

国際協力事業団
イエメン共和国
イエメンセメント公社

マフラクセメント工場 拡張計画調査

調査報告書 (要約)

平成4年11月

大阪セメント株式会社

316
08.3
MPI

鉦調工
CR(3)
92-172

316/88.3

JICA LIBRARY



1102745151

28622

国際協力事業団
イエメン共和国
イエメンセメント公社

マフラクセメント工場
拡張計画調査

調査報告書
(要約)

平成4年11月

大阪セメント株式会社



目次

1.	緒言	・・・ 1
2.	プロジェクト概要	・・・ 1
3.	セメント市場	・・・ 3
4.	既設のセメントプラント	・・・ 6
5.	建設中のマフラクセメント工場	・・・ 7
6.	拡張プロジェクトの原料とユーティリティ	・・・ 8
7.	拡張プラントの検討	・・・ 10
8.	拡張プラントの実施計画	・・・ 16
9.	環境評価	・・・ 19
10.	財務および経済分析	・・・ 20
11.	結論および提言	・・・ 22

1. 緒言

現在建設中のマフラクセメント工場は1993年に完成が予定されている。この工場の生産能力を既存設備の生産能力に合計しても、今後の、特に、南北合併後の社会発展のためのインフラ整備に伴うセメント需要を満たすには十分ではない。

特に今後は南部地区での需要増が見込まれるため、南部市場に隣接しているマフラクセメント工場を拡張して今後の需要増大に対処していく事がイエメン国において重要な課題となっている。このような状況を踏まえ、イエメン政府は日本政府に企業化調査を要請した。この要請に基づき1992年 3月より本調査が開始された。調査の目的はマフラクセメント工場の生産規模を年産50万トンから100万トンに拡張する計画の技術的、経済的可能性をの検討するためである。

2. プロジェクト概要

1) イエメン共和国の現状

イエメン共和国（イエメン）は、1990年5月のイエメンアラブ共和国（北イエメン）と、イエメン民主人民共和国（南イエメン）の統一により誕生した、アラビア半島の西南部に位置する国家である。

2) 経済の現状

同国の政治・経済の情勢は、未だ統一の過渡期段階であり、解決すべき諸問題もあるが、今後の石油開発による経済の活性化が期待され、長期的には、石油以外の製造業の育成、特に私企業における投資の促進に重点が置かれている。

3) セメント産業の政府方針

同国政府は、深刻なセメント不足解消の必要性和、セメント産業発展により、期待される次の副次効果から、国内のセメント産業の育成に最も重点を置いている。

1. 国内の天然資源が有効活用されること
2. セメントは輸入代替効果が高く、財政の健全化に寄与されること
3. 雇用が促進されること
4. インフラの整備が助成されること

4) マフラク拡張プラントの必要性

イエメンのセメント生産は、800,000 T/Y であるのに対し、消費量は1984年のピークで、2,500,000 T/Y を越え、需要と国内供給の差は、輸入に頼らざるを得ない現状である。さらに、今後予想される公共施設・住宅・道路等のインフラ補強に伴う需要の増加を考慮すれば、1993年に予定されているマフラクプラント（500,000 T/Y ）の完了後においても、輸入の必要性が続くと考えられる。

また、特に同国の第2・第3のセメント市場であるタイズ・イブ及び、近隣する南部地域の需要への緊急な対応の必要性から、マフラク工場における生産の拡張は最優先されるべきものである。

3. セメント市場

1) セメント産業の現状

イエメンにおけるセメント工場は、バジール工場（操業開始1976年、生産量300,000T/Y）と、アムラン工場（操業開始1982年 生産量500,000 T/Y）が現在稼働中であり、同国のセメント需要の、30% ~ 50%をカバーし、残りは輸入により補われている。

この他、生産量500,000 T/Y のマフラク工場が現在建設中であり、1993年に操業を開始する予定である。

2) 需給の状況

北イエメンにおけるセメント需要は、1970年代に入り急速に増加し、特に1983・1984年にはタマール地方で発生した地震災害の復旧より急激に増加した。その後、政府の輸入制限により、1987年には大幅に減少しているが、実際にセメント需要が減少したわけではなく、実際の消費量を遙かに上回る潜在需要があった筈であると考えられる。

