

JICA LIBRARY



1030139[8]

チリ共和国

コデルコ社工場近代化計画

調査報告書

昭和62年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日 '87.4.10	704
登録No. 16174	66.6 MPI

序 文

日本国政府は、チリ共和国政府の要請に基づき、同国におけるコデルコ社近代化計画策定のための調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。当事業団は、石川島播磨重工業（株）力石浩二氏を団長とする調査団を編成し、1986年6月28日から7月27日までチリ共和国に派遣した。

同調査団は、チリ共和国政府及び関係機関と協議しつつ、それらの協力を得て工場の調査、関係資料の収集等を行った。帰国後その結果をふまえ、関連データの検討、解析等の国内作業を行った。

本報告書は、その成果を取りまとめたものであり、チリ共和国コデルコ社近代化計画の推進に貢献できれば幸いである。

本調査の実施に当たり多大のご協力をいただいたチリ共和国政府、在チリ共和国日本国大使館、外務省および通商産業省の関係各位に対し衷心より感謝の意を表すものである。

1986年12月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

目次

Abbreviation	1
和文・英文・スペイン語対照表	2
結論と勧告	7
1. 序	
1.1 調査の背景	21
1.2 調査の目的	21
1.3 調査の範囲	22
1.4 調査の方法	22
2. 工作工場の現状調査結果	
2.1 工場概要	27
2.1.1 沿革・立地・環境	27
2.1.2 生産概要	31
2.1.3 設備概要	32
2.1.4 技術概要	36
2.1.5 組織概要	39
2.1.6 教育訓練	44
2.2 生産状況	45
2.2.1 鑄造工場	45
2.2.2 製缶工場	49
2.3 現状の工作技術	53
2.3.1 鑄造工場	53
2.3.2 製缶工場	73
2.4 現状の生産設備	78
2.4.1 鑄造工場	78
2.4.2 製缶工場	89

2.5	現状の工作技術管理	98
2.5.1	技術管理	98
2.5.2	工程管理	103
2.5.3	品質管理	117
2.5.4	運搬管理	130
2.5.5	メンテナンス	134
2.5.6	教育訓練	143
2.5.7	原価管理	146
2.6	現状の組織と労務	151
2.6.1	組織と機能	151
2.6.2	各部門の組織図と人員配置構成	156
2.6.3	労務	163
2.7	安全管理	165
2.7.1	安全管理概況	165
2.7.2	鑄造工場の安全管理状況	174
2.7.3	製缶工場の安全管理状況	178
2.8	原材料	181
2.8.1	鑄造工場	181
2.8.2	製缶工場	186
2.9	ユーティリティ	191
2.10	需要予測	196
3.	近代化計画	
3.1	基本計画	203
3.1.1	近代化の基本方針	203
3.1.2	生産計画	205
3.2	製造技術	229
3.2.1	鑄造工場の鑄仕上げ研磨工程	229
3.2.2	製缶工場の溶接工程	276
3.3	生産設備	301

3.3.1	近代化計画策定の基本的考え方	301
3.3.2	鋳造工場—仕上げ工程設備	302
3.3.3	製缶工場—溶接工程の近代化	320
3.4	管理	339
3.4.1	人員計画	339
3.4.2	工程管理	340
3.4.3	品質管理	355
3.4.4	教育訓練	386
3.4.5	安全管理	389
3.5	原材料	408
3.6	要員訓練計画	417
3.7	近代化に要する投資額	419
3.7.1	見積条件	419
3.7.2	工場別投資額の見積	423
3.7.3	投資額	426
3.8	スケジュール	428
3.8.1	実施計画	428
3.8.2	建設据付工事	431
3.8.3	工事範囲および日程	433
3.9	計画推進上の留意点	436
3.9.1	鋳造工場に関する留意点	437
3.9.2	製缶工場に関する留意点	439
4.	財務分析及び経済評価	
4.1	財務分析	443
4.2	経済評価	462
付録 I		
	製缶工場のクレーン能力増強、工場新築の計画案	473
付録 II		
		489

Abbreviation

ASTM	American Society of Testing Material
AWS	American Welding Society
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
BS	British Standard
NS	Norsk Standard
JIS	Japanese Industrial Standard
ISO	International Organization for Standardization
POS	Purchase Order Specification
WPS	Welding Procedure Specification
NDE	Nondestructive Examination
PT	Dye-penetrant Test
RT	Radiographic Test
UT	Ultrasonic Test
FMEA	Failure Mode Effects Analysis
FTA	Fault Tree Analysis

和文・英文・スペイン語 対照表

チリ共和国	The Republic of Chile	República de Chile
コデルコ社	CODELCO	CODELCO
エルテニエンテ事業部	Div. El Teniente	Div. El Teniente
ランカグア	Rancagua	Rancagua
工作部門	Workshops Department	Departamento Talleres
工場	Workshop	Maestranza
鑄造工場	Foundry Shop	Fundicion
製缶工場	Plate Shop	Maestranza Caldereria
機械工場	Machine Shop	Maestranza Fabricacion
修理工場	Repair Shop	Maestranza Reparaciones
保全サービス工場	Maintenance Shop	Mantencion y Servicios
製造部	Production Dept.	Produccion
仕上げ工程	Finishing Process	Terminacion
溶接工程	Welding Process	Soldadura
品質保証	Quality Assurance	Garantia de Calidad
品質管理	Quality Control	Control de Calidad
検査	Inspection	Inspección
照査	Review	Repaso
評価	Evaluation	Evaluación
承認	Approval	Aprobación
監査	Audit	Revicion de Cuentas
確認	Verification	Verificacion
信頼性	Reliability	Exactitud
デザインレビュー	Design Review	Repaso de Diseño
バラツキ	Dispersion	Disperción
偏差	Deviation	Desviación
カタヨリ	Bias	Propension
許容差/公差	Tolerance	Tolerancia

生産性	Productivity	Productividad
再生	Recuperation	Recuperacion
安全	Safety	Seguridad
度数率	Frequency Ratio	Razón de Frecuencia
強度率	Severity Ratio	Razón de Severidad, Gravedad
教育訓練	Training	Capacitación
投資	Investment	Inversión
償却	Depreciation	Depreciacion
公害	Environmental pollution	Incomodidad Publico
汚濁	Public Nuisance	Polución
拡散	Pollution	Difusión
環境	Diffusion	Ambiente
鑄鉄	Environment	Fundicion de Acero
鑄鋼	Cast Iron	
鉄鋼	Cast Steel	
炭素鋼	Iron & Steel	Siderúrgica
特殊鋼	Carbon Steel	Acero Carbono
高張力鋼	Special Steel	Acero Especial
銅	High Tensile Steel	Acero de Alto Tensor
黄銅	Copper	Cobre
青銅	Brass	Latón
ステンレス鋼	Bronz	Bronce
溶接材料	Stainless Steel	Inoxidable Acero
腐食	Welding Material	Materia de Soldadura
規定	Corrosion	Corrosión
標準	Regulation	Reglamento
作業要領書	Standard	Norma
溶接要領書	Work Specification	
作業指示書	Welding Procedure Specification(WPS)	
チェックリスト	Work Instruction	
	Check-out Manual	

検査要領書	Inspection Manual	
取扱説明書	Instruction Manual	
定期的清掃	Routine Cleaning	
耐摩耗性	Abrasion Resistance	
すりきず	Scratch	
かぶり	Bloom	
たれ	Slobbery Stain	
はくり	Peeling, Flaking	
ふくれ	Blister	
成形剤/結合剤	Binder	
粒 度	Particle Size	
較 正	Calibration	
技量資格	Qualification	Calificación
立 会	Witness	
不具合	Nonconformity, Nonconformance	
識 別	Identification	
製造記録	Production Record	
製造記録簿	Portfolio of the Production	
製造物責任	Product Liability	
安全評価	Risk Analysis	
試験方案	Test Method	
精 度	Accuracy	
許容限界	Acceptance Criteria	
作り易さ	Produceability	
維持保全のし易さ	Maintainability	
受入検査	Incoming Inspection, Receiving Inspection	
製造中の検査	In-process Inspection	

結論と勧告

結論と勧告

1. フィロソフィー

1) 将来の展望

チリ共和国は、世界の銅生産の分野で米国、ソ連、カナダ、ザンビアに伍して屈指の能力を有している。この中、米国とカナダは一次産業の衰退と労働者の高賃金に悩まされ、ザンビアには政情不安があって、製品の出荷が思うにまかせない。一方、チリ共和国の銅生産は、過去数年にわたる政治経済面での困難にも関わらず、なお安定した生産とコスト競争力を保っている。コデルコ社は、国営企業として、チリ共和国の銅生産量の80%年間約100万トンの出荷を担う巨大企業体である。その経営内容は、世界的な銅価格の低迷にも関わらず十分に健全であり、その競争力は、自国内はもとより、競合する列国に比べてもかなり優位にあり、チリ共和国の経済を支える大黒柱の一つとなっている。1980年代になって、チリ共和国の経済状態に安定と成長の兆しが現れてきた時期に当たって、コデルコ社は積極的に早期に態勢を確立してゆく希望に燃えており、既に鉱山部門への大型新規投資を実施するなど、世界の銅市場で優位に立とうとの積極的な意気込みを示している。

エルテニエンテ事業部は、坑道掘りの銅鉱山としては、世界最大の規模を誇り、コデルコ社の中で、最も歴史が古い。鉱山部門には、長年にわたる巨額の設備投資と行き届いた管理機構と相まって、最もコスト競争力があり、年間約30万トン、コデルコ社の約30%の生産を受け持つ重要な事業部門の一つとなっている。エルテニエンテの確定埋蔵量は、現在の採掘量を維持するとして100年以上もあり、今後とも長期にわたってチリ共和国での銅生産のリーダーとしての重要な地位を保つことは疑いのないところである。今回の本格調査で与えられた生産目標は、1989年までを提示されているが、上述の如く、1989年以降も引き続き生産が増大することを充分考慮しておく必要があり、生産増強と並行して、コスト競争力を維持してゆく施策を長期的展望にたって着実に実行すべきと考える。

2) 工作部門の位置付け

工作部門(Departamento Talleres)は、エルテニエンテ事業部の鉱山部門で使用する機材の供給を含めた技術サービス(Engineering Service)を執行する責任を有する。

基本方針に示した通り、コデルコ社は、優良国営企業として、チリ共和国の鉄工業の技術水準を引き上げてゆく責任を果たすべきであり、工作部門はその一環として、製作する製品と製造技術について、高い技術水準を発揮してゆく責任がある。工作部門については、その活動の長い歴史のなかで逐次設備の更新と改善とを重ねてきてはいるものの、生産活動の範囲が、鋳造、機械加工、製缶、保全等多岐にわたって多種の製作、再生、補修、修理を行わなければならない、全ての面で、第一級の近代的な設備を有しているとは言えない。この度、テーマとして取り上げられた鋳造工場の仕上げ部門と製缶工場の溶接工程については、設備更新の時期にきており、かつ、安全成績が工作部門内で最も悪い方にある。早急に現状から脱却し、安全で働き易い快適な職場を作るべきであり、いやしくも、旧態依然たる劣悪な環境で無理をして生産が行われているような印象を与えてはならない。

3) 鋳造工場の仕上げ工程と製缶工場の溶接工程の設備

工業技術の動向を見ると、技術革新は、今後ますます省力化、自動制御化の方向に向かうことは疑いのないところである。人間の労力に依存する重筋作業は、順次機械力に置き換えるべきで標記2工程についても、そう遠くない将来自動制御が採用されるであろう。この度の近代化設備計画は、将来の自動化、ロボット化を見越した長期の展望のもとで検討されるべきである。

2. 技術的可能性

1) 自動化

自動制御やロボット化が困難とされてきたグラインダー作業にもCNC(Computerized Numerical Control)が可能になっている。鋳造工場での製品の種類は多岐にわたっているため、その全てに自動制御を機能させるには、コンピューターのプログラミングや準備に莫大なコストがかかることは、明らかに予測できる。しかし、幸い生産量の60%以上がライナー類で、比較的形状もある範囲に集約できる。そこで、汎用性のあるCNC型自動研削盤を今後の自動化推進の尖兵として導入すべきと考える。この自動研削盤は、自動ナライ機能を有し、最初に検出機構を研削すべき対象物の表面にすべらすことによって、その運動を記憶させ、その後のグラインダー作業を連続して、自

動的に遂行させることができる。

また4面研削を自動シーケンスで制御可能であるから、人力による段取り替えや手持ち(idling)を発生させることなく連続作業によって能率の大幅な改善が期待できる。

溶接工作の分野では、大量生産の領域で、既に完全自動制御のロボット溶接が実用になっており、先端技術から一般技術へ移行したと言っても過言でない。大入熱のアーーク溶接でも自動ナライ機構や位置検出機構との組み合わせで完全無人化が達成可能である。製缶工場の溶接は、そう遠くない将来、完全無人化、自動化の時代に突入すると予測されるので、将来の自動化につながる方向で設備の更新を図るべきである。製品の種類が多いことを念頭に置き、汎用性のある電弧溶接法としては、ガスシールド型のミグ溶接が主流を占めると思われるので、ビートの外観が綺麗で溶接性の良いフラックスコアドワイヤ(Flux-cored Wire)の溶接の導入を中心とする。溶接構造物の製作や肉盛り再生工事では、このフラックスコアドワイヤの溶接を主流に、溶着量の大きな溶接には、自動潜弧溶接を併用することで近代化を図るべきである。

また、溶接能率を最大限に発揮するには、下向きが最も好ましいので、ポジションナーを備え、マニピュレーターによって、連続作業を可能にする。

2) 能率の向上

仕上げ工程での生産性向上では、自動研削盤による完全自動化以外での、なお大幅な能率改善が可能である。その一つは、定周速装置の付加であり、他の一つは、高周波グラインダーの採用である。定周速機構は、在来の懸垂型グラインダーと固定式グラインダーに適用が可能であり、グラインダー砥石の摩耗による径の減少に見合って回転数を増やすことによって、常時一定の研削能率が得られることになる。

高周波グラインダーは、在来型に比べ遙かに軽量で、作業性に優れ、回転数の大幅な増加で能率が向上する。

溶接工程では、手溶接から半自動、自動へ移行するだけで、相当の能率向上が期待できる。導入に当たっては、技量の習得が必要であるが、幸い、製缶工場では、既に複合ワイヤによる半自動が採用されているので、改めて特別な訓練は必要でない。むしろ一層使い易くなり、外観の仕上がりも綺麗になるので、作業員への負担は軽減される方向である。

3. 採算性からみたハードウェア設備投資

新規設備投資の効果には、安全面での改善、環境の改善、物流、搬送などの面での工場全体に及ぶインターフェイス効果、並びに従業員のモラルの向上による成果など定量的に把握の困難な分野がある。定性的効果は財務分析に算入することが難しいので、採算性の判定は、より直接的に計算の可能な人件費、固定費、間接費などの低減によるIRR(Internal Rate of Return)によって行う。

既に、プログレスレポートで合意した条件に従って、Discounted Cash Flow methodによるIRR \geq 15%を基準にすると下記のようなになる。

・ 鋳造工場の仕上げ工程

定周速機構付懸垂グラインダー	4台
高周波グラインダー	6台
ターンテーブル	4台

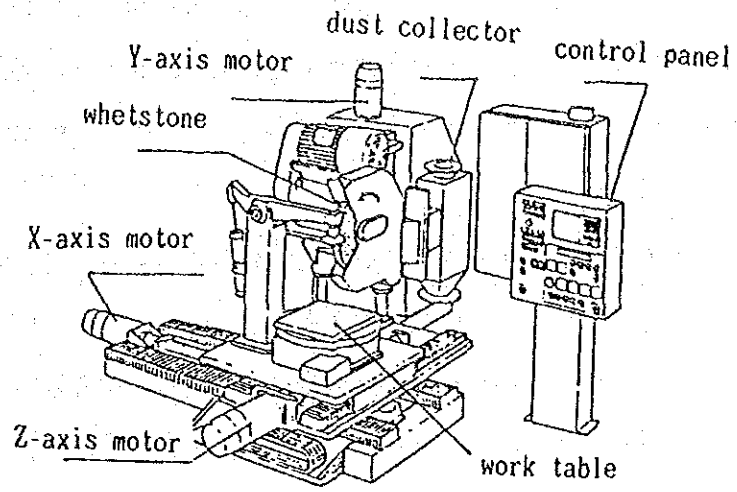
投資金額計 US \$ 156,000.

