

チリ共和国銅製錬開発技術協力  
事前調査団報告書

昭和51年1月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1026083[4]

チリ共和国銅製錬開発技術協力  
事前調査団報告書

昭和51年1月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4. 10	704
登録No. 03063	66.5
	MP

## は し が き

チリ国は、米国に次ぐ世界第2位の産銅国であり、銅が同国輸出総額の約85%を占めるほどに銅輸出立国である。最近の資源ナショナリズム高揚の中で、同国はC I P E C（銅輸出国政府間協議会）のメンバーとして銅輸出世界第1国にふさわしい中心的役割を果たしている。

しかしながら、同国の銅産業の現状は、アジェンデ前政権の過激な国有化政策のために大きな打撃を受けて製錬技術の停滞が起っており、特に鉱石輸出より地金輸出への資源加工度向上のスピードにもかかわらず製錬所の生産性は低下しコスト高に苦しんでいる。今や銅産業の再建は、同国経済にとって焦眉の急となっている。

このような背景のもと、日本国政府は、チリ共和国政府の要請に基き、同国の銅製錬開発技術に関する技術協力を行なうこととなり、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、この委託を受けて、精錬・溶解分野の技術水準向上と上級技術者の養成を目的に事前調査団を派遣した。

調査団は、1975年7月10日から8月9日までの30日間にわたって現地調査を行なった。その構成メンバーは、次のとおりである。

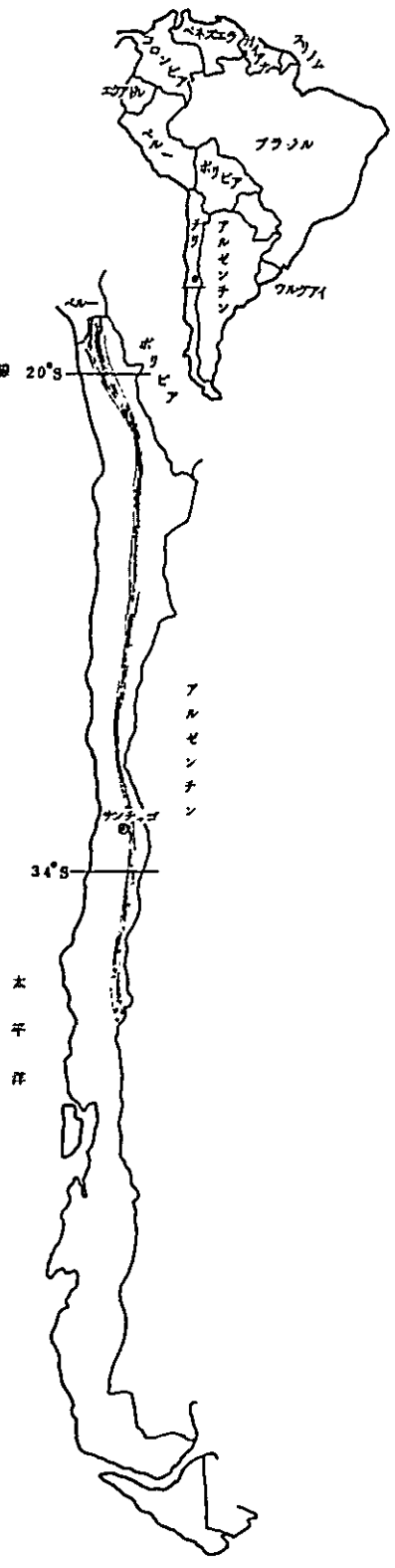
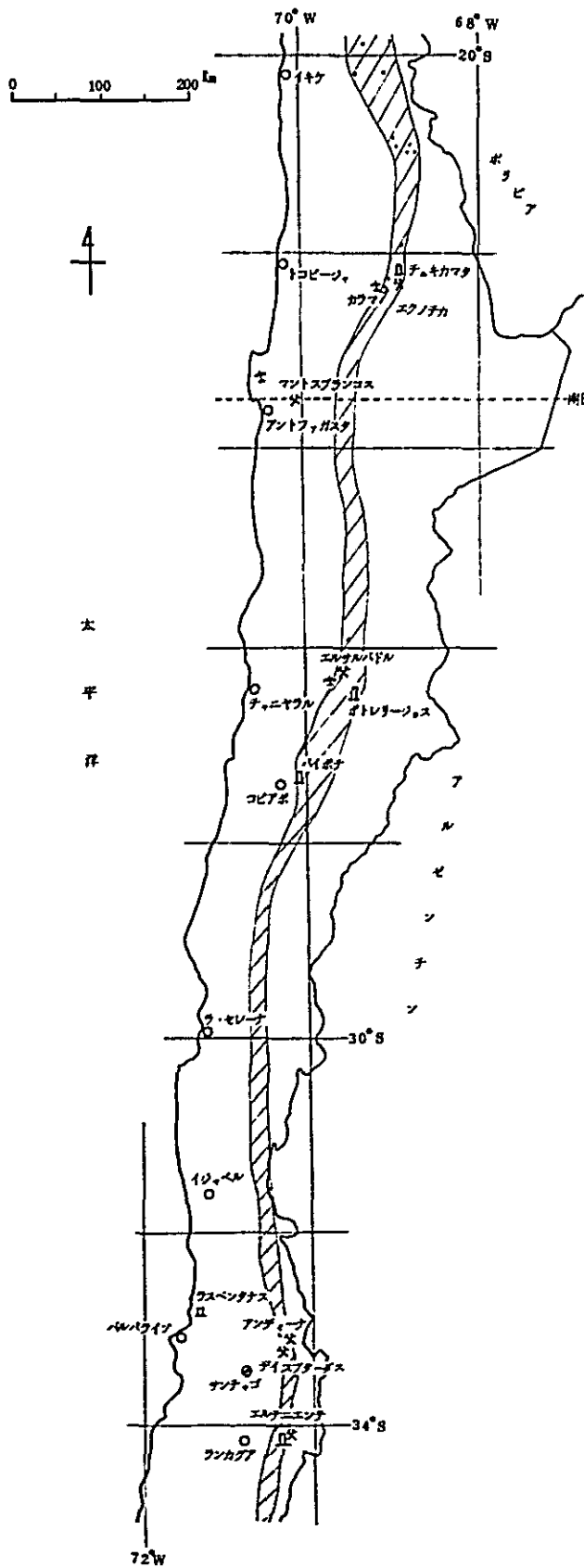
団 長	黒 子 孟 夫	国際協力事業団鉱工業開発協力部長
副 団 長	後 藤 佐 吉	東京大学工学部金属工学科教授
団 員	大 官 司 弘 昌	日本鉱業（株）製錬事業本部製錬部技師長
／	後 藤 需 夫	小名浜製錬（株）小名浜製錬所技術室長
／	吉 沢 昭 宣	東京大学工学部金属工学科助教授

本調査の実施に際しては、各方面から積極的な協力をうけた。チリ国政府及び関係機関の支援並びにわが国の外務省、通産省、文部省及び関係業界の指導厚くお礼を申し上げる。

1976年1月

国際協力事業団

総 裁 法 眼 晋 作



調査団日程

日順	月 日	曜日	行 程	宿 泊 地
1	7月10日	木	羽田発	
		金	パペーテ, リマ経由	
2	12日	土	サンチャゴ着	サンチャゴ
3	13日	日	在日本大使館と打合せ	〃
4	14日	月	CODELCOO(銅公団)と討議	〃
5	15日	火	CIMM(鉱山冶金中央研究所)視察討議	〃
6	16日	水	ENAMI(鉱山公社)と会談 鉱業大臣(CODELCO総裁)表敬, CODELCO 副総裁, 遠藤大使同行	〃
7	17日	木	サンチャゴ→ラス・ベントナス ラス・ベントナス 製錬所視察, 討議	ラス・ベントナス 〃
8	18日	金	ラス・ベントナス →サンチャゴ	サンチャゴ
9	19日	土	チーム内討論, 資料整理	〃
10	20日	日	在日本商社等より情報蒐集	〃
11	21日	月	サンチャゴ→エル・サルバドル ポートルーリョス製錬所及びエル・サルバドル 鉱山 視察, 討議	エル・サルバドル 〃
12	22日	火	〃	〃
13	23日	水	エル・サルバドル→チュキカマタ チュキカマタ製錬所および同鉱山視察, 討議	チュキカマタ 〃
14	24日	木	〃	〃
15	25日	金	〃	〃
16	26日	土	マントス・プラcons 製錬所(民間企業)視察 チュキカマタ→アントファガスタ	アントファガスタ 〃
17	27日	日	チーム内討議	〃

日 順	月 日	曜 日	行 程	宿 泊 地
18	7月28日	月	アントファガスタ→サンチャゴ	サンチャゴ
19	29日	火	サンチャゴ→エル・テニエンテ, カレト-ネス製錬所, エル・テニエンテ 鉱山視察	エル・テニエンテ
20	30日	水	カレト-ネス製錬所で討議 エル・テニエンテ→サンチャゴ	サンチャゴ
21	31日	木	アンディーナ鉱山視察	〃
22	1日	金	CONISITと討議	〃
23	2日	土	レポート原案作成	〃
24	3日	日	〃	〃
25	4日	月	CODELCOへ日本側意見提出, 討議 午後, CIMM訪問	〃
26	5日	火	CODELCOと最終打合せ	〃
27	6日	水	大使館へ帰国挨拶, 資料整理	〃
28	7日	木	サンチャゴ発	
29	8日	金	メキシコシティ, パンク-バー経由	
30	9日	土	羽田着	



# 目 次

第1章 調査団派遣の目的と経緯	1
1. チリの産銅業の最近の動き	1
2. チリ政府の協力要請と調査団の任務	2
第2章 チリ政府関係機関との討議	5
銅公団 (CODELCO) および鉾山公社 (ENAMI) との討議内容	5
1. 概 要	5
2. 議事録メモ	8
3. Preliminary Study Team の現地調査による所見と勧告	17
第3章 「チリ国銅製錬開発技術協力事業」の方向づけ	23
1. 定性的技術診断のまとめ	23
2. 今後の技術協力の進め方に対する提案	23
第4章 実地調査	27
1. Chiquicamata 製錬所および同鉾山 (CODELCO)	27
2. Potrerillos 製錬所およびエルサルパドル鉾山 (CODELCO)	43
3. Caletones 製錬所 (CODELCO)	54
4. Las Ventanas 製錬所 (ENAMI)	67
5. 鉾山冶金中央研究所 (C IMM)	78
6. Mantos Blanco 製錬所 (民間企業)	82
付録 (1) チリ国側関係機関機構	89
(2) 調査団からチリ政府にあてたトーキングペーパー	93
(3) 調査団の所見と勧告 (西文)	101
(4) チリ政府から提供された資料	115
(5) 調査団からチリ政府に提供した資料	163

## 第 1 章 調査団派遣の目的と経緯

### 1. チリの産銅業の最近の動き

チリは、米国に次いで世界第2の産銅国であり、銅輸出国としてはザンビアと並んで世界市場において第1位を占めている。チリの国民経済の上では、銅が全輸出額の約85%、国家財政収入の10~15%を占める主力産業であるが、チリの銅開発が開始された1930年代以降1960年代初頭まで、銅生産の90%は米国産銅資本の手で行われてきた。1960年初頭からの国際的な資源ナショナリズムの高揚の中で、チリ政府は産銅業における国家主権の回復をめざして、まず1960年には米国産銅資本と収益配分について交渉を開始し、次いで1964年政府資本の参加要求とその実現を図った。この産銅業における主権回復の動きは、1970年に成立したアジェンデ人民連合政権のもとで、急進化し、不当に低額な対価による外国資本系主力銅山および製錬所の接収、国有化が行われた。しかしながら、この急進的な社会主義的経済政策は産銅業を含むチリ経済に大打撃を与え、その結果として、1973年9月11日に軍事クーデターが起これり、現ピノチェット政権が成立した。

現政権は、主力大銅山および製錬所に対する国民主権を堅持する政策をとり、米国産銅資本と接収対価の交渉を行い合意をとりつけ、産銅大企業は前政権と同様に政府機関である銅公団の経済企業として、生産を続行することとした。

しかしながら、チリ経済の支柱である銅資源の主権確立をめぐる長い政争の結果、1950年代までは高生産性、低コスト、高品質を誇ったチリの産銅技術は、新規投資の欠除、追加投資の不足、技術者の大量流出によって進歩は停滞し、今日では世界水準からみて大巾に立おくれている。

チリの銅生産は、1974年に含銅量で100万トン（大銅山82万トン、中小銅山18万トン）の水準に達しているが、世界経済の不況に基く、銅需要の大巾減退、それにとりなう世界市場における銅価格の下落に直面して減産を行っている。

チリ政府は、この銅の世界市況の悪化は長期化するとの見方から、新規鉱床の開発による増産よりも長期的にチリの産銅業の体質強化を図るという現実的政策を打ち出し、外国の資金、技術の両面で援助を受け入れて生産の合理化、技術の立ちおくれの克服をめざして努力している。

チリ銅公団傘下の産銅大企業は、世界的にみてもっとも思われた高品位の大鉱床を基盤としているため、採鉱部門では大量機械化採掘を早くから導入して、技術は世界的にみて高水準を維持しているが、これに比して、選鉱、製錬の部門は技術方式の旧式化、設備の損耗が著しく

技術水準は低位にある。とくに、製錬技術は米国資本が原料鉱石の低コストに安住して技術改善努力を怠った観があり、現在の製錬システムは旧式で、設備の老朽化とも相まって、全面的に改新すべき段階にある。

チリ政府の銅の行政から生産までを広く担当する銅公団は、前記のチリの産銅業の現状と世界的銅価格の低落に起因する資金的制約から、当面製錬部門における全面的な設備の更新と拡大は困難であるとの判断に基き、現有設備を基盤とした少額の追加投資と部分的技術改良によって、製錬コストの切下げと製錬能力の増大を図るといふ現実的技術向上対策をとりつつある。もちろん、長期課題として、新規製錬方式の導入による技術の飛躍的向上に対する研究、検討も平行して進める方針は、長期政策として堅持している。

## 2. チリ政府の協力要請と調査団の任務

昭和49年12月、チリ銅公団 Gregoris Weigburth 業務担当理事は、わが国の銅製錬所視察に来日した際、戦後のわが国の銅製錬所における合理化による技術の発展と現在のわが国の技術水準の高さを製錬技術者として詳細に調査し、外交ルートを通じて、50年1月、正式にわが国政府に技術協力を要請してきた。この要請にはチリ銅公団の技術陣によって作成された現有製錬所の技術水準の診断報告が添付され、わが国よりの技術協力のための調査団の派遣を要望してきた。

チリは、米国に次ぐ銅資源保有国（1972年の世界の確定銅埋蔵量の22.4%が存在する）であり、わが国にとって現在および将来にわたって重要な銅供給国であり、また、世界の産銅発展途上国で形成されているC I P E C（銅輸出国政府間協議会）の中心メンバーであることから、本件技術協力は、両国の協力関係を緊密化する上で重要であるとの判断に基き、開発技術協力のプロジェクトとして、取りあげることが決定され、50年7月に事前調査団が派遣されることになった。

事前調査団の任務は、次のとおりであった。

① チリ銅公団傘下の3つの銅製錬所およびチリ国営鉱山公社（注：現在チリで進行中の政府機構編成により銅公団に吸収される見込みである）の主力銅製錬所について社会主義政権下で行われたソ連、フランスの政府ベースでの技術調査、および日本の民間ベースでの調査、さらに要請に添付されたチリ側の調査を参考として、実地において総合的な定性的技術診断を行う。

② 技術診断によって、チリの製錬所における技術協力のニーズを確認し、協力の対象を焙錬、

精練および熔解の各工程について明確するための資料を収集し整備作成する。

- ③ この資料作成にあたり、世界の技術市場で民間ベースにより、取引されている技術（Commercial know-how）については、供給先および供給条件について情報を提供するとどめ、政府ベースの対象とはしない。



## 第 2 章 チリ政府関係機関との討議

銅公団（CODELCO）および鉱山公社（ENAMI）との討議内容

### 1. 概 要

本調査団が行った討議は下記のとおりである。

- 1.1 CODELCO との事前討議（7月14日）
- 1.2 ENAMI                   "                   （7月16日）
- 1.3 現地視察とそれに関する討議
  - A) CIMM（鉱山冶金中央研究所）
  - B) Las Ventanas 製錬所（ENAMI）
  - C) El Salvador 鉱山と Potrerillos 製錬所（CODELCO）
  - D) Chuquicamata 製錬所（CODELCO）
  - E) Caletones 製錬所（CODELCO）
- 1.4 CODELCO, ENAMI との討議（8月4日）
- 1.5 CODELCO との最終討議（8月5日）

この中、1.3は、第4章で詳しく述べるので、ここではCODELCO, ENAMIとの討議について概略を記すこととする。議事録はこの後にある。（2.1「議事録」参照）

- 1.1 まず、CODELCOとの最初の討議では、技術協力の目的の明確化と調査団の日程の決定を主として話し合い、調査団の使命が、本件におけるチリ側の Real needsの抽出と確認および定性的技術診断であると述べ、チリ側はこれを了承すると共に、着実な実行を強く希望した。金属鉱業事業団の調査との差異、JICAの技術協力の経緯について説明した後、この協力を実効あるものとするために、現場技術者の意見を尊重することが重要であることで双方は一致した。次いでCODELCOの現状認識についてチリ側がChuquicamataとCaletonesの焙錬能力の不足、転炉・反射炉の操業技術の低さとマテリアルハンドリングの拙劣さが問題であると述べ、現有設備の下での操業の最適化、第一には生産量の増大が当面の目的であることを強調した。10年のスケールでは鉱石品位が低下してざるための能力破と新規投資のプランニングが最大の問題であるとチリ側は認識しているという。

また、電解精錬では電流密度の上昇による生産能力増大の可能性について討議したいという希望であった。この後CODELCOの機能、CIMMの役割について説明を受けた。日本側は技術協力の受入窓口とリエイゾンオフィサーの確定を要請し、チリ側は、CODELCOの研究開発局（長：Alexander Sutulov）を候補として挙げた。（本調査団の帰国までに、これはこのまま確定したようであるが、チリの各部局間の連絡が必ずしも良好とは見えないので、以後においてもENAMI、CONISIT、チリ外務省などと多少接触する必要があるように思われる）

最初の討議はこの後、調査日程を作成し友好裡に終了した。

1.2 次にENAMIとの討議（7月16日）では、ENAMIの歴史、機能について説明を受け技術部の見解としての現状における問題点とPaipote, Las Ventanas 両製錬所の拡張計画を聞いた。問題点はボイラーに原因する能力不足と電解の電流密度が低い事が主なもので、これらに対する技術診断の要請があり、また、計装・自動制御がほとんどないこと、電気集塵器の制御技術の導入、段階的拡張に伴なり最適操業のノウハウなどについて協力して欲しいということであった。

同日のZauschquevich氏との会談、会食でも上記CODELCO、ENAMIとの討議と同様に、チリには全く資金の余裕がなく、新規投資は借款による他ないこと、銅製錬の協力の相手としては日本が最も望ましく頼れる国であると認識しつつあること、公害の問題は少なくとも北部砂漠地域ではほとんど考慮しなくてよいこと、南部には豊富な水力資源があるが送電幹線が中部までしかないため、北部でのエネルギー節約の要請は深刻であることなどが背景としてしばしば言及された。

以上の事前討議の後、視察を行なったが、一般的な所見は下記のようなものである。

- ① 選鉱については余り問題がないようであるが、精鉱品位を高くすることにこだわり過ぎているのではないか。
- ② 所内が非常に汚れていて、日本の15～20年前の熔鉱炉時代の製錬所を思わせる。物質収支がきちんとされていないし、担当の技術者でも数字があやふやであることが多い。
- ③ 計装・制御の面は非常に遅れている。銅製錬所がチリのLeading industryであるはずだが、これを支える工業の技術水準が低い。（ただし言うまでもないが東南アジア、アフリカとは段違いの高いレベルでの話である。）
- ④ 技術者の知的レベルは高く、よく勉強しているが、労働者との差があり過ぎる。

- ⑤ 割拠主義で、各組織間の協力・交流がうまく行っていない。(CIMMの国連専門家の表現によれば Communication, Cooperation, Confidence の3Cが欠けているという) その他の技術的所見は第4章を参照されたい。

視察中には、日本が年産銅量100万tの大生産国で、自熔炉・反射炉の操業技術が非常に秀れていることのPRを各所で行なった。CODELCO, ENAMI の幹部の対日認識と現場の技術者のそれには大差があり、現場に日本との協力が合理的であることを認識させる必要性が存在したからである。

視察終了後、調査団内部で各自のメモ、所見を基に本章の最後に示した所見、勧告案を作成し、8月4日にCODELCOの本部でCODELCO 本社, CIMM, ENAMI, Chuquicamata, El Teniente, El Salvador 各事業所の出席者15名とこの所見、勧告について討議を行なった。チリ側からはほとんど異論がなく、技術協力の対象となる事項の候補として上に以下の3点が挙げられた。

1. コントロール電気集塵器の設置と制御
2. 電解種板プレスの自動化
3. 通常方式による高電流密度操業のノウハウ
4. 全般的計装・制御
5. 製錬所内のマテリアルハンドリング
6. 将来の能力増強に関する検討

本調査団は事前調査が任務であるため、1, 2のように具体的なものもあるが、専門家の実地調査によって更に何が必要なかを詰めねばならぬ3~5のような事項が中心であることはチリ側もよく了解しており、また協力の進展によっては無償供与できる範囲を越えて有償となるノウハウもあることも了承した。第6の点は、チリ側の要請は強いが、日本側としては現段階では何とも言えない状況である。

以上の討議の後、準備段階の手順を再討議し、本調査団に続いて

- ① チリ側が、専門家2名を3ヶ月間日本に派遣する。この役割は、所見・勧告に対するチリ側の詳細な検討結果の持参と日本側との討議、日本の銅製錬技術の視察と水準の確認に伴う協力対象事項の見直しおよび追加ということによって一致した。

- ② 次年度(1976年度)において、日本側より実施調査団(Implementation Study Team)を派遣し、チリ側とR/D(Record of Discussions)の合意(署



名)方を検討する。

- ③ 日本側が、専門家2名を短期間(3~6ヶ月)、長期間調査員としてチリに派遣する。この役割は、本事前調査団と実施調査団(Implementation Study Team)の橋渡し役として、現地において技術移転・協力の実施案を策定しR/D署名円滑化する。

1.3 次いで翌8月5日は、受入窓口となったCODELCOのResearch & Development Division(研究開発部)と最終討議を行なった。この席上では、CIMM所長でもあるSutulov氏から次のような提案があった。

- ① チリから派遣専門家2人の中、1人はCIMM、1人は現場からとしたい。  
② 日本の専門家はCIMMを本拠として活動してはどうか  
③ 国連UNDP計画で高電流密度電解と陽極泥処理の専門家を別に1人招きたいので、しかるべき幹施方をお願いする。これはCIMMにある4人の研究チームの長として働いて欲しい。  
④ CIMMのサービスショップの技術指導をしてくれる人が是非欲しい。分野はエレクトロニクス、ガラス加工、分析機器の運転と保守などを要望する。  
⑤ 日本鉱業会との研究協力を実現したい。

日本側はこれに対して、今回の技術協力は、操業技術と多少の応用研究を必要とする中間的問題が対象であり、基礎的研究は対象外であることを強調し、①についてはとにかく現場経験者を派遣して欲しい、②については支障がなければそれでよい、③は、至急関係機関に連絡人選して書類応募をするよう幹施方協力する、④は、予算がつけば実行段階の②-③の一部として計画に入れたい、⑤については、後藤教授が仲介するという意見を表明した。チリ側もこれを了承し、討議はこれと終了した。その後エネルギー問題、日本の産業構造の変化、fine metallurgyなどについて意見を交換し全日程を終了した。

## 2. 議事録メモ

### 2.1 CODELCOとの討議(第1回)

#### <日時と場所>

1975年7月14日、15:30~17:30、サンチャゴ市銅公団会議室

#### <出席者>

日本側：団員5名

栗原参事官, 矢沢東北大教授, 福田通訳 計8名

チリ側: P, Gondonneau, C, Ruiz, G, Rivera

W, Schlein, J, maldonado, E, Andalaft 計6名

<使用言語>

日本語, スペイン語

議 事

<挨拶>

Gondonneau氏, 黒子団長

<内容設定>

日本側提案

チリ側意向

- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| ① 技術協力の目的の明確化         |                 |
| ② 本チームのとるべき procedure | ③ が明確化した後討議したい。 |
| ③ 各精錬所における real needs | 現地調査の後で討議したい。   |
| ④ 本チームの schedule      |                 |

①と④を本日の議題とすることで同意

<日本側の予定している procedure の説明>

Preparation stage:

- ① The Preliminary Study Team (本チーム)
- ② Appointment of Japanese Experts for a Long-term-study
- ③ The Implementation Study Team  
( Signing of R/D )

Implementation Stage:

- ① Appointment of Japanese Experts
- ② Provision of Equipment
- ③ Acceptance of Trainees in Japan

上記各段階を実行に移すための必要な情報の大要

本チームの使命: real needsの抽出と確認, 定性的技術診断

チリ側評価: プランはよくできている。着実に実行されることを強く希望する。

問題なく同意

#### <協力目的についての討議>

- ① 金属鋳業事業団調査との差異は：金属鋳業事業団の協力は有形の結果，そのものが目的であるが，本チームは無形の診断（いずれは有形の結果を生むにしても）である。
- ② 実効あるものとするためには：現場技術者の意見の尊重が必要であるとの日本側の意見に対してチリ側も賛同。
- ③ CODELCO の要請の具体的志向は何か：現有設備の下での optimum efficiency of operation であり第1には生産量の増大を志向している。

#### <CODELCOの現状認識>

- ① Chuquicamata, El Teniente の両製錬所の熔錬能力が不足
- ② マテリアルハンドリングの拙劣さ。転炉・反射炉の操業技術の低さ。
- ③ 製品品質にはとりたてて問題なし

具体的には

- a) 鋳石品位の経年低下と新プラントの計画の関連

Chuquicamata：現在42%，10年後には32%まで下がる見込。

マット品位も低下するが，これによって生産能力も低下して来るはず。現有設備と多少の改善とでどれだけの生産能力をいつまで保てるかを知りたい。新規投資の計画を立てるためにはこの診断がどうしても必要。

- b) 電流密度の上昇による生産能力拡大の可能性

現在の水準は180 A/m<sup>2</sup>。日本は210～300 A/m<sup>2</sup>（PR電解）

- c) エネルギー節約

Chuquicamata で精鋳 t あたり重油140 t。これは除々に改善できよう。

#### <日本側の要望事項>

- ① 技術協力の受入窓口の確定
- ② リエイゾンオフィサーの決定

チリ側の意向：重要事項であるので至急検討する。CODELCO の研究開発部

が窓口となりそう。

## 2.2 ENAMI との討議

### <日時と場所>

1975年7月16日 10:15~12:00 ENAMI 本社

### <出席者>

日本側：社員5名

チリ側：J, Gonzalez, H, Gallo, M, Lira, R, Anguita 計4名

### <使用言語>

英語、部分的にスペイン語と日本語

## 議 事

### <ENAMI の紹介>

④ Empresa Nacional de Minería (鉱業公社) の略。

最も古い国営会社で50年前から中小銅山の統括をしていたが、6年前から9鉱山、2製錬所を経営している。1960年以來組織が変つていない。69年に大鉱山の国有化が実施されたが、ENAMIは直接には大鉱山との関係なし。Paipote 製錬所は52年から、Las Ventanas 製錬所は64年(電錬は66年)から操業を開始したチリ最新鋭の臨海プラントである。

### <技術部の仕事>

拡張計画が主であり、保守と操業は他の部の担当、2製錬所に対して3000~3500万ドルの拡張計画がある。

## <計画と問題点>

### ① 操業上の問題

- 熔錬では燃料コストの増大のため、ボイラーの能力増と有効利用および石油→石炭の転換を検討している。
- 電錬能力が不足しており、高電流密度操業をしたい。  
PRC電解と通常法とどちらにしたらよいか。
- 鋳鋼製造で凝固速度の制御不十分のため結晶粒径のトラブルが生じている。

### ② 拡張計画

#### a) Paipote

旧式ボイラーのトラブル多発のため交換決定し、ベルギーから2つ入れることにしている。

- 転炉吹込空気の予熱
- 転炉排気の処理と熱回収、転炉の大容量化。Hoboken'型の転炉で67年から稼働。5基に増加する予定。
- これに伴ってスチーム増加があるので、発電も増設の予定
- 拡張後の能力は生鉱で35%増。100~150t/時の予定
- 反射炉のチャージは85%精鉱で15%沈デン銅、珪石は転炉にチャージしている。

#### b) Las Ventanas 製錬所

- ケログ型コンクリート製煙突を新設した。以前のは金属製、耐酸内張であった。
- 300万ドルで反射炉ボイラー増設中。従来は2ボイラー/炉であったのを3基目をつけている(ドイツ製)。これで30%の能力増となる。  
今度は転炉増が必要となるので転炉の炉体は作ってある。建屋は未完成である。
- Rio Blanco の鉱石(日本に輸出している分)を処理したい。69年から計画している。また、El Teniente, Andaquolls, Rio Blancoの各鉱山の増産に対処するための能力増の必要がある。
- 73年始めにオートクランプの自熔炉導入を決定したが、74年10月に資金難で停止。今年11月にはまた見通しがつくであろう。
- 電錬では4番目のタンクハウス増設で30%増を予定し、ブルガリアのPRC技術を導入する計画で工事を進めたが、外交関係から技術導入が不可能となっている。

<日本への要望>

- ① 上記のような段階的拡張に伴なり操業のノウハウの供与
- ② 計装・自動制御がほとんどないのでこの技術協力。特にコントロールのモニタリングと制御の技術が欲しい。
- ③ 問題点の優先度の判定。資金計画とも関係するが、ENAMIとしてはボイラーが優先だと考えている。

2.3 CODELCOとの討議 (第2回)

<日時と場所>

1975年7月16日 15:30~17:30 銅公団本社専務理事室

<出席者>

日本側：団員5名

チリ側：A, Zauschquevich, P, Gondonneau, C, Ruiz

<使用言語>

英語, 部分的にスペイン語

内 容

<挨拶>

Zauschquevich 氏, 黒子団長

- Gondonneau 氏が, 本チームの目的は現状認識と最適の技術的提案であると紹介
- Z氏: CODELCO と JICA の協力の方法についてアイデアを出しあって協力を進めたい。
- 黒子: 現場訪問後詳しいことも含めて意見を交換したい。双方とも問題の抽出と優先順位付けをすることでした。また, 日本側 experts は CIMM と必要な現場に派遣すると説明した。

<電鍊の問題についての意見交換>

- 電鍊の電流密度増加したい(チリ側)。-小名浜の例のようにアンペア増だけが生産性向上に必要なのではない(日本側)。
- アノード製造の計量システムわが国はオートクランプから導入して好成績をえている。
- カソード熔解炉の燃料はChiquicamata はガソリンを使用しているが, 同じアルサコ炉だが小名浜はブタンを使用しており制御容易である。(日本側)

- 自熔炉は日本から買う可能性あり(チリ側), 一玉野の自電炉紹介。(日本側)
- エネルギー節約はチリでも重要で, 石油の自給率は現在25%のため油田の探査を先週から私企業にオープンした(政策変更)。石炭の有効利用を検討中。
- SO<sub>2</sub>排出規制はどうか(日本側) - 農業地域には多少の規制があるが, 砂漠地帯は全くなし。Asなども廃洋を砂漠に放置しておけばよい。
- アイセンの水力開発は是非やりたい。送電幹線の問題があるし, 資金がない。

#### 2.4 CODELCOとの討議(第3回)(視察所見と勧告)

##### <日時と場所>

1975年8月4日 9:30~11:30 銅公団会議室

##### <出席者>

日本側: 団員5名, 国連ECLA細野氏, JICA専門家西村氏, 矢沢東北大学教授 計8名

チリ側: P, Gondonneau, C, Ruiz

J, Maldonado, G, Troncozo, J, Gonzalez, M, Lira, 他に製錬所現場などから代表8名, 計15名

##### <使用言語>

スペイン語, 日本語, 部分的に英語(通訳は細野氏, 黒子団長)

##### 議 事

##### <日本側の所見と勧告およびチリ側のそれに対する意見>

次の第3節に記載する所見と勧告を, 細野氏が朗読した。

- Gonzalez氏から Las Ventanas 製錬所に関する部分についての意見表明
  - i) No 3 ボイラーの位置は止むを得ないものである。予見されるトラブルの防止策は十分にしたい。
  - ii) 転炉建屋を拡大し, ボイラーを付けてからNo 4 転炉を増設する。
  - iii) コットレルの設置をしたい。日本の協力を求めたい。
  - iv) 高電流密度操業については, 液流動状態の制御, 添加剤などについて協力を求めたい。
  - v) 種板プレスのは重要である。チタン・ブランクは着手したばかりで, まだ結果は

わからない。

- VI) 現在のマテリアルハンドリング能力は7000tであり10000tへの拡張では各種の改造が必要だと考える。
- Marca 氏からEl Salvador に関する部分についての意見表明
    - I) 製錬所が非常に問題であるということは同意する。プロセスコントロール, 物質収支ともひどい状態である。
    - II) 電錬については, 装置が古く, 小さく, アノードの状態が悪く, 装置の改良が必要である。電解液の保温, 熱交換器の取替, 浄液の検討も必要である。
  - Chiquicamata の代表から意見表明
    - I) 高電流密度操業については現在テスト中
    - II) 転炉の増設と改造について意見をききたい。
    - III) ダスト, 物質収支その他についてはもっと詳しく話し合いたい。
    - IV) 将来計画については是非検討協力を願いたい。
  - Rivera 氏より Clretones 製錬所に関する部分についての意見表明
    - I) 指摘された点はほとんどその通りであり, 我々も悩んでいるので協力に期待している。
    - II) チリ国内での情報交換が不足だという指摘は正しい。この点は極めて重要であると考える。

#### <この報告の扱い方>

- 本日提出されたレポートについてチリ側は研究・検討すべきポイントをもう少し深く詰めたい。今日の見解は一般的なコメントである。  
最終的なチリ側の考えは後で提出したい。(Gondonneau 氏)
- 時間的に無理なので, チリ側から expert を呼べる予算がついたという公電連絡があったことと合わせてプログラムを組直したい。(黒子)

#### <協力プログラムの再検討>

以下の様に訂正することで一致した。

- ① 本チーム
- ② チリ側 experts 2人を日本に派遣(3ヶ月)。この experts がレポートに対するチリ側の最終コメントを持参し, 日本側が検討する。
- ③ 日本側 experts の長期調査。Scope of Work の原案作成。



④ Implementation Team 派遣。R/D作成

2.5 CODELCOとの討議(第4回)(最終討論)

<日時と場所>

1975年8月5日9:00~10:30 銅公団会議室

<出席者>

日本側: 団員5名, 矢沢教授 計6名

チリ側: A, Sutulov, P, Gondonneau, E, Andalaft

N, Andalaft, C, Ruiz, W, Schlein, J, Maldonado

<使用言語>

英語, スペイン語

議 題

<協力プログラム(2), (3)の具体的打合せ>

- チリ側 experts 2人は日本の技術水準, 日本が供与できる技術を3ヶ月じっくり見る。
- この2人中, 1人はCIMMから, 1人は現場から送りたい(Sutulov氏)
- executive は長期出張不可能。一了承(日本側)
- どういう人を派遣して欲しいか日本側の意見を知りたい(Gondonneau氏)
- CIMM から来るにも現場経験のある人が望ましい。研究者は後にした方がよいと考える。日本側 experts も現場の人を派遣する予定。(黒子)  
-大体この線で一致した-
- 日本の援助の分野は研究と実操業のどちらに重点を置くのかももう一度説明して欲しい(Gondonneau氏)
- 短期(実操業の改善), 中期(ある程度の研究も含む), 長期(将来の拡張計画, 基礎研究を含む)と分けた場合, この協力は短期ないし中期が主要な対象で, 長期は帰国して検討したい。(黒子)  
-この辺の議論はほとんどスペイン語で行なわれたが, CODELCO 内の意見の不一致, CIMM と現場の相互不信, 本社の現場掌握不十分などがうかがわれ, 日本側としては, まずチリ側に意思統一してもらい必要があるという感じもあった。窓口がCODELCO のDID(研究開発部)で, このDIDの部長がCIMM 所長を兼ねる

Dr., Sutulov 氏で学者肌の人であることに原因がありそうである。-

- 日本側 experts の OFFICE は CIMM に置いてはどうか。必要とする全サービスを提供できる (Sutulov)。- お任せする (日本側)
  - 国連 VNDP 計画で電鍍の研究指導者を 1 人呼びたい。分野は高電流密度操業, スライム処理を考えている。4 人の研究者のチームのチーフとして働いて欲しい (Sutulov) - 大変結構だ。人選は可能だと思う。書類を送って欲しい (日本側)
  - エレクトロニクス, ガラス細工の職人やオペレータという話があったが派遣は可能か。- 日本としても協力したいので帰国後検討する。
  - 鋳業会との研究協力は是非進めたい。- 後藤教授が窓口となって進めたい (日本側)
- 以上で終了し, この後一般的な話に移り, Sutulov 氏は多国間の資源 (チリ) - 資本 (産油国) - 技術 (日本) 協力構想を述べた。

日本側は, 日本の非鉄産業の実情を説明し, アルミニウムは電力費とフッ素化合物の公害で将来性がないと, ニッケルは現地製錬に移行しつつあること, 銅・鉛・亜鉛もそうなる可能性があること, 最後まで生残れるのは鉄鋼業だけだろうという予測の話をした。チリは既存の他に第 2 の鉄鋼一貫プラントを持ちたいので日本の投資を望んでいるということである。更に Mo, Re の製錬など, いわゆる fine metallurgy について意見を交換した。

### 3. Preliminary Study Team の現地調査による所見と勧告 (1975 年 8 月 4 日)

我々が調査した各鋳山・製錬所の印象, 問題点, 示唆できる対策などについて, 述べることにしたい。短期の滞在であり, 言語の不十分さもあって誤りを含んでいる部分もあると思うが, 本日の討議を通じてより充実したものになりたいと考える。

#### 1 全般的な印象

- ① 老朽化した現有設備の制約にも拘わらず, 一般に高い水準の操業が行なわれている。
- ② しかし, 所内の物質の流れと収支がはっきり把握されていない欠点がある。必要な個所における計量とその記録をしっかりと行なうべきである。
- ③ ダストの推移が非常に目立つ場合が多い。工場内全般における発塵とガス洩れの防止に努めるべきである。これにより実収率の向上, 作業環境の改善が可能となり, 作業員の生産意欲の向上が期待できるであろう。

- ④ チリ国内各社間の技術情報の交換が充分でないように見受けられる。日本の場合には各社が私企業で意争相手であるのに、チリの場合よりも技術交流が円滑に行なわれている。まず各社の間の技術交流を促進する必要がある。このためには各社の単位をメートル法に統一するなどの方策が有用であり、これは本社における操業管理にも有効であると考えらる。

## I 各鉱山・製錬所について

### (A) Las Ventanas 製錬所

- ① 精製炉におけるAs, Sb, などの不純物の除去, オートクランプ型秤量機を設置したアノード製造などは非常に秀れた操業を行なっており, 更にカソードの表面性状はすばらしい。
- ② 反射炉の現有ボイラーは設計容量が過小であることが明らかで, 増設中のボイラーにより炉の能力が充分発揮できるようになると思われる。しかし増設ボイラーの位置が悪く, 煙道が長くならざるを得ないので, ダストによるトラブルが予測される。煙道のクリーニングを容易にし, クリーニング作業の円滑化のために水冷ダンパーを設けるなどの予防措置を設計に盛り込んでおくべきであろう。この点に関しては日本の情報を提供できる。
- ③ 電解精製においては, 液温・添加剤・液流の方式・液流量などを検討し, 通常方式で $250\text{ A/m}^2$ 程度の高電流密度操業の経験を積むべきである。P R C電解は, この通常方式の経験の上に実施されるべきであって, いきなりP R C操業を行なっても所期の成果が得られない可能性が大きい。この点については, 後で後藤教授がまとめて話をされる。
- ④ 種板の平滑化プレスについては自動化機械を導入することが望ましい。日本の情報が提供できる。
- ⑤ 貴所でテスト中のチタンブランクを日本が採用していない理由は主として初期投資が高く, スクラップとしての価値が低いことにある。今後, 双方の技術情報の交換は有益であると考えらる。

### (B) El Salvador 鉱山

- ① 硫化鉱の浮選実収率が低い。現在はLlantaで2次回収を行なっているが, やはりEl Salvadorでの浮選操業を検討し, 実収率向上を図るのが第一である。日本ではボールミル装入前に徹底的に水洗してスライムを除去し, 実収率を上げた例がある。 GANG成分は砕け易く, 鉱粒表面に付着し易い。含有量は少なくとも水洗が有効である可能性は高い。
- ② 日本では蛍光X線分析と連動した選鉱の完全自動化を行なっている側(神岡鉱山)がある。必要ならば情報を提供することができるであろう。

③ 酸化鉍の浮選については研究協力ができる。日本鉍業会に酸化銅鉍浮選の研究グループが存在するので、情報交換は相互に有益であろう。

C) Potrerillos 製錬所

① 精鉍フィルターの保守が悪く、操業も良くない。日本では同形式のフィルターで12～13%までは水分を除去している。燃料の損失に直接つながる問題であるから急いで検討すべきであろう。なお、この濾過工程については訪問したどの製錬所・鉍山においても同じように不注意な操業が行なわれているように見受けられた。

② 後に述べるような経済的問題があるが、El Salvador 鉍石の全量をそのまま処理し続けるか否かにかかわらず実施した方がよいと思われるマイナーチェンジについてまず述べたい。

a) 前述のフィルターの保守・操業の改善

b) ウェッジタイプドライヤーを廃止し、ロータリーキルン型のドライヤーを設けること

c) 電解精製における種板のプレスとスタンプの自動化

d) 電解液の加温のための熱交換器の改善

e) 電解液の循環、液温管理の向上

f) 浄液方式の検討、硫酸ニッケルと硫酸の回収に関する技術

g) アノードのスクラップ率が24%でかなり高いのでこれを改善すること。スクラップ率の低下は燃料節約に大きく貢献する。

まず、アノード重量の均一化、そして厚みの増加によってアノードライフを現在の20日から22～24日に延長すれば、スクラップ率は22%以下にできる。オートクランプ型の採用が望ましい。

③ El Salvador 鉍石全量をそのまま処理し続けるという前提の下におけるメジャーチェンジとしては反射炉ボイラーの改善が挙げられる。日本の場合にはボイラーの改修は操業を10～15年継続するとして、やっと採算がとれる程度の改修と考えられているので、チリの条件下でも、しっかりコスト計算をしてからでないといふ所を下すのは危険である。改修すべきだという結論が出た場合、まず操業率を一時低下させても最善のボイラー容量と設置場所を選定すべきであり、どうしても操業率を低下させたくないならば、ボイラー改修前にブラストのプレヒーターを設置する方法がある。