南イエメンには、セメントプラントがなく、約200,000 T/Y を輸入してきた。

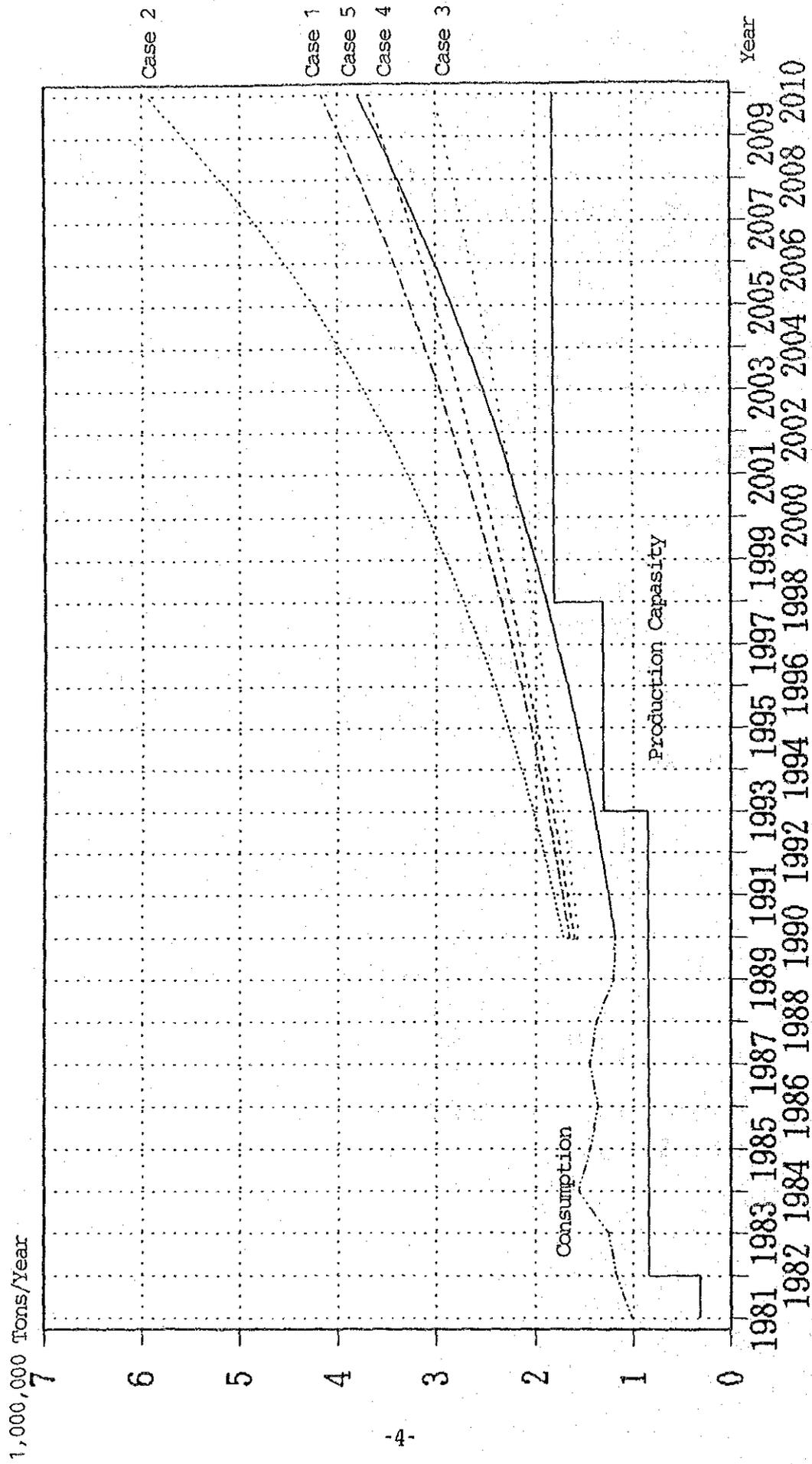
3) 需要予測

統一後のイエメンにおける将来の需要は、Figure 3-1に示し、単純予測（ケース5）に於いて以下の様に予測される。

1995年	1,586,000 T/Y
1998年	1,889,000 T/Y （マフラク拡張工事完了予定）
2000年	2,122,000 T/Y
2005年	2,840,000 T/Y

この内、住宅建設用の利用が最大であり1998年のこの分野の需要は 2,959,000 T/Y に達する。

Figure 3-1 Demand Forecast Graph



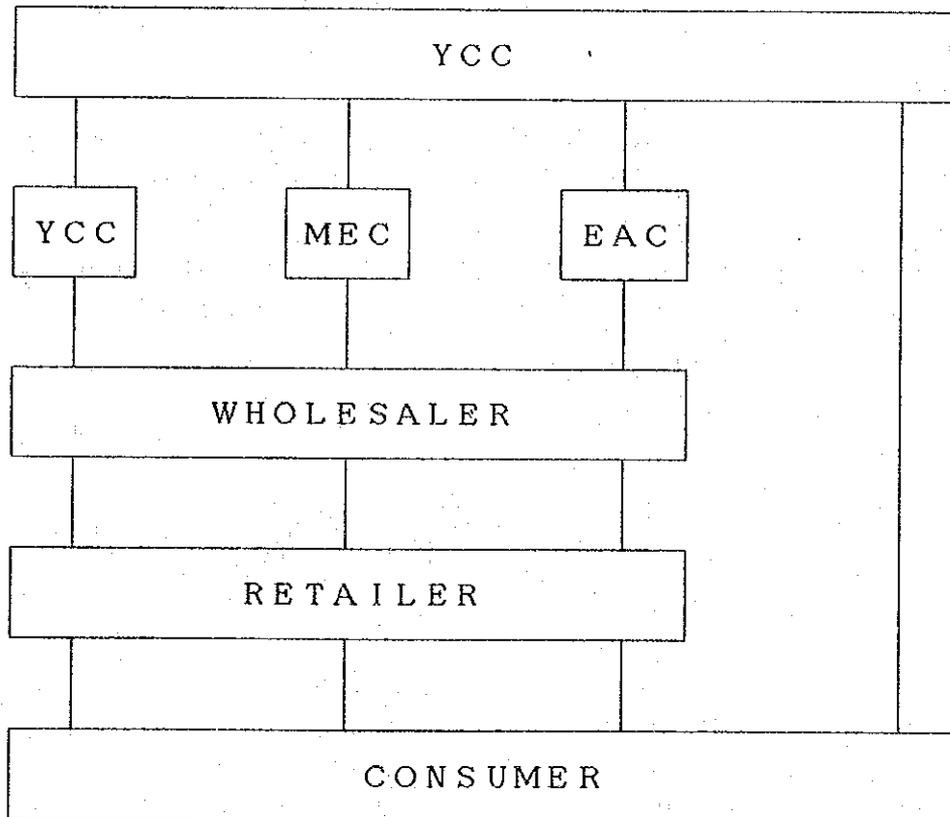
4) セメントの流通形態

イエメンにおけるセメントの流通形態は、YCCによる国内生産セメントと、輸入セメントにより、その流通形態が異なる。

Figure 3-2 の示す通り、国内生産セメントは卸売り業者・小売り業者を経由して消費者に渡るルートと、バジール・アムラン工場から、直接に消費者に渡るルートとがある。

輸入セメントは、その輸入港から直接に消費者に渡る。

Figure 3-2 Cement Distribution Flow (Domestic Production)



MEC : Military Economic Corp.

EAC : Employee's Association Corp.

