

表 3.1.2-1 設備費の比較

項 目	第一案(百万円)	第二案(百万円)
整流・配電設備	800	900
同上建屋・基礎	80	80
電解設備・機器	6,410	5,690
基礎ハツリ・撤去	30	120
基礎・床工事	30	560
その他付帯設備	300	300
合 計	7,650	7,650

### 3.1.3 両案の対比

第一案の転換工事期間2年6ヶ月の減産量は4,650トン、年間換算では1,860トンとなり、減産量としては問題にならない量であり、この点が最大のメリットとなる。

一方、第二案では第一案に対して減産量は19,100トン増えて23,750トンとなり、この値は年間9,500トンに相当し、かなりの減産となる。しかし、この減産量は転換工事期間に限定されたものであり、第二案では電解工場の同一スペースに116炉まで設置可能なので、この炉数を設置した場合は年間1,500トン余分に生産でき、減産量は多少緩和される。

操業技術的に見れば第一案は電流容量が比較的小さいので、従来の電解炉の操業経験の延長上で対処は可能であろう。しかし、既に第二電解工場で実績のある第二案の電解炉は設備と操業について既に十分な経験があり、転換にあたっての技術上の不確定な要素がないことは最大のメリットとなる。

設備費については、総額で差のない結果となっている。算定のベースが中国国内価格ではないので、国内で調達・加工できる設備項目の金額については実体との差

があると思われ、それらを修正すれば多少異なる結果となることも予想されるが、相対比較としては誤りはないと考える。

#### 3.1.4 推奨する方式

減産量が多い点が不利であるが、設備費に差がないことから第二案を推奨する。電解工場の操業成績の改善は、設備を更新しただけでは絶対に達成できるものではなく、確立された操業技術に基づく管理が徹底されなければならない。

この点で、第二案は第二電解工場の実績をそのまま導入できることが利点であり、このメリットは十分に評価されるべきと考える。

### 3.2 PB炉への転換による近代化計画の効果

今回の提案によって“近代化計画の4つの目標”がどの程度に達成できるかについて以下項目別に記述する。

#### 3.2.1 環境問題の改善

##### (1) 弗素ガス対策

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(HFガス)を排出する。その発生量はゼーダーベルグ炉で通常16~18kg/t-AQと推定されているが、不安定な操業状態の下では発生量がかなり増加することが確認されている。

このHFガスは一定濃度以上になると植物に被害を及ぼすので、環境汚染物質として排出規制を受けており、国や地方によって規制値は異なる。

貴州工場に於ける状況は、第一電解工場で炉ガスが全く捕集されていないため規制値の10倍に及ぶ弗素ガスを放出しており、その改善を強く求められている。

貴州工場に対する具体的な目標として省政府から示されている値は、将来の増設を含め、年間排出量を固形を含む全弗素量で300トン以下とすることと聞いている。第一電解工場の排出量が20kg/t-AQであるとすれば、現在第一電解工場だけで既に600トン放出していることになり、規制値の2倍に達している。第二電解工場増設後の生産量の合計を年間20万トンとすれば排出量は1.5kg/t-AQが限度となり、炉ガス回収率は92.5%以上が要求される。第二電解工場の弗素回収設備の設計指標はガス捕集率98%、洗浄効率99%であり、弗素の回収率は97%となる。従って、第二電解工場と同じ炉形式の第一案であればこの水準に近い回収率の実現は可能であり、弗素ガスによる環境汚染問題は解決され、第二電解工場の増設も可能となる。

## (2) 澀青烟（ピッチヒューム）対策

対外的な影響がないためか、今回の調査では工場側から環境問題の重要項目の一つとして特に説明がなかった。しかし、現在の電解工場内の作業環境は非常に悪く、労働者の健康に対する影響は無視できない状態である。

当面は現在の炉形式のままでも改善は必要であり、その努力は行うべきであるが、この問題はゼーダーベルグ方式の宿命であり、本質的な対策はPB炉転換によるべきことは前に述べた通りである。

### 3.2.2 生産効率の改善

電解工場における生産効率は電力原単位に代表される。1984～86年度に第一電解工場で生産されたアルミニウムの工場原価の内、電力費の占める割合は36%に達している。電解用電力の単価は0.05元/kWhで、一般電力に比べてかなり割安にもかかわらず、このように原価に占める割合が大きく、しかもその消費量は操業の状況を直ちに反映する典型的な変動要素である。