④ とにかく、ここの設備は完全に老朽化していて、部分的な増設や交換によるコストダウンの可能性に乏しい。精鉍の輸送ルート合理化と各所における精鉍のロス解消を含め

て検討するならば、この製錬所はスクラップアンドビルドの第一候補であり、海岸まで精鉱をパイプで流送して新鋭製錬所に輸送することが望ましいのではなからうが。

#### (D) Chuquicamata 製錬所

- ① 他の製錬所と比較しても、特にダストの堆積が著しい。実収率の向上、労働環境の改善に有効であるから所内の清掃を実施し、発塵の防止を実行すべきであろう。
- ② 現在の鉱石品位を前提として、カソード1,000 t/日の生産計画は妥当であり、達成できると考える。反射炉のボイラーの改善、マットタッピングホール位置の移動完了後は、世界有数の製錬所と言えよう。
- ③ タッピングホール水冷ジャケット、クレーンの秤量機設置については、技術協力が可能である。
- ④ アノードの長さは世界最大であり、電解操業は秀ている。ただし、この長さのために種板の平滑化には特に注意が必要であり、スタンプの設置を検討すべきであろう。
- ⑤ スライムの発生率が0.17%と低いので、PRCを導入しなくても、高電流密度操業が可能である。
- ⑥ 電解液の浄液については、硫酸回収などについて日本は技術協力できると考える。
- ⑦ 電力コストが著しく高い条件下にあるから、当面の増産対策としての反射炉の酸素操業については、充分検討する必要があると考える。
- ⑧ 将来、鉱石の品位が低下した場合の能力増加計画については、電力、燃料、用水、建設費、硫酸などの諸項目を考慮に入れて、詳細なコスト計算を実施しない限り、何とも言えない。自熔炉と反射炉、或いは連続製銅プロセスについて、技術的情報を十分に収集し、徹底的に検討を繰り返すべきである。日本は操業経験、実績ともに充分あり、最も信頼できるアドバイザーであると確信する。自熔炉に固執するのは危険である。現段階では反射炉も同等な候補として考慮するに値する。

#### (E) Caletones 製錬所

- ① 生産能力の増強にも直結するので、まずcold dopeの消化について対策を立てるべきである。対策としては、次の5つが重要である。
  - a) cold dopeの発生箇所、発生量をはっきりせよ。
  - b) レードル容量を増加せよ。計画中の30%増は至急実現することが望ましい。
  - c) 反射炉、クレーン、転炉の操業の最適スケジューリングを検討して、標準スケジュールを作成し、可能な限りこの標準スケジュールに沿って操業すること。

- d) cold dope の転炉における増処理を検討すること。適当に粉砕して、吹精時に装入し、酸素富化送風を行えば、造鉄期での cold dope 増処理は可能であろう。
- e) クレーンに秤量機を設置し、a の助けにすること。
- ② 転炉送風の均一化を図ることが必要である。現在の送風量設定値は、制御範囲の上限に近く、実質的には送風制御が行なわれていない疑いがある。送風量を均一化すれば、cold dope の量も減少する。
- ③ 生産のボトルネックは明らかにクレーンにある。クレーンを大至急、可能な限り増強する必要がある。70～80t の能力が望ましいが、建屋の補強限界が60t ならそれでもよい。増強後は建屋の柱にぶっつけてレードルのスカルを落とすなどの操作をしてはならない。
- ④ 反射炉の寿命 ( Campaign ) が余りに短い。これは経済的に大問題である。塩基性吊下天井にするのは操業中に修理可能とするためであり、スペースが狭くて炉を止めなければ修理できないようでは、全く意味がない。No1 反射炉 に於ては大改修をしてスペースを広くとり、炉を止めなくても天井の修理ができるようにし、No2 反射炉 は Silica sprung arch を続けるなら大容量のタンクと配管を完備してスラリーパッチが、常時十分にできるようにしなければならぬ。我々は、Basic suspended arch の方がよいと考える。
- ⑤ この改修によって天井の寿命が延びた時には、現在の珪石品位でカルサインチャージを続けると必らず反射炉の bottom-up で炉命が制約されてくるであろう。この対策としては2つ考えられる。
- a. cold dope の処理にも有効であるから転炉スラグの浮選を実施する方法
- b. クレーン以降の強化がなされているとして、全量を green charge にする。roaster の廃止は、人員削減、保守コスト低下、環境改善から見ても有効である。b が better であると我々は考える。
- ⑥ 酸素の最も有効な利用法をもう少し検討してはどうか。反射炉ではバーナー設置場所などの検討により、現在の燃料消費量を増加することなく、酸素使用量を低下できる可能性が大きい。たとえば小名浜の方法については、コマーシャルベースになるかも知れないが協力ができる。こうして酸素が余れば転炉などへの利用が有効に行なえるはずである。
- ⑦ 転炉の酸素富化操業と精鉱添加については、再検討の価値がある。ただし、精鉱のベレタイジングは必要であり、また装入法については考慮しなければならぬであろう。

### Ⅲ ま と め

我々の短期間の訪問で各製錬所の能力を判定することは難しいし、今後の総合的調査にまたねばならない。ただ現地での討論と視察から得た概略の感触から、現在の精鉱品位での精鉱出Cuの各製錬所の現在と将来の能力は以下の様に推定される。

製錬所	現在の能力 (t/日)	将来の能力 (t/日)	そのための対策
Las Ventanas	200	250	反射炉ボイラNo.3新設, 転炉No.4新設
Potreriillos	230	230	
Chuquicamata	830	1000	反射炉ボイラの改造, 転炉パンチング自動化, 転炉No.6新設
Caletones	670	① 700	{ 転炉への酸素吹込と cold dope の増処理, レードル容量増加, 送風コントロールなどの操業合理化
		② 900	

上述の能力推算, 所見, 勧告に基いて, 我々が投資効率の高さにより各製錬所の順位付けを試みると,

#### 1位: Las Ventanas

新鋭設備で, ボトルネックがなく, 総合して最も秀れた操業を行なっている。海岸立地で, 電力が安く, 都会に近く, 環境が良い。

#### 2位: Chuquicamata

ボトルネックが小さく, 技術も優秀, ただし電力が高く, 高地にあるため設備的に不利

#### 3位: Caletones

大改修が必要。電力は安く, 環境もよい。

#### 4位: Potreriillos

極めて老朽化しており, 立地条件も最悪

Paipote 製錬所は見ることができなかったが, 手許にある資料から判断する限りChuquicamata, Caletones と同じレベルのようである。この評価は preliminary なもので, 変わる可能性もあることを断っておきたい。

(以上)

### 第3章 「チリ国銅製 開発技術協力事業」の方向づけ

#### 1 定性的技術診断のまとめ

前章のチリ銅公団に提出した「現地調査による所見と勧告」に、かなり詳細に技術診断の結果を述べたが、これを要約すると次のとおりである。

- (1) CODELCO傘下の各製錬所は、設備および生産システムにおいてはきわめて旧式であるが、処理対象原料が良質であるため、品質的にみたととき操業技術水準は全般的予想されていたものより高い水準にある。ENAMIのLas Ventanas製錬所は新設であることもあり、技術水準はCODELCOに比して高く一応国際水準と見られる。
- (2) 現有の設備を十分に活用してコスト切下げを行うための生産管理技術は、技術水準の向上努力が生産水準の維持または増加に向けられているため、きわめて低い。とくに、製錬所全般の計量管理、物質移動の合理化、作業基準の標準化など改善の余地はきわめて多い。
- (3) 自家水力発電所を有するCaletones製錬所を除き、石油価格上昇にもとづくエネルギーコストの上昇は生産コストに大きなインパクトをあたえており、現地では熱原単位の低減に努力しているが、電力、重油、酸素など熱源の代替使用について正確な経済計算を行っておらず、ただ直接重油の直接使用の節減にのみ走っている。余熱ボイラーの設置、酸素の効果的活用、cold dopeの発生率の低下など多面的な熱エネルギー節約の点で技術能力が低位である。
- (4) 製錬所の立地が乾燥地帯であることもあるが、製錬所内のダストの発生推積が著しく、作業環境がきわめて不良であるのみならず、工程内における損失も多く、操業の管理で多くの改善すべき点がある。
- (5) 発展途上国に常に見られる傾向であるが、現有設備と現在までの操業方式を基礎として地道に改善を行い、コストの切下げをはかる方向よりも、むしろ新しい設備の導入と新しい生産方式の採用にのみ、技術陣が強い関心をもっている。これは、現場における労働者の技術改善意欲の低さと相まって、技術水準の連続的向上をはばんでいる。
- (6) 各製錬所が従来異った米国系企業で経営されていたこともあって、各製錬所間の技術協力体制がきわめて弱く、同時にCODELCO本社の技術関連部局の技術管理能力は弱体である。

#### 2. 今後の技術協力の進め方に対する提案

今回の技術診断調査によって、チリ政府より要請のあった銅製錬分野における技術協力のニ



ーズに関する定性的な把握ができたが、これを技術内容から分類すれば次のようになる。

- (1) 現有設備による操業を効率化、合理化するためのソフトウェア（例えば、転炉の操業方式の変更による生産性の向上技術、反射炉の酸素添加方法の変更による熱原値の切下げ等）
- (2) CODELCOの資金により現有設備に追加投資を行って、部分的設備改善または追加を行って、操業の効率化をはかるハードウェアとソフトウェアの組合せ（例えば、余熱ボイラーの設置による熱効率の向上、転炉用レールドルに計量器を装備することによる物量管理の徹底等）
- (3) 将来の装入精鉱の品位低下による溶煉能力の拡張計画にあたっての最適な各工程の生産能力の見積と採用すべき生産方式の決定に必要な情報と資料の収集と提供、これはいかにいけば、新しい製錬設備計画作成のために必要なソフトウェアである。

この三つの分枝のうち、(1)と(2)は短期的に成果が期待される対象であり、(3)は長期的に成果があらわれる対象であるが、協定期間を3年とすると、(1)は、直ちに着手しうる協力対象であり、第1年次に実施でき、(2)は、CODELCOの設備の改善投資計画とともに実施されるため、第2年次以降の着手が予想される。また、(3)は、CODELCOの将来の設備拡張計画の作成段階によって、開始の時期が決まるが、わが方としてはできるだけ早急に着手することが適当と思われる。

したがって、この協力の実施に移行するためには、今回の技術診断調査で確認された技術協力の対象を上記の三つの分類ごとに、定量的な視点をもって、工程別、個別的技術事項別に優先度をつけ、時系列的に、協力プログラムを作成する必要がある。もちろん、このプログラム作成にはCODELCO技術陣の考え方を十分にとりいれて、合意をうる必要がある。

そのためには、次のような段階を踏まえることになる。

第1段階： CODELCOの高級技術スタッフを研修員として、訪日させ、わが国の製錬所の現場の技術状況を認識してもらいと同時にわが方の多くの技術者と直接意見の交換を行うことが必要であろう。

第2段階： チリ技術研修員との意見交換を基礎に、溶煉、精錬および電解精製の各分野にわたる長期調査員を少なくとも各分野1名ずつ合計3名を3～6ヶ月派遣して、CODELCOの製錬技術陣の協力のもと協力プログラム原案（技術協力対象の確定と優先度の決定、協力形態の選定等を含むスケジュール）策定に資する情報収集を行うことが必要であろう。

第3段階： 協力プログラム原案策定に資する情報を基礎として、チリ銅公団とのR/D

を作成する実施調査団を派遣し実施に入ることが適当であろう。

本件の技術協力には、わが国の製錬企業の保有する Patent もしくは Commercial know-how に属する技術については、CODELCO 側にその旨を通知しその保有企業を紹介するにとどめ、この種の技術は Commercial base で、個別的に技術援助契約を行い技術導入すべきであることを確認したので、本件協力の対象は、わが国の製錬企業では公知の技術にのみ限られることはいうまでもない。しかし、わが国の産銅企業が長期的視点に立ち、チリの製錬技術向上がわが国の銅資源の確保にとって重要であるとの認識を一層深め、本件技術協力において自発的に保有のある種の know-how をチリに移転すること期待したい。



## 第 4 章 実 地 調 査

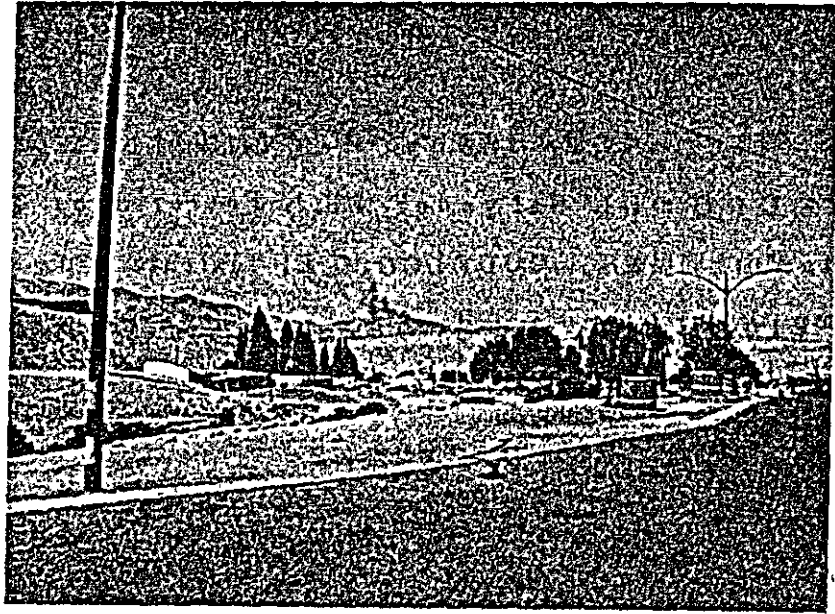
本調査団が視察・調査を行ったのは、日程順に述べるとCIMM, ENAMIのLas Ventanas製錬所CODELCOのEl Salvador 鉱山とPotrerillos 製錬所、同じくChuquicamata 鉱山と同製錬所, CODELCOのEl Teniente 鉱山とCaletones 製錬所、同じくRio Blanco 鉱山という7個所であるが、国営の銅製錬の技術協力という目的から本報告書では製錬所をCODELCO所有のものを北部から、次にENAMIの製錬所とし、最後はMantos Blancos 製錬所の順に配列した。また、本文中で各事業所により項目の立て方に多少の相違があるが、これは向うの説明の順序、執筆担当者の意見によるものである。大体は概要、操業、問題点、見通しという配列になっている。

### 1. Chuquicamata 製錬所および同鉱山

#### 1.1 概 要

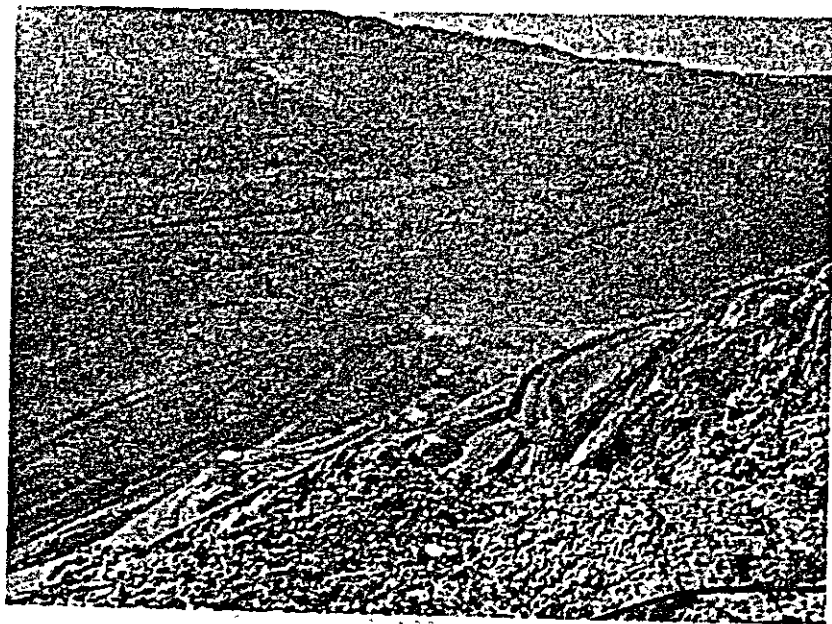
- ① 最初は酸化鉱であった為、湿式法での銅の生産を1915年に開始した。その後硫化鉱が主体となり、1953年に反射炉法によるSmelterの操業を開始し現在に至っている。現在でも隣接するExotica 鉱山からの酸化鉱を主体に湿式法での処理も行っている。
- ② Location, General layout, Lay out of Smelter, Lay out of Leaching, Plant and Refinery は、図1～4参照。
- ③ 従業員は、9,500名で内訳は次のとおりである。

◦ Supervisor (engineer, technician, doctor)	750名
◦ Employee (一般労働者)	5,700名
◦ Plain worker (単純労働者：例えばショーファ)	3,050名



Chuquicamata 鉦山

Calama から望む Chuquicamata 製錬所



露天堀 ビット

图 1 Location

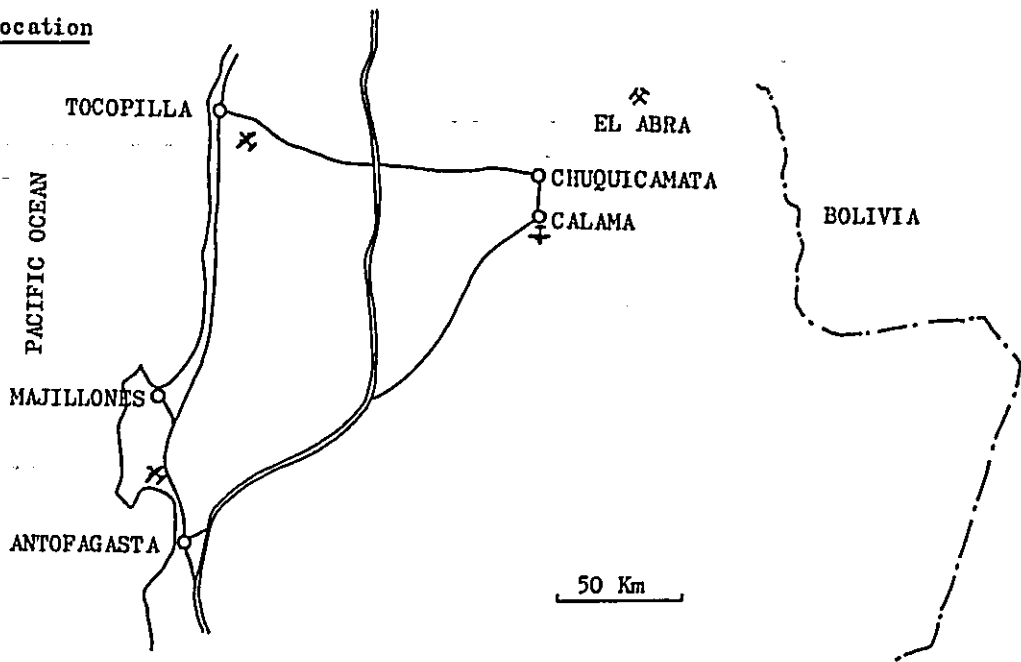


图 2 General Layout

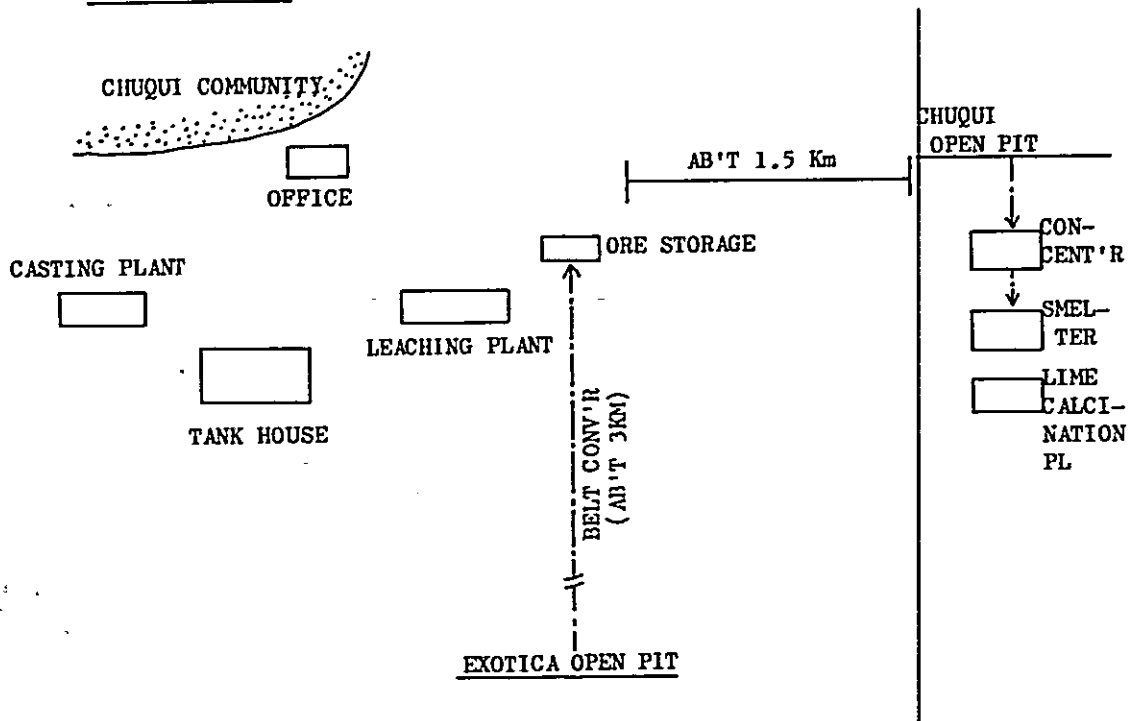


Fig 3 Layout of Smelter

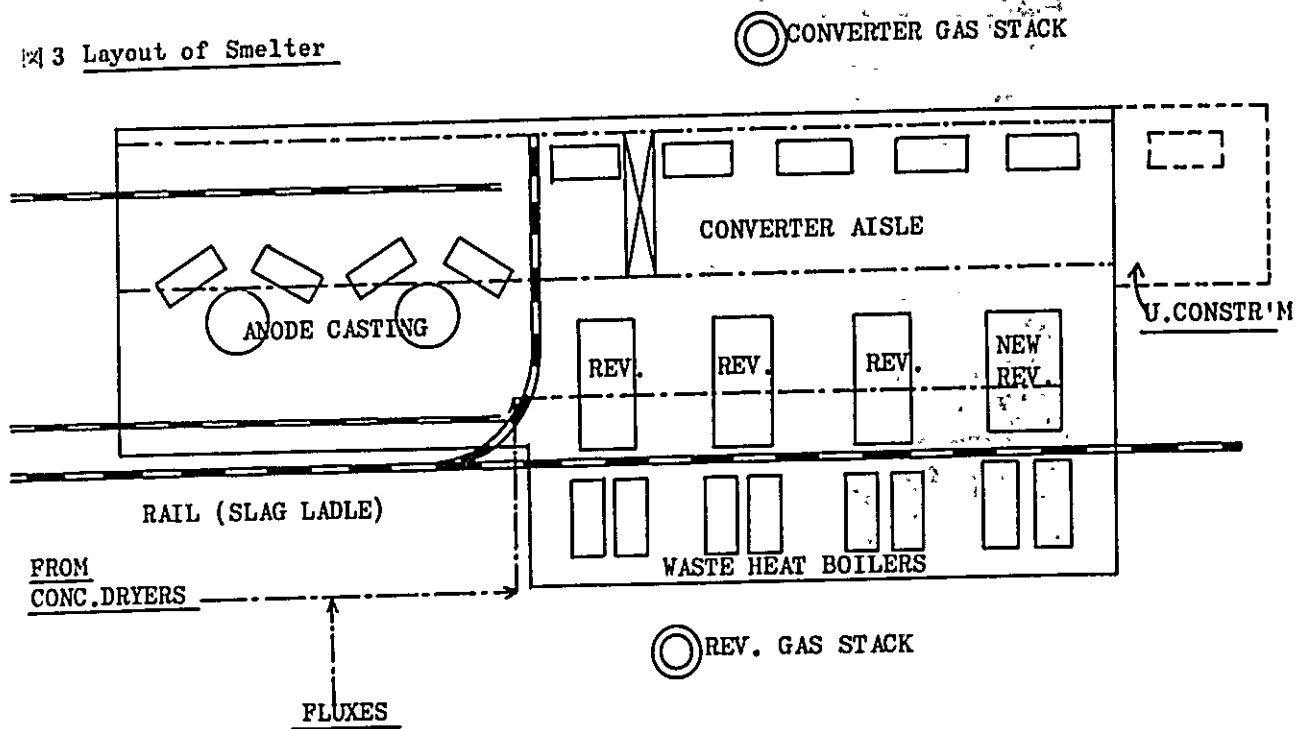
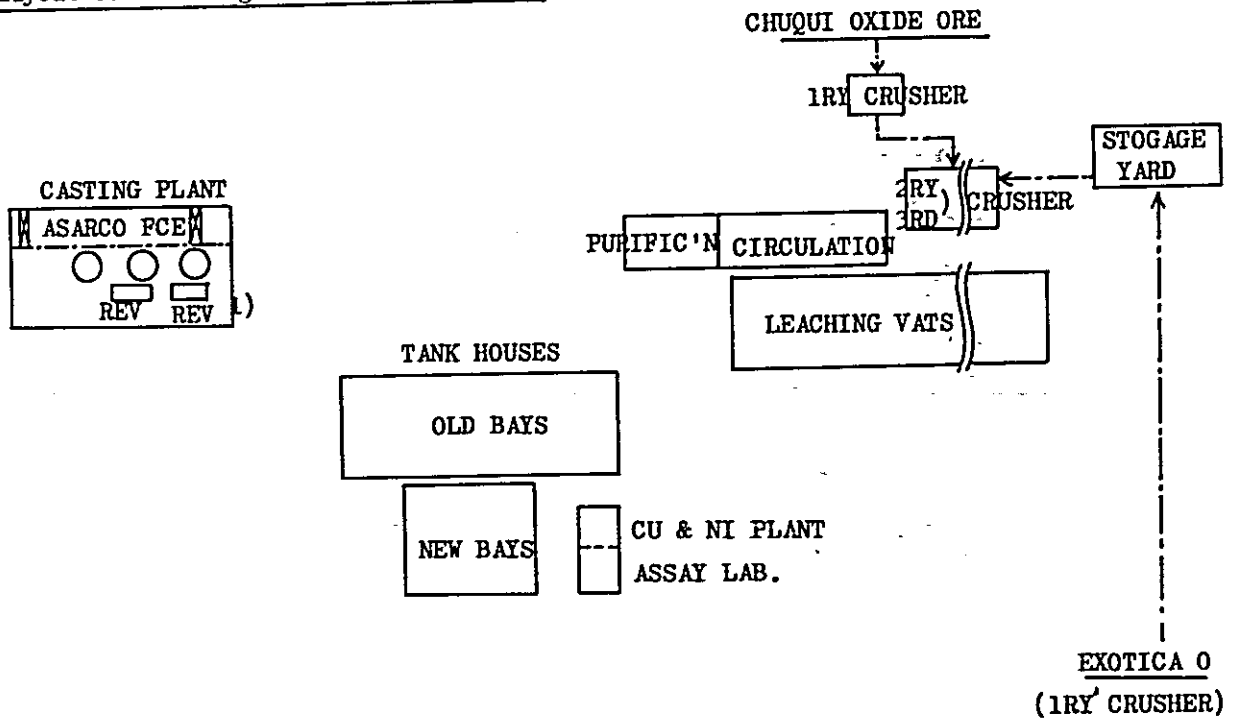
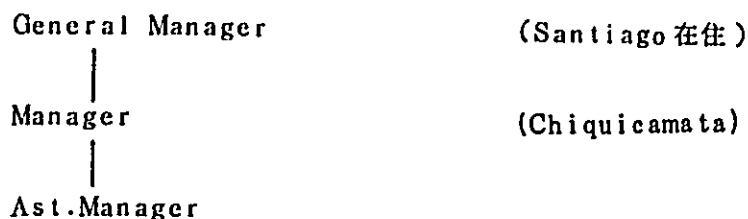


Fig 4 Layout of Leaching Plant and Refinery



Note 1: This reverb is remodelled to melt anode scrap and to cast anodes for electrolytic refining.

#### ④ 構 構



- i) Production
- ii) Accounting
- iii) Development
- iv) Supply
- v) Industrial relations
- vi) Engineering and Construction

このうち production 部門で全従業員の70%を占め次の三部門から成る。

- a) Mine
- b) Plant
  - i) Concentrator
  - ii) Smelter
  - iii) Leaching
  - iv) Refinery
- c) Tocopillaの火力発電所

#### 1.2. 鉱 山

(Mine)(maintenance, operation, geology, planning)

- 人 員 2,500人(内110名 Supervisor)
- 掘さく量 230~250<sup>x10<sup>3</sup></sup> MT/D
- 粗鉱量 50~55<sup>x10<sup>3</sup></sup> MT/D Cu品位 2.0~2.5%  
As 0.04~0.06%
- 露天堀 (Open pit) の大きさ 4 Km L x 2 Km W x 400 m D
- 切羽が20ヶ所



6 ~ 15 m のパワーシベル

100 ~ 120 T	トラック	80台
	機関車	24台
	貨車	350台
	ベルトコンベア	2本

を使い  $60 \times 10^3$  T/D を鉄道で  $150 \times 10^3$  T/D をトラック運搬する。

その他 確認用のボーリングマシン 4台

ダイナマイト用の " 9台

を持っている。

○ まい鉱量は更に 400 m の深さまで約 1 億トン (Cu 2.0 ~ 2.5 %) あり、2015 年迄掘れる。更に 10 ~ 40 km の距離にあるパンパノルテに同じボーフィリーの地質が発見されている。

○ mine では採掘量を  $300 \sim 350 \times 10^3$  MT/D に増したいが tailing の投棄場所が問題である。

○ 選鉱能力  $72 \times 10^3$  MT/D  $\times 10^3$  2.0 ~ 2.5 %, Cu 85 ~ 90 % を -325 mesh にして

Cu 実収率 95 %

精鉱量は 2300 ~ 2350 T/D

精鉱品位は	40 ~ 45 %	Cu
	15 ~ 16	Fe
	6 ~ 8	SiO <sub>2</sub>
	0.85 %	As
	25	S

○ オリバーフィルターで水分 16 % までにする。15 " Hg 真空で活性剤使用している。

能力は 2,350 Dry MT/D (Cu 量 982 T/D)

○ 精鉱品位は現在の 40 ~ 45 % Cu から 1980 年より下り始め 1980 ~ 1985 には 30 ~ 35 % とする。

含有鉱物は現在カルコサイトが主でカルコバイライトが従であるが、今後、カルコバイライトが多くなるためである。

### 1.3. Smelter

#### ① Concentrate dryer (Rotary type) 2基

- 10'  $\phi$  × 60' L 1200 T/D
- 10'  $\phi$  × 100' L 1200 T/D
- Bunker C Oil 使用 0.05 バレル/T Con C  
(8ℓ/T Con C)

◦ dust はスクラバーで補修後 Concentrator にて処理する。

◦ 水分16%から7~8%に乾燥する。

#### ② Bedding Yard

- Dryerからベルトコンベアにて yard に輸送し 6,000 T bed 3本を有する。
- Crushing Plant からの lime を加調するが silica は原則として加調しない。
- yard までのベルトコンベアの途中から外部へ向ける Concentrate を抜いている。
- 設備は古く dust の推積は非常に多い。

#### ③ Reverb Furnace

- 25' W × 120' L (Inside Brick) 3基
- 30' W × 110' L 1基

夫々10 burners を備え, 燃料は bunker C Oil 常時3炉稼働, 現在は1炉予備としている。

- Boiler は 30,000 lb/H (13.5 T/H) の design だが 45,000 lb/H (20.3 T/H) で運転している。スーパーヒーターチューブにアルゼンチン製品を使用しており, これのトラブルが多い。

◦ Reverb への total change の10%は reverts であるが cold dope の積置がなくなれば(1976年予定)これは減少する。

- Oil consumption 0.9 バレル/T solid  
(143ℓ/T Solid)

◦ 人員 6名/Shift Force

#### ④ 転 炉 B (Converter)

- 13' D × 35' L (13' × 30' より拡張) 羽口 52本 × 2' ..... 5基
- 13' D × 35' L 1基新設中

現在は1基 repair 4基稼働

- Gospe puncher 2基備えているが将来全転炉に備える予定。
- silicaは転炉のみにフードより装入し反射炉には加えない。  
フラックスのSiO<sub>2</sub>品位は65%
- 転炉にはcottrell及びAcid Plantはない。
- 吹込風量 25~35 ctp cf / min  
chuquiのpressure= 540 mmHg  
吹込圧力は17 psig
- Blower 28,000 ctp/min × 5台
- Anode scrapの50%を処理しているが,cold dopeの処理が終れば100%処理出来る予定。
- 作業員は
  - ハンドパンチ 4名/炉
  - gaspe 2名/炉
- Grane 100 st × 3基
- 転炉の吹き方
  - ladle 325 cft, 20 T matte/ladle
  - 1. 4 ladle of matte 15 Hr Blow
  - 2. 3 ladle of matte 2.5 "
  - Cold dope 40 T
  - 3. Copper blow 3 Hr
  - 100 T copper/Finish
  - 2.3 Finish/day
  - actual blow timeは全時間の73%と言っている。
- Converter キャンペーン 20,000 T Blister
  - 煉瓦 Cr-MgO direct bond
  - 羽口 sch 80, mild steel

⑤ Anode Section

- Anode Furnace      200 MT / charge × 3 炉  
                                 holding furnace 3' × 27'    1 炉
- Casting wheel      2 基, mold    26 面  
    Out-Kump weigter を1 炉に備えてあるが, 将来全炉に設置したい。
- Out-Kump weigter による重量のパラッキは340 Kg (電解では360 Kg と言っていた) に対し±3 Kg と非常に小さい。manual casting では±10 Kg である。アノード厚みは30~40 mm で落下防止の為, 下薄のくさび型としている。
- Casting rate      40~50 T/H である。
- 還元はディーゼルオイルと蒸気で行っている。
- Anode 生産量      850 T/D      (1975年7月実績)

⑥ 分析値

	Conc.	Matte	R-Slag	C-Slag	Anode
Cu	40	50	0.7	2	99.6
Fe	17	20	35	42	
S	25	25			
SiO <sub>2</sub>	4~6		33~34	26	
CaO			7		
As	0.8~0.7				0.08~0.1
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>			3	12~13	
Ins	7				
O <sub>2</sub>					0.3%
S					0.0025
An					1.1 g/T
Ag					380~400 g/T

1.4. Refinery

① 概 要

tank house は2棟あり

1915年 electrowining 用として start

1956年 refining 用に変えた。

384 cellあり16 cell/circuit構成である。

№2. 1969年にstart 800 cell内160 cellはstarting sheet用である。

② 操業 data

◦ 環流量 4.5 gal/min cell (17 ℓ/min cell)

◦ 液温 commercial cell 50~63℃

◦ 液組成 Cu 45 g/ℓ

FA 200

As 4~6

Sb 0.1

Ni 0.3

Cl 0.03

◦ 浄液 唯一のimpurityはAsであり、5 g/ℓにおさえるようにしている。棄却量は脱銅後600 T/Mである。

◦ Additional reagent

	glue	BTI (アクリルアミド)	チオウリア
CC	24g/T-cathode	11g/T	
SS (種攻槽)	300g/T-cathode		52g/T

◦ Circulation head tank 方式

◦ pitch 104 m/m

◦ life anode 28日 cathode 14日(140~150kg)

◦ 電流密度 通常170~180 A/m<sup>2</sup>だが現在は160 A/m<sup>2</sup>

◦ cell voltage 0.20~0.25 V/cell

◦ アノード, カソード数

	№1	№2	SS
cathode	49	51	48
anode	48	50	49

◦ 電流効率 92~94%

◦ 電力消費量 DC Base 200 KWH/T-cathode

◦ cell lining Pb - Sb

- cathode 洗浄            1) 温水    2) Steam
- cathode 品位            Cu : 99.97    Ag : 2~3 ppm
- Starting sheet dimension  
1254mm L × 914mm W × 0.7mm T    6~7Kg
- Starting sheet preparation  
母板    グル-グつきの Cu Blanks  
Striping            Manna  
rolling以降    スウェーデン製 (Weverk-Karlstad) の machine    3台  
700 sheets/H の能力
- Anode Slime は脱銅, 焙焼工程を経て Au-Ag Alloy (Au 0.5%, Ag 98.8%) とし  
Ingot で外販する。  
焙焼工程から回収された Se slime は日本に輸出する。
- Slime 生成            1.7Kg/T - cathode

◦ Slime 品位

	脱銅前	脱銅後
Ag	166Kg/T	340Kg/T
Au	0.5 %	0.9 %
Se	5%	10%
Cu	25%	13%

③ Wire bar casting

- Shaft 炉    1基  
70T/H の設計であったが sea level での計算であった為 chuqui level  
(3000m) では 50T/H しか出ない。  
燃料    naphtha    オクタン価 60  
casting    4 pockets mold で 50T/H
- 反射炉    2基    400T/charge  
燃料    Bunker C oil & ディーゼル (還元後)  
casting rate    65~70T/H with two ladles
- 反射2炉の内1炉は anode scrap 熔解にも使用する。但し anode scrap からの

anode は電解で current efficiency ( 80 ~ 85 % ) 低いとその原因がわからな  
いと言っていた。

◦ Wire bar 品位

O<sub>2</sub> 220 ppm

As 2 ~ 3 ppm

1.5. 全般的な印象と問題点

① Smelter

◦ Mine 及び Refinery の能力に対し, Smelter の能力が不足していることは明らかで  
あるが, 単に能力不足だけでなく操業管理面でも両部門に対し著しく劣っている様に見  
受けられた。

能力については将来 concentrate 品位の低下が見込まれており, これは更に能力低下  
をもたらすもので将来計画の大きな point となる。

◦ 現状能力についてはボルトネックは転炉工程と反射炉ボイラーにある様であり, ボイラ  
ーについてはスーパーヒーターチューブに問題がある他, 元々の能力不足もある。しか  
し乍ら出発前に調査していた数値 ( new charge 出 Cu 650 ~ 750 ST/D ) に比  
べると '75 年 6 月, 7 月には Cone 出 Cu 830 MT/D は実績として出ておりかな  
りの前進をしている事は確かである。

◦ Smelter の責任者 Pasut 氏 の話では, 現在計画中又は建設中の設備, 即ち転炉 1 炉  
増設 ( 合計 6 炉にし常時 4 炉以上使用 ) mechanical punching machine の全炉への  
設置 ( 現在 2 炉のみ )。反射炉ボイラーの改造, 転炉クレーンの増設 ( 3 台 → 4 台 ) が  
出来れば, 1000 MT/D に出来ると見ている。この数値は現在の matte 品位 50 %  
Cu で公害規制のない現状では充分可能な数値と思われる。この点に関してはもう少し  
実績を見た上で更に詳細な調査を要する。

◦ クレーン増設については CODELCO 内部でも疑問とする意見もあり, 必要があれば  
詳細な調査と日本での経験からその必要性を検討する事が出来る。

◦ ボイラーの改造については既に三菱金属がある程度の調査報告をしているが, 実際の設  
計建設も日本のメーカーは充分な経験と実績を持っており信頼出来る。

◦ 操業管理面での第一の問題は現場がきたない事である。bedding yard での鉱石の飛  
散はその設備の古さや乾燥した気候を考慮しても特にひどい。日本の各製錬所では小型

の sweeping machine 等を使用しており、これを使い事は有効である。

第二は Cu の実収である。Smelter の実収率は 90% 程度と言っていたが、Concentrator 部門の出鉱量と Smelter の受入量に多い時は 2,000 T/week の差があると言っていた事からしてもかなりずさんな数値であろう。山元製錬所であるから Custom smelter である日本程神経質になる必要はないにしても、このずさんさは鉱石飛散、引いては実収率への無関心となっているのであろう。因に日本では Cu についての Material Balance がとられており、短期的にはばらつくが、長期的には 96% 以上の実収率と見られておりその差は大きい。これ等については日本の製錬所を見る事が最も有効である。

なお、Chuquicamata と Santiago との間は距離の遠さもあるが、意志のそ通は良くない様に見受けられた。今後接触する際注意すべき点である。

## ② Refinery & Wire Bar

- 全般的にまあまあの操業をしている。カソードの形状も悪くない。アノードの長さは世界最大であるため種板の平滑化には特に注意が必要であり、Embossing machine の設置を検討すべきである。高電流密度操業に関心を持っているが、anode 中の不純物の少さから見ても PRC は導入しなくてもかなりの高電流操業が可能であろう。
- 電解液の purification , 硫酸の回収その他について情報の提供を約束した。

## 1.6. 将来計画とその問題点

- ① ◦ 開発部門の Bannach 氏及び Vilavella 氏の話は Smelter の責任者。Pasut 氏と現状認識に於てかなりの食い違いがあった。これは Smelter の実績が最近著しく向上しているのに対し、将来計画には最近のこの実績は考慮されていない為と考えられる。従って将来計画はもう少し現状能力がはっきり把握されてから練り直す必要がある。我々の印象では現有設備及び近い将来計画されている改造後の能力は Smelter 側の見方が方が正確であると感じた。
- 改造後の能力は Smelter 側の見方がの方が正確であると感じた。
- 開発部門側の持っている将来計画（先方の説明）  
現 Smelter は後に述べる改造に止め、Smelter 能力の不足と Concentrate 中の Cu 品位の低下に対しては、現 Smelter の近くに新 Smelter を下記の理由により新設したいと云っている。



- i) 建設による生産の減少をさける。
- ii) maintenance cost の問題
- iii) 現 Smelter は古く fuel cost, labor cost が高い。
- iv) 現 Smelter の site は広くない。
- new Smelter には Flash 炉を建設することになっている。これは Flash と Noranda の 2 法を検討した結果下記の理由により決めたものである。
  - i) oxide ore の増処理の為 acid の増産を要する。
  - ii) 現在 Chuqui で行っている elemental S からの acid 生産は cost が高い。  
(\$50~60/T)
  - iii) 現 Smelter からの acid 回収は前述の通り、改造時の生産減少から実施したくない。
  - iv) fuel (Banker C) の値段は \$137/T と非常に高い。
  - v) 労働力が少なくてすむ。現状 800 名が 100 名で良い。
  - vi) 必要 acid 量は Flash 炉だけから回収すれば良く Acid Plant が小さくてすむ。
  - vii) Flash 炉の unit capacity が大きく経済的

## ② 現 Smelter の問題点と将来計画の関係

### <開発側説明>

- Concentrate の生産能力は 3600 T/D まで増加する。
- Dryer は 2200 T/D と能力が低い上、風と handling による loss が多い。
- 反射炉は 4 炉で装入精鉱 2000 T/D の能力しかなく、lay out 上 (鉱石運搬のはん雑さ) matte 量の 10~15% を反射炉に繰返している。(現物では matte hole の位置替えて改善されつつあった。)
- 精鉱出 Blister は平均 650 T/D であり (現物 side は 830 T/D の実績を最近 2 ヶ月続けている)、現在外販している鉱石も含め 1000 T/D まで上げたい。
- 従ってこの差 350 T/D を現設備の改造と新 Smelter の建設で考える。
- 一方 精鉱中の Cu 品位は現在の 43~45% から 1985 年には 35~32% 以下に見込であり new Smelter の設計はこれも考慮する必要がある。

### ③ 現 Smelter の改造

#### <開発側説明>

- No. 4 crane の新設
- No. 6 converter の新設 (現在建設中)
- 反射ボイラー  
No. 4 に 1 缶新設
- mechanical punching machine の全炉への設置
- 酸素の利用 200 T/D により, capacity は 850 T/D 精鉱出 Cu の能力となるであろう。(現在は酸素利用せず 1000 T/D)
- なお現在たまっている cold dope は 1976 年には処理が終了する見込みである。