・ 製缶工場の溶接工程

フラックスコアド芯線によるガスシールド型MIG 溶接機	18台
潜弧溶接機	1台
ポジショナー、マニピュレーター	各1台
CO2 ガス固定配管装置、その他の固定設備	

投資金額計 US \$ 467,000.

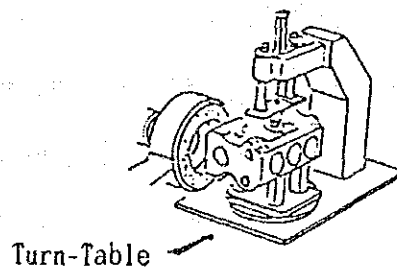
合計 US \$ 623,000.



4 面研削CNC型自動研削盤

Sequentially controlled 4-face CNC (Computerized Numerical Control)

Automatic Grinding Machine



4 面研削

Four-face Grinding

4. 将来の布石としての設備投資

鑄造工場の仕上げ工程での財務分析によれば、新規設備の導入による直接的、具体的な生産性向上は、製缶工場の溶接工程の近代化に比べると僅かではない。これは与えられた命題が、グラインダー作業と言う鑄造工場の副次的なサービス作業の部分に限られていることと、研削と言う作業そのものについての根本的な技術革新の要素がないことに起因している。

鑄造工程は、工業技術のなかで最も歴史と伝統のある分野で、過去の長い年月のなかで集約された経験とノウハウが今日の技術を支えている。技術面では、大変重要な分野であるにも関わらず、作業方法がダスト、高熱、煙、粉塵を伴うために、旧来の一次産業のような、前時代的な重筋作業のイメージから抜け出すことが難しい。

工作部門のその他の工場が手作業から、半自動化、自動化へ、更に、自動制御、無人化の過程を着実に歩んでいるのに比べ、次第に取り残されてしまうと言う危機感がある。鑄造工場は、環境の悪い暗い印象を払拭し、工作部門全体と歩調を合わせた働き易い快適な環境を作りあげると言う全く別の面からの緊急な要請がある。定量的な評価は難しいが鑄造工場全体としての品物の流を整流し、製品の移送や搬送に機械力を十分に採用することかつ、将来の機械化、自動化の布石として、機械研削の分野にはいりこむことにすべきと考える。容易に採用できる機械力として、ターンテーブルや電動チェーンブロックなどがある。また、技術面で検討した4面研削の可能なCNC型自動研削盤は、現時点では非常に高価（1台US\$375,000.）で、仕上げ工程と言う狭い範囲での財務分析では、投資にOKのサインがでない。次善の策として、自動制御機構を除いた形の油圧力を利用して4面研削装置を検討したが、これも高価（2台でUS\$195,000.）であり、かつ据え付けには、現存のショットブラスト装置を移設する費用が必要である。その上自動化ではないので、大幅な人員減のような生産性効果が期待できない。

結局、第3章の基本方針で理念として掲げた工作部門全般にわたるグローバルな近代化の計画の中で自動化、機械化への決断を下すべきであると考ええる。

対象として考えられる設備投資は、CNC自動研削盤、ショットブラスト装置の移設、工場建屋、機器のレイアウト再配置などがある。

その規模は、粗見積りで、次のようなオーダーとなろう。

工場の改築			US \$ 625,000.
天井クレーン	10トン	2台	312,500.
天井クレーン	5トン	1台	137,500.
トラバーサー		2台	62,500.
ショットブラストの移設		2基	62,500.
自動研削盤		1台	375,000.
定周速機構付固定グラインダー		2台	25,000.
集塵装置		2台	187,500.
合計	約		US \$ 1,787,500.

これらのフィージビリティは、1989年以降をも含む長期の展望のなかで、チリ共和国、コデルコ社、乃至エルテニエンテ事業部と言うようなグローバルな検討で結論を導くべきと考えられる。その中では、人間尊重の理念、安全で働きやすい環境、世界の技術革新の方向、経済の成長、拡大を踏まえ、人件費の高騰を予想した省人化、自動化の検討が含まれる。

5. 品質管理、技術管理、安全管理などのソフトウェア

近代化を実行するに当たって忘れてならない最も重要な事項は、企業の中での人造りである。何故なら、どんなに優秀な機器であっても、これを運転操作するのは、所詮人間であるからである。人間は一人一人が独立した感性を持ち、感情に起伏があって大きな集団で一つの目標を永続して達成しようとする場合には、殊更に集団の気持ちが一つに集中できなければ期待された成果につながらない。

今回与えられた近代化のスケジュールは1989年迄の3年間であるが、第1年度の1987年は、新規投資の発注段階で、まだ人荷の可能性がない。この期間は幸いにして企業内の管理機能について検討を加え得る所謂ソフトウェアの改善の年とすることができる。企業全体に緊張感を与え、従業員の意欲(Motivation)を引き出し、活性化する運動が採用されている。普通の人々にもわかり易いと言う観点から、品質と言うスローガンを掲げた品質管理運動(Company-wide QC Activity)がそれである。コデルコ社が採用しているProductivity Circleもその一つと位置付けられる。品質と言う言葉を製品(Hardware

Product)の質に限定せず企業の質、人間の質と言うより大きな視点に拡大して運動を展開しようと言うものである。

品質に関する言葉の定義を整理すると、

品質保証 QA

All systematic measures which are necessary to ensure that the conformance with specified requirements is planned and obtained.

品質管理 QC

The operational techniques and activities that sustain the product or service quality to specified requirements. It is also use of such techniques and activities.

検査 Inspection

The part of quality assurance which, by measurements, tests or investigation, determines whether the product or service in accordance with the prescribed quality requirements.

即ちこの運動の趣旨は、企業の目的である良い製品を供給して社会に貢献するに必要な活動は全て品質運動であると位置付け、仕事の取り組みかたから、安全衛生の管理、人材育成の教育に迄その範囲を拡げてゆくものである。良い品物を供給して、顧客から喜ばれますます需要が増加して、生産が順調にあがり収益が増えて企業の業績が向上して、社会に貢献すると共に企業に働く全ての人々がその恩恵に浴すると言う理念である。スローガンとしての品質保証QAは、顧客の要求にピシヤリと当てること、品質管理QCとは、論理的、科学的手法によって、期待されている品質をあくことなく追求してゆくを意味する。

品質を良くするには、検査を厳しくすればよいと短絡しがちであるが、決められた検査基準にさえ合格すれば良い品質であるとは言えない。仕様や図面の検討が不十分で、機能や工作の面で、トラブルを起こすかも知れない。或いは、検査の手法に問題があるかも知れない。このように考えると品質を管理するのは、QC部門だけでない。また、品質を確実なものにするには、『受身』であってはだめだと言うことである。計画の段階から、能動的な活動が必要である。そして、問題点や弱点を関係者全員の前に顕在化し、企業の全ての人の完全な理解と謙虚な態度の上で改善が追求されてゆく姿が大切である。前述の通り、品質運動の原点は、いつも『その仕事に顧客が期待している真の要求は何

か』にある。これを顕在化して関係者全員の理解の上で生産活動が展開できることが必要である。

事前検討、設計審査(Design Review)などがその有効な手段であり、工作標準や工事要領書の策定が個人差を少なくし、質の均等化に貢献する。そして、良かれと思って決めたことは、どんな障害があってもトコトンやり抜く姿勢を維持することが、この運動の成否を決する重大なポイントである。往々にして、機構組織やシステムが出来ると事終わりと安心してしまう。実行に当たっては設備上の障害、環境の不備、天候の急変など様々な妨害要因がつきまとう筈である。実行不可能の場合、組織の末端での安易な妥協は許さず管理された状態で事態を修正し、不具合を解明して、次に備えることが企業の緊張感を維持することになるのである。過去の失敗は企業にとって貴重な資産である。失敗を率直に認め、ただちに改善にかかる、この素早いフィードバックサイクルが有効なのである。企業を活性化させる最大の効果は、全員参加の意識にある。改善提案制度やそれが実現してゆく喜びを大切にしてくる地道な活動の積み重ねにある。

安全の向上についても全く同様である。安全成績を高めるには、規則を厳格に守らせれば良いと思いがちであるが、何よりも企業全体のコンセンサスが必要である。労使が一体となって、安全の向上につとめることが、名実ともに理解されていないと、強制と『受身』とだけでは、大きな前進はあり得ない。誰も会社に働きにきて、わざわざ怪我をしようと言う人はいない。皆どうせ仕事をするなら、良い仕事をしたいと思っている筈である。

また、安全に仕事をすると言うことは、どうしたら楽に仕事ができるかを考えることであり、この領域でも仕事の前にまず考えることが必要になってくる。安全の事前検討、設計審査の関門を経て実際の仕事が始まる。事前検討の場では、仕事に関係する人々が率直に提案でき、そして他人の意見を謙虚に聞く態度が全員参加の意識を高め、他からの強制としてでなく、みずからの責任として、仕事を捉えてゆくことになる。このように考えると安全を追求すると言うことは、企業の生産性を高めることと完全に一致する。また企業の質を改善する要素として、安全性の向上を取り上げることは何等不思議ではなくなる筈である。

鑄造工場も製缶工場も、安全成績が甚だ芳しくない。しかも、災害の大半が『安全である状態で起きた』分類に入っている。管理者側と労働者側とが安全についての取り組み姿勢を正し、安易な妥協を排して緊張感のある謙虚な態度で取り組みれば解決は難しく

ないと考えられる。

6. 勧告

1) 1989年までの当面の近代化推進について

このたびの近代化計画では、1987年から1989年までの3年間と言う比較的短い期間での成果の達成が期待されている。自動化、半自動化機器の新規投資による生産性の向上をより確実なものにするには、質の向上が不可欠である。安全管理をも含め製品の品質、生産技術の質、従業員の資質の一層の向上を期待して下記の項目を勧告したい。

- (1) 本報告の末尾に付録として掲載した製缶工場に関する設備面での安全確保の項目は、早急に実行すべきである。企業側が安全の確立についての責任を完全にかつ真剣に果たしていることを示すことで、従業員側の安全意識を刺激し、安全成績は一段と向上する筈である。
- (2) 品質管理の責任は、品質管理部門だけにあるのではなく、従業員全体の責任であることを宣言すべきである。従業員の一人一人がそれぞれの持ち場で良い仕事をす。即ち、品質を各ステージで作り込んでゆく必要がある。自分の持ち場で、どんな品質が期待されているかを明らかにし、それを確証づけるため、作業基準やQC工程図を全員で作成して顕在化してゆくべきである。安全作業基準の作成も従業員の意識を高めるのに有効である。
- (3) 原材料の質の改善、工作技術の改善などについて、報告書のなかで指摘してある事項を実施すべきである。
 - ・ 鋳物用砂のSiO₂含有量の向上
 - ・ ガス切断面の精度の向上
 - ・ 開先精度の向上
 - ・ 溶材の整理整頓、乾燥管理
- (4) 新規設備の導入に当たっては工作部門内にプロジェクトチームを発足させて技術面、設備面での準備に遺漏のないように図るとともに機器の到着の時期に合わせて専門家を招聘し、新技術定着のための指導に当たらせることが望まれる。

2) 1989年以降の長期ビジョンについて

このたびの近代化は3年と言う短い期間内での、しかも、生産工程の二つの分野に限られたものである。優良企業体であるコデルコ社が更に一層の飛躍をとげるための長期の展望を検討する必要がある。

- (1) 1989年以降の長期の展望を検討する営業、財務、技術などの専門家からなる研究グループを発足させること。この中で、チリ共和国の将来、コデルコ社の長期ビジョン、また、世界の技術革新の方向、経済の成長、拡大を踏まえ人件費の高騰を予想した省人化、自動化の検討等を含む。工作部門全体の検討を行えば物流、搬送などの面で、新しい結論が得られる可能性がある。
- (2) 企業の質を一層向上させ、従業員の参加意識を高める運動として、コデルコ社が現在取り組んでプロダクティビティーサークルをより確実なものとするため、世界に名声を博している品質運動(QM/QC活動、QCサークル活動)からの指導と助言のため、専門家を招聘すること。

1 序

1. 序

1.1 調査の背景

チリ共和国 国営銅公社 コデルコ社(CODENCO)はその傘下の一事業部門であるエルテニエンテ 事業部(Div. El Teniente)に属する工作部門(Workshops Department: Departamento Talleres)の近代化計画のうち、鑄造工場(Foundry Shop)の仕上げ工程(Finishing Process)と製缶工場(Plate Shop)での溶接工程(Welding Process)とを中心とした近代化計画策定を要望した。

日本政府では、国際協力事業団が技術援助の実施に入ることになり、1986年2月22日より3月4日まで国際協力事業団は、チリ共和国に事前調査団を派遣し、3月3日コデルコ社との間で本件の調査についての『Scope of Works』を取り決めた。上記SWに基づき国際協力事業団は、1986年6月28日から7月27日まで、チリ共和国へ本格調査団を派遣し、鑄造工場および製缶工場に対する現地調査を実施して、プログレスリポートを作成し、それに基づき日本での国内作業を経て最終報告書の完成をみたものである。

1.2 調査の目的

チリ共和国コデルコ社エルテニエンテ事業部に所属する工作部門の鑄造工場および製缶工場を調査し、技術的、財務的、経済的観点などから、特に鑄造工場の仕上げ工程並びに製缶工場の溶接工程に重点を置いた近代化計画を策定し、報告書に取り纏めることを目的とする。

本調査は、事前調査において合意された工程、部門などを中心にして、工場の概要調査、生産管理面での調査、生産工程面での調査、品質管理調査、安全管理調査などを技術面、管理面から総合的に行う。本調査対象工場の生産性向上のため現在の製造技術、機械設備の見直しを行い、必要にして適切な機械設備の導入を検討する。これらの綿密な総合的調査結果に基づき、近代化計画を策定し、その実施スケジュール、所要資金の算出、並びに財務分析、経済評価を行うとともに、本近代化計画実施上の留意点も含めて提言、勧告を行う。

1.3 調査の範囲

Scope of Worksに基づきコデルコ社エルテニエンテ事業部の工作部門に所属する鑄造工場と製缶工場を対象とし、鑄造工場の仕上げ工程および製缶工場の溶接工程ならびにそれらに関連する分野について調査の報告を行う。調査検討の項目は下記の通りである。

工場概要調査

製造設備面の調査

管理面の調査

技術面の調査

安全面の調査

原材料に関する調査

需要調査（生産計画の調査）

近代化計画の策定は下記の項目についておこなう。

近代化計画

所要資金

要員訓練計画

実施のスケジュール

財務分析

経済評価

結論及び勧告

1.4 調査の方法

近代化計画の策定に当たっては、鑄造工場、製缶工場の問題点と原因の的確な把握が重要であることを認識し、品質、コスト、納期、安全等を中心として、マネジメント、設備、技術、技術管理、材料、教育訓練などについて総合的に調査分析し、近代化を阻害する根本原因を見極め、近代化すべき項目の順位付けを行い近代化策定の資料とする。

財務分析は、プログレスレポートで合意した内容に基づき、Discounted Cash Flow Method(IRRの算出) によっておこなう。

経済評価は、工作部門がエルテニエンテ事業部のサービス工場であって、事業部内の

需要を満足する生産量を供給するとの位置付けであることを踏まえて論及し、チリ共和国内の需要や他の事業部への製品の供給の影響は考慮しないことになっている。

安全については、Scope of Worksでも特に指摘のあったので、成績の良くない鑄造工場と製缶工場との実体を踏まえ、かつ従業員のしつけ、規律並びに動機付けとに密接な関係のあると思われる教育訓練(Training-Capacitacion)をも調査して総合的な改善対策を提案する。

コデルコ社では、この近代化計画の最終年度を1989年と言う比較的短い期間に設定しているが、最終報告が確定するのが、1987年3月であり、新規の設備投資が実現してゆくのは早くても1988年の初頭になる。コデルコ社側の計画の計画の通り1989年にフルキャパシティーを発揮するには、必要な設備をできるだけ早く一気に導入することになる。そこで、設備投入の前の年である1987年は管理面の改善と教育訓練の充実などソフトウェアの向上が図られるよう、総合調査の面で考慮する。

