

## 2.4 設備保全

### (1) 機械設備保全

| 現 状 分 析   | 問 題 点   |
|---|---|
| <p>定期休転について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• キルンの定期休転は、各キルン共年に2回で、1回の休転期間は16～17日である。</li> <li>• 休転補修内容としてはキルンの耐火レンガ、粉碎機の裏板、媒体の取替、入増の他に窯尻送風機の軸受取替、ローターの取替（年1回）が主な補修内容である。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 定期休転の回数については、問題はないと思われる。期間はもっと長くして、定期休転以外に故障で止めないように、保全を行うべきである。</li> <li>• 補修内容として、キルンの耐火レンガ、粉碎機の媒体裏板等の副原料、消耗品の取替は当然であるが、キルンの通芯測定、タイヤローラーの摩耗経過測定、各大型減速機の内部点検は行っていないが、このことは大きな突発故障の原因となる。</li> <li>• 窯尻送風機の軸受、ローターの取替周期が非常に短い、それ自体大きな問題であり、対策を要するが、付随的に次の問題点が生じる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 新品軸受の回転部、摺動部の馴じみ不足による初期故障の可能性</li> <li>- 軸受取替時の、軸、軸受箱への接触による傷の発生及び異物の噛み込み</li> <li>- 送風機箱解体による箱の変型による運転中の回転物との接触及び漏入空気部の増大の可能性</li> </ul> </li> </ul> |

| 現 状 分 析  | 問 題 点  |
|--|--|
| <p>突発故障について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1984年キルン関係の故障については故障による休転回数は 137回 時間は 935時間である。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>キルンの故障休転回数は 1 基当り68.5回で 平均 5日に 1回休転するような計算となるが 回数、時間共異常に大きい。<br/>キルンの休転回数が多いことは生産減損失があるばかりでなく、機械の止め廻しが多くなりそれだけ機械にとって悪影響を与えることになるが、それよりも一番大きな問題は故障をしたら直ぐキルンを止めるという考え方があると思われることと、故障を少なくするという意識が少ないと思われることである。</li> </ul> |
| <p>突発故障内容について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1984年の故障内容で一番多いのはボイラー故障で 403回、次に発電機関係、窯尻送風機関係の故障が続いている。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>故障内容としては、同じ繰り返しの故障と定期休転時の十分な補修、保全を行えば大半が防止できるものと思われるものが多い。</li> </ul>   |
| <p>運転中の設備保全について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>温度計、振動計等の機械の運転状態を監視する設備が無い機械が多く又、設備があっても壊れたままのものもかなりある。</li> <li>例えば軸受の故障の原因についての検討、改善を積極的に行っていない。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>効率的な設備保全を実施するには、設備の老朽化による新品との取替は必要であるが、それ以前に設備保全担当者、運転担当者が機械の健康状態を知って如何に寿命延長を図るかという意識をもつことが必要と思われる。</li> </ul>  |

### (3) 電気計装設備保全

#### 現状分析

電気・計装設備の保全は、工場全体のエネルギーの供給と、工程制御という生産管理上からも重要な分野であり、電気、計装設備の保全に起因するキルン停止はあってはならないものである。

特にこの分野では、予防保全（ Preventive Maintenance ）が特に重要である。

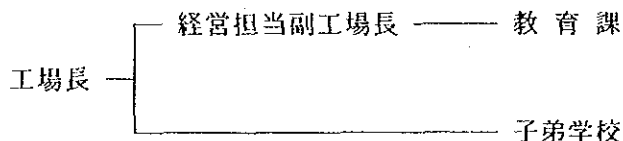
現状は、電気関係についていえば、仮取付，仮配線が各所に見られる。又、受変電所には定期点検，臨時点検表等の記録が明示されていない。計装関係については、計器の未校正，故障計器類の未修理等がある。

## 2.5 教育訓練

#### 現状分析

##### (1) 教育訓練担当組織

教育訓練は下記の組織により実施されている。



##### (2) 教育訓練の内容

下記の教育が実施されている

###### (a) 新入生導入教育

安全教育を工場として2日，各課（車間）で2日，班で3日，計7日行い、その後技術教育を行う。

###### (b) 初等中学校教育

文化大革命で初等中学校を卒業していない者を対象とし、中学と同等の教育を行う。

###### (c) 中学専門学校教育

初等中学校を卒業した者を対象とし、技術教育を行う。

###### (d) テレビ大学

テレビにより大学相当の物理、化学、経済等の教育を行う。

(e) 派遣生制度

大学、研究所等の外部期間の教育への派遣制度で、新技術に対する教育、管理者の教育に適用され、国、省の選抜テストに合格しないと参加できない場合が多い。

(f) 子弟学校

従業員の子弟の教育期間で、小学校から高等学校教育まで行っている。

問題点

(1) 新入社員導入教育、初等中学校教育、中等専門学校教育等従業員の最低水準を上げる為の教育と一部能力のある者の教育は行なわれているが、大多数の上記以外の従業員の研修制度がない。

(2) 自発的研修制度を含む研修制度があるが不完全である。

2.6 安全衛生、環境管理

現状分析

(1) 安全衛生、環境管理の担当組織

下記の組織が担当している。

工場長 —— 技術担当副工場長 —— 安全環境課

(2) 安全管理の現況

(a) 安全教育

新入生の安全教育は前述の通り7日間行われる。この他、電気、溶接、発破、ボイラー等の特殊作業者については、1年1回1～2週間の教育が行われている。

(b) 安全会議

週1回各職場で行われ、前週の事故事例の分析、安全教育を行う。

(c) 事故の発生状況

死亡事故は最近発生しておらず軽傷が殆どであるが、最近の発生状況は下記の通りである。

|      | 81年  | 82年  | 83年  | 84年  | 標準   |
|------|------|------|------|------|------|
| 年千人率 | 0.87 | 1.42 | 0.61 | 0.47 | 1.20 |

(d) 設備の安全巡視

3ヶ月に1回工場幹部、安全課、設備課による現場巡視を行い、不安全箇所を指摘するとともに各職場で1ヶ月1回主任、安全委員、班長によって自分の職場の現場巡視を行っている。巡視の目的は安全確認の他、防火、環境保全も確認する。

(3) 衛生管理の現況

- (a) 従業員の健康管理のため、年1回身体検査を行っている。
- (b) 職業病患者として珪肺病患者が約30人いる。解放前から勤務している者で、軽労働を行っている。
- (c) 従業員の疾病による休業率は2.9%である。
- (d) 職場環境改善のため、集塵器の取付をすすめている。
- (e) 工場に付属した病院があるとともに、工場内に診療所があり医者、看護婦が常時勤務している。

(4) 環境管理の現況

- (a) 国の排出規制は煤煙、粉塵、硫酸化物、窒素酸化物、排水、騒音等が適用されるが、現在問題となっているのは煤煙と粉塵のみで、市政府の立入調査が年1～3回行われている。
- (b) 上記調査では、現在排出口35ヶ所の内、5ヶ所が規制値を超過しており、罰金を課せられている。又、輸送機乗継点も規制されており56ヶ所のうち7ヶ所が規制値を超過している。
- (c) 特に問題なのは、キルン排気と原料乾燥機の排気である。

問題点

- (1) 設備の安全性についてはまだ不完全で、更に保護設備を設ける必要がある。
- (2) 環境管理については生産量確保が優先し、環境を保全するための施策が行われていない。
- (3) 現在問題としてとり上げられていない硫酸化物、窒素酸化物、排水、騒音については、現況把握も行われていない。



## 第IV章 中国側の近代化構想





## 第IV章 中国側の近代化構想

### 1 近代化計画の背景

中国では、現在第6次5ヶ年計画（1981～1985）が進行中であり、農工業の生産規模を拡大するため、基礎資材であるセメントの増産が急務とされている。

セメントの生産量は年産約1億屯といわれており、輸出入は僅かであるため、消費量もこれと見合うものと推定される。セメントの消費量は人口1人当り年間100 疋弱であり、先進国の数分の1にすぎない。

生産工場としては、大規模及び中規模の工場が全国で約57、その他の5,000以上の小規模工場がある。生産量は小規模工場の方が多いといわれており、小規模工場の製品は、大、中規模工場のものに比して品質が低い。

大、中規模の工場についても最近完成した数工場以外は、50年代、60年代の設備が主体であり、老朽化、旧式化が進んでいる。

この様な状況下で、工源セメント工場は1942年に完成した工場であり、既存工場近代化の一環として近代化構想を練る必要があった。

### 2 近代化構想の概要

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。工源工場の場合、余熱ボイラー方式を採用しているので、この製造方式は余熱発電量を勘案すれば経済的には新鋭の仮焼炉付キルン方式と殆ど差はないため、現状の余熱ボイラー方式のままで設備を近代化することを希望している。

一方、3号キルンについては余熱発電設備はなく、既存のキルンも古い原料乾燥機を改造したもので、老朽化が進んでおり、近代化に転用することができないので、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。

各案の具体的近代化目標は下記の通りである。

(1) 余熱ボイラー方式のままでの近代化

1, 2号キルン系統を対象とする。

(a) 熱消費量の低減

現状クリンカー1 冠を製造するため、1,440 Kcal消費しているが、これを1,300 Kcal まで低減させる。

(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

クリンカー生産量を現状キルン内表面積当り時産 35 冠を 38 冠に増加する。

(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号キルンの近代化計画

(a) 改造後の1, 2号キルンを含めた工場の生産能力を、クリンカー年産約60万屯、セメント年産約100万屯とする。

(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について検討する。

(c) 余熱ボイラー方式の場合は、キルン寸法を既設のものと同一とし、ボイラー, タービンは3号専用のものを新設する。

一方、既存工場の改造であるため、近代化計画の作成に当り、既存設備を有効利用すること、既存設備の改造工事による休止期間を短縮すること、投資を少なくすることを希望している。

### 3 問題点の概要

- (1) キルン熱消費量の減少と、余熱発電量の増加は基本的に矛盾する課題である。
- (2) 余熱発電の効率を上げるためには、タービン、発電機も更新すべきであるが、既存のものは1号用が本年稼動に入ったものであり、2号用は本年据付予定なので、更新するのはあまりにも不経済である。
- (3) クリンカー品質向上の目的は、セメント品質の向上であり、クリンカー品質向上と合わせて仕上工程でのセメント品質の向上対策も検討すべきである。



## 第V章 工場近代化計画



## 第V章 工場近代化計画

### 1 近代化計画の内容

前述の現状分析及び問題点に基づいて、現在と同じ原料を使用し、同種の製品を製造することを前提として第IV章に記載の工源工場の改造目標を達成するための近代化計画の内容を余熱ボイラー方式のままでの近代化、3号キルンの近代化について以下の通り提案する。

近代化計画の内容を策定するに当たっては、既存設備の有効利用、改造工事による操業中止期間の短縮、投資金額を少なくするよう配慮した。

#### 1.1 余熱ボイラー方式のままでの近代化

この内容は、1、2号キルン系統を対象とし、第IV章に前述の中国側の改造目標にそって、近代化の内容を表V-1に示す。

表V-1 近代化計画の内容

| 改 造 目 標             | 近 代 化 計 画 の 内 容   |
|---------------------|---|
| (1) 熱消費量の低減及び生産量の増加 | (a) クリンカー冷却機の改造<br>(b) 送原料均質化と回収ダストの定量供給<br>・ 各種計量機の更新<br>・ 混合貯蔵槽の新設<br>・ 蛍光X線分析装置の新設<br>・ 回収ダスト輸送系統改造<br>(c) 燃焼効率の改善<br>燃焼器の改造 |
| (2) 余熱発電量の増加        | ボイラーの更新   |
| (3) クリンカー品質の向上      | (a) 原料配合率の変更によるクリンカー品質の向上<br>(b) 仕上粉碎機の閉回路化によるセメント品質の向上   |

| 改 造 目 標       | 近 代 化 計 画 の 内 容  |
|---------------|--|
| (4) 計測、計量の自動化 | (a) 受配電設備の更新<br>(b) 計装設備、制御回路の新設<br>(c) 総括制御設備の更新、電動機の一部更新                     |
| (5) 環境の改善     | (a) 1.2号キルン用電気集塵器の内部一式の更新<br>(b) クリンカー冷却機排ガス用電気集塵器の新設<br>(c) 原料乾燥機排ガス用電気集塵器の新設 |

尚、上記の熱消費量の低減に伴い、キルン生産量を増加することが可能である。熱消費量の低減については、中国側の目標はクリンカー1冠当り、1,300 Kcalまで下げることであるが、我々の検討結果では、1,200 Kcalまで下げることが期待できる。又、中国側のキルン生産量の増加目標は約9%程度であるが、キルン焼成側の熱負荷を現在と同じと考えれば、熱消費量を1,200 Kcalまで下げることにより、キルン生産量は20%増加することは可能である。更に現状のキルン焼成帯の熱負荷は一般的なものより相当低いので、少なくとも10%は熱負荷を増加すべきであると考ええる。

従ってキルンの生産量は下記の様に時産30屯は充分期待できると考える。

$$23.0 \text{ t/h} \times \frac{1.440}{1.200} \times 1.1 = 30.4 \text{ t/h} \rightarrow 30 \text{ t/h}$$

それ故、この生産量増加に対応して、原料、仕上粉碎機の能力増加をはかり、キルン1基当りのクリンカー生産能力を日産720屯、稼働率80%を勘案し、セメント年産35万屯にするよう提案する。

近代化後の工場配置図、設備工程図、物質勘定図、単線結線図、計装図は、1.2(2)に示す。以下に夫々の考え方を示し、5項に設備の改造内容を示す。

#### (1) 熱消費量の低減及び生産量の増加

第Ⅱ章4項測定結果、試料分析結果及び工場の現状分析の検討結果等を基にし、更に当工場のクリンカー品質改善の要望条件を加味して、熱消費低減に付き検討を行った。その検討結果の概要を次に示す。

当工場の場合、飛散ダストに依る損失熱は、無視できる状態であり、キルン胴体放散熱も通常の乾式余熱ボイラー付きキルン並の値である。



従って熱消費低減に関係する主要項目を列挙すると、

- クリンカー冷却機の改造 - 冷却効率改善による2次空気回収熱の増加
- 送入原料、回収ダストの均質・定量供給 - キルン安定運転による熱効率改善
- 燃 焼 効 率 の 改 善 - 燃焼器の改造，通風管理改善による熱損失低減
- クリンカー品質の改善 - クリンカー品質改善，石炭燃焼転換に伴うクリンカー燃焼用熱量変化に対する熱消費の補正

次に上記の各項目に付き、熱消費低減効果の概要を示す。

a) クリンカー冷却機の改造

現在使用している多筒式冷却機はクリンカー冷却を、主として冷却機の放熱にて行う型式の冷却機であるから、2次空気回収熱効率、即ち冷却効率が悪く、測定結果では18.4%である。

これをグレート式冷却機に転換改造すると、冷却効率は75%が見込まれる。従って、2次空気回収熱の増加は、冷却機入口クリンカー顕熱が317.5 Kcal / Kge1であるから、

$$317.5 \times (0.75 - 0.184) = 179.4 \text{ Kcal / Kge1}$$

即ち、冷却機の改造により熱消費の低減として179 Kcal / Kge1を期待できる。

b) 送入原料、回収ダストの均質安定供給

送入原料の化学成分のバラツキが大きく、例えばHMの $\sigma$ を0.02以下にすると共に精度の良い定量供給機で安定送入することが必要である。

次に、ボイラー、電気集塵器で回収するダストは、各キルン毎に別々の輸送系統で回収するとともに、精度の良い定量供給機で安定送入することも必要である。

以上の改造により、5%の熱消費の低減が見込まれる。計算基準の熱消費を改善目標の1.200 Kcal / Kge1として、

$$1.200 \times 0.05 = 60.0 \text{ Kcal / Kge1}$$

即ち、原料調合方式及び回収ダスト輸送系統の両改造により熱消費の低減として 60 Kcal/Kgclを期待できる。

c) 燃焼効率の改善

燃焼火炎を目視観察すると、その周辺に暗赤黒色のめらめらが多数発生しており、この現象は重油の霧化燃焼が悪いことを示している。一方、窯尻排ガス分析結果では、過剰空気比が 1.01 で、CO が 0.8 %も発生している。冷却機の改造により、2次空気温度を上昇させ、燃焼器を改造し、燃焼を促進させ通風管理を徹底すれば、過剰空気比 1.05 以下で窯尻排ガス CO 濃度を 0.1 %以下で運転し、熱負荷を上げることもできよう。

この未然損失熱の減少だけでも熱消費の低減として 38 Kcal/Kgclを期待できる。

d) クリンカー品質の改善

表V-2に記述の如く、クリンカーの3日強度を 315 Kg/cm<sup>2</sup>、28日強度を 650 Kg/cm<sup>2</sup>にする為には、クリンカー諸率、遊離石灰の目標値を下記のようにする必要がある。

表V-2 クリンカー諸率目標値

| クリンカー諸率 | HM   | SM   | IM   | fCaO |
|---------|------|------|------|------|
| 目標値     | 2.12 | 2.00 | 1.40 | 0.50 |

石炭転換時の使用予定の石炭の化学特性値等を明示されなかったため、調合計算上の諸原料、石炭の化学成分等諸特性値は、1984年12月10日付「中華人民共和国工源セメント現状概要資料」の20頁の諸数値を用いたので表V-3, 4に示す。

表V-3 調合計算用諸原料化学成分 (%)

|      | 湿分    | 化 学 成 分 (%) |                  |                                |                                |       |      | 備 考                      |
|------|-------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|--------------------------|
|      |       | lg.loss     | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  |                          |
| 石灰石  | 0.8   | 41.10       | 4.00             | 0.87                           | 0.44                           | 50.21 | 2.11 |                          |
| 調合粘土 | 16.90 | 2.44        | 37.78            | 11.78                          | 2.13                           | 37.52 | 5.94 | 84年度実績 スラグ86 %<br>炉灰14 % |
| 鉄 粉  | 11.50 | 5.12        | 14.27            | 4.85                           | 69.04                          | 2.68  | 1.79 |                          |
| 石 炭  | 10.38 | 80.59       | 11.18            | 3.55                           | 1.88                           | 1.03  | 0.51 | 本溪工場入荷品<br>灰分19.8 %      |

表V-4 調合計算用微粉炭特性値

|       | 水 分<br>% | 灰 分<br>% | 揮発分<br>% | 固定炭素<br>% | 発 熱 量<br>Kcal/Kg |
|-------|----------|----------|----------|-----------|------------------|
| 混合微粉炭 | 2.53     | 19.84    | 28.85    | 48.78     | 5,200            |

但し、発熱量は工場着湿分基準の低発熱量であり、聞く所に依れば、使用予定の石炭は悪くても上表程度と見込まれているので、上記数値を使えば安全側であり、特に低品位炭とはいえない。

(a), (b), (c) 項の改造により将来約1,200 Kcal/Kgclの熱消費になると見込まれるので、熱消費1,200 Kcal/Kgclを基準に石炭の灰分を考慮して炉灰を使用した場合と、使用しない場合について調合計算、クリンカー焼成用熱量を計算し、現状の熱消費と比較した結果を表V-5に示す。

結果として炉灰を使用した場合 17 Kcal/Kgcl 現状より低減されることが期待できる。

表V-5 原料調合及び焼成用熱量

|                                     | 炉 灰 使 用 時      |            | 炉 灰 不 使 用 時    |            |
|-------------------------------------|----------------|------------|----------------|------------|
|                                     | 原料原単位<br>t/tcl | 調 合 比<br>% | 原料原単位<br>t/tcl | 調 合 比<br>% |
| 石 灰 石                               | 0.999          | 72.4       | 0.923          | 68.8       |
| 水 滓                                 | 0.297          | 21.5       | 0.374          | 27.9       |
| 炉 灰                                 | 0.048          | 3.5        | -              | -          |
| 鉄 粉                                 | 0.037          | 2.6        | 0.044          | 3.3        |
| 合 計                                 | 1.381          | 100.0      | 1.341          | 100.0      |
| ク リ ン カ ー<br>焼 成 用 熱 量<br>Kcal/kgcl | 296.3          |            | 268.2          |            |
| 焼成効率を考慮した<br>熱消費低減効果<br>Kcal/kgcl   | - 40           |            | 12             |            |
| 炉灰の燃焼熱を<br>考慮した場合<br>Kcal/kgcl      | 57             |            | -              |            |
| 総 合 的 な<br>熱 消 費 低 減<br>Kcal/kgcl   | 17             |            | 12             |            |

註) 炉灰の燃焼熱は ig.loss 28.50 % の時1,955 Kcal/Kgであるが、年間平均の ig.lossは17.43 % であるから、年間平均の炉灰燃焼熱は1,196 Kcal/Kgである。一方、通常、原料中の可燃物の燃焼熱の約 60 % が熱消費低減に寄与するので、炉灰の燃焼熱による熱消費の低減として、

$$0.048 \times 1,196 \times 0.6 = 57.4$$

57 Kcal/Kgを期待できる。

e) 増産に伴うキルン胴体放散熱の低減

クリンカー冷却機の改造、送入原料・回収ダストの均質、定量供給、及び燃焼効率の改善等により熱消費は現状年間平均1,440 Kcal/Kgclが 1,200 Kcal/Kgclに低減可能と見込まれる。

従って燃料消費量、即ち焼成帯熱負荷を一定とした場合、熱消費低減比率だけ生産量が増加する。

この増産により単位生産量当りのキルン胴体放散熱量も低減する。即ち、現状キルン胴体放散熱量は 103.5 Kcal /Kgclであるから、

$$103.5 - 103.5 \times \frac{1,200}{1,440} = 17.3 \text{ Kcal /Kgcl}$$

よって、17 Kcal/Kgclの熱消費低減が期待できる。

f) 熱消費低減対策及び効果

測定結果では燃料燃焼熱1,404 Kcal/Kgcl、炉灰燃焼熱 120 Kcal /Kgclであった。この炉灰燃焼熱の 60 % がキルン熱消費低減に寄与するとすれば、実際の熱消費は、

$$1,404 + 120 \times 0.6 = 1,476 \text{ Kcal /Kgcl}$$

とし、低減目標値を 1,200 Kcal /Kgとして熱消費低減対策と効果との関係を表V-6に一覧表に纏めた。

表V-6 熱消費低減対策及び効果

10<sup>3</sup> Kcal / tcl

|           |                    | 熱消費低減効果             |
|-----------|--------------------|---------------------|
| 熱消費低減対策   | クリンカー冷却機の改造        | 179                 |
|           | 送入原料・回収ダストの均質・定量供給 | 60                  |
|           | 燃焼効率の改善            | 38                  |
|           | クリンカー品質の改善         | 17                  |
|           | キルン胴体放散熱低減         | 17                  |
| 合 計       |                    | 311                 |
| 必要な熱消費低減量 |                    | 1,476 - 1,200 = 276 |

上記の表V-6の3項目の対策を実施すれば、石炭転換後、クリンカー品質の改善を行っても工源工場の熱消費目標値1,300 Kcal/Kgeclは問題なく達成でき、1,200Kcal/Kgeclも充分期待できる値であると考ええる。

尚、キルンの熱消費は、種々の因子が相互作用した総合的な結果として現れるものである。前述の様に、各因子別効果を出すのは多少の無理はあるが、説明の便宜上行ったものであることをご理解されたい。

g) 生産量の増加

生産量増加目標はクリンカー生産量を 35 Kg/m<sup>2</sup>h より 38 Kg/m<sup>2</sup>h に増やすことであるから、生産量増加率は 8.57 % である。

一方、現状の熱消費は年間平均1,440 Kcal/KgeIであるが、前項の如く、近代化の熱消費は

$$1.476 - 311 = 1.165 \text{ Kcal/KgeI}$$

即ち、約1,200 Kcal/KgeIを見込まれる。従って熱負荷を一定としても1984年度の1号キルンの生産量は 25.13 t/h であったので、近代化後の生産量は、

$$\begin{aligned} 25.13 \times \frac{1.440}{1.200} &= 25.13 \times 1.20 \\ &= 30.16 \text{ t/h} \end{aligned}$$

即ち、20%の生産量増加が見込まれたので、上記目標 8.57% の生産量増加は充分可能であり、30 t/h が期待できる生産量である。

## (2) 余熱発電量の増加

1, 2号キルンの排瓦斯保有熱を利用して余熱ボイラーによる自家発電設備2系統が設置されており、工場の所要電力の約50%が発電されている。本溪市の電力需給の状態からして、余熱発電量を増加して自家発電だけで工場の操業をまかなう事が望まれている。

第Ⅲ章 1.5 (2) で述べた如く、一般的に言って余熱ボイラー方式のセメント工場では、余熱発電量で操業をまかなえるのが普通であるが、当工場は高炉セメントのみを製造しているため、電力消費量が非常に多く約 160 KW/tcl にも達するのに加えて、ボイラーにて発生した蒸気の一部を重油加熱、冬期の濾布式集塵器等の結露防止に使用しているため、工場の所要電力の約50%しか自給出来ていない。

余熱発電量を増加するためには、重油加熱、冬期の結露止用等、高圧蒸気を必要としない部分は、低圧ボイラーを別に設けてこれに対処し、高圧蒸気は全てタービンに流す様変更すべきである。

### (i) 既存ボイラー更新の必要性

第Ⅱ章 3.4 (1) で述べた如く、ボイラー故障によるキルン休転が1984年には年間31回、故障時間403時間と故障時間の43%を占め、キルンの操業率を低下させ工場のセメント生産量を減少させていると共に、この

故障によって休転作業時間を消費するため、他の部門の保全が充分に行なわれず、他の部門の突発故障を誘発し、悪循環を起しているのではわないかと考えられることである。

このボイラー故障の内容は、殆んどがボイラーチューブからの水漏れである。前回ボイラーを改造したのは、数年前であるが、ボイラーチューブは取替られなかったとのことで、チューブ内部に水垢が付着していることによる熱伝達効率の低下と共にキルン排ガス中のダストによる摩耗が大きく老朽化が著しい。そのためボイラー効率の低下、ボイラーの突発故障の原因となっている。

よって新設計のボイラーに更新し、ボイラー効率の上昇による発電量の増及び、ボイラー故障の低減によりキルンの長期連続安定運転を図った方が得策と考える。

#### (ii) ボイラー更新後の発電量

現状のキルン排ガス温度、排ガス量は共に多きいのでボイラー入口の排ガス保有熱は大きく発電量の増加に対しては、有利であるがキルン近代化後はキルン排ガス温度、排ガス量とも現状より小さくなりボイラー入口排ガス保有熱は下る。

キルンの燃焼管理と余熱発電量との間には逆相間の関係がありどちらを採るかは検討の余地があるが一般的にキルンの燃焼管理を充分に行なった方が経済的であり運転面でも有利である。

上記の前提で、ボイラー更新後の発電量は、クリンカー屯当り145KW/tとなる。タービンも更新すればクリンカー屯当り167KW/tと上昇する又、タービンが小形の為蒸気消費率が高いので、3基のボイラーの蒸気をまとめて1基のタービンで発電すれば、更に効率はよくなり全発電量は増加するが現状タービンは、使用後まもないという事を考慮すればタービンの更新は不経済だと考えられる。

但しこの件については、中国側で電力需給バランス、電力単価等の事情より更に検討すべき事項と考える。

3号キルンについては、ボイラー、タービン共、新設計のものを採用し発電量はクリンカー屯当り167KWh/tとなり、発電自給率は90%程度に上昇する。



### (3) 電気・計装設備の改善

#### (a) 電気設備

##### (1) 受配電設備

現受配電設備は設置後長期間を経過しており、受電点に於ける遮断容量も、電源設備の増強により、年々増大している。その為現状遮断器の遮断容量は不足するに至っており、これに対処する為、受電用変圧器 6,300KVA (66KV / 3.15KV) の二次側にリアクトルを設置している。このリアクトルも、3号キルンの近代化に依り、発電設備の増設や、電源側の増強により、容量不足となることは否めない。又、3号キルン近代化に当っては仕上粉碎設備が増強され、その駆動用電動機は 2,200KWの誘導同期電動機が採用される予定である。この時点では、リアクトルを更新するよりも、遮断容量の大きい遮断器を更新した方が、系統電圧降下を考えた場合、合理的であると言える。

一方、電気回路においては、種々の異常現象があるが、その主なものとして過負荷、短絡、地絡、過電圧、不足電圧、異常電圧等々があげられる。これらの異常現象は頻繁に発生するものではないが、これらの異常現象に対する対策が十分になされていないと、万一事故発生の場合その被害は莫大なものとなる。その為、電気回路に各種の保護装置を施設して万一に備えるわけであるが、保護装置の選定あるいは使い方が適切でないとその役目、目的が果せないことになる。

現状での保護装置は古く、その動作特性も調整が必要となっている。又設備も比較的新しいものから、操業当初からのものもあり、過電流保護協調、地絡保護協調及び絶縁保護協調の点からも設備更新の時期にきているものと思われる。従って受配電設備もこの際近代化する必要がある。

現状での設備容量は鉱山関係の負荷設備を含み、約16,000KWと推定され、近代化後は約18,000KW程度と予想される。現状最大需要電力は、1, 2号運転時11,000KW程度であり、改造後の最大需要電力は、14,000KW程度となるであろう。

また、ボイラー発生蒸気量の内補助蒸気はスーツブローのみに使用するとすれば、1, 2号タービンには最大 21.46t/h, 3号タービンには最大 23.6 t/hの蒸気を送気されることになる。

1, 2号タービンの蒸気使用量を 4.93 Kg/KWhとすれば発電量は、1, 2号共4.350KW となる。一方、3号発電機は5.020KW の出力が予想されるので総発電量は13.720KWとなる。従って買電量は300KW 前後となるであろう。

#### (ii) 電気室

現状の電気室を各工程の負荷設備に近い場所に新設する。近代化に当っては、総括制御装置の導入により、電気室内には、モーターコントロールセンター、プログラマブルコントローラー (P L C) , リレー盤等が設置される。又、低圧動力用変圧器については、切替期間の短縮の為、この際更新するものとする。但し、鉱山関係、1, 2号発電機関係、石炭関係及び包装工場関係は現状通りとする。

#### (iii) 直流電源装置

遮断器操作電源として、直流電源装置を設置する。この装置は、浮動充電用サイリスタ整流装置と蓄電池とから構成される。又この電源は制御盤の操作電源や、非常灯に使用されるものである。

#### (iv) 電動機

近代化に当っては3号キルン関係電動機は全て新設となる。又1, 2号キルン近代化に当ってはキルン電動機及び速度制御を要する定量供給機等を新設する。キルン主電動機及びグレート式冷却機駆動電動機は故障も少なく、保守も比較的容易なサイリスタレオナード型の直流電動機に更新する。大型電動機等は、現状の電動機を転用する。

#### (v) 電動機の運転操作

現状では、機側運転のみで、運転表示等は制御室に表示されておらず、運転状況は把握出来ない。輸送機等の相互インターロックも無いものが多い様である。

改造に当っては、総括制御システムを採り入れ、輸送機相互のインターロックを採ると共に、これらの運転方法として、制御室からの各工程系統別の連動運転と、補修時の機側単独運転可能な運転操作方式を取り

入れる。

#### (VI) ケーブル

現状のケーブルは設備されて、長年月を経過している。又その絶縁の種類も紙絶縁のケーブルもあり、系統の絶縁協調の点からも現状に適合しないものもある。一方、受配電所の更新、電気室の更新及び総括制御装置の導入により、ケーブルの数量も増大する上、切替期間の工事短縮の点からも、該当ケーブルはこの際一新する方が得策である。

#### (VII) 構内放送装置

工場内の通信設備は、運転操作管理が、制御室に集中するにともない、現場保守員と運転員間の連絡は、保安上あるいは、機器の起動停止時に不可欠の通信手段となる。したがって、構内放送装置を設置する。

#### (b) 計装設備

工場の近代化にともない、生産工程の科学的管理が要求される。「計測、計量は運転管理の杖」と言っても過言ではない。現状の計装設備は、計装点数も少なく操業当初からのものが大半を占め、計装機器の製造中止等により、予備品の購入も困難となっている。又生産性、品質の安定及びエネルギー管理の向上の面からも計装点数あるいは制御回路数も大幅に増し、科学的管理を行う必要がある。

制御室として原料受入制御室，原料仕上制御室，焼成制御室の三ヶ所を新設し、原料受入よりセメントサイロ投入までの運転監視制御を行う。原料受入制御室では、原料受入，混合材受入系統の制御監視盤を設置し、原料仕上制御室には、原料粉碎，原料調合系統制御監視装置及び仕上粉碎及びセメント輸送系統の制御監視装置を設置する。焼成制御室には、原料送入，焼成系統及びクリンカー輸送系統の制御監視装置を設置する。制御装置導入にあたり設備の制御装置は、次の二つに分類することが出来る。

- ① アナロググループの監視・制御を受け持つ計装制御装置
- ② 電動機の操作・監視・制御を受け持つ総括制御装置

この他最近は、データロギングや高度な制御演算処理を受け持つ計算機制御装置を加え、3つに分類する場合もあるが、今回は上記の①②までを採用し、設備の制御装置を構成することとする。

これらの装置を構成するものは、①の計装では検出端、発信器、受信計器、調節計、監視盤であり、②の総括制御装置では電動機、モーターコントロールセンター、検出端、プログラマブルコントローラ（P L C）、リレーパネル、制御監視盤、操作卓である。

(i) 計装制御方式

指示・記録などの監視回路、調節などの制御回路は回路ごとに受信計器を割り当て、制御室にて、操作・監視・制御を行う。

(ii) 総括制御方式

電動機の操作・監視・制御は、制御室におかれた操作卓と制御監視盤にて行い、制御回路については、各工程ごとに分散されて現場電気室に設置されたP L Cが受け持つ。電動機は、何台かで一つのグループを構成し、通常運転時はそのグループに対して始動指令や停止指令を出して、監視・制御を行い、設備が運転される（系統運転）。総括制御では設備工程の表示が不可欠であり、その工程図上に、電動機の状態表示を行う。

(iii) 警報表示

設備を運転する場合、通常状態ではアナログ値の表示や電動機運転・停止の表示などを監視するだけで良いが、アナログ値の異常や電動機の故障が発生した時の表示・監視を行い、設備の異状を早期発見し、適切な処理を行う。

夫々の実施スケジュールとしては、受変電設備は3号キルン近代化時に、総括制御設備、計装設備は機械設備の実施スケジュールに合わせて実施する。従って1、2号キルンの近代化時は、各焼成、仕上設備の総括制御設備、計装設備が主体となる。

#### (4) クリンカー、セメント品質の向上

近代化計画の改造目標の1つとしてクリンカーの品質の向上を挙げており、本格調査時（1985年3月14日～3月20日）の打合せに基づきセメントの3日強度の向上を主目的としてクリンカー品質及び仕上の設備と運転方法の改善について検討する。

クリンカー強度については、現在の620号程度を650号にするということであり、又、セメントの3日強度については1985年10月実施予定のGB1344-84（中国規格）に沿って、3日強度を310 Kgf/cm<sup>2</sup>以上にするための対策を立てるのが本項の趣旨である。

そこでまずクリンカーの強度向上方法について、つづいてセメントの3日強度を310 Kgf/cm<sup>2</sup>以上にするための対策を確立するため、当工場提出の資料によって解析した結果を示す。

##### (a) クリンカーについて

使用した資料は当工場提供による1984年11月～1985年1月の日報を基とした。この結果、クリンカーの特徴としては次のようなことが挙げられる。

- ① 材令3日の強度が低い（1984年11月平均… 273 kgf/cm<sup>2</sup>、12月平均… 285 Kgf/cm<sup>2</sup>、1985年1月平均… 268 kgf/cm<sup>2</sup>）
- ② クリンカー中のMgO含有量が多い（1984年11月平均… 5.8%、12月平均… 5.9%、1985年1月平均… 6.28%）
- ③ C3A/C4AF比が小さい

|             | C3A  | C4AF  |
|-------------|------|-------|
| 1984年11月平均… | 6.6% | 14.8% |
| 1984年12月平均… | 7.1% | 14.5% |
| 1985年1月平均…  | 7.2% | 14.5% |

C3A/C4AF比較が小さいため、クリンカー破断面には茶褐色部分が大部分で、且つクリンカー容重も大きい（約1.5kg/l）。

- ④ HM (或いはKSk) が高くなると、例えばHMが 2.10 以上になると、f-CaO が1 % を超える。又、このHMのばらつきが大きく、この3ヶ月間 (1984年11月~1985年1月) でも 1.99 ~ 2.11 の範囲にある。

