

中華人民共和国工場（セメント）

近代化計画

調査報告書

（工源セメント工場）

中華人民共和国工場（セメント）
近代化計画調査報告書（工源セメント工場）


一九八五年九月

国際協力事業団

105
683
MPI

1985年9月

国際協力事業団

工計鋌

85-194

中華人民共和国工場（セメント）

近代化計画

調査報告書

（工源セメント工場）

JICA LIBRARY



1034139[4]

1985年9月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85.12.26	105
	68.3
登録No. 12277	MPI

序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国におけるセメント工場（陝西省耀県および遼寧省工源）近代化計画策定のための調査を行なうこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、半田信吉氏を団長とする調査団を編成し、1985年3月1日から3月24日まで中華人民共和国に派遣した。

同調査団は中華人民共和国政府及び関係機関と協議しつつ、その協力を得て工場の診断、関係資料の収集等を行った。帰国後工場診断の結果をふまえ、関連データの検討、解析等の国内作業を行った。

本報告書は、その結果を取りまとめたものであり、両セメント工場の近代化計画の推進に貢献できれば幸いである。

本調査の実施に当たり多大の御協力をいただいた中華人民共和国政府、在中華人民共和国日本国大使館、外務省および通商産業省の関係各位に対し衷心より感謝の意を表するものである。

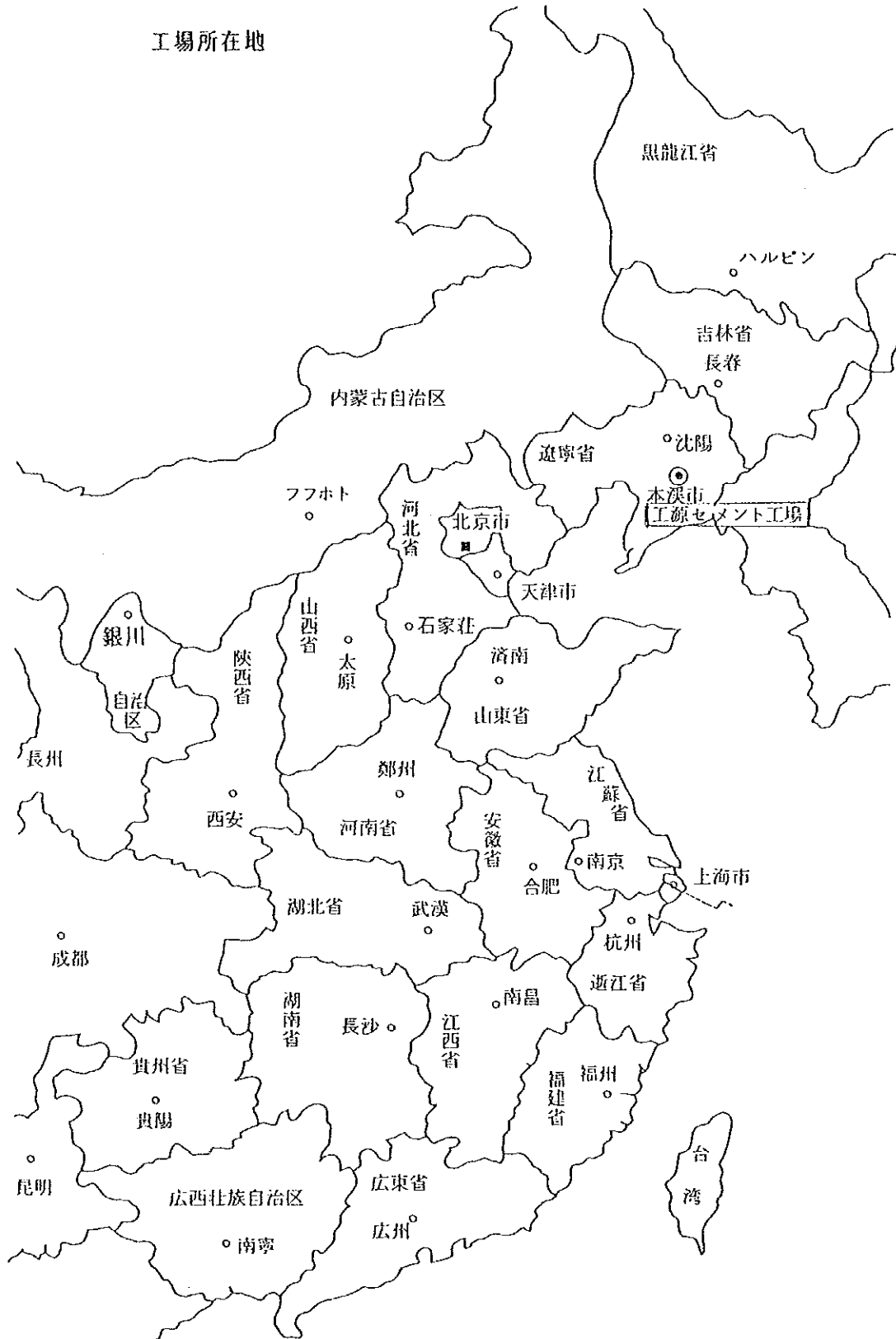
1985年9月

国際協力事業団

総裁

半田信吉

工場所在地



目 次

序 章	-----	1
第 I 章 調査の要約	-----	5
1. 工場近代化計画系統図	-----	5
2. 工場の概要調査	-----	5
3. 現状分析と問題点	-----	6
4. 中国側の近代化構想	-----	7
5. 工場近代化計画	-----	8
第 II 章 工場の概要調査	-----	15
1. 工場の概要	-----	15
1.1 敷地及び建物	-----	15
1.2 製品及び生産	-----	15
1.3 製造設備	-----	16
1.4 組織及び人員	-----	17
1.5 原料	-----	19
1.6 燃料	-----	19
1.7 生産計画及び生産実績	-----	20
2. 生産工程及び設備	-----	21
2.1 原料設備	-----	21
2.2 焼成設備	-----	36
2.3 仕上設備	-----	39
2.4 石炭設備	-----	44
2.5 付帯設備	-----	46
3. 生産管理	-----	65
3.1 原材料調達, 在庫管理	-----	65
3.2 運転管理	-----	67
3.3 品質管理	-----	70
3.4 設備保全	-----	72
3.5 教育訓練	-----	73
3.6 安全衛生, 環境管理	-----	74

4. 測定結果, 試料分析結果	75
4.1 湿式キルンの操業状況 (1号)	75
4.2 測定結果	76
4.3 試料分析結果	80
第Ⅲ章 現状分析と問題点	93
1. 生産工程及び設備	93
1.1 原料受入設備	93
1.2 原料設備	94
1.3 焼成設備	96
1.4 仕上設備	97
1.5 付帯設備	98
2. 生産管理	121
2.1 原材料調達, 在庫管理	121
2.2 運転管理	122
2.3 品質管理	129
2.4 設備保全	145
2.5 教育訓練	147
2.6 安全設備, 環境管理	148
第Ⅳ章 中国側の近代化構想	151
1. 近代化計画の背景	151
2. 近代化構想の概要	151
3. 問題点の概要	153
第Ⅴ章 工場近代化計画	155
1. 近代化計画の内容	155
1.1 余熱ボイラ方式のままでの近代化	155
1.2 3号キルン近代化	191
2. 生産管理の改善案	219
2.1 運転管理	219
2.2 品質管理	222
2.3 設備保全	237

2.4	教育訓練	238
2.5	安全設備, 環境管理	239
3.	近代化計画の実施スケジュール	240
3.1	3号キルンの近代化実施スケジュール	242
3.2	2号キルンの近代化計画実施スケジュール	244
4.	所要資金計画	246
4.1	試算範囲	246
4.2	試算条件	247
4.3	試算結果	247
5.	近代化計画の詳細	250
5.1	3号キルンの近代化	250
5.2	余熱ボイラ方式のままでの近代化	271
6.	近代化計画実施上の留意点	293
第VI章 添付資料		
1.	品質管理に関する資料	295
1.1	メスフラスコ, ピペット, ビュレットの校正方法	295
1.2	相関分析について	303
1.3	管理図法について	307
1.4	調合原料の化学分析方法フローシート (I)	314
1.5	調合原料の化学分析方法フローシート (II)	316
2.	設備保全に関する資料	317
2.1	設備保全の一般的考え方	317
2.2	設備診断技術とは	329
3.	職場風土活性化に関する資料	336
3.1	職場風土活性化	336
3.2	小集団活動	341
4.	日本のセメント製造技術現状	349
4.1	概要	349
4.2	各論	355
5.	クリンカー, セメントの品質に関する資料	360

略 語 表

m	:	米	KV	:	キロボルト
cm	:	厘	v	:	ボルト
mm	:	耗	A	:	アンペア
μ	:	マイクロン	AH	:	アンペア時
ϕ	:	直径	mA	:	ミリアンペア
m^2	:	平方米	KW	:	キロワット
cm^2	:	平方厘	W	:	ワット
mm^2	:	平方耗	Hz	:	周波数
m^3	:	立方米	KWH	:	キロワット時
Nm^3	:	標準立方米	DC	:	直流
l	:	リッター	P	:	極数
ml	:	ミリリッター	W	:	巾
t	:	屯	L	:	長さ
kg	:	尪	H	:	高さ
g	:	瓦	HM	:	水硬率
mg	:	ミリ瓦	SM	:	硅酸率
t cl	:	屯クリンカー	IM	:	鉄率
kg cl	:	尪クリンカー	KH, KSK	:	石灰飽和度
Mcal	:	メガカロリー	igloss	:	強熱減量
Kcal	:	キロカロリー	f-CaO	:	遊離石灰
h	:	時間	in sol	:	不溶解分
min, m	:	分	α	:	空気過剰係数
s	:	秒	Fe28	:	28日圧縮強度
μS	:	マイクロ秒	JIS	:	日本工業規格
rpm	:	毎分回転数			
%	:	百分率			
°C	:	温度 (摂氏)			
ppm	:	百万分率			
g / Nm^3	:	含塵量 (標準立方米当りの瓦)			
mmAq	:	耗水柱			
mmHg	:	耗水銀柱			
kg / cm^2	:	平方厘当り尪			
kgf / cm^2	:	平方厘当り重量尪			
μ 残	:	粉末度 (マイクロン残)			
μR	:	粉末度 (マイクロン残)			
cm^2 / g	:	比表面積 (尪当り平方厘)			
$\Omega - cm$:	オーム厘 (電気抵抗値)			
atg	:	平方厘当り尪 (ゲージ圧力)			
vol %	:	容積百分率			
σ	:	標準偏差値			
mb	:	ミリバール			

序 章

序 章

1. 調査の背景

中華人民共和国政府は、西暦2000年までに農業・工業の生産を1980年の4倍に拡大する計画を発表し、計画達成の一環として既存工場改造を強力に推進している。

この方針を具体化するため、中華人民共和国政府はわが国の政府に対しても協力を要請してきており、本調査は、同要請にもとずき国際協力事業団が、中華人民共和国国家経済委員会と署名した、1984年12月18日付けの中華人民共和国工場近代化計画調査実施細則により、実施したものである。

2. 調査の目的

前述の実施細則により、陝西省耀県所在の耀県セメント工場及び遼寧省本溪市所在の工源セメント工場に対し工場診断を実施し、その結果に基づき既存設備の利用に重点をおいた生産管理と製造技術に関する近代計画を提案することを目的とする。

3. 調査対象工場及び主要製品

調査対象工場の所在地、製造方式、主要製品、生産能力は下記の通りである。

3.1 耀県セメント工場

所在地 : 陝西省耀県
製造方式 : 湿式ロングキルン方式
主要製品 : 普通セメント
生産能力 : 年産90～92万吨

3.2 工源セメント工場

所在地 : 遼寧省本溪市

製造方式 : 乾式余熱ボイラー方式
主要製品 : 高炉セメント
生産能力 : 年産56万屯

4. 調査の対象範囲

調査の対象範囲は両工場共下記の通りである。

4.1 工場の概要調査

- (1) 敷地・建物
- (2) 製品及び生産(クリンカー, セメント, 品質, 生産能力, 稼働率等)
- (3) 製造設備
- (4) 組織及び人員
- (5) 原料
- (6) 燃料 (価格)
- (7) 生産計画及び生産実績

4.2 生産工程及び設備調査

- (1) 原料受入 (破碎機, 貯蔵庫)
- (2) 原料調合及び粉碎(秤量機, 粉碎機)
- (3) 原料調整 (スラリー貯蔵槽, スラリー貯蔵池, 原料貯蔵槽)
- (4) 焼成 (キルン)
- (5) 冷却 (クリンカー冷却機)
- (6) 仕上粉碎 (秤量機, 粉碎機)
- (7) 電気計装設備
- (8) 余熱発電 (ボイラー, タービン, 発電機)
- (9) その他 (輸送機, 集塵器)

4.3 生産管理調査

- (1) 原料調達, 在庫管理
- (2) 運転管理
- (3) 計測制御管理
- (4) 品質管理
- (5) 設備保全管理
- (6) 教育, 訓練
- (7) 安全衛生, 環境管理

5. 調査団の編成及び日程

調査団は、昭和60年3月1日より、3月24日まで現地調査を行った。調査団の編成は下記のとおりである。

5.1 調査団の編成

- | | | |
|------|----------|---------------------|
| 半田信吉 | 宇部興産株式会社 | (団 長, プロセス機械担当) |
| 永富昭生 | 宇部興産株式会社 | (副団長, プロセス, 電気計装担当) |
| 矢寺啓二 | 宇部興産株式会社 | (プロセス担当) |
| 尾形 浩 | 宇部興産株式会社 | (品質管理担当) |
| 羽矢安秀 | 宇部興産株式会社 | (機械担当) |

5.2 調査日程 (昭和60年3月1日～3月24日)

- | | |
|-------|---------------------------|
| 3月 1日 | 北京着,
国際協力事業団北京事務所にて打合せ |
| 3月 2日 | 西安に移動 |
| 3月 3日 | 陝西省建築材料局関係者と打合せ,
耀県へ移動 |
| 3月 4日 | 耀県セメント工場調査 |
| 3月 5日 | 耀県セメント工場調査 |
| 3月 6日 | 耀県セメント工場調査 |
| 3月 7日 | 耀県セメント工場調査 |

3月 8日 耀県セメント工場運転状態調査
3月 9日 耀県セメント工場調査
3月10日 耀県セメント工場関係者と近代化案について協議
3月11日 耀県セメント工場調査
 西安へ移動
 陝西省経済委員会表敬
3月12日 北京へ移動
3月13日 瀋陽へ移動
3月14日 本溪へ移動
 工源セメント工場調査
3月15日 工源セメント工場調査
3月16日 工源セメント工場調査
3月17日 工源セメント工場運転状態調査
3月18日 工源セメント工場調査
3月19日 工源セメント工場関係者と近代化案について協議
3月20日 工源セメント工場調査
 瀋陽へ移動
3月21日 遼寧省経済委員会表敬
3月22日 北京へ移動
 国家経済委員会表敬
3月23日 国際協力事業団北京事務所へ報告
3月24日 北京発

第 I 章 調査の要約

第 I 章 調査の要約

1. 工場近代化計画系統図

工場近代化計画系統図は、図 I-1 のとおりである。

2. 工場の概要調査

2.1 工場の概要

工源セメント工場は、遼寧省本溪市に所在し、1942年に生産を開始した乾式余熱ボイラー付キルン方式のキルン 2基をもつ中規模工場であり、その後原料乾燥機を改造して3号キルンとして運転しているが、付帯設備が整備されていないのに加えて、老朽化が著しく正常な運転は望めない。高炉セメントを生産しており、生産能力は年産 56 万 t である。

原料としては、石灰石、水滓、炉灰、鉄粉、石膏が使用されており、石灰石、水滓、炉灰、鉄粉を所要の化学組成となるよう調合して粉碎し、これを焼成してクリンカーを製造する。これに石膏と水滓を混合、粉碎して製品の 425号高炉セメントが製造されている。石灰石は自社鉱山で採掘し、他の原料は外部より購入している。燃料は重油を使用しているが、1985年中に石炭に転換する予定である。

工場組織としては、工場長の下に副工場長 3名、総調度長、技師長各 1名がおり、その下に17の課と10の生産現場がある。総人員は 2,154人で管理人員 160人、技術人員70人を含んでいる。

2.2 生産工程及び設備

製造方式としては乾式予熱ボイラー付キルン方式を採用しており、各原料は貯蔵庫に受入れられる。石灰、水滓、炉灰は 2基の乾燥機で乾燥された後、鉄粉と共にベルト式供給機で容積計量後、混合して 3基の原料粉碎機により粉碎され、原料貯蔵槽で品質を均質化され、スクリー式供給機で計量され、キルンへ送入される。

3 基のキルンにて焼成されたクリンカーは、再び総合貯蔵庫に貯蔵される。クリンカー、石膏、水滓は 7基の仕上粉碎機で粉碎され、製品となってセメント貯蔵槽に送られる。

設備は建設以来 40 年以上を経て、設備の旧式化と老朽化が進んでおり、ボイラー、タービンの更新が行われている。

設備の配置図、工程図、物質勘定図、単線結線図、計装図を添付し、設備一覧表も記述した。

3. 現状分析と問題点

3.1 生産工程と設備

原燃料の受入量、製品の出荷量の計量設備が不完全であり、製造工程中にも重量計量器がないので、各工程の生産量は容積計量の結果で管理されている。

製造工程上主要な原料調合、キルンへの粉末原料、燃料の供給及び仕上工程での計量設備が全て容積計量式のもので精度が悪く、品質の変動幅が大きくなっており、運転管理に悪影響を与え熱消費量の増加の一因となっている。

1, 2号キルン排気用電気集塵器は規制値の 3 倍程度の煤塵を排出しているが、3号キルン、原料乾燥機は集塵設備なしで排出しているので、発塵は著しい。又、上記集塵器で回収されたダストは一ヶ所に集められた後、各キルンに分配されているので、クリンカーの品質変動の一因となっている。

キルンの燃焼器は単純な筒体であり、油圧も低いいため燃焼効率が悪く、熱消費量増加の一因となっている。

クリンカー冷却機は多筒式冷却機で、燃焼用二次空気とクリンカーの熱交換が悪く、キルン熱消費量増加の一因となっている。

余熱ボイラーは老朽化が著しいため、ボイラーチューブの水漏れ事故が多く、月平均 30 ～ 40 時間キルンの操業を停止していると共に蒸気発生量が少ない。

5 基の仕上粉碎機は開回路方式であり、製品の粒度分布は広範囲にわたっており、製品品質向上のため、閉回路化が望ましい。

受電設備は設備の老朽化とともに遮断容量、保護協調等設備の安全性に問題があるとともに、現場で単独運転されている設備が多く、総括制御設備の更新が望ましい。

計装設備は数は少ないが、指示計、記録計等が設置されている。しかし、故障しているものが多く、計測制御系も僅かで運転は人間の勘によって行われている。

3.2 生産管理

使用原燃料のうち、石膏、重油については品質が安定しており問題ないが、石灰石については、品質は安定しているが、MgO の含有率が多く、これに対処するため新鉱山を開発中である。水滓も同様MgO が多く、硝子質が少ない。又、鉄粉は品質の変動が大きいと共に炉灰は炭素分の変動が大きく、鉄粉、炉灰の品質安定と水滓の品質改善が望ましい。

計量が容積計量で精度が悪いのに加えて上記の原料の変動が大きく、総合貯蔵庫での他原料の混入もあり、原料粉砕機出口での品質の変動は大きい。

原料貯蔵槽での品質の均質化効果は少なく、送入原料の品質の変動が大きいと共に、回収ダストの輸送設備の問題もあり、クリンカーの品質変動は大きく、貯蔵庫に入るクリンカー温度も高い。

仕上工程で水滓、石膏の混入率、セメント細度の変動が上記に加わり、製品品質の変動を大きくしている。

運転管理としては、連続的に同じ基準（考え方）で運転されるとともに、漏入空気防止、キルン排ガス分析等、きめこまかい管理が望ましい。

突発故障によるキルンの休転回数が年 137回もあり、非常に多い。このため設備の保全が休転中に充分行われていない。

4. 中国側の近代化構想

工場の近代化に当っては、先進性と経済性を主眼とすることが一般的であるが、既存工場の改造であるため、既存工場を有効に利用すること、改造工事による既存設備の休止期間を短くすること、投資を少なくするという課題を勘案すると共に、余熱ボイラー方式を採用しているため、余熱発電量を勘案すれば新鋭の仮焼炉付キルン方式と経済的には殆ど差がないため、中国側は、1, 2号キルンについては現状の余熱ボイラーのままで近代化することを希望している。又、3号キルンについては余熱ボイラー方式と仮焼炉付キルン方式の二案について検討することを希望している。各案の具体的目標は下記の通りである。

(1) 余熱ボイラー方式での近代化

(a) 熱消費の低減

現状クリンカー1 疋を製造するため1,440 Kcal消費しているが、これを1,300 Kcalまで低減させる。（低位発熱量基準）

(b) 余熱発電量の増加

ボイラーを更新し、余熱発電量を増加する。

(c) 生産量の増加

現状キルン内表面積当り時産 35 甕を 38 甕に増加する。

(d) クリンカー品質の向上

クリンカー強度を現状 620号より 650号に向上する。

(e) 計測、計量の自動化

(f) 生産管理の改善

(2) 3号キルンの近代化

(a) 改造後の工場の総生産能力を、クリンカー年産約 60 万 t、セメント年産約 100 万 tとする。

(b) 製造方式としては余熱ボイラー方式と仮焼炉付キルン方式の二案を検討する。

(c) 余熱ボイラー方式の場合は、キルン寸法は既設のものと同じとし、ボイラー、タービンは3号専用のものを新設する。

5. 工場近代化計画

5.1 近代化計画の内容

現在と同じ原料を使用し、同様の製品を製造することを前提に下記の内容を提案する。

(1) 余熱ボイラー方式のままでの近代化

熱消費量の低減については、クリンカー冷却機の改造、燃焼器の改造、各種計量器の改造、キルンダスト輸送設備の改造を行う。

余熱発電量の増加に対してはボイラーの更新を行い、クリンカー品質の向上に対しては原料配合率の変更によるクリンカー品質の向上と仕上粉砕機の閉回路化を行う。

計測、計量の自動化については計測設備、制御回路の新設、総括制御設備の更新、一部電動機の更新を行う。尚、受配電設備については実施時期の早い3号キルンの近代化時に更新する様計画した。

製造環境の整備として、キルン排ガス用電気集塵器の改造、クリンカー冷却器排ガス用電気集塵器の新設を行う。尚、原料乾燥機排ガス用電気集塵器については、3号キルンの近代化時に新設するよう計画した。

上記により、熱消費量は1,200 Kcalまで低減されることが期待されるため、熱消費量の低減とキルン焼成帯熱負荷の増加により、クリンカー生産能力は現状キルン 2基合計日産 1,104 t が 1,440 t に増加することが期待されるので、関連設備の生産能力増加を行う。

(2) 3号キルンの近代化

製造方式については、既存の1, 2号キルンが余熱ボイラー方式で運転されること、石灰石中に塩素分が多く仮焼炉付キルン方式では運転上問題が出る可能性が強く、製造原価も余熱ボイラー方式に比して高くなることが予想されること、本溪市の電力需給に余裕がないこと等を勘案し、余熱ボイラー方式を採用した。

キルン寸法は既設1, 2号キルンと同一寸法にて新設し、クリンカー生産能力も同様日産 720t と設定した。近代化計画完了後の工場全体のセメント生産能力は年産 105万 t が期待される。当初 3号キルンの近代化を行い、引続き 2号, 1号と近代化するよう計画した。

設備の内容としては石灰石、調合粘土乾燥機の改造と電気集塵器の新設、原料調合用計量器の改造、蛍光X線分析装置の新設、原料貯蔵槽のうち2基の混合貯蔵槽への改造、キルン送入原料、吹込炭の計量器の改造、燃焼器、クリンカー冷却機の改造、キルン排ガス用及びクリンカー冷却機用電気集塵器の新設、余熱発電用ボイラー、タービン、発電機の新設、仕上粉碎機の増設を行う。電気計装設備としては、計測設備、制御回路の新設、受配電設備、総括制御設備の更新、一部電動機の更新を行う。

5. 2 生産管理の改善案

設備の近代化と並行して、生産管理の改善が必要であり、設備、原燃料、人材管理の改善が必要である。工場の生産活動は人間によって行われるので、人材の養成と啓発、職場風土の活性化が望ましい。生産管理の基本的考え方と各工程の運転管理、計量管理、品質管理、保全管理改善策の要点を述べた。

5. 3 実施スケジュール

3基のキルンを同時に改造を行えば早期に完了するが、セメントの需給関係上無理と考え、キルン 1基ずつ改造するよう計画した。

改造工事による操業休止損失を少なくするため、3号キルンを当初に改造し、引き続き2号、1号の順に改造するよう計画した。

尚、この実施スケジュールは、日本で近代化計画を実施した場合を想定して作成してあるので、中国の実情に合わせて再検討する必要がある。

3号キルンの近代化は、1986年2月初めに設備発注を行い、1988年6月に近代化を完了、2号キルン 1989年3月、1号キルン 1990年1月に完了が期待される。既存の3号キルンは現地工事着手前に撤去することとし、3号キルン近代化時の1、2号キルンの休止期間は0.5ヶ月であり、2号、1号キルンの近代化時の当該キルンの休止期間は夫々6ヶ月となる。

5.4 所要資金

近代化計画の総所要資金を試算すべきであるが、中国内での費用については、不詳な点が多いので、中国側関係者との合意により、日本で所要機器を調達し中国港に輸送する迄の概要費用を試算した。

設備費用の他に中国側運転員の日本に於ける実習費用、機器の据付、試運転指導のための指導員の受入費用も試算した。

今回の調査範囲外の鉱山、石炭設備、出荷設備、共通設備等については、含まないと共に、スチールストラクチャー（鉄骨、製缶品）、既存設備の補修費用等は除外した。

試算条件としては、1985年10月末までの参考価格である。

試算の結果は下記の通りである。

	(単位：百万円)		
	設備費用	技術指導費	合計
3号キルンの近代化	4.529	254	4.783
予熱ボイラー方式までの近代化 (1,2号キルンの近代化)	2.999	97	3.096
合計	7.528	351	7.879

尚、共通設備の改造費用は3号キルンの近代化費用に含まれているので、1、2号キルンのみを近代化する場合、上記より増加する。

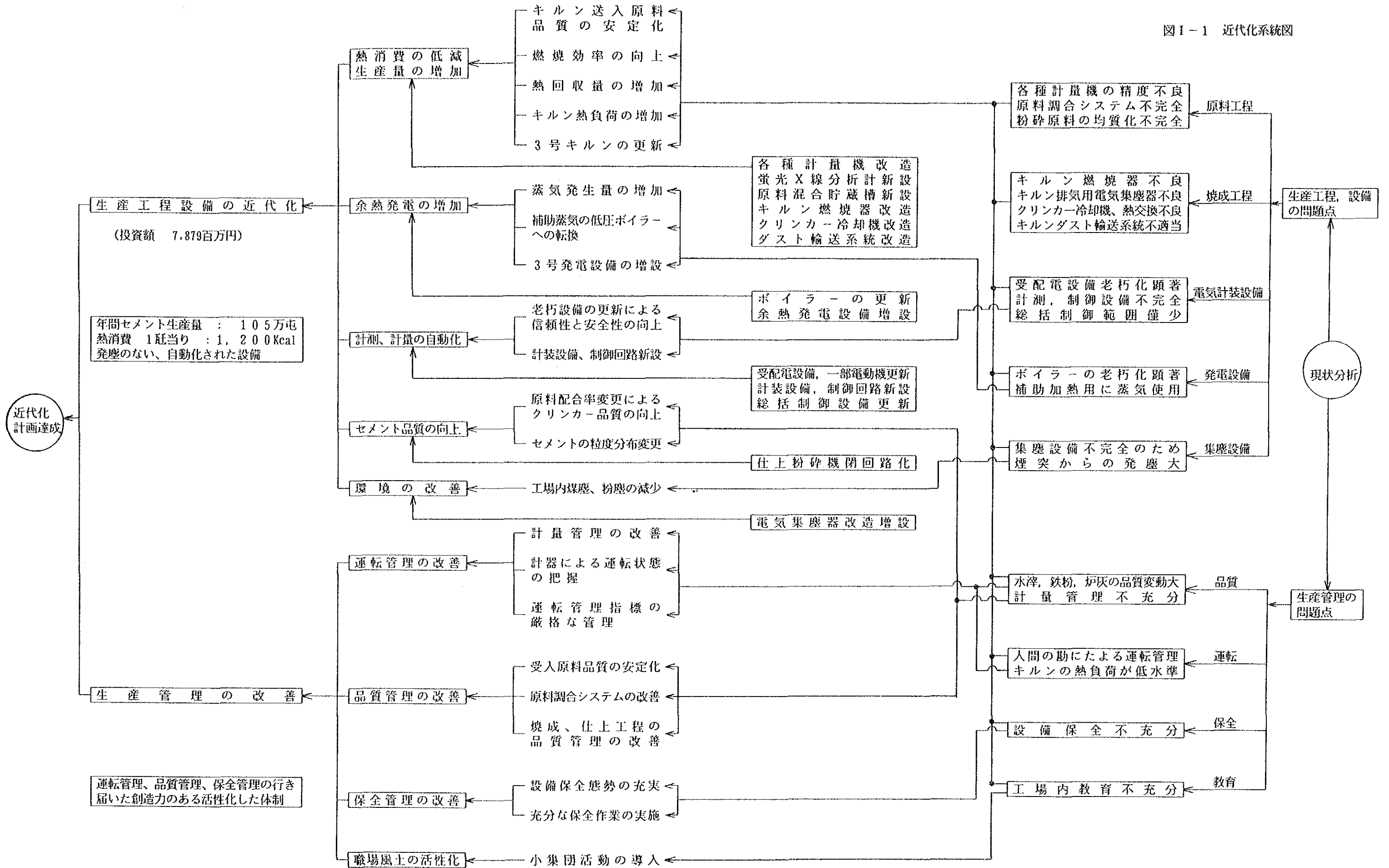
5. 5. 近代化計画実施上の留意点

本近代化計画は、現地調査時に中国側より提供された資料、中国側との協議等に基いて作成したもので、完全に工場の実情を把握したとはいえ、今回の調査範囲外の鉱山、石炭、出荷設備等についても検討が必要であると共に、実施スケジュール、所要金額については日本で本計画を実行した場合を想定して作成したものである。工場の実情に合わせて近代化の考え方、改造内容他について、近代化の主体である中国側関係者で十分に再検討し、最終計画立案の後実施に移されるべきである。

使用原燃料のうち受入時の品質変動の大きい鉄粉、炉灰は、購入先との交渉、代替品への転換等により受入品の安定化が望ましい。本年、転換が予定されている石炭については、特に受入品質の安定が必要であり、品質の不安定が想定されれば、工場内に混合設備の設置を考慮すべきである。

近代化計画の検討、立案、実施を通じて十分な知識と経験をもつ技術者集団による実行組織が必要であり、工場のみで不十分であれば中国内のセメント設計院、外国のコンサルタントの起用も検討すべきであろう。

図 I-1 近代化系統図



第Ⅱ章 工場の概要調査

第Ⅱ章 工場の概要調査

工源セメント工場は、1942年に生産を開始した乾式余熱ボイラー付キルン方式の中規模工場である。その後、需要の増加に対処するため原料乾燥機を改造して、3号キルンとして増設されているが、これは乾式ショートキルンで付帯設備が整備されていないと共に老朽化が著しく正常な運転は望めない。建設後40年以上を経て、設備の旧式化と老朽化が進んでおり、ボイラー、タービンの更新が行われている。

中国側関係者は、1号キルン、2号キルン系統の設備については、乾式余熱ボイラーキルン方式のままでの熱消費量の低減、余熱発熱量の増加、製品品質の向上、計測制御システムの自動化、生産管理の改善を内容とする近代化と、3号キルン系統の新設備による近代化を指向しているため、この視点に立って、前述の実施細則にもとづいて、工場の生産工程、設備、生産管理について、現地調査を行った。

1 工場の概要

1.1 敷地及び建物

当工場は、遼寧省本溪市平山区に所在し、本溪鋼鉄会社に隣接すると共に、石灰石鉱山にも隣接している。

敷地面積 : 200,000 平方米
建物面積 : 53,000 平方米

1.2 製品及び生産

製品は425号高炉セメントのみで、品質は中国規格による28日圧縮強度500～550 kg/cm²である。

クリンカー生産能力は、年産平均33万屯であり、キルン別の能力は次の通りである。

1号キルン：日産	552 屯
2号キルン：日産	552 屯
3号キルン：日産	259 屯
合 計：日産	1,363 屯

セメントの生産能力は、クリンカーに水滓を混入して製造するため年産56万屯である。

キルンの稼働率は約70%である。

1.3 製造設備

1号キルン及び2号キルン系統の設備は、1942年に日本の磐城セメント社の工場として建設された乾式余熱ボイラー付キルン方式の設備である。3号キルンはキルン本体も既存の原料乾燥機を改造したものであり、小型であると共に構造が弱く、付帯設備としてのボイラー、タービン、電気集塵器などが無い。