④ 精鉱品位の低下と現 Smelter 改造及び新 Smelter 計画

	1975	'76	'77	'78	'79	1980	1985	1990
精 鉱 Cu	43%					37.5	31.2	25.2
S	25					35	36	38
Fe	17					20	24	27
SiO <sub>2</sub>	5					7	7	7
Cu production in mine	1000T/D							→
Existing Smelter								
No.4 Reverb boiler稼動								→
No.1 ~ No.4 O <sub>2</sub> 使用								→
No.6 Converter稼動							→	
全転炉でのmechanical稼動								→
New Smelter稼動 1 Flash F'ce, 1基 3 Converter 3基								→
Capacity Cu T/D								
Existing	(830) 650			※1 (1000) 850		740	615	490
New smelter						485	404	320
Total	650			850		1225	1019	810
Acid	400T/D	※2				750		

( ) : 現場側数値, ※1 精鉱品位現状として, ※2 elemental S から製造

⑤ 将来計画の問題点

○チリ側は最初から反射炉法は捨て Flash 炉 と Noronda 法の比較から Flash 炉に決定したと言っている。しかし、公害規制が将来とも考えられない Chuquicamata に於ては反射炉法の経済的な有利性は失われるものではない。input S の 60% 以下の回収なら反射炉法でも充分経済的であり、これは彼等の必要とする硫酸量を充たす量となる。

Chuquicamataに於けるエネルギーコストは

Banker Oil                    ¢ 187 / T

Electric power                ¢ 7 ~ 8 / KWH

と非常に高いものであるが、反射炉ガスを大気放出出来る場合には total エネルギー cost の差は生じないであろう。

- もっとも開発側の計画にある様に必要能力が 精鋳出 Cu 485 T / D (精鋳 40,000 T / M) であれば unit capacity の大きさからして自熔炉の有利性は相対的に増す。
  - 現状, Smelter の capacity を開発側は過少評価している憾みもあり, これを正確に把握した後慎重に検討する必要がある。
  - これらに関しては夫々の方式の経済性の検討から建設, 操業指導まで日本は十分な能力がある。しかし, Potrerillos の項でも述べるように CODELCO 全体から見ると Chuquicamata に新 Smelter 設置が妥当かどうか問題がある。むしろ臨海製錬所の方が将来性は大きい。
- 尚開発側は酸素の利用の考えもあるが電力費の高さからみて経済的とは思えない。

## 17. 開 発 関 係

Exotica 鋳石の leaching-electrowinning による cathode は品位と形状の悪さから, 従来 Cu-alloy 用にある程度値引きして販売していた。これに solvent extraction (Lix-64N 使用) を応用して不純物の除去をし, electrolytic refined cathode 並の copper を産出する中規模テストを実施している。カソードの形状は優れたものが出ていた。

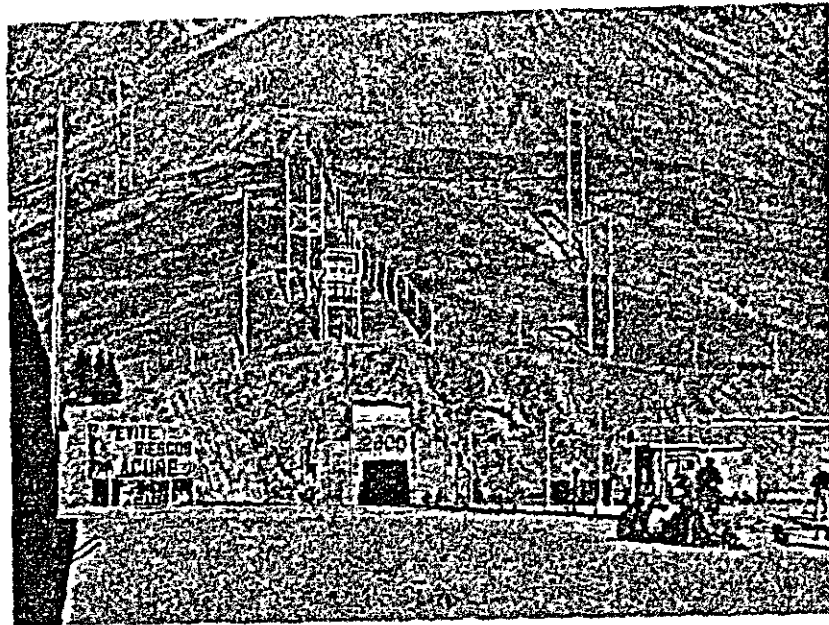
## 1. Potrerillos 製錬所及び El Salvador 鋳山

### 2.1. 概 要

- ① Potrerillos Smelter は 1927 年生産を開始した。当初隣接する Potrerillos 鋳山の鋳石を製錬したがこれは 1950 年代に枯渇し 1959 年からは El Salvador 鋳山の concentrate を処理し現在に至っている。

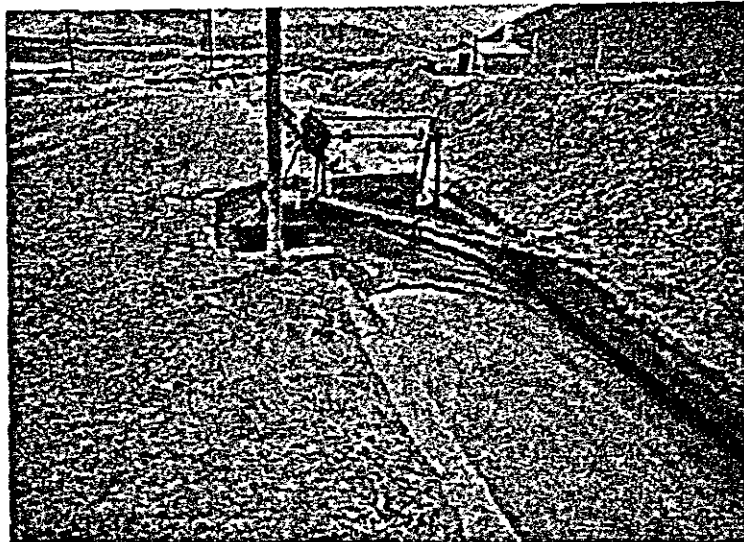
Potrerillos の Smelter と Refinery は標高約 3,000 m で 鋳山 と concentrator のある El Salvador (標高 2600 ~ 2500) とは深い谷を隔て直線距離で 40 km の位置にある。concentrate は 50% solid の slurry で 6" φ パイプにより

25 kmはなれた Lianta (標高1600 m) に輸送され、タンク貨車に積み込まれる。タンク車はディーゼル機関車で距離約60 kmの Potrerillos まで輸送され Filter で脱水後 Smelter で処理される。この concentrate の輸送は重要な問題点である。Potrerillos における Smelter の能力は Chuquicamata, El Teniente とは対称的に El Salvador の concentrate 産出能力より大きく、Chuquicamata の 鉱石を約 2,000 T/M 処理している。

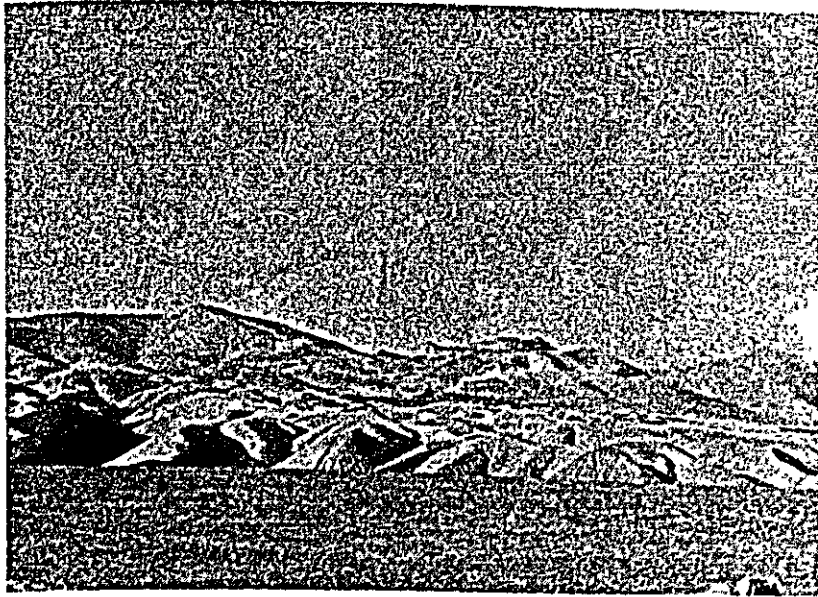


El Salvador 鉱山

2600 m レベル坑道入口



Lianta. における自然流下浮選回収



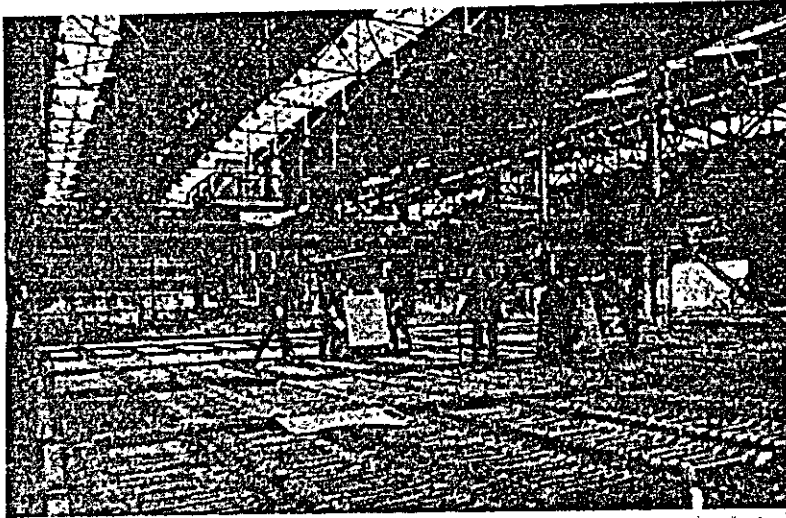
Potreriillos 製錬所写真



転炉ヤード

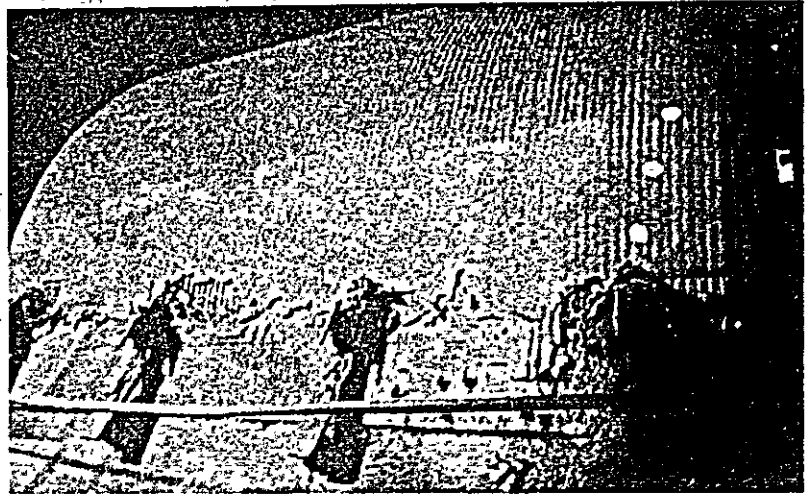


アノード



電解中のカソードの  
曲りの叩き直し

② Location と Lay out は図1および図2参照



精鉍フィルター

## 2.2. 鉍 山

- 人口は、El Salvador 人口 20,000 人 従業員 鉍 山 1,800 人  
選 鉍 300 人  
その他 2,100 人

Potreriillos 人口 8,000 人 内従業員 1,500 人

- 23,500 T/D の粗鉍を産出し (Cu 1.15%, Mo 0.026%)

採掘現場から concentrator 迄 8 Km のトンネルを貨車で輸送される。

- Cu-Concentrate 500 T/D Cu 約 46%

Mo-Concentrate 6/D Mo 約 57% (実収率 70%)

を産出する。

- 選鉍での Cu 実収は 81~82% である。

- tailing は Llanta 迄 4~5 時間かかって流れ降りて行くがこの間自然に Cu

Fig 1 Location

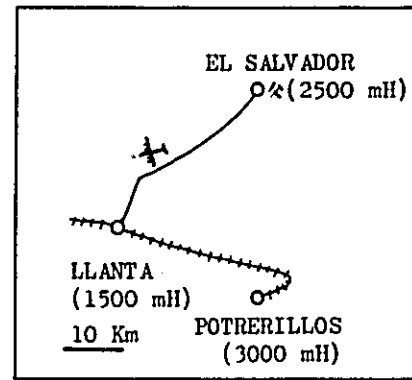
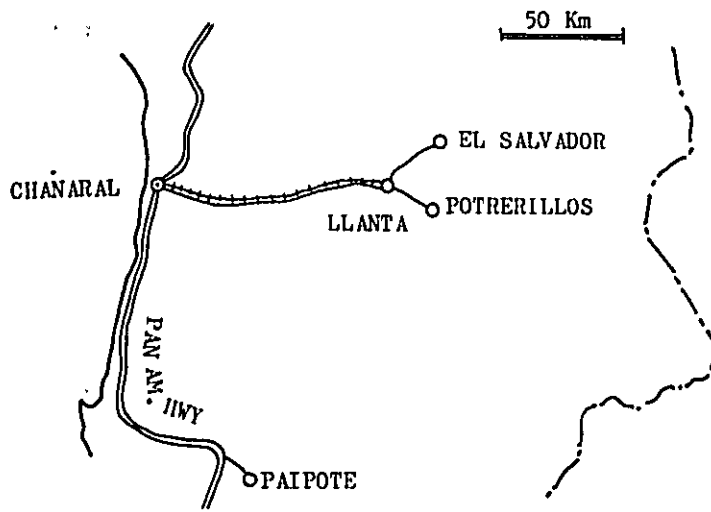
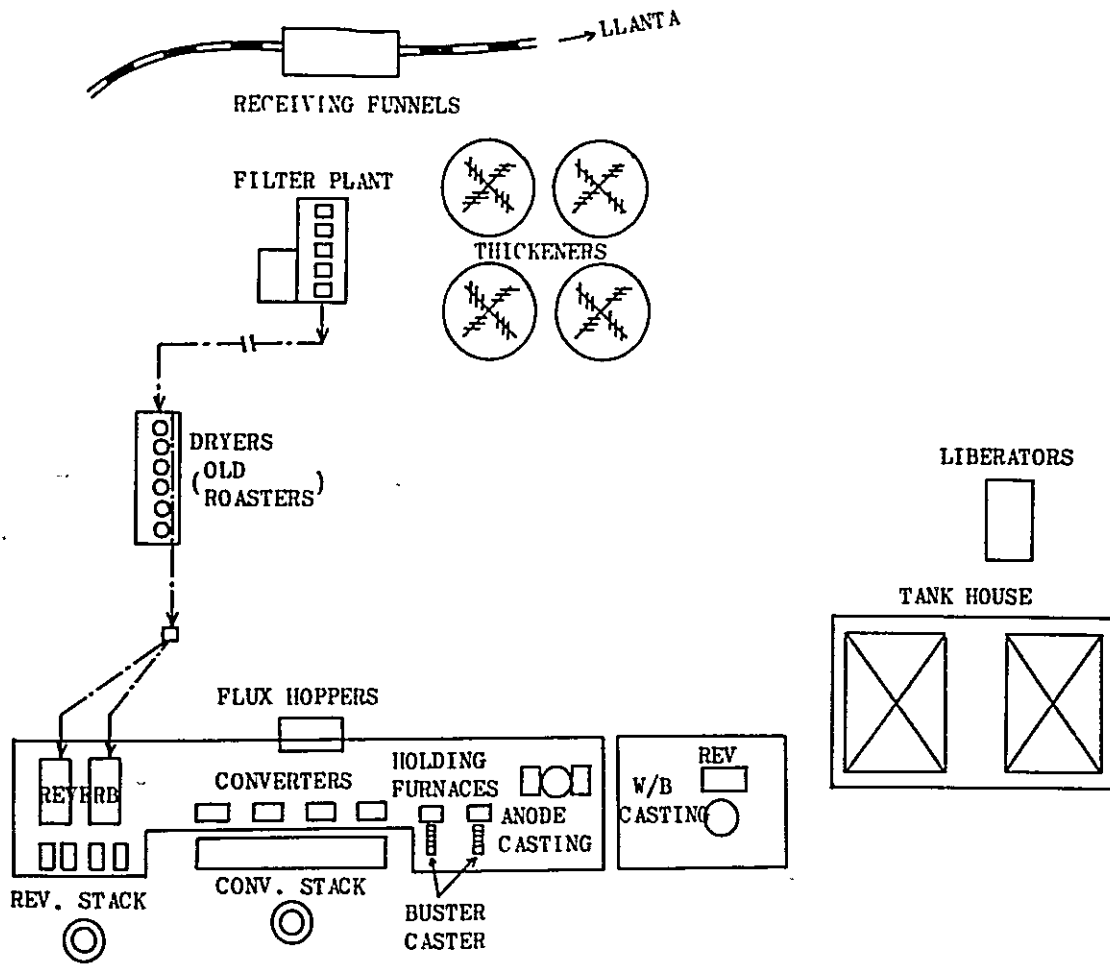


Fig 2 Layout





concentrate が浮く為 Lianta に於て更に concentrate 2,000 T/M (Cu 約 20%) を回収している。これが約 5% の実収に相当する為 total 実収は 86~87% となっている。tailing 中 Cu 品位は El Salvador で 0.22% Lianta では 0.17% となる。更に下流ではこの tailing から concentrate を回収する private floatation plant がある。

流下中に何故浮いてくるか定かでないが、

- I) 表面がこすられて浮く。
- II) 流れながら reagent と反応する。

等の理由ではないかと思っている。Lianta ではパイプ輸送された slurry を 2 本の slurry bin に受け入れここで水分を over flow させ、Conc 中水分 25%~30% とし、日に 3 回貨車輸送する。over flow は沈殿池で concentrate を沈降させた後放流している様であった。

- 1959 年から今日迄 116 百万 T を掘ったがあと 150 百万 T が確認されており、15 年は大丈夫である。
- 水はアンデス山脈から 48" φ パイプラインで引いている。(流量 45,000 m<sup>3</sup>/D)。
- ポンプは使用せず自然流下している。

- 電力は海岸の Barquitos の火力発電

32,000 KW	
ディーゼル	20,000 KW
ガスタービン	23,700 KW

から約 90 Km を送電される他、鉱山に水力 3200 KW と Emergency 用にディーゼル発電機 3,000 KW を持っている。

- worker の平均賃金は 1,000,000 E (約 50,000 円) でこれは El Teniente の 40% 増しとなっている。Chuquicamata は同じく 35% 増して、これは砂漠手当と言ったものようだ。

## 2.3. Smelter

### ① Filter Plant

- Thickner 30m φ × 4m Depth × 4 基
- Oliver drum filter 5 基・内 1 基使用  
4.3 m φ × 3.7 m L

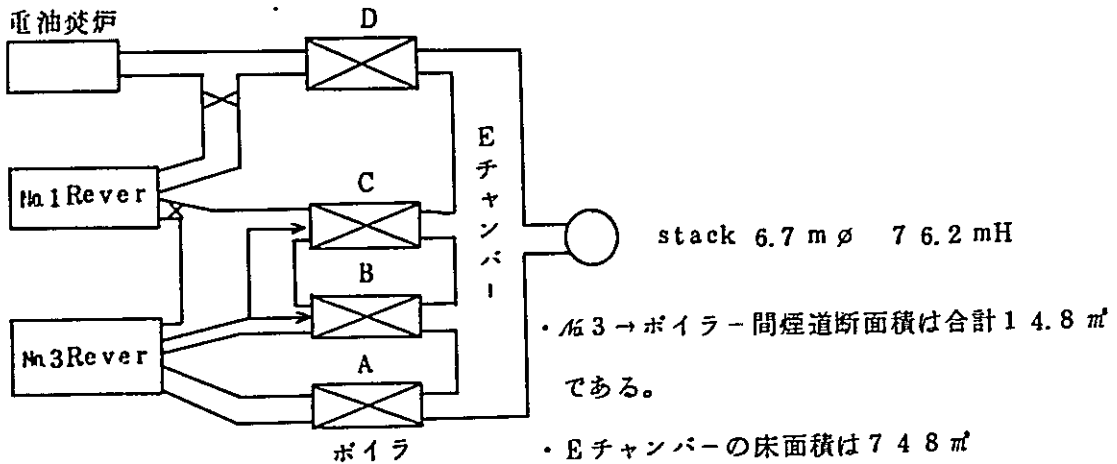
30%  $H_2O \rightarrow 13 \sim 15\%$  に脱水する。

② Dryer

- 6.7 m  $\phi$ , 5段Wedge型の roaster  
7基のうち2基を使用 能力800 T/Dである。
- Oil 消費量は 2.33 gal/MT of Con C  
( 3.8  $\ell$ /T Con C)  
14%  $H_2O \rightarrow 7\%$   $H_2O$  に乾燥する。

③ Reverboratory F'ice 2基

- No.1. 能石ア-チ天井 115'  $\times$  21' (stand by)  
( inside brick)
- No.3. basic 吊天井 105'  $\times$  24' 使用中  
( 1961年に建設 ) ( inside brick)
- ボイラーは1926年建設のもので非常に旧式で次図中 B・Dのみボイラーとして使用しているがA・Cはチューブを取り除きチャンバーとして使用している。
- Dは emergency 用の重油ボイラーとして使用している。見学当日はBボイラーは故障で動いていなかった。



- 彼等は新しいボイラーの設置を考えているがスペースの関係と、建設中に操業を down させたくないとの事で決めかねている。
- 反射バーナーは12本で6本ずつ上下2段に設置されている。
- Joy 製の Mud Gun を持っているが spare parts がなく現在使用していない。

④ Converter

- 12' φ × 26' L 4基
- 羽口 1 1/2' 36本(3基) 3本(1基)
- パンチング manual

- Crane 75 st × 2台

Layout に見る如く Reverb, Converter, Anode F'ce が1つの建物内にある為 crane は Reverb F'ce から anode casting 迄を完全に cover している。matte ladle や slag return ladle は反射炉の上を越して運搬されている。

⑤ Anode section

- Anode F'ce 4 m φ × 7.6 m L 2基
- 羽口 1 1/2' 2本

羽口はタップホール側にあり鑄造中は粘土でふさいである。

還元 ディーゼルオイル + 蒸気

Oil 使用量 10 gal / MT of Anode  
(37.8 l / T - anode)

Casting wheel 10.7 m φ 26 moid

Casting rate 2.9 MT / H

Anode 重量は 9.27 L × 7.30 W × 3.8 T, 200 kg と称しているがかなりのばらつきがあり、彼等は Outokumpu の weigher を導入したいと言っていた。形状も良くない。

⑥ 操業 data

1975 / 1 ~ 6 月平均月当り

El Salvador, Llanta 精鉍の処理	18,700 ST / M
Chuquicamata 精鉍	1,200
石灰石	1,200
繰返物	1,600
Silica	500
Total solid Charge to Reverb	23,200
燃焼率	37.5 gal / T - charge
耐火物使用量	0.9 kg / T - charge

転炉での Blister 生産量	9,300 T/M
" Flux 量	4,700 T/M
Anode 生産量	8,200 T/M

⑦ 分析値

◦ Concentrate

	Ins	Cu	Fe	Mo	S	As	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
El Salvador	3.8	46.5	16.2	0.16		0.26		
Boca Ancha	24.9	24.0	18.2				6.2	
Chuquicamata	7.0	39.5	17.5		22.9		19	4.9
◦ 繰返物		35.3	19.5		8.7		3.7	16.7
◦ 石灰石	CaO	46.1		SiO <sub>2</sub>	10.5			
◦ Silica	SiO <sub>2</sub>	82.3		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.1			
	Cu	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fl <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		
◦ Matte	53.0	19.8	21.3			2.6		
Rev.Slag	0.55	32.0	0.5	33.0	10.8	3.1		
Conv.Slag	4.3	40.3	0.8	25.0	0.6			
Anode	Cu-99.73%		Ag-112 g/T		As-5.1 g/T		As50.04%	

2.4. Refinery

① 概要

電解工場は1936年 electrowinning 用に建設された。1964年に electrolytic refining に切替えられたものである。従って設備は非常に古い。

② 設備仕様及び操業条件

能力	6300MT/M
Commercial cell	850 cells
Anode	31枚
Cathode	32枚
ピッチ	95m/m
電流密度	215A/m <sup>2</sup>
環流量	14ℓ/min·cell
* 効率	90%
液温	58~60℃
Anode life	20日
Cathode life	10日~11日(77Kg)
Anode scrap ratio	24% to anode
Additive Reagent	Glue + Separan
Purification	liberator tanks
(40 m <sup>3</sup> /day を liberator に送り, 40 m <sup>3</sup> /月 を脱銅後砂漠に棄却する。)	
Starting Sheet cell	68
Anode	25枚
Cathode	24枚
Starting Sheet Preparation	Manual
電流密度	166A/m <sup>2</sup>
Slime	10T/M(Sent to Las Ventanas)

2.5. 電解液組成

Cu 44g/ℓ    As 4~5    Ni 4.2    Fe 5.4    F.Acid 200~210  
 Sb 0.012

◦ Wire Bar Section

Reverb F'ce                      182MT/charge  
    10.2ML×3.6MW×2.3MH  
 Fuel                                熔解時 Bunker C Oil

還元	Casting時 ディーゼル Oil
Casting wheel	ユ-カリ材
Casting rate	Clark型 1基
生産能力	50~70MT/H
	4000MT/M

## 2.6. 全般的な印象と問題点

- ① 所長との discussion でも出てきたが大きな問題点はむしろ concentrator 側（能力と Cu の実収）及びその輸送にあり、Smelter, Refinery は能力的には余裕がある。しかし、Smelter, Refinery は旧式の上老朽化している。CODELCO 全体の mine と Smelter の能力のアンバランスを考えると、海岸地帯に新大型製錬所を建設する事は有効であり、必然でもあると言える。

この場合、Potrerillos はスクラップアンドビルドの第一候補であろう。

かつて、El Chanaral に、銅 200,000 T/Y の新製錬所建設の構想があったようだが、現式 CODELCO は、当面 Potrerillos の操業を続行する考えと見受けた。ここでは僻地であるための労働事情から、省力化の意欲は比較的強い。

### ② Concentrator, Filter Plant

- Cu の実収が低く Llanta で、二次回収をしている現状は問題である。実収率の低い原因の一つは、粗鉱中に含まれる酸化銅（一部は採掘時 0.07 % の酸化銅が浮選終了後粗鉱品位換算 0.17 % になる）の浮選が出来ていない為であるが、これらに関しては日本の専門家との情報交換が有効であろう。

- Concentrate の輸送では、Llanta から Potrerillos 迄の鉄道輸送の maintenance 及びエネルギー cost が高い。400 万 T・Km/M の輸送能力のうち 189 万 T・Km/M 銅精鉱の輸送で占められている。

これに関しては、チリ側の持っている構想のうち Llanta に Filter Plant 及び dryer を設け水分 7 % までにして鉄道輸送する方式が有効で、設備はチリ国内（例えば Rio Blanco）に優れた物が設置されており、特に日本から提供する情報はない。ただ、Filter Plant の操業は良くなく、日本での操業を見る事は有益であろう。

- Concentrator の自動化、省力化についての希望もあるが、チリ国内でも優れたものがある。(Rio Blanco)

### ③ Smelter

- dryer については、現在 27 名で旧式の Wedge roaster を稼働しているが、Rio Blanco 鉱山では rotary dryer を使用し 9 名でやっている。Vega 氏も、是非この方式に変更したいと言っていた。
- エネルギーコストは、fuel、電力とも高く、反射炉にボイラーの新設を考えている。ボイラー新設の場合は日本の技術は優れたものであり、提供できるが、この Smelter の将来性や、space のせまさからくる設置の困難性を考慮すると経済的に有効かどうか問題がある。

エネルギーの節約では、むしろ anode weigher の設置によるバラッキの減少及び Anode 重量の増加による anode scrap の減少による Anode F'ce の燃料節減等は簡単にできるところである。(現在は、anode scrap の半量を Anode F'ce で熔解している。

### ④ Refinery

starting sheet の embossing machine、電解液の heat exchanger、NiSO<sub>4</sub> と硫酸の回収、電解液の purification に関する情報提供の希望があり提供を約束した。

## 2.7. 将来計画

彼等は、特記すべき将来計画は持っていない。しかし前述の通り Potrerillos を廃止し、臨海大型製錬所の建設は近い将来必ず出てくる問題である。この場合、Chuquicamata で考えられている新製錬所の鉱石も、海岸まで精鉱でパイプ流送し新設製錬所に輸送することが望ましいのではなかろうか。

日本の技術は、設計、建設、操業のあらゆる面で提供できる。

## 3. Caletones 製錬所および El Teniente 鉱山

### ① 概要

- 鉱山は 1905 年の操業開始で、現在の確定埋蔵鉱量は 4 千万トン (Cu 量) であり、2 万トン Cu/月の採掘を続けるなら向う 200 年に近い life があるという。
- 製錬所は選鉱場 (Colon) の下流 3 km の Caletones にあり、1922 年の操業開始である。

○ 1968～1971年にかけて当時の所有者 Kennecott の手により酸素製錬法による大増産計画を行なった。結果は思わしくなく、日本鉱業(株)からも技術援助を1971～72にかけて行ったが、計画自体にかなりのむりがあり、結局酸素製錬法を放棄し、増産達成の手段としてグリーンチャージの反射炉を作り、現在に至っている。

○ 現在の生産量は19,000t/月で、これを設備、操業の改善により21,000t/月(公称28万ST/Y)に上げたいとしている。

電解精製設備はなく、約7000T/月 fire refined-Cu としてヨーロッパへ出荷、残りは blister でヨーロッパ、日本、Las Ventanas へ出荷している。

② Location と Layout は図1および図2参照

③ 酸素製錬計画

計画とその失敗した理由については、

#### General Description of the El Teniente Smelter

After the Expansion Program 1973

S.Riveros and F Pino

に報告されているので、これに今回の調査で得た事項を加え要約しておく。

a) 酸素製錬以前の設備と操業 (注:○印内は設備数)

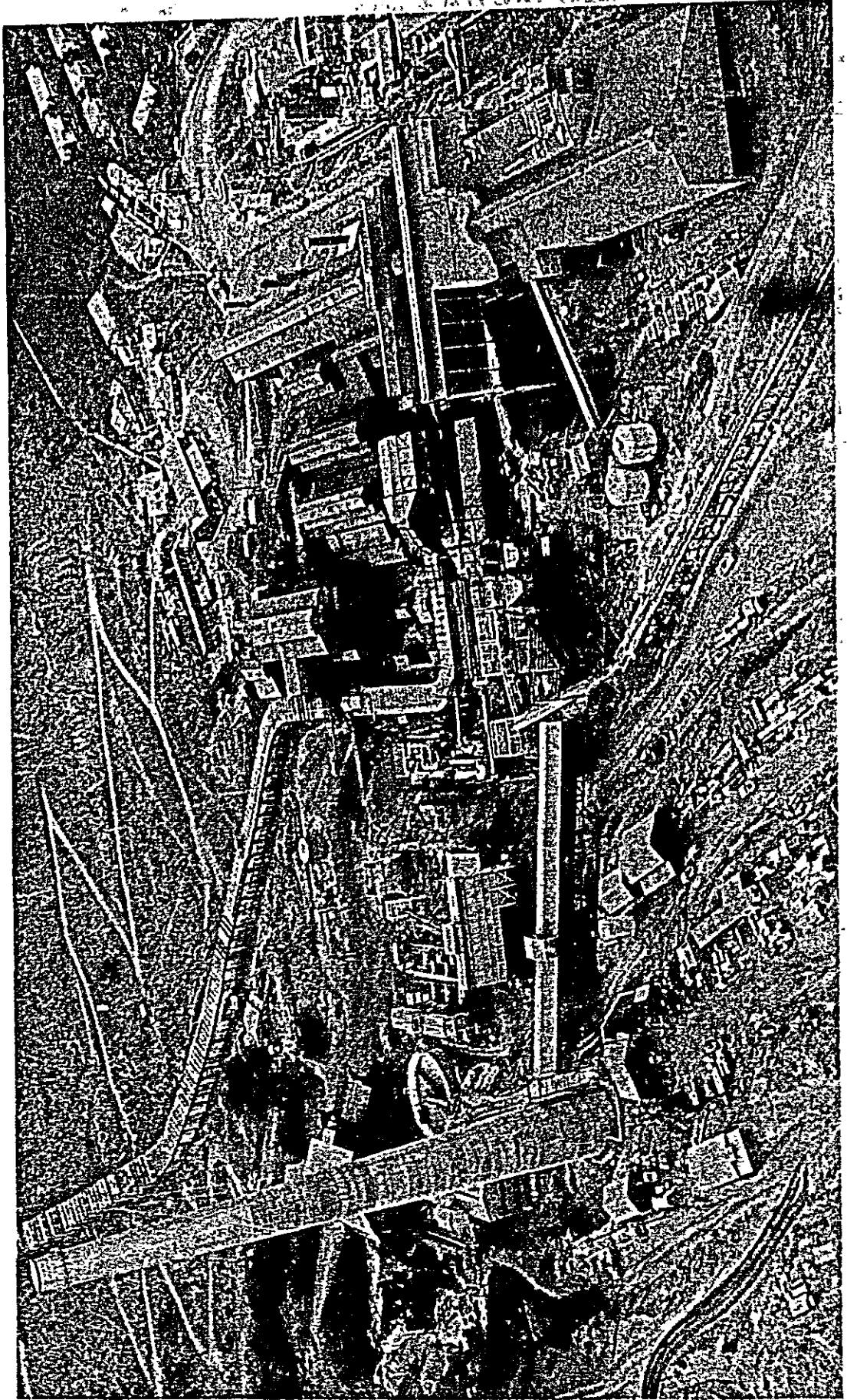
焙焼炉	⑨ 22'6"φ×7段 250st/日台
反射炉	②/① 115'×28' basic 1110st/日 326日/年 ②/② 115'×24' acidic 690 " 285 "
転炉	④13×30 2'×41
クレーン	④40t, 45t
保持炉	②120st/回・炉
Fire retining 炉	②240st/ "
鋳造機	③
処理鉱量	1600st×27日=43,000st/月(Cu=38.1%)
生産量	blister 100,000st/Y 7,500t/月 fire refined Cu 80,000 " 6,000 "

b) 酸素製錬計画

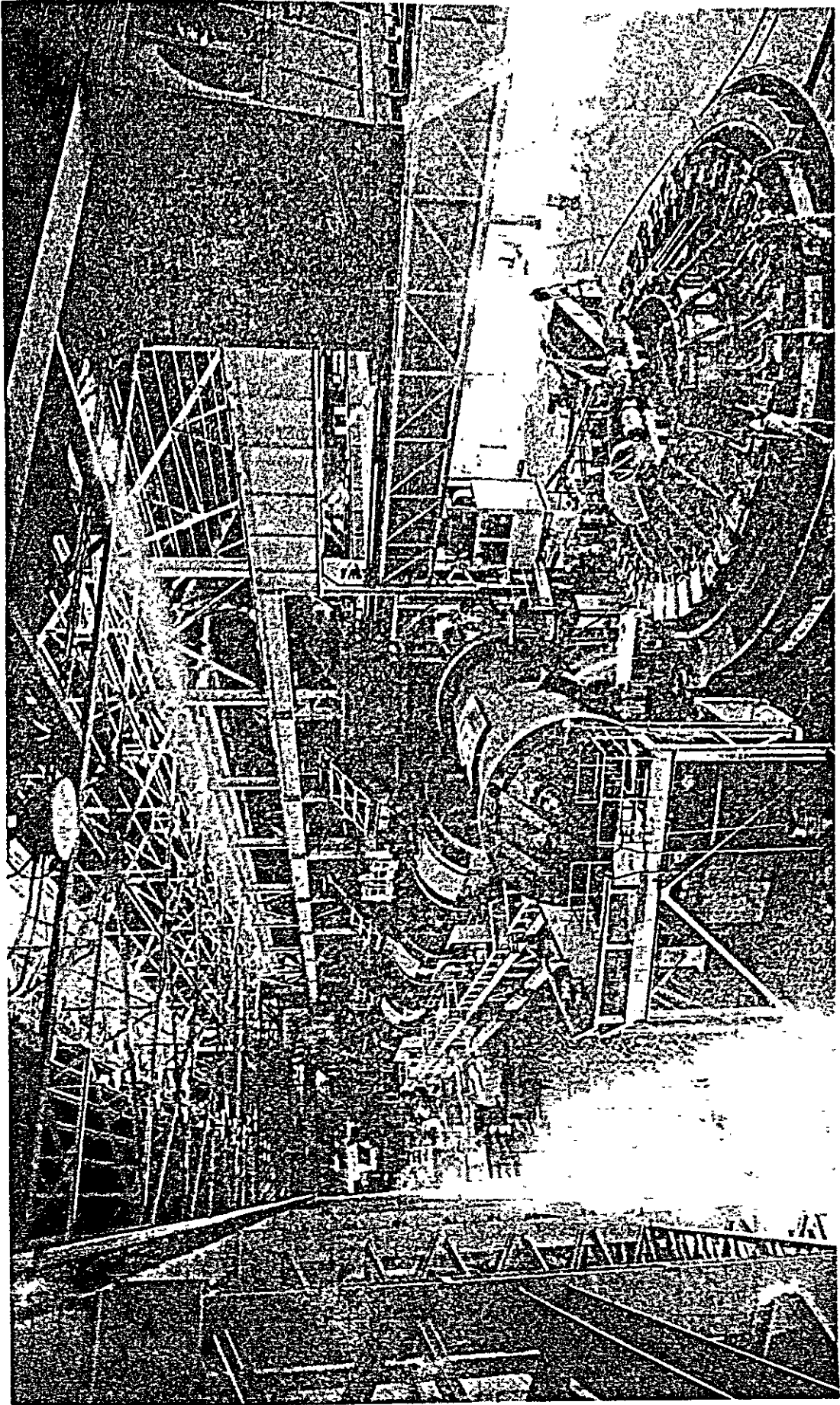
主な増設設備は次のようなものであった。(35百万ドル)

フィルター ⑧ディスクフィルター





Caletones 製鍊所全景 (CODELCO 提供)



Caletones 型鋼所転がし - F (CODELCO 提供)

Fig 1 Location

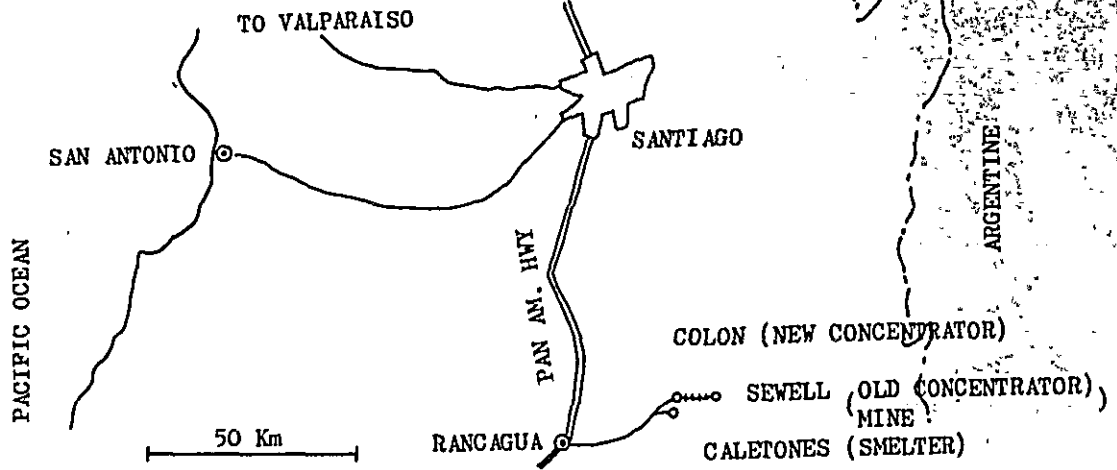
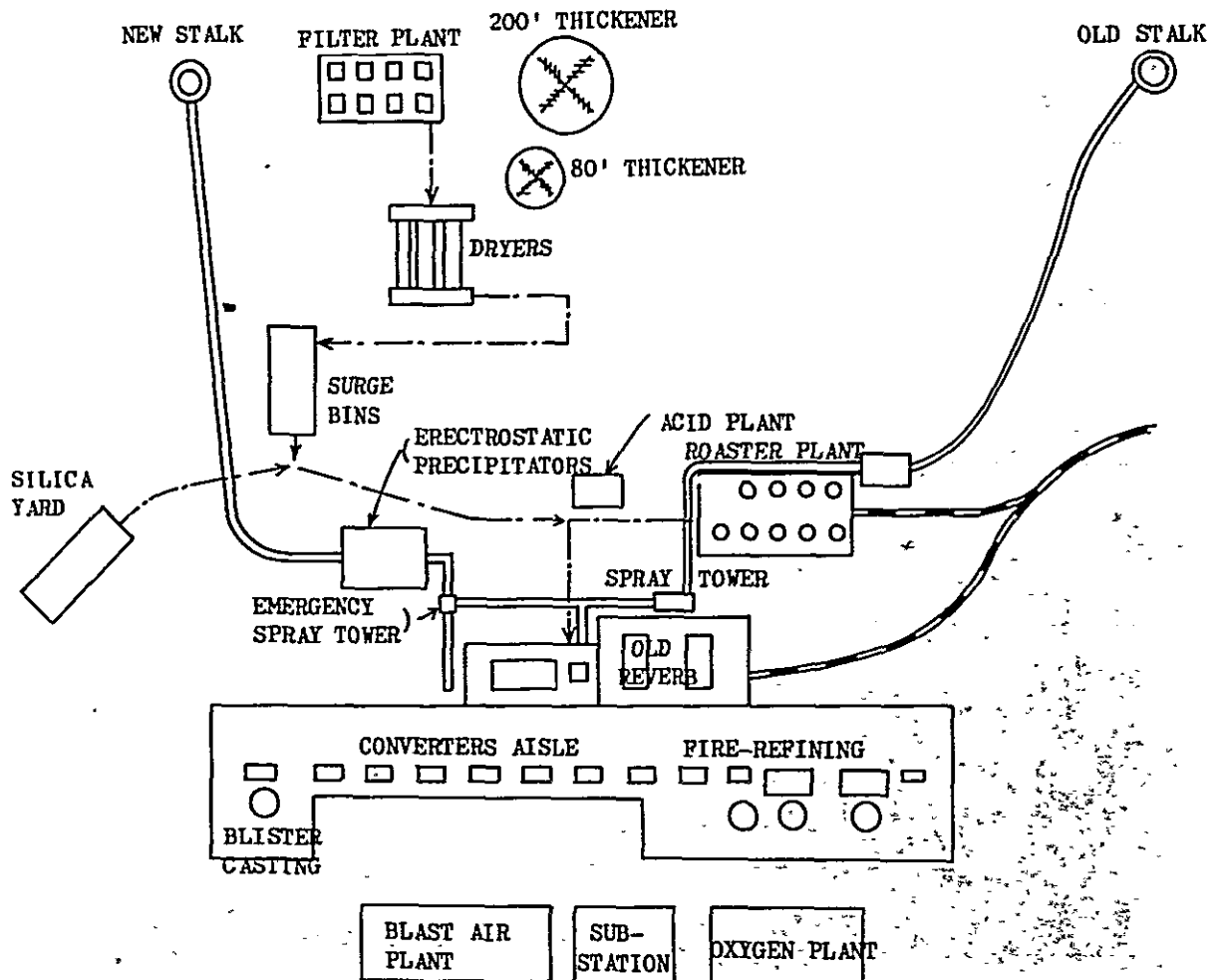