4 既設のセメントプラント

1) アムランセメント工場

アムランセメント工場は 1982 年に建設された。年産 50 万トンの生産能力を持つ最新鋭のこの工場はスケジュールどおりに完成し、完成後フル操業の生産を達成したことから建設した日本の技術力に対し高い評価をえた。

プラントは予備品の不足及び重油、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 1985, 1986 年を除きほぼ順調な操業を維持している。とくに部品の補充のできたここ 2 年間は運転開始以来最高の生産を行っており当プラントのレベルの高さを立証している。

またセメントの品質も世界的平均レベル以上にある。

2) バジールセメント工場

バジールセメント工場は 1973 年に旧ソ連の援助により建設された。プラントは旧式の湿式プロセスで、2本のキルンにより年産 300,000 トンのセメントを生産している。

プラントの運転は機器の部品の供給難に悩みながらも、ほぼ目標の生産を達成している。

過去 10 年間のセメント生産量

(単位 : トン)

	<u>アムラン工場</u>	<u>バジール工場</u>
1981	---	86,000
1982	154,700	87,000
1983	529,300	94,000
1984	519,100	184,000
1985	412,500	286,000
1986	418,100	289,000
1987	475,500	299,000
1988	501,400	303,000
1989	453,700	251,000
1990	553,800	274,000
1991	553,100	294,000

5 建設中のマフラクセメント工場

マフラクセメント工場はベルギーの Basse Sambre/E.R.I.社をコンサルタントとなり、日本の石川島播磨重工業がコントラクタとして 1990 年 1月から建設が開始され、現在工事はほぼ順調に進められ、1992年 11月に試運転を開始し 1993年 3月に商業生産開始の予定である。

建設工事は原料鉱山の開鉱から製品セメントの出荷までの全設備と事務所、倉庫等の付帯設備、従業員の居住設備を含むフルターンキーベースで施工されており、その建設資金として日本政府の円借款が貸与されている。

生産設備の主仕様は下記の通り。

生産量	クリンカー生産量	: 1700 T/D
	セメント生産量	: 500,000 T/Y
主仕様	石灰石粗砕	: ハンマークラシャー 500 t/h
	石灰石貯蔵	: 予備均一化ベッド 2 x 20,000 T
	原料粉砕	: 縦型ローラーミル 135 t/h
	粉末原料均一化	: 連続式ブレンディングサイロ 2 x 3,800 T 貯蔵サイロ 1 x 1,200 T 混合サイロ
	クリンカー焼成	: プレヒーター、仮焼炉付き乾式 ショートキルン 1,700 T/D
	クリンカー貯蔵	: コンクリートサイロ 2 x 8,500 T
	セメント粉砕	: 閉回路複合ミル 90t/h
	セメント貯蔵	: コンクリートサイロ 4 x 7,000 T
	セメント袋詰め	: ロータリーパッカー 100 t/h x 3
ユーティリティ供給	電力	: アルバア サブステーションより供給
	水	: プラント近郊の井戸より供給
	燃料	: 重油をタンクローリにて搬入

6 拡張プロジェクトの原料とユーティリティ

1) 原料

石灰石、火成岩及び砂岩が既設マフラクセメント工場用に手当されている。これらの原料は拡張ラインの操業にも使うことができる。2系列のキルンが運転された場合の原材料のライフは以下の通り。

原料	確定鉱量 (百万 t)	配合 (%)	原単位 (t/t-Cl')	年間消費量 (千 t)	ライフ (年)
石灰石	*47.0	89.66	1.409	1,409	33.4
火成岩	1.9	10.34	0.163	163	11.7
砂岩	1.2	0.00	0.00	極少量	-

石灰石の確定鉱量(47百万t)はトレンチの北側だけの鉱量である。石灰石については、トレンチの南側、火成岩については現在の鉱区の北側に隣接する区域を開発することにより2系列のキルン操業に必用な原料は十分確保できる。

2) 水供給

プラント周辺での浅層地下水は経年的、季節的に不安定なため、恒常的水源確保のために深層地下水を開発する必要がある。現地調査の結果、次の優先度で開発調査を進めるべきと考える。

- 第一優先度 : ハバシ山系西方に分布するツウィラ砂岩層
- 第二優先度 : ワジアルラブに沿ったアムラン石灰石層とイエメン火山帯の断崖に伴う破碎帯。

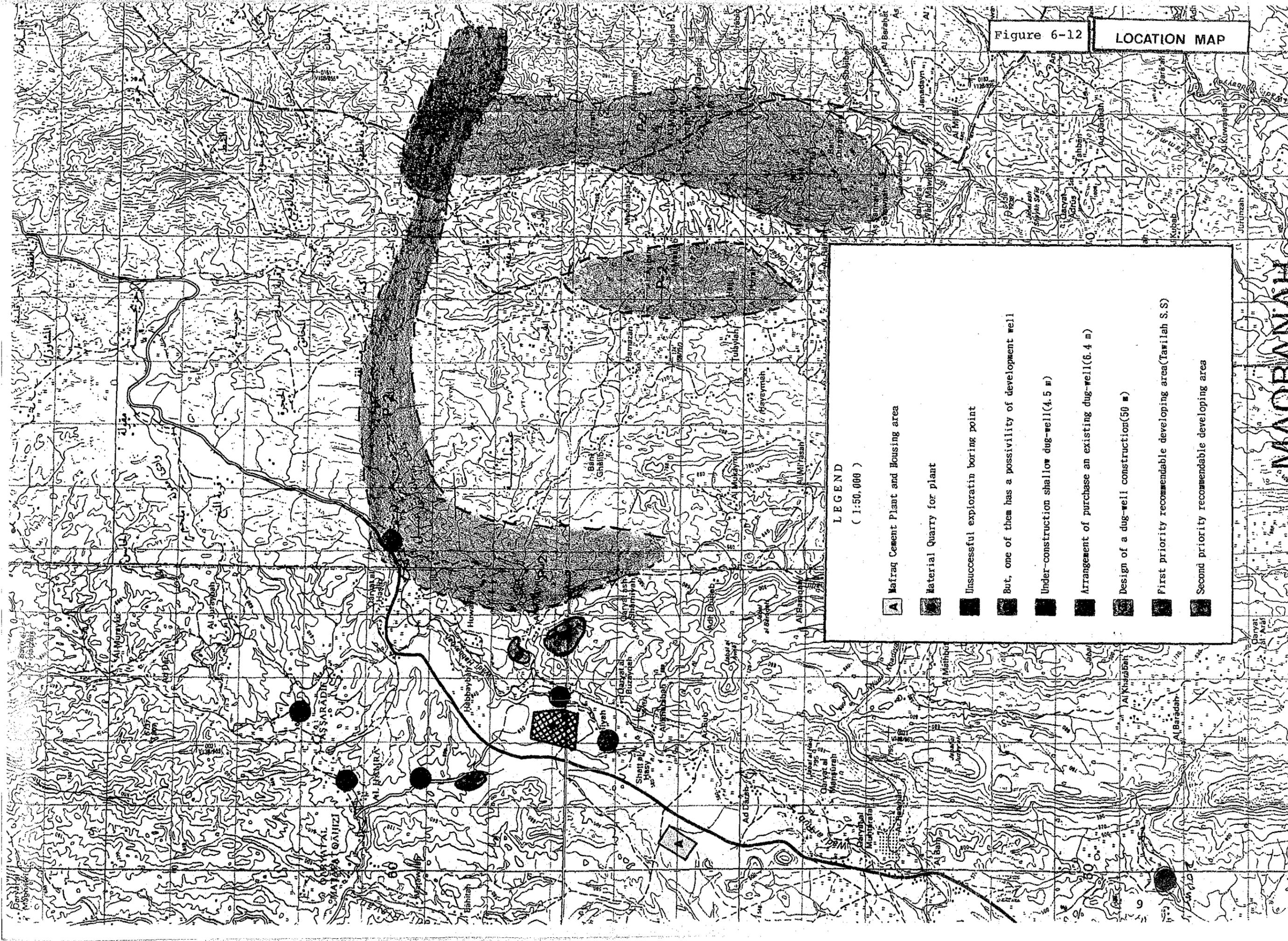
(添付 Figure 6-12 Location Map 参照)

