

No. 10

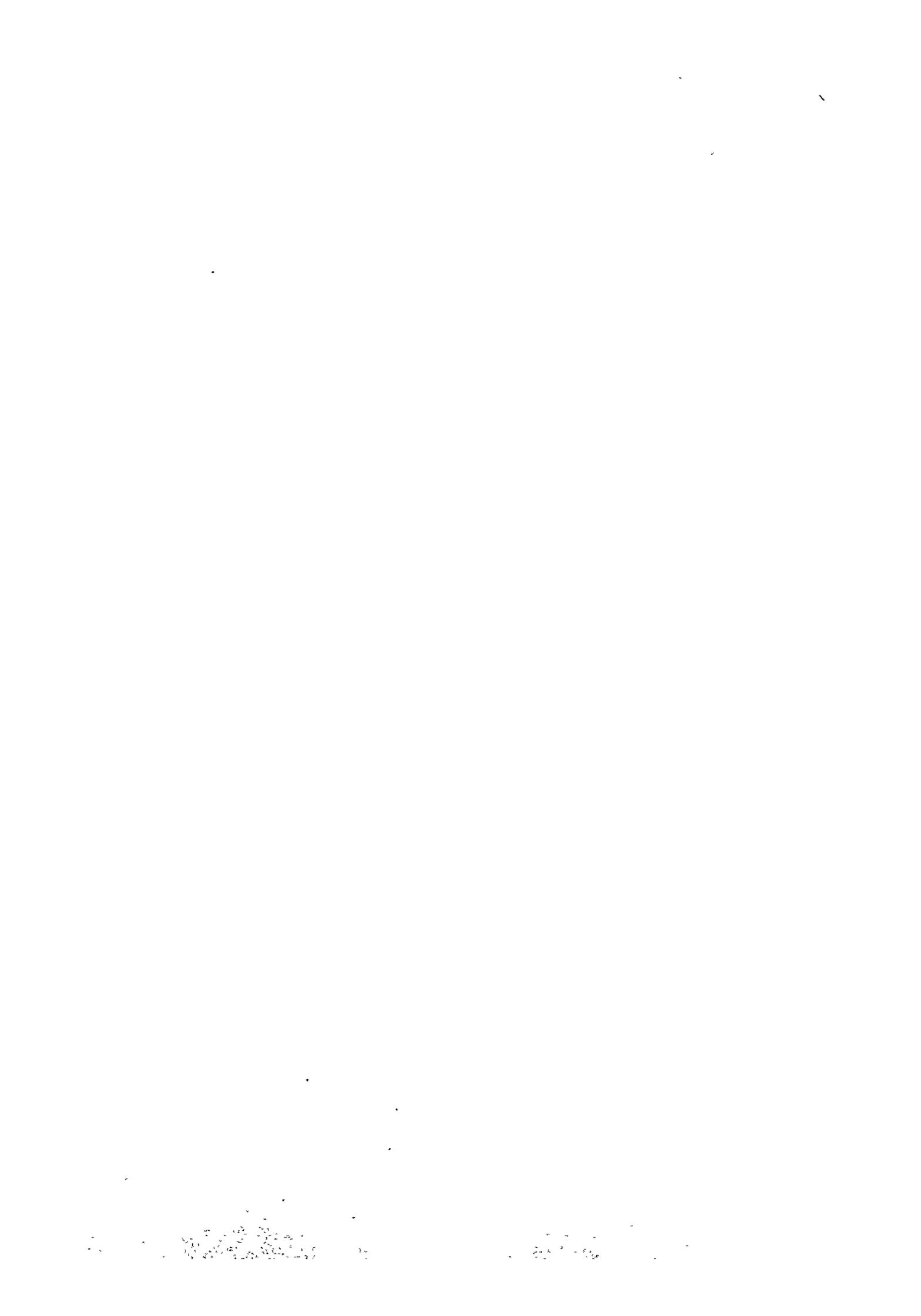
# チリ銅製錬開発技術協力事業 エバリュエーション調査団報告書

昭和38年7月

国際協力事業団

JICA  
704  
66.6  
MIT  
LIBRARY

★ 開放  
J R  
61-164



マイクロ  
フィッシュ作成

JICA LIBRARY



1026086E7J



国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 15	704
登録No. 00339	66.6
	MIT

## は し が き

チリ共和国は銅の産出量、輸出量とも世界の上位を占めているが、銅製錬に関する技術水準は必ずしも優れているとはいえないため、日本に対し技術協力を要請してきた。

これをうけて日本政府は、昭和51年11月、本件技術協力に関し、同国政府との間にR/Dを署名し、以来、同国鉱山冶金中央研究所(Centro de Investigacion Minera y Metalurgica)に対しこれら分野に於ける技術協力を実施し、昭和56年3月には協力を終了する予定であった。

しかしながら、チリ側は本件技術協力を高く評価し、更に2年間の協力を要請してきた。

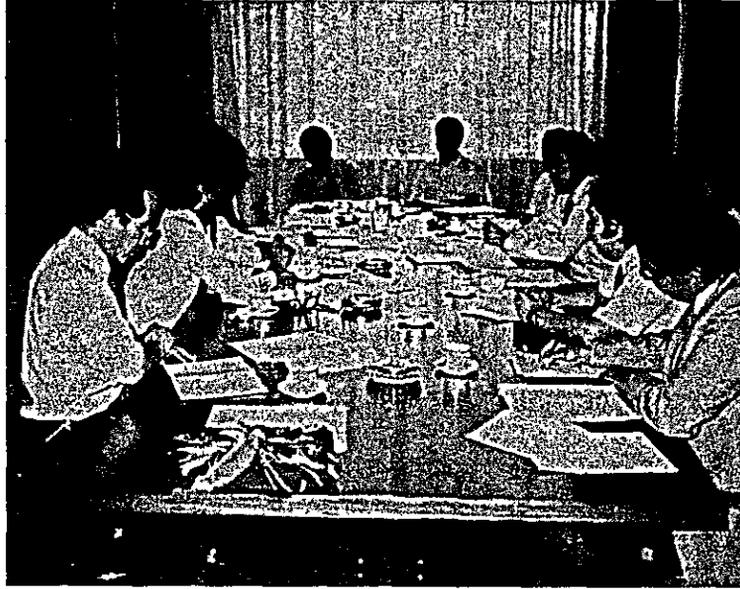
本調査団は、これまでの協力実績のエバリュエーションを行うとともに、この延長問題も併せて協議することを目的として派遣され、この度、チリ側との間で討議結果をMinutes of Discussionsに取りまとめた。

