

27

カンボディア国アルミニウム  
製錬工業建設計画調査報告書

(要 旨)

昭和45年8月

海外技術協力事業団  
軽金属製錬会

JICA  
109  
665  
MP  
LIBRARY

## は し が き

本報告書は、メコン河サンポール計画による電力を利用し、アルミナを輸入して経済的に、技術的にカンボディア国コンボンソムにおいてアルミニウム製錬事業を行なうことが可能かどうかを目的として調査した結果をとりまとめたものである。

サンポール発電計画は設備出力875,000 kWと見込まれ、メコン河上流のパモン計画が実施された場合は2,100,000 kWにまで発電能力を拡大することが可能とされている。

サンポール計画によれば、コンボンソムまで345 KV 2回線にて送電され、コンボンソムにおける電力料金は2.5 ミル/kWh (90 銭/kWh) と算定されている。

コンボンソムはカンボディア国唯一の海港でフランスの援助により1959年一応の完成をみたが現在、港の北側に新港を拡充する基本計画の下に、防波堤、道路をはじめ総延長約3,500 mの新埠頭の建設が予定されている。また埠頭後背地287 haをフリーゾーンとして大工業地帯を設置する構想が立案され外資を勧誘し国民経済の振興発展を促進しようとい論まれている。

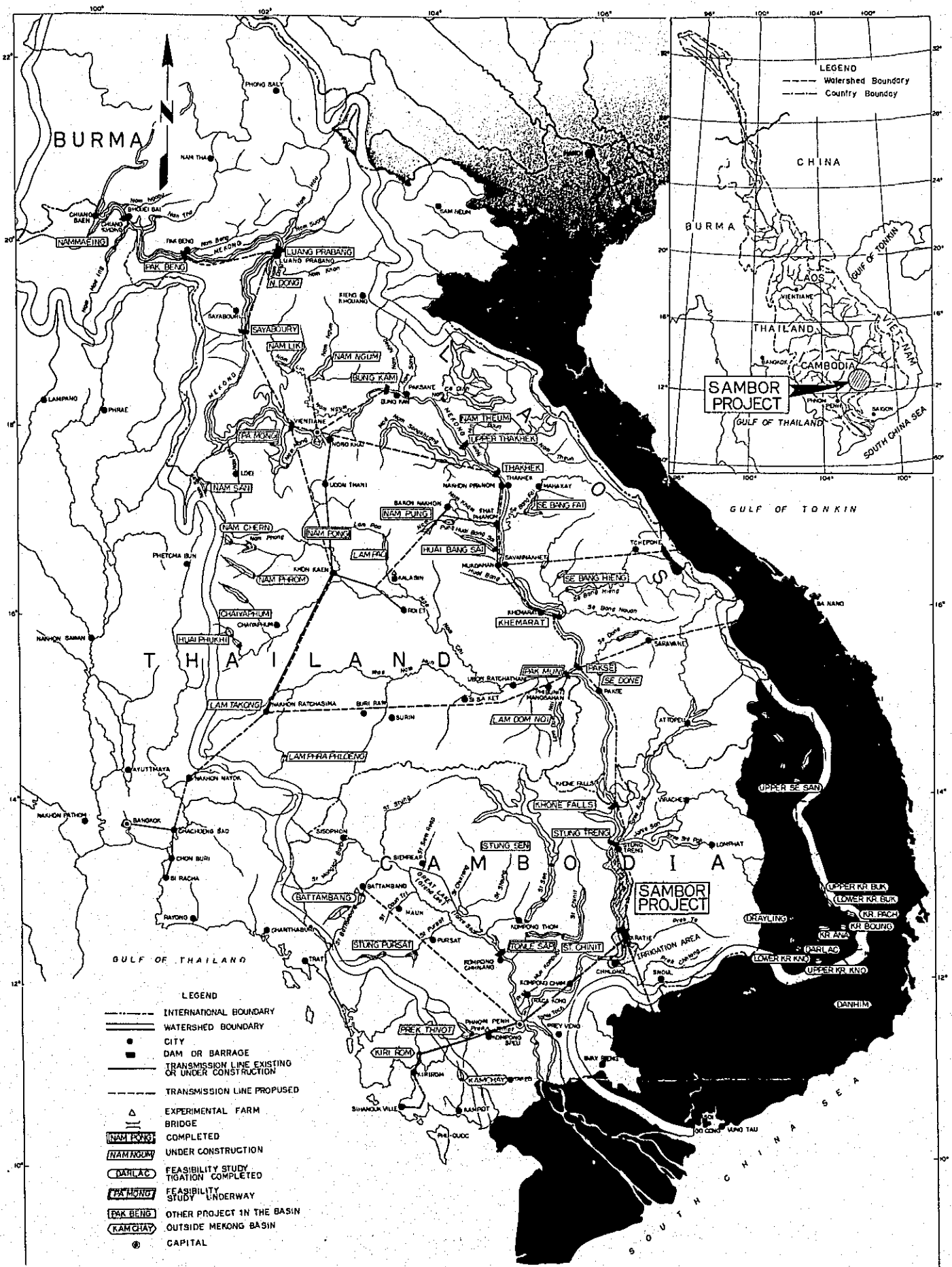
この地帯に年産12万トン規模のアルミニウム製錬工場を建設する計画にて、企業化するに当たっての問題点をあらゆる角度から検討を行なった。

