

中華人民共和国  
貴州アルミニウム工場  
第一電解工場近代化計画  
調査報告書

1987年11月

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1041186163



中華人民共和国  
貴州アルミニウム工場  
第一電解工場近代化計画  
調査報告書

1987年11月

国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日 '88. 2. 16	105
登録No. 17172	68.2
	MPI

## 序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国貴州アルミニウム工場第一電解工場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、ユニコ インターナショナル株式会社 山本昭治氏を団長とする調査団を編成し、1987年2月12日から3月4日まで中華人民共和国に派遣した。

同調査団は、中華人民共和国政府および関係機関と協議しつつ、その協力を得て工場の診断、関係資料の収集等を行った。帰国後、工場診断の結果をふまえ、関連データの検討、解析など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、貴州アルミニウム工場第一電解工場の近代化計画の推進に貢献できれば幸いである。

本調査の実施に当り多大の御協力をいただいた中華人民共和国政府、在中華人民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るものである。

1987年11月

国際協力事業団

総裁

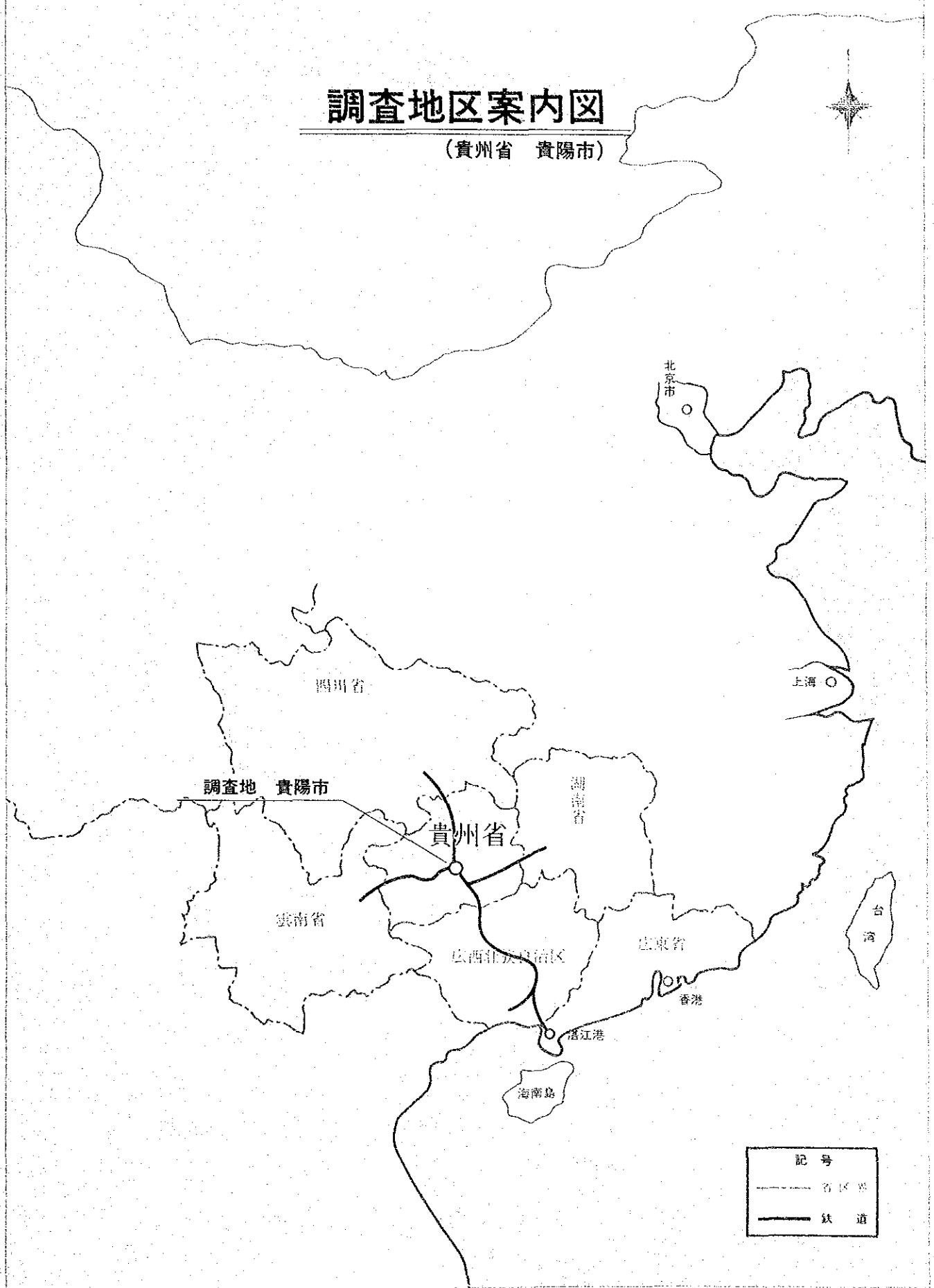
有田 幸輔





# 調查地区案内図

(貴州省 貴陽市)



調查地 貴陽市

貴州省

四川省

雲南省

広西壮族自治区

湖南省

広東省

香港

湛江港

海南島

上海

北京市

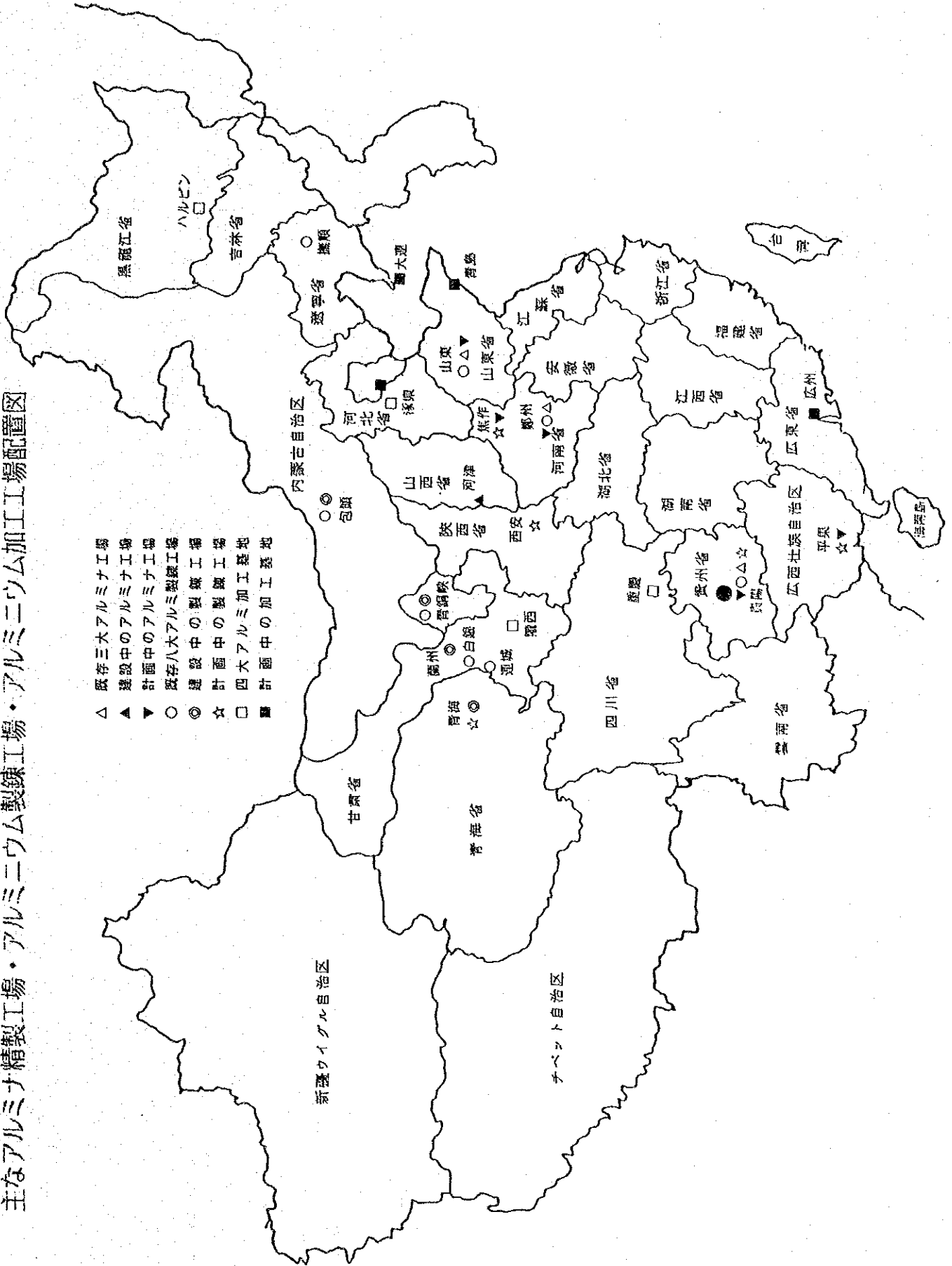
台湾

記号	
-----	省区界
—————	鉄道



主なアルミナ精製工場・アルミニウム製錬工場・アルミニウム加工工場配置図

- △ 既存三大アルミナ工場
- ▲ 建設中のアルミナ工場
- ▼ 計画中のアルミナ工場
- 既存八大アルミ製錬工場
- ◎ 建設中の製錬工場
- ☆ 計画中の製錬工場
- 四大アルミ加工基地
- 計画中の加工基地





# 大 要



## 大 要

### 1. 本調査の概要

#### (1) 調査の背景

本調査は、国際協力事業団と中華人民共和国国家経済委員会が1986年11月11日付で署名した『中華人民共和国工場（貴州アルミニウム工場第一電解工場）近代化計画調査実施細則』に基づき実施した。

#### (2) 調査の目的

既存設備の利用に留意しつつ、生産工程と生産管理および工場が計画している環境改善、原単位の向上、増産などに関する近代化計画を提案する。

#### (3) 調査の対象工場および製品

対象工場 : 貴州アルミニウム工場  
対象製品 : アルミニウムインゴット

#### (4) 調査の内容

- 1) 日本側は中国側と協力して、本計画について技術的、財務的実行可能性調査を実施する。

具体的には貴州アルミニウム工場に対し、工場診断を実施し、その結果に基づき、既存設備の利用に留意しつつ、生産管理と環境改善に関する現実的かつ実現可能性の高い近代化計画を策定するものである。

- 2) 日本側は本調査の期間中、調査に参画する中国側専門家に対し、現地調査業務を通じ技術移転を行う。

(5) 現地調査

山本昭治氏を団長として、団長・団員4名で1987年2月12日から3月4日まで21日間現地調査を行った。

(6) 工場概要

所在地 : 貴州省貴陽市白雲区

創業 : 1966年

敷地面積 : 約60万平方メートル

従業員総数 : 約2,050人(第一電解工場関係のみ)

主要製品 :

アルミインゴット : 30,000トン/年

陽極ペースト : 20,000トン/年



## 2. 近代化計画

### (1) 生産設備面での近代化

貴州アルミニウム第一電解工場の製錬設備は1966年に整型ゼーターベルグ炉(VS炉)として操業を開始したものである。現在の炉の電流密度は最新のVS炉のそれと比較してもかなり高目であり、炉電圧を下げ、しかも極間に余裕を持たせて操業効率を高めることは殆ど期待出来ない。又、現状の炉設備を部分的に改造して、設備に起因する問題を改善できたとしても増流は不可能で、目標とする大巾な増産は望むべくもない。

このため、本調査団は年産1万トン増産の目標実現のために、VS炉以外の炉形式への転換方案を提案した。

すなわち、近年各国のアルミニウム製錬工場の建設計画で採用されているプリバーク炉型式(PB炉)について、すでに同アルミニウム工場第二電解工場においても操業実績を有することも含めて検討し、第一工場のPB炉への転換方案を提案した。同時にPB炉転換に当り、焼成陽極炉設備が必要となるが、併せて検討の上提案した。

本調査団提案によるPB炉転換に必要とする近代化所用資金は約10,250百万円である。

### (2) 操業管理面での近代化

現在のVS炉よりPB炉に転換することによって、近代化計画実施後における同電解工場の電力原単位は、現状(1984~1986年)平均値17,300KWH/トン  
は目標として、14,000KWH/トンに改善されると予想される。

この計画が実施され、電力原単位の改善が実現すると、陽極、弗化物の原単位の改善、製品純度の向上と共に操業成績全般が改善される効果が期待出来る。特に現在1,000日に達していない平均炉令は少なくとも50%程度は延長されると推定され、炉の寿命の延長が期待出来る。

PB炉転換方案は省力化と環境改善を第一の目的とした設計思想であり、近代化の実施後はその労働生産性は大巾に改善されると推定される。

### (3) 環境管理面での近代化

アルミニウム電解炉は、電解浴として氷晶石を主体とする弗化物を使用しているため、操業中に電解浴が分解して弗化水素ガスを排出する。第一電解工場の現状VS炉は不安定な操業状態で、かなりの排出量となっており、本調査の結果から推定すれば年間 600トン程度に及ぶものと考えられ、規制値（全弗素量で 300トン）の2倍にも達していることになる。

PB炉の設計思想は前述の通り、環境改善を第一目的としており、同炉への転換による近代化によって、第二電解工場と同じ炉形式となり、第二電解工場と概ね同水準の回収率を実現することが可能と推定される。

その他、ピッチヒューム対策としてもPB炉転換によって、作業環境の改善を計ることが可能である。

### (4) 近代化計画案策定上の留意点

近代化計画実施上の留意点として、

- 1) 既設設備の有効利用を計る
- 2) 工事期間中の減産量を最小にする

を十分に留意しつつ、転換方案の提案を行なった。

中華人民共和國  
工場（貴州アルミニウム工場第一電解工場）  
近代化計画調査報告書

目 次

	<u>頁</u>
序 章	
1. 調査の背景 .....	(1)
2. 調査の目的 .....	(2)
3. 調査の対象工場および製品 .....	”
4. 調査の対象範囲 .....	(3)
5. 現地調査団の編成および日程 .....	(5)
第1章 調査対象工場の概況	
1.1 貴州省および貴陽市の概要 .....	1-1
1.1.1 貴州省の概要 .....	”
1.1.2 貴陽市の概要 .....	1-11
1.2 中国におけるアルミニウム製錬工業の概要 .....	1-12
1.2.1 アルミニウム製錬工業の状況 .....	”
1.2.2 アルミニウム製錬技術の状況 .....	1-13
1.3 調査対象工場の概要 .....	1-15
1.3.1 基本的諸元 .....	”
1.3.2 建物および敷地 .....	1-16
1.3.3 アルミニウム工場配置図 .....	1-17

1.3.4	製品および生産	1-19
1.3.5	生産設備	1-20
1.3.6	原料および材料	1-23
1.3.7	組織および人員	1-27
1.3.8	生産計画および生産実績	1-35
1.3.9	販売計画	1-38