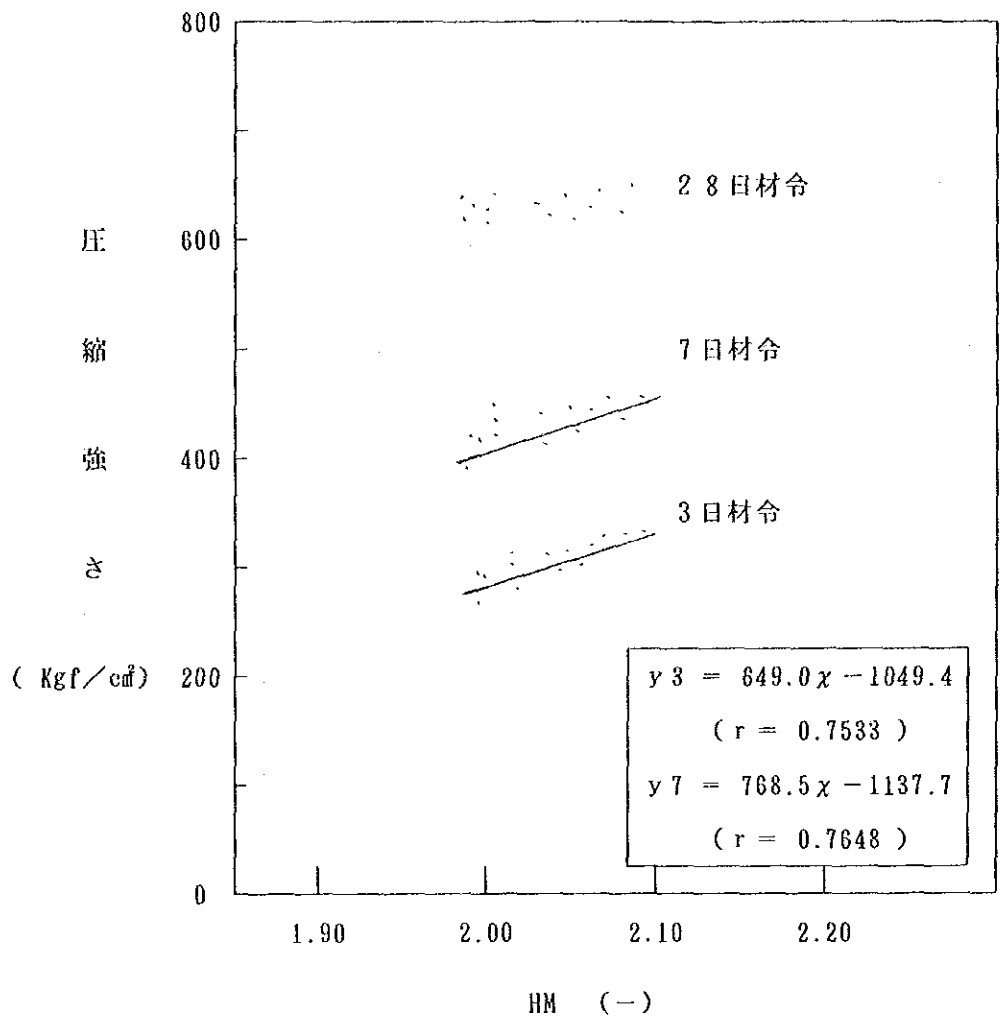
クリンカーの3日強度ならびに28日強度をそれぞれ 310 Kgf/cm<sup>2</sup>以上、650 Kgf/cm<sup>2</sup>以上にするための因子としては ①HM (或いはKSk) ②C3S, C3A ③f-CaO ④MgO ⑤クリンカー急冷 等が挙げられる。但し、⑤のクリンカーの急冷については当工場では現在多筒式冷却機で徐冷しているので解析の因子から除外した。

上記の因子は複雑に絡んでいるので、3ヶ月の膨大な資料をそのまま解析或いは図に点綴しても確実な相関関係は得られないと思う。したがってそれぞれの因子を適当に層別にして選び出し図に点綴した後、回帰直線、相関係数を求めた。尚用いた資料は添付資料5-1, 5-2に示した。

(i) HMとクリンカー強度の関係, KSk とクリンカー強度の関係

C3S で層別にした。C3S > 58.5 %, 54~56 %, < 53 %の3群に属するものを選び出し、且つf-CaO の 0.9 %以下のみとした。

これらの資料についてHMとクリンカー強度の関係について点綴した結果を図V-1に示す。又、KSk とクリンカー強度の関係を図V-2に示した。

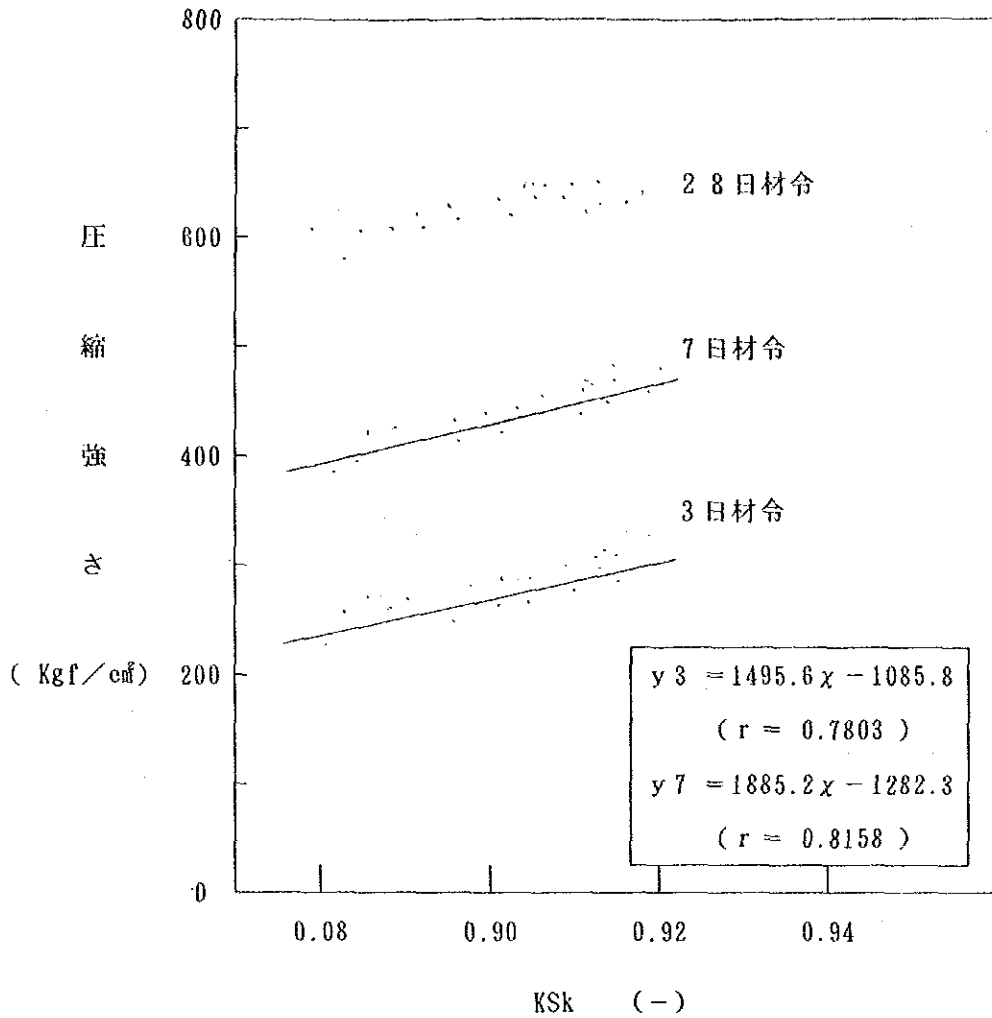


記号  $y_3$  ,  $y_7$  ; 3日材令, 7日材令での圧縮強さ

$x$  ; HM

$r$  ; 相関係数, 添付資料 1 - 2 参照

図 V - 1 HMとクリンカー強度の関係



(記号 図V-1と同じ, 但し  $x$  : KSk)

図V-2 KSk とクリンカー強度の関係

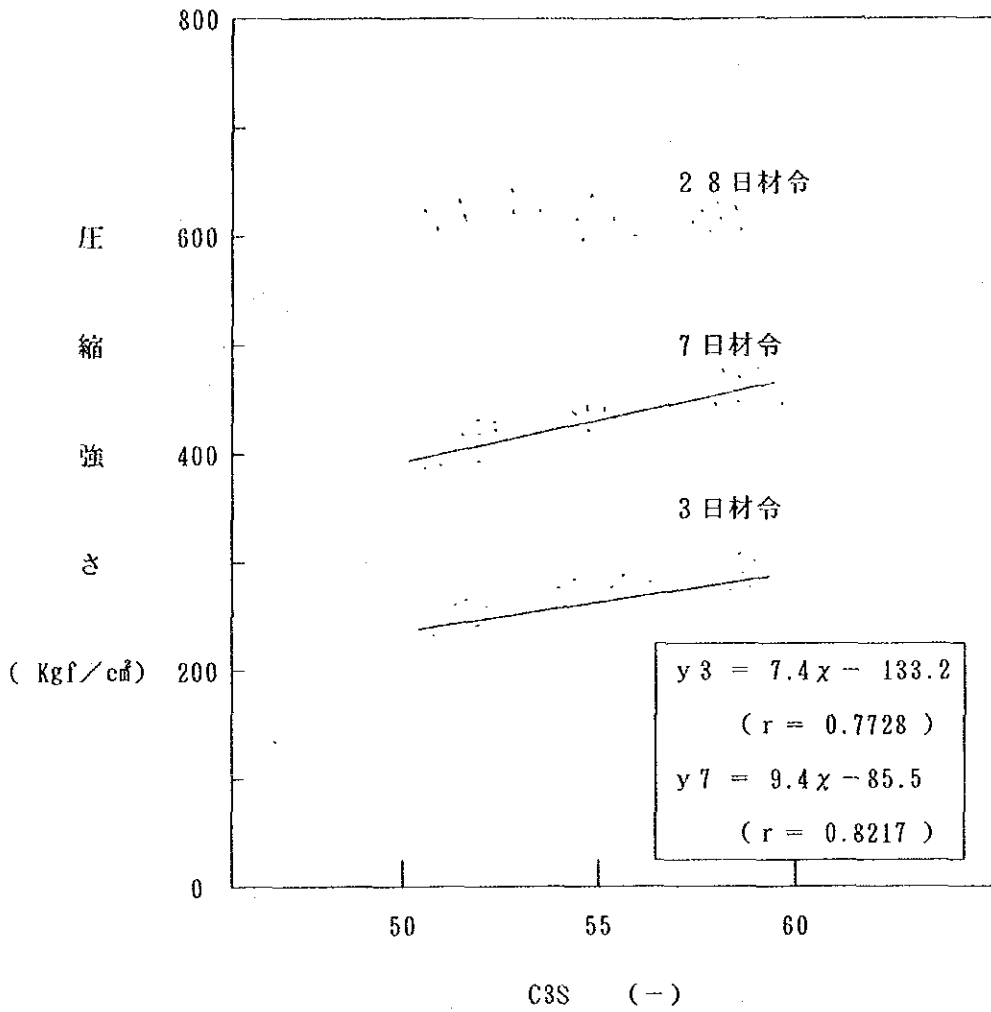
図V-1より、クリンカーの3日強度及び28日強度はHMを2.10以上にするとほぼ目標に達すると思う。又、図V-2よりKSkは0.93位が妥当だと思う。



(11) C3S とクリンカー強度の関係

(1) の解析方法と同様に C3S > 58.5 %, 54~56 %, < 53 % の 3 群に属するものを選び出し、且つ f-CaO は 0.9 % 以下のみとした。

これらの図を点綴した結果、図 V-3 が得られた。図 V-3 よりクリンカーの 3 日強度、28 日強度ともに C3S を 60 % 台に設定すると、目標に到達するであろう。



(記号 図 V-1 と同一、但し x : C3S )

図 V-3 C3S とクリンカー強度の関係

#### (111) C3A とクリンカー強度ならびにMgO とクリンカー強度の関係

C3A とクリンカー強度ならびにMgO とクリンカー強度の関係は図に点綴したが、全て団子状になって、確実なる関係は得られなかった(図省略)。これについては使用した資料がC3A, MgO のいずれについても狭い範囲で変動しているので(1) (11)項のような明瞭な関係は得られないと思われる。C3A とクリンカー強度の関係は文献によるとC3A が多い程、3日強度、7日強度ともに効果があると言われているが、C3S 程クリンカー強度に寄与してないと言われている。

又、クリンカー中のMgO 含有量についても 1.5 %~ 2.0 %近辺が最もクリンカー強度が高くなり、MgO 含有量が2 % 以上になるとクリンカー強度が低下するが、クリンカーを急冷した方が徐冷したクリンカーよりも良いというのが通説である。MgO の含有量の件に関しては当工場の原料事情もあることなので、確たる数字を明示することができないが、できるだけこれを下げるように、又急冷クリンカーをつくることを検討した方が良いと考える。

#### (1V) f-CaO とクリンカー強度

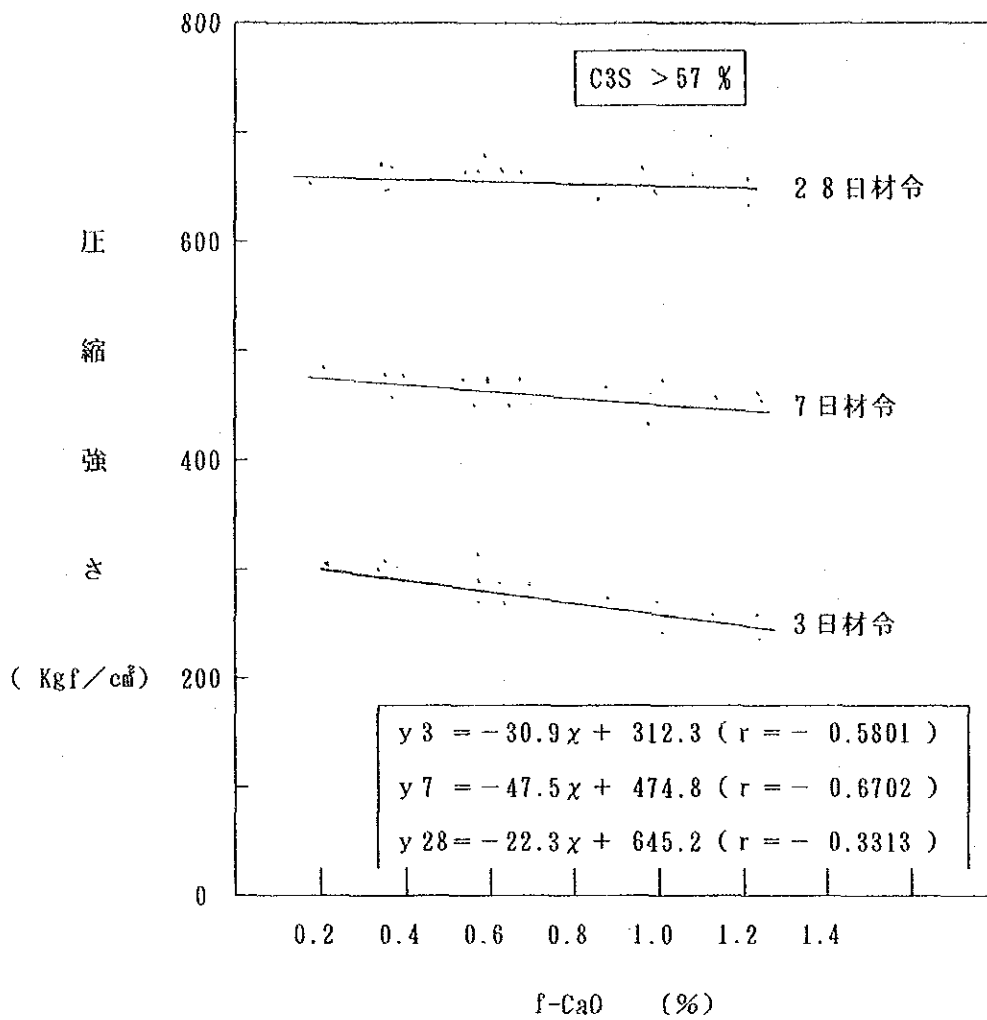
f-CaO とクリンカー強度の関係をとるため、C3S >57 %, 54~55 %, <52 %に層別し、図に点綴したところ図Ⅲ-4~6 が得られた。これらの図から次のことがわかる。

- ① C3S >57 %の範囲では、明らかにf-CaO とモルタル強さの関係は逆相関となっており、工場が望む品質レベルに達するには少なくともf-CaO を 0.5 %以下にすべきと思う。
- ② C3S 54~55 %の範囲でも①と同様な傾向が認められており、できるだけf-CaO を小さくする必要がある。しかしながら、C3S 54~55 %の範囲では工場が望むレベルに到達しないようである。
- ③ C3S <52 %では特異な現象がみられ、f-CaO が 0.6 %のように多くても3日、7日強度は低下せず、逆に上昇しているようである。しかしながら28日強度では明らかに①、②と同一傾向が認められている。3日、7日強度の特異現象はデータの数も少なく、又このような現象がみられたとしても、他の要因で品質が良くなったと解釈した方が妥当と思う。

以上得られた結果と文献などの説をまとめると

- ①  $HM > 2.10$
- ②  $C3S \geq 60 \%$
- ③  $KSk \geq 0.93$
- ④ C3A は多い程よい。
- ⑤ MgO はできるだけ少量に、且つクリンカーは急冷する。
- ⑥  $f-CaO < 0.5 \%$

上記 6 項目の設定変更は勿論、新鉱山の石灰石使用、各種のベルト式定量供給機の新設による安定運転化、グレート式冷却機の設置などを前提としてはじめて効果をもたらしてくるものであり、これによってクリンカーは 3 日強度  $310 \text{ kgf/cm}^2$ 、28 日強度、 $650 \text{ Kgf/cm}^2$  を充分満足すると思う。



図V-4 f-CaO とクリンカー強度の関係 (C3S > 57 %)

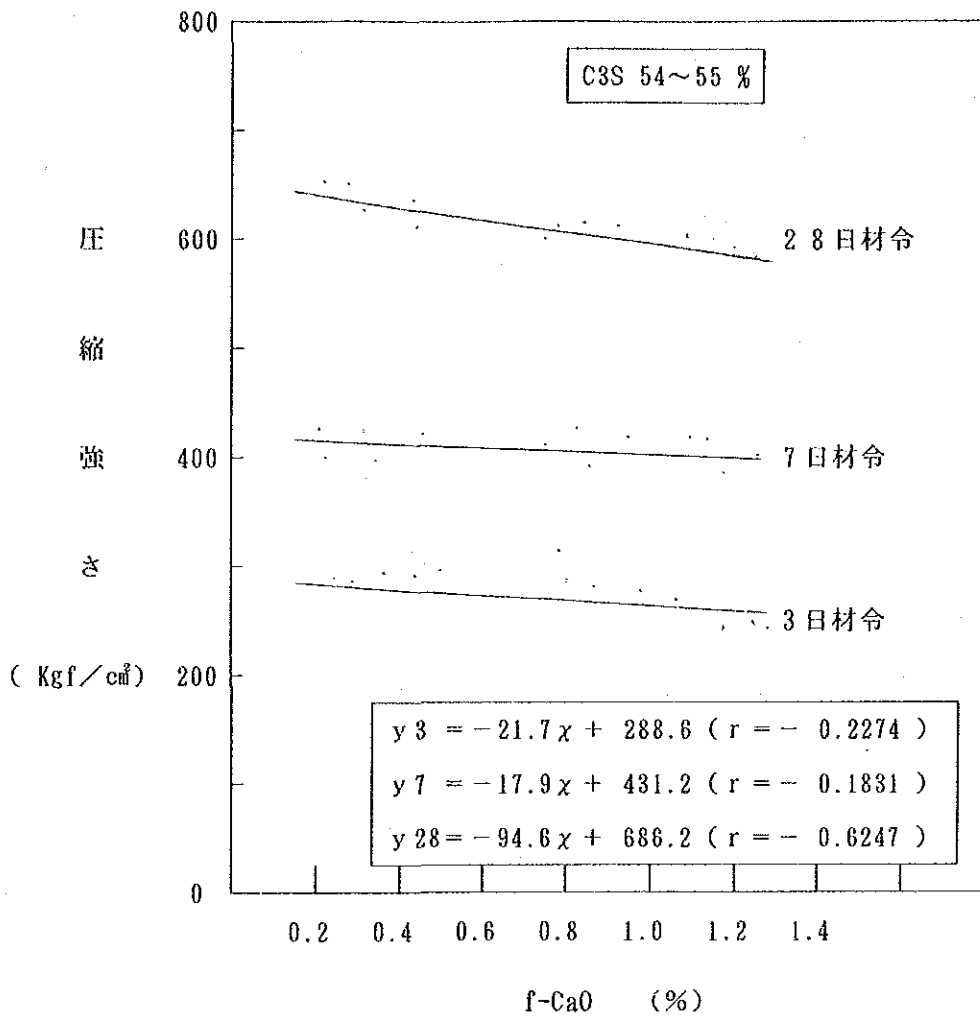
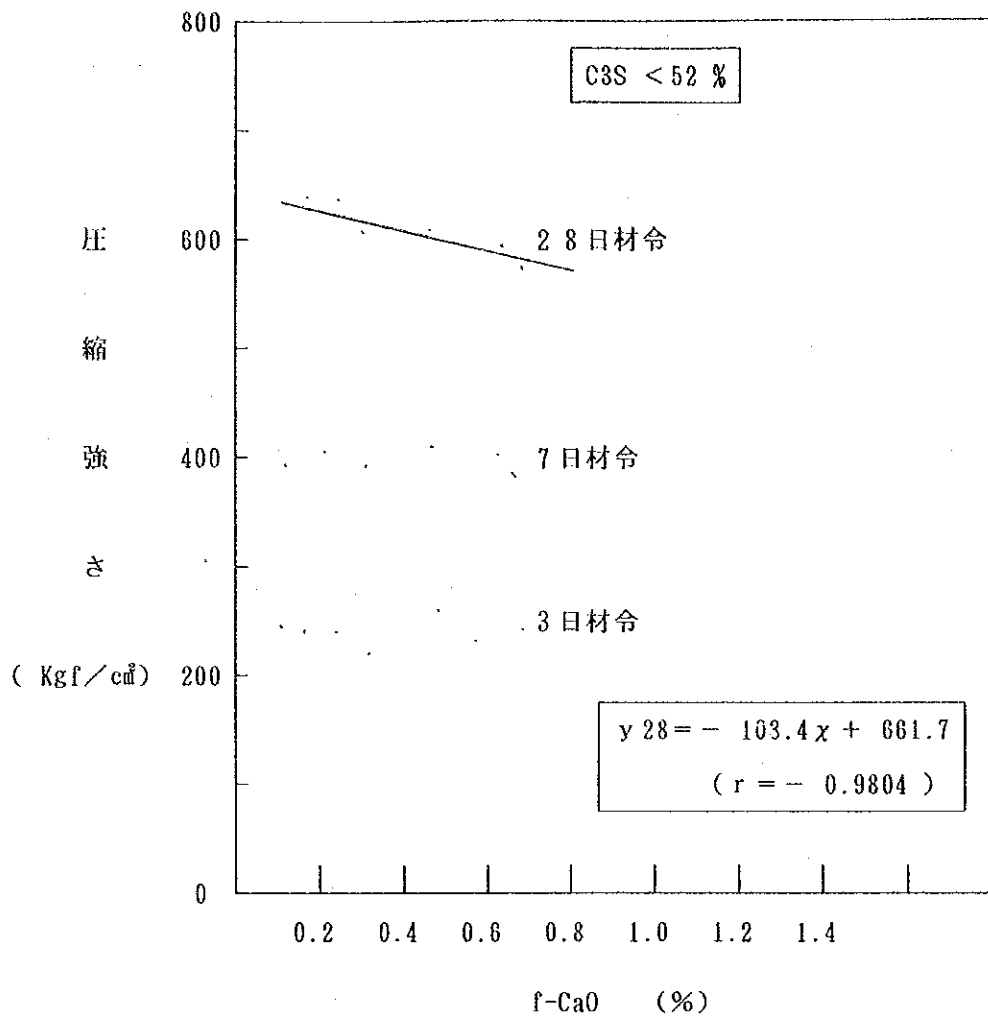


図 V-5 f-CaO とクリンカー強度の関係 (C3S 54~55 %)



図V-6 f-CaO とクリンカー強度の関係 (C3S < 52 %)

(b) セメントについて

使用した資料は当工場提供による1984年11月～1985年1月生産425号セメント記録B1とした。この資料は添付資料5-3に示している。これらの膨大な資料から当工場のセメントの特徴は、次のようなことがいえる。

- i) 水滓混入率 $35.0 \pm 2.0$  %の割には細度が粗く、比表面積も小さい。
- ii) セメント中のSO<sub>3</sub>含有混入率 $1.6 \pm 0.2$  %では、セメントの短期強度は向上しない。
- iii) セメントの28日強度は中国規格GB1344を十分に満足する。
- iv) 石灰石を3～4 %混合するとセメントの短期強度が改善されるが、28日強度は石灰石の混入率に相当する分低下する。

上記4項目以外のものとして使用した資料にでていないものとしては、次のようなことが挙げられる。

- v) クリンカー温度が200℃以上あり、又、開回路粉砕方式のためセメント温度が約200℃あり、石膏の脱水が進み過ぎていることに起因する異常凝結現象がみられている。
- vi) クリンカー中のMgO含有量が約6 %あり品質面でよくない。
- vii) 水滓の塩基度が低く、且つ一部結晶質が存在するため、潜在水硬性が少ない。

一般に、高炉セメントの品質に影響する因子としては次のことが考えられる。

- ①細度(80 $\mu$ mR, 比表面積, 粒度分布) ②水滓の活性度(潜在水硬性) 及び混入率 ③クリンカー強度 ④セメント温度 ⑤石膏の品質, 添加量

これらの因子を1つずつ最適値になるよう、又、安定化してゆけば、高炉セメントの品質は向上すると思うが、この最適値がどこに存在するかについては当工場から提供された資料からみつけることは不可能に近い。何故ならこれらの資料にある各因子はコントロールされているものであり、その変動範囲が狭くて、クリンカーの解析に用いた様な手法は適用できないからである。したがってこれらの因子とセメント強度の関係についてはこれまで日本では通説となっていることを表V-7に提示するだけとし、当工場で独自に実験計画法などの確立した手法を用いて特別試験を実施し、統計解析をした

上で最終的な結論を導くことが最良と考える。

表V-7 高炉セメントの品質向上のための製造条件改善案

| 項 目   | 現 状                          | 改 善 案                          |
|-------|------------------------------|--------------------------------|
| 粉碎方式  | 開回路+閉回路                      | 閉回路                            |
| S03   | 1.6%+ 0.2%                   | 2~ 2.5%                        |
| 混 合 材 | 水滓35.0± 2.0%<br>時々石灰石を約4% 添加 | 水滓35.0± 2.0%<br>石灰石は約4% 常時添加する |
| 細 度   | 80 $\mu$ mR 7.0%以下           | セメント強度の状況に応じて<br>変える           |

表V-7に示す粉碎方式を全部閉回路にすることの利点は第II章 4.3(3)でのべた通りである。すなわち、当工場の高炉セメントの粒度分布が日本の代表的な高炉セメントのそれと比べて幅広いが、それを閉回路方式にすれば粒度分布が10~30 $\mu$ mに集中しセメントの強度が向上する。何故ならばセメント強度に寄与する粒径は10~30 $\mu$ mといわれることから明白である。閉回路にする利点を表V-8にまとめてみた。

表V-8 開回路粉碎，閉回路粉碎の比較例

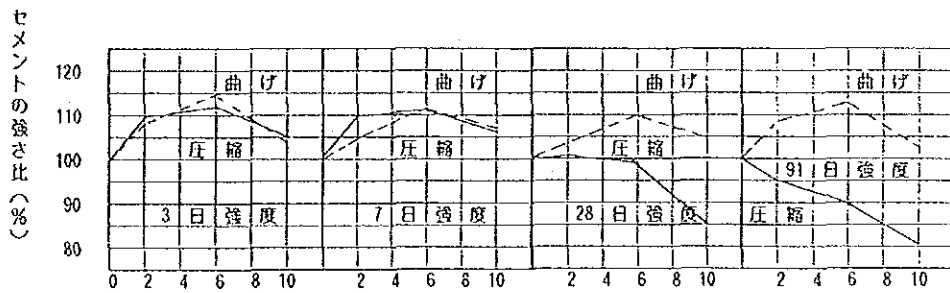
| 項 目      | 開回路粉碎    | 閉回路粉碎    |
|----------|----------|----------|
| 28日強度    | 100      | 110~ 120 |
| 粉碎機内温度上昇 | 大        | 小        |
| 製 品 粒 度  | 粒度分布が幅広く | 粒度分布が狭く  |
|          | 粒度調節も難しい | 粒度調節容易   |
| 生 産 量    | 100      | 130~ 140 |

表V-7に示す石灰石の添加による高炉セメントの品質への効果は日本でも報告例がある。これによるとセメントに約5% 添加するとセメントの強度は、石灰石無添加のセメントに比べて3日材令で約10%、7日材令で約12%アップしているが、28日材令ではほぼ同一或いは若干低下すると報告され

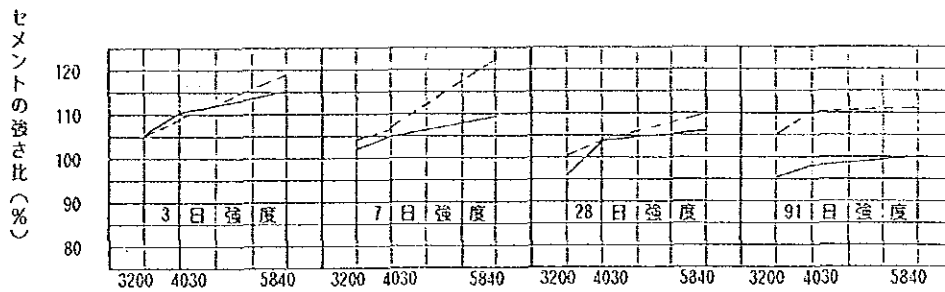


ている（図V-7）。

工場提供の資料のうち1984年12月度に石灰石添加時を無添加時の各特性値の平均値で比較してみると表V-9が得られる。同表からは上記文献と同一傾向があらわれており、石灰石約4%添加することにより、無添加と比べて3日圧縮強さが194.7 Kgf/cm<sup>2</sup>（16%アップ）、7日圧縮強さが305.4 Kgf/cm<sup>2</sup>（17%アップ）であるが、28日圧縮強さは510.9 Kgf/cm<sup>2</sup>（2%ダウン）となっている。



石灰石粉末の置き換え率 (%)



石灰石粉末の粒末度

図V-7 石灰石添加とセメント強度の関係の例

表V-9 工源工場における石灰石添加と無添加時の比較 (1984年12月度工源工場提供試料より)

| 石灰石<br>添加有無 | 計算項目 | 凝 結        |              |              | 安定性 | 細 度                |                              | 混合法 (%) |       | 曲げ強さ (kgf/cm <sup>2</sup> ) |       |       |       | n<br>(個) |       |       |    |
|-------------|------|------------|--------------|--------------|-----|--------------------|------------------------------|---------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|----|
|             |      | 水 量<br>(%) | 始 発<br>(h-m) | 終 結<br>(h-m) |     | 80 $\mu$ mR<br>(%) | 比表面積<br>(cm <sup>2</sup> /g) | 水 滓     | 石灰石   | 3 日                         | 7 日   | 28日   | 3 日   |          | 7 日   | 28日   |    |
| 有           | 平 均  | 24.21      | 3-01         | 4-24         | 良   | 6.44               | 3125.1                       | 34.37   | 3.99  | 石灰石                         | 44.57 | 63.73 | 93.11 | 194.7    | 305.4 | 510.9 | 14 |
|             | 標準偏差 | 0.091      | 11.7         | 10.2         |     | 0.497              | 87.10                        | 1.084   | 0.459 |                             |       | 1.525 | 1.862 | 2.093    | 8.34  | 10.00 |    |
| 無           | 平 均  | 23.83      | 3-06         | 4-31         | 良   | 6.77               | 3201.2                       | 36.91   | 0     | 石灰石                         | 42.56 | 59.74 | 89.54 | 167.2    | 261.0 | 522.6 | 16 |
|             | 標準偏差 | 0.218      | 8.6          | 16.1         |     | 0.377              | 94.12                        | 1.638   | 0     |                             |       | 2.112 | 2.274 | 2.889    | 8.51  | 11.00 |    |

#### (5) 原料、仕上粉碎機の粉碎能力増加

キルンの生産量増加に対応するため、原料粉碎機、仕上粉碎機の粉碎能力を増加する必要があるが、後述のように近代化の順序として、操業休止損失を少なくする意味で3号キルン近代化後に1、2号キルンの近代化を考えているので、この考え方にそって検討する。

##### (i) 原料粉碎機

原料中に反応性が悪く小さく粉碎する必要のある珪石を使用していないこと、諸設備の改造によりキルン送入原料の品質、キルン送入量及び燃料吹込量等の変動が大巾に減少することにより、安定した運転が期待されるので、現状の粉末原料の細度は88 $\mu$ 残13.9%であるが、これを20%まで粗くしてもクリンカー品質、熱消費の面で悪影響が出ないことが期待出来る。

後述の様に3号キルン近代化時に6号仕上粉碎機を4号原料粉碎機として転用して原料粉碎能力の増加をはかったが、近代化後には粉碎能力の余力が僅かになり、キルンに対する稼働率が96%と非常に高くなるため、粉末原料の細度を可能な範囲で粗くして稼働率を下げると共に電力消費を減少させるのが得策と考える。粉末原料の細度を16%まで粗くした場合稼働率は89%、20%まで粗くした場合79%となり妥当な稼働率となる。

原料粉碎機の粉碎能力の推移は下記のとおりである。

| 粉碎機 | 現状 (t/h) | 3号近代化後 (t/h) | 細度変更(20%) 後 (t/h) |
|-----|----------|--------------|-------------------|
| 1号  | 32.4     | 32.4         | 39.0              |
| 2号  | 32.4     | 32.4         | 39.0              |
| 3号  | 32.8     | 32.8         | 40.0              |
| 4号  | —        | 32.8         | 40.0              |
| 合計  | 97.6     | 130.4        | 158.0             |

##### (ii) 仕上粉碎機

既存設備の能力増加対策としては、当初に既存設備の改造を行い、次に増設を考えるのが一般的であるが、3号キルン近代化時に既設改造で

は能力が不足するので、増設を先に実施するよう計画したので、1、2号キルン近代化時に既存設備改造を行う。

改造の内容としては、現在開回路方式の1～5号粉砕機を閉回路に改造することと、7号粉砕機の改造である。

閉回路方式は建屋の嵩上げの必要はあるが、セメント品質の向上という利点もあり、粉砕能力は現状の1.3～1.4倍に増加することが期待できるので既設1～5号粉砕機の粉砕能力を毎時18.2屯及び18.9屯に設定した。

一方、7号粉砕機は閉回路方式でありながら、粉砕能力が低く、これは電動機が小さいため粉砕媒体が少ないことなどによるもので、改造により、標準的な粉砕能力が期待できると考える。

改造後の粉砕能力は下記のようになり、この場合キルンに対する稼働率は86%となり妥当なものとする。

| 粉砕機 | 現状 (t/h) | 3号近代化後 (t/h) | 近代化後 (t/h) |
|-----|----------|--------------|------------|
| 1号  | 14.0     | 14.0         | 18.2       |
| 2号  | 14.0     | 14.0         | 18.2       |
| 3号  | 14.0     | 14.0         | 18.2       |
| 4号  | 14.0     | 14.0         | 18.2       |
| 5号  | 14.5     | 14.5         | 18.9       |
| 6号  | 16.0     | 16.0         | —          |
| 7号  | 15.0     | 15.0         | 24.0       |
| 8号  | —        | 66.0         | 66.0       |
| 合計  | 101.5    | 167.5        | 181.7      |