ここに本件協力及び本調査団の派遣にあたり多大の御指導と御協力をいただいた関係機関並びに関係各位に対し深甚なる謝意を表する次第である。

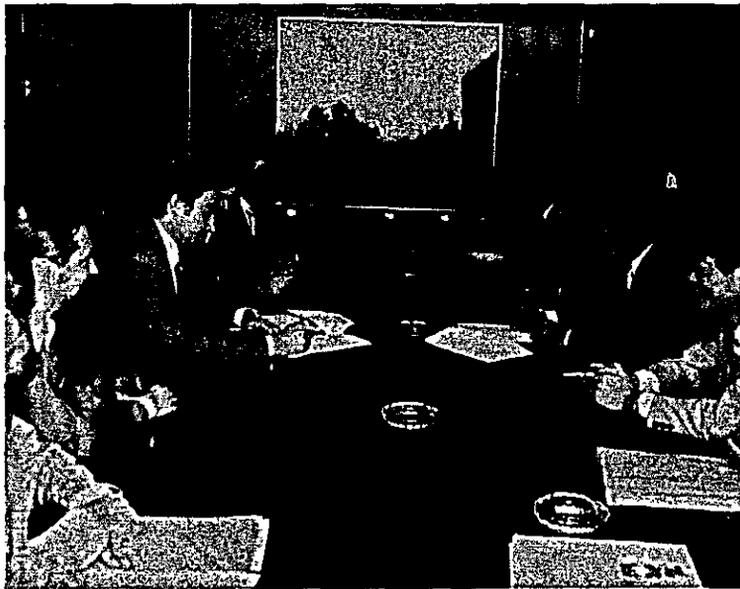
昭和56年7月

国際協力事業団  
理事 久留義雄



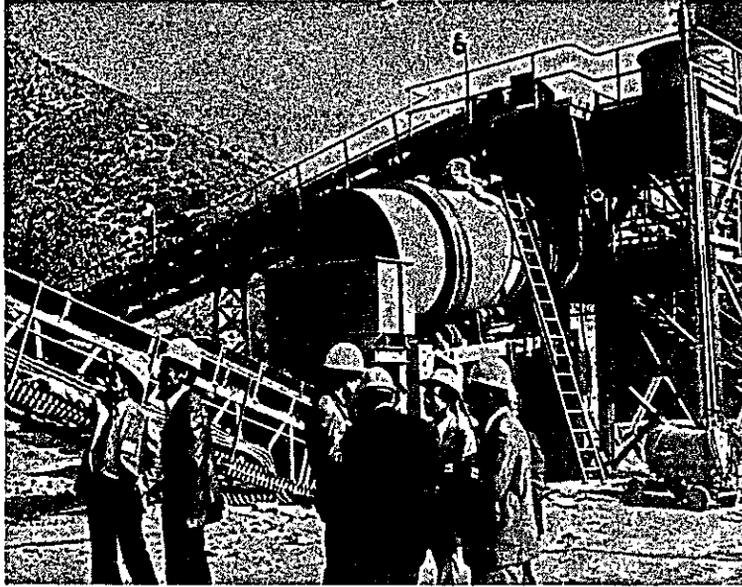


CIMMにおける協議

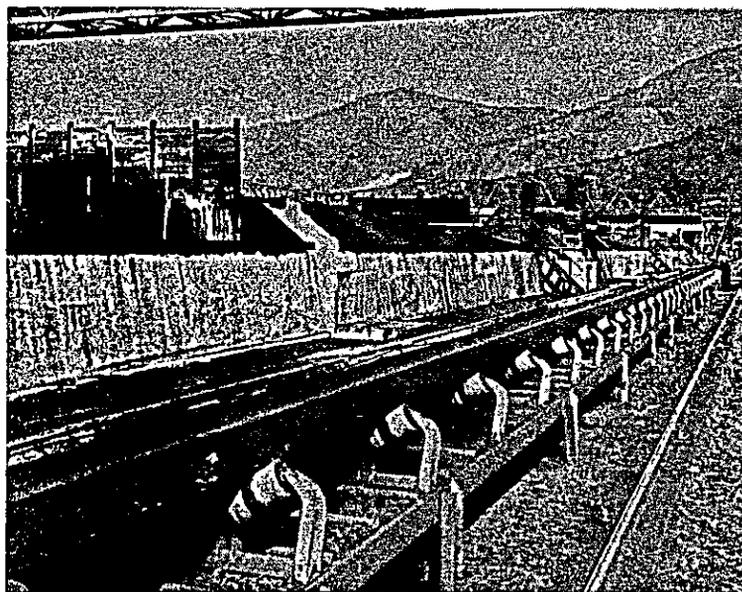


Minutes の署名交換





Lo Aguirre 鉞山



Lo Aguirre 鉞山



# 目 次

## は し が き

I 本件調査団派遣の経緯と目的 .....	1
1. 派遣に至る経緯 .....	1
2. 派遣目的 .....	1
II 調査団の構成と日程 .....	1
1. 構 成 .....	1
2. 日 程 .....	2
III 協議経過 .....	3
IV 1981年3月までの進行状況と評価 .....	5
1. 溶 錬 ・ 電 錬 .....	5
2. 分 析 部 門 .....	9
3. 品質管理(QC)技術 .....	9
4. 現場関連の助言と指導 .....	10
5. 人材養成と基盤的技術移転 .....	10
V 延長期間における展望 .....	12
VI 工場見学 .....	13
資 料	
I MINUTES OF DISCUSSIONS .....	19
II PROGRAM FOR DISCUSSIONS WITH JICA MISSION MARCH 1981(DRAFT) .....	47
III MATERIALS CHARACTERIZATION LABORATORY REQUESTS TO JICA MISSION 1981 .....	51



## I 本件調査団派遣の経緯と目的

### 1. 派遣に至る経緯

チリ政府から昭和49年11月15日付公信第634号及び昭和50年1月24日付公信第40号により、「銅の製錬及び冶金部門に対する日本政府の技術整備及び調査に関する援助」の要請がなされた。

これを受けて相手国要請内容の確認及び必要な調査を行うため、昭和50年7月10日から8月9日まで事前調査団、翌51年には3月25日から6月24日まで約3ヶ月に亘る3名の長期調査員の派遣がなされた。

これら事前調査団及び長期調査員の報告と勧告に基づき作成された本件技術協力の枠組とタイムスケジュール等を相手国政府と協議し、合意を取りつけることを目的として、昭和51年11月9日から12月4日まで実施調査団を派遣し、同年11月29日に鉱山冶金中央研究所（Centro de Investigacion Minera y Metalurgica）－以下CIMMという－との間で本件協力に係るR/Dに署名を行い、以来4年余りに亘り協力を実施してきたが、昭和56年3月16日の終了期限を控え、チリ政府より更に今後2年間の延長要請を受けていたことから、本件協力についてこれまでの実施内容のエバリュエーションを行うと共に今後の対処方針を決定するために本件調査団の派遣がなされた。

### 2. 派遣目的

昭和51年11月のR/D署名により本格的な協力に入った本プロジェクトのこれまでの協力実施内容のエバリュエーションを行うと同時に、協力期間延長問題について相手国側と協議する。具体的には(1)本年度までの協力実績の確認、(2)協力実施内容のエバリュエーション、(3)協力期間延長に関する協議、及び(4)(3)の結果、協力期間が延長された場合、その期間内の協力実施計画の策定を行うことを目的として派遣された。

## II 調査団の構成と日程

### 1. 構成

団 長	岡 藤 栄 助	総 括	国際協力事業団鉱工業開発協力部長
団 員	吉 沢 昭 宣	製 錬 技 術	東京大学工学部金属工学科助教授
団 員	岩 橋 康 夫	プロジェクト運営管理	日本鉱業協会技術部課長
団 員	木 下 正 文	業 務 調 整	国際協力事業団鉱工業開発協力部

2. 日 程

日順	月日	曜日	行 程		宿泊地	調 査 内 容
				交通手段		
1	3/ 3	火	東京	航空機	ロスアンゼルス	移動
2	4	水		"	機 中	"
3	5	木	→サンチアゴ	"	サンチアゴ	" 日本大使館表敬訪問, 大使館員, 専門家と打合せ
4	6	金			"	CONICYT (国家科学評議会), CIMM (鉱山冶金中央研究所) 訪問打合せ
5	7	土			"	日本側打合せ
6	8	日			"	" 東大吉沢氏東京発
7	9	月			"	Las Ventanas 製錬所視察, 東大吉沢氏サンチアゴ着
8	10	火			"	CIMMとの打合せ, (1)協力実績の確認, (2)協力実施内容のエバリュエーション, (3)協力期間延長問題協議, (4)協力延長期間の実施計画の策定
9	11	水			"	
10	12	木			"	Lo Aguirre 鉱山視察
11	13	金			"	CIMMとの打合せ, (1)ミニッツ(案)の打合せ, (2)署名
12	14	土			"	日本側打合せ
13	15	日			"	"
14	16	月	←サンチアゴ	航空機	機 中	ODEPLAN (国家企画庁) 表敬訪問, 帰国挨拶 (CIMM, 日本大使館), 帰途
15	17	火		"	サンフランシスコ	帰途
16	18	水		"	機 中	"
17	19	木	東京←	"	東 京	"

### Ⅲ 協 議 経 過

昭和56年3月6日、10日、11日及び13日に下記出席者の中で、日本側が事前に準備作成したMINUTES OF DISCUSSIONS(案)－以下原案という－を基に、CIMMとの打合せ、協議を行った。

#### 出 席 者

日本側	本件調査団団長	岡 藤 栄 助
	” 団員	吉 沢 昭 宣
	” ”	岩 橋 康 夫
	” ”	木 下 正 文
	在チリ日本大使館書記官	木 下 建
	本件技術協力専門家(リター)	岡 村 周 良
	”	白 井 宗 郎
チリ側	C I M M所長	I V A N D E L A B A R R A
	” 副所長	W E R N E R S C H L E I N
	” ” 待遇	A N T O N I O L U R A S C H I
	” 課長	R O D R I G O Q U I N T A N A
	” 所員	A L F R E D D E L C A M P O
	国家科学評議会国際協力部	
	天然資源課課長	P A O L I N A G O N Z A L E Z

まず、協議時までの調査団派遣、専門家派遣、研修員受入及び機材供与の実績の事実確認を行ったが、一部研修員氏名のスペルの訂正以外全く問題はなく、これらの各種供与実績にCIMMは改めて謝意を表明した。

なお、各種実績は資料I. MINUTES OF DISCUSSIONS p. 4～p. 11及びp. 17を参照したい。

次に研究テーマ及び協力実施テーマの内容面のエバリュエーションに入り、意見交換を行ったが、1.硫化銅精鉱の自然発熱、2.銅の乾式精製における不純物の挙動、3.砒素、アンチモンを多く含む精鉱よりのこれら元素の除去、回収の各研究テーマ、4.品質管理技術の実験計画法及び、5.分析技術は、現在までに協力の成果が十分に得られ、CIMMが独自に継続して行おうとの結論に達した。

引き続き、延長協力期間及び当該期間の実施計画につき、協議を進めたところ、前者に関しては日本側提示の2年間でCIMMは了解し、後者に関しては原案に対するCIMMからの要望事項として、1. Pyro-and Electrometallurgy (1) Mechanism of copper loss in smelter slags

の Stage II : Characterization of slags 及び Stage III : Study on the recovery of copper and molybdenum in slags を各々、1981年度、1982年度に分けて実施するより、両テーマとも両年度を通して実施してほしいこと(資料I p. 12 及び p. 18)。2. Fundamental Techniques の Stage V : Laboratory automation techniques ( Instrumentation and control ) に具体的な内容表現として basic automatic process control techniques 及び their application to the research works of CIMM を加えたい(資料I p. 14)。3. Quality control technique (1) Quality control technique Stage III : Transfer of Q.C. techniques to the existing facilities については、現場サイドでは当該分野の能力がかなり向上しているが、次の段階として経営者に対する教育の普及を CIMM は考えている。経営者に対して Q.C. の位置付けをよりいっそう認識させるには、ほぼ1年かかるであろうから1981年度実施から1982年度実施に変更願いたい(資料I p. 15 及び p. 18)。4. Technical Advice and Guidance to CIMM for the Studies Related with Existing Facilities of Copper Industries の Stage III : Improvement of plant operation in future 及び Stage IV : Upgrading of CIMM's capability to improve plant operation に各々具体的な内容として computer programming techniques for simulation and modelling, etc 及び automatic control techniques, etc. を例示してほしい(資料I p. 16), が挙げられた。

当方としてこれらを検討した結果、必ずしも上記要望事項が日本側に対する過度の要求でなく、又原案の重大な変更に至らないと判断し了解した。

その他一般的な要望事項として、1. 上記3と関連するが、品質管理技術専門家を1982年度に派遣願いたい。2. 研修員受入は各年度1人1ヶ月、1人5ヶ月で実施してほしい。3. 既供与機材に関連した修理及びスペアパーツの取得に関して JICA が仲介の労をとってほしい。4. 日本製の IC, ダイオード等、電子部品のマニュアルを入手したい(資料III 参照)。5. X線のマイクロアナライザーによる分析に有用な酸化物、硫化物の標準試料が日本で手に入るならば送付願いたい旨(資料III 参照) 提示された。これらに対し、日本側としては、1については予算枠があれば検討する、2については受入先との調整問題があり即答できないが、延人数、延期間が変わらないので前向きに検討する、3については必要時に協力する、4については入手できるものを送付する。5については通常この種のものは市販されているものが少ないため、調査し、できうるものに関してのみ送付する旨回答した。

なお、日本側からの要望として専門家とカウンターパートとの関係及びカウンターパートの配置につき実績並びに計画表を作成するよう提言し、調査団、CIMM 両実務担当者及び専門家からなるワーキンググループで意見交換、調整を行い、これらを資料I p. 19~p. 23に示されるように表示した。

