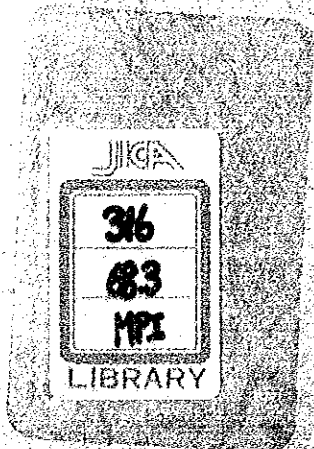


No. 10

イエメン・アラブ共和国  
マフラクセメント工場拡張計画  
案件確認調査報告書

1989年 7 月

国際協力事業団





イエメン・アラブ共和国  
マフラクセメント工場拡張計画  
案件確認調査報告書

00284  
JICA LIBRARY



1078429(6)

1989年 7 月

国際協力事業団

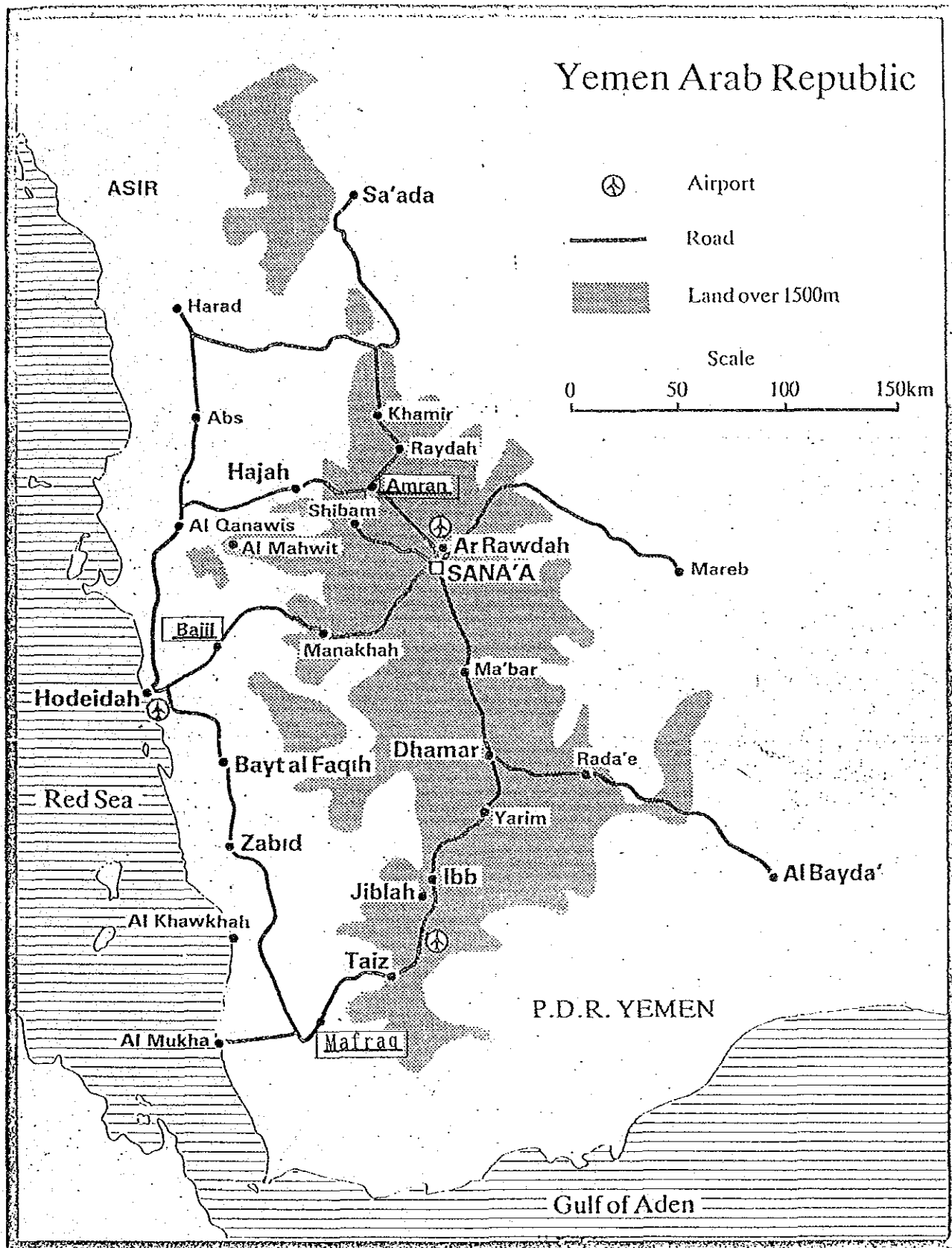


# 目 次

I 案件確認調査の概要（鈴木）	1
1. 調査の背景・経緯	1
2. 調査の目的	2
3. 調査団の構成	2
4. 主要調査日程	3
5. 主要面談者	4
6. 調査結果の概要	5
II イエメンのセメント工業（櫻井）	7
1. 概 要	7
2. 需給状況	8
3. 流 通	8
4. 価格動向	9
III 既存工場（アムランセメント工場）の現況（荒木）	11
1. プラントの概要	11
2. 操業状況	18
3. アムランセメント工場の拡張計画	22
IV マフラクセメント工場（計画とサイト状況等）（柿招）	27
1. 建設計画の背景	27
2. 建設計画の概要	27
3. サイト状況	29
V 資金協力（小池）	31
1. マフラクセメント工場第一期資金協力概要	31
2. マフラクセメント工場拡張計画とフィージビリティ	33

VI 本格調査への留意事項 .....	37
1. 本格調査の可能性 .....	37
2. 要請予定プロジェクト及び本格調査の範囲 .....	37
3. 本格調査への留意事項 .....	38
VII 参考資料 .....	
1. 需要予測 .....	41
2. 本格調査の範囲（調査団案） .....	47
3. 主要入手資料リスト .....	49

# Yemen Arab Republic







## I 案件確認調査の概要



# I. 案件確認調査の概要

## 1. 調査の背景・経緯

### 1-1 調査の背景

現在、当国のセメント生産は80万トン/年（バージルセメント工場30万トン/年，アマランセメント工場50万トン/年）であるのに対し，国内需要は約180万トン/年と言われている。この為，約100万トンは輸入に依存しているのが現状である。わが国の円借款により建設されるマフラクセメント工場（50万トン/年）が完成しても，今後の当国における道路，公共施設，住宅等インフラ整備に伴うセメント需要は十分に満たせないで，当国政府は，現行の第3次5ヶ年計画における既存のセメント工場の拡張計画に加えて，本件のマフラクセメント工場の拡張（100万トン/年）を計画している。

本件は，1988年12月に実施された選定確認調査の結果，実施検討案件として有望視される案件の一つである。そのため本調査は，技術的な側面からより詳細な情報を収集することにより，実施可能性を検討するため，1989年3月11日から同年3月24日まで，JICA国際協力専門員柿沼俊夫を団長として案件確認調査を実施したものである。

### 1-2 調査実施の経緯

調査実施に至る経緯は下記の通りである。

- (1) 1988年 6月，アッタール中央企画庁長官は「イ」政府としては，マフラクセメント工場の生産能力を最終的に年産100万トンにしたいと，残り50万トン分の工場拡張計画に関するF/S調査を行う必要があると，第一期工事の施行が日本企業になることも考えあわせ，この調査を日本政府に依頼したい旨要請越した。
- (2) 1988年 9月，マフラクセメント工場建設（第一期工事50万トン/年）に関し，「イ」政府とわが国政府との間で円借款供与につき合意した。
- (3) 1988年11月，経済供給貿易大臣及び同省次官，並びにセメント公団関係者は，マフラクセメント工場拡張計画に関し，わが国の援助を強く希望しており，鉱工業開発プロジェクト選定確認調査団の来訪を要望越した。
- (4) 1988年12月，選定確認調査団，訪「イ」時，サイド中央企画庁次官は，要請中の開発調査案件中，マフラクセメント工場拡張計画は，優先順位が第一位であり，F/Sは可能な限り早期に実施してもらいたい旨要請越した。また，ダッビ経済供給貿易省次官は，同拡張計画のF/S実施に係る正式要請書を早期に提出したい旨述べた。
- (5) 1989年 1月，マフラクセメント工場第一期工場に関し，「イ」政府，コンサルタント，施行者間での交渉が成立し，契約書名が行なわれた。

