

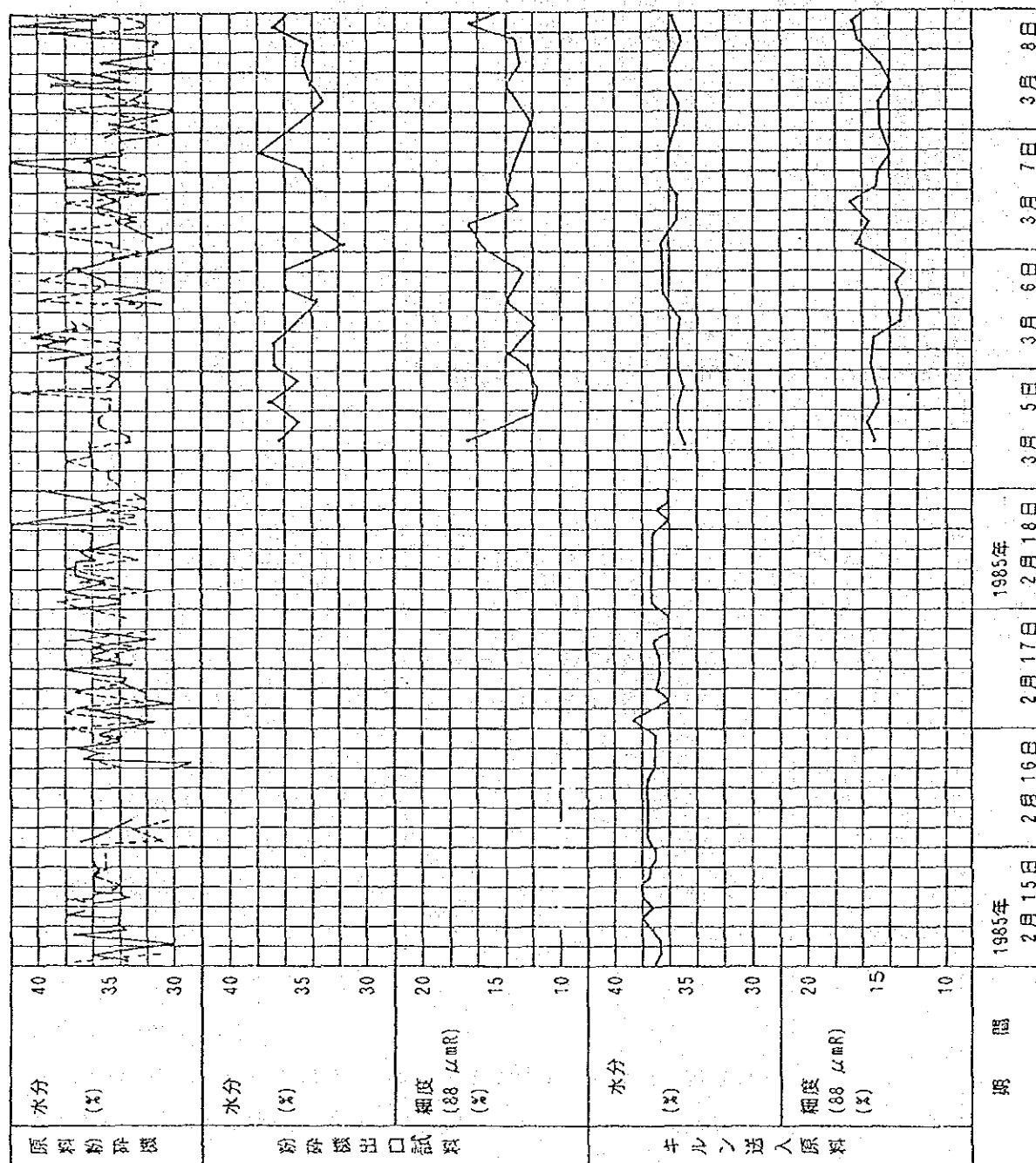
2.2 運転管理

(1) 原料調合

| 工 程 | 現 状 分 析 | 問 題 点 |
|---------|--|---|
| 諸 率 調 製 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 各粉碎機出口にて 1時間毎水分、細度、CaCO₃ を分析している。 又、スラリー貯蔵槽につき水分、細度、CaCO₃、Fe₂O₃ を分析し、調製している。 <p style="margin-left: 20px;">管理目標</p> <p style="margin-left: 40px;">粉碎機出口</p> <p style="margin-left: 60px;">CaCO₃ 79.91 %</p> <p style="margin-left: 60px;">Fe₂O₃ 2.65 %</p> <p style="margin-left: 60px;">水分 36.00 %以下</p> <p style="margin-left: 60px;">細度 3.00 %以下 (900孔/cm²)</p> <p style="margin-left: 40px;">スラリー貯蔵槽</p> <p style="margin-left: 60px;">CaCO₃ 79.91 ± 0.2%</p> <p style="margin-left: 60px;">Fe₂O₃ 2.65 ± 0.15 %</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 諸率 (HM, SM, IM, KSK)について管理目標を設定することを検討すべきである。 ・ 現有の 6基の原料貯蔵槽だけでなく、遊休の 4基の貯蔵槽も使用し、貯蔵槽内の調整時間の短縮化を図るとともに諸率 (HM, SM) の安定化を図る合送システムを検討すべきである。このためには粉碎機用供給機をメリック式秤量機とし、電子計算機 (プログラム入力可能、技術計算用) による調合系統の合理化を検討すべきである。 ・ 分析の迅速化、精確化の検討が必要である。 |
| 水 分 管 理 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 水分は粉碎機出口原料で36.0 %以下になる様に管理目標を決めているが粘土スラリー中の水分、粉碎機入口での水などの流量管理がなされていない。その状況は図Ⅲ-7に示す通りである。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 水分の変動は粉碎機出口原料の細度、キルンの変動、熱量原単位等に影響を与えるものである。 ・ 粘土水分、粘土送入量を考慮して粉碎機での水の管理をすべきである。 |

| 工 程 | 現 状 分 析 | 問 題 点 |
|-----------|---|--|
| 細 度 管 理 | <ul style="list-style-type: none"> • 細度は粉砕機出口原料で 900 孔/cm² 篩残分 3.0%以下としているが、調合制御の対応が相当大きいのと水分変動が大きいいため図Ⅲ-7に示すように粉砕機出口原料の細度の変動が大きく現われている。 | <ul style="list-style-type: none"> • 原料は全て易焼成の良いものばかりなので、原料細度は現在の水準（88μ 残分13~14%）より更に粗くしてもよいと思うが、図Ⅲ-7に示すように、細度が大きく変動するのは、キルンの運転上、品質上の点で良くない。 • 石灰石の使用比率の変化につれ細度も変化するのはやむを得ないが、極端な場合粉砕量を変更しても細度を一定にすべきである。 |
| 試 料 採 取 | <ul style="list-style-type: none"> • 試験係の者が手で適量採取する。 | <ul style="list-style-type: none"> • 瞬間試料であるので代表的な試料とは言えない。 • 試料採取の自動化を検討する必要がある。 |
| 石 炭 の 管 理 | <ul style="list-style-type: none"> • 入荷時、揮発分、灰分を測定している。 • 石炭粉砕機出口で粉砕機別に、細度水分を 2時間毎測定している。 • 吹込炭の管理目標 <ul style="list-style-type: none"> 水 分： 3%以下 細 度： 10%以下 (88μ mR) 揮発分： 28%以上 灰 分： 20.0\pm 2.0% • 石炭の銘柄は80種類位あって銅川鉱が主で、残りの銘柄は小さな炭鉱ばかりである。 | <ul style="list-style-type: none"> • 石炭の銘柄が多いので、発熱量、灰分の変動により焼成工程ならびにクリンカー品質に大きな影響を及ぼす。 • 送入原料の諸率（HM, SM, IM）のばらつきが非常に小さいのに、クリンカーの諸率の日々のばらつき、並びにキルン別のクリンカーの諸率がばらつくのは、石炭の灰分、発熱量がばらついていることと、その使用量管理が不十分であるのも一因と思われる。 |

| 粉碎機 | 期 間 | 水 分 | | |
|---------|---------|----------|----------|----|
| | | 平均 | σ | n |
| 1号 | 2/15-18 | 34.72 | 2.438 | 97 |
| | 3/5-8 | 34.77 | 3.313 | 63 |
| 2号 | 2/15-18 | 34.55 | 2.015 | 67 |
| | 3/5-8 | 35.16 | 2.315 | 82 |
| 期 間 | 平均 | σ | n | |
| 3/5~8 | 35.20 | 1.667 | 23 | |
| 期 間 | 平均 | 細 度 | | |
| | | σ | n | |
| 3/5~8 | 13.56 | 1.607 | 23 | |
| 期 間 | 平均 | 水 分 | | |
| | | σ | n | |
| 2/15~18 | 36.97 | 0.614 | 48 | |
| 3/5~8 | 35.81 | 0.605 | 24 | |
| 期 間 | 平均 | σ | n | |
| 3/5~8 | 15.03 | 1.181 | 24 | |



図Ⅲ-7 原料特性の変動状況 (耀県セメント, 1985年 2月15日~18日及び 3月5日~8日)

| 工 程 | 現 状 分 析 | 問 題 点 |
|--------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・微粉炭（吹込炭）の発熱量を測定していない。8時間に1回、あるいは1日に1回実測すべきである。 |
| ダストの管理 | <ul style="list-style-type: none"> ・沈降室、電気集塵器で捕集されたダストは輸送系統で合流し、各窯に均等に配分されて送入原料とともに窯に供給している。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ダストは発生した窯に戻すようにしないとクリンカーの諸率が窯別によって差を生じてくる。 ・クリンカーの諸率の日々のばらつき並びにキルン別のクリンカーの諸率のばらつきの主原因は、このダストの管理不十分及び石炭の管理不十分からきているものと思う。 |

(2) 焼 成

| 工 程 | 現 状 分 析 | 問 題 点 |
|--------------------------|--|---|
| キルン運転 操作記録 (運転管理図) | <ul style="list-style-type: none"> ・各班（8時間交替）が1枚の操作記録用紙を使用しているが、管理目標がなく、また、重要項目でも空欄がある。 | <ul style="list-style-type: none"> ・管理目標を明確に記入すると共に不要の項目を整理すれば1日1枚の用紙に統合でき、各班の一致協力体制確立の助けにもなる。 |
| 生産実績 掲示板 | <ul style="list-style-type: none"> ・各班長、各班焼成手（看火技工）の氏名と共に生産量を掲示している。 | <ul style="list-style-type: none"> ・焼成手の技能は勿論重要だが、生産性は焼成手の技能だけでなく、設備保全、前工程を含む運転管理、品質管理に大きく依存すると共に、前班の操作が後班に影響する。従って設備保全、計装管理、品質管理を改善し、個人差をなくす体制を確立すると共に、従業員の労働意欲を高め、自主性を発揮させる体制造りも肝要である。 |

| 工 程 | 現 状 分 析 | 問 題 点 |
|--------|--|---|
| 運転監視計器 | <ul style="list-style-type: none"> ・運転管理上重要な O₂ 計、CO₂ 計、中間温度計等は破損放置され、焼点温度計、キルン電動機電力記録計等運転上有益な記録計もない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・焼成手は目視観察のできる窯前焼点部に変化が現れる迄操作ができず、経験と勘に頼る運転となる。従って操作が遅れると共に燃料、回転速度の操作幅も大きくなり、不安定な運転となり、容重、遊離石灰の変動も日本に比べ 1桁大きい。 |
| 瓦斯分析 | <ul style="list-style-type: none"> ・窯尻排気瓦斯分析が行われていない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・計器が壊れておればなおのこと、オルザット瓦斯分析を行い、燃焼管理を行うべきである。 |
| 漏洩空気 | <ul style="list-style-type: none"> ・窯前、窯尻の密封が不十分であり窯尻では、空気が音をたてて侵入している。 | <ul style="list-style-type: none"> ・熱消費上損失であるだけでなく、漏洩空気量も変動しているので、燃焼用空気量も変動する。 |
| 耐火煉瓦 | <ul style="list-style-type: none"> ・キルン内張耐火煉瓦が脱落又は非常に薄くなった状態で運転しているキルンが見られ、焼成帯で多量の注水を行っていた。 | <ul style="list-style-type: none"> ・生産計画達成上、休転補修時間をとりにくい面もあろうが、設備は正常な状態で運転すべきものである。 ・焼成帯注水も多過ぎ前述と併わせ熱損失の原因となる。 |

問題点

(a) 水硬率、珪酸率

表Ⅲ-2 送入原料クリンカー品質 (1985年 3月 5日～ 8日)

| | 水 硬 率 | | 珪 酸 率 | | 水 分 | |
|-------------|-------|----------|-------|----------|------|----------|
| | 平 均 | σ | 平 均 | σ | 平 均 | σ |
| 送 入 原 料 | 2.37 | 0.028 | 2.05 | 0.150 | 35.8 | 0.61 |
| クリンカー (3号窯) | 2.05 | 0.018 | 1.84 | 0.043 | - | - |
| クリンカー (4号窯) | 2.07 | 0.038 | 1.90 | 0.051 | - | - |

| | f - C a O | | 細 度 | | 容 重 | |
|-------------|-----------|----------|------|----------|------|----------|
| | 平 均 | σ | 平 均 | σ | 平 均 | σ |
| 送 入 原 料 | - | - | 15.0 | 1.18 | - | - |
| クリンカー (3号窯) | 1.32 | 0.31 | - | - | 1.45 | 0.50 |
| クリンカー (4号窯) | 1.58 | 0.35 | - | - | 1.42 | 0.72 |

同一原料を送入して、クリンカーの水硬率、珪酸率が3号キルン、4号キルンで差が生じているのは、ダスト発生量、回収量が異なるためと見られる。

湿式の場合、計量、管理、品質管理を改善すれば水硬率の標準偏差は0.02以下に管理できるものであり、そうすればキルンの安定運転にも寄与する。

(b) 水 分

水分が変動すれば乾基準の送入原料が変動するので水分管理も厳しく行う必要があり、標準偏差を0.2～0.3%以下にすることが望ましい。

(c) 遊離石灰、容重

焼点温度をもう少し上げて、f-CaOは1%以下にすることが望ましい。設備を近代化すると共に品質管理を充実すればf-CaO、容重の標準偏差も1桁小さくできる。キルン運転管理(焼点管理、容重管理)が充分できればf-CaO測定頻度は1日1回に減せる。

(d) 吹込炭

表Ⅲ-3 吹込炭（微粉炭）品質（1985年3月5日～8日）

| | 平均 | 標準偏差 |
|----------------|-------|------|
| 発熱量（高位）Kcal/kg | 6,251 | 139 |
| 灰分（3号窯）% | 20.1 | 1.28 |
| 灰分（4号窯）% | 20.8 | 0.90 |
| 水分（3号窯）% | 2.3 | 0.60 |
| 水分（4号窯）% | 2.5 | 0.80 |

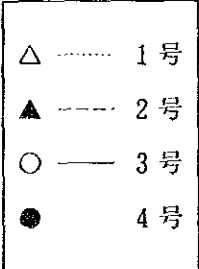
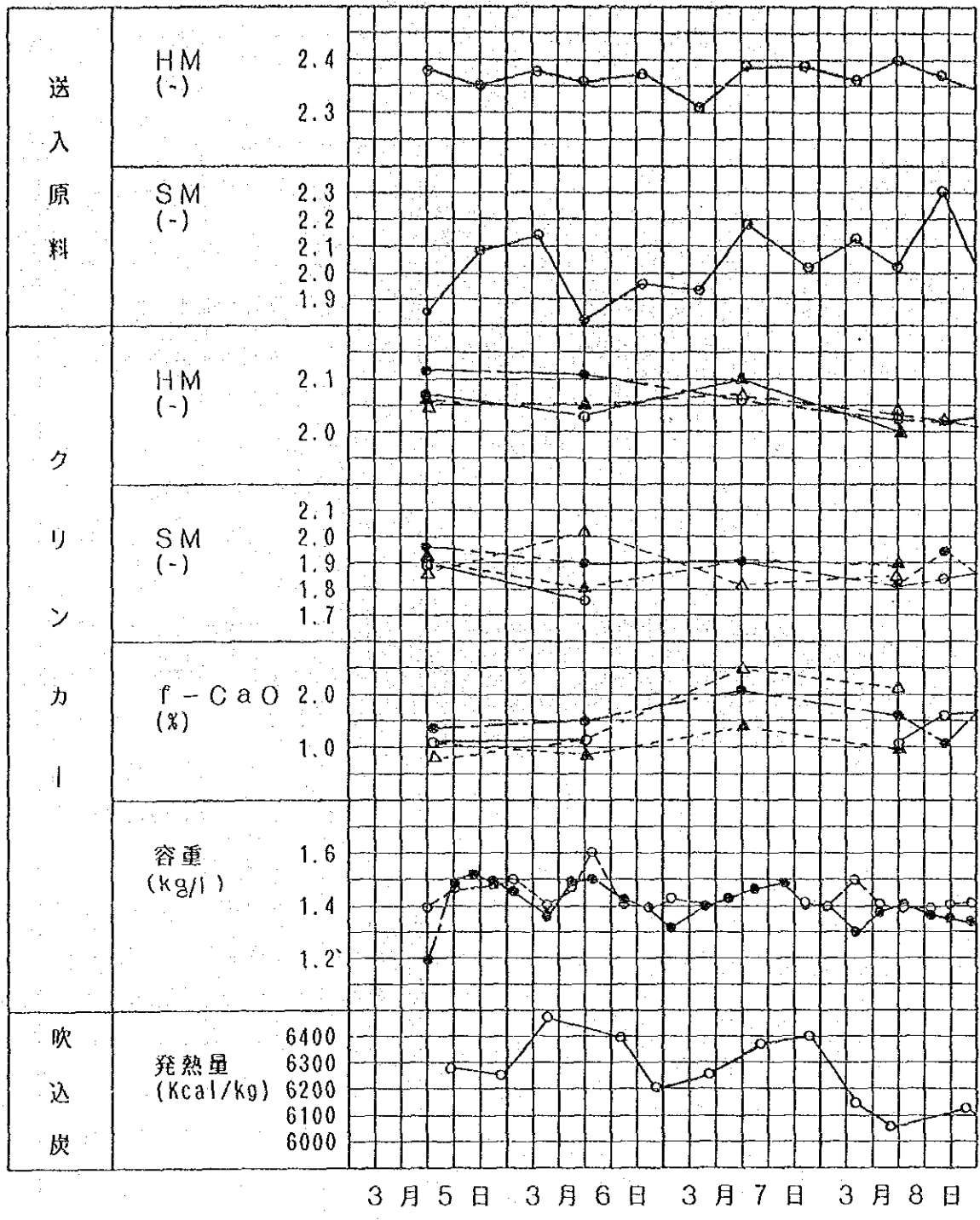
(i) 2品種を同時に使用する必要がある場合は、2台の定量供給機を用いて、各々の生炭を貯蔵庫から一定の割合で抜き出し、調合比率を一定にたもつ必要がある。

起重機のバケット調合では、うまく調合できない。

(ii) 標準偏差

- ・発熱量は上記対策等により、100Kcal/kg以下に先ず制御することが望ましい。
- ・発熱量バラツキが小さくなれば灰分のそれも小さくなるが、更に、炭種を切替えたり、2品種の調合比を変えた場合、原料調合目標も灰分化学組成変動に応じ、速やかに変更すべきである。
- ・石炭の乾燥粉碎の運転管理、即ち熱風温度、熱風量、及び供給量の管理を実施すれば、石炭水分、細度の標準偏差はそれぞれ、0.4%、1%以下に管理することが期待出来る。

送入原料，クリンカー，吹込炭の品位変動推移をグラフ化して、図Ⅲ-8に示す。

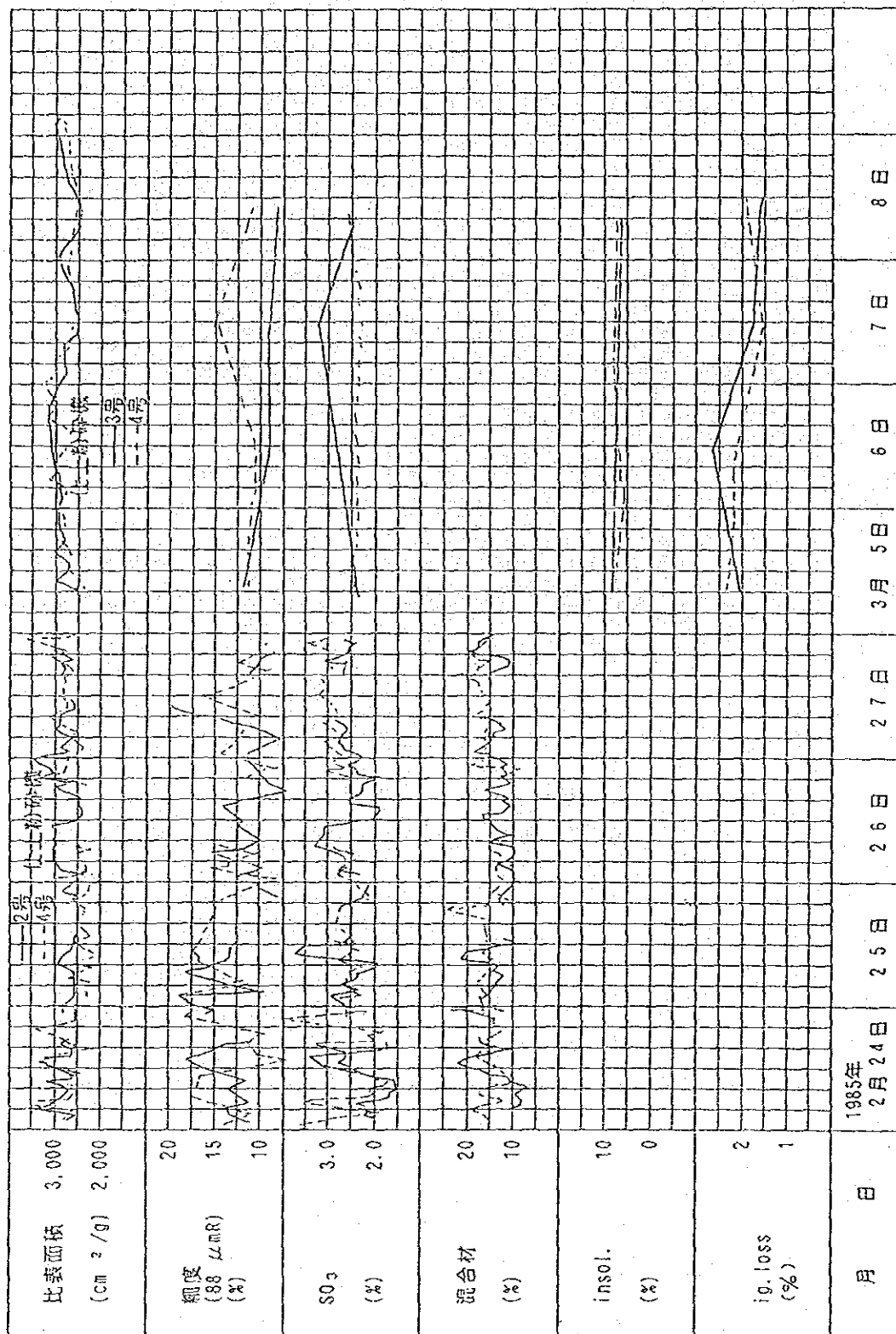


図Ⅲ-8 送 入 原 料, ク リ ン カ ー 吸 込 炭 の 品 位 変 動 状 況
(1985年 3月 5日 ~ 3月 9日)