上記要望事項の一部を加え、研究テーマ、協力テーマ別の今後2年間の実施内容計画を整理

すれば、次の通りである。

1. チリ産低品位酸化銅鉱の処理のテーマに於いて、セグレーション反応炉の設計資料を得るための研究に重点をおき、又尾鉱処理その他の問題について研究を行う。
2. 溶錬スラグへの銅損失の機構のテーマに於いてスラグの同定、銅損失の機構の推定及び可能であればスラグ中の銅、モリブデンの回収の研究を行う。
3. 電解操業の解析と電解採取プロセスの研究テーマに於いて、不純物の除去及び回収の研究を行うと同時に関連技術の研究に重点をおく。
4. 基礎技術分野に於いてオートクレーブ、赤外線ガス分析計等の既供与機材の高度な活用及び計装、制御技術の修得を行う。
5. 品質管理技術分野に於いて、当該技術を製錬所等の現場へ更に浸透させる。
6. CIMMの現場指導能力の向上のテーマに於いて、自動制御技術及びコンピュータプログラミング技術（製錬プロセスのシミュレーション）に関して日本側専門家から助言・指導を受ける。

となり上記実施内容計画に沿って協力をを行う。

なお、エバリュエーションを含め、本調査団派遣時までのプロジェクトの進行状況並びに延長期間における展望についてはⅣ及びⅤで詳述する。

一連の協議で強く感じたのはCIMMが今後2年間の協力で特に計装・制御及び品質管理の両分野に大きな期待を抱き、今回の協力期間延長についても日本側の対応—2年間のフォローアップ—に非常に満足していたことである。

#### Ⅳ 1981年3月までの進行状況と評価

##### 1. 熔錬・電錬における進行状況

###### (1) 銅精鉱の自然発熱

硫化銅精鉱は鉱石専用船による海上輸送中に自然酸化して発熱する傾向があり、万一危険物指定を受けると輸送コストに大きく響くため、輸送中の発熱を防止する技術は産銅国にとって極めて重要である。発熱現象は精鉱の性質、水分、通気、荷積み状況（特に被覆）等の多くの要因が絡み、複雑であるが、これを解析するために当初次の2段階の研究が計画された。

- ① 酸素消費量の連続測定による精鉱の酸化発熱過程の追跡。
- ② 精鉱充填層中の温度分布の測定。

経過と成果：①に関しては昭和52年に研修員として来日したCIMM前所長Sutulovが

東大後藤研究室の測定装置を見学して資料の提供を受け、当時は国連派遣の専門家として CIMM に駐在していた白井氏が本装置の製作とそれを用いた測定の指導を行ない、チリ産各種銅精鉱の酸化発熱特性を比較して有用な結果を得た。この測定には供与された溶存酸素濃度計が使用された。これが終了した所で、独立に後藤研の成果等により IMCO の海上輸送基準が決定され、危険物指定は免れることになったため、目的を終了したことになり、②は実施されなかった。

このテーマは達成度 100% であり、全く問題がなかった。

## (2) チリ産低品位酸化鉱のセグレゲーション法による処理

チリは硫化銅鉱資源の他に多量の低品位酸化銅鉱の資源を有している。酸化銅鉱は浮選による選鉱が不可能であるため、一部は硫酸浸出+溶媒抽出によって処理されているが、経済的にも技術的にも多くの問題がある。セグレゲーション法は鉱石に少量の塩化剤 (NaCl など) とコークス等の還元剤を加えて加熱処理すると一度生成した銅の揮発性塩化物がコークス等の表面で還元析出するので、この微細な金属銅を浮選等によって回収する方法である。このプロセスは低品位酸化銅鉱の他、硫化銅鉱から得られる焙焼鉱あるいは種々の製錬中間産物の処理にも応用可能である。チリの銅資源は硫化銅鉱が主体であるが、開発が進むにつれて鉱体の深部は銅品位が下がり、逆に鉄品位が上がってくるので、このような硫化銅鉱については、酸化焙焼+セグレゲーション法による新しい製錬法が有望なプロセスとなってくる可能性が大きい。

本テーマは、当初は低品位酸化鉱の処理を主目的としていたが、その後、硫化銅鉱その他への応用を重点として研究することになった。

経過と成果：銅精鉱の酸化焙焼 (テッドロースティング) を内径 100 mm の流動焙焼炉で試験したところ、通常最大の問題である焙焼産物の焼結塊化を起こすことなく、セグレゲーション法に必要な脱硫率の焼鉱を得ることに成功した。また、セグレゲーションプロセスにおける砒素の挙動、銅焙焼炉の廃レンガ中に浸漬した銅回収へのセグレゲーション法の適用、セグレゲーション反応の速度論的研究も実施した。これらについては所内報告 ("Recuperacion De Metales Valiosos De Menas De Cobre, Mediante La Aplicacion Del Proceso De Segregacion": INFORME DE AVANCE №1, CIMM, Junio 1979. 同上 №2, CIMM, Marzo 1981.) を参照されたい。

本テーマにおいては、焙焼の研究はほぼ終了し、セグレゲーションの基礎研究も完了しており、達成度は 60% と見られる。残った問題はセグレゲーション反応炉の設計のための研究が主で、その他は有価含銅滓処理への応用や、本法の尾鉱の処理などがある。

## (3) 焙錬スラグへの銅損失の機構

銅のスラグ中への損失は銅焙錬の採取率を決定する要素であり、また銅焙錬技術の指標ともいべきものなので、従来から銅製錬研究の代表的テーマの一つとなっている。本研

究は供与機材（主としてXMA）を利用してチリ製錬所産出のスラグのキャラクタリゼーションを行なうことによりスラグ損失の主な機構を明らかにし、銅のスラグ損失を低下させる指針を得ることを目的とする。また、チリにおいて重要な銅製錬副産物であるモリブデノの挙動の研究も行う。

経過と成果：このテーマは、他のテーマの研究のために時間がとれずかなり遅れている。現在までの所、スラグ中の各成分のXMAによる同定、熔融スラグの粘度の測定法などについて予備調査を終了し、また各製錬所スラグの実態について予備調査を行なった段階である。達成率は30%程度と見られる。スラグの同定、銅損失の機構の推定までは延長期間中に行なえるが、スラグ中の銅・モリブデノの回収の研究までの進展は無理であるかも知れない。

#### (4) 銅の乾式精製における不純物の挙動

銅の乾式精製は銅電解アノードの製造あるいは乾式精製銅の製造において行なわれるプロセスであるが、チリにおいては特に砒素等の不純物の挙動が重要な問題になっている。木材（ユーカリ等）による還元が他の還元剤に置き換えられつつある現状から、本研究の目的を実施段階において変更し、各種カス還元剤によるプリスターの還元プロセスの比較研究を行い、その際の還元の過程をジルコニア酸素計により追跡することにした。

経過と成果：小型管状炉の実験によりジルコニア酸素計の測定に関する種々の予備実験を実施した後、8.5kgの酸化溶銅により実験を行い、アノモニア、LPG等の還元ガスの吹込みを実施し速度論的データを得ると共に、ジルコニア酸素計の測定に関し種々の改良を行い、いまだ多少の問題はあるが本法により還元過程を十分追跡し得ることを確認した。初期の実験結果は次の報告に述べられている。達成度は100%である。

" Medicion electroquimica de oxigeno disuelto en cobre liquido "; Recursos Minerales, №4, 1979

#### (5) 電解操業の解析および電解採取の研究

チリの銅電解工場の操業については、設備および管理技術の近代化のおくれによる種々の問題があるので、統計的手法を用いた解析およびその他の方法によって操業の問題点を把握し、これに基づいて種々の改善提案を行なうことを目的とする。

経過と成果：統計的手法による電流効率向上策の検討、アノード鑄造における重量・酸素含有量のバラツキの検討、電気銅のサンプリングにおける問題点と標準化等の研究が行われた。また種々の現場実験の結果に基づき電解液の還流方法の改善、電解液の滯過方法、シートカバーの利用による保温その他の改善策の提案が行われた。これらは主としてチュキカマタの電解実操業に関するものであり、ここまでで達成度は70%と見られる。延長期間においては殿物処理、浄液等の研究による不純物の除去と回収を検討する。

統計的手法による研究の一部は1980年3月のコロノビアQ C大会で, " Aplicación de técnicas de control de calidad para aumentar la eficiencia de corriente en electrorefinación de cobre " として発表した。また, 1979年11月にコンセプション大学で, 日本の電解技術の紹介と技術指導等を次の論文で行っている。" Perfeccionamientos recientes en las refinarias de cobre japonesas "

(6) 高As, Sb 銅精鉱からのAs, Sb の除去と回収

チリの銅精鉱は一般に砒素等の含有率が高い。また最近特に砒素含有量の高い新しい鉱山の開発が始った。本研究は一般に銅製錬, 精製における砒素の挙動の追究および最も効果的な系外除去法について検討を行い, 特に砒素含有量の高い精鉱や煙灰等の処理法の研究を行うことを目的とする。

経過と成果: 高砒素銅精鉱について(1)部分焙焼, (2)硫酸添加焙焼, (3)Na<sub>2</sub>S, NaOH浸出の3種の脱砒処理法の研究を行い, いずれによっても反射炉に装入するのに十分なレベルまで脱砒できることを示した。部分焙焼法についてはポート実験の後, 内径5 cm及び10 cmの流動焙焼炉によって多くの実験を行い焙焼条件につき種々の知見を得た。これらの結果は1980年11月チリ鉱業会大会で, " Tratamiento de concentrados con alto contenido de arsenico " として発表された。

達成度は100%であり, あとは現場への応用について助言, 指導を行っていく。

(7) 焙錬・電錬における基礎技術の移転と指導

これは初歩的実験室技術に始まり, 供与機材との関連で, 電気炉(カンタル線炉, SiC抵抗炉)の設計製作技術, アーク炉技術, ガス炉技術, 流動焙焼炉技術など主に高温炉関係の自作に関する技術移転と指導が行われているが, その他に電解実験技術, および一般の実験室測定技術の指導が精力的に行われた。安全性に対する注意と, 測定誤差に関する認識の点では未だ不十分な点があるが, 大体において炉と電解の実験基礎については移転を完了した。

延長期間においてはオートクレーブ装置, イオン交換膜装置, 赤外線ガス分析装置の実験への利用, 応用について指導を行い, また酸素ポテンシャル測定とXMAによる分析の応用および既に指導した領域での高度化を図りたい。以上の点についての達成度は70%と評価される。