1.5 調査団の構成と日程

国際協力事業団は、本件を遂行するため、1986年6月28日から7月27日まで、力石浩二を団長とする本格調査団をチリ共和国に派遣した。その構成と日程は、『付録』に示す。なお、チリ側カウンターパートの名簿並びに関連の資料の目録も巻末『付録』に収録する。

2 工作工場の現状調査結果

2. 工作工場の現状調査結果

2.1 工場概要

2.1.1 沿革・立地・環境

1) 沿革

コデルコ社は、かつてはアメリカのいくつかの産銅資本が経営していた鉱山会社を、1976年国営化すると共に、コデルコ社に統合したもので、エルテニエンテ事業部はケネコット社が経営していたものである。

エルテニエンテ鉱山は、1905年に採鉱が始められ、工作工場は、鉱山、選鉱、精錬用および運搬用の機械装置の新製作ならびに修理部門として、1930年代前半に建設され、以後の鉱山の増産体制と共に拡充・整備されて今日に至っている。

2) 立地・環境

工作工場は、首都サンチアゴから南へ約80kmに位置するランカグア市にあるエルテニエンテ事業所内にある。

ランカグア市は、周囲を山に囲まれた南北約30km、東西約15kmの盆地にあり、その中央にはチリ共和国を南北に縦断する幹線自動車道ならびに鉄道が通っており、首都に通じている。

又、近隣の貿易港であるサンアントニオおよびバルパライソには首都からの輸送路が確保されている。

一方、この事業部の主体事業であるエルテニエンテ鉱山ならびにその鉱石を処理するセウエル、コロン両選鉱場、カレートネス精錬所は、ランカグア市の東北東約40kmの山中にあり、専用の自動車道で結ばれている。これらの地理的配置を図2.1.1-1に示す。

ランカグア市にあるエルテニエンテ事業所は、市の中心部にあるランカグア駅に隣接して、敷地面積約260,000㎡を有する市内唯一の大事業所である。この事業所は、全事業部を管轄する管理部門と、鉱山ならびに選鉱場、精錬所の設備にサービスを行う工作工場とから成っており、工作工場はその中央にあり、約60,000㎡の敷地を有している。

この事業所の配置および工作工場の配置を図2.1.1-2および-3に示す。

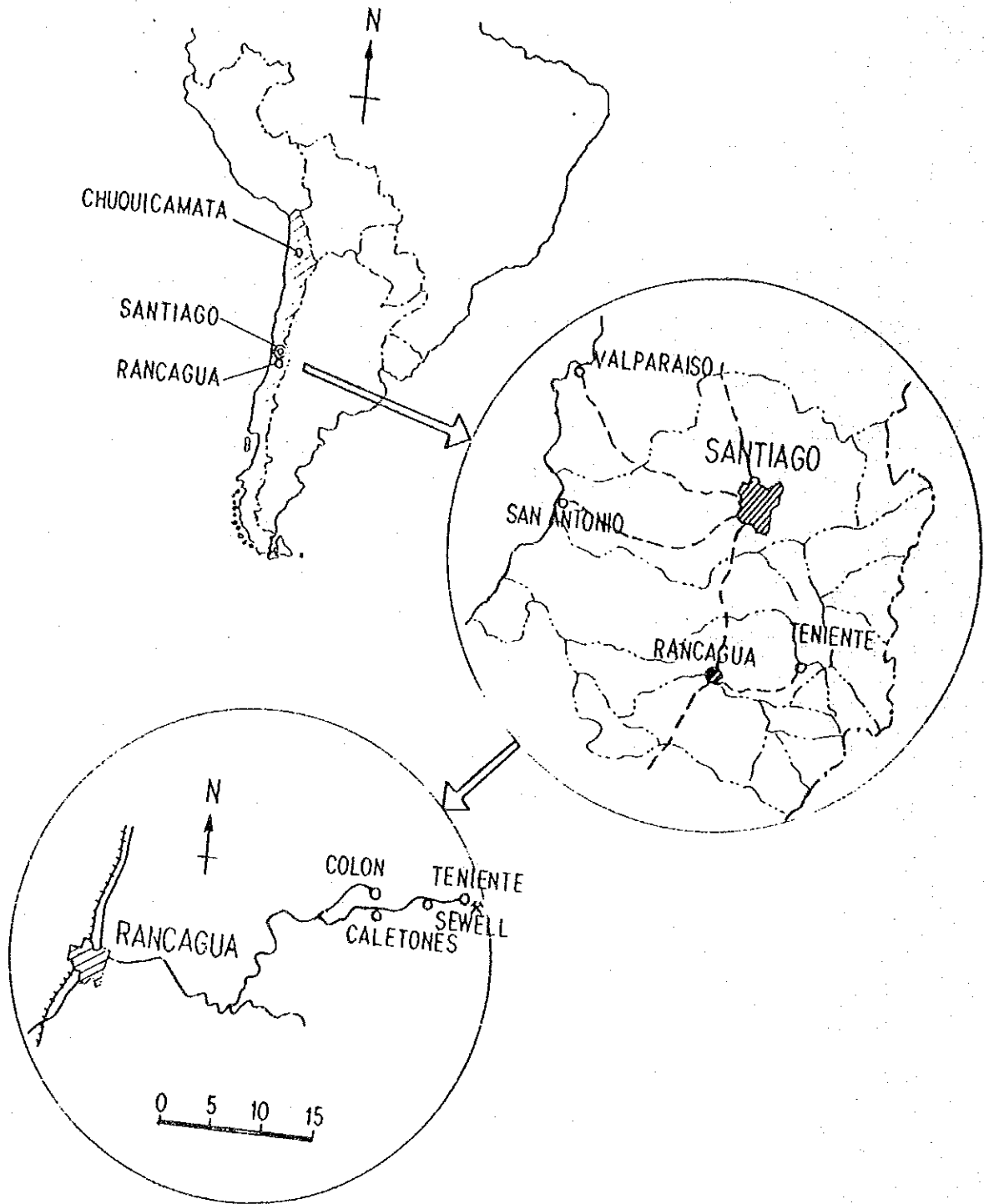


図2.1.1-1 地理配置図

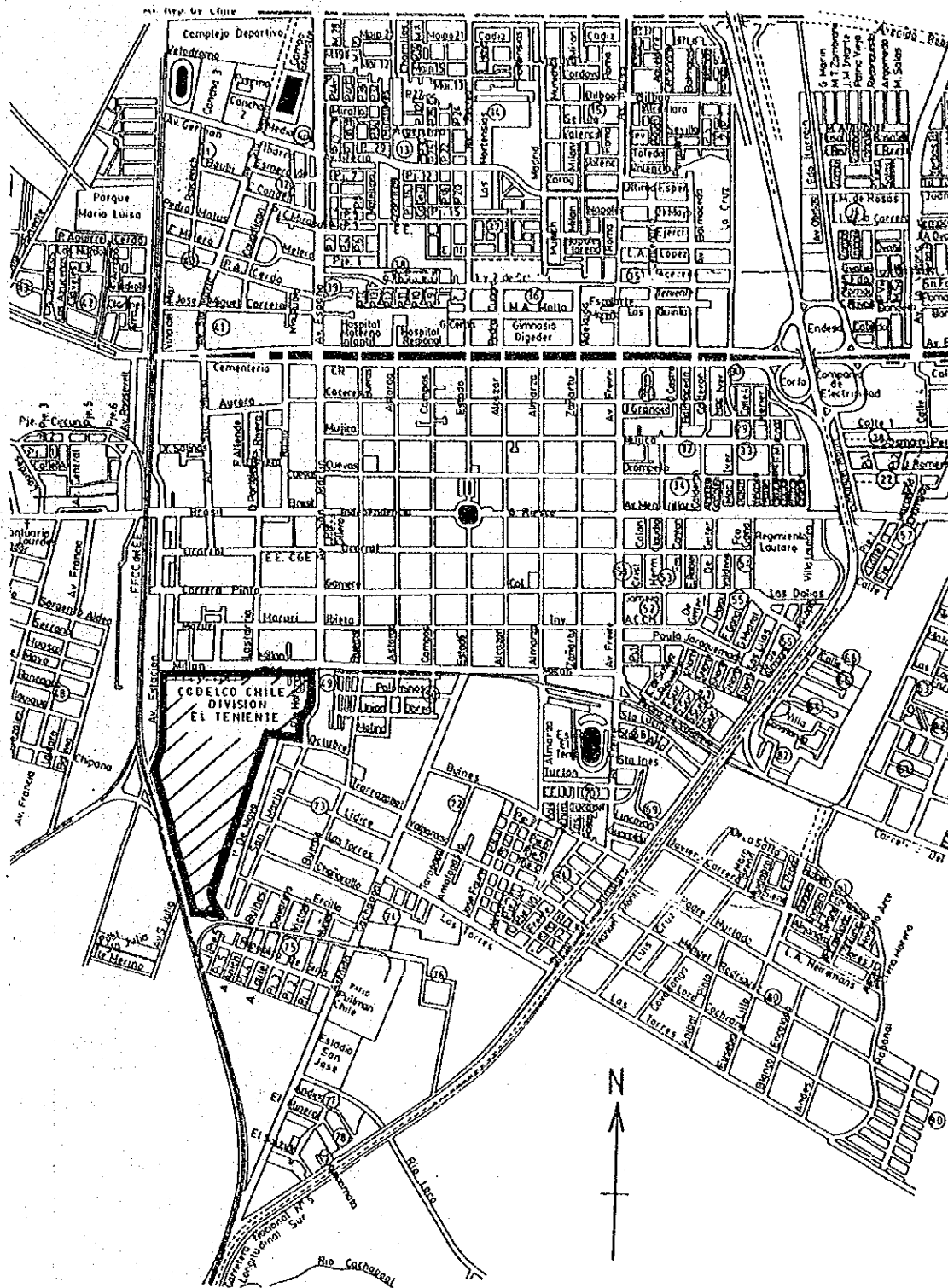


図2.1.1-2 エルテニエンテ事業所配置

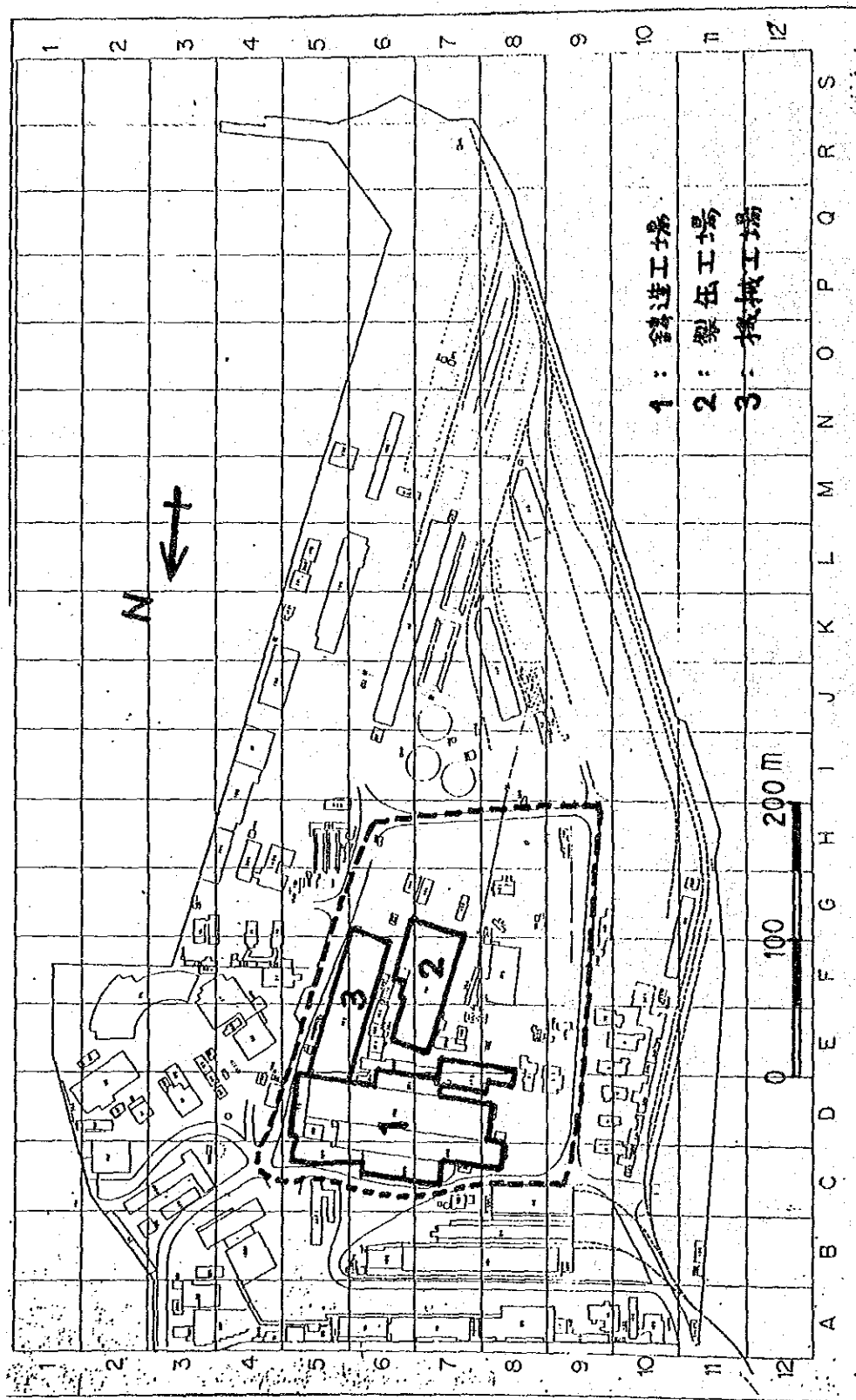


图2.1.1-3 工作工場配置图

2.1.2 生産概要

コデルコ社、エルテニエンテ鉱山のサービス部門である工作工場に於ては、鑄造工場、製缶工場、機械工場、修理工場等があるが、今回の本調査に於ける対象は、鑄造工場及び製缶工場であるのでこの両者の生産について述べることにする。

1) 鑄造工場

鑄造工場で作られている鑄物製品はエルテニエンテ部門の鉱山機械部品を主としたものであり、その生産量は、年間4,600Ton程度である。これは月産380Ton程度の生産となる。

当工場で作られている製品は各種機械設備の消耗品、メンテナンス部品の性格が強いことから、その部品も多岐にわたっている。製作される部品は、破碎機関係のライナーの生産が多く、その他ポンプ部品としてのケーシング、インペラー、や鉱車のブレーキシュー、銅鑄造用の取鍋、各種ギヤー、軸類、転炉部品、各種保護板などが作られている。

これらの材質は鑄鉄、鑄鋼が主でいずれも耐磨耗性の材質が主として使われている。

これらの鑄物の製作は、模型の作成から始まり、鑄仕上げ、熱処理まで、全て自工場で行なわれている。

2) 製缶工場

製缶工場に於ける製品も鑄造品と同じくエルテニエンテ部門に対する供給である。

ここで作られる製品は、鉱石の運搬用鉱車、坑道を支えるアーチなどの溶接構造物の他に坑道に使用される補強ボルト、鉱石のふるいに使用する金網及び、鍛造品タガネ、ライナー止めボルト等である。

そのほかに、修理品として溶接によるクラッシャー本体及び、その関連部品の肉盛り補修や大型取鍋（レードル）の欠陥及び肉盛り補修等も行なわれている。

これらの材質は一般軟鋼及び、50kg/mm² クラスの高張力鋼がほとんどである。過去にブラジルより輸入した、T-1鋼を使用した経験もある。

坑道用の部品及び、溶接による修理品はほぼコンスタントに仕事量が確保されているが、溶接構造物は坑道に使用するアーチを除くと、鉱山部門で使用するあらゆるもの（例えば鉱車、浮遊選鉱機、シャベルカー用バケットなど）をそのつど事業部の要求により製作されており、計画的な生産の望めない状況である。これ等の総生産量は約3000~3600Ton/年、月産で見ると250~300Ton程度である。

2.1.3 設備概要

1) 全般

工作工場は、鑄造工場、製缶工場、機械工場、修理工場の他、屋外スクラップヤード、材料置場、修理品置場などから構成されている。これらの全体配置図を図2.1.3-1に示す。