(3) 仕 上

| 工 程 | 現 状 分 析 | 問 題 点 | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|-------|------|-------------|--------|----------|------|------|------|-------------|--------|-------------|--------|---|
| <p>細度管理</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 各粉碎機出口にて下記管理目標でセメント管理している。 ① 管理目標（細度） <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">425号</td> <td>525号</td> </tr> <tr> <td>採取間隔 1回/1時間</td> <td>1回/1時間</td> </tr> <tr> <td>細度 12%以下</td> <td>6%以下</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">(88μmR)</p> ② 管理目標（比表面積） <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">425号</td> <td>525号</td> </tr> <tr> <td>採取間隔 1回/2時間</td> <td>1回/1時間</td> </tr> <tr> <td>比表面積 2300以上</td> <td>3200以上</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 20px;">(cm²/g)</p> | 425号 | 525号 | 採取間隔 1回/1時間 | 1回/1時間 | 細度 12%以下 | 6%以下 | 425号 | 525号 | 採取間隔 1回/2時間 | 1回/1時間 | 比表面積 2300以上 | 3200以上 | <ul style="list-style-type: none"> • 図Ⅲ-9に1985年2月24日～27日及び同年3月5日～8日の細度推移状況に示すように非常に大きなばらつきであって品質管理されていない状況にある。 • 既設の計量機は振動式供給機であるが、この計量機は他の型式の計量機と比べて計量の精度、再現性ともに悪い方である。 • 運転する側も品質管理する側も仕上工程はセメントの最終工程であるからここでは品質の均一で安定したものを使用者に供給する様努力すべきである。 • セメントの粒度分布及びその頻度分布は図Ⅱ-12ならびに図Ⅱ-13に示した通りである。これらの図から10μ以下の微粉と、80～90μ以上の粗粉などが多く存在し、いわゆる粒度分布が幅広くなっていることがわかる。セメントの品質、特に強度は一般に10～30μm前後の粒子が多い程よいとされているので、品質の面からも粉碎効率の面からも粉碎系を検討する必要がある。 |
| 425号 | 525号 | | | | | | | | | | | | | |
| 採取間隔 1回/1時間 | 1回/1時間 | | | | | | | | | | | | | |
| 細度 12%以下 | 6%以下 | | | | | | | | | | | | | |
| 425号 | 525号 | | | | | | | | | | | | | |
| 採取間隔 1回/2時間 | 1回/1時間 | | | | | | | | | | | | | |
| 比表面積 2300以上 | 3200以上 | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|--|------|------|------|--------|--------|--------|------|------|---------------------|---------|---------|---|
| <p>混合材，石膏 混入管理</p> | <p>・管理目標</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">425号</td> <td style="text-align: center;">525号</td> </tr> <tr> <td>採取間隔</td> <td style="text-align: center;">1回/1時間</td> <td style="text-align: center;">1回/1時間</td> </tr> <tr> <td>混合材(%)</td> <td style="text-align: center;">12±3</td> <td style="text-align: center;">11±2</td> </tr> <tr> <td>SO₃ (%)</td> <td style="text-align: center;">2.4±0.4</td> <td style="text-align: center;">2.4±0.4</td> </tr> </table> | | 425号 | 525号 | 採取間隔 | 1回/1時間 | 1回/1時間 | 混合材(%) | 12±3 | 11±2 | SO ₃ (%) | 2.4±0.4 | 2.4±0.4 | <p>・前記の細度管理と同様、図Ⅲ-9に混合材，石膏の混入管理状況を示しているが、非常に大きなばらつきであって品質管理されていない状況にある。</p> <p>・既設の計量機の精度，再現性ともによくない状況にある。又、間欠供給方法はこの計量機には向いていない。</p> |
| | 425号 | 525号 | | | | | | | | | | | | |
| 採取間隔 | 1回/1時間 | 1回/1時間 | | | | | | | | | | | | |
| 混合材(%) | 12±3 | 11±2 | | | | | | | | | | | | |
| SO ₃ (%) | 2.4±0.4 | 2.4±0.4 | | | | | | | | | | | | |
| <p>温度管理</p> | <p>・300～400℃のクリンカーをいったん貯蔵庫に受入れた後、クレーンで仕上粉砕機前貯蔵槽に供給し、混合材，石膏とともに粉砕している。又仕上工程は開回路粉砕であり、粉砕機内の温度を下げるために粉砕機の胴体に散水を行っている。</p> | <p>・クリンカー温度 300～400℃が高すぎて、仕上工程の効率，品質上、悪影響を及ぼしている。</p> <p>・セメントに異常凝結現象が出ているのは仕上工程の温度が高すぎるためである。</p> | | | | | | | | | | | | |
| <p>その他</p> | <p>・中央貯蔵庫のクリンカー受入れ場所と石炭受入れ場所が隣接しているが、これらが混じり合っている。</p> | <p>・セメント中に石炭が含まれていると、このセメントを用いてコンクリートにした時、コンクリートが黒色を帯び美観を害することになる。又、コンクリートの減水剤，空気連行剤を吸着し、これらの使用量を増加させることになり不経済となる。</p> | | | | | | | | | | | | |



図Ⅲ-9 輝原セメント工場仕上工程推移 (NC 425 号)

2.3 品質管理

主としてセメントの製造工程における品質管理を取上げ、現状と問題点とを列挙する。

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

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

(1) 化学成分に対する品質管理

(a) 諸比率の設定とその問題点

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

この場合、分析結果を見て、人間が各原料の供給量を変更することは事実上不可能なことであるので、調合制御方法については後に詳しく説明するが表V-4, V-5に示す諸比率を用いて計算機にて調製している。

現在、日本で製造されている各種ポルトランドセメントの諸比率の範囲及びその構成鉱物の組成の範囲、ならびに当工場の代表値を表III-4に示す。又、参考までに米国でつくられているセメントの1例をTaylorの文献より抜粋して表III-5に示した。

表Ⅲ-4 日本のポルトランドセメントの諸比率及び鉱物組織の範囲

| ポルトランドセメント種類 | 諸 比 率 | | | 比 率 | | 石 灰 飽 和 度 | 鉱 物 組 成 (%) | | |
|------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|---------|-----------|-------------|--------|---------|
| | 水 硬 率 | 珪 酸 率 | 鉄 率 | 鉄 率 | 率 | | | | |
| 普通セメント | 2.00 ~ 2.19 | 2.2 ~ 2.9 | 1.2 ~ 2.2 | 0.87 ~ 0.96 | 42 ~ 62 | C3S | C2S | C3A | C4AF |
| 早強セメント | 2.18 ~ 2.30 | 2.3 ~ 3.0 | 1.4 ~ 2.0 | 0.93 ~ 0.99 | 54 ~ 69 | | 7 ~ 19 | 7 ~ 10 | 8 ~ 10 |
| 中庸熱セメント | 1.94 ~ 2.02 | 2.6 ~ 2.9 | 1.1 ~ 1.3 | 0.84 ~ 0.87 | 38 ~ 47 | | 31 ~ 39 | 3 ~ 7 | 12 ~ 14 |
| 耀泉普通 クリンカー(注) | 2.02 | 1.78 | 1.54 | 0.93 | 52 | | 19 | 10 | 14 |

注) 1985年3月6日~9日, 1~4号キルン採取クリンカー

表Ⅲ-5 米国で製造されているポルトランドセメントの鉱物組成その他

(1955年Bogueによる引用値)

| ASTM Type | セメント種別 | 鉱物組成 (%) | | | | 化学成分 (%) | | |
|--------------|----------|----------|-----|-----|------|----------|-------|-------|
| | | C3S | C2S | C3A | C4AF | MgO | f-CaO | CaSO4 |
| I | 普通セメント | 45 | 27 | 11 | 8 | 2.9 | 0.5 | 3.1 |
| II | 中庸熱セメント | 44 | 31 | 5 | 13 | 2.5 | 0.4 | 2.8 |
| III | 早強セメント | 53 | 19 | 11 | 9 | 2.0 | 0.7 | 4.0 |
| IV | 低熱セメント | 28 | 49 | 4 | 12 | 1.8 | 0.2 | 3.2 |
| V | 耐硫酸塩セメント | 38 | 43 | 4 | 9 | 1.9 | 0.5 | 2.7 |

表Ⅲ-4で見るとように普通セメントの成分は広い範囲にわたっているが、当工場の場合、特に指摘するような事項はない。

(b) 原燃料品位の現状と問題点

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

(i) 石灰石品位の現状と問題点

石灰石の品位について1981年度、1982年度、1983年度ならびに1984年1月～12月の1ヶ月混合品の推移状況を表Ⅲ-6に示す。

表Ⅲ-6は年平均、或いは1ヶ月混合品の分析結果であるのでその品位の日々の変動状況は把握できないが、CaOの含有率でみた場合、概ね50～52%の範囲にあり、調合制御に支障を来す程変動していないと思われる。

セメント原料中に石灰石の占める割合は石灰石の品位によって異なるが、通常約80%位になるので、石灰石からくるSiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃の量はSiO₂源、Al₂O₃源の粘土、Fe₂O₃源の鉄粉らとほとんど同量あるいは多い位である。したがって石灰石の品位の変動は即原料成分に反映されるので、時々々は特別試験として石灰石の品位変動を把握して調合制御の参考に供するべきと思う。尚、クリンカー品質に影響を及ぼすMgO、Na₂O、K₂O等の成分は少ないのでこの面で石灰石に問題はない。又、石灰石はX線回折によると(図Ⅱ-14参照)、カルサイト(CaCO₃)が大部分で、僅かにドロマイト(Ca

CO₃・MgCO₃)が確認されている。

表Ⅲ-6 石灰石の品位推移状況

| 年 月 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | 備 考 | |
|-----------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------------|----------------------|
| | lg. loss | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | total | | |
| 1981年度 | 40.61 | 5.24 | 1.60 | 0.47 | 49.90 | 1.02 | 98.84 | 輝県セメント工場分析値 | |
| 1982年度 | 40.75 | 5.25 | 1.53 | 0.50 | 50.12 | 1.02 | 99.17 | | |
| 1983年度 | 41.08 | 4.32 | 1.24 | 0.49 | 51.13 | 1.18 | 99.44 | | |
| 1984年 1月 | 40.1 | 5.0 | 1.5 | 0.5 | 50.8 | 1.2 | 99.1 | | |
| 2月 | 40.9 | 3.7 | 1.2 | 0.4 | 51.8 | 1.0 | 99.0 | | |
| 3月 | 41.0 | 4.5 | 1.2 | 0.4 | 51.9 | 1.0 | 100.0 | | |
| 4月 | 40.6 | 4.8 | 1.1 | 0.5 | 51.3 | 0.8 | 99.1 | | |
| 5月 | 41.3 | 4.4 | 0.9 | 0.5 | 51.7 | 0.8 | 99.6 | | |
| 6月 | 41.1 | 3.9 | 1.0 | 0.4 | 51.8 | 1.1 | 99.3 | | |
| 7月 | 41.6 | 4.7 | 1.1 | 0.4 | 51.2 | 1.1 | 100.1 | | |
| 8月 | 40.8 | 4.6 | 1.2 | 0.4 | 51.1 | 1.2 | 99.3 | | |
| 9月 | 40.9 | 4.0 | 1.0 | 0.4 | 51.8 | 1.1 | 99.2 | | |
| 10月 | 41.1 | 4.6 | 1.3 | 0.5 | 51.4 | 1.1 | 100.0 | | |
| 11月 | 43.1 | 3.7 | 0.8 | 0.4 | 50.7 | 1.1 | 99.8 | | |
| 12月 | 41.0 | 5.2 | 1.2 | 0.5 | 50.6 | 1.3 | 99.8 | | |
| 1984年平均値 | 41.12 | 4.42 | 1.12 | 0.44 | 51.34 | 1.07 | 99.51 | | |
| 1984年標準偏差 | 0.721 | 0.497 | 0.186 | 0.051 | 0.468 | 0.150 | - | | |
| 特別試験 | 42.8 | 2.6 | 0.4 | 0.1 | 53.0 | 0.5 | 99.4 | | 日本での分析 (1984年12月) |

(11) 粘土分ならびに鉄粉の品位の現状と問題点

粘土分ならびに鉄粉の品位変動状況は石灰石と同様、1981年度、1982年度、1983年度ならびに1984年1月～12月までの1ヶ月混合品のそれぞれについて表Ⅲ-7～8に示す。粘土の品位はその SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 含有量から判断して比較的安定したものが工場に入荷している様であり、特に現在のところ問題はない。しかし、粘土中のアルカリ(Na_2O 、 K_2O)が日本での分析では表Ⅱ-27に示すように $Na_2O = 1.76\%$ 、 $K_2O = 2.32\%$ であり、将来的に山の深部を掘り出すことになれば、これらの量も多くなるので、クリンカー中のアルカリ分の傾向に注意しておくことを参考までに付言する。

一方、鉄粉の品位は表Ⅲ-8に示すように SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 のばらつきが非常に多いことがわかる。鉄粉の使用比率は通常4～5%であるので原料成分に大して影響を及ぼさないが、調合制御を良くするために鉄分の品位安定化を購入先に要求したほうがよいと思う。

調合原料成分の変動は、キルン内における反応の変化を招くから、その変動の少ないように管理する。その点本工場は湿式法なのでスラリー貯蔵槽、スラリー貯蔵池で混合修正することができるから送入原料の成分変動は非常に少ないが、一方でダストの管理が不十分であること、及び石炭の品位変動、ならびに石炭使用量管理不十分のためクリンカーの品位が非常に変動している点に問題を残している。

表Ⅲ-7 粘土の品位推移状況

| 年 月 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | 備 考 | |
|-----------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------------|----------------------|
| | lg.loss | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | total | | |
| 1981年度 | 10.84 | 56.50 | 12.05 | 4.64 | 9.24 | 2.18 | 95.44 | 権泉セメント工場分析値 | |
| 1982年度 | 10.92 | 56.13 | 12.00 | 4.91 | 9.73 | 2.25 | 95.95 | | |
| 1983年度 | 10.48 | 57.53 | 12.35 | 4.79 | 8.22 | 2.56 | 95.93 | | |
| 1984年 1月 | 10.2 | 56.4 | 12.4 | 4.9 | 5.8 | 3.0 | 92.7 | | |
| 2月 | 10.2 | 59.0 | 12.1 | 4.5 | 6.8 | 2.8 | 95.4 | | |
| 3月 | 9.5 | 58.4 | 13.0 | 4.8 | 7.4 | 2.1 | 95.2 | | |
| 4月 | 9.0 | 58.8 | 12.4 | 4.3 | 7.6 | 2.5 | 94.6 | | |
| 5月 | 10.5 | 56.8 | 12.2 | 4.7 | 8.2 | 2.4 | 94.8 | | |
| 6月 | 11.0 | 56.7 | 11.9 | 4.9 | 8.3 | 2.8 | 95.6 | | |
| 7月 | 10.3 | 57.5 | 12.7 | 4.7 | 8.7 | 3.0 | 96.9 | | |
| 8月 | 10.0 | 56.8 | 12.8 | 4.6 | 8.6 | 2.7 | 95.5 | | |
| 9月 | 10.6 | 56.8 | 12.4 | 4.6 | 7.6 | 3.4 | 95.4 | | |
| 10月 | 10.3 | 57.2 | 12.6 | 4.8 | 7.6 | 3.2 | 95.7 | | |
| 11月 | 10.2 | 58.4 | 12.2 | 4.8 | 8.8 | 2.8 | 97.2 | | |
| 12月 | 10.9 | 56.6 | 12.3 | 4.9 | 8.7 | 2.9 | 96.3 | | |
| 1984年平均値 | 10.22 | 57.45 | 12.42 | 4.71 | 7.84 | 2.80 | 95.44 | | |
| 1984年標準偏差 | 0.553 | 0.941 | 0.313 | 0.183 | 0.901 | 0.352 | — | | |
| 特別試験 | 9.7 | 58.4 | 12.9 | 4.4 | 8.1 | 1.9 | 95.4 | | 日本での分析 (1984年12月) |

表Ⅲ-8 鉄粉の品位推移状況

| 年 月 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | 備 考 | |
|-----------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------------|----------------------|
| | lg.loss | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | total | | |
| 1981年度 | — | 27.60 | 9.01 | 49.59 | 3.15 | 2.18 | 91.53 | 耀泉セメント工場分析値 | |
| 1982年度 | — | 28.70 | 10.41 | 43.69 | 3.39 | 3.62 | 89.81 | | |
| 1983年度 | — | 26.59 | 8.84 | 48.09 | 3.15 | 4.97 | 91.64 | | |
| 1984年 1月 | — | 32.8 | 9.3 | 48.0 | 2.9 | 1.9 | 94.9 | | |
| 2月 | — | 27.5 | 8.6 | 50.0 | 3.2 | 1.9 | 91.2 | | |
| 3月 | — | 30.0 | 15.9 | 43.5 | 2.7 | 1.5 | 93.6 | | |
| 4月 | — | 23.3 | 6.3 | 57.5 | 2.9 | 2.1 | 92.1 | | |
| 5月 | — | 33.3 | 12.5 | 45.7 | 2.9 | 0.9 | 95.3 | | |
| 6月 | — | 22.7 | 6.9 | 61.2 | 2.9 | 1.3 | 95.0 | | |
| 7月 | — | 22.9 | 6.4 | 60.5 | 3.0 | 1.8 | 94.6 | | |
| 8月 | — | 28.4 | 9.3 | 51.4 | 4.3 | 1.7 | 95.1 | | |
| 9月 | — | 30.9 | 9.8 | 49.6 | 2.7 | 1.9 | 94.7 | | |
| 10月 | — | 35.7 | 16.2 | 30.8 | 3.2 | 1.9 | 88.0 | | |
| 11月 | — | 32.2 | 5.4 | 49.4 | 4.1 | 2.1 | 91.2 | | |
| 12月 | — | 32.7 | 15.8 | 39.0 | 4.1 | 1.2 | 92.8 | | |
| 1984年平均値 | — | 29.37 | 10.20 | 48.88 | 3.24 | 1.68 | 93.37 | | |
| 1984年標準偏差 | — | 4.459 | 3.966 | 8.706 | 0.581 | 0.379 | — | | |
| 特別試験 | 7.3 | 17.1 | 16.7 | 39.3 | 3.2 | 1.1 | 84.7 | | 日本での分析 (1985年 3月) |

(iii) ダスト管理の状況とその問題点

ダストの品位は表Ⅲ-9に示す通りである。セメント原料は粉末物であるから純湿式法のようにスラリーで送入するものでもキルン内を通過中、乾燥帯における水分の蒸発又はCaCO₃の分解により細かくなり、ダストを発生する。これをキルンに循環させるために原料成分の変化ひいてはクリンカー成分の変化を来すことになる。ダストの品位は表Ⅲ-9に示すようにほとんど一定である。したがってダストの管理を正しく行うには発生した窯に、発生量に応じてダストを循環させてやることでクリンカーの品位は安定してくるものと思う。

表Ⅲ-9 ダストの品位推移状況

| 年 月 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | | 備 考 |
|--------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----------------|-------|----------------------|
| | lg. loss | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | Total | |
| 1981年度 | 24.2 | 16.0 | 3.9 | 3.3 | 44.1 | 1.6 | 3.3 | 96.4 | 耀県セメント工場分析値 |
| 1982年度 | 25.6 | 15.1 | 4.2 | 3.1 | 45.2 | 1.4 | 2.8 | 97.4 | |
| 1983年度 | 24.4 | 16.0 | 4.2 | 3.0 | 45.0 | 1.7 | 3.0 | 97.3 | |
| 1984年度 | 24.4 | 17.0 | 4.6 | 3.0 | 43.5 | 1.4 | 2.9 | 96.8 | |
| 特別試験 | 25.3 | 15.5 | 5.3 | 2.6 | 44.3 | 1.3 | 3.3 | 97.6 | 日本での分析 (1985年 3月) |

(IV) 石炭の品位の現状と問題点

クリンカー品位のばらつきのもう一つの主因は石炭にあると思われる。石炭の品位は微粉炭（吹込炭）での工業分析結果として表Ⅲ-10に示した。又、同時に石炭の灰の化学分析結果を表Ⅲ-11に示す。まず、表Ⅲ-10より微粉炭の発熱量の1983年度の標準偏差が203.7 Kcal/kg、1984年のそれが212Kcal/kgと非常にばらついていることがわかる。

表Ⅲ-10 微粉炭の品位推移状況

| 年 月 | 工業分析 (%) | | | | 発熱量 (低位) (Kcal/kg) | 細度 (88 μ mR) (%) | 備 考 |
|----------|----------|-------|-------|-------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| | 水分 | 灰分 | 揮発分 | 固定炭素 | | | |
| 1983年度平均 | 11.91 | 20.33 | 33.93 | 42.63 | 5312 | 10.53 | 糶県セメント工場 分析値 |
| “ 標準偏差 | 0.693 | 10.33 | 0.244 | 0.909 | 203.7 | 1.173 | |
| 1984年 1月 | 11.3 | 20.3 | 32.3 | 43.5 | 5316 | 8.6 | |
| 2月 | 10.8 | 20.1 | 31.9 | 45.2 | 5555 | 10.0 | |
| 3月 | 11.0 | 19.9 | 32.6 | 44.3 | 5468 | 11.1 | |
| 4月 | 11.7 | 21.6 | 33.5 | 41.9 | 5163 | 10.4 | |
| 5月 | 11.6 | 21.1 | 34.3 | 41.6 | 4973 | 9.9 | |
| 6月 | 11.9 | 21.4 | 33.7 | 40.7 | 4987 | 9.0 | |
| 7月 | 10.7 | 20.2 | 31.9 | 44.7 | 5249 | 8.4 | |
| 8月 | 11.6 | 20.3 | 33.1 | 43.6 | 4903 | 9.0 | |
| 9月 | 12.7 | 21.0 | 32.8 | 42.7 | 5053 | 11.1 | |
| 10月 | 12.3 | 21.3 | 33.0 | 42.4 | 5333 | 10.2 | |
| 11月 | 12.2 | 22.9 | 32.0 | 41.2 | 5056 | 9.5 | |
| 12月 | 12.5 | 22.4 | 33.4 | 40.4 | 4989 | 12.3 | |
| 1984年平均 | 11.69 | 21.04 | 32.88 | 42.68 | 5170 | 9.96 | |
| “ 標準偏差 | 0.658 | 0.944 | 0.770 | 1.588 | 212.0 | 1.155 | |

日本での経験から言ってこの数値は倍近いところにあると思う。表からでは短期的なばらつきはわからないが、表Ⅱ-28に示すように 1985年3月6日~3月9日までの1日混合品の発熱量は5880~6070Kcal/kgにあり、その変動はゆっくり起しているものの、4日間で約 200Kcal/kg変っているのは問題がある。石炭の品位変動がクリンカー品位に影響を及ぼす程度を知るには石炭の発熱量、灰分量、灰の化学成分の3因子の関係をj知ることにある。このうち灰の化学成分は表Ⅲ-11に示すようにそれほど変動はしていないと思われるので、残りの2因子の関係を検討すればよい。極く大雑把にみて石炭の発熱量と灰分は負相関にある。しかもキルンの熱量は一定に保持しなければならないので石炭の発熱量が例えば低い場合、その使用量は増加し、灰の量も当然増加する。この場合、石炭の発熱量が低いので、その分石炭中の灰分は多く存在し、結局のところ、石炭の発熱量の変動はクリンカー

中に入る灰の量を3倍にも4倍にも影響を与えることになる。灰が変動すればその分、クリンカーの諸率が変動し、品質に大きな影響を与えることになるわけであるので石炭の管理は非常に重要になってくる。

現在、本セメント工場では銅川鉱から主に入荷し、80以上の小さい炭鉱からも入荷しており、これらの混炭は中央貯蔵庫のクレーン混合で対応している。又、石炭粉碎機、輸送機等で自然混合されて行くと思うが、上記に示したように石炭の管理は非常に重要であるので、今後はキルン別に石炭の発熱量に差異がないかどうか、或いは短期的に見て石炭の発熱量の変動を把握する特別の試験をし、その結果によって対策をとる必要があると思う。

表Ⅲ-11 石炭灰の品位推移状況

| 年 月 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | 備 考 |
|----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| | SiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | CaO | MgO | SO3 | total | |
| 1983年平均 | 51.21 | 23.34 | 8.71 | 8.56 | 1.64 | 3.49 | 96.95 | 輝県セメント 工場分析値 |
| 〃 標準偏差 | 1.682 | 0.544 | 0.479 | 1.050 | 0.282 | 0.568 | - | |
| 1984年 1月 | 49.7 | 24.4 | 8.5 | 8.0 | 1.8 | 3.8 | 96.2 | |
| 2月 | 52.1 | 23.4 | 7.7 | 9.2 | 1.4 | 3.6 | 97.4 | |
| 3月 | 48.5 | 21.7 | 7.7 | 10.9 | 1.4 | 4.8 | 95.0 | |
| 4月 | 48.8 | 24.1 | 11.5 | 7.8 | 1.2 | 3.2 | 96.6 | |
| 5月 | 52.5 | 23.4 | 9.3 | 7.2 | 1.6 | 2.5 | 96.5 | |
| 6月 | 51.8 | 24.0 | 7.6 | 7.9 | 1.6 | 2.4 | 95.3 | |
| 7月 | 50.4 | 25.1 | 6.7 | 10.6 | 2.4 | 2.5 | 97.7 | |
| 8月 | 50.7 | 25.0 | 7.1 | 8.9 | 1.3 | 2.6 | 95.6 | |
| 9月 | 51.2 | 24.7 | 7.2 | 9.3 | 1.4 | 2.9 | 96.7 | |
| 10月 | 51.1 | 23.4 | 9.0 | 8.6 | 1.1 | 4.3 | 97.5 | |
| 11月 | 52.4 | 26.1 | 8.3 | 6.6 | 1.2 | 2.6 | 97.2 | |
| 12月 | 52.8 | 26.6 | 6.9 | 7.1 | 1.3 | 2.8 | 97.5 | |
| 1984年平均 | 51.00 | 24.32 | 8.12 | 8.51 | 1.48 | 3.17 | 96.60 | |
| 〃 標準偏差 | 1.433 | 1.319 | 1.341 | 1.343 | 0.352 | 0.790 | - | |