チリ側の要請で重点がおかれることになったラボオートメーション技術については機材供与を待つてガス炉の直接デジタル制御を例題として実施し, その他の計装制御については可能な場合は実物で, 応答特性が判明している場合にはシミュレーションで技術移転を行なり予定である。ミニコンの計算速度, 記憶容量の制限があるので, チリ側が要望した大プログラムによるプロセスシミュレーション等については実施する予定を立てていない。

以上, 焙錬・電錬での達成度は総合して80%以上に達しており, 延長期間ではセグレ

ゲーション反応炉の設計，スラグ性状の同定，銅電解の不純物の回収・除去の3研究テーマと基礎技術のオートクレーブ，イオン交換膜，赤外ガス分析，ラボオートメーションの4アイテムが予定されているのみで，順調に進展していると評価される。

## 2. 分析部門における進行状況

### (1) 化学分析

この分野ではCIMM側のもともとの水準も十分であり，派遣専門家は主としてCIMMが未経験な分析対象の分析法の試験と確立の面で寄与してきている。(詳細は派遣専門家の報告および年次報告を参照されたい) 供与機材も原子吸光装置を除いてよく機能し，特に問題はない。原子吸光装置はメンテナンスに問題があり，評価が高くないように見受けられた。CIMM自身がパーキネルマーの新型をその後購入したので特に障害とはなっていないが，供与先に使用経験があり特定の機種を希望している場合には，部品と保守の共通性を生かすために可能な限りそれに沿うことが望ましい。

### (2) X M A

これは供与機材の最大物であり，補充部品やメンテナンス等も十分考慮し，研修員受入，専門家派遣も力を入れた部分である。定性分析の段階では威力も発揮し，順調に稼動していたが，昭和55年末から56年にかけて不調となり，故障個所の発見に手間取り長期間使用不能となった。現在は回復し，定量分析も可能となって，CIMMには大きな存在として機能している。しかし，専門家が現地不適應を起こした例があり，これがXMAの不調期間と重なるという不幸のために，かなり手厳しい批判を受ける結果となった。

不適應は日本人だけでなくチリ側研修員にも2例出ており，海外適應に関する専門的研究も既に日本では行われている現状なのだから，派遣前のテスト，滞在中の自己テストなどを完備し，プロジェクトと本人の双方にとっていたずらなマイナスを起こさぬようにするべきであろう。

これは別として，分析部門の達成度はほぼ100%と評価される。あとは実際の製錬部門との協力により経験を蓄積すること及び延長期間において発生するかもしれない修理に関し，必要時には日本側からインフォメーションを提供することが肝要である。

## 3. 品質管理(QC)技術における進行状況

チリ側のQCに対する認識の不足のため，基礎的手法と実用的統計手法を移転した段階で，まだ現場における本格的な応用，TQCへの展開には至っていないが，これは止むを得ない。本年になって急速に欧米先進国が日本のQCに注目し始めたことがチリにも影響する筈で，延長期間における急進展が期待される。チリは3C(Cooperation, Communication, Co-

confidence)に欠ける国という評がある位で、自分のセクションに拘わってはいない不可能なTQCにどれだけ本気で取組めるか、とりわけ大企業ほど難しいのではないかという懸念もあるが、根付けば成果は大きい。現段階でも各セクション毎の製品品質評価は従来に比較してしっかりしてきたと評価できる。問題はこれが工程にフィードバックできるかどうかである。達成度は日本側としては70%としたい。

#### 4. 現場関連の助言と指導の進行状況

CIMMが受託する研究テーマ(いわゆるファイナンシャルワーク)を担当している研究員に対しては岡村、白井両専門家とも積極的に助言、指導を行っており、この面での評価は非常に高い。

主なテーマは(CIMMの機密保持のため具体的な名称を避けるが)、電線操業の改善、スラグのケネコット法による処理、煙灰処理、コークスの反応性試験、排水処理泥の処理、太陽熱による精鉱乾燥、粗銅電解テスト、転炉の精鉱吹込みなどである。

助言・指導を受けながらの経験の蓄積で、担当研究員は着実に力をつけており、達成度は100%と評してよい。ただし、これは終わったという意味ではなく、日常業務としてこれからも行っていくべき性格のものであることに留意されたい。

#### 5. 人材養成と基盤的技術移転の進行状況

3月13, 16の両日、カウンターパートの個人面接を行ない、派遣専門家のチリ側からの評価、供与機材、研修についての印象などを調査した。

対象としたのは、A.Grez, C.Enriquez(女), P.Montenegro(女), I.Martinez(女), G.Zarate, J.Briceno, R.Quintana, F.Greene, A.Otero, W.Schleinの計10名である。女性は英語力が弱く、一部小生の貧しいスペイン語で面接したため、誤解もあるかと思われるが許容されたい。

調査項目は、指導を受けた分野とテーマ、その成果、専門家・供与機材に対する率直な印象と評価、本プロジェクトに対する評価、日本側が植え付けようとしたDo it yourself精神に対する評価といった所で、その他、何でも自由に話してもらった。従って以下には誰の発言かということは記さないことにしたい。

まず白井氏については、practical, strong, stubbornだが、very productive, willing to helpであり、very goodという評である。岡村氏はtheoretical, high level, ableでexcellentだという評であった。絶妙のコンビであり、当方も面目を施した感があった。その他の専門家も一般に評価が高く、人間的にも信頼されているが、言語障壁の問題だけは残っているようである。特定技術の専門家は仕事を通じてコミュニケーションできるのでそ

れ程の問題ではないが、達者であるに越したことはない。またXMAの項でふれた現地不適応に陥った専門家については、批判が数人からある一方で、不適応は不幸な出来事で仕方がないという意見も多かった。批判に対しては当方からもチリ側研修員の不適応の例を上げておいた。

機材については原子吸光とXMAの保守について多少不満（と言っても止むを得ないことは了承の上で）が出た程度で、一般に信頼性も高く良好な評価を受けている。XMAはまだ使いこなす所まで行っていないという自己の水準に対する認識もある。

本プロジェクト一般については研究員の短期間での能力向上に著しいものがあり、成果がそれ程でないとすれば、それはカウンターパート本人の責任であるという意見が出るくらいで、非常に高く評価されている。一般に本人が意欲的で能力があり、かつプロジェクト開始前に比較的低い地位にいた者程、高い評価を下す傾向があった。本プロジェクトの所期の目的からして、こういう傾向が生ずるのは自然であり、学卒で地位が保証され手をポケットに入れたままでよい立場の人間でさえ、有効であり有難いプロジェクトであると評価する所に来て持込まれた白井・岡村両専門家の努力に敬意を表したい。

Do it yourselfの精神についても同様な傾向で、これを意識し評価しているのは意欲のあるカウンターパートであり、意識していない者、口では認めても積極的ではない者が半数近い。個々人の性向、チリの生活形態・社会構造を考えれば、プロジェクト開始前に比較すれば様変わりとも言える程で達成度は十分である。あとは、こうして育てられた人材がどれだけ定着してくれるか、定着しなくても行った先でどれだけ広めてくれるかの問題であろう。

ただ一つ全般的に不満が出たのは滞日研修である。まずスケジュールが過密で忙し過ぎること、各プラントでたっぷり一日はないと理解に至らないこと、複数で行くときは分野別に各人が分担して見学してはどうか、3ヶ月は中途半端で、見学だけなら1ヶ月、研修なら6ヶ月にすべきだなどの意見があった。

この件に関しては、一部実現不可能と思われる部分はあるにしろチリ側の意見は妥当であり、昭和56年度予定の本プロジェクトカウンターパート受入に関し、上記勘案し、1名1ヶ月、1名5ヶ月とし、研修目的により区分し、又比較的余裕のある日程を組める見通しである。

しかし滞日研修に於ける現在までの卒直な評価を行うとすれば、日本側の受入態勢が必ずしも十分でなかったこと、チリ側の2名の研修員の早期帰国などの問題があって満足のいく点数はつけられない。

JICA自身が技術研修の実施先にはなり得ない現状下では、国内受入側の委員会組織を作るなど制度面での改善、これに伴う予算の確保などを行い、国内支援体制の一層の強化を図ることが肝要であろう。

又、これは単に研修員受入に限らず専門家派遣、機材供与等プロジェクト運営全般に係わる問題であり、このあたりの整備の可否がプロジェクトの成功、不成功を左右するといっても過言ではない。

## V 延長期間における展望

研究テーマにおける継続分は、セグレージョン反応炉の設計、スラグのキャラクタリゼーション、電解不純物の除去と回収であり、実験基礎技術においては、オートクレヴ、イオン交換膜、赤外ガス分析、ラボオートメーションである。QCの普及と推進は当然行われねばならないがこれはチリ側の事情に依存する所が大きい。

以上列举したものの中で、チリ側の要請で重点を置くこととしたラボオートメーションだけは異質なので後に詳述するとして、他のものは延長によって十分達成することができると見込まれる。延長の実質的効果の最大のもは、実は岡村・白井両専門家の任期延長によるCIMM研究員のモラル・能力の向上と定着であろう。この点での見通しは明るく（それにしても、任国でのインフレーションに見合う専門家の給与改善は一刻を争う問題である）。

ラボオートメーションに重点を置くことを主張したのは副所長格の Luraschi であるが、その理由には、現場の計装制御に受託研究の大きなマーケットがあるということも含まれているようである。実際、チリの銅産業では、コンピュータ制御は皆無である。日本側の見解では信頼できるデータを日常的にとれるようにするのが先決であると思われるけれども、彼等は何が最新の機械を入れれば万事OKという強固な信仰を持っていて、この場合には、それが計装制御だったというわけである。相当長時間の議論の末、CIMM内で各種実験装置のDDC(direct digital control)を、センサー+A/D変換+ミニコン+D/A変換+アクチュエータでやって見ること基本技術の移転を行うという合意を見た。センサーとアクチュエータは装置毎に異なり、現地での入手もある程度可能なので、供与機材としてはミニコン本体、ディスプレイ、プリンタ、プロッタ、外部メモリ、A/D変換器+外部クロック、D/A変換器およびソフトウェア一式ということにした。