Fig 2 Layout



シックナー	②200'φ, 80'φ
ドライヤー	③ロータリー式8'6'φ×50'L 1600st/日, 台
転炉	④ 計 ⑧となる クレーン①
保持炉	①13'×30'φ
スタック	500ft
鋳造機	①40'φ
TOプラント	425st/日 (12500m <sup>3</sup> /hr)
操業計画	処理鉍量 2900st/日 (Cu=29%)
	内 反射炉処理 700 "
	転炉直装 2200 "
	反射炉 550t/日 (Cu=37%)
	転炉 342 " → 反射炉へ
	1145 " → 選鉍へ
生産量(プリスター)	280,000st/年 21,000t/月

c) 酸素製錬が失敗した理由

i) 鉍石Cu品位が計画値29%に対し、実際は40~43%であり、品位は計画値37~37%に対し、55%以上であった。このため転炉で鉍石溶解に必要な熱量が不足となった。

ii) 送風量の計画にむりがあった。

iii) 鉍石は乾燥しただけで粉状のままガールカンによりチャージしようとしたが、ペコの発生により順調な装入ができなかった。

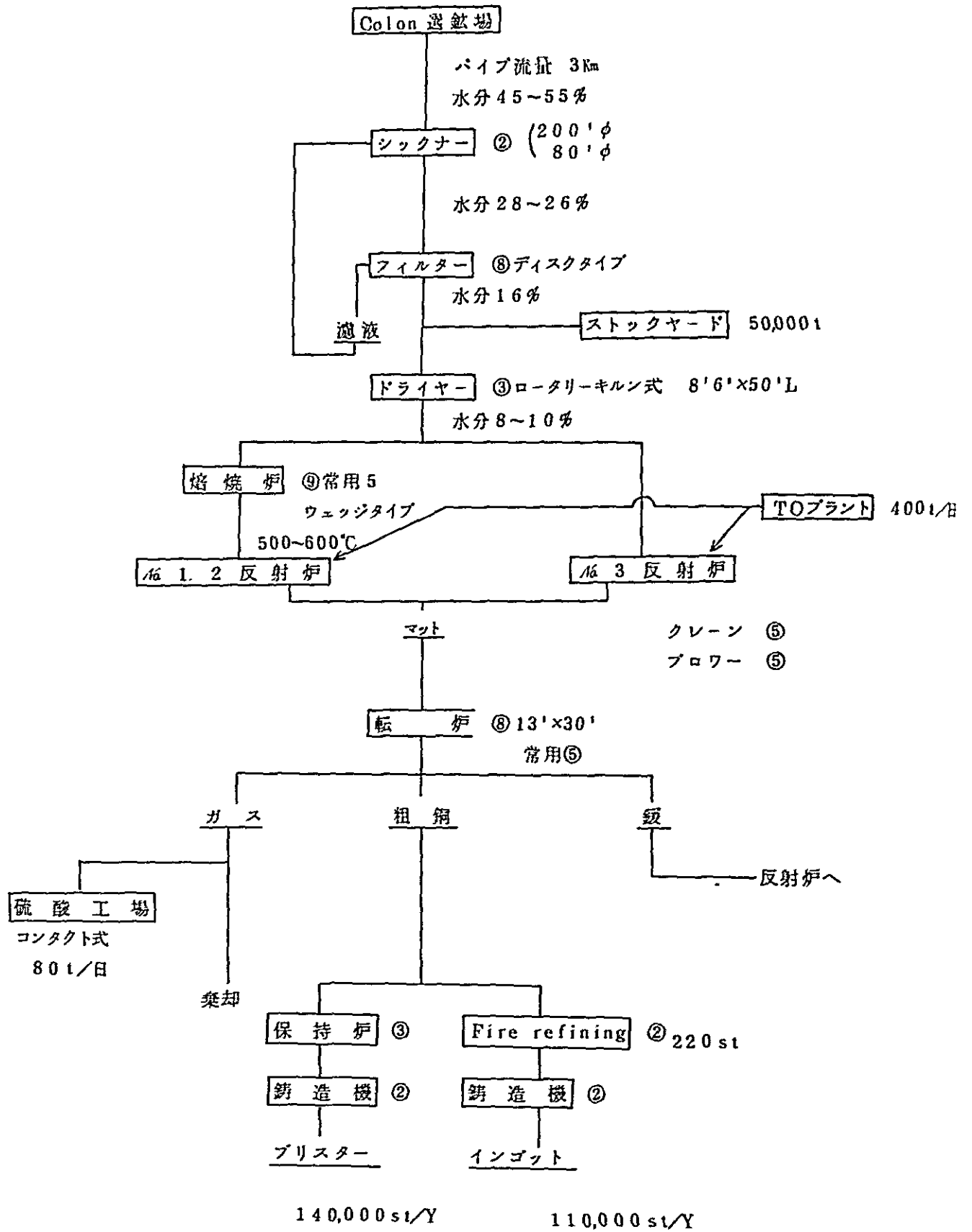
iv) 計画を担当したKennecottの技術者が去り、技術レベルが全般に低下した。

④ 現在の設備と操業

図3のとおり。

a) フローシート

○内設備数



b) 設備内容

i) フィルター

ディスクタイプを用いているが水切れは悪い。(粒子サイズ-200 mesh 80%), 濾過水は80'φ シックナーで再処理している。

ii) ドライヤー

燃料 C重油 2.5 gal/st Con C (10.5ℓ/t Con C)

燃焼室を3~4ヶ月毎に修理する。故障に備え500t×6ヶ=3000tの乾燥鉍ピンを持っている。

iii) 焙焼炉

現在のウェッジ式は環境, 保守, 人員などすべての面で不利であり, できれば焙焼を中止し, グリーンチャージに切替えたいと考えている。燃料重消費量23ℓ/t.Con C

iv) 反射炉

	バーナ	酸素バーナ	
№1	115'×28'	4	4 カルサインサイドチャージ
№2	112'×23'	6	2~3 "
№3	118'×27'	3	6 グリーンチャージ

常用 2基(サイズは煉瓦内寸法, パスレベル)

№3炉は, 酸素製錬中止后1972~74年にかけて, チリ技術者の手により作られたもので, 現在ほぼ順調に操業がなされている。

反射炉の処理量は次のようになっている。

№1	1400~1500	カルサインst/日	内わけ	<table border="0"> <tr> <td>精鉍</td> <td>70~75%</td> </tr> <tr> <td>くり返し</td> <td>15~20%</td> </tr> <tr> <td>溶剤</td> <td>10%</td> </tr> </table>	精鉍	70~75%	くり返し	15~20%	溶剤	10%
精鉍	70~75%									
くり返し	15~20%									
溶剤	10%									
№3	1000	wet st/日	内わけ	<table border="0"> <tr> <td>精鉍</td> <td>65%</td> </tr> <tr> <td>くり返し</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>溶剤(石灰石)</td> <td>5%</td> </tr> </table>	精鉍	65%	くり返し	30%	溶剤(石灰石)	5%
精鉍	65%									
くり返し	30%									
溶剤(石灰石)	5%									
№2	1200	カルサインst/日	(現在休止中)							

産出量 1200st/日(2炉)

○全炉酸素バーナを備えており, これにより, 能力が以前より20~30%増加した。酸素工場は400t/日で(純度95%)このうち90%を反射炉に使っている。電力原単位0.6KWH/m<sup>3</sup>O<sub>2</sub>, 酸素バーナはバンカーC重油を燃料とするごく簡

単なもので、炉のセンターラインにそって、配置され、湯面にフレームを当てるようになっている。(酸素バーナ $O_2$ , 300~600 ft<sup>3</sup>/分, バーナ, 1~2 gal/分バーナ)。操業時間は, 360日/年であるが炉のキャンペーンは短い。即ち,

炉1, 3      6~8ヶ月      天井 basic suspend.

炉2            4~5ヶ月      天井 acid sprung

となっており, 炉修期間は15日間である。(炉底を掘ると3ヶ月必要)

燃料消費    炉1, 2            85~90 L/s tチャージ

                  炉3                115~130 L/w s tチャージ

排ガスは炉3炉では spray tower およびコットレルにより除塵しており, 炉1, 2炉では直接煙突から大気へ放出している。ボイラーは各炉共備えていない。

人 員      25人/shift . 炉

#### V) 転 炉

◦標準タイプ(13'×30') 8基を備え, 内常用4~5基である。

◦1回操業は以前は第1造鋸期 レード5杯(12~13 t/杯)

                  第2 "            マット 2杯

                  計                マット 7杯 ≒ 90 t

となっていたが5ヶ月前から処理量を次のように多くしている。

即ち    第1造鋸期    7杯

          第2 "        4 "

          第3 "        2 "

          計         13 "

1サイクル11.5 hr で, 実送風時間は360~380分である。

◦溶剤(硫酸鋳)は一部を造鋸期終了時にポートで装入し(溶剤:コークス=3:1に混合して)金あかと共に造鋸期に持越す。さらに造鋸期では鋸中の $SiO_2$  = 22~23%となるように溶剤を加える。

◦cold dope (くり返し物)の消化は, 当製錬所の最大の課題であり, 発生500 t/日に対し, 200 t/日を溶剤と混合して, 転炉に直装している。(1サイクル約30 t)

◦送風機 5基 Total 105,000 ft<sup>3</sup>/分, 15 Lb/m<sup>3</sup>

3炉同時送風可能

一部反射炉のアトマイズ用に使用

送風量 設定値 25,000  $ft^3$ /分 (700  $Nm^3$ /分)

メカニカルパンチャ作動点 20,000 "

現場見学の際チャートを見せてもらったところでは、送風量はフルスケール 30,000 からその $\frac{1}{2}$ の15,000 くらいにわたり変動しておりコントロールはうまくなされていない。

最近羽口の位置とスタックの向きを改造し炉内状況は以前にくらべ良くなっている。

○ クレーン

45 t × 3 台

40 t × 2 台

○ ライニング

チャージ量が少なかった時は190~200回のライフであり、ブリストル生産量で10,000 t/キャンペーンであった。

○ 排ガス 1~6 Con  $\begin{cases} \rightarrow H.C \rightarrow Stack \\ \rightarrow Acid plant \end{cases}$

硫酸工場吸引ガスは通常7%であるが $SO_2$  2~3%まで低下することがあるので、予熱用重油バーナを備えている。

見学時も重油バーナを燃焼中であり、設備、操業方法とも工夫の余地があるものと思われた。

○ 人 員 3人/shift . 炉

vi) 精 表

不純物およびAu.Ag が比較的少ないので産銅量の約45%はfire refineのみで出荷している。

脱砒操作はソーダ灰, lime, チリ硝石の混合物を溶体に吹込む方法で行う。還元剤はユーカリ丸太を用いている。炉のライフは60~70回チャージである。



vii) 分析値例

	Cu	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Pb	Sb	As
銅精鉱	40 <sup>※</sup>	17~18	29~30	6~8	2~3	02~05	tr	0.015	0.1~0.06
マット									
/161	55~60								
/163	52~54								
反射炉鍍	0.8	/161	30~35	34~36	8~10	5~6		Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 2~6	
		/163	28~32						
	Cu	Fe	S	O <sub>2</sub>	As	Au	Ag		
プリスター	99.5	0.006	0.016		0.024	0.025	3.3		
Fire refined	99.93	0.004	0.0012	0.045	0.003	0.025	3.4		

※1974年 Cu=42%, 1978年 Cu=36% (予想)

viii) 人員

計	1,440人
製錬	714
メンテナンス	400
その他	290 (TO, フィルター, 運搬)
管理部門	40

ただし分析, 研究などは鉱山部門に属している。

ix) 原単位等

オイル	Total 055t/t Cu	単価 40,000円/t
電力	全容量100,000KW	内70% 水力自家発電
	内El Teniente 地区55,000KW	10% 買電
		平均 £1/KWH
酸素	4A/Nm <sup>3</sup>	90t/d 反射炉
溶剤	0.5t/t.Cu	150t/d 転炉
耐火物	40t/t.Cu	(過去10年平均)

Cu採取率 94~95%と思われるがよくつかんでいない。

④ 問題点とその対策

El Teniente 鉱山の増産計画に合わせて, 計画した酸素製錬がうまくゆかず, その後反射炉と増設したが, はじめの目標 280,000 ST-Cu/年に対し, 25,000 st/年の生産に止っている。精鉱品位は現在のCu 40%が1978年には36%に

まで低下する予想であり、さらに生産量確保に努力が必要となろう。問題点を項目別に上げれば次のようである。

a) cold dope 対策

№3 反射炉が稼動する直前20万トンあった cold dope は現在8万トンまで減少しているが、新たに発生するものも多く、反射炉装入物に占めるくり返し物の比率は20%に達している。cold dope の発生が減少すればその分だけ反射炉では精鉱が処理できることになり、増産に直結する対策として次の4つが重要である。

- i) まず cold dope の発生個所、発生量をはっきりさせる必要がある。クレーン秤量機はぜひ1台はほしい。現在産出 マット1200st /日に対し10～15%、即ち150t/日の cold matte が発生していると予想されるが推定の域を出ていない。
- ii) レードル容量を増加させるべきである。現在130ft<sup>3</sup>の容量を210ft<sup>3</sup>まで30% up の計画を持っているがこれは非常に有効であろう。
- iii) 反射炉、クレーン、転炉の操業の最適スケジューリングを検討して標準スケジュールに沿って操業すべきである。現在クレーンは5台あるが、相互に干渉して運搬効率は上がっていない。クレーンがネックとなり cold dope が発生していると思われるので、クレーンに合わせた操業にすべきである。
- iv) cold dope の転炉における増処理を検討すること。現在も200t/日ほど処理しているが、さらに適当な粉砕、装入方法を選定し、酸素富化送風を行えば、造鍍期での増処理は可能である。

b) 転炉送風について

現在の送風量設定値は制御範囲の上限に近く、実質的には送風制御が行なわれていない疑いがある。多い時には800Nm<sup>3</sup>/分以上行っており、当然スタックから溶体が噴出し、cold dope 発生の一因となる。少い時400Nm<sup>3</sup>/分以下となっており、送風量を均一化すべきであろう。

c) クレーンについて

21,000t・Cu/月の生産目標に対し現在のクレーン容量は40～45t/台であり、明らかに小さい。従って早急に可能な限り1台当りの容量を増加させる必要がある。70～80tの能力が望ましいが、建家の補強に限界があるから、それに合わせざるを得ないであろう。

現在レードル内の附着物を落すのに建家の基礎に激しくぶっかけているが、クレーン

容量アップ後は中止すべきである。

d) 反射炉の寿命

珪石煉瓦で4～5ヶ月、塩基性煉瓦の炉が6～8ヶ月とのことだが、余りに短かく、経済的に大問題である。塩基性吊り天井にするのは、操業中に修理可能とするためであり、スペースが狭くて炉を止めなければ修理できないのは全く意味がない。№1炉においては、大改修をしてスペースを広くとり、炉をshut downしなくても天井修理ができるようにし、№2炉においては、珪石煉瓦を続けるなら、タンクと配管を完備してメラリーパッチが常時十分にできるようにしなければならない。

e) 反射炉 bottom-up

従来天井ライフがあまりに短かく bottom-up はそのかげにかくれていたが、(4)の対策がなされると、クローズアップされてくるであろう。この対策として次の2つが考えられる。

i) cold dope の処理も兼ねて転炉スラグの浮選を実施する。Colon の選鉱増は能力に余裕があるが、緩を Colon まで運ぶための運搬費がかかる。

ii) カルサインチャージを中止し、グリーンチャージとする。ただしこの場合マット品位が低下し、マット量が増加するので、クレーンの強化が完了していることが前提。ロースターの廃止により人員削減、保守コスト低減、環境改善が期待でき最も有効である。

f) 酸素の有効利用について

反射炉ではバーナ設置場所などの検討により、現在の燃料消費量を増加することなく酸素使用量を低下できるであろう。たとえば小名浜の方法であれば、バーナフレームを直接チャージに当てるので、熱効率は向上する。こうして酸素が余れば転炉へまわし、cold dope の増処理が可能となる。

g) 転炉による酸素製錬

一部の精鉱を転炉で処理し、増産を計るのは再検討の価値がある。特にクレーンがネックになっている現状において転炉直装することは、クレーンによる運搬物量の増加が僅少で増産できるという意味がある。ただし精鉱はベレット化し、装入法についても改善が必要であろう。

⑤ 将来見通し

El Teniente という世界的な良質の鉱山を山元とし、気象条件、地理的条件などもチ国内では最も恵まれた環境下にある。製錬所は1922年の完成でかなり古いが、

1971年に大巾な改造補強が行われており、上記のごとき比較的小規模の改造に操業上の工夫を加えることにより、目標生産量(280,000 t-Cu/年)の達成が可能であろう。

#### 4. Las Ventanas 製錬所

##### 4.1. 概 要

① ENAMIの主力製錬所であると同時に、チリ唯一の臨海製錬所である。

創業は1964年で工場レイアウトが良く又、操業もかなり順調に行われている。

◦原料はChuquicamata, Rio Blancoなどの大鉱山や各中小鉱山から買鉱しており、またEl Tenienteその他からプリスターを集荷し、電解精製を行っている。

◦生産能力は鉱石出60,000 t-Cu/年、プリスター出50,000 t-Cu/年

合計110,000 t-Cu/年で製品はワイヤバーとして、自国消費の他、南アフリカ、ヨーロッパ、南米へ輸出している。

◦当所の表品は次のようである。

ワイヤバー 9,000 t/月

電気銅 200 "

電気金 100 Kg/月

電気銀 3,000 "

セレン 1,000 "

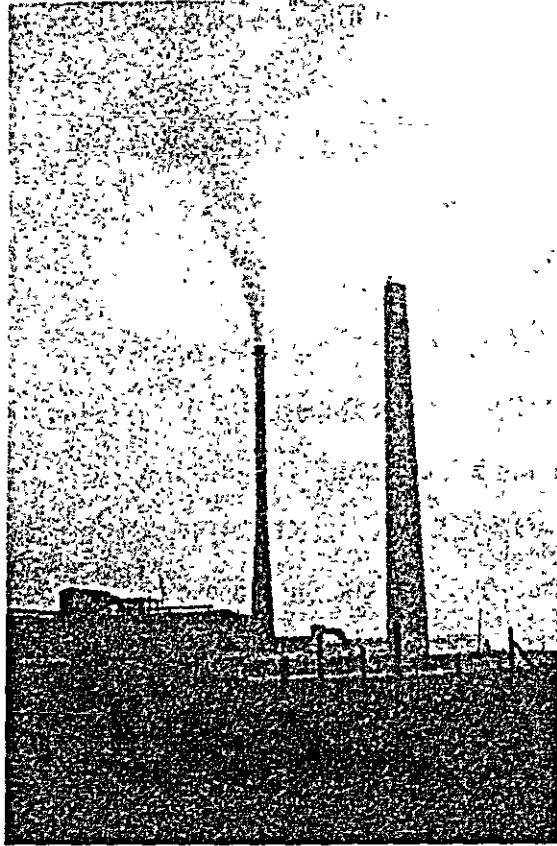
硫酸銅 60 t/月

硫酸ニッケル 3~4 "

◦現在、ボイラーの増設、電解工場の拡張工事を進めているが、将来計画として、自浴炉を中心とする倍増案を持っており、また電解についてはPRCを採用したい意向であり、銅市況、資金手当状況等を見守っている。

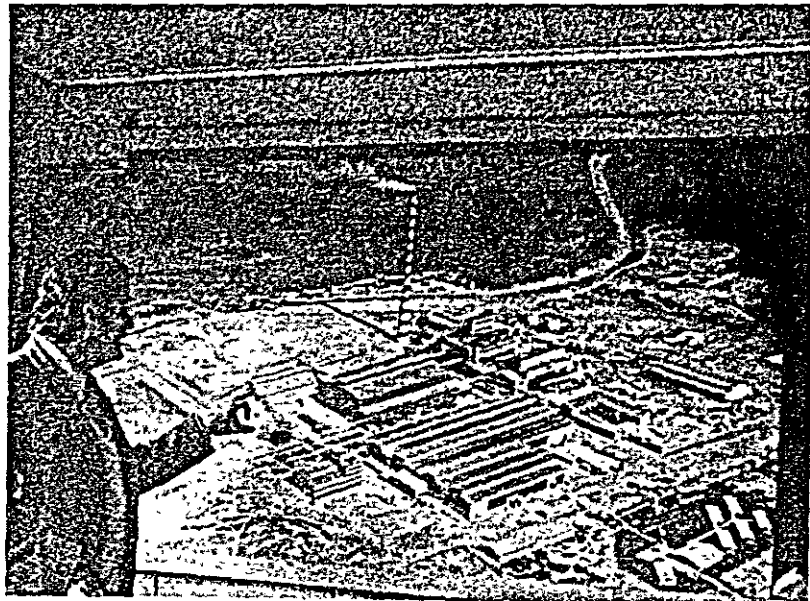
② Location 及び Layout は図1及び図2のとおり。

③ フロシットは、図2のとおり。

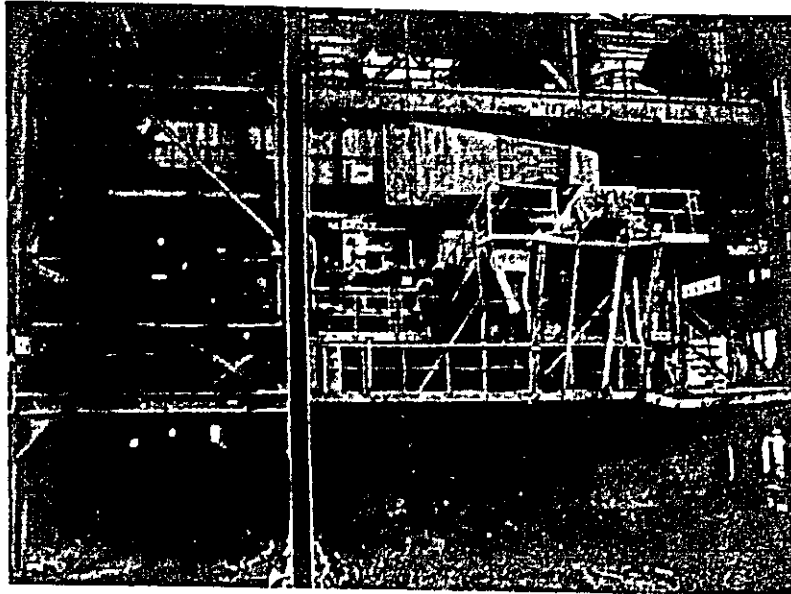


Las Ventanas製鍊所写真

遠景



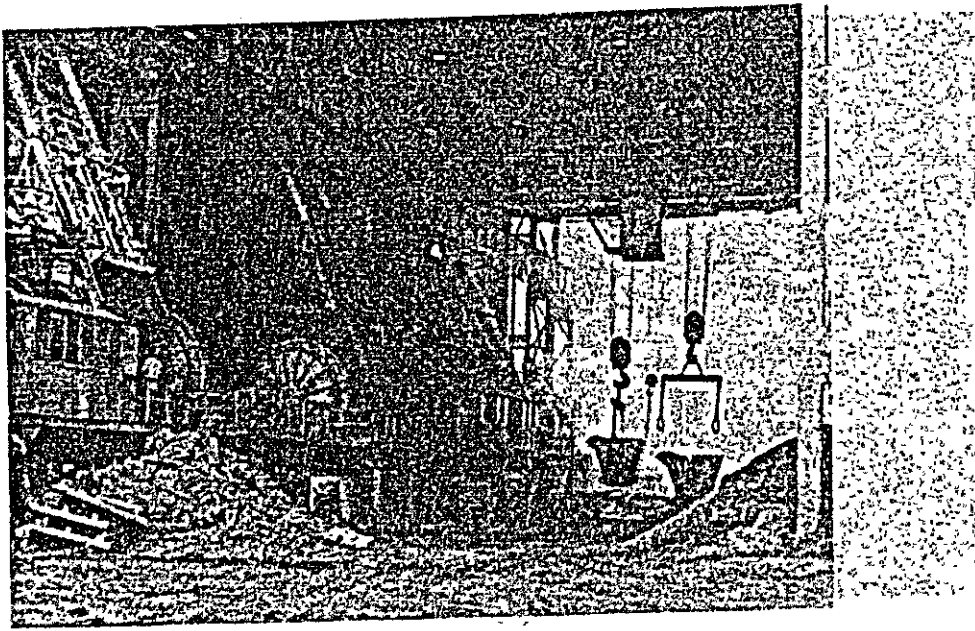
Loyont を説明する Scheib 氏



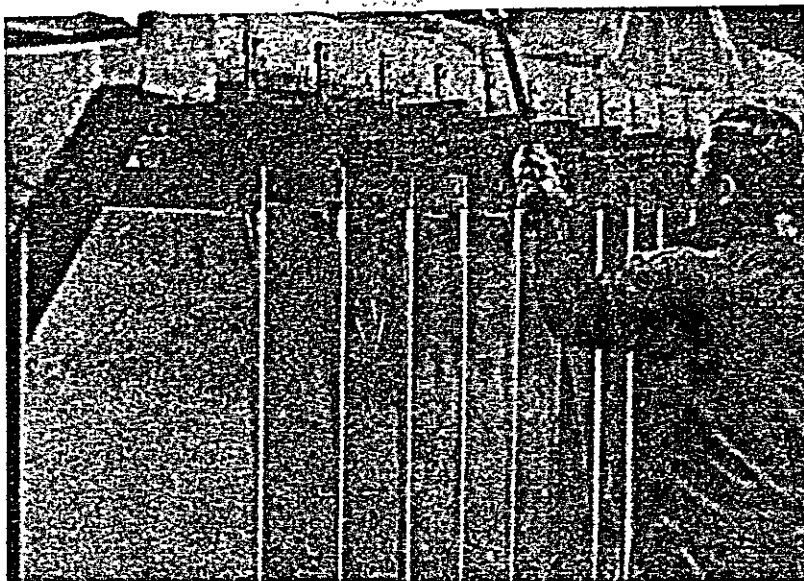
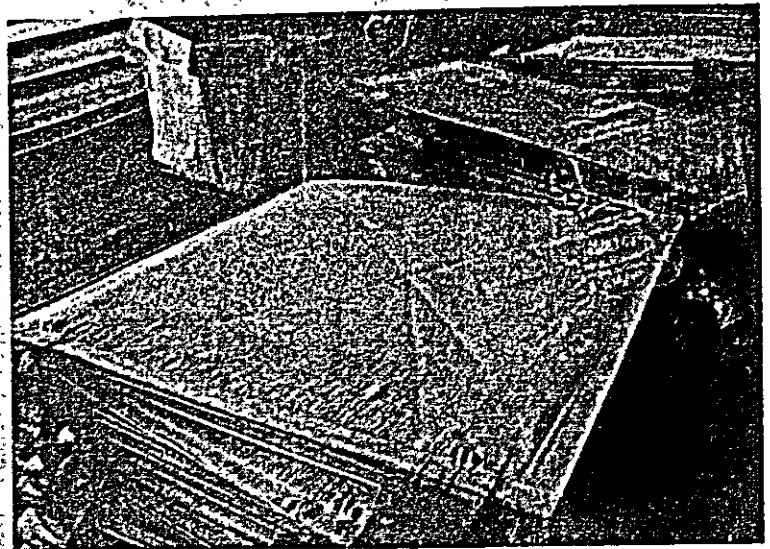
反射炉バーナー側



増設中の№3ボイラ



転炉ヤード



カソードと種板剥離作業

图 1

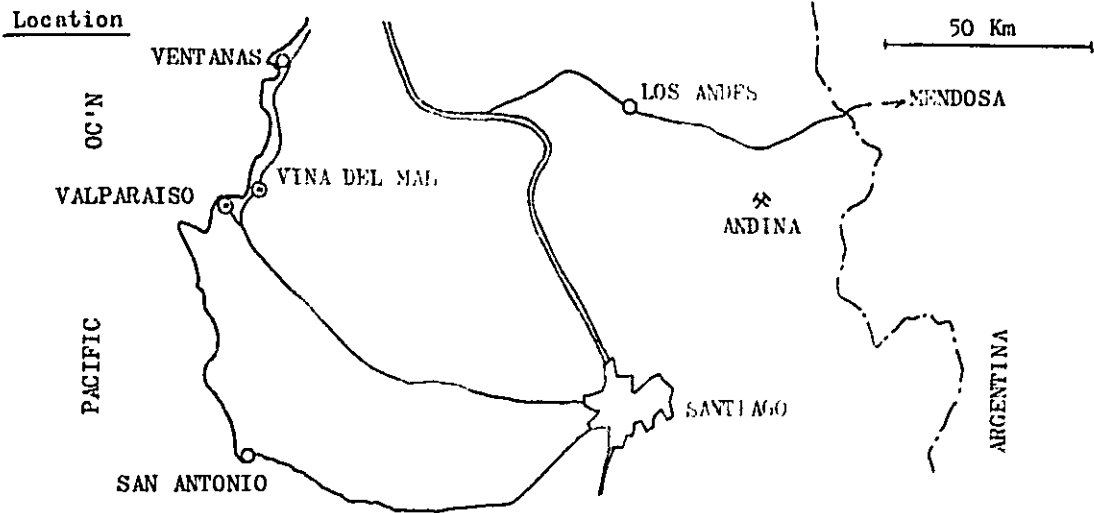
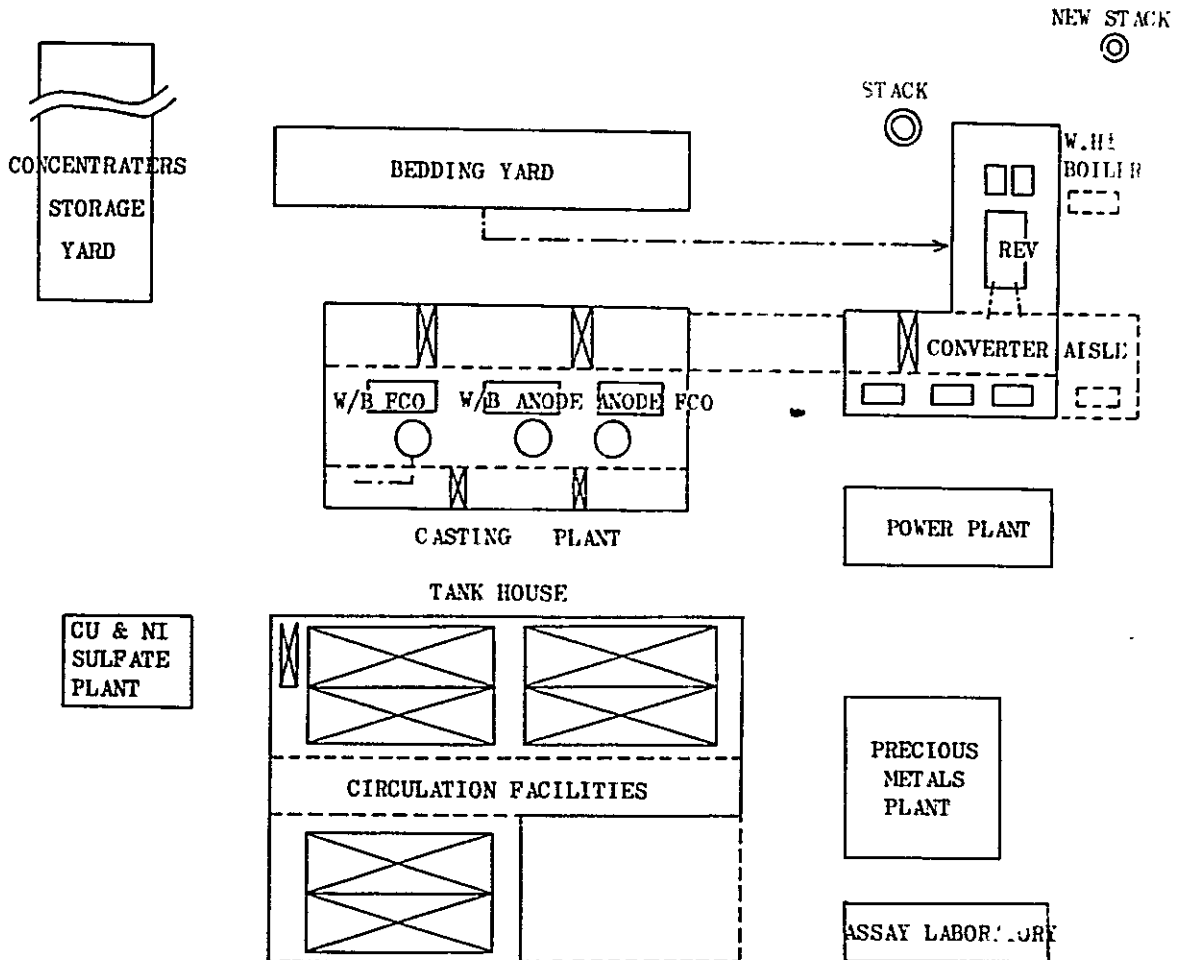


图 2

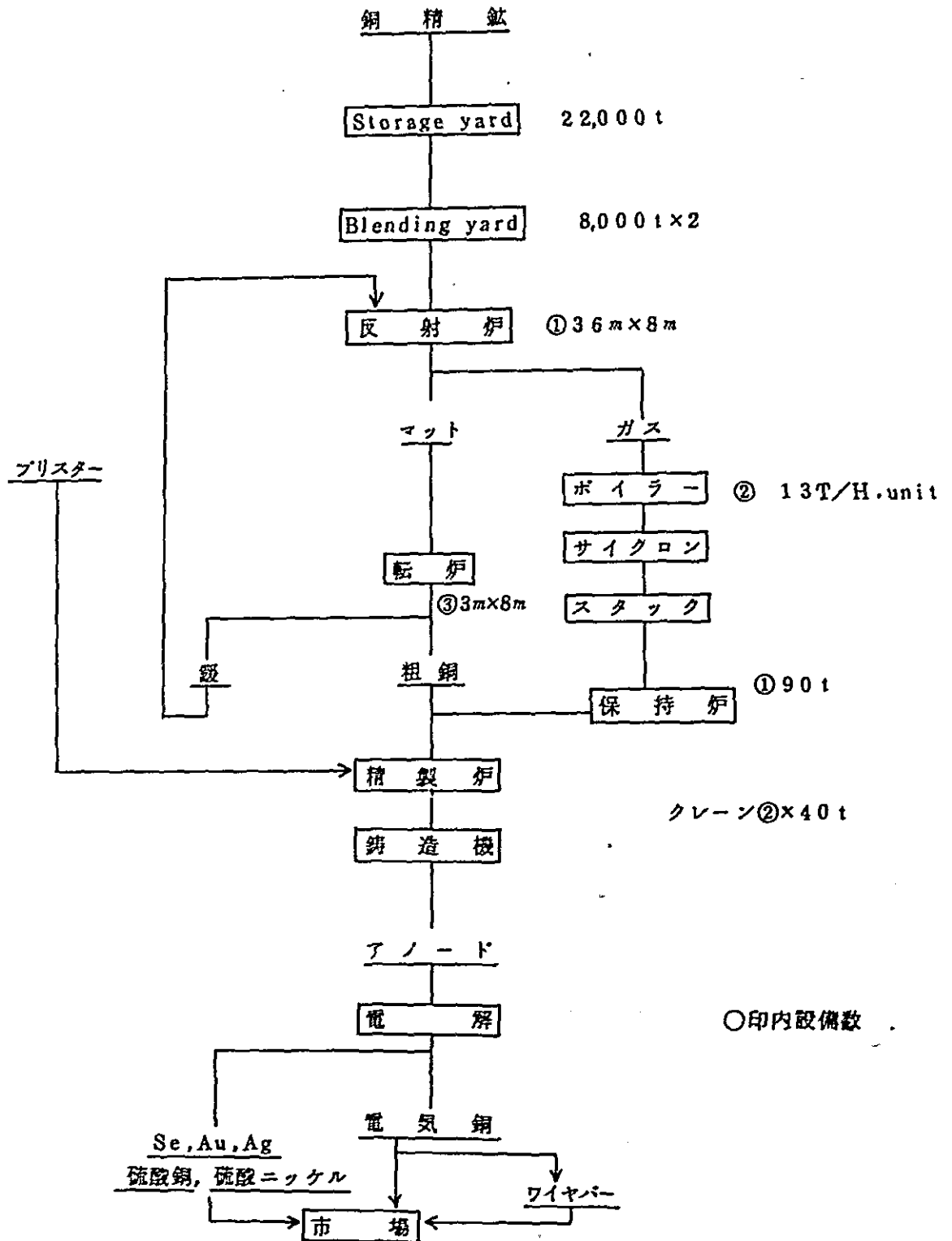
Layout



Note:  shows the area under construction.



図3. フローシート



## 4.2 製錬設備と操業

### ① 反射炉

#### ○ グリーンチャージ

装入物 銅精鉱, ( Chuqicamata ) ( Cu = 40%, As = 0.7 ~ 0.6%,  
不純分4%) その他, ( Cu = 25% )  
対装入物くり返し物の比率20%  
装入物平均 ( Cu = 32 ~ 33%, S = 30%, As = 1% )

#### ○ 推定能力

精鉱中  
Cu%      稼働日数      採取率

現在 600t charge/日 × 35% × 26日/月 × 93% = 5.000t-Cu/月

163ボイラ増設完了后 800t charge/日 × 35% × 28日/月 × 93% = 7.300t-Cu/月

○ 燃料消費 124ℓ/t wet charge ( 161ℓ/t dry 精鉱 )

○ 天井 suspend

○ 炉底 ボイラの休止によりバーナ燃焼を止めることが多く bottom-up が激しい。  
銑鉄を投入している ( 25t/月 )

○ ボイラー 現在 13t/h のものを2缶持っているが、1~2ヶ月毎にトラブルが起  
っている。このネック解消のための163ボイラーを建設中である。スチー  
ムは自家発電に利用しており、これにより工場必要電力の30%をまかな  
っている。

### ① 転 炉

代表的な操業例は次のようである。

	装 入 物	産 出 物	操業時間 hr, min
羽口クリーニング			3 0
第1造炭期	マット3 レードル 36t	炭 1.5 レードル	1.2 0
第2 "	マット2 レードル	炭 2 レードル	1.0 0
造 銅 期	冷材 1.5 レードル	粗銅 30t	2.0 0
装 入 排 出			1.1 0
計			6.0 0

他に造炭期には硫酸鉱とくり返し物を装入する。

3 炉中 2 炉を常用としている。

③ 精製炉

400 t / 回 × 3 炉 内常用 2 (アノード用 1, ワイヤバー用 1)

代表的な操業例は次のようである。

装入と溶解	12 hr
酸化	2~3 #
還元	3~4 #
鋳造	6~7 #
計(1サイクル)	24 #

装入物は転炉の溶体プリスターの他, 電解の残基銅, Calctones その他からのプリスターである。

ライニング・ライフ	側面	10ヶ月毎
	炉底	2~3年毎
	天井	吊構造, 随時行方

不純物除去 原料中に As, Sb が多いのでソーダ灰, 石灰, チリ硝石の混合物と吹込んで, これら不純物を除いている。

④ 鋳造

鋳造速度 3.25 t / hr × 2 set = 6.5 t / hr (同時鋳造)

アノード重量 273 kg ± 1%

# (種板用) 320 ± 1%

アノード炉から出た精製粗銅は種の間で2分され鋳造機2基で別々に鋳造される。

オートクランプ式の自動秤量機を具えている。

⑤ 分析値 (%)

	Cu	FeO	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
反射炉マット	48.46		4.64			
種板	0.65	3.59	5.55	3.46	5.4	5.6
転炉種	2.8		2.22	2.44		

	Cu	O <sub>2</sub>	S	Se	Sb	Te	Sn	Fe	Pb
	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
プリスター	99.09	0.50	0.04	1566	272	37	24	337	172
アノード	99.78	0.15	0.004	1557	148	12	5	6	43

	Ni ppm	Bi ppm	As ppm	Au ppm	Ag ppm
ブリスター	206	7.	310	9.	425
アノード	150	5	291	5.	284

### 4.3 電鍍設備と操業

#### ① 電解槽

能力  $3.000 \text{ t-Cu} / \text{月} \cdot \text{unit} \times 3 \text{ unit} = 9.000 \text{ t-Cu} / \text{月}$   
 $(215 \text{ A} / \text{m}^2)$

建設中の164電槽が完成すると  $3.000 \times 4 = 12.000 \text{ t-Cu} / \text{月}$ と  
 なりさらにPRCの適応 ( $320 \text{ A} / \text{m}^2$ )により  $4.500 \text{ t} \times 4 = 18.000$   
 $\text{t-Cu} / \text{月}$ まで可能であると考えている。

アノード  $920 \text{ L} \times 915 \text{ W} \times 35 \text{ T}$       273 kg

カソード  $955 \text{ L} \times 965 \text{ W} \times 10 \text{ T}$       108 kg

ピッチ                      114

セル                       $4.0 \text{ L} \times 1.08 \text{ W} \times 1.28 \text{ T}$

アノード34枚      カソード33枚

#### ② 電解条件

電流密度                       $215 \text{ A} / \text{m}^2$

Cell voltage                      0.3 V

電流効率                      90.5 %

電力原単位                       $270 \text{ KWH} / \text{t.カソード} (\text{total } 320 \text{ KWH} / \text{t})$

残産率                      15 ~ 20 %

life                      アノード22日

液循環量                       $18 \sim 20 \text{ l} / \text{分}, \text{Cell}$

#### ③ 電解液

60 ~ 66 °C

	Cu	Acid	Cl	Sb	Fe	Ni	As	CaO
(1974)	45.6g/l	174	0.04	0.41	5.61	15	4.55	0.57
(1975, 6)	41 g/l	188	0.03、	0.65	3.53	10.	61	0.56

④ 添加剤

	Commercial
glue	48g / t
チオウレア	30 "
アピトン	40 "

⑤ 澱物処理

	Cu	Ag	Au	Se
スライム(%)	30	30	0.5	14

オートクランプから技術を導入し Se を回収している。

⑥ 分析値

	Cu	O <sub>2</sub>	S	Se	Sb	Te	Sn	Fe	Pb	Ni
カソード	99.99 %	44 ppm	6.5 "	—	2.4 "	2.0 "	10 "	2.2 "	3.1 "	2.9 "
ワイヤバー	99.97 %	238 ppm	7.4 "	0.7 "	2.6 "	2.0 "	10 "	7.4 "	3.8 "	3.2 "
	Bi	As	Au	Ag						
カソード	0.2 ppm	2.5 "	10 "	9.8 "						
ワイヤバー	0.2 ppm	2.4 "	10 "	10.3 "						

4.4 人員等

① 人員

smelting	210人
fire refining ( anode 炉 含む )	180
tank house	143
maintenance	310
quality control ( assay 含む )	85
store yard	60
precious metal	45
management and statistics	12
total	1050

雇傭維持上から現在人員は多いと思うが削減は当分できないとのことであった。

## ② 単 価

電 力	¢ 3 / KWH
バンカー C オイル	\$ 110 / t

### 4.5 将来計画

現在、反射炉/163 ボイラー、164 電解工場及び約 150 m のコンクリート製煙突を建設中（ほとんど完成）である。これにより smelting 能力は 800 t - 精鉱 / 日（7300 t - Cu / 月）となるが、さらに自溶炉による増産を考えている。

その主な設備は自溶炉 1 基 1200 t - 精鉱 / 日

転炉 2 基 13' x 30'

建屋、クレーンの増強

硫酸工場 700 t / 日であり、予想建設費は 9 千万ドルである。

自溶炉に関しては、既にオートクランプと基本契約もとりかわし建設直前までいったが、銅価低迷と原料手当難、国内のインフレーションの激化などにより、現在この建設は中止されている。

