

第4章 近代化計画としてのプリベーク炉転換方案の 効果と経済評価

第4章 近代化計画としてのプリベーク炉転換方案の効果と経済評価

近代化計画としてPB炉に転換する方法を取上げた場合、電解炉と陽極設備について各々独立して以下に上げる二つの選択枝があることを前章に於いて説明した。

電解炉形式

- (1) 第一案 既設炉配列を変更せずPB炉に置き換える。
- (2) 第二案 建屋のみ転用して第二電解工場と同じ炉とする。

陽極製造設備

- (1) 工場原案 PB陽極製造全工程の設備を新設する。
- (2) 調査団提案 PB陽極焼成炉だけを新設する。

これらの方式についてここで総括的に比較した上で、最終的に現有のVS炉をPB炉に転換する近代化計画についての評価を行う。

4.1 電解炉形式2案の比較

4.1.1 技術条件

第一案、第二案の技術条件を表 4.1.1-1 に示す。

表 4.1.1-1 第一案、第二案の技術条件

| 条 件 | 第 一 案 | 第 二 案 |
|---------------|--|----------------------------------|
| 操 業 方 式 | 電算機制御による中央自動処理方式 | 第一案に同じ |
| 電 流 容 量 ・ 炉 数 | 107KA × 168炉 | 160KA × 112 (116)炉 |
| 炉 配 列 | END TO END | SIDE BY SIDE |
| 設 備 設 計 技 術 | アルミナ供給方法と母線の配列は設計変更し、その他の部分は第二電解工場図面を一部修正する。 | 第二電解工場設計図による。但し、アルミナ供給方法は設計変更する。 |
| 操 業 技 術 | 操業基準の見直しが必要。 | 第二電解工場基準による。 |
| 転換後年間生産量 | 43,700トン/年 | 43,700 (45,200) トン/年 |
| 転換期間中生産量 | 71,800トン/ 2.5年 | 52,700トン/ 2.5年 |
| 転換期間の減産量 | 4,650トン/ 2.5年 | 23,750トン/ 2.5年 |

4.1.2 設備費

第一案、第二案の設備費（整流設備を含む）の比較を表 4.1.2-1 に示す。

表 4.1.2-1 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 |

4.1.3 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。

4.1.4 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。

4.2 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。

4.2.1 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バルグ炉で通常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2章 2.6.5項に記載された通りで、第一電解工場では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) 瀝青煙（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。

4.2.2 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17,300kWh/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16,000kWh/t程度の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14,000kWh/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。

4.2.3 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。

4.2.4 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 4.2.4-1の通りとなる。

表 4.2.4-1 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 |
|---------|----------|-----------|
| 電解車固定員 | 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 4.2.4-2 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な水準に近づける努力はしなければならないであろう。

表 4.2.4-2 第一電解工場 '84~'86年原価表

| 原 価 項 目 | 原 価 年 単 位 | 原 価 構 成 | | |
|------------|--------------------|----------|----------|----------|
| | | 1984 | 1985 | 1986 |
| 1. 原 料 | | | | |
| アルミナ | 元 | 775.80 | 777.08 | 809.72 |
| 水晶石 | 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 |

4.3 近代化計画の経済評価

4.3.1 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

今回の調査で作成された覚書の添付資料（添付資料A-1-1）の数値を使用
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。

4.3.2 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 4.3.2-1）

表 4.3.2-1 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 4.3.2-2)

表 4.3.2-2 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 4.3.2-3)

表 4.3.2-3 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

4.3.3 経済計算の基礎

近代化計画とし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年間に対しての計算を行なった。

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「4.3.2 (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年間の据置き期間において元金均等で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

「4.3.2 (2) 原単位と単価」に示した数値を使用した。

4.3.4 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

4.3.5 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 4.3.5-1 |
| ケースB: | 表 4.3.5-2 |
| ケースC: | 表 4.3.5-3 |

表 4.3.5-1 ケースA 経済計算結果

| 年度 | 内部収益率 24.16% | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 投資金額 | 3920 | 24620 | 43170 | 44500 | 43990 | 43090 | 43090 | 43090 | 43090 | 43090 |
| 生産量 (PB) | 18930 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 生産量 (VS) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 生産量 (TON) | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 生産量 (千円) | 91400 | 113040 | 172680 | 178000 | 175960 | 172360 | 172360 | 172360 | 172360 | 172360 |
| 生産量 (高) | 9688 | 11382 | 18304 | 18868 | 18652 | 18270 | 18270 | 18270 | 18270 | 18270 |
| 生産量 (千円) | 81712 | 101058 | 154376 | 159132 | 157308 | 154090 | 154090 | 154090 | 154090 | 154090 |
| 純売上高 | | | | | | | | | | |
| 変動費 | | | | | | | | | | |
| アルミ | 20051 | 24798 | 37882 | 39049 | 38601 | 37811 | 37811 | 37811 | 37811 | 37811 |
| 炭化物 | 1316 | 1640 | 1640 | 1691 | 1672 | 1637 | 1637 | 1637 | 1637 | 1637 |
| 陽極 | 5420 | 7486 | 11656 | 12015 | 11877 | 11634 | 11634 | 11634 | 11634 | 11634 |
| 電解電力 | 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 | 10635 | 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 |
| 資金流入 | 18696 | 30340 | 56767 | 58929 | 58100 | 56637 | 56637 | 56637 | 56637 | 56637 |
| 投資金額 | 128125 | 128125 | | | | | | | | |
| 資金流れ | -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 4.3.5-2 ケースB 経済計算結果

| 年度 | 稼働率 0.5, 0.7, 0.9 22.18% 256250 千円 | | | | | | | | | |
|----------|--|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 内部取捨差 | | | | | | | | | | |
| 投資金額 | 1960 | 17234 | 38853 | 44500 | 43990 | 43090 | 43090 | 43090 | 43090 | 43090 |
| 生産量 (PB) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 生産量 (VS) | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 在庫 | 83560 | 83496 | 155412 | 178000 | 175960 | 172360 | 172360 | 172360 | 172360 | 172360 |
| 売上高 | 8857 | 8851 | 16474 | 18868 | 18652 | 18270 | 18270 | 18270 | 18270 | 18270 |
| 売上税 | 74703 | 74645 | 138938 | 159132 | 157308 | 154090 | 154090 | 154090 | 154090 | 154090 |
| 変動費 | | | | | | | | | | |
| アルミナ | 18331 | 18317 | 34094 | 39049 | 38601 | 37811 | 37811 | 37811 | 37811 | 37811 |
| 炭化剤 | 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 | 31160 | 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 |
| 燃料費 | 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 | 110256 | 110266 | 110266 | 110266 | 110266 |
| 総支払金 | 1499 | 4497 | 5996 | 5996 | 5247 | 4497 | 3748 | 2998 | 2249 | 1499 |
| 利益 | 14011 | 13837 | 30941 | 40120 | 40041 | 39327 | 40077 | 40826 | 41576 | 42325 |
| 資金流入 | 15510 | 18934 | 49750 | 58929 | 58100 | 56637 | 56637 | 56637 | 56637 | 56637 |
| 投資金額 | 128125 | 128125 | | | | | | | | |
| 資金流出 | -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 | 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 |

表 4.3.5-3 ケースC 経済計算結果

| 年 度 | 年 度 | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 内部収益率 | 21.82% | | | | | | | | | |
| 投資金額 | 256250 千円 | | | | | | | | | |
| 生産量 (PB) | 15290 | 18700 | 41140 | 44890 | 43990 | 43090 | 43090 | 43090 | 43090 | 43090 |
| 生産量 (VS) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 生産量 (TON) | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 生産量 (千円) | 61160 | 74800 | 164560 | 179560 | 175990 | 172360 | 172360 | 172360 | 172360 | 172360 |
| 販売価格 | 6483 | 7929 | 17443 | 19033 | 18552 | 18270 | 18270 | 18270 | 18270 | 18270 |
| 販売価格 (千円) | 54677 | 66871 | 147117 | 160527 | 157308 | 154090 | 154090 | 154090 | 154090 | 154090 |
| 変動費 | 13417 | 16409 | 36100 | 39391 | 38601 | 37811 | 37811 | 37811 | 37811 | 37811 |
| 燃料費 | 1598 | 711 | 1563 | 1706 | 1672 | 1637 | 1637 | 1637 | 1637 | 1637 |
| 炭化油 | 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 | 843 | 311 | 311 | 311 | 311 | 311 | 311 | 311 | 311 | 311 |
| 直接人件費 | 4515 | 4895 | 4895 | 4895 | 4895 | 4895 | 4895 | 4895 | 4895 | 4895 |
| 間接人件費 | 10535 | 3844 | 7688 | 7688 | 7688 | 7688 | 7688 | 7688 | 7688 | 7688 |
| 燃料費 | 0 | 256 | 513 | 513 | 513 | 513 | 513 | 513 | 513 | 513 |
| 保険費 | 0 | 0 | 12813 | 12813 | 12813 | 12813 | 12813 | 12813 | 12813 | 12813 |
| 償却費 | 15893 | 9306 | 26219 | 26219 | 26219 | 26219 | 26219 | 26219 | 26219 | 26219 |
| 総固定費 | 47779 | 45780 | 106462 | 113776 | 112021 | 110266 | 110266 | 110266 | 110266 | 110266 |
| 総製造費用 | 1499 | 4497 | 5996 | 5996 | 5247 | 4497 | 3748 | 2998 | 2249 | 1499 |
| 支払利息 | 5399 | 16594 | 34658 | 40754 | 40041 | 39327 | 40077 | 40826 | 41576 | 42325 |
| 利益 | 6898 | 21091 | 53467 | 59563 | 58100 | 56637 | 56637 | 56637 | 56637 | 56637 |
| 資金繰入 | 128125 | 128125 | 128125 | 128125 | 128125 | 128125 | 128125 | 128125 | 128125 | 128125 |
| 投資金額 | -121227 | -107034 | 53467 | 59563 | 58100 | 56637 | 56637 | 56637 | 56637 | 56637 |
| 資金繰れ | | | | | | | | | | |