1984～86年度の電力原単位の平均値17,300 kWh/tは、この工場の設備条件を考慮しても相当に悪い値であり、少なくとも16,000 kWh/t程度水準までには操業管理を強化して引き上げられる可能性はある。

しかし、電気料金は年とともに高くなることを予想しなければならないので、原単位の目標値を14,000 kWh/t以下とすることは妥当であり、PB炉転換によらなければこの目標の達成は困難である。

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、製品の純度の向上など、付随して操業成績全般が改善される効果がある。

特に原価の改善に寄与すると予想されるのは炉の寿命の延長であり、現在1,000日に達していない平均炉令は少なくとも50%程度は延長されることが期待できるので、現在修繕費のうち築炉費を含む大修理費はかなりの削減が予想される。

### 3.2.3 増産目標の達成度

本計画の前提として、既設の電解工場建屋を改造又は撤去しないでそのまま転用することとしているのは、建設費の節減と工期の短縮の観点から当然の条件である。

PB炉転換第二案では、既設VS炉168炉と同じスペースに116炉設置可能であり、設計指標としての生産能力は46,100トンとなり、現在の生産量を31,000トンとして、目標とする1万トン増産を上回る15,000トンの増産が可能となる。

しかし、計画上の生産能力は、実際にその設備能力を発揮させる操業技術の裏付けがなければ実績が挙らない。この点第二案は、第二電解工場で既に経験を重ねているので、計画数値を達成できる確率はかなり高いといえる。

### 3.2.4 労働生産性の向上改善

元来、PB炉転換第二案に採用されている電解炉の設計思想は、環境改善と省力化を第一の目的としている。この結果、計画上の電解工場の人員は8万トン規模で築炉作業部門を含めて課長以下116人となっている。従って、4万トン規模で築炉部門を除くと90人となる。但し、この定員の算定は日本に於ける労働条件をベースにしており、この値を現状でそのまま貴州工場に適用することは問題があると思われるので、第二電解工場の実績を勘案して電解工場（車間）の定員は180人とする。この値を基準にして直接人工を比較すると表 3.2.4-1の通りとなる。

表 3.2.4-1 近代化計画実施前後の労働生産性の比較

	現状のVS炉	PB炉転換後
電解車間定員	556人	180人
年間溶湯生産量	30,100トン	44,500トン
労働生産性	54トン/人・年	247トン/人・年
労働生産性比率	1.0	4.6

1986年の実績では福利厚生費を含む直接労務費は28円で（表 3.2.4-2 参照）、製品の原価に占める割合は 1.0%と小さく、労働生産性が大幅に向上しても原価に対する寄与率は少ない。

しかし、国際的な水準から見れば、現在の第一電解工場の労働生産性は過大であり、将来の賃金水準の向上を考慮すれば、間接費に含まれる人件費とともに労働生産性を国際的水準に近づける努力をしなければならないであろう。

表 3.2.4-2 第一電解工場 '84~'86年原価表

年 原価項目	原価 単 位	原 価 構 成		
		1984	1985	1986
1. 原 料				
アルミナ	元	775.80	777.08	809.72
氷晶石	元	42.22	38.46	116.40
フッ化アルミ	元	62.98	55.02	49.02
陽極カーボン	元	178.36	208.32	231.05
フッ化マグネシウム	元	1.69	4.70	5.41
炭酸リチウム	元			-1.34
2. 燃料および動力				
直流電気	元	932.23	839.52	839.06
3. 工 費	元	24.35	22.36	25.04
4. 福利厚生費	元	2.45	2.16	2.60
5. 補修経費	元	244.53	262.40	351.21
6. 分工場管理費	元	54.91	86.57	123.74
7. 総工場管理費	元	24.25	26.02	25.21
合 計	元	2,343.77	2,322.61	2,577.12

### 3.3 近代化計画の経済評価

#### 3.3.1 経済評価の前提

##### (1) 設備・工事費

今回の近代化計画の内容は、アルミニウム製錬工場の主要工程を網羅している  
ので、対象となる設備・機器は広範囲にわたっている。その中には中国国内での  
調達明らかに困難なものもあるが、多くの設備・機器は国産が可能と思われる。