深層地下水開発フロー：

- 予備調査/検討 --- 水理地質調査 --- 試掘調査 --- 総合的検討
(開 発 調 査)
- 井戸設計 --- 深井戸施工
(工 事 実 施)

Figure 6-12

LOCATION MAP



LEGEND
(1:50,000)

-  Maqraq Cement Plant and Housing area
-  Material Quarry for plant
-  Unsuccessful exploratin boring point
-  But, one of them has a possivility of development well
-  Under-construction shallow dug-well(4.5 m)
-  Arrangement of purchase an existing dug-well(6.4 m)
-  Design of a dug-well construction(50 m)
-  First priority recommendable developing area(Tawilah S.S)
-  Second priority recommendable developing area

MAQRANAH

3) 電力供給

P.E.C.から既設への電力供給量は既設ノ拡張の両プラントを賄うには不足するので増設プラントへの必要電源はプラントの一部として建設されるディーゼル発電設備により供給される。

発電プラント主仕様 :

発電容量	—	定常運転時	18,750 KVA (6,250 KVA X 3 sets)
		最大運転時	25,000 KVA (6,250 KVA X 4 sets)

4) 燃料供給

拡張プラントも既設プラントと同様に燃料として重油を使用する。
重油はマリブの製油所よりタンクローリにて供給される。

7 拡張プラントの検討

クリンカー生産量 : 500,000 T/Y (1700 T/D)

拡張プラントは既設プラントに隣接して建設され、既設と同様のNSPタイプの乾式プロセスとし互換性を考慮する。

拡張プラントは生産設備のみでなく電力/水等のユーティリティ供給、オフィス/保管倉庫等の付帯設備、従業員の居住設備を含む一式である。

(Figure 5-1 Plant Site, Figure 7-1 Flow Sheet, Figure 7-2 Plot Plan参照)

新設設備の主仕様 :

生産設備	101. 石灰石鉱山	: 一部設備の追加手配
	102. 火成岩、砂岩鉱山	: 一部設備の追加手配
	111. 石灰石粗砕	: ハンマークラッシャー(新設) 500 t/h
	112. 添加物粉碎	: 既設設備使用
	113. 石灰石ミックスペッド	: 予備均一化ベッド(新設) 2 x 20,000 t
	114. 添加物ハンドリング	: フロントエンドローダー(新設)
	115. 石膏ハンドリング	: 既設設備使用
	121. 原料粉碎、乾燥	: 竪型ローラーミル(新設) 135 t/h
	122. 粉末原料均一化、貯蔵	: 貯蔵サイロ 3,800 t(新設) 均一化サイロ 1,200 t(新設)
	201. クリンカー焼成	: プレヒーター、仮焼炉付き乾式 ショートキルン(新設) 1,700 T/D
	202. クリンカー ハンドリング、貯蔵	: コンクリートサイロ(新設) 8,500 t
	211. セメント粉碎	: 閉回路ミル(新設) 90 t/h
	212. セメント ハンドリング、貯蔵	: 既設設備使用
	222. セメント袋詰め	: ロータリーパッカー(新設) 100 t/h x 1

	223. セメント出荷	: トラックローディング(新設) 2,200 Bags/h
	224. パラセメント積込み	: 積込み口(新設) 100 t/h
ユーティリティ	301. 水の貯蔵、処理、配送:	新設 水処理 プロセス水系 ボイラ水系
	302. 圧縮空気の製造、 配送	: コンプレッサー(新設)
	303. 重油の貯蔵、配送	: 新設 タンク 2,500 m ³ 蒸気ボイラ
	304. ディーゼル油の 貯蔵、配送	: 油輸送ポンプ(新設)
その他設備	314. 消火設備	: 既設設備拡張
	506. ガレージ	: 車両メンテナンス設備一式 新設
	602. ラボラトリーの自動化	: 自動サンプリング、 X線分析機 (新設)
土建工事	402. 製造建屋、 サポート	: 生産設備の土建一式の新設
付帯設備	設備の新設	事務所と駐車場 食堂、トイレット 予備・消耗品倉庫、レンガ倉庫
発電プラント	設備の新設	発電機 ディーゼルエンジン 発電機盤
水供給設備	設備の新設	深井戸 水中ポンプ
居住設備	設備の新設	居住設備 Cタイプ 8棟 C1タイプ 20棟 Fタイプ 150棟 共通設備 飲料水設備 電源設備 排水設備