## 第2章 近代化対象設備の現状での問題点と対策

2.1	整流所設備と操業の現状	2-1
2.1.1	電力供給	"
2.1.2	受電設備	"
2.1.3	整流設備	"
2.1.4	電力計量と直流出力の制御	2-2
2.1.5	現有設備改造の可能性	2-3
2.2	電解工場および関連設備の現状	2-4
2.2.1	電解工場の概況	"
2.2.2	設備の状況	"
2.2.3	個別設備の状況	2-6
2.3	電解工場の操業状況	2-32
2.3.1	工場内の環境	"
2.3.2	陽極の状況	"
2.3.3	炉令	2-33
2.3.4	電流効率	2-35
2.3.5	製品純度	2-37

2.4	環境保護設備の現状	2-39
2.4.1	ガス捕集設備	"
2.4.2	洗淨装置	2-43
2.5	陽極ペースト製造設備と操業状況	2-45
2.5.1	操業の基本条件	"
2.5.2	最近3年間の生産実績	2-50
2.5.3	主要設備	2-51
2.5.4	生産と設備の問題点	2-52
2.5.5	生産と設備の問題点に関する調査結果	2-54
2.6	操業と環境管理の体制	2-56
2.6.1	操業の管理体制	"
2.6.2	技術管理体制と技術改善活動の状況	2-63
2.6.3	品質管理	2-66
2.6.4	教育、訓練	2-67
2.6.5	環境管理	"
2.7	第一電解工場の現状の問題点	2-71
2.7.1	各生産工場の管理	"
2.7.2	生産管理	2-73
2.7.3	品質管理	"
2.7.4	環境保全	"
2.7.5	技術管理、技術改善	2-74

2.8 改善対策の基本的考え方 .....	2-75
2.8.1 電解炉 .....	"
2.8.2 陽極ペースト .....	2-76
2.8.3 環 境 .....	"
2.8.4 教育、訓練 .....	2-77
2.9 第一電解工場の改善対策 .....	2-79
2.9.1 整流設備 .....	"
2.9.2 電解炉 .....	"
2.9.3 陽極ペースト工場 .....	2-82
2.9.4 電解操業技術改善対策 .....	"

### 第3章 近代化計画としてのプリバーク炉への転換方案

3.1 現状の炉形式における改善効果の限界 .....	3-1
3.1.1 設備改善による増産可能な範囲 .....	"
3.1.2 設備改善後の技術指標の改善 .....	"
3.1.3 VS炉の環境改善 .....	3-2
3.2 PB炉への転換の可能性 .....	3-4
3.2.1 PB炉への転換のための検討基準 .....	"
3.2.2 PB炉転換に必要な陽極・製造設備の条件 .....	"
3.2.3 PB炉転換に必要な電解炉の条件 .....	3-5
3.3 電解工場近代化第一案 .....	3-6
3.3.1 検討条件 .....	"
3.3.2 検討結果 .....	"
3.3.3 第一案の問題点とその評価 .....	3-8

3.4	電解工場近代化第二案	3-11
3.4.1	検討条件	”
3.4.2	検討結果	”
3.4.3	第二案の問題点とその評価	3-13
3.5	PB炉への転換方式第一、第二案の比較評価	3-15
3.5.1	転換後の生産量と電力原単位	”
3.5.2	転換工事期間中の減産量	3-16
3.5.3	電解炉ガス吸引、洗浄設備	3-20
3.5.4	電解炉へのアルミナ供給方式	”
3.5.5	電解炉1炉当り設備費の比較	3-21
3.6	整流設備の改善	3-24
3.6.1	整流設備改善の方針	”
3.6.2	PB炉用整流設備の基本仕様	”
3.6.3	改善後のメリット	3-26
3.7	陽極製造設備の改善	3-27
3.7.1	VS炉とPB炉用陽極工程の比較	”
3.7.2	転換後のPB陽極製造設備の生産能力と物質収支	3-30
3.7.3	PB陽極製造各工程の設備能力	3-31
3.7.4	既設VS炉用陽極設備の評価と転用可能設備	3-32
3.7.5	陽極設備の建設費	3-34
3.7.6	陽極設備の共用案	3-38
3.7.7	陽極設備の設置場所	3-40

第4章 近代化計画としてのプリバーク炉転換方案の効果と経済評価	
4.1 電解炉形式2案の比較	4-1
4.1.1 技術条件	"
4.1.2 設備費	4-2
4.1.3 両案の対比	4-3
4.1.4 推奨する方式	4-4
4.2 PB炉への転換による近代化計画の効果	4-5
4.2.1 環境問題の改善	"
4.2.2 生産効率の改善	4-6
4.2.3 増産目標の達成度	4-7
4.2.4 労働生産性の向上改善	"
4.3 近代化計画の経済評価	4-10
4.3.1 経済評価の前提	"
4.3.2 近代化計画経済評価基礎数値	4-11
4.3.3 経済計算の基礎	4-13
4.3.4 経済計算を行った検討案	4-15
4.3.5 経済計算の結果	"
4.4 近代化計画実施スケジュール	4-22
4.4.1 近代化スケジュール作成の前提条件	"
4.4.2 建設実施スケジュール	"
4.5 近代化計画実施上の留意点	4-25
4.6 近代化計画の結論	4-27







序 章



## 序 章

### 1. 調査の背景

中華人民共和国は、1980年よりの第6次5カ年計画に基づく「調整・改革・整頓・向上」の方針のもとに経済調整を進めてきたが、81年以来の高度成長による財政赤字、インフレ高進の抑制を目標に調整政策の強化、いわゆる基本建設投資の縮小、均衡財政の実現等をめざしている。このような経済事情のもとで本年同国政府は、「西暦2000年までに農工総生産高を1980年の実績の4倍に拡大する」ことを目標とする第7次5カ年計画を発表した。

本計画における経済建設の主要方針の一つとして、大型プロジェクトによる工場新設と並行して既存工場の技術革新と改造および更新を強力に推進し、効率的な生産拡大を達成することが取り上げられた。一方、非鉄金属、特にアルミニウムは、近代工業における重要な素材でありながら、電力エネルギーとボーキサイト資源が豊かであるにもかかわらず輸入しなければならないという状況であり、これを改めるべく、第7次5カ年計画では新設、増設中・増設計画を合せて42万トンの能力を増加させることが明らかにされた。

特に、調査対象工場である貴州アルミニウム工場は、現在の生産能力11万トン/年（第一電解工場3万トン、第二電解工場8万トン）を、生産能力20万トン/年（第一電解工場4万トン、第二電解工場8万トン、第三電解工場8万トン建設準備中）にする計画である。

これらの計画の内、第一電解工場の環境改善が大きな課題であり、次いで、1万トン/年増産、生産効率向上に関する工場近代化計画調査を、中国側から国際協力事業団に要請があり、国際協力事業団は1986年11月3日より12日迄、事前調査団を派遣し、調査、協議の結果、本格調査団を派遣することを決定し、1986年11月11日中華人民共和国国家経済委員会と日本国国際協力事業団の間で「中華人民共

和国工場（貴州アルミニウム工場）近代化計画調査実施細則」が締結された。

締結された「中華人民共和国工場（貴州アルミニウム工場）近代化計画調査実施細則」に基づき、国際協力事業団は山本昭治を団長とする調査団を組織し、中国に派遣した。

## 2. 調査の目的

調査対象工場である貴州アルミニウム工場に対して、工場診断を実施し、その結果に基づき、既存設備を十分利用する建屋の保守を留意しつつ、生産工程と生産管理および工場が計画している環境改善、生産性の改善に関する近代化計画を提案することを調査の目的とする。

## 3. 調査の対象工場および製品

本調査の対象とする工場および製品は下記の通り。

対象工場 : 貴州アルミニウム工場 第一電解工場

対象製品 : アルミニウムインゴット

A<sub>00</sub>（純度99.7%以上）～A<sub>3</sub>（純度98.00%以上）

## 4. 調査の対象範囲

調査対象範囲は下記の通りとする。

### (1) 貴州省および貴陽市の概要調査

### (2) 工場概要調査

- 1) 工場配置（敷地、建物、生産工場）
- 2) 製品および生産（原料、品質、生産能力、稼働率など）
- 3) 製造設備
- 4) 組織および人員
- 5) 生産計画および生産実績
- 6) 販売計画および販売実績
- 7) 環境対策
- 8) 省エネルギー対策
- 9) 保安対策

### (3) 生産工程調査

- 1) 整流工程
  - a) 受電設備
  - b) 整流設備
- 2) 電解工程
  - a) 電解炉
  - b) 操業設備
  - c) 炉ガス捕集設備

3) 陽極製造工程

- a) 原料貯蔵
- b) コークス粉碎分級設備
- c) ピッチ溶融設備
- d) 計量設備
- e) 混捏設備

(4) 生産管理調査

- 1) 設備管理
- 2) 調達管理
- 3) 在庫管理
- 4) 操業、工程管理
- 5) 品質管理
- 6) 環境管理
- 7) 教育、訓練

(5) 中国側の工場近代化計画の内容把握

中国側の工場近代化計画に対する考え方を聴取し、近代化計画の内容について合意、確認する。それを基に下記の報告書を作成する。

- 1) 近代化計画の内容
- 2) 近代化実施スケジュール
- 3) 近代化に要する経費
- 4) 近代化計画実施上の留意点



## 5. 現地調査団の編成および日程

現地調査は、昭和62年2月12日から3月4日にかけて実施した。現地調査団の編成および日程は下記の通りである。

### (1) 現地調査団の編成

	<u>氏名</u>	<u>作業分担</u>
団長	山本昭治	総括、受変電、整流
団員	大久保和明	設備改善
”	緑川武	操業技術、環境改善
”	牛嶋正	工場概要、建屋、積算

(2) 現地調査の日程

現地調査団の担当者別調査日程は次の通りである。

年月日	山	本	大	久	保	川	牛	崎	備考
昭和62年									
2/12(木)	東京	→ 北京	(JL-781)	JICA	北京事務所	在中國日本大使館訪問			員
13(金)	北京	→ 貴陽	(CA-4108)	工場側	に調査範囲	内容を説明、協力体制を確認			員
14(土)	各カウ	ンター	パート	紹介、	調査	スケジュール			員
15(日)	調査	準備							員
16(月)	工場	概要	聴取		設備	概要			
17(火)	管理	部門	調査		生産	計画			
18(水)	操業	状況	調査		炉修	状況			
19(木)	電解	炉	管理	体制	調査	電解			
20(金)	整流	所	調査		陽極	ペースト			
21(土)	整流	所	周辺	調査	陽極	ペースト			
22(日)	来週	の	調査	方法、	スケ	ジュール			
23(月)	操業	体制	調査		保	全			
24(火)	人事	部	門	調査	陽極	関連			
25(水)	第七	建設	公	司	訪	問			
26(木)	設計	院	訪	問、	図	面			
27(金)	省	経	委	と	交	渉			
28(土)	鳥	江	渡	水	力	発			
3/1(日)	調査	結	果	取	纏	め、			
2(月)	合	意	書	署	名、	移			
3(火)	国	家	経	済	委	員			
4(水)	北京	→ 東京	(JL-782)						

## 第1章 調査対象工場の概況



## 第1章 調査対象工場の概況

### 1.1 貴州省および貴陽市の概要

#### 1.1.1 貴州省の概要

##### (1) 自然

面積：17.6万  $\text{km}^2$  内、耕地面積：186万  $\text{ha}$ （1984年）

全省が雲貴（ユンコイ）高原の一部で、平均海拔高さは約 1,000  $\text{m}$  である。地形は西部がかなり高く、中部はやや低い、中部から北、東、南の3方面は急勾配で下降する。

中国の地形の第2級階状東部縁辺の一部である、西部の赫章、威寧一帯がかなり平らなほかは山嶺と河谷が起伏している。

省の南部は石灰岩地域で、多くのカルスト地形が出来ている。北部には大婁山、武陵山などがあり、北斜面は険峻な地形で、川は典型的な峡谷形式の河流であり、岸壁は深く削りとられ滝が多い。

気候は平均的には温暖湿潤で、曇天と雨の日が多いが、冬の厳寒はみられず、夏の酷暑もない。

1月の平均温度は  $4^{\circ}\text{C}$ ～ $9^{\circ}\text{C}$  である。7月の平均温度は西北部から南部、東北部にかけ  $20^{\circ}\text{C}$ ～ $27^{\circ}\text{C}$  である。

年降水量は 900  $\text{mm}$ ～1,500  $\text{mm}$  でその50%が夏期に集中する。春には霪があり、秋はしとしと雨が多く、冬は樹氷の出来る所もある。

##### (2) 社会

貴州省の1984年における総人口は 2,932万人で都市人口 854万人、農業人口 2,078万人である。表 1.1.1-1 に行政区画と人口の内訳を示す。

表 1.1.1-1 貴州省の行政と人口

行政 区 画	76年	6地区	2自治州	4市	70県	9自治県			
	84年	4地区	3自治州	2地区級市	4県級市	66県	7自治県		
		4特区	5市轄区						
	85年	6地区							
人 口	総人口	都市人口	小 数 民 族	苗族	258.3万人	彝族	56.5万人		
	2,932万人	854万人		回族	9.8万人	壮族	2.8万人		
		農村人口		布依族	209.9万人	トン族	85.1万人		
		2,078万人		瑤族	1.9万人	黎族	7万人	水族	27.6万人
				土族	1.4万人	コーラオ族	1.5万人		

(3) 経 済

貴州省には豊富な地下資源がある。中でも石炭と水力の生産高は全国第7位（1984年）、アルミニウムは11万トン/年で現在第1位の生産量を誇っている。又、農産物ではタバコが全国第3位である（タバコ製品の生産は第7位）。

（表 1.1.1-2 および 1.1.1-3 参照）

表 1.1.1-2 主要経済指標

	単位	83年	84年			単位	83年	84年	
			順位	絶対額 (量)				ウエイト	順位
社会生産総額	億元	146			鉄 道	km	1,396	1,411	2.7%
工農業生産総額	"	114		135 1.3%	道 路	"	27,675	27,900	3 %
工業生産総額	"	62		73 1 %	国内河川	"	1,661	1,746	1.6%
軽 工 業	"	23		28 0.8%					
重 工 業	"	39		46 1.3%	鉄道輸送量	万トン	1,665	1,777	1.4%
農業生産総額	"	52		62 1.8%	道路輸送量	"	857	907	1.2%
国民所得	"	79		91	水上輸送量	"	62	73	
国内生産総額	"								
					鉄道回転量	億トン キロ	105	119	1.6%
財政収入	億元	8.6		10.8	道路回転量	"	6.2	6.3	1.8%
財政支出	"	15.6		21.4	総回転量	"	114	133	
固定資産投資	億元	17.2		23.0 1.3%	商品販売総額	億元	43	48	1.4%
全人民基本建設	"	7.1		8.5 1.1%	商品買付総額	"			
全人民更新・改造	"	5.0		6.4 1.4%					
集団所有制投資	"	1.2		1.0 0.4%	輸出商品買付額	億元			
個人投資	"	4.0 (住宅)		7.0 1.7%					

