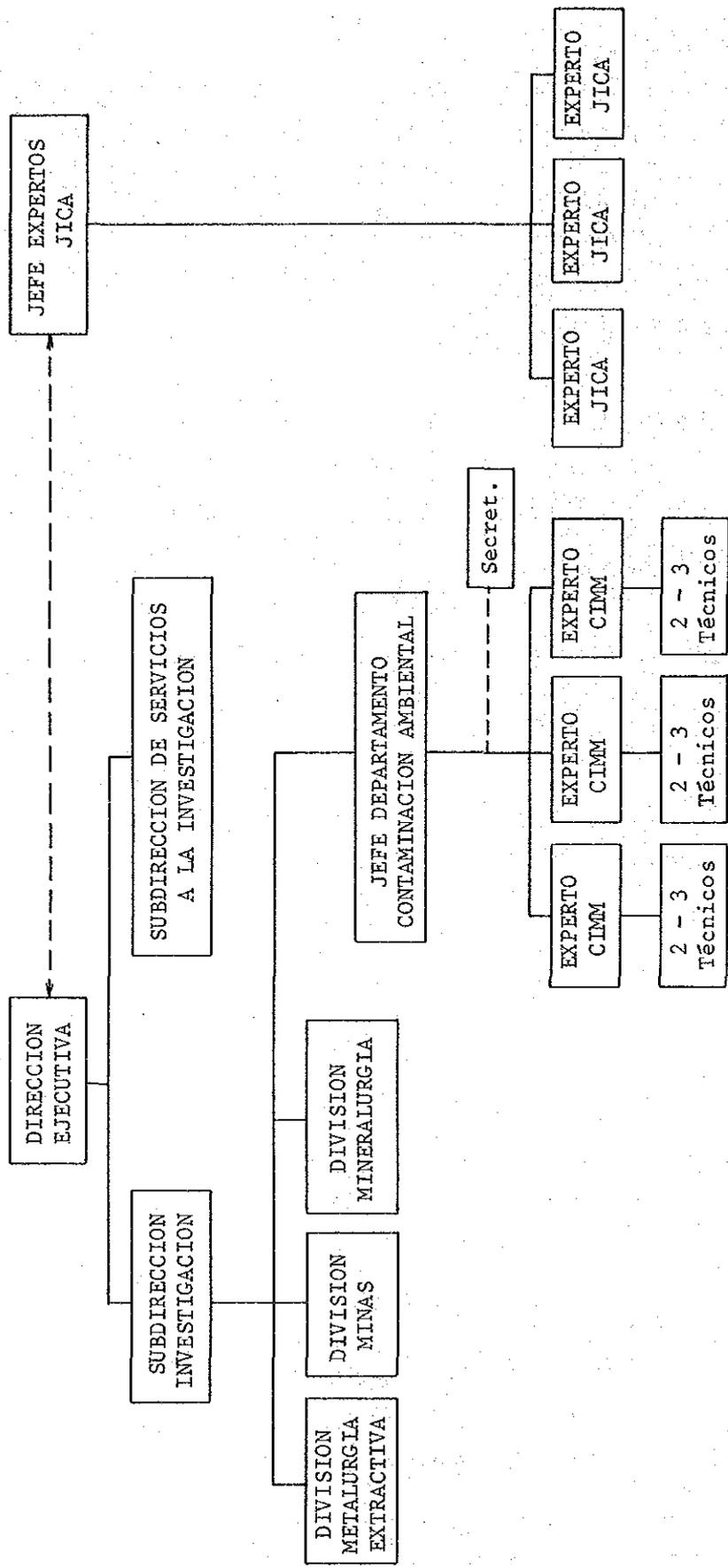
6-4 プロジェクト実施機関

チリ側実施機関は下記のとおりであることを確認した。また下記機関は本件プロジェクト実施にあたり、本件プロジェクトの包括的部局が欠如しているため、実施に際して、新たに部を新設し、職員(C/P)の配置をすることで意見が一致した。

新しい組織については暫定的案として別表のとおり(表-4)。

「CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA」

ORGANIGRAMA FUTURO DEPARTAMENTO CONTAMINACION AMBIENTAL
 COOPERACION JICA - CIMM



TOTAL: 18 personas: 4 japoneses
 14 chilenos
 2-3 personas becarios chilenos poi año

SANTIAGO, 31 de Marzo de 1986

6-5 プロジェクトの期間

本プロジェクトの日本側協力期間はR/D調印後4年間とすることで双方の意見が一致した。

本件要請はチリ側としては3年の期間を考えていたが、測定・分析技術及び一部評価段階までの技術移転を考慮すれば上記4年の期間が妥当であるとの合意からである。なお、チリ側は昭和61年度におけるR/D調印を希望している。

6-6 プロジェクト実施場所

チリ側は本件プロジェクトの実施機関であるCIMMにて行ない、本プロジェクトのためのスペースは確保されていることを明確にした。

6-7 R/D締結時の署名

本プロジェクトが実施された場合、R/Dの署名はCIMM所長となろうが、鉱山省を通じて要請された点で鉱山省の責任を明確にする上でCO-SIGNERとして大臣又は次官を予定している旨の発言がCIMMよりあった。

6-8 鉱害プロジェクトについての第3国の協力

本件要請がはじめてであり、CIMMとしては日本からの協力を希望している。

6-9 ローカルコストの負担能力

日本側よりプロジェクト実施には、チリ側においても応分のローカルコストを確保・負担することが必要である旨調査団より説明したところ、チリ側(CIMM所長)より、前回の銅製錬技術プロジェクトの経験もあり、チリ側としても実施に際してはローカルコストの負担は承知しており確保の約束があった。またそのために鉱山省の同プロジェクト要請の承認もあって日本側へ要請したので、鉱山省もその点は理解している旨併せて発言があった。

6-10 カウンターパート配置計画

本件プロジェクトの実施に際し、カウンターパートの確保について日本側より強調したところ、チリ側はその確保に努力する旨発言があった。

日智双方で合意した点は次のとおり

- (1) カウンターパートは専門家各分野に対して3~4名の構成で研究者、技術者レベルの職員を配置する。
- (2) カウンターパートは専従とし、技術移転を受ける。(臨時は認めない)

長 期	
リ ー ダ ー 汚染システム分析 大気汚染 水質汚染	総 括 生産工程・物質収支・水収支・排水・排煙系統図等 協力範囲参照 "
短 期	
法律・行政 測定技術・機材操作 その他(大気・水質)	協力範囲参照 供与される機材の測定方法及び操作・保守 長期専門家で対処できない分野及び最新技術等の情報

なお、調整員の派遣はCIMMとしても前回のプロジェクト技術協力の経験もあり必要としない旨発言があり、日本側としても同意した。

研修員受入れ

年間2～3名の受入れ(期間は特に言及せず)で双方意見が一致した。

なお日本側より研修後の帰国カウンターパートの定着についての特別なひき留め措置・義務について言及したところ、CIMMの内規により、研修後少なくとも2倍以上の期間CIMMへ勤務することが義務づけられているとのことであり、また過去にその様な例は皆無に近い旨の発言があった。

機材供与

本件についてはチリ側より下記の要請があった。

また既にCIMMが所有している機材リストの提出もあった(別添-4)

- (1) 大気・水質汚染に係るサンプリング及び測定機材
- (2) 大気・水質汚染に係る分析方法用資機材
- (3) 野外調査用車輛
- (4) 視聴覚機材
- (5) 複写機
- (6) 文献・書籍及びその他

6-1.3 その他の事項

- (1) 専門家の便宜供与

日智技術協力協定の枠内で対処する

(2) 専門家の生活環境

住宅・食糧事情は極めて良好である。治安については反政府運動が活発化しているが、通常特に問題があるとは思われない。

7. 協 議 の 結 果

チリ側との協議結果は、MINUTES OF MEETING としてとりまとめ、CIMM所長との間で署名交換が行なわれ、M/Mの内容は以下の通り。

(別添-3)

(1) 合意事項

A. 双方政府に対して本件プロジェクトの実施について必要な手段をとるよう勧告する。

(2) 協議内容

A. チリ政府の承認のもと、鉾山公害解決を図るべく CIMMは新設部を本件プロジェクトの実施に際し設置する用意がある。

B. トレーナーズトレーニングのため、両者とも表 2 及び 3 の内容の協力活動を遂行する。

C. 日本側は上記分野における技術協力のため必要な手続きを準備する。

D. チリ側はプロジェクト推進のため必要な予算及び手続きを準備する。

E. プロジェクト実施にあたり必要な機材は次の通りである。(既述)

8. 今後への留意点

(1) 技術協力の妥当性

本件プロジェクトはチリ国の銅産業の環境との調和の上での発展を目途とするものとして、チリ政府としても高いプライオリティを与えており、国家開発計画は存在しないものの、ここ1～2年のチリ政府の鉱害に対する認識及び一般大衆からの鉱害問題への参加、また企業側からの鉱害に対する対処方から総合すると、本件要請は協力の妥当性があると思われる。

(2) 今後への留意点

本件プロジェクトはTrainer's Trainingを主軸とするところ、CIMMのカウンターパートへの技術移転を通じ、CODELCO, ENAMI等現業部門における技術者に対して技術の伝播が重要な点であると考えられる。また同時に将来の目標としてチリ人による独自の環境基準作りが、技術協力の成果として具現化されなければならない。

そのためには鉱害に対する政府・民間の一層深い認識を持って対処していくようチリ側の理解を求める必要がある。

9. 收 集 資 料

Disposiciones Vigentes de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (INFORLEX)

Ley de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales Ley No. 16.774

Legislacion Chilena sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales

Chilean Mining (CIMM)

Norma Chilena Oficial (Agua Potable-Parte 1: Requisitos)

" " (Agua Potable-Parte 2: Muestreo)

Aprueba Reglamento de Seguridad Minera

Chagres 製鍊所概要

Las Ventanas "

CIMM 概要

CIMM 法人格 確立法

CIMM (1983. 84. 85) 一般勘定書

CIMM 1983. 1984. 1985 年收支表

CIMM 海外研修員規程

10. 調 査 概 要

1) チリーの銅産業

チリーの輸出額の45%を占める銅産業は曾てに比べて其のウエイトが低下しているとは云え、最も重要な産業である。1984年の産銅量は129万Tで全自由世界の産銅量の20%を占める世界最大の産銅国である。

