

2.2 品質管理

品質管理上の現状分析と問題点は第Ⅲ章 2.3に説明したように、調合制御法、ならびに計量管理の立後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案する。

(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 (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を表V-4及び表V-5に示す。

表V-4 実際的な諸比率

名 称	成分比率	限 界	[実 際 例]
1)水 硬 率 (H.M) 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)珪 酸 率 (S.M) 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) Iron modulus	A/F	0.7~ 2.0	—

(注) C=CaO, S=SiO₂, A=Al₂O₃, F=Fe₂O₃

表V-5 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) 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) Kalksattigungs grad.Lime Saturation ratio (L.S.R) (Kuhl)	$\frac{C}{2.8S+1.1A+0.7F} \doteq 1.0$	"
3) 石灰飽和度 (L.S.R) (Lea-Parker)	$\frac{C}{2.8S+1.18A+0.65F} \doteq 1.0$	A/F>0.64
4) 石灰化合度 (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 (Guttman-Gille)	$\frac{C}{2.8C+1.65A+0.35F} \doteq 1.0$	"
6) 石灰飽和度 (L.S.D) (英国企画B.S.S)	$\frac{C-0.7 \times SO_3}{2.8S+1.2A+0.65F} >0.66$	A/F>0.66
7) 石灰飽和度 (KSK) (Kind)	$\frac{C-1.65A-.35F-Fr.CaO}{2.8S}$	

上表の諸比率のうち、ヨーロッパでは主にLSD, SM, IM によっているようであり、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が払われ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 (原料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項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料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、諸率がかなり異なってくることにある。特に、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、SH、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)とをオンラインある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の分析時間は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徴を有しているので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品質のセメント(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すべきである。

参考までにこの装置の精度を表V-6に示す。

表V-6 蛍光X線分析機の測定精度

化学成分 項目	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	HM (-)	SM (-)	IM (-)	備 考
平均値	15.0	3.4	2.0	43.1	2.11	2.78	1.70	代表的な セメント 原料
個人成形誤差 σ_1	0.068	0.023	0.010	0.072	0.006	0.005	0.004	13人x5回 成形後測 定した値 の 標準偏差
同一試料で繰 返し誤差 σ_2	0.043	0.012	0.007	0.028	0.007	0.009	0.008	10回繰り 返し測定
総合精度 σ_3	0.163	0.079	0.033	0.224	0.011	0.020	0.009	採取誤差 +成型誤差 +繰返誤差 +機器誤差

当工場では原料調合はCaCO₃、Fe₂O₃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製しているが、最終的にはKSk管理にある。

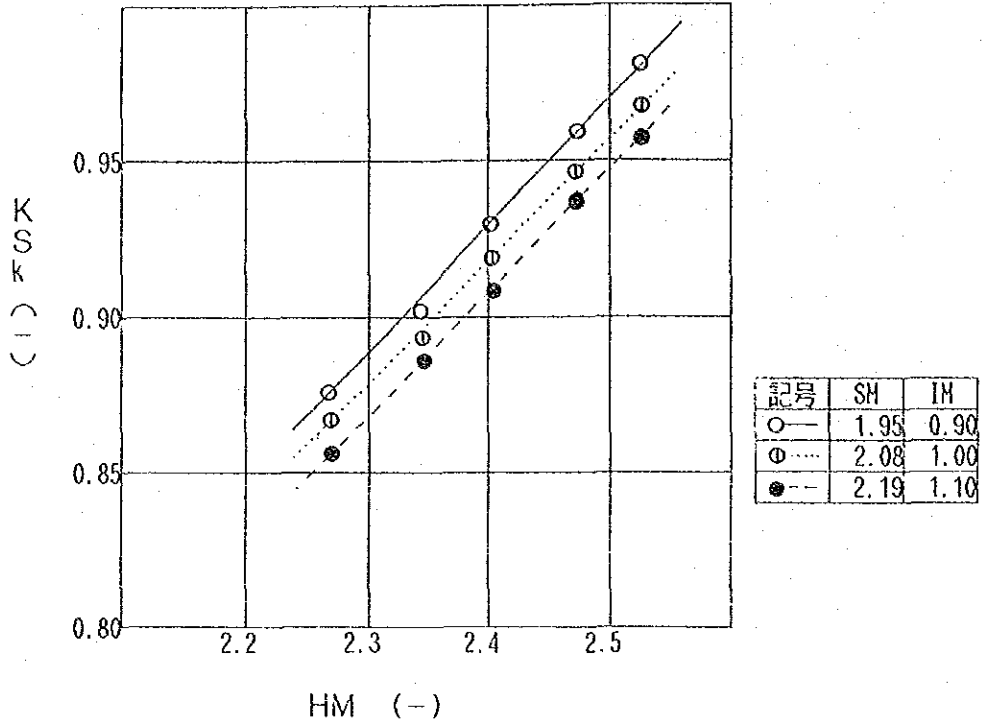
KSkとCaCO₃、Fe₂O₃成分の間には明確な関係はないと思われる。それはKSkの算出式にCaOを除く他の3成分に係数がそれぞれついていることと、SiO₂、Al₂O₃の含有率の傾向が、CaCO₃、Fe₂O₃がわかってもはっきりしないからである。

そこで1984年の1年間に当工場に入荷した石灰石、粘土、鉄粉、石炭の各成分、特性値を用いてKSkとHMの関係を求めたところ図V-20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-4参照)に示すように、主要4成分(CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃)の係数が全て1であるので酸・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

折値から補正す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（添付資料 1.5）でも短時間（約 1時間10分位）で相当な精度で得られるので工程管理用に適していると思う。



図V-20 KSk とHMとの関係
（使用原料、1984年度工場入荷品）

(2) 原料調合方法の改善について

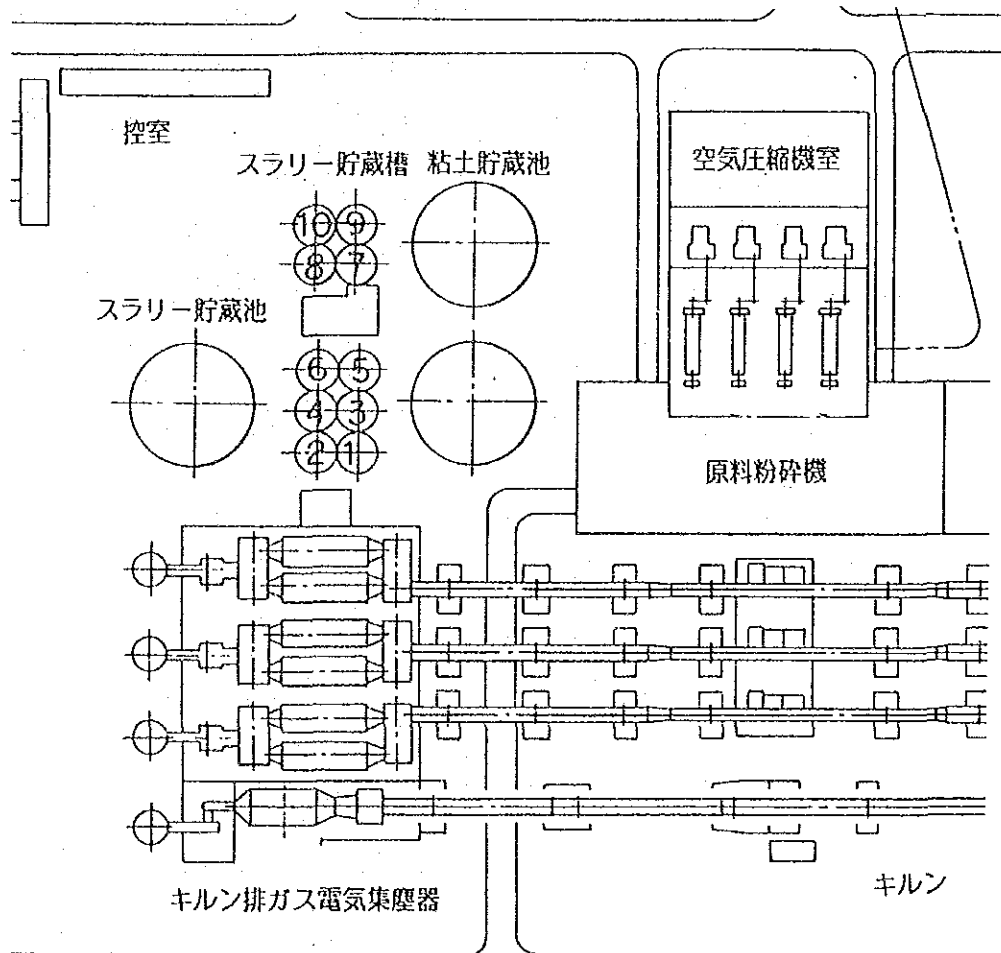
原料調合はセメント製造工程の中での最初の重要な工程であり、この調合制御の良し悪しによつて後の工程が決まってくるといってもいい程重要なものである。