表 1.1.1-3 工農業生産構成

工業生産総額構成(84年) 億元					農業生産総額構成(84年)				
	絶対額	順位	全国ウエイト	工総ウエイト		絶対額	順位	全国ウエイト	農総ウエイト
冶金工業	8.4		1.4%	11.4%	種 植 業	34.0		1.7%	55.2%
電力工業	4.8		2 %	6.5%	林 業	4.2		3.1%	6.8%
石炭工業	3.8		2.1%	5.2%	牧 畜 業	11.0		2.3%	17.9%
石油工業	0.01				副 業	12.0		1.6%	19.8%
化学工業	7.9		0.9%	10.8%	うち、村営工業	6.8		1.2%	11 %
機械工業	20.3		1.2%	27.7%	漁 業	0.2		0.3%	0.3%
建材工業	2.6		0.9%	3.5%	農業生産総額	6.2		1.8%	100 %
森林工業	0.9		0.7%	1.2%					
食品工業	16.0		1.9%	21.8%	郷 鎮 企 業				
紡織工業	2.7		0.2%	3.7%		83年		84年	
縫製工業	1.5		0.8%	2 %	企 業 数	13,626			
皮革工業	0.5		0.8%	0.7%	労働者数	22.8万人			
製紙・文教工業	1.5		0.6%	2 %	生産総額	6.5億元		12.4億元	
工業生産総額	73		1 %	100 %					

しかし、省別（特別市を含む）工農生産総額の順位では、29省中25位と低い地位にある。工業生産総額も25位であるが、農業生産総額は20位と僅かながら工業生産総額を上回っている。

いずれにしても、生産工場の規模が小さく、地域内供給型の産業の枠を出ていないと推測される。

現在、中国は非鉄金属に対して優先的に設備の拡張、増産を計画しており、貴州アルミニウム工場は20万トン／年に能力アップする計画である。又、貴陽～昆明の電化、貴陽～株州の電化が完成すれば、輸送能力が強化され、石炭の増産など関連する諸鉱工業が増産されると推測される。

#### （4） 工業および資源

##### 1) 工業

1986年は第7次5ヶ年計画のスタートの年であり、その経済成長が注目されている。特に第6次5ヶ年計画の調整拡大政策により、1985年後半はエネルギーの供給不足、原材料不足、輸送能力不足などを起こし、拡大政策の転換を余儀無くされた。

1986年上半期（1～6月）の工業生産総額は、北京市と貴州省が前年同期比マイナスとなった他は各省ともプラスであるが、前年同期の約23%という非常に高い伸びと比べると、1986年上半期の伸びは4.4%と低い伸びにとどまった。（表 1.1.1-4 参照、結果として1986年は前年比12%の伸びと成る）

貴州省の工業生産総額を見ると、85年の実績は、全体としては着実に伸びているが、個々の項目で激減しているものもある。例えば電球が-66.8%、ラジオが-51.9%などで、品質の問題と共に、大衆のニーズに合った製品が生産されなかったのか、工場のメンテナンスが悪くて稼働率が急激に落ちたのか不明である。（表 1.1.1-5 参照）

この他、日本の東芝と合併で、T. V、松下と合併で洗濯器の生産を始め、好調な売行きである。



表 1.1.1-4 省別工業生産総額

省 名	85年(1~6月)	86年(1~6月)
北京市	156.5	(* -1.3%)
天津市	143.1	(* 3.1%)
河北省	167.6	172.3 ( 2.8%)
山西省	94.1	(* 2.7%)
内蒙古自治区	44.5	(*10.6%)
遼寧省	317.3	(* 6.8%)
吉林省	107.1	(* 5.5%)
黑龙江省	172.5	(* 3.7%)
上海市	409.4	421.9 ( 1.9%)
江苏省	423.1	(* 8.2%)
浙江省	211.9	234.6 (10.7%)
安徽省	107.5	118 (10.3%)
福建省	69.9	(* 2.9%)
江西省	67.2	(* 8.3%)
山東省	276.9	(* 3.9%)
河南省	157.1	(* 0.9%)
湖北省	210.0	219.3 ( 5.3%)
湖南省	134.1	142.1 ( 6.5%)
広東省	229.0	(* 6.6%)
広西壮族自治区	59.9	(* 4.4%)
四川省	219.0	(* 0.2%)
貴州省	39.8	39.4 ( -1%)
雲南省	57.7	(* 5%)
チベット自治区		
陝西省	85.0	(* 1.2%)
甘粛省	55.8	60.3 ( 7.2%)
青海省	9.1	9.9 ( 8.8%)
寧夏回族自治区	10.9	(* 7.9%)
新疆ウイグル自治区	32.8	(* 9.5%)
全 国	4,082	4,284 ( 4.9%)

\*は1~5月の伸び率

表 1.1.1-5 貴州省の工業生産実績(1985年)

	単 位	85年実績	前年比増減率(%)
工業生産総額	億 元	83.26	14.3
うち：軽工業	億 元	32.52	18.3
重工業	億 元	50.74	11.9
時 計	万 個	8.12	31.4
テ レ ビ	万 台	19.56	54.9
ラ シ オ	万 台	2.43	-51.9
洗 濯 機	万 台	2.86	-10.3
扇 風 機	万 台	1.55	29.2
冷 蔵 庫	万 台	0.60	—
絹 織 物	万トン	2.03	21.6
布	億メートル	0.80	12.7
生 糸	ト ン	15.26	-30.6
毛 糸	ト ン	1,146	24.8
砂 糖	万トン	0.45	2.3
た ば こ	万 箱	106.05	23.9
機械製紙及び板紙	万トン	4.07	21.9
電 球	万 個	383	-66.8
原 炭	万トン	2,468	22.2
発 電 量	億 kWh	77.76	2.5
生 鉄	万トン	54.63	2.1
鋼	万トン	19.44	40.1
鋼 材	万トン	20.37	7.6
硫 酸	万トン	3.72	1.1
ソ ー ダ	万トン	1.23	4.2
化 学 肥 料	万トン	30.83	-16.5
化 学 農 薬	万トン	0.07	-22.3
化 学 医 薬	ト ン	24	1.3
セ メ ン ト	万トン	233.72	14.6
平 板 ガ ラ ス	万 標 準 箱	28.83	26.4
旋 盤	万 台	0.07	16.7
内 燃 機 関	万馬力	103.20	18.0

## 2) 資 源

本省は地下資源に恵まれているが、その開発は遅れており、工業生産総額では全国の約 1%にすぎない。僅かに貴州アルミニウム工場がアルミニウム地金の生産で全国第 1 位の年間 11 万トンの生産を誇っている。他に良質の無煙炭を使用した電解炉用電極を年間 6 千トン生産しており、その品質は十分国際的に通用する水準である。

又、エネルギー生産（石炭および水力発電）は第 7 位（1984 年）にすぎず、豊富な地下資源の活用も今後の開発に掛かっている。

現在ある拡張計画は、貴州アルミナ工場の能力を 22 万トン／年から 40 万トン／年に、アルミニウム 11 万トン／年から 20 万トン／年に、および、盤水原炭の産出量を 1,200 万トン／年から 2,500 万トン／年にするものである。

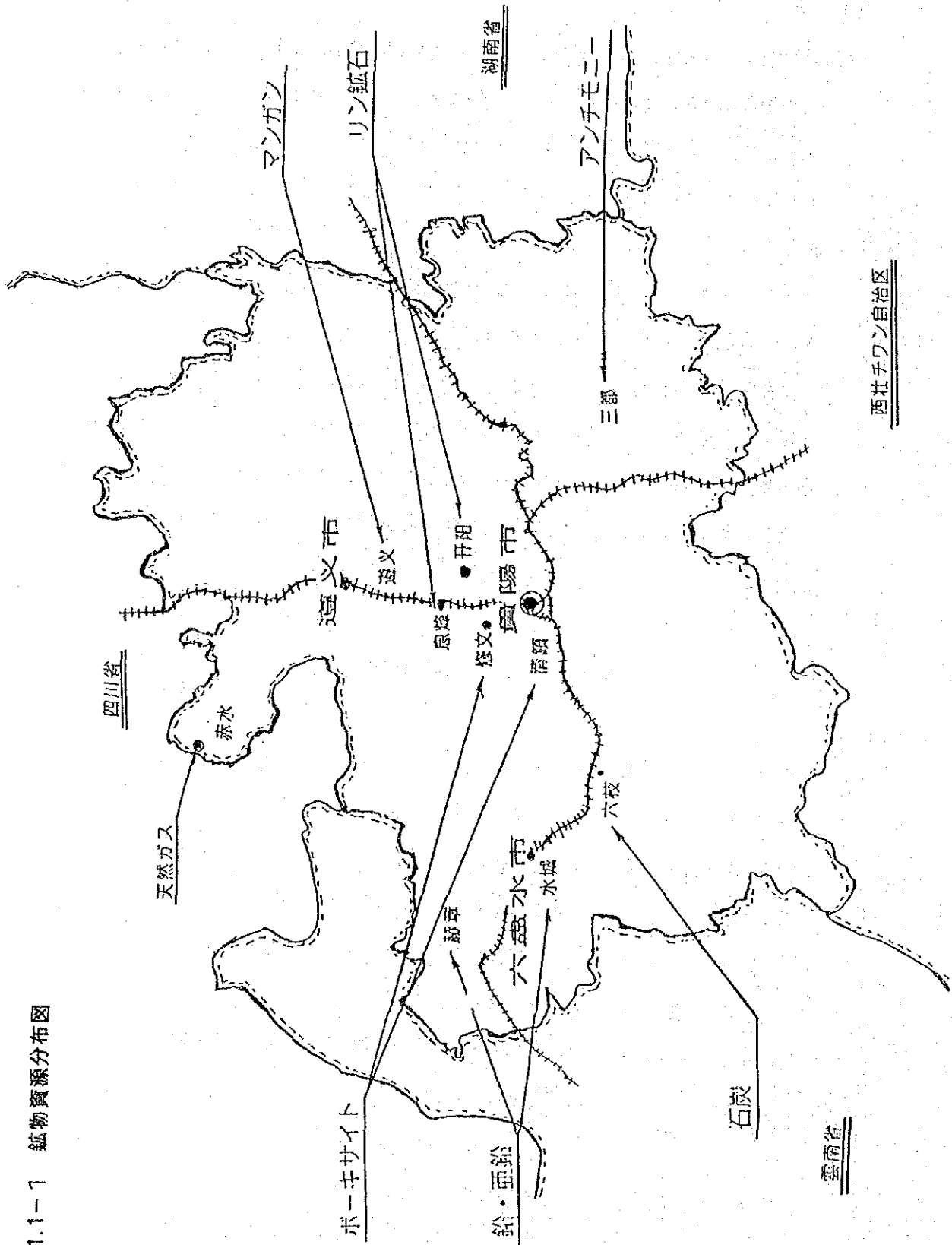
更に輸送面では既に述べた通り、貴陽～昆明の電化、貴陽～株州の電化計画がある。

表 1.1.1-6 主要鉱物資源

(1) 石 炭	491 億トン	全国第 4 位、水城、六枝
(2) 鉛、亜鉛	100 万トン	水城、赫章
(3) ポーキサイト	2 億トン	全国第 3 位、清鎮、修文
(4) 水 銀	3.8 万トン	全国第 1 位
(5) リン 鉱 石	20 億トン	全国第 2 位、開陽、息烽
(6) 鉄 鉱 石	4 億トン	
(7) アンチモニー	10 万トン	全国第 3 位、狼山、三都
(8) マンガン	5,850 トン	遵義

注： 鉱物資源分布図は図 1.1.1-1 に示す。

图 1.1.1-1 鉍物資源分布图



## (5) 農 業

貴州省の耕地面積は 186万  $\text{m}^2$  と小さく、貴州省全体の 1.06 % に過ぎない。中国全土に占める農業生産総額も 1.8%、食糧生産量は 1.9% (1984年) と少ない。

気象環境もあって農業の条件は悪く、1人当たりの食糧生産額量は最低の水準で、自給も達成していない (1984年)。しかし、1986年1~6月の上半期の農業生産総額は、貴州、山西、山東、河北で史上最高を記録し、全国平均でも前年比 5% 増となった。

その他、タバコは全国で第3位 (1984年) を占める主要産業であり、柞蚕生糸生産も全国の4大産地の1つであるが、1985年の実績は前年比 -30.6% 減の 15.26万トンの生産にとどまったが、絹織物は、前年比21.6% 増の 2.03 万トンを生産している。(表 1.1.1-7)

林業は全国生産総額の 3.1% であるが『錦屏 (チンピン) の杉』として、中国の杉材の主要な産地である。

牧畜は全国生産総額の 2.3% で、牛、豚が主でソーセージや豚毛は一部輸出されている。

表 1.1.1-7 主要工農生産量

	単 位	83年	84年		
			順 位	生産量	ウエイト
エネルギー	標準炭万トン	1,497	14	1,639	2.1%
石炭	万トン	1,847		2,027	2.6%
石油	億m				
天然ガス	億kWh	70		77	2%
発電	億kWh	45	7	47	5.4%
水力	億kWh				
鉄粗鋼	万トン	48		54	1.3%
鉄鋼材	万トン	12		14	0.3%
鉄鋼材	万トン	14		19	0.6%
工作機械	万台	0.1			
自動車	万台				
ハンドトラクター	万台				
硫酸	万トン	4		3.7	0.5%
ソーダ灰	万トン				
苛性ソーダ	万トン			1.2	
化学肥料	万トン	32		37	2.5%
布	億m	0.7			
セメント	万トン	182		207	1.7%
ガラス	万箱			23	0.5%
自転車	万台				
ミニバイク	万台	1			
オートバイ	万台	3		5	
テレビ	万台	9		13	
ビデオ	万箱	64	7	86	4%
食糧	万トン	703		758	1.9%
米	万トン	374		407	2.3%
小麦	万トン	32		36	
とうもろこし	万トン	210		218	3%
綿花	万トン				
油	万トン	24		31	2.6%
マ	万トン				
麻	万トン				
タバコ	万箱		3	23.8	13.3%
茶	万箱			1	2.4%

### 1.1.2 貴陽市の概要

#### 1. 面積： 2,400 km<sup>2</sup> (1984年)

貴陽市は貴州省の省都であり、位置も貴州省のほぼ中心に位置している。雲南省、四川省、広西壮族自治区、湖南省に通ずる鉄道の交叉点にあり、交通の要である。貴州省の政治、経済、文化の中心地で平均海拔は、1,070mである。