(6) 環境の改善－電気集塵器の改造及び新設

電気集塵器の改善に当って、その性能に影響を及ぼす因子を考慮した上、これらについて検討を加える必要がある。その因子は下記の項目があげられる。

① ガス条件

- (イ) ガス量
- (ロ) ガス成分
- (ハ) ガス温度

② ダスト条件

- (イ) 電気固有抵抗値
- (ロ) ダスト濃度
- (ハ) 粒度分布

③ 電気集塵器

- (イ) 容量
- (ロ) ガス整流状態
- (ハ) 据付、芯出し精度
- (ニ) 電源装置の容量と制御方法

これらの項目をキルン排ガス用電気集塵器及びクリンカー冷却機排ガス用電気集塵器について検討し、排ガス含塵量を規制値の  $0.1 \text{ g/N m}^3$  以下になるよう、既設電気集塵器の改造、又は増設を行う。

(a) キルン排ガス用

(i) ガス条件

現状の電気集塵器入口ガス量は約  $1.625 \text{ Nm}^3/\text{min}$  であるが、改造後は  $1.100 \text{ Nm}^3/\text{min}$  のガス量となる。又、ガス温度についてはボイラーでの熱回収により約  $190^\circ\text{C}$  と考えられる。

(ii) ダスト条件

電気集塵器の集塵効率に大きな影響を与える要素の一つにダスト固有抵抗がある。電気固有抵抗は、単位面積 ( $\text{cm}^2$ ) に単位厚さ ( $\text{cm}$ ) のダストが堆積したときの電気抵抗で、その単位はオーム・センチ ( $\Omega\text{-cm}$ ) である。

この固有抵抗の値が $10^4 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ の間が集塵に適した範囲でそのうちでも $10^6 \sim 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ の固有抵抗を有するダストは最も集塵し易い範囲に入る。第三章1.5の図III-8の工源セメント工場のダスト抵抗から判断すると、ガス温度 $190^\circ\text{C}$ 、ガス中の水分約5%のガス条件のもとでは、抵抗値は、概ね $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ となるが、ガス中の水分は実際には5%よりも多いと考えられるので、この値は下がり調湿塔の設備は必要ない。入口ダスト濃度は約 $80 \text{ g/Nm}^3$ と考えられる。出口含塵量は現状約 $0.4 \text{ g/Nm}^3$ であるが、改造後は $0.1 \text{ g/Nm}^3$ を達成し、ばい塵排出規制値の範囲内でなければならない。

(iii) 電気集塵器の容量

電気集塵器の改造に当っては、ガス条件、ダスト条件を検討した上で、電気集塵器容量を決定するが、現状での集塵器の仕様の要約を表V-10に示す。

表V-10 集塵器仕様の現状

| 項 目        | 1, 2号キルン用           |
|------------|---------------------|
| 極 間 距 離    | 325mm               |
| ダ ク ト 数    | 14                  |
| 部屋構成 (列×段) | 2×3                 |
| 集 塵 極 寸 法  | 6.06 M × 3.32 M     |
| 集 塵 面 積    | 3.380m <sup>2</sup> |
| ガス通過断面積    | 55.1m <sup>2</sup>  |

この現状の集塵器に改造後のガスを流し、比集塵面積を比較すると下記の様になる。

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| 項 目       | 1, 2号キルン用            |
| ガ ス 量     | 1,900 $m^3$ /min     |
| 比 集 塵 面 積 | 106 $m^2$ / $m^3$ /S |
| ガ ス 流 速   | 0.57 m/s             |
| 滞 留 時 間   | 17.5 sec             |

又、改造後のガス条件及びダスト条件から、必要な比集塵面積は、概略下記のように想定されるが、電気集塵器の放電極形状、集塵極形状及びガスの整流効果等により若干異なる。

| 集 塵 器 名 称 | 現状集塵器容量<br>による比集塵面積  | 所要比集塵面積                |
|-----------|----------------------|------------------------|
| 1号キルン用集塵器 | 106 $m^2$ / $m^3$ /S | 123.0 $m^2$ / $m^3$ /S |
| 2号キルン用集塵器 | 106 $m^2$ / $m^3$ /S | 123.0 $m^2$ / $m^3$ /S |

従って現状集塵器を使用して、排ガス含塵量を規制値の 0.1g/N $m^3$ 以下にする為には、現状容量の 1.2倍の容量が必要となる。

#### (IV) 電気集塵器の改造

キルン改善にともない、(iii) 項で述べたように、現状の集塵容量では不足であり、改造の方法としては、

- ① 現状内部品を生かしての改造
- ② 内部一式の取り替えによる改造

の二方法がある。

①の現状内部品を生かしての改造では、排出基準 0.1g/N $m^3$ を達成するのは、集塵器の増設が必要であるが、現状で下記項目の改善を行えば、かなりの集塵効率向上が期待出来る。

- ① 入口沈降室に慣性集塵板の取付け

集塵器の入口はダスト濃度が大であり、衝突板を取付けることにより、ダスト粒子の大きいものは捕集出来る。この効果により電気

集塵器のダスト濃度が減少し、空間電荷効果が減ると共に電圧、電流が安定し、集塵率向上の要因となる。入口煙道を沈降室上部より導入すれば、この慣性集塵効果はいっそう効果がある。

#### ② 整流の改善

電気集塵器の性能は電気集塵器内での整流によって決定されると言っても過言ではない。この整流については、入口、出口の煙道の形状も重要なポイントであるが、入口フードに取付けられる整流板が集塵器内の整流効果の良し悪しを決定する。現在整流板が1段しかついていないが、これだけでは十分な整流効果は得られていない。通常2段あるいは3段に整流板をつけると整流効果も増し、偏流が減少する。

#### ③ 無効流の減少

電気集塵器内でのガスのバイパス、すなわち電界の影響を受けていない場所をガスが通過したり、あるいは、現状の集塵器では、集塵極高さより放電極の方が短いので、放電極よりも上下方向に外れているものは集塵効果を受けていない。このような場所には上下、左右に邪魔板を取付け無効流を流さないようにする。

#### ④ ダスト排出設備の補修と保全

ダスト排出設備の故障は電気集塵器の荷電を停止しなければならず、排出ガス中のダスト量増大につながるので常に保全を万全に行うと共に、補修時間を短縮する為にも予備機は常備すべきである。

#### ⑤ リーク防止

集塵器室内への空気の洩入は、ガス量の増大、偏流の原因となる。又ダスト排出系統からのリークは、ダストの再飛散を生じ効果を低下する原因となる。

#### ⑥ 集塵極板及び放電線の整備と取替

集塵極板は長期間使用すると腐蝕を生じ、この表面上のサビは高抵抗であり、逆電離現象を起こし効率低下の原因となると共に、一旦付着したダストは槌打装置では落下し難くなるので、このような極板は定期的に取り替えるべきである。又放電線には有刺線を採用しコロナ放電を旺盛にする方法もある。



⑦ 集塵極と放電極の据付、芯出し精度

定期休転ごとに上部、中央部、下部の芯出しを行い修正しないと、1ヶ所でも芯出しの悪い場所があると、そこで火花放電を起し、効率は極度に悪くなる。極板、放電線枠を硝子テープにして固定し芯出し精度を向上する方法もある。

⑧ 整流器の制御の方法

火花頻度制御装置を取り入れ印加電圧を最高値に保てば、効率は改善されると思われる。

⑨ シールエアシステムの追加

碍子の破損防止の為と、火入れ当初からの集塵器運転の為に、シールエアを採用する必要がある。この目的は、碍子室に処理ガスが流入するのを防止すると同時に、碍子の結露を防ぐ為である。

⑩ 樋打装置の改善

集塵装置の樋打装置は、放電極や集塵極のダストの堆積を防ぎ、効率向上には不可欠なものであるが、樋打効果を良くする為、樋打周期の調整、数量の増加、重垂重量の増加も考えられる。

現状での桁揺動式は効率が悪いと思われる。

上記10の項目の改善を行えばかなりの効果は得られるが、最終目標値  $0.1\text{g}/\text{N m}^3$  の含塵量達成は難しい。そこで“内部一式の取り替えによる改造”の方法を検討する。この場合には下記の様な改造が必要となる。

① 電極の交換

② 下部バッフルの追加

③ 上部バッフルの追加

この場合、ケーシングのかさ上げ（約 900mm）が必要となる。

④ 碍子室の設置

⑤ シールエアファンの追加

⑥ 整流板の追加（入口3段、出口1段）

⑦ 樋打装置を電磁ハンマにする。

⑧ 電源設備（整流器）の変更

このような改造を行うと、現状の集塵器は下記のような仕様となる。

表V-11 改造後の仕様

| 項 目        | 1, 2号キルン用                            |
|------------|--------------------------------------|
| 極 間 距 離    | 300mm                                |
| ダ ク ト 数    | 15                                   |
| 部屋構成 (列×段) | 2×3                                  |
| 集 塵 極 寸 法  | 巾 3.93 M ×長 5.95 L                   |
| 集 塵 面 積    | 4.211m <sup>2</sup>                  |
| 比 集 塵 面 積  | 132m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> /S |

従って、必要な比集塵面積は所要集塵面積をうわまわるので、排出基準値は達成出来ると考えられる。

(b) グレート式クリンカー冷却機排ガス用

冷却機排ガス用集塵器については、ガス中の水分が少ない点から考慮すると、捕集し難いが、ダスト粒子の大きいことと、保全性のよい点から、電気集塵器を使用する。

この設計条件としては、表V-12の通りである。

表V-12 設計条件

| 項 目       | 処理ガス量                    | ガス温度 | 入口ダスト量                 | 出口ダスト濃度                 |
|-----------|--------------------------|------|------------------------|-------------------------|
| 1, 2号キルン用 | 700 Nm <sup>3</sup> /min | 170℃ | 20 g / Nm <sup>3</sup> | 0.1 g / Nm <sup>3</sup> |

この設計条件のガス温度が 170℃でダストの電気抵抗が高い範囲にあるため集塵器容量は多少大きめの容量となり、有効容量 326m<sup>3</sup>の集塵器の設置が必要となる。

## 1. 2 3号キルンの近代化

### (1) 3号キルン近代化の考え方

#### (i) 製造方式の選定

原燃料については現状使用しているものをそのまま使用することとし、燃料の石炭への転換、新鉱山からの石灰石の使用を勘案し、製品も現在と同じものであることを前提として、製造方式の選定を行った。

工源工場の立地条件からして、中国側の構想にもある如く、適当な製造方式として余熱ボイラー付キルン方式と仮焼炉付キルン方式が考えられる。

一般的に、設備費、製造原価、運転保守の容易さについて比較すると、次のとおりである。

設備内容としては原料、仕上部門は全く同一で焼成部門のみ差がある。焼成部門の内、差異は余熱ボイラー方式ではキルンの余熱を回収するためにボイラー、タービン、発電機があり、仮焼炉付キルン方式では上記の代替として仮焼炉付予熱器がある。キルン自体の寸法は、余熱ボイラー方式の方が大きくなる。

設備費としては、仮焼炉付キルン方式に比して予熱ボイラー方式の方が高価であるが、仮焼炉付キルン方式で使用する電力に相当する容量の発電所を建設した場合、仮焼炉付キルン方式の設備と発電所の設備費を合算したものよりは安いのが一般的である。

次に、製造原価について比較すると、余熱ボイラー方式で発電される電力を外部から受電した場合の電力価格に換算して差引くと、両方式とも殆ど同一となるのが一般的である。

更に運転保守の容易さという面から両案を比較すると、一般的には仮焼炉付キルンの方が容易であり、ボイラー、タービン、発電機等に要する特殊な技能者は不要である。

以上、一般的には経済的に大差ないので、立地条件を勘案して電力の供給に問題のない所では仮焼炉付キルン方式が採用される例が多い。

一方、工源工場の場合について同様に比較してみると次の様になる。設備の面から比較してみると、既存の1、2号キルンが余熱ボイラー方式で将来も操業するので、3号キルンを仮焼炉付キルン方式を採用すると、燃料の石炭から入る灰分の量が両方式で熱消費量が異なるため、調

合原料を二種類作り、別々に粉砕、混合、貯蔵、輸送してキルンに送入する必要も出てくる。これは、経済性の面から考えると不合理であるので両製造方式で必要とされる原料の中間の成分に調合した原料を一種類製造し、両方式とも運転しにくい、設備は現状と同じ一系統とせざるを得ない。余熱ボイラー方式の場合この様な問題はない。

又、製造原価について比較すると、余熱ボイラー方式で発電される電力を勘案した場合、必要な資料が不足するので明確ではないが、余熱ボイラー方式の方が安くなると推定される。

上記の購入電力の価格、燃料価格による要因の他に、現在使用している石灰石中の塩素の含有量が 0.022 %と多く、現在開発中の新鉱山では 0.030 %と更に高いため、キルン送入原料中の塩素は現状 0.023 %が将来は 0.030 %以上になる可能性があり、原料中のアルカリ分の濃縮が起り、予熱器の閉塞が起ることが予想され、この対策としてキルン排ガスの一部を仮焼炉付予熱器に入れずに、別の電気集塵器を通してする必要がある設備費、製造原価とも通常のものより高くなるからである。

更に運転保守の容易さという面では、既存の設備が余熱ボイラー方式であり、運転員、保全員共この方式に慣れているとともに仮焼炉付キルン方式では、上記のように原料設備を一系統とするため、両系統とも理想的な原料は得られないので焼成操作が難しいという問題があり、更にアルカリ分の濃縮によって予熱塔のサイクロンの閉塞が起り易いという問題をかかえることになる。従って余熱ボイラー方式の方が容易となるのではないかと予想される。

また、上記以外に本溪市全体としての電力需給に余裕はなく、当工場の場合は電力を余熱発電により自給してほしいという立地条件もある。

以上述べた如く、一般的には両方式共大差ないが、当工場の場合、3号キルンの製造方式としては明らかに余熱ボイラー方式の方が有利と考えるのでこれを採用することを提案する。

#### (ii) 改造後の生産能力

中国側は需要の増加と工場の立地条件を勘案し、近代化後の 1, 2号を含めた工場の生産能力としてセメント年産約 100万屯、クリンカー年産約 60 万屯に増加することを希望している。

また、余熱ボイラー方式を採用した場合は上記より生産能力が少なくても同寸法のキルンに改造することを希望している。

上記は妥当なものと考えてるので、既設同寸法のキルンとした場合、クリンカー生産能力は既存のものと同じ時産 30 屯、日産 720屯と設定した。

一方、工場の稼働率は後述のように定期休転時に十分な保全を行うことを前提に約 80 % を想定し、1, 2号キルンを含めた工場全体の生産能力としては、セメント年産 105万屯、クリンカー年産 63 万屯と設定した。

### (iii) 実施スケジュール

改造工事による生産減損失を少なくする意味から、キルン1基ずつ改造していくのが妥当と考えるが、3号キルンを近代化し、引続き2号キルン、1号キルンと順次近代化する方法が最も生産減損失が少なくなるので良策と考える。

この場合の工場全体のキルン能力の推移は表V-13のとおりである。

表V-13 キルン能力の推移

|        |      | 1号(t/h) | 2号(t/h) | 3号(t/h) | 合計(t/h) |
|--------|------|---------|---------|---------|---------|
| 現 状    |      | 23.0    | 23.0    | 10.8    | 56.8    |
| 3号改造後  | 2号操業 | 23.0    | 23.0    | 30.0    | 76.0    |
|        | 2号停止 | 23.0    | —       | 30.0    | 53.0    |
| 2号改造後  | 1号操業 | 23.0    | 30.0    | 30.0    | 83.0    |
|        | 1号停止 | —       | 30.0    | 30.0    | 60.0    |
| 近代化完了後 |      | 30.0    | 30.0    | 30.0    | 90.0    |

### (2) 主要改造項目

焼成設備、余熱発電設備は新設となる他、原料、仕上粉碎設備の能力増加のための改造、増設、原料乾燥機、混合貯蔵槽の改造が必要となる。

以下に工程順に各項目について述べるが、今回の調査範囲に入っていない石灰石鉱山、セメント出荷設備の能力増加も必要である。

(a) 原料乾燥設備

石灰石及び調合粘土乾燥機は既存のままでは能力不足であるとともに、排ガスの集塵設備が不良であるため、5項に述べる如く、全キルン改造後の所要能力に対処できるよう改造する。

又、現在水滓と炉灰をバケツ調合して粘土乾燥機に送入しているが、貯蔵槽を新設して、夫々ベルト式定量供給機によって計量、混合後乾燥するよう改造する。

(b) 原料調合設備

原料調合方式の改造としては、各原料の調合用ベルト式供給機と粉碎機への原料の供給量を正確に制御するため振動式供給機をベルト式定量供給機に取替える必要があり、これは一部のみ行っても無意味であるため、原料粉碎機3基とも取替える。

また、後述の様に既存の原料貯蔵槽を混合貯蔵槽に改造すると共に、蛍光X線分析装置、小型計算機を設置して調合精度の向上、分析の迅速化をはかりキルン送入原料の均質化をはかる。

(c) 原料粉碎機

後述の様に8号仕上粉碎機を増設するため仕上粉碎能力に余力が出るので、既存の原料粉碎機に隣接する6号仕上粉碎機を4号原料粉碎機として転用する。転用後のキルンに対する稼働率は81%となり妥当なものとなる。

| 粉碎機 | 現状(t/h) | 3号キルン近代化後(t/h) |
|-----|---------|----------------|
| 1号  | 32.4    | 32.4           |
| 2号  | 32.4    | 32.4           |
| 3号  | 32.8    | 32.8           |
| 4号  | —       | 32.8           |
| 合計  | 97.6    | 130.4          |

従って、設備の改造は不要である。

(d) 混合貯蔵槽

原料調合方式の一つとして、既存の原料貯蔵槽 6 基のうち 2 基を混合貯蔵槽に改造し、残りの 4 基を原料貯蔵槽として使用する。

混合貯蔵槽の型式としては、既存の貯蔵槽のコーン部を改造して平底形とし、通常の圧縮空気によって混合する型式で連続式のものとし、2 基を直列にして使用し、十分な混合効果をもたせることとする。

(e) キルン及びクリンカー冷却器

キルンについては前述の如く既存の 1, 2 号キルンと同寸法のもの、既存の 3 号キルンの北側に設置する。生産能力、性能は前述の既存設備を改造した場合と同じ数値とした。

クリンカー冷却器はグレート式冷却器を使用し、排ガスは電気集塵器を通して排出する。

(f) ボイラー及びタービン、発電機

ボイラーについては 1, 2 号と同じ蒸発量 23.8 屯のものを新設すると共にタービン、発電機を 3 号用として一式新設する。仕様の詳細は、5. 1, (2), (g) に示す。

(g) 電気集塵器

3 号キルンのキルン排ガス用及びクリンカー冷却器用の電機集塵器のガス条件、排出基準値等は、1, 2 号キルン用と同じである。したがって下記の集塵器を新設することになる。

キルン排ガス用            644  $m^3$  (有効容量)

クリンカー冷却用        326  $m^3$  (有効容量)

又、石灰石及び調合粘土乾燥機排ガス用として、有効容量 178  $m^3$  の電気集塵器を設置し、排出基準に対処する。

(h) 電気計装設備の改造

電気計装設備については 1.1(3) 1, 2 号キルンの項で述べたと同様な更新あるいは、新設を行う。

(i) 石炭設備

石炭の使用量はキルンの改造によって増加するため、現在建設中の石炭設備の能力が全キルン近代化後の使用量に対して不足するならば、今回不足分の能力増加対策が必要である。

(j) 仕上粉砕機

生産量の増加に対処するため、既存粉砕機の閉回路への改造も考えられるが、これではまだ能力が不足するため、全キルン近代化後に必要とされる粉砕機の1基増設を行うと共に6号仕上粉砕機を原料粉砕機に転用する。従って既存の粉砕設備の改造は行わない。

従って粉砕能力の推移は下記のとおりとなり、増設後のキルンに対する運転率は87%となり妥当なものとなる。

| 粉砕機  | 現状 (t/h) | 増設後 (t/h) |
|------|----------|-----------|
| 1～7号 | 101.5    | 85.5      |
| 8号   | —        | 66        |
| 合計   | 101.5    | 151.5     |

増設粉砕機は閉回路方式で粉砕能力時産66屯と既存のものに較べて大型のものとなるが、配置上既存の粉砕機室には1基分しか余裕がないこと、大型粉砕機の方が経済的であり先進国ではこの程度のものは大型の部類には入らないことにより、この案を採用した。

クリンカー、水滓、石膏供給用としては、ベルト式定量供給機を使用する。

(2) 3号キルン近代化後の設備の概要

以上の考え方を基本として3号キルン近代化後の設備内容を検討したので主要機器の概要を表V-14に、1、2号も含めた全キルン近代後の設備内容を下記の図V-8～13、に詳細を5、1項に示す。

尚、3号キルン、増設原料貯蔵槽、8号仕上粉砕機の配置については、中国側で現場の状況を勘案し、更に検討すべきである。

|       |          |         |
|-------|----------|---------|
| 図V-8  | 近代化      | 配置図     |
| 図V-9  | 近代化      | 原料設備工程図 |
| 図V-10 | 近代化      | 焼成設備工程図 |
| 図V-11 | 近代化      | 仕上設備工程図 |
| 図V-12 | 3号キルン近代化 | 物質勘定図   |
| 図V-13 | 近代化      | 物質勘定図   |
| 図V-14 | 近代化      | 単線結線図   |
| 図V-15 | 近代化      | 原料設備計装図 |
| 図V-16 | 近代化      | 焼成設備計装図 |

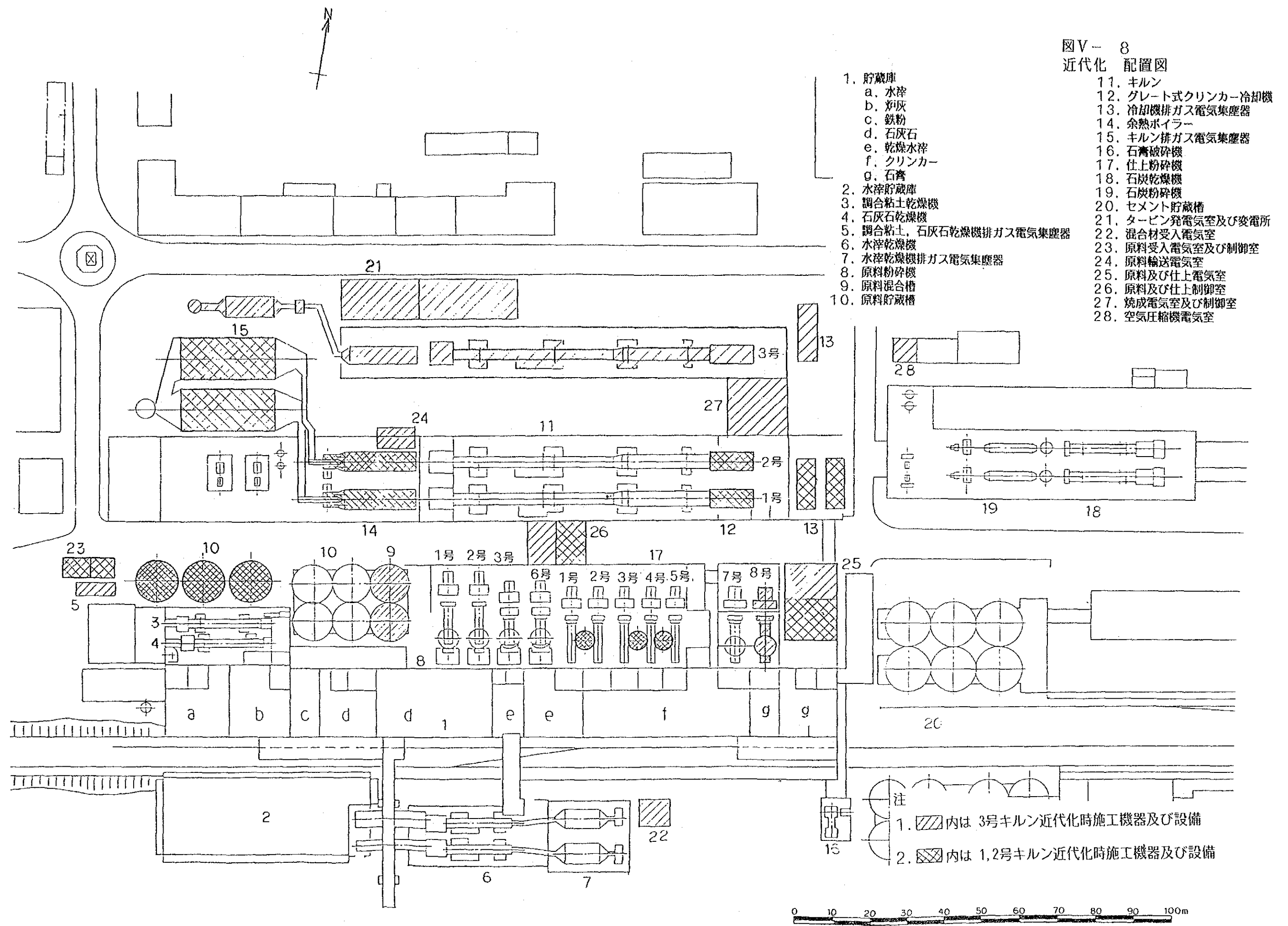


表V-14

3号キルン近代化後の主要機器の概要

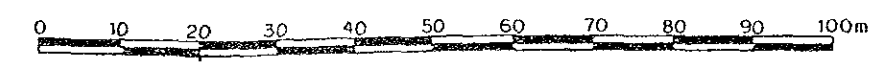
| 名 称                | 仕 様   | 能 力               | 台数 | 備 考          |
|--------------------|---|-------------------|----|--------------|
| 調合粘土乾燥機            | 空気漏入対策施工  | 40t/h             | 1  | 現有能力増強       |
| 石灰石乾燥機             | “   | 110t/h            | 1  | “            |
| 原料乾燥機用排ガス<br>電気集塵器 | ガス量 880 m <sup>3</sup> /min<br>ガス温度 90 °C                                 | -                 | 1  | 新 設          |
| 原料粉砕機              | 6号仕上粉砕機を転用, 1基<br>増加  | 32.4~<br>32.8 t/h | 4  | 現有設備         |
| 原料混合貯蔵槽            | 10m <sup>φ</sup> × 15m <sup>H</sup> 容量 750 t                              | -                 | 2  | 現有設備改造       |
| 原料貯蔵槽              | 750 t/基<br>4.500 t → 3.000 t  | -                 | 4  | 現有設備         |
| キルン                | 3.7m <sup>φ</sup> × 3.3m <sup>φ</sup> × 6.7m <sup>L</sup><br>100 KW       | 30 t/H            | 1  | 新 設          |
| クリンカー冷却機           | グレート式 2.4m <sup>V</sup> × 13.7m <sup>L</sup>                              | 30 t/H            | 1  | “            |
| 冷却機排ガス用<br>電気集塵器   | ガス量 700 Nm <sup>3</sup> /min<br>ガス温度 170 °C                               |                   | 1  | “            |
| キルン排ガス用<br>電気集塵器   | ガス量 1,100 Nm <sup>3</sup> /min<br>ガス温度 190 °C                             |                   | 1  | “            |
| 余热発電ボイラー及<br>タービン  | 蒸気量 23.8 t/h<br>蒸気温度 450 °C<br>蒸気圧力 39 kg/cm <sup>2</sup><br>発電量 5,020 KW |                   | 1  | “            |
| 仕上粉砕機              | 3.8m <sup>φ</sup> × 11.6m <sup>L</sup><br>2,200 KW 閉回路式<br>高炉セメント挽入       | 66 t/h            | 1  | 新 設<br>8号粉砕機 |

図V-8  
近代化 配置図

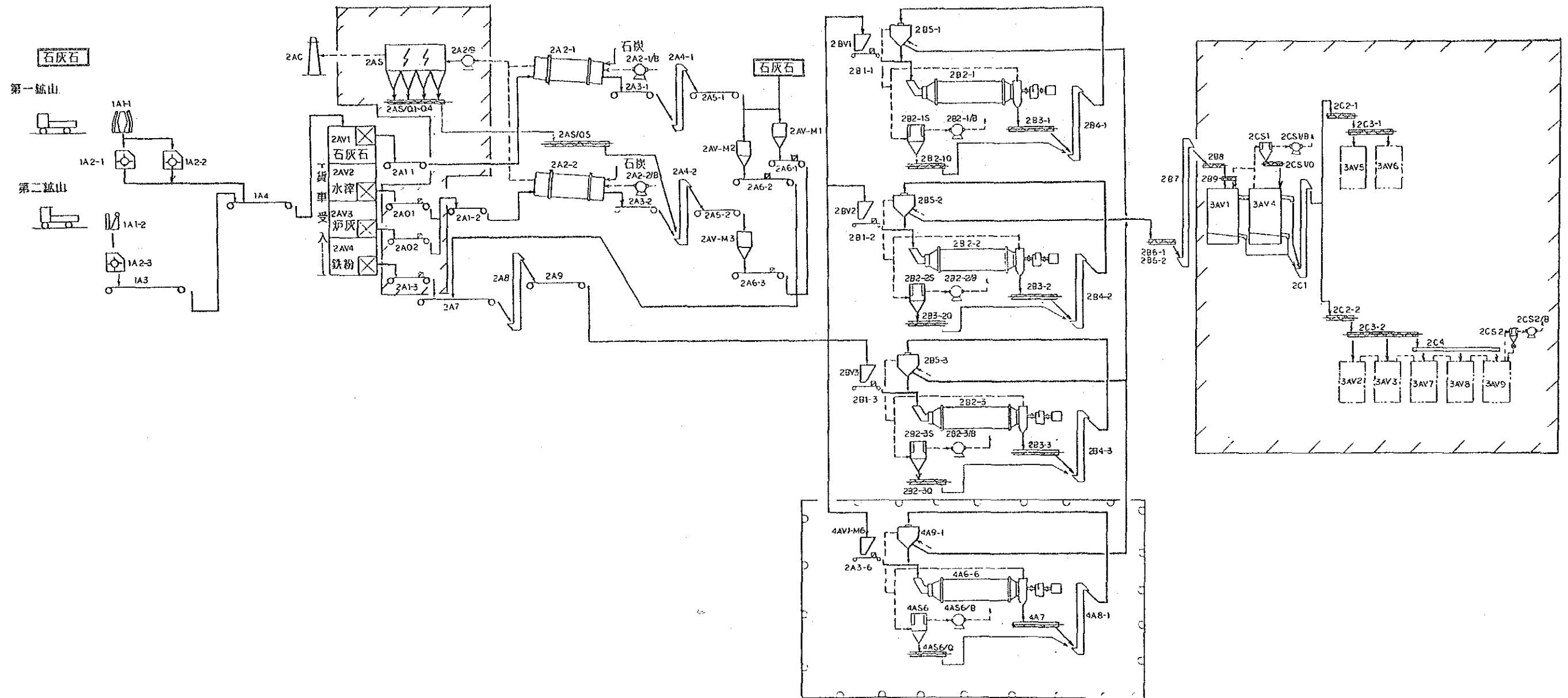


- |                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| 1. 貯蔵庫                 | 11. キルン           |
| a. 水滓                  | 12. グレート式クリンカー冷却機 |
| b. 粉灰                  | 13. 冷却機排ガス電気集塵器   |
| c. 鉄粉                  | 14. 余熱ボイラー        |
| d. 石灰石                 | 15. キルン排ガス電気集塵器   |
| e. 乾燥水滓                | 16. 石膏破砕機         |
| f. クリンカー               | 17. 仕上粉砕機         |
| g. 石膏                  | 18. 石炭乾燥機         |
| 2. 水滓貯蔵庫               | 19. 石炭粉砕機         |
| 3. 調合粘土乾燥機             | 20. セメント貯蔵槽       |
| 4. 石灰石乾燥機              | 21. タービン発電室及び変電所  |
| 5. 調合粘土、石灰石乾燥機排ガス電気集塵器 | 22. 混合材受入電気室      |
| 6. 水滓乾燥機               | 23. 原料受入電気室及び制御室  |
| 7. 水滓乾燥機排ガス電気集塵器       | 24. 原料輸送電気室       |
| 8. 原料粉砕機               | 25. 原料及び仕上電気室     |
| 9. 原料混合槽               | 26. 原料及び仕上制御室     |
| 10. 原料貯蔵槽              | 27. 焼成電気室及び制御室    |
|                        | 28. 空気圧縮機電気室      |

注  
 1. 〰️内は 3号キルン近代化時施工機器及び設備  
 2. 〰️内は 1,2号キルン近代化時施工機器及び設備



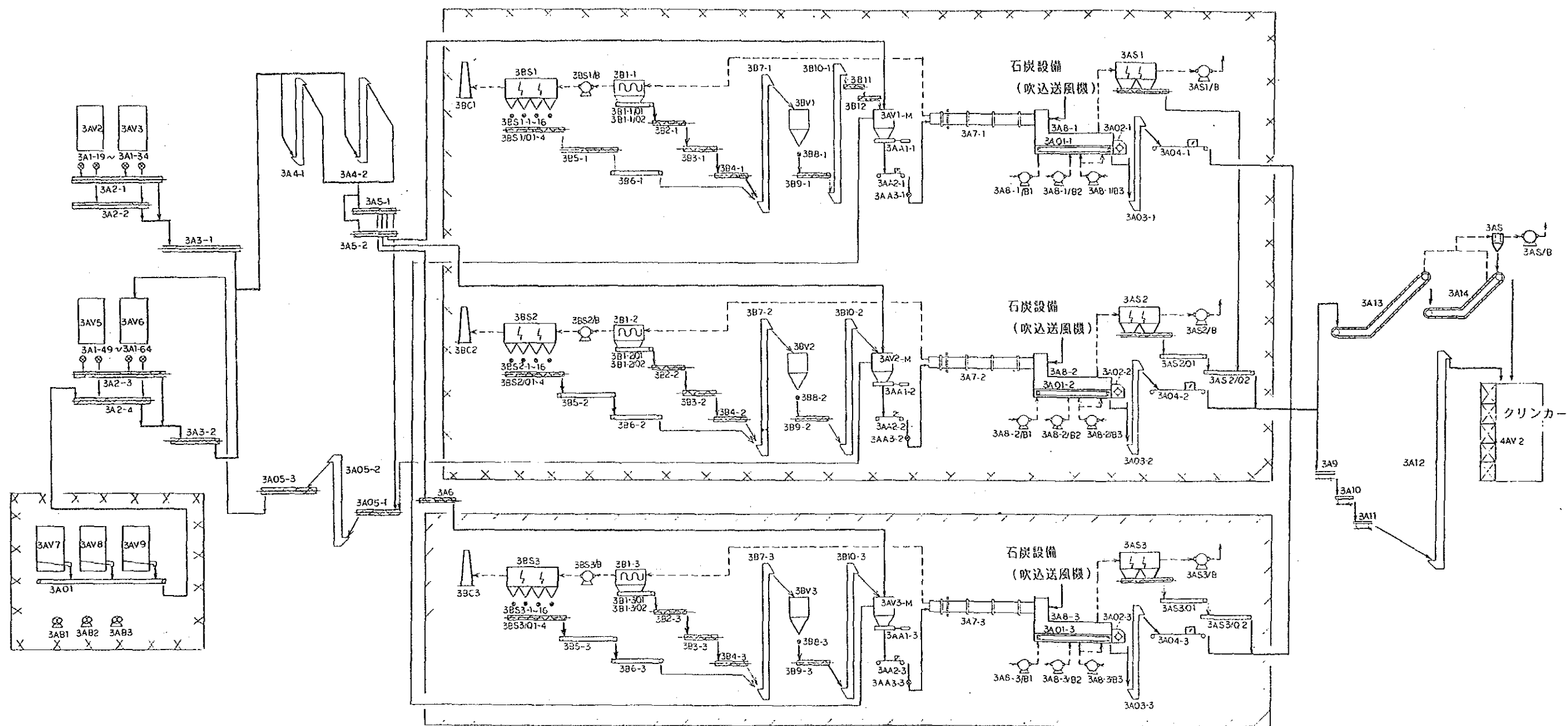
図V-9  
近代化 原料設備工程図



注

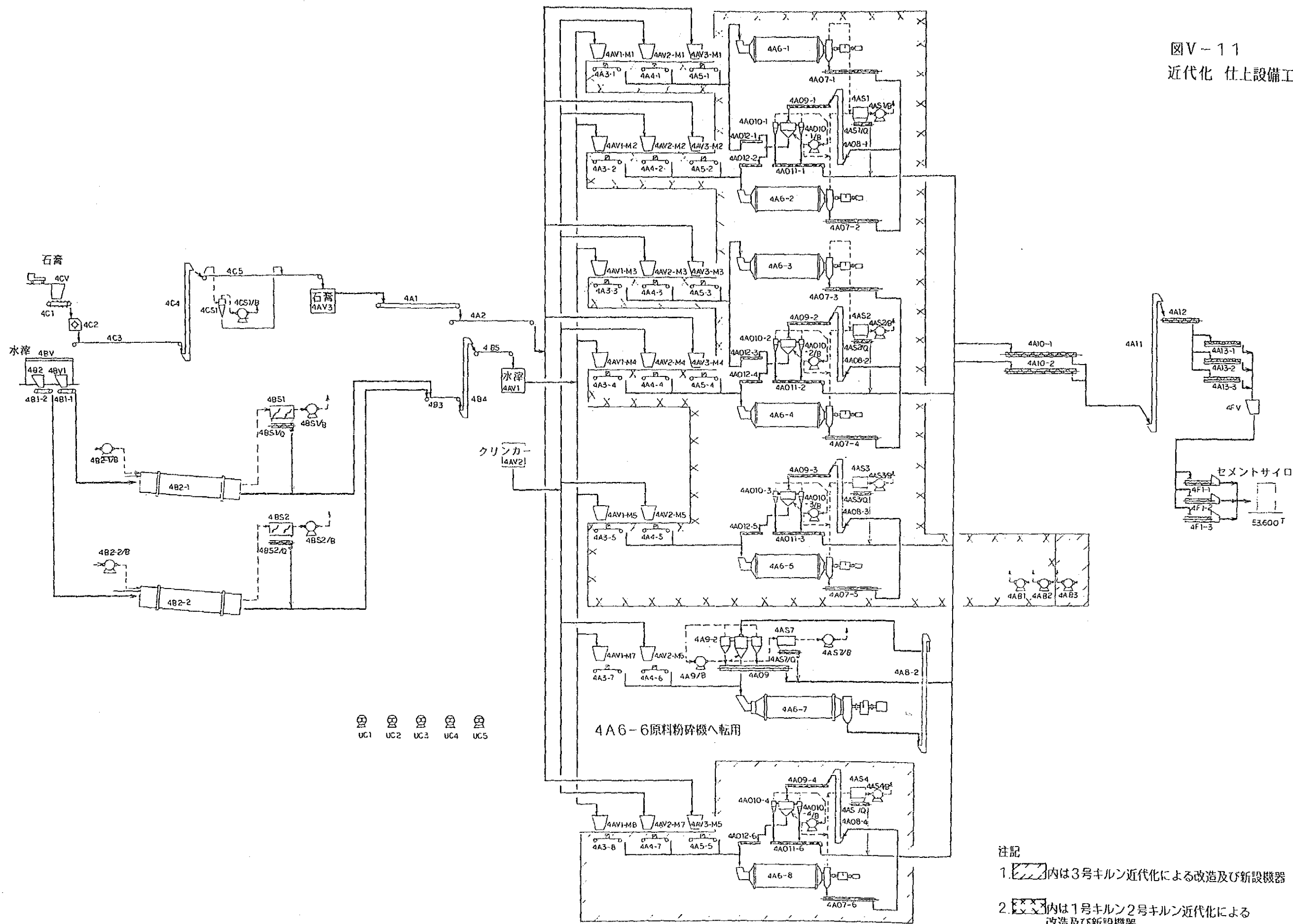
1. [ ]内は、3号キルン近代による改造及び新設機器
2. [ ]内は、1号,2号キルン近代化時、仕上粉碎機を転用