国際協力事業団	
受入 月日	84. 5. 16
登録No.	04951
	109
	66.5
	MP

JICA LIBRARY



1048257[8]



BURMA

THAILAND

CAMBODIA

LEGEND  
 - - - - - Watershed Boundary  
 - - - - - Country Boundary

SAMBOR PROJECT

GULF OF TONKIN

- LEGEND
- - - - - INTERNATIONAL BOUNDARY
  - - - - - WATERSHED BOUNDARY
  - CITY
  - DAM OR BARRAGE
  - TRANSMISSION LINE EXISTING OR UNDER CONSTRUCTION
  - - - - - TRANSMISSION LINE PROPOSED
  - △ EXPERIMENTAL FARM
  - △ BRIDGE
  - NAM PONG** COMPLETED
  - NAM NGUM** UNDER CONSTRUCTION
  - DARLAC** FEASIBILITY STUDY TITIGATION COMPLETED
  - PA MONY** FEASIBILITY STUDY UNDERWAY
  - PAK BENG** OTHER PROJECT IN THE BASIN OUTSIDE MEKONG BASIN
  - KAM CHAY** CAPITAL

SOUTH CHINA SEA

SAMBOR PROJECT

UPPER KR BUK  
 LOWER KR BUK  
 KR PACH  
 KR AVA  
 KR BOUNG  