原料調合方法の改善については(a) 湿式のままで近代化及び(b) 乾式転換による近代化とに分けて、その案をまとめた。

(a) 湿式のままで近代化における原料調合方法について

現在の耀県工場の原料調合システムの配置は下図のようになっている。スラリー貯蔵槽は現在 6基使用中であり、4基は遊休となっている。

ここではスラリー貯蔵槽を下図に示すように、1~10号庫と呼ぶことにする。



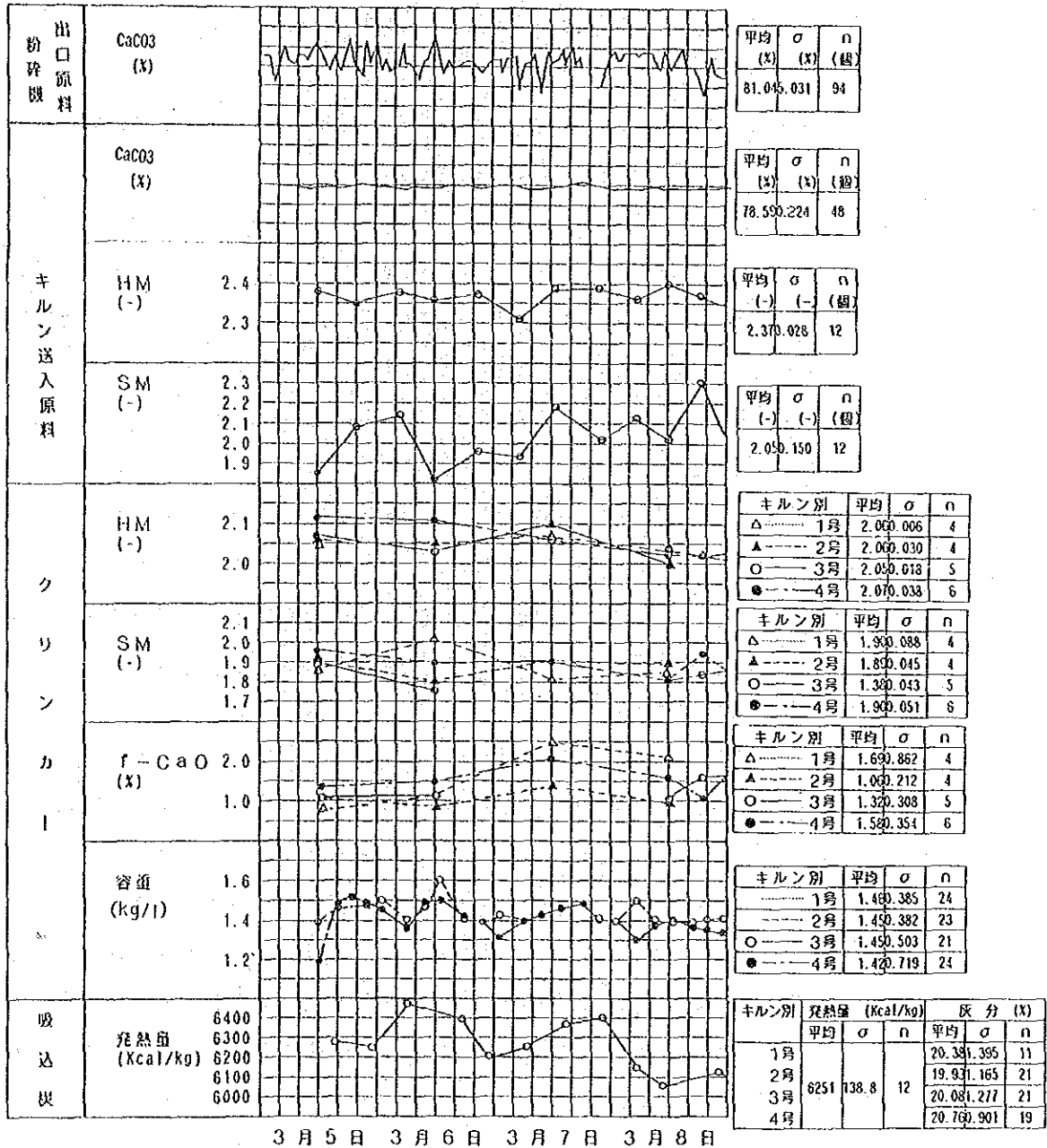
原料調合系統図

図V-21は1985年3月5日～8日の期間、調合原料、クリンカー、吹込炭等の主要分析値の推移をとったものである。この図からは次のことが言える。

- ① 粉砕機出口原料のCaCO₃は平均81.04%、標準偏差5.013%と非常にばらついているが送込原料のそれは平均78.59%、標準偏差0.224%になり平均値、ばらつき、ともに小さくなっている。平均値がさがった理由はスラリー貯蔵槽で再調整するためと考える。
- ② 送込原料のCaCO₃の標準偏差0.224%と非常に安定しているのに対してHMのそれが0.028となっている。このHMの標準偏差が0.028であるということはまず良好な原料調合をしていると考えてもよいが、送込原料のCaCO₃が安定している割にはHMのばらつきがあると考ええる。

原料粉砕機の能力、スラリー貯蔵槽の容量、キルンの焼成能力を考慮し、工場関係者の説明から、キルンが4本運転時には原料調製時間にほとんど余裕がないことがわかっている。即ち、一班の者はスラリー貯蔵槽1,3,5号を8時間以内に満庫放出していないとキルンの送込が間に合わない計算となる。スラリー貯蔵槽1号機の容量は、満庫で約480屯(乾基準)であり原料粉砕能力50屯時基であるので貯蔵槽3本満庫に要する時間は7時間10分位かかっており、ほとんど余裕がないことがわかる。

当工場では長年の経験から非常に短時間でこの調製を行なっている。



図V-21 原料及びクリンカーの水硬率(HM), 硅酸率(SM)他変動表

図V-22は日本のセメント工場の原料調合制御系の1例をブロック図にして示したものである。

この図における方法の特徴は

- (i) 計算機によって工程制御を全て実施している。
- (ii) 定量供給機を設置し、供給量の実測、制御ができる。
- (iii) 蛍光X線分析で短時間に原料成分が判明する。
- (iv) 放射線水分計で水分管理を実施し、連続サンプラーで代表試料を採取できるようにされている。
- (v) 貯蔵槽を3系統に分け、2つの系統は合送で貯蔵池に供給しながら、残りの1つの系統に粉砕機原料を受入れている。

当工場にこの方式を全面的に採用できると理想的であるが、湿式のままで近代化計画の中では(iii)の蛍光X線分析を他の分析方法にかえても調合制御は支障なく実施できると思う。すなわち焼結改良法(添付資料1-5参照)でできるだけ迅速に分析する方法を代用してもよい。(i)の計算機の機種としては湿式製造法のままで導入する場合はベーシックプログラムによるパーソナル・コンピュータで本体記憶容量256KB程度のものが適当と思う。但しこの計算機では(i)のように工程制御を全て実施できるのではなくて、あくまでも調合原料の化学分析結果と各原料の供給比率を用いて次回の各原料の供給比率を決める計算をするだけである。この結果を見て手動で次回の各原料の供給比率を操作する。

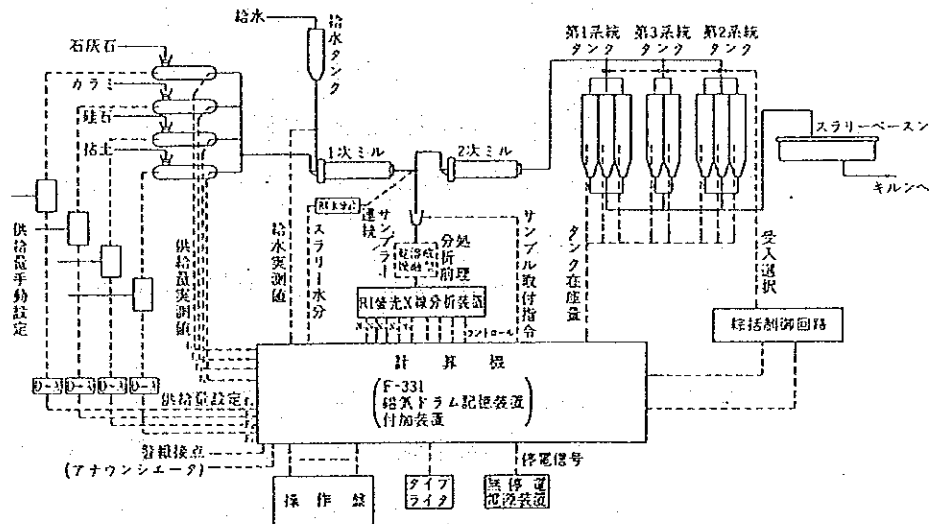
この計算機による調合制御を順調にラインにのせるためにはまず、(ii)の定量供給機で供給量がわかること、(iv)のオートサンプラーが必要であること(図V-23)、図V-24に示すように装置おくれを考慮すること、ならびに次回各原料の供給比率を算出するソフトウェアをつくらなければならない等検討すべきことが多い。これらの概要については次の(b)に後述した。(iv)に示す水分計は湿式法でスラリーをそのままキルンに供給する場合においては、スラリーの水分の多少が直接生産能力および燃料原単位に影響を与える点で重要となるものであり、現在、エアバージ式、 γ 線密度計、中性子水分計が使用されているが、セシウム式水分計を設置することをすすめる。

