

1 . 調査の目的と経緯

1．調査の目的と経緯

本調査は、1999年6月4日国際協力事業団（JICA）とチリ共和国鉱山公社（ENAMI）との間で協議・署名された「チリ国リーチング工場環境配慮型操業改善計画」に係わるS/Wに基づき、同和工営(株)と三井金属資源開発(株)の共同体制のもとに1999年10月から2002年12月までの39ヶ月にわたって実施されたものである。

チリ共和国（以下チリと呼ぶ）は、年間約4,600,000トンの銅を生産する世界第一の銅産出国であるが、従来はさして問題とならなかった廃水（液）による環境汚染が、近年は環境意識の高まりと規制強化の中で大きな社会問題となりつつある。本調査の目的は、わが国ですでに実用化されている鉄酸化バクテリアを利用した廃水処理法をチリ国内に導入し、環境配慮型の操業を確立普及させることにある。この目的で、現在銅鉱石のリーチングを行っている ENAMI 所属の Ovalle プラントに処理容量 100m³/日程度の廃液処理モデルプラントを設置し、リーチング工程からの廃液浄化の実証試験と技術移転を行った。一連の試験内容とその結果は本報第4章に詳述するとおりである。

公害防止のための投資を行うには、その前提として既存の生産工程の安定と操業成績の向上は欠かせぬ要因である。現実の Ovalle プラントには ENAMI の社会的役割に係わる操業上の制約のほか、技術・環境面でのいくつかの問題が残されている。これらを明らかにするため、第2章にチリ銅鉱業の現況と ENAMI の役割を概説し、第3章では現地調査で Ovalle プラントの操業を技術・環境の両面から診断して収支改善のための考察を行い、その結果を提言として総括した。環境面においては、本調査自体が重要な提言であることはいうまでもない。

上述の廃液処理モデルプラントは、本来実証試験により技術を立証するためのものであり、能力的に実廃液全量を処理することは出来ない。そこで本調査の一環として、廃液全量処理のための工業規模のプラントを設計し、将来計画として提案した。その規模はリーチングプラントの最大処理能力、すなわち月間鉱石処理 14,000 トンに見合う容量とした。

本報では以下フルスケールプラントと呼び、その仕様ならびに建設コストについては第5章に記述する。

第6章では、フルスケールプラントの採算性を検討するため、Ovalle プラント全般にわたっての総合経済・財務分析を行った。本プロジェクトの主たる目標が公害防止対策であることから、廃液プラント増設が直接収支改善に結びつくものではない。従って本章では、Ovalle プラント外部におよぼす環境改善の効果をとらえ、これを出来る限り数量化して検討することを試みた。すなわち、地域社会を含めた経済性を追求することとした。

フルスケールプラントの建設には多額の投資を伴う。これを直ちに実現するには、現下の銅産業と ENAMI をとりまく状況はきびしいものがある。従って、本調査では将来構想として廃液処理フルスケールプラントを提言しつつも、当面は従来程度の操業率を継

続するとした場合の環境配慮型操業を検討した。これについては第 7 章に具体的に記述する。

バクテリアを活用する本廃液処理は技術的に立証された。本調査の目標のひとつにチリ国内他の事業所に応用する計画がある。これは第 8 章に記載するが、Ovalle で完成させたものをそのまま移転して適用出来る事業所はチリ国内には見当たらない。すなわちリーチングと沈殿銅による操業は近年減少の一途をたどり、ENAMI 傘下でも現実に適用は考えられない。そこで、鉱業全般にわたってバクテリア利用すなわちバイオ技術の適用の可能性ある分野をとりあげ、概括的な検討を行った。チリ側の知見とこれまでの経験により、計画を具体化することは十分可能である。

第 9 章では調査結果に考察を加え、最終的な提言として総括した。本提言の実現により Ovalle が小規模ながらも環境汚染のない、かつ収益性の高いプラントとしてチリ銅産業の規範となることを期待する。

2．チリの鉱業事情

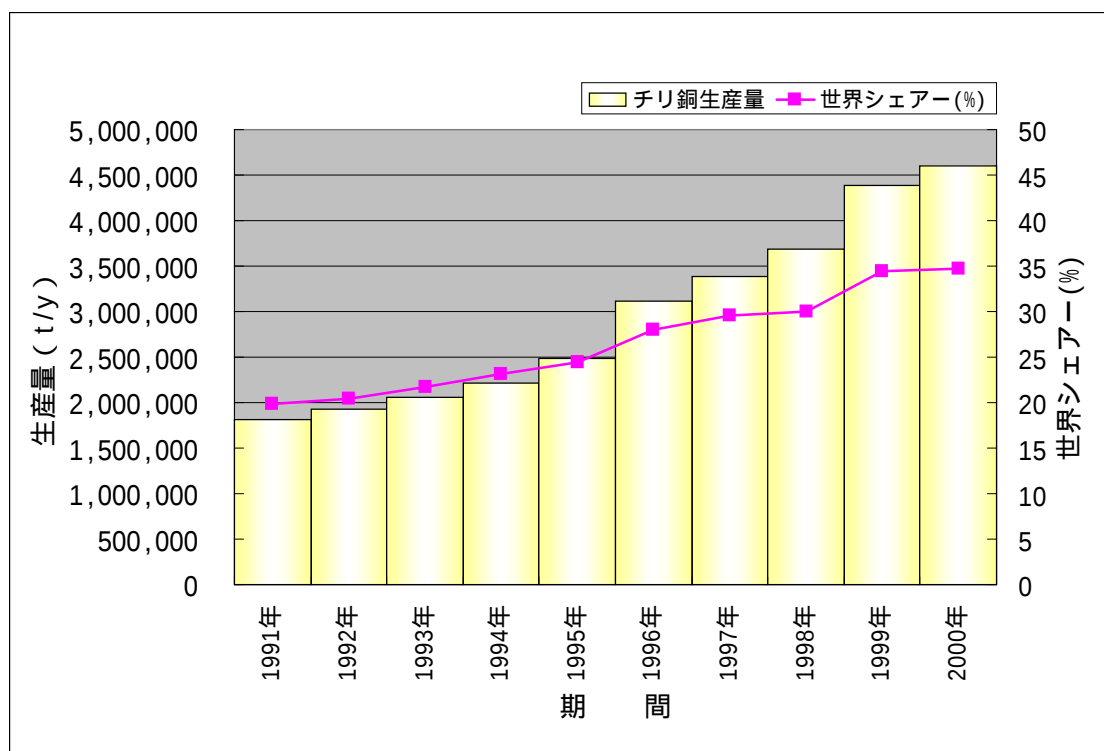


図 2-2 銅生産量の推移

また、チリの銅生産形態は図 2-3 に示すように 1990 年頃は主に 6 割が電気銅であったが近年では精鉱のままの出荷が 4 割、残りが SX-EW カソードと電気銅で各々約 3 割という比率になっている。

また、銅の輸出先は日本が 17.4%と最も多く、次いで中国、韓国が続いている。台湾も含めると東南アジア向けとして 42.5%を占めている。

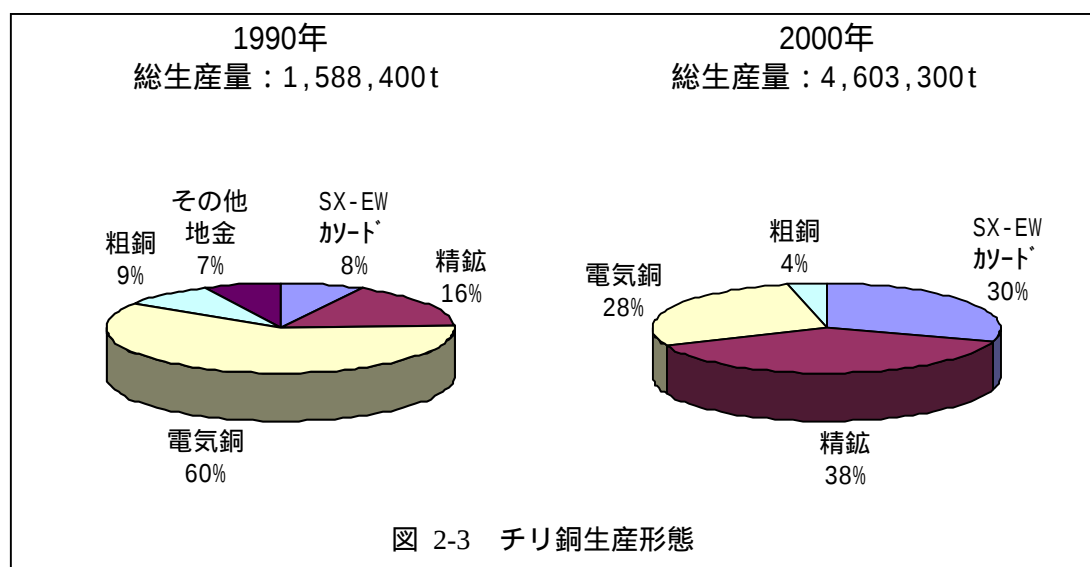


図 2-3 チリ銅生産形態

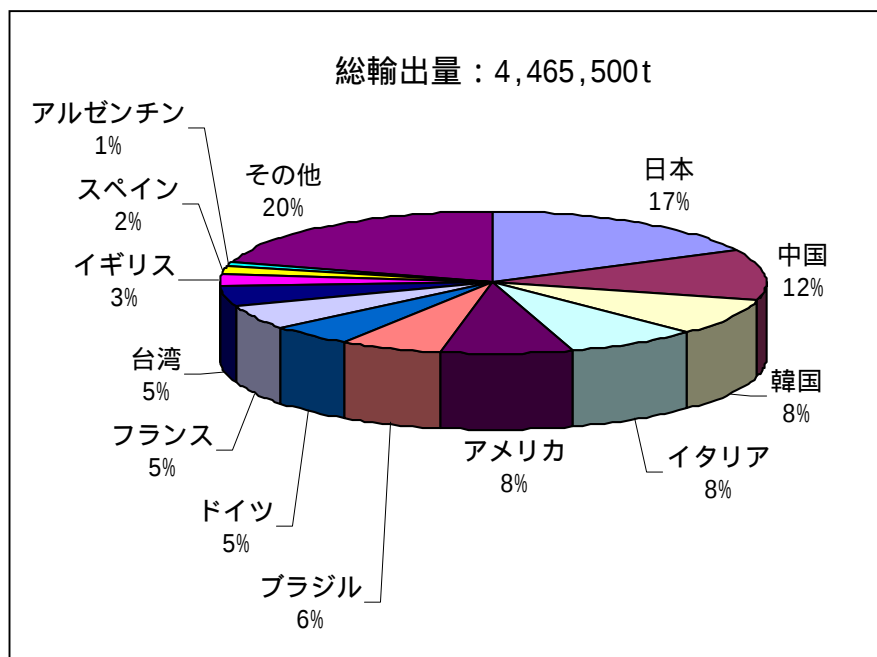


図 2-4 銅輸出先(2000 年)

2.2 チリ国の環境関連機関と法整備

チリ国における環境問題に関する法的整備は下表に示すように古くは 1916 年の「産業廃棄物の中和及び浄化に関する法律」に始まっているが、近年の国際的な環境規制の下、法的整備も急速に進み、1991 年の製錬所の硫黄酸化物、浮遊粉塵の基準の制定、水質汚濁に関する規定、1994 年の環境基本法の制定と着実に実施されている。

1916 年	・ 産業廃棄物の中和及び浄化に関する法律
1970 年	・ 尾鉱堆積場の建設及び操業に関する規則
1991 年	・ 亜硫酸ガス、粉塵及び砒素を発生する工場活動に関する規則
1992 年	・ 産業廃棄物の中和及び浄化に関する規則 (1916 年の産業廃棄物を規制する法律の施行規則)
1994 年	・ 環境基本法
1995 年	・ 国家環境委員会及び州環境委員会諮問会議に関する規則 ・ 環境基準及び排出基準の公布に関する規則 ・ 汚染防止及び汚染除去計画作成のための手順及びステップを定める規則
1997 年	・ 環境影響評価に関する規則
1998 年	・ 下水道への産業廃水の放流に伴う汚染物質を規制するための排出基準 ・ 砒素の大気への排出基準
2000 年	・ 海水及び陸地の地表水に排水する液体廃棄物に含まれる汚染要素の規制に関する排水基準の制定

以上の他に現在「地下水への排出基準」、「海水への排出基準」、「地表水保護のための環境基準」、「鉱山閉山措置法」が制定のための準備中である。

チリ国の環境関連法の中核をなすのは「環境基本法」であり、その中では下記の事項について定めている。

- ◆ 環境教育及び研究
- ◆ 環境影響評価制度
- ◆ 環境影響評価プロセスへの地域社会の参加
- ◆ 環境基準
- ◆ 排出基準
- ◆ 環境管理、汚染防止及び汚染除去計画
- ◆ 環境被害責任
- ◆ 国家環境委員会 (CONAMA)

チリ国の環境管理上中心的な役割を果たしているのは、上記の環境基本法で定められている国家環境委員会 (CONAMA) であり、当機関の主な役割を下記に示す。

- ◆ 政府の環境政策を大統領に提言
- ◆ 環境分野に施行されている現行法規の適用及び遵守状況の把握
- ◆ 環境に関わる事柄についての諮問、分析、情報伝達及び調整

- ◆ 環境影響評価制度（SEIA）の管理及び環境基準の作成プロセスの調整
- ◆ 環境教育及び普及プログラムの作成

チリ国内で新規のプロジェクトを開始しようとする場合には上記の環境影響評価制度（SEIA）により、プロジェクトを実施しようとする州の COREMAS（地方環境委員会：CONAMA の下部組織）に環境影響調査書（あるいは宣言書：プロジェクトの規模による）を提出（2 州以上にまたがる場合は CONAMA に提出）し、その承認を受ける必要がある。

本プロジェクトにおいても Ovalle プラントから環境影響宣言書を COREMAS に提出、承認を受けている。

図 2-5 に CONAMA 及びその関連機関の組織図を示す。

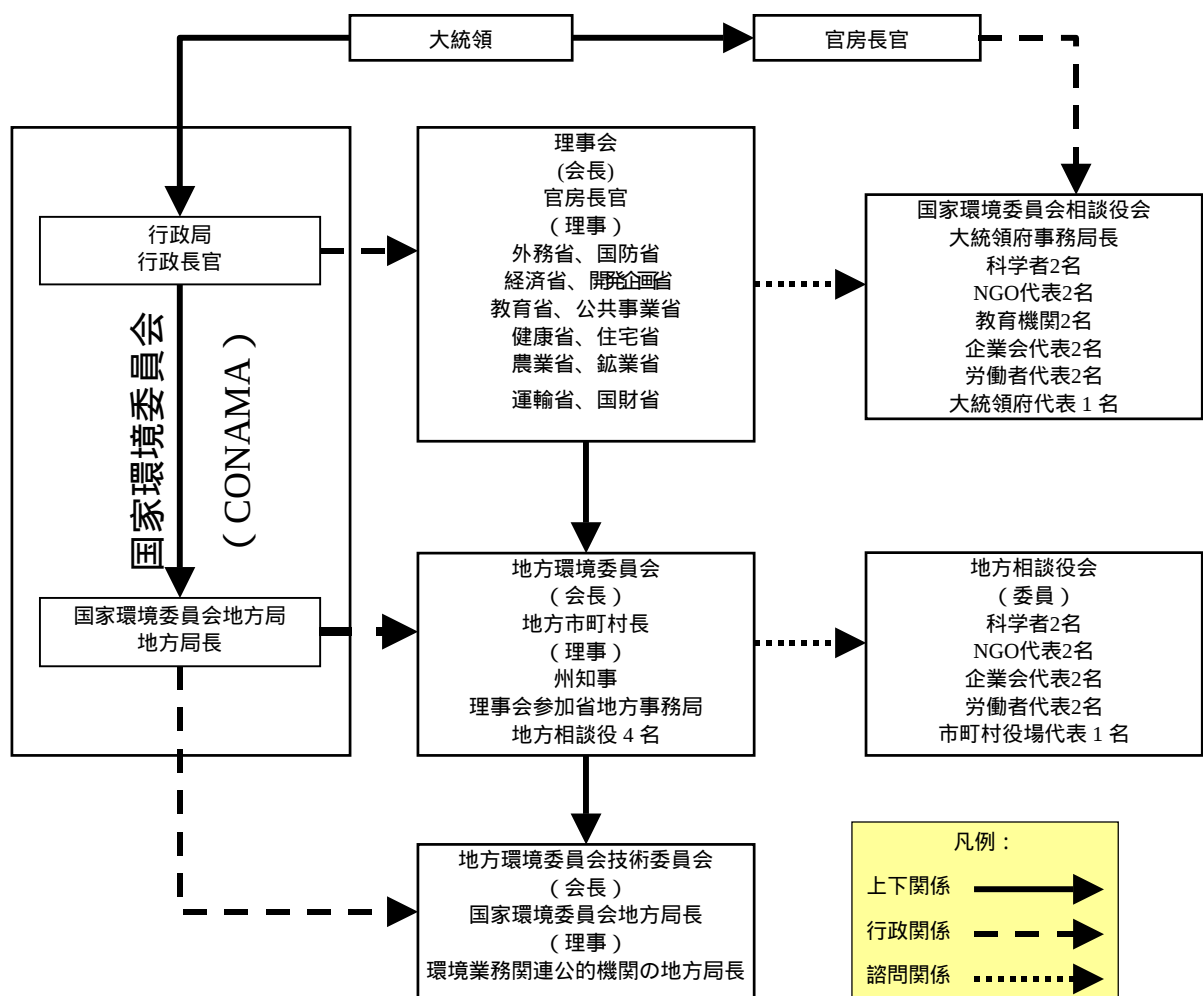


図 2-5 CONAMA 及び関連機関組織図

2.3 チリ鉱山公社（ENAMI）の概要

ENAMI（Empresa Nacional de Minería）は、1960年に当時の鉱業助成振興基金（Caja de Credito y Fomento Minero）と傘下の国営溶錬公社（Empresa Nacional de Fundiciones）の合体により創設されたチリの鉱山公社である。同じ国営のCODELCO（Corporación Nacional de Cobre de Chile）がChuquibambilla、El Teniente 他、世界的に著名な銅鉱山の経営を独自に行う一大営利企業であるのに対し、ENAMIは自身で鉱山の開発操業を行わず、中小鉱山の助成振興を主たる役割とする点が特色である。すなわち、中小の鉱業権者に対し銅の市場価格に応じた経済援助を行うとともに、中小鉱山から産出される原料製品（粗鉱・銅精鉱等）をENAMIが所有するプラント・製錬所で処理して製品市場へ供給できるよう付加価値を与えることにより、独力では銅産業に参入できぬ中小鉱山を集約代行する形でそれらの援助育成を果たしている。具体的な施策は、以下の四項目に集約される。

(1) 鉱山開発に対する融資等の支援

銅の市場価格（建値）は変動が大きいいため、鉱山の探鉱開発には常にリスクが伴う。このためENAMIは中小鉱業権者に対し、長短期ローンの斡旋、リスクの保証、運転資金の貸し付け等の便宜を与え開発を支援する。

(2) 買鉱と選鉱処理による支援

ENAMI所有の下記プラントにおいて中小鉱山からの採掘粗鉱を買い取り、浮遊選鉱あるいはリーチング処理により銅精鉱または沈殿銅に仕上げて製錬所に送付する。鉱石の買い取り時には現下の銅建値に応じ優遇を与えて中小鉱山を支援している。具体的には銅建値が75¢/lb以下となった時にはその差額を中小鉱山に支払い、銅建値が復活したときに戻してもらうというものである。

所有するプラントの処理能力は表2-1のとおりである。

表 2-1 ENAMI プラントの処理能力

名 称	所在(州)	処理能力（粗鉱トン／月）			産 物
		酸化銅鉱	硫化銅鉱	計	
Taltal		12,000	15,000	27,000	沈殿銅・銅精鉱
Matta		-	110,000	110,000	銅精鉱
Vallenar		12,000	20,000	32,000	沈殿銅・銅精鉱
El Salado		18,000	-	18,000	沈殿銅
Ovalle		14,000	11,000	25,000	沈殿銅・銅精鉱
計		56,000	156,000	212,000	

すなわち、酸化銅鉱からはリーチング・鉄置換法により沈殿銅を、また硫化銅鉱からは浮遊選鉱法により銅精鉱を採取し、いずれもENAMI傘下の下記製錬所へ送付する。また一部金を含有する粗鉱を買鉱し、浮遊選鉱で金を濃縮して同じく精錬原料としている。

酸化銅鉱の処理法として近年ではリーチングで銅を浸出した後、旧来の鉄置換法に代わって近代的な溶媒抽出法、いわゆる SX-EW 法が主流となり、ほとんどの大規模鉱山で採用されている。ENAMI のプラントにおいてもその採用を検討中で、既に EL Salado では具体的な建設が進められているほか他のプラントへの適用も検討されている。

前述のように ENAMI が自身の鉱山を持たぬことから、これらプラントの原料鉱石はすべて中小鉱山等外部からの供給に依存する。このため供給量の変動によって操業率の維持が極めて困難であり、いずれのプラントも実処理量が設備能力を大幅に下回っているのが現状である。Ovalle プラントの実績については第 3 章に詳述する。また、原料鉱石を供給元別のロットで評価（分析・秤量）する必要があるため、品質面でも均一化（ブレンディング）が困難である等、日々の操業にも制約を受ける。

(3) 銅精鉱及び沈殿銅の精錬処理の受託による支援

傘下の Ventanas 製錬所及び Paipote 熔錬所において、前述の選鉱プラントからの銅精鉱・沈殿銅の溶錬と精錬を行っている。ほかに中小鉱山あるいは他社の銅精鉱・沈殿銅も受け入れて、同時に処理している。Ventanas 製錬所は精鉱等の溶錬から電解精製まで一貫した工程を有し、最終製品として電気銅を生産する。さらに電解工程からの副産物として電解金、銀、セレンならびに硫酸も産出する。一方、Paipote は電解精製工程を持たず粗銅（アノード）までを生産し、Ventanas へ送って精製する。ENAMI は中小鉱山に対してプラントの場合と同様に、建値に応じ優遇を与えるため、現行の銅建値では製錬所としての収支は非常に厳しく、操業コストの低減が急務である。現状は環境コストを負担するため、さらに製錬コストは高くなっている状態である。

表 2-2 ENAMI 製錬所生産実績（2000 年）

	Ventanas	Paipote
電気銅	319,105 t	-
粗 銅	-	77,639 t
電解金	5,937 kg	-
電解銀	105,401 kg	-
硫 酸	328,542 t	245,707 t

(4) 技術開発その他

ENAMI は独自にまたは他社と提携して工程の改善、新技術の開発、公害防止等の企画研究を積極的に展開している。最近では顕著な実績として製錬工程における Teniente 転炉の採用、排出ガス中の SO₂ 回収率の向上、さらに沈殿銅採取に代わる SX-EW 法の採用などがあげられる。

以上 ENAMI の日常業務につき概観した。再び一方の国营会社 CODELCO と対比すると CODELCO が年間銅生産量約 150 万トンとチリ全体の 34%を占めるのに対し、ENAMI 所有の製錬所から産出は約 32 万トンで前者の五分の一に過ぎない。しかし、ENAMI の存在によって中小の産銅業者が他社と対等に操業できることで、雇用の確保等社会面における役割は極めて大きいものといえる。

図 2-6 に鉱業省を中心とした主要機関の組織図を、また図 2-7 には ENAMI の内部組織をそれぞれ表示する。

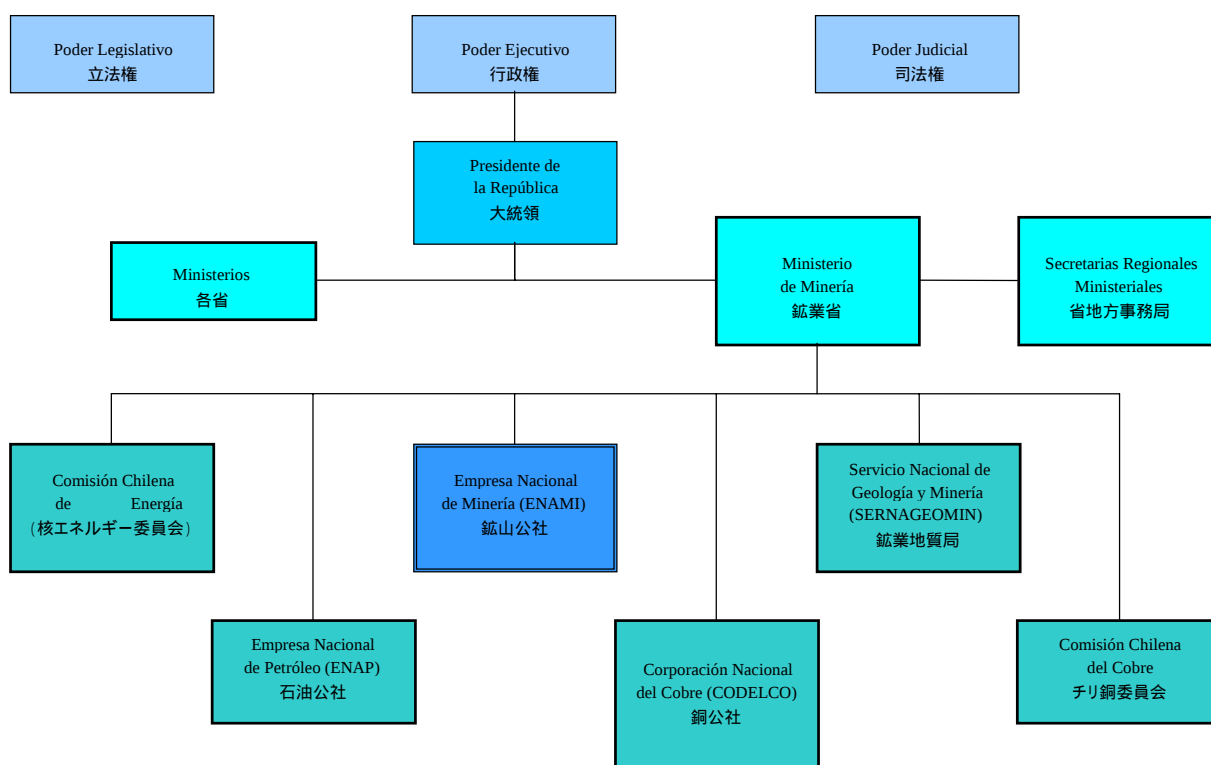


図 2-6 鉱業省組織図

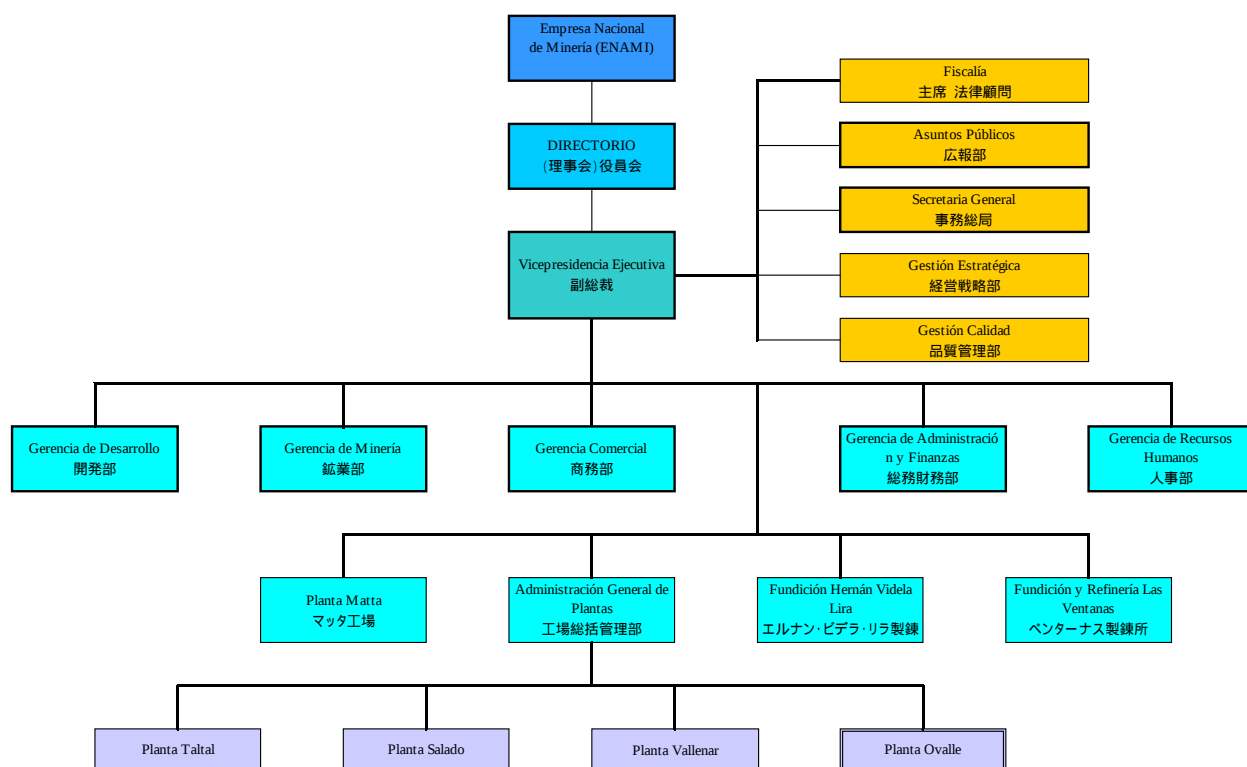


図 2-7 ENAMI 組織図

出典：Annual report ENAMI, 2000
Compendio de la Minera Chilena, 2000

3 . Ovalle プラント生産部門の操業診断・環境診断

3. Ovalle プラント生産部門の操業診断・環境診断

3.1 Ovalle プラントの概要

3.1.1 立地

(1) 位置、交通

南緯 30°30'、西経 71°06'で、チリ共和国第 州 La Serena 市（州都）(*1)のほぼ真南約 70km、Limari 地区 Ovalle 市に属し、同市の北約 8km に位置する。La Serena/Ovalle 間を結ぶ国道 43 号に面し、La Serena より車で約 1 時間 30 分の所にある。標高は、プラント準で 444m である。

*1：Santiago の北 475km に位置し、飛行機で約 50 分掛かる。

(2) 地形

当地域は、セロ ネグロ(Cerro Negro)と呼ばれ、海岸山脈を構成する山岳地帯に含まれる。プラントは、その内陸側の台地になろうとしている所で、川に面した山の開けた斜面にあり、一部を掘削して平地となし、プラント施設を建造している。

(3) 水文

プラントの下部には、Limari 川支流の Ingenio 川が、北東より南西へ水量 1～8m³/min 程度で流れている。Ingenio 川は、241km²の集水面積での水がプラントの上流約 6km の河床で湧出し、Ingenio 湿地帯を形成し、プラントの下流約 12km で Limari 川に合流する。又、当該地区灌漑用 Recoleta ダムより導水した Talhuen 用水がプラントを縦貫して流れている。その他、プラントの少し上流 Ingenio 川東南左岸に、飲料可の湧水がある。

(4) 気候

乾期（10 月～3 月）は、La Serena 市より海側山岳地帯には朝霧が発生するものの、山岳地帯の内陸側は終日快晴で、降雨はほとんどない。これに対し雨季（4 月～9 月）は、雲が多く短時間に集中して降雨を見ることもある。集中雨の Max.は、1957 年 5 月の 110mm/24h であり、1997 年は大雨による洪水に見舞われた。年間降雨量は、1～340mm/year 程度と大きくばらついているが、1993 年以降は 1997 年を除き 10mm/year 程度以下と少ない。

3.1.2 沿革

- ・ 1959 年：Panulcillo 鉱山会社(Compañía Minera de Panulcillo S.A.)設立。鉱山、選鉱プラントを持ち、酸化銅鉱石を浸透浸出（Percolation leaching）にて浸出を行い、置換沈殿法（いわゆるセメンテーション法）により沈殿銅生産を開始。
- ・ 1967 年：鉱量枯渇により、原料調達のための買鉱・鉱山賃借システムを導入。
- ・ 1971 年：ENAMI と COMINA(Compañía Minera Nacional)に売却。硫化銅鉱を処理し、銅精鉱を生産するための、浮遊選鉱（以下 浮選）法による選鉱プラント (150t/day)を建設。4 年後に、300t/day に増強。
- ・ 1979 年：Ovalle 市の鉱業協会と鉱業協同組合とに売却。
- ・ 1981 年：経営悪化に付き、操業停止。
- ・ 1982 年：ENAMI と COMINA とに売却。ENAMI との間で Maquila（委託処理）契約

成立。

- ・ 1987 年：ヒープ浸出（リーチング）（13,000t/month）を導入し、置換沈殿法により沈殿銅を生産。
- ・ 1995 年：インフラの更新、プロセスの最適化、環境に配慮した経営。これにより、自動塊状化（Agglomeration）設備、置換沈殿（Precipitation）設備と廃滓堆積場とを建設。攪拌浸出法と浸透浸出法の代わりにダイナミックヒープ浸出（リーチング）を導入。塊状化能力を 100t/h、沈殿銅生産能力を 240t/month に増強。又、廃滓堆積システムも更新。
- ・ 1999 年：ENAMI 事業所(Empresa Nacional de Minería, Planta Ovalle)として発足。
[ENAMI 子会社の Compañía Minera de Panulcillo S.A.より設備を賃借し、操業]

3.1.3 生産

(1) 生産状況

酸化銅鉱と硫化銅鉱とを処理している。

銅建値が 80 ¢ /lb を切るようになる 1998 年以降、買鉱が厳しくなり、操業率が落ち、生産は低迷したが、2001 年以降、銅建値は依然低水準であるものの、ENAMI の買鉱に対するインセンティブ他の努力により、操業率は回復しつつあり、生産は改善されてきている。

生産状況を、表 3-1 に示す。

表 3-1 ENAMI Ovalle プラント生産状況

	酸化銅鉱	硫化銅鉱
1. 処理鉱物	珪孔雀石 (Chrysocolla $\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), 孔雀石 (Malachite $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) 他	黄銅鉱 (Chalcopyrite CuFeS_2), 斑銅鉱 (Bornite Cu_5FeS_4), 銅藍 (Covellite/Covellite CuS), 輝銅鉱 (Chalcocite Cu_2S) 他
2. 処理方法	置換沈殿法 (Precipitation process [いわゆる Cementation process]) ： 破碎 → 塊状化 → 浸出 → 置換沈殿（鉄置換銅沈殿） 沈殿銅 (copper precipitate [いわゆる cement copper]) 生産：銅のみを採収	浮選法 (Flotation process) ： 破碎 → 磨鉱 → 浮選 銅精鉱 (copper concentrate) 生産 ： 銅、金、銀を採収 [モリブデンは原鉱に含まれないため不採収]
3. 処理能力	168,000t/year	84,000t/year [2002 夏迄] → 132,000t/year [2002 夏の増産以降]
4. 原鉱調達	中小零細鉱山育成という ENAMI 設立に係る法律に従い、自鉱山を持たず多数の周辺中小零細鉱山よりインセンティブを付け買鉱 ： 鉱石運搬距離 3 ~ 120km（最多 30km 程度、大半 20 ~ 50km）	
5. 処理量 (2000 年実績)	原鉱 42,365t/year (品位 Cu 2.3%)：操業率 25.2%	原鉱 47,418t/year (品位 Cu 1.7%, Au 0.3g/t, Ag 3.5 g/t)：操業率 56.4%

	酸化銅鉱	硫化銅鉱
6. 生産量 (2000 年実績)	沈殿銅 894t/year (品位 Cu 82.9%)(採収率 Cu 77.3%)(金属量 Cu 741t/year)	銅精鉱 3,068t/year (品位 Cu 22.3%, Au 2.0g/t, Ag 88.3 g/t)(採収率 Cu 84.3%, Au 42.1%, Ag ---%)(金属量 Cu 684t/year, Au 6.3kg/year, Ag 270.9 kg/year)
7. 産物売却先	ENAMI Ventanas 銅製錬所	

注) 上表の他、若干量の金鉱がある。

(2) 生産量の位置付け

鉱山/選鉱場に係る生産銅量における Ovalle プラントの位置付けを、表 3-2 に示す。Ovalle プラントは、2000 年に銅量 1,425t/year を生産し、チリ国全体生産量 4,614.1 × 10³t/year の 0.03%を占める。ただ、ENAMI は、先にも述べた ENAMI の中小零細鉱山育成という設立目的より、必ずしも生産量に拘っていない。

表 3-2 ENAMI Ovalle プラント生産銅量(*2)の位置付け：2000 年実績

摘要	生産銅量(*2)			鉱山、選鉱 プラント数
	Cu × 10 ³ t/year	割合 %		
1. (ENAMI Ovalle プラント)	(1.4)(*6)	(0.03)	(0.01)	(1)
2. 国 1：全 ENAMI	11.4	0.3	0.1	計 4(*7)
3. 国 2:全 CODELCO(*3)(*4)	1,612.4	34.9	12.2	計 6(*8)
4. 民間(*5)	2,990.3	64.8	22.6	計 27(*8)
チリ国計：2.+3.+4.	4,614.1	100.0	34.9	計 36(*9)
世界合計	13,230.0		100.0	

*2：鉱山/選鉱プラントに係る生産量で、製錬所に係る生産量ではない

チリにおいて、ENAMI の内の 7.4 × 10³t/year 及びその他鉱山に係る若干量のみが酸化銅鉱に係る沈殿銅によるもので、それ以外は酸化銅鉱に係る電気銅 (electrolytic copper [いわゆる cathode copper]) 及び硫化銅鉱に係る銅精鉱によるものである

*3：チリ銅公社：CODELCO(Corporation Nacional del Cobre de Chile)

*4：El Abra の CODELCO 出資 49%分を含む

*5：El Abra の CODELCO 出資 49%分を除く

尚、この民間の内、世界最大銅鉱山の Escondida は、大凡硫化銅鉱 175 × 10³t/day(Cu 2.1%)と酸化銅鉱 70 × 10³t/day(Cu 0.68%)とを処理し、2000 年実績で銅量計 916.6 × 10³t/year (硫化銅鉱より銅精鉱 2,021.5 × 10³t/year, Cu 38.4%、酸化銅鉱より電気銅 140.2 × 10³t/year, Cu 99.99%)を生産し、チリ国計の 19.9%、世界合計の 6.9%を占める。

*6：ENAMI 本部値は(1.8)、又、ENAMI 各選鉱プラントに係る生産一覧 (ENAMI 本部値) 2000 年実績を表 3-3 に示す

*7：計 5 プラントの内、1 プラントは当該年休業

*8：含 El Abra

*9：El Abra は 1 鉱山として計算

3.1.4 環境

プラント直下を流れる Ingenio 川のプラント上流部分は汚染が認められないが、下流部分には黄緑色の硫酸第一鉄(FeSO_4)の析出物及び赤褐色の水酸化第二鉄($\text{Fe}(\text{OH})_3$)の中和殿物の堆積が広範囲に見られ、Ingenio 川は汚染されている。これは Ovalle プラントが酸化銅鉱処理に伴う浸出（リーチング）廃液を無処理のまま素堀の蒸発池(ponds)に貯めたため、排水基準値を超える第一鉄イオン(Fe^{2+})他が地下浸透し(*10)、地下水を通じ Ingenio 川を汚染し、下流側に公害が発生したものと考えられる。

*10：他に、地震での一部蒸発池堤体決壊による廃液流出事故あり

又、当河川水の一部は、灌漑に供されているが、灌漑用水に対して鉄等が基準をオーバーしているため、その発生源である当プラントは農業省管轄下の農牧局に計 4,500US\$（1 回目 1,500US\$, 2 回目 3,000US\$）の罰金を支払っている。

このため必要な公害防止対策を採ることがチリ国家環境委員会(CONAMA)よりも強く要請されている。

尚、当プラントの硫化銅鉱処理に伴う浮選尾鉱（廃滓）は、廃滓堆積場に堆積され、そこでの上澄水は工程にて全量繰返し（リサイクル）使用されることより、当処理よりは公害が発生していない。

3.1.5 Ovalle プラント施設他位置

Ovalle プラント処理設備と同関連施設、及び河川他の位置を図 3-1 に示す。

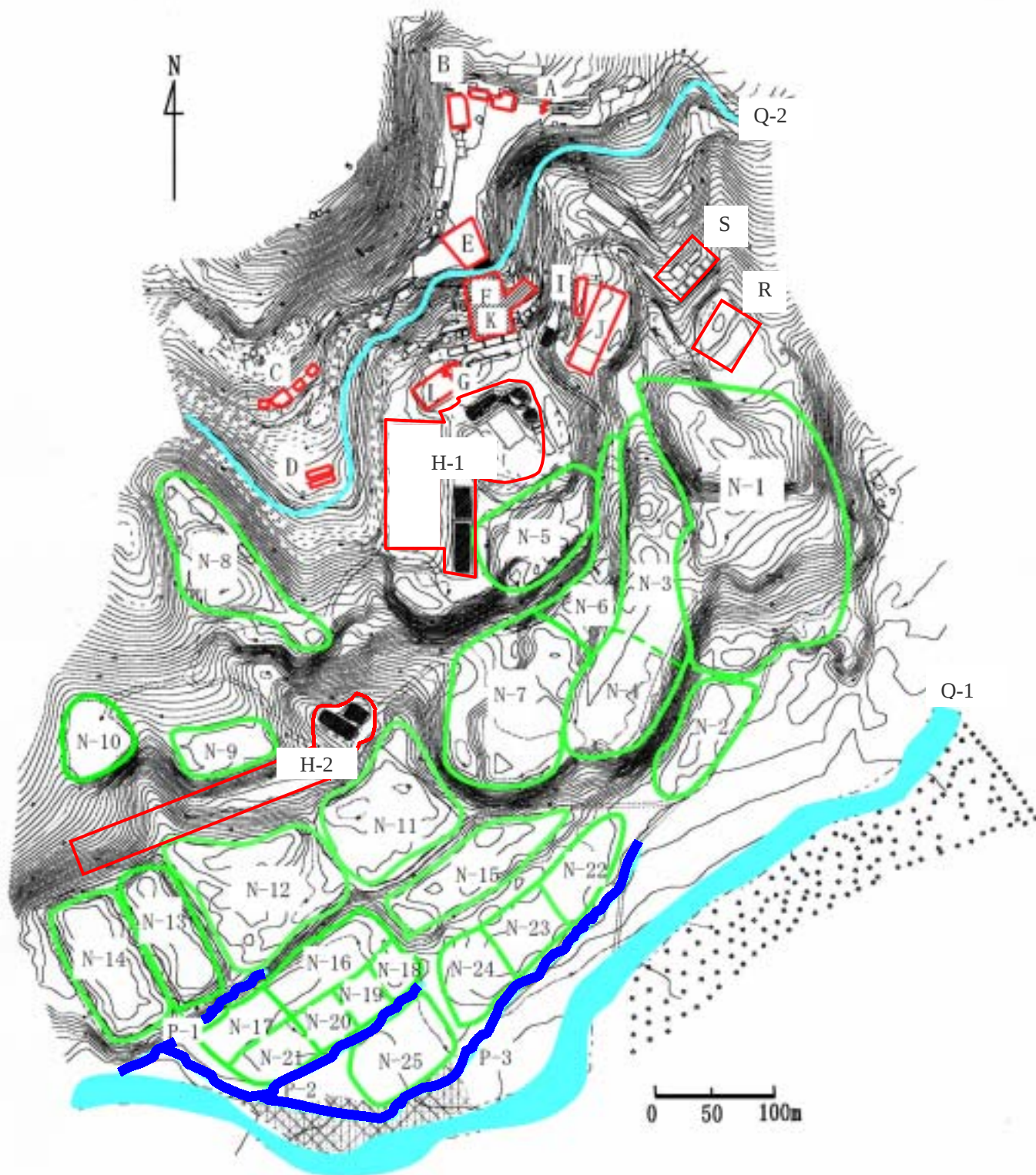
表3-3 ENAMI各選鉱プラント生産一覧：2000年実績 出典 MEMORIA ANUAL 2000, ENAMI

摘 要		Taltal	El Salado	Vallenar	Ovalle (*7)	小計	M. A. Matta
1. 設備能力：計算推定値							
1) 酸化銅鉱(原鉱)	乾t/year	144,000	148,000	144,000	168,000	604,000	
2) 硫化銅鉱(原鉱)	乾t/year	180,000		240,000	84,000	504,000	1,320,000
1) + 2) 設備能力 計	乾t/year	324,000	148,000	384,000	252,000	1,108,000	1,320,000
2. 受入							
1) 酸化銅鉱(原鉱)	乾t/year	55,754	116,710	32,424	61,530	266,418	鉱石不足に 付き、休転
2) 硫化銅鉱(原鉱)	乾t/year	121,009		11,721	47,570	180,300	
3. 処理							
1) 酸化銅鉱(原鉱) (*1), (*2)	乾t/year	71,155	116,710	35,397	53,173	276,435	
" 操業率 (対設備能力稼働率)	%	49	79	25	32	61 (*8)	
2) 硫化銅鉱(原鉱) (*1), (*3)	乾t/year	114,709		9,895	47,418	172,022	
" 操業率 (対設備能力稼働率)	%	64		4	56	35	
1) + 2) 処理鉱量 計	乾t/year	185,864	116,710	45,292	100,591	448,457	
3) 一次浸出廃石 (*4)	乾t/year	24,000	71,383	0	62,504	157,887	
4. 生産物							
1) 沈殿銅 酸化銅鉱より	乾t/year	3,082	3,452	1,067	1,390	8,991	
銅品位	%	79.66	84.03	81.51	81.95	81.91	
銅量	乾t/year	2,455	2,901	870	1,139	7,365	
銅採収率	%	77.80	77.66	80.97	75.87	77.81	
2) 銅精鉱 硫化銅鉱より	乾t/year	10,168		1,054	3,072	14,294	
銅品位	%	30.76		23.87	22.52	28.43	
銅量	乾t/year	3,128		252	684	4,064	
銅採収率	%	93.20		100.37	84.40	91.96	
5. コスト：操業関係							
1) 酸化銅鉱(原鉱)/硫化銅鉱(原鉱)調達	US\$/t	2.42	5.33	7.07	4.10	4.00	
2) 破碎	US\$/t	1.62	1.91	9.30	1.94	2.54	
3) 浮選 (*5)	US\$/t	8.92		6.16	10.73	9.38	
4) 浸出 (*6)	US\$/t	21.9	22.30	11.36	17.27	19.81	
5) 酸化銅鉱処理 1) + 2) + 4) 計	US\$/t	25.94	29.54	27.73	23.31	26.35	
6) 硫化銅鉱処理 1) + 2) + 3) 計	¢ /Cu-lb	34.1	53.9	51.2	49.4	44.9	
	US\$/t	12.96		22.53	16.77	15.92	
	¢ /Cu-lb	21.6		40.1	52.7	30.6	

注) *1：受入/処理間に貯鉱があるため受入鉱量と異なる、*2：破碎→塊状化(ブクロメイシヨ)→浸出(リーチング)→置換沈殿(リシビテイシヨ)：置換沈殿法

*3：破碎→摩鉱→浮選→脱水：浮選法、*4：二次浸出されるところと思われるが、他欄との関係は不明、*5：[推定]摩鉱+浮選+脱水、

*6：[推定]塊状化+浸出+置換沈殿、*7：ENAMI本部の当Ovalle欄数値は、Ovalleプラント現場のものの一部異なる、*8：計算では、46%



- | | | |
|--|---------|--------------|
| | A~L,R,S | : 処理設備及び関連施設 |
| | N | : 廃滓堆積/蒸発場 |
| | P | : リーチング廃液流出路 |
| | Q-1 | : 河川 |
| | Q-2 | : 用水路 |
- 注) 凡例の詳細は次頁を参照願う

図 3-1 Ovalle プラント施設位置図

(図 3-1 付け) 凡例詳細

- A : Ovalle プラント正門
B : 資材倉庫
C : 総合事務所
D : 鉱害防止植栽用植物栽培場
E : 買鉱貯鉱場 (ストックヤード) : 酸化鉱及び硫化鉱処理
F : 破碎場 : 酸化鉱及び硫化鉱処理
G : 塊状化 (アグロメレーション) 場 : 酸化鉱処理
H : 浸出 (リーチング) 場 : 酸化鉱処理
H-1 一次浸出 (ヒープリーチング) 場 : 含浸出液池
H-2 二次浸出 (ダンプリーチング) 場 : 含浸出液池
I : 置換沈殿 (鉄置換銅沈殿) (プレシピテーション) 場 : 酸化鉱処理
J : 沈殿銅天日乾燥場 : 酸化鉱処理
K : 摩鉱、浮選場 : 硫化鉱処理
L : 銅精鉱天日乾燥場 : 硫化鉱処理
N : 廃滓堆積場/蒸発池 (ボンド) : 酸化鉱及び硫化鉱処理
N-1 硫化銅鉱浮選尾鉱廃滓堆積場 1 : 旧使用
N-2 硫化金鉱浮選尾鉱廃滓堆積場 1 : 旧使用
N-3 硫化銅鉱浮選尾鉱廃滓堆積場 2 : 現使用
N-4 硫化金鉱浮選尾鉱廃滓堆積場 2 : 旧使用
N-5 酸化銅鉱浸透浸出 (パーコレーションリーチング) 廃石捨場 : 旧使用
N-6 酸化銅鉱攪拌浸出 (アジテーションリーチング) 廃液蒸発池 : 旧使用
N-7 酸化銅鉱一次浸出廃石捨場 1 : 旧使用
N-8 酸化銅鉱一次浸出廃石捨場 2 : 旧使用
N-9 酸化銅鉱一次浸出廃石捨場 3 : 現使用
N-10 酸化銅鉱一次浸出廃石捨場 4 : 現使用
N-11 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 1 } 2001.09 の浸出廃液処理モデルプラントの
N-12 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 2 } 使用開始に伴い、新規投入中止
N-13 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 3 : 工事予定(HDPE シート内張り)
N-14 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 4 : 工事予定(HDPE シート内張り)
N-15 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 5 : 旧使用(浸透流出廃液蒸発池)
川側堤体に地震での決壊箇所あり
N-16 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 6 : 旧使用(浸透流出廃液蒸発池)
N-17 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 7 : 旧使用(浸透流出廃液蒸発池)
N-18 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 8 : 旧使用(浸透流出廃液蒸発池)
N-19 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 9 : 旧使用(浸透流出廃液蒸発池)
N-20 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 10 : 旧使用(浸透流出廃液蒸発池)
N-21 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 11 : 旧使用(浸透流出廃液蒸発池)
N-22 硫化金鉱浮選尾鉱廃滓堆積場 3 : 旧使用
N-23 硫化金鉱浮選尾鉱廃滓堆積場 4 : 旧使用
N-24 硫化金鉱浮選尾鉱廃滓堆積場 5 : 旧使用
N-25 酸化銅鉱一次浸出廃液蒸発池 12 : 旧使用(浸透流出廃液蒸発池)
P : 浸出廃液蒸発池浸透流出液排出路
P-1 浸出廃液蒸発池浸透流出液排出路 1
P-2 浸出廃液蒸発池浸透流出液排出路 2
P-3 浸出廃液蒸発池浸透流出液排出路 3
Q : 河川、用水路
Q-1 Ingenio 川
Q-2 Talhuen 用水路
R : 浸出廃液処理モデルプラント
S : 浸出貴液処理硫酸銅製造テストパイロットプラント

3.2 操業診断

経営の安定と、新たな環境他施策資金確保のために、生産性の向上による収益改善を常に図る必要がある。従って、Ovalle プラントの酸化銅鉱処理と硫化銅鉱処理との両方の処理に対し、収入増とコスト減他に関し総合的に検討した。

3.2.1 銅鉱種別処理方法比較

Ovalle プラントでは、酸化銅鉱を置換沈殿法（いわゆるセメンテーション法）にて処理し沈殿銅を、又硫化銅鉱を浮選法にて処理し銅精鉱を生産している。

銅地金主要生産方法に関し、処理銅鉱種(*1)別に、対象銅鉱物、生産フロー、金、銀採取の可能性、直接コスト、適用規模について比較し、表 3-4 にまとめ参考に供する。

*1：酸化銅鉱（置換沈殿法 → 製錬(乾式製錬)法、又は溶媒抽出 - 電解採取(SX-EW)法）
硫化銅鉱（選鉱 - 製錬法[浮選 → 乾式製錬]）

3.2.2 酸化銅鉱処理

(1) 処理プロセス

酸化銅鉱は、破碎 → 塊状化（Agglomeration）→ 浸出（Leaching）→ 置換沈殿（鉄置換銅沈殿）〔Precipitation〕による置換沈殿法により処理し、沈殿銅（copper precipitate[いわゆる cement copper]）を生産している。

ブロックダイアグラム（概略）とマテリアルバランス（2000 年実績）とを図 3-2 に、又ブロックダイアグラムと同設備一覧とを図 3-3 に、示す。

(2) 操業成績

銅建値が 80 ¢ /lb を切るようになる 1998 年以降、買鉱量の確保が困難となり、生産は低迷したが、2001 年以降は、銅建値が依然低水準であるにもかかわらず、ENAMI の努力により、操業率 50%程度まで復調している。

データの揃っている 1994 年以降の酸化銅鉱処理成績（実績）を表 3-5～3-11 に、酸化銅鉱処理操業単位コスト（2000 年実績）を 3.1 の表 3-3 の下段に、又、酸化銅鉱処理主要物品原単位（2000 年実績）を表 3-12 に示す。

表 3-12 主要物品原単位：酸化銅鉱処理

	電力	硫酸	屑鉄
原単位	5.57kwh/原鉱 t	7.11kg/産出 Cu-kg	1.22kg/産出 Cu-kg
単価	0.052US\$/kwh	38.00US\$/t	65.00US\$/t
単位処理コスト	0.29US\$/原鉱 t	4.73US\$/原鉱 t	1.39US\$/原鉱 t
	0.8 ¢ /産出 Cu-lb	12.3 ¢ /産出 Cu-lb	3.6 ¢ /産出 Cu-lb

注）原鉱量及び沈殿銅銅量は、2000 年実績を使用

(3) 収入増に係る検討

酸化銅鉱処理に係る収入の概念は、次式で示される。

$$\text{収入} = \sum [\{ \text{Cap.} \times A/100 \times B/100 \times (100 - C)/100 \times D/100 \times E/100 \} (100 - F)/100 \times G]$$

：各ロット毎の計

ここで、Cap.：酸化銅鉱処理設備能力 (t/month, t/year)

A：操業率 (%)

B：原鉱溶解銅品位 (%)

C：銅ロス率 (%)

D：銅浸出（リーチング）率 (%)

E：銅沈殿率（鉄置換率） (%)

F：不稼働率 (%)

G：ENAMI よりの収入

- 1) Cap.：酸化銅鉱処理設備能力 (t/month, t/year)：14,000t/month (168,000t/year)
 課題 1：生産規模、即ち設備能力を増強できれば、単位処理コスト減に寄与する。
 検討 1：大量処理(mass production)、即ち増産の可能性。
 結果 1：1998 年以降は銅建値が 80 ¢ /lb を下回り、鉱山よりの出鉱量、即ち買鉱量が低調であり、増産の状況にない。
 対策 1：近隣の中小鉱山の出鉱可能量の現状より、現設備能力以上の処理を行うべく買鉱量を大幅に増やすことは期待できない。しかし、ENAMI が鉱山経営に乗り出せば、十分な鉱量を確保することは可能と考える。
 目標 1：設備能力の増強の可能性はなく、増産は考えない。

- 2) A：操業率：対設備能力稼働率：RCU(Rate of capacity utilization)と記す
 課題 2：安定経営のための最重要事項は、高操業率の安定確保である。
 検討 2：高操業率の確保、即ちそのために必要な買鉱量の確保。
 結果 2：先に述べたとおり、買鉱量の確保が困難であり、操業率は低調である。これは、鉱山が ENAMI の傘下になく管理できないものであり、その規模は中小零細で生産調整が困難である上に、出鉱量が銅建値に強く相関し、特に最近の 1998 年以降は建値が 63～89 ¢ /lb と低く、鉱山よりの出鉱量が落ち込んでいることによる。
 データの揃っている 1994 年以降の酸化銅鉱処理操業率実績と、銅建値との関係を以下の表、図に示す。
 - ・表 3-13：酸化銅鉱処理操業率と銅建値：1994～2000 実績
 - ・表 3-14：銅建値：LME Grade A 現物（売り）他：1994～2001 実績
 - ・図 3-4：酸化銅鉱処理操業率と銅建値：1994～2000 実績
 表 3-15 に、酸化銅鉱処理操業率と銅建値との関係をまとめた。

表 3-15 酸化銅鉱処理操業率と銅建値まとめ

期間	月数	銅建値(*2) ¢ /lb			酸化銅鉱処理操業率(*3) %				
		建値別	範囲	平均	<50	50 ~ 80	80 ~ 100	100 <	平均
94.01 ~ 97.11	延べ 47 ヶ月	高値期	82 ~ 140	111.9	10 ヶ月 [21 %]	18 ヶ月 [38 %]	18 ヶ月 [38 %]	1 ヶ月 [2 %]	70.6 [100%]
97.12 ~ 00.12	延べ 37 ヶ月	安値期	63 ~ 89	76.3	27 ヶ月 [73 %]	9 ヶ月 [24 %]	1 ヶ月 [3 %]	0 ヶ月 [0 %]	40.2 [100%]

注) *2 : LME Grade A 現物 (売) *3 : []内は、操業率別月数割合

酸化銅鉱処理操業率と銅建値との間には、正の強い相関が見られる。

銅建値高値期 (1994.1 ~ 1996.11 : 約 82 ¢ /lb 以上、平均約 112 ¢ /lb) の場合、操業率の 50%以下が 21%あったにも拘わらず、その 80%以上が 40%を占めるため、通期で操業率の最低線と考える 70%を確保した。

一方、銅建値安値期 (1996.12 ~ 2000.12 : 約 89 ¢ /lb 以下、平均約 76 ¢ /lb) では、操業率は平均で 40.2%と大幅に低下した。操業率の 80%以上は僅か 3%で、その多くは 50%以下で 73%を占め、50%の操業率を確保することが困難であった。特に、2000 年は操業率が 25.2%迄落ち込んだ。

酸化銅鉱の買鉱は、硫化銅鉱に比し厳しいが、銅建値の 80 ~ 90 ¢ /lb を境に、これ以上なら相対的に買鉱がし易く、以下ならば買鉱し難い状況にある。

ただ、2000 年には、買鉱量を上回る量の一次浸出廃石を、二次浸出に供しているで、これを含めれば銅建値安値期でも少なくとも 50%以上の操業率を確保しているといえる。

尚、2002 年 3 月以降の実勢ベースでは、最大操業率は 57% (最大処理量 8,000t/month) で、平均操業率は 43% (平均処理量 6,000t/month) 程度を確保している。

対策 2 : 操業率の向上に努力し、それに伴う単位処理コストの減と、多処理安定操業による安定した収入増とを図るべきと考える。一次浸出廃石の二次浸出も定常的に組込み、操業の安定を図る。

更には、ENAMI の買入れ価格と鉱山出鉱コストとの間の差に対するインセンティブ、及び探鉱等に係る融資の拡充、技術指導 (含む鉱山、運搬の統合化) による採掘コスト低減と、ENAMI にも鉱山経営が可能となるように法律、定款の変更を検討する。

現在、インセンティブ実施により、買鉱量増加の効果を上げている。

目標 2 : 操業率 90% (= 14,000t/month (168,000t/year) × 90% = 12,600 t/month (151,200t/year)) へ安定向上

← 2000 年 25.2% (1994 ~ 2000 年 25.2 ~ 85.0%, 平均 57.2%)

尚、当操業率向上には、銅建値の 80 ~ 90 ¢ /lb 以上の安定した価格と銅安定化基金が底をつく恐れがあるというものの買鉱への更なるインセンティブ、一次浸出廃石の二次浸出の操業への有効的な組込みが必要となる。

3) B (原鉱溶解銅品位)

課題 3: 単位処理コストの減が可能ならば、現在の買鉱カットオフ品位を下げる
ことができる。これは、鉱山における埋蔵鉱量を増やすことになり、採掘
対象鉱量が増加する。従って、鉱山による出鉱がし易くなり、結果的に買
鉱量の増が図れる。

検討 3: 単位処理コスト減に伴い、買鉱カットオフ品位減。

結果 3: 原鉱 (買鉱) 銅品位は、1.9 ~ 2.3%(1994 ~ 2000 年)である。現在、単位
処理コスト減と、これに伴う買鉱に係るカットオフ品位の引下げが、図ら
れている。

対策 3: 銅建値が上がれば、カットオフ品位は自然と下がる面もあるが、更に引
下げる必要がある。

尚、酸化銅鉱の浸出処理の場合は、溶解銅品位だけが浸出に寄与するの
で、寄与しない硫化銅鉱 (一、二次) 特に一次硫化銅鉱の黄銅鉱の買鉱
への混入防止にも注意を払う必要がある。ただ、5)-4 で後述するように、
意識的なバクテリアや強力な酸化剤の利用により少なくとも二次硫化銅
鉱は浸出されるようになることに留意する。

目標 3: 単位処理コスト減に伴う 1%程度までの買鉱カットオフ品位減

← 2000 年 月間最低 2.1%(1994 ~ 2000 年 1.4 ~ 2.8%, 月間最低 1.4%)

4) C (銅ロス率)

表 3.1-5 ~ 11 の Loss 1 (破碎 Crushing, 塊状化 Agglomeration, 浸出 Leaching)に示し
たように、破碎、塊状化、浸出の各工程における粉塵他のロス銅分布量で 1%程
度が、又同表の Loss 2 (置換沈殿 Precipitation)に示したように、置換沈殿工程にお
けるロスは銅分布量で 0.05%が計上されている。又大量の降雨によるものも考慮する。

4)-1 破碎、塊状化に係る粉塵: ロス 1

課題 4: 破碎工程、破碎産物の塊状化工程給鉱堆積、塊状化排鉱、各所積込み・
運搬 (含横持ち) において原鉱に比し高品位の粉塵が発生し、これらの散
逸により多量のロスが生じている。

当粉塵の減ができれば、採取率増、即ち収入増に大きく寄与する。

もし、破碎工程で、細粒の分離処理ができれば、同工程以降におけるロ
ス防止となるだけでなく、浸出工程でのチャンネリング防止と環境保全に
効果が大きい。

検討 4: 粉塵の発生減

結果 4: 問題の提言後散水等の対策が採られ、現在粉塵の発生は非常に少ない。

対策 4: 更に粉塵の発生を抑えると共に、将来的には細粒(*4)の湿式処理、回収
を検討されたらどうかと考える。尚、細粒の湿式処理の場合は、原鉱ロッ
トの査定方法を別に検討する必要がある。

*4: 買鉱時初生 (一次) 及び破碎時発生二次スライム

目標 4: 粉塵等に係るロス 1 (破碎、塊状化、浸出) の銅分布量を 0.5%に減

← 2000 年 1.0% (1994 ~ 2000 年 0.9 ~ 1.1% 平均 1.0%)

4)-2 浸出（リーチング）貴液等

課題 5：浸出場よりの浸出液の散逸。

検討 5：浸出液の地下浸透防止。

結果 5：HDPE（高密度ポリエチレン）シート張りにより地下浸透を完全に防止している。尚、浸出廃石に付着してロスとなる僅かなものは、防げない。

対策 5：これからも地下浸透防止の構造を確保する。

目標 5：現状の僅少ロスを継続。

4)-3 沈殿物/沈殿銅：ロス 2

課題 6：置換沈殿、脱水、天日乾燥、積出し場よりの沈殿物/沈殿銅の散逸。

検討 6：置換沈殿、脱水、天日乾燥、積出し場よりの沈殿物/沈殿銅散逸防止。

結果 6：置換鉄への付着沈殿銅の完全回収、乾燥場の風防等により、沈殿銅の散逸量は非常に少ない。

対策 6：現在の施策を継続実施。

目標 6：当散逸に係る上記ロス 2（置換沈殿）の銅分布量 0.05%を維持。

4)-4 浸出（リーチング）廃液

課題 7：従来、浸出廃液は蒸発池(ponds)に貯液、もしくは同池より地下浸透、流出されていたため、同液中の銅はそのままロスとなっていた。

検討 7：浸出廃液よりの銅の回収

結果 7：従来、浸出廃液中の銅の回収は行われなかった。

対策 7:浸出廃液のモデルプラント処理水及び未処理浸出廃液を浸出工程に戻す。浸出工程への繰返しによる銅採取。2001 年秋以降、試験実施中。ただ、長期的には、浸出工程、廃液処理工程での重金属の蓄積悪影響、及び浸出工程での浸出液量のバランスには注意を要する。

目標 7：浸出廃液中銅の銅分布率で 3.1%採取

← 従来 採取しておらず 0%

：尚、浸出廃液中銅分布率 2000 年 4.1%(1994～2000 年 2.9～4.1%, 平均 3.8%)

5) D（銅浸出（リーチング）率）

5)-1 原鉱石構成鉱物：浸出対象鉱物は、酸化銅鉱物

鉱石鉱物 珪孔雀石 Chrysocolla $\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

孔雀石 Malachite $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

（黄銅鉱 Chalcopyrite CuFeS_2 等混入硫化銅鉱物は、浸出非対象鉱物）

脈石鉱物 褐鉄鉱 Limonite：針鉄鉱(Goethite $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$)を主体とした微細粒、土状鉄鉱物の集合体

磁鉄鉱 Magnetite $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

赤鉄鉱 Hematite Fe_2O_3

方解石 Calcite CaCO_3

石英 Quartz SiO_2

石膏 Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

緑簾石 Epidote $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_3[\text{OH}|\text{O}|\text{SiO}_4|\text{Si}_2\text{O}_7]$

5)-2 金、銀採収

課題 8：酸化銅鉱処理の場合、Au, Ag を多く含有する時でも、硫酸浸出法を適用のため、不採収。

検討 8：酸化銅鉱中の Au, Ag 採収の可能性。

可能性のある主な採収方法を以下に示す。

- a) 青化浸出法：酸化銅酸浸出廃石に対し、必要に応じ摩鉱した後、pH を酸性→アルカリ性に変え青化（シアン：CN）浸出にて採収
- b) セグレゲーション法：740 程度迄加熱し、Cu を NaCl 等より発生させる $\text{HCl}(\text{gas})$, Cl_2 により塩化揮発し、その生成塩化銅をコークス等により還元し得られる金属銅と共に、解砕後浮選にて採収
- c) 浮選法
 - ・孔雀石に含まれる場合、 Na_2S , NaHS の硫化剤により硫化し、ザンセイト類を捕収剤として孔雀石と共に採収。
 - ・メルカプト ベンゾジアゾール塩型捕収剤（AERO Promoter 400 番シリーズ等）他を捕収剤として酸化銅鉱物と共に採収。

結果 8：原鉱中 Au は 0.3g/t 未満の場合、採収は考えていないが、0.3g/t を越えるものについては金鉱として扱い、採収している。

対策 8：これからも原鉱中のどのような鉱石にどの程度の量の Au, Ag が含まれるか確認して行く。

目標 8：酸化銅鉱中の Au, Ag を採収する方法を今後も検討する。

5)-3 酸化銅鉱銅浸出（リーチング）率

課題 9：浸出の改善と浸出率による浸出操業管理の向上。

検討 9：銅鉱物毎の基礎的浸出率把握。

結果 9：主要鉱山毎の基礎的浸出率はカラム浸出試験により把握されている。

対策 9：長期的に見た場合、鉱山の出鉱毎に構成鉱物の変わることが考えられるので、できれば銅鉱物毎の基礎的浸出率をカラム他の浸出試験(*5)により把握する。

*5：浸出基礎試験

- 要因 ・鉱物（最低 3 水準（できれば鉱物毎）：酸化銅鉱物（珪孔雀石、孔雀石 他）、一次硫化銅鉱物（黄銅鉱 等）、二次硫化銅鉱物（輝銅鉱 Chalcosite Cu_2S 、銅藍 Covellite/Covellite CuS 他）
- ・粒度（3 水準：粗粒（カラム充填型）、中粒（カラム充填型）、細粒（機械攪拌型））
 - ・バクテリア（鉄酸化バクテリア：Thiobacillus ferrooxidans 等）（2 水準：あり、なし）
 - ・時間（数水準：粗粒（最大 1 ヶ月半程度）、中粒（最大 1 ヶ月半程度）、細粒（最大 72 時間程度）

成果物：各銅鉱物群毎の各要因に係る浸出率の対時間曲線

利用法：買鉱各ロット毎の浸出率を、銅鉱物毎の基礎的浸出率を各ロットの構成鉱物毎にその構成割合により重み付け推定をし、浸出の改善と操業管理とに供する

目標 9：銅浸出率の改善と操業管理の安定

尚、銅浸出率（計）は 86.3%に向上

：向上内訳 4)-4 関係 +3.1%

5)-3, 5)-4 関係 +1.0%

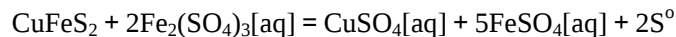
← 2000 年 82.2% (1994～2000 年 60.3～82.2 %, 平均 76.7%)

5)-4 硫化銅鉱浸出（リーチング）率

課題 10：一、二次硫化銅鉱を含む場合、その含有割合に応じて各ロットの浸出率は減ずる。通常、黄銅鉱等の一次硫化銅鉱はバクテリアの存在下でも浸出は困難だが、銅藍、輝銅鉱等の二次硫化銅鉱はバクテリアや強力な酸化剤の存在下で浸出が可能となる。

モデルプラント使用の残存バクテリア及び Fe^{3+} (*6)による浸出工程における混入硫化銅鉱物の浸出による銅採収を図る。

*6：モデルプラント酸化工程液を浸出工程に戻す場合は、その工程液中の鉄は、強力な酸化剤である Fe^{3+} となっており、硫化銅鉱の浸出に寄与する。黄銅鉱の場合を、次に示す。



検討 10：一次硫化銅鉱については、

- ・ 鉱山での堀場選別を徹底し、酸化銅鉱物に混入出鉱を防止
- ・ Fe^{3+} 等の強力な酸化剤の浸出工程への導入による浸出率向上

二次硫化銅鉱については、

- ・ 鉱山での堀場選別を徹底し、酸化銅鉱物に混入出鉱を防止
- ・ バクテリアや Fe^{3+} 等の強力な酸化剤の浸出工程への導入による浸出率向上

結果 10：現在は、意識的にバクテリアを添加・有効利用した硫化銅鉱の積極的な浸出を行っていない。

対策 10：買鉱各ロット毎に、一、二次硫化銅鉱物の割合チェックして意識的にバクテリアや Fe^{3+} 等の強力な酸化剤の浸出工程への導入し、(一、)二次硫化銅鉱の積極的な浸出を行って、浸出率の向上を図る。今次プロジェクトで建設した浸出廃液処理モデルプラントで培養・使用する鉄酸化バクテリアや同プラントの酸化工程にて生じる Fe^{3+} を、浸出工程に導入・使用する。バクテリアを利用する場合は、酸素の供給と、連続的に新たなバクテリアの供給が叶わぬ場合は一定期間の休養が必要となる。

目標 10：二次硫化銅鉱浸出による銅浸出率を、1%程度向上

← 2000 年 僅少[推定] (1994～2000 年 僅少[推定])

5)-5 混入石灰石

課題 11：石灰石（鉱物：方解石）が混入する場合、その含有割合に応じ硫酸の消費量を増加させるだけでなく、硫酸添加量管理がそれに追従できぬ場合、

浸出に必要な最低量（飢餓量）を下回り、浸出未了となる恐れがある。

検討 11：石灰石の混入低減、及び浸出ヒープ（パッド）流出入に係る浸出液中硫酸濃度連続計測による添加硫酸量を制御。

結果 11：添加硫酸量制御は、現在実施中。

対策 11：更に、鉱山での掘場選別を徹底して酸化銅鉱物に混入出鉱を防止すると共に硫酸濃度連続計測、制御の維持、管理を行う。

目標 11：浸出率低下防止、及び硫酸使用量最少化

5)-6 粒度

課題 12：浸出最適粒度

検討 12：破碎条件（crusher set, screen opening 等）と破碎産物粒度、及び細粒の浸出処理

結果 12：現在は、最適粒度($P_{80} = -3/8''$)で行われている。

細粒による処理は過去に行われたが、成績悪く中止。

・ 攪拌浸出法：機械攪拌によるタンク浸出 → 1996 年中止

・ 浸透浸出法：浸出槽による浸出 → 1998 年中止

対策 12：最適粒度は、5)-3 での浸出基礎試験による粒度別浸出率曲線の把握。

破碎産物中の細粒のみを分離し、別に浸出処理することの検討。

目標 12：粒度による浸出率向上の検討継続。

5)-7 均一性

課題 13：ヒープに積む鉱石の均一性が可能ならば、浸出条件の変動を少なくでき、安定した浸出ができる。

検討 13：破碎原鉱もしくは同産物の混合。

結果 13：破碎原鉱に係る混合は、買鉱ロット毎の査定（鉱量、品位）に障るので、していない。

対策 13：破碎以降のものについて混合の可能性を検討。

目標 13：均一性による浸出率向上の検討継続。

5)-8 塊状化（Agglomeration）及び酸養生（Acid cure）

課題 14：最適塊状化と最適酸養生。

検討 14：硫酸、水量、添加方法、温度等各要因の最適化。

結果 14：現在、最適に実施されている。高浸出率を得ることは、即ち鉱石粒子比表面積をできるだけ大きくすることであり、ヒープ浸出の場合、通常 $-3/8''$ 、又は $-1/4''$ の粒度に砕く必要があるが、大量の細粒が発生する。この細粒は、浸出工程にてチャンネリング（浸出液の固定した流れ道）他の問題を起こすので、これを避けるために塊状化が行われる。当塊状化にて、適度の浸透性を持たせると共に、酸養生による浸出の向上と、細粒の逸出とを防止している。

対策 14：更に最適化を検討。

目標 14：浸出率の向上を継続検討。

5)-9 ヒープ浸出（リーチング）（Heap leaching）

課題 15：最適浸出。

検討 15：ヒープ、作業サイクル、一、二次浸出、浸出液散布方法と浸出フロー、
バクテリア利用、チャンネリング防止、降雨水の影響、他の浸出方式等各
要因の最適化。

結果 15：現在、最適に実施されている。

対策 15 ・一次浸出廃石の二次浸出による操業への安定組込み化：2)参照、
・バクテリアや強力な酸化剤の意識的有效利用：5)-4 参照、
・高品位鉱対象のヒープ浸出法(Heap leaching)の他に、鉱体対象でその
場でのインプレース浸出法(Inplace leaching 又は In-situ leaching)、更に発
破によりガサガサにして行うラブル浸出（リーチング）法(Rubble
leaching)、低品位鉱対象のダンプ浸出(リーチング)法(Dump leaching)、
細粒対象の機械設備による浸透浸出法(Percolation leaching 又は Vat
leaching)と攪拌浸出法(Agitation leaching)等の再検討：5)-6 他参照

目標 15：最適浸出方法による浸出率の向上の継続検討

6) E（銅沈殿率：鉄置換銅沈殿率）

6)-1 銅沈殿率

課題 16：最適銅沈殿。

検討 16：屑鉄量、反応時間の他、反応条件（pH、攪拌方法、温度、銅濃度、屑
鉄の品質）等各要因の最適化。

結果 16：銅沈殿率は、95%程度で良好である。しかし、銅沈殿工程廃液中の銅
分布率は、1994～2000 年 2.9～4.1% 平均 3.8%で決して少なくない。

対策 16：更に最適化を検討。

目標 16：銅沈殿率 95%を確保

← 2000 年 94.9%（1994～2000 年 94.9～95.0%, 平均 94.9%）

6)-2 沈殿銅銅品位

課題 17：最適沈殿銅銅品位。

検討 17：銅沈殿率との兼ね合いによる反応条件他要因の最適化。

結果 17：現在最適状態で管理されている。

対策 17：更に最適化を検討。又、酸化による品位低下を防ぐため、沈殿銅の脱
水を早く行う。又、強力な解砕をした後の磁力選鉱（以下 磁選）により除
鉄し、品位の向上ができるかどうか検討する。

目標 17：沈殿銅銅品位 83%を確保

← 2000 年 82.9%（1994～2000 年 75.3～82.9%, 平均 78.3%）

7) F（不稼働率）

課題 18：不稼働率低下

検討 18 ・処理鉱石不足防止
・設備事故発生防止
・人身事故発生防止
・労働争議防止

結果 18：処理鉱石不足は、操業率の大幅低下による経営の不安定を招き、大きな問題となっている。銅建値への連動と、長期集中休暇（バカシオン）とに関係する所もあると考える。：2)参照

その他の項目は、近年良好。

対策 18：更に不稼働率高上防止を検討

目標 18：処理鉱石不足防止による操業率の向上：2)参照

8) G（ENAMI よりの収入）

課題 19：収入増による収支尻（収入 - 支出（コスト））の改善、向上。

酸化銅鉱処理に係る収入は、次式にて示される。

Ovalle プラント酸化銅鉱処理に係る収入

= 原鉱調達（買鉱）手数料 + 破碎処理手数料 + 塊状化・浸出・置換
沈殿処理手数料 + 沈殿銅評価収支 + その他

即ち、処理鉱量の関数となる各手数料と、沈殿銅銅量と沈殿銅量との関数になる沈殿銅評価の基準評価との差による沈殿銅評価収支と、その他として Ovalle プラント独自の硫酸銅生産等に係る収支より構成される。尚、ここではその他の硫酸銅生産に係る収支は、同生産がテスト操業であることより、取り上げていない。

検討 19・処理鉱量増

・銅採取率増、沈殿銅銅品位増

結果 19：酸化銅鉱処理に係る収入は、以下のように試算される。

・2000 年生産実績

$$Y = 654,485 \text{ US\$ / year}$$

・年間目標

$$\begin{aligned} \text{処理鉱量} &= \text{設備能力} (168,000 \text{ t/year}) \times \text{操業率 } 90\% = 151,200 \text{ t/year} \text{ で、} \\ X_1 &= 2,611,519 \text{ US\$ / year} \end{aligned}$$

・実勢 Max.

$$\begin{aligned} \text{処理鉱量} &= \text{設備能力} (168,000 \text{ t/year}) \times \text{操業率 } 57\% = 96,000 \text{ t/year} \text{ で、} \\ X_2 &= 1,657,461 \text{ US\$ / year} \end{aligned}$$

対策 19：更に処理鉱量増、銅採取率増、沈殿銅銅品位増を図る。

目標 19：継続検討する。併現状/将来に合った処理規模の検討も継続して行う。

(4) コスト減に係る検討

トータルコスト減を目指さなければならないが、管理指標としては単位生産（処理）コスト（US\$/原鉱 t 及び ¢ /生産 Cu-lb）が重要である。

トータルの目標として、操業関係単位生産（処理）コストで 5%減を図る。

22.14 US\$/原鉱 t ← 2000 年 23.31 US\$/原鉱 t (出典: MEMORIA ANUAL 2000: ENAMI)

：結果として計算にて 55.6 ¢ /生産 Cu-lb ← 2000 年 60.4 ¢ /生産 Cu-lb

1) 省力

課題 20：組織、人員の最適化。

検討 20：現在から将来への生産計画に沿った見直し。

結果 20：現在、生産計画に沿い人員の削減を実施中。

→ 1997 年 147 人, 1998 年 77 人, 1999 年 69 人

対策 20：更に見直し。

目標 20：継続検討する。

2) 省エネ

課題 21：処理効率の最適化：電力、動力/燃料用油等使用エネルギーの減。

検討 21：設備能力フル設備能力での処理及びプロセス見直し。

結果 21：設備能力フル設備能力での処理、いわゆる鉱石を貯めてのまとめ処理による各エネルギー原単位減は、現在も実施している。

対策 21：鉱石を貯め、まとめて処理することを継続し、処理プロセスを見直して、電力、油等エネルギーの更なる原単位減を図る。

目標 21：継続検討する。

3) 省資源

課題 22：処理効率の最適化：硫酸、屑鉄、各設備ライナー類の最少化。

検討 22：設備能力フル設備能力での処理及びプロセス見直し。又、耐摩耗材活用の検討。

結果 22：設備能力フル設備能力での処理、いわゆる鉱石を貯めてのまとめ処理による各使用剤/材の原単位減は、現在も実施している。

対策 22：硫酸、屑鉄は、上記 2)同様鉱石を貯め、まとめて処理することを継続し、又ライナー類は、特に破碎工程で耐摩耗剤の活用を図ることで原単位減を図る。耐摩耗材の採用は、メインテナンス、特に取替え工数、時間を大幅に下げることが可能となり、省資源に大きく寄与する。

目標 22：継続検討する。

(5) その他検討

1) 酸化銅鉱処理方法

課題 23：最も経済性のある酸化銅鉱処理方法。

検討 23：現在の置換沈殿法（生産物：沈殿銅 copper precipitate）に対し、溶媒抽出-電解採取(SX-EW：Solvent extraction – Electro-winning)法（生産物：電気銅 electrolytic copper [いわゆる cathode copper]）の検討。

結果 23：3.2.1 の表 3-4 下段の処理方法別の最終生産物である電気銅生産に係る直接コスト比較(*7)より、酸化銅鉱に対する置換沈殿法のコストは、溶媒抽出 - 電解採取法のそれに比し大幅に高く不利は免れない。しかし、現在の中小規模よりの処理鉱量増が困難視される中、中小処理規模下における溶媒抽出、電解採取に対する大規模起業投資に係る減価償却の厳しさ等を

勘案すると、置換沈殿法が最適と判断される。

*7：処理方法別直接コスト比較（目安）

酸化銅鉱	置換沈殿法 → 製錬(乾式製錬)法：坑内掘鉱	70～90 ¢ /lb 程度
	溶媒抽出 - 電解採取法：露天掘鉱	30～50 ¢ /lb 程度
硫化銅鉱	選鉱 → 製錬(乾式製錬)法：露天掘鉱	40～60 ¢ /lb 程度
	：坑内掘鉱	50～70 ¢ /lb 程度

対策 23：将来的に、酸化銅鉱の買鉱における安定供給と大規模多量処理とが確保される場合は、溶媒抽出 - 電解採取法も検討すべきと考える。

目標 23：継続検討する。

2) 浸出（リーチング）貴液の処理方法

課題 24：置換沈殿法による沈殿銅生産は、生産収益が不十分である上に、浸出廃液に係る公害防止が必要となる。

検討 24：置換沈殿法、溶媒抽出 - 電解採取法以外の方法の検討。

結果 24：現在、硫酸銅に係る製造テストプラントを建造し、試験生産中。

対策 24：硫酸銅に関しては、長期的な市場調査を十分に行い、F/S を行う必要がある。尚、その他に、浸出貴液の溶媒抽出 - 電解採取設備を持つ他鉱山/プラントへの売却も考えられる。

目標 24：継続検討する。

3) 浸出（リーチング）廃液の処理方法

課題 25：浸出廃液に係る公害防止が必要となる。

検討 25：廃液処理方法以外の検討。

結果 25：当プロジェクトにおいて、浸出廃液の一部約 100m³/day（現状 Max. 176m³/day）に対するモデルプラント処理にて公害防止処置を実施している。当処理液の内、蒸発、脱水中和廃物へ付着する水分を除き、浸出工程への戻しができ、工業用水の新規分の大部の節約が可能となる。未処理分については、別途検討が必要である。→ 検討内容は、後述の第7章を参照願う

対策 25：同上モデルプラントでの処理液及び未処理浸出廃液残液は、浸出工程に繰返す。尚、浸出廃液よりのヘマタイト(Fe₂O₃)とフェライト(FeO・Fe₂O₃)や、水酸化第一鉄(Fe(OH)₂)又は硫酸第一鉄(FeSO₄)、更に硫酸第二鉄(Fe₂(SO₄)₃)を副産物として、又は酸化処理のみ行って第二鉄(Fe³⁺)を得ることも考えられる。

目標 25：継続検討する。

(6) 目標（まとめ）

酸化銅鉱処理に係る操業改善をまとめ、酸化銅鉱処理の目標を表 3-16 に示す。

・操業改善 1：収入（生産金額）増関係

操業率増：2000 年実績[Y] 25.2% → 年間目標[X₁] 90.0%, 実勢 Max.[X₂] 57.1%
 (対策) ENAMI による買鉱への更なるインセンティブ、ENAMI による鉱山経営、買鉱カットオフ品位の下げ、一次浸出廃石の二次浸出定常組込み、期待外部条件で銅建値>80 ~ 90 ¢ /lb 等

総合銅採収率増

:2000 年実績[Y] 77.3% → 年間目標[X₁] 81.5%, 実勢 Max.[X₂] 81.5%
 (対策) 銅ロス減 (更に粉塵発生防止、細粒湿式処理)

銅浸出率増(粒度他最適化、浸出廃液及び同処理液の浸出工程へ戻し、バクテリアの利用)

鉄置換銅沈殿率増 (更なる管理)

沈殿銅銅品位増

:2000 年実績[Y] 82.9% → 年間目標[X₁] 83.0%, 実勢 Max.[X₂] 83.0%
 (対策) 更なる管理

・操業改善 2 : コスト減関係

: 2000 年実績[Y] 23.31US\$/原鉱 t → 年間目標[X₁] 22.14US\$/原鉱 t, 実勢 Max.[X₂] 22.14US\$/原鉱 t

(対策) 全項目について 5%削減

これら操業改善に関し、年間目標 (処理鉱量 = 設備能力(168,000t/year) × 操業率 90% = 151,200t/year) と実勢 Max. (処理鉱量 = 設備能力(168,000t/year) × 操業率 57% = 96,000t/year) の 2000 年 (直近の基準年) 実績 (処理鉱量 = 42,365t/year) との差を以て、生産粗利益の向上を試算検討した。尚、これには不確かな硫酸銅生産と、廃液処理に係るものは省いている。

生産粗利益についてみると、2000 年実績で既に赤字であるが、上述の大幅な操業改善をして操業率を 90%にまで上げてても大幅な赤字は避けられない。年間目標[X₁]で -735,949US\$/year の、又実勢 Max. [X₂]でも -467,979US\$/year の赤字が見込まれる。

そのまとめを以下に示す。()内は、操業の改善を行わなかった場合のものである。

操業改善により、生産粗利益において、年間目標[X₁]では+452,676US\$/year、実勢 Max.[X₂]では+286,704US\$/year の向上が見込まれる。

生産粗利益検討まとめ：酸化銅鉱処理 (金額単位：US\$/year)					
	年間目標[X ₁]	実勢 Max.[X ₂]	2000 年[Y]	差[X ₁ - Y]	差[X ₂ - Y]
処理鉱量 (t/year)	151,200	96,000	42,365		
収入(生産金額)[A]	2,611,519	1,657,461	654,485	+1,957,034	+1,002,976
	(2,335,846)	(1,483,077)		(+1,681,361)	(+828,592)
生産コスト[B]	3,347,568	2,125,440	987,528	+2,360,040	+1,137,912
	(3,524,471)	(2,237,760)		(+2,536,943)	(+1,250,232)
生産粗利益[A - B]	-735,949	-467,979	-333,043	-402,906	-134,936
	(-1,188,625)	(-754,683)		(-855,582)	(-421,640)
<操業改善金額>	<+452,676>	<+286,704>			

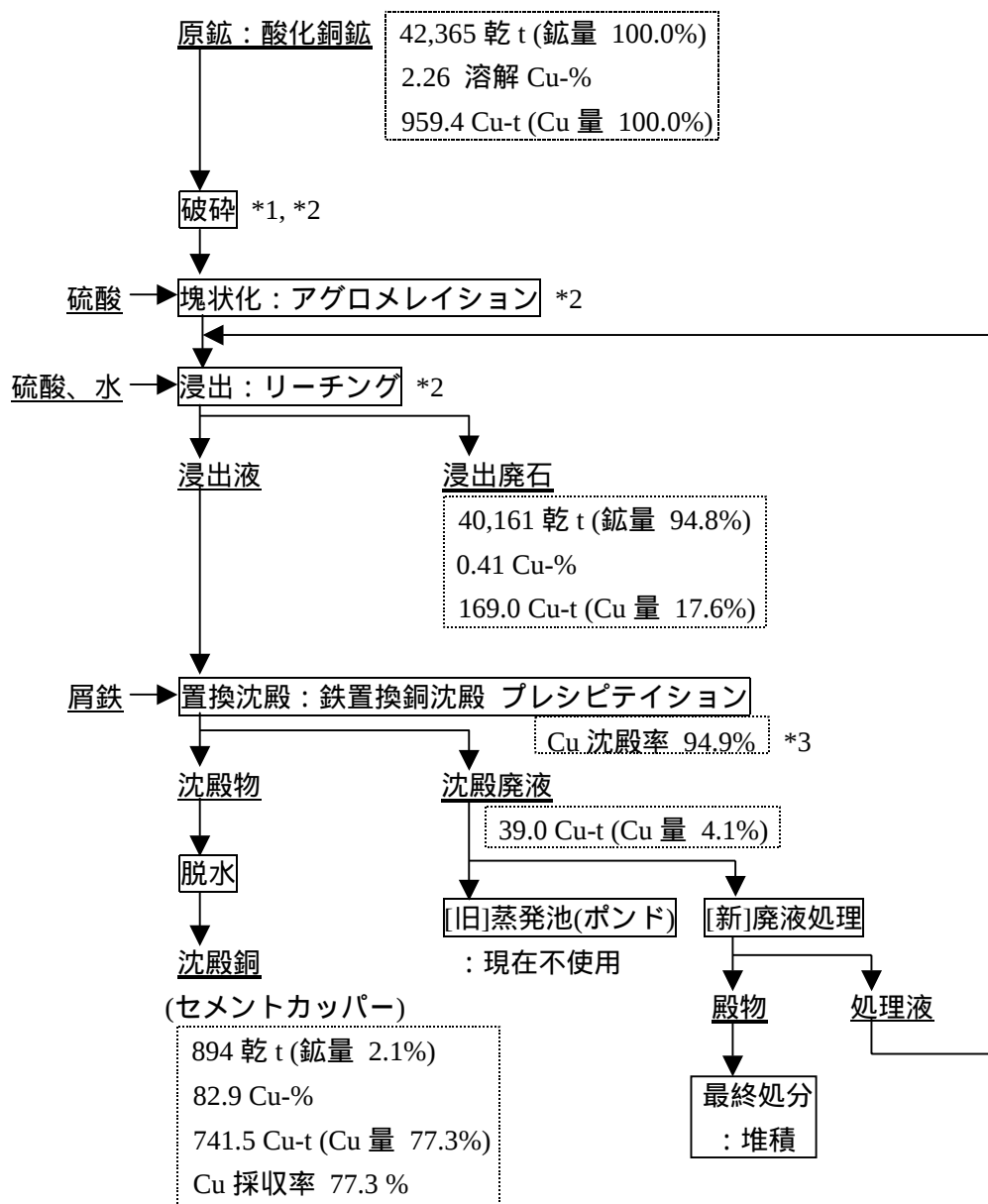


図 3-2 ブロックダイアグラム(概略)とマテリアルバランス(2000 年実績)：酸化銅鉱処理
： ENAMI Ovalle プラント

注) *1：原鉱受入/破碎にて秤量、サンプリング、品位分析
を行い、ロット毎に受入鉱の買鉱条件を確定

*2：破碎・塊状化・浸出工程ロス	424 乾 t (鉱量 1.0%)
	2.24 Cu-%
	9.5 Cu-t (Cu 量 1.0%)
*3：置換沈殿工程ロス	0.5 Cu-t (Cu 量 0.1%)

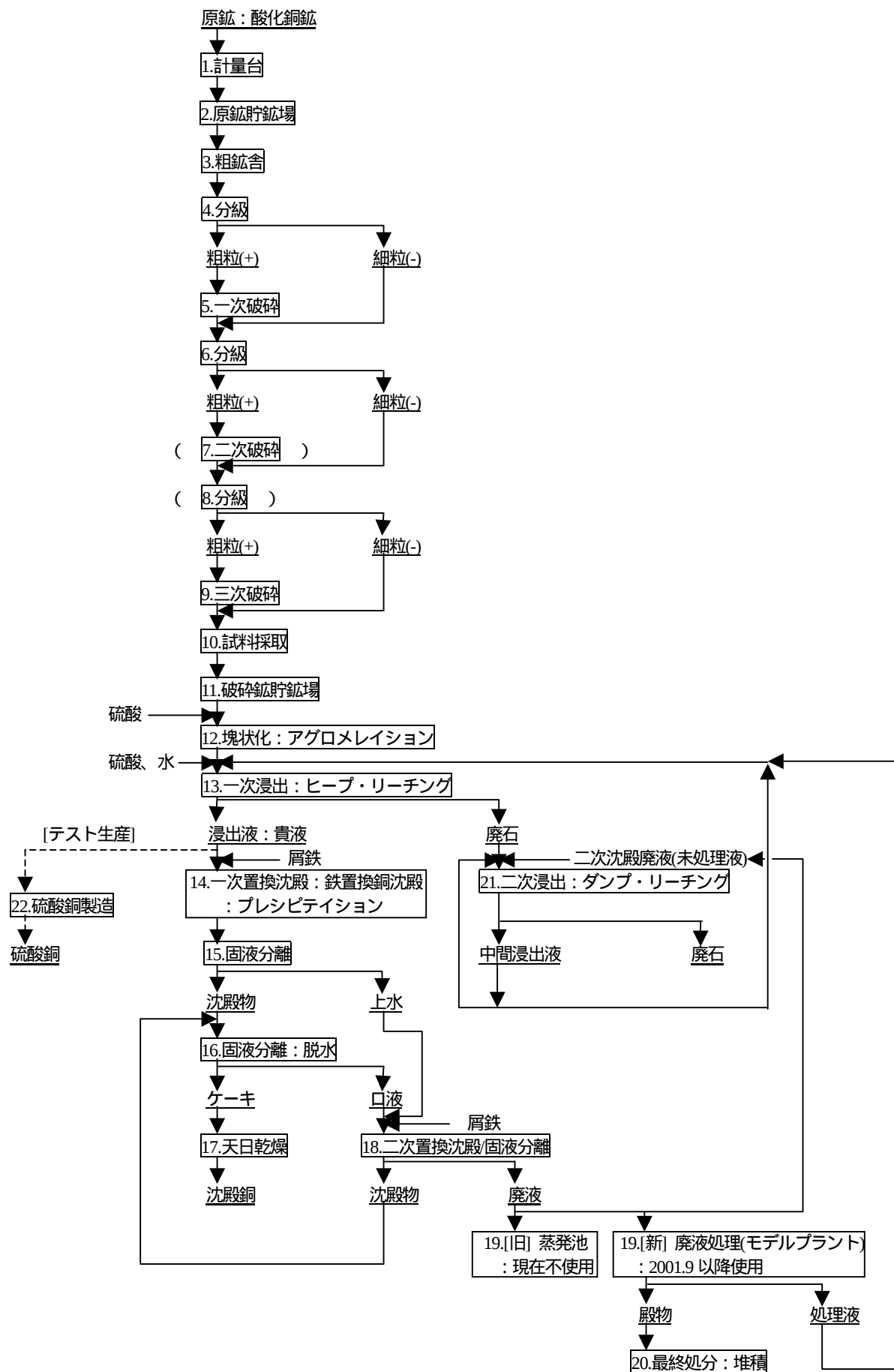


図 3-3 ブロックダイアグラム：酸化銅鉱処理：Ovalle プラント：ENAMI

(図 3-3 付け) 処理設備一覧：酸化銅鉱処理：Ovalle プラント：ENAMI

No.	設備名	仕様	備考
1	計量台	Truck Scale	原鉱ロット毎
2	原鉱貯鉱場		原鉱粒度：-7”
3	粗鉱舎		原鉱ロット毎
4	分級	Fixed Screen, Grizzly(opening 2' 1/2"), 1unit	
5	一次破碎	Gyratory Crusher : Trylor, TY-1398F type, 3' ϕ 50t/h, 1 unit (spare circuit : Single Toggle Crusher, 1 unit)	
6	分級	Vibrating Screen(opening 3/4"), 1 unit	
7	二次破碎	Cone Crusher : Symons, SH type, 3' ϕ 50t/h, 1 unit	状況に応じ省略
8	分級	Vibrating Screen(opening 1/4"), 1 unit	状況に応じ省略
9	三次破碎	Cone Crusher : Symons, SH type, 3' ϕ 50t/h, 1 unit	
10	試料採取	自動採取 → 分析	原鉱ロット毎
11	破碎鉱貯鉱場		
12	塊状化：アグロメレーション	Rotary Agglomerator : 7m ϕ $\times$ 5.4mL, Rubber lining, 1unit	酸養生、 浸出粒度 -3/8”
13	一次浸出：ヒーブリーチング	Heap leaching pad : 40mW $\times$ 90mL $\times$ 2 ~ 2.2mH, 1unit + 40mW $\times$ 40mL $\times$ 2 ~ 2.2mH, 1unit	20 ~ 25 日/サイクル
14	一次置換沈殿(鉄置換銅沈殿)：プレシピテーション	Rotary Precipitator : Drum type, 120" ϕ $\times$ 130"L, 1unit + 84" ϕ $\times$ 96"L, 3units	
15	固液分離	Precipitation Decantor, 1unit	
16	固液分離：脱水	Pan Filter : Vacuum type, 1mW $\times$ 1.5mL, 2units	
17	天日乾燥		
18	二次置換沈殿/固液分離	Precipitation Box, 1unit(6 boxes)	
19	[新]廃液処理：モデルプラント	[New system] Model Plant for Waste Water Treatment : 100m ³ /day, 1unit	[旧]蒸発池
20	最終処分：堆積		
21	二次浸出：ダンプリーチング	Dump leaching pad : 110mW $\times$ 60mL $\times$ Max.35mH, 1unit	
22	硫酸銅製造	Test Plant for Production of Copper Sulphate : 40t/month, 1unit	