市内に2つの区と郊外に3つの区がある。アルミナ工場およびアルミニウム工場は郊外の白雲区にある。

#### 2. 人口： 138万人 (1985年、非農業人口49万人、農業人口89万人)

人口構成は省と同様少数民族を多く含んでいる。すなわち、苗族、布依族、トン族、回族などである。

#### 3. 経済および工業

経済地理としては、四川省、雲南省、広西壮族自治区などの中に含まれる。これらの地域には石炭、水力資源、鉄鉱石、銅、鉛、亜鉛など非鉄金属資源がある。四川省と広西壮族自治区を結ぶ鉄道と、湖南省と雲南省を結ぶ鉄道が、貴陽市でほぼ東西、南北に交差しており、これらの鉄道交通の利用によって同一経済圏としての今後の発展が期待出来る。又、四川省から広西壮族自治区の柳州を經由して南下する黔桂鉄道は、湛江港にまで至る内陸の輸出に重要な役割を果している鉄道である。

市郊外に調査対象工場であるアルミ製錬工場およびアルミナ工場の他、鉄鋼工場、セメント工場、硫黄、硫酸、亜鉛等の諸鉱工業、小型水力・火力発電所、並びに市内には、中、小の機械製造業も多数あり活気に溢れている。

## 1.2 中国におけるアルミニウム製錬工業の概要

### 1.2.1 アルミニウム製錬工業の状況

中国のアルミニウム地金の製造は、1949年以降、ソ連からの技術の移転が行われ、1952年頃から各地にアルミニウム製錬工場が建設され、生産が開始された。しかし、1960年以降、技術の移転はなく、生産能力は殆ど増加していない。

特に、1966年以降の10年間、所謂文化大革命期間中は、既存工場の操業にも大きな影響を与え、生産は大幅に低下したものである。

最近の状況については、正確な統計資料が発表されていないので推測の域を出ないが、アルミニウム新地金消費量は70万トン前後、生産は50万トン前後とされている。従って、年間20万トン程度の輸入が必要となり、年度によっては輸入量は40万トンにおよんでいると推定される。

しかも、国内需要はこの量を上回っているが、外貨枠の制限があるので、消費量は意識的に押さえられているのが実体と思われる。

アルミニウム鉱石であるボーキサイトの中国における埋蔵量は、米国鉱山局の統計によれば1億5千万トンとなっており、最近、新しい鉱区の発見がいくつか伝えられているので、今後、この数字は書き換えられるものと思われる。また、水力発電に適する河川が多く、開発が進められている。従って中国はアルミニウム製錬工業を発展させるに必要とする主要な二つの条件を満たしている。

このため、1986年から開始された第7次5ヵ年計画には、製錬工場42万トンの増設計画が決定されている。



### 1.2.2 アルミニウム製錬技術の状況

中国のアルミニウム製錬技術は前述の通りソ連から導入されている。しかもその時期は1950年代であり、その後の技術改善は独力でなされてきている。現在の中国の設備と技術の水準は以下の様に判断される。

- ① 大部分の工場はソ連から導入された設備をそのまま改造・改善することなく、現在も操業を続けている。
- ② 炉形式は電流容量 6万アンペア程度の横型ゼーダーベルグ炉と、7～8万アンペアの縦型ゼーダーベルグ炉の2種類が主で、これらの炉を設置している工場の生産量は年産1万トン以上で比較的大きな規模の工場である。
- ③ この他に、2～3万アンペアの小型の横型炉を設置した年産数千トンの小規模な工場が全国各地に散在しているようであるが、その実体は明らかでない。
- ④ 自国の技術で開発した13万アンペア程度の大型プリバーク炉を試験炉として操業しており、かなりの成績をあげていると伝えられているが、その実績は明らかでない。
- ⑤ 操業成績は全般的に良好とはいえず、日本の水準と比較すればかなりの差がある。その理由は本質的には設備に起因するものであるが、操業技術と工場管理についても問題があり、改善の余地が多いと思われる。特に環境問題は労働環境および公害ともかなり問題が多く、各方面から改善要求が出されているが、生産が優先しているためか改善は進んでいない。

以上のように多くの問題を抱えており、その解決には一般的に言って設備改善によるだけでは困難であり、管理体制の改善にまでおよぶ総合的改革が必要であろう。

### 1.3 調査対象工場の概要

#### 1.3.1 基本的諸元

工場の基本的諸元は次の通りである。

(1) 所在地：貴州省貴陽市白雲区

(2) 貴州アルミ総工場長

孫 生 軍

(中国有色金属工業総公司貴陽公司付經理)

貴州アルミニウム工場第一電解工場長

郭 錫 賢

(3) 操業：1966年

(4) 敷地面積：約60万平方米

(5) 生産額：約8,702万元(1986年)

(6) 主要製品

アルミインゴット：30,000トン/年

陽極ペースト：20,000トン/年

(7) 従業員

第一電解工場について

生産従業員 1,585人

管理者および技術者 223人

その他 243人

合計 2,051人

### 1.3.2 建物および敷地

工場敷地面積は約60万平方メートルあり、本調査対象工場である第一電解工場（縦型ゼーダーベルグ炉）、陽極ペースト工場の他能力8万トン／年を有する第二電解工場（フリバーク炉）とから成り、中国第一の生産能力（第一、第二工場を合せ11万トン／年能力）を誇るアルミ生産工場である。その他、生産維持施設として、機械、土建修理工場、鋳物工場、ロッキング工場、試験室、空気圧縮機室、ポンプ室、整流所、貯水池等がある。

倉庫としては、アルミナ倉庫、陽極原料倉庫、建築材料、耐火材料庫、重油庫等各種原料倉庫がある。

### 1.3.3 アルミニウム工場配置

貴州アルミニウム工場の全体配置を図 1.3.3-1 に示す。





#### 1.3.4 製品および生産

1984年から1986年の3年間における製品別生産量は下記の通りである。

(単位：TON)

<u>製 品 別</u>	<u>1984年</u>	<u>1985年</u>	<u>1986年</u>
A00 (純度99.7%以上)	729	158	4
A0 (純度99.6%以上)	10,564	4,813	1,968
A1 (純度99.5%以上)	7,682	6,556	3,837
A2 (純度99.0%以上) 以下	<u>10,625</u>	<u>18,973</u>	<u>22,523</u>
合 計	<u>29,600</u>	<u>30,500</u>	<u>28,322</u>

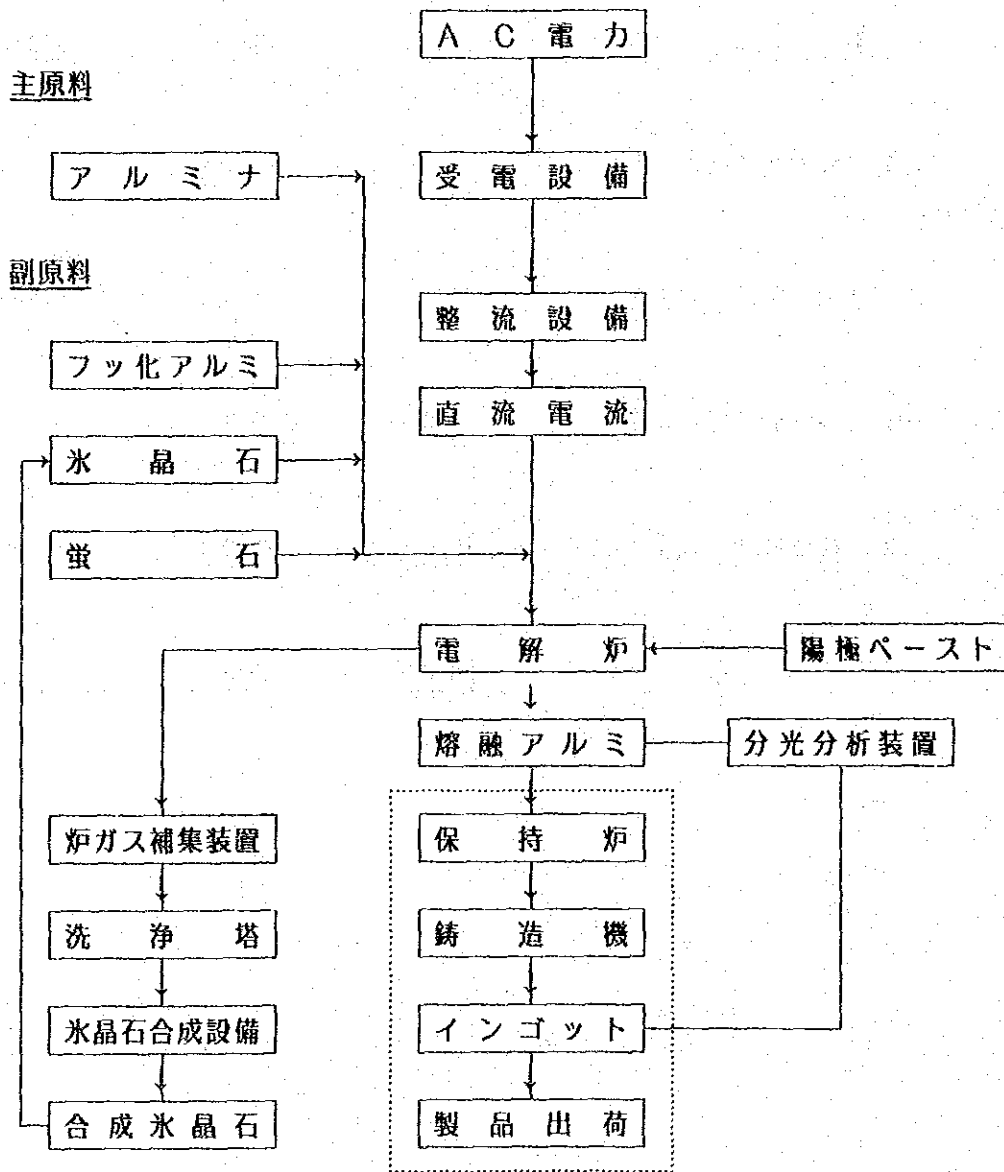


### 1.3.5 生産設備

#### (1) アルミニウム製錬工程フロー

アルミニウム製錬の電解工程概略フローを図 1.3.5-1 に示す。

図 1.3.5-1 アルミニウム製錬工程フロー



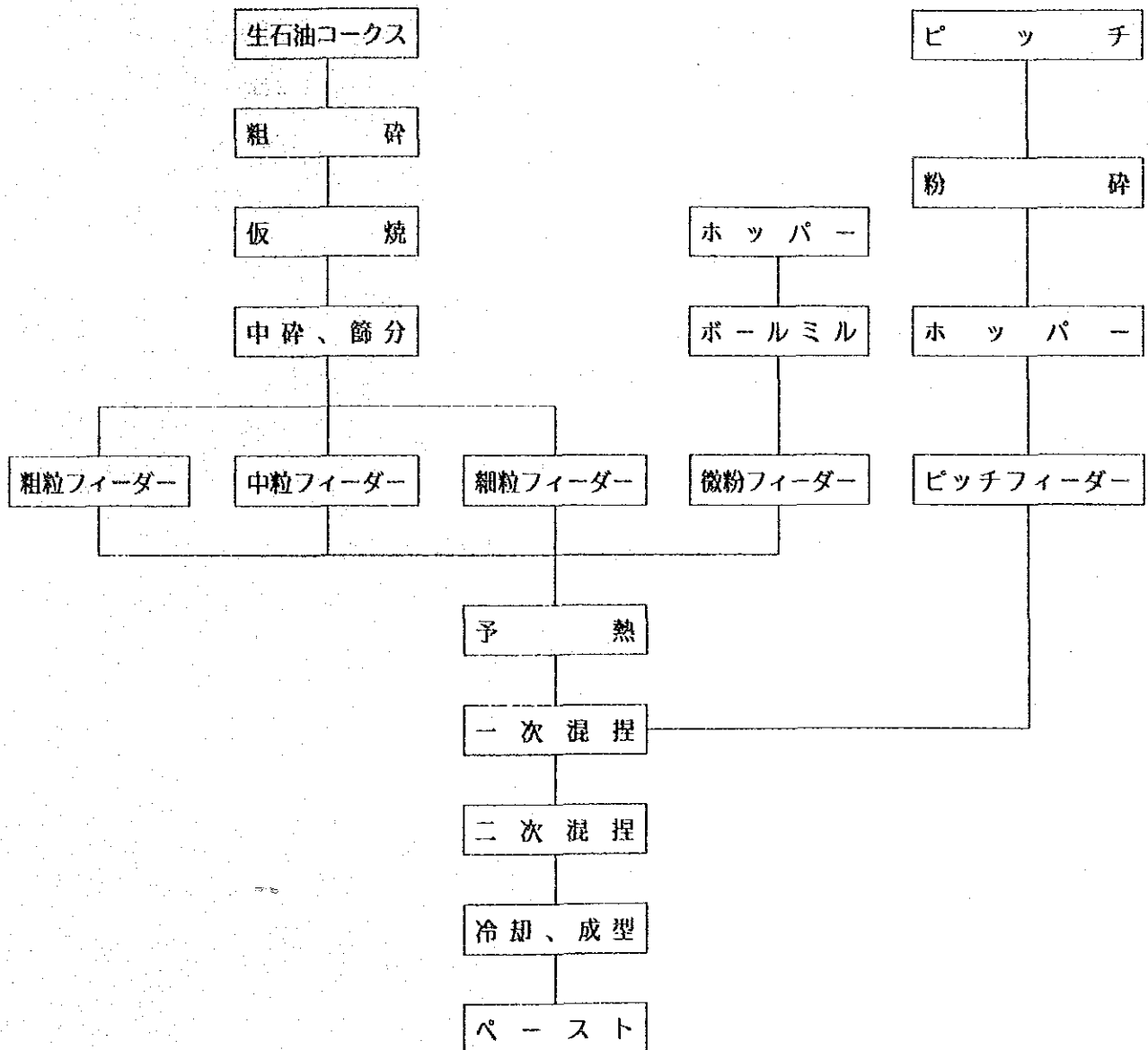
注) 1) 点線で囲まれた範囲（鑄造工程）は今回の診断範囲外である。

2) 分析装置は今回の診断の対象には上げられていないが、電解工程の操業管理に必要な資料を提供する設備である。

(2) 陽極ペースト生産工程フロー

アルミニウム製錬の電解炉に使用する陽極ペーストの生産工程の概略フローを  
 図 1.3.5-2 に示す。

図 1.3.5-2 陽極ペースト生産工程フロー



(3) 主要設備

整流変圧器	11台
電 解 炉	170炉
天井走行クレーン	4台
連続鋳造機76型	3台
半連続式アルミニウム引延ばし鋳造機	2台
回転窯および冷却機	1台
双軸連続混捏機	2台
ケーシングマシン JDIIY	12台