(V) 石膏ならびに混合材の品位の現状と問題点

仕上工程で使用している石膏，混合材の品位推移状況は表Ⅲ-12及び表Ⅲ-13に示す通りである。

表Ⅲ-12 石膏の品位推移状況

| 年 月 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | | 備 考 |
|-----------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-----------------|
| | lg. loss | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | total | |
| 1983年平均 | 18.84 | 2.51 | 0.15 | 0.09 | 32.13 | 1.44 | 43.14 | 98.30 | 耀県セメント工場 分析値 |
| 1983年標準偏差 | 1.972 | 1.241 | 0.225 | 0.096 | 0.868 | 0.487 | 2.431 | — | |
| 1984年 1月 | 18.4 | 2.7 | 0.1 | 0.2 | 32.2 | 2.0 | 39.5 | 95.1 | |
| 2月 | 20.0 | 1.1 | 0.2 | 0.1 | 32.2 | 1.6 | 42.5 | 97.7 | |
| 3月 | 19.1 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 31.7 | 1.8 | 40.7 | 95.9 | |
| 4月 | 17.7 | 2.0 | 0.2 | 0.1 | 32.6 | 2.1 | 41.0 | 95.7 | |
| 5月 | 19.0 | 3.8 | 0.1 | 0.1 | 32.0 | 1.7 | 41.7 | 98.4 | |
| 6月 | 21.6 | 2.2 | 0.2 | 0.1 | 32.0 | 1.6 | 40.6 | 98.3 | |
| 7月 | 22.0 | 2.6 | 0.2 | 0.1 | 31.9 | 1.7 | 40.3 | 98.8 | |
| 8月 | 20.3 | 1.6 | 0.0 | 0.1 | 32.2 | 1.8 | 42.5 | 98.5 | |
| 9月 | 16.7 | 3.2 | 0.1 | 0.1 | 32.2 | 1.6 | 41.5 | 95.4 | |
| 10月 | 22.0 | 3.3 | 0.2 | 0.1 | 31.9 | 2.4 | 40.0 | 99.9 | |
| 11月 | 21.7 | 2.8 | 0.2 | 0.3 | 31.9 | 2.4 | 39.9 | 99.2 | |
| 12月 | 17.6 | 4.7 | 0.1 | 0.1 | 31.5 | 1.7 | 41.4 | 97.1 | |
| 1984年平均値 | 19.68 | 2.72 | 0.13 | 0.12 | 32.02 | 1.87 | 40.97 | 97.51 | |
| 1984年標準偏差 | 1.873 | 0.970 | 0.078 | 0.072 | 0.283 | 0.293 | 0.981 | — | |

表Ⅲ-13 混合材の品位推移状況

| 年 月 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | | 備 考 |
|-----------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-----------------|
| | ig. loss | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | total | |
| 1983年平均 | 15.98 | 36.50 | 15.95 | 7.91 | 11.59 | 1.72 | 8.33 | 97.98 | 耀県セメント工場 分析値 |
| 1983年標準偏差 | 2.349 | 3.864 | 1.917 | 1.216 | 2.852 | 0.755 | 1.346 | — | |
| 1984年 1月 | 19.9 | 31.8 | 15.6 | 7.9 | 13.6 | 1.8 | 7.2 | 97.8 | |
| 2月 | 16.6 | 28.2 | 15.9 | 8.6 | 12.2 | 1.2 | 14.6 | 97.3 | |
| 3月 | 16.5 | 29.6 | 14.7 | 7.3 | 17.6 | 1.0 | 10.3 | 97.0 | |
| 4月 | 18.0 | 24.4 | 12.3 | 10.9 | 18.1 | 1.3 | 12.2 | 97.2 | |
| 5月 | 19.5 | 24.6 | 13.2 | 6.4 | 21.6 | 1.6 | 11.1 | 98.0 | |
| 6月 | 13.1 | 34.1 | 20.7 | 7.9 | 15.0 | 1.3 | 7.1 | 99.2 | |
| 7月 | 11.1 | 35.4 | 20.3 | 8.4 | 15.3 | 1.5 | 7.2 | 99.2 | |
| 8月 | 12.3 | 31.7 | 20.5 | 6.7 | 17.9 | 1.3 | 4.5 | 94.9 | |
| 9月 | 18.9 | 29.6 | 15.0 | 7.9 | 15.0 | 1.3 | 10.1 | 97.8 | |
| 10月 | 7.7 | 40.1 | 23.4 | 9.4 | 13.4 | 0.8 | 3.0 | 97.8 | |
| 11月 | 15.5 | 26.4 | 12.8 | 8.8 | 24.6 | 1.6 | 7.4 | 97.1 | |
| 12月 | 4.1 | 38.1 | 24.3 | 9.9 | 14.0 | 0.9 | 6.2 | 97.5 | |
| 1984年平均値 | 14.43 | 31.17 | 17.39 | 8.34 | 16.52 | 1.30 | 8.41 | 97.56 | |
| 1984年標準偏差 | 4.935 | 5.049 | 4.220 | 1.297 | 3.644 | 0.298 | 3.323 | — | |

石膏の品位はSO₃ 分含有量で大体判断がつくものであり、1983年度43.14%、1984年度40.97%であった。1984年に入って若干SO₃ が低下しているが特に問題はないと思う。

一方、混合材はセメントに対し11~12% 添加している。この混合材は炭鉱の炭層の近くにある石で、発熱量が少ないと聞いていたが、表Ⅲ-12によるとig.loss が1983年度15.98%、1984年度14.43%示しており、日本でいうボタ（頁岩）と同一かあるいはこれ以上の発熱量をもっている可能性があると思う。しかもこのig.loss の大部分は炭素分（カーボン）と思うが、これをセメントに入れるのはコンクリート施工上経済的でない。（コンクリートのA E剤、減水剤が混合材中のカーボンに吸着されるため、A E剤等の使用量を増加させることになり、費用が高くなる）。さらに、混合材中のSO₃ が1983年度 8.33%、1984年度 8.41%とかなり多く含まれている。このため、本工場ではセメント中のSO₃ を 2.4 ± 0.4% と高目に設定しているが、石膏混入率は相対的に低くなる。石膏は粉砕助剤としての働きがあるので、この面で粉砕効率の低下を招くことは否めないことである。

以上の点によりこの混合材は余り使用しないほうが良いと思う。他の混合材例えば、石灰石、高炉水滓、フライアッシュなど炭素分、SO₃ が少なくて潜在活性の強いものを使用した方が良いと思われる。

(e) クリンカーならびにセメントの品位の現状

クリンカーの化学成分、物理試験、セメントの物理試験結果は表Ⅲ-14及び表Ⅲ-15に示す通りである。

表Ⅲ-14 クリンカーの品質

(化学成分, 鉱物組成)

| 年 度 | 化 学 成 分 (%) | | | | | 諸 率 | | | | | 鉱物組成 (%) | | | |
|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-------|-------|------|------|------|----------|-----|-----|------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | f-CaO | KSk | HM | SM | IM | C3S | C2S | C3A | C4AF |
| 1981年度 | 20.7 | 5.6 | 4.8 | 65.0 | 2.0 | 1.4 | 0.897 | 2.08 | 1.92 | 1.22 | 54 | 18 | 7 | 15 |
| 1982年度 | 20.8 | 5.9 | 4.7 | 65.0 | 2.0 | 1.5 | 0.886 | 2.06 | 1.97 | 1.25 | 52 | 20 | 8 | 14 |
| 1983年度 | 21.0 | 5.8 | 4.5 | 65.0 | 2.1 | 1.4 | 0.883 | 2.06 | 2.04 | 1.28 | 51 | 21 | 8 | 14 |
| 1984年度 | 21.1 | 5.9 | 4.5 | 65.1 | 1.9 | 1.4 | 0.880 | 2.06 | 2.02 | 1.32 | 52 | 22 | 8 | 14 |

(物理試験)

| 年 度 | 容 重 (kg/ℓ) | 比表面積 (cm ² /g) | 凝 結 | | | 安定性 | 曲げ強さ (kgf/cm ²) | | | | 称号 | | |
|--------|---------------|------------------------------|------------|--------------|--------------|-----|-----------------------------|------|------|-----|-----|-----|------|
| | | | 水 量 (%) | 始 発 (h-m) | 終 結 (h-m) | | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 3 日 | | 7 日 | 28 日 |
| 1981年度 | 1.415 | 3.015 | - | - | - | 合 格 | 60.3 | 71.1 | 81.8 | 312 | 444 | 551 | 551 |
| 1982年度 | 1.425 | 3.030 | 23.27 | 1-29 | 2-23 | " | 62.2 | 72.3 | 83.8 | 322 | 470 | 604 | 604 |
| 1983年度 | 1.430 | 3.020 | 23.71 | 1-39 | 2-35 | " | 62.6 | 73.1 | 83.5 | 348 | 510 | 642 | 642 |
| 1984年度 | 1.440 | 3.030 | 23.98 | 1-47 | 2-49 | " | 60.1 | 70.8 | 82.1 | 332 | 493 | 634 | 634 |

表Ⅲ-15 セメントの品質

(普通セメント, 525号)

| 年 度 | 細 度 (88μmR) (%) | 比表面積 (cm ² /g) | S03 (%) | 混合材 (%) | 安定性 | | | | 曲げ強さ (kgf/cm ²) | | | |
|--------|-----------------------|------------------------------|------------|------------|-----|------|------|------|-----------------------------|-----|------|-----|
| | | | | | 合 格 | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 3 日 | 7 日 | 28 日 | 3 日 |
| 1981年度 | 3.3 | 3.260 | 2.3 | 10.0 | 合 格 | 65.7 | 76.1 | 88.7 | 360 | 462 | 571 | 571 |
| 1982年度 | 3.5 | 3.660 | 2.2 | 11.4 | " | 65.8 | 76.3 | 87.7 | 364 | 487 | 609 | 609 |
| 1983年度 | 3.8 | 3.770 | 2.4 | 11.1 | " | 65.7 | 76.6 | 88.1 | 379 | 496 | 606 | 606 |
| 1984年度 | 5.7 | 3.740 | 2.5 | 11.5 | " | 64.1 | 75.6 | 88.0 | 377 | 490 | 599 | 599 |

(普通セメント, 425号)

| 年 度 | 細 度 (88 μ mR) (%) | 比表面積 (cm ² /g) | SO ₃ (%) | 混合材 (%) | 安定性 | 曲げ強さ (Kgf/cm ²) | | | 圧縮強さ (Kgf/cm ²) | | |
|--------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|------------|-----|-----------------------------|------|------|-----------------------------|-----|-----|
| | | | | | | 3日 | 7日 | 28日 | 3日 | 7日 | 28日 |
| 1981年度 | 6.6 | 2.857 | 2.1 | 13.5 | - | 59.1 | 70.7 | 83.9 | 292 | 406 | 510 |
| 1982年度 | 7.1 | 3.090 | 2.1 | 13.4 | - | 59.4 | 70.8 | 83.5 | 296 | 414 | 530 |
| 1983年度 | 8.0 | 3.270 | 2.2 | 13.4 | - | 59.3 | 70.8 | 83.1 | 314 | 431 | 538 |
| 1984年度 | 9.8 | 3.150 | 2.1 | 13.7 | - | 58.0 | 70.3 | 82.8 | 310 | 424 | 532 |

(75℃油井セメント)

| 年 度 | 細 度 (88 μ mR) (%) | 比表面積 (cm ² /g) | SO ₃ (%) | 混合材 (%) | 安定性 | 曲げ強さ (Kgf/cm ²) | | | 圧縮強さ (Kgf/cm ²) | | |
|--------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|------------|-----|-----------------------------|----|-----|-----------------------------|-----|-----|
| | | | | | | 3日 | 7日 | 28日 | 3日 | 7日 | 28日 |
| 1981年度 | 5.6 | 2.760 | 2.2 | 5.0 | - | 62 | 74 | 87 | 319 | 427 | 530 |
| 1982年度 | 5.1 | 2.880 | 2.3 | 5.8 | - | 62 | 73 | 87 | 315 | 441 | 565 |
| 1983年度 | 6.0 | 3.240 | 2.4 | 7.3 | - | 63 | 73 | 88 | 356 | 477 | 592 |
| 1984年度 | 7.5 | 3.250 | 2.4 | 8.8 | - | 63 | 75 | 87 | 357 | 471 | 581 |

(d) 試験の精度、試験機器の保守状況と問題点

本セメント工場の試験の精度、試験機器の保守状況についてふれてみる。中国でも日本のOC（日本では毎年10月に日本セメント協会が日本全国のセメント会社、セメント関係試験機関に同一試料を配布し、一斉に物理試験、化学分析を実施し、得られた値からそれぞれの試験所の精度を比較する制度がある。）と同じようなことを1983年度から実施しており、1984年度の結果は表Ⅲ-16に示す通りになっている。この表からは、本工場の値に問題のある数値はないと考えてよい（比率で比較した場合、かなり数値の大きいものがあるが、元の数値そのものは基本的に間違っているとは思われない。）。

表Ⅲ-16 耀県セメント工場の試験結果
 (中国セメント品質管理試験, 1985年2月, 試験所数62)

(物理試験)

| 項目 | 比重 (-) | 細度 | | 凝結 | | | 曲げ強さ (Kgf/cm ²) | | | | 圧縮強さ (Kgf/cm ²) | | | 備考 |
|--------|---------------|------------------------------|--------------|----------------|---------------|---------------|-----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------------------------|--------------|------------------|----|
| | | 比表面積 (cm ² /g) | 細度 (%) | 水量 (%) | 始発 (h-m) | 終結 (h-m) | 3日 | 7日 | 28日 | 3日 | 7日 | 28日 | | |
| 中国全国平均 | 3.16 (100) | 3.640 (100) | 4.8 (100) | 23.75 (100) | 2-00 (100) | 3-00 (100) | 57 (100) | 69 (100) | 83 (100) | 299 (100) | 439 (100) | 596 (100) | ()は全国 平均を100 | |
| 耀 県 | 3.17 (100) | 3.640 (100) | 5.4 (112) | 23.40 (99) | 1-51 (92) | 3-11 (106) | 59 (104) | 67 (97) | 82 (99) | 306 (102) | 438 (100) | 589 (99) | とした場合 の比 | |

(化学分析)

| 項目 | 化 学 成 分 (%) | | | | | | | | | |
|--------|-----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|
| | ig. loss | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | K ₂ O | Na ₂ O | TiO ₂ |
| 中国全国平均 | 1.13 (100) | 20.48 (100) | 4.92 (100) | 4.14 (100) | 63.74 (100) | 2.51 (100) | 2.10 (100) | 0.40 (100) | 0.13 (100) | 0.24 (100) |
| 耀 県 | 1.22 (108.0) | 20.28 (100.3) | 5.05 (102.6) | 4.15 (100.2) | 63.74 (100.0) | 2.47 (98.4) | 1.95 (92.9) | 0.38 (95.0) | 0.18 (138.5) | 0.23 (95.8) |

物理試験用の圧縮強度試験機、及び化学天秤は1年に1回銅川市計量局で検定してもらっており、異常があれば西安の天秤メーカー、製造メーカーなどで直してもらるか、部品を買って修理している。

ビュレット、ピペット等は均一な径をしていなくて問題がありそうだが、これについての検定方法は既に確立されているので、その方法の1例を添付資料1-1に付加しておく。

(2) 生産工程における品質管理

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

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

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

2.4 設備保全

(1) 機械設備保全

| 現 状 分 析 | 問 題 点 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • キルン定期休転について キルンの定期休転計画は下記の様な予定が基本となっている。 定期休転計画 小休転30日毎に 1日 中休転 3ヶ月毎に約 8日 大休転 4～ 5年毎に30日～40日 | <ul style="list-style-type: none"> • 運転周期が30日で非常に短いことは次の様な問題点を生じる。 <ul style="list-style-type: none"> ① 火止、火入減産等の増大 ② 運転開始当初の機械の安定化までの不都合（例 軸受の油膜形成不良） ③ 機械の止め回しによる回転部の馴じみの変化（例 軸受、歯車等の当り面の変化） ④ 運転状態と休転状態の機械の環境変化による機械の状態変化（例 含塵ガス処理送風機のダスト付着量の変化、高温用金物の材質劣化） • 次に休転期間が短いことによる設備補修保全の不備も大きな問題である。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 休転補修内容について <ul style="list-style-type: none"> ① キルン耐火煉瓦、チェーン、粉碎機の媒体、裏板等の副原料の取替、入増 ② 窯尻送風機、石炭粉碎機用送風機の軸受取替（1回／年）及びローターの取替（2回／年） | <ul style="list-style-type: none"> • 送風機の軸受、ローターの取替周期が非常に短いことはそれ自体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"> ① 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。 ② 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。 ③ 送風機箱解体による箱の変形による運転中の回転物との接触及洩入空気部の増大の可能性。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 突発故障について 1984年キルン関係の故障については、故障回数26回、休転時間378 時間であった。 | <ul style="list-style-type: none"> • キルン 1基当たり平均回数 6.5回、平均休転時間94.5時間であり、キルン定期休転に対して、回数で60%、休転時間の10%に達し非常に多い。 |

| 現 状 分 析 | 問 題 点 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 突発故障内容 キルン胴体赤熱、窯尻送風機の折損、軸受焼付、キルン駆動用減速機軸受焼付等であった。 | <ul style="list-style-type: none"> • 突発故障の原因としては、操作不良運転監視不足もあろうが、一番の問題点は定期休転時の点検補修不備である。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 補修体制について 1日24時間の3交代制で1班7～8人編成で行なっている。 | <ul style="list-style-type: none"> • 主流は日中に作業を行なっているが、夜間作業に於て特に冬期の屋外作業の防寒対策、照明設備の不備の問題がある。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 予備品管理について 工場内予備品置場には煉瓦、媒体等の副原料とは別にキルン、タイヤ、ローラー及びガスギヤーが置いてあった。 | <ul style="list-style-type: none"> • キルン、タイヤ、ローラー及びガスギヤーの保管は風雨にさらされて防錆対策を施していないので、緊急時の使用に対処出来ない。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 運転中の設備保全について <ul style="list-style-type: none"> ① 温度計、振動計等の機械の運転状態を監視する計器が無い機械が多く、又、計器があっても壊れたままのものもかなりある。 ② 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。 ③ 運転中の機械の給脂周期あるいは、機械の異常時の対応について明確な作業標準はない。 | <ul style="list-style-type: none"> • 効果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、それより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。 |

(2) 電気計装設備保全

現状分析と問題点

電気・計装の設備の保全は、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、有ってはならないものである。

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

現状は、電気関係については、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、臨時点検等の記録が明示されていない。電気機器(電動機、開閉機等)の修理が行なわれておらず、現状に放置されたままであり、充電部が露出した機器もあり、運転に影響を与えている。

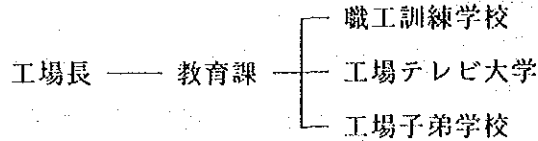
計装関係については、故障計器の放置、仮取付、未修理が目立って多く、キルンの安定運転、品質の均一化、及び燃料原単位の節減に影響を与える。

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) 新入生の導入教育。 3～4ヶ月間
- (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2年間行なう。
- (c) 中等専門学校教育
初等中学を卒業した者を対象とし、技術教育を6ヶ月行う。
- (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、研究所等の外部機関の教育への派遣制度で、国、省の選抜テストに合格しないと参加出来ない。
- (f) 子弟学校
従業員の子弟の教育機関で小学校から高等学校教育迄行なっている。

問題点

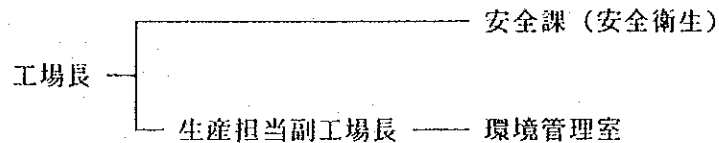
- (1) 新入社員導入教育、初等中学校教育、中等専門学校教育等、従業員の最低水準を上げるための教育と一部能力のある者の教育は行われているが、大多数の上記以外の従業員の研修制度がない。
- (2) 自発的研修制度を含む研修制度があるが不完全である。

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

夫々下記の組織が担当している。



(2) 安全管理の現況

(a) 安全教育

新入生の安全教育は導入教育の中で約半月行なわれる。この他、各職能に応じて安全教育が行われ、教育の修了した者が約 1,100人に達している。特殊業務の作業者は、年 1～ 2回テストが行われる。

(b) 安全会議

月 1回工場単位及び各現場で開かれる。

(c) 事故の発生状況

死亡は殆んどなく、重傷は 2～ 3年に 1件、軽傷は年間20～30件程度で、発生率はほぼ標準的数字である。

(d) 設備の安全巡視

年 4回工場の上級管理者、安全課、技術課担当者により、現場巡視を行い、不安全箇所を指摘する。指摘された設備は、一旦運転を停止し防止対策を行った後、運転を再開する。

(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 6名いる。

(c) 従業員の疾病による休業率は 1～ 2%である。

(d) 粉塵の多い職場での作業ではマスクの使用を義務づけしている。

(e) 工場に付属した病院がある。

(4) 環境管理の現況

(a) 国の排出規制は煤塵、粉塵、硫黄酸化物、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、粉塵のみで、省政府の立入調査が行われている。

- (b) キルンの煙突については、排出基準を超過しているため、罰金を課せられている。
- (c) キルンの煙突については、電気集塵器が殆んど稼動していないため、煤煙量は非常に多いが、セメントの供給が不足しているため操業停止命令は出されていない。

問題点

- (1) 安全衛生、環境管理共夫々立派な管理基準がありながら、これが下部まで浸透していない様である。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 現在問題として取り上げられていない硫黄酸化物、窒素酸化物、排水、騒音等については、現状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いわれている。

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、セメント消費量は人口1人当たり年間100觔弱であり、先進国の数分の1しかない。

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5,000以上の小規模工場があり、生産量は小規模工場の方が多いいわれており、小規模工場の製品の品質は、大、中規模工場のものに比して低い。

大中規模工場についても、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。

このような状況下で、耀県セメント工場は1959年に完成した工場であり、湿式製造法を採用している工場としては、大型の工場の一つであるため、既存工場の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。耀県工場の場合、原料面の制約がないため、熱消費量の多い湿式製造法により、最新の乾式製造法に転換するのが、長期的には有利と考えられる。

一方、既存工場の改造であるため、既存設備の改造工事のための休止期間を短縮すること、既存設備を有効に利用すること、投資を少なくするという課題を勘案し、湿式製造法のままでの近代化計画と乾式転換による近代化計画の2案を検討すること希望している。各案の具体的近代化目標は下記の通りである。

(i) 湿式のままでの近代化

(a) 熱消費量の低減

現状クリンカー1觔を製造するため1,550Kcal消費しているが、これを、1,250Kcal低減させる。

(b) 計測、制御システムの自動化

(c) 製造環境の改善

(d) 生産管理の改善

(2) 乾式転換による近代化

既存の設備を有効利用し、原料粉碎機、キルン等を改造転用し、1980年代前半の国際水準の設備に改造する。

3

問題点の概要

- (1) 湿式製造法での近代化は、当面の改善策とはなるが、投資金額に比して投資効果が少いので国際的に原料に制約がある場合を除き、熱消費量が多いため、乾式製造法を採用するのが一般的である。
- (2) セメントの需要はあっても、原燃料の輸送に問題があり、大巾な工場の能力増加は出来ない。
- (3) 既存設備の改造工事のための操業休止を短くするためには、原料、焼成関係の設備を新設し、其の後漸次既存設備を改造して行く方法が一般的であるが、この方法は設備改造の範囲を越えるので、考えられない。

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

前述迄に述べた様な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、同様の製品を製造することを前提として第IV章に前述の耀県工場の改造目標を達成するための近代化計画の内容を湿式のままでの近代化、乾式転換による近代化、生産管理の改善について以下の通り提案する。

近代化計画の内容を決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、投資金額を安くすることを勘案した。