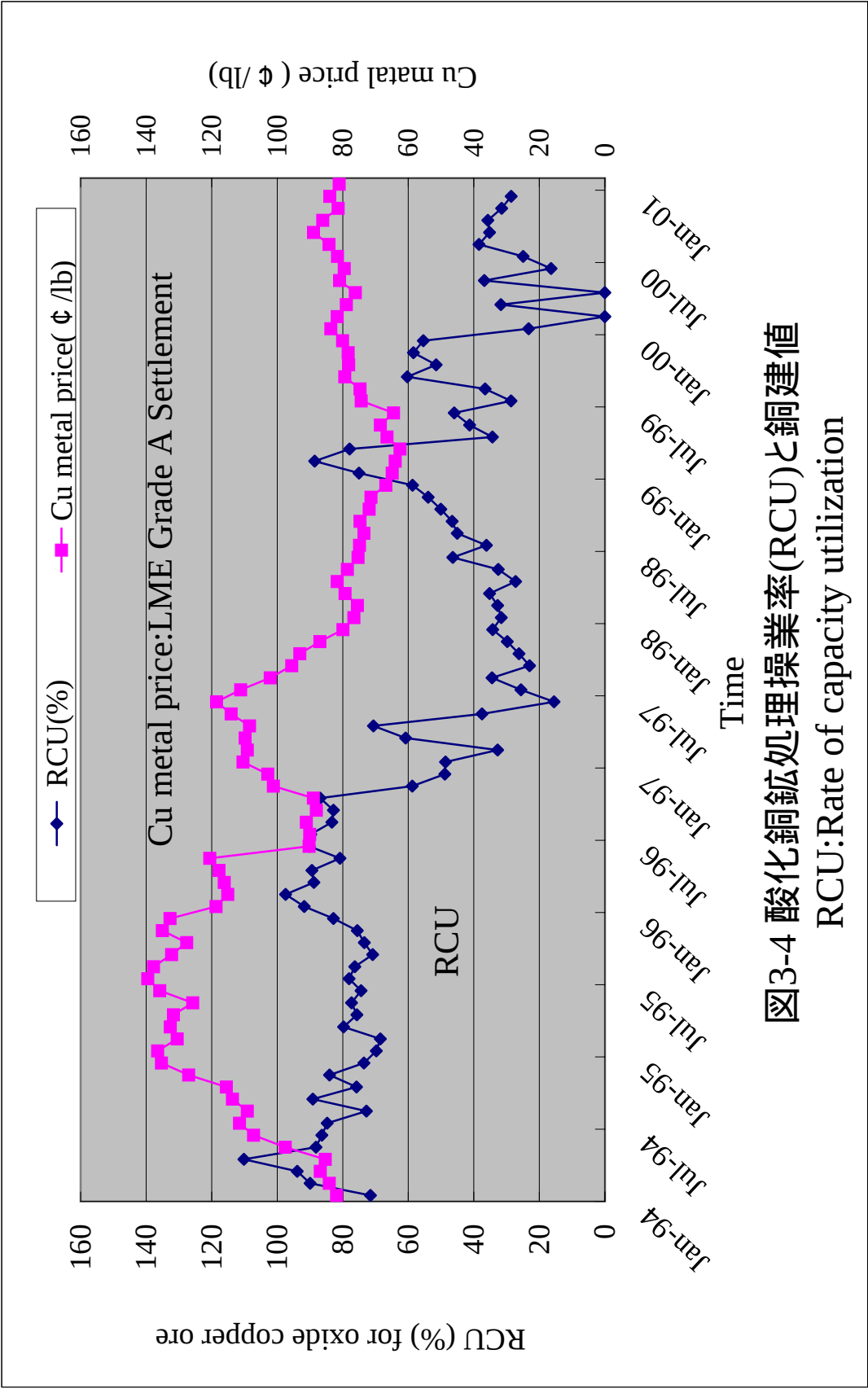
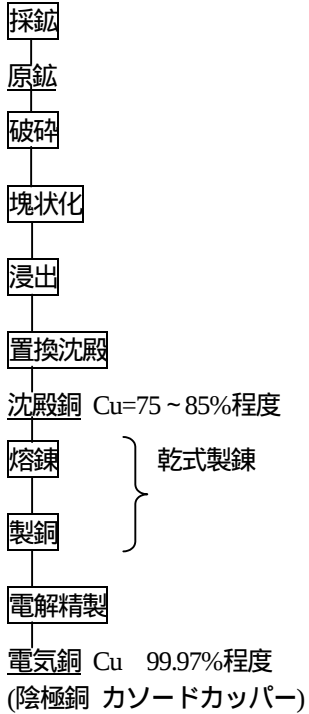
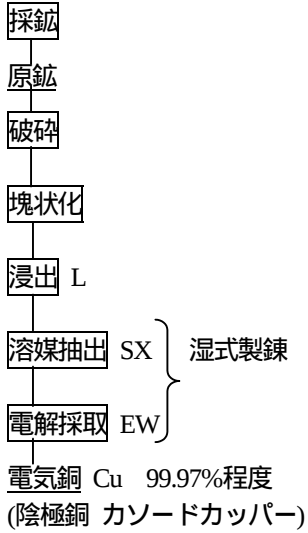
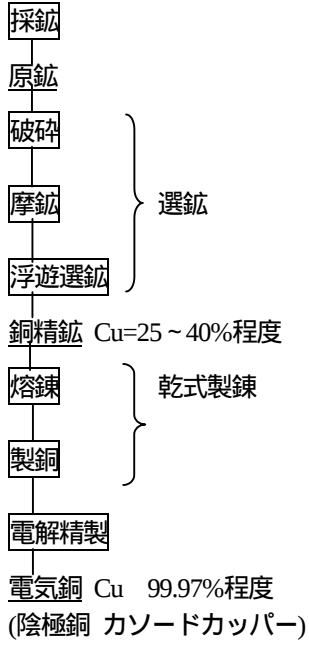


図3-4 酸化銅鉱処理操業率(RCU)と銅建値

RCU:Rate of capacity utilization

表 3-4 銅鉱別処理方法比較

1. 対象銅鉱：主要鉱物	酸化銅鉱		硫化銅鉱
	珪孔雀石 Chrysocolla $\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、 孔雀石 Malachite $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ 他 注)バクテリア利用により二次硫化銅鉱(輝銅鉱、銅藍 等) に対しても適用可		黄銅鉱 Chalcopyrite CuFeS_2 、 輝銅鉱 Chalcocite Cu_2S 、 銅藍 Covellite/Covellite CuS 他
2. 生産方法	置換沈殿(メンテション)-製錬法	溶媒抽出-電解採取(SX-EW)法	選鉱-製錬法
3. 生産フロー			
4. 金、銀採収可能性	×	×	○
5. 直接コスト*1			
5-1 採鉱			
・露天掘り	¢ /lb		9 ~ 45, Ave. 24 程度
	\$ /原鉱 t	○	0.5 ~ 1.9, Ave. 1 程度
・坑内掘り	¢ /lb		11 ~ 97, Ave. 38 程度
	\$ /原鉱 t	○	2 ~ 30, Ave. 12 程度
5-2 選鉱			
・露天掘り	¢ /lb	○ : 破碎, 塊状化, 浸出	5 ~ 67, Ave. 24 程度
	\$ /原鉱 t		1.5 ~ 5.5, Ave. 3 程度
・坑内掘り	¢ /lb	○	6 ~ 27, Ave. 14 程度
	\$ /原鉱 t	: 破碎, 塊状化, 浸出, 沈殿	2 ~ 15, Ave. 5 程度
5-3 精鉱輸送	¢ /lb	○ : 沈殿銅輸送	0.5 ~ 8, Ave. 3 程度
5-4 製錬			
・乾式	¢ /lb	○	8 ~ 32, Ave. 19 程度
・湿式	¢ /lb	○	
5-5 副産物収入	¢ /lb		-1 ~ -130, Ave. -22 程度
(Au, Ag, Mo)			
直接コスト合計 (目安)			
・露天掘り	¢ /lb	30 ~ 50 程度	40 ~ 60 程度
・坑内掘り	¢ /lb	70 ~ 90 程度	50 ~ 70 程度
6. 適用規模	小 (~中)	大*2	小~大

注) *1 : 総コストには、当コストに金利、償却等が加わる、*2 : (中、)小の場合、溶媒抽出、電解採取の償却困難

表3-5 酸化銅鉱処理実績(1994):Ovalleプラント:ENAMI

*1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.: 14,000t/month: 168,000t/year)

Year	Process	Product	Month	Ore Tonnage			Cu						
				t	distribut.%	RCU*1 %	grade %	t	distribut.%	leach rate %	preci.rate %		
1994	Crushing, Agglomeration	Run-of-mine ore	A → B, C, D	January	10,017	100.0	71.6	2.1	207.5	100.0			
				February	12,593	100.0	90.0	2.0	256.4	100.0			
				March	13,145	100.0	93.9	2.1	278.3	100.0			
				April	15,425	100.0	110.2	2.1	329.9	100.0			
				May	12,346	100.0	88.2	2.1	262.4	100.0			
				June	12,094	100.0	86.4	2.1	253.5	100.0			
				July	11,867	100.0	84.8	2.1	249.9	100.0			
				August	10,191	100.0	72.8	2.1	215.9	100.0			
				September	12,478	100.0	89.1	2.1	262.4	100.0			
				October	10,615	100.0	75.8	2.2	230.0	100.0			
				November	11,766	100.0	84.0	2.1	248.9	100.0			
				December	10,294	100.0	73.5	2.3	237.5	100.0			
				Total	142,831	100.0	85.0	2.1	3,033	100.0			
	Crushing, Agglomeration, Leaching	Loss 1 : Ore distribution = 1.0%	B	January	100	1.0		2.2	2.2	1.1			
				February	126	1.0		1.6	2.1	0.8			
				March	131	1.0		1.9	2.5	0.9			
				April	154	1.0		2.0	3.1	0.9			
				May	123	1.0		1.7	2.1	0.8			
				June	121	1.0		1.7	2.1	0.8			
				July	119	1.0		1.7	2.0	0.8			
				August	102	1.0		2.0	2.1	1.0			
				September	125	1.0		2.4	3.0	1.1			
				October	106	1.0		1.9	2.0	0.9			
				November	118	1.0		1.7	2.0	0.8			
				December	103	1.0		2.0	2.0	0.9			
				Total	1,428	1.0		1.9	27	0.9			
	Leaching	Solution	C → E, F, G	January		0.0			116.8	56.3	56.9		
				February		0.0			104.7	40.8	41.2		
				March		0.0			126.6	45.5	45.9		
				April		0.0			173.4	52.6	53.1		
				May		0.0			251.3	95.8	96.5		
				June		0.0			59.5	23.5	23.7		
				July		0.0			191.8	76.7	77.4		
				August		0.0			144.4	66.9	67.5		
				September		0.0			138.0	52.6	53.2		
				October		0.0			178.4	77.6	78.2		
				November		0.0			158.9	63.8	64.4		
				December		0.0			169.0	71.2	71.8		
				Total		0.0			1,813	59.8	60.3		
		Waste ore	D	January	9,800	97.8		0.9	88.5	42.6			
				February	12,362	98.2		1.2	149.6	58.4			
				March	12,887	98.0		1.2	149.3	53.6			
				April	15,097	97.9		1.0	153.4	46.5			
				May	11,972	97.0		0.1	9.0	3.4			
				June	11,913	98.5		1.6	191.9	75.7			
				July	11,557	97.4		0.5	56.1	22.4			
				August	9,944	97.6		0.7	69.4	32.2			
				September	12,215	97.9		1.0	121.5	46.3			
				October	10,330	97.3		0.5	49.6	21.6			
				November	11,489	97.6		0.8	88.0	35.4			
				December	10,022	97.4		0.7	66.4	28.0			
				Total	139,589	97.7		0.9	1,193	39.3			
		Precipitation	Loss 2 : Cu distribution = 0.05%	E	January		0.0			0.1	0.0		
					February		0.0			0.1	0.0		
					March		0.0			0.1	0.0		
					April		0.0			0.2	0.0		
					May		0.0			0.1	0.0		
					June		0.0			0.1	0.0		
					July		0.0			0.1	0.0		
					August		0.0			0.1	0.0		
					September		0.0			0.1	0.0		
					October		0.0			0.1	0.0		
					November		0.0			0.1	0.0		
					December		0.0			0.1	0.0		
					Total		0.0			2	0.0		
	Precipitate Cu : Cement copper		F	January	150	1.5		74.0	111.0	53.5		95.0	
				February	163	1.3		61.1	99.5	38.8		95.0	
				March	165	1.3		72.9	120.3	43.2		95.0	
				April	216	1.4		76.4	164.7	49.9		95.0	
				May	315	2.6		75.7	238.7	91.0		95.0	
				June	71	0.6		79.2	56.6	22.3		95.0	
				July	239	2.0		76.2	182.2	72.9		95.0	
				August	181	1.8		76.0	137.2	63.5		95.0	
				September	163	1.3		80.4	131.1	49.9		95.0	
				October	224	2.1		75.5	169.5	73.7		95.0	
				November	183	1.6		82.7	151.0	60.6		95.0	
				December	208	2.0		77.0	160.5	67.6		95.0	
				Total	2,278	1.6		75.6	1,722	56.8		95.0	
	Waste water		G	January		0.0			5.7	2.8			
				February		0.0			5.1	2.0			
				March		0.0			6.2	2.2			
				April		0.0			8.5	2.6			
				May		0.0			12.4	4.7			
				June		0.0			2.9	1.1			
				July		0.0			9.5	3.8			
				August		0.0			7.1	3.3			
				September		0.0			6.8	2.6			
				October		0.0			8.8	3.8			
				November		0.0			7.8	3.1			
				December		0.0			8.3	3.5			
				Total		0.0			89	2.9			

表3-6 酸化銅鉱処理実績(1995):Ovalleプラント:ENAMI

*1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.: 14,000t/month: 168,000t/year)

Year	Process	Product	Month	Ore Tonnage				Cu			
				t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	leach rate %	preci.rate %
1995	Crushing, Agglomeration	Run-of-mine ore	A → B, C, D	January	9,764	100.0	69.7	2.3	225.5	100.0	
				February	9,592	100.0	68.5	2.2	208.0	100.0	
				March	11,165	100.0	79.7	2.2	249.6	100.0	
				April	10,598	100.0	75.7	2.2	228.4	100.0	
				May	10,823	100.0	77.3	2.2	237.1	100.0	
				June	10,420	100.0	74.4	2.2	230.2	100.0	
				July	10,928	100.0	78.1	2.2	240.2	100.0	
				August	10,686	100.0	76.3	2.2	239.7	100.0	
				September	9,925	100.0	70.9	2.3	223.1	100.0	
				October	10,278	100.0	73.4	2.3	234.7	100.0	
				November	10,579	100.0	75.6	2.3	240.4	100.0	
				December	11,598	100.0	82.8	2.2	256.8	100.0	
				Total	126,356	100.0	75.2	2.2	2,814	100.0	
	Crushing, Agglomeration, Leaching	Loss 1 : Ore distribution = 1.0%	B	January	98	1.0		2.2	2.2	1.0	
				February	96	1.0		2.0	1.9	0.9	
				March	112	1.0		1.8	2.0	0.8	
				April	106	1.0		1.7	1.8	0.8	
				May	108	1.0		2.3	2.5	1.0	
				June	104	1.0		2.2	2.2	1.0	
				July	109	1.0		2.0	2.2	0.9	
				August	107	1.0		2.5	2.7	1.1	
				September	99	1.0		2.1	2.1	0.9	
				October	103	1.0		2.6	2.7	1.2	
				November	106	1.0		2.5	2.6	1.1	
				December	116	1.0		2.6	3.0	1.2	
				Total	1,264	1.0		2.2	28	1.0	
	Leaching	Solution	C → E, F, G	January		0.0			201.2	89.3	90.1
				February		0.0			180.3	86.7	87.5
				March		0.0			215.1	86.2	86.9
				April		0.0			188.5	82.5	83.2
				May		0.0			205.1	86.5	87.4
				June		0.0			160.1	69.6	70.2
				July		0.0			190.7	79.4	80.1
				August		0.0			177.8	74.2	75.0
				September		0.0			150.5	67.4	68.1
				October		0.0			204.8	87.2	88.3
				November		0.0			183.2	76.2	77.1
				December		0.0			214.1	83.4	84.4
				Total		0.0			2,271	80.7	81.5
		Waste ore	D	January	9,465	96.9		0.2	22.1	9.8	
				February	9,316	97.1		0.3	25.8	12.4	
				March	10,838	97.1		0.3	32.5	13.0	
				April	10,303	97.2		0.4	38.1	16.7	
				May	10,510	97.1		0.3	29.6	12.5	
				June	10,155	97.5		0.7	67.8	29.5	
				July	10,628	97.3		0.5	47.3	19.7	
				August	10,401	97.3		0.6	59.2	24.7	
				September	9,675	97.5		0.7	70.6	31.6	
				October	9,970	97.0		0.3	27.2	11.6	
				November	10,290	97.3		0.5	54.5	22.7	
				December	11,268	97.2		0.4	39.7	15.5	
				Total	122,821	97.2		0.4	515	18.3	
	Precipitation	Loss 2 : Cu distribution = 0.05%	E	January		0.0			0.1	0.0	
				February		0.0			0.1	0.0	
				March		0.0			0.1	0.0	
				April		0.0			0.1	0.0	
				May		0.0			0.1	0.0	
				June		0.0			0.1	0.0	
				July		0.0			0.1	0.0	
				August		0.0			0.1	0.0	
				September		0.0			0.1	0.0	
				October		0.0			0.1	0.0	
				November		0.0			0.1	0.0	
				December		0.0			0.1	0.0	
				Total		0.0			1	0.0	
		Precipitate Cu : Cement copper	F	January	262	2.7		73.0	191.2	84.8	95.0
				February	225	2.3		76.0	171.2	82.3	94.9
				March	277	2.5		73.6	204.3	81.8	94.9
				April	242	2.3		74.1	178.9	78.3	94.9
				May	258	2.4		75.5	194.7	82.1	94.9
				June	190	1.8		80.1	152.0	66.0	94.9
				July	214	2.0		84.8	181.0	75.4	94.9
				August	243	2.3		69.4	168.8	70.4	94.9
				September	177	1.8		80.8	142.9	64.0	94.9
				October	272	2.6		71.5	194.4	82.8	94.9
				November	229	2.2		76.0	173.9	72.4	94.9
				December	275	2.4		73.8	203.2	79.1	94.9
				Total	2,863	2.3		75.3	2,156	76.6	94.9
		Waste water	G	January		0.0			9.9	4.4	
				February		0.0			9.0	4.3	
				March		0.0			10.8	4.3	
				April		0.0			9.4	4.1	
				May		0.0			10.2	4.3	
				June		0.0			8.0	3.5	
				July		0.0			9.5	4.0	
				August		0.0			8.9	3.7	
				September		0.0			7.5	3.4	
				October		0.0			10.2	4.4	
				November		0.0			9.2	3.8	
				December		0.0			10.7	4.2	
				Total		0.0			113	4.0	

表3-7 酸化銅鉱処理実績(1996):Ovalleプラント:ENAMI

*1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.: 14,000t/month: 168,000t/year)

Year	Process	Product	Month	Ore Tonnage			Cu					
				t	distribut.%	RCU*1 %	grade %	t	distribut.%	leach rate %	preci.rate %	
1996	Crushing, Agglomeration	Run-of-mine ore	A → B, C, D	January	12,843	100.0	91.7	2.2	281.5	100.0		
				February	13,644	100.0	97.5	2.3	314.1	100.0		
				March	12,436	100.0	88.8	2.3	285.6	100.0		
				April	12,517	100.0	89.4	2.3	292.7	100.0		
				May	11,322	100.0	80.9	2.2	251.1	100.0		
				June	12,626	100.0	90.2	2.2	273.8	100.0		
				July	12,568	100.0	89.8	2.1	265.6	100.0		
				August	11,662	100.0	83.3	2.3	262.0	100.0		
				September	11,596	100.0	82.8	2.2	253.3	100.0		
				October	12,164	100.0	86.9	2.2	261.6	100.0		
				November	8,232	100.0	58.8	2.2	181.8	100.0		
				December	6,837	100.0	48.8	2.0	134.4	100.0		
				Total	138,449	100.0	82.4	2.2	3,058	100.0		
	Crushing, Agglomeration, Leaching	Loss 1 : Ore distribution = 1.0%	B	January	128	1.0		2.4	3.0	1.1		
				February	136	1.0		2.5	3.4	1.1		
				March	124	1.0		2.0	2.5	0.9		
				April	125	1.0		2.2	2.7	0.9		
				May	113	1.0		2.0	2.3	0.9		
				June	126	1.0		2.0	2.6	0.9		
				July	126	1.0		2.4	3.0	1.1		
				August	117	1.0		1.9	2.2	0.9		
				September	116	1.0		2.6	3.0	1.2		
				October	122	1.0		2.2	2.7	1.0		
				November	82	1.0		2.1	1.7	0.9		
				December	68	1.0		1.6	1.1	0.8		
				Total	1,384	1.0		2.2	30	1.0		
	Leaching	Solution	C → E, F, G	January		0.0			223.0	79.2	80.1	
				February		0.0			242.0	77.1	77.9	
				March		0.0			238.3	83.4	84.1	
				April		0.0			221.4	75.6	76.4	
				May		0.0			179.7	71.6	72.2	
				June		0.0			217.7	79.5	80.3	
				July		0.0			203.7	76.7	77.6	
				August		0.0			205.0	78.2	78.9	
				September		0.0			197.3	77.9	78.9	
				October		0.0			205.2	78.4	79.3	
				November		0.0			140.0	77.0	77.8	
				December		0.0			108.0	80.4	81.0	
				Total		0.0			2,381	77.9	78.7	
		Waste ore	D	January	12,492	97.3		0.4	55.5	19.7		
				February	13,266	97.2		0.5	68.7	21.9		
				March	12,073	97.1		0.4	44.9	15.7		
				April	12,171	97.2		0.6	68.5	23.4		
				May	11,029	97.4		0.6	69.1	27.5		
				June	12,282	97.3		0.4	53.5	19.5		
				July	12,239	97.4		0.5	58.8	22.1		
				August	11,341	97.2		0.5	54.8	20.9		
				September	11,283	97.3		0.5	52.9	20.9		
				October	11,838	97.3		0.5	53.7	20.5		
				November	8,009	97.3		0.5	40.0	22.0		
				December	6,661	97.4		0.4	25.3	18.8		
				Total	134,683	97.3		0.5	646	21.1		
	Precipitation	Loss 2 : Cu distribution = 0.05%	E	January		0.0			0.1	0.0		
				February		0.0			0.2	0.0		
				March		0.0			0.1	0.0		
				April		0.0			0.1	0.0		
				May		0.0			0.1	0.0		
				June		0.0			0.1	0.0		
				July		0.0			0.1	0.0		
				August		0.0			0.1	0.0		
				September		0.0			0.1	0.0		
				October		0.0			0.1	0.0		
				November		0.0			0.0	0.0		
				December		0.0			0.1	0.0		
				Total		0.0			1	0.0		
		Precipitate Cu : Cement copper	F	January	265	2.1		80.0	211.8	75.2		95.0
				February	294	2.2		78.1	229.8	73.2		94.9
				March	286	2.3		79.0	226.2	79.2		94.9
				April	272	2.2		77.2	210.2	71.8		94.9
				May	227	2.0		75.0	170.6	67.9		94.9
				June	254	2.0		81.3	206.7	75.5		94.9
				July	257	2.0		75.3	193.4	72.8		94.9
				August	249	2.1		78.2	194.6	74.3		94.9
				September	256	2.2		73.1	187.4	74.0		94.9
				October	257	2.1		75.7	194.8	74.5		94.9
				November	169	2.1		78.8	133.0	73.2		95.0
				December	119	1.7		86.1	102.6	76.3		94.9
				Total	2,907	2.1		77.8	2,261	74.0		94.9
		Waste water	G	January		0.0			11.0	3.9		
				February		0.0			12.1	3.9		
				March		0.0			11.9	4.2		
				April		0.0			11.1	3.8		
				May		0.0			9.0	3.6		
				June		0.0			10.9	4.0		
				July		0.0			10.2	3.8		
				August		0.0			10.2	3.9		
				September		0.0			9.9	3.9		
				October		0.0			10.3	3.9		
				November		0.0			7.0	3.9		
				December		0.0			5.4	4.0		
				Total		0.0			119	3.9		

表3-8 酸化銅鉱処理実績(1997):Ovalleプラント:ENAMI

*1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.: 14,000t/month: 168,000t/year)

Year	Process	Product	Month	Ore Tonnage				Cu			
				t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	leach rate %	preci.rate %
1997	Crushing, Agglomeration	Run-of-mine ore	A → B, C, D	January	6,808	100.0	48.6	1.9	128.6	100.0	
				February	4,584	100.0	32.7	2.1	96.5	100.0	
				March	8,512	100.0	60.8	1.9	160.2	100.0	
				April	9,888	100.0	70.6	1.4	141.6	100.0	
				May	5,251	100.0	37.5	2.1	110.6	100.0	
				June	2,170	100.0	15.5	2.5	53.2	100.0	
				July	3,585	100.0	25.6	2.2	78.8	100.0	
				August	4,819	100.0	34.4	2.3	109.4	100.0	
				September	3,220	100.0	23.0	2.2	72.1	100.0	
				October	3,669	100.0	26.2	2.1	78.5	100.0	
				November	4,170	100.0	29.8	2.2	90.3	100.0	
				December	4,793	100.0	34.2	2.1	100.1	100.0	
				Total	61,468	100.0	36.6	2.0	1,220	100.0	
	Crushing, Agglomeration, Leaching	Loss 1 : Ore distribution = 1.0%	B	January	68	1.0		1.8	1.2	1.0	
				February	46	1.0		2.6	1.2	1.2	
				March	85	1.0		2.0	1.7	1.1	
				April	99	1.0		1.7	1.6	1.2	
				May	53	1.0		1.8	0.9	0.8	
				June	22	1.0		2.6	0.6	1.1	
				July	36	1.0		2.1	0.7	0.9	
				August	48	1.0		2.2	1.1	1.0	
				September	32	1.0		2.1	0.7	0.9	
				October	37	1.0		2.0	0.7	0.9	
				November	42	1.0		1.8	0.8	0.8	
				December	48	1.0		1.9	0.9	0.9	
				Total	615	1.0		2.0	12	1.0	
	Leaching	Solution	C → E, F, G	January		0.0			99.5	77.4	78.1
				February		0.0			75.7	78.4	79.4
				March		0.0			126.4	78.9	79.8
				April		0.0			111.8	79.0	79.9
				May		0.0			87.3	78.9	79.6
				June		0.0			42.0	78.9	79.8
				July		0.0			62.1	78.8	79.5
				August		0.0			85.8	78.4	79.2
				September		0.0			58.8	81.6	82.4
				October		0.0			61.6	78.5	79.3
				November		0.0			71.0	78.6	79.3
				December		0.0			78.5	78.4	79.1
				Total		0.0			960	78.7	79.5
		Waste ore	D	January	6,640	97.5		0.4	27.9	21.7	
				February	4,462	97.3		0.4	19.6	20.3	
				March	8,301	97.5		0.4	32.0	20.0	
				April	9,677	97.9		0.3	28.2	19.9	
				May	5,111	97.3		0.4	22.4	20.2	
				June	2,106	97.1		0.5	10.6	20.0	
				July	3,487	97.3		0.5	16.0	20.3	
				August	4,685	97.2		0.5	22.6	20.6	
				September	3,129	97.2		0.4	12.6	17.5	
				October	3,571	97.3		0.5	16.1	20.5	
				November	4,057	97.3		0.5	18.6	20.5	
				December	4,667	97.4		0.4	20.7	20.7	
				Total	59,893	97.4		0.4	247	20.3	
	Precipitation	Loss 2 : Cu distribution = 0.05%	E	January		0.0			0.1	0.0	
				February		0.0			0.0	0.0	
				March		0.0			0.1	0.0	
				April		0.0			0.1	0.0	
				May		0.0			0.1	0.0	
				June		0.0			0.0	0.0	
				July		0.0			0.0	0.0	
				August		0.0			0.1	0.0	
				September		0.0			0.0	0.0	
				October		0.0			0.0	0.0	
				November		0.0			0.0	0.0	
				December		0.0			0.1	0.0	
				Total		0.0			1	0.0	
		Precipitate Cu : Cement copper	F	January	126	1.8		75.2	94.5	73.5	95.0
				February	86	1.9		83.4	71.9	74.5	94.9
				March	156	1.8		76.9	120.0	74.9	94.9
				April	138	1.4		76.7	106.2	75.0	94.9
				May	108	2.1		77.0	82.9	74.9	94.9
				June	51	2.4		77.6	39.9	74.9	94.9
				July	77	2.1		77.0	58.9	74.8	94.9
				August	105	2.2		77.7	81.4	74.4	94.9
				September	71	2.2		78.4	55.8	77.5	94.9
				October	74	2.0		79.0	58.5	74.6	94.9
				November	80	1.9		83.9	67.4	74.6	94.9
				December	94	2.0		79.6	74.5	74.5	94.9
				Total	1,166	1.9		78.2	912	74.8	94.9
		Waste water	G	January		0.0			4.9	3.8	
				February		0.0			3.8	3.9	
				March		0.0			6.3	3.9	
				April		0.0			5.6	3.9	
				May		0.0			4.4	3.9	
				June		0.0			2.1	3.9	
				July		0.0			3.1	3.9	
				August		0.0			4.3	3.9	
				September		0.0			2.9	4.1	
				October		0.0			3.1	3.9	
				November		0.0			3.5	3.9	
				December		0.0			3.9	3.9	
				Total		0.0			48	3.9	

表3-9 酸化銅鉱処理実績(1998):Ovalleプラント:ENAMI

*1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.: 14,000t/month: 168,000t/year)

Year	Process	Product	Month	Ore Tonnage			Cu					
				t	distribut.%	RCU*1 %	grade %	t	distribut.%	leach rate %	preci.rate %	
1998	Crushing, Agglomeration	Run-of-mine ore	A → B, C, D	January	4,425	100.0	31.6	2.0	88.1	100.0		
				February	4,580	100.0	32.7	1.7	79.7	100.0		
				March	4,927	100.0	35.2	2.0	100.2	100.0		
				April	3,812	100.0	27.2	1.9	71.0	100.0		
				May	4,555	100.0	32.5	1.8	80.7	100.0		
				June	6,495	100.0	46.4	1.7	109.7	100.0		
				July	5,062	100.0	36.2	2.1	105.6	100.0		
				August	6,306	100.0	45.0	2.0	124.8	100.0		
				September	6,525	100.0	46.6	1.9	124.5	100.0		
				October	7,011	100.0	50.1	1.7	122.3	100.0		
				November	7,550	100.0	53.9	1.9	145.2	100.0		
				December	8,216	100.0	58.7	2.1	175.2	100.0		
				Total	69,465	100.0	41.3	1.9	1,327	100.0		
	Crushing, Agglomeration, Leaching	Loss 1 : Ore distribution = 1.0%	B	January	44	1.0		2.1	0.9	1.0		
				February	46	1.0		1.7	0.8	1.0		
				March	49	1.0		2.5	1.2	1.2		
				April	38	1.0		2.1	0.8	1.1		
				May	46	1.0		2.0	0.9	1.1		
				June	65	1.0		1.6	1.1	1.0		
				July	51	1.0		1.8	0.9	0.8		
				August	63	1.0		1.9	1.2	0.9		
				September	65	1.0		1.8	1.1	0.9		
				October	70	1.0		2.1	1.5	1.2		
				November	75	1.0		2.3	1.7	1.2		
				December	82	1.0		2.4	2.0	1.1		
				Total	695	1.0		2.0	14	1.1		
	Leaching	Solution	C → E, F, G	January		0.0			73.7	83.7	84.5	
				February		0.0			65.2	81.8	82.6	
				March		0.0			80.7	80.6	81.6	
				April		0.0			62.7	88.3	89.3	
				May		0.0			66.1	81.8	82.8	
				June		0.0			88.5	80.6	81.4	
				July		0.0			91.2	86.3	87.0	
				August		0.0			102.3	82.0	82.8	
				September		0.0			79.8	64.1	64.7	
				October		0.0			61.7	50.5	51.1	
				November		0.0			82.0	56.4	57.1	
				December		0.0			124.8	71.2	72.1	
				Total		0.0			979	73.7	74.5	
		Waste ore	D	January	4,307	97.3		0.3	13.5	15.3		
				February	4,469	97.6		0.3	13.7	17.2		
				March	4,797	97.4		0.4	18.3	18.2		
				April	3,711	97.4		0.2	7.5	10.6		
				May	4,443	97.5		0.3	13.8	17.0		
				June	6,342	97.6		0.3	20.2	18.4		
				July	4,921	97.2		0.3	13.6	12.9		
				August	6,141	97.4		0.4	21.3	17.1		
				September	6,380	97.8		0.7	43.6	35.0		
				October	6,879	98.1		0.9	59.1	48.3		
				November	7,392	97.9		0.8	61.6	42.4		
				December	8,009	97.5		0.6	48.4	27.6		
				Total	67,791	97.6		0.5	334	25.2		
	Precipitation	Loss 2 : Cu distribution = 0.05%	E	January		0.0			0.0	0.0		
				February		0.0			0.0	0.0		
				March		0.0			0.1	0.0		
				April		0.0			0.0	0.0		
				May		0.0			0.0	0.0		
				June		0.0			0.1	0.0		
				July		0.0			0.1	0.0		
				August		0.0			0.1	0.0		
				September		0.0			0.1	0.0		
				October		0.0			0.1	0.0		
				November		0.0			0.1	0.0		
				December		0.0			0.1	0.0		
				Total		0.0			1	0.0		
		Precipitate Cu : Cement copper	F	January	90	2.0		77.8	70.0	79.5		95.0
				February	75	1.6		82.4	61.9	77.7		95.0
				March	97	2.0		78.8	76.7	76.5		95.0
				April	73	1.9		81.3	59.6	83.9		95.0
				May	77	1.7		81.2	62.8	77.8		95.0
				June	115	1.8		72.8	84.0	76.6		95.0
				July	110	2.2		78.6	86.6	82.0		95.0
				August	125	2.0		78.0	97.2	77.9		95.0
				September	106	1.6		71.3	75.8	60.9		95.0
				October	76	1.1		77.3	58.6	47.9		95.0
				November	101	1.3		77.0	77.9	53.6		95.0
				December	156	1.9		76.0	118.6	67.7		95.0
				Total	1,203	1.7		77.3	930	70.1		95.0
		Waste water	G	January		0.0			3.6	4.1		
				February		0.0			3.2	4.0		
				March		0.0			4.0	4.0		
				April		0.0			3.1	4.4		
				May		0.0			3.3	4.0		
				June		0.0			4.4	4.0		
				July		0.0			4.5	4.3		
				August		0.0			5.1	4.1		
				September		0.0			3.9	3.2		
				October		0.0			3.0	2.5		
				November		0.0			4.0	2.8		
				December		0.0			6.2	3.5		
				Total		0.0			48	3.6		

表3-10 酸化銅鉍処理実績(1999): Ovalleプラント:ENAMI

*1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.: 14,000t/month: 168,000t/year)

Year	Process	Product	Month	Ore Tonnage			Cu					
				t	distribut.%	RCU*1 %	grade %	t	distribut.%	leach rate %	preci.rate %	
1999	Crushing, Agglomeration	Run-of-mine ore	A → B, C, D	January	10,508	100.0	75.1	2.0	212.8	100.0		
				February	12,400	100.0	88.6	2.0	243.3	100.0		
				March	10,907	100.0	77.9	2.1	227.6	100.0		
				April	4,804	100.0	34.3	2.2	106.3	100.0		
				May	5,777	100.0	41.3	2.0	117.3	100.0		
				June	6,438	100.0	46.0	2.0	127.2	100.0		
				July	4,006	100.0	28.6	2.8	110.7	100.0		
				August	5,115	100.0	36.5	2.4	124.4	100.0		
				September	8,439	100.0	60.3	1.9	160.6	100.0		
				October	7,208	100.0	51.5	2.1	149.5	100.0		
				November	8,179	100.0	58.4	1.8	150.5	100.0		
				December	7,758	100.0	55.4	2.0	150.9	100.0		
				Total	91,539	100.0	54.5	2.1	1,881	100.0		
	Crushing, Agglomeration, Leaching	Loss 1 : Ore distribution = 1.0%	B	January	105	1.0		1.6	1.6	0.8		
				February	124	1.0		2.2	2.7	1.1		
				March	109	1.0		1.8	2.0	0.9		
				April	48	1.0		2.6	1.2	1.2		
				May	58	1.0		2.0	1.2	1.0		
				June	64	1.0		1.6	1.0	0.8		
				July	40	1.0		3.0	1.2	1.1		
				August	51	1.0		2.6	1.3	1.1		
				September	84	1.0		2.2	1.9	1.2		
				October	72	1.0		2.5	1.8	1.2		
				November	82	1.0		1.9	1.5	1.0		
				December	78	1.0		1.5	1.2	0.8		
				Total	915	1.0		2.0	19	1.0		
	Leaching	Solution	C → E, F, G	January		0.0			161.3	75.8	76.4	
				February		0.0			192.6	79.2	80.1	
				March		0.0			174.5	76.6	77.3	
				April		0.0			79.3	74.6	75.5	
				May		0.0			88.3	75.3	76.1	
				June		0.0			106.9	84.0	84.7	
				July		0.0			90.6	81.8	82.7	
				August		0.0			101.8	81.8	82.7	
				September		0.0			130.9	81.5	82.4	
				October		0.0			122.0	81.6	82.6	
				November		0.0			122.0	81.0	81.9	
				December		0.0			122.8	81.3	82.0	
				Total		0.0			1,493	79.4	80.1	
		Waste ore	D	January	10,242	97.5		0.5	49.9	23.4		
				February	12,083	97.4		0.4	48.0	19.7		
				March	10,623	97.4		0.5	51.2	22.5		
				April	4,676	97.3		0.6	25.8	24.3		
				May	5,631	97.5		0.5	27.8	23.7		
				June	6,267	97.3		0.3	19.3	15.2		
				July	3,876	96.7		0.5	18.9	17.1		
				August	4,962	97.0		0.4	21.3	17.1		
				September	8,224	97.4		0.3	27.9	17.4		
				October	7,014	97.3		0.4	25.7	17.2		
				November	7,976	97.5		0.3	27.0	17.9		
				December	7,558	97.4		0.4	27.0	17.9		
				Total	89,131	97.4		0.4	370	19.7		
	Precipitation	Loss 2 : Cu distribution = 0.05%	E	January		0.0			0.1	0.0		
				February		0.0			0.1	0.0		
				March		0.0			0.1	0.0		
				April		0.0			0.1	0.0		
				May		0.0			0.1	0.0		
				June		0.0			0.1	0.0		
				July		0.0			0.1	0.0		
				August		0.0			0.1	0.0		
				September		0.0			0.1	0.0		
				October		0.0			0.1	0.0		
				November		0.0			0.1	0.0		
				December		0.0			0.1	0.0		
				Total		0.0			1	0.0		
		Precipitate Cu : Cement copper	F	January	188	1.8		81.7	153.2	72.0		95.0
				February	235	1.9		77.9	182.9	75.2		94.9
				March	194	1.8		85.3	165.6	72.8		94.9
				April	95	2.0		78.9	75.3	70.8		94.9
				May	115	2.0		72.8	83.8	71.5		94.9
				June	125	1.9		81.0	101.5	79.8		94.9
				July	103	2.6		83.7	86.0	77.7		94.9
				August	124	2.4		78.1	96.6	77.7		94.9
				September	144	1.7		86.5	124.2	77.4		94.9
				October	141	2.0		82.3	115.8	77.4		94.9
				November	139	1.7		83.5	115.8	76.9		94.9
				December	143	1.8		81.5	116.6	77.2		94.9
				Total	1,745	1.9		81.2	1,417	75.3		94.9
		Waste water	G	January		0.0			8.0	3.7		
				February		0.0			9.6	4.0		
				March		0.0			8.7	3.8		
				April		0.0			4.0	3.7		
				May		0.0			4.4	3.8		
				June		0.0			5.3	4.2		
				July		0.0			4.5	4.1		
				August		0.0			5.1	4.1		
				September		0.0			6.5	4.1		
				October		0.0			6.1	4.1		
				November		0.0			6.1	4.0		
				December		0.0			6.1	4.1		
				Total		0.0			74	4.0		

表3-11 酸化銅鉱処理実績(2000): Ovalleプラント: ENAMI

*1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.: 14,000t/month: 168,000t/year)

Year	Process	Product	Month	Ore Tonnage				Cu			
				t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	leach rate %	preci.rate %
2000	Crushing, Agglomeration	Run-of-mine ore	A → B, C, D	January	3,258	100.0	23.3	2.1	69.3	100.0	
				February	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
				March	4,441	100.0	31.7	2.7	117.7	100.0	
				April	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
				May	5,152	100.0	36.8	2.3	120.6	100.0	
				June	2,299	100.0	16.4	2.4	54.0	100.0	
				July	3,491	100.0	24.9	2.3	81.0	100.0	
				August	5,380	100.0	38.4	2.3	123.7	100.0	
				September	4,930	100.0	35.2	2.2	105.9	100.0	
				October	5,000	100.0	35.7	2.1	102.7	100.0	
				November	4,409	100.0	31.5	2.2	96.0	100.0	
				December	4,006	100.0	28.6	2.2	88.5	100.0	
				Total	42,365	100.0	25.2	2.3	959	100.0	
	Crushing, Agglomeration, Leaching	Loss 1 : Ore distribution = 1.0%	B	January	33	1.0		1.9	0.6	0.9	
				February	0	0.0		0.0	0.0	0.0	
				March	44	1.0		2.7	1.2	1.0	
				April	0	0.0		0.0	0.0	0.0	
				May	52	1.0		2.3	1.2	1.0	
				June	23	1.0		2.4	0.5	1.0	
				July	35	1.0		2.3	0.8	1.0	
				August	54	1.0		2.3	1.2	1.0	
				September	49	1.0		1.9	1.0	0.9	
				October	50	1.0		2.5	1.2	1.2	
				November	44	1.0		1.8	0.8	0.8	
				December	40	1.0		2.2	0.9	1.0	
				Total	424	1.0		2.2	9	1.0	
	Leaching	Solution	C → E, F, G	January		0.0			56.8	82.0	82.7
				February		0.0			0.0	0.0	0.0
				March		0.0			96.3	81.8	82.6
				April		0.0			0.0	0.0	0.0
				May		0.0			98.6	81.8	82.6
				June		0.0			44.2	81.8	82.6
				July		0.0			66.3	81.8	82.6
				August		0.0			101.2	81.8	82.6
				September		0.0			82.4	77.8	78.5
				October		0.0			84.0	81.8	82.8
				November		0.0			78.6	82.0	82.6
				December		0.0			72.4	81.8	82.6
				Total		0.0			781	81.4	82.2
		Waste ore	D	January	3,169	97.3		0.4	11.9	17.1	
				February	0	0.0		0.0	0.0	0.0	
				March	4,301	96.8		0.5	20.2	17.2	
				April	0	0.0		0.0	0.0	0.0	
				May	5,002	97.1		0.4	20.7	17.2	
				June	2,231	97.1		0.4	9.3	17.2	
				July	2,390	68.5		0.4	13.9	17.2	
				August	5,225	97.1		0.4	21.3	17.2	
				September	4,799	97.3		0.5	22.6	21.3	
				October	4,866	97.3		0.4	17.4	17.0	
				November	4,287	97.2		0.4	16.5	17.2	
				December	3,893	97.2		0.4	15.2	17.2	
				Total	40,161	94.8		0.4	169	17.6	
	Precipitation	Loss 2 : Cu distribution = 0.05%	E	January		0.0			0.0	0.0	
				February		0.0			0.0	0.0	
				March		0.0			0.1	0.0	
				April		0.0			0.0	0.0	
				May		0.0			0.1	0.0	
				June		0.0			0.0	0.0	
				July		0.0			0.0	0.0	
				August		0.0			0.1	0.0	
				September		0.0			0.1	0.0	
				October		0.0			0.1	0.0	
				November		0.0			0.0	0.1	
				December		0.0			0.0	0.0	
				Total		0.0			0	0.0	
		Precipitate Cu : Cement copper	F	January	65	2.0		83.4	54.0	77.9	95.0
				February	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
				March	113	2.5		80.8	91.4	77.7	94.9
				April	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
				May	113	2.2		82.5	93.6	77.7	94.9
				June	50	2.2		84.0	42.0	77.7	94.9
				July	78	2.2		80.4	62.9	77.7	94.9
				August	113	2.1		84.8	96.1	77.7	94.9
				September	95	1.9		82.4	78.2	73.9	94.9
				October	97	1.9		82.6	79.8	77.7	94.9
				November	91	2.1		82.3	74.7	77.8	94.9
				December	79	2.0		87.3	68.8	77.7	94.9
				Total	894	2.1		82.9	741	77.3	94.9
		Waste water	G	January		0.0			2.8	4.1	
				February		0.0			0.0	0.0	
				March		0.0			4.8	4.1	
				April		0.0			0.0	0.0	
				May		0.0			4.9	4.1	
				June		0.0			2.2	4.1	
				July		0.0			3.3	4.1	
				August		0.0			5.1	4.1	
				September		0.0			4.1	3.9	
				October		0.0			4.2	4.1	
				November		0.0			3.9	4.1	
				December		0.0			3.6	4.1	
				Total		0.0			39	4.1	

表3-13 酸化銅鉱処理操業率実績(RCU): Ovalleプラント: ENAMI

Note RCU: Rate of capacity utilization (Cap.: 14,000t/month: 168,000t/year)

Cu Metal Price: LME Grade A Settlement (Original: ~ 93.6: £ /MT, 93.7 ~ : \$/MT)

Year	Product	Month	Ore Tonnage		Cu		Cu Metal
			t	RCU %	grade %	t	LME ¢ /lb
1994	Run-of-mine ore	January	10,017	71.6	2.1	207.5	81.89
		February	12,593	90.0	2.0	256.4	84.12
		March	13,145	93.9	2.1	278.3	86.86
		April	15,425	110.2	2.1	329.9	85.36
		May	12,346	88.2	2.1	262.4	97.55
		June	12,094	86.4	2.1	253.5	107.24
		July	11,867	84.8	2.1	249.9	111.50
		August	10,191	72.8	2.1	215.9	109.15
		September	12,478	89.1	2.1	262.4	113.67
		October	10,615	75.8	2.2	230.0	115.52
		November	11,766	84.0	2.1	248.9	127.03
		December	10,294	73.5	2.3	237.5	135.35
		Total	142,831	85.0	2.1	3,033	104.60
1995	Run-of-mine ore	January	9,764	69.7	2.3	225.5	136.48
		February	9,592	68.5	2.2	208.0	130.53
		March	11,165	79.7	2.2	249.6	132.63
		April	10,598	75.7	2.2	228.4	131.70
		May	10,823	77.3	2.2	237.1	125.80
		June	10,420	74.4	2.2	230.2	135.84
		July	10,928	78.1	2.2	240.2	139.51
		August	10,686	76.3	2.2	239.7	137.75
		September	9,925	70.9	2.3	223.1	132.25
		October	10,278	73.4	2.3	234.7	127.62
		November	10,579	75.6	2.3	240.4	135.05
		December	11,598	82.8	2.2	256.8	132.73
		Total	126,356	75.2	2.2	2,814	133.16
1996	Run-of-mine ore	January	12,843	91.7	2.2	281.5	118.68
		February	13,644	97.5	2.3	314.1	115.11
		March	12,436	88.8	2.3	285.6	116.17
		April	12,517	89.4	2.3	292.7	117.74
		May	11,322	80.9	2.2	251.1	120.58
		June	12,626	90.2	2.2	273.8	90.27
		July	12,568	89.8	2.1	265.6	90.06
		August	11,662	83.3	2.3	262.0	91.11
		September	11,596	82.8	2.2	253.3	88.06
		October	12,164	86.9	2.2	261.6	88.96
		November	8,232	58.8	2.2	181.8	101.19
		December	6,837	48.8	2.0	134.4	102.88
		Total	138,449	82.4	2.2	3,058	104.09
1997	Run-of-mine ore	January	6,808	48.6	1.9	128.6	110.45
		February	4,584	32.7	2.1	96.5	109.13
		March	8,512	60.8	1.9	160.2	109.83
		April	9,888	70.6	1.4	141.6	108.46
		May	5,251	37.5	2.1	110.6	114.05
		June	2,170	15.5	2.5	53.2	118.51
		July	3,585	25.6	2.2	78.8	111.15
		August	4,819	34.4	2.3	109.4	102.11
		September	3,220	23.0	2.2	72.1	95.59
		October	3,669	26.2	2.1	78.5	93.09
		November	4,170	29.8	2.2	90.3	86.97
		December	4,793	34.2	2.1	100.1	79.94
		Total	61,468	36.6	2.0	1,220	103.27

1998	Run-of-mine ore	January	4,425	31.6	2.0	88.1	76.59
		February	4,580	32.7	1.7	79.7	75.51
		March	4,927	35.2	2.0	100.2	79.29
		April	3,812	27.2	1.9	71.0	81.69
		May	4,555	32.5	1.8	80.7	78.58
		June	6,495	46.4	1.7	109.7	75.32
		July	5,062	36.2	2.1	105.6	74.89
		August	6,306	45.0	2.0	124.8	73.52
		September	6,525	46.6	1.9	124.5	74.74
		October	7,011	50.1	1.7	122.3	71.96
		November	7,550	53.9	1.9	145.2	71.39
		December	8,216	58.7	2.1	175.2	66.84
		Total	69,465	41.3	1.9	1,327	75.05
1999	Run-of-mine ore	January	10,508	75.1	2.0	212.8	64.92
		February	12,400	88.6	2.0	243.3	63.99
		March	10,907	77.9	2.1	227.6	62.52
		April	4,804	34.3	2.2	106.3	66.50
		May	5,777	41.3	2.0	117.3	68.55
		June	6,438	46.0	2.0	127.2	64.52
		July	4,006	28.6	2.8	110.7	74.39
		August	5,115	36.5	2.4	124.4	74.74
		September	8,439	60.3	1.9	160.6	79.39
		October	7,208	51.5	2.1	149.5	78.21
		November	8,179	58.4	1.8	150.5	78.36
		December	7,758	55.4	2.0	150.9	80.05
		Total	91,539	54.5	2.1	1,881	71.34
2000	Run-of-mine ore	January	3,258	23.3	2.1	69.3	83.64
		February	0	0.0	0.0	0.0	81.69
		March	4,441	31.7	2.7	117.7	78.90
		April	0	0.0	0.0	0.0	76.15
		May	5,152	36.8	2.3	120.6	80.99
		June	2,299	16.4	2.4	54.0	79.52
		July	3,491	24.9	2.3	81.0	81.62
		August	5,380	38.4	2.3	123.7	84.18
		September	4,930	35.2	2.2	105.9	88.92
		October	5,000	35.7	2.1	102.7	86.12
		November	4,409	31.5	2.2	96.0	81.43
		December	4,006	28.6	2.2	88.5	83.94
		Total	42,365	25.2	2.3	959	82.26

表3-14 銅建値 ¢/lb

注) LME : Grade A 現物 (売) ¢/lb [原表示 : ~ 93.6: £ /MT, 93.7 ~ : \$/MT]、COMEX : 当月 ¢/lb [~ 89.12: S.G.価格, 90.1 ~ : H.G.価格]

	1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002	
	LME	COMEX	LME	COMEX	LME	COMEX	LME	COMEX	LME	COMEX	LME	COMEX	LME	COMEX	LME	COMEX	LME	COMEX
1月	81.89	83.84	136.48	139.91	118.68	118.09	110.45	108.29	76.59	76.88	64.92	65.12	83.64	84.84	81.08	83.70	68.22	69.79
2月	84.12	87.13	130.53	133.77	115.11	116.25	109.13	110.23	75.51	75.52	63.99	63.94	81.69	82.41	80.09	82.01	70.85	72.23
3月	86.86	89.76	132.63	139.04	116.17	118.20	109.83	114.80	79.29	79.69	62.52	62.50	78.90	79.63	78.87	80.07	72.80	74.53
4月	85.36	87.87	131.70	134.00	117.74	119.29	108.46	109.70	81.69	81.58	66.50	67.01	76.15	77.36	75.49	76.26	72.14	73.11
5月	97.55	100.30	125.80	127.93	120.58	123.33	114.05	115.25	78.58	78.02	68.55	69.06	80.99	82.80	73.30	76.85	72.38	73.22
6月	107.24	108.58	135.84	137.76	90.27	105.70	118.51	117.57	75.32	74.90	64.52	65.23	79.52	80.74	72.96	72.58	74.73	76.23
7月	111.50	111.68	139.51	138.16	90.06	90.57	111.15	109.94	74.89	75.37	74.39	76.02	81.62	83.93	69.18	69.44		
8月	109.15	109.38	137.75	137.77	91.11	92.14	102.11	102.11	73.52	73.30	74.74	75.88	84.18	86.67	66.43	67.34		
9月	113.67	120.05	132.25	132.14	88.06	90.51	95.59	95.14	74.74	75.62	79.39	80.89	88.92	91.49	64.70	65.43		
10月	115.52	118.90	127.62	128.00	88.96	93.53	93.09	93.08	71.96	72.25	78.21	79.30	86.12	87.63	62.47	63.20		
11月	127.03	129.97	135.05	136.50	101.19	100.80	86.97	87.55	71.39	71.48	78.36	79.10	81.43	83.25	64.76	66.09		
12月	135.35	136.86	132.73	131.78	102.88	102.78	79.94	79.29	66.84	66.21	80.05	81.35	83.94	86.92	66.76	67.83		
年平均	104.60	107.03	133.16	134.73	104.09	105.87	103.27	103.58	75.05	75.08	71.34	72.11	82.26	83.97	71.59	72.57		

表 3-16 酸化銅鉍処理の目標：Ovalleプラント：ENAMI

摘 要		年間 目標：X ₁	実勢 Max.：X ₂	2000年 実績：Y	1994～2000年 実績	差：X ₁ - Y	差：X ₂ - Y	対策 又は 期待外部条件()
1. 操業率：対設備能力稼働率	%	90.0	57.1	25.2	25.2～85.0: Ave.57.2	+64.8	+31.9	1)ENAMIによる買鉱への更なるインセンティブ
(1) 原鉱鉱量（溶解銅品位）	t/year (Cu-%)	151,200 (同右)	96,000 (同右)	42,365 (2.3)	42,365～142,831: Ave.96,096 (1.9～2.3: Ave.2.1)	+108835 (±0)	+53,635 (±0)	2)ENAMIによる鉱山経営 3)買鉱カットオフ品位の下げ
(2) 設備能力	t/year	168,000	168,000	168,000	168,000	±0	±0	4)一次浸出廃石の二次浸出定常組込み 5)銅建値 >80～90 ¢/lb()
2. 総合銅採収率 (計算式) 総合銅採収率 = (100 - 銅ロス 1) × 銅浸出率 / 100 × 銅沈殿率 / 100 - 銅ロス 2	%	81.5	(同左)	77.3	56.8～77.3: Ave.72.1	+4.2	+4.2	
(1) 銅ロス 1 分布率：破砕、塊状化、浸出	%	0.5	(同左)	1.0	0.9～1.1: Ave.1.0	-0.5	-0.5	1)更に粉塵発生防止、2)細粒湿式処理、回収
(2) 銅浸出率（内、リーチング廃液及び 同処理水のリーチング繰返し回収分） [参考：リーチング廃液中の銅分布率]	%	86.3 (3.1)	(同左)	82.2 (0.0)	60.3～82.2: Ave.76.7 (0.0)	+4.1 (+3.1)	+4.1 (+3.1)	1)粒度他最適化 2)リーチング廃液及び同処理水のリーチング繰返 し：繰返し回収、バクテリア利用、Fe ³⁺ 利用
(3) 銅沈殿率	%	95.0	(同左)	94.9	[2.9～4.1: Ave.3.8] 94.9～95.0: Ave.94.9	+0.1	+0.1	1)更なる管理、安定
(4) 銅ロス 2 分布率：沈殿	%	0.05	(同左)	0.05	0.05	±0	±0	1)同上
3. 生産沈殿銅								
(1) 沈殿銅量、同銅品位	1) 量 2) 品位	計算 3,415 83.0	計算 2,168 (同左)	894 82.9	894～2,907: Ave.1,865 75.3～82.9: Ave.78.3	+2,521 +0.1	+1,274 +0.1	1)更なる管理、安定
(2) 銅量	1) 量	計算 2,834	計算 1,799	741	741～2,261: Ave.1,448	+2,093	+1,058	
4. 収入(生産金額)[A]：試算推定	US\$/year	2,611,519	1,657,461	654,485		+1,957,034	+1,002,976	
5. 生産コスト[B]	US\$/year	3,347,568	2,125,440	987,528		+2,360,040	+1,137,912	
(1) 単位生産コスト	US\$/原鉱 (¢/生産Cu-lb)	22.14 (計算 53.6)	(同左) (計算 53.6)	23.31 (計算 60.5)		-1.17 (-4.8)	-1.17 (-4.8)	1)全項目 5%削減
6. 年間生産粗利益[A - B]	US\$/year	-735,949	-467,979	-333,043		-402,906	-134,936	
< 年間操業改善金額 >	US\$/year	<+452,676>	<+286,704>					

3.2.3 硫化銅鉱処理

(1) 処理プロセス

硫化銅鉱は、破碎→摩鉱→浮選による浮選法により処理し、銅精鉱（copper concentrate）を生産している。

ブロックダイアグラム（概略）とマテリアルバランス（2000年実績）とを図3-5に、又ブロックダイアグラムと同設備一覧とを図3-6に、示す。

(2) 操業成績

銅建値が80¢/lbを切るようになる1998年以降、買鉱量の確保が困難となり、生産は低迷したが、2001年以降、銅建値は依然低水準にあるものの、ENAMIの努力により、操業率を80%以上までに復調させている。

データの揃っている1994年以降の硫化銅鉱処理成績（実績）を表3-17～3-24に、硫化銅鉱処理操業単位コスト（2000年実績）を3.1の表3-3の下段に、又、硫化銅鉱処理主要物品原単位（2000年実績）を表3-25に示す。

表 3-25 主要物品原単位：硫化銅鉱処理 2000 年実績

	摩鉱	浮選	
	ボール kg/原鉱 t	消石灰 kg/原鉱 t	浮選剤 kg/原鉱 t
原単位	0.63	2.21	0.20

(3) 収入増に係る検討

硫化銅鉱処理に係る収入の概念は、次式で示される。

$$\text{収入} = \sum [\{ \text{Cap.} \times A/100 \times B/100 \times (100 - C)/100 \times D/100 \} (100 - E)/100 \times F]$$

：各ロット毎の計

ここで、Cap.：硫化銅鉱処理設備能力 (t/month, t/year)

A：操業率 (%)

B：原鉱硫化銅鉱に係る銅他品位 (%)

C：銅他ロス率 (%)

D：銅他採収率 (%)

E：不稼働率 (%)

F：ENAMI よりの収入

- 1) Cap.：硫化銅鉱処理設備能力 (t/month, t/year)：7,000t/month (84,000t/year)

課題 1：生産規模、即ち設備能力を増強できれば、単位処理コスト減に寄与する。

検討 1：大量処理（mass production）即ち増産の可能性。

結果 1：1998年以降は銅建値が80¢/lbを下回り、鉱山よりの出鉱量、即ち買鉱量が低調であり、増産の状況になかったが、2001年以降の買鉱量が好調で、30

～40千tの原鉱のストックができ、増産が可能な状況に変わった。

対策1：ENAMIの買鉱に係る更なるインセンティブにより、近隣の中小鉱山の出鉱可能量の増強を図る。尚、ENAMIが鉱山経営に乗り出せば、十分な鉱量を確保することは更に容易となる、と考える。

目標1：設備能力の増強を行い、増産を検討する。

尚、2002年夏季に設備能力の増強を行い、従来の7,000t/month(84,000t/year)より、11,000t/month(132,000t/year)程度への増産起業を実施した。設備能力の増強は、起業費約90百万ペソ(約120千US\$)を以て、摩鉱では可動式ミルをENAMI Vallenarプラントより、浮選では浮選機をENAMI El Saladoプラントより、脱水ではフィルタをENAMI Taltalプラントより各移設し行われた。

2) A：操業率：対設備能力稼働率：RCU(Rate of capacity utilization)と記す

課題2：安定経営のための最重要事項は、高操業率の安定確保である。

検討2：高操業率の確保、即ちそのために必要な買鉱量の確保。

結果2：先に述べたとおり買鉱量の確保が困難であり、酸化銅鉱の場合の程でないにしろ、操業率は低調であった。これは、鉱山がENAMIの傘下になく管理できないものであり、その規模は中小、零細で生産調整が困難である上に、出鉱量が銅建値に強く相関し、特に最近の1998年以降は建値が63～89¢/lbと低く、鉱山よりの出鉱量が落ち込んだことによる。2001年以降はENAMIの努力により好調に転じた。データの揃っている1994年以降の硫化銅鉱処理操業率実績と、銅建値との関係を以下の表、図に示す。

・表3-26：硫化銅鉱処理操業率と銅建値：1994～2000実績

・表3-14：銅建値：LME Grade A 現物(売り)他：1994～2001実績

・図3-7：硫化銅鉱処理操業率と銅建値：1994～2000実績

表3-27に、硫化銅鉱処理操業率と銅建値との関係をまとめた。

表3-27 硫化銅鉱処理操業率と銅建値まとめ

範囲	月数	銅建値(*8) ¢/lb			硫化銅鉱処理操業率(*9) %				
		建値別	範囲	平均	<50	50～80	80～100	100<	平均
94.1～97.11	延べ 47ヶ月	高値期	82～140	111.9	1ヶ月 [2%]	15ヶ月 [32%]	22ヶ月 [47%]	9ヶ月 [19%]	82.5 [100%]
97.12～01.5	延べ 42ヶ月	安値期	63～89	76.5	17ヶ月 [40%]	20ヶ月 [48%]	4ヶ月 [10%]	1ヶ月 [2%]	53.8 [100%]

注) *8：LME Grade A 現物(売) *9：[]内は、操業率別月数割合

硫化銅鉱処理操業率と銅建値の間には、正の強い相関が見られる。

銅建値高値期(約82¢/lb以上、平均約112¢/lb)の場合、操業率は80%以上を66%占め、平均で82.5%となり、通期でも50%以上をほぼ確保し、酸化銅鉱処理に比し良好な操業率を得た。

一方、銅建値安値期(約89¢/lb以下、平均76.5¢/lb)では、操業率の80%

以上は僅かに 12%で、特に 50%未満は 40%を占め、平均で 53.8%と大幅に下がり、操業率の確保は不十分であり、2000 年の操業率は 56.4%である。

銅建値が 80 ~ 90 ¢ /lb を境に、これ以上なら買鉱がし易いが、以下ならば買鉱し難い状況にある。硫化銅鉱は、酸化銅鉱に比し買鉱し易い。

尚、2001 年に入り硫化銅鉱に係る買鉱は非常に好調で、それ以降の操業率は 80%以上と大幅に向上している。

対策 2：操業率の向上に努力し、それに伴う単位処理コストの減と、多処理安定操業による安定した収入増とを図るべきと考える。

更には、ENAMI 買入れ価格と鉱山出鉱コストとの間の差に対するインセンティブ、及び探鉱等に掛かる融資の拡充、技術指導（含む鉱山、運搬の統合化）による採掘コスト低減と、ENAMI にも鉱山経営が可能となるように法律、定款の変更を検討する。

現在、インセンティブ実施による買鉱量の増加を図っている。

目標 2：操業率 90% (7,000t/month (84,000t/year) × 90% = 6,300 t/month (75,600 t/year)
増産後(11,000t/month(132,000t/year) × 90% = 9,900t/month(118,800t/year))
へ安定、向上

← 2000 年 56.4% (1994 ~ 2000 年 42.3 ~ 95.5%, 平均 69.2%)

尚、当操業率向上には、銅建値の 80 ~ 90 ¢ /lb 以上の安定した価格と、買鉱へのインセンティブが必要となる。

3) B (原鉱硫化銅鉱に係る銅他品位)

課題 3：単位処理コストの減が可能ならば、現在の買鉱カットオフ品位を下げる事ができる。これは、鉱山における埋蔵鉱量を増やすことになり、採掘対象鉱量が増加する。従って、鉱山による出鉱がし易くなり、結果的に買鉱量の増が図れる。

検討 3：単位処理コスト減に伴い、買鉱カットオフ品位減。

結果 3：原鉱（買鉱）銅品位は、1.7 ~ 2.9%(1994 ~ 2000 年, 平均 2.2%)である。現在、単位処理コスト減と、これに伴う買鉱に係るカットオフ品位の引下げが図られ、買鉱の安定に寄与している。

対策 3：銅建値が上がれば、カットオフ品位は自然と下がる面もあるが、更に引き下げる必要がある。

尚、硫化銅鉱の浮選処理の場合は、硫化銅鉱に係る品位だけが浮選での採収に寄与するので、寄与しない酸化銅鉱の買鉱への混入防止に注意を払う必要がある。

又、同時に副産物(by-product)の Au, Ag(, Mo 等)及び銅精鉱の製錬部門への売鉱時のペナルティに係る不純物金属の品位の管理も行う。

目標 3：単位処理コスト減に伴う 1%程度までの買鉱カットオフ品位減

← 2000 年 月間最低 1.5% (1994 ~ 2000 年 1.3 ~ 4.5%, 月間最低 1.3%)

4) C (銅他ロス率)

現在、ロスは計上されていないが、以下に検討する。

4)-1 破碎他粉塵

課題 4：破碎産物の横持ち貯鉱において原鉱に比し高品位の粉塵が発生し、これらの散逸により多量のロスが生じていると思われる。

当粉塵の減ができれば、採収率増、即ち収入増に大きく寄与する。

検討 4：粉塵発生減。

結果 4：現在、散水の実施により、非常に少なくなっている。

対策 4：破碎産物の横持ちを少なくする等により更に粉塵の発生を抑えると共に、将来的には、細粒(*10)を分離し、湿式処理することを検討する。尚、後者の場合は、原鉱ロットの査定方法を別に検討する。

*10：買鉱時初生（一次）及び破碎時発生二次のスライム

目標 4：僅少ロスの継続。

4)-2 摩鉱、浮選、精鉱脱水に係る洩れ鉱/鉱液(pulp)

課題 5：摩鉱、浮選、精鉱脱水各工程に係る洩れ鉱/鉱液の散逸があらば、その減により採収率増、即ち収入増に寄与する。

検討 5：洩れ鉱/鉱液の系外への散逸防止。

結果 5：洩れ鉱/鉱液は、十分なピット管理によりほとんどない。

対策 5：現在の施策を継続実施。

目標 5：僅少ロスの継続。

4)-3 脱水、天日乾燥、積込み、運搬に係る銅精鉱

課題 6：脱水、天日乾燥、積込み、運搬各工程に係る洩れ鉱/鉱液の散逸があらば、その減により採収率増、即ち収入増に寄与する。

検討 6：銅精鉱の系外への散逸防止。

結果 6：乾燥場の風防等により、散逸はほとんどない。

対策 6：現在の施策を継続実施すると共に、水洗場設置による積込みに係る重機の足回りよりの散逸及び、シート敷き/覆いによる運搬よりの散逸を防止。

目標 6：僅少ロスの継続

尚、銅精鉱濃縮において、微細粒子に対する長時間沈降設備を新設した。

5) D (銅他採収率)

5)-1 原鉱石構成鉱物：浮選対象鉱物は、硫化銅鉱物

鉱石鉱物 黄銅鉱 Chalcopyrite CuFeS_2 ：一次硫化銅鉱

斑銅鉱 Bornite Cu_5FeS_4 ：(")

銅藍 Covellin/Covellite CuS ：二次硫化銅鉱

輝銅鉱 Chalcocite Cu_2S ： "

脈石鉱物 褐鉄鉱 Limonite：針鉄鉱(Goethite $\alpha\text{-FeO(OH)}$)を主体とした微細粒、土状鉄鉱物の集合体

黄鉄鉱 Pyrite FeS_2

赤鉄鉱 Hematite $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$

方鉛鉱 Galena PbS

石英 Quartz SiO₂ 他

5)-2 必要基礎研究

鉱物研究

原鉱、精鉱、尾鉱について以下の研究を行う。

- a) 構成鉱物とその割合、及び金属品位
- b) 採収対象硫化銅鉱物の状態分析(自形 idiomorphic/他形 allotriomorphic 等) 特に精鉱、尾鉱における片刃の有無
- c) 採収対象硫化銅鉱物の単体分離粒度

選鉱研究

まず、浮選基礎要因解析研究を、実験計画法(Design of Experiment)を以て実施する。

- a) 要因 1 : 採収対象鉱物
- b) 要因 2 : 摩鉱産物粒度(浮選給鉱粒度) 同粒度分布 → 単体分離度
- c) 要因 3 : 浮選条件付 → 条件付方法(角形槽/円筒槽、攪拌(インペラーの数と向き) 攪拌にポンプ併用/不併用) 浮選剤(*11)の種類、添加量、添加順序、添加時間、添加段数、添加位置 : 鉱液温度
*11 : pH 調整剤、活性剤、抑制剤、硫化剤、分散剤、捕収剤、起泡剤
- d) 要因 4 : 浮選時間 → 浮選濃度(鉱液濃度) 浮選槽容量
- e) 要因 5 : 浮選プロセス → 単一浮選(Plain flotation)/直接優先浮選(Straight differential flotation)/総合優先浮選(Bulk differential flotation) 等
- f) 要因 6 : 浮選機 → ボックス(box)型(機械攪拌式 : cell to cell 式/free flow 式) /コラム(column)型(エア-攪拌式 pneumatic[super charge]) : 鉱液の短絡多/少 : 粗(coarse)/細(fine)/微細(micro)各気泡(bubble)
- g) 要因 7 : 制御 → 自動計測・制御型/手動(manual)制御型 : プロセス制御の方法(基本制御系 : フィード・バック(feed back)制御/フィード・フォワード(feed-forward)制御/両者複合制御)(応用制御系 : 適応制御/ファジ- (fuzzy)制御/エキスパート・システム制御 他)
- h) 要因 8 : 運転頻度 → 特に、摩鉱・浮選系
- i) 要因 9 : スライムの除去、又は別途処理(スライム浮選 等) → あり/なし
- j) 要因 10 : 浮選給鉱硫化銅鉱物の表面酸化程度 → 摩鉱後の触空気時間 長/短

次に、採収率向上に係る研究を行う。

- a) 目標採収率把握 → 必要浮選時間把握 : 粗選、清掃選通しの浮鉱金属量、即ち採収率に係るものと浮選時間における「採収率 - 時間」曲線より把握
- b) 浮選時間不足対策
 - ・不適切 : 浮選槽容量増加、即ち浮選槽増設 → 多設備・設置場所、高コスト
 - ・適切 1 : 摩鉱工程での高濃度維持と浮選鉱液濃度増加、特に浮選工程での浮鉱流送樋における射水量減少 → 少設備・設置場所、低コスト
 - ・適切 2 : 必要十分な単体分離度を得る摩鉱の効率化による同分離度増加、即ち浮遊特性増加、必要浮選時間減 → 少設備・設置場所、低コスト

更に、精鉱品位向上に係る研究を行う。

- a) 目標精鉱品位把握 → 必要精選段数把握：精選の浮鉱金属品位、即ち精鉱品位と精選段数とにおける「精鉱品位 - 精選段数」折れ線より把握
- b) 精選段数不足対策
 - ・コラム型浮選機の採用 → ボックス型に比し、浮鉱(froth)層厚は 5～10 倍と厚く確保でき、精鉱品位の向上と精選操業とを良好安定にする
 - ・粗選浮鉱の濃縮/脱水 → 過剰浮選剤（起泡剤、捕収剤 等）の除去
 - ・その他 → 浮選剤、特に起泡剤の種類と量との最適化 他

5)-3 銅採収率

課題 7：最適摩鉱・浮選条件における最適銅採収率。

検討 7：最適摩鉱・浮選条件の把握。

結果 7：未だ向上の可能性がある。

尚、現在の摩鉱産物（浮選給鉱）粒度 -200mesh (-0.074mm) 76～80%。

対策 7

- a) 鉱物研究：構成鉱物同定、採収対象硫化銅鉱物状態分析、同鉱物単体分離粒度研究（即ち、最適摩鉱時間確認、破碎/摩鉱プロセス検討）
- b) 選鉱研究 1：摩鉱に係る必要十分な単体分離を得る効率化研究

通常 採収対象鉱物の完全な単体分離を得るために、全鉱石粒子を十分に摩鉱：十分に摩鉱すればする程、二次スライムの発生量は多くなり、浮選を阻害し採収率は低下する。又、鉱石鉱物を十分に摩鉱することは、一般的にそれより硬い脈石鉱物をも十分に摩鉱することになるので、摩鉱コストが高くなる。



対策 摩鉱の若干減により摩鉱産物粒度を若干粗粒化とし、その結果単体分離粒度が不十分となる鉱石粒子のみを再摩鉱。即ち、必要な鉱石鉱物のみ十分な摩鉱を行い、脈石鉱物は必要以上に摩鉱しない。これにより、摩鉱の効率化とコスト減が得られる。

・再摩鉱 1：粗選(R: Rougher)浮鉱は、十分単体分離され浮遊特性が高い粒子の集合体であるので、精選(C: Cleaner)に送り精鉱とするが、清掃選(S: Scavenger)浮鉱は、単体分離が不十分、即ち片刃が多く、浮遊特性が低いことより、現在は粗選に戻しているが、摩鉱へ戻し再摩鉱する。これを図 3-8 に示す。

・再摩鉱 2：精選沈鉱(sink)を同精選内に設置する小型摩鉱機で再摩鉱する。

- c) 選鉱研究 2：摩鉱に係るプロセス最適化研究
 - ・ボールミル：1 段
 - ・ボールミル：2 段
 - ・ロッドミル - ボールミル：2 段
 - ・半自生ミル(SAG: Semi Autogenous mill) - ボールミル：2 段
：破碎機能を一部含む 他
- d) 選鉱研究 3：浮選に係る要因解析研究

e) 選鉱研究 4：浮選（粗選、清掃選関係）に係る採収率向上研究

[手順] 浮選曲線 → 必要採収率 → 最適浮選時間確認

通常 浮選槽容量増：コスト高、設置場所必要



対策 浮選時間が不足する又は更に採収率の向上を図る場合の対策に、最も効果的なのは浮選時間の増であり、これには浮選濃度(即ち、鉱液濃度 PD)の上昇が最も効果的である。

粗選、清掃選のフロス樋の傾斜を強め、フロス流送水量を減じる。即ち、浮選濃度を増し、浮選流量を減として浮選時間の増を得る。本体策では、必要に応じフロスポンプの設置等措置を講ずる。又、摩鉱での水の使用を最小限として、摩鉱産物の濃度低下を抑える。

2001.12 の浮選濃度は、[平均]約 20%(浮選給鉱濃度 PD 26.11%, 浮選尾鉱濃度 PD 14.88%)であり、この浮選濃度の増による浮選時間の大幅な向上が可能である。

尚、2002 年夏季の増産起業に伴い、浮選時間の見直しを行った。

摩鉱産物濃度 PD 70→80%、浮選給鉱濃度 PD 18→27%、同尾鉱濃度 PD 14→25%へ改善し、これらにより浮選時間は約 76%の増加を見、採収率の大幅な向上を得た。浮選濃度改善は、当方提案通り、摩鉱産物濃度増、及び粗選、清掃選のフロス樋の傾斜を強め、フロス流送水量を減じることにより行なわれた。

f) 選鉱研究 5：浮選（精選関係）に係る精鉱品位向上研究

[手順] 精選曲線 → 必要精鉱品位 → 精選段数

目標 7：銅採収率 91%に向上、安定確保

← 2000 年 84.3% (1994 ~ 2000 年 84.3 ~ 93.5%, 平均 89.9%)

5)-4 金、銀等採収率

課題 8：最適金、銀等採収率。

検討 8：最適浮選条件。

結果 8：金、銀のみ採収。モリブデン(Mo)はなく、採収不対象。

金、銀は銅に挙動を共にするために、浮選管理は銅にて行う。

対策 8：現在の施策を継続実施。金、銀の鉱物研究。

目標 8：銅の採収率向上に伴い、金、銀の採収率向上。

← 2000 年 Au 42.1%, Ag 162.1(?)%

(1994 ~ 2000 年 Au 42.1 ~ 179.8(?)%, Ag 87.1 ~ 327.8(?)%)

5)-5 銅精鉱銅品位

課題 9：最適銅精鉱品位

検討 9：最適摩鉱、浮選条件

結果 9：採収率重視で、精鉱品位は従。又、精鉱品位は、原鉱中の一次/二次硫化銅鉱の構成割合により大きく変動する。ただ、関係主要銅鉱物の内で一番銅品位の低い黄銅鉱の銅品位でも 34.6%であることより、銅精鉱品位は未だ向上の可能性がある。

対策 9・精選フローの見直し

現在、粗選第 1 区浮鉱は、そのまま精鉱となっているが、やはり通常通り精選を通して品位の向上を図るべきと考える。これは、粗選浮鉱には、片刃、迷い込みの粒子が少なからず混入していることによる。

- ・精選に、コラム浮選の導入検討
- ・精選に、小型摩鉱機による再摩鉱の導入検討
- ・黄鉄鉱は、その浮選挙動が硫化銅鉱と非常に似ているため、黄鉄鉱の含有が多い場合は pH 調整他により抑制、分離を検討

目標 9：大規模鉱山平均の 30%程度を目指す。

← 2000 年 22.3% (1994 ~ 2000 年 22.0 ~ 29.1%(月間 Max.45.6%),
平均 26.4%)

5)-6 銅精鉱不純物品位

課題 10：製錬有害金属不純物 (Pb, Zn, As, Sb, Bi, Ni, F, Cl 等) に対する混入防止

検討 10：原鉱での分析、買鉱防止、銅精鉱への含有防止

結果 10：現在は特に配慮されていない。

対策 10：必要に応じて対応する。

目標 10：将来的には、上記不純物も生産管理対象とすることを検討する。

6) E (不稼働率)

課題 11：不稼働率低下

検討 11・処理鉱石不足防止

- ・設備事故発生防止
- ・人身事故発生防止
- ・労働争議防止

結果 11：処理鉱石不足は、操業率の大幅低下による経営の不安定を招き、大きな問題となっている。銅建値への連動と、長期集中休暇 (バカシオン) とに
関係する所もあると考える。： 2) 参照

その他の項目は、近年良好。

対策 11：更に不稼働率高上防止を検討

目標 11：処理鉱石不足防止による操業率の向上： 2) 参照

7) F (ENAMI よりの収入)

課題 12：収入増による収支尻 (収入 - 支出 (コスト)) の改善、向上。

硫化銅鉱処理に係る収入は、次式にて示される。

Ovalle プラント硫化銅鉱処理に係る収入

= 原鉱調達 (買鉱) 手数料 + 破碎処理手数料 + 摩鉱・浮選処理手数料 + 銅精鉱評価収支

即ち、処理鉱量の関数となる各手数料と、銅精鉱銅量と銅精鉱量との関数になる銅精鉱評価の基準評価との差による銅精鉱評価収支より構成される。

検討 12・処理鉱量増

- ・銅採収率増、銅精鉱銅品位増

結果 12：硫化銅鉱処理に係る収入は、以下のように試算される。

- ・2000 年生産実績

処理鉱量 = 設備能力(84,000t/year) × 操業率 56.4% = 47,418t/year で

$Y = 493,362\text{US\$}/\text{yea}$

- ・年間目標：2002 年夏季までの設備能力を以て試算

処理鉱量 = 設備能力(84,000t/year) × 操業率 90% = 75,600t/year で、

$X = 1,015,368 \sim 951,003\text{US\$}/\text{year}$

対策 12：更に処理鉱量増、銅採収率増、銅精鉱銅品位増を図る。

目標 12：継続検討する。併せて現状/将来に合った処理規模の検討も継続して行う。

(4) コスト減に係る検討

トータルコスト減を目指さなければならないが、管理指標としては単位生産（処理）コスト（US\$/原鉱 t 及び ¢/産出 Cu-lb）が重要である。

トータルの目標として、操業関係単位生産（処理）コストで 5%減を図る。

15.93US\$/原鉱 t ← 2000 年 16.77 US\$/原鉱 t（出典：MEMORIA ANUAL 2000：ENAMI）

：結果として計算にて 47.1 ¢/産出 Cu-lb ← 2000 年 52.8 ¢/産出 Cu-lb

1) 省力

課題 13：組織、人員の最適化。

検討 13：現在から将来への生産計画に沿った見直し。

結果 13：現在、生産計画に沿い人員の削減を実施中。

対策 13：更に見直し。

目標 13：継続検討する。

2) 省エネ

課題 14：処理効率の最適化：電力、動力/燃料用油等使用エネルギーの減。

検討 14：設備能力フル設備能力での処理及びプロセス見直し。

結果 14：設備能力フル設備能力での処理、いわゆる鉱石を貯めてのまとめ処理による各エネルギー原単位減は、現在も実施している。

対策 14：鉱石を貯め、まとめて処理することを継続し、処理プロセスを見直して、電力、油等エネルギーの更なる原単位減を図る。

目標 14：継続検討する。

3) 省資源

課題 15：処理効率の最適化：動力、各設備ライナー類の最少化。

検討 15：設備能力フル設備能力での処理及びプロセス見直し。又、耐摩耗材活用の検討。

結果 15：設備能力フル設備能力での処理、いわゆる鉱石を貯めてのまとめ処理に

よる各使用剤/材の原単位減は、現在も実施している。

対策 15：ライナー類は、特に破碎、摩鋳工程において耐摩耗剤の活用を図ることで原単位減を図る。耐摩耗材の採用は、メンテナンス、特に取替え工数、時間を大幅に下げることが可能となり、省資源に大きく寄与する。

目標 15：継続検討する。

- (5) 目標（まとめ）：年間目標は、2002 年夏季までの設備能力を以て試算
硫化銅鋳処理に係る操業改善をまとめ、硫化銅鋳処理の目標を表 3-28 に示す。

・操業改善 1：収入（生産金額）増関係

操業率増：2000 年実績[Y] 56.4% → 年間目標[X] 90.0%

（対策）ENAMI による買鋳への更なるインセンティブ、ENAMI による鋳山経営、買鋳カットオフ品位の下げ、期待外部条件で銅建値>80～90 ¢/lb 等
銅採収率増：2000 年実績[Y] 84.3% → 年間目標[X] 91.0%

（対策）最適摩鋳回路採用、浮選濃度増による浮選時間確保 他

精鋳銅品位増：2000 年実績[Y] 22.3% → 年間目標[X] 30.0%

（対策）精選フロー改善、精選に再摩鋳導入、精選にコラム浮選機導入検討、
及び黄鉄鋳の抑制、分離検討 他

・操業改善 2：コスト減関係

：2000 年実績[Y] 16.77US\$/原鋳 t → 年間目標[X] 15.93US\$/原鋳 t,

（対策）全項目について 5%削減

これら操業改善に関し、年間目標（処理鋳量 = 設備能力(84,000t/year) × 操業率 90% = 75,600t/year）[X]の 2000 年（直近の基準年）実績（処理鋳量 = 47,418t/year）[Y]との差を以て、生産粗利益の向上を試算検討した。

生産粗利益についてみると、2000 年実績で既に赤字であるが、上述の大幅な操業改善をして操業率を 90%にまで上げてても大幅な赤字は避けられない。年間目標[X]で -188,940～-253,305US\$/year の赤字が見込まれる。

そのまとめを以下に示す。（ ）内は、生産の改善を行わなかった場合のものである。

操業改善により、生産粗利益において、年間目標[X]で+280,326～+277,922US\$/year の向上が見込まれる。

生産粗利益検討まとめ：硫化銅鋳処理 (金額単位：US\$/year)			
	年間目標[X]	2000 年[Y]	差[X - Y]
処理鋳量 (t/year)	75,600	47,418	+28,182
収入(生産金額)[A]	1,015,368～951,003 (798,546～736,585)	493,362	+522,006～+457,641
生産コスト[B]	1,204,308 (1,267,812)	795,200	+409,108
生産粗利益[A - B]	-188,940～-253,305 (-469,266～-531,227)	-301,838	+112,898～+48,533
<操業改善金額>	<+280,326～+277,922>		

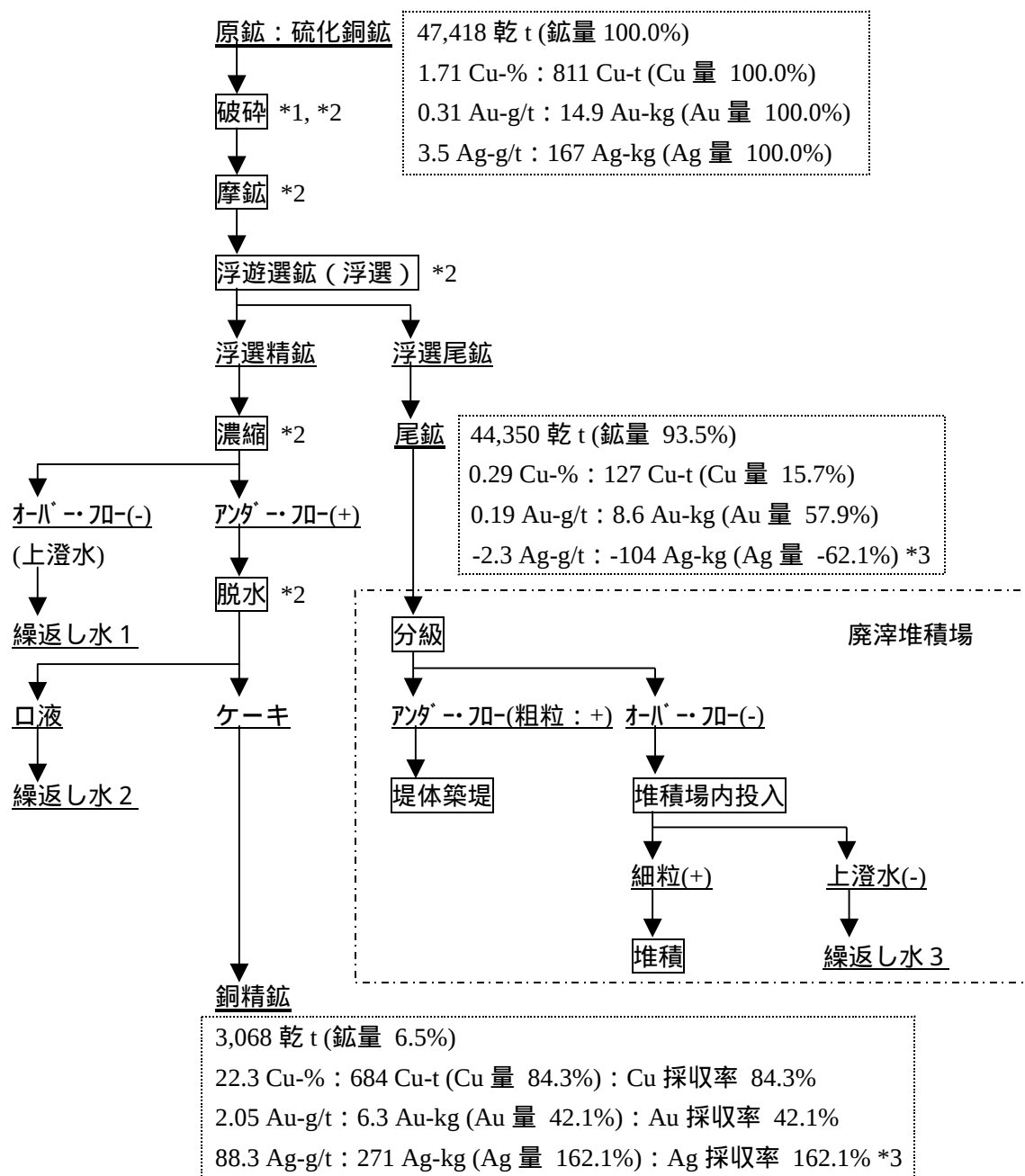


図 3-5 ブロックダイアグラム(概略)とマテリアルバランス(2000 年実績)：硫化銅鉱処理
 ： ENAMI Ovalle プラント

注) *1：原鉱受入/破碎にて秤量、サンプリング、品位分析
 を行い、ロット毎に受入鉱の買鉱条件を確定

*2：工程ロス なし

*3：不明

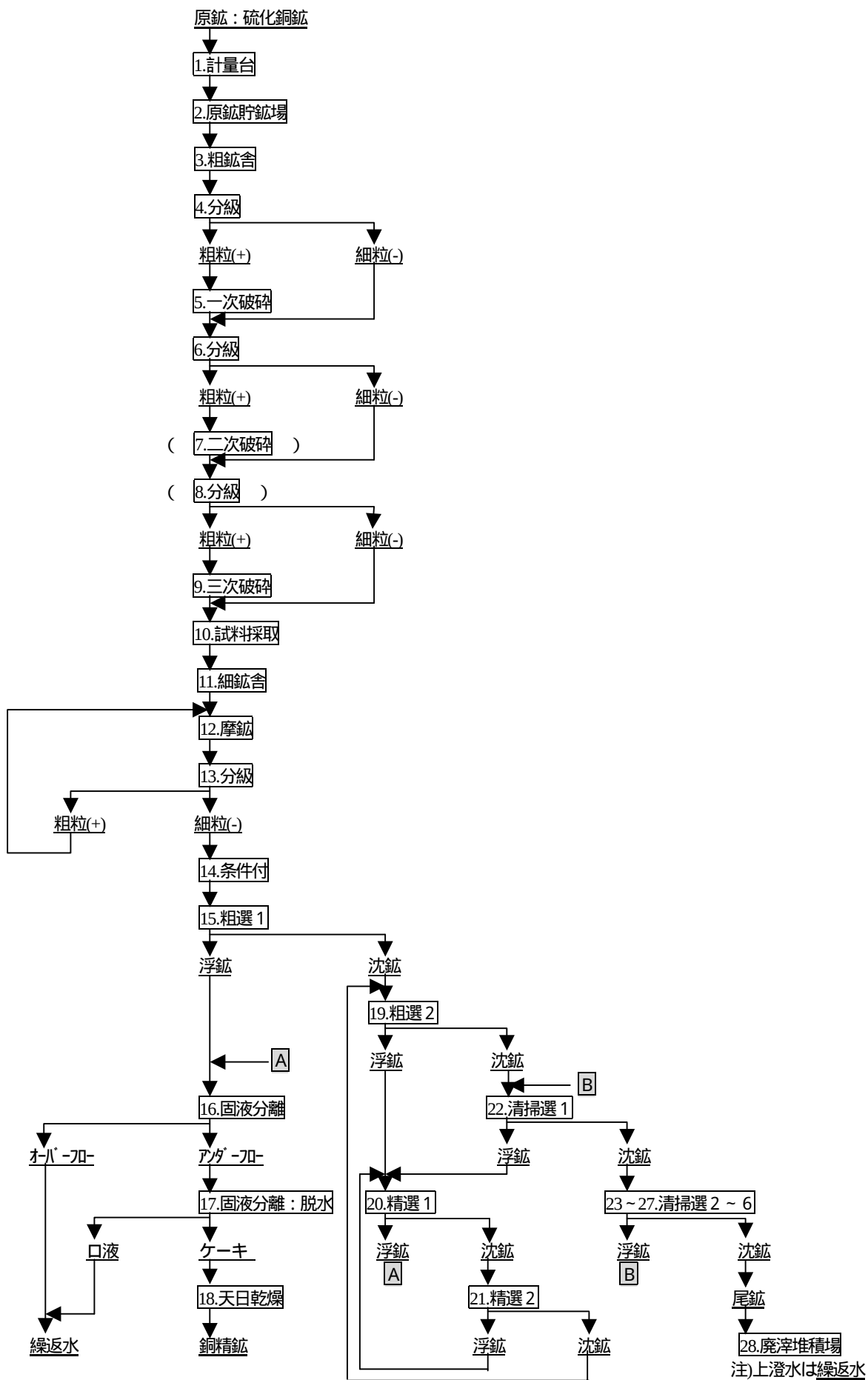


図 3-6 ブロックダイアグラム：硫化銅鉱処理：Ovalle プラント：ENAMI

(図 3-6 付け) 処理設備一覧：硫化銅鉱処理：Ovalle プラント：ENAMI

No.	設備名	仕様	備考
1	計量台	Truck Scale	原鉱ロット毎
2	原鉱貯鉱場		原鉱粒度：-7"
3	粗鉱舎		原鉱ロット毎
4	分級	Fixed Screen, Grizzly(opening 2' 1/2"), 1unit	
5	一次破碎	Gyratory Crusher : Trylor, TY-1398F type, 3' ϕ 50t/h, 1 unit (spare circuit : Single Toggle Crusher, 1 unit)	
6	分級	Vibrating Screen(opening 3/4"), 1 unit	
7	二次破碎	Cone Crusher : Symons, SH type, 3' ϕ 50t/h, 1 unit	状況に応じ省略
8	分級	Vibrating Screen(opening 1/4"), 1 unit	状況に応じ省略
9	三次破碎	Cone Crusher : Symons, SH type, 3' ϕ 50t/h, 1 unit	
10	試料採取	自動採取 → 分析	原鉱ロット毎
11	細鉱舎		
12	摩鉱	Ball Mill : Head Wrightson, 7' $\times$ 7', 160t/d, 1 unit + Traylor, 7' $\times$ 6', 140t/d, 1 unit	摩鉱給鉱粒度：-1/4"(-6.35mm)
13	分級	Hydro-cyclone : Vulco D-10B, 1 unit /ball mill(spare 1 unit /ball mill)	
14	条件付	Flotation Conditioner, 1unit	浮選給鉱粒度：
15	粗選 1	Flotation Machine : Krupp, NR159(Denver 21), 1.5m ³ /cell, 2cells, Free flow type : 1R	-200mesh (-0.074 mm) 76 ~ 80%
16	固液分離	Thickener : Dor Oliver, Drive Head type A, 140m ³ , 5' ϕ 1 unit	
17	固液分離：脱水	Vacuum Filter : Dor Oliver, American Disk type 39216 -2R, 75', 3disks	
18	天日乾燥		
19	粗選 2	Flotation Machine : Krupp, NR159, 1.5m ³ /cell, 2cells, Free flow type : 2R	
20	精選 1	Flotation Machine : Denver, 18SP, 0.6 m ³ /cell, 2cells, Cell to cell type : 1C	
21	精選 2	Flotation Machine : Denver, 18SP, 0.6 m ³ /cell, 2cells, Cell to cell type : 2C	
22	清掃選 1	Flotation Machine : Krupp, NR159, 1.5m ³ /cell, 4cells, Free flow type : 1S	
23 ~ 27	清掃選 2 ~ 6	Flotation Machine : Krupp, NR159, 1.5m ³ /cell, (4+4) cells, Free flow type : 2,3S + Denver, 24SD, 1.4 m ³ /cell, (3+3)cells, Cell to cell type : 4,5S + Forrester, Supper charge(Air charge), Free flow type, 7mL, 約 10m ³ , 1cell : 6S	
28	廃滓堆積場	Hydro-cyclone, 1 unit : Over-flow(-)は pond へ投入, Under -flow (+)は築堤	