この工場は、沿革でも触れたように非常に古く、大半の建物は1930年代に建てられたもので、その後増産体制と共に拡充・整備されてきたもので、機械装置類もほとんどのものが30～40年前のものである。

工場建物、施設、屋外ヤードおよび道路等の全体レイアウトは、その歴史と共に、周囲をエルテニエンテ事業部管理部門の施設で囲まれているという工場配置、スペース上の制約から止むを得ないことは考えられるが、現在の生産工程からすると不合理な点がいくつも見受けられる。例えば、鑄造工場の溶解ラインと中型造型ラインのスペースの過少による接近のし過ぎ、熱処理炉の散在による運搬距離の過大、スクラップヤードの遠距離、製缶工場では材料搬入と製品搬出径路の重複、又、構内全般の道路の複雑さなどが上げられる。

更に重要なことは近年製品の大型化に伴い、製品重量が大巾にアップし、クレーン能力を超える製品の製造・修理が必要となってきたことで、オーバーロード作業の発生、止むを得ず本来の場所で作業ができず、機械工場の一隅で溶接作業を行わなければならないなどの問題も生じてきている。

一方では、一部NCを組み込んだアイトレース切断機、NCマシニングセンターなど最近の新鋭設備の導入も意欲的に行われつつあるが、全体的には旧式設備・レイアウトの近代化、揚重設備の能力アップなどがこの工場の課題と云える。

2) 鑄造工場

鑄造関係の設備は、模型製作、砂処理、造型、溶解、鑄込み、鑄仕上げ、品質管理の工程に伴う機械設備より構成されている。

その主な設備は概略下記に示すようなものである。

(詳細については、2.4.1現状の設備 表2.4.1-1～5を参照されたい。)

鑄造工場の主な設備

- 模型製作設備：旋盤、フライス盤、カンナ盤、
帯ノコ盤、丸ノコ盤、
研磨盤、ボール盤、他木工加工設備、
- 砂処理設備：生型砂処理設備プラント一式
- 造型設備：ジョルト・スクィーズ造型機、移動式サンドスリンガー、
ポータブル電器ドライヤー、乾燥炉
大型造型ピット、
- 溶解設備：エルー式電流炉、誘導炉、ルツボ炉
取鍋一式
- 鑄仕上げ設備：スイング・グラインダー、両頭グラインダー、
高周波グラインダー、エアーグラインダー
ショットブラストマシン（テーブル式、ドラム式）
ガウジング、溶接機
熱処理炉
- 品質管理：金属材料試験設備一式
化学分析設備一式
鑄物砂試験設備一式
非破壊試験設備一式

当工場の鑄造品は上記設備によって、模型の製作から最終製品まで、すべて自工場内で処理することが可能となっている。

3) 製缶工場

製缶工場は、巾30m、長さ90mの主工場と塗装場、丸鋼機械切断場の建屋から成っている。主工場は巾15mの主建家の両側に巾7.5mの下屋がついた構造で、主建屋には10Tonおよび5Tonの天井走行クレーンが各1台設置されている。

工場内設備は、鋼板加工を主とする切断・曲げ・溶接などのいわゆる製缶用の設備と、これらとはやや異質の鉋石ふるい用の金網製造設備ならびにライナー止めボルトなど鍛造品用の設備より構成されている。その主な設備は概略下記に示すようなものである。

(詳細については2.4.1 現状の設備 表2.4.2-1~4を参照のこと。)

製缶工場の主な設備

- 鋼材切断用設備：立型バンドリー、帯ノコ盤
シャー、ニブラー
自動型切りガス切断機、プラズマ切断機
- 穴明用設備：ラジアルボール盤
- 鋼材曲げ用設備：プレスブレーキ、バンディングローラー、アングルベンダー
歪取り横押しプレス
- 溶接用設備：半自動溶接機、交流手溶接機
回転ポジショナー、ターニングロール
- 金網用設備：自動編み機一式
- 鍛造用設備：ボルト鍛造機、ハンマー
各種加熱炉
ネジ加工機一式
- 揚重設備：天井走行クレーン、壁走行クレーン
チェンブロック

番号	名称
①	構内道路
②	事務所
③	模型工場
④	砂工場
⑤	大型造型工場
⑥	浴解工場
⑦	仕上研磨工場
⑧	機械工場
⑨	メンテナンス工場
⑩	製缶工場
⑪	電気工場
⑫	製缶工場材料置場
⑬	スクラップヤード

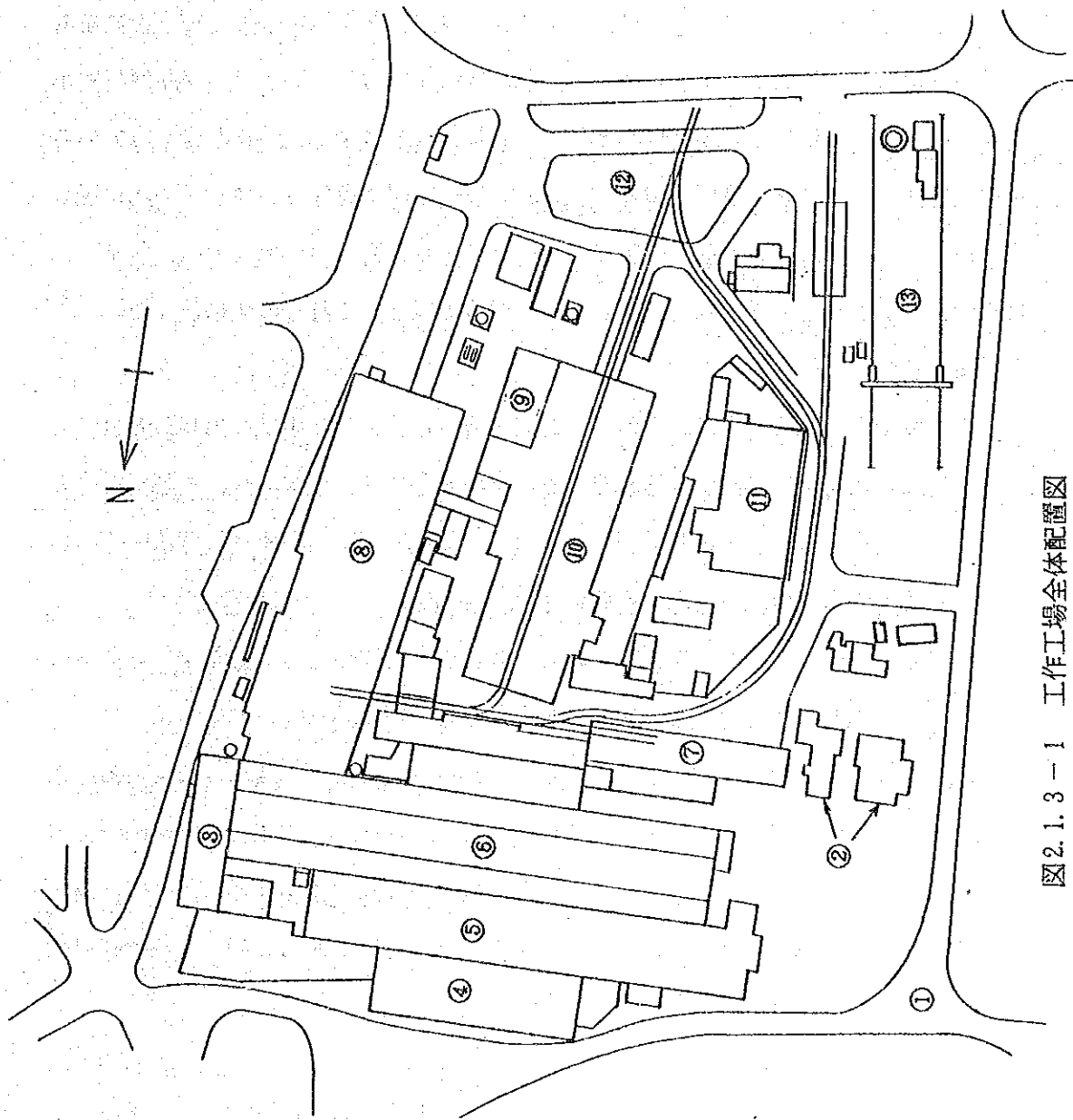


図2.1.3-1 工作工場全体配置図

2.1.4 技術概要

1) 鑄造工場

当鑄造工場は銅鉸山機械関係の修理品、消耗パーツを作り供給するという役割をもっているため、材質的には主として、鑄鋼品、鑄鉄品であり、いずれも耐摩耗材質が多い。必然的に、これらの製作に必要な機械設備、技術によって鑄物が作られている。鑄造品を作るには、まず模型を製作し、これを用いて鑄型を作り、要求される材質の溶湯を鑄込み、押湯や湯道などの不必要部分を除去し、所定の熱処理等の工程をへて、最終的に品質がチェックされ完成品となる。従って以下、これらの順に述べる。

(1) 模型製作

当工場で作られる鑄物は、その造型方式が機械込め、及び手込めで行なわれており、それに相応する模型が作られている。その大多数は木型であり、その材料はカナダ産の“白松材”が主として使われている。これは加工しやすく、寸法のくずれも少く通常の木型の材料としては問題ない。

鑄造方法は全てについて図面化されていないが、新作のもので、むずかしいものについては図面に押湯や、身切面などが指示されている。

特に試作品はエンジニアリング・グループから鑄造方法図が指示されている。木型の製作法については、熟練工の経験によって、指示されており、これらの作業者は10数年以上の経験者で技能をもっている。製作された木型は図面によって、最終検査がなされるが、検査記録は作らず、図面上でチェックする。尚、寸法検査は伸尺によって測定されるのが大部分である。

(2) 造型

造型部門は、前述の如く、手込めと、機械込めが行われている。使用されている鑄物砂は、その大部分が生型砂で、肌砂と、裏砂に分けて、使用している。原料砂はシリカサンドの他に、高マンガン鑄鋼用のオリビンサンド、又局部的にジルコンサンド、クロマイトサンドも使用されている。中子砂としては、生型の他に、CO₂砂、コールドボックス砂も一部使用されている。大型手込め造型は、生型砂によるまわし型、又現型による込め上げ式、無反転方式を取っている。最大鑄物はφ3,600mm、23Tonの取鍋で、これらは、大型のピット(5,000mm×5,000mm以上)の中にセットされ鑄造される。

機械込め造型機は、中型と小型があり、ジョイント・スクイーズ式のものである。

(3) 溶解

溶解は、鑄鉄、鑄鋼にかかわらず、エルー式電気炉によって、溶解されている。ニハード鑄鉄等は誘導炉でも溶解される。銅合金は、特殊炉（ルツボ）で行なわれる。

これらの溶湯を受ける取鍋は 800kg容量のものから 14Ton容量のものまで各種あるが、いずれも上注ぎ方式である。取鍋の内部は、重油バーナーによって予熱されている。エルー式電気炉 3 基のうち、1 基は天井が固定式でサイドチャージ、他の 2 基はトップチャージ式である。材料装入についてはサイドチャージの場合に時間がかかっている。

(4) 鑄仕上げ

鑄込後の砂落しはシェークアウトマシンで行なわれ、又手作業も併用される。押湯、湯道、セキ等の切断は、酸素アセチレントーチによるガスカッティングが普通鋼に対して行なわれ、割れのおこりやすい合金鋼の一部はグラインダーカットも行なわれる。

粗仕上げはスイング・グラインダーで行なわれるが旧式のため能率がよくない。鑄鋼品は、それぞれの材質に応じた熱処理が行なわれている。高マンガン鋼は、熱処理炉わきに水槽が設置され水靱処理が行なわれている。

鑄仕上げされた製品はQC部門によって、検査が行なわれる。

内部欠陥に対しては、ライナーなどの部門はX線検査が行なわれる。

(5) 品質管理

鑄物砂の特性値については、鑄物砂試験設備一式をそなえてコントロールできるようになっている。

溶湯の成分、材質の成分などは一連の分析機器によって行なわれている。又、材質の機械的性質を測定する機械試験装置を備え、管理されている。

(6) 鑄造品の品質

鑄造品の不良率は全体で 6～8%程度の統計となっている。

これらのうち鑄鋼品は 4～5%、鑄鉄品は 8～14%で、年度によってバラツキが大きい。欠陥現象はいずれも、ひげ巣、クラックが多い。

2) 製缶工場

製缶工場は鉱山用設備の製作、補修を行う役割を担っており殆ど全量自社製品を製作している。従って極論すると強度的に問題なければ体裁を整えるといった感覚はあまりなく、商品価値という面からは見劣りするものが多い。

以下製缶製品を各工程別にその技術の概要を述べる。

(1) 罫書、切断工程

罫書は事業部のエンジニアリング部門で作られた詳細図面により、熟練取付工が鉄板に罫書し続いてガス切断されている。2台のアイトレーサーで長尺の平行切断と、同型多量部品及び複雑な形状の部品を切断している。特に本年4月に設置されたアイトレーサーは一部NCを組み込んだ高性能切断機である。(最大切断寸法3.0m×3.5m、板厚200mm)その他の部材はポータブルタイプの自動切断機で切断されている。切断面は切断粗度も荒くかつノッチが多数入っており、大雨による被害で電気の周波数が60→50サイクルに変更になったとはいえ、あまりにもひどすぎる。グラインダーによる切断面の修正工数、あるいは溶接品質及び能率の低下を考えると、ガス切断技術の改善特に切断速度、ガス圧力、切断火口の選定、およびその清掃等基本的な項目の整備が必要である。

(2) 孔明け、曲げ工程

組立て前に必要な孔明け加工および曲げ加工は、それぞれラジアルボール盤およびプレスブレーキ、ベンディングローラー等で施工されている。このうちたまたまプレスブレーキで板厚35mmの板を曲げ加工中、クラックが発生していた。曲げ面を調査すると、まず被曲げ加工部材のエッジの面取りがなされていない。また曲げ型が上下共アールが小さいため押し面に無数の押しキズが発生している。曲げ加工における機械能力もさることながら、曲げ型の選定とか、材質、板厚と曲げアールの関係等解決すべき問題点が多数ある。

(3) 取付け、組立て工程

鉱車の取付け、組立て等を見ると複雑な構造物の組立てについて、十分な技術を有している。しかし細部を見ると溶接開先のギャップが10mmを超える箇所が散見される。これは溶接品質および能率を低下させる一因をなしているものと思う。将来溶接ロボットの導入を考えた場合、更に取付け工程の技術アップが望まれる。

(4) 溶接工程

溶接作業は下向きの肉盛り溶接を半自動で行っている他は手溶接に頼っている。溶接材料比率で見ると自動化率35%になる。正確なデータはないが、工数比率で見ると自動化率は10%未満であろう。

作業方法はポジショナー、ターニングローラー、自家製のマニプレーター等を利用して少しでも能率良く作業をしようという努力の後が見られる。又溶接フューム対策には特に力を入れており、ほとんどの溶接作業スポットに集塵装置を備えている。

使用されている被覆アーク溶接棒のほとんどが低水素系（AWS E7018）である。

溶接棒の管理をみると低水素系であるにもかかわらず、棒の乾燥は一切なされていない。納入された溶接棒は工具庫にむきだして格納されており、そのまま出庫使用されている。又職場における溶接棒の散乱は目を覆うばかりである。いたるところに未使用の溶接棒がころがっており、足で踏付けられ、被覆剤（フラックス）がはがれ使用出来なくなっている。このような現象は自社製品のみを製作しているという甘えが生み出しているものと思う。将来より高級な溶接をすることを考えると、基本を一つ一つ守る姿勢が必要である。

近年溶接工の技量検定を実施しており、溶接工の中には十分国際的にも通用する技量の人も居ることを思うと、工場全体の技術レベルの大幅な向上の可能性は十分にある。

2.1.5 組織概要

コデルコ社は1976年に解散した、5つの国営化産銅公社を法的に引継いで設立された。以前は別個の5社で行っていた経営が、現在のコデルコ社の機構では、チュキカマタ(Chuquicamata)、サルバドール(Salvador)、アンディーナ(Andina)、エルテニエンテ(El Teniente)の4部門よりなりたっている。