(v)の方式は、貯蔵槽を3系統に分け、順次系統別にHM, SMの異なるものを調製し(例えば第1系統がHM大、SM小ならば合送相手となる第2系統の貯蔵槽にはHM小、SM大となる様な原料を送り込んでおき、目標の諸率になる様に合送比率を

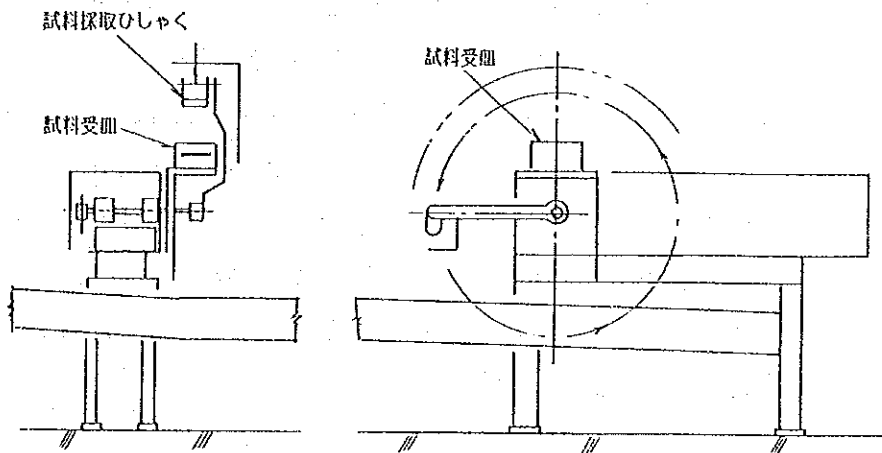
求めた後その比率でスラリー貯蔵地に送る。この時注意しなければならないのは、合送比率は必ずどちらかの系統は空になる様な値でなければならない。したがって残った系統の貯蔵槽は次の第3系統の貯蔵槽と合送して空にする。このことを考慮しながら次の第3系統の諸率設定も変えてゆくわけである。

このようにして目標の諸率になる様、合送するシステムを考えると更に余裕をもって原料調合が出来ると思われる。

尚、当工場には原料が石灰石、粘土、鉄粉の3種類であるので諸率制御項目は2個である。したがってHMとSMあるいはKSKとSMを制御し、IMは随意という調合制御を行なうことになる。又、合送システムではHMとSMに重み（例えばHM：0.8、SM：0.2のように）をつけて、合送比率を決めるという方法もあるが、HM優先が無難な方法であろう。



図V-22 原料調合制御系ブロック図



図V-23 オートサンプラーの1例

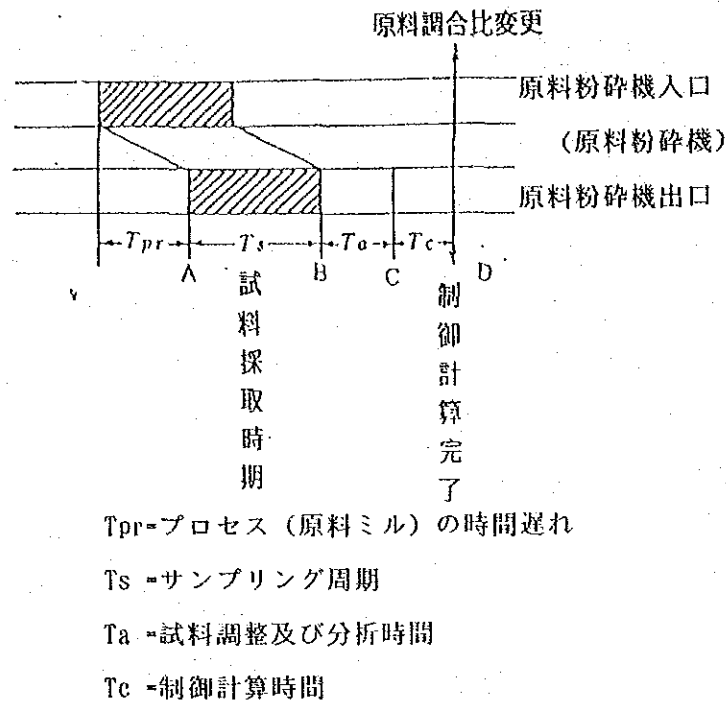


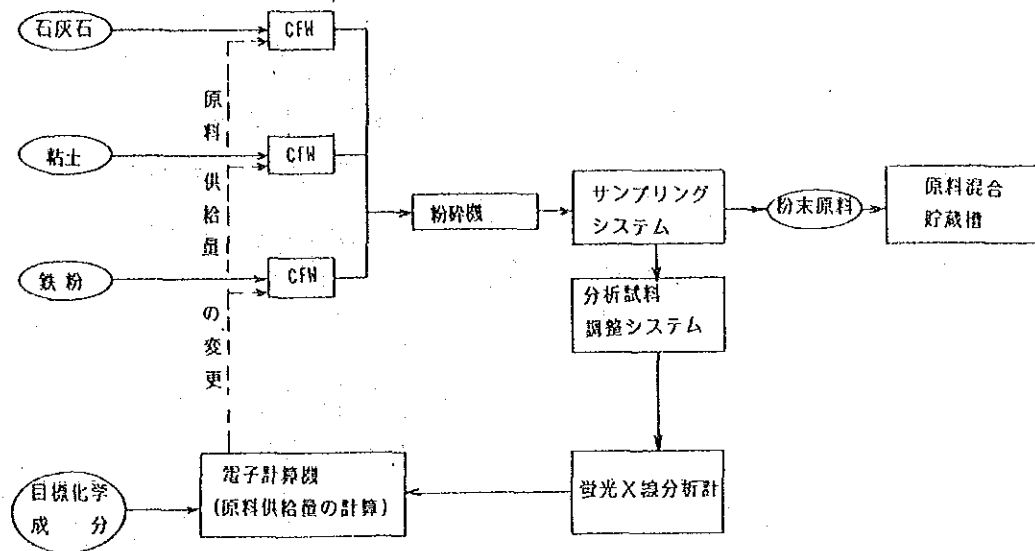
図 V-24 計算機制御による原料調合の時間流れ

(b) 乾式転換による近代化における原料調合方法について

 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、調製することが重要である。

 乾式転換では定量供給機、試料自動採取機等の設置、混合貯蔵槽、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を十分にすべきである。

 原料部門における計算機制御の基本は、粉碎机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碎机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-25 に計算機制御による原料調合システムの簡単な工程図を示す。