工場全体の設備の老朽化は進んでいるが、特に3号キルンは、将来の使用には耐えない状態である。

主要機器の概要は表Ⅱ-1のとおりである。

表Ⅱ-1 主要設備の概要

名 称	仕 様	能力 t/h	台数	備 考
総合貯蔵庫	18m×170mL 石灰石：11.330 t クリンカー：10.000 t 水滓，炉灰，鉄粉，石膏			
原料粉碎機	2.2mφ×10mL，閉回路	32.4	2	
原料粉碎機	2.4mφ×8mL，閉回路	32.8	1	
原料貯蔵槽	10mφ×15mL 750 t		6	
キルン	3.7mφ×3.3×70mL	23.0	2	
キルン	3.3mφ×2.8×52mL	10.8	1	乾燥機改造
ボイラー	蒸気圧力39kg/cm ² ，温度 450℃	20.0	2	
タービン	発電能力 6.000KW		2	内一台遊休

名 称	仕 様	能力 t/h	台数	備 考
仕上粉碎機	2.2m φ × 11mL , 開回路	14.0	4	内1台、中国製
	2.4m φ × 11mL , 開回路	14.5	1	
	2.4m φ × 8mL , 閉回路	16.0	1	
	2.4m φ × 12mL , 閉回路	15.0	1	
セメント貯蔵槽	12m φ × 23mH , 2,500 t		6	
	10m φ × 15mH , 1,250 t		4	
	10m φ × 24mH , 2,500 t		4	
	9m φ × 10mH , 900 t		4	

1. 4 組織及び人員

(1) 組 織

工場長の下に、副工場長3名、総調度長、技師長各1名があり、工場長は全工場の経営、行政の責任を追い、副工場長は分割して経営、技術、生活、福利厚生の関係の仕事を管理し、総調度長は生産現場を管理し、技師長は技術面の責任者である。その下に17の課と10の生産現場がある。

詳細は図Ⅱ-1工場組織図のとおりである。

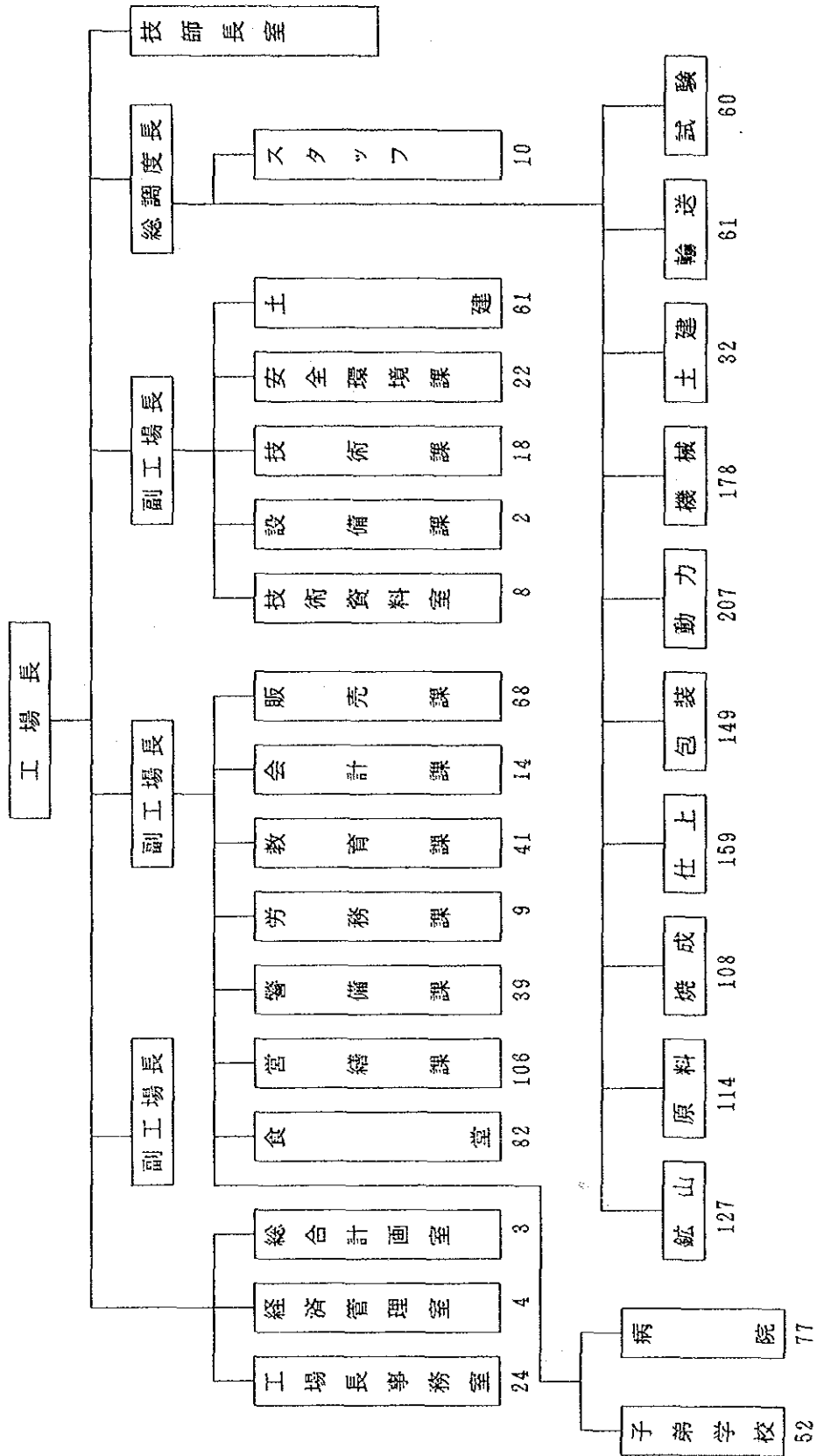
(2) 人 員

工場の総人員は2,154人で、その内訳は下記のとおりである。

管理人員	160人
技術人員	70人
生産人員	1,269人
新入生	26人
サービス人員, 他	588人

組織別の人員編成は、図Ⅱ-1工場組織図のとおりである。

図 II - 1 工場組織図



1.5 原料

原料としては、石灰石、水滓、炉灰、鉄粉、石膏が使用されており、石灰石、水滓、炉灰、鉄粉、を所要の化学組成となる様調合、粉碎、焼成してクリンカーを製造し、これに石膏と水滓を混合、粉碎して、高炉セメントが製造されている。

(1) 石灰石

工場に隣接した自社鉱山で採掘され、ベルト式輸送機で工場に搬入されている。鉱山の埋蔵量はまだ充分にあるが、石灰石中のMgOが3%以上あり、製品中のMgOが6%を越すこともあるので、本溪市郊外に新鉱山が開発されつつある。

年間使用量は36～40万屯である。

(2) 水滓

工場に隣接した本溪鋼鉄公司より購入しており、貨車により工場に搬入されている。年間使用量は約40万屯で石灰石より多い。

(3) 炉灰

本溪市内より購入しており、貨車により工場内に搬入されている。年間使用量は約24,000屯である。

(4) 鉄粉

撫順、丹東、鞍山の硫酸工場の副産物を購入し、貨車により工場に搬入されている。年間使用量は約27,000屯である。

(5) 石膏

甘肅、寧夏、山西地方の石膏鉱山より購入し、貨車により工場に受入れられている。年間使用量は約24,000屯である。

1.6 燃料

燃料としては、重油が使用されており、本年中に石炭に転換する予定で石炭用の設備が現在建設中である。重油は、大慶残渣油を撫順製油所より購入し、貨車

で工場に搬入されている。石炭については、現在まだ購入先が決定されていないが、本溪市の本溪セメント工場では主に大同炭を使用している。

1.7 生産計画及び生産実績

1981年から1984年の間の生産計画と生産実績は表Ⅱ-2のとおりである。

表Ⅱ-2 生産計画と生産実績

年 度	1981	1982	1983	1984
生産計画(千屯)	570	620	570	580
年産実績(千屯)	596	651	598	562*

*印数字は11月末迄の実績を示す。

2 生産工程及び設備

製造方式としては、乾式予熱ボイラー付キルン方式であり、設備の内容は下記に示す通りである。

現状 配置図 図Ⅱ-2

現状 原料, 焼成工程図 図Ⅱ-3

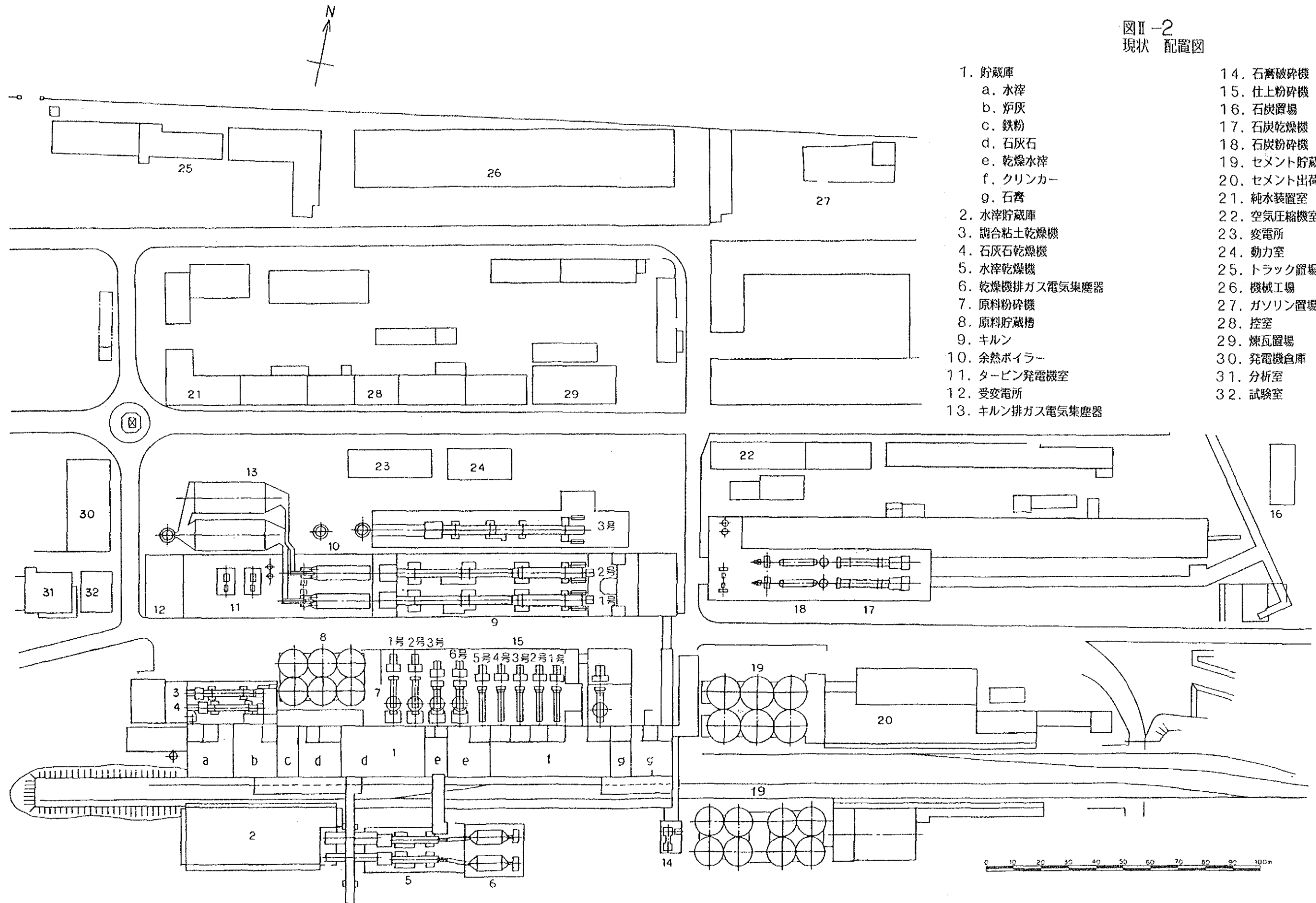
現状 仕上, 石炭工程図 図Ⅱ-4

現状 物質勘定図 図Ⅱ-5

2.1 原料設備

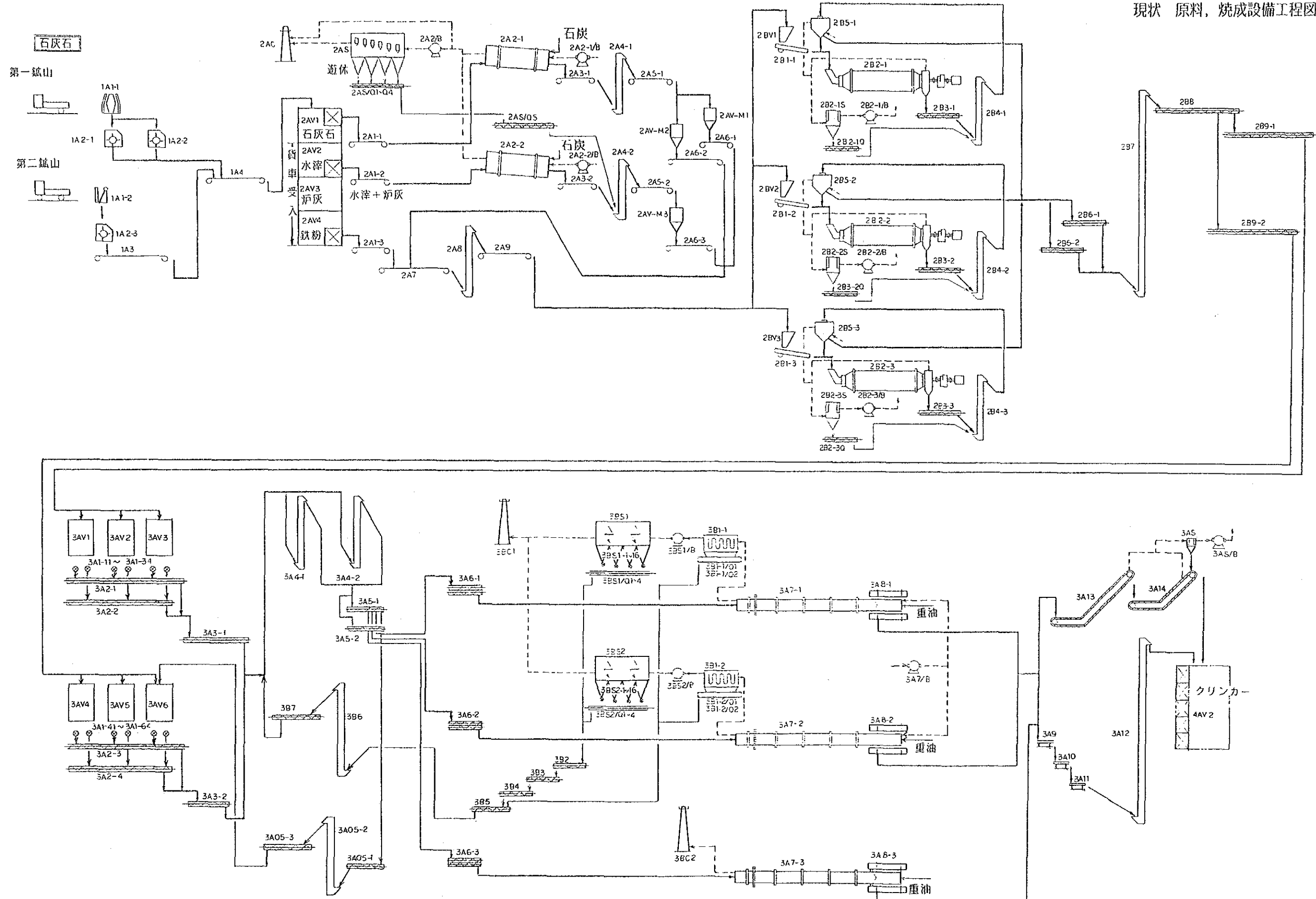
設備の工程図は図Ⅱ-3のとおりであり、設備一覧表は表Ⅱ-3のとおりである。

図II-2
現状 配置図

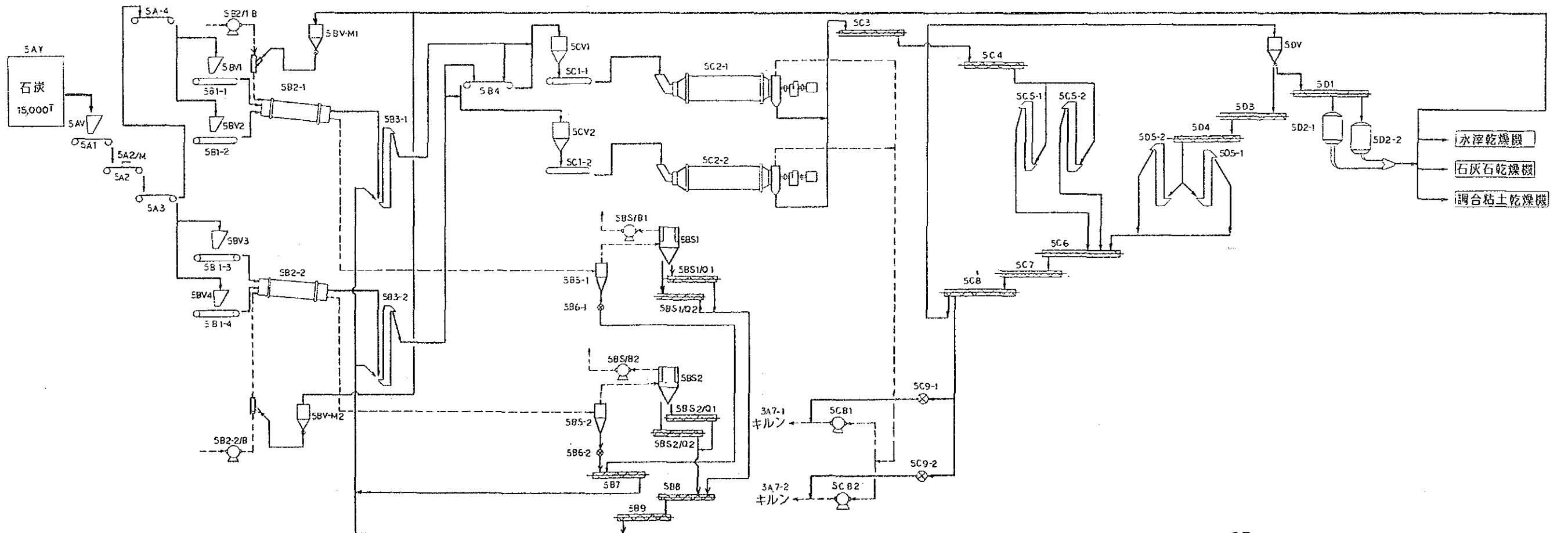
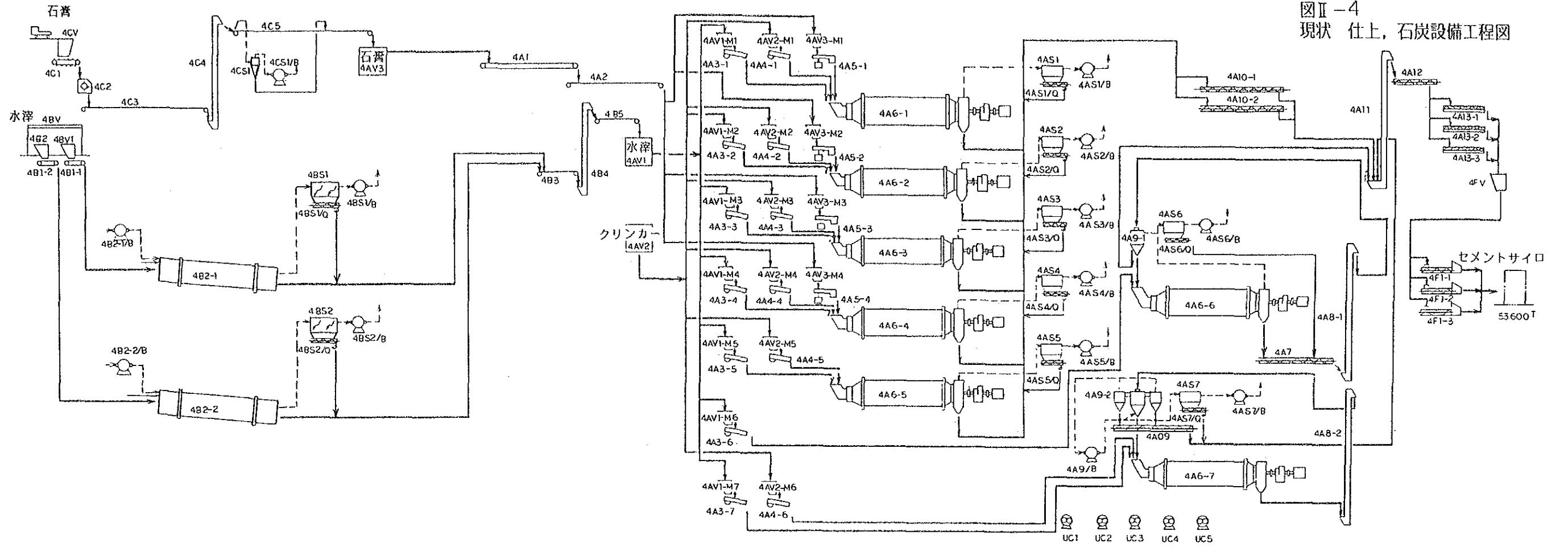


- | | |
|-----------------|-------------|
| 1. 貯蔵庫 | 14. 石膏破砕機 |
| a. 水滓 | 15. 仕上粉砕機 |
| b. 炉灰 | 16. 石炭置場 |
| c. 鉄粉 | 17. 石炭乾燥機 |
| d. 石灰石 | 18. 石炭粉砕機 |
| e. 乾燥水滓 | 19. セメント貯蔵槽 |
| f. クリンカー | 20. セメント出荷室 |
| g. 石膏 | 21. 純水装置室 |
| 2. 水滓貯蔵庫 | 22. 空気圧縮機室 |
| 3. 調合粘土乾燥機 | 23. 変電所 |
| 4. 石灰石乾燥機 | 24. 動力室 |
| 5. 水滓乾燥機 | 25. トラック置場 |
| 6. 乾燥機排ガス電気集塵器 | 26. 機械工場 |
| 7. 原料粉砕機 | 27. ガソリン置場 |
| 8. 原料貯蔵槽 | 28. 控室 |
| 9. キルン | 29. 煉瓦置場 |
| 10. 余热ボイラー | 30. 発電機倉庫 |
| 11. タービン発電機室 | 31. 分析室 |
| 12. 受変電所 | 32. 試験室 |
| 13. キルン排ガス電気集塵器 | |

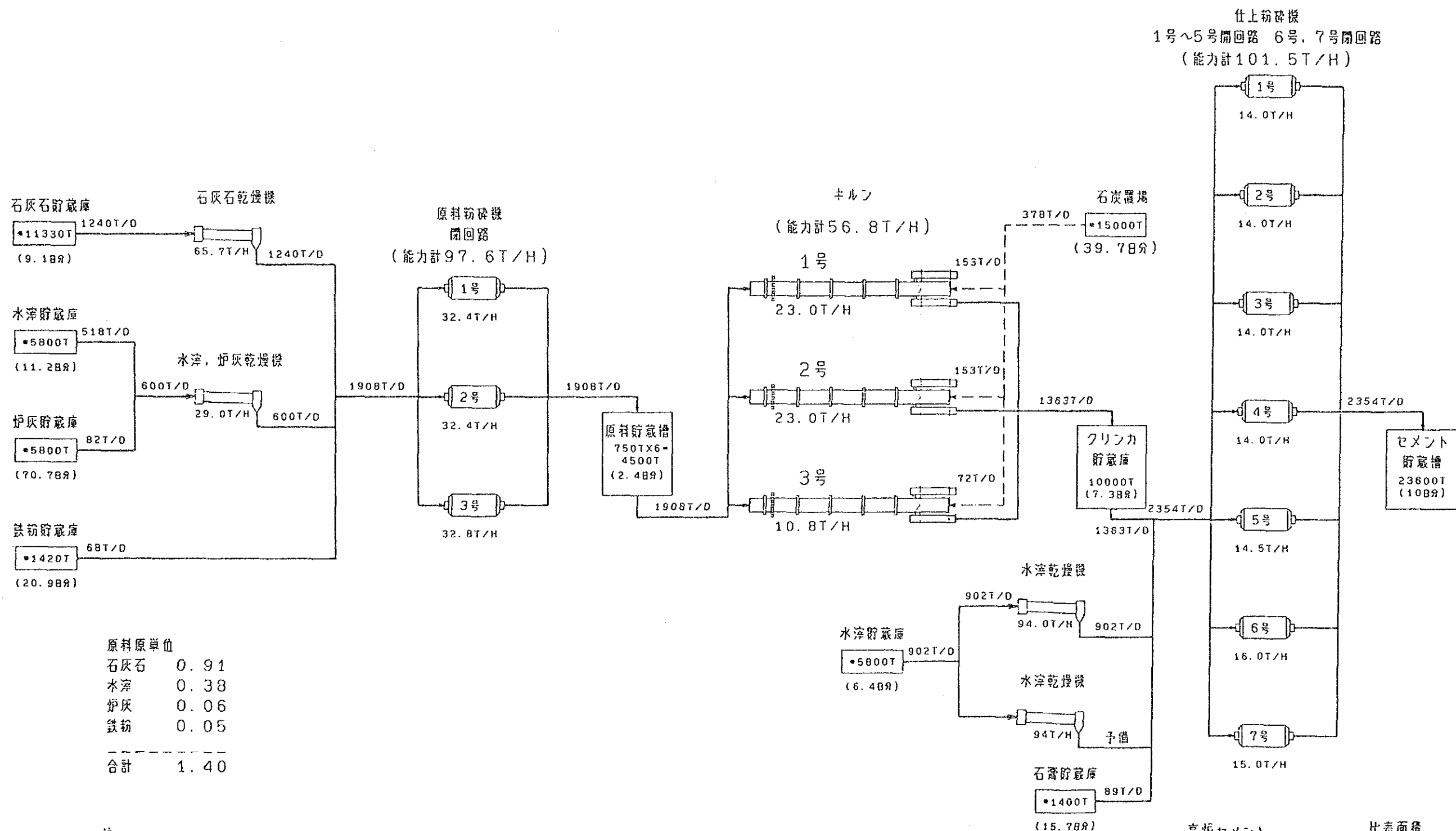
図II-3
現状 原料、焼成設備工程図



図II-4
現状 仕上, 石炭設備工程図



図II-5
現状 物質勘定図



原料原単位

石灰石	0.91
水淬	0.38
炉灰	0.06
鉄粉	0.05
合計	1.40

注
1. *印の数値はウェットベースを示しそれ以外はドライベースを示す

高炉セメント 比表面積 2850Cm²/g

クリンカー	57.9%
水淬	38.3%
石膏	3.8%
合計	100.0%

表II-3 原料設備一覽表

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
1A1-1	石灰石一次破碎機	1	型式…コーン式, 寸法… 1.200φ 能力…250t/h	170KW
1A1-2	石灰石一次破碎機	1	型式…ジョー式 寸法… 1.200× 1.500 入口粒径…最大 850mm, 出口粒径… 130~ 180mm 能力…170t/h	180KW
1A2-1	石灰石二次破碎機	1	型式…ハンマー式 寸法… 1.400φ × 1.400 能力…100t/h	200KW
1A2-2	石灰石二次破碎機	1	型式…ハンマー式 寸法… 1.300φ × 1.600 能力… 120t/h	200KW
1A2-3	石灰石二次破碎機	1	型式…ハンマー式 寸法… 1.600φ × 1.600 入口粒径…最大 350mm, 出口粒径…20mm以下	480KW
1A-3	ベルト式輸送機	1		
1A-4	ベルト式輸送機	1	800W× 500mL, 200t/h	
2AV1	貯蔵庫	1	石灰石用 11,300 t	
2AV2	貯蔵庫	1	水滓用	
2AV3	貯蔵庫	1	炉灰用 5,800 t	
2AV4	貯蔵庫	1	鉄粉用 1,420 t	
2A1-1	ベルト式供給機	1	500W× 8.8mL	3.7KW 6P
2A1-2	ベルト式供給機	1	500W× 13.9mL	3.7KW 4P

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
2A3-2	ベルト式輸送機	1	500W×9.5mL	3.7KW 6P
2A4-1,2	ベルト式輸送機	2	500W×17mH	11KW 6P
2A5-1	ベルト式輸送機	1	500W×24.2mL	3.7KW 6P
2A5-2	ベルト式輸送機	1	500W×19.5mL	3.7KW 6P
2AV-M1,2	貯蔵槽	2	乾燥石灰石用	
2AV-M3	貯蔵槽	1	乾燥調合粘土用	
2A6-1,2,3	ベルト式供給機	3	600W×1.5mL	1.0KW D.C
2A-7	ベルト式輸送機	1	500W×15.5mL	5.6KW 10P
2A-8	バケット式輸送機	1	500W×15.5mH	15KW
2A-9	ベルト式輸送機	1	500W×23.5mL	7.5KW 6P
2BV1～3	粉碎機前貯蔵槽	3	調合原料用	
2B1-1～3	振動式供給機	3		0.45KW
2B2-1	原料粉碎機	1	型式…センタードライブ式 チューブ式閉回路(2室) 粉碎機寸法…2.2mφ×10mL 粉碎機有効寸法 …2.08mφ×9.57mL 粉碎機有効容積…32.5m ³ 媒体量…45t 粉碎機回転数…21.5rpm 能力…32.4t/h	550KW

機 番	設 備 名 称	台数	仕 様	電動機
2B2-2	原料粉碎機	1	型式…センタードライブ式 チューブ式閉回路(2室) 粉碎機寸法… 2.2mφ×10mL 粉碎機有効寸法 … 2.08 mφ× 9.76 mL 粉碎機有効容量…33.2m ³ 媒体量…45 t 粉碎機回転数…20.7rpm 能力…32.4t/h	600KW 8P
2B2-3	原料粉碎機	1	型式…センタードライブ式 チューブ式閉回路(2室) 粉碎機寸法… 2.4mφ× 8mL 粉碎機有効寸法 … 2.28 mφ× 7.75 mL 粉碎機有効容量…31.6m ³ 媒体量…45 t 粉碎機回転数…21.2rpm 能力…32.8t/h	550KW 8P
2B2-1S~3S	濾布式集塵器	3	集塵面積 243m ²	7KW
2B2-1/B 2/B	送風機	2	風量… 120m ³ /min 風圧… 280mmAq	14KW
2B2-3/B	送風機	1	風量… 140m ³ /min 風圧… 280mmAq	17KW
2B2-1Q~3Q	スクリー式輸送機	3	400φ× 6.4mL	3.7KW 6P
2B3- 1~ 3	スクリー式輸送機	3	500φ× 4mL	5.6KW 6P

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
2B4-1 ~ 3	バケット式輸送機	3	500W×21mH	15KW 6P
2B5-1 ~ 3	スターテバント式 分級機	3	5mφ	75KW
2B6-1.2	スクリー式輸送機	2	500φ×31.5mL (1台予備)	5.6KW
2B7	バケット式輸送機	1	500W×23mH	15KW
2B8	スクリー式輸送機	1	500φ×18mL	11KW
2B9-1.2	スクリー式輸送機	2	500φ×31.5mL	15KW

2.2 焼成設備

設備の工程図はⅡ-3のとおりであり、設備一覧表は表Ⅱ-4のとおりである。

表Ⅱ-4 焼成設備一覧表

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
3AV1~6	原料貯蔵機	6	10mφ×15mH 750t コンクリート製	
3A1-11~18 -22~28 -31~38	ロータリー供給機	24		11KW
3A1-41~48 -51~58 -61~68	ロータリー供給機	24		11KW
3A2-1.2	スクリー式輸送機	2	500φ×30.2mL	11KW
3A2-3.4	スクリー式輸送機	2	500φ×32.8mL	13.2KW
3A3-1	スクリー式輸送機	1	500φ×15mL	11KW
3A3-2	スクリー式輸送機	1	500φ×12mL	7.5KW
3A4-1.2	バケット式輸送機	2	500W×25mH (1台予備)	15KW
3A5-1	スクリー式輸送機	1	600φ×54mL (両端駆動)——(1台予備)	22KW ×2
3A5-2	スクリー輸送機	1	600φ×54mL (両端駆動)	22KW 20KW
3A6-1~4	スクリー式供給機	2	250φ×2.5mL 双管式 34~48t/h	5.8KW D.C
3A6-5,6	スクリー式供給機	1	250φ×20mL 双管式 34~48t/h	11KW D.C

機 番	設 備 名 称	台数	仕 様	電動機
3A7-1	キルン	1	①キルン寸法 … 3.7mφ × 3.3mφ × 69.7mL ②傾 斜… 4.36 / 100 ③キルン回転数 … 0.46 ~ 1.40 rpm ④生産能力…23t/h	110KW D.C
3A7-2	キルン	1	①キルン寸法 … 3.7mφ × 3.3mφ × 69.7mL ②傾 斜… 4.36 / 100 ③キルン回転数 … 0.45 ~ 1.31rpm ④生産能力…23t/h	125KW D.C
3A7-3	キルン	1	①キルン寸法 … 3.3mφ × 2.8mφ × 52.2mL ②傾 斜… 3.5 / 100 ③キルン回転数 … 0.82 ~ 1.44rpm ④生産能力…10.8t/h	125KW D.C
3A7/13	送風機	1		22KW
3A8-1.2	多筒式クリンカー 冷却機	2	1.1mφ × 5.5mL × 15本	
3A8-3	多筒式クリンカー 冷却機	1	1.1mφ × 5.5mL × 11本	
3A-9	振動式輸送機	1	600W × 22mL	14KW
3A-10	振動式輸送機	1	600W × 18mL	28KW
3A-11	振動式輸送機	1	600W × 18mL	20KW
3A-12	バケット式輸送機	1	500W × 25mH	15KW
3A-13	パン式輸送機	1	600W × 22mL	20KW
3A-14	パン式輸送機	1	600W × 25mL	24KW
3AS	濾布式集塵機	1		