1.1 湿式のままでの近代化

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 の 内 容 |
|----------------|---|
| (1) 熱消費量の低減 | (a) 電気集塵器の改造 (b) クリンカー冷却機の改造 (c) キルン耐火材の整備 (d) 燃焼器の改造 (e) 熱交換チェーンの増設 (f) 送原料水分の減少 (g) 各種計量機の改造 (h) キルンダスト輸送設備の改造 |
| (2) 電気・計装設備の改善 | (a) 受配電設備、電気設備、電動機の一部更新 (b) 計測設備、制御回路の新設 (c) 総括制御設備の更新 |
| (3) 製造環境の整備 | (a) キルン排気用電気集塵器の改造 (b) 4号クリンカー冷却機排気用電気集塵器の新設 (c) 貯蔵庫、クリンカー輸送機の集塵設備の新設 |

尚、上記の熱消費量の低減に伴い、キルンの生産量を増加することが可能であり、この増加量に対応して原料、仕上粉碎機の設備の改造を行い、工場の生産量を増加することを提案する。

改造後のキルン生産能力としては、キルン焼成帯の熱負荷とクリンカー冷却機改造による有効内容積の減少を勘案し、下記の値が期待される。

| キルン | 現状 (t/h) | 改造後 (t/h) |
|-----|----------|-----------|
| 1 号 | 26.5 | 30.0 |
| 2 号 | 26.5 | 30.0 |
| 3 号 | 26.5 | 30.0 |
| 4 号 | 25.0 | 31.0 |
| 合 計 | 104.5 | 121.0 |

従って、工場のセメント生産能力は、混合材による増量を勘案し、日産 3,511 屯とし、年産能力としては、定期休転期間に充分に設備の保全を行うことを前提に 105 万屯に設定すべきである。

近代化後の配置図を図 V-1 物質勘定図を図 V-2 に示す。以下に夫々の考え方を示し、6項に設備の改造内容を示す。

(a) 熱消費の現状

第 II 章 4.2 (9) の表 II-26 キルンの熱勘定表に示した様に現状の熱消費は 3 号キルン、1.610Kcal/kgcl、4 号キルン 1.550Kcal/kgcl と見込まれる。

次に 1, 2 号キルンの熱消費の現状を推定する。1, 2 号キルンの窯尻排瓦斯温度 210℃、3 号キルン、4 号キルンの排瓦斯温度は各々 170℃、240℃である。一方 3 号キルン、4 号キルンの窯尻温度に関する出熱を比較すると

| | | 3 号キルン | 4 号キルン |
|-----------|-----------|--------|--------|
| キルン排瓦斯顕熱 | Kcal/kgcl | 190.4 | 268.9 |
| ダストの入出顕熱差 | Kcal/kgcl | 6.5 | 10.9 |
| 計 | Kcal/kgcl | 196.9 | 279.8 |

従って1, 2号キルン熱消費 = 3号キルン熱消費 + 排瓦斯温度差による出熱増

$$\begin{aligned}
 &= 1.610 + (279.8 - 196.9) \times \frac{210 - 170}{240 - 170} \\
 &= 1.610 + 47.4 \\
 &= 1.660 \text{Kcal/kgcl}
 \end{aligned}$$

(b) 熱消費低減目標

近代化計画実施後の熱消費の目標は1250Kcal/kgclであるから、各キルンの熱消費低減目標は下記の如くになり、非常に高い低減目標である。

(単位：kcal/kgcl)

| | 現状熱消費 | 近代化後の熱消費 | 熱消費低減目標 |
|----------|-------|----------|---------|
| 1, 2号キルン | 1.660 | 1.250 | 410 |
| 3号キルン | 1.610 | 1.250 | 360 |
| 4号キルン | 1.550 | 1.250 | 300 |
| 平均 | 1.620 | 1.250 | 370 |

(c) 熱消費低減対策及び効果

測定結果及び工場の現状を分析検討の結果、熱消費量低減に効果ある主要項目を列挙すると下記の如くなる。

- 電気集塵器の改造 - 飛散ダスト回収による熱損失量低減
- 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
- キルン耐火材の整備 - キルン胴体放散熱の低減
- 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
- チェーン増設 - キルン内熱交換改善による排瓦斯損失熱低減
- 原料水分の減少 - 送入原料水分減少による水分蒸発潜熱低減
- 送入原料、ダストの均質・定量供給 - キルン安定運転による熱効率の改善

上記の他、多数の熱消費低減要因を列挙できようが、要は設備、運転管理の両面から検討し、浮上する対策を実施すると共に、常にその設備の性能を最高に発揮できる様に、運転・保全管理を行う事が熱消費の低減、増産、品質向上等の目標達成上、基本的かつ重要な事である。

次の上記の各項目に付き、熱消費低減効果の概要を示す。

(i) 電気集塵器の改造

飛散ダスト 0.0925 kg/kgcl (原料換算 0.109kg/kgcl) はキルン内で加熱、水分蒸発、部分分解等の熱を消費している。キルンの4台の平均窯尻瓦斯温度 208℃、回収ダスト温度を90℃として、消費熱を計算した結果、55.4Kcal/kgclである。

一方、水分蒸発熱を考慮した湿式キルンの熱効率は、通常68%であるから、電気集塵器改造後の発塵を無視すれば、熱消費の増加は、81.5Kcal/kgclである。

尚、現状の年間発塵量はクリンカー年間生産量761,000tであるから、年間約70,400tのダストを放出し、原料で82,900tの損失となっている。

(ii) クリンカー冷却機の改造

① 1, 2, 3号キルンクリンカー冷却機

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胴体放熱によっ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非常に悪く、17%である。一方、2次空気回収熱の増加に重点をおかれた新型の多筒式冷却機では冷却効率は75%を見込まれる。

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261.7Kcal/kgclであるから

$$261.7 \times (0.75 - 0.17) = 151.8 \text{Kcal/kgcl}$$

従って冷却機改造により、熱消費の低減として151.8Kcal/kgclを期待できる。

② 4号キルンクリンカー冷却機

グレート式クリンカー冷却機を使用しているが、キルンと冷却機を偏心して設置していないため、クリンカーがキルンの回転方向側に偏って、冷却機上に落下堆積し、反回転方向側では、クリンカー層が薄く、冷却空気がこのクリンカーの薄い層の方を多く通り吹き抜け現象を生じ、2次空気温度を下げる一因となっている。

更に、石炭乾燥用の熱風をキルン側即ち高温側から抽気し、必要以上の高温熱風を取り出し、2次空気温度を下げる要因になっている。

従って、吹き抜け現象を生じている部分に盲グレートを取付けるか、または、不定形耐火材で被覆し、落口部固定煉瓦部を可動グレートに改造し吹き抜けを防止し、石炭乾燥用熱風取出口を冷却機出口側へ少し移設する。上記落口部の改造によりクリンカー品質向上も見込まれる。

冷却機入口顕熱 286.6Kcal/kgcl、回収効率66.4%の現冷却機を回収効率75%に改善可能と見込まれる。

従って

$$285.6 \times (0.75 - 0.664) = 24.6 \text{Kcal/kgcl}$$

24.6Kcal/kgclの熱消費低減を期待できる。

(iii) キルン耐火材の整備

キルン胴体の放散熱は、3号キルン、197.2Kcal/kgcl、4号キルン、193.6Kcal/kgclであり、同規模の湿式キルンの放散熱は、通常90～120Kcal/kgclであるから、少なくとも、120Kcal/kgclまでの放散熱低減は可能と見込まれる。放散熱低減対策としては内張耐火材の適切な補修、焼成体胴体散水の削減、材質の選択、及びクリンカー増産等が挙げられる。

(iv) 燃焼効率の改善

3号キルンは過剰空気率 1.15 で未燃損失は51.7Kcal/kgcl、4号キルンは過剰空気率 1.11 で未燃損失は21.6Kcal/kgclである。過剰空気率が多くて、未燃損失が多いのは、低い2次空気温度及び燃焼器の低性能に起因するものと見られる。このうち、2次空気温度は冷却機改造により上昇するので、燃焼器を改造し、性能を改善し、通風管理を徹底すれば過剰空気率 1.05 以下で窯尻排ガスCO %を 0.1 %以下に運転できる。これによる効果として、3号キルン56.6Kcal/kgcl、4号キルン27.0Kcal/kgclの熱消費低減を期待できる。

(V) チェーン増設

各キルンのチェーン取付け状況及び窯尻排瓦斯温度は次の通りである。

| | | 1号窯 | 2号窯 | 3号窯 | 4号窯 |
|-------------|---|-------|-------|-------|-------|
| チェーン帯長さ | m | 26.5 | 26.8 | 43.6 | 37.5 |
| キルン全長に対する比率 | % | 18.03 | 18.37 | 29.87 | 25.86 |
| チェーン総重量 | t | 47.97 | 54.62 | 65.09 | 57.72 |
| 窯尻排瓦斯温度 | ℃ | 210 | 210 | 170 | 240 |

キルンの操業状況、チェーンの補修状況等の関係もあり、チェーンと窯尻排瓦斯温度の関係は、一概に言えないが、耐熱鋼を一部採用し、チェーン取付け量の多い3号キルンの排瓦斯温度は最も低い。従って他のキルンのチェーンも3号キルン並に改造すれば、排瓦斯温度を3号キルン程度に下げられる。これによる4号キルンの熱消費低減効果として、72.1Kcal/kgclを期待できる。

(Vi) 送原料水分の減少

現状の送原料水分は平均すれば36~37%であるが、低い場合は35%で運転している場合もある。

一方原料粉末度を現在の14%を20%迄粗くすれば、スラリー粘度を一定のまま水分を1.5%減少可能と見込まれる。

従って、現有設備でスラリー減水剤を使わなくても、送原料の水分を3%減少できると見込まれるので、水分1%減少に付き熱消費は8Kcal/kgcl減少するので24Kcal/kgcl熱消費の低減を期待できる。

(Vii) 送原料の均質化、定量供給及び回収ダストの定量供給

送原料の化学成分、水分を均質化し、定量供給すると共に、ダストを発生したキルンへ各々定量供給して戻しキルン内の総合的・実質的な原料化学成分・原料量を安定させればキルン運転も安定し、製品クリンカーの組成、量共に安定する。

このキルン安定運転効果として、約2%の熱消費低減を期待できる。

即ち

$$1.250 \times 0.02 = 25 \text{ Kcal/kgcl}$$

25kcal/kgcl の熱消費低減を期待できる。

以上の効果を小数点以下を切り捨て、次頁に熱消費低減対策及び効果を表V-2としてまとめた。

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の効果を出すには多少の無理があるが、説明上、行ったものであることを御理解されたい。

表V-2 熱消費低減対策及び効果

10³ Kcal/tcl

| 項 目 | | 熱消費低減効果 | | | |
|---------------------------------|-----------------------|---------|------|------|------|
| | | 1号 | 2号 | 3号 | 4号 |
| キ ル ン 名 称 | | | | | |
| 現 在 の 熱 消 費 量 | | 1660 | 1660 | 1610 | 1550 |
| 熱 消 費 低 減 目 標 | | 410 | 410 | 360 | 300 |
| 熱 消 費 低 減 対 策 | 電 気 集 塵 器 の 改 造 | 81 | 81 | 81 | 81 |
| | ク リ ン カ ー 冷 却 機 の 改 造 | 151 | 151 | 151 | 24 |
| | キ ル ン 耐 火 材 の 整 備 | 77 | 77 | 77 | 73 |
| | 燃 焼 効 率 の 改 善 | 56 | 56 | 56 | 27 |
| | チ ェ ー ン の 増 設 | 47 | 47 | - | 72 |
| | 送 入 原 料 水 分 の 減 少 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| | 送 入 原 料 の 均 質 定 量 供 給 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| | 回 収 ガ ス ト の 定 量 供 給 | | | | |
| | 合 計 | 461 | 461 | 414 | 326 |

(2) 電気・計装設備の改善

(a) 電気設備

(i) 受配電設備

現状受配電設備は古く、遮断器の遮断容量は、負荷設備の寄与電流を考慮した場合、耀泉変電所配電用変圧器単独運転の時は、6KV 遮断器の遮断容量は、概ね170MVA以上、並列運転の場合は、290MVA以上必要となり、現状の遮断器の内250MVAの機種は、遮断不足となる。

電気回路においては種々の異常現象があるがそのおも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、これらの異常現象の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来ていると思われる。従って受配電設備を現受配電所の横に新設する。

現状での設備容量は、鉱山・包装工場・給水設備関係を除き、工場内設備として概ね19,000KWであり、改造後は約3,500KWの増加で概ね22,500KWの設備容量となる。

(ii) 電気室

現状の電気室は概ね各工程ごとに配置され、負荷設備の近くであり、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、リレー盤等が増設されるので、これらの電気室を増設する必要がある。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。

(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

原則として湿式のままでの改造の場合は、現状の電動機をそのまま使用するが、改造更新の原料調合、原料送入、ダスト送入、及び仕上閉回路化にともなう電動機は新設することになる。又、キルン駆動用主電動機及び4号キルン用プレート式クリンカー冷却器駆動用電動機は、故障も少なく、保守も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。

(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様である。

改造に当っては、総括制御システムを取り入れ、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。

制御室は、原料粉碎・調合・仕上粉碎制御室、焼成・石炭粉碎制御室の二ヶ所を設置し、原料調合からセメントサイロ投入までの工程の運転操作管理を行う。

(VI) 非常用電源設備

総停電時熱負荷が掛っている負荷設備を長時間停止すると、機器が変形し、停電復旧後の再起動に時間を要し、早期運転開始に影響を与える。従って、停電時も、キルン、クリンカー冷却器のグレート等は徹速にて運転し、熱負荷による変形を防がなければならない。キルン排ガス用ファン等も、寸動装置を設備するか、あるいは、停電時手動にて回転する必要がある。この為非常用電源設備として500KVAのディーゼル発電設備を設備し、これらの負荷設備を継続運転すると同時に、制御室等の保安用の照明電源として利用する。

(VII) 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、受配電室の更新、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。

(VIII) 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、現場保守員とオペレーター間の連絡は、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、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ループ数も大巾に増し、科学的管理を行う必要が

ある。

制御室として、原料粉碎・調合・仕上粉碎制御室、焼成・石炭粉碎制御室の二ヶ所を新設し、原料調合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、クリンカー輸送系統及び石炭粉碎系統の制御監視盤を設置する。制御装置導入にあたりセメント工場設備の制御装置は、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、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、検出端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、制御については、各工程ごとに分散され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、工程の表示は不可欠であり、制御室監視盤の模擬母線上に電動機の状態表示を行う。

(iii) 警報表示

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、異状を早期発見し、適切なる処理を行う。

(3) 環境の改善

(a) 電気集塵器

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) サイズ
- (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グレート式クリンカー冷却器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 0.15 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。

(i) キルン排ガス用

① ガス条件

現状の電気集塵器入口ガス量は約 $3,700 \text{ m}^3/\text{min}$ であるが、改造後の入口ガス量は、湿式のままで改造の場合 1号、2号、3号キルンとも $3,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 、4号キルンは $3,200 \text{ m}^3/\text{min}$ となる。

② 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 (cm^2) に単位厚さ (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

($\Omega \cdot \text{cm}$)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やすい範囲に入る。第Ⅲ章1.5の図Ⅲ-6の当工場のダスト固有抵抗から判断すると、ガス中の水分約25%のガス条件のもとでは、抵抗値は、 $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度となり、電気集塵器に適したダスト固有抵抗であると言える。

入口ダスト濃度は約 $60 \text{ g} / \text{N m}^3$ と考えられ、現状値と同じである。出口含塵量は現状約 $17 \text{ g} / \text{N m}^3$ であるが、改造後は $0.15 \text{ g} / \text{N m}^3$ を達成し、煤塵排出規制値の範囲内であればならない。

③ 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は下記の様になっている。

| 項 目 | 1, 2, 3号キルン用 | 4号キルン用 |
|-----------|---------------------|----------------------|
| 極 間 距 離 | 325mm | 300mm |
| ダ ク ト 数 | 14 | 25 |
| 部屋構成(列×段) | 2×2 | 1×2 |
| 集 塵 極 寸 法 | 3.3M × 6.5M | 4.385M × 8.5M |
| 集 塵 面 積 | 2402.4 m^2 | 3727.25 m^2 |
| ガス通過断面積 | 59.15 m^2 | 63.3 m^2 |

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, 3号キルン用 | 4号キルン用 |
|--------------------------|-------|---|---|
| 湿 式で の ま改 ま造 | ガ ス 量 | 3.000 m^3 / min | 3.222 m^3 / min |
| | 比集塵面積 | 48.0 $\text{m}^2 / \text{m}^3 / \text{S}$ | 69.4 $\text{m}^2 / \text{m}^3 / \text{S}$ |
| | ガス流速 | 0.84 m / s | 0.85 m / s |
| | 滞留時間 | 7.8 sec | 10.3 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 による比集塵面積 | 所要比集塵面積 |
|-----------------------|-----------|---------------------------------------|---|
| 湿式での の ま改 ま造 | 1号キルン用集塵器 | 48.0m ² /m ³ /S | 80.51 m ² /m ³ /S |
| | 2号キルン用集塵器 | 48.0m ² /m ³ /S | 80.51 m ² /m ³ /S |
| | 3号キルン用集塵器 | 48.0m ² /m ³ /S | 80.51 m ² /m ³ /S |
| | 4号キルン用集塵器 | 69.4m ² /m ³ /S | 80.51 m ² /m ³ /S |

従って既存の集塵器を使用して、排ガス含塵量を規制値の 0.15 g/N m³以下にする為には、1, 2, 3号キルンについては、現状容量の約1.7倍、4号キルンについては、1.2倍の容量が必要になることがわかる。

④ 電気集塵器の改造

キルン改善にともない、(i) ③項で述べたように、現状の集塵容量では不足をきたす。改造の方法としては、

(イ) 現状内部品を生かしての改造

(ロ) 内部一式の取り替えによる改造

の二方法があるが、いずれの場合も絶対容量が不足するので不足分は集塵器の増設が必要となる。

“現状内部品を生かしての改造”については、必要容量として現状の1.7倍必要となるので、1号キルン、2号キルン排ガスを、現3号、4号キルン集塵器に分岐した上、3号キルン、4号キルン用として新たに電気集塵器を増設する必要がある。しかしながら、容量のみ増加にしても初期の排出規制を達成することは不可能であり、下記項目の改善が必要である。

(イ) 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電界内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。

(ロ) 整流の改善

電気集塵器の性能は電気集塵器内での整流で決定す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。

(ハ) 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。

(ニ) 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。

(ホ) リーク防止

集塵器室内への空気の漏入は、ガス量の増大、偏流の原因となる。又ダスト排出系のリークは、ダストの再飛散を生じ効率低下の原因となる。

(ヘ) 集塵極板及び放電極線の整備と取替

集塵極板は長期間使用すると腐蝕を生じ、この表面上の錆は高抵抗であり、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。又放電線は有刺線等を採用しコロナ放電を旺盛にする方法もある。

(ト) 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、放電線枠を母子テープにて固定し芯出し精度を向上する方法もある。

(チ) 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。

(リ) 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と思われる。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。

(ヌ) 槌打装置の改善

集塵装置の槌打装置は、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、槌打効果を良くする為、槌打周期の調整、数量の増加、重垂重量の増加も考えられるが、現状の桁揺動式は効率が悪いと思われる。

(ル) 整流器の整備

現状では2台の内1台の整流器のみ運転可能であり、これでは荷電容量不足である。常に2台の整流器で運転すべきである。

次に“内部一式の取り替えによる改造”の方法を検討する場合、要点としては次の通りである。

(イ) 電極の交換

(ロ) 下部バッフルの追加

(ハ) 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。

(ニ) 碍子室の設置

(ホ) シールエアファンの追加

(ヘ) 整流板の追加（入口3段、出口1段）

(ト) 出口フード部の天井部変更

(チ) 槌打装置を電磁ハンマにする。

(リ) 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。

| 項 目 | 1, 2, 3号キルン用 | 4号キルン用 |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 極 間 距 離 | 300mm | 300mm |
| ダ ク ト 数 | 15 | 25 |
| 部屋構成 (列×段) | 2×2 | 1×2 |
| 集 塵 極 寸 法 | 3.932mW × 6.706mL | 4.45 mW × 8.53 mL |
| 集 塵 面 積 | 3.164m ² | 3.796m ² |
| 比 集 塵 面 積 | 63.2m ² /m ³ /S | 70.6m ² /m ³ /S |

従って、必要な面積との差を増設分で補えば良いことになり、“現状内部品を生かしての改造”よりも建設費は安いと考えられる。従って、この結果をまとめると、既存の電気集塵器の内部一式の改造により、その出口含塵量は1号キルン、2号キルン、3号キルンでは約 0.5g/Nm³、4号キルンでは約 0.4g/Nm³ となるが、規制値の 0.15g/Nm³ は達成出来ないので1号キルン、2号キルン、3号キルンとして各々、比集塵面積18m²/m³/S (150m³の有効容量)の集塵器増設が必要であり、又4号キルン用としては比集塵面積10m²/m³/S (100m³の有効容量)の集塵器が必要となる。

(ii) クリッカー冷却機排ガス用

現状では4号キルンクリッカー冷却機用の集塵設備としては、サイクロンが設置されているが、故障しており、新たに集塵設備として、有効容量 160m³の電気集塵器を設置する。

クリッカー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、ダスト固有抵抗曲線の高温領域で使用される為、電気集塵器が用いられる。

この設計条件としては、下記の通りである。

| 項 目 | 処理ガス量 | ガス温度 | 入口ダスト量 | 出口ダスト濃度 |
|--------|-------------------------|------|---------------------|-----------------------|
| 4号キルン用 | 400Nm ³ /min | 180℃ | 30g/Nm ³ | 0.15g/Nm ³ |

この設計条件のガス温度が180℃で、これは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る。

(b) その他

(1) 貯蔵庫

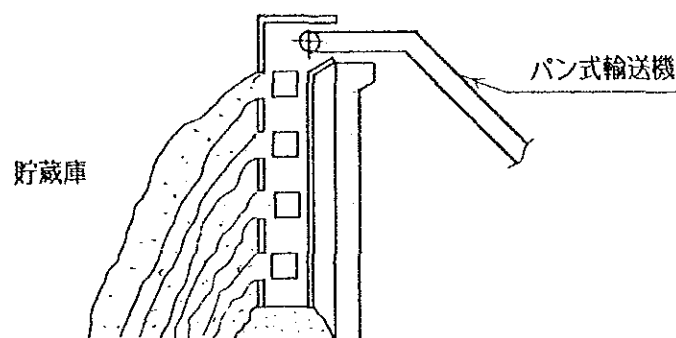
貯蔵庫の環境改善としては、粉塵防止対策と石炭の自然発火防止対策を提案する。

(イ) 粉塵防止対策

粉塵発生源としては、原料受入時の輸送機のシュートとクレーンバケットによる粉砕機貯蔵槽への原材料の分配箇所である。その対策として次の改造を提案する。

① クリンカー輸送機の貯蔵庫落口部の防塵

シュートよりの発塵防止対策としては、原材料の落差を小さくするため下図のようなシュートに改造する。



シュートの前面、側面に適当な高さ毎に開口部を設け、貯蔵庫内のクリンカー積付高さが低くなるに従いシュートの下部の開口部から排出され落差を小さくするものである。

② 石灰石、鉄粉他の原材料の防塵

石灰石、鉄粉他の原材料は、シュート落差を可能な限り小さくする事と散水により防塵対策を行う。散水を行う時に適正なノズルを選定し、水を噴霧上にして散水を行うとより効果的である。

③ 粉砕機貯蔵槽上での防塵

この対策としては、設備を改造することは経済性に問題があるので各貯蔵槽へ原材料を分配する時、クレーンバケットを極力下げて分配する様クレーン運転士を指導し、実行させることが良いと思わ

れる。

④ 中央貯蔵庫外部へのダスト飛散防止

前述の①②③の対策案を実施すればかなりの発塵は少なくなると思われるが、貯蔵庫外部へのダスト飛散を皆無にするには貯蔵庫の四面を壁で囲ってしまう方法が確実である。この対策を行う時は、クレーン運転室の運転士への清浄空気の供給は別途考慮する必要がある。代案として集塵器の設置ということが考えられるが、集塵容量が非常に大きくなるので設備費、運転経費等を慎重の上検討して行うべきだと思う。

何れにしても①②③の対策案を早急に実施することが先決で、その結果をみて将来④について検討を進めることを推奨する。

(ロ) 石炭の自然発火防止対策

石炭の自然発火の原因としては石炭が酸化作用によって、緩慢な燃焼をする（風化）。この時発生する熱量のため温度が上昇し、遂には燃え始めることである。この現象は古い石炭程起こり易い。