(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 |

4.4 近代化計画実施スケジュール

4.4.1 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動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。

4.4.2 建設実施スケジュール

(1) 近代化計画第一案に対して（表 3.5.1-3 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) 土工工事

| | |
|-----|-------------------|
| 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 3.5.1-4 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) |

4.5 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ヶ月を費し、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) 近代化計画といえは、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。

4.6 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) プリバーク炉への転換

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が稼動しており、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、プリバ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) プリバーク炉形式の選択

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第一案に比べ年間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、第二電解工場で既実証されている。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 1.0kg/t-AQ 以下に押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。

添付資料 A-1

中華人民共和国工場近代化計画本格調査（現地調査）
プログレスレポート

第 1 章 序 文

日本国政府は中華人民共和国政府の提案に基づき、工場（貴州アルミニウム工場第一電解工場）近代化計画事前調査を実施し、1986年11月11日、本格調査の内容、範囲および調査日程並びに協力を進めるに当って、両国政府がとるべき措置等の詳細について、中華人民共和国国家経済委員会と実施細則を合意した。

国際協力事業団は同実施細則に基づき、1987年2月12日より3月4日まで、現地調査を実施した。

本プロGRESSレポートは調査団の診断結果並びに、貴州アルミニウム工場関係者との討議により、当工場の近代化に際し、工場の現状、近代化計画基本方針、近代化計画の内容、実施スケジュール、近代化実施に要する所要資金、経済評価の前提条件などの基本的事項につき合意し、引き続き行なわれる調査団の国内作業の内容を明らかにするものである。

第2章 現地調査の範囲と内容

2.1 工場調査の範囲と内容

2月16日より3月3日迄に行なった工場調査の範囲・内容は以下の通りである。

(1) 工場概要調査

- 1) 敷地、建物
- 2) 製品、生産
- 3) 製造設備
- 4) 組織および人員

(2) 生産工程調査

- 1) 整流工程
 - i) 受変電設備
 - ii) 整流設備
- 2) 電解工程
 - i) 電解炉
 - ii) 操業設備
 - iii) 炉ガス捕集設備
- 3) 陽極製造工程
 - i) コークス粉碎、分級設備
 - ii) ピッチ溶融設備
 - iii) 計量設備
 - iv) 混捏設備

(3) 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

(4) 中国側の工場近代化計画に対する考え方の聴取

- 1) 近代化に対する基本方針
- 2) 近代化実施スケジュール
- 3) 近代化に要する所要資金、近代化対策案の経済評価に対する考え方

2.2 工場調査における出席者

(1) 調査団

| <u>氏 名</u> | <u>作 業 分 担</u> |
|------------|-------------------|
| 山 本 昭 治 | 団 長 ・ 総 括 |
| 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 築、コ ス ト |

(2) 中国側関係者

| 所 属 | 氏 名 | 役 職 |
|---------------------|-------|-------------------|
| 国 家 経 済 委 員 会 | 節 光 中 | 企業技術改造診断弁公室主任 |
| | 朱 燮 | ” 副主任 |
| | 姜 徳 群 | ” 副処長 |
| | 彭 家 文 | 重工局処長、工程師 |
| | 姜 李 炎 | 進出口局、總工程師 |
| | 柳 曉 昂 | ” 、副總工程師 |
| | 許 同 茂 | 外事局、亞州処副処長 |
| 貴 州 省 経 済 委 員 会 | 劉 懷 賓 | 副主任 |
| | 張 錦 文 | 總工程師 |
| | 李 璞 | 進出口局処長 |
| 中国有色金属工場總公司 | 許 志 柱 | 処長、生産部總工程師 |
| 中国有色金属工場總公司 貴陽公司 | 潘 学 荣 | 經理、管理局局長 |
| | 杜 經 緯 | 計画処主任、經濟師 |
| | 孫 生 軍 | 貴陽公司付經理、貴州アルミ總工場長 |
| 貴州アルミニウム工場 | 王 倫 旨 | 副總工場長 |
| | 劉 治 平 | 副總工場長 |
| | 王 立 若 | 總工程師、高級工程師 |
| | 郭 錫 賢 | 第一電解工場工場長 |
| | 関 広 河 | ” 副工場長 |

| 所 属 | 氏 名 | 役 職 |
|-----------------------|------------|---------------|
| 貴州アルミニウム工場 | 金 建 喜 | 総工程師、基本設計副工場長 |
| | 張 志 | 第一電解工場副工場長 |
| | 鄭 淑 珍 | 工程師（科長） |
| | 呂 成 甫 | ” （科長） |
| | 申 国 志 | ” （科長） |
| 貴州アルミニウム 設計研究院 | 楊 智 敏 | 副院長 |
| | 王 存 良 | 院長辦公室副主任 |
| | 王 基 | 工程設計經理 |
| | 劉 希 岐 | 主任工程師、工程設計經理 |
| 中国有色金屬工場總公司 第七建設公司 | 趙 景 洲 | 副經理、工程師 |
| | 吳 一 貫 | ” |
| | 潘 長 久 | ” |
| | 劉 介 社 | 總工程師 |
| | 潘 寿 松 | 副總經濟師 |
| | 馮 德 金 | 電氣工程師 |
| | 貴州アルミニウム工場 | 張 懷 真 |
| | 史 媿 媿 | ” ” 通 訊 |
| | 楊 彬 | ” ” ” |
| | 何 柳 | ” ” ” |

(3) 日本側関係者

| <u>所 属</u> | <u>氏 名</u> | <u>役 職</u> |
|------------|------------|------------|
| JICA北京事務所 | 八 島 継 男 | 所 長 |
| | 木 村 信 雄 | 副 所 長 |
| 在中国日本大使館 | 染 川 弘 文 | 一 等 書 記 官 |

第3章 近代化計画の基本方針

(1) 近代化による改善目標

中国側の工場近代化による基本的改善目標は次の通りである。

1) 環境問題を解決する。

現在同工場は全弗素量として約 600トン/年排出しているが、貴陽市環境局より 300トン/年以下に抑えるよう指示されている。近代化によって、炉ガス回収、ガス洗浄問題を解決し、国家環境保護規準以内に抑制し、環境改善を果たしたい。

2) 電力消費量の低減と各種技術指標を改善する。

現在同工場のアルミニウム製錬に要する電力消費量は 17,000KWH/AQ-tonであり、工場近代化によって、14,000KWH/AQ-ton以下を達成したい。

その他各種の技術指標を併せて改善したい。

3) 年産1万トンの増産を行う。

近代化計画の実施によって、現状の3万トン/年を4万トン/年に増産する。

4) 労働生産性を向上させる。

同工場は20年間の稼働により、生産設備の老朽化と労働生産性の低下を来しているため、設備の近代化によって労働生産性を改善したい。

(2) 近代化のための実施条件

- 1) 同工場の現状を充分調査し、建屋などの既存設備は充分利用し、製造設備は更新
或いは改造する方向で実施案を策定する。

- 2) 電解工場、陽極ペースト生産システムの改造期間中に減産量を最小限とする様なスケジュールとする。
- 3) 改造に必要な経費、技術レベル、既存設備の利用とのかねあい等の条件でゆるされるならば、現在の豎型セーダーベルグ炉より電流効率の良いプリバーク炉への転換方案を検討する。

第4章 近代化計画の具体的検討内容

『第3章 近代化計画の基本方針』に基づいて、以下の如く具体的検討を行うこととする。

(1) 現行の縦型自焼成式電解炉（以下縦型炉と呼ぶ）を改造する方案。

1) 上部構造／下部槽／築炉構造／母線を設計変更して炉設備は効率改善のため更新し、炉ガス吸引・洗浄設備は、電解炉上部構造の更新に伴って新しく設置するが、煙突は既設のものを使用する。

2) 電流値は現在の炉配列、および建屋／炉基礎／作業床などを変更しない範囲で増流の可能性を検討する。又、炉数は増設の余地がないので現状のままとする。

3) 整流設備は検討後の電解炉の電流容量に合わせて補強、又は更新する。

4) 操業機器は現在の設備機能で満足されると思われるが、現設備は老朽化して予備品も供給されない状態のため設備保守が困難であり、電解炉の安定操業に支障を来す恐れがあるので更新する。

5) 陽極ペースト製造設備では、混捏機の機能が不足であり、これを他の実績のある機種、例えばスイス国ブス社の製品である"KO-KNEADER K-400E"に変更する必要がある。

又、陽極ペーストの品質を縦型炉用に適合したものに改善するためには、ピッチは溶融してから捏合する工程を採用することが好ましい。

以上の点を考慮して現在の縦型炉の改善方式を検討する。

(2) プリベーク炉に転換する方案

前項の方式により現在の縦型炉の改善は設備的には可能であるが、工場周辺に敷地の余裕がないので増炉は困難であり、一方大幅な増流も可能性が薄いので1万トンの増産は期待できない。又、新しい設備に適合した操業技術が短期間に確率される保証はなく、更に縦型炉に適合した陽極原料が入手できなければ、新設備でも効率の高い操業を維持することは困難となる。もし、安定操業の実現が遅れた場合は4項目の近代化改善目標は全て達成不可能となる恐れがある。この観点からプリベーク炉に転換することを同時に検討する必要があるので、その条件を以下の通りとする。

- 1) 第一電解工場が独自の陽極製造設備を持たず、第二炭素工場から供給を受ける方法が最も効率的で建設費用も節減可能となる。

この観点から検討する案の条件は以下の通りとする。

- i) 現在承認されている第二炭素工場の増設工事が完了すれば、成型生陽極については第一電解工場の使用量も含めて供給可能と考えられるので増設は行わない。
- ii) 焼成炉とロッディング設備は新たに建設することとし、その設置場所は、焼成炉は現在増設が予定されている焼成炉の南側とするが、既設の陽極ペースト製造工場の北側の場所についても検討することとする。

又、ロッディング設備は既設の陽極ペースト製造工場の北東の場所を予定する。

- 2) 工場側は既設の陽極ペースト製造工場の北、および北東の区画の土地に第二炭素工場から独立して成型からロッディングまでの一貫設備を持つ希望があるので、この案についても検討を行なうこととする。