電解部門では、ブルガリアからの P R C 電解のパテントを購入したが、政治的な理由でこれも中断されている。

### 4.6 問題点と解決策

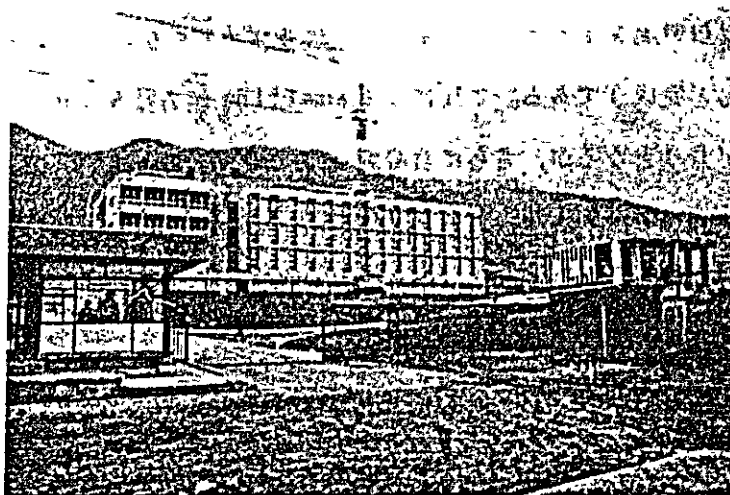
工場が新しいこともあり、レイアウトも良く、操業管理はかなり行きとどいていると感じられた。特に精製炉における As, Sb などの不純物の除去技術、アノード製造技術は秀れており、カソードの表面性状はすばらしい。

問題点は次のようである。

- ① 反射炉の現有ボイラーは、設計容量が過小であり、増設中のボイラーにより炉の能力が充分発揮できるようになると思われる。しかし、増設ボイラーの位置が悪く、煙道が長くならざるを得ないので、ダストによるトラブルが予測される。煙道のクリーニングを容易にし、クリーニング作業の円滑化のためにダンパーを設けるなどの予防措置を設計に盛り込んでおくべきであろう。
- ② 電解精表では P R C により 300 A / m<sup>2</sup> 以上を考えているようであるが、まず平波で 250 A / m<sup>2</sup> 程度の高電流密度電解の経験を積むべきである。
- ③ 種板の母板からのはく離が悪く、又種板の取扱いに多大の工数を要している。日本で

は、種板の取扱いにはほとんどの工場で何らかの機械化を行っており、情報の提供が可能であると考えらる。

## 5. 鉾山冶金中央研究所 ( CIMM )



### 5.1 概要

#### ① a) 現状等

CIMM ( Centro de Investigacion Minera y Metalurgica, 鉾山冶金中央研究所 ) は、1970年に設立された。公立の研究所で、財政的には主として CODELCO から援助を受け、理事には鉾業省、 ENAMI, CODELCO, CORFO, CONICYT, ODEPLAN, チリ鉾業会から代表が出ている。

サンチャゴ市内の旧施設から現在の場所 ( Lo Curro, Las Condes, Santiago ) に移転中であり、本年中には完了の予定である。総面積約 12,000  $m^2$ 、職員 85 名という規模になる。職員 85 名中 30 名が管理部門 ( 含雑役 ) で、55 名が研究者である。研究者の中 Ph, D ( 5 ~ 6 名 )、Chemist, Engineer ( 共に研究歴 5 ~ 6 年 ) で 2 / 3 を占め、残り 1 / 3 は Technician ( 分析, 補助等 ) であるという。人件費は月約 8 万ドルであり、研究費は年間約 100 万ドルである。

設立に際して、土地と建物は ENAMI が出資し、国連とチリ政府が第 1 期分 80 万ドルの機械・装置類を援助した。国連からは、5 人の international experts, 9 人分の international scholarship の供与を受けている。第 2 期分として 170 万ドルが更に予定されており、これには experts ( 7 名 )、scholarship ( 10 名 )、パイロット・プラント ( 30 万ドル )、機械装置類 ( 20 万ドル ) が含まれている。その他、2 国

間援助で、ベルギーが建物に80万ドル、カナダがパイプ流送と斜面安定化に関して2週間技術調査団を派遣した。

b) 主要な分析装置

X線回折、発光分光分析、赤外、クロマトグラフィー、干渉計、原子吸光、紫外、可視分光、ポーラロなどを有しているが、熟練オペレータが居ないために年間稼働率は僅か7%に留まっている。機器類はほとんど国連から供与されたものであり、ヨーロッパ製のものが大半で修理には非常に時間と手間がかかる。国内で保守ができないので、送り返して修理をしているが、荷扱いの複雑さで壊れるものがあり悩みの種になっている。とりわけ電子関係の保守、ガラス加工には困難を感じており、実験用の小物品もほとんど輸入で極めて不足している状態である。日本における研修員受入として、もしこの種のオペレータと保守要員が可能ならば4~6ヶ月の訓練を強く希望したいとのことである。

c) スタッフ

ここ数年間の激しい技術者流出のために、人員が不足しており、現在の陣容では不十分であることが明らかである。完成時の陣容としては職員約150名を予定しており現在はこの1/2強に過ぎない。研究指導者として国連から派遣されているexpertsは現在5名、カナダからDr, Charles Cooper(電鍍)、ベルギーから湿式製錬、と分析化学の2名、米国からDr, B, Altman(乾式製錬理論)、英国からDr, Alex Cole(選鉱)が来ているが、理論家肌の学者が多く、高令の人が多い傾向があり、CI MMの真に必要としている現場経験が豊富で次々に問題を解決して行く応用研究に向いている人がなかなか来ない点に問題があるということであった。

d) CI MMの現在の研究テーマ

現場に密接した応用研究で中心は銅鉱山と銅製錬にあるが、その他の鉱産物(鉄鉱石、硝石など)についても研究を行なっている。日本で言えば、各製錬所の付属の技術研究所を1ヶ所に集中したという感じである。テーマにはinternal study(CI MM自身のアイデアで企業化が期待できるもの)とproject(外部から委託されるもの)の2種があり、projectの場合には、CI MMが申入れのあった現場へ人を派遣し、期間、人員、装置などを見積りをして研究契約を結ぶというやり方をしている。この方法で得られる自己資金は総支出の5~10%であり、委託者はCODELCO傘下の大鉱山とENAMI及び私企業の鉱山会社である。残り90~95%の資金は



CODELCO の DID ( 研究開発部 ) から出ている。

e) CIMM の主な任務

現場の問題の解決を通じて国産の技術を開発し、これを現場へ technology transfer をすることであり、外国技術の導入はチリ経済の現状から見てローヤリティが高過ぎることもあって CIMM はタッチせず CODELCO が窓口となっているというりことであった。

f) 日本への要望

主任研究員クラスを派遣してくれるならば、電解と乾式冶金関係の機器分析の研究者が望ましく、また電子機器、ガラス加工などの熟練者は極めて望ましいということである。日本の分析機器が秀れていることは知っているが、情報が乏しいし、保守に不安であり、また、借款先・供与先との関連でやはり欧米の機械になっていると言う。日本からのノウハウの供与については日本が Commercial base と考えるものについては対価を払うべきであろうと言う見解であった。

② CIMM における研究テーマ

本調査団に関係する研究テーマとしては次のようなものがある。

a) 電錬部門

○ Potrerillos 製錬所の電錬における添加剤の最適組成

b) 乾式製錬部門

○ P・S 型転炉内の gas-melt の挙動、羽口の摩耗に影響する因子の検討

( Caletones 製錬所の問題 )

○ 転炉ガス中の酸素分圧の分析—固体酸素濃淡電池を用いて転炉排ガス中の酸素を分析し、吹精効率を検討する。( Chuquicamata と Caletones の転炉 )

○ Caletones のブリスタ中の As, Sb の除去—転炉吹きの際に As, Sb を除去する方法の開発と実施

c) プロセスエンジニアリング部門

○ 転炉の温度制御—シミュレーションを通じて銅転炉の温度制御の各種の方法を解析する。

d) この他に、湿式製錬部門 ( バクテリア・リーチング, Mo 鉱回収, 高粘土質酸化銅鉱の処理, Se の回収など ), 溶媒抽出部門 ( コロイド状シリカの除去, 溶剤減耗の防

止、最適抽出剤など)、精鉱流送部門、分析部門などに上記のものを含めて26テーマの研究がある。

④ 視察の所見と視察後の討論

a) 全体としては、まだ機能しはじめたばかりという感じであり、建物施設の水垢は高いが、溶媒抽出部門を除くと日本のこの方面の研究所よりかなり見劣りする。分析機量も揃ってはいるが動いてはおらず、とにかくスタッフがいないという感じが強く、活気が感じられない。溶媒抽出部門にしても化学工学者の眼から見るとそれ程のことをやっているわけではないが、現場の問題—コロイダルシリカの除去、抽出前の減耗の防止—と直結して地道に進めている点が他の部門より充実しているということである。

b) 鉄筋コンクリートの建屋の中に貯鉱・粉砕・碎鉱の立派な小規模実験プラントや選鉱のパイロットプラントがあったりしてminingには非常に力を入れている様子であるが、乾式製錬関係では転炉羽口の吹込みガスジェットとメルトの挙動の水—空気系モデルがあるくらいで、後に現場を見て我々が感じた問題点とはかなりずれているように思われた。転炉がどこでもボトルネックになっているので力を入れていると言うのであるが実際には何から手をつけ、どういう方向の研究をすべきかが明らかでないのではなかろうか。

詳しく丁寧に案内してもらったが、どの室でも、実験をやっている熱気とか、実験室につきものの一種雑然とした活気というものがなく、まだほとんど仕事をしていない様に感じられた。彼等の言う通り電子回路関係、ガラス細工は全くだめなようで、実験小物も不足している。全体としていろいろな事情はあるにせよ、実験室というものを本当に知っている人間が計画して指導してできあがった施設とは言い難いような投資のアンバランスが目につく。

前節のテーマには含まれていないが、電錬の槽内の循環のシミュレーション、電位分布の測定が印象に残った。また、溶媒抽出関係には自分で開発した技術がかなり含まれているようで、水準も高いと言っているようである。

c) 視察後の討論でチリ側が挙げていた将来の研究の力点は以下のようなものである。

1) 流動層による硫酸化燃焼と浸出—浸出液は電解採取にかける。パイロットプラントを作る予定。燃料消費、大気汚染、設備投資の点から見てこの方向が有望だと考えられるとのこと。

- II) プラント全体の廃熱回収
- III) Chuquicamata 鉛山精鉛の長期にわたる低品位化の対策
- IV) Potrerillos 製錬所の設備更新の問題—老朽化がひどすぎる。
- V) 酸化鉛・硫化鉛混合物の製錬法—中小鉛山の鉛石をすべて精錬し、精鉛輸出は止めたいという政策から生じて来る問題。
- VI) 回転焙焼炉(ガスクラッピング付)と直結した1トンのモデル転炉—焼鉛の転炉製錬と酸素吹込みの試験
- VII) 電錬の電流密度増加—不純物が Bi, Te, Se, Sb, As くらいでアノードの性質が良い。ソ連の協力で Potrerillos 製錬所で 260A / m<sup>2</sup> の試験を行なったが制御が微妙で難しかった。

#### ④ 問題点と対策

- a) 前節に記した通り、スタッフの不足、オペレータの不足ということに尽きるが、研究所特有の現場との問題意識のずれという点もあるように思われる。銅産業がチリの Leading industry であるというものの耐火物・窯業や計測機器、電子機器工業、機械工業などのバックアップがないので大変な苦勞をしている。研究者はよく勉強しているが、こういう状態なので足が地に着いておらず思いつきが先行し理論には詳しいが、自分でやってみると余りうまく行かないというような感じがある。国全体の産業構造が有機的な統一を欠いており、発展途上国に共通な、仏作って魂入れず、志有って力足らずという状態であるから、CIMMをちゃんと運営するのは困難で、力量に自信のあるスタッフを5～6人送り込んでも5～10年の長期プロジェクトになるのではないかと懸念される。
- b) 日本としてはCIMMの研究協力には力を入れず、オペレータの訓練に主力を置き、現場操業の安定化を援助して、チリの自主的な問題設定と開発を下から助ける方針が上策のように見受けられた。

#### 6. Mantos Blancos 製錬所

註 CODELCOに属さない民間企業であり、今回の技術協力対象外であるが、ユニークな製錬法を行っているのに興味をいただき、特別に見学の機会を与えてもらった。

##### ① 概要

- a) 会社名：EMPRESA MINERA MANTOS BLANCOS S, A,

企業の所在地はチリ北部 Antofagasta からパンアメリカンハイウェイを北東へ50 Km ほど入った砂漠の中にある。

b) 生産量は公称銅量35000t/年、ほぼ実績もこれに一致している。採掘鉱石（はじめ露天堀であったが最近鉱内堀に切替えた）は酸化鉱でCu約1.68%（可溶性銅）で内 atacamite ( $\text{CuCl}_2 \cdot 8\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) 65%, 残りが chrysocolla ( $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) であり、選鉱により品位アップを行なうのが困難である。20万トン/月の粗銅全量を酸で浸出し、塩化物経由で還元し、最後に乾式製錬を行い製品インゴットとして出荷している。1951年より採鉱を開始し、全工程はドイツのルルギの設計になるものである。56~58年に10tのパイロット・プランの操業後建設し、1961年4月より実操業を開始した。

工場レイアウト 図8参照

## ② 製錬法

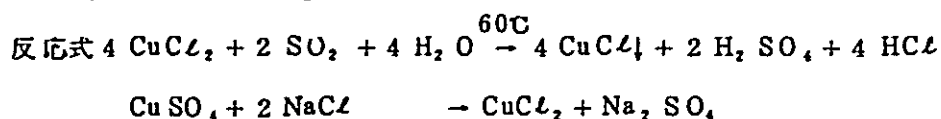
a) フロシート 図1参照

b) 浸出

硫酸浸出であるが35%を占める chrysocolla が、難溶で135hrを要する。浸出残渣はCu0.20%, その内0.1%近くは硫化銅である。酸消費量は約3t/tCuである。

c) 沈殿

浸出液にSO<sub>2</sub>ガス(SO<sub>2</sub> 16%)を吹込みCuをCuClとして沈殿させる。反応塔は直径2m, 高さ10mほどのものが6塔あり、カウンターカレントに反応させ、最後の放出ガスはSO<sub>2</sub> 0.3%である。



塩化第1銅を分離した残液は一部は浸出工程へもどし再使用し、残りはセメンテーション工程に送って銅を完全に回収する。CuClの形で回収されるものが88%, セメンテーション工程へまわる銅分が12%という比率である。

セメンテーションの反応槽は外径3m, 高さ6mほどのトックリ型のもの4ヶである。銅板製セルの内側にゴムライニングを施し、さらにレンガ内張をしたもので45°位に倒した状態でゆっくり回転する仕掛になっている。上部からパルプと鉄スクラップを投入し、反応終了後底部のピンチバルブを開いてスラリー（銅粉）を抜き出す。他にここで開発した連続式セメンテーション装置2基（ボールミルのごとく一方から入れ、反対側から出す）

が稼働中であった。

d) 還元炉

塩化第1銅の沈殿物に石灰石(35%)とコークス(5%)を混合し、ボールミルで150メッシュに粉砕混合しこれをペレットとして、ついでトンネル乾燥炉で乾燥する。これを径4r 長さ4mほどのショート・ロータリーキルンに装入し、還元反応を行わせる。

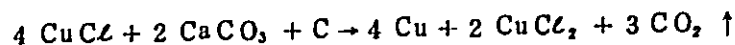
反応時間 4.5 hr

加熱燃料 バンカーC重油

温度 はじめ1200℃ 終了時850℃

1回の装入量は約13tである。

還元反応式



スラグは棄却し、粗銅はレードルで精製炉へ装入する。

e) 精製炉

還元炉と同型の炉であり工程は次のようである。

① 装入溶解 20~30t/回 1200℃

② 酸化 空気をランスで吹込む  
As, S, Sb等が揮発する。

③ スラグオフ(Cu<sub>2</sub>O, Fe, Mn, Ni等の酸化物)3~4回スラグをとる。

④ 還元 ユーカリ丸太で行う。

Cu 99.95%

O<sub>2</sub> 330ppm, Ni 17ppm,

Fe, S 7ppm, Sb, Se, Te, In, Biはtrace

全精製工程は約8時間30分を要する。

④ その他

生産量銅量3,000~3,200t/月に対し人員が、鉱山も含め全部で1,800人、うち製錬所200人である。主な消費物品は

バンカーC重油 300ℓ/Cu t

ジーゼル油 150ℓ/Cu t

硫酸 3t/Cu t

SO<sub>2</sub>ガス

} 単体Sから製造

ユーカリ丸太

石灰石

コークス

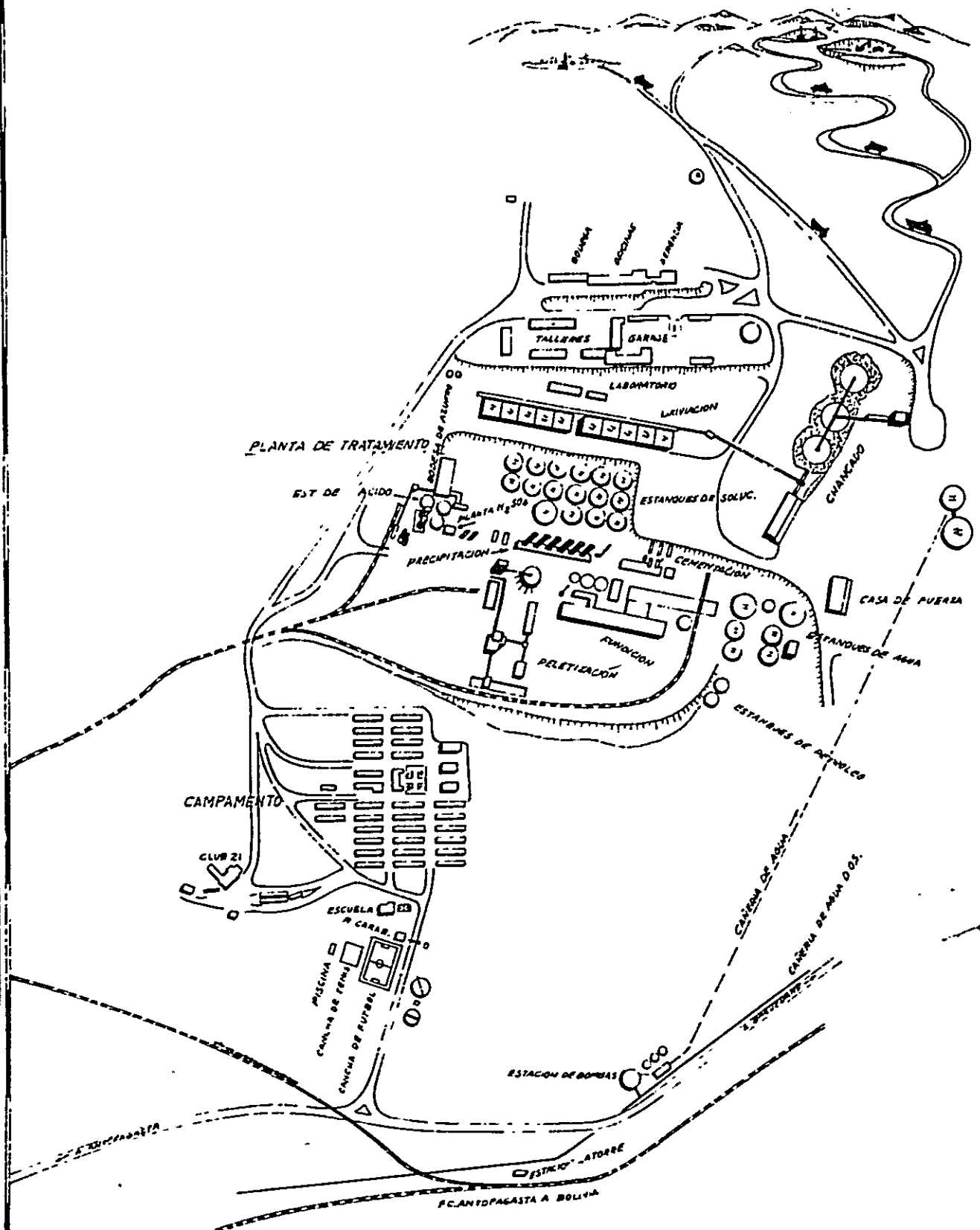
スクラップ鉄

などである。全工程はかなり長いが、ドイツのルルギ社が設計したというだけに工場はコンパクトで、むだがなくできていると感じられた。この製錬は、普通の硫化鉍の選鉍、溶錬、電錬までの工程に相当しており、製錬コストは安いと思われた。ただ反応炉のある製錬建家の環境（ガス、ダスト）はかなり悪かった。

鉍石から製品までの総合採取率は87%である。

RAJO MERCEDES-PABLA

RAJO TERCERA-QUINTA



VISTA PANORAMICA  
DE  
MANTOS BLANCOS

8.

EMPRESA MINERA DE MANTOS BLANCOS S. A.

DIB. C. ALCAYAGA  
FECHA 12-5-68

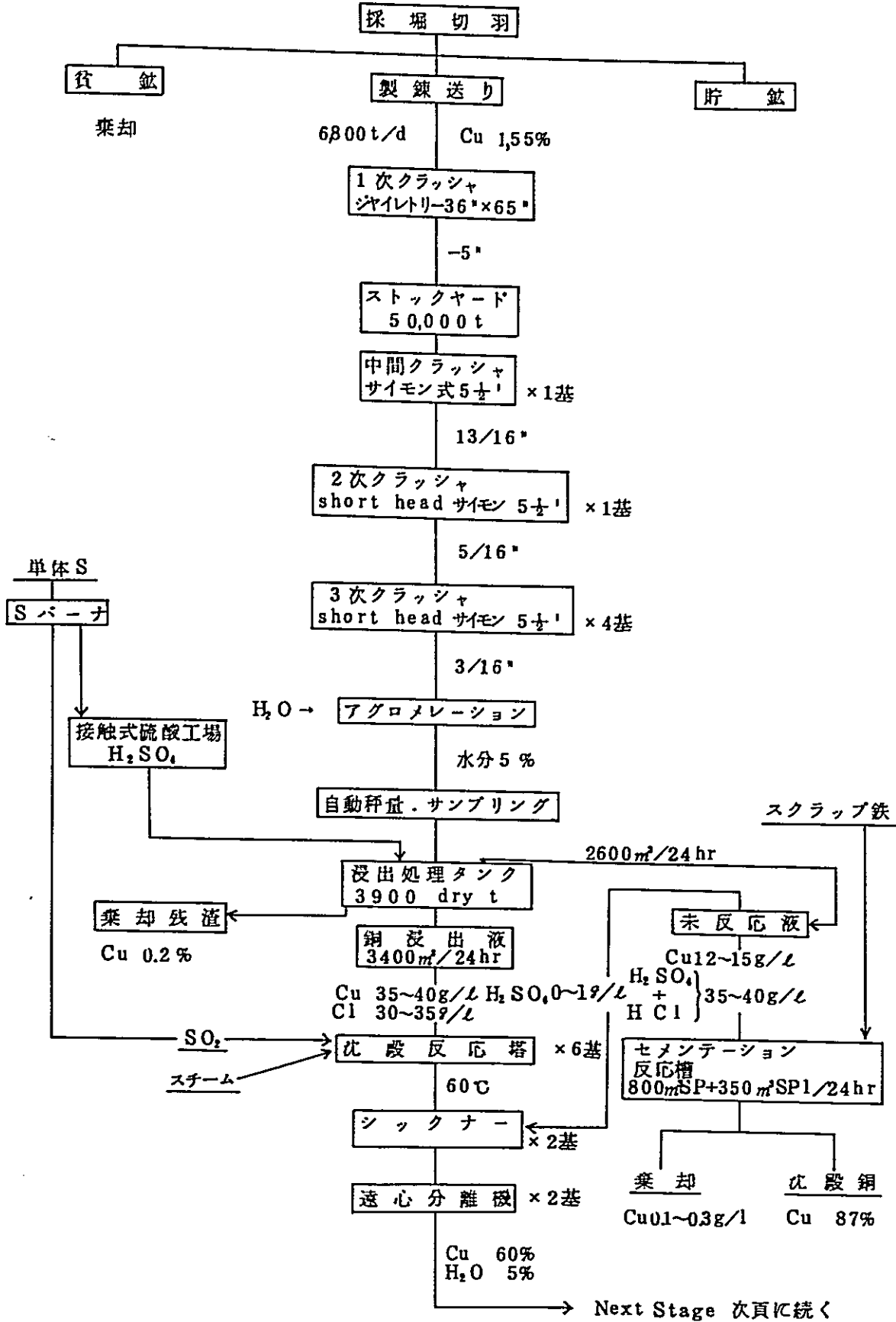
REV R.K.  
*Koupank*

APR. B.R.  
*Oficial*

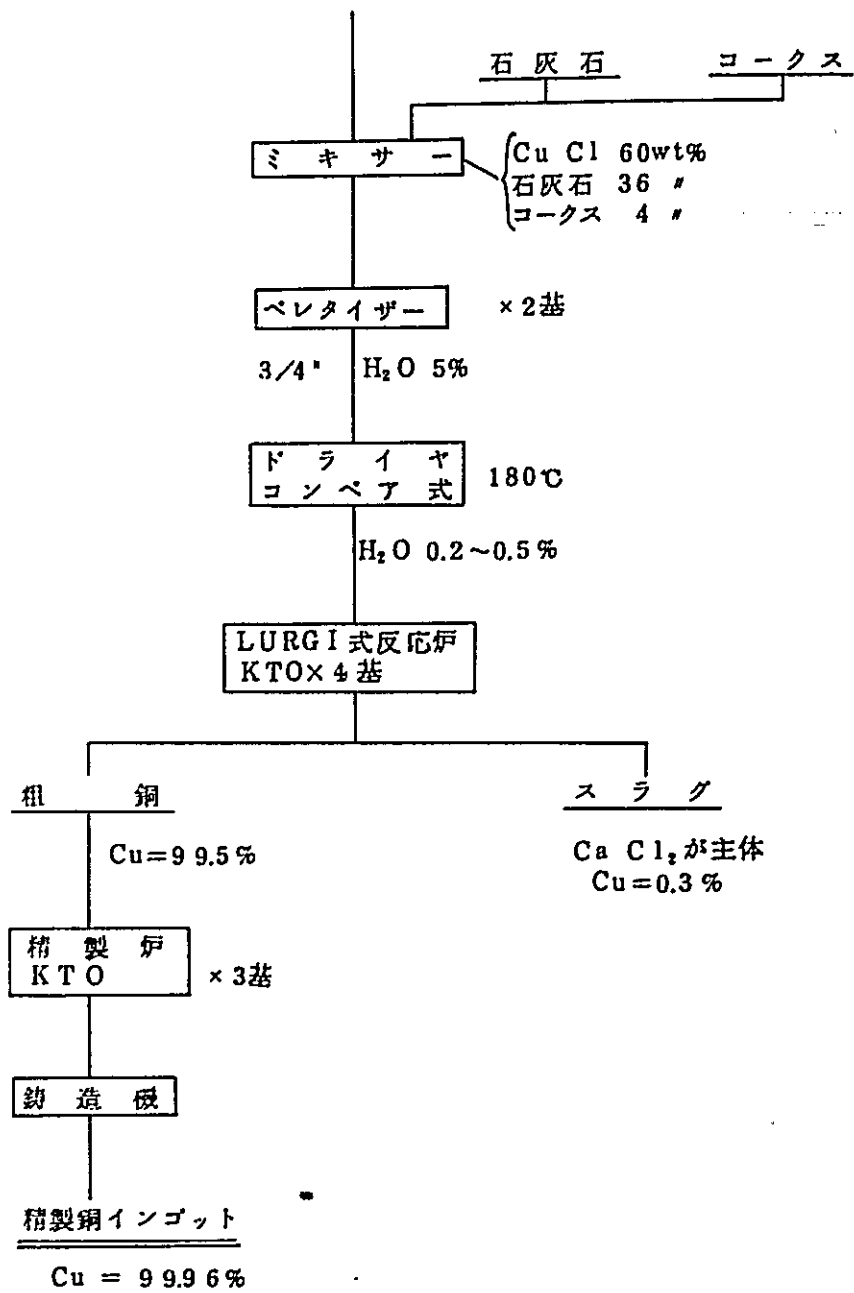
3620-2-A

② フローシート

図1 Mantos Blancos のフローシート







付 録

(1) チリ国側関係機関機構

チリ国の銅鉱山・製錬の関係の機構は、銅が同国の最重要産業であることもあって極めて複雑であり、短期日にはその全貌を把握することが困難である。関係機関を列挙すると、政府機関として

Ministerio de Minería ( 鉱業省 )

Corporación del Cobre ( 銅公団 ) ( 略称 CODELCO )

Empresa Nacional de Minería ( 鉱山公社 ) ( 略称 ENAMI )

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica ( 国家科学技術研究委員会 ) ( 略称 CONICYT )

Oficina de Planificación Nacional ( 国家計画庁 ) ( 略称 ODEPLAN )

Corporación de Fomento de la Industria ( 産業開発公団 ) ( 略称 CORFO )

の6つの機関と外に外務省があり、研究機関として

Centro de Investigación Minera y Metallúrgica ( 鉱山冶金中研 ) ( 略称 CIMM )

Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas ( 国立技術研究所 ) ( 略称 INTEC )

Instituto de Investigación Geológica ( 地質調査所 ) ( 略称 IIG ) の3つがある。

これらの諸機関の相互関係は錯綜していてよくつかめないが、本調査団に直接関係したのはCODELCO、ENAMI、CIMMであり、これらはいずれも鉱業者の管轄下にある。この他に、CONICYTと外務省に表敬訪問をした。各機関間の連絡は余り良くなく、勢力争いもあるようで、本調査団以後の協力の過程においても留意する必要があると考えられる。

接触した3機関の中、CODELCOとENAMIの長は鉱業相が兼務しておりCIMMの長はCODELCOの研究開発部長が兼務している。CODELCOはいわゆるGran Minería ( 大鉱山 ) と呼ばれる Compañía de Cobre Chuquibambilla, Compañía de Cobre El Salvador, Compañía Minera Exótica, Compañía Minera Andina, Sociedad Minera El Teniente の5鉱山と3製錬所 ( Chuquibambilla, Potrerillos, Calientes ) を持株会社の形で支配している。

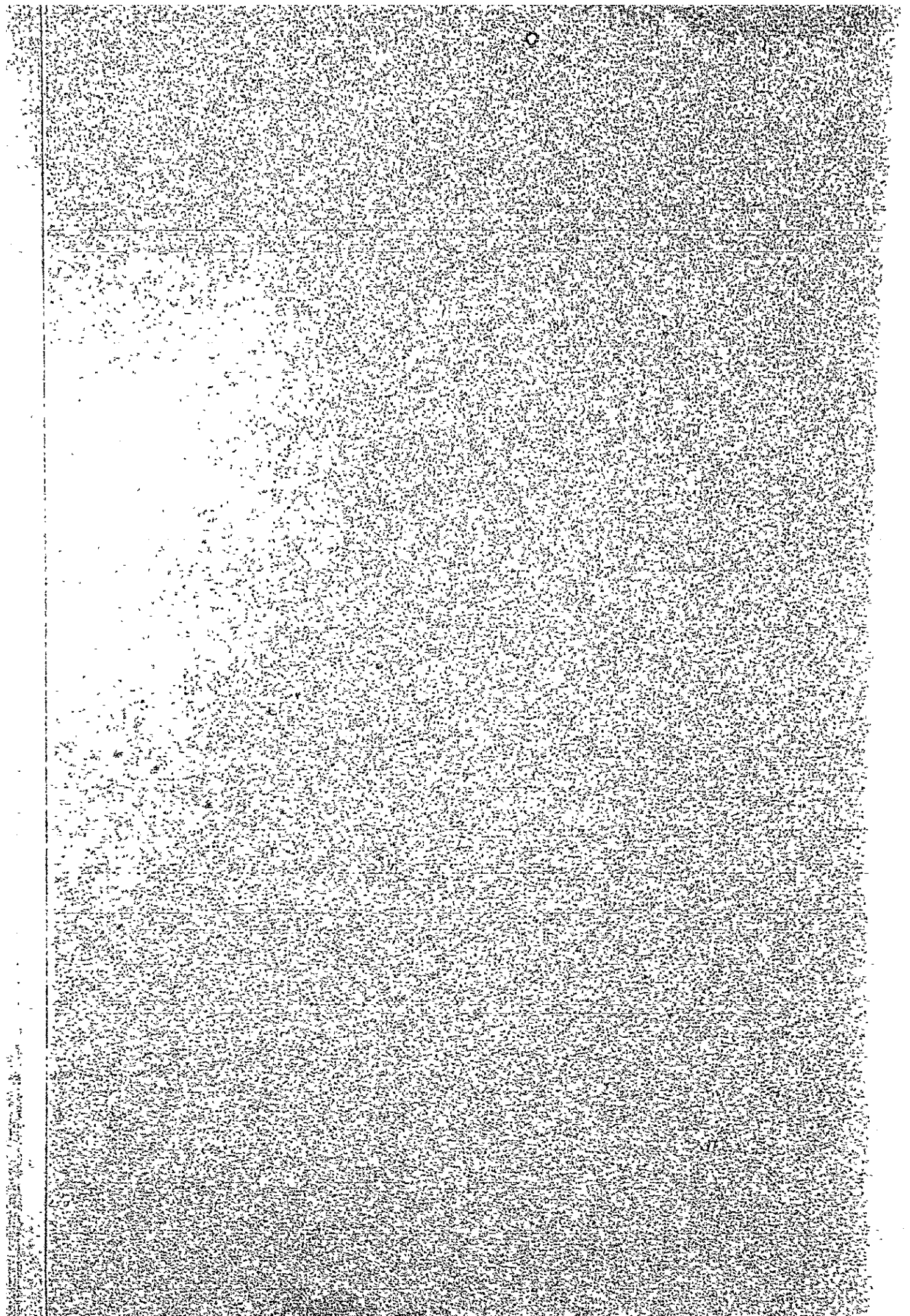
各社は一応独立採算のように見受けられた。また、各社間の技術交流は余り円滑ではないようである。

ENAMIは中小鉱山9山 ( Domeyko, Río Salado, Cabildo, Illapel, Manuel A. Matta, José Antonio Moreno, Regional de Vallenar, Osvaldo Martínez, Aguirre Cerda ) と2製錬所 ( Paipote, Las Ventanas ) を所有し、個人の採掘屋 ( ビルキ

ネロという) からも買収している。本調査団が接触したのは技術部である。

CIMMは一応公立研究所という形をとっているが、実態はほとんど鉱業省の直轄で、完全にCODELCOの支配下であり、CODELCOは人事、財政ともにCIMMをコントロールしている。

(2) 調査団からチリ政府にあてたトーキング・ペーパー



TALKING PAPER

Date: July 14th, 1975

To: CORPORACION DEL COBRE  
DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

From: The Preliminary Study Team to be sent by the Japan  
International Cooperation Agency

Subject: Technical Cooperation on Copper Smelting and Refining  
between Chile and Japan

I. Objective of the Preliminary Study Team

At the request of the Government of Chile , the Government of Japan has decided to collaborate in implementing the above subject matter by providing her technical cooperation program in the most appropriate manner to meet the real need of Chile . Japan International Cooperation Agency (JICA), which is an agency of the Japanese Government, will take up and execute the program within its best possible methods and range of activities.

The Preliminary Study Team sent by JICA aims to identify the outline of the intended plan on the above and to clarify the problems to be solved, if any, and also the appropriate methods of Japan's collaboration. The Team consisting of experts in specialized fields hopes to discuss and exchange frank opinions on the subject with the counterpart offices of the Chilean Government and its agencies concerned so as to achieve the team's objectives.

## II. Procedure of Japan's Technical Cooperation Program

Japan's technical cooperation program is provided in the following administrative procedure:

- Preparation Stage: (1) The Preliminary Study Team\*
- (2) Appointment of Japanese Experts for a Long-term-study\*\*
- (3) The Implementation Study Team\*\*\*  
(Signing of Record of Discussions)

\* The objectives of this team are the identification of the real needs of Chile and to make proper technical diagnoses   \*\* two experts for half a year   \*\*\* in the year of '76

- Implementation Stage: (1) Appointment of Japanese Experts
- (2) Provision of Equipment, Machinery, Tools and their spare parts
- (3) Acceptance of Trainees in Japan
- (4) Transfer of the Entire Program and the hardware provided by the Japanese Side to the Government of Chile

- Evaluation Stage: (1) The Evaluation Study Team, if necessary

## III. Information Required for Implementing the Plan

The information required by the Japanese Study Team is categorized in four groups:

- A. Administrative Information;
- B. Background Information;
- C. Principal Information;
- D. Supplementary Information.



Among those four A and B will be explained by the Chilean Government, while C will be the major themes for discussions between the two delegations and D will be studied by the Japanese team with an assistance of the Government of Chile . Details of each group of information are described as follows:

A. Administrative Information

1. Name of the counterpart office of the Government of Chile which is responsible for administrating the implementation of the plan and the program;
2. Name and activities of the implementing agency responsible for planning and implementation of the plan;
3. Name and activities of offices of the Chilean Government related to the implementation and operation of the plan.

B. Background Information

1. Importance of the plan in the national and sectoral economies
2. Urgency (priority) of the plan
3. Any problems attached to or involved in the plan
4. Effects of the plan if implemented

C. Principal Information

1. Concept plan of the Chilean side
  - (1) Outline of the plan
    - a. Outputs of the plan
    - b. Organizations and institutions to be utilized
    - c. Activities of the intended organizations
    - d. Necessary hardware to be facilitated or installed

- e. Necessary software to be utilized for detailed planning, programming and operation
  - f. Staffing in administration, instruction, training and R & D
- (2) Critical difficulties, if any
  - (3) Requirement of foreign cooperation
  - (4) Availability of domestic budget allocation
  - (5) Terms required for implementation
2. Important points for further studies and discussions for the following stage
- (1) Institutional establishments
  - (2) Identification of equipment and tools required
  - (3) Identification of fields of specialists and experts required

D. Supplementary Information for Reference

- 1. State of industrialization of the Chile
- 2. Present or previous experiences or practices of similar plans in both public and private sectors
- 3. Present state of technologies in question which are used in practice
- 4. State of institutions involved or responsible for managing the technologies in question

#### IV. Responsibility of the Governments

The Government of Japan and Chile share the following responsibilities in order to put the plan into implementation and to make sure that it will meet the right need in Chile

##### A. The Government of Japan

The Government of Japan will collaborate with the Chilean Government in programming the intended plan and operating the made-up program. Japan International Cooperation Agency will play the leading role in making up an action program for implementation and take the following five responsibilities at its own expenses:

1. To conduct the implementation study which aims to make up a concrete action program for implementation;
2. To appoint Japanese technical experts who will assist the implementation of the program in technically specialized fields;
3. To provide machines, equipment, and tools required for the operation of the program;
4. To train the counterpart officials in Japan; and
5. Others, if anything specified, on the mutual consent.

##### B. The Government of Chile

The Government of Chile will take the primary responsibility for promoting and operating the program. The following seven specific responsibilities are also taken by the Chilean side at its own expenses:

1. To appoint indigenous technical and administrative staff required for operating the program;
2. To provide privileges, exemptions and benefits to Japanese experts and their families;

3. To issue Residence Permits and Labour Permits to the Japanese experts including the former to the experts' families;
4. To supply raw materials, equipment, machinery, tools and their spare parts including their replacement purpose, and only other materials necessary for the operation of the program which are not provided by the Japanese side;
5. To bear expenses of equipment, machinery, tools and their spare parts of Japanese provision for their transportation within the counterpart country as well as those for the installation, operation and maintenance thereof in the operation of the program;
6. To bear running expenses necessary for the maintenance and operation of the institutions, organizations involved to run the program: and
7. To provide exemptions of custom duties, internal taxes and similar charges, if any, imposed on equipment, machinery, tools and their spare parts which are provided by the Japanese side;

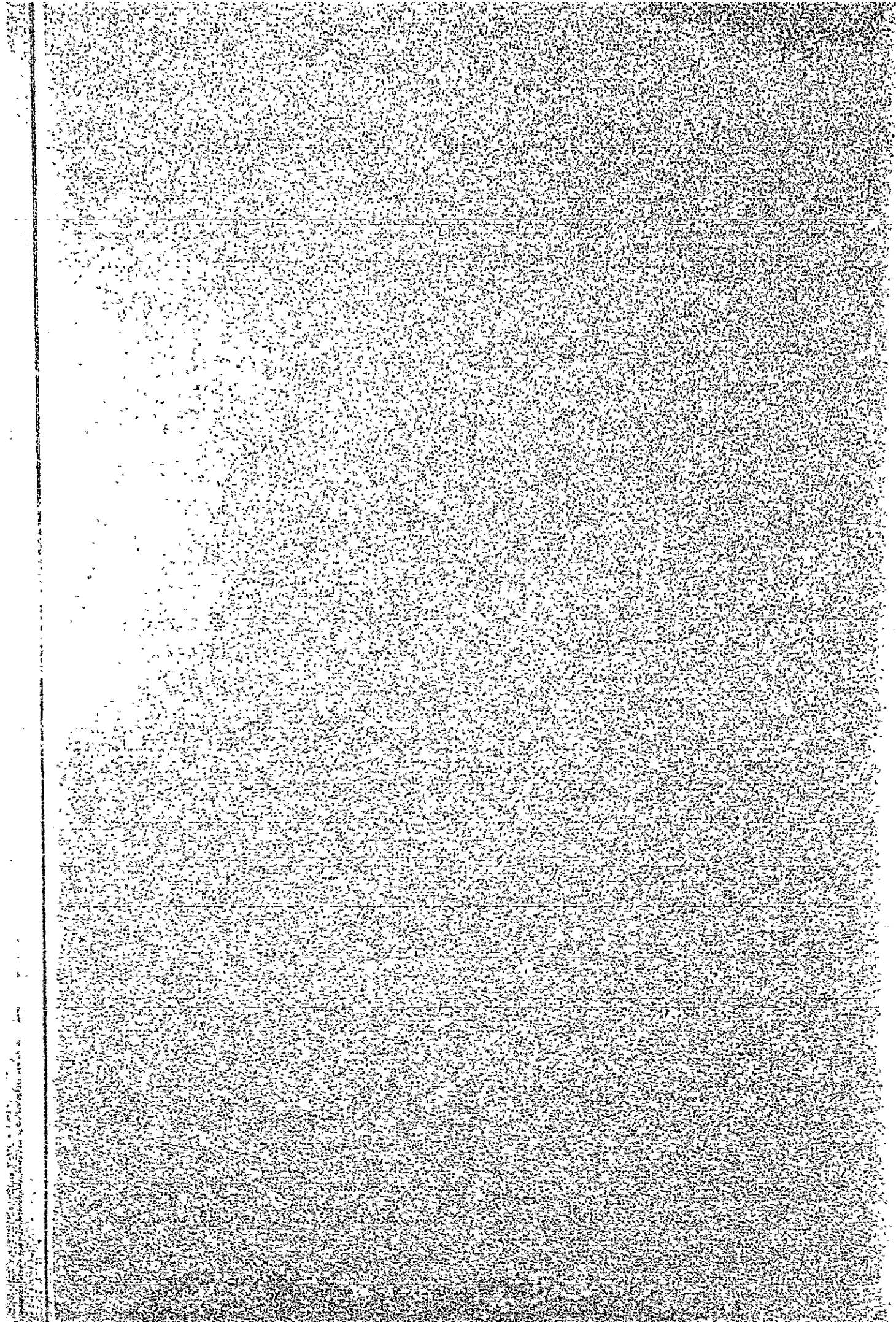
#### V. Tentative Schedule for Implementing the Program

It is hoped that both sides will make a tentative schedule to implement the program so that preparatory works will be expedited in the course of implementation.