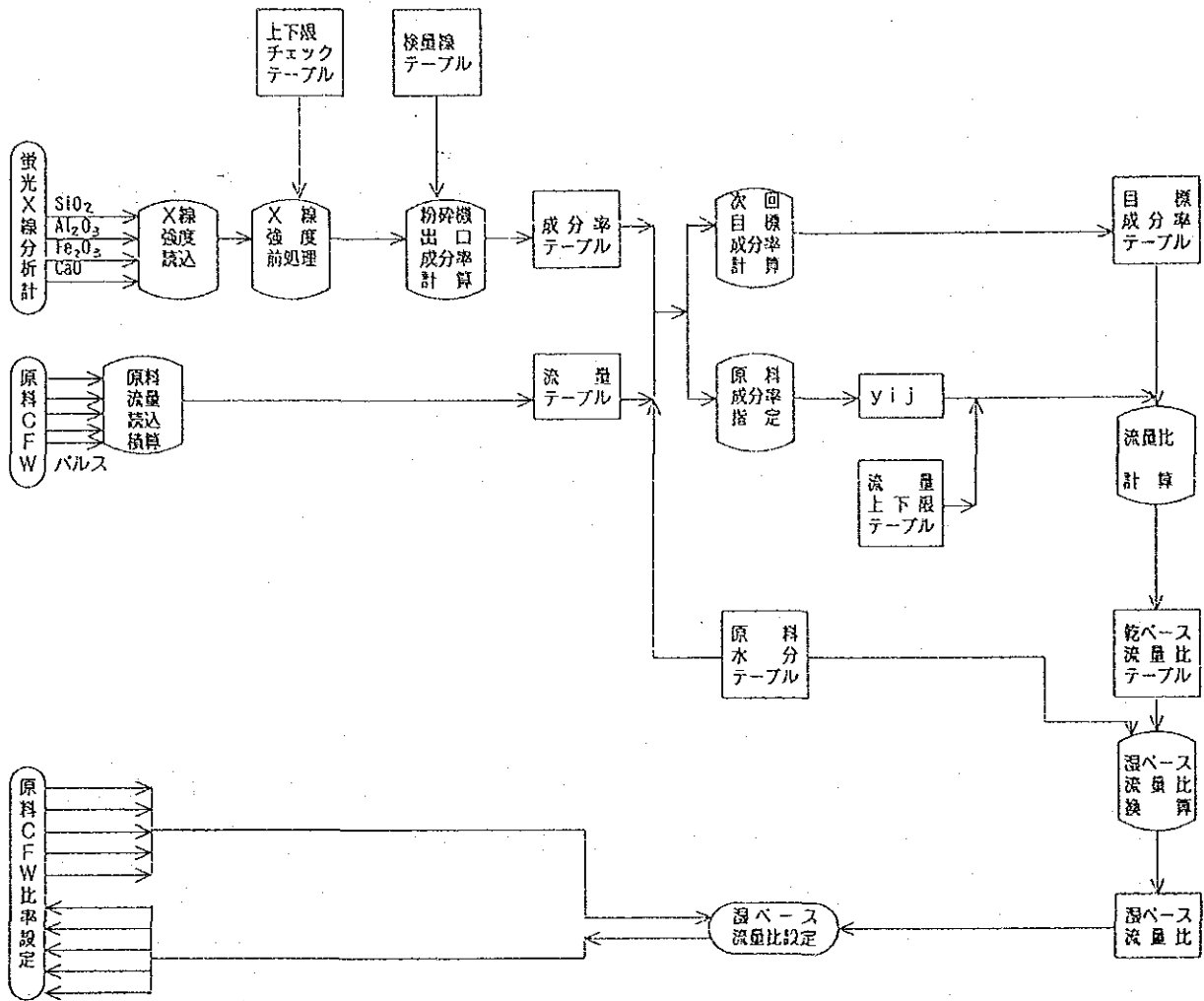


図V-25 計算機制御による原料調合システム

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_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 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-26に示す通りである。

図V-26 計算機制御システムの詳細工程図



図V-26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_{1j})
- (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_{1j})

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 So, 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-7とすれば次式が成り立つ。

	石灰石	粘土	鉄粉	調合原料	
(CaO バランス)	$y_{41}f_1$	$+ y_{42}f_2$	$+ y_{43}f_3$	$= Co f_t$	
(SiO_2 バランス)	$y_{11}f_1$	$+ y_{12}f_2$	$+ y_{13}f_3$	$= So f_t$	(4.1)
(Al_2O_3 バランス)	$y_{21}f_1$	$+ y_{22}f_2$	$+ y_{23}f_3$	$= Ao f_t$	
(Fe_2O_3 バランス)	$y_{31}f_1$	$+ y_{32}f_2$	$+ y_{33}f_3$	$= Fo f_t$	

表V-7 原料の化学組成

原料 成分	石灰石	粘 土	鉄 粉
ig. loss	l_1	l_2	l_3
SiO_2	y_{11}	y_{12}	y_{13}
Al_2O_3	y_{21}	y_{22}	y_{23}
Fe_2O_3	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-7に示す y_{1j} , 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_{1j} 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粘土、鉄粉の y_{1j} 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(4.1)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。

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

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

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

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

(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-24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。

$$\frac{\text{(これまで供給されたC')} + \text{(未分析のC)} + \text{(次回目標のC)}}{\text{(これまで供給されたS+A+F)} + \text{(未分析のS+A+F)} + \text{(次回目標のS+A+F)}} = HM_0$$

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

但し、C;CaO,S;SiO₂,A;Al₂O₃,F;Fe₂O₃, HMo;目標水硬率 (例えば 2.10)

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 2.10)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。

(111) 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(11)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。これに使用する試料自動採取機の一例を図V-27、及び図V-28に示す。又、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位のものが適当であろう。

(c) その他工程における品質管理

当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。

しかしながらこれらを今回の近代化計画案にそ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ない、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-13)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。

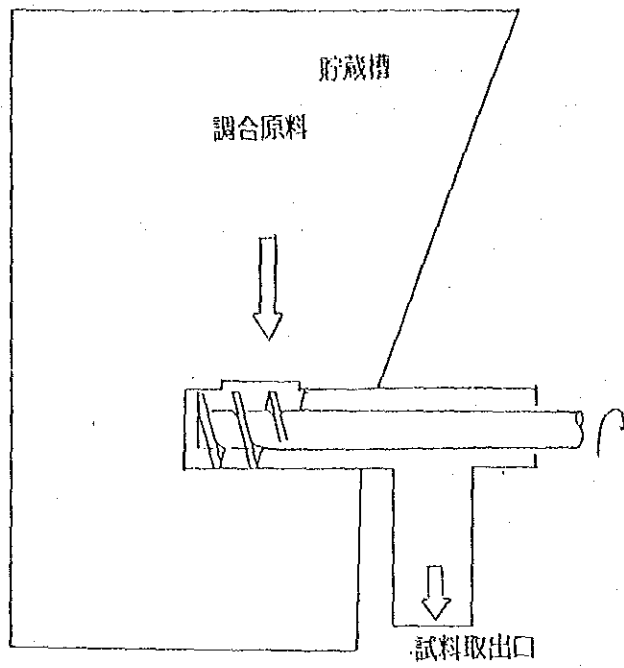


図 V - 27 試料自動採取機

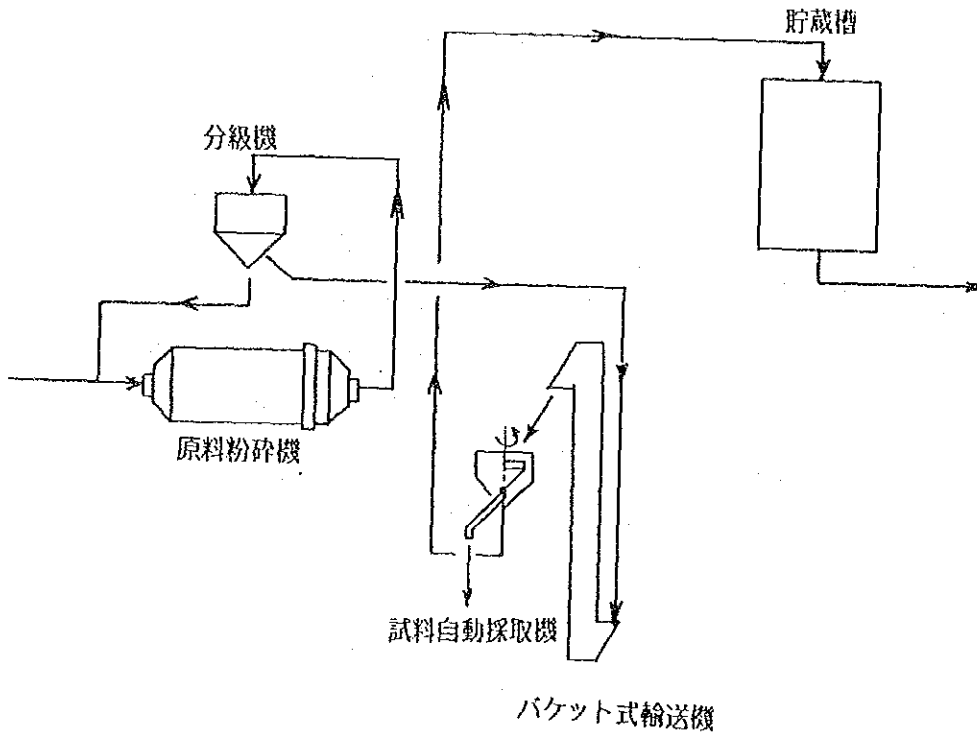


図 V - 28 試料自動採取機

2.3 設備保全

(1) 機械設備保全

(a) キルン定期休転について

現在キルンの定期休転は、30日の運転後1日休転という工程の繰返しが基本となっているが、キルン内煉瓦の寿命に合わせて年2～3回の可能な限り長い定期休転をとり、運転中に機械、電気設備の故障で止めないという考え方に変えるべきである。即ち休転期間中に完全に設備の保全を行い、長期安定運転を行う考え方である。当面、設備がこの様な状態でないのならば、1運転の中で1回1～2日の短期の休転をしても止むをえないが、上記が可能な様に設備を改造していくべきである。