3) 炉型式の選択にあたっては、改造後の設備が最も効率的なものとするに重点を置いて検討するが、同時に電解工場建屋の他、基礎・作業床など既設構築物は出来るだけ利用するよう考慮する。

4) 受電変圧器と整流器は電解炉の容量に適合する容量の設備に更新する。

以上の点を考慮してプリバーク炉への転換方式を検討する。

第5章 合意内容

国際協力事業団より派遣された調査団は、1987年2月16日より1987年3月3日迄、貴州アルミニウム第一電解工場の調査を行ない、工場側関係者と討議の結果、同工場の近代化計画について前章に述べた内容を含んで、添付資料A-1-1に示す内容について合意した。

調査団は引き続き行なわれる国内作業を合意覚書および本レポートの内容に基づいて行ない、ドラフトファイナルレポートを取りまとめる。

貴州第一電解工場および貴陽鋁美設計院よりの受領資料、図面リスト

| 受領日 | 資料又は図面名称 | 備考 |
|------|------------------------|------------------|
| | 整流所関連図面 | |
| 2/28 | 水銀整流所 平面図 | |
| 2/26 | " 建屋断面図 | |
| " | " FL+ 4m階平面図 | |
| " | " FL+ 8.2m階平面図 | |
| " | " 機器配置断面図 | |
| " | " 電解連絡バス架設図 | |
| " | " 遮断器配置断面図 | |
| " | " 10KV断路器配置断面図 | |
| " | " 10KV変圧器室 2、3階平面機器リスト | |
| " | " 10KV系機器据付図 | |
| 3/ 1 | 10KV系給電系統図 | |
| | 電解建家、基礎関係図面 | |
| 2/26 | 電解工場 平面図 | 事前調査時にも受領 |
| " | " 正面、側面、断面および部分詳細図 | " |
| 2/28 | " 柱基礎配筋図 | |
| " | " 配筋詳細図 | |
| " | " 炉基礎、炉柱基礎平面図および詳細図 | |
| " | " 作業床平面配置および縦置図 | |
| " | " 作業床構造配筋詳細図 | |
| " | " 炉・バス基礎詳細図 | |
| | 電解炉、母線関係図面 | |
| 3/ 1 | 80KA、VS電解炉 築炉図(改) | 事前調査時に受領したもの・改訂図 |
| " | " 下部槽 | " |

| 受領日 | 資料又は図面名称 | 備考 |
|------|----------------------|------------------|
| 3/1 | 80KA、VS電解炉 アノードケーシング | 事前調査時に受領したもの・改訂図 |
| " | " スパイク | |
| " | " スパイクハンガー | |
| " | " ガススカートコーナー用 | |
| " | " ガススカートコーナー補助用 | |
| " | " ガススカート短側用 | |
| " | " ガススカート長側用 | |
| " | " ケーシングジャッキ組立図 | |
| " | " メインビーム | |
| 2/26 | " スパイククランプ組立図 | |
| " | " 陽極バス | |
| " | " 炉柱据付および詳細図 | コンクリート炉柱 |
| " | 電解工場 バス総配置回路図 | |
| " | " 炉回りバス組立図 | |
| " | " 陰極バス組立図 | |
| " | " 陰極フレキ溶接据付図 | |
| " | " 棟間回りバス据付図 | |
| " | " 整流所側端未列間バス | |
| | 操業機器・その他図面 | |
| 2/26 | 10ton スパイクブラー | |
| " | ウォールクレーン平面図 | |
| " | " 側面図 | |
| 3/1 | 上昇用補助ビーム組立図 | |
| 2/26 | 1,600kg真空取鋼組立 | |
| " | 二軸連続ニーダー（1段用） | |
| " | " （2段用） | |

| 受領日 | 資料又は図面名称 | 備考 |
|------|---------------|----|
| 2/28 | 給排水配管系統平面図 | |
| ” | 電解分工場總平面図 | |
| 2/27 | 月額車間経費、大修理費内訳 | |
| 3/ 1 | 主要設備補修基準 | |

貴州アルミニウム第一電解工場近代化に関する覚書。

国際協力事業団により派遣された貴州アルミニウム第一電解工場近代化計画調査団（以下調査団と呼ぶ）は、1986年11月11日北京に於いて国際協力事業団と中国国家経済委員会との間で締結された「中華人民共和国工場（貴州アルミニウム第一電解工場）近代化計画調査実施細則」に基づき、1987年02月13日より同年03月02日まで貴州アルミニウム第一電解工場（以下第一電解工場と呼ぶ）に滞在し調査を実施した。

調査は貴州省経済委員会、有色金属工業総公司貴陽公司、貴州アルミニウム総工場など関係部門の協力と、当事者である第一電解工場の真剣な対応により、友好的な雰囲気の中で順調に行なわれ満足すべき成果を収めた。

調査期間中、本計画を検討するため、中方から必要な資料は可能な限り提供され、これら資料と操業状況を視察した結果によって、現在第一電解工場が抱えている問題について、十分な分析と討議が行なわれた。

調査団は、1986年11月05日から同月09日まで行なわれた事前調査で、日中双方で確認された四項目の目標（①環境問題の解決②電力消費量の低減と技術指標改善③年産1万吨増産④労働生産性向上）と、三項目の条件（①既設設備をできるだけ利用する②工事中の減産を少なくする③条件が許せばブリベーク炉に転換することを考慮する）に従って、今回の調査結果を検討し協議を重ねた結果、中日双方は第一電解工場の近代化計画の基本方針を下記の如く確認した。

記

現在の設備の改善案として下記の2案を基本として検討する。

1. 現行の縦型自焼成式電解炉（以下縦型炉と呼ぶ）を改造する方案。

- (1) 上部構造／下部槽／築炉構造／母線を設計変更して炉設備は効率改善のため更新し、炉ガス吸引・洗浄設備は、電解炉上部構造の更新に伴って新しく設置するが、煙突は既設のものを使用する。
- (2) 電流値は現在の炉配列、及び建屋／炉基礎／作業床などを変更しない範囲で増流の可能性を検討する。また炉数は増設の余地がないので現状のままとする。
- (3) 整流設備は検討後の電解炉の電流容量に合わせて補強、又は更新する。

(4)操業機器は現在の設備機能で満足されると思われるが、現設備は老朽化して予備品も供給されない状態のため設備保守が困難であり、電解炉の安定操業に支障を来す恐れがあるので更新する。

(5)陽極糊製造設備では混捏機の機能が不足であり、これを他の実績のある機種、例えばスイス国ブス社の製品である"KO-KNEADER K-400E"に変更する必要がある。

また、陽極糊の品質を縦型炉用に適合したものに改善するためには、ピッチは熔融してから捏合する工程を採用することが好ましい。

以上の点を考慮して現在の縦型炉の改善方式を検討する。

2. プリベーク炉に転換する方案。

前項の方式により現在の縦型炉の改善は設備的には可能であるが、工場周辺に敷地の余裕がないので増炉は困難であり、一方大幅な増流も可能性が薄いので1万トンの増産は期待できない。また、新しい設備に適合した操業技術が短期間に確立される保証はなく、更に縦型炉に適合した陽極原料が入手できなければ、新設備でも効率の高い操業を維持することは困難となる。もし、安定操業の実現が遅れた場合は4項目の近代化改善目標は全て達成不可能となる恐れがある。この観点からプリベーク炉に転換することを同時に検討する必要があるので、その条件を以下の通りとする。

(1)第一電解工場が独自の陽極製造設備を持たず、第二炭素工場から供給を受ける方法が最も効率的で建設費用も節減可能となる。

この観点から検討する案の条件は以下の通りとする。

①現在承認されている第二炭素工場の増設工事が完了すれば、成型生陽極については第一電解工場の使用量も含めて供給可能と考えられるので増設は行なわない。

②焼成炉とロッキング設備は新たに建設することとし、その設置場所は、焼成炉は現在増設が予定されている焼成炉の南側とするが、既設の陽極糊製造工場の北側の場所についても検討することとする。

また、ロッキング設備は既設の陽極糊製造工場の北東の場所を予定する。

(2)工場側は既設の陽極糊製造工場の北、及び北東の区画の土地に第二炭素工場から独立して成型からロッキングまでの一貫設備を持つ希望があるので、この案についても検討を行なうこととする。

(3) 炉形式の選択にあたっては、改造後の設備が最も効率的なものとするに重点を置いて検討するが、同時に電解工場建屋の他、基礎・作業床など既設構築物は出来るだけ利用するよう考慮する。

(4) 受電変圧器と整流器は電解炉の容量に適合する容量の設備に更新する。

以上の点を考慮してブリベーク炉への転換方式を検討する。

3. 経済性評価の前提条件。

(1) 経済性評価の算定に使用する財務関係の参考数値は添付資料の数値を使用する。

(2) 改造工事費用の算定に使用する資材単価などの参考数値。

各種の資材単価や建設労務費など建設工事費用の算定に必要な中国の国内資料については今回の調査で入手できなかったが、日方要求により経済委員会が担当部門の確認を取り、許可が得られれば本年05月15日までに必要な資料が送付されるものとする。送付方法と送付先は別途協議して決定する。

もし、これら資料が提供されない場合は日本の単価で算定するものとする。

4. 近代化計画の工程。

添付した工程表は、1990年中に少なくとも半数の改造された電解炉が稼動されることを考慮して作成されている。しかし、現時点で推定できない要素もあるので、改造方案の検討の結果によっては一部変更もありうる。