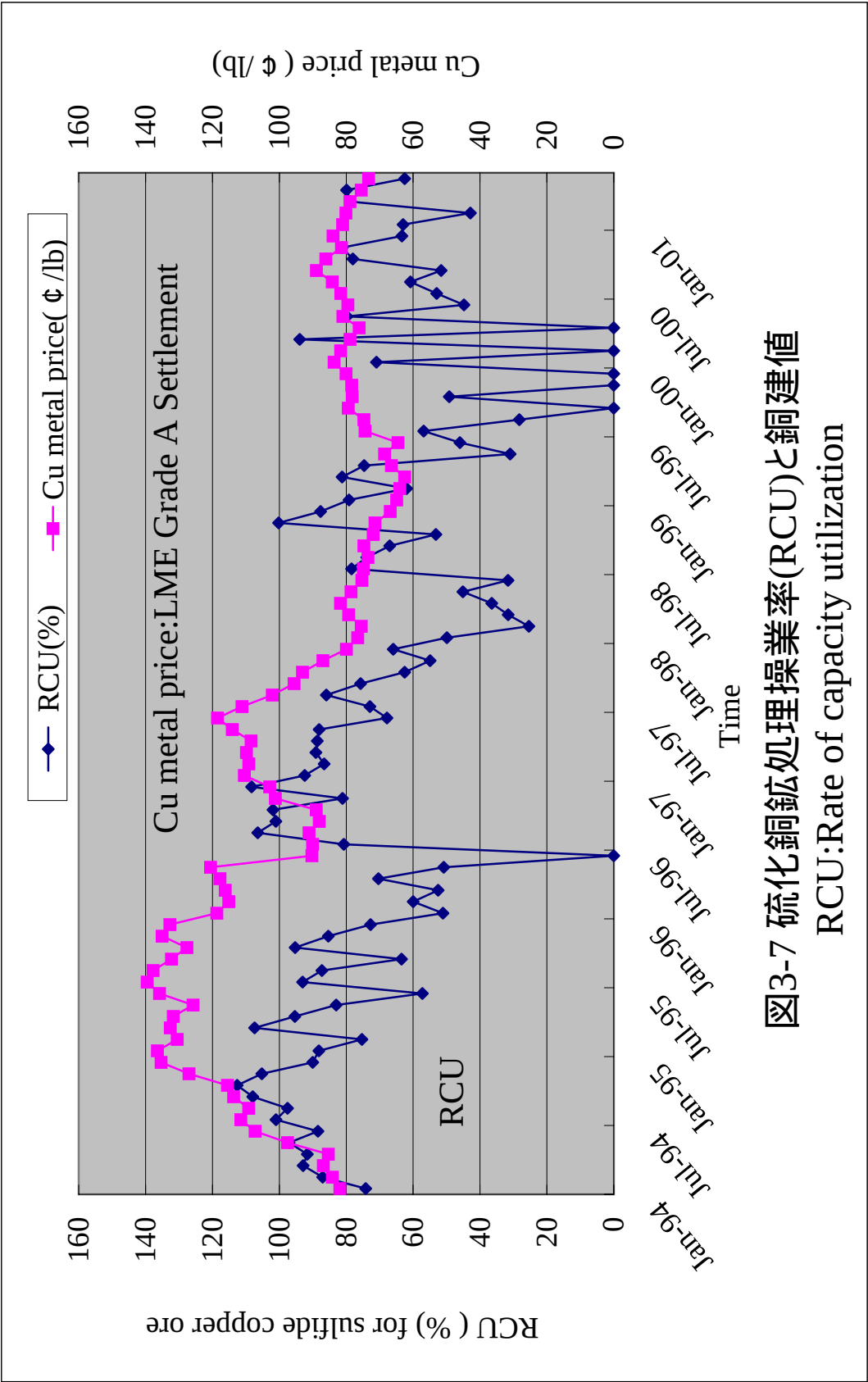


図3-7 硫化銅鉱処理操業率(RCU)と銅建値
RCU:Rate of capacity utilization

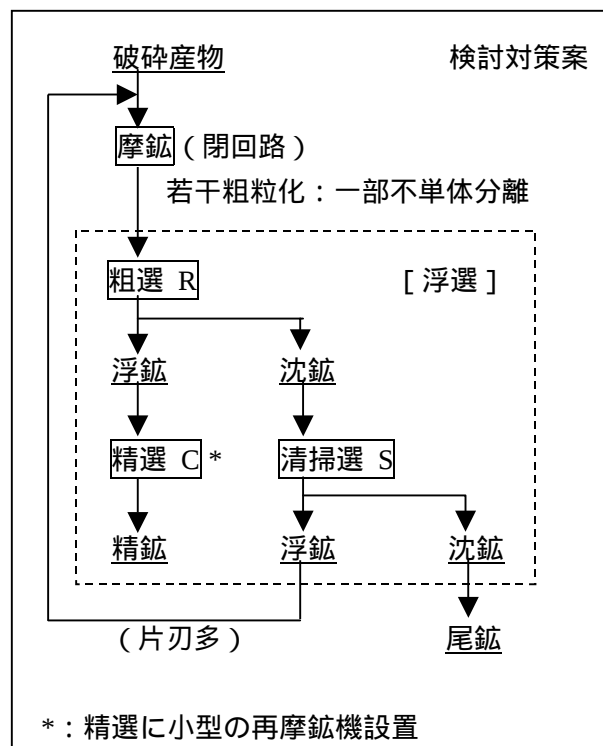
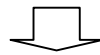
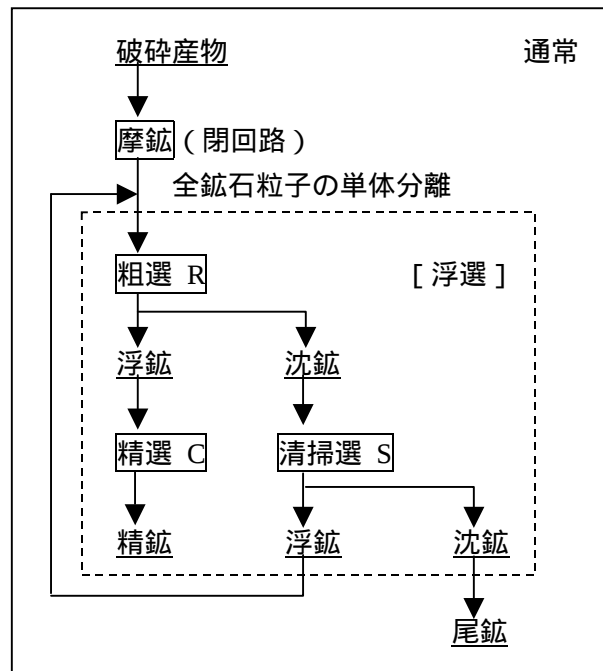


図 3-8 必要十分な単体分離を得る摩鉱の効率化、コスト減

表3-17 硫化銅鉱処理実績(1994):Ovalleプラント:ENAMI *1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.:7,000t/month: 84,000t/year)

Year	Product	Month	Ore Tonnage			Cu			Au		Ag			
		t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	
1994	Run-of-mine ore	January	5,191	100.0	74.2	3.1	158.1	100.0	2.2	11.3	100.0	11.6	60.0	100.0
		February	6,092	100.0	87.0	2.9	176.1	100.0	0.3	2.1	100.0	12.2	74.4	100.0
		March	6,503	100.0	92.9	2.4	153.2	100.0	1.3	8.3	100.0	10.9	71.1	100.0
		April	6,414	100.0	91.6	3.3	209.9	100.0	1.2	7.6	100.0	17.1	109.4	100.0
		May	6,796	100.0	97.1	2.2	152.0	100.0	1.0	6.6	100.0	11.8	80.0	100.0
		June	6,192	100.0	88.5	2.0	122.6	100.0	1.3	8.2	100.0	12.0	74.3	100.0
		July	7,070	100.0	101.0	2.3	159.5	100.0	1.3	9.2	100.0	13.4	95.0	100.0
		August	6,830	100.0	97.6	2.2	150.7	100.0	1.3	9.1	100.0	11.5	78.5	100.0
		September	7,555	100.0	107.9	2.0	148.2	100.0	1.2	9.3	100.0	10.4	78.3	100.0
		October	7,883	100.0	112.6	2.1	168.3	100.0	1.1	8.8	100.0	15.2	120.2	100.0
		November	7,368	100.0	105.3	2.0	149.3	100.0	1.0	7.5	100.0	12.6	92.9	100.0
		December	6,302	100.0	90.0	1.5	93.8	100.0	1.8	11.2	100.0	7.3	45.7	100.0
		Total	80,196	100.0	95.5	2.3	1,842	100.0	1.2	99.0	100.0	12.2	979.9	100.0
	Cu concentrate	January	475	9.2		29.3	139.2	88.0	20.3	9.6	85.4	115.9	55.1	91.7
		February	548	9.0		29.3	160.6	91.2	2.9	1.6	75.9	120.4	66.0	88.7
		March	536	8.2		25.6	137.1	89.5	13.3	7.1	86.6	117.0	62.7	88.3
		April	626	9.8		30.7	192.5	91.7	10.3	6.5	84.7	156.0	97.7	89.3
		May	551	8.1		25.3	139.0	91.5	10.4	5.7	86.3	119.5	65.8	82.3
		June	396	6.4		27.7	109.7	89.5	17.2	6.8	83.4	158.9	62.9	84.6
		July	367	5.2		38.8	142.3	89.2	21.1	7.8	84.7	227.7	83.5	87.9
		August	513	7.5		26.5	136.0	90.2	15.7	8.1	88.7	138.8	71.3	90.8
		September	422	5.6		31.5	132.8	89.6	15.5	6.6	70.6	164.6	69.4	88.7
		October	434	5.5		34.7	150.4	89.4	15.8	6.8	77.9	231.1	100.2	83.4
		November	470	6.4		28.4	133.5	89.4	12.7	6.0	80.2	167.3	78.7	84.7
		December	360	5.7		23.7	85.2	90.7	26.1	9.4	83.6	111.2	40.0	87.5
		Total	5,698	7.1		29.1	1,658	90.0	14.4	81.9	82.7	149.8	853.4	87.1
	Tailing	January	4,716	90.8		0.4	18.9	12.0	0.4	1.7	14.6	1.1	5.0	8.3
		February	5,544	91.0		0.3	15.5	8.8	0.1	0.5	24.1	1.5	8.4	11.3
		March	5,967	91.8		0.3	16.1	10.5	0.2	1.1	13.4	1.4	8.3	11.7
		April	5,787	90.2		0.3	17.4	8.3	0.2	1.2	15.3	2.0	11.7	10.7
		May	6,245	91.9		0.2	12.9	8.5	0.2	0.9	13.7	2.3	14.2	17.7
		June	5,796	93.6		0.2	12.9	10.5	0.2	1.4	16.6	2.0	11.4	15.4
		July	6,703	94.8		0.3	17.2	10.8	0.2	1.4	15.3	1.7	11.5	12.1
		August	6,316	92.5		0.2	14.8	9.8	0.2	1.0	11.3	1.1	7.2	9.2
		September	7,133	94.4		0.2	15.4	10.4	0.4	2.7	29.4	1.2	8.9	11.3
		October	7,450	94.5		0.2	17.9	10.6	0.3	1.9	22.1	2.7	20.0	16.6
		November	6,897	93.6		0.2	15.8	10.6	0.2	1.5	19.8	2.1	14.2	15.3
		December	5,942	94.3		0.2	8.7	9.3	0.3	1.8	16.4	1.0	5.7	12.5
		Total	74,498	92.9		0.2	184	10.0	0.2	17.1	17.3	1.7	126.6	12.9

表3-18 硫化銅鉱処理実績(1995):Ovalleプラント:ENAMI *1:RCU Rate of capacity utilization(Cap.:7,000t/month:84,000t/year)

Year	Product	Month	Ore Tonnage			Cu			Au			Ag		
			t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %
1995	Run-of-mine ore	January	6,172	100.0	88.2	1.7	105.4	100.0	2.2	13.3	100.0	9.4	58.0	100.0
		February	5,271	100.0	75.3	2.2	115.3	100.0	1.1	6.0	100.0	9.8	51.5	100.0
		March	7,517	100.0	107.4	2.6	192.6	100.0	0.8	6.0	100.0	12.6	94.9	100.0
		April	6,674	100.0	95.3	2.3	151.1	100.0	0.6	4.3	100.0	14.9	99.6	100.0
		May	5,810	100.0	83.0	2.2	127.0	100.0	1.5	8.8	100.0	23.0	133.7	100.0
		June	4,005	100.0	57.2	2.8	113.2	100.0	1.4	5.5	100.0	21.1	84.5	100.0
		July	6,514	100.0	93.1	1.9	120.6	100.0	0.7	4.7	100.0	15.0	97.6	100.0
		August	6,110	100.0	87.3	1.7	106.0	100.0	1.3	8.2	100.0	12.3	75.3	100.0
		September	4,441	100.0	63.4	1.6	68.8	100.0	1.6	7.3	100.0	13.9	61.6	100.0
		October	6,670	100.0	95.3	2.0	130.7	100.0	1.3	8.5	100.0	18.8	125.2	100.0
		November	5,976	100.0	85.4	2.2	129.5	100.0	1.6	9.5	100.0	19.0	113.6	100.0
		December	5,090	100.0	72.7	2.2	109.4	100.0	1.8	9.0	100.0	19.0	96.6	100.0
		Total	70,252	100.0	83.6	2.1	1,470	100.0	1.3	91.0	100.0	15.5	1,092.0	100.0
	Cu concentrate	January	390	6.3		25.2	98.4	93.4	22.0	8.6	64.3	121.6	47.5	81.9
		February	292	5.5		31.8	92.8	80.5	18.8	5.5	92.1	165.4	48.3	93.9
		March	512	6.8		29.6	151.2	78.5	7.8	4.0	66.1	169.7	86.8	91.4
		April	509	7.6		26.4	134.5	89.0	5.5	2.8	65.0	193.6	98.6	99.0
		May	483	8.3		25.7	124.0	97.7	13.5	6.5	74.3	238.2	115.1	86.1
		June	363	9.1		26.5	96.3	85.0	11.7	4.3	77.4	217.7	79.1	93.6
		July	429	6.6		26.6	114.1	94.6	8.7	3.7	80.3	221.8	95.1	97.5
		August	420	6.9		23.5	98.8	93.2	14.2	6.0	73.0	174.0	73.0	97.0
		September	260	5.9		23.5	61.3	89.0	18.4	4.8	66.1	209.0	54.4	88.4
		October	416	6.2		26.8	111.4	85.3	19.5	8.1	95.0	255.9	106.4	85.0
		November	448	7.5		27.8	124.6	96.2	18.2	8.2	85.7	195.4	87.6	77.1
		December	440	8.6		24.3	106.6	97.4	17.4	7.6	84.5	209.0	91.9	95.1
		Total	4,962	7.1		26.5	1,314	89.4	14.1	70.0	76.9	198.3	983.8	90.1
	Tailing	January	5,782	93.7		0.1	7.0	6.6	0.8	4.8	35.7	1.8	10.5	18.1
		February	4,979	94.5		0.5	22.5	19.5	0.1	0.5	7.9	0.6	3.1	6.1
		March	7,006	93.2		0.6	41.4	21.5	0.3	2.0	33.9	1.2	8.1	8.6
		April	6,165	92.4		0.3	16.6	11.0	0.2	1.5	35.0	0.2	1.0	1.0
		May	5,327	91.7		0.1	2.9	2.3	0.4	2.3	25.7	3.5	18.6	13.9
		June	3,642	90.9		0.5	17.0	15.0	0.3	1.2	22.6	1.5	5.4	6.4
		July	6,085	93.4		0.1	6.6	5.4	0.2	0.9	19.7	0.4	2.5	2.5
		August	5,690	93.1		0.1	7.3	6.8	0.4	2.2	27.0	0.4	2.2	3.0
		September	4,181	94.1		0.2	7.6	11.0	0.6	2.5	33.9	1.7	7.2	11.6
		October	6,254	93.8		0.3	19.3	14.7	0.1	0.4	5.0	3.0	18.8	15.0
		November	5,528	92.5		0.1	4.9	3.8	0.3	1.4	14.3	4.7	26.1	22.9
		December	4,651	91.4		0.1	2.8	2.6	0.3	1.4	15.5	1.0	4.7	4.9
		Total	65,290	92.9		0.2	156	10.6	0.3	21.0	23.1	1.7	108.2	9.9

表3-19 硫化銅鉱処理実績(1996) : Ovalle プラント : ENAMI *1: RCU Rate of capacity utilization (Cap.: 7,000t/month: 84,000t/year)

Year	Product	Month	Ore Tonnage			Cu		Au		Ag				
		t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	
1996	Run-of-mine ore	January	3,576	100.0	51.1	2.5	89.0	100.0	1.4	4.9	100.0	24.9	89.2	100.0
		February	4,197	100.0	60.0	2.1	89.4	100.0	0.9	3.9	100.0	15.9	66.9	100.0
		March	3,677	100.0	52.5	2.3	85.7	100.0	1.2	4.3	100.0	20.9	76.7	100.0
		April	4,926	100.0	70.4	2.2	108.9	100.0	0.9	4.5	100.0	18.2	89.4	100.0
		May	3,557	100.0	50.8	2.6	90.8	100.0	0.8	2.9	100.0	20.8	74.1	100.0
		June	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		July	5,650	100.0	80.7	2.0	113.7	100.0	0.6	3.4	100.0	9.0	50.9	100.0
		August	7,451	100.0	106.4	2.6	194.5	100.0	0.6	4.4	100.0	15.5	115.1	100.0
		September	7,073	100.0	101.0	2.8	194.5	100.0	1.2	8.7	100.0	15.2	107.7	100.0
		October	7,132	100.0	101.9	2.1	150.0	100.0	0.8	5.9	100.0	9.3	66.4	100.0
		November	5,678	100.0	81.1	1.9	108.1	100.0	0.7	4.2	100.0	8.3	47.1	100.0
		December	7,580	100.0	108.3	2.0	148.7	100.0	0.4	3.1	100.0	8.2	62.0	100.0
			Total	60,498	100.0	72.0	2.3	1,373	100.0	0.8	50.2	100.0	14.0	845.4
	Cu concentrate	January	295	8.2		27.5	80.9	90.9	16.4	4.8	97.7	235.1	69.2	77.6
		February	348	8.3		24.9	86.5	96.7	9.8	3.4	87.2	175.8	61.1	91.4
		March	308	8.4		27.7	85.2	99.4	3.7	1.1	26.1	150.3	46.2	60.3
		April	398	8.1		26.7	106.1	97.4	8.2	3.2	71.4	184.8	73.6	82.3
		May	294	8.3		27.3	80.2	88.3	7.6	2.2	76.1	174.9	51.4	69.4
		June	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		July	361	6.4		27.2	98.2	86.4	9.6	3.5	101.1	163.4	59.1	116.0
		August	671	9.0		24.2	162.6	83.6	4.3	2.9	66.2	162.7	109.3	95.0
		September	685	9.7		28.1	192.4	98.9	7.3	5.0	57.4	147.4	101.0	93.7
		October	584	8.2		25.4	148.4	99.0	11.9	7.0	119.1	127.2	74.3	111.8
		November	390	6.9		26.4	103.0	95.3	10.8	4.2	100.0	146.8	57.3	121.6
		December	562	7.4		25.0	140.5	94.5	7.3	4.1	133.5	131.3	73.8	119.0
			Total	4,896	8.1		26.2	1,284	93.5	8.5	41.5	82.5	158.5	776.2
	Tailing	January	3,282	91.8		0.3	8.1	9.1	0.0	0.1	2.3	6.1	20.0	22.4
		February	3,849	91.7		0.1	3.0	3.3	0.1	0.5	12.8	1.5	5.7	8.6
		March	3,369	91.6		0.0	0.5	0.6	1.0	3.2	73.9	9.0	30.4	39.7
		April	4,528	91.9		0.1	2.8	2.6	0.3	1.3	28.6	3.5	15.8	17.7
		May	3,263	91.7		0.3	10.6	11.7	0.2	0.7	23.9	7.0	22.7	30.6
		June	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		July	5,289	93.6		0.3	15.5	13.6	0.0	-0.0	-1.1	-1.5	-8.2	-16.0
		August	6,779	91.0		0.5	31.9	16.4	0.2	1.5	33.8	0.9	5.8	5.0
		September	6,388	90.3		0.0	2.2	1.1	0.6	3.7	42.6	1.1	6.7	6.3
		October	6,549	91.8		0.0	1.5	1.0	-0.2	-1.1	-19.1	-1.2	-7.9	-11.8
		November	5,287	93.1		0.1	5.1	4.7	0.0	-0.0	0.0	-1.9	-10.2	-21.6
		December	7,018	92.6		0.1	8.2	5.5	-0.2	-1.0	-33.5	-1.7	-11.8	-19.0
			Total	55,602	91.9		0.2	89	6.5	0.2	8.8	17.5	1.2	69.2

表3-20 硫化銅鉱処理実績(1997):Ovalleプラント:ENAMI *1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.:7,000t/month:84,000t/year)

Year	Product	Month	Ore Tonnage			Cu			Au			Ag		
		t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	
1997	Run-of-mine ore	January	6,470	100.0	92.4	2.1	135.9	100.0	0.5	3.1	100.0	10.0	64.5	100.0
		February	6,063	100.0	86.6	2.3	140.6	100.0	0.4	2.6	100.0	10.5	63.9	100.0
		March	6,236	100.0	89.1	2.3	141.0	100.0	0.7	4.4	100.0	12.8	79.6	100.0
		April	6,205	100.0	88.6	1.9	120.2	100.0	0.3	2.1	100.0	7.6	47.0	100.0
		May	6,168	100.0	88.1	2.3	141.9	100.0	0.3	1.8	100.0	6.0	37.1	100.0
		June	4,749	100.0	67.8	2.8	133.2	100.0	1.1	5.1	100.0	16.7	79.1	100.0
		July	5,104	100.0	72.9	2.5	128.7	100.0	0.8	4.1	100.0	13.8	70.6	100.0
		August	6,017	100.0	86.0	2.0	118.8	100.0	0.7	4.5	100.0	9.5	57.1	100.0
		September	5,299	100.0	75.7	2.4	127.6	100.0	0.7	3.5	100.0	13.2	70.1	100.0
		October	4,376	100.0	62.5	2.6	113.5	100.0	0.7	3.1	100.0	16.0	69.8	100.0
		November	3,844	100.0	54.9	2.1	81.9	100.0	0.6	2.2	100.0	13.3	51.0	100.0
		December	4,617	100.0	66.0	2.0	91.6	100.0	0.5	2.1	100.0	10.1	46.8	100.0
			Total	65,148	100.0	77.6	2.3	1,475	100.0	0.6	38.5	100.0	11.3	736.6
	Cu concentrate	January	455	7.0		27.5	125.1	92.0	4.4	2.0	65.7	110.5	50.3	78.0
		February	456	7.5		28.3	129.2	91.9	3.8	1.7	66.4	111.3	50.8	79.5
		March	441	7.1		29.4	129.7	92.0	7.3	3.2	73.5	148.9	65.7	82.6
		April	444	7.1		24.9	110.6	92.0	3.4	1.5	70.6	91.5	40.6	86.3
		May	430	7.0		32.3	139.0	97.9	2.7	1.2	65.3	73.6	31.7	85.4
		June	413	8.7		27.7	114.5	86.0	7.0	2.9	56.6	167.3	69.1	87.3
		July	462	9.1		25.7	118.6	92.2	7.6	3.5	86.0	131.5	60.8	86.1
		August	392	6.5		28.0	109.6	92.2	6.3	2.5	55.0	124.0	48.6	85.0
		September	430	8.1		27.7	118.8	93.1	6.3	2.7	78.1	143.1	61.5	87.7
		October	373	8.5		28.2	105.2	92.8	5.9	2.2	69.3	156.9	58.5	83.8
		November	267	7.0		28.2	75.3	92.0	5.8	1.6	70.0	160.1	42.8	84.0
		December	304	6.6		26.0	79.2	86.5	8.1	2.5	119.2	209.8	63.8	136.2
			Total	4,868	7.5		27.8	1,355	91.9	5.6	27.4	71.1	132.3	644.1
	Tailing	January	6,015	93.0		0.2	10.9	8.0	0.2	1.0	34.3	2.4	14.2	22.0
		February	5,607	92.5		0.2	11.4	8.1	0.2	0.9	33.6	2.3	13.1	20.5
		March	5,795	92.9		0.2	11.2	8.0	0.2	1.2	26.5	2.4	13.9	17.4
		April	5,761	92.9		0.2	9.6	8.0	0.1	0.6	29.4	1.1	6.4	13.7
		May	5,737	93.0		0.1	2.9	2.1	0.1	0.6	34.7	0.9	5.4	14.6
		June	4,336	91.3		0.4	18.7	14.0	0.5	2.2	43.4	2.3	10.1	12.7
		July	4,642	90.9		0.2	10.1	7.8	0.1	0.6	14.0	2.1	9.8	13.9
		August	5,625	93.5		0.2	9.3	7.8	0.4	2.0	45.0	1.5	8.6	15.0
		September	4,869	91.9		0.2	8.8	6.9	0.2	0.8	21.9	1.8	8.6	12.3
		October	4,003	91.5		0.2	8.2	7.2	0.2	1.0	30.7	2.8	11.3	16.2
		November	3,577	93.0		0.2	6.6	8.0	0.2	0.7	30.0	2.3	8.2	16.0
		December	4,313	93.4		0.3	12.4	13.5	-0.1	-0.4	-19.2	-3.9	-17.0	-36.2
			Total	60,281	92.5		0.2	120	8.1	0.2	11.1	28.9	1.5	92.6

表3-21 硫化銅鉱処理実績(1998):Ovalleプラント:ENAMI *1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.:7,000t/month:84,000t/year)

Year	Product	Month	Ore Tonnage			Cu			Au			Ag		
			t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %
1998	Run-of-mine ore	January	3,493	100.0	49.9	1.9	65.9	100.0	0.8	2.9	100.0	10.3	36.1	100.0
		February	1,777	100.0	25.4	2.1	37.8	100.0	0.4	0.7	100.0	7.4	13.1	100.0
		March	2,210	100.0	31.6	1.5	33.0	100.0	0.6	1.3	100.0	3.3	7.3	100.0
		April	2,554	100.0	36.5	1.3	34.3	100.0	0.4	1.0	100.0	3.9	9.8	100.0
		May	3,158	100.0	45.1	1.5	47.4	100.0	0.3	0.9	100.0	4.7	14.8	100.0
		June	2,213	100.0	31.6	3.3	73.8	100.0	0.8	1.8	100.0	25.4	56.2	100.0
		July	5,489	100.0	78.4	3.6	197.8	100.0	0.7	3.9	100.0	20.9	114.6	100.0
		August	5,171	100.0	73.9	2.6	136.3	100.0	1.0	5.2	100.0	7.8	40.6	100.0
		September	4,690	100.0	67.0	4.5	209.4	100.0	1.4	6.6	100.0	19.9	93.2	100.0
		October	3,725	100.0	53.2	4.4	162.9	100.0	0.5	2.0	100.0	17.2	64.1	100.0
		November	7,016	100.0	100.2	2.8	196.4	100.0	0.4	2.4	100.0	6.7	47.1	100.0
		December	6,137	100.0	87.7	3.3	201.9	100.0	0.7	4.0	100.0	9.1	55.6	100.0
		Total	47,632	100.0	56.7	2.9	1,397	100.0	0.7	32.7	100.0	11.6	552.4	100.0
	Cu concentrate	January	239	6.8		25.3	60.4	91.7	10.4	2.5	84.6	128.3	30.6	84.9
		February	129	7.2		26.4	34.0	89.9	3.7	0.5	70.5	71.0	9.1	69.9
		March	130	5.9		24.4	31.7	96.0	6.6	0.9	67.7	110.4	14.4	195.7
		April	146	5.7		20.7	30.2	88.2	2.3	0.3	35.6	107.1	15.6	159.0
		May	187	5.9		22.4	41.9	88.2	3.9	0.7	81.4	46.3	8.7	58.6
		June	290	13.1		21.1	61.2	83.0	4.1	1.2	66.0	131.9	38.2	68.0
		July	629	11.5		26.2	165.0	83.4	4.2	2.6	68.0	146.4	92.1	80.3
		August	520	10.0		23.0	119.4	87.6	6.9	3.6	68.0	117.9	61.3	151.1
		September	742	15.8		24.9	185.2	88.4	6.0	4.4	66.8	86.1	63.9	68.6
		October	312	8.4		45.6	142.4	87.4	16.6	5.2	258.2	283.5	88.5	138.1
		November	681	9.7		26.9	183.3	93.3	4.4	3.0	123.8	111.1	75.7	160.5
		December	688	11.2		28.7	197.0	97.6	3.7	2.5	62.6	91.3	62.8	112.9
		Total	4,692	9.9		26.7	1,252	89.6	5.8	27.4	83.7	119.5	560.8	101.5
	Tailing	January	3,255	93.2		0.2	5.5	8.3	0.1	0.4	15.4	1.7	5.5	15.1
		February	1,649	92.8		0.2	3.8	10.1	0.1	0.2	29.5	2.4	3.9	30.1
		March	2,080	94.1		0.1	1.3	4.0	0.2	0.4	32.3	-3.4	-7.0	-95.7
		April	2,408	94.3		0.2	4.1	11.8	0.3	0.6	64.4	-2.4	-5.8	-59.0
		May	2,971	94.1		0.2	5.6	11.8	0.1	0.2	18.6	2.1	6.1	41.4
		June	1,923	86.9		0.7	12.6	17.0	0.3	0.6	34.0	9.4	18.0	32.0
		July	4,860	88.5		0.7	32.8	16.6	0.3	1.2	32.0	4.6	22.5	19.7
		August	4,651	90.0		0.4	16.9	12.4	0.4	1.7	32.0	-4.5	-20.7	-51.1
		September	3,947	84.2		0.6	24.3	11.6	0.6	2.2	33.2	7.4	29.3	31.4
		October	3,412	91.6		0.6	20.5	12.6	-0.9	-3.2	-158.2	-7.2	-24.4	-38.1
		November	6,335	90.3		0.2	13.2	6.7	-0.1	-0.6	-23.8	-4.5	-28.5	-60.5
		December	5,449	88.8		0.1	4.9	2.4	0.3	1.5	37.4	-1.3	-7.2	-12.9
		Total	42,940	90.1		0.3	145	10.4	0.1	5.3	16.3	-0.2	-8.4	-1.5

表3-22 硫化銅鉱処理実績(1999):Ovalleプラント:ENAMI *1:RCU Rate of capacity utilization(Cap.:7,000t/month:84,000t/year)

Year	Product	Month	Ore Tonnage			Cu			Au			Ag		
			t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %
1999	Run-of-mine ore	January	5,540	100.0	79.1	2.3	127.8	100.0	0.1	0.7	100.0	1.2	6.5	100.0
		February	4,334	100.0	61.9	1.7	74.9	100.0	0.3	1.3	100.0	0.0	0.0	0.0
		March	5,686	100.0	81.2	1.6	91.4	100.0	0.2	0.9	100.0	1.9	10.9	100.0
		April	5,225	100.0	74.6	1.5	80.5	100.0	0.2	0.9	100.0	2.4	12.4	100.0
		May	2,168	100.0	31.0	2.1	45.5	100.0	0.0	0.1	100.0	2.4	5.1	100.0
		June	3,221	100.0	46.0	2.1	67.6	100.0	0.0	0.0	100.0	2.8	9.0	100.0
		July	3,978	100.0	56.8	2.1	84.1	100.0	0.0	0.0	100.0	3.1	12.4	100.0
		August	1,978	100.0	28.3	2.0	40.1	100.0	-0.1	-0.1	100.0	3.7	7.3	100.0
		September	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		October	3,442	100.0	49.2	1.7	58.9	100.0	0.3	0.9	100.0	3.5	11.9	100.0
		November	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		December	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Total	35,572	100.0	42.3	1.9	671	100.0	0.1	4.6	100.0	2.1	75.4	100.0
	Cu concentrate	January	507	9.2		23.2	117.7	92.1	3.6	1.8	262.6	73.7	37.4	574.3
		February	308	7.1		22.3	68.8	91.8	5.5	1.7	129.1	76.0	23.4	-----
		March	348	6.1		22.4	78.0	85.3	2.5	0.9	102.9	67.6	23.5	216.2
		April	341	6.5		21.4	72.9	90.5	2.7	0.9	105.2	93.0	31.7	256.3
		May	202	9.3		21.2	42.8	94.0	2.5	0.5	752.2	96.0	19.4	378.2
		June	305	9.5		21.0	64.1	94.9	2.3	0.7	1020.0	95.6	29.2	323.9
		July	334	8.4		21.5	72.0	85.6	2.4	0.8	3631.8	128.8	43.0	346.8
		August	164	8.3		22.5	36.8	91.8	1.7	0.3	-218.6	95.6	15.6	215.6
		September	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		October	239	7.0		21.9	52.4	89.1	2.4	0.6	66.5	100.4	24.0	202.5
		November	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		December	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Total	2,749	7.7		22.0	605	90.3	3.0	8.2	179.8	90.0	247.3	327.8
	Tailing	January	5,033	90.8		0.2	10.0	7.9	-0.2	-1.1	-162.6	-6.1	-30.9	-474.3
		February	4,026	92.9		0.2	6.2	8.2	-0.1	-0.4	-29.1	-5.8	-23.4	-----
		March	5,338	93.9		0.3	13.5	14.7	0.0	-0.0	-2.9	-2.4	-12.7	-116.2
		April	4,884	93.5		0.2	7.6	9.5	0.0	-0.0	-5.2	-4.0	-19.4	-156.3
		May	1,966	90.7		0.1	2.7	6.0	-0.2	-0.4	-652.2	-7.3	-14.3	-278.2
		June	2,916	90.5		0.1	3.5	5.1	-0.2	-0.7	-10100.0	-6.9	-20.2	-223.9
		July	3,643	91.6		0.3	12.1	14.4	-0.2	-0.8	-3531.8	-8.4	-30.6	-246.8
		August	1,814	91.7		0.2	3.3	8.2	-0.2	-0.4	318.6	-4.6	-8.4	-115.6
		September	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		October	3,203	93.0		0.2	6.4	10.9	0.1	0.3	33.5	-3.8	-12.2	-102.5
		November	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		December	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Total	32,823	92.3		0.2	65	9.7	-0.1	-3.6	-79.8	-5.2	-171.9	-227.8

表3-23 硫化銅鉱処理実績(2000):Ovalleプラント:ENAMI *1: RCU Rate of capacity utilization(Cap.:7,000t/month:84,000t/year)

Year	Product	Month	Ore Tonnage		Cu		Au		Ag					
		t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	
2000	Run-of-mine ore	January	4,968	100.0	71.0	2.1	106.5	100.0	0.1	0.5	100.0	6.8	33.6	100.0
		February	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		March	6,575	100.0	93.9	1.7	110.8	100.0	0.2	1.0	100.0	1.9	12.8	100.0
		April	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		May	5,584	100.0	79.8	1.6	89.5	100.0	0.1	0.7	100.0	2.3	12.7	100.0
		June	3,135	100.0	44.8	1.9	59.7	100.0	0.1	0.4	100.0	7.3	22.8	100.0
		July	3,706	100.0	52.9	1.5	57.1	100.0	0.2	0.9	100.0	1.6	6.1	100.0
		August	4,256	100.0	60.8	1.8	75.2	100.0	0.4	1.6	100.0	3.1	13.1	100.0
		September	3,614	100.0	51.6	1.7	60.9	100.0	0.3	1.2	100.0	0.4	1.6	100.0
		October	5,463	100.0	78.0	1.5	79.1	100.0	1.0	5.4	100.0	2.3	12.3	100.0
		November	5,685	100.0	81.2	1.5	87.8	100.0	0.4	2.1	100.0	3.3	18.6	100.0
		December	4,433	100.0	63.3	1.9	84.3	100.0	0.3	1.1	100.0	7.6	33.7	100.0
		Total	47,418	100.0	56.4	1.7	811	100.0	0.3	14.9	100.0	3.5	167.1	100.0
	Cu concentrate	January	437	8.8		21.6	94.3	88.5	1.1	0.5	87.5	98.0	42.8	127.3
		February	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		March	419	6.4		22.6	94.6	85.4	1.0	0.4	40.3	90.3	37.8	296.0
		April	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-----	0.0	4.7	-----
		May	342	6.1		22.5	76.9	85.9	1.3	0.4	60.0	69.3	23.7	187.2
		June	233	7.4		22.4	52.3	87.7	0.9	0.2	46.7	84.6	19.8	86.8
		July	219	5.9		22.6	49.4	86.5	0.4	0.1	10.1	99.4	21.7	358.0
		August	278	6.5		22.5	62.5	83.1	2.2	0.6	38.5	50.5	14.0	107.2
		September	225	6.2		21.8	49.1	80.7	0.9	0.2	16.6	110.9	25.0	1578.7
		October	283	5.2		22.4	63.3	80.0	8.5	2.4	44.1	86.6	24.5	198.5
		November	320	5.6		21.6	69.1	78.7	3.1	1.0	48.1	80.1	25.6	138.0
		December	313	7.1		23.0	72.1	85.5	1.4	0.4	38.5	100.3	31.4	93.0
		Total	3,068	6.5		22.3	684	84.3	2.0	6.3	42.1	88.3	270.9	162.1
	Tailing	January	4,531	91.2		0.3	12.2	11.5	0.0	0.1	12.5	-2.0	-9.2	-27.3
		February	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		March	6,156	93.6		0.3	16.2	14.6	0.1	0.6	59.7	-4.1	-25.0	-196.0
		April	0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-4.7	0.0
		May	5,241	93.9		0.2	12.6	14.1	0.1	0.3	40.0	-2.1	-11.1	-87.2
		June	2,902	92.6		0.3	7.4	12.3	0.1	0.2	53.3	1.0	3.0	13.2
		July	3,487	94.1		0.2	7.7	13.5	0.2	0.8	89.9	-4.5	-15.7	-258.0
		August	3,978	93.5		0.3	12.7	16.9	0.2	1.0	61.5	-0.2	-0.9	-7.2
		September	3,389	93.8		0.4	11.8	19.3	0.3	1.0	83.4	-6.9	-23.4	-1478.7
		October	5,180	94.8		0.3	15.8	20.0	0.6	3.0	55.9	-2.3	-12.1	-98.5
		November	5,365	94.4		0.4	18.7	21.3	0.2	1.1	51.9	-1.3	-7.0	-38.0
		December	4,120	92.9		0.3	12.2	14.5	0.2	0.7	61.5	0.6	2.3	7.0
		Total	44,350	93.5		0.3	127	15.7	0.2	8.6	57.9	-2.3	-103.7	-62.1

表3-24 硫化銅鉱処理実績(2001):Ovalleプラント:ENAMI *1:RCU Rate of capacity utilization(Cap.:7,000t/month:84,000t/year)

Year	Product	Month	Ore Tonnage			Cu			Au			Ag		
			t	distribut. %	RCU*1 %	grade %	t	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %	grade g/t	kg	distribut. %
2001	Run-of-mine ore	January	4,410	100.0	63.0	1.8	79.5	100.0	0.3	1.2	100.0	7.1	31.2	100.0
		February	3,002	100.0	42.9	1.8	53.1	100.0	0.2	0.7	100.0	5.2	15.5	100.0
		March	5,509	100.0	78.7	1.7	92.9	100.0	0.3	1.6	100.0	2.7	15.1	100.0
		April	5,593	100.0	79.9	1.7	96.7	100.0	0.3	1.6	100.0	0.8	4.3	100.0
		May	4,378	100.0	62.5	2.3	102.2	100.0	0.4	1.7	100.0	0.5	2.1	100.0
		June												
		July												
		August												
		September												
		October												
		November												
		December												
	Cu concentrate	Total	22,892	100.0	65.4	1.9	424	100.0	0.3	6.8	100.0	3.0	68.2	100.0
		January	284	6.4		23.1	65.4	82.3	1.5	0.4	35.9	102.7	29.1	93.2
		February	192	6.4		22.6	43.3	81.5	1.0	0.2	25.9	92.3	17.7	114.5
		March	363	6.6		21.4	77.8	83.7	1.0	0.4	23.9	91.2	33.1	219.5
		April	483	8.6		20.7	100.1	103.6	1.3	0.6	39.6	85.6	41.3	962.8
		May	388	8.9		23.3	90.5	88.5	2.0	0.8	44.2	119.5	46.3	2,158.8
		June												
		July												
		August												
		September												
		October												
		November												
		December												
	Tailing	Total	1,709	7.5		22.1	377	88.9	1.4	2.4	35.1	98.0	167.6	245.6
		January	4,126	93.6		0.3	14.1	17.7	0.2	0.8	64.1	0.5	2.1	6.8
		February	2,810	93.6		0.4	9.8	18.5	0.2	0.5	74.1	-0.8	-2.2	-14.5
		March	5,145	93.4		0.3	15.1	16.3	0.2	1.2	76.1	-3.5	-18.0	-119.5
		April	5,111	91.4		-0.1	-3.4	-3.6	0.2	1.0	60.4	-7.2	-37.0	-862.8
		May	3,990	91.1		0.3	11.7	11.5	0.2	1.0	55.8	-11.1	-44.2	-2058.8
		June												
		July												
		August												
		September												
		October												
		November												
		December												
		Total	21,182	92.5		0.2	47	11.1	0.2	4.4	64.9	-4.7	-99.3	-145.6

表3-26 硫化銅鉱処理操業率実績:Ovalleプラント:ENAMI

Note RCU: Rate of capacity utilization (Cap.: 7,000t/month: 84,000t/year)

Cu Metal Price: LME Grade A Settlement (Original: ~ 93.6: £ /MT, 93.7 ~ : \$/MT)

Year	Product	Month	Ore Tonnage		Cu		Cu Metal LME ¢ /lb
			t	RCU %	grade %	t	
1994	Run-of-mine ore	January	5,191	74.2	3.1	158.1	81.89
		February	6,092	87.0	2.9	176.1	84.12
		March	6,503	92.9	2.4	153.2	86.86
		April	6,414	91.6	3.3	209.9	85.36
		May	6,796	97.1	2.2	152.0	97.55
		June	6,192	88.5	2.0	122.6	107.24
		July	7,070	101.0	2.3	159.5	111.50
		August	6,830	97.6	2.2	150.7	109.15
		September	7,555	107.9	2.0	148.2	113.67
		October	7,883	112.6	2.1	168.3	115.52
		November	7,368	105.3	2.0	149.3	127.03
		December	6,302	90.0	1.5	93.8	135.35
		Total	80,196	95.5	2.3	1,842	104.60
1995	Run-of-mine ore	January	6,172	88.2	1.7	105.4	136.48
		February	5,271	75.3	2.2	115.3	130.53
		March	7,517	107.4	2.6	192.6	132.63
		April	6,674	95.3	2.3	151.1	131.70
		May	5,810	83.0	2.2	127.0	125.80
		June	4,005	57.2	2.8	113.2	135.84
		July	6,514	93.1	1.9	120.6	139.51
		August	6,110	87.3	1.7	106.0	137.75
		September	4,441	63.4	1.6	68.8	132.25
		October	6,670	95.3	2.0	130.7	127.62
		November	5,976	85.4	2.2	129.5	135.05
		December	5,090	72.7	2.2	109.4	132.73
		Total	70,252	83.6	2.1	1,470	133.16
1996	Run-of-mine ore	January	3,576	51.1	2.5	89.0	118.68
		February	4,197	60.0	2.1	89.4	115.11
		March	3,677	52.5	2.3	85.7	116.17
		April	4,926	70.4	2.2	108.9	117.74
		May	3,557	50.8	2.6	90.8	120.58
		June	0	0.0	0.0	0.0	90.27
		July	5,650	80.7	2.0	113.7	90.06
		August	7,451	106.4	2.6	194.5	91.11
		September	7,073	101.0	2.8	194.5	88.06
		October	7,132	101.9	2.1	150.0	88.96
		November	5,678	81.1	1.9	108.1	101.19
		December	7,580	108.3	2.0	148.7	102.88
		Total	60,498	72.0	2.3	1,373	104.09
1997	Run-of-mine ore	January	6,470	92.4	2.1	135.9	110.45
		February	6,063	86.6	2.3	140.6	109.13
		March	6,236	89.1	2.3	141.0	109.83
		April	6,205	88.6	1.9	120.2	108.46
		May	6,168	88.1	2.3	141.9	114.05
		June	4,749	67.8	2.8	133.2	118.51
		July	5,104	72.9	2.5	128.7	111.15
		August	6,017	86.0	2.0	118.8	102.11
		September	5,299	75.7	2.4	127.6	95.59
		October	4,376	62.5	2.6	113.5	93.09
		November	3,844	54.9	2.1	81.9	86.97
		December	4,617	66.0	2.0	91.6	79.94
		Total	65,148	77.6	2.3	1,475	103.27

1998	Run-of-mine ore	January	3,493	49.9	1.9	65.9	76.59
		February	1,777	25.4	2.1	37.8	75.51
		March	2,210	31.6	1.5	33.0	79.29
		April	2,554	36.5	1.3	34.3	81.69
		May	3,158	45.1	1.5	47.4	78.58
		June	2,213	31.6	3.3	73.8	75.32
		July	5,489	78.4	3.6	197.8	74.89
		August	5,171	73.9	2.6	136.3	73.52
		September	4,690	67.0	4.5	209.4	74.74
		October	3,725	53.2	4.4	162.9	71.96
		November	7,016	100.2	2.8	196.4	71.39
		December	6,137	87.7	3.3	201.9	66.84
		Total	47,632	56.7	2.9	1,397	75.05
1999	Run-of-mine ore	January	5,540	79.1	2.3	127.8	64.92
		February	4,334	61.9	1.7	74.9	63.99
		March	5,686	81.2	1.6	91.4	62.52
		April	5,225	74.6	1.5	80.5	66.50
		May	2,168	31.0	2.1	45.5	68.55
		June	3,221	46.0	2.1	67.6	64.52
		July	3,978	56.8	2.1	84.1	74.39
		August	1,978	28.3	2.0	40.1	74.74
		September	0	0.0	0.0	0.0	79.39
		October	3,442	49.2	1.7	58.9	78.21
		November	0	0.0	0.0	0.0	78.36
		December	0	0.0	0.0	0.0	80.05
		Total	35,572	42.3	1.9	671	71.34
2000	Run-of-mine ore	January	4,968	71.0	2.1	106.5	83.64
		February	0	0.0	0.0	0.0	81.69
		March	6,575	93.9	1.7	110.8	78.90
		April	0	0.0	0.0	0.0	76.15
		May	5,584	79.8	1.6	89.5	80.99
		June	3,135	44.8	1.9	59.7	79.52
		July	3,706	52.9	1.5	57.1	81.62
		August	4,256	60.8	1.8	75.2	84.18
		September	3,614	51.6	1.7	60.9	88.92
		October	5,463	78.0	1.5	79.1	86.12
		November	5,685	81.2	1.5	87.8	81.43
		December	4,433	63.3	1.9	84.3	83.94
		Total	47,418	56.4	1.7	811	82.26
2001	Run-of-mine ore	January	4,410	63.0	1.8	79.5	81.08
		February	3,002	42.9	1.8	53.1	80.09
		March	5,509	78.7	1.7	92.9	78.87
		April	5,593	79.9	1.7	96.7	75.49
		May	4,378	62.5	2.3	102.2	73.30
		Total	22,892	65.4	1.9	424	76.97

表 3-28 硫化銅鉍処理の目標：Ovalle プラント：ENAMI

摘 要		年間 目標：X	2000年 実績：Y	1994～2000年 実績	差：X - Y	対策 又は 期待外部条件()
1. 操業率：対設備能力稼働率	%	90.0	56.4	42.3～95.5: Ave.69.2	+33.6	1)ENAMIによる買鉱への更なるインセンティブ
(1) 原鉱量（銅品位）	t/year (Cu-%)	75,600 (同右)	47,418 (1.7)	35,572～80,196: Ave.58,128 (1.7～2.9: Ave.2.2)	+28,182 (±0)	2)ENAMIによる鉱山経営 3)買鉱ロットオフ品位の下げ
(2) 設備能力	t/year	84,000	84,000	84,000	±0	4)銅建値 >80～90 ¢/lb ()
2. 採収率						
(1) 銅	%	91.0	84.3	84.3～93.5: Ave.89.9	+5.7	1)最適摩鉱回路採用
(2) 金	%	---	42.1	42.1～179.8?: Ave.88.4	---	2)浮選濃度増による浮選時間確保 (同上：銅に付随)
(3) 銀	%	---	162.1	87.1～327.8?: Ave.135.4?	---	(同上：銅に付随)
3. 生産銅精鉱						
(1) 銅精鉱	t/year	計算 3,898	3,068	2,749～5,698: Ave.4,419	+788	
(2) 銅精鉱銅品位、同銅量	%	30.0	22.3	22.0～29.1: Ave.26.4	+7.7	1)精選フロー改善、及び精選に再摩鉱導入
	t/year	計算 1,170	684	605～1,658: Ave.1,165	+473	2)精選にコラム浮選導入
(3) 銅精鉱金品位、同金量	g/t	---	2.0	2.0～14.4: Ave.8.5	---	(同上：銅に付随)
	kg/year	---	6.3	6.3～81.9: Ave.37.5	---	
(4) 銅精鉱銀品位、同銀量	g/t	---	88.3	88.3～198.3: Ave.140.2	---	(同上：銅に付随)
	kg/year	---	270.9	247.3～983.8: Ave.619.5	---	
4. 収入(生産金額)[A]：試算推定(*1)	US\$/year	1,015,368～951,003	493,362		+522,006～+457,641	
5. 生産コスト[B]	US\$/year	1,204,308	795,200		+409,108	
(1) 単位生産コスト	US\$/原鉱t (¢ /生産Cu-lb)	15.93 (計算 47.2)	16.77 (計算 52.7)		-0.84 (-5.5)	1)全項目 5%削減
6. 年間生産粗利益[A - B]	US\$/year	-188,940～-253,305	-301,838		+112,898～+48,533	
< 年間操業改善金額 >	US\$/year	+280,326～+277,922				

注) *1:処理鉱量割合 年間目標[想定] ENAMI内の定価格にて調達した場合 60～30%, Ovalleプラントの特殊契約にて調達した場合 40～70%、2000年実績[2000.2] 50%, 50%

3.3 環境診断

3.3.1 目的

本診断は、Ovalle プラント周辺の自然環境（水、土壌、空気）及び汚染状況について、現状を把握するとともに、鉱害の発生原因を解明することを目的とする。

調査の結果、以下の点が明らかになったが、更なるデータの収集と解析が必要である。

3.3.2 Ovalle プラント周辺の水文・水質

本地域の水文については、プラントの東側を Ingenio 川が南西方向に流れ、プラントからおよそ 40km 下流で Limari 川に合流している。(図 3-9 参照)プラント近く(Ingenio 川上流東岸)には湧水があり、この地域での唯一の飲料水として使われている。

本地域は、600～1,000m級の山岳地帯であり、年間降雨量が 80～100mm 程度のため、植生は少なく、周辺の谷、枝沢は降雨時期以外は乾いている状態である。

3.3.3 水質・水量モニタリング結果

プラント周辺のモニタリングポイントは、以下の 9ヶ所に設定している。

- M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant)
- M-2: Spring Water for Drinking.
- M-3: Industrial water (Talhuen water)
- M-4: Waste water from precipitation process.
- M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond
- M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond
- M-5: The Ingenio River (500 m down stream of the plant)
- M-6: The Ingenio River (2 Km down stream of the plant)
- M-7: The Ingenio River (5 Km down stream of the plant)

これら観測点では、環境影響評価のため、チリ側が毎月 1 回水質を分析し、基礎データを蓄積している。表 3-29～3-55 に 1999 年 12 月から 2002 年 2 月までの分析結果を示す。(M-4A, M-4B については 2000 年 3 月から観測を開始した。)

プラントの上流側である M-1, M-2, M-3 は一年を通じて水質的に安定している。M-1, M-2, M-3 の T-Fe 濃度は、いずれも 0～0.3 程度(基準値以下)で特に問題ないことが分かった。(図 3-10 参照) また M-2(湧水)の Cl⁻ 濃度が比較的高いのは塩素殺菌の影響と思われる。

汚染源と考えられる M-4, M-4A, M-4B については、M-4(プラント廃水)の水質は非常に不安定であり、鉄酸化バクテリアの活性に重要な T-Fe 濃度が 9～39 g/L まで変動する。(図 3-11 参照)これは鉱石不足からくる酸化鉱処理工程の操業率の不安定さが原因である。今後の鉄酸化バクテリアの活性度維持を考える上で十分注意しなければならない要素である。

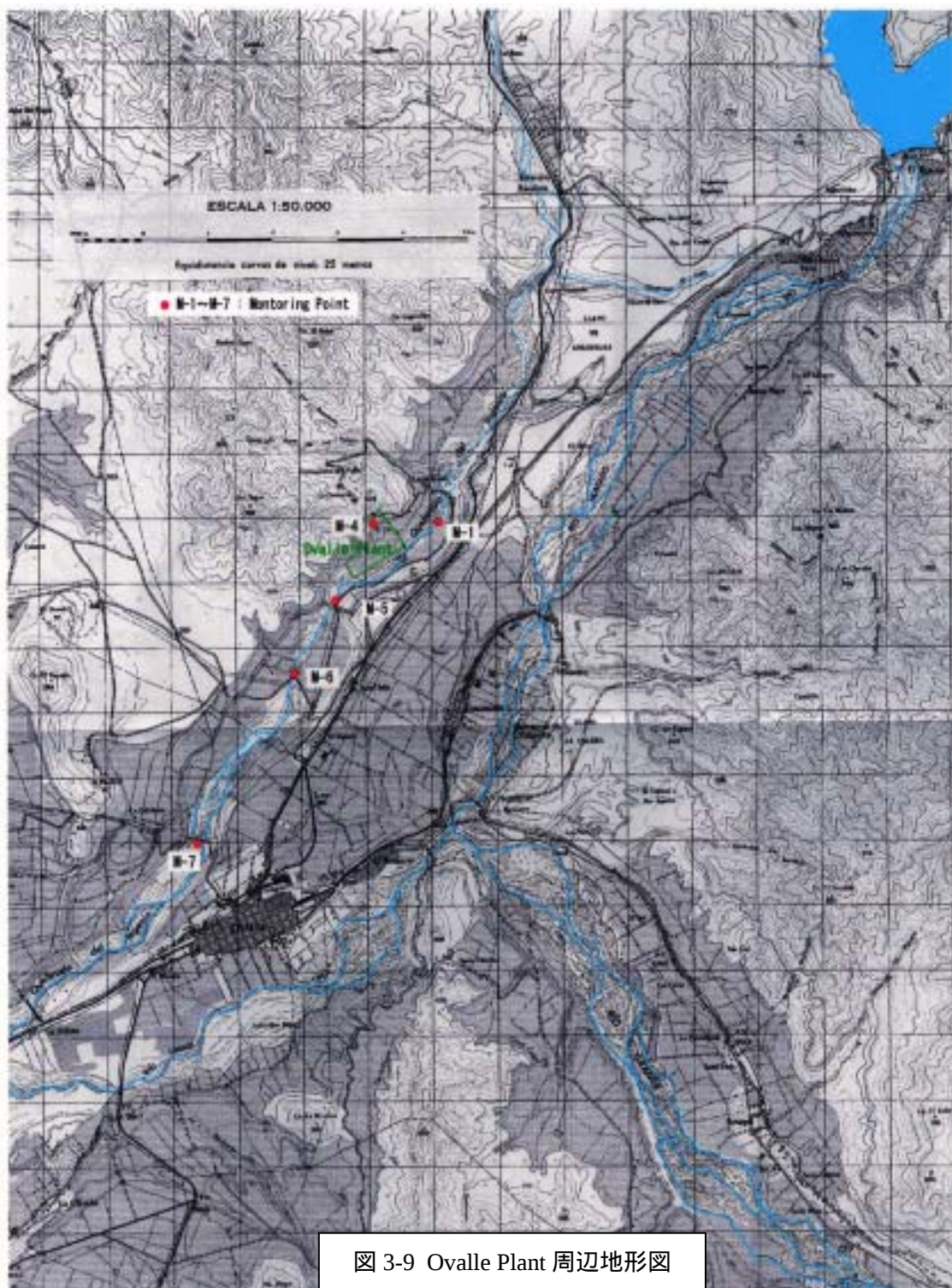


图 3-9 Ovalle Plant 周边地形图

また M-4A, M-4B の浸透水は、M-4A は M-4 と周辺あるいは場内の水が混ざったものと推測され、M-4B は M-4 以外の場内水と推測される。

M-5, M-6, M-7 に関しては、Ingenio 川の水量の多い 4 月～9 月は希釈効果のため、含有物質の濃度は下がっているものの、M-5(プラントから 500m 下流)、M-6(プラントから 2 km 下流)においては、年間を通じて T-Fe、Cu、Al、Mn、 SO_4^{2-} の含有量は高い。また M-7(プラントから 5 km 下流)では、T-Fe、Cu、Al、Mn、 SO_4^{2-} の含有量は自然の浄化作用により下がっている。(図 3-12 参照)

3.3.4 汚染防止対策

(1) 排水基準 / 灌漑用水の水質基準

表 3-56 チリの産業排水・液体廃棄物の排出基準 / 灌漑用水の水質基準 (金属鉱業関連の一部)

規制項目	単位	下水道に産業廃水を放流する場合の排水基準	液体廃棄物の排水基準					灌漑用水水質基準
			(1)河川水系	(2)希釈を考慮しうる河川水系	(3)湖沼水系	(4)沿岸保護地域内の海洋水系	(5)沿岸保護地域外の海洋水系	
pH		5.5 - 9.0	6.0 - 8.5	6.0 - 8.5	6.0 - 8.5	6.0 - 9.0	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0
温度		35	35	40	30	30	-	-
全懸濁固形物	mg/L	300	80	300	80	100	700	-
堆積性固形物	ml/L 1h	20	-	-	5	5	50	-
Al	mg/L	10	5	10	1	1	10	5
As	mg/L	0.5	0.5	1	0.1	0.2	0.5	0.1
B	mg/L	4	0.75	3	-	-	-	0.75
Cd	mg/L	0.5	0.01	0.3	0.02	0.02	0.5	0.01
CN ⁻	mg/L	1	0.2	1	0.5	0.5	1	0.2
Cl ⁻	mg/L	-	400	2,000	-	-	-	200
Cu	mg/L	3	-	-	-	1	3	0.2
T-Cu	mg/L	-	1	3	0.1	-	-	-
T-Cr	mg/L	10	-	-	2.5	2.5	10	0.2
Cr ⁶⁺	mg/L	0.5	0.05	0.2	0.2	0.2	0.5	-
Sn	mg/L	-	-	-	0.5	0.5	1	-
F	mg/L	-	1.5	5	1	1.5	6	1
Fe	mg/L	-	5	10	2	10	-	5
Mn	mg/L	4	0.3	3	0.5	2	4	0.2
Hg	mg/L	0.02	0.001	0.01	0.005	0.005	0.02	0.001
Mo	mg/L	-	1	2.5	0.07	0.1	0.5	0.01
Ni	mg/L	4	0.2	3	0.5	2	4	0.2
Pb	mg/L	1	0.05	0.5	0.2	0.2	1	5
Se	mg/L	-	0.01	0.1	0.01	0.01	0.03	0.02
SO_4^{2-}	mg/L	1,000	1,000	2,000	1,000	-	-	250
S ²⁻	mg/L	5	1	10	1	1	5	-
Zn	mg/L	5	3	20	5	5	5	2

2001 年 3 月にチリ国内の「排水基準」が官報に公表されたが、この Ovalle プラントからの排水はこの基準の中の「希釈能力を考慮し得る河川に対する排水基準」に規

制されるか、または 2003 年制定予定の「地下水への排水基準」に規制されるかは、現時点では定かでない。

なお「排水基準」については、Ovalle プラントなどのように既存の事業を行っている工場には 5 年間の適用猶予が与えられており、法律上 2006 年からの適用ということになっている。

また今回チリ国内の灌漑用水の水質基準と Ovalle プラント 下流の Ingenio 川水質を比較すると、Ingenio 川 M-5(プラントから 500m 下流)、及び M-6(プラントから 2 km 下流)においては、T-Fe、Cu、Al、Mn、Zn、Cd、 SO_4^{2-} の含有量が、M-7(プラント 5 km 下流)においても Mn、 SO_4^{2-} は基準値をオーバーしており、灌漑用水としては不適合と判断される。(図 3-12 参照)

(2) 水質汚染対策

M-1(Ingenio 川上流)と M-5(Ingenio 川 プラント 500m 下流)の T-Fe の負荷量の差(図 3-13 参照)から Ingenio 川に浸出している廃液の量は下表 3-57 のように推定できる。

表 3-57 浸透水負荷量算出表

	T-Fe[mg/s] (M-5)-(M-1)	M-4	
		T-Fe[mg/L]	Q [L/s]
Dec	39,088	29,550	1.32
Jan. 2000	28,164	17,240	1.63
Feb	44,379	-	-
Mar	52,784	39,290	1.34
Apr	35,989	37,040	0.97
May	84,746	25,340	3.34
Jun	87,145	24,830	3.51
Jul	34,820	14,570	2.39
Aug	30,741	18,670	1.65
Sep	91,931	15,100	6.09
Oct	56,415	11,140	5.06
Nov	30,871	16,000	1.93
Dec	20,256	19,590	1.03
Jan. 2001	21,970	18,660	1.18
Feb	22,245	28,620	0.78
Mar	24,889	25,600	0.97
Apr	28,220	25,000	1.13
May	81,895	14,390	5.69
Jun	3,130	15,000	0.21
Jul	33,741	23,470	1.44
Aug	10,041	9,800	1.02
Sep	7,772	15,400	0.50
Oct	16,559	17,110	0.97
Nov	33,970	12,150	2.80
Dec	60,910	10,700	5.69
Jan. 2002	56,455	15,000	3.76
Feb	127,686	18,000	7.09

プラントから Ingenio 川への廃水の浸出量は、酸化鉍処理の操業率(RCU: Rate of capacity utilization)や降雨量などの影響を受けていると思われるが、多いときで 3~7 L/sec、それ以外は 1 L/sec 前後と推定される。

また 汚染物質として、前記排水基準を超えているものは、M-4(プラント廃水)では、Fe、Cu、Al、Mn、As、Zn、Cd、 SO_4^{2-} 、M-4A(浸透水 A)では、Fe、Cu、Al、Mn、Zn、Cd、 SO_4^{2-} 、M-4B M-4B(浸透水 B)では、Cu、Al、Mn、Zn、 SO_4^{2-} である。

さらに灌漑用水の水質基準は厳しく、M-5(プラント 500m 下流)、及び M-6(プラント 2 km 下流)では、Fe、Cu、Al、Mn、Zn、Cd、 SO_4^{2-} 、M-7(プラント 5 km 下流)で Mn、 SO_4^{2-} が灌漑用水基準値を超えている。

これら汚染水の Ingenio 川への流入経路は明確ではないものの、M-4A(浸透水 A)及び M-4B(浸透水 B)は蒸発ポンド堤体下部にあり、この浸透水が Ingenio 川に流入しているのは確実である。このうち M-4B(浸透水 B)は比較的汚染度の低いプラント場内水と考えられ、最大の汚染源は M-4A(浸透水 A)即ち、蒸発ポンド内の M-4(プラント酸化鉍処理廃水)である。

従って、Ovalle プラントとしては、この水質汚染の防止のため、法律の有効となる 2006 年までに以下の項目について検討・実施すべきである。

蒸発ポンド内側のシート張り：

蒸発ポンドの内側に HDPE(High Density Poly-Ethylene)シートを張るなど、不透水層を設置して、プラント廃液の浸透流出を防止する。

蒸発ポンド堤体の整形：

蒸発ポンド堤体の決壊ヶ所、雨裂ヶ所などの整形を行うと同時に、堤体の安定解析を行い安全性を確認する。

蒸発ポンド周辺の整備：

蒸発ポンド周辺のリーチング廃さいの整形・覆土・植栽

水路の整備：

プラント周囲、蒸発ポンド周囲に水路を設置し、場内への降雨等の流入を遮断する。

中和処理殿物の安全性の確認：

中和殿物の再溶解試験・水分を含んだ場合の流動性試験を行い、その安全性について確認する。

(3) 土壤汚染防止対策

Ovalle プラント周辺の土壤汚染としては、Ingenio 川下流域に堆積している各種金属を含んだ鉄の殿物、リーチング残渣、選鉍尾鉍、その他粉塵堆積物がある。特に鉄分を多く含んだ殿物(水酸化物)は M-7 地点(プラント下流 5 km)まで幅広く大量に堆積している。

今後、リーチング廃液の全量処理が行われ、上記水質汚染防止対策が実施されれば、これ以上の下流域への土壤汚染はなくなり、時間はかかるが、これら汚染土壌の上に Ingenio 川上流からの自然堆積物が徐々に堆積し全体を被覆してゆくであろう。

現在までに堆積している汚染堆積物を全て剥土除去するには、莫大な経費と時間がかかること、また現在周辺住民の生活環境に直接害を与えていないことから、このような自然の浄化作用を利用する方が現実的である。

(4) 大気汚染防止対策

Ovalle プラント周辺の大気汚染の要因としては、粉碎工程におけるダスト、硫酸の噴霧におけるミスト、蒸発ポンド内の蒸発残渣や中和殿物が考えられる。

プラント周囲にはワイン用葡萄畑が隣接しているため、こうした微粒子の飛散を極力防止する必要がある。その対策としては以下のものが考えられる。

- ・ 破碎、塊状化(Agglomeration)各工程及び各所運搬作業における噴霧等による粉塵発生の防止
- ・ 防風ネット設置等による、リーチング場からの酸ミスト飛散防止
- ・ リーチング廃石、選鉱尾鉱、蒸発ポンド蒸発残渣、中和殿物などに対しては、整形・覆土・植栽を行う

以下に参考としてチリにおける大気環境基準・排出基準(最大許容濃度)を示す。

< 環境第 1 次基準：人の健康を保護するための基準 >

浮遊粉塵	1 日の算術平均濃度	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
亜硫酸ガス	年算術平均濃度	80 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 日の算術平均濃度	365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

< 環境第 2 次基準：野生動植物及び再生可能資源を保護するための基準 >

a . Santiago 以北の地域

亜硫酸ガス	年算術平均濃度	80 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 日の算術平均濃度	365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 時間最大濃度	1,000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

b . Santiago 以南の地域

亜硫酸ガス	年算術平均濃度	60 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 日の算術平均濃度	260 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 時間最大濃度	700 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

*いずれも Santiago 首都圏、特別工業振興都市には適用されず、別途制定される。
また粉塵についてはこの規則では定めず、別途農業省が提案している。

< 排出基準 >

a . 亜硫酸ガス、及び粉塵

統一的な排出基準ではなく、排出する亜硫酸ガスまたは粉塵の着地濃度の最大値が環境基準を超えないように個別に規制される。

b . ヒ素

亜硫酸ガス及び浮遊性粉塵については、上記のように 1992 年鉱業省令 185 号にて規定されたが、ヒ素だけが継続審議となって、1998 年鉱業省令 165 号にてようやく規定された。亜硫酸ガス及び浮遊性粉塵は、環境基準の濃度で規定されているのに対し、ヒ素の場合は、大気への最大排出許容量を定めた排出総量規制である。

いかなる地点といえども、新発生源は当該発生源に搬入される全ヒ素の 5 重量%以下の量しか排出してはならない。銅化合物を処理する新発生源は、当該発生源に搬入される全ヒ素の 0.024 重量%以下の量しか排出してはならない。最大許容量を下表 3-58 に示す。

表 3-58 ヒ素排出最大許容量

州・県	熔錬能力 (t / year 以上)	既存 銅精錬所 / 金鉱山	ヒ素排出最大許容量 (t / year)		
			2000 年	2001 年	2003 年
Region El Loa	1,400,000	Chuquicamata	1,100	800	400
Region Antofagasta	350,000	Altonorte	126	126	126
Region Copiapo	200,000	Paipote	42	42	42
Region Chanaral	500,000	Potrerillos	1,450	800	150
Region Elqui	80,000	Elindio	200	200	200
Region San Felipe	350,000	Chagres	95	95	95
Region Valparaiso	400,000	Ventanas	120	120	120
Region Cachapoal	1,100,000	Caletones	1,880	375	375

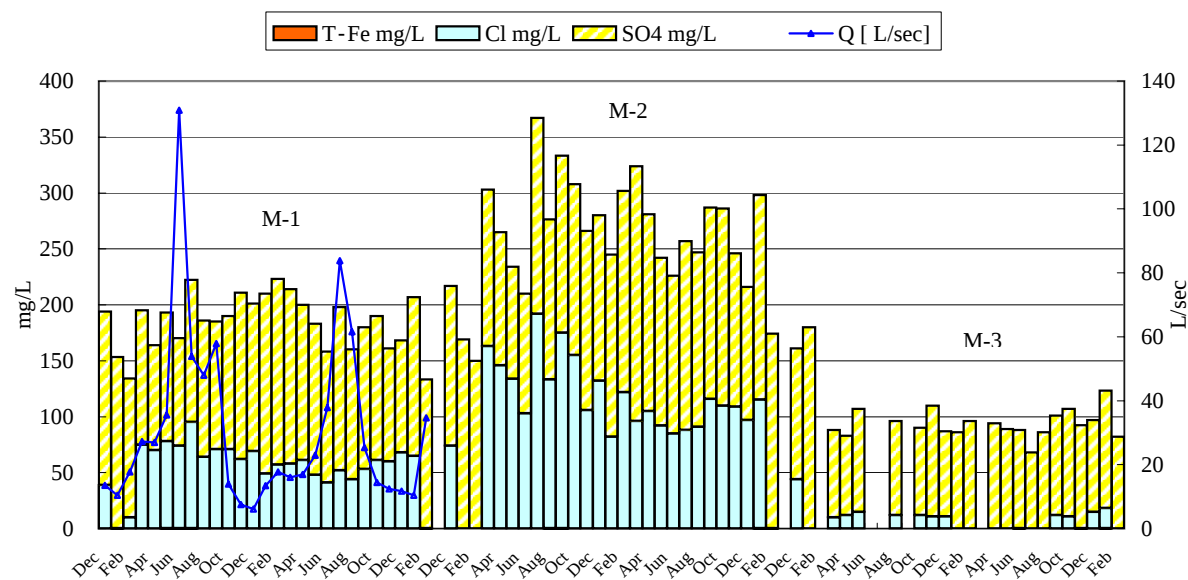


図3-10 モニタリングポイントM-1, M-2, M-3分析結果('99 Dec ~ '02 Feb)

*Standards : For Irrigation Water

<M-1> Ingenio river (upper)

	T-Fe mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	Q [L/sec]
Standards	5.0	200	250	
Dec	0.05	39	155	13.50
Jan-2000	0.28		153	10.41
Feb	0.05	< 10.0	124	17.74
Mar	0.10	75	120	27.26
Apr	0.05	70	94	26.89
May	0.23	78	115	35.58
Jun	0.22	74	96	130.87
Jul	0.34	95	127	53.91
Aug	< 0.1	64	122	47.92
Sep	< 0.1	71	114	57.84
Oct	< 0.1	71	119	13.87
Nov	< 0.1	62	149	7.55
Dec	< 0.1	69	132	6.08
Jan-2001	< 0.1	49	161	13.44
Feb	< 0.1	57	166	17.76
Mar	< 0.1	58	156	16.05
Apr	< 0.1	61	139	16.97
May	< 0.1	48	135	22.89
Jun	< 0.1	41	117	37.84
Jul	< 0.1	52	146	83.80
Aug	< 0.1	44	116	61.63
Sep	< 0.1	53	127	25.29
Oct	< 0.1	61	129	14.47
Nov	< 0.1	60	101	12.46
Dec	< 0.1	68	100	11.71
Jan-2002	< 0.1	65	142	10.40
Feb	0.20	-	133	34.68

<M-2> Drinking water

	T-Fe mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L
Standards	5.0	200	250
Dec	0.00	74	143
Jan-2000	0.00		169
Feb	0.00	< 10.0	150
Mar	0.00	163	140
Apr	0.00	146	119
May	0.00	134	100
Jun	0.00	103	107
Jul	0.00	192	175
Aug	0.40	133	143
Sep	0.20	175	158
Oct	< 0.1	155	153
Nov	< 0.1	106	160
Dec	0.10	132	148

<M-2> Drinking water

	T-Fe mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L
Jan-2001	< 0.1	82	163
Feb	< 0.1	122	180
Mar	< 0.1	96	228
Apr	< 0.1	105	176
May	< 0.1	92	150
Jun	< 0.1	85	141
Jul	< 0.1	88	169
Aug	< 0.1	91	156
Sep	< 0.1	116	171
Oct	< 0.1	110	176
Nov	< 0.1	109	137
Dec	< 0.1	97	119
Jan-2002	0.20	115	183
Feb	0.20	-	174

<M-3> Industrial water

	T-Fe mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L
Standards	5.0	200	250
Dec	0.00	44	117
Jan-2000	0.00		180
Feb			
Mar	0.00	10	78
Apr	0.00	12	71
May	0.00	15	92
Jun			
Jul			
Aug	0.10	12	84
Sep			
Oct	< 0.1	12	78
Nov	< 0.1	11	99
Dec	< 0.1	11	76
Jan-2001	< 0.1	< 10.0	86
Feb	< 0.1	< 10.0	96
Mar			
Apr	< 0.1	< 10.0	94
May	< 0.1	< 10.0	89
Jun	0.20	< 10.0	88
Jul	< 0.1	< 10.0	68
Aug	< 0.1	< 10.0	86
Sep	< 0.1	12	89
Oct	< 0.1	11	96
Nov	0.3	< 10.0	92
Dec	< 0.1	15	82
Jan-2002	0.20	18	105
Feb	0.10	-	82

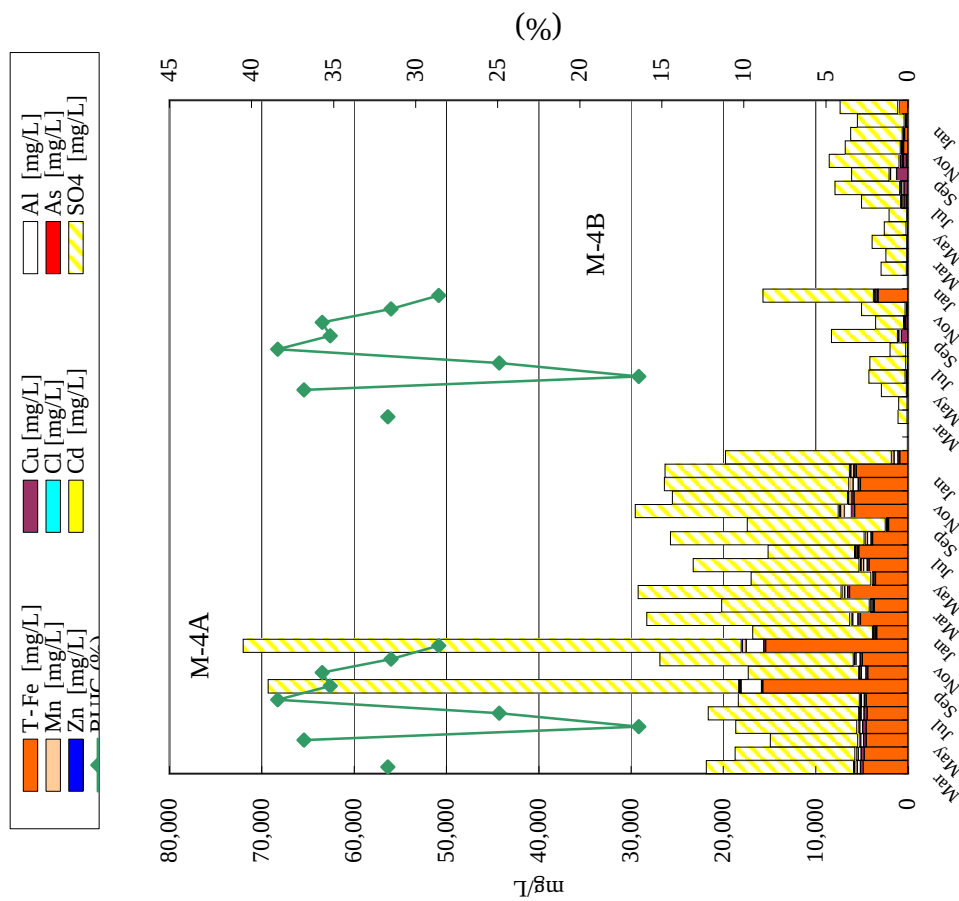
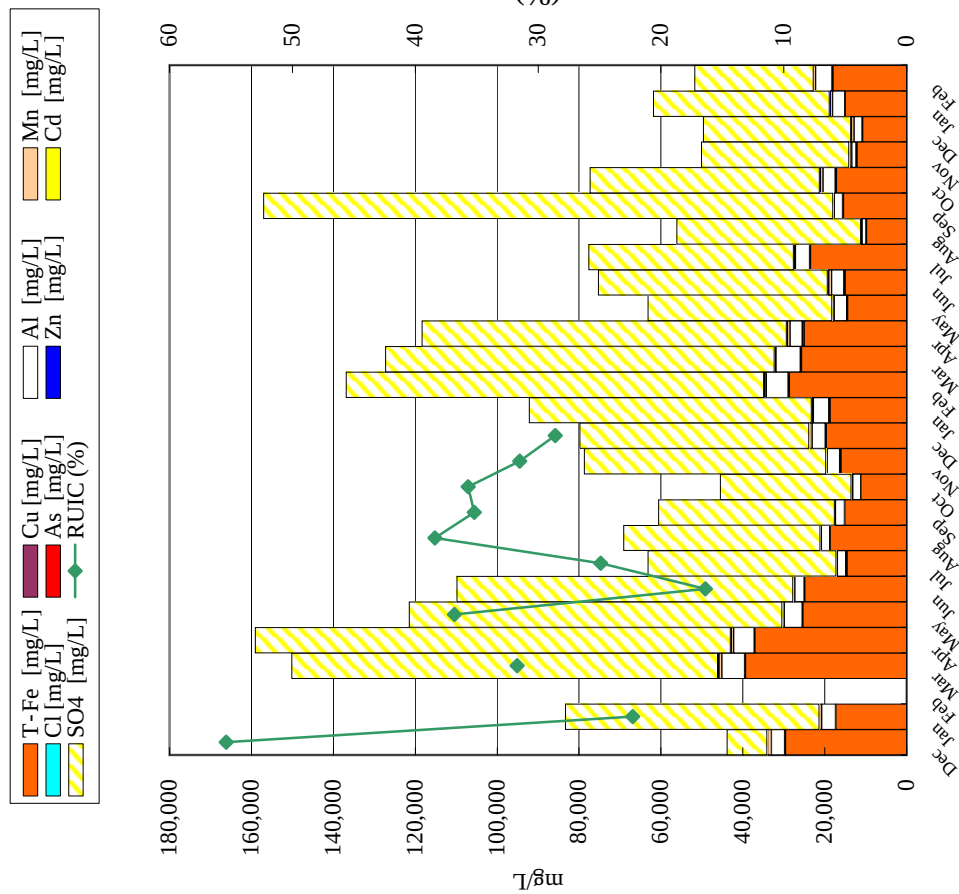


図3-11 モニタリングポイントM-4, M-4A, M-4B分析結果('99 Dec ~ '02 Feb)

M-4, M-4A, M-4B Monitoring Point Analysis
('99 Dec ~ '02Feb)

<M- 4> Waste water (precipitation process)

*RCU: Rate of capacity utilization (14,000 t/m)

	T-Fe [mg/L]	Cu [mg/L]	Al [mg/L]	Mn [mg/L]	Cl [mg/L]	As [mg/L]	Zn [mg/L]	Cd [mg/L]	SO ₄ [mg/L]	*RCU (%)
Regulation	10.0	3.0	10.0	3.0	2,000	1.0	20.0	0.30	2,000	
Dec	29,550	210	3,200	927	< 10.0	27.00	178	0.33	9,750	55.4
Jan-2000	17,240	110	3,400	493		7.18	80	0.33	62,000	22.3
Feb										0.0
Mar	39,290	230	5,600	707	< 10.0	36.00	279	1.00	104,000	31.7
Apr	37,040	200	5,000	552	< 10.0	42.00	183	0.31	116,000	0.0
May	25,340	130	4,350	473	< 10.0	5.50	124	0.24	91,000	36.8
Jun	24,830	210	2,250	349	< 10.0	20.00	124	0.27	82,000	16.4
Jul	14,570	280	2,050	175	< 10.0	< 10.0	91	0.31	46,000	24.9
Aug	18,670	89	2,040	185	< 10.0	1.40	115	0.29	48,000	38.4
Sep	15,100	86	2,160	133	< 10.0	2.50	98	0.30	43,000	35.2
Oct	11,140	72	1,930	285	< 10.0	0.83	71	0.20	32,000	35.7
Nov	16,000	312	3,070	267	< 10.0	4.80	74	0.30	59,000	31.5
Dec	19,590	273	3,190	625	< 10.0	0.76	137	0.31	56,000	28.6
Jan-2001	18,660	339	3,710	319	20	0.16	136	3.60	69,000	
Feb	28,620	277	5,360	371	19	0.76	181	0.29	102,000	
Mar	25,600	366	5,900	229	15	33.00	109	1.22	95,000	
Apr	25,000	442	3,000	633	18	40.00	194	1.39	89,000	
May	14,390	242	3,000	404	< 10.0	1.70	148	1.94	45,000	
Jun	15,000	317	3,000	710	17	5.20	243	1.85	56,000	
Jul	23,470	184	3,448	358	< 10.0	1.40	165	1.62	50,000	
Aug	9,800	99	1,000	171	< 10.0	0.02	72	0.96	45,000	
Sep	15,400	267	2,000	116	< 10.0	0.54	201	1.38	139,000	
Oct	17,110	295	3,000	638	< 10.0	0.01	229	2.14	56,000	
Nov	12,150	200	1,000	482	< 10.0	0.05	241	1.84	36,000	
Dec	10,700	154	2,000	568	< 10.0	2.40	195	2.18	36,000	
Jan-2002	15,000	73	3,000	544	< 10.0	0.04	207	1.50	43,000	
Feb	18,000	212	4,000	516	-	-	-	-	29,000	

<M- 4A> Infiltrate drainageA (evaporation pond)

	T-Fe [mg/L]	Cu [mg/L]	Al [mg/L]	Mn [mg/L]	Cl [mg/L]	As [mg/L]	Zn [mg/L]	Cd [mg/L]	SO ₄ [mg/L]	*RCU (%)
Mar-2000	4,820	300	360	268	17.0	0.04	85.0	0.43	16,000	31.7
Apr	4,720	340	305	247	22.0	< 0.03	76.0	0.16	13,000	0.0
May	4,510	270	320	213	23.0	< 0.03	65.0	0.31	9,500	36.8
Jun	4,510	380	305	225	15.0	< 0.03	64.0	0.34	13,140	16.4
Jul	4,410	330	314	144	17.0	< 0.03	79.0	0.16	16,340	24.9
Aug	4,510	196	308	141	20.0	< 0.03	50.0	0.33	13,147	38.4
Sep	15,700	132	2,240	124	< 10.0	< 0.03	109.0	0.32	51,000	35.2
Oct	4,340	217	479	173	13.0	< 0.03	83.0	0.32	12,000	35.7
Nov	4,920	233	457	190	17.0	< 0.03	70.0	0.33	21,000	31.5
Dec	15,390	209	1,930	392	< 10.0	0.08	96.0	0.28	54,000	28.6
Jan-2001	3,380	85	136	159	12.0	0.10	44.0	0.19	13,000	
Feb	5,130	272	551	230	12.0	0.08	84.0	0.29	22,000	
Mar	3,630	85	170	213	24.0	< 0.03	43.0	0.31	16,000	
Apr	6,300	203	345	291	26.0	< 0.03	58.0	0.33	22,000	
May	3,500	80	156	179	39.0	< 0.005	41.0	0.12	13,000	
Jun	4,200	191	406	276	132.0	< 0.005	55.0	0.31	18,000	
Jul	5,310	58	135	182	34.0	< 0.005	39.0	0.89	9,400	
Aug	3,800	190	392	258	18.0	< 0.005	59.0	0.22	21,000	
Sep	2,090	69	142	59	20.0	< 0.005	37.0	0.19	15,000	
Oct	5,740	349	786	420	12.0	0.03	231.0	0.39	22,000	
Nov	5,810	253	52	310	< 10.0	< 0.005	88.0	0.37	19,000	
Dec	5,140	233	560	371	< 10.0	< 0.005	68.0	0.25	20,000	
Jan-2002	5,600	230	26	333	37	< 0.005	90	0.32	20,000	
Feb	866	198	425	294	-	-	-	-	18,000	

<M- 4B> Infiltrate drainageB (evaporation pond)

	T-Fe [mg/L]	Cu [mg/L]	Al [mg/L]	Mn [mg/L]	Cl [mg/L]	As [mg/L]	Zn [mg/L]	Cd [mg/L]	SO ₄ [mg/L]	*RCU (%)
Mar-2000	0.00	0.00	< 1.0	9.9	75.0	0.08	0.39	< 0.01	990	31.7
Apr	0.00	0.00	1.0	8.4	67.0	< 0.03	0.47	0.02	938	0.0
May	0.00	0.00	24.0	39.0	66.0	< 0.03	6.30	0.03	2,746	36.8
Jun	0.00	0.00	140.0	69.0	35.0	< 0.03	16.00	0.09	3,964	16.4
Jul	0.00	0.00	120.0	50.0	41.0	< 0.03	13.00	0.02	3,912	24.9
Aug	11.00	49.00	68.0	24.0	57.0	< 0.03	3.40	0.05	1,723	38.4
Sep	5.40	688.00	265.0	100.0	14.0	< 0.03	45.00	0.17	7,159	35.2
Oct	18.00	225.00	87.0	48.0	47.0	< 0.03	10.00	0.03	3,078	35.7
Nov	16.00	121.00	46.0	33.0	52.0	< 0.03	6.90	0.15	4,739	31.5
Dec	3,180.00	110.00	165.0	195.0	24.0	< 0.03	51.00	0.02	12,000	28.6
Jan-2001										
Feb	29.00	13.00	9.2	20.0	59.0	< 0.03	1.31	0.01	2,779	
Mar	16.00	9.30	9.6	18.0	64.0	< 0.03	0.56	< 0.01	2,270	
Apr	18.00	7.70	6.0	12.0	70.0	< 0.03	0.61	< 0.01	3,760	
May	12.00	34.00	81.0	18.0	43.0	< 0.005	1.70	0.03	2,375	
Jun	14.00	8.90	3.0	17.0	43.0	< 0.005	1.00	0.02	1,950	
Jul	130.00	290.00	184.0	102.0	25.0	< 0.005	20.00	0.08	4,275	
Aug	25.00	401.00	250.0	144.0	16.0	< 0.005	26.00	0.14	7,050	
Sep	7.30	1,200.00	652.0	75.0	< 10.0	< 0.005	68.00	0.41	4,100	
Oct	138.00	350.00	151.0	161.0	26.0	< 0.005	94.00	0.10	7,600	
Nov	450.00	156.00	66.0	81.0	33.0	< 0.005	7.30	0.10	6,000	
Dec	360.00	71.00	46.0	83.0	40.0	< 0.005	6.40	0.02	5,600	
Jan-2002	188.0	35.00	24.0	72.0	64.0	< 0.005	4	0.02	5,100	
Feb	982.0	0.84	7.0	79.0	-	-	-	-	6,300	

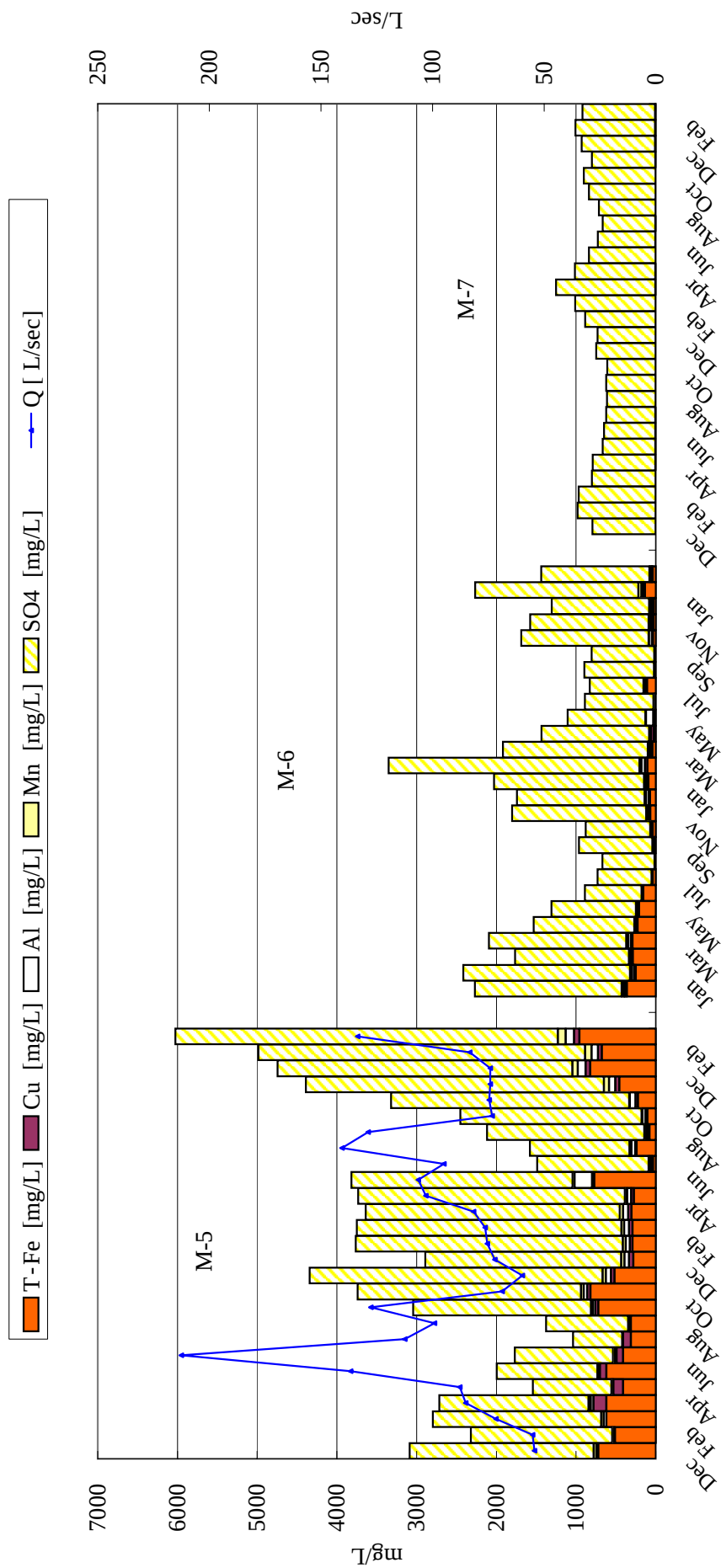


図3-12 モニタリングポイントM-5, M-6, M-7分析結果('99 Dec ~ '02 Feb)

M-5, M-6, M-7 Monitoring Point Analysis ('99 Dec ~ '02Feb)

<M-5> Ingenio river (500 m down from the plant) *Standards : For Irrigation Water

	T-Fe [mg/L]	Cu [mg/L]	Al [mg/L]	Mn [mg/L]	Cl ⁻ [mg/L]	As [mg/L]	Hg [mg/L]	Zn [mg/L]	Mo [mg/L]	Cd [mg/L]	SO ₄ [mg/L]	Q [L/sec]
Standards	5.0	0.2	5.0	0.2	200	0.1	0.001	2.0	0.01	0.01	250	
Dec	720.0		24.0	35.0	70.0	< 0.03	< 0.001	6.7	< 0.01	0.06	2,309.0	54.29
Jan-2000	510.0		11.0	25.0		< 0.03	< 0.001	4.5	< 0.01	0.02	1,773.0	55.23
Feb	620.0		33.0	29.0	< 10.0	< 0.03	< 0.001	6.7	0.04	0.04	2,116.0	71.58
Mar	620.0	160.0	35.0	28.0	138.0	< 0.03	< 0.001	6.9	< 0.01	0.05	1,872.0	85.14
Apr	410.0	120.0	10.0	15.0	101.0	< 0.03	< 0.001	4.2	< 0.01	0.02	988.0	87.78
May	620.0	80.0	13.0	19.0	101.0	< 0.03	< 0.001	4.7	< 0.01	0.04	1,263.0	136.70
Jun	410.0	80.0	25.0	19.0	109.0	< 0.03	< 0.001	4.1	< 0.01	0.02	1,236.0	212.62
Jul	310.0	100.0	1.7	8.3	105.0	< 0.03	< 0.001	1.8	< 0.01	0.02	619.0	112.38
Aug	310.0	17.0	6.1	13.0	96.0	< 0.03	< 0.001	3.4	< 0.01	0.01	1,031.0	99.18
Sep	720.0	39.0	30.0	22.0	71.0	< 0.03	< 0.001	3.6	< 0.01	< 0.01	2,234.0	127.69
Oct	820.0	38.0	45.0	34.0	78.0	< 0.03	< 0.001	8.2	< 0.01	0.01	2,803.0	68.80
Nov	516.0	46.0	62.0	42.0	73.0	< 0.03	< 0.001	11.0	< 0.01	0.03	3,676.0	59.83
Dec	281.0	53.0	58.0	41.0	78.0	< 0.03	< 0.001	7.9	< 0.01	0.04	2,458.0	72.09
Jan-2001	291.0	35.0	48.0	38.0	49.0	< 0.03	< 0.001	8.8	< 0.01	0.03	3,351.0	75.50
Feb	291.0	45.0	60.0	34.0	65.0	< 0.03	< 0.001	10.0	< 0.01	0.04	3,319.0	76.45
Mar	305.0	40.0	63.0	42.0	62.0	< 0.03	< 0.001	8.8	< 0.01	0.06	3,190.0	81.61
Apr	274.0	35.0	50.0	26.0	60.0	< 0.03	< 0.001	7.9	< 0.01	0.06	3,348.0	103.00
May	770.0	29.0	219.0	25.0	61.0	< 0.005	< 0.001	8.7	< 0.01	0.06	2,775.0	106.36
Jun	33.0	15.0	23.0	17.0	61.0	< 0.005	< 0.001	3.6	< 0.01	0.04	1,400.0	94.96
Jul	240.0	18.0	47.0	24.0	58.0	< 0.005	< 0.001	5.0	< 0.01	0.03	1,250.0	140.62
Aug	78.0	17.0	26.0	22.0	55.0	< 0.005	< 0.001	5.5	< 0.01	< 0.01	1,975.0	128.81
Sep	106.0	22.0	37.0	12.0	67.0	< 0.005	< 0.001	5.2	0.12	< 0.01	2,275.0	73.32
Oct	222.0	31.0	70.0	8.9	65.0	< 0.005	< 0.001	8.9	< 0.01	< 0.01	2,988.0	74.59
Nov	458.0	50.0	78.0	62.0	49.0	< 0.005	< 0.001	12.0	< 0.01	0.06	3,740.0	74.17
Dec	821.0	57.0	98.0	70.0	41.0	< 0.005	< 0.001	13.0	0.12	< 0.01	3,700.0	74.19
Jan-2002	677.0	46.0	82.0	80.0	72.0	< 0.005	< 0.001	12.0	< 0.01	0.05	4,100.0	83.39
Feb	956.0	68.0	104.0	99.0							4,800.0	133.57

<M-6> Ingenio river (2 km down from the plant)