図V-10  
近代化 焼成設備工程図

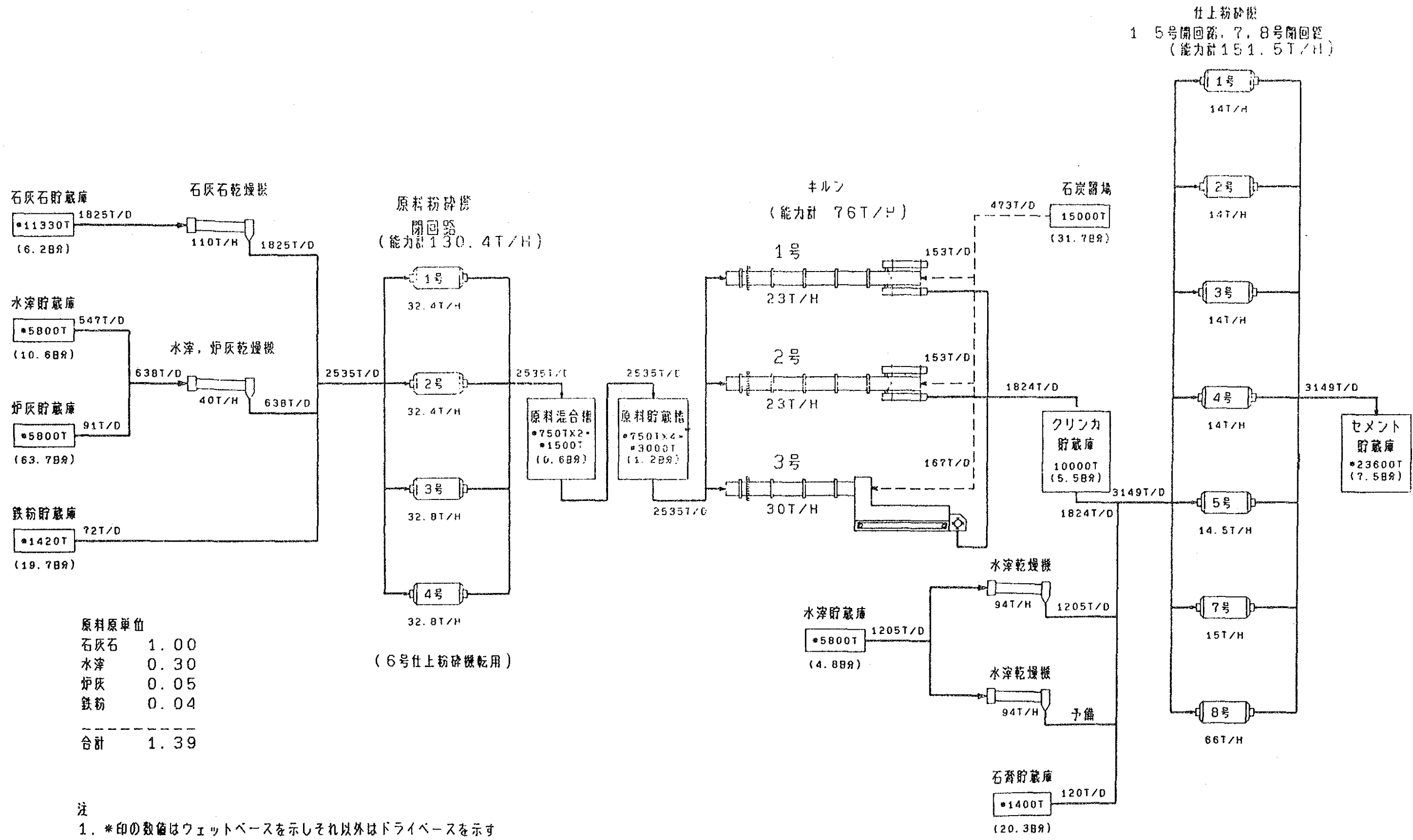


- 注記
1.  内は3号キルン近代化による改造及び新設機器
  2.  内は1号キルン2号キルン近代化による改造及び新設機器

図V-11  
近代化 仕上設備工程図



図V-12  
3号キルンの近代化 物質勘定図

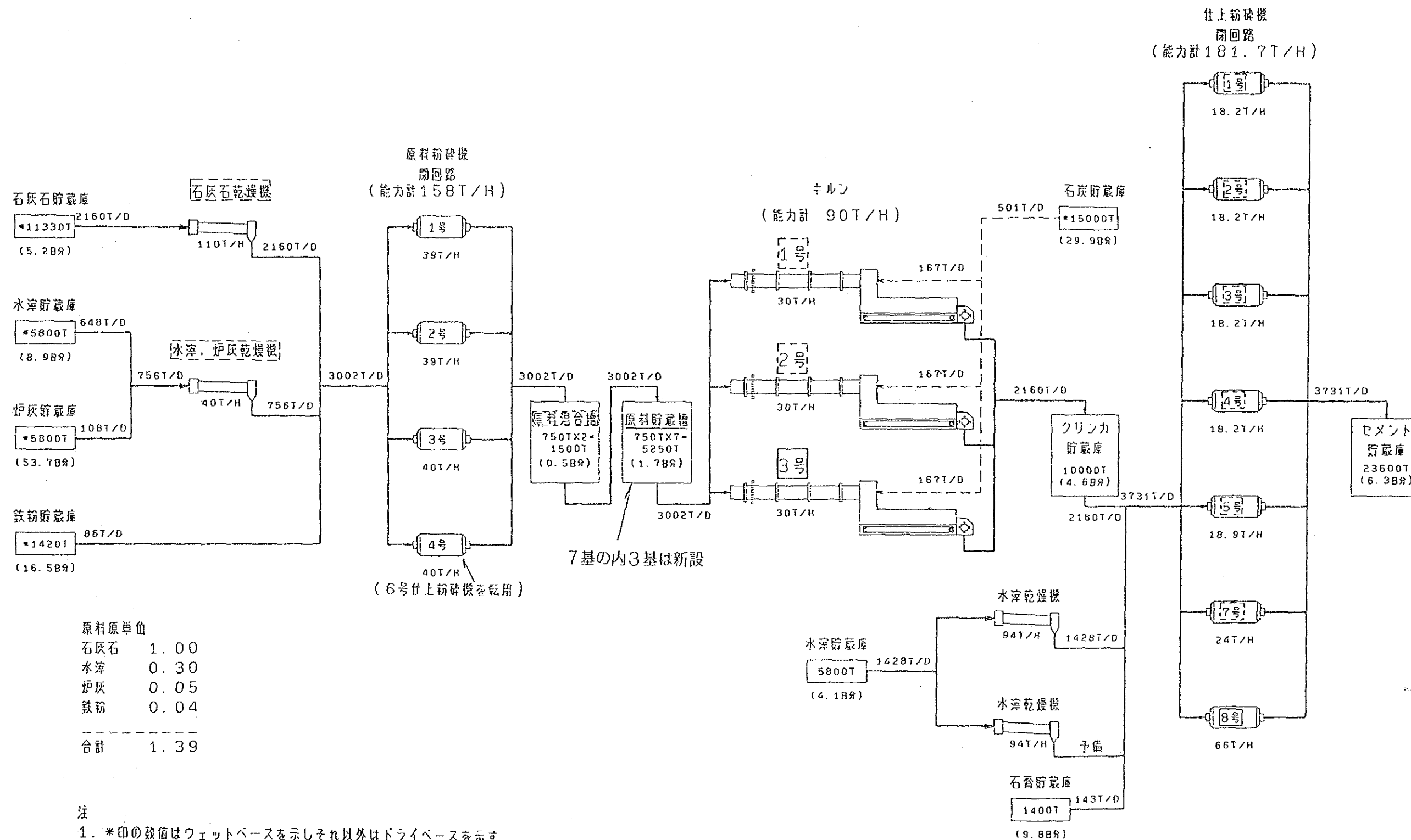


原料原単位

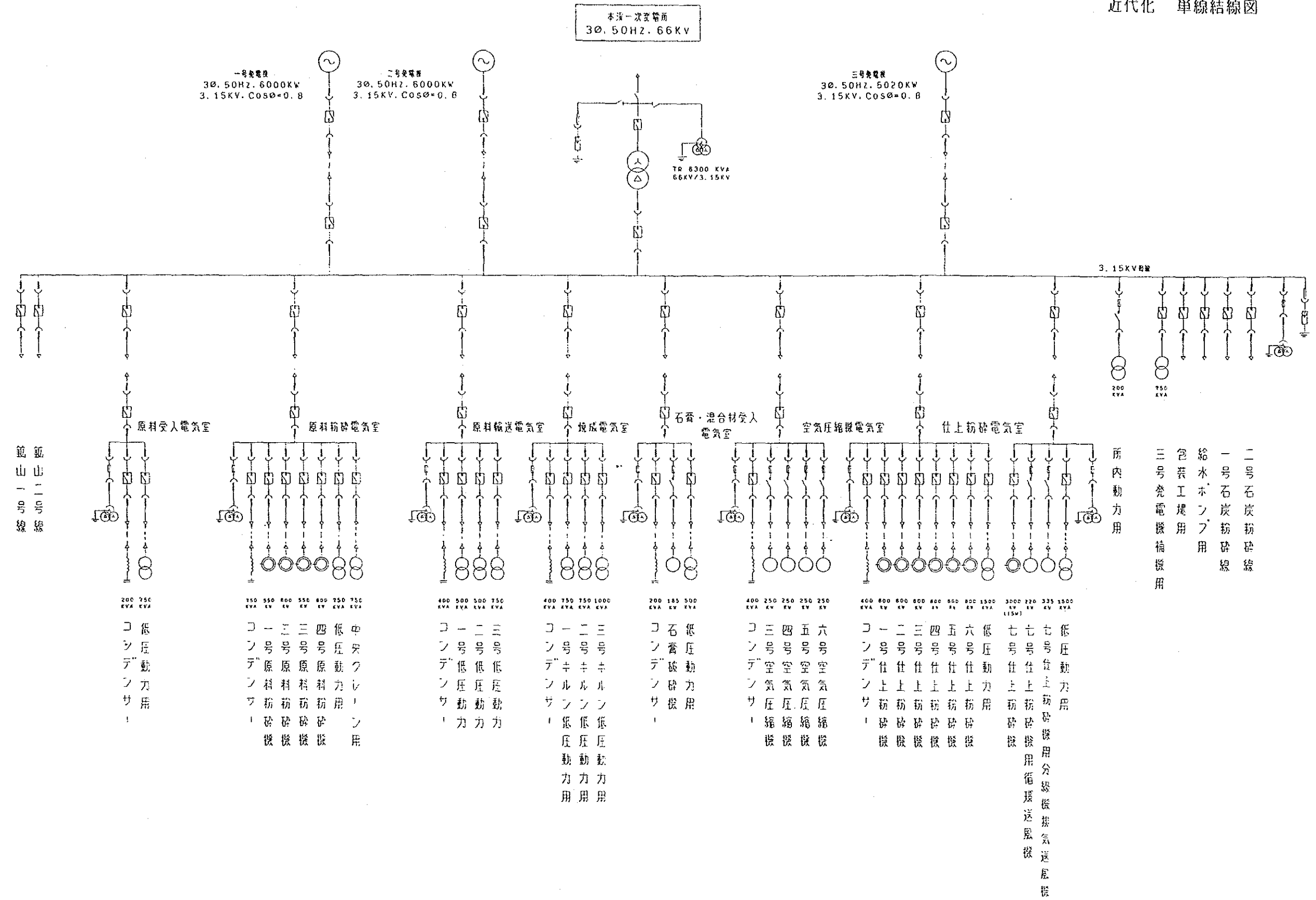
|     |      |
|-----|------|
| 石灰石 | 1.00 |
| 水滓  | 0.30 |
| 炉灰  | 0.05 |
| 鉄粉  | 0.04 |
| 合計  | 1.39 |

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  
2. は改造を示す  
3. は新設機器を示す

図V-13  
近代化 物質勘定図

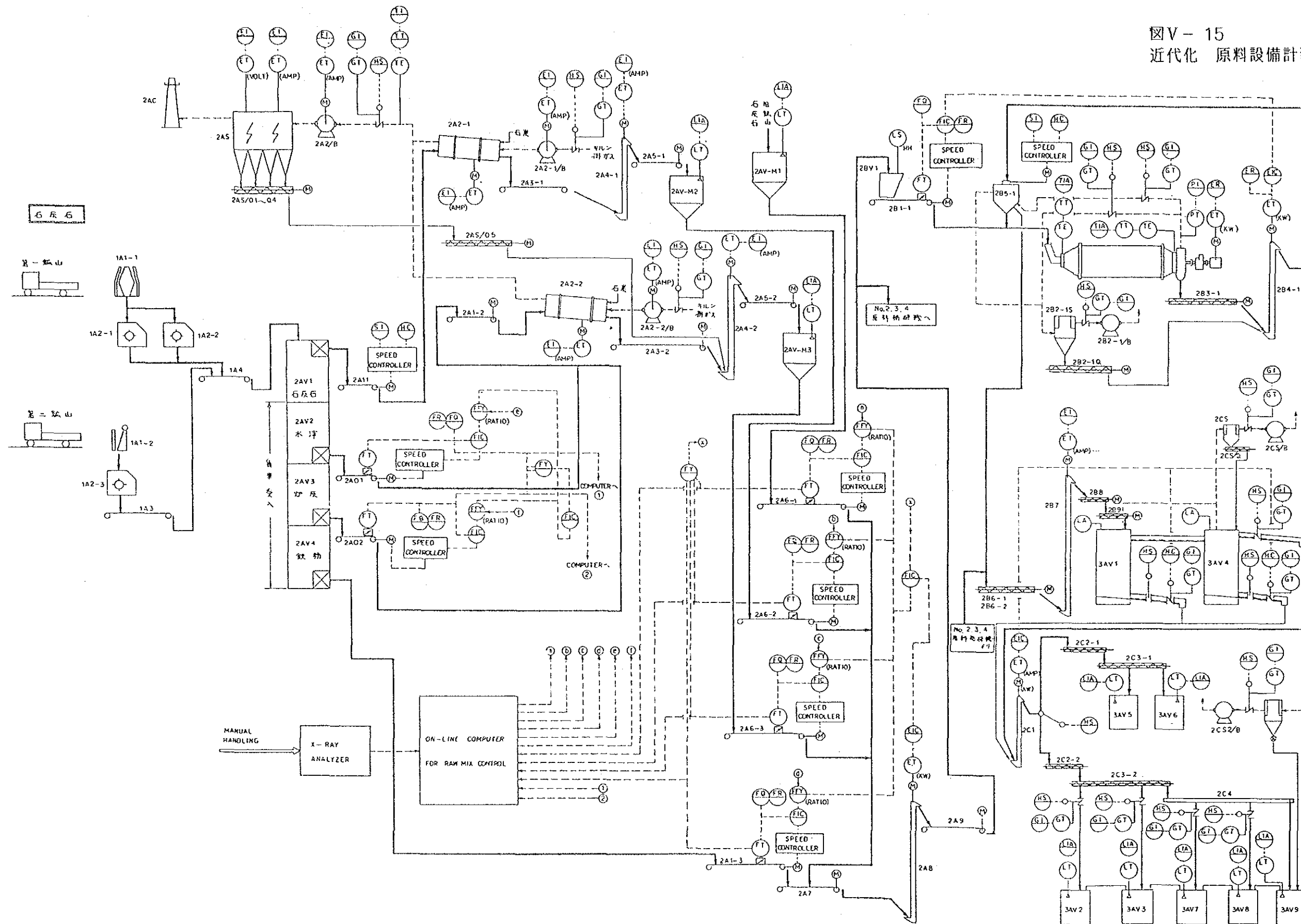


図V-14  
近代化 単線結線図

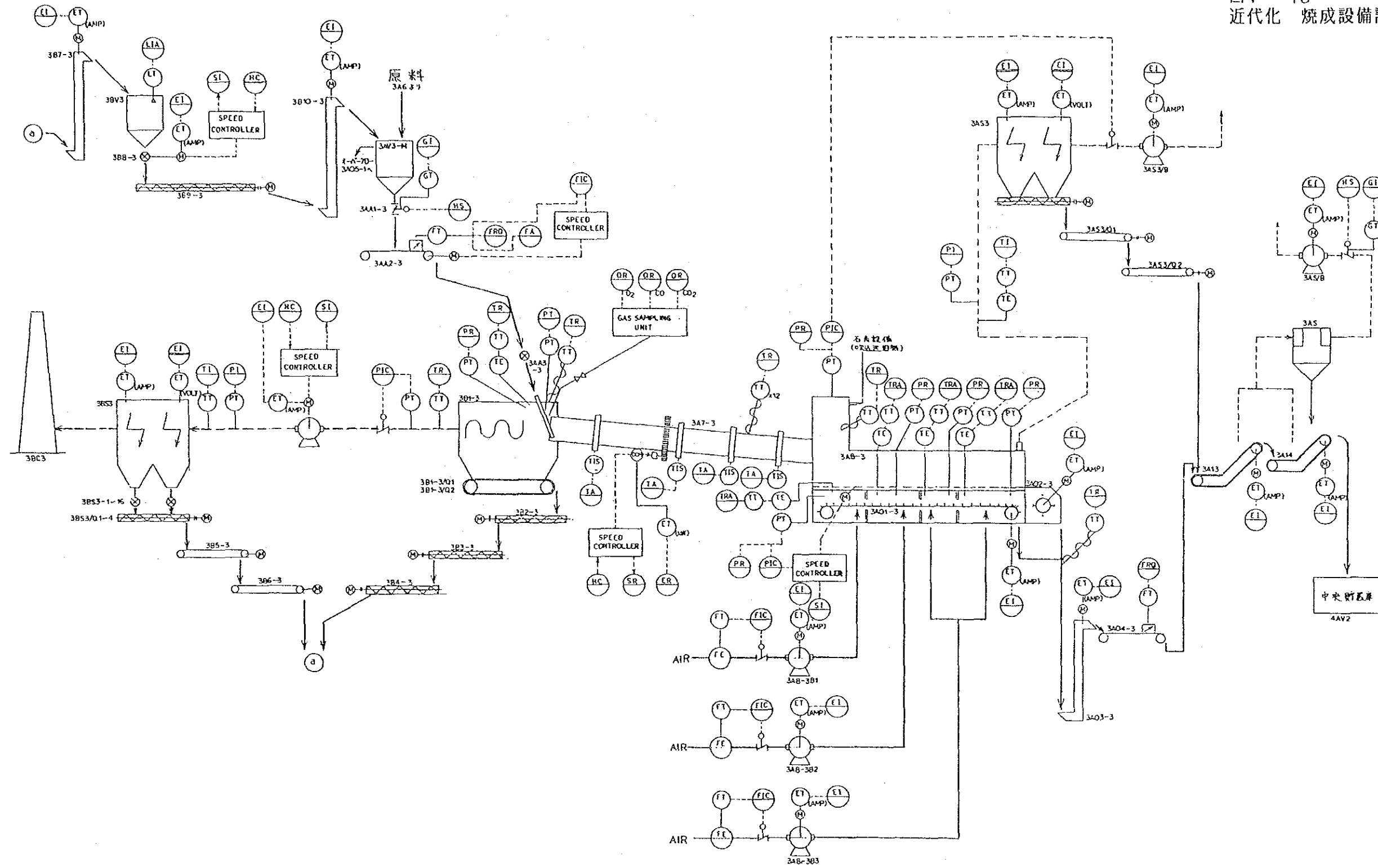




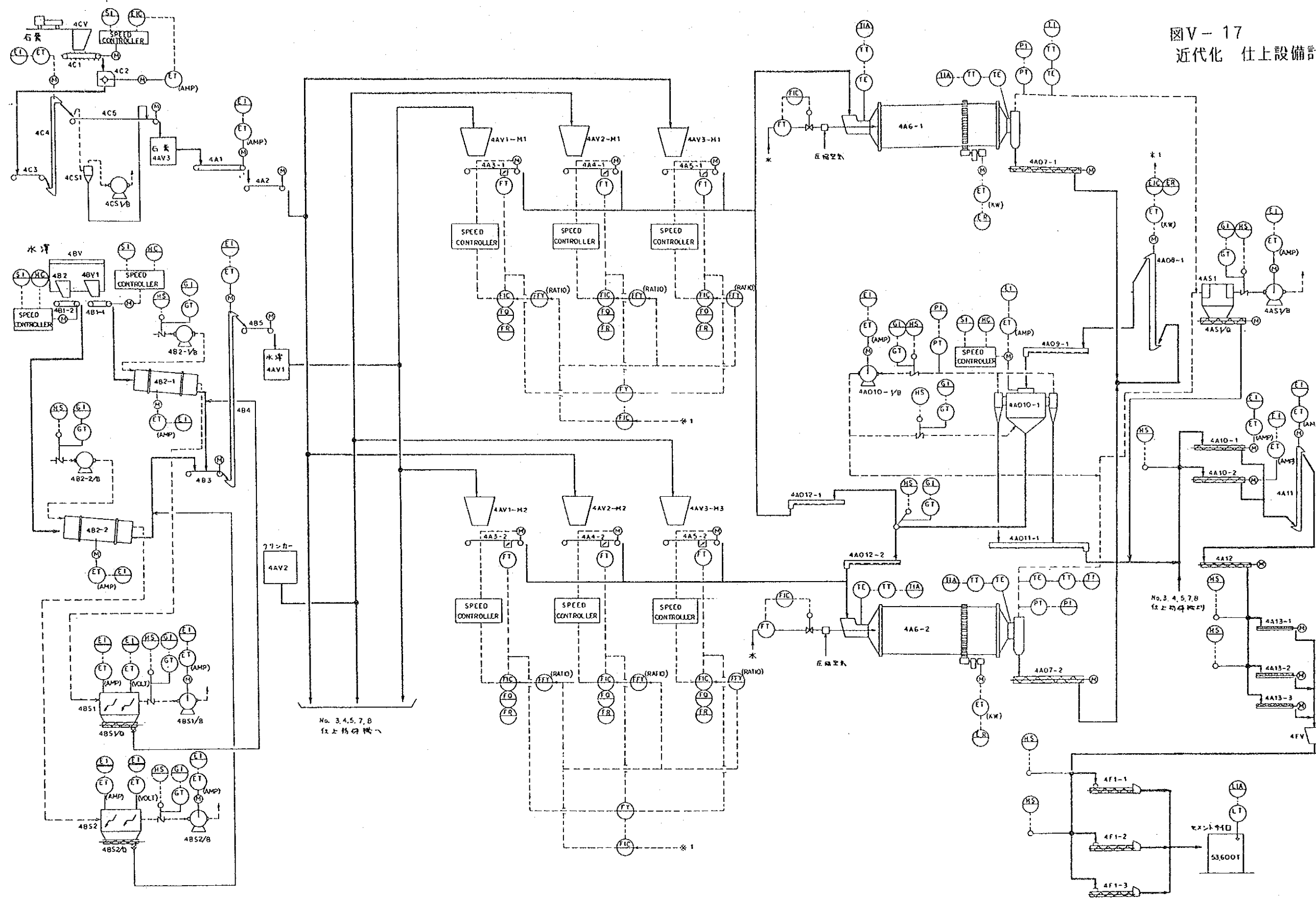
図V-15  
近代化 原料設備計装図



图V-16  
近代化 烧成設備計装図



図V-17  
近代化 仕上設備計装図





## 2 生産管理の改善

### 2.1 運転管理

所定の品質規格に合格する製品を経済的に効率良く生産するには、目標とする運転期間、生産設備が満足にその性能を発揮できる様に、定期休転時の補修体制及び運転期間中の設備保全体制を確立していることが基本的条件となる。

更に5項近代化計画の詳細に記載された機械設備、電気・計装設備の近代化の実施後を前提として運転管理の考え方の概要を述べる。

#### (1) 計量管理

品質管理・運転管理の基礎となるのは正確な計量を保証する計量管理の確立である。原料受入・製品出荷用の取引証明用の計量機の管理基準については、定期点検の時期・方法等に関し、法規上定められており、その規定を守る事は勿論のこと、計量機の品位・工場環境等実状に応じて、定期点検周期・方法に付き工場内規を定めて、正確な計量を確立することが望ましい。

原料及び仕上粉碎機の原材料供給計量機、キルンの原燃料供給計量機及びクリンカー計量機等工程管理上の計量機等については、少なくとも定期休転時には定期点検、及び1～2年に1回のオーバーホール（分解総点検）を行い、その精度保持に努めると共に、点検記録を保管することが望ましい。さらに異常が生じた時にも、その都度点検することが必要である。

#### (2) 計測器の校正及び作動点検

工程管理計測器の検出端の点検、及び工程異常警報器の作動点検等については、その計器の信頼性・重要度に応じて、週・旬毎の点検日を定め、作動点検を行い、その記録報告書を提出させ、計測器の正常作動の確認とその保持に努めることが必要である。

#### (3) 原料工程の運転管理

原料工程に於ける製品であるキルン送入原料の諸率、細度、の安定性は直接キルンの安定運転、生産量、熱消費に影響を与えるとともに、製品セメント品質にも影響するのでそれらの厳格な管理は特に重要である。

近代化計画実施後は、調合比率は計算機により出力されているので、均質な原料を得るには、調合計量機の性能維持管理が基本条件となる。生産量の面については、粉砕機消費電力により、調合量、或いは粉砕媒体の補充等の量的管理を行うことになる。これらに伴い、運転管理日報も原料諸率、水分、細度、生産量、在庫、粉砕媒体補充量、電力原単位、主要機械の保全事項等を総括したものに改定することは勿論である。

#### (4) 焼成工程の運転管理

キルンの運転管理は、簡単にいえば、クリンカー焼成度管理とクリンカー焼成の熱量すなわち燃焼管理である。操作量としては、原料・ダスト送分量、燃料使用量、キルン回転数及び窯尻送風機回転数である。クリンカー焼成度管理指標として、クリンカー容重、遊離石灰含有率が使われているが、これ等はキルン運転結果であって、これ等に対応する運転指標として焼成帯温度、キルン電力等がある。従ってクリンカー品質・焼成度に対応する上記運転指標との関係は、各工場での原燃料、品質、設備、操業条件により、微妙に異なるので、近代化後各運転指標に対する最適値、管理限界の設定を行い、その管理限界に入る様、各操作量の設定変更操作を行えばよい。

焼成帯温度、2次空気温度、キルン電力、中間温度、窯尻温度、窯前・窯尻各圧力、窯尻排ガス中のCO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、CO各含有率、キルン胴体表面温度、クリンカー生産量等主な運転指標の意味及び、原料、ダスト送分量、燃料使用量、キルン回転数、窯尻送風機回転数等各操作量との関係を運転員に徹底教育すれば、個人差は非常に少なくなると共に運転経験が浅い人でもキルンの運転はできる。

尚、グレート式冷却機の場合、2次空気温度とその量の安定化のために、冷却機1室風圧制御、キルンフード風圧制御を行う事が望ましい。

キルンの運転管理日報も、原料・ダスト送分量、燃料使用量、生産量の実計値を記入する他、送分、クリンカー品質、並びに前記主要運転指標、主要機械の保全事項等を記入できる1日1枚の様式が望ましい。

#### (5) 仕上工程の運転管理

近代化計画実施後、仕上粉砕機は能力不足を補う意味で、閉回路方式となる。この方式では、製品セメントのS03分、混合比率が所定の目標値になる様に、クリンカー、石膏、水滓を調合比率の設定を行い、粉砕機への総供給量は粉砕機出口バケット式輸送機の負荷電力を安定化させる様に制御する。

製品粒度が所定の管理幅を保持する様に、分級機主軸回転数の制御を行う。粉砕機2台に付き、分級機1台を設置している方式の粉砕機では、分級機からの戻粉流量を2台の粉砕機へ、分配機で等量分配後、供給する。

近代化に伴い、運転管理日報もクリンカー、石膏、水滓等の各供給量、比表面積、S03、セメント温度、各送風機・粉砕機・輸送機等主要機械の負荷電流等の運転指標、電力原単位、在庫、粉砕媒体補充量、主要機械の保全事項を総括したものに改定することは勿論である。

尚、近代化により、製品品質が改善されることが、見込まれるが、国家の品質規格、市場の要求に応じてセメントの比表面積、混合材の混合比を変え、低価格で生産すべきであり、適宣実状に応じて対応すべきである。

## 2.2 品質管理

工場の品質管理上における現状と問題点は第Ⅲ章で指摘したように、調合制御法、ならびに計量管理の立遅れにより品質がばらつくということにあるので、これらの点に主眼をおいて改善案を提示する。

### (1) 原料の諸率管理及び化学分析の迅速化、精度向上について

セメントの原料調合は、セメント鉱物 (C3S, C2S, C3A, C4AF) 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 (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 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することにある。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。

したがって4成分についての化学組成を論ずる場合にはこれらの間の種々な比率を用いて、これらの比率を制御すると便利である。

原料調合に使用される代表的な諸比率は表V-15及び表V-16に示す諸比率を用いて計算機にて各原料の設定比率を決めていることは前述の通りである。

表V-15 実際的な諸比率

| 名 称                               | 成分比率              | 限 界      | [ 実 際 例 ]                     |
|-----------------------------------|-------------------|----------|-------------------------------|
| 1)水 硬 率(H.M)<br>Hydraulic modulus | $\frac{C}{S+A+F}$ | 1.7~ 2.4 | 普通(2.12), 早強(2.25), 中庸熱(1.98) |
| 2)ケ イ 酸 率(S.M)<br>Silica modulus  | $\frac{S}{A+F}$   | 1.8~ 3.2 | 普通(2.75), 早強(2.80), 中庸熱(2.90) |
| 3)鉄 率(I.M)<br>Iron modulus        | A/F               | 0.7~ 2.0 | —                             |

(注) C=CaO, S=SiO<sub>2</sub>, A=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F=Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



表V-16 理論的な諸比率

| 係 数 お よ び 比 率   | 化 学 式  | 適応範囲     |
|---|--|----------|
| 1) セメント係数 (C.I)<br>Cementation Index (Eckel)                                    | $\frac{2.8S+1.1A+0.7F}{C+1.4M} \doteq 1.0$                 | A/F<0.64 |
| 2) 石灰飽和度 (K.S.G)<br>Kalksättigungs grad.Lime Saturation ratio<br>(L.S.R) (Kuhl) | $\frac{C}{2.8S+1.1A+0.7F} \doteq 1.0$                      | "        |
| 3) 石灰飽和度 (L.S.R)<br>(Lea-Parker)  | $\frac{C}{2.8S+1.18A+0.65F} \doteq 1.0$                    | A/F>0.64 |
| 4) 石灰化合物<br>(Lea-Parker)  | $\frac{C-Fr.CaO}{2.8S+1.18A+0.65F} \doteq 1.0$             | A/F>0.64 |
| 5) 石灰飽和度<br>(Guttman-Gille)   | $\frac{C}{2.8S+1.65A+0.35F} \doteq 1.0$                    | "        |
| 6) 石灰飽和度 (L.S.D)<br>(英国規格B.S.S)   | $\frac{C-0.7 \times SO_3}{2.8S+1.2A+0.65F} >0.66$<br><1.02 | A/F>0.66 |
| 7) 石灰飽和度 (KSk)<br>(Kind)  | $\frac{C-1.65A-0.35F-Fr.CaO}{2.8S}$                        |          |

上表の諸比率のうち、ヨーロッパでは主にLSD, SM, IMによっておられ、ソ連、中国はKSk、日本ではHM, SM, IMが目標の範囲内に収まる様に最大の注意を払って、これらの管理がなされている。しかもセメントの原料は石灰石、粘土等のように天然資源であるため、品質が一定しないのでこれらの品質の変化する原料を混合して上記の諸比率におさまる様調合するには迅速な分析装置と計算機が必要になってくる。

諸率を算出する為の主要4成分の化学分析法としては次のような方法が挙げられる。

- (a) 湿式分析 (原石の化学分析法と同一操作)
- (b) 焼結後湿式分析 (焼結後はクリンカーとして化学分析する)
- (c) 酸・塩基滴定による簡易分析
- (d) 蛍光X線分析

(b) , (c) の分析方法については簡単に添付資料 1 - 4 に工程図として示した (添付資料 1 - 4 の (1) , (2) に相当) 。

(a) の分析方法は石灰石等原石を分析する方法に準じたものであるが、この方法の欠点としては実際に焼結し、クリンカーにした場合の化学分析値と合致せず、諸率がかかなり異なってくることにある。

実際に当工場でこの事実を裏付ける資料があったので表 V - 17 に示した。同表によれば個々の化学成分値に大幅な差異はないが、諸率に換算した場合、HM, SM, KSk いずれも相当の差が出ていることがわかる。特に、HM の管理は当工場の場合、 1. 1 (4) でのべたように 2.10 以上に設定しなければならないので、この分析方法の差異は軽視できない。

又、後述するが、計算機によって調合制御を実施する場合、原料の化学成分を正確に予測できず、調合制御を乱す主因となる危険性をはらんでいる。

この為、通常は (b) の方法によってクリンカーに対応した分析値を求めている。(b) の分析方法は原料をクリンカーにして分析しているので、得られた分析値はクリンカーのそれと一致することになる。(b) の分析方法の欠点としては 1450℃ という高温電気炉が必要であり、又焼結時間が比較的長く