- (6) 1989年 1月, 在イエメン日本大使館より, 「昭和64年度開発調査実施計画のための要望調査(回答)」が送付され, 大使館として本件は, 優先順位第一位であり, 第一期工場完成次第, 第二期(拡張)を開始すべく, その拡張計画F/Sをわが国が, 優先的かつ緊急に行なうべきであると要望越した。
- (7) 1989年 2月, ハーシム・セメント公団総裁は, 第一期工場に関する国内諸手続(国民議会で審議中のL/Aの批准等)が完了し, 実際に現場にて工事が開始される以前に第二期工場につき議論すれば, 何故当初より100万トン/年にて実施しないのかとの議論が再燃することが危くされるため, 第一期工場の諸手続完了まで第二期工場のF/S実施の正式要請書提出は, 困難である旨述べた。
- (8) 1989年 3月, 選定確認調査団が本件は有望案件であると言う結果を報告したのをふまえ, 正式要請提出後速やかにF/S実施の対応を行なうべく, 不明である「イ」国における既存セメント工場の技術レベル, メインテナンス, マネジメントの実態等, 主に技術的な側面から詳細な情報収集することを目的として, マフラクセメント工場拡張計画案件確認調査団が派遣された。

## 2. 調査の目的

- (1) 背景・内容の確認
- (2) 工場概要調査(既存工場及びマフラクセメント工場サイト視察)
- (3) 関連情報の収集

## 3. 調査団の構成

氏 名	担当事項	所 属
柿 沼 俊 夫	団長・総括	国際協力事業団 国際協力専門員
鈴 木 康次郎	調査企画	国際協力事業団 鉦工業計画調査部 工業調査課
櫻 井 哲	セメント行政	通商産業省 生活産業局 窯業建材課セメント係長
荒 木 春 夫	プラント設備	(社)セメント協会 国際部 嘱託
小 池 勇 三	資金協力	海外経済協力基金 開発部 開発第二課 課長代理

#### 4. 主要調査日程

月	日	曜	主要調査日程	宿泊地
3	11	土	・東京発(LH709) ・フランクフルト着	フランクフルト
3	12	日	・フランクフルト発(LH652)	
3	13	月	・サナア着 ・日本大使館(石井臨時代理大使, 斉藤一等書記官と打合せ)	サナア
3	14	火	・CPO(A1-Saeedi 次官へ表敬) ・YCC(Hashem 総裁へ表敬) ・MEST(A1-Dhabbi 次官へ表敬)	＃
3	15	水	・YCC(Kabiry 次長と日程等打合せ) ・団内打合せ(質問事項など)	＃
3	16	木	・サナア→アムラン(移動) ・アムランセメント工場視察 ・アムラン→サナア(移動)	＃
3	17	金	・サナア→タイズ(移動)	タイズ
3	18	土	・タイズ→マフラク(移動) ・マフラクセメント工場サイト視察 ・マフラク→ホデイダ(移動)	ホデイダ
3	19	日	・ホデイダ→パーシル(移動) ・パーシルセメント工場視察 ・パーシル→サナア(移動) ・団内打合せ(留意事項など)	サナア
3	20	月	・YCC(Kabiry 次長と面談) ・マフラクセメント工場サナ事務所 (A1-Murair 次長と面談) ・Yemen Readymix Co. (工場施設を視察)	＃
3	21	火	・MEST(A1-Dhabbi 次官と面談) ・マフラクセメント工場サナ事務所 (A1-Murair 次長と面談) ・日本大使館(石井臨時代理大使へ報告)	＃
3	22	水	・サナア発(AF111) ・パリ着	パリ
3	23	木	・パリ発(AF274)	
3	24	金	・東京着	

## 5. 主要面談者

### ※在イエメン日本大使館

- ・石井祐一臨時代理大使(参事官)
- ・斉藤竹雄一等書記官

### ※Central Planning Organization (CPO) 中央企画庁

- ・Mr. A1-Saeedi (Deputy Minister) 次官
- ・Mr. Ali Masvi (Assistant Director General of Project Department)

### ※Ministry of Economy Supply and Trade (MEST) 経済供給貿易省

- ・Mr. Mohy A. Al-Dhabbi (Deputy Minister) 次官
- ・Mr. Abdo Radman (General Manager)
- ・Mr. Faisal Saeed Farah (General Manager)
- ・Mr. Ali A. Malek Adimi (General Dept. of Planning & Follow up)
- ・Dr. A. Wahab Alhadad (General Dept. of Planning & Follow up)
- ・Mr. Fadh al Mansour (General Dept. of General Calibration)

### ※Yemen General Corporation for Cement Industry and Marketing (YCC)

#### イエメンセメント公団

- ・Mr. A.M. Hashem (Chairman) 総裁
- ・Mr. Ebrahim Yehya Al-Eryani (General Manager)
- ・Mr. Hussein Kabiry (Assistant General Manager)
- ・Mr. Mohammed Al-Haibi (Planning Department)
- ・Mr. Mohammed Abdul Hakiu (Technical Manager)

### ※Amran Cement Plant アムランセメント工場

- ・Mr. Abdulwali Mansooy (Q.C. Engineer)
- ・Mr. Mohammed Moharram (Technical Manager)
- ・Mr. Abdo Ali Al-Namer (Electrical Engineer)

### ※Mafrak Cement Plant Office (Taiz) マフラクセメント工場タイズ事務所

- ・Mr. Ahmed Othman (General Manager)

### ※Bajil Cement Plant バージルセメント工場

- ・Mr. Abdul Wasa Al-Alafy (General Manager)
- ・Mr. Ahmed Majam (Technical Manager)
- ・Mr. Mohammed Saeed Al-Sabry (Laboratory Manager)

### ※Mafrak Cement Plant Office (Sana'a) マフラクセメント工場サナ事務所

- ・Mr. Abdul Rahman Al-Murair (Deputy General Manager)

### ※Yemen Readymix Co. イエメンに2社ある生コン会社のうちの1社

・ Mr. Youssef A. Al-Adimi ( Sales Manager )

## 6. 調査結果の概要

### 6-1 各訪問機関の見解

#### (1) 中央企画庁

「インフラ整備のためには、セメントは非常に重要であると考えており、マフラクセメント工場に関しては、第一期工事に続けて、拡張工事(第二期工事)を実施すれば経済的であると考えている。」(サイド次官)

・中央企画庁は、当初より一貫して、第一期工事の施行が日本企業になることも考えあわせ、拡張計画に係るF/Sを日本政府に依頼したい旨要請してきた。

#### (2) 経済供給貿易省

「世界的にみて、日本企業のセメント工場(第一期工事分)の総経費は高すぎる。しかも、第一期工事のL/Aが国民議会で批准されないうちに、拡張計画というのは、妙な気がする。」(ダッビ次官)

・経済供給貿易省は、当初、拡張計画のF/Sを日本へ要請すべく早期に正式要請書を提出する旨述べていたが、国民議会の進展と共に第一期工事そのものにも疑問をいだき始めているようである。

#### (3) セメント公団

「12月の選定確認調査団に早期に正式要請書を提出する旨述べたにもかかわらず、今だに出せなくて申し分けない。残念ながら第一期工事のL/Aの問題が解決していない。」(ハーシム総裁)

・セメント公団は、目下、国民議会の審議対象に第一期工事のL/Aの件をのせるべく根回し中とのことであった。しかしながら、大使館によればハーシム総裁自身も、途中からかかわったせいもあり、なぜ最初から100万トン/年のプロジェクトにしなかったのかという疑問は持っているとのことであった。

#### (4) 在イエメン日本大使館

「イエメンの場合、多くはないが年間約4億ドル程度の石油収入もあり、経済政策を間違えなければ案件実施上のトラブルはないだろう。目下、政府の実施する工業プロジェクトは、セメント案件以外ほとんどなく正式要請があれば、マフラクセメント工場拡張計画のF/Sを実施してもらいたい。ODAでF/Sを実施する場合、ぜひ拡張工事もODAで対応すべきであるとは考えるが、日本側が強く押すことはしたくない。第一期工事のL/Aの件が終わらないうちは、第二期工事の正式要請は出ないと思うが、あえて督促せずに要請書が出るのを待つこととしたい。」(石井臨時代理大使)