この対策としては

- ① 貯蔵庫下部の古い石炭から使用していく。
- ② 定期的に貯蔵庫内に重機を入れ転圧して空気の流通を抑える。
- ③ 自然発火時用に散水装置を設置する。

以上の案が現有の貯蔵庫方式の対策であるが、より確実な対策としては、貯蔵槽方式として、上部投入下部抜きを行う方法がある。この方法については、設備費は高いが、クレーンの稼働率低減、自然発火防止費の低減等、運転経費の低廉化があるので経済性を考慮して将来検討すべきだと思う。

(ii) クリンカー輸送

クリンカー輸送系統での発塵は、輸送機の交点部シュートからとクリンカー破砕機からが顕著である。これらの発塵防止としては、集塵器の設置しか考えられない。集塵器を設置する場合、集塵器は濾布集塵器で1ヶ所当りの吸込風量は20~30m³ /min程度で充分と思われる。しかし、その効果は付属する風管、集塵部でのフード（囲い）の形状の影響が大きく、詳細設計時、据付時、慎重に検討すべきである。

又、輸送機のバケットの穴開き部より、粉もれ、発塵がかなり見られたが、これらについては十分な補修、保全を行うことにより防止出来ると思われる。

(4) 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。

(i) 原料粉碎機

現状の粉碎原料の細度14.6%を原料の性質から妥当と考える20%迄粗くすることにより、粉碎能力は19%増加することが期待出来る。

この増加率は、キルンの能力増加率に較べて大きいので、粉碎能力が現状時産50屯が59屯に増加すると設定すれば、キルンに対する稼働率は76%になり、妥当なものとなる。

従って、設備の改造の必要はない。

(ii) 仕上粉碎機

粉碎の能力増加の対策としては、不足分に見合う粉碎機の増設、又は、現状開回路方式のものを閉回路方式に改造することの二案が考えられる。

建屋の嵩上げが必要であるが、セメント品質の向上を勘案し、増設案よりは合理的な閉回路方式に改造すべきと考える。

粉碎能力の増加割合は、開回路時の1.3～1.4倍と一般的にいわれているので、現状時産28.5屯が改造後37屯になると設定した。この場合のキルンに対する稼働率は79%となり、妥当なものである。

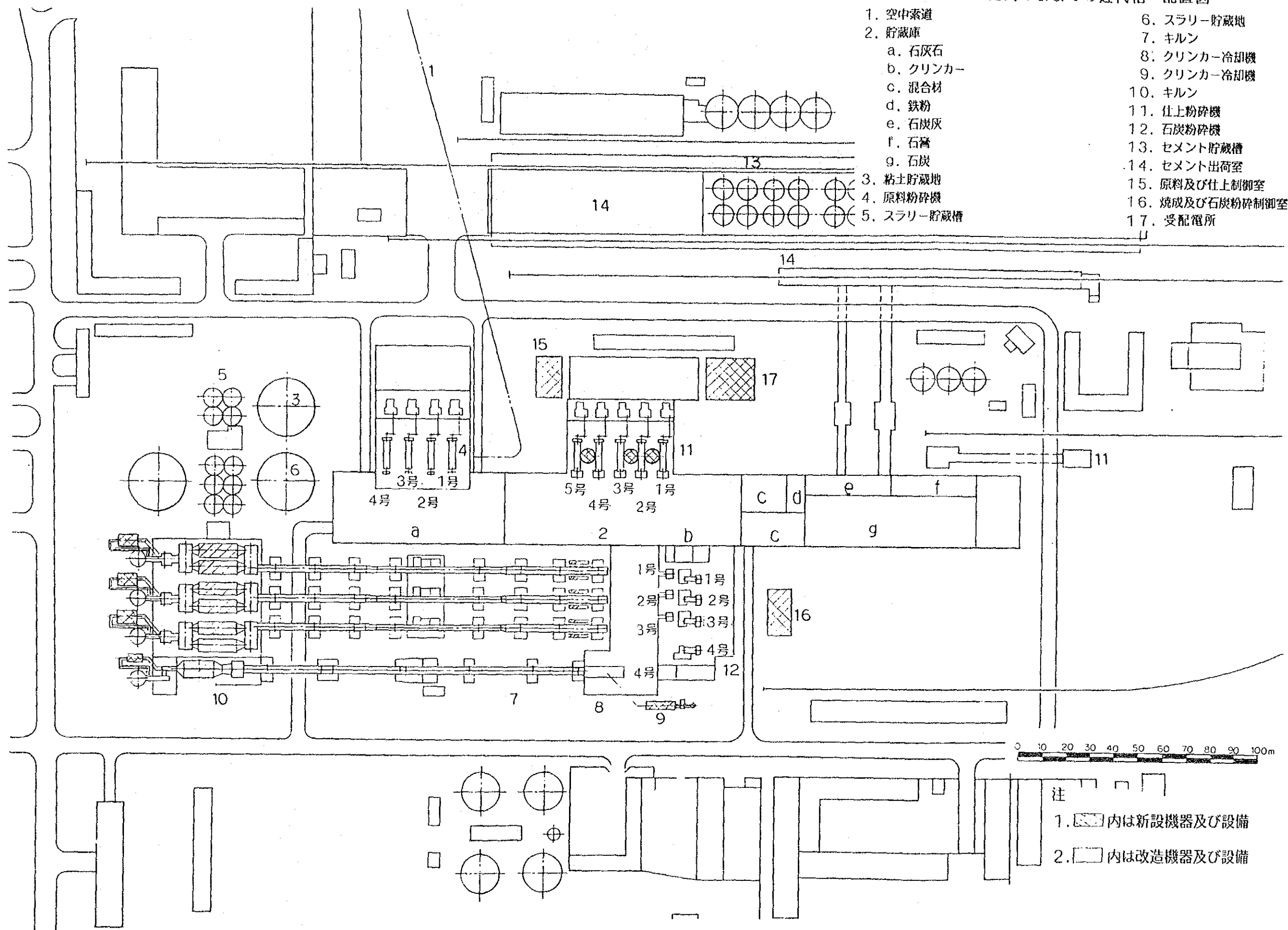
(5) 湿式のままでの近代化後の設備の概要

- 図V-1 湿式のままでの近代化 配置図
- 図V-2 湿式のままでの近代化 物質勘定図
- 図V-3 湿式のままでの近代化 単線結線図
- 図V-4 湿式のままでの近代化 原料設備計装図
- 図V-5 湿式のままでの近代化 1～3号キルン計装図
- 図V-6 湿式のままでの近代化 4号キルン計装図
- 図V-7 湿式のままでの近代化 仕上設備計装図
- 図V-8 湿式のままでの近代化 石炭設備計装図



図V-1
湿式のままで近代化 配置図

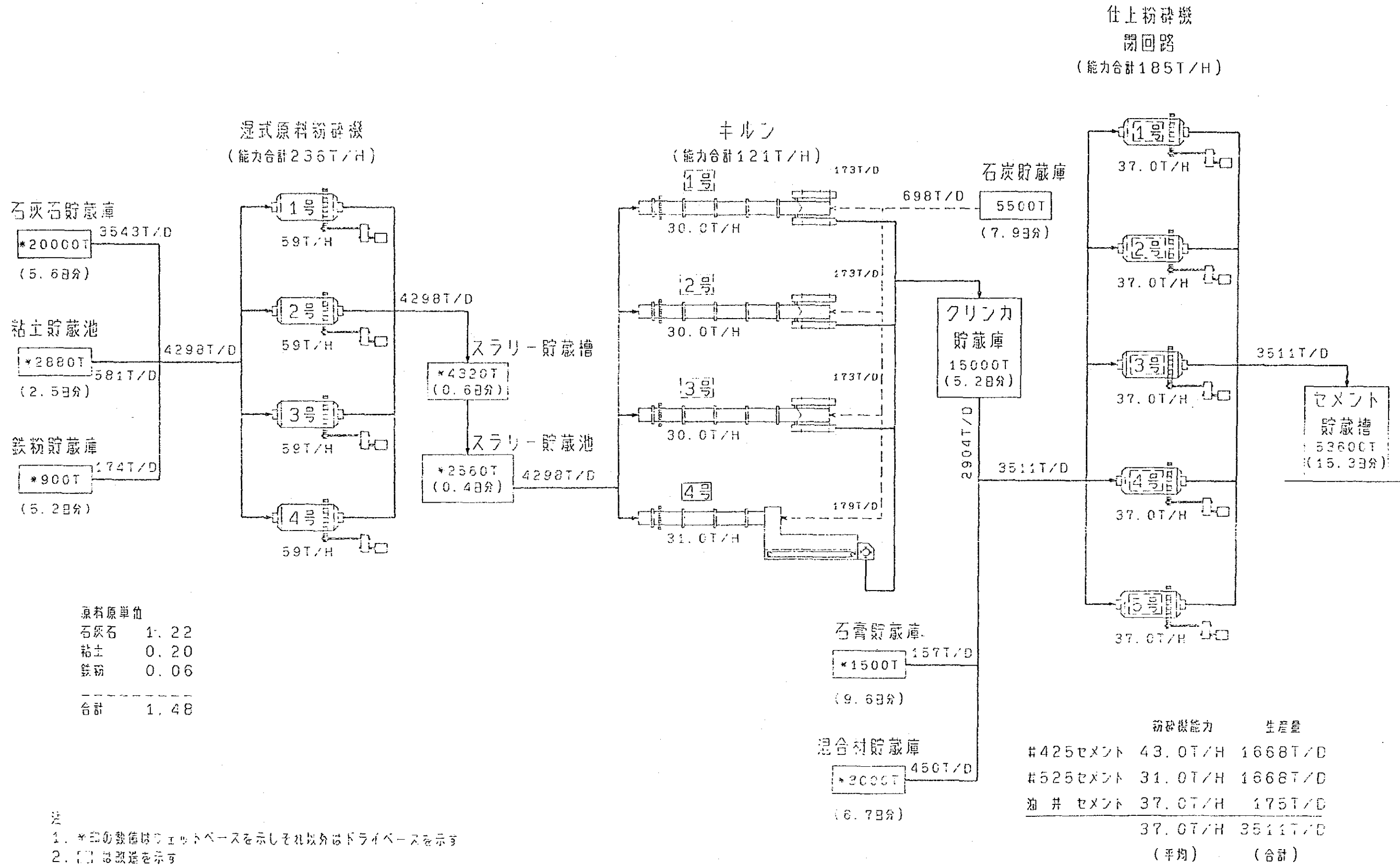
- | | |
|------------|-----------------|
| 1. 空中索道 | 6. スラリー貯蔵地 |
| 2. 貯蔵庫 | 7. キルン |
| a. 石灰石 | 8. クリンカー冷却機 |
| b. クリンカー | 9. クリンカー冷却機 |
| c. 混合材 | 10. キルン |
| d. 鉄粉 | 11. 仕上粉砕機 |
| e. 石炭灰 | 12. 石炭粉砕機 |
| f. 石膏 | 13. セメント貯蔵槽 |
| g. 石炭 | 14. セメント出荷室 |
| 3. 粘土貯蔵地 | 15. 原料及び仕上制御室 |
| 4. 原料粉砕機 | 16. 焼成及び石炭粉砕制御室 |
| 5. スラリー貯蔵槽 | 17. 受配電所 |