しかし、どこまでの設備・機器を輸入するかは、この計画の実施時点における  
中国の担当部門の判断によって決定されるであろう。

一方、今回の調査において中国国内の建設資材や工事単価などの資料が入手で  
きななかったので、国内製作設備や工事の価格の算定はできない。従って、経済評  
価に使用する設備価格は、1978年に契約された第二電解工場設備の価格を基  
準にして算定した。当然、中国国内の価格との差はありうるが、その内容につい  
ては実績があるので、中国側で適宜修正して解析が可能であろう。

##### (2) 電気料金・原料価格

一部の数値については、今回の調査資料をそのまま使用したが、大部分は直接  
数値を入手していないので、各種資料から逆算して推定している。

##### (3) 償却・金利など経済計算条件

今回の調査で中国側より提示された数値を使用した。

##### (4) 既設VS炉（縦型炉）改造の経済評価

これまでの検討の結果、今回の近代化4項目の目標を縦型炉の改造によって達  
成することは不可能であり、縦型炉のまま全面的に更新する方法についても目標  
達成の可能性はないとの結論なので、既設の縦型炉改造の経済評価を行うことは



意味がなく割愛する。

### 3.3.2 近代化計画経済評価基礎数値

#### (1) 年間生産量（着工年起算）（表 3.3.2-1）

表 3.3.2-1 年間生産量（着工年起算）

A：第一案による場合

	VS炉（トン）	PB炉（トン）
第1年度	18,930	3,920
第2年度	3,640	24,620
第3年度	0	43,170
第4年度	0	44,500
第5年度	0	43,990
第6年度以降	0	43,090

B：第二案による場合

	VS炉（トン）	PB炉（トン）
第1年度	15,290	0
第2年度	0	18,700
第3年度	0	41,140
第4年度	0	44,890
第5年度	0	43,990
第6年度以降	0	43,090

## (2) 原単位と単価 (表 3.3.2-2)

表 3.3.2-2 原単位と単価

		VS炉		PB炉	
		原単位	単価	原単位	単価
変動要素	アルミナ	1,950kg/トン	450元/トン	1,950kg/トン	450元/トン
	弗化物	55kg/トン	1,900元/トン	20kg/トン	1,900元/トン
	陽極	640kg/トン	360元/トン	450kg/トン	600元/トン
	電解電力	17,200kWH	0.05元/kWH	14,000kWH	0.05元/kWH
	補助動力	100kWH	0.13元/kWH	*1 500kWH	0.13元/kWH
固定要素	直接人員	556人		*2 180人	
	直接人件費		28元/トン		*3 7元/トン
	修繕費		350元/トン		
	管理部門費		150元/トン		*3 110元/トン

\*1 増加しているのは炉ガス処理設備の動力分。

\*2 PB炉転換後の電解直接人工は第二電解工場定員を参考とした。

\*3 これらの値は\*2の人数と増産分でVS炉の実績単価から算定した。

## (3) 設備費 (表 3.3.2-3)

表 3.3.2-3 設備費

	設備費 (千円)	備考
整流・電解設備	7,650,000	
陽極焼成炉設備	2,100,000	* (5,230,000)
その他付帯設備	500,000	
合計	10,250,000	

注：( )内は焼成炉以外の陽極全設備を含めた場合の金額

### 3.3.3 経済計算の基礎

近代化計画として提案した第一案および第二案の比較評価の一助として経済計算を行なった。経済計算を行うに当って1988年コンスタント価格で計算を行ない、製品価格、原材料価格、労務費等の全てについて価格のエスカレーションはないものとして行なった。

経済指標としては、内部収益率（IRR）を計算し、これを基準とした。内部収益率は、建設工事期間の2年間、運転期間の20年間、全体で22年間に対する計算を行なった。

内部収益率は一般に投資に対して、その効果の判定基準として国際機関で広く採用されているものであり、全期間において投資によって発生する利率がいくらになるかを計算し、利率の高いものが採算性が良いと判断される。

内部収益率を求める場合、キャッシュフロー計算はコストより償却費および支払金利は当然のことながら除外されることになる。

内部収益率を計算するために次の如き前提条件を仮定した。

#### (1) 投資金額

投資金額は「3.3.2 (3) 設備費」に示した数値を使用した。

#### (2) 運転資金

一般的には当然のことながら売り掛け金、買い掛け金、在庫、手持ち現金等による運転資金が必要になるが、既設工場でもあり、従来運転資金の継承で新規には必要としないものと仮定した。