 LOWER KR KNO  
 UPPER KR KNO  
 DANHIM

UPPER SE SAN

SE BANG HENG

SE BANG FAI

SE DONE

SE BANG HENG

SE BANG FAI

SE BANG HENG

SE BANG FAI

SE BANG HENG

SE BANG FAI

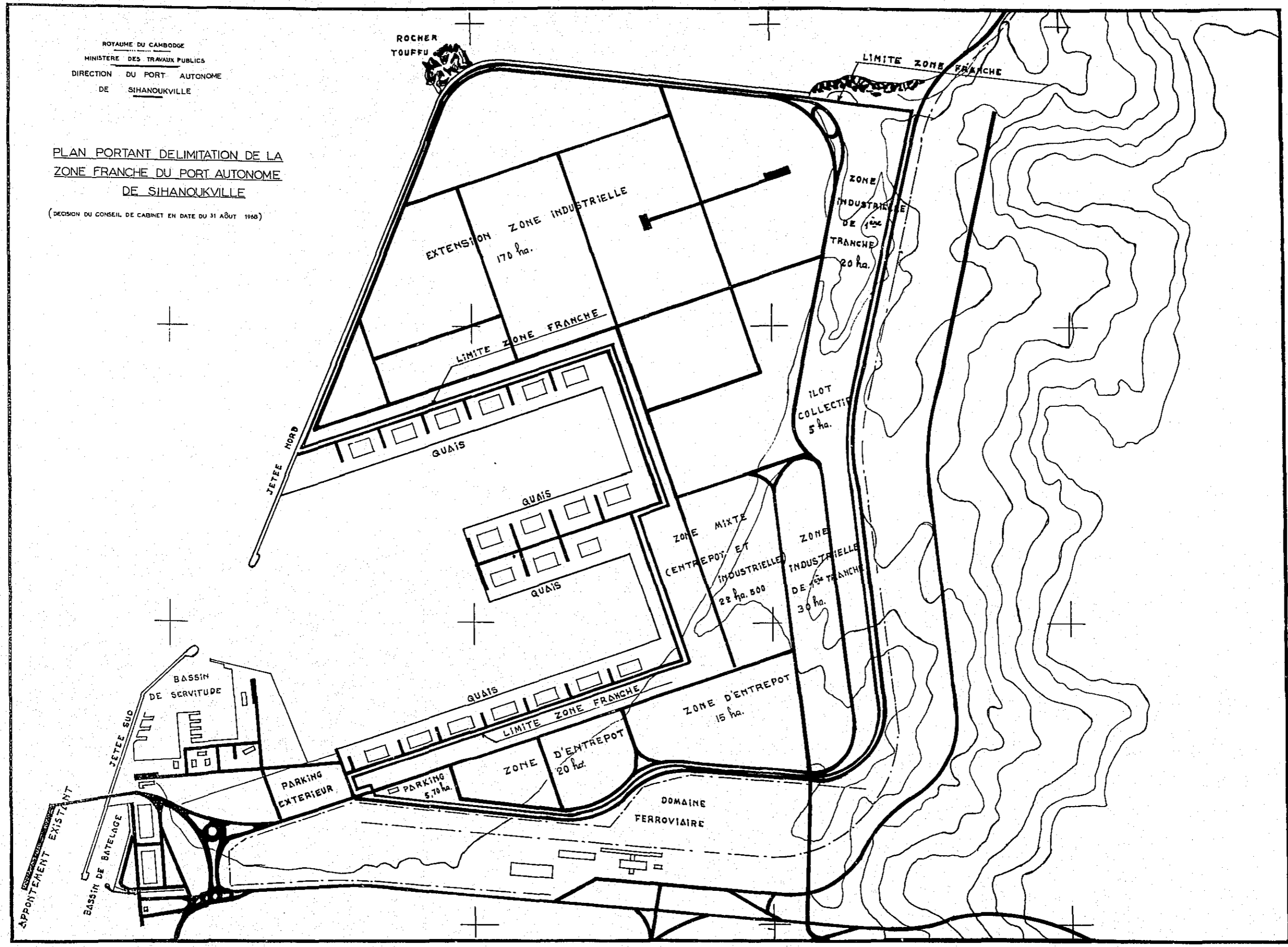
SE BANG HENG

SE BANG FAI

ROYAUME DU CAMBODGE  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS  
DIRECTION DU PORT AUTONOME  
DE SIHANOUKVILLE

PLAN PORTANT DELIMITATION DE LA  
ZONE FRANCHE DU PORT AUTONOME  
DE SIHANOUKVILLE

(DECISION DU CONSEIL DE CABINET EN DATE DU 31 AOUT 1960)



## 1 世界のアルミニウム事情

アルミニウムはあらゆる近代産業の基礎資材として実用金属の中では最も高い成長率を誇ると共に鉄鋼に次ぐ重要な地位を占めるに至っている。

アルミニウム製錬工業は国際的にも資源、資金および生産技術などの高い障壁によって寡占形態がとられている。

1900年のアルミニウム生産国は世界で僅かに6カ国、生産量も5,700トンに過ぎなかったが、半世紀後の1950年代には生産国も24カ国に及び生産量は400万トンに達した。現在(1969年)では、33カ国、900万トンを上廻る生産を示し、過去10年間の成長は年率平均約8.7%を記録している。