歴史的に見て、アメリカを主とする大資本によって開発されたが、1967年頃より国有化問題が始まりつつあったところに、1970年アジェンデ大統領になって、一挙に国有化されたため一時混乱の時代があったが、73年のピノチエツト政権に替ってから安定し、再び外資導入策をも取り入れ、産銅量も75年の83万Tから年々増加して現在に至っている。

国有化された大鉱山はCODELCO(Corporation Nacional del Cobre)によって運営されており、中小鉱山はENAMI(Empresa Nacional de Minería)(中小銅生産会社の発展について援助、融資ならびにその鉱石を製錬する政府機関)の援助で運営されており、その他に外資の入った独立の民間会社の3本建ての生産形態になっている。

CODELCO 配下の鉱山、製錬所は次の通り

鉱 山 名	'84 生産量	製 錬 所
Chuquicamata	57万T	Chuquicamata
El Salvador	9	Potrerrillos
Andina	10	
El Teniente	29	Caletones

105万T(チリー全体の約80%)

ENAMIは150を超す中小鉱山からの原料とチュキカマタの銅鉱石、エルテニエンテの粗銅を処理する、Las VentanasとPaipoteの2つの製錬所を持っている。'84年の銅生産量は15万Tと2万Tであるが、その65%が中小鉱山のもので、残り35%はCODELCOからの原料である。

独立の民間企業には、

Empresa Minera Mantos Blancos

Compañía Minera Disputada de las Condes

La Sociedad Minera Pudahuel Ltda

Compañía Minera El Indio

などがあり、それぞれ製錬所を持ったり、精鉱のままで輸出したりしている。

今回の事前調査団のチリー滞在の日程が短く、サンチアゴから遠く離れた鉱山、製錬所の見学は不可能であったが、サンチアゴから半径100kmの距離の範囲内にも数箇所の稼働鉱山、製錬所があり、その中から民間企業のChagres製錬所、ENAMIのLas Ventanas

製錬所、CODELCO の El Teniente 鉱山の Colon 選鉱場、Caletones 製錬所を 2 日間で見ることが出来た。以下それらについて報告する。

2) Chagres 製錬所

所在地 サンチアゴの北約 80 km, パンアメリカンハイウェイを少し外れた所。アコンカグア山に源を発したアコンカグア河の流域に発達した農業地帯の中にある。

歴史 1917 年操業開始の製錬所であるが、一次、二次大戦後の不況時には休止するなどを経て、1960 年フランス資本により再開したが、'72 年 ENAMI に買収され、'78 年に Exxon Chile に払い下げられて現在に至っている。

原料 同じ会社が経営している近くの 2 つの鉱山、Los Brances と El Soldado の鉱石を夫々約 30% Cu の精鉱にしてトラックで入荷している。

設備 反射炉 1 基 重油燃焼 鉱石処理能力 400 T/D

転 炉 3 基 (1 炉吹操業) 寸法 10' × 25'

粗銅鑄造機 固定モールドにクレーンで吊ったレードルから直接鑄造

硫酸工場 モンサント式シングルコンタクト (1972 年建設)

転炉ガスのみ処理

煙 突 反射炉ガスはボイラーで熱回収しそのまま煙突へ

(除塵装置, 脱硫装置, 無し) 高さ 100 m これも '84 年にそれまでの 45 m から高くしたばかりである。

硫酸工場の吸収塔の排突は約 50 m でこの種の物としては高い方であるが、記録計の SO₂ 濃度は 0.2 ~ 0.3 % を示していた。

低所漏洩ガス 反射炉々頂, 転炉々頂からの SO₂ ガスの漏洩があったが、日本以外の製錬所の中では比較的少ない方に属する。設備の保全が比較的よく行われているようであった。

排 水 この程度の製錬所では必要水量もそれほど多くないが、最も量が必要と予想される硫酸の冷却水は冷却塔によるリサイクル方式をとっているので所外への排水量は少ないものと思われる。

操業成績 1985 年

銅精鉱処理量 140 × 10³ T/Y

粗銅生産量 45 # 鉱石よりの銅の収率 97%

硫酸生産量 75 # 硫黄の回収率 65 ~ 70%

鉱害問題 農業地帯の真中にあり、而も民間経営の製錬所と云うこともあって、鉱害に関する規制を可成り厳しく受けている。チリーに於けるモデル工場的な製錬所である。(規制値については別項で記述)

一般的に風向きは、昼間は西風（海から山へ）夜間は東風（山から海）となり何れも田園地帯への影響は逃れられない。既にモニタリングステーションがあつてそれが規制値をオーバーするときは、操業の停止をしているとのことであつた。昨年度に於ける転炉操業の停止時間は100時間であつたと云う。近くモニタリングステーションを5箇所に移す予定とのことである。

感想 日本現状からみれば、大きな隔たりはあるが、予想以上の鉱害に対する認識の高まりがあることを知り、このような情勢であるならば今回のプロジェクトは有意義に役割を果たすことが出来るのではないかと感じた。

この製錬所をモデルにして解析するとすれば、大気が主となるが、大煙突、中煙突、低所、の3種の排出ガスが夫々環境に対する影響の大きさを予測し、最も効果的な対策をアドバイスすると云うようなことになり、それが出来れば、喜ばれるかも知れない。

3) Las Ventanas 製錬所

所在地 Chagres 製錬所から西へ約30km、サンチアゴから直線距離にして北西約100kmの臨海製錬所である。

歴史 ENAMIが設立されたのが1960年でその目的とする中小鉱山の育成の為に1964年に操業開始した比較的新しい工場である。

原料 1985年の総処理原料の内、226千Tが中小鉱山からのものであり、残り約120千TはCODELCOから供給されている。

設備 反射炉 1基 8×36m 処理能力27千T/月 石炭燃焼
El Teniente炉 1基 反射炉のマットCu 45%のものを75%に上げる役目に使用している。酸素富化無し。

転炉 3基

精製炉 反射炉型と傾転型の両者あり。

電解 '82年にNo.4電解工場完成、P.R.Cも出来るようにした。
能力14500T/月

煙突 高さ150m 反射炉のガスは電気集塵機を通した後煙突へ、転炉ガスは無処理で煙突へ。硫酸工場は持っていない。

低所漏洩ガス 反射炉、転炉共Chagresに比べて洩れガス量が多い、特に転炉がひどい。

排水 水は全て池に溜て繰り返し使用しているとの説明であつたが、どこまで完全に行われているか不明である。

操業成績 1985年

電気銅生産量 171,550 T 最近5年間あまり変わらない。

電気金 6,468 kg 5年間で2倍に増えた。

電気銀 152,066 kg 5年間で約2倍になった。

セレン、硫酸ニッケルも回収しているが、量不明。

鉱害問題

臨海製錬所であり、其の規模も日本の製錬所と同じ程度であるが、工場の近所には農地らしきものは見られなかった、しかし聞くところによると、付近の農民は工場の従業員にして、農業を辞めさせたとのことで、問題があることは間違いない。昼間の海風によって内陸の農業地帯に向かってガスが流れており、高所排出物による内陸部への影響だけではなく、低所排出物による製錬所近傍への影響など、可成り問題はありそうである。

最近の生産状況からも推測出来るが、銅よりも金、銀が増えているのは、El Indioのような金が非常に高いがヒ素(As)も高い原料を処理している為で、このことは排ガス中へのAsの排出量が増えていることを意味している。ダストとして捕集されたAsおよび電解液から除去したAsは民間会社に売却しているとの説明があったが、日本的な見方をすれば、その民間会社での処理の方法が問題である。

感想

国営の製錬所だけに、民間工場と異なり、生産第一主義があるように感じられたが、ここは10年以上も前から、日本のような自溶炉の導入計画があるが、未だに達成していない。しかしこのような計画を持っていることは単に経済性の問題だけでなく鉱害問題の解決をも考えたものと予想され最近では、Teniente炉と転炉の排ガスからだけの硫酸回収に変わったようであるが、鉱害問題に関心のあることだけは間違いないと思われる。

ここは近傍にそれ程高い山もなく、複雑な地形でもなく、また気象条件もそれ程複雑でもなさそうであるので、測定後の解析も比較的やりやすいのではないかと思われた。

工場管理者の立場からすれば、作業環境の改善が一番問題視しているものと予想されるので、その辺から手助けしながら環境問題に入っていくのが無難なのではないかと思われた。

4) El Teniente 鉱山

CODELCO 経営の4鉱山の内、Chuquicamata に次ぐ大鉱山で、世界最大の坑内掘鉱山である。1905年アメリカのケネコット社によって開発され、現在銅量で2.5万T/月

の生産を行っているが、このままだと後約100年分以上の埋蔵鉱量はあるといふ。

所在地 サンチアゴから南へパンアメリカンハイウェイを約80km行った所にRancaguaの町があるが、そこにEl Teniente Divisionの本部があり、従業員も殆どそこに住んでいる。これから東約4.6kmの山元までは従来の鉄道に替って数年前に、立派な巾広い専用自動車道路を通して人員、資材、製品の輸送に当たっている。

鉱山 海拔2281mレベルにある坑口から出る鉱石はSewell選鉱場へ海拔1983mレベルの坑口から出る鉱石はColon選鉱場へ送られる。前者の鉱石処理能力は34000T/日、後者は昨年能力増強して48000T/日になったばかりの最新の選鉱場である。両者合せて8.2万T/日の大鉱山である。粗鉱品位は1.4%Cu, 0.025%Mo, 銅精鉱は38~40%Cuモリブデン精鉱は52~56%Moである。

今回はColon選鉱場だけを簡単に見たが、巨大なボールミル(16'×24'12台)と巨大な浮選機を多数並べ、それらをコンピューターによる管理を目指しているなど、彼等の意気込みが感じられた。

製錬所 Colonから約3km離れた谷間に、Caletones製錬所がある(海拔1500m)。製錬所の150mの大煙突からもくもくと煙を出しているが、Colonから見ると谷間の下から噴きあげてくる感じで、鉱山の規模の大きさと同時に、鉱害問題の解決の難しさも感じさせられた。