	T-Fe [mg/L]	Cu [mg/L]	Al [mg/L]	Mn [mg/L]	Cl ⁻ [mg/L]	As [mg/L]	Hg [mg/L]	Zn [mg/L]	Mo [mg/L]	Cd [mg/L]	SO ₄ [mg/L]
Standards	5.0	0.2	5.0	0.2	200	0.1	0.001	2.0	0.01	0.01	250
Dec	362.7	24.4	11.0	28.0	66.00	< 0.03	< 0.001	5.60	< 0.01	0.03	1,842.0
Jan-2000	251.3	16.9	29.0	23.0		< 0.03	< 0.001	3.50	< 0.01	0.04	2,094.0
Feb	286.0	19.4	15.0	15.0	< 10.0	< 0.03	< 0.001	4.30	< 0.01	0.02	1,429.0
Mar	292.0	20.6	33.0	24.0	138.00	< 0.03	< 0.001	6.20	< 0.01	0.05	1,723.0
Apr	225.4	15.4	13.0	15.0	103.00	< 0.03	< 0.001	2.40	< 0.01	0.02	1,263.0
May	210.5	13.0	7.5	16.0	119.00	< 0.03	< 0.001	3.80	< 0.01	0.02	1,062.0
Jun	156.1	9.6	< 1.0	11.0	114.00	< 0.03	< 0.001	2.10	< 0.01	< 0.01	713.0
Jul	37.8	0.7	2.5	8.5	100.00	< 0.03	< 0.001	1.80	< 0.01	0.02	681.0
Aug	0.7	2.9	< 1.0	8.3	111.00	< 0.03	< 0.001	0.84	< 0.01	< 0.01	657.0
Sep	11.0	9.1	7.2	12.0	98.00	< 0.03	< 0.001	2.80	< 0.01	< 0.01	924.0
Oct	37.0	8.6	4.8	16.0	111.00	< 0.03	< 0.001	2.70	< 0.01	< 0.01	813.0
Nov	66.0	15.0	17.0	19.0	100.00	< 0.03	< 0.001	4.60	< 0.01	0.01	1,687.0
Dec	70.0	18.0	35.0	14.0	76.00	< 0.03	< 0.001	4.90	< 0.01	0.03	1,605.0
Jan-2001	92.0	17.0	16.0	22.0	65.00	< 0.03	< 0.001	5.10	< 0.01	< 0.01	1,881.0
Feb	106.0	28.0	45.0	25.0	84.00	< 0.03	< 0.001	7.10	< 0.01	0.02	3,147.0
Mar	40.0	17.0	25.0	17.0	73.00	< 0.03	< 0.001	4.00	< 0.01	< 0.01	1,820.0
Apr	24.0	35.0	15.0	8.1	67.00	< 0.03	< 0.001	2.90	< 0.01	0.03	1,353.0
May	19.0	11.0	91.0	8.5	71.00	< 0.005	< 0.001	2.20	< 0.01	0.03	975.0
Jun	0.6	6.9	10.0	9.7	63.00	< 0.005	< 0.001	2.50	< 0.01	0.03	863.0
Jul	107.0	8.0	28.0	10.0	62.00	< 0.005	< 0.001	1.60	< 0.01	0.02	675.0
Aug	0.3	5.8	7.0	6.8	85.00	< 0.005	< 0.001	2.20	< 0.01	< 0.01	875.0
Sep	< 0.1	5.8	4.0	7.6	83.00	< 0.005	< 0.001	1.80	< 0.01	< 0.01	788.0
Oct	33.0	15.0	35.0	4.9	73.00	< 0.005	< 0.001	4.90	< 0.01	< 0.01	1,600.0
Nov	31.0	15.0	27.0	16.0	67.00	< 0.005	< 0.001	4.00	< 0.01	0.01	1,488.0
Dec	27.0	12.0	23.0	20.0	57.00	< 0.005	< 0.001	3.60	< 0.01	< 0.01	1,225.0
Jan-2002	136.0	19.0	24.0	37.0	82.00	< 0.005	< 0.001	7.20	< 0.01	< 0.01	2,050.0
Feb	36.0	10.0	12.0	20.0							1,359.0

<M-7> Ingenio river (5 km down from the plant)

	T-Fe [mg/L]	Cu [mg/L]	Al [mg/L]	Mn [mg/L]	Cl ⁻ [mg/L]	As [mg/L]	Hg [mg/L]	Zn [mg/L]	Mo [mg/L]	Cd [mg/L]	SO ₄ [mg/L]
Standards	5.0	0.2	5.0	0.2	200	0.1	0.001	2.0	0.01	0.01	250
Dec	0.05	0.05	1.00	0.50	144.0	< 0.03	< 0.001	< 0.05	< 0.01	< 0.01	793.0
Jan-2000	0.05	0.05	1.00	0.40		< 0.03	< 0.001	0.09	< 0.01	< 0.01	979.0
Feb	0.05	0.05	0.05	0.45	< 10.0	< 0.03	< 0.001	0.35	< 0.01	< 0.01	967.0
Mar	0.05	0.05	0.05	0.71	312.0	< 0.03	< 0.001	0.35	< 0.01	< 0.01	800.0
Apr	0.05	0.05	0.05	2.30	231.0	< 0.03	< 0.001	0.57	< 0.01	< 0.01	788.0
May	0.05	0.05	1.00	2.50	220.0	< 0.03	< 0.001	0.66	< 0.01	< 0.01	663.0
Jun	0.13	0.05	1.00	2.10	190.0	< 0.03	< 0.001	0.23	< 0.01	< 0.01	646.0
Jul	0.11	0.05	1.00	0.55	179.0	< 0.03	< 0.001	0.10	< 0.01	< 0.01	619.0
Aug	0.20	< 0.05	1.00	0.10	189.0	< 0.03	< 0.001	< 0.05	< 0.01	< 0.01	612.0
Sep	0.30	< 0.05	1.00	0.30	179.0	< 0.03	< 0.001	0.06	< 0.01	< 0.01	620.0
Oct	< 0.1	< 0.05	1.00	0.20	202.0	< 0.03	< 0.001	< 0.05	< 0.01	< 0.01	609.0
Nov	< 0.1	< 0.05	< 1.0	0.10	190.0	< 0.03	< 0.001	< 0.05	< 0.01	< 0.01	747.0
Dec	0.20	< 0.05	1.00	0.10	173.0	< 0.03	< 0.001	0.06	< 0.01	< 0.01	729.0
Jan-2001	0.30	< 0.05	1.00	< 0.05	182.0	< 0.03	< 0.001	0.09	< 0.01	< 0.01	883.0
Feb	0.20	< 0.05	1.00	0.36	181.0	< 0.03	< 0.001	0.36	< 0.01	< 0.01	1,008.0
Mar	0.10	0.11	1.00	1.50	140.0	< 0.03	< 0.001	0.63	< 0.01	< 0.01	1,250.0
Apr	0.10	0.16	1.00	1.70	150.0	< 0.03	< 0.001	0.45	< 0.01	< 0.01	1,012.0
May	0.20	0.17	< 1.0	1.30	143.0	< 0.005	< 0.001	0.81	< 0.01	< 0.01	838.0
Jun	0.20	0.06	< 1.0	3.30	118.0	< 0.005	< 0.001	0.36	< 0.01	< 0.01	725.0
Jul	< 0.1	< 0.05	1.00	3.20	127.0	< 0.005	< 0.001	0.16	< 0.01	< 0.01	662.0
Aug	0.30	< 0.05	< 1.0	< 0.05	134.0	< 0.005	< 0.001	0.23	< 0.01	< 0.01	712.0
Sep	< 0.1	0.05	< 1.0	0.07	159.0	< 0.005	< 0.001	1.30	< 0.01	< 0.01	838.0
Oct	< 0.1	0.05	< 1.0	1.20	150.0	< 0.005	< 0.001	0.48	< 0.01	< 0.01	900.0
Nov	0.10	0.12	< 1.0	1.60	164.0	< 0.005	< 0.001	0.55	< 0.01	< 0.01	800.0
Dec	0.10	0.35	< 1.0	5.40	172.0	< 0.005	< 0.001	1.10	< 0.01	< 0.01	925.0
Jan-2002	0.10	0.38	< 1.0	6.00	200.0	< 0.005	< 0.001	0.98	< 0.01	< 0.01	1,000.0
Feb	< 0.1	0.67	< 1.0	7.40							912.0

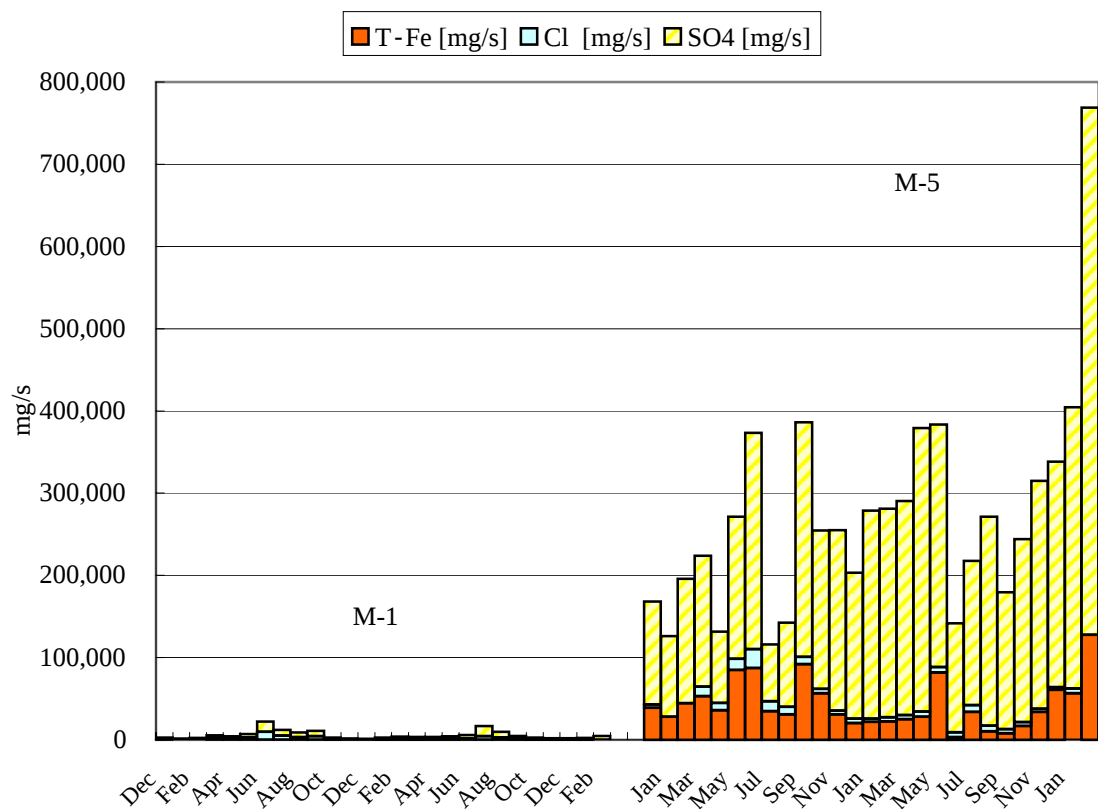


図3-13 M-1及びM-5におけるT-Fe, Cl, SO₄負荷量('99 Dec ~ '02 Feb)

<M-1>

	T-Fe [mg/s]	Cl [mg/s]	SO ₄ [mg/s]
Dec	0.68	527	2,093
Jan-2000	2.91		1,593
Feb	0.89		2,200
Mar	2.73	2,045	3,271
Apr	1.34	1,882	2,528
May	8.18	2,775	4,092
Jun	28.79	9,684	12,564
Jul	18.32	5,121	6,847
Aug	< 4.79	3,067	5,846
Sep	< 5.78	4,107	6,594
Oct	< 1.38	978	1,640
Nov	< 0.75	468	1,125
Dec	< 0.60	419	802
Jan-2001	< 1.34	658	2,164
Feb	< 1.78	1,012	2,948
Mar	< 1.60	931	2,504
Apr	< 1.70	1,035	2,359
May	< 2.29	1,098	3,090
Jun	< 3.78	1,551	4,427
Jul	< 8.38	4,358	12,235
Aug	< 6.16	2,712	7,149
Sep	< 2.53	1,340	3,212
Oct	< 1.45	883	1,867
Nov	< 1.25	748	1,258
Dec	< 1.17	796	1,171
Jan-2001	< 1.04	676	1,477
Feb	6.94		4,612

<M-5>

	T-Fe [mg/s]	Cl [mg/s]	SO ₄ [mg/s]
Dec	39,089	3,800	125,356
Jan-2000	28,167		97,923
Feb	44,380		151,463
Mar	52,787	11,749	159,382
Apr	35,990	8,866	86,727
May	84,754	13,807	172,652
Jun	87,174	23,176	262,798
Jul	34,838	11,800	69,563
Aug	30,746	9,521	102,255
Sep	91,937	9,066	285,259
Oct	56,416	5,366	192,846
Nov	30,872	4,368	219,935
Dec	20,257	5,623	177,197
Jan-2001	21,971	3,700	253,000
Feb	22,247	4,969	253,738
Mar	24,891	5,060	260,336
Apr	28,222	6,180	344,844
May	81,897	6,488	295,149
Jun	3,134	5,793	132,944
Jul	33,749	8,156	175,775
Aug	10,047	7,085	254,400
Sep	7,772	4,912	166,803
Oct	16,559	4,848	222,875
Nov	33,970	3,634	277,396
Dec	60,910	3,042	274,503
Jan-2002	56,455	6,004	341,899
Feb	127,693	0	641,136

表3-29 モニタリングポイント分析データ December '99

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	13.50	-	-	-	54.29	54.04	48.96	-
pH	6.90	7.00	7.20	3.80	4.54	4.60	6.68	6.0 - 8.5
t° [°C]	21.6	21.6	20.1	25.7	19.0	18.7	16.6	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.05	nd	nd	29,550.0	720.0	362.7	0.05	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	-	-	-	29,230.0	620.0	410.0	-	-
Cu [mg/L]	0.05	nd	nd	210.0	nd	24.41	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,200.00	24.0	11.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	927.00	35.00	28.00	0.50	3.0
Cl [mg/L]	39.00	74.00	44.00	< 10.0	70.00	66.00	144.00	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	27.00	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	178.00	6.70	5.60	< 0.05	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.33	0.06	0.03	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	155.0	143.0	117.0	9,750.0	2,309.0	1,842.0	793.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,610.0	1,590.0	1,220.0	7,620.0	5,420.0	5,230.0	3,400.0	-

表3-30 モニタリングポイント分析データ January '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	10.41	-	-	-	55.23	60.10	50.28	-
pH	6.86	6.75	7.00	3.51	4.58	4.66	6.75	6.0 - 8.5
t° [°C]	17.5	20.8	18.7	27.1	18.8	18.5	16.4	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.28	nd	nd	17,240.0	510.0	251.3	0.05	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	17,030.0	360.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	0.05	nd	nd	110.0	nd	16.90	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,400.0	11.0	29.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	0.06	0.06	493.0	25.0	23.0	0.40	3.0
Cl [mg/L]								2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	7.18	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	80.0	4.5	3.5	0.09	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	0.04	0.37	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.33	0.02	0.04	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	153.0	169.0	180.0	62,000.0	1,773.0	2,094.0	979.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,410.0	1,670.0	780.0	55,300.0	4,580.0	4,210.0	3,450.0	-

表3-31 モニタリングポイント分析データ February '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3 *	M - 4 *	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	17.74	-	-	-	71.58	85.74	77.15	-
pH	6.74	6.62	-	-	4.50	4.53	6.60	6.0 - 8.5
t° [°C]	18.2	22.5	-	-	19.2	18.8	16.7	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.05	nd	-	-	620.0	286.0	0.05	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	-	-	510.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	0.05	nd	-	-	nd	19.4	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	-	-	33.0	15.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	0.05	-	-	29.0	15.0	0.45	3.0
Cl [mg/L]	< 10.0	< 10.0	-	-	< 10.0	< 10.0	< 10.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	-	-	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	-	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	0.23	-	-	6.7	4.3	0.35	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	-	-	0.04	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	-	-	0.04	0.02	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	124.0	150.0	-	-	2,116.0	1,429.0	967.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,330.0	1,660.0	-	-	5,050.0	4,320.0	3,790.0	-

The Location of Monitoring Point:

nd : not determined

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant)

M-2: Spring Water for Drinking.

M-3: Industrial water (Talhuen water)

M-4: Waste water from precipitation process.

M-5: The Ingenio River (500 m down stream of the plant)

M-6: The Ingenio River (2 Km down stream of the plant)

M-7: The Ingenio River (5 Km down stream of the plant)

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

(February '00)

*M-3: Industrial water (Talhuen water) *(cleaning the watertank)

*M-4: Waste water from precipitation process *(the operation suspended)

表3-32 モニタリングポイント分析データ March '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	27.26	-	-	-	-	-	85.14	115.25	98.85	-
pH	7.12	7.19	7.49	3.59	-	-	4.84	4.68	6.81	6.0 - 8.5
t° [°C]	17.5	21.3	20.2	29.5	-	-	18.5	18.9	16.1	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.10	nd	nd	39,290.0	4,820.0	nd	620.0	292.0	0.05	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	38,570.0	4,620.0	nd	510.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	0.05	nd	nd	230.0	300.0	nd	160.0	20.6	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	5,600.0	360.0	< 1.0	35.0	33.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	707.0	268.0	9.9	28.0	24.0	0.71	3.0
Cl [mg/L]	75.0	163.0	10.0	< 10.0	17.0	75.0	138.0	138.0	312.0	2,000.0
As [mg/L]	0.10	< 0.03	< 0.03	36.0	0.04	0.08	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	0.08	279.0	85.0	0.39	6.9	6.2	0.35	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.80	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.00	0.43	< 0.01	0.05	0.05	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	120.0	140.0	78.0	104,000.0	16,000.0	990.0	1,872.0	1,723.0	800.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,330.0	1,710.0	550.0	79,500.0	18,300.0	2,900.0	4,220.0	3,990.0	3,280.0	-

表3-33 モニタリングポイント分析データ April '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	26.89	-	-	-	-	-	87.78	122.31	156.41	-
pH	7.42	7.16	7.65	3.60	3.86	3.49	5.33	4.59	6.56	6.0 - 8.5
t° [°C]	16.7	20.5	18.7	25.0	18.4	15.4	16.4	17.3	15.1	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.05	nd	nd	37,040.0	4,720.0	nd	410.0	225.4	0.05	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	36,520.0	4,620.0	nd	310.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	0.05	nd	nd	200.0	340.0	nd	120.0	15.4	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	5,000.0	305.0	1.0	10.0	13.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	0.10	< 0.05	552.0	247.0	8.4	15.0	15.0	2.3	3.0
Cl [mg/L]	70.0	146.0	12.0	< 10.0	22.0	67.0	101.0	103.0	231.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	42.0	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.22	0.14	0.15	183.0	76.0	0.47	4.2	2.4	0.57	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.31	0.16	0.02	0.02	0.02	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	94.0	119.0	71.0	116,000.0	13,000.0	938.0	988.0	1,263.0	788.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,030.0	1,440.0	510.0	46,600.0	13,900.0	2,430.0	2,540.0	2,940.0	2,680.0	-

表3-34 モニタリングポイント分析データ May '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	35.58	-	-	-	-	-	136.70	123.22	164.98	-
pH	7.17	7.18	7.58	3.55	3.79	3.78	5.52	5.36	6.99	6.0 - 8.5
t° [°C]	13.9	17.0	15.2	23.9	17.3	14.8	15.0	14.8	12.5	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.23	nd	nd	25,340.0	4,510.0	nd	620.0	210.5	0.05	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	25,130.0	4,310.0	nd	510.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	0.05	nd	nd	130.0	270.0	nd	80.0	13.0	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	4,350.0	320.0	24.0	13.0	7.5	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	0.06	473.0	213.0	39.0	19.0	16.0	2.5	3.0
Cl [mg/L]	78.0	134.0	15.0	< 10.0	23.0	66.0	101.0	119.0	220.00	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	5.5	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.40	0.65	0.21	124.0	65.0	6.3	4.7	3.8	0.66	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.00	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.24	0.31	0.03	0.04	0.02	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	115.0	100.0	92.0	91,000.0	9,500.0	2,746.0	1,263.0	1,062.0	663.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	906.0	1,152.0	484.0	35,687.0	13,106.0	3,922.0	2,533.0	2,170.0	2,329.0	-

nd : not determined.

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant).

M-2: Spring water for drinking.

M-3: Industrial water (Talhuen water).

M-4: Waste water from precipitation process.

M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond.

M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond.

M-5: The Ingenio river (500 m down stream of the plant).

M-6: The Ingenio river (2 Km down stream of the plant).

M-7: The Ingenio river (5 Km down stream of the plant).

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

表3-35 モニタリングポイント分析データ June '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3 *	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	130.87	-	-	-	-	-	212.62	250.70	608.65	-
pH	7.16	7.25	-	3.35	3.92	3.72	5.27	5.54	6.73	6.0 - 8.5
t° [°C]	15.3	15.9	-	24.8	18.4	15.8	16.3	17.1	13.0	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.22	nd	-	24,830.0	4,510.0	nd	410.0	156.1	0.13	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	-	24,720.0	4,410.0	nd	310.0	10.0	nd	-
Cu [mg/L]	0.05	nd	-	210.0	380.0	nd	80.0	9.6	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	-	2,250.0	305.0	140.0	25.0	< 1.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	-	349.0	225.0	69.0	19.0	11.0	2.1	3.0
Cl [mg/L]	74.0	103.0	-	< 10.0	15.0	35.0	109.0	114.0	190.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	-	20.00	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	-	124.00	64.00	16.00	4.10	2.10	0.23	20.00
Mo [mg/L]	0.01	< 0.01	-	1.30	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	-	0.27	0.34	0.09	0.02	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	96.0	107.0	-	82,000.0	13,140.0	3,964.0	1,236.0	713.0	646.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,020.0	1,160.0	-	57,800.0	14,800.0	5,380.0	2,820.0	1,800.0	2,420.0	-

表3-36 モニタリングポイント分析データ July '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3 *	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	53.91	-	-	-	-	-	112.38	135.80	156.63	-
pH	7.07	6.93	-	2.72	3.94	3.48	5.90	5.87	7.07	6.0 - 8.5
t° [°C]	15.6	16.0	-	20.7	19.4	18.5	16.2	17.8	12.9	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.34	nd	-	14,570.0	4,410.0	nd	310.0	37.76	0.11	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	-	14,160.0	4,210.0	nd	100.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	0.05	nd	-	280.0	330.0	nd	100.0	0.69	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	-	2,050.0	314.0	120.0	1.7	2.5	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	-	175.0	144.0	50.0	8.3	8.5	0.55	3.0
Cl [mg/L]	95.0	192.0	-	< 10.0	17.0	41.0	105.0	100.0	179.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	-	1.00	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	-	91.0	79.0	13.0	1.8	1.8	0.10	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	-	0.50	0.09	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	-	0.31	0.16	0.02	0.02	0.02	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	127.0	175.0	-	46,000.0	16,340.0	3,912.0	619.0	681.0	619.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,080.0	1,520.0	-	41,200.0	15,700.0	5,580.0	1,840.0	1,800.0	2,320.0	-

表3-37 モニタリングポイント分析データ August '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	47.92	-	-	-	-	-	99.18	117.83	128.94	-
pH	7.61	7.40	7.72	4.03	4.14	3.99	5.44	5.65	7.00	6.0 - 8.5
t° [°C]	16.7	20.5	18.7	25.0	18.4	15.4	16.4	17.3	15.1	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	0.4	0.1	18,670.0	4,510.0	11.0	310.0	0.7	0.2	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	18,570.0	2,560.0	nd	210.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	89.0	196.0	49.0	17.0	2.9	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	2,040.0	308.0	68.0	6.1	< 1.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	185.0	141.0	24.0	13.0	8.3	0.10	3.0
Cl [mg/L]	64.0	133.0	12.0	< 10.0	20.0	57.0	96.0	111.0	189.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.40	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	0.13	115.0	50.0	3.4	3.4	0.84	< 0.05	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.45	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.29	0.33	0.05	0.01	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	122.0	143.0	84.0	48,000.0	13,147.0	1,723.0	1,031.0	657.0	612.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	914.0	1,100.0	430.0	40,100.0	12,400.0	3,170.0	1,980.0	1,470.0	2,110.0	-

nd : not determined.

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant).

M-2: Spring water for drinking.

M-3: Industrial water (Talhuen water).

M-4: Waste water from precipitation process.

M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond.

M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond.

M-5: The Ingenio river (500 m down stream of the plant).

M-6: The Ingenio river (2 Km down stream of the plant).

M-7: The Ingenio river (5 Km down stream of the plant).

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

表3-38 モニタリングポイント分析データ September '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3 *	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	57.84	-	-	-	-	-	127.69	147.51	165.28	-
pH	7.54	7.36	-	3.52	2.57	3.40	5.55	5.13	7.02	6.0 - 8.5
t° [°C]	19.9	19.3	-	20.8	20.2	22.7	21.3	25.1	15.7	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	0.20	-	15,100.0	15,700.0	5.4	720.0	11.0	0.3	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	-	14,000.0	14,800.0	nd	620.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	-	86.0	132.0	688.0	39.0	9.1	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	-	2,160.0	2,240.0	265.0	30.0	7.2	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	-	133.0	124.0	100.0	22.0	12.0	0.30	3.0
Cl [mg/L]	71.0	175.0	-	< 10.0	< 10.0	14.0	71.0	98.0	179.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	-	2.50	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	0.07	-	98.00	109.00	45.00	3.60	2.80	0.06	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	-	0.29	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	-	0.30	0.32	0.17	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	114.0	158.0	-	43,000.0	51,000.0	7,159.0	2,234.0	924.0	620.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,050.0	1,690.0	-	39,100.0	42,700.0	7,890.0	3,890.0	2,530.0	2,500.0	-

表3-39 モニタリングポイント分析データ October '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	13.78	-	-	-	-	-	68.80	47.04	53.90	-
pH	7.40	7.40	7.78	3.77	3.87	3.41	4.56	5.20	6.98	6.0 - 8.5
t° [°C]	16.7	16.6	14.4	22.8	17.8	18.4	19.0	19.7	15.2	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	11,140.0	4,340.0	18.0	820.0	37.0	< 0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	10,860.0	4,210.0	nd	720.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	72.0	217.0	225.00	38.0	8.6	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	1,930.00	479.00	87.0	45.0	4.8	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	285.00	173.00	48.00	34.00	16.00	0.20	3.0
Cl [mg/L]	71.0	155.0	12.0	< 10.0	13.0	47.0	78.0	111.0	202.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0.83	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	0.13	< 0.05	71.00	83.00	10.00	8.20	2.70	< 0.05	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.03	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.20	0.32	0.03	0.01	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	119.0	153.0	78.0	32,000.0	12,000.0	3,078.0	2,803.0	813.0	609.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,170.0	1,560.0	512.0	36,800.0	16,100.0	5,540.0	4,630.0	2,660.0	2,760.0	-

表3-40 モニタリングポイント分析データ November '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	7.55	-	-	-	-	-	59.83	43.16	77.16	-
pH	7.37	7.05	7.45	3.59	3.38	2.98	4.16	4.55	6.91	6.0 - 8.5
t° [°C]	18.4	18.0	15.5	23.7	20.6	19.9	21.7	23.9	15.8	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	16,000.0	4,920.0	16.0	516.0	66.0	< 0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	15,740.0	4,820.0	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	0.2	< 0.05	< 0.05	312.0	233.0	121.00	46.00	15.00	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,070.00	457.00	46.00	62.0	17.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	267.00	190.00	33.00	42.00	19.00	0.10	3.0
Cl [mg/L]	62.0	106.0	11	< 10.0	17.0	52.0	73.0	100.0	190.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	4.80	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.05	0.09	< 0.05	74.00	70.00	6.90	11.00	4.60	< 0.05	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.30	0.33	0.15	0.03	0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	149.0	160.0	99	59000.0	21000.0	4739.0	3676.0	1687.0	747.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,210.0	1,430.0	512	46,600.0	16,600.0	4,910.0	5,450.0	3,500.0	2,790.0	-

nd : not determined.

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant).

M-2: Spring water for drinking.

M-3: Industrial water (Talhuen water).

M-4: Waste water from precipitation process.

M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond.

M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond.

M-5: The Ingenio river (500 m down stream of the plant).

M-6: The Ingenio river (2 Km down stream of the plant).

M-7: The Ingenio river (5 Km down stream of the plant).

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

表3-41 モニタリングポイント分析データ December '00

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	6.08	-	-	-	-	-	72.09	42.81	42.79	-
pH	7.42	7.10	7.41	3.74	3.70	2.73	4.17	4.50	6.95	6.0 - 8.5
t° [°C]	20.5	20.4	19.2	27.5	29.8	27.7	24.7	28.1	16.1	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	0.1	< 0.1	19,590.0	15,390.0	3,180.0	281.0	70.0	0.2	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	19,390.0	14,980.0	3,080.0	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	0.05	273.0	209.0	110.0	53.0	18.0	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,190.00	1,930.00	165.00	58.0	35.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	625.00	392.00	195.00	41.00	14.00	0.10	3.0
Cl [mg/L]	69.0	132.0	11.0	< 10.0	< 10.0	24.0	78.0	76.0	173.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0.76	0.08	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.05	< 0.05	< 0.05	137.00	96.00	51.00	7.90	4.90	0.06	20.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.30	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.50
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.31	0.28	0.20	0.04	0.03	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	132.0	148.0	76.0	56,000.0	54,000.0	12,000.0	2,458.0	1,605.0	729.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,020.0	1,050.0	456.0	44,900.0	38,700.0	15,500.0	2,450.0	839.0	926.0	-

表3-42 モニタリングポイント分析データ January '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	13.44	-	-	-	-	-	75.50	45.07	41.45	-
pH	7.24	7.08	7.48	3.68	3.82	nd	4.49	4.57	6.52	6.0 - 8.5
t° [°C]	18.8	18.8	16.5	27.9	26.9	nd	19.8	20.4	16.9	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	18,660.0	3,380.0	nd	291.0	92.0	0.30	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	17,640.0	3,280.0	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	339.0	85.0	nd	35.0	17.0	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,710.0	136.0	nd	48.0	16.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	0.05	319.0	159.0	nd	38.0	22.0	< 0.05	3.0
Cl [mg/L]	49.0	82.0	< 10.0	20.0	12.0	nd	49.0	65.0	182.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0.16	0.10	nd	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	nd	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.07	< 0.05	0.10	136.0	44.00	nd	8.8	5.10	0.09	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.35	< 0.01	nd	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	3.60	0.19	nd	0.03	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	161.0	163.0	86.0	69,000.0	13,000.0	nd	3,351.0	1,881.0	883.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,000.0	1,150.0	446.0	43,500.0	11,400.0	nd	4,330.0	3,370.0	2,660.0	-

表3-43 モニタリングポイント分析データ February '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	17.76	-	-	-	-	-	76.45	54.91	55.29	-
pH	7.15	7.36	7.46	3.38	3.60	2.91	4.43	4.52	6.62	6.0 - 8.5
t° [°C]	21.2	20.9	19.3	27.9	20.7	22.2	22.8	26.0	18.9	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	28,620.0	5,130.0	29.0	291.0	106.0	0.2	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	28,520.0	4,820.0	nd	nd	nd	nd	nd
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	277.0	272.0	13.0	45.0	28.0	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	5,360.0	551.0	9.19	60.0	45.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	371.0	230.0	20.0	34.0	25.0	0.31	3.0
Cl [mg/L]	57.0	122.0	< 10.0	19.0	12.0	59.0	65.0	84.0	181.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0.76	0.08	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	181.0	84.0	1.31	10.0	7.1	0.36	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.55	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.56	0.29	0.01	0.04	0.02	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	166.0	180.0	96.0	102,000.0	22,000.0	2,779.0	3,319.0	3,147.0	1,008.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	533.0	1,170.0	297.0	9,930.0	6,780.0	3,270.0	4,580.0	3,800.0	1,920.0	-

nd : not determined.

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant).

M-2: Spring water for drinking.

M-3: Industrial water (Talhuen water).

M-4: Waste water from precipitation process.

M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond.

M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond.

M-5: The Ingenio river (500 m down stream of the plant).

M-6: The Ingenio river (2 Km down stream of the plant).

M-7: The Ingenio river (5 Km down stream of the plant).

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

表3-44 モニタリングポイント分析データ March '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	16.05	-	-	-	-	-	81.61	78.46	68.14	-
pH	7.69	7.70	nd	3.80	3.34	3.43	4.82	5.17	7.22	6.0 - 8.5
t° [°C]	19.5	17.6	nd	29.1	21.1	23.4	27.9	26.3	16.2	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	nd	25,600.0	3,630.0	16.0	305.0	40.0	< 0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	24,630.0	3,520.0	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	nd	366.0	85.0	9.30	40.0	17.0	0.11	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	nd	5,900.0	170.0	9.6	63.0	25.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	nd	229.0	213.0	18.0	42.0	17.0	1.50	3.0
Cl [mg/L]	58.0	96.0	nd	15.0	24.0	64.0	62.0	73.0	140.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	nd	33.0	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	nd	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.05	0.18	nd	109.0	43.0	0.56	8.8	4.0	0.63	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	0.03	nd	0.86	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	nd	1.22	0.31	< 0.01	0.06	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	156.0	228.0	nd	95,000.0	16,000.0	2,270.0	3,190.0	1,820.0	1,250.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	885.0	950.0	nd	42,000.0	10,200.0	3,040.0	4,120.0	2,750.0	2,200.0	-

表3-45 モニタリングポイント分析データ April '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	16.97	-	-	-	-	-	103.00	66.24	75.92	-
pH	7.67	7.99	7.80	3.91	4.11	3.53	4.99	5.41	7.03	6.0 - 8.5
t° [°C]	14.4	7.7	10.1	22.9	14.8	11.6	17.1	18.2	11.1	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	25,000.0	6,300.0	18.0	274.0	24.0	< 0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	24,280.0	5,380.0	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	442.0	203.0	7.7	35.0	11.0	0.16	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,000.0	345.0	6.0	50.0	15.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	633.0	291.0	12.0	26.0	8.1	1.70	3.0
Cl [mg/L]	61.0	105.0	< 10.0	18.0	26.0	70.0	60.0	67.0	150.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.03	< 0.03	< 0.03	40.0	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	0.26	0.09	194.0	58.0	0.61	7.9	2.9	0.45	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.78	0.27	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.39	0.33	< 0.01	0.06	0.03	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	139.0	176.0	94.0	89,000.0	22,000.0	1,908.0	3,348.0	1,353.0	1,012.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	764.0	1,129.0	417.0	56,500.0	14,450.0	3,760.0	5,170.0	3,050.0	2,760.0	-

表3-46 モニタリングポイント分析データ May '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	22.89	-	-	-	-	-	106.36	116.50	112.93	-
pH	7.65	7.61	7.00	3.85	3.20	3.41	4.80	5.51	7.13	6.0 - 8.5
t° [°C]	18.0	15.0	14.0	21.0	19.0	18.0	21.0	20.0	16.0	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	14,390.0	3,500.0	12.0	770.0	19.0	0.2	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	13,600.0	2,340.0	nd	560.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	242.0	80.0	34.0	29.0	11.0	0.17	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,000.0	156.0	81.0	219.0	91.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	404.0	179.0	18.0	25.0	8.5	1.3	3.0
Cl [mg/L]	48.0	92.0	< 10.0	< 10.0	39.0	43.0	61.0	71.0	143.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.005	< 0.005	< 0.005	1.70	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	148.0	41.0	1.7	8.7	2.2	0.81	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.94	0.12	0.03	0.06	0.03	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	135.0	150.0	89.0	45,000.0	13,000.0	2,375.0	2,775.0	975.0	838.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	907.0	1,101.0	453.0	38,700.0	10,970.0	4,140.0	4,840.0	2,790.0	2,500.0	-

nd : not determined.

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant).

M-2: Spring water for drinking.

M-3: Industrial water (Talhuen water).

M-4: Waste water from precipitation process.

M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond.

M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond.

M-5: The Ingenio river (500 m down stream of the plant).

M-6: The Ingenio river (2 Km down stream of the plant).

M-7: The Ingenio river (5 Km down stream of the plant).

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

表3-47 モニタリングポイント分析データ June '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	37.84	-	-	-	-	-	94.96	143.41	120.14	-
pH	7.50	7.58	7.93	2.63	3.71	2.89	5.37	5.29	6.96	6.0 - 8.5
t° [°C]	15.1	13.8	14.4	24.4	20.9	13.9	17.5	19.2	11.5	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.1	< 0.1	0.2	15,000.0	4200.0	14.0	33.0	0.6	0.2	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	13,680.0	3,200.0	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	317.0	191.0	8.9	15.0	6.9	0.06	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,000.0	406.0	3.0	23.0	10.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	710.0	276.0	17.0	17.0	9.7	3.3	3.0
Cl [mg/L]	41.0	85.00	< 10.0	17.0	132.0	43.0	61.0	63.0	118.0	10.0
As [mg/L]	< 0.005	< 0.005	< 0.005	5.20	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	3.0
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	2,000.0
Zn [mg/L]	< 0.05	0.10	< 0.05	243.0	55.0	1.0	3.6	2.5	0.36	1.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.85	0.31	0.02	0.04	0.03	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	117.0	141.0	88.0	56,000.0	18,000.0	1,950.0	1,400.0	863.0	725.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	960.0	1,318.0	465.0	57,400.0	13,700.0	3,140.0	2,340.0	1,871.0	2,020.0	-

表3-48 モニタリングポイント分析データ July '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	83.80	-	-	-	-	-	140.62	178.96	182.49	-
pH	7.82	7.34	7.87	3.50	2.90	3.47	5.43	5.89	7.15	6.0 - 8.5
t° [°C]	16.7	14.9	15.9	20.4	17.9	16.8	17.5	19.0	14.2	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	23,470.0	5,310.0	130.0	240.0	107.0	< 0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	15,340.0	2,560.0	nd	230.0	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	184.0	58.0	290.0	18.0	8.0	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,448.0	135.0	184.0	47.0	28.0	1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	358.0	182.0	102.0	24.0	10.0	3.2	3.0
Cl [mg/L]	52.0	88.0	< 10.0	< 10.0	34.0	25.0	58.0	62.0	127.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.005	< 0.005	< 0.005	1.40	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	165.0	39.0	20.0	5.0	1.6	0.16	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.62	0.89	0.08	0.03	0.02	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	146.0	169.0	68.0	50,000.0	9,400.0	4,275.0	1,250.0	675.0	662.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	944.0	1,346.0	465.0	44,200.0	8,950.0	5,180.0	2,330.0	1,607.0	1,981.0	-

表3-49 モニタリングポイント分析データ August '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	61.63	-	-	-	-	-	128.81	165.52	137.71	-
pH	7.64	7.49	7.36	3.10	3.95	3.53	5.18	5.45	6.80	6.0 - 8.5
t° [°C]	15.5	14.9	14.0	18.0	16.6	15.5	16.2	16.6	13.6	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	9,800.0	3,800.0	25.0	78.0	0.30	0.30	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd			nd		nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	99.0	190.0	401.00	17.0	5.80	< 0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	1,000.0	392.0	250.0	26.0	7.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	171.0	258.0	144.0	22.0	6.8	< 0.05	3.0
Cl [mg/L]	44.0	91.0	< 10.0	< 10.0	18.0	16.0	55.0	85.0	134.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.02	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.11	0.12	0.09	72.0	59.0	26.0	5.5	2.2	0.23	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.96	0.22	0.14	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	116.0	156.0	86.0	45,000.0	21,000.0	7,050.0	1975.0	875.0	712.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,084.0	1,468.0	544.0	37,900.0	23,200.0	11,400.0	4,540.0	2,290.0	2,730.0	-

nd : not determined.

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant).

M-2: Spring water for drinking.

M-3: Industrial water (Talhuen water).

M-4: Waste water from precipitation process.

M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond.

M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond.

M-5: The Ingenio river (500 m down stream of the plant).

M-6: The Ingenio river (2 Km down stream of the plant).

M-7: The Ingenio river (5 Km down stream of the plant).

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

表3-50 モニタリングポイント分析データ September '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	25.29	-	-	-	-	-	73.32	80.83	77.10	-
pH	7.98	7.68	7.52	2.97	2.91	3.49	4.99	5.53	7.20	6.0 - 8.5
t° [°C]	19.1	19.8	17.7	25.3	26.3	24.7	20.7	24.6	15.6	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	15,400.0	2,090.0	7.3	106.0	< 0.1	< 0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	14,430.0	1,000.0	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	267.0	69.0	1200.0	22.0	5.8	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	2,000.0	142.0	652.0	37.0	4.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	116.0	59.0	75.0	12.0	7.6	0.07	3.0
Cl [mg/L]	53.0	116.00	12.0	< 10.0	20.0	< 10.0	67.0	83.0	159.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.54	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	0.08	201.0	37.0	68.0	5.2	1.80	1.30	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.12	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.38	0.19	0.41	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	127.0	171.0	89.0	139,000.0	15,000.0	4,100.0	2,275.0	788.0	838.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	839.0	1,114.0	424.0	49,400.0	10,660.0	5,400.0	2,800.0	1,442.0	1,790.0	-

表3-51 モニタリングポイント分析データ October '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	14.47	-	-	-	-	-	74.59	93.02	77.79	-
pH	7.19	7.41	7.60	2.56	3.71	2.82	4.41	4.71	6.64	6.0 - 8.5
t° [°C]	18.5	16.5	15.4	25.4	22.4	23.1	20.8	23.3	17.1	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	17,110.0	5,740.0	138.0	222.0	33.0	< 0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	16,090.0	4,630.0	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	295.0	349.0	350.0	31.0	15.0	0.05	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,000.0	786.0	151.0	70.0	35.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	638.0	420.0	161.0	8.9	4.9	1.20	3.0
Cl [mg/L]	61.0	110.0	11.0	< 10.0	12.0	26.0	65.0	73.0	150.0	10.0
As [mg/L]	0.008	0.010	< 0.005	0.008	0.025	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	3.0
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	2,000.0
Zn [mg/L]	0.31	< 0.05	0.35	229.00	231.00	94.00	8.90	4.90	0.48	1.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.21	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.14	0.39	0.10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	129.0	176.0	96.0	56,000.0	22,000.0	7,600.0	2,988.0	1,600.0	900.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,094.0	1,323.0	511.0	49,900.0	26,600.0	10,500.0	5,650.0	3,890.0	2,710.0	-

表3-52 モニタリングポイント分析データ November '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	12.46	-	-	-	-	-	74.17	69.65	67.76	-
pH	7.24	7.48	7.89	3.07	2.67	3.41	4.14	4.47	6.58	6.0 - 8.5
t° [°C]	25.3	33.1	20.1	25.1	27.1	29.7	25.6	28.0	25.0	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	0.3	12,150.0	5,810.0	450.0	458.0	31.0	0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	11,770.0	4,580.0	110.0	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	200.0	253.0	156.0	50.0	15.0	0.12	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	1,000.0	52.0	66.0	78.0	27.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	482.0	310.0	81.0	62.0	16.0	1.60	3.0
Cl [mg/L]	60.0	109.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	33.0	49.0	67.0	164.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.049	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.08	< 0.05	0.08	241.0	88.0	7.3	12.0	4.0	0.55	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.03	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.84	0.37	0.10	0.06	0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	101.0	137.0	92.0	36,000.0	19,000.0	6,000.0	3,740.0	1,488.0	800.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,260.0	1,482.0	627.0	47,800.0	32,400.0	11,200.0	8,670.0	4,820.0	3,490.0	-

nd : not determined.

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant).

M-2: Spring water for drinking.

M-3: Industrial water (Talhuen water).

M-4: Waste water from precipitation process.

M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond.

M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond.

M-5: The Ingenio river (500 m down stream of the plant).

M-6: The Ingenio river (2 Km down stream of the plant).

M-7: The Ingenio river (5 Km down stream of the plant).

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

表3-53 モニタリングポイント分析データ December '01

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	11.71	-	-	-	-	-	74.19	82.93	65.43	-
pH	7.03	7.18	6.75	3.35	3.21	2.48	4.19	4.87	6.37	6.0 - 8.5
t° [°C]	18.7	19.2	16.1	24.2	23.2	22.5	22.5	23.2	20.3	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	< 0.1	< 0.1	10,700.0	5,140.0	360.0	821.0	27.0	0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	10,490.0	4,610.0	60.0	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	154.0	233.0	71.0	57.0	12.0	0.35	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	2,000.0	560.0	46.0	98.0	23.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	568.0	371.0	83.0	70.0	20.0	5.40	3.0
Cl [mg/L]	68.0	97.00	15.0	< 10.0	< 10.0	40.0	41.0	57.0	172.0	2,000.0
As [mg/L]	< 0.005	< 0.005	< 0.005	2.4	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	1.00
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01
Zn [mg/L]	0.30	0.40	0.32	195.0	68.0	6.4	13.0	3.60	1.10	20.0
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.12	< 0.01	< 0.01	2.5
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2.18	0.25	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	100.0	119.0	82.0	36,000.0	20,000.0	5,600.0	3,700.0	1,225.0	925.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	1,161.0	1,282.0	535.0	36,800.0	25,200.0	10,400.0	6,480.0	3,400.0	2,940.0	-

表3-54 モニタリングポイント分析データ January '02

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	10.4	-	-	-	-	-	83.39	54.13	44.56	-
pH	7.21	7.47	7.09	2.96	3.27	2.20	3.22	4.26	6.57	6.0 - 8.5
t° [°C]	19.2	18.2	16.6	25.1	21.3	21.00	22.2	21.3	19.0	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	< 0.1	0.20	0.20	15,000.0	5,600.0	188.00	677.0	136.0	0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	0.06	73.0	230.0	35.0	46.0	19.0	0.38	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	3,000.0	26.0	24.0	82.0	24.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	544.0	333.0	72.0	80.0	37.0	6.00	3.0
Cl [mg/L]	65.0	115.0	18.0	< 10.0	37.0	64.0	72.0	82.0	200.0	10.0
As [mg/L]	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.044	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	3.0
Hg [mg/L]	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	2,000.0
Zn [mg/L]	0.07	0.20	0.30	207.0	90.0	4.40	12.00	7.20	0.98	1.00
Mo [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Cd [mg/L]	< 0.01	< 0.01	< 0.01	1.50	0.32	0.02	0.05	< 0.01	< 0.01	0.30
SO ₄ [mg/L]	142.0	183.0	105.0	43,000.0	20,000.0	5,100.0	4,100.0	2,050.0	1,000.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	8.63	12.2	9.29	29.4	12.1	26.8	6.77	17.0	13.6	-

表3-55 モニタリングポイント分析データ February '02

ELEMENT	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 4A	M - 4B	M - 5	M - 6	M - 7	STANDARD
Q [lts/seg]	34.68	-	-	-	-	-	133.57	117.69	76.60	-
pH	7.12	7.21	7.01	2.96	3.51	5.03	3.53	4.89	6.22	6.0 - 8.5
t° [°C]	18.9	18.9	17.5	25.2	19.3	20.1	19.9	19.8	18.0	< 40.0
Fe _{Total} [mg/L]	0.2	0.2	0.1	18,000.0	866.0	982.0	956.0	36.0	< 0.1	10.0
Fe ⁺² [mg/L]	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-
Cu [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	212.0	198.0	0.84	68.0	10.0	0.67	3.0
Al [mg/L]	< 1.0	< 1.0	< 1.0	4,000.0	425.0	7.0	104.0	12.0	< 1.0	10.0
Mn [mg/L]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	516.0	294.0	79.0	99.0	20.0	7.4	3.0
Cl [mg/L]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,000.0
As [mg/L]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00
Hg [mg/L]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
Zn [mg/L]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0
Mo [mg/L]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5
Cd [mg/L]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30
SO ₄ [mg/L]	133.0	174.0	82.0	29,000.0	18,000.0	6,300.0	4,800.0	1,359.0	912.0	2,000.0
Cond. [μS/cm]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

nd : not determined.

M-1: The Ingenio river (the upper stream of the plant).

M-2: Spring water for drinking.

M-3: Industrial water (Talhuén water).

M-4: Waste water from precipitation process.

M-4A: Infiltrate drainage at downstream of evaporation pond.

M-4B: Infiltrate drainage at upstream of evaporation pond.

M-5: The Ingenio river (500 m down stream of the plant).

M-6: The Ingenio river (2 Km down stream of the plant).

M-7: The Ingenio river (5 Km down stream of the plant).

STANDARD : The regulation for discharge of effluent to subjects which have capacity of natural purification.

4．鉄酸化バクテリア法の技術移転

4．鉄酸化バクテリア法の技術移転

4.1 基礎試験結果

第1次現地調査と第2次国内作業で基礎試験を実施した。第1次現地調査では、リーチング - 置換沈殿工程で発生する廃液を処理するためのモデルプラントの基本設計に資する目的で、バクテリアを利用した連続酸化試験や現地薬剤を用いた中和試験を行った。第2次国内作業では、鉄酸化バクテリアの Ovalle 株と Andacollo 株を利用した酸化処理試験を実施し、第1次現地調査の基礎試験を補完するとともに、実証試験計画の立案に資した。

4.1.1 基礎試験（1）の結果

第1次現地調査で実施した基礎試験（便宜上基礎試験（1）と呼ぶ）では次の調査及び試験を行った。

- ・ 鉄酸化バクテリアの存在調査
- ・ バクテリアを利用した酸化試験
- ・ バクテリア阻害要因の確認試験
- ・ 現地薬剤を使った中和試験
- ・ 中和殿物の凝集及び沈降試験
- ・ 中和殿物の脱水試験

主な結果を以下に記す。

(1) バクテリア調査

1) 目的

Ovalle プラントでバクテリア調査用の試料を採取・培養し、鉄酸化バクテリアが調査サイトに生存しているか否かを調査した。

2) 方法

調査試料

1999 年 11 月 5 日に、Ovalle プラントにおいて次の3ヶ所でバクテリア調査用の試料を採取した。

- ① 1 段目蒸発ポンド入口廃液パイプの付着物（pH 試験紙の値は 3～4）
- ② 2 段目蒸発ポンド出口付近に沈積した沈殿物（pH 試験紙の値は 3）
- ③ 1 段目蒸発ポンド出口付近の底質付着物（pH 試験紙の値は 3～4）

培養方法

表 4-1 に示す 9K 培地¹⁾（液体培地）に上記した①～③の試料を各々接種、培養した後、この培養液を表 4-2 に示すシリカゲル培地²⁾（平板培地）に塗布し、コロニーの発現状況を観察した。

以上の操作でコロニーを発現するバクテリアは *Thiobacillus ferrooxidans*（鉄酸化バクテリア）と想定できる³⁾。

表 4-1 9K 培地

FeSO ₄ ·7H ₂ O	44.22g
(NH ₄) ₂ SO ₄	3.0g
K ₂ HPO ₄	0.5g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.5g
KCl	0.1g
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	0.01g
Distilled Water	1000mL
pH adjusted at 2.0 ~ 2.5 with H ₂ SO ₄	

表 4-2 シリカゲル培地

Colloidal Silica No.30 (Nissan Kagaku Co.,Ltd.)	900mL
(NH ₄) ₂ SO ₄	2.1g
K ₂ HPO ₄	0.35g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.07g
KCl	0.35g
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	0.007g
Distilled Water	70mL
pH adjusted at 5.7 with H ₂ SO ₄	
Saturated FeSO ₄ Soln. pH adjusted at 1.4 with H ₂ SO ₄	30mL

3) 結果

液体培養

1999 年 11 月 8 日に、Ovalle プラントで採取したバクテリア調査用の試料を 9K 培地に接種し、30℃で振とう培養を開始した。培養開始から 4 日目の 11 月 12 日に◎の試料で鉄酸化バクテリアの生育が確認できた（培養液の赤褐色変色による）。8 日目の 11 月 16 日までには残り全ての試料でもバクテリアの生育が確認できた。培養試料を生物顕微鏡で観察したところ、鉄酸化バクテリアと思われる多数の桿菌が確認できた。

平板培養

1999 年 11 月 16 日に、上記の培養液（最も生育が早かった◎の試料と、日本から持参した Ovalle 株培養液の 2 種類）をシリカゲル培地に塗布し、コロニーを発現させるため 30℃で平板培養を開始した。培養開始から 6 日目の 11 月 22 日にコロニーが発現しているのを確認した。さらに、コロニーをピックアップして 9K 培地に移し、2 回目の液体培養を開始した。

分離株の保存

上記の培養により Ovalle プラントの置換沈殿廃液蒸発ポンドに鉄酸化バクテリアが生息していることを確認できた。この Ovalle 株は、El Salado プラントのバイオケミカルラボラトリーで保存するようチリ側カウンターパートに依頼した。

(2) バクテリアを利用した酸化試験

1) 目的

鉄酸化バクテリア Ovalle 株による廃液中の Fe^{2+} イオンの連続酸化処理を検証した。
さらに、廃液の Fe^{2+} 濃度が変動した場合の処理性も確認した。

2) 方法

供試菌

鉄酸化バクテリア Ovalle 株を供試菌とした。

試験装置

本プロジェクトの前に、El Salado プラントにおいて JICA が実施したミニプロジェクトの供与機材であるベンチユニットを活用した。

担体の作成

鉄酸化バクテリアの着床物質をここでは担体と呼ぶ。
ベンチユニットに付帯する中和槽と硫酸第一鉄などの試薬を使用して、鉄酸化バクテリアの担体である鉄沈殿物を作成した。

連続処理試験

a) 原水組成及び試験期間

下表の通り試験を実施した。

表 4-3 基礎試験 (1) - 連続処理試験の原水組成と試験期間

試験期間	11/19 ~ 11/24(5 日間)	11/24 ~ 11/29(5 日間)	11/29 ~ 12/3(4 日間)
原水の種類	人工廃液	人工廃液	Ovalle プラント実廃液
原水の水質	pH = 3.5、 Fe^{2+} = 27g/L	pH = 3.5、 Fe^{2+} = 45g/L	pH = 3.3、 Fe^{2+} = 26g/L
目 的	立ち上げ状況確認	水質変動への適応確認	実廃水への適応確認

b) 処理条件

下表の条件で連続処理試験を実施した。

表 4-4 基礎試験 (1) - 連続処理試験条件

項 目	条 件
殿物繰り返し量	300mL/min
原水供給量	100mL/min (= 144 L /day)
酸化槽滞留時間	約 7.3 時間
吹き込み空気量	5.5m ³ /h/ 4 槽
高分子凝集剤添加量	5mg/ L (Mitsui CYTEC A-95)
栄養剤添加量	(NH ₄) ₂ HPO ₄ を 10mg/ L (試験当初のみ 5mg/ L 添加)

3) 結果

人工廃液、実廃液共に連続酸化できることが確認できた。 Fe^{2+} の酸化速度は約 0.55g/L/h であった。原水の Fe^{2+} 濃度が上昇すると酸化槽内の Fe^{2+} 濃度も上昇するが、 Fe^{2+} の酸化速度はほぼ一定であった。

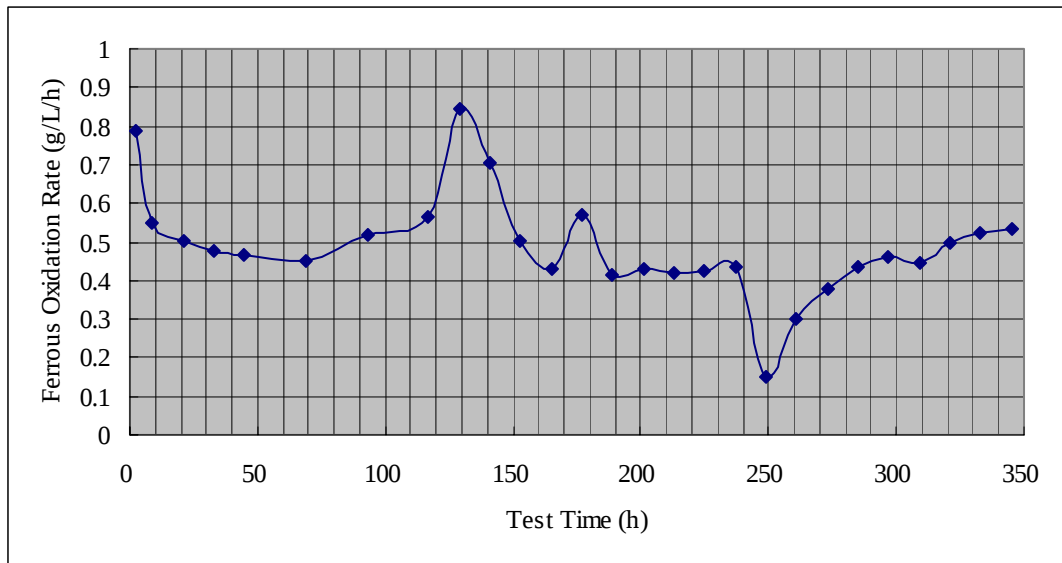


図 4-1 基礎試験 (1) - Fe^{2+} 酸化速度の変化

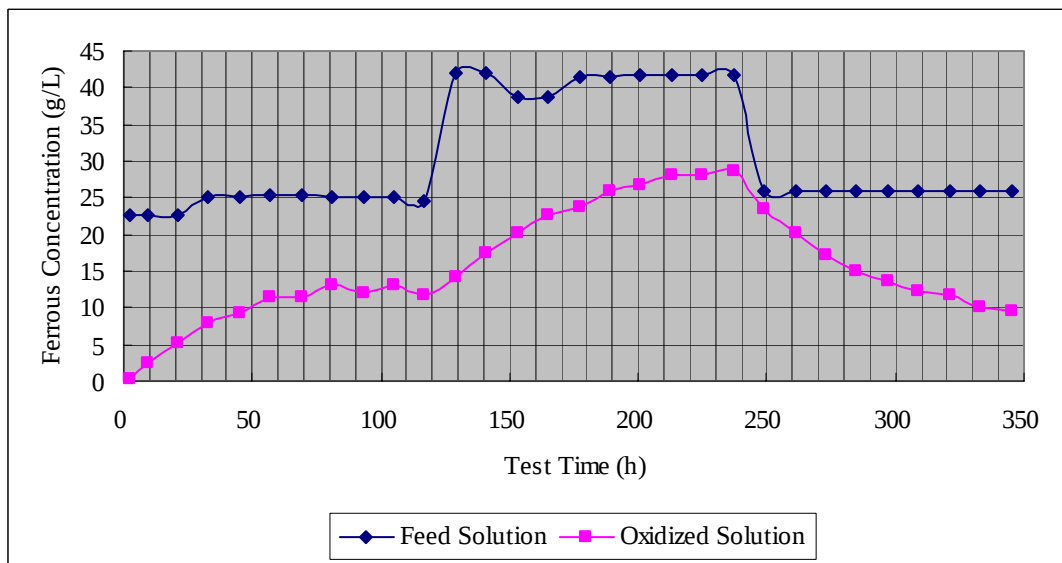


図 4-2 基礎試験 (1) - Fe^{2+} 濃度の変化

(3) バクテリア阻害要因の確認試験

1) 目的

Ovalle プラントの置換沈殿廃液に鉄酸化バクテリアの生育を阻害する要因が存在するか否かを、実廃液を培養液とした継代培養（繰り返し培養）で確認した。また調査結果から、モデルプラントの実証試験において、鉄酸化バクテリアの栄養剤添加の必要性を検討した。

2) 方法

供試菌

鉄酸化バクテリア Ovalle 株を供試菌とする。

栄養剤の添加濃度

リン酸アンモニウム塩を栄養剤とする。これを下表の濃度で Ovalle プラントの置換沈殿廃液に添加して培養を行う。

表 4-5 基礎試験（1） - 栄養剤の添加条件

Test No.	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ	Ⓔ
栄養剤濃度(mg/L)	0	0.5	2.5	5	10

3) 結果

通常栄養剤として使用する $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ が入手できなかったため、1 回目の培養は 9K 培地（Fe 抜き、無機塩のみ）を使用し、2 回目以降は $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ （試薬）を栄養剤とした。

1 回目の培養は Ovalle プラントの置換沈殿廃液を pH 調整することなしに行い、2 回目以降は pH を 2.5 に調整して培養に供した。1 回目の培養では沈殿物が多量に発生し、バクテリアの生育を阻害する傾向が観察された。

培養方法は各条件の培養液を 10mL 試験管（3 本）に分取し、これに同じ Test No. の前回培養液を 1mL 接種することにより行った。従って培養回数を重ねるほど種菌を培養した 9K 培地の栄養塩（無機塩）の影響を除外することになる。次表に培養結果を示すが、栄養塩を添加しないⒶ条件は培養を重ねるほど生育が悪くなった。これは、当初は種菌接種の際培養液に持ち込まれた栄養塩で生育が可能であったが、培養を重ねることによりこの栄養塩が希釈され、生育が困難になったものと理解される。

以上の結果から、少なくともモデルプラントの立ち上げ時にはリン酸アンモニウム塩の栄養剤が必要と考えられた。

表 4-6 基礎試験（１）- 継代（繰り返し）培養の結果

○ 1 回目培養

No.	栄養剤条件	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	5 日目	6 日目	7 日目	8 日目
Ⓐ	0 倍 9K	- - -	- - -	- - -	- - -			+++	+++
Ⓑ	(1/20)倍 9K	- - -	- - -	- - -	- - -			+++	+++
Ⓒ	(1/4)倍 9K	- - -	- - -	- - -	± ± ±			+++	+++
Ⓓ	(1/2)倍 9K	- - -	- - -	- - -	± ± ±			+++	+++
Ⓔ	(1)倍 9K	- - -	- - -	- - -	± ± ±			+++	+++

○ 2 回目培養

No.	栄養剤条件	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	5 日目	6 日目
Ⓐ	0mg/L	- - -	- - -	- - -		- ± ±	± ± ±
Ⓑ	0.5mg/L	- - -	- - -	± ± ±		± ± ±	+++
Ⓒ	2.5mg/L	- - -	- - -	± ± ±		± ± ±	+++
Ⓓ	5mg/L	- - -	- - -	± ± ±		± ± ±	+++
Ⓔ	10mg/L	- - -	- - -	± ± ±		± ± ±	+++

○ 3 回目培養

No.	栄養剤条件	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	5 日目	6 日目
Ⓐ	0mg/L	- - -	- - -	- - -			- - -
Ⓑ	0.5mg/L	- - -	- - -	± ± ±			+++
Ⓒ	2.5mg/L	- - -	- - -	± ± ±			+++
Ⓓ	5mg/L	- - -	- - -	± ± ±			+++
Ⓔ	10mg/L	- - -	- - -	± ± ±			+++

○ 4 回目培養

No.	栄養剤条件	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	5 日目	6 日目	7 日目
Ⓐ	0mg/L							
Ⓑ	0.5mg/L	- - -	- - -	- - -	± ± ±			+++
Ⓒ	2.5mg/L	- - -	- - -	- - -	± ± ±			+++
Ⓓ	5mg/L	- - -	- - -	- - -	± ± ±			+++
Ⓔ	10mg/L	- - -	- - -	- - -	± ± ±			+++

(凡 例)		
- : 変色なし (生育なし)	± : やや変色	+ : 変色 (生育)

(4) 中和、脱水、凝集、沈降試験

1) 目的

Ovalle プラントの実廃液と現地の薬剤を使用して中和・凝集沈降試験を行う。これによりモデルプラント中和系の設計諸元を明らかにした。

2) 試験項目

次の試験を行った。

- ・ 廃液の分析
- ・ 炭酸カルシウム（以降、炭カルと称す）中和試験
- ・ 消石灰中和試験
- ・ 中和殿物の脱水試験
- ・ 高分子凝集剤添加による凝集及び沈降試験

3) 方法及び結果

Ovalle プラント実廃液の水質分析

a) 水質分析

1999 年 11 月 5 日に Ovalle プラントで採取し、El Salado プラントのバイオケミカルラボラトリーへ運搬した廃液の水質は下表の通りであった。表 4-7 には試料を日本に持ち帰り分析した結果も併記する。また、この試験を実施する 2 ヶ月前に採取された Ovalle プラントの廃液がバイオケミカルラボラトリーに保管されていたので、この廃液の一部も供試した。その水質は表 4-8 の通りであった。

表 4-7 Ovalle プラント廃液の水質分析結果（1999 年 11 月 5 日採取分）

項 目	pH	Fe ²⁺ (g/L)	T-Fe (g/L)	Cu (g/L)	Mn (g/L)	Zn (g/L)	Sn (mg/L)	Al (g/L)	Cd (mg/L)
現地分析	3.7	23.40	23.53	0.07	0.974	0.24	N.D.	9.7	0.18
持帰り分析	-	-	24.30	0.07	1.110	0.22	N.D.	4.4	0.70

項 目	Pb (mg/L)	As (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (g/L)	Cr (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (g/L)	Cl ⁻ (g/L)	液比重
現地分析	N.D.	-	13.5	3.7	25.2	N.D.	75.8	0.22	1.1064
持帰り分析	2.8	38.0	9.4	4.2	16.1	-	77.0	-	-

表 4-8 Ovalle プラント廃液の水質分析結果（約 2 ヶ月前採取、ラボ貯水分）

項 目	pH	Fe ²⁺ (g/L)	T-Fe (g/L)	Cu (g/L)	Mn (g/L)	Zn (g/L)	Sn (mg/L)	Al (g/L)	Cd (mg/L)
現地分析	3.3	25.93	26.95	0.30	-	-	-	-	0.2

項 目	Pb (mg/L)	As (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (g/L)	Cr (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (g/L)	Cl ⁻ (g/L)	液比重
現地分析	N.D.	-	11.4	4.5	-	N.D.	74.95	0.37	-

b) 廃液の中和に要するアルカリ量

NaOH 標準液（10N）を用いて実廃液の中和に要するアルカリ量を調査した。酸化水は、廃液を薬剤（ H_2O_2 ）で酸化することにより調製した。未酸化水（廃液そのもの）と酸化水、各々の中和に要するアルカリ量を下表に示す。これらの数値をもとに炭カルや消石灰の添加量を決定した。

表 4-9 基礎試験（１） - 未酸化水（廃液そのもの）の中和に要するアルカリ量

pH	3.7	4.0	5.8	6.0	6.5	7.0	7.5
アルカリ消費量(当量)	0	0.2	0.42	0.45	0.525	0.675	0.83

pH	8.0	8.3	8.5	9.0	10.0	10.5	11.0
アルカリ消費量(当量)	1.025	1.07	1.1	1.14	1.28	1.4	1.45

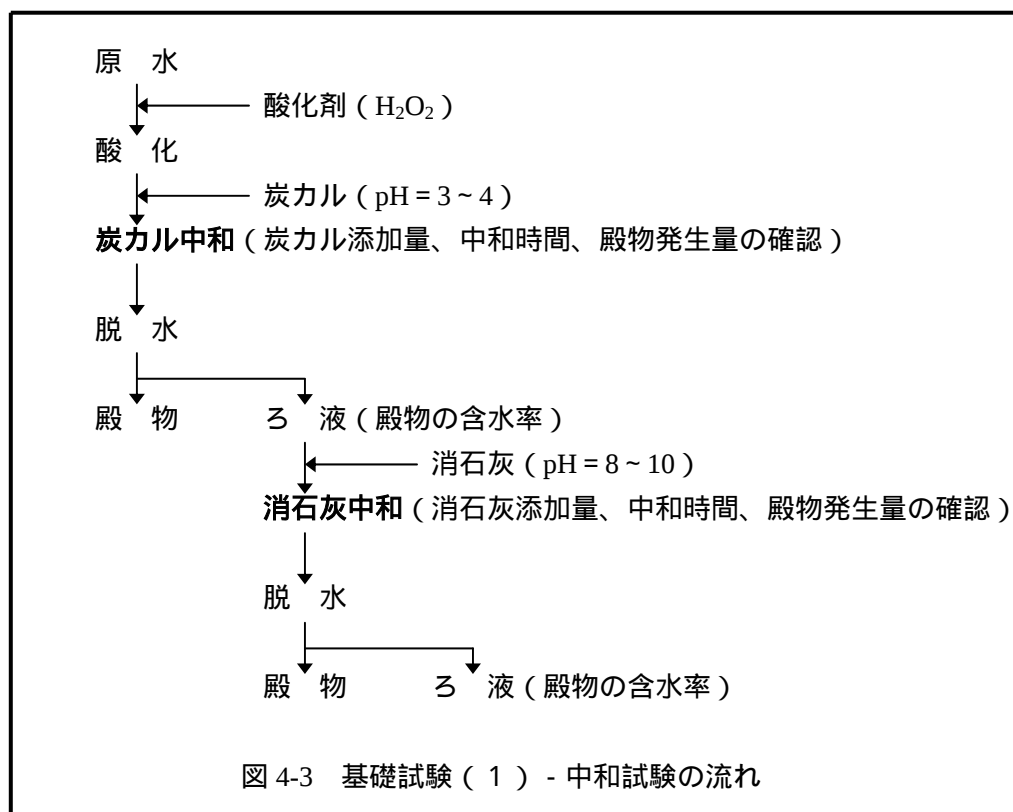
表 4-10 基礎試験（１） - 酸化水（廃液を酸化したもの）の中和に要するアルカリ量

pH	1.9	2.0	2.5	3.0	3.3	3.5	4.0	4.5
アルカリ消費量(当量)	0	0.05	0.38	0.531	0.61	0.67	0.81	0.87

pH	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.5	11.0
アルカリ消費量(当量)	0.91	0.975	1.055	1.17	1.365	1.41	1.445	1.5

中和及び脱水試験

下記フローに従い中和試験を実施した。試験には前述したミニプロジェクトのベンチユニット（中和槽と脱水試験機）を使用した。



a) 炭カル中和

試験結果から、モデルプラントの炭カル中和系の設計データとして、次を採用した。

表 4-11 基礎試験（１）- 炭カル中和試験の結果

項 目	結 果
中和 pH	炭カルの消費量が少ないこと、及び Cu の残存性(回収面)から pH=3
炭カル添加量	32.9g/L
中和時間	120 分
殿物発生量	100g/L（中和液での殿物容積が 100v/v%となり、固液分離できなかった）
脱水ケーキの含水率	60%

b) 消石灰中和

炭カル中和試験で採取したフィルタープレスのろ液を使用して、酸化 - 炭カル中和後液の消石灰中和試験を実施した。

） 酸化 - 炭カル中和後液の水質

pH=3 で炭カル中和した後のフィルタープレスのろ液の水質は下表の通りであった。

表 4-12 基礎試験（１）: 酸化 - 炭カル中和後液の水質

項目	pH	T-Fe (g/L)	Cu (mg/L)	Al (g/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Mn (g/L)	Pb (mg/L)	Zn (g/L)
現地分析	3.4	1.71	61.6	4.05	-	0.28	0.95	-	0.219
持ち帰り分析	-	2.28	62.2	3.04	0.51	0.64	1.11	0.8	0.221

） 酸化 - 炭カル中和後液の中和に要するアルカリ量

pH=3 で炭カル中和した後のフィルタープレスのろ液を対象として、これを中和するのに要するアルカリ量を、NaOH 標準液（10N）を用いて調査した。結果を下表に示す。

表 4-13 基礎試験（１）: 酸化 - 炭カル中和後液の中和に要するアルカリ量

炭カル中和目標 pH = 3.0 のろ液									
pH	3.1	4.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	
アルカリ消費量(当量)	0	0.145	0.345	0.366	0.41	0.61	0.71	0.74	

） 試験結果

試験結果から、モデルプラントの消石灰中和系の設計データとして、次を採用した。

表 4-14 基礎試験（１）: 消石灰中和試験の結果

項 目	結 果
中和 pH	pH=9
消石灰添加量	35.24g/L
中和時間	60 分
殿物発生量	82.05g/L
脱水ケーキの含水率	60%

プロセス毎の中和剤使用量

バクテリア酸化 - 炭カル・消石灰中和の対照として未酸化水（廃液そのもの）の消石灰一段中和試験を実施した。結果を下表に示す。この条件で廃液中の Fe を除去するには中和 pH を 9.0 以上に設定する必要があることが分かる。この時の消石灰添加量は 67.75g/L であり、未酸化水の中和曲線からこの添加量は約 1.61 当量に相当した。

表 4-15 基礎試験（１） - 廃液の消石灰一段中和試験結果

目標 pH		8.0	9.0	10.0
理論消石灰添加量		37.925g/L	42.18g/L	47.36g/L
消石灰添加量		54.9g/L(1.45 当量)	67.75g/L(1.61 当量)	76.7g/L(1.62 当量)
消石灰添加方法		粉体添加	粉体添加	粉体添加
中和時間		60 分	60 分	60 分
最終 pH		8.0	9.3	10.1
中和水の 水質	T-Fe	1.15g/L	N.D.	N.D.
	Mn	160mg/L	4.6mg/L	N.D.
	Zn	-	-	-
	Cd	-	-	-
	Pb	-	-	-
	Al	N.D.	N.D.	N.D.
殿物発生量		100v/v%	100v/v%	100v/v%

以上の試験結果から、酸化 - 炭カル - 消石灰中和と消石灰一段中和について使用する中和剤量を比較すると下表のようになる。

表 4-16 の通り酸化 - 炭カル - 消石灰中和法の中和剤費が廉価になることは明らかである。

表 4-16 基礎試験（１） - 中和剤使用量の比較

処理プロセス	中和剤使用量		金 額
	炭カル	消石灰	
酸化 - 炭カル - 消石灰中和法	32.9kg/m ³	35.24kg/m ³	US\$2.27/m ³
消石灰一段中和法	-	67.75kg/m ³	US\$6.33/m ³

中和剤の単価：ENAMI 調査

炭カル = US\$0.0589/kg

消石灰 = US\$0.0935/kg

金額は、酸化 - 炭カル - 消石灰中和法においては全廃液の(1/10)量を消石灰中和する（モデルプラントのフロー）、消石灰一段中和法においては全廃液を消石灰中和とした場合の値を表記した。

凝集・沈降試験

モデルプラントの処理フローにおいて、中和殿物は中和後直接フィルタープレスで脱水するので、固液分離工程のあるバクテリア担体についてのみ、凝集・沈降試験を行った。

a) 予備試験

品名 9873 と 9602 (NALCO 社製) 及び日本から持参した A-95 (Mitsui CYTEC 社製) を 1g/L で溶解し、凝集効果の比較試験を行った。添加濃度 1mg/L、3mg/L、5mg/L で比較したが、A-95 の凝集効果が群を抜いて良好であった。このためベンチユニットでの連続酸化試験では A-95 を使用することとし、チリ側にはモデルプラントの運転までに A-95 相当品 (米国 CYTEC 社製 A-100 相当品) の入手について引き続き調査するよう依頼した。

ちなみに上記試験の凝集状況は、A-95 > 9873 > 9602 の順で良好であった。

b) 本試験

A-95 (Mitsui CYTEC 社製)、9873 (NALCO 社製) 及び BetzDearbornF-18 (ゲル状) の高分子凝集剤を使用して凝集・沈降試験を実施した。結果を下表に示す。

表 4-17 基礎試験 (1) - バクテリア担体の凝集及び沈降試験結果

高分子凝集剤 の種類	沈降速度 1m/h で採取した上澄水の SS(mg/L)				
	高分子凝集剤の添加濃度				
	1mg/L	2mg/L	3mg/L	5mg/L	10mg/L
A-95	2.7	2.0	1.7	-	-
9873	測定不能	測定不能	測定不能	測定不能	測定不能
F-18	-	-	6.1	4.7	2.3

“9873”は凝集効果が低く清澄な上澄水を得ることができなかった。一方“A-95”は、上表の結果の通り低濃度添加でも優れた成績となった。“F-18”は予備試験後に入手した高分子凝集剤であるが、本試料に対する凝集効果が確認できた。本試験は「バクテリアを利用した酸化試験」で作成した担体を対象として実施したが、実廃液は塩濃度が高く凝集効果が本試験結果をそのまま反映できるか不明である。モデルプラントの運転時には、“A-95”相当品、BetzDearbornF-18 など数種の高分子凝集剤を準備してこれらの効果を確認し、最適のものを使用する予定である。

参考文献

- 1) Silverman, M. P. and Lundgren, D. G. : J. Bacteriol., vol.77, p.642-647, (1959)
- 2) Kawarasaki, T. and Yamaguchi, M. : Report of the Fermentation Research Institute, vol.72, No.9, p.55-59, (1989)
- 3) 山中健生 : 微生物のエネルギー代謝, 学会出版センター, (1986)

4.1.2 基礎試験（２）の結果

第２次国内作業で実施した鉄酸化バクテリアによる連続酸化処理試験を基礎試験（２）と呼ぶことにする。

(1) 目的

利用する鉄酸化バクテリア株と鉄酸化速度の関係を明らかにすることを目的に試験を行った。

基礎試験（１）の酸化試験では、Ovalle プラント廃液の環境に馴れたバクテリアを利用するという観点から Ovalle 株で試験を行った。しかし鉄酸化速度は約 0.55g/L/h とやや低い値となった。一方、El Salado プラントのバイオケミカルラボラトリーで実施されたミニプロジェクトでは、Andacollo 株を利用し、高濃度の Fe^{2+} を連続的に酸化でき、その速度も 0.55g/L/h 以上であったとの情報をチリ側カウンターパートから得た。そこで Ovalle 株と Andacollo 株を同条件で同時に試験し、各々の鉄酸化能力を比較することにした。この試験で得た結果を解析し、モデルプラントの立ち上げに使用する鉄酸化バクテリア株を決定した。

(2) 方法

1) 鉄酸化バクテリア

次の３株を使用した。

Ovalle 株

基礎試験（１）で使用した Ovalle 株を 9K 培地で集積培養し供試した。

Andacollo 株

El Salado プラントのバイオケミカルラボラトリーで保存されていた株をチリ側カウンターパートから譲り受け、日本に持ち帰り 9K 培地で集積培養し供試した。

Ovalle 株と Andacollo 株の混合株

El Salado プラントのバイオケミカルラボラトリーで保存されていた株をチリ側カウンターパートから譲り受け、日本に持ち帰り 9K 培地で集積培養し供試した。なおこの混合株はチリ側カウンターパートの手により株の混合が行われ、且つ、バイオケミカルラボラトリーで長時間継代培養保存されたものである。

2) 試験装置

酸化槽の容量が 3.6L、沈降槽の容量が 6.4L で、これらが一体となっている試験装置を利用した。この試験装置は鉄酸化バクテリアの定性比較を行う試験で数多くの実績がある。今回は供試株毎 3 つの試験装置を準備した。なお、酸化槽の稼働容量は、吹き込み空気によるホールドアップとバクテリア担体の保持量を 10%と見込み、 $3.6\text{L} \times 0.9 = 3.24\text{L}$ として計算した。

3) 試験条件

原水の水質

Ovalle プラントの実廃液と基礎試験（１）の酸化試験原水の水質に近似した表 4-18 の原水を、硫酸塩試薬を用いて調製した。

試験条件

表 4-19 の条件で連続処理試験を実施した。

表 4-18 基礎試験（２） - 原水の水質

項 目	pH	Fe ²⁺	T-Fe	Cu	Mn	Zn	Al	Mg	SO ₄ ²⁻
設定値	3	25g/L	25g/L	70mg/L	1.0g/L	200mg/L	4.0g/L	4.0g/L	80g/L

表 4-19 基礎試験（２） - 連続処理条件

項 目	条 件		
原水流量	0.9mL/min	1.35mL/min	1.8mL/min
酸化槽滞留時間	60h	40h	30h
吹き込み空気量	0.45m ³ /m ² (酸化槽)/min		
栄養剤添加量	(NH ₄) ₃ PO ₄ ・3H ₂ O を 5mg/L		

(3) 結果

供試した株毎の Fe²⁺酸化速度と処理水 Fe²⁺濃度を図 4-4 と図 4-5 で比較する。

試験時間 264h までは酸化槽滞留時間が 60h、288h～600h までは 40h、624h～864h までは 30h になるよう原水流量を調整した。図 4-5 から酸化槽滞留時間が 30h の条件で、全ての供試株の処理水に、未酸化の Fe²⁺が残存することが分かる。従って酸化槽滞留時間 30h の条件で得た酸化速度について、供試株毎の酸化速度を評価することが妥当と考えられる。

Fe²⁺酸化速度は、図 4-4 から、Ovalle 株は約 0.45g/L/h、Andacollo 株及び Ovalle と Andacollo の混合株が約 0.65g/L/h と読み取れる。このように Ovalle 株に比較し Andacollo 株が優良であることが確認できた。混合株は若干 Andacollo 単独株に比較し酸化レスポンスが劣ったが、試験時間の経過に伴い両者は同等の成績となった。

基礎試験（１）の酸化試験は、El Salado プラントにあるバイオケミカルラボラトリーのベンチユニットを使用して実施した。その結果は前述した通り Ovalle 株で酸化速度は約 0.55 g/L/h となった。バクテリア酸化は Fe²⁺の空気酸化をバクテリアが触媒的に関与し促進するものである。従って装置の形状（液深、空気の分散性など）により成績も異なる。基礎試験（１）と（２）の結果から、今回の試験装置→ベンチユニットの装置係数は、(0.55/0.45) = 1.22 と想定され、Andacollo 株を使用しベンチユニットで酸化すれば速度は 0.65 × 1.22 = 0.8 g/L/h と推定できる。ベンチユニット→モデルプラントでも酸化装置は大きくなり鉄酸化バクテリアの生育条件としてはプラスに作用するものと考えられる。従って上記と同様に装置係数が考慮可能で、実証試験の酸化速度が目標値である 1 g/L/h に近付くことが期待される。

以上の結果から、モデルプラントの立ち上げに使用する鉄酸化バクテリアは Andacollo 株とした。

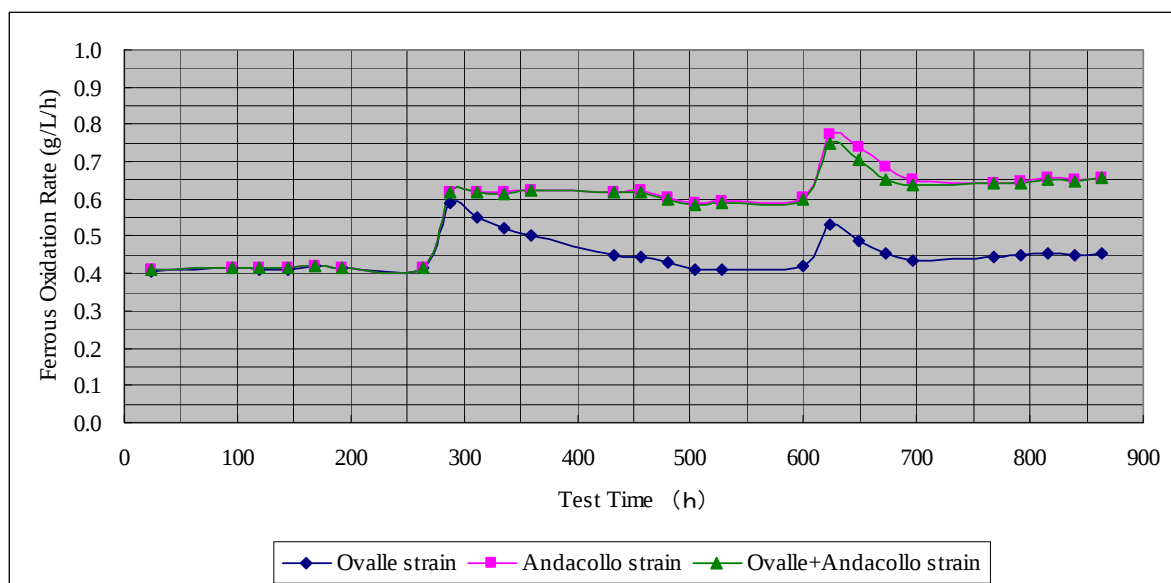


図 4-4 基礎試験 (2) - Fe^{2+} 酸化速度の比較

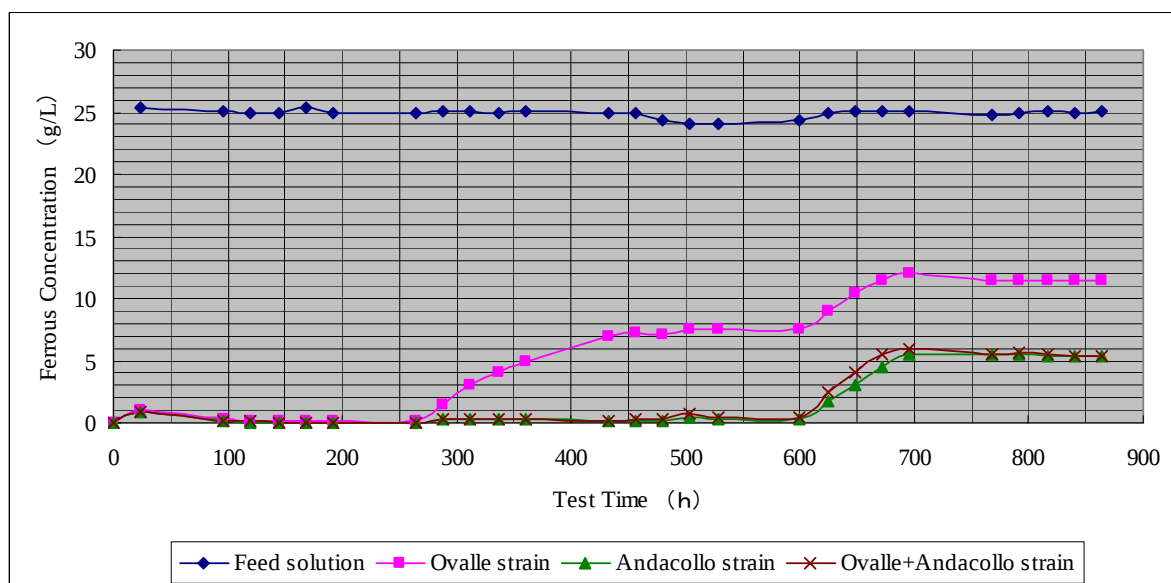


図 4-5 基礎試験 (2) - 原水及び処理水 Fe^{2+} 濃度の変化

4.2 モデルプラントの概要と建設の推移

4.2.1 モデルプラント建設の経緯

モデルプラントは 1999 年 7 月に日本側とチリ側との間で締結された S/W に基づき、日本側が設計、機器・機材の調達、チリまでの海上運搬及び設置工事に係わる SV の派遣を実施し、チリ側がチリ国内の運搬、基礎工事、建築工事及び設置工事を実施した。そして、2001 年 9 月初めに完成し、これを使った実証試験を開始した。

次項にモデルプラントの概要を示す。

4.2.2 モデルプラントの概要

(1) プロセスフロー

プロセスフローは第 1 次現地調査時に pH 調整工程を含まない A 案と pH 調整工程を含む B 案の 2 案についてチリ側と協議を行い、Fe 以外の重金属の濃縮を妨げることが出来る B 案のフローとした。B 案の概略フローを下図に示す。

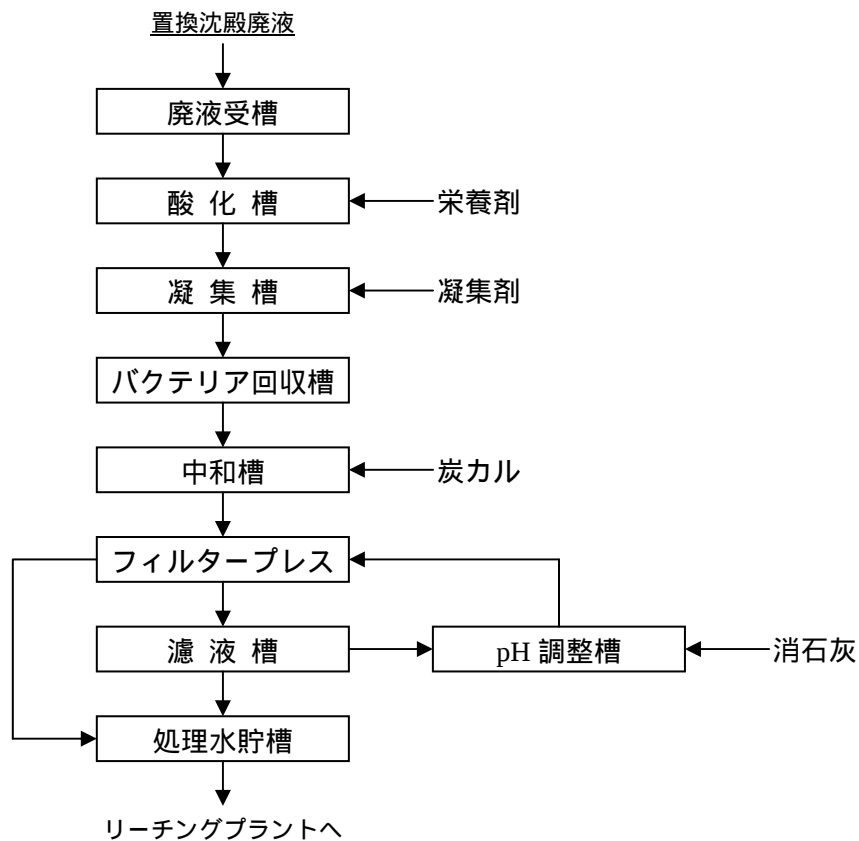


図 4-6 モデルプラントのプロセスフロー

(2) 設計ベース

以下にモデルプラントの設計ベースを示す。

1) 置換沈殿廃液性状

第1次現地調査時に収集した置換沈殿廃液のデータを基にチリ側と協議を行い、モデルプラントへ供給される廃液性状を表4-20のように想定した。

表 4-20 廃液性状

pH	Fe ²⁺ (g/L)	T-Fe (g/L)	Cu (g/L)	Mn (g/L)	Zn (g/L)	Al (g/L)
3.7	30	30	0.26	0.97	0.24	9.7

2) モデルプラントの処理能力

モデルプラントの処理能力は上記廃液 100m³/day 処理を目標とした。

3) 酸化速度

1.0g/L/h として計画した。

基礎試験結果での Fe²⁺酸化速度は 0.55-0.65g/L/h であったが、バクテリア酸化では一般的に酸化槽の容量が大きくなると酸化成績が向上し安定すること、長時間の連続処理では鉄酸化バクテリアの馴養が進み酸化速度が向上することから、基礎試験の結果は最低レベルの酸化速度と考えられた。そのため日本の坑廃水処理で一般的に用いられる Fe²⁺酸化速度 1g/L/h という値を（目標値として）採用した。

4) 中和殿物量

基礎試験結果では中和工程より発生する殿物量は 100g/L であった。基礎試験に使用した廃液性状と表4-20の廃液性状の差を補正して 101g/L という数値を採用した。

5) pH 調整発生殿物量

基礎試験結果より 82.05g/L とした。

(3) 設備仕様

上記の設計ベースより機器選定を行った。主要機器の仕様を表4-21に示す。

(4) モデルプラントの設置場所

モデルプラントはチリ側との協議により Ovalle プラントの置換沈殿プラントの近くに設置した。この場所は置換沈殿廃液を受け入れるのに便利であり、また、周囲には今後フルスケールプラントを建設する場合の空地も十分にある場所である。図4-7に配置図を添付する。

(5) 自動運転方法

モデルプラントは設備の性格上、頻繁に運転・停止を繰り返すものではないため、設備全体としての自動運転は行わず、各機器間の連動、計測値による自動運転あるいは工程内の自動運転とした。また、通常時の操作はモデルプラント傍の研究棟内に設けた運転管理室で行うが、モデルプラント内にも現場操作盤を設け、選択スイッチにより緊急時には現場でも手動運転ができるようにした。

表4-21 主要機器一覧表

機番	機 器 名 称	数量	機 器 仕 様	動力(kw)	付属計装機器
T2	酸化槽	3	型 式：円筒型(内部仕切板) 容 量：57.3m ³ 材 質：FRP 寸 法：3750φ×5900H		pH計
T4	バクテリア回収槽	1	型 式：円筒型 寸 法：3300φ×2500H 材 質：FRP 付属品：レーキ	0.75	
B1	酸化ブロー	1	型 式：ルーツブロー(強制空冷式) 能 力：14.85m ³ /min×7000mmAq 材 質：FC他	30 0.2	流量計 3台 インバーター
P2	バクテリア泥返送ポンプ	1	型 式：渦巻きポンプ 能 力：50L/min×20mH 材 質：接液部FC+R/L	1.5	
P3	バクテリア泥圧入ポンプ	1	型 式：渦巻きポンプ 能 力：1200L/min×40mH 材 質：接液部FC+R/L	22	
P4	栄養剤添加ポンプ	1	型 式：ダイヤフラム式定量ポンプ 能 力：450mL/min 材 質：接液部PVC,PTFE	0.2	
P5	凝集剤添加ポンプ	1	型 式：ダイヤフラム式定量ポンプ 能 力：850mL/min 材 質：接液部PVC,PTFE	0.2	
T11	中和槽	1	型 式：円筒型(内部仕切板) 容 量：9.5m ³ 材 質：FRP 寸 法：1650φ×5150H		pH計
F1	中和剤フィーダー	1	型 式：スクリーフィーダー(上部3.3m ³ ホッパー付) 能 力：825kg/h 材 質：SS 付属品：エアブラスター、バグフィルター	1.5 0.75	振動式レベルセンサー
T12	中和剤リパルプ槽	1	型 式：円筒型(内部パツフル板付) 容 量：0.82m ³ 材 質：FRP 寸 法：900φ×1600H 付属品：攪拌機	0.4	極棒式レベルスイッチ
P7	中和剤ポンプ	1	型 式：渦巻きポンプ 能 力：50L/min×20mH 材 質：接液部FC+R/L	1.5	
B2	中和ブロー	1	型 式：ルーツブロー 能 力：1.0m ³ /min×6000mmAq 材 質：FC他	3.7	流量計 インバーター

表4-21 主要機器一覧表

機番	機 器 名 称	数量	機 器 仕 様	動力(kw)	付属計装機器
T13	脱水機供給槽	1	型 式：円筒型(内部バツフル板付) 容 量：17.3m ³ 材 質：FRP 寸 法：2800φ×3400H 付属品：攪拌機	15	極棒式レベルスイッチ
P8	中和泥圧入ポンプ	1	型 式：渦巻きポンプ 回 転：1200L/min×40mH 材 質：接液部FC+R/L	22	
FP1	フィルタープレス	1	型 式：全自動圧搾式 能 力：濾過面積203m ² 材 質：濾板PP,ヘッドFC+R/L他 ドリット・ソグ・バ・ンSUS316	5.5	
T14	濾液槽	1	型 式：円筒型 容 量：8m ³ 材 質：PE		極棒式レベルスイッチ
P10	中和後液送りポンプ	1	型 式：渦巻きポンプ 能 力：100L/min×20mH 材 質：接液部SUS316,SCS14	2.2	
T16	pH調整槽	1	型 式：円筒型(内部バツフル板付) 容 量：2.6m ³ 材 質：FRP 寸 法：1500φ×2000H 付属品：攪拌機	2.2	pH計 極棒式レベルスイッチ
F2	消石灰フィーダー	1	型 式：スクリーフィーダー(上部3.3m ³ ホッパー付) 能 力：176kg/h 材 質：SS 付属品：エア・ブラスター、バグフィルター	0.4 0.75	振動式レベルセンサー
T17	消石灰リパルプ槽	1	型 式：円筒型(内部バツフル板付) 容 量：0.82m ³ 材 質：FRP 寸 法：900φ×1600H 付属品：攪拌機		極棒式レベルスイッチ
P12	消石灰ポンプ	1	型 式：渦巻きポンプ 能 力：50L/min×20mH 材 質：接液部FC+R/L	1.5	
P13	圧入ポンプ	1	型 式：渦巻きポンプ 回 転：300L/min×40mH 材 質：接液部FC+R/L	11	
T18	処理水貯槽	1	型 式：円筒型 容 量：6m ³ 材 質：PE		極棒式レベルスイッチ
P14	処理水返送ポンプ	1	型 式：渦巻きポンプ 能 力：75L/min×40mH 材 質：接液部SUS316,SCS14	2.2	

