

No.

国際協力事業団

チリ共和国

鉱業省・鉱山公社

チ リ 国

リーチング工場環境配慮型操業改善計画調査

最終報告書

2002年12月

同 和 工 営 株 式 会 社

三 井 金 属 資 源 開 発 株 式 会 社

鉱調資

JR

02-170

序 文

日本国政府は、チリ共和国政府の要請に基づき、同国のリーチング工場環境配慮型操業改善計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

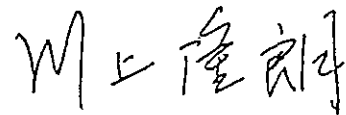
当事業団は、1999年10月から2002年10月までの間、7回にわたり同和工営株式会社の橋本 滋 氏を団長とし、同和工営株式会社及び三井金属資源開発株式会社の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、チリ共和国政府関係者との協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、チリ共和国のリーチング工場環境配慮型操業改善に寄与するとともに、両国における友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心から感謝申し上げます。

2002年12月



国際協力事業団
総裁 川上隆朗

国際協力事業団

総裁 川上 隆朗 殿

伝 達 状

今般、チリ共和国における「リーチング工場環境配慮型操業改善計画調査」が終了しましたので、ここに最終報告書を提出致します。

本調査は、チリ共和国鉱山公社（ENAMI）所有の Ovalle 工場における銅鉱石のリーチング（浸出）ならびに沈殿銅採取工程について、操業面、環境面での改善のため実施されたもので、とりわけ工場からの廃液による周辺河川の汚染防止が最大の目的であります。このため汚染源である鉄殿物除去の基礎実験を始めとし、現地にモデル（試験）プラントを建設して廃液の清浄化を実証し、あわせてカウンターパートへの関連技術移転を行いました。

本最終報告書（ファイナルレポート）は、上記モデルプラントの試験操業結果をはじめとし、実操業規模での廃液処理プラント（フルスケールプラント）の設計計画ならびにその設備費・操業費の試算による経済分析、さらに本プロジェクトで用いられた技術をチリ国内他の分野へ適用する可能性についても検討し、総括したものであります。

本調査に提言した内容を確実に実施することで、当該 Ovalle 工場は将来とも安定した操業を持続しつつ、同工場から発生していた廃液による公害は皆無となり、いわゆる環境配慮型操業が確立されるものと確信致します。また本技術を移転したカウンターパートの手により、チリ国内他の事業所へ応用展開して鉱山公害防止に寄与できるものと期待しております。

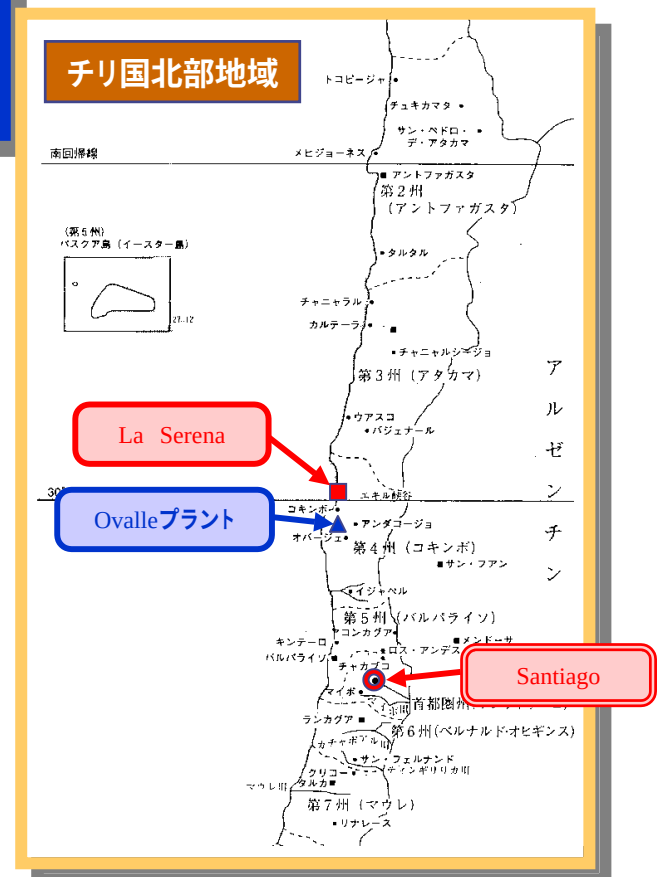
本報告書の提出にあたり、貴事業団を始め外務省、経済産業省ほか関係各位には多大のご理解ならびにご協力を賜り、厚く御礼申し上げます。また、チリ国における現地調査期間中は、同国鉱業省ほか政府関係機関、在チリ日本大使館及び JICA チリ事務所、MMAJ 事務所より貴重な助言とご協力を賜り心から感謝の意を表します。

