

## 11-10 省エネルギー効果

省エネルギー効果のまとめを行う。

### (1) エレベーター装置におけるインバーター導入による電力削減効果

1) 運転管理強化	空運転防止対策はすでに実施中
2) エレベーター電力供給系にインバーターコントロール導入	157-210 kWh/day

### (2) ボイラー燃焼条件の改善

1) 空気比改善	自動オンオフ運転のため、きめこまかな管理は困難
2) 排ガス温度低減	基準値はクリアしている (但し、オンオフ運転されているボイラーへ基準値をそのまま適用することは困難)

### (3) 冷凍機システムにおける過電流トリップの解消

力率改善コンデンサーの設置	冷凍機 No.1、No.3 への電力供給系統へ 170 kVA のコンデンサー設置
---------------	-------------------------------------------

### (4) 受電システムの改善

自動力率改善装置の設定調整	進み力率、電流による問題点改善: 設備寿命、電力損失
---------------	-------------------------------

### (5) 潜熱蓄熱システムの導入 (将来の冷凍機能力増強後のみ適用可能)

契約電力料金の削減	150 kW / month
電力料金 (従量)	
ピーク時間帯	1,400 kWh per day
オフピーク時間帯	-2,000 kWh per day
冷凍機設計能力の低減	650 to 500 kW

## 11-11 省エネルギー対策の便益

本節では、省エネルギー対策の便益をマレーシアの現行エネルギー価格に基づき推算する。また、便益の推算に当たって前節において省エネルギー効果が数値で表されている2つの対策「エレベータの電力供給へのインバータ制御システム導入」及び「潜熱蓄熱システムの導入」を対象とする。

### 11-11-1 マレーシアの現行エネルギー価格

提唱したすべての省エネルギー対策において電力が節減される。セレンバン病院における現在の電気料金は、テナガナショナルのタリフ（1997年5月1日発効）のC2区分に従っている。この区分のタリフに従い電力料金は以下ようになる。

- ピーク負荷料金（8時から22時まで）	0.208 RM/kWh
- オフピーク負荷料金（22時から8時まで）	0.128 RM/kWh
- 最大需要料金	25.7RM/kW/month

### 11-11-2 対策の便益

#### (1) エレベータの電力供給へのインバータ制御システム導入

この対策の便益は下の表 11-23 に示す計算によって 20,569 RM/year と推算される。

**Table 11-23 Estimation of Benefit from the  
“Introduction of Inverter Control System for the Lift Power Supply” Measure**

No.	Item	Estimated Value	Remarks
<b>Electricity Saving</b>			
①	Electricity saving at peak time	76,650 kWh/year	= 210 kWh/day x 365 day/year (from Section 11-10)
②	Electricity saving at off-peak time	none	
③	Saving in max. demand	15 kW/month	= 210 kWh/day / 14 h/day
<b>Saving in Electricity Bill</b>			
④	Electricity saving at peak time	15,943 RM/year	①x 0.208 RM/kWh
⑤	Electricity saving at off-peak time	0 RM/year	②x 0.128 RM/kWh
⑥	Saving in max. demand charge	4,626 RM/year	③x 25.7 RM/kW/m x 12 m/y
⑦	Saving in Electricity Bill	20,569 RM/year	④ + ⑤ + ⑥

## (2) 潜熱蓄熱システムの導入

この対策の便益は表 11-24 に示すような計算により、59,108 RM/year と推算される。

**Table11-24 Estimation of Benefit  
by the Measure “Introduction of Latent Heat Storage System”**

No.	Item	Estimated Value	Remarks
<b>Electricity Saving</b>			
①	Peak instantaneous demand before installation of the system	650 kW	12 hours/day at peak
②	Lower demand before installation of the system	300 kW	2 hours/day at peak, and 10 hours/day at off-peak
③	Demand after installation of the system	500 kW	24 hours/day
④	Electricity saving at peak time	1,400 kWh/day	= ①x12+②x2-③x14
⑤	Electricity saving at off-peak time	-2,000 kWh/day	= -(③x 10-②x10)
⑥	Saving in max. demand	150 kW/month	① - ③
<b>Saving in Electricity Bill</b>			
⑦	Electricity saving at peak time	91,104 RM/year	④x 365x 6/7x0.208 RM/kWh
⑧	Electricity saving at off-peak time	-80,091 RM/year	⑤x 365x6/7x0.128 RM/kWh
⑨	Saving in max. demand charge	46,260 RM/year	⑥x 25.7 RM/kW/m x 12 m/y
⑩	Saving in Electricity Bill	57,273 RM/year	⑦ + ⑧ + ⑨

## 11-12 省エネルギー対策の財務分析

本節では投資を必要とする以下の対策の財務的フィージビリティを知るために財務分析を行う。

- エレベータの電力供給システムへのインバータ制御システムの導入
- 潜熱蓄熱システムの導入

1 番目の対策の財務分析は、古くなったエレベータの更新時にこの対策が実施されるという仮定の下で行われる。また、2 番目の対策に対しては、チラーシステムの拡張に際して潜熱蓄熱システムを導入する仮定の下で財務分析が行われる。このような条件の下においては、省エネルギー機器を設置するのに要する金額だけが省エネルギー

便益を得るための投資額と考えられ、残りの投資は省エネルギーに関係なく必要な更新費用と考えられる。

実際は、1番目の対策については、エレベータの更新時にインバーターの付いたVVVFシステムを導入するものと仮定し、インバーター関連費用だけを財務分析に用いる投資額として計上している。2番目の対策については、財務分析の投資額を潜熱蓄熱システムが取り付けられる場合の投資額とそれが取り付けられない場合の投資額の差と定義する。

また、「冷凍機システムにおける過電流トリップ対策」の実施についてもコストを必要とするが、便益を数値的に推算することが難しいため、財務分析の対象からは除外した。

#### 11-12-1 財務分析の方法

##### (1) 適用する方法

本調査では投資プロジェクトに広く使われ、かつ認められている二つの方法を採用する。第1の方法は回収期間法 (payback period method) である。これは正味キャッシュフローの蓄積によって投資を回収するのに要する期間と定義される回収期間を算出する方法である。第2の方法は割引キャッシュフローベースの内部収益率法 (internal rate of return (IRR) method on discounted cash flow basis) である。財務的内部収益率はプロジェクトから得られる正味収入の現在価値が投資額の現在価値と等しくなるような割引率と定義される。

##### (2) 回収期間

正味キャッシュフローは以下のように定義される。

- 1) 売上高の増加
- 2) 差し引き：投資額
- 3) 差し引き：操業前費用
- 4) 差し引き：運転資本の増加
- 5) 差し引き：運転コストの増加
- 6) 差し引き：販売コストの増加
- 7) 差し引き：法人税の増加

省エネルギー対策の投資の場合には、売上高および販売コストに変化はなく、運転資

本の変化および操業前費用も無視できる。投資額は前節で推算されている。運転コストの変化はほとんどが電力、燃料等のユーティリティ料金の増減によるものであり、これは既に推算されている。法人税の変化は、マレーシアの法人税率および減価償却を考慮の上、課税対象収益に基づき計算される。

回収期間を計算するには、建設期間から運転期間までのキャッシュフロー表が作成される。建設中には投資と操業前費用によって累積キャッシュフローは負の値を示すが、運転が開始されれば資金回収によって累積キャッシュフローは増え、ある年に零になる。回収期間は運転開始から累積キャッシュフローが零になるまでの期間と定義される。

### (3) 内部収益率 (IRR)

この計算も回収期間法と同様にキャッシュフロー表の作成から始まる。つぎに、プロジェクトの正味キャッシュフローが零になるような割引率を試行錯誤によって求める。こうして求めた割引率が財務的内部収益率 (IRR) である。

#### 11-12-2 財務分析の前提

財務分析は以下の前提のもとで行われる。

- 1) 為替レート： US\$ 1 = RM 3.8 ; US\$ 1 = JY 118
- 2) プロジェクト・ライフ： 運転開始から 15 年
- 3) 法人税率： セレンバン病院は国立の組織のため無税
- 4) 減価償却： なし
- 5) 投資額： 表 11-25 にマレーシア・ドルで表示する。潜熱蓄熱システムに対しては、インバータ制御システムのみが計上されている。また 2 番目の対策の投資額は 11-8 節に示した 4,500 万円から 650 kW チラーの 3,250 万円を差し引き、マレーシア・ドルに換算した。

**Table 11-25 Fixed Investment for Measures**

Measures	Fixed Investment, RM
Introduction of Inverter Control System for the Lift Power Supply	314,000
Introduction of Latent Heat Storage System	402,542

### 11-12-3 財務分析の結果

表 11-26 に、上記 2 つの対策に対する税引き前 FIRROI、税引き後 FIRROI および回収期間を示す。また、表 11-27 から 11-28 にこれら対策のキャッシュ・フロー表を示す。

**Table 11-26 Results of Financial Evaluation**

Measures	FIRROI before tax	FIRROI after tax	Payback Period
Introduction of Inverter Control System for the Lift Power Supply	-0.2%	-0.2%	15.3 years
Introduction of Latent Heat Storage System	11.4%	11.4%	7.0 years

さらに、電気料金が現在の日本の水準と考えられる表 11-29 の価格にまで値上げされると仮定した場合の 3 種類の指標を 2 つの対策に対して計算した。この計算は電気料金が如何にこれらの対策の財務的フィージビリティに影響するかを知るために行われた。

Table 11-27 Cash Flow Table (Measure: Introducing of Inverter Control System for the Lift Power Supply)

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Unit: RM
Less: Fixed investment	314,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plus: Reduction in operating cost	0	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569
Less: Corporate tax increased	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremental Cash Flow (before Tax)	-314,000	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569
Incremental Cash Flow (After Tax)	-314,000	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569	20,569
Cumulative net cash flow	-314,000	-293,431	-272,862	-252,292	-231,723	-211,154	-190,585	-170,016	-149,446	-128,877	-108,308	-87,739	-67,170	-46,600	-26,031	-5,462	-5,462
Depreciation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 11-28 Cash Flow Table (Measure: Introduction of Latent Heat Storage System)

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Unit: RM
Less: Fixed investment	402,542	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plus: Reduction in operating cost	0	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273
Less: Corporate tax increased	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremental Cash Flow (before Tax)	-402,542	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273
Incremental Cash Flow (After Tax)	-402,542	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273	57,273
Cumulative net cash flow	-402,542	-345,270	-287,997	-230,725	-173,452	-116,180	-58,907	-1,634	55,638	112,911	170,183	227,456	284,728	342,001	399,274	456,546	456,546
Depreciation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Table 11-29 Assumed Rise in Electricity Rate for Study**

	Assumed Electricity Rate for Study		Reference (C2 tariff)
Peak Load Rate	0.483 RM/kWh	(15 JY/kWh)	0.208 RM/kWh
Off-peak Load Rate	0.113 RM/kWh	(3.5 JY/kWh)	0.128 RM/kWh
Max. Demand Charge	49.9 RM/kW/month	(1,550 JY/kWh/month)	25.7 RM/kW/month

表 11-30 に、表 11-29 で仮定した電気料金のもとでの分析結果を示す。税引き前と後の FIRROI は 1 番目の対策については約 12%の増加、2 番目の対策については約 46%の増加を示した。また 1 番目、2 番目の対策の回収期間はそれぞれ 8.5 年および 5.3 年短縮された。

**Table 11-30 Results of Financial Evaluation at Assumed Increased Electricity Rate**

Measures	FIRROI before tax	FIRROI after tax	Payback Period
Introduction of Inverter Control System for the Lift Power Supply	12.0%	12.0%	6.8 years
(Difference from the base)	(+12.2%)	(+12.2%)	(-8.5 years)
Introduction of Latent Heat Storage System	57.3%	57.3%	1.7 years
(Difference from the base)	(+45.9%)	(+45.9%)	(-5.3 years)

#### 11-12-4 財務分析の結論

現地調査の際入手した情報では、最近のマレーシアの貸出金利は年率 12 から 14%の範囲にある。この金利がマレーシアにおける資本の機会費用と考えられる。

エレベータの電力供給にインバータ制御システムを取り付ける対策は、エレベータの更新時期に行われても財務的にフィージブルにならない。現在この病院ではエレベータの運転が低いため、エレベータで使用している電力は比較的少なくなっている。このため、インバータ制御システムが取り付けられても効果は余り期待できない。フィージビリティが低いもう一つ別の理由はマレーシアの廉価な電力料金体系にある。も



し、電気料金が現在の日本の水準にまで達すれば、財務的フィージビリティは表 11-30 に示す様に最低限の水準にまで改善される。

潜熱蓄熱システムの対策は、チラー拡張に際して同時に設置されるとの仮定の下、評価される。本調査の条件の下では、この対策は財務的フィージビリティの限界の水準にあると結論付けられる。FIRROI は 11.4%、回収期間は 7 年である。しかし、表 11-30 に示す指標から判断すると、もし電気料金体系が現在の日本の水準に達すれば財務的にフィージブルとなる。チラー拡張の際に潜熱蓄熱システムを導入することを提言する。

### 11-13 省エネルギーのための提言

セレンバン病院のエネルギー診断および引き続き行われた検討に基づき、以下の様な省エネルギー対策を提言する。

- (a) セレンバン病院では現在のところ自然通風、機械的通風、集中冷房および個別冷房を組み合わせて用いている。本館の約 40% は集中冷房によって冷やされている。近い将来、自然通風や機械的通風に代り冷房設備の拡張が避けられないようになると考えられる。この様な状況になれば、潜熱蓄熱システムの導入を検討するべきである。この技術によりピーク需要をオフピーク需要にシフトすることによって、ピーク需要と最大負荷の削減が可能となる。また、財務分析によって本調査で設定された条件の下では、この対策が財務的フィージビリティのぎりぎりの水準にあると結論付けられた。
- (b) チラーシステムは過電流によるトリップのためしばしば停止する。エネルギー診断の期間中に調査団が行った検討によれば、このシステムには、極端に低い力率とセット値の 300 アンペアに極めて近い電流値という 2 つの問題がある。次のような対策を検討すべきである。
  - 力率が低い原因を明らかにする。
  - ヒューズを 300 アンペアから 350 アンペアに大きくする。
  - キャパシターを設置する。
  - 配電線ケーブルを太いものに取り替える。
- (c) 調査団によるエネルギー診断の期間中に TNB からの受電系統での力率が負の値になった。これには、キャパシター・バンクの自動制御を調整することを提言する。

- (d) ボイラー排ガス空気比は日本のガイドラインを越えている。これはオンオフ運転の影響にもよると考えられるが、省エネルギーの観点から運転管理強化による改善が望まれる。

## 第12章 セメント

今回の調査対象工場である APMC 社ラワン工場は、2基の湿式キルンに替わり、1981年初期に、最新のセメント焼成装置である、5段、2系列、SF 式仮焼炉付 NSP キルンが日本の石川島播磨重工株式会社により建設され運転に入った。この日産 4,000 トン、SF 式仮焼炉付キルンは、1992 年に日産 5,000 トンの 5 段、NSF 式仮焼炉付キルンに改造され、現在まで運転されている。

省エネ診断のための工場調査は、先ず、調査チームにより準備された質問状並びに、データ・シートを基に、面談並びに設備調査により実施された。

その結果、最新の設備にも係わらず、本工場の電力原単位は高く、又、熱量原単位は高い値を示していた。このため、調査団は様々な設備のエネルギー消費量、計装制御装置並びに運転操作等を対象にエネルギー診断を実施した。

このセメント工場のエネルギー診断を実施するにあたり、第1に運転データの解析を行い、次にエネルギー調査のために種々の測定を実施した。本章では、エネルギー診断の結果の報告とその評価を行い、その結果として省エネルギー対策の提案を行っている。

セメント工場に於けるエネルギー診断の主要項目は次の通りである。

1. 焼成部門の熱消費量
2. 原料粉砕部門の電力消費量
3. 石炭乾燥、粉砕部門の電力消費量
4. セメント粉砕部門の電力消費量
5. その他

### 12-1 セメント産業の特徴

マレーシアのセメント産業は、1953年にセランゴール州にマラヤ・セメント社ラワン工場を建設し操業が開始された。その後、1958年に同じくセランゴール州で、マラヤ工業、鉱山会社が操業を開始し、引き続き 1964年にペラック州でタセック・セメント社並びにパン・マレーシア・セメント社が操業を開始した。1970年代から1980年代にかけてセメント需要増加に対応してサバ州並びにサラワク州に各セメント粉砕工場を含め、数社のセメント会社が設立された。

1995年現在、マレーシアでは国内セメント需要に対応して、高品質のセメントを安定して供給するための、一貫製造工場6工場とセメント粉砕工場4工場の合計10社が稼働している。1996年度セメント産業の主要データは下記の通り。

クリンカー生産量：	929	万トン
セメント生産量：	1,271	万トン
セメント需要量：	1,519	万トン
セメント販売価額：	198.0	RM/トン
		(9.90 RM/50kg 袋)
1人当たりセメント消費量：	717.0	kg

1967年3月、マラヤ・セメント社とパン・マレーシア・セメント社の両工場が合併し、アソシエイテッド・パン・マレーシア（APMC社）を設立した。その後、APMC社は両工場の拡張と近代化に巨額の投資を行った。1992年に増産活動が完成し、その公称生産能力はクリンカー年産280万トンとなった。又、1997年にはカンタン工場で年産180万トンのクリンカー生産が操業開始される予定である。

APMC社はマレーシア規格と英国規格に従って、普通セメント、メイゾンリー・セメント並びにフライアッシュ・セメントを製造している。又、市場要請により、その他の特殊セメントの製造も行っている。

## 12-2 工場・設備・操業の概要

### 12-2-1 工場概要

- 1) 工場の名称： Associated Pan Malaysia Cement Sdn, Berhad. ラワン工場
- 2) 住所：  
本社事務所： Wisma APMC: No2, Jaran Kilang 46050 Petaling Java Selangor Darul Ehsan. Tel: 03-7918344 Fax: 03-7917309 / 7942518  
ラワン工場： Rawang Works : 48000 Rawang Selangor Darul Ehsan. Tel: 03-6916711 / 4 Fax: 03-6919361  
カンタン工場： Kanthan Works: 13½ Miles, Jaran Kuala Kangsar 31200 Chemor Perak Darul Riduan. Tel: 05-2011202 / 4 Fax: 05-2012103

- 3) 社長（名前）： Saw Zwe Seng
- 4) 工場長： Chen Choon Siong
- 5) エネルギー管理者：（エンジニアリング部長） : Tan chek Luck（陳 澤六）  
（運転部門担当部長） : R. Jaya Kumaran
- 6) 工業の種類： セメント製造業
- 7) 資本金： 未受領
- 8) 組織図： 図 12-1 を参照のこと

9) 従業員数 / 技術者数 : (単位：人)

	管理者	事務職 / 技術者	従業員	小計
管理部門	9	14	3	26
製造部門	56	123	294	473
鉱山部門	4	5	52	61
合計	69	142	349	560

(但し、上記数値に工場長 1 人は含まない)

- 10) エネルギー管理技術者： 13 人  
工場長： 1 "  
燃料関係技術者： 5 "  
電気関係技術者： 7 "

11) セメント工場全体配置図： 図 12-2 を参照のこと

(単位：m<sup>2</sup>)

- ・ 工場敷地面積： 183,805
- ・ 公益設備面積： 740
- ・ 建物面積： 37,390
- ・ 将来拡張予定地： 77,510

12) 工場一般配置図： 図 12-2 を参照のこと

13) セメント製造部門フロー・シート：12-2-3 章 (2) 図 12-3～図 12-8 を参照のこと

14) 主要製品（セメントの種類）：

- (a) 普通セメント
- (b) メイゾンリー・セメント（商品名： Walcrete）

(c) フライアッシュ・セメント (商品名: Mascrete)

15) 年間販売数量の推移: 表 12-1 を参照のこと

16) 工場の歴史:

マラヤ・セメント社は 1953 年、セランゴール州ラワンにマレーシア国で最初のセメント工場として建設された。同社は世界最大のセメント会社であるイギリスのブルー・サークル社の関連会社である。2 基の湿式キルンとクラッシャー、ミル等が建設され、1981 年迄運転されていたが、現在は運転されていない。