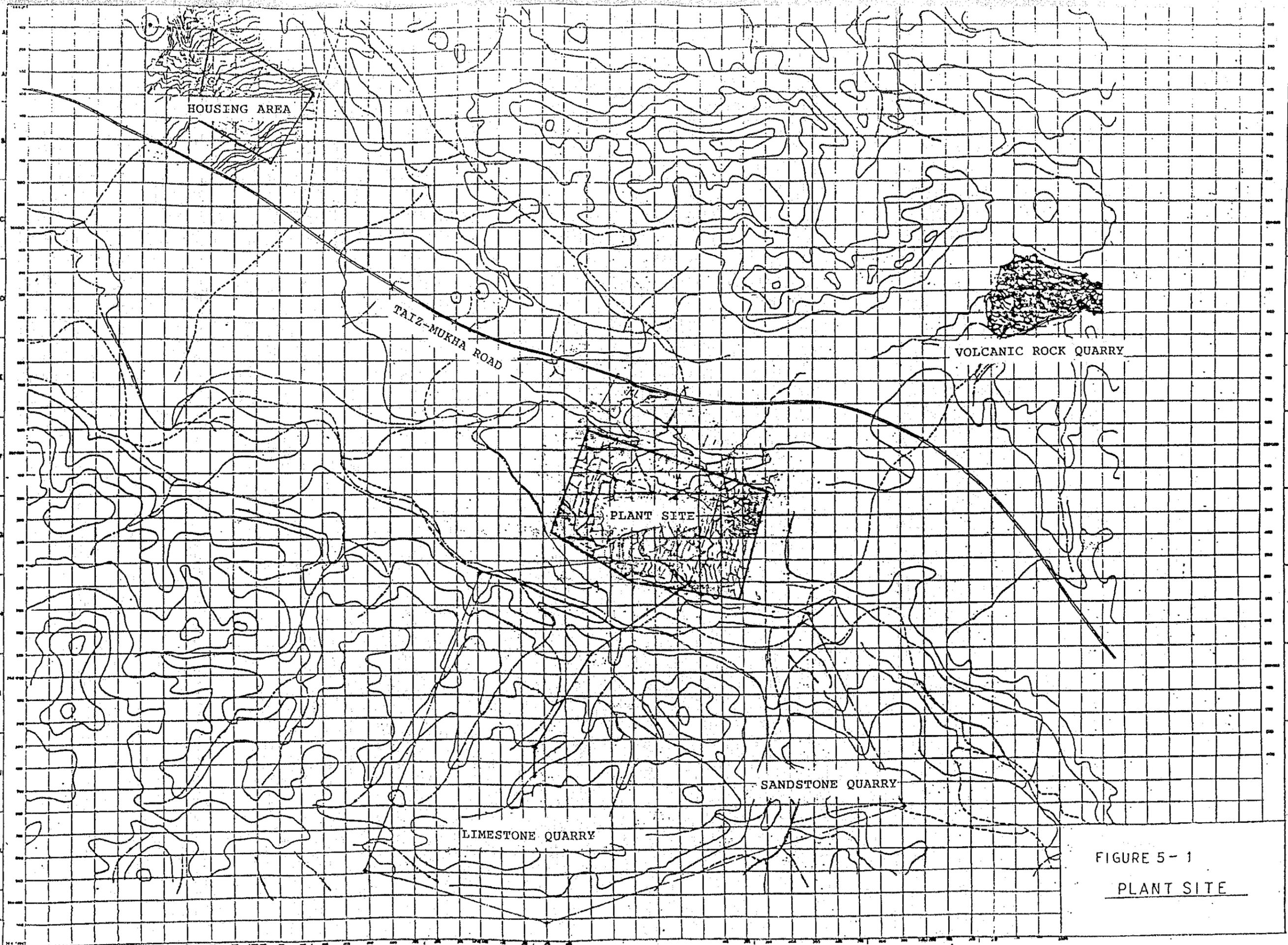
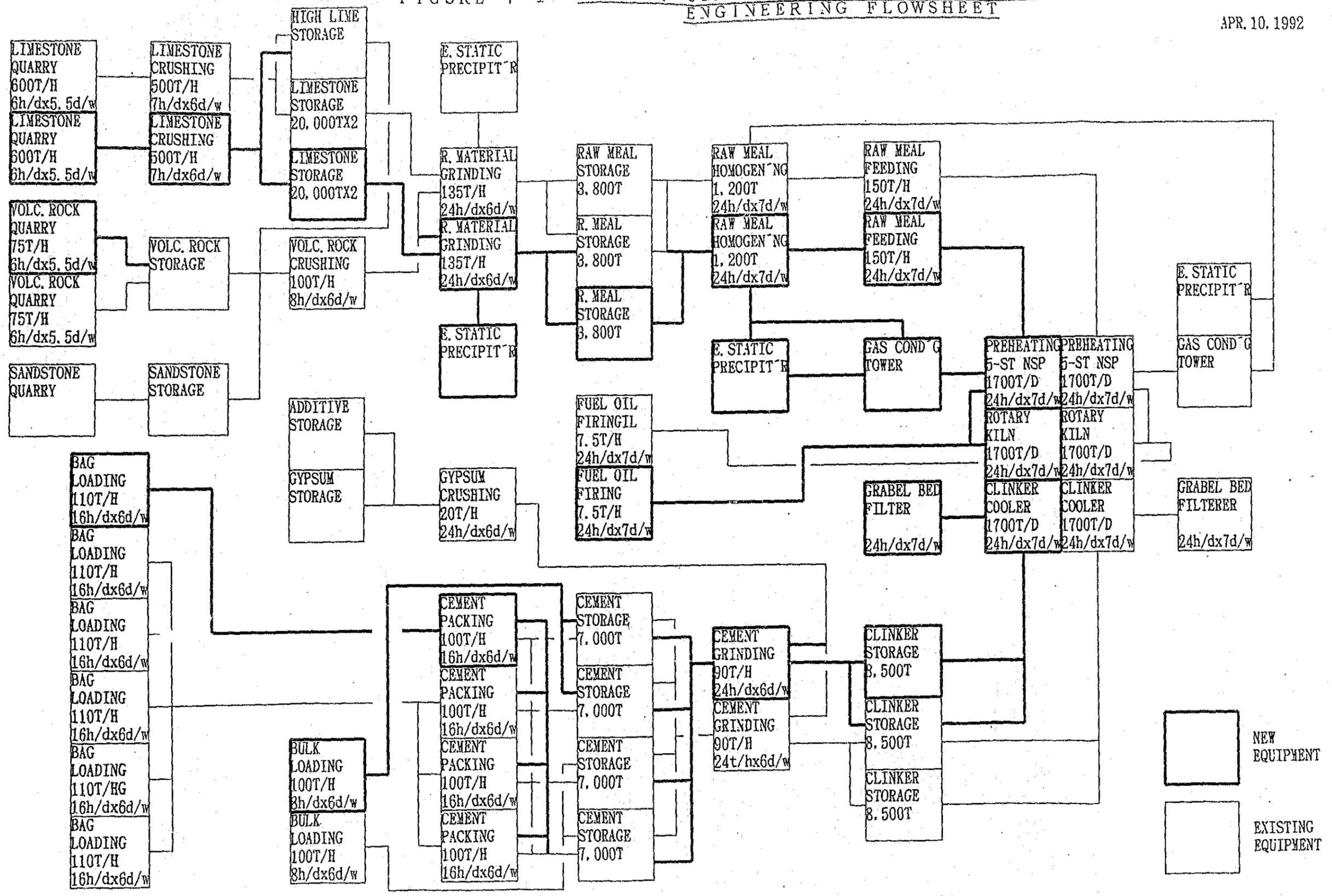
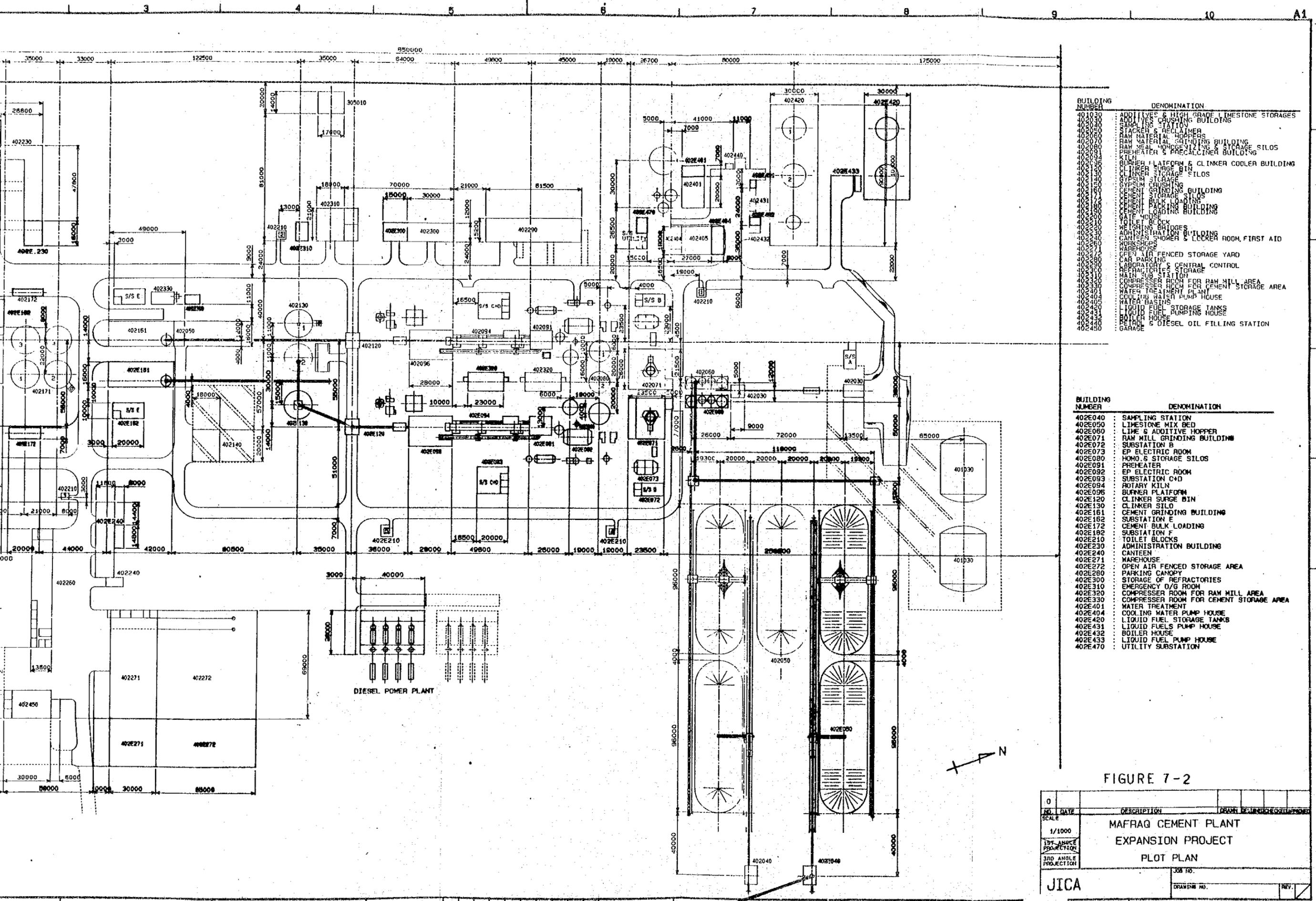