・日本大使館にとっては、12月の選定確認調査団訪「イ」時に、「イ」政府側関係者

から、早期に正式要請書を提出するという確認を取り付けていたこともあり、今回の国民議会で第一期工事のL/Aの批准遅れによる第二期工事の正式要請書の提出遅れは、予想外の出来事であったと言えよう。しかしながら、多少遅れは出るにせよ、正式要請が出た場合には、優良案件でもあり本件の対応をしてもらいたいというのが大使館の見解であった。

#### 6-2 調査団の見解

イエメンは国内の第二次産業が未発達なため、経済開発、インフラ整備に当たり、多くの基礎資材、設備を輸入しなくてはならない状況にある。なかでも、セメントは住宅を始めとしてあらゆるインフラ整備に必要不可欠なものであり、その消費量は、すでに約180万トン/年に達しており今後とも増加する見通しである。

現在、イエメンでは、バージル工場(約30万トン/年)、アムラン工場(約50万トン/年)が操業しており、年間約80万トンの供給能力がある。1991年運転開始予定のマフラクセメント第一期工場(50万トン/年)を考慮しても130万トン/年にしか達せず、依然としてセメントを輸入する必要があり、貴重な外貨流出をもたらす結果となる。1995年には、E.R.I.(ベルギーコンサルタント)の予測では、50万トンクラスの工場が3つ必要となっている。

さらに、1987年の現状は、需要が約180万トン以上あるにもかかわらず外貨不足によって供給は、輸入セメント30.6万トンと政府の政策で押さえられ(貴重な外貨は教育、薬品、食料関係に充てられた)、バージル工場(約30.3万トン)、アムラン工場(47.5万トン)を加えても108.4万トンとなっており、需給には約70万トン近いギャップが生じており、セメント価格の高値安定が続いている。イエメン政府は、このようなセメント不足を背景にバージル、アムラン両工場の拡張のためのF/Sをすでに実施済である。

イエメンの上述したセメント事情を考慮するとマフラクセメント工場拡張計画のF/Sは必要なものと判断される。

ただし、まず第一期工事のL/Aが国民議会で審議され批准されねばならず、その後、政府内のコンセンスを得て正式要請書が提出されるとすると、それまでにかかなりの時間を要するものと考えられる。

(鈴木 康次郎)



## II イエメンのセメント工業



## Ⅱ. イエメンのセメント工業

### 1. 概要

イエメンのセメント工業は、1976年ソ連の資金・技術協力により建設されたバージル工場での生産に始まり、約30年の歴史を有する産業である。

現在、当国のセメント生産は、セメント公団(YCC)の保有するバージル工場及びアムラン工場の2工場において行われており、全体の生産能力は年産80万トンで1988年には全供給量の約6割が国内生産、約4割が輸入となっている。

各工場の概要は、次のとおりである。

#### (1) バージル工場

(イエメン最大の港湾であるホダイダ近郊のバージルにあり、首都サナアから約120 km)

- ① 生産能力：30万トン/年
- ② 生産設備：湿式キルン2基(10万トン/年, 20万トン/年)
- ③ 生産品種：普通ポルトランドセメント
- ④ 生産実績：

年	84	85	86	87	88
万トン	18.1	28.6	28.2	30.3	30.2

- ⑤ 従業員数：691人

#### (2) アムラン工場

(首都サナアの北西約50 kmにあり、1982年操業開始)

- ① 生産能力：50万トン/年
- ② 生産設備：乾式NSPキルン1基
- ③ 生産品種：普通ポルトランドセメント
- ④ 生産実績：

年	84	85	86	87	88
万トン	51.9	41.3	41.8	47.6	49.3

- ⑤ 従業員数：459人

## 2. 需給状況

過去5年間の需給動向をみると、国内生産は1984年の70万トンから1988年には79.5万トンへとほぼ生産能力並みの実績を確保している。また、輸入については1984年の159万トンから1988年には50万トンへと約3分の1に減少している。

この結果、全供給量は1984年の229万トンから1988年には129.5万トンへと約100万トン減少しているが、これは需要が減少したためではなく、政府の外貨節約策により1987年以降輸入量を抑制した結果とのことであり、住宅建築着工許可件数等の状況から年間のセメント需要量は、180万トン程度存在するといわれている。このため、1988年には約50万トンのセメントが不足している状況にある。

一方、当国の将来におけるセメント需要については、ベルギーのコンサルタント(E.R.I.社)のF/Sレポート(1983年)では、住宅、インフラ整備等のため1995年には320万トンの需要が見込まれるとしており、国内生産能力の増強が必要であるとしている。

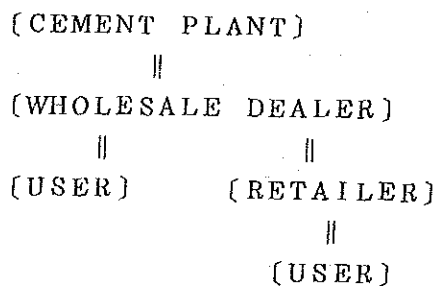
過去5年間のセメントの需給状況は、下表のとおりである。

年	84	85	86	87	88
国内生産 (万トン)	70.0	69.8	70.0	77.8	79.5
輸 入 (万トン)	159.0	102.4	111.6	30.6	50.0
計	229.0	172.2	181.6	108.4	129.5

## 3. 流 通

イエメンにおけるセメント(国内生産品及び輸入品)の流通は、ほとんどが50kg入りの袋物で行われており、首都サナアに2工場ある生コンクリート工場への出荷のうち、若干量がバラセメント用トラックで行われている程度である。

国産セメントの流通経路は、概ね下図のとおりであり。



#### 4. 価格動向

イエメンのセメント価格は、工場渡し価格とユーザー渡し価格（市場価格）があるが、今回の調査では工場渡し価格しか把握できなかった。

各工場別のセメント価格は下表のとおりである。

（単位：イエメンリアル／トン）

年 工場名	84	85	86	87	88
アムラン	600	640	704	704	770
バーシル	581	641	750	750	780

（注）1イエメンリアル＝13.8円（89年3月）

50Kg／袋の価格をトンに換算した価格

（櫻井 哲）



### III 既存工場(マフラクセメント工場)の現況





## Ⅲ. 既存工場（アムランセメント工場）の現況

### 1. プラントの概要

#### 1-1 建設の経緯

アムランセメント工場はイエメンアラブ共和国の首都サナアの北55 km、海拔2,200 mのアムラン盆地に位置している。1982年バージルセメント工場に次ぐこの国では2番目のセメント工場が日本輸出入銀行の資金で石川島播磨重工業(株)により建設された。

年産50万トンの生産能力をもつ最新鋭のこの工場は、オンスケジュールで建設されると共に同年10月に商業運転が開始され、初年度からフル能力の生産を達成したことから日本の技術力に対して高い評価を得た。

#### 1-2 鉱 山

##### (1) 石灰石鉱山

石灰石鉱山はアムランセメント工場の南西約1 kmの丘にあり採掘及び粗砕された原料は長距離ベルトコンベアにより工場に運ばれている。

石灰石とマールストーンが交互に堆積したこの鉱区は89年3月現在では約3,400万トンの可採鉱量と推定されている。

石灰石のCaO含有量は46～50%、マールストンのCaO含有量は25～35%であり、日本のセメント工場で一般的に使われる石灰石に比べCaO含有量は低い粘土類の使用量を少なくすることができる。採掘はごく一般的なベンチカット工法が用いられ、採掘された岩石はダンプトラックで運ばれた後、インペラブレーカーにて30 mm以下に破砕され工場のミックスベッドホールへ運ばれる。