機 番	設 備 名 称	台数	仕 様	電動機
3AS/B	送風機	1		17KW
3A05-1	スクリー式輸送機	1	500φ×33.5mL 両端駆動	13.2KW × 2
3A05-2	バケット式輸送機	1	500W×22mH	15KW
3A05-3	スクリー式輸送機	1	500W×13.5mL	5.6KW
3B1-1.2	ボイラー	2	詳細仕様別紙	
	タービン	2		
	発電機	2		
	復水器	2		
3B1-1/Q1 1/Q2 2/Q1 2/Q2	チェーン式輸送機	4	25mL	6.6KW
3BS1.S2	キルン排ガス電気 集塵器	2	詳細仕様別紙	
3BS1/B 3BS2/B	送風機	1	風量…3330Nm ³ /min 風圧… 200mmAq 回転数… 730rpm	260KW 8P
3BS1-1~16 3BS2-1~16	ロータリー式供給機	32	供給機 2 台を電動機 1 台にて駆動	1.6KW × 16
3BS1/Q1 ~/Q4 3BS2/Q1 ~/Q4	スクリー式供給機	8	300φ×22mL	7.5KW
3B2	スクリー式輸送機	1	400φ×22mL	11KW
3B3	スクリー式輸送機	1	400φ×28mL	11KW
3B4	スクリー式輸送機	1	400φ×22mL	11KW
3B5	スクリー式輸送機	1	500φ×24.5mL	11KW
3B6	バケット式輸送機	1	500W×25mH	15KW
3B7	スクリー式輸送機	1	500φ×12.5mL	11KW
3BC1, 3BC2	煙 突	2	56.5mH コンクリート製	

2.3 仕上設備

設備の工程図は図Ⅱ-4のとおりであり、設備一覧表は、表Ⅱ-5のとおりである。

表Ⅱ-5 仕上設備一覧表

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
4AV1	貯蔵庫	1	乾燥水滓用 2,150 t	
4AV2	貯蔵庫	1	クリンカー用 10,000 t	
4AV3	貯蔵庫	1	石膏用	
4A1	ベルト式輸送機	1		
4A2	ベルト式輸送機	1		
4AV1-M1 ~ M7	粉砕機前貯蔵槽	7	水滓用	
4AV2-M1 ~ M6	粉砕機前貯蔵槽	6	クリンカー用	
4AV3-M1 ~ M4	粉砕機前貯蔵槽	4	石膏用	
4A3-1 ~ 7	振動式供給機	7	水滓用	0.375KW
4A4-1 ~ 6	振動式供給機	6	クリンカー用	0.37KW
4A5-1 ~ 4	テーブル式供給機	4	石膏用	
4A6-1 ~ 4	仕上粉砕機	4	①型式…センタードライブ式 チューブ式開回路(3室) ②粉砕機寸法… 2.2mφ×11mL ③粉砕機有効寸法 … 2.08 mφ×10.34 … ~10.58 mL ④粉砕機有効容積 … 35.1~36.0m ³ ⑤媒体量…45 t ⑥粉砕機回転数…20.7~21.5rpm ⑦被粉砕物…クリンカー, 水滓, 石膏	600KW 11KW

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
	減速機給油装置 主軸受給油装置	4 8	⑧能力…14t/h	10KW 1.1KW
4A6-5	仕上粉碎機	1	①型式…センタードライブ式 チューブ式閉回路(3室) ②粉碎機寸法… 2.4mφ×11mL ③粉碎機有効寸法 … 2.27 mφ×10.54 mL ④粉碎機有効容積…42.7m ³ ⑤媒体量…46 t ⑥粉碎機回転数…20.7rpm ⑦被粉碎物…クリンカー, 水滓 ⑧能力…14.5t/h	600KW
	減速機給油装置 主軸受給油装置	1 2		10KW 1.1KW
4A6-6	仕上粉碎機	1	①型式…センタードライブ式 チューブ式閉回路(2室) ②粉碎機寸法… 2.4mφ× 8mL ③粉碎機有効寸法 … 2.28 mφ× 7.75 mL ④粉碎機有効容積…31.8m ³ ⑤媒体量…45 t ⑥粉碎機回転数…21.2rpm ⑦被粉碎物…水滓 ⑧能力…16t/h	550KW
	減速機給油装置	1		10KW

機 番	設 備 名 称	台数	仕 様	電動機
	主軸受給油装置	2		1.1KW
4A6-7	仕上粉碎機	1	①型式…センタードライブ式 チューブ式閉回路(2室) ②粉碎機寸法… 2.4mφ×12mL ③粉碎機有効寸法 … 2.3mφ×11.79 mL ④粉碎機有効容量…49m ³ ⑤媒体量…45 t ⑥粉碎機回転数…21.2rpm ⑦被粉碎物…クリンカー, 水滓 ⑧能力…15t/h	600KW
	減速機給油装置	1		10KW
	主軸受給油装置	2		1.1KW
4AS1	濾布式集塵器	1	集塵面積… 237m ²	
4AS2~ 4	濾布式集塵器	3	集塵面積… 213m ²	
4AS5	濾布式集塵器	1	集塵面積… 307m ²	
4AS6	濾布式集塵器	1	集塵面積… 390m ²	
4AS7	濾布式集塵器	1	集塵面積… 331m ²	
4AS1/Q~6/Q	スクリー式輸送機	6		2.8KW
4AS7/Q	スクリー式輸送機	1		5.6KW
4AS1/B~S5/B	送風機	5	風量… 170m ³ /min 風圧… 188mmAq	17KW
4AS6/B	送風機	1	風量… 120m ³ /min 風圧… 280mmAg	14KW
4AS7/B	送風機	1	風量… 220m ³ /min 風圧… 358mmAq	22KW
4A7	スクリー式輸送機	1	500φ×4 mL	5.6KW
4A8-1	バケット式輸送機	1	500W×21.2 mH	13.2KW
4A8-2	バケット式輸送機	1	500W×24 mH	15KW

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
	送風機	2	出口：150℃ 能力…45.9~47.7t/h	10KW
4BS1, S2	電気集塵器	2	ドライヤー排ガス用	
4BS1/Q 2/Q	スクリー式輸送機	2		
4BS1/B.2/B	送風機	2	風量… 570m ³ /min 風圧… 150mmAq 回転数…980rpm	40KW
4B3	ベルト式輸送機	1	400W×12mL	2.2KW
4B4	バケット式輸送機	1	400W×18mH	13.2KW
UC1 ~ 5	空気圧縮機	5	風量…40m ³ /min 圧力… 8kg/cm ²	250KW

2.4 石炭設備

現在工事中のもので、今回の調査範囲には入らないが、参考までに下記に示す。
設備の工程図はⅡ-4のとおりであり、設備一覧表は表Ⅱ-6のとおりである。

表Ⅱ-6 石炭設備一覧表

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
5AY	置場	1	石炭用15,000 t	
5AV	貯蔵槽	1		
5A1	ベルト式輸送機	1	650W×119.7mL	15KW
5A2	ベルト式輸送機	1	650W×21.7mL	4KW
5A2/M	メリック式秤量機	1		
5A3	ベルト式輸送機	1	650W×111.5mL	22KW
5A4	ベルト式輸送機	1		3KW
5BV1～4	貯蔵槽	4	生炭用	
5B1-1～4	ベルト式供給機	4		4KW
5B2-1, 2	石炭乾燥機	2	2.4φ×18mL	30KW
5B2-1/B, 2/B	送風機	2	35m ³ /min×372 mmAq	13KW
5BV-M1, M2	貯蔵槽	2	微粉炭用	
5B3-1, 2	バケット式輸送機	2	400W×21.3mH	10KW
5B4	ベルト式輸送機	1	650W×6.5mL (正逆)	2.2KW
5B5-1, 2	サイクロン式分離器	2		
5BS1, 2	濾布式集塵器	2		
5BS/B1, B2	送風機	2	820m ³ /min×248mmAq	55KW
5BS1/Q1, 2 5BS2/Q1, 2	スクリー式輸送機	4		3KW
5B6-1, 2	ロータリー式供給機	2		1.5KW
5B7	スクリー式輸送機	1		1.1KW
5B8	スクリー式輸送機	1		1KW

機 番	設 備 名 称	台数	仕 様	電動機
5B9	スクリー式輸送機	1		1KW
5CV1, 2	貯蔵槽	2	乾炭用	
5C1-1.2	ベルト式供給機	2		3KW
5C2-1.2	石炭粉碎機	2	2.2φ×11mL	625KW
5C3	スクリー式輸送機	1	400φ×12.5mL	5.5KW
5C4	スクリー式輸送機	1	400φ×18mL	7.5KW
5C5-1.2	バケット式輸送機	2	400W×22.5mH	
5C6	スクリー式輸送機	1	400φ×7.5mL	3KW
5C7	スクリー式輸送機	1	400φ×27mL	10KW
5C8	スクリー式輸送機	1	400φ×27mL	10KW
5C9-1.2	ロータリー式供給機	2		
5CB1.2	送風機	2	440m ³ /min × 907mmAq	
5DV	貯蔵槽	1	微粉炭用	
5D1	スクリー式輸送機	1		
5D2-1.2	槽式空気輸送機	2	8m ³	
5D3	スクリー式輸送機	1	400φ×8mL	3KW
5D4	スクリー式輸送機	1		
5D5-1.2	バケット式輸送機	2	400W×19.5mH	10KW

2.5 付帯設備

(1) 電気計装設備

(a) 電気設備

(i) 概要

当工場の電源設備は遼寧省本溪市第一変電所から受電する、3相66KV、50Hzの電源と乾式ボイラー付ロータリーキルンによる余熱発電設備、3相3.15KV、50Hz、6,000KW×1台(6,000KW×1台は1985年末更新予定)の二系統の電源にて負荷設備へ給電している。

当工場の受電電力量、発電量、使用電力量等は、表Ⅱ-7の通りである。

表Ⅱ-7 受電、発電、使用電力量

年度 項目	1980	1981	1982	1983	1984
工場負荷設備 使用電力量 (x10,000KWH)	6.118	5.129	5.314	5.295	5.422
発電量 (x10,000KWH)	3.738	3.260	3.767	3.656	3.380
買電量 (x10,000KWH)	3.006	2.496	2.181	2.232	2.621
発電所 所内動力量 (x10,000KWH)	626	627	634	593	579
発電自給率 (%)	50.8	51.3	59.0	57.8	51.7
毎時発電量 (KWH)	4.666	4.435	4.301	4.909	4.655
最大負荷 (KW)	9.000	9.468	9.160	9.676	9.526

(ii) 電圧の種別

当工場の電圧の種別は下記の通りである。

①交 流

	電 圧	周波数	相数及び線数
受電電圧	66000V	50Hz	3相3線式
発電電圧	3150V	50Hz	3相3線式
高圧配電	3150V	50Hz	3相3線式
電動機	3150V	50Hz	3相3線式
(95KW以上)			
低圧配電	380V	50Hz	3相4線式
電動機	380V	50Hz	3相3線式
(94KW以下)			
計装	100V	50Hz	单相
照明	220V	50Hz	单相

②直流

制御用 110V

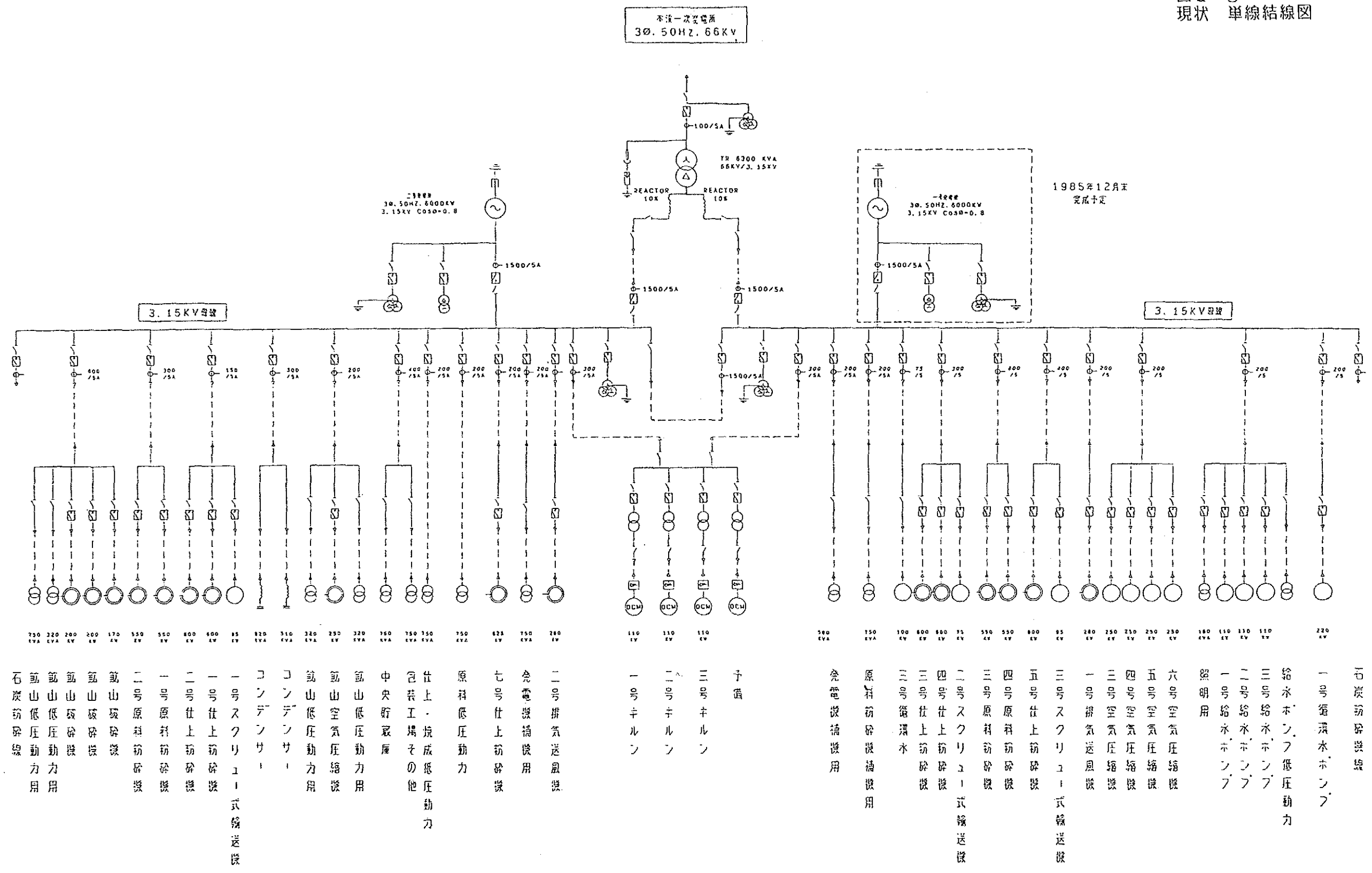
(iii) 受配電系統

①受配電所

受配電所にて受電した3相66,000V, 50Hz1回線の電力は、受電用変圧器 (6,300KVA×1台)にて3,150Vに降圧され、余熱発電設備 (6,000KVA×1台)と並列運転し、工場負荷へ給電する。当工場の配電系統を図II-6現状単線結線図に示す。この受配電所に設置されている電気機器は下記の通りである。

- 66KV 遮断器 (遮断容量 2,500MVA) 1式
- 受電用変圧器 6,300KVA × 1台
3相50Hz, 66,000V / 3,150V
- リアクトル 3,150V, 1,000A 2台
- 3KV遮断器 1式
- 直流電源装置 1式

図II-6
現状 単線結線図



②電気室

受配電所から各工程の電気室に配電される。ケーブルは暗渠内に布設されている。

配電された3KVの電圧は、変圧器により380Vに降圧され、電動機及び、その他の電気機器に給電される。

工場内に設置されている電気室は下記のとおりである。

(イ) 原料・仕上用電気室

(ロ) キルン用電気室

(ハ) 石炭粉碎用電気室

これらの電気室には下記の電気機器が設置されている。

(イ) 低圧動力用変圧器 (3.15KV/ 0.38KV)

(ロ) 380V配電盤 1式

(ハ) 380V電磁盤 1式

③受配電監視制御盤

発電機制御室内に設置された、受配電監視制御盤にて、66KV受電フィーダー及び3KVフィーダーの監視を行っている。

④直流電源装置

遮断器の操作電源及び信号用電源としてDC110Vの直流電源装置が使用されている。この仕様は下記のとおりである。

(イ) 蓄電池

種類及び型式	鉛蓄電池 (GGF-500)
寸法	236 x 209 x 544mm
定格電圧	DC110V
定格容量	500AH (10時間率)
セル数	62セル / 1.8V

(ロ) 充電装置

種類及び型式	3相全波整流方式 (KGCFA-100 / 165)
入力電力	AC380V
周波数	50Hz
相数	3
充電方式	浮動

⑤力率改善

力率改善用電力コンデンサーが設備されており、工場全体の力率は90%（遅れ）以上に保持されている。コンデンサーの仕様は下記の通りである。

定格電圧	AC3150V
定格周波数	50Hz
相数	3φ
定格容量	820KVA×1組 510KVA×1組
付属品	放電コイル付

(iv) 電動機設備

電動機の電圧区分及び種類は下記の通りである。

①電圧区分

高圧電動機	3150V	95KW以上
低圧電動機	380V	94KW以下

②種類

定速電動機として、誘導電動機（カゴ型、巻線型）が使用されており、最大容量は、600KWの仕上用の巻線型誘導電動機である。

速度制御用電動機としては、直流電動機が使用され、キルン原料送入用、キルン主モーター用及び粉碎機送入用供給機に使用されている。

(V) 電動機運転操作

ほとんど全ての電動機は現場機側にて運転停止を行っている。又相互インターロックが採られている輸送機もあるようであるが、大部分は採られていないようである。

(VI) 通信設備

構内用及び局線用としてクロスバー式自動交換機が使用されている。

(VII) 照明器具

工場内にて使用されている照明器具は下記のとおりである。その内、白熱灯が一番多く使用されている。その仕様は下記の通りである。

定格事項

型式	定電力型
電圧	AC220V
構造	
種類	白熱灯, 蛍光灯, 水銀灯

(VIII) ケーブル及び電線

下記仕様のケーブルが使用されている。

構造

鎧装	有り
ケーブルの絶縁種類	ゴム, 油紙
ケーブルの布設方法	地中 (暗渠及び直埋設), 空中

(b) 計装設備

(1) 概要

セメント工場の工程は、大きく次の三つに分類されている。

- ① セメントの原料である石灰石や水淬、炉灰、鉄粉等の調合・粉碎する原料工程
- ② 粉碎された原料を焼成してクリンカーを造り冷却する焼成工程
- ③ クリンカーと水淬・石膏を混合・粉碎し最終製品であるセメントを製造する仕上工程

この三つの工程は設備の面から見ても、操作の面から見ても独立した系統になっている。原料及び仕上系統の制御室はそれぞれの粉碎機室内、又キルン制御室は窯前に設置されている。当工場の焼成系統の計装図を図Ⅱ-7、計装設備略号表を表Ⅱ-8に示す。

① 原料工程

原料供給量制御（調合）は、石灰石、水淬、炉灰及び鉄粉の調合をそれぞれベルト式供給機の直流電動機の回転数制御にて行っており、秤量機等は設備されていない。

原料貯蔵槽等のレベル計器等は設備されていない。

② 焼成工程

原料送入は、原料貯蔵槽からの原料とボイラー及び電気集塵器からの回収ダストの送入がある。回収ダストは、原料系統へ直接もどり、原料と混合され、キルンへ送入される。

キルン送入量は、スクリー式供給機の回転数にて制御されている。

キルン回転数は直流電動機にて回転数制御を行っている。回転数は0～20mAの表示であり、電動機電流計及び電圧計が設置されている。

温度監視については、キルン胴体温度、窯尻温度等である。

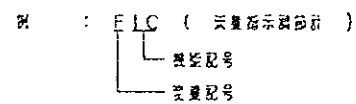
圧力監視については、窯尻のみ表示している。

燃料使用量は、オーバル流量計にて計量している。遠隔表示等の設備はない。

表Ⅱ-8
計装設備略号表




文字記号

文字記号	記号の意味		
	変量記号	変量材料記号	機能記号
A			警報
B			状態表示、運転表示
C			調節
D	密度又は比重	差	
E	電気的差		検出器
F	調節変量	比率	
G	流量又は長さ		
H	手動		
I			指示
J		自動変量	
K	調節		
L	レベル		
M	水分又は湿度		
N			
O			
P	圧力又は真空		
Q	品質 例：組成、濃度、導電率	質量	質量
R	放射線		記録
S	速度、回転数又は 周波数		スイッチ
T	温度		伝送
U	各種の質量		多機能計器
V	粘度		ハルムフなどの調節器
W	質量又は力		
X	不特定の質量		その他の機能
Y			演算器、変換器、リレー
Z			安全又は異常






計器図記号

1. 円記号

-  計器定数計器
-  液流計器計器計器
-  液流表置計器

2. 線











-  電気伝号
-  導路がある伝号
-  空気圧伝号

3. 仕様記号

- (COS) : 切替スイッチ
- (PB) : 押切スイッチ
- (SEL) : 選択スイッチ
- (AMP) : 電流
- (VOLT) : 電圧
- (KW) : 電力
- (VIP) : 振動
- (SOUND) : 音響
- (CO) : 一酸化炭素ガス
- (O2) : 酸素ガス
- (CO2) : 二酸化炭素ガス
- (ADD) : 加算器
- (RATIO) : 比率
- (DEW) : 露点

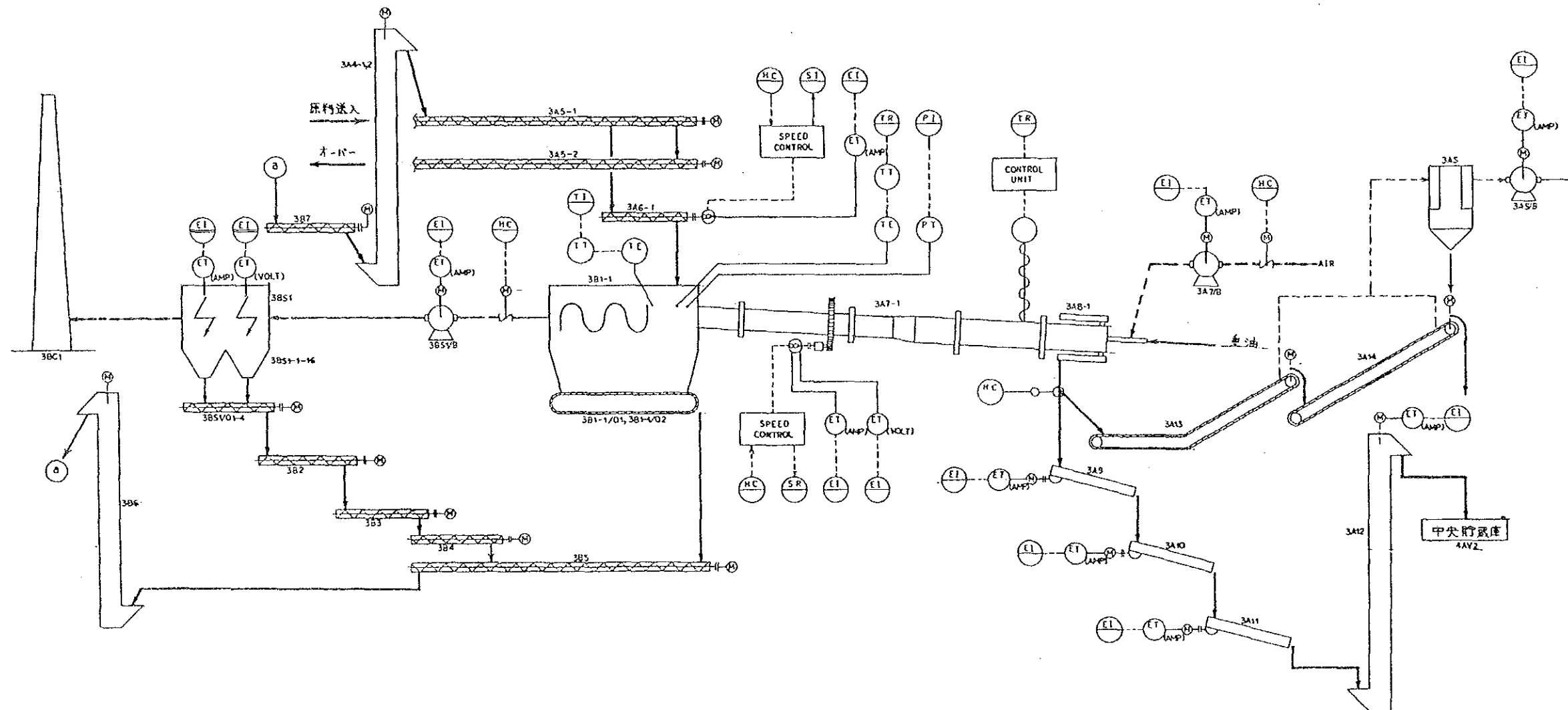
- A/M : 自動/手動切替
- H : 上限
- L : 下限
- HH : 上上限
- LL : 下下限
- H/L : 上限/下限

4. 機器名符

-  ダンハバ - 又はゲート
-  弁
-  操作器
-  二方向切替シュート又は弁
-  モーター
-  ロータリー式供給器
-  自力式調節弁
-  送信機又は圧力送信機
-  ネオンランプ
-  差圧式レベル計
-  計量器
-  圧力変換器
-  フロートバルブ
-  浮子式検出器
-  自力式双調節弁

注 1 機械装置の各種装置(スリップ検出器、異常引当スイッチ等)は、この計器図には示されていない。

图 II -7
现状 烧成设备计装图



③ 仕上工程

クリンカー、水滓及び石膏の送分量制御は、振動式及びテーブル式供給機が使用されており、量の調節は手動にて行っている。

(2) 余熱発電設備

(a) 概要

1号キルン及び2号キルンの排ガス保有熱を利用した余熱ボイラーによる自家発電設備2系統が設備されており、工場所要電力に満たないので買電も常時受電し、並列運転を行い、工場負荷へ給電している。

現状では、6,000KWのタービン、発電機1系列が稼動しており、残りの1系列は1985年12月末までに更新される予定である。又、ボイラーにて発生した蒸気の一部は、重油加熱、冬期濾布式集塵器等の結露防止の保温用として用いられている。

図Ⅱ-8に余熱発電の工程図を示す。

(b) 機器仕様

ボイラー、タービン発電機の機器仕様は表Ⅱ-9、10、11に示すとおりである。

(i) ボイラー

ボイラーの設計仕様は下記の通りである。

表Ⅱ-9 ボイラー仕様表

項 目	仕 様
型 式	自然循環式廃熱ボイラー
数 量	2台 (キルン1基につき1台)
圧 力	39kg/cm ²
過熱蒸気温度	450℃
蒸気発生量	20t/h
給水温度	55℃
排ガス量	61,000N m ³ /h
伝熱面積	2100m ²
ボイラー入口ガス温度	900℃
ボイラー出口ガス温度	210℃
媒 吹 器	数量：10台/缶 蒸気使用量：350kg/1台 15atg, 350℃
製 造 所	中華人民共和国ハルピンボイラー工場
製 造 年 月 日	1981年

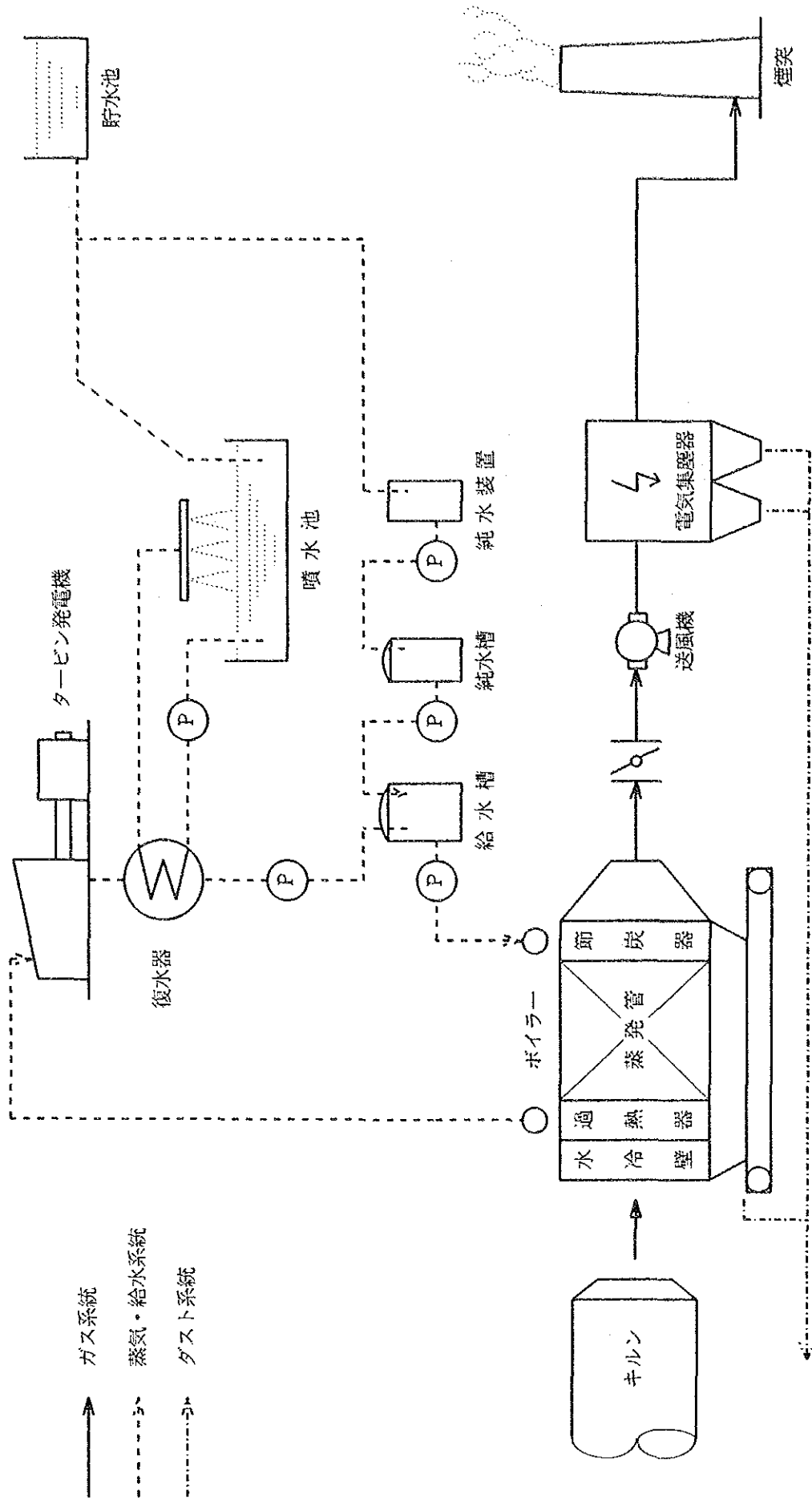
(11) タービン

タービンの設計仕様は下記に示す通りである。

表Ⅱ-10 タービン仕様表

		項 目	設 計 値
本 体	蒸気消費率	kg/KWH	4.97
	熱消費率	Kcal/KWH	3.000
	熱効率	%	27~30
ヒ ー タ ー	#1 抽気量	t/h	3.29
	#2 抽気量	t/h	0
復 水 器	授熱量	Mcal/h	15,000~16,443
	対数平均温度差	℃	12~14
	冷却面積	m ²	560
	熱通過率	Kcal/m ² h ℃	2,000
	チューブ断面積	m ²	0.6
	管内流速	m/s	0.8
	冷 却 水	水量	
	入口温度	℃	27
	出口温度	℃	35~37
主 蒸 気	圧力	kg/cm ²	35
	温度	℃	435
#1 抽 気	圧力	kg/cm ²	8.7
	温度	℃	310
	#2抽気温度	℃	221
	排気温度	℃	50

図 II - 8 余熱発電工程図



(111) 発電機

発電機の設計仕様は下記に示す通りである。

表II-11 発電機仕様表

項目	仕様
型式	3相交流同期発電機
定格	連続
出力	6,000KW
電圧	3,150V
周波数	50Hz
極数	2極
力率	0.8
絶縁	F種
冷却方式	空気冷却

(3) 電気集塵設備

電気集塵器の概要は下記に示すとおりである。3号キルンには電気集塵器は設置されていない。

(a) 機番 3BS1, 3BS2 (1, 2号キルン用)