(30分~2時間)、工程管理用には適用できないことにある。この欠点を補う方法として焼結時間を短くした改良法も検討の価値があるので参考までに添付資料 1 - 5 に示した。

(c) の分析方法は (d) の蛍光 X 線分析法が導入される以前になされていた方法であり、HM だけを管理するには適しているが、SM, IM の値は求められないので、これらの諸率は制御できないようになっている。

(d) の分析方法が現在、世界の先進セメント工場が採用している方法であり、電子計算機ならびに CPW (定量供給機) とをオンライン或いはオフラインにして調合原料の管理を行なうことができる最も進んだ方式である。

蛍光 X 線分析法は (b) の方法で正しく分析した標準試料を用いて検量線を求めておけば通常分析時間は 10 分以内で済み、且つ高精度であるとともに、原料、クリンカー等をそのまま分析できるという特長を有しているため品質管理の分析方法としては理想的である。しかしながら、この分析機器は装置が比較的高価であること、高度な保守技術を要することなどがあるので、品質管理を厳しく、早急なアクションを要求される高級品のセメント (例、油井セメント、耐硫酸塩セメントなど) を製造している箇所とか、乾式大型

セメント工場とか、高品質を要求されている国等で採用していけばよいと思う。

当工場の場合、乾式製造法であることと、第Ⅲ章 2.2(1) で指摘したように送入原料のHMのばらつきが標準偏差で 0.107もある状況なのでこの蛍光X線分析計は是非とも設置する必要がある。参考までにこの装置の精度を表V-18に示した。

表V-17 セメント原料を焼結したものと未焼結のものとの分析値の比較

| 試料   | 焼結状況  | 化 学 成 分 (%)      |                                |                                |       |              |       |
|------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|--------------|-------|
|      |       | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO          | total |
| 調合原料 | 焼 結   | 15.0             | 4.3                            | 2.9                            | 44.9  | 4.2          | 71.3  |
|      | 未 焼 結 | 14.8             | 4.0                            | 2.9                            | 45.4  | 4.3          | 71.4  |
| 送入原料 | 焼 結   | 14.1             | 4.2                            | 3.3                            | 45.5  | 4.4          | 71.5  |
|      | 未 焼 結 | 13.4             | 4.1                            | 3.3                            | 45.2  | -            | -     |
| 試料   | 焼結状況  | 諸 率 (%)          |                                |                                |       | 備 考          |       |
|      |       | HM               | SM                             | IM                             | KSK   |              |       |
| 調合原料 | 焼 結   | 2.02             | 2.08                           | 1.48                           | 0.875 | 1,450℃×30分焼結 |       |
|      | 未 焼 結 | 2.10             | 2.15                           | 1.38                           | 0.905 |              |       |
| 送入原料 | 焼 結   | 2.11             | 1.88                           | 1.28                           | 0.948 | 1,450℃×30分焼結 |       |
|      | 未 焼 結 | 2.16             | 1.80                           | 1.23                           | 0.978 |              |       |

表V-18 蛍光X線分析機の測定精度

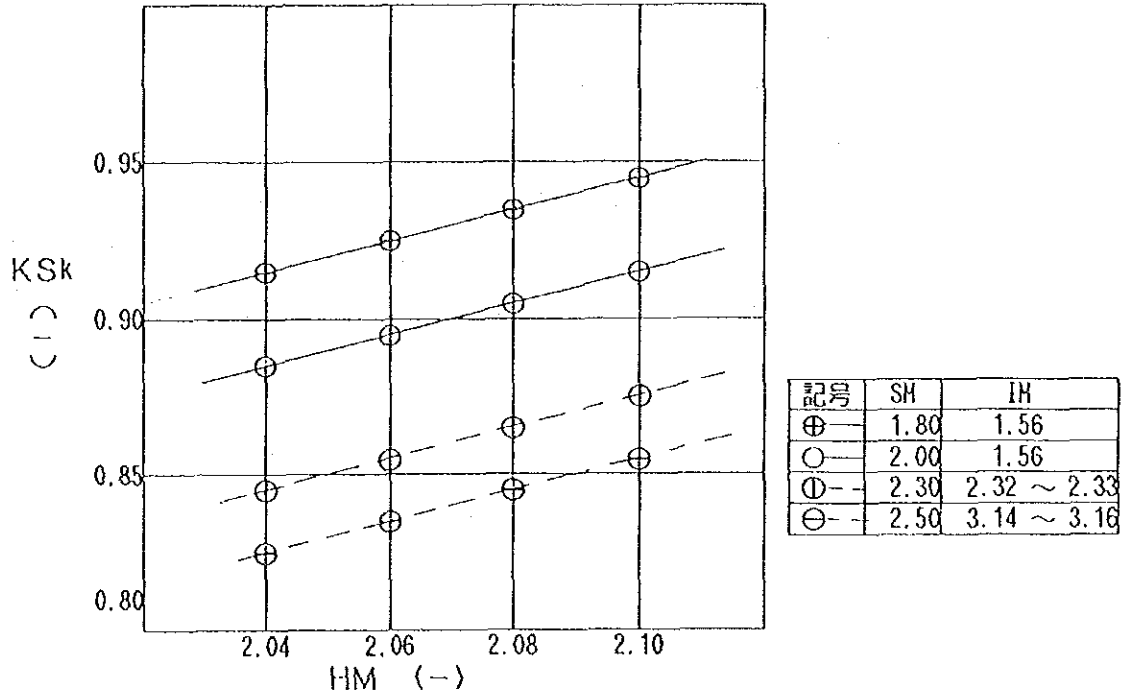
| 化学成分<br>項目                  | SiO <sub>2</sub><br>(%) | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(%) | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(%) | CaO<br>(%) | HM<br>(-) | SM<br>(-) | IM<br>(-) | 備 考                                 |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| 平均値                         | 15.0                    | 3.4                                   | 2.0                                   | 43.1       | 2.11      | 2.78      | 1.70      | 代表的な<br>セメント<br>原料                  |
| 個人成形誤差<br>$\sigma 1$        | 0.068                   | 0.023                                 | 0.010                                 | 0.072      | 0.006     | 0.005     | 0.004     | 13人x5回<br>成形後測<br>定した値<br>の標準偏<br>差 |
| 同一試料<br>繰返し誤差<br>$\sigma 2$ | 0.043                   | 0.012                                 | 0.007                                 | 0.028      | 0.007     | 0.009     | 0.008     | 10回くり<br>返し測定                       |
| 総合精度<br>$\sigma 3$          | 0.163                   | 0.079                                 | 0.033                                 | 0.224      | 0.011     | 0.020     | 0.009     | 採取誤差<br>+成型誤差<br>+繰返し誤差<br>+機器誤差    |

工場では原料調合はig.loss (CaCO<sub>3</sub>) , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を一定範囲内に入れるように操作変更することにより調整しているが、最終的にはKSk 管理にある。

KSk とCaCO<sub>3</sub> , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成分の間には明確な関係はないと思われる。それはKSk の算出式にCaO を除く他の3成分に係数がそれぞれついていることと、SiO<sub>2</sub> , Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有率の傾向が、CaCO<sub>3</sub> , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> がわかってははっきりしないからである。そこで1984年の1年間に当工場に入荷した石灰石、水滓、炉灰、鉄粉の各成分、特性値を用いてKSk とHMの関係を求めたところ図V-18が得られた。この図からわかるようにSM, IMを一定にした場合、KSk とHMは一次比例関係にあり、HMで制御してもかまわないということになると思う。HMによる制御の利点はその算出式(表V-15参照)に示すように主要4成分(CaO , SiO<sub>2</sub> , Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) の係数が全て1であるので、蛍光X線分析法以外でも、例えば酸・アルカリ滴定による簡易分析(添付資料1-4)で比較的短時間(1時間位)、且つ正式の分析値から絶えず補正しておれば

まずまずの精度で得られることにある。

この他では焼結改良法（付属資料 1 - 5）でも短時間（約 1 時間 1 0 分位）で相当な精度で得られる。



図V-18 KSKとHMとの関係

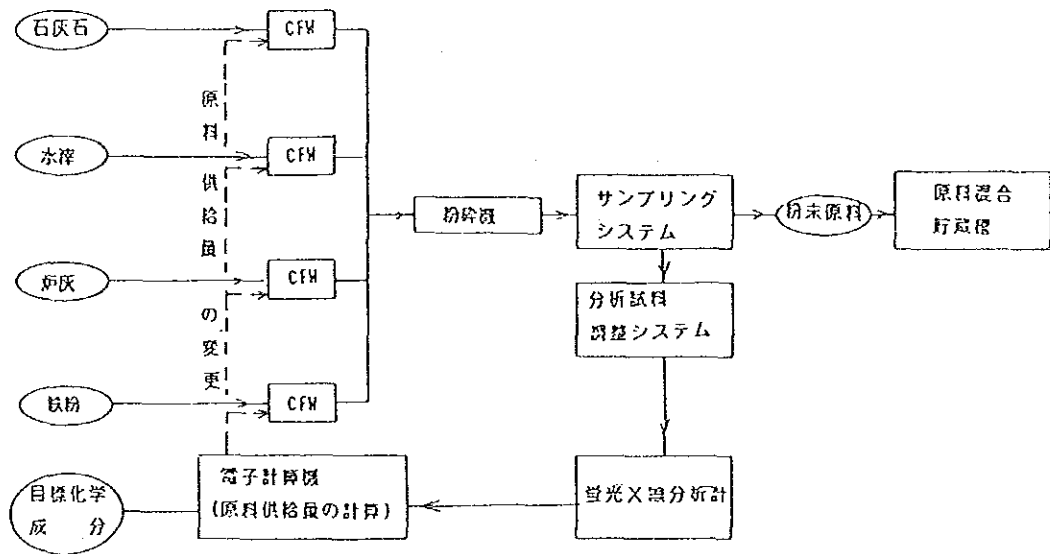
（使用原料，1984年度当工場入荷品）

(2) 原料調合方法の改善について

原料調合はセメント製造工程の中での最初の重要な工程であり、この調合制御の良し悪しによって後の工程が決まってくるといっても過言ではない。

近代化計画の中で原料調合系統については、ベルト式定量供給機、試料自動採取機、混合貯蔵槽等の新設或いは改造、蛍光X線分析による原料の迅速分析および電子計算機による管理によって調合原料の管理が十分になされることが考えられる。

原料部門における計算機制御の基本は、粉砕機出口原料の化学分析結果より、最終的にキルン送入原料の成分のばらつきをできるだけ小さくするような各原料の粉砕機への供給量を電子計算機により計算することであるが、上述のように化学分析を蛍光X線分析計により自動化し、各原料の供給量の設定を自動化することは必須のものである。図V-19に計算機制御による原料調合システムの簡単なフローシートを示す。

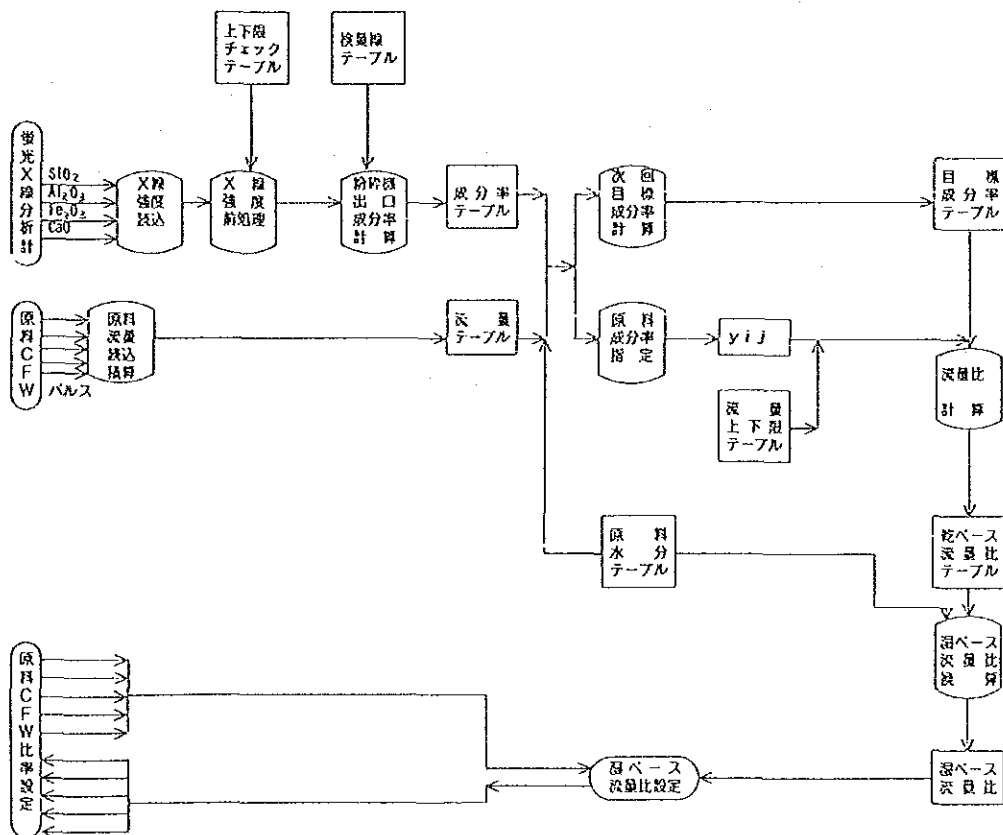


図V-19 計算機制御による原料調合システム

この図に見られるごとく、原料粉砕機を出た原料より試料自動採取機にて一定時間毎に分析試料を採取し、その分析試料を蛍光X線分析計にてSiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO の4成分を分析する。その分析結果より原料粉砕機以後の混合貯蔵槽の状態を考慮に入れて、電子計算機にて次回の各原料の供給量を計算し、CFW（定量供給機）の供給量を調節する。すなわち原料調合計算機制御システムはCFWを制御操作端とし、蛍光X線分析の粉砕機出口点を検出端とする閉ループを形成させ、フィードバック制御を行なっていることになる。

計算機制御システムの詳細は図V-20に示す通りである。

図V-20 計算機制御システムの詳細工程図



この計算機による原料調合工程を順調にラインにのせるためにはまず、①各原料の供給量がベルト式定量供給機によってわかること、②試料自動採取機を設置して代表的な試料を採取すること、③ベルト式定量供給機から試料自動採取機までの所要時間を考慮すること、④次回制御目標を算出するために、混合貯蔵槽内での原料滞留時間特性を把握すること、⑤次回制御目標を算出するソフト・ウェア（プログラム）をつくること等検討すべきことが多い。

これらの項目について順を追って概略を説明する。

(a) ベルト式定量供給機

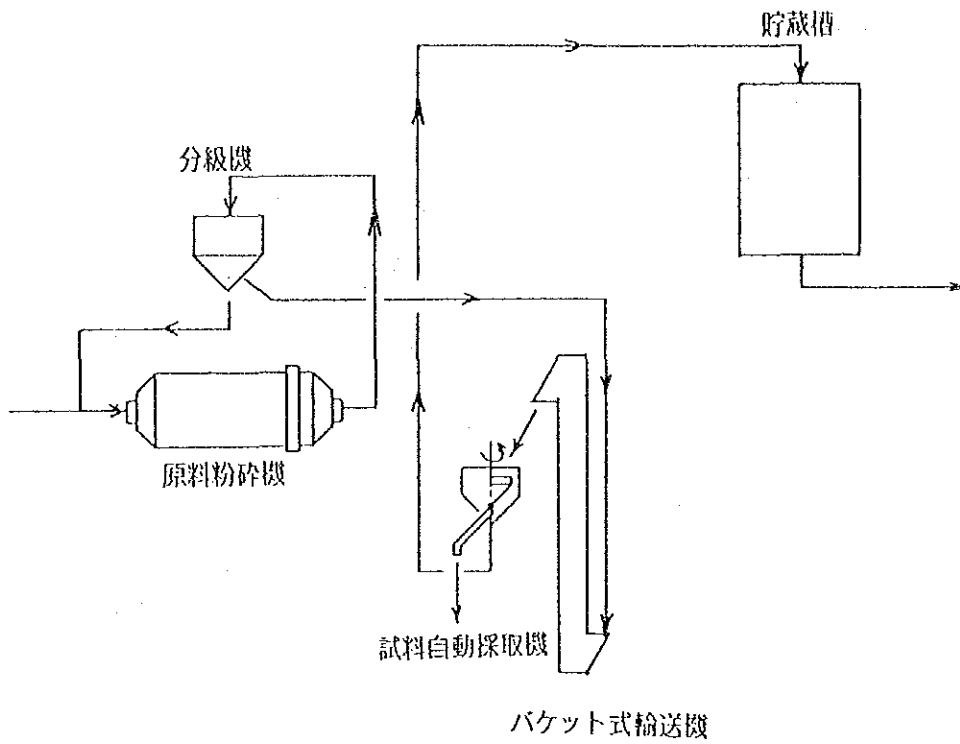
原料流量が計算できるとともに流量変更できる供給機であって、その詳細は5項を参照されたい。

(b) 試料自動採取機

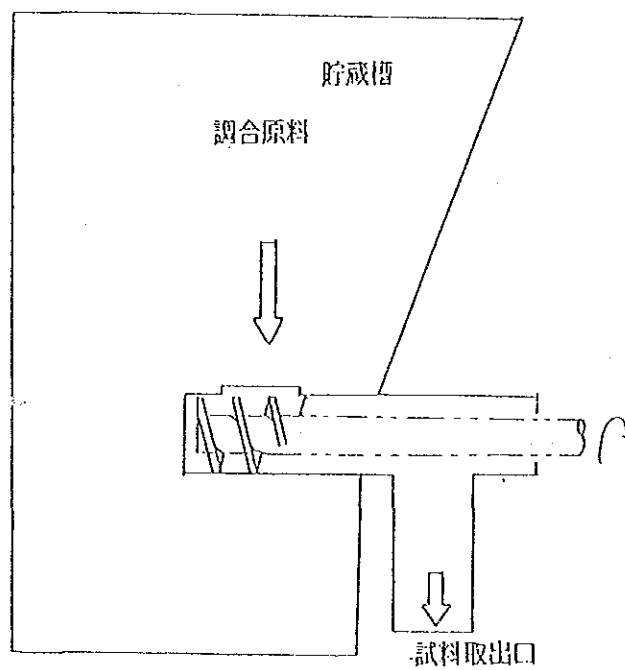
試料自動採取機設置に当って重要なことは輸送系統を通過中の原料を断続的（定期的）に全面切り取るように系外に取出すことである。特に粉体、塊等の場合、偏折をおこして流れている危険性もあるのでできるだけ全面から切り取って系外に出すのが理想であるが、流量の程度、試料自動採取機の型式等によっては流れている原料面の数箇所或いは中央部だけを取り出すということも結構とされている。ただし、このような試料自動採取方法であった場合、各原料の設定比率との関係、ならびに混合貯蔵槽からキルンへ送入する時の原料の諸率などとの関係を把握して問題がないことを確認しなければならない。

図V-21にカッタ式試料自動採取機、図V-22にスクリー試料自動採取機の例を参考までに示した。





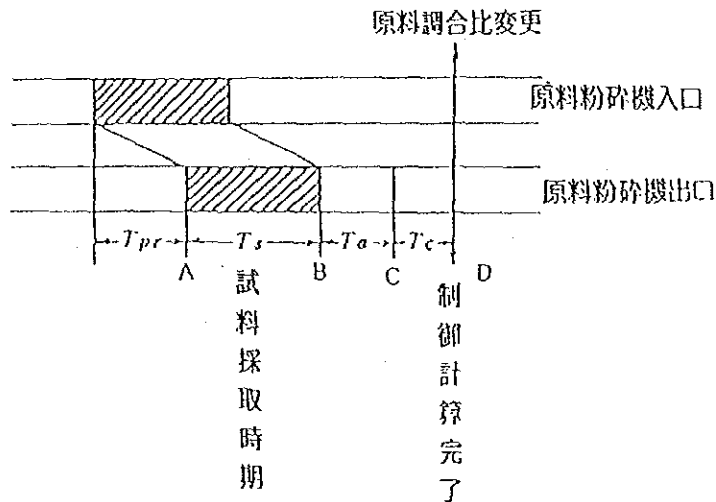
図V-21 カッタ式試料自動採取機



図V-22 スネッキ式試料自動採取機

(c) プロセスの時間遅れ

プロセスの時間遅れとは上記③に述べたベルト式定量供給機から試料自動採取機までに要する時間のことをいう。計算機制御の場合の原料調合の時間流れを図V-23に示した。



$T_{pr}$  - プロセス（原料ミル）の時間遅れ

$T_s$  - サンプルング周期

$T_a$  - 試料調整及び分析時間

$T_c$  - 制御計算時間

図V-23 計算機制御による原料調合の時間流れ

(d) 混合貯蔵槽

キルン送入原料の成分を均一化するため現有の原料貯蔵槽2基を図V-24に示すような混合貯蔵槽に改造する。

この混合貯蔵槽は直列2基より成っており、貯蔵槽底盤を図V-25に示す様に放射状に奇数分割し通気盤を敷き配列順に隣接する2つの区画を組み合わせることで強い圧力の空気を貯蔵槽下部より上部に噴出させ微粉粒体を流動化することにより混合を行なう。即ち図V-25で(1, 2), (3, 4), (5, 6)……(9, 1)と順次高压空気を流し、他の残りは低压空気を吹込む。

原料滞留時間分布を推定することは貯蔵槽の型式、容量、混合状況等によって変わるので一概に決定し難いものであるが、一次遅れモデルと考えている。したがって数時間前に混合貯蔵槽に入った原料成分にEXP係数を乗じて、混合貯蔵槽内の成分を計算で求めている。

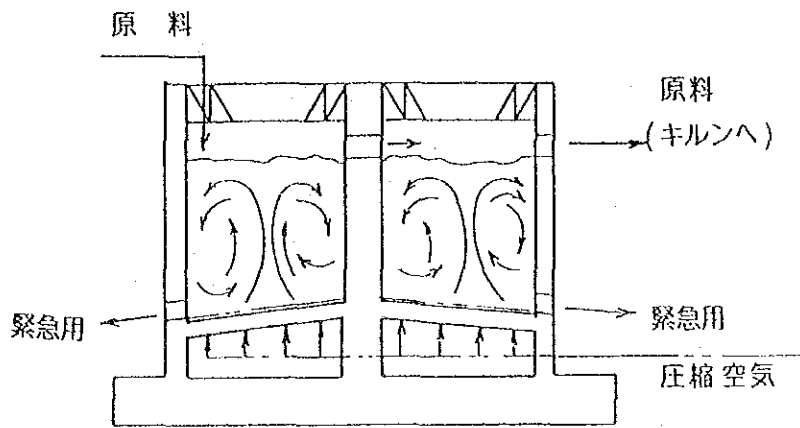


図 V - 24 混合貯蔵槽

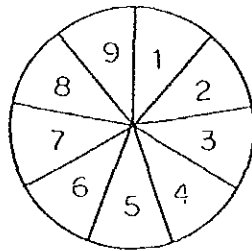


図 V - 25 通気盤配列

(e) 次回制御目標

工源工場の使用原料は原則的には石灰石，調合粘土，鉄粉の 3 種類であるので制御できる諸率は 2 個となる。したがって HM と SM 或いは KSk と SM を制御し、IM は随時という調合制御をとるということになる。

図 V - 20 に示す原料調合の制御計算の主要項目は次の 3 項である。

- (i) 受入原料の成分推定 ( $y_{ij}$ )
- (ii) 制御残量の計算及び次回目標成分の計算
- (iii) 次回原料供給量計算 (湿ベース)

(i) 受入原料の成分推定 ( $y_{ij}$ )

セメントに使用する原料は天然資源、産業廃棄物であるので品質が一定していない。この変動を受入時に分析することは時間的に間に合わない。ので、原料粉砕機出口の分析結果より推定する。

3成分制御の場合、 $n$ 回目の原料調合比制御に相当する原料粉砕機出口原料の $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ の分析値を $Co$ ,  $Ao$ ,  $Fo$ ,  $Co$ とし、また同回の制御のときの石灰石、粘土、鉄粉の供給量を $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ 、それらの合計量を $f_t$ 、各原料の組成を表V-19とすれば次式が成り立つ。

|                                       |             |               |               |          |             |
|---------------------------------------|-------------|---------------|---------------|----------|-------------|
|                                       | 石灰石         | 調合粘土          | 鉄粉            | 調合原料     |             |
| (CaO バランス)                            | $y_{41}f_1$ | $+ y_{42}f_2$ | $+ y_{43}f_3$ | $= Coft$ |             |
| (SiO <sub>2</sub> バランス)               | $y_{11}f_1$ | $+ y_{12}f_2$ | $+ y_{13}f_3$ | $= Coft$ | ----- (2・1) |
| (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> バランス) | $y_{21}f_1$ | $+ y_{22}f_2$ | $+ y_{23}f_3$ | $= Aoft$ |             |
| (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> バランス) | $y_{31}f_1$ | $+ y_{32}f_2$ | $+ y_{33}f_3$ | $= Foft$ |             |

表V-19 原料の化学組成

| 原料<br>成分                       | 石灰石      | 粘 土      | 鉄 粉      |
|--------------------------------|----------|----------|----------|
| ig. loss                       | $l_1$    | $l_2$    | $l_3$    |
| SiO <sub>2</sub>               | $y_{11}$ | $y_{12}$ | $y_{13}$ |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | $y_{21}$ | $y_{22}$ | $y_{23}$ |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | $y_{31}$ | $y_{32}$ | $y_{33}$ |
| CaO                            | $y_{41}$ | $y_{42}$ | $y_{43}$ |
| 供給量                            | $f_1$    | $f_2$    | $f_3$    |

上式は 4個しかないので表V-19に示す $y_{ij}$ , 12個は解くことはできない。したがって何らかの方法により、12個の成分値 $y_{ij}$ を推定する必要がある。その推定方法として2、3あるが、我々の経験では調合粘土、鉄粉の $y_{ij}$ は過去半年あるいは1年間入荷した実績をそのまま定数として計算機に入力しておき、石灰石の組成 $y_{ij}$ のみを(2・1)式より求める方法が最善であると考えている。したがって石灰石の $y_{ij}$ は次式のようにして求める。

$$y_{41} = \frac{1}{f_1} ( Cof_t - (y_{42}f_2 + y_{43}f_3) ) \quad \dots\dots (4.2a)$$

$$y_{11} = \frac{1}{f_1} ( Sof_t - (y_{12}f_2 + y_{13}f_3) ) \quad \dots\dots (4.2b)$$

$$y_{21} = \frac{1}{f_1} ( Aof_t - (y_{22}f_2 + y_{23}f_3) ) \quad \dots\dots (4.2c)$$

$$y_{31} = \frac{1}{f_1} ( Fof_t - (y_{32}f_2 + y_{33}f_3) ) \quad \dots\dots (4.2d)$$

(ii) 次回目標成分率の計算

原料粉碎機で粉碎された原料は混合貯蔵槽で攪拌均一化が行なわれる。したがって調合原料の化学組成は時間的に平均化されるので、その化学組成の制御目標を常に目標通りに保つことは必ずしも適切でなく、積分値を目標値に一致させるように制御すべきである。

調合原料は1時間毎に試料自動採取機にて採取し、その都度蛍光X線分析計にかけている。次回の目標はこれまで既知の原料組成、供給量に重みをつけ、さらに次回設定前にすでに調合された未分析のもの（図V-20に示すB'C'の間）を諸率計算式に代入して決定する。例えばHMの次回目標は次の式により求める。

(混合貯蔵槽内)

$$\frac{\text{に存在するC)} + \text{(未分析のC)} + \text{(次回目標のC)}}{\text{(混合貯蔵槽内に存在するS+A+F)}} = HM_0$$

$$\frac{\text{(次回目標のC)}}{\text{(次回目標のS+A+F)}} = HM'$$

存在するS+A+F)

$$\frac{\text{(次回目標のC)}}{\text{(次回目標のS+A+F)}} = HM'$$

但し、C; CaO, S; SiO<sub>2</sub>, A; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

HM<sub>0</sub>; 目標水硬率 (例えば 2.12), HM'; 次回目標の水硬率  
上式のようにしても目標水硬率 (例えば 2.12) になるように次回の HM' をきめる。SM' についても同様に求める。

(iii) 次回原料供給量計算 (湿ベース)

(i) で求めた供給原料の組成  $y_{ij}$  と (ii) で決めた諸率より各原料の供

給量を原料原単位の計算と同様に三元一次連立方程式を解いて次回原料供給量を求める。

以上が乾式転換後の調合原料システムの概要である。これに使用する電子計算機についてはプロセスコントロール用仕様で本体128KB、補助記憶容量10MB位のものでIBM、富士通等のメーカー製が最善と考えている。

(c) その他工程における品質管理

工源工場において残る問題は計量管理不十分による品質のばらつきがいずれの工程にも存在していることである。

しかしながらこれらを今回の近代化計画案に沿って新設あるいは改良を加えていけば解消されてくるものである。

したがって今後は安定した工程の中でデータの収集を行い、更には添付資料1-2~3に提案した方式を検討していけば、品質管理面での問題は少なくなると思う。このような改善された状態になった時、現在の品質試験頻度

(表II-14)の見直しを行なって、その数を減らすとともに、品質のばらつきの主因を調査するような特別試験を頻繁に行なうことを提案する。

## 2.3 設備保全

### (1) 定期休転について

(I) 定期休転の回数については特に問題無いと思われるが、突発故障が多いことを勘案すれば、補修内容、保全人員、時間とを考慮して、定期休転の基本計画の見直しが必要と思われる。基本的には年2回の定期休転以外には、キルンを止めないという考えで、休転期間を充分にとり、次の運転期間中止める必要がない様に保全する。この期間連続運転出来ない設備は、出来る様に改造することが必要である。

(II) キルン耐火レンガ等の副原料、消耗品の取替は当然であるが、取替記録、補修記録等の資料を作成の上、計画的に行うべきであろう。

(III) キルンの通芯測定、タイヤ、ローラーの摩耗経過測定、キルン胴体の亀裂検査、大型減速機内部点検等の保全業務をもっと行い、設備の予防保全に努めるべきだと考える。

(IV) 窯尻送風機の軸受の取替が非常に短周期であるが、これらの原因としては、軸受仕様の不適正、軸受給油装置の不適正、送風機基礎の弱体化、ローターの耐摩耗対策の不足、そして運転管理の不備が考えられるが、その原因を追究して対策を検討し、改善し、寿命の延長を図るべきであると思われる。

### (2) 突発故障について

突発故障回数が、1984年では137回で定期休転回数4回の30倍余りと異常に多い。機械が故障した時、キルンを止めざるを得ない時もあるが、例えばクリンカー輸送機の故障の時は予備機への切替、又、故障頻度の高い機械については、予備機の設置を考えて休転回数を減す様に努めるべきだと思う。機械の故障、臨時休転はある程度やむを得ないとしても一番大きな対策としては、機械の故障即休転という考え方、故障に対する慣れにより、故障の原因に対する考察が稀薄であることを改めて、突発故障を減少させるべく組織的に努力すべきだと考える。

### (3) 突発故障内容について

1984年の故障休転時間で一番多いのは、ボイラー関係の故障、特に水管の漏水が403時間と全体の半数近くを占めている。

老朽化による不可避的な故障もあろうが、定期休転の項で述べた様に補修記録等を基に計画的に取替、補修を行えば、大部分は避けられることと思われる。

又、窯尻送風機関係の故障は定期休転時の十分な補修保全を行えば防げることであるが、機械というものは、突然故障するものではなく、何らかの異常徴候があるはずであるが、その時に点検あるいは、注意運転すれば防げることが大部分である。

しかし、その異常徴候を見付けるために、計器類の正常な作動、運転員、保全員の技術レベルの向上が先決であると思われる。

### (4) 運転中の設備保全について

現在の保全の考え方である機械が壊れたから取替える、という事後保全、時間が来たから取替えるという時間基準の保全ではなく、運転中の機械の状態の推移といったものをよく把握して保全を行う状態基準保全に漸次移行すべきであろう。

そのためには運転員と保全員とが一体となった連携作業、技術会議等による技能レベルの向上、又、計器類の修復新設が必要である。

尚、設備保全に関する参考資料を添付資料2に添付した。

## 2.4 教育訓練

前述の如く、全ての生産活動は人間が主体であり、設備の近代化と共に、職場風土の改善、人材の育成が必要である。

全従業員が活性化し、創造力を発揮出来る様な職場風土を作るべく、全員参加の小集団活動を導入すべきであり、このためには、工場長以下の教育が必要であると考えるので、添付資料3に参考資料を添付したので検討する様提案する。一方設備の近代化によって、設備、特にキルンの運転方法が現在人間の勘にたよっていたものから計器の数値を判断して運転する方法に変えるため、運転方法を各運転員に再教育する必要がある。

上記の二つの課題を中心にした全従業員を対象とした研修制度を作り、設備の



改善と併行して教育が行われるべきと考える。

## 2.5 安全衛生, 環境管理

安全管理についても、上記小集団活動の中で全員参加で行うべきである。

環境管理については、現状の様に問題点を放置することなく、煤塵, 粉塵をはじめ硫黄酸化物, 窒素酸化物, 排水, 騒音等についても現状を把握し、対策を検討すべきである。

### 3 近代化計画の実施スケジュール

近代化計画の内容の実施スケジュールは、前述のように先ず3号キルンの近代化を行い、引続き2号、1号キルンの近代化を実施するのが合理的である。

3号キルンの近代化の場合、主要設備が新設であり、2号、1号キルンの場合、既存設備の改造が大部分で、内容が多少違うので、その2つの工程について以下述べる。

夫々の項目に対する所要期間は、中国の実情が不明のため、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、工源工場の実情に合わせて再検討する必要があることを付記する。

又、原料粉碎機、仕上粉碎機の改造時、一時的に物質勘定が合わなくなることがあるが、改造キルン以外のキルンの定期休転、各貯蔵庫在庫量、生産計画等を総合的に検討して対処する必要がある。

近代化計画は早期完成が必要であるが、全工場を1度に休止して改造を行うことは問題であり、キルン1系列ずつ漸次改造していくために長期間を必要とする。それ故、早急に近代化計画に着手するのが良策と考える。近代化計画の検討を、本報告書（案）受領後直ちに開始し、十分に検討し最終報告書受領後、早急に設備の発注が出来る様、設備発注体制を固めることが必要である。特に輸入設備については、手続に長期間を要することが予想されるので、最終報告書受領後直ちに輸入先を決定し、発注できる様準備を早急に開始すべきである。

設備、建物の配置は、本報告書（案）受領後直ちに検討を始め、設備の調達と並行して建物、機械基礎の設計、工事資材の調達を行う必要があり、夫々の所要時間を勘案して早期に着手すべきである。

主要設備の据付及び運転指導については、設備の納入先より指導員を派遣させるとともに、設備の据付完了前に運転員の運転実習を設備の納入先または類似の他工場の設備で行うことが必要であるので、そのスケジュールについても付記した。以上の考え方による全体のスケジュールを図V-26に示す。

設備の近代化と並行して、生産管理の改善を進める必要があり、運転管理、品質管理、保全管理、職場風土の活性化など夫々の技術的準備と工場全体の考え方を変更するための教育訓練等を早急に検討を開始し、夫々設備の近代化完成後直ちに新しい生産管理法で管理できるよう、最終報告書受領後直ちに準備を開始すべきである。

図 V - 27 近代化全体スケジュール

| 年  | 1985    |      |    | 1986 |   |   | 1987 |    |    | 1988 |   |   | 1989 |    |    |
|--|---------|------|----|------|---|---|------|----|----|------|---|---|------|----|----|
|  | 8       | 10   | 12 | 2    | 4 | 6 | 8    | 10 | 12 | 2    | 4 | 6 | 8    | 10 | 12 |
| 近代化計画実行                                      | 提示      |      |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 検討      |      |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 実行      |      |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
| 3号キルン  | 設備調達    | 検討   |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 現地工事    | 設備製作 |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 実習技術指導  | 運搬   |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
| 2号キルン  | 設備調達    | 検討   |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 現地工事    | 設備製作 |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 技術指導    | 運搬   |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
| 1号キルン  | 設備調達    | 検討   |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 現地工事    | 設備製作 |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 技術指導    | 運搬   |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
| キルン休止工程                                      | 全面休止    |      |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 2号キルン休止 |      |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
|  | 1号キルン休止 |      |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |
| □ → 3号キルン引渡し<br>□ → 2号キルン引渡し<br>□ → 1号キルン引渡し |         |      |    |      |   |   |      |    |    |      |   |   |      |    |    |