(b) 休転補修内容について

キルン耐火煉瓦、チェーン等の副原料、消耗品の取替は当然であるが、取替記録等を作成してより計画的に行うべきである。

次に窯尻送風機の軸受、ローターの取替が非常に短周期であり、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、故障、取替という事柄に慣れないで、その原因を追求して改善案を検討して、寿命の延長を図るべきであると思われる。

(c) 突発故障について

前にも述べた様に余裕のある休転期間中に計画的に補修、保全を実施する様にすれば、突発故障は非常に減少すると考える。

(d) 突発故障内容について

定期休転時での補修を充分に行うことは当然として、機械というものは、初期故障を除き、突然故障するものでは無く、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は、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。

(e) 補修体制について

保全班の編成については特に問題ないと思われるが、照明設備、防寒対策の向上が必要であろう。

(f) 予備品管理について

キルンタイヤ、ガスギヤ等的大型部品の予備品を長期間保管する必要性は疑問であるが、保管するならば、防錆油、防雨シート等による防錆対策を施工すべきである。

(g) 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、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

近代化計画の内容を実施に移すためのスケジュールを湿式のままで近代化、乾式転換による近代化の二案につき以下に述べる。

このスケジュールは、極力操業休止期間を短くするため、建家工事、基礎工事、機器据付工事等、既存設備運転中に実施可能なものは、全て運転中に行い、キルン休止期間中は、運転中の設備の改造、切替のみを行う様計画した。又、夫々のキルン休止期間中に、全設備の休止期間を15日程度とる様計画した。

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度に休止して改造行なうことは問題であり、キルン1系列ずつ漸次改造して行なうために長期間必要である。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、手続き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が出来る準備を早急に開始すべきである。

建物の配置は、本報告書（案）受領後直ちに検討をはじめ、設備の調達と併行して、建物、機械基礎の設計、工事資材の調達を行う必要があり、夫々の所要期間を勘案して、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共に、設備の据付完了前に運転員の運転実習を設備の納入先又は、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。設備の近代化と併行して生産管理の改善を進めるが必要あり、運転管理、品質管理、保安全管理、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出来る様、最終報告書受領後直ちに開始すべきである。

3.1 湿式のままで近代化

(1) 全体スケジュール

近代化計画を実施する場合、対象設備が1～4号キルンと4系列あるので、改造工事による操業休止を少なくするという考え方から、1基ずつ改造工事を行なうのが妥当と考える。

改造工事の順序としては、比較的改造は範囲の少ない4号キルンを当初に改造し、3号キルン、2号キルン、1号キルンの順に改造するのが、操業休止減算を少なくするという意味で有利である。

上記の考え方で近代化計画の全体実施スケジュールをまとめると図V-29のとおりとなる。

各キルン系列の所要期間は次の詳細検討の結果をまとめたものである。

(2) 4号キルンの実施スケジュール

当初の4号キルンの近代化時の設備改造の範囲としては、4号キルン系列のも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。

(a) キルン系列のもの改造

- (i) キルン排ガス電気集塵器の改造
- (ii) クリンカー冷却機排ガス電気集塵器の設置
- (iii) キルン燃焼器の改造
- (iv) キルン排ガス電気集塵器回収ダスト輸送システムの改造
- (v) チェーン、煉瓦の整備
- (vi) 仕上粉碎機の改造 5号仕上粉碎機

(b) 共用設備の改造

- (i) 原料調合設備改造 1～4号原料粉碎機
- (ii) 受配電設備の改造
- (iii) 電気計装設備の改造

以上の改造による近代化スケジュールを図V-30に示す。

(3) 3号キルンの実施スケジュール

3号キルン近代化時の設備改造の範囲としては、共用設備の改造は、4号キルン改造時実施しているの、キルン系列のもの改造ですみ、内容は以下の通りである。

(a) キルン排ガス電気集塵器の改造

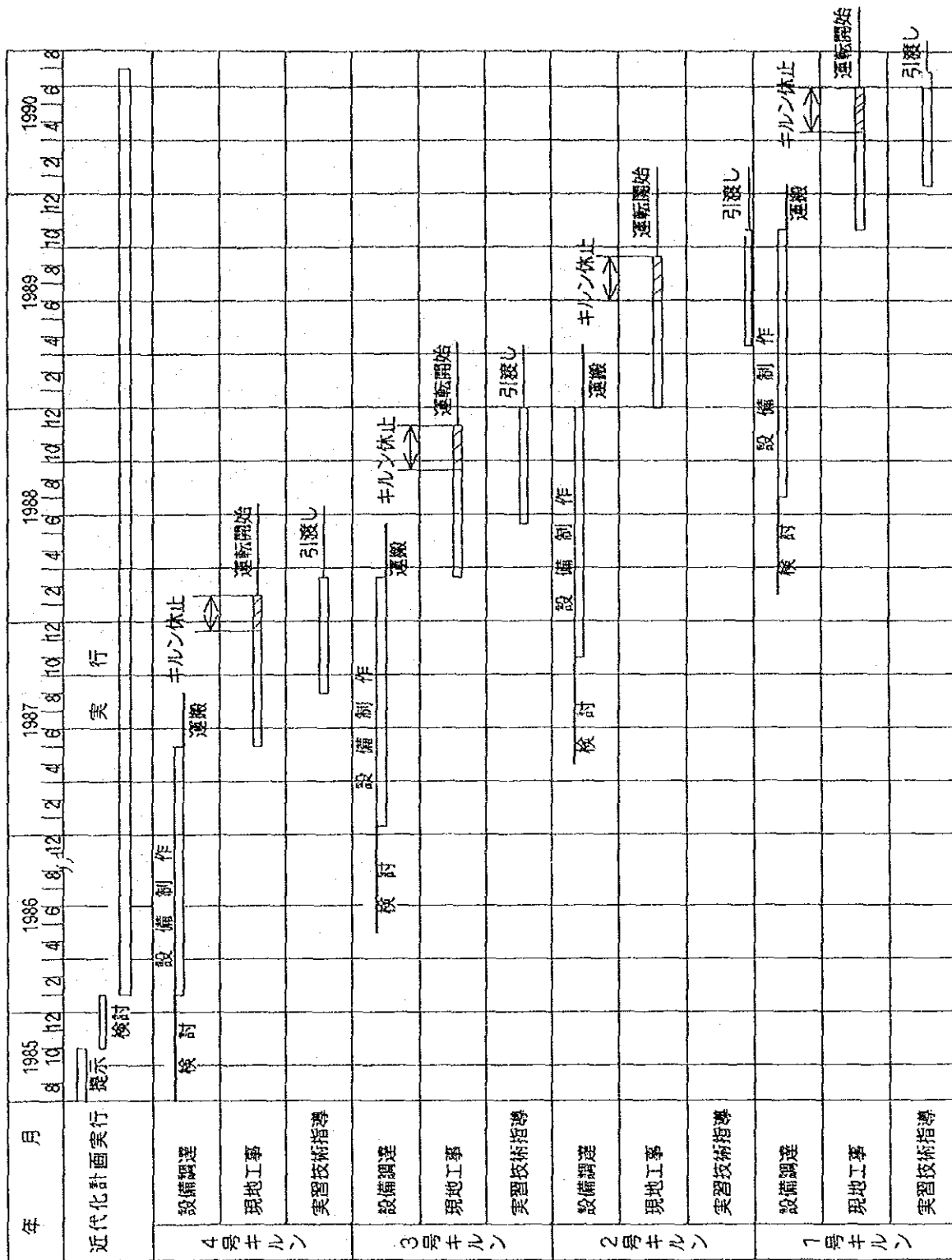
(b) 多筒式クリンカー冷却機の改造

- (c) キルン燃焼器の改造
- (d) チェーン、煉瓦の整備
- (e) キルン排ガス電気集塵器回収ダスト輸送システムの改造
- (f) 仕上粉碎機の改造 ----- 3～4号仕上粉碎機
- (g) 電気計装設備の改造