(b) 処理ガス条件

処理ガス量	78,000~ 100,000 m^3/h
処理ガス温度	250℃
処理ガス水分	-
入口含塵量	50g/N m^3

(c) 仕様

製作者及び設置年数	中華人民共和国 1967年
集塵室有効断面積	51.8 m^2
集塵室有効長さ	9.9m
集塵室有効容積	512.82 m^3
部屋構成	2列×3段(6室)
1列当りのダクト数	14
ダクト間隔	325mm
極板形状及び寸法	ポケット式 6,260mm×3,326mm
放電線形状	星形線 6,060mm
放電線数	252本/室
極板槌打装置型式・数量	桁揺動式 15個/室
放電線槌打装置型式・数量	機械式 14個/室
整流器;型式,容量,台数	シリコン整流器 18KVA × 3台
電圧,電流	60KV, 200mA

(d) プレダスター装置

集塵器前後に沈降室有り
入口多孔板有り

(e) 円筒硝子エヤー吹込装置

無し

(f) ダスト排出装置

ロータリー式排出機 20台/室

3 生産管理

3.1 原料調達，在庫管理

(1) 原材料調達

乾式余熱ボイラー方式を採用しており、石灰石、水滓、炉灰、鉄粉を原料とし、燃料には重油を使用してクリンカーを製造している。仕上工程では高炉セメントを生産するため、石膏の他に増量材として水滓を使用している。これら原燃料の調達状況及び品位は、下記の通りである。

(a) 石灰石

鉱山	自社鉱山（現鉱山）及び按本庁鉱山（新鉱山）	
埋蔵量	新鉱山で30年分以上	
年間使用量	360～400千屯	
品位	現鉱山	新鉱山（1点）
	CaO 49.0～50.0 %	52.7 %
	MgO 2.6～3.4 %	0.9 %
受入方法	現鉱山は工場に隣接しており、ベルト式輸送機で搬入。 新鉱山は工場より20km離れた本溪市の西北にあるので 貨車輸送の予定	

(b) 水滓

調達先	本溪鋼鉄公司
年間使用量	約400千屯
品位	CaO 41～43 % MgO < 9 %
受入方法	貨車

(c) 炉灰

調達先	本溪市内で発生する石炭灰
品位	ig.loss 14～18 % SiO ₂ 43～45 % Al ₂ O ₃ 21～25 % Fe ₂ O ₃ 10～11 %
年間使用量	24千屯
受入方法	貨車

(d) 鉄粉

調 達 先 撫順, 丹東, 鞍山の硫酸工場
品 位 Fe_2O_3 66~74 %
年間使用量 約27千屯
受入方法 貨車

(e) 重油

調 達 先 撫順製油所 (大慶残渣油)
品 位 発熱量 9,800~10,000Kcal/kg
年間使用量 約60千屯
受入方法 貨車

(f) 石膏

調 達 先 甘肅, 寧夏, 山西地方の石膏鉱山
品 位 SO_3 37~42 %
年間使用量 約24千屯
受入方法 貨車

(g) 受入原料の品質

1984年度入荷の各受入原料の品位は表Ⅱ-12のとおりである。

表Ⅱ-12 受入原料の品質

	化 学 成 分 (%)								備 考
	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	合計	
石灰石	42.8	2.4	0.6	0.4	49.9	3.4	-	99.5	現鉱山
水 淬	-	36.8	10.3	0.6	43.0	7.3	-	98.0	
炉 灰	17.9	43.3	20.7	11.2	3.7	1.6	-	98.4	
鉄 粉	5.4	15.8	4.3	66.1	3.3	1.8	-	96.7	
石 膏	21.1	6.1	0.2	0.3	31.7	1.6	37.4	98.4	

(2) 在庫管理

(a) 受入時の品質基準

受入基準にしたがって工場受入時に分析あるいは供給側の分析表によって原燃料を受入れている。供給先に従業員を派遣して調査は行っていない。

(b) 受入量の管理

石灰石以外の原燃料は供給側の送り状により受入量を管理している。

石灰石はベルト式輸送機の目視重量と運転時間の積によって受入量を計算している。

(c) 原材料の受入・保管

石灰石は鉱山で1次破碎、2次破碎により、20 mm以下にし、ベルト式輸送機で総合貯蔵庫に投入される。

その他の原料はそれぞれ貨車で受入れて直ちに総合貯蔵庫に投入されている。

(d) 使用

各原料、燃料等は使用量に応じ、貯蔵庫の走行起重機バケットにより、夫々の乾燥機前貯槽あるいは粉碎機前貯槽に投入される。

石灰石及び調合粘土（水滓88 %、炉灰14 %）は乾燥機にてそれぞれ水分を1 %以下にして粉碎機に供給されている。

(e) 在庫管理

1ヶ月に1回目視重量によっており、実量と日報値との修正を行っている。誤差はあまりないそうである。

3.2 運転管理

(1) 原料調合

使用する原料は石灰石、調合粘土、鉄粉の3種類であり、その供給量制御は調合原料のig.lossの分析結果をみて、ベルト式供給機でなされている。この供給機はゲートならびにベルト式輸送機によって成っており、ゲートの開度及び輸送機付属の直流電動機による回転数制御にて調合原料を調製している。但し秤量機等は設備されていない。調合粘土は水滓88、炉灰14の比率で予め乾燥機前貯槽で混合されている。各原料の設定比率は調合原料のig.loss分析値が(29.5~30.0)±0.5%になる様に調節されているが、このig.loss値は各原料の成分が一定していないので前日或いは前々日又は半月前の分析結果をもとにしてその都度ig.loss値を計算機で算出している。

調合原料の試料採取は粉碎機出口の集合点で自動試料採取機によって連続的に取っており、1時間毎にig.lossと細度を、4時間毎に混合試料で全分析を行っている。この結果をみて各原料の設定比率を変更する。

原料貯蔵槽は6基あるが、粉碎機から貯蔵槽への原料投入は、原則として1基づつ満庫にして次の貯蔵槽に移るが、4時間毎の全分析結果をみて原料の諸率を調整する必要がある場合は原料投入中の貯蔵槽を満庫にせず、次の貯蔵槽に移り、その後調整する。結局は原料諸率（K S k）の高いものと低いものを分けて貯蔵槽に投入したようになり、抜出す時も目標の諸率になるよう比率を変えて合送抜出しを行っている。

なお、貯蔵槽にレベル計等は設備されていない。

以上のような管理方法をとっているが、後述の如く、キルン送入原料の諸率のばらつきは大きい。

(2) 焼成

送入原料は、原料貯蔵槽からの原料と2基のボイラー及び電気集塵器で回収されたダストとが送入室のスクリー式輸送機で合流後、スクリー式供給機で計量の後キルンに送入される。送入量はキルン速度と連動運転しており、その比率設定変更には、上司の許可を必要とする。

燃料の重油は約140℃に加熱、約25kg/cm²に加圧の後、簡単な油圧噴霧式燃焼器でキルンに吹き込んでいる。1次空気量が非常に少なく、油圧も低いため、燃焼火炎の周囲に暗赤黒色のめらめらが多数発生しており、重油霧化燃焼が良くないことを物語っている。

焼成係運転基準が作成されており、その中に正常運転時の管理指標として、クリンカー容重、遊離石炭、窯尻圧力、重油温度、重油圧力、キルン速度などの管理項目を設け、各々管理範囲を設定しているが、達成率は非常に低い。

例えば、クリンカー中の遊離石炭の管理目標1.0%以下に対し、達成率は75%である。

キルン生産記録表に窯排瓦斯分析の記入欄があるが、我々の測定当日の実測では過剰空気比が1.01であった事から判断すれば、過剰空気比が1.00以下の場合も起っていると考えられる。

クリンカーのK S Kの管理目標は0.92 ± 0.02に対し、合格率は65%と非常に低く、これは送入原料諸率の変動が大きい事に起因し、キルンの不安定運転の原因になっている。

キルン運転管理上必要な瓦斯分析計、焼点温度計、キルン電力計もなく、焼成手はバラツキの大きい原料を始めとする悪条件下で、経験と勘を頼りに焼成帯の

目視観察により、キルンを運転しており、従ってキルン速度設定変更範囲、頻度共に大きく、24時間のうち、キルン速度70秒/回で運転できるのは、合計で約8時間程度である。

(3) 仕上

クリンカー、水滓、石膏を使用して、42.5号高炉セメントを生産している。仕上粉砕機は7基あり、その粉砕物、供給方式、粉砕方式等は表Ⅱ-13に示す通り、若干複雑になっている。

水滓は予め水滓乾燥機で水分1.0%以下に乾燥した後仕上粉砕機に供給されている。

クリンカーの温度が200℃以上であるため、粉砕機内でセメントの温度が上がるので、その対策として仕上粉砕機に胴体散水を行っている。

得られた製品はスクリー式空気輸送機でセメント貯蔵槽へ輸送される。

表Ⅱ-13 仕上工程の詳細

粉砕機	被粉砕物	供給方式	粉砕方式	分級機型式
1	クリンカー	<ul style="list-style-type: none"> ・クリンカー、水滓 振動式供給機 ・石膏 	開回路	無
2	水 滓			
3	石 膏			
4				
5	クリンカー	テーブル式供給機	閉回路	スターテバント式分級機
6	水 滓			サイクロン式分級機
7	クリンカー			
	水 滓			

3.3 品質管理

当工場における生産管理上での品質管理は表Ⅱ-14にしたがって実施されている。

表Ⅱ-14 工源工場品質管理表

	物質名称	検査項目	試料採取場所	頻度	管理目標	合格率
受	石灰石	粒 度 MgO 石灰石全分析	原料調合機	各番2回	15mm 篩残15%以下	85%
			工場受入ベルト式輸送機	1時間1回	MgO < 3.2%	65%
			工場受入ベルト式輸送機	各番1回	CaO > 48%	
入	乾燥石灰石	入 口 水 分 出 口 水 分	乾燥機入口	8時間1回	1.0%以下	90%
			乾燥機出口	2時間1回		
入	水 滓	水 分 全 分 析	受入貨車上	1ロット1回	20%以下	
			受入貨車上	1日1回	MgO < 9.0%	
原	炉 灰	水 分 全 分 析	受入貨車上	1ロット1回		
			受入貨車上	半月1回		
原	乾燥水滓 炉 灰	入 口 水 分 出 口 水 分	乾燥機入口	8時間1回	1.0%以下	90%
			乾燥機出口	2時間1回		
料	鉄 粉	水 分 全 分 析	受入貨車上	1ロット1回		
			受入貨車上	半月1回	Fe2O3 > 50%	
料	石 膏	水 分 全 分 析	受入貨車上	1ロット1回		
			受入貨車上	1月1回	SO3 > 35%	
料	熔 渣	水 分 全 分 析	受入貨車上	1ロット1回	粒度15mm以下	
			受入貨車上	1~5日1回		
調 合 ・ 送 入	粉砕機出口 原 料	細 度 lg.loss Fe2O3 全 分 析	粉砕機出口原料	1時間1回	12.0%以下	90%
			試料採取口	1時間1回	± 0.5%	55%
			〔(出、戻) 4時間1回〕	2時間1回	± 0.2%	
			細 2時間1回	4時間1回		
原 料	キルン送入 原 料	細 度 ig.loss	送入原料試料採取口	2時間1回 2時間1回		
燃 料	重 油	水 分 発 熱 量	重油タンク出口	不定期 不定期		
	特質炭	水 分 発 熱 量	受入貨車上 受入貨車上	1ロット1回 不定期	15%以下	
	劣質炭	水 分 発 熱 量	受入貨車上 受入貨車上	1ロット1回 不定期	15%以下	
	微粉炭 (石炭粉砕機)	水 分 細 度 灰 分	乾炭粉砕機試料採取口	入口各番1回 出口各番2回 2時間1回 2時間1回	10~15% QH > 5.500Kcal /kg 発熱量毎週1回	

	物質名称	検査項目	試料採取場所	頻度	管理目標	合格率	
ク リ ン カ ー ・ 窯 灰 煙 道 排 気	窯灰煙道排気	O ₂ , N ₂ , CO, CO ₂ , α	1号窯灰	各番2回			
		O ₂ , N ₂ , CO, CO ₂ , α	2号窯灰	各番2回			
		O ₂ , N ₂ , CO, CO ₂ , α	3号窯灰	各番2回			
ク リ ン カ ー	ク リ ン カ ー	容 重 遊 離 石 炭 全 分 析 物 理 試 験 (岩相分析)	冷却機出口 冷却機出口 冷却機出口 冷却機出口 冷却機出口	各キルン1時間1回 各キルン2時間1回 キルン混合各番1回 キルン混合1日1回	1.350~1.60 kg/ℓ 1.0以下 KSK * 0.920 ± 0.02	87.5 % 75 % 65 % 580 ^H	
混 合 材	頁 岩 (又は石灰石)	水 分 全 分 析	受入貨車上 受入貨車上	1ロット1回 2~5日1回	S03・A1203 ig.loss		
	乾燥水滓	入 口 水 分 出 口 水 分	乾燥機入口 乾燥機出口	各番1回 4時間1回	15%以下 1.0%以下	90%	
挽 入 セ メ ン ト	挽入セメント	細 出 粉 度 粗 粉 度 細 粉	粉碎機出口 分級機出口 分級機出口 分級機出口 分級機出口	4時間1回 4時間1回 1時間1回 12時間1回 2時間1回 1時間1回	7.0%以下 2,800cm ³ /g以上 1.60 ± 0.2 % 35.0 ± 2 %	75 % 65 % 50 %	
		比 表 面 積 S03 混 合 材	分級機出口 分級機出口 分級機出口	12時間1回 2時間1回 1時間1回			
		(水滓還元値) (クリンカー 還元値) (快速強度, 煮沸法) (圧蒸 井) 物理性能試験 (顆粒級配)	粉碎機入口振動供給機 粉碎機入口振動供給機 自動試料採取機	各番1回 各番1回 12時間1回 12時間1回 12時間1回 毎月1回		国家基準	
			貯蔵槽出口混合試料 貯蔵槽出口混合試料 貯蔵槽出口混合試料 バックカー	800±20屯, 1回 800±20屯, 1回 2ヶ月1回(建材院) 各番1回(毎回10袋)		12%以下 Fe28 > 450kg/cm ² Fe28 > 450kg/cm ² 50kg ± 0.5kg	90%
			物理試験 基準強度検定 袋品重量				
出 荷 セ メ ン ト	出荷セメント (袋)	細 度 物 理 試 験 基 準 強 度 検 定 袋 品 重 量	貯蔵槽出口混合試料 貯蔵槽出口混合試料 貯蔵槽出口混合試料 バックカー	800±20屯, 1回 800±20屯, 1回 2ヶ月1回(建材院) 各番1回(毎回10袋)	12%以下 Fe28 > 450kg/cm ² Fe28 > 450kg/cm ² 50kg ± 0.5kg	90%	
	バラトラック	秤 装 容 重 標 装 容 重 重 装 容 重	バラトラック バラ貨車 トラックスケール	毎月1回 毎月1回 毎月1回	トラック重量 ± 150kg 貨車重量 ± 300kg		
	バラ貨車						

3.4 設備保全

(1) 機械設備保全

全工場の保全部門の人員は309人で全従業員に対して14.3%の割合である。
その保全員は各現場に配属されている。

キルンの定期休転は、各キルン共年2回を基本としており、1回の休転期間は16～17日であるが、その他故障による休転がある。

1984年度の休転時間の明細を表Ⅱ-15に故障内容を表Ⅱ-16に示す。

表Ⅱ-15 1984年度キルン休転時間明細

		1号キルン	2号キルン	合計
休転回数 (回)	定期休転	2	2	4
	故障休転	73	64	137
	合計	75	66	141
休転時間 (時間)	定期休転	798	799	1597
	故障休転	669	266	935
	合計	1.467	1.065	2.532
キルン稼働率		83.3	87.8	85.5

表Ⅱ-16 1984年キルン故障内容詳細

		1号キルン	2号キルン	合計
故障回数 (回)	ボイラー故障	25	6	31
	発電機故障	2	2	4
	窯灰送風機故障	2	8	10
	その他の機械故障	26	24	50
	その他の電気故障	18	24	42
	合計	73	64	137
故障時間 (時間)	ボイラー故障	353	50	403
	発電機故障	247	2	249
	窯灰送風機故障	42	185	227
	その他の機械故障	19	7	26
	その他の電気故障	8	22	30
	合計	669	266	935

定期休転時の補修内容とは、キルンのレンガ、粉碎機の裏板、媒体等の副原料の補修、ボイラー水管補修、その他輸送機の点検補修である。

主要副原料原単位は下記の通りである。

- ・キルンレンガ… 1.6kg/t - クリンカー
- ・原粉粉碎機媒体… 0.4kg/t - 原料
- ・原粉粉碎機裏板… 0.04 kg/t - 原料
- ・仕上粉碎機媒体… 0.8kg/t - セメント
- ・仕上粉碎機裏板… 0.06 kg/t - 原料

(2) 電気計装設備保全

保全人員は 207人で、電気・計装の分野に分れて設備保全を行っている。

設備保全用の測定工具としては、電気関係の主要工具である、絶縁抵抗計、耐圧試験器、接地抵抗計振動計、回転計、検電器、及び油耐圧試験器等は保有しているが、保護継電器試験装置等の重要工具がない。計装関係では、工場の計装設備があまりない為か測定工具類は少ない。携帯用電位差計、ホイートストンブリッジ、ダイヤル可変抵抗器、標準抵抗器及び光高温計等を保有している。電気計装関係の故障日数及び故障時間については表Ⅱ-16の1984年キルン故障内容詳細に示す通りである。

3.5 教育訓練

従業員の教育訓練は教育課が担当しており、組織としては、従業員の子弟の教育を行う子弟学校がある。

導入教育としては安全教育、技術教育が行われている。

一般教育としては、初等中学教育、技術教育、テレビ大学と短期の特別教育がある。

管理者教育としては、短期の現代化管理、技術教育が行われており、国、省主催の教育への参加という形で行っている。

3.6 安全衛生、環境管理

安全管理課が工場の安全衛生管理、環境管理を担当しており、安全管理としては、新入生の導入教育と各職能別の特殊教育を行うと共に、安全会議が週1回、設備の安全巡視を工場全体として3ヶ月に1回、又各職場で1ヶ月に1回行っている。

衛生管理としては年1回従業員の身体検査を行うと共に職場環境改善のため集塵器の設置をすすめている。

環境管理としては、工場から発生する煤煙、粉塵が問題となっており、本浜市政府より年1～3回の立入検査があり、現在15%が不合格で罰金を課せられている。特に問題な所は、キルンと原料乾燥機からの煤塵である。

4 測定結果, 分析結果

4.1 キルンの操業状況 (1号キルン)

現地実測時の1号キルンの操業状況は表II-17のとおりである。

表II-17 1号キルン操業状況

項目	単位	測定値
測定年月日		1985.3.17
天候・気温	-, °C	晴, 6
気圧, 湿度	mmB, %	1026, 53
毎時平均生産量	t/h	25.04
原料水分, 温度	%, °C	0.1, 50
理論原料原単位	t/tcl	1.420
ダスト原単位	kg/kgcl	0.296
ダスト回収温度	°C	270
クリンカー温度 (キルン出口)	°C	1280
クリンカー温度 (冷却機出口)	°C	495
燃料の種類	-	重油
燃料の発熱量 (低位)	Kcal/kgoil	10,000
燃料の使用量	kg/kgcl	0.1404
熱消費量 (低位)	Kcal/kgcl	1404
1次空気量	Nm ³ /kgcl	0.021
1次空気温度	°C	8
2次空気量	Nm ³ /kgcl	1.635
2次空気温度	°C	135
窯尻排ガス量	Nm ³ /kgcl	1.975
窯尻排ガス温度	°C	970
窯尻排ガス空気比	-	1.01
過熱器入口ガス量	Nm ³ /kgcl	2.141
過熱器入口ガス温度	°C	873
過熱器入口ガス空気比	-	1.11

項 目	単 位	測 定 値
ボイラー出口ガス量	Nm ³ /kgcl	3.449
ボイラー出口ガス温度	℃	230
ボイラー出口ガス空気比	-	1.90
電気集塵器入口ガス量	Nm ³ /kgcl	3.896
電気集塵器入口ガス温度	℃	291
電気集塵器入口空気比	-	2.17

4.2 測定結果

(1) 多筒式クリンカー冷却機

キルンの速度変動が激しく、安定時の測定は困難であったが、ほぼキルンの運転が安定したと見られる16時の測定値を採用する。

1) 胴体表面温度

冷却機胴体表面温度は、II-18のとおりである。

表II-18 冷却機胴体表面温度

位 置	0m	1m	2m	3m	4m	5m	5.5m
最高温度 ℃	390	>500	490	>500	440	330	270
最低温度 ℃	330	460	420	450	380	290	200
代表温度 ℃	360	490	470	490	410	310	240

2) クリンカー温度

冷却機入口クリンカー温度平均値 1280℃

冷却機出口クリンカー温度平均値 495℃

3) 冷却機熱勘定

クリンカー持込顕熱 317.5Kcal/kgcl

クリンカー持去顕熱 104.0Kcal/kgcl

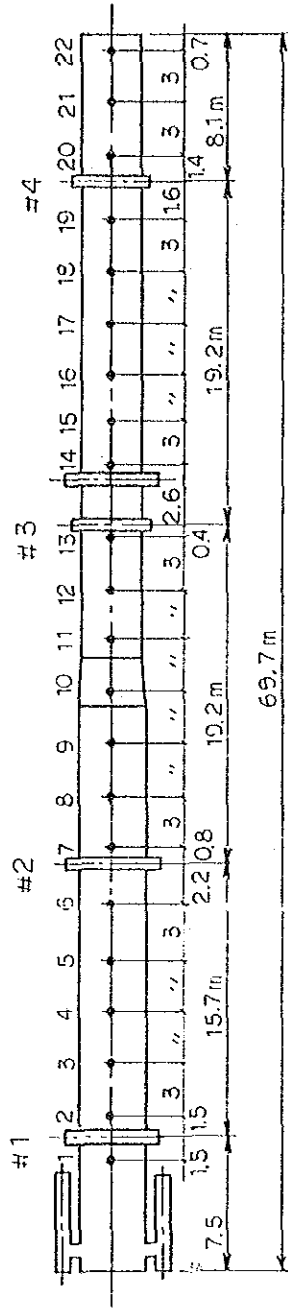
胴体放散熱 155.0Kcal/kgcl

2次空気回収熱 58.5Kcal/kgcl

回 収 効 率 18.4%

(2) キルン胴体表面温度及び放熱量

1) 測定位置図



2) 胴体表面温度

表II-19

測定温度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
第1回 最高温度 °C	260	280	210	220	215	215	195	235	260	230	260	255	245	180	165	165	155	160	155	120	100	100
最低温度 °C	235	230	175	185	195	195	180	225	240	200	240	225	240	155	140	120	135	120	115	110	90	85
平均温度 °C	240	250	190	200	200	205	190	230	250	220	255	240	240	160	145	140	140	135	130	115	95	90
第2回 最高温度 °C	235	250	180	210	170	200	165	240	250	230	245	255	250	175	160	165	160	145	145	130	120	115
最低温度 °C	225	230	165	190	160	175	160	230	235	220	240	250	240	150	135	135	130	125	125	110	95	85
平均温度 °C	230	240	170	200	165	185	165	235	240	225	245	250	245	160	140	140	140	135	135	120	105	100

3) 胴体放熱量

$$2.592 \times 10^3 \text{ Kcal/h}$$

$$103.5 \text{ Kcal/kgc}$$

(3) 計算基礎数値

a) 受入原料化学特性

本格調査時入手資料1985年3月付「工源セメント工場現状概要資料」より、1984年度の数値を表Ⅱ-20の通り採用した。

表Ⅱ-20 受入原料化学特性 [単位 %]

	湿分	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
石灰石	0.8	42.73	2.44	0.59	0.39	49.91	3.36
水 滓	17.1	0	36.87	10.31	0.63	43.02	6.65
炉 灰	15.7	17.43	43.30	20.84	11.34	3.75	1.60
鉄 粉	11.5	4.74	16.40	4.51	65.12	3.41	1.82

現地調査の結果、水滓と炉灰は起重機バケットの調合により混合比約86:14で使用し、これを調合粘土源としている。使用調合原料は乾基準でⅡ-21の通りになる。

表Ⅱ-21 使用調合原料化学特性 [単位 %]

	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
石灰石	42.73	2.44	0.59	0.39	49.91	3.36
調合粘土源	2.44	37.78	11.78	2.13	37.52	5.94
鉄 粉	4.74	16.40	4.51	65.12	3.41	1.82

b) クリンカー化学特性

キルン操業状況測定時のクリンカーの化学特性は表Ⅱ-22の通りである。

表Ⅱ-22 クリンカー化学特性 [単位 %]

	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	計
クリンカー	0.57	19.79	5.55	4.79	62.45	6.30	98.88

HM= 2.06 , SM= 1.91 , IM= 1.16

e) 重油特性値

表Ⅱ-23 重油特性値

銘柄	C %	H %	O %	S %	低発熱量 Kcal/kg	比重 於 129℃
大慶渣油	86.0	12.0	2.0	0.3	10,000	0.86

d) 炉灰特性値

表Ⅱ-24 炉灰特性値

銘柄	水分 %	ig. loss %	発熱量 Kcal/kg
炉灰	0.56	28.50	1955

e) 瓦斯分析値

表Ⅱ-25 排瓦斯分析値

測定項目 位置	CO2 %	O2 %	CO %	N2 %	過剰空気比
窯尻	27.4	0.6	0.8	71.2	1.01
ボイラー入口	22.0	2.2	0.6	75.2	1.11
ボイラー出口	14.8	9.6	0.2	75.4	1.90
電気集塵器入口	13.2	11.0	0.4	75.4	2.17

f) キルンダスト発生量

1984年12月10日付「工源セメント工場概要資料」より、1984年度の各原料のig. loss は下記の通りであり、

調合原料	29.29%
ダスト	6.11%
送入原料	25.29%

上記数値及び理論原料単位 1.420kg/kgclより、ダスト発生原単位は 0.296 kg/kgclと見込まれる。

(4) キルン熱勘定表

キルンの速度変更が頻繁に行われ、熱条件が激しく変動しているため、正確な測定が困難であったが、前述の諸数値を用いて計算・検討の結果、キルンの熱勘定は表Ⅱ-26の通りと見做される。尚、飛散ダストの顕熱は無視した。

表Ⅱ-26 1号キルンの熱勘定表

項 目		10 Kcal/t クリンカー
入 熱	燃料の燃焼熱	1404
	燃料の顕熱	6.9
	炉灰の燃焼熱	120.4
	原料の顕熱	8.5
	合 計	1539.8
出 熱	クリンカー焼成用熱	274.3
	クリンカーの持去る顕熱	104.0
	原料中の水分蒸発熱	0.8
	キルン排ガスの持去る顕熱	723.2
	ダストの入出顕熱差	55.0
	冷却機放散熱	155.0
	キルン放散熱	103.5
	未燃焼損失熱	42.9
	その他の損失熱	81.1
合 計	1539.8	

4.3 試料分析結果

試料は事前調査時（1984年12月4日～12月15日）、本格調査時（1985年3月14日～3月20日）の2回に分けて入手し、それぞれについて化学分析、物理試験等を実施した。これらの試験は全て日本標準規格（JIS）に準じており、報告値もJISを基準とした。化学分析はJISR5202、物理試験はJISR5201に準じている。

(1) 入荷原料の化学成分

表Ⅱ-27 入荷原料の化学成分

試料名	採取月日	到着時水分 (%)	化 学 成 分 (%)												
			ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	total	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	Cl ⁻
石灰石 (現) ¹⁾	1984.12	0.1	42.6	2.8	0.7	0.4	48.4	3.0	0.0	97.9	0.03	0.22	0.05	0.01	0.022
石灰石 (新) ²⁾	1985. 3	0.1	42.9	1.7	0.4	0.2	52.7	0.9	0.1	98.9	0.02	0.21	0.04	-	0.030
水 ³⁾	1984.12	0.1	0.0	38.2	10.4	0.3	43.4	6.2	0.0	98.5	0.28	0.80	0.43	0.33	0.003
炉灰 ⁴⁾	1985. 3	0.6	28.5	-	-	-	-	-	-	-	0.29	0.72	-	-	0.006
鉄粉	1984.12	1.1	6.4	17.8	4.8	61.5	3.0	1.5	4.2	99.2	0.28	0.56	0.13	0.12	0.031

注1) 現在採掘中の石灰石, ハードグロープ指数 (H.G.I.) = 66.4

注2) 按奈庁新鉱山の石灰石

注3) 水俣, ハードグロープ指数 (H.G.I.) = 43.0, 硫化物硫黄 8,216 ppm

注4) 炉灰, 発熱量 1,955kcal/kg (日本到着ベース)

(2) 調査原料, クリンカー, 高炉セメントの化学分析結果

表Ⅱ-28 に示す通りである。

表II-2-8 調合原料、クリンカー、セメント等の化学成分、諸率

試料名	採取月日	化学成分 (%)													諸率 (-)				鉱物組成 (%)				
		ig.loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	S ₂ O ₃ total	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	Cl	F-CaO	HM	SH	IM	C3S	C2S	C3A	C4AF	
送原料-1	1984年12月	28.6	-	14.1	5.5	3.3	44.0	3.4	0.3	99.2	0.08	0.48	0.23	0.08	0.023	-	1.91	1.60	1.67	-	-	-	-
クリンカー-1	1984年12月	0.3	0.0	20.1	5.9	4.7	61.8	3.0	0.4	99.2	0.11	0.46	0.23	0.16	-	0.4	2.01	1.91	1.26	51.4	19.0	7.7	14.2
高炉セメント-1	1984年12月	0.6	0.5	26.0	7.3	3.3	53.7	5.9	1.7	99.0	0.13	0.50	0.26	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
送原料 2-1		24.9	-	13.9	4.3	3.1	47.5	4.2	1.2	99.1	-	-	0.18	-	-	-	2.19	1.88	1.39	-	-	-	-
送原料 2-2	1985年 3月18日	26.2	-	13.5	4.2	3.2	46.1	3.9	1.5	98.6	-	-	0.21	-	-	-	2.16	1.82	1.31	-	-	-	-
送原料 2-3	(瞬間サンプル)	25.0	-	14.3	4.2	3.4	46.5	4.0	1.4	98.8	-	-	0.27	-	-	-	2.08	1.88	1.24	-	-	-	-
送原料 2-4		25.7	-	13.8	4.1	3.2	46.4	3.9	1.4	98.5	-	-	0.22	-	-	-	2.15	1.89	1.28	-	-	-	-
クリンカー-2	1985年 2月1日 ~ 2月15日	0.2	0.1	19.9	5.9	4.6	61.8	3.0	0.5	99.0	0.10	0.42	0.28	-	0.002	0.6	2.02	1.90	1.29	52.4	17.6	7.9	14.0
高炉セメント-2	1985年 2月1日 ~ 2月15日	2.0	0.4	24.0	6.8	3.2	54.5	3.3	1.7	98.9	0.10	0.45	0.38	0.24	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-

注1) クリンカー-1及びクリンカー-2に含有する硫化物硫黄 134 ppm, 38 ppm

注2) 高炉セメント-1及び高炉セメント-2に含有する硫化物硫黄 2,746 ppm, 2,976 ppm

表II-2-9 クリンカー、高炉セメントの物理試験結果

試料名	採取月日	比重 (-)	比表面積 (cm ² /g)	88μm篩 (%)	44μm篩 (%)	凝結		流動性 (mm)	脱型		圧縮強さ (kgf/cm ²)			安定性 (JIS)		備考			
						水盤 (%)	発終 (時-分)		異常凝結 (mm)	重量 (g)	曲げ強さ (3日)	7日	28日	3日	7日		28日		
クリンカー-1	上表参照	3.23	3,190	3.4	22.4	25.0	2-49	4-01	31	24	238	547	26	49	88	122	233	383	良
高炉セメント-1		3.11	2,850	6.9	22.2	24.8	3-34	4-45	5	11	228	544	17	29	51	58	113	246	良
クリンカー-2	上表参照	3.10	3,240	2.6	18.5	24.8	2-35	3-42	32	24	240	549	33	52	69	147	245	393	良
高炉セメント-2		3.08	2,820	6.4	28.9	25.5	3-17	4-24	15	21	228	545	19	30	51	78	138	234	良

(3) クリンカー、高炉セメントの物理試験結果

表Ⅱ-29にクリンカー、セメントの物理試験結果を示す。クリンカーは日本で試験用粉碎機（380φ×471mm）にて比表面積 $3,200 \pm 50 \text{cm}^2/\text{g}$ 、SO₃ 2.0%（排脱石膏使用）の条件で微粉碎した。これらのセメントをJIS R 5201に準じて物理試験を行った。表Ⅱ-29からは高炉セメントの異常凝結を生じていることがわかるが、これは開回路粉碎ならびにクリンカーの温度が200℃以上あるために粉碎時、温度が高くなり、石膏の脱水が進み過ぎたことによるものと考えられる。

つぎにクリンカーの物性試験（粒度分布、粉碎性試験）結果を表Ⅱ-30に示す。クリンカーの平均粒径が5~10mmの範囲にあり、塊の多いクリンカーである。なお、クリンカーの容重が1.46 kg/lであるが、これはクリンカー中の鉱物組成C₃Aが少なく、C₄AFが多いため、焼き易い原料配合になっていることによるものと思う。