### 3.1 3号キルンの近代化の実施スケジュール

3号キルンの設備面での近代化は、キルン、ボイラー等の主要設備が新設であるので、殆どの工事は既存1, 2号キルンの運転に関係なく施工でき、最後の既存設備との取合い時に約15日休止する必要があるのみである。

3号キルンの近代化実施時の設備新設改造項目としては、キルン系そのものの他に共用設備の改造が含まれ、内容は下記の通りである。

尚、既存の3号キルン及び遊休煙突は3号キルンの現地工事着手前に、前もって解体撤去すべきと考える。

#### (1) キルン系そのものの新設, 改造

- (a) キルン新設
- (b) クリンカー冷却機新設
- (c) ボイラー, タービン, 発電機新設
- (d) キルン及びクリンカー冷却機排ガス用電気集塵器新設
- (e) 仕上粉碎機新設

#### (2) 共用設備の改造新設

- (a) 原料調合設備改造
- (b) 原料乾燥機改造及び電気集塵機新設
- (c) 6号仕上粉碎機の原料粉碎機への転換
- (d) 原料貯蔵槽の混合槽への改造
- (e) 受変電設備の改造
- (f) 電気計装設備の改造

以上の近代化スケジュールを図V-27に示す。

図 V - 27 3 号キルン近代化スケジュール

| 年      | 月       | 1985 |    | 1986 |   | 1987 |   | 1988 |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|---------|------|----|------|---|------|---|------|----|----|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
|        |         | 8    | 10 | 12   | 2 | 4    | 6 | 8    | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 |  |  |  |  |  |  |  |
| 現地工事工程 | 全体工程    | 検    | 討  |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | 原料調査設備  |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | 原料乾燥機   |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | 原料集塵器   |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | 原料混合槽   |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | キルン     |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | クレンカ冷却機 |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | 電気集塵器   |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | ボイラタービン |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|        | キルン発電機  |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 電気集塵器  |         |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 仕上粉砕機  |         |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 受変電設備  |         |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |
| 電気計装設備 |         |      |    |      |   |      |   |      |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |

全面休止打合

### 3.2 2号キルンの近代化の実施スケジュール

2号キルンの近代化の内容は、既存設備の改造が大部分である。特にボイラーの改造が長期間を要するので、近代化改造時2号キルンは6ヶ月間休止する必要がある。

従って、他の設備の改造はその間で実施が可能となる。なお、2号キルンの場合も最後の15日間既存設備との取合のため、全面休止が必要である。

2号キルンの場合も3号キルンの場合と同様、キルン系そのものの改造の他に共用設備の改造があり、その内容は下記のとおりである。

#### (1) キルン系そのものの改造、新設

- (a) キルンの煉瓦、燃焼器の改造
- (b) クリンカー冷却機及び排ガス用電気集塵機新設
- (c) ボイラー改造
- (d) キルン排ガス用電気集塵機改造
- (e) 仕上粉碎機の改造……1, 2, 7号粉碎機
- (f) 電気計装設備改造

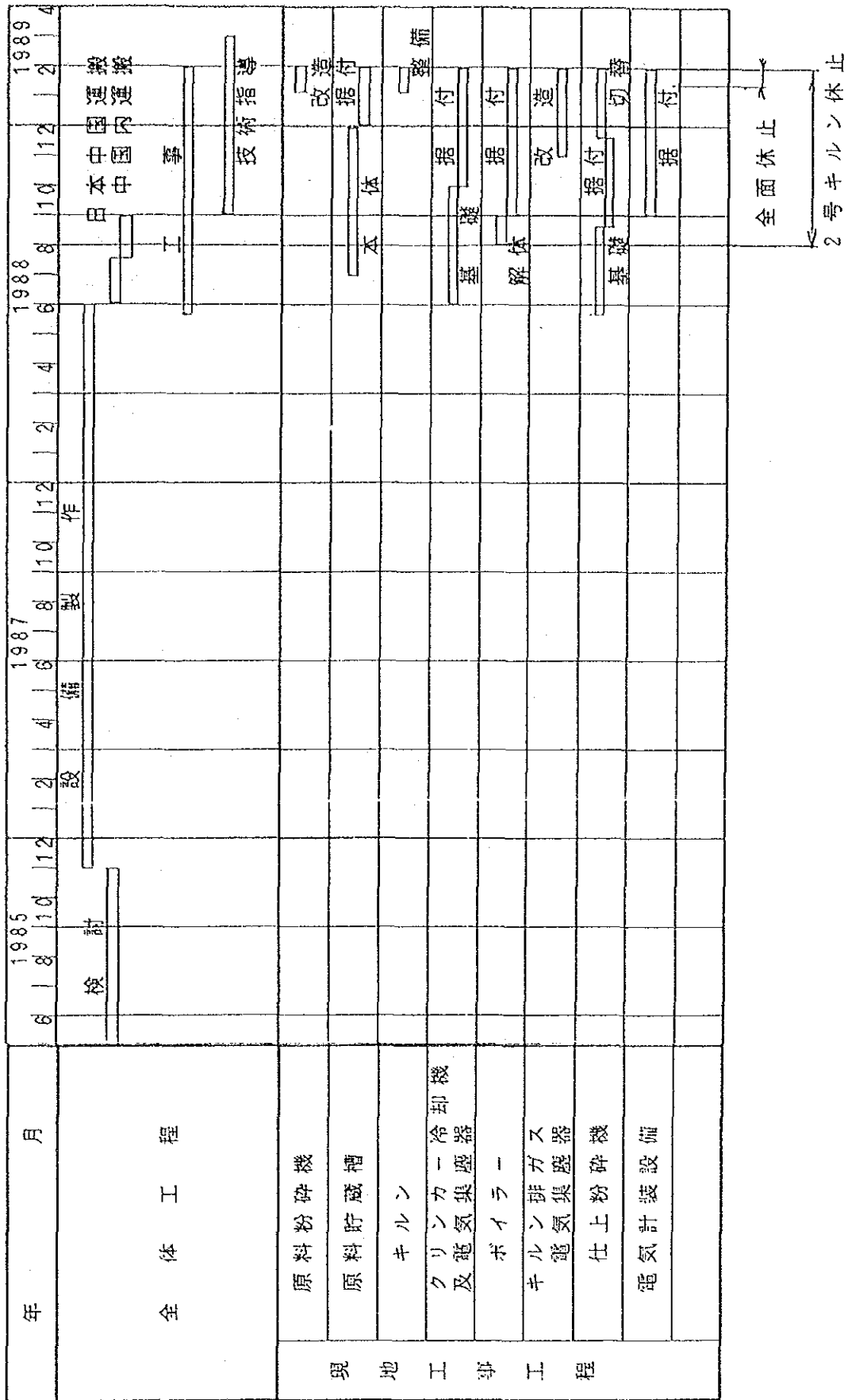
#### (2) 共用設備の改造新設

- (a) 原料貯蔵槽の新設

以上の近代化スケジュールを図V-28に示す。

1号キルンの場合も2号キルンのスケジュールに準ずるものであるので省略する。

図 V - 28 2号キルン近代化スケジュール



## 1 所要資金計画

### 4.1 試算範囲

近代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、日本で必要な機器を調達し中国側に輸送する迄の費用について、日本に於ける価格を基礎として試算を行なった。従って中国内での輸送費、土建工事費、機器の据付工事費用は含んでいない。

又、今回の調査範囲外の石灰石、粘土鉱山、出荷設備、付帯設備（水、圧縮空気、修理工場他）については含んでいない。

#### (1) 試算範囲

試算範囲の詳細は下記の通りである。

- (a) 5.1項及び5.2項に記載された改造及び新設機器並びに改造部品。工程図V-9～11に示す改造範囲内の上記以外の輸送機。

但し、原料混合貯蔵槽についてはエアーレーションユニット、電磁弁、キルン排ガス用電気集塵器については、内部改造内部品及び電気部品のみを見積範囲とした。

- (b) 受電室設置の66KV断路器以降の66KV、受配電機器、3KV遮断器、電力コンデンサー、モーターコントロールセンター、直流電源装置、構内放送装置、ケーブル、工事材料及び5.1、5.2項に記載された新設及び改造機器用電動機並びに1、2号キルン用主電動機（図V-14近代化単線結線図参照）

- (c) 5.1 (1)の図V-15～17に記載の計装設備、監視制御盤、ケーブル、工事材料

- (d) 上記(a),(b),(c)の機器に対する2年分の推奨予備品

- (e) 上記(a),(b),(c)の機器の据付工事、試運転に際しての指導員の受入れ費用

- (f) 上記(a),(b),(c)の運転員の日本に於ける実習費用

- (g) ボイラー、タービン

ボイラー本体；主蒸機関（既設発電設備と新設発電設備の主蒸機関の連絡配管，1，2号更新の場合は、ボイラー機側より1米まで）機器ドレン配管（各機器近傍の既設排水ピットまで），排ガスダクト（ボイラー入口及び節炭器出口フランジまで），水配管（機側1米まで），タービン，（3号）発電機，（3号）ボイラー，タービン制御盤（3号），及び制御盤（3号）。



## (2) 試算範囲外

下記については試算範囲から除外した。

- (a) 上記試算範囲(1)の機器に付随したスチールストラクチャー（鉄骨、製缶品）
- (b) 1、2号ボイラーの水処理設備又は発電機の改造
- (c) 既存設備の老朽化に対するための補修費用（キルンタイヤ、ローラー、胴体の一部更新他）
- (d) 既存設備の消耗材料の取替費用（キルン等の煉瓦、粉砕機の裏板、粉砕媒体他）
- (e) 制御用圧縮空気、水配管、照明器具、火災報知器、
- (f) 塗料、潤滑油
- (g) ボイラー、タービン設備

原水前処理設備及び原水ポンプ、洗浄廃液等処理設備、配管架台、純粋装置廃液中和槽、その他（1）項見積記載項目に記載なきもの。

スチールストラクチャーについては重量のみを付記した。

## 4.2 試算条件

試算は下記の条件にて試算した。機器の試算価格は、日本に於ける1985年10月末月までの参考価格である。

海外技術者の受入れ費用は、受入期間中、一人一日58千円で試算し、往復航空運賃、滞在中の生活費その他の実費は中国側の別途負担として試算から除外した。技術者としては、機械、電気関係の据付指導員と試運転指導員を114人、月、受入れる様計画した。

中国実習生の外国派遣費用は、一人一日20千円で試算し、往復航空運賃、生活費、その他の実費は中国側の別途負担として試算から除外した。実習生としては、運転員、機械、電気計装保全員、蛍光X線分析装置計算機の関係者を対象とし、合計126人月派遣する様計画した。

尚、本試算は既存の設備を4.1に述べた近代化の内容を4.3に述べた実施スケジュールに従って実施した場合について示すもので、実施順序を変更したばあい、費用は変わってくる。

## 4.3 試算結果

上記の試算範囲、試算条件に従って試算した結果は下記のとおりである。

## (1) 3号キルンの近代化

(単位：百万日本円)

| 項 目                   | 金額           | 主 要 項 目 |  |
|-----------------------|--------------|---------|--|
| 設<br>備<br>価<br>格      | 原料工程<br>機械設備 | 317     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・原料乾燥機改造及び同用電気集塵器新設</li> <li>・原料調合計量器改造, 混合貯蔵槽蛍光X線分析装置新設</li> </ul> |
|                       | 焼成工程<br>機械設備 | 879     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・キルン, 燃焼器, クリンカー冷却機新設</li> <li>・同上用電気集塵器新設</li> </ul>               |
|                       | 仕上工程<br>機械設備 | 1,076   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・仕上粉碎機増設</li> </ul>   |
|                       | 発電設備         | 1,222   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボイラータービン発電機新設</li> </ul>   |
|                       | 電気計装<br>設備   | 1,035   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・受配電設備の更新</li> <li>・計装設備の新設</li> <li>・総括制御設備の新設</li> </ul>          |
|                       | 合 計          | 4,529   |  |
| 技<br>術<br>指<br>導<br>費 | 日本国内教育       | 153     | 42人 × 3ヶ月  |
|                       | 現地技術指導       | 101     | 58人・月  |
|                       | 合 計          | 254     |  |
| 総 計                   | 4,783        |         |  |

機器重量 3,170 屯

鉄鋼構造物（スチールストラクチャー）重量 260 屯

## (2) 1, 2号キルンの近代化

(単位：百万日本円)

| 項 目                   | 金額           | 主 要 項 目 |   |
|-----------------------|--------------|---------|---|
| 設<br>備<br>価<br>格      | 原料工程<br>機械設備 | -       |   |
|                       | 焼成工程<br>機械設備 | 1,127   | ・キルン燃焼器, クリンカー冷却機改造<br>・キルン, クリンカー冷却機用電気集塵器改造及び新設<br>・ダスト輸送設備改造 |
|                       | 仕上工程<br>機械設備 | 319     | ・仕上粉碎機閉回路化  |
|                       | 発電設備         | 863     | ・ボイラー改造   |
|                       | 電気計装<br>設備   | 690     | ・計装設備新設<br>・総括制御設備更新  |
|                       | 合 計          | 2,999   |   |
| 技<br>術<br>指<br>導<br>費 | 日本国内教育       | -       |   |
|                       | 現地技術指導       | 97      | 56人・月   |
|                       | 合 計          | 97      |   |
| 総 計                   | 3,096        |         |   |

機器重量 1,290 吨

鉄鋼構造物 (スチールストラクチャー) 重量 210 吨

## 5 近代化計画の詳細

### 5.1 3号キルンの近代化

3号キルンの近代化については前述の様に製造方式としては、余熱ボイラー方式の方が得策と考えられるので採用する。

その場合、下記の項目についての設備改造新設を行う。

#### (1) 設備改造新設項目

- (a) 原料乾燥機の改造及排ガス処理設備の改造
- (b) 原料調合設備の改造
- (c) 原料粉砕機用計量器の改造
- (d) 6号仕上粉砕機の原料粉砕機への転換
- (e) 原料貯蔵槽の混合貯蔵槽への改造
- (f) キルン、クリンカー冷却機の新設
- (g) キルン及びクリンカー冷却機排ガス電気集塵器の新設
- (h) 余熱発電設備の新設
- (i) 仕上粉砕機1基増設
- (j) 電気計装設備の改造新設

上記の設備上の改造を検討するに当たっての基本的な考え方となる図V-8配置図、図V-9～11、工程図、図V-12物質勘定図、図V-14単線結線図、図V-15～17計装図参照のこと。

#### (2) 設備改造内容

##### (a) 原料乾燥機の改造及排ガス処理設備の改造

現在乾燥機として石灰石乾燥機、調合粘土乾燥機があるが、近代化による生産増に対処するため、乾燥機能力、乾燥機効率を向上させる必要がある。

又、現有の排ガス集塵設備として、マルチサイクロンが設置されているが、マルチサイクロン及び煙道でダストの堆積、閉塞のため未処理のまま排出されているので、環境改善のため新たに電気集塵器を設置する。

##### (i) 改造箇所

- (イ) 乾燥機の原料入口、出口部よりの漏入空気が多いので、その対策として二重ダンパーを取付ける。

(ロ) 調合粘土乾燥機は熱効率向上のため、内部にクロスセクションを設けるか、胴体を24米程度に延長する必要があると共に、石灰石乾燥機についても、乾燥機内部のリフター、保温材の整備を行い、乾燥効率の向上を図る。

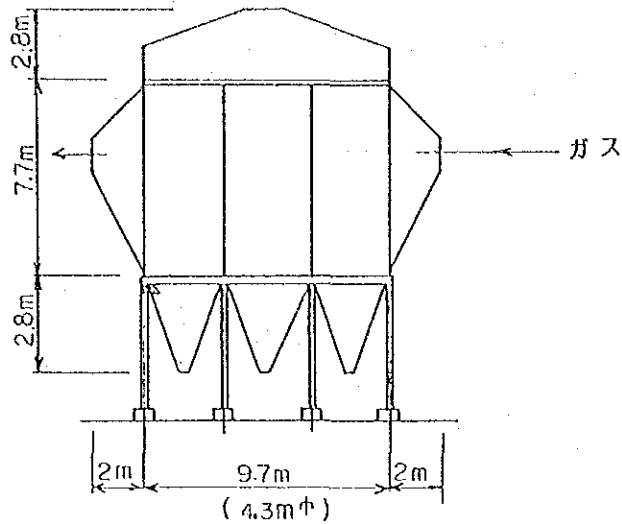
(11) 改造後の乾燥機能力表

|                             | 石灰石乾燥機    | 調合粘土乾燥機   |
|-----------------------------|-----------|-----------|
|                             | 2 A 2 - 1 | 2 A 2 - 2 |
| 乾燥能力 (t/h)                  | 110       | 40        |
| 原料入口水分 (%)                  | 1.1       | 17.0      |
| 原料出口水分 (%)                  | 0.5       | 0.5       |
| 原料入口温度 (°C)                 | 20        | 20        |
| 原料出口温度 (°C)                 | 100       | 100       |
| ガス入口温度 (°C)                 | 700       | 800       |
| ガス出口温度 (°C)                 | 90        | 90        |
| 入口ガス量 (N m <sup>3</sup> /h) | 6.120     | 16.500    |
| 出口ガス量 (N m <sup>3</sup> /h) | 7.250     | 25.600    |

(iii) 新設の電気集塵器仕様

| 項目                           | 数値   |
|------------------------------|------|
| ガス量 (m <sup>3</sup> /min)    | 880  |
| ガス温度 (°C)                    | 90   |
| 入口ダスト量 (g/N m <sup>3</sup> ) | 30   |
| 出口ダスト量 (g/N m <sup>3</sup> ) | 0.1  |
| 部屋構成 (列×段)                   | 1×3  |
| 極間距離 (mm)                    | 300  |
| ダクト数 (個)                     | 13   |
| ガス通過断面積 (m <sup>2</sup> )    | 21.5 |
| 集塵器有効容量 (m <sup>3</sup> )    | 178  |
| ガス速度 (m/S)                   | 0.68 |
| 滞留時間 (sec)                   | 12.0 |

(iv) 電気集塵器外形図



(b) 原料調合設備の改造

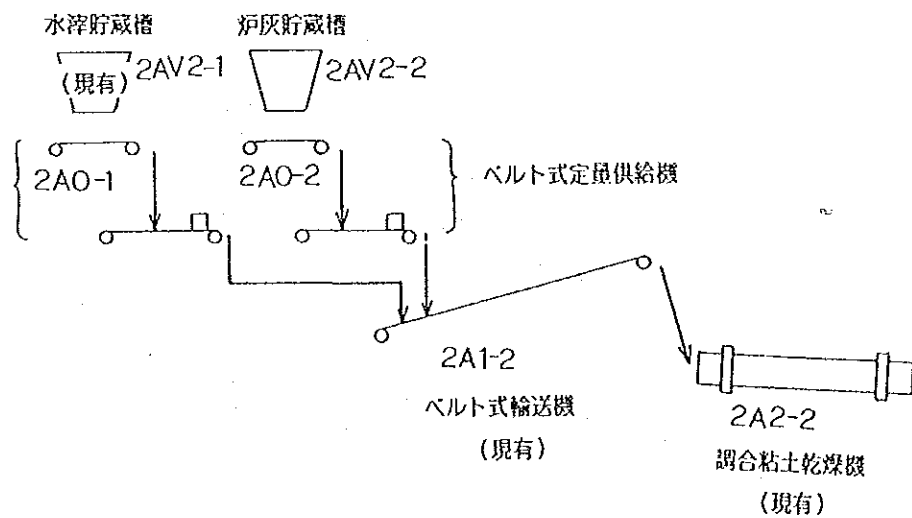
原料調合設備の改造については

- (i) 調合粘土乾燥機送込設備改造
- (ii) 原料調合設備改造の2件について考える。

(i) 調合粘土乾燥機送込設備改造

現在調合粘土乾燥機への原料送込は、原料貯蔵庫内の貯蔵槽で水滓と炉灰の天井クレーンのバケットの掴み回数により計量混合されている。それを下記の様に設備改造を行う。

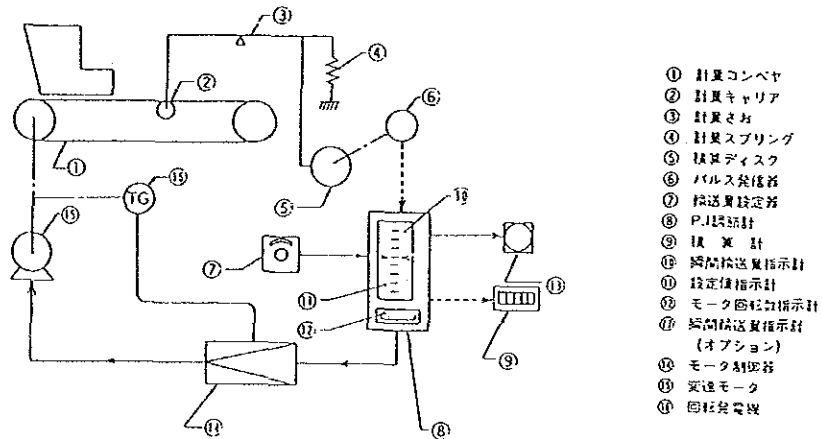
(イ) 設備改造系統図



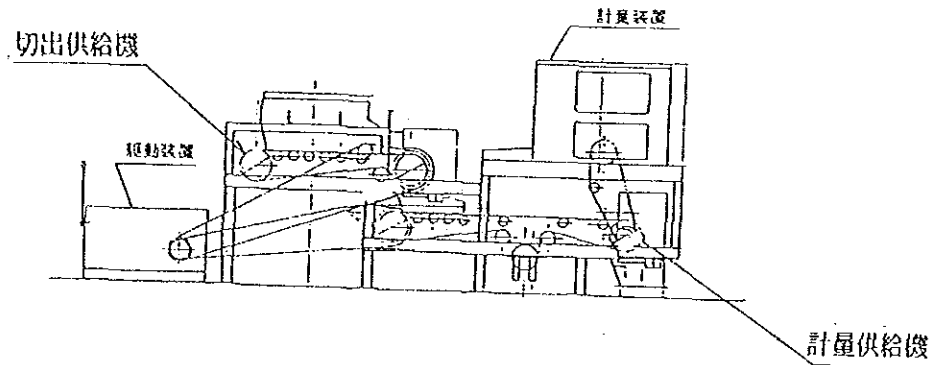
(ロ) ベルト式定量供給機 (以下C. F. Wと略す) 仕様

|                  |            | 水 淬 炉     | 灰         |
|------------------|------------|-----------|-----------|
|                  |            | 2 A O - 1 | 2 A O - 2 |
| 計量範囲 (t/h)       |            | 30~6      | 5~1       |
| 計 量 精 度          |            | 1/200     | 1/200     |
| ベ<br>ル<br>ト<br>巾 | 計量供給機 (mm) | 750       | 600       |
|                  | 切出 " (mm)  | 1600      | 1200      |
| 駆 動 電 動 機        |            | 7.5KW可変速  | 5.5KW可変速  |

(ハ) C. W. F計量制御系統図



(ニ) C. W. F外形図



(II) 原料調合設備改造

現在調合原料の計量制御は、ベルト式供給機の原料供給口のゲート調整とベルト速度の調整によって行なっているが、これをベルト式定量供給機（以下C. F. Wと略す）に取替える。

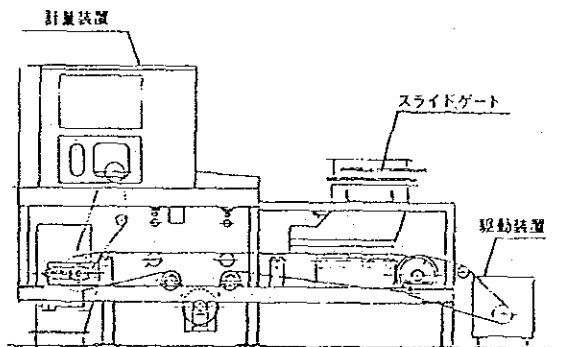
(イ) C. F. W仕様

|                  |            | 石 灰 石        | 調 合 粘 土   | 鉄 粉       |
|------------------|------------|--------------|-----------|-----------|
|                  |            | 2 A 6 - 1, 2 | 2 A 6 - 3 | 2 A 1 - 3 |
| 計量範囲 (t/h)       |            | 100~200      | 35~70     | 5~10      |
| 計 量 精 度          |            | 1/200        | 1/200     | 1/200     |
| ベ<br>ル<br>ト<br>巾 | 計量供給機 (mm) | 900          | 750       | 600       |
|                  | 切出 " (mm)  | —            | 1600      | 1200      |
| 駆 動 電 動 機        |            | 7.5KW可変速     | 7.5KW可変速  | 5.5KW可変速  |

(ロ) C. F. W計量制御系統図

(i) -ハに準ずる

(ハ) C. F. W外形図





(c) 原料粉砕機用計量器の改造

現在、原料粉砕機への原料の計量制御は、振動供給機によって行っているが、それらを精度のよいベルト式定量供給機に取り替える。詳細仕様、外形図等は 5.1 (2), (b) (1i) の石灰石用と同じである。

(d) 6号仕上粉砕機の原料粉砕機への転換

近代化に伴い、生産量が増加するが、それに対処するための6号セメント粉砕機を原料粉砕機へ転換する。

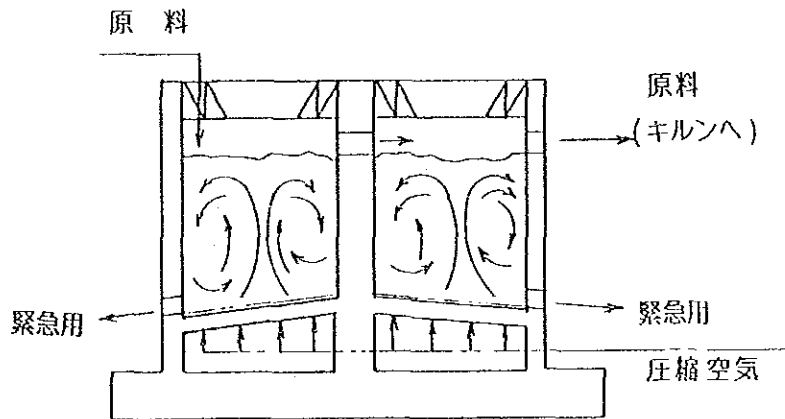
その場合の仕上粉砕機能力増強対策は後述する。

尚、此の6号仕上粉砕機は原料粉砕機としても運用出来る様に当初建設されているので、大巾な設備面の改造は無いが、粉砕機裏板、媒体等原料粉砕に適したものに交換する必要がある。

(e) 原料貯蔵槽の混合貯蔵槽への改造

キルン送入原料の成分の均一化のため現有の原料貯蔵槽を混合貯蔵槽へ改造する。

i) 混合貯蔵槽概念図

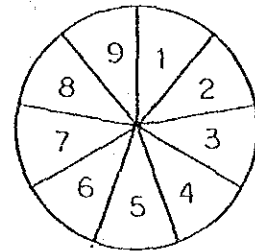


ii) 混合, 均一原理

底盤を右図のように放射線状に奇数分割し、通気盤を敷き、配列順に隣接する2つの区画を組み合わせ、他の区画より強い圧力の脈動通気を行う。

即ち、高圧空気は一定周期で(1,2) (3,4) (5,6) …… (9,1) と順次切替え、他の残りは低圧空気を吹込む。

尚、圧縮空気源は既存の空気圧縮機より利用する。



iii) 混合槽均一化効果

原料粉碎機出口の原料水硬率 (H・M) への標準偏差は、混合槽出口で 20 % 又は 0.02 % 程度に低減できる。

(f) キルン、クリンカー冷却機の新設

キルンについては現有の1, 2号キルンと同寸法のを、現有の3号キルン北側に新設する。

キルン駆動電動機は現有キルンは1号キルンは110 KW、2号キルンは125 KWであるが、3号キルンについては多筒式冷却機が付かないので100 KWとする。

クリンカー冷却機については、冷却効率の良いグレート式冷却機を採用する。

冷却機仕様は、後述する。(5.2.(2).(e)参照)

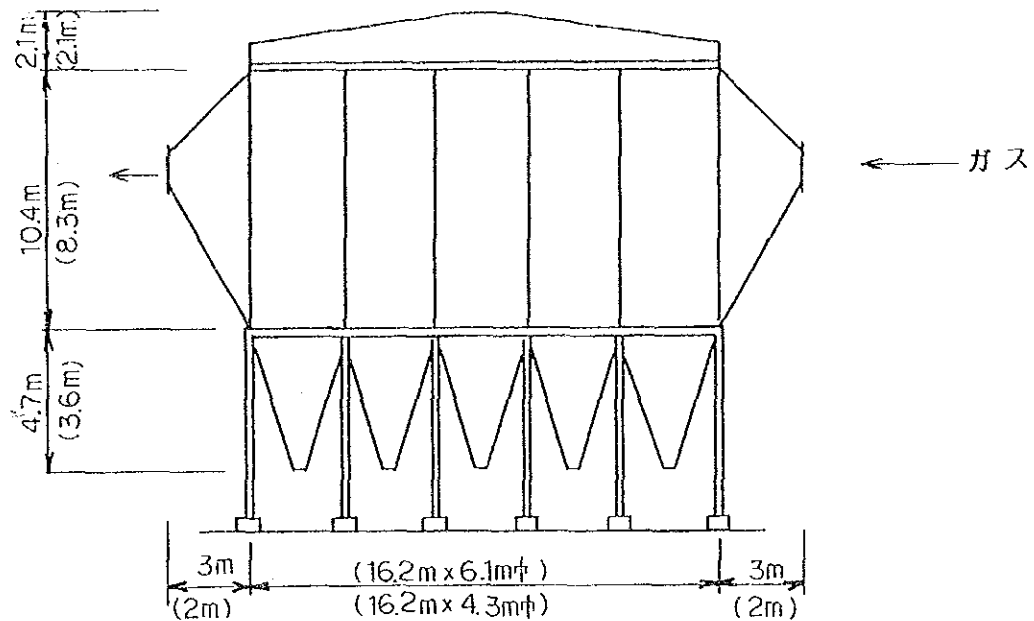
(g) キルン及びクリンカー冷却機排ガス電気集塵器の新設

3号キルン用として、キルン及びクリンカー冷却機用排ガス処理装置として、電気集塵器を設置するが、その詳細は下記の通りである。

(i) 電気集塵器仕様

| 項目                   | キルン排ガス用 | 冷却機排ガス用 |
|----------------------|---------|---------|
| ガス量 ( $N m^3/min$ )  | 1,100   | 700     |
| ガス温度 ( $^{\circ}C$ ) | 190     | 170     |
| 入口ダスト量 ( $g/N m^3$ ) | 80      | 20      |
| 出口ダスト量 ( $g/N m^3$ ) | 0.1     | 0.1     |
| 部屋構成 (列×段)           | 1×5     | 1×5     |
| 極間距離 (mm)            | 300     | 300     |
| ダクト数 (個)             | 19      | 13      |
| ガス通過断面積 ( $m^2$ )    | 46.9    | 23.0    |
| 集塵器有効容積 ( $m^3$ )    | 644     | 326     |
| ガス速度 ( $m/s$ )       | 0.67    | 0.83    |
| 滞留時間 (sec)           | 20.3    | 17.2    |