2002 年 12 月

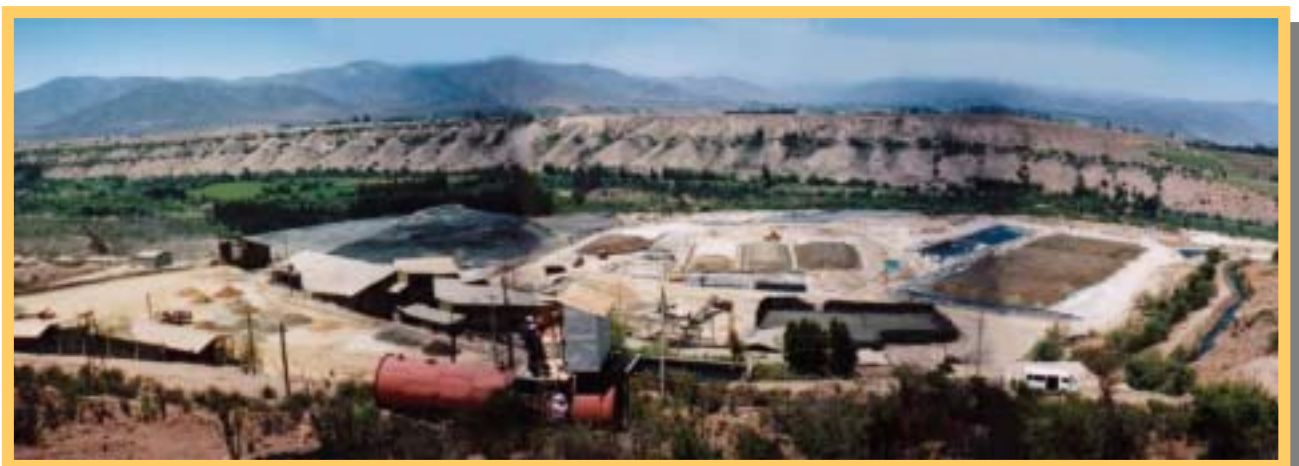
橋本 滋

チリ国リーチング工場
環境配慮型操業改善計画調査
総括 橋本 滋

チリ及びOvalleプラントの位置図



Ovalleプラント全景



Ovalleプラント(硫化銅鉱処理)



原鉱



浮選場



浮選精鉱

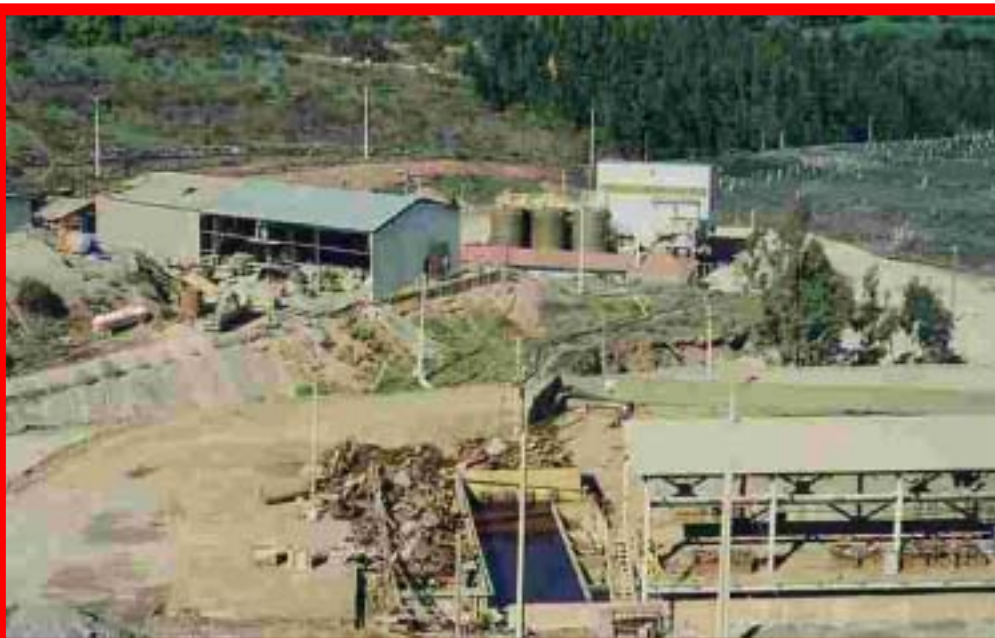
Ovalleプラント(酸化銅鉱処理)