設備 原料受入 Colonよりパイプ流送で送られてきた銅精鉱をシツクナとフィルターで脱水、更にロータリードライヤーで乾燥して貯鉱舎(能力6万T)に入る。

反射炉 2基 グリーンチャージ方式
内1基は天井に10本のオキシヒューエルバーナーを垂直に付け微粉炭或いは重油を燃焼させて溶解能力の向上を図っている。

El Teniente炉 2基 4mφ×16mL 酸素濃度30%
反射炉のマット(50%Cu)を受け更に鉱石を吹き込みながら、75%Cuのマットに仕上げる。

転炉 7基 13'×35' 平均酸素濃度32% 造銅期専用

保持炉 3基 転炉粗銅の鑄造用 夫々鑄造機を持っている。

精製炉 反射炉タイプ 2基 ユーカリの丸太で還元してFire Refined Copperとして市場に出している。Cu 99.93% Au 1g/T Ag 100g/Tしかないので電解不要との考えできているが、

最近の市場の高純度指向に対応して電解工場建設計画は持っている様であるが、実現していない。

酸素工場 740 T/日 (370 × 2) 1基は2年前に増設

硫酸工場 自家消費用の為に転炉ガスからの100 T/日の工場がある。
Sを全量回収すると1500~1800 T/日になり、計画はあるが、チリ一全体の順位付けからすると、チュキカマタ、ベントナス、の次になっているので、可成り先の話になる。

煙 突 150 mの煙突も数千Mのアンデス山系の谷間では高所拡散の意味は少なく、壺の中の煙の様なものである。煙突の意義は炉内のドラフトを付ける排風機に過ぎない。

低所漏洩ガス 炉の数に対する煙突の吸引能力の不足の為からか、或いは炉のフリーエアが多い為か、転炉々頂からの漏煙が多い、特に酸素を使用しているためSO₂濃度が高くそれが、工場内に流れて作業環境を非常に悪くしている。

排 水 鉍山の坑内排水中の銅を回収する為の溶媒抽出の計画があると云うことである。選鉍用水は可成り繰り返し使用するが、排出の多いのはテイリングダムから排水である。

テイリングダム 山元にあったダムが満杯になったので新しい容量1.8億m³のダムを Rancagua の北東12 km、の Colihuesと云う谷間に造り、Colon から60 kmを、開放型のコンクリート樋で流下させる工事を82年から始め85年に完成した。工事費は1.6億US\$とのことである。

操業成績 1984年

生産銅量 298,075 T

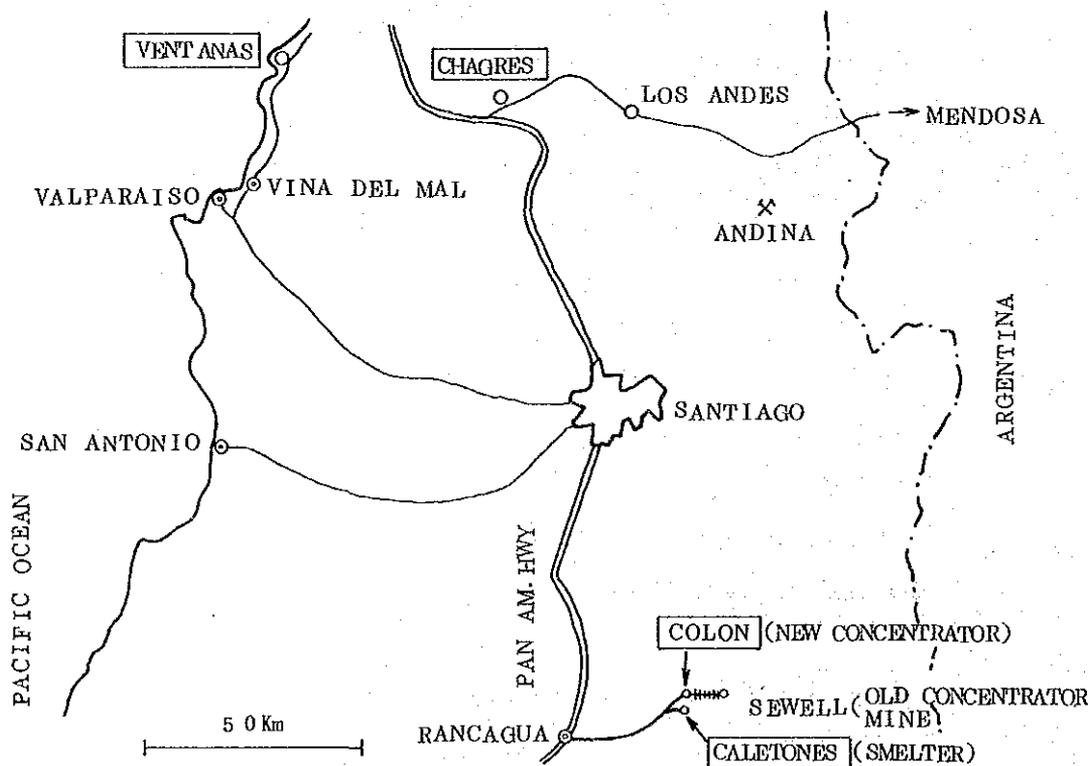
生産Mo 精鉍量 7,025 T (Mo 純分3,679 T)

感 想 大量のSO₂ガスを放出し続けているにせよ、海拔2千m以上の高山であり雨も少ない地であるから、もともと植物の生育の不可能なところであるかも知れない。而もこの谷の入口(製錬所から約30 km手前)から民家が1軒も無い所で鉍害問題を云々するのは難しい。谷の入口には立派なゲストハウスとゴルフ場まである。従ってこの問題は作業環境である、その内最も酷いのは製錬建家内である。これの解決が緊急を要しよう。大煙突からの放出ガスが谷間を覆っているが、これもどちらかと云えば、作業環境の問題といえる。然し最近100 km離れたサンチアゴのスモッグがこの煙突からの煙によるのではないかと言いだす者も出始めているとの事であるので、自己防衛的な意味で実体を測定して

おく必要があるのかも知れない。この場合最終的には風洞実験も必要となる。排水の問題は充分検討に値すると思われる。

短時間であったが見学して感じた事は、生産に必要なものは相当な金額を掛けて立派な設備を次々と造っている。彼等の銅資源産業に対する自信と情熱の表われであろう。しかし作業環境の改善や公害問題を無くすことが銅産業を守ることであると云う認識にまで達していないのが現状である。とは云え徐々に社会情勢がその方向に向いつつあるのが感じられるので、このような時期に今回のプロジェクトを実施することは充分意義のあるものと感じた。

調査先地図



別 添

チリ国外務省より日本大使館に対しチリ国及び日本国間の技術協力協定に関し申し上げます。

本省としてはCIMMより提示された「鉱業部門における環境汚染の評価と防止」を協力の対象として日本の関係機関が考えていただければ幸甚です。

敬 具

サンチャゴ 1984 年 2 月 3 日

チリ国外務省が大使館に提出した要請書

環境汚染の評価と防止におけるJICA/CIMM 協力プロジェクトについての提案

CIMM 1984年1月

1. 序

鉱業生産活動からの環境汚染の規制は、西側諸国ではその都度厳しいものとなり、産業界は要求される基準を満たす管理方法を見出さねばならなくなっている。汚染は生産の各段階、鉱山、選鉱、Smelter及びrefineryから起きている。

チリは鉱山国であり、国の経済的基礎は銅鉱業に支えられてきた。汚染問題は昔からあったが、国家的レベルで問題となってきたのはここ10年来であった。環境汚染問題は、燃料から出るガスの増加とともに、本来除却されるべき廃棄物を大量にうみ出す工業化の進行により助長された。

他方、都会への人口の集中により家庭のゴミを大量に発生させ、しばしば除去できる能力をこえるものであった。

もとのままの形から人間に役立つ形に物を変える過程において、人は環境が廃棄物を吸収できると考えていた。

しかし、これをするには限度があることは明らかである。それゆえ、環境は鉱物と同様、再生不能な資源であり、永続的な形で汚染されることがある。

天然資源の使用量及びこれによる環境の影響は近年増加しており、もしこの傾向が続けば経済体制にとり償いきれない害を与える恐れがある。

環境に与える影響に関する現実の問題や環境の変質は過去にあった各々の状況で異なり、それゆえ現在の段階に役立つような先例はない。

本当のところ、人間にとって必要なことを常に満足させるには再生可能資源及び再生不能資源を現代社会を維持させるためにどのような形で利用するかを人々がもう一度デザインできるかにかかっている。

前述の件について、日本は模範となるすぐれた例をつくった。極度にせまい国土及び人口の大量集中の中での産業発展により、日本は他の国よりかなり先がけて工場及び産業からの汚染された廃棄物からの厳しい環境抑制の重要性を認識していた。これゆえ日本は本テーマのリーダーであり、その環境汚染管理の進んだ技術は環境保護に有効であるばかりか産業界では特にそれに関連した項目を形成することなく、生産原価の範囲内で利用されてきた。

鉱業に関連する地域で起る汚染問題を防止し解決するために有効なことはCIMMがこの分野で計画的に参加することが必要である。

CIMMの参加は、この問題に直面したことがある日本人専門家の経験を利用する為、JICA

の協力プロジェクトを通して行なわれる。

2. プロジェクトの概要

本プロジェクトはJICAのCIMMに対する援助の形で行なわれ、日本における訓練と日本人専門家がチリに来ることによる環境汚染分野での専門教育を含む。

更にJICAは鉱山、選鉱場、smelter, refinery及び環境一般の汚染の防止及び測定のための器材を提供するものとする。

この分野で働くのに適当な人間のグループが形成されれば、国の状況についての評価が行なわれ、研究中の鉱山現場における環境汚染の防止についての個別のプロジェクトが取り進められる。

3. 目的

本プロジェクトにより環境汚染分野での技術の移転及び発展を行なう。

環境管理についての規範と実践を示し、チリ人に我々の環境を保護する規範を遵守する意識ができた時は、チリ人専門家の準備により、鉱業からの廃棄物の経済体制へのインパクトを評価することが本技術により可能である。

4. 当面の目的

本プロジェクトによる当面の目的は

- チリ、特にCIMMにおいて鉱業における環境汚染の専門家グループを形成し、鉱業界にて企業と協力する。
- 鉱山からの廃棄物に含まれる汚染要素を定量化する。これによりチリの環境汚染管理を改善する具体的な規範を追求できる。
- 汚染の防止及び防止技術を発展さす。
- 上記目的を果たすのに適当な器材を充足する。