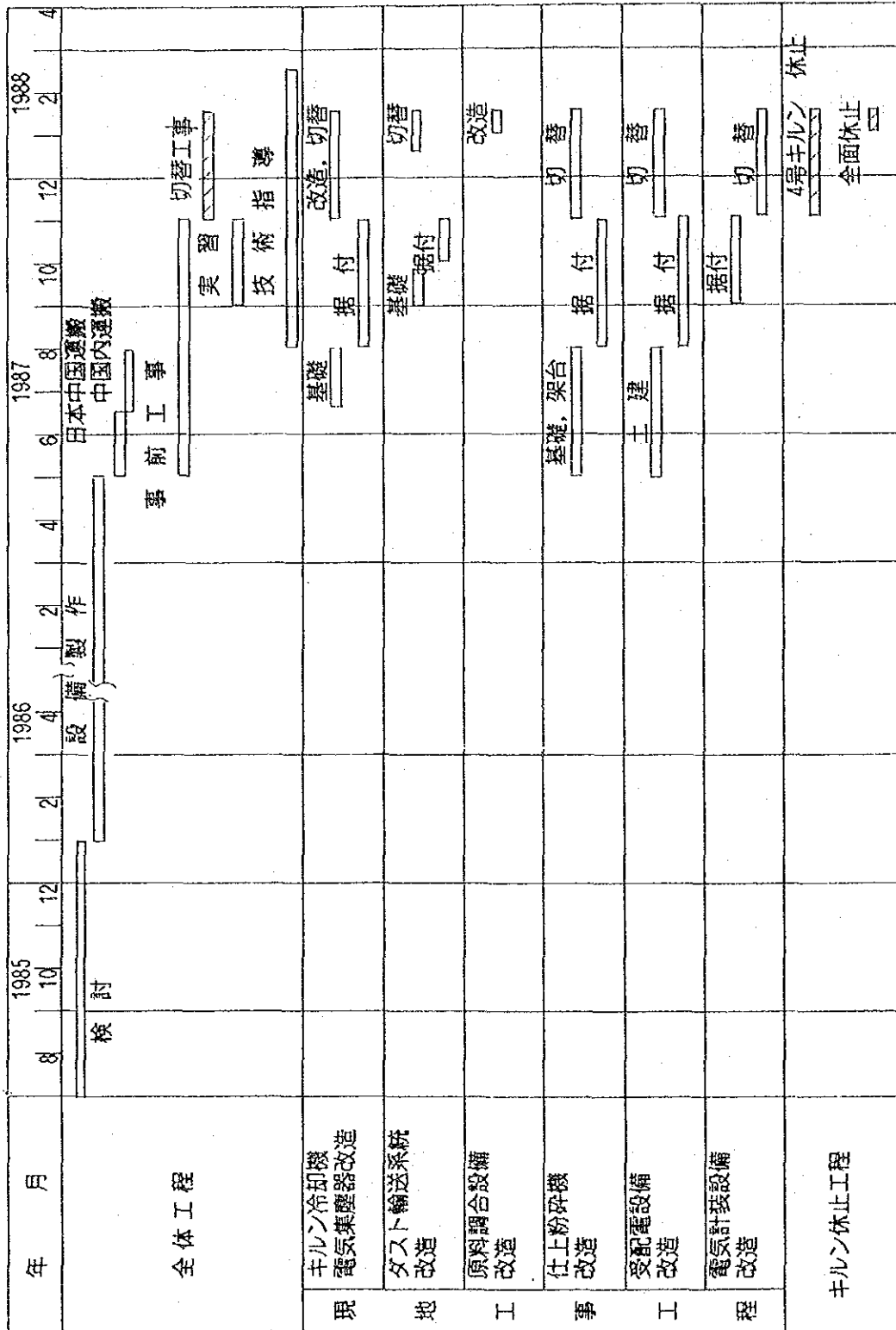
以上の改造による近代化スケジュールを図V-31に示す。

1. 2号キルンの実施スケジュールは3号キルンに準ずるものであるので省略する。

図V-29 近代化全体スケジュール



図V-30 4号キルン近代化スケジュール



3.2 乾式転換による近代化

(1) 全体実施スケジュール

改造キルン、改造順序の考え方については、1.2で述べた様に4号キルン、3号キルンとし乾式転換による近代化計画の全体実施スケジュールを図V-32に示す。

このスケジュールの考え方は3.1(1)で述べたものと全く同様である。

(2) 4号キルンの実施スケジュール

4号キルンの乾式転換時の設備改造新設範囲としては、キルン系列そのものの他に共用設備の改造新設が含まれ内容は下記の通りである。

(a) キルン系列のもの改造

(i) 粘土乾燥設備新設

(ii) 原料粉砕機改造 ----- 3～4号原料粉砕機

(iii) 原料貯蔵槽新設

(iv) キルン改造

(v) 予熱塔新設

(vi) クリンカー冷却機改造

(vii) キルン排ガス電気集塵器改造

(viii) クリンカー冷却機排ガス電気集塵器新設

(ix) 仕上粉砕機改造 ----- 3～5号仕上粉砕機

(b) 共用設備の改造新設

(i) 粘土受入設備新設

(ii) 乾粘土置場新設

(iii) 受配電設備の改造

(iv) 電気計装設備の改造

以上の乾式転換によるスケジュールを図V-33に示す。

(2) 3号キルンの実施スケジュール

3号キルンの乾式転換時の設備改造新設範囲としては、キルン系列そのものの改造新設のみで、共用設備については、4号キルンの転換時に実施している。その内容は下記の通りである。

(a) 粘土乾燥設備新設

(b) 原料粉砕機改造 ----- 1～2号原料粉砕機

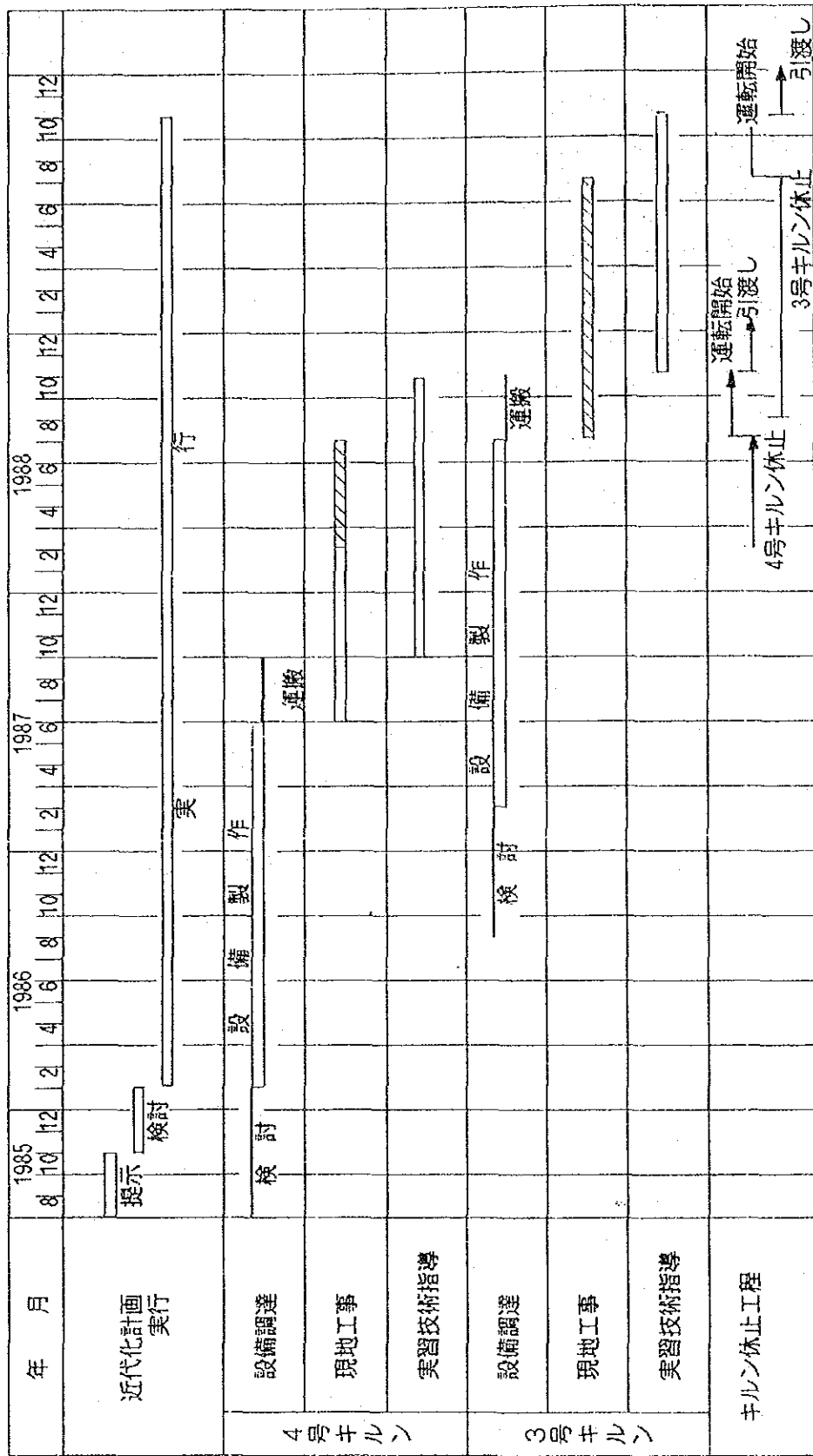
(c) 原料貯蔵槽新設

- (d) キルン改造
- (e) 予熱塔新設
- (f) クリンカー冷却機改造
- (g) キルン排ガス電気集塵器改造
- (h) 冷却機排ガス電気集塵器新設
- (i) 仕上粉碎機改造 ----- 1～2号仕上粉碎機
- (j) 受配電設備の改造
- (k) 電気計装設備の改造