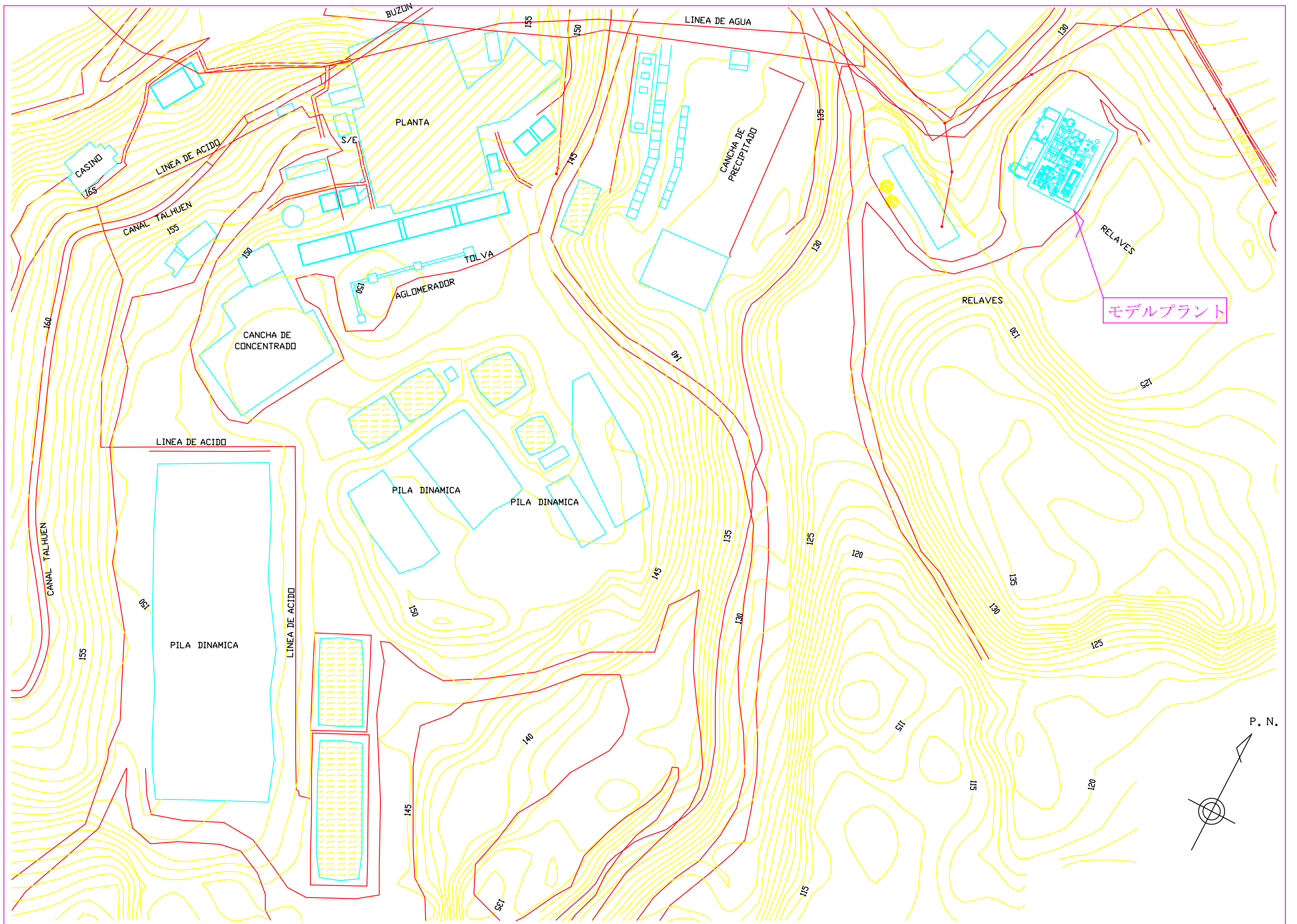


図4-7 モデルプラント配置図

4.3 実証試験結果

モデルプラントを使った実証試験運転は現在も継続中であるが、本レポート作成時までに入手したプラント立ち上げ後約7ヶ月間のデータを整理・解析した。データは本節末に付表として添付した。

4.3.1 目的

プロジェクト全体から見た大きな目的は、フルスケールプラントの F/S 調査、更に、チリ国鉱業分野で本技術の適用が可能な他の工場、工程へ普及させるための M/P 策定に資するデータを収集すること、である。

4.3.2 試験条件

試験条件の各項目は、下表の考え方に基つき変更した。

表 4-22 試験条件設定の考え方

試験条件	考 え 方
処理水量（廃液量）	・ 目標値は 100m³/day ・ 徐々に処理水量を増大させ、バクテリア酸化が順調に稼動し、所期の水質になるよう中和処理が行えることを確認する。 ・ 目標値を達成後は、どこまで増大できるか調査する。
バクテリア泥量	・ 処理水量の（1/4）量 ・ 廃液量が 100m³/day の時、バクテリア泥量は 25m³/day
栄養剤添加量	・ バクテリア酸化が順調に稼動することを確認しながら、経済的な運転という観点から添加量を徐々に削減する。 ・ 変動域は 0-10mg/L
高分子凝集剤添加量	・ バクテリア酸化が順調に稼動することを確認しながら、経済的な運転という観点から添加量を徐々に削減する。 ・ 変動域は 5-10mg/L
炭カル中和 pH	・ 鉄を除去し、できるだけ銅を残存させる。 ・ リーチング工程で再利用できる水質が目標。（リーチング工程で浸出が促進できる水質なら、なお可） ・ 変動域 pH3-4
消石灰中和 pH	・ 鉄以外の金属を除去する。 ・ 変動域 pH8-10

4.3.3 結果

(1) 廃液の水質

廃液の水質は変動が激しい。下表に日智双方で行った分析の結果を示す。

表 4-23 廃液の分析結果（定期分析）

日付	pH	Fe ²⁺ (g/L)	T-Fe (g/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Al (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	As (mg/L)	Mg (mg/L)	備考
9/6	3.5	12.31	24.00	81	305	162	1996	-	-	-	3080	チリ
9/12	3.7	11.75	16.15	56	251	106	2240	0.83	0.80	-	2696	チリ
9/18	-	-	15.06	102	837	269	3246	2.71	1.30	30.0	3790	日本
9/20	3.3	20.42	28.80	253	704	298	3174	2.90	0.96	-	3807	チリ
9/25	-	-	14.40	146	408	191	2861	1.45	1.00	16.0	3750	日本
9/26	2.9	12.87	-	111	377	185	2557	1.69	N.D.	-	-	チリ
10/3	-	-	13.50	85	291	122	2160	0.78	1.00	9.0	2590	日本
10/4	-	10.62	16.95	28	321	122	1580	1.40	0.22	9.7	-	チリ
	-	-	13.00	38	270	116	1588	0.78	0.88	7.0	2620	日本
10/10	3.6	21.82	21.90	152	699	269	3310	1.66	0.90	27.3	-	チリ
10/16	3.0	19.58	35.30	81	517	175	4949	1.19	0.43	20.8	-	チリ
10/24	3.5	17.70	19.40	77	556	484	3580	1.73	0.79	-	-	チリ
平均	-	-	-	101	466	208	2770	1.56	0.75	17.1	3190	-
最大	-	-	-	253	837	484	4949	2.90	1.30	30.0	3807	-
最小	-	-	-	28	251	106	1588	0.78	N.D.	7.0	2590	-

備考に示した国名は分析実施担当、日本側担当は試料を持ち帰り分析した。

図 4-8 に、廃液の Fe²⁺ と T-Fe の挙動を示す。図の通り変動が激しいことが分かる。Fe²⁺ 濃度はおよそ 8-33g/L の範囲で変動したが、例えばある日 30g/L あったとしても、翌日は急激に減少しており、何日も高濃度が続くことはなかった。また、酸化槽の滞留時間も廃液量が 100m³/day で約 30 時間あり、酸化槽内で水質が平均化される。従って廃液の水質は、表 4-23 及び 4-24 の平均値で代表させることにする。

表 4-24 廃液の水質（2001/9/6-2002/3/31 の日常分析結果）

項目	pH	Fe ²⁺ (g/L)	T-Fe (g/L)
最少	3.8	7.90	8.29
最大	2.6	32.93	40.60
平均	3.3	17.02	20.66

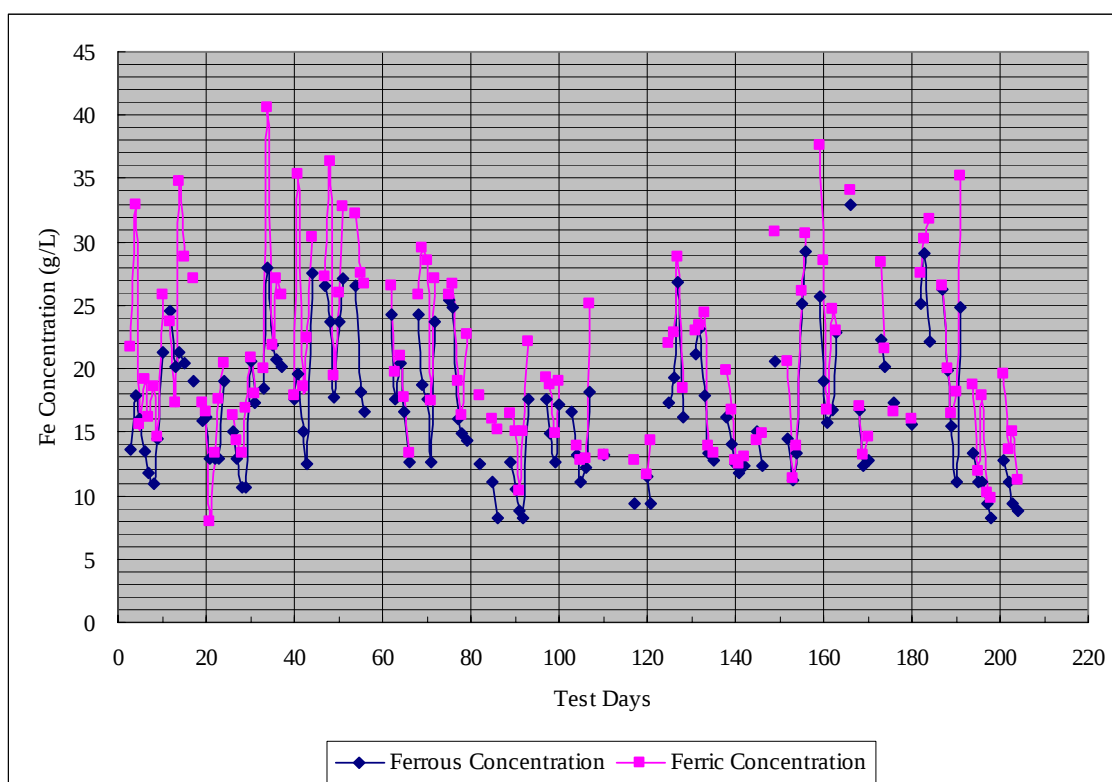


図 4-8 廃液の Fe^{2+} と T-Fe

(2) バクテリア酸化

図 4-9 に、酸化系における Fe^{2+} 濃度の推移を示す。 Fe^{2+} 濃度は、酸化 A 槽の出口ではまだ残っているが、B 槽の出口でほぼ無くなっていた。つまり、酸化槽全 3 槽のうち、2 槽を使って酸化したということである。100 m^3/day を 3 槽のうち 2 槽で酸化できたとすれば、3 槽全部を使って少なくとも 150 m^3/day は酸化できる可能性がある。

B 槽の出口で Fe^{2+} 濃度がほぼ無くなっているの、あるいは B 槽の途中でも酸化できている可能性がある。これを酸化速度から検討してみる。図 4-10 には、A-C 各酸化槽毎の Fe^{2+} 酸化速度を経時的にプロットした。 Fe^{2+} が十分に供給される A 槽で酸化速度が速く、 Fe^{2+} がほとんど供給されない C 槽で小さな値となる。A 槽と B 槽の値を比較すると A 槽が高くなり、B 槽の途中で酸化が終了している可能性が示唆される。A 槽の酸化速度は約 1g/L/h で、当初の目標値がクリアできたと考える。廃液の Fe^{2+} 濃度 30g/L が、酸化槽の設計値であるが、前述したとおり、実証試験期間中の Fe^{2+} 濃度は約 17g/L であった。従って、今後も廃液の水質が同程度であるとすれば、モデルプラントの酸化槽は、 $(30/17) \times 100\text{m}^3/\text{day} = 176\text{m}^3/\text{day}$ 処理できることになる。

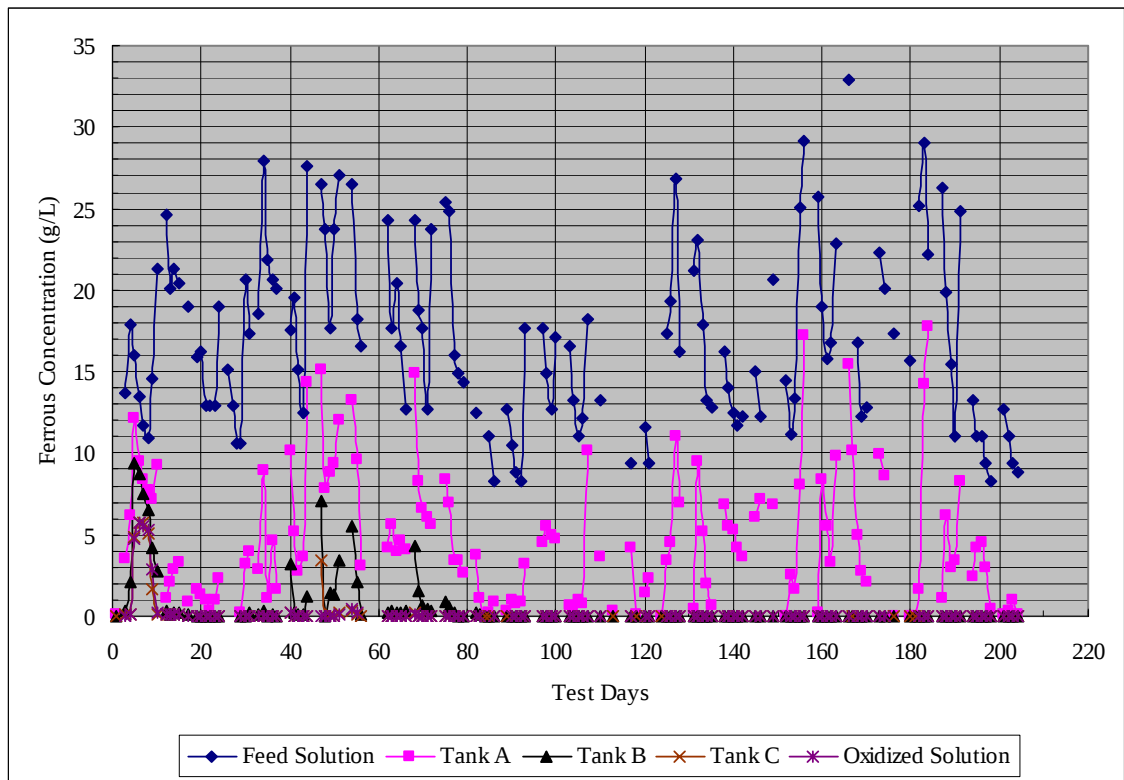


図 4-9 酸化系の Fe^{2+} 濃度

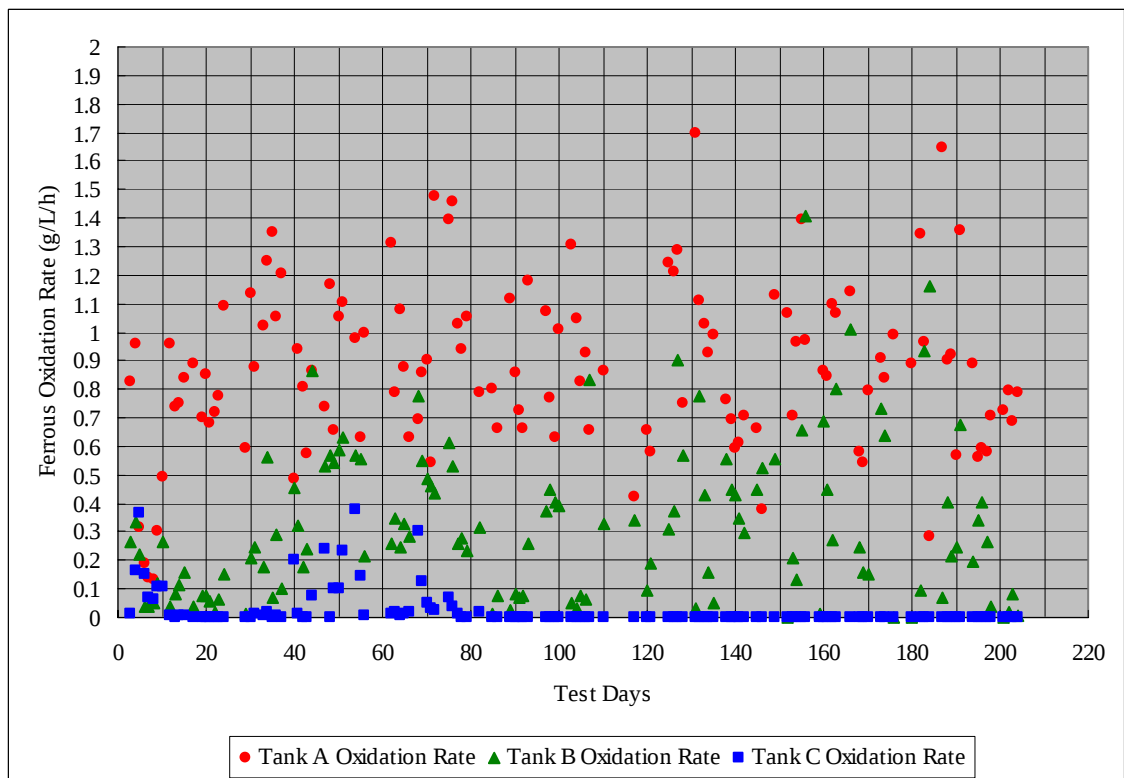


図 4-10 酸化槽毎の Fe^{2+} 酸化速度

(3) 薬剤使用量

実証試験の結果をまとめると、各薬剤の使用量（必要量）は次のようになる。

1) 栄養剤

10mg/L の添加濃度から始め、経済的な運転を行うため 2.5mg/L まで削減できることが分かった。

2) 高分子凝集剤

10mg/L の添加濃度から始め、経済的な運転を行うため 5mg/L まで削減できることが分かった。また、当初は単価が高い高分子凝集剤を使用していたが、廉価なものに替えても同等の効果を得ることができた。

3) 炭カル

炭カル使用量の実績を表 4-25 に示す。炭カル使用量は約 17g/L であった。

表 4-25 実証試験での炭カル使用量

調査年月	処理水量	炭カル使用量	炭カル添加濃度
2001 年 9 月	1600m ³	28t	17.5g/L
2001 年 10 月	2390m ³	47t	19.7g/L
2001 年 11 月	2740m ³	49t	17.9g/L
2001 年 12 月	2870m ³	42t	14.6g/L
2002 年 1 月	2820m ³	46t	16.3g/L
2002 年 2 月	2470m ³	39t	15.8g/L
2002 年 3 月	2810m ³		
平均値	-	-	16.9g/L

4) 消石灰

消石灰使用量の実績を表 4-26 に示す。消石灰使用量は約 12g/L であった。

表 4-26 実証試験での消石灰使用量

調査年月	処理水量	消石灰使用量	消石灰添加濃度
2001 年 9 月	120m ³	2500kg	20.8g/L
2001 年 10 月	196m ³	2000kg	10.2g/L
2001 年 11 月	162m ³	1500kg	9.3g/L
2001 年 12 月	100m ³	1000kg	10.0g/L
2002 年 1 月	116m ³	1500kg	12.9g/L
2002 年 2 月	94m ³	1000kg	10.6g/L
2002 年 3 月	98m ³		
平均値	-	-	12.1g/L

5) 薬剤コスト

下表のように試算できる。

表 4-27 薬剤コストの試算結果（モデルプラントで 100m³/day の廃液を処理した場合）

薬剤	添加濃度と使用量	Cost	
炭カル	17kg/m ³ × 100m ³ /day = 1700kg/day	US\$0.0589/kg	US\$100.13/day
消石灰	12kg/m ³ × 10m ³ /day = 120kg/day	US\$0.0935/kg	US\$11.22/day
栄養剤	2.5g/m ³ × 100m ³ /day = 250g/day	US\$4.61/kg	US\$1.15/day
高分子凝集剤	5g/m ³ × (100 + 25)m ³ /day = 625g/day	US\$4.248/kg	US\$2.66/day
Total (Feed Solution 100m ³ /day)			US\$115.16/day

(4) 殿物発生量

廃液処理量に対するモデルプラント全体からの殿物発生量 (m^3/day 及び $\text{t-wet}/\text{day}$) の関係、脱水ケーキ含水率の推移、酸化水の鉄濃度に対する炭カル中和殿物発生量の関係を、以下に図示する。

廃液処理量が $100\text{m}^3/\text{day}$ の時、図 4-11 と 4-12 から、モデルプラント全体でおよそ $8.5\text{m}^3/\text{day}$ 及び $12.5\text{t-wet}/\text{day}$ の殿物が発生する。

一方、炭カル中和工程に流入する酸化水の T-Fe 濃度は、実証試験期間の平均値で 11.7g/L であった。図 4-14 から、 $\text{T-Fe}=11.7\text{g/L}$ に対する炭カル中和殿物発生量は $60.5\text{g-dry}/\text{L}$ と読める。故に、廃液処理量が $100\text{m}^3/\text{day}$ の時、炭カル中和殿物は $6.05\text{t-dry}/\text{day}$ 発生する。

図 4-13 から、脱水ケーキの含水率はおよそ 47.5% であった。

水分も含めた炭カル中和殿物の発生量は、 $6.05 \div (1 - 0.475) = 11.5\text{t-wet}/\text{day}$ となる。

モデルプラントからの殿物は、炭カル中和殿物、余剰のバクテリア泥及び消石灰中和殿物から成る。廃液処理量 $100\text{m}^3/\text{day}$ の時モデルプラント全体から発生する殿物は $12.5\text{t-wet}/\text{day}$ であり、この時の炭カル中和殿物は $11.5\text{t-wet}/\text{day}$ であるので、余剰のバクテリア泥と消石灰中和殿物は合わせて $1.0\text{t-wet}/\text{day}$ 発生していると想定できる。

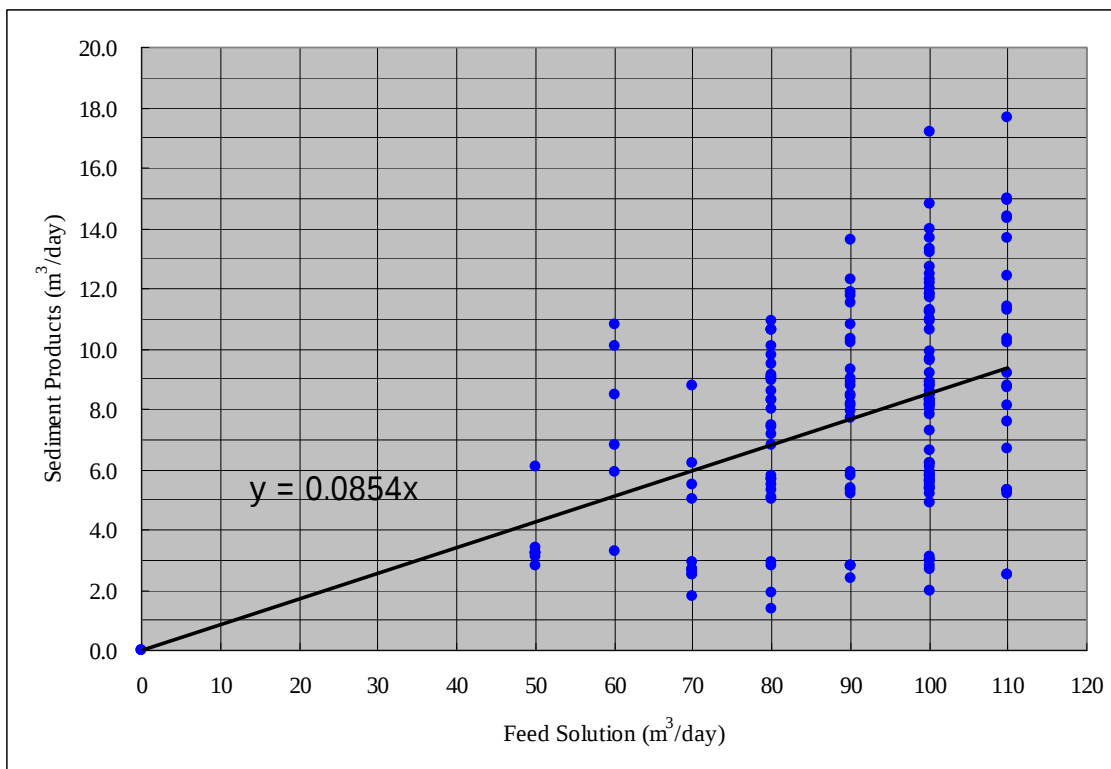


図 4-11 廃液処理量に対するモデルプラント全体からの殿物発生量 (m^3/day) の関係

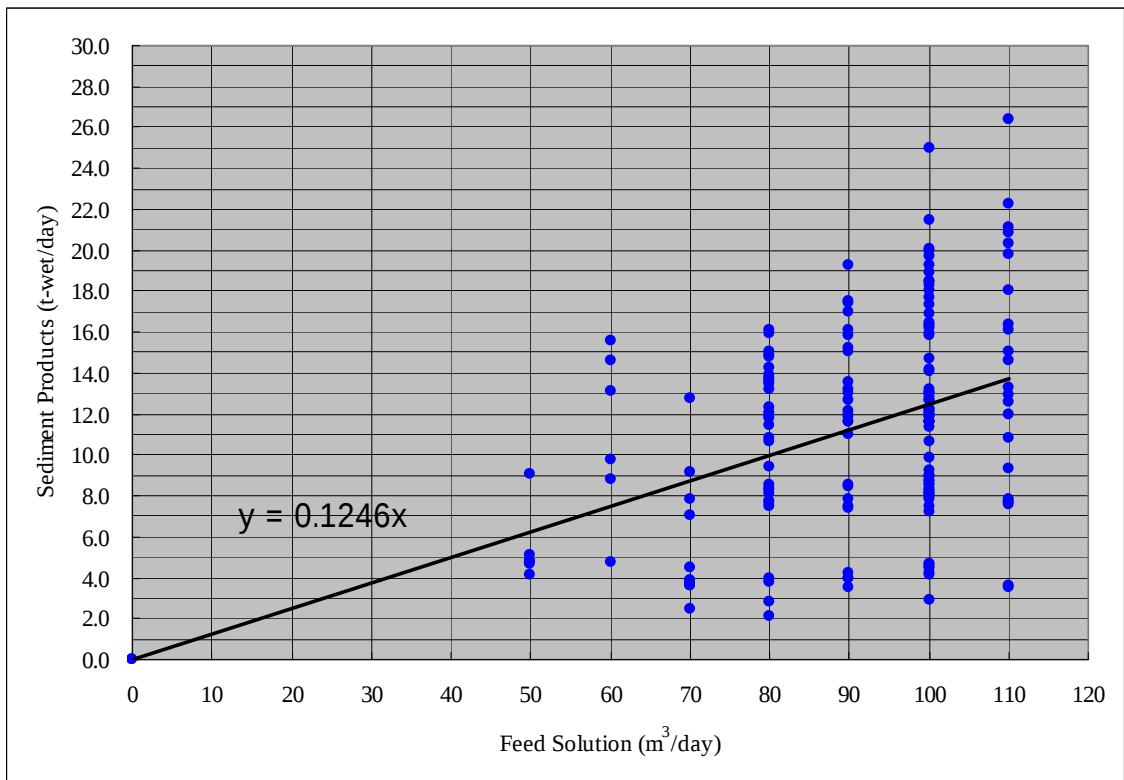


図 4-12 廃液処理量に対するモデルプラント全体からの殿物発生量（t-dry/day）の関係

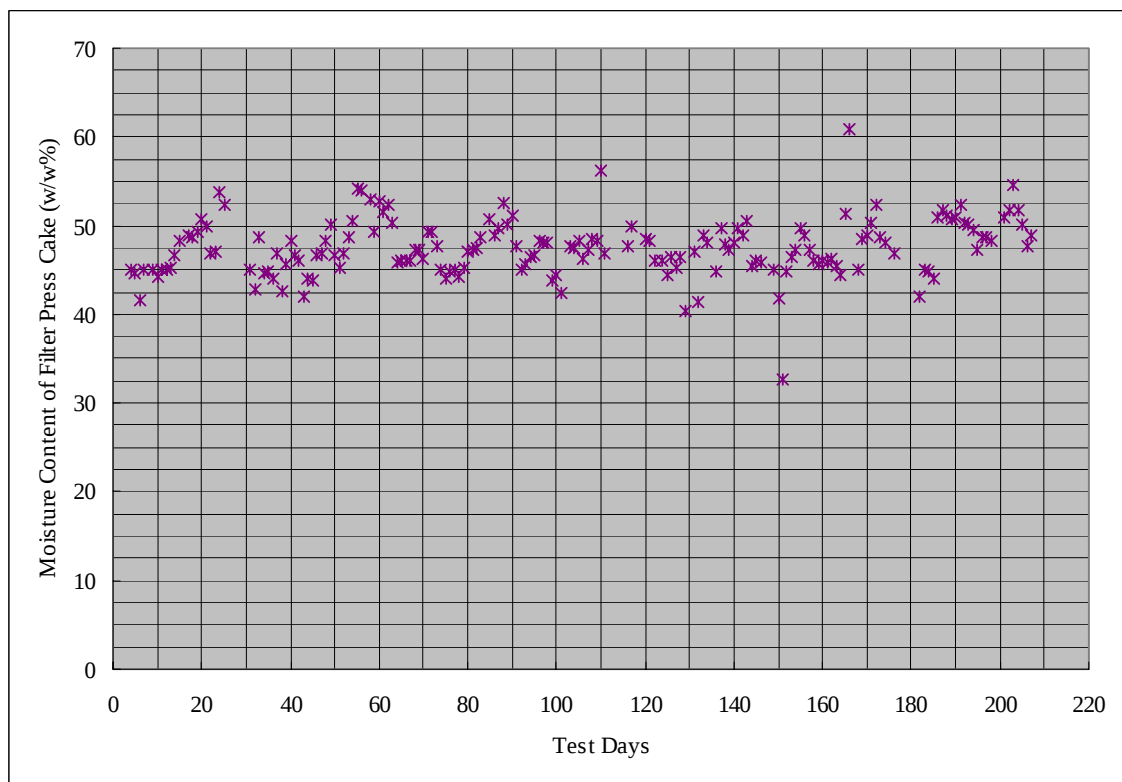


図 4-13 脱水ケーキ含水率の推移

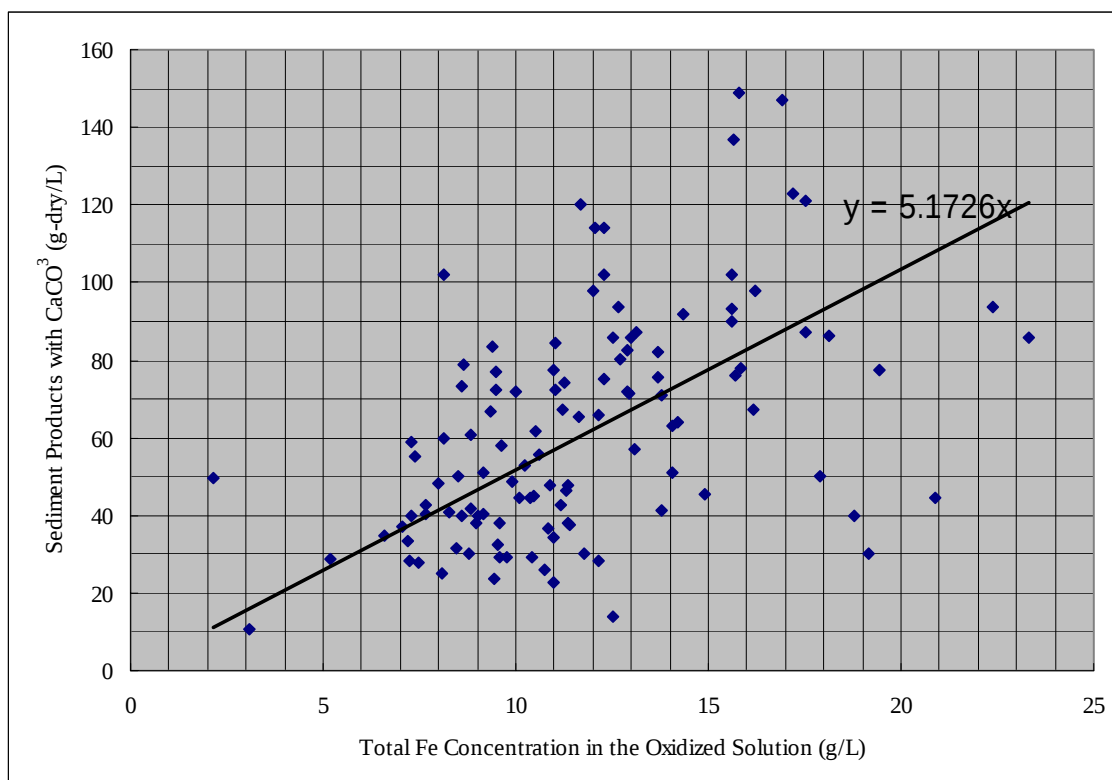


図 4-14 酸化水の鉄濃度に対する炭カル中和殿物発生量の関係

(5) 殿物の品位

バクテリア泥、炭カル中和殿物、消石灰中和殿物、脱水ケーキを日本に持ち帰り、これらの品位を分析した。結果を下表に示す。

表 4-28 殿物品位

試料名称	バクテリア泥	炭カル中和殿物	消石灰中和殿物	脱水ケーキ
Fe (%)	40.3	16.8	0.25	15.7
Cu (mg/kg)	62.7	271	1320	319
Mn (mg/kg)	143	560	10700	370
Zn (mg/kg)	42.5	146	2140	106
Al (mg/kg)	1060	13900	34100	10600
As (mg/kg)	386	50.5	16.8	43.7
Ca (%)	2.36	15.9	21.2	19.0
SO ₄ (%)	22.9	44.0	44.0	47.1

バクテリア泥は塩基性硫酸鉄を主成分とする殿物で、Ca を約 2%、Al を約 0.1%含有するものの、Fe 以外の金属の含有量は低い。ただし As を約 0.04%含有するので、この殿物を有効利用するのは困難と考えられる。

炭カル中和殿物は鉄殿物と石膏の混合物である。

消石灰中和殿物は、マンガン、アルミニウムの酸化物及びその他銅、亜鉛などの酸化物と石膏の混合物である。

鉄を回収するとすれば、バクテリア泥と炭カル中和殿物の中間に位置するものが適当で、砒素と石膏を含有させない中和条件を設定する必要がある。

(6) モデルプラントからの液を使った鉱石のリーチング試験結果

モデルプラントからの処理後液、あるいは酸化工程の酸化水を使って、チリ側カウンターパートが鉱石のリーチング試験を行った。

1) モデルプラントからの処理後液を使った鉱石のリーチング試験

下表の条件でリーチング試験を行った。

結果を図 4-15 に示す。モデルプラントの処理後液と工業（タルエン）用水を溶媒にした場合を比較して、前者が Cu の浸出を妨害することにはなかった。むしろ原鉱を使った試験では、工業用水を溶媒にした場合より Cu の回収率が好成績になっている。処理後液に残存する Cu や第二鉄の効用と考えられる。

表 4-29 モデルプラントからの処理後液を使ったリーチング試験の条件

カラム No.	溶 質	溶 媒
1	一次リーチング廃滓 (二次リーチング原料)	工業用水に硫酸を 30g/L 添加したもの
2	一次リーチング廃滓 (二次リーチング原料)	モデルプラントの処理後液に硫酸を 30g/L 添加したもの
3	原鉱	工業用水に硫酸を 45g/L 添加したもの
4	原鉱	モデルプラントの処理後液に硫酸を 45g/L 添加したもの

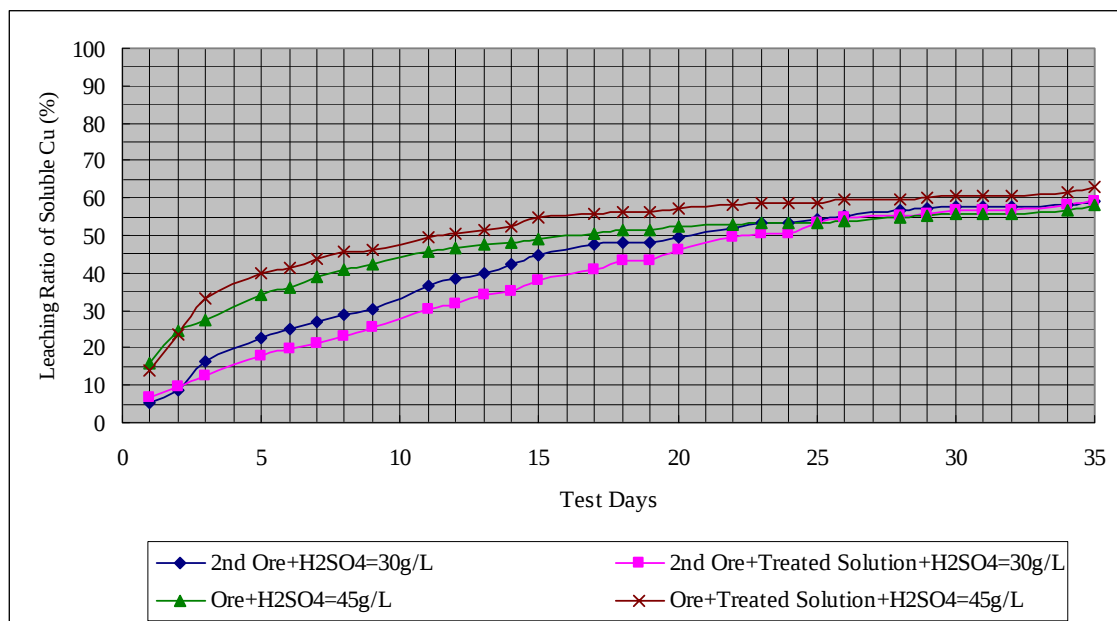


図 4-15 モデルプラントからの処理後液を使った鉱石のリーチング試験の結果

2) モデルプラントの酸化水を使った鉱石のリーチング試験

下表の条件でリーチング試験を行った。

結果を図 4-16 に示す。第二鉄は鉱石に対する酸化力があるが、溶媒中のその濃度が高すぎるとむしろ Cu の溶出を妨害した。適量の第二鉄が存在すると、第二鉄が存在しない系より Cu の溶出を促進した。

表 4-30 モデルプラントの酸化水を使った鉱石のリーチング試験の条件

カラム No.	溶 質	溶 媒
1	一次リーチング廃滓 (二次リーチング原料)	工業用水に硫酸を 10g/L 添加したもの
2	一次リーチング廃滓 (二次リーチング原料)	モデルプラントの酸化水を 1.8v/v%加え、さらに硫酸を 10g/L 添加したもの
3	一次リーチング廃滓 (二次リーチング原料)	モデルプラントの酸化水を 36v/v%加え、さらに硫酸を 10g/L 添加したもの
4	一次リーチング廃滓 (二次リーチング原料)	モデルプラントの酸化水を 60v/v%加え、さらに硫酸を 10g/L 添加したもの
5	一次リーチング廃滓 (二次リーチング原料)	モデルプラントの酸化水に硫酸を 10g/L 添加したもの

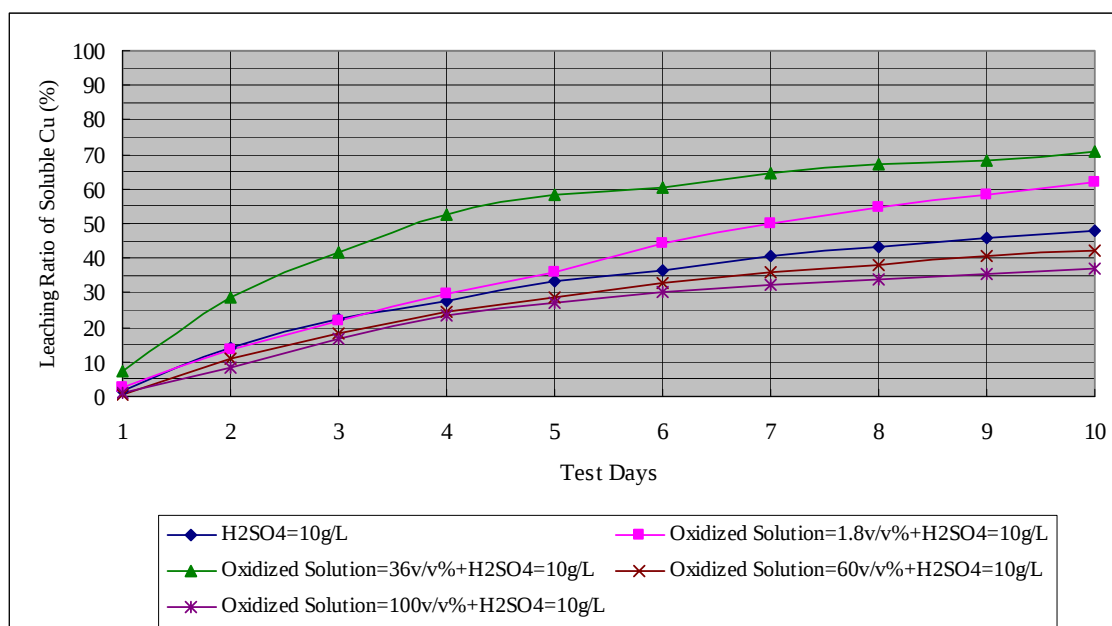


図 4-16 モデルプラントの酸化水を使った鉱石のリーチング試験の結果

4.3.4 実証試験のまとめ

(1) モデルプラントの運転条件

下表の条件で所期の目標を達成した。

表 4-31 モデルプラントの運転条件

項 目	条 件 ・ 結 果
処理水量（廃液量）	・ 100m ³ /day 以上処理可能 ・ 推定上限値は 176m ³ /day
バクテリア泥量	・ 処理水量（廃液量）の（1/4）量
栄養剤添加量	・ 廃液に対する添加濃度は 2.5mg/L
高分子凝集剤添加量	・ 廃液に対する添加濃度は 5mg/L
炭カル中和 pH	・ 中和 pH = 3.5-4 ・ 炭カルの平均使用量は約 17g/L
消石灰中和 pH	・ 中和 pH=8-9 ・ 消石灰の平均使用量は約 12g/L

(2) モデルプラントの運転結果

- 1) モデルプラントで 100m³/day の廃液を処理した場合の薬剤コストは約 US\$115/day と試算された。
- 2) チリ側カウンターパートの試験結果から、モデルプラントの処理後液は Ovalle プラントのリーチング工程へ循環使用しても Cu の浸出に悪影響を及ぼさないこと、また、モデルプラントの酸化工程から酸化水を抜き出し、この適量を浸出液と混合すれば、Cu の浸出を促進することが示唆された。
- 3) モデルプラントで 100m³/day の廃液を処理した場合、約 12.5t-wet/day（8.5m³/day）の脱水ケーキが発生した。この脱水ケーキの含水率は約 47.5%であった。

(3) モデルプラントの今後の使用方法

モデルプラントを Ovalle プラント全体としてより有効に、より経済的に活用するため、次のように提案する。ただし若干のモデルプラントのハード的補強が必要であるので、その部分の提案は本書の第 7 章を参照されたい。

- 1) 処理水量（廃液量）を現在の水質に合わせた（推定）最大値（上記）に設定する。
- 2) モデルプラントで 176m³/day の廃液を処理する場合、炭カル中和殿物（脱水ケーキ）の推定発生量は約 10.7t-dry/day。脱水ケーキの含水率が約 47.5%であるなら、推定発生量は約 20.4t-wet/day となる。従って約 9.7t/day の水が殿物に付着し、系外へブリードオフされることになる。この付着水の量はモデルプラントで処理される廃液の 5%以上に相当する。これだけの水が系外へ排出されるので、当初懸念したバクテリアの新陳代謝物や鉄以外の金属の系内蓄積が緩和される。ゆえに、pH 調整工程で行う全廃液の（1/10）量の消石灰中和は必ずしも必要ない、と考える。pH 調整工程は、モデルプラント処理後液の水質分析において、Zn や Mn が系内濃縮で非常に高い値になったり、バクテリア酸化の活性が鈍っていると考えられる場合のみ運転すればよい。
- 3) リーチング試験で、適量の硫酸第二鉄が鉱石中の Cu の浸出を促進するという結果になったので、モデルプラントの炭カル中和において、必ずしも Fe を完全中和する必要は無い。完全中和しない方が、経済的にも有利である。ただし処理後液の外観に清澄性を求める場合や、リーチング工程への再循環ルートでパイプの閉塞などが

懸念される場合は、中和 pH を 4.0 に設定し、Fe を完全中和すべきである。

4.4 モデルプラントの現状と今後

最終回の現地調査において下記を確認した。

(1) 現状

リーチング後液(貴液)は、以前は、硫酸銅生産工程と置換沈殿工程へ振り分けられ、更に、置換沈殿工程からの廃液は、モデルプラントと蒸発ポンド行きへ振り分けられていた。現在は硫酸銅の生産が中断、更に蒸発ポンドへの貯水も停止している。従って置換沈殿工程廃液はモデルプラントで処理されリーチング工程へ循環されるものと、モデルプラントでの処理を経ず循環されるものになっている。このため廃液の Fe や重金属は高濃度になっている。最新の水質データを図 4-17 に示す。

モデルプラントの処理水量やリーチング工程への循環水量、モデルプラントでの処理に関し確認したデータは次の通りである。

- ・ 置換沈殿廃液量：220m³/day
- ・ モデルプラント処理量：50m³/day
- ・ リーチング工程への直接循環量：170m³/day
- ・ モデルプラント酸化槽入口 Fe²⁺濃度：57.3g/L
- ・ モデルプラント酸化槽出口 Fe²⁺濃度：0.9g/L

上記の通り、モデルプラント酸化槽入口の Fe²⁺濃度は硫酸第一鉄の飽和溶解度に近い値であったが、この濃度でもバクテリア酸化は行なわれていた。

(2) 今後

モデルプラントの操業費は、人件費込みで US\$13,000-15,000/month であり、この低減化が求められている。ENAMI は、モデルプラントの中和剤を炭カルから苛性ソーダに変更する試験を行なっている。試験の目的は、石膏を含まない水酸化第二鉄を作成、これを硫酸で溶解し、硫酸第二鉄溶液を有価物として回収、無機凝集剤として市販することの可能性と経済性を確認することである。

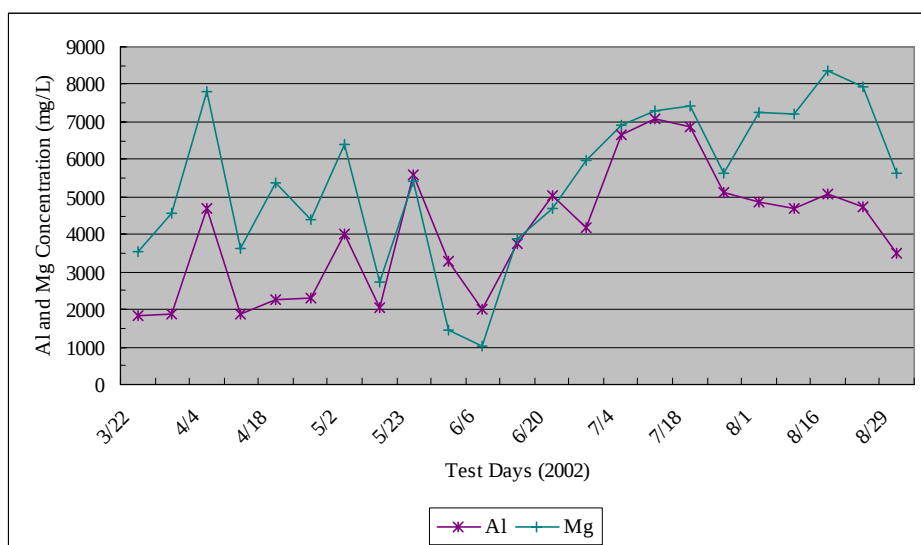
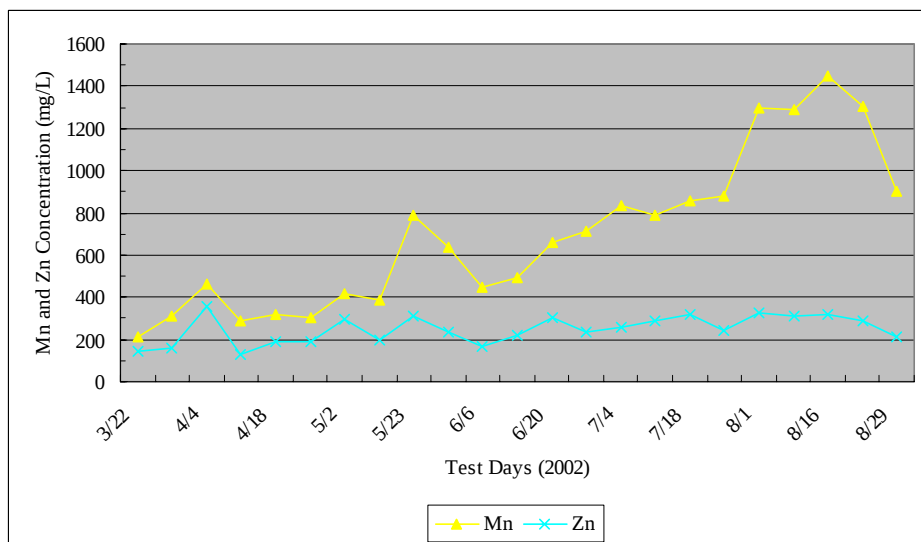
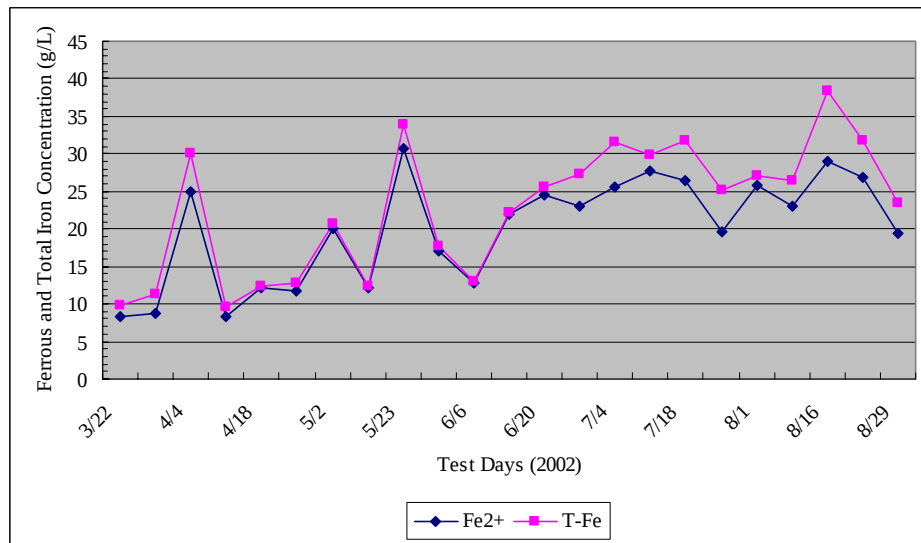


図 4-17 置換沈殿廃液の水質

4.5 技術移転のための指導項目

鉄酸化バクテリアに関する技術移転のため、下記のことを指導した。

- (1) 鉄酸化バクテリアの培養方法
 - 1) 液体培養
 - 2) 平板培養
 - 3) 継代（保存）培養
- (2) 鉄酸化バクテリアの計数方法
 - 1) 直接計数
 - 2) 培養計数
- (3) 鉄酸化バクテリアを利用した連続酸化試験
 - 1) 供試菌の大量培養
 - 2) 担体の作成
 - 3) 試験方法、条件設定、データ採取と解析
- (4) 中和試験
 - 1) 中和曲線の作成
 - 2) 中和剤の必要量と酸物の発生量
 - 3) 沈降試験
 - 4) 脱水試験
- (5) 廃液処理モデルプラントを使った実証試験
 - 1) 条件設定
 - 2) 分析方法
 - 3) データの採取と解析

付表4-1 原水と酸化水の水質

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	硫酸量 g/L	酸化槽pH	繰り返し泥			凝集剤 mg/L	原水の水質						酸化水の水質						酸化率 %	酸化速度 (全体) g/L/h	酸物生成量 kg/day
							流量 m ³ /day	濃度 g/L	容量 v/v%		pH	Fe ²⁺ g/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	SS mg/L				
9/1																									
9/2																									
9/3																									
9/4																									
9/5																									
9/6	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	19.12		5.0															
9/7	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0			11.0															
9/8	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	20.72	9.0	11.0	3.57	13.65	21.70	39	310	3830	2.41	21	3.10	146	26	99.8	0.46		
9/9	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	79.20	56.0	11.0	3.46	17.90	33.00				2.46	67	5.20		20.85	99.6	0.60		
9/10	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	111.00	66.0	5.0	3.57	15.99	15.60	153	326	665	2.56	4800	8.00	126	737	70.0	0.38		
9/11	60	43.7	8.3	0.33	0		25.0	40.72	14.4	5.0	3.59	13.43	19.20	132	292	1689	2.58	5706	16.20	107	61.55	57.5	0.18		
9/12	50	49.5	10.0	0.33	9K		25.0	54.17	20.0	6.0	3.67	11.75	16.15	56	251	2696	2.66	5538	10.75	124	1974	52.9	0.13		
9/13	50	49.5	10.0	0.33	9K		25.0	59.08	21.6	5.0	3.62	10.91	18.60	113	245	2197	2.49	5258	10.75	110	5997	51.8	0.11		
9/14	50	59.4	10.0	0.33	9K		12.5	58.96	77.2	5.0	3.54	14.54	14.58	155	360	2486	2.39	2853	9.46	16.5		80.4	0.20		
9/15	50	59.4	10.0	0.33	0		12.5		82.4	5.0	3.71	21.26	25.78				2.32	168	7.25			99.2	0.35		
9/16																									
9/17	50	59.4	10.0	0.33	0		12.5	190.00	75.2	5.0	3.78	24.61	23.70				2.40	112	8.95		44.92	99.5	0.41		
9/18	50	59.4	10.0	0.33	0		12.5	150.12	68.0	5.0	3.68	20.14	17.30	100	684	6833	2.28	84	11.34		50.78	99.6	0.34		
9/19	50	59.4	10.0	0.33	0		12.5	119.68	57.6	5.0	3.37	21.26	34.80	113	775		2.31	84	19.14	122	85.3	99.6	0.36		
9/20	60	49.5	5.0	0.33	0		15.0	110.24	60.8	5.0	3.29	20.42	28.80	253	704	3807	2.45	84	19.46	135	95.5	99.6	0.41		
9/21	0																								
9/22	60	51.2	5.0	0.33	0		12.5	58.40	58.0	5.0	2.57	19.02	27.10	138	434	4310	2.40	28	20.90	137		99.9	0.37		
9/23	60	51.2	5.0	0.33	0		12.5	94.76	60.0	5.0	3.00						2.20				30665				
9/24	60	51.2	5.0	0.33	0		12.5	126.20	64.0	5.0	3.14	15.94	17.30	65	406	6026	2.32	28	14.20	120	2778	99.8	0.31		
9/25	70	45.0	5.0	0.33	0		12.5	112.00	70.0	5.0	3.02	16.22	16.60	78	410	3610	2.25	N.D.	13.10	105	16348	100.0	0.36		
9/26	70	42.5	5.0	0.33	0		17.5	112.00	72.4	5.0	2.88	12.87	7.90	111	377		2.21	28	8.50	97	1898	99.8	0.30		
9/27	70	42.5	5.0	0.33	0		17.5		68.8	5.0	3.01	12.87	13.30	35	396		2.19	28	10.45	119	195	99.8	0.30		
9/28	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	139.64	73.0	5.0	2.70	12.87	17.60				2.31	28	11.30			99.8	0.35		
9/29	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	154.12	79.6	5.0	3.49	19.02	20.47				2.32	28	11.35			99.9	0.51		
9/30	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0		72.4	5.0	3.33						2.42								

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	硫酸量 g/L	酸化槽pH	繰り返し泥			凝集剤 mg/L	原水の水質						酸化水の水質						酸化率 %	酸化速度 (全体) g/L/h	酸物生成量 kg/day
							流量 m ³ /day	濃度 g/L	容量 v/v%		pH	Fe ²⁺ g/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	SS mg/L				
10/1	0										2.87	15.10	16.36												
10/2	0										2.88	12.87	14.30												
10/3	70	42.5	5.0	0.33	0		17.5			5.0	2.92	10.63	13.30												
10/4	70	42.5	5.0	0.33	0		17.5	117.00	42.0	5.0		10.62	16.95	28	321				2.19	28	14.92	145	224		
10/5	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	192.00	68.0	5.0	3.19	20.60	20.90	43	480				2.23	28	12.15	142			
10/6	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	87.80		5.0	3.45	17.34	18.02	65	488	5066			2.31	28	9.40	108			
10/7	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0			5.0															
10/8	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	87.00	26.0	5.0	3.37	18.50	20.00	34	432	4050			2.29	28	9.60	85			
10/9	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	92.40	78.0	5.0	3.53	27.97	40.60	126	774				2.25	50	12.30	88			
10/10	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0			5.0	3.61	21.82	21.90	152	699				2.25	28	12.50	68			
10/11	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	90.00	97.0	5.0	3.56	20.70	27.10						2.22	28	13.70				
10/12	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0			5.0	3.63	20.10	25.80	175	564				2.16	28	13.80	130			
10/13	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0			5.0															
10/14	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0			5.0															
10/15	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	66.50	98.0	5.0	2.97	17.60	17.90	208	465				2.20	170	17.90	89			
10/16	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	72.00	96.0	5.0	3.02	19.58	35.30	81	517				2.26	28	15.70	115			
10/17	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	98.20	76.0	5.0	3.04	15.10	18.60	107	423				2.29	28	15.60	149			
10/18	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	88.10	56.0	5.0	3.55	12.50	22.40	66	416				2.31	28	9.40	104			
10/19	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	72.50	88.0	5.0	3.57	27.60	30.40	100	769				2.25	28	9.50	92			
10/20	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0			5.0															
10/21	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0			5.0															
10/22	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	119.00	40.0	5.0	3.38	26.50	27.30	95	763				2.21	28	17.50	117			
10/23	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	100.00	99.2	5.0	3.60	23.71	36.40	112	740				2.15	28	17.20	105			
10/24	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	68.00	94.4	5.0	3.54	17.70	19.40	77	556				2.27	28	17.50	117			
10/25	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	76.00	98.4	5.0	3.19	23.74	25.95	70	532				2.23	28	15.60	116			
10/26	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	58.30	67.2	5.0	3.00	27.05	32.80	56	415				2.29	160	15.60	94			
10/27	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5			5.0															
10/28	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5			5.0															
10/29	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	68.20	98.8	5.0	3.45	26.50	32.20	183	820				2.13	440	18.12	128			
10/30	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	59.00		5.0	3.13	18.22	27.60	238	592				2.10	170	8.15	73			
10/31	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5			5.0	3.19	16.57	26.70												

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	硫酸量 g/L	酸化槽pH	繰り返し泥			凝集剤 mg/L	原水の水質						酸化水の水質					酸化速度 (全体) g/L/h	酸物生成量 kg/day
							流量 m ³ /day	濃度 g/L	容量 v/v%		pH	Fe ²⁺ g/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	SS mg/L		
11/1																							
11/2	70	42.5	5.0	0.33	9K		17.5			5.0													
11/3	70	42.5	5.0	0.33	9K		17.5			5.0													
11/4	70	42.5	5.0	0.33	0		17.5			5.0													
11/5	70	42.5	5.0	0.33	0		17.5			5.0													
11/6	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	48.00		5.0	3.28	24.30	26.50	127	542		2.18	28	13.13	169		99.9	0.65
11/7	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0			5.0	3.36	17.67	19.80	114			2.20	28	12.01	126	24162	99.8	0.47
11/8	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	53.00		5.0	3.47	20.43	21.01	96			2.28	28	13.70	149	21770	99.9	0.55
11/9	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	80.70	73.0	5.0	3.26	16.57	17.73				2.08	28	12.91		12558	99.8	0.50
11/10	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	81.00	75.2	5.0	3.30	12.70	13.30				2.23	28	11.64		10802	99.8	0.38
11/11	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5			5.0													
11/12	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	74.20	62.0	5.0	3.50	24.30	25.80				2.24	110	12.16		5974	99.5	0.73
11/13	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	100.00		5.0	3.51	18.77	29.50				2.18	28	23.33		5269	99.9	0.63
11/14	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	59.80		5.0	3.27	17.67	28.57				2.28	28	22.36		50742	99.8	0.59
11/15	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	33.70	95.0	5.0	3.19	12.70	17.47				2.23	28	18.80		27754	99.8	0.43
11/16	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	41.40	99.2	5.0	3.53	23.74	27.10				2.26	28	11.20		33751	99.9	0.80
11/17	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0		56.8	5.0													
11/18	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0		52.8	5.0													
11/19	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	45.40	52.0	5.0	3.25	25.40	25.80				2.27	28	13.80		15737	99.9	0.85
11/20	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	70.30	74.4	5.0	2.73	24.85	26.72				2.30	28	15.82		8554	99.9	0.84
11/21	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	43.00		5.0	2.65	16.02	18.99				2.33	28	12.66		22772	99.8	0.54
11/22	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	47.00	7.2	5.0	3.11	14.90	16.26				2.26	28	13.00		20532	99.8	0.50
11/23	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	43.00	11.2	5.0	2.90	14.36	22.70				2.26	28	12.88		16600	99.8	0.53
11/24	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5			5.0													
11/25	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	50.60	36.0	5.0													
11/26	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	75.30	58.0	5.0	3.29	12.50	17.90				1.82	28	9.36		1822	99.8	0.46
11/27	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	43.70	64.0	5.0													
11/28	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	34.50	31.2	5.0													
11/29	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	21.30	20.8	5.0	3.29	11.04	16.03										
11/30	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	116.70	66.4	5.0	3.01	8.28	15.17				2.10	N.D.	8.82		17	100.0	0.31

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	硫酸量 g/L	酸化槽pH	繰り返し泥			凝集剤 mg/L	原水の水質						酸化水の水質				酸化率 %	酸化速度 (全体) g/L/h	酸物生成量 kg/day
							流量 m ³ /day	濃度 g/L	容量 v/v%		pH	Fe ²⁺ g/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	SS mg/L		
12/1	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5			5.0													
12/2	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5			5.0													
12/3	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	31.40	12.8	5.0	3.40	12.70	16.48										
12/4	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	63.80	61.6	5.0	3.59	10.49	15.05										
12/5	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	101.00	64.0	5.0	3.17	8.83	10.30				2.28	N.D.	9.15		807	100.0	0.39
12/6	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	133.60	67.2	5.0	3.14	8.28	15.07				2.21	N.D.	8.61		1855	100.0	0.33
12/7	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	105.00	26.0	5.0	3.49	17.67	22.16				2.21	N.D.	7.66		1206	100.0	0.31
12/8	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0		64.0	5.0							2.14	N.D.	7.05		826	100.0	0.59
12/9	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0		56.0	5.0													
12/10	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	92.00	48.0	5.0													
12/11	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	162.00	61.2	5.0	3.30	17.67	19.26				2.14	28	9.55		436	99.8	0.59
12/12	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	169.80	75.6	5.0	3.02	14.90	18.72				2.25	28	10.89		589	99.8	0.50
12/13	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	124.20	24.0	5.0	3.07	12.70	14.90				2.19	28	10.96		33300	99.8	0.43
12/14	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	83.90		5.0	3.49	17.12	19.09				2.21	28	10.00		7800	99.8	0.58
12/15	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0		36.0	5.0													
12/16	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0			5.0													
12/17	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	43.00	36.0	5.0	3.60	16.57					2.09	N.D.				100.0	0.56
12/18	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	96.80	61.6	5.0	3.65	13.25	13.96				2.11	28	11.05		1186	99.8	0.44
12/19	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	97.30	61.6	5.0	3.62	11.04	12.78				2.05	28	9.50		18472	99.7	0.37
12/20	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	99.80	59.2	5.0	3.61	12.15	12.97				2.02	28	7.38		715	99.8	0.41
12/21	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	132.70	61.6	5.0	3.68	18.22	25.12				2.23	28	7.28		18219	99.8	0.61
12/22	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0			5.0													
12/23	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5			5.0													
12/24	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	167.00	84.0	5.0	3.47	13.25	13.26				2.00	28	9.01			99.8	0.49
12/25	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	71.10	73.0	5.0													
12/26			5.0	0.33	0		0.0			5.0													
12/27			5.0	0.33	0		0.0	71.10	54.0	5.0													
12/28			5.0	0.33	0		0.0	34.20	17.0	5.0													
12/29	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	48.90	24.0	5.0													
12/30	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0			5.0													
12/31	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	85.60		5.0	3.45	9.40	12.77				2.34	28	9.08		176	99.7	0.32

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	硫酸量 g/L	酸化槽pH	繰り返し泥			凝集剤 mg/L	原水の水質						酸化水の水質				酸化率 %	酸化速度 (全体) g/L/h	酸物生成量 kg/day
							流量 m ³ /day	濃度 g/L	容量 v/v%		pH	Fe ²⁺ g/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	SS mg/L		
1/1	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	33.30	12.8	5.0													
1/2																							
1/3	80	37.2	5.0	0.33	0		20.0	235.00	70.0	5.0	3.77	11.55	11.60				2.10	N.D.	7.20		305	100.0	
1/4	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	253.00	76.8	5.0	3.72	9.39	14.29				2.05	28	7.68		181	99.7	
1/5	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5			5.0													
1/6	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0			5.0													
1/7	90	33.0	5.0	0.33	0		22.5	76.80	28.8	5.0													
1/8	110	27.0	5.0	0.33	0		27.5	166.20	52.0	5.0	3.84	17.30	22.06				2.19	28	10.10		809	99.8	0.64
1/9	100	29.7	5.0	0.33	0		25.0	253.60	76.8	5.0	3.60	19.33	22.82				2.06	28	9.90		605	99.9	0.65
1/10	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	198.70	50.4	5.0	3.34	26.79	28.85				2.00	28	11.15		957	99.9	0.90
1/11	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	292.10	56.8	5.0	3.35	16.19	18.42				2.08	28	12.96		4380	99.8	0.54
1/12	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0													
1/13	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0													
1/14	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	123.20	31.6	5.0	3.39	21.21	22.94				1.98	N.D.	10.51		1313	100.0	0.71
1/15	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	238.50	48.0	5.0	3.49	23.10	23.44				1.91	28	10.38		981	99.9	0.78
1/16	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	313.10	60.0	5.0	3.51	17.86	24.43				1.98	28	11.42		395	99.8	0.60
1/17	100	37.2	2.5					289.00	66.0	5.0	3.46	13.30	13.96				1.92	28	10.83		503	99.8	0.36
1/18	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	88.90	25.2	5.0	3.49	12.82	13.39				1.95	28	10.42		781	99.8	0.43
1/19	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0													
1/20	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0													
1/21	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	77.90	64.0	5.0	3.26	16.19	19.82				1.90	N.D.	9.77		836	100.0	0.54
1/22	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	164.00	51.0	5.0	3.30	14.00	16.75				1.92	28	10.99		1004	99.8	0.47
1/23	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	283.00	57.0	5.0	3.23	12.52	12.84				1.90	28	9.56		673	99.8	0.42
1/24	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	295.00	58.0	5.0	3.04	11.72	12.52				1.87	28	8.79		496	99.8	0.39
1/25	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	281.00	56.0	5.0	2.90	12.28	13.06				1.88	28	8.25		884	99.8	0.41
1/26	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0													
1/27	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0													
1/28	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	230.00	20.0	5.0	3.26	15.07	14.38				1.95	28	10.99			99.8	0.46
1/29	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	190.00	52.0	5.0	3.30	12.28	14.90				1.89	28	8.64			99.8	0.37
1/30																							
1/31	50	59.4	2.5	0.33	0		12.5	76.60	18.4	5.0													

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	硫酸量 g/L	酸化槽pH	繰り返し泥		凝集剤 mg/L	原水の水質						酸化水の水質						酸化率 %	酸化速度 (全体) g/L/h	酸物生成量 kg/day
							流量 m ³ /day	濃度 g/L		容量 v/v%	pH	Fe ²⁺ g/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	SS mg/L			
2/1	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	220.00	50.4	5.0	3.24	20.65	30.82				1.77	N.D.	9.18			100.0	0.69	
2/2	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0														
2/3	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0														
2/4	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	132.60	37.6	5.0	3.11	14.51	20.58				1.68	28	10.24			99.8	0.44	
2/5	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	244.20	66.0	5.0	3.24	11.16	11.37				1.76	28	10.62		301	99.7	0.37	
2/6	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	210.80	62.4	5.0	3.34	13.40	13.89				1.73	N.D.	8.46		280	100.0	0.45	
2/7	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	272.00	77.0	5.0	3.34	25.11	26.11				1.73	28	8.08		83	99.9	0.84	
2/8	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	221.00	61.6	5.0	3.33	29.18	30.70				1.88	28	11.05		58	99.9	0.98	
2/9	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0		48.0	5.0														
2/10	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0														
2/11	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	168.80	51.2	5.0	2.88	25.68	37.58				1.62	28	14.08		1540	99.9	0.86	
2/12	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	303.00	72.0	5.0	2.83	18.98	28.60				1.68	28	16.19		339	99.9	0.64	
2/13	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	283.00	78.0	5.0	2.99	15.82	16.75				2.17	28	12.30		59875	99.8	0.53	
2/14	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	240.00	44.0	5.0	3.07	16.75	24.63				2.07	28	12.71		8297	99.8	0.56	
2/15	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0		60.0	5.0	3.16	22.89	23.00				2.07	28	10.80		7231	99.9	0.77	
2/16	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0														
2/17	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0			5.0														
2/18	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0	226.00	9.6	5.0	3.42	32.93	34.05				2.14	28	14.05			99.9	0.89	
2/19	50	59.4	2.5	0.33	0		12.5			5.0														
2/20	60	49.5	2.5	0.33	0		15.0			5.0	3.30	16.75	17.08				2.06	28	12.30			99.8	0.34	
2/21	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5	107.00		5.0	3.38	12.28	13.22				2.03	28	12.06			99.8	0.29	
2/22	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	114.00	94.0	5.0	3.45	12.84	14.63				2.08	28	11.69			99.8	0.39	
2/23	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5			5.0														
2/24	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5			5.0														
2/25	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	70.20	52.0	5.0	3.23	22.33	28.37				2.05	28	8.82			99.9	0.68	
2/26	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	48.40	56.0	5.0	3.22	20.09	21.59				2.25	28	8.11			99.9	0.61	
2/27	0																							
2/28	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5	32.30	82.0	5.0	3.16	17.30	16.66											

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	硫酸量 g/L	酸化槽pH	繰り返し泥			凝集剤 mg/L	原水の水質						酸化水の水質					酸化速度 (全体) g/L/h	酸物生成量 kg/day
							流量 m ³ /day	濃度 g/L	容量 v/v%		pH	Fe ²⁺ g/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	SS mg/L		
3/1	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5			5.0													
3/2	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5			5.0													
3/3	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5			5.0													
3/4	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5	38.30	48.0	5.0	3.40	15.63	16.08										
3/5	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5	63.00	48.0	5.0													
3/6	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5	63.20	58.4	5.0	3.53	25.12	27.58				1.91	28	2.14			99.9	0.59
3/7	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0			5.0	3.39	29.03	30.28				2.05	28	8.65			99.9	0.78
3/8	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0			5.0	3.49	22.14	31.74				2.10	1	13.05			100.0	0.60
3/9	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0			5.0													
3/10	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0			5.0													
3/11	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0			5.0	3.29	26.27	26.55				1.91	1	15.66		2519	100.0	0.71
3/12	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0			5.0	3.10	19.92	20.01				1.75	28	15.80		22285	99.9	0.54
3/13	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	78.00		5.0	3.24	15.49	16.51				1.86	28	16.93		1813	99.8	0.47
3/14	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	76.20		5.0	3.15	11.06	18.14				2.00	28	14.35		86290	99.7	0.33
3/15	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	68.00		5.0	3.48	24.89	35.18				2.01	28	11.38		10200	99.9	0.84
3/16	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0		74.0	5.0													
3/17	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0		66.0	5.0													
3/18	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	31.00	59.0	5.0	3.24	13.28	18.67				1.80	28	12.51		362	99.8	0.45
3/19	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	54.00	76.0	5.0	3.18	11.06	11.98				1.99	28	11.24			99.7	0.37
3/20	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5	62.00	76.0	5.0	3.22	11.06	17.93				2.00	28	9.61		13881	99.7	0.41
3/21	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5	60.00	80.0	5.0	3.22	9.40	10.20				1.98	28	8.58		362	99.7	0.35
3/22	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5	63.00	84.0	5.0	3.21	8.30	9.80				1.76	N.D.	7.49		178	100.0	0.31
3/23	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5			5.0													
3/24	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5			5.0													
3/25	70	42.5	2.5	0.33	0		17.5	37.00	11.0	5.0	3.69	12.72	19.66				2.42	28	6.60		258	99.8	0.30
3/26	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	51.00	34.0	5.0	3.52	11.06	13.56				1.88	N.D.	11.76		266	100.0	0.33
3/27	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	96.00	54.0	5.0	3.43	9.40	15.07				1.88	28	7.29		676	99.7	0.32
3/28	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5		24.0	5.0	3.44	8.85	11.23				1.95	N.D.	8.13			100.0	0.33
3/29	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5			5.0													
3/30	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5			5.0													
3/31	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5			5.0													

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	硫酸量 g/L	酸化槽pH	繰り返し泥			凝集剤 mg/L	原水の水質						酸化水の水質						酸化速度 (全体)	酸物生成量
							流量 m ³ /day	濃度 g/L	容量 v/v%		pH	Fe ²⁺ g/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	Cu mg/L	SS mg/L			
4/1	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	55.90		5.0	3.49	8.30	15.28				1.94	28	4.31		873	99.7	0.28	
4/2	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	112.80	51.2	5.0	3.44	9.96	17.29				2.09	28	4.82		784	99.7	0.33	
4/3	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0	5.20	55.2	5.0	3.41	22.68	32.04				2.02	28	4.98		615	99.9	0.76	
4/4	100	29.7	2.5	0.33	0		25.0		55.2	5.0	3.47	24.89	30.05				2.09	111	7.89			99.6	0.83	
4/5	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0			5.0														
4/6	80	37.2	2.5	0.33	0		20.0			5.0														
4/7	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5			5.0														
4/8	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	63.50	28.0	5.0	2.93	12.17	12.50				1.70	55	12.45		2008	99.5	0.37	
4/9	90	33.0	2.5	0.33	0		22.5	175.40	58.4	5.0	2.91	10.51	10.97				1.96	55	11.02		811	99.5	0.32	
4/10	110	27.0	2.5	0.33	0		27.5	198.50		5.0	2.89	9.96	10.25				2.01	55	9.65		1538	99.4	0.37	
4/11	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	146.10	68.0	5.0	3.07	8.30	9.64				1.97	55	8.93		41981	99.3	0.33	
4/12	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	138.20	56.0	5.0	3.15	14.38	14.42				1.85	55	7.52		2014	99.6	0.58	
4/13	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0			5.0														
4/14	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0			5.0														
4/15	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	36.60	15.0	5.0	2.98	16.04	16.17				1.76	55	9.90		2345	99.7	0.65	
4/16	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	74.80	44.8	5.0	3.25	12.72	12.96				2.29	55	9.85		38555	99.6	0.51	
4/17	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	80.50	44.0	5.0	3.01	12.72	12.89				1.88	111	10.00		34793	99.1	0.51	
4/18	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	86.30	44.0	5.0	3.04	12.17	12.43				1.98	55	8.66		26788	99.5	0.49	
4/19	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	65.30	24.0	5.0	2.24	11.62	11.93				1.97	111	8.32		5188	99.0	0.46	
4/20	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0		20.0	5.0														
4/21	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0		21.0	5.0														
4/22	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	54.60		5.0	3.39	18.81	18.89				2.32	1992	10.72		7389	89.4	0.68	
4/23	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0	63.70	51.2	5.0	3.43	13.28	13.95				3.38	1604	2.44		49495	87.9	0.47	
4/24	120	24.8	2.5	0.33	0		30.0		84.4	5.0														
4/25	130	22.9	2.5	0.33	0		32.5	74.20	48.0	5.0	2.62	11.62	11.80				2.40	111	9.30		10761	99.0	0.50	
4/26	130	22.9	2.5	0.33	0		32.5	73.40	48.0	5.0	3.16	10.51	10.91				2.47	55	8.69		2111	99.5	0.46	
4/27	140	21.2	2.5	0.33	0		35.0			5.0														
4/28	140	21.2	2.5	0.33	0		35.0			5.0														
4/29	140	21.2	2.5	0.33	0		35.0	50.00		5.0	3.30	9.45	9.55				2.43	333	6.92		6647	96.5	0.43	
4/30	140	21.2	2.5	0.33	0		35.0	39.40		5.0	3.13	8.89	9.41				2.01	333	6.15		665	96.3	0.40	

付表4-2 酸化工程成績表

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	A槽				B槽				C槽			
					pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バックテリア泥 g/L	v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バックテリア泥 g/L	v/v%	水温
9/1																
9/2																
9/3																
9/4																
9/5																
9/6	100	29.7	5.0	0.33	2.36	80	10.40	21.60	9.5		2.34	54	6.00	23.60	10.5	
9/7	100	29.7	5.0	0.33												
9/8	100	29.7	5.0	0.33	2.51	3500	6.40	24.35	9.5	16.5	2.43	290	3.10	19.53	10.0	
9/9	100	29.7	5.0	0.33	2.67	6200	10.30	23.08	9.0	20.8	2.55	2100	5.90	22.82	10.0	20.8
9/10	100	29.7	5.0	0.33	3.08	12100	13.02	23.78	10.0	19.3	2.82	9400	14.80	23.84	8.8	19.5
9/11	60	43.7	8.3	0.33	2.73	9510	13.40	25.00	7.0	19.4	2.67	8764	12.60	23.50	8.0	20.0
9/12	50	49.5	10.0	0.33	2.98	8391	17.45	20.32	8.0	19.4	2.89	7459	12.50	22.20	8.0	19.7
9/13	50	49.5	10.0	0.33	2.75	7692	11.00	20.86	8.6	18.7	2.64	6526	10.75	22.34	8.0	19.6
9/14	50	59.4	10.0	0.33	2.76	7132	10.90	21.96	8.0	18.5	2.54	4196	10.50	23.30	9.0	19.3
9/15	50	59.4	10.0	0.33	2.66	9230	13.00		8.0	18.5	2.41	2797	9.30		10.0	18.6
9/16																
9/17	50	59.4	10.0	0.33	2.45	1130	15.25	51.84	56.0	18.7	2.38	280	11.90	46.22	19.0	18.6
9/18	50	59.4	10.0	0.33	2.37	2126	13.93	45.40	37.0	20.8	2.29	112	12.84	48.84	83.0	20.1
9/19	50	59.4	10.0	0.33	2.39	2909	28.41	36.90	27.0	21.1	2.31	168	19.73	42.80	36.0	20.0
9/20	60	49.5	5.0	0.33	2.58	3356	22.51	30.44	25.0	21.6	2.48	168	20.77	34.50	27.0	21.1
9/21	0															
9/22	60	51.2	5.0	0.33	2.36	839	40.90	34.90	-	21.1	2.34	56	21.60	38.68	27.0	20.3
9/23	60	51.2	5.0	0.33	2.37			24.56	8.0	22.6	2.25			36.16	15.2	22.7
9/24	60	51.2	5.0	0.33	2.44	1622	13.90	21.70	-	19.9	2.37	28	14.25	26.70	10.5	19.5
9/25	70	45.0	5.0	0.33	2.35	1343	13.50	22.70	9.0	21.5	2.25	28	13.40	29.00	10.0	20.8
9/26	70	42.5	5.0	0.33	2.18	1007	11.70	28.10	9.8	19.4	2.14	28	10.70	28.30	10.0	19.4
9/27	70	42.5	5.0	0.33	2.32	336	16.70	35.00	12.4	19.5	2.27	28	11.35	31.60	11.4	19.8
9/28	80	37.2	5.0	0.33	2.39	1007	11.80	32.14	9.0	19.8	2.31	28	11.30	34.16	10.0	19.4
9/29	80	37.2	5.0	0.33	2.47	2349	12.85	32.70	8.0	19.4	2.34	28	11.50	33.30	8.0	19.3
9/30	80	37.2	5.0	0.33					9.8						10.0	

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	A槽				B槽				C槽			
					pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	v/v%	水温
10/1	0															
10/2	0															
10/3	70	42.5	5.0	0.33												
10/4	70	42.5	5.0	0.33	2.25	220	13.00	40.20	13.0	19.1	2.21	28	14.70	46.20	15.0	19.5
10/5	80	37.2	5.0	0.33	2.43	3240	16.25	43.60	40.0	21.4	2.30	28	13.30	43.90	35.0	20.8
10/6	80	37.2	5.0	0.33	2.52	3970	11.13	49.50		22.5	2.37	220	10.27	47.60		22.4
10/7	80	37.2	5.0	0.33												
10/8	80	37.2	5.0	0.33	2.54	2850	19.40	21.40		21.9	2.36	110	12.71	26.20	5.0	21.9
10/9	80	37.2	5.0	0.33	2.53	8890	19.30			24.6	2.31	340	14.50		7.0	24.8
10/10	80	37.2	5.0	0.33	2.28	1120	23.10	60.00		24.1	2.25	28	14.60	42.30	84.0	23.8
10/11	80	37.2	5.0	0.33	2.41	4590	17.20	36.00		24.4	2.26	110	14.80	42.00	64.0	24.5
10/12	80	37.2	5.0	0.33	2.28	1620	15.10	38.30		21.8	2.19	28	14.70	39.30	98.0	22.3
10/13	80	37.2	5.0	0.33												
10/14	80	37.2	5.0	0.33												
10/15	80	37.2	5.0	0.33	2.61	10180	19.80	23.00		21.4	2.36	3240	18.60	25.00		23.0
10/16	80	37.2	5.0	0.33	2.51	5150	20.40	39.00		20.7	2.33	220	18.20	68.00		21.8
10/17	80	37.2	5.0	0.33	2.47	2740	26.00	31.00		20.0	2.36	60	16.30	31.10	3.0	20.3
10/18	80	37.2	5.0	0.33	2.55	3690	12.50	30.00		19.8	2.37	60	11.40	23.00	4.0	21.0
10/19	80	37.2	5.0	0.33	2.71	14360	19.90	21.40		21.4	2.35	1170	15.90	27.70	5.0	21.2
10/20	80	37.2	5.0	0.33												
10/21	80	37.2	5.0	0.33												
10/22	80	37.2	5.0	0.33	2.59	15180	23.00	33.00		22.8	2.33	7070	22.09	97.80	99.0	24.3
10/23	90	33.0	5.0	0.33	2.37	7800	22.60			23.1	2.20	50	19.05	44.00	49.0	23.6
10/24	90	33.0	5.0	0.33	2.60	8780	18.06	15.80		21.8	2.41	1440	17.50	29.00	45.5	23.2
10/25	90	33.0	5.0	0.33	2.56	9390	17.70	22.30		22.2	2.33	1380	16.60	21.60		23.1
10/26	90	33.0	5.0	0.33	2.59	12040	20.68	17.00		20.3	2.43	3420	19.80	22.00		21.0
10/27	90	33.0	5.0	0.33												
10/28	90	33.0	5.0	0.33												
10/29	90	33.0	5.0	0.33	2.52	13200	25.08	21.50		25.4	2.28	5470	22.39	27.60		26.0
10/30	90	33.0	5.0	0.33	2.46	9610	19.66	16.80		22.3	2.21	2100	18.60	28.30		24.2
10/31	90	33.0	5.0	0.33	2.32	3040	15.85			23.7	2.21	110	15.50			24.0
												28	16.30			23.9

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	A槽				B槽				C槽												
					pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	v/v%	水温			
11/1																									
11/2	70	42.45943	5.0	0.33																					
11/3	70	42.45943	5.0	0.33																					
11/4	70	42.45943	5.0	0.33																					
11/5	70	42.45943	5.0	0.33																					
11/6	80	37.152	5.0	0.33	2.34	4190	17.77	22.50		22.2	2.23	220	14.65	29.40		21.9	2.17	50	13.48	27.90			21.1		
11/7	80	37.152	5.0	0.33	2.50	5630	16.38	20.90		21.3	2.31	280	14.77	26.60		21.7	2.16	28	14.42	31.80			21.0		
11/8	80	37.152	5.0	0.33	2.50	3920	15.40	20.90		22.6	2.35	170	14.10	25.60		23.2	2.30	28	13.80	28.40			22.8		
11/9	90	33.024	5.0	0.33	2.48	4640	14.70	17.70		20.9	2.30	220	14.37	20.20		21.7	2.23	28	13.57	24.20			21.5		
11/10	90	33.024	5.0	0.33	2.53	4140	12.51	26.00		19.4	2.34	280	12.92	23.40		20.4	2.28	28	12.62	24.20			20.3		
11/11	90	33.024	5.0	0.33																					
11/12	90	33.024	5.0	0.33	2.69	14900	23.72	16.50		24.0	2.34	4310	20.30	4.30		24.9	2.24	170	15.38	13.70			24.7		
11/13	100	29.7216	5.0	0.33	2.46	8230	25.82	25.60		22.6	2.20	1550	25.60	8.50		23.3	2.16	28	23.88	18.30			22.9		
11/14	100	29.7216	5.0	0.33	2.55	6630	22.81	24.50		22.9	2.37	660	23.55	30.30		25.1	2.31	28	23.30	35.70			24.8		
11/15	100	29.7216	5.0	0.33	2.51	6070	24.05	6.56		22.4	2.34	440	20.80	9.77		23.8	2.27	28	18.85	8.76			24.3		
11/16	100	29.7216	5.0	0.33	2.54	5670	17.50	14.25		22.4	2.37	330	12.05	21.30		23.2	2.30	28	11.65	24.30			22.8		
11/17	100	29.7216	5.0	0.33																					
11/18	100	29.7216	5.0	0.33																					
11/19	100	29.7216	5.0	0.33	2.53	8340	18.35	18.10		24.3	2.31	880	17.30	7.70		25.7	2.24	28	15.10	22.50			25.2		
11/20	100	29.7216	5.0	0.33	2.57	7010	19.95	25.80		22.3	2.38	500	18.80	12.00		23.5	2.38	28	16.82	20.10			23.5		
11/21	100	29.7216	5.0	0.33	2.51	3420	16.68	21.10		20.9	2.40	220	17.99	29.50		22.5	2.36	28	16.84	30.40			22.2		
11/22	100	29.7216	5.0	0.33	2.44	3420	14.83	22.20		21.5	2.36	28	14.18	26.00		22.3	2.31	28	15.66	31.30			22.3		
11/23	110	27.01964	5.0	0.33	2.43	2650	13.17	22.70		21.9	2.31	28	13.12	24.90		23.1	2.29	28	13.71	27.50			22.6		
11/24	110	27.01964	5.0	0.33																					
11/25	110	27.01964	5.0	0.33	2.38			21.30	46.0	24.4	2.22			22.90	35.0	24.6	2.20			22.30	32.0		24.4		
11/26	110	27.01964	5.0	0.33	1.99	3700	11.27	22.62	23.0	23.7	1.87	220	10.39	27.52	32.0	23.6	1.83	28	9.36	29.68	35.0		23.4		
11/27	110	27.01964	5.0	0.33	1.99	1100		25.72	25.0	19.1	2.15	110		30.72	30.0	18.8	1.98	50		30.76	29.0		19.1		
11/28	110	27.01964	5.0	0.33	2.17	N.D.		46.46	39.0	22.1	2.16	N.D.		33.04	31.0	22.8	2.14	N.D.		31.44	28.0		22.8		
11/29	90	33.024	5.0	0.33	2.26	170	10.25	34.28	30.2	23.0	2.24	N.D.	9.50	34.16	30.0	23.2	2.26	N.D.	10.00	32.20	29.4		23.0		
11/30	110	27.01964	5.0	0.33	2.26	880	8.37	31.96	23.5	23.0	2.15	28	8.42	31.88	26.0	23.3	2.07	N.D.	9.20	32.52	28.0		22.7		

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	A槽					B槽					C槽																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
					pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	バクテリア泥 v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	バクテリア泥 v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	バクテリア泥 v/v%	水温																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
12/1	110	27.01964	5.0	0.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

日付	廃液量 m ³ /dav	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	A槽				B槽				C槽			
					pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	バクテリア泥 v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	バクテリア泥 v/v%	水温
1/1	100	29.7216	5.0	0.33	2.20	110		63.08	27.0	23.3	2.16	28		58.88	26.0	23.2
1/2																
1/3	80	37.152	5.0	0.33	2.25	1490	11.55	68.68	29.0	23.9	2.16	N.D.	7.70	76.72	29.0	24.7
1/4	100	29.7216	5.0	0.33	2.23	2320	8.28	61.84	30.0	22.5	2.11	N.D.	7.77	61.68	34.0	22.9
1/5	110	27.01964	5.0	0.33												
1/6	100	29.7216	5.0	0.33												
1/7	90	33.024	5.0	0.33	2.09	28	15.10	80.20	30.0	22.7	2.03	N.D.	11.05	59.16	25.0	23.0
1/8	110	27.01964	5.0	0.33	2.37	3460	12.01	50.52	20.0	21.8	2.25	N.D.	10.60	61.60	26.0	22.5
1/9	100	29.7216	5.0	0.33	2.25	4530	12.05	58.60	15.0	23.7	2.10	N.D.	10.77	65.36	21.0	24.2
1/10	100	29.7216	2.5	0.33	2.33	11050	17.70	15.76	11.0	26.7	2.08	1	13.46	73.72	15.0	27.5
1/11	100	29.7216	2.5	0.33	2.24	6980	13.63	62.76	12.0	25.7	2.11	1	13.57	66.20	14.0	26.2
1/12	100	29.7216	2.5	0.33												
1/13	100	29.7216	2.5	0.33												
1/14	100	29.7216	2.5	0.33	1.99	450	10.51	96.28	22.0	23.5	1.97	28	9.72	85.84	21.0	24.1
1/15	100	29.7216	2.5	0.33	2.15	9490	15.21	80.52	14.0	25.9	1.98	1	12.25	82.20	20.0	26.8
1/16	100	29.7216	2.5	0.33	2.15	5240	12.69	81.52	15.0	24.4	2.03	N.D.	11.14	85.60	26.0	24.5
1/17	100	37.152	2.5	0.33	2.04	1950	17.70	84.88	21.0	25.4	1.95	28	10.14	88.96	26.0	25.6
1/18	100	29.7216	2.5	0.33	2.00	670	9.70	104.04	22.0	24.3	1.97	28	9.44	113.64	21.0	24.6
1/19	100	29.7216	2.5	0.33												
1/20	100	29.7216	2.5	0.33												
1/21	100	29.7216	2.5	0.33	2.15	6810	12.40	66.76	12.0	24.2	1.99	N.D.	11.34	69.32	15.0	25.1
1/22	100	29.7216	2.5	0.33	2.11	5470	11.87	62.00	11.0	25.1	1.97	N.D.	11.08	60.76	13.0	25.4
1/23	100	29.7216	2.5	0.33	2.16	5250	10.00	65.00	7.0	23.9	1.96	N.D.	9.37	68.00	13.0	25.2
1/24	100	29.7216	2.5	0.33	2.04	4240	9.56	66.00	11.0	24.3	1.91	N.D.	8.40	71.12	13.0	25.0
1/25	100	29.7216	2.5	0.33	2.14	3620	9.22	62.24	20.0	23.3	1.93	N.D.	8.74	82.12	28.0	23.1
1/26	100	29.7216	2.5	0.33												
1/27	100	29.7216	2.5	0.33												
1/28	90	33.024	2.5	0.33	2.25	6080	11.92	104.68	4.0	25.0	2.01	1	11.28	75.16	9.0	25.8
1/29	90	33.024	2.5	0.33	2.29	7140	10.10	49.84	10.0	23.2	1.95	N.D.	9.56	67.00	16.0	24.4
1/30					1.89	N.D.	13.16	70.00	16.0	24.6	1.87	N.D.	9.17	70.00	14.0	24.9
1/31	50	59.4	2.5	0.33	1.75	N.D.	10.19	78.32	22.4	22.7	1.75	N.D.	8.98	69.68	19.4	23.3

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	A槽				B槽				C槽									
					pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	v/v%	水温
2/1	100	29.7	2.5	0.33	1.90	6810	12.60	51.76	11.0	23.3	1.78	1	9.23	61.80	16.0	23.7	1.75	28	8.75	71.48	18.0	23.6
2/2	100	29.7	2.5	0.33																		
2/3	100	29.7	2.5	0.33																		
2/4	90	33.0	2.5	0.33	1.73	28	10.63	99.80	31.4	23.3	1.69	28	9.76	78.80	29.4	24.0	1.67	28	10.00	71.24	25.0	24.2
2/5	100	29.7	2.5	0.33	1.95	2510	9.24	68.00	19.0	23.0	1.85	N.D.	9.53	77.56	24.0	23.4	1.80	28	10.00	80.56	26.0	23.5
2/6	100	29.7	2.5	0.33	1.86	1620	7.54	73.56	20.0	22.9	1.76	28	8.22	77.20	27.0	23.1	1.61	N.D.	8.61	78.56	26.0	23.0
2/7	100	29.7	2.5	0.33	1.91	8010	13.84	77.80	19.0	24.2	1.79	1	9.21	82.32	28.0	24.3	1.69	28	8.08	83.60	27.0	24.0
2/8	100	29.7	2.5	0.33	2.26	17250	23.11	69.32	13.0	23.5	1.94	3	14.93	81.68	22.0	23.9	1.87	N.D.	11.67	80.96	27.0	23.4
2/9	100	29.7	2.5	0.33					15.0						25.0						27.0	
2/10	100	29.7	2.5	0.33																		
2/11	100	29.7	2.5	0.33	1.65	170	13.79	118.70	37.0	24.8	1.62	28	17.25	95.12	30.0	25.0	1.60	28	14.88	85.50	28.0	25.3
2/12	100	29.7	2.5	0.33	1.97	8420	15.53	74.00	21.0	24.1	1.76	1	14.42	94.40	20.0	24.8	1.70	28	14.56	104.20	15.0	24.3
2/13	100	29.7	2.5	0.33	2.41	5470	11.88	79.00	13.0	23.4	2.24	N.D.	14.27	79.00	10.0	24.3	2.18	28	13.19	87.00	17.0	24.3
2/14	100	29.7	2.5	0.33	2.23	3290	11.64	88.00	18.0	23.5	2.12	N.D.	10.79	90.00	17.0	24.1	2.07	28	11.31	80.00	15.0	24.0
2/15	100	29.7	2.5	0.33	2.43	9820	19.62		13.0	23.2	2.16	1	12.39		15.0	23.7	2.11	28	11.74		16.0	23.0
2/16	100	29.7	2.5	0.33																		
2/17	100	29.7	2.5	0.33																		
2/18	80	37.2	2.5	0.33	2.61	15460	25.95	83.00	7.0	22.6	2.22	2	17.70	96.00	7.0	23.9	2.15	28	13.65	94.00	9.0	23.7
2/19	50	59.4	2.5	0.33	2.32	10160	25.85		6.0	22.4	2.11	N.D.	12.20			22.3	2.12	N.D.	11.60		98.0	22.4
2/20	60	49.5	2.5	0.33	2.23	4970	20.84	44.00		23.9	2.10	N.D.	15.79			24.0	2.07	28	13.32			23.5
2/21	70	42.5	2.5	0.33	2.23	2790	14.41	37.00	67.0	22.5	2.08	N.D.	14.00	49.00	97.0	22.9	2.06	28	14.16	48.00	99.0	22.9
2/22	90	33.0	2.5	0.33	2.23	2070	16.32	45.52	80.0	23.4	2.08	28	10.70	51.48	57.0	23.5	2.03	28	12.69	55.00	97.0	23.1
2/23	90	33.0	2.5	0.33																		
2/24	90	33.0	2.5	0.33																		
2/25	90	33.0	2.5	0.33	2.57	9990	14.63	21.96	25.0	25.4	2.23	1	10.79	26.76	90.0	25.8	2.11	28	9.41	29.36	36.0	25.1
2/26	90	33.0	2.5	0.33	2.60	8650	15.17	23.92	60.0	24.0	2.36	1	12.63	32.04	59.0	23.9	2.29	28	10.75	37.64	39.0	23.8
2/27	0																					
2/28	70	42.5	2.5	0.33	2.17	28	18.46	34.40	32.0	22.4	2.14	N.D.	10.37	36.50	31.0	23.4	2.13	28	10.89	30.30	30.0	23.2