これ等4部門が運営の自治権をもって生産機能を果たしているのに対し、本社は全体的政策の確立、4部門の製品の商業化、生産及び投資の全体的プログラムの決定及び、企業経営の金融面の取扱い等の責任を有している。

1983年のデータによると、コデルコ社の全従業員は25,924人であり、その内の38%がチュキカマタで、18%がサルバドール、7%がアンディーナ、34%がエルテ

ニエンテそして3%が本社勤務となっている。

コデルコ社の上部機構組織図を図2.1.5-1に又コデルコ社全体の人員の推移を表2.1.5-1に示す。

近代化計画の対象工場のあるエルニエンテ事業部は、1905年アメリカのブラーデン銅会社により採鉱を始め、後1915年ケネコット社の子会社となり、1967年チリ国営会社、続いて1976年創立のコデルコ社の4部門の一つを成すにいたった。事業部内には直接生産部門として、エルテニエンテ鉱山はもとより、コロン・セウエル両選鉱場及びカレートネス精錬工場がある。サービス部門としては、今回の近代化対象工場である工作部門を始め輸送部、建設維持部等がある。その他調達部門、エンジニアリング部門、人事部門等がありエルテニエンテ事業部だけで8,952人の従業員が存在する。

エルテニエンテ事業部の上部組織図を図2.1.5-2に示す。

工作部門は生産計画部・品質管理部からなる管理部門と、製造部・石灰焼成工場からなる製造部門とから成立ち、総勢515人の従業員が存在する。なお設計・教育訓練・勤労安全・調達等の組織はエルテニエンテ事業部に所属している。

工作部門の組織図を、図2.1.5-3工作部門組織図に示す。

表2.1.5-1 コデルコ社の人員の推移 (年平均)

単位：人

1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
30,948	30,765	30,920	30,799	30,146	29,308	26,756	25,924

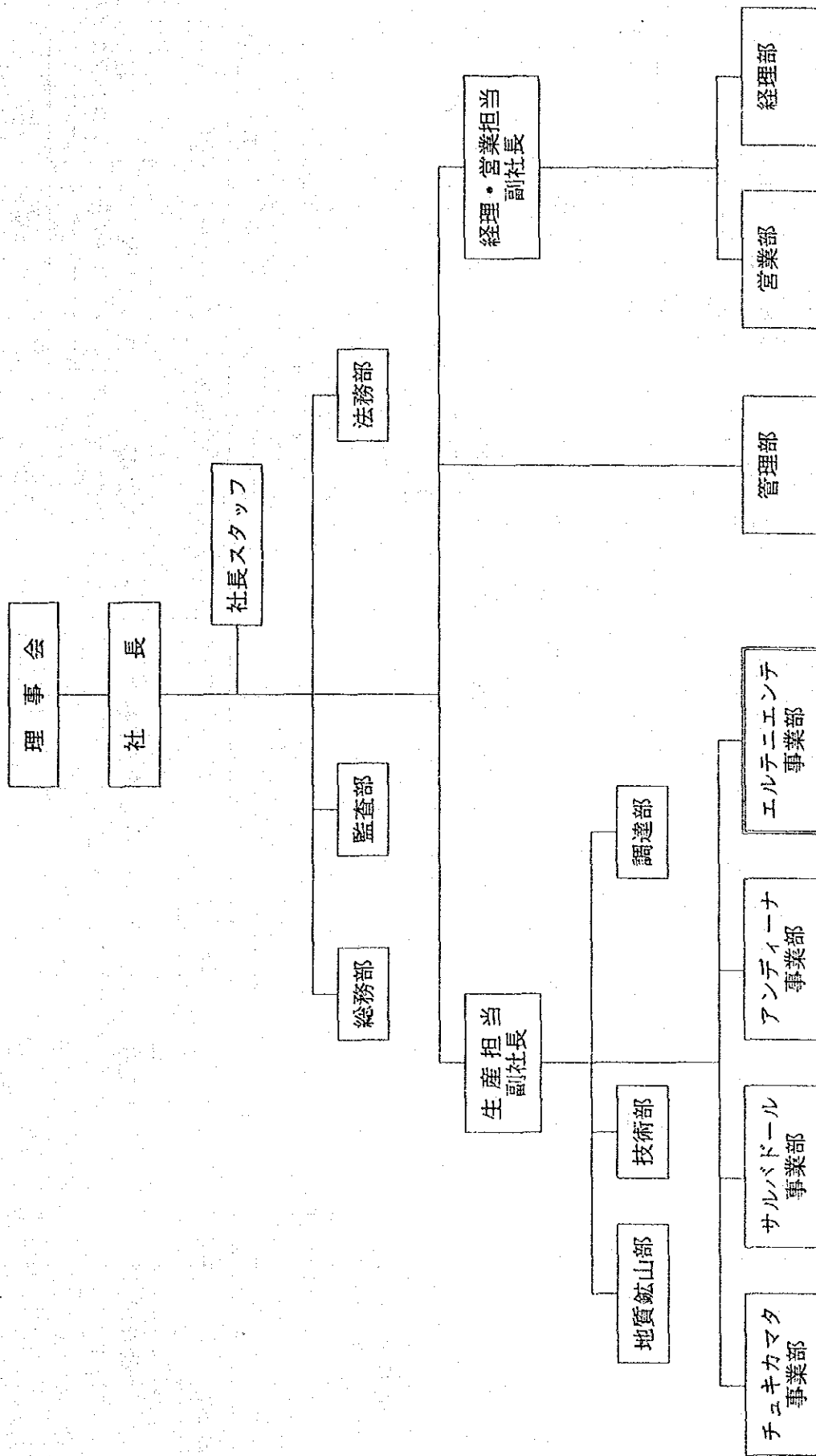


図2.1.5-1 コデルコ社上部機構組織図

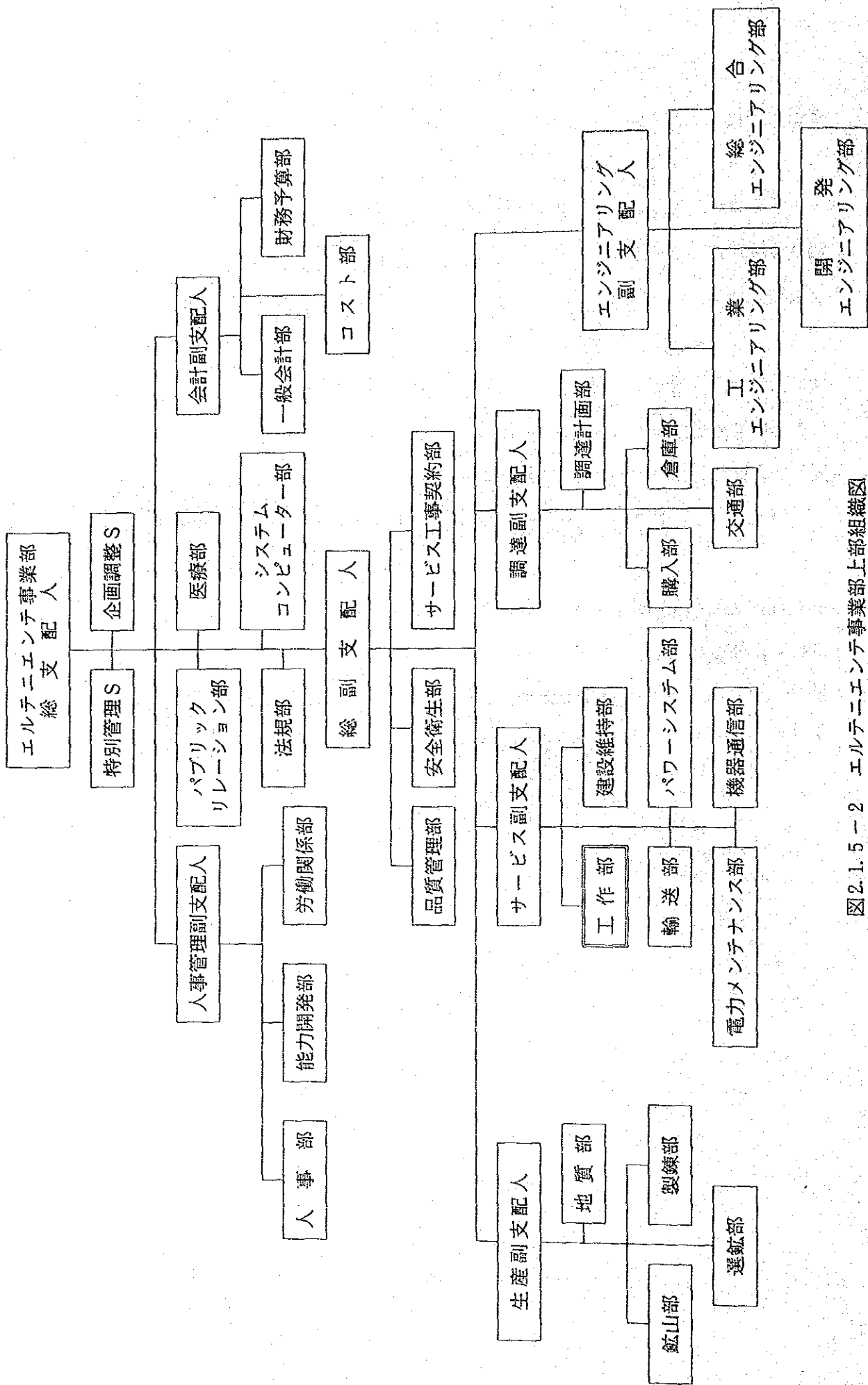


図2.1.5-2 エルテエンジニアリング事業部上部組織図

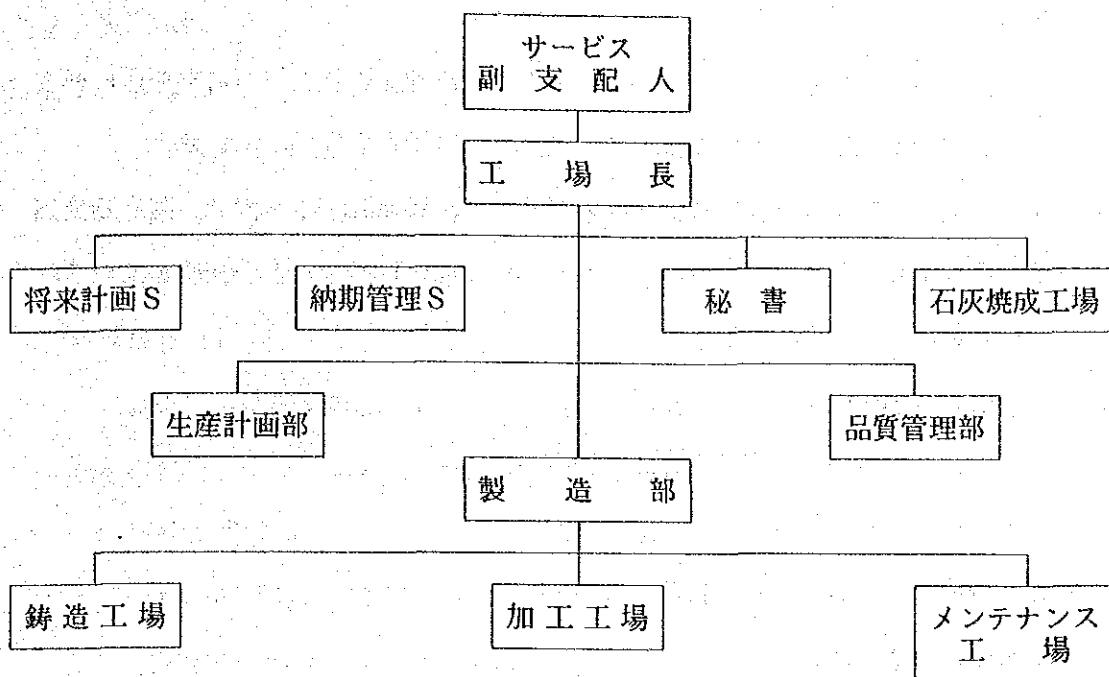


図2.1.5 - 3 工作部門組織図

2.1.6 教育訓練

エルテニエンテ事業部内の、能力開発部が教育訓練を司り、毎年各部からの要求を元に、事業部幹部から一般労働者までの教育訓練予定を作成している。

訓練機関としては社内の講師ばかりでなく、第三者機関である大学、国立職業訓練所（INACAP : Instituto Nacional de Capacitacion）等を利用している。

訓練項目のいくつかの例を示すと、

- 技術問題へのマイコンの応用
- CNC機器のプログラム作成と操作方法
- 品質に関する講習
- 鋳造に関する全般的再教育
- 溶接方法の講習
- 大学や研究所によるセミナー等への参加
- 管理に関する種々のコース

更に外国において訓練を行っている。その例を示すと、

- 機械加工の工場を訪問し鋳造品の機械加工、材料、製品の新技术の習得
- コンピュータープログラムの、システムの操作方法の習得等

事業部の能力開発部を中心に組織的、計画的に教育訓練が行なわれており、1985年の訓練実績は

総労働時間	訓練時間	参加人員	事業部総人員
17,441,064H	329,324H	11,292人	8,654人

エルテニエンテ事業部の訓練時間率は $\frac{\text{訓練時間}}{\text{総労働時間}} = 1.89\%$ であり、国連で認

めている2.0%にほぼ近い値である。

又日本的QCサークル運動に非常な関心をもっており、能力開発部が中心となつてその運動をエルテニエンテ事業部全体にひろめつつある。

2.2 生産状況

2.2.1 鑄造工場

この工場で作られている鑄物製品は、そのほとんどが、エルテニエンテに於ける、銅鉍石採取設備、鉍石破碎設備、選鉍設備、熔鍊設備等にかかわる新製品、予備品、消耗品等である。

1) 生産品目

当鑄造工場に於ては、上記の如く鉍山関係で使われる各種の部品があるが、代表的なものは次のようなものである。

- 粉碎機械部品

粉碎機部品としては一次粉碎設備関係のボールライナーやマントルがある。二次粉碎設備としてはボールミルやバー・ミルのライナーがある。これら粉碎機のライナーは消耗品であるため、当工場の主力製品となっている。

- ポンプ関係部品

ポンプ部品としてはポンプケーシングやインペラー、ガイドプレートなどが作られている

- 熔鍊設備関係部品

熔鍊関係の鑄物として、銅の鑄込用取鍋やスラッグ用鍋、転炉の出湯部の口金物などがある。

- 鉍車用部品

鉍車用部品としては、ブレーキシューや車輪などが作られている。

- 伝達システム部品

伝達システム部品としては、ギヤー、ピニオン、ベアリングボックス、シャフト、ブッシュなどがある。

- その他タービン部品（ノズル）、掘削用設備部品（ブレード）、選鉍場予備品（バケット）などがある。

2) 鑄造品の大きさ

鑄造品の大きさは1kg未満のものから、20Ton を越す大型品までバラエティーに富んでいる。これらの中で最も生産量の多いライナーは長さ 1,000~1,200mm、巾300~400mm で、重量は 100~400kg程度である。大型鑄造品は最近大型化した取鍋で、直径約3,600mm、高さ約2,600mm、重量は約23Ton あり、この工場での最大の鑄物で

ある。

3) 鑄造品の材質

当工場で作られている鑄物を材質的にみると、鑄鋼品、鑄鉄品、及び少量の銅合金鑄物である。

この鑄造工場で作られる鑄造品が鉱山機械部品であるという特殊性から、これら鑄鋼品、鑄鉄品の材質は耐磨耗材質が多く使われている。

- 鑄鋼品は生産量から見ると、高炭素合金鑄鋼品の使用が多く、そのほか高マンガン鑄鋼品、炭素鋼鑄鋼品が使われている。さらにステンレス鋼や耐熱鋼鑄鋼品も使われている。
- 鑄鉄品は高クローム鑄鉄やニハード鑄鉄が多く使われ、低合金鑄鉄や普通鑄鉄も使われている。

4) 生産量

過去3年間の生産量の推移は下記の表2.2.1-1の如くである。

表2.2.1-1 鑄造品の生産量

単位: Ton

	1983	1984	1985
鑄鋼品	3,193	3,286	2,321
鑄鉄品	1,250	1,356	2,136
銅合金	111	89	134
計	4,551	4,741	4,621
月産	380	395	385