#### (3) 償却

償却については既存設備については既に償却済みとして考慮をしていない。新規投資分については全投資、建設完了後20年間に亘り毎年定額償却するものと

した。残存価値は20年後には全て無いものとした。

(4) 自己資金比率

投資にあたっては全額のうち35%を自己資金で行ない、65%を外部借入れとした。支払については常に35%、65%の比率で行なわれるものとする。

(5) 借入れ金利および返済

外部よりの借入れ金については金利3.6%として計算した。返済方法は建設完了後1年間の据置き期間をおいて元金均等で8年間返済とした。金利支払は借入れた年より年末に行なわれるものと仮定した。

(6) 投資金額支払いスケジュール

工事期間は第一案、第二案共に2年間であり、この期間中に全投資金額の1/2の割合いで平均各期中に支払われるものとした。

(7) 税金

製品税 = 販売価格 × 10%

公共事業費 = 製品税 × 5%

教育税 = 製品税 × 1%

従って、税金の総計は販売価格 × 10.6%となり、総売り上げより控除して計算する。

(8) 変動費要素、固定費要素

「3.3.2 (2) 原単位と単価」に示した数値を使用した。

### 3.3.4 経済計算を行なった検討案

近代化計画として提案された第一案について2ケース、第二案について1ケース、合計3ケースについて検討を行なった。

#### (1) 第一案に対して

##### i) ケースA

第一案を採用し、稼働が頭初より順調に行なわれた場合

##### ii) ケースB

第一案を採用した場合には適切な操業条件を見出す必要があり、この条件を見出すための試行錯誤の期間を考慮して、次の様な稼働率を仮定した。

a) 第一年目の運転	50%稼働
b) 第二年目 ”	70% ”
c) 第三年目 ”	90% ”
d) 第四年目 ”	100% ”

#### (2) 第二案に対して

##### ケースC

第一案と同じ生産能力となる炉設備(112炉)の投資を行なった場合

### 3.3.5 経済計算の結果

経済計算の結果を夫々下記の表に示した。

ケースA:	表 3.3.5-1
ケースB:	表 3.3.5-2
ケースC:	表 3.3.5-3

表 3.3.5-1 ケースA 経済計算結果

CASE --- A

内部収益率 24.16%  
投資金額 256250 千円

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
生産量 (PB)	3920	24620	43170	44500	43990	43090	43090	43090	43090	43090
生産原価 (VS)	18930	3640								
生産原価動	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
売上げ (千円)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
売上げ高 (千円)	91400	113040	172680	178000	175960	172360	172360	172360	172360	172360
製品税 (千円)	9688	11982	18304	18868	18552	18270	18270	18270	18270	18270
販売上高	81712	101058	154376	159132	157308	154090	154090	154090	154090	154090
変動費										
アルミナ	20051	24798	37882	39049	38601	37811	37811	37811	37811	37811
炭化物	2127	1316	1640	1691	1672	1637	1637	1637	1637	1637
陽極電力	5420	7486	11656	12015	11877	11634	11634	11634	11634	11634
補助電力	19024	20364	30219	31150	30793	30163	30163	30163	30163	30163
補助電力	501	1648	2806	2893	2859	2801	2801	2801	2801	2801
総変動費	47123	55612	84203	86797	85802	84047	84047	84047	84047	84047
固定費										
直接人件費	843	843	311	311	311	311	311	311	311	311
間接経費	4515	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895
修繕費	10535	9111	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688
保険費	0	256	513	513	513	513	513	513	513	513
償却費	0	0	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813
総固定費	15893	15106	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219
総製造費用	63015	70718	110422	113016	112021	110266	110266	110266	110266	110266
支払利息	1499	4497	5996	5996	5247	4497	3748	2998	2249	1499
利益	17197	25843	37958	40120	40041	39327	40077	40826	41576	42325
投資額	18696	30340	56767	58929	58100	56637	56637	56637	56637	56637
投資金額	128125	128125								
資金繰り	-109429	-97785	56767	58929	58100	56637	56637	56637	56637	56637

(換算レート: 1円=40円)

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360
18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270
154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090
37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811
1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637
11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634
30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163
2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801
84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047
311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311
4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895
7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688
513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513
12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813
26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219
110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266
750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43075	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824
56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637
56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637