高炉セメントの粒度分布は表Ⅱ-31に示す通りであった。尚、比較のために日本の高炉セメント品（閉回路粉碎品）のそれも併記した。表Ⅱ-31をRosin-Rammer線図に点綴すると図Ⅱ-9が得られる。これらの図表からは、当工場品の様な開回路粉碎系（6, 7号粉碎機は閉回路だが）のセメントは粒度分布が幅広いことに特徴がある（R-Rのn値が小さい）。一方、比較用に示した閉回路系のセメントは100μm以上の粒子が少なく、20~40μm付近の粒子が多い、すなわち、R-Rのn値が大きい。このことを解り易く説明したのが図Ⅱ-10である。この図は頻度分布曲線であり、ある粒径範囲の占める割合を示している。この図からわかるように比較品の粒度分布は20~30μmに集中しているが、一方、工源品のそれは幅広く分布している。

(4) 入荷原料、クリンカー、高炉セメントのX線回折結果

石灰石、水滓、鉄粉、クリンカー、高炉セメントのX線回折結果をそれぞれ図Ⅱ-11~15に示す。

これらの結果、同定された鉱物名を一覧表にして表Ⅱ-32にまとめた。

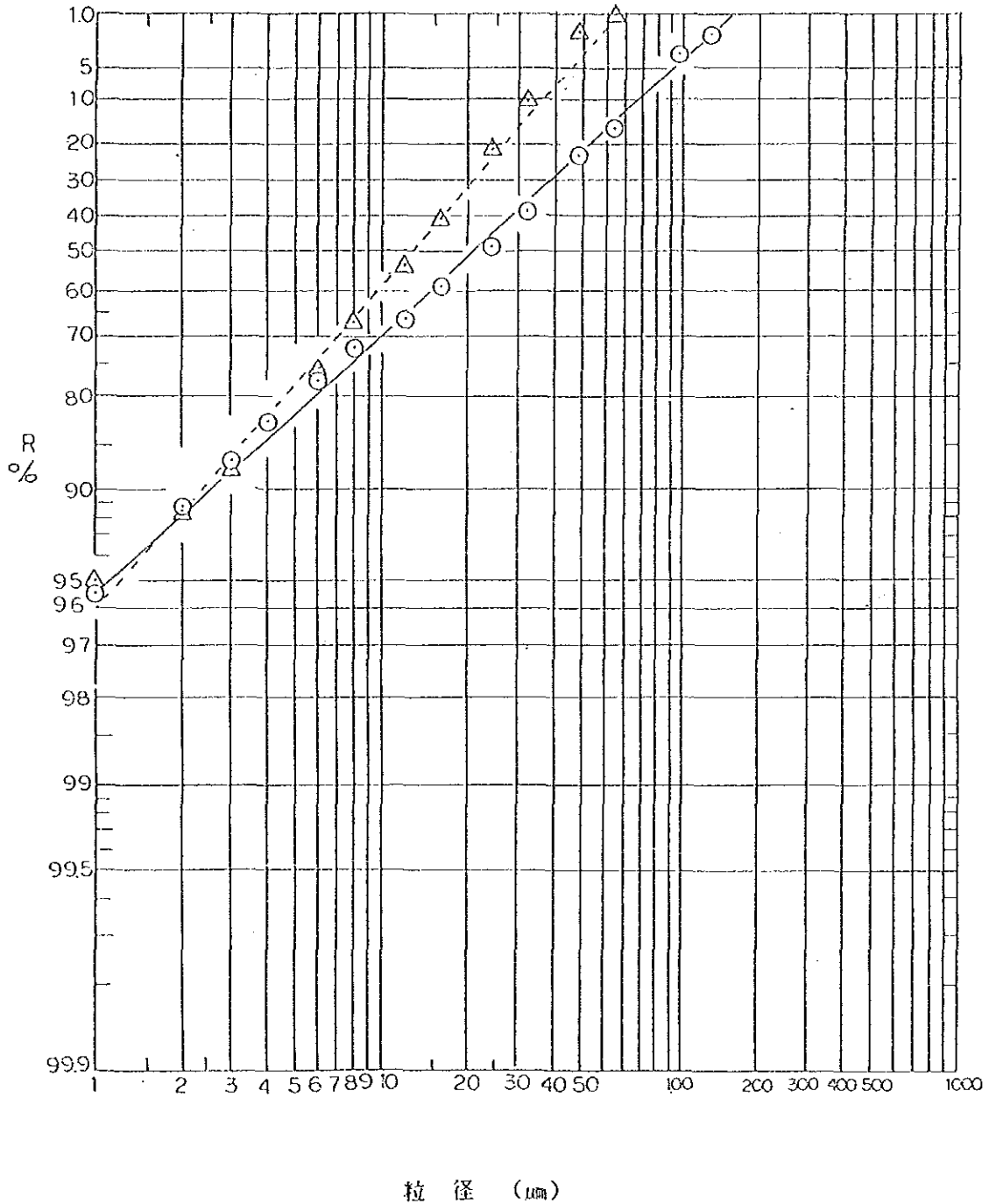
表II-30 クリンカーの物性試験

試料名	採取月日	粒度分布 (篩上残分)							ハードグロープ 指数 (-)	容重 (kg/ℓ)
		40mm	20mm	10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	< 1.2mm		
クリンカー-1	1984年12月	4.9	22.2	48.1	77.4	94.7	99.6	0.4	42.6	1.46

表II-31 高炉セメントの物性試験

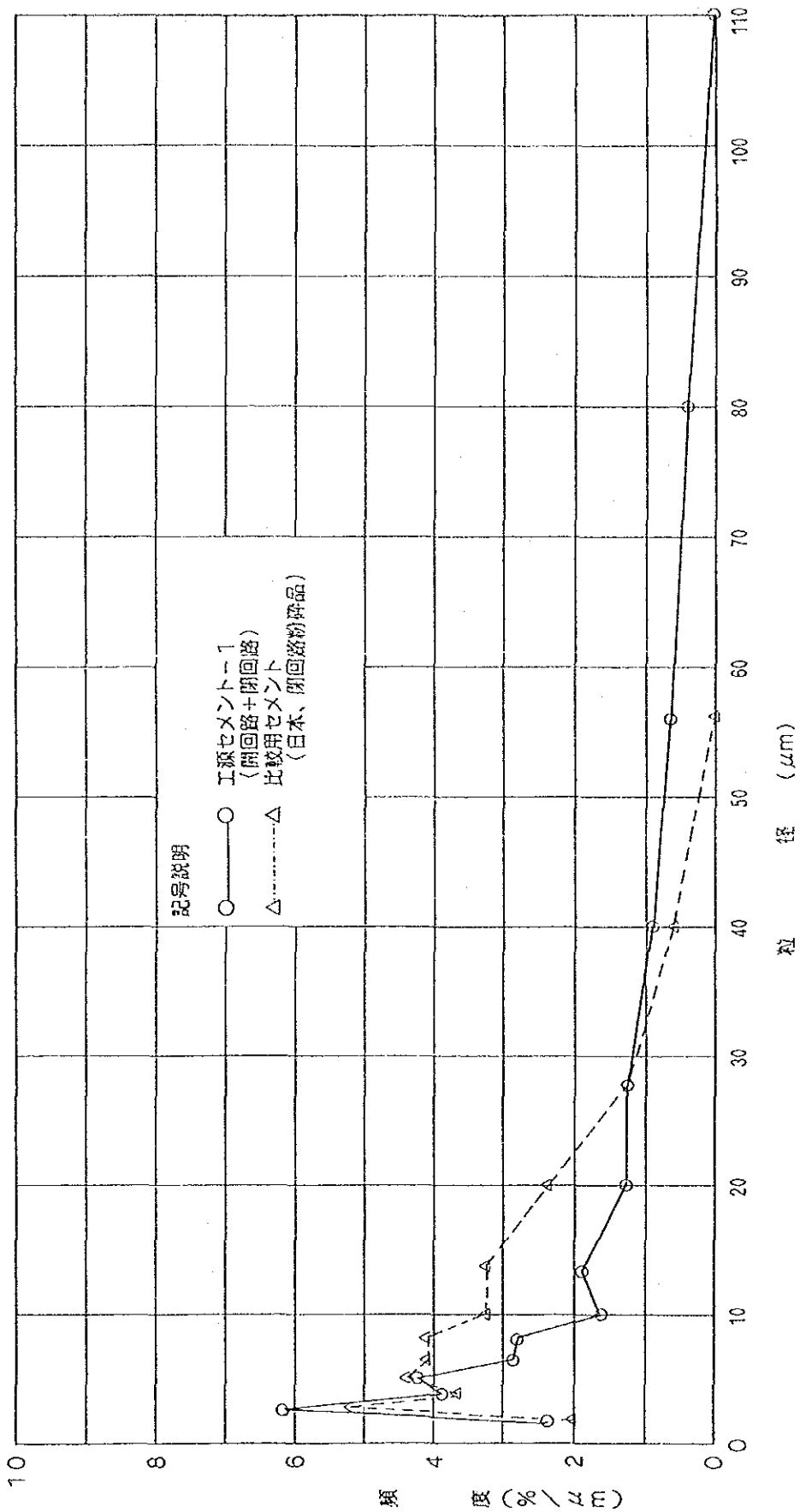
試料名	採取月日	粒度分布 (累積残分, %)													R-R 分布 のn	R-R 分布 のb	備考		
		177μm	128μm	96μm	64μm	48μm	32μm	24μm	16μm	12μm	8μm	6μm	4μm	3μm				2μm	1μm
高炉セメント-1	1984年12月	0.5	1.9	3.3	15.2	23.1	37.8	48.2	58.6	66.0	72.3	77.6	83.2	87.4	91.2	95.5	0.920	0.046	開回路+閉回路
日本製	-	0.0	0.0	0.1	1.0	1.8	10.0	20.6	40.3	53.7	66.8	75.2	83.5	88.1	91.4	95.0	1.151	0.041	閉回路粉砕品

記号説明	n	b
○ — ○ 工源セメント	0.920	0.046
△ -- △ 比較用 (日本品)	1.151	0.041



図II-9 セメントの粒度分布 (Rosin-Rammler 線図)

図 II-10 セメントの粒径別の頻度曲線



図II-11

X線回折結果

試料名 : 工源セメント工場 石灰石
 製造および採取年月日 : 昭和59年12月14日

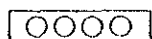
確認鉱物



炭酸カルシウム

Calcite

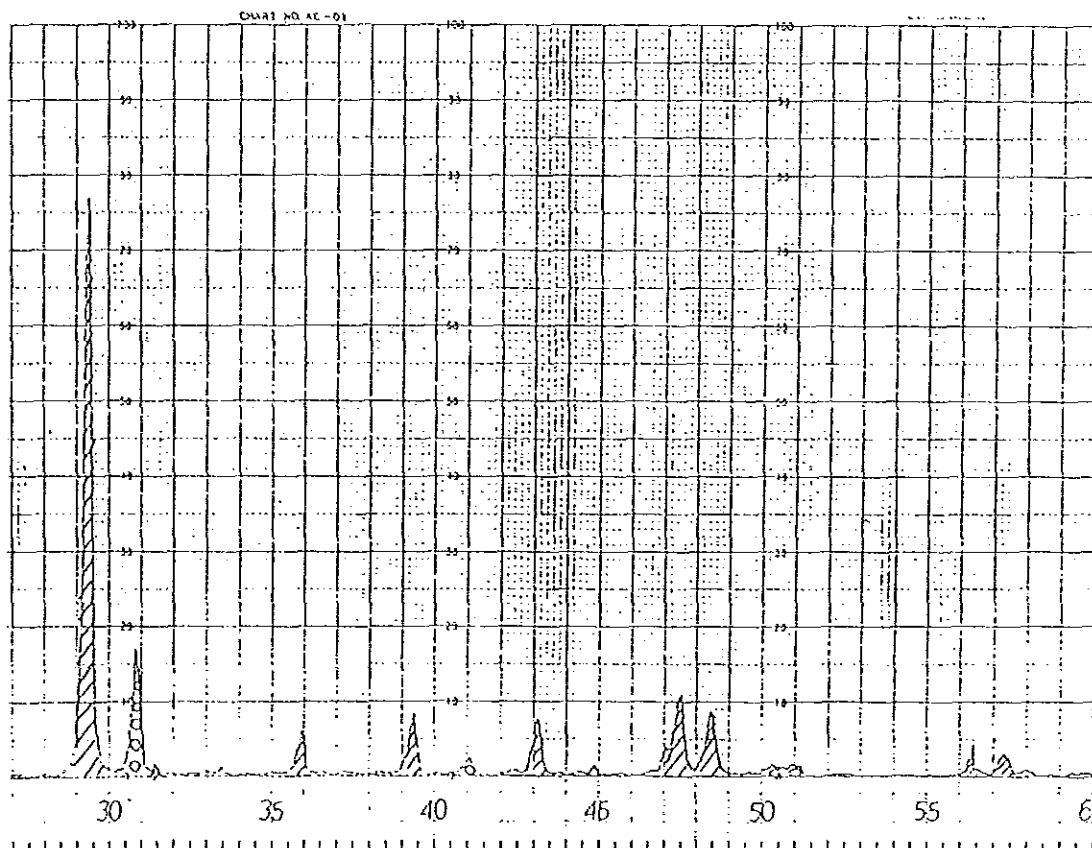
CaCO₃



ドロマイト

Dolomite

CaCO₃ · MgCO₃

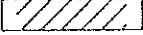




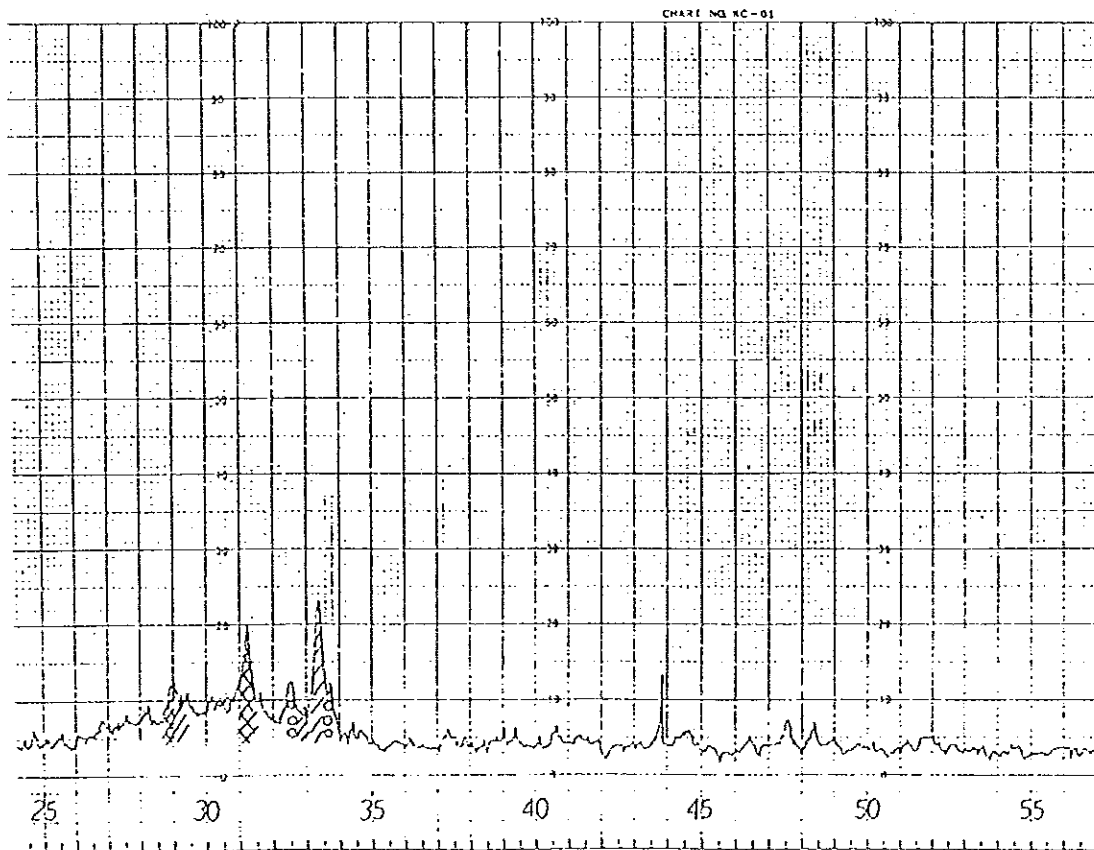
図II-12

X線回折結果

試料名 : 工源メント工場 水淬
 製造および採取年月日 : 昭和59年12月14日

確認鉱物

	Melilite (Akermanite)	$2CaO \cdot MgO \cdot SiO_2$
	Melilite (Gehlenite)	$2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$
	Merwinite	$3CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$

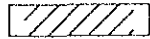
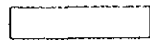
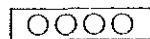



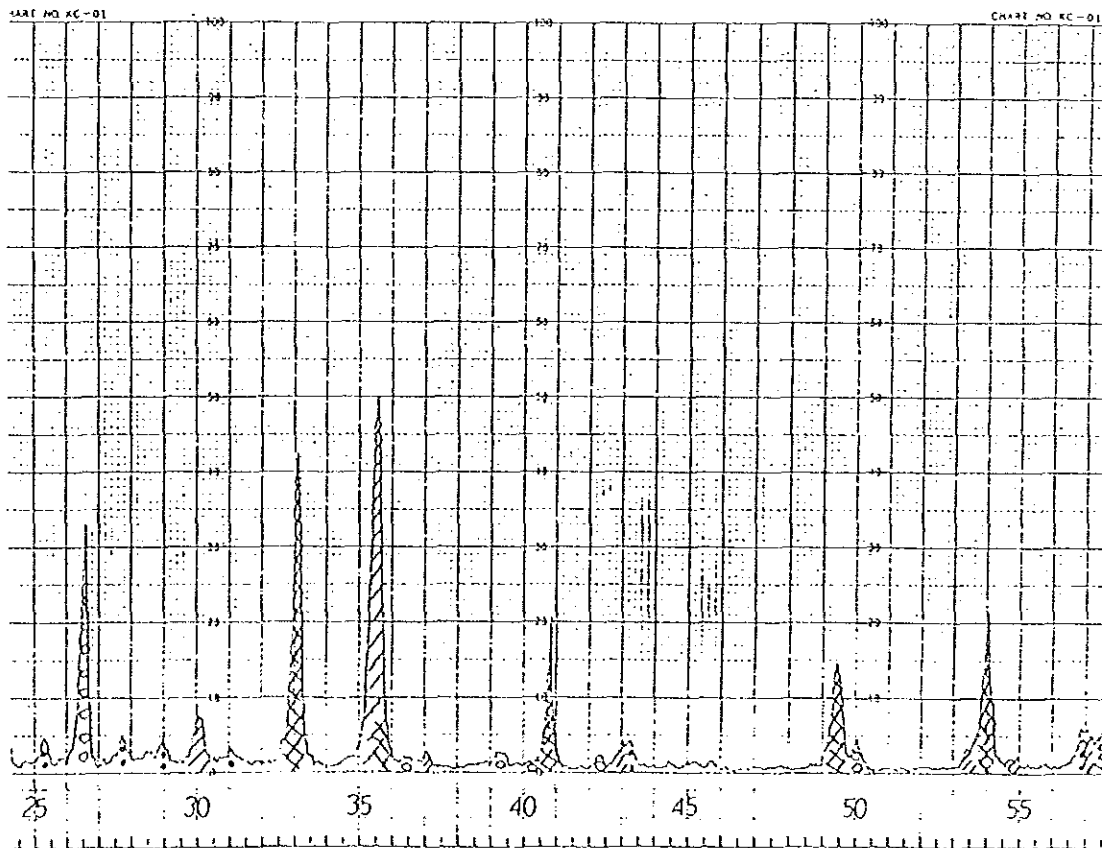
図II-13

X線回折結果

試料名 : 工源メント工場 鉄粉
 製造および採取年月日 : 昭和59年12月14日

確認鉱物

		Magnetite	Fe ₃ O ₄
		Hematite	α-Fe ₂ O ₃
	石英	Quartz	α-SiO ₂
	長石	Feldspar	R ₂ O · Al ₂ O ₃ · 6SiO ₂



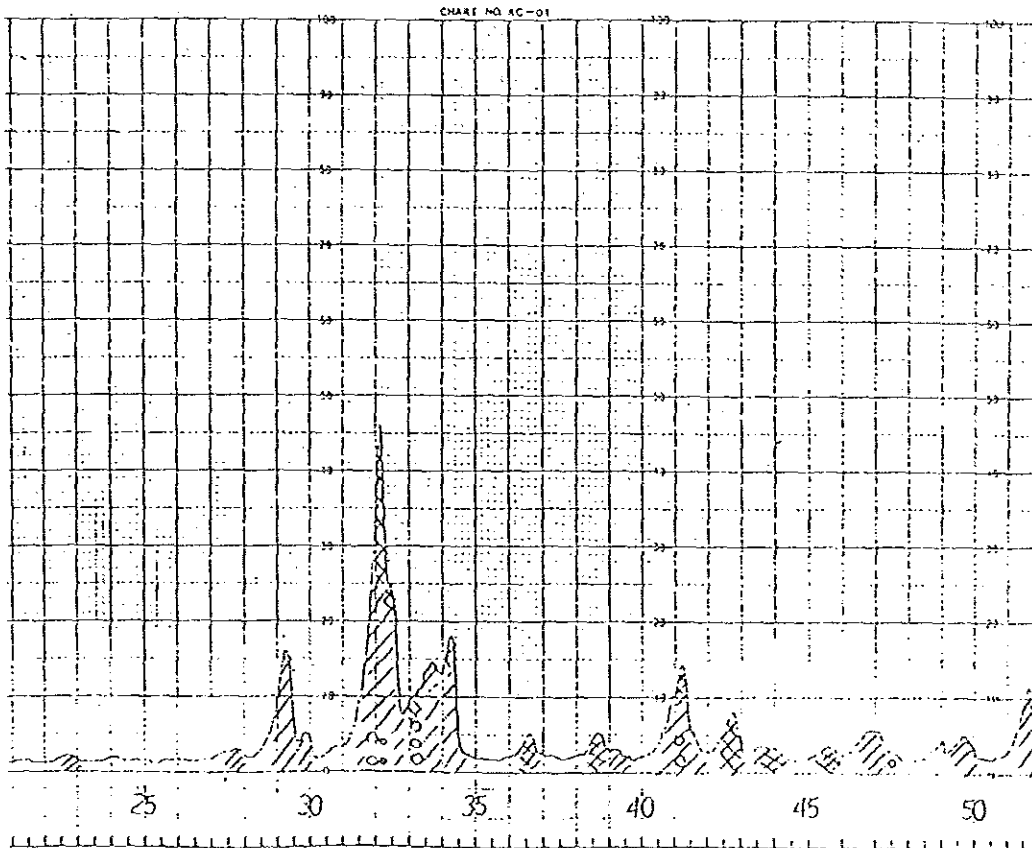
図II-14

X線回折結果

試料名 : 工源セメント工場 クリンカー
 製造および採取年月日 : 昭和59年12月14日

確認鉱物

	セメント鉱物	Alite	$3CaO \cdot SiO_2$
	セメント鉱物	Belite	$2CaO \cdot SiO_2$
	セメント鉱物		$3CaO \cdot Al_2O_3$
	セメント鉱物	Celite	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$
	石膏	Gypsum	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$





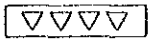



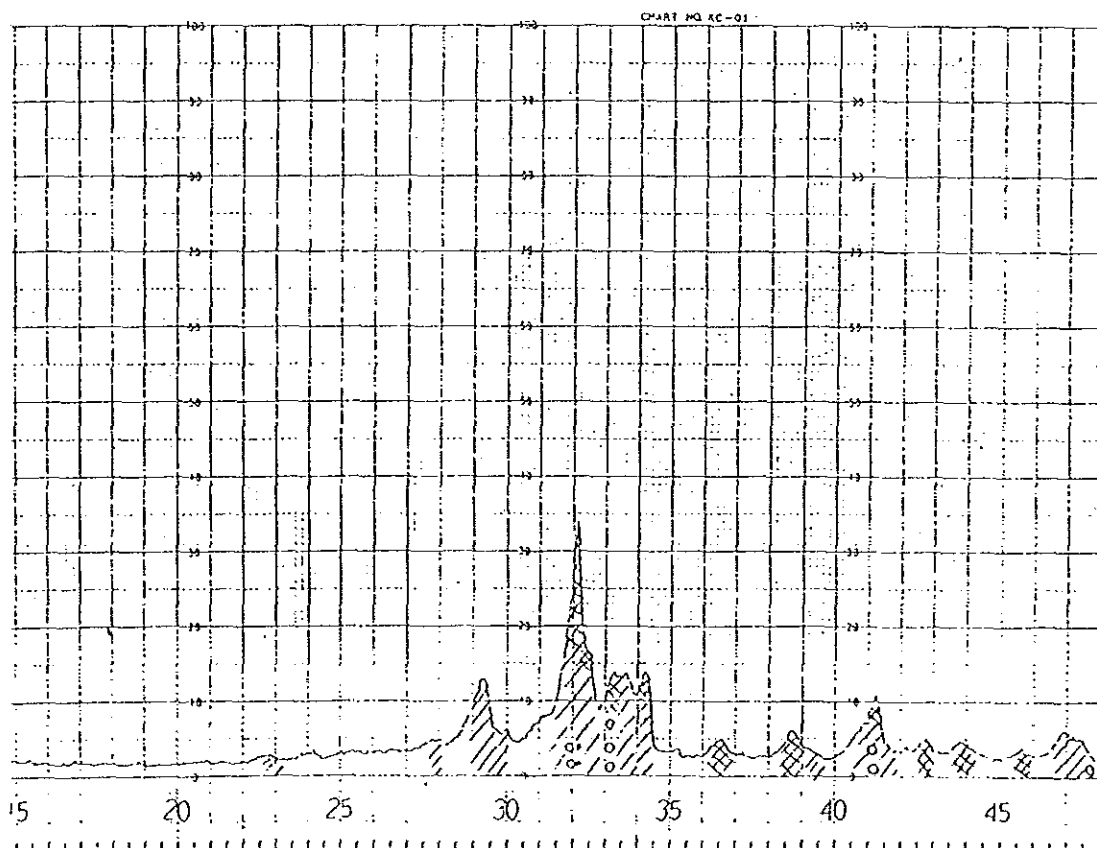
図II-15

×線回折結果

試料名 : 工源セメント工場 高炉セメント
 製造および採取年月日 : 昭和59年12月14日

確認鉱物

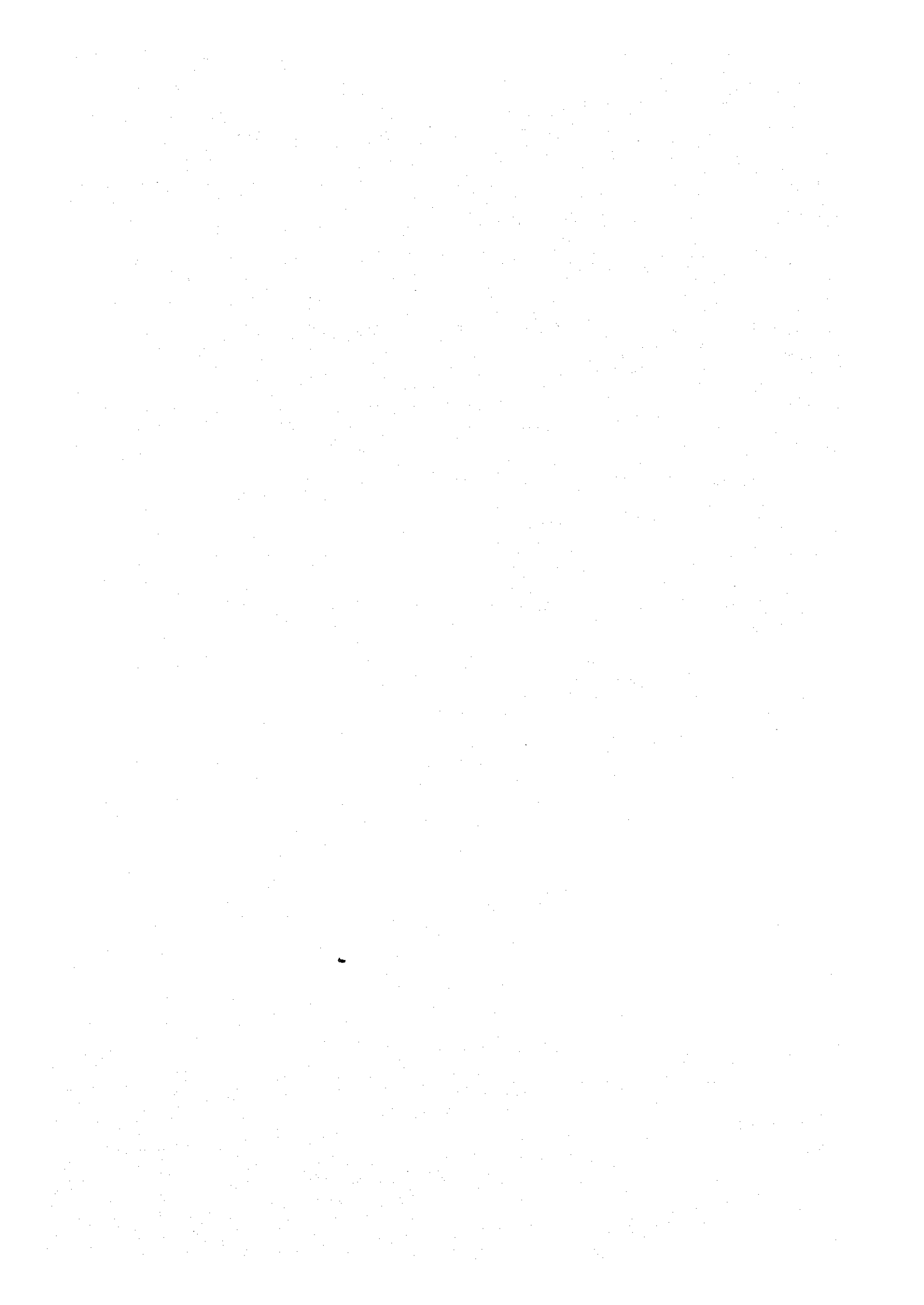
	セメント鉱物	Alite	$3CaO \cdot SiO_2$
	セメント鉱物	Belite	$2CaO \cdot SiO_2$
	セメント鉱物		$3CaO \cdot Al_2O_3$
	セメント鉱物	Celite	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$
	石膏	Gypsum	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
	石膏		$CaSO_4 \cdot 1/2 H_2O$



表Ⅱ-32 原料, クリンカー, セメントのX線回折同定結果

試料名	同定鉱物名及び分子式
石灰石	カルサイト (CaCO_3), ドロマイト ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)
水 滓	オケルマナイト ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) ゲーレンナイト ($2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$), メルウィナイト ($3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$)
鉄 粉	マグネタイト (Fe_3O_4), ヘマタイト ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), 石英 ($\alpha\text{-SiO}_2$), 長石 ($\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)
ク リ ン カ ー	セメント鉱物 (C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF), 2水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
高炉セメント	セメント鉱物 (C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF), 2水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 半水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$)

第三章 現状分析と問題点



第三章 現状分析と問題点

1 生産工程及び設備

1.1 原料受入設備

工 程	現 状 分 析	問 題 点
原料受入	<ul style="list-style-type: none"> 石灰石は隣接の鉱山よりベルト式輸送機で貯蔵庫へ投入している。 他の原料は貨車により受入、移動式バケット輸送機で貯蔵庫へ投入している。 	<ul style="list-style-type: none"> 原料受入方法については問題ないが、貯蔵庫へ投入する時、投入口高さが高いため、発塵の原因となっている。
原料貯蔵容量	石灰石容量… 9.1日分 水 滓 容 量… 11 日分 炉 灰 容 量… 70 日分 鉄 粉 容 量… 20.9日分	<ul style="list-style-type: none"> 各原料の貯蔵容量の相対比較で炉灰、鉄粉容量が非常に大きい。 各原料共、全般的に容量が多い様に思える。多い程、原料の供給体制は安全であるが、その反面、未使用の原料が長期間放置され、変質する恐れがある。
貯蔵槽位置	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵庫内部の水滓置場の中に調合粘土（水滓+炉灰）貯蔵槽と石灰石貯蔵槽が位置している。 	<ul style="list-style-type: none"> クレーンバケットで貯蔵槽へ原料を投入する時、飛散、こぼれにより異種原料が混入する。
貯蔵庫仲仕切	<ul style="list-style-type: none"> 仲仕切りが低く、一部壊れたものもある。 	<ul style="list-style-type: none"> 異種の原料が混入し、調合精度を悪化させる。