##### (2) 粘土鉱山

粘土であるサンディクレイはその名の示すようにほとんどが10 mm以下の砂である。アムラン工場で使われるサンディクレイはサナアとアムランの間にあるタクバンにてダンプトラックに積みこまれ工場へ運ばれる。このサンディクレイは約80%のSiO<sub>2</sub>を含みトータルアルカリ含有量も約0.7%とさほど高くない。アムラン工場では石灰石とマールストーンを約9：1に混合した石灰石類とサンディクレイの2種類でセメント原料が調合されその調合比はおおよそ92：8である。

##### (3) 石膏鉱山

石膏はサナアの北東約40 kmにあるクフラガより運ばれ95%以上の純度(CaSO<sub>4</sub>・2H<sub>2</sub>O)をもっている。工場に運ばれた石膏はサンディクレイと共用のクラッシャにて30 mm以下に砕かれる。

#### 1-3 設備概要

工場のレイアウトを図Ⅲ-1、フローシートを図Ⅲ-2、主な設備機器仕様を表Ⅲ-1

に示す。

#### (1) 原料系

鉱山より運ばれた原料は各々のヤードに貯蔵されたのち所定の成分になるように計量機を通して調合される。石灰石類とサンディクレイの調合を補正させるためにハイグレードの石灰石ヤード及び計量機も設置されている。

調合された原料はおおよそ3%の水分をもっているがキルンからの排ガスを利用してサイクロンセパレータ付ボールミルにより乾燥及び粉砕が同時に行われる。

90  $\mu\text{m}$  のふるい残分が約10%になるように粉砕された原料はホモジェナイズイングサイロに投入され均質化される。また所定の調合原料を得るために蛍光X線分析計が導入されており迅速かつ精度の高い分析を可能にしている。

#### (2) 焼成系

日産1750トンの能力をもつNSP(New Suspension Preheater)タイプのキルンである。NSPキルンは他のタイプのキルンに比べキルンの単位容積当たりの焼成能力が高いためプラント設備をコンパクトにすることができ、燃料消費量が低くしかも運転も容易であることから1970年代から急速に全世界に普及した。

NSPキルンにはいくつかの種類があるがアムランセメント工場では世界でもっとも普及している焼成方式の1つであるSF(Suspension-Preheater with Flash Furnace)方式が採用されておりその熱消費量は約800 kcal/Kg-cementである。

焼成燃料にはC重油が使われているがその60%は仮焼炉(Flash Furnace)で消費される。キルンでの熱負荷を小さくしたことから、プラントの保全コストのかなりの部分を占めるキルンの内張り耐火レンガの寿命延長に大きく貢献している。

#### (3) セメント粉砕系

アムランセメント工場ではBS(British Standard)12-1978に基づく普通ポルトランドセメントだけが製造されている。キルンで焼成され、クーラーにて冷却されたクリンカーはサイロに貯蔵された後、約3%の石膏が加えられ原料ミルとほぼ同じシステムのボールミルにて粉砕されサイクロンセパレータにて組粉が分離され最終製品であるセメントがつくられる。その粉末度はブリーン値で約3100  $\text{cm}^2/\text{g}$  である。

#### (4) 出荷系

セメントはサイロに貯蔵され、そのほとんどはロータリーパッカーにて袋詰めされユーマーに渡される。

#### (5) 発電設備及び冷却水

アムランセメント工場で消費される電力は全て工場内の4台のディーゼルエンジン発電機を有するパワープラントから供給されるが近年YGEC(Yemen General Electric Corporation)よりの送電も可能となった。