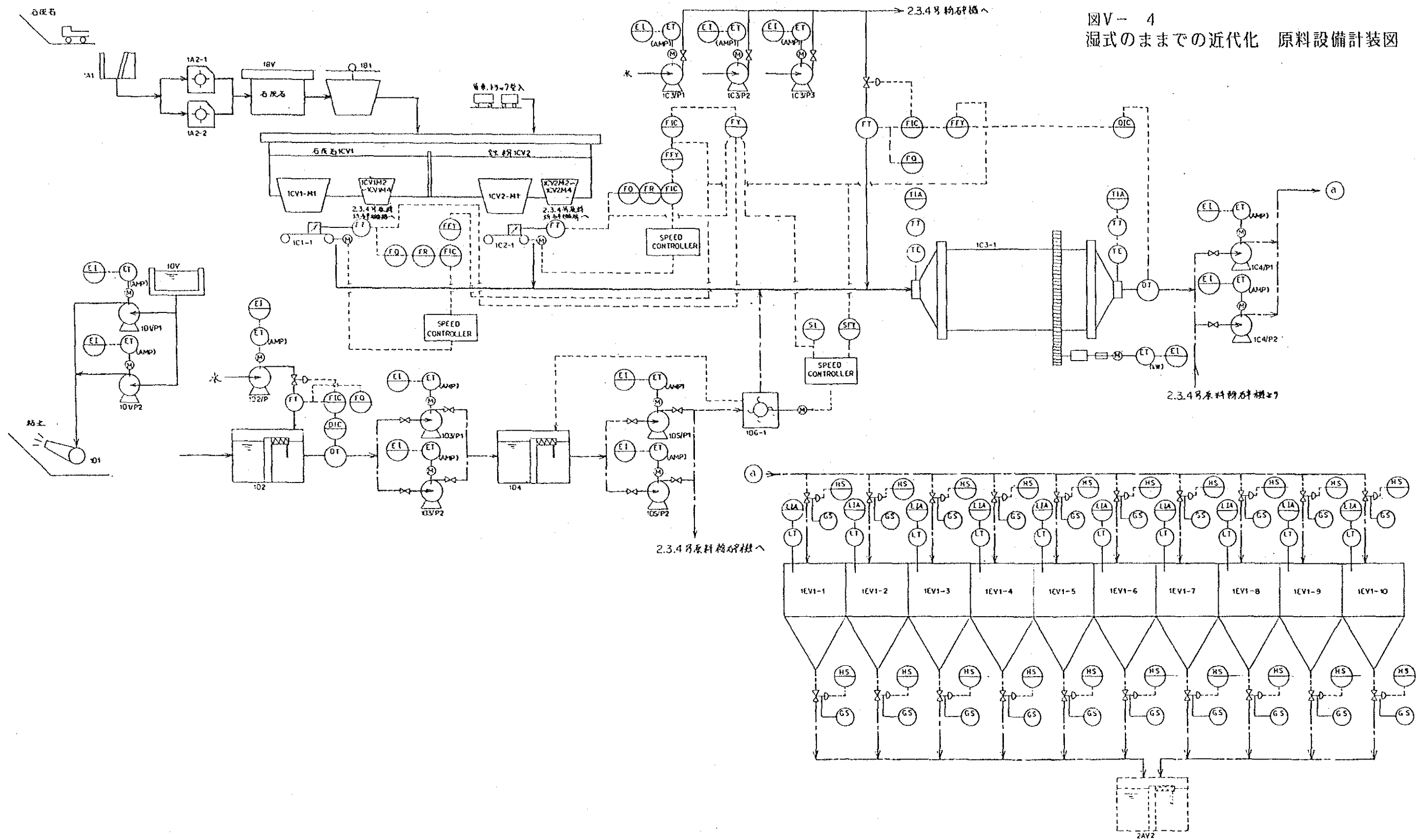


0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100m

注
1. [Hatched Box] 内は新設機器及び設備
2. [White Box] 内は改造機器及び設備

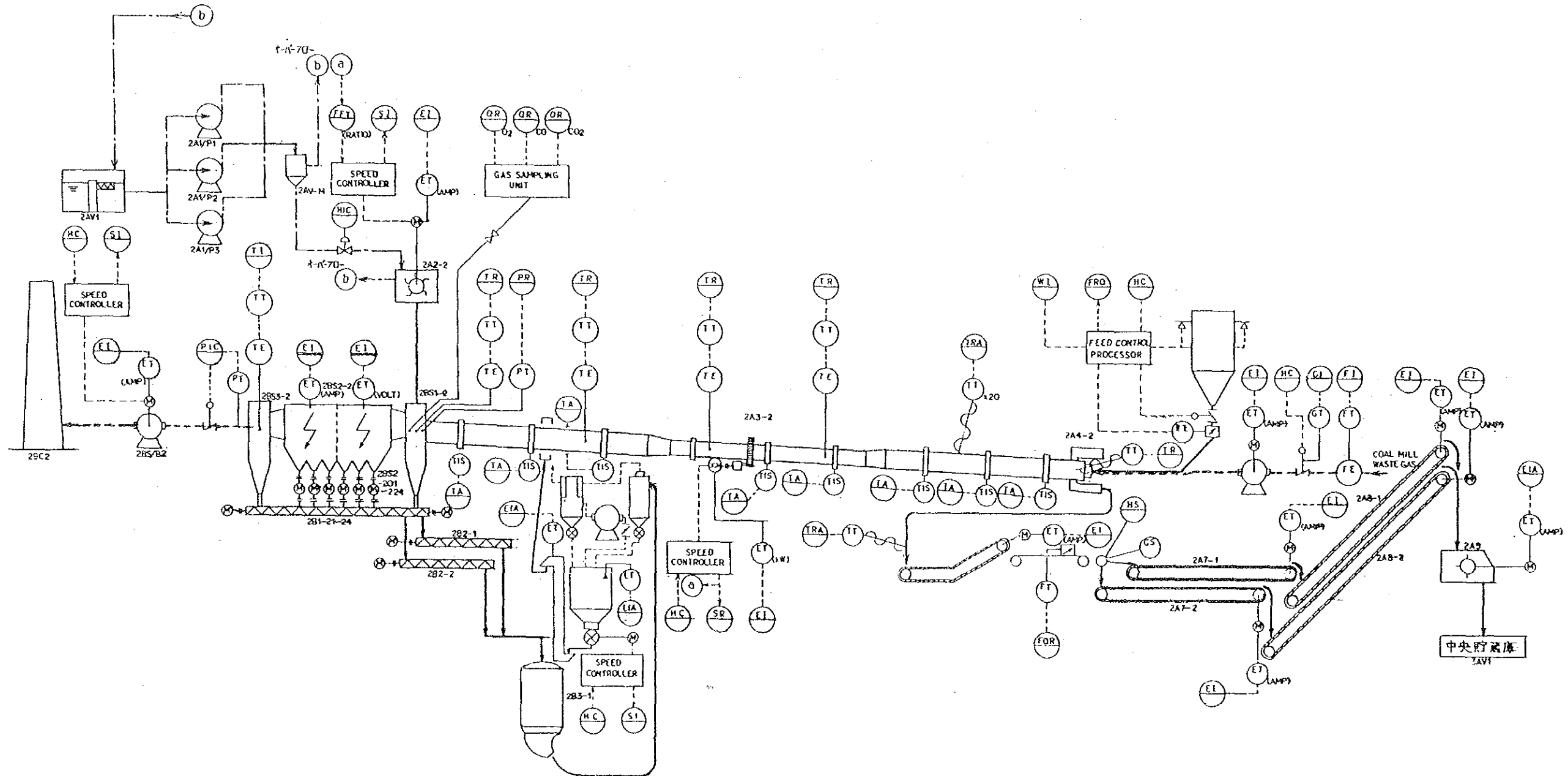
図V-2
湿式のままで近代化 物質勘定図



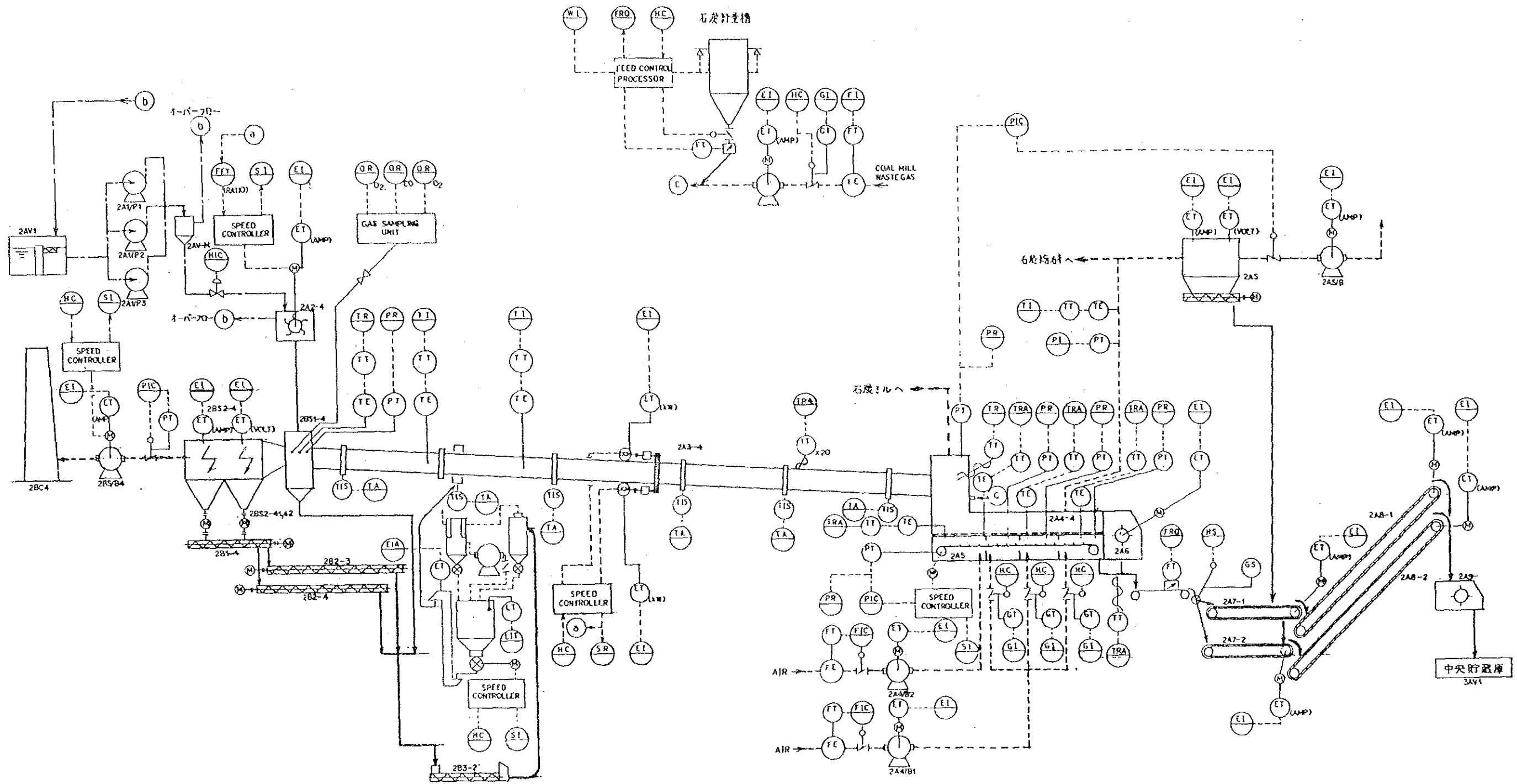


図V-4
湿式のままで近代化 原料設備計装図

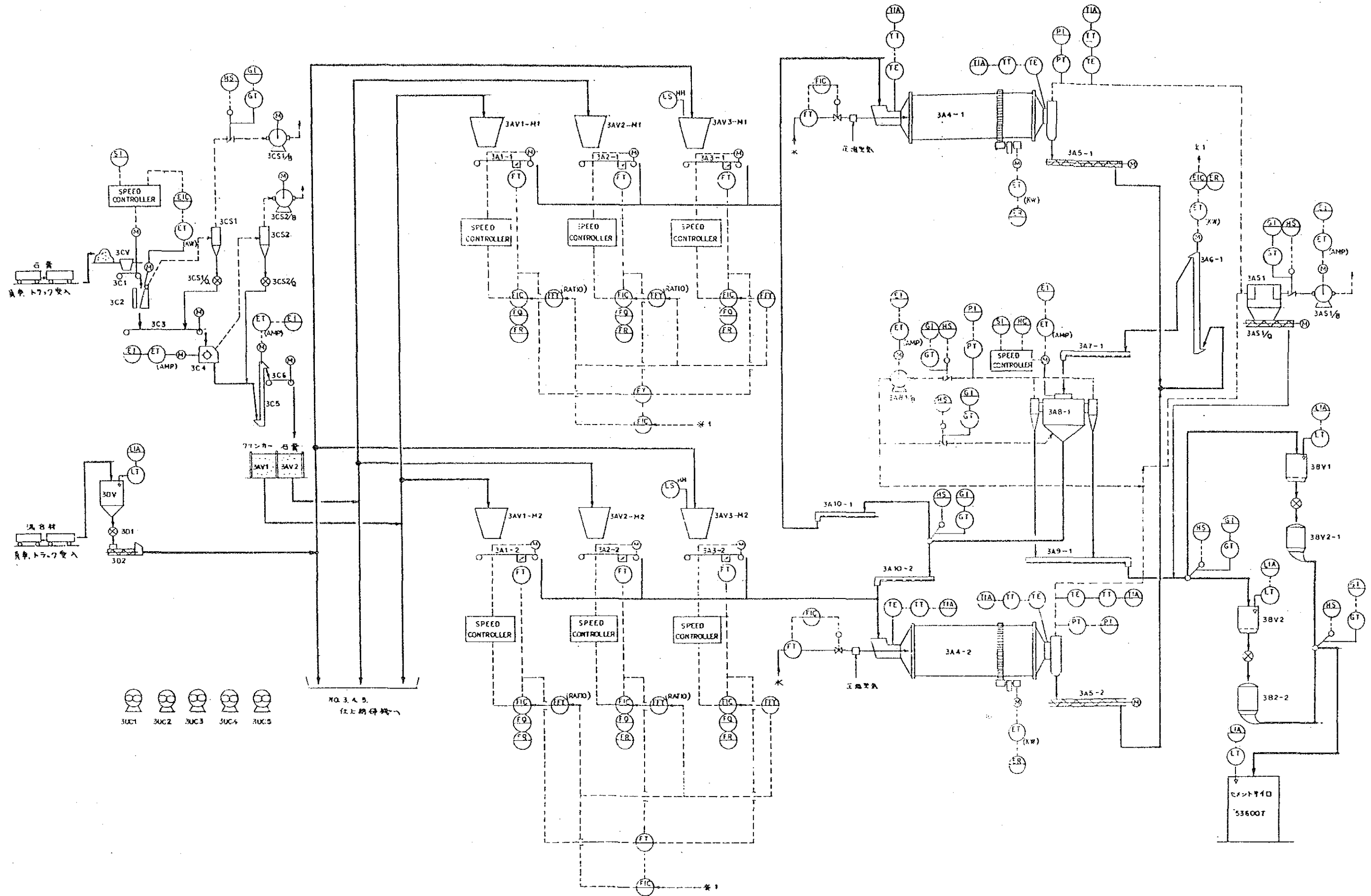
図V-5
 湿式のままで近代化 1~3号キルン計装図



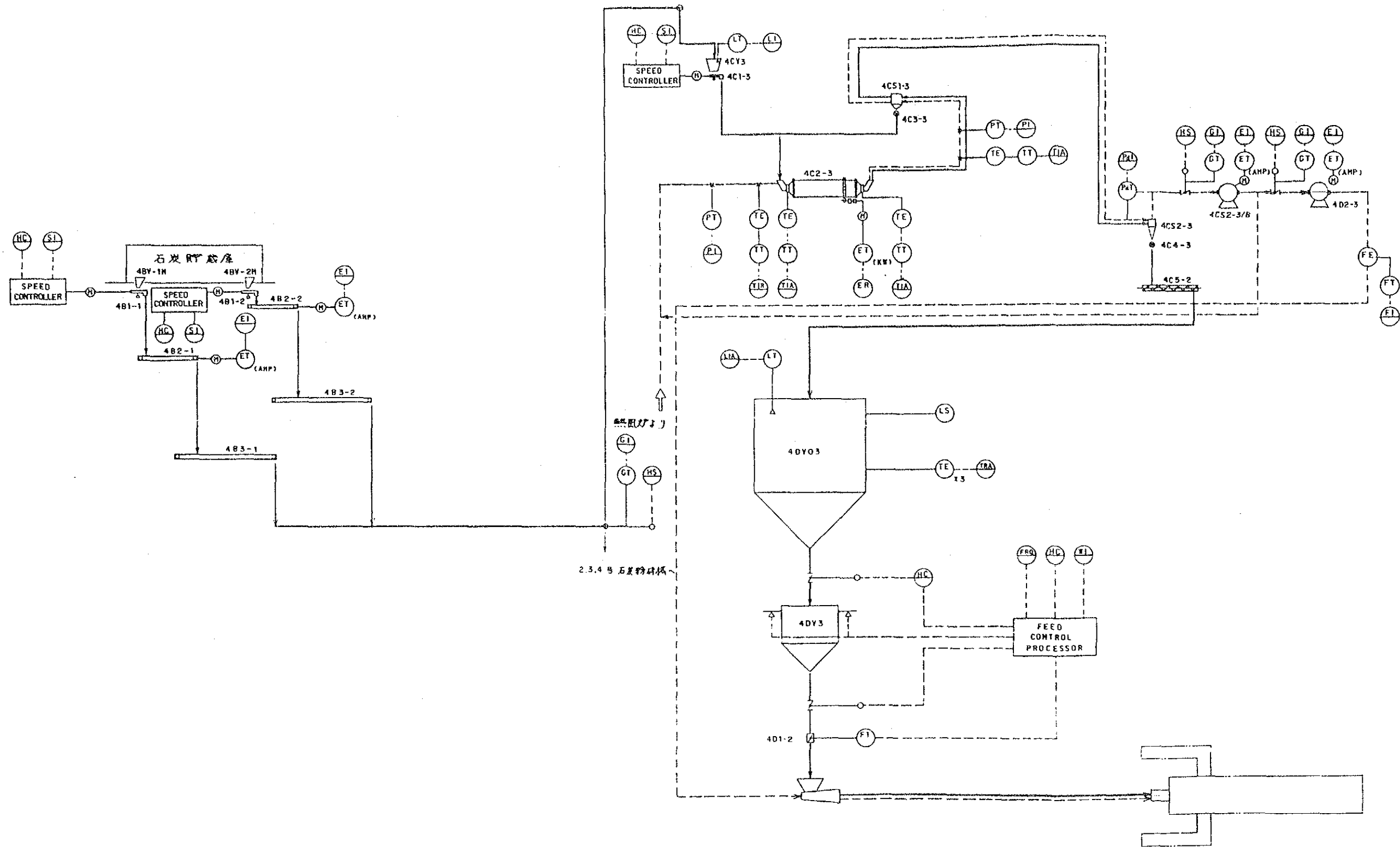
図V-6
 湿式のままでの近代化 4号キルン計装図



図V-7
 湿式のままの近代化 仕上設備計装図



図V-8
 湿式のままでの近代化 石炭設備計装図



1.2 乾式転換による近代化

(1) 乾式転換の考え方

(i) 製造方式の選定

原燃料については、現在使用されているものを引続き使用すること、製品も現在と同じであることを前提に、製造方式の選定を行った。

工場の近代化に当っては、先進性と合理化と経済的を追及する視点に立ち、適当な製造方式として、余熱塔式キルンと仮焼炉式キルンが考えられる。

改造後の性能としては、余熱塔式キルンの生産能力が仮焼炉付キルンの半分である以外はほぼ同じであり、近代化計画の早期完成を希望していることを勘案し、仮焼炉式キルンを採用した。

(ii) 改造後の生産能力

工場周辺の鉄道，道路事情からして、大巾な能力増加は、当面不可能であり、原燃料，製品の輸送面からの制約により、現状の約35%増加が上限といわれている。

従って、仮焼炉付キルン方式を採用すれば、既設キルン2基の改造でこの能力に見合うことになり、比較的短期間に工場の近代化を行うことが出来る。

一方、キルン以外の設備の能力増加のための費用も比較的小額ですみ、既存設備を有効に利用することになる。

改造対象のキルンは、配置上キルン周辺の広い3，4号キルンが工事が容易であること、又4号キルンの設備は比較的新しいことを勘案し、3，4号キルンを改造する様に計画した。

改造後の生産能力は、キルンの生産能力を最初に設定し、粉碎機他の能力をこれに合すべく改造又は、増設する様考えた。

キルンの生産能力は、既存の3，4号キルンを転用するものとして設定した。3，4号キルン共設備の老朽化が部分的に進んでいるが、その部分を更新すれば、改造して使用することは可能と考えられるので、既設のキルン直径と、それに対応する仮焼炉付キルンの標準的長さを勘案して、生産能力、キルン寸法を下記の様に設定した。

| | キルン直径 | キルン長さ | 生産能力 (t/d) |
|-------|-------|-------|------------|
| 3号キルン | 3.6米 | 56米 | 1.800 |
| 4号キルン | 3.5米 | 53米 | 1.600 |
| 合計 | | | 3.400 |

改造後のキルンの熱消費量としては、5段型の予熱塔を使用し、クリンカーの1kg当たり 740～ 750Kcal程度が期待される。

又、セメント生産能力は、現在同様に混合材、石膏を混合することにより、クリンカー生産量の20%増即ち、日産 4,120トンと設定した。

一方、工場の稼働率は、後述の様に定期休転時に充分な保全を行う事を前提に、80%を想定し、工場の生産能力として、セメント年産 120万トンと設定した。

(11) 実施スケジュール

改造工事による生産減損失をすくなくする意味から同時に2基の改造を行うことは困難なので、キルン1基ずつ改造していくのが妥当と考える。

従って表V-3に示す如く第1期工事として4号キルンを乾式に転換し、これが完成した時点で引続き3号キルンの改造にかかり、3号キルンの転換工事完了後、1、2号キルンを休止する方法がクリンカー生産能力を漸次増加しながら、3号キルンの改造工事による生産減損失が殆んどないので良案と考える。

表V-3 キルン能力の推移

| キルン | 現 状 | | 4号転換後 | | 3号転換後 | |
|-----|-----|---------|-------|---------|-------|---------|
| | 製造法 | 能力(t/h) | 製造法 | 能力(t/h) | 製造法 | 能力(t/h) |
| 1号 | 湿式 | 26.5 | 湿式 | 26.5 | 休止 | — |
| 2号 | 湿式 | 26.5 | 湿式 | 26.5 | 休止 | — |
| 3号 | 湿式 | 26.5 | 改造中 | — | 乾式 | 75.0 |
| 4号 | 湿式 | 26.5 | 乾式 | 67.0 | 乾式 | 67.0 |
| 合計 | | 104.5 | | 120.0 | | 142.0 |

4号キルン完成後、乾式の4号と、湿式の1、2号とが、並列運転となり、運転のやりにくい面もあるが、過渡的なものであり、止むを得ないであろう。

(2) 主要改造項目

製造方式を湿式より乾式に転換するため、原料、焼成関係の設備は大巾に改造又は新設する必要があると共に、仕上設備も生産量の増加に対処するため改造が必要である。

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、粘土鉱山、包装出荷設備の生産能力増加及び粘土山の乾式転換が必要である。

(a) 粘土乾燥設備

現在鉱山で散水し、スラリー状にして工場に受入れているが、乾式転換した場合は、乾式採掘に切り換え、これを乾燥して粉砕機に供給する必要がある。

る。

現在鉾山の粘土は、通常水分8%といわれており、最高水分は15%程度と推定される。この程度の水分であれば、堅形の粉碎機で乾燥粉碎を行えば、事前に乾燥する必要はないが、今回は既存の原料粉碎機を湿式より乾式に改造して利用するので、粉碎機に供給する原料の水分を1%以下に乾燥する必要がある。

そこで設備としては粘土置場、粘土破碎機、粘土乾燥機、乾燥粘土置場と、付帯の輸送設備等が必要である。

粘土置場は、簡易な上家で貯蔵容量は予想される雨天の連続日数と粘土の性質を勘案して決定すべきであるが、今回は1週間と設定した。

粘土中の雑石の混入が予想されるため、乾燥前に破碎機を設けた。

粘土乾燥機は、回転円筒向流式とし、乾式転換により、余った低温側のキルン胴体の一部を改造して転用する。この乾燥機の熱源としては、キルンの予熱塔排ガスを全量利用し、熱量、乾燥能力共に余裕があるので、乾燥機入口で散水を行い、予熱塔排ガスの温度を下げると共に増湿し、電気集塵器で集塵しやすい様考慮した。即ち排ガス調湿塔の役割を同時に行うことになる。従ってこの乾燥機は、キルンの運転中連続運転となるので、信頼性の高い設備にする必要がある。

又、粘土の乾燥能力に余力が出た場合、水を散水するだけでは熱交換が悪いので、乾燥粘土が再び乾燥機に入れられる様配慮した。

乾燥機は、排ガス処理の役目があるので各キルン夫々1基ずつ設けることにした。

乾燥粘土貯蔵庫は、総合貯蔵庫を延長して3000屯程度の貯蔵容量のものを設ける。この改造工事に関連して、既存のスラリー貯蔵池を撤去する必要があり、工事期間中は、遊休のスラリー貯蔵池を使用する必要がある。

(b) 原料調合設備

原料調合方式は、湿式のままの近代化の場合と同様粉碎機への各原料の供給量を正確に制御するために、既存のテーブル式供給機をベルト式定量供給機に取替える必要がある。尚、乾燥粘土については、総合貯蔵庫から粉碎機迄の輸送設備と貯蔵槽、ベルト式定量供給機の新設が必要である。

また後述の混合貯蔵槽を新設すると共に粉碎機出口での原料成分の変動巾を少なくするため蛍光X線分析装置、小型計算機を設置し、分析の迅速化と

調合精度向上を図り、キルン送入原料の均質化を図る必要がある。

(c) 原料粉砕機

既存設備を利用する視点に立ち、既存の原料粉砕機を乾式に改造し、転用することを検討する。

湿式粉砕機を乾燥粉砕機に転換し、同じ原料を同じ細度に粉砕した場合、粉砕能力は、 $1/1.3$ に減少するといわれており、一方開回路方式の粉砕機を同じ条件で閉回路に改造した場合、粉砕能力は $1.3\sim 1.4$ 倍に増加すると一般的にいわれている。更に、同一条件で粉砕機出口の原料の細度を現状の 14.8% から、我々が妥当と考える 20% 迄粗くすると、 19% 増加するといわれている。

これを既存の原料粉砕機の乾式転換にあてはめて見ると乾式転換して、原料細度を 20% にした場合の開回路と閉回路の場合の粉砕能力は下記の様になる。

$$\text{開回路} : 50\text{t/h} \div 1.3 \times 1.19 = 45.8\text{t/h}$$

$$\text{閉回路} : 50\text{t/h} \div 1.3 \times (1.3 \sim 1.4) \times 1.19 = 59.5 \sim 64.1\text{t/d}$$

一方、乾式転換後の原料の所要粉砕量は、 213t/h で、開回路方式では既存の粉砕機4基では能力不足となり、増設の必要がある。閉回路方式に改造した場合、粉砕機能力として 61t/h を採用すると 244t/h となり、キルンに対する粉砕機の稼働率は、 87% となり、妥当な粉砕能力となる。

上記より、建物の嵩上げを行う必要があるが、増設案よりは合理的な閉回路方式を採用した。

次に改造の時期としては、4号キルン改造に合わせて、2基を乾式転換し、3号キルン改造に合わせて、残りの2基を改造することになる。

尚、粘土のみしか乾燥機がないので、原料水分が増加した場合に対応出来る様、キルン予熱器の排ガスをサイクロン式分級機に導いて、原料の乾燥を行うことも考慮すべきである。

(d) 混合貯蔵槽

粉砕機出口の原料の品位の変動を少なくするため、湿式時のスラリー貯蔵槽とスラリー貯蔵池に相当する混合貯蔵槽と原料貯蔵槽が必要である。

貯蔵容量としては、現状の原料品位の変動状況を勘案し、キルン2基に対して混合貯蔵槽として $2,000$ 屯、原料貯蔵槽として $8,000$ 屯程度が必要と考

える。

既存のスラリー貯蔵槽、スラリー貯蔵池を改造して使用することを検討したが、遊休のものでは容量的に不足すると共に、改造期間が長期間必要となるため、操業中のものの転用は、操業停止期間が長くなって好ましくないと共に、配置上キルンとの距離が遠すぎて、設備費用、操業費用共高価となるため、新設することとした。

設備の形式としては、混合貯蔵槽と原料貯蔵槽の両方の機能をもつ混合貯蔵槽を実施スケジュールを勘案し、各キルンに1基づつ新設することとし、容量は、夫々 5,000 吨とした。

(e) キルン及びクリンカー冷却器

キルンについては、1. 2 (1) (ii) に述べた如く既存の 3, 4 号キルンを転用する。タイヤ、ローラー、駆動用歯車、口元部のキルン胴体等一部老朽化の著しい部分は、改造時に合わせて更新する必要がある。

まず、4 号キルンは、キルン口元を既設のままとし、所定の長さに切断し一部タイヤ位置を変更して転用する。胴体の傾斜は既存のままとし、回転速度を 1 回転最高 20 秒迄増速出来る様、駆動用減速機を更新する。キルンの送入側に仮焼炉付予熱器を新設する。

クリンカー冷却機は、既存のものでは能力増加に対処出来ないため、キルンの能力に対応したグレート式のものに取替えると共に、オフセットをとる。このとき、高さが現状より高くなるため、冷却機の床を掘り下げる方法と、二階の窯前の床を上げる方法があるが、操業停止期間を短くするため、二階を上げる方法を採用した。

3 号キルンについては、クリンカーを十分に冷却させるため 4 号キルンと同様グレート式冷却機を使用するが、この場合、配置上キルン口元が現状の位置では配置上入らないので、1 タイヤ分送入側にずらして設置する。キルン胴体長さが、既存の焼成側の大径部だけでは不足するので、送入側の大径部も使用する。

4 号キルンと同様に胴体の傾斜はそのままとし、回転速度を 1 回転 20 秒迄増速出来る様、駆動用減速機を更新する。キルンの送入側に仮焼炉付予熱器を新設する。

クリンカーの冷却機は前述の様にグレート式冷却器に取替える。窯前の床

は4号キルンと同じ高さに上げる様考えた。

夫々のクリンカー冷却機の排ガスは、一部冷却器に再循環して排熱の有効利用を図ると共に石炭の乾燥に使用され、残りは、電気集塵器で集塵された後、排出される。

(f) 乾式転換の場合の環境の改善

(1) キルン排ガス用

①ガス条件

現状の電気集塵器入口ガス量は約 $2,300\text{Nm}^3/\text{min}$ であるが、改造後のガス量は、3号キルン $2,500\text{Nm}^3/\text{min}$ 、4号キルン $2,200\text{Nm}^3/\text{min}$ となる。

又、ガス温度は粘土乾燥機で調整するため乾式転換による改造の場合は、概ね 130°C と考えられる。

②ダスト条件

乾式改造の場合排ガス中の水分は約14%程度となり、又ダスト固有抵抗値は排ガス温度 130°C で $10^{11}\Omega\text{-cm}$ 以下となるので、電気集塵器に適したダスト固有抵抗であると言える。又入口ダスト濃度は約 $50\text{g}/\text{Nm}^3$ と考えられる。

③ 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は下記の様になっている。

| 項 目 | 3 号 キ ル ン 用 | 4 号 キ ル ン 用 |
|------------|--------------------|---------------------|
| 極 間 距 離 | 325mm | 300mm |
| ダ ク ト 数 | 14 | 25 |
| 部屋構成 (列×段) | 2×2 | 1×2 |
| 集 塵 極 寸 法 | 3.3M × 6.5M | 4.385M × 8.5M |
| 集 塵 面 積 | 2402.4m^2 | 3727.25m^2 |
| ガス通過断面積 | 59.15m^2 | 63.3m^2 |

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

| 項 目 | | 3 号 キ ル ン 用 | 4 号 キ ル ン 用 |
|-----------------------|-------|------------------|------------------|
| 乾式よ 転る 換改 に造 | ガ ス 量 | 3.690 m^3/min | 3.250 m^3/min |
| | 比集塵面積 | 39.1 $m^2/m^3/S$ | 68.8 $m^2/m^3/S$ |
| | ガス流速 | 1.03 m/s | 0.86 m/s |
| | 滞留時間 | 6.34 sec | 10.24 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 による比集塵面積 | 所要比集塵面積 |
|-----------|---------------------|-------------------|
| 3号キルン用集塵器 | 39.1 $m^2/m^3/S$ | 73.09 $m^2/m^3/S$ |
| 4号キルン用集塵器 | 68.8 $m^2/m^3/S$ | 73.09 $m^2/m^3/S$ |

従って現状集塵器を使用して、排ガス含塵量を規制値の 0.15 $g/N m^3$ 以下にする為には、3号キルンについては、現状容量の約2倍、4号キルンについては、1.1倍の容量が必要になることがわかる。

④ 電気集塵器の改造

湿式のままでの改造で述べた電気集塵器の内部改造を行うと、現状の集塵器は下記のような仕様となる。

| 項 目 | 3 号 キ ル ン 用 | 4 号 キ ル ン 用 |
|------------|-------------------|-------------------|
| 極 間 距 離 | 300mm | 300mm |
| ダ ク ト 数 | 15 | 25 |
| 部屋構成 (列×段) | 2×2 | 1×2 |
| 集 塵 極 寸 法 | 3.932mW × 6.706mL | 4.45 mW × 8.53 mL |
| 集 塵 面 積 | 3.164 m^2 | 3.796 m^2 |
| 比 集 塵 面 積 | 51.5 $m^2/m^3/S$ | 70 $m^2/m^3/S$ |

従って、必要な面積との差を増設分で補えば良いことになる。

従って3号キルン用として比集塵面積 $21.6\text{m}^2/\text{m}^3/\text{S}$ 、4号キルン用として比集塵面積 $3.09\text{m}^2/\text{m}^3/\text{s}$ の有効容量を持つ集塵器の増設を行えば良いので、現2号用集塵器の内部取替えを行い、これを3号用として使用し、現3号用集塵器は、1系列を3号用として使用し、残りの1系列は4号用として現4号と併用して使用すれば新たな集塵器増設は必要ない。

(11) クーラー冷却器排ガス用

クーラー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、ダスト固有抵抗曲線の高温領域で使用される為、電気集塵器が用いられる。

この設計条件としては、下記の通りである。

| 項 目 | 処理ガス量 | ガス温度 | 入口ダスト量 | 出口ダスト濃度 |
|--------|-------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|
| 3号キルン用 | $1,500\text{Nm}^3/\text{min}$ | 220°C | $30\text{g}/\text{Nm}^3$ | $0.15\text{g}/\text{Nm}^3$ |
| 4号キルン用 | $1,300\text{Nm}^3/\text{min}$ | 220°C | $30\text{g}/\text{Nm}^3$ | $0.15\text{g}/\text{Nm}^3$ |

この条件のもとでは、有効容量 510m^3 の電気集塵器の設置が必要である。

(g) 石炭粉砕設備

石炭粉砕設備は、石炭使用量が減少するため既存の設備のうち2基を転用する。

乾燥用熱源を現状のキルン口元部よりの抽気より、クリンカー冷却機からの排ガスに変更する。

(h) 仕上粉砕機

生産量の増加に対処するため、仕上粉砕機を現状の開回路から閉回路に改造する。一般に開回路から閉回路に改造することによる能力増加は、1.3～1.4倍といわれており、既存の粉砕設備の能力は下記の様に増加する。

$$28.5\text{t/h} \times 5\text{基} \times 1.3 \sim 1.4 = 185 \sim 199\text{t/h}$$

一方、セメント生産量は日産4,120トン、172t/h必要であり、キルンに対する仕上粉砕機の余力が7%しかない。そこで、各粉砕機の粉砕媒体の充填量が少ないので、媒体を10トンずつ入れ増すことにより、能力増加を図り、各粉砕

機40 t/h、総粉末能力200t/hする様設定した。この場合、粉碎機のキルンに対する稼働率は86 %である。

(1) 電気計装設備

(1) 電気設備

(イ) 受配電設備

現状の受配電設備の更新の必要性は1. 1(2) 項湿式のままでの近代化にて詳述した通りである。

現状での設備容量は、鉱山・包装工場・給水設備、その他の付帯設備を除き概ね19,000KWであるが、改造後は概ね22,000KWの設備容量となる。

キルン乾式化に伴い、粘土乾燥、原料調合、キルン系統は一新されると共に、仕上設備の閉回路化も採用されるので、配電設備も、これに見合うように、再編成する必要がある。又負荷設備としては、原料粉碎系統、焼成系統、仕上粉碎系統の三つのブロックに分割され、現状の受配電所の位置は負荷の中心から離れているので、現糧県変電所の近くに移設する必要がある。

(ロ) 電気室

各工程ごとに電気室を設け、なるべく負荷設備の近くに配置する。

(ハ) 電動機

現状の電動機の転用としては、原料粉碎系統では、中央貯蔵庫用クレーン及び原料粉碎機用電動機、焼成工程では、クリンカー輸送系統電動機、仕上粉碎系統では、石膏、混合材輸送及び仕上粉碎機用電動機、石炭粉碎系統ではほぼ全ての電動機が考えられる。付帯設備についても現状の電動機転用とする。