表 3.3.5-2 ケースB 経済計算結果

CASE --- B

稼働率 0.5, 0.7, 0.9  
22.18%  
投資金額 256250 千円

年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
生産量 (PB)	1960	17234	38853	44500	43990	43090	43090	43090	43090	43090
生産原価 (VS)	18930	3640	0	0	0	0	0	0	0	0
生産原価 (TON)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
売上高 (千円)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
売上原価 (千円)	83560	83496	155412	178000	175960	172360	172360	172360	172360	172360
製品税 (千円)	8857	8851	16474	18868	18652	18270	18270	18270	18270	18270
純売上高	74703	74645	138938	159132	157308	154090	154090	154090	154090	154090
変動費										
アールミナ	18331	18317	34094	39049	38601	37811	37811	37811	37811	37811
炭化物	2053	1035	1476	1691	1672	1637	1637	1637	1637	1637
陽極電力	4891	5492	10490	12015	11877	11634	11634	11634	11634	11634
電解電力	17652	15194	27197	31150	30793	30163	30163	30163	30163	30163
補助電力	373	1168	2525	2893	2859	2801	2801	2801	2801	2801
総変動費	43300	41206	75783	86797	85802	84047	84047	84047	84047	84047
固定費										
直接人件費	843	843	311	311	311	311	311	311	311	311
間接経費	4515	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895
修繕費	10535	9111	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688
保険費	0	256	513	513	513	513	513	513	513	513
償却費	0	0	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813
総固定費	15893	15106	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219
総製造費用	59192	56311	102001	113016	112021	110266	110266	110266	110266	110266
支払い金利	1499	4497	5996	5996	5247	4497	3748	2998	2249	1499
利益	14011	13837	30941	40120	40041	39327	40077	40826	41576	42325
現金流入	15510	18334	49750	58929	58100	56637	56637	56637	56637	56637
投資金額	128125	128125								
現金減れ	-112615	-109791	49750	58929	58100	56637	56637	56637	56637	56637

(換算レート: 1円=40円)



11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360
18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270
154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090

37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811
1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637
11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634
30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163
2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801
84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047

311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311
4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895
7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688
513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513
12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813
26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219
110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266
750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43075	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824
56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637
56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637

表 3.3.5-3 ケースC 経済計算結果

CASE --- C	内部収益率 21.82%									
	投資金額 256250 千円									
年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
生産量 (PB)	15290	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生産量 (VS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
在庫量 (千円)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
売上高 (千円)	61160	74800	164560	179560	175960	172360	172360	172360	172360	172360
製品税 (千円)	6483	7929	17443	19033	18652	18270	18270	18270	18270	18270
販売上高	54677	66871	147117	160527	157308	154090	154090	154090	154090	154090
変動費										
燃料	13417	16409	36100	39391	38601	37811	37811	37811	37811	37811
炭化物	1598	711	1563	1706	1672	1637	1637	1637	1637	1637
陽極	3523	5049	11108	12120	11877	11634	11634	11634	11634	11634
電解電力	13149	13090	28798	31423	30793	30163	30163	30163	30163	30163
補助電力	199	1216	2674	2918	2859	2801	2801	2801	2801	2801
総変動費	31886	36474	80244	87558	85802	84047	84047	84047	84047	84047
固定費										
直接人件費	843	311	311	311	311	311	311	311	311	311
間接経費	4515	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895
修繕費	10535	3844	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688
保険	0	256	513	513	513	513	513	513	513	513
償却費	0	0	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813
総固定費	15893	9306	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219
総製造費用	47779	45780	106462	113776	112021	110266	110266	110266	110266	110266
支払利息	1499	4497	5996	5996	5247	4497	3748	2998	2249	1499
利益	5399	16594	34658	40754	40041	39327	40077	40826	41576	42325
投資金流入	6898	21091	53467	59563	58100	58637	58637	58637	58637	58637
投資金流出	128125	128125								
資金流	-121227	-107034	53467	59563	58100	58637	58637	58637	58637	58637

(換算レート: 1円=40円)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090	43090
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360	172360
18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270	18270
154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090	154090
37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811	37811
1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637	1637
11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634	11634
30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163	30163
2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801	2801
84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047	84047
311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311
4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895	4895
7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688	7688
513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513
12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813	12813
26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219	26219
110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266	110266
750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43075	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824	43824
56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637
56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637	56637