以上の乾式転換によるスケジュールを図V-34に示す。

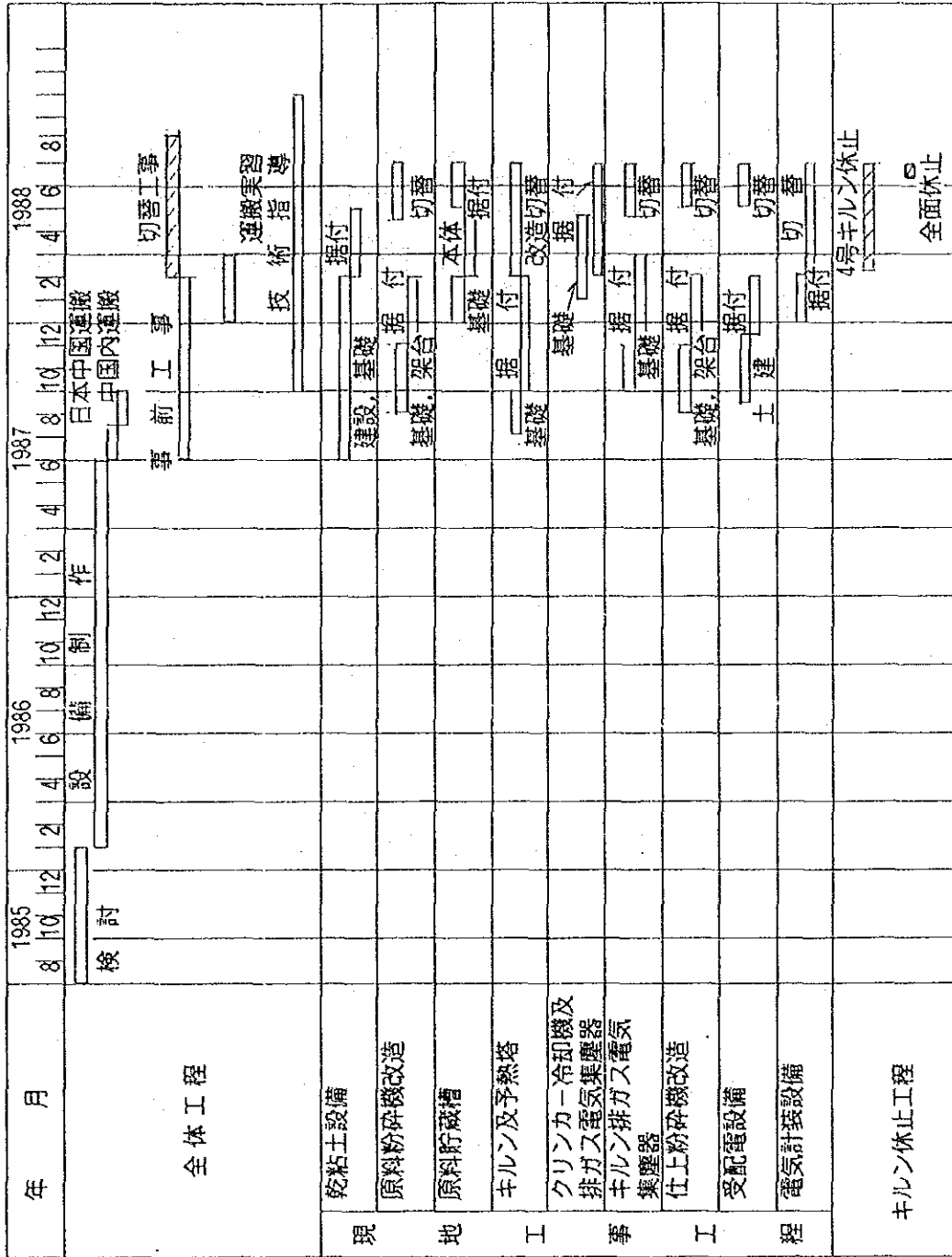
尚3号キルン転換時に全て機器配置上、予熱塔基礎と既存キルン駆動部基礎とが干渉するので、予熱塔基礎工事の着工からキルンを休止しなければならないので、休止期間が11ヵ月と長くなる。

図V-32 乾式近代化全体スケジュール

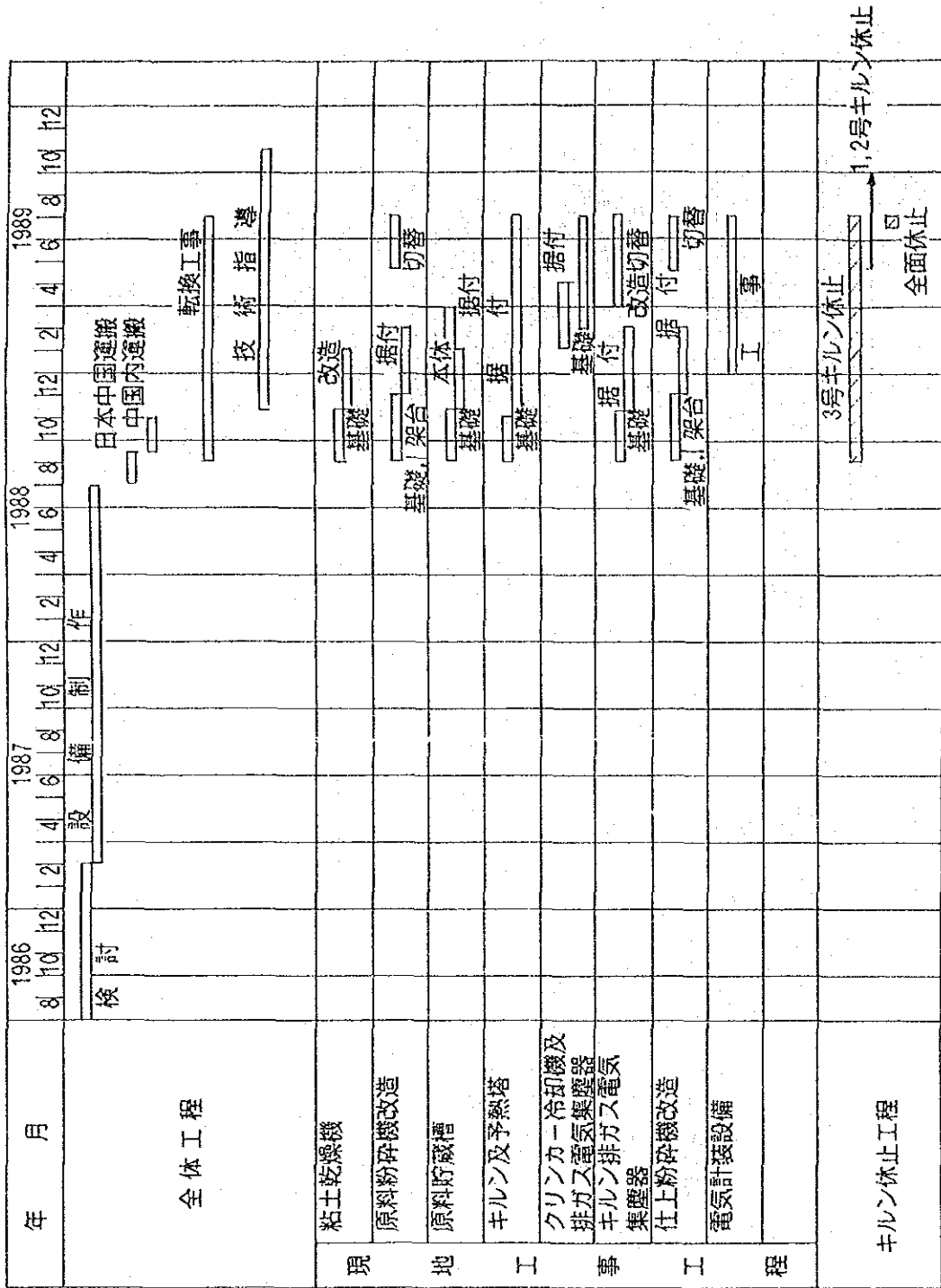


→ 1,2号キルン休止

図V-33 4号キルン乾式化スケジュール



図V-34 3号キルン乾式化スケジュール



4 所要資金(十画)

4.1 試算範囲

近代化計画の総所要資金を試算すべきであるが、中国内での費用については不詳な点が多いので、中国側関係者との合意により、日本で必要な機器を調達し中国港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。