5. 前提

a) 国の状況及び見通し

鉱業活動に於いて、鉱山現場及びこれに関連する経済体制から環境状態を変質させる汚染を生み出す操業が行なわれている。チリが大鉱業国、特に銅であるが為、汚染の防止の必要性が根本的に重要である。これらは鉱山にて5ミクロン以下の浮遊している粉塵及びディーゼルによる運搬輸送手段から発生する有毒ガス及び有機物片の抑制からはじまっている。各々の汚染につき操業時間内に超えてはいけない限度を定めてある。これらの数字は最

大許容環境量(CAMP)として知られている。

CAMPは労働時間内に労働者に著しい悪影響を与えないような受入れ可能な基準を示している。

残念ながら一つ以上の汚染源がいつでも存在する可能性があり、各々の汚染の影響が付け加えられることになる。

すなわち、真に存在する危険を考えると、これらの汚染が同時に起るものと考えなければならぬ。従って、シリカを含み5ミクロン以下の浮遊片及び運搬機械及びディーゼルのマフラーから出す有機物片及び有毒ガスの防止、評価及び防止が約束事となり、目的となっている。防止手段は労働現場に於いて有毒片及びガスの発生を減少させ、環境の汚染を最少限度までに減少させることを目的としている。この計画は言うことはたやすいが、現実にはむずかしい問題をかかえている。例えば、作業の各段階で存在する危険をどの段階で認識するとか、実際の作業に影響を与えずに高性能の防止手段を取りつけることなどである。

従って、環境の質が原因で病気になることがなく、労働者が労働生活をすごせるように技術及び経済開発での約束を確立せねばならない。

選鉱段階で発生する尾鉱は水に溶けた試薬の残り、最終的に必要としない鉱物及び回収された価値ある鉱物の残りかすにより、川、湖或いは海岸を汚染する。普通、尾鉱をためるダムは鉱山に隣接しており、できるだけ人口密集地等よりはなれたところにある。このダムは処理用水のある部分を回収したり、循環することができ、汚染水を川や農業地帯に流すのを少なくしている。

コストが上昇したので、海の底に貯めるのを選んだことがあった。これは基本的問題を解決するのではなく、物理的場所を移しただけにすぎない。この結果、ダムにより占拠された地域は海の植物、動物群が著しく破壊された。

この有害な影響として体系とは別の化学物質が出てきたり、光が通りにくくなった水中でのにこりを生むことになった。尾鉱の同国の環境に与える影響は水及び土のサンプルの化学或いは生化学分析や水のにこりやこれらの水や土、固有の植物・動物群に直接見られることから通して解明できる。チリの銅の60%以上は全くの砂漠地帯から生産されるので自然による汚染の吸収度は高い。残りの鉱業生産は農業地帯にあるプラントからであるが、人口集中地帯からは比較的離れている。前述にもかかわらず、約1日32,000tの土砂と60,000 m³の処理水から汚染も起きている重要な例がある。チャニヤラルの北1.2 kmのカレタパリートスにあるコデルコのサルバドール鉱山にある蓄った有害物や沈澱物が無脊椎動物、水生魚の発育を妨げ、廃滓場が地域の将来にとり生態学的にみて危険なものとなっている。自己の責任を意識して、サルバドール鉱山は本問題解決に努力をかたむけた。

チリ人及び外国人の専門家によるいくつかの廃滓場の代替案を検討し、決論は次の時期に出される。

他方、国の Smelter 及び refinery で処理される銅から何十万トンの砒素が発生する。この砒素は適切な汚染防止手段がとられないなら環境中にはなたれる。長期に亘り、評価がむずかしいが、しかし疑いもなく有害なインパクトを与える。最近、チリの銅精鉱中の砒素含有量が著しく増加していることが観察されている。この砒素は smelter 及び refinery のプロセスで銅から分離し、その大半が砒素の有害ガスとして大気中に放たれる。このことにより、植物及び動物の命に比較的、ガスが放出される地域より速くても、シリアスな結果をもたらす。砒素の残りは固体の形で分離される。

このように分離された砒素から形成された合成値が安定したものでないと、雨によって溶解し、地表及び域いは地中の水によって、次の汚染が起こることになる。

チリでの金の生産はこの 10 年著しく増加した。これは金鉱物或いは金精鉱の青化法の採用によるものである。この技術はシアンで汚れた固体と溶液を捨てる点に問題がある。これらの廃棄物は捨てられる前に適切な処理をしないと、地域の環境にとり破滅的な結果をもたらすことになる。国家健康局は汚染を評定し、排気及び空気、下水、産業廃棄物の汚染に関する規則を公布し、労働地域での排出最大量を決める調整機関である環境保護の為の法的処置は、保健法で定めてあり、労働環境及び地域での健康及び安全を制定する規則を發布するものである。

大気放出及び汚染に関する一般規則は存在する。又、液体、固体或いは腐食性のスクラップ及び社会に害を与えたり、健康に危険を及ぼす恐れのある産業廃棄物についての規則もある。

一般的な形で環境内での許容汚染基準を定めたことはなく、発生源の周囲で被害や迷惑が起きた時その都度決定している。

チリの規則は、汚染問題が起きている地域毎で、その重要性によりその取扱い方が異なる余地がある。

ある地域で実施した一方法で他の地域でそれを実施して解決しようとするのは大変危険である。

経済的設点からみて、重要な生産の増大という政策と均衡を保つような少ない費用と投資による解決法を開発することが必要である。

更に、汚染の吸収或いは分散の自然現象のメカニズムを完全に知る必要がある。上記に従い、鉱業での各分野での専門家による調査が必要である。これらの専門家には汚染状態の正しい評価を行ない、これに従って必要とされる水準までこれを下げる政策を確立するための化学分析専門家のグループもこの中に含まれる。

b) 経済的前提

現在、環境汚染の防止をすればいくらかかるかについて、多くの推定が行なわれたが、なかなか正確なものはない。

米の環境問題に関する審議会(CEQ)による情報によれば、米は1973年から1982年の10年間に、GNPの1%に相当する194800百万\$を支出している。

鉱山会社が心配していることは国内及び国際的に競争力を維持していけるかである。従って、企業からみれば汚染を軽減するのは一般的に言って、非生産的なコストである。しかし環境保護の為に投資も、周りの生産性を増加したり維持したり、或いは他の企業や個人政府、かかっていたコストをなくすことがあれば、社会的にみて生産的になりうるのである。この意味から、個人と社会の利益の間に均衡が存在する必要がある。環境抑制に関する鉱業における管理および政策は、全てのコスト及び利益及びそれは国民及び企業の間どのように配分されるかを考慮せねばならない。

環境保全によりもたらされる利益は、公共もしくは社会の利益と個人の利益に区分される。公共の利益とは長期的には人類が生きのびることと生態的破壊を避けられることである。

短期的には非経済的代替物(レクリエーション、文化、美学、精神的なもの)を使うことであり、経済的代替(農業、漁業、森林)を十分に利用することである。

個人の利益とは、公共のよりよい姿、より高い生産性、経営者と労働者のよりよい関係、副産物の回収を含む資源の有効利用が挙げられる。

チリの場合、ここ最近に限っても環境汚染の有効を防止の為にシステムチックな手段がとられている。

コデルコとか小規模の企業のいずれも、周囲の地域の生態学的均衡を破壊する有毒物質及び沈澱物の発生量をミニマイズする具体的な計画を持っている。

一般的に環境保全活動の為にコストを評価するのは比較的簡単だが、多くの場合、人間の活動に間接的に影響を与える利益を評価するのが不可能である。にもかかわらず、今日保全のシステムチックな政策を採用することによりのみ、それを避けようという潜在的な問題が長期に亘り存在することを意識せねばならない。

c) 参加機関

チリにおける環境汚染の評価及び防止の分野でJICAと協力する本計画を発展させるため、CIMMの参加が必要であると考えられた。CIMMの専門的スタッフ、インフラ及びチリの鉱業界との関係は、本プロジェクトの成功を確約する。しかし、鉱業及び大学の専門家を本プロジェクト参加者との対話や会議を通して教育する活動も含まれる。

d) プロジェクトの仕組

CIMM側から本プロジェクト実現に際し、CIMMの活動に責任を持つコーディネータを任命する。

コーディネータに従い、次の作業グループが組織される。

鉾山の汚染

尾鉾処理の汚染

smelter 及び refinery の汚染

化学特性

一方、JICAはCIMMのカウンターパートとしてコーディネーターを任命する。コーディネーターの下に日本人の専門家がいくつかの作業グループに分けられる。

6. 成 果

本プロジェクト実施の主な成果として次のものも考えられる。

- 環境汚染に於ける専門家の形成と訓練
- チリ鉾山のあらゆる汚染を特徴づける特定技術の移転と開発及び器材の整備
- 環境状況の評価するチリでの現実に起きている問題の回避、或いは防止の為の実践及び方法の導入

7. 活 動

本プロジェクトは次の2つのPhaseから成る。

Phase 1

廃棄物からの環境汚染に関する専門家グループの形成

- 本テーマに関し、入手可能な一般情報（国際文献及びチリでの書物）のリバイズ
- CIMMの人間の日本での訓練及び日本人専門家の来智
- 大気管理の為の測定方法及び器具の整備
- JICAからCIMMへの器材の供与
- 獲得した技術を使ってチリ鉾山における与件の汚染の特徴づけ
- 研究すべき実施可能な代替案の予備的評価（社会的及び経済的評価）

Phase 2

汚染の評価及び管理につき個別プロジェクトでの展開

- 研究すべきシステム或いは諸システムの選択
- 廃棄物除却及びその経済体制に与えるインパクトの評価
- 汚染管理代替案の研究

- プロジェクトの社会的経済的評価（副産物回収の可能性）

前記の活動は次の表の如く3年に亘り実施される。

	1 年		2 年		3 年	
	第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	第6期
日本での訓練 技術及びプロセス導入 個別プロジェクトの展開	—		—			
		日本人専門家				
				日本人専門家		