FIGURE 5-1
PLANT SITE

FIGURE 7-1 MAFRAQ CEMENT PLANT EXPANSION PROJECT
ENGINEERING FLOWSHEET

APR. 10, 1992





BUILDING NUMBER	DENOMINATION
402040	SAMPLING STATION
402050	LIMESTONE MIX BED
402060	LINE & ADDITIVE HOPPER
402071	RAW MILL GRINDING BUILDING
402072	SUBSTATION B
402073	EP ELECTRIC ROOM
402080	HOMO. & STORAGE SILOS
402091	PREHEATER
402092	EP ELECTRIC ROOM
402093	SUBSTATION C/D
402094	ROTARY KILN
402096	BURNER PLATFORM
402120	CLINKER SURGE BIN
402130	CLINKER SILO
402161	CEMENT GRINDING BUILDING
402162	SUBSTATION E
402172	CEMENT BULK LOADING
402192	SUBSTATION F
402210	TOILET BLOCKS
402230	ADMINISTRATION BUILDING
402240	CANTINE
402271	WAREHOUSE
402272	WAREHOUSE
402280	OPEN AIR FENCED STORAGE AREA
402280	PARKING CANOPY
402300	STORAGE OF REFRACTORIES
402310	EMERGENCY D/G ROOM
402320	COMPRESSOR ROOM FOR RAW MILL AREA
402330	COMPRESSOR ROOM FOR CEMENT STORAGE AREA
402401	WATER TREATMENT
402404	COOLING WATER PUMP HOUSE
402420	LIQUID FUEL STORAGE TANKS
402431	LIQUID FUELS PUMP HOUSE
402432	BOILER HOUSE
402433	LIQUID FUEL PUMP HOUSE
402470	UTILITY SUBSTATION