### 1.3.6 原料および材料

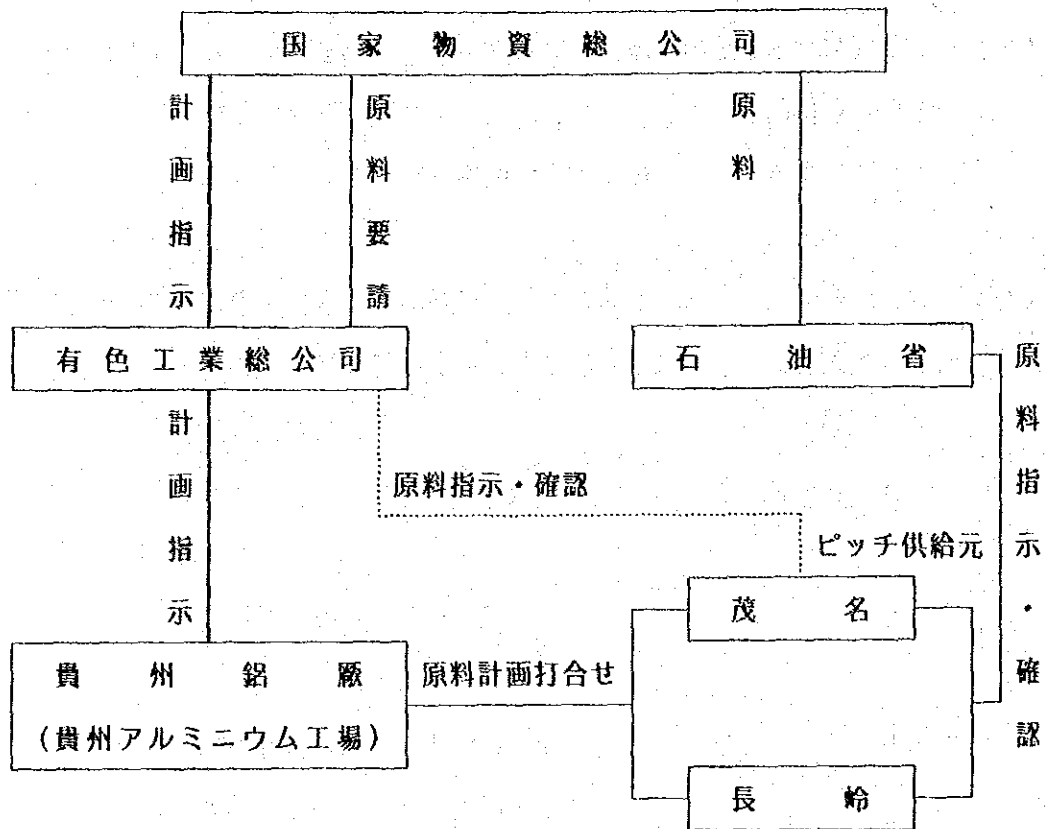
(1) アルミニウム製錬の主原料であるアルミナは貴州アルミニウム工場内のアルミナ工場より供給される。フッ化アルミ、氷晶石、蛍石は湘郷（湖南省）より購入している。品質、数量、輸送等特に問題はない。

(2) 陽極原料である生コークス、ピッチは国家物資総公司の指定する下記の工場より夫々供給され、供給先を工場が独自に選ぶことはできない。

<u>陽 極 原 料</u>	<u>供 給 元</u>
生 コ ー ク ス	茂名（広東省）、長嶺（浙江省）
ピ ッ チ	水城（貴州省）、昆明（雲南省） 重慶（四川省）、鞍山（遼寧省）

ピッチの例をとると、原料要請、供給指示のフローは図 1.3.6-1 の如くなる。

図 1.3.6-1 原料要請、供給指示のフロー（ピッチの例）



国家物資總公司から有色工業總公司を経て、工場に指示される年間製錬計画に基づいて、有色工業總公司是原料ピッチの要請を国家物資總公司に行うと共に供給元にも指示をする。国家物資總公司是、石油省を経て原料ピッチ供給の指示を供給元に行う。

工場とピッチ供給元は年間計画に基づいて、原料の月間計画、納期、品質、支払い条件等について相互に打合せ決定する。品質が必ずしも満足できるものではない場合は価格を調整する。又、クレームについても直接工場、供給元間で交渉解決するが、解決できない場合は、上部機関にその解決をゆだねる。品質の問題を除いて、数量、輸送について特に問題となることはない。

1986年1年間のピッチの入荷状況を表 1.3.6-1 に示した。

表 1.3.6-1 1986年ピッチ入荷状況表

(トン)

月	産地	昆 明	重 慶	水 城	鞍 山	月 累 計
1		225	180	0	0	405
2		45	0	0	405	450
3		225	135	270	270	900
4		135	405	540	135	1,215
5		45	270	315	450	1,080
6		225	180	90	0	495
7		135	450	45	0	630
8		90	135	180	0	405
9		0	180	0	0	180
10		135	135	0	45	315
11		90	135	0	0	225
12		90	90	0	0	180
年 計		1,440	2,295	1,440	1,305	6,480

又、同年中に入荷したピッチの品質平均値を表 1.3.6-2 に示す。

表 1.3.6-2 1986年中入荷ピッチの品質平均値

	水分 %	灰分 %	揮発分 %	軟化点 ℃	遊離炭 %	入荷量 (割合%)
昆明	0.36	0.18	64.56	88.95	21.25	1,440 (22.2%)
重慶	0.36	0.11	65.50	93.0	15.83	2,295 (35.4%)
水城	0.28	0.20	66.68	84.4	19.22	1,440 (22.2%)
鞍山	0.31	0.25	59.92	108.8	26.42	1,305 (20.2%)

(3) 築炉材、鋼材については、計画数量を越えて入手することは困難であり、そのために稼働炉数の減少を余儀なくされることもある。

### 1.3.7 組織および人員

#### (1) 第1電解アルミ工場

##### 1) 組織

第1電解アルミ工場全体の組織を図 1.3.7-1 に示す。因みに中国では、工場内にある電解工場や陽極ペースト工場のような分工場を「車間」と称する。

##### 2) 各部門の業務内容

###### a) 計画科

- i) 総工場の生産計画の指示に基づき、年度、期、月の生産計画を作成する。
- ii) 生産量の統計、毎日の生産日報を作成し、工場長に提出する。

###### b) 技術科

- i) 全工場の技術管理を行う。
- ii) 長期の科学管理の計画立案、計画の実施を管理する。
- iii) 合理化案のまとめとその評価。
- iv) 操業条件の改善の提案。
- v) 現場から出てくる操業条件変更案の検討、採用の決定。
- vi) 現場試験の実施（現行13名在籍）。

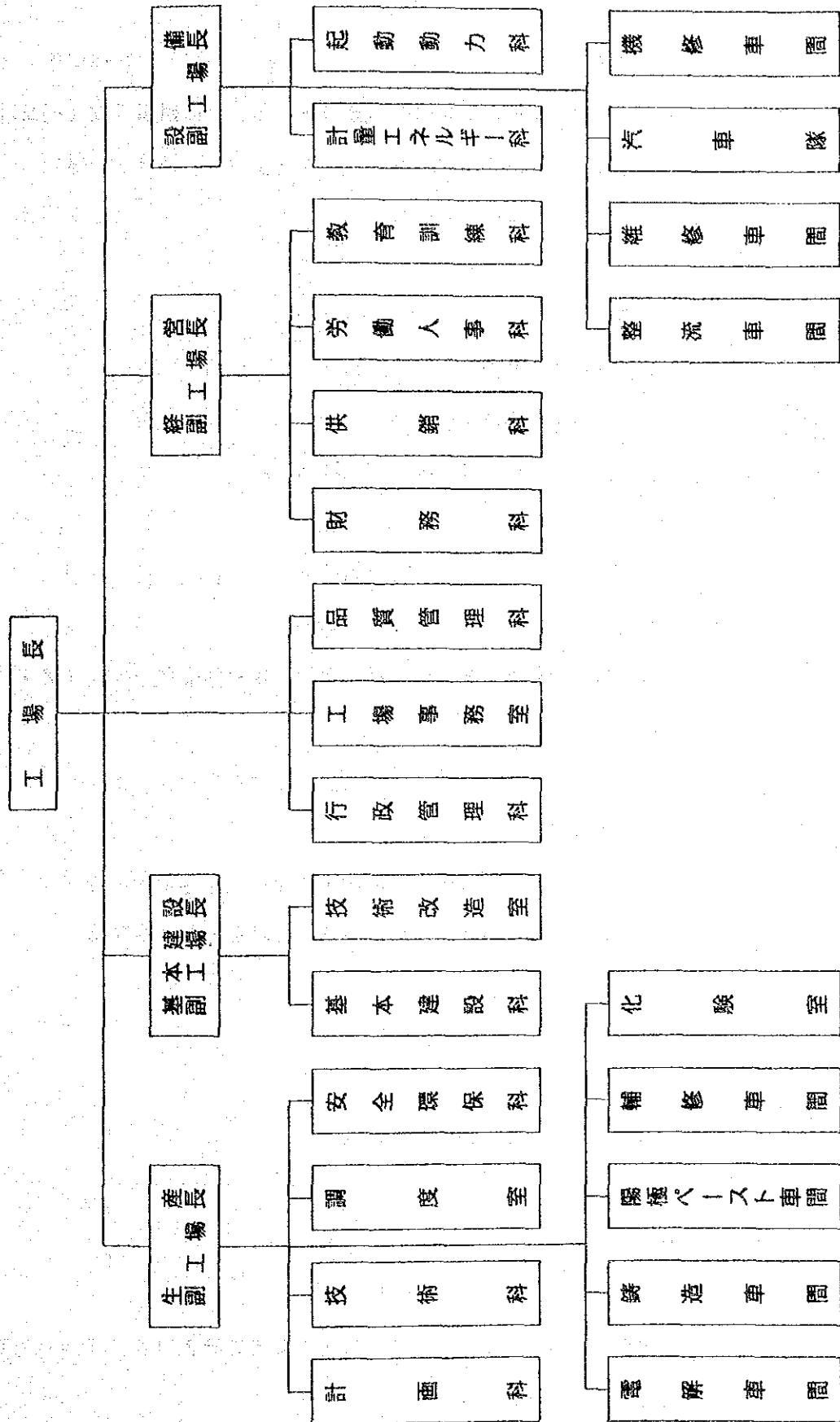
###### c) 調度室

- i) 3直に配置され生産副工場長のスタッフであり、代理機能をもっている生産現場の実質的な管理機関である。
- ii) 全工場の生産調整の指示、命令を出す。



- iii) 計画通りに生産活動を行うよう実行段階での調整、促進を担当。
  - iv) 上司との連絡、外部との連絡。
- d) 安全環境保護科
- i) 工場安全方針の決定、安全のチェック、監視
  - ii) 環境関係部門のデータの受入れ窓口
  - iii) 環境改善の担当
  - iv) 安全、環境の教育
  - v) 現業は工場環境の管理
- e) 基本建設科
- 総工場の基本建設処の計画に基づく、主に土建関係の設備の新設、更新  
工事の立合い、協力、修理作業を担当する。
- f) 技術改造室
- 第1電解工場改善業務
- g) 行政管理科
- i) 従業員の福利厚生関係
  - ii) 食堂、宿舍、幼稚園の運営、節句用物資の調達、配給
- h) 品質管理科
- i) 製品の品質監視、品質不良原因の調査。
  - ii) 品質に関係する作業基準違反の摘発。
  - iii) 品質に対するクレームの原因調査、改善意見の提出。
  - iv) 入荷原料の抜きとり検査。
  - v) 現場に入り、生産工程の管理とサンプリングを行う。

図 1.3.7-1 貴州アルミニウム工場第1電解アルミ工場組織図



i) 財務科

- i) 上部で決めた財務の枠に基づき、年、月の財務計画（利益計画を含む）を作成する。
- ii) 費用、税金の支払い管理

j) 供銷科

- i) 原料購入計画の立案、実施
- ii) 予備品購入計画の立案、実施
- iii) 原料の保管、各車間への配給
- iv) 生産品の販売

k) 労働人事科

現業の配置転換、転勤、社員の雇用、賃金の決定、ベースアップ、賞罰の仕事

l) 教育訓練科

新人社員の教育訓練を入社後3年間担当  
それ以降は各科、車間に配属され、各職場O.J.Tとなる

m) 化驗室

分析を担当  
但しサンプリングは行なわない

3) 人員

貴州アルミニウム工場第1電解アルミ工場の在籍人員は約2,050名で、その内訳を表1.3.7-1に示す。

## (2) 電解車間

主任（工場長）、副主任の下にスタッフ部門として次の6部門を有する。

設 備 員	設備の状態を掌握し、設備補修部門と操業現場の連絡、調整役
安 全 員	安全活動の推進、安全方針の徹底
技 術 員	技術条件の研究、技術的問題の解決が本来の役割りであったが、現在はメタル深さの測定、汲出量の決定が主な仕事
材 料 員	必要原料の配給、手配
労 資 員	給与計算
コスト計算員	電解課でかかった費用の集計