上記の表から年間生産量は、4,600Ton程度であり、月産では380Ton程度である。

材質的には、鑄鋼品と鑄鉄品の生産割合は、3年前(1983年)に於ては約70:30であり、鑄鋼品の生産量の方が多かったが昨年(1985年)に於ては、これらの比が50:50近くなっている。

当工場の性格から年度によって生産される部品、材質が大幅に違うことは充分考えられるが、消耗材の性格の強いライナーが増加しており今後も鑄鉄品は増加すると考

えられる。

これら生産量についてはさらに詳細に表2.2.1-2に於て製品グループ別鑄造品生産量として示す。これによると、昨年(1985年)は、粉碎機関係のライナー、その他部品が生産の60%を占めている。又、この生産量について材質別に細区分したものを表2.2.1-3として示す。これによると鑄鋼品に於ては、高炭素合金鋼鑄鉄品、高マンガン鋼鑄鋼品で昨年(1985年)は70%を占めている。

一方、鑄鉄品については、高クローム鑄鉄が圧倒的に多く、昨年(1985年)に於て鑄鉄品生産量の85%を占めている。銅合金鑄物は全生産量の3%未満で、ブッシング、スリーブのような部品を一部生産しているが、小物は外注に出している。

表2.2.1-2 製品グループ別鑄造品生産量

単位：Ton

	1983	1984	1985
ボールミル・バーミル用ライナー類	2,150	2,392	2,319
一次・二次粉碎機部品	462	520	562
ベアリング・サポート・ブッシング	180	150	163
ギヤー・軸類	212	196	223
ブレーキシュー・ベアリング・ハウジング	163	130	90
ポンプ部品	182	191	210
タービン部品	80	80	87
取鍋、バケット、転炉部品	356	405	370
保護板、その他	766	677	597
計	4,551	4,741	4,621

表2.2.1-3 材質別鑄造品生産量

単位：Ton

1) 鑄鋼品

	1983	1984	1985
普通鑄鋼	465	478	375
低合金鋼	280	161	107
高炭素耐磨耗鋼	1,731	1,784	1,049
高マンガン鋼	508	721	622
低炭素マルテンサイト系ステンレス鋼	93	73	51
高炭素マルテンサイト系ステンレス鋼	92	47	76
オーステナイト系ステンレス鋼	20	12	28
耐熱鋼	4	10	13
計	3,193	3,286	2,321

2) 鑄鉄品

単位：Ton

	1983	1984	1985
普通鑄鉄	122	88	83
低合金鑄鉄 ダクタイル鑄鉄 マルテンサイト鑄鉄	81	72	98
ニハード系鑄鉄(DURTEN)	562	133	56
高クローム鑄鉄	484	1,059	1,813
高合金特殊鑄鉄	1	4	86
計	1,250	1,356	2,136

3) 銅合金

単位：Ton

	1983	1984	1985
ブロンズ系銅合金	111	89	134

生産量を重量区別にみると、A (20kg/個以下のもの)、B (20kgから100kgま

で、及びC（100kg以上）の3区分に分けられている。

これらの生産個数、重量について1985年の9月から12月までの統計データを表2.2.1-4に示す。尚、これらを1ヶ月平均として示したものが表2.2.1-5である。

これによると、月平均としてはA区分では平均単重 7.7kg/個であり、B区分では56kg/個、C区分では 443kg/個である。生産重量割合ではC区分が圧倒的に多く、全体の92%を占めている。C区分の生産量が多いことは、ライナーの生産が多いことを物語っており、当工場は、比較的、中、大型鋳物を生産していることがうかがえる。

表2.2.1-4 重量区分別生産（1985年9月～12月）

単位：kg

重量区分	個数	重量	平均 (kg/個)
A (<20kg/個)	2,518	19,346	7.7
B (20～100kg)	2,291	128,254	56.0
C (100kg以上)	3,692	1,635,832	443.0
計	8,501	1,783,432	210.0

表2.2.1-5 重量区分別生産（表2.2.1-3に基づく月平均生産）

単位：kg

重量区分	個数	重量	平均単重 (kg/個)	個数比 (%)	重量比 (%)
A (<20kg/個)	630	4,837	7.7	30	1
B (20～100kg)	572	32,063	56.0	27	7
C (100kg以上)	923	408,958	443.0	43	92
計	2,125	445,858	210.0	100 %	100 %

2.2.2 製缶工場

製缶工場で作られる製品は、そのほとんどがエルテニエンテ鋳山及び、その選鋳、精練工場で使用される設備に関連する新製品、予備品、補修品などである。

1) 生産品目

生産品目は多岐にわたっているが、その代表的なものは次のようなものである。

なお坑道に使用する補強ボルト、鉱石のふるいに使用する金網、鍛造で作られるタガネおよび、ライナー止めボルトについては溶接を伴わないので割愛する。

(1) 溶接構造物

： 鉱車

ボギー部をブラジルより輸入し、荷箱部を鋼板で制作し全体組立、塗装、試運転後出荷している。1985年より製作を開始し100Ton積鉱車（鋼材重量23Ton）16台のうち既に11台完成し、現在12台目を溶接中、13台目を取付け中であり引続き残りの3台も製作する予定である。

又小型の25Ton 積鉱車（鋼材重量9.3Ton）11台は既に完成出荷されている。

100Ton積鉱車 5台を製作すると、今後しばらく鉱車の製作予定はない。

： アーチ

新しい坑道を掘るに従い必要なアーチは、コンスタントに需要が望める。現在月産 200本(180kg/本) 生産されている。アーチの断面は深さ 187mm×板厚 8mm、幅 200mm×板厚12mmであり、同一強度を有するH型鋼で製作すればより安く出来るが、チリ産鋼材（チリではH型鋼は生産していない）を極力使用する観点から鋼板でビルトアップしている。

： 1500立法フィート浮遊選鉱機

槽に付属するモーターやインペラーは輸入し、槽本体を製作し全体組立て後出荷した。現在製作予定なし。

： 一般溶接構造物

エルテニエンテ鉱山で使用する、一般小型溶接構造物を事業部の要求に従い、その都度製作している。現在工場では、ホッパー、シャベルカーのバケットから、幅 300mm ×長さ 2m程度のパイプ梯子といった小型部品まで製作している。

(2) 溶接肉盛り補修品

： クラッシャーの各部品の摩耗部分の肉盛り溶接

ほぼコンスタントに需要があり、今後その量が増々増加傾向にある。

なおクラッシャーの部品としては、Head, Bowl, Adjustment of Ring, Main Frame of Crusher等がある。

： 取鍋の浸蝕部の溶接肉盛り

溶融スラッグ、溶融銅により浸蝕された部分の肉盛りも、クラッシャーと同様コ

ンスタントに補修が行われており、今後もその需要が望める。なお大型の取鍋(23Ton)は製缶工場のクレーン能力を大幅に越えている為、機械工場で溶接補修を行っている。

過去三年間の生産実績を表2.2.1-7に、更に肉盛補修品の生産実績を表2.2.1-8に示す。

2) 製品の大きさ及び材質

原則的には製缶工場のクレーン能力により(10T及び5T各一台)二台のクレーンで相吊りしても最大15T程度までしか製作できないが、過去には工場中央を縦断するレールを利用して台車上で直径4m、長さ17m、重量80Tの円筒構造物を事前に製作された単管長2.5mずつの7ブロックをつないで作上げた経験をもっている。

鋼材はほとんどチリの製鉄所であるCAP(Comp. Acero del Pacifico)から購入されており、その材質は表2.2.1-9の通りである。又補修品の材質は表2.2.1-10の通りである。

表2.2.1-7 製缶工場の生産実績

単位: Ton

	1983	1984	1985
溶接構造物	1,289	1,332	1,049
肉盛り補修品	530	179	379
補修ボルト(坑道用)	522	1,972	1,509
鍛造品(タガネ)	256	166	101
合計	2,597	3,649	3,038
月産	216	304	253

表2.2.1-8 過去3年間の補修実績

単位：個数

	1983	1984	1985
Crusher Main Frame	2	2	4
Adjustment of Ring	4	2	6
Bowl	1	1	2
Head	10	6	10
Ladle	8	4	6

表2.2.1-9 鋼材の材質

Standard	Chemical Composition (%)					Mechanical Properties		
	C	C+1/6 Mn	P	S	Si	TS kg/mm	YP kg/mm	EL %
A37-24ES	0.20	0.40	0.04	0.05	0.30	37	24	24
A42-27ES	0.20	0.42	0.04	0.05	0.30	42	27	22
A52-34ES	0.20	0.43	0.04	0.05	0.60	52	34	20

(July 1976)

(CAP)

表2.2.1-10 溶接補修品の材質

Standard	Chemical Composition (%)						Hardness (NDB)
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Si	
ASTM A-27 Grade 70-36 or 80-50	0.20~ 0.35	0.60~ 1.00	0.25~ 0.60	-	-	-	143~187

(Instruction Book of Repair Works for Crusher)

2.3. 現状の工作技術

2.3.1 鑄造工場

1) 技術基準、作業基準

鑄造の各プロセスに共通であるが、これらの基準の有無について調査した結果では、どのプロセスに於いても提示されなかった。これらが全くないとは考えられないが、一方では、ほとんどの仕事は繰返し行なわれているので、各自が、それぞれの仕事を覚えており、基準書は特になくとも仕事が出来るという考えが、その根底にあるのも事実であろう。

しかしながら、鑄造の作業はグループで行うことが多く、技術、技能の均一化が必要であり、又これらのレベルアップを計るためにも、共通の基準をもとにして、作業をすべきと考える。まず現状の作業のやり方を設定し、常に、それらの改善に取り組んでゆく姿勢が必要であろう。

2) 鑄造方案

鑄造方案は、その鑄造工場のエンジニアリングの能力を判断する一つの大きなポイントである。これらがしっかりしている工場は、技術力もありシステマティックに物が作られているのが通例である。

ところで当工場に於いては、試作品についてはエンジニアリング部門で行われるが、通常流れているものについては、模型工場で判断し決められている。又、場合によっては模型工場と造型場で協議決定されている。

しかしながら、鑄造方案図は、全てについては作られていない。技術の蓄積という点から、これらは全てについて作られるべきである。

3) 模型製作

当模型工場は設備的に整っており、又、技能としてもかなり経験をもった熟練工を保有している。当鑄物工場で使われている模型の製作については充分、その技術能力を持ち合わせていると考えられる。

(1) 使用されている木材

現在当工場で使用されている木材は、カナダ産の“白松”で、全使用量の60%であり、残りは国産の木材である。この白松材はふしがなく、又、加工後の変形が少なく歩留まりも良いようである。ベニヤ板は、機械込め定盤等には厚さ25mmを超え

るものを重ね合わせて使っているが、耐水性ベニヤではないので好ましくはない。

そのほか、一部に金型や、エポキシ樹脂を使用しているが、発泡ポリエチレンやウレタン材などは現在のところ使っていない。過去には使用したこともあるが、造型技術上の問題と、それに適した鋳造品がないのが現状である。

(2) 模型製作の提示

鋳造方案については、先に述べた通り作成される場合もあるが、全てについては行われていない。又、その指示内容についてみると細かな指示は示されていない。模型製作に必要な伸尺、仕上代、分割面、押湯、湯道、堰、巾木、などを例にとってみてもそれらは必ずしも図面には指示されていない。この理由の1つとしては、従来製作されているものは、何も指示されていない場合は、仕上代については、暗黙のうちに、1/4" (6mm)と決められている、との事である。これも確かに一つの方法であるが、図面には毎回必ず必要事項をきちんと指示すべきものと考ええる。

(3) 寸法許容値

模型製作に関する寸法許容については、書類に規定された基準は持っていない。

これらについては、特に図面に指示された場合は、それに従って行われる。図面に指示されていない場合は、模型工場側での判断で決めて行われる。

(4) 現図の作成

図面を実物大に書く作業であるが、これも全部について書いているわけではない。現図はベニヤ板に書かれたり、又、板や紙のこともある。試作品の場合は、品物が完全にOKになるまでは保存される。板材に書いた場合は、木型の製作が終われば、カンナで削り落とし、次の現図を書く方法もとられている。これら現図は一部は保管されているものの全てには実施されていない。

(5) 模型製作

現図が作成されたら木型の種類を決定し、それに応じた木型の構造を考慮して、木取りを行うが、これらは熟練工（マエストロ）が行う。木取りを行う前に木取表を作るようなことはしない。直接熟練工が個々の経験によって行なう。模型の形式は、手込め方式の場合、主として現型で、中子はあまり使われないようである。例えば、粉碎機のマントルや取鍋などはこの方式である。このような作り方はむしろ造型側の要求のようである。

(6) 模型の検査

模型の検査は、模型部門のチーフ、及び、そのアシスタントであるスーパーバイザーによって行われている。これらは図面をもとにチェックされるが、何もマークしていない寸法はOKの意味であると言う。しかしながら、チェックもれがあるかどうかはこれでは判断出来ないで、何らかのチェック済みであるという印が必要と思われる。尚、寸法検査記録表のようなものは残していない。

(7) 模型の管理

模型は30年に及ぶ、30,000点近くの数があると云う。従って、保管もあちこちに分散されているが、その一部を見たかぎりでは小物部品はよく整理されている。

中・大型の模型の整理状況は多少乱雑である。模型の管理カードもきちんとしており、管理されている状態と云える。

尚、鋳鉄用の模型は赤色ラッカーで、又鋳鋼品の模型は青色に、非鉄合金鋳物用は黄色に、塗り分けられている。

4) 鋳物砂

当工場で使用されている鋳物砂は、鋳鉄品、鋳鋼品共に生型砂が使用されている。これらは機械込め、手込め共に生型を適用している。砂処理プラントは比較的新しく1,140㎡の中に、新砂（湿態砂）の乾燥ドライヤーを始め混練設備、回収設備、サイロを含め、一連の設備がプラントとしてまとめられており、設備としては立派である。当工場で使用されている砂の種類は、シリカサンド、オリビンサンド、ジルコンサンド、クロマイトサンド等であり、このうちシリカサンドは、近くのカルタヘナ、サンアントニオ港近くの海岸の砂丘からとられるもので水分は4～5%含んでいる。その使用量は月250Ton前後で、ドライヤーによって乾燥している。このドライヤーの能力は2.5Ton/Hであり、現在は能力の14～15%しか使用されていない。

生型砂の混練能力は肌砂については6Ton/H、裏砂については24Ton/Hであり、能力的には現状生産（380Ton/月）の50%upは充分消化できよう。

当工場に使われている鋳物砂の配合例は、表2.3.1-1に示す如くである。

しかしながら、日常の地道な管理があって始めて不具合を未然に防止出来るのであり、又、対策への足がかりにもなるのであるから、必要最低限の管理は必要である。

5) 造型

当工場における鑄造品は、鑄鋼品と鑄鉄品でその生産量は月産 380程度である。鑄鋼品と鑄鉄品の割合は概略半々である。造型職場別の生産能力をみると、サンドスリンガー併用の大型から小物までの手込めラインで150~200T/月、ライナーの機械造型ラインで200~250T/月、小物造型機ラインで20Ton/月程度である。

手込めラインは比較的新しく作られているのですっきりしているが、機械造型機ラインは、スムーズに流れるようになっていない。小物造型機（バディッシュ、造型機）のラインは、造型後の被せがホイストで吊り1棒ずつ被せるので非能率である。これらは、ライン改造と半自動造型にすれば生産性はupする。ライナー造型ラインも造型後の鑄型被せ、及び鑄込み場所が狭い。この被せ場が溶解の棟と同じであるため、クレーン（2台）の使用が充分に出来ずアイドルを生じている。又被せ場も狭いので溶解炉前の場所を使っているが、レイアウトとしては非常にまずいものとなっている。これらライナーの生産が、今後主力となると考えれば将来このラインを合理化するのが、まず第一に必要であろう。

造型については、大型の手込め品にはサイドスリンガーを使用しているものの生型で行うのは勧められない。理由は、砂自体の強度が弱く、補強の芯金を入れたり、造型に時間がかかることと、技術力も要し、品質的にも砂の焼け付き、絞られ、すくわれなど欠陥を生じ易いからである。これらは例えば、フラン樹脂をバインダーとした有機自硬性鑄型に置き替えてゆけば、技術をマスターするのも簡単で、より早くよい物を作ることが可能である。鑄造の技能者も、ヘラを使って造型出来るような熟練工は段々少なくなってゆく。従って誰でも簡単にマスターできる造型法に変えてゆかなければならない。当面は生型砂で行うとしても将来の姿として、このような方法の採用を考えておかねばならないと考える。