FIGURE 7-2

0				
NO. DATE	DESCRIPTION	DRWN	DESIGN	CHECK
1/1000	MAFRAQ CEMENT PLANT EXPANSION PROJECT			
1ST ANGLE PROJECTION	PLOT PLAN			
3RD ANGLE PROJECTION				
JICA	JOB NO.			
	DRAWING NO.			REV.

8 拡張プラントの実施計画

- 1)実施計画
1. 必要資金の手当
 2. コンサルタントの選定 プラン詳細立案
 3. コントラクタ決定 プラント建設
- 遂行スケジュール : 契約から完成まで 36 か月
(添付 Implementation Schedul参照)

2)コンサルタントサービス

コンサルタントの役割は基本的には下記となる。

- Phase-1 : 入札書類の準備
- (1) 拡張計画のプロセスとデザインの決定
 - (2) 入札書類の準備
- Phase-2 : コントラクタの選定
- (1) 入札書類の評価
 - (2) 契約ネゴのサポート
- Phase-3 : プラント建設工事の立会
- (1) コンサルタントの事務所での作業
 - (2) プラントサイトでの作業
- Additional: 水資源の現地調査

3)人員、組織の拡張

プラント設備の拡張に伴いディーゼル発電部の追加以外に組織の変更はないが
運転、保守の人員を増加する必要がある。
添付にその組織と人員の一覧表を示す。

4)トレーニング/テクニカルアシスタンス

プラント運転の円滑化を計る為下記の技術指導を実施する。

運転前のトレーニング: 海外プラントで9人を2か月トレーニングする。
プラントサイトで40人を 1~3 か月トレーニング
する。

運転後のテクニカル : 7人を1年間運転指導に派遣する。
アシスタンス

MAFRAQ CEMENT PLANT EXPANSION PROJECT
IMPLEMENTATION SCHEDULE

FIGURE 8-1

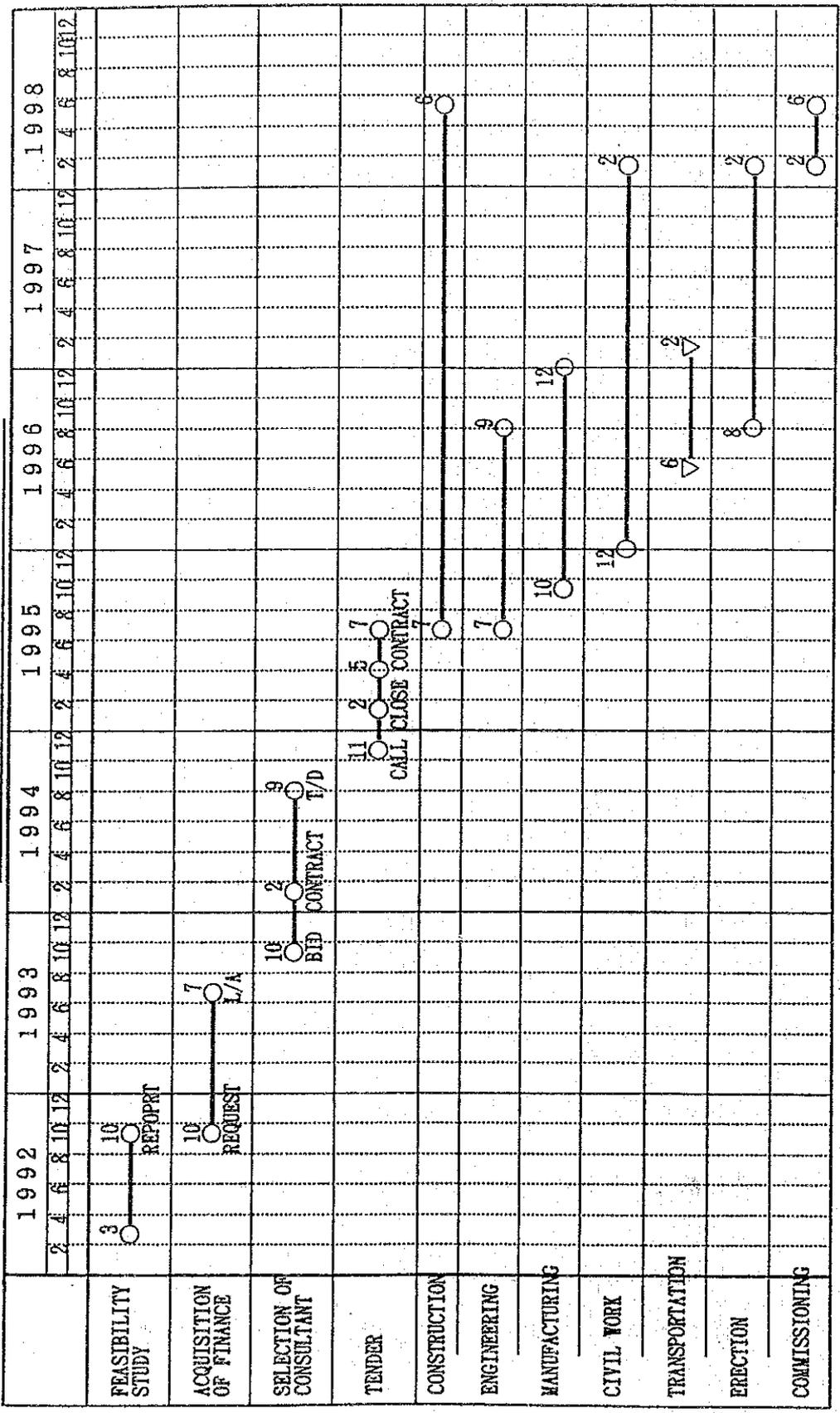


Figure 8-2

Organization Chart of Mafrag Cement Plant

	Number of employees for existing plant	Number of employees required after expansion	Number of additional employees
<pre> graph TD PGM[Plant General Manager] --- AD[Administration Dept.] PGM --- SD[Sales Dept.] PGM --- AccD[Accounting Dept.] PGM --- PD[Production Dept.] PGM --- ProcD[Procurement Dept.] PGM --- SO[Security Office] PGM --- HEM[Housing Estate Master] subgraph Existing [15] AD SD AccD end subgraph Existing [20] ProcD SO HEM end PD --- Existing2[438] </pre>	<p>15</p> <p>15</p> <p>438</p> <p>20</p>	<p>15</p> <p>15</p> <p>705</p> <p>20</p>	<p>0</p> <p>0</p> <p>267</p> <p>0</p>
Total	488	755	267