1981 年初期に新型 5 段、2 系列、SF 式仮焼炉付キルンが日本の石川島播磨重工株式会社により建設され、運転に入った。この日産 4,000 トンの SF 式仮焼炉付キルンは、1992 年に日産 5,000 トンの 5 段、NSF 式仮焼炉付キルンに改造された。

17) セメント産業部門に於ける市場占有率並びに立場:

APMC 社は、マレーシア国においてトップのセメント会社で、市場占有率は約 33% である。

18) 工場設備能力 (設計能力 / 実績能力):

設計能力: クリンカ年産 1,500,000 トン

実績能力: クリンカ年産 1,600,000 トン (セメント年産 1,860,000 トン)

19) 産業の経済情報:

(a) バランス・シート: 未受領

(b) 損益明細書: 未受領

20) 雇用並びに教育訓練

新規採用の従業員に対しては工場内で OJT による運転操作教育並びに安全教育が、ある期間実施される。しかしながら、従業員に対しエネルギー管理教育は直接行われていない。運転操作教育並びに安全教育の詳細は受領していない。

ASSOCIATED PAN MALAYSIA CEMENT SDN BERHAD - RAWANG WORKS  
ORGANISATIONAL STRUCTURE

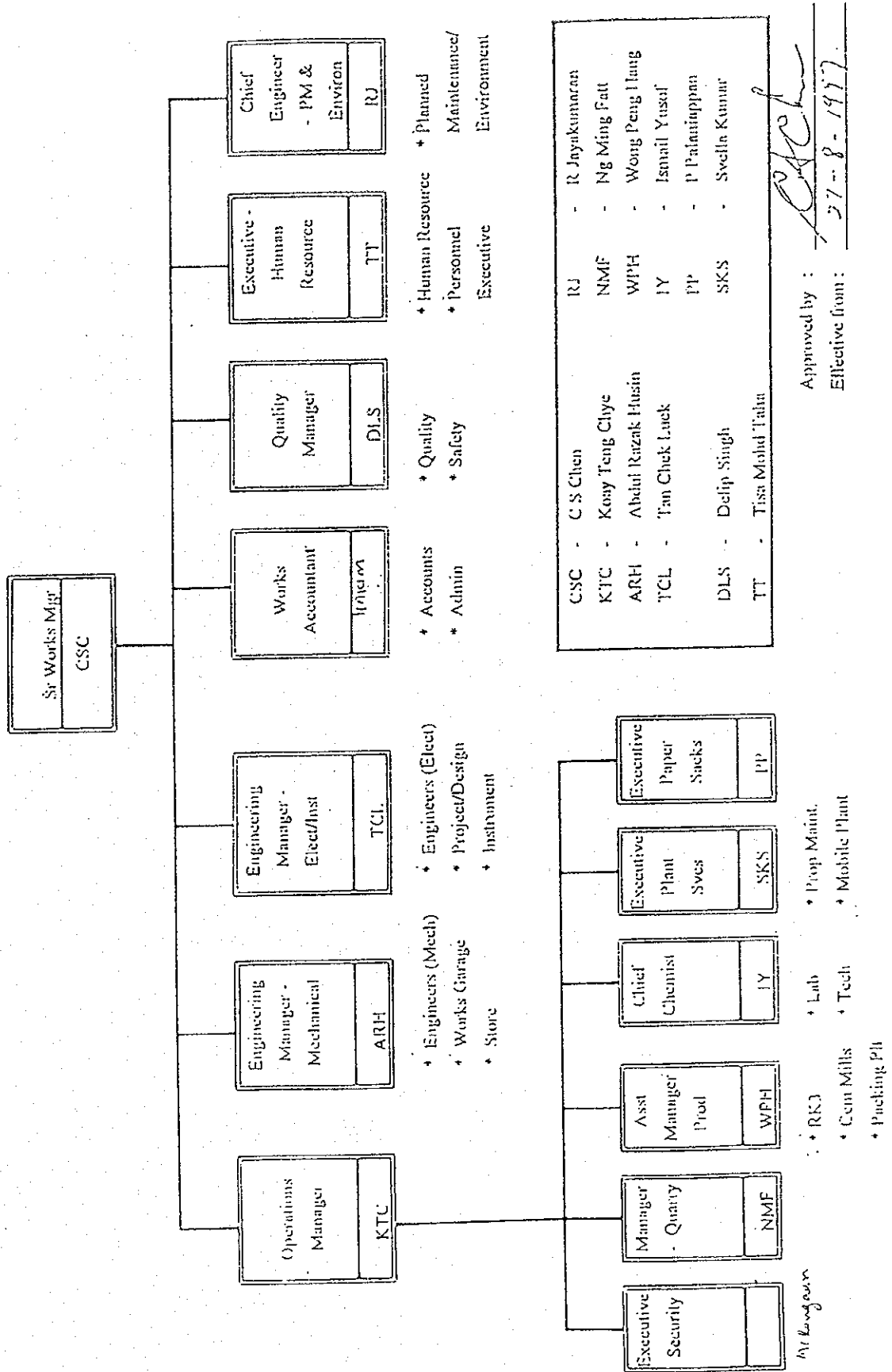


Fig. 12-1 Organization Chart





## 12-2-2 設備概要

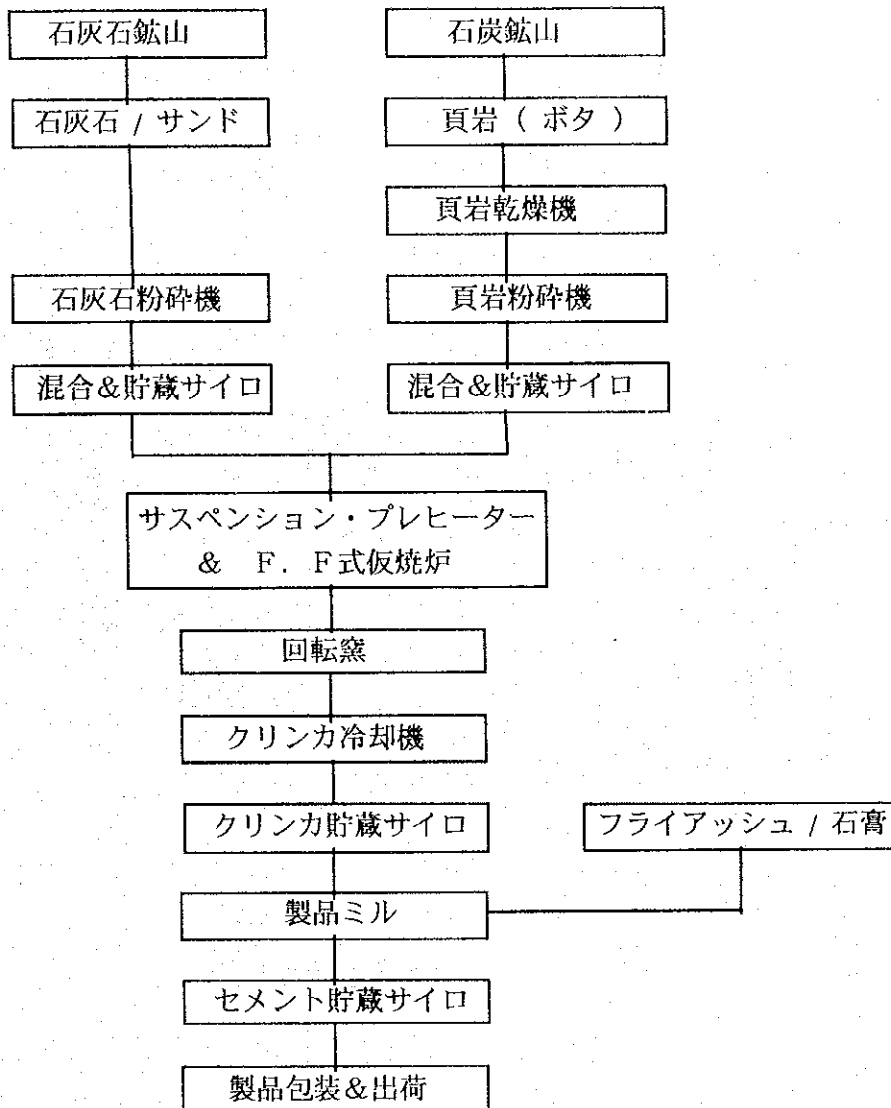
工場の主要設備並びに機器の仕様は下記の通り。

製造工程	設備機器	内容 / 寸法	設備容量
<b>Raw Materials Quarrying</b>	Drilling Equipment	Hydraulic Drill Model Tamrock DH800	4,000 t/8h-day unit
		Atlas Copco Hydraulic Drill	900 t/8h-day unit
	Loading Machine	Cat 245MEH / 325HP	3.25 m <sup>3</sup> Bucket
		Cat 988B / 375HP	5.00 m <sup>3</sup> Bucket
		Cat 235C / 250HP	2.40 m <sup>3</sup> Bucket
	Dump Tracks	Aveling Barford	10 x 30 t Payload
<b>Raw Material Preparation</b> Limestone Preparation	Limestone Crusher	Compound Double-Roll Impactor	650 t/h
	Limestone Storage Silo	Reinforced Concrete Silo 30 m (D) x 27 m (H)	26,500 t
Shale Preparation	Shale Crusher	Double-Roll Crusher	330 t/h (max)
	Shale Stockpile & Reclaimer	Covered Storage Hall & Bridge Mounted Scraper	8,000 t
	Shale Dryer	Uniflow Rotary Dryer 4.0m(D) x 28.0m(L),	140 t/h (max) 70 t/h
<b>Limestone Grinding</b> Limestone Grinding / Storage	Limestone Grinding Mill	2 Compartment Closed-Circuit Tube Mill	265 t/h
		Drive motors	2 x 2,100 kW
		Mill speed 14.5rpm	
	Roller Press	Double Roller 1.2 m (D) x 1.2 m (W)	100 t/h
	Roller press motor	2 x 600 kW	
	Speed : 1,500 rpm		
	Homogenizing & Storage Silos	Claudius Peters RC Silos 15 m(D) x 46.5 m(H)	2 x 5,700 t
Shale Grinding & Storage	Shale Grinding Mill	2 compartment Closed-Circuit Tube Mill	85 t/h
		Drive motor	2,250 kW
		Mill speed : 15.7 rpm	
	Homogenizing & Storage silos	Claudius Peters RC silos 12 m(D) x 20 m(H)	2 x 1,750 t

製造工程	設備機器	内容 / 寸法	設備容量
<b>Coal Grinding</b>	Vertical Roller Mill	UBE-Loesche LM 15.20 D	12.0 t/h
<b>Clinker Burning</b>	Limestone kiln Feeders Kiln feed shale	Weigh feeder, Air slide and bucket elevator Loss-in -weigh system & FK pump transport	
	Preheater	2-String , 5-Stage Cyclone preheater and Flash Furnace (NSP)	5,000 t/day
	Rotary Kiln	4.7 m(D) x 74 m(L) 3-Pier, kiln slope 1 : 25 Speed : 0.6 - 3 rpm Motor : 400 kW Main drive : 750 rpm Auxiliary drive: 1,500 rpm	5,000 t/day
	Grate Cooler	3-Stage Horizontal Grate cooler 1 <sup>st</sup> Grate-Retrofit CFG 2 <sup>nd</sup> Grate-FB3-40 Babcock 3 <sup>rd</sup> Grate-FB3-40 Babcock	5,000 t/day
	Clinker storage silo	Reinforced concrete 30 m(D) x 41.7 m(H)	2 x 26,500 t
<b>Cement Grinding</b>	Cement mills	2-Compartment Closed- Circuit Tube Mill Drive motor : 900 kW Mill speed : 17.5 rpm	3 x 28 t/h
		2-Compartment Closed- Circuit Tube Mill Drive motor : 2,250 kW Mill speed : 15.7 rpm	2 x 70 t/h
		2-Compartment Open- Circuit Tube Mill Drive motor : 590 kW Mill speed : 21.02 rpm	1 x 15 t/h
	Cement storage silos	Reinforced concrete silo	4 x 1,100 t 6 x 5,000 t
<b>Packing Distribution</b>	Packing Plant	1) 4-Spout on line packer 2) Rotary packer 3) Road bulk lording plant 4) Rail bulk lording plant	40 t/h 2 x 100 t/h 100 t/h 170 t/h

### 12-2-3 製造工程

#### (1) 製造工程流れ図



#### (2) ラワン工場プロセス・フロー図

次ページに APMC 社ラワン工場の物質、ガス並びに燃料のフロー図を 図 12-3 示す。  
又、各部門別のプロセス・フローをそれぞれ、図 12-4 から図 12-8 までに示す。

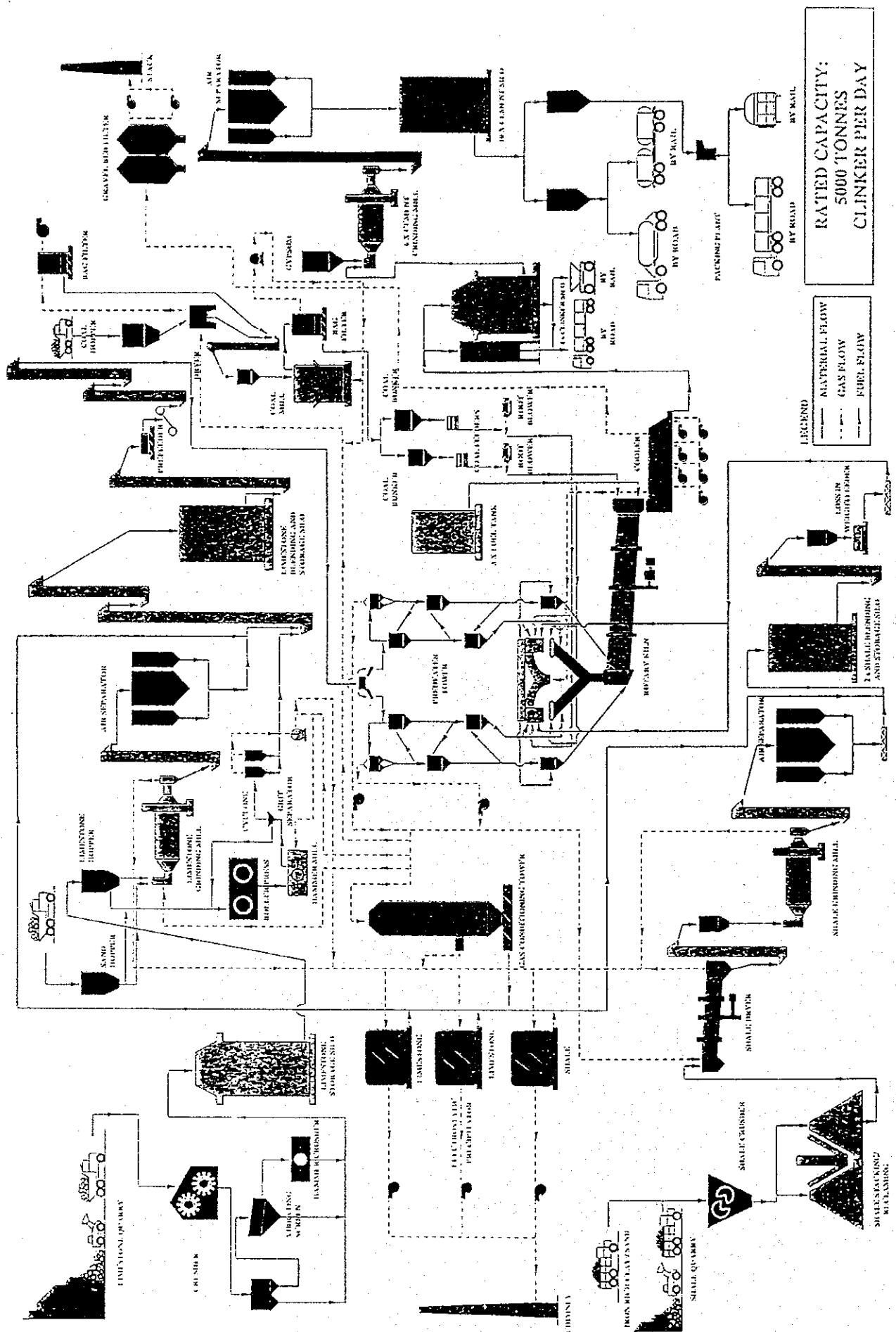


Fig. 12-3 APMC Rawang Works Dry-Process Flow Chart

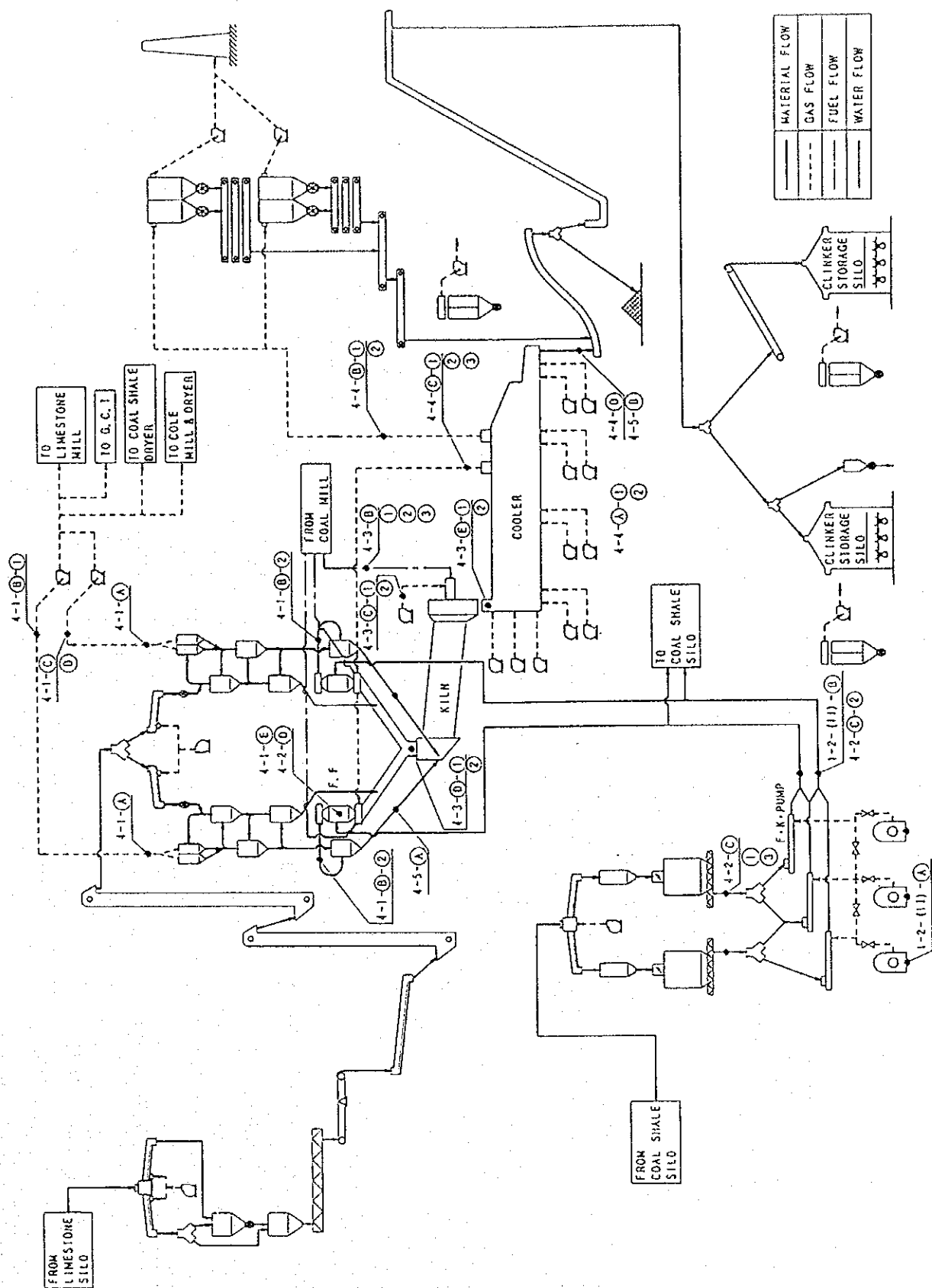


Fig. 12-4 Flow Sheet-1 (Burning Department)