以上。

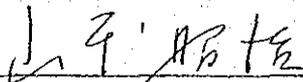
1987年03月02日

日方代表

国際協力事業団調査団長

山本昭治

署名

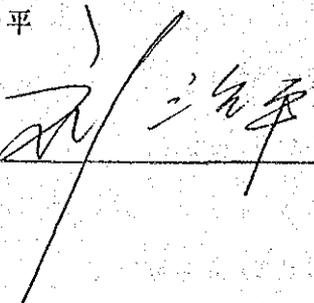


中方代表

貴州アルミニウム工場副工場長

劉治平

署名



添付資料

(1) 経済性評価の算定に使用する財務関係の参考数値。

- ① 資金調達内訳：自己資金は総建設費の35%、借入資金は総建設費の65%とする。
- ② 借入金返済条件：返済猶予期間は1年、以後8年間に元本均等払い。
- ③ 借入金利：3.6%の単利。
- ④ 減価償却率：年間に設備費の5%、即ち20年間均等割り。
- ⑤ 保険：財産保険は0.10～0.13%、変動資産保険は0.10%とする。
- ⑥ 修繕費：固定資産の3%を大修理費とし、その他の修繕費は年間経費として扱う。
- ⑦ 税金：製品税は販売価格の10%とし、これを基準として以下の税金を追加する。

公共事業税は製品税の5%、教育税は製品税の1%とする。

以上。

貴州第一電解工場近代化工程表

| | 1987年 | | | 1988年 | | | 1989年 | | | 1990年 | | | 1991年 | | | | | |
|-------------|---------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|---------|---|---|----------|---|---|--|--|--|
| | 3 | 6 | 9 | 3 | 6 | 9 | 3 | 6 | 9 | 3 | 6 | 9 | 3 | 6 | 9 | | | |
| 1. 実施計画作成 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JICA報告書作成 | [Bar] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 報告書工場説明 | | | | △ | | | | | | | | | | | | | | |
| 報告書検討期間 | [Bar] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最終報告書提出 | | | | △ | | | | | | | | | | | | | | |
| 改善実施計画作成 | | | | [Bar] | | | | | | | | | | | | | | |
| 実施計画/予算承認 | | | | | | | △ | | | | | | | | | | | |
| 2. 改善基本建設工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 初步設計 | | | | [Bar] | | | | | | | | | | | | | | |
| 施工図設計 | | | | [Bar] | | | [Bar] | | | | | | | | | | | |
| 設備調達 | | | | | | | [Bar] | | | [Bar] | | | | | | | | |
| 土木建築工事 | | | | | | | [Bar] | | | [Bar] | | | | | | | | |
| 新設備据付/試運転 | | | | | | | | | | [Bar] | | | | | | | | |
| 電解炉切替工事 | | | | | | | | | | [Bar] | | | [Bar] | | | | | |
| 3. 操業準備 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 操業用原材料調達 | | | | | | | | | | △ | | | | | | | | |
| 操業要員教育訓練 | | | | | | | | | | [Bar] | | | | | | | | |
| 4. 新設備操業 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 陽極設備 | | | | | | | | | | [Bar] → | | | | | | | | |
| 整流所設備 | | | | | | | | | | [Bar] → | | | | | | | | |
| 電解設備 | | | | | | | | | | [Bar] | | | [Bar] | | | | | |
| 炉ガス洗浄設備 | | | | | | | | | | [Bar] → | | | | | | | | |
| 主要事項 | △ | | | △ | | | △ | | | | | | | | | | | |
| | 最終報告書提出 | | | | | | 工事開始 | | | | | | 新電解炉操業開始 | | | | | |

关于贵州铝厂第一电解铝厂 改造的备忘录

由国际协力事业团派遣的贵州铝厂第一电解铝厂现代化计划调查团，（下称调查团），根据中国国家经济委员会与国际协力事业团于1986年11月11日在北京签订的《中华人民共和国工厂（贵州铝厂第一电解铝厂）现代化计划调查实施细则》，1987年2月13日至3月2日在贵州铝厂第一电解铝厂（以下称第一电解铝厂）进行了调查。

调查在贵州省经济委员会、有色金属总公司贵阳公司、贵州铝厂等有关部门的协助下，在当事人第一电解铝厂的认真配合下，在友好的气氛中顺利地进行，取得了圆满的结果。

在调查期间，中方尽可能提供了讨论本计划所需要的资料，根据提供的资料和考察生产状况的结果，对第一电解铝厂现存的问题进行了充分的分析和讨论。

调查团根据1986年11月5日至9日进行的事前调查中，中日双方所确认的四项目标（①解决环保问题；②降低能源消耗、改善技术指标；③每年增产1万吨；④提高劳动生产率。）和三项原则（①尽量利用现有设备；②减少施工中的减产；③如条件许可

则考虑采用预焙槽)，根据这次调查协商结果，中、日双方研究了第一电解铝厂现代化计划的基本方针如下。

作为现有设备的改进方案，就以下二个方案为基础进行研究。

1. 改造现有的上插自焙式电解槽（下称上插槽）的方案。

(1) 变更上部构造、下部槽、筑炉构造、母线的设计，为了提高效率而更新设备。炉气回收，净化设备随着电解槽上部构造的更新而进行重新设置，但仍利用现有的烟囱。

(2) 在不变更现有的槽排列，以及厂房、炉基础、作业地面等的范围内研究增加电流值的可能性。此外，由于已无增加电解槽的余地，故按现有槽数不变。

(3) 整流设备根据研究后的电解槽的电流容量进行增补或更新。

(4) 虽然认为现有操炉机器的设备机能可以满足使用，但现有设备已老化，且处于无法供给备品备件的状态，所以设备维修困难，必然会给电解槽的稳定生产带来障碍，故应进行更新。

(5) 阳极糊制造设备中的混捏机的机能不足，应需更换为其他优秀机种，如瑞士布士公司的“KO-KNEADERK-400E”产品。

此外，为了改善阳极糊的质量使之适用于上插槽，最好采用沥青溶化后进行混捏的工序。

以上诸点，作为研究现有上插槽改造的出发点。

2. 改用预焙槽的方案

按照前项的方式改善现有的上插槽从设备的角度是可能的，但工厂周围的敷地已无余量，增加槽数是困难的。另一方面，大幅度增加电流的可能性也不大。所以，不能实现增产1万吨铝。

此外，在短期内不能确立适合新设备的操作技术的保证，此外，如不能得到适合上插槽的阳极原料，即使是新设备也难以维持高效率的生产。如稳定操炉的状况迟迟不能实现，就不可能完全达到四项现代化改造目标。

从这一观点出发，应需同时对改用预焙槽一事进行研究，其条件如下：

✓(1)第一电解铝厂不单独配备阳极制造设备而采用由第二炭素厂供应的方法最有效率，且可节约建设费用。

基于此观点，讨论案的条件如下：

①现已批审的第二炭素厂扩建工程完工后，即可供应包括第一电解厂需求量的成型生阳极，故无须另做扩建。

②焙烧炉与组装设备应另行建设，焙烧炉用场地选在现定为扩建焙烧炉场地的南侧处，也可考虑在现阳极车间的北侧空地；组装设备考虑设在现阳极糊车间的东北处。

(2)工厂方面希望能在现阳极糊车间的北面及东北面区域内建设与二炭素相独立的包括成型到组装的一套完整设施，故决定对此案

予以研究。

(3)在进行电解槽型方式的选择时，以改造后的设备发挥最大效率为重点，同时考虑尽可能地利用电解车间内基础、工作地面等现有构筑物。

(4)受电变压器和整流器更新为适合电解槽容量的设备。

依据以上诸点，研究改造^成预焙槽的方案。

3.评价经济效率的前提条件。

(1)经济效益评价核算所用财务方面的参考数值使用附件资料中的数值。

(2)改造工程费用的估算所需资料、单价等数值：

对各种资料单价及劳务费用等建设工程费用的估算所需中国的国内资料，在此次调查中未能得到，根据日方要求，由经济委员会取得负责部门的确认，如得到许可，在今年5月15日前将所索资料寄出。寄出方法与寄送地址将另行协议、决定。

如这些资料不能提供时，将以日本的单价予以估算。

4.现代化计划的工程进度

后附工程进度表。以到1990年内至少有半数以上已改造过的电解槽投入使用^{为前提而编制}。但，因目前尚有某些无法予料的因素，故可能因改造方案的最终研究结果而做部分修改。

中方代表

贵州铝厂副厂长刘治平

签名：

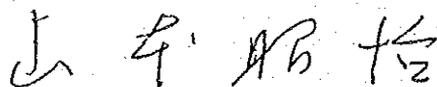


日方代表

国际协力事业团调查团长山本昭治

签名：

一九八七年三月二日



附件资料:

①建设资金的筹集方法: 自有资金为总建设费用的35%, 贷款资金为总建设费用的65%。

②贷款归还条件: 归还缓期一年, 以后8年本息均等支付。

③贷款利息: 3.6%的单利。

④折旧率: 每年设备费的5%, 即20年均等划分。

⑤保险: 财产保险0.10~0.13%, 变动资产保险0.10%。

⑥修缮费: 固定资产的3%为大修费, 其他修缮费作为年度经费支付。

⑦税金: 产品税为销售价格的10%, 以此为基准追加以下税金。

公共事业税为产品税的5%。

教育税为产品税的1%。

添付資料 A-2

貴州アルミニウム工場 第一電解工場電解生産技術操作規定

A-2 貴州アルミ工場 第一電解工場電解生産技術操作規程

1. 原理概要

略

2. 電解炉生産主要技術条件

| | |
|------------|------------|
| 電 流 値 | 78~80kA |
| メタル深さ(汲出後) | 32~36cm |
| バス深さ(汲出前) | 14~17cm |
| バス組成 分子比 | 2~ 2.6 |
| 弗化マグネ | 3~ 5% |
| 弗化カルシウム | 3~ 4% |
| 極 間 | < 4.5cm |
| 設定電圧 | 4.4~ 4.5V |
| 陽極効果回数 | 0.1~回/炉・日 |
| 陰極電圧 | > 420mV |
| 浴 温 | 950℃~ 965℃ |