鑄物砂（珪砂）の粒度はAPS 50前後であり、普通に使われているものである。しかし、シリカ分が86%程度であり品質がよくない。特に鑄鋼品の場合は、通常95~97%のものが使われるので、シリカサンドの SiO_2 成分の高いものを国内で探す努力が必要である。

鑄造品は表面の砂の焼け付きが多く見受けられるが、これが1つの原因と考えられ

表2.3.1-1 鋳物砂配合表

		鋳物砂の種類					
		シカ 肌砂	クロマイト	リピン	ジルコン	CO	Relieno
砂	シカサンド リピン #40 リピン #70 クロマイト #55/60 ジルコン	85~90	92.5	45 45	92	85~90	85~90
バインダー、 添加剤	シカフラー ベントナイト KODLIT デキストリン モガール 水ガラス ピッチ	3~5 5~6 0.3~0.5	4.5~4.6 0.3~0.5	4.5~5.5 0.5~1.0	3.5~4.5 0.3~0.5	10~15 0.5~1.0	1~2 2~3 0.5~1
水	水分	4~4.5	2.5~3.2	3.5~4	2.5~3.5		4.5~5.5

上記の配合のうちCO₂砂についてはそのモル比が予明であるが、10~15%という
のは異常に高い。通常は6%前後である。

これらの鋳物砂の特性値については、品質管理部門で基準を作り、データ取り管理
している。表2.3.1-2にこれらの鋳物砂の特性値基準を示す。

表2.3.1-2 混練砂特性値

		鑄物砂、特性値		
		水分 (%)	通気度(AFS)	抗圧力(psi)
1	生型 (裏砂)	3 ~ 4.2	140 ~ 200	7 ~ 12
2	鑄鋼 (乾燥)	3.5 ~ 6	160 ~ 200	5 ~ 25
3	鑄鋼 (肌砂)	3.5 ~ 4.5	115 ~ 165	8 ~ 10
4	鑄鉄 (肌砂)	3.8 ~ 4.5	155 ~ 230	15 ~ 18
5	鑄鉄 (乾燥)	3.5 ~ 5.5	60 ~ 120	10 ~ 12
6	鑄鋼 (オリビン)	4.5 ~ 5.2	190 ~ 230	7.5 ~ 10
7	ジルコン (肌砂) (鑄鉄)	1.8 ~ 2.2	40 ~ 60	8 ~ 10
8	ジルコン (鑄鋼肌砂)	2 ~ 3	40 ~ 60	8 ~ 10

これらのうち、4、7は鑄鉄（ニハード）、ライナー用であるが現在はほとんど使われていない。又、クロマイト砂の使用量は少量で0.5Ton/月程度である。

これらの他に、時々モルダビリティ（鑄物砂の充填度）、やシンタリゼーション（鑄物砂の焼け付き程度）の測定も行われている。

これらのデータは、品質管理部でとられ、コントロールされることになっており、実測値のデータのプロット図（管理図）も過去のものはあるが現時点ではあまりデータが取られていない。

サンプリングの回数については、バックサンド（裏砂）は毎日15回行い、他の砂は週3回行うようになっていた。

例えば、1982年3月のデータによれば、測定回数は9~12回/日行われていた。又、1985年8月のデータによれば鑄鋼品のバックサンド、肌砂共に毎日1~4回測定している。但し、鑄鉄用はほとんど行われていない。

これらについては、当時は測定者が3人いたが、現在は砂だけに掛かれる専門の人が確保できず、これに係わる人は1人でありしかも、他の仕事と掛け持ちであるため、十分なデータが取れないと云う。従って、問題のないときはデータを取らないでいる。

しかしながら、日常の地道な管理があって始めて不具合を未然に防止出来るのであり、又、対策への足がかりにもなるのであるから、必要最低限の管理は必要である。

5) 造型

当工場における鑄造品は、鑄鋼品と鑄鉄品でその生産量は月産 380程度である。鑄鋼品と鑄鉄品の割合は概略半々である。造型職場別の生産能力をみると、サンドスリンガー併用の大型から小物までの手込めラインで150~200T/月、ライナーの機械造型ラインで200~250T/月、小物造型機ラインで20Ton/月程度である。

手込めラインは比較的新しく作られているのですっきりしているが、機械造型機ラインは、スムーズに流れるようになっていない。小物造型機（パディシュ、造型機）のラインは、造型後の被せがホイストで吊り1枠ずつ被せるので非能率である。これらは、ライン改造と半自動造型にすれば生産性はupする。ライナー造型ラインも造型後の鑄型被せ、及び鑄込み場所が狭い。この被せ場が溶解の棟と同じであるため、クレーン（2台）の使用が充分に出来ずアイドルを生じている。又被せ場も狭いので溶解炉前の場所を使っているが、レイアウトとしては非常にまずいものとなっている。これらライナーの生産が、今後主力となると考えれば将来このラインを合理化するのが、まず第一に必要であろう。

造型については、大型の手込め品にはサイドスリンガーを使用しているものの生型で行うのは勧められない。理由は、砂自体の強度が弱く、補強の芯金を入れたり、造型に時間がかかることと、技術力も要し、品質的にも砂の焼け付き、絞られ、すくわれなど欠陥を生じ易いからである。これらは例えば、フラン樹脂をバインダーとした有機自硬性鑄型に置き替えてゆけば、技術をマスターするのも簡単で、より早くよい物を作ることが可能である。鑄造の技能者も、ヘラを使って造型出来るような熟練工は段々少なくなってゆく。従って誰でも簡単にマスターできる造型法に変えてゆかなければならない。当面は生型砂で行うとしても将来の姿として、このような方法の採用を考えておかねばならないと考える。

鑄物砂（珪砂）の粒度はAFS 50前後であり、普通に使われているものである。しかし、シリカ分が86%程度であり品質がよくない。特に鑄鋼品の場合は、通常95~97%のものが使われるので、シリカサンドのSiO₂成分の高いものを国内で探す努力が必要である。

鑄造品は表面の砂の焼け付きが多く見受けられるが、これが1つの原因と考えられ

る。更に砂の詰めつけに際してランニングがよく行われないと、砂粒がつまらずに溶湯のシンタリングを起こす。事実これらの現象がみられるので、充分注意する必要がある。

鋳鋼品に対して押湯の保温のために断熱スリーブを押湯径 ϕ 300位のものに使用している。押湯径の大きいものには効果があるが、この程度のものでは発熱スリーブの方が良いと考えられる、鋳鋼品は凝固収縮が多く引け易い。これらを適切な方向性凝固をさせるため、冷し金がしばしば使用されるが当工場に於ては余り使用されていないようである。

鋳包みのアンコ棒や、リップのつけ根に外冷しを使う例（マントルなど）はあるが、かくし冷しは使われていない。

押湯についてはサイドライザー及びトップライザーを使用しているが、サイドライザーの盲押湯タイプのもは使われていず、上部まで開放となっているため、歩留りが悪くなっているのが見受けられる。鋳込みは、鋳鉄品、鋳鋼品共に上注ぎ反転取鍋により鋳造されている。一般的には、鋳鋼品は下注ぎ取鍋（取鍋の底部から湯を出す）が普通であるが、当工場では鋳鉄を鋳込む方法と同じである。これは10年位前までは下注ぎ取鍋を使っていたのであるが、湯漏れを起こすのでこの方法をやめ、現状のようになったと云う。しかしこの方法では、最初にノロかきをやるとは云え、鋳物へのノロの巻き込みが多くなることは充分考えられる。単に安易な方向に走るのではなく、問題をどう解決してゆくか、チャレンジしてゆく努力が必要である。造型の湯口、湯道の作りについては、たて湯口はセラミック（陶管）が一部の品物に使われている。これは砂のあられ防止に良いことである。可能ならば湯道、堰までこれを適用すると良い。

鋳込温度については、普通炭素鋼は1540~1550℃低合金鋼もほぼ同じ、ステンレス鋼（18~8）では1620~1630℃、高クローム鋳鉄は1320~1335℃程度である。高クローム鋳鉄の鋳込み温度は、これでは低すぎて、湯じわや、のたり不良を生ずる恐れがある。通常は1370℃~1430℃位である。又、これらの鋳込みでは実際の鋳込みの最初と最後の鋳込でどの位の差があるかが注意を要する点である。鋳込の際には温度は測定されている様子はない。

鋳込速度に関しては、口頭で開いたかぎり概略次の如くであった。

(例)	鋳込重量 (kg)	鋳込速度 (Sec)
	50	5
	100	15
	500	35
	1,000	50
	2,000	60~90 (1~1.5分)
	10,000	180~240 (3~4分)
	20,000	360~420 (6~7分)

上記のうち10,000~20,000kgの鋳込み時間については、これが事実であるなら余りに長すぎる。おそらく運搬段取りの時間も含めてあると思われるが、通常これ程の時間がかかれば鋳型がその強度を保てない。

機械込め造型に於ては、鋳枠はピン合わせになっているが、このピンとブッシュのかん合の精度は大切である。その保守状況を調査したところ、今までにチェックした事はないと云う。これは定期的にぜひ行うべきである。そのチェックは、ゲージを作成してチェックするとよい。

6) 溶解

溶解部門の設備としては、エルー式電気炉を3基、誘導炉を1基、銅合金溶解炉を1基保有している。そのうち10T電気炉は昨年導入され、試験操業中である。これらの炉の公称能力とは別に実際能力は次のようである。

タイプ	公称	実際最大溶解能力
P	2 Ton	5 Ton
2-PT	10 Ton	13 Ton
3-PT	3.5 Ton	7.5 Ton

P、及び3-PTタイプは古くからあるものであるが、これらは最近の炉に比べて、炉壁レンガが厚く構築されている。

例えばPタイプの2Ton炉は、15"の厚さがあり、これを9"に改造したため溶解能力が増加したものである。

これらの操業状況はおおよそ次のようである。

	Pタイプ(2Ton)	2-PT(10T)	3-PT(3.5T)
材料装入時間	1 H	0.5	0.5
溶解時間	4 H	3	4 (7.5Tのとき)
操業回数/日	3回/日	2	2

装入時間はPタイプが時間がかかるが、これはこの式のみがトップ・チャージではなくサイドチャージであり短形の鉄板製箱に材料を入れ、横口からチャージするため時

間がかかる。装入に関するもう一つの問題は装入材料のスクラップヤードが遠く離れていることと、電気炉が鑄造工場の建屋の真中にあるため、材料の搬入がスムーズに行われ難い点である。

誘導炉は容量が1.5Tonで、材料チャージングは0.5時間、溶解は6時間、溶解回数は鑄鉄を週1回位行う。特にニハード材に使われていたが、今は余り使われない。その理由の一つとしては連続して使わないのでクラックが入り易いと云う。このライニング材はオーストリアからの輸入品である。この炉は、鑄鋼品やブロンズの溶解にも使われている。

現在の操業は50%以下でfull操業すれば、現状の1.5倍の生産をしても、充分カバーできる能力を持っている。溶解の材質については品管部に化学成分の分析装置を備えており、これによりコントロールしているので成分の管理は充分に出来る。

溶解場のレイアウトは当工場の改造と共に、現在の位置になったわけでそれなりの事情のためにやむを得ないが現時点に立ってみれば非常に具合が悪い。

将来を考えた場合は、この棟は溶解場専用にするべきで床もコンクリート打ちにし、特に炉前をきちんと整備し、安全通路も設けるべきである。取り囲も現在、あちこちに散らばっているが、1ヶ所に集め管理すべきであろう。

7) 鑄仕上げ工程

当部門は今回のFeasibility 調査において近代化をはかる主要部門である。鑄造の鑄仕上げは、鑄込み完了後の製品の型ばらしから、最終鑄放し品として出荷出来るまでの工程であり、それらは、鑄造品の材質によって、処理工程が違って来る。特に、鑄鋼品については、熱処理工程が入り、複雑となる。

鑄仕上げ作業は、鑄造品の製造過程における最終工程であり、それらのうち、砂落とし、はつり、グラインダー作業等は、造型、鑄込み、熱処理作業等を鑄造の主体作業と考えた場合、一般に付帯作業として取り扱われ技術的にも軽視され勝ちな一面がある。

当鑄造工場に於ける鑄仕上げ工程の流れは、材質によって概略図2.3.1-1に示す毎く、そのプロセスがいくつかの方法に分けられる。(1)~(4)は鋼鋼品のプロセスを示し、(5)~(6)は鉄鉄品、(7)は銅合金鑄物の例を示す。

図2.3.1-1に示されている各工程のシンボル番号は、次のような作業を示す。

- ① 模型の製作
- ② 造型
- ③ 鋳込み
- ④ 型ばらし
- 5A ショットブラスティング
- 5B 熱処理後のショットブラスト
- 6A 予熱した押湯切断
- 6B 予熱なし押湯切断
- 6C パウダー切断
- ⑥ 二次押湯切断
- ⑦ グライNDER
- ⑧ 熱処理
- ⑨ 最終仕上げ
- ⑩ 検査及び出荷

鋳仕上げ工程は、④以降⑩までのプロセスである。

これら鋳仕上げについては、鋳物の砂落としから各種の工程を経て最終製品になるまでについて述べるが、主として、グライNDERによる研磨工程に主眼点を置くこととする。

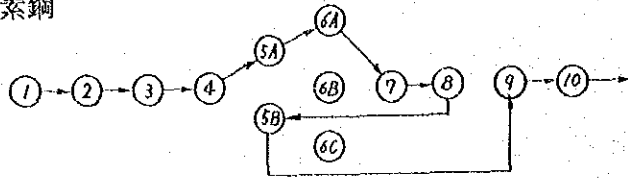
(1) 型ばらし

溶湯が鋳型に鋳込まれた後、必要な鋳物の冷却時間を保持したのち、型ばらしが行なわれる。

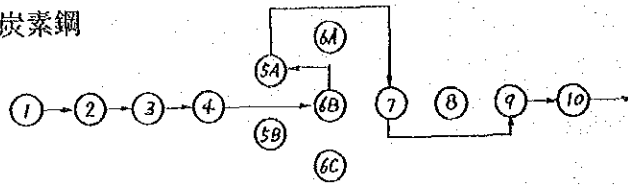
この型ばらし作業は、作業工程を短縮するため通常可能な範囲で、鋳込み後短期間に行なわれることが要求されることが多い。この場合鋳造品は、高温状態で機械的衝撃及び自重による偏荷重を受け、更には、局部的な冷却を受けることにより、変形、応力亀裂、残留応力等の欠陥を生じやすいので、型ばらしの時期、型ばらし後の養生に細心の注意が必要である。

これらの型ばらしの指示は、造型部門で行なわれるようになっている。鋳込み後型ばらしをする日時が鋳枠毎に指示される。これらの型ばらしは、基準化されているべきものであるが、調査結果では見当たらない。