原鉱



アグロメレーション



沈殿

Ovalleプラント周辺汚染状況



工場の上流



蒸発ポンドと堤体



工場の下流

環境診断サンプル採取場所



M-1



M-5



M-4A



M-6



M-4B



M-7

基礎試験実施状況



酸化試験状況



中和脱水ケーキ

鉄酸化細菌



Ovalle株



Andacollo株

モデルプラント完成写真



モデルプラント運転状況



酸化槽



中和槽



凝集槽



フィルタープレス



バクテリア回収槽



フィルタープレス脱水ケーキ

モデルプラントでの工程毎の 廃液及び脱水ケーキ



左から廃液、酸化液A、B、C、バクテリア
回収槽上澄液、中和液、処理後液



左からバクテリア泥脱水ケーキ、中和泥
脱水ケーキ、pH調整泥脱水ケーキ

セミナー開催状況



第1回セミナー



第2回セミナー

目 次

1. 調査の目的と経緯-----	1-1
2. チリの鉱業事情-----	2-1
2.1 チリの鉱業概要-----	2-1
2.2 チリ国の環境関連機関と法整備-----	2-4
2.3 チリ鉱山公社（ENAMI）の概要-----	2-6
3. Ovalle プラント生産部門の操業診断・環境診断-----	3-1
3.1 Ovalle プラントの概要-----	3-1
3.2 操業診断-----	3-8
3.3 環境診断-----	3-63
4. 鉄酸化バクテリア法の技術移転-----	4-1
4.1 基礎試験結果-----	4-1
4.2 モデルプラントの概要と建設の推移-----	4-15
4.3 実証試験結果-----	4-20
4.4 モデルプラントの現状と今後-----	4-31
4.5 技術移転のための指導項目-----	4-33
5. 廃液処理フルスケールプラントの計画-----	5-1
5.1 フルスケールプラント検討のための前提条件-----	5-1
5.2 フルスケールプラントの概念設計-----	5-10
5.3 設備費、運転費の算出-----	5-22
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
6.1 プロジェクトの背景と経緯-----	6-1
6.2 プロジェクトの承認工程-----	6-4
6.3 市場及び生産工程-----	6-5
6.4 実施計画-----	6-12
6.5 財務分析-----	6-18
6.6 経済分析-----	6-20
6.7 沈殿銅生産者（第三者）への経済効果-----	6-26
6.8 結論-----	6-28
ANNEX -----	6-31

7. Ovalle プラントにおける環境配慮型操業計画	7-1
7.1 最善の操業方法	7-1
7.2 現状に即した操業方法	7-2
7.3 環境配慮型操業計画	7-5
8. チリ国内におけるバイオ技術応用の可能性（M/P）	8-1
8.1 本 M/P におけるバイオ技術の概要	8-1
8.2 技術導入の前提条件	8-1
8.3 技術適用分野	8-1
8.4 チリ国における技術適用箇所の検討	8-5
8.5 技術適用分野のまとめ	8-6
9. 結論	9-1