8. チリの分担

CIMMを通し、本プログラム遂行に必要な技術専門スタッフ、研究所施設及び器材を使用することによりチリ側は本プロジェクトを分担する。更に、CIMMはチリの主要な鉱山から出る廃棄物の管理を行なう技術の採用の重要性を国家レベルにて認識させるにたるべき可能な限りの努力を行なう。

9. 日本の分担

JICAは三つの基本的な観点に関係する

- 環境汚染の分野でCIMMの技術者が日本で訓練を受けるのを援助する。
- チリ鉱山からの廃棄物による汚染の測定及び管理に必要な技術・器材、道具の供与
- 日本人専門家による環境の評価及び防止についての個別プロジェクトへの参加

10. 予 算

本プロジェクトの為の資金は下記の如くCIMM及びJICAより供与される。

a) CIMMの供与

CIMMは本プロジェクトにとり必要な技術者スタッフ及び利用可能な設備を供与する。プロジェクトは3年間実施され、600,000ドルの費用により約60,000時間/人をさく。

これには一般管理費及び本プロジェクトに使用されるCIMMの器材の費用及び減価償却費を含む。

b) JICAの供与

JICAは次の項目の資金を提供する。

一人2ヶ月間約10人のCIMM調査員の日本に於ける訓練費用

- 環境汚染の評価及び管理に使用される器材及び道具の供与
- 本プロジェクト期間中の日本人専門家のチリ訪問

以 上

CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA

MINING AND METALLURGICAL

RESEARCH CENTER

1 9 8 6

CIMM PROFILE

The Mining and Metallurgical Research Centre (CIMM) is a private non-profit corporation, established by the Chilean Government and the assistance from the United Nations Development Programme (UNDP). CIMM was established in August 1970.

CIMM is connected with Chilean Government through Ministry of Mining. The Minister of Mining is the President of Board.

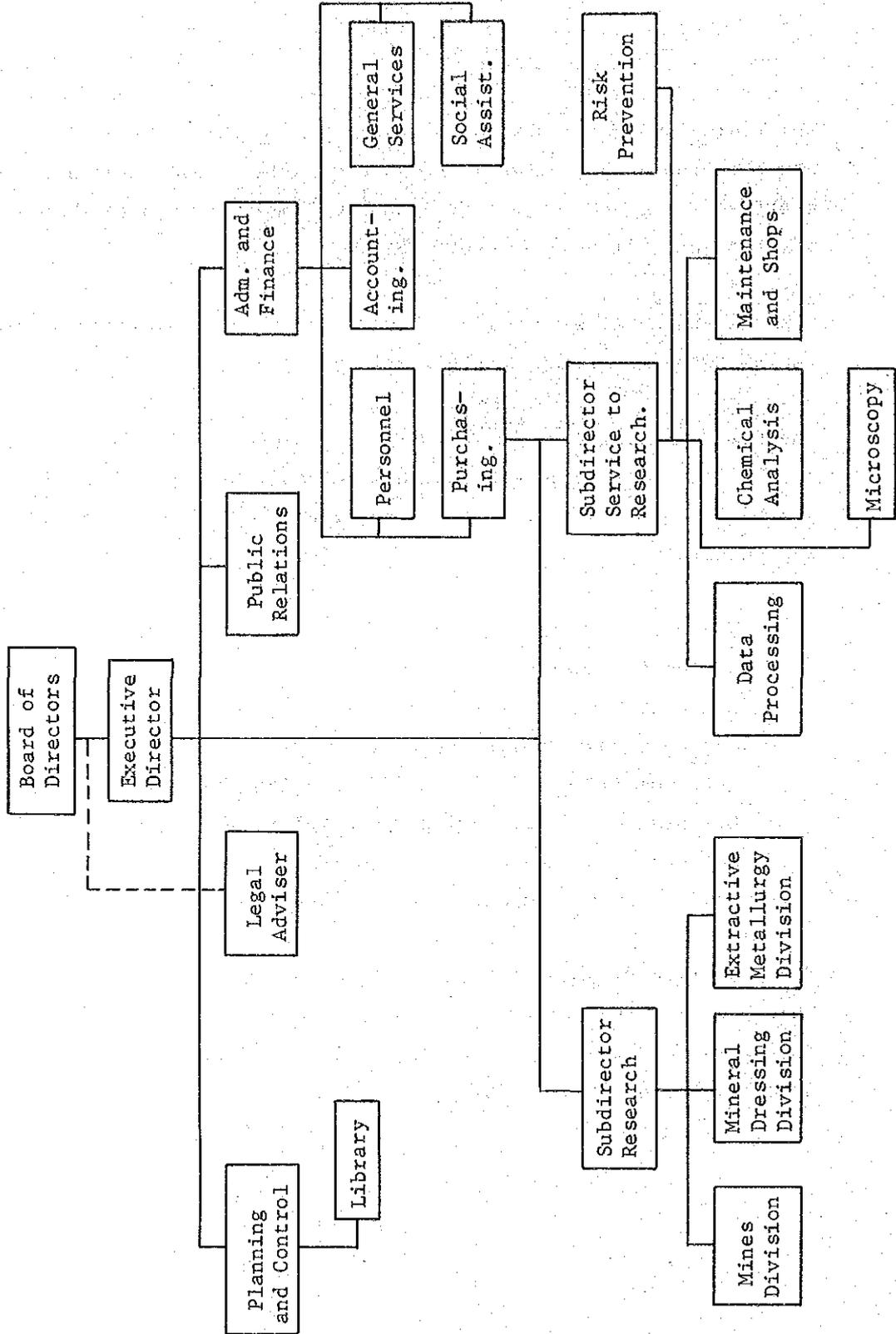
The Board of Directors is in charge of guiding CIMM's operations in accordance with the general policies established by the institution's charter. This board is composed by eight members representing the following institution:

- Ministry of Mining (President of Board)
- National Copper Corporation (CODELCO)
- National Mining Enterprise (ENAMI)
- Chilean Copper Commission (COCHICO)
- National Scientific and Technological Research Commission (CONICYT)
- Corporation of Production Promotion (CORFO)
- National Planning Office (ODEPLAN)
- Chilean Institute of Mining Engineers

The Executive Director is the legal representative of the Center and is in charge of the execution of the general policies established by the Board. Therefore, the Record of Discussion will be signed by Dr. Werner Schlein, Executive Director of CIMM.

ORGANIGRAM

CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA



PERSONNEL

TOTAL 267

Executive Direction	5
Planning and Control	7
Legal Adviser	1
Public Relations	1
Administration and Finance	28
Research Subdirection	4
Mines Division	33
Mineral Dressing Division	52
Extractive Metallurgy Division	65
Services to Research Subdirection	3
Chemical Analysis	45
Microscopy	7
Data Processing	3
Maintenance and Shops	12
Risk Prevention	1

According their activities:

Professionals	98
Technical	54
Administratives	14
Secretaries	15
Laborers	86

FINANCIAL POSITION

	US\$	
Operational Revenues	1,620,000	(70%)
Government Support	700,000	(30%)
Total Income (1986)	2,320,000	

CIMM ACTIVITIES

CIMM activities are organized in four operational divisions: Mining, Mineral Dressing, Extractive Metallurgy and Materials Characterization.

The following summarizes the activities of each group:

MINING

- TECHNICAL ANALYSIS OF MINING PROJECTS:
RESERVE EVALUATIONS, MINING METHOD DEFINITION.
- FEASIBILITY STUDIES
- APPLICATION OF GEOMECHANICS TO THE STUDY OF UNDERGROUNDS SUPPORT AND SLOPE STABILITY.
- ROCK MECHANICS TESTING
- MINE VENTILATION SYSTEM DESIGN
- MINE OPERATIONS MODELLING AND SIMULATIONS FOR:
EVALUATION AND OPTIMIZATION OF OPERATING METHODS DESIGN OF MINING SYSTEMS.
- DETECTION, EVALUATION AND CONTROL OF CONTAMINANTS AT THE MINE AND METALLURGICAL PLANTS.

MINERAL DRESSING

- DESIGN AND BASIC ENGINEERING OF CRUSHING, GRINDING AND CLASSIFICATION SYSTEMS.
- EQUIPMENT SELECTION
- INSTRUMENTATION AND CONTROL
- OPTIMIZATION OF MINERALS PROCESSES AND SYSTEMS THROUGH MODELLING AND SIMULATION.
- DESIGN AND EVALUATION OF FLOTATION, MAGNETIC AND GRAVIMETRIC CONCENTRATION SYSTEMS.
- APPLICATION OF COMPUTER PROGRAMS FOR ADJUSTMENT OF METALLURGICAL BALANCES.

- ANALYSIS AND DESIGN OF SLURRY TRANSPORTATION SYSTEMS THROUGH PIPES AND LAUNDERS.
- LABORATORY TESTING: COMMINUTION, SIZING, CONCENTRATION, CLASSIFICATION, SLURRY SETTLING AND FILTRATION, SLURRY VISCOSITY.
- PILOT PLANT TESTING IN SLURRY TRANSPORT TO DETERMINE: PRESSURE DROP, PIPE WEAR, SETTLING VELOCITY, ETC.
- LABORATORY AND PILOT PLANT TEST PROGRAMS TO EVALUATE COMPLETE SULFIDE ORE CIRCUITS: CRUSHING, GRINDING, CLASSIFICATION, FLOTATION AND DEWATERING.

EXTRACTIVE METALLURGY

- LABORATORY TESTING AND PROCESS DEVELOPMENT FOR THE TREATMENT OF ORES AND CONCENTRATES BY:
 - . DRYING, ROASTING, SMELTING AND FIRE REFINING
 - . AGITATION AND PERCOLATION LEACHING
 - . BACTERIAL LEACHING AND CYANIDATION
 - . PRESSURE LEACHING
 - . SOLVENT EXTRACTIONS, SOLUTIONS PURIFICATION
 - . CEMENTATION
- PILOT PLANT TESTING OF ORES FOR:
 - . PERCOLATION, DUMP, HEAP AND IN SITU LEACHING (LEACH COLUMNS)
 - . AGITATION LEACHING AND COUNTER CURRENT WASHING IN THICKENERS
 - . SOLVENT EXTRACTION, ELECTROWINNING AND CEMENTATION
 - . METAL RECOVERY FROM INTERMEDIATE PRODUCTS: SMELTER DUSTS, SLAGS, REFINERY SLIMES
- BYPRODUCT RECOVERY
- MATERIALS AND ENERGY BALANCES
- AUTOMATIC CONTROL OF METALLURGICAL PLANTS AND SMELTERS
- QUALITY CONTROL: ANALYSIS AND DESIGN OF SAMPLING SYSTEMS.