3. 電解炉処理

(1) 電解炉処理作業

正常炉には通常処理とAE処理があり、通常処理が主体である。

通常処理は直(6時間)2回で、可能なかぎり局部処理とする。

2回の処理の間に、炉の状況に応じ、調整処理を行ない、AE発生時には、AE処理を行なう。

処理作業手順：

- ① 予熱アルミナ かきあげ
- ② 割込み

- ③ クラスト塊 取り出し
- ④ 予熱アルミナ かけ

一般の正常炉では1直のアルミナ投入量は 250～ 300kg。
この手順はできるだけ短時間で完了させること。長時間バス面を露出させてることは許されない。

(2) ガス収集スカートの整備

バス、スカート間は 8～10cmとし、バス面を被い、バーナーに点火すること。

(3) 炉内の定期的調整

過大な沈澱と伸びの成長を避ける。陽極下の沈澱が多い時は、沈澱をかきあげる。沈澱をかきあげるときは、汲出し前に長側端を長く狭く割り落とし、伸びの先から、沈澱をかきあげる。大耙は下におさえ、沈澱が陽極下面に粘着しないように注意する。

(4) 状況に応じ不定期に炉内の浮遊カーボン取りを行なう。

(5) 炉の生産と純度に影響がないときは、掃き寄せ原料は炉に投入する。大量の汚染原料は炉を指定して投入する。

(6) 毎日1～2回ケーシングを上げる。1日にあげる高さは2cmとする。

(7) スパイク交換後6時間以内に陽極下面かきを行ない、垂れ下り発生を防止する。スパイク交換後炉電圧は正常炉より 0.2V 高くし、12時間以内に正常値にもどす。

スパイク交換時ペースト漏れがあったときは、必ず、カーボン塊をとり出し、陽極下面かきを行ない、同時にバス確保の処置をし、アルミナ投入量を規制する。

(8) 陽極効果はただちに消却すること。消却するときは、大耙や木材を用いる。袋やピッチを用いてはいけない。

4. 汲出し

- (1) 2日に1回汲み出す。月末2日間の汲出しの実施は課長が決める。
- (2) 汲出し前に汲出し穴をあけ、まわりの沈澱をきれいにする。あわせてジャッキが正常に動くか検査する。汲出し1時間前、処理を行ってはいけない。
- (3) 汲出し時陽極を下げ、電圧を 5.2V 以下に制御する。汲出し後の電圧は正常電圧に比べ 0.1～0.2V 高くする。2時間以内に正常値にもどす。
- (4) 汲出し中AEが来たとき。ただちに汲出し作業をやめ、鍋を炉からはなす。消却を待って汲出しを行なう。
- (5) 汲出し後、短側を割って弗化アルミを投入する。併せて、同時にケーシングが押されるのを防止するため、陽極の四角を点検する。
- (6) 汲出後、検査員はただちにメタル深さを測定する。測定位置は長側の電流入口側とする。

5. 炉電圧管理

- (1) 電解課は、各大組の設定電圧を1時間あたりの電圧の集計値をもって、管理、計量する。
日常直班長及び当直の作業員は、炉電圧の巡視検査を行なうことが要求される。よく見てよく調節する。
- (2) 不調炉の電圧は、大組長、技術員及び生産副主任を経て決定する。
当直で異常炉が発生したときは、值班長が電圧を上げるかどうか決定する。

6. 浴組成の調整

- (1) バス深さの測定は検査員が汲出し前に行なう。バス深さを増すためには、氷晶石を添加するか、生バスを用いる。又は状況に応じクラストを添加する。

(2) バスサンプリング：大組長が処理前にバスサンプルを取る。サンプルは中空であったり、メタルや浮遊カーボンを多量に含んでいてはいけない。

(3) 浴組成の調整

1) 弗化アルミの添加量は1回100kgを超えてはならない。直接バス面に投入せず、先にバス面をアルミナでおおってから投入する。

AE時に弗化アルミを投入することは厳禁する。

2) 弗化マグネ、弗化カルシウムの添加量は1回10kg以下とする。

弗化マグネと弗化カルシウムは直接バス面及び炉の上に投入してはならない。

周辺の空いている部分に投入する。

7. 原材料標準

略

8. 起 動

(1) 新しい電解槽あるいは、再築炉した電解槽は、課の検収をうけたのち起動計画をたてる。

(2) 起動配備

1) 陽極下面をきれいにし、陰極を清掃後、陽陰極間を5cmにセットする。旧陽極周囲とケーシングの間は廃品布袋でうめ、破碎した陽極で充填する。

2) 陽極周囲に均一に700kgの弗化カルシウムを敷く。周辺部は2~4tのクラストを積む。弗化ナトリウムを氷晶石と交互に1t添加し、最後に槽いっぱい氷晶石を加える。

クラストを積むときは、長側A、B側中央部に40~50cmの洞を作る。

- 3) 3鍋のメタル(2.5t以上)で、陽極下面がかくれるまでメタルを注入し通電する。

(3) 焼成と起動

- 1) 焼成過程で陽極の上下はしない。異常が発生したときはただちに事務所に報告し解決する。
- 2) 電圧 2.5～3.5V で、まる 2日焼成し、2～3鍋のバスを注入して起動する。無AE起動でもAE起動でもよい。
- 3) 起動 2日目からできるだけ早く正常な状態にし、又、純度を向上させるため、汲出しを行ってよい。但し、3鍋を汲む前に、周辺部を割りこみアルミナを投入する。

4) 起動後の電圧処置

1日目 ～ 15日目
9.5V ～ 4.5V

9. 休 止

- 1) 休止 3日前に陽極工段に通知し、状況に応じた作業スケジュールを組む。
- 2) 休止時バスを汲み出し、陽極をメタル中に降下させる。しかる後にショートバーを入れメタル汲出しを行なう。
- 3) 大ピシャクで汲み残しのメタルを汲み出す。
- 4) 陽極を移動後クラストを回収し、陰極面上に発生する灰を掃除する。

添付資料 A-3

陽極プロセス操作規定

A-3 陽極プロセス操作規程

1. 陽極プロセスの主要技術条件

- (1) 陽極総高 125～135cm、焼成コーン高さ95～105cm（短側70～85cm）中心部での軟化層深さ20cm以上、かつ分離が発生しないこと。
- (2) セット高さは3レベルセットで各レベル間の差は13～14cm、スパイク交換時のスパイク先端～陽極下面距離20～25cm。
- (3) スパイクは1回に全数の1/3を交換、1週間に1回交換し、リフト高さ（新スパイクをセットする高さ）は36～42cm。（13cm×3 or 14cm×3）
- (4) ハンガー、陽極接触電圧は15mV以下、ハンガー、スパイク接着部電圧は10mV以下、陽極電圧650mV以下、スパイク交換後の電圧は0.2V以上あがない。
- (5) スパイク長さは165±5cm

2. パースト投入

- (1) パースト投入前に、陽極、陽極表面、ケーシング際及びケーシングステップをエアーパージする。パーストを置く床面も清掃する。
- (2) パースト投入は毎日行ない、1回のパースト投入量は350kg以下とする。非正常なパースト投入は、工段長、大組長が手配する。
- (3) パーストは均一に投入し、投入後ケーシングの外に落ちたパーストをかたずける。

3. ビーム上昇

毎回スパイク交換前にビーム上昇を実施する。ビーム上昇時の注意。

- (1) 陽極メインジャッキ、サブジャッキが正常か点検する。
- (2) 補助ビームで最低スパイクをクランプする。A、B共 3本以下にはならない。補助ビームクランプをしめた後、陽バス上のクランプをゆるめる。陽バスクランプをゆるめるときは、まず内列をゆるめ、その後外列をゆるめる。全部をゆるめた後ビーム上昇をする。
- (3) ビーム上昇の前後に操炉工に連絡し、AEの発生を絶対に防止する。AEが発生したらただちに作業を停止し、すみやかにクランプをしめる。AE消却を待って作業を再開する。
- (4) 陽バスの水平を保ち、ケーシングと陽極底面が平行になるよう注意する。ビーム上昇量が適当であれば、一般の電解作業時には10cmの余裕がある。
- (5) ビーム上昇中、ハンガーとクランプの接触状態に注意する。クランプが正しくしまっているか注意する。
作業終了後、補助ビームを指定の位置に置くとき、常に補助ビームが正常であるようにする。