(注) チリ側に説明したのはⅠ～Ⅲであり、ⅣとⅤは今回は説明していない。また文書の形ではチリ側に渡っていない。JICA 鉱工業開発部の作成した原案を本件向けに手直ししたもの。

### (3) 調査団の所見と勧告 (西文)

これは8月4日のチリ側と日本側の討議において日本側が提出したものである。



OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DEL GRUPO DE  
EXPERTOS JAPONESES PARA LA COOPERACION  
TECNICA EN EL CAMPO DE FUNDICION Y  
REFINAMIENTO DE COBRE

Quisieramos aquí mencionar nuestras impresiones de las minas y refinerías de cobre que hemos visitado en esta oportunidad; asimismo trataremos de señalar los problemas que hemos observado allí y sus posibles medidas de solución.

Debido a nuestra corta estadía y al problema de idioma podría haber algunas interpretaciones basadas en informaciones erróneas. Es nuestra intención perfeccionar las recomendaciones en base a las discusiones de hoy.

I. Observaciones generales

1. Encontramos altos niveles de operación, en general, a pesar de las restricciones de las instalaciones actuales que son bastante antiguas.
2. Sin embargo, nos llama la atención la falta de control cabal del movimiento de los materiales y sus balances en las plantas. Es necesario hacer un control de medición más preciso en los lugares pertinentes, así como su registro.
3. Es muy frecuente observar una acumulación grande de polvos. Sería menester esforzarse para evitar esta acumulación de polvo y escape de gas en todas partes de las plantas. Esto permitiría mejorar el coeficiente de recuperación de cobre y mejorar el medio de trabajo así como el rendimiento y el ánimo de los trabajadores.

4. No parece suficiente el intercambio de las informaciones técnicas entre las empresas de cobre chilenas. En caso del Japón a pesar de que las empresas son privadas y competidoras entre sí, los intercambios se hacen más frecuente y oportunamente que en Chile. Habría que estimular el intercambio de informaciones técnicas entre las empresas de cobre. En primer lugar hay que tomar medidas tales como unificación de las unidades de diferentes plantas en el sistema métrico, etc. Esto parece muy útil también para el control de la operación por parte de la Sede Matriz.

## II. Observaciones acerca de cada una de las minas y refinerías

### A. Refinería de Las Ventanas

1. Está desarrollándose una operación excelente en la eliminación de impurezas como arsénico, antimonio, en el horno de ánodo, y en la fundición de ánodo con el uso de pesador de ánodo de tipo Outo Kump. También las características de superficie de cátodo es excelente.
2. Es obvio que la capacidad diseñada de la caldera actual del horno de reverbero es relativamente reducida y con la instalación de caldera adicional que se está preparando ahora podrían aprovecharse más suficientemente la capacidad del horno. Sin embargo, la ubicación de la caldera que se agrega no parece óptima y esto obliga a hacer más larga el ducto (flue) y es previsible que surjan problemas causados por el polvo. Es recomendable incluir en el diseño medidas para prevenirlos por ejemplo, instalación de la cerradura enfriada por agua (water cool damper) a fin de facilitar el aseo y la limpieza del ducto. Con respecto a este punto, estamos preparados para proporcionar cooperación del Japan.



3. En las plantas de refinería electrolíticas será necesario estudiar cuidadosamente la temperatura de electrólito, aditivos, sistema de circulación del líquido, coeficiente de la corriente de electrólito, etc. y acumular experiencias de operación bajo alta densidad de corriente de nivel de 250 A / m<sup>2</sup>. (High corrent density operation).

Electrólisis PRC debe poner a la práctica después de tener experiencia de esta forma normal y si se introdujera inmediatamente la operación PRC existe la posibilidad de que no se pudiera obtener los resultados esperados.

4. Es recomendable introducir máquinas automatizadas en el proceso de aplanamiento y moldeamiento de las láminas de partida (starting sheet flatening and patterning). Podemos ofrecer cooperacion del Japón.
5. Están desarrollándose los experimentos de titanium blanks. En el Japón no se adoptó este sistema, principalmente porque el costo inicial de las inversiones es muy alto y el valor de las láminas usadas como chatarra es bajo. El intercambio de las informaciones técnicas entre nosotros en el futuro será muy útil.

#### B. La mina de El Salvador

1. Está bajo el coeficiente de recuperación de cobre sulfúrico en la flotación. Se hace la segunda flotación en la planta de LLanta, pero lo más importante es estudiar el mejoramiento de la operación de flotación en El Salvador a fin de aumentar el coeficiente de recuperación. En el Japón tenemos la experiencia de lograr el aumento de este coeficiente por la eliminación de barros (slime) lavando los minerales intensamente con agua antes de pasarlos al molino balas. La composición gangue es fácil de

quebrarse y pegarse a las partículas del mineral (ore particle). De modo que, es muy alta la posibilidad de que el lavado con agua fuese útil, aún cuando el contenido de esos elementos fuera poco.

2. En el Japón, existe las plantas en que la flotación esta completamente automatizada y conectada con el análisis de rayo X fluorescente, como en la mina de Kamioka. Si le interesa podemos proporcionarles las informaciones.
3. En el campo de la flotación de minerales de óxido de cobre podemos hacer cooperación de estudio. En la Asociación de Minería del Japón, existe un grupo de estudio de flotación de minerales de óxido de cobre, y el intercambio de informaciones con ese grupo sería útil para ambos.

#### C. Refinería de Potrerillos

1. El filtro del concentrado no está bien mantenido ni óptimamente operado. Con el mismo tipo de filtros se elimina hasta 12 o 13 por ciento de agua en el Japón. Sería urgente la necesidad de considerar este problema ya que este está ligado directamente a la pérdida de combustibles. Más concretamente cabe mencionar que en el Japón se adopta el sistema de proceder cíclicamente la formación del queque primario de filtros (cake layer) por la succión de velocidad moderada con uso del vacío de menor grado, formación del queque principal por la succión de alta velocidad, primera eliminación de agua, inyección de pulpa para evitar la aparición de grietas en los queques, segunda eliminación de agua, soplo de los queques, exfoliación de los queques por los cuchillos y hace un control para que la cantidad de agua final este uniforme. Hemos observado el mismo tipo de operaciones en que no se presta suficiente atención en todas las minas y refinerías que hemos visitado.

2. Aunque existen problemas económicos que se mencionan más adelante, se señalan en primer lugar cambios menores recomendables, independientemente de si o no todos los minerales de El Salvador deben seguir siendo procesado de método actual.
- a. Mejoramiento de la mantención y operación de los filtros ya explicados.
  - b. Sustitución de tostador de tipo wedge por el secador de tipo Rotary Kiln.
  - c. Automaticación de estampado (aplanamiento y moldeamiento) de las láminas de partida en la planta de electrorefinación (flattening and patterning of starting sheet)
  - d. Mejoramiento de dispositivos cambiadores del calor (heat exchanger) para calentar electrólito. Al respecto, podemos ofrecer cooperación.
  - e. Mejoramiento de la circulación de electrólito y el control de la temperatura de electrólito.
  - f. Estudio acerca de la purificación de electrólito, recuperación del sulfato de níquel y ácido sulfúico. La cooperación técnica en este campo es posible.
  - g. El coeficiente de chatarra de ánodo es 24 por ciento y es bastante alta. La baja de la cantidad de chatarra contribuirá mucho en el ahorro de combustibles. La uniformidad de ánodo, en primera instancia y luego el aumento del grueso de ánodo aumentará la duración de ánodo desde 20 días actual a 22 o 24 días y por consiguiente podrá bajar el coeficiente de chatarra a menos de 22 por ciento. Es recomendable la adopción de pesador de ánodo tipo Auto Kump.

Los cambios mayores recomendables bajo la hipótesis de que todos los minerales de El Salvador seguirán siendo procesado por el sistema actual serían:

El mejoramiento de la caldera del horno reverbero: En el Japón la modificación de la caldera se considera factible solamente cuando se planea la operación de más de 10 a 15 años. De manera que también en Chile sería riesgoso tomar una decisión antes de hacer un cálculo de costo bien preciso.

En caso de que llegara a la conclusión de que las modificaciones fueran necesarios, sería menester en primer lugar decidir el mejor lugar de instalación y su capacidad apropiada, aun cuando esto implique una baja del nivel de operación temporal.

En caso de que quisiese introducir la modificación de la caldera sin bajar el nivel de operación, existe la posibilidad de instalar dispositivos de precalentamiento de aire combustión.

4. De todas maneras las instalaciones de esta parte está muy gastada y decrépita y carecen de la posibilidad de bajar el costo de operación mediante la ampliación o sustitución parcial.

Si se considera al mismo tiempo la racionalización de rutas de concentrados y la eliminación de pérdidas de concentrados en diversos lugares de la planta, ésta refinería es el candidato número uno de abandono y reconstrucción (scrap and build). Sería recomendable enviar concentrado licuado por tubería hasta la costa y refinar en una nueva y eficiente refinería.

#### D. Refinería de Chuquicamata

1. La acumulación de polvo es muy alta, aún en comparación con otras refinерías. El aseo más completo y la prevención de polvos serán muy significativo para el mejoramiento efectivo de la tasa de recuperación y el mejoramiento del medio de trabajo.

2. En base a la ley de minerales actuales, es apropiado el plan de producción de 1.000 toneladas diarias de cátodo y se logrará. La refinera de Chuquicamata será una de las más sobresalientes de las refineras del mundo, después de terminar el mejoramiento de las calderas de horno reverbero y el traslado de tapping hole de eje.
3. Una cooperación técnica es posible con respecto a la instalación de la caja de enfriamiento por agua de tapping hole (tapping hole with water cooling jacket) y el pesador para grua.
4. El ánodo de esta refinera es más largo del mundo y la operación de electrólisis es excelente, no obstante, por lo largo, será necesario un cuidado especial en aplanamiento de láminas de partida (flatness of starting sheet) y debería estudiarse el moldeamiento de dichas laminas (patterning of starting sheet).
5. Como la tasa de barros es baja (0.17 por ciento), puede realizarse la operación de corriente con alta densidad (high current density operation) sin introducir el sistema PRC.
6. Con respecto a la purificación de electrólito, el Japón puede realizar cooperación técnica en el campo de recuperación del ácido sulfúrico.
7. En vista del alto costo de la energía eléctrica, sería necesario hacer un estudio cabal acerca de la operación del horno de reverbero con el uso de oxígeno como una medida de aumentar la capacidad de producción.
8. Con respecto al plan de aumentar la capacidad de producción en circunstancias en que baja la ley de minerales en el futuro, no se puede opinar antes de realizar un cálculo de costo minucioso tomando en cuenta diversos factores como la energía

eléctrica, otros combustibles, agua, costo de construcción, ácido sulfúrico, etc.

En cuanto a la selección de procesos de fundición entre el horno flash, horno reverbero y proceso de fundición continua, es menester compilar ampliamente informaciones técnicas y agotar estudios profundos de diferentes métodos.

Se puede considerar que el Japón será el mejor asesor en esta materia por sus experiencias de operaciones de diferentes métodos así como por excelentes resultados. Es peligroso insistir en el uso del horno de fundición flash. En la actualidad, el horno reverbero puede ser el candidato del mismo orden y merece ser estudiado.

#### E. Refinería de Caletones

1. En primer lugar deben pensar en medidas de digestión de carga fría (cold dope) ya que esto contribuye también directamente en el aumento de la capacidad de producción. Para eso será necesario.
  - a. Esclarecer el lugar en que ocurre las cargas frías y su volumen.
  - b. Aumentar la capacidad de olla. Es urgente el cumplimiento del plan de aumentar en 30% de la capacidad de olla.
  - c. A base de un estudio del sistema que permita la operación óptima del horno reverbero, grúa y convertidores, debe establecerse el programa normal de operación y tratar de operar de acuerdo con este programa hasta donde fuera posible.
  - d. Estudiar sobre el aumento de carga fría en hornos convertidores. Será posible el aumento de la carga fría en el período de formación de escoria si la lanza en el horno durante el

soplo y al mismo tiempo hace la adopción de inyección del aire enriquecido de oxígeno (adoption of oxygen enriched blast), además de moler la carga fría en forma apropiada.

- e. Instalar el pesador en la grua para facilitar el esclarecimiento de la carga fría.
2. Será necesario la estabilización del soplo en los convertidores. El nivel fijado de la cantidad de aire es muy cerca del límite más alto del margen de control y se puede sospechar que no se está procediendo a un control estricto de aire. Si estabiliza el soplo del aire, baja la cantidad de carga fría.
3. El cuello de botella de la producción está sin duda en las gruas. Es urgente fortalecer las gruas al máximo posible. Es recomendable tener la capacidad de 70 a 80 toneladas, pero si el margen de la resistencia de la estructura del edificio de la planta fuese 60 toneladas, ese sería deseable.

No debe permitirse la descarga de las escorias chocando las ollas contra los soportes del edificio de la planta.

4. La duración de los hornos reverberos (campaign) es demasiado corto, esto es un problema muy grande desde el punto de vista económico. La razón para que se usa la bóveda colgante básica (basic suspended arch) es para permitir la reparación durante la operación del horno y el uso de la bóveda colgante básica no tiene sentido si hay que parar el horno para la reparación porque el espacio es demasiado limitado. Por consiguiente, con respecto al horno reverbero N° 1, cabe proceder a una gran modificación a fin de reservar un espacio grande y permitir la reparación del techo sin interrumpir la operación del horno. Con respecto al horno reverbero N° 2, si se prefiere continuar el uso de bóveda en arco autosuspendida de sílice, es necesario

instalar un estanque y tuberías de gran escala que permiten proceder el soplo de pulpa en cualquier momento. Se considera preferible usar para este horno la bóveda colgante básica (basic suspended arch).

5. Si bien se prolonga la duración del techo por estas modificaciones, la duración del horno se verá restringida, por la elevación del nivel de suelo del horno, si continua haciendo calcine charge con la ley actual de minerales. Las medidas para contrarrestar a este fenómeno serían los dos:
  - a. Realizar la flotación de escoria de convertidores (flotation of converter slag), ya que esto es útil también para el tratamiento de la carga fría.
  - b. Después del reforzamiento de las gruas, usar totalmente carga verde. El abandono de tostador producirá efecto también en el ahorro de mano de obra, baja en el costo de mantención y mejoramiento del medio de trabajo.  
Se considera más recomendable la segunda medida (b).
6. Sería oportuno considerar la manera de utilizar más eficazmente el oxígeno. Existe alta posibilidad de bajar la cantidad de uso de oxígeno sin aumentar el consumo de combustibles, mediante la reubicación de quemadores en el horno de reverbero, etc. Por ejemplo, con respecto a la metodología adoptada en la refinería de Onahama podría ofrecer cooperación técnica, o probablemente colaboración en términos comerciales. Si sobre el oxígeno gracias a estos cambios, habrá uso más eficaz del oxígeno en convertidores, etc.
7. Merece reconsideración la operación de convertidores con uso de aire enriquecido de oxígeno y la adición de concentrado en el convertidor. En este caso es necesario peretización de concentrado y un estudio acerca del método de agregar el concentrado.



### III. Conclusiones

De acuerdo a estas observaciones, el orden de prioridad de diferentes refineries en base al efecto de inversiones sería:

1. Las Ventanas: Siendo la instalación nueva y eficiente no existe cuellos de botella y se realizan operaciones de mejor nivel. Localizada en la costa, cuenta con baja tarifa de electricidad, y buen acceso a la ciudad y tiene buen medio de trabajo.
2. Chuquicamata: Los cuellos de botellas son menores y cuenta con altas tecnologías, no obstante, la tarifa de electricidad es alta, está ubicada en un lugar muy alto, siendo estos factores desfavorables.
3. Caletones: Grandes modificaciones son necesarias. Pero la energía eléctrica es barata y tiene buenas condiciones geográficas.
4. Potrerillos: Las instalaciones están muy viejas y las condiciones geográficas no son favorables.

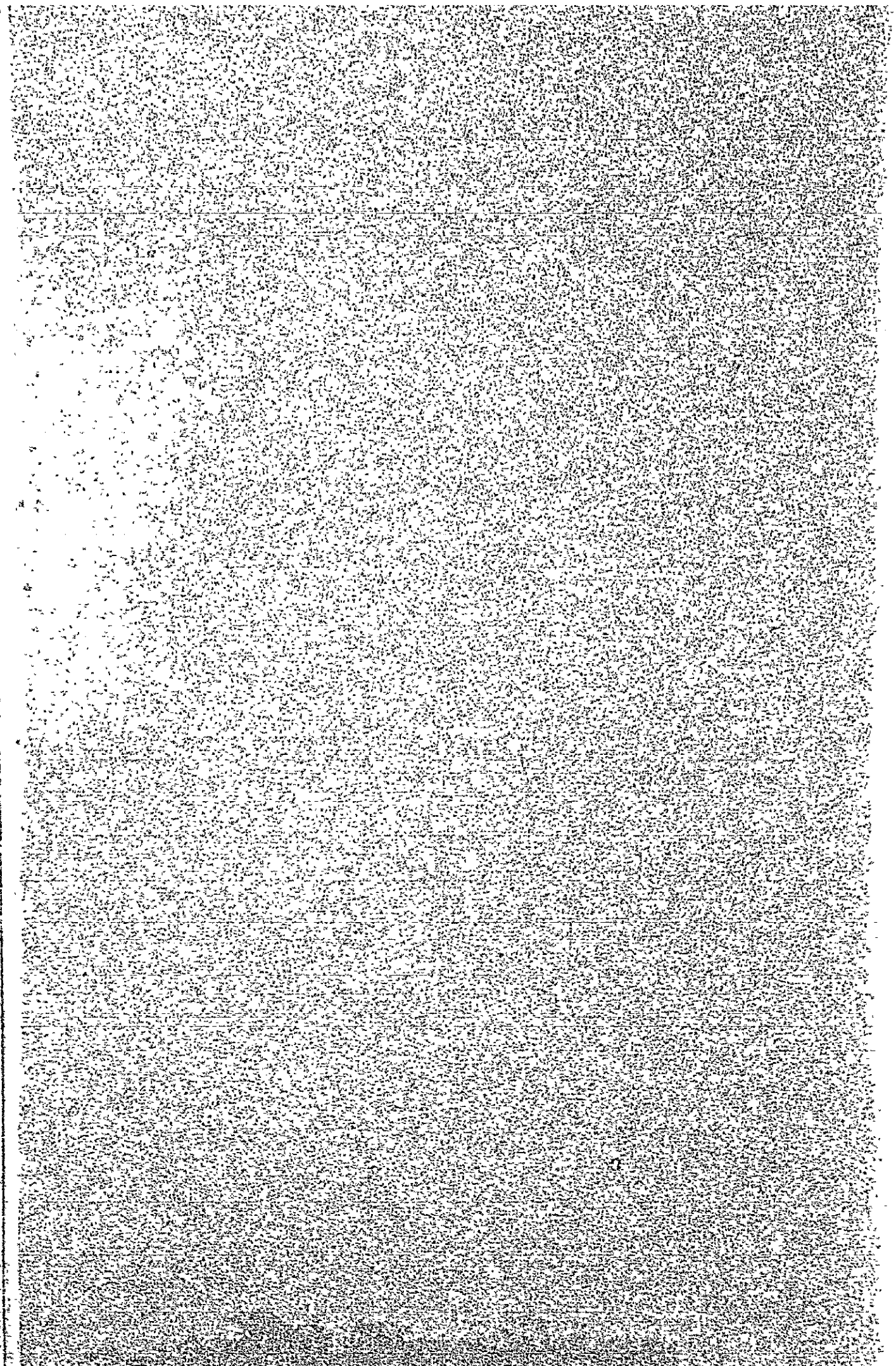
Aun cuando no hemos podido visitar la refinería de Paipote, esta se parece a las Refinerías de Chuquicamata y Caletones, según las informaciones disponibles.

Esta evaluación es preliminar y sujeto a los cambios posteriores. Dada la ley actual de concentrados, la capacidad de cada una de las refineries basadas del cobre recuperado de concentrado se estiman como siguen;

1. Las Ventanas: Capacidad actual 200 toneladas métricas en cobre fino por día; en el futuro: 250 MT  
Medidas recomendables: Instalación de la caldera N° 3 para horno de reverbero y de convertidor N° 4

2. Potrerillos: La capacidad actual 230 MT; en el futuro 230 MT
3. Chuquicamata: Capacidad actual 830 MT; futuro 1.000 MT.  
Medidas recomendables: Instalación de convertidor N° 6.  
Instalación de mechanical puncher en cada uno de los convertidores;  
Modificación de la caldera de hornos de reverberos.
4. Caletones: Capacidad actual 670 MT; en el futuro 700 MT (esto equivale a la meta de 280.000 toneladas cortas por año refijada por el momento por la gente de la refinería).  
Medidas recomendadas: Uso de oxígeno en los convertidores y aumento de la carga fría: aumentar la capacidad de ollas; racionalización de operación tales como el control del soplo de aire.  
Alternativa 2: 900 MT. Medidas recomendadas para la alternativa 2: Prolongación de duración de los hornos de reverberos, operación con cargas verdes, instalación de 2 nuevas gruas de 60 toneladas cada una para los convertidores, mejoramiento del uso de oxígeno en los hornos de reverberos.

(4) チリ政府から提供された資料



CENTRO DE INVESTIGACION  
MINERA Y METALURGICA

1. Antecedentes generales
2. Objetivos del CIMM
3. Organización y operación del Centro
4. Descripción de las divisiones Técnicas
5. Personal del Centro
6. Edificios del CIMM
7. Proyectos e Investigaciones

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

El Centro de Investigación Minera y Metalúrgica es una Institución de derecho privado patrocinada fundamentalmente por entidades estatales. Fué formada con el objeto de realizar investigación aplicada de apoyo a la industria extractiva. El Consejo Directivo está compuesto por:

- Representante del Ministerio de Minería
- Vicepresidente Ejecutivo de la Corporación de Fomento.
- Vicepresidente Ejecutivo de la Corporación del Cobre.
- Vicepresidente Ejecutivo de la Empresa Nacional de Minería
- Representante de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.
- Representante de la Oficina de Planificación Nacional.
- Representante del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile.

Este Consejo define los objetivos generales del CIMM y determina los medios financieros para su funcionamiento. El CIMM fué creado a fines de 1970 y se rige por estatutos aprobados según decreto del Ministerio de Justicia N° 173 del 12 de Febrero de 1971.

El Centro cuenta con Asistencia de Naciones Unidas a través del Proyecto CHI-42, del cual se ejecuta actualmente la primera fase. Se cuenta también, con asistencia de el Gobierno de Belgica y Canadá, materializándose la primera en el financiamiento de la nueva sede del CIMM y la segunda en investigación aplicada en el Area de Beneficio de Minerales. El financiamiento actual del Centro proviene fundamentalmente de los capitales proporcionados por la Corporación del Cobre.

## 2. OBJETIVOS DEL CIMM

La importancia de la Minería del Cobre en Chile hace imperiosa la necesidad de un apoyo tecnológico nacional constante de alto nivel capaz de solucionar los problemas técnicos que surgen a través de su proceso productivo. El CIMM dentro de este contexto, ha desarrollado sus esfuerzos para cumplir una labor de investigación aplicada comprendida entre la evaluación de yacimiento hasta la obtención de metales y subproductos. Su apoyo tecnológico se ha materializado en las siguientes líneas:

- Asesoría a la industria cuprífera nacional.
- Transferencia y adaptación de la tecnología desarrollada en otros países.
- Desarrollo de una tecnología nacional; y
- Coordinación de la investigación en el campo minero y metalúrgico a través del otorgamiento de proyectos sobre materias específicas tanto a instituciones universitarias como a otras instituciones de investigación.

## 3. ORGANIZACION Y OPERACION DEL CENTRO

Con el objeto de cumplir con sus objetivos, la organización del Centro de Investigación se ha orientado hacia un esquema que permita el estudio sistemático de una amplia gama de problemas mineros y metalúrgicos. Con tal objeto, se ha considerado tres Divisiones Técnicas de Investigación, a saber: Explotación de Minas, Beneficio de Minerales y Caracterización de Materiales, además de una área dedicada a la Administración y los Servicios de Apoyo. En la Figura 1 se presenta el organigrama y la dotación actual del personal de investigación del Centro.

La existencia de estas divisiones técnicas permite enfocar las múltiples facetas que presenta un problema de investigación minera,

desde la caracterización de las materias primas hasta la evaluación económica, incluyendo también su factibilidad técnica en escala semi-industrial. Cada una de las Divisiones indicadas anteriormente cuenta con subdivisiones o áreas de trabajo en temas que se consideran importantes en relación con los problemas que son estudiados por el Centro.

Dentro de la estructura formal presentada se distinguen los servicios de administración general que comprenden:

- La Oficina de Administración encargada de la contabilidad, de personal de Caja, de Mantenimiento y Aseo del Edificio, de Bodega, de Correspondencia y de diversos Servicios Menores.
- La Oficina de Finanzas y Equipamiento, encargada de la gestión de los diversos aportes y pagos que el CIMM recibe y de las gestiones de importación de los equipos, instrumentos y materiales necesarios para la investigación, y
- Los Servicios de Secretariado, que prestan sus servicios a la investigación en dactilografía de informes, organización de oficinas y archivos.

Paralelamente a esta estructura, se cuenta con unidades de Adquisiciones, Asistencia Técnica, Biblioteca y Documentación; Bienestar y, Construcción del nuevo Edificio CIMM.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LAS DIVISIONES TÉCNICAS

##### División Explotación de Minas

La existencia de la División Explotación de Minas es de enorme importancia económica. Su acción está dirigida esencialmente a la utilización de conceptos de investigación operativa, al desarrollo de nuevas técnicas de explotación, a la evaluación de yacimientos con técnicas estadísticas, entre otros aspectos estudiados. Dentro de



esta División, el Centro cuenta con grupos de trabajo en Economía Minera, Control de Terreno, Métodos Mineros y Evaluación de Yacimientos.

#### División Beneficio de Minerales

Dentro de esta División y dado que el objetivo central del Centro es el apoyo a la producción del cobre y metales asociados, se han organizado grupos de trabajo dedicados al estudio de Concentración de Minerales, Hidrometalurgia, Electrometalurgia y Extracción por Solventes, Pirometalurgia, Ingeniería de Procesos y Procesos Unitarios. Los procesos desarrollados en estos grupos de trabajo se han ensayado a escala de laboratorio y a escala semi-industrial, en estrecha colaboración con el personal a cargo de la operación de las unidades de producción, contemplando la realización de estudio en las mismas plantas de beneficio, fundiciones y refinerías. La puesta en marcha de la planta piloto del Centro facilitará aún más esta labor en toda la gama de procesos metalúrgicos.

#### División Caracterización de Materiales

El objetivo central de esta División es la realización rápida y exacta de análisis de macro y micro constituyentes en la más amplia variedad de muestras mineras y metalúrgicas. Con este objeto, cuenta con instalaciones para la preparación de muestras, análisis por vía húmeda y análisis instrumental incluyendo rayos X (difracción y fluorescencia), espectroscopía de emisión y espectrofotometría de absorción atómica. Su labor se ha orientado a servir de apoyo a las otras Divisiones del CIMM para la realización de los diversos proyectos que ellas ejecutan, - desarrollar nuevas técnicas y perfeccionar métodos analíticos ya conocidos y, finalmente, servir y prestar asesoría a los laboratorios de las empresas del sector minero metalúrgico. Los grupos de trabajo de esta División se han organizado en las áreas técnicas de Análisis Instrumental y Clásico, Espectroscopía Analítica,

Mineralogía y Microscopía, Radioquímica, Desarrollo de Métodos y Técnicas y Planta Piloto.

5. PERSONAL DEL CENTRO

Considerando la naturaleza de las actividades del Centro de Investigación, el personal está formado por profesionales altamente calificados con experiencia en investigación aplicada en química, metalurgia y minería. Las especialidades de estos profesionales son en: Ingeniería de minas, química analítica, mineralogía, metalurgia extractiva, ingeniería química, hidráulica aplicada, metalurgia química, ingeniería industrial e ingeniería matemática. Forma asimismo el staff profesional, el personal de nivel técnico de algunas especialidades mencionadas y la presencia de asesores en áreas específicas de la explotación y beneficio de minerales de cobre. Asimismo se dispone del equipo de apoyo administrativo necesario en los niveles superior, medio y servicios menores. En la Figura 1 se señala el personal de investigación existente en el CIMM por división y por área de trabajo. En líneas generales, la dotación actual y futura en el corto plazo es y será la siguiente:

<u>Item</u>	<u>Actual</u>	<u>Futura</u>
Dirección	6	11
Personal Administrativo	9	13
Personal de secretarias	9	13
Personal de Servicios	9	19
Personal Técnico medio especializado	-	20
División Explotación Minas	7	12
División Beneficio de Minerales	32	45
División Caracterización de Materiales	12	18
Total	84	151

## 6. EDIFICIOS DEL CIMM

La acción del CIMM requiere instalaciones y equipos adecuados; con este objeto se está terminando la sede definitiva en el sector de Lo Curro, Comuna de Las Condes, Santiago, con un total de 12.141 metros cuadrados. Esta sede se compone de un conjunto de 5 edificios y las obras e instalaciones complementarias: Planta piloto, talleres, casino, laboratorios, administración. En el futuro se contempla instalar un gimnasio y un jardín infantil para los hijos del personal. En el cuadro siguiente se muestra el área construída y fecha de término de las actividades de construcción y equipamiento básico.

<u>Edificio</u>	<u>Area (m2)</u>	<u>Fecha de término</u>
1. - Cuerpo A, Administración	1.134	30/06/75
2. - Cuerpo B, Laboratorios	5.774	28/02/75
3. - Cuerpo C, Casino	900	30/06/75
4. - Cuerpo D, Talleres	554	30/06/75
5. - Cuerpos E, Planta Piloto	2.850	31/10/74
6. - Cuerpo E <sub>1</sub> , Planta Chancado	430	31/10/74
7. - Cuerpo G, Portería y Casa cuidador	115	28/02/75
8. - Cuerpo de Union B-A-C	<u>384</u>	30/06/75
	<u>12.141</u>	

En la Figure 2 se muestra una vista panorámica de la sede del CIMM al 30-11-74, indicándose la ubicación de las principales unidades consultadas. A mediados del presente año se espera terminar las instalaciones, como igualmente tener habilitados los laboratorios y unidades piloto programadas.

## 7. PROYECTOS E INVESTIGACIONES

El CIMM orienta su labor esencialmente hacia la industria cuprera nacional y con el objeto de visualizar y comprender su

gestión presentaremos un listado parcial de los proyectos e investigaciones realizados y programados por cada una de sus divisiones operativas.

#### División Explotación de Minas

- a) Proyecto ventilación mina El Salvador.
- b) Estudio geoestadístico zona primaria mina El Teniente.
- c) Programación de inversiones sulfuros Chuquicamata (Mina - Concentradora).
- d) Antecedentes de Arsénico y Antimonio en el Cobre Blister de El Teniente.
- e) Asesoría a Chuquicamata en estabilidad de taludes.
- f) Estabilidad de taludes y drenaje Mina Exótica.
- g) Asesoría en mecánica de rocas en mina El Salvador.

#### División Beneficio de Minerales

- a) Extracción y purificación de sulfato de níquel en Enami-Ventanas.
- b) Estudio y recomendaciones operacionales para la refinería electrolítica de Enami-Ventanas.
- c) Beneficio óptimo para un mineral con alta pirita en Chuquicamata.
- d) Evaluación de reactivos para extracción por solventes.
- e) Anteproyecto de canales de relaves para la planta de El Cobre (Cía. Minera Disputada)
- f) Estudio experimental de la tubería de deposición de relaves en el prisma resistente de Andian.
- g) Revisión técnica del proyecto Parsons-Jurden para nuevas tuberías de relaves y de concentrados para Andiana.

- h) Análisis del uso de oxígeno mediante modelos de simulación, con el objeto de dimensionar una planta de oxígeno en Chuquicamata.
- i) Consideraciones geográficas e hidráulicas para el transporte de minerales y abastecimiento de combustibles por Tubería en las Empresas de la Gran Minería.

Entre los estudios relacionados directamente con las Empresas del Cobre podemos mencionar:

1. Lixiviación en botaderos (Chuquicamata)
2. Recuperación de Selenio (Chuquicamata)
3. Purificación de soluciones de lixiviación en mineral Exótica por SX (Chuquicamata)
4. Floculación de sólidos en suspensión en el proceso SX. (Chuquicamata).
5. Estudio de desgaste en tobera de convertidores (El Teniente)
6. Análisis de oxígeno en gases de conversión (El Teniente)
7. Lavado de escorias (El Teniente)
8. Simulación de un proceso continuo de fusión y conversión (El Teniente).
9. Estudio experimental canaleta de relaves (El Teniente).
10. Tratamiento de mineral Exótica N°1 (Exótica)
11. Circulación de soluciones en celdas electrolíticas e inversión de polaridad en electro-refino (Enami).
12. Lixiviación de mineral El Abra.

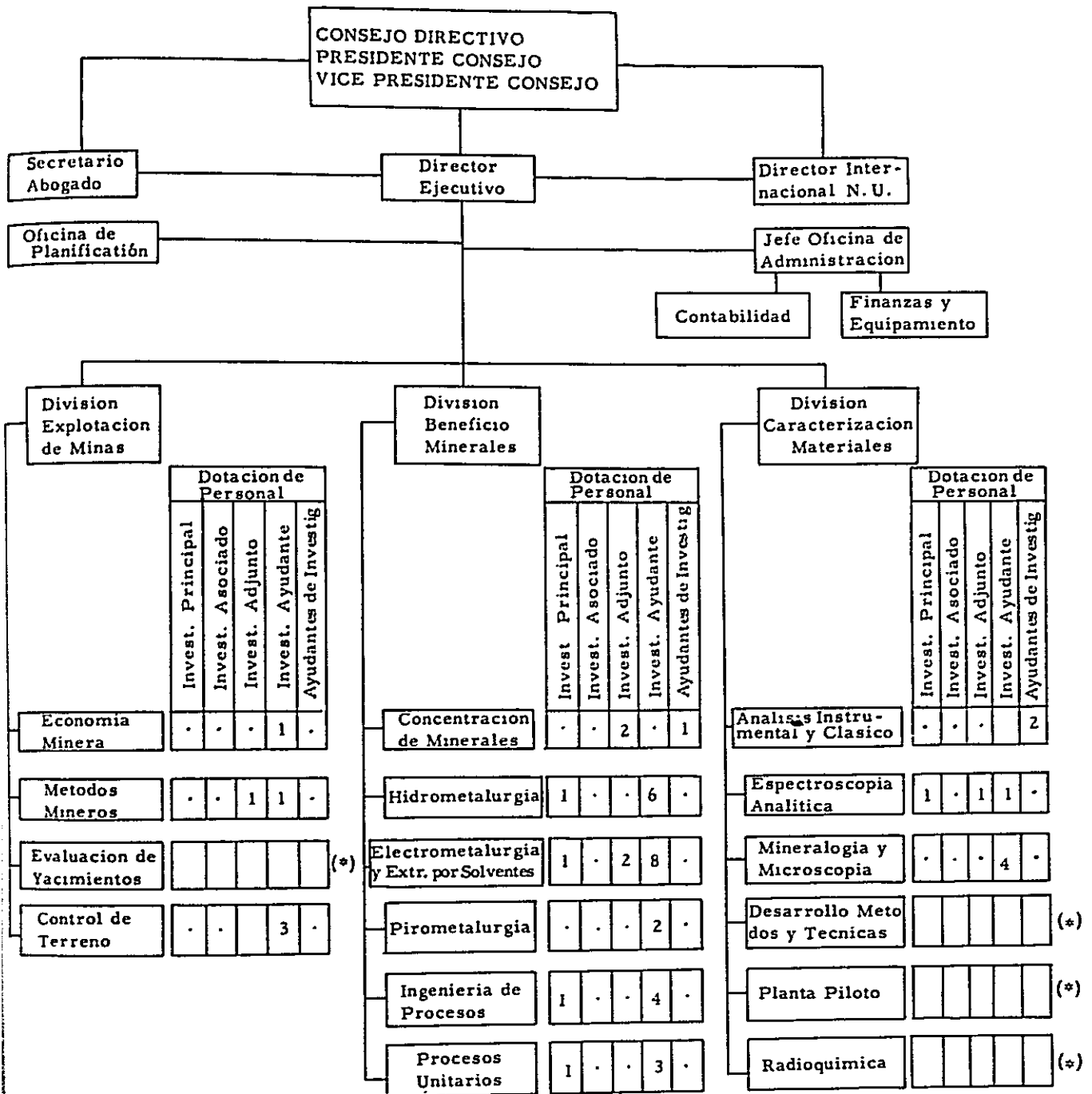
#### División Caracterización de Materiales

- a) Determinación de cobre en el rango 0,1 - 3 % y 3 - 7 % en cabezas minerales y relaves por fluorescencia de rayos X.

- b) Determinación de cobre y fierro por métodos tradicionales,
- c) Normalización de métodos de análisis para proyectos de la Minería del Cobre.
- d) Determinación de Se elemental e impurezas en Se, en cobre.

C I M M

ORGANIGRAMA Y DOTACION PERSONAL DE INVESTIGACION



(\*) Por crear

- Este organigrama representa solo relaciones funcionales.

FIGURA 2

1. Gimnasio
2. Planta chancado
3. Planta piloto (concentración hidrometalurgia, pirometalurgia)
4. Piscina decantación rípidos
5. Talleres
6. Laboratorios
7. Administración
8. Casino
9. Jardín infantil
10. Casa Cuidador y Entrada
11. Tranque agua regadío



## RESUMEN DE LOS PROYECTOS DE INVESTIGACION QUE EL CIMM REALIZA A LA FECHA

A continuación se resume los proyectos actualmente en ejecución por áreas técnicas:

### 1. Depto Explotación de Minas

#### - "Estabilidad de Taludes y Drenaje en Mina Exótica"

Se está estudiando a la fecha la estabilidad del talud norte de la mina con un inclinómetro.

#### - "Problemas Geotécnicos en Cavernas Subterráneas de Grandes Dimensiones"

El estudio es importante para todas aquellas minas de Cu explotadas por el método de "block-caving".

#### - "Ventilación de Minas Subterráneas"

El objetivo es llegar a establecer programas de computación para sistemas de ventilación.

#### - "Simulación del Movimiento de Materiales en la Mina de Chuquicamata"

Tiene por objeto determinar los efectos económicos y de productividad al cambiar de transporte en ferrocarril a transporte por camión.

### 2. Depto de Mineralurgia

#### - "Estudio de Flotación de Lamas y Arenas en El Salvador"

Se persigue mejorar la recuperación global de cobr. en la Concentradora de El Salvador mediante el procesamiento por

separado de la fracción lamas usando sulfidización.

- "Plan Sulfuros de Cobrechuqui"

Se está determinando procedimientos de flotación para las menas futuras de Chuquicamata a fin de obtener concentrados de cobre de máxima pureza y con alta recuperación de cobre, además de información para las modificaciones de las distintas plantas. Ya se dio término al estudio correspondiente a la mena primaria.

- "Problema de Espumación de Chuquicamata"

Se busca una solución al problema de espuma originado al procesar menas contaminadas con hidrocarburos. Se determinará además las causas de la acción negativa de los contaminantes y la naturaleza de estos.

- "Estudio de Flotación de Sulfuros de El Abra"

Se analiza la respuesta a la flotación de dos muestras de sondajes de El Abra, las que contienen fundamentalmente sulfuros de cobre.

3. Depto Metalurgia Extractiva

3.1 Area Hidrometalurgia:

- "Lixiviación Bacterial"

Se estudia la posibilidad de recuperar cobre de desmontes, relaves y minas abandonadas empleando lixiviación con bacterias.

- "Recuperación de Molibdeno a partir de Concentrados de Cobre"

Se estudia la factibilidad técnico-económica de producir trióxido de molibdeno de grado comercial a partir de molibdenita impura a fin de aumentar la recuperación global de molibdenita.

- "Estudio de Minerales Oxidados de Cobre con Alto Contenido de Arcillas"

El objetivo del proyecto es tratar de encontrar un proceso hidro-metalúrgico capaz de obtener recuperaciones altas de cobre a partir de minerales oxidados arcillosos.

- "Recuperación de Selenio en Chuquicamata"

Se ha establecido un proceso de recuperación de selenio a partir de los subproductos del Horno Doré. El proyecto se encuentra en la etapa de Ingeniería de Detalle.

### 3.2 Area Extracción por Solventes:

- "Floculación de Sílice Coloidal en Soluciones de Lixiviación"

Altos niveles de sílice coloidal producen graves problemas en la purificación posterior aplicando el sistema de extracción líquido-líquido. Resolución del problema es de primordial importancia para la Compañía Minera Exótica.

- "Formación de CRUD y su efecto en la operación de plantas de extracción por solventes"

La resolución de este problema tiene especial importancia en los costos de operación de una planta de extracción por solventes dado que puede traducirse en pérdidas prohibitivas de reactivos orgánicos.

- "Compatibilidad del Reactivo LIX 64N con otros extractantes"

En vista del costo elevado del inventario de fase orgánica en plantas de Extracción por Solvente, reviste gran importancia estudiar la posibilidad de reemplazar reactivos, en caso de necesidad, en forma paulatina. Se estudia el comportamiento de mezclas de reactivos en diversas proporciones.

- "Evaluación de Extractantes Sintetizados en el País"

Tomando en cuenta la posibilidad de producir un reactivo alternativo a los existentes en el mercado, se evalúan extractantes sintetizados en la Universidad de Concepción.

### 3.3 Area Electrometalurgia:

- "Electrometalurgia en Chile, sus Problemas y Potencialidad"

Se está llevando a cabo una recopilación de datos de operación de todas las refinerías del país a objeto de poder hacer una comparación con otras refinerías en el mundo.

- "Sustitución de Aditivos en la Refinería Electrolítica de la Compañía de Cobre Salvador"

Se estudia la posibilidad de cambiar los actuales aditivos (cola, SEPARAN) por otra combinación de mayor efectividad.

### 3.4 Area Pirometalurgia:

- "Interacción Aire-Líquido en un Convertidor Pierce-Smith"

Se está investigando mediante análisis estadístico, los factores que influyen en el desgaste de las toberas (de los convertidores de la Fundición Caletones).

- "Análisis de Oxígeno en Gases de Conversión"

Se construyó una celda de electrolito sólido y se usó en el análisis por oxígeno de los gases de escape de los convertidores de Chuquicamata y Caletones, con el objeto de determinar la eficiencia de soplado.

- "Eliminación de Arsénico y Antimonio en el Cobre Blister de Caletones"

Se diseñó un método para disminuir la concentración de Arsénico y Antimonio durante el proceso de conversión.

#### 4. Depto Ingeniería de Procesos

- "Control de Temperatura en un Horno Convertidor de Cobre"

Se analiza mediante simulación, diferentes esquemas para controlar la temperatura de un convertidor de cobre.

- "Consumo de Energía y sus Implicancias en la Producción de Cobre en Chile"

En una primera etapa se está recopilando la información sobre consumos de energía en todas sus formas para cada una de las faenas.

- "Desarrollo de Modelos de Procesos de Concentración"

Se ha hecho una adaptación para computador de modelos existentes de molienda, clasificación y flotación.

#### 5. Depto Fluido-transporte en Minería

- "Instalación de la Planta Piloto de Transporte Hidráulico de Sólidos por Tuberías"

Se está terminando la construcción de un loop experimental para poder estudiar el comportamiento de pulpas de diferente dilución en cuanto a pérdidas de carga, corrosión por abrasión, etc. El transporte hidráulico de sólido por cañerías tiene especial importancia para nuestro país dada la topografía del terreno y la ubicación de la mayoría de las minas importantes.