日付	廃液量 m ³ /day	酸化時間 h	栄養剤 mg/L	空気量 m ³ /m ² /min	A槽				B槽				C槽			
					pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	バクテリア泥 v/v%	水温	pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe g/L	バクテリア泥 g/L	バクテリア泥 v/v%	水温
3/1	70	42.5	2.5	0.33												
3/2	70	42.5	2.5	0.33												
3/3	70	42.5	2.5	0.33												
3/4	70	42.5	2.5	0.33	2.06	28	9.72	38.64	54.0	22.5	2.04	28	9.29	40.60	50.0	22.9
3/5	70	42.5	2.5	0.33	2.20	28	10.84	37.80	56.0	22.0	2.15	28	10.09	11.79	52.0	22.4
3/6	70	42.5	2.5	0.33	2.20	1670	11.40	38.60	95.0	22.2	2.06	N.D.	8.88	49.64	62.0	22.4
3/7	80	37.2	2.5	0.33	2.54	14290	19.72	32.60		22.4	2.20	2	13.72	38.12		22.8
3/8	80	37.2	2.5	0.33	2.68	17760	20.66			23.1	2.35	9	18.26			23.5
3/9	80	37.2	2.5	0.33												
3/10	80	37.2	2.5	0.33												
3/11	80	37.2	2.5	0.33	1.93	1100	17.88			27.8	1.86	N.D.	14.81			28.3
3/12	80	37.2	2.5	0.33	2.03	6140	17.41			25.8	1.85	N.D.	18.81			26.4
3/13	90	33.0	2.5	0.33	1.99	2930	17.88	38.00		26.3	1.84	N.D.	15.61	48.00	98.0	26.0
3/14	90	33.0	2.5	0.33	2.15	3370	12.87	37.00	98.0	23.6	1.97	N.D.	13.94	27.00	98.0	24.5
3/15	100	29.7	2.5	0.33	2.31	8300	14.04	22.00	94.0	23.2	2.10	1	11.43	27.00	99.0	23.5
3/16	100	29.7	2.5	0.33					87.0						53.0	
3/17	100	29.7	2.5	0.33					96.0						42.0	
3/18	100	29.7	2.5	0.33	1.90	2430	11.77	24.00	40.0	26.2	1.79	28	11.72	27.00	95.0	27.3
3/19	100	29.7	2.5	0.33	2.25	4200	15.35	16.00	39.0	24.0	2.10	N.D.	10.69	20.00	33.0	24.6
3/20	110	27.0	2.5	0.33	2.28	4480	9.16	14.00	15.0	23.8	2.13	N.D.	9.35	18.00	18.0	24.1
3/21	110	27.0	2.5	0.33	2.25	2930	7.75	16.00	19.0	22.9	2.06	N.D.	7.40	17.00	16.0	23.5
3/22	110	27.0	2.5	0.33	1.93	440	6.75	22.00	16.0	22.9	1.78	28	6.75	20.00	18.0	23.6
3/23	110	27.0	2.5	0.33												
3/24	110	27.0	2.5	0.33												
3/25	70	42.5	2.5	0.33	2.51	60	8.03	19.00	19.0	22.4	2.44	28	6.90	25.00	19.0	22.5
3/26	90	33.0	2.5	0.33	2.00	280	12.00	28.00	18.0	25.7	1.89	28	10.93	29.00	18.0	21.8
3/27	100	29.7	2.5	0.33	2.03	1000	8.23	28.00	30.0	22.5	1.92	28	7.04	29.00	34.0	22.6
3/28	110	27.0	2.5	0.33	2.00	60	8.87		20.0	22.5	1.93	N.D.	8.33		20.0	22.5
3/29	110	27.0	2.5	0.33												
3/30	110	27.0	2.5	0.33												
3/31	90	33.0	2.5	0.33												

付表4-3 中和工程成績表

日付	炭カル中和工程										pH調整工程										脱水		総ケーキ			
	処理量 m³/day	中和pH	炭カル消費量 g/L	中和時間 h	炭カル中和水の水質					炭物生成量 t/day	処理量 m³/day	消石灰消費量 g/L	中和時間 h	消石灰中和水の水質					炭物生成量 t/day	回数 回/day	ケーキ量 m³/day	水分 %	生成量 t/day			
					pH	Fe²⁺ mg/L	T-Fe mg/L	Cu mg/L	炭物濃度 g/L					pH	T-Fe mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	炭物濃度 g/L								
9/1																										
9/2																										
9/3																										
9/4																										
9/5																										
9/6	100	3.0									0															
9/7	100	3.0									0															
9/8	100	3.0		2.1	3.57	40	500	133	10.68		4															
9/9	100	4.5		2.1	5.16	4	500		28.84		8							15.44	1	3.1	45.00	4.6				
9/10	100	4.5		2.1	5.01	2300	2300	41	48.16		8							2.64	2	6.2	44.67	9.3				
9/11	60	4.5		3.4	5.28	1600	2600	3.6	97.70		12							0.04	3	8.5	41.55	13.1				
9/12	50	3.2		4.1	2.78	5091	10150	117	1.52		10								1	3.1	45.04	4.6				
9/13	50	3.2		4.1	3.30	5146	5800	116	26.02		16							48.36			52.86					
9/14	50	3.2		4.1	3.12	3186	3793	116	23.54		8							47.06	1	3.4	45.00	5.1				
9/15	50	3.2		4.1	3.19	28	343		28.31		10							36.86	1	3.2	44.18	4.8				
9/16											0								1	3.2	45.00	4.8				
9/17	50	3.2		4.1	3.51	N.D.	56		38.26		0							-	1	3.2	45.00	4.8				
9/18	50	3.2		4.1	3.79	N.D.	135	67	37.80		0							-	2	6.1	45.31	9.1				
9/19	50	3.2		4.1	2.65	28	9070	126	30.18		0							-	1	2.8	46.70	4.1				
9/20	60	3.5		3.4	3.76	N.D.	2293	92	77.40		0							-	3	10.1	48.27	14.6				
9/21	0										0										45.00					
9/22	60	3.5		3.4	3.41	N.D.	389	98	44.40		8		1.3	-	-	-	-	-	1	3.3	48.80	4.8				
9/23	60	3.5		3.4	3.72				44.40		16		1.3	8.34					3	10.8	48.73	15.6				
9/24	60	3.5		3.4	3.67	N.D.	1400	78	63.94		12		1.3	8.43	3.0	18.0	3850	24.96	2	6.8	49.38	9.8				
9/25	70	3.5		2.9	3.68	N.D.	1379	78	57.00		10		1.3	8.40	0.4	6.0	810	34.00	2	5.5	50.80	7.8				
9/26	70	3.5		2.9	3.22	N.D.	400	84	50.00		6								1	2.5	50.00	3.6				
9/27	70	3.5		2.9	3.49	N.D.	332	104	45.20		6								2	6.2	46.80	9.1				
9/28	80	3.5		2.6	3.83	N.D.	412		46.44		8		1.1	8.44	2.7			36.14	3	9.5	47.09	13.9				
9/29	80	3.5		2.6	4.01	N.D.	149		48.00		4		0.9	8.43				32.24	2	6.8	53.80	9.4				
9/30	80	3.5		2.6	3.80						4		0.9	8.58					3	8.6	52.30	12.0				

日付	炭カル中和工程										pH調整工程										脱水		総ケーキ		
	処理量 m³/day	中和pH	炭カル消費量 g/L	中和時間 h	炭カル中和水の水質					処理量 m³/day	炭物生成量 t/day	炭物濃度 g/L	消石灰中和水の水質					炭物生成量 t/day	回数 回/day	ケーキ量 m³/day	水分 %	生成量 t/day			
					pH	Fe²⁺ mg/L	T-Fe mg/L	Cu mg/L	炭物濃度 g/L				pH	T-Fe mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	炭物濃度 g/L								
10/1	0																		1	2.9	56.02	3.9			
10/2	0																								
10/3	70	3.5		2.9																					
10/4	70	3.5		2.9	3.24	N.D.	400	122	45.50	6			8.65	1.0	23.0		25.60						44.78		
10/5	80	3.5		2.6	3.06	N.D.	760	129	28.40	3			10.36	3.3		5169	42.20								
10/6	80	3.5		2.6	2.32					3			1.0						4	8.3	45.14	12.3			
10/7	80	3.5		2.6						3			1.0						2	5.5	42.85	8.4			
10/8	80	3.5		2.6	2.55	28	3018	99	38.10	0			1.0						3	7.4	48.71	10.7			
10/9	80	3.5		2.6	2.31	28	4270	85	114.00	0			1.0	7.84					1	1.4	44.68	2.1			
10/10	80	3.5		2.6	2.55	28	4300	63	14.00	0			1.0						1	1.9	44.89	2.8			
10/11	80	3.5		2.6	2.71	N.D.	2900		82.00	4			1.0						3	5.1	44.08	7.6			
10/12	80	3.5		2.6	2.55	28	5500	112	41.20	5			1.0	8.07	0.4	9.4	37.00		3	5.8	46.79	8.5			
10/13	80	3.5		2.6						3			1.0						3	7.5	42.64	11.4			
10/14	80	3.5		2.6						3			1.0						3	8.0	45.75	11.9			
10/15	80	3.5		2.6	2.74	60	1050	62	50.00	6			1.0						4	9.8	48.34	14.2			
10/16	80	3.5		2.6	3.52	N.D.	830	82	76.00	3			1.0						2	5.3	46.68	7.8			
10/17	80	3.5		2.6	3.61	28	4190	108	102.00	6			1.0	7.65	1.4	90.0	27.00		2	5.0	46.01	7.4			
10/18	80	3.5		2.6	3.32	N.D.	2100	112	83.50	5			1.0						4	8.9	42.03	13.7			
10/19	80	3.5		2.6	3.68	N.D.	940	69	72.50	7			1.0						4	9.1	44.04	13.8			
10/20	80	3.5		2.6						6			1.0						3	7.2	43.76	10.8			
10/21	80	3.5		2.6						6			1.0						4	10.1	46.76	14.8			
10/22	80	3.5		2.6	3.80	220	483	65	121.00	4			1.0						4	9.0	46.91	13.2			
10/23	90	3.5		2.3	3.37	N.D.	245	73	123.00	2			1.0	7.79	5.9	187.0	27.00		4	9.3	48.21	13.5			
10/24	90	3.5		2.3	3.23	N.D.	398	83	87.00	5			1.0	8.17	0.4	38.0	35.00		3	7.7	50.03	11.0			
10/25	90	3.5		2.3	3.49	N.D.	265	86	93.00	0			1.0						3	7.9	46.65	11.6			
10/26	90	3.5		2.3	3.41	N.D.	299	75	90.10	3			1.0						4	10.8	45.29	16.1			
10/27	90	3.5		2.3						5			1.0						4	11.9	46.82	17.5			
10/28	90	3.5		2.3						6			1.0						4	11.8	48.75	17.0			
10/29	90	3.5		2.3	3.09	110	609	95	86.30	1			1.0	7.66	1.4	84.0	27.40		6	8.2	50.47	11.7			
10/30	90	3.5		2.3	3.45	N.D.	244	89	102.00	1			1.0						9	11.5	54.24	15.9			
10/31	90	3.5		2.3						3			1.0	7.62	0.4				3	5.4	53.89	7.4			

日付	炭カル中和工程										pH調整工程										脱水		総ケーキ			
	処理量 m³/day	中和pH	炭カル消費量 g/L	中和時間 h	炭カル中和水の水質				炭物生成量 t/day	処理量 m³/day	消石灰消費量 g/L	中和時間 h	消石灰中和水の水質				炭物生成量 t/day	回数 回/day	ケーキ量 m³/day	水分 %	生成量 t/day					
					pH	Fe²⁺ mg/L	T-Fe mg/L	Cu mg/L					T-Fe mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	炭物濃度 g/L										
11/1										0																
11/2	70	3.5		2.9						0		1.0						1	1.8	53.02	2.5					
11/3	70	3.5		2.9						1		1.0						1	2.7	49.40	3.9					
11/4	70	3.5		2.9						1		1.0						1	2.6	52.68	3.6					
11/5	70	3.5		2.9						3		1.0						2	5.0	51.45	7.1					
11/6	80	3.5		2.6	3.76	28	571	113	87.18	2		1.0						4	10.6	52.29	14.9					
11/7	80	3.5		2.6	3.64	N.D.	347	94	97.72	4		1.0						3	8.3	50.38	11.8					
11/8	80	3.5		2.6	3.45	N.D.	165	111	75.70	2		1.0						4	10.9	45.90	16.1					
11/9	90	3.5		2.3	3.70	N.D.	352		72.00	4		1.0						4	10.3	46.03	15.2					
11/10	90	3.5		2.3	3.53	N.D.	138		65.30	4		1.0						4	10.2	46.14	15.1					
11/11	90	3.5		2.3						3		1.0						2	5.3	46.04	7.8					
11/12	90	3.5		2.3	3.36	N.D.	306		66.00	5		1.0						4	9.0	47.36	13.2					
11/13	100	3.5		2.1	3.85	N.D.	1348		86.00	4		1.0						6	13.2	47.29	19.3					
11/14	100	3.5		2.1	3.47	N.D.	1305		93.50	6		1.0						6	12.5	46.33	18.4					
11/15	100	3.5		2.1	3.48	N.D.	875		39.77	4		1.0						7	13.7	49.28	19.7					
11/16	100	3.5		2.1	3.54	N.D.	995		67.26	4		1.0	7.97	0.5				4	8.8	49.40	12.6					
11/17	100	3.5		2.1						5		1.0						5	11.2	47.74	16.3					
11/18	100	3.5		2.1						1		1.0						5	12.7	45.00	19.0					
11/19	100	3.5		2.1	3.31		535		71.12	3		1.0	8.10	0.2				4	10.6	44.10	15.9					
11/20	100	3.5		2.1	3.60		284		77.98	2		1.0						3	6.6	44.75	9.9					
11/21	100	3.5		2.1	3.50		266		93.68	1		1.0	7.82	0.5				5	11.0	45.01	16.4					
11/22	100	3.5		2.1	3.55	N.D.	207		85.82	2		1.0	8.11	N.D.				5	12.3	44.20	18.5					
11/23	110	3.5		1.9	3.42	N.D.	937		82.40	3		1.0						7	17.7	45.23	26.4					
11/24	110	3.5		1.9						3		1.0						6	14.4	47.13	21.1					
11/25	110	3.5		1.9						4		1.0						4	10.3	47.28	15.1					
11/26	110	3.5		1.9	3.58	N.D.	515		66.68	2		1.0	7.36	0.1				6	14.3	47.50	20.9					
11/27	110	3.5		1.9						4		1.0						5	9.2	48.68	13.3					
11/28	110	3.5		1.9						0		1.0														
11/29	90	3.5		2.3						2		1.0						2	2.8	50.72	4.0					
11/30	110	3.5		1.9	4.36	N.D.	69		41.74	2		1.0						7	13.7	48.87	19.8					

日付	炭カル中和工程										pH調整工程										脱水		総ケーキ	
	処理量 m³/day	中和pH	炭カル消費量 g/L	中和時間 h	炭カル中和水の水質					炭物生成量 t/day	処理量 m³/day	消石灰消費量 g/L	中和時間 h	消石灰中和水の水質					炭物生成量 t/day	回数 回/day	ケーキ量 m³/day	水分 %	生成量 t/day	
					pH	Fe²⁺ mg/L	T-Fe mg/L	Cu mg/L	炭物濃度 g/L					pH	T-Fe mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	炭物濃度 g/L						
12/1	110	3.5		1.9						3								5	10.2	49.63	14.6			
12/2	110	3.5		1.9						2								3	6.7	52.59	9.4			
12/3	110	3.5		1.9						1								3	7.6	50.17	10.8			
12/4	110	3.5		1.9	5.54	N.D.	175		51.04	2				7.66	0.8		3.28	5	11.4	51.17	16.1			
12/5	110	3.5		1.9	4.89	N.D.	95		73.36	2								5	12.4	47.68	18.1			
12/6	110	3.5		1.9	3.84	N.D.	2834		42.72	3								6	14.9	45.04	22.2			
12/7	100	3.5		2.1	3.59	N.D.	314		37.28	4				7.88	0.7		4.86	5	10.9	45.68	16.2			
12/8	100	3.5		2.1						2								5	11.8	46.54	17.4			
12/9	100	3.5		2.1						3								2	4.9	46.57	7.2			
12/10	100	3.5		2.1						0								1	2.0	48.21	2.9			
12/11	100	3.5		2.1	3.73	N.D.	167		32.32	3								3	5.9	47.99	8.6			
12/12	100	3.5		2.1	3.53	N.D.	734		47.84	4								7	14.8	48.17	21.5			
12/13	100	3.5		2.1	3.19	N.D.	207		77.24	3								6	13.3	43.76	20.1			
12/14	100	3.5		2.1	3.22	N.D.	273		71.80	0								5	12.2	44.46	18.3			
12/15	100	3.5		2.1						0								5	11.8	42.33	18.0			
12/16	100	3.5		2.1						0								0						
12/17	100	3.5		2.1	3.91	N.D.			57.48	1								4	8.9	47.62	13.0			
12/18	100	3.5		2.1	3.66	N.D.	130		84.56	2								4	9.7	47.43	14.2			
12/19	100	3.5		2.1	3.68	N.D.	46		77.08	1								7	17.2	48.23	24.9			
12/20	100	3.5		2.1	3.67	N.D.	45		55.00	1				N.D.			24.52	5	12.0	46.36	17.7			
12/21	100	3.5		2.1	3.81	N.D.	45		58.68	5				0.2			17.68	4	9.6	47.28	14.0			
12/22	100	3.5		2.1						3								5	11.7	48.56	16.9			
12/23	110	3.5		1.9						1								5	11.3	48.23	16.4			
12/24	110	3.5		1.9	3.45	N.D.	148		39.80	2				7.45	0.1		12.24	7	15.0	56.29	20.3			
12/25	110	3.5		1.9						2								4	8.8	46.77	12.9			
12/26										0								0			0.0			
12/27										0								0			0.0			
12/28										0								0			0.0			
12/29	80	3.5		2.6						0								0			0.0			
12/30	100	3.5		2.1						0								3	7.3	47.74	10.6			
12/31	100	3.5		2.1	3.48	N.D.	330			0								3	8.1	50.00	11.6			

日付	炭カル中和工程										pH調整工程										脱水			総ケーキ	
	処理量 m³/day	中和pH	炭カル消費量 g/L	中和時間 h	炭カル中和水の水質				炭物生成量 t/day	処理量 m³/day	消石灰消費量 g/L	中和時間 h	消石灰中和水の水質				炭物生成量 t/day	回数 回/day	ケーキ量 m³/day	水分 %	生成量 t/day				
					pH	Fe²⁺ mg/L	T-Fe mg/L	Cu mg/L					pH	T-Fe mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L						炭物濃度 g/L			
1/1	100	3.5		2.1						0							0			0.0					
1/2		3.5							0								0			0.0					
1/3	80	3.5		2.6	4.42	N.D.	90		2								2	5.7	48.57	8.2					
1/4	100	3.5		2.1	4.50	N.D.	323		2								2	6.2	48.23	9.0					
1/5	110	3.5		1.9					0								3	8.1	46.05	12.0					
1/6	100	3.5		2.1					0								0			0.0					
1/7	90	3.5		2.3					0								1	2.4	46.15	3.5					
1/8	110	3.5		1.9	3.90	N.D.	151		2								2	5.2	44.50	7.8					
1/9	100	3.5		2.1	4.10	N.D.	195		5								3	8.2	46.37	12.1					
1/10	100	3.5		2.1	3.85	N.D.	120		2			7.76	0.1		14.56		3	8.6	45.15	12.8					
1/11	100	3.5		2.1	4.18	N.D.			3								3	8.3	46.55	12.2					
1/12	100	3.5		2.1					3								1	3.0	40.31	4.7					
1/13	100	3.5		2.1					0								0			0.0					
1/14	100	3.5		2.1	4.04	N.D.	370		3								2	6.1	47.04	8.9					
1/15	100	3.5		2.1	3.51	N.D.	1376		2				8.08	3.5	19.72		2	5.4	41.41	8.3					
1/16	100	3.5		2.1	3.53	N.D.	137		3				7.98	1.1	7.80		2	5.6	48.89	8.1					
1/17	100	3.5		2.1	4.26	N.D.	304		0								2	5.4	48.15	7.8					
1/18	100	3.5		2.1	3.61	N.D.	88		1								0			0.0					
1/19	100	3.5		2.1					1								1	2.8	44.82	4.2					
1/20	100	3.5		2.1					1								3	8.3	49.66	11.9					
1/21	100	3.5		2.1	4.19	N.D.	134		4								3	8.0	47.82	11.6					
1/22	100	3.5		2.1	3.65	N.D.	108		4								3	8.3	47.27	12.1					
1/23	100	3.5		2.1	4.28	N.D.	117		3								3	7.8	48.14	11.3					
1/24	100	3.5		2.1	3.78	N.D.	87		3								3	8.3	49.78	11.9					
1/25	100	3.5		2.1	3.39	N.D.	67		4								3	8.5	48.98	12.2					
1/26	100	3.5		2.1					0								3	8.2	50.58	11.7					
1/27	100	3.5		2.1					1								3	8.9	45.40	13.2					
1/28	90	3.5		2.3	3.52	N.D.	251		5								3	8.8	46.06	13.0					
1/29	90	3.5		2.3	3.50	N.D.	121		3								3	8.1	45.93	12.0					
1/30		3.5							0								0			0.0					
1/31	50	3.5		4.1					1								0			0.0					

日付	炭カル中和工程										pH調整工程										脱水		総ケーキ	
	処理量 m³/day	中和pH	炭カル消費量 g/L	中和時間 h	炭カル中和水の水質					炭物生成量 t/day	処理量 m³/day	消石灰消費量 g/L	中和時間 h	pH	消石灰中和水の水質					炭物生成量 t/day	回数 回/day	ケーキ量 m³/day	水分 %	生成量 t/day
					pH	Fe²⁺ mg/L	T-Fe mg/L	Cu mg/L	炭物濃度 g/L						pH	T-Fe mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L	炭物濃度 g/L					
2/1	100	3.5		2.1	3.17	N.D.	543		40.48		1			7.9	0.4				27.00		2	5.7	45.07	8.5
2/2	100	3.5		2.1							3										2	5.8	41.89	8.9
2/3	100	3.5		2.1							1										1	2.7	32.75	4.5
2/4	90	3.5		2.3	3.09	N.D.	246		53.00		1										1	2.8	44.83	4.2
2/5	100	3.5		2.1	3.97	N.D.	142		55.76		3										2	5.5	46.54	8.1
2/6	100	3.5		2.1	3.40	N.D.	500		31.56		2			7.62	N.D.				12.00		2	5.4	47.34	7.9
2/7	100	3.5		2.1	3.52	N.D.	162		25.08		4			7.73	N.D.						3	8.1	49.70	11.6
2/8	100	3.5		2.1	4.43	N.D.	196		72.48		3										2	5.2	48.94	7.5
2/9	100	3.5		2.1							1										2	5.6	47.18	8.2
2/10	100	3.5		2.1							1										2	5.9	46.00	8.7
2/11	100	3.5		2.1	3.56	N.D.	341		63.04		1										1	3.0	45.62	4.5
2/12	100	3.5		2.1	3.45	N.D.	558		67.20		3										3	8.8	46.13	13.0
2/13	100	3.5		2.1	3.79	N.D.	357		102.00		2										3	9.9	45.94	14.7
2/14	100	3.5		2.1	3.98	N.D.	243		80.20		1										3	8.1	46.19	12.0
2/15	100	3.5		2.1	3.48	N.D.	352				2										3	8.5	45.38	12.6
2/16	100	3.5		2.1							3										2	5.8	44.53	8.7
2/17	100	3.5		2.1							2										3	9.2	51.32	13.0
2/18	80	3.5		2.6	3.87	N.D.	300		51.00		2										1	2.9	60.89	3.8
2/19	50	3.5		4.1							0										0	0.0		0.0
2/20	60	3.5		3.4	3.74	N.D.	743		75.00		0			7.71					27.00		2	5.9	45.03	8.8
2/21	70	3.5		2.9	3.80	N.D.	114		114.00		0										3	8.8	48.45	12.7
2/22	90	3.5		2.3	4.02	N.D.	527		120.00		2										3	8.4	48.91	12.1
2/23	90	3.5		2.3							3										3	8.9	50.41	12.7
2/24	90	3.5		2.3							3										3	8.5	52.41	11.9
2/25	90	3.5		2.3	4.48	N.D.	59		60.96		1										2	5.9	48.66	8.5
2/26	90	3.5		2.3	3.63	N.D.	114		60.00		1										2	5.8	48.16	8.4
2/27	0										0										0	0.0		0.0
2/28	70	3.5		2.9							1										1	2.5	46.91	3.7

日付	炭カル中和工程										pH調整工程										脱水		総ケーキ	
	処理量 m³/day	中和pH	炭カル消費量 g/L	中和時間 h	炭カル中和水の水質				炭物生成量 t/day	処理量 m³/day	消石灰消費量 g/L	中和時間 h	消石灰中和水の水質				炭物生成量 t/day	回数 回/day	ケーキ量 m³/day	水分 %	生成量 t/day			
					pH	Fe²⁺ mg/L	T-Fe mg/L	Cu mg/L					pH	T-Fe mg/L	Mn mg/L	Mg mg/L						炭物濃度 g/L		
	70	3.5		2.9						0							0	0.0			0.0			
3/1	70	3.5		2.9						0							0	0.0			0.0			
3/2	70	3.5		2.9						0							0	0.0			0.0			
3/3	70	3.5		2.9						0							0	0.0			0.0			
3/4	70	3.5		2.9						1							0	0.0			0.0			
3/5	70	3.5		2.9						1							0	0.0			0.0			
3/6	70	3.5		2.9	3.21	N.D.	94.79		49.76	0							1	2.9	42.05	4.4				
3/7	80	3.5		2.6	3.15	N.D.	563		79.00	2							3	9.1	45.04	13.6				
3/8	80	3.5		2.6	3.66	0.22	559			2							3	9.0	44.82	13.5				
3/9	80	3.5		2.6						3							4	10.6	44.03	16.0				
3/10	80	3.5		2.6						1							2	5.7	50.95	8.1				
3/11	80	3.5		2.6	4.71	0.33	651		137.00	1							1	2.8	51.76	3.9				
3/12	80	3.5		2.6	4.15	N.D.	222		149.00	1			7.38	1.2		23.00	4	10.6	51.08	15.0				
3/13	90	3.5		2.3	3.98	N.D.	368		147.00	1							5	12.3	50.79	17.5				
3/14	90	3.5		2.3	3.67	N.D.	278		91.60	3			7.57	1.3		23.00	5	13.6	50.87	19.3				
3/15	100	3.5		2.1						5							4	11.3	52.35	15.8				
3/16	100	3.5		2.1						4							5	14.0	50.25	20.0				
3/17	100	3.5		2.1						3							2	5.8	50.09	8.3				
3/18	100	3.5		2.1	3.49	N.D.	315		86.00	2			7.08	21.0		28.00	2	5.6	49.53	8.0				
3/19	100	3.5		2.1	3.98	N.D.	310		74.00	3			7.38	0.9		25.00	4	11.2	47.23	16.4				
3/20	110	3.5		1.9	3.40	N.D.	222		58.00	2			8.42	0.7		23.00	3	8.7	48.73	12.6				
3/21	110	3.5		1.9	3.57	N.D.	181		40.00	3							1	2.5	48.76	3.6				
3/22	110	3.5		1.9	3.73	N.D.	148		28.00	1			7.54	1.1		22.00	2	5.3	48.28	7.7				
3/23	110	3.5		1.9						1							0	0.0			0.0			
3/24	110	3.5		1.9						1							0	0.0			0.0			
3/25	70	3.5		2.9	3.83	N.D.	108		35.00	2							1	2.7	51.02	3.8				
3/26	90	3.5		2.3	3.31	N.D.	722		30.00	1							1	2.8	51.67	3.9				
3/27	100	3.5		2.1	3.59	N.D.	517		40.00	1							1	3.0	54.55	4.1				
3/28	110	3.5		1.9	4.11	N.D.	261			0							1	2.5	51.83	3.5				
3/29	110	3.5		1.9						1							2	5.3	50.09	7.6				
3/30	110	3.5		1.9						1							2	5.3	47.63	7.7				
3/31	90	3.5		2.3						2							2	5.2	48.95	7.5				

日付	炭カル中和工程										pH調整工程										脱水		総ケーキ	
	処理量 m ³ /day	中和pH	炭カル消費量 g/L	中和時間 h	炭カル中和水の水質				炭物生成量 t/day	処理量 m ³ /day	消石灰消費量 g/L	中和時間 h	消石灰中和水の水質				炭物生成量 t/day	回数 回/day	ケーキ量 m ³ /day	水分 %	生成量 t/day			
					pH	Fe ²⁺ mg/L	T-Fe mg/L	Cu mg/L					炭物濃度 g/L	pH	T-Fe mg/L	Mn mg/L						Mg mg/L	炭物濃度 g/L	
4/1	100	3.5		2.1	2.59		305			43.08				0.5				1	2.5	50.37		3.6		
4/2	100	3.5		2.1	3.83		111			22.40				0.1			5.44		2	5.9	49.85		8.4	
4/3	100	3.5		2.1	4.18		60			25.16									2	5.8	48.76		8.4	
4/4	100	3.5		2.1	3.95	111	3225							0.1					2	5.1	51.67		7.2	
4/5	80	3.5		2.6															0	0.0				
4/6	80	3.5		2.6															1	2.6	30.43		4.5	
4/7	90	3.5		2.3															0	0.0				
4/8	90	3.5		2.3		55	83			62.48									1	2.8	47.34		4.1	
4/9	90	3.5		2.3		55	2816			55.76									3	8.6	50.22		12.3	
4/10	110	3.5		1.9	4.91	55	59			48.80				7.84	0.3		4.12		2	5.6	49.37		8.0	
4/11	120	3.5		1.7	3.66	55	96			59.88									3	8.2	48.62		11.9	
4/12	120	3.5		1.7	4.39	55	58			79.52									4	10.7	49.49		15.4	
4/13	120	3.5		1.7															4	10.7	48.76		15.4	
4/14	120	3.5		1.7															2	5.4	46.88		7.9	
4/15	120	3.5		1.7	2.84	55	437			32.84									1	2.8	47.75		4.1	
4/16	120	3.5		1.7	3.25	55	160			78.64									6	15.2	47.15		22.3	
4/17	120	3.5		1.7	3.45	55	63			55.04									4	10.1	45.92		15.0	
4/18	120	3.5		1.7	3.40	55	55			75.08									4	10.7	46.10		15.8	
4/19	120	3.5		1.7	3.24	55	55			31.76									4	11.1	47.07		16.3	
4/20	120	3.5		1.7															2	4.1	51.88		5.8	
4/21	120	3.5		1.7															4	10.5	50.59		14.9	
4/22	120	3.5		1.7	3.97	1660	1712			54.12				7.75	3.0		10.12		3	8.0	51.61		11.3	
4/23	120	3.5		1.7	2.42	1715	10146			15.44									2	5.3	51.50		7.5	
4/24	120	3.5		1.7															3	8.1	55.95		11.0	
4/25	130	3.5		1.6	3.93	111	370			52.68									2	5.3	34.66		8.7	
4/26	130	3.5		1.6	3.85	55	96			34.36				7.51	0.6				1	3.0	41.04		4.6	
4/27	140	3.5		1.5															4	11.0	49.43		15.8	
4/28	140	3.5		1.5															3	8.2	48.51		11.9	
4/29	140	3.5		1.5	3.75	333	368			21.60									2	5.1	48.76		7.4	
4/30	140	3.5		1.5	3.66	111	220			30.64									3	8.0	51.93		11.2	

付表4-4 定期分析の結果

日付	試料名称	pH	Fe ²⁺	T-Fe	Cu	Mn	Zn	Al	Cd	Pb	As	Mg
			g/L	g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
'01 9/6	原水	3.49	12.31	24	81	305	162	1966				3080
	酸化水											
	炭カル中和水											
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'01 9/12	原水	3.67	11.75	16.15	56	251	106	2240	0.83	0.80		2696
	酸化水	2.66	5.5	10.75	124	302	127	2734	1.08	0.40		2927
	炭カル中和水	2.78	5.1	10.2	117	301	125	2697	1.06	0.17		2909
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'01 9/20	原水	3.29	20.418	28.8	253	704	298	3174	2.90	0.96		3807
	酸化水	2.45	0.084	19.46	135	656	273	2975	3.00	0.10		3824
	炭カル中和水	3.76	N.D.	2.293	92	750	267	1831	2.70	0.02		139800
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'01 9/26	原水	2.88	12.87	7.9	111	377	185	2557	1.69	N.D.		
	酸化水	2.21	0.028	8.5	97	432	202	2824	2.04	-		
	炭カル中和水	3.22	N.D.	0.4	84	480	186	2212	2.20	-		
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'01 10/4	原水		10.62	16.95	28	321	122	1580	1.40	0.22	9.7	
	酸化水	2.19	0.028	14.92	145	520	337	2706	1.60	0.03	7.7	
	炭カル中和水	3.24	N.D.	0.4	122	503	250	2240	1.60	0.04	0.3	
	消石灰中和水	8.65	N.D.	0.001	N.D.	23	1.2	2	0.47	0.06	0.02	
	浸出液											
	貴液											
'01 10/10	原水	3.61	21.82	21.9	152	699	269	3310	1.66	0.90	27.3	
	酸化水	2.25	0.028	12.5	68	507	179	3198	1.68	0.01	15.7	
	炭カル中和水	2.55	0.028	4.3	63	463	176	2895	1.68	0.03	10.6	
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'01 10/16	原水	3.02	19.58	35.3	81	517	175	4949	1.19	0.43	20.8	
	酸化水	2.26	0.028	15.7	115	541	180	4497	1.11	0.02	12.9	
	炭カル中和水	3.52	N.D.	0.83	82	572	170	2650	1.71	0.07	0.3	
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'01 10/24	原水	3.54	17.7	19.4	77	556	484	3580	1.73	0.79		
	酸化水	2.27	0.028	17.5	117	742	471	4169	3.41	0.02		
	炭カル中和水	3.23	N.D.	0.398	83	656	361	2723	2.61	0.02		
	消石灰中和水	8.17	N.D.	N.D.	N.D.	38	3.6	79	1.60	0.04		
	浸出液											
	貴液											
'02 3/11	原水	3.29	26.27	32.4	99	1310	291	5600	1.00	1.7	58	5900
	酸化水	1.91	0.001	18.3	161	1050	262	5890	1.10	1.2	36	6150
	炭カル中和水	4.71	N.D.	0.415	4.9	732	121	16	0.80	0.7	N.D.	5250
	消石灰中和水	8.2	N.D.	N.D.	N.D.	185	0.2	N.D.	0.09	0.6	N.D.	4050
	浸出液											
	貴液											

日付	試料名称	pH	Fe ²⁺	T-Fe	Cu	Mn	Zn	Al	Cd	Pb	As	Mg
			g/L	g/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
'02 3/22	原水	3.21	8.3	9.8	71	212	144	1834	1	1.2	7.9	3545
	酸化水	1.76	N.D.	7.49	75	285	157	2110	0.8	<0.1	4.2	4138
	炭カル中和水	3.73	N.D.	0.15	56	359	127	723	0.8	<0.1	0.7	4635
	消石灰中和水	7.53	N.D.	N.D.	<1	36	<1	4	<0.1	<0.1	10	1814
	浸出液											
	貴液											
'02 3/28	原水	3.44	8.85	11.23	62	314	157	1864	0.6	1.1	4	4547
	酸化水	1.95	N.D.	8.13	83	348	154	2352	1.7	4.8	0.5	4551
	炭カル中和水	4.11	N.D.	0.26	49	404	118	480	1.8	0.1	15.2	3650
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'02 4/4	原水	3.47	24.9	30	129	465	357	4678	0.8	0.4	11	7789
	酸化水	2.09	0.11	7.89	54	342	177	2732	0.7	<0.1	0.7	4686
	炭カル中和水	3.95	0.11	3.22	27	420	138	522	0.7	0.1	0.3	3647
	消石灰中和水	8.05	N.D.	0.06	<1	123	<1	<1	<0.1	<0.1	0.3	2285
	浸出液											
	貴液											
'02 4/11	原水	3.07	8.3	9.64	125	285	132	1858	0.5	<0.1	9.9	3633
	酸化水	1.97	N.D.	8.93	88	335	187	2886	0.7	<0.1	0.7	5065
	炭カル中和水	3.66	N.D.	0.1	53	402	151	943	0.7	<0.1	0.4	5373
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'02 4/18	原水	3.04	12.17	12.38	45	322	190	2243	0.7	<0.1	6.6	5362
	酸化水	1.98	N.D.	8.66	92	459	257	3056	1.2	<0.1	0.8	6221
	炭カル中和水	3.4	N.D.	0.02	80	443	203	2208	1.2	0.1	1.4	5679
	消石灰中和水											
	浸出液											
	貴液											
'02 4/25	原水	2.62	11.8	12.72	81	306	188	2318	1.2	<0.1	5.5	4383
	酸化水	2.4	0.11	9.3	119	446	247	2711	1.2	<0.1	0.5	5815
	炭カル中和水	3.93	0.11	0.37	94	500	209	1176	1.2	<0.1	0.2	6266
	消石灰中和水	8.5	N.D.	N.D.	<1	18	<1	<1	<0.1	<0.1	<0.1	2075
	浸出液											
	貴液											



Photo4-1 Flask Culture



Photo4-2 100L Culture



Photo4-3 10m³ Culture



Photo4-4 Oxidation Tank Culture



Photo4-5 Making the Bacterial Carrier with Calcium Carbonate



Photo4-6 Demonstration Test – Bacterial Oxidation Tank



Photo4-7 Demonstration Test - Flocculation Tank
and Bacterial Sludge Recovering Tank



Photo4-8 Demonstration Test – Supply of Calcium Carbonate



Photo4-9 Demonstration Test – Calcium Carbonate Neutralization Tank



Photo4-10 Demonstration Test - Filter Press Cake Discharge



Photo4-11 Demonstration Test - Filter Press Cake Carryout



Photo4-12 Demonstration Test – 1) Feed Solution,
2) Oxidized Solution Tank A, 3) Tank B, 4) Tank C, 5) Bacterial Sludge
Recovering Tank Solution, 6) Neutralized Solution with Calcium
Carbonate, 7) Neutralized Solution with Slaked Lime



Photo4-13 Demonstration Test – 1) Bacterial Oxidized Sediment,
2) Calcium Carbonate Neutralized Sediment,
3) Slaked Lime Neutralized Sediment



Photo4-14 Demonstration Test – Filter Press Cake



Photo4-15 Demonstration Test - Storage Area of Filter Press Cake



Photo4-16 Demonstration Test – 1) Effluent from the Model Plant,
2) Leaching Plant, 3) Pregnant Solution from Leaching Plant



Photo4-17 Leaching Tests Using the Treated Solution
and Oxidized Solution from the Model Plant



Photo4-18 Leaching Tests Using the Treated Solution
and Oxidized Solution from the Model Plant

5．廃液処理フルスケールプラントの計画

5 . 廃液処理フルスケールプラントの計画

5.1 フルスケールプラント検討のための前提条件

5.1.1 フルスケールプラントの規模

Ovalle プラントのリーチング工場から発生する廃液量は現状では鉱石処理量 6,000t/month に対し、250m³/day である。リーチング工場の設備能力は 14,000t/month であるので設備能力一杯まで運転すると廃液量は約 600m³/day となる。しかしながら近年の銅価格の低迷（図 5-1 参照）により、Ovalle プラントに集まる鉱石量は年々減少し、現状では上述のように 6,000t/month 程度しか集鉱できず、仮に買鉱に対しインセンティブを与えたとしても現状では集鉱量は最大 8,000t/month 程度までしか見込めそうにない。

このためフルスケールプラントの規模を検討するに当たっては集鉱量の最大値である 8,000t/month と本来の設備能力である 14,000t/month に対する場合との 2 ケースについて検討する。各々の場合の廃液発生量は表 5-1 の通りである。

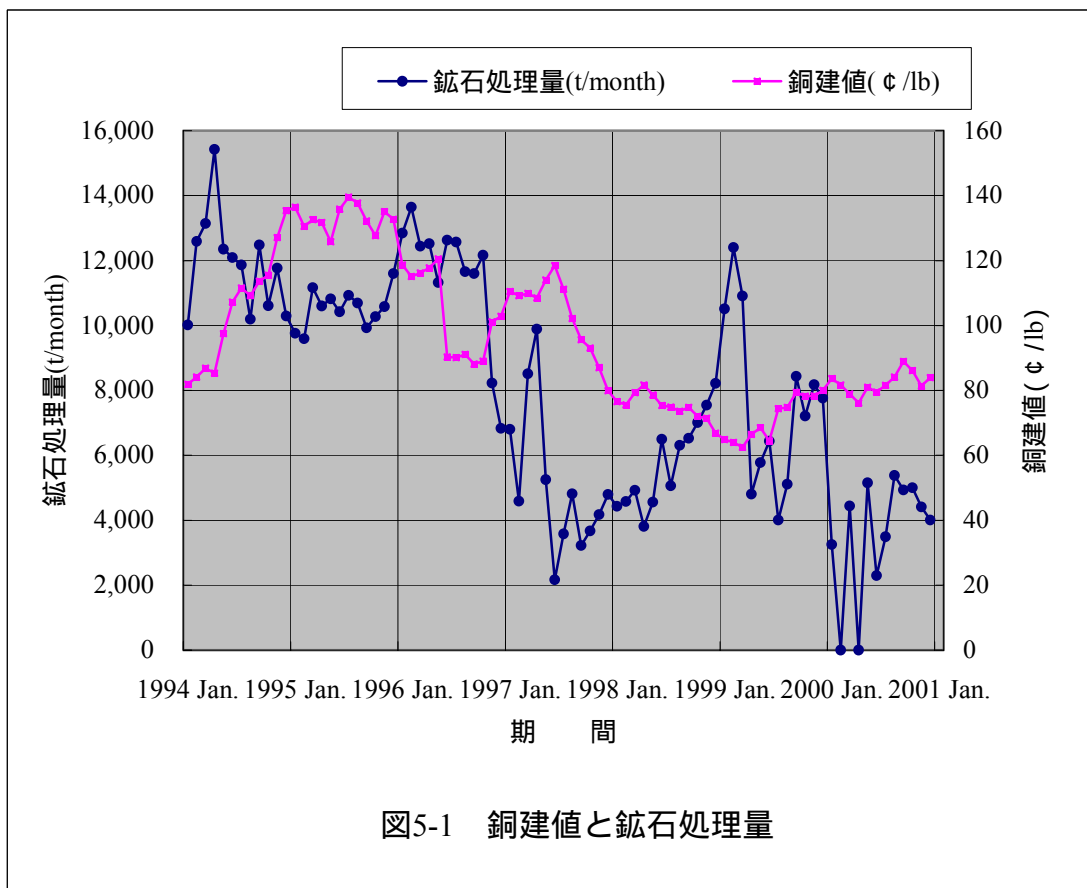


表 5-1 ケース毎の廃液発生量

	鉱石処理量	廃液発生量
現 状	6,000 t/month	250 m ³ /day
ケース 1	8,000 t/month	330 m ³ /day
ケース 2	14,000 t/month	600 m ³ /day

5.1.2 処理対象廃液の性状

実証試験中に収集した廃液のデータよりフルスケールプラントに供給される廃液中の Fe^{2+} 濃度は最大 32.93g/L、最小 7.9g/L、平均 17.02g/L（4 章を参照）と大きく変動しているが、データの的には長期間高濃度あるいは低濃度の廃液が連続するということはないようであり、酸化槽内での滞留時間の中で平均化されると考えられる。従って、フルスケールプラントへ供給される Fe^{2+} 濃度は平均値を採用し、17.02g/L とする。また、その他の重金属についても実証試験結果より得られた数値を使用するものとして、下記の表 5-2 にフルスケールプラントの設計廃液性状をまとめる。

表 5-2 フルススケールプラントの設計廃液性状（単位：g/L）

pH	Fe^{2+}	T-Fe	Cu	Mn	Zn	Al
3.3	17.02	20.66	0.108	0.507	0.208	2.77

5.1.3 酸化速度

4 章の実証試験結果より酸化速度は酸化槽 A でのデータを採用し、1.0g/L/h とする。

5.1.4 殿物発生量

4 章の実証試験結果より殿物発生量は容量では 100m³/day に対し、8.54m³/day、重量では 12.46wet-t/day となっている。

また、含水率は平均 47.5%である。

5.1.5 処理フロー

実証試験結果よりモデルプラントのフローにより十分に廃液処理を行えることが確認された。また、チリ側が独自に行ったモデルプラントの酸化液を使用したリーチング試験結果によると酸化液を 36%リーチング液に混入したものが最も良い結果となっている。すなわち、酸化後の液は 100%中和するのではなく幾分かは Fe^{3+} が残った状態の液を使用の方がリーチングに対しては良いようである。また、脱水ケーキによる廃液のブリードオフ量は脱水ケーキ量と含水率より求めると、

$12.46 \times 0.475 = 5.92\text{m}^3/\text{day}$ である。

すなわち、100m³/day の内 5.92m³/day の液が排出されていることとなる。このことに

よりその他の重金属の濃縮も避けられると考えられる。従って、フルスケールプラントでは pH 調整工程は含めないこととする。以上よりフルスケールプラントのフローシートは概略下記の図 5-2 のようになる。

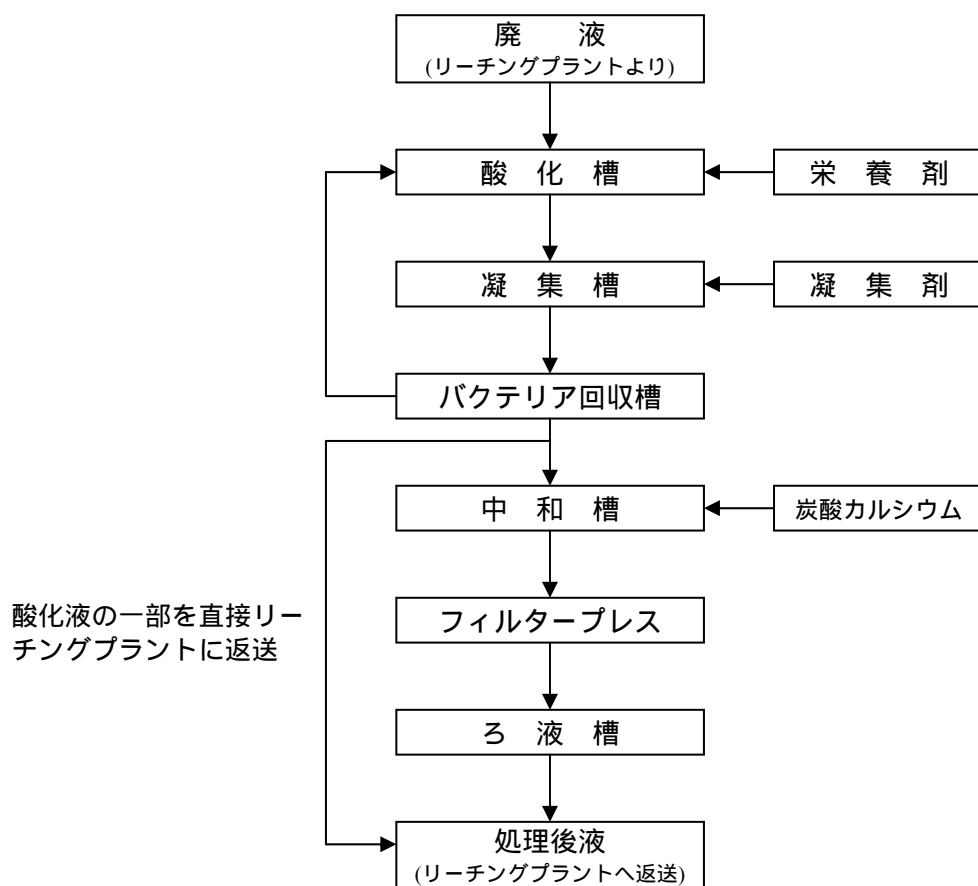


図 5-2 フルスケールプラントの概略フロー

5.1.6 モデルプラントの処理能力

モデルプラントは当初下記の表 5-3 に示す廃水性状を処理するとして設計されたものであるが、現状での廃水性状は当初の設計ベースより Fe^{2+} 濃度は 17.02g/L と半分近い濃度となっている。

表 5-3 モデルプラントの設計廃液性状 (単位: g/L)

pH	Fe^{2+}	T-Fe	Cu	Mn	Zn	Al
3.7	30	30	0.26	0.97	0.24	9.7

また、脱水ケーキの発生量もモデルプラントの設計時の計画では酸化の余剰汚泥、中和殿物及び pH 調整殿物の合計で約 31.5t-wet/day であったが、現状では 12.46t-wet/day

と半分以下の発生量となっている。従って、モデルプラントの主要機器である酸化槽及びフィルタープレスは設計処理能力である $100\text{m}^3/\text{day}$ よりも相対的に大きくなる。すなわち、酸化槽あるいはフィルタープレスの能力を最大限引き出すようにすればモデルプラントの能力は比較的簡単な改造で当初の設計ベースであった $100\text{m}^3/\text{day}$ を大幅に越える能力を出すことが出来そうである。

以下に実証試験結果を基に酸化槽及びフィルタープレスの現状の廃液での処理能力の推定を行った。

(1) 酸化槽の処理能力

モデルプラントの酸化槽総容量は 172m^3 である。これは酸化空気によるホールドアップを含んだ容量であるので槽の実容量は $172/1.1 = 156.4\text{m}^3$ となる。これからバクテリア泥の繰り返しを差し引くと $156.4 \times 4/5 = 125\text{m}^3$ が廃液に対する容量となる。廃液中の Fe^{2+} 濃度が 17.02g/L 、酸化速度が $1.0\text{g/L}\cdot\text{hr}$ であるので、これらより酸化槽の処理能力を求めると、

$$125 \div 17.02 \div 1 = 7.35\text{m}^3/\text{hr} = \underline{176\text{m}^3/\text{day}}$$

(2) フィルタープレスの処理能力

現在のフィルタープレスの酸化工程、中和工程、pH 調整工程から発生するスラリーを 2 時間で処理するものであり、その時間の内訳は下記のようにになっている。

圧 入	60 min
圧 搾	20 min
開板他	40 min
計	120 min

殿物の発生量は少なくなったことによりフィルタープレスに供給されるスラリー濃度は薄くなり、ろ過速度は速くなるが、逆にフィルタープレスの運転 1 回分に必要な液量は増加するため、圧入時間については 60min で変わらないと考えられる。圧搾時間についてはろ過性が非常に良いためポンプ圧入のみでも十分に脱水されているが、圧搾工程の中に各種のブローの時間も含まれており、そのために 10min は必要である。開板他の機器動作に関しては機械的なものであるため 40min で変更はない。従って、フィルタープレスの 1 回あたりの運転時間は 110min となる。また、濾布の目詰まり防止のため 1 回/day の濾布洗浄が必要となる。濾布洗浄のために 40min/day を別途に見込むとフィルタープレスの 1 日あたりの運転可能回数は下記のようにになる。

$$\{(24 \times 60) - 40\} / 110 = 12.7 \text{ 回/day}$$

現在 $100\text{m}^3/\text{day}$ の廃液を処理すると $8.54\text{m}^3/\text{day}$ のケーキが発生している。フィルタープレスのろ過容積はケーキ厚さが 40mm の時に $3.677\text{m}^3/\text{回}$ である。実際のケーキ厚さは圧搾があるため 35mm 程度となるためろ過容積は $3.2\text{m}^3/\text{回}$ となる。従って、フィルタープレスの運転回数は $8.54/3.2 = 2.7 \text{ 回/day}$ となっている。それより、フィルタープレスの能力を求めると、

$$100/2.7 \times 12 = 444\text{m}^3/\text{day}$$

以上の検討結果より酸化槽の能力 $176\text{m}^3/\text{day}$ がモデルプラントの現状の廃液に対する能力と考えられる。

その他の機器についてもこの能力に対応可能かどうかを概略検討を行った。検討結果を下記の表 5-4 に示す。改造の必要な機器は着色部となる。

表 5-4 モデルプラント改造点

機番	機器名称	現状のモデルプラント			モデルプラント改造点
		機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	
	酸化工程				
T1	廃液受槽	型 式：円筒型 容 量： 5m^3 材 質：PE		1	変更なし 廃液量 $176\text{m}^3/\text{day}$ に対し、40min の滞留時間があるので問題ない。
P1	廃液ポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力： $84\text{L}/\text{min} \times 20\text{mH}$ 材 質：接液部 SUS316, SCS14	1.5	1	変更有り 廃液量 $176\text{m}^3/\text{day}$ に対する能力とする。従って、 $123\text{L}/\text{min} \times 20\text{mH} \times 2.2\text{kw}$ また、ポンプの変更に伴って配管及び流量計の変更も必要になる。
T2	酸化槽	型 式：円筒型（内部仕切板） 容 量： 57.3 m^3 材 質：FRP 寸 法： $3750\phi \times 5900\text{H}$		3	変更なし 本文の検討のように変更なし
T3	凝集槽	型 式：円筒型 容 量： 0.43 m^3 材 質：FRP 寸 法： $800\phi \times 1300\text{H}$		1	変更なし 廃液量 $176\text{m}^3/\text{day}$ に対し、3.5min の滞留時間があるので問題ない。
M1	凝集槽攪拌機	型 式：プロペラ型 材 質：接液部 SUS316 用 途：凝集	0.2	1	変更なし
T4	バクテリア回収槽	型 式：円筒型 寸 法： $3300\phi \times 2500\text{H}$ 材 質：FRP 付属品：レーキ	0.75	1	変更なし 廃液量 $176\text{m}^3/\text{day}$ に対し、沈降速度は $0.86\text{m}/\text{H}$ となる。上澄水の濁りは予想されるが問題ない。
B1	酸化ブロー	型 式：ルーツブロー（強制空冷式） 能 力： $14.85\text{ m}^3/\text{min} \times 7000\text{mmAq}$ 材 質：FC 他	30 0.2	1	変更なし 酸化空気量は酸化槽の断面積に対して供給している。従って、酸化槽の変更がないため同様に変更なし。
T5	バクテリア泥貯槽	型 式：円筒型（内部パツフル板付） 容 量： 1.8 m^3 材 質：FRP 寸 法： $1300\phi \times 1650\text{H}$		1	変更なし 廃液量 $176\text{m}^3/\text{day}$ とすると、バクテリア泥の繰返し量は $44\text{m}^3/\text{day} = 31\text{L}/\text{min}$ となる。従って、滞留時間は 58min となり、問題ない。
M2	バクテリア泥貯槽攪拌機	型 式：パドル型 材 質：接液部 SUS316 用 途：スラリーの沈降防止 その他：空転、液面通過有り	1.5	1	変更なし

機番	機器名称	現状のモデルプラント			モデルプラント改造点	
		機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	機 器 仕 様	
P2	バクテリア泥 返送ポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力：50L/min×20mH 材 質：接液部 FC+R/L	1.5	1	変更なし	
DF1	酸化槽用 微量分配器	型 式：電動アクティエーター ストローク：60mm 材 質：PVC	0.08	1	変更なし	
P3	バクテリア泥 圧入ポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力：1200L/min×40mH 材 質：接液部 FC+R/L	22	1	変更なし	
T6	栄養剤溶解槽	型 式：円筒縦型 容 量：0.5 m ³ 材 質：FRP 寸 法：860φ×1150H		1	変更なし 現在 1 回/day の運転回数を増やして対応する。	
M3	栄養剤溶解槽 攪拌機	型 式：プロペラ型 材 質：接液部 SUS316 用 途：薬剤の溶解	0.2	1	変更なし	
T7	栄養剤貯槽	型 式：円筒縦型 容 量：0.75 m ³ 材 質：FRP 寸 法：980φ×1250H		1	変更なし	
P4	栄養剤添加ポンプ	型 式：ダイヤフラム式定量ポンプ 能 力：450mL/min 材 質：接液部 PVC,PTFE	0.2	1	変更なし 栄養剤の添加量は約 600mL/min となり、 ポンプ能力が足りなくなるので現在使用 していない硫酸添加ポンプを並列で使用 する。	
T8	凝集剤溶解槽	型 式：円筒縦型 容 量：0.62 m ³ 材 質：FRP 寸 法：920φ×1200H		1	変更なし 現在 1 回/day の運転回数を増やして対応 する。	
M4	凝集剤溶解槽 攪拌機	型 式：プロペラ型 材 質：接液部 SUS304 用 途：薬剤の溶解	0.2	1	変更なし	
T9	凝集剤貯槽	型 式：円筒縦型 容 量：0.93 m ³ 材 質：FRP 寸 法：1050φ×1350H		1	変更なし	
P5	凝集剤添加ポンプ	型 式：ダイヤフラム式定量ポンプ 能 力：850mL/min 材 質：接液部 PVC,PTFE	0.2	1	変更なし 凝集剤の添加量は 762mL/min となり、能 力を満足している。	
T10	硫酸貯槽	型 式：円筒縦型 容 量：0.5 m ³ 材 質：FRP 寸 法：860φ×1150H		1	使用しない	

機番	機器名称	現状のモデルプラント			モデルプラント改造点
		機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	機 器 仕 様
M5	硫酸貯槽攪拌機	型 式：プロペラ型 材 質：接液部 SS+R/L 用 途：薬剤の希釈	0.2	1	使用しない
P6	硫酸添加ポンプ	型 式：ダイヤフラム式定量ポンプ 能 力：500mL/min 材 質：接液部 PVC,PTFE	0.2	1	栄養剤添加ポンプに移設・転用
	中和工程				
T11	中和槽	型 式：円筒型(内部仕切板) 容 量：9.5 m ³ 材 質：FRP 寸 法：1650φ×5150H		1	変更なし 滞留時間が 78min であるが、重金属濃度等も半減しているため問題ない。
F1	中和剤フィーダー	型 式：スクリーフィーダー(上部 4 ・ホッパー付) 能 力：825kg/h 材 質：SS 付属品：エアブラスター、バグフィルター	1.5 0.75	1	変更なし 炭カルの使用量は実証試験結果より最大でも 3.5t/day であるため問題ない。
T12	中和剤リバルブ槽	型 式：円筒型(内部バツフル板付) 容 量：0.82 m ³ 材 質：FRP 寸 法：900φ×1600H		1	変更なし
M6	中和剤リバルブ槽 攪拌機	型 式：パドル型 材 質：接液部 SUS304 用 途：スラリーの沈降防止 その他：空転、液面通過有り	0.4	1	変更なし
P7	中和剤ポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力：50L/min×20mH 材 質：接液部 FC+R/L	3.7	1	変更なし
DF2	中和槽用 微量分配器	型 式：電動アクティエーター ストローク：60mm 材 質：PVC	0.08	1	変更なし
B2	中和ブローワー	型 式：ルーツブローワー 能 力：1.0 m ³ /min×6000mmAq 材 質：FC 他	3.7	1	変更なし 中和槽攪拌空気量は中和槽の断面積に対して供給している。従って、中和槽の変更がないため同様に変更なし。
T13	脱水機供給槽	型 式：円筒型(内部バツフル板付) 容 量：17.3 m ³ 材 質：FRP 寸 法：2800φ×3400H		1	変更なし 廃液量 176m ³ /day の場合のフィルタープレスの運転回数は約 5 回/day となる。従って、フィルタープレス 1 回分の廃液量は約 35m ³ となり、2 回に分けての運転となるが問題ない。
M7	脱水機供給槽 攪拌機	型 式：パドル型 材 質：接液部 SUS316 用 途：スラリーの沈降防止 その他：空転、液面通過有り	15	1	変更なし

機番	機器名称	現状のモデルプラント			モデルプラント改造点
		機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	機 器 仕 様
P8	中和泥圧入ポンプ	型 式：渦巻きポンプ 回 転：1200L/min×40mH 材 質：接液部 FC+R/L	22	1	変更なし
FP1	フィルタープレス	型 式：全自動圧搾式 能 力：濾過面積 203 m ² 材 質：濾板 PP、ヘッド FC+R/L 他 ドリフトノグ、ポン SUS316	5.5	1	変更なし 本文での検討のように能力は足りている。
CP1	ブロー用 コンプレッサー	型 式：レシプロ式（オイルフリー） 能 力：1230L/min	11.0	1	変更なし
RT1	ブロー用 レシーバタンク	型 式：円筒型 容 量：3000L 付属品：安全弁、手動弁、圧力計		1	変更なし
P9	濾布洗浄ポンプ	型 式：多段渦巻きポンプ 能 力：140L/min×200mH 材 質：SUS304,SCS13 他	15.0	1	変更なし
T14	濾液槽	型 式：円筒型 容 量：8 m ³ 材 質：PE		1	変更なし
P10	中和後液 送りポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力：100L/min×20mH 材 質：接液部 SUS316,SCS14	2.2	1	変更有り る液量がフィルタープレスの1回あたりの運転で約 32m ³ となり、上記のろ液槽容量ではバッファとして足りないため圧入ポンプに相当する 1200L/min の能力が必要となる。 また、pH 調整工程が不要となったのでこのポンプから直接リーチングプラントに返送する。 従って、1200L/min×45mH×22kw ポンプの変更に伴って、配管の変更も必要となる。
T15	洗浄後液貯槽	型 式：円筒型 容 量：3 m ³ 材 質：PE		1	変更なし
P11	洗浄後液 返送ポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力：15L/min×27mH 材 質：接液部 SUS316,SCS14	1.5	1	変更なし
T20	洗浄水槽	型 式：円筒型 容 量：3 m ³ 材 質：PE		1	変更なし
	pH 調整工程				フルスケールプラントでは pH 調整工程は不要となる。

機番	機器名称	現状のモデルプラント			モデルプラント改造点	
		機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	機 器 仕 様	
	付帯設備					
P15	給水ユニット	型 式：受水槽付き自動給水ユニット 槽容量： 1.1 m ³ 材 質：槽-FRP、ポンプ-SUS304	0.4	1	変更なし	
CP2	計装用 コンプレッサー	型 式：レシプロ式（オイルフリー） 能 力：45L/min×7kg/cm ²	0.4	1	変更なし	

5.1.7 新設設備の必要処理能力

上記の 5.1.6 項の検討からモデルプラントはわずかな改造により 176m³/day まで能力を引き上げることが出来る。従って、新設設備の必要処理能力はこの能力を表 5-1 で示した各ケースでの必要能力から差し引いたものでよいこととなる。従って、下記のようなになる。

ケース 1：鉱石処理量 8,000t/month （集鉱能力の最大量に対応する場合）	154 m ³ /day
ケース 2：鉱石処理量 14,000t/month （設備能力に対応する場合）	424 m ³ /day

次項で各ケースでの設備について概念設計を行う。

5.2 フルスケールプラントの概念設計

5.2.1 ケース 1 (鉱石処理量 8,000t/month : 集鉱能力の最大量に対応する場合)

5.1.7 項で求めた必要能力に示すようにケース 1 の場合は残りの必要処理能力 $154\text{m}^3/\text{day}$ (総処理能力 $330\text{m}^3/\text{day}$) であり、少なくとも主要機器の 1 つであるフィルタープレスは現存のモデルプラントのもので既にその能力は満たしているため、ケース 1 については配置的に可能であれば、現在のモデルプラントを改造・増強することがコスト面でも運転操作面でもメリットが大きいと考えられ、概略検討を行ったところ、配置的には対応可能であることが確認できた。従って、ケース 1 の場合は全くの新設設備ではなくモデルプラントを改造する方向で検討する。

(1) 機器能力の検討

4 章 実証試験結果より主要機器の必要能力について検討を行った。

1) 酸化槽

酸化槽の必要容量はバクテリア泥の繰返し量を 25%、酸化空気によるホールドアップを 10% とすると、

$$330/24 \times 17.02 \times 1.25 \times 1.1 = 322\text{m}^3$$

モデルプラントの酸化槽が 172m^3 である。不足分である 150m^3 分の酸化槽を増設すれば良いこととなる。

2) 酸化ブロー

増設する酸化槽に対応する空気量を供給出来るブローを増設する。

3) バクテリア回収槽

モデルプラントのバクテリア回収槽の径は 3.3m である。 $330\text{m}^3/\text{day}$ の廃液をこの槽で処理しようとするこの槽での上澄速度は概略 1.6m/h となる。バクテリア回収槽の目的はバクテリアの種泥の回収であり、清澄性が目的ではないが、このままではその種泥の回収にも影響が出そうなので、上澄速度を 1m/h 以内とするようにバクテリア回収槽を増設する。

4) 中和槽

モデルプラントの中和槽の容量は 9.5m^3 である。このままでは滞留時間は約 41min となり、少し不足する。炭酸カルシウムによる中和であるので最低 60min の滞留時間とする。炭カルスラリー等液の増量を 5%、攪拌空気によるホールドアップを 10% とすると、

$$330/24 \times 1.05 \times 1.1 = 15.9\text{m}^3$$

従って、 6.4m^3 の中和槽を増設する。また、中和槽の増設に伴い、中和ブローも増設する。

5) フィルタープレス

フィルタープレスは 5.1.6(2)で求めたように $444\text{m}^3/\text{day}$ の処理能力を持っている。
従って、特に増強の必要はない。

6) 炭カル貯留及び供給設備

炭カルの使用量は実証試験結果より最大でも $19.7\text{g/L} = 19.7\text{kg/m}^3$ である。従って、処理能力 $330\text{m}^3/\text{day}$ では、

$$330 \times 19.7 = 6501\text{kg/day} = 6.5\text{t/day}$$

モデルプラントには消石灰の供給設備があるが、フルスケールプラントでは使用しないため遊休品となっている。これを炭カルの貯留及び供給設備に転用をする。

下記の表 5-5 に増設あるいは改造する機器を示す。(増設設備には機番の後ろに N を記入)

表 5-5 ケース 1 増設・改造機器リスト

機番	機器名称	機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	備 考
	酸化工程				
P1	廃液ポンプ	型 式: 渦巻きポンプ 能 力: $230\text{L}/\text{min} \times 20\text{mH}$ 材 質: 接液部 SUS316, SCS14	2.2	1	モデルプラントの機器を変更
T2-N	酸化槽	型 式: 円筒型 (内部仕切板) 容 量: 75m^3 材 質: FRP 寸 法: $4290\phi \times 5900\text{H}$		2	
T4-N	バクテリア回収槽	型 式: 円筒型 寸 法: $2600\phi \times 2500\text{H}$ 材 質: FRP 付属品: レーキ	0.75	1	
B1-N	酸化ブロー	型 式: ルーツブロー(強制空冷式) 能 力: $12.95\text{m}^3/\text{min} \times 7000\text{mmAq}$ 材 質: FC 他	30 0.2	1	
T5-N	バクテリア泥貯槽	型 式: 円筒型(内部バッフル板付) 容 量: 1.8m^3 材 質: FRP 寸 法: $1300\phi \times 1650\text{H}$		1	
M2-N	バクテリア泥貯槽 攪拌機	型 式: バドル型 材 質: 接液部 SUS316 用 途: スラリーの沈降防止 その他: 空転、液面通過有り	1.5	1	
P3-N	バクテリア泥 圧入ポンプ	型 式: 渦巻きポンプ 能 力: $300\text{L}/\text{min} \times 40\text{mH}$ 材 質: 接液部 FC+R/L	11	1	モデルプラント pH 調整工程 圧入ポンプを転用

機番	機器名称	機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	備 考
	中和工程				
T11-N	中和槽	型 式：円筒型 容 量：6.4 m ³ 材 質：FRP 寸 法：1350φ×5150H		1	
B2-N	中和ブロー	型 式：ルーツブロー 能 力：0.67 m ³ /min×6000mmAq 材 質：FC 他	3.7	1	
P10	中和後液 送りポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力：1200L/min×45mH 材 質：接液部 SUS316,SCS14	22	1	

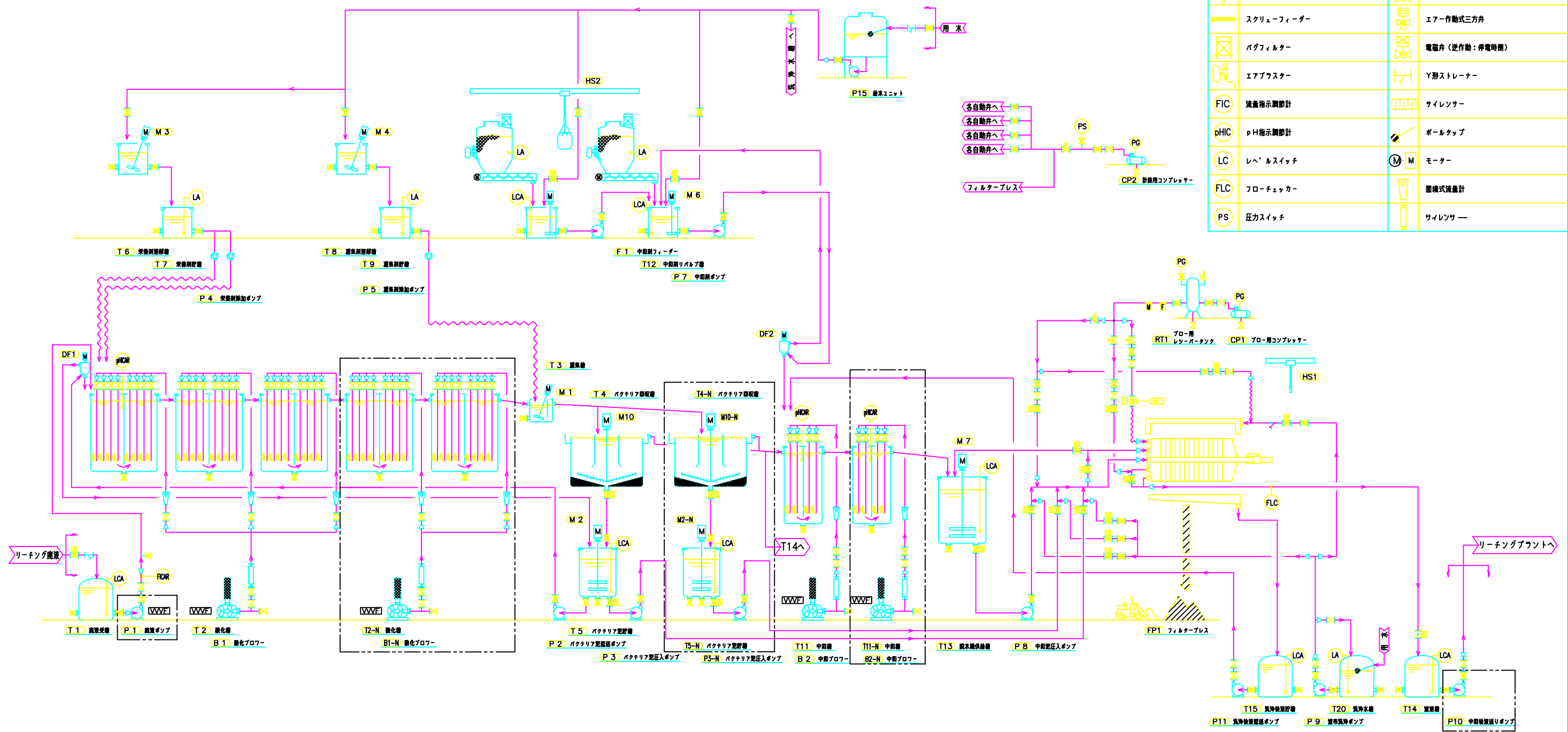
(2) 設備フロー

モデルプラントも含めたフローを添付図 5-3 に示す。

(3) 配置の計画

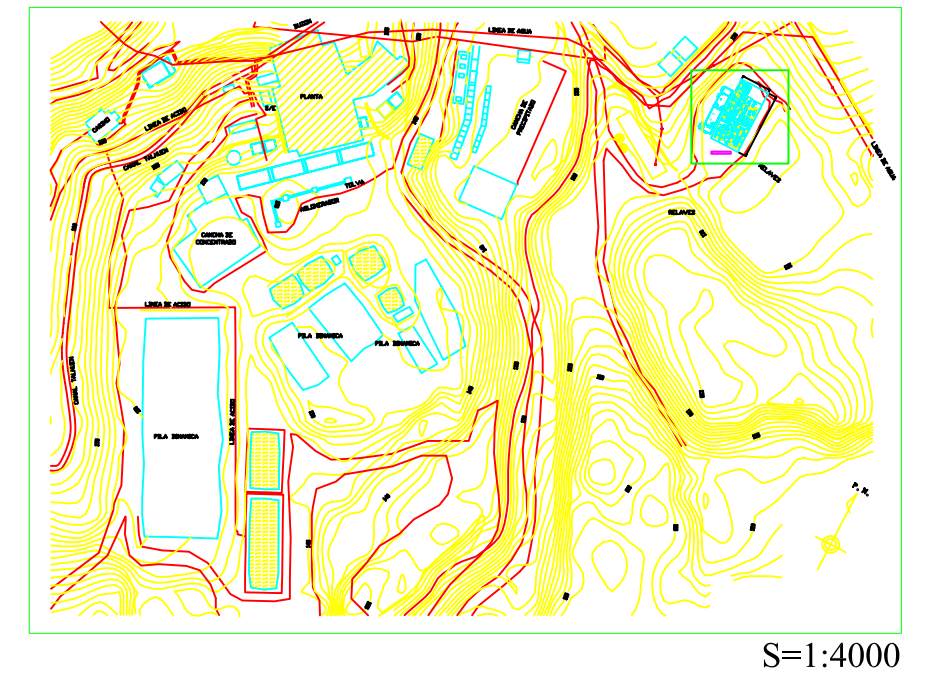
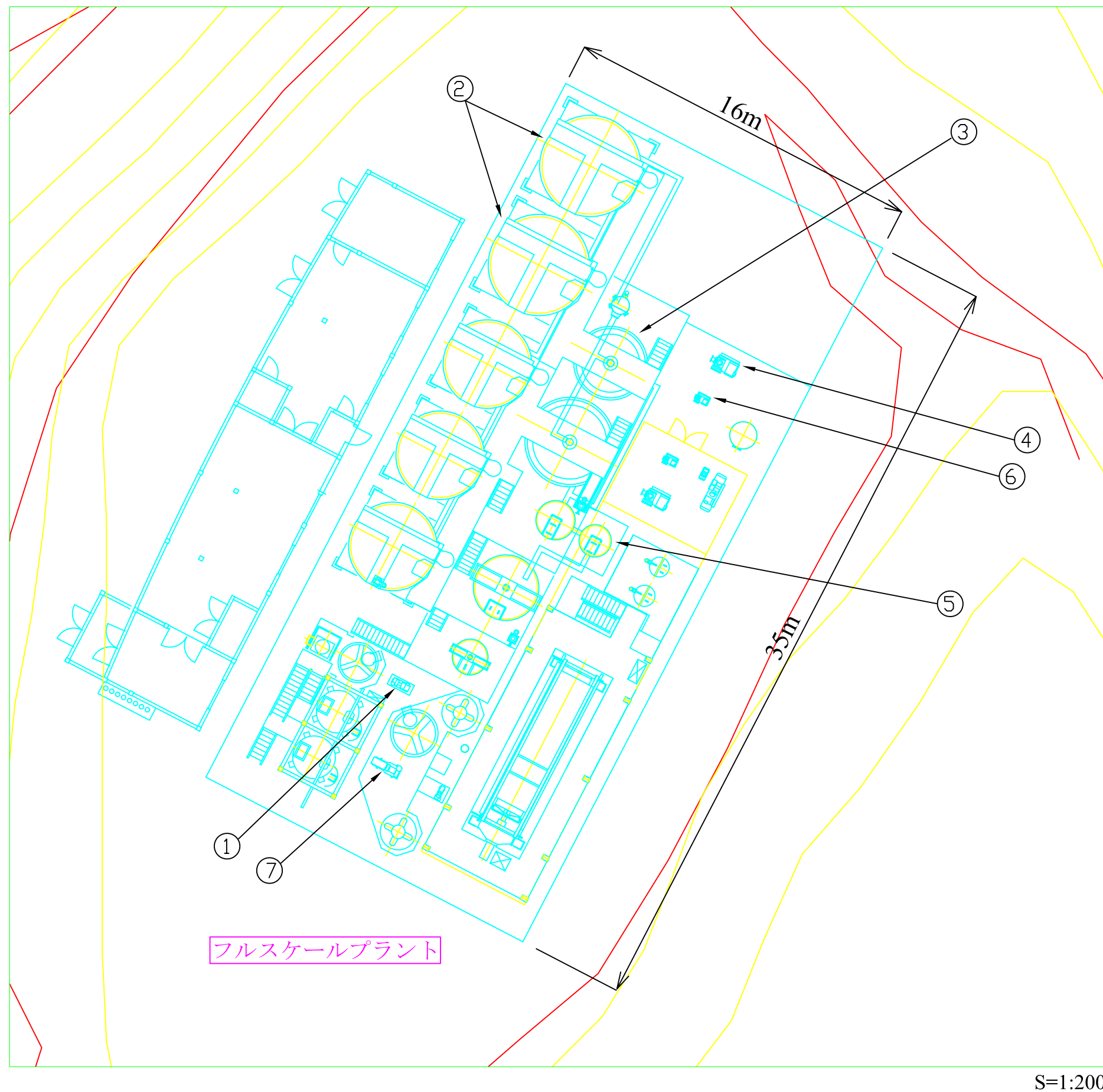
既存のモデルプラントも含めた概略配置計画を作成したので添付図 5-4 に示す。

凡 例	
	満溢きポンプ
	ボール弁
	流量制御弁
	水中ポンプ
	ダイヤフラム弁
	ゲート弁
	撹拌機
	減圧弁
	リーク
	微差圧力計
	エア-作動式自動弁（正作動：停電時閉）
	電動ホイス
	スクリーフィーダー
	バグフィルター
	エアブラスター
	流量指示調節計
	pH指示調節計
	レベルスイッチ
	フローチェッカー
	圧力スイッチ
	ボールアップ
	モーター
	面積式流量計
	サイレンサー



： 増設・改造機器範囲

図 5-3 フルスケールプラント（ケース1）フローシート



1	P 1	廃液ポンプ（機種変更）
2	T 2-N	酸化槽（新設）
3	T 4-N	バクテリア回収槽（新設）
4	B 1-N	酸化ブローワー（新設）
5	T 11-N	中和槽（新設）
6	B 2-N	中和ブローワー（新設）
7	P 10	中和後液送りポンプ（機種変更）

図 5-4 フルスケールプラント（ケース1）配置図

5.2.2 ケース 2(鉱石処理量 14,000t/month: リーチングプラント設備能力に対応する場合)

5.1.7 項で求めた必要能力に示すようにケース 2 の場合は残りの必要処理能力 $424\text{m}^3/\text{day}$ (総処理能力 $600\text{m}^3/\text{day}$) であり、モデルプラントの改造ということになると少なくとも主要機器の 1 つであるフィルタープレスは 1 台追加が必要であるし、酸化槽もかなりの増設が必要となり、モデルプラントの改造で対応することは無理である。従って、残りの必要処理能力分の設備を現在のモデルプラント近傍に新設することとして検討する。

(1) 機器能力の検討

実証試験結果より主要機器の必要能力について検討を行った。

1) 酸化槽

新設設備での処理量は $424\text{m}^3/\text{day}$ である。この処理量に必要な酸化槽容量は、
 $424/24 \times 17.02 \times 1.25 \times 1.1 = 413\text{m}^3$

2) 酸化ブロー

酸化槽の断面積に対して $\max 0.45\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ を供給する。

酸化槽の有効深さを 5m とすると断面積は 82.6m^2 となり、必要能力は
 $82.6 \times 0.45 = 37.2\text{m}^3/\text{min}$

3) バクテリア回収槽

沈降速度を 1.0m/h 以下とする。従って、槽径は
 $\sqrt{(424/24/0.7854)} = 4.8\text{m } \phi$

4) 中和槽

中和に要する滞留時間を 60min とし、中和剤等の添加による液の増量を 5%、攪拌空気によるホールドアップを 10% として求めると

$$424/24 \times 1.05 \times 1.1 = 20.4\text{m}^3$$

5) フィルタープレス

現在モデルプラントで使用されているフィルタープレスの能力が 5.1.6 で検討したように $444\text{m}^3/\text{day}$ 、従って、同じ機種を 1 台で良い。但し、余裕がないので脱水機供給槽及びろ液槽はフィルタープレスの安定運転のために各々フィルタープレスの 2 回分の容量とする。

6) 炭カル貯留及び供給設備

炭酸カルシウムの必要量は最大で 19.7g/L ($= 19.7\text{kg}/\text{m}^3$) である。従って、1 日あたりの使用量は

$$19.7 \times 424 = 8353\text{kg}/\text{day}$$

嵩比重 = 1 とし、 $8.4\text{m}^3/\text{day}$

これをスラリー濃度 20% で添加する。

下記の表 5-6 機器リスト(ケース2)にその他の機器も含めた新設設備の機器リストを示す。

表 5-6 ケース 2 新設設備の機器リスト

機番	機器名称	機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	備 考
	酸化工程				
T1	廃液受槽	型 式: 円筒型 容 量: 10 m ³ 材 質: PE		1	
P1	廃液ポンプ	型 式: 渦巻きポンプ 能 力: 294L/min×20mH 材 質: 接液部 SUS316,SCS14	3.7	1	
T2	酸化槽	型 式: 角槽(内部4分割) 容 量: 413m ³ 材 質: RC+FRP/L		1	
T3	凝集槽	型 式: 円筒型 容 量: 1.0m ³ 材 質: FRP		1	
M1	凝集槽攪拌機	型 式: プロペラ型 材 質: 接液部 SUS316 用 途: 凝集	0.4	1	
T4	バクテリア回収槽	型 式: 円筒型 寸 法: 4800φ×2500H 材 質: FRP 付属品: レーキ	1.5	1	
B1	酸化ブロー	型 式: ルーツブロー(強制空冷式) 能 力: 37.2m ³ /min×7000mmAq 材 質: FC 他	75 0.75	1	
T5	バクテリア泥貯槽	型 式: 円筒型(内部バツフル板付) 容 量: 4m ³ 材 質: FRP		1	
M2	バクテリア泥貯槽 攪拌機	型 式: バドル型 材 質: 接液部 SUS316 用 途: スラリーの沈降防止 その他: 空転、液面通過有り	3.7	1	
P2	バクテリア泥 返送ポンプ	型 式: 渦巻きポンプ 能 力: 100L/min×20mH 材 質: 接液部 FC+R/L	1.5	1	
DF1	酸化槽用 微量分配器	型 式: 電動アクティエーター ストローク: 60mm 材 質: PVC	0.08	1	
P3	バクテリア泥 圧入ポンプ	型 式: 渦巻きポンプ 能 力: 300L/min×40mH 材 質: 接液部 FC+R/L	11	1	モデルプラント pH 調整工程 圧入ポンプを転用

機番	機器名称	機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	備 考
T6	栄養剤溶解槽	型 式: 円筒型 容 量: 2.1m ³ 材 質: FRP		1	
M3	栄養剤溶解槽 攪拌機	型 式: プロペラ型 材 質: 接液部 SUS316 用 途: 薬剤の溶解	0.75	1	
T7	栄養剤貯槽	型 式: 円筒型 容 量: 3.2m ³ 材 質: FRP		1	
P4	栄養剤添加ポンプ	型 式: ダイアフラム式定量ポンプ 能 力: 2000mL/min 材 質: 接液部 PVC,PTFE	0.2	1	
T8	凝集剤溶解槽	型 式: 円筒型 容 量: 2.72 m ³ 材 質: FRP		1	
M4	凝集剤溶解槽 攪拌機	型 式: プロペラ型 材 質: 接液部 SUS304 用 途: 薬剤の溶解	0.75	1	
T9	凝集剤貯槽	型 式: 円筒型 容 量: 4.1m ³ 材 質: FRP		1	
P5	凝集剤添加ポンプ	型 式: ダイアフラム式定量ポンプ 能 力: 2800mL/min 材 質: 接液部 PVC,PTFE	0.2	1	
	中和工程				
T11	中和槽	型 式: 円筒型(内部仕切板) 容 量: 20.4m ³ 材 質: FRP		1	
F1	中和剤フィーダー	型 式: スクリューフィーダー(上部 10m ³ ホッパー付) 能 力: 3500kg/h 材 質: SS 付属品: エアホース, バックフィルター	3.7 0.75	1	
T12	中和剤リパルプ槽	型 式: 円筒型(内部バツフル板付) 容 量: 3.5m ³ 材 質: FRP		1	
M6	中和剤リパルプ槽 攪拌機	型 式: パドル型 材 質: 接液部 SUS304 用 途: スラリーの沈降防止 その他: 空転、液面通過有り	2.2	1	
P7	中和剤ポンプ	型 式: 渦巻きポンプ 能 力: 200L/min×20mH 材 質: 接液部 FC+R/L	3.7	1	

機番	機器名称	機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	備 考
DF2	中和槽用 微量分配器	型 式：電動アクティエーター ストローク：60mm 材 質：PVC	0.08	1	
B2	中和ブローワー	型 式：ルーツブローワー 能 力：2.2 m ³ /min×6000mmAq 材 質：FC 他	7.5	1	
T13	脱水機供給槽	型 式：円筒縦型(内部パツフル板付) 容 量：75m ³ 材 質：FRP		1	
M7	脱水機供給槽 攪拌機	型 式：パドル型 材 質：接液部 SUS316 用 途：スラリーの沈降防止 その他：空転、液面通過有り	55	1	
P8	中和泥圧入ポンプ	型 式：渦巻きポンプ 回 転：1200L/min×40mH 材 質：接液部 FC+R/L	22	1	
FP1	フィルタープレス	型 式：全自動圧搾式 能 力：濾過面積 203m ² 材 質：濾板 PP、ヘッド FC+R/L 他 ドリック・ソグ・ポン SUS316	5.5	1	
CP1	ブロー用 コンプレッサー	型 式：レシプロ式（オイルフリー） 能 力：1230L/min	11.0	1	
RT1	上記用 レシーバタンク	型 式：円筒縦型 容 量：3000L 付属品：安全弁、手動弁、圧力計		1	
P9	濾布洗浄ポンプ	型 式：多段渦巻きポンプ 能 力：140L/min×200mH 材 質：SUS304,SCS13 他	15.0	1	
T14	濾液槽	型 式：円筒縦型 容 量：75 m ³ 材 質：FRP		1	
P10	中和後液 送りポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力：400L/min×45mH 材 質：接液部 SUS316,SCS14	15	1	
T15	洗浄後液貯槽	型 式：円筒縦型 容 量：3 m ³ 材 質：PE		1	
P11	洗浄後液 返送ポンプ	型 式：渦巻きポンプ 能 力：15L/min×27mH 材 質：接液部 SUS316,SCS14	1.5	1	
T20	洗浄水槽	型 式：円筒縦型 容 量：3 m ³ 材 質：PE		1	

機番	機器名称	機 器 仕 様	動力 (kw)	数量	備 考
	付帯設備				
P15	給水ユニット	型 式：受水槽付き自動給水ユニット 槽容量： 1.1 m ³ 材 質：槽-FRP、ポンプ-SUS304	0.4	1	
CP2	計装用 コンプレッサー	型 式：レシプロ式（オイルフリー） 能 力：45L/min×7kg/cm ²	0.4	1	

(2) 設備フロー

モデルプラントも含めたフローを添付図 5-5 に示す。

(3) 配置の計画

既存のモデルプラントも含めた概略配置計画を作成したので添付図 5-6 に示す。

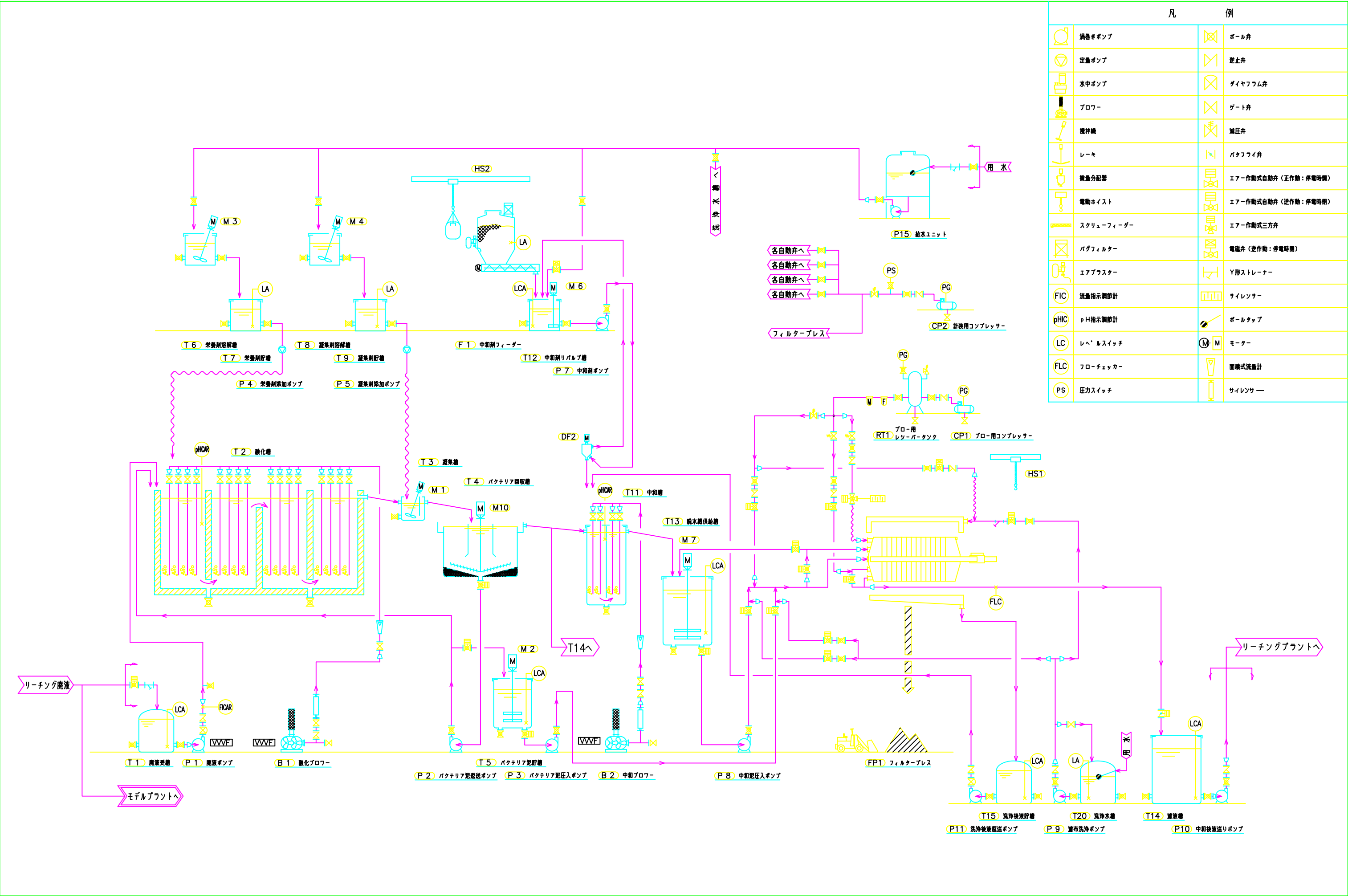
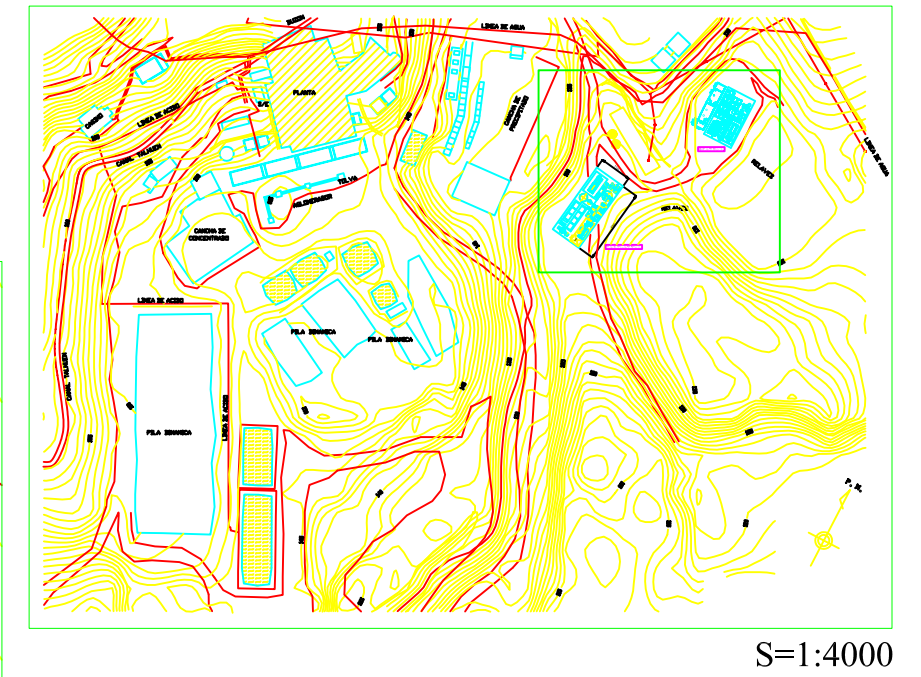
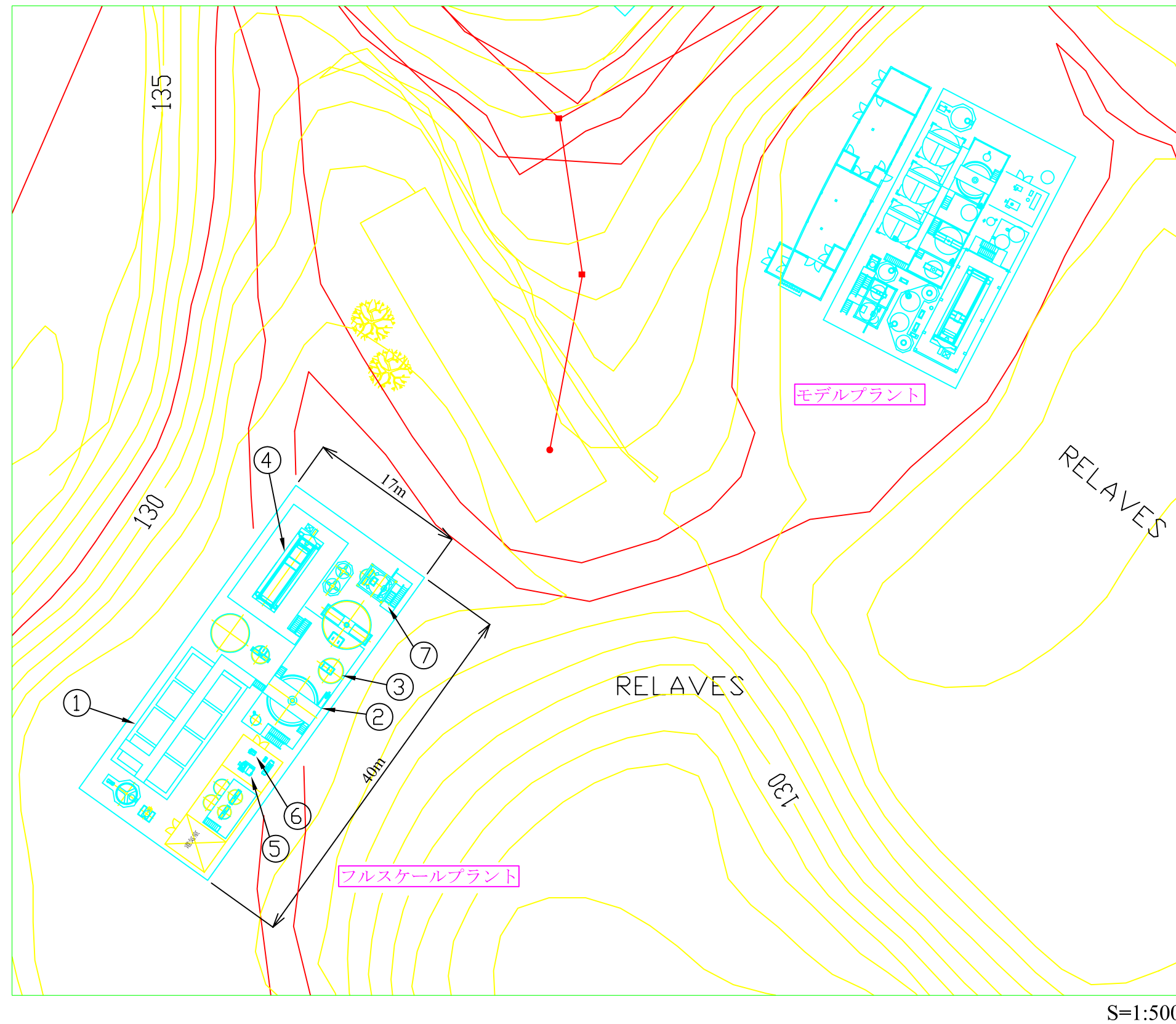


図 5-5 フルスケールプラント (ケース2) フローシート



1	T2	酸 化 槽
2	T4	バクテリア回収槽
3	T11	中 和 槽
4	FP1	フィルタープレス
5	B1	酸化ブローワー
6	B2	中和ブローワー
7		中和剤供給設備

図 5-6 フルスケールプラント（ケース2）配置図

5.3 設備費、運転費の算出

上記の検討結果を基に設備費、運転費を算出した。先の検討に示すようにケース 1 についてはモデルプラントの改造に要する費用を設備費として算出した。また、参考としてモデルプラントがその最大処理能力を発揮するために必要な改造費についても算出した。