ファイナルレポート略語、用語集

【略語・頭字語】

1. COCHILCO：（Comisión Chilena del Cobre）チリ銅委員会
2. CODELCO：（Corporación Nacional del Cobre de Chile）チリ銅公社
3. CONAMA：（Comisión Nacional del Medio Ambiente）国家環境委員会
4. COREMAS：（Comisiones Regionales del Medio Ambiente）地方環境委員会
5. DCF：（Discounted Cash Flow）割引キャッシュフロー
6. ENAMI：（Empresa Nacional de Minería）チリ鉱業公社
7. IRR：（Internal Rate of Return）内部収益率
8. LME：（London Metal Exchange Market）ロンドン金属取引所
9. LME-spot：ロンドン金属取引所での現物取引価格
10. MIDEPLAN：（Ministerio de Planificación y Cooperación）企画協力省
11. NPV：（Net Present Value）：正味現在価格
12. RCU：（Rate of Capacity Utilization）操業率/対設備能力稼働率
13. SAG：（Servicio Agrícola y Ganadero）農業・牧畜事業所
14. SEIA：（Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental）環境評価制度
15. SERNAGEOMIN：（Servicio Nacional de Geología y Minería）地質鉱業国家事業所
16. SX-EW：（Solvent Extraction-Electrowinning）溶媒抽出・電解

【用語集】

<処理技術関係>

1. 選鉱(Mineral processing)：鉱物間の粒度、比重、界面の濡れ性（疎水性/親水性）、磁性、界面の導電性等の物理的特性の差を利用し、対象鉱物だけを分離、採取するもの。順に、分級、比重選鉱、浮遊選鉱、磁力選鉱、静電選鉱等の技術がある。選鉱での精鉱を製錬し、金属の地金を得る。
2. 酸化鉱(Oxide ore)：本来は酸素と結合している鉱物に係る鉱石を言うが、本書ではその他、水酸化鉱物、硫酸塩鉱物、磷酸塩鉱物、炭酸塩鉱物、ハロゲン化鉱物、珪酸塩鉱物等の、硫化鉱物以外の鉱物に係る鉱石をいう。銅鉱物では、珪孔雀石($\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、孔雀石($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) 他が該当する。
3. 硫化鉱(Sulphide ore)：主に、硫黄(S)と結合している鉱物に係る鉱石を言う。銅鉱物では、黄銅鉱(CuFeS_2)、輝銅鉱(Cu_2S)、銅藍(CuS)等が該当する。
4. 置換沈殿（いわゆるセメンテーション）法(Precipitation(Cementation) process)：本書では、酸化銅鉱に対し、破碎(Crushing)→塊状化(Agglomeration)→浸出(Leaching)→置換沈殿により沈殿銅(Copper precipitate(Cement copper))を生産するもの。電気銅には、その後乾式製錬(熔錬→製銅)→電解精製が必要。

5. 溶媒抽出—電解採取(SX-EW)法(Solvent-Extraction—Electro-winning process)：本書では、酸化銅鉱、二次硫化銅鉱[後述]に対し、破碎(Crushing)→塊状化(Agglomeration)→浸出(Leaching)→溶媒抽出→電解採取、即ち湿式製錬のみにて、電気銅(Electrolytic copper(Cathode copper))を生産するもの。
6. 原単位(Unit consumption)：単位量、例えば原鉱 1t に対する、消費量。
7. 一次硫化銅鉱(Primary sulphide copper ore)：本源的な造岩作用又は鉱化作用の際に生成したものを一次鉱物といい、銅鉱物では黄銅鉱等が該当する。
8. 二次硫化銅鉱(Secondary sulphide copper ore)：一次鉱物生成の後に、加わった作用、即ち二次硫化物富化作用等により生じた二次鉱物をいい、銅鉱物では輝銅鉱、銅藍等が該当する。
9. 浮遊選鉱（浮選）法(Flotation process)：本書では、硫化銅鉱に対し、破碎(Crushing)→摩鉱(Grinding)→浮選により銅精鉱(Copper concentrate)を生産するもの。電気銅には、その後乾式製錬(熔錬→製銅)→電解精製が必要。

<経済関係>

10. 外部経済（効果）：他の経済主体の利益なること
11. 外部不経済：他の経済主体の不利益になること
12. 環境負債：過去の汚染による蓄積公害
13. キャッシュコスト（Cash Cost）：営業費用から減価償却費を差引いたコスト
14. 正味現在価値（NPV）：各年度の名目キャッシュフローを資本コストレートで割引合計したもの
15. 内部収益率（IRR）：初期投資額と将来のキャッシュフローの現在価値が同額になる時の割引率
16. 埋没コスト（sunk cost）：どの解決策を採用しても金額が変化しない原価
17. 割引キャッシュフロー（DCF）：プロジェクトから発生する各年のキャッシュインフローを現在価値に引き直すことによって、プロジェクトへの投資の可能性やタイミングを計算する