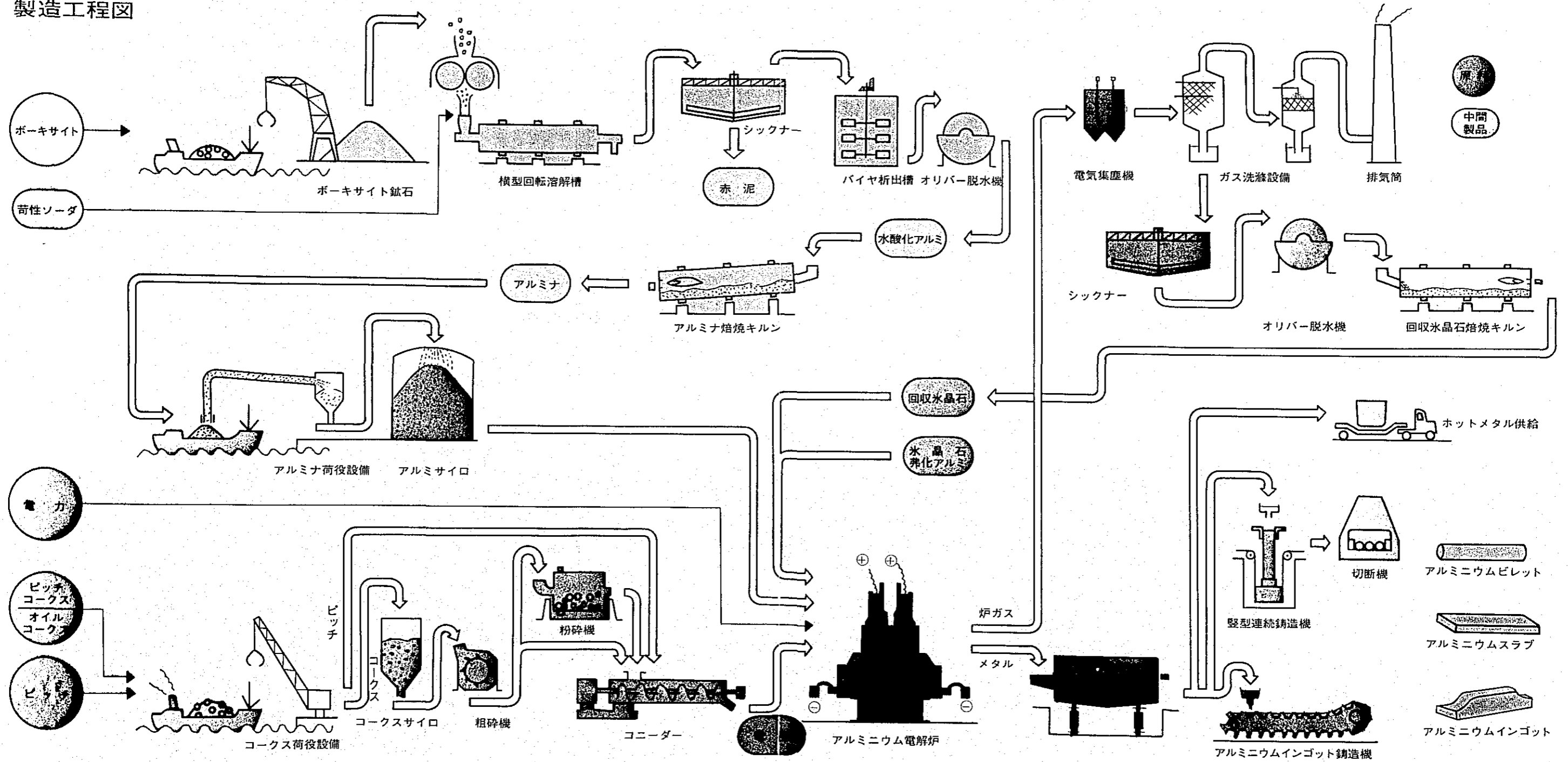
既に1950年代後半には競合するすべての非鉄金属を凌駕してアルミニウムの生産は、首位の座を占め、今後の見通しでも、1980年には需要量は2,600万トンを超え銅の2倍、亜鉛の3倍、そして鉛の実に6倍に達する比類なき成長が予測されている。

このような情勢から、従来先進国で占められていた生産も発電コストの上昇から潜在的な水力資源の開発とポーキサイト資源の存在によって発展途上国での生産が具体化される傾向にある。

アルミニウム地金の製造工程は才1図の通りである。

第 1 図

製造工程図



## 2 アルミニウム製錬計画の概要

### 2-1 アルミニウム製錬工場の立地点

アルミニウム製錬工場の立地点については既に Plan of Operation において、コンボンソムと指定されており、実際問題としても、サンポールよりの計画送電地点でもあり、また大量の原材料および製品の輸出入を必要とする当該工業にあっては海運の便と不可分でありカンボディア国における唯一の海港としてこの条件を充し得る立地点はコンボンソムを措いて外にないと考えられる。