1.2 原料設備

工 程	現 状 分 析	問 題 点
調合粘土の計量	<ul style="list-style-type: none"> ・調合粘土は水淬と炉灰の混合物であるが、混合は貯蔵庫クレーンのバケットの掴み量によって配合を行っている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・クレーンバケットの掴み量による配合は非常に不正確で、調合原料諸率の変動が大きくなり、安定した品質が維持できない。
調合粘土乾燥機 水淬乾燥機	<ul style="list-style-type: none"> ・調合粘土及び水淬乾燥機原料入口、出口部の空気漏入防止装置がない。 ・原料乾燥機排ガスによる発塵が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥機の原料入口、出口部に空気洩入防止装置が無いので、漏入空気量が非常に大きく、乾燥機効率が低く、燃料、電力を無駄に使用している。 ・乾燥機排ガス処理設備として、マルチサイクロンが設置されているが、閉塞のため使用していないので発塵量が莫大多く、環境汚染の原因となっている。
調合原料の計量	<ul style="list-style-type: none"> ・調合原料としては石灰石、調合粘土、鉄粉を使用しているが、計量・供給はベルト式供給機によって行なっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ベルト式供給機は計量精度が低く、セメント原料の諸率の管理が難しい。 又、使用量の数値的な把握もできない。
原料粉砕機への原料供給	<ul style="list-style-type: none"> ・原料粉砕機の原料供給は、振動式供給機によって行なっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・振動式供給機は、定量性、計量性がよくないので、製品粉末度の変動が大きく、粉砕機ごとの能力把握が難しい。
粉砕機排ガス用 濾布式集塵器	<ul style="list-style-type: none"> ・集塵器は単室である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・濾布の付着ダストの払い落とし時に発塵する。

工 程	現 状 分 析	問 題 点
	<ul style="list-style-type: none"> 原料貯蔵槽 6 基に目標の諸率になった調合原料を投入しているが、諸率の高いものを投入した場合は、次の貯蔵槽に諸率の低い調合原料を投入し、貯蔵槽抜き出し時合送してキルンに送入している。 	<ul style="list-style-type: none"> 乾式製造法においては、諸率の異なる原料は合送してもよく混合されない。混合貯蔵槽の設置が望ましい。

1.3 焼成設備

工 程	現 状 分 析	問 題 点
送原料の計量	<ul style="list-style-type: none"> 送原料はスクリー式供給機で計量している。 	<ul style="list-style-type: none"> スクリー式供給機は計量精度が低い。
ダストの回収及び送込	<ul style="list-style-type: none"> キルン2基のボイラー、電気集塵器で回収したダストを合流し、バケット式輸送機で送込室へ送り、原料送込スクリー式供給機に入れている。 	<ul style="list-style-type: none"> 同一原料を焼成しても、キルンの操業条件により、ダストの発生量、化学成分が異なるので、2基のキルンで発生しダストを合流して原料と混合送込した場合、キルン内の原料成分に変動をきたす。
多筒式クリンカー冷却機	<ul style="list-style-type: none"> 冷却機入口、出口クリンカー温度は、各々1280℃、495℃であり、胴体放散熱も大きく約150Kcal/Kge1である。 	<ul style="list-style-type: none"> この旧式の多筒式冷却機はクリンカー顕熱を胴体の放散熱として、逃して冷却しており、2次空気との熱交換が悪く従って、キルンの熱消費を悪化させている。
燃焼器	<ul style="list-style-type: none"> 油圧式噴霧燃焼器であるが、燃焼火炎の周囲に多数の暗赤黒色のめらめらが発生している。 	<ul style="list-style-type: none"> 油圧が低いため霧化が悪く、更に1次空気送風機風圧も低い。また、1次空気送風機を使用していないキルンもあった。
クリンカーの計量	<ul style="list-style-type: none"> 計量機がない。 	<ul style="list-style-type: none"> 計量管理上、運転管理上重要かつ、必要な設備である。

1.4 仕上設備

工 程	現 状 分 析	問 題 点
クリンカー、石膏、水淬の計量	<ul style="list-style-type: none"> ・クリンカー、水淬は振動式供給機で、石膏はテーブル式供給機で計量、供給している。 ・1～4号粉碎機の粉碎物はクリンカー、石膏、水淬 ・5、7号粉碎機はクリンカー、水淬 ・6号粉碎機は水淬を夫々粉碎している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・供給機の計量精度は非常に低く、石膏、水淬の混入率の変動及びセメント粉末度の変動が大きく、安定した品質のセメントが生産できない。また、セメント生産量の数値的な正確な把握が難しい。 ・各粉碎機の粉碎物が違うので、ある粉碎機の休止の場合、夫々の挽入量を変えなければならないが、現有の供給機では対応が難しい。
セメント粉碎方式	<ul style="list-style-type: none"> ・1～5号粉碎機は開回路方式 6、7号粉碎機は閉回路方式である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・閉回路方式の方が電力原単位、生産能力、製品粉末度の調整、セメント強度の面で非常に優れている。
7号粉碎機	7号粉碎機寸法 2.4 mφ×12mL 電動機容量 600 KW 媒体量 45 t 能 力 15 t/h	<ul style="list-style-type: none"> ・7号粉碎機は他の粉碎機に較べて胴体は大きい電動機容量、媒体量は同じで胴体の大きさを有効にいかした粉碎仕事を行っていない。
粉碎機排ガス用 濾布式集塵器	集塵器は単室である。	<ul style="list-style-type: none"> ・濾布の付着ダストの払い落とし時に発塵する。

1.5 付帯設備

(1) 電気計装設備

(a) 電気設備

現状分析

- (i) 66KV受電点の遮断容量は、年々電源系統の増大と共に大きくなり、これに対処する為リアクトルを3KV側に設置して、短絡容量を抑制している。
- (ii) 3KV及び380Vの遮断器盤は開放形があり、特に380V級に多い。
- (iii) 電気機器は、建設以来使用しているものが多く老朽化し、寿命がきていると見られる。
- (iv) 電動機の運転は機側単独運転であり相互インターロックを取っていない。
- (v) 電動機と機械の継手部には保護カバーが取付けていないものが多い。
- (vi) ケーブル布設は、仮配線が多く、固定されていないものがある。
- (vii) 照明設備の照度は一般に低く、特に通路等を明るくする必要がる。
- (viii) 通信設備は、各制御室にはあるが機側には無く、相互連絡に時間がかかる。

問題点

- (i) 受配電設備の、遮断容量は、負荷設備の寄与電流を考慮し、再検討の必要がある。
- (ii) 受配電設備の保護協調については、遮断器、電気機器及びケーブルの最低サイズ選定を含め、過電流保護、回路保護及び絶縁協調を再検討しなければ一事故が他系統に波及し大事故となる恐れがある。
- (iii) 遮断器類は開放形の場合、盤内事故が他の盤に波及する恐れがある。又、ネズミ、ヘビ等の侵入による事故も充分予想され、電源の安定供給に問題がある。
- (iv) 総停電時のバックアップ電源が無いので、夜間の停電時、安全上問題がある。しかも、キルン等の熱負荷の掛っている機器の再起動に時間がかかると、機器の変形の原因となり、機器の寿命や補修に必要以上の時間と費用を必要とする。

(V) 安全面では、安全通路の確保、適正な照明設備、回転部の保護カバー、通信設備の充実が必要である。

(b) 計装設備

現状分析

計測、計量設備は操業当初より設備したものを使用しており、改造及び更新はしていない上機器は老朽化が激しく、耐用年数も過ぎ、予備品等の調達も、難しい現状である。各工程の現状は下記の通りである。

(i) 原料工程

原料調合制御の内供給量は直流電動機の回転数制御にて行っており秤量機は無い。原料比率制御の制御設備は無い。

原料貯蔵槽のレベル計、原料混合設備等も無い。

(ii) 焼成工程

乾式キルンの制御及び監視項目は一般に下記の通りである。

- ① 原料送入力制御
- ② ダスト送入力制御
- ③ 胴体温度監視
- ④ キルン焼点温度監視
- ⑤ 重油流量制御
- ⑥ 重油温度制御
- ⑦ 1次空気量制御
- ⑧ キルン回転数制御
- ⑨ キルン電力、電流監視
- ⑩ 窯尻送風機回転数制御
- ⑪ 窯尻風圧制御
- ⑫ 排ガス分析監視

この内当工程で制御及び監視している項目は①、②、③、⑤、⑥、⑧、であり④⑦⑨⑩⑪及び⑫は設置していない。

(iii) 仕上工程

この工程の現状は原料工程と同様である。又、粉碎機出口セメントのバケット式輸送機の電力を検出し、この大小により粉碎機供給量を調節するバケット式輸送機電力制御はなされていない。

問題点

操業当時の“製品を作れば目標達成”という時代から、現在では生産性、品質の安定及び省エネルギーが要求されており、工場を管理する上で計装点数、制御回路数は極度に少ないので十分な運転監視が出来ていない。各工程の主要問題点は下記の通りである。

(i) 原料工程

粉砕機への供給量は、供給機の開度調整により増減しているが、微量調整が効かず調合精度が低い上に原料の比率制御が出来ないので、化学成分の諸率の均一化が困難である。

(ii) 焼成工程

原料送入量の秤量機は容積式のスクリー式供給機であり回転数を計数しているのみで、供給量の正確な数値管理がなされていない。しかもクリンカー輸送機にも秤量機が設置されていないので、生産管理が困難である。

キルンの焼点温度計、排ガス分析計及びキルン電力計等の設備がないので、運転員の経験と勘による運転がなされている。

これらは、燃料原単位の増大、キルンの不安定及び品質のばらつきの原因となる。

排ガス分析計がないので適正な燃焼管理が出来ないばかりか、不完全燃焼の場合はボイラ、電気集塵器内での爆発の原因となり、非常に危険である。

(iii) 仕上工程

供給機の計量精度が低い為、製品セメント中の水滓、石膏等の混入率が変動し品質の変動の原因となっている。

(2) 余熱発電設備

セメント工場での余熱ボイラーによる自家発電は、キルン排ガスの保有熱量を発電に有効利用出来る。この余熱発電は、セメント工場における所要電力のほとんどを自給出来るが、当工場では補助蒸気使用量及び電力消費が多いこともあり約50%の自給率である。一方廃熱利用の利点もさることながら、一方ではキルンの排ガス中の高温ダストがボイラーチューブに固結して通風阻害をしたり、ボイラーチューブを損耗させ水洩れ事故が絶えず、キルンとボイラータービンは直結運転のため、ボイラ、タービン関係の故障はキルンの休止につながり、生産量を低下する欠点がある。

現状分析

(a) 運転状況

当工場では1号キルンと2号キルンに余熱発電設備があるが、運転状況は下記の通りである。

	ボイラー (20t/h)	タービン発電機(6000KW)
1号キルン	運転中	運転中(1985年2月14日 運転開始)
2号キルン	運転中	1985年秋据付予定

表Ⅲ-1にボイラー運転管理実績値を示す。又、表Ⅲ-2にタービン運転管理実績値を示す。

(b) キルン運転時の余熱発電設備の運転データは表Ⅲ-3に示す通りである。

この表には、ボイラー蒸気量が記載されていないが2缶共蒸気積算流量計は、発信機を含め未調整で正確な値が出ないとのことであったが、タービン設計蒸気消費量が4.97Kg/KWhから推定すると、2缶で最大33t/h(補助蒸気使用量10t/hとする)である。

表Ⅲ-1 ボイラー運転管理実績値

項 目		設 計 値	運 転 実 績 値	
圧 力	ドラム	Kg/ cm ²	40	37 ~ 40
	過熱器出口	Kg/ cm ²	39	35 ~ 39
過熱器出口蒸気温度		℃	450	410 ~ 450
節炭器入口給水圧力		Kg/ cm ²	47	45 ~ 50
ガ ス 温 度	節炭器入口	℃	55	35 ~ 60
	節炭器出口	℃	84.3	80 ~ 110
	ボイラー入口	℃	900	850 ~ 900
	1段過熱器入口	℃	684	660 ~ 690
	2段過熱器入口	℃	617	590 ~ 620
	節炭器入口	℃	387	340 ~ 390
	節炭器出口	℃	210	200 ~ 250
	流 量	蒸気	t/h	20
	給水	t/h	20	7 ~ 19
管 理 値	缶入口ガス温度	℃	900	850 ~ 900
	缶出口ガス温度	℃	210	200 ~ 230
ボイラー効率		%	69.7	目標値68 ~ 69
補助蒸気使用量		Kg/h	10,000	4,000 ~ 12,000
煤吹回数		回/月	3	3
煤吹蒸気使用量		t/h	2	2

表Ⅲ-2 タービン運転管理実績値

項 目		設 計 値	運 転 実 績 値
本 体	蒸気消費率 kg/KWH	4.97	4.5~ 4.7
	熱消費率 Kcal/KWH	3.000	2.950~ 3.050
	熱効率 %	27~30	25~27
ヒ ー タ ー	# 1 抽気量 t/h	3.29	0
	# 2 抽気量 t/h	0	0
復 水 器	授熱量 Mcal/h	15.000~16.443	
	対数平均温度差 °C	12~14	10~12
	冷却面積 m ²	560	560
	熱通過率 Kcal/m ² h °C	~ 2.000	1.700~ 1.800
	チューブ断面積 m ²	0.6	
	管内流速 m/s	0.8	1~ 1.4
	冷 却 水	水量	
	入口温度 °C	27	27~31
	出口温度 °C	35~37	40
主 蒸 気	圧力 kg/cm ²	35	29~40
	温度 °C	435	400~ 450
#1 抽 気	圧力 kg/cm ²	8.7	-
	温度 °C	310	-
#2抽気温度 °C		221	-
排気温度 °C		50	30~50

表Ⅲ-3 1, 2号余熱発電設備運転データ

月日 (1985年)	クリンカー生産量(X) (キルン1基当り平均) (t/h)	キルン運転時間 (1,2号 合計) (h)	発電電力量(A) (KWH)	自家発電 電力量(A-B) (KWH)	工場所要 電力量(C) (KWH)	自給率 (C/A-B) (%)	発電電力(D) (1時間平均) KW	発電量/クリンカー 生産量 (D/2X) (KWH/tcl)
2. 14	22.79	43.25	66,030	44,742	141,102	31.71	3,042	66.74
15	22.82	47.12	111,060	89,492	176,552	50.69	4,705	103.11
16	23.84	44	97,650	76,074	171,954	44.24	4,438	93.09
17	22.15	34	61,200	39,878	132,760	30.04	3,600	81.26
18	22.35	48	103,500	81,996	182,556	44.91	4,312	96.47
19	23.10	48	98,820	77,676	181,236	42.86	4,117	89.12
20	23.23	48	100,980	79,696	185,296	43.01	4,207	90.50
21	23.12	48	98,910	77,262	118,662	65.11	4,121	89.12
22	22.91	48	93,960	72,360	172,200	42.02	3,915	85.44
23	23.16	48	89,910	68,314	159,994	42.70	3,746	80.87
24	23.04	48	92,070	70,486	100,126	70.39	3,886	83.25
25	23.12	47.50	101,250	79,842	185,322	43.08	4,233	91.56
26	23.35	48	91,710	70,150	160,510	43.70	3,821	81.83
27	23.40	48	98,840	77,396	177,356	43.64	4,110	87.82
28	22.79	48	96,210	74,954	174,074	43.00	4,008	87.95
3. 1	22.80	48	103,770	83,730	151,410	55.80	4,323	94.82
2	23.38	48	95,300	74,542	170,422	43.74	3,971	84.93
3	22.80	48	108,450	87,758	185,198	47.39	4,518	99.09
4	22.51	38.26	79,560	59,812	163,612	36.55	4,140	91.97
5	22.77	37.85	67,410	49,122	151,242	32.48	3,606	78.77
6	23.08	48	106,380	85,512	188,112	45.45	4,432	96.02
7	22.91	48	110,970	90,310	118,150	76.44	4,623	100.91
8	22.47	48	102,150	81,474	119,394	68.30	4,256	94.71
9	22.73	46.50	97,020	76,464	185,664	41.18	4,143	91.14
10	22.79	48	102,870	82,338	186,018	44.26	4,286	94.03
11	22.15	47.30	108,090	87,392	188,872	51.75	4,547	102.64
12	22.00	48	99,720	79,112	187,232	42.45	4,155	94.43
13	22.84	48	102,420	82,124	181,724	45.19	4,267	93.42
14	23.41	45.50	100,080	79,644	175,524	45.37	4,367	93.23

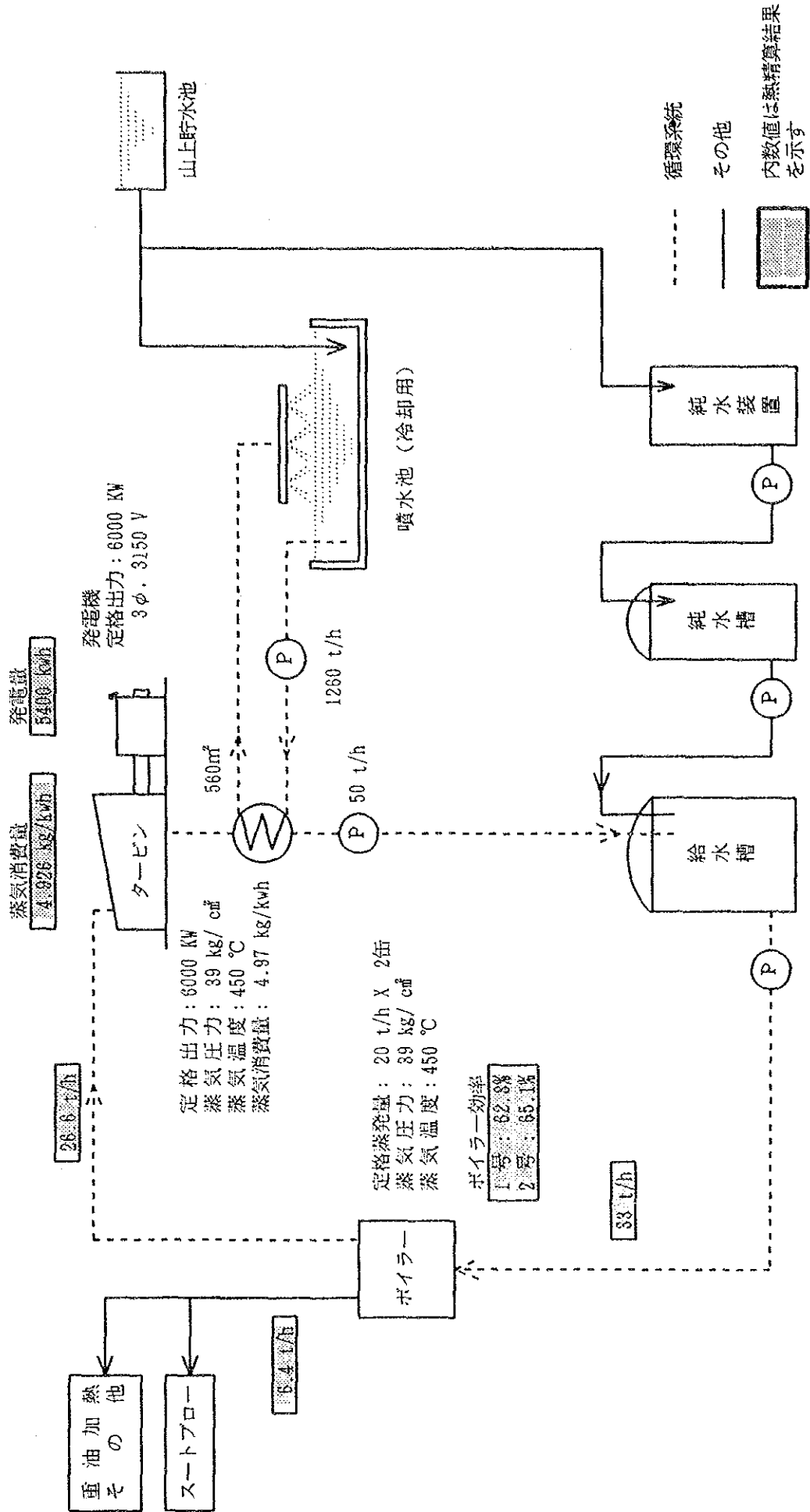
(c) ボイラー熱精算

運転が安定していないので、正確は期し難いが、現地実測時の測定結果よりボイラーの熱精算と余熱発電の勘定図は、ほぼ表Ⅲ－４，Ⅲ－１に示す如くであると見做される。

(d) 水分析値

表Ⅲ－５にボイラー缶水、純水の分析結果を示す。

図III-1 余熱発電工程図



表Ⅲ-4 ボイラー熱精算表

(1) 測定値

測定期間			1985年3月18日9時(6時間)				
項目		単位	測定値		備考		
			1号	2号			
給水量	給水量	1時間当り クリンカ屯当り	t/h Kg/tcl	16 638.98	17 678.91		
	温度	節炭器入口 節炭器出口	℃	39.5 測定せず	37.6 同左		
発生蒸気	蒸気量		Kg/tcl	638.98	678.91	補助蒸気使用量 No.1. 4.4t/h No.2. 2 t/h	
	圧力		Kg/cm ²	34.5	35		
	過熱蒸気温度		℃	447	418		
ボイラー入口の排ガス	風量		Nm ³ /Kgc1	1.975	1.975	* 印は1号キルンの数値と同じと仮定した	
	温度		℃	940	*		
	組成	CO ₂		%	27.4		*
		O ₂		%	0.6		*
		CO		%	0.8		*
N ₂			%	71.2	*		
空気比			1.01	*			
節炭器出口の排ガス	風量		Nm ³ /Kgc1	3.449	*		
	温度		℃	230	*		
	組成	CO ₂		%	14.8		*
		O ₂		%	9.6		*
		CO		%	0.2		*
N ₂			%	75.4	*		
空気比			1.90	*			
ボイラー出口回収ダスト量			0.062Kg/Kgc1	温度	270℃		
(ボイラー入口ダスト量-EP入口ダスト量(0.296Kg/Kgc1 -0.234Kg/Kgc1))							
クリンカ生産量		t/h	25.04	25.04			
発電量(1時間平均)		KWH	5,400				

(2) 測定結果

ボイラー効率	%	1号 62.3%; 2号 65.1%
タービン蒸気使用量	Kg/KWH	4.926
クリンカ屯当り発電量	KWH/tcl	108

表Ⅲ-5 ボイラー缶水、純水分析結果

1. ボイラー缶水

試料採取場所 : 工源セメント, ボイラー缶水

試料採取年月日 : 1985年 3月19日

項 目	結 果	計 量 方 法
P H 値 (18°C)	7.7	JIS-K-0101 11.1 (1979)
Mアルカリ度 (CaCO ₃ mg/ℓ)	95	JIS-K-0101 13.1 (1979)
Pアルカリ度 (CaCO ₃ mg/ℓ)	0	JIS-K-0101 13.2 (1979)
全蒸発残留物 (mg/ℓ)	890	JIS-K-0101 16.2 (1979)
塩化物イオン (Cl) (mg/ℓ)	78	JIS-K-0101 32.3 (1979)
溶性シリカ (SiO ₂) (mg/ℓ)	15	上水試験方法38.3.1(1978)

2. 純 水

試料採取場所 : 工源セメント純水装置

試料採取年月日 : 1985年 3月19日

項 目	結 果	計 量 方 法
P H 値 (18°C)	11.2	JIS-K-0101 11.1 (1979)
全 硬 度 (CaCO ₃ mg/ℓ)	36	JIS-K-0101 15.1 (1979)
n-ヘキサン抽出物 (mg/ℓ)	0.5未満	JIS-K-0101 26.2 (1979)
溶 存 酸 素 (mg/ℓ)	8.7	JIS-K-0101 24.2 (1979)

問題点

- (a) ボイラ設計値に比べガス量が少なく蒸発量減少の一因となっている。
- (b) ボイラチューブに水垢が厚く付着している。
- (c) スートブローの位置と効率が悪くダストが付着している。
- (d) ダストによるチューブの摩耗がひどく寿命が短い。(5～6年)
- (e) ボイラチューブの水洩れ事故の為、1ヶ月間に30～40時間キルンを停止している。
- (f) ボイラ給水は手動にて設定しており、この為ドラムレベルは変動が激しく、蒸発量も変動が多い。
- (g) 計器関係、積算計等は、未調整あるいは、こわれており、計量管理が出きず異常が検知出きない。
- (h) 補助蒸気使用量(重油加熱、濾布式集塵器等の保温)が10 t/hで非常に多い。
又、この数値も正確には計量出来ない。
- (i) ボイラー各所からの空気漏入が多い。

(3) 電気集塵器設備

セメント工場の集塵の問題は、環境衛生の見地からのみならずセメント原料、半製品及び製品等の回収による生産原単位向上の面からも重要である。

当工場は無公害状態において、セメント生産活動を行なう為の技術の確立を急いでいる。

大気汚染を防止するための集塵装置については、非常に高い集塵率を要求されるようになっており、当工場地域に於てもキルン排ガス中の含塵量は

0.15 g/ Nm³の排出規制を適用されているが当工場では 0.1g/ Nm³の含塵量を目標に近代化を進めている。

現状では、約 0.4g/ Nm³の排出量になっており電気集塵器の改善が必要である。3号キルンについてはキルン排ガス用電気集塵器は設置されていない。

現状分析

(a) 電気集塵器操業状況

キルン運転時の諸測定及び測定結果よりの推定値等は表Ⅲ-6の通りである。

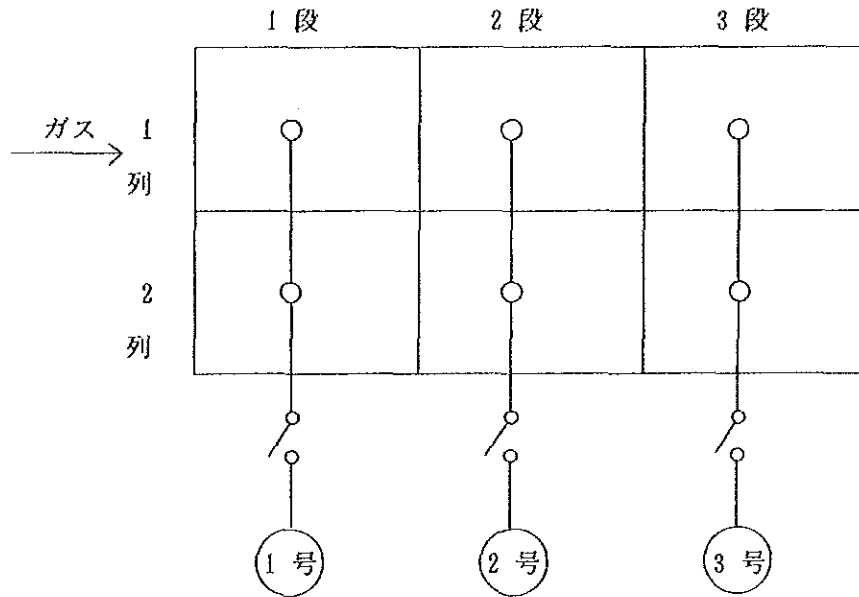
表Ⅲ-6 電気集塵器操業状況

項 目	単 位	現 状 値		備 考	
		1号キルン			
ク リ ン カ ー 生 産 量	t/h	25			
処 理 ガ ス	処理ガス種類	キルン排ガス			
	処理ガス量	m ³ /min	3,360 (3.9 Nm ³ / Kgc1)		
	処理ガス温度	°C	291		
	処理ガス水分	Vol %	5.4		
	入口含塵量	g /Nm ³	60 (0.234kg/c1)	集塵器効率* 99.3%	
	出口含塵量	g /Nm ³	0.4		
集 塵 器 諸 元 値	通過ガス速度	m /sec	1.0		
	ガス有効滞留時間	sec	9.8		
	集塵器有効断面積	m ²	55.1		
	集塵器有効長さ	m	10		
	集塵室有効容積	m ³	551		
集 塵 器 仕 様	部 屋 構 成	列×段	2 × 3		
	極板形式及び寸法	mm	ポケット形 長6,710 × 巾3,326	有効長さは 6,060	
	放電線形式及び寸法	mm	星形 長 6,060		
	整 流 器	形式・容量・台数	KVA × 台	18KVA × 3	
		定格電圧・電流	KV・mA	60KV, 200mA	
排 ガ ス 前 処 理	プレダスター装置		集塵器前後に 沈降室あり		
	調 湿 装 置		無し		
	円筒碍子熱風 吹 込 装 置		無し		
ダ ス ト 抵 抗 値	Ω - cm	図Ⅲ-8 参照			

* 工源工場試料より

(b) 整流器運転データ

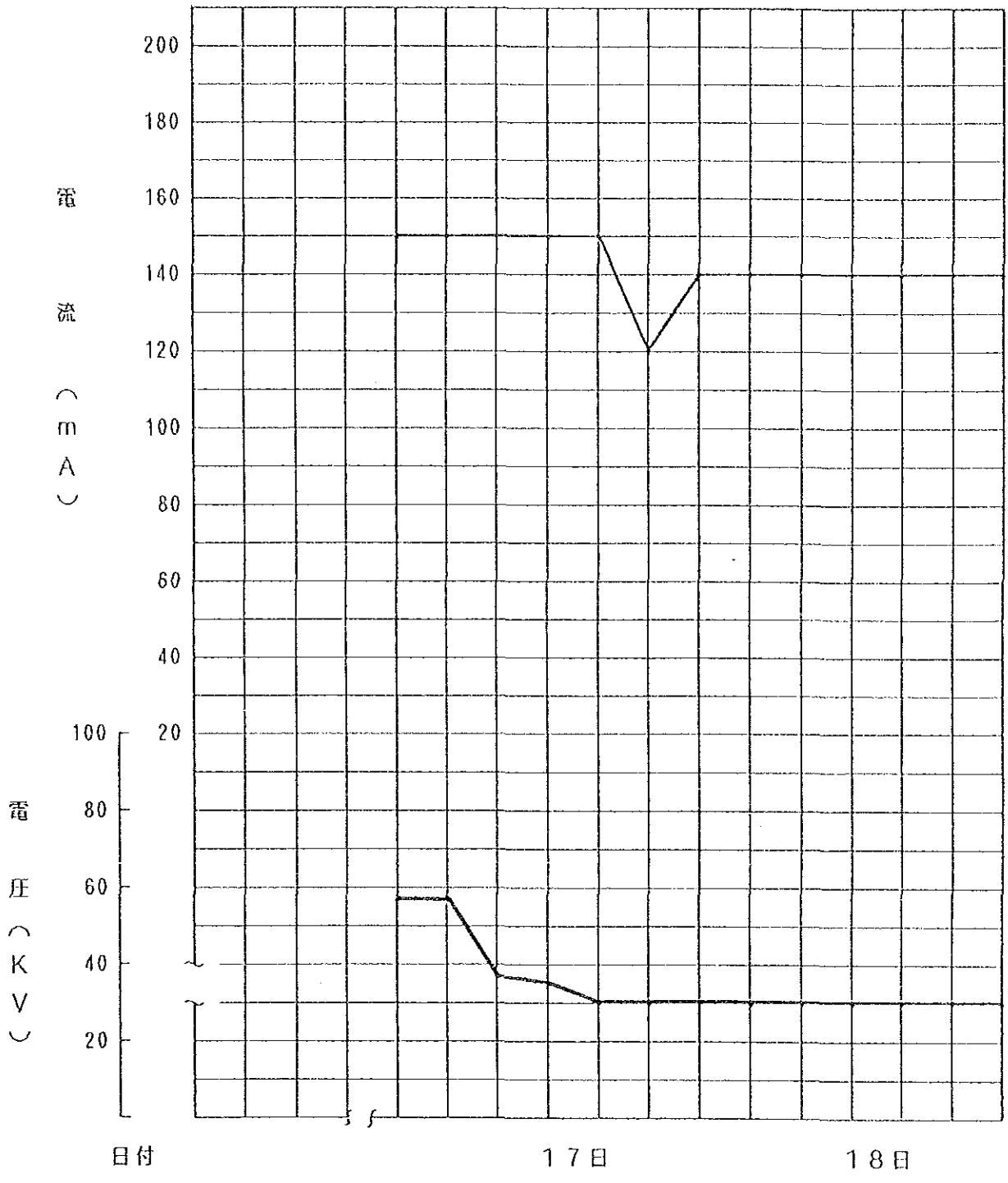
整流器の荷電系統図を下記に示す。1, 2号電気集塵器共3台の整流器が各段ごとに設備されており、さらに共通予備器1台がある。