当初はその他に、東大後藤教授の多成分多相平衡計算プログラム、小生の輸送現象シミュレータの移植も要望していたが、CIMMの計算機リソースでは到底無理だと説得して諦めてもらった（実際は10MBの外部記憶を供与する予定なので、ミニコンの遅さを辛抱できれば可能なのだが、どうするのかは岡村専門家に一任してある。チリ人の新しもの好きで専門家に義務付けられた余分な負担をかけたくないのが本音である）。

幸いにして帰国後、三井金属が専門家を出して下さるということになり、東大の大型センタ

に同一機種があつて動いていること、岡村専門家が10月から3ヶ月間帰国されることなどが重なり、どうやら順調に行けそうな見通しが出て来たという所である。

2年間と言っても実質1年半程度のところへラボオートメーションが割込んだ形なので、何か一つの装置のDDCができ、あとはシミュレーションを、想定データを入力して制御出力を書き出す制御側プログラムと制御を受けて非線型応答をする装置側プログラムとでやってみる所まで行けば目的は達成されたと判定できるのではないかと考えている。

以上を総合すれば、延長期間における展望は、当初予定通り2年間でほぼ達成度100%に達すると見込まれ、延長による効果は十分にある。研究というものは、テーマは1～2年で変わっても、方法論は本質的にロングレンジであり、身につくには最低3年はかかるものである(東大で研究者として一人前に認められるのは博士の2年頃からが普通であることを見れば本プロジェクトでは5年でも当たり前であろう)。プロジェクト発足時に、いろいろな経緯からCIMMがパートナーとなったとき、既に延長はやむを得なかったのかも知れない。生産技術協力は3年、研究技術協力は5年とすべきではなからうか。

## VI 工場見学

### 1. Las Ventanas 製錬所

短時間の見学であつたこと、及び過去4回に亘って報告されており(事前調査団の報告書、長期調査員の報告書、実施調査団の報告書、プロジェクト巡回指導チームの報告書)、新たに追記する事もないが、過去の報告書で幾度か指摘されていたガス漏洩については、かなり問題視されて来ている模様で、CONICYT表敬訪問の際にもこの点について特に関心が持たれている様姿がうかがわれた。懸案とされていた炉3ボイラー等の完成もあり、ガス漏洩等についてはかなり改善されているとの報告もあるが、たまたま今回の見学時には、反射炉でトラブルが発生したとかで、建屋周辺に迄ガス漏洩があり、建屋内に入ることができずこの工程の見学は断念せざるを得なかった。

平常操業での状態がどの程度のものか定かにはわからないが、工場周辺のダスト沈積の程度、建屋からの漏洩ガス等から推察して、未だ未だ相当問題は残されているとの印象を受けた。

### 2. Lo Aguirre 鉱山

#### (1) 概況

同鉱山は酸化鉱・硫化鉱の混合鉱でSantiagoの西30km、チリの主要港であるValpar-

also 迄 105 km に位置し, La Sociedad Minera Pudahuel Ltda. に属している。

鉱体は巾 200 m - 長さ 600 m - 層厚 150 m とのことで, ドリリングによる調査の結果, 表-1 の確定鉱量とされている。

(表 - 1)

Qre	Metric Tons	Copper Grade (%)		
		Soluble	Insoluble	Total
Oxide	$38 \times 10^6$	1.87	0.27	2.14
Mixed	$4.9 \times 10^6$	1.10	1.01	2.11
Sulphides	$2.4 \times 10^6$	0.18	2.03	2.21
Total	$11.1 \times 10^6$	1.17	0.97	2.14

1970年, G.McKee Co. の指導の下に Feasibility study を行った結果, 経済的に有利ということで, Project はスタートしたが, 途中3年間ほど中断され, 再び1973年に再開された。

同所における銅生産は溶媒抽出～電解採取方式に依っており, 極めてユニークな方式であるが, 同技術のスペシャリストである Holmes & Naver 社及び Hazen Reserch 社の研究所等の援助を得て, 数年にわたるパイロットプラントテストの結果, 17,000 t/年の実操業プラントを完成させたものである。

以下に工程図(図-1)に沿って, その概要を述べる。

## (2) 抽出工程

先づ鉱体は前記した確定鉱量で, Santiago ~ Valparaiso 間の国道に面し, 道路と平行に 9 m 高づつの Open cut を行い, 8Hrs×2 交替の週 6 日稼働で, 13,000 t/日の粗鉱を得ている。

このうち約 3000 t/日が鉱石, 10000 t/日がズリである。

これ等は 32 t 能力 5 基及び 45 t 能力 3 基のキャタピラーローダーで行われている。粗鉱の運搬距離は 1 ~ 1.8 km で 60 % は平地輸送である。

鉱石は約 2500 t/日を 48"×60" のクラッシャーで - 8" までに一次破碎し, さらに 2 ~ 3 段のクラッシャーを経て, 最終的に  $3/16$ " まで粉碎後貯鉱される。

この粉鉱に硫酸鉄を含んだ硫酸, 及び濃硫酸を加え Rotary mixer で混練後, タテ型の反応タンクに入れ 1 昼夜 (24Hrs) 反応させた後, 20m×40m 22 基のヒープリングタンクに入れ, 18 日間浸出する。

浸出液は堆積層の上部からスプレーで散液されているが, この辺の操作は総て自動化されているようである。(特許)

得られた一次リーチング液は、Cu 6 g/l, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 g/l 程度の液となっており、二次リーチング液は、再び一次リーチングに繰返されている、他方浸出尾鉱は約 0.4 % Cu で堆積場へ送鉱される。

このようにして得られた一次リーチング液は、溶媒抽出工程へ送られ濃縮される事になるが、溶媒抽出はLIX64N30%, ESCAID70% (低AromaticのKelosin)の有機溶媒が使用され、数基のMixer settlerで行われている。

Raffinate (Cu 1g/l, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10g/l程度)は浸出にもどし、Strippingは電解后液 (Cu 30g/l, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 165g/l)で行い、Cu 50g/l, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 130g/l程度の液が、電解採取用液として得られている。

### (3) 電 解 工 程

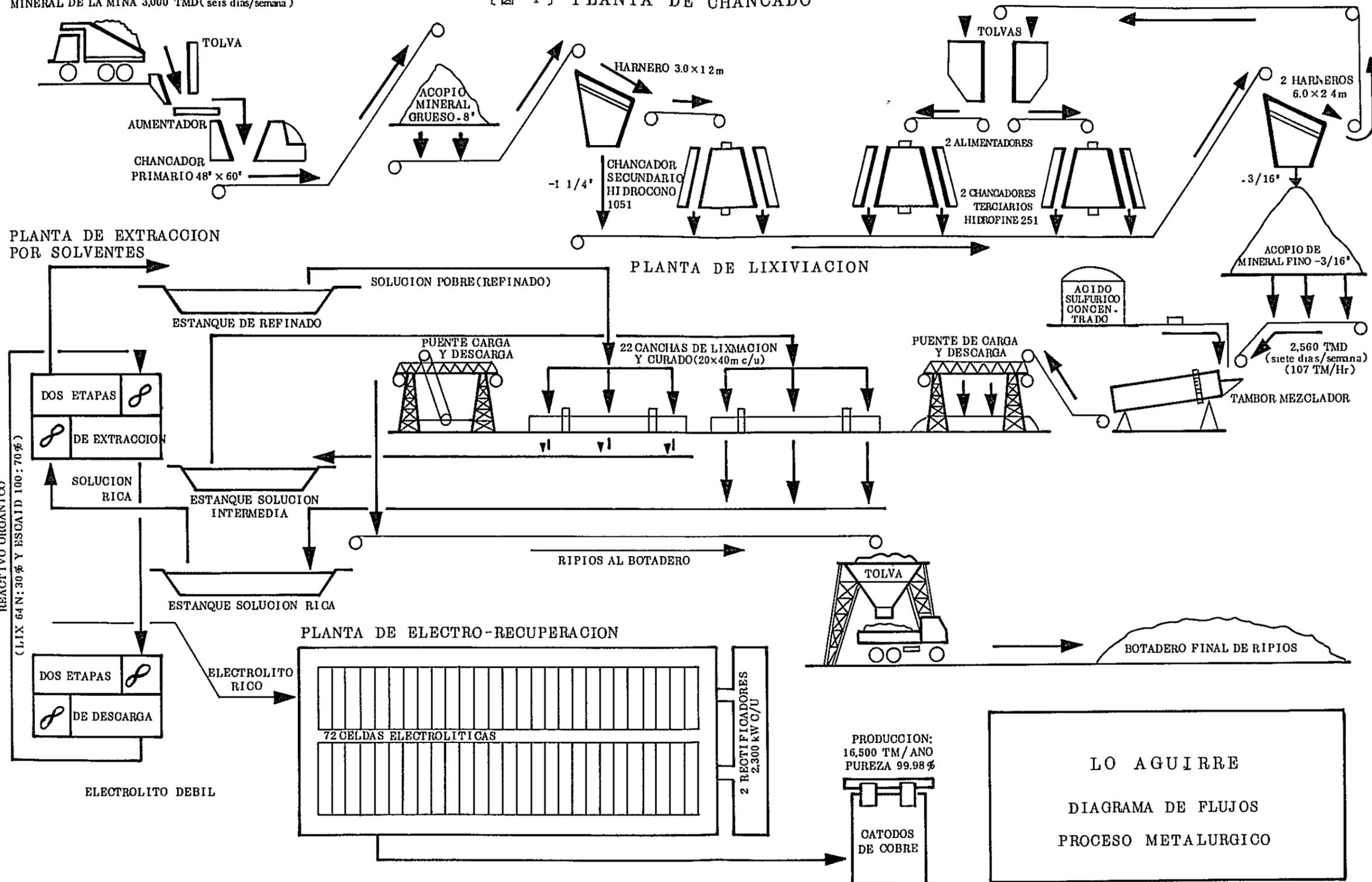
採銅電解建屋は、種板槽 8 基、普通槽 64 槽、計 72 槽を 2 列にならべ、5 T のクレーンを配した立派なもので、2 基の 2300 KW の整流機をそなえている。

1 槽は 61 枚陽極、60 枚陰極で構成されており、電着状態も先づ先づであった。

種板製造等は手作業であり、かなりの工数を要しているように思えるが、不要、不急の個所には金をかけず、極力設備費を押えて建設しているという感じを強く受けたが、これは当初の計画が既存の鉱量を約 12 年間で消費し尽すという前提で計画されている事に依るものと思われる。いづれにしても国内では見られない、ユニークな方式である点興味深く見学する事ができた。