こうした観点の下に同地を中心に周辺部についての輸送・交通・気象・地質・ユーティリティ、ならびに将来の開発計画特に自由地帯構想などを綿密に調査した結果、同市の自由地帯予定地区の北部地域を使用することが適当であると判断された。

アルミニウム製錬工場用地の面積は将来の増設を予想して 110ha の敷地を予定しているが、この面積は工業地帯総面積の約 50% を占有することになる。

カンボディア政府はこの自由地帯に多くの軽工業などを誘致することを意図しているものと考えられるが、これらの工業の進出する余地を少なくするという難点があり、またサンポール計画が完成する時点まで長期間アルミニウム製錬工場敷地として温存することができるかどうかの問題がある。

これらの点から建設地点を他に求めなければならぬとすれば同地帯周辺に建設地点を選定することも不可能でないと考えられるので、将来綿密な調

査の上決定すべきであろう。

## 2-2 生産規模

アルミニウム製錬工場の生産規模はサンポール発電所よりの常時供給電力量が25万kWと予定されている処から年間12万トン規模とした。

生産規模についてはその経済性から見て将来倍増して24万トンとすることが望ましいと考えられる。パモン計画が実施された際にはこれを倍増して24万トンの生産も可能である。

## 2-3 生産方式と電解槽容量

生産方式については国際的にもゼーダーベルグ方式とプリベーク方式の2方式が併用されている。この両方式は現在俄かに優劣を即断し得ない夫々の特色があるが、本計画においては、日本の現状と製錬メーカーの歴史、経験ならびに技術的自信を有している処からゼーダーベルグ方式を採用することとした。

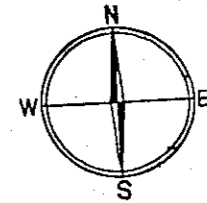
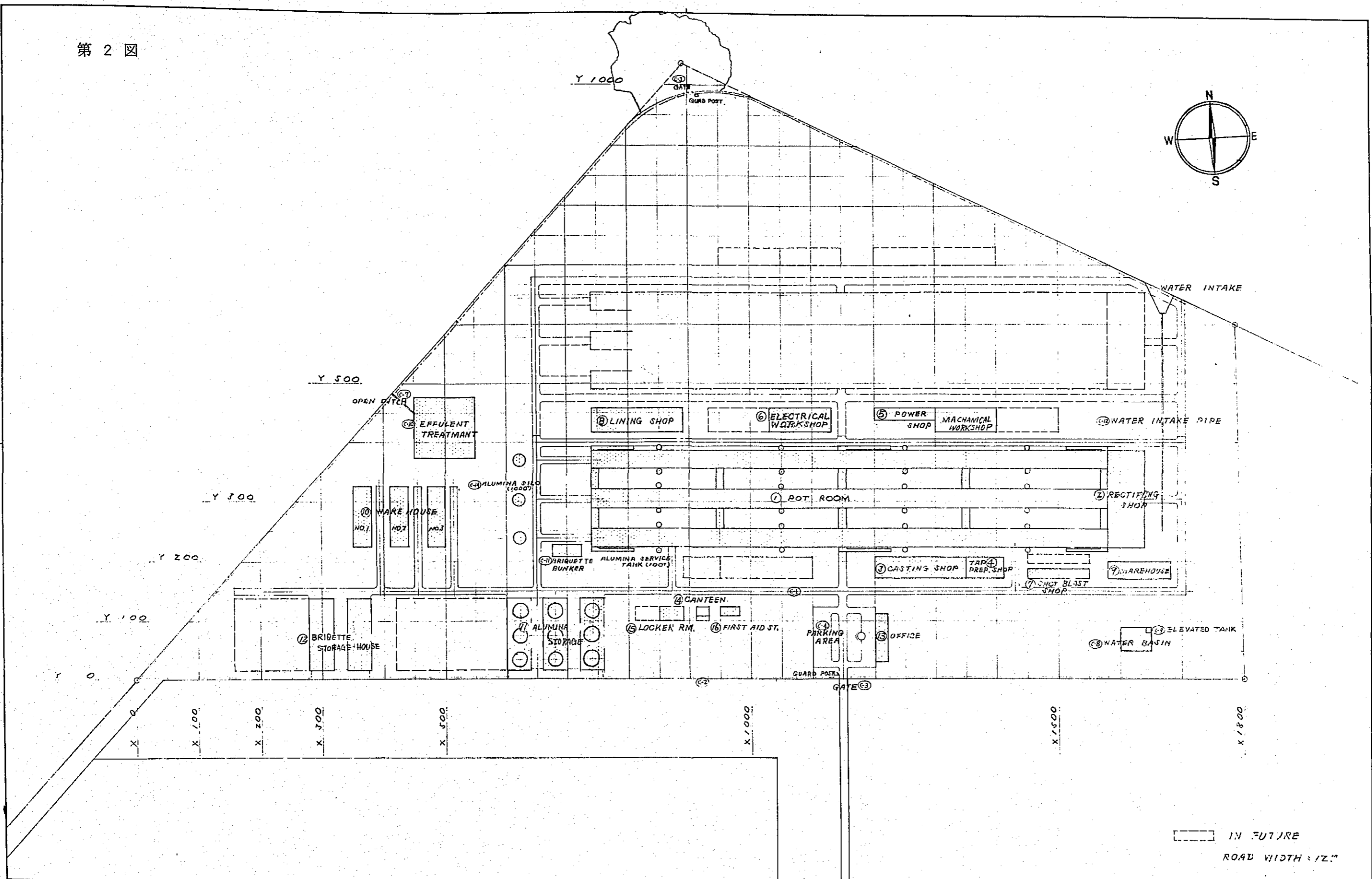
また電解槽容量も近年は次第に大型化する傾向が国際的にも顕著であるが、ゼーダーベルグ生産方式の採用と並んで建設操業に習熟している10万Amp級堅ペグ電極方式電解槽を採ることとした。