#### 6. Sub-Dirección de Servicios de Apoyo a la Investigación

- "Determinación de un Método de Análisis Oulmico por Vía Húmeda del cobre soluble - EL SALVADOR"

En los procesos de concentración de cobre mediante flotación, la cantidad de cobre oxidado es un factor que debe ser determinado exactamente, para poder operar y controlar las Plantas con la

mayor eficiencia posible.

Este estudio, solicitado por la Cía. COBRESAL, pretende obtener métodos de análisis químico que determinen exactamente los contenidos de cobre sulfurado y/o no sulfurado. Para este efecto, se compara la acción de diversos agentes lixiviantes, en diferentes condiciones de lixiviación, frente a las especies mineralógicas predominantes en El Salvador y se extrapolan métodos adecuados para el análisis de los diversos productos de flotación, previa verificación de su validez.

1.1 Fundición de Concentrados de Sulfuros de Cobre de la Compañía de Cobre Chuquicamata

Ubicación

La planta de sulfuros de Chuquicamata se encuentra adyacente al mineral del mismo nombre y está ubicado a 16 Km. de la ciudad de Calama, a 240 Km. del puerto de Antofagasta y a 1.700 Km. al Norte de Santiago de Chile. Está ubicado en la precordillera de Los Andes a 2.870 m. sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son 22°3' latitud Sur y 68°55' longitud Oeste.

Cuando en la mina de Chuquicamata después de 35 años de operación empezó a agotarse el mineral oxidado, se decidió la construcción de una planta de sulfuros para tratar minerales de ese tipo. La construcción de esa planta consistente en: una planta de chancado, concentradora, planta de molibdenita y fundición de concentrado comenzó en 1948, para quedar terminada a fines de 1952.

La fundición moldeó su primera carga de blister el 11 de noviembre de 1952 y su producción era de 250 TC blister/día. Para complementar la fundición se instaló, además, una planta de chancado de materiales, una área de secado y almacenamiento de concentrados y un horno para calcinar caliza y cal utilizada en el Concentrador. Desde el año 1952 a la fecha, todas las plantas de la fundición sufrieron modificaciones aumentando su capacidad tanto por cambios en el equipo ya existente como por incorporación de nuevos equipos y/o instalaciones. Así, de las 250 TC blister/día primitivas, se ha subido la producción a 850 TC ánodo-día.

La fundición costa de las plantas y equipos que se describen a continuación:

1.1.1 Planta de Secado

El concentrado húmedo proveniente de la planta de filtros de la División Concentradora llega por medio de correas transportadoras a la planta de secado.

Secadores	2
Capacidad Secador 1	1.200 TC/día
Secador 2	1.500 TC/día
Humedad entrada al secador	15 - 16 %
Humedad salida del secador	8 %
Combustible	Petróleo Bunker C.

1.1.2 Camas de mezcla

N° de Camas	3
Capacidad	6.000 TC/cada una
Máquinas extractoras de rastra y capachos	2
Capacidad extraccion	130 Tons/hora

1.1.3 Planta de Reverberos

Reverbero N° 1, Bóveda mixtra colgada y autosoportante	25' x 120'
Reverberos N° 2 y 3, Bóveda suspendida	25' x 120'
Reverbero 4, Bóveda suspendida	29' x 113'
Tipo de carga	Mezcla concentrada más fundente, más 7% de los secundarios.
Calderas de Recuperación de color	2 por horno
Consumo combustibles	1.440 k. cal/T. carga



#### 1.1.4 Planta de Convertidores

5 Convertidores tipo Pierce-Smith	13' x 35'
Convertidores operando	4, 2
Toberas	30 toberas 2" día; 22 toberas 1. 1/2 día.
Punzado: Convertidor N°1	Gaspé (Prueba)
Convertidores N°2 al 5	Manual
Aire soplado convertidores	29,6 x 10 <sup>6</sup> lbs aire/día
Presión de soplado	18 psig
Grúas	3
Hornos pre-refino	1 de 13' x 27'
Hornos de refinación a ánodos	4 de 196 TC c/u
2 Ruedas de moldeo de ánodos	26 moldeos c/u
Agente reductor	potróleo más vapor
Velocidad de moldeo	40 TC/hora

La planta cuenta además con una planta de chancado anexa donde se reducen los tamaños del fundente calizo y los secundarios antes de mezclarlos con el concentrado en las camas de mezcla.

#### 1.2 División Refinería

##### 1.2.1 Electroobtención

La solución proveniente de la lixiviación de los óxidos de Exótica y de los mixtos de Chuquicamata se trata por electroobtención en tres etapas sucesivas. El contenido de cobre de la solución pasa sucesivamente de 29 g/l a 26 g/l y finalmente

a 19 g/l. Para este fin se utilizan 618 celdas y la capacidad diaria actual de electro-obtención alcanza a 200 TC/d.

### 1.2.2 Electro refinación

La refinación electrolítica de los ánodos provenientes de la fundición de concentrados se efectúa una parte en la Refinería N°1 y el saldo en la Refinería N°2, cuyas características son las siguientes:

#### Refinería N°1

- N° Celdas comerciales	480 celdas
- Anodos/Catodos/celda	48/49
- Densidad corriente	218 A/m <sup>2</sup>
- Ciclo anódico/ciclo catódico	21/7 días/días
- Restos ánodos/día	67,3 TC/d
- % restos de ánodos	17 %

#### Refinería N°2

- N° Celdas comerciales	800 celdas
- Anodos/cátodos /Celda	50/51
- Densidad corriente	182 A/m <sup>2</sup>
- Ciclo anodico/ciclo catódico	28/14 días/días
- Restos ánodos/día	79,8 TC/d
- % restos ánodos	18.3 %
- N° de celdas para láminas	160 celdas
- Anodos/placas madre/celda	49/48
- Densidad de corriente	192 A/m <sup>2</sup>
- Ciclo anódico/ciclo catódico	28/1 días/días
- Restos ánodos/día	37,04 TC/día
- % Restos ánodos	26 - 30 %

Los barras anódicos obtenidos de ambas refinerías en los circuitos de electro-refinación se llevan a la planta de metal dore.

Los residuos de electro-obtención son enviados de vuelta a la Fundición de concentrados engrosando los secundarios de la planta.

### 1.3 Sección Fundición de Cobre

Las operaciones de la fundición de cobre (denominadas de "óxidos") se iniciaron con el moldeo de la primera carga el 15 de mayo de 1915. La primera unidad de fusión y moldeo con que contaba la fundición era un horno de reverbero con una capacidad de 190 TC y una rueda tipo Walker de 12 moldes.

El equipo actual de la fundición consta de:

- Reverbero N°1	420 TC/carga
- Carga	Cátodos o 'scrap' ánodos
- Reverbero N°2	470 TC/carga
- Carga	Cátodos
- Horno vertical	Asarco 370 TC/día
- 3 Ruedas de moldeo tipo Clark	30 moldes c/u
- Wire bars/molde	3

### 1.4 Estado del Equipo

#### 1.4.1 Fundición de Concentrados

Secadores El sistema de alimentación, las cámaras de combustión, sistema de extracción de polvo, etc. se encuentran en pésimas condiciones, lo que hace que el porcentaje de utilización del equipo sea bajísimo (del orden de 81 %). Es indispensable poner en marcha en esta zona una mantención preventiva seria. La capacidad de secado es una de las limitantes de la producción de la planta.

Sistema de transporte de concentrado. Las instalaciones son antiguas (20 a 22 años) y sumamente mal concebidas y peor

mantenidas; pocas precauciones han sido consideradas en el diseño para mantener la higiene ambiental y la seguridad del personal y del equipo: continuos derrames, falta de elementos de seguridad eléctrico, etc.

Camadas, rastras y capachos. Estas máquinas son de diseño muy anticuado, presentando problemas de mantención mecánica y eléctrica tan serios que llegan, por momentos, a ser el factor limitante de la capacidad de fusión de los hornos. El factor de utilización de 1971 era de 67%, factor que seguramente ha ido desmejorando. Estas máquinas deben reemplazarse por similares de diseño más moderno a la brevedad.

Edificios Están, en general, en buen estado como consecuencia de la sequedad ambiental más que de la eficiencia de mantención.

Hornos reverberos. Es la sección más limpia y mejor mantenida de la División, de manera general, estas instalaciones están en buen estado.

<u>Equipo</u>	<u>Estado</u>	<u>Observaciones</u>
Sopladores y Quemadores	Bueno	
Transportadores	antiguos	Mantención insuficiente; falta de elementos de seguridad.
Sistema colector gases	Bueno	Filtraciones SO <sub>2</sub> son mínimas.
Calderas	Regular	
Ollas colada	Bueno	
Convoy eje y escoria	Antiguo	Mantención mecánica y eléctrica cada vez más costosa.

Convertidores. A pesar de la ausencia de mantención preventiva el estado general del equipo es satisfactorio.

Sistema alimentador de fundente: en desuso por mal diseño y peor mantención.

Sistema colector de gases: el estado de las campanas es deplorable; el Balloon Flue y la chimenea están en buen estado.

El exceso de capacidad instalada (sexto convertidor) debería permitir la introducción de un programa de mantención preventiva.

Refinado y colada de ánodos. Tres de los cinco hornos y uno de los carruseles datan de 1951.

La mantención refractaria es buena; no así la mecánica y eléctrica, ya que los elementos motrices y movibles del equipo presentan gran cantidad de fallas.

Los porta ánodos y sus vagones de transporte no presentan problemas por ser material relativamente nuevo.

Resumiendo: el precio de mantención es demasiado elevado para los servicios prestados por el equipo.

Puentes-grúas, Convertidores. Equipo de tipo muy antiguo. En general tienen baja velocidad de traslación y ascensional para el trabajo requerido. Estado mecánico malo, promedio utilización de 94 % sin considerar las paradas diarias de mantención. Condiciones de trabajo del operador son deplorables.

Grúas en moldeo ánodos. Sin mayores problemas, con excepción de su antigüedad.

Edificios Carecen de mantención, su estado es menos que regular. Es indispensable revisar las estructuras metálicas por cuanto sus elementos constituyentes son muy importantes en la transmisión de los esfuerzos de desplazamiento y freno de los puente-grúa.

#### 1.4.2 Refinerías

Refinería N°1. Data del año 1915. En general la planta está en estado mecánico deplorable. La corrosión del ácido es muy importante como evidente y pone en peligro tanto los elementos de concreto armado (celdas, pisos, etc.) como las estructuras metálicas de soporte al edificio mismo.

Los circuitos de cañerías deben ser rediseñados para hacerlos más racionales y eliminar los circuitos inútiles; debería utilizarse PVC en los futuros recambios.

Refinería N°2. Esta planta sólo data de 1970 pero ya su estado de mantención no está acorde con una instalación donde existen elementos tan corrosivos. Las estructuras metálicas se ven en buen estado, es recomendable una inspección regular para evitar a tiempo las corrosiones.

Los problemas ocasionados por la debilidad mecánica del PVC nan sido subsanados a medida que fueron presentándose.

#### Fundición de Cobre (denominada de "óxidos")

Hay refacción total de las paredes y de la bóveda anualmente para los reverberos. Las estructuras metálicas de ambos hornos presentan deformaciones, a veces bastante acentuadas.

El horno vertical se encuentra en estado satisfactorio con excepción de las instalaciones eléctricas que están faltas de protección, especialmente cerca del horno.

Las ruedas de moldeo funcionan en forma satisfactoria, pero seguramente con alto costo de mantención debido a su antigüedad.

Los sistemas de carguío de los hornos son muy antiguos y funcionan a un elevado costo de mantención, como asimismo el de transporte y revisión de las barras.

El sistema de pintado automático de los moldes es bueno y bien concebido

## 2. FUNDICION Y REFINERIA DE POTRERILLOS DE LA COMPAÑIA DE COBRE SALVADOR

### 2.1 FUNDICION

#### Ubicación

La fundicion de Potrerillos está ubicada a 40 Kms. de El Salvador, 136 Kms. al este de los puertos de Chañaral y Barquito, a una altura entre 2879 y 2957 mts sobre el nivel del mar Entró en producción en 1927.

Al agotarse el mineral original de la mina Portrerillos se puso en producción una nueva mina y concentradoren El Salvador, a fines de 1959, efectuandose muchas modificaciones en el equipo original de la fundición a fin de tratar en ella una mayor producción.

Desde febrero de 1960 y hasta la fecha el horno de reverbero N°3 ha estado en servicio en forma continúa habiendose fundido en total más de 3. 100. 000 TM secas de carga verde.

Actualmente la fundición trata alrededor de 225. 000 TM secas de concentrado al año produciendo aproximadamente 90. 000 TM de cobre moldeado como ánodos en el mismo período.

Consta de las plantas que se detallan a continuación:

- 2. 1. 1 Planta de chancado de fundente y secundarios
- 2. 1. 2 Planta de chancado y calcinación de caliza
- 2. 1. 3 Planta de manejo y filtrado de concentrado
- 2. 1. 4 Planta de Secado
- 2. 1. 5 Planta de reverbaros
- 2. 1. 6 Planta de convertidores
- 2. 1. 7 Planta de refinación y moldeo de anodos



2.1.1 Planta de Chancado de fundente y secundarios

- Materiales chancados: sílice, secundarios y mezcla sílice-secundarios en una razón 50/50 en peso.
- Tolvas de recepción: 5,
  - para Sílice: 3, capacidad 3600 TC c/u
  - secundarios: 2, capacidad 5100 TC c/u
- 5 chancadoras primarias: Allis Chalmers de cono suspendido.
- chancadoras secundarias: dos líneas de 5 (se usa 1) verticales de discos Symons.
- 1 tolva de almacenamiento: capacidad 9200 TC.

2.1.2 Planta de Chancado y Calcinación de Caliza

- 1 tolva de recepción: de madera
- 3 chancadoras primarias: (se usan 2), de mandíbula de 20" x 10"
- 3 chancadoras secundarias: (Se usan 2), de rodillo de 36" x 16"
- 3 hornos de calcinación: 30 - 40 TC/día/horno revestimiento de ladrillos de alta alumina; 1 quemador por horno.

2.1.3 Planta de Manejo y filtrado de concentrado

- 6 estanques de recepción de pulpa: de concreto
- 4 espesadores: Dorr Oliver Ø 30.48 m. 3 para pulpa, 1 como depósito de agua de rebalse de los otros.
- 5 filtros: Oliver, de tambor, 3,66 m. largo x 4,27 m. de Ø.
- 4 bombas de vacío: 1 funciona como compresor.

- humedad de la pulpa: 30% aproximadamente
- humedad del queque: 13 - 15 %
- 1 tolva de emergencia: de madera, capacidad 1000 TM ubicada entre las plantas de filtrado y secado.

#### 2.1.4 Planta de Secado

- 7 Secadores: tipo Wedge de 5 pisos,  $\phi$  - 6,7 m.  
 Capacidad 800 TMS/día  
 Consumo combustible: 2,33 gal/TMS  
 Tipo combustible: Bunker C  
 Humedad inicial: 14%  
 Humedad final: 7%  
 en operacion: 2
- Cada horno tiene sus respectivos buzones de carga, alimentadores, controles y correas de carga y descarga.

#### 2.1.5 Planta de Reverberos

- 2 Hornos Reverberos: Ns 1 y 3, el N°1 permanece como unidad "stand-by". Se usa el N°3.  
 Alimentación: Carga verde  
 Productividad: 3,45 TM/m<sup>2</sup>  
 Quemadores: 12 pulverizacion por aire  
 Aire combustion: tiraje natural  
 Tipo bóveda: colgante  
 Recuperacion calor: 3 calderas  
 Area solera: 233 m<sup>2</sup>  
 Capacidad: 600 - 800 TC carga.

### 2.1.6 Planta de Convertidores

- 4 Convertidores: Peirce Smith

Dimensiones: 12' x 26'

Toberas: 3 convs. con 36 toberas de  
1 1/2"

1 convs. con 35 toberas de  
1 1/2"

Revestimiento: ladrillos de cromo-  
magnesita 13" de espesor.

punzado: manual

ton eje/carga: 72,5

duración carga: 400 min.

ton Cu/carga: 36,2

consumo refractario: 1,8 kg/TMCu.

- Circuito de soplado: aire suministrado por 3 compresores  
Ingersoll-Rand: Capacidad 14.000 pcm c/u; y 1 turbo sop-  
lador de capacidad 30.000 pcm.

### 2.1.7 Planta de Refinacion y Moldeo de Anodos

- 2 hornos de refino: rotatorios

Dimensiones: 3,96 mØ x 7,62 m de  
largo

revestimiento: ladrillos de cromo-  
magnesita

toberas: 2 de 1 1/2"

quemadores: Hauck acondicionados

Sistema reducción: diesel con vapor

- 1 rueda de moldeo:  $\varnothing$  10,67 m. de 26 moldes.

velocidad de moldeo: 29 TM/h

toneladas de ánodo: por campana 55.000

consumo petróleo: 10 gal/TM

## 2.2 REFINERIA

La división Refinería comprende:

2.2.1 Planta de refinación electrolítica.

2.2.2 Planta de refinación de cátodos y moldeo de productos acabados.

2.2.3 Planta de Refinación Electrolítica.

- N° de celdas comerciales: 850 celdas
- Anodos/catodos: 31/32
- Densidad de corriente: 215 A/m<sup>2</sup>
- Ciclo anódico: 10-11 días
- Ciclo anódico: 20 días
- Eficiencia corriente: 90%
- Material de celdas: Concreto
- Revestimiento: PVC, 3mm espesor
- Rectificadores: Silicio
- N° Celdas para laminas: 68 celdas
- Anodos/cátodos: 25/24
- Ciclo catódico: 1 día
- Densidad de corriente: 166 A/m<sup>2</sup>

2.2.4 Planta de Refinación de Cátodos y Moldeo de Productos Acabados

- Un horno de reverbero: Capac. 182 TM/día
- Dimensiones: 10,2 x 3,6 x 2,3 (M<sup>3</sup>)

- Revestimiento:
  - Bóveda: Nucon 50
  - Paredes: Nucon 50
  - Solera: Ladrillos de Silice
- Combustibles:
  - Petróleo Bunker "C" durante la fusión (1060 lph), Diesel oil durante la oxidación, reducción y colada (378 ph)
- Moldeo de wire bars:
  - tipo de rueda Clark (1)
- 1 maquina para cargar catodos:
  - Capacid. 5 ton.
- Capacidad de moldeo: 50-70 TM/h
- Eficiencia: 85-90 %
- Prod. anual: 46500 TM barras buenas.

### 2.3 Estado actual de la Fundición y Refinería de Potrerillos

#### 2.3.1 Fundición

##### Planta de Chancado de Fundente y Secundarios

- Por regla general estas unidades de preparación de materias primas están en un estado de suciedad lamentable; ésto vale para las maquinas, correas transportadoras, étc.
- La mayor parte de las instalaciones son viejas, y muchas no fueron diseñadas para la función que desempeñan.
- Desde el punto de vista estado del material se constata una falta de mantención muy importante que se traduce en destrucciones de equipo.
- Muchos cajones eléctricos están abiertos y los motores trabajan dentro de una polvareda inverosimil pués los extractores de polvo no funcionan.
- No existen condiciones de seguridad; hay trampas abiertas, faltan protecciones, étc.

#### Planta de Chancado y calcinación de caliza:

- Desde el punto de vista del chancado de caliza, el material se encuentra en las mismas condiciones que el de chancado de fundente y secundarios unido esto a la vetustez de los equipos y a la obsolescencia del diseño utilizado.
- En lo concerniente a la calcinación de caliza se puede señalar que en el horno nuevo la regulación en posición longitudinal es mala.
- La correa transportadora de subida de los productos molidos hasta las tolvas de alimentación está en muy mal estado.
- La instalación de precalentamiento de petróleo debe ser revisada totalmente, parece haber sido mal concebida.
- El edificio de molienda de caliza está en el mismo estado que el resto de la instalación, es decir muy malo. El de calcinación presenta un estado regular.
- El estado de los carros de transporte de caliza y el sistema de tracción es relativamente malo, pero no debe presentar problemas debido a su poca utilización.

#### Planta de Manejo y Filtrado de Concentrado

- Instalaciones demasiado antiguas, están mantenidas en servicio gracias a un considerable gasto de mantención.
- Todo el sistema de manejo de la pulpa por elevadores y canales de madera funciona en muy malas condiciones.
- En lo concerniente a filtros, la paleta que raspa el queque es de metal, lo que implica gran desgaste de las telas filtrantes.
- Las bombas de vacío son muy antiguas.

- Los edificios no parecen presentar problemas de mantención.

#### Planta de Secado

- Instalaciones muy antiguas, necesitan demasiada mantención para el servicio que rinden. Además no tienen en cuenta las normas elementales de higiene y seguridad (povaredas enormes a la caída de los productos en las tolvas de madera, ningun medio de parada rápida de los transportadores en caso de accidente, sistema de evacuación de gases inadecuados que hace el ambiente irrespirable por fugas de SO<sub>2</sub>).
- Instalaciones eléctricas defectuosas (contactos al aire libre, cables no unidos a sus equipos, cajones eléctricos abiertos, etc.)
- Estado del edificio lamentable (paredes destruídas, ascensor no conforme con las normas mínimas de seguridad y de instalación).

#### Planta de Reverberos

- Esta parte de la instalación es muy antigua, a pesar del horno reconstruído hace 14 años. Su estado general es bueno y su mantención especialmente cuidada.
- Los equipos están en buen estado, al igual que los sopladores, quemadores y transportadores de carga.
- No se constatan fugas de SO<sub>2</sub> por el techo del horno.
- La zona de salida de gases y las calderas están en mal estado.
- Las locomotoras eléctricas que sirven para el arrastr de las vagonetas de escoria son muy antiguas y técnicamente deberían estar en desuso.

### Planta de Convertidores

- Los equipos de producción están mantenidos en buen estado (convertidores, ollas, etc.) a pesar de su antigüedad.
- El sistema de conducción de gases está en muy mal estado, las campanas están viejas, corroidas y carecen de puertas de cierre.
- Sería indispensable implementar una mantención preventiva para todos los equipos rotatorios de la producción, tales como sopladores, elementos matrices de los convertidores, etc.

### Planta de Refinación y Moldeo de Anodos

- Por regla general los equipos están en buen estado mecánico.
- Probablemente el funcionamiento del carrusel plantee problemas de costo de refacción lo que es corriente en el caso de equipo de esta antigüedad.
- El sistema de manejo de los ánodos, mecánicamente bien concebido, no satisface a los operadores pues necesita una reparación general demasiado importante.

### Puentes-Grúa

- Evidentemente son equipos bastante antiguos, de una mantención costosa, con velocidades relativamente bajas. Para como los puentes grúa no constituyen un cuello de botella, no parece indispensable hacer allí modificaciones.

## 2.3.2 Refinación

### Planta de Refinación Eléctrolítica

- El estado general del edificio desde el punto de vista de la



estructura metálica y las paredes es satisfactorio. Los 4 puentes grúa están en buen estado y funcionan normalmente. Las cañerías flexibles de alimentación, tanto las que están antes y después de las celdas, no están en muy buen estado (aplastamiento, desgaste).

- El estado del sótano deja un poco que desear a pesar del evidente esfuerzo de mantenimiento. La falta de luz y la altura reducida del techo plantean problemas de seguridad.

#### Planta de Refinación de Cátodos y Moldeo de Productos Acabados

- Todas las instalaciones en esta sección existen desde hace 10 años aproximadamente y por eso están en buen estado, habiendo, además, una mantención correcta tanto en la refinación electrolítica como en la refinación a fuego de los cátodos y la colada de barras.

### 3. FUNDICION DE CALETONES

#### Ubicación

La Fundición de Caletones está ubicada en la Cordillera de Los Andes a 1550m (5.200 pies) de altura, 30Km al Noreste de la ciudad de Rancagua en la Provincia de O Higgins. Sus coordenadas geográficas son 70°27' longitud Oeste, 34°6' Latitud Sur. Rancagua y Caletones están unidos por una carretera de 45Km y un ferrocarril de 60Km.

La producción de la Fundición de Caletones comenzó en Febrero de 1922 con 906 toneladas cortas de cobre por mes. A través de los 50 años de existencia de la Planta ha sido incorporada una serie de equipos que han permitido aumentar su producción a los niveles actuales (hasta 800 toneladas cortas de cobre por día). El último intento de aumento de producción fue comenzado en 1965 y puesto en marcha en 1970. El estudio de alternativas para un sistema de producción favoreció económicamente la utilización de la fusión con enriquecimiento de oxígeno (Oxygen Smelting) basado en una predicción geológica del mineral (29% de ley de cobre en concentrados) que no ha sido cumplida hasta el momento ni espera serlo por algún tiempo más.

La Fundición actual fue diseñada para esas condiciones de operación y la incorporación de un nuevo espesador de 200' más un horno de reverbero ha sido necesaria para mantener los niveles de procesamiento de concentrado a ser tratados en forma tradicional. Los diagramas de flujo adjuntos muestran la actual operación de la Planta y la comparación del proceso antes del PE, según el PF y el proceso utilizado en la actualidad.

### 3.1 DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES

La actual Fundición cuenta con las siguientes secciones y equipo para producir 800 tpd de cobre blister y refinado a guego.

#### 3.1.1 Planta de Filtros

El concentrado es enviado a Caletones desde el Concentrador en Colón por medio de una cañería de 6" de 9000' de largo 7 670' en diferencia de altura:

Pulpa alimentación:	50-65% de sólidos
1 Espesador:	200' diámetro
Capacidad:	3000 TCS/día
Granulometría:	85% bajo 200 mallas
Humedad del queque:	13.5% media 16% máxima
Productividad de Filtros:	40-60 lbs/pie <sup>2</sup> /hora
8 Filtros de discos:	8'-10" diámetro
Filtros operando:	4 - 6
1 Espesador:	80' diámetro

#### 3.1.2 Planta Secado

3 Secadores rotatorios:	8' 6" día. por 50' largo
Operando:	2 secadores
Productividad:	1600 TC/cia
Humedad del producto:	9% H <sub>2</sub> O máximo

#### 3.1.3 Buzones Intermedios

6 Buzones:	500TC c/u
------------	-----------

#### 3.1.4 Sistema transporte para concentrados, fundentes y Carga fría

Correas transportadoras:	5000' largo total
--------------------------	-------------------

Capacidad de transporte: Area filtros 200 t/h  
 Secadores a Buzones 300 t/h  
 Buzones a Reverbero o conv's  
 400 t/h

### 3.1.5 Tostadores

9 Tostadores tipo Wedge: 22' 6" día, 5 pisos  
 Tostadores en operación: 6.9  
 Capacidad unitaria: 250 TC/día  
 Consumo petróleo:  $1,25 \times 10^6$  BTU/ton. carga  
 Buzones receptores calcina: 10 ton. capacidad  
 Carros calcinado (5): 10 ton. capacidad c/u  
 Carros calcinado operando: 4

### 3.1.6 Hornos Reverberos

6.1 Horno N°1 (Bóveda Suspendida): 115' x 28' Básico  
 Capacidad (calcinado): 1100 tpd.  
 Disponibilidad: 326 días/año (92%)  
 Consumo petróleo: 803 Kcal/ton carga

6.2 Horno N°2 (Bóveda autosoportante):  
 115' x 24' Acido  
 Capacidad (calcinado): 690 tpd.  
 Disponibilidad: 285 días/año (80%)  
 Consumo petróleo: 782 Kcal/ton carga

6.3 Horno N°3 (Voveda suspendida panelizada):  
 28' x 115'  
 Capacidad (Concentrado): 700 tpd.  
 Consumo petróleo: 1576 Kcal/ton carga  
 Disponibilidad: 340 días/año (95%)

### 3.1.7 Convertidores

8 Convertidores tipo Peirce Smith:	13' x 30'
Convertidores operando:	6
Toberas: Convertidores 1 al 4:	50 toberas 2' día
Convertidores N°5 y 6:	41 toberas 2" día
Convertidores 7 y 8:	42 Toberas 2" día
Punzado: Convertidores Ns 1 al 6:	Punzadores Heath and Sherwood tipo Kennecott 4 B-5
Convertidores 7 y 8:	Manual
Aire Soplado convertidores:	15 psig 105000 SCFM, 15psig
Grúas:	5
Hornos retención:	3
Capacidad 2 hornos viejos:	120 tons. c/u
1 horno nuevo:	200 tons.

### 3.1.8 Refinacion y Moldeo

2 hornos refinadores tipo reverbero:	240 tons. c/u
hornos operando:	1
Cargas por día:	1
Ruedas de moldeo 3 viejas:	27 moldes c/u
1 nueva:	40 moldes

### 3.1.9 Miscelánea

1 Planta de Oxígeno:	425 tons/día
1 Sistema colector de gases:	
1 Precipitador electrostático:	830000 cfm a 325°C
Chimenéas: 1 concreto	500' altura
1 metálica	250' altura

### 3.2 Estado del Equipo

Filtros: Esta instalación es nueva, fue puesta en marcha en 1971. Está en muy buen estado y está bien mantenida. Es necesario hacerle algunas modificaciones al diseño.

Secadores: Esta instalación es nueva, fue puesta en marcha en 1971. Esta en buen estado y bien mantenida. Es necesario hacer cambios en el diseño de:

- Sopladores de Aire de Combustion
- Lavador de Gases
- Cono de Quemadores - Muy alto desgaste

Tostadores: Esta instalación es muy antigua y necesita una mantención exagerada en comparación con los servicios prestados. No tiene en cuenta las normas elementales de seguridad e higiene ambiental.

El edificio de tostadores construido de estructuras metálicas, presenta corrosión en muchas zonas. Los pisos se encuentran en mal estado, por este efecto deberá ser cambiado en varios de sus niveles. En su reemplazo deberán revisarse las vigas que lo soportan, las cuales presentan corrosión en algunos casos. También las costeneras de cierre lateral están siendo dañados por esta causa. Es necesario limpiar y pintar las estructuras. Es conveniente extraer el polvo que se acumula continuamente sobre los perfiles metálicos y que por humedecimiento produce corrosión.

Reverberos. Esta parte de la instalación muy antigua a pesar del horno N°3 construido recientemente (puesto en marcha en 1974), se encuentra en buen estado general y queda sometida a una mantención correctiva y preventiva en los equipos auxiliares. Es necesario hacer correcciones de diseño, especialmente al sistema de combustión del horno N°1.

Convertidores. El lado Este del edificio de la nave de convertidores tiene más de 50 años, en el transcurso de los cuales se han ido haciendo modificaciones, removido elementos de sus columnas han recibido el continuo impacto producido en la limpieza de tazas. Todo ello ha contribuido a disminuir el factor de seguridad, siendo necesario reforzar la estructura si se tienen en cuenta las actuales condiciones de deformación en que se encuentra ésta, deformación que puede verse agravada por los estados de carga superiores que se producirán a futuro si se aumenta la capacidad de traslado de las tazas.

Las condiciones generales del edificio trae como consecuencia un desalineamiento de las vías de los puentes grúas, es necesario mejorar esta alineación de las vías para garantizar el correcto funcionamiento de los puentes grúas.

Las grúas puente N°1 y 2 están obsoletas y están expuestas a continuas fallas.

Los convertidores 1, 2, 3, y 4 están en buenas condiciones mecánicas; los convertidores 5 y 6, a pesar de haber sido refaccionados en forma reciente, cuentan con deformaciones permanentes que sólo pueden ser eliminadas mediante su reposición; los convertidores 7 y 8 están conectados a las instalaciones más antigua de la planta y aún no han sido conectados ni siquiera al nuevo sistema extractor de gases ni refaccionados según estaba previsto en el PE.

Refinación. En el edificio hay desnivel en las vigas soportantes de los rieles de los puentes-grúas, rieles corridos por efecto del golpeteo de tazas en la nave de convertidores.

La grúa N°2 no está en condiciones de prestar un servicio adecuado debido a su mal estado, por lo que se hace necesario su reemplazo.

El horno de retención N°1 sólo requiere una modificación que facilite su limpieza de boca, los Hornos de retención 2 y 3 tienen problemas en el casco, sistema de rodado y sistemas metrices.

Los dos hornos de reverbero para refinación a guiso son antiguos y se encuentran en mal estado.

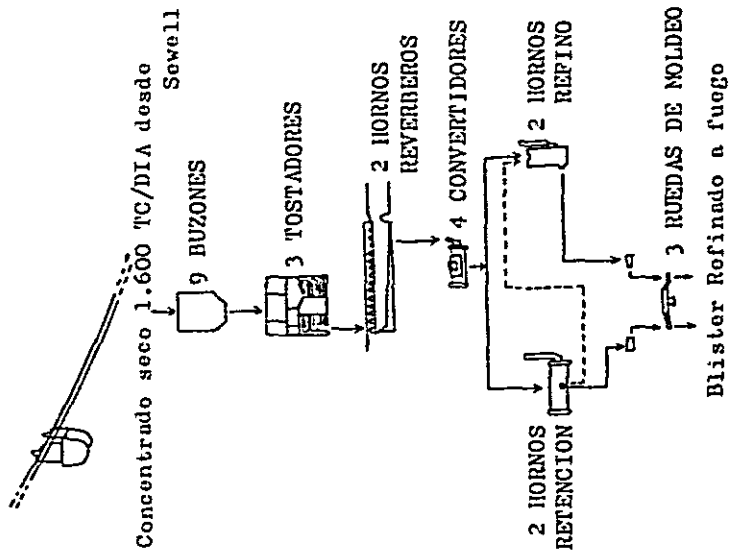
Los tres carruseles de moldeo de la Refinería original están viejos y necesitan una refacción total, los accesos están en estado de gran deterioro o simplemente no existen.

El carrusel nuevo está en buenas condiciones de mantención.

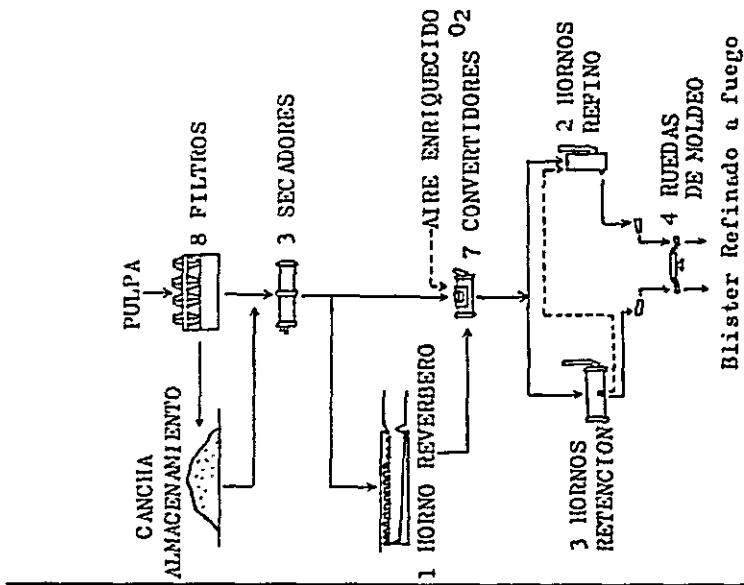
\_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_







ANTES PLAN EXPANSION



SEGUN PLAN EXPANSION

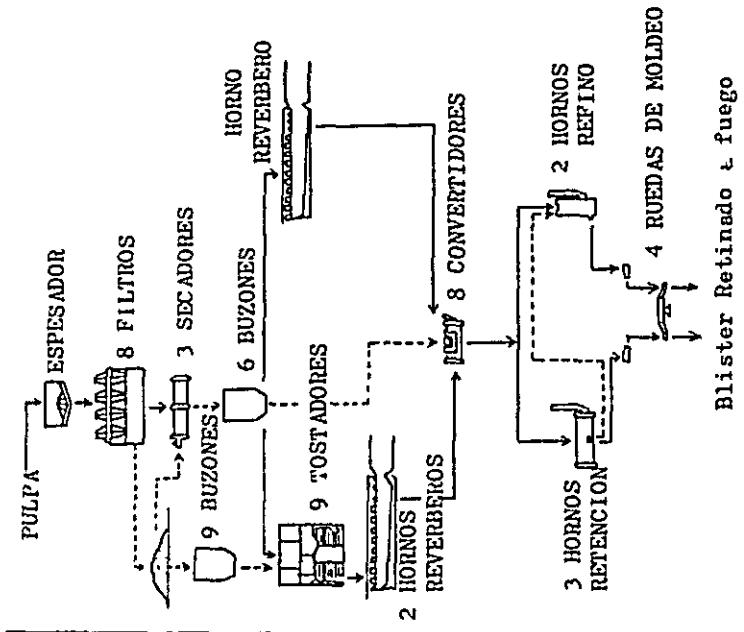


DIAGRAMA ACTUAL

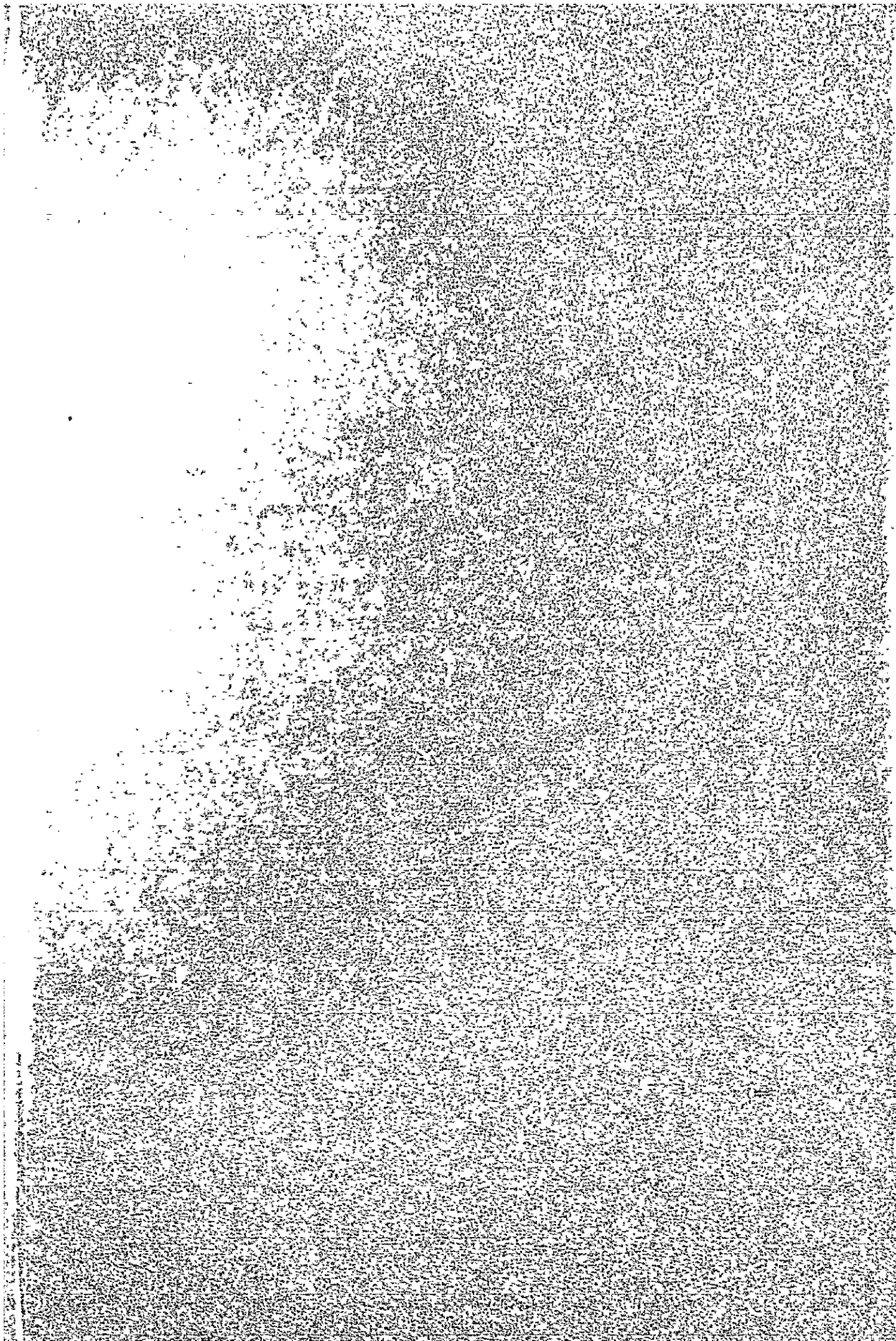
FUNDICION CALETONES

EL TENIENTE

### (5) 調査団からチリ政府に提供した資料

現場視察と討議を通じてチリ側から要請され提供して欲しいという情報の現場別一覧表とその回答（英文）である。共通するものが多いため、回答は各現場毎に区分せず一括送付した。

なお、一覧表中の小名灰製錬所提供分の\*印は三菱商事経由で直接カタログを送付し、\*\*、\*\*\*印は後日別便で連絡することにした分である。この情報には商業ベースのものは含まれていない。



事業所名	項目	提供者
<b>Los Ventanas</b>		
1	電解槽のベースマットの構造, 材質	N O (ただし know how に属する)
2	鋳鋼 Casting machine のローラー部構造	N O
3	種板プレス機	N O*
4	反射炉水冷ダンパー構造	O**
5	E, P Control と構造	N O
<b>Chuquicamata</b>		
1	種板プレス機	N O
2	カソード洗浄ノズル	O***
3	マットタッピングホールジャケット	N O (ただし know how に属する)
4	クレーン秤量機	O
5	浄液工程 (硫酸回収) フローシート	N O
<b>Potreriilles</b>		
1	酸化鉍の研究グループ論文	○ 後藤教授
2	flotation 自動化 (神岡の例)	○ 後藤教授
3	filter 操作の例	N
4	電解液 heatexchanger	N
5	種板プレス機	N
N : 日本鉱業㈱		
O : 小名浜製錬㈱		

## Structure and Material of Tank House Basement

Tank house basement has generally been made of concrete covered with 5 to 10<sup>mm</sup> thick asphalt lining in the past and the life was generally speaking 5 to 8 years. The drawback of the structure is that cracks often appear especially at corners, and they must be repaired whenever such cracks appear.

Nippon Mining Company developed an entirely new structure using a special material and it has been used satisfactorily since its adoption to commercial operation in 1972.

Details of the structure and the material belong to Nippon Mining Company Know-How and cannot be disclosed here but interested parties are advised to contact with Nippon Mining Company for disclosure.

## Basement lining of tank house

### Specifications

material of floor	concrete
material of lining	epoxide resin (Chemicrete)
thickness of lining	
Chemicrete E method	1.5-2.0 mm
Chemicrete E mortar method;	5.0 mm

### Conditions of lining surface

kind of acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
concentration of acid	180-200 g/l
temperature of acid	56-62 °C
temperature of atomsphere	5-35 °C
humidity of atomsphere	38-80 %

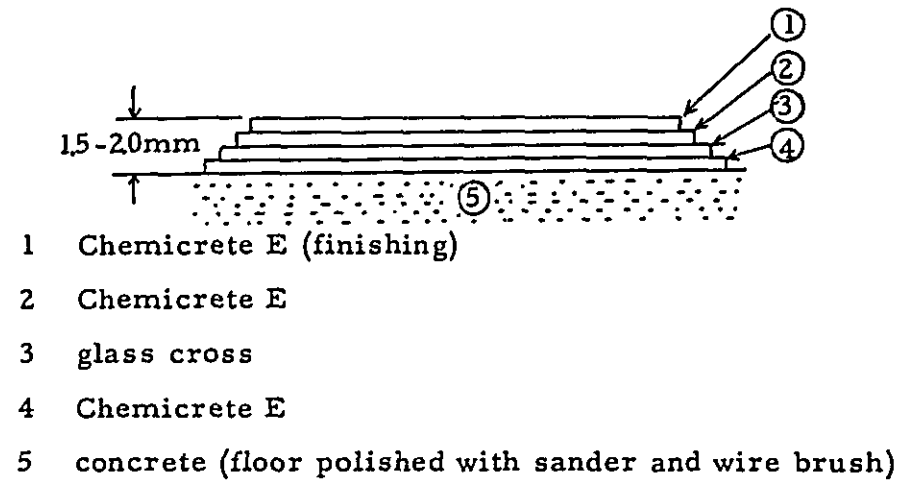
### Remarks

"Chemicrete" is the trade name of epoxide resin of ABC Shokai Co., Ltd. Japan.