4. スパイク交換

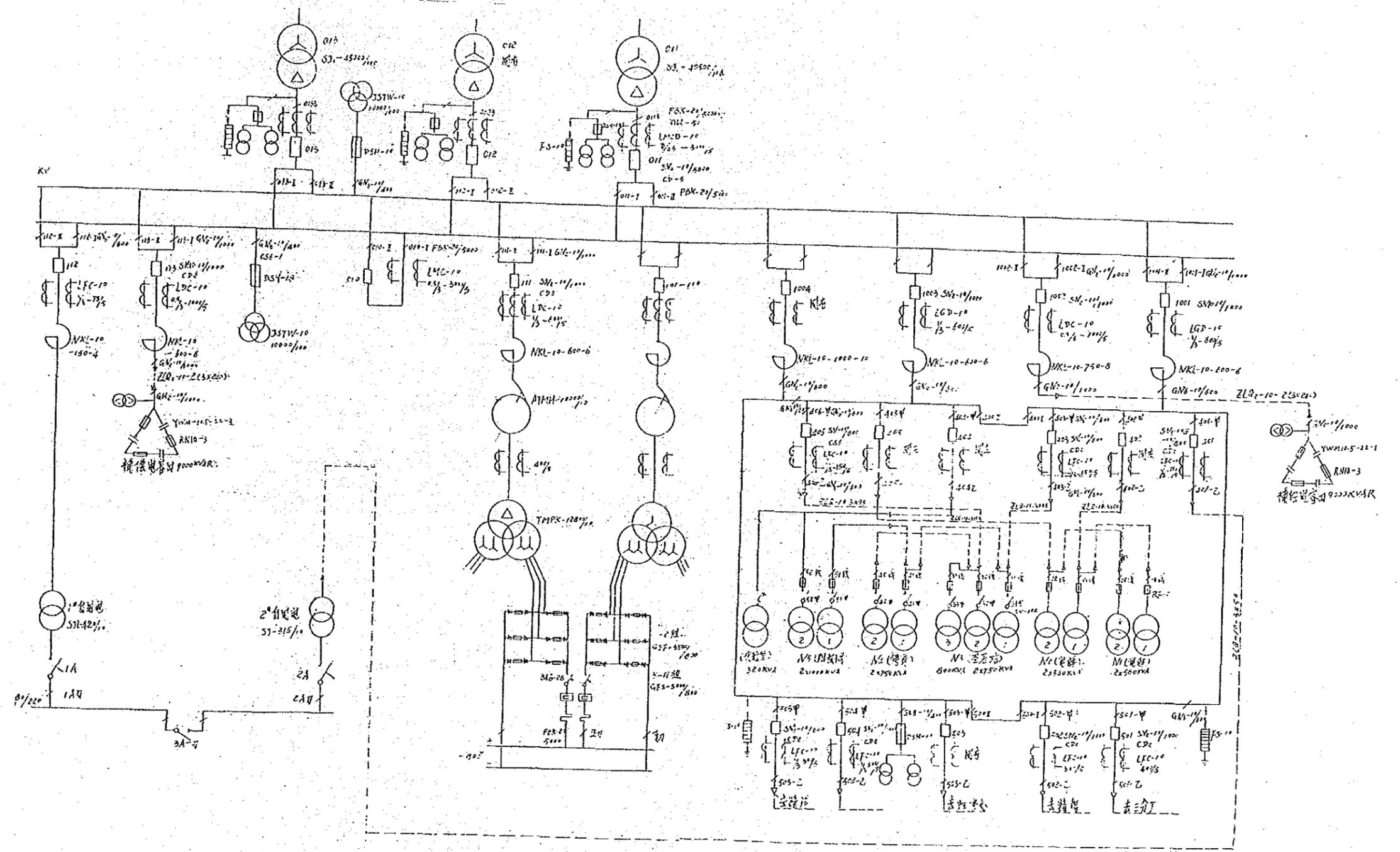
- (1) スパイク交換前に陽バスの位置が適当か軟化層状態が適当か点検する。さらに、交換中にAEが発生することや、バス漏れを防ぐため電解工に連絡する。もし発生したときは、ただちに作業をやめ、電解工に処置をさせる。スパイク交換前に電圧を記録する。
- (2) 交換しないスパイクのクランプをしめた後、交換するスパイクのクランプをゆるめる。
- (3) パースト漏れ防止のため、スコップを用い軟化層状態を改善する。スパイク周辺の軟化層がうすい時、未溶解パーストでまわりを囲む。

- (4) クランプ破損を防ぐため、スパイク抜き上げ時陽ブスへのスパイクの接触、ペーストの付着を避ける。もしスパイクの下が空洞（陽極下まで）の場合、スパイクを下げ洞をふさぐ。
- (5) 研磨済みスパイクを挿入するとき空心スパイクを使ってはいけない。挿入するスパイクは水平母線に対して垂直でかつ面接触をするようにする。クランプとハンガーの接触面は1/3 以下にしてはならない。
- (6) スパイク交換は必ず2人で行う。クランプを締め直し、かつ作業台を指定の位置に置くことで作業は完了する。

添付資料 A-4

貴州アルミニウム工場 第一電解工場関係図面類

| ITEM | DESCRIPTION | NO | WGT | MATL | REMARKS |
|------|-------------|----|-----|------|---------|
| | | | | | |
| | | | | | |

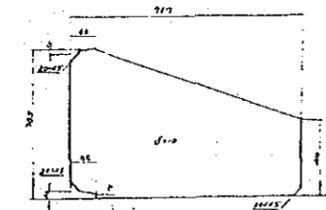
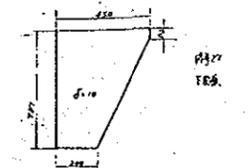
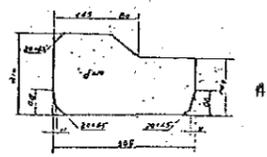
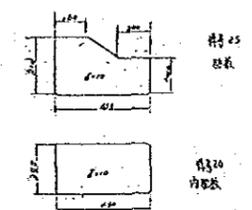
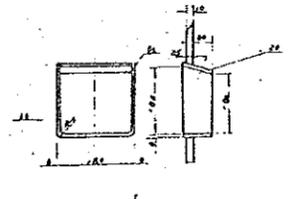
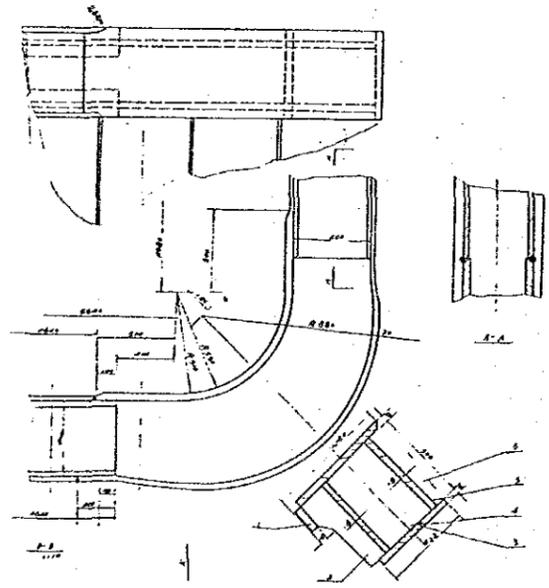
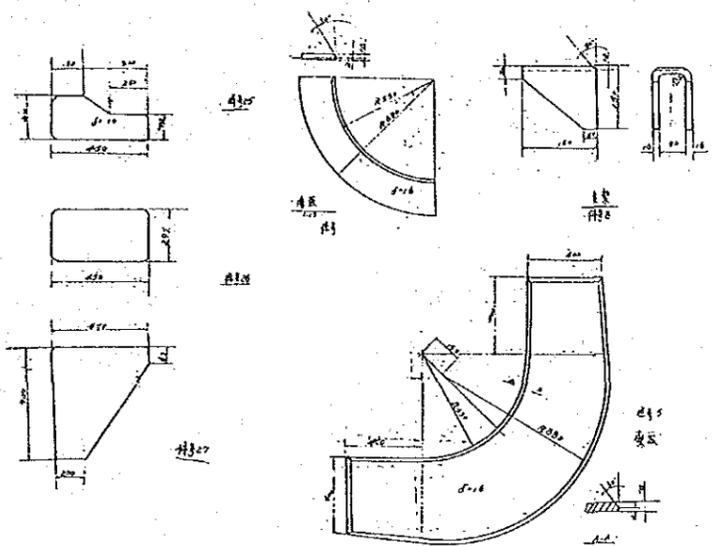
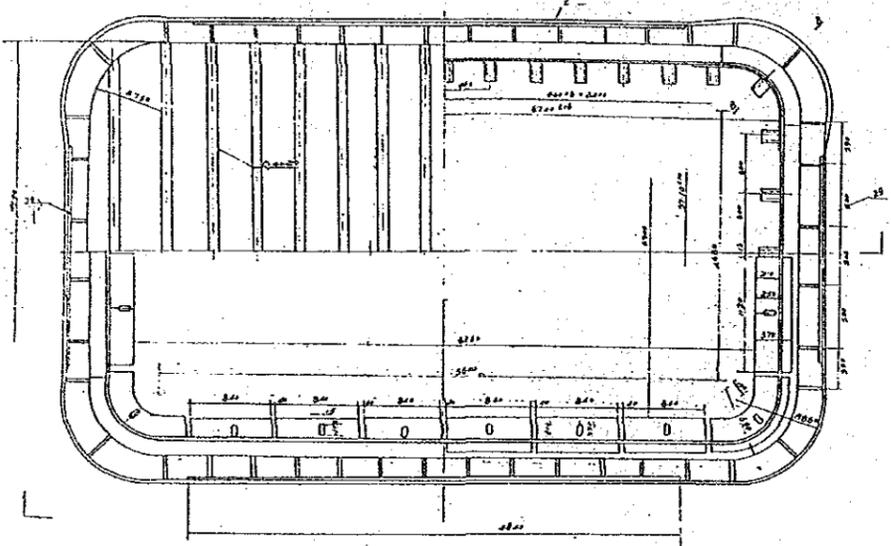
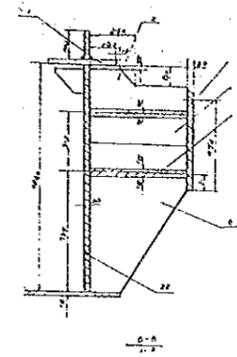
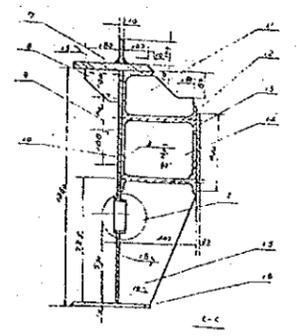
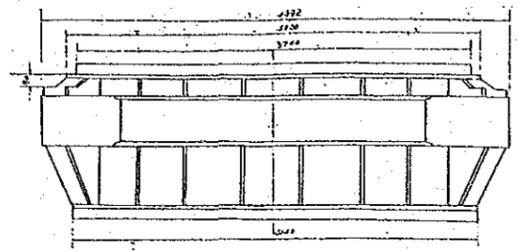
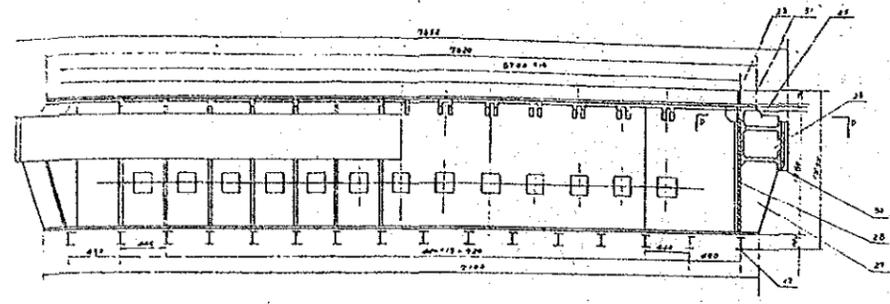