MINERAL DE LA MINA 3,000 TMD (seis dias/semana)

[ -1 ] PLANTA DE CHANCADO



PLANTA DE EXTRACCION POR SOLVENTES

PLANTA DE LIXIVIACION

PLANTA DE ELECTRO-RECUPERACION

LO AGUIRRE

DIAGRAMA DE FLUJOS  
PROCESO METALURGICO



MINUTES OF DISCUSSIONS  
BETWEEN  
THE EVALUATION TEAM  
OF  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
AND  
THE CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA (CIMM)  
OF  
THE REPUBLIC OF CHILE  
WITH RESPECT TO  
THE TECHNICAL COOPERATION FOR THE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT  
OF  
COPPER SMELTING AND REFINING IN CHILE

Santiago - Chile, March 1981



## MINUTES OF DISCUSSIONS

1. Towards the expiry of the three years' period of technical cooperation with respect to the Technical Cooperation Project for the Technological Development of Copper Smelting and Refining in Chile (hereinafter referred to as "the Project") based upon the Record of Discussions (hereinafter referred to as "RD") signed on November 29, 1976 at Santiago, the Evaluation Team (hereinafter referred to as "the Team") organized by the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") and headed by Mr. Eisuke Okafuji, Director of Mining and Industrial Development Cooperation Department of JICA, visited the Republic of Chile from 3rd to 19th March, 1981 in accordance with Article IX of R.D.
2. The Team had a series of discussions and exchanged views with the CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA (hereinafter referred to as "CIMM") and the other competent authorities of the Government of the Republic of Chile on the progress and results of the Project which had been conducted for three years since Dr. Kanenaga Okamura and two other Japanese experts were assigned in Santiago in March 17th, 1978.
3. As a result of these discussions, both sides, taking into consideration the progress and results derived from the joint reviewing and evaluation of the Project as specified in Table 1 and Table 2 attached hereto, reached the conclusion that the Project had almost achieved the initially anticipated purposes and consequently made a great contribution to the technological development of copper smelting and refining in Chile with special reference to the following three functional activities as described in Article II of RD;
  - (1) Promotion of Research and Development,
  - (2) Technical Advice and Guidance from JICA to CIMM for the Studies related with existing Facilities of Copper Industries, and
  - (3) Training of Manpower.

4. Both sides also focused their attention on the technical cooperation subjects which had remained to be done during the period of the present technical cooperation from the standpoint of ensuring the effective and successful implementation of the Project expected from its very beginning, and agreed to recommend to their respective Governments to take the appropriate measures to cooperate and follow the Project for another two years from March 17th, 1981 to March 16th, 1983 as shown in Table 3 attached hereto in such a way as to make the transfer of technology further enhanced in accordance with the Agreement of Technical Cooperation between the Government of Japan and the Government of the Republic of Chile.

5. In a meeting with the Chilean side, the Team expressed its satisfaction to the fact that the Chilean side had made the utmost efforts to appropriately assign the counterpart personnel to the Project during the period of the past three years as shown in Table 4 and Table 5 attached hereto.

Meanwhile, the Chilean side assured the Team that due consideration would be given henceforth to the further increase of the counterpart personnel as shown in Table 6 and Table 7, whenever necessity arises, owing to the effective and successful implementation of the Project for another two years starting on March 17th, 1981.

6. The Team expressed its appreciation to the cooperation and hospitality extended by CIMM and the other Chilean authorities concerned to the Team during its stay in the Republic of Chile.

March 13th, 1981 at Santiago



Mr. Eisuke Okafuji  
Leader  
Japanese Evaluation Team  
Japan International Cooperation  
Agency



Mr. Ivan de la Barra V  
Executive Director  
Centro de Investigacion Minera  
y Metalurgica

I. RECORDS OF IMPLEMENTATION OF THE PROJECT (Refer to Table 1.)

1. Dispatch of Japanese Survey Teams

(1) Preliminary Survey Team (Jul. 10 to Aug. 9, 1975)

Leader Mr. Takeo Kuroko  
Mr. Sakichi Goto  
Mr. Hiromasa Daiguji  
Mr. Motoo Goto  
Mr. Akinori Yoshizawa

(2) Implementation Survey Team (Nov. 9 to Dec. 4, 1976)

Leader Mr. Takamasa Hotta  
Mr. Akinori Yoshizawa  
Mr. Keiji Itakura  
Mr. Kazuya Nakayama  
Mr. Hideo Yasuki  
Mr. Yojiro Ikeda  
Mr. Masahide Furukawa

(3) Consultation Team (Oct. 25 to Nov. 11, 1977)

Mr. Akinori Yoshizawa  
Mr. Hideo Yasuki

(4) Technical Guidance Team (Mar. 11 to Mar. 24, 1979)

Leader Mr. Sakichi Goto  
Co-Leader Mr. Masao Wada  
Mr. Akira Yazawa  
Mr. Toshio Murakoshi  
Mr. Ryohei Nagasawa  
Mr. Hiroaki Ohkubo

(5) Evaluation Team (Mar. 3 to Mar. 19, 1981)

Leader Mr. Eisuke Okafuji  
Mr. Akinori Yoshizawa  
Mr. Yasuo Iwahashi  
Mr. Masafumi Kinoshita

## 2. Dispatch of Japanese Experts

(1) Mr. Hiromasa Daiguji	Mar. 25 to Jun. 24, 1976
Mr. Shuichi Murakami	- ditto -
Mr. Tsutomu Watanabe	- ditto -
(2) Mr. Junichi Nishida	Oct. 3 to Oct. 27, 1977
(3) Mr. Yasuo Tsuno	Oct. 10 to Dec. 23, 1977
(4) Mr. Yoshiki Ono	Nov. 25 to Dec. 23, 1977
(5) Mr. Kentaro Asakura	Nov. 25, 1977 to Feb. 3, 1978
(6) Mr. Kanenaga Okamura	Mar. 15 to Jun. 11, 1978
(7) Mr. Muneharu Takizawa	- ditto -
(8) Mr. Minoru Tamura	- ditto -
(9) Mr. Masumasa Imaizumi	Mar. 20 to Apr. 9, 1978
(10) Mr. Kanenaga Okamura	Oct. 4, 1978 to Mar. 16, 1981
(11) Mr. Ichiro Miyauchi	Jan. 6 to Feb. 6, 1979
(12) Mr. Muneo Usui	Feb. 10, 1979 to Mar. 16, 1981
(13) Mr. Takeshi Obata	Mar. 31 to Jun. 30, 1979
(14) Mr. Noriaki Kano	Aug. 7 to Sep. 9, 1979
(15) Mr. Takeshi Obata	Sep. 20, 1979 to Sep. 20, 1980
(16) Mr. Yuji Endo	Mar. 16, 1980 to Mar. 15, 1981
(17) Mr. Masumasa Imaizumi	Mar. 31 to May 3, 1980

## 3. Acceptance of Chilean Counterpart Personnel in Japan

### Japanese Fiscal Year 1975

(1) Mr. Renzo Gasparini N.	Nov. 15 to Dec. 19, 1975
Mr. Gamaliel Rivera A.	- ditto -

### Japanese Fiscal Year 1977

(2) Mr. Alexander Sutulov P.	Jun. 4 to Jun. 30, 1977
(3) Mrs. Hilde Rohland H.	Feb. 23 to Mar. 27, 1978
(4) Mr. Fernando Greene Q.	Jan. 26 to Apr. 28, 1978

Japanese Fiscal Year 1978

- (5) Mr. Rodrigo Quintana H. Sep. 29 to Nov. 5, 1978  
(6) Mr. Leopoldo Bustos I. Sep. 29 to Dec. 2, 1978  
(7) Mr. Gabriel Zárate C. Sep. 29 to Dec. 23, 1978

Japanese Fiscal Year 1979

- (8) Mr. Iván de la Barra V. Jun. 30 to Jul. 22, 1979  
Mrs. María Teresa Cañas P. - ditto -  
(9) Mr. Miguel Caro D. Sep. 27 to Nov. 29, 1979  
(10) Mr. Werner Schlein S. Oct. 8 to Nov. 2, 1979

Japanese Fiscal Year 1980

- (11) Mr. Gabriel Riveros U. Sep. 25 to Nov. 18, 1980  
Mrs. Ana Ivonne Martínez H. - ditto -

4. Provision of Machinery and Equipment

Japanese Fiscal Year 1976

- (1) Double Beam Atomic Absorption/Flame Emission Spectrophotometer  
Recorder  
Voltage Stabilizer  
X-Ray Microanalyzer, etc.  
C.I.F. Santiago Value US\$407,000

Japanese Fiscal Year 1977

- (2) Computer System for X-Ray Microanalyzer  
C.I.F. Santiago Value US\$48,780  
  
(3) Monobed Deionizing Equipment  
Electronic Self-balancing Recorder  
Mounting Press  
Polisher, Pregrinder, etc.  
C.I.F. Santiago Value US\$39,760

Japanese Fiscal Year 1978

- (4) Gas Washing Bottle  
Rotary Vacuum Pump  
Transformer, etc.  
C.I.F. Santiago Value US\$3,570
- (5) Power Supply Unit  
Spectrophotometer  
Pump  
Heating Element, etc.  
C.I.F. Santiago Value US\$13,750
- (6) Automobile (Nissan Patrol) C.I.F. Santiago Value US\$7,440
- (7) Hollow Cathode Lamps  
Insulation Bricks  
Crucibles  
Refractory Cement  
Chart Paper, etc.  
Graphite Furnace Atomizer  
Vaporization Unit for Amalgamated Gold  
Arsenic Analyzer Attachment  
Mercury Reduction-Vaporization Unit  
Electronic Reading Balance  
Oscilloscope  
Automatic Shaker  
Power Controller, etc.  
C.I.F. Santiago Value US\$39,350

Japanese Fiscal Year 1979

- (8) PH Stat  
PH Meter  
Air Comparison Pycnometer  
Mercury Distillation Apparatus, etc.  
C.I.F. Santiago Value US\$12,760

(9) Gas Chromatograph

Gas Furnace with LPG Gas Combustion Apparatus

Temperature Control Apparatus

Transformer for Silicon Carbide Furnace

Gas Meter, etc.