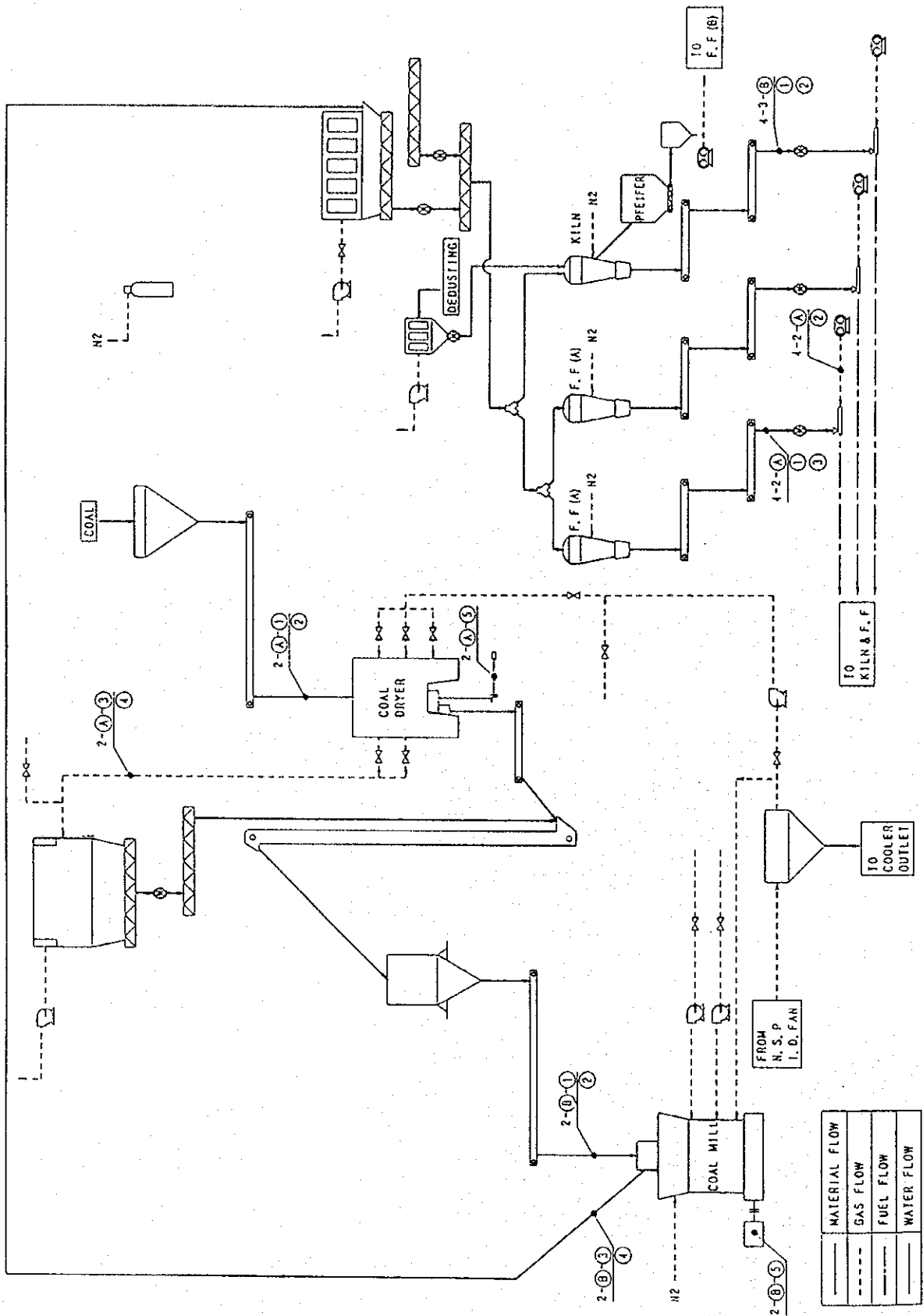


Fig. 12-5 Flow Sheet-2 (Coal Drying and Grinding Department)



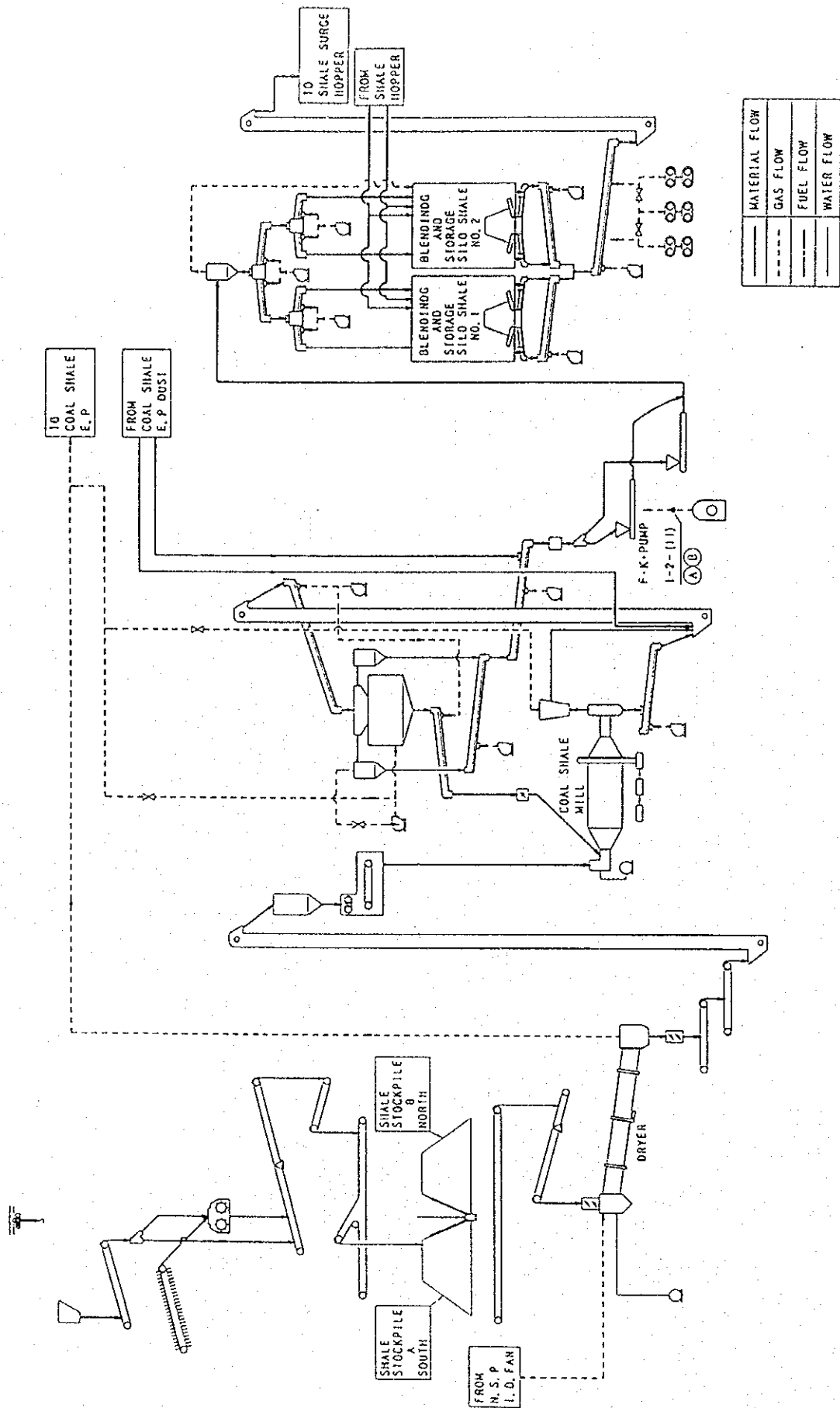


Fig. 12-7 Flow Sheet-4 (Coal Shale Drying and Grinding Department)



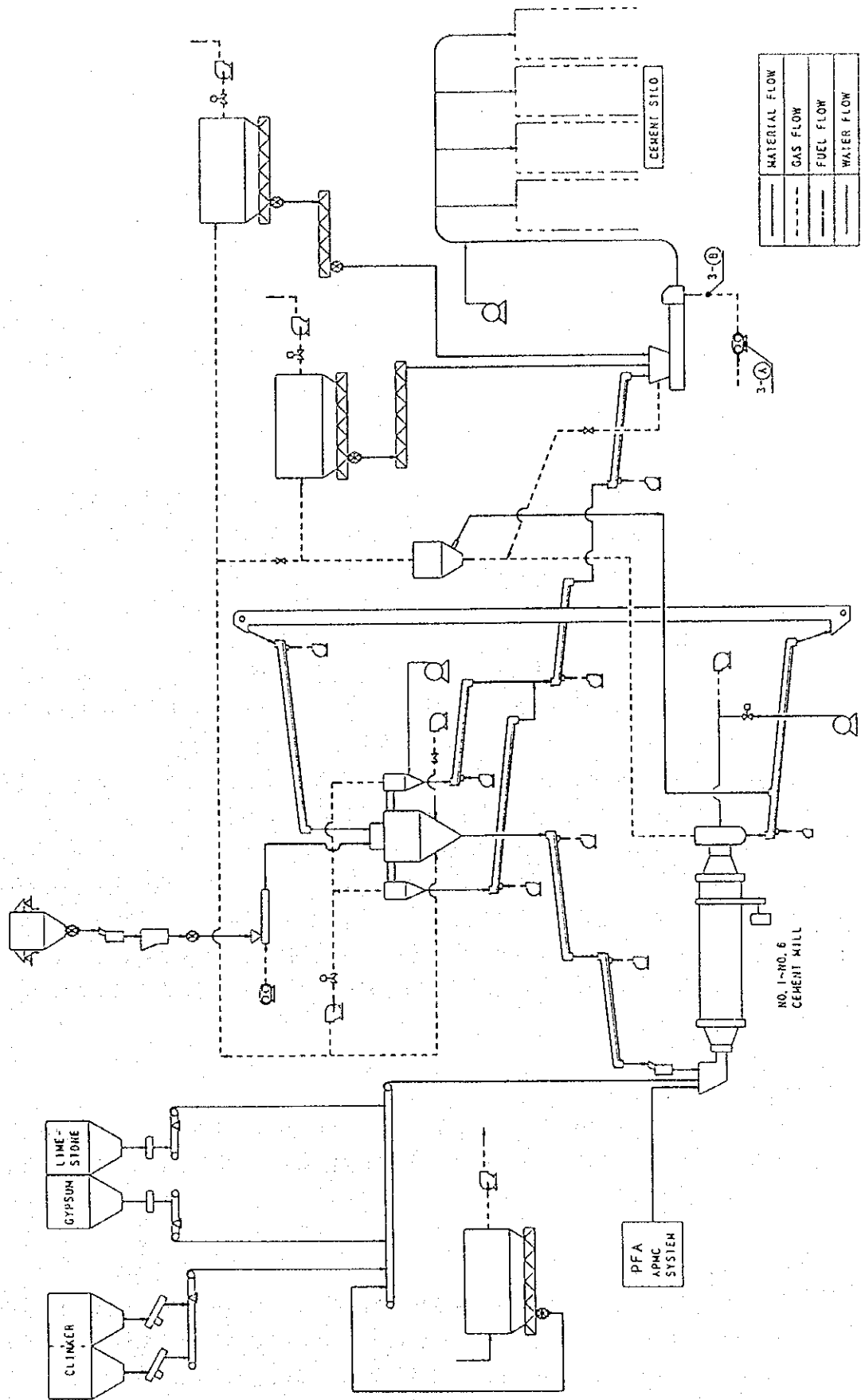


Fig. 12-8 Flow Sheet-5 (Cement Grinding Department)

## 12-2-4 製造工程概要

### (1) 原料鉱山

石灰石は工場近くの鉱山で採掘され、ダンプ・トラックで運搬された後、30 m/m 以下に砕石される。また、粘土原料として 500 から 1,100 カロリーの熱量を持つ頁岩（コール・シェール）は 24 km 離れた野積置場から掘り出され、工場までトラックで運び粗砕した後、貯蔵場で混合し使用される。

### (2) 原料製造

石灰石と頁岩は乾燥後、それぞれ別々にローラー・プレス並びに閉回路チューブ・ミルで粉碎される。粉碎された石灰石と頁岩は原料品質が規定の品質基準を満たすのを確実にするため、混合並びに貯蔵サイロに別々に貯蔵される。

### (3) クリンカ焼成

1981 年早々に日本の石川島播磨重工株式会社により新たに 5 段、2 系列の仮焼炉付き乾式キルンがラワン工場に建設され、稼働に入った。この 4,000 t / d SF 式仮焼炉は 1992 年に 5,000 t / d 、5 段 NSF 式仮焼炉に改造された。

このキルンの運転形態は独特である。即ち、1 次原料の石灰石と 2 次原料の頁岩を鉄原料と調合し、別々に粉碎した後混合過程を経てサイロに貯蔵される。

混合並びに貯蔵サイロから曳き出された石灰石原料は、5 段サイクロン・プレヒーターの上部に供給され、石炭を含む頁岩原料は直接、F.F 仮焼炉に供給される。石灰石原料は各サイクロンを通過し、最終 5 段サイクロンで 900 °C の原料分解温度に到達し、そこで頁岩と混合し、約 90 % の分解度の原料として回転窯に送られ、セメント・クリンカに成る。本件のような石灰石原料と粘土原料の別供給方式は世界でも珍しく、本工場が唯一の例である。

### (4) クリンカ冷却機

赤熱クリンカは約 1,250 °C でキルンから排出され、グレート・クーラーで急激に冷却し、クリンカ・サイロに運ばれる。本クーラーは F.L Smidth 社の最新技術である CFG グレートを採用している。

### (5) セメント粉碎

クリンカはクリンカ・サイロから曳き出され約 5 % の石膏を添加した後、閉回路チューブ・ミルで粉碎しセメントとなる。石膏はセメントの凝結時間を調整するために添加される。セメント・ミルで粉碎されたセメントは空気輸送し、出荷のためセメント・サイロに貯蔵される。

#### (6) 包装並びに出荷

セメント・サイロから曳き出されたセメントは包装工場の袋詰め用の高速ロータリー・パッカーに送られる。セメントは 50 kg に袋詰めされ、トラックや鉄道貨車に積み込まれ出荷される。バラ積タンク車には、直接セメント・サイロから積み込まれる。バラ積セメントは、又、会社専用の貯蔵所に出荷するために、鉄道貨車に積み込まれる。

#### (7) 品質管理

ラワン工場の試験室は最新のマルチ・チャンネル型 X 線分析計と、自動サンプラー並びに、その他実験機器を備えている。最終製品の品質が、マレーシアの規格並びに工業調査協会 (SIRIM) が設定した規格を十分満たすことを確実にするため、原料の調合があらゆる工程で厳しく、コントロールされている。

#### (8) 環境管理

各工程に於ける機器として、高効率の電気集塵機を設置している。各工程に設けられているグラベル・ベット・フィルターや、バッグ・フィルター等により、ダスト排出基準が常時、政府により要求されている規制値以下によく維持されている。

### 12-3 運転稼働状況

工場主要設備の最近6か年間の運転稼働状況を下記に示す。

- (1)セメント年間販売数量の推移 ..... 表 12-1 を参照の事
- (2)クリンカ生産量と年間運転時間の推移 ..... 表 12-2     "
- (3)原料生産量と年間運転時間の推移 ..... 表 12-3     "
- (4)各ミル別、セメント生産量と年間運転時間の推移 ..... 表 12-4     "
- (5)1997 年度の月別、石灰石並びに頁岩の化学成分 ..... 表 12-5     "
- (6)クリンカ並びにセメントの化学分析値  
及びセメントの物理的性状 ..... 表 12-6     "
- (7)年間エネルギー使用量と熱 / 電力消費原単位の推移 ..... 表 12-7     "

以上から、最近6年間の工場の運転状況の概要を 表 12-10 に示す。

**Table 12-10 Malaysia APMC Rawang Works Data**

Year	Cl. Production (tonnes/year)	Ratio (%)	Kiln Opera- tion rate (%)	Heat Cons. (kcal/kg-cl.)	Power Con. (kWh/t-cem)	Labor Pro- ductivity (t/m)
1992	999,070	100	76.4	952	131.3	(1,780)
1993	1120,055	112.3	82.9	1071	137.1	-
1994	1299,175	130.3	84.5	1124	138.9	-
1995	1474,031	147.8	86.1	984	129.8	-
1996	1554,895	155.9	87.1	912	130.3	-
1997	1560,055	156.5	88.6	915	134.2	2,786
*-1 Sep. 14-19	29,045	-	98.2	970	131.4 *-2	-

Notes: \*-1..... 調査期間中データ

\*-2..... Aug. 1998 のデータ

マレーシアのセメント需要に対応し、1993年に増産工事を実施した結果、第1にクリンカ生産量が 3,701 t/d から 4,876 t/d と増加し、第2に使用熱量が 1,124 kcal/kg-cl. から 915 kcal/kg-cl. に低減し、第3にキルンの運転率も 76.4% から 88.6% と向上した。

尚、キルン主煙突出口ダスト排出量は 40 mg / Nm<sup>3</sup> 以下であり、クーラー煙突出口ダスト排出量は約 90 から 120 mg / Nm<sup>3</sup> が維持されている。

**Table 12-1 Trends in Annual Sales Amount**

(unit: ton/year)

Kinds of cement	Year					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
(1) Ordinary portland Cement	1,096,596	1,129,533	1,161,363	1,213,085	1,256,472	1,296,728
(2) Rapid hardening Cement	—	—	—	—	—	—
(3) Sulphate resistant Cement	16,596	—	—	—	—	—
(4) Fly ash cement	86,323	160,870	197,364	341,168	383,265	435,895
(5) Masonary cement	167,741	183,634	208,035	180,592	143,230	159,614
(6) Blast furnace cement	—	—	—	—	—	—
Total	1,367,352	1,474,041	1,566,762	1,734,645	1,782,967	1,892,237

**Table 12-2 Trends in the Production Output of Clinker and Operation Hours per Annum**  
(kiln operation performance)

Items	Year					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
(1) Production of Clinker (ton)	997,070	1,120,055	1,299,175	1,474,030	1,554,895	1,560,055
(2) Operation hour (h)	6,707.53	7,263.30	7,398.12	7,540.61	7,654.00	7,757.64
(3) Capacity (t/day) (1) / (2)	3,567.6	3,701.0	4,214.6	4,691.6	4,875.6	4,826.4
(4) Schedule shut Down + Breakdown (h)	2,052.47	1,496.70	1,361.88	1,219.39	1,106.00	1,002.36
(5) Availability (%) (2) / (2) + (4)	76.4	82.91	84.45	86.09	87.14	88.56

**Table 12-3 Trends in Production Output of Raw Meal and Operating Hours per Annum**  
(Raw material grinding mill operations performance)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<b>Production (ton)</b>						
L/S Mill	1,315,064	1,324,518	1,500,585	1,428,287	1,525,871	1,615,361
C/S Mill	68,027	424,947	506,148	522,753	561,288	557,726
Roller Press	—	197,452	283,444	527,079	524,039	487,020
<b>Sub Total</b>						
L/S Mill	5,222.00	5,145.41	5,652.71	5,396.16	5,768.81	6,193.02
C/S Mill	4,301.00	4,651.30	5,462.24	5,619.54	6,103.06	6,039.33
Roller Press	—	1,841.54	2,826.56	4,937.14	5,270.62	5,045.12
<b>Operation Hours<sup>①</sup> (H - year)</b>						
<b>Sub Total</b>						
L/S Mill	251.8	257.4	265.5	264.7	264.5	260.8
C/S Mill	85.6	91.4	92.7	93.0	92.0	92.3
Roller Press	—	107.2	100.3	106.8	99.4	96.5
<b>Capacity (t/h)</b>						
<b>Sub Total</b>						
L/S Mill	—	—	848.04	565.23	511.19	561.44
C/S Mill	—	—	456.27	315.33	304.74	287.88
Roller Press	—	—	1,354.85	1,177.98	1,430.19	1,296.83
<b>Breakdown (H - Year)<sup>②</sup></b>						
<b>Sub Total</b>						
L/S Mill	—	—	2,259.25	2,798.61	2,480.00	2,005.54
C/S Mill	—	—	2,841.49	2,825.13	2,352.20	2,432.79
Roller Press	—	—	4,578.59	2,644.88	2,059.19	2,418.05
<b>Scheduled Shut down (H - Year)</b>						
<b>Sub Total</b>						
L/S Mill	—	—	86.95	90.52	91.86	91.69
C/S Mill	—	—	92.29	94.69	95.24	95.45
Roller Press	—	—	67.60	80.74	79.66	79.55
<b>Availability (%)<sup>①/A + ②</sup></b>						
<b>Average</b>						