(ニ) その他ケーブルについても総括制御装置関係及び主要な電動機については更新する。

(ホ) 上記以外の機器については湿式のままでの近代化にて詳述した内容と同様である。

(11) 計装設備

計装設備の考え方については、湿式のままでの近代化について詳述した通りである。

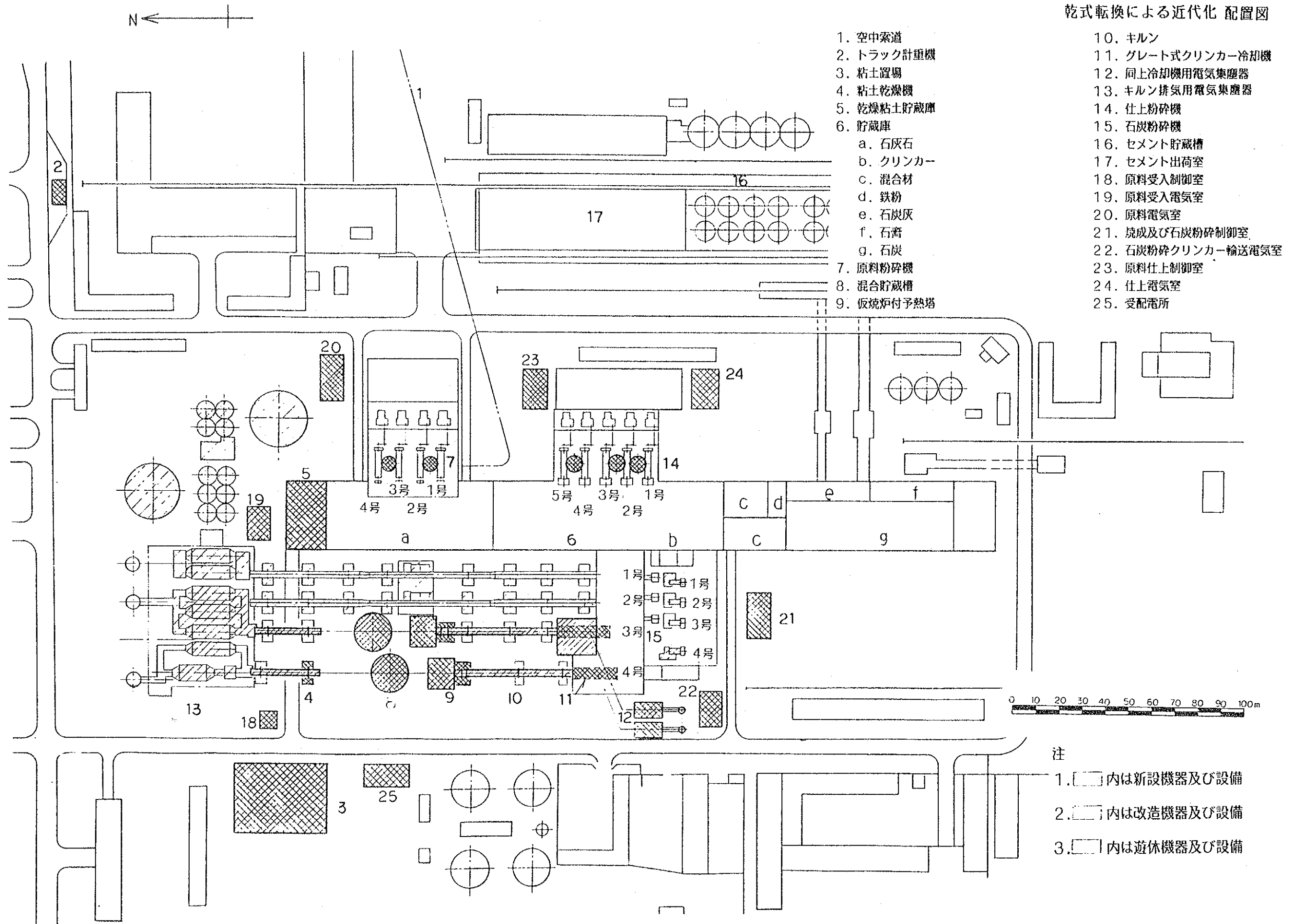
制御室としては、原料受入制御室、原料仕上制御室及び焼成制御室の三ヶ所を設置し、原料受入よりセメントサイロ投入までの運転監視制御を行う。

(2) 乾式転換後の設備の概要

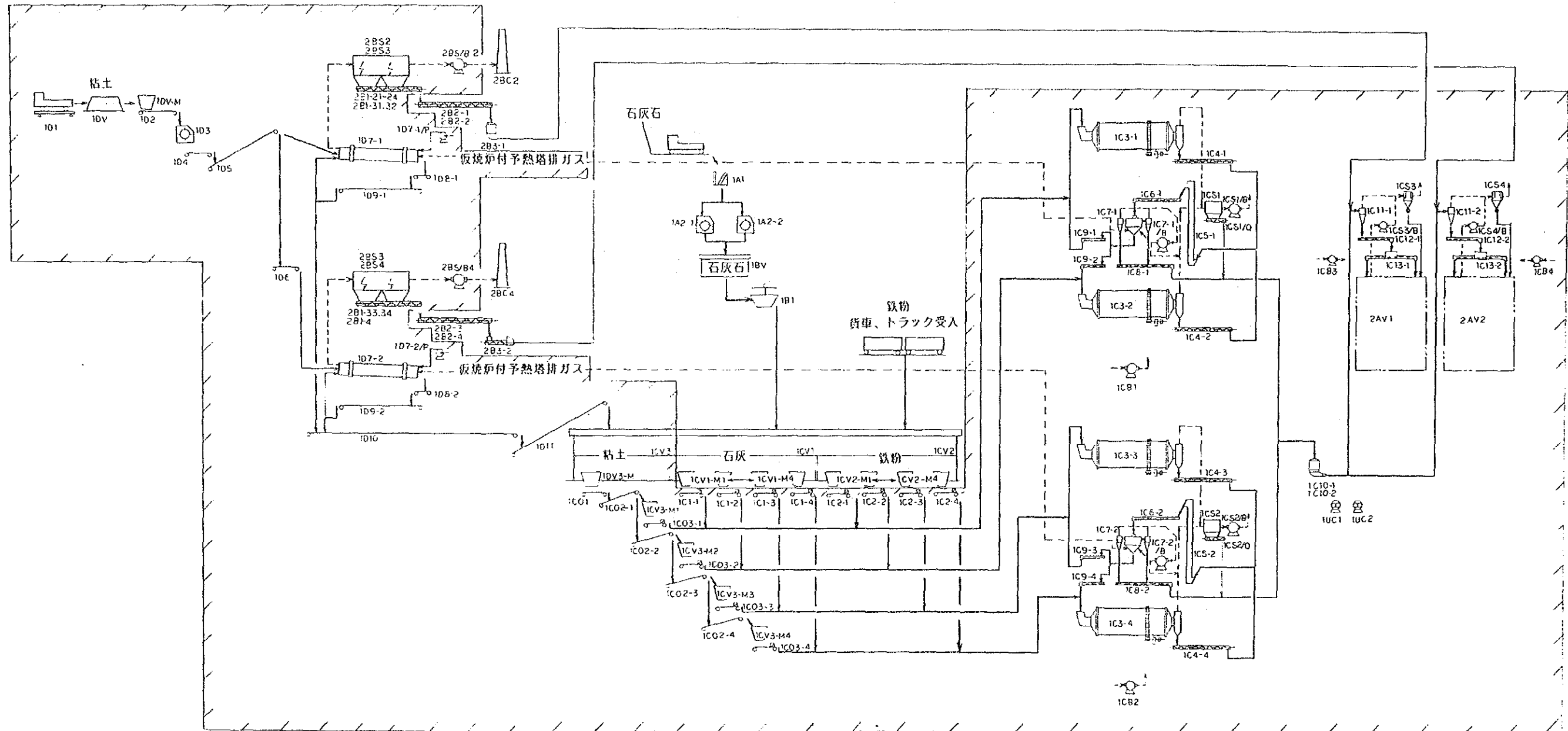
以上の検討結果を基本として乾式転換後の設備内容の概要を下記に示す。

| | | |
|-------|------------|---------|
| 図V-9 | 乾式転換による近代化 | 配置図 |
| 図V-10 | 乾式転換による近代化 | 原料設備工程図 |
| 図V-11 | 乾式転換による近代化 | 焼成設備工程図 |
| 図V-12 | 乾式転換による近代化 | 仕上設備工程図 |
| 図V-13 | 乾式転換による近代化 | 石炭設備工程図 |
| 図V-14 | 乾式転換による近代化 | 物質勘定図 |
| 図V-15 | 乾式転換による近代化 | 単線結線図 |
| 図V-16 | 乾式転換による近代化 | 原料設備計装図 |
| 図V-17 | 乾式転換による近代化 | 焼成設備計装図 |
| 図V-18 | 乾式転換による近代化 | 仕上設備計装図 |
| 図V-19 | 乾式転換による近代化 | 石炭設備計装図 |