## 2-4 製錬工場諸設備とそのレイアウト

アルミニウム製錬工場には電解設備のほか、鑄造設備、電気設備、荷役輸送設備ならびに補修工作、厚生施設、給水装置、倉庫、事務所などが含まれる。



第 2 図



記 事	S	1/4000	(カンボジャ)コンボソムアルミ製錬工場	A-1
	D	45.2.3.	配 置 図	

これら諸設備のレイアウトは才2図のとおりである。

このレイアウトは将来24万トン規模を可能とする配慮がなされている。

尚本計画には陽極ペースト製造設備は特に除外したが、これは輸入の際そのハンドリング上ブリケット状電極の方が容易であると考えたためである。

また操業時に発生する弗化水素ガスの回収、洗滌装置には十分な配慮をした。

## 2-5 生産諸設備の概要

各設備の主な機械装置は次の通りである。

### 電解設備

電解槽、母線装置、ガス回収装置、電解作業装置、動力配線、クレーン

その他。

### 鑄造設備

熔解保持炉、鑄造機、クレーン、その他。

### 電気設備

メイントランス、動力トランス、電圧調整装置、シリコン整流器、配電

盤、切断開閉器、その他。

### 附帯設備

荷役輸送機械（アルミナ陸揚装置、副原料、資材並びに製品等荷扱い装

置、コンベア、輸送車輛等）補修工作、厚生設備、給水装置、倉庫、そ

の他。

2-6 建設工程

工場建設をはじめ各種の附帯設備の建設工程は、才1表の通りである。

第1表 現地の建設工程

名称 \ 経年	0	1	2	3	4	5
準備及調査	[Solid line bar from year 0 to 0.5]					
仮設工事	[Dashed line bar from year 0 to 1]					
電解 #1	[Dashed line bar from year 1 to 3] →					
2	[Dashed line bar from year 1 to 4] →					
3	[Dashed line bar from year 2 to 5] →					
電気送電線	[Solid line bar from year 0 to 2]					
鑄造付帯	[Dashed line bar from year 0 to 3]					
荷役	[Dashed line bar from year 0 to 2]					
補修	[Dashed line bar from year 0 to 2]					
厚生	[Dashed line bar from year 0 to 2]					
その他	[Dashed line bar from year 0 to 4]					

(備考)

準備及調査—ボーリング及諸設計  
 仮設—事務所、電力、用水の供給  
 ----- —設計及機器資材船積輸出  
 電解—アルミニウム電解工場  
 電気—同上直流電源設備及一般動力電源設備  
 鑄造—アルミニウムインゴット製造工場