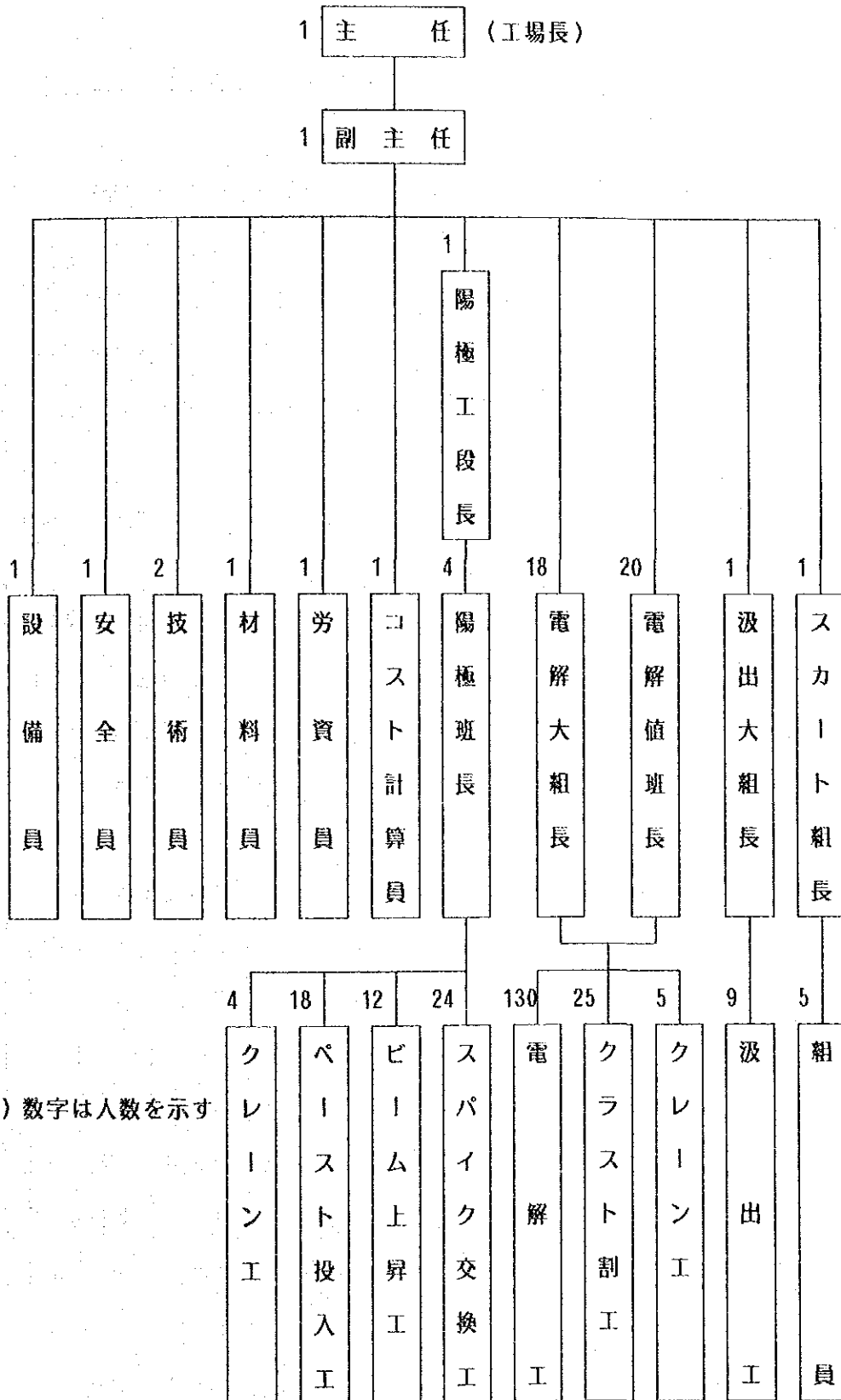
ラインとして、電解操炉、汲出し、スカート管理および陽極作業の4部門を有する。

電解車間の組織および人員を図 1.3.7-2 に示す。

表 1.3.7-1 貴州アルミニウム工場第1電解アルミ工場配員表

組 織 名	総 人 員	内 訳			備 考
		技 術	管 理	現 業	
計 画 科	4		4		
技 術 科	25	11	1	13	
調 度 室	9	3	3	3	
安 全 環 保 科	9	4	3	2	
財 務 科	11		11		
供 銷 科	50		14	36	
勞 働 人 事 科	4		4		
教 育 訓 練 科	7		7		
基 本 建 設 科	9	7	2		
技 術 改 造 室	3	3			
品 質 管 理 科	31	4	1	26	
行 政 管 理 科	176		17	159	福利厚生
工 場 事 務 室	19	6	6	7	
計量、エネルギー科	25	8	2	15	
機 械 動 力 科	35	16	1	18	
電 解 車 間	566	6	17	543	
鑄 造 車 間	110	1	5	104	
機 修 車 間	198	8	5	185	
陽極ペースト車間	170	4	9	157	
輔 修 車 間	104	1	5	98	
化 驗 室	53	9	2	42	
維 修 車 間	40	1	4	35	
汽 車 隊	68	2	3	63	
整 流 車 間	82	11	2	69	
そ の 他 人 員	243				
合 計	2,051	95	128	1,585	

図 1.3.7-2 電解車間組織および人員

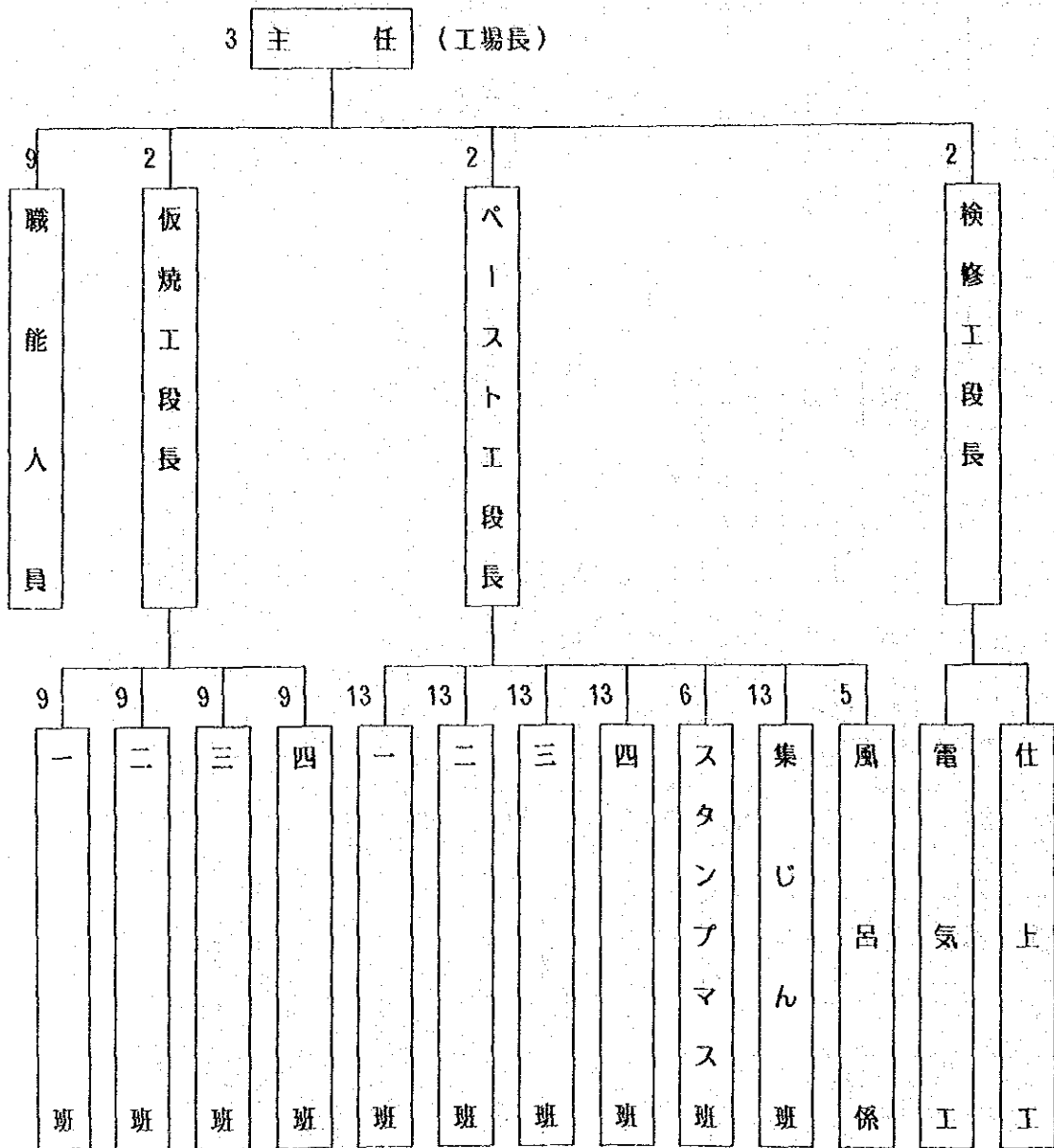


注) 数字は人数を示す

(3) 陽極ペースト車間

陽極ペースト工場の組織および人員を図 1.3.7-3 に示す。

図 1.3.7-3 陽極ペースト車間組織および人員



注) 数字は人数を示す。

### 1.3.8 生産計画および生産実績

#### (1) 生産計画

当工場は国家の計画指定工場であり、生産計画は国家物資総公司より有色工業総公司を経て、総工場に指示される。

この指示に基づき、総工場で作成された計画書が各工場に配布される。生産計画の徹底と計画達成のため全廠職工会議においても広報される。

総工場で作成される生産計画の内容は次の通りである。

- i) 生産性
- ii) 利益
- iii) 技術指標
- iv) 大修計画
- v) 資金計画
- vi) 安保、環保計画

上記の如き内容によって作成された総工場計画に基づいて、各工場の計画科は月別生産計画を作成し、各車間に指示する。電解工場に対する主な計画指示項目は次の通りである。

- i) 生産量 (優先順位 1)
- ii) 直流電力消費量 (優先順位 2)
- iii) 品質 (優先順位 3)
- iv) 生産品の種類
- v) 電流効率
- vi) 槽電圧



生産計画の管理は調度室で行っている。

## (2) 電解工場の生産能力と生産実績

設備炉数 170炉、予備下部槽が各棟 2槽、合計 4槽保有している。

休止から、新炉据付けまで、標準必要日数 24日、通電予熱に 2日かかる。予備槽が常に築炉完了している場合は、旧炉撤去に 1.5日、予備槽据付、上部構造据付、母線接続等に 4日、予熱起動に 2日、合計 7.5日を要する。

平均休止炉令 1154日(1986年実績)、休止から起動までの最短必要日数 8日とすると、稼働率は 99.3%、168.8炉稼働となる。

このときの生産能力は系列電流 79.0kAで下記のようになる。

<u>電 流 効 率 (%)</u>	<u>生 産 量 (TON /年)</u>
88	34,500
86	33,700
84	32,900
82	32,100
80	31,300

最近3年間の生産実績を表 1.3.8-1に、稼働率等について表 1.3.8-2に夫々示した。

表 1.3.8-1 最近3年間における生産実績

項 目	年	1984	1985	1986
系列平均電流 (kA)		78.7	79.2	79.4
平均炉電圧 (V)		4.766	4.721	4.734
平均稼働炉数		158.0	162.3	148.6※
休止炉数		28	38	53
起動炉数		34	32	57
汲出量 (トン/年)		29,600	30,500	28,332
電流効率 (%)		81.0	82.1	82.2
直流電力量 (KWH/t-Al)		17,594	17,143	17,162
アルミナ (kg/t-Al)		1,951	1,931	1,960
氷晶石 ( " )		20	23	26
弗化アルミ ( " )		32	28	38
ペースト ( " )		646	649	631

※ 年間に配給される築炉材料が規制されているため、稼働率低下

表 1.3.8-2 月間起動・休止炉数および月間平均稼働率

年 月	1984				1985				1986			
	起動	休止	平均炉数	稼働率	起動	休止	平均炉数	稼働率	起動	休止	平均炉数	稼働率
1	2	3	153.2	90.1	3	3	162.6	95.6	0	20	140.5	82.6
2	3	2	153.7	90.4	2	2	162.9	95.8	1	9	134.9	79.3
3	2	1	154.9	91.1	3	3	162.8	95.8	1	2	128.5	75.6
4	6	3	155.5	91.5	3	3	162.6	95.6	6	0	129.2	75.9
5	3	3	158.0	92.9	2	2	162.5	95.6	15	0	143.6	83.9
6	3	2	159.5	93.8	2	3	162.3	95.5	2	0	150.9	88.9
7	2	3	158.9	93.5	3	2	162.1	95.3	8	1	153.4	90.2
8	2	2	158.0	92.9	3	3	162.9	95.8	7	3	159.1	93.6
9	2	2	158.7	93.3	2	3	162.2	95.4	4	4	161.6	95.1
10	5	0	161.3	94.9	4	4	161.7	95.1	4	5	161.1	94.8
11	2	4	161.9	95.2	3	2	161.9	95.2	5	6	160.1	94.2
12	5	3	162.1	95.3	2	8	161.4	94.9	4	3	160.7	94.5

### 1.3.9 販売計画

当工場は、国家の計画指定工場であり、製品は全量基礎資材として国家の指定する場所への納入を行うことになっており、当工場独自の販売計画はない。

## 第2章 近代化対象設備の現状での問題点と対策



## 第2章 近代化対象設備の現状での問題点と対策

### 2.1 整流所設備と操業の現状

整流所内の配線図を添付資料A-4-1に示した。

#### 2.1.1 電力供給

電力は工場に隣接している電力会社の鶏場変電所から110KV/50Hzで供給されているが、電力の供給能力については、この工場から100kmの地点に63万kWの発電容量を持つ烏江水力発電所があり、貴州省の電力供給ネットワークに含まれているので、今後の増産計画に必要な増加分を含めても十分に供給可能であり問題はない。

#### 2.1.2 受電設備

10KV供給電源として、45,000KVA受電変圧器1基と40,500KVA2基が設置されており、電解用電力として10KV系列の共通母線から整流所の整流変圧器に、それ以外の工場に補助電力が供給されている。これらの受電変圧器は工場敷地側に置かれているが、資産は電力会社の所有であり、管理と運用も電力会社が行なっている。

従って、工場の守備範囲は受電変圧器の2次側からとなり、受電設備は今回の調査の対象外であるが、近代化計画に伴う増産の規模と内容如何によっては、設備能力の見直しを行う必要がある。

#### 2.1.3 整流設備

変圧整流器は1958年のソビエト連邦製で、電圧調整部と変圧部に別れている。設置台数は11台で各々5KA/800Vのシリコン整流器2基と接続されている。

元来は水銀整流器が設置されていたが、1972年に中国製のシリコン整流器に置き換えられ、現在に至っている。整流器の直流出力容量は11台合計で11万アンペアあり、電解工場に供給すべき電流に対して十分に余裕があるが、実際に整流設備の能力一杯に負荷をかけることができず、特に夏季は構造上の欠陥から変圧器が過熱するので、11台運転によってようやく電解炉が必要とする8万アンペアを供給している状態である。

設備の保守についても問題が多く、殆どの予備品は既に補充ができない状況で、設備の保守・修繕作業に支障を来たすことも屢々である。

このような状況なので、電解炉の改造後は勿論、現状のまま操業を継続するとしても設備の更新が必要と判断される。

#### 2.1.4 電力計量と直流出力の制御

電力会社との取引用の計量は、受電変圧器2次側の交流積算電力計の計量値を使用しており、基本的にはわが国と同様である。

直流計量については、通常の場合ホール素子を利用した直流計測装置(DCCT)を使用するが、この設備では直流母線に基準抵抗を挿入して、その電圧低下を電圧計で測定して電流値に換算する方法を採用している。しかし、この方法では計量精度はあまり期待できず、また、この方法は運転監視用として参考値とすることは可能であるが、自動制御用としては適当でない。従って、電解炉に供給される直流電流は最近の設備に比較すれば変動が多い。

このように直流計量の精度が不明なので、実際に電解の操業管理上必要な原単位の計算に使用される直流電流値は、交流側の計量値に一定の係数を乗ずる方法で算定されているが、その係数は全国の工場で統一されており、0.945が採用されている。勿論、第二電解工場のような新設備の場合は、このような方法を適用する必要はないので、実測値によって直流出力を制御・監視しており、電力原単位も実際に積算された直流電力量で計算されている。また、整流効率は98%に達している。

### 2.1.5 現有設備改造の可能性

現有設備の部分的改造・更新については、最近の設備と能力・構造とも大きな相違があるので、適切な方法をみいだすことは非常に難しい。

強いて検討するとしても、現有設備を稼動しながら実施することは、工事方法が限定されることと、現有設備の実際の能力に余裕がないので採用は困難である。

また、現有設備の場所と建屋を利用する方法は、既設整流設備を長期に休止しなければならなくなる。

一方、電解工場の近代化計画を実施する条件として、電解工場の休止による減産はできるだけ少なくしなければならない前提があるので、実行可能な案としては、改造後の電解炉の電流容量に合わせて、現設備とは別な場所に独立した新設備を設置して、現有設備と切替える方法を採用せざるをえない。