9. 環境評価

現在のところイエメン共和国には環境保護に関する法令および規則は存在していないが、環境保全会議が設置され国内政策の準備を行っている。

一般にセメント工場における環境対策として次の4点が考えられる。

- 大気汚染防止対策
- 水質汚濁防止対策
- 騒音振動防止対策
- 産業廃棄物処理対策

マブラクセメント工場拡張計画も現在工事中のプラントと同様に以下に述べるような環境対策が盛り込まれている。

(1) 大気汚染防止対策

ばいじん、粉じん防止のため電気集塵機、バックフィルター等が配置されている。又 NOx 低減に有効な NSPタイプのキルンが設置されている。SOx はセメント原料に使われている石灰石に吸着されるために極めて SOx の発生は少ない。

(2) 水質汚濁防止対策

工場で使用される水のほとんどは冷却水で循環して再利用される。生活廃水等の汚水は排水処理設備で処理されるため問題は発生しないと考えられる。

(3) 騒音振動防止対策

レイアウトに配慮し、発生源と考えられる大型回転機器を建物内部に収納したり強固な地盤の上に設置することにより低減される。

(4) 産業廃棄物処理対策

工場内で発生する廃棄物は可能な限りセメント原料、燃料として再利用されることが望ましい。アムラン工場で困っているアルカリバイパスダストもクリンカーに混合して再利用する設備を設けてある。

10. 財務および経済分析

1) 基礎条件

- (1) 通貨 : イエメンリアル(YR)
- (2) 換算率 : US\$1=YR12.02, US\$=YEN130, YR1=YEN10.82
- (3) プロジェクト期間 : プラント操業開始後20年
- (4) セメント販売単価 : YR1,600/トン

2) 総投資額

- (1) 総投資額 : YR3,327,000,000 (36,000 百万円) (除 建中金利)

3) 資金源

(1) 長期借入金

- ケース1 : 金利 1.5%, 返済 30 年(含返済猶予10年)
- ケース2 : 金利 8.0%, 返済 10 年(操業開始後返済開始)

- (2) 短期資金 : YCC 自己資金

4) 製造コスト

- (1) 算出根拠 :
 - i. コスト単価は1992年3月ベース
 - ii. 生産量は初年度40万トン, 2年度45万トン, 3年度以降は50万トン生産
- (2) 直接費 : 原料, 燃料, 電力等の製造直接費: YR347.4/トン-セメント
- (3) 固定費 : 人件費, 償却費等の固定費: YR433.4/トン-セメント
- 製造コスト合計: YR780.8/トン-セメント

5) 内部収益率

- (1) 財務内部収益率(FIRR)は次の通り:

	長期借入金	
	ケース1	ケース2
借入金利率	1.5%	8.0%
FIRR (税引後)	11.8%	12.1%
(税引前)	14.2%	13.8%
回収年(税引後)	7.3 年	6.9 年
(税引前)	6.3 年	6.5 年

- (2) 評価 : ケース1(税引後)のFIRR 11.8%の数値は本拡張プロジェクトが企業採算ベースの観点からフィージブルであることを示している。
- 6) 感度分析 : ケース1の借入金の場合の感度分析結果は下記の通り:
- (1) セメント価格が10%減少する場合
- | | FIRR | 回収年 |
|-------|-------|------|
| (税引後) | 10.0% | 8.3年 |
| (税引前) | 11.9% | 7.3年 |
- (2) 直接製造費が10%増加する場合
- | | FIRR | 回収年 |
|-------|-------|------|
| (税引後) | 11.4% | 7.5年 |
| (税引前) | 13.7% | 6.5年 |
- (3) プラント建設費が10%増加する場合
- | | FIRR | 回収年 |
|-------|-------|------|
| (税引後) | 10.6% | 7.9年 |
| (税引前) | 12.8% | 6.9年 |
- (4) プラント操業開始が1年間遅れる場合
- | | FIRR | 回収年 |
|-------|-------|------|
| (税引後) | 10.6% | 7.3年 |
| (税引前) | 12.6% | 6.4年 |
- (5) 初期投資額から付帯設備, ユーティリティ費および居住設備費を除いた場合
- | | FIRR | 回収年 |
|-------|-------|------|
| (税引後) | 16.3% | 5.5年 |
| (税引前) | 19.6% | 4.7年 |
- 7) 経済分析 : 経済内部収益率(EIRR) 15.4%を得た。本プロジェクトがもたらす輸入代替効果による貿易収支改善および、新規雇用創設効果とあわせてみれば、国家経済的観点からも、本拡張プロジェクトは十分フィージブルと判断される。

11. 結論および提言

1) 需要予測

1998年の需要予測値は悲観的ケースに於いても、1,889,000 トン/年であり、一方、本拡張プロジェクトを考慮しない場合の供給能力は年産1,300,000 トン、考慮しても年産1,800,000トンである。

2) 財務および経済分析

財務内部収益率(FIRR)は、11.8%、また経済内部収益率は、15.4% を得た。ともにプロジェクトの健全性および好採算性を示している。

3) 提言

建設中のマブラクセメント工場が操業を開始しても供給が需要に追い付かない。この状況に緊急に対処するため、可及的速やかに本拡張プロジェクトの実現が望まれると同様に環境対策に十分配慮された本拡張プロジェクトの実現が推奨される。