5.3.1 設備費

以下に概算設備費を示す。

(単位：US\$)

	モデルプラント 最大処理能力 176m ³ /day	ケース 1 処理能力 330m ³ /day	ケース 2 処理能力 600m ³ /day
機械設備費	35,000	282,000	1,245,000
電気設備費	4,000	47,000	354,000
土木工事費	0	48,000	416,000
建築工事費	0	22,000	110,000
合 計	39,000	399,000	2,125,000

5.3.2 ランニングコスト

以下に概算のランニングコストを示す。

(単位：US\$ / year)

	モデルプラント 最大処理能力 176m ³ /day	ケース 1 処理能力 330m ³ /day	ケース 2 処理能力 600m ³ /day
薬 剤 費	67,000	126,000	228,000
電 気 費	26,000	38,000	83,000
人 件 費	40,000	40,000	40,000
保守点検費	49,000	58,000	96,000
合 計	182,000	262,000	447,000

薬剤費は下記の数値を使用した。薬剤使用量については 4 章を参照。

炭カル：US\$ 0.0589/kg

栄養剤：US\$ 4.61/kg

凝集剤：US\$ 4.428/kg

電気代は US\$ 0.052/KwH として求めた。

人件費はすべてのケースで現在のモデルプラントの人件費と同じとした。

保守点検費は（機械設備費 + 電気設備費）の 3%とし、モデルプラント関係の保守点検費はモデルプラントの設備費を US\$ 1,600,000 として計算した。

6 . 廃液処理フルスケールプラント導入のための 経済・財務分析（F/S）

6．廃液処理フルスケールプラント導入のための経済・財務分析（F/S）

6.1 プロジェクトの背景と経緯

ENAMI 経営の Ovalle プラントには、酸化銅鉱を原料とし沈殿銅を主産物とする工程が存在する。本工程は主に、酸化銅鉱の硫酸浸出過程およびこの過程から発生する硫酸銅高濃度貴液の鉄置換銅還元過程にて構成される（図 6-1「以前の Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程」に本調査以前の工程を参照）。後者、鉄置換銅還元過程では硫酸鉄高濃度の廃液を発生する。同廃液は、工程下流の天日蒸発地（蒸発ポンド）にて水分を蒸発させ固形分を沈殿処理する。但し、廃液の一部が蒸発ポンドの底面より地下浸透しプラント沿いの El Ingenio 川へ湧出するため、河川流域の水質の汚濁および土壌の汚染を伴っている。

上記汚染問題の解決は通常、蒸発ポンドの底面を防水加工して行うが、地震や洪水等の可能性の高い Ovalle 地域では不十分な対策となる。したがって、本調査技術移転の主項目とする、同廃液のバクテリア酸化・中和技術の応用性を図る目標より、モデル（パイロット）プラントを Ovalle プラントへ整備し、試験操業を実施した。その結果、物理化学的に安定した殿物および硫酸浸出過程へ循環可能な水を発生することに成功し、Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程での環境配慮型操業改善が確信された。（本廃液処理プラントを整備した Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程を図 6-2「現在の Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程」へ参照）

他方、ENAMI 側独自の意向によって、同廃液の減量を図るために、硫酸銅高濃度貴液の一部を、鉄置換銅還元過程を回避させ新設溶媒抽出準工程によって処理し、硫酸銅五水塩を副産物として生産開始した。

尚、上記モデル（パイロット）プラントのスケールアップ工程を導入した Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程のフィージビリティ・スタディを以下のケース別検討する。

- 酸化銅鉱処理工程の原鉱調達能力を 6,000t/month に指定した場合（スケールアップ・プラントを導入しない場合【without project】）
- 酸化銅鉱処理工程の原鉱調達能力を 8,000t/month に指定した場合
- 酸化銅鉱処理工程の原鉱調達能力を 14,000t/month に指定した場合

原鉱調達能力が 6,000t/month を超過することに伴って、沈殿銅生産工程から発生する廃液の量が増量するため、廃液処理プラントのスケールアップが必要となり設備増設投資を伴う。

本調査の操業・環境診断の効果を反映し、以上を踏まえて、ENAMI 内定の「投資計画基準」¹⁾にしたがって、私的および社会的の両評価方法による経済・財務分析を実施することにした。

¹⁾ COCHILCO（チリ銅委員会）および MIDEPLAN（企画協力省）の共同基準とする 2003 年度版「CODELCO-ENAMI 用の投資計画申請基準」（“Normas y Procedimientos para la Presentación de Antecedentes de Proyectos de Inversión de CODELCO-Chile y de ENAMI para el año 2003”. DG/01/2002）

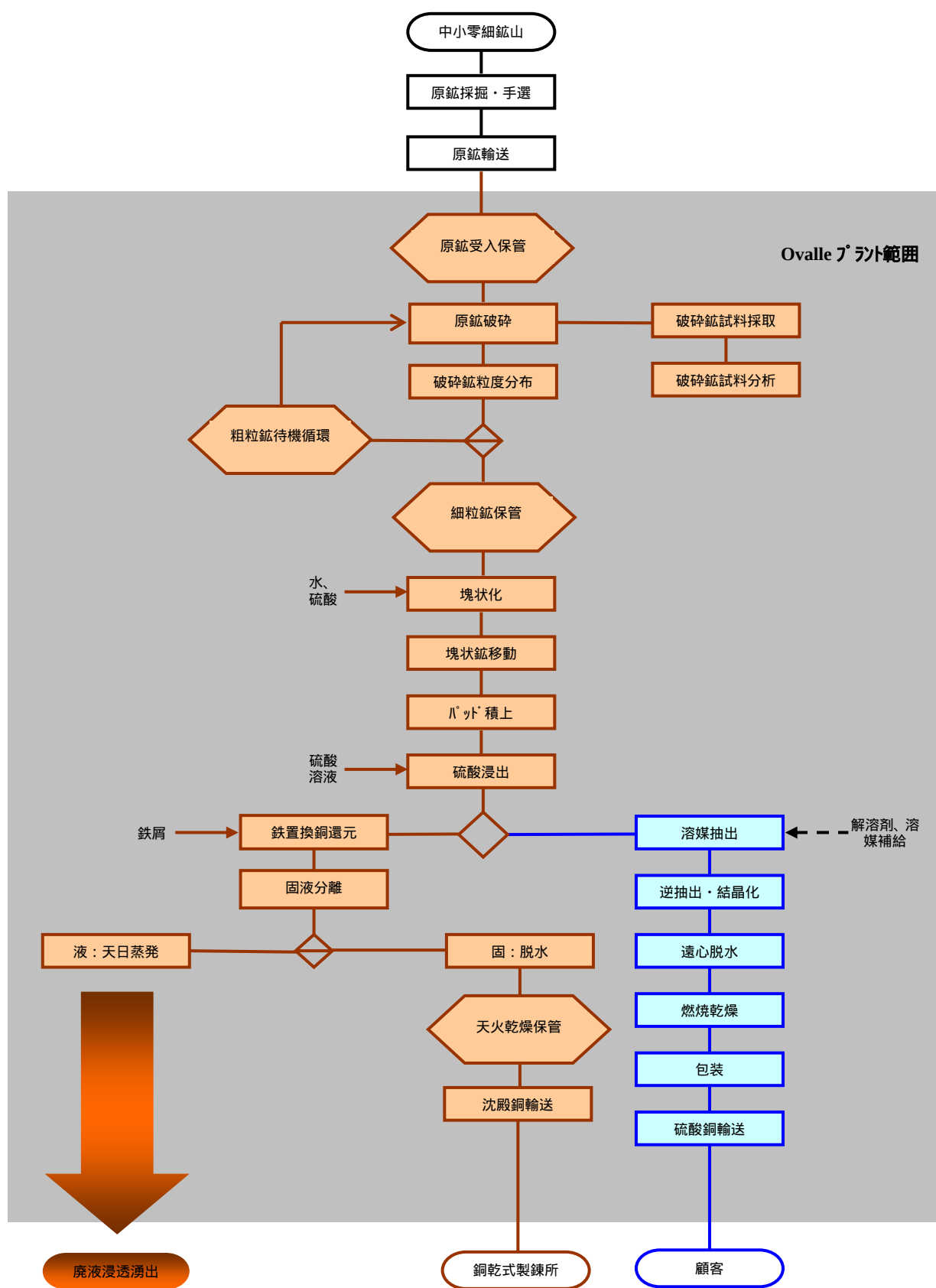


図 6-1 以前の Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程

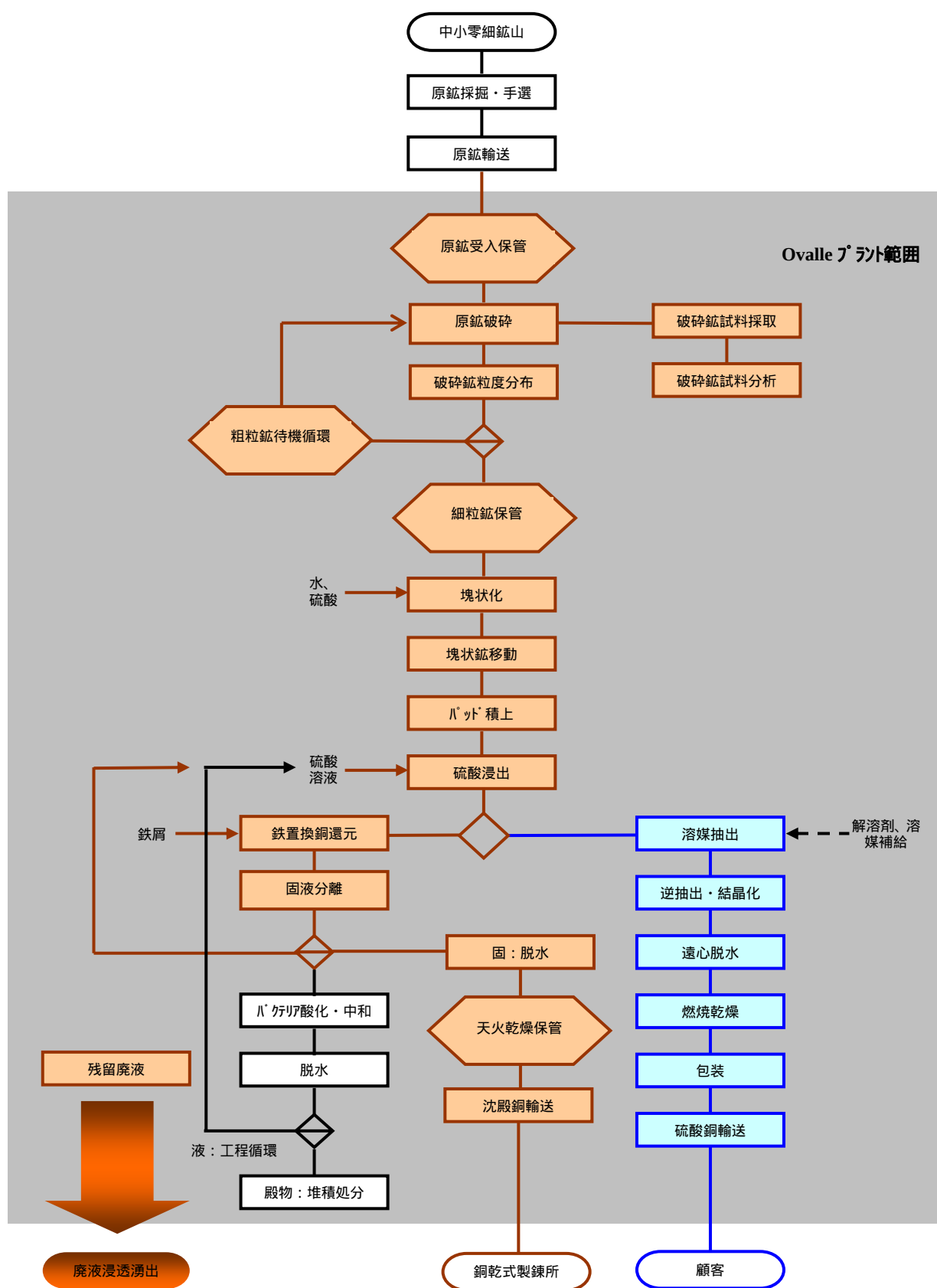


図 6-2 現在の Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程

6.2 プロジェクトの承認工程

ENAMI の各プロジェクト（既存プラントの拡張計画を含む）は上記「投資計画基準」に基づいて検討作成され、ENAMI の理事会にて技術および経済的可能性が判断される。その後、次年度の予算化のために COCHILCO（チリ銅委員会）および MIDEPLAN（開発協力省）へ照会、総括的に検討される。後者両機関よりの承諾が得られた場合、次年度の鉱山省予算として大蔵省を通して国会で論議承認される。一方、COCHILCO は技術の可能性を再検討すると共に、主に銅建値の推定値において経済性を検討する。他方、MIDEPLAN は、他の共存セクターとの関わりを評価し天然資源の持続可能な開発の観点からプロジェクトの妥当性を検討する。このように承諾されたプロジェクトは鉱業省枠内の ENAMI 分として予算化される。（下図に上記プロセスフローを参照）

したがって、本分析の基盤となるモデルプログラム²⁾は、ENAMI 側で本プロジェクト実施のための検討資料として利用可能な構成にて作成した。

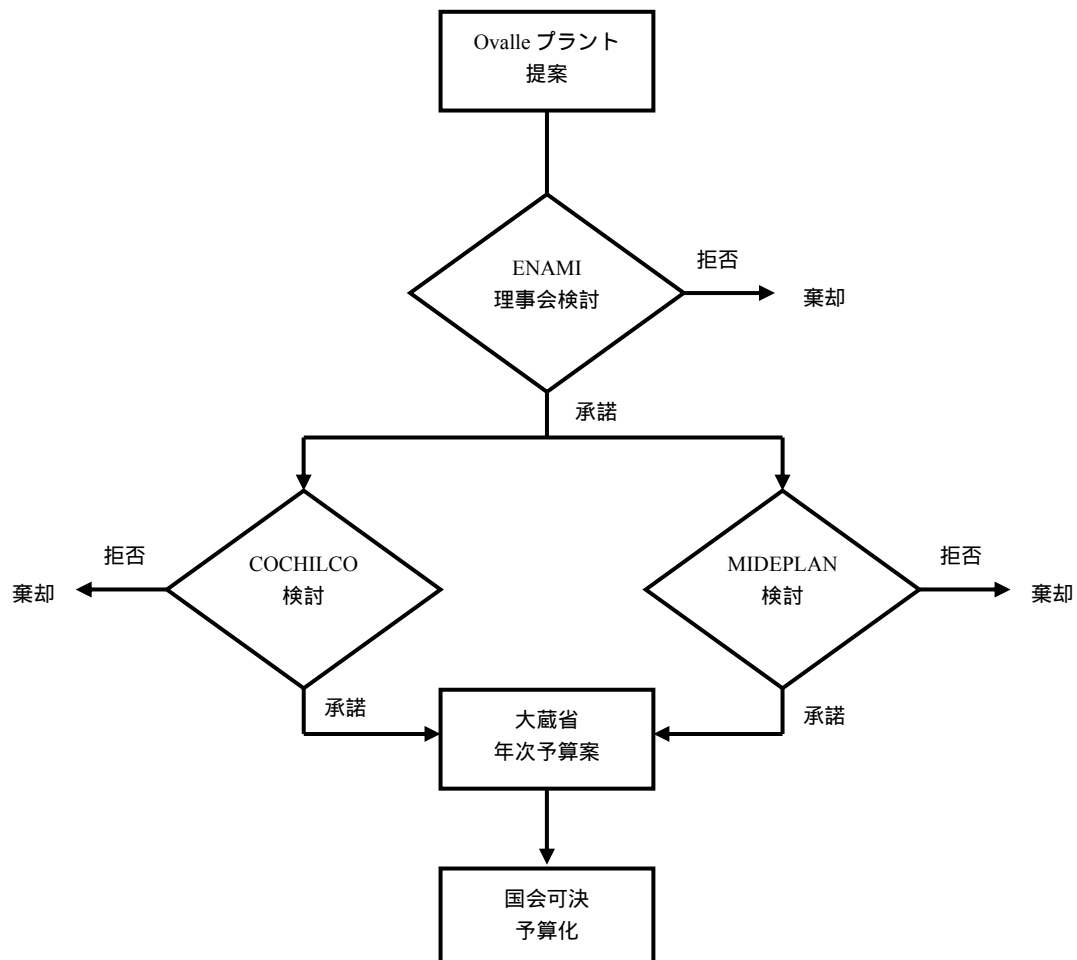


図 6-3 ENAMI プロジェクト承認工程

²⁾ マイクロソフト社エクセル計算表形式にて作成

6.3 市場および生産工程

6.3.1 需要および市況

Ovalle プラントの酸化銅鉱処理工程の産物とする沈殿銅および硫酸銅五水塩の需要および市況を以下にまとめる。

(1) 沈殿銅

本産物の銅品位は 65%～85%であり、商品化プロセス直下では粗銅への価値付加に乾式製錬処理が必要とする。同じ工程にて混合処理される銅精鉱の銅品位 25%前後と比較すれば、高品位ではあるが、硫黄分が少ないため乾式製錬の第一過程とする焙焼炉での発熱反応には不適切であり、製錬所側では通常好まれない原料として扱われている。

但し、ENAMI 経営溶錬所ではテニエンテ・コンバーター（焙焼炉）での硫黄含量調節剤、あるいは、これに次ぐ過程、転炉（Pierce-Smith 型）での温度調整剤として添加処理しているため、銅回収以外に別の目的も果たしている。Ventanas 製錬所では 5,000t/year（処理原料の 1.25%）、Paipote 溶錬所では 6,000t/year（処理原料の 2%）の沈殿銅産出の実績をあげ、その合計 11,000t/year に第三者の需要（2000 年実績：1,200t）を追加した量がチリ国内の需要であるといえる（即ち、約 12,200t）。また、輸出の可能性が殆どないため、内需が全需要であると指摘できる。

他方、沈殿銅の供給は ENAMI 経営の酸化銅鉱処理工程の他、ENAMI の中小零細生産者援助制度を適用する沈殿銅生産者および自立生産者³⁾とする。図 6-4「沈殿銅供給 vs 銅建値」（表 6-1「沈殿銅供給量および銅建値」のデータより作図）に図示するとおり、銅建値の低迷に伴って、沈殿銅の供給も相関的に下降している。したがって、沈殿銅供給の将来動向は銅建値の変動に比例するといえる。

図 6-5「沈殿銅供給割合」（表 6-1 および表 6-2「ENAMI 経営酸化銅鉱処理工程の操業実績」のデータより作図）に図示するとおり、2000 年の実績では、沈殿銅供給量の全体を ENAMI が 62%（El Salado、Taltal、Ovalle、Vallenar の合算）、第三者がその 38%を占めた。また、ENAMI 全体の同期操業度 45%から 11,800t/year の沈殿銅生産能力を持つと試算できる（その内 Ovalle プラントは 3,200t/year）。但し、ENAMI 各プラントの原鉱処理能力は周辺の中小零細鉱山よりの原鉱調達能力に限定されるため、各々設備能力に対する操業度は銅建値に伴って低減している。

他方、沈殿銅供給の 24%を占める El Salado プラントでは、溶媒抽出・電解（SX-EW）銅回収法への工程改造計画を企てており、沈殿銅の生産を停止し、電気銅の生産を開始する予定である。2001 年 4 月より設備能力 55t/month の SX-EW 工程を導入し銅品位 99.996%の電気銅の小規模生産を行なっている。

したがって、ENAMI 溶錬所の沈殿銅処理能力および El Salado プラントの沈殿銅減産計画を考察した結果、Ovalle プラントの原鉱調達能力の向上による沈殿銅の増産計画は可能であるといえる。即ち、既存 Ovalle プラントの最大生産能力 3,200t/year の供給に対する需要は開拓可能である。

³⁾ ENAMI の中小零細生産者援助制度を適用しない沈殿銅生産者

表6-1 沈殿銅供給量（単位：dmt）および銅建値

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
小規模生産者	5,216	3,026	2,488	2,435	3,395	4,525
中規模生産者	8,733	3,932	0	26	0	0
自立生産者	1,097	354	128	581	599	922
第三者供給量	15,046	7,312	2,616	3,042	3,994	5,447
ENAMI溶錬処理量	29,745	13,658	8,631	2,769	3,659	9,407
第三者処理量	2,239	1,972	0	8,742	11,611	1,247
沈殿銅総供給量	31,984	15,630	8,631	11,511	15,270	10,654
LME銅現物価格年平均						
US\$/fmt	2,936.52	2,290.46	2,275.70	1,652.88	1,573.66	1,814.26
US¢/lb	133.20	103.89	103.22	74.97	71.38	82.29

出典：

- 1) 沈殿銅供給量： 各ENAMI Annual Report、1996年度、1998年度、2000年度
- 2) 銅建値： LME

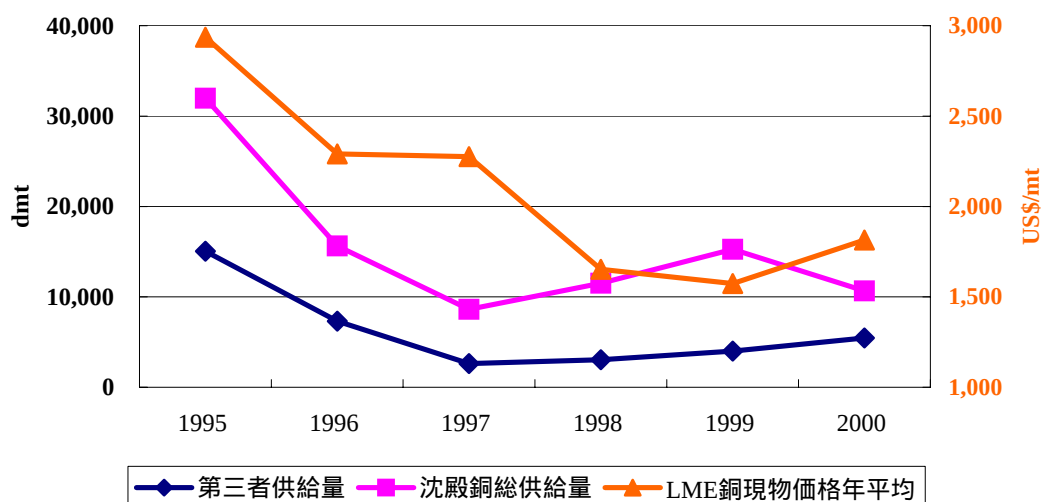


図6-4 沈殿銅供給vs銅建値

表6-2 ENAMI経営酸化銅鉱処理工程の操業実績（2000年）

	工場	Taltal	El Salado	Vallenar	Ovalle	ENAMI合計
原鉱購買量	dmt	55,754	116,710	32,424	61,530	266,418
原鉱処理量	dmt	71,155	116,710	35,397	53,173	276,435
操業度		49%	79%	25%	32%	
設備能力	dmt	150,000	150,000	140,000	170,000	610,000
沈殿銅供給量	dmt	3,082	3,452	1,067	1,390	8,991
純銅量	fmt	2,455	2,901	870	1,139	7,365
銅品位		80%	84%	82%	82%	82%
銅採取率		78%	78%	81%	76%	78%
計算生産能力*	dmt	2,900	2,900	2,800	3,200	11,800

* 原鉱品位2.5%、2000年実績の銅採取率を前提条件とした試算

出典： ENAMI Annual Report 2000

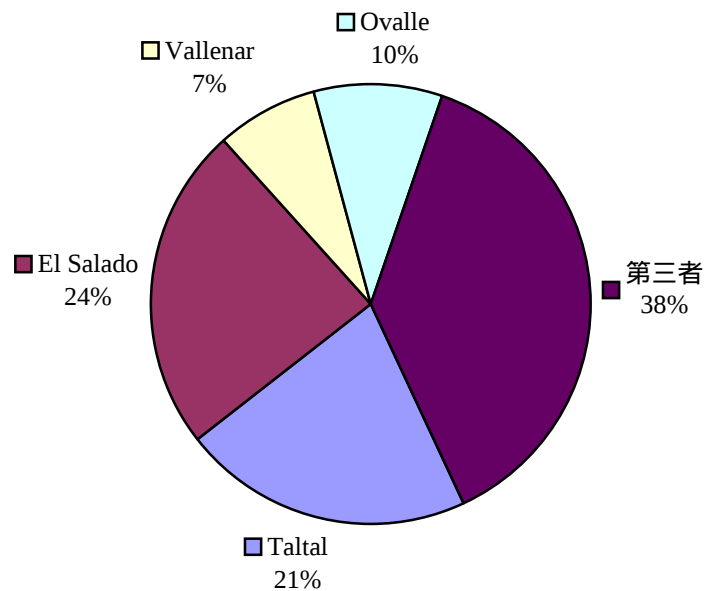


図6-5 沈殿銅供給割合（2000年実績）

(2) 硫酸銅五水塩

本産物の化学式は $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ であり、その銅含有比重率は 26%とする。また、Ovalle プラントでは現在 40t/month の生産能力を有し、その全量をディーラー経由、工場出荷価格 98 ¢/lb 純銅 (2,160.53US\$/t 純銅 = 561.73US\$/t 硫酸銅) にてルーマニア国へ輸出している。その生産原価は US\$280/t 硫酸銅 であり、同国顧客は 100t/month を発注していると報告する。

硫酸銅五水塩の世界需要は 200,000t/year と推定され、3/4 分が農業用途とし、その大半が殺菌剤として消費される。また、100 以上の生産者が存在すると予想される⁴⁾。その他、銅製錬での電解液、銅メッキでのコーティング剤、鉛・亜鉛・コバルト・金浮選での活性剤、銅版のエッチング剤、防錆塗料の原料やガラスの着色剤として使われている。

6.3.2 プラントの生産能力

Ovalle プラントの酸化銅鉱処理工程は設備能力として、170,000t/year (約 14,000t/month) の原鉱処理能力を有し、年間 3,200t の沈殿銅が生産できるように整備されているが、銅建値低迷の市況によって周辺鉱山よりの原鉱調達能力が現在 6,000t/month 程度であるため、43%上下の操業度を維持している。但し、ENAMI の中期計画として、8,000t/month の原鉱調達量を目標としている (操業度 57%)。他方、一次硫酸浸出廃石の二次硫酸浸出処理を対原鉱処理量の 48%程度で実施している。

他方、酸化銅鉱処理工程リーチング過程の銅回収率の 2000 年実績 82.2%と原鉱銅品位 2.3%を仮定し、現在の硫酸銅五水塩生産準工程での銅回収率 77.3%と本準工程の生産量 40t/month (銅含有率 26%) から約 712t の原鉱を処理していることが解り、硫酸銅五水塩の生産に現在の原鉱調達量の約 12%を需要するといえる。

6.3.3 原材料および投入物

(1) 原料

本工程の原料は Ovalle 周辺の 40～50 の小規模零細鉱山より供給される酸化銅鉱であり、上述のとおり、銅建値の低迷に由来しその調達が年次減量している。ENAMI の 2000 年度報告書によると、酸化銅鉱の埋蔵量は下表に示すとおりである。

表 6-3 ENAMI 所有鉱区の埋蔵鉱量 (酸化銅鉱)

地域	探査地区数	確定鉱量 (t)	銅品位 (%)	推定鉱量 (t)	合計 (t)
北部	67	1,311,208	2.08	510,874	1,822,082
中南部	7	423,575	1.85	828,453	1,252,028
全部	74	1,734,783	2.02	1,339,327	3,072,110

出典：ENAMI Annual Report 2000

⁴⁾ 出典：Technical Department, Copper Development Association Inc., U.K. “Uses of Copper Compounds”.

ENAMI 酸化銅鉍処理工程の原鉍処理量 276,435t/year (表 6-2 中の「ENAMI 合計」欄「原鉍処理量」参照【2001 年実績】) から、現在の処理量を維持した場合、確定鉍量 (1,734,783t) より 6.3 年、推定鉍量を追加した数値 (3,072,110t) より 11.1 年分の処理鉍量が潜在すると試算できる。

但し、原鉍単価は ENAMI の中小零細鉍山援助基金が負担するため、Ovalle プラントの資金収支には直接影響しないこととなっている。

(2) 補助材料

沈殿銅の生産には、硫酸と鉄屑が補助材料として必要である。硫酸は ENAMI の Paipote 溶錬所および Ventanas 製錬所から陸上輸送される。Ovalle プラントでの調達原価は 39.00 US\$/t である。鉄屑の Ovalle プラント調達原価は 57.00 US\$/t である。鉄屑とは産業廃棄物 (機械類の本体および部品等) を有効利用しているため、本過程では「資源循環型経済システム」の構築に貢献していると言える。下表に Ovalle プラントの 2001 年実績より試算した各数値を示す。

表 6-4 補助材料：酸化銅鉍処理工程

補助材料	項目	単位	一次浸出過程	二次浸出過程
硫酸	消費量	US\$	361,880	44,752
	原鉍処理量	t	69,126	32,860
	単価	US\$/t	5.24	1.36
鉄屑	消費量	US\$	69,751	6,750
	原鉍処理量	t	69,126	32,860
	単価	US\$/t	1.01	0.21

出典：Ovalle プラント

他方、沈殿銅生産工程の廃液処理プラントでは中和剤、凝集剤とバクテリア栄養剤が必要とする。これらの Ovalle プラント調達原価および消費量は下表に示す。下記 6.3.10「廃液処理プラント」に本補助材料のコストを含めた廃液処理コストを記載する。

表 6-5 補助材料：廃液処理プラント

試薬類	調達原価 (US\$/kg)	消費量 (kg/m ³)	単価 (US\$/m ³)
炭酸カルシウム	0.0589	17	1.00
凝集剤	4.248	0.005	0.0266
栄養剤	4.61	0.0025	0.0115

6.3.4 工場補給品および修繕費

下表に Ovalle プラント酸化銅鉍処理工程の工場補給品の 2001 年実績を記載する。

表 6-6 工場補給品および修繕費：酸化銅鉱処理工程

項目	単位	固定費割合	原鉱受入	破碎	沈殿銅工程		硫酸銅工程
					一次浸出	二次浸出	
保安具	US\$	50%	135	150			
部品類	US\$	20%	2,436	12,343	25,222		9,346
消耗品	US\$	0%	69	356	1,003		209
修繕費	US\$	85%	2,847	10,177	47,900	200	12,979
その他固定費	US\$	100%	1,834	72	4,666		337
その他変動費	US\$	0%	452	1,834	1,519		
固定費小計	US\$		4,809	11,267	50,425	170	13,238
変動費小計	US\$		2,964	13,666	29,885	30	9,633
総計	US\$		7,774	24,932	80,310	200	22,871
原鉱処理量	t		69,318	69,318	69,125	32,860	193
固定単価	US\$/t		0.07	0.16	0.73	0.0052	68.73
変動単価	US\$/t		0.04	0.20	0.43	0.0009	50.01
総計単価	US\$/t		0.11	0.36	1.16	0.0061	118.75

出典：Ovalle プラント

*原鉱受入過程および破碎過程でのコストは硫化鉱処理工程と共通であるため、酸化鉱処理量の割合試算した。

6.3.5 ユーティリティ

下表に Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程のユーティリティの 2001 年実績を記載する。

表 6-7 ユーティリティ：酸化銅鉱処理工程

項目	単位	原鉱受入	破碎	沈殿銅工程		硫酸銅工程
				一次浸出	一次浸出	
固定光熱費	US\$			1,615		
変動光熱費	US\$	4,154	262	10,128	3,977	1,237
光熱費合計	US\$	4,154	262	11,743	3,977	1,237
原鉱処理量	t	69,318	69,318	69,125	32,860	193
固定単価	US\$/t	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
変動単価	US\$/t	0.06	0.004	0.15	0.12	6.42
総計単価	US\$/t	0.06	0.004	0.17	0.12	6.42

出典：Ovalle プラント

*原鉱受入過程および破碎過程でのコストは硫化鉱処理工程と共通であるため、酸化鉱処理量の割合試算した。

6.3.6 工場立地およびプラントエンジニアリング

本項目に関しては、本調査の技術移転の内容であることから、財務・経済分析では埋没コスト⁵⁾として扱い、資金面では分析の対象外とする。

6.3.7 間接管理費

Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程の間接管理費として主に、経営管理費、旅費、交通費、情報処理費、分析費等が含まれる。下表に Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程の間接管理費の 2001 年実績を記載する。

⁵⁾ どの解決策を採用しても金額が変化しない原価（英：sunk cost）

表 6-8 間接管理費：酸化銅鉱処理工程

項目	単位	原鉱受入	破碎	沈殿銅工程		硫酸銅工程
				一次浸出	一次浸出	
固定間接管理費	US\$	90,199	23,945	314,581		304
変動間接管理費	US\$	47		13,794	576	
合計	US\$	90,246	23,945	328,375	576	304
原鉱処理量	t	69,318	69,318	69,125	32,860	193
固定単価	US\$/t	1.30	0.35	4.55	0.00	1.58
変動単価	US\$/t	0.0007	0.00	0.20	0.02	0.00
総計単価	US\$/t	1.30	0.35	4.75	0.02	1.58

出典：Ovalle プラント

*原鉱受入過程および破碎過程でのコストは硫化銅処理工程と共通であるため、酸化銅処理量の割合試算した。

6.3.8 人材

Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程の人材労務費は、直轄労務費と請負労務費に区分管理される。下表に Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程の人材労務費の 2001 年実績を記載する。本費目は ENAMI 内定の投資計画申請基準によって、年次 2%上昇改訂が指定される。

表 6-9 人材労務費：酸化銅鉱処理工程

項目	単位	原鉱受入	破碎	沈殿銅工程		硫酸銅工程
				一次浸出	一次浸出	
固定直轄労務費	US\$	16,511	10,181	59,582		
変動直轄労務費	US\$	2,061	1,626	7,861		
固定請負労務費	US\$	6,726	3,937	34,026		11,337
変動請負労務費	US\$	27,112	28,601	161,342	43,464	17,609
合計	US\$	52,410	44,346	262,811	43,464	28,946
原鉱処理量	t	69,318	69,318	69,125	32,860	193
固定単価	US\$/t	0.34	0.20	1.35	0.00	58.86
変動単価	US\$/t	0.42	0.44	2.45	1.32	91.43
総計単価	US\$/t	0.76	0.64	3.80	1.32	150.29

出典：Ovalle プラント

*原鉱受入過程および破碎過程でのコストは硫化銅処理工程と共通であるため、酸化銅処理量の割合試算した。

6.3.9 減価償却費

減価償却費の 2001 年実績は原鉱受入過程 US\$4,856、破碎過程 US\$30,317、沈殿銅生産工程 US\$84,246 を計上した。前者二過程は硫化銅処理工程との共同設備であるため、酸化銅処理量の割合 52%を比例配分すれば、本工程の減価償却費は US\$102,526 に相当することとなる。したがって、酸化銅処理工程の設備能力を維持改善するためには、同程度の年次投資（US\$100,000）が必要であると仮定する。

他方、資産の残存価値は本分析の結果には影響しないことから本項目は勘定していない。即ち、本プロジェクト初期投資の大半を占める廃液処理プラント設備（8,000t/month および 14,000t/month の原鉱処理ケースの場合）の 15 年後の残存価値は無い前提条件下での財務・経済分析を行った。

6.3.10 廃液処理プラント

下表へ規模別に廃液処理プラントのスケールアップの設備投資額および操業費用と共に処理後液の一次硫酸浸出過程への推定循環量⁶⁾を示す。

表 6-10 廃液処理プラントの処理量対コスト

原鉱処理能力	6,000t/month	8,000t/month	14,000t/month
廃液発生量	250m ³ /day	330m ³ /day	600m ³ /day
廃液処理能力	176m ³ /day	330m ³ /day	600m ³ /day
処理後液循環能力	158m ³ /day	297m ³ /day	540m ³ /day
設備投資額 (US\$)	39,000	399,000	2,125,000
操業費用 (US\$)	182,000	262,000	447,000

6.4 実施計画

15 年寿命の廃液処理スケールアップ・プラントを立案するため、プロジェクト期間を建設期間 1 年および操業期間 15 年の合計 16 年計画とする。本報告書の 6.3.3 項(1)「原料」での試算によれば、11.1 年開発可能な埋蔵鉱量しか推定されていないが、本プロジェクトでは、可採鉱量が随時確定される条件を前提とする。

他方、工場の閉鎖措置は関連法案が制定されていないことと、本分析 3 ケース間の比較には影響しないと考察するため本分析の対象外とした。

Ovalle プラントは原鉱を処理し付加価値を与える“*Custom Beneficiation Plant*”と定義され、同プラントでの操業は ENAMI 内定の収支方法にて評価される。酸化銅鉱処理工程での操業は以下の収支方法にて評価される。

6.4.1 酸化銅鉱調達手数料

周辺鉱山より原鉱を調達する業務に対し、ENAMI より評価される手数料のことをいう。その評価は以下の式によって行われる。

$$I_C^{mo} = C_{Tc} * Q_C = 9,178.67 \text{ US\$/month}^{7)}$$

C_{Tc} : 原鉱購買手数料 (1.28 US\$/t)
 Q_C : 原鉱購買量 (7,170.836 t)⁷⁾

6.4.2 酸化銅鉱破碎手数料

破碎過程にて原鉱を破碎する業務に対し、ENAMI より評価される手数料のことをいう。その評価は以下の式によって行われる。

⁶⁾ 廃液処理プラントの残渣とする脱水ケーキ水分 (47.5%) の全量が工程外へ排出される前提より、マテリアルバランス計算から廃液の 94% がろ液として循環可能となる。但し、輸送設備等での蒸発、漏水等を勘案して 90% の循環量を推定。

⁷⁾ 2001 年 2 月実績例

$$I_{Ch}^{mo} = C_{Tch} * Q_{Ch} = 13,696.30 \text{ US\$/month}^{7)}$$

C_{Tch} : 破碎手数料 (1.91 US\\$/t)

Q_{Ch} : 破碎鉱量 (7,170.836 t)⁷⁾

6.4.3 酸化銅鉱処理手数料

破碎原鉱から沈殿銅を生産するまでの処理業務に対し、ENAMI より評価される手数料のことをいう。その評価は以下の式によって行われる。

$$I_b^{mo} = (C_{Tr} + C_{Tv}) * Q_b = 67,587.70 \text{ US\$/month}^{7)}$$

C_{Tr} : 原鉱処理固定手数料 (8.10 US\\$/t)

C_{Tv} : 原鉱処理変動手数料 (4.87 US\\$/t)⁷⁾

$$C_{Tv} = C_{Tb} * L_m$$

C_{Tb} : 基本変動手数料 (1.965)

L_m : 可溶銅品位 (2.480 %)⁷⁾

Q_b : 処理鉱量 (5,209.794 t)⁷⁾

6.4.4 沈殿銅評価収支

ENAMI 定義標準プラントの操業成績を銅の採収率 77.68%、沈殿銅の銅品位 75.5%および銅のロス率 4%を仮定した他、銅の建値、溶錬・精製手数料を市況勘案して評価する。その評価は以下の式によって行われる。

(1) 標準プラント評価

$$V_{PS} = [f_{Cu-P} (P_{Cu} - C_{Cu}^R) F_c (1 - p_{Cu}^m / 100) - (W_{s-P} * M_f)] = 117,017.98 \text{ US\$/month}$$

f_{Cu-P} : 沈殿銅含有銅量 (100.365 t)⁷⁾

P_{Cu} : 銅建値 (68.2180 US\\$/lb)⁸⁾

C_{Cu}^R : 銅精製手数料 (7.62 US\\$/lb)

if $P_{Cu} < 80 \text{ US\$/lb} \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb} + 0.1 (P_{Cu} - 80)$

if $P_{Cu} [80 \text{ US\$/lb} , 100 \text{ US\$/lb}] \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb}$

if $P_{Cu} > 100 \text{ US\$/lb} \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb} + 0.1 (P_{Cu} - 100)$

C_{Cu}^{Rb} : 銅精製基本手数料 (8.80 US\\$/lb)

F_c : 換算係数 (22.0462 US\\$/lb/US\\$/t)

p_{Cu}^m : 銅ロス率 (4.00 %)

W_{s-P} : 沈殿銅生産量 (132.934 t)⁷⁾

M_f : 溶錬手数料 (88.00 US\\$/t)

他に、銅の採収率および沈殿銅の銅品位を以下の数値に指定する。

R_{Cu} : 銅の採収率 (77.68 %)

L_{Cu-P} : 沈殿銅の銅品位 (75.50 %)

⁸⁾ 前月 LME-spot 平均 (2001 年 1 月実績例)

(2) プラント実績評価

$$V_{PR} = [f_{Cu-P} (P_{Cu} - C_{Cu}^R) F_c (1 - p_{Cu}^m / 100) - (W_{s-P} * M_f)] = 112,400.79 \text{ US\$/month}$$

f_{Cu-P} : 沈殿銅含有銅量 (95.320 t)⁷⁾

P_{Cu} : 銅建値 (68.2180 US\\$/lb)⁸⁾

C_{Cu}^R : 銅精製手数料 (7.62 US\\$/lb)

if $P_{Cu} < 80 \text{ US\$/lb} \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb} + 0.1 (P_{Cu} - 80)$

if $P_{Cu} [80 \text{ US\$/lb} , 100 \text{ US\$/lb}] \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb}$

if $P_{Cu} > 100 \text{ US\$/lb} \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb} + 0.1 (P_{Cu} - 100)$

C_{Cu}^{Rb} : 銅精製基本手数料 (8.80 US\\$/lb)

F_c : 換算係数 (22.0462 US\\$/lb/US\\$/t)

p_{Cu}^m : 銅ロス率 (4.00 %)

W_{s-P} : 沈殿銅生産量 (111.878 t)⁷⁾

M_f : 溶錬手数料 (88.00 US\\$/t)

銅の採収率および沈殿銅の銅品位の 2001 年 2 月実績は以下の結果を出した。

R_{Cu} : 銅の採収率 (73.78 %)

L_{Cu-P} : 沈殿銅の銅品位 (85.20 %)

(3) 収支評価

標準プラント評価とプラント実績評価の差異が本収支の結果となる。

$$V_N = V_{PR} - V_{PS} = 112,400.79 \text{ US\$/month} - 117,017.98 \text{ US\$/month} = -4,617.19 \text{ US\$/month}^7)$$

他方、ENAMI 補助制度の受益者となる酸化銅鉱調達業者（第三者）および沈殿銅調達業者（第三者）に対する購買条件を以下に示す。

6.4.5 酸化銅鉱購買価格

Ovalle プラントの周辺鉱山より調達される酸化銅鉱の購買条件は以下の式によって価格評価される。

(1) 基本価格

$$V_b = \{ [F_c (P_{Cu} - C_{Cu}^R) (L_p / 100) (1 - p_{Cu}^m / 100)] - M_f \} (R / 100) (L_m / L_p) - [C_f + L_m (C_a + C_{ch})] = 7.4125 \text{ US\$/t}^7)$$

F_c : 換算係数 (22.0462 US\\$/lb/US\\$/t)

P_{Cu} : 銅補助価格 (70.8470 US\\$/lb)⁷⁾

C_{Cu}^R : 銅精製手数料 (7.8847 US\\$/lb)⁷⁾

if $P_{Cu} < 80 \text{ US\$/lb} \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb} + 0.1 (P_{Cu} - 80)$

if $P_{Cu} [80 \text{ US\$/lb} , 100 \text{ US\$/lb}] \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb}$

if $P_{Cu} > 100 \text{ US\$/lb} \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb} + 0.1 (P_{Cu} - 100)$

C_{Cu}^{Rb} : 銅精製基本手数料 (8.80 US\\$/lb)

L_p : 沈殿銅品位 (75.50 %)

p_{Cu}^m : 銅ロス率 (4.00 %)

M_f : 溶鍊手数料 (88.00 US\$/t)
 R : 銅採取率 (77.68 %)
 L_m : 原鉱品位 (2.50 %)
 C_f : 基本総括手数料 (11.29 US\$/t)
 C_a : 硫酸消費手数料 (1.354 US\$/1%)
 $C_a = P_{H_2SO_4} (R / 100) (C_{H_2SO_4} / 100)$
 $P_{H_2SO_4}$: 硫酸単価 (35.00 US\$/t)
 $C_{H_2SO_4}$: 硫酸消費量 (4.98 kg/kg)
 C_{ch} : 鉄屑消費手数料 (0.6110 US\$/1%)
 $C_{ch} = P_{ch} (R / 100) (C_{ch} / 100)$
 P_{ch} : 鉄屑単価 (65.00 US\$/t)
 C_{ch} : 鉄屑消費量 (1.21 kg/kg)

(2) 品位優遇手数料：原鉱銅品位 2.5%以上の酸化銅鉱が対象

$$V_e = \{ [F_C (P_{Cu} - C_{Cu}^R) (L_p / 100) (1 - p_{Cu}^m / 100)] - M_f \} (R / 100) (1 / L_p) - (C_a + C_{ch}) = 7.4810 \text{ US\$/\%}\cdot t^7)$$

(3) 硫酸消費収支：硫酸消費量が硫酸基本消費量との比大・小より負・正関数

$$PP_{H_2SO_4} = C_a / C_a^b = 0.2719 \text{ US\$/\%}\cdot t$$

C_a^b : 硫酸基本消費量 (4.98 kg/kg)

(4) 銅建値安定補助金

$$F_E = [(F_C * A_{872}^D * 96.00) (R / 100)] / 10,000 = 2.3268 \text{ US\$/\%}\cdot t$$

A_{872}^D : ENAMI 約款 872 項 (14.1530 US\$/lb)
 if $P_{Cu}^S - P_{Cu} < 0 \rightarrow A_{872}^D = 0$
 if $P_{Cu}^S - P_{Cu} \geq 0 \rightarrow A_{872}^D = P_{Cu}^S - P_{Cu}$
 P_{Cu}^S : 銅安定価格 (85.00 US\$/lb) ⁷⁾

6.4.6 沈殿銅購買価格

沈殿銅調達者（第三者）より ENAMI の溶鍊製錬所へ調達される沈殿銅の購買条件は以下の式によって価格評価される。

(1) 基本価格

$$V_b = [F_C (P_{Cu} - C_{Cu}^R) (L_p / 100) (1 - p_{Cu}^m / 100)] - M_f = 778.1625 \text{ US\$/t}$$

F_C : 換算係数 (22.0462 US\$/lb/US\$/t)
 P_{Cu} : 銅補助価格 (70.8470 US\$/lb) ⁷⁾
 C_{Cu}^R : 銅精製手数料 (7.8847 US\$/lb) ⁷⁾
 if $P_{Cu} < 80 \text{ US\$/lb} \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb} + 0.1 (P_{Cu} - 80)$
 if $P_{Cu} [80 \text{ US\$/lb}, 100 \text{ US\$/lb}] \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb}$
 if $P_{Cu} > 100 \text{ US\$/lb} \rightarrow C_{Cu}^R = C_{Cu}^{Rb} + 0.1 (P_{Cu} - 100)$

C_{Cu}^{Rb} : 銅精製基本手数料 (8.80 US\$/lb)

L_p : 沈殿銅品位 (65.00 %)

p_{Cu}^m : 銅ロス率 (4.00 %)

M_f : 溶錬手数料 (88.00 US\$/t)

(2) 品位優遇手数料 : 銅品位 65%以上の沈殿銅が対象

$$V_e = F_C (P_{Cu} - C_{Cu}^R) (1 / 100) (1 - p_{Cu}^m / 100) = 13.3256 \text{ US\$/\%-t}$$

(3) 銅建値安定補助金 :

$$F_E = [(F_C * A_{872}^D * 96.00)] / 10,000 = 2.9954 \text{ US\$/\%-t}$$

A_{872}^D : ENAMI 約款 872 項 (14.1530 US\$/lb)

$$\text{if } P_{Cu}^S - P_{Cu} < 0 \rightarrow A_{872}^D = 0$$

$$\text{if } P_{Cu}^S - P_{Cu} \geq 0 \rightarrow A_{872}^D = P_{Cu}^S - P_{Cu}$$

P_{Cu}^S : 銅安定価格 (85.00 US\$/lb) ⁷⁾

他方、本報告書 6.3.3 「原材料および投入物」～6.3.10 「廃液処理プラント」の各項に記載する Ovalle プラントの 2001 年の実績に基づいて以下経済・財務分析を行う。特に、同期の固定費と変動費を区別勘案して規模の経済を推測すると共に本調査での操業診断による改善効果を反映した分析である。

尚、本経済・財務分析は Ovalle プラントの”Custom Beneficiation Plant”の特殊的な事情を分析するため、参考まで原料の酸化銅鉱から商品の銅地金までの価値分析も行った。即ち、Ovalle プラント工程の上下を含んだ付加価値プロセスを評価し、同プラントのコスト割合を把握した。

本分析の対象となる Ovalle プラントの酸化銅鉱処理工程の実施計画工程を図 6-6 「Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程（実施計画）」に参照する。

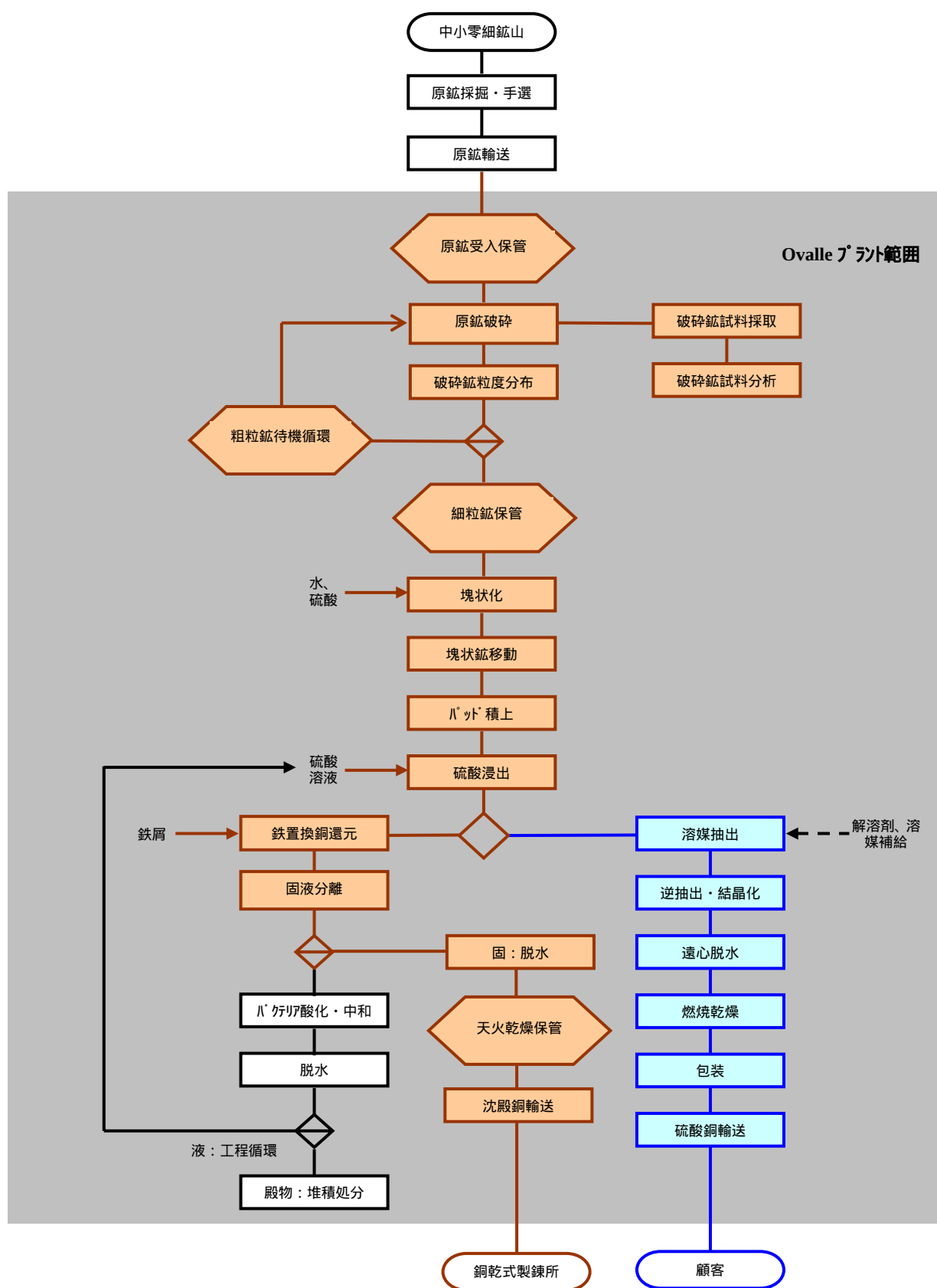


図 6-6 Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程（実施計画）

6.5 財務分析

Ovalle プラント酸化銅鉍処理工程の原鉍調達能力別に以下のとおりキャッシュフロー分析を行った。これらの計算結果は本報告書の ANNEX に収録する⁹⁾。

- 原鉍調達能力 6,000t/month、即ち、現状維持のため、廃液処理プラントのスケールアップを実施しない場合 (Without-project)
- 原鉍調達能力 8,000t/month
- 原鉍調達能力 14,000t/month

本プロジェクトには銅建値が大きく影響するため、2001 年 1 月の実績数値例以外に、ENAMI 内定の「投資計画基準」にしたがって銅建値を変数とした感度分析を 80US ¢ /lb、92US ¢ /lb および 102US ¢ /lb の各値において行った。

国営 ENAMI に付属する Ovalle プラントの対象となる税制度は国庫支配され、かつ損益の年次繰越が不可能であるため、本分析は営業上の範囲に留める。したがって、設備の原減価償却費の財務的影響は無視される。また、本分析は既存事業の継続を対象とするため、運転資金の資金繰りによる資金的影響も無視する。

他方、硫酸銅五水塩および二次硫酸浸出の影響を回避する目的で、前者硫酸銅五水塩は現在の 40t/month の生産量に、後者二次硫酸浸出の処理量を現在の一次硫酸浸出処理量との対比 48%に固定化した。

キャッシュフロー分析結果より、割引率 14% (ENAMI 内定の「投資計画基準」指定) の DCF¹⁰⁾分析を行い正味現在価値 (NPV) および内部収益率 (IRR) を推算した。

本財務分析結果の一覧表を下表に示す。

表 6-11 財務分析結果表

プロジェクトケース	銅建値 (US ¢ /lb)	初期投資 (千 US\$)	生産単価* (US ¢ /lb)	NPV _{14%} (千 US\$)	IRR (%)
現状維持 6,000t	68.2180	139	63.03	-3,484	無理数
操業改善 6,000t	68.2180	139	59.43	-2,998	無理数
操業改善 6,000t	80.00	139	59.43	-2,913	無理数
操業改善 6,000t	92.00	139	59.43	-2,818	無理数
操業改善 6,000t	102.00	139	59.43	-2,740	無理数
操業改善 8,000t	68.2180	499	52.70	-3,114	無理数
操業改善 8,000t	80.00	499	52.70	-2,999	無理数
操業改善 8,000t	92.00	499	52.70	-2,868	無理数
操業改善 8,000t	102.00	499	52.70	-2,761	無理数
操業改善 14,000t	68.2180	2,225	43.93	-3,776	無理数
操業改善 14,000t	80.00	2,225	43.93	-3,567	無理数

⁹⁾ 注意事項：ANNEX へ添付する各「分析結果一覧」に記載する図の内、内部収益率 (IRR) が「無理数」の結果をあげた場合、プログラムの誤算によって「0」の値を表示する。

¹⁰⁾ Discounted Cash Flow (割引キャッシュフロー)

プロジェクトケース	銅建値 (US ¢ /lb)	初期投資 (千 US\$)	生産単価* (US ¢ /lb)	NPV _{14%} (千 US\$)	IRR (%)
操業改善 14,000t	92.00	2,225	43.93	-3,331	無理数
操業改善 14,000t	102.00	2,225	43.93	-3,137	無理数

* 一年次の Cash Cost (営業費用から減価償却費を差引いたコスト【単位は US ¢ /lb 沈殿銅含有銅】)

上記表示のとおり、全てのケースが財務上不可能であることが明らかである。現状の 6,000t/month から 14,000t/month への原鉱処理規模を増加することに伴って Cash Cost が約 26%減 (59.43US ¢ /lb→43.93US ¢ /lb) となり規模の経済は享受される様子だが、損益分岐点への達成には不十分である。廃液処理プラントの操業費用の規模が主な課題となる。また、現在の Ovalle プラントの収入評価方法では、銅建値変動による感度分析の結果、銅建値増の影響が小さいことから、当該便益は得られない状態であることが解る。銅建値が約 50%上昇 (68.2180 US ¢ /lb → 102.00 US ¢ /lb) しても NPV への影響はわずか 9%~17% (6,000t/month : 9%、8,000t/month : 11%、14,000t/month : 17%) である。無論、IRR 評価法は無意味となる。

本章 ANNEX へ添付「私的：操業改善（酸化銅鉱処理量別）【分析結果一覧】」に各々「財務指標一覧表」、「銅建値感度分析結果」および「銅建値別割引累積収支」の図表を参照する。

他方、ENAMI 内定の酸化銅鉱・沈殿銅購買条件より、標準酸化銅鉱の購買価格が 17.31 US ¢ /lb (原鉱価格 ÷ 原鉱品位 ÷ 銅採取率 ÷ 換算係数 : 7.41 US\$/t ÷ 2.50% ÷ 77.68% ÷ 22.0462US\$/lb/US ¢ -t)、沈殿銅の処理に対する溶錬手数料と精製基本手数料がそれぞれ 3.18US ¢ /lb (溶錬手数料 × 沈殿銅品位 × 銅採取率 ÷ 換算係数 : 88US\$/t × 83% × 96% ÷ 22.0462US\$/lb/US ¢ -t) および 8.80 US ¢ /lb に指定される。これらと上記の Ovalle プラントの Cash Cost を並べて価値分析すれば下表の結果が得られる。

表 6-12 銅地金工程価値分析

	6,000t/month	8,000t/month	14,000t/month
原鉱基本価格 (US ¢ /lb)		17.31	
Ovalle プラント Cash Cost (US ¢ /lb)	59.43	52.70	43.93
溶錬手数料 (US ¢ /lb)		3.18	
精製手数料 (US ¢ /lb)		8.80	
合計 (US ¢ /lb)	88.72	81.99	73.22

上表の合計額はいわゆる電気銅の生産にかかる ENAMI 全体の Cash Cost に相当するものであり、本来の財務分析の評価方法とは異なるが、ENAMI 全体の視点から財務的に可能な状況が Ovalle プラントでの操業度に比例すると解析できる。即ち、Ovalle プラントの酸化銅鉱処理工程の操業度 6,000t/month では 88.72US ¢ /lb 以上、14,000t/month では 73.22US ¢ /lb 以上の銅建値の市況が前提条件となる。

また、ここで強調したいのは、含有銅が比較的多い沈殿銅の溶錬手数料が上記のとおり 3.18US ¢ /lb であるのに対し、銅精鉱の場合は 1.00US ¢ /lb (溶錬手数料 × 銅精鉱品位 ×

銅採収率÷換算係数：88US\$/t×26.21%×96%÷22.0462US\$/lb(US¢-t)である。単純な計算であるが、この2.18 US¢/lbの格差は、沈殿銅生産の継続に大きく影響する。他方、表6-2の価値分析から Ovalle プラントに帰される Cash Cost の割合は60%～67%と大半を占めることが解る。

6.6 経済分析

本経済分析は ENAMI 内定の「投資計画基準」の社会的分析評価法にて指定するシャドープライス要素、社会的割引率の適用と Ovalle プラントの環境配慮型操業に起因する外部経済（効果）および周辺鉱山を含む域内での外部経済（効果）の定量化を反映したものである。

シャドープライスとして、外貨獲得に伴う収入に対し1.04の上昇修正係数および準熟練労働者の人件費に対し、0.65の下降修正係数を乗ずるよう指定する。したがって、ルーマニア国へ輸出される硫酸銅五水塩の販売収入と準熟練労働者の費用を対象とする人材労務費を、当該換算係数によって財務分析数値の修正試算を行った。

また、財務分析の結果、社会的割引率10%（ENAMI 内定の「投資計画基準」指定）を適用して DCF 分析試算した。

他方、Ovalle プラントの環境配慮型操業の実践に必要とする環境負債改善工事および廃液処理プラントのスケールアップに伴う設備・改善投資によって改善されると予想する El Ingenio 河川流域の水質向上および土壌改良から生ずる外部経済（効果）を定量化推算する。

環境負債改善工事については、本調査インテリムレポート第4.2.3項「沈殿銅生産工程に起因する環境保全コスト」に記載したとおり、合計 US\$1,251,300 の投資額を試算した。その詳細を下表に示す。但し、El Ingenio 河川流域の改善に直接関連するものは蒸発 Pond 内部防水加工工事（US\$222,200）、蒸発 Pond 蓄積硫酸鉄の回収埋立処分（US\$168,200）および汚染土壌の改良、自然破壊の修復（US\$70,400）であるため、本分析に関わる投資額は合算 US\$460,800 とする。

表 6-13 環境負債改善工事に伴う投資額

分類*	投資額 (US\$) **
事業エリア内	1,180,900
公害防止措置	1,012,700
・硫酸浸出ヒープ区画拡張工事	90,500
・硫酸浸出廃石処分	700,000
・蒸発 Pond 内部防水加工工事	222,200
資源循環措置	
・蒸発 Pond 蓄積硫酸鉄の回収埋立処分	168,200
環境損傷対応	
汚染土壌の改良、自然破壊の修復	70,400
合計	1,251,300

*平成 12 年 3 月：旧環境庁・環境会計システムの確立に関する検討会がとりまとめた「環境会計システムの導入のためのガイドライン（2000 年版）」の分類による

** 出典：ENAMI. “Situación Ambiental en Planta Ovalle con Uso de la Capacidad Instalada. Valorización del Plan General de Actividades”. Junio 2000.（設備能力による Ovalle プラントの環境状況、総括的操業計画の評価）

6.6.1 環境改善に起因する外部経済（効果）

本分析の環境改善に起因する外部経済（効果）とは Ovalle プラントの環境配慮型操業が実践されれば改善される環境の経済評価をいい、その定量化には評価方法として客観的評価アプローチと主観的評価アプローチの選択肢がある。但し、本調査にて入手した情報から後者主観的評価アプローチの一種とするヘドニック・アプローチの不動産価値法を適用推算する。

SAG（Servicio Agrícola y Ganadero：農業・牧畜業事業所）の情報によると、Ovalle 地域の主流 Limarí 河川流域は、Elqui 河川流域に次ぐ第四州の第二の経済的貢献地とし、アボガド、みかん、ピスコ酒用のぶどう、野菜類が多く栽培され、牧草地も広範囲に及ぶ。本調査の対象となる Limarí 川の支流、El Ingenio 川の Ovalle プラント上流地域でも同様な状況である。当所の報告によると、Ovalle プラントの操業に起因する水質汚濁と土壌汚染が原因となりプラントの上流域に位置する土地と比べて下流地域の地価は 70%減価、1Ha 当たり 800,000CH\$程度の相場であるのに、上流域では 3,000,000CH\$/Ha が現状の相場である。

不動産価値アプローチの理論は「接近した二区画の土地の値段が異なっていたとすると、その両者間の違いは、ふつう、次の要素のどちらかによる。つまり、単位面積当たりの生産力、または価格の付けられていない環境的要素である。その生産能力の現在価値は土地の小売価格に反映されるべきである。」¹¹⁾による。

したがって、環境改善に伴う外部経済（効果）の推算は以下の条件による。

- 改善地価の増額：2,200,000CH\$/Ha（4,000US\$/Ha、為替 550CH\$/US\$）
- 現在の影響面積：200Ha（Ovalle プラント蒸発ポンド地点より下流、本調査環境診断調査にて指定モニタリング地点 M-7【Ovalle プラントより下流 5km】周辺までの影響地域面積による推定、図 6-7「El Ingenio 河川流域推定影響面積」参照）
- 環境負債改善措置を実践しない場合に汚染状況が拡散し将来影響される可能性のある面積：400Ha（上記 M-7 より El Ingenio 河川流域の Limarí 川との合流点までの流域面積による推定、図 6-7「El Ingenio 河川流域推定影響面積」参照）

既存汚染の改良による外部経済（効果）： $4,000\text{US\$}/\text{Ha} \times 200\text{Ha} = \text{US\$}800,000$

環境負債改善措置を実践しない場合の外部不経済（潜在的汚染の拡散による外部不経済）： $4,000\text{US\$}/\text{Ha} \times (400\text{Ha} + 200\text{Ha}) = \text{US\$}2,400,000$

¹¹⁾ 出典：J.A.Dixon et al. “Economic Analysis of Environmental Impacts of Development Projects”, 2nd Edition. Asian Development Bank and The International Bank for Reconstruction and Development Copyright（築地書館出版、環境経済評価研究会和訳「新環境はいくらか」）

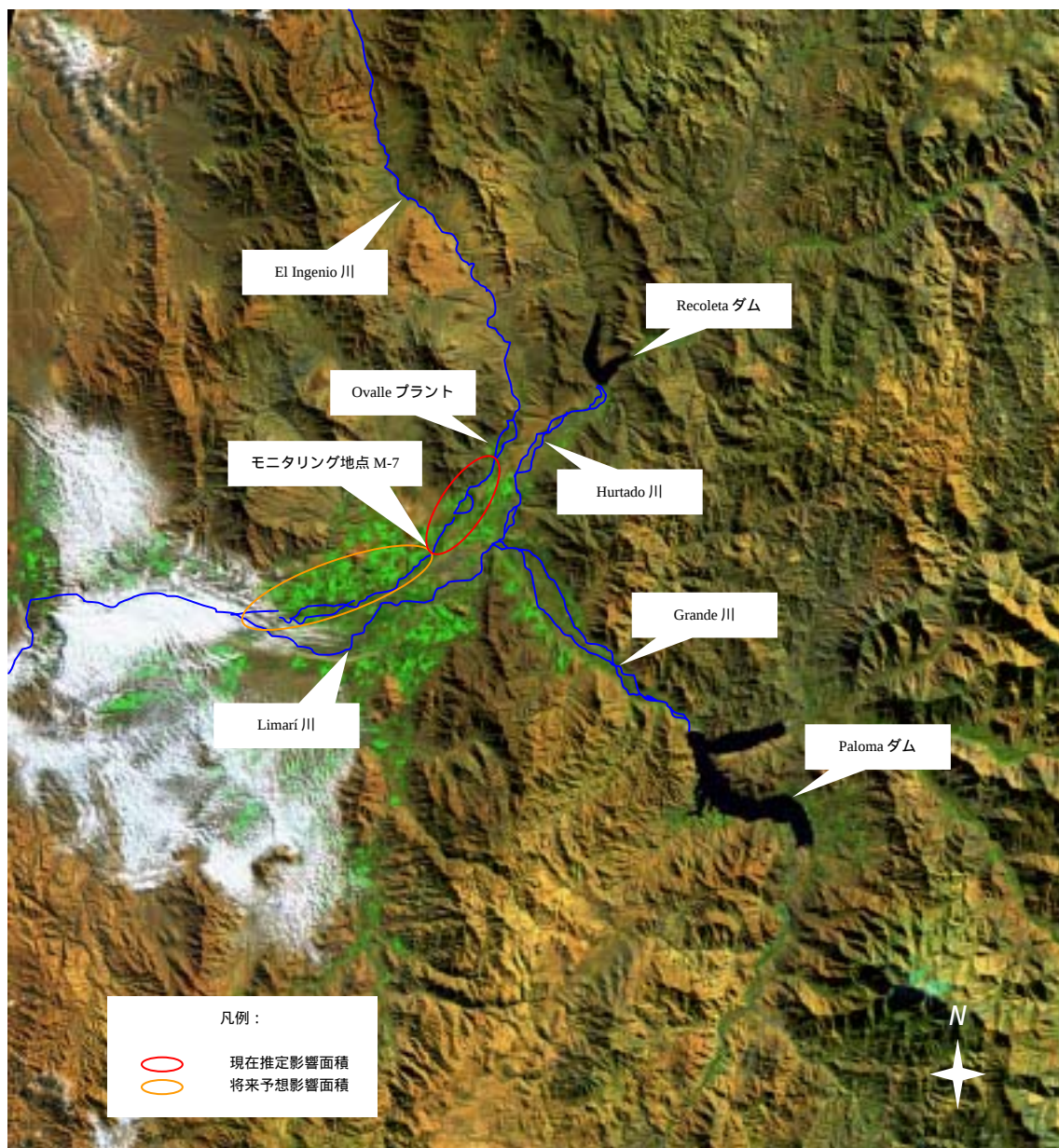


図 6.7 El Ingenio 河川流域推定影響面積

6.6.2 周辺鉱山を対象とした域内への外部経済（効果）

Ovalle プラントの操業が継続されることによって、周辺鉱山を含む域内での外部経済（効果）は、ENAMI の中小零細鉱山援助制度によるものとする。本報告書 6.4.5 「酸化銅鉱購買価格」に記載するとおり、Ovalle プラントの周辺鉱山から調達される酸化銅鉱の購買条件によって、購買金額を試算し、これから中小零細鉱山業者の Ovalle プラントまでの調達原価を差引いた付加価値分の推定値を「周辺鉱山が享受する外部経済（効果）」として扱う。

上記中小零細鉱山業者の Ovalle プラントまでの酸化銅鉱の調達原価については、SERNAGEOMIN（国家地質鉱業事業所）の零細鉱山調査の報告書¹²⁾より、Ovalle プラントが位置する第四州での最低値 5,600CH\$/t に卸売物価上昇指数¹³⁾および 2001 年 12 月平均為替¹³⁾にて換算した以下数値とする。

酸化銅鉱調達原価 = $5,600\text{CH}\$/\text{t} \times (177.69 \div 118.82) \div 544.63\text{CH}\$/\text{US}\$ = 15.38\text{US}\$/\text{t}$
15.50US\$/t

したがって、周辺鉱山を含む域内での外部経済（効果）の定量化を下表に示す。

表 6-14 周辺鉱山を含む域内での外部経済（効果）

銅建値 (US ¢ /lb)	原鉱調達量 6,000t/month (千 US\$/year)	原鉱調達量 8,000t/month (千 US\$/year)	原鉱調達量 14,000t/month (千 US\$/year)
68.2180	0	0	0
80.00	0	0	0
92.00	122	162	284
102.00	411	548	960

6.6.3 水資源の循環利用に起因する外部経済（効果）

廃液処理プラントが導入されることに伴って、処理後液の再利用が可能となる。即ち、従来は蒸発処分されていた水量の大部分が、一次硫酸浸出過程へ流送し、循環利用されることとなる。水利権制度が適用されるため、本件は Ovalle プラントのコスト削減に影響するものではないが、循環利用のために節約される水資源を環境財の観点から評価すれば受益当時者（stakeholder）への外部経済（効果）としてみなされる。

El Ingenio 川が支流とする Limarí 河川流域では 50,000Ha の農地が存在し、河川水以外に利水ダムのシステム（貯水容量 1,000 百万 m³ : Paloma【750 百万 m³】、Cogotí【150 百万 m³】、Recoleta【100 百万 m³】）から灌漑用水を調達する。また、人口 80,000 人の Ovalle 市はこの Limarí 川から水道水を配水する。本地域では、これらに関わる水利権の取引が自由化されているため、水資源に対する支払意思額（willingness to pay）の定量化が可能である。

¹²⁾ 出典：V. Concha. “Diagnóstico Socioeconómico y Productivo de la Minería Artesanal”（零細鉱業の経済社会的および生産性診断）Departamento de Planificación y Estudios. SERNAGEOMIN. Santiago, julio 1 de 1994.

¹³⁾ 出典：チリ中央銀行（1992 年 6 月現在を 100 値とベースにした卸売物価上昇指数：1994 年平均値 118.82、2001 年末値 177.69、2001 年 12 月平均為替【dólar acuerdo】544.63CH\$/US\$）

世界銀行の開発調査結果は、Limarí 河川流域での水利権取引の結果、取得される便益は 2.47US\$/m³-year だと報告する¹⁴⁾。本数値は水資源の Limarí 河川流域での農業用途による付加価値の推定値であり、当時 1993 年 6 月の対米ドル為替 CH\$403 で換算したものであるため、2001 年 12 月現在価値の 2.95US\$/m³-year (2.47US\$/m³-year × [177.69 ÷ 109.93] × [403CH\$/US\$ ÷ 544.63CH\$/US\$])¹⁵⁾に相当する。本便益を表 6-10「廃液処理プラントの処理量対コスト」に記載する循環量に伴う水資源の節約から試算すれば下表の外部経済（効果）を生成することとなる。

表 6-15 水資源循環節約による外部経済（効果）

原鉱処理能力	6,000t/month	8,000t/month	14,000t/month
廃液発生能力	250m ³ /day	330m ³ /day	600m ³ /day
処理後液循環能力	176m ³ /day	297m ³ /day	540m ³ /day
水資源の節約量	158m ³ /day	217m ³ /day	190m ³ /day
外部経済（千 US\$/year）	168	230	202

表示のとおり、6,000t/month の原鉱処理量の場合は循環可能な処理後液の全量が節約の対象となる。但し、8,000t/month および 14,000t/month の原鉱処理量の場合は、循環可能となる処理後液の量から増産による補給水の増量を差引いたものが節約の対象となる。

6.6.4 外部経済（効果）の総括

上記によって推算した便益重複のないといえる各々外部経済（効果）を合算した社会的キャッシュフロー分析を行う。以下に合算の対象となる外部経済（効果）をまとめる。これらの計算結果は本報告書の ANNEX に収録する。

- 現在の El Ingenio 河川流域での影響面積 200Ha（Ovalle プラント蒸発ポンド地点より下流、本調査環境診断調査にて指定モニタリング地点 M-7【Ovalle プラントより下流 5km】周辺までの影響地域の推定面積）の改善に起因する外部経済（効果）の正味現在価値
 - Ovalle プラントの酸化銅鉱処理工程が存続することに伴い、同プラントへ酸化銅鉱を調達する周辺鉱山を対象とする域内への外部経済（効果）の年次収支
 - 廃液処理プラントの導入に伴って、処理後液の硫酸浸出過程への循環利用に起因する水資源の節約による Limarí 河川流域への外部経済（効果）の年次収支
- 下表に上記外部経済（効果）の評価数値をその特性によってまとめる。

¹⁴⁾ 出典：Robert R. Hearne, K. William Easter. “Water Allocation and Water Markets. An Analysis of Gains-from-Trade in Chile” World Bank Technical Paper 315. The World Bank. Washington, D.C. December 1995

¹⁵⁾ 出典：チリ中央銀行（1992 年 6 月現在を 100 値とベースにした卸売物価上昇指数：1993 年 6 月値 109.93、2001 年末値 177.69、2001 年 12 月平均為替【dólar acuerdo】544.63CH\$/US\$）

表 6-16 外部経済（効果）の総括

外部経済（効果）	0 年次 （千 US\$）	1 年次～15 年次 （千 US\$/year）
環境改善に起因する便益	800,000	0
周辺鉱山を対象にする便益*		
6,000t/month、92.00US \$ /lb	0	122
6,000t/month、102.00US \$ /lb	0	411
8,000t/month、92.00US \$ /lb	0	162
8,000t/month、102.00US \$ /lb	0	548
14,000t/month、92.00US \$ /lb	0	284
14,000t/month、102.00US \$ /lb	0	960
水資源の節約に起因する便益**		
6,000t/month	0	168
8,000t/month	0	230
14,000t/month	0	202

* 酸化銅鉱処理規模および銅建値によって便益値が異なる。 ** 酸化銅鉱処理規模によって便益値が異なる。

本経済分析結果の一覧表を下表に示す。

表 6-17 経済分析結果表

プロジェクトケース	銅建値 （US \$ /lb）	初期投資 （千 US\$）	生産単価* （US \$ /lb）	NPV _{10%} （US\$）	IRR （%）
外部経済 6,000t	68.2180	600	54.31	-776	53.68%
外部経済 6,000t	80.00	600	54.31	-672	47.44%
外部経済 6,000t	92.00	600	54.31	370	無理数
外部経済 6,000t	102.00	600	54.31	2,671	無理数
外部経済 8,000t	68.2180	960	48.13	-92	無理数
外部経済 8,000t	80.00	960	48.13	51	24.92%
外部経済 8,000t	92.00	960	48.13	1,445	153.14%
外部経済 8,000t	102.00	960	48.13	4,516	407.54%
外部経済 14,000t	68.2180	2,686	39.92	105	11.10%
外部経済 14,000t	80.00	2,686	39.92	364	13.68%
外部経済 14,000t	92.00	2,686	39.92	2,814	33.88%
外部経済 14,000t	102.00	2,686	39.92	8,197	72.64%

* 一年次の Cash Cost（営業費用から減価償却費を差引いたコスト【単位は US \$ /lb 沈殿銅含有銅】）

上表の 6,000t/month の操業度での NPV 評価法の結果、80.00US \$ /lb 以下の銅建値では負の値をあげ、社会的にも不可能なプロジェクトであることが解る。他方、92.00US \$ /lb 以上では正の NPV 値をあげ、IRR 評価方法では無理数の結果となった。これは、廃液処理プラントのスケールアップが不要であるため高額な初期投資が発生しないと共に、銅建値 92.00US \$ /lb 以上では損益分岐点を超過する事情に由来する。即ち、銅建値の 80.00US \$ /lb 以下の場合は環境改善工事を行って事業撤退の判断要因となり、銅建値 92.00US \$ /lb 以上の場合は損益分岐点を超過することに伴って、社会的可能な事業へと転換する。

同表、8,000t/monthの操業度でのNPV評価法の結果、80.00US\$/lb以上の銅建値では正の値をあげ、異常に大きいIRR値をあげている。この結果は、外部経済による初期の便益が比較的大きいことと損益分岐点を超過することに由来する。したがって、80.00US\$/lb以上の銅建値では社会的可能な事業となる。

同表、14,000t/monthの操業度でのNPV評価法では銅建値の分析範囲（68.2180US\$/lb～102.00US\$/lb）において正の値をあげ、IRR評価方法でも社会的割引率（10%）より大きい数値をあげている。この結果は、損益分岐点を超過することに由来する。規模の経済が享受でき、社会的可能性のあるプロジェクトへと遥かに転換する。無論、同建値が上昇すると共に条件が遥かに容易となる。

尚、回収年度分析では2年未満（銅建値102.00US\$/lbの場合）から13年未満（銅建値68.2180US\$/lbの場合）の期間以内に投資の回収が可能である結果となった。

本章 ANNEXへ添付「社会的：外部経済【統括】（酸化銅鉱処理量別）【分析結果一覧】」に各々「財務指標一覧表」、「銅建値感度分析結果」および「銅建値別割引累積収支」の図表を参照する。

6.7 沈殿銅生産者（第三者）への経済効果

ENAMI 内定の価格評価の妥当性を把握する目的において、沈殿銅生産者（第三者）の酸化銅鉱から沈殿銅を生産する付加価値を以下の前提条件によって試算し、同産物に対する支払い条件と比較した。

- 上記付加価値とは、酸化銅鉱を未処理原鉱として ENAMI へ調達売却した場合と沈殿銅まで付加価値を与えて ENAMI へ調達売却した場合との出荷価格の差異とする。
- 比較の対象となる酸化銅鉱の品質は ENAMI 内定の基本価格が支払い対象となる標準品質とする。即ち、銅品位 2.50%および硫酸消費量 4.98kg/kg と指定する。
- 沈殿銅生産工程の処理条件は ENAMI 内定標準プラントの操業成績を適用、銅採収率の値を 77.68%と指定する。

上記前提条件によって、表 6-18「沈殿銅付加価値計算表」に銅建値別に酸化銅鉱の原鉱単価（ENAMI 内定価格を沈殿銅量へと換算）、沈殿銅の ENAMI 購買条件および沈殿銅銅品位 65%～85%の沈殿銅付加価値（銅品位別に沈殿銅価格と酸化銅鉱の原鉱単価との差異）を示す。表の下部には Ovalle プラントの Cash Cost を沈殿銅量ベースに換算表示する。また、図 6-8「沈殿銅の銅品位による付加価値」には表 6-18 のデータから銅品位による沈殿銅の付加価値を銅建値別に作図した直線を示す。

以上を勘案し沈殿銅の付加価値は Ovalle プラントの Cash Cost より低いことが明確である（同 Cash Cost が約 780～1,240US\$/t であるのに対し沈殿銅付加価値は約 150～720US\$/t の枠内）。また、ENAMI 内定の価格評価が酸化銅鉱重視となっているため、沈殿銅生産者は銅建値上昇の長所を享受できない状態にある（図示するとおり、銅建値が上昇するに伴い沈殿銅付加価値直線は下降）。

したがって、特殊な条件（競争性）が整っていない限り、現在の ENAMI 内定価格評価の適用が継続する状況では、酸化銅鉱を未処理の状態で原鉱として調達売却した方が有利であり、即ち、沈殿銅への付加価値工程は不利の現況であるといえる。

表6-18 沈殿銅付加価値計算表

酸化銅鉍	銅建値 (US ¢ /lb)	68.218	80	92	102	
	単位					
	基本価格	US\$/dmt	7.41	12.07	17.19	21.21
	銅品位優遇手数料	US\$/%-dmt	7.48	9.34	11.39	13.00
	硫酸消費収支	US\$/%-dmt	0.27	0.27	0.27	0.27
銅建値安定補助金	US\$/%-dmt	2.33	0.32	0.00	0.00	
	原鉍単価	US\$/dmt沈殿銅	381.69	621.29	885.05	1,092.29
沈殿銅						
基本価格	US\$/dmt	778.16	933.90	1,105.34	1,240.05	
銅品位優遇手数料	US\$/%-dmt	13.33	15.72	18.36	20.43	
銅建値安定補助金	US\$/%-dmt	3.00	0.41	0.00	0.00	
沈殿銅銅品位		沈殿銅付加価値				
65%	US\$/dmt	396.47	312.61	220.30	147.76	
70%	US\$/dmt	478.08	393.25	312.09	249.92	
75%	US\$/dmt	559.68	473.88	403.89	352.08	
80%	US\$/dmt	641.29	554.52	495.68	454.23	
85%	US\$/dmt	722.89	635.16	587.48	556.39	
OvalleプラントCash Cost						
6000dmt/month	US ¢ /lb含有銅	59.43	59.43	59.43	59.43	
8000dmt/month	US ¢ /lb含有銅	52.70	52.70	52.70	52.70	
14000dmt/month	US ¢ /lb含有銅	43.93	43.93	43.93	43.93	
6000dmt/month	US\$/dmt	1,579	1,579	1,579	1,579	
8000dmt/month	US\$/dmt	1,400	1,400	1,400	1,400	
14000dmt/month	US\$/dmt	1,167	1,167	1,167	1,167	

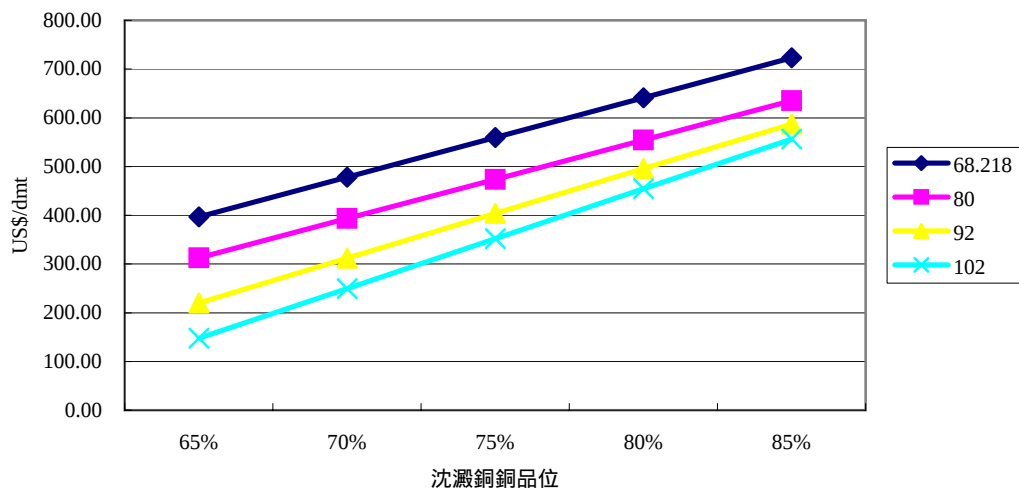


図6-8 沈殿銅の銅品位による付加価値

6.8 結論

本章の財務・経済分析の結果において以下に提言をまとめる。

6.8.1 酸化銅鉱処理工程の操業度向上

通常の NPV・IRR 評価方法では全てのケースが不可能である結果をあげたが、工程の操業度を改善することに伴って、Cash Cost が大幅に下げられることを把握した。他方、社会的な観点から Ovalle プラントの外部経済（効果）を反映した経済分析の結果では、14,000t/month 規模の操業度の場合は低い銅建値でも事業継続が可能な判断要因をあげた。

6.8.2 酸化銅鉱の安定供給確保

上記の操業度を改善するためには、酸化銅鉱の安定供給確保が不可欠となる。そのためには、酸化銅鉱調達鉱山との特殊提携や Ovalle プラント独自の採掘現場を開発する必要があると考える。但し、それは ENAMI の定款に定められる事業目的の変更を検討することとなる。

他方、価値分析の結果、原鉱調達価格が銅量ベースで 17.31US \$ /lb であり、全体の 20%以上を占拠することを把握した。したがって、本固定費をコスト削減の可能な変動費に変換することも重要課題となる。この課題も Ovalle プラント独自の採掘現場を保有することによって解決可能である。

ENAMI の主な事業目的は中小零細鉱山業者の支援とするが、銅建値低迷の市況下、事業継続が困難となり原鉱調達量が減減する状況から転換するために、本来の事業目的「中小零細鉱山業者の支援」から「地域開発における雇用創出」へと変換することを検討すべきである。特に、鉱山業以外に経済活動がやや不可能な地域では、雇用創出の方針を制定し事業拡大の実践を推薦する。

6.8.3 廃液処理プラントのスケールアップ

本章分析の結果、操業規模の拡大が不可欠とする Ovalle プラントの酸化銅鉱処理工程では、増量する廃液の全量処理するための廃液処理プラントの増設が必要とする。

また、本廃液プラントから発生する処理後液の硫酸浸出過程での循環利用を行うに伴い水資源の節約が可能となる。Ovalle プラントの資金収支への影響は小さいが、これによる Limarí 河川流域への外部経済（効果）は大きい。

6.8.4 環境負債の改善

過去の環境保全防止不足に起因する土壌汚染および水質汚濁の問題は、土壌改良工事等を実践して解決する必要がある。本工事は上記の廃液処理プラントのスケールアップ工事とは別途並行して行うことを推薦する。本改善にて期待される便益は El Ingenio 河川流域の住民が遥かに享受できると予想する。

6.8.5 硫酸銅五水塩の増産

硫酸銅五水塩の生産は廃液発生量の低減と共に、Ovalle プラントの商品多角化に資するものとして市況によって継続あるいは増産するべきである。

6.8.6 廃液処理プラントの殿物商品化調査

廃液処理プラントの残渣となる殿物の特性から、これの商品化が可能であるため、上記と同様、商品の多角化に伴って廃液処理プラントの運営に貢献できる財源の開拓にも資することとなる。

6.8.7 価格・操業評価方法の見直し

銅地金生産工程の価値分析にて把握した沈殿銅への酸化銅鉍の処理が負担するコスト割合の大きい状況から、本プロセスへの収入配分の見直しが必要であると考えられる。特に、沈殿銅価格の評価方法と酸化銅鉍から沈殿銅へと処理する ENAMI の各プラント（Ovalle プラントを含む）の操業評価方法のことをいう。

下図に上記提言をまとめこれらによる便益との因果関係を図示する。

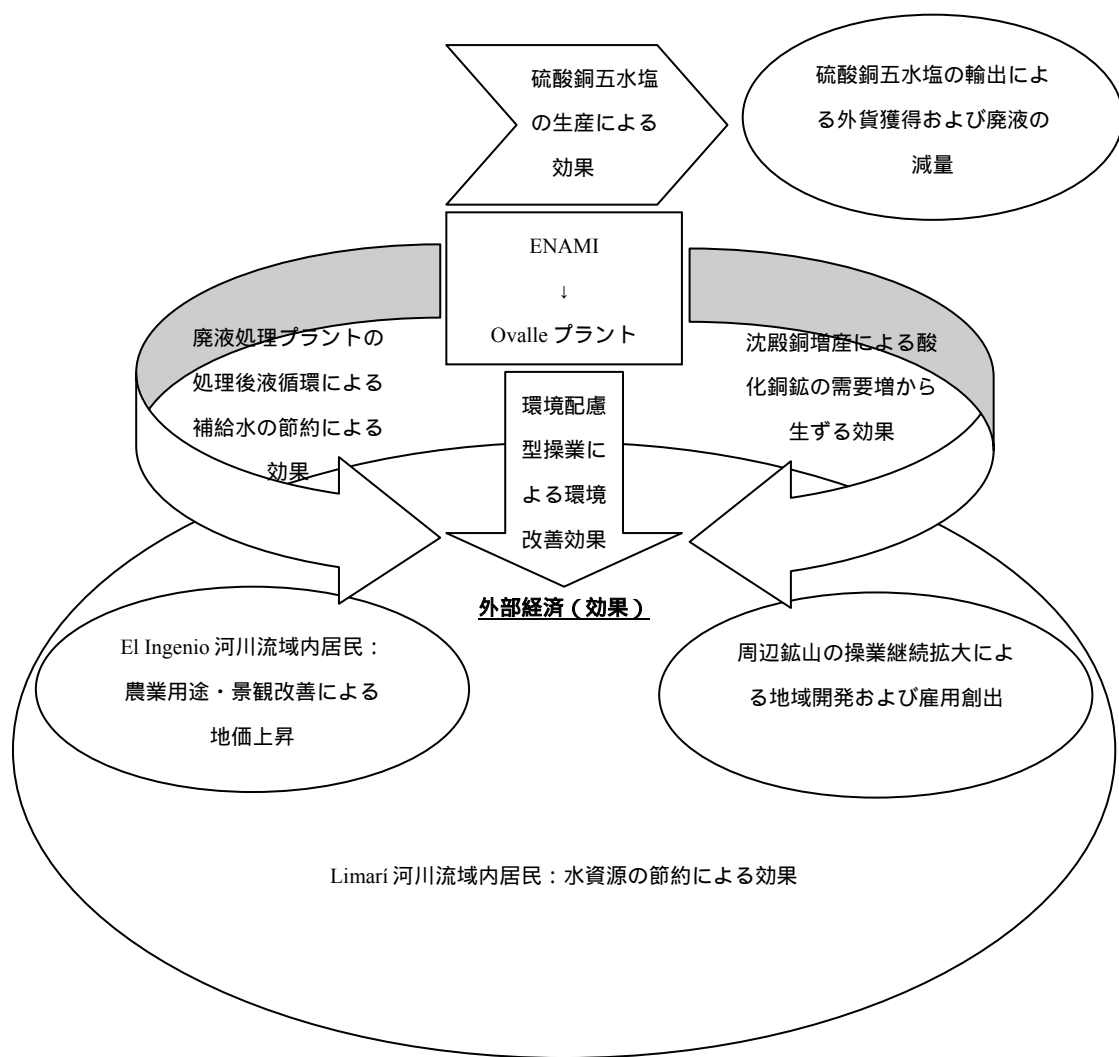


図 6-9 提言と便益の因果関係

ANNEX

- 私的分析用 6,000t/month 原鉱処理現状維持ケースの収入インプットデータ表
- 私的分析用 6,000t/month 原鉱処理現状維持ケースの支出インプットデータ表
- 私的分析用 6,000t/month 原鉱処理現状維持ケースのキャッシュフロー
- 6,000t/month 原鉱処理・操業改善計画ケースの私的分析結果一覧
- 8,000t/month 原鉱処理・操業改善計画ケースの私的分析結果一覧
- 14,000t/month 原鉱処理・操業改善計画ケースの私的分析結果一覧
- 6,000t/month 原鉱処理・操業改善計画ケースの社会的分析結果一覧
- 8,000t/month 原鉱処理・操業改善計画ケースの社会的分析結果一覧
- 14,000t/month 原鉱処理・操業改善計画ケースの社会的分析結果一覧

収入インプットデータ表

原鉱購買手数料	1.28 US\$/dmt
原鉱購買量	6000 dmt/month

破碎手数料	1.91 US\$/dmt
破碎鉱量	6000 dmt/month

原鉱処理固定手数料	8.1 US\$/dmt
原鉱処理変動手数料	4.87 US\$/dmt
基本変動手数料	1.965
可溶銅品位	2.48 %
処理鉱量	6000 dmt/month
沈澱銅生産分	5340 dmt/month
硫酸銅生産分	660 dmt/month

硫酸銅出荷価格	98 US ¢ /lb純銅
硫酸銅出荷量	40 mt/month

	標準プラント条件	Ovalleプラント実績
銅建値	68.2180 US ¢ /lb	68.2180 US ¢ /lb
銅採収率	77.68%	77.30%
沈澱銅銅品位	75.50%	82.90%
沈澱銅生産量	136 dmt/month	123 dmt/month
沈澱銅銅含有量	103 fmt/month	102 fmt/month
銅ロス率	4.00%	4.00%
溶錬手数料	88.00 US\$/dmt	88.00 US\$/dmt
銅製錬基本手数料	8.80 US ¢ /lb	8.80 US ¢ /lb
銅製錬手数料	7.62 US ¢ /lb	7.62 US ¢ /lb
価値評価	119,943 US\$/month	120,421 US\$/month
評価収支		478 US\$/month

凡例：

赤色数値：前提条件

青色数値：ENAMI標準プラント操業条件

黒色数値：計算値

支出インプットデータ表

設備投資	139,000 US\$
沈澱銅生産工程	100,000 US\$
硫酸銅生産工程	0 US\$
廃液処理プラント	39,000 US\$

廃液プラント	
操業費用	182,000 US\$

二次浸出率	0.48
-------	------

補助材料	
硫酸・一次浸出	5.24 US\$/dmt
硫酸・二次浸出	1.36 US\$/dmt
鉄屑・一次浸出	1.01 US\$/dmt
鉄屑・二次浸出	0.21 US\$/dmt

工場補給品および修繕	固定		変動
原鉱受入	0.07 US\$/dmt	5,040 US\$/year	0.04 US\$/dmt
破碎	0.16 US\$/dmt	11,520 US\$/year	0.20 US\$/dmt
一次浸出	0.73 US\$/dmt	52,560 US\$/year	0.43 US\$/dmt
二次浸出	0.01 US\$/dmt	720 US\$/year	0.0009 US\$/dmt

ユーティリティ	固定		変動
原鉱受入	0.00 US\$/dmt	0 US\$/year	0.06 US\$/dmt
破碎	0.00 US\$/dmt	0 US\$/year	0.004 US\$/dmt
一次浸出	0.02 US\$/dmt	1,440 US\$/year	0.15 US\$/dmt
二次浸出	0.00 US\$/dmt	0 US\$/year	0.12 US\$/dmt

間接管理費	固定		変動
原鉱受入	1.30 US\$/dmt	93,600 US\$/year	0.0007 US\$/dmt
破碎	0.35 US\$/dmt	25,200 US\$/year	0.00 US\$/dmt
一次浸出	4.55 US\$/dmt	327,600 US\$/year	0.20 US\$/dmt
二次浸出	0.00 US\$/dmt	0 US\$/year	0.02 US\$/dmt

人材労務費	固定		変動
原鉱受入	0.34 US\$/dmt	24,480 US\$/year	0.42 US\$/dmt
破碎	0.20 US\$/dmt	14,400 US\$/year	0.44 US\$/dmt
一次浸出	1.35 US\$/dmt	97,200 US\$/year	2.45 US\$/dmt
二次浸出	0.00 US\$/dmt	0 US\$/year	1.32 US\$/dmt

硫酸銅生産原価	280 US\$/dmt
硫酸銅生産量	40 mt/month

凡例：

赤色数値：前提条件

緑色数値：Ovalleプラント2001年実績

黒色数値：計算値

私的：現状維持6,000dmt【68.2180】キャッシュフロー(1/4)