【単位】

1. CH\$：ペソ（チリ通貨）
2. CH\$/Ha：ペソ/ヘクタール
3. CH\$/mt：ペソ/トン
4. CH\$/US\$：ペソ/米ドル
5. dmt：乾量トン
6. dmt/month：乾量トン/月
7. dmt/year：乾量トン/年
8. fmt：含有金属トン
9. Ha：ヘクタール
10. kg/m³：キログラム/立方メートル

11. m^3 ：立方メートル
12. m^3/day ：立方メートル/日
13. mt ：トン
14. mt/month ：トン/月
15. mt/year ：トン/年
16. $\text{US } \text{¢}/\text{lb}$ ：米セント/重量ポンド
17. $\text{US\$}$ ：米ドル
18. $\text{US\$}/\text{dmt}$ ：米ドル/乾トン
19. $\text{US\$}/\text{kg}$ ：米ドル/キログラム
20. $\text{US\$}/\text{m}^3$ ：米ドル/立方メートル
21. $\text{US\$}/\text{mt}$ ：米ドル/トン
22. $\text{US\$}/\text{year}$ ：米ドル/年
23. $\text{US\$}-\text{lb}/\text{US } \text{¢}-\text{mt}$ ：米ドル-重量ポンド/米セント-トン

図表目次

< 図 >

2. チリの鉱業事情

図 2-1	チリ鉱山位置図	2-1
図 2-2	銅生産量の推移	2-2
図 2-3	チリ銅生産形態	2-2
図 2-4	銅輸出先(2000 年)	2-3
図 2-5	CONAMA 及び関連機関組織図	2-5
図 2-6	鉱業省組織図	2-8
図 2-7	ENAMI 組織図	2-9

3. Ovalle プラント生産部門の操業診断・環境診断

図 3-1	Ovalle プラント施設位置図	3-6
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	3-21
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	3-22
図 3-4	酸化銅鉱処理操業率 (RCU) と銅建値	3-24
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	3-47
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	3-48
図 3-7	硫化銅鉱処理操業率 (RCU) と銅建値	3-50
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	3-51
図 3-9	Ovalle Plant 周辺地形図	3-64
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)	3-70
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)	3-71
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)	3-73
図 3-13	M-1 及び M-5 における T-Fe, Cl, SO ₄ 負荷量(99 Dec~02 Feb)	3-75

4. 鉄酸化バクテリア法の技術移転

図 4-1	基礎試験 (1) -Fe ²⁺ 酸化速度の変化	4-4
図 4-2	基礎試験 (1) -Fe ²⁺ 濃度の変化	4-4
図 4-3	基礎試験 (1) -中和試験の流れ	4-8
図 4-4	基礎試験 (2) -Fe ²⁺ 酸化速度の比較	4-14
図 4-5	基礎試験 (2) -原水及び処理水 Fe ²⁺ 濃度の変化	4-14
図 4-6	モデルプラントのプロセスフロー	4-15
図 4-7	モデルプラント配置図	4-19
図 4-8	廃液の Fe ²⁺ と T-Fe	4-22
図 4-9	酸化系の Fe ²⁺ 濃度	4-23
図 4-10	酸化槽毎の Fe ²⁺ 酸化速度	4-23

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の関係	4-25
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の関係	4-26
図 4-13	脱水ケーキ含水率の推移	4-26
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	4-27
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	4-28
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	4-29
図 4-17	置換沈殿廃液の水質	4-32
5. 廃液処理フルスケールプラントの計画		
図 5-1	銅建値と鉱石処理量	5-1
図 5-2	フルスケールプラントの概略フロー	5-3
図 5-3	フルスケールプラント（ケース 1）フローシート	5-13
図 5-4	フルスケールプラント（ケース 1）配置図	5-14
図 5-5	フルスケールプラント（ケース 2）フローシート	5-20
図 5-6	フルスケールプラント（ケース 2）配置図	5-21
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）		
図 6-1	以前の Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程	6-2
図 6-2	現在の Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程	6-3
図 6-3	ENAMI プロジェクト承認工程	6-4
図 6-4	沈殿銅供給 vs 銅建値	6-6
図 6-5	沈殿銅供給割合（2000 年実績）	6-7
図 6-6	Ovalle プラント酸化銅鉱処理工程（実施計画）	6-17
図 6-7	El Ingenio 河川流域推定影響面積	6-22
図 6-8	沈殿銅の銅品位による付加価値	6-27
図 6-9	提言と便益の因果関係	6-30
7. Ovalle プラントにおける環境配慮型操業計画		
図 7-1	環境に配慮された最善の操業フロー：酸化銅鉱処理	7-1
図 7-2	坑廃水より金属回収技術開発 試験フロー	7-7
図 7-3	環境配慮型操業形態フローの検討	7-8
8. チリ国内におけるバイオ技術応用の可能性		
図 8-1	鉱廃水処理へのバイオ技術の適用	8-2
図 8-2	銅製錬（煙灰処理）へのバイオ技術の適用	8-3