MATERIALS CHARACTERIZATION

- COMPLETE ANALYSES OF ORES, CONCENTRATES METALS AND INTERMEDIATES, UTILIZING:
 - . WET ASSAYING, ATOMIC ABSORPTION
 - . X-RAY FLUORESCENCE AND DIFFRACTION
 - . INFRARED SPECTROMETRY, GAS CHROMATOGRAPHY
 - . OPTICAL EMISSION SPECTROGRAPHY

- TECHNICAL ASSISTANCE FOR DESIGN AND IMPROVEMENTS OF ANALYTICAL FACILITIES AT THE PLANT.

- IDENTIFICATION OF MINERAL SPECIES AND METALLURGICAL PHASES BY MICROSCOPY, X-RAY DIFFRACTION, AND MICROPROBE ANALYZER.

- MICROSCOPICAL -- MORPHOLOGICAL STUDIES OF ORES AND METALLURGICAL PRODUCTS BY OPTICAL AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM).

2.- ABOUT THE LEGAL FRAME RELATIVE TO POLLUTION

2.a Administration of Pollution Control

The Ministry of Health is the institution that administers the general environmental pollution and the working environment in all the enterprises that develop some type of working activity in any of its forms.

The fiscalization and control is done by the Ministry of Health through the health services and the application of the following standards.

- Standards to prevent emanations of atmospheric pollutants of any nature.
- Regulations of minimum sanitary and environmental conditions in working places

The control of mining pollution is administered by the Ministry of Health and in a complementary way by the Ministry of Mining.

2.b The Ministry of Health administers almost completely the mining pollution control by means of the regulation of minimum sanitary and environmental conditions in working places. This regulation assesses the maximum permissible environmental concentrations in working places, regarding to chemical and physical agents pollutants. The National laboratory in these matters is the Public Health Institute of Chile.

The Ministry of Mining through the National Geologic and Mining Service (SERNAGEOMIN), administers in a complementary form the mining pollution control. This control is done by SERNAGEOMIN through the following regulations: Regulation of Mining Police and Security and Regulation of Tailings Ponds Operation and Construction.

2.c Pollution Control under the Ministry of Mining Jurisdiction

The Ministry of Mining, through the National Geological and Mining Service (SERNAGEOMIN), in the Regulation of Mining Security, assesses the life and health protection standards of the workers of the mining extractive industry and civil works. The name extractive industry designs all the activities corresponding to deposits prospecting, extraction, transformation, concentration, smelting of minerals and intermediate products, transport, waste disposal and embarkment of ores, industrial minerals, rocks, fossil substances and liquid and gaseous hydrocarbons and fertilizers.

SERNAGEOMIN also has something to do in the construction and operation of tailings ponds.

3.- PRESENT SITUATION OF MINING POLLUTION IN CHILE

3.a Section on Mine Works

3.a.1 List of Mines

- El Salvador

- ° Location El Salvador, III Región
- ° Type of Mineral Cobre - Molibdeno
- ° Production Capacity 35.000 tpd ore
- ° Personnel 2.000
- ° Owned by CODELCO-CHILE

- Chuquicamata

- ° Location Chuquicamata, II Región
- ° Type of Mineral Cobre - Molibdeno
- ° Production Capacity 120.000 tpd ore
- ° Personnel 2.000
- ° Owned by CODELCO-CHILE

- El Teniente

- ° Location Rancagua, VI Región
- ° Type of Mineral Cobre - Molibdeno
- ° Production Capacity 70.000 tpd ore
- ° Personnel 3.300
- ° Owned by CODELCO-CHILE

- Andina

- ° Location Saladillo
- ° Type of Mineral Cobre - Molibdeno
- ° Production Capacity 27.000 tpd ore
- ° Personnel 750
- ° Owned by CODELCO-CHILE

- Mantos Blancos
 - ° Location Mantos Blancos (Antofagasta)
 - ° Type of Mineral Cobre
 - ° Production Capacity 12.000 tpd ore
 - ° Personnel 650
 - ° Owned by Empresa Minera de Mantos Blancos S.A.

- El Indio
 - ° Location La Serena, IV Región
 - ° Type of Mineral Cobre, oro y plata
 - ° Production Capacity 1.800 tpd ore
 - ° Personnel 600
 - ° Owned by Cía. Minera El Indio

- El Soldado
 - ° Location El Cobre (Nogales)
 - ° Type of Mineral Cobre
 - ° Production Capacity 5.500 tpd ore
 - ° Personnel 250
 - ° Owned by Cía. Minera Disputada de Las Condes S.A.

3.a.2 Types of existing Mining Pollution and their Effects

- Air pollution by free silica (Airborne), which is general in the workplace in all above mentioned mines; causes silicosis.
- Air pollution by toxic gases and organic particulates produced by diesel equipment, which is general to all mines.

3.a.3 Priorities in Mining Pollution Control in Chile

- By Mine
 - ° El Salvador
 - ° Chuquicamata
 - ° El Indio
 - ° Mantos Blancos
 - ° El Teniente

- ° Andina
- ° El Soldado

- By Type of Control

- ° Airborne particles containing free silica, which is a problem common to all mines and the cause of one of the most important incapacitating professional diseases in the country.
- ° Gases CO, NO, NO₂ y SO₂ and airborne organic particles.

3.a.4 Controls which are contemplated to be done in Chile

- To implement adequate methods to control dust at the source, to avoid largely its suspension in the air.
- To improve systems for absorption and elimination of toxic gases generated by diesel equipment exhausts.
- To improve mine ventilation systems, so as to distribute the air efficiently and to obtain immediate decrease of pollution levels.
- To implement more efficient methods to evaluate the level of pollution in the mines and thus have accurate knowledge of air quality in different work areas to determine places of high risk.

3.a.5 Level of Technology Transfer Desired

- To receive equipment and instrumentation for evaluation of ambient pollution by dust and gases in mines, as well as training for its use and operation.
- To train high level professionals in industrial and mining hygiene through trips, courses and visits by Japanese expert to Chile.
- To receive computer models of mining pollution, to handle particle dynamics, diffusion and dispersion of gases and others.
- Project in pilot mine to apply measures of mining pollution evaluation and control.

4.- LIST OF EQUIPMENT AND MATERIALS FOR SECTION OF MINE WORKS

- Continuous monitoring of gas equipment (CO, NO, NO₂, SO₂)
- Continuous sampling of dust equipment.
- Instruments to measure wind speed and direction.
- Equipment to control dust at the source of generation.
- Equipment to purify exhaust gases of diesel engines.
- High volume ambient dust samplers.
- Instruments to measure a number of parameters which are important to determine air particle concentration in open pit mines.

CONCENTRATOR PLANTS

3.b Actual Situation of the Mining Contamination in Chile

1) List of Concentrator's Plants

- Codelco's Plants
- Cía. Minera Disputada de Las Condes S.A.
- Mantos Blancos S.A.
- El Indio
- ENAMI's Plants

2) Mining Contamination and its Influences

The Concentrator Plants pollute the flora & fauna, in general the ecosystem, through the dumping of tailing in rivers, lakes, coast, since they contain residual dissolved reagents and unwanted mineral species or suspended dust.

When Plants are located in agricultural zones the desposal of water constitute a risk to agriculture. In case of disposals into the sea they significantly destroy the Marine flora and fauna, not only by the presence of foreign chemical products to the ecosystem, but also because of turbidity, since it influences the depression of light, important element for the survival in the sea.

3) Chile's Priorities in the Control

3.a Mines:

Salvador
El Teniente
CMD, San Francisco's Plant
Andina
El Indio
Mantos Blancos S.A.
Chuquicamata

3.b Type of Control:

Disposition of tailings in the sea: Their interest is to control effect of the residual reagents on Marine flora & fauna and the influence of the waste, particularly from the point of view that the suspension and turbidity have potential ionic reactions.

Tailings Sams: It is of interest the water effluence, particularly in discharges into rivers, lakes and underground reservoir, which supply drinking water. Control is important from the point of view of the risk of consumption to humans, also solids are important, because of their negative effect on the floor as a consequence of their erosion by winds and seasons or continuous flows.

4) Chile's Plan of Control

- Control of Marine Disposition: The study of feasible alternatives to the dispositions of tailings in the sea.
- Control of Tailings Dams: Study noxious elements in the ecosystem, particularly those in the effluent water from these dams, for example: No, Cu, As & Fe, both from the point of view of agriculture and animal life. This may be achieved by:

- a) Continuous monitoring
- b) Treatment Plants

- 5) The level of technology transference that Chile wants firstly a "Working Group" must be formed. This group must have the necessary personnel and materials to permit them to study the problems and aspects of contamination, so that they can propose viable and concrete solutions.

5.a Equipments and Materials:

- Equipment to determine turbidity and suspended solids, either continuously or discontinuously.
- Equipment for sampling liquid effluence both, above and underground (continuous and discontinuously).
- Equipment to continuously determine the concentration of ions in suspension, particularly Cu, Fe and Mo.

PYROMETALLURGICAL PLANTS

3.b Roasting and Smelting

1) List of Roasting Plants and Smelters

- Chuquicamata Smelter, located in Chuquicamata, II Region, Copper and Molybdenum Mine. Capacity 4.000 tpd concentrates, personnel 1.000, owned by CODELCO-Chile, Chuquicamata Division.
- Mantos Blancos Smelter, located close to Antofagasta, II Region, Copper Mine. Capacity approximately 300 tpd concentrates, personnel 250, owned by Empresa Minera Mantos Blancos.
- Potrerillos Smelter, located in Potrerillos, III Region, Copper Mine. Capacity 1.000 tpd concentrates, personnel 400, owned by CODELCO-Chile, Salvador Division.
- Hernán Videla Lira Smelter, located in Paipote, III Region, Custom Smelter. Capacity 800 tpd concentrates, personnel 400, owned by ENAMI (Empresa Nacional de Minería).
- Ventanas Smelter, located in Ventanas, V Region, Custom Smelter. Capacity 1.000 tpd concentrates, personnel 400, owned by ENAMI.
- Chagres Smelter, located in Chagres, V Region, smelts concentrates from Los Bronces and El Soldado Mines. Capacity 600 tpd concentrates, personnel 250, owned by Compañía Minera Disputada de Las Condes, EXXON subsidiary.
- Caletones Smelter, located in Caletones, VI Region, Copper and Molybdenum Mine. Capacity 2.700 tpd concentrates, personnel 1.000, owned by CODELCO-Chile, Teniente Division.