**Table 12-4 Trends in Product Output of Cement and Operation Hour  
( Finish Grinding Mill Operation Performance )**

	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Production (A) ( Ton )						
No.1 Mill	142,234	170,366	175,470	199,868	184,260	206,834
No.2 Mill	155,692	160,471	155,485	184,993	202,125	220,019
No.3 Mill	154,813	158,488	154,871	167,879	208,097	221,768
No.4 Mill	430,345	462,727	487,452	514,260	542,435	565,849
No.5 Mill	477,248	484,701	488,322	548,102	524,364	553,170
No.6 Mill	—	37,288	105,162	119,743	121,686	124,597
Total	1,360,602	1,474,041	1,566,762	1,734,845	1,782,967	1,892,237
Operation Hours (B) ( H- Year )						
No.1 Mill	7348.69	7975.47	7815.70	7588.72	7588.76	8093.51
No.2 Mill	7609.58	7710.77	7661.61	7455.80	7573.78	8229.83
No.3 Mill	7545.90	7541.62	7791.28	7007.17	7594.98	8333.20
No.4 Mill	6814.69	7395.71	7647.55	7752.55	7668.90	7974.12
No.5 Mill	7528.58	7682.20	7840.66	8004.35	7483.06	8127.10
No.6 Mill	—	2770.86	7666.35	7908.52	7501.68	7878.78
Capacity (A) / (B) ( t/h )						
No.1 Mill	19.4	21.4	22.5	26.3	24.3	25.5
No.2 Mill	20.5	20.8	20.3	24.8	26.7	26.7
No.3 Mill	20.5	21.0	19.9	24.0	27.4	26.6
No.4 Mill	63.1	62.6	63.7	66.3	70.7	71.0
No.5 Mill	63.4	63.1	62.3	68.5	70.1	68.1
No.6 Mill	—	13.5	13.7	15.1	16.2	15.1
Scheduled Shut Down + Break Down (C) ( H- Year )						
No.1 Mill	1435.04	784.53	944.30	1171.25	1195.24	666.49
No.2 Mill	1174.60	1049.23	1098.39	1304.20	1210.22	530.17
No.3 Mill	1238.10	1218.38	968.72	1752.83	1186.02	426.80
No.4 Mill	1969.31	1364.29	1112.45	1002.45	1115.10	785.88
No.5 Mill	1255.42	1077.80	919.34	755.65	1300.94	632.90
No.6 Mill	—	613.14	1093.65	851.48	1282.32	881.22
Availability (%) (B) / (B)+(C)						
No.1 Mill	83.66	91.04	89.22	86.68	86.39	91.77
No.2 Mill	86.63	88.02	87.46	85.11	86.22	93.95
No.3 Mill	85.91	86.09	88.94	79.99	86.46	95.13
No.4 Mill	77.58	84.43	87.30	88.50	87.05	91.03
No.5 Mill	85.71	87.70	89.50	91.57	85.19	92.78
No.6 Mill	—	81.88	87.51	90.28	85.40	89.94

**Table 12-5 Chemical Analysis of Raw Meal (Limestone & Shale) in 1997 (1/2)**  
**(For Ordinary Portland Cement)**

(A) Limestone	L.O.I	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cl	Total	Fineness (90%)	Moisture (%)
Jan.	39.8	5.9	0.6	0.2	52.0	0.38	0.07	0.01	0.08	ND	99.04	10.1	0.22
Feb.	39.1	6.5	0.6	0.2	51.6	0.33	0.08	0.01	0.14	ND	98.56	10.5	0.23
Mar.	39.6	6.8	0.9	0.4	51.2	0.31	0.11	0.01	0.14	ND	99.47	10.9	0.18
Apr.	40.2	5.8	0.7	0.3	51.9	0.40	0.17	0.01	0.08	ND	99.56	11.6	0.23
May	40.0	6.5	0.7	0.4	51.4	0.48	0.10	0.01	0.07	ND	99.66	10.6	0.20
Jun.	40.4	6.4	0.8	0.4	51.4	0.50	0.10	0.01	0.10	ND	100.11	10.9	0.20
Jul.	39.8	6.3	0.7	0.5	51.5	0.46	0.09	0.01	0.08	ND	99.44	11.3	0.25
Aug.	39.2	6.6	0.8	0.3	51.4	0.35	0.08	0.01	0.08	ND	98.82	10.4	0.22
Sep.	40.2	6.6	1.2	0.5	51.0	0.36	0.11	0.01	0.13	ND	100.10	10.6	0.22
Oct.	39.9	6.6	0.9	0.3	51.4	0.36	0.08	0.01	0.09	ND	99.64	10.8	0.23
Nov.	39.8	6.2	0.8	0.3	51.6	0.36	0.07	0.01	0.11	ND	99.25	12.0	0.20
Dec.	39.6	6.4	1.1	0.3	51.4	0.45	0.08	0.01	0.08	ND	99.12	10.9	0.25
Ave.	39.8	6.4	0.8	0.3	51.5	0.40	0.10	0.01	0.10	-	99.32	10.9	0.22



**Table 12-5 Chemical Analysis of Raw Meal (Limestone & Shale) in 1997 (2/2)**  
**(For Ordinary Portland Cement)**

(B) Coal Shale		(Unit : wt % on dry basis)										
L.O.I	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cl	Total	Fineness (90%)	Moisture (%)
Jan.	26.8	38.0	14.0	10.5	8.1	0.73	0.03	1.35	ND	99.77	5.7	1.17
Feb.	25.4	40.4	14.0	10.4	7.2	0.60	0.08	1.41	ND	99.65	5.7	1.18
Mar.	24.0	41.7	14.0	10.1	8.0	0.57	0.08	1.31	ND	99.91	4.8	1.18
Apr.	26.0	38.7	15.0	11.6	6.5	0.65	0.03	1.20	ND	99.95	5.6	1.20
May	23.7	41.8	15.1	10.7	6.4	0.66	0.03	1.17	ND	99.81	6.0	1.23
Jun.	24.4	41.5	14.6	10.8	6.6	0.63	0.03	1.05	ND	99.82	5.4	1.17
Jul.	26.0	39.3	14.6	10.8	7.3	0.62	0.03	1.12	ND	100.07	4.8	1.17
Aug.	26.1	38.9	13.7	10.6	8.2	0.80	0.17	1.27	ND	99.82	5.6	1.18
Sep.	26.4	38.6	13.5	10.7	8.0	0.76	0.17	1.66	ND	99.99	5.4	1.18
Oct.	27.0	37.5	13.8	11.5	7.0	0.76	0.17	1.77	ND	99.72	5.2	1.17
Nov.	24.9	40.5	13.9	11.2	6.6	0.76	0.16	1.59	ND	99.79	5.3	1.18
Dec.	24.7	39.1	15.0	11.2	7.5	0.74	0.17	1.36	ND	99.94	5.3	1.17
Ave.	25.5	39.7	14.3	10.8	7.3	0.69	0.10	1.36	-	99.96	5.4	1.18

Table 12-6 Chemical Composition and Physical Properties of Cement/Clinker

Chemical Composition of Clinker ( Ordinary Portland Cement )

	I <sub>gloss</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO(%)	MgO(%)	SO <sub>3</sub> (%)	Na <sub>2</sub> O(%)	K <sub>2</sub> O(%)	HM	SM	IM	fCaO(%)
1992	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1993	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1994	0.0	21.8	6.0	4.0	66.5	0.6	—	—	—	2.09	2.18	1.52	—
1995	0.0	21.7	5.7	4.4	66.4	0.6	—	—	—	2.09	2.15	1.31	2.0
1996	0.0	22.2	5.9	4.8	65.3	0.6	—	—	—	1.99	2.07	1.23	1.5
1997	0.0	21.8	5.8	4.3	66.3	0.6	—	—	—	2.08	2.15	1.37	1.9

Chemical Composition of Cement

	I <sub>gloss</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO(%)	MgO(%)	SO <sub>3</sub> (%)	Na <sub>2</sub> O(%)	K <sub>2</sub> O(%)	HM	SM	IM	fCaO(%)
1992	1.3	20.3	5.7	3.8	64.6	0.9	2.3	0.14	0.7	2.17	2.14	1.50	2.4
1993	1.4	20.4	5.7	3.7	64.3	0.9	2.4	0.08	0.71	2.16	2.12	1.54	1.9
1994	1.9	20.1	6.1	3.6	64.4	0.5	2.4	0.08	0.52	2.16	2.07	1.69	2.3
1995	2.2	19.8	6.5	3.8	64.6	0.6	2.3	0.08	0.69	2.22	2.13	1.45	2.4
1996	2.6	20.2	5.4	4.1	63.1	0.6	2.5	0.08	0.65	2.12	2.13	1.32	2.4
1997	3.7	19.6	5.6	3.9	63.6	0.6	2.2	0.08	0.56	2.19	2.06	1.44	2.4

Physical Property of Cement

Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Compressive Strength ( N/mm <sup>2</sup> )			Bending Strength ( N/mm <sup>2</sup> )		
	1 day	3 days	7 days	1 day	3 days	7 days
1992	20.8	32.7	45.0	—	—	—
1993	20.5	32.9	45.1	—	—	—
1994	20.7	29.2	41.2	—	—	—
1995	19.9	28.8	42.6	—	—	—
1996	22.4	29.8	42.8	—	—	—
1997	21.2	31.9	40.9	—	—	—

#### 12-4 エネルギー使用量・原単位の推移

最近6年間のエネルギー使用量と原単位の推移を、又、1997年度のエネルギー別消費割合をそれぞれ表12-7及び表12-8に示す。

Table 12-7 Trends of Annual Energy Consumption and Unit Consumption

Name of utility	Year	Year					
		1992	1993	1994	1995	1996	1997
(1) Fuel oil	ton	16,796	24,460	29,755	42,590	32,235	33,447
(2) Bituminous coal	ton	63,512	88,845	99,702	111,324	148,160	153,413
(3) Other fuel (Coal shale)	ton	516,682	348,967	405,282	404,651	403,514	349,017
(4) Electricity	1000 kWh	158,614	180,297	205,006	213,546	222,624	233,670
(5)Clinker Production	ton	997,070	1,120,055	1,299,175	1,474,030	1,554,895	1,560,055
	(t/day)	3,567.6	3,701.0	4,214.6	4,691.6	4,875.6	4,826.4
(6)Cement Production	ton	1,360,602	1,474,041	1,566,762	1,734,845	1,782,967	1,892,237
(7) Heat Consumption (kcal/kg-cli.)		952	1071	1124	982	912	915
(8) Power Consumption	(kWh/t-cli.)	159.1	161.0	157.8	144.9	143.2	149.8
	(kWh/t-cem)	131.3	137.1	138.9	129.8	130.3	134.2

Table 12-8 Annual Energy Consumption (1997)

Name of Utility	Consumption (ton/year)	Heat value (kcal/kg)	Calorific value (10 <sup>9</sup> kcal/y)(%)	Unit price (RM/t)	Cost 10 <sup>3</sup> RM/y (%)
Fuel oil	33,447	10,200	341.2 (21.4)	422	14,114.6 (18.6)
Coal (wet)	153,413				
(dry)	130,401	6,500	847.6 (53.0)	135	20,710.8 (27.2)
Coal (wet)	349,017				
Shale (dry)	296,664	700	207.7 (13.0)	5.7	1,989.4 (2.6)
*-1	(10 <sup>3</sup> kWh/y)	(kcal/kWh)		Tariff E-3	
Electricity	233,670	860	201.0 (12.6)	Special	39,259.2 (51.6)
Total	—	—	1597.5 (100.0)	—	76,074.0(100.0)

エネルギー使用量、原単位の推移を見ると 1993 年に生産量 4000 t/d から 5000 t/d への増産活動が完成した結果、以下の事が云える。

- (1) クリンカー生産量は 3,701 t/d から 4,876 t/d (1996 年度)に増加した。
- (2) 使用熱量は 1,071 kcal / kg-cli.から 915 kcal / kg-cli.に低減した。
- (3) しかし、電力原単位は 137.1 kWh/t-cem から 134.2 kWh/t-cem と殆ど変わっていない。
- (4) 但し、これらの原単位はいずれも日本の数値と比較すると約 25 から 30 %と高い。

又、1997 年度におけるエネルギー別使用量の比較を表 12-8 及び表 12-9 に示す。

**Table 12-9 Relative Comparison of Energy Consumption (1997)**

Name of utility	Calorific base (%)	Monetary base (%)	Caloric price RM/10 <sup>3</sup> kcal	Unit price ratio
(1) Fuel oil	21.4	18.6	0.0414	2
(2) Coal	53.0	27.2	0.0208	1
(3) Coal shale	13.0	2.6	0.0081	0.4
(4) Electricity *-1	12.6	51.6	0.169-0.195	8-9
Total	100.0	100.0	—	—

Note: \*-1.....On peak / Off peak の割合を 58/42 で計算し金額を算出した。

又、契約電力は 30,400 kW と仮定した。

- (5) 電力エネルギーの消費は、カロリー・ベースでは全エネルギー使用量の約 13 % を上まわらないが、金額ベースでは約 52 % に達することが指摘される。
- (6) 重油の使用量はカロリー・ベースでは全エネルギー使用量の約 22 % 以下である。また、金額ベースでは約 19 % になり、この使用の低減が望まれる。
- (7) カロリー単価で見ると、電力の価格は石炭の 8 ~ 9 倍、又、重油の価格は 2 倍であり、電力は大変コストが高いことが判る。

## 12-5 エネルギー管理と省エネルギー活動についての現状

### 12-5-1 エネルギー管理状況

#### (1) エネルギー管理目標の設定

毎年始めに、工場経営幹部はいくつかのエネルギー管理と燃料並びに電力の低減目標を作成する。昨年の目標は以下の通りである。

電力低減目標 …… 前年度電力消費量の 2.5%低減。

燃料重油の低減目標 …… クリンカ生産量の 2.0%以下、即ち燃料重油の使用量を 100 t/d 以下に保つ事。

#### (2) 工場でのエネルギー管理のための組織的活動

工場長の指導の下に運転部門の部長、エンジニアリング部門の部長とエネルギー関係技術者とで構成される、省エネルギー委員会が組織された。

燃料エネルギー管理…………… 運転部門マネジャーと技術者 4 人

電力エネルギー管理…………… エンジニアリング・マネジャー (陳 澤六)  
と技術者 6 人

省エネルギー委員会は 3 年前に発足し、約 2 カ月に 1 回の割合で開催されたが最近では毎月 1 回開催されている。その目的は生産が第 1 で省エネルギーが第 2 である。

#### (3) エネルギー管理のための有効データ並びに記録類

運転部門は原料ミル、キルン、プレヒーター、クーラーやセメント・ミルの運転データを管理している。化学分析データのような品質に関連したデータは、試験室で管理している。必要なデータ類は運転部門並びに試験室を通して利用することが出来る。

運転データに関しては表 12-1 から表 12-7 を参照のこと。

#### (4) エネルギー管理のための従業員の教育・訓練

上記については 12-2-1 章の「(20)雇用並びに教育訓練」を参照のこと。

#### (5) 設備（装置）の保守管理

主要設備類は定期休転基準並びに監視保守による状態のチェック（例：ファンの振動チェック）で、保守され修繕されている。又、チェック・リストを使いパトローラーが各設備をチェックする。

## (6) 主要設備の年間運転並びに保守スケジュール

工場の通常運転はキルンの6カ月運転と10日間の休転修理が基準である。しかしセメントの需要によりキルンの運転スケジュールは3カ月運転に変更される。予防保全はこのキルン休転時に実施される。

### 12-5-2 省エネルギーの実績と計画

#### (1) 省エネルギーのために実施された対策並びにそれらの効果

生産量 4,000 t/d から 5,000 t/d への増産、並びにエネルギー低減のため 1992 年に下記対策が実施された。

- 1) 仮焼炉を SF 方式から NSF 方式に改造
- 2) 石炭の直接吹込み方式から間接吹込み方式への転換
- 3) 既存クーラーを IHI 式高性能クーラーへの改造
- 4) IDF ファン …… 2 x 2,100 kW から 2 x 2,300 kW へ据替え
- 5) クーラー排ガスファン容量 …… 1,000 kW から 1,300 kW へ増強
- 6) 原料粉碎能力増強のためローラー・プレスの設置
- 7) 石灰石 2 次クラッシャーの設置
- 8) ガス冷却塔を並流式から交流式に改造
- 9) 既存クーラーを F.L Smidth 社製 CFG クーラーへ改造

上記結果として (a) クリンカー生産量が 3,701 t/d から 4,876 t/d に増加。

(b) 使用熱量が 1,071 kcal / kg-cli. から 915 kcal / kg-cli. に低減した。

(c) キルンの運転率が 76.4 % から 88.6 % に向上した。

詳細は表 12-2 並びに表 12-7 を参照のこと。

#### (2) 省エネルギーのための計画的対策

省エネルギー委員会は今年 3 月末に省エネルギー・ガイドラインを策定する予定。

## 12-6 設備の現状と問題点

### 12-6-1 エネルギー消費主要設備とその問題点

#### (1) セメント粉砕部門

セメント・ミルとサイクロン・セパレーターの組合せは旧式のシステムである。又、同時にセメント輸送に F.K Pump を使っている。結果として電力消費が 44 から 45 kWh/t-cem. と非常に高い値を示している。

#### (2) キルン焼成部門

- a) 使用熱量が 5,000 t/d クリнка生産時、900 kcal/kg-cli.以上と高い。
- b) プレヒーター排ガス温度が約 450℃と高く、又、プレヒーターの圧力損失が 950 mmAq 以上と高い。
- c) 仮焼炉とキルンの燃比割合、即ち、仮焼炉の燃比割合が約 75～80%と高い。
- d) キルンでの燃比割合が 20%以下の為、キルン焼成帯の熱負荷が少なく、遊離石灰 (%) が高い。
- e) F.F 炉で必要とする抽気風量 (3 次空気) が十分確保できていない。
- f) 石灰石と粘土原料としての頁岩 (Coal shale) をプレヒーターに別々に送入している。この為、窯入原料の成分変動が大きく、キルンの運転が不安定になっている。

#### (3) 石炭乾燥・粉砕部門

石炭粉砕容量が不足している。その為、重油が仮焼炉 (F.F 仮焼炉) で使われている。乾燥機のような石炭乾燥設備あるいは関連輸送設備は、電力原単位を下げるために雨期以外は止めるべきである。

#### (4) 頁岩 (コール・シェール) 輸送

頁岩乾燥粉砕部門ではミルからサイロまでとサイロから仮焼炉 (F.F 仮焼炉) までの粉末原料輸送に F.K Pump を使用している。

### 12-6-2 現状の問題点の認識と診断項目

現在大きな問題として下記事項が考えられる。

- (1) 900～950 kcal / kg-cli. と非常に高い使用熱量
- (2) 130～135 kWh / t-cem と非常に高い電力消費量

それ故、次の問題点を診断すべきである。

- (1) F.F 仮焼炉の燃料割合の変更と燃焼改善
- (2) 原料送入方法の改善
- (3) プレヒータ・サイクロンの圧力損失の低減
- (4) 粉体輸送システムの改善
- (5) キルン排ガス並びに、クーラー排ガスからの熱回収
- (6) 石炭乾燥・粉砕システムの改善
- (7) セメント粉砕システムの改造
- (8) 原料並びに、クリンカの化学成分の調合均斉化