プラントで使われる冷却水及び従業員居住地等で使われる飲料水用に約200mの深さの井戸を4本有している。

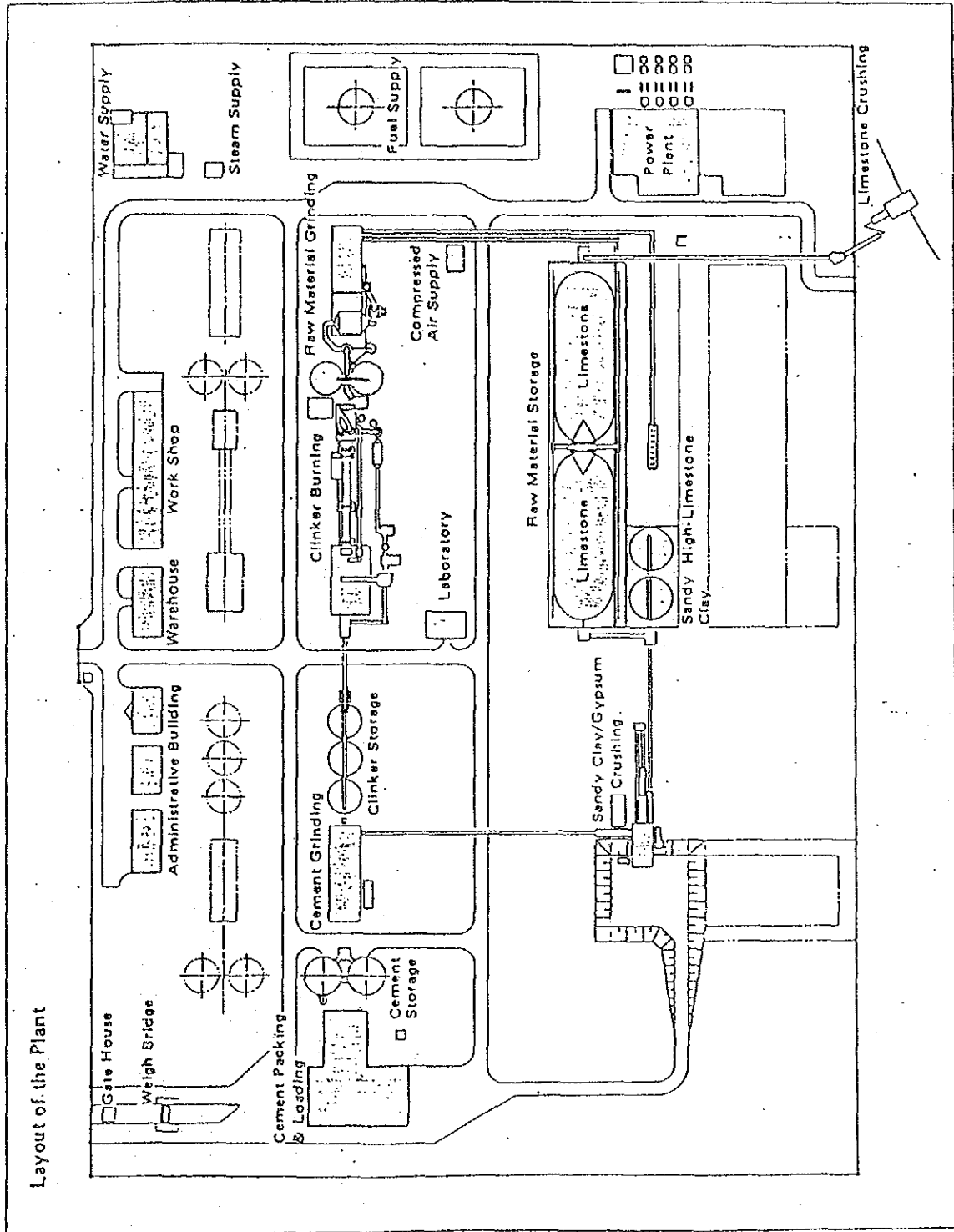


図 1-1 工場のレイアウト

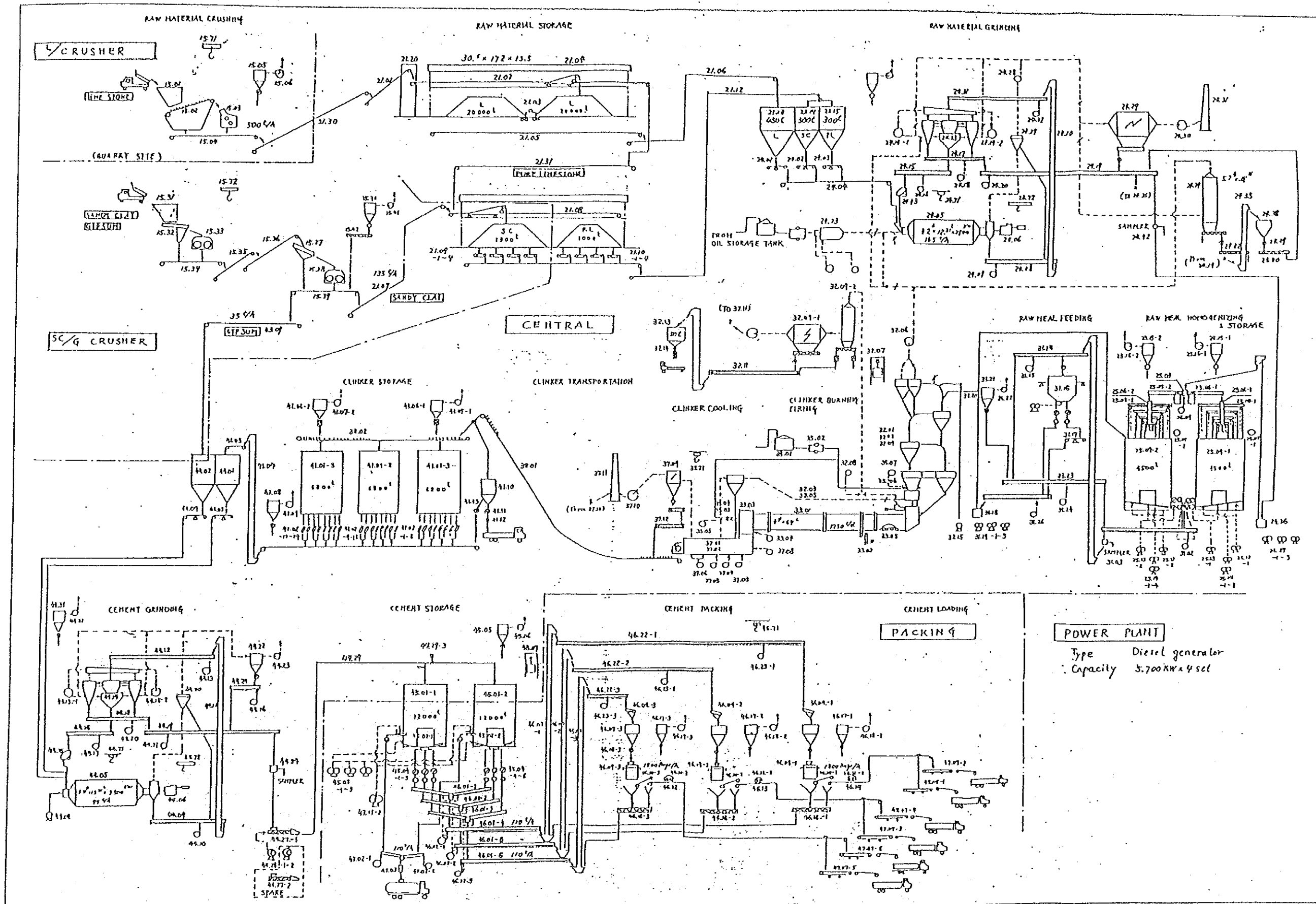


図 1-2 生産設備のフローシート



表Ⅱ-1 主要設備機器仕様

Principal Specification of the Plant Equipment

Equipment	System	Specification
Raw material crushing	Compound impeller breaker	500 t/h, 600/800KW
Limestone crusher	Double roll crusher, 2 stages	135 t/h (Sandy clay), 35 t/h (gypsum)
Sandy clay/Gypsum crusher		
Raw material storage	Chevron method mix bed with bridge scraper	20,000 t × 2 piles, 220 t/h
Limestone	Open stock pile	1,300 t (Sandy clay), 1,000 t (hi - limestone)
Randy clay/hi - limestone	Closed circuit compound mill with cyclone air separator	145 t/h, 4.2m $\phi$ × 12.31ml, 2900KW, EP - dedusting
Raw material grinding	Mixing chamber, concrete silo	4,500 t × 2 silos
Raw meal homogenizing	IHI - SF precalciner - kiln with 25% kiln gas by - pass	1,750 t/d, IHI - SF # 129, 4.0m $\phi$ × 60ml, EP - dedusting
Clinker burning	Horizontal grate cooler	1,750 t/d, # FB2 - 22
Clinker cooling	Concrete silo	6,800 t × 3 silos
Clinker storage	Closed circuit compound mill with cyclone air separator	95 t/h, 4.4m $\phi$ × 13.81ml, 3,500KW, Bag filter - dedusting
Cement grinding	Concrete silo	12,000 t × 2 silos
Cement storage	8 - spout rotary packer	90 t/h (1,800 bags/h at 50 kg - bag) × 3,
Cement packing and loading	with loader conveyors, and bulk loading spout	100 t/h for bulk loading
Power plant	Diesel engine - generator with radiator cooling system	5.7MW × 4, IHI - SEMT 14PC2 - 5V engine,
		570KW aux. diesel generator
Cooling water supply	Closed circuit with cooling tower	300m <sup>3</sup> /h
Fuel storage	Cone - roof tank	40,000kl × 2 (Heavy oil and Diesel oil)
Steam Supply	Packaged boiler	2 t/h × 2
Compressed air supply	Reciprocating compressor	26.5m <sup>3</sup> /h (suction) × 3

## 2. 操業状況

### 2-1 生産量の推移

1982年7月の試運転開始以来のクリンカー及びセメントの生産量は表Ⅱ-2の通りである。スペアパーツの不足及び重油・ディーゼル油の不足による頻繁な操業停止を余儀なくされた85年、86年を除きほぼ順調な操業を維持している。

表Ⅱ-2 クリンカー/セメントの生産量の推移

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
クリンカー生産量(t)	168,312	504,612	505,376	434,570	357,804	469,313	461,387
セメント生産量(t)	154,652	529,270	519,085	412,520	418,120	475,517	492,988
能力比 (%)	( - )	106	104	83	84	95	99

能力比 (%) ; 年間セメント生産量(t) / 50万(t) × 100

### 2-2 セメントの品質

セメントの品質は表Ⅱ-3に示す通り、British Standardを十分に満足している。品質を表わす性質の中でもっとも重要な28日圧縮強度(28 days Compressive Strength)も平均53.5 N/mm<sup>2</sup>でありJISの強度に換算すると約370 Kgf/cm<sup>2</sup>となり、日本市場品の約410 Kgf/cm<sup>2</sup>に比べると劣るものの世界的には平均レベル以上にあると思われる。

懸念される点としてセメントの粉末度(Fineness)が年々粗くなってきておりセメントミルのボール構成が悪くなってきていると推察される。工場の担当者も補充するボールがないと訴えていることから、一時よりは良くなったとは言えスペアパーツの不足は依然として続いていると言える。

表Ⅲ-3 セメントの品質

Quality of Cement

	B-S	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ig. loss	%	0.6	0.7	0.6	0.7	0.9	0.7	0.8
Insol.	%	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5
SiO <sub>2</sub>	%	21.5	21.0	21.1	22.0	21.5	21.4	22.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	5.5	5.7	5.6	5.5	5.0	5.1	5.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	3.1	3.3	3.3	3.1	2.9	2.6	2.8
CaO	%	63.2	63.2	62.6	61.9	61.4	62.0	61.2
MgO	%	1.8	2.0	2.6	2.9	2.9	2.1	1.8
SO <sub>3</sub>	%	1.9	2.1	2.0	2.1	2.0	1.7	1.6
Na <sub>2</sub> O	%	0.14	0.34	0.26	0.21	0.23	0.26	-
K <sub>2</sub> O	%	1.00	0.98	0.91	0.88	0.81	0.88	0.90
Total	%	99.0	99.6	99.3	99.3	97.7	97.3	96.9
HM		2.06	2.06	2.04	2.00	2.06	2.09	1.98
SM		2.5	2.4	2.4	2.7	2.7	2.7	2.7
IM		1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.9	1.9
LSF		0.90	0.91	0.90	0.87	0.89	0.90	0.86
F-CaO	%	1.1	1.0	1.2	1.0	0.9	-	0.7
Fineness	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3130	3180	3200	3190	3220	3080	3020
	88 μ R	1.2	1.1	1.2	1.2	1.8	2.1	2.9
	44 μ R	10.7	11.8	12.6	12.6	15.1	17.0	16.8
Setting time	Initial (h-min)	2-1.6	2-2.5	1-0.9	2-2.0	2-3.3	2-0.0	2-3.5
	Final (h-min)	3-1.9	3-1.1	2-0.4	2-5.2	3-2.8	2-9.0	3-4.5
Soundness								
	3 days (N/mm <sup>2</sup> )	30.2	31.9	29.1	30.8	26.3	27.4	26.2
	7 days (N/mm <sup>2</sup> )	39.6	40.9	38.6	39.4	37.2	39.6	39.9
Compressive Strength								
	28 days (N/mm <sup>2</sup> )	53.7	54.3	49.6	53.0	52.6	54.0	57.1