A-4-1

| | |
|-------------|-----|
| DRAWN BY | |
| CHECKED BY | |
| APPROVED BY | |
| DATE | |
| SCALE | |
| DWG. NO. | REV |

| ITEM | DATE | REVISIONS | CHECKED |
|------|------|-----------|---------|
| | | | |

| 4 | | 5 | | | |
|------|-------------|----|-----|------|---------|
| ITEM | DESCRIPTION | NO | WGT | MATL | REMARKS |



備註
 1. 構造用鋼材採用日本製之鋼材
 2. 鋼骨之防腐處理係採用富鋅鋼板
 3. 鋼骨之防腐處理係採用富鋅鋼板
 4. 鋼骨之防腐處理係採用富鋅鋼板

| NO | 品名 | 規格 | 數量 | 備註 |
|----|----|-----|-----|-----|
| 1 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 2 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 3 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 4 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 5 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 6 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 7 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 8 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 9 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 10 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 11 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 12 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 13 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 14 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 15 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 16 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 17 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 18 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 19 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 20 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 21 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 22 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 23 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 24 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 25 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 26 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 27 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 28 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 29 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 30 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 31 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 32 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 33 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 34 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 35 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 36 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 37 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 38 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 39 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 40 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 41 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 42 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 43 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 44 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 45 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 46 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 47 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 48 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 49 | 鋼骨 | ... | ... | ... |
| 50 | 鋼骨 | ... | ... | ... |

A-4-2

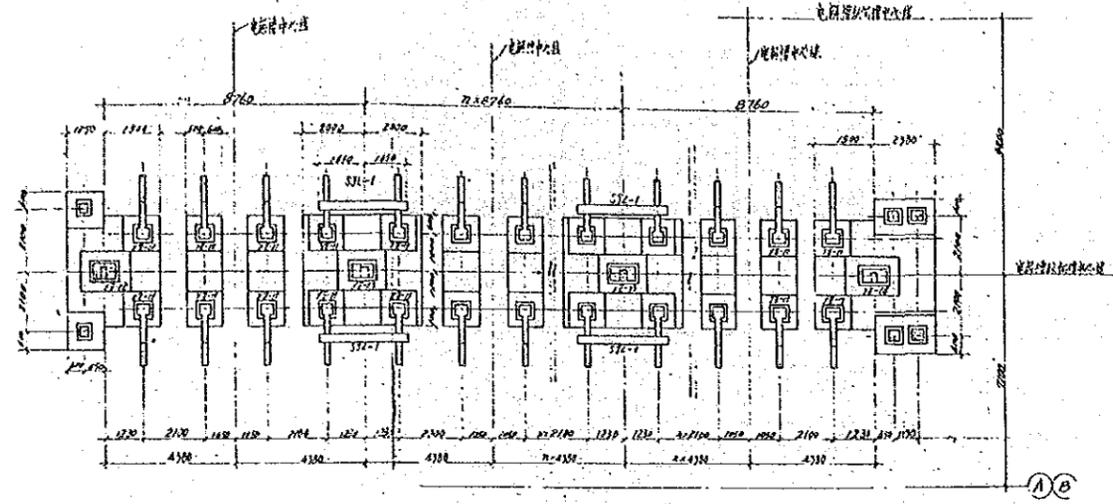
| | |
|-------------|----------|
| DRAWN BY | |
| CHECKED BY | 下部槽 |
| APPROVED BY | |
| DATE | |
| SCALE | DWG. NO. |
| REV | △ |

| ITEM | DATE | REVISIONS | CHECKED |
|------|------|-----------|---------|
| | | | |

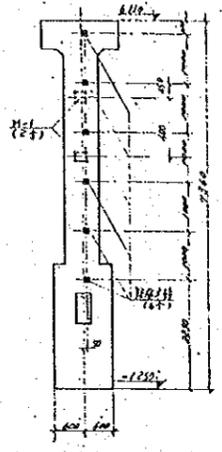
| ITEM | DESCRIPTION | NO | WGT | MATL | REMARKS |
|------|-------------|----|-----|------|---------|
|------|-------------|----|-----|------|---------|

构件一览表

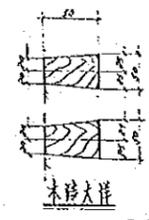
| 序号 | 构件名称 | 构件编号 | 数量 | 材料 | 备注 |
|----|------|-------|-----|----|---------|
| 1 | 过梁 | SJL-1 | 152 | 木模 | 200#混凝土 |
| 2 | 基础梁 | YL-11 | 672 | | |
| 3 | 纵梁 | YL-12 | 4 | | 300#混凝土 |
| 4 | | YL-13 | 76 | | |
| 5 | | YL-14 | 4 | | |