### 3.4 近代化計画実施スケジュール

#### 3.4.1 近代化スケジュール作成の前提条件

(1) 本調査実施時に作成された覚書（添附資料A-1-1）に添附された工程表に基づいて、近代化工事に要する期間を2年間、又、1990年中に半数の新電解炉が稼働することを前提条件として作成した。

#### (2) 実施計画、総予算案の作成スケジュール

1988年6月末迄に中国側にて

- 1) 近代化実施計画の作成
- 2) 総予算の作成
- 3) 関連する監督官庁への申請、承認、許可の取得
- 4) その他

の各項を実施完了する。

#### 3.4.2 建設実施スケジュール

(1) 近代化計画第一案に対して（表 2.5.1-3 参照）

##### 1) 炉体、母線等の撤去工事

第一区	1989年	1月～1989年	2月
第二区	1989年	7月～1989年	8月
第三区	1990年	1月～1990年	2月
第四区	1990年	7月～1990年	8月

2) 土建工事

第一区	1989年 2月~1989年 3月
	1989年 5月~1989年 6月
第二区	1989年 8月~1989年 9月
	1989年11月~1989年12月
第三区	1990年 2月~1990年 3月
	1990年 5月~1990年 6月
第四区	1990年 9月~1990年10月
	1990年11月~1990年12月

3) 母線、下部槽等の据付工事

第一区	1989年 3月~1989年 6月
第二区	1989年 8月~1990年12月
第三区	1990年 2月~1990年 6月
第四区	1990年 8月~1990年12月

4) 起動準備および新炉稼動

	<u>起 動 準 備</u>	<u>稼 動</u>
第一区	1989年 6月~1989年 7月中旬	1989年 7月中旬以降 (44炉)
第二区	1989年12月中旬~1990年 1月中旬	1990年 1月中旬以降 (40炉)
第三区	1990年 6月中旬~1990年 7月中旬	1990年 7月中旬以降 (44炉)
	(1990年中に 128炉稼動となる)	
第四区	1990年12月中旬~1991年 1月中旬	1991年 1月中旬以降 (40炉)
	(1991年 3月以降全炉 168炉稼動となる)	

(2) 近代化計画第二案に対して（表 2.5.1-4 参照）

1) 炉体・母線等の撤去工事

第一棟 1989年 1月～1989年 4月末

第二棟 1990年 1月～1990年 4月末

2) 土建工事

第一棟 1989年 3月～1989年 6月末

第二棟 1990年 3月～1990年 6月末

3) 母線、下部槽等の据付工事

第一棟 1989年 7月～1989年12月末

第二棟 1990年 7月～1990年12月末

4) 起動準備および新炉稼動

	<u>起 動 準 備</u>	<u>稼 動</u>
第一棟	1989年11月～1989年12月 (1990年中に56炉稼動となる)	1990年 1月以降 (56炉)
第二棟	1990年11月～1990年12月	1991年 1月以降 (56炉) (1991年 3月以降に全炉 112炉稼動となる)

### 3.5 近代化計画実施上の留意点

- (1) 1990年中に半数の新電解炉を稼働させて効果を確認するためには、旧電解炉の解体工事開始から稼働迄、第一案では約16ヶ月、第二案では14ヶ月を要し、工事準備期間を含むと略24ヶ月の工期を必要とすると考えられる。従って、解体工事の開始は遅くとも1989年の初頭に開始されなければ、第7次5ヶ年計画期間中に目標を達成することは困難となる恐れがあるので、中国側における近代化計画の実施計画の作成、予算の作成、監督官庁の申請等の準備は1988年5月末迄には完了することが必要である。このためには、本プロジェクトの強力な推進のための組織体制を明確にして近代化計画を着実に遂行すべきである。
- (2) 本報告書に記述した近代化に必要とされる設備、機器の多くは、中国国産が可能と考えられるが、明らかに輸入を必要とするものもあり、この計画実施時点において中国側によって早期に判断されたい。又、設備費用については今回の調査において工事単価の資料が入手できず、1978年当時の設備価格を基準として算定しているので、近代化計画の予算としてはあくまでも参考として、中国側で計画実施の時点で修正していただきたい。
- (3) スケジュールについては、中国側より提示された1990年中に半数の炉の稼働が出来ることを前提として作成されたものであり、生産指示、その他外部の条件によりどのような位置づけにするのが最良か、本報告書のスケジュールを参考として十分に検討のうえ、最適なスケジュールを作成することが必要である。しかし、基本設計から完成迄の必要期間を考慮すると、余裕のないスケジュールとなることが予想される。
- (4) 近代化計画といえば、設備を最新式のものに取りかえればそれだけで目標が達成されると思われがちであるが、実際には新鋭設備に伴う管理面、運転面での改善が