(ii) 集塵器外形図



正寸法：キルン排ガス用

( ) 内寸法：クリンカー冷却機排ガス用

(h) 余熱発電設備の新設

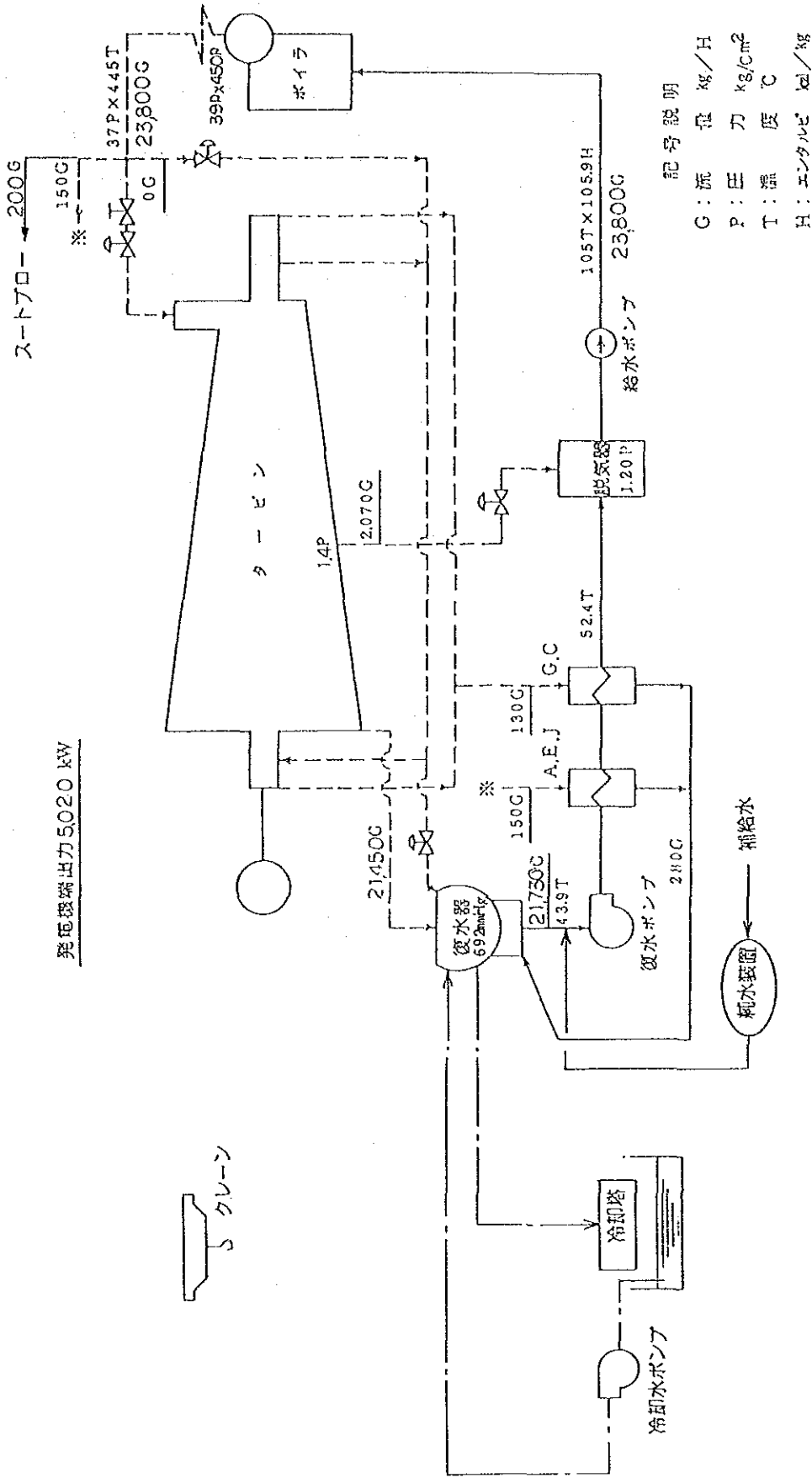
キルン排ガスの保有熱量を有効利用するため、余熱発電設備を新設する。

その詳細を以下に述べる。

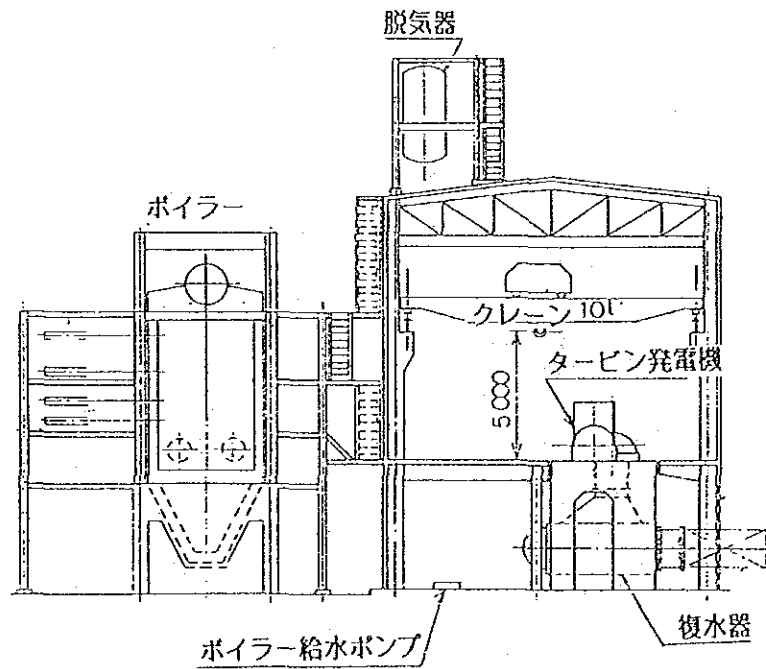
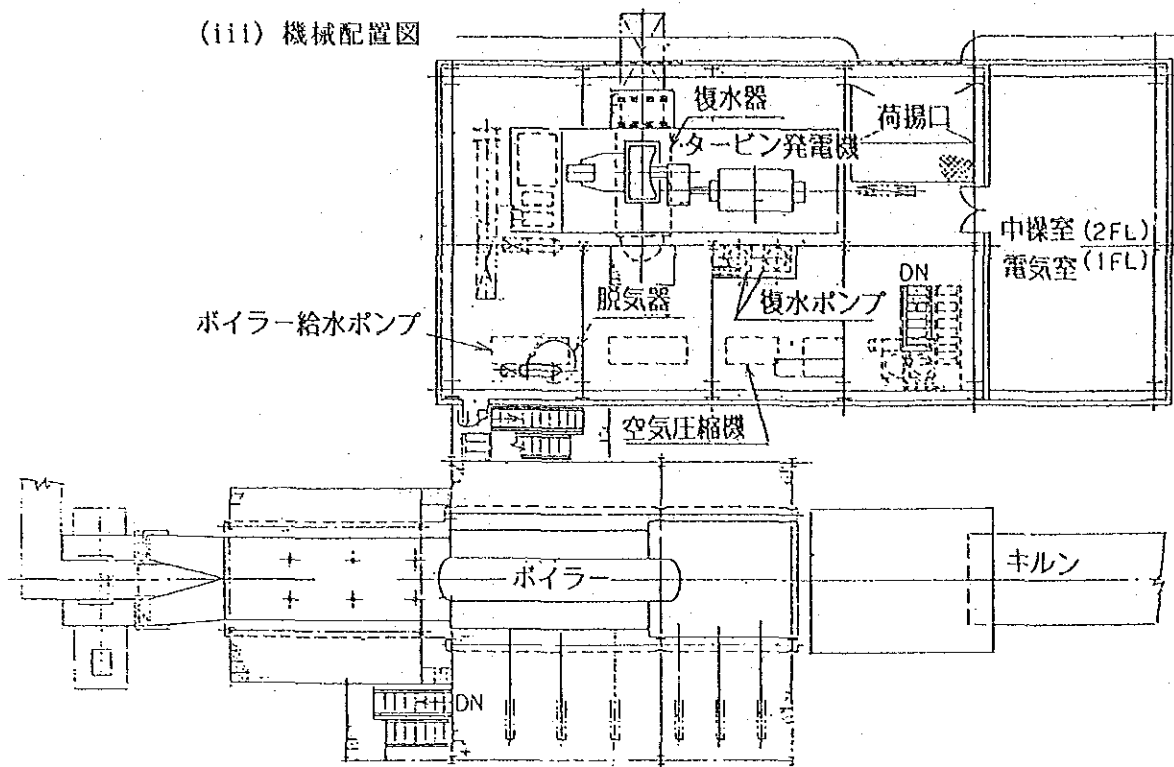
(i) ボイラー、タービン性能表

| 項 目                        |        | 単 位                   | 数 値    |        |
|----------------------------|--------|-----------------------|--------|--------|
| 給<br>水<br>量<br>・<br>温<br>度 | 給 水    | 1時間当り                 | kg/h   | 23,800 |
|                            | 量      | クリンカー屯当り              | kg/tcl | 793    |
|                            | ・      | 節炭器入口                 | ℃      | 105    |
|                            | 度      | 節炭器出口                 | ℃      | 217    |
| 発<br>生<br>蒸<br>気           | 蒸 気 量  | kg/tcl                | 793    |        |
|                            | 圧 力    | kg/cm <sup>2</sup>    | 39     |        |
|                            | 過熱蒸気温度 | ℃                     | 450    |        |
| 入<br>口<br>ガ<br>ス           | 風 量    | Nm <sup>3</sup> /Kgc1 | 1.73   |        |
|                            | 温 度    | ℃                     | 950    |        |
|                            | ダスト量   | t/tcl                 | 0.3    |        |
| 出<br>口<br>ガ<br>ス           | 風 量    | Nm <sup>3</sup> /Kgc1 | 2.02   |        |
|                            | 温 度    | ℃                     | 190    |        |
|                            | ダスト量   | t/tcl                 | 0.15   |        |
| クリンカー生産量                   |        | t/h                   | 30     |        |
| ボ イ ラ ー 効 率                |        | %                     | 75.9   |        |
| 発 電 量                      |        | KWh                   | 5.020  |        |
| クリンカー屯当り発電量                |        | KWh/t                 | 167    |        |
| タービン蒸気使用量                  |        | kg/KWh                | 4.70   |        |

(11) 熱平衡線図及び系統図



(iii) 機械配置図



## (IV) 各設備仕様

| 設備名称 | 台数 | 仕様   |
|------|----|--|
| ボイラー | 1  | <p>1. 本体</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・型式…堅型水管式シングルバス3胴型</li> <li>・蒸気圧力 最高…44kg/cm<sup>2</sup><br/>常用…41kg/cm<sup>2</sup> (ドラムにて)</li> </ul> <p>2. スクリーンチューブ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・型式…5列水管千鳥配列型</li> </ul> <p>3. 過熱器</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・型式…吊下スベード式</li> </ul> <p>4. 節炭器</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・型式…鋼管ループ型</li> </ul> <p>5. スーツブロー</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・数量…18個</li> <li>・使用蒸気…39kg/cm<sup>2</sup>, 450°C</li> </ul> |
| タービン |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・形式 インパルス単気筒単流形減速式復水タービン</li> <li>・定格圧力 (発電機端) 5.020KW</li> <li>・回転数 (タービン/発電機) 約10,000/ 1,500rpm</li> <li>・入口蒸気条件 <ul style="list-style-type: none"> <li>圧力 (主塞止弁前) 36kg/cm<sup>2</sup>g</li> <li>温度 ( " ) 445°C</li> </ul> </li> <li>・性能設計点での計画性能 <ul style="list-style-type: none"> <li>流入蒸気量 23,600kg/h</li> <li>復水器上部真空 692mmHg</li> <li>発電機端出力 5.020KW</li> </ul> </li> </ul>   |

| 設備名称  | 台数          | 仕様   |
|-------|-------------|--|
| 発電機   | 1           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・形式 屋内用回転界磁形三相交流同期発電機</li> <li>・皮相出力 6.275KVA</li> <li>・力率 80%</li> <li>・相当出力 5.020KW</li> <li>・定格電圧 3.150V</li> <li>・周波数 50Hz</li> <li>・回転数 1.500rpm</li> <li>・極数 4</li> <li>・励磁方式 ブラシレス方式</li> <li>・冷却方式 全閉内冷空気冷却形<br/>(空気冷却器は発電機頂部取付)</li> </ul> |
| 復水器   | 1           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・型式…横置表面冷却式</li> <li>・真空圧… 692mmHg<br/>但し、タービン排気量 22.25 t/h</li> <li>・冷却水量… 1.530<math>m^3</math>/h</li> <li>・冷却面積… 345<math>m^2</math></li> <li>・冷却管内流速… 2.0<math>m/s</math></li> </ul>  |
| 復水ポンプ | 2<br>(1台予備) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・容量…25.2t/h</li> <li>・揚程…63.4mH</li> <li>・回転数…1,500rpm</li> <li>・電動機…15KW</li> </ul>  |
| 給水ポンプ | 2<br>(1台予備) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・容量…29.1t/h</li> <li>・圧力…46.5kg/cm<math>^2</math></li> <li>・回転数…3,000rpm</li> <li>・電動機…80KW</li> </ul>  |
| 脱気器   | 1           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・型式…屋外型スプレイ式</li> <li>・容量…25t/h</li> <li>・純水入口温度…52.4℃</li> <li>・純水出口温度… 105℃</li> <li>・純水出口酸素量… 0.007 ppm以下</li> </ul>   |



| 設備名称   | 台数 | 仕様   |
|--------|----|--|
| 純水装置   | 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・型式 混床式屋外形</li> <li>・処理水量…<math>30\text{m}^3/\text{回}</math></li> <li>・出口処理水 <ul style="list-style-type: none"> <li>全シリカ 1 ppm 以下</li> <li>電気伝導率 (75℃) <math>10\mu\text{S}/\text{cm}</math>以下</li> </ul> </li> </ul>  |
| 冷却塔    | 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・型式…強制通風湿式型</li> <li>・冷却水量… <math>1,760\text{m}^3/\text{h}</math></li> <li>・冷却水入口温度…<math>45^\circ\text{C}</math></li> <li>・冷却水出口温度…<math>37^\circ\text{C}</math></li> <li>・大気湿球温度…<math>34^\circ\text{C}</math></li> <li>・大気乾球温度…<math>38^\circ\text{C}</math></li> <li>・送風機…30KW 軸流型</li> </ul> |
| 冷却水ポンプ | 2  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・容量… <math>880\text{m}^3/\text{h}</math></li> <li>・揚程…23mH</li> <li>・電動機…90KW</li> </ul>  |
| クレーン   | 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・吊上荷重…10 t</li> </ul>   |

(i) 仕上粉砕機1基増設

クリンカー生産量の増産に伴い、仕上粉砕機能力が不足となるので1基増設する。

増設粉砕機は閉回路方式とし、粉砕機能力は $6.6\text{t/h}$ で粉砕機寸法は直径3.8米、長さ11.6米となり、現有粉砕機室に設置可能であり、電動機は2,200KWである。挽入品名はクリンカー、水淬、石膏とし、混合比率は現状の範囲とする。

(j) 電気計装設備の改善

(i) 電気設備

電気関係の系統図を“図V-14近代化単線結線図”に示す。配電系統は、66KV受配電所を新設し電気室を工程別に配置する。

主要な電気設備は下記の通りである。

- ① 66KV受電用遮断器 3相, 66KV, 50Hz, 600A 1面

|                      |  |                            |
|----------------------|--|----------------------------|
| ② 受電用変圧器             | 3相, 60KV / 3.15KV, 50Hz,<br>6.300KVA   | 1台                         |
| ③ 配電用遮断器             | 3相, 3.3KV, 50Hz, 35KA,<br>2.000A / 1.500A / 600A                               | 28面                        |
| ④ 電力コンデンサー           | 3相, 3.3KV, 50Hz<br>200KVA<br>400KVA<br>750KVA                                  | 2台<br>4台<br>1台             |
| ⑤ 低圧動力用変圧器           | 3相, 3.3KV / 0.38KV, 50Hz<br>200KVA<br>500KVA<br>750KVA<br>1.000KVA<br>1.500KVA | 1台<br>3台<br>7台<br>1台<br>2台 |
| ⑥ 380Vモーターコントロールセンター |  | 一式                         |
| ⑦ 直流電源装置             | DC 100V 200AH 100AH  | 各1台                        |
| ⑧ 構内放送装置             |  | 一式                         |
| ⑨ ケーブル及び工事材料         |  | 一式                         |

(ii) 計装設備

主要工程別の計装を下記の図に示す。

- ① 図V-15 近代化 原料設備計装図
- ② 図V-16 近代化 焼成設備計装図
- ③ 図V-17 近代化 仕上設備計装図

(イ) 原料粉砕系統における計装

原料部門は各種諸原料を粉砕した良質のセメントを作るために、化学成分、粉末度の均一な原料を供給する工程であり、最も重要な制御は、原料調合制御である。

今回は蛍光X線分析装置と電子計算機を採用し、原料調合制御を行う。

原料調合における計算機制御の基本は、粉碎機出口原料の化学分析より、最終的にキルン送入原料の成分のばらつきをできるだけ小さくするような各原料の原料粉碎機への供給量を計算機により計算することである。原料の化学分析を蛍光X線分析計により自動化し、各原料の供給量の設定を自動化したものである。

その詳細は 2.2品質管理(2) 原料調合方法の改善についての項にて述べた通りである。

#### (ロ) 焼成系統における計装

焼成工程は特に高温かつ多塵といった苛酷な雰囲気であるので計測器はこれに充分耐え得るものが必要である。又調節弁や各種ダンパーなどの大きい回転力を要する操作部には、電油操作機を使用するのが一般的である。

制御回路として下記の回路を設置する。

- ① 原料送入量制御
- ② キルン回転数制御
- ③ 石炭供給量制御
- ④ 窯尻送風機回転数制御
- ⑤ 窯尻風圧制御
- ⑥ グレート式冷却機の一室風圧制御
- ⑦ フッドグラフト制御
- ⑧ グレート式冷却機用送風機空気量制御

主要な監視計器は下記の計器を取付ける。

- ① 温度監視
    - ・キルン焼点温度
    - ・シェル温度
    - ・キルン窯尻温度
    - ・窯尻送風機前ガス温度
    - ・グレート式冷却機出口クリンカー温度
    - ・グレート式冷却機各室の温度
    - ・グレート式冷却機排ガス温度
- 等がある。

② 圧力監視

- ・窯尻圧力
- ・グレート式冷却機の各室圧力

③ 流量監視

- ・原料調合及び原料送入力
- ・石炭吹込量
- ・クリンカー焼出量

④ その他としては

- ・キルン電力監視
- ・排ガス分析計

等を設置する。

(ハ) 仕上系統における計装

仕上粉砕機系統の制御回路としては

- ① クリンカー，石膏，混合材比率制御
- ② サイクロン式分級機回転数制御

等が重要なものである。粉砕機供給量は、粉砕機出口粉のバケット式輸送機の電力を検出し粉砕機供給量を調節するものである。

夫々の実施スケジュールとしては、受変電設備は3号キルン近代化時に、総括制御設備、計装設備は機械設備の実施スケジュールに合わせて実施する。

## (3) 改造及び新設機器一覧表

## (a) 原料設備

| 機番                 | 設備名称      | 台数 | 仕様                                      | 電動機          |
|--------------------|-----------|----|---|--------------|
| 2A01               | ベルト式定量供給機 | 1  | 水滓用 30 t/h, 切出供給機付<br>750 W             | 7.5KW<br>可変速 |
| 2A02               | ベルト式定量供給機 | 1  | 炉灰用 5 t/h, 切出供給機付<br>600 W              | 5.5KW<br>可変速 |
| 2A2-1              | 石灰石乾燥機    | 1  | 既設改造 110 t/h<br>2.4 mφ × 18.35 mL       | 55KW         |
| 2A2-2              | 調合粘土乾燥機   | 1  | 既設改造 40 t/h<br>2.4 mφ × 18.35 mL        | 55KW         |
| 2AS                | 電気集塵器     | 1  | 乾燥機排ガス用 880 m <sup>3</sup> /min<br>別項参照 |              |
| 2A6-1<br>2         | ベルト式定量供給機 | 2  | 石灰石用 100 t/h<br>900 W                   | 7.5KW<br>可変速 |
| 2A6-3              | ベルト式定量供給機 | 1  | 調合粘土用 40 t/h, 切出供給<br>機付 750 W          | 7.5KW<br>可変速 |
| 2A1-3              | ベルト式定量供給機 | 1  | 鉄粉用 6 t/h, 切出供給機付<br>600 W              | 7.5KW<br>可変速 |
| 2B1-1 ~ 3<br>2A3-6 | ベルト式定量供給機 | 4  | 調合原料用 80 t/h<br>900 W                   | 7.5KW<br>可変速 |
| 4A6-6              | 原料粉砕機     | 1  | 32.8 t/h 6号仕上粉砕機を転用<br>2.4 mφ × 8 mL    | 550KW        |

## (b) 焼成設備

| 機 番          | 設 備 名 称       | 台数 | 仕 様   | 電動機            |
|--------------|---------------|----|---|----------------|
| 3AV5<br>3AV6 | 原料混合貯蔵槽       | 2  | 機設原料貯蔵槽改造<br>連続式直列型 10 mφ × 15 mH   |                |
| AB1<br>AB3   | ルーツ型送風機       | 3  | 19m <sup>3</sup> /min × 6,000 mmAq  | 30KW           |
| 3AA2-3       | ベルト式定量供給機     | 1  | 50 t/h, 750 W   | 2.2KW<br>可変速   |
| 3A7-3        | キルン           | 1  | 30 t/h<br>3.7 φ × 3.3 φ × 69.7 mL<br>傾斜 4.36/100<br>回転数 0.45 r.p.m ~ 1.35 r.p.m | 100KW<br>7.5KW |
| 3A7-3/B      | 送風機           | 1  | 石灰石吹込用<br>150m <sup>3</sup> /min × 2,000mmAq                                    |                |
| 3A8-3        | グレート式クリンカー冷却機 | 1  | 30 t/h<br>クリンカー出口温度 80℃   | 19KWDC         |
| 3A8-3/B1     | 送風機           | 1  | クリンカー冷却用<br>360m <sup>3</sup> /min × 230mmAq                                    | 27 KW          |
| 3A8-3/B2     | 送風機           | 1  | クリンカー冷却用<br>740m <sup>3</sup> /min × 180mmAq                                    | 40 KW          |
| 3A8-3/B3     | 送風機           | 1  | クリンカー冷却用<br>1,100m <sup>3</sup> /min × 110mmAq                                  | 37 KW          |
| 3A02-3       | クリンカー粉碎機      | 1  | 30 t/h, ハンマー型   | 22 KW          |

| 機 番    | 設 備 名 称           | 台数 | 仕 様  | 電動機   |
|--------|-------------------|----|--|-------|
| 3AS3   | 電気集塵器             | 1  | クリンカー冷却機排ガス用<br>700N $m^3$ /min 別項参照             |       |
| 3AS3/B | 送風機               | 1  | 1,100 $m^3$ /min $\times$ 200mmAq                | 75 KW |
| 3B1-3  | ボイラー, タービン<br>発電機 | 1  | 第 5.1 (2)ボイラタービン性能表を<br>参照のこと。                   |       |
| 3BS3/B | 送風機               | 1  | 2,100 $m^3$ /min $\times$ 200mmAq                | 110KW |
| 3BS3   | 電気集塵器             | 1  | キルン排ガス用 1,100 N $m^3$ /min<br>出口含塵量 0.1g/N $m^3$ |       |

## (c) 仕上設備

| 機番        | 設備名称      | 台数 | 仕様                                  | 電動機                    |
|-----------|-----------|----|-------------------------------------|------------------------|
| 4A3-8     | ベルト式定量供給機 | 1  | 水淬用 32 t/h<br>600 W                 | 7.5KW<br>可変速           |
| 4A4-7     | ベルト式定量供給機 | 1  | クリンカー用 70 t/h<br>700 W              | 7.5KW<br>可変速           |
| 4A5-5     | ベルト式定量供給機 | 1  | 石膏用 3 t/h<br>600 W                  | 3.7KW<br>可変速           |
| 4A6-8     | 仕上粉砕機     | 1  | 66 t/h (水淬セメント)<br>3.8mφ×11.6mL     | 2.200KW<br>寸動<br>37 KW |
| 4A010-4   | サイクロン式分級機 | 1  | 66 t/h (精粉)<br>UCS-35-8             | 95KW                   |
| 4A010-4/B | 送風機       | 1  | 1.350 m <sup>3</sup> /min × 300mmAq | 120KW                  |
| 4AS4      | 濾布式集塵器    | 1  | 1.150 m <sup>2</sup>                | -                      |
| 4AS4/B    | 送風機       | 1  | 1.600 m <sup>3</sup> /min × 300mmAq | 150KW                  |



## 5.2 現プロセスのままでの近代化

3号キルンの近代化に於て、一部現有設備の改造案を提示したが、現プロセスのままでの近代化を図るためには、まだ設備上の問題点が残っているので下記の項目についての設備改造を行うことを提案する。

### (1) 設備改造項目

- (a) 原料貯蔵槽の増設
- (b) キルン送入原料用計量機の改造
- (c) キルン排ガス電気集塵器，ボイラーダスト輸送系統改造
- (d) クリンカー冷却機の改造
- (e) クリンカー冷却機出口へクリンカー計量機の設置
- (f) キルン燃焼器の改造
- (g) 仕上粉碎機用計量機の改造
- (h) 1～5号仕上粉碎機の閉回路化改造
- (i) 7号仕上粉碎機能力増強
- (j) 余熱ボイラーの改造
- (k) キルン排ガス電気集塵器の改造
- (l) 電気計装設備の改造
- (m) 各送風機の取替、改造

上記の設備上の改造を検討するに当たっての基本的な考え方となる、図V-8～13近代化配置図，工程図，物質勘定図を参照のこと。

## (2) 設備改造内容

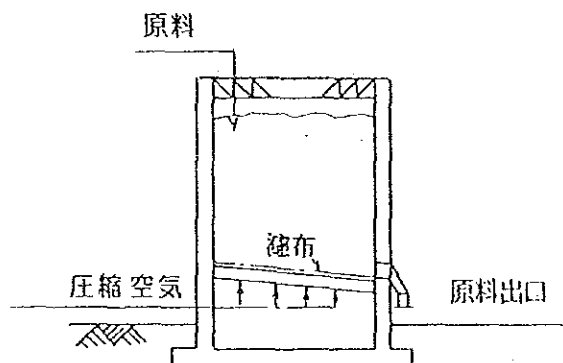
### (a) 原料貯蔵槽の増設

3号キルン近代化時に既存の原料貯蔵槽2基を原料混合槽へ改造したが、1、2号キルンの改造を行う時、粉末原料が増産され、貯蔵容量が不足するので、原料貯蔵槽の増設を行う。

数量は配置上既存の貯蔵槽と同寸法のを3基増設する。

形状については、既存の貯蔵槽下部は、円錐状で抜出は、ロータリー式輸送機で行っているが、貯蔵槽の死量（デッド）が多いので、増設貯蔵槽は下図の様な平底とし、底盤に濾布を敷き、空気で流動化させ、デッドを少なく出来る形状とする。

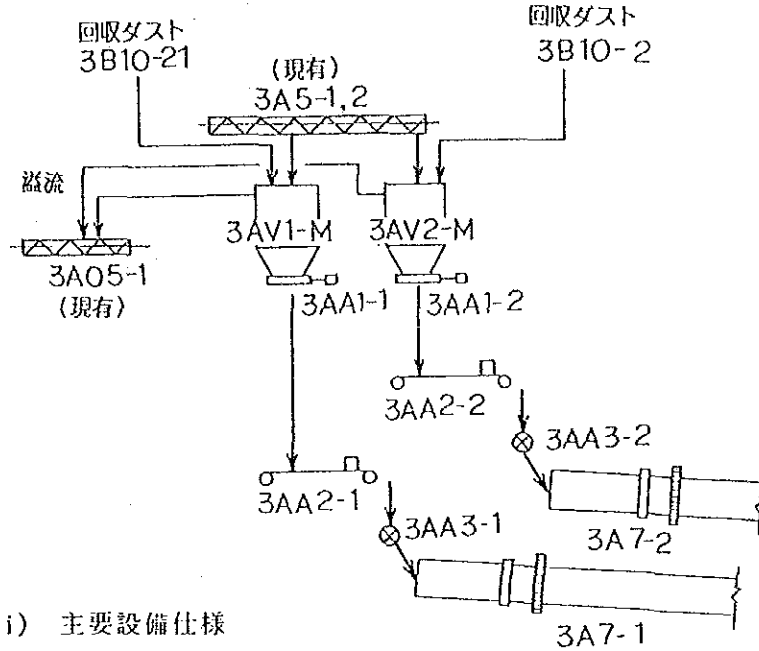
原料貯蔵槽概念図



(b) キルン送入原料用計量機の改造

現在キルンルへの原料送入は、双管式のスクリー式供給機によって行っているが、それを下記の様に改造する。

(i) 設備改造系統図



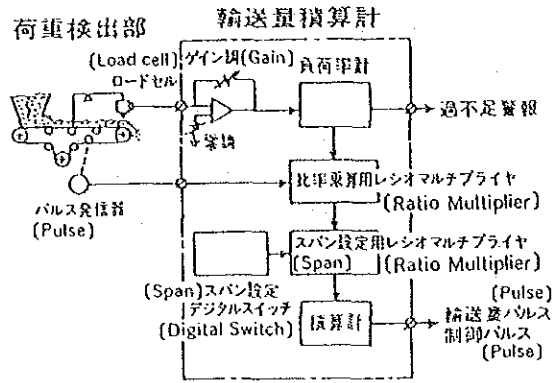
(ii) 主要設備仕様

| 機番               | 設備名称      | 台数 | 仕様  | 電動機          |
|------------------|-----------|----|---|--------------|
| 3AV1-M<br>3AV2-M | 貯蔵槽       | 2  | 鋼板製 2m <sup>3</sup>   |              |
| 3AA1-1<br>3AA1-2 | 調整ダンパー    | 2  | 流量調整用 最高 50 t / h   | 0.2KW        |
| 3AA2-1<br>3AA2-2 | ベルト式供給機   | 2  | 能力 …… 最高 50 t / h<br>ベルト巾 …… 750W (45 度トラフ)<br>ベルト速度 …… 最高 50 m / min<br>ロードセル式秤量機付 | 2.2KW<br>可変速 |
| 3AA3-1<br>3AA3-2 | ロータリー式供給機 | 2  | 能力 …… 50 t / h<br>350φ  | 2.2KW        |

計量制御はロードセル式秤量機により計量を行い、調整ダンパー開度とベルト式供給機の色度制御により行う。

(111) ロードセル式秤量機の構成

① 構成図



② 検出部

荷重検出にはロードセル、コンベヤベルトの移動距離測定にはパルス発信器を使用している。コンベヤ働長上の荷重は計量ローラーに加わり、てこを介してロードセルに伝えらる。一方パルス発信器は速度検出ローラーと連動され、コンベヤベルトの一定移動距離毎にパルスを発生する。

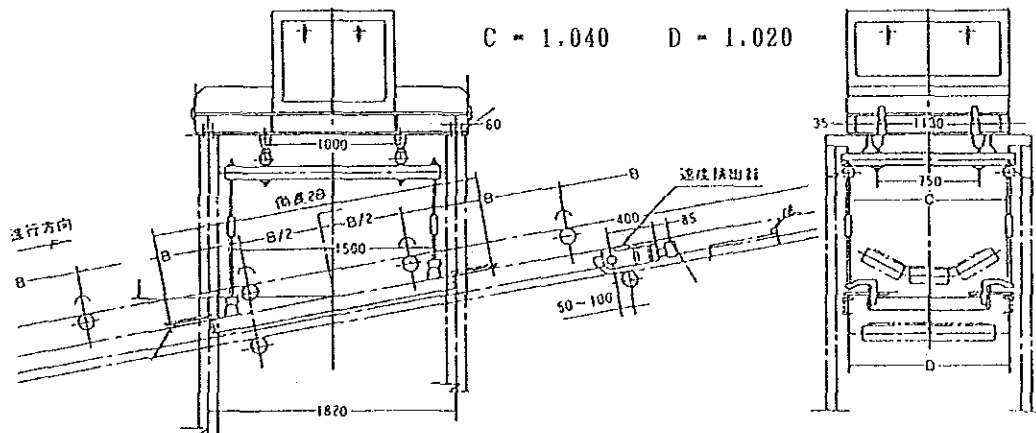
③ 輸送量積算計

輸送量積算計は、ロードセルの出力をデジタル化するためのA-D変換部と、パルス発信器からの速度パルスを荷重と掛け合わせて「パルス間引き」を行う比率乗算部、およびそのパルスをカウントする積算カウンター部から構成されてる。

④ 外形図

A = 1.200 B = 1.000

C = 1.040 D = 1.020

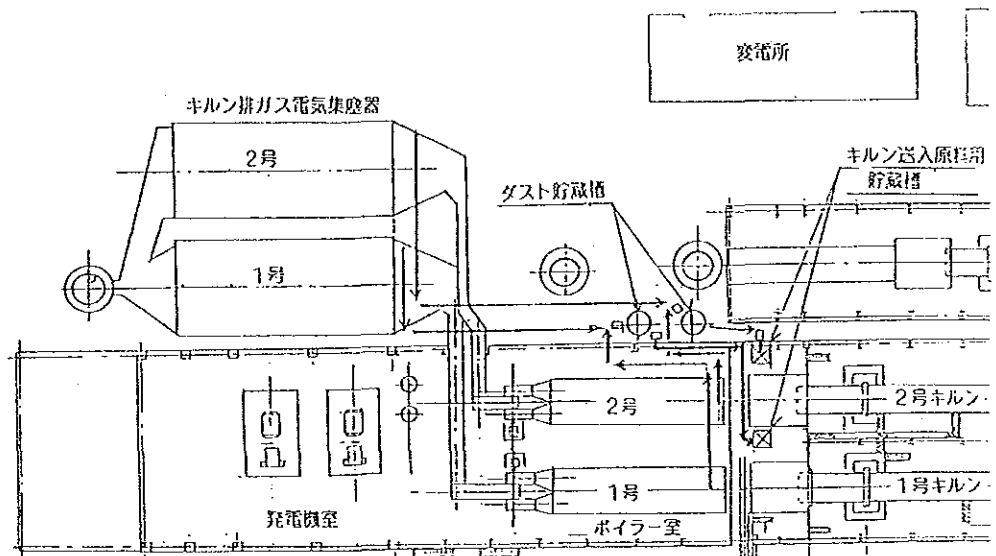


(c) キルン排ガス電気集塵器、ボイラーダスト輸送系統改造

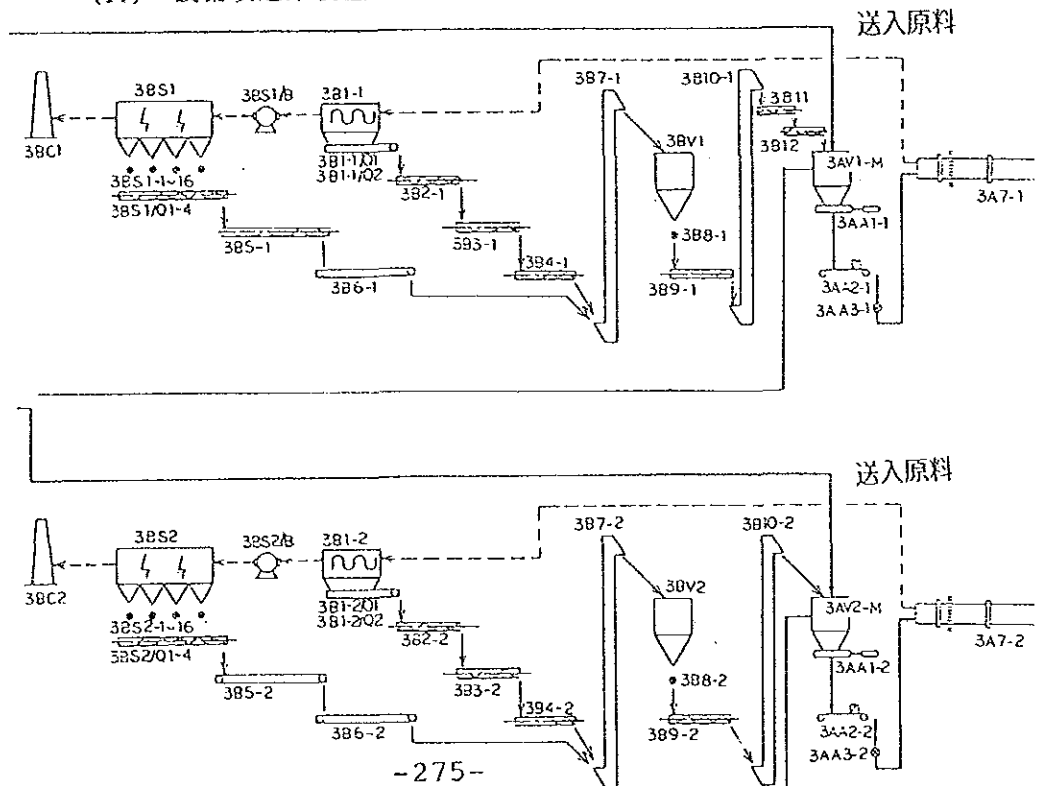
現在1, 2号キルン排ガス電気集塵器ダスト, 1, 2号ボイラーダストは合流して、キルン原料送入用輸送機に投入されている。

それらを、各キルン毎に別系統として、下記の様な設備改造を行う。

(i) 設備改造概略配置図



(ii) 設備改造系統図



## (III) 設備仕様一覧表

| 機番          | 設備名称      | 台数 | 仕様                      | 電動機            |
|-------------|-----------|----|-------------------------|----------------|
| 3B5-1       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 8mL         | 0.75 KW        |
| 3B5-2       | フロー式輸送機   | 1  | 6t/h 150W × 20mL        | 3.7 KW         |
| 3B6-1       | フロー式輸送機   | 1  | 6t/h 150W × 20mL        | 3.7 KW         |
| 3B6-2       | フロー式輸送機   | 1  | 6t/h 150W × 28mL        | 3.7 KW         |
| 3B2-1       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 4mL         | 0.4 KW         |
| 3B2-2       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 12mL        | 0.75 KW        |
| 3B3-1       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 10mL        | 0.75 KW        |
| 3B3-2       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 7mL         | 0.75 KW        |
| 3B4-1       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 3mL         | 0.4 KW         |
| 3B4-2       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 5mL         | 0.4 KW         |
| 3B7-1<br>2  | バケット式輸送機  | 2  | 6t/h 300W × 10mH        | 1.5 KW         |
| 3BV1-2      | 貯蔵槽       | 2  | 鋼板製 2.5mφ × 6mH<br>10 t |                |
| 3B8-1<br>2  | ロータリー式供給機 | 2  | 0~10t/h 200φ            | 0.75 KW<br>可変速 |
| 3B9-1       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 6mL         | 0.75 KW        |
| 3B9-2       | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 3mL         | 0.4 KW         |
| 3B10-1<br>2 | バケット式輸送機  | 2  | 6t/h 300W × 18mH        | 1.5 KW         |
| 3B11        | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 8mL         | 0.75 KW        |
| 3B12        | スクリー式輸送機  | 1  | 6t/h 300φ × 10mL        | 0.75 KW        |

## (iv) 定量供給方法

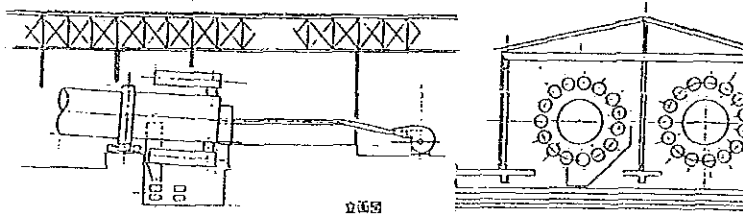
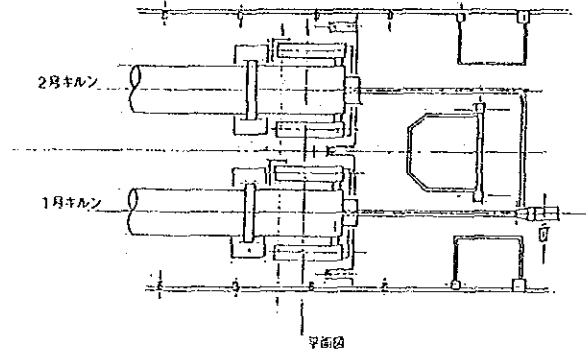
ダストの定量供給方法は<3B10-1,-2>のバケット式輸送機の駆動電動機の動力(電流)と<3B8-1,-2>のロータリー式供給機の回転数制御により行う。