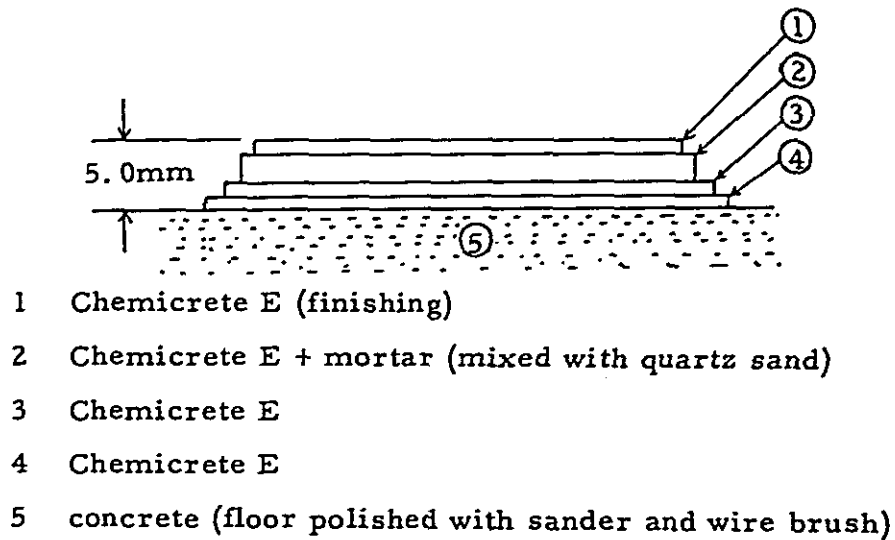
Chemicrete E mortar method is used for the area of the floor where some physical shocks are forcast.

## Structure of the tank house floor lining

### Chemicrete E method



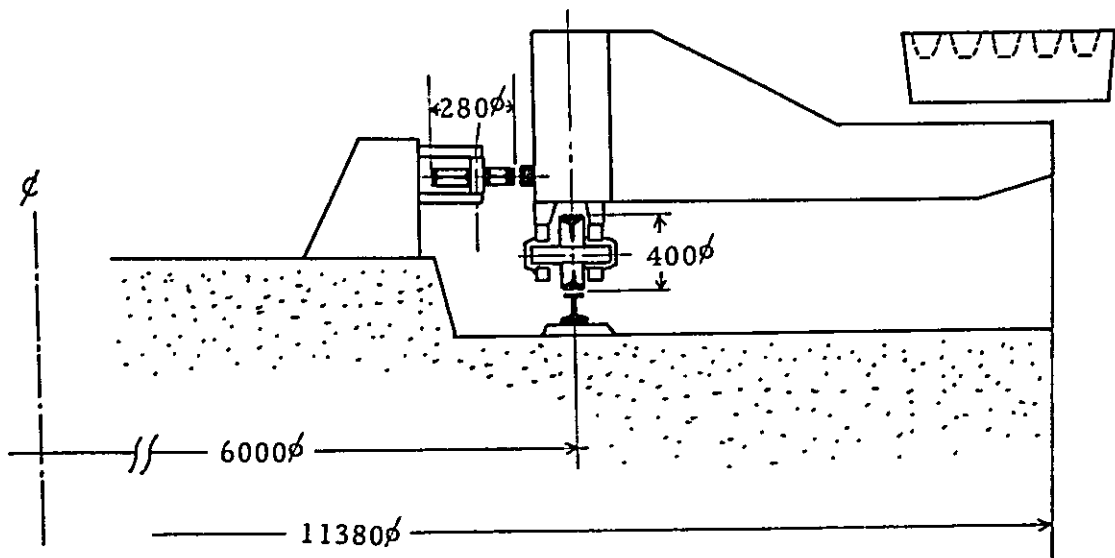
### Chemicrete E mortar method





Wire-Bar Casting Machine  
(Roller Part)

Please refer to the following figure. The Machine was developed by Nippon Mining Company in collaboration with Hitachi Kiden Kogyo Company.

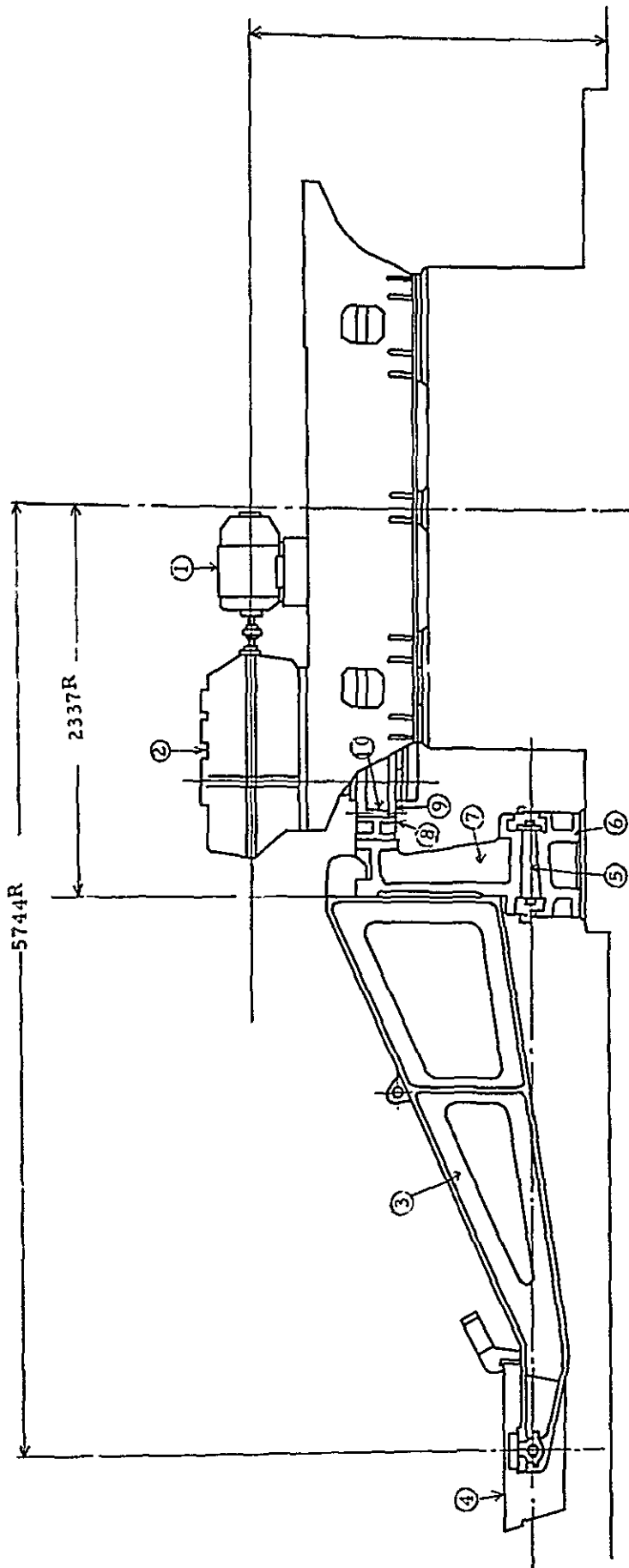


Wire bar casting wheel  
at Hitachi Refinery

## Wire bar rotary casting machine and its supporting system

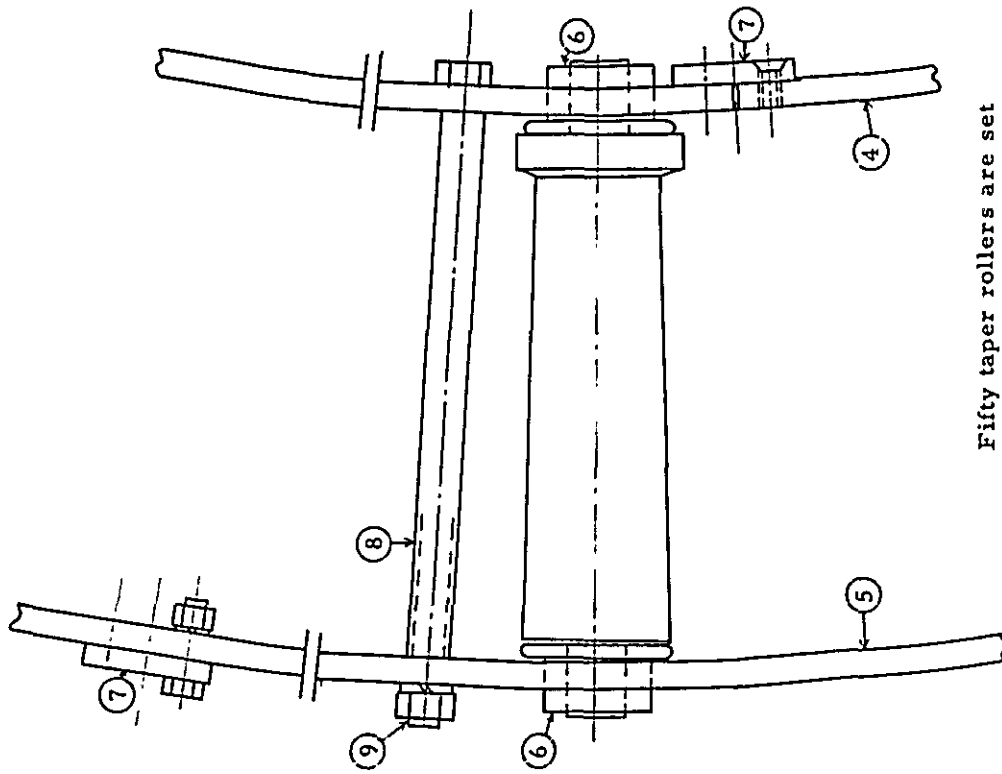
### Specifications

type	Walker type
casting rate	45 ton/hr.
wheel diameter	11488 mm
number of pockets	5 pockets/mould
power of motor	3.7 kW D. C.
rotational frequency of motor	1150 rpm
reduction ratio of final reduction gear	1/430



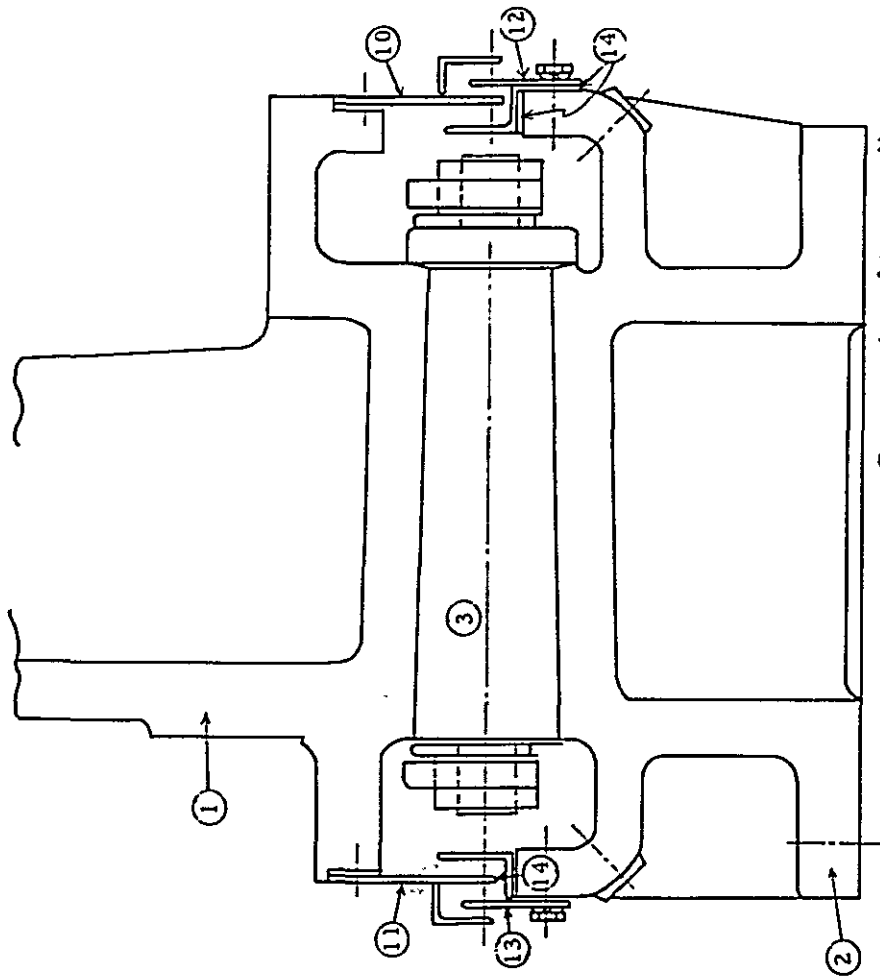
Wire bar rotary casting machine

- |   |                      |    |                |
|---|----------------------|----|----------------|
| 1 | motor                | 6  | track ring     |
| 2 | final reduction gear | 7  | traveling ring |
| 3 | arm                  | 8  | internal gear  |
| 4 | mould                | 9  | keeper roller  |
| 5 | taper roller         | 10 | drive pinion   |



Fifty taper rollers are set radially on the track ring in order to turn the travel ring smoothly. The taper rollers are supported with retainers.

- 11 outside dust guard
- 12 inside seal ring
- 13 outside seal ring
- 14 gasket



Construction of taper roller

- 1 travel ring
- 2 track ring
- 3 taper roller
- 4 inside retainer
- 5 outside retainer
- 6 bearing
- 7 joint plate
- 8 spacer
- 9 bolt
- 10 inside dust guard

## Press Machine for Starting Sheets

The press machine is used to save labor cost for flattening starting sheets and to prevent wrapping of cathodes which causes short circuits during electrolysis.

In designing the machine due consideration must be paid to related parts of the machine, so that the press machine cannot very well be built independently. As a result there is no ready-made press machine. In fact at both refineries of Hitachi and Saganoseki press machines are built as an integral part of starting sheets preparing equipments.

Nippon Mining Company uses "Starting Sheet Dressing Machine" which can perform a series of jobs in an optimum sequence i. e. pressing of starting sheets, attaching hanging loops to the starting sheets and assort the beams.

Nippon Mining Company has patents on this machine and are prepared to license the patents. The capacity of the machine is 8 seconds per sheet or 450 sheets per hour.

## Electrostatic Precipitator (E. P. )

Nippon Mining has been operating many E. P. made by Hitachi, Ltd. and they are in satisfactory condition. In the copper smelting part of Nippon Mining Company operation there are ten (10) electrostatic precipitators.

For the waste gas from copper concentrate dryers: 3 units

For the waste gas from flash furnaces: 3 units

For the waste gas from converters: 4 units

An example of design basis for an E. P. is shown below

(For concentrate dryer):

### Gas condition:

Quantity (NM /min wet. )	1,500
Temperature (°C)	100±10
Relative atmospheric pressure (mmAq)	±30
Analysis (%)	
CO <sub>2</sub>	1-1.5
SO <sub>2</sub>	0.05-0.11
O <sub>2</sub> +N <sub>2</sub>	80-85
H <sub>2</sub> O	13.5

### Dust condition:

Inlet dust content	(g/NM <sup>3</sup> )
Electric resistance of dust	(ohm-cm at 100°C) -10 <sup>10</sup>
Specific gravity	(bulk) 0.6-0.7
	(real) 3.4-3.8
Particle size	(micron, average) 6
Analysis (%)	
Cu	20-25
SiO <sub>2</sub>	13-15
S	26
Fe	25-28

### Guarantee:

Dust content at the outlet	(g/NM , average) 0.1
Draft drop	(mmAq) 25

**Specification:**

Section number	2 x 4 = 8
<b>Collecting electrode</b>	
Type	flat plate
Number	17 (1st section), 21(2nd, 3rd, and 4th section)
Size (mm)	4,500 x 2,400
Thickness (mm)	1.2
Pitch (mm)	300(1st section) 250(2nd, 3rd, and 4th section)
Material	Esten steel
<b>Dis charging electrode</b>	
Type	4mm x 4mm square
Number	1,520
Length	4,500
Material	sus 32 (stainless steel)
Weight (kg)	3.5
Rectifier	60KV x 200mA x 1 unit 60KV x 600mA x 2 unit

## Electrostatic precipitator for reverberatory furnace gas (Cottrell)

Five Cottrells (A-E) are arranged in order to precipitate reverberatory furnace gas at Onahama. The specifications of D and E Cottrell are mentioned below. The figures are for two Cottrells.

### Specifications

number of settling chamber	3 chambers x 2
gas flow rate	1450 Nm <sup>3</sup> /min
flow speed	0.72 m/sec
temperature	350 ± 50°C
composition	
SO <sub>2</sub>	2.8 %
O <sub>2</sub>	1.5 %
CO <sub>2</sub>	12.9 %
H <sub>2</sub> O	15.7 %
dust in inlet gas flow	16 g/Nm <sup>3</sup>
discharge electrode	
material	stainless steel (SUS 316)
diameter	4 mm
number	2032 electrodes
dust collect electrode	
dimensions	2.5 m x 6 m
number	152 electrodes
efficiency of dust collection	98 %
gas flow resistance	2 mmAq
lapping type	vibrator



rectifier

type

selenium rectifier

capacity and number

two rectifiers of

55 kV x 490 mA

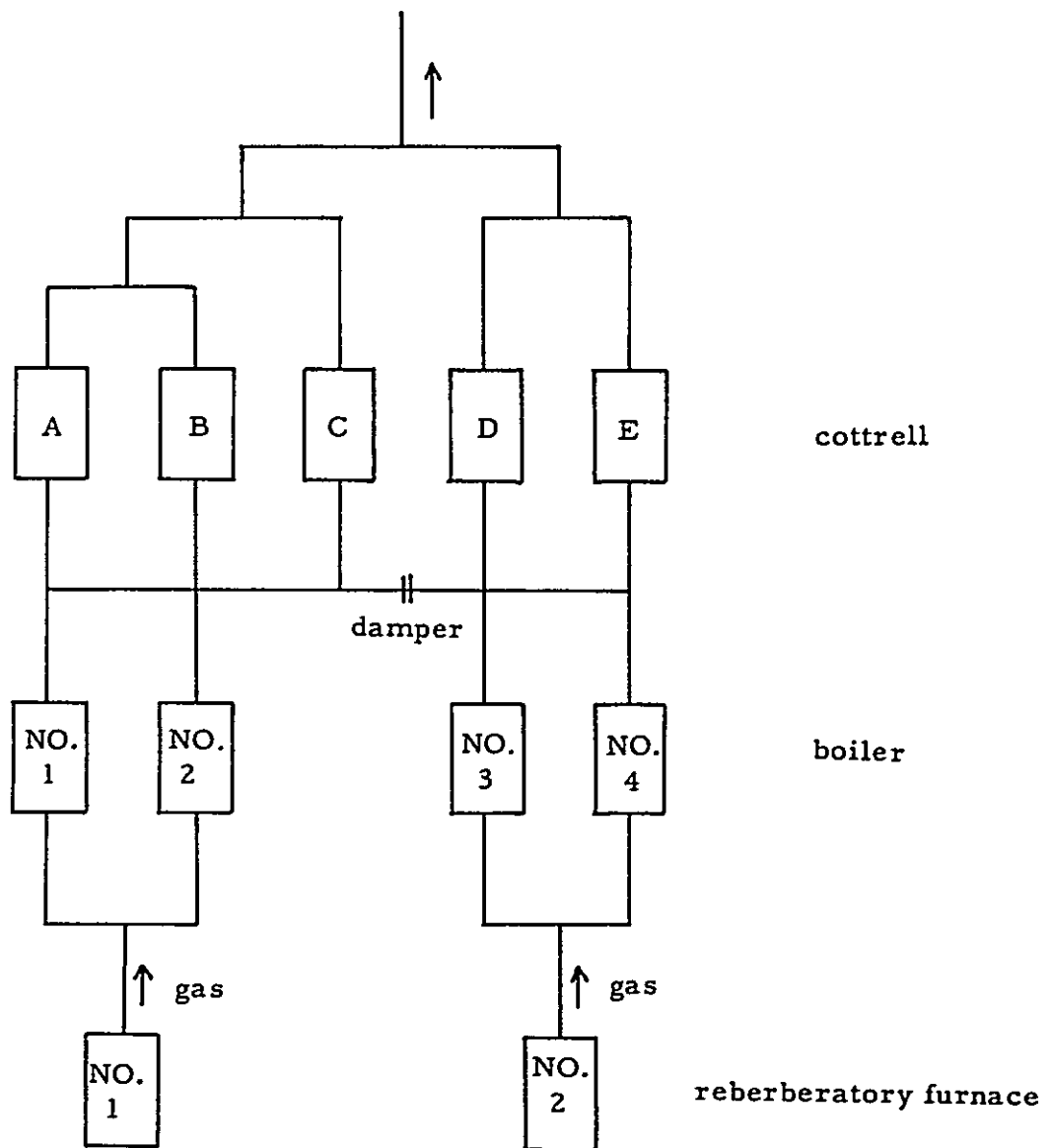
55 kV x 370 mA

55 kV x 185 mA

Name of manufacturer

Nihon Densetsu Co. , Ltd. Japan

Arrangement of cottrells  
for reverberatory furnace



### Matte Tapping Hole Jacket

Nippon Mining Company has no experience in reverberatory furnace operation but in the case of three flash furnaces built and operated by Nippon Mining Company are all equipped with matte holes using copper water cooled jackets.

Nippon Mining Company has been using them for more than three years since the beginning of their adoption but they have found neither trouble nor damage so far. Consequently, the jackets first built have not been replaced. It can therefore be said with confidence that the life of the jackets is more than two (2) years at least.

Those who would require further information are recommended to make a field study tour of Nippon Mining's plants and have discussions with the engineers.

## Matte tap hole water cooled jacket

### Specifications

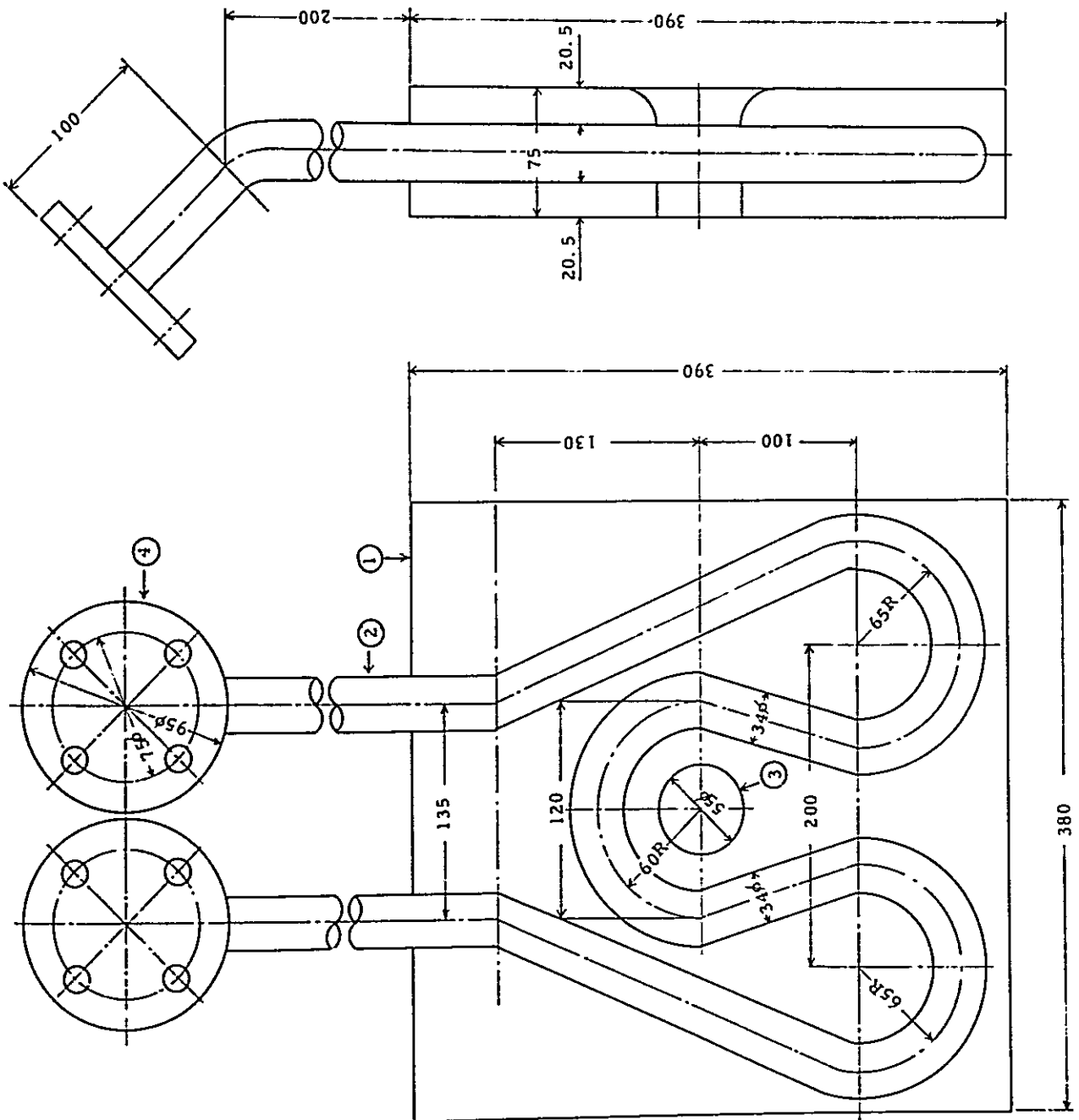
water rate	40-50 l/min
matte tap hole diameter	55 mm
water cooling pipe diameter	34 mm
dimensions of jacket	380 mm x 390 mm
thickness of jacket	75 mm
material of pipe	mild steel
material of jacket	anode copper

### Meters arranged

- water flow meter
- thermometer of jacket (near the tap hole)
- thermometer of the difference between inlet water and outlet water

Matte tap hole water cooled jacket

- 1 water cooled jacket
- 2 water cooling pipe
- 3 matte tap hole
- 4 flange



## Weigher for converter crane

### Specifications

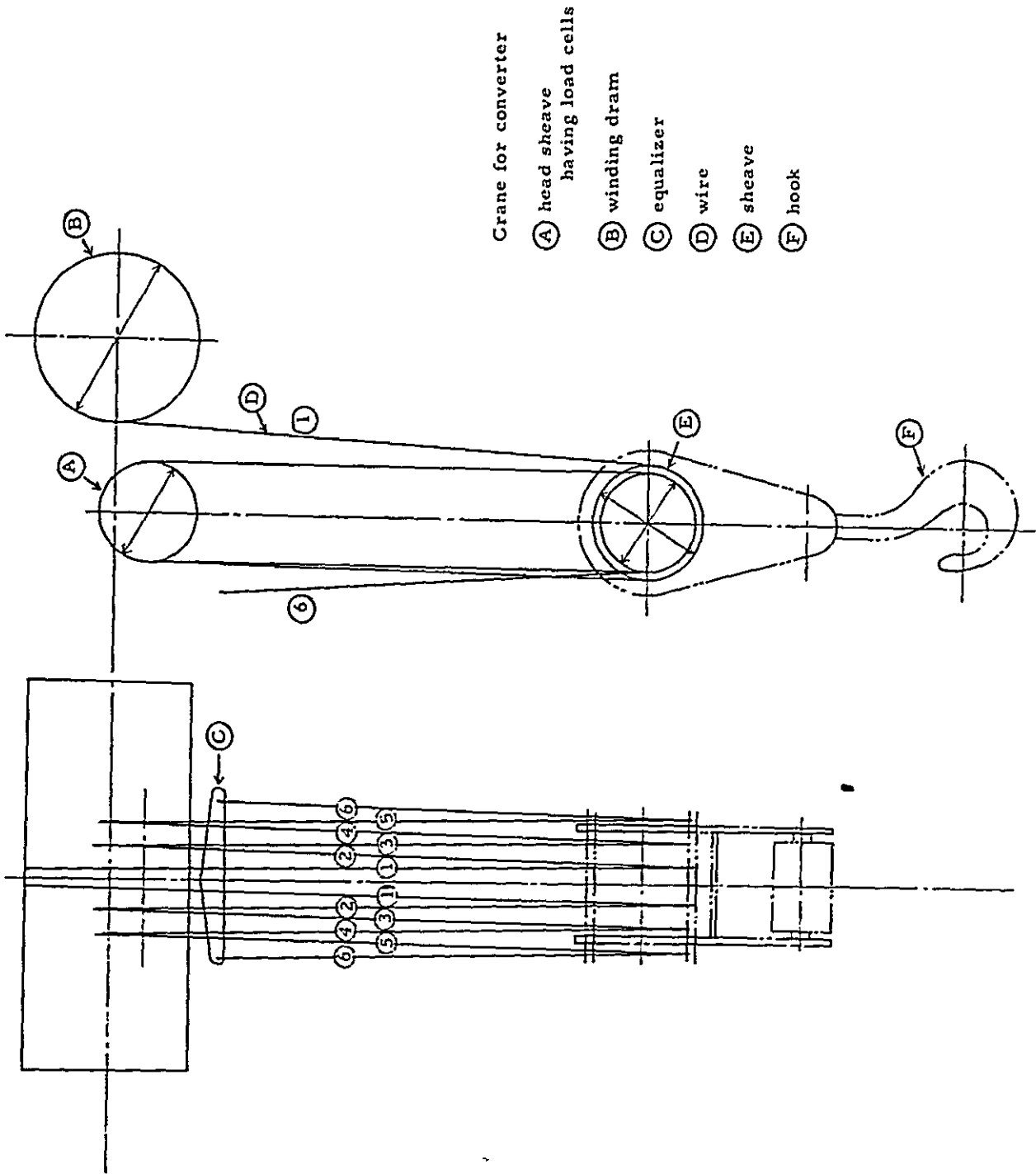
type	2 load cells to each hook
capacity	70 ton
maximum load	70 ton x 1.25
minimum scale	100 kg
accuracy	±230 kg
range of tare	15 ton
indication	
inside a crane booth;	digital 3 figures
outside a crane booth;	digital 3 figures
printer (inside a crane booth)	
weight;	3 figures
kind of weighed material;	2 figures

### Principle (refer to sketch)

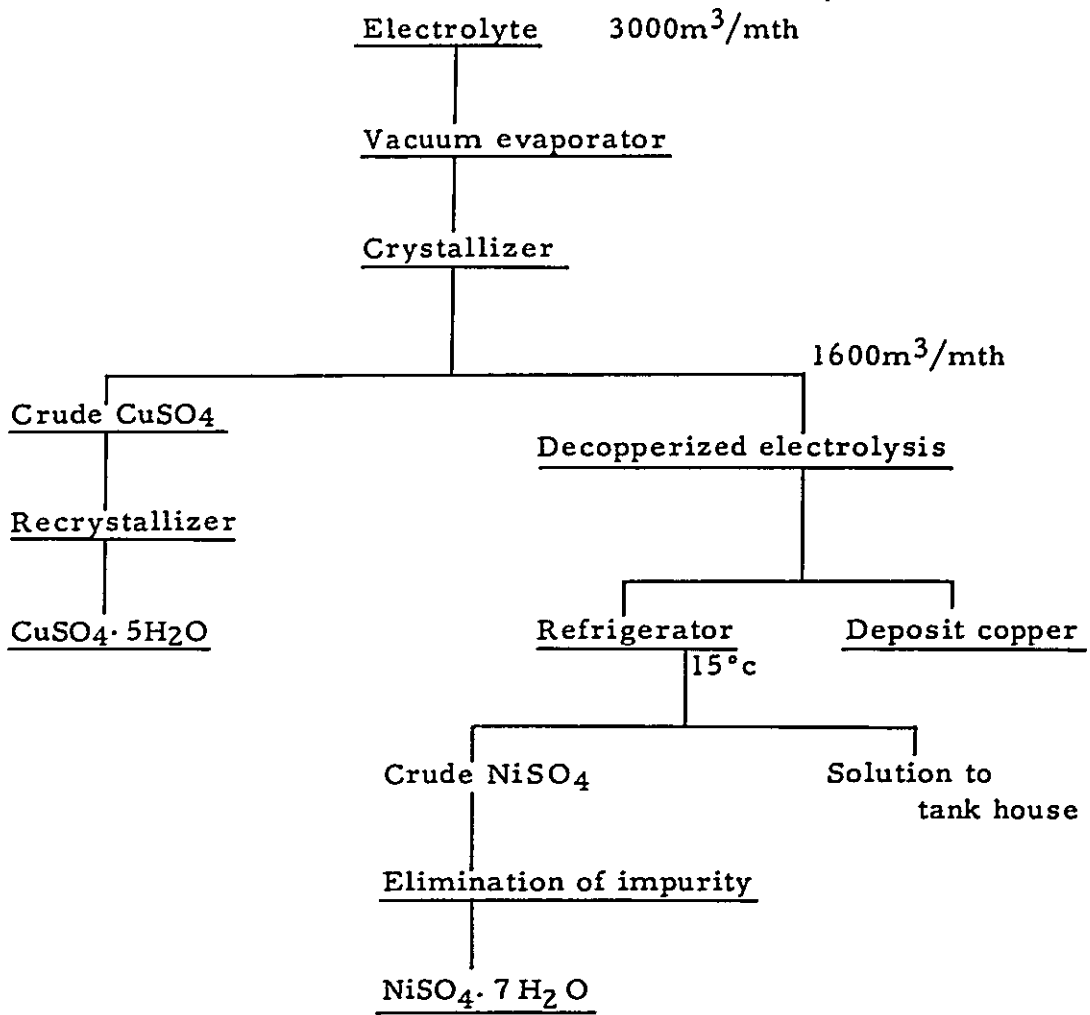
- A a head sheave which holds 8 pieces of wire (2 load cells are set)
  - B a winding drum which holds 2 pieces of wire
  - C an equalizer which holds 2 pieces of wire
1.  $\frac{8}{12}$  of total weight is holded by the sheave and weighed according to the number of pieces of wire.
  2. Wire weight changes according to the height of hooks. This is corrected automatically.
  3. Weights detected by 4 load cells (2 load cells for each hook x 2 hooks) are added up.

### Name of manufacturer

Mitsubishi Seiko Co., Ltd. Tokyo Japan



Flowsheet of Electrolyte Purification  
at Hitachi Refinery





## Dialysis process at Onahama

The liquor from the copper liberator tank include free sulfuric acid, nickel, iron, zinc etc. is concentrated through lead lined Karbate tube heater, forced circulated single - stage vacuum evaporator, and then cooled with a vacuum crystallizer down to room temperature. The crystallized crude nickel sulfate crystals that includes approximately 20 pct. of nickel is separated by centrifuge. These evaporators of crystallizers except evaporator for nickel sulfate solution are made of stainless steel. The mother liquor from the crystallizer is fed into 32 stacks of dialyzers. The diffusate of the dialyzers is recovered to the tank house as sulfuric acid, and dialysate is repeated to evaporator again. These dialyzers are using one of the kind of anion exchange, diffusion type membrans the trade name of which is "Selemion DMV". Each stack has 300 membrans. The typical operation data of the dialyzers is shown in the table.

table: operating data at Onahama

	Flow Rate (l/hr.)	Ni (g/l)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/l)	Specific Gravity	Temperature (°C)
Raw liquid	50-80	30-40	500-600	1.45-1.50	Room Temp.
Dialysate	60-90	25-35	150-250	1.25-1.30	40-50
Diffusate	70-90	1.0-1.5	250-300	1.10-1.30	40-50
Water	70-90				40

The advantages of this treatment are:

1. Acid consumption in tank house is reduced.
2. The impurities in recovered acid are low.
3. Labor is minimized because of the continuous and automated operation.

4. The reduction of acidity and low temperature of the nickel sulfate solution contribute to the ease of its crystallization in the form of crystals.

Thus the accumulation of impurities which are difficult to remove such as iron, zinc etc. in electrolyte is avoided. The purification plant is operated fully continuously except slime treatment section. Anode slimes go into leaching tanks to be decopperized in the conventional manner by addition of spent electrolyte with air blowing.

**Remark**

"Selemon DMV" is the trade name of Asahi Glass Co., Ltd. Japan.

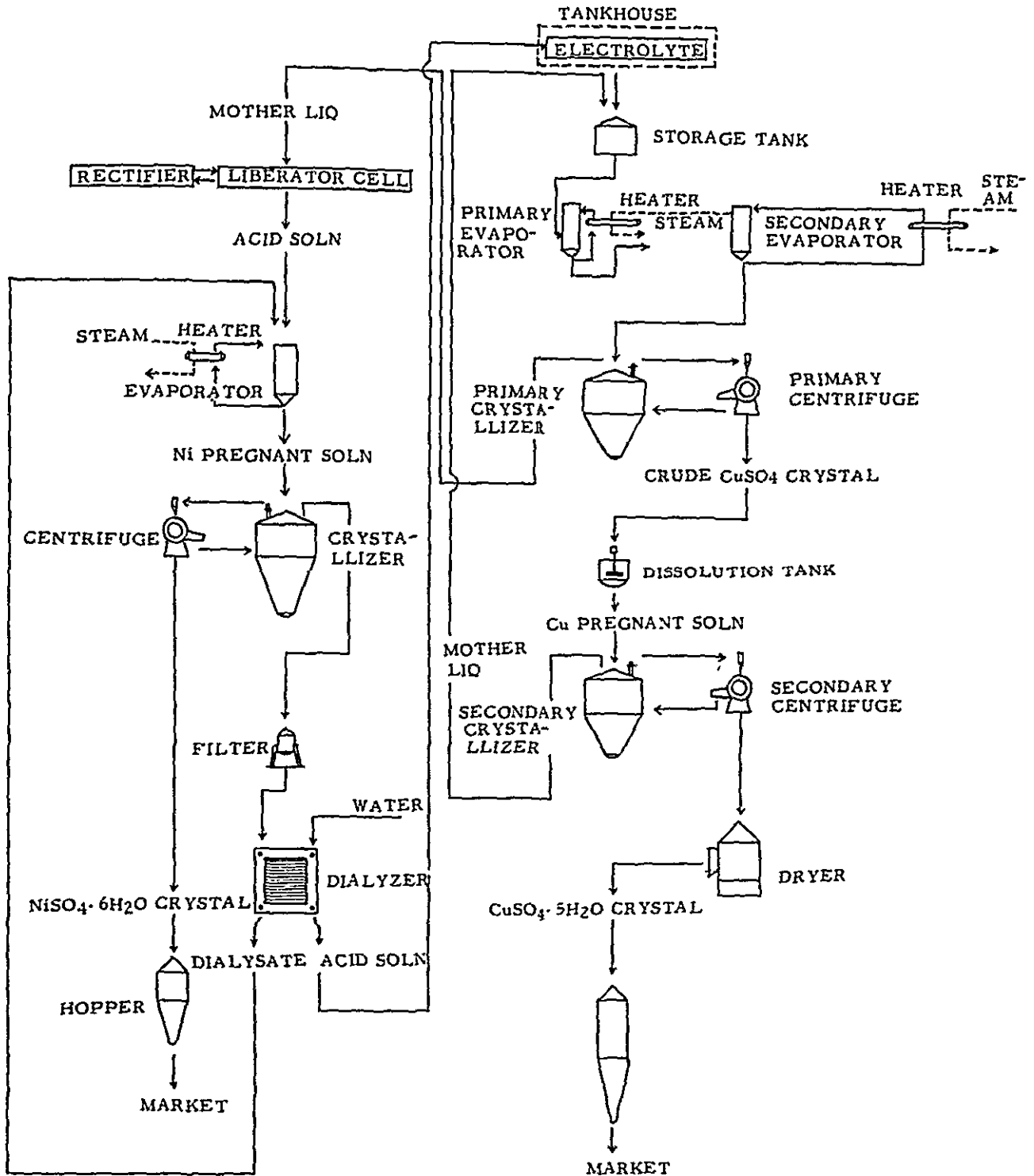


Fig. 2 FLOWSHEET OF THE ELECTROLYTE PURIFICATION PROCESS AT ONAHAMA



## Heat Exchanger of Electrolyte

This type of heat exchanger is a sort of equipment which is designed and constructed according to the tank house specification and its operation. So that it is difficult to get ready-made one.

For reference, one example used by Nippon Mining is as follows:

Manufacturer:	Hitachi Shipbuilding and Engineering Company, Ltd.	
Material:	steam side	ss 41
	liquid side	sus 33
Area:	63.5m (25.4mm $\phi$ x 3,372mm length x 413pipes)	
Temperature:	liquid inlet	60°c
	liquid outlet	65°c
	steam	160°c
Size:	diameter	850mm
	length	1,970mm

## Heat exchanger

### Specifications

I.	maker	Japan Carbon Co. , Ltd.
	heat transmission tube	
	material	impermeable carbon (Karbate)
	inside diameter	25 mm
	outside diameter	38 mm
	effective length	3000 mm
	number of tubes	212
	inside area	50.0 m <sup>2</sup> /uni
	outside area	76.0 m <sup>2</sup> /uni
	kind of fluid	
	tube side	electrolyte
	tank side	steam
	electrolyte flow rate	4 m <sup>3</sup> /min-unit
	temperature inlet	55°C
	outlet	60°C
	normal steam pressure	2 kg/cm <sup>2</sup>
	load	2700000 kcal/hr. unit
	number of unit	3
	normal use	2
	stand by	1
II.	maker	Nihon Senshoku Kikai Co. , Ltd.
	heat transmission tube	
	material	stainless steel (SUS 316)
	inside diameter	27.8 mm
	outside diameter	31.8 mm
	effective length	2988 mm

number of tubes	219
inside area	57.1 m <sup>2</sup> /unit
outside area	65.3 m <sup>2</sup> /unit
kind of fluid	
tube side	electrolyte
tank side	steam
electrolyte flow rate	10.4 m <sup>3</sup> /min. unit
temperature inlet	58°C
outlet	63°C
normal steam pressure	2 kg/cm <sup>2</sup>
load	3400000 kcal/hr. unit
number of unit	4
normal use	2
stand by	2
III. maker	Dupont Co. , Ltd.
heat transmission tube	
material	polyfluoroethylene fiber (Teflon)
inside diameter	1.98 mm
outside diameter	2.54 mm
length	4270 mm
number of tubes	280
inside area	7.44 m <sup>2</sup> /unit
outside area	9.67 m <sup>2</sup> /unit
kind of fluid	
tube side	steam
tank side	electrolyte
temperature inlet	55°C
outlet	60°C

normal steam pressure	2 kg/cm <sup>2</sup>
load	158000 kcal/hr. unit
number of unit	6
normal use	6

The materials and their characteristics of heat transmission tubes of heat exchangers which are used at Onahama are mentioned below.

- I.    impermeable carbon (Karbate)
  - expensive
  - difficult to remove scales
  - weak against physical shocks
  
- II.   stainless steel (SUS 316)
  - comparatively inexpensive
  - easy to remove scales
  - high coefficient of heat-transfer
  - small heating surface
  - electrolytically corrosive
  
- III.  polyfluoroethylene fiber (Teflon)
  - expensive
  - scale is small
  - easy to remove scales

We recommend stainless steel or Teflon as materials of heat transmission tubes.