C.I.F. Santiago Value US\$42,620

Japanese Fiscal Year 1980

(10) Chromatomac with Built-in Recorder

Auto Sample Changer

Gas Chromatograph Packing Materials, etc.

C.I.F. Santiago Value US\$14,350

(11) Multicomponent Type Infrared Gas Analyzer

Autoclave Experimental Apparatus

Digital Revolution Viscometer

Siliconit Electric Furnace Transformer, etc.

C.I.F. Santiago Value US\$100,600

Table 1. Achievement of Implementation of the Project

Items		Japanese Fiscal Year					
		1975	1976	1977	1978	1979	1980
1. Dispatch of Japanese Survey Team	(1)*Preliminary Survey Team	↔					
	(2) Implementation Survey Team		↔				
	(3) Consultation Team			↔			
	(4) Technical Guidance Team				↔		
	(5) Evaluation Team						↔
2. Dispatch of Japanese Experts	(1) Long-term Survey		↔				
	(2) Installation of Equipment			↔			
	(3) - ditto -			↔			
	(4) - ditto -			↔			
	(5) Instruction for Operation			↔			
	(6) Chief Adviser				↔		
	(7) Analysis				↔		
	(8) Smelting				↔		
	(9) Quality Control				↔		
	(10) Chief Adviser					↔	↔
	(11) Quality Control				↔		
	(12) Electrometallurgy					↔	↔
	(13) Analysis					↔	
	(14) Quality Control					↔	
	(15) Analysis						↔
	(16) X-ray Microanalyzer						↔
	(17) Quality Control						↔

Items		Japanese Fiscal Year					
		1975	1976	1977	1978	1979	1980
3. Acceptance of Chilean Counterpart Personnel in Japan	(1) Smelting and Refining of Copper	(2P)**					
	(2) Inspection			(1P)			
	(3) Inspection			(1P)			
	(4) XMA Technique			(1P)			
	(5) Pyrometallurgy				(1P)		
	(6) Analytical Chemistry				(1P)		
	(7) Electrometallurgy				(1P)		
	(8) Planning and Development of Research Centers					(2P)	
	(9) Electronic & Instrumentation					(1P)	
	(10) Quality Control					(1P)	
	(11) Pyrometallurgy						(2P)
4. Provision of Machinery and Equipment			(1)	(2) (3)	(4) (5) (6)	(7) (8) (9)	(10) (11)

Foot Note: \* Number put down in this table corresponds to that of each item described at page 4 to 9.

\*\* P: person



II. IMPLEMENTATION OF JICA-CIMM COOPERATION (Refer to Table 2 and Table 3.)  
(above dotted line: finished, below: planned)

I-1 Pyro- and Electrometallurgy

1) Spontaneous heating of copper sulfide concentrates

Stage I Measurement of oxygen consumption.  
.....

Stage II Not necessary (finished).

2) Treatment of Chilean low grade oxidized ores by segregation process

Stage I Preliminary study.  
Fluidized roasting of copper concentrate. Behavior of arsenic in the segregation of copper. Recovery of copper from used refractories.

Stage II Technical evaluation of segregation process. Improvement of laboratory fluidized-bed roaster. Kinetic study of the segregation reaction.  
.....

Stage III Improvement of segregation furnace.

Stage IV Treatment of tailing. Application of segregation process to various materials.

3) Mechanism of copper loss in smelter slags

Stage I Preliminary study.  
.....

Stage II Characterization of slags.

Stage III Study on the recovery of copper and molybdenum in slags.

4) Behavior of impurities in fire-refining of copper

Stage I Measurement of oxygen potential - preliminary.

Stage II Measurement of oxygen potential - effects of impurities and others.  
.....

(finished)

5) Analysis of electrolysis operation and study of electro-winning process

Stage I Analysis of electrolysis operation.

Stage II Improvements of practical operations.  
.....

Stage III Impurities removal and recovery.

Stage IV Relevant techniques.

6) Elimination and recovery of As and Sb from concentrates with high content of these elements

Stage I Treatment of As rich concentrate.  
.....

(finished)

I-2 Fundamental Techniques

Stage I Basic laboratory techniques.

Stage II Electric furnace technique (Kanthal and SiC).  
Arc furnace technique.  
Laboratory measurements.

Stage III Fluidized-bed roaster technique.  
Gas furnace technique.  
Laboratory electrolysis technique.  
Laboratory measurements.  
.....

Stage IV Autoclave technique.  
Ion exchange membrane technique.  
Infra-red gas analysis.  
Application of oxygen potential measurement and XMA technique.

Stage V Laboratory automation techniques (Instrumentation and control).

- basic automatic process control techniques
- their application to the research works of CIMM

I-3 Analysis and Characterization

1) Electron probe X-ray microanalyzer

Stage I Installation and fundamental techniques.

Stage II Quantitative analysis.

.....

(finished)

2) Other instrumental analysis

Stage I Emission spectrometry.

Stage II Gas chromatography.

.....

(finished)

3) Conventional chemical analysis

Stage I Preliminary.

Stage II Spectrophotometry.

Stage III Ion exchange resin technique.

.....

(finished)

4) Atomic absorption spectrophotometry

Stage I Installation.

Stage II Fundamental technique.

Stage III Use of accessories.

.....

(finished)

I-4 Quality Control Technique

1) Quality control technique

Stage I Preliminary and basic technique.

Stage II Promotion of Q.C. and practical statistical techniques.

.....

Stage III Transfer of Q.C. techniques to the existing facilities.

2) Experimental design techniques

Stage I Experimental design and sampling.

.....

(finished)

II Technical Advice and Guidance to CIMM for the Studies Related with Existing Facilities of Copper Industries

Stage I Improvement of plant operation I.  
(processing of smelter slag, flue dust treatment in smelter and coke reactivity measurement, etc.)

Stage II Improvement of plant operation II.  
(treatment of waste water mud, solar drying of copper concentrate and injection of solid materials into a liquid bath, etc.)

.....

Stage III Improvement of plant operation in future.  
(computer programming techniques for simulation and modelling, etc.)

Stage IV Upgrading of CIMM's capability to improve plant operation. (automatic control techniques, etc.)



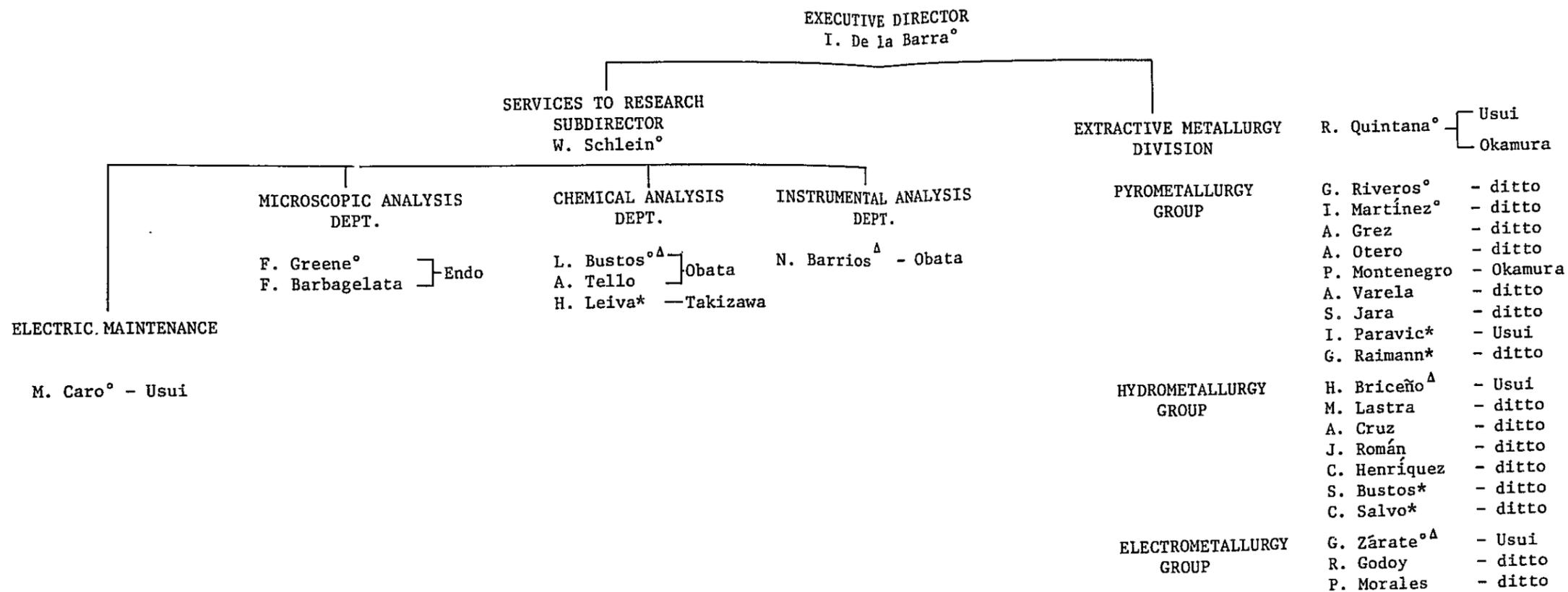
Table 3. Implementation Plan for the Follow up Period of JICA - CIMM Cooperation

FISCAL YEAR		1 9 8 1												1 9 8 2												
MONTH		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
SUBJECT																										
I-1	Pyro- and Electrometallurgy																									
	1) Spontaneous heating																									
	2) Low grade copper ores		III						IV																	
	3) Copper loss in slag														II, III											
	4) Fire refining																									
	5) Electrolysis		III						IV																	
	6) As and Sb																									
I-2	Fundamental Techniques		IV						V																	
I-3	Analysis and Characterization																									
	XMA																									
	Instrumental																									
	Conventional																									
I-4	Quality Control														III											
	1) QC techniques																									
	2) Experimental design																									
II	Technical Advice & Guidance		III						IV																	
	Provision of Equipments		1. EM-IV												1. EM-V											
	Training in Japan								(1P) (1P)												(1P) (1P)					
	JICA Experts	Metallurgy													(1P) (1P)											
		Instrumentation & control							(1P)						(1P)											

XMA: X-ray Micro Analyzer      AAS: Atomic Absorption Spectro photometry      EM: Equipments for metallurgical laboratory  
 QC : Quality Control              EX : Equipments for microscope laboratory      EA: Equipments for analytical laboratory  
 P : person

NOTE: (1) This schedule is subject to conditions that necessary budget will be acquired for the implementation of the Project.  
 (2) This Scope of Technical Cooperation is subject to change within the scope of the provisions given in the "Record of Discussions."