## 2.2 電解工場および関連設備の現状

### 2.2.1 電解工場の概況

当該工場は、2棟からなり、電解炉の設置数は次の通りである。

第1棟	84炉	
第2棟	<u>86炉</u>	
計	170炉	電流容量 80KA/炉

炉の型式はゼーダーバーグ式縦型電解炉（以下VS炉という）で、設計・生産能力は34,000 A $\alpha$  -ton/Yであるが、実績としては30,000 A $\alpha$  -ton/Y弱である。

炉型および主要操業機器は、1960年頃のペシネー社（フランス）の100KA縦型炉に酷似しており、当該工場計画時点において入手した情報を設計ベースとして建設されたものと考えられる。

原設計を担当した貴陽鋁美設計院によれば、1958年70KAの横型炉で当初計画され、現存する120m煙突、整流所建屋等が完成した時点で建設が一度中断され、更に、1964年計画再開時点で、縦型炉に変更された経緯がある。同様な設計で建設された生産能力30,000Ton/Yの工場が青銅峽（寧夏回族自治区）に1ヶ所現存する。

### 2.2.2 設備の状況

貴州アルミニウム工場第1電解工場の設備状況は次の通りである。

- (1) 陽極ビームはダブルビームタイプである。これはスパイクブラー、スパイククランプと共に基本的にペシネー型炉の設計を踏襲したものである。

(2) 炉の処理（クラスト割、アルミナ投入）にウォールクレーンを使用している。  
これも、パシネー社設計の踏襲であり、細部に至るまで類似設計になっている。

(3) 陽極、陰極ハンドリング用の 80tonクレーンを各棟 1 台宛備えている。

炉の休止時には本クレーンで陽極、陰極を吊り出し、建家端末へ運びそこで解体整備或は築炉作業を行う。

整備築炉の完了した陽極・陰極は同じクレーンで吊り込む。

(4) 電解建家は完全なセラータイプで、電解作業床は地下フロアーレベル+ 3m である。下部槽の前後は巾約 1m のグレーチングになっており、床下からの通風は良好である。但し、グレーチングは強度確保の為、上に凸状となっており、自走車輛は一切走れない。

(5) ガス補集に関しては炉ガス、屋根ガス共一切設備はない。ガススカートはあるが単なる陽極下端のカバーであり、炉内からの弗素分を含む廃ガスは全て屋内に放出され、そのまま屋根の開放型モニターから屋外へ出ていく方式である。

(6) 下部槽はいわゆるバンド型で大きさの割には重量が大きく、一見強固に見える。天井走行クレーンによるハンドリングの為、底板はタルミが出ないよう形鋼で補強してある。

(7) ブスは全て圧延板バスであり、従って、陰極バスはいわゆる“タケノコ形状”にしてある。立上りバスは第一棟は“ダブルエントリー”（陰極ブロック角鋼 13 本を 9 : 4 に分ける。）であるが、第二棟はシングルエントリーである。

(8) 陰極は突合せカーボンで、1 本角鋼の鑄込みである。（13 本/炉）

(9) タップ（2日タップ）は、原設計ではスパイクラブラー付属の補巻クレーンを使用することになっていたが、実際には後から5ton専用クレーンを増設して使用している。メタル吸引は2棟の間にある真空ポンプステーションから各棟A側通路下に引いた真空配管によって行なっている。ポンプは水封型のナッシュポンプである。

### 2.2.3 個別設備の状況

#### (1) 電解炉設備

##### 1) 下部槽、陰極（添付資料A-4-2）

旧タイプの下部槽はいわゆるバンド型であって、内法主要寸法で、 $6920^{\text{mm}}(\text{L}) \times 3760^{\text{mm}}(\text{W}) \times 1180^{\text{mm}}(\text{D})$ 、重量は12.5tonあり、この大きさのバンド型槽としてはかなり重いと思われる。しかし、構造的にはコーナーが突合せ角型構造になっており、かつバンド断面は全周一様ではなく、長側両翼付近で弱くなっている為、槽の側方への膨脹が非常に大きく、バンド自体も上記両翼付近ですでに座屈変形している。

コーナーの角の部分はかなり強固に補強してあるが、応力集中の為、垂直補強継手或は水平スティフナーの補強板に亀裂を生じて廃棄された槽もある。

再築炉中の槽の膨脹変形を実測した例では槽上面開口部で、長手方向+60mm、巾方向+470mmの膨脹変形であった。恐らく休止前にはもっと大きく600mm以上膨らんでいたと考えられる。

すでに20年近く稼動し稼動サイクル6~7周期を経ているので、膨脹の累積が大きい、ここまで変形が進めばバンドのかなりの部分に塑性変形域が広がり、陰極カーボンの支持力が著しく減少していると考えられる。コーナー角部の破損が著しいため、新タイプの下部槽を設計、逐次置換えており、すでに20%程度入替っている。

新タイプの下部槽は、コーナーの応力集中を避ける為にR型（円弧型）にしてかつバンド巾もコーナー部で大きくしてあるが、バンドの形状、高さ、炉修時の吊穴としてバンドの両翼を切り抜いて強度を弱めている等、問題は依然として残っていると考えられる。

その他特徴的な点としては、

i) 底板のタルミを防ぐ為に、底板下に補強フレーム（140HのH型鋼、槽重量の10%分）を溶接してある。炉修時に天井クレーンで吊り上げる為にこの補強は必要であるが、反面、陰極ベッド隆起増加の原因の一つになっていると考えられる。

ii) 頂板の取り付け方法

槽の内側にブラケットを溶接（ピッチ 440mm、かなり小さい）し、この上に15mm厚の頂板を栓溶接する方法である。築炉作業の邪魔になるため、この方法は日本ではとれなかったがかなりしっかりした構造である。

2) 炉柱（添付資料A-4-3）

炉柱はプレキャストコンクリート製である。ベシネー社のオリジナルではこの柱は中空又は2本合せてこの中心をバーナーダクトが通るようになっていたが、貴州工場の柱は中実になっておりダクトはない。貴陽設計院で確認したところでは、コンクリート内を煙道にできないので止めたものである。

基礎設計図によると予め地下床基礎に設けられた穴にモルタル（無筋絶縁が目的）を介して炉柱を植込んであるが、全般に絶縁が悪く炉柱からの漏電が予想外の場所でショートするので問題点とされている。電解浴の溢流、メタルもれ、ペーストもれ等コンクリート柱を痛めることが多く、絶縁不良の一因と考えられる損傷が見られる。

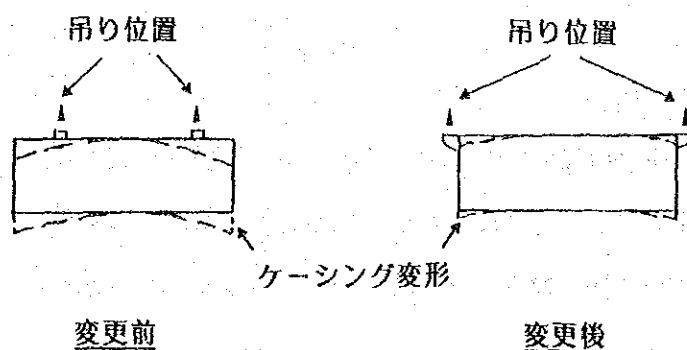
3) 陽極ケーシング (添付資料A-4-4 (a)、添付資料A-4-4 (b))

アノードケーシングは原設計からケーシングジャッキによる吊位置、内法寸法 (巾×長さ)、高さの三点で変更されている。

1) ケーシング吊位置の変更

オリジナルはケーシング中央よりのヨークに吊り点があるが、改良型では図 2.2.3-1 のようにケーシング両端外側へ移動してある。

図 2.2.3-1 吊位置の変更



日本に導入されたペシネー型竪型炉も当初中央吊りで後から端末吊りに変更している。これは、中央吊りではスパイク交換時にケーシングジャッキが邪魔になった為とされているが、貴州工場の場合はケーシングの縦変形 (図 2.2.3-1) が大きいことが理由のようである。

また、日本では吊点を移動した跡にスパイクを4本/炉増設しているが、当工場ではやっていない。後述のスパイクプラーはクランプ操作装置がなく、スパイク交換作業は作業者が炉上によじ登ってクランプ締め、緩めをやる為、特に不便を感じなかったであろう。

ケーシングの著しい変形はケーシング一極間に発生した焼付によるものと考えるべきであり、操業当初から陽極状態が悪かったと見られる。

## ii) ケーシング内法寸法の変更（陽極拡大）

ケーシング内法寸法は原設計から次のように変更されている。

原設計	2000 <sup>mm</sup> (W)	× 5400 <sup>mm</sup> (L)	電流密度	0.743A/cm <sup>2</sup>
現在（変更後）	第一棟	2100	× 5400	" 0.708A/cm <sup>2</sup>
	第二棟	2100	× 5200	" 0.735A/cm <sup>2</sup>

原設計はVS炉としては非常に高い陽極電流密度である。現在では、幾分改善されてはいるが、まだ高い方である。なお、これまでに2200<sup>mm</sup>(W) × 5400<sup>mm</sup>(L)(陽極電密 0.675A/cm<sup>2</sup>)、2300<sup>mm</sup>(W) × 5200<sup>mm</sup>(L)(同 0.671A/cm<sup>2</sup>)のテストを行なったと、調査時に聴取している。

2300<sup>mm</sup>巾については、1978年頃に30～40炉について試験が行なわれている。

結果として、電流の分配が悪く、陽極の片寄りの発生等問題があり、中止したと設備担当者から聴取しているが、詳細は明らかでない。

## iii) ケーシング高さ（深さ）の変更

ケーシング壁の高さは原設計の1050<sup>mm</sup>から1200<sup>mm</sup>に変更されている。ケーシング高さはペシネー系で1050<sup>mm</sup>～1100<sup>mm</sup>、日本某社では1150<sup>mm</sup>であった。正常な陽極操業ならば1050<sup>mm</sup>で問題ないだろうが、この炉の場合、焼成ゾーンが上り過ぎた結果、ペーストが溢れ止むを得ず嵩上げしている。ケーシング両端コーナー部の保温等は当初設計でも見られない。

陽極ケーシングには最も注意を払い、改善の跡が見られるが、依然として問題は残っており、ケーシングの縦変形（上に凸にケーシングがわん曲）、側方への膨脹、下端部の酸化、溶解による損耗が大半の炉に見られる。また、このケーシングは分割の出来ない一体ケーシングであり、炉修

の度に切断し9割方スクラップにしているのが実情である。これは構造的な問題よりも陽極操業の不安定による操業中の損傷に起因する。

4) ジャッキ (添付資料A-4-5 (a)、添付資料A-4-5 (b))

ビームジャッキは左右の炉柱に2本組で設置され、夫々駆動モーターのある一般的な構成のネジジャッキである。片側の1組をユニットとした吊上能力は次の通りである。

設計荷重 : 25ton (最大負荷 21ton)

巻上速度 : 33.4mm/min (電動機 3.0kW~940rpm)

ストローク : 600mm (ねじ軸径 74φ)

外見上はねじ軸カバーがなく、絶縁部品が粗末で絶縁機能を果していない。ねじ軸駆動用のメネジの摩耗が激しい。

これは一般に消耗品であるが、ダストカバーが全くないことも一因と考えられる。このタイプの炉で注意すべき左右のジャッキストローク差(ビーム高さ、傾き)の修正があまり良く行われていない。また、コンクリート炉柱との間を含め絶縁が良くない。

ケーシングジャッキは原設計では4本のネジジャッキがメインビーム上の炉の中央寄りに左右2本ずつ設置され、伝導軸で左右をつないで1台のモーターで4本のジャッキを駆動する一般的な形式であるが、“(3) 陽極ケーシング”で述べた如く改造し、左右のユニットを夫々ビーム上両端末に移動してある。この改造では左右の連結軸を撤去、駆動装置を追加して左右独立駆動としている。この結果、ケーシングにも陽極、ビームと同様、左右の昇降にアンバランス、すなわちケーシングの陰極メタル面に対する傾斜があると思われる。

しかし、陽極と違い非常に高い焼成ゾーンで操業している現状では焼成ゾーンが高過ぎ、ケーシング短側でのペーストもれはないので操業上実害はないと考える。

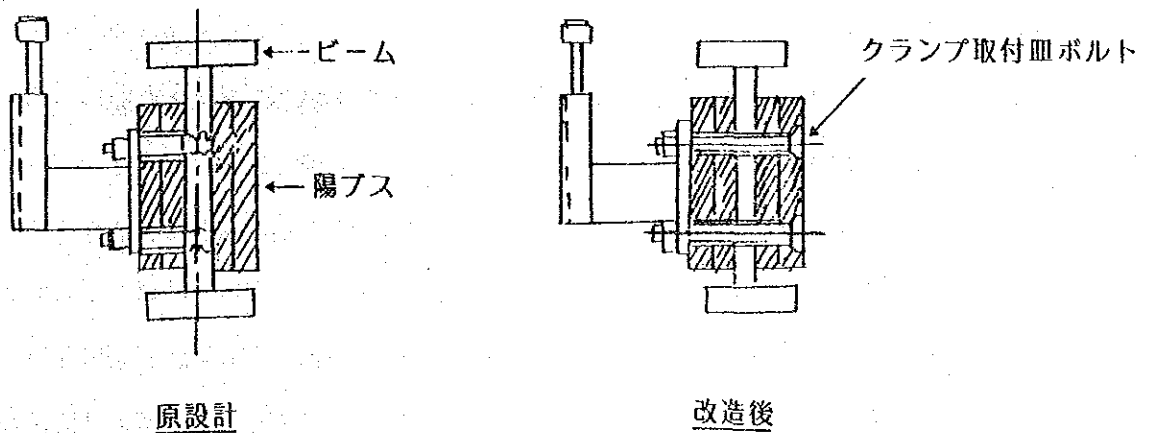
5) メインビーム (添付資料A-4-6)

2本の溶接H鋼 (深背550mm) で構成され、夫々両脇に各2枚 (各断面35mm<sup>t</sup> × 300mm) からなる陽ブスをかかえ込んだ“ダブルビーム構造”である。

(図 2.2.3-2)

通常操業上は何等問題のない部分であるが、クランプの取替保守では構造によってはやりにくいことがある。この場合は、原設計ではクランプ取付用植込ボルトをビームウェブに設けたタップ孔に立て込んであったが、保守の簡易化の為に貫通孔 (ブス貫通式) に改造してある。

図 2.2.3-2



6) スパイク (添付資料A-4-7 (a)、添付資料A-4-7 (b))

スパイクの鉄部は 120φ×1700で一般的な寸法と較べると細く短い。ハンガーの断面も細く、従って電流密度はかなり高い。

日本の某社の例と比較してみると、表 2.2.3-1の通りである。



表 2.2.3-1 電流密度 (某社との比較)