＜表＞

2. チリの鉱業事情

表 2-1	ENAMI プラントの処理能力	2-6
表 2-2	ENAMI 製錬所生産実績（2000 年）	2-7

3. Ovalle プラント生産部門の操業診断・環境診断

表 3-1	ENAMI Ovalle プラント生産状況	3-2
表 3-2	ENAMI Ovalle プラント生産銅量の位置付け：2000 年実績	3-3
表 3-3	ENAMI 各選鉱プラント生産一覧：2000 年実績	3-5
表 3-4	銅鉱別処理方法比較	3-25
表 3-5	酸化銅鉱処理実績（1994）：Ovalle プラント：ENAMI	3-26
表 3-6	酸化銅鉱処理実績（1995）：Ovalle プラント：ENAMI	3-27
表 3-7	酸化銅鉱処理実績（1996）：Ovalle プラント：ENAMI	3-28
表 3-8	酸化銅鉱処理実績（1997）：Ovalle プラント：ENAMI	3-29
表 3-9	酸化銅鉱処理実績（1998）：Ovalle プラント：ENAMI	3-30
表 3-10	酸化銅鉱処理実績（1999）：Ovalle プラント：ENAMI	3-31
表 3-11	酸化銅鉱処理実績（2000）：Ovalle プラント：ENAMI	3-32
表 3-12	主要物品原単位：酸化銅鉱処理	3-8
表 3-13	酸化銅鉱処理操業率実績（RCU）：Ovalle プラント：ENAMI	3-33
表 3-14	銅建値	3-35
表 3-15	酸化銅鉱処理操業率と銅建値まとめ	3-10
表 3-16	酸化銅鉱処理の目標：Ovalle プラント：ENAMI	3-36
表 3-17	硫化銅鉱処理実績（1994）：Ovalle プラント：ENAMI	3-52
表 3-18	硫化銅鉱処理実績（1995）：Ovalle プラント：ENAMI	3-53
表 3-19	硫化銅鉱処理実績（1996）：Ovalle プラント：ENAMI	3-54
表 3-20	硫化銅鉱処理実績（1997）：Ovalle プラント：ENAMI	3-55
表 3-21	硫化銅鉱処理実績（1998）：Ovalle プラント：ENAMI	3-56
表 3-22	硫化銅鉱処理実績（1999）：Ovalle プラント：ENAMI	3-57
表 3-23	硫化銅鉱処理実績（2000）：Ovalle プラント：ENAMI	3-58
表 3-24	硫化銅鉱処理実績（2001）：Ovalle プラント：ENAMI	3-59
表 3-25	主要物品原単位：硫化銅鉱処理 2000 年実績	3-37
表 3-26	硫化銅鉱処理操業率実績：Ovalle プラント：ENAMI	3-60
表 3-27	硫化銅鉱処理操業率と銅建値まとめ	3-38
表 3-28	硫化銅鉱処理の目標：Ovalle プラント：ENAMI	3-62
表 3-29～55	モニタリングポイント分析データ	3-76
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）	3-65
表 3-57	浸透水負荷量算出表	3-66
表 3-58	ヒ素排出最大許容量	3-69