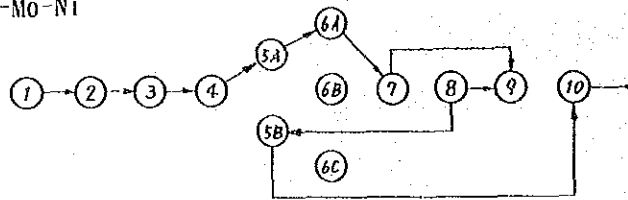
1) 炭素鋼



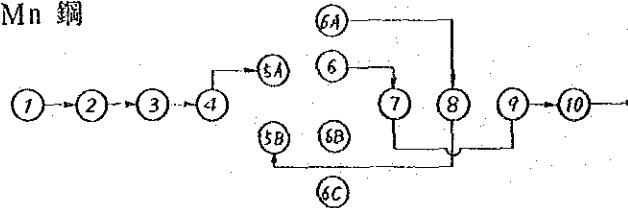
2) 高炭素鋼



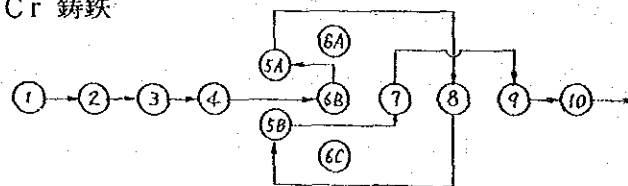
3) Cr-Mo-Ni



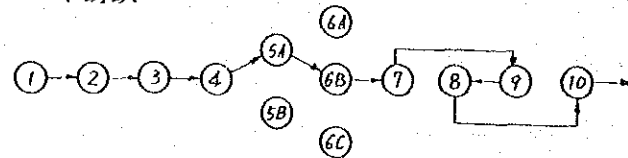
4) 高Mn 鋼



5) 高Cr 鑄鉄



6) ニハード鑄鉄



7) 銅合金

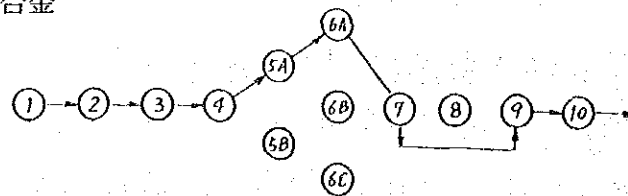


図2.3.1-1 鑄造プロセス

作業状況の調査によれば、粹ばらしは通常夜勤に於いて行なわれている。

型ばらし時の鋳物の温度は、普通鋼で 450℃以下で行なわれる。もちろん、クローム等の割れ感受性に影響の大きい成分を有する製品については、例えば、高クローム鋳鉄、高クローム鋼などでは 200℃以下としている。

一般的な目安として型ばらし日数は、次のようにしている。

- 普通鋼 …… 同日夜、ばらし …… 12時間
- 合金鋼 …… 翌日夜、ばらし …… 24時間

これら型ばらしについて、機械造型の中、小型品については移動式シェークアウトマシン（5 T-2 台）によって行なわれている。手込めラインで製造される鋳物は、固定式シェークアウトマシン（25Ton-1 台）を使用している。特に大型の鋳物は、クレーン吊りにより鋳枠を 1 枚ずつはずしてゆく。

これら粹ばらし及び型ばらし後の鋳物の運搬は、押湯、湯道等がついているため形状的に又、重心の位置の点からも不安的になりやすく、事实现場作業に於てはそういう状況が見受けられた。これらについては鋳込まれた鋳造品を安全に運搬するためには、どのような吊り方をするか、鋳造方案を作成する時点で十分に検討し、対策をたてておくべきである。

(2) 砂落とし

型ばらしの終了した鋳物から、鋳物砂を取り除く作業であり、これらの砂落とし作業は、通常熱処理前に行われる荒砂落としと熱処理後に行われる仕上げ砂落としに分けられるが、本項に於ては前者の場合である。

この砂落とし作業も粹ばらし作業と同じく、鋳物の温度管理は大切である。高温時に砂落としを行った場合、鋳物の内、外面の冷却速度差により、大きい残留応力を生じたり、鋳物製品の変形、応力亀裂等の欠陥が起りやすいので注意が必要である。

これらの砂落としについても基準は見当らない。実際の作業は、従来経験で行なわれているのが実情のようである。

この砂落とし作業は、人力による方法、又機械による方法がある。当工場に於ては、ショットブラストマシンが 2 台あり、その 1 台はドラム式で寸法的には、直

径1067mm (φ42")、奥行き1,220mm(48")であり、処理能力は600kgである。このドラム式は、ドラムの回転とショットの吹きつけにより鋳物の肌を清浄にするのであるが通常は比較的小物品(φ100～φ200位までのもの)を対象とするものである。この設備は以前に鉄道部品の多かった時代の小物品を対象としたものと考えられるが、現状ではかなり無理をして使っている。例えば、φ500～φ600の大きさのインペラーなどの鋳物をこのドラム式のショットブラストで処理している。

ショット・ブラストをかける時間は、1回約10分である。これは対象となる品物の形状、大きさ、複雑さによって違うが、この時間では充分清浄するのは難しいであろう。この程度のサイズの鋳物では、ハンガーブラストなどの適用も考えられる。

特にインペラーなど中子の使われているものなどは、上、下からショットがかかるのでよく清浄される。

一方、ターンテーブル式のショットブラストは、テーブル直径3200mm、テーブル耐荷重は5Tonであり、間口は3,550mm、地上高さ2280mmであり、当工場で作られる中型鋳物までの処理が可能である。このショットブラストマシンの処理は通常ショットブラスト10分、積み込み、積み出しに各10分を要し、1サイクル30分程度となっている。製品によっては表、裏2面に分けてショットを行う必要があるから、合計50分を要することになる。このショットも10分間程度では、それほど清浄されない。大型鋳物、特に325t取鍋の砂落しは手作業しか方法がない。鋳造後焼鈍を行い、表面に付着した砂をはがれやすくしてハンドグライダー、タガネ等で除去する通常の方法で処理するのが妥当であろう。もちろん、このような大型鋳物に対してはクレーンブラストが適しているが、当工場に於ては、その生産量が少く、今後も大巾な生産増は期待出来ないと考えられるので当分の間、大型品に対しては手作業による処理とすべきであろう。

(3) 押湯、湯道、堰などの切断

鋳鋼品の押湯、湯道、堰等は、通常、ガス切断法によって取り除かれ、特殊な材質についてはそれぞれの材質に適応した特殊な切断法(プラズマジェット、フラックス切断…など)が用いられるのが一般的な方法である。

当鋳造工場の材質は、鉾山機械部品という性格から特殊鋼が多いが切断方法は、

酸素アセチレンガス切断、ガウジング、カッティング・グラインダー、パウダー・カッティング等が行なわれている。

これらの切断基準書は作られていない。その理由は、この工場で作られる铸件については、今までの経験でどういふ切断をするか熟知しているので、ことさら基準書は必要ないという考えである。

又、切断の際の予熱方法については、当工場のような特殊鋼の多い所では充分管理されて処理されるべきものとする。すなわち、高炭素でCr, V, Mo等焼入れ硬化性の高い合金元素を含むものは、切断にあたっては切断前に十分な拡散焼鈍を行い、初品の結晶粒界に鈍放し状態で析出した炭化物を拡散することにより、切断時のぜい化を防ぐ共に200℃以上の予熱の下で切断するのが普通であるが、当工場に於てはほとんどの品物に対して、切断前に炉に入れるとか本格的な予熱は行わない。高炭素鋼では、切断場所を局部的に酸素アセチレン炎で暖める程度であると云う。クラックの出やすい材質のものでは、例えば高クロム鋼のポンプ用インペラーでは予熱なしで押湯の付け根を12.5mm(1/2")残して少しずつ切断してゆく方法を取るとも云う。高マンガン鋼については押湯の1次切断(押湯ネック部から200mm離して切断)を行い、次に熱処理(水靱処理、1140℃)を行い、そのあと2次切断(品物本体から、3~6mm残し)を行い、最終的にグラインダー仕上げをする方法がとられている。

高合金鋼等の割れの生じやすい铸件品に対しては、グラインダーによる切断が行われる。切断砥石として1例を示せば、大きさ9"×1/4"×7/8"で材質はレジノイドである。

これら砥石は、オーストリアから輸入されたものを使っている。

铸件品は铸件品と違ってもろいので、押湯や、堰は、ハンマーでノックオフする。押湯のつけ根はノックオフとクラックの侵入防止のために、ノックオフ用の絞り込みがなされている。しかし、製品の大きさ、肉厚の肉厚さによって押湯の径も変わり、現在製作しているライナーなどではφ100~φ120あり、人力によるハンマーでのノックオフはかなり労力を要するであろう。

(4) グラインダーによる研磨

押湯や湯道、堰を除去したあとの铸件は主として、グラインダーより仕上げられる。これらの作業は、切断あとの表面を、きめられた寸法内に平滑に整えたり、

鋳物の見切り面の鋳バリの除去、鋳肌凸起部の平滑化、鋳肌表面に付着している砂の除去などを行うものである。

グラインダーは、懸垂型、固定型、手持型を保有しており、それぞれの目的によって使いわけている。

懸垂型グラインダーは、ライナーを含めた中、大型鋳物の研磨に使われており、大型の懸垂グラインダーの場合使用されている砥石は1種類のみである。その寸法は24"×12"×3"で、粒度14の粗目の砥石を使用している。この懸垂グラインダーは、2.4.1現状の設備の項でも述べた如く、旧式で性能も低い。

このグラインダーの周速は、60Hzのとき45m/secであったが現在電力を50Hzに切り換えたため35m/secになっている。

又、周速はグラインダー砥石の磨耗によって変わってくるが、これが定周速になるような機構は有していない。一般的に云えば、1昔前までは鋳物工場の研削作業の大部分は、45m/sec程度で行なわれていたが、現在は60~80m/secの速度で、補強入りの有機結合機の研削砥石が使われている。これと比べると現在の使用状況は望ましい能力半分の性能となっている。

砥石については4種類のメーカーのものについて、研削比など砥石の性能について実験した結果がある。これを表2.3.1-3に示す。この結果では、研削比(鋳物の削り取られた量/砥石の消耗した量)は1.72~2.78であり、研削量は、8.21~17.8kg/Hである。これらは、当工場で最高の技能をもつ人が行なった結果であるが、非常によい値である。むしろ、あまり重研削しすぎて製品の研削された面に、ヘアークラック等の発生を生じていないか心配される。

表2.3.1-3 砥石・性能テスト

	砥石の種類			
	Tirolit Normal	Tirolit Mant	Tirolit U. S. A	Phodius
データ:				
1. 1個当り価格(US\$/個)	113	113	188.5	153
2. 研削された量(kg)	55	57	89	61
3. 最初の砥石量(kg)	42	42	39	36
4. 最後の砥石量(kg)	10	9	7	8
5. 砥石の消耗量(kg)	32	33	32	28
6. 研削した時間(時)	6.7	4.39	10.7	3.4
分析:				
1. 研削量(kg/Hr)	8.21	12.98	8.33	17.8
2. 砥石消耗量(kg/Hr)	4.78	7.52	3.00	8.16
3. 研削比(削られた量/ 砥石消耗量)	1.72	1.73	2.78	2.18
4. 砥石コスト/研削時間	16.87	25.74	17.67	44.59
5. 砥石コスト/研削量	2.05	1.98	2.12	2.50

この懸垂グラインダーは、1928年製で50年余を経ており、この間保護カバーをつけたり改造して今日に至っている。これらは新鋭機を導入することにより、砥石の性能もより有効に発揮されると考える。

これらとは別に1まわり小さい懸垂グラインダーを4台保有しているが、これらは5年前に導入したもので研削スピードは80m/secの性能をもっている。懸垂グラインダーは、単体として優秀であっても一連の作業としての連けいがうまく行かないと結果として生産性が上らない。例えばワークテーブルについても、グラインディングのポジションを容易に変えられるようなポジショナーのようなものを設置すると有効であろう。

又、懸垂グラインダーの吊り下げも電動ホイストを使用するなど機動力を発揮

させる必要がある。

小物用には両頭グラインダーが4台設置されている。これらの購入は10年程前であるが、かなり古いタイプである。現在は定周速で、加圧式のものがあり、このタイプであると切削能力も低下せず労働力も軽減される。

ハンドグラインダーも現有しているものよりも、小型、軽量、高性能のものがあり、新鋭機器によれば特に自動化を考慮しなくてもかなりの改善が出来る。最近では軽量の高周波グラインダーが開発されており、高能率で作業が出来る。

当工場の製品は多種少量であるので、専用の自動化された設備は効果的でないと考える。しかしながら、ライナー製品については、各種のものがあるものの、この工場の主たる製品であり、今後の需要も期待出来るので、これらの製品の鋳仕上げの合理化を考慮した汎用性の研削盤の導入も一考の価値がある。

切断したあとの鋳物の表面を平らにするのに、カーボン・ブラッシングをかけて、ある程平滑にしておけば、グラインダー仕上量が軽減されるが、当工場に於ては、このカーボン・ブラッシングはあまり活用されていない。ここでは、主に鋳肌の局所的な凸起部や、鋳型身切面の小さな鋳ばりを除去するのに使われている。このカーボン・ブラッシングの適用は、鋼種についてみると主として、炭素当量0.45%以下の鋼に適用されている。合金鋼の場合は、熱影響の出ない程度の凸起をならす場合に使われている。

(5) 熱処理

当工場で作られている鋳造品は、既に述べられた毎く鋳鉄品、鋳鋼品を作っており、しかも合金鋼が多い。従って、その熱処理も、焼鈍、焼ならし、焼入れ焼戻し、水靱処理などバラエティーに富んでいる。

これらの熱処理炉は4基あるが、いずれも鋳仕上げ場より遠く、熱処理品の運搬に多大なロスがあるのが現状である。

これは、古い工場の改造つぎ足しのためやむを得ぬ点もあるが、設備のレイアウトは将来を展望して計画的に行なわないと大きなロスを生じることになる。

これら熱処理炉は、3直により操業されている。これら熱処理炉は全て重油式であり、No.1炉、No.3炉はかなり古い。No.4は、大型炉であり新しい。No.5は、屋外にあり丸型トップチャージ式であり自作の炉である。No.2は電気式であったが、現在は無い。

- No 1 炉は、10Ton 積み台車引出し式であり、隣接して水槽が設けられている。炉の昇温は約1093℃ (2000℃F)である温度計は1点指示のもの1個であり記録されるようになっていないので、温度の管理は充分でないと考え。炉内の各部の温度の分布が均一であるかの判断とコントロールには少なくとも6点式温度記録計の設置とそれに対応するサーモカップルの設置が必要である。温度の記録開始は50℃から行われ、熱処理後の扉開けは75℃以下としている。バーナーの操作は、オペレーターがついて調整している。尚、この炉で水靱処理は1000℃~1100℃で行われるので温度設定は問題ないにしても、実際の温度が正しいかどうかは、上記の理由から疑問がある。
- No 3 炉は、小型炉で4Ton 積み炉である。バーナーは1基であり、温度計測も1点である。昇温能力は、約1065℃ (1950° F)であり、小物の熱処理に使われている。この炉も設備的には古い。
- No 4 炉は、スクラップヤードそばの屋外にある。この炉は、当製缶工場で作ったもので、天井が開閉するタイプとなっている。チャージは、30Ton までで、主として大型铸件や取鍋の肉盛補修溶接後の熱処理にも使用されている。これも熱源は重油式で、昇温は 970℃までの焼鈍、625℃近辺での歪取焼鈍に使用されている。品物の運搬は、レッカー車によって行なわれる。
- No 5 炉は、手込め造型ラインの端部に設置されており、耐荷重 40Tonの大型熱処理炉である。この炉は4~5年前に設置された新しい設置である。熱源は重油式で炉内下部の隈部より炉壁に沿って熱風がサーキュレートするようになっている。炉温は、max 1205℃まで昇温する。測温は6点測定を行うようになっている。温度も記録されるようになっている。この設備は、フランスより導入されたものである。焼きならしは、熱処理温度+50℃で引き出され、強制風冷装置で冷却されるようになっている。この際、積み荷は半分で行われている。炉内内張りは、断熱材（カオウール相当）を使用し、レンガ積みではなく、省エネルギーの立派な設備である。

(6) 溶接補修

铸造品の材質は、炭素鋼のほか、クローム鋼、マンガン鋼、クローム・ニッケル鋼、高クローム铸铁など各種あり、それらに適合される電流溶接棒が使われている。これらの溶接に際して、铸铁以外は予熱しないで行なわれている。

通常、C% 0.40以上の鋳鋼品、あるいはクローム、モリブデンなどを含む鋼では必ず予熱、又必要に応じた後熱処理が行なわれるのであるが、当工場では行なわないと云う。

この鋳仕上げ部門で行う溶接は小さい欠陥部の補修であり欠陥が大きい場合には、製缶工場へ送り込んで溶接補修をするようになっている。例えば、325立方フィートの取鍋の場合などは製缶工場で行なう。

溶接後の検査は、品質管理部門が検査を行なう。溶接部が小さい場合は、目視、又はカラーチェックだけのこともあり、又必要に応じてはX線検査も行なわれる。

総じて、鋳仕上げ作業の中での鋳造品に対する切断や溶接での予熱、後熱処理慎重に扱われていないと判断される。