図V-9
乾式転換による近代化 配置図



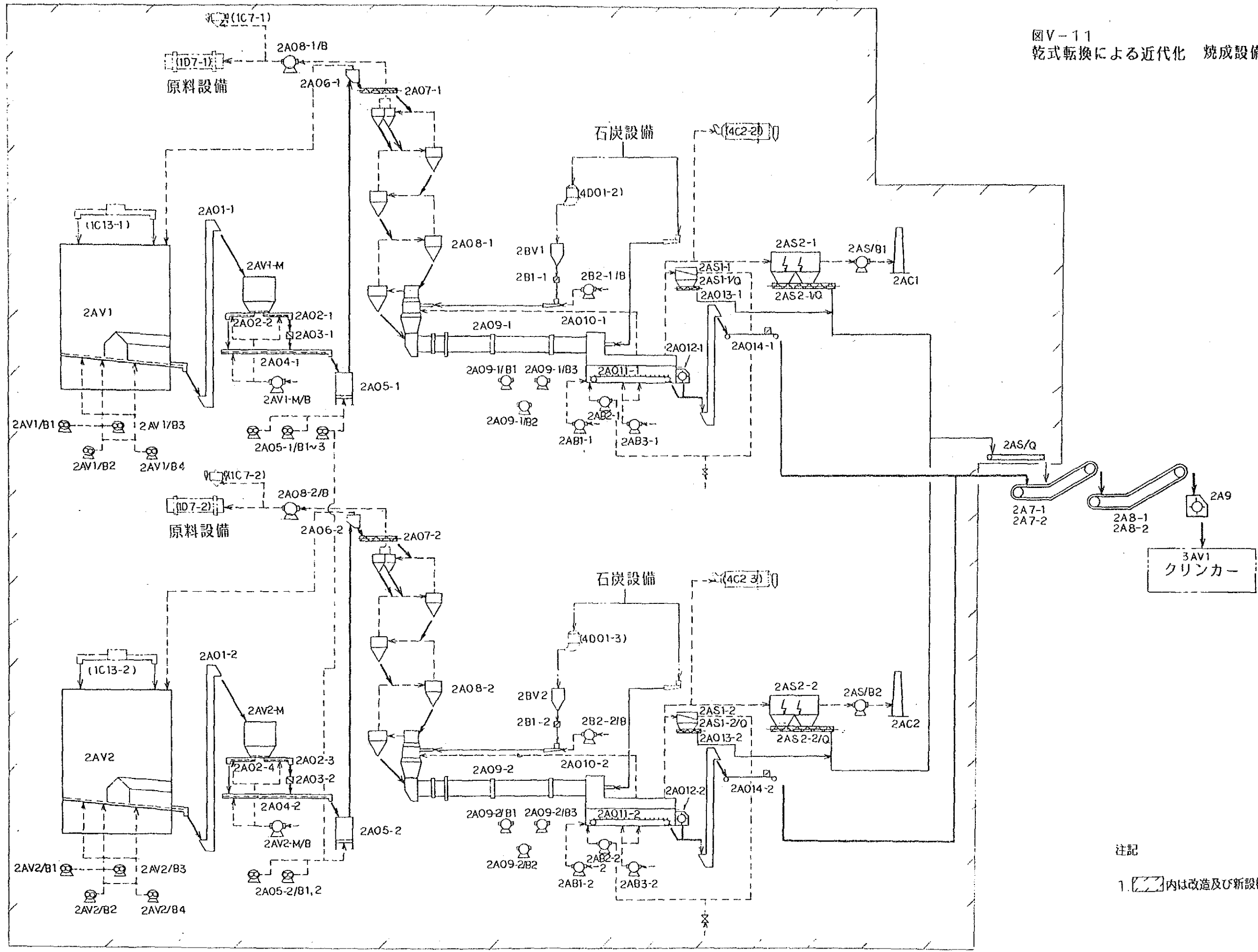
図V-10
 乾式転換による近代化 原料設備工程図



注記

1. []内は改造及び新設機器

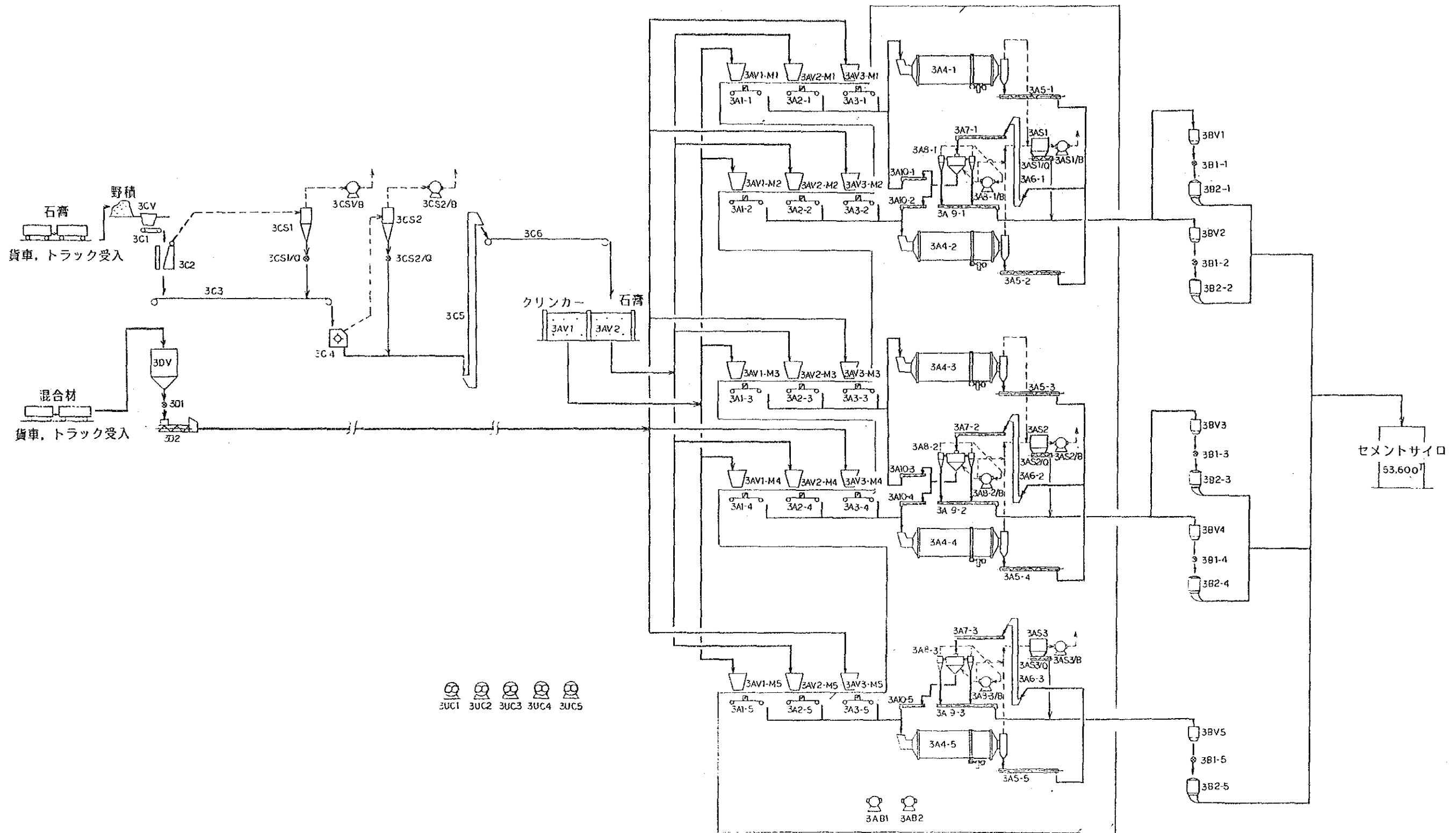
図V-11
乾式転換による近代化 焼成設備工程図



注記

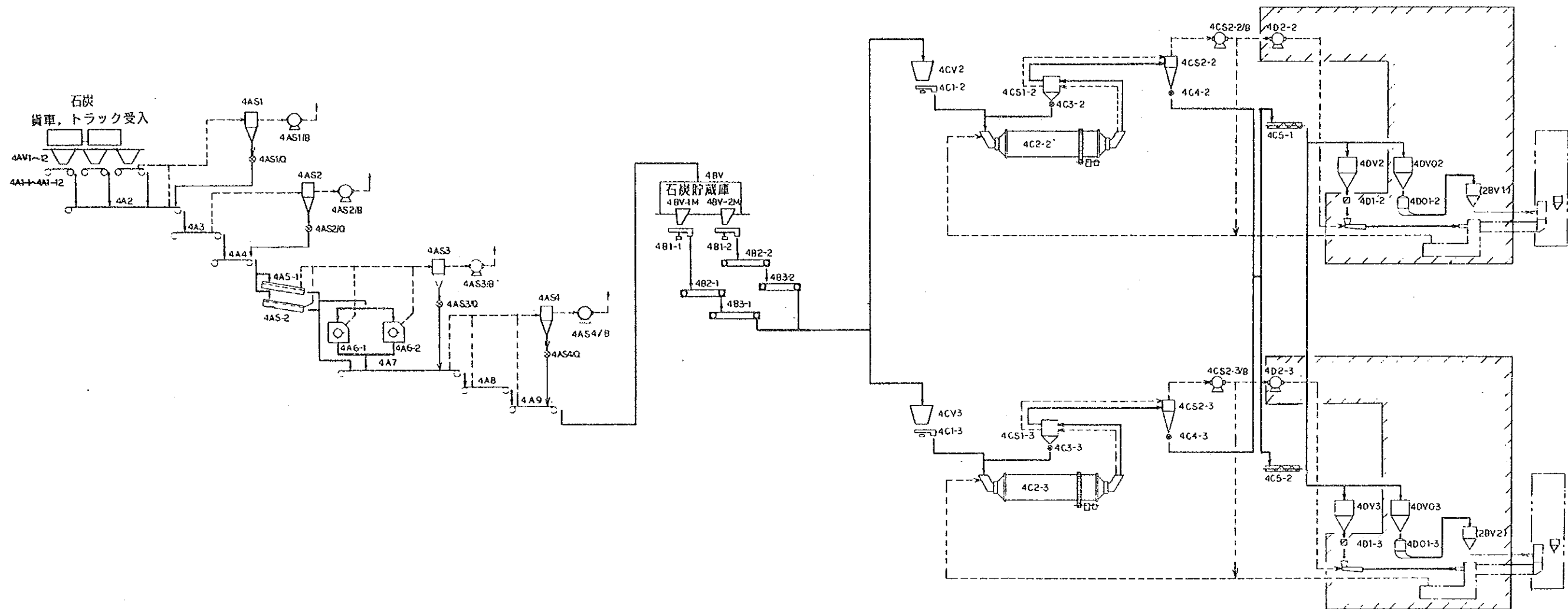
1. []内は改造及び新設機器

図V-12
乾式転換による近代化 仕上設備工程図



注記

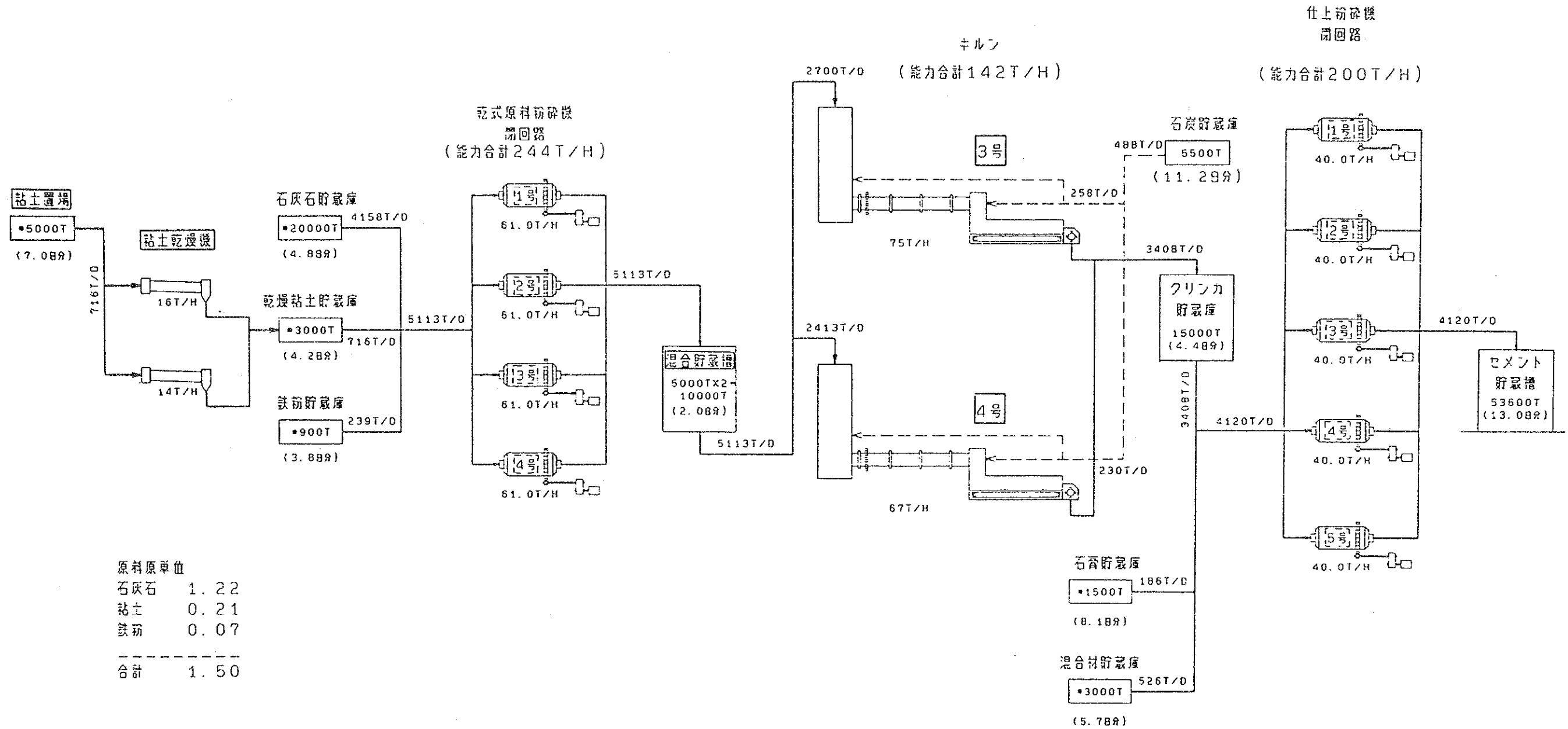
図V-13
乾式転換による近代化 石炭設備工程図



注記

1. 内は改造及び新設機器

図V-14
乾式転換による近代化 物質勘定図



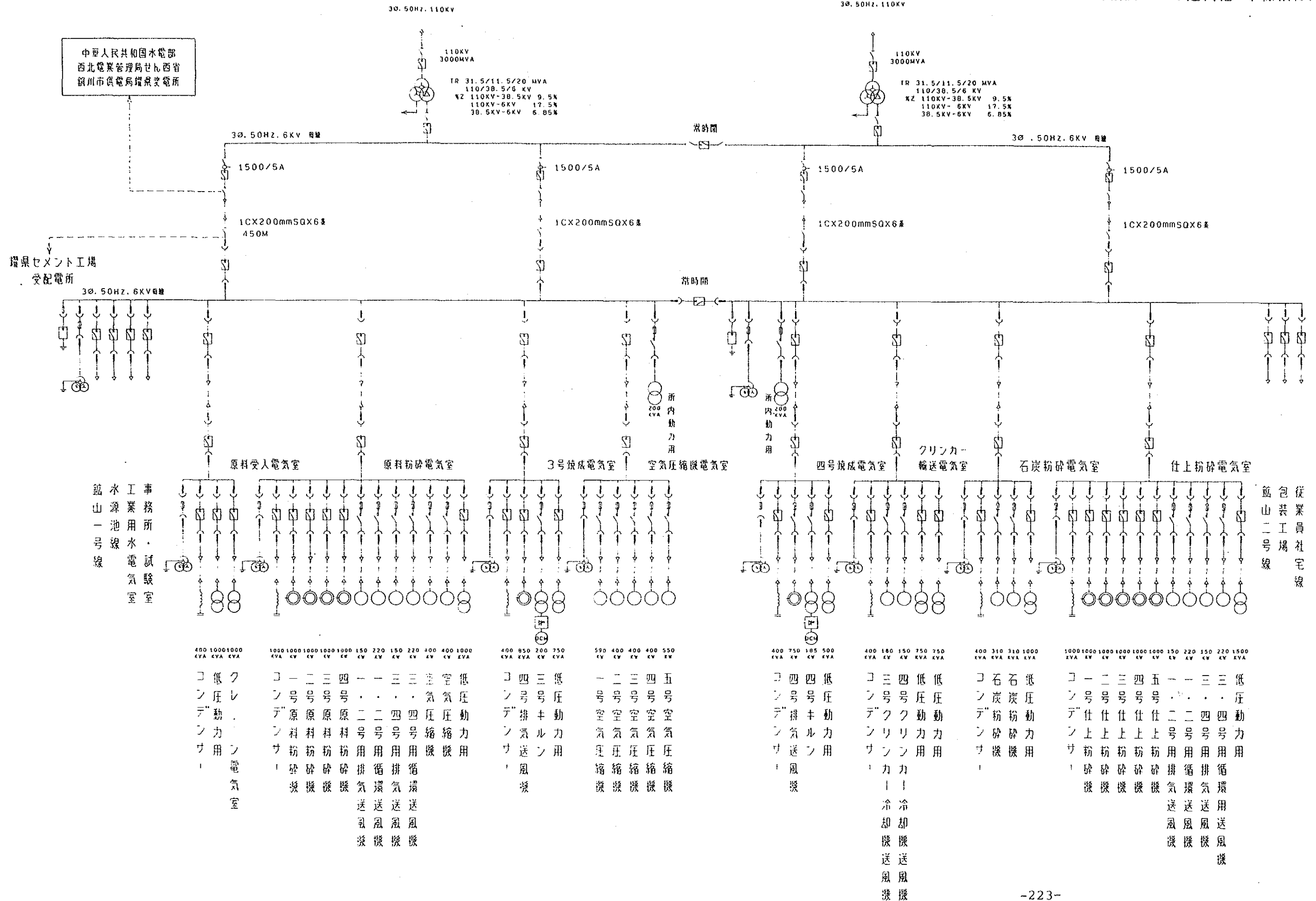
原料原単位

| | |
|-----|------|
| 石灰石 | 1.22 |
| 粘土 | 0.21 |
| 鉄粉 | 0.07 |
| 合計 | 1.50 |

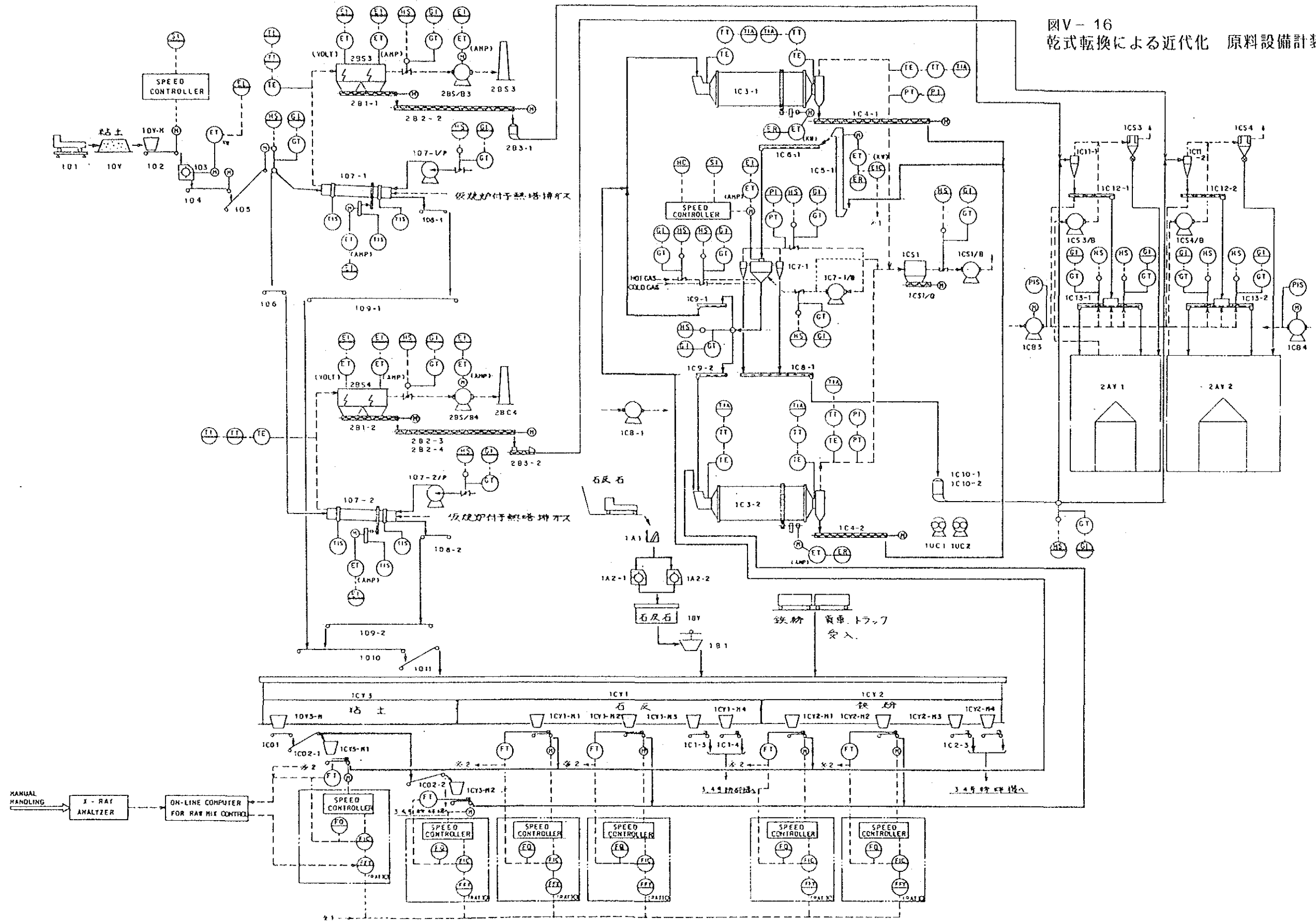
- 注
- *印の数値はウェットベースを示しそれ以外はドライベースを示す
 - [] は改造を示す
 - は新設機器を示す

| | 粉砕機能力 | 生産量 |
|----------|-----------------|-----------------|
| #425セメント | 46.0T/H | 1957T/D |
| #525セメント | 33.0T/H | 1957T/D |
| 油井セメント | 40.0T/H | 206T/D |
| | 40.0T/H (平均) | 4120T/D (合計) |

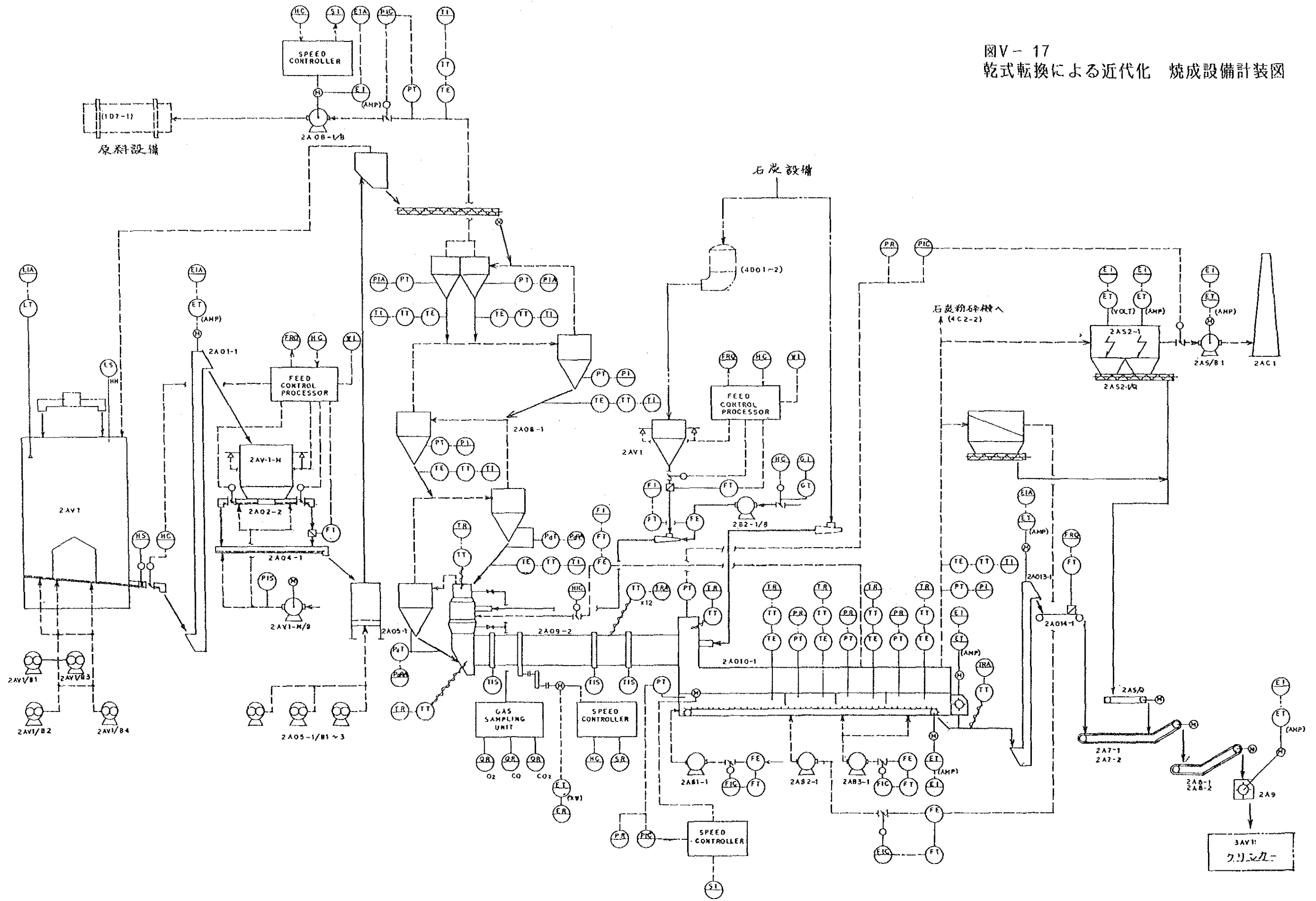
図V-15
乾式転換による近代化 単線結線図



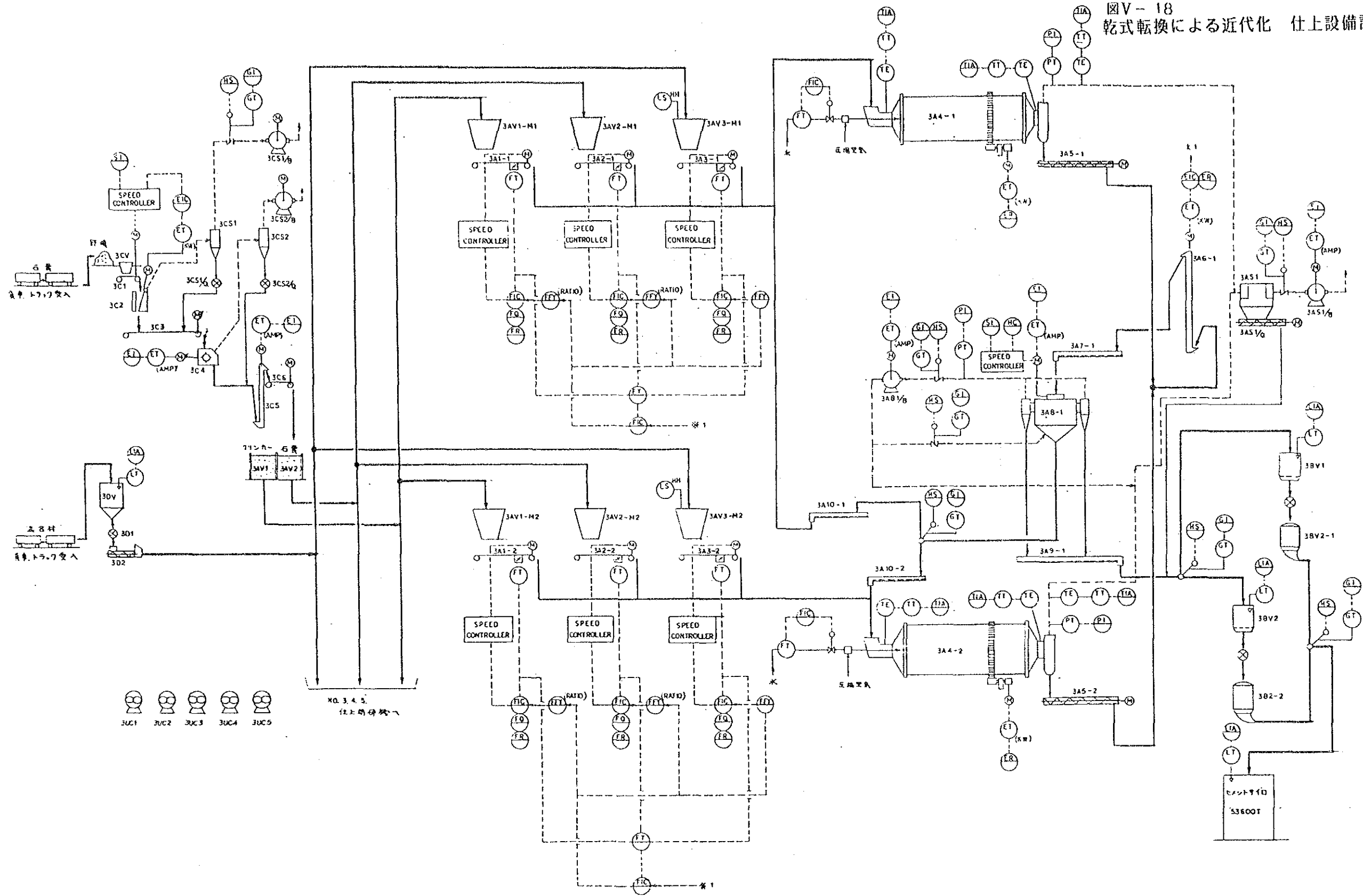
図V-16
乾式転換による近代化 原料設備計装図



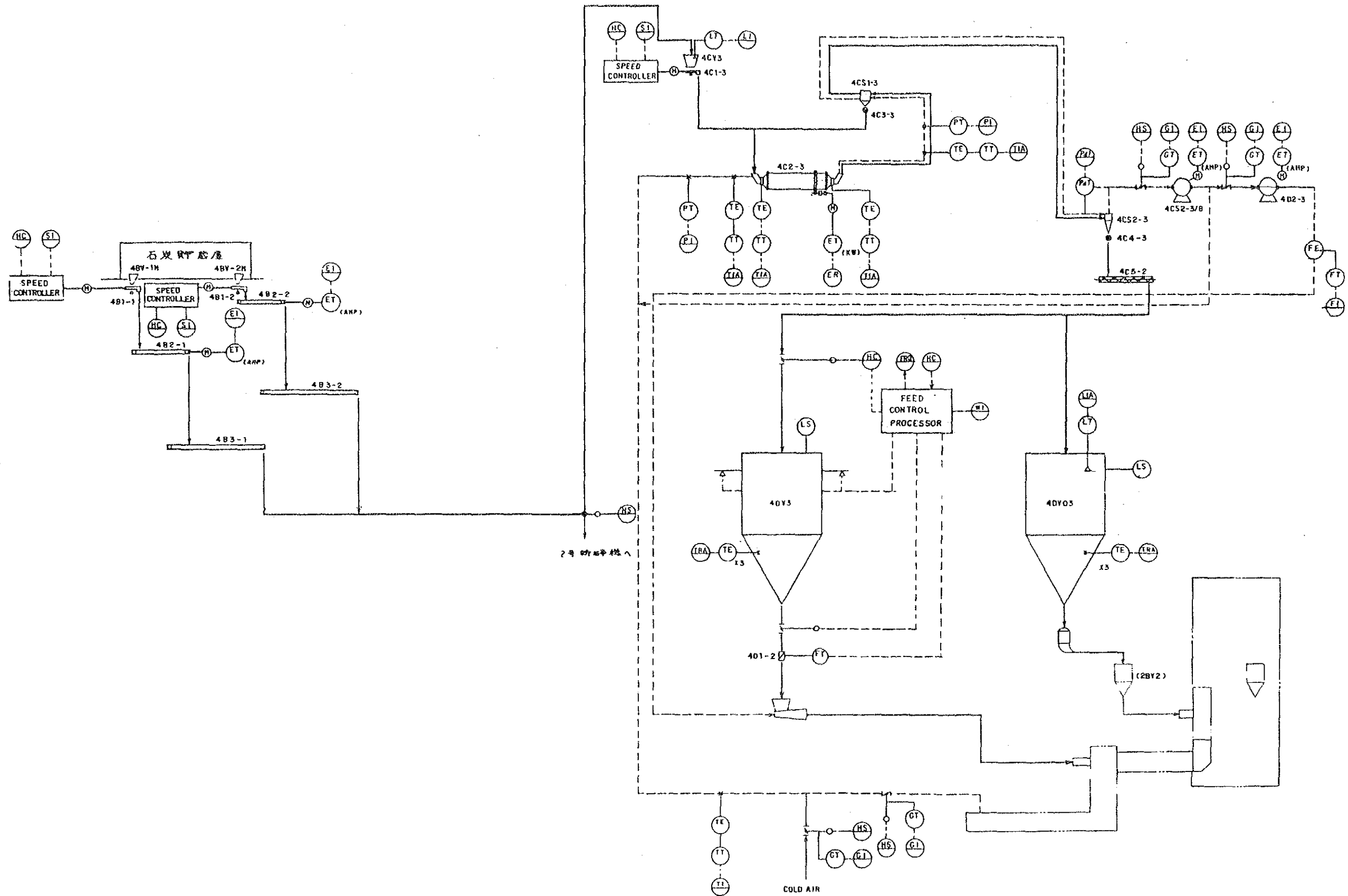
図V-17
乾式転換による近代化 焼成設備計装図



図V-18
乾式転換による近代化 仕上設備計装図



図V-19
 乾式転換による近代化 石炭設備計装図



(a) 主要機器の仕様

| 名 称 | 仕 様 | 能 力 | 台数 | 備 考 |
|---------------|--|----------------|--------|---------------|
| 粘土置場 | 30m×40m 上家付 容量5000屯 | | | 新設 |
| 粘土乾燥機 | 回転円筒向流式 入口水分 15% 出口水分 1.0 % | | | 既設キルン胴体 転用 |
| | 3号キルン用 3.6mφ×27.5mL 75KW 4号キルン用 3.5mφ×27.5mL 75KW | 16T/H 14T/H | 1 1 | |
| 乾燥粘土置場 | 容量 3000T | | 1 | 既設貯蔵庫延長 |
| 原料粉碎機 | 乾式化改造 閉回路方式 | 61T/H | 4 | 既設粉碎機改造 |
| 混合貯蔵槽 | 16mφ×35mH 容量5000屯 混合槽, 貯蔵槽兼用 | | 2 | 新設 |
| 仮焼炉付予熱器 | 5段サイクロン, 仮焼炉付 | | | 新設 |
| | 3号キルン用 13m×12m×57.5mH 4号キルン用 12.5m×11.5m×54.5mH | 75T/H 67T/H | 1 1 | |
| キルン | 3号キルン用 3.6mφ×56mL 355KW 4号キルン用 3.5mφ×53mL 315KW | 75T/H 67T/H | 1 1 | 既設キルン改造 |
| | | | | |
| クリンカー冷却機 | グレート式 | | | 新設 |
| | 3号キルン用 3.5mW×18.0mL 4号キルン用 3.3mW×17.1mL | 75T/H 67T/H | 1 1 | |
| 冷却機排ガス 集塵器 | 3号キルン用: ガス量 1,500Nm ³ /min, ガス温度 220℃ 4号キルン用: ガス量 1,300Nm ³ /min, ガス温度 220℃ | | 1 1 | 新設 |
| | | | | |
| キルン排ガス 集塵器 | 3号キルン用: ガス量 2,500Nm ³ /min, ガス温度 130℃ 4号キルン用: ガス量 2,200Nm ³ /min, ガス温度 130℃ | | 1 1 | 既設集塵器改造 |
| | | | | |
| 仕上粉碎機 | 閉回路方式, 媒体量増加10 t | 40 | 5 | 既設粉碎機改造 |

2 生産管理の改善案

生産管理とは、工場の設備、原材料、人材等の生産に関する諸種の要素である生産力を総合的調整・改善によって企業全体としての生産力を最高度に発揮せしめることである。個々の生産諸力を大別すると、物的生産力と人的生産力に大別できる。物的生産力を能率的に活用することは「物的管理」であり、人的生産力を能率的に活用することは、人材力管理である。物的生産力はさらに生産手段である機械設備・工具・動力などと、生産の対象である原料・材料に分類できる。これら個々の生産力を最も効率的なものとし、また最も能率良く活用することが必要である。

従って、それぞれの生産力について、設備管理、資材管理、人材力管理を適切に行い、それぞれ対象とする生産諸力を最も能率的なものとし、かつ、これを最も能率的に活用することが生産管理である。工場の生産活動は作業者の作業によって実現するので、人材力を最も能率的に利用する事を積極的に企てる必要がある。即ち、人材力の養成と人材力の能率的な発揮を推進することである。従って単なる人材力の確保だけでなく、人材力を教育訓練による人材力の啓発・活性化が必要である。よって、工場の近代化とは設備だけでなく、人材力、資材を含めた生産諸能力の総合的な近代化である。

他方、管理の意義を一步ほりさげて考えた場合、管理は狭義の管理と広義の管理に分類できよう。

狭義の管理はさしあたり、計画→実行→結果の検討及び改定計画立案の管理の循環を合理的に回転させる努力だけで足りるわけである。見方を変えればそれは変化を望まず、むしろ変化を予防するいわば現状維持の管理である。問題処理の観点からいえば、実績を悪化させた原因ともいべき突発的な異常を発見し、これを是正あるいは除去することを目的とした管理、いいかえれば現状の成果、標準または実績を容認・肯定することを前提とした管理であって、もしも突発的な異常事態が発見された場合は、現状の成果、標準または実績に向って復元させ、それを維持することを意図している。

しかし、社会は日進月歩であるから、現状の維持はとりもなおさず相対的な後退を意味し、したがって現状維持の機能と解される狭義の管理はややもすれば、進歩を阻害するおそれがある。あまりにも目標を達成することのみ心を奪われて、目標それ自体に挑戦することを忘れさせてしまうおそれがある。

こういうときにこそ、積極的に変化を求め、現状を前向きに変革していこうとする創造的な管理活動すなわち、広義の管理が必要である。この広義の管理は実績を悪化させた原因となっている時代遅れの方針などを発見し、これを除去することを目的とした管理である。つまり現状打破を前提とした管理であって、現状の成果、標準または実績を変更し、その不断の改善を行うことを意図しているといえる。従って生産管理の循環が現実にまわっているか、もし現実がまわっているととしても、そのまわし方に妥当性があるかという点を再確認するだけにとどまらず、業務活動計画の内容や推進方法が適切であるか否か、そしてその実施状況と今後の対策がどうなっているか、また成果目標の達成度が満足すべきものかどうかを検討することは勿論必要であるが、まず原点に立ちかえって、個々の業務活動計画についての有効性ないし優先順位を吟味することから開始しなければならない。結論的にいって、以上述べた管理の基本姿勢は、あらゆる管理活動を通じて堅持されるべきものであり、常に革新的な問題意識をもって現状に挑戦しなければならない。

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の設備保全体制を確立していること、すなわち、少なくとも、機械・電気設備保全面で前述の狭義の管理体制が確立実施されていることが前提条件となる。更に6項近代化計画の詳細に記載された機械設備、電気・計装設備の近代化を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

生産管理の基本は、人、物、費用の3要素の管理といえ、設備を除けば、物の管理は、品質管理と計量管理といえる。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。

原料及び仕上粉砕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) 計測機器の校正と作動点検

工程管理計測機器の検出端の点検、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維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、並びに水分の多少及びそ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作用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、前述の如く調合計量機、水分計等の性能維持が重要である。生産量の面については、粉碎機消費電力により、調合量、或いは粉碎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、粉碎媒体補充、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・ダスト送入量、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 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CO₂、O₂、CO各含有率%、キルン胴体表面温度、クリンカー計量機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的に教育すれば、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、生産量の実計量値を記入する他、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、混合比が所定の目標値になる様に、クリンカー、石膏、混合材の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、混合材等の各供給量、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、混合材混合比を変え、低コストで生産すべきであり、適宜実状に応じて対応すべきである。