整流器	18KVA	18KVA	18KVA
容量	60 KV	60 KV	60 KV
	200 mA	200 mA	200 mA

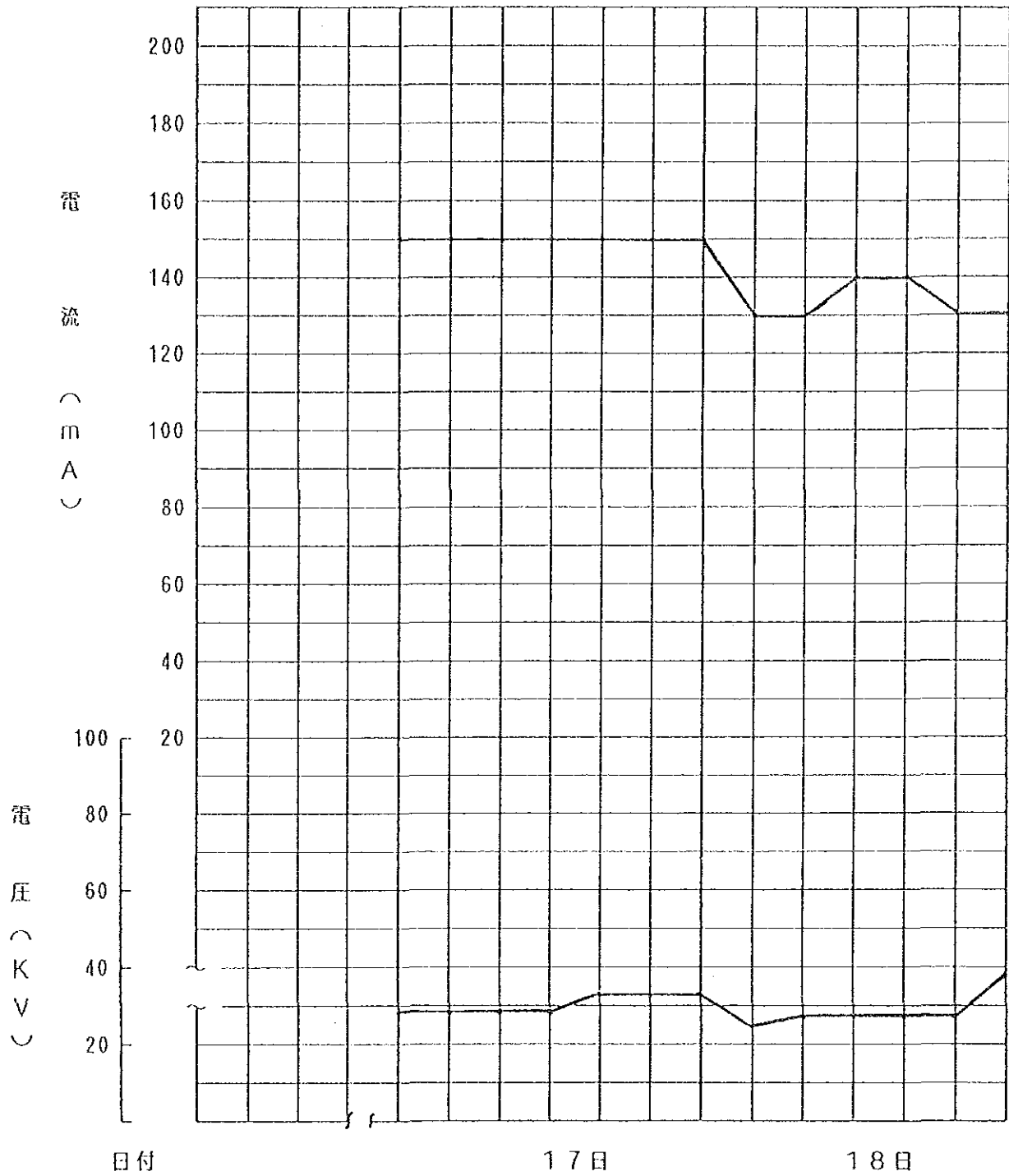
1号キルン及び2号キルン集塵器の荷電状況を図Ⅲ-2～図Ⅲ-7に示す。

図 III - 2 1号キルン1号整流器



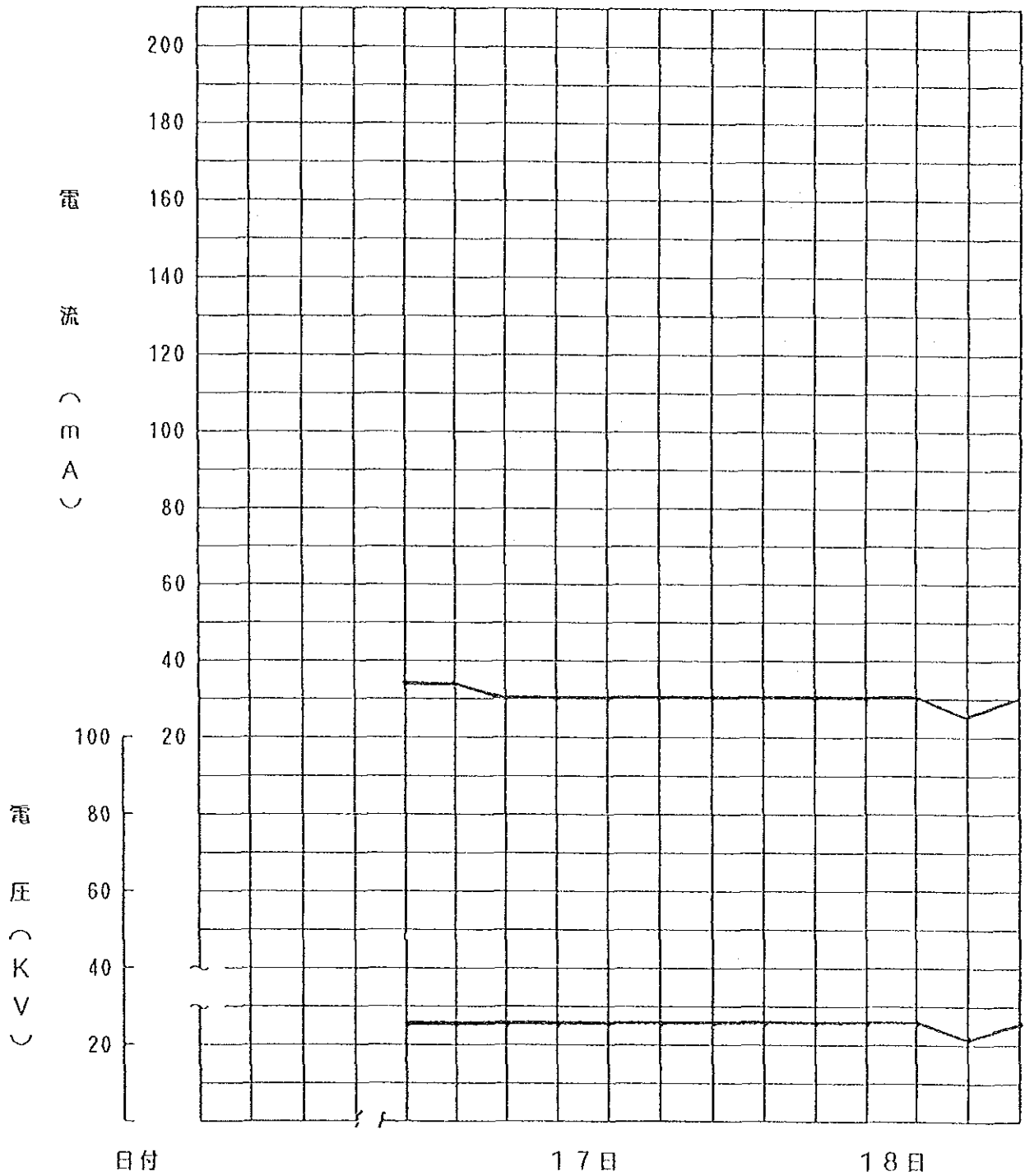
1985年3月

図 III - 3 1号キルン 2号整流器



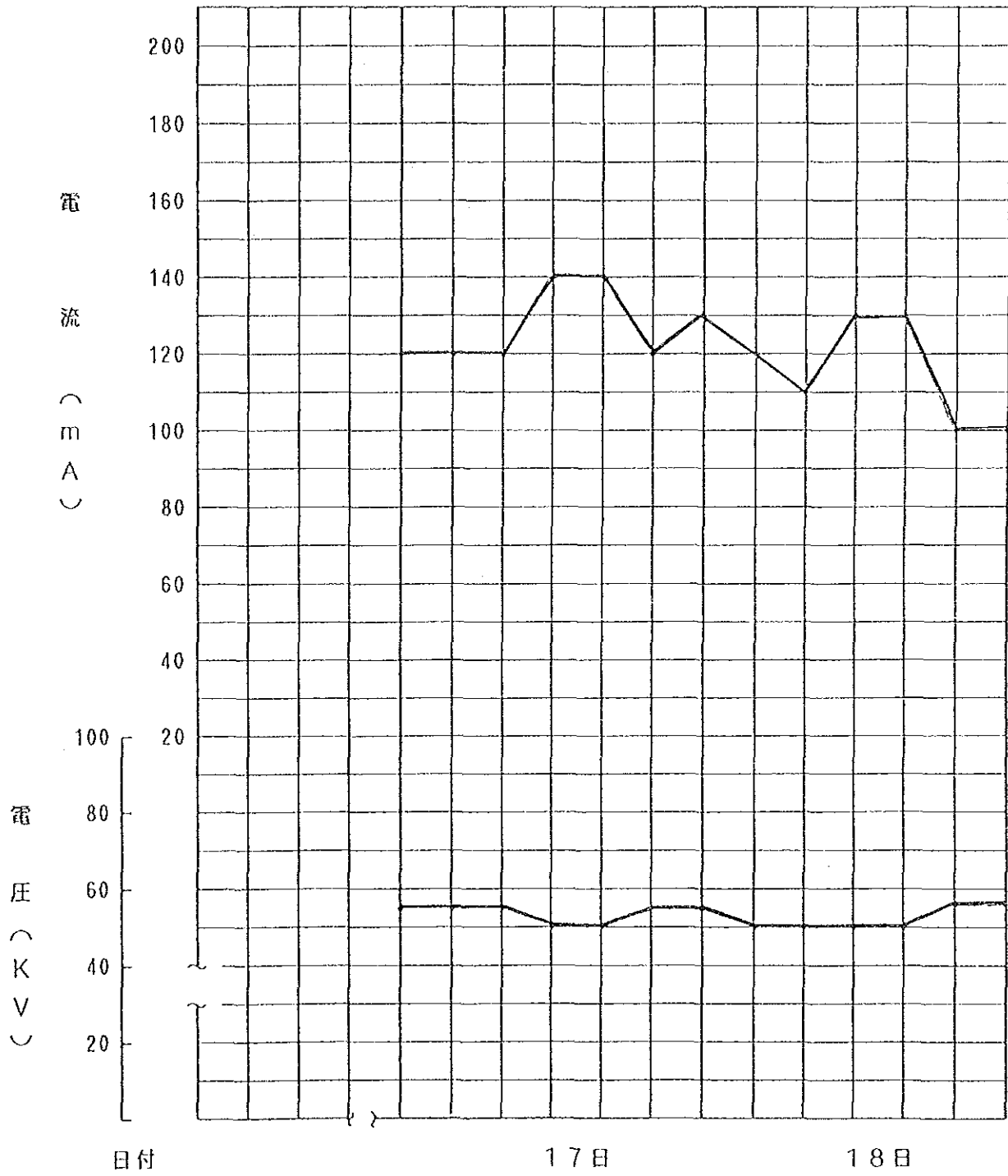
1985年3月

図 III - 4 1号キルン3号整流器



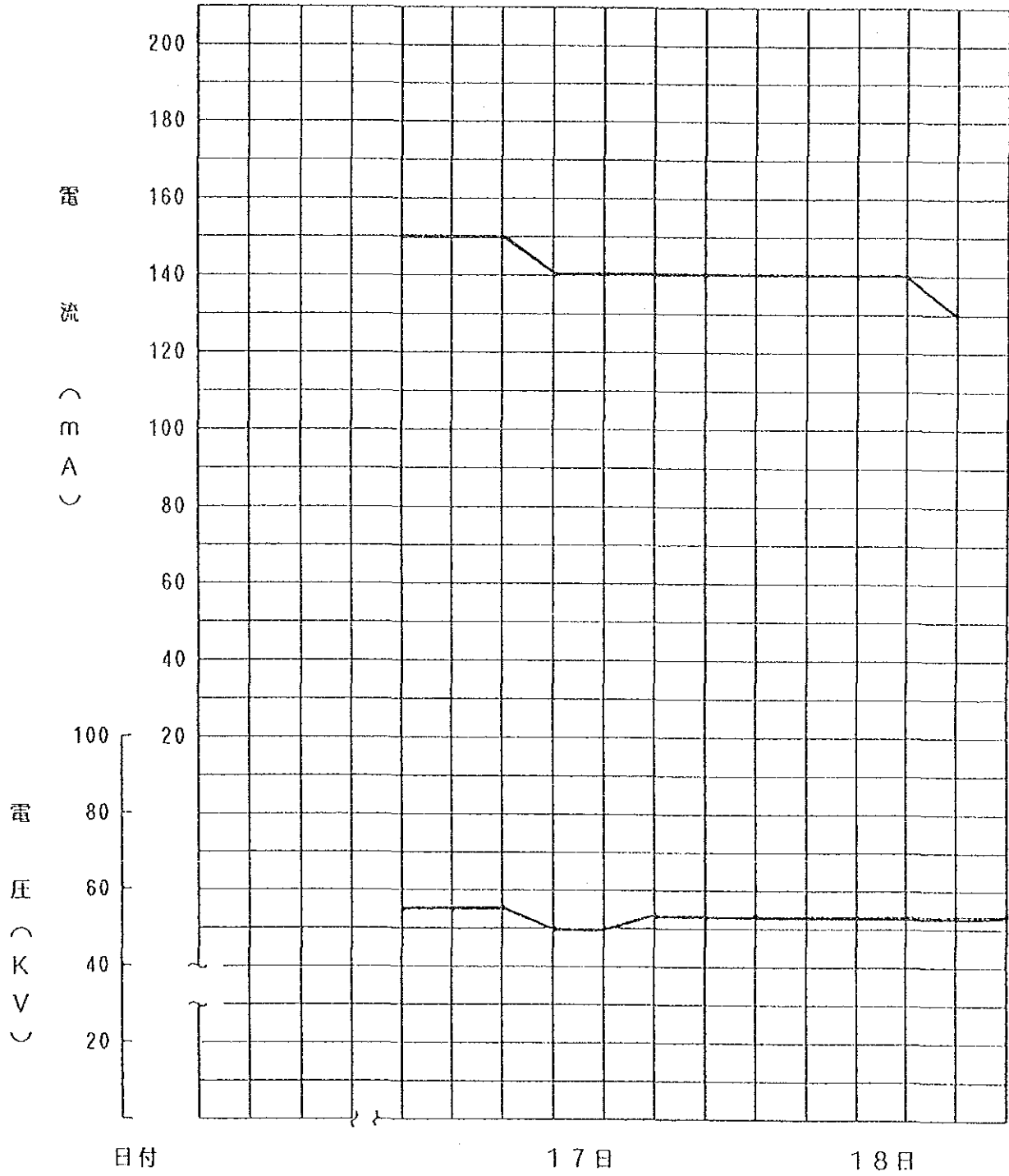
1985年3月

図 III - 5 2号キルン1号整流器



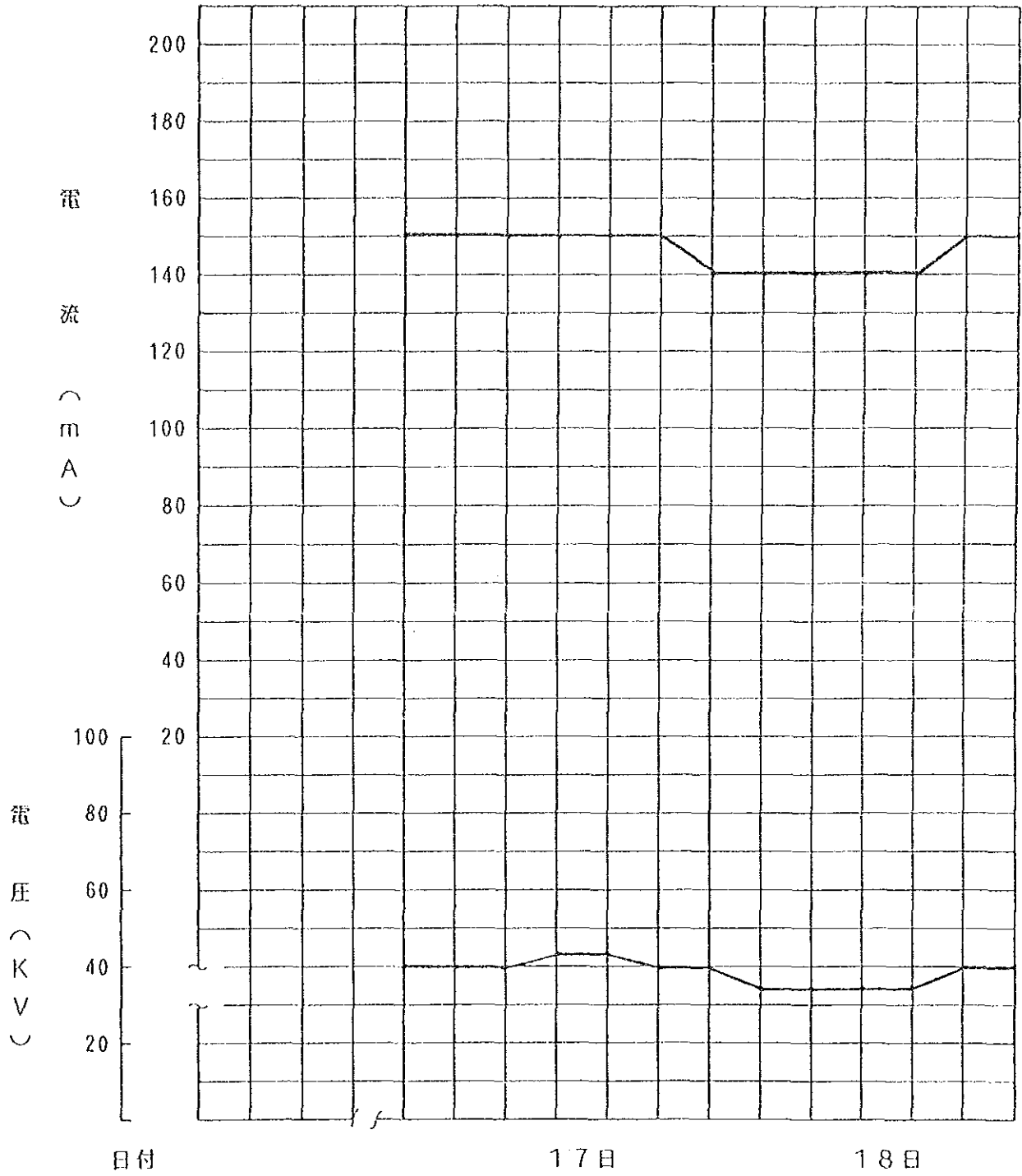
1985年3月

図 III - 6 2号キルン2号整流器



1985年3月

図 III - 7 2号キルン 3号整流器



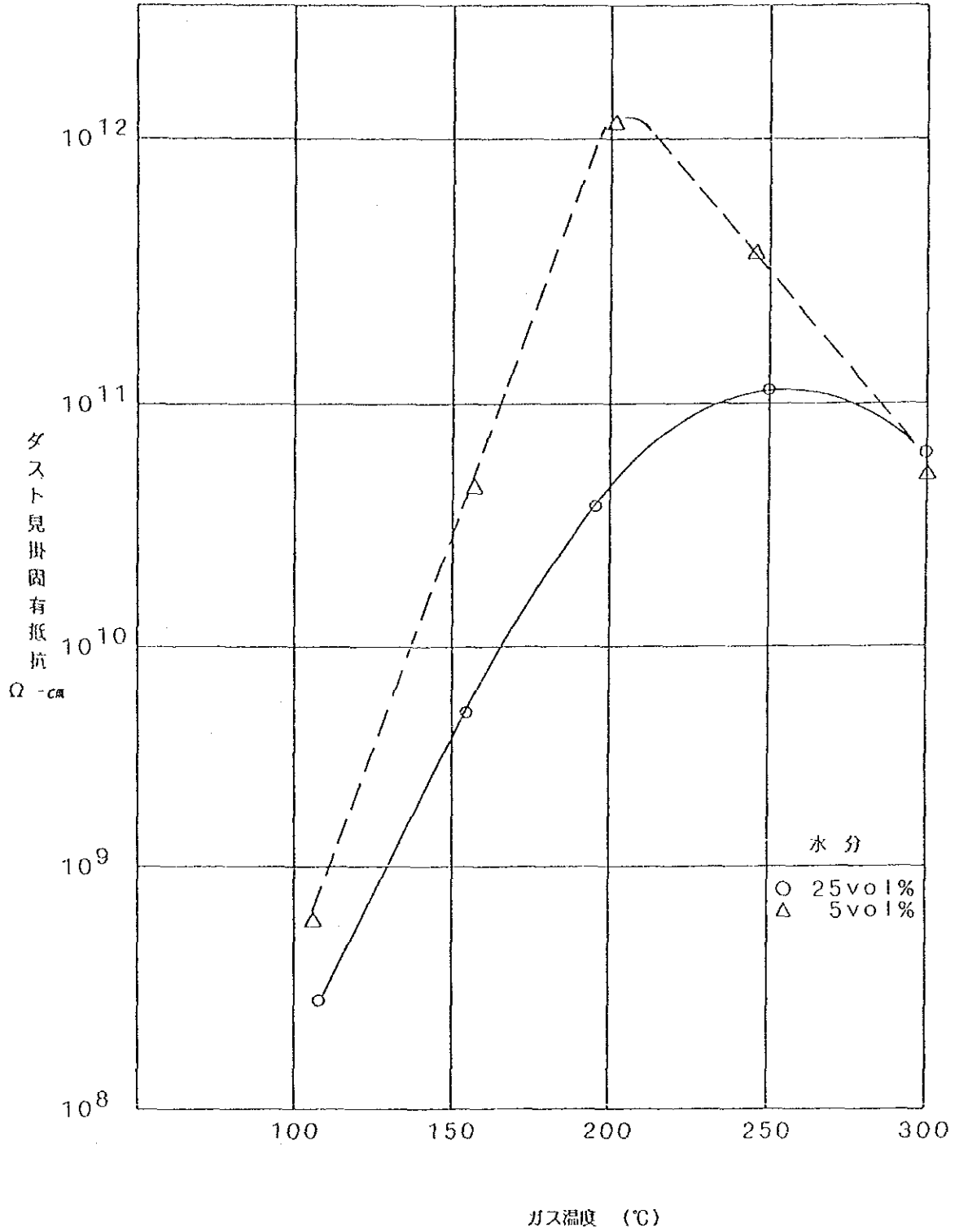
1985年3月

(C) ダスト見掛け固有抵抗

ダストの見掛け固有抵抗は温度により通常大きく変化する。この見掛け固有抵抗は、電気集塵器の性能を左右するものであり、一般に $10^4 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ の範囲が適している。 $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上では、逆電離現象が発生し集塵効率を低下させる。

当工場電気集塵器捕集ダスト見掛け固有抵抗は図Ⅲ-8に示すように変化する。

図III-8 電気集塵器 捕集ダストの電気抵抗値



問題点

当工場ダスト排出量は約 $0.4\text{g}/\text{Nm}^3$ であり規制値 $0.15\text{g}/\text{Nm}^3$ を上まわっている。この排出量を当工場目標値 $0.1\text{g}/\text{Nm}^3$ に下げる為には下記問題点を解決しなければならない。

- (a) 電気集塵器当初設計処理風量に対し現状の処理排ガス量は増大している。又、入口含塵量も多くなっている。
- (b) 運転データから判断して、荷電電圧が低く、電圧設定値を上げると、火花放電となる。又、電流値も、2段、3段は低い。
- (c) 集塵器上部、ダスト排出装置、及び煙道フランジ部等からの洩入空気が集塵器内に入っている。特にダスト排出装置からの洩入空気は、集塵ダストの再飛散現象を起し集塵効率低下の一因となっている。
- (d) 集塵器入口煙道は直管部がなく、ガスは偏流を起しており、集塵器入口には整流板が1段付いているが充分な整流効果が得られていない様に推察される。又、電気集塵器入口ダンパーによる1列、2列の風量の均等化が行なわれているかどうか不明である。
- (e) 集塵極高さより放電極が短かいので、放電極より上下方向に外れている部分は集塵効果を受けないので無効流が多いと推察される。
- (f) 集塵極はポケット型であり、ポケットの部分で電界の集中が起り、火花が発生しやすく、高抵抗のダストでは逆電離現象が起りやすい。しかもダスト濃度が高く、ダストの凝集性が強いのでポケットが閉塞していると考えられる。
- (g) 放電線棒が湾曲しており、電極間の芯ずれを起し、この為据付後は火花放電発生の原因となっている。
- (h) 槌打装置は極板桁揺動式であり、槌打効果が悪い。又槌打周期が長い為極板のダストの付着が多いと思われる。
- (i) 電源装置の整流器は火花頻度制御装置が取付けていない為であり、最適電圧に自動設定出来ない。
- (j) 定期修理後は、運転開始前に空気負荷試験（エアーロードテスト）を行ない、調整、修理具合を確認する必要がある。

2 生産管理

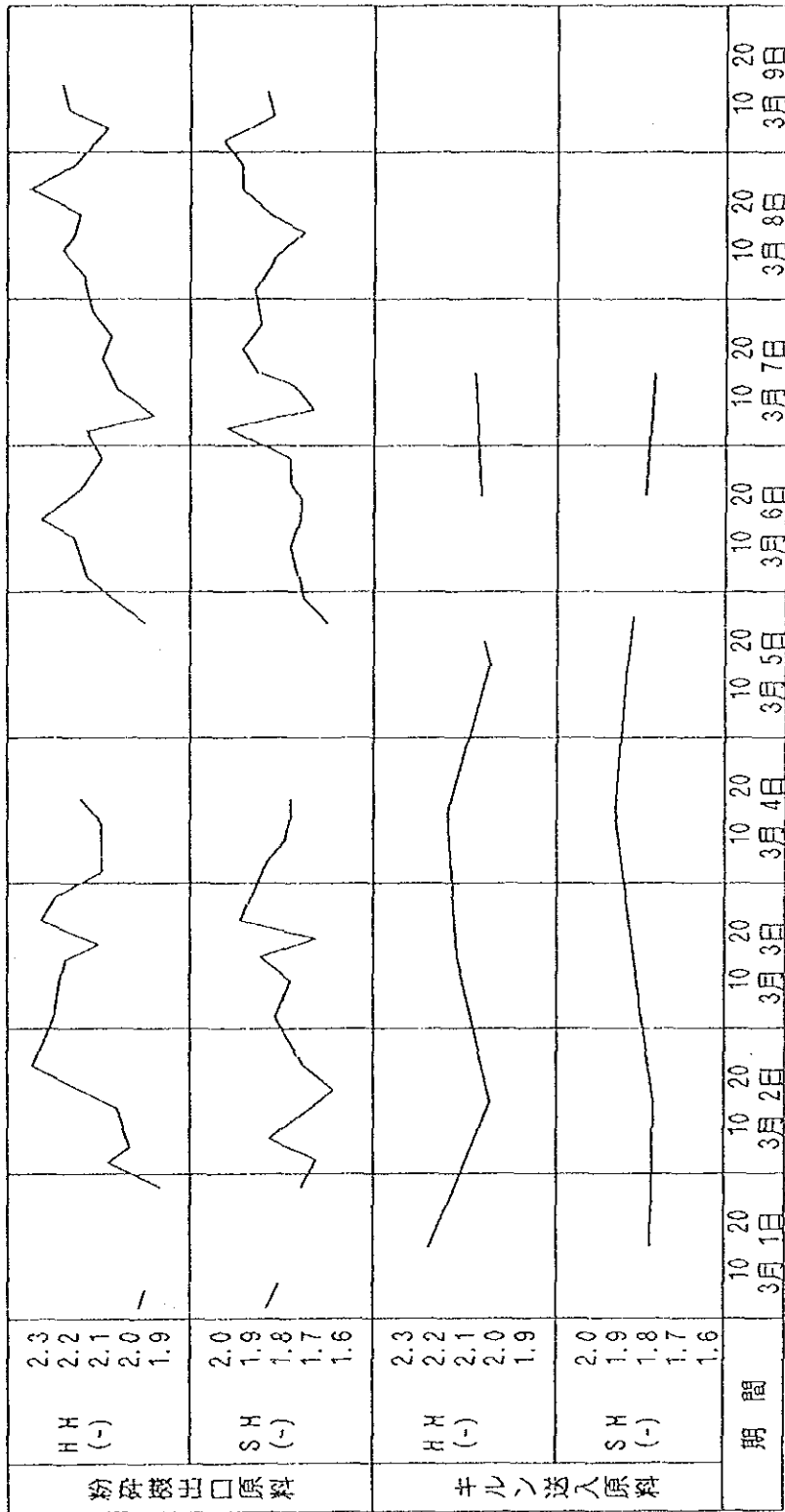
2.1 原燃料調達, 在庫管理

工 程	現 状 分 析	問 題 点
在庫管理	<ul style="list-style-type: none"> • 1ヶ月に1回目視重量によって実量と日報値の修正を行っている。 • 原燃料の受入量は石灰石以外は供給側の送り状により管理しているが、石灰石はベルト式輸送機の日視重量と運転時間の積によって受入量を算出している。 • 工程上における各種の生産量はほとんど100%近く、計量器で計っていない。 	<ul style="list-style-type: none"> • 石灰石の受入量は目視重量では正確に計量しているとはいえない。原燃料の品位, 諸率から計算で求められる理論原料原単位と実際の原料原単位とを付き合わせられないので、損失分がないかどうか、原燃料の品位が正確かどうかなど、在庫管理によって現われてくる問題点がみつけれない。 • 工程上における各種の生産量もほとんど秤量していないので、熱量原単位, 発電原単位, その他の重要な原単位を正確に把握できないので、その改良, 改善の方針が確立できない。

2.2 運転管理

(1) 原料調合

工 程	現 状 分 析	問 題 点
<p>諸率調整</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 各粉碎機出口にて1時間毎細度, ig.loss を、2時間毎 Fe2O₃ を、4時間毎全分析を実施している。 管理目標 ig.loss(29.5~30.0) ± 0.5 % KSk 0.940~ 0.950 Fe2O₃ 3.6± 0.2 % 細度 < 12.0% (80 μ m R) • 各原料の供給量制御はベルト式供給機でなされている。調合原料の ig.loss 値によってゲートの開度及び輸送機付属の直流電動機による回転数制御にて各原料の供給量を変更する。 • キルン送入原料の諸率(HM, SM) のばらつきは、1985年 3月 1日~ 3月 9日の実績では図Ⅲ-9に示す通りである。この表によれば HM の標準偏差(σ)が 0.076, SMのそれが 0.055となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> • 諸率(HM, SM, KSk)によって管理目標を設定した方が良い。 クリンカー品質は主にHM, f-CaO 等で決まってくる。 • ベルト式供給機では、各原料の供給量が把握できず、又正確な諸率制御もできない。 • キルン送入原料の諸率(HM, SM) のばらつきの程度は図Ⅲ-9に示すように相当大きい特に HM の標準偏差は現状の 0.076を少なくとも、0.03位にまで下げた方がキルンの安定運転上望ましい。



	HH		SH	
	平均(-)	σ(-)	平均(-)	σ(-)
粉砕機出口原料	2.13	0.107	1.81	0.091
フィルン送入原料	2.11	0.076	1.83	0.055

図III-9 原料特性の変動状況 (1985年3月1日～3月9日)

(2) 焼 成

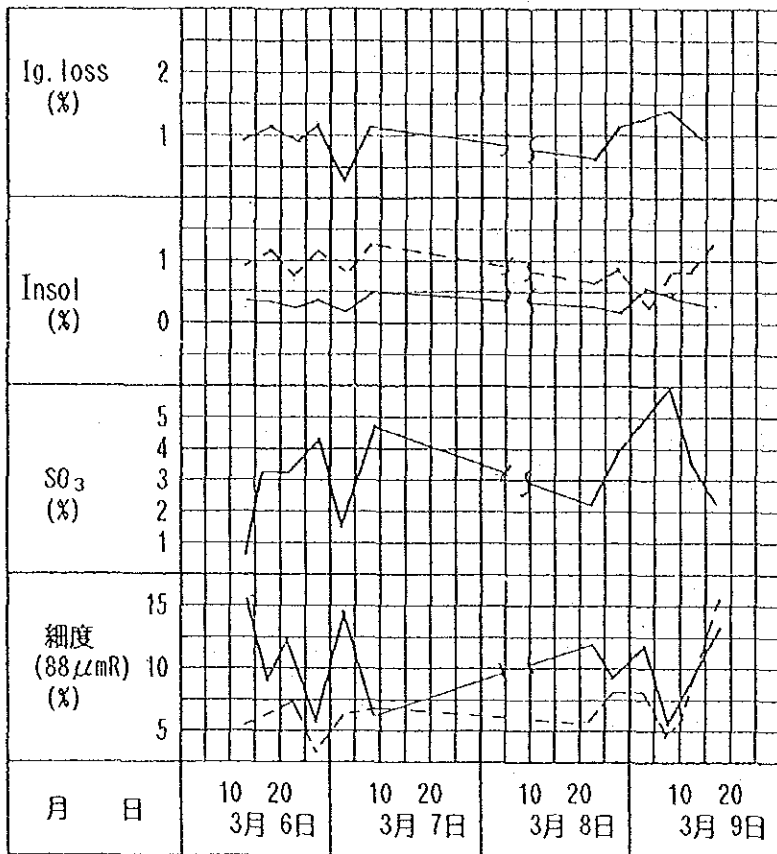
工 程	現 状 分 析	問 題 点
キルン生産記録表 (運転管理図)	<ul style="list-style-type: none"> 生産記録表には重要な項目でも空欄があり、主要運転指標のグラフもない。 	<ul style="list-style-type: none"> 送入原料品質，キルン速度 窯尻瓦斯分析値等の運転管理上重要な項目の記入がなく、運転結果の申送り，或いは技術的解析も満足に行えない。
運 転 監 視 計 器	<ul style="list-style-type: none"> 運転管理上、重要な焼点温度，キルン電力，窯尻瓦斯分析等の記録計がない。 	<ul style="list-style-type: none"> 焼成手は目視観察のできる窯前焼点部に変化が現れるまで操作ができず、経験と勘に頼る運転となる。 従って、操作が遅れると共にキルン速度の操作幅も大きくなり、不安定な運転となり容重，遊離石灰の変動幅も日本に比べて1桁大きい。
瓦 斯 分 析	<ul style="list-style-type: none"> 窯尻排瓦斯分析が行われていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 計器がなければ、なおさらオルザット瓦斯分析を行い、キルン通風管理を行うべきである。
漏 入 空 気	<ul style="list-style-type: none"> 窯前、ボイラーでの密封が不十分である。 	<ul style="list-style-type: none"> キルン熱消費上の損失であるだけでなく、漏入空気量も変動するので、燃焼用空気量も変動する。
送 入 原 料 諸 率	<ul style="list-style-type: none"> 送入原料の諸率の変動が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 送入原料諸率の変動が大きいのがキルン不安定の大きな原因となっている。