## 12-7 エネルギー診断の方法

### 12-7-1 全般

省エネルギー診断のための工場調査は、先ず調査チームにより準備された質問状並びにデータ・シートを基に、工場の省エネ担当者との面談、資料収集並びに設備調査により実施された。

このセメント工場のエネルギー診断の実施に当たり、先ず第1段階として運転データの調査、解析を行い、次にエネルギー調査のために種々の測定を実施しました。

エネルギー診断の主要項目は次の通り。

1. 焼成部門の熱消費量
  - (1) プレヒーター並びに、FF 炉
  - (2) キルン
  - (3) クーラー
2. 原料粉砕部門の電力消費量
3. 石炭乾燥、粉砕部門の電力消費量
4. セメント粉砕部門の電力消費量

### 12-7-2 測定項目、測定個所、測定機器

最近のエネルギー消費状況を計算、評価し、熱、ガス、物質バランスを明確にするため、エネルギー診断の主要項目に対応し、スケジュールに従って、下記の測定と運転データの解析が実施された。

#### (1) 原料粉砕部門

1. 石灰石粉砕ミル： 粉砕量、ミル動力
2. 頁岩粉砕ミル： 粉砕量、ミル動力並びに FK ポンプ / 圧縮機動力、流量  
頁岩の DTA/TG 解析

#### (2) 石炭乾燥、粉砕部門

1. 石炭乾燥機： 乾燥容量 / 動力、水分含有量、排ガス量 / 温度
2. 石炭粉砕ミル： 粉砕容量 / 動力、水分含有量、排ガス量 / 温度

#### (3) セメント粉砕部門

1. No. 1~3 ミル： FK ポンプ / 圧縮機動力、流量、粉砕量 / ミル動力
2. No. 4~5 ミル： FK ポンプ / 圧縮機動力、流量、粉砕量 / ミル動力

(4) 焼成部門

1. プロビタサイロン： 温度 / 圧力、燃焼ガス ( $O_2/CO/CO_2$  %)、排ガス流量  
ダスト含有量、表面温度
2. FF 炉： 石炭 / 重油 / 頁岩送入手量、搬送空気量 / 温度、表面温度  
未燃カーボン量
3. キルン： 石炭送入手量、搬送空気量、1次空気量、表面温度、  
燃焼ガス量 ( $O_2/CO/CO_2$  %)
4. クーラー： 冷却風量、排ガス流量、抽気風量 / 温度、表面温度  
出口クリンカ温度
5. クリカ品質： 窯入原料、クリンカ化学成分

(5) エネルギー使用量

1. 電力使用量
2. 石炭使用量
3. 重油使用量
4. 頁岩使用量
5. 添加石灰石使用量
6. フライ・アッシュ使用量
7. その他使用量

(6) 現場踏査

1. 設備リスト見直し
2. 図面類の調査
3. 設備機器、プロセスの運転状態の観察

詳細の測定項目、測定点及び測定機器は表 12-11 と表 12-12 に示す。

Table 12-11(1) Outlines of Measurement for Energy Audit (Cement)

Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Available Equipment of Measurement			
		Required Equipment	Entity	JICA	Local Lab
<b>1 Raw Material Grinding Department</b>					
<b>1-1 Limestone Mill</b>					
(a) Fineness of Raw Meal	Trend Data	Operation Record			
(b) Grinding Capacity(t/h)	ditto	ditto			
(c) Mill Dept. kW	T/D or M	Clip-on AC P-meter	x	x	x
<b>1-2 Coal Shale Mill</b>					
(a) Grinding Capacity(t/h)	Trend Data	Operation Record			
(b) Mill Dept. kW	T/D or M	Clip -on AC P-meter	x	x	
(c) C/Shale Transportation (1) FK Pump kW (2) Air Volume	T/D or M B	Clip-on AC P-meter	x	x	x
<b>2 Coal Drying &amp; Grinding Department</b>					
<b>2-1 Coal Dryer</b>					
(a) Drying Capacity(t/h)	Trend Data	Operation Record			
(b) Moisture Content(%)	T/D or M	ditto			
(c) Exhaust Gas Volume	ditto	Pitot Tube Flow meter	x	x	x
(d) Exhaust Gas Temp. °C	ditto	Operation Record			
(e) Electric Power kW	T/D or M	Clip-on AC P-meter	x	x	x
<b>2-2 Coal Grinding Mill</b>					
(a) Grinding Capacity(t/h)	Trend Data	Operation Record			
(b) Moisture Content(%)	T/D or M	ditto			
(c) Exhaust Gas Volume	ditto	Pitot Tube Flow meter	x	x	x
(d) Exhaust Gas Temp.	ditto	Operation Record			
(e) Electric Power kW	T/D or M	Clip-on AC P-meter	x	x	x

Note: T/D ..... Trend Data  
M ..... Measurement  
B ..... Brochure Data

Table 12-11 (2) Outlines of Measurement for Energy Audit (Cement)

Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Available Equipment of Measurement			
		Required Equipment	Entity	JICA	Local Lab
<b>3 Cement Grinding Dept.</b>					
<b>3-1 No. 1~3 Cement Mill</b>					
(a) Grinding Capacity(t/h)	Trend Data	Operation Record			
(b) Fineness of Cement	ditto	ditto			
(c) Mill Dept. kW	T/D or M	Clip-on AC P-meter	x	x	
(d) Cement Transportation					
(1) FK Pump kW	T/D or M	Clip-on AC P-meter	x	x	x
(2) Air Volume	B				
<b>3-2 No. 4~5 Cement Mill</b>					
(a) Grinding Capacity(t/h)	Trend Data	Operation Record			
(b) Fineness of Cement	ditto	ditto			
(c) Mill Dept. kW	T/D or M	Clip-on AC P-meter	x	x	
(d) Cement Transportation					
(1) FK Pump kW	T/D or M	Clip-on AC P-meter	x	x	x
(2) Air Volume	B				
<b>4 Burning Department</b>					
<b>4-1 Preheater Cyclone</b>					
(a) Temp. & Pressure	T/D or M	Operation Record			
(b) O <sub>2</sub> /CO content (%)					
(1) IDF inlet	ditto	Orsat / O <sub>2</sub> Analyser	x	x	x
(2) FF Furnace outlet	ditto	Operation Record			
(c) Exhaust Gas Volume	D or M	Pitot Tube Flow meter	x	x	x
(d) Dust Content (IDF inl)	D or M	Existing Data		x	
(e) Surface Temp.(Cylone)	M	Radiation Pyrometer		x	
<b>4-2 F.F.Furnace</b>					
(a) Fuel Coal/Oil/ C-Shale					
(1) Flow rate (t/h)	Trend Data	Operation Record			
(2) Air Volume(m <sup>3</sup> /min)	B or M	H/Wire Anemometer	x	x	x
(3) Temperature	Trend Data	Operation Record			
(b) Surface Temp.	M	Radiation Pyrometer	x	x	x

**Table 12-11 (3) Outlines of Measurement for Energy Audit (Cement)**

Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Available Equipment of Measurement			
		Required Equipment	Entity	JICA	Local Lab
<b>4-3 Kiln</b>					
(a) Fuel Coal					
(1) Feed rate (t/h)	Trend Data	Operation Record			
(2) Temperature	ditto	ditto			
(3) Air Volume(m <sup>3</sup> /min)	B				
(b) Primary Air					
Air Volume & Temp.	D or M	H/Wire Anemometer	x	x	x
(c) Exhaust Gas					
(1) Temperature	Trend Data	Operation Record			
(2) O <sub>2</sub> /CO Content(%)	ditto	ditto			
(d) Surface Temperature	D or M	Radiation Pyrometer	x	x	x
<b>4-4 Cooler</b>					
(a) Cooling Air Volume & Temp.	Trend Data	Operation Record			
	ditto	ditto			
(b) Exhaust Gas					
(1) Gas Volume(m <sup>3</sup> /min)	D or M	Pitot Tube Flow meter	x	x	x
(2) Temperature	ditto	Thermocouple	x	x	x
(c) Recouped Air					
(1) Air Volume(m <sup>3</sup> /min)	D or M	Pitot Tube Flow meter	x	x	x
(2) Temperature	T/D or M	Thermocouple	x	x	x
(3) Surface Temp.(Duct)	D or M	Radiation Pyrometer	x	x	x
(d) Clinker Temp.	Trend Data	Operation Record			
<b>4-5 Clinker Quality</b>					
(a) Kiln Feed Raw Meal	M*1	Sampling & Analysis	x	x	
(b) Clinker( cooler outlet)	M*2	ditto	x		

Notes: \*1 ... Take 24 samples of kiln feed raw meal out during 2 hours at 3 minute interval.

\*2 ... Take 24 samples of clinker out at the cooler discharge end during 2 hours at 3 minute interval, which starts after 45 minutes later of above.

Table 12-11 (4) Outlines of Measurement for Energy Audit (Cement)

Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Available Equipment of Measurement			
		Required Equipment	Entity	JICA	Local Lab
<b>5 General Energy Consumption *-1</b>					
(a) Electricity	Trend Data	Operation Record	x		
(b) Fuel Coal	ditto	ditto	x		
(c) Fuel Oil	ditto	ditto	x		
(d) Coal Shale	ditto	ditto	x		
(e) Added Limestone	ditto	ditto	x		
(f) Fly Ash	ditto	ditto	x		
(g) Others	ditto	ditto	x		
<b>6 Field Investigation *-2</b>					
(a) Observation	Observation		x	x	x
(b) Investigation of Existing data etc.	Review	Existing drawing / data	x	x	

Note: \*-1, \*-2 ... Gather each data during the energy audit term. (from Sep. 14th to 19th)

Table 12-12 Outlines of Equipment for Measurement

Measuring Equipment prepared by JICA	Measuring points
<b>1 Hot wire anemometer</b> 1 Measuring Items : Wind Velocity, Wind temp. 2 Measurable Materials : Air, Exhaust Gas 3 Measurement Range ( Wind Velocity ) m/s : 0-50 4 Measurement Range ( Wind Temp. ), °C : 0-500 5 Indicator : Digital	(1) Kiln primary air flow rate (2) F.F primary air flow rate (A)/(B) side
<b>2 Pitot tube gas flowmeter</b> 1 Type, Number of Pitot tube: L-Type(4), Western Type(4) 2 Measurable Materials : Flue Gas 3 Measurement Range, m/s : 0-20 4 Measurable Tube Size, (mm)ID : 25-300 5 Indicator : Digital ( ΔP, Static Pressure )	(1) Coal dryer exhaust gas (2) Coal mill exhaust gas (3) Cooler exhaust gas flow (4) Recouped air flow rate (5) IDF inlet exhaust gas flow
<b>3 Oxygen content meter for exhaust gas</b> 1 Measurement Range ( O <sub>2</sub> content ), Vol. % : 0-25 2 Indicator : Digital	(1) Flue gas of IDF outlet
<b>4 CO,CO<sub>2</sub> content meter for exhaust gas</b> 1 Measurable Materials : CO,CO <sub>2</sub> 2 Measurement Range, Vol. % : CO(0-5/15),CO <sub>2</sub> (0-5/15) 3 Standard Gas : 800 ppmCO+12%CO <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> (3.41)	(1)Flue gas of IDF outlet
<b>5 Pre-treatment unit for sampling of exhaust gas</b> 1 Treated Materials : Combustion Exhaust Gas 2 Drying Capacity, °C : 1.5-2 ( 1.5 l/min ), 6-8 ( 5 l/min )	- Ditto -
<b>6 Sampling tube for exhaust gas</b> 1 Number of Metallic Pipes : Cantal(5),SUS316(20) 2 Number of tubes : Silicone(10), Teflon (10+10)	- Ditto -
<b>7 Surface thermometer</b> 1 Measurement range, °C : -50-600 2 Indicator : Digital	(1) Cooler, (2) Kiln, (3) Duct (4) Preheater cyclone / F.F
<b>8 Radiation pyrometer for lower temperature</b> 1 Measurement Range, °C : -30-1200 2 Indicator : Digital	- Ditto -
<b>9 Voltage-Ampere-watt meter</b> 1 Measurement Range, V : 150/300/600 2 Measurement Range, A : 20/50/100/200/500 3 Measurement Range, kW : 300/600/900	Many items and points
<b>10 Clip-on AC powermeter</b> 1 Rated Voltage, Vrms : 200/600 2 Rated Current, mA/dgt : 10 3 Rated Power, W/dgt : 10	Many items and points

## 12-8 測定

### 12-8-1 本調査の参加者

#### (1) APMC 社ラワン工場

Tan Chek Luck ; Engineering Manager  
S. Hari Krishnan ; Assistant Sr. Chemist  
D. Muruganandam ; Technical Dept. Assistant Sr. Engineer (Production)  
Jacob George ; Technical Dept. Production Engineer (Process)  
Mohd Azhar B. Mohd. Noor ; Electrical Dept. (Assistant Engineer)  
Qiu Jin Zhong ; Technical Dept. ( Process Engineer)

#### (2) JBE&G

Teratai Zainab Leman ; Assistant Director  
Mohd Elmi Anas ; Assistant Director  
Nslid Asi Rasid ; Technical Assistant

#### (3) JICA 調査チーム

Akinori Hashimoto ; Study Team Leader  
Yoshihiko Ueda ; Sector Technology (Industry)  
Muneteru Yoshizawa ; Energy Audit (Heat)  
Yasuo Ishibashi ; Energy Management (Electricity)

#### (4) Malaysian consultant for measurement (SIRIM)

Hamdan Mokhtar ; Programe Coordinator  
Maznah Abdul Majid ; Sinior Research Engineer  
Syed Amar Srab Synid Manoor ; Research Engineer  
Zulkairain Abdullah ; Assistant Researcher  
Fudil Mohamad ; Assistant Researcher  
Rahim Tambi ; Assistant Researcher



## 12-8-2 エネルギー診断のスケジュール

本セメント工場の当初のスケジュールは 9 月 8 日から 19 日迄であったが、工場側の要請で 9 月 11 日から 10 月 2 日迄に変更した。本スケジュールは測定の前準備から診断結果の事前検討迄を含める。スケジュールの概要は下記の通りであった。

### (1) 準備

9 月 11 日 (金) : 工場担当者に対するエネルギー診断計画とスケジュールの詳細説明と確認。

14 日 (月) : 計測機器類の搬入、解梱、並びに準備。  
JICA 調査チームによる詳細工場見学と測定点のチェック。  
工場の運転データ並びに既存調査、測定データの収集。

### (2) エネルギー診断

9 月 15 日 (火) : キルン、F.F 炉用、1 次空気風量計測。  
頁岩粉碎ミル、関連設備の電力測定。

16 日 (水) : セメント粉碎ミル ( No. 2,5,&6 ) の電力測定。  
石炭粉碎ミル、乾燥機の排ガス量測定、クーラー排気並びに抽気量 ( 3 次空気量 ) の測定、窯入原料並びにクーラー出口クリンカのサンプリング ( 各 24 試料 ) 並びに化学分析。

17 日 (木) : セメント粉碎ミル ( No. 3 & 4 ) の電力測定。  
IDF 入口排ガス量測定並びに、 $O_2/CO/CO_2$  ガス分析。

18 日 (金) : プレヒーター・サイクロン、F.F 炉、キルン、クーラー並びに抽気ダクトの表面温度測定。

19/20 日 (土/日) : 測定データ、日常運転データ並びに、既存データの纏めと整理

### (3) 測定結果の事前検討と測定機器の搬出

9 月 21 日 (月) : 計測機器の撤収、梱包並びに砂糖工場への搬出。

23 日 (水) : 工場エンジニアとの測定、調査結果の検討、打合せ並びに省エネ・チェック・リストによる問題点の確認。

10 月 2 日 (月) : エネルギー診断結果の概要報告会。

エネルギー診断測定の詳細スケジュールを表 12-13 に示す。

Table 12-13(1) Detailed Schedule of Measurement (Cement)

Measuring Items	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remarks
0. Preparation	×										
1. Raw Material Grinding Dept.											
1-1 Limestone Mill											
(1) Fineness of Raw Meal ( Change Level )		×	×	×							①New Feed ②Return ③Fine
(2) Grinding Capacity		×	×	×	×	×					Operation data
(3) Electric Power Consumption		×	×	×	×	×					Limestone Mill Dept.
1-2 Coal Shale Mill											
(1) Grinding Capacity		×	×	×	×	×					Operation data
(2) Electric Power Consumption		×	×	×	×	×					
(3) F.K Pump (Flow Rate)		×									From Mill to Silo / Silo to F.F.furnace
(4) Ditto ( Kw )		×									
2. Coal Drying & Grinding Dept											
2-1 Coal Dryer											
(1) Drying Capacity		×	×	×							Operation data
(2) Moisture Content			×								Inlet / Outlet
(3) Exhaust Gas (Volume/Temp)			×								Inlet / Outlet
(4) Electric Power Consumption		×	×	×							
2-2 Coal Grinding Mill											
(1) Grinding Capacity		×	×	×							Operation data
(2) Moisture Content			×								Inlet / Outlet — Operation data
(3) Exhaust Gas (Volume/Temp)			×								
(4) Electric Power Consumption		×	×	×							
3. Cement Grinding Dept.											
(1) Grinding Capacity		×	×	×	×	×					No. 1~6 each Mill — Operation data
(2) Electric Power Consumption		×	×	×	×						Ditto
(3) Fineness of Cement				×							
(4) F.K Pump ( Flow rate & Kw )			×	×							
4. Buring Dept.											
4-1 Preheater Cyclone											
(1) Temperature & Static Pressure		×	×	×	×	×					Inlet & Outlet of Each Cyclone
(2) Combustion Gas											
1) O2/CO/CO2 Contents		×	×	×	×	×					F.F. Furnace Outlet
2) ditto				×							IDF Inlet
3) Flow Rate (Volume)				×							IDF Inlet
4) Dust Content				×							Top Cyclone Outlet
(3) Surface Temperature					×						

N.B. ① This schedule starts from September 14th, and finishes at October 2nd.

② As for item 1-1, according to the plant operating condition, this change of fineness level of limestone raw meal could not carry out.