なされなければ、所期の目的は達成されるものではない。本調査の結果においても、電解炉の操業成績について大巾な改造をせず、操業管理を徹底させることによって10%の操業成績向上が計れることは不可能でないと指摘した。又、陽極ケーシングの寿命についても、本来数十年の使用寿命が2～3年で新品と交換されている事実についても、設備条件によるものとは考えられないことから、操業管理と設備保全体制の確立と強化が新設備の導入によって、効果をより一層上げるための必要条件となる。又、操業基準、作業基準の定期的な見直しにより、適切な操業条件を維持して行く努力も欠かせぬものである。更に、操業、技術両面の管理体制を早期に近代化するため、従業員教育も併せて実施することが必要である。



### 3.6 近代化計画の結論

貴州第一電解工場の近代化計画は次の4つの項目を目標としている。

- i) 環境問題改善
- ii) 生産効率改善
- iii) 年間1万トン増産
- iv) 労働生産性向上

この目標を実現できる実施案とその効果は以下の通りである。

#### (1) プリベーク炉への転換

現有の縦型ゼーダーベルグ炉の設備を大幅に改善しても、全ての目標について改善を期待することは困難である。

特に、第一目標である環境問題は、貴州工場として既に新鋭の第二電解工場稼働しており、更に今後も増設が予定されているにもかかわらず、第一電解工場から排出される弗素ガスを現状のまま放置しておけば、貴州工場全体の存続にもかかわる問題となるので、全てに優先して解決されなければならない。

この解決のため、現有縦型炉を改善しようとするれば、全面的な設備の変更と追加が必要であり、しかもその改善効果については、確実な期待は持てない。その他の目標についても達成の可能性はない。

従って、プリベーク炉への転換が近代化の目的達成に対する唯一の選択である。

#### (2) プリベーク炉形式の選択

第一案は土建工事の範囲が少ないため、転換工事期間中の減産を最小に止めることが可能となる。このため収益率は第二案より高くなっている。但し、第二案では、第一案と同じスペースに炉を配置すると年間1,500トンの増産となり、実施案はこ

の炉数が採用されると思われるので、この場合の収益率は多少改善される。

このように、収益率に差があったとしても、第二案を採用することを提案したい。その理由は、変動費を左右する操業成績、特に電力原単位を目標値に到達させる技術条件が既に第二電解工場で明確にされており、操業管理体制もできあがっているので、目標達成の可能性が非常に高いことにある。

電解炉の成績を設計指標に到達させるためには、最適の操業条件の把握と、その操業条件を安定して維持させる強力な操業管理体制が必要なことは、第二電解工場ですでに実証されている。第二案はこの点で最もリスクの少ないものである。

### (3) 操業管理体制の確立

転換後の操業体制を早期に確立するため、第二電解工場の経験を十分に活用して、第一電解工場の技術者と現業員の訓練計画をたて、実習によって新しい操業管理方式を確実に習得させることが必要である。

特に定員については、過剰な人員を抱えている現状に引きずられて、余分な人員を残したままとしておくのは、新しい管理システムが本来の機能を発揮できなくなる恐れがあるので、十分に考慮する必要がある。

この他、第一電解工場として焼成炉以外の陽極製造設備を別個に持つ案については、生産規模が小さいので、陽極コストの固定費が高くなるので避けるべきである。

### (4) 転換後の効果

i) 弗素の排出量を  $1.0\text{kg/t-AQ}$  以下に抑えることは可能であり、今後の増産計画を進めることができる。

ii) 電力原単位を現状より  $3,000\text{kWh/t-AQ}$  以上向上させることが期待できる。

その他の原単位についても改善され、製品の純度も向上するので、転換工事の費用を負担しても長期的に見れば生産コストの引下げも期待できる。

iii) 現在の生産量に対して年間15,000トンの増産が可能となる。

iv) 電解工場の労働生産性は4.6倍以上に引き上げられる。

JICA