Roasting Plants

- El Indio Roasting Plant, located by La Serena, IV Region, roasts copper-gold-silver-arsenic concentrates from El Indio Mine. Capacity 150 tpd concentrates, personnel 60, owned by Compañía Minera El Indio, St. Joe subsidiary.
- Refimet Roasting Plant, located North of Santiago, Metropolitan Region, roasts El Indio concentrates. Capacity 50 tpd concentrates, personnel 30, owned by Compañía Refinadora de Metales.
- Molymet Roasting Plant, located in Santiago Metropolitan Region, roasts molybdenite concentrates. Capacity 10 million pounds Mo per year, personnel 50, owned by Molibdeno y Metales.

2) Types of Pollutants and their Effects

- i) SO₂ pollution of ambient air, which is well known and common to all smelters and roasting plants, with the exception of Mantos Blancos, where instead of sulfides, chlorides are smelted, with the result of contamination by chlorine. In the future this smelter could be transformed to become also a sulfide smelter, due to changes in the mineralization of the ore.
- ii) Air pollution by dusts and volatile elements in the effluent gases, common to all smelters, but quite variable from one to another, resulting in pollution by heavy metals, such as As, Sb, Hg, Cd, Cu, Mo. Undoubtedly, the most important of the former is arsenic, due to its present high content in the main ores being treated, and its tendency to increase in the future in some of them.
- iii) Water pollution by weak acid of sulfuric acid plants.

3) Priorities

By Mines: Smelters

- Chuquicamata, first due to the severeness of the problems to people in the area, through SO₂ and As pollution.
- Chagres, controls do exist, but area where it is located is critical because of agriculture.
- Ventanas, located close to agricultural valley, though less productive than the former.
- Teniente, might have influence on Santiago.
- Paipote.
- Mantos Blancos.
- Potrerillos.

Roasters

- Molybet, located in Santiago, where serious city air pollution problem exists.
- Refimet, 50 km from Santiago.
- El Indio.

By Type of Control:

- SO₂ is first priority since it is common problem to all smelters and roasters, and its effects are known to be serious.
- Arsenic is second priority in general, but as important as SO₂ in those cases where the ore presents high As concentrations. In general SO₂ control through acid plants implies AS control, due to the need of avoiding operating problems in the acid plant.

- Weak acid of sulfuric acid plants.

4) Controls which are considered For Chilean Mining Operations

- Improving the existing gas collection systems to decrease ambient pollution in working areas.
- Building sulfuric acid plants in all smelters where possible, with abatement of pollution in the whole area of influence of each smelter. It would be desirable to obtain part of the sulfur of the concentrates as elemental sulfur, which is a product easy to sell. When building acid plants method to eliminate or recover arsenic must be implemented when this element is in high concentration.
- Develop processes to utilize sulfuric acid plant weak acid as metallurgical reagent.
- Develop processes to make intensive use of sulfuric acid, which would make possible building additional acid plants.

5) Level of Technology Transfer Desired

- Through implementation of equipment to measure and monitor pollutants in the air and stacks, training of personnel in the use of this equipment.
- To train scientists and engineers in the field of pollution, through courses, field trips, Japanese experts in Chile.
- Computerized models of air pollution and diffusion.
- Pilot project to evaluate pollution in a particular operation.

4. EQUIPMENT AND MATERIALS

Equipments

- Complete Isokinetic Stacksampler Equipment equipped with impactor for particle size analysis.
- Airborne Particle Sampler.
Total Particle Sampler.
Fractionating Sampler.
- Ambient Gas Sampler (for three to five gases simultaneously, including SO₂, NO₂, H₂S, NH₃).
- Sequential Sampler to sample pollutant gases in ambient air.
- Spot Air Samplers (midget air sampler type).
- Universal Sampler.
- Continuous air pollution monitors for SO₂, H₂S and other pollutants.
- Air velocity metering instrument.
- Portable barometers.
- Hygrometers.
- High pressure liquid chromatograph.
- Infrared spectrometer.
- Gas chromatograph.
- Recorders: digital multichannel.
- Digital precision balance.
- Flow integrators.
- Sound meters.

Materials

- Packaged Air Sampling Reagent Kits, for SO_2 , NO_2 , O_2 , H_2S , NH_3 , CHO , sulfates and PbO_2 .
- Cylinder Gas Mixtures and Valves for calibration of monitoring equipments (SO_2 - N_2 , and others).
- Sampling bags for gases.

ELECTROMETALLURGICAL PLANTS

3.b Electorefining and Electrowinning

1) List of Electrorefining and Electrowinning Plants

- Chuquicamata Electrorefinery and Electrowinning Plants, located in Chuquicamata, 11 Region. Capacity 400.000 tpy copper, personnel 1000, owned by CODELCO-Chile, Chuquicamata Division.
- Potrerillos Electrorefinery, located in Potrerillos, 111 Región. Capacity 120.000 tpy copper, personnel 200, owned by CODELCO-Chile, Salvador Division.
- Ventanas Electrorefinery, located in Ventanas, V Región. Capacity 180.000 tpy copper personnel 300, owned by ENAMI (Empresa Nacional de Minería).
- Lo Aguirre Electrowinning Plant, located close to Santiago, Metropolitan Region. Capacity 16.000 tpy copper, personnel 20, owned by Sociedad Minera Pudahuel Ltda. y Cía. CPA.

2) Types of Pollutants

Normally the electrolyte is recycled completely during the process, but pollution may arise by eventual bleeding or by discarding products from its purification process (i.e. arsenical slimes).

3) Priorities

- Chuquicamata, due to the high arsenic content of the ore.
- Ventanas, due to its location.

4) Control which are Considered Chilean Refineries

- Improvement of plant and process design for electrolyte purification.

5) Level of Technology Transfer Desired

- Through implementation of equipment to measure and monitor pollutants in the surroundings of the plants, training of personnel in the use of this equipment.
- Pilot project to evaluate pollution in a particular operation.
- To train scientists and engineers in the field of pollution through courses, field trips, visits of japanese experts to Chile.

HYDROMETALLURGICAL PLANTS

3.b Leaching

1) List of Leaching Plants

- Chuquicamata Oxide Plant, located in Chuquicamata, 11 Region. Capacity 30.000 tpd copper oxide ore, personnel 300, owned by CODELCO-Chile, Chuquicamata Division.
- Salvador Gold Heap Leaching Plant, located in El Salvador 111 Region. Capacity 275 kpd gold precipitates)projected, personnel 50, owned by CODELCO-Chile, Salvador Division.
- Mantos Blancos Leaching Plant, located close to Antofagasta, 11 Region. Capacity 30.000 tpy fire refined copper, personnel 100, owned by Empresa Minera Mantos Blancos.
- Michilla Leaching Plant, located north of Antofagasta, 11 Region. Capacity 1800 tpd copper oxide ore, personnel 300, owned by Compañía Minera Carolina de Michilla.
- La Cascada Leaching Plant, located close to Santiago, Metropolitan Region. Capacity 16.000 tpy electrolytic refined copper, personnel 420)including electrowinning, owned by Sociedad Minera Pudahuel Ltda. y Cía. C.P.A.
- El Indio Cyanidation Plant, located in El Indio, IV Region. Capacity 1400 tpd flotation tailings, personnel 20, owned by Compañía Minera El Indio.
- Ojancos Leaching Plant, located in Copiapo, 111 Region. Capacity 600 tpd oxide copper ore, personnel 150, owned by Compañía Minera Sali Hoschild.

2) Types of Pollutants

Water and soils pollution by acid, solids, heavy metals much as Ag, Cu, As, Sb, etc.

3) Priorities

Cyanidation plants for treating gold and silver ore, due to pollution by cyanide, arsenic and in some cases by mercury.

4) Controls which are Considered for Chilean Plants

- Improvements in the design and operation of leaching plants.
- Treatment of solution disposal and tailings.

5) Level of Technology Transfer Desired

- Through implementation of equipment to measure and monitor pollutants in water, training of personnel in the use of this equipment.
- To train scientists and engineers in the field of pollution, through courses, field trips, japanese experts in Chile.
- Pilot project to evaluate pollution in a particular operation.

4. Equipment And Materials

(Electrometallurgical and Hydrometallurgical Plants)

- Monitoring and control equipment (pH, temperature, flow, chemical composition, etc.)

EQUIPMENT AND ACCESORIES FOR MATERIALS CHARACTERIZATION

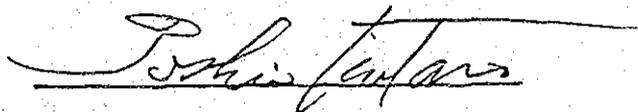
4. - 3 High volume Air sampler, includes seamless filter yolder, flor selectors, timers, recording, etc.
- 2 Dichotomous Samplers, (virtual impactor), includes separate sampling and control modules
- 2 High volume particle size - fractionating sampling system
- 1 Low Chromatography detection system, includes column and detector
- 1 High performance liquid Chromatography (HPLC), includes solvent delivery system (pump), sample injector, column, detector and data handling device.
- 1 Infrared Spectrophotometer, includes accesories for solid, liquid and gas samplers, data handling device, range $200-4000\text{ cm}^{-1}$.
cm
- 1 Kit Standars materials for contamination, includes standard for gas and water pollutants.
- 3 Currentmeter Gurley. Measurement of river current
- 3 Pygmy meter. Measurement of river current

MINUTES OF MEETING FOR TECHNICAL
COOPERATION ON MINING POLLUTION
TECHNOLOGY PROJECT IN THE REPUBLIC
OF CHILE

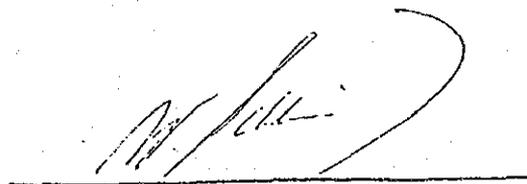
The Japanese Preliminary Survey Team (hereinafter called "the Team") headed by Toshio Kitamura, Director of Mining and Industrial Development Cooperation Department, Japan International Cooperation Agency, was despatched by the Japan International Cooperation Agency from March 25 to April 2, 1986, for the purpose of making the study on the request of technical cooperation on Mining Pollution Technology Project (hereinafter called "the Project") and of exchanging views with the Mining and Metallurgical Research Center (hereinafter called "the CIMM") on the proposed project.