荷役—原料及製品の荷役輸送設備  
 補修—機械工場及電気工作工場  
 厚生—工場内の事務所、食堂、診療室、更衣室、その他  
 工場外の住宅の付帯設備  
 その他—道路、塀、門、コヤリヤ倉庫  
 送電線—115KV送電線(設計施工は電力会社)

## 2-7 建設資材

工場建設や各種の付帯設備の建設に多くの資材を要する。これらは砂利、砂をのぞき大部分の諸資材はすべて輸入品によるものと考えている。主要建設資材はセメント60,000トンをはじめ鉄筋15,000トン、鋼材20,000トン、コンクリートパイプ60,000本、などが必要である。

## 2-8 建設費

工場構内に建設される土木、建築構造物の建設費、および各種機械設備の基礎、据付を含めた設備費の総額は423億円(117.5百万ドル)に達し、内訳は建家関係で140億円(38.9百万ドル)設備費として283億円(78.6百万ドル)と算定された。

## 2-9 生産コストの試算結果

アルミニウム生産コストの試算結果は次の表2の通りである。

第2表

アルミニウム地金製造原価一覧表

	tあたり原価	構成比
材 料 費		
アルミナ	145.5 \$ (52,400円)	32.6%
電力	40.8 \$ (14,700円)	9.1
氷晶石	11.6 \$ (4,200円)	2.6
弗化アルミ	10.8 \$ (3,900円)	2.4
ペースト	41.0 \$ (14,800円)	9.2
その他	5.6 \$ (2,000円)	1.2
計	255.3 \$ (92,000円)	57.1
労 務 費	10.3 \$ (3,700円)	2.3
経 費		
償却費	71.1 \$ (25,600円)	15.9
補修費	34.3 \$ (12,300円)	7.7
技術指導料	18.3 \$ (6,600円)	4.1
借地料	5.7 \$ (2,100円)	1.3
その他	8.3 \$ (3,000円)	1.9
計	137.7 \$ (49,600円)	30.9
鑄造ロス	1.7 \$ (600円)	0.4
総製造費用	405.0 \$ (145,900円)	90.7
設備金利	24.4 \$ (8,800円)	5.5
運転金利	8.6 \$ (3,100円)	1.9
販売直接費	8.3 \$ (3,000円)	1.9
合 計	446.3 \$ (160,800円)	100.0

材料費の原単位については日本における同一生産方式のアルミニウム電解工場の実績に本計画の特殊性を考慮して決定した。

また電力を除くすべての原材料は輸入に依存することとし、その価格は将来の値上りを考慮し、工場着価格を想定した。

労務費についてはカンボディア人従業員のみを計上しており、その人員は2,200人、1人当り単価は年間3%の上昇を見込んだ。

経費は償却費として耐用年数13年、定額法とし、補修費は建設費の3.5%、技術指導料は特殊使用人と外人技術指導者の合計額とした。また借地料はカンボディア国内の一般工業地帯の価格を採り、その他として試験費、通信費、交通費、事務用品等を見込んだ。

尚鑄造ロスをも0.5%と想定して織り込んだ。

設備金利については建設資金のうち資本金以外をすべて年利7%、13年償還の借入金によって賄うこととし、運転金利は棚卸資産について年利10%の借りかえ方式によることとした。

以上のほか、販売直接費として荷造包装、船積諸掛を見込んだ。

以上の結果、平年度における金利込み総製造原価はトン当り446.3ドルとなった。

## 2-10 試算結果の国際比較

試算された建設コストおよび生産コストを国際的観点からその経済性を考察すると次の通りである。

本計画ではゼーダーベルグ方式を採用し年産12万トン規模の建設コスト

はトン当たり979ドルと試算された、建設資材をはじめすべての生産設備と機器を輸入に依存しているため割高を免れないが、国連資料においても発展途上国における建設コストは一般に先進国に比べ20%程度割高となると判断されているところからこの試算結果も国際的には平均水準にあるものと考えられる。

また生産コストについてもトン当たり446.3ドルとなったが、サンポール発電計画に基づくkWh 当り2.5ミルという極めて低廉な電力単価が見込まれており、他の原価要素についてもほぼ国際的平均水準の範囲内にある処から試算結果は発展途上国の生産コストとしては妥当な水準にあるものと考えられる。