Table 12-13(2) Detailed Schedule of Measurement (Cement)

Measuring Items	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remarks
4-2 F. F. Furnace											
(1) Fuel Coal											
1) Feed Rate & Temp		×	×	×	×	×					Operation data
2) Conveying Air Volume/temp		×									
(2) Fuel Oil (Flow Rate & Temp)		×	×	×	×	×					Operation data
(3) Primary Air (Flow Rate & temp)		×									
(4) Coal Shale											
1) Feed Rate & Temp		×	×	×	×	×					Operation data
2) F.K Pump ( Flow Rate / Kw )		×									
(5) Surface Temperature					×						
4-3 Kiln											
(1) Surface Temperature					×						Kiln Shell Surface
(2) Fuel Coal											
1) Feed Rate & Temp		×	×	×	×	×					Operation data
2) Conveying Air Volume/temp		×									
(3) Primary Air (Flow Rate & temp)		×									
(4) Exhaust Gas O <sub>2</sub> /CO/CO <sub>2</sub> Content & temp		×	×	×	×	×					
(5) Secondary Air (Flow Rate & Temp)		×									Calculation Data
4-4 Cooler											
(1) Cooling Air (Flow Rate & Temp)				×							No. 1 ~ No. 9 Fan
(2) Exhaust Gas (Flow Rate & Temp)			×								
(3) Recouped Air (Tertiary Air)											
1) Flow Rate & Temp			×								
2) Duct Surface Temp				×							
(4) Clinker Temperature		×	×	×	×	×					Operation data
4-5 Clinker Quality											
(1) Kiln Feed (Chemical Composition)			×	—	—	—					× — Sampling — Analysis
(2) Clinker (Chemical Composition)			×	—	—	—					× — Sampling — Analysis

Table 12-13(3) Detailed Schedule of Measurement (Cement)

Measuring Items	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Remarks
5. General Energy Consumption		×	×	×	×	×					Parallel with Items 1~4 Utilizing Operation
(1) Electricity ( daily operation data )											Records and Data
(2) Fuel Coal											
(3) Fuel Oil											
(4) Coal Shale											
(5) Added Limestone											
(6) Fly Ash											
(7) Others											
6. Field Investigation	×	×	×	×	×	×					Parallel with Items
(1) Prepatation of Equipment List	×	×	×	×	×	×					1~4 Review of Existing Equipment List Equipment, Facilities & Layout.
(2) Investigation of Drawings	×	×	×	×							
(3) Observation of Operating Condition	×	×	×	×	×	×	×	×			Observation Utilizing Operetion Record
7. Review and Discussion									×	×	

## 12-9 測定結果

### 12-9-1 測定データ並びに考察

#### (1) 原燃料とエネルギー使用量

エネルギー診断期間中（9月14日～19日）の原燃料とエネルギー使用量の平均を運転記録から調査した。その結果を表12-14に、また期間中の平均値を下記に示す。但し、電力使用量の日々のデータは通常、日々記録されず、月単位で記録されている。エネルギー診断期間中は特にキルンの運転が安定していなかった。この為、クリンカ生産量が若干少なく、使用熱量が高い値を示した。

クリンカ生産量	:	4,840.8 t/d
使用熱量	:	971.1 kcal/kg-cli.
石炭使用量	:	300.6 t/d
重油使用量	:	55.1 t/d

燃料カロリー中に占める重油の割合が22.3%（頁岩カロリーを加味すると12.3%と高い。）又、この間のセメント生産量は平均で下記の通り。

(a) OPC 粉砕量	:	2,836.3 t/d
(b) Walcrete 粉砕量	:	203.7 t/d
(c) Masccrete 粉砕量	:	615.9 t/d
合計	:	3,655.9 t/d

#### (2) 空気量並びに排ガス量の測定

空気量並びに排ガス量の測定結果を表12-15に示す。

##### 1) キルン1次空気量測定

1次空気ファン仕様 …… 150 m<sup>3</sup>/min x 1500 mmAq x 35°C

測定位置によって若干違うが、測定結果は46.5～50.7 Nm<sup>3</sup>/min (52.2～61.2 m<sup>3</sup>/min) であった。

本測定値はキルン石炭吹込(5.7 t/h)時の理論燃焼空気量 約672.2 Nm<sup>3</sup>/min に対し、約7.2%であった。

## 2) F.F 炉 1次空気量測定

F.F 炉 の(A)系列および(B)系列には同じ仕様の1次空気ファン (100 m<sup>3</sup>/min x 1,500 mmAq x 50℃) がそれぞれ設置されている。測定結果は (A)が 111.6 Nm<sup>3</sup>/min (124.7 m<sup>3</sup>/min)、(B)が 74.2 Nm<sup>3</sup>/min (87.5 m<sup>3</sup>/min)であった。(A)系列に比べ(B)系列の方が若干少なかった。F.F 炉燃料吹込量の(A)と(B)系列の合計は下記の通り。

重油吹込量 : 3.4 t/h

石炭吹込量 : 8.6 t/h

頁岩吹込量 : 77.62 t/h

上記燃料使用量に対する理論燃焼空気量は約 2,855.3 Nm<sup>3</sup>/min で、1次空気量の(A)と(B)の合計である 185.8 Nm<sup>3</sup>/min は約 6.5%であった。

## 3) 石炭乾燥機並びに粉砕機出口排ガス量測定

石炭乾燥機出口排ガス量 …… 249 Nm<sup>3</sup>/min (342.5 m<sup>3</sup>/min)

石炭粉砕機出口排ガス量 …… 282 Nm<sup>3</sup>/min (352.3 m<sup>3</sup>/min)

過去に APMC 社が測定したデータ等もあるが、測定時期、運転条件等によって、これら乾燥機出口排ガス量のデータは、かなり変動している。

## 4) クーラー排ガス量測定

クーラー排ガス量の測定値は約 5,253.0 Nm<sup>3</sup>/min (12,192.3 m<sup>3</sup>/min)であった。

過去に APMC 社で測定したデータがあるが、これらのデータはクーラー操作等により若干の違いがある。上記測定値はクーラーの風量バランスからほぼ良い数値であった。

## 5) 抽気風量 (3次空気風量) 測定

風量測定結果は 1,706.0 Nm<sup>3</sup>/min (6,994.9 m<sup>3</sup>/min)であった。

過去に APMC 社が測定したデータがあるが、これらの測定データはほぼ同じ様な測定数値である。しかし、この数値は F.F 炉で燃焼する燃料の理論燃焼空気量 (2,850 ~ 2,900 Nm<sup>3</sup>/min) の約 60%であり、かなり少ない。

この結果は運転において、キルンとプレヒーターの燃比を 45/55 から 18/82 と大きく変更している為である。

本測定結果から、本キルンの運転がかなり異常で、問題があることが判った。

## 6) IDF 排ガス量測定

プレヒーター排ガスファンは (A)と(B)の2系列設置においていずれも同じ下記仕様である。

仕様 : 7,900 m<sup>3</sup>/min x 1,100 mmAq x 390℃ x 2,300 kW

過去に APMC 社が測定したデータがあるが、これらの測定データはほぼ同じ様な

測定数値であり、今回の測定結果と特に大きな差は認められない。

### (3) サイクロン出口静圧測定とサイクロン出口原料の igloss (LOI)測定、調査結果

#### 1) サイクロン出口静圧測定

サイクロン出口静圧測定結果を表 12-16 に示す。本設備のプレヒーター各部の温度、並びに静圧は通常のプレヒーターの数値と比較し全体に高い。これは 1993 年度に 4,000 t/d から 5,000 t/d へと増産工事を行った事による。

サイクロン各段の圧力損失は測定の結果、C3 並びに C4 サイクロンが高いことが判った。逆に、C1 並びに C2 サイクロンの圧力損失は増産の為の改造によって、若干下がっている。

#### 2) サイクロン出口原料の igloss (LOI) 測定、調査

サイクロン各段出口原料の igloss%を測定し、原料分解度を調べた。結果は表 12-16 に示す通りである。

C4サイクロンの原料分解度が約25%程度とかなり高い数値を示している。これはC5（最下段）サイクロンの集塵効率が悪い為と考えられる。マテリアル・バランスを仮定しサイクロン集塵効率を計算した結果、約 66.3%であった。

### (4) O<sub>2</sub>/CO/CO<sub>2</sub>%の測定並びに調査結果

窯尻、C5 サイクロン(A)と(B)の出口並びに IDF (A)と(B)の入口の O<sub>2</sub>/CO/CO<sub>2</sub>%測定値を表 12-17 に示す。いずれの測定結果も運転操作条件によって多少の変動があるが、大きな違いはない。

エネルギー診断期間中の窯尻並びに C5 サイクロン出口の O<sub>2</sub>%の連続記録を記録紙 (図 12-9)に示すが、この記録紙からおおよそ下記の事が判る。

- (a) 窯尻 O<sub>2</sub>%は短時間変動が約 0.6 から 1.0%であり、又、長期変動は約 1.4 から 1.6%である。
- (b) C5 サイクロン出口の O<sub>2</sub>%は 15 分間隔で周期的に変化する。変動幅は約 0.6 から 2.5%と大きな値を示している。

### (5) 窯入原料並びにクリンカの化学成分の分析結果

窯入原料成分の変動はクリンカ焼成熱量に大きく影響する事が既に知られている。本キルンでは石灰石原料と粘土原料である頁岩が、別々に、プレヒーターの C1(トップ) サイクロン入口並びに、 F.F 炉に吹き込まれる。それ故、キルン送入原料の成分の均質化が問題となる。これを調査するため、窯入原料とクーラー出口クリンカを 3 分間隔で

サンプリングし、その化学成分を分析した。その結果を表 12-18 に示す。  
サンプリングはキルン内の原料の滞留時間を考慮し、原料サンプリング開始 45 分後からクリンカのサンプリングを開始した。  
結果は窯入原料の変動を、HM の標準偏差で表わすと、 $\sigma = 0.065 - 0.079$  と非常に大きい値を示した。しかし、クリンカ成分の変動は  $\sigma = 0.018$  と良い結果であった。

#### (6) 表面温度の測定

焼成部門に於ける諸設備の表面からの輻射並びに放射熱損失を調査するため図 12-10、図 12-11、図 12-12 に示す各設備の測定点について表面温度を測定した。測定結果を表 12-19 に示す。又、APMC 社で赤外線輻射温度計によるキルン・セル表面温度を日常管理している。この温度計測データを図 12-13 に示す。

本測定の結果は全体として、通常のセメント・プラントの測定値と変わらないが、キルンの窯尻部の表面温度がかなり高い値を示しているのが特徴的である。

測定結果を基にした輻射並びに放射熱損失の計算結果を表 12-21 に示す。

#### (7) 各設備の電力使用量と電力原単位の調査

表 12-20 に APMC 社の工場における各部門毎の電力使用量と電力原単位を調査した結果を示す。電力使用量は月単位で管理されている。本表は月別管理報告書から最近 6 ヶ月の月平均値を計算した数値を記載した。

結果として各部門毎の電力原単位は下記の通りであった。

原料部門	:	35.33	kWh/t-cli.
焼成部門	:	42.26	"
製品部門	:	41.26	"
その他	:	17.37	"
合計	:	136.22	" (134.26 kWh/t-cem)

この結果は表 12-7 に示す過去 6 ヶ年の電力原単位とほぼ同じ数値を示している。本工場の電力原単位は日本の実績と比較して非常に高い。

表 12-21 に主要機器の電力使用量を測定した結果及び測定結果を基に機器の電力原単位を計算した結果を示す。又、空気輸送に関連する FK ポンプ及びコンプレッサーの実負荷電力を測定した結果を表 12-22 に示す。



## (8) 頁岩 (Coal shale) の燃焼特性の調査

本工場は表 12-24 に記載のように粘土原料の代わりに 1,100 kcal/kg 程度のカロリーを持つ頁岩を使っている。現在、石灰石原料とは別に、頁岩は F.F 炉に直接送入されている。この頁岩の燃焼特性を確認するため示差熱分析 (DTA) 並びに熱重量分析(TGA)を下記 2 試料について行った。

- (a) 頁岩 (Dump Shale)
- (b) 一部石炭を混合し発熱量を調整した頁岩 (Mixed Shale)

分析結果を図 12-16 と図 12-17 に示す。

### <DTA/TGA 分析の結果>

- (a) 両試料とも 1 から 2 % の付着水分があり、80 から 100℃で水分は蒸発する。
- (b) 有機物の熱分解は Dump shale で 307.5℃、Mixed shale は 351.9℃で起こり、重量減少は Dump shale で 10%、Mixed shale で 8 %であった。
- (c) その他、炭素分の残留物は 400 から 500℃の間で燃焼する。
- (d) 鉱物中の結晶水の蒸発は 540 から 550℃の間で起こり、Dump shale で 3 %、Mixed shale で 4 %である。
- (e) Mixed shale は 840℃で脱炭酸反応を起こし、その重量減少は 3 %である。
- (f) 850℃での重量減少は全体では Dump shale は 17%、Mixed shale は 20%である。

Table 12-14 General Material and Energy Consumption (Measuring term: Sep. 14 - Sep. 19)

Measuring Item	Date	14 / Sep.	15 / Sep.	16 / Sep.	17 / Sep.	18 / Sep.	19 / Sep.
(1) Clinker Production (t/d)		5,044.76	5,092.0	5,090.21	5,129.49	3,749.66	4,938.57
(2) Heat Consump. (kcal/kg-cli.)		951.9	975.1	980.6	1,001.1	963.5	954.5
(3) Power Consump. (kW/t-cem)		--	--	--	--	--	--
(4) Limestone (t/d)		7,103.0	7,208.0	7,144.0	7,192.0	5,277.0	7,066.0
(5) Coal shale (t/d)		1,949.0	1,933.0	1,988.0	2,010.0	1,451.0	1,803.0
(6) Fuel Coal (t/d)		293.13	312.27	326.02	320.82	228.99	322.46
(7) Oil (kl/d)		49.14	36.07	42.44	64.54	72.74	65.74
(8) Cement Production							
(a) OPC (t/d)		2,595.02	3,055.66	2,785.06	3,169.0	2,601.7	2,811.61
(b) Walcrete (t/d)		31.99	228.64	50.1	--	351.85	559.59
(c) Mascete (t/d)		28.82	177.8	--	794.34	1,635.26	1,058.96
Total (t/d)		2,671.83	3,462.10	2,835.16	3,962.43	4,588.81	4,430.16
(9) Gypsum (t/d)		155.12	124.09	74.1	146.45	196.39	160.96
(10) Limestone (t/d)		159.55	154.67	102.02	72.0	147.22	216.24
(11) Fly Ash (t/d)		202.24	78.15	21.81	384.56	272.11	202.13
(12) Electricity *-1 (kW/d)		--	--	--	--	--	--

Note: \*-1 ... 毎日の電力使用量は記録されてなく、月別に記録されている。  
電力使用量と電力原単位については表 12-20 を参照のこと。

Table 12-15 Measurement Results of Air and Exhaust Gas

Measuring Point	Date Time	Area(m <sup>2</sup> ) D mmφ	Measuring Equipment (JICA / APMC)	Measuring results			Calculated results	
				Temp. (°C)	P (mmAq)	Velocity (m/s)	Density γ (kg/Nm <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /min Nm <sup>3</sup> /min
(1) Kiln primary air	15/Sep.	① 0.1194 (390) ② 0.099 (355)	Hot-wire Anemometer Model 6162 (JICA)	① 57	—	8.55		61.2
				② 33	—	8.78		50.7 52.2 46.5
(2) F.F furnace Primary air (A) (B)	15/Sep.	(A) 0.0638 (285) (B) 0.0683 (295)	Hot wire Anemometer Model 6162 (JICA)	32		32.57		124.7
				49		21.35		111.6 87.5 74.2
(3) Coal dryer exhaust gas	16/Sep.	0.4301 (740)	Pitot tube flow meter Western type DP-20 (JICA)	99	8.82 (Ps=100mmAq)	(13.3)	1.35	342.5 249.0
(4) Coal mill exhaust gas	16/Sep.	0.3019 (620)	— Ditto —	66	19.6 (Ps=700mmAq)	(19.5)	1.35	352.3 282.0
(5) Cooler exhaust gas	16/Sep.	14.4347 (3.5 x 4.12)	Pitot tube flow meter L-type QP-20A (c=0.85) (APMC)	354	7.83 (Ps=100mmAq)	(14.1)	1.293	12192.3 5253.0
(6) Tertiary air(Recouped air)	16/Sep.	4.416 (2370)	— Ditto —	825	15.57 (Ps=200mmAq)	(26.4)	1.293	6994.9 1706.0
(7) IDF exhaust gas (A) (B)	17/Sep.	5.31 (2600) 5.31 (2600)	Pitot tube flow meter Western type DP-20A (JICA)	450	55.0 (Ps=986mmAq) 47.0 (Ps=918mmAq)	(36.5)	1.41	11628.9 3972.0 10768.7
				445		(33.8)		3731.0 7703.0

Table 12-16 Measuring Results of Static Pressure of Cyclone Outlet and Ignition Loss (LOI) of Raw Meal

Item	Measured at 5130 (t/d)			Data at 4000 (t/d)			Measured & calculated data		Calculated Cy Collecting Efficiency (%)
	Gas temp. Tg (°C)	Static Press -Ps (mmAq)	ΔP (mmAq)	Static Press -Ps (mmAq)	ΔP (mmAq)	LOI (%) (20 / 5 / 98')	Decarbonation degree (%)		
(1) IDF inlet (A)	437	970	—	890	—	—	—	—	—
(B)	439	920	—	850	—	—	—	—	—
(2) C1 cyclone outlet (A)	—	—	170	—	190	38.9	—	—	—
(B)	—	—	150	—	180	39.3	—	—	—
(3) C2 cyclone outlet (A)	644	800	130	700	200	37.9	2.6	—	—
(B)	645	770	130	670	160	38.8	1.3	—	—
(4) C3 cyclone outlet (A)	704	670	*-1 240	500	120	36.3	6.7	—	—
(B)	659	640	210	510	90	37.0	5.9	—	—
(5) C4 cyclone outlet (A)	803	430	190	380	140	29.2 (28.9)	24.9 (25.7)	*-3 (81.0)	—
(B)	792	430	180	420	165	33.7 (28.1)	14.2 (28.5)	—	—
(6) C5 cyclone outlet (A)	874	240	145	240	(150)	17/Sep/98 4.6 (2.79)	88.2 (92.8)	*-3 (66.3)	—
(B)	878	250	150	255	(160)	3.6	90.8	—	—
(7) F.F. furnace outlet (A)	929	(95)	(75)	(90)	—	—	—	—	—
(B)	919	(100)	(80)	(95)	—	—	—	—	—
(8) Kiln inlet hood	1021	14-21	—	20	—	—	—	—	—

Notes: \*-1 & \*-2 Pressure loss of C3 / C4 cyclones are high.