## 2-3 キルンの運転状況

キルンの運転状況を図 3-3 に示す。

1982年の商業運転以来のキルンの故障及び停止理由を分析すると次のようになる。

### (1) 1982～83年

NSPキルンの弱点であるプレヒーターでの閉塞トラブルが多発した。これは原料中のアルカリがサイクロン内で濃縮、凝集しサイクロン壁面に固く付着する。これが温度変化等により脱落しサイクロンシュートを閉塞するものである。しかしこれも近年普及した高圧エアブラスティングシステムの設置により除々に解決された。

### (2) 1984～85年

クーラー系の故障が目立ちはじめた。これはクーラープレートの脱落及びスピレージチェンコンベアのトリップによるものでパーツ不足に伴う補修不良から生じたトラブルと考えられる。

### (3) 1986年

運転率がもっとも低い(78.5%)年であるが鉱山の重機のパーツ不足により原料の石灰石不足をきたした。また、正確な理由はわからないが、キルン燃焼用の重油や発電用のディーゼル油が不足してプラントの停止が多発した。

### (4) 1987～88年

ルーマニア人のテクニカルアドバイザーによれば雨期になると原料の石灰石が粘着性をもつために原料ホッパーに閉塞を生じると指摘している。また、クリンカークーラーのホッパー詰りも多発しているようであり繰り返し故障を防ぐための抜本的対策が必要である。

図 11-3 キルンの運転状況（運転線図、クリンカー生産量、運転率）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
1982										2 29	12 28 30		
クリンカー生産(t)								<試運転>					
運転率 %								(45,982)		41,128	25,955	55,247	122,330
1983										995	902	989	970
クリンカー生産(t)										17 28	12 28	22 31	
運転率 %													
1984													
クリンカー生産(t)													
運転率 %													
1985													
クリンカー生産(t)													
運転率 %													
1986													
クリンカー生産(t)													
運転率 %													
1987													
クリンカー生産(t)													
運転率 %													
1988													
クリンカー生産(t)													
運転率 %													
合計													

$$\text{運転率} = \frac{\text{運転時間}}{\text{運転時間} + \text{故障修理時間}}$$
 （故障修理時間には定期修理作業時間は含まない。）

## 2-4 組織及び人員

### (1) テクニカルアシスタント

1982年10月より商業運転がスタートしたがマネージメントサービス要員として日本人15名が1年間操業指導に当り初年度からフル生産を達成した。

第2年目、3年目は日本人スタッフがそれぞれ8名、4名従事し技術移転を行った。その後1986年よりルーマニア人による運転指導が行われており、1989年3月現在では機械、プロセス、電気の技術者1名づつ合計3名が滞在している。

### (2) フィリピン人

イエメン人主体の運転であるがこれと言った工業のない当国では機械の補修技能者が少ない。このため機械の保全及び修理要員として14名、電気、鉱山重機の修理にそれぞれ1名、合計16名のフィリピン人が従事している。

### (3) 工場人員

ルーマニアの3名、及びメンテナンス要員であるフィリピン人16名を除き全ての運転、保全、マネージメントはイエメン人によって行われている。ヒアリングによる人員構成は次の通りである。

Quarry	: 85名	Administration	: 30名
Packer	: 68名	Financial	: 20名
Mechanical	: 42名	Cleaning	: 60名
Production	: 68名		
Laboratory	: 20名		
Electrical	: 36名		
Power Station	: 30名		
Total	: 349名	Total	: 110名

Grand Total : 459名

## 3. アムランセメント工場の拡張計画

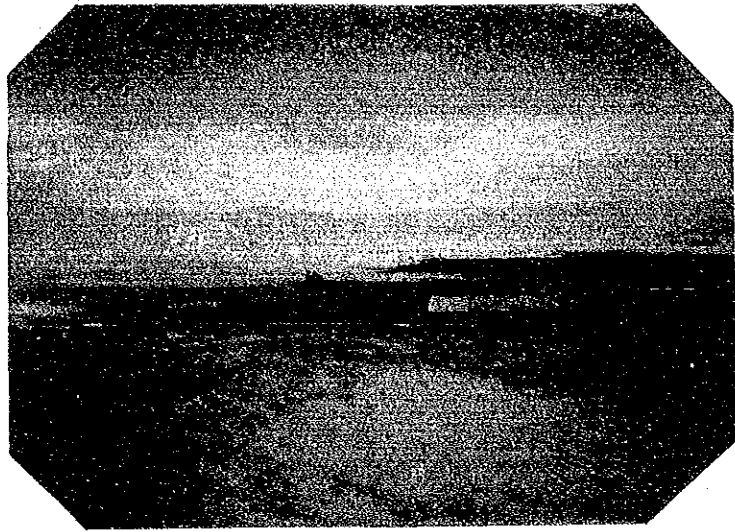
イエメン政府はセメントの輸入量を削減するために国内の供給増を計画しているが、その一環としてアムラン工場の年産100万トンプラントへの拡張工事、すなわち、50万トンプラントの増設を検討している。1986年6月拡張のためのフィージビリティスタディが行われており、その結果の概要は以下の通りである。

1. 原料（石灰石、粘土、石膏）の可採鉱量は充分である。
2. 電力はプラント内の自家発電とYGECよりの買電双方より供給する。
3. キルンの能力は既設プラントと同様に1750t/日とする。

4. プラントの位置は既設プラントの北側を推せんする。
5. 製造予定のセメント品質は普通ポルトランドセメントの他に耐硫酸塩セメント、ポゾランセメントも検討する。
6. 建設期間はコンサルタントの選定も含め4年2ヶ月である。
7. 建設費用は約7.1億イエメンリアル(F/S実施時の交換レート: 23.21円/YR, で約165億円)である。
8. 製造コストは553 YR/t-cement, 売値はEx-Factoryで640 YR/t-cementである。
9. 財務分析の結果FIRROIは税引後で18.3%となりフィージブルである。
10. 結論として技術的にも経済的にもフィージブルであるから早急にプロジェクトを実行すべきである。

( 荒 木 春 夫 )