As a result of the study and a series of discussions, the team and the CIMM came to the principal agreement that will inform the results of discussion referred to annex and recommend to the both governments to take necessary measures on the implementation of the Project.

SANTIAGO, CHILE, April 1st., 1986



TOSHIO KITAMURA
Leader Japanese Preliminary
Survey Team



DR. WERNER SCHLEIN
Executive Director
Mining and Metallurgical
Research Center

CONTENTS OF DISCUSSION (Annex)

1.- The CIMM officials expressed that the CIMM intended to establish the new development function in order to contribute to the solution of mining pollution problems, based on the request of the Ministry of Mining to the National Planning Office, with the approval of said office.

2.- Both sides agreed to perform the cooperative activities as follow under the trainer's training principles.

a) MINING

Sampling and Measurement of suspended solids and gases.

b) CONCENTRATOR AND TAILING DAM.

Sampling, Measurement and Analytical Method of waste water, using Japanese Standard.

c) SMELTER AND REFINARY

Sampling, Measurement and Analytical Methods of dust, gases and waste water, using japanese standard.

d) COMPARATIVE STUDY

The administration of mining pollution and related regulations of both sides.

3.- Japanese side prepares the necessary measures for the technical cooperation indicated above areas.

4.- Chilean side prepares necessary budget and measures for the promotion of the Project.

T/K

5.- Necessary equipment for the implementation of the project is as follows:

- a) Equipment and Materials for sampling and measurement of air and water pollution.
- b) Equipment and Materials for Analytical Methods of air and water pollution.
- c) Vehicle for field work
- d) Video Equipment
- e) Copy machine
- f) Documents and others.

EK



ANALYTICAL CHEMISTRY DEPARTMENT

List of Equipment

Equipment	Marc	Model	Year
X-Ray Spectrometer	Philips	PW 1400	1981
X-Ray Spectrometer	Philips	PW 1212	1965
X-Ray Diffractometer	Philips	PW 1130	1974
Conductivity Meter	Radiometer	CDM 3	1972
Automatic Titrator	Radiometer	TTT 2	1972
Automatic Titrator	Mettler	DL 40RC	1985
Exspectrophotometer UV-VIS	Perkin Elmer	559A	1983
Ions Analyzer	Beckman	Selection 5000	1984
Gas Chromatography	Shimadzu	6C-7A	1981
Optical Emission Spectrography	Baird Atomic	GX-1	1976
Colorimeter	IILA		1982
Electrobalance	CANN		1980
FURNACE	Williams and Wilson		1974
Tubular Furnace	LECO	571	1972
Induction Furnace	LECO	521	1972
Carbomiter	LECO	572-100	1985
pH-meter	LEEDS NORTHRUP	7411	
Spectrophotometer	Shimadzu	QV-50	1972
Atomic Absorp. Spectrophotometer	Shimadzu	AA 650	1979
Atomic Absorp. Spectrophotometer	Perkin Elmer	403	1975
Atomic Absorp. Spectrophotometer	Perkin Elmer	4000	1980
Atomic Absorp. Spectrophotometer	Perkin Elmer	5000	1983
Atomic Absorp. Spectrophotometer	IL	Video 12	1985
Inductively Coupled Plasma Spectrometry	Perkin Elmer	5500	1983
Graphite Furnace	Perkin Elmer	HGA 2100	1975

EQUIPOS DE MEDICION EXISTENTES EN EL AREA
DE CONTROL AMBIENTAL
DIVISION MINAS

Equipo	Cantidad	Modelo	Marca
Clasificador de tamaño de partículas, compuesto de:			
- Microproyector	1	Nº 79210-K;Serial 473	M.S.A.
- Centrífuga	1	300 RPM;Serial 1395	M.S.A.
- Centrífuga	1	600-1200 RPM;Serial 1374	M.S.A.
- Centrífuga	1	1800 RPM;Serial 1315	M.S.A.
- Centrífuga	1	3600 RPM;Serial 496	M.S.A.
Equipo Fotoperfil compuesto de:			
- Trípode de lente	1	GST20	Wild
- Lente Toroidal	1	V-58;Nº 112	Cerchar
- Cámara Fotográfica	1	Nº 4-63122977	Seagull
- Trípode de Cámara fotográfica	1		Seagull
- Ampliadora de fotografía	1	F-60 Nº 426282	Durst
- Psicrómetro de aspiración	2	Nº 400659 c"ventilad.	Wilh Lambrencht
- Muestreador de polvo digital	1	AP-3	Weather Measure
- Muestreador de digital	1	RDM 101-4	GCA
Muestreador de polvo gravimétrico, compuesto de:			
- Bomba gravimétrica con cargador portaciclón y ciclón	1	26-2239 Serial D-12- 0461	M.S.A.

Equipo	Cantidad	Modelo	Marca
Muestreador de polvo gravimétrico, compuesto de			
- Bomba gravimétrica con cargador portaciclón y ciclón.	1	2G-2239 Serial D-12-0100	M.S.A.
Muestreador de gas monitaire, compuesto de:			
- Bomba portátil con cargador y Portatubo de muestreo	1	TD N° Serial D-09-0167	M.S.A.
Muestreador de gas monitaire, compuesto de:			
- Bomba portátil con cargador y tutubo de muestreo	1	TD N°2G-2239-2 Serial D-09-0161	M.S.A.
- Bomba monitaire	1	S N°26-2239-2 Serial E-09-0206	M.S.A.
- Bomba monitaire	1	S N°26-2239-2 Serial E-09-0207	M.S.A.
- Bomba monitaire	1	S N° 2239-2 E-08-0142	M.S.A.
- Bomba monitaire	1	TD N°26-2239-2 Serial D-09-0142	M.S.A.
- Scintilómetro	1	TV-5 Serial 572-12P	
- Detector multigas	2	21/31-3330/77	Drager
0 Detector de polvo	2	31-3229/77	Dräger
- Termómetro	1	Globo	Bendix
- Termógrafo	1	T.G. 11	Whater Measure
- Barómetro aneroide	1	B.M. 70	Whater Measure
- Barómetro	1	Fortin	Princo Inst.
- Microbarógrafo	1	S.M.B-5 Serial B-10710	American Paulin System

Equipo	Cantidad	Modelo	Marca
- Altimetro de precisión		M-5	American Paulin System
- Calibrado de flujo	1	Burbuja	M.S.A.
- Microagitador	1	380 Serial 66-3	Dremel
- Equipo isocinético transferido a División Metalurgia Extractiva)	1	CV-4	Joy
Anemómetros de rueda alada:			
-	1	1400/402020	Wilh Lambrecht
-	1	1405a/402068	" "
-	1	1405a/402069	" "
-	1	1400/402036	" "
- Anemómetro fotodiodo	1	672 - Nº 89	Cerchar
- Termoanemómetro portátil	1	A.T.P.-685 Nº225	Cerchar
- Balanza digital	1	AD-2 Autobalance	Perkin-Elmer
- Manómetro inclinado	1	0-25 mm H ₂ O	Dwyer
- " "	1	5-50 mm H ₂ O	"
- " "	2	0-70 mm H ₂ O	"
- " "	1	0-1 pulg H ₂ O	"
- Manómetro en U	1	0-300 mm H ₂ O	"
- " "	1	0-500 mm H ₂ O	"
- " "	1	0-140 mm H ₂ O	"
- Tubo de Pitot	2	12"	"
- " "	2	18"	"
- " "	2	24"	"
- " "	2	36"	"
- " "	2	48"	"
- " "	2	60"	"
- " "	1	48"	"
- Velómetro	1		Alnor
- Muestreador de gases (CO,NO ₂)	1	2G-2899 Serie 7000	Ecolizer
- Muestreador de gas	1	A - 274 - 288	Ecolizer

DIVISION METALURGIA EXTRACTIVA

5. EQUIPOS A EMPLEAR

Para la realización del trabajo propuesto el Centro de Investigación Minera y Metalúrgica cuenta con el siguiente equipamiento:

- 1 muestreador isocinético de gases, Andersen Samplers Inc.
- 4 analizadores de gases Orsat (SO₂, CO₂, CO y O₂ en muestras puntuales).
- 6 bombas de vacío, Fisher Scientific, Doerr Electric Corp. Edward.
- Tubos Pitot tipo S, según requerimientos, puesto que se construyen en CIMM.
- 6 manómetros inclinados, Dwyer.
- 2 termómetros de bulbo con vaina metálica, 0-400 C.
- Termocuplas según requerimientos (cobre-constantan, cromel-alumel, níquel-níquel/cromo, platino-platino/rodio).
- 1 indicador digital múltiple para termocuplas, Fluke.
- 8 indicadores sencillos para termocuplas, Simpson y Heraeus.
- 1 pirómetro óptico, Yokogawa Electric Work Ltd.
- Bolsas de aluminio para muestras gaseosas, Analab.
- Cápsulas de vidrio para muestras gaseosas.
- Barómetro, Weather Measure Corp.
- 1 celda electrolito sólido CIMM (O₂ en continuo).
- Diversos instrumentos eléctricos como amperímetros, voltímetros, osciloscopio, etc.
- Equipos de registro multicanal.

EQUIPOS Y MATERIALES

Los equipos y materiales utilizados en las mediciones fueron los siguientes:

- Equipo isocinético marca Andersen Sampler Inc. y accesorios para la determinación de humedad de los gases.
- Tubo de Pitot Tipo "S" y manómetros inclinados, de 0,45 y 1 pulgada de agua para la medición de presión de los gases.
- Termocuplas cromel"alumel e indicadores digitales marca Fluke para la medición de temperatura de los gases.
- Bolsas de aluminio Analab y aparato Orsat para el muestreo y análisis puntual de los gases.

JICA