\*-3 Calculation figures based on an assumed material balance

Table 12-17 Measurement and Survey Results of O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/CO%

Date	17 / Sep.	*-3 15 / Sep.	*-3 7 / Jul.	*-3 23 / June	*-3 19/Nov./97
(1) Kiln inlet hood	*-1				
O <sub>2</sub> (%)	(4.5-5.9)	6.2	—	—	4.4
CO <sub>2</sub> (%)	—	16.6	—	—	12.4
CO (%)	—	—	—	—	—
(2) C5 cyclone outlet	*-1		*-4	*-4	
O <sub>2</sub> (%)	(8.7-9.0)	2.0	2.4 (6.8)	2.0 (3.7)	5.6
(A)    CO <sub>2</sub> (%)	—	37.4	33.8	33.6	29.8
CO (%)	—	—	—	—	—
(3) C5 cyclone outlet			*-4	*-4	
O <sub>2</sub> (%)	—	3.0	2.0 (4.3)	2.0 (8.5)	3.2
(B)    CO <sub>2</sub> (%)	—	32.0	34.0	32.0	29.4
CO (%)	—	—	—	—	—
(4) IDF inlet	*-2				
O <sub>2</sub> (%)	5.4	5.8	5.8	5.0	7.4
(A)    CO <sub>2</sub> (%)	(19.5)	26.0	29.6	29.0	26.2
CO (%)	0.0637	—	—	—	—
(5) IDF inlet	*-2				
O <sub>2</sub> (%)	4.5	5.2	5.6	5.6	6.6
(B)    CO <sub>2</sub> (%)	(19.5)	28.0	28.0	27.8	27.0
CO (%)	0.102	—	—	—	—

Notes: \*-1 Daily operation record

\*-2 Measured by JICA (1) NGK O<sub>2</sub> gas analyzer PA210 (O<sub>2</sub> 0-25 vol %)

(2) Shimazu CO/CO<sub>2</sub> gas analyzer CGT-7000

(CO 0-5 vol %, CO<sub>2</sub> 0-15 vol %)

\*-3 Data measured by Orsat gas analyzer

\*-4 Data of C/R indicator

図 12-9 は窯尻 O<sub>2</sub>%と5段サイクロン出口の O<sub>2</sub>%運転記録を示す。

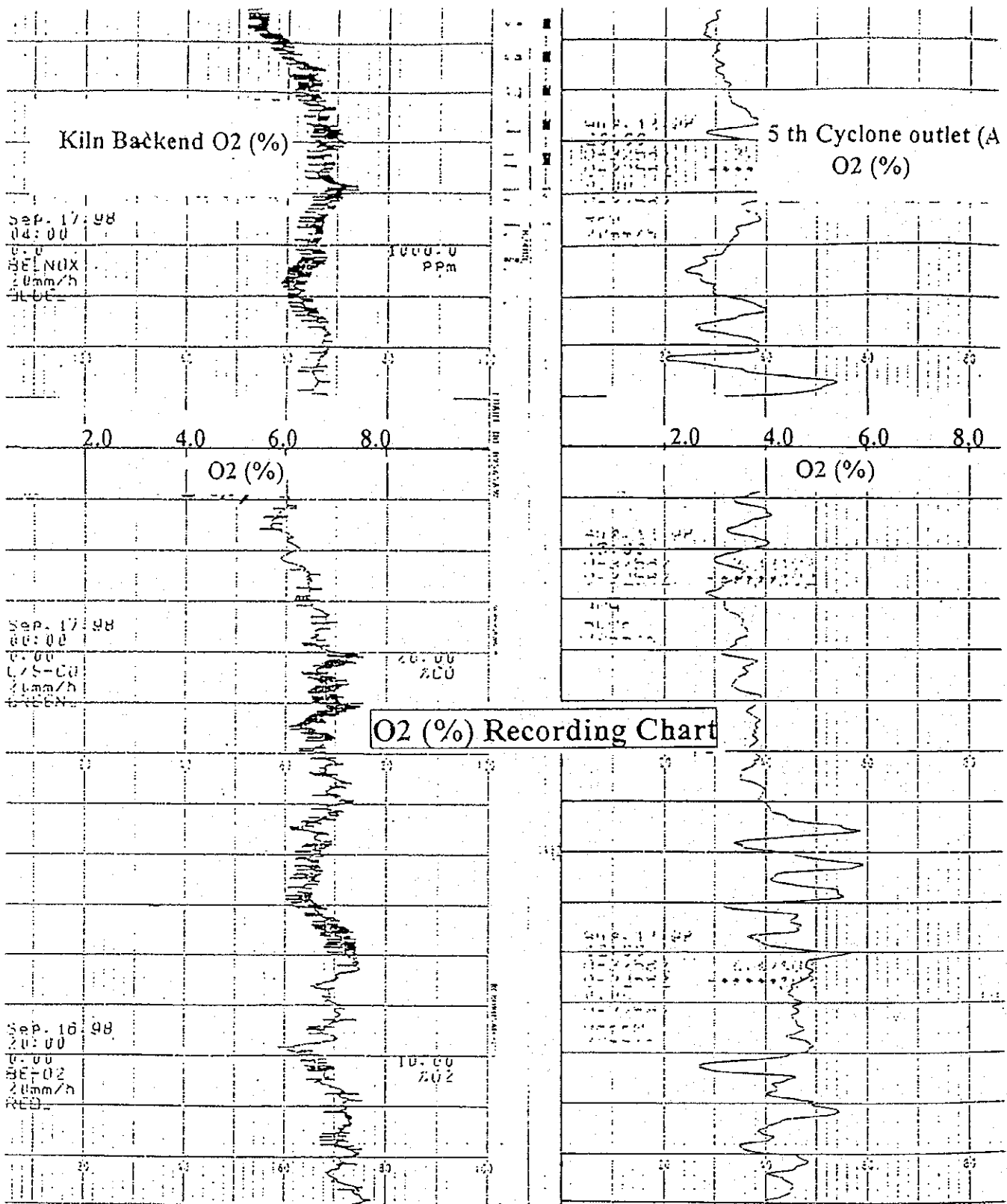
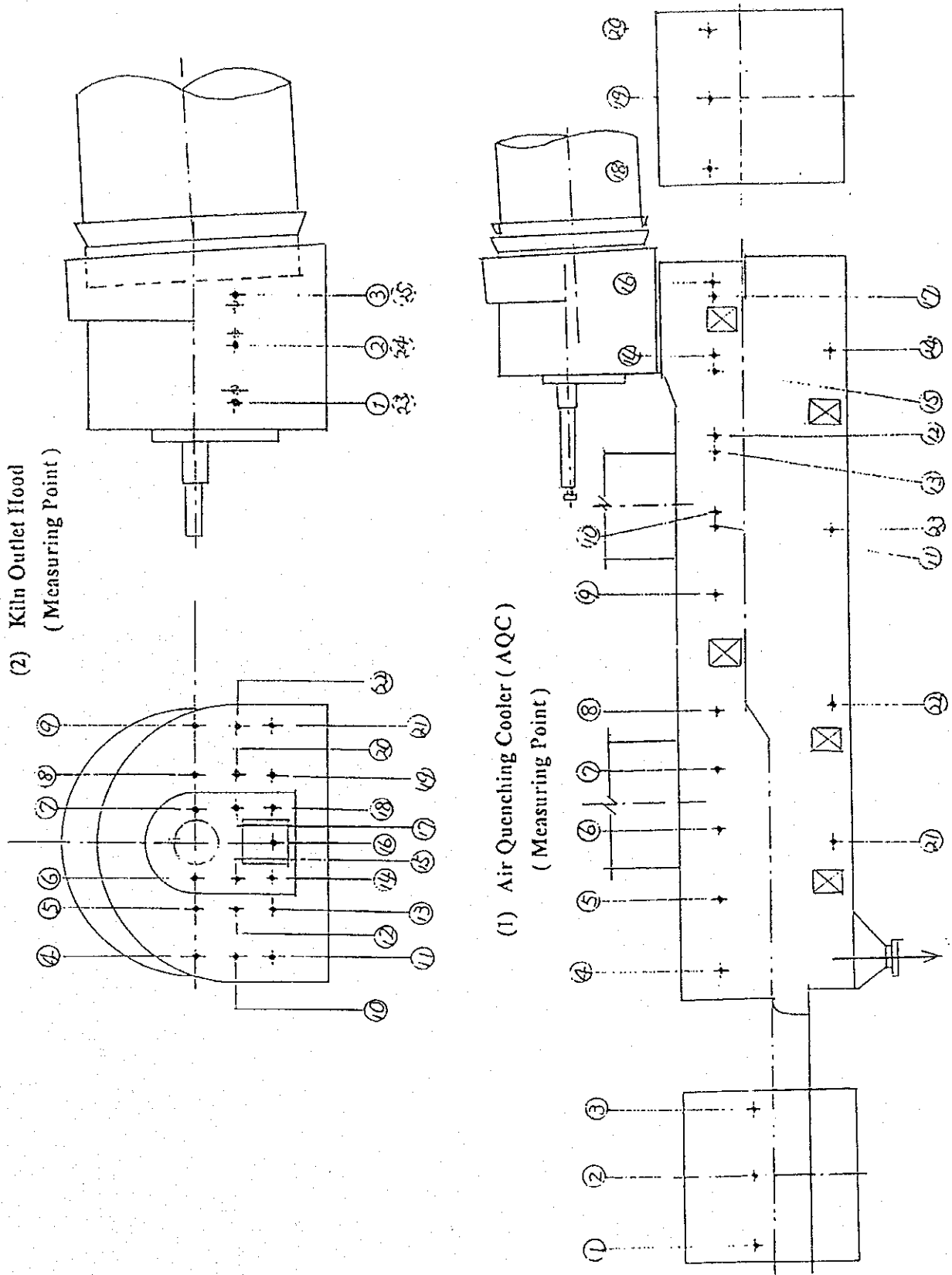


Fig. 12-9 O2(%) Recording Chart



**Fig. 12-10 Measuring Points of Surface Temperature**  
 (1) Air Quenching Cooler (AQC) (2) Kiln outlet Hood

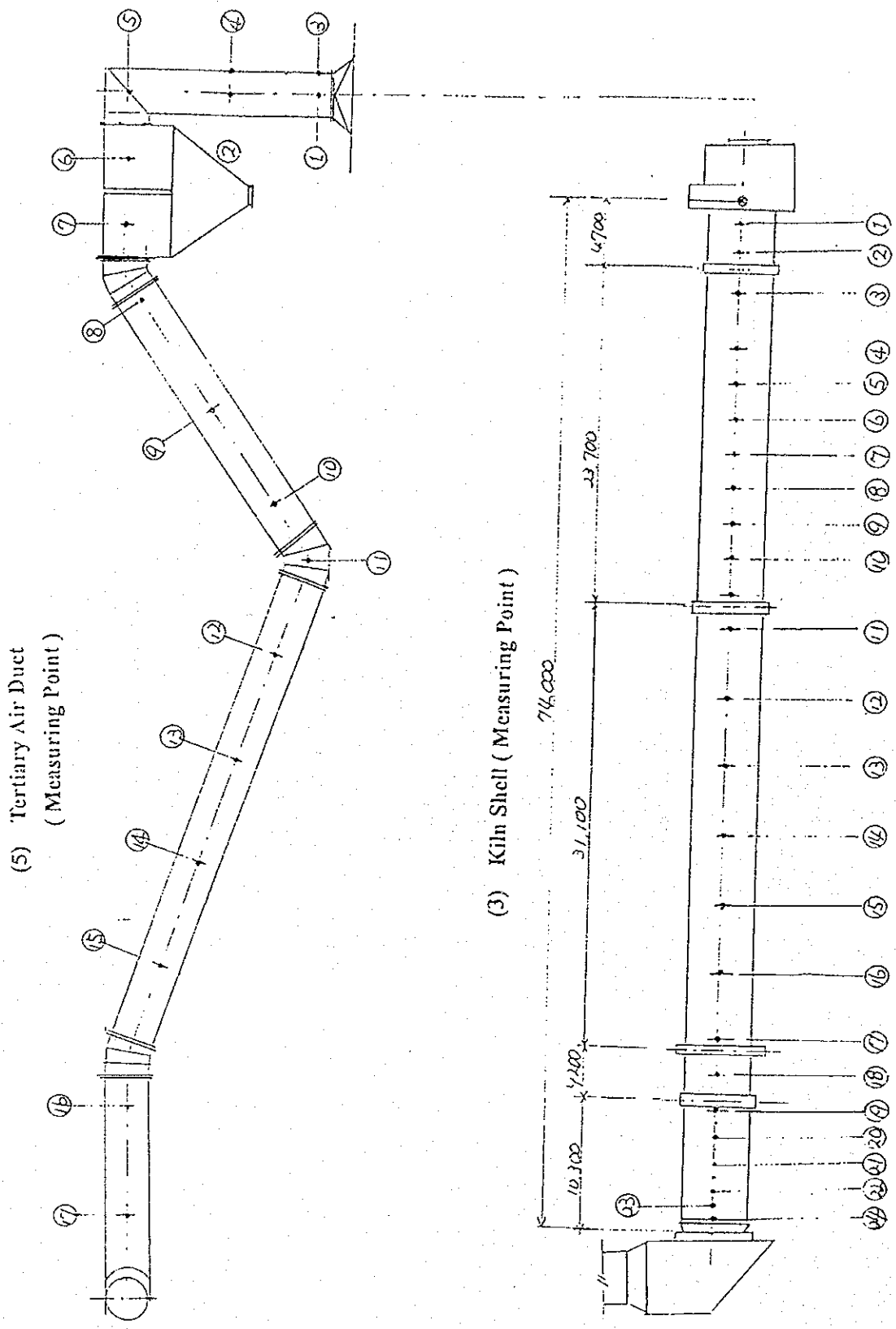


Fig. 12-11 Measuring Points of Surface Temperature

(3) Kiln Shell    (5) Tertiary Air Duct



(4) Preheater Cyclone & F.F Furnace  
(Measuring Point)

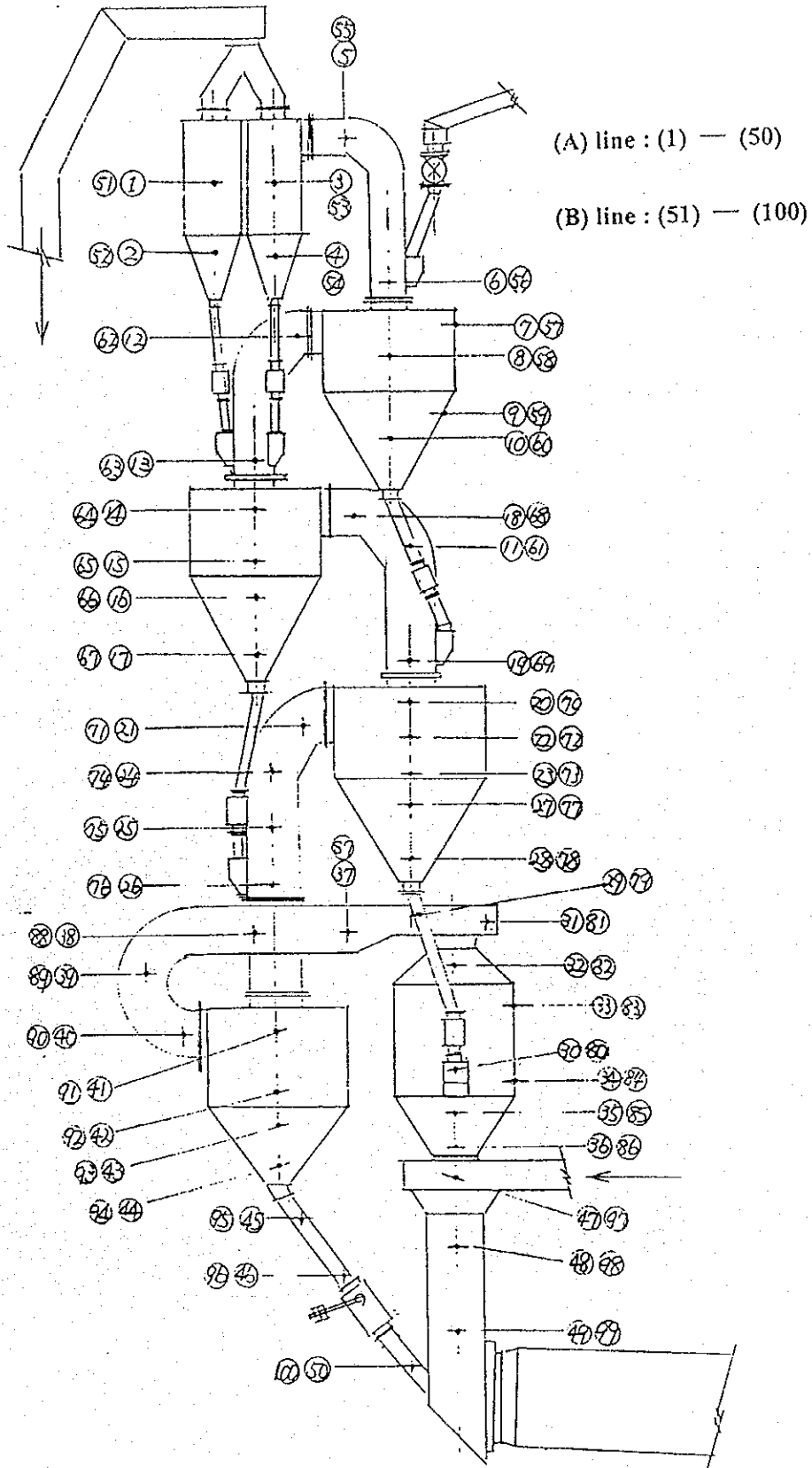


Fig. 12-12 Measuring Points of Surface Temperature  
(4) Preheater Cyclone & F.F Furnace

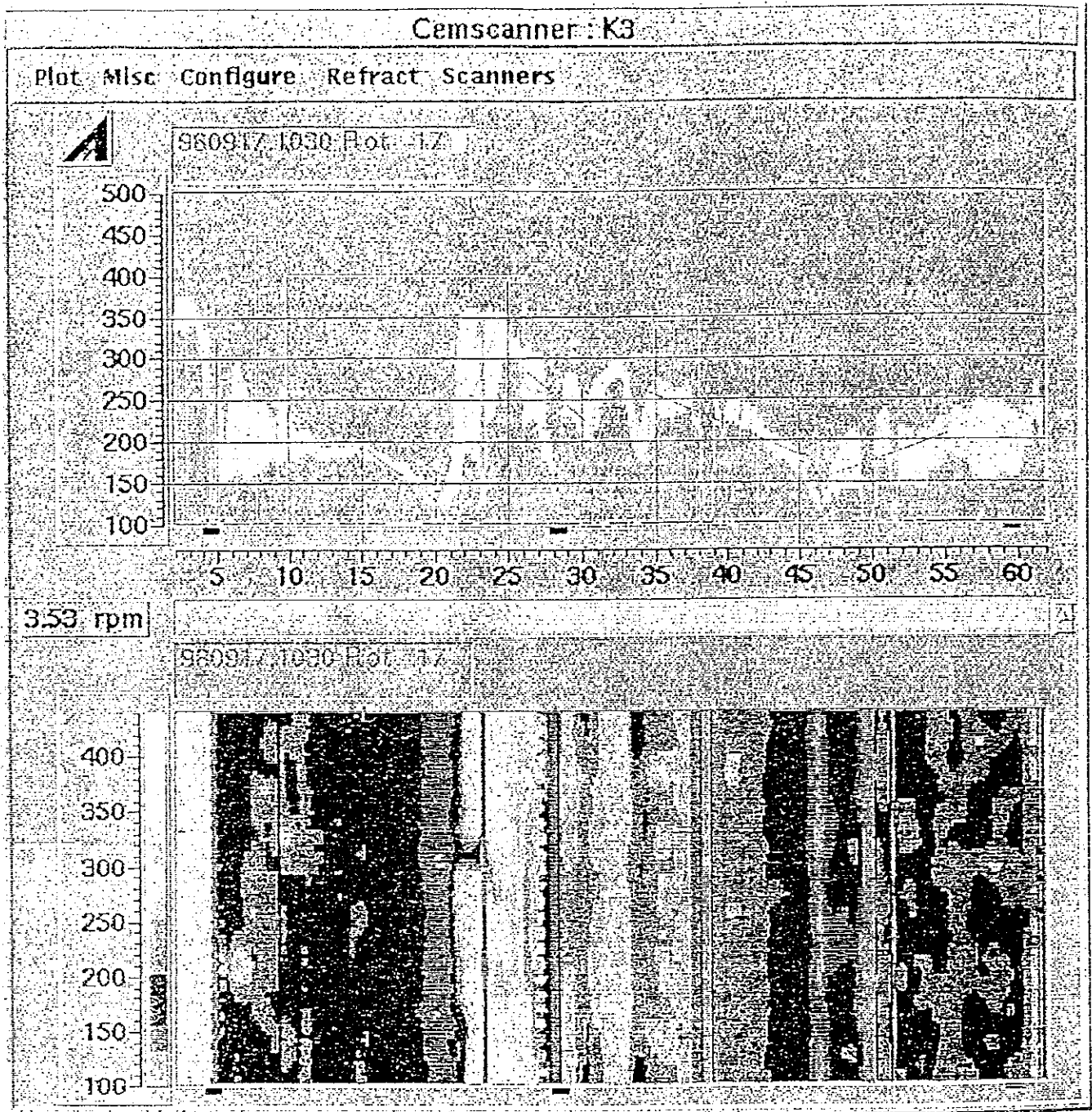


Fig. 12-13 Measuring Points of Surface Temperature  
(APMC's Data)

Table 12-19 Measuring Data of Surface Temperature

1. AQC Shell Date : 17/Sep e=0.55

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Max.	147.0	116.0	105.0	82.0	76.0	72.0	70.0	47.0
Min.	143.0	114.0	96.0	77.0	73.0	66.0	67.0	40.0
Dif.	4.0	2.0	9.0	5.0	3.0	6.0	3.0	7.0
Ave.	145.8	114.5	104.2	80.5	74.2	69.6	69.6	43.3

No.	9	10	11	12	13	14	15	16
Max.	87.0	138.0	49.0		232.0	99.0	311.0	150.0
Min.	61.0	101.0	40.0		202.0	75.0	222.0	56.0
Dif.	26.0	37.0	9.0		30.0	24.0	89.0	94.0
Ave.	86.0	109.8	47.2		209.3	85.5	278.8	128.6

No.	17	18	19	20	21	22	23	24
Max.	176.0	112.0	84.0	147.0	63.0	41.0	47.0	54.0
Min.	96.0	69.0	77.0	129.0	62.0	39.0	39.0	48.0
Dif.	80.0	43.0	7.0	12.0	1.0	2.0	8.0	6.0
Ave.	128.5	80.4	72.2	131.9	62.9	40.8	44.8	48.8