年次	0	1	2	3
単位：2001年固定US\$				
設備投資	139,000	100,000	100,000	100,000
酸化銅鉍調達手数料		92,160	92,160	92,160
酸化銅鉍破碎手数料		137,520	137,520	137,520
酸化銅鉍処理手数料		934,070	934,070	934,070
沈澱銅評価収支		5,740	5,740	5,740
硫酸銅売上		269,634	269,634	269,634
総収入		1,439,124	1,439,124	1,439,124
廃液処理プラント操業費用		182,000	182,000	182,000
補助材料		504,259	504,259	504,259
硫酸・一次浸出		377,280	377,280	377,280
硫酸・二次浸出		47,002	47,002	47,002
鉄屑・一次浸出		72,720	72,720	72,720
鉄屑・二次浸出		7,258	7,258	7,258
工場補給品および修繕費		118,111	118,111	118,111
原鉍受入		7,920	7,920	7,920
破碎		25,920	25,920	25,920
一次浸出		83,520	83,520	83,520
二次浸出		751	751	751
ユーティリティ		20,995	20,995	20,995
原鉍受入		4,320	4,320	4,320
破碎		288	288	288
一次浸出		12,240	12,240	12,240
二次浸出		4,147	4,147	4,147
間接管理費		461,542	461,542	461,542
原鉍受入		93,650	93,650	93,650
破碎		25,200	25,200	25,200
一次浸出		342,000	342,000	342,000
二次浸出		691	691	691
人材労務費		420,019	428,420	436,988
原鉍受入		54,720	55,814	56,931
破碎		46,080	47,002	47,942
一次浸出		273,600	279,072	284,653
二次浸出		45,619	46,532	47,462
硫酸銅工程総支出		134,400	134,400	134,400
総支出	139,000	1,941,326	1,949,727	1,958,295
年次収支（名目）	(139,000)	(502,202)	(510,602)	(519,171)
年次収支（割引）	(139,000)	(440,528)	(392,892)	(350,425)
累積収支（名目）	(139,000)	(641,202)	(1,151,804)	(1,670,975)
累積収支（割引）	(139,000)	(579,528)	(972,420)	(1,322,845)

NPV _(14%)	-US\$3,483,980
IRR	#DIV/0!
Cash Cost	63.03 US ¢ /lb

私的：現状維持6,000dmt【68.2180】キャッシュフロー(2/4)

年次	4	5	6	7
単位：2001年固定US\$				
設備投資	100,000	100,000	100,000	100,000
酸化銅鉍調達手数料	92,160	92,160	92,160	92,160
酸化銅鉍破碎手数料	137,520	137,520	137,520	137,520
酸化銅鉍処理手数料	934,070	934,070	934,070	934,070
沈澱銅評価収支	5,740	5,740	5,740	5,740
硫酸銅売上	269,634	269,634	269,634	269,634
総収入	1,439,124	1,439,124	1,439,124	1,439,124
廃液処理プラント操業費用	182,000	182,000	182,000	182,000
補助材料	504,259	504,259	504,259	504,259
硫酸・一次浸出	377,280	377,280	377,280	377,280
硫酸・二次浸出	47,002	47,002	47,002	47,002
鉄屑・一次浸出	72,720	72,720	72,720	72,720
鉄屑・二次浸出	7,258	7,258	7,258	7,258
工場補給品および修繕費	118,111	118,111	118,111	118,111
原鉍受入	7,920	7,920	7,920	7,920
破碎	25,920	25,920	25,920	25,920
一次浸出	83,520	83,520	83,520	83,520
二次浸出	751	751	751	751
ユーティリティ	20,995	20,995	20,995	20,995
原鉍受入	4,320	4,320	4,320	4,320
破碎	288	288	288	288
一次浸出	12,240	12,240	12,240	12,240
二次浸出	4,147	4,147	4,147	4,147
間接管理費	461,542	461,542	461,542	461,542
原鉍受入	93,650	93,650	93,650	93,650
破碎	25,200	25,200	25,200	25,200
一次浸出	342,000	342,000	342,000	342,000
二次浸出	691	691	691	691
人材労務費	445,728	454,642	463,735	473,010
原鉍受入	58,069	59,231	60,415	61,624
破碎	48,900	49,878	50,876	51,894
一次浸出	290,347	296,153	302,077	308,118
二次浸出	48,411	49,380	50,367	51,375
硫酸銅工程総支出	134,400	134,400	134,400	134,400
総支出	1,967,035	1,975,949	1,985,042	1,994,317
年次収支（名目）	(527,910)	(536,825)	(545,918)	(555,193)
年次収支（割引）	(312,565)	(278,810)	(248,713)	(221,876)
累積収支（名目）	(2,198,885)	(2,735,710)	(3,281,628)	(3,836,821)
累積収支（割引）	(1,635,411)	(1,914,221)	(2,162,933)	(2,384,809)

私的：現状維持6,000dmt【68.2180】キャッシュフロー(3/4)

年次	8	9	10	11
単位：2001年固定US\$				
設備投資	100,000	100,000	100,000	100,000
酸化銅鉍調達手数料	92,160	92,160	92,160	92,160
酸化銅鉍破碎手数料	137,520	137,520	137,520	137,520
酸化銅鉍処理手数料	934,070	934,070	934,070	934,070
沈澱銅評価収支	5,740	5,740	5,740	5,740
硫酸銅売上	269,634	269,634	269,634	269,634
総収入	1,439,124	1,439,124	1,439,124	1,439,124
廃液処理プラント操業費用	182,000	182,000	182,000	182,000
補助材料	504,259	504,259	504,259	504,259
硫酸・一次浸出	377,280	377,280	377,280	377,280
硫酸・二次浸出	47,002	47,002	47,002	47,002
鉄屑・一次浸出	72,720	72,720	72,720	72,720
鉄屑・二次浸出	7,258	7,258	7,258	7,258
工場補給品および修繕費	118,111	118,111	118,111	118,111
原鉍受入	7,920	7,920	7,920	7,920
破碎	25,920	25,920	25,920	25,920
一次浸出	83,520	83,520	83,520	83,520
二次浸出	751	751	751	751
ユーティリティ	20,995	20,995	20,995	20,995
原鉍受入	4,320	4,320	4,320	4,320
破碎	288	288	288	288
一次浸出	12,240	12,240	12,240	12,240
二次浸出	4,147	4,147	4,147	4,147
間接管理費	461,542	461,542	461,542	461,542
原鉍受入	93,650	93,650	93,650	93,650
破碎	25,200	25,200	25,200	25,200
一次浸出	342,000	342,000	342,000	342,000
二次浸出	691	691	691	691
人材労務費	482,470	492,119	501,962	512,001
原鉍受入	62,856	64,113	65,395	66,703
破碎	52,931	53,990	55,070	56,171
一次浸出	314,280	320,566	326,977	333,517
二次浸出	52,402	53,450	54,519	55,610
硫酸銅工程総支出	134,400	134,400	134,400	134,400
総支出	2,003,777	2,013,427	2,023,269	2,033,308
年次収支（名目）	(564,653)	(574,302)	(584,145)	(594,184)
年次収支（割引）	(197,944)	(176,602)	(157,569)	(140,594)
累積収支（名目）	(4,401,473)	(4,975,775)	(5,559,920)	(6,154,104)
累積収支（割引）	(2,582,753)	(2,759,356)	(2,916,925)	(3,057,519)

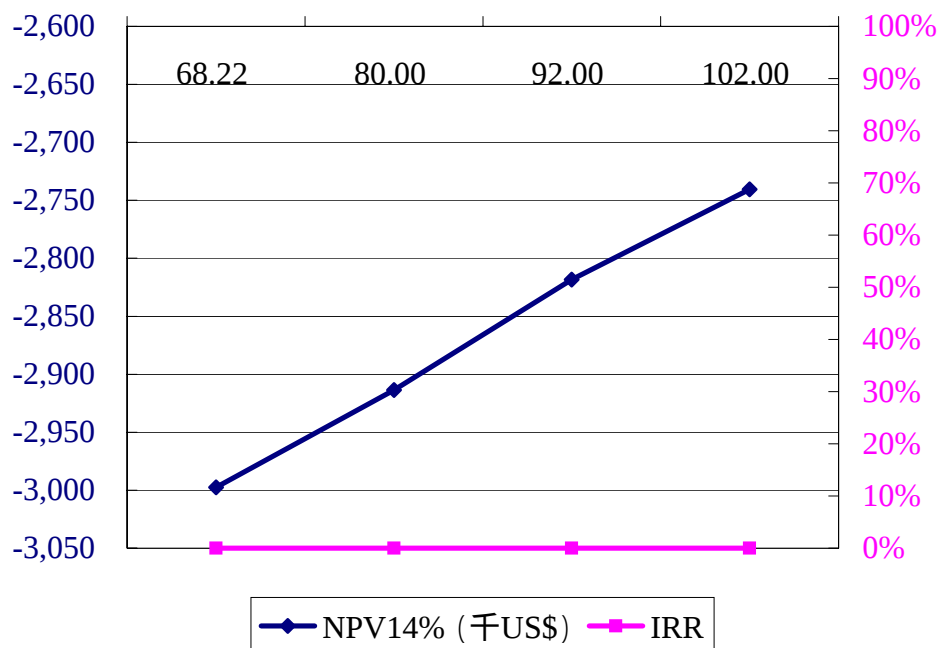
私的：現状維持6,000dmt【68.2180】キャッシュフロー(4/4)

年次	12	13	14	15
単位：2001年固定US\$				
設備投資	100,000	100,000	100,000	100,000
酸化銅鉍調達手数料	92,160	92,160	92,160	92,160
酸化銅鉍破碎手数料	137,520	137,520	137,520	137,520
酸化銅鉍処理手数料	934,070	934,070	934,070	934,070
沈澱銅評価収支	5,740	5,740	5,740	5,740
硫酸銅売上	269,634	269,634	269,634	269,634
総収入	1,439,124	1,439,124	1,439,124	1,439,124
廃液処理プラント操業費用	182,000	182,000	182,000	182,000
補助材料	504,259	504,259	504,259	504,259
硫酸・一次浸出	377,280	377,280	377,280	377,280
硫酸・二次浸出	47,002	47,002	47,002	47,002
鉄屑・一次浸出	72,720	72,720	72,720	72,720
鉄屑・二次浸出	7,258	7,258	7,258	7,258
工場補給品および修繕費	118,111	118,111	118,111	118,111
原鉍受入	7,920	7,920	7,920	7,920
破碎	25,920	25,920	25,920	25,920
一次浸出	83,520	83,520	83,520	83,520
二次浸出	751	751	751	751
ユーティリティ	20,995	20,995	20,995	20,995
原鉍受入	4,320	4,320	4,320	4,320
破碎	288	288	288	288
一次浸出	12,240	12,240	12,240	12,240
二次浸出	4,147	4,147	4,147	4,147
間接管理費	461,542	461,542	461,542	461,542
原鉍受入	93,650	93,650	93,650	93,650
破碎	25,200	25,200	25,200	25,200
一次浸出	342,000	342,000	342,000	342,000
二次浸出	691	691	691	691
人材労務費	522,241	532,686	543,340	554,206
原鉍受入	68,037	69,398	70,786	72,202
破碎	57,295	58,441	59,609	60,802
一次浸出	340,187	346,991	353,931	361,009
二次浸出	56,722	57,856	59,013	60,194
硫酸銅工程総支出	134,400	134,400	134,400	134,400
総支出	2,043,548	2,053,993	2,064,647	2,075,514
年次収支（名目）	(604,424)	(614,869)	(625,522)	(636,389)
年次収支（割引）	(125,454)	(111,949)	(99,902)	(89,156)
累積収支（名目）	(6,758,527)	(7,373,396)	(7,998,918)	(8,635,307)
累積収支（割引）	(3,182,973)	(3,294,922)	(3,394,824)	(3,483,980)

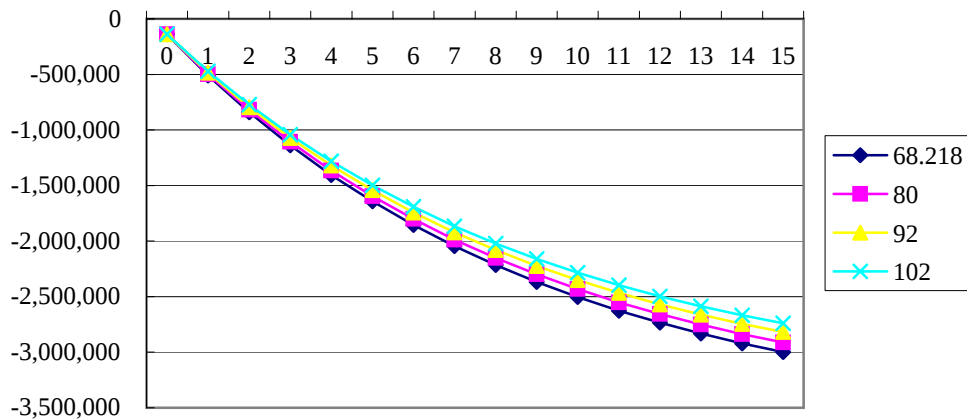
財務指標一覽表

銅建值 (US ¢ /lb)	68.22	80.00	92.00	102.00
NPV _{14%} (千US\$)	-2,998	-2,913	-2,818	-2,740
IRR	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
初期投資 (千US\$)	139	139	139	139
Cash Cost (US ¢ /lb)	59.43	59.43	59.43	59.43

銅建值感度分析結果



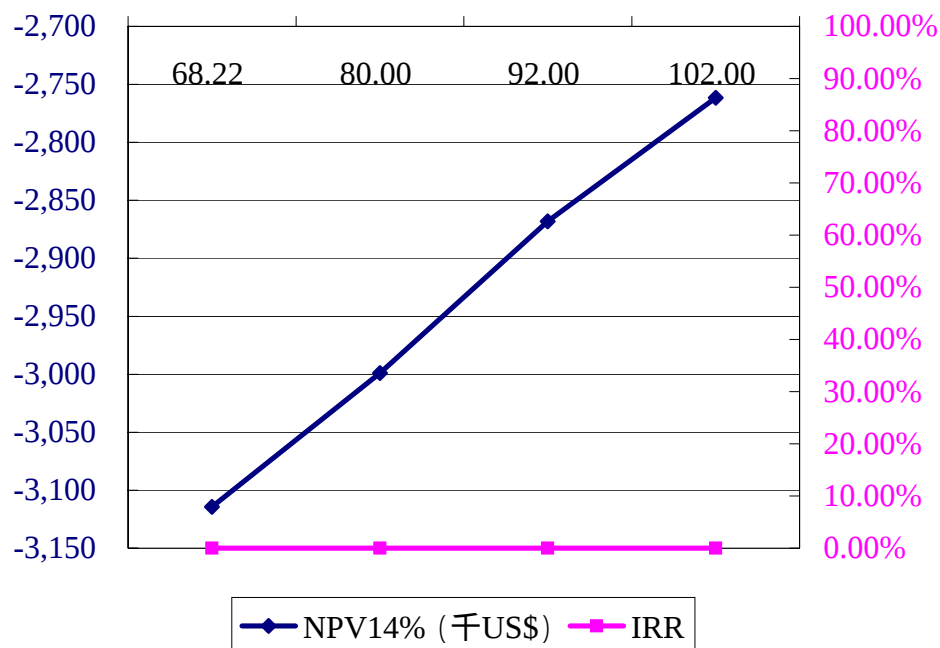
銅建值別割引累積収支



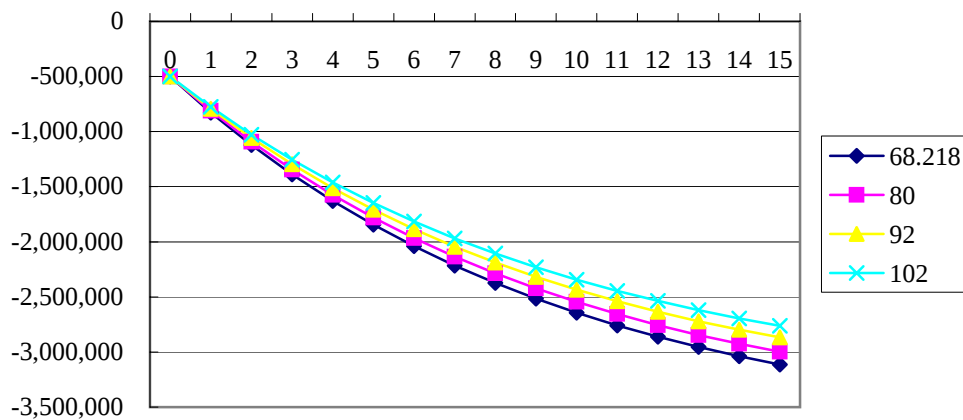
財務指標一覽表

銅建値 (US ¢ /lb)	68.22	80.00	92.00	102.00
NPV _{14%} (千US\$)	-3,114	-2,999	-2,868	-2,761
IRR	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
初期投資 (千US\$)	499	499	499	499
Cash Cost (US ¢ /lb)	52.70	52.70	52.70	52.70

銅建値感度分析結果



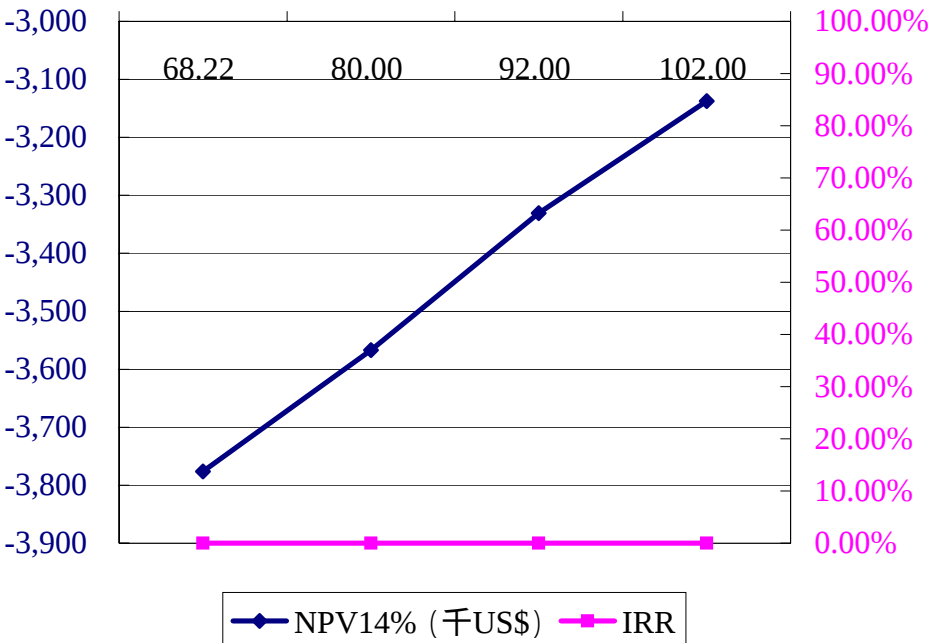
銅建値別割引累積収支



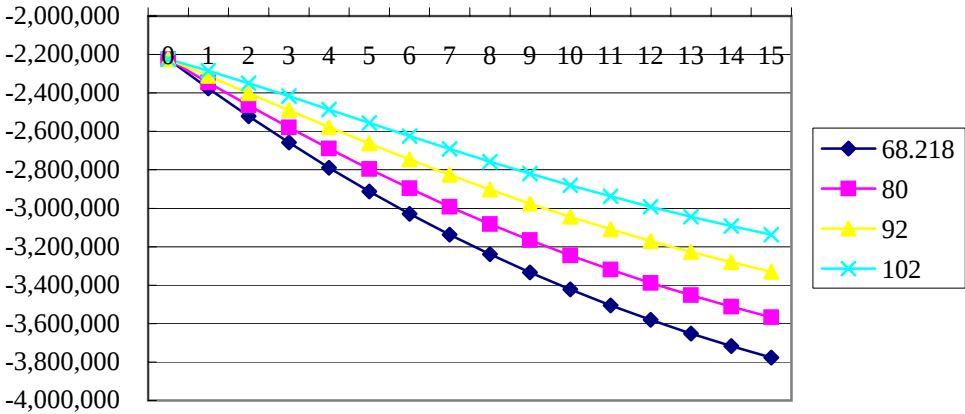
財務指標一覽表

銅建値 (US ¢ /lb)	68.22	80.00	92.00	102.00
NPV _{14%} (千US\$)	-3,776	-3,567	-3,331	-3,137
IRR	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
初期投資 (千US\$)	2,225	2,225	2,225	2,225
Cash Cost (US ¢ /lb)	43.93	43.93	43.93	43.93

銅建値感度分析結果



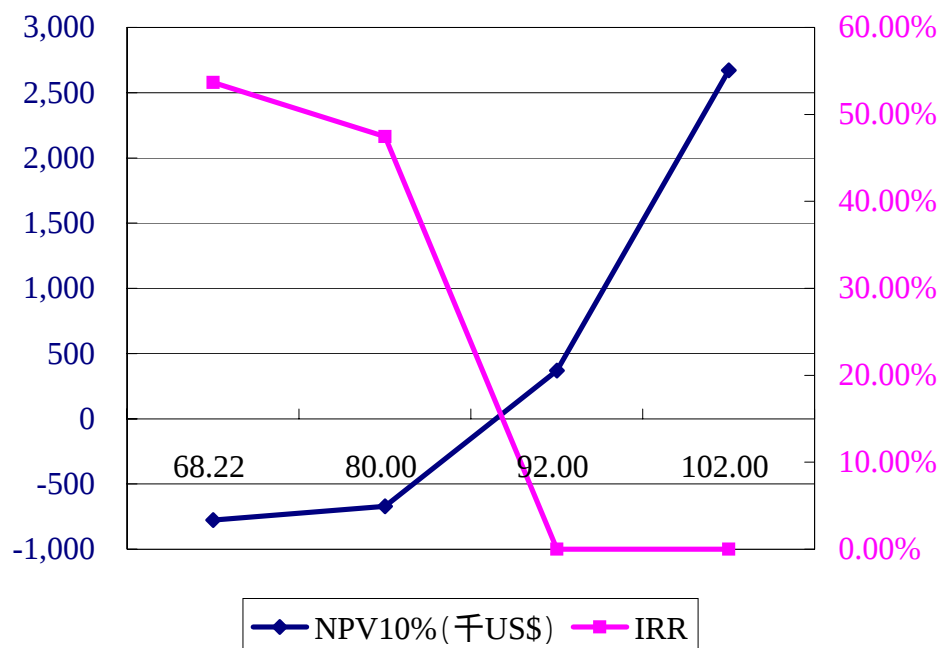
銅建値別割引累積収支



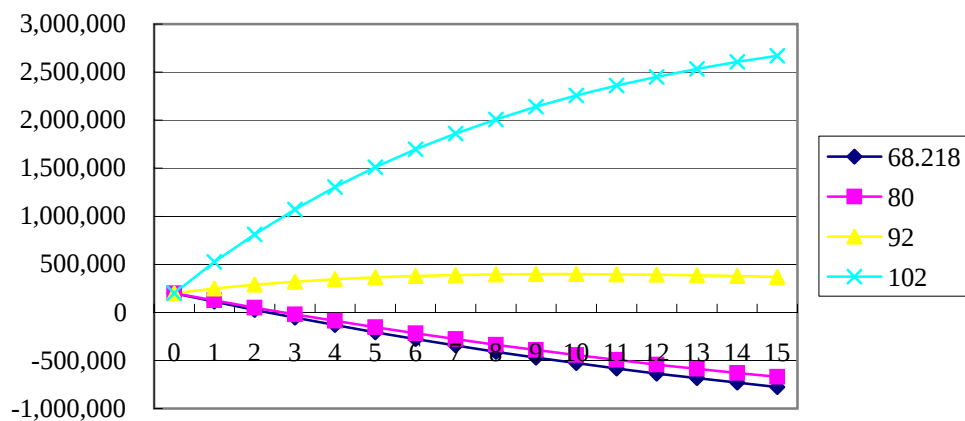
財務指標一覽表

銅建値 (US ¢ /lb)	68.22	80.00	92.00	102.00
NPV _{10%} (千US\$)	-776	-672	370	2,671
IRR	53.68%	47.44%	#DIV/0!	#DIV/0!
初期投資 (千US\$)	600	600	600	600
Cash Cost (US ¢ /lb)	54.31	54.31	54.31	54.31

銅建値感度分析結果



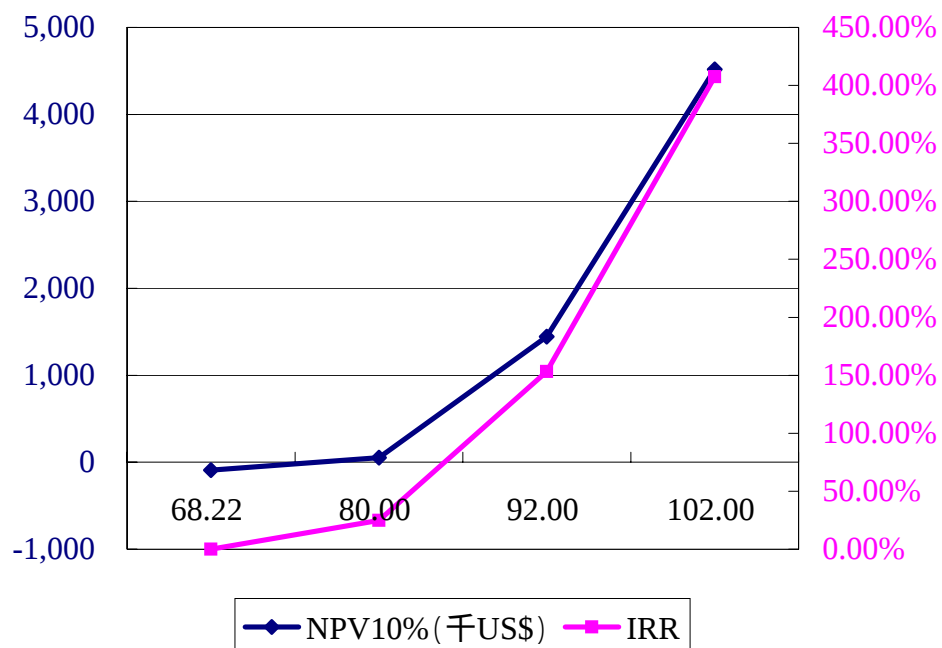
銅建値別割引累積収支



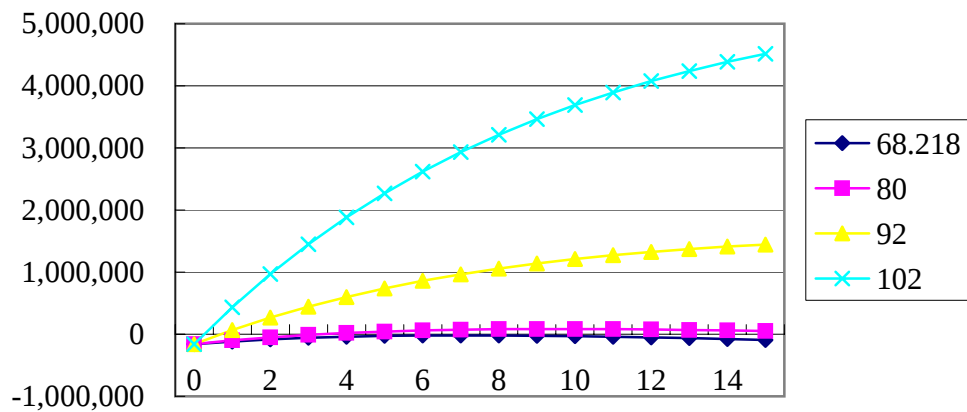
財務指標一覽表

銅建値 (US ¢ /lb)	68.22	80.00	92.00	102.00
NPV _{10%} (千US\$)	-92	51	1,445	4,516
IRR	#DIV/0!	24.92%	153.14%	407.54%
初期投資 (千US\$)	960	960	960	960
Cash Cost (US ¢ /lb)	48.13	48.13	48.13	48.13

銅建値感度分析結果図



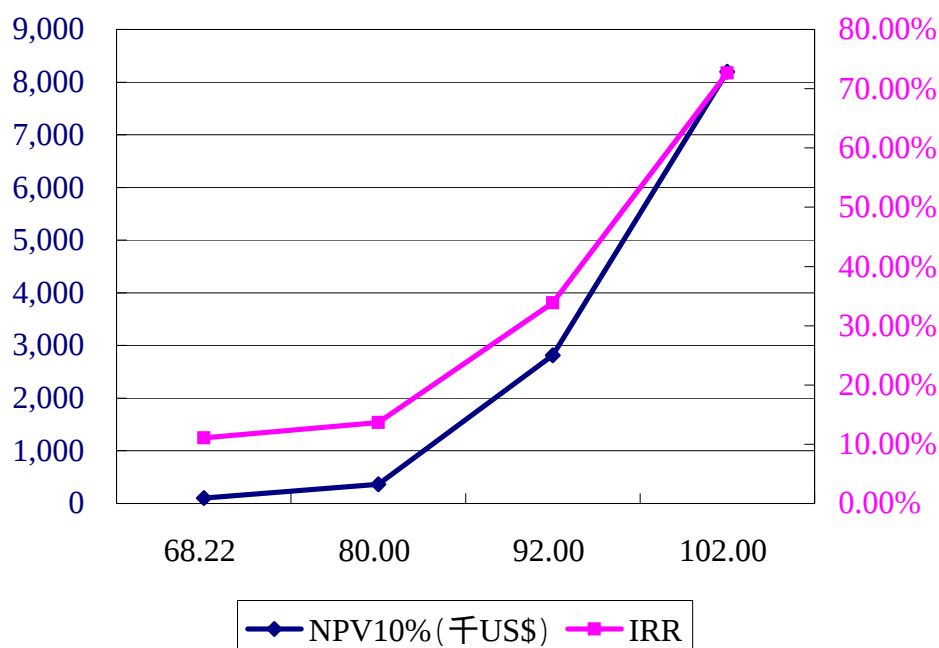
銅建値別割引累積収支



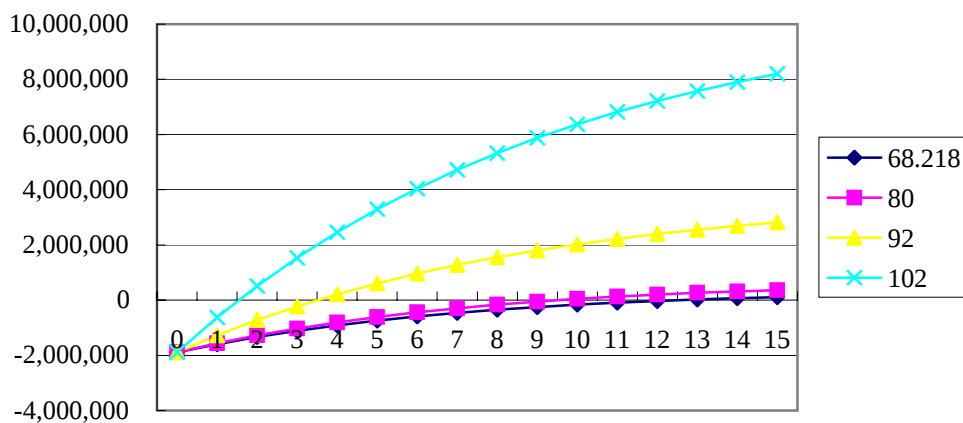
財務指標一覽表

銅建値 (US ¢ /lb)	68.22	80.00	92.00	102.00
NPV _{10%} (千US\$)	105	364	2,814	8,197
IRR	11.10%	13.68%	33.88%	72.64%
初期投資 (千US\$)	2,686	2,686	2,686	2,686
Cash Cost (US ¢ /lb)	39.92	39.92	39.92	39.92

銅建値感度分析結果



銅建値別割引累積収支



7 . Ovalle プラントにおける環境配慮型操業計画

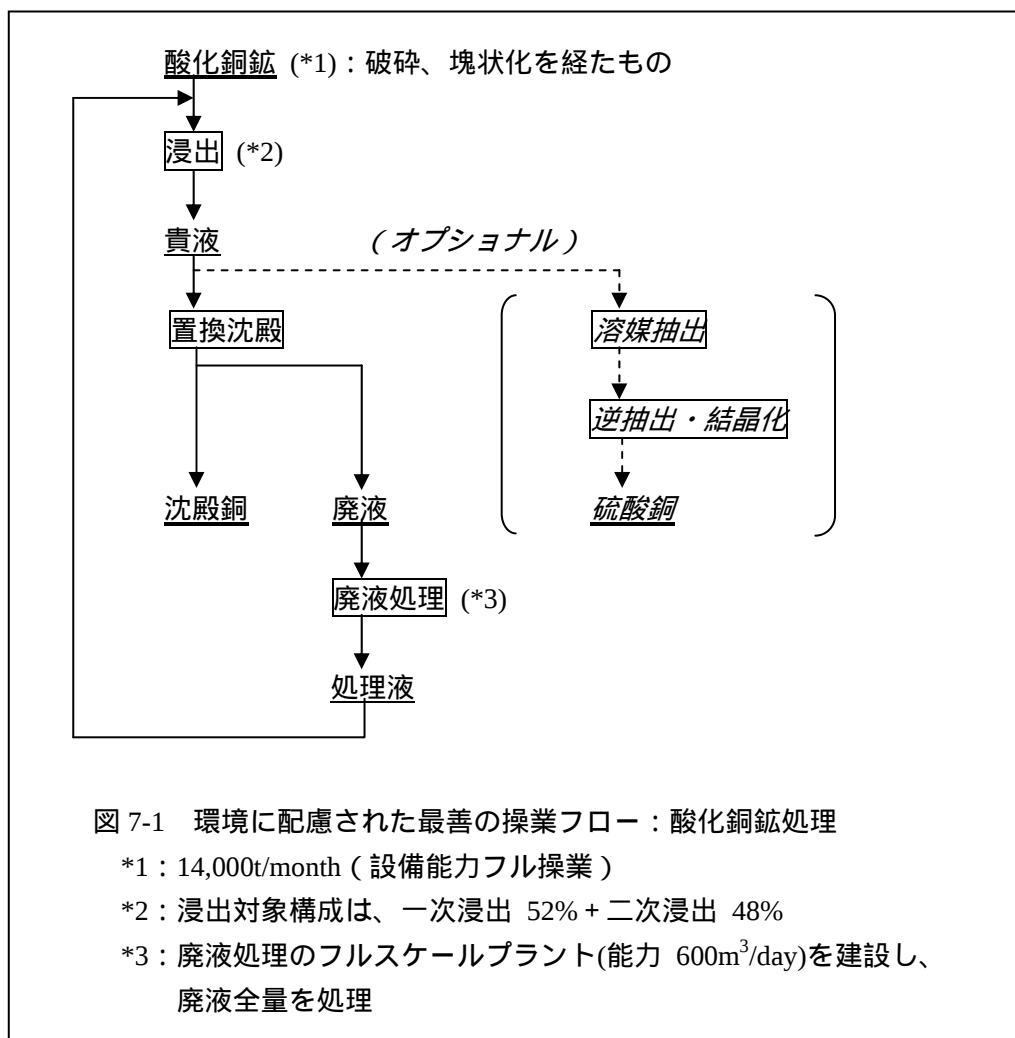
7. Ovalle プラントにおける環境配慮型操業計画

環境に配慮された操業として、まず前の第6章で明らかになった最善の操業形態を7.1に示し、次に、ENAMI 側より提案のあった現状に即した操業形態を7.2に示す。

7.1 最善の操業方法

第6章での酸化銅鉱に係る処理鉱量別最善操業に係る経済・財務分析より、現在の実勢ベース平均の 6,000t/month 処理（銅建値感度分析 68.2180 ~ 92.00 ¢ /lb）、実勢ベース Max. 8,000t/month 処理（銅建値感度分析 68.2180 ~ 80.00 ¢ /lb）ではフィージブルとならなかったが、現在の実勢ベース平均の 6,000t/month 処理（銅建値感度分析 92.00 ~ 102.00 ¢ /lb）、実勢ベース Max. 8,000t/month 処理（銅建値感度分析 80.00 ~ 102.00 ¢ /lb）及び設備能力 14,000t/month 処理（銅建値感度分析 68.2180 ~ 102.00 ¢ /lb）でフィージブルとなった。即ち、6,000t/month 処理の場合は一部改造（一部機器の容量増）、8,000t/month 処理の場合には一部増設、14,000t/month 処理の場合にはフルスケールプラントを建設して廃液全量を処理し、尚かつ硫酸銅を一部オプショナル生産するもので、14,000t/month 処理の場合が経済的にも環境的にも最善の操業形態と判断された。

この操業フローを図 7-1 にまとめる。



尚、硫化銅鉱については、2002 年夏季の増産後の設備処理能力（7,000t/month→）11,000t/month[2002 年増産]処理が、最善の操業と判断される。

ただ、本酸化銅鉱案は、現在銅建値の直りが遅く、設備能力近くの買鉱量の確保が非常に厳しくなって来ていること、又、廃液処理フルスケールプラントの建設及び操業に係るコストの手当が殆ど困難となって来ていること、により更に検討が必要と考える。

7.2 現状に即した操業方法

ENAMI の新たな操業方針を取入れ、最小投資で、環境に配慮した現実的に操業の実施が可能な操業形態を検討する。

7.2.1 ENAMI の操業方針(2002.03)

ENAMI による、Ovalle プラントの新たな操業方針は以下の通りである。

(1) 酸化銅鉱処理

新たな公害を発生させない → プラントより系外へ出す廃/排水をなくす：残末処理廃液、処理液共に浸出工程へ戻す

新規投資は、現在の膨大な累積債務を抱える ENAMI の経済状態より事実上不可 → 廃液処理フルスケールプラントの建設は、見送る

廃液処理モデルプラントは、処理コストが厳しいが、能力一杯操業する → 公称能力は 100m³/day だが、Max.能力の確認を要する

実勢ベースにおける酸化銅鉱処理鉱量 → Max.量は 8,000t/month（発生廃液量：330m³/day）で、通常平均量は 6,000t/month（発生廃液量：250m³/day）

廃液量の減少する処理方法を検討する → 上述の、浸出貴液よりの硫酸銅生産法と溶媒抽出 - 電解採取法とが該当するが、後者に付き自プラントでの適用の検討を当面見送りとする

廃液中の銅の回収を検討する → 残末処理廃液、処理液共に浸出工程へ戻す

Ovalle プラント独自の収入を図る → 浸出貴液よりの硫酸銅生産法

尚、2002.10 に ENAMI は、追加方針として、廃液処理モデルプラントの Max.処理能力に合わせ酸化銅鉱を処理することと、廃液処理において副産物を回収して処理コスト(13～15 千 US\$/month)の削減を図ること、とを検討課題に組み込んだ。

(2) 硫化銅鉱処理：操業を継続する。尚、2002 年夏季に増産をした。

7.2.2 処理方法の検討

酸化銅鉱処理及び硫化銅鉱処理に係る可能性のある方法に対し検討した。検討した処理方法を一覧にして表 7-1 に示す。

(1) 酸化銅鉱処理

- 1) 置換沈殿法（いわゆるセメンテーション法）(Precipitation process[いわゆる Cementation process])：浸出（Leaching）→ 置換沈殿(Precipitation) 沈殿銅(copper precipitate[いわゆる cement copper])生産：有害物質を含む廃液発生

廃液処理あり

- a) 廃液よりの副産物生産なし

- ・ 処理液を河川へ放流：表中 → → →
- ・ 処理液を浸出工程に戻し：表中 → → → ：銅の回収に寄与するが、長期的には浸出液量バランスに注意を要する
- b) 廃液よりの副産物 1 あり：表中 → → → 又は ：ヘマタイト(Fe_2O_3)、フェライト($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)：坑廃水よりのこれら副産物生産に係る金属鉱業事業団(MMAJ：Metal Mining Agency of Japan)による試験フローを、図 7-2 に示す。ただ、当試験結果の解析よりは、フィージブルになるのは厳しい。
- c) その他 1：廃液処理酸化工程産物の Fe^{3+} よりの副産物 2 あり：表中 → → → 又は ：水酸化第二鉄($\text{Fe}(\text{OH})_3$)、硫酸第二鉄($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)：F/S を要する
- d) その他 2：廃液処理酸化工程液($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$)を、浸出工程に戻し：表中 → → → ：混入一、二次硫化銅鉱の浸出
- e) その他 3：廃液処理モデルプラントで培養している鉄酸化バクテリアの浸出工程への意識的添加（要エアレイション）→ 混入二次硫化銅鉱物の浸出促進
- f) その他 4：同上鉄酸化バクテリアとアルカリ剤の、遮水工がない蒸発池への投入（要エアレイション）→ 既に蒸発池に貯められ公害を発生している廃液の $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ による蒸発池堤体/底の目詰りによる公害防止効果あり
- g) その他 5：蒸発池の同上廃液を取り出し、廃液処理モデルプラントにて処理 → 公害防止

廃液処理なし

- a) 廃液を浸出工程に直接戻し：表中 → → →
 - 銅浸出率の向上に寄与するが、長期的には、浸出工程及び廃液処理工程での蓄積重金属の浸出への悪影響と浸出液量バランスの崩れとの恐れがある
 - b) 廃液を蒸発池(ponds)投入 1：素堀の蒸発池へ直接投入：表中 → → →
 - 蒸発量の如何に関わらず、第一鉄イオン(Fe^{2+})他が地下浸透し、地下水を通じ、Ingenio 川を汚染し、公害継続発生：当方法は適用できない
 - c) 廃液を蒸発池投入 2：遮水工(高密度ポリエチレン(HDPE)シート張り)のある蒸発池に直接投入： → → →
 - 蒸発池において、単位時間当たり投入量が単位時間当たり天日蒸発量を下回り、溢水がなければ公害は発生しない、この時、第一鉄イオン他は、蒸発池内で析出(*1)、堆積する：最終的には、覆土・植栽が必要
- *1：硫酸第一鉄(FeSO_4) 等
- 2) 浸出貴液よりの硫酸銅生産法：浸出 → 溶媒抽出(Solvent-extraction: SX) → 逆抽出・結晶化 硫酸銅($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)生産：表中 → → → ：浸出液繰返し使用に付き、廃液量は格段に少なくなる
 - 3) 浸出貴液の溶媒抽出 - 電解採取(SX-EW)法：浸出 → 溶媒抽出 → 電解採取(Electro-winning: EW) 電気銅(electrolytic copper(即ち cathode copper))生産：表中 → → → ：浸出液繰返し使用に付き、廃液量は格段に少なくなる
 - 4) 浸出貴液の売却：溶媒抽出 - 電解採取法を採用している近隣の他社鉱山へ売却：表中 → → → ：尚、Ovalle プラントへの戻りタンク車は、溶媒抽出より浸出への戻り希硫酸の積載を考えるが、本法適用の可能性には、F/S が必要である：廃液は発生しない

(2) 硫化銅鉱処理

1) 浮選法：浮選 銅精鉱(copper concentrate)生産

現在、選鉱尾鉱（廃滓）は廃滓堆積場にて堆積処理され、そこでの上澄水は工程へ全量繰り返し使用されることで、公害は発生していない。

7.2.3 ケーススタディ

可能性のある操業形態を、検討した。丸番号は、表 7-1 の各処理工程を示す。

(1) 酸化銅鉱処理

尚、処理すべき廃液量 $P\text{m}^3/\text{day}$

モデルプラント処理 Max.廃液量 $Q\text{m}^3/\text{day}$ ($Q < P$)

- 1) ケース 1： 浸出 → 置換沈殿（沈殿銅）→ モデルプラント処理（河川放流、浸出工程戻し） $[x_1]$ + 未処理（浸出工程繰返し、硫酸第一鉄 等） $[x_2]$ ：
 $x_1 + x_2 = P\text{m}^3/\text{day}$, $x_1 < Q\text{m}^3/\text{day}$
- 2) ケース 2：{ 浸出 → 置換沈殿（沈殿銅）→ モデルプラント処理（河川放流、浸出工程戻し） $[x_3]$ （+ 未処理（浸出工程繰返し、硫酸第一鉄 等） $[x_4]$ ）}
+（浸出 → 溶媒抽出 → 逆抽出・結晶化（硫酸銅） $[x_5]$ ）： $x_3 + x_4 + x_5 = P\text{m}^3/\text{day}$
分, $x_3 < Q\text{m}^3/\text{day}$
- 3) ケース 3： 浸出 → 置換沈殿（沈殿銅）→ 別処理 1（ヘマタイト、フェライト） $[x_6]$ ： $x_6 = P\text{m}^3/\text{day}$
- 4) ケース 4： 浸出 → 置換沈殿（沈殿銅）→ 別処理 2（硫酸第二鉄） $[x_7]$ ：
 $x_7 = P\text{m}^3/\text{day}$
- 5) ケース 5： 浸出 → 置換沈殿（沈殿銅）→ 酸化処理のみ（第二鉄） $[x_8]$ ：
 $x_8 = P\text{m}^3/\text{day}$
- 6) ケース 6： 浸出 → 置換沈殿（沈殿銅）→ 未処理 $[x_9]$ ： $x_9 = P\text{m}^3/\text{day}$
- 7) ケース 7： 浸出 → 溶媒抽出（沈殿銅）→ 逆抽出・結晶化（硫酸銅） $[x_{10}]$ ：
 $x_{10} = P\text{m}^3/\text{day}$ 分
- 8) ケース 8： 浸出 → 溶媒抽出 → 電解採取（電気銅） $[x_{11}]$ ：
 $x_{11} = P\text{m}^3/\text{day}$ 分
- 9) ケース 9： 浸出 → 売却（浸出貴液） $[x_{12}]$ ： $x_{12} = P\text{m}^3/\text{day}$ 分

(2) 硫化銅鉱処理

1) ケース 1： 浮選

7.2.4 当面の現状に即した操業形態

ケーススタディに、ENAMI の新たな操業方針を併せ、現状に即した環境配慮型操業の形態を以下に検討した。

(1) 酸化銅鉱処理

1) 前提

処理平均鉱量（実勢ベース）：6,000t/month[72,000t/year] [操業率 43%]

（処理 Max. 鉱量（実勢ベース）：8,000t/month[96,000t/year][操業率 57%]）

発生廃液量：250 m^3/day （実勢ベース平均鉱量処理）← 処理すべき廃液量

モデルプラント廃液処理量：現状 Max.量 $176 \text{ m}^3/\text{day}$

2) 優先処理順位

実勢ベース平均鉍量処理 $6,000\text{t}/\text{month}$ (廃液量 $250\text{m}^3/\text{day}$)において以下の通り考える。
上記ケース 2 が該当する。優先処理方式順に検討する。

浸出 → 置換沈殿：廃液処理分 $A \text{ m}^3/\text{day}$

実勢ベース廃液処理 Max.能力は、廃液の鉄濃度の低下に伴い $176\text{m}^3/\text{day}$ 程度と見込まれることより、この Max.量の $A = 176\text{m}^3/\text{day}$ を考える。

処理液は浸出工程へ戻す。又、廃液処理脱水中和殿物は少量とはいえ砒素等有害重金属が含まれている恐れがあるので、遮水工を施した蒸発池(*2)他へ埋立、堆積し、最終処分することが望まれる。*2：日本の管理型最終処分場に該当

浸出 → 溶媒抽出 硫酸銅生産 (オプションル)

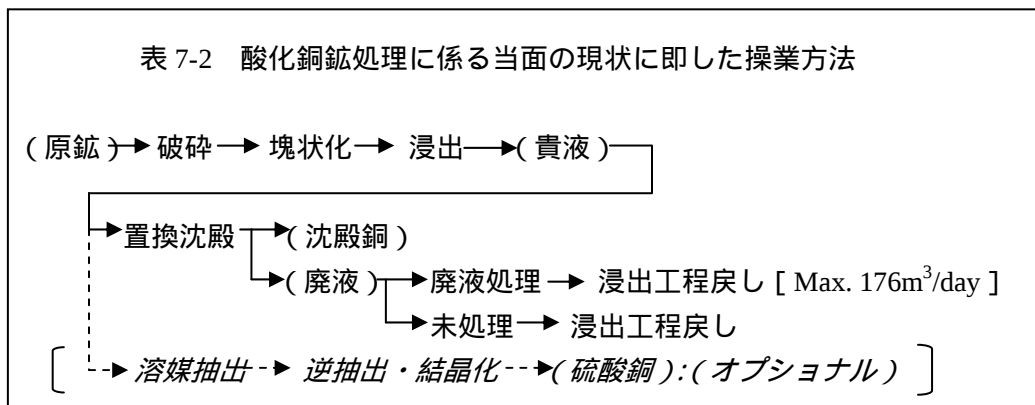
：硫酸銅生産に係る廃液の減分 $B \text{ m}^3/\text{day}$

$40\text{t}/\text{month}$ の生産で、廃液 $30\text{m}^3/\text{day}$ の減となる。硫酸銅は、現在、テスト生産であるが、この生産規模が増加し本生産となるならば、次に述べる の液量が減るだけでなく、銅の採収率の増加も併せ考えられる。ただ、硫酸銅に係る十分な長期的市場調査他 F/S が必要と考える。

浸出 → 置換沈殿：廃液の浸出工程へ戻し分 $C \text{ m}^3/\text{day}$ ($= (250\text{m}^3/\text{day} - (\text{廃液処理分} : A) - (\text{硫酸銅生産に係る廃液の減分} : B))$)

$C = 74 - B \text{ m}^3/\text{day}$ となる。即ち、硫酸銅の生産量が、現生産能力の $40\text{t}/\text{month}$ ならば、 $B = 30\text{m}^3/\text{day}$ で $C = 44 \text{ m}^3/\text{day}$ となるが、増産して $B = 99\text{t}/\text{month}$ とすると、廃液の減分は $B = 74\text{m}^3/\text{day}$ で $C = 0\text{m}^3/\text{day}$ となる。

酸化銅鉍処理に係る当面の現状に即した操業のフローを、表 7-2 にまとめる。



(2) 硫化銅鉍処理

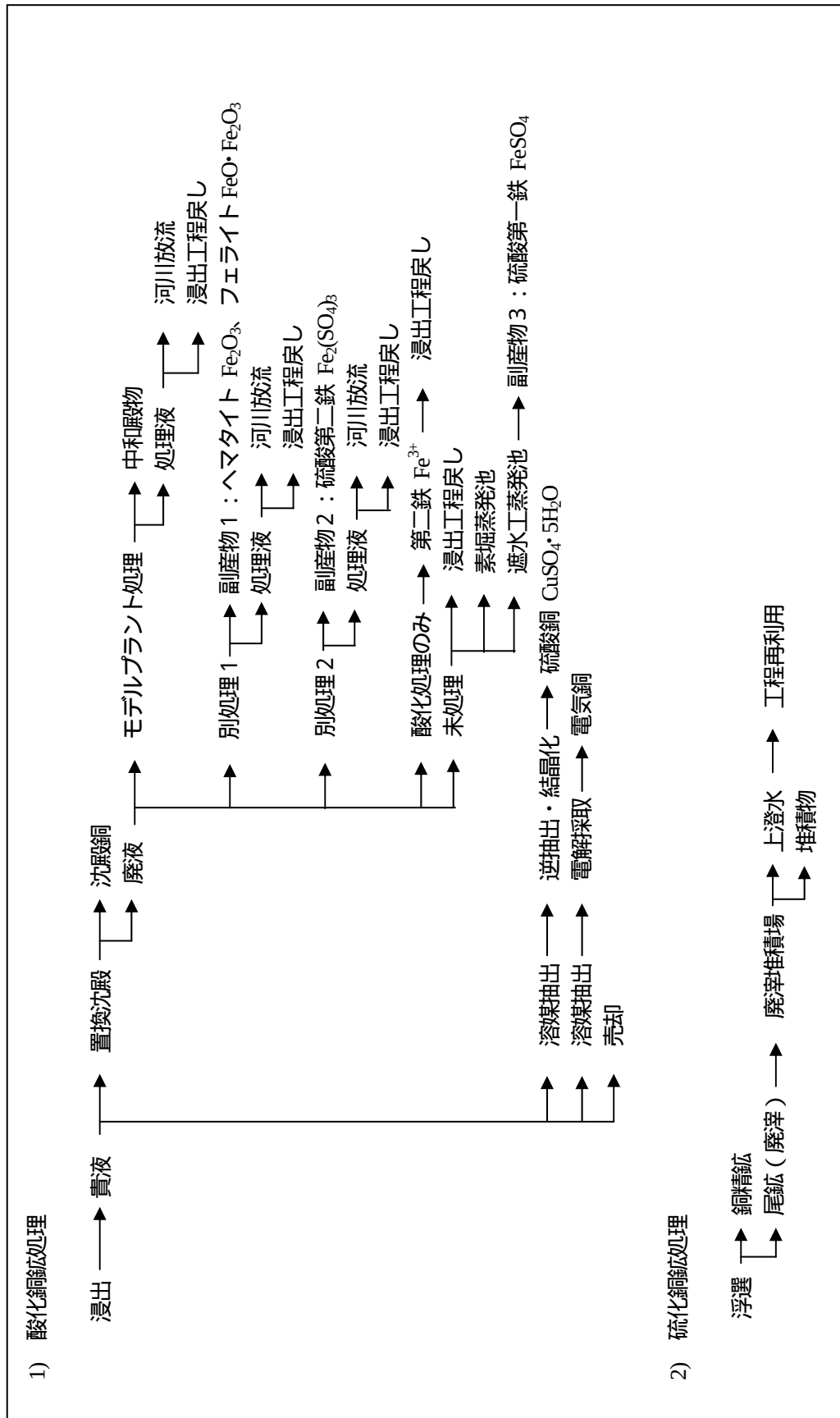
増産後の処理を継続する。

目標処理鉍量： $9,900\text{t}/\text{month}$ [$118,800\text{t}/\text{year}$][操業率 90%]

7.3 環境配慮型操業計画

従前の環境配慮のない操業形態（公害発生）より今後の環境配慮のある操業形態（公害防止）への操業フローの転換を図 7-3 に示す。

表 7-1 処理方法一覧：Ovalle プラント



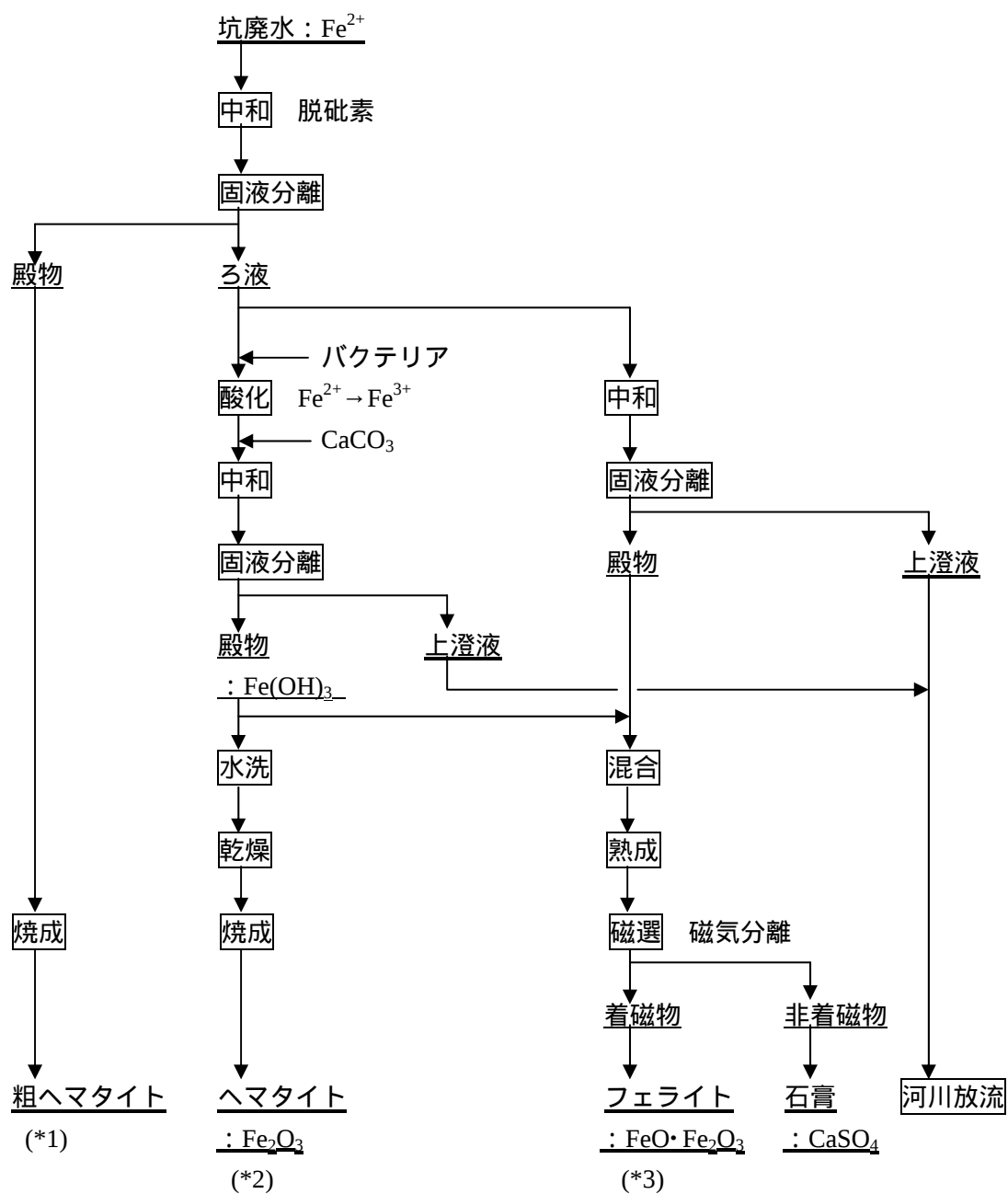


図 7-2 坑廃水より金属回収技術開発 試験フロー

*1：砒素が含まれる場合、堆積場に堆積

*2：顔料（ベンガラ等）、研磨剤、フェライト原料

*3：電波吸着剤、磁性材料、磁性流体、構築材料 他

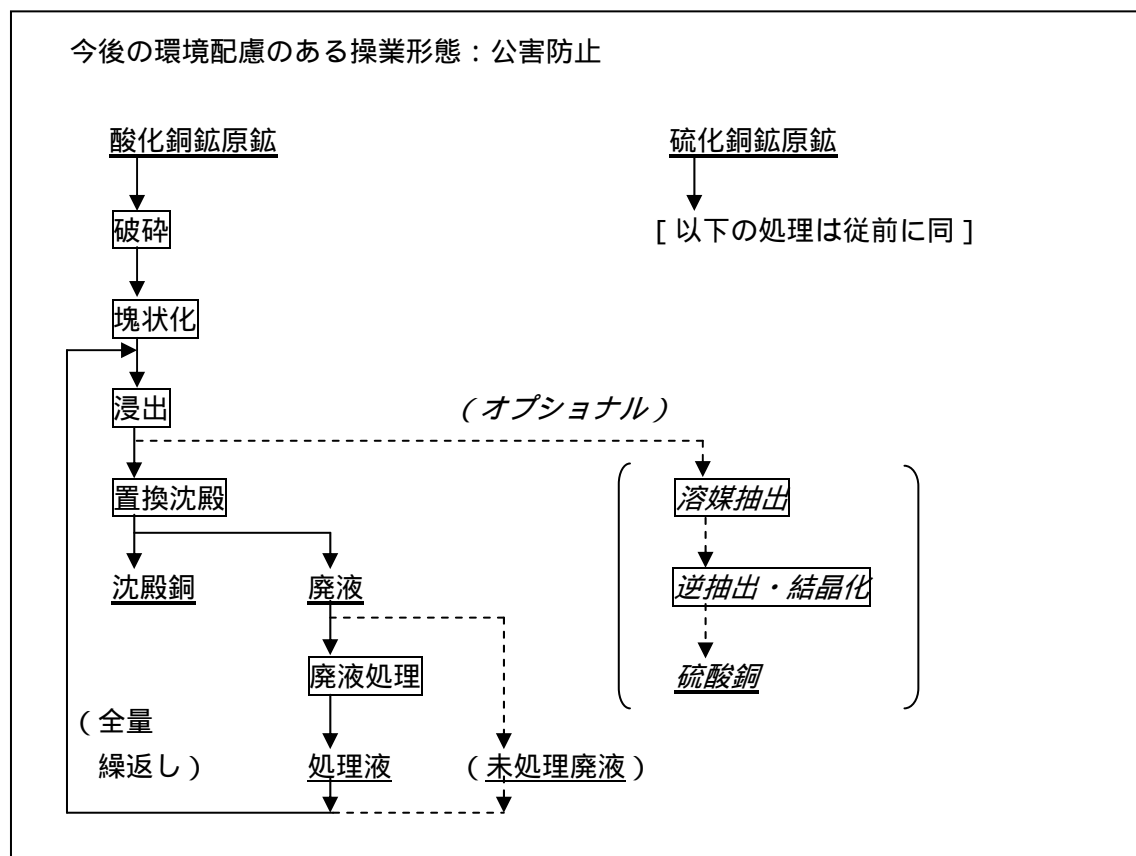
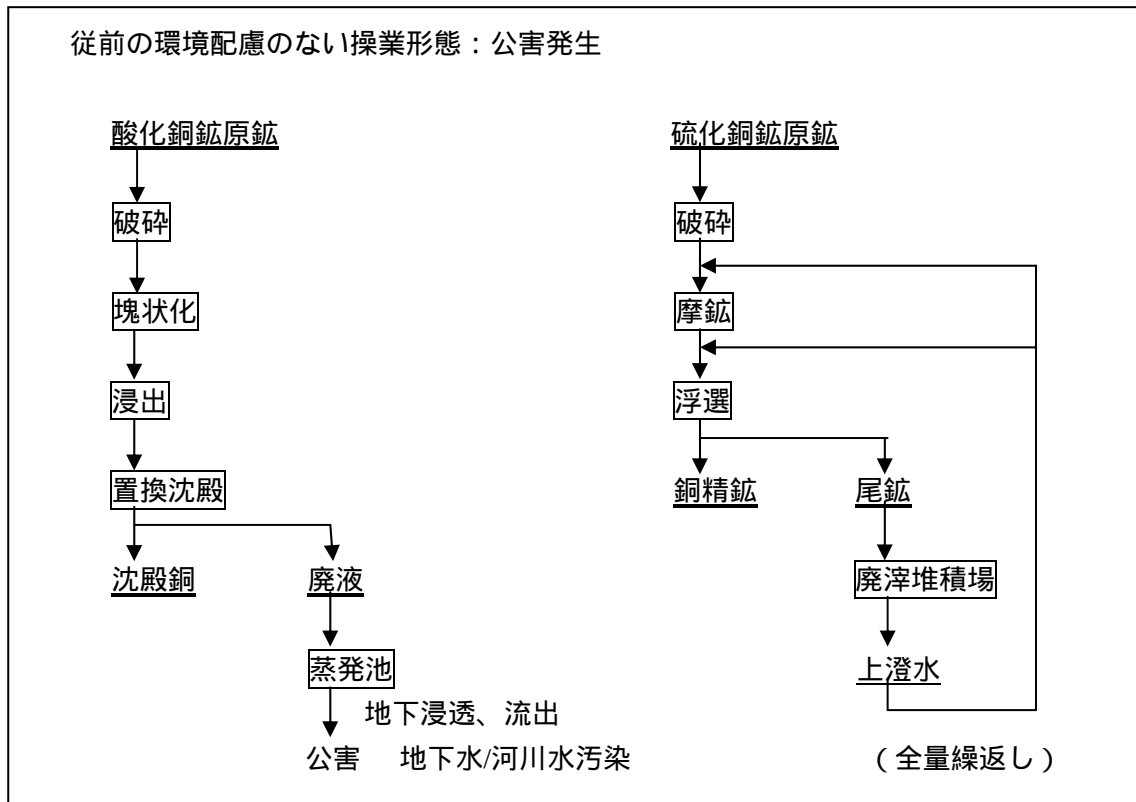


図 7-3 環境配慮型操業形態フローの検討

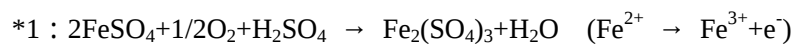
8．チリ国内におけるバイオ技術応用の可能性（M/P）

8. チリ国内におけるバイオ技術応用の可能性 (M/P)

本プロジェクトで構築されるバイオ技術を、チリ国内で幅広く応用展開する可能性を検討した。

8.1 本 M/P におけるバイオ技術の概要

本 M/P で適用されるバイオ技術は、鉄酸化バクテリア(Thiobacillus ferrooxidans 等)の持つ、主に硫酸酸性下において 2 価鉄 (第一鉄: Fe^{2+}) を 3 価鉄 (第二鉄: Fe^{3+}) に酸化(*1)する能力を利用するものである。本バクテリアは、酸化の際に得られるエネルギーを以て、空気中の CO_2 を固定し、生育する独立栄養細菌である。尚、本バイオ技術は、環境に優しく、化学酸化に比しコストが安いという非常に大きな優位性を持つ。



8.2 技術導入の前提条件

本技術の適用には、「本鉄酸化バクテリアが生育可能」であることが必要であり、その条件を以下に示す。

硫酸酸性：混酸でも可であるが、硫酸イオンの含有量が他の酸イオンより多いこと。又、ハロゲン類はバクテリアの阻害物質であるので、これらを含む酸は後述する濃度以下であること。

pH 1.3 ~ 4.5 (最適 pH : 2.5)

温度 10 ~ 37 (最適温度 : 30 ~ 35) : 数の低温における活動例もある

好気性雰囲気

バクテリア基質の存在：第一鉄(Fe^{2+})、硫黄(S)、チオ硫酸($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$)等の無機物質
阻害物質は限界濃度以下

非常に感受性が高く、比較的低い耐性を示す	中程度の耐性を示す	比較的高い耐性を示す
水銀(Hg), 銀(Ag), モリブデン(Mo), テルル(Te), セレン(Se), ウラニウム(U), シアンイオン(CN ⁻), フッ素イオン(F ⁻) : 特定有機物	錫(Sn), 砒素(As), 硝酸イオン(NO ₃ ⁻), 塩素イオン(Cl ⁻)(*2) : 低分子有機物	亜鉛(Zn), ニッケル(Ni), コバルト(Co), 銅(Cu), マンガン(Mn), アルミニウム(Al), カドミウム(Cd), クロム(Cr)

注) 阻害物質濃度を徐々に上げながら継代培養、即ち馴養すると或程度耐性を向上することができる。

*2 : 通常は <1g/L だが、馴養により <10g/L 程度まで耐性を改善できる

8.3 技術適用分野

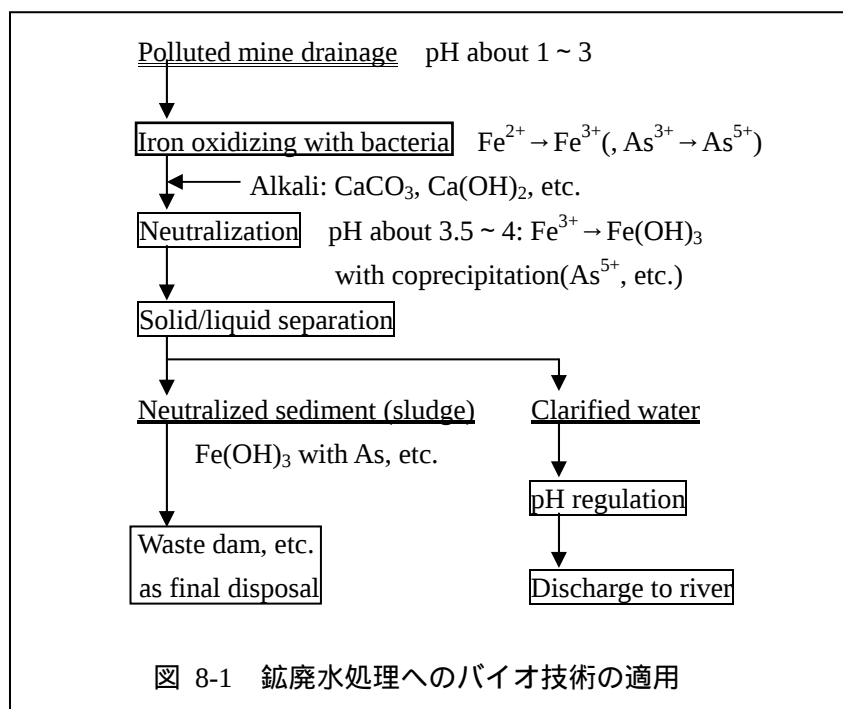
チリ国内の鉱業分野で、本技術適用の可能性が考えられるのは、以下に述べる 4 つのカテゴリー ((1) ~ (4)) である。

(1) 酸化銅鉱置換沈殿法（いわゆるセメンテーション法）に係る浸出廃液処理

第一鉄(Fe^{2+})他の有害物質がイオンの形で含まれる廃液を、素堀の蒸発池(ponds)に投入する場合、それら有害物質はその堤体/底部から地下浸透、流出し、地下水、河川水を汚染（汚濁）し、公害が発生する。Ovalle プラントと同様に、低 pH で多量の第一鉄(Fe^{2+})が溶存しているものに対して適用し、この鉄を第二鉄(Fe^{3+})に酸化、中和し、発生する中和殿物($\text{Fe}(\text{OH})_3$)にて除去し、環境改善を図る。日本での適用は、特になし。

(2) 鉱山（稼行あるいは休廃止）における坑廃水処理

有害物質を含む坑廃水により地下水、河川水が汚染され、鉱害（鉱山公害）が発生する。低 pH で有害重金属($\text{As}^{3+}, 5+, \text{Cd}^{2+}$ 等)が多量の第一鉄(Fe^{2+})と共に溶存しているものに対して適用し、この鉄を第二鉄(Fe^{3+})に（又砒素を As^{3+} から As^{5+} ）に酸化、中和し、発生する中和殿物($\text{Fe}(\text{OH})_3$)に有害重金属を共沈にて除去し、環境改善を図る。日本では、旧柵原鉱山、旧松尾鉱山他で、適用されている。本処理フローを図 8-1 に示す。図中 Iron oxidizing with bacteria と示されている工程が当該技術の適用箇所である。尚、当調査の手順を表 8-1 に示す。

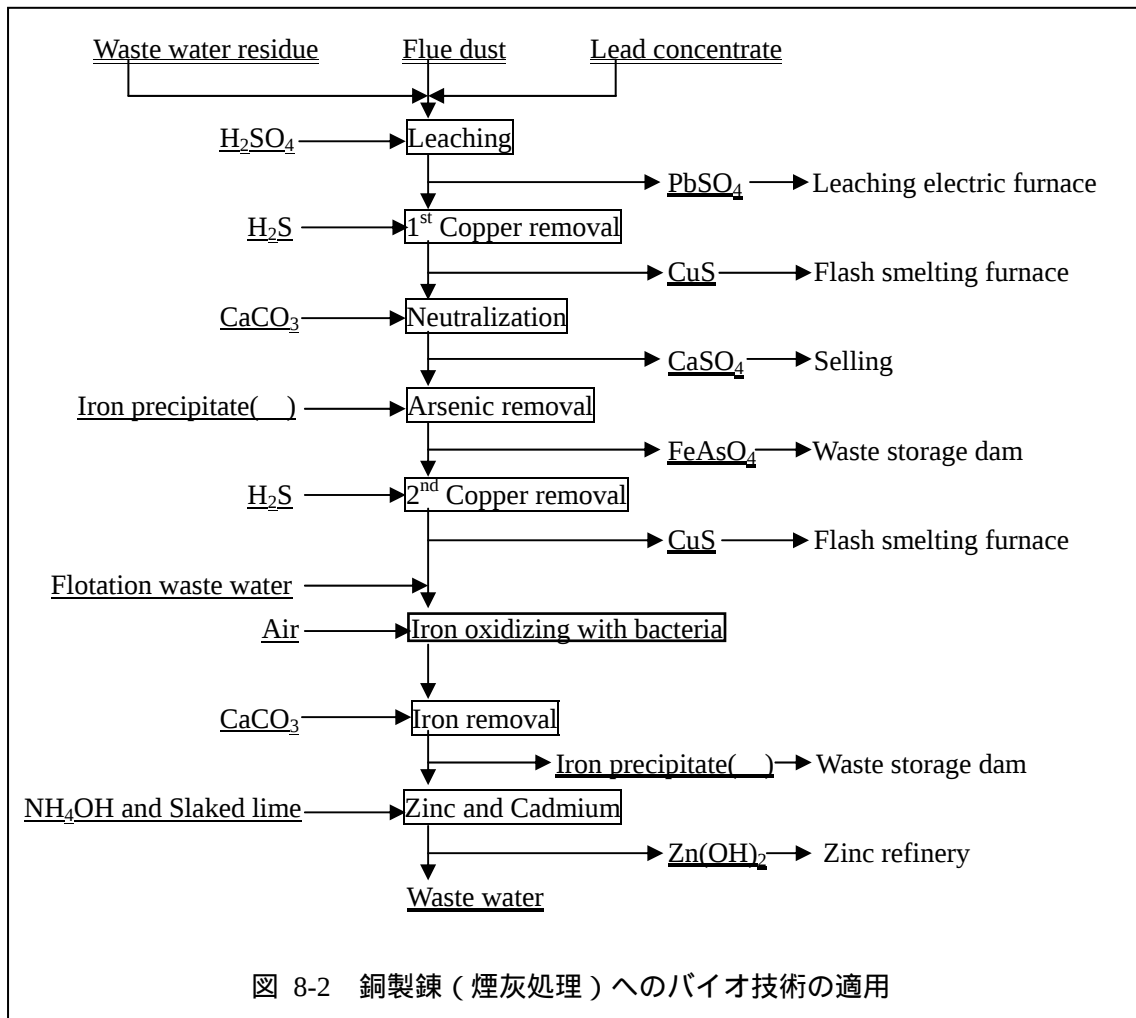


(3) 製錬所中間産物（製錬煙灰）処理

銅製錬所等で、有用重金属(Cu 等)/有害重金属(As , Cd 等)を高品位で含む煙灰の露天放置により、これら有害物質の溶解、流出により地下水、河川水が、又飛散により近隣の土壌が汚染され、公害が発生している。この煙灰に対して適用し、 Cu 等有用金属を回収すると共に、有害重金属を除去し、環境改善を図る。日本では、小坂銅製錬所等で適用されている。

銅製錬煙灰の処理フロー（例）を図 8-2 に示す。図中 Iron oxidizing with bacteria と

示されている工程が当該技術の適用箇所である。



(4) 二次硫化銅鉱のバクテリア浸出（リーチング）

銅鉱石に対する硫酸浸出において、長らくは酸化銅鉱のみが対象であったが、バクテリアの利用、即ちバクテリア浸出により、輝銅鉱(Chalcocite Cu_2S)、銅藍(Covellin /Covellite CuS)等の二次硫化銅鉱に対しても可能となり、対象が広がってきている。

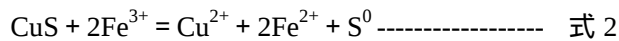
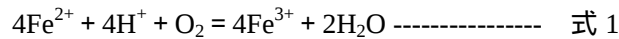
従来、二次硫化銅鉱に対しては、選鉱 - 製錬法にて、即ち浮選で銅精鉱を得、乾式製錬を経て電気銅を生産してきた。勿論、これが現在も主流である。

しかし近年は、選鉱 - 製錬法では経済性の得られない低品位鉱（廃石）に加え、選鉱 - 製錬法で経済性の得られる鉱石に対しても積極的にバクテリア浸出を行い、溶媒抽出 - 電解採取(SX-EW)法にて電気銅を生産することが、多くの鉱山にて実施（もしくは実用検討）されている。これは、選鉱 - 製錬法に対し、溶媒抽出 - 電解採取法の採用により、コストが大幅に低減できることによる。この二次硫化銅鉱に対するバクテリア浸出、溶媒抽出 - 電解採取法の適用は、将来更に拡大するものとする。

本バクテリアに係る浸出には、以下の2機構が考えられている。

間接浸出機構：鉄酸化バクテリアの酸化作用により、 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ とし、この Fe^{3+} が硫化銅物を化学的に酸化浸出する。

銅藍の例



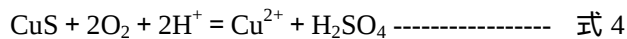
式 1 の反応は、酸性条件下で極めて緩慢にしか進行しないが、本バクテリアが存在するとその反応速度は約 50 万倍になる。

本 Fe^{3+} は、式 2 に示す通り、 CuS に対する酸化剤として作用し、銅は酸化され溶出して Cu^{2+} が生成し、一方、鉄は還元されて Fe^{2+} が生成する。この Fe^{2+} は、式 1 に戻り再び反応に供する。

本機構では、 Fe^{2+} が不可欠であるが、天然の含鉄硫化鉱物、特に黄鉄鉱(FeS_2)の酸化により Fe^{2+} が簡単に得られる。その反応を式 3 に示す。



直接浸出機構：本バクテリアが、硫化鉱物の表面に付着し、触媒的に作用し、式 4 に示す酸化反応を促進する。



ただ、対象鉱物、場所毎の最適条件は、未だ理論的に詰められていない所がある。

本バクテリア浸出は、銅等に係るヒープ浸出（リーチング）/ダンプ浸出（リーチング）の他、ウラン鉱に対するインプレイス浸出（リーチング）等にて行われている。

本バクテリア浸出において、現在は現地で生育するバクテリアに限定して利用している所が多いが、上記(1), (2)等での第一鉄(Fe^{2+})を多量に含む廃液/坑廃水の処理設備があり、そこで培養される本バクテリアを意識的、積極的に活用し、銅の浸出速度、浸出率共に向上を図る。日本では、旧小坂鉱山、旧土畑鉱山で適用された。

又、浸出に活用できるバクテリアとして、*Thiobacillus ferrooxidans* の他、*Thiobacillus thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, *Acidiunus brierleyi*, *Metalloshaera sedula*, *Sulfolobus acidocaldarius*, TH1, TH2, TH3, ALV, BC, *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*, *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* subsp. *thermotolerans*, *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* subsp. *asporogenes*, *Thiobacillus prosperus*, *Thiobacillus cuprinus*, *Thiobacillus acidophilus* 等が研究されている。

尚、黄銅鉱(*Chalcopyrite* CuFeS_2)等一次硫化銅鉱の硫酸浸出は、バクテリアの力を以てしても浸出速度が遅く、実用化は未だ厳しい。現在開発されている当該浸出は、アンモニア、ハロゲン類、硫酸加圧、強力な酸化剤 等による。

(5) その他 1：銅鉱の溶媒抽出 - 電解採取法における浸出工程への戻し希硫酸の浄化

溶媒抽出 - 電解採取法は、非常に多くの鉱山にて大量の酸化銅鉱（、二次硫化銅鉱）に対する浸出に引き続き、適用されているが、長期的に浸出工程への戻し希硫酸に鉄が蓄積し、結果として溶媒抽出工程での溶媒の選択性を妨げることによる銅の採収率低下と、電解採取工程での電解効率低下とが懸念されている。溶媒抽出、電解採取工程に対して本技術を適用し、鉄を除去し、工程成績を向上することが期待されている。ただ、本項は、技術的検討が更に必要であることより、本章の適用分野より除く。日本での適用は、特にない。

その他 2：黄鉄鉱(*Pyrite* FeS_2)や硫砒鉄鉱(*Arsenopyrite* FeAsS)中の金、銀採収

これら硫化鉱中の金、銀は、そのまま青化(シアン CN)浸出しても採収は困難で、その採収率は低い、バクテリア浸出による前処理を行うことで、高採収率が可能となる。Biox Process, BioPro Process, GeoCoat Process 等の方法が開発されている。ただ、本項は、チリでの適用ケースが特にないといわれていることより、本章の適用分野より除く。日本での適用は、特にない。

8.4 チリ国における技術適用箇所の検討

まず、以下(1)の本プロジェクト実施分野に付き、Ovalle 以外の ENAMI 及びその他の中規模以上のプラントについてその適用を検討し、その他小規模のものに対しても検討を加え、次いでチリ国の他分野について(2)～(4)の適用の可能性を検討した。

(1) 酸化銅鉱処理置換沈殿法に係る浸出(リーチング)廃液処理

ENAMI Ovalle プラント：モデルプラント処理残分

ENAMI Vallenar プラント(調査例：pH 2.7: Fe^{2+} 9,700mg/L, T-Fe 16,800mg/L, Cu 467mg/L, Cd 0.43mg/L, Pb 1.1mg/L, As 1.9mg/L)

銅製錬所煙灰の置換沈殿法銅回収処理プラント(調査例：Monte Carmelo：ENAMI より委託を受け、ENAMI Ventanas 銅製錬所の煙灰を置換沈殿法(浸出 - 置換沈殿 沈殿銅生産)にて処理(調査例：pH 2.4: Fe^{2+} 35,400mg/L, T-Fe 36,800mg/L, Cu 906mg/L, Cd 1,410mg/L, Pb 0.7mg/L, As 3,200mg/L)

民間の小規模酸化銅鉱置換沈殿法銅回収処理プラント(調査例：C.G.プラント pH 0.4: Fe^{2+} 49,000mg/L, T-Fe 54,100mg/L, Cu 239mg/L, Cd 0.14mg/L, Pb 1.1mg/L, As 1.8mg/L、L. C.プラント pH 3.4: Fe^{2+} --- mg/L, T-Fe 3,140mg/L, Cu 173mg/L, Cd 0.09mg/L, Pb 0.6mg/L, As 0.16mg/L、S. G.プラント pH 3.8: Fe^{2+} --- mg/L, T-Fe 51,100mg/L, Cu 274mg/L, Cd 0.19mg/L, Pb 1.2mg/L, As 0.71mg/L)

尚、
、
の場合は、当該技術が移転される ENAMI が主導して、地域ごとに公害防止設備、即ち廃液処理設備を完備し、それら小規模の酸化銅鉱/銅製錬煙灰を集鉱し、処理することを提案する。

又、ENAMI M. A. Matta プラントは、硫化銅鉱のみの処理に付き、本技術は適用されない。ENAMI El Salado プラントは、酸化銅鉱の置換沈殿法処理をしているが、処理酸化銅鉱の内のアタカマ鉱($\text{Atacamite Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$)に由来する Cl 濃度が 39.8g/L(限度 10g/L)と高く本技術は適用されない。ENAMI Taltal プラントは、同様に酸化銅鉱の置換沈殿法処理をしているが、処理酸化銅鉱にアタカマ鉱が含まれる上に、用水として海水を利用しているために Cl 濃度が 34.2g/L(限度 10g/L)と高く、更に近い将来臨海より内陸への移転計画があり、これに伴い真水の使用の可能性もあるが、溶媒抽出 - 電解採取法が検討されているので、本技術は適用されない。

Codelco には置換沈殿法の適用箇所はない。

ENAMI 以外の民間に係る置換沈殿法使用鉱山/プラントは、1990 年代に入り減少し、Dona Ada, El Indio, Fortuna de Cobre, La Cascada/Sagasca, Lo Aguirre 等の溶媒抽出 - 電解採取法への切替え等により中規模以上のものはなくなり、2000 年には遂に小零細規模の小数のプラントだけになっている。

(2) 鉱山（稼行あるいは休廃止）における坑廃水処理

- Atacama 砂漠以南（第 州 Copiapo 以南程度）で、降雨、降雪を見る地域にあり、露天掘り、坑内堀を問わず、銅、亜鉛等硫化鉱、特に黄鉄鉱(Pyrite FeS₂)の胚胎(*3)する鉱体を有し、硫酸酸性低 pH の坑廃水を無処理で河川に放流している鉱山。(調査例：C. A. 鉱山 pH 1.1: Fe²⁺ 60mg/L, T-Fe 60mg/L, Cu 247mg/L, Cd 0.06mg/L, Pb 0.1mg/L, As 0.06mg/L, pH 3.9: Fe²⁺ 190mg/L, T-Fe 190mg/L, Cu 548mg/L, Cd 0.13mg/L, Pb 0.2mg/L, As 0.24mg/L)

*3：硫化鉱物の硫黄(S)は、酸化され、硫酸酸性水を生じるが、中でも特に、黄鉄鉱の硫黄は、8.3 (4)の式 3 で示した通り、酸素、水、バクテリアにより、簡単に低 pH の硫酸酸性水を生じる。又、8.3 (4)の式 2 で生じる S⁰ は、本バクテリアの他、Thiobacillus thiooxidans により式 5 を以て、同じく簡単に硫酸酸性を生じる。



これら酸性水は有害重金属(As,Cd 他)を溶解し、地下水、河川水を汚染する。

(3) 製錬所中間産物（製錬煙灰）処理

ENAMI：Ventanas 銅製錬所

CODELCO：Chuquicamata, Caletones (El Teniente), Potrerillos (El Salvador)

各銅製錬所

民間：N. A.(ex-R.)銅製錬所、D. C.銅製錬所

ただ、煙灰中に当該技術の反応に必要な鉄量が十分でない、即ち不足する場合は、Fe³⁺の添加が必要となる。 の場合はこれに該当する。 、 については確認が必要。

尚、ENAMI Paipote 銅製錬所は、煙灰が製錬工程内でバランスし、工程外には出ないので、本技術は適用されない。

(4) 二次硫化銅鉱のバクテリア浸出（リーチング）

- 輝銅鉱(Chalcocite Cu₂S)、銅藍(Covellin/Covellite CuS)等の二次硫化銅鉱が胚胎する鉱床を有し、これら銅鉱に対し、浮選で銅精鉱を得るのではなく、浸出し溶媒抽出 - 電解採取にて電気銅を生産しようとする鉱山。(調査例：E. 鉱山、Z. 鉱山、Q.B. 鉱山)：表 8-2 に、チリ国大手銅鉱山の銅生産状況を示す。

8.5 技術適用分野のまとめ

チリ国において、本技術適用が最優先で必要とされる分野は、8.4 (2)の「鉱山（稼行あるいは休廃止）における坑廃水処理」と考える。

ただ、本分野における汚染坑廃水による河川水他への汚染、即ち鉱害は、相当に広い箇所が発生していると思われるにも拘わらず、その実態は明らかになっていない。

従って、これら調査を行うと共に、本技術適用の詳細検討を行う必要がある。これらを項目にまとめ、表 8-1 に示した。下線部は、本技術適用に際し、留意すべき事項である。本技術は固有技術に係るものであり、その適用には注意を要する。

本バイオ技術は、中南米で見れば、その適用の可能性は非常に大きいと考える。

表 8-1 バイオ技術を利用した「鉱山（稼行あるいは休廃止）における坑廃水処理」（案）

(1) 環境調査

1) 現状調査

汚染発生源調査：鉱山よりの坑廃水の水量、水質、関係河川の水量、水質及び底質量、底質に係る予備調査により、各濃度、負荷量を暫定的に把握し、汚染発生源を明確にする。

又、同時に、pH、硫酸酸性、第一鉄(Fe^{2+})濃度、鉄酸化バクテリアの有無、同バクテリア阻害物質濃度についても把握し、鉄酸化バクテリアによるバイオ技術利用坑廃水処理の可能性を確認する。

汚染状況調査：汚染の状況をマッピングし、対基準汚染度を明確にする。ここで等汚染線等を描くことにより、鉱害の程度とその範囲とを確認する。更には、汚染のインパクトの大きさより、汚染発生源毎に対策の必要優先順位を把握する。

汚染機構（メカニズム）調査：汚染発生源よりどのような経路、反応を経て各地点が汚染されたかを解明する。

被害状況調査：人体、各産業に係る被害状況を把握する。

2) モニタリング

モニタリング計画策定：上記現状調査の結果、今後の継続監視に必要な観測項目、観測点を定める。

モニタリング調査：定期的に、水質に係る試料を採取、分析し、又水量等の測定を行い、データの蓄積を行う。この結果を以て、汚染発生源、汚染状況、汚染機構を修正してゆくと共に、経時変化を把握する。

水質解析モデル策定：汚染機構に係る水質解析モデルを構築する。

水質シミュレーション調査：上記水質解析モデルを以て、汚染発生源での鉱害防止対策内容、程度により、汚染各地点の汚染程度がどのように軽減されるかをシミュレーションにより把握する。

(2) 坑廃水対策検討

1) 鉱害対策技術調査：発生源対策、坑廃水処理他の鉱害対策に係る技術を総覧する。

2) 坑廃水対策技術調査：上記技術の内、チリ国で鉱害が発生している箇所に必要な汚染坑廃水対策技術を、絞り込む。

3) 対策プロセス策定：各汚染発生源毎に鉱害防止対策プロセスを検討する。

ここに、本報告書に述べるバイオ技術が適用される可能性が強い。

鉄酸化バクテリアによるバイオ技術利用プロセスの構築：固有技術必要

4) 対策プロセス試験：プロセスを確認すると共に、処理に係る最適条件を把握する。

5) 設備設計：まず、インパクトの大きい汚染発生源に係る概念設計を行い、鉱害防止に係る経済・財務分析を行う。引続き、詳細設計を行う。

(3) 坑廃水対策実施

1) モデルプラント建設：上記設計に基づき、小規模のモデルプラントを建設し、最適処理条件の見直しを行うと共に、適用技術のクライテリア達成を確認する。

2) フルスケールプラント建設

3) プラント運転：鉱害防止を実施する。

表 8-2 チリの主な銅鉱山

No.	Name of Mine	Ownership	Processing Ore* ⁵		Location : Region	Production in 2000 Cu × 10 ³ t/year
			Sulfide	Oxide		
1	Escondida	BHP 57.5+RTZ 30+JECO 10 * ¹ +IFC 2.5%	○	○		917
2	Chuquibambilla	CODELCO	○	○		630
3	Collahuasi	Falconbridge 44+AAC(Anglo American plc.) 44+Japan Conso. 12%* ²	○	○		436
4	El Teniente	CODELCO	○	○ * ⁶		356
5	Los Pelambres	Antofagasta Minerales plc. (Luksik) 50.55 +Anaconda Chile 9.45 +Japan Conso. 40%* ³	○			310
6	Andina	CODELCO	○			258
7	Candelaria	Phelps Dodge 80+Sumitomo group 20%* ⁴	○			204
8	Radomiro Tomic	CODELCO		○		191
9	El Abra	Phelps Dodge 51+CODELCO 49%		○		191
10	Los Bronces	Exxon Mobil (Disputada de Las Condes)	○	○	M* ⁷	170
11	Zaldivar	Placer Dome	○	○		148
12	Cerro Colorado	Billiton (Rio Algom)		○		115
13	Mantos Blancos	AAC	○	○		102
14	Salvador	CODELCO	○	○		81
15	Quebrada Blanca	Aur 76.5+Pudahuel 13.5+ENAMI 10%	○	○		73
16	El Soldado	Exxon Mobil (Disputada de Las Condes)	○	○		68
17	Manto Verde	AAC		○		54
18	Michilla (Lince)	Antofagasta (Luksik)	○	○		53
19	Lomas Bayas	Bolden: Noranda+Falconbridge		○		51
20	Andacollo	Aur 63+Pacífico 27+ENAMI 10%		○		21
21	El Indio	Barrick	○			14
22	Ivan Zar	Milpo (Peru)		○		13
23	Minera Valle Central	Valle Central	○			12
24	Punta del Cobre	Punta del Cobre	○			10
25	Las Luces	Las Luces	○			10
26	La Cascada	Pudahuel		○		5
27	Lo Aguirre	Pudahuel	○		M* ⁷	5

Note *¹: Mitsubishi-shoji 6+Mitubishi-material 2+Nikko-kinzoku 2%
*²: Mitsui-bussan 6.9+Nikko-kinzoku 3.6+Mitsui-kinzoku 1.5%
*³: Nikko-kinzoku 15+Mitsubishi-material 10+Marubeni 8.75+Mitubishi-shoji 5+Mitsui-bussan 1.25%
*⁴: Sumitomo-kinzokukouzan 15+Sumitomo-shoji 5%
*⁵: Sulfide copper ore (process: flotation, product: copper concentrate),
Oxide copper ore (process: SX-EW, product: electrolytic copper[cathode copper])
*⁶: This SX-EW is brought about by treatment of acid drainage water from mine.
*⁷: Metropolitan

9 . 結 論

9．結論

1999 年 10 月以降 39 ケ月間、Ovalle プラントの操業・環境の改善を追求して来た本調査も、ほぼ計画どおり終了することが出来た。ただこの期間は経済社会両面にわたり世界的に不安定な情勢に取り巻かれ、経済危機・デフレ・雇用不安などきびしい状況が支配的であった。

産銅界においても国際価格である銅建値が長期間低迷し、90 年代前半のような活気は見られなかった。世界第一位を占めるチリにおいても、いわゆる大鉱山は不況にもゆるがず順調な操業を持続したものの、中小の鉱山はコストの負担が重く生産はおしなべて低調であった。中小鉱山を支援しつつも、一方では原料鉱石をすべて中小に依存する ENAMI の各プラントにとっては、操業率のきわめて低い状況を長期にわたって強いられ、なお先の予測は不透明な状況にある。

ENAMI のチリ産銅界に占める役割からの異論はあろうが、現状のような受け身の操業を脱し自主的な生産計画を計上出来る体制が望ましい。自身での鉱山経営など将来的な構想を強く提言したい。プラント収支の面にも生産性向上が反映されることが経営の本来の姿であろう。

収益向上のためにはスケールメリットを活かす増産の寄与が最大であるが、現状の処理レベルでも細部改善の積み重ねにより収入増の余地はある。そのためには基礎的な実験とデータの蓄積が必須である。

廃液処理モデルプラントについては、実験室試験から設計・据え付け・運転・実証試験の各段階においてチリ側との連携が円滑に進み、所期以上の結果をあげたと見られる。基礎試験の結果どおり廃液の浄化は立証され、処理能力の上でも計画以上の実績を収めた。技術移転を含め技術面での成果には明らかなものがある。

モデルプラントを工業規模に増強する、いわゆるフルスケールプラントについてはリーチングプラントの最大月間処理能力 14,000 トンに見合う廃液量 $600\text{m}^3/\text{日}$ を対象に設計を行った。この時モデルプラントも併用することになるが新設部分の設備費は 2,125 千 US ドル程度と見込まれる。この新規投資を加え、リーチング工場の廃液処理を含むフルスケール操業を想定し、各ケース別にキャッシュフロー分析を試みた。結果はすべてのケースでフィージブルとはならず、公害対策投資の難しさが浮き彫りにされた。

公害対策事業を評価するには、生産部門の収支にのみ固執せず地域社会におよぼす影響を考慮する必要がある。本プロジェクトについては、プラント周辺の地域（農地、牧草地、鉱山など）への経済効果を出来る限り数量化して解析することを試みた。具体的には 1. 汚染により評価額が著しく低下した土地を復旧により差損の解消。 2. Ovalle プラントがフル操業を続けることによる周辺鉱山ほかへの経済効果。 3. 地域全体での用水使用量の減少による負担の減少。 これらの効果をおりこんで解析を行った結果、月間粗鉱量 14,000 トンのフルスケール処理の場合には、銅市場建値がポンドあたり US68 ¢

を上回ればフィージブルとなり得ることが明らかとなった。

この結果を受け、結論として月間 14,000 トンのフル操業ならびにフルスケール廃液処理プラントの建設による廃液全量処理の実施を提言する。この体制により外部への汚染は皆無となり、廃液処理後浄化された液はリーチング工程で再利用され、銅収率の向上も期待されるなど技術・環境の両面で理想に近い操業が見込まれることになる。

ただし、これらの投資を早急に行うには現下の状況がきびしいことも事実である。将来的に銅価格の動向により銅産業が活況を取り戻す時期を予測して、その判断は ENAMI 経営陣に委ねるのが妥当であろう。当面の操業は月間 6,000 トンとしても環境が好転した場合にはフルスケール 14,000 トンの操業と、それに見合う廃液処理プラントの建設を重ねて推奨する。

当面低水準の操業がなお続くものとすれば、現モデルプラントをフル活用しつつそれに対処した環境配慮型操業を検討する必要がある。この点についても Ovalle 側と協議して当面の対策を検討し、本報に記載した。

Ovalle プラントで実施した公害対策をチリ国内他の事業所に展開することは、情報収集・現地調査により検討したが、近年沈殿銅方式が減少しつつあることから適当な対象個所を見出すことが出来なかった。そこで沈殿銅に限定せず、広く鉱業界全般に本バイオ技術を適用する可能性を検討し、本報に概説した。これをただちに実施するには具体性に欠けるが、ENAMI の手によりさらに調査開発されることを期待したい。

チリ国内において近年公害に対する意識が高まってきたといわれるものの、発生源に対する責任意識は今一步の感がある。Ovalle プラントにおいても新たな汚染を防止することは無論のこと、これまでの河川等の汚染には積極的な姿勢をもって復旧工事を実施することを提言する。調査団としても、調査内容を外部に公開する機会をもつとともに、公害対策の重要性を強調するためのセミナーを、2002 年 3 月（ラ・セレナ市）、同 10 月（サンチャゴ市）の二回開催して意識の高揚につとめた。

調査の終了にあたって、これまでの調査期間中チリ側との協力体制はきわめて良好であったと考える。ENAMI を始め関係各機関による情報提供その他の便宜について改めて感謝の意を表したい。近い将来 Ovalle プラントが技術面、経済面ならびに環境面で酸化銅鉍処理の規範となることを祈念する。