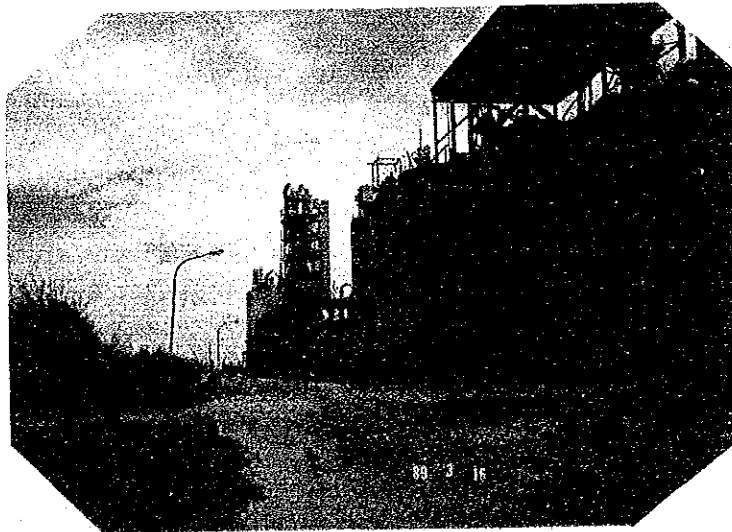




アムランセメント工場全景

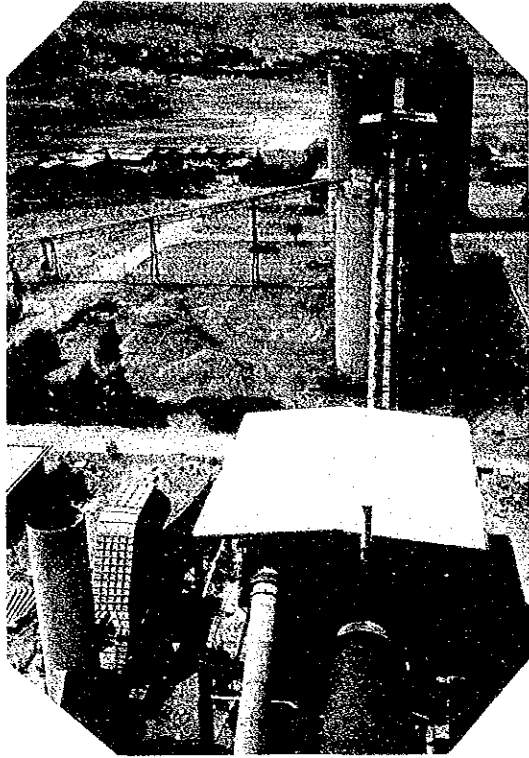


石灰石鉱山



予熱炉とセメントミル

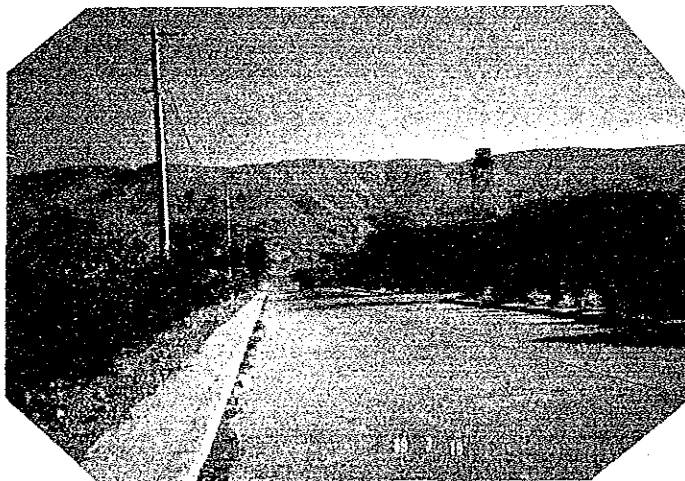




キルンとサイロ



中央制御室



工場関係者の住宅地区





#### IV マフラクセメント工場(計画とサイト状況等)



## IV. マフラクセメント工場（計画とサイト状況等）

### 1. 建設計画の背景

イエメン政府関係省庁内では、1979年アムランセメント工場建設工事の調印が行われた時点から、極端なセメント供給能力不足を解消するため、新工場建設の具体的計画が議論されていた。その結果第一期工事として生産能力50万トン/年のマフラク工場を建設することとなり、イエメン政府はわが国に円借款の供与を要請し両国政府は合意した。計画では1989年着工、1991年操業開始の予定になっている。

イエメンに於ける既存の2工場は同国の中央部に位置しているため、セメントを南部或は北部の需要地へ輸送することは、輸送コストがかかり流通面で不便な状況にある。マフラク工場は南部イエメン各地への供給に至便で、且つ近辺で豊富に原料を産出するタイズ州マフラク地区（首都サナアから約300km）に立地する。ベルギーのBasse Sambre/E.R.I.-S.A.社の市場調査によれば、タイズ、イブ等の都市を中心とする南部諸州の需要は高いと予測されている。（参考資料1参照）

### 2. 建設計画の概要

#### 2-1 工場建設予定地

工場建設予定地は、南部のタイズ州の州都であるイエメン第2の都市、タイズの南西約40kmの地点で、タイズと南部の港町モカを結ぶ幹線道路から少し入った所にある。

#### 2-2 工場の規模、製造様式

第一期工場の生産能力は既存のアムラン工場と同じく、普通ポルトランドセメント50万トン/年であるが、引き続き50万トン/年のキルン1系列を増設して、総計100万トン/年に拡張することを予定している。

製造様式はアムラン工場と同じく乾式NSPキルンを採用している。

#### 2-3 建設工事実施体制

事業はYCC内のプロジェクト・チームによって実施され、フランスのコンサルタントB.C.E.O.M.社が作成したマフラク工場に関するF/Sの見直しを行ったBasse Sambre/E.R.I.-S.A.社が指名されて、工事、試運転時のスーパーバイズを行う。

工事は土木工事を含むフルターンキー契約となっており、国際競争入札を経て日本の石川島播磨重工業(株)が落札した。

#### 2-4 原燃料、電力

##### (1) 石灰石

主原料の石灰石は、工場建設予定地から1.5km程の距離にある山から採掘され、粗砕後ベルトコンベアーによって工場内に輸送される。

Basse Sambre / E. R. I. - S. A. 社の原料調査報告によれば、可採鉱量は高純度のものから低純度のものまでを含め約2億トン、鉱山の寿命は250年と算定されている。

(2) 火山岩及び砂岩

副原料の火山岩は工場敷地の北西約2kmの地点、砂岩は北東約2kmの地点で採掘され、それぞれトラックで搬入される。

(3) 石膏

サリフの鉱山からトラックで搬入される。

(4) 重油

焼成用重油は、マリブ製油所からタンクローリーで搬入される。

(5) 電力

電力は、タイズーモカを結ぶ幹線道路沿いに敷設されている電力省の送電線から受電する。

(6) 工場用水

用水は、工場付近のWadiに井戸を掘削し、地下水を汲み上げて使用する。

2-5 主要設備

原料の採掘からセメントの袋詰め出荷までを含む一連の設備である。

(1) 原料粗砕設備

ハンマークラッシャー (石灰石用, 山元設置)	500 t/h	1基
インパクトクラッシャー (火山岩, 砂岩一次粗砕用)	100 t/h	1基
インパクトクラッシャー (同上二次粗砕用)	100 t/h	1基
ジョークラッシャー (石膏粗砕用)	20 t/h	1基

(2) 原料貯蔵設備

石灰石用

その他原料用

(3) 原料粉碎設備

堅型ローラーミル 135 t/h テーブル 2.8mφ 1,400kW 1基

(4) 原料調整設備 3,800 t 2基

(5) クリンカー焼成設備

サイクロンプレヒーター 1,700 t/d 5段型 1式

ロータリーキルン 1,700 t/d 3.8mφ×5.4m 1基

(6) クリンカー冷却設備

グレートクーラー 1,700 t/d 2段水平型 1基

(7) クリンカー貯蔵設備 8,500 t 2基

(8) セメント粉碎設備

	チューブミル	90 t/h	4.2 mφ × 13.33 m	1 基
(9)	セメント貯蔵設備			
	セメントサイロ	7000 t		4 基
(10)	セメント袋詰出荷設備			
	ロータリーパッカー	100 t/h (50Kg × 2,000袋/k)		3 基
(11)	その他付帯設備			

### 3. サイト状況

工場建設予定地周辺にはいくつかの丘があるが、敷地自体は所々に灌木の生えた割合平坦な土地である。敷地の境界は、全部は確認しなかったが境界線の西南の隅の部分には地面に鉄筋を打ち込んで示し、石で囲って養生してあった。敷地の周辺には民家が数軒点在している。

石灰石鉱山は、工場建設予定地から東南方にWadi（澗谷）を越えた山で、ボーリングを実施した所まで曲がりくねった道がついている。視察時に現地まで車で登り、ボーリングの跡を探したが見当らなかった。後日原料調査報告書添付の図面を見たところ、ボーリングを実施した地域は更に奥に入った一帯であることが分かった。

タイズにはマフラクセメント工場プロジェクト・オフィスがあり、プロジェクト・マネージャーが駐在していて現地視察にも同行したが、YCCの本社で現地にあるといわれた資料等は一切所持しておらず、サナアに戻ってからプロジェクト・オフィスを訪れ、初めて原料調査報告書<sup>\*</sup>を見ることができたような次第であった。これらの資料についてはYCC部内の連絡の不徹底、彼らの執務時間が短いこと等に災いされ、今回は入手できなかった。

製品は殆ど全量が袋詰めにして出荷される予定であるが、敷地はタイズ、モカを結ぶ幹線道路から至近距離にあり、トラック輸送にも極めて便利な場所にある。

(柿 沼 俊 夫)

\* Mafrak Cement Plant Project (Phase II) Final Report on Raw Matetials  
(March 1984) Ministry of Economy and Industry (Basse Sambre/  
E. R. I. S. A.)