(d) クリンカー冷却機の改造

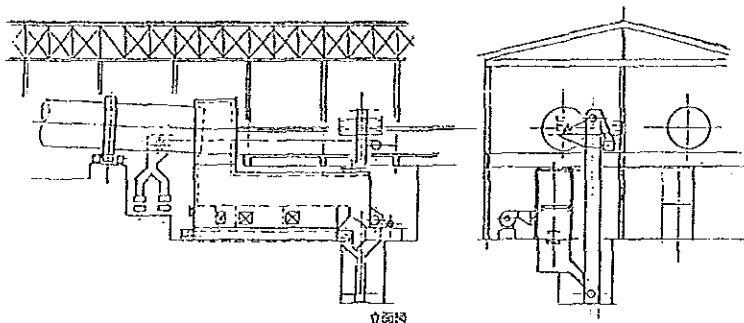
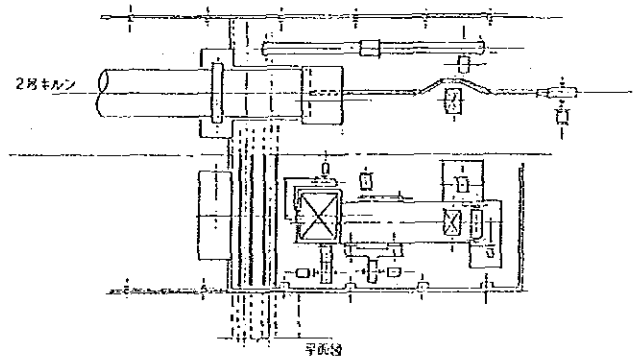
冷却機出口クリンカー温度低減のため、現有の多筒式クリンカー冷却機をグレート式クリンカー冷却機へ取替える。尚、その時排ガス処理設備として電気集塵器を新設する。

(i) 設備改造計画図

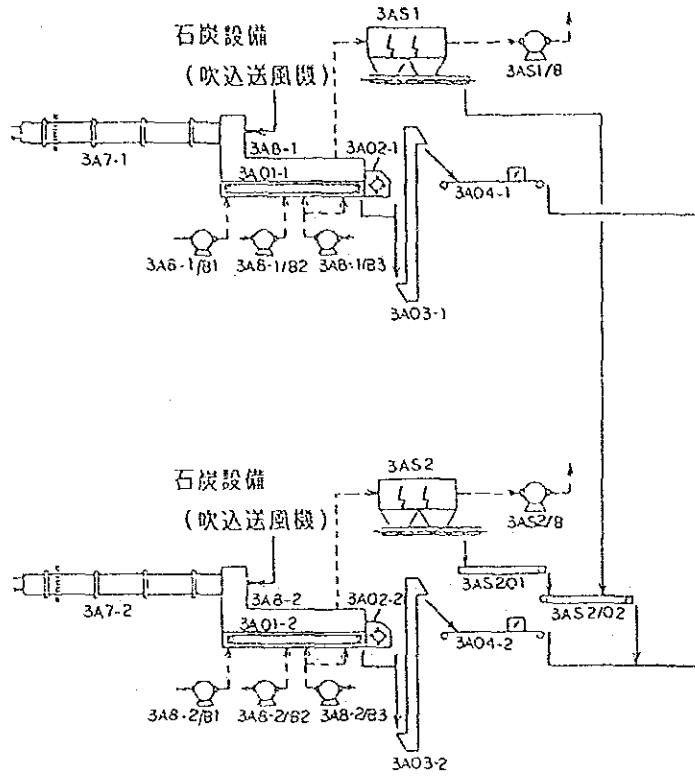
(イ) 現状焼成室配置図



(ロ) 改造後焼成室配置図



(ii) 設備改造系統圖





(111) 設備仕様一覧表

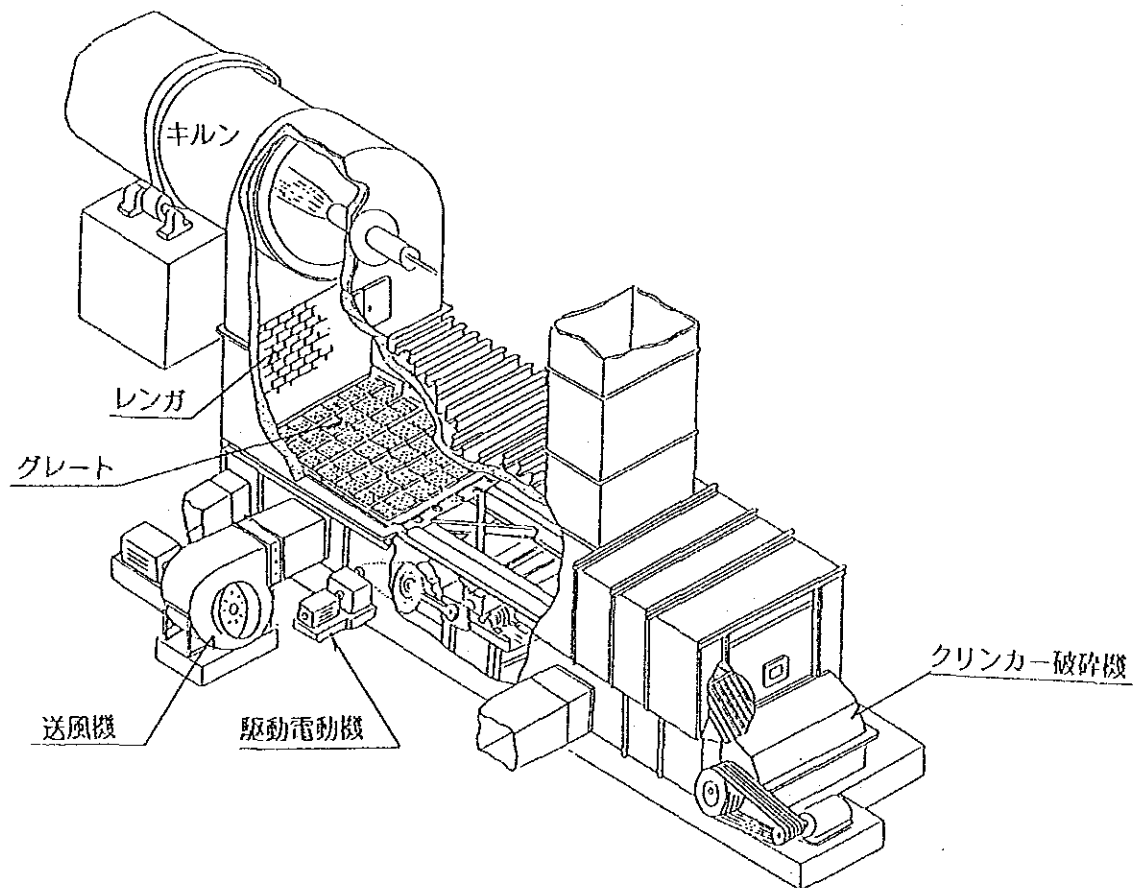
| 機番               | 設備名称              | 台数 | 仕様   | 電動機    |
|------------------|-------------------|----|--|--------|
| 3A8-1<br>-2      | グレート式<br>クリンカー冷却機 | 2  | 能力 …… 30t/h<br>クリンカー入口温度 …… 1300℃<br>クリンカー出口温度 …… 100℃<br>寸法 …… 2,400W × 13,700L<br>駆動段数 …… 1段<br>冷却室数 …… 4室 | 19KWDC |
| 3A8-1/B1<br>2/B1 | 送風機               | 2  | 1室冷却用<br>風量 …… 360m <sup>3</sup> /min<br>風圧 …… 230mmAq   | 27KW   |
| 3A8-1/B2<br>2/B2 | 送風機               | 2  | 2室冷却用<br>風量 …… 740m <sup>3</sup> /min<br>風圧 …… 180mmAq   | 40KW   |
| 3A8-1/B3<br>2/B3 | 送風機               | 2  | 3室 4室冷却用<br>風量 …… 1,100m <sup>3</sup> /min<br>風圧 …… 110mmAq  | 37KW   |
| 3A01-1<br>-2     | チェン式輸送機           | 2  | 300W × 13,300L   | 19kw   |
| 3A02-1<br>-2     | クリンカー破砕機          | 2  | 形式 …… ハンマー型  | 22KW   |
| 3A03-1<br>-2     | バケット式輸送機          | 2  | 60t/h 450W × 14mH  | 11KW   |
| 3A04-1<br>-2     | ベルト式輸送機           | 2  | 60t/h 500W × 18mL<br>計量機付  | 3.7KW  |

電気集塵器 (3AS1, S2) の仕様は、5. 1 (2)(g) を参照のこと。

(IV) 主要改造箇所

- (イ) 多筒式クリンカー冷却機をグレート式クリンカー冷却機へ  
取替設置
- (ロ) 冷却機出口クリンカー用輸送機新設
- (ハ) キルンフード新設
- (ニ) 冷却機基礎新設
- (ホ) 窯前運転室移設

(V) グレート式冷却機概念図



(e) クリンカー冷却機出口のクリンカー計量機の設置

クリンカー冷却機は、クリンカー温度の低減のため、冷却機の改造を行い（詳細仕様は前述）、その冷却機出口にベルト式輸送機が設置されるが、その輸送機にロードセル式秤量機を設置する。

(i) ロードセル式秤量機仕様

イ 計量範囲 60~12 t/h

ロ 計量精度 1/200

ハ ベルト巾 500 mm

ニ ベルト速度 50m/min

(ii) ロードセル式秤量機の構成……(b) - (iii) に準ずる。

(f) キルン燃料器改造

現在使用されているキルン燃焼器（即ちバーナー）は簡単な円筒管で火炎の形状が悪く完全燃焼も行われていない様である。

キルンの燃焼効率はキルンの運転、製品の品質に重大な影響を与えるがキルンの燃焼は狭い回転円筒内で行われるため火炎の周囲から十分な燃焼用空気を火炎内に取り込むのが難しく長炎になり易い。バーナーの性能は空気と、燃料とをよく混合拡散し最小量の過剰空気をもって完全燃焼を行わせ、且つバーナー内への逆火の危険性がなく適正なコーティングを形成させ耐火材の焼損を生じさせないような火炎を形成させることが要求される。

これらの性能を具備したバーナー概念図を下图に示す。このバーナーの主な特徴を示すと下記の通りである。

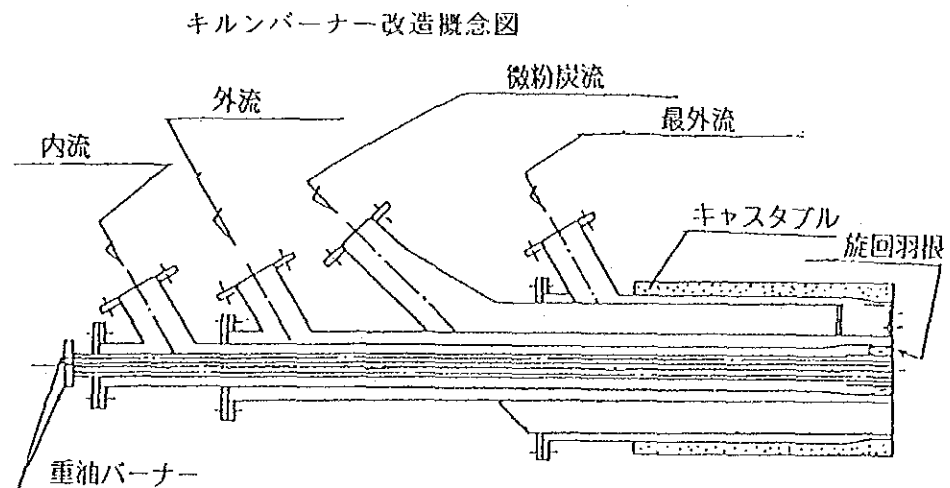
(i) 燃焼性を改善するため、一次空気は微粉炭流、内流、外流、最外流に分割供給されている。

微粉炭流は、石炭搬送用で内流は旋回流を起こす役目をし、外流、最外流は適正な火炎形成の役目を果すものである。

(ii) 微粉炭、一次空気、二次空気を効率良く混合燃焼させるため微粉炭は、バーナー先端で数箇所に分割されキルン内に吹き込まれる。

(iii) 適正な火炎形成は、内、外流の流量調節によって行う。

(iv) このバーナーは緊急時に備えて重油専焼石炭混合焼のいずれの場合でも対応出来る様になっている。



(g) 仕上粉砕機用計量機の改造

現在クリンカー水滓は振動式供給機により、又、石膏はテーブル式供給機により計量供給されているが、それらをベルト式定量供給機（以下、C・F・Wと略す）へ取替える。

(i) C・F・W仕様

|                  |            | クリンカー         | 水 滓                         |               | 石 膏           |
|------------------|------------|---------------|-----------------------------|---------------|---------------|
|                  |            | 4A4-1 ~-6     | 4A 3-1.-2.-3<br>-3.-4.-5.-7 | 4A3-6         | 4A5-1 ~-4     |
| 計 量 範 囲 (t/h)    |            | 20 ~ 4        | 8 ~ 1.6                     | 20 ~ 4        | 4 ~ 0.8       |
| 計 量 精 度          |            | 1 / 200       | 1 / 200                     | 1 / 200       | 1 / 200       |
| ベ<br>ル<br>ト<br>巾 | 計量供給機 (mm) | 750           | 600                         | 750           | 600           |
|                  | 切出装置 (mm)  | -             | -                           | -             | 1,200         |
| 駆 動 電 動 機        |            | 1.5 KW<br>可変速 | 1.5 KW<br>可変速               | 1.5 KW<br>可変速 | 5.5 KW<br>可変速 |

(ii) C・F・W計量制御系統図

5. 1 (2) (b) (i) (ハ) に準ずる。

(iii) C・F・W外形図

- ・ クリンカー、水滓用… 5. 1 (2) (b) (ii) (ハ) に準ずる。
- ・ 石 膏 用… 5. 1 (2) (b) (i) (ニ) に準ずる。

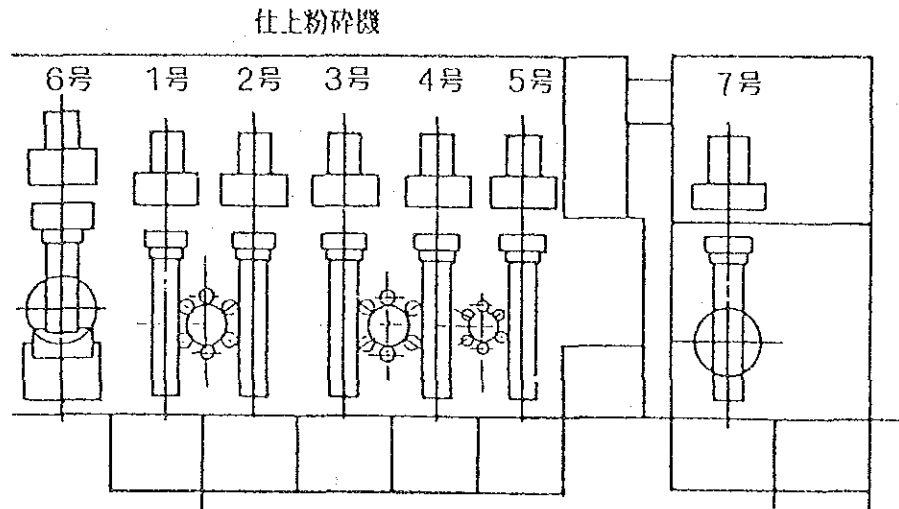
(h) 仕上粉碎機の閉回路化

現有の仕上粉碎機は7基あり、その内1～5号の5基の粉碎機は開回路方式である。

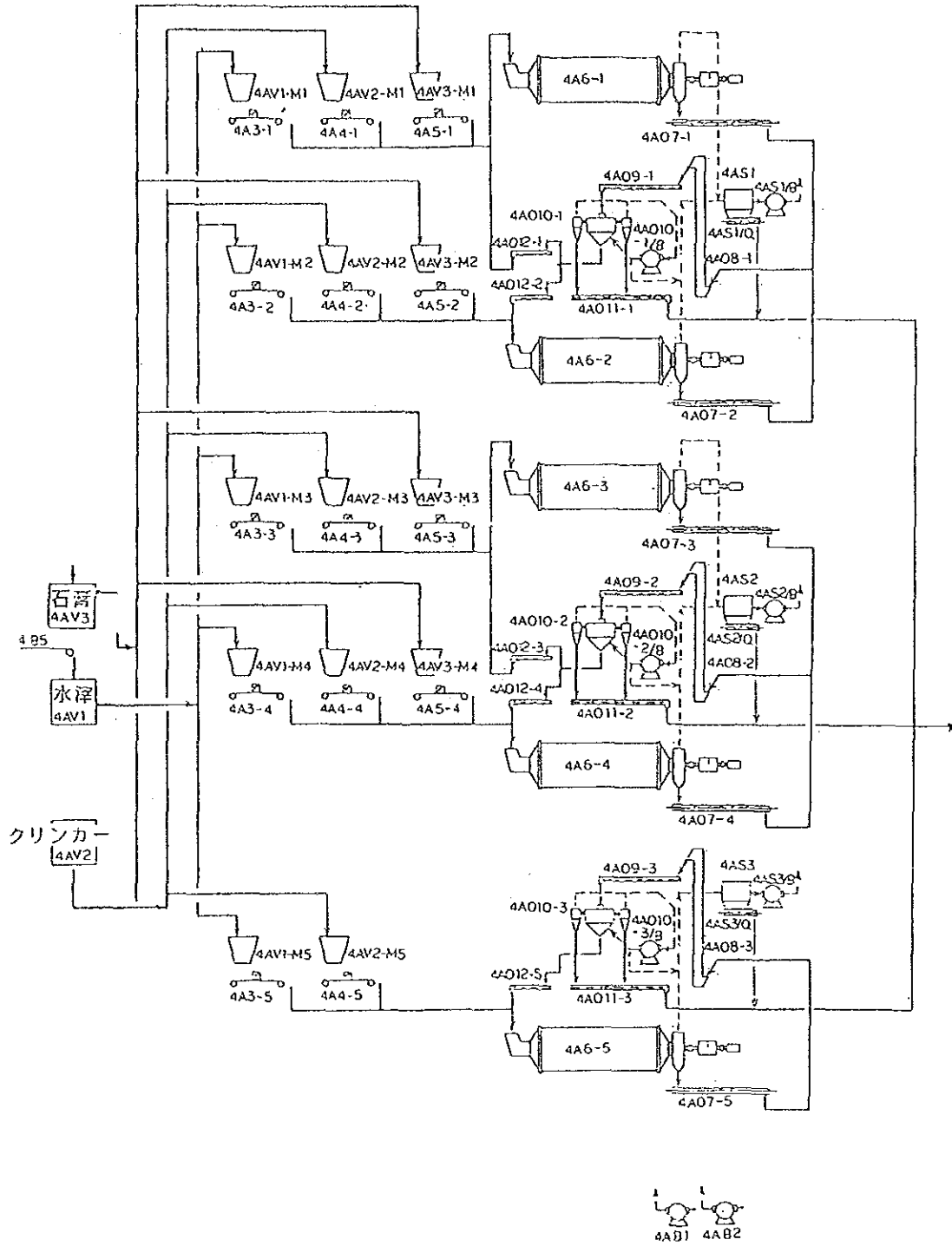
近代化を図る時、クリンカー生産量も増産されるがそれに対処するため仕上粉碎機の能力増強の必要がある。

又、セメントの品質向上のために5基の開回路方式の粉碎機を、閉回路化する。

(i) 設備改造配置図



(ii) 設備改造系統図



(111) 設備仕様一覧表

| 機番             | 設備名称      | 台数 | 仕様  | 電動機   |
|----------------|-----------|----|---|-------|
| 4A07-1~5       | スクリー式輸送機  | 5  | 100 t/h 500φ×6mL                                      | 5.5KW |
| 4A08-1.-2      | バスケット式輸送機 | 7  | 200 t/h 800W×17mL                                     | 2.2KW |
| 4A08-3         | バスケット式輸送機 | 1  | 100 t/h 600W×17mL                                     | 11KW  |
| 4A09-1.-2      | 空気式輸送機    | 2  | 200 t/h 350W×5mL                                      |       |
| 4A09-3         | 空気式輸送機    | 1  | 100 t/h 300W×5mL                                      |       |
| 4A010-1.-2     | サイクロン式分級機 | 2  | UCS-30-6  | 70KW  |
| 4A010-3        | サイクロン式分級機 | 1  | UCS-23-6  | 45KW  |
| 4A010-1/B ~2/B | 送風機       | 2  | 分級機循環用<br>風量… 1,400m <sup>3</sup> /min<br>風圧… 300mmAq | 120KW |
| 4A010-3/B      | 送風機       | 1  | 分級機循環用<br>風量… 800m <sup>3</sup> /min<br>風圧… 300mmAq   | 75KW  |
| 4A011-1.-2     | 空気式輸送機    | 2  | 50t/h 200W×10mL                                       |       |
| 4A011-3        | 空気式輸送機    | 1  | 25t/h 150W×10mL                                       |       |
| 4A012-1 ~ 5    | 空気式輸送機    | 5  | 60t/h 250W×10mL                                       |       |
| 4AS1.2         | 濾布式集塵器    | 2  | 集塵面積 700m <sup>2</sup>                                |       |
| 4AS3           | 濾布式集塵器    | 1  | 集塵面積 400m <sup>2</sup>                                |       |
| 4AS1/Q.2/Q     | スクリー式輸送機  | 2  | 20t/h 双管式<br>250 φ×5,500 L<br>ロータリー式輸送機と同時駆動          | 2.2KW |
| 4AS3/Q         | スクリー式輸送機  | 1  | 10t/h 250φ×6mL<br>ロータリー式輸送機と同時駆動                      | 2.2KW |
| 4AS1/B.S2/B    | 送風機       | 2  | 風量… 1,000m <sup>3</sup> /min<br>風圧… 300mmAg           | 80KW  |
| 4AS3/B         | 送風機       | 1  | 風量… 600m <sup>3</sup> /min<br>風圧… 300mmAg             | 55KW  |
| 4AB1.B2        | 送風機       | 2  | 空気式輸送機用<br>風量… 25m <sup>3</sup> /min<br>風圧… 600mmAg   | 5.5KW |



(IV) 主要改造箇所

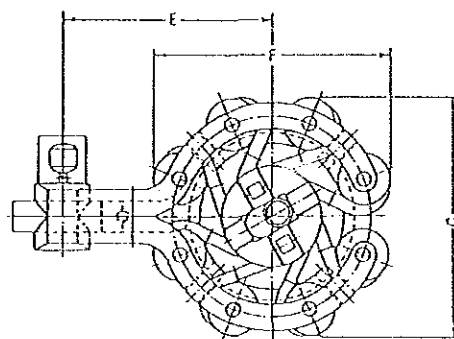
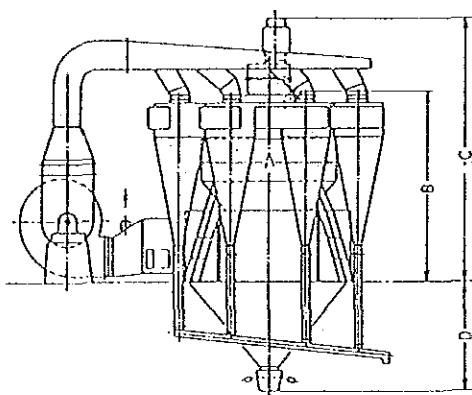
- (イ) 粉砕機は3室を2室に改造
- (ロ) サイクロン式分級機新設
- (ハ) 濾布式集塵器取替
- (ニ) 分級機据付用架台新設
- (ホ) 粉砕機室建家改造

(V) 改造後の能力増強効果

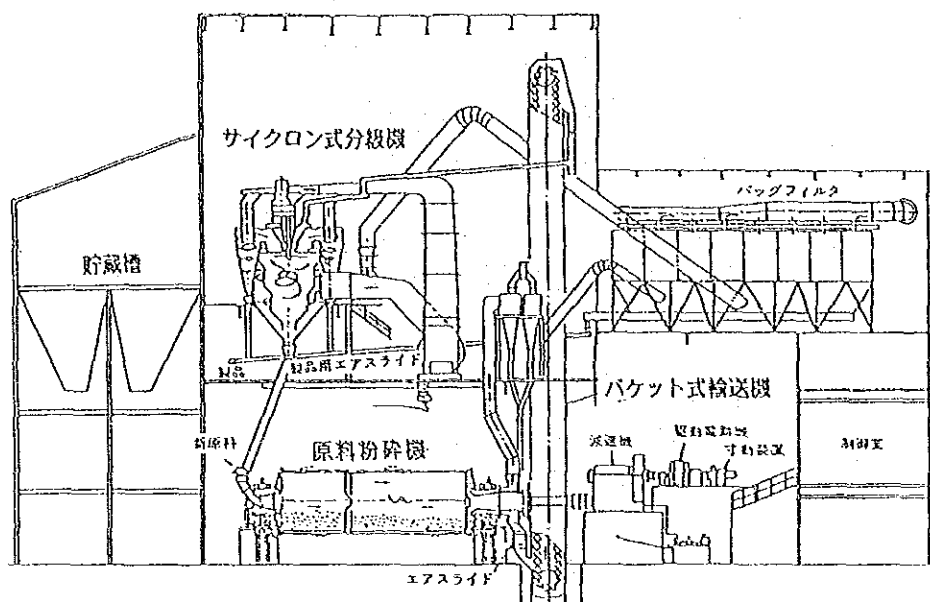
- (イ) 1～4号粉砕機 14.0t/h → 18.2t/h
- (ロ) 5号粉砕機 14.5t/h → 18.9t/h

(Vi) サイクロン分級機外形図

|                      | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| USC-30-6 (1,2,3,4号用) | 3.0 | 4.1 | 7.5 | 2.6 | 5.0 | 5.3 | 5.9 |
| USC-23-6 (5号用)       | 2.3 | 3.3 | 7.0 | 2.0 | 4.0 | 4.0 | 4.5 |



(VII) サイクロン式分級機据付参考図



(i) 7号仕上粉砕機的能力増強

7号仕上粉砕機は、他の1～6号仕上粉砕機に較べて胴体は大きいが電動機容量、粉砕媒体量は同じで粉砕能力もほぼ同じである。即ち、胴体の大きさの割には電動機容量、粉砕媒体量が小さく有効に粉砕仕事に寄与していないといえる。

従って、胴体の大きさに適した電動機の取替、媒体量の増量を下表の様に行い能力増強を図る。

| 型 式       | 7号粉砕機               | 7号粉砕機  | (参考)                |
|-----------|---------------------|--------|---------------------|
|           | 現 状                 | 能力増強後  | 1～4号粉砕機             |
| 粉 碎 機 寸 法 | 閉回路方式<br>2.4mφ×12mL |        | 開回路方式<br>2.2mφ×11mL |
| 粉砕機有効容積   | 49.0 m <sup>3</sup> |        | 35.5 m <sup>3</sup> |
| 電動機容量     | 600KW               | 800KW  | 600KW               |
| 粉砕機媒体量    | 45 t                | 60 t   | 45 t                |
| 粉 碎 能 力   | 15 t/h              | 24 t/h | 14 t/h              |

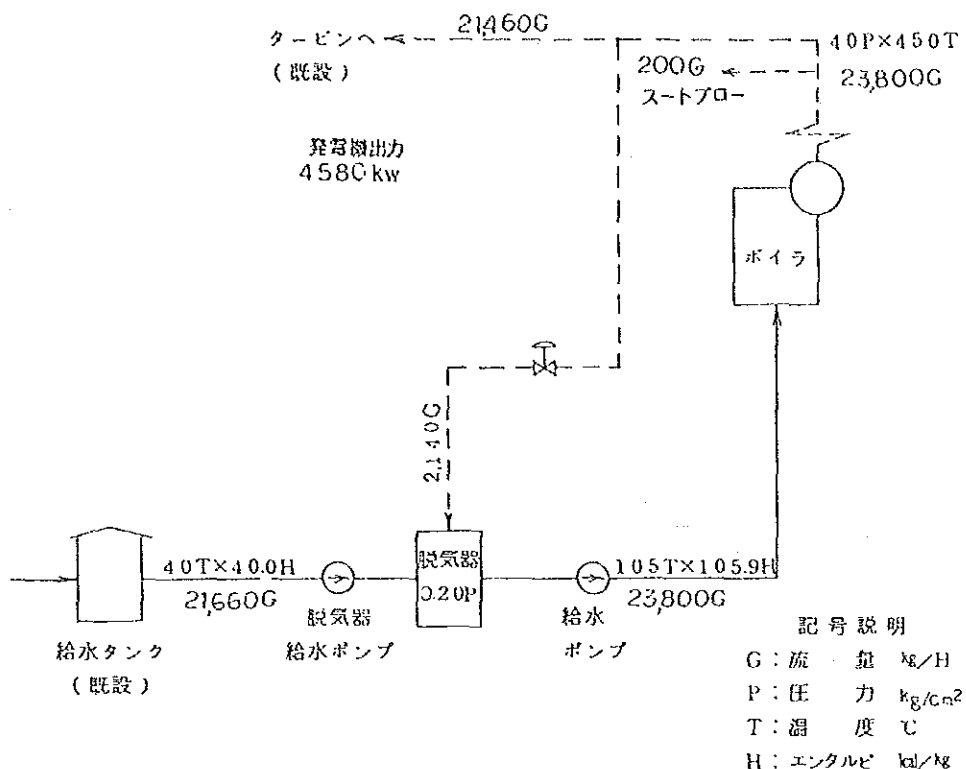
(j) 余熱ボイラーの改造

キルン排ガスの保有熱量の有効利用と当工場の電力事情から予熱発電量の増加と発電設備の長期連続安定運転を行うことが、近代計画の実施のためには是非必要である。しかし、既存のボイラーは前述の様に種々な問題点があり、近代化のためには取替えた方が得策と考える。

(i) ボイラー、タービン性能表

| 項                |                            | 目        | 単                     | 位 | 数      | 値 |
|------------------|----------------------------|----------|-----------------------|---|--------|---|
| 給<br>水<br>量      | 給<br>水<br>量<br>・<br>温<br>度 | 1時間当り    | kg/h                  |   | 23,800 |   |
|                  |                            | クリンカー屯当り | kg/tcl                |   | 793    |   |
|                  |                            | 節炭器入口    | ℃                     |   | 105    |   |
|                  |                            | 節炭器出口    | ℃                     |   | 217    |   |
| 発<br>生<br>蒸<br>気 |                            | 蒸 気 量    | kg/tcl                |   | 793    |   |
|                  |                            | 圧 力      | kg/cm <sup>2</sup>    |   | 39     |   |
|                  |                            | 過熱蒸気温度   | ℃                     |   | 450    |   |
| 入<br>口<br>ガ<br>ス |                            | 風 量      | Nm <sup>3</sup> /Kgc1 |   | 1.73   |   |
|                  |                            | 温 度      | ℃                     |   | 950    |   |
|                  |                            | ダスト量     | t/tcl                 |   | 0.3    |   |
| 出<br>口<br>ガ<br>ス |                            | 風 量      | Nm <sup>3</sup> /Kgc1 |   | 2.02   |   |
|                  |                            | 温 度      | ℃                     |   | 190    |   |
|                  |                            | ダスト量     | t/tcl                 |   | 0.15   |   |
| クリンカー生産量         |                            |          | t/h                   |   | 30     |   |
| ボイラー効率           |                            |          | %                     |   | 75.9   |   |
| 発 電 量            |                            |          | KWh                   |   | 4,350  |   |
| クリンカー屯当り発電量      |                            |          | KWh/t                 |   | 145    |   |
| タービン蒸気使用量        |                            |          | kg/KWh                |   | 4.93   |   |

(II) 熱平衡線図

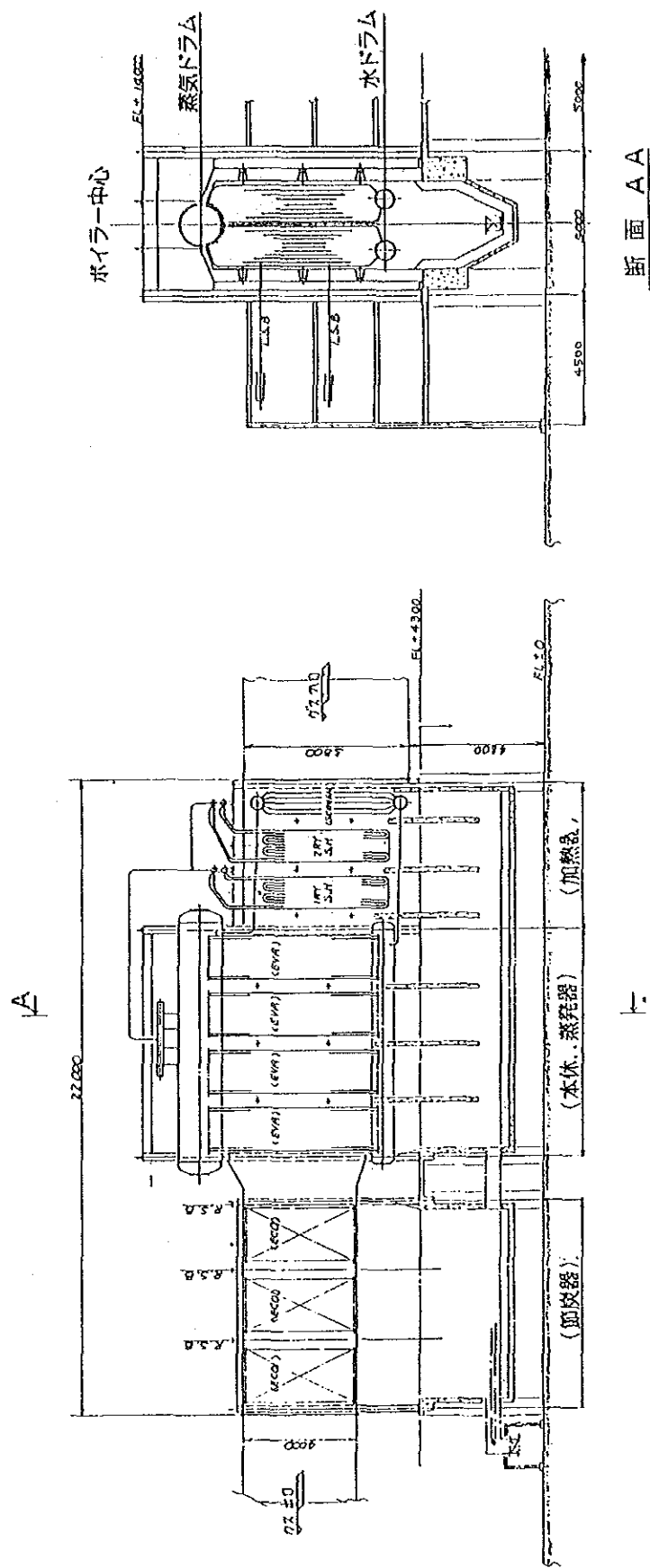


(iii) 取替, 改造範囲

- ①ボイラー取替
- ②脱気器設置 - (ボイラー給水中の溶存酸素の除去のため)
- ③給水ポンプ取替
- ④ダスト排出輸送機に空気漏入防止対策施工
- ⑤重油加熱, 濾布式集塵器の保温用蒸気は、別途専用ボイラーの設置を考える必要がある。

上記の①, ②, ③の設備仕様は、3号キルンの近代化時の仕様と同じである。

(IV) ボイラー外形図



(k) キルン排ガス電気集塵器の改造

5.1(2)(g)参照のこと。

(l) 電気計装設備の改造

5.1(2)(j)に示した1, 2号キルン設備関連の総括制御設備, 計装設備の改造を1, 2号キルン近代化時に行う。

(m) 各送風機取替改造

(i) キルン排ガス集塵器用送風機 (3BS1/B 3BS2/B)

キルンの近代化計画実施後は熱消費量の低減, ボイラー, 電気集塵器改造による各所漏入空気量の減少により現状の送風機仕様では過大になり過ぎるので, ローターの取替もしくはローター外径の切削により対処する。

キルン運転状態の変化による送風機の風量, 風圧制御はダンパーによって行なっているが, 駆動用電動機の回転数制御で行う方が省電力の見地から得策である。

送風機仕様

|                   | 現 有   | 改造後   |
|-------------------|-------|-------|
| 風 量 ( $m^3/min$ ) | 3,330 | 2,100 |
| 風 圧 (mmAq)        | 200   | 200   |
| 電動機 (KW)          | 260   | 110   |

(ii) キルン燃焼用微粉炭吹込送風機 (5CB1~2)

(g)の項で述べた様にキルン燃焼効率の向上のため燃焼器を取替えるが, それによって風量は減少し所要圧力は増加するので取替を要す。

送風機仕様

|                   | 現 有 | 改造後   |
|-------------------|-----|-------|
| 風 量 ( $m^3/min$ ) | 440 | 190   |
| 風 圧 (mmAq)        | 907 | 2,000 |
| 電動機 (KW)          |     | 132   |