4. 鉄酸化バクテリア法の技術移転

表 4-1	9K 培地	4-2
表 4-2	シリカゲル培地	4-2
表 4-3	基礎試験（1）一連続処理試験の原水組成と試験期間	4-3
表 4-4	基礎試験（1）一連続処理試験条件	4-3
表 4-5	基礎試験（1）一栄養剤の添加条件	4-5
表 4-6	基礎試験（1）一継代（繰り返し）培養の結果	4-6
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）	4-7
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）	4-7
表 4-9	基礎試験（1）一未酸化水（廃液そのもの）の中和に要するアルカリ量	4-8
表 4-10	基礎試験（1）一酸化水（廃液を酸化したもの）の中和に要する アルカリ量	4-8
表 4-11	基礎試験（1）一炭カル中和試験の結果	4-9
表 4-12	基礎試験（1）：酸化一炭カル中和後液の水質	4-9
表 4-13	基礎試験（1）：酸化一炭カル中和後液の中和に要するアルカリ量	4-9
表 4-14	基礎試験（1）：消石灰中和試験の結果	4-9
表 4-15	基礎試験（1）一廃液の消石灰一段中和試験結果	4-10
表 4-16	基礎試験（1）一中和剤使用量の比較	4-10
表 4-17	基礎試験（1）一バクテリア担体の凝集及び沈降試験結果	4-11
表 4-18	基礎試験（2）一原水の水質	4-13
表 4-19	基礎試験（2）一連続処理条件	4-13
表 4-20	廃液性状	4-16
表 4-21	主要機器一覧表	4-17
表 4-22	試験条件設定の考え方	4-20
表 4-23	廃液の分析結果（定期分析）	4-21
表 4-24	廃液の水質（2001/9/6-2002/3/31 の日常分析結果）	4-21
表 4-25	実証試験での炭カル使用量	4-24
表 4-26	実証試験での消石灰使用量	4-24
表 4-27	薬剤コストの試算結果 （モデルプラントで 100m ³ /day の廃液を処理した場合）	4-24
表 4-28	殿物品位	4-27
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	4-28
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	4-29
表 4-31	モデルプラントの運転条件	4-30
付表 4-1	原水と酸化水の水質	4-34
付表 4-2	酸化工程成績表	4-42
付表 4-3	中和工程成績表	4-50
付表 4-4	定期分析の結果	4-58

5. 廃液処理フルスケールプラントの計画

表 5-1	ケース毎の廃液発生量	5-2
表 5-2	フルスケールプラントの設計廃液性状	5-2
表 5-3	モデルプラントの設計廃液性状	5-3
表 5-4	モデルプラント改造点	5-5
表 5-5	ケース 1 増設・改造機器リスト	5-11
表 5-6	ケース 2 新設設備の機器リスト	5-16

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)

表 6-1	沈殿銅供給量および銅建値	6-6
表 6-2	ENAMI 経営酸化銅鉍処理工程の操業実績 (2000 年)	6-7
表 6-3	ENAMI 所有鉍区の埋蔵鉍量 (酸化銅鉍)	6-8
表 6-4	補助材料：酸化銅鉍処理工程	6-9
表 6-5	補助材料：廃液処理プラント	6-9
表 6-6	工場補給品および修繕費：酸化銅鉍処理工程	6-10
表 6-7	ユーティリティ：酸化銅鉍処理工程	6-10
表 6-8	間接管理費：酸化銅鉍処理工程	6-11
表 6-9	人材労務費：酸化銅鉍処理工程	6-11
表 6-10	廃液処理プラントの処理量対コスト	6-12
表 6-11	財務分析結果表	6-18
表 6-12	銅地金工程価値分析	6-19
表 6-13	環境負債改善工事に伴う投資額	6-20
表 6-14	周辺鉍山を含む域内での外部経済 (効果)	6-23
表 6-15	水資源循環節約による外部経済 (効果)	6-24
表 6-16	外部経済 (効果) の総括	6-25
表 6-17	経済分析結果表	6-25
表 6-18	沈殿銅付加価値計算表	6-27

7. Ovalle プラントにおける環境配慮型操業計画

表 7-1	処理方法一覧：Ovalle プラント	7-6
表 7-2	酸化銅鉍処理に係る当面の現状に即した操業方法	7-5

8. チリ国内におけるバイオ技術応用の可能性

表 8-1	バイオ技術を利用した「鉍山(稼行あるいは休廃止)における坑廃水処理」(案)	8-7
表 8-2	チリの主な銅鉍山	8-8

<その他>

第 4 章	写真	4-60
第 6 章	ANNEX	6-31