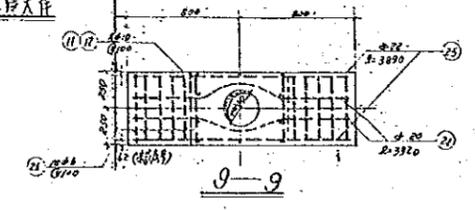
单座柱及阳极框架柱安装平面局部图



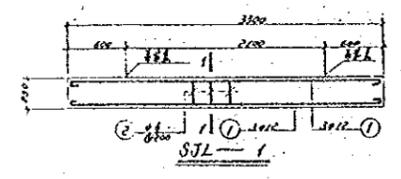
YL-13 详图



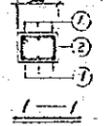
木接大样



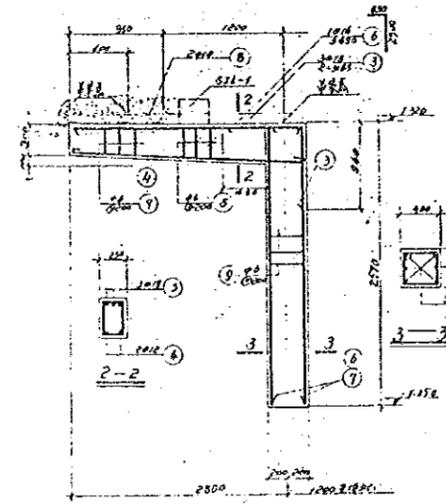
9-9



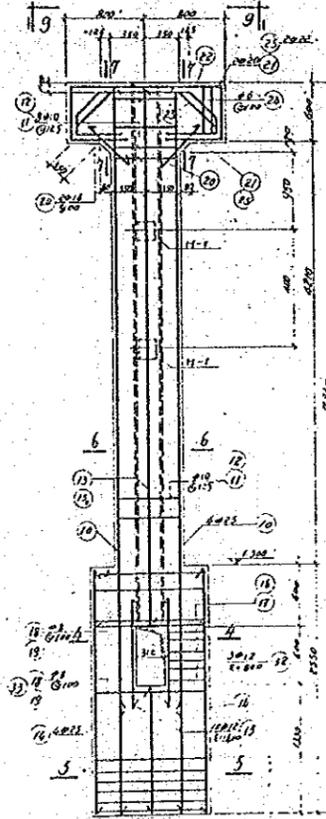
SJL-1



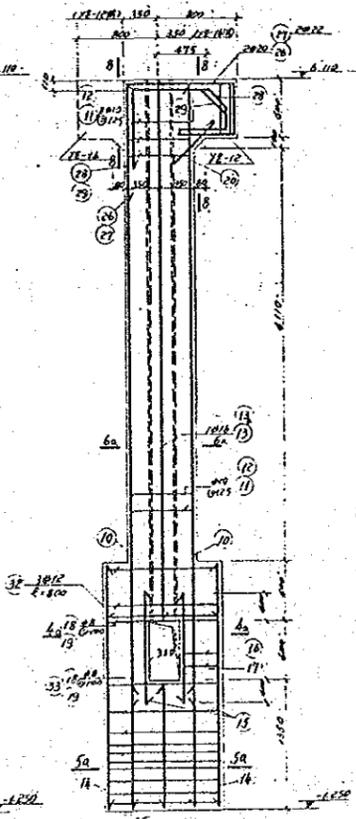
1-1



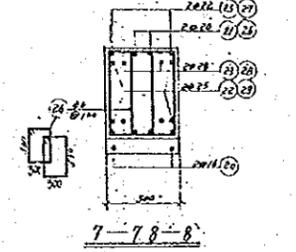
YL-11



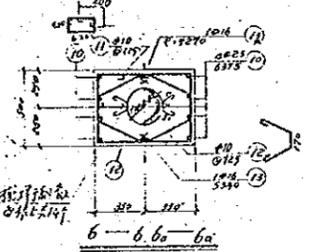
YL-13



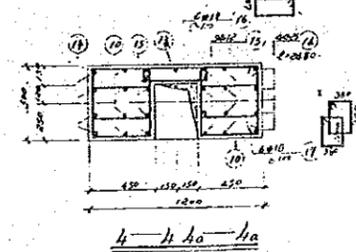
YL-12



7-7-8



6-6



4-4

附注

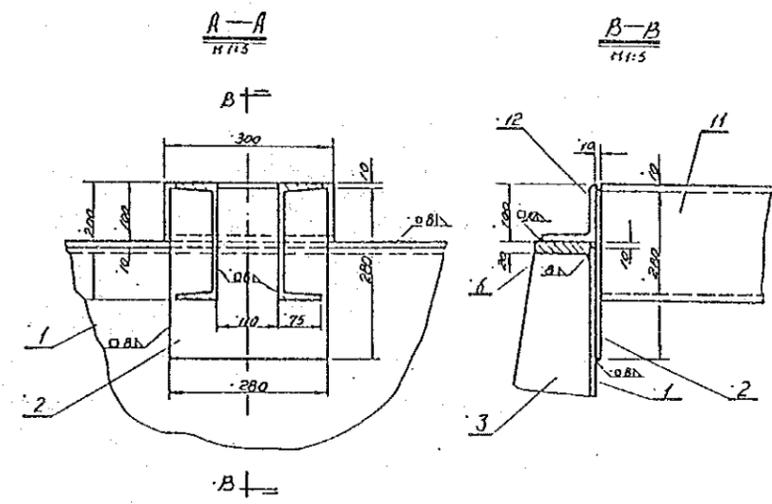
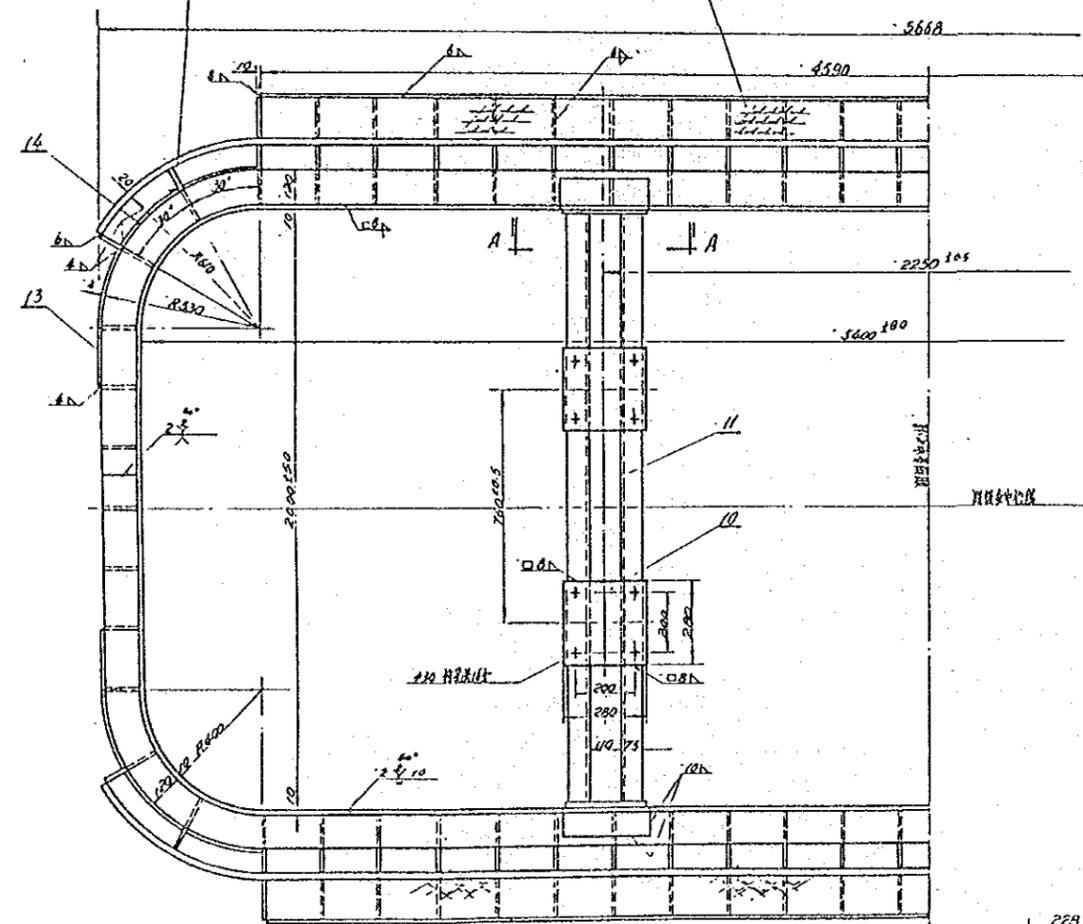
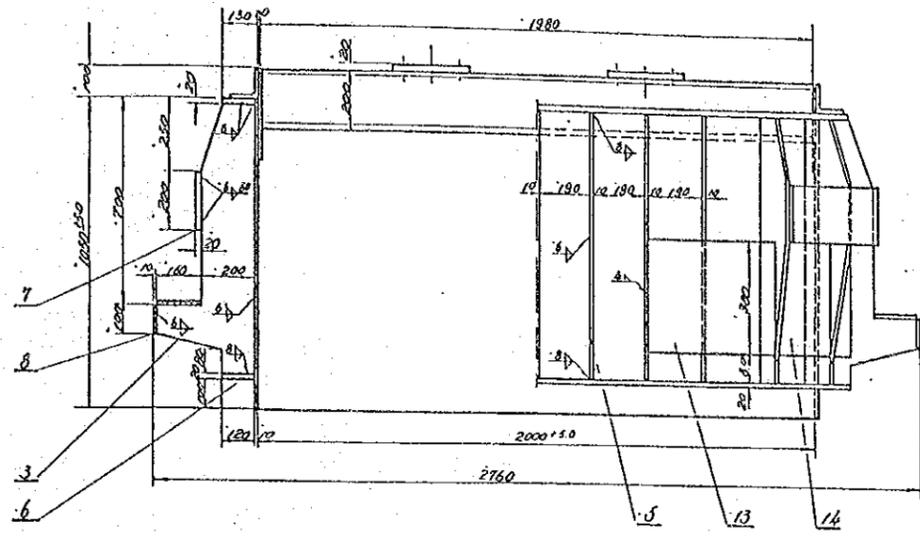
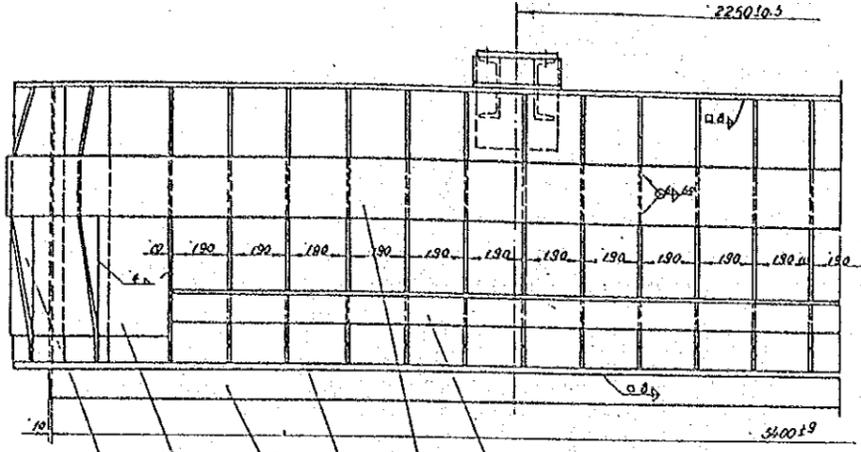
1. 本图按图 9-1-11, 图 9-1-13 作。
2. 木模 YL-11, 15, 16 用 300# 混凝土; YL-11 及 SJL-1 用 200# 混凝土。
3. 本图钢筋为 A5 (A+R) 及 A3 (A+R) 型钢筋。
4. 钢筋保护层厚度 25。
5. 埋管直径 42, 埋管间距 40。
6. YL-12, 13, 14 埋管间距 240 (管径 42) 管径间距。
7. YL-12, 13 埋管间距 240 管径间距。
8. YL-12 与 YL-13 埋管间距 240 管径间距。
9. YL-12 与 YL-13 埋管间距 240 管径间距。
10. 本图内所有钢筋均在柱顶部的预埋管上。
11. YL-12-14 有安高温 (150℃) 之阳极框架立柱, 故水层需用耐温 150℃ 之普通硅酸盐水泥, 水灰比 < 45%, 水灰比 < 45%。
12. 管打不得用石灰石制作。

A-4-3

| | |
|-------------|----------|
| DRAWN BY | 炉柱据付詳細図 |
| CHECKED BY | |
| APPROVED BY | |
| DATE | |
| SCALE | DWG. NO. |
| REV | REV |

| ITEM | DATE | REVISIONS | CHECKED |
|------|------|-----------|---------|
| | | | |

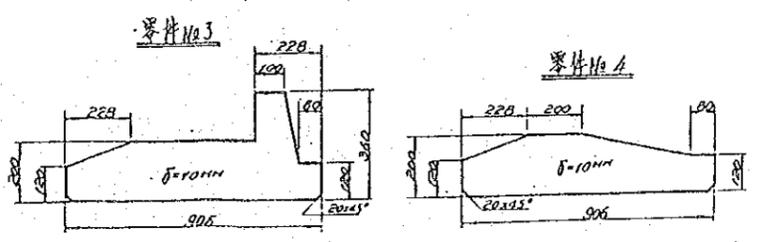
| ITEM | DESCRIPTION | NO | WGT | MATL | REMARKS |
|------|-------------|----|-----|------|---------|
|------|-------------|----|-----|------|---------|



总计: ~3493 公斤

| ITEM | DESCRIPTION | NO | WGT | MATL | REMARKS |
|------|-------------|----|------|-------|---------|
| 14 | 材料 | 8 | 116 | 253 | |
| 13 | 材料 | 4 | 5.58 | 72.6 | |
| 12 | 材料 | 4 | 3.88 | 16.6 | |
| 11 | 材料 | 4 | 5.1 | 206 | |
| 10 | 材料 | 4 | 12.8 | 43.6 | |
| 9 | 材料 | 2 | 4.9 | 98 | |
| 8 | 材料 | 2 | 3.6 | 12 | |
| 7 | 材料 | 2 | 18.5 | 170 | |
| 6 | 材料 | 1 | — | 560 | |
| 5 | 材料 | 1 | 8.58 | 130 | |
| 4 | 材料 | 6 | 11.8 | 96.6 | |
| 3 | 材料 | 68 | 11.6 | 130.2 | |
| 2 | 材料 | 4 | 6.2 | 28.8 | |
| 1 | 材料 | 1 | — | 1160 | |

- 附注
1. 于制造前, 应试制一套以检查焊接工艺及设计的正确性。
 2. 全部焊接用 T4252 焊条。
 3. 零件 10 和 11 于焊接后应要求平整, 应予修整表面凹凸不平度, 但允许以纵焊缝, 但禁止水平焊缝 (注用检查工作位置而言) 内应修整平整。
 4. 焊接, 应依技术条件 1104-2-33。
 5. 个位以 0.1 公厘计。



A-4-4 (a)

| | |
|-------------|--------------|
| DRAWN BY | 陽極ケーシング (旧型) |
| CHECKED BY | |
| APPROVED BY | |
| DATE | |
| SCALE | DWG. NO. |
| REV | 5 |

| ITEM | DATE | REVISIONS | CHECKED |
|------|------|-----------|---------|
| △ | | | |
| △ | | | |