石灰石鉱山予定地から見たマフラクセメント工場建設予定地  
(中央左手に見える家の先の平坦な所一帯)



マフラクセメント工場石灰石鉱山予定地  
(前方奥の方一帯)





## V 資 金 協 力



## V. 資金協力

### 1. マフラクセメント工場第一期資金協力概要

#### 1-1 経緯

1979年 仏コンサルタントB.C.E.O.M.社によりF/Sレポート完成

1982年 イエメン政府から本事業に対し円借款供与方要請越す

1983年 ベルギーコンサルタントE.R.I.社によりF/S見直し

1988年 事前通報

交換公文

1989年 L/A発効予定, 工事開始予定

#### 1-2 事業計画

##### (1) 目的

マフラク地区に年産50万トンのセメント工場を建設し, セメント輸入126.9万トン(需給ギャップ)に対処するもの。

##### (2) 計画概要

1) 本プロジェクトは, 国産の原料をもとに年産50万トンの普通ポルトランドセメントを生産するものであり, 原料開採, 組砕から製品搬出までの一貫プラントで, NSP方式を採用する。

##### 2) 立地

プロジェクトサイトは, イエメン第2の都市タイズの南西約40kmに位置し, サナータイズーモカ道路に面している。

本サイトの選定理由は, ①原料確保が容易 ②需要地(タイズ地域)に近い ③輸送に至便である。

##### 3) 周辺インフラストラクチャー

###### a) 電力供給

電力は, タイズーマフラク道路に沿って敷設されている公供ネットワークにより受電する。サイト西約3kmにサブステーションが建設済みである。サブステーションープラント間の送電線は電力省(YEMEN GENERAL ELECTRIC COMPANY)が建設する予定である。

###### b) 用水供給

供給は井戸水による計画で, 用水必要量は約600m<sup>3</sup>/日である。

###### c) 燃料

燃料は重油を用いる。供給はマリブ製油所からタンクローリーで運搬される。

###### d) 輸送

本サイトは、需要地であるタイズから約40 km、イブから約70 kmであり道路は全面舗装されている。

#### 4) 原 料

##### a) 石灰石

本サイトの東1.5 kmの石灰石山から採掘される。埋蔵量約2億トンであり、250年分以上が見込まれる。(E.R.I.のF/Sによる)

##### b) 火山岩及び砂岩

火山岩は、本サイトの北西約2 km、砂岩は北東約2 kmからトラック運搬される。

##### c) 石 膏

サリフの石膏鉱山からトラックにより運搬される。

#### 5) 主要設備

主要設備は以下の通り。

##### ・原料粗砕設備

ハンマークラッシャー

ジョークラッシャー

コーンクラッシャー

##### ・原料粉碎設備

竪型ミル

##### ・焼成設備

サイクロンNSP

キルン

グレートクーラー

##### ・セメント粉碎設備

チューブミル

##### ・袋詰設備

##### ・その他設備

#### 6) トレーニング及び操業指導

##### a) トレーニング

海外でのトレーニング 36 M/M

国内でのトレーニング 32 M/Mが予定されている。

##### b) 操業指導

操業指導は運開後3年間で552 M/Mが予定されている。

#### 7) 工 期

34ヶ月(建設)+3年(操業指導)

## 8) 事業実施体制

### a) 事業実施機関

イエメンセメント公団(YCC; YEMEN CORPORATION FOR CEMENT INDUSTRY & MARKETING)であり、政府全額出資で設立された。職員数は1,176人で内1,150人がアムラン・バージル両工場で働いている。

### b) 事業実施体制

本事業は、YCC内に組織されるプロジェクトチームによって遂行され、コンサルタントはベルギーのE.R.I.-S.A., 工場本体は、フルターンキーベースで行なう。

## 9) 管理運営体制

本事業完成後は、357名の職員が管理運営に当たる。357名の内訳は、管理部門に61名、プラント維持部門に115名、生産部門に113名、原料部門に68名となっている。

## 1-3 円借款概要

### (1) 借款額

本プロジェクトの事業費は、外貨分22,307百万円、内貨分290百万円であり、合計22,597百万円である。OECFの借款供与額は、外貨分からコンサルタント費用を除いた22,070百万円である。

### (2) 貸与条件

金 利 1.5%/年  
期 間 30年(据置10年)

## 2. マフラクセメント工場拡張計画とフィージビリティ

### 2-1 イエメンのセメント事情

当国は国内の第二次産業が未発達なため、経済開発、インフラ整備に当たり、多くの基礎資材、設備を輸入しなくてはならない状況にある。

中でもセメントは住宅を始めとしてあらゆるインフラ整備に必要不可欠なものであり、その消費量は、すでに約180万トン/年に達しており今後とも増加する見通しである。

現在、当国では、バージル工場(約30万トン/年)、アムラン工場(約50万トン/年)が操業しており、年間約80万トンの供給能力がある。1991年運転開始予定のマフラクセメント工場第一期(50万トン/年)を考慮しても130万トン/年にしか達せず、依然としてセメントを輸入する必要がある、貴重な外貨流出をもたらす結果となる。1995年には、E.R.I.の予測では、50万トンクラスの工場が3つ必要となっている。さらに、1987年の現状は、需要が約180万トン以上あるにもかかわらず、外貨不

足によって供給は、輸入セメント30.6万トンと政府の政策で押えられ（貴重な外貨は教育、薬品、食料関係に充てられた）、バーシル工場（約30.3万トン）アムラン工場（47.5万トン）を加えても108.4万トンとなっており、需給には約70万トン近いギャップが生じており、セメント価格の高値安定が続いている。イエメン政府は、このようなセメント不足を背景にバーシル、アムラン両工場の拡張のためF/Sを行なっている。

当国の上述したセメント事情を考慮するとマフラクセメント工場拡張計画のスタディも必要なものと判断される。

## 2-2 本拡張計画の合理性と有利性

### (1) 建設コスト

マフラクセメント工場第一期は、100万トン/年に拡張されることがあらかじめ計画されており、すでに、原燃料貯蔵、修理工、荷出設備等は、100万トンクラスのものゝ建設されることとなっている。従って、拡張計画の建設コストは新規のものより安く上がることとなる。

### (2) 原燃料

電力供給は、モカの160MWの発電所があり、用水についても問題なく、さらに、燃料である重油についてもサルフに新製油所の計画もあり問題ない。

石灰石については、V-1-2-(4)で述べたように100万トンに増設されても供給に問題ない。

### (3) 技術移転

アムラン工場での実績をもった職員、マフラクセメント工場第一期でトレーニング、操業指導を受けた職員等によって本拡張工場職員にも順調に技術移転されるものと考えられる。

### (4) 事業効果

#### 1) 定性的効果

イエメン国内における深刻なセメント不足の改善に寄与し、雇用機会が増大する。さらに、タイズ、イブ地域の経済発展に資するものである。

#### 2) 定量的効果

（仮定の数字を使用するので、あくまでも参考程度とされたい）

##### a) 財務的内部収益率（FIRR）

条 件

・プロジェクトライフ20年

・販売収入

セメントの出荷価格は、1988年の実績に基づき760YR/トンと仮定する。

生産高は、初年度80%、翌年以降100%の稼働率と仮定する。

- ・初期投資は、総額150億円と仮に設定し、3年間に渡り均等に支出されるものとする。
- ・固定費、変動費はマフラクセメント工場第一期F/Sを参考にし、エスカレーションを一律7%/年とする。

税引き前FIRR = 12.6%

b) 経済的内部収益率 (EIRR)

・取 入

CIFホデイダセメント価格	486 YR
港湾使用料	55
輸送費(ホデイダーマフラク)	235
計	776 YR/トン

その他 a) と同じ(人件費等の率を考慮せず)

EIRR = 13.2%

a), b) とともに交換レートは 1 YR = 12 円

\$ 1 = ¥ 130 円

(小池 勇 三)