(3) 仕 上

工 程	現 状 分 析	問 題 点
<p>細度管理</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 各粉砕機出口にて下記管理目標でセメント生産を管理している。 <p style="text-align: center;">粉砕機 採取間隔 細 度 (80μm R)</p> <p>1号～ 4号 1回/2時間 7% 以下 5号 1回/2時間 7% 以下 6号～ 7号 1回/2時間 7% 以下</p> <p>1985年 3月 6日～ 9日までの特別試験では、図Ⅲ-10に示す通りになっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 各粉砕機出口からのセメントの合流点で下記管理目標をとっている。 <p style="text-align: center;">採取間隔 1回/1時間 細 度 7% 以下 (80μm R)</p> <p>1985年 3月11日～13日までの日報によれば、細度の変動状況は図Ⅲ-11に示す通りとなっている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 細度のばらつきが1号粉砕機でみた場合相当大きく、且つ石膏添加量と逆相関にあるようである。これは、クリンカー、水滓の供給が振動式供給機であるため、これらの供給量が一定していないからである。この供給機は、他の型式の計量器と比べて計量の精度、再現性とともが悪い。 • 各粉砕機出口の細度と比べれば、そのばらつきは少ないが、図Ⅲ-11に見るように最終製品としてはばらつきが大きいと見なければならない。これは、品質上ばらつきの大い製品を出荷する点で問題である。運転する側も品質管理する側も仕上工程はセメントの最終工程であるからここでは品質の均一で安定した製品を使用者に供給しなければならないという気持で取り組むことが望ましい。

工 程	現 状 分 析	問 題 点
		<ul style="list-style-type: none"> 高炉セメントの粒度分布及びその頻度分布は図Ⅱ-9ならびに図Ⅱ-10に示した通りである。これらの図から高炉セメントは10μ以下の微粉と80~90μ以上の粗粉などが多く存在し、いわゆる粒度分布が幅広くなっている。セメントの品質、特に強度は、一般に10~30μ前後の粒度が多いほど良いとされているので品質の面からも粉砕効率の面からも粉砕系を検討する必要がある。
水滓、石膏添加管理	<ul style="list-style-type: none"> 管理目標 水滓混入率 35.0\pm 2.0 % S03 % 1.6\pm 0.2 % 1号粉砕機ならびに全粉砕機合流点における水滓混入率、S03の変動状況は図Ⅲ-10及び、図Ⅲ-11に示す通りである。 	<ul style="list-style-type: none"> 1号粉砕機出口におけるS03(%)は図Ⅲ-10に示すように非常に大きくばらついている。しかしながら、全粉砕機合流点では、図Ⅲ-11に示すように一応管理目標を達成している。運転技術の詳細は不明だが、各粉砕機ともに安定した品質のものをつくるように改造するのが理論に合っている。

工 程	現 状 分 析	問 題 点
温度管理	<ul style="list-style-type: none"> • 500℃近いクリンカーをいったん貯蔵庫に受入れた後、クレーンで仕上粉砕機前貯蔵槽に供給し、水滓、石膏とともに粉砕している。クリンカー温度が高いことと、粉砕時、セメントの温度が上りやすいために粉砕機の胴体散水を行っているが、セメントの温度は 200℃位ある。 	<ul style="list-style-type: none"> • クリンカー温度 500℃が高すぎて仕上工程の効率、品質上に悪影響を及ぼしている。 • セメントに異常凝結現象が出ているのは、仕上工程の温度が高すぎることにある。



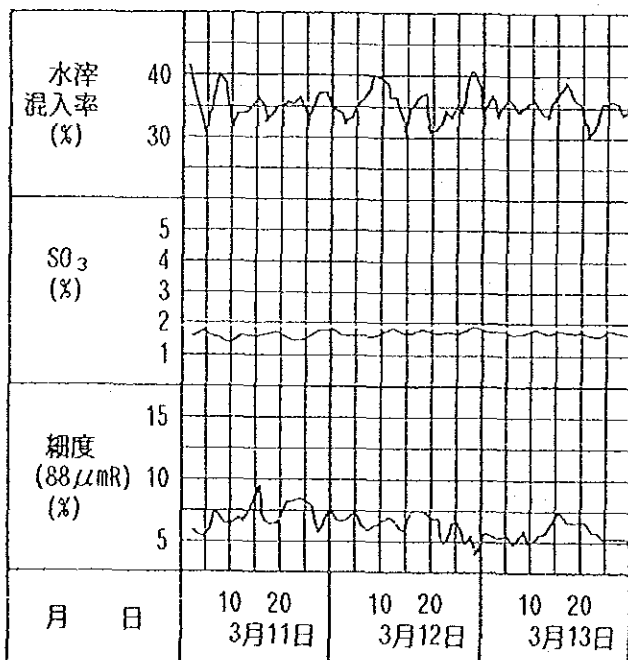
粉碎機別	平均 (%)	σ (%)	n (個)
—1号	0.94	0.271	12
点綴略 6号	9.47	2.265	12

粉碎機別	平均 (%)	σ (%)	n (個)
—1号	0.30	0.130	12
---6号	0.87	0.282	12

粉碎機別	平均 (%)	σ (%)	n (個)
—1号	3.43	1.537	12
6号無添加	-	-	-

粉碎機別	平均 (%)	σ (%)	n (個)
—1号	10.78	3.200	12
---6号	8.45	5.635	12

図Ⅲ-10 1号, 6号仕上粉碎機出口におけるセメント特性の変動状況
(1985年3月6日~3月9日)



	平均 (%)	σ (%)	n (個)
粉碎機出口合流点	35.34	2.280	72

	平均 (%)	σ (%)	n (個)
粉碎機出口合流点	1.68	0.124	36

	平均 (%)	σ (%)	n (個)
粉碎機出口合流点	6.05	0.717	72

図Ⅲ-11 全仕上粉碎機出口におけるセメント特性の変動状況
(1985年3月11日~3月13日)

2.3 品質管理

主として、セメントの製造工程における品質管理を取り上げ、工源セメント工場の現状と問題点を列挙する。

製造工程における品質管理としては、(1) 化学製品としての化学組成に関するものと(2) 生産工程において品質に影響を及ぼす要素(因子)を管理するものに大別できる。(1)については、主に測定値の精度が高いかどうか、又、再現性があるかどうか等を問われる項目があるので、測定機器(天秤、耐圧機、ピペット、ビュレット)の精度、試薬、指示薬の有効期限、ファクター等の検定、純水管理などの検定、標準試料による校正、公的期間との手合せなどを定期的を実施することも(1)の項目に含まれている。

又、(2)についてもデータに信頼性があることを踏まえて製造工程そのものが安定に運転できる条件が整っていることが大前提である。

(1) 化学成分に対する品質管理

(a) 諸比率の設定とその問題点

ポルトランドセメントは主要鉱物(C₃S, C₂S, C₃A, C₄AF)の量によって、その大体の特性は決定されているが、主要鉱物を所定の比率でつくるためにセメント原料中の主要4成分(SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO)を化学分析し、その結果に基づいて各原料の供給量を変更している。

この場合、分析結果を見て、人間が各原料の供給量を変更することは、事実上不可能なことであるので、調合制御方法については後述するが、第V章記載の表V-15, 表V-16に示す諸比率を用いて計算機にて調整している。現在、日本で製造されている各種ポルトランドセメントの諸比率の範囲及びその構成鉱物の組成の範囲、並びに工源セメント工場の代表値を表III-7に示す。又、参考までに米国でつくられているセメントの1例をTaylorの文献より抜粋して表III-8に示した。

同表でみられるように、普通セメントの諸率、鉱物組成は広い範囲にわたっているが、当工場の場合、クリンカーの品質向上を図るためには、水硬率及びC₃Sが低すぎると思う。これについては、第5章 1.1(4)に説明する。

表Ⅲ-7 日本のポルトランドセメントの諸比率及び鉱物組成の範囲

ポルトランドセメント種類	諸 比			率			鉱 物 組 成			%
	水 硬 率	珪 酸 率	鉄 率	石 灰 飽 和 度	C3S	C2S	C3A	C4AF		
普通セメント	2.00 ~ 2.19	2.2 ~ 2.9	1.2 ~ 2.2	0.87 ~ 0.94	42 ~ 62	14 ~ 37	7 ~ 11	8 ~ 13		
早強セメント	2.13 ~ 2.30	2.3 ~ 3.0	1.4 ~ 2.0	0.93 ~ 0.99	54 ~ 69	7 ~ 19	7 ~ 10	8 ~ 10		
中庸熱セメント	1.94 ~ 2.02	2.6 ~ 2.9	1.1 ~ 1.3	0.84 ~ 0.87	38 ~ 47	31 ~ 39	3 ~ 7	12 ~ 14		
工源普通クリンカー(注)	2.02	1.90	1.29	0.93	52	18	8	14		

注) 1985年2月1日~2月15日 キルン出口合流点

表Ⅲ-8 米国内で製造されているポルトランドセメントの鉱物組成その他
(1955年Bogueによる引用値)

ASTM Type	セメント種別	鉱物組成 (%)				化学成分 (%)		
		C3S	C2S	C3A	C4AF	MgO	f-CaO	CaSO4
I	普通セメント	45	27	11	8	2.9	0.5	3.1
II	中熱セメント	44	31	5	13	2.5	0.4	2.8
III	早強セメント	53	19	11	9	2.0	0.7	4.0
IV	低熱セメント	28	49	4	12	1.8	0.2	3.2
V	耐硫酸塩セメント	36	43	4	9	1.9	0.5	2.7

(b) 原燃料品位の現状と問題点

原燃料の特性、性状については普通ポルトランドセメントを製造する場合にはその選定に特に制約を受けることはない。原料の性状によって多少クリンカー焼成の難易はあるが、数種の原料を使用して、比率のみ調合すれば、大体の原料を使用できる。要するにその原料が比較的変動が少なく大量に入手できるか否かである。

当工場に入荷する原料のうち問題となるのは、石灰石（現鉦山）のMgOが高いことと、水滓からくるMgOが多いことにつきると思われる。

(i) 石灰石品位の現状と問題点

石灰石の品位について1981年度、1982年度、1983年度ならびに1984年1月～12月の1ヶ月混合品の推移状況を表Ⅲ-9に示す。

表Ⅲ-9は年平均、或いは1ヶ月混合品の分析結果であるのでその品位の日々の変動状況は把握できないが、CaOの含有量でみた場合、概ね49～50%の範囲にあり、調合制御に支障を来す程変動していないと思われる。しかしながら、石灰石中のMgO含有量は、年を経るにしたがって増加しており、現鉦山の石灰石をそのまま使用していくには問題がある。幸いにして本溪市に新鉦山を確保しており、これが表Ⅲ-9の特別試験-2に示すようにMgO含有量が0.9%と非常に少ない。当工場としては今後、クリンカー中のMgOを下げるために現鉦山と新鉦山とを1:1で混合使用して対処するそうである。この際、問題としなければならない点は、CaOの含有量が違うので、混合方法に気をつけていないと、調合原料の諸率がばらつくことである。

セメント原料中に石灰石の占める割合は当工場の場合、水滓を多量使用するので、通常65～68%位になると思われるが、石灰石からくるSiO₂・Al₂O₃、Fe₂O₃の量はSiO₂源の水滓、炉灰、Fe₂O₃源の鉄粉らとほとんど量的に同一か、あるいは多い位である。

したがって、石灰石の品位の変動は即原料成分に反映されるので、時々は特別試験として石灰石の品位変動を把握して調合制御の参考に供するべきと思う。尚、クリンカー品質に影響を及ぼすCl⁻が多いことも注目しなければならない。（第Ⅱ章表Ⅱ-27参照）Cl⁻含有量の多いセメントを使用してコンクリートを作った場合、補強材として使っている鉄筋を腐蝕させ、コンクリートにひびが入る点でユーザーから嫌われるものである。今後、この面

での品質管理を追加する必要がある。この他、クリンカー品質に影響を及ぼす微量成分として Na₂O、K₂O があるが、この面では工源工場の石灰石に問題はない。

表Ⅲ-9 石灰石の品位推移状況

年 月	化 学 成 分 (%)							備 考
	lg. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	total	
1981年度	41.86	3.94	0.86	0.52	49.81	2.57	99.56	工源セメント工場分析値
1982年度	42.27	3.37	0.65	0.46	49.72	3.06	99.53	
1983年度	42.15	2.70	0.79	0.49	49.28	3.08	98.49	
1984年 1月	42.6	2.8	0.6	0.4	49.2	3.7	99.3	
2月	42.8	2.3	0.5	0.4	49.8	3.6	99.4	
3月	43.0	2.1	0.5	0.3	50.1	3.4	99.4	
4月	42.9	2.1	0.6	0.4	50.4	3.1	99.5	
5月	43.0	2.2	0.5	0.4	49.9	3.4	99.4	
6月	42.9	2.3	0.5	0.4	49.9	3.5	99.5	
7月	42.8	2.2	0.5	0.4	50.2	3.4	99.5	
8月	42.5	2.4	0.6	0.4	50.2	3.2	99.3	
9月	42.9	2.1	0.6	0.4	50.0	3.4	99.4	
10月	42.6	2.8	0.7	0.4	49.8	3.2	99.5	
11月	42.2	3.3	0.8	0.4	49.5	3.1	99.3	
12月	42.6	2.6	0.7	0.4	49.8	3.4	99.5	
1984年平均値	42.73	2.43	0.59	0.39	49.90	3.37	99.42	
1984年標準偏差	0.239	0.372	0.100	0.029	0.325	0.187	—	
特別試験-1	42.6	2.8	0.7	0.4	48.4	3.0	97.9	
特別試験-2	42.9	1.7	0.4	0.2	52.7	0.9	98.8	新鉱山1985年 3月日本で分析

(ii) 水滓ならびに炉灰の品位の現状と問題点

水滓ならびに炉灰の品位変動状況は、石灰石と同様、1981年度、1982年度、1983年度ならびに1984年1月～12月までの1ヶ月混合品のそれぞれについて表Ⅲ-10～11に示す。

水滓の品位については、セメント原料で使用する場合と、セメント混合材として使用する場合とでは、若干観点を交えて検討しなければならない。

ここでは、セメント原料としての現状と問題点をとり上げ、セメント混合材としての問題はセメントの項で取り上げる。

水滓の品位で問題になるのは、MgOが多いことである。しかしながら、この問題は供給側に帰するものであり、セメント工場としては先方に要望するくらいのものであろう。世界的にみた場合、水滓のMgOは、大体6%弱である。この点で工源工場に入荷する水滓は、1984年度に入って6.6%程度になっているので、良くなっているとみてもよいのかもしれない。

総体的にみて、水滓の品位は安定しているものであり、これを大幅に変えることは供給側としても難しいことである。したがって、水滓の品位については、可もなく不可もないというのが、我々の結論である。尚、表Ⅲ-10に塩基度の値 ($\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$) を併記したが、この値はセメントの項で取り上げるものである。

次に、炉灰の品位については、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 が主成分なので、これらの成分の変動状況を表Ⅲ-11でみると、 Al_2O_3 が幾分ばらついているようである。又、ig.loss が意外と高く、且つばらつきが大きいのも注目しなければならない。このig.lossについては、ほとんど未燃炭素より成るもので、表Ⅱ-27 注4) に示したように、発熱量が1.955 Kcal/Kgもある。キルンの燃焼条件に非常に影響を与えると思われるので、ig.loss 管理を実施すべきと思う。

表Ⅲ-10 水滓の品位推移状況

*注)

年 月	化 学 成 分 (%)							塩基度 (-)	備 考	
	lg.loss	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	total			
1981年度	-	35.69	10.63	0.71	41.38	8.81	97.22	1.70	工源セメント工場 分析値	
1982年度	-	36.32	10.59	0.63	41.46	8.54	97.54	1.67		
1983年度	-	37.00	10.25	0.66	42.41	7.23	97.55	1.62		
1984年 1月	-	36.2	10.4	0.6	42.6	7.4	97.2	1.67		
2月	-	36.0	10.7	0.6	42.5	7.2	97.0	1.68		
3月	-	35.9	10.8	0.7	43.7	6.6	97.7	1.70		
4月	-	35.6	10.5	0.7	44.1	6.8	97.7	1.72		
5月	-	37.1	10.4	0.7	42.5	6.7	97.4	1.61		
6月	-	36.4	10.8	0.6	43.0	6.9	97.7	1.67		
7月	-	37.4	10.2	0.6	43.0	6.7	97.9	1.60		
8月	-	37.7	9.9	0.6	42.9	6.6	97.7	1.58		
9月	-	37.5	10.1	0.6	43.4	6.2	97.8	1.59		
10月	-	37.4	9.7	0.6	43.1	6.1	96.9	1.57		
11月	-	38.1	9.9	0.6	42.8	6.2	97.6	1.55		
12月	-	37.1	10.3	0.7	43.3	6.2	97.6	1.61		
1984年平均値	-	36.87	10.31	0.63	43.08	6.63	97.52	1.63		
1984年標準偏差	-	0.812	0.363	0.049	0.486	0.412	0.321	-		
特別試験	0.0	38.2	10.4	0.3	43.4	6.2	98.5	1.57		日本での 分析 (1984年12月)

注) $(CaO + MgO + Al_2O_3) / SiO_2$ で算出

表Ⅲ-11 炉灰の品位推移状況

年 月	化 学 成 分 (%)							備 考
	lg. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	total	
1981年度	14.10	44.80	24.33	9.84	2.85	1.73	97.65	工源セメント工場分析値
1982年度	13.90	44.52	24.91	9.91	3.08	1.69	98.01	
1983年度	15.59	43.42	21.59	11.48	4.05	1.77	97.90	
1984年 1月	24.3	40.4	17.3	9.6	4.5	1.4	97.5	
2月	28.9	38.4	13.5	9.9	4.6	1.7	97.0	
3月	22.5	40.7	15.6	14.9	3.0	1.6	98.3	
4月	21.1	42.1	16.2	13.1	3.8	1.6	97.9	
5月	17.9	44.7	18.4	11.3	4.2	1.7	98.2	
6月	14.4	45.8	25.2	9.2	3.4	1.6	99.6	
7月	15.8	46.3	21.6	9.5	3.2	1.6	98.0	
8月	11.9	44.9	25.6	9.6	4.8	2.0	98.8	
9月	11.8	43.3	24.2	15.0	3.1	1.3	98.7	
10月	10.9	46.0	29.2	8.8	2.0	1.3	98.2	
11月	—	—	—	—	—	—	—	
12月	12.3	44.7	22.4	13.0	4.5	2.0	98.9	
1984年平均値	17.44	43.39	20.84	11.26	3.74	1.62	98.28	
1984年標準偏差	6.010	2.637	4.972	2.332	0.873	0.236	—	
特別試験	28.5	—	—	—	—	—	—	

(111) 鉄粉の品位の現状と問題点

鉄粉の品位の現状は、表Ⅲ-12に示す通りである。

この表によれば、1984年に入ってFe₂O₃の含有量が非常に変動していることがわかる。鉄粉の使用比率は、通常4～5%であるので、その品位の変動による影響はわずかなものであるが、調合原料を安定にさせるためには、鉄粉の品位、特にFe₂O₃の安定化を購入先に要求した方がよいと思う。

表Ⅲ-12

鉄粉の品位推移状況

年 月	化 学 成 分 (%)							備 考	
	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	total		
1981年度	5.13	12.70	4.92	73.90	2.43	1.80	100.88	工源セメント工場分析値	
1982年度	4.95	13.81	5.16	68.59	2.58	1.81	96.90		
1983年度	5.00	14.76	5.03	67.57	2.37	1.80	96.53		
1984年 1月	4.0	12.8	5.0	72.6	1.9	1.4	97.7		
2月	3.4	13.2	2.9	74.4	1.7	1.4	97.0		
3月	9.5	18.2	3.9	55.6	6.9	1.7	95.8		
4月	4.5	15.2	3.6	70.0	2.3	1.7	97.3		
5月	4.3	16.3	3.8	68.2	3.1	1.9	97.6		
6月	5.0	16.8	3.9	65.1	3.5	2.2	96.5		
7月	9.5	14.2	5.5	59.7	3.2	2.1	94.2		
8月	5.2	16.8	4.0	64.2	4.3	1.8	96.3		
9月	5.5	16.6	6.1	63.0	4.3	1.6	97.1		
10月	6.0	17.4	3.6	64.6	3.5	1.7	96.8		
11月	5.0	18.2	5.2	64.0	3.6	1.6	97.6		
12月	4.3	16.4	4.9	67.4	2.8	1.6	97.4		
1984年平均値	5.52	16.01	4.37	65.73	3.42	1.72	96.78		
1984年標準偏差	1.986	1.796	0.948	5.248	1.374	0.245	—		
特別試験	6.4	17.8	4.8	61.5	3.0	1.5	95.0		日本での分析 (1984年12月)

(iv) ダスト管理の状況と問題点

ダストの品位は、表Ⅲ-13に示す通り、ほとんど一定である。セメント原料は粉末物であるから、キルン内を通過中、ダストを発生する。これをキルンに循環させるので、その循環量の違いによってキルン別のクリンカーの品位が変わってくることもある。

工源工場では、発生したダストを電気集塵器で完全とまではいかないが、ほとんど回収しているので問題はないが、ダストの管理を更に徹底に行うには、回収したダストを発生したキルンに発生量に応じて循環させることが望ましいと思う。

表Ⅲ-13 ダストの品位推移状況

年 月	化 学 成 分 (%)								備 考
	ig.loss	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	Total	
1982年度	7.44	14.32	4.44	4.27	53.75	4.54	9.11	97.87	
1983年度	6.84	13.95	4.32	3.70	56.41	4.93	7.56	97.71	工源セメント
1984年度	6.11	12.39	4.11	2.66	56.79	5.88	8.64	96.58	工場分析値

(V) 石膏ならびに混合材（水滓）の品位の現状と問題点

仕上工程で使用している石膏、水滓の品位推移状況は表Ⅲ-14及び(11)の表Ⅲ-10に示す通りである。

石膏の品位は SO₃含有量で大体判断するものであるが、表Ⅲ-14からは1983年度36.8%、1984年度38.9%となっている。SO₃含有量が低い程、粉碎性は良いというのが通説であるが、品質上特に凝結時間に問題がないので、コスト的な面だけ考えておけばよいと思う。

水滓の品位については、潜在水硬性（これ自体で硬化しないが、他の物質例えばセメントなどが共在すれば硬化する性質をいう）の観点でみる。

どのような水滓が最も潜在水硬性に優れているかについては、多くの研究報告がみられるが、潜在水硬性は化学成分及びガラス量について次の二つの事実より推定できると言われている。

(イ) 塩基度が高い程潜在水硬性が優れている。

塩基度には種々の計算式があるが、JIS では次の式を採用している。

$$(\text{塩基度}) = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$$

JIS R 5211ではこの塩基度を 1.4以上と規定している。

(ロ) ガラス相の多い水滓ほど、潜在水硬性が優れている。

(イ)、(ロ)で示したように、塩基度が高く、ガラス相の多い水滓が高炉セメント用原料として適しているのであるが、水滓は製鉄所の副産物であり、製鉄側では鉄の製造が主体であるので、セメント工場側の要望がそのまま受け入れられにくいのが問題であろう。日本で高炉セメント用原料として使用している水滓の品位ならびに外国産水滓の代表的な化学分析例を表Ⅲ-15に示す。

次にガラス相の測定には顕微鏡、X線回折、蛍光顕微鏡などによる方法があるが、ここではX線回折である程度の目安をつける。X線回折の結果は、先の 1.4の図Ⅱ-12に示す通り、幾分結晶を生じているので、日本並みとは言えない（日本産はX線回折のピークはみられない）。

日本の場合、急冷水滓とって、高炉の出銑口の溶けた水滓にジェット水を噴射して急冷するという方式をとっているので、できた水滓は完全なガラス相となっているが、一方、中国では溶けた水滓をいったん炉外に出して水冷しているため、幾分の結晶が生じるものと思う。

いずれにしても、工場に入荷する水滓は上記の点で問題があるが、先述したように、水滓は製鉄所の副産物であるということを念頭に入れながらも、日本で採用している方法、化学成分などに近づくよう、関係者と協議して改善していくべきと思う。

これらの点から当工場の水滓は潜在水硬性が少なく、高炉セメントの品質データを見た限りでは、むしろ石灰石の方がよいという傾向が認められている。

(vi) クリンカーならびに高炉セメントの品位の現状と問題点

クリンカーの化学成分、物理試験、ならびに高炉セメントの物理試験結果は、表Ⅲ-16及び表Ⅲ-17に示す通りである。

これらの問題点については、第Ⅴ章 1.1(4)「クリンカー、セメント品質の向上」の項で取上げる。

表Ⅲ-14 石膏の品位推移状況

年 月	化 学 成 分 (%)								備 考
	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	total	
1981年度	17.57	3.58	0.05	0.21	34.07	0.79	42.36	98.63	工源セメント 工場分析値
1982年度	16.87	4.63	0.12	0.27	33.39	1.15	42.08	98.51	
1983年度	21.70	5.35	0.26	0.35	32.07	2.52	36.85	99.10	
1984年 1月	22.5	4.5	0.1	0.4	33.0	3.1	36.2	99.8	
2月	21.3	5.4	0.0	0.4	31.1	2.2	37.4	97.8	
3月	24.9	3.6	0.2	0.2	34.7	1.4	34.8	99.8	
4月	19.8	9.9	0.4	0.4	28.8	1.1	37.5	97.9	
5月	—	—	—	—	—	—	—	—	
6月	—	—	—	—	—	—	—	—	
7月	18.6	7.2	0.2	0.4	33.3	0.9	38.9	99.5	
8月	20.4	5.6	0.1	0.1	31.2	1.7	39.8	98.9	
9月	—	—	—	—	—	—	—	—	
10月	20.1	10.2	0.2	0.4	29.6	0.5	37.2	98.2	
11月	—	—	—	—	—	—	—	—	
12月	18.4	2.1	0.3	0.1	32.8	0.2	45.3	99.2	
1984年平均値	20.75	6.06	0.19	0.30	31.81	1.39	38.39	98.89	
1984年標準偏差	2.144	2.878	0.125	0.141	1.992	0.942	3.182	—	

表Ⅲ-15 水滓の化学分析例

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	total (%)	塩基度
国産水滓A	33.3	16.1	0.7	43.0	5.9	99.0	1.95
国産水滓B	33.2	15.6	0.6	44.0	5.8	99.2	1.97
国産水滓C	34.0	14.4	0.6	42.9	5.9	97.8	1.86
国産水滓D	33.7	15.4	0.6	42.2	5.8	97.7	1.88
国産水滓E	34.6	15.0	1.2	40.7	5.2	96.7	1.76
ベルギー産水滓	31.5	13.9	0.4	47.9	3.7	97.4	2.08
米国産水滓A	32.1	12.1	1.4	43.4	5.9	94.9	1.91
米国産水滓B	33.8	12.2	1.2	47.1	3.4	97.7	1.86

表III-16 クリンカーの品質

(化学成分, 鉱物組成)

年 度	化 学 成 分 (%)						諸 率 (-)				鉱物組成 (%)			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	f.CaO	KSk	HM	SM	IM	C3S	C2S	C3A	C4AF
1981年度	19.7	5.8	4.9	62.7	5.6	0.5	0.931	2.06	1.86	1.21	61	13	7	15
1982年度	19.7	5.8	4.9	62.3	5.7	0.5	0.927	2.05	1.85	1.19	56	14	7	15
1983年度	19.8	5.7	4.8	62.4	5.6	0.6	0.917	2.06	1.89	1.19	56	15	7	15
1984年度	19.8	5.7	4.8	62.2	6.0	0.6	0.922	2.06	1.89	1.19	55	15	7	15

(物理試験)

年 度	容 重 (kg/l)	比表面積 (cm ² /g)	凝 結			安定性	曲げ強さ (Kgf/cm ²) 圧縮強さ (Kgf/cm ²)						称号
			水 量 (%)	始 発 (h-m)	終 結 (h-m)		3 日	7 日	28日	3 日	7 日	28日	
1981年度	1.465	3.057	23.69	2-13	3-48	合 格	62.8	77.8	96.8	292	457	637	615
1982年度	1.454	3.025	23.84	2-18	3-26	"	65.2	80.8	98.5	306	473	650	638
1983年度	1.456	3.013	23.98	2-22	3-42	"	59.8	74.3	91.3	292	455	642	623
1984年度	1.456	3.035	23.31	2-22	3-33	"	59.8	75.8	95.4	277	438	646	602

表III-17 高炉セメントの品質

(高炉セメント, 425号)

年 度	細 度 (80μmR) (%)	比表面積 (cm ² /g)	SO ₃ (%)	水 滓 混入率 (%)	安定性	曲げ強さ (Kgf/cm ²)			圧縮強さ (Kgf/cm ²)		
						3 日	7 日	28日	3 日	7 日	28日
1981年度	6.3	3.193	1.6	38.6	合 格	44.9	62.8	87.1	177	281	503
1982年度	6.1	3.095	1.6	38.7	"	44.6	63.5	88.7	171	275	504
1983年度	6.1	3.141	1.7	37.6	"	41.5	58.5	82.5	171	270	493
1984年度	6.4	3.266 注)	1.7	38.5	"	44.1	62.6	90.0	189	292	520

注) 1984年 1月~11月までの平均値

(c) 試験の精度，試験機器の保守状況と問題点

工源セメント工場の試験値の精度，試験機器の保守状況についてふれてみる。中国でも日本のOC（日本では毎年10月に日本セメント協会が日本全国のセメント会社，セメント関係試験機関に同一試料を配布し、一斉に物理試験，化学分析を実施し、得られた値からそれぞれの試験所の精度を比較する制度がある）と同じようなことを1983年度から実施しており、当工場の1984年度の結果は表Ⅲ-18に示す通りになっている。この表からは、当工場の値に問題のある数値はないと考えてよい（比率で比較した場合、かなり数値の大きいのがあがるが、元の数値そのものには基本的に間違っているとは思わない）。

物理試験用の圧縮試験機は1年に1回本溪市標準計量局で検定してもらっており、又、化学天秤は1年に2回、同局で検定してもらっている。

ビュレット，ピペット等については特に問題はないそうだが、これらの検定方法については、添付資料1-1に概略説明しているので、念のために1年に2回位検定することを勧める。

(2) 生産工程における品質管理

生産工程における品質管理は2.2「運転管理」で説明した基本的事項と、得られたデータから生産工程における品質ならびに工程の効率に影響を及ぼす要因との相関関係を統計学的手法で解析・把握し、これを管理することにあると思う。

現在では、原料，焼成，仕上各工程のすべてについて計量管理，計測管理が不十分であるので、現状のままのデータでは統計学的解析を実施してもその効果が少ないと思われる。

従って近代化後、即ち計量器の新設，計測機器の充実後に添付資料1-2及び添付資料1-3に示す手法を用いて生産工程における問題点の解析にあたれば、更に一層の改良，改善の方向に向かうことと思われる。

表Ⅲ-18 工源セメント工場の試験結果
 (中国セメント品質管理試験, 1985年12月, 試験所数62)

(物理試験)

項目	比重 (-)	細度		凝結			引げ強さ (Kgf/cm ²)			圧縮強さ (Kgf/cm ²)		
		比表面積 (cm ² /g)	(%)	水量 (%)	始発 (h-m)	終結 (h-m)	3日	7日	28日	3日	7日	28日
中国全国平均	3.16 (100)	3.640 (100)	4.8 (100)	23.75 (100)	2-00 (100)	3-00 (100)	57 (100)	69 (100)	83 (100)	299 (100)	439 (100)	596 (100)
工源	3.17 (100)	3.833 (100)	4.6 (96)	23.75 (100)	2-15 (112)	3-20 (111)	62 (109)	75 (109)	86 (104)	311 (104)	457 (104)	610 (102)

()は全国平均を100とした場合の比

(化学分析)

項目	化学成分 (%)									
	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
中国全国平均	1.13 (100)	20.41 (100)	4.92 (100)	4.14 (100)	63.74 (100)	2.51 (100)	2.10 (100)	0.40 (100)	0.13 (100)	0.24 (100)
工源	1.24 (109.7)	20.12 (98.6)	4.96 (100.8)	4.13 (99.8)	63.85 (100.2)	2.29 (91.2)	2.17 (103.3)	0.40 (100.0)	0.13 (100.0)	- (-)