	スパイク (鉄部)	スパイク電流密度 (A/cm <sup>2</sup> )	スパイクハンガー (アルミ)	スパイクハンガー電流密度 (A/cm <sup>2</sup> )
貴州第1電解工場	120mmφ×1700mm(L) ×42本/Pot	16.8	36.0cm <sup>2</sup> /本~42本/Pot	52.9
某社 (日本)	B1~2	5"φ×1950mm(L) ×46本/Pot	45cm <sup>2</sup> /本~46本/Pot	42.0
	B3~4	130mmφ×1950mm(L) ×50本/Pot	55cm <sup>2</sup> /本~50本/Pot	36.4
	B5~8	130mmφ×1800mm(L) ×58本/Pot	55.3cm <sup>2</sup> /本~58本/Pot	37.4

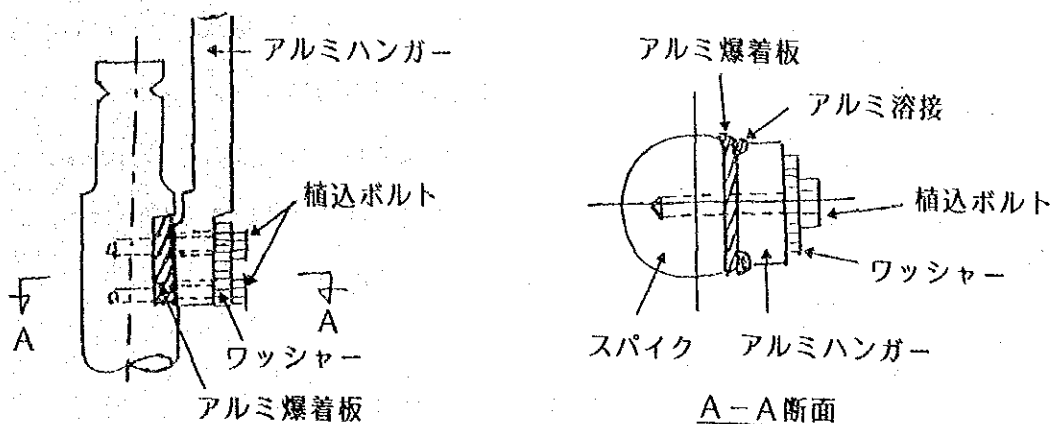
スパイク長さは新品で1700mm、通常品は消耗して短くなるが、使用基準は1650mm±50である。しかし、管理状態が悪く下限の1600mmより短いものも見受けられる。

スパイクが細く短いことが陽極の焼成ゾーンを押し上げる要因の一つになっていると考えられる。

スパイクハンガーもかなり細いがこれは電流密度よりも曲がりやすいという機械的な問題の方が大きい。後述のスパイクバスケット (スパイク運搬保持用のマガジン) の構造が悪く、スパイク交換作業時スパイクが直立しないこともあって、ハンガーが曲がっているものが目立つ。現状ではスパイク交換機にクランプ操作機構がなく、人手によっているためハンガーの曲がり、ねじれがそれほど問題になっていないが、機械化を進める場合には障害となろう。現在でも変形のひどいものはスパイク研磨工場で簡単なプレスで矯正している。スパイク接触面の研磨を数サイクル (3~4サイクル) 毎に行なっている。

スパイク-アルミハンガー間の接続部はアルミ板-鉄爆着法を利用、機械的な連結には植込ボルトを使用している。(図 2.2.3-3)

図 2.2.3-3 スパイク接続部の図面



この方法は日本某社の旧型炉と同じであるが、（但し、Fe-Al 間は爆着でなくアルミロウ付溶接）ボルトの緩み、アルミ溶接部にクラックが入り使用不能となるものが多かった。この点を質してみたが明確な回答、データは得られなかった。

スパイク管理は最近の実績では先端の取替が1800本/年（スパイク全数から見て4年周期）、新スパイクの製作が1200本/年である。先端取替周期は妥当であるが、新作数は異常に多い。全体取替時期にあたる他に陽極ごと廃棄されているもの、陽極不調により溶損しているものが多数見られる。

先端取替、新作等機械加工を始め、アルミ、鉄溶接等スパイクに係わる加工作業は、全て工場内で修理担当者によって行なわれる。アルミハンガーは型に流し込みで鋳造し、機械加工する。爆着も陰極角鋼端部と共に作業担当班で行なっている。施工場所は場外の発破場で行う。

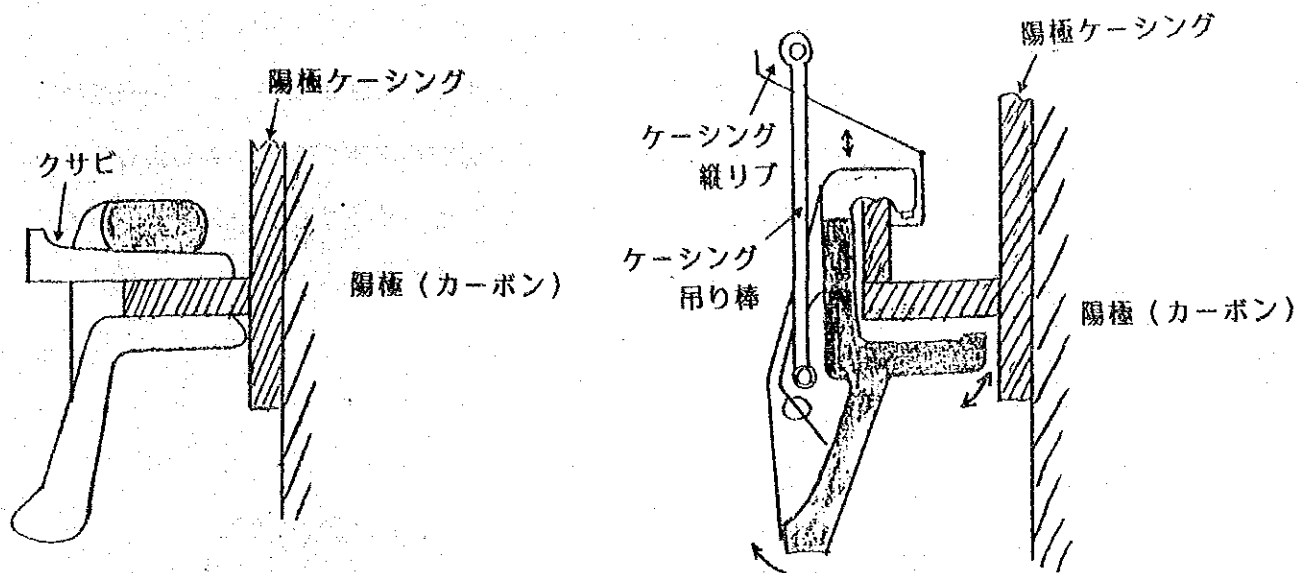
#### 7) スパイククランプ（添付資料A-4-8）

スパイククランプはパシネーECL社の型炉用クランプと全く同じ物でスパイク交換機に設置したクランプレンチ装置により遠隔開閉操作の可能なクランプであるが、交換機側のレンチ装置がない為、人手によっている。一応、全てのクランプが締まっているが、クランプ-スパイクハンガーの整備が悪い為、ス

ペーサーとしてアルミ片等を適宜挿入して辛うじて締めている。折角の機械化クランプが役に立っておらず、かつこのままでは機械化できない状態である。入力トルク-出力（締付力）関係等の具体的なデータは入手できなかった。問題点としてクランプ取付ベース板が曲がるということであるが、ベースプレートが薄く、本体フレームとの間の補強リブがない為と思われる。設計上はトルク30kg-mに対して押付力が2.25tonである。

8) ガススカート（添付資料A-4-9 (a)、(b)、(c)、(d)）

陽極ケーシング下端全周にガススカートが取り付けられている。大きさ断面形状はやはりパシネーVS炉用のものと良く似ており、オリジナルは同じ図面と思われる。材質は鋳鉄であるが、そのグレードは明らかでない。パシネータイプと大きく異なるのはケーシングへの取付け方法で、日本国内の同型炉ではガスシールの為、クサビでケーシングフランジへしっかり固定する（図2.2.3-4(1)）のに対し、貴陽の炉ではフランジへ引掛けるだけである。そのままでは外れ易いので、補助としてケーシング吊り棒を用いて上方のケーシング縦リブ（フィン）からスカートを用る方法をとっている（図2.2.3-4(2)）。このような方法は他国のVS炉でも例があり、スカートの取付、取外し作業は極めて簡単で楽であるが、機械的にルーズである為、クラストの生成などによって簡単に持ち上げられてしまい、かつケーシングフランジとの間が常時開いているので、ガスシールには役に立たない。大半の炉でガススカートの下端部が減耗溶損しており、全く本来の機能を果たすことなく、いたずらに溶湯中の鉄分を増やしている。寿命は1年位というが、見たところこれは単なる交換周期であって、本来の機能を果たせる期間ではない。



(1) ガススカート取付法の例

クサビでケーシングフランジ  
へ固定

(2) 貴州工場的气体スカートおよび

取付法フランジへの固定は  
なし

図 2.2.3-4

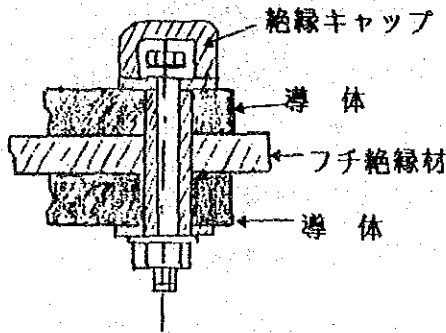
当工場では、1966年操業開始当初からガスバーナー系による炉ガス吸引に失敗し、工場内環境の浄化は諦めているのでスカート内からガスが吹き出すことには無関心であるが、これは同時にガススカートのもう一つの機能—陽極保護、酸化防止—も放棄することになり、陽極ひいては操業全般の悪化を招く結果となっている。

#### 9) 炉まわりの絶縁

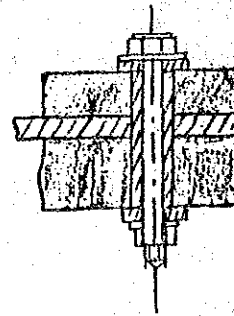
漏電によりトラブルが度々あるということで、生産、設備、担当副工場長も炉まわりの絶縁に高い関心を示していた。数値測定等のデータは得られず、又一般的に電解工場の絶縁維持は難しいが、全般的に見て同工場の絶縁が悪い原因として考えられるものは次の通りである。

1) 各部分の絶縁設計に問題がある。

特に陽極ジャッキ炉柱間のジャッキ支持梁等にフェノール樹脂積層板を使用しているが、板厚がうすく沿層導通を防ぐ為のフチも出してない。又、ボルト頂部の絶縁キャップがないため、多発するペーストもれのカーボン粉が付着、絶縁を低下させている。(図 2.2.3-5)



一般的絶縁方法



第1電解工場

図 2.2.3-5

ii) 下部槽の過大なふくらみがある。

この“ふくらみ”が炉脇の鑄鉄製スノコをコンクリート床に押しつけ、コンクリート表面を痛めて床鉄筋との間の絶縁を低下させている。幸い床上車輛は通せる状態ではないので使用されておらず、車輛通行による劣化はない。しかし、カーボン、脱落陽極の取り出し、スカート交換作業等、何れも赤熱状のものを床上におくため、うすい鉄板が敷かれているが、これらの作業による多少の損傷はある。

iii) コンクリート炉柱の表面がかなり劣化している。

下部接地面でモルタル絶縁してあるが、全く効いておらず、アースが床上に林立したような状態になっている。メタルもれ、バスオーバーフロー、ペーストもれ等によるダメージはあったにしても、コンクリート炉柱の基本的な欠点と思われる。

iv) 第2棟では陰極バスコンクリート柱製支持架台が建設後半に予算不足の為、コンクリートを節約した為に、脆弱で倒壊したものが多く、レンガ積み或は鋼製架台にレンガを絶縁にしてかろうじて支えている。鋼架台に接しているものがある他、陰バスが全体に蛇行し作業床、柱等に接しているところが目につく。

v) 休止炉で陰極、下部槽を撤去したあとの陽極・陰極フレキ等の扱いが雑で全く絶縁処置をせず、地下床面上或は炉柱に接触したまま放置してある。このような状態のため、炉・バス全体の対地絶縁抵抗は極めて低く、従って、局部的に接地が起った場合、その箇所に流れる電流は非常に大きくなり、大きな被害になるものと思われる。しかし、絶縁トラブルがあると言いながら、実際面ではあまり神経を使っていないことも問題であり、改善されるべきである。

## (2) 母線設備

母線設備について、バスの素材は全て圧延板バスである。

### 1) 陽極バス(添付資料A-4-10)

35mm厚×310巾の板バス4枚(片側)からなる。電流密度はダブルエントリで入口側9/13とすれば、入口電流密度63.8A/cm<sup>2</sup>(第1棟)、シングルエントリの場合は92A/cm<sup>2</sup>となり、陽バスとしても相当高い。

両端の立上りバスとの接続部はボルト接続であるが、更に溶接してある。陽極撤去する場合はガウジングで溶かすが、接続部の保守はあまり良くない。

## 2) 立上りバス・立上りフレキ (添付資料A-4-11)

陽極バスと同じ $35\text{mmt} \times 310\text{mmW}$ の板バスで電流入口側(片側)6枚、出口側3枚で構成されている。電流密度は夫々 $42.5$ 、 $37.8\text{A/cm}^2$ となり陽バスよりはかなり低い。

立上りフレキは立上りバスと同じ巾で、板厚 $1\text{mm}$ で構成され、Totalとして立上りバスと同じ厚さにしてあるが実際には破損し切れたものが多い。板が軟質でうすく、(某社(日本)VS炉では $2\text{mm}$ あった)、また炉休止、陽極取外し時の扱いが雑で形がくずれているものも多く、隣接炉バス等に半ば接触しているものも多かった。

## 3) 陰極バス

13本の陰極角鋼に対し、 $29\text{mmt} \times 250\text{mmW}$ の板バス1枚が対応するいわゆる“竹の子”バスであり、平均電流密度は $42.4\text{A/cm}^2$ となる。日本某社旧VS炉の平均電流密度が $25\sim 30\text{A/cm}^2$ であったから、陽バス、立上り、陰極バスから列間バスまで含んだ加重平均値で各系列間で差があった。この炉の電流密度、従ってバス電圧損は50%程度は高いと思われる。

陽極フレキシブルは約 $150\text{mm}$ 巾の軟質アルミ板で構成されているが、詳細は不明である。図面ではアルミフレキの先に銅板フレキを接続してあることになっているが、実物は異なっている。陽極フレキ同様、損傷、破断したものが多く見られた。

陰極フレキ-角鋼間の接続はこれも図面上はフレキ側が銅板で角鋼先端に銅-鉄を接続することになっているが、実際にはスパイクと同じく角鋼先端部にアルミ板を爆着しその上にフレキ端子板(アルミ板)を溶接している。

(図 2.2.3-6)