2. Kiln Outlet Hood Shell Date : 17/Sep e=0.55

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Max.	160.0	174.0	134.0	110.0	145.0	179.0	184.0	210.0
Min.	144.0	157.0	96.0	95.0	96.0	74.0	122.0	159.0
Dif.	16.0	17.0	38.0	15.0	47.0	105.0	62.0	51.0
Ave.	139.0	166.9	107.8	106.0	135.3	128.7	170.1	180.4

No.	9	10	11	12	13	14	15	16
Max.	145.0	157.0	138.0	245.0	199.0	190.0	201.0	159.0
Min.	111.0	115.0	99.0	172.0	171.0	161.0	90.0	127.0
Dif.	34.0	42.0	39.0	73.0	28.0	29.0	111.0	32.0
Ave.	129.4	126.7	122.2	211.0	190.5	175.5	117.2	139.5

No.	17	18	19	20	21	22	23	24
Max.	180.0	126.0	394.0	273.0	170.0	184.0	149.0	183.0
Min.	136.0	97.0	134.0	246.0	117.0	159.0	143.0	146.0
Dif.	44.0	29.0	260.0	27.0	53.0	25.0	6.0	37.0
Ave.	144.1	121.8	267.7	258.8	163.8	162.5	143.9	175.0

No.	25							
Max.	161.0							
Min.	131.0							
Dif.	30.0							
Ave.	139.5							

Measuring equipment

- (1) Pocket Thermometer Model 2542
- (2) Radiation thermometer RT-70I (-30-1200C)

## 3. Kiln Shell

Date : 18/Sep

e=0.9

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Max.	171	261	192	182	144	144	130	107
Min.	153	218	147	156	136	128	122	87
Dif.	18	43	45	26	8	16	8	20
Ave.	164.2	232.6	163.2	167.3	134.7	140	125.1	99.8

No.	9	10	11	12	13	14	15	16
Max.	280	300	174	196	233	164	192	179
Min.	145	249	169	154	196	144	142	121
Dif.	135	51	9	42	37	20	50	58
Ave.	214.4	276	174.3	169.6	209.5	150.5	174.1	148

No.	17	18	19	20	21	22	23	24
Max.	167	234	131	138	205	236	231	234
Min.	131	210	100	94	181	206	212	211
Dif.	36	24	31	44	24	30	19	20
Ave.	145.7	223.6	115.8	103.4	192.8	212.5	222	224.5

## 4. Pre - Heater

Date : 18/Sep

e=0.55

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Ave.	65.5	35.9	79.0	37.4	209.1	176.0	99.5	121.3

No.	9	10	11	12	13	14	15	16
Ave.	99.1	140.5	167.7	130.3	95.2	127.3	153.6	105.5

No.	17	18	19	20	21	22	23	24
Ave.	143.5	144.6	92.0	103.9	94.0	86.0	118.5	143.0

No.	25	26	27	28	29	30	31	32
Ave.	107.0	131.5	127.0	129.0	120.0	118.0	132.0	122.0

No.	33	34	35	36	37	38	39	40
Ave.	100.0	94.0	157.0	111.0	98.5	112.0	133.0	103.0

No.	41	42	43	44	45	46	47	48
Ave.	147.0	148.0	118.0	142.0	176.0	166.0	73.0	181.0

No.	49	50	51	52	53	54	55	56
Ave.	191.0	112.0	45.9	54.6	38.9	47.6	144.3	173.4

No.	57	58	59	60	61	62	63	64
Ave.	119.1	109.9	81.1	112.5	137.1	122.0	130.9	124.0

No.	65	66	67	68	69	70	71	72
Ave.	165.5	114.5	156.5	122.5	106.5	90.6	116.7	103.5

No.	73	74	75	76	77	78	79	80
Ave.	133.0	201.0	202.5	210.5	127.7	135.7	120.0	118.0

No.	81	82	83	84	85	86	87	88
Ave.	100.5	170.0	104.0	94.0	175.0	133.0	125.0	94.0

No.	89	90	91	92	93	94	95	96
Ave.	157.0	103.0	147.0	148.0	192.0	162.0	172.0	182.0

No.	97	98	99	100				
Ave.	65.0	161.0	200.0	160.0				

5. Tertiary air duct

Date : 18/Sep

e=0.55

No,	1	2	3	4	5	6	7	8
Ave	118	114	101	124	136	114	112	82

No.	9	10	11	12	13	14	15	16
Ave.	86	121	110	96	98	99	134	104

No.	17	18	19	20	21	22	23	24
Ave.	101							

**Table 12-20 Electricity Consumption and Unit Consumption of Each Plant**

**Year/Month : Average of 6 months ( Mar.'98-Aug.'98 )**

Plant / Process	Electricity Consump. [mWh]	Production [ ton ]	Run hours [ h ]	Unit Consump. [ kWh/t ]	Mill drive Electricity [ mWh ]	Mill unit Consump. [ kWh/t ]
1) L/Stone Crusher	340.07					
2) Limestone Grinding	2,581.49	137,260		18.81	1,811.5	13.20
3) Roller Press	649.07	50,290		12.91		
4) Shale grinding	975.06	48,518		20.10	949.0	19.56
5) Raw meal blending	403.81	222,289		1.82		
( 1+2+3+4+5 ) Sub-total	4,949.49	140,085		<b>35.33</b>		
5) Preheater & kiln	2,944.18		674.67	21.02		
7) Coal firing & Intake plant	462.02			3.30		
8) Clinker cooler & Handling	1,502.91			10.73		
9) E/P & Gas conditioning	1,011.28			7.22		
( 6+7+8+9 ) Sub-total	5,920.38	140,085		<b>42.26</b>		
10) Cement mill 1	600.58	13,205	568.69	45.48	481.15	36.44
11) Cement mill 2	647.16	16,932	630.82	38.22	539.25	31.85
12) Cement mill 3	586.84	15,439	596.99	38.01	486.79	31.53
13) Cement mill 4	1,739.55	43,824	642.96	39.69	1,397.80	31.58
14) Cement mill 5	1,849.92	44,136	641.61	41.91	1,386.33	31.41
15) Cement mill 6	359.03	8,506	556.31	42.21	261.09	30.69
( 10+11+~+15 ) Sub-total	5,779.76	142,042		<b>41.26</b>		
16) Others	2,432.88	140,085		17.37		
<b>17) Total</b>	<b>19,070.35</b>	<b>140,085</b> <b>142,042</b>				
				<b>136.22 kWh/t-cli.</b> <b>134.26 kWh/t-cem</b>		

Table 12-21 Measurement of Electricity for Main Equipment ( Mill )

Measuring instrument : Integrated Watt hour meter

Mill	Date	Time	Watt hour meter Reading kWh	Electricity kWh/h [kWh/t]	Remarks Grinding Cap.
(1) No.1 Limestone mill	16/Sep.	10:15 11:15 12:16	2,638,500 2,640,200 2,642,000 Average	1,700.00 1,770.49 1,735.25 [ 7.5 ]	( 231.5 t/h )
(2) No.2 Limestone mill	16/Sep.	10:16 11:16 12:16	3,253,100 3,254,700 3,256,500 Average	1,600.00 1,800.00 1,700.00	—
(3) Shale mill	16/Sep.	10:17 11:16 12:17	2,009,400 2,010,700 2,012,200 Average	1,322.03 1,475.41 1,398.72 [14.9]	( 93.93 t/h )
(4) Roller press	16/Sep.	10:19 11:17 12:18	39,594,100 39,595,000 39,596,300 Average	931.03 1,278.69 1,104.86 [11.2]	( 98.43 t/h )
(5) Preheater main fan A	16/Sep.	11:20 12:18 14:20	3,276,500 3,278,400 3,282,500 Average	1,838.71 2,016.39 1,927.55 [ 9.1 ]	( 212.5 t/h )
(6) Preheater main fan B	16/Sep.	11:20 12:18 14:21	9,035,900 9,037,600 9,041,300 Average	1,758.62 1,804.88 1,781.75 [ 8.4 ]	—
(7) Kiln drive	16/Sep.	11:32 12:22 14:25	567,810 568,130 568,880 Average	384.00 365.85 374.93 [ 1.76 ]	—
(8) Coal grinding plant	16/Sep.	10:36 11:45 12:34	163,300 164,150 164,800 Average	739.13 795.92 767.53 [ 49.6 ]	( 15.47 t/h )
(8) No.1 Cement mill	—	—	Average	—	—
(9) No.2 Cement mill	16/Sep.	10:28 11:28 12:28	874,140 875,090 875,765 Average	802.82 794.12 798.47 [ 36.1 ]	( 22.11 t/h )

Mill	Date	Time	Wh-meter Reading [kWh]	Electricity [kWh/h][kWh/t]	Remarks Grinding cap.
(10) No.3 Cement mill	18/Sep.	17:00	Average	800[kW]	—
(11) No.4 Cement mill	18/Sep.	17:00	Average	2130[kW]	—
(12) No.5 Cement mill	16/Sep.	10:26 11:36 12:29	247,148,000 247,150,000 247,152,400 Average	2,000.00 2,716.98 2,358.49 [35.5]	( 62.86 t/h )
(13) No.6 Cement mill	16/Sep.	10:30 11:40 12:30	72,988,200 72,990,300 72,991,900 Average	1,800.00 1,920.00 1,860.00[124.1]	( 14.91 t/h )



**Table 12-22 Measurement of Electricity for Pumps and Compressors**

Measuring Instrument : Clamp on power tester

Equipment	Rated [ kW ]	V1 <sup>*1</sup> [V]	V2 <sup>*1</sup> [V]	I1 <sup>*2</sup> [A]	I2 <sup>*2</sup> [A]	Electricity [kW]	P.F <sup>*3</sup>	F <sup>*4</sup> [Hz]
(1) Shale mill FK pump	--	396.27	397.10	77.44	71.77	38.14	0.774	49.96
(2) Shale mill Compressor	190	3,131.0	3128.7	28.45	28.50	145.9	-0.947	49.94
(3) Coal dryer	--	402.70	402.67	0.772	0.726	0.308	0.999	49.98
(4) Coal blower to Kiln	75	396.85	397.19	52.97	52.49	26.72	0.739	49.94
(5) Coal blower to F.F (A-1)	18.5	397.35	397.21	20.49	20.45	11.75	0.833	49.94
(6) Coal blower to F.F (A-2)	18.5	397.56	397.35	20.83	20.79	11.93	0.833	49.92
(7) Coal blower to F.F (B)	18.5	396.06	395.45	19.56	18.84	13.19	0.992	49.96
(8) No.1 Cement FK Pump	--	--	--	--	--	--	--	--
(9) Ditto Compressor	160	--	--	--	--	--	--	--
(10) No.2 Cement FK Pump	--	413.54	413.36	58.88	60.46	38.38	0.895	50.02
(11) Ditto Compressor	162	413.42	413.15	155.13	156.25	76.17	0.683	49.98
(12) No.3 Cement FK pump	--	415.53	415.80	120.29	120.54	72.34	0.835	49.96
(13) Ditto Compressor	150	413.98	414.91	152.92	177.54	89.49	0.736	49.96
(14) No.4 Cement FK pump	--	423.18	424.21	205.92	204.27	125.12	0.826	49.97
(15) Ditto Compressor	190	423.36	424.28	212.00	219.59	115.50	0.731	49.98
(16) No.5 Cement FK pump	--	440.25	440.52	174.47	173.75	77.68	0.585	49.94
(17) Ditto Compressor	260	3,400	3,400	53.00	52.00	215.00	0.695	
(18) No.6 Cement FK pump	--	417.65	417.62	60.67	59.79	21.19	0.487	49.90
(19) Ditto Compressor	150	417.17	417.77	228.4	227.19	109.26	0.663	49.94
(20) Shale LIW compressor (A)	160	393.01	393.33	193.69	197.82	110.42	0.842	49.96
(21) Shale LIW compressor (B)	160	393.85	393.75	159.03	157.64	100.22	0.929	49.97
(22) Shale LIW FK pump (A)	--	393.24	393.53	47.18	47.51	17.96	0.555	49.88
(23) Shale LIW FK pump (B)	--	392.58	392.72	45.46	44.87	25.61	0.855	50.02

Notes: <sup>\*1</sup> V1 : Voltage 1  
<sup>\*2</sup> I1 : Current 1

V2 : Voltage 2  
I2 : Current 2

<sup>\*3</sup> P.F : Power Factor  
<sup>\*4</sup> F : Frequency

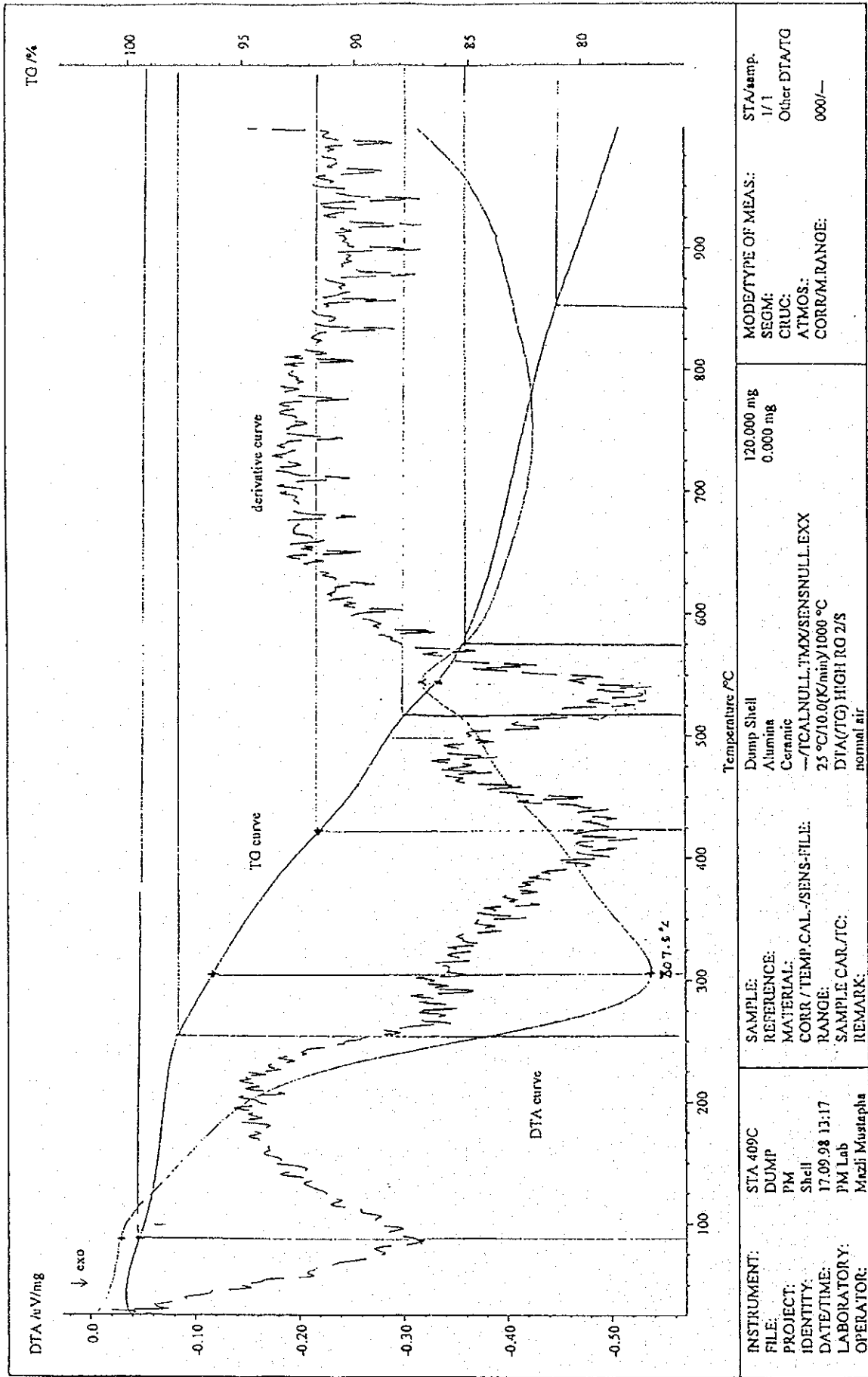


Fig. 12-16 Thermal Analysis of Dump Shale

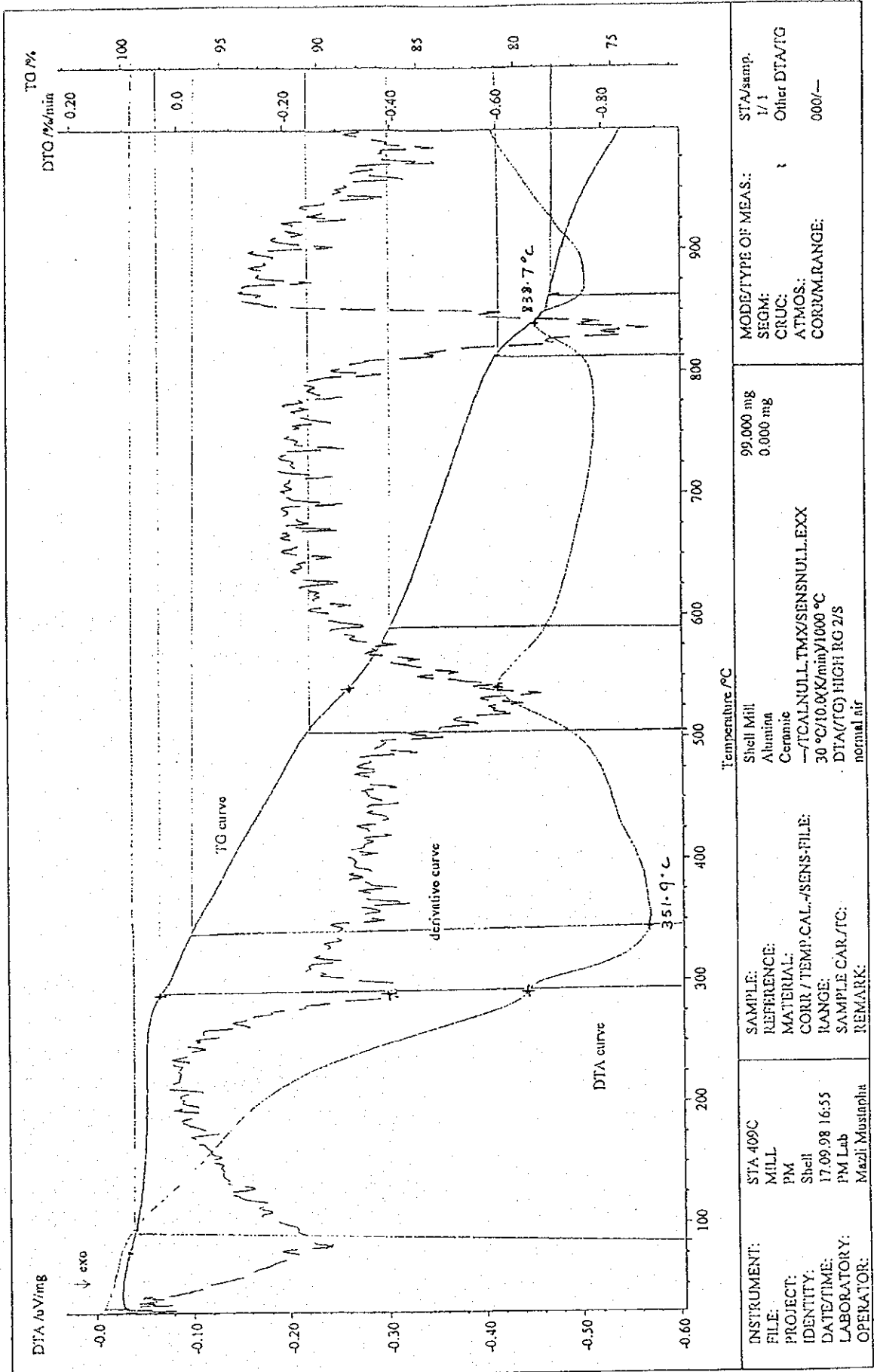


Fig. 12-17 Thermal Analysis of Mixed Shale