III Relationships between Japanese experts and Chilean counterpart personnel in CIMM's organization (Refer to Table 4)



\* Not at CIMM now

° Counterpart personnel who were trained in Japan

Δ Counterpart personnel who received Q.C. training in Chile



Table 4. Main Subjects and Counterpart Personnel to Japanese Experts

Main Subjects	Counterpart Personnel	Japanese Experts
o Spontaneous heating of copper sulfide concentrates	Greze, Zárate	Usui
o Treatment of Chilean low grade oxidized ores	Martínez, Greze, Montenegro	Okamura
o Mechanism of copper loss in smelter slags	Greze, Varela	- ditto -
o Behavior of impurities in fire-refining of copper	Riveros, Otero, Salvo	- ditto -
o Analysis of electrolysis operation and study of electro-winning process	Zárate, Morales	Usui
o Elimination and recovery of As and Sb from concentrates with high content of these elements	Bustos S.*, Henríquez	- ditto -
o Analysis	Bustos L., Tello, Barrios, Zlosilo, Leiva*	Obata
o Electron probe X-ray micro-analyzer	Barbagelata, Greene, Caro	Endo
o Quality Control Techniques	Zárate, Briceño, Bustos L., Román, Barrios, Carrasco*	Usui
o Fundamental Techniques	All counterparts	Okamura and Usui

\* Not at CIMM now

Table 5. Allocation of Counterparts Concerned (1977 - 1980)

SUBJECTS	FISCAL YEAR			
	1977	1978	1979	1980
I-1 Pyro- and Electro- metallurgy				
1) Spontaneous heating	0	2	0	0
2) Low grade copper ores	0	2	1	2
3) Copper loss in slag	0	0	0	2
4) Fire refining	0	2	3	2
5) Electrolysis	0	1	2	2
6) As and Sb	0	0	2	2
I-2 Fundamental Techniques	0	7	8	10
I-3 Analysis & Characteriza- tion				
XMA	2	2	3	3
Instrumental	0	0	1	2
Conventional	0	3	3	3
AAS	1	1	1	1
I-4 Quality Control				
1) QC techniques	0	4	2	5
2) Experimental design	0	0	0	3
II Technical Advice & Guidande	0	0	5	5

Table 6. Main Subjects and Counterpart Personnel to Japanese Experts (Plan - 1981 & 1982)

Main Subjects	Counterpart Personnel	Japanese Experts
Treatment of Chilean low grade oxidized ores	1 (each year)	Okamura
Mechanism of copper loss in smelter slag	1 (each year)	Okamura-Usui
Analysis of Electrolysis operation and Study of electro-winning process	2 (each year)	Usui
Fundamental Techniques	All counterparts (each year)	Okamura, Usui and short-term expert
Quality Control Techniques	5 (1982)	Usui and short-term expert
Technical advice & guidance	5 (each year)	Okamura, Usui and short-term expert

Table 7. Plan for Allocation of Counterparts Concerned (1981 - 1982)

SUBJECTS	FISCAL YEAR		remarks
	1981	1982	
I-1 Pyro- and Electro- metallurgy			
1) Spontaneous heating	0	0	finished
2) Low grade copper ores	1	1	
3) Copper loss in slag	1	1	
4) Fire refining	0	0	finished
5) Electrolysis	2	2	
6) As and Sb	0	0	finished
I-2 Fundamental Techniques	12	12	
I-3 Analysis and Characteriza- tion			
XMA	0	0	finished
Instrumental	0	0	finished
Conventional	0	0	finished
AAS	0	0	finished
I-4 Quality Control			
1) QC techniques	0	5	
2) Experimental design	0	0	finished
II Technical Advice & Guidance	5	5	

(DRAFT)

PROGRAM FOR DISCUSSIONS WITH JICA MISSION MARCH 1981

During the meetings held in November 1977 between the Japanese Consultation Team sent by JICA, and CIMM representatives, an agreement was reached to establish the program "Technical Cooperation on Copper Smelting and Refining between Japan and the Republic of Chile".

The project contemplated the stay at CIMM of Japanese experts (short and long term), the training of CIMM researchers and managers in Japan, donation of equipment on the part of JICA, and the execution of specific research and development programs, as detailed in CIMM Memorandum 1263/77 and appendices.

The implementation of this program for the last three years has meant for CIMM: 1) Training of four executives, six researchers and one electronic technician in Japan 2) Development of about 10 researchers in CIMM, in the areas of Pyrometallurgy, Electrometallurgy, Quality Control, and Materials Characterization by Electron Microscopy and Instrumental Analysis 3) Part of the infrastructure (equipment, materials and techniques) for research activities in the above mentioned areas 4) Having facilitated the execution of many financed projects at CIMM. In short, the program has helped CIMM to improve significantly its potential to contribute to the technological development of the national mining and metallurgical industry.

The original program agreed upon in November 1977 contemplated two parts, the first one titled "Promotion of Research and Development agreed between CIMM and JICA Representatives" which included research in the areas of Pyro and Electrometallurgy, Laboratory Techniques, characterization Technology and Quality Control. The second part was called "Technical Advice and Guidance to CIMM for the studies Related with existing Facilities of Copper Industries", and included Improvement of Operations, Combustion Control, Energy Economy, and Computer Application to Process Analysis.

In our judgement Part I of the Program was carried out to a very good degree of completion. However, some of the subjects have not been developed .

thoroughly, as will be analyzed. Pending completion are the following items in the areas indicated below:

1. Pyrometallurgy and Electrometallurgy

- Mechanism of Copper loss in Smelter Slags.
- Behavior of Impurities in Fire-Refining of Copper.

2. Fundamental Laboratory Techniques

- Atmosphere Control Techniques.
- Chemical Equilibrium and Reaction Rate Measurements.

3. Analysis and Characterization Technology

This part of the program was carried out satisfactorily according to the original objectives, including the coming of three experts, provision of equipments, mainly a scanning electron microscope with XMA, and the training of three CIMM personnel in this field.

Pending for completion of the original program is the development of XMA quantitative analysis of oxides and sulfides. We think that presently we have enough trained staff to achieve this objective (Mr. Green and Mr. Barbagelata) but we need a set of appropriate standard samples for calibration.

The training fellowships of CIMM personnel in Japan have been very useful, just like the equipment received, which is very much appreciated. However, we would like to point out that, although the quality of the apparatus is very good, we have had problems with its corrective maintenance, due to: 1) the lack of domestic supply of spare parts, 2) the difficulty in obtaining such spares within a reasonable time from Japan, 3) The lack of detailed manuals of the equipment.

Any actions on the part of JICA which would permit a solution to these problems would be welcome.

4. Quality Control Techniques

This part of the program has achieved a high degree of completion. We feel that for the future some follow up is necessary on the part of JICA

in order to help in the industrial introduction of the Q.C. Techniques in Chile.

With respect to Part II of the original program, it has had a lesser degree of development than the first one, and it is of interest to CIMM to continue working in the areas of automatic control of combustion and processes, and computer application to process analysis. This with the basic objective of developing in CIMM a capability to handle problems of automation and control in metallurgy, at a laboratory and bench scale. This will permit us to introduce later the automatic control technology in copper smelters, refineries, and similar industries in this country.

The development of the following work program will be necessary to achieve the above mentioned objective:

1. The study of basic automatic process control techniques in the areas of pyro and electrometallurgy. Control of: temperature, pressure, flow, level, oxygen potential, humidity, etc.
2. Application of this knowledge to the design and construction of automatic control systems at a laboratory scale.
3. Design and assembly of automatic control systems for some of the semi-pilot equipment at CIMM such as: automatic atmosphere control in the gas furnace which was donated by JICA, humidity control in a drying kiln, and others.
4. Application of computer techniques to the analysis and simulation of pyro and electrometallurgical processes, through the study and implementation of models developed mainly by Japanese experts.

To carry out the program mentioned above it will be needed:

a) On the part of JICA:

- Two experts (M. Usui and K. Okamura), working for two years in those subjects.

- Training of CIMM personnel in Japan in the areas of pyro and electro-metallurgy with emphasis in application of automatic control. (2 researchers each year, with a total stay of six months per year, probably one for 5 mo and one for 1 mo.)
  - Provision of materials and equipment necessary to carry out this work, which would be specified later according to budget assigned.
  - Bringing one short term (3 months) Japanese expert each year. One in the area of automatic process control, and one in modelling and simulation.
- b) On the part of CIMM:
- Assigning 2 researchers to the project, one in automatic control and one in process analysis and simulation, for a period of two years.

資料 Ⅲ

MATERIALS CHARACTERIZATION LABORATORY

REQUESTS TO JICA MISSION 1981

According to the discussions held with JICA members, it is convenient to establish very clearly the needs of CIMM regarding future maintenance of equipment received through JICA.

1. Facilities of communication with Japanese manufacturers to obtain maintenance information, spare parts, maintenance manuals, and technical assistance whenever necessary.
2. Possibility of getting descriptive manuals from the electronic manufacturers of Japan (Toshiba, NEC - Nippon Electric Co., Hitachi, National, etc.), diodes, transistors, and integrated circuits so we can adapt this parts from other manufacturers (e.g. Philips, Signetic, Texas, International Rectifier, RCA, Siemens.)
3. For JEOL XMA, CIMM is making the necessary contacts with JEOL-Brasil in order to establish a yearly maintenance service.

For further development and progress in XMA techniques CIMM requires a good set of standard materials (oxides & sulfides mainly). No good quantitative work can be done without these materials.

Dr. Werner Schlein  
Subdirección Servicios  
Investigación CIMM

Santiago, 12 de Marzo de 1981  
WS/abv.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MgO

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

SiO<sub>2</sub>

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

CaCO<sub>3</sub>

NaF

NaCl

Re

Aluminio metálico

WO<sub>3</sub>

CuFeS<sub>2</sub>

Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>

FeS<sub>1-x</sub> Pirrotina

Cu<sub>2</sub>S

Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>

NiS

CoS

ZnS

PbS

Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>

As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>