試算範囲の詳細は下記の通りである。

(1) 湿式のままでの近代化

(a) 6.1項に記載された改造及び新設機器並びに改造部品。但し多筒式クリンカー冷却機については、本体及び煉瓦、キルン胴体延長分及び新設支持装置、キルン排ガス用電気集塵器の既存部分転用部については、内部改造部品及び電気部品のみを試算範囲とした。

(b) 受配電所設置の6KV断路器以降の変圧器、電力コンデンサー、モーターコントロールセンター、ケーブル、工事材料、構内通話装置、直流電源装置 6.1項に記載された新設及び改造機器用電動機

(図V-3 単線結線図参照)

(c) 1.1(5)の図V-4～図V-8に記載の計装設備、監視制御盤、ケーブル、工事材料

(2) 乾式転換による近代化

(a) 6.2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 図V-10～V-13に示す改造範囲内の上記以外の輸送機

(b) 受配電所設置の 6KV 断路器以降の変圧器、電力コンデンサー、モーターコントロールセンター、ケーブル、工事材料、構内通話装置、直流電源装置 6.2 項に記載された新設及び改造機器用電動機 (図 V-15 単線結線図参照)

(c) 1.2 (2) の図 V-16~V-19 に記載の計装設備、監視制御盤、ケーブル、工事材料

(3) 共通試算範囲

(a) 上記(a), (b), (c), の機器に対する 2 年間の推奨予備品

(b) 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

(c) 上記(a), (b), (c), の運転員の日本に於ける実習費用。

(4) 試算範囲外

下記については試算範囲から除外した。

(a) 上記見積り範囲(1), (2) の機器に付随したスチールストラクチャー (鉄骨, 製品)

(b) 既存設備の老朽化に伴う補修費用 (キルンタイヤ, ローラー, 胴体の一部更新他)

(c) 既存設備の消耗材料の取替費用 (キルン, クリンカー冷却機の煉瓦, キルンの熱交換チェーン, 粉砕機の裏板, 粉砕媒体等)

(d) 熱消費低減のためのキルン煉瓦取替, 熱交換チェーンの入増費用

(e) 総合貯蔵庫天井走行クレーン, 照明器具, 火災報知器, 制御用圧縮空気配管, 水配管

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 月末日までの参考価格である。

海外技術者の受け入れ費用は、受け入れ期間中、一人一日 5 8 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湿式のままでの近代化の場合 1 2 4. 5 人、月、乾式転換による近代化の場合 1 6 5 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 2 0 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、湿式のままでの近代化の場合 4 2 人、月、乾式転換による近代化の場合 1 0 8 人、月派遣する様計画した。

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) 湿式のままでの近代化

(単位：百万日本円)

項目	金額	主 要 項 目	
設備 価格	原料工程 機械設備	198	・原料調合用計量機改造
	焼成工程 機械設備	2,246	・キルン燃焼器, クリンカー冷却機改造 ・キルン, クリンカー冷却用電気集塵器改造及び新設 ・ダスト輸送設備改造
	仕上工程 機械設備	478	・仕上粉碎機閉回路化
	電気計装 設備	1,926	・総括制御設備の更新 ・計装設備御回路の新設 ・受配電設備一部電動機更新
	合 計	4,848	
技術 指導 費	日本国内教育	59	21人 × 2ヶ月
	現地技術指導	217	124.5 人. 月
	合 計	276	
総 計	5,124		

機器重量 2,960 吨

鉄鋼構造物 (スチールストラクチャー) 重量 260 吨

(2) 乾式転換のままでの近代化

(単位：百万円)

項目	金額	主要項目
設 備 価 格		
原料工程 機械設備	1,312	<ul style="list-style-type: none"> 粘土受入及び乾燥機新設 原料調合計量機、混合貯蔵槽蛍光X線分析装置新設 原料粉碎機用閉回路化
焼成工程 機械設備	4,121	<ul style="list-style-type: none"> 仮焼炉付キルン、クリンカー冷却機新設 同上用電気集塵器改造及び新設 ダスト輸送設備改造
仕上工程 機械設備	431	<ul style="list-style-type: none"> 仕上粉碎機閉回路化
電気計装 設備	1,621	<ul style="list-style-type: none"> 受配電設備、一部電動機更新新設 計装設備制御回路設備新設 総括制御設備新設
合計	7,485	
技 術 指 導 費		
日本国内教育	132	36人 × 3ヶ月
現地技術指導	287	165人・月
合計	419	
総計	7,904	

機器重量 7,600 吨

鉄鋼構造物（スチールストラクチャー）重量 630 吨

5 近代化計画比較表

1～4に述べた湿式のままでの近代化と乾式転換による近代化について比較すると、下記の様になる。

いずれの案を採用するかについては、中国側の実情に合わせて更に検討を加え、決定すべきである。

項目	湿式のままでの近代化	乾式転換による近代化
1. 原料	現状と同じ	現状と同じ
2. 製品及び生産比率	現状と同じ	現状と同じ
3. 製造様式	湿式ロングキルン方式	仮焼炉付キルン方式
4. 生産能力 クリンカー セメント	日産：3,120 t 年産：115万 t	日産：3,400 t 年産：120万 t
5. 熱消費	1,250 Kcal/Kgcl	740～750 Kcal/Kg
6. 近代化の内容		
(1) 原料受入設備	現状のまま	粘土置場，トラックスケール新設
(2) 総合貯蔵庫	防塵対策実施	乾燥粘土置場増設， 防塵対策実施
(3) 原料乾燥機	なし	キルン胴体転用，2基新設
(4) 原料調合システム	調合計量機改造，水分計， 試料採取機，計算機新設 手分析	調合計量機改造，蛍光X線分 析装置，計算機新設
(5) 原料粉砕機	粉砕原料細度変更のみ	乾式閉回路に改造 粉砕原料細度変更
(6) 原料調整設備	スラリー貯蔵槽10基使用， スラリー貯蔵池は現状のまま	混合貯蔵槽2基新設
(7) キルン	本体は現状のまま 送入スラリー，吹込炭計量器 改造，煉瓦整備， チェーン増量	既設胴体転用 送入原料，吹込炭計量器改造， 煉瓦更新

項 目	湿式のままでの近代化	乾式転換による近代化
(8) キルンダスト回収	発生したキルンに回収する様改造	同 左
(9) クリッカー冷却器	1,2,3 号多筒式冷却器を新型に改造	3, 4号共グレート式冷却器に改造
(10) キルン排気用 電気集塵器	1 ~ 4号共既存設備の内部改造を行うと共に不足分を夫々新設	既存の2,3,4 号用を内部改造して転用
(11) クーラー排気用 電気集塵器	4 号のみ新設	3, 4号に新設
(12) 仕上粉碎機	粉碎機用計量機改造 閉回路に改造	粉碎機用計量機改造 閉回路に改造, 媒体入れ増
(13) 電気計装設備	受配電設備更新 計測設備, 制御回路新設 総括制御設備更新 一部電動機取替	同 左 同 左 同 左 同 左
7. 実施スケジュール	4 号設備発注 : 1986年 2月初 4 号完了 : 1988年 3月 3 号完了 : 1988年12月末 2 号完了 : 1989年10月 1 号完了 : 1990年 7月末	4 号設備発注 : 1986年 2月初 4 号完了 : 1988年10月末 3 号完了 : 1989年10月末
休止期間	各キルン共 : 夫々 2.5ヵ月 全面休止 : 各 0.5ヵ月	4 号キルン : 5ヵ月 3 号キルン : 11ヵ月 全面休止 : 各 0.5ヶ月
8. 所要資金 (概算)	5,124百万円	7,904百万円

6 近代化計画の詳細

6.1 湿式のままでの近代化

湿式のままでの近代化を図るためには、前述の様に設備上の問題点があるのでその解決のため、下記の項目についての設備面での改造を行う事を提案する。

(1) 設備改造の項目

(a) 各計量設備の改造

- (i) 原料調合用計量設備の改造
- (ii) キルン送入スクーピング式供給機の改造
- (iii) キルン排ガス電気集塵器ダストの定量供給設備の設置
- (iv) クリンカー冷却機出口のクリンカー計量機の設置
- (v) 微粉炭計量設備の改造
- (iv) 仕上粉碎機用計量設備の改造

(b) 多筒式クリンカー冷却機の改造

- (c) キルン燃焼器の改造
- (d) 仕上粉碎機の閉回路化
- (e) 4号クリンカー冷却機排ガス電気集塵器の設置
- (f) キルン排ガス電気集塵器の改造
- (g) 各送風機を取替改造
- (h) 電気計装設備改造

上記の設備上の改造を検討するに当たって基本的な考え方となる図V-2物質勘定図、を参照のこと。

(2) 設備改造詳細

(a) 各計量設備の改造

(i) 原料調合用計量設備の改造

現在石灰石、鉄粉はテーブル式供給機により、粘土はスクーピング式供給機により計量されているが、これを下記の用に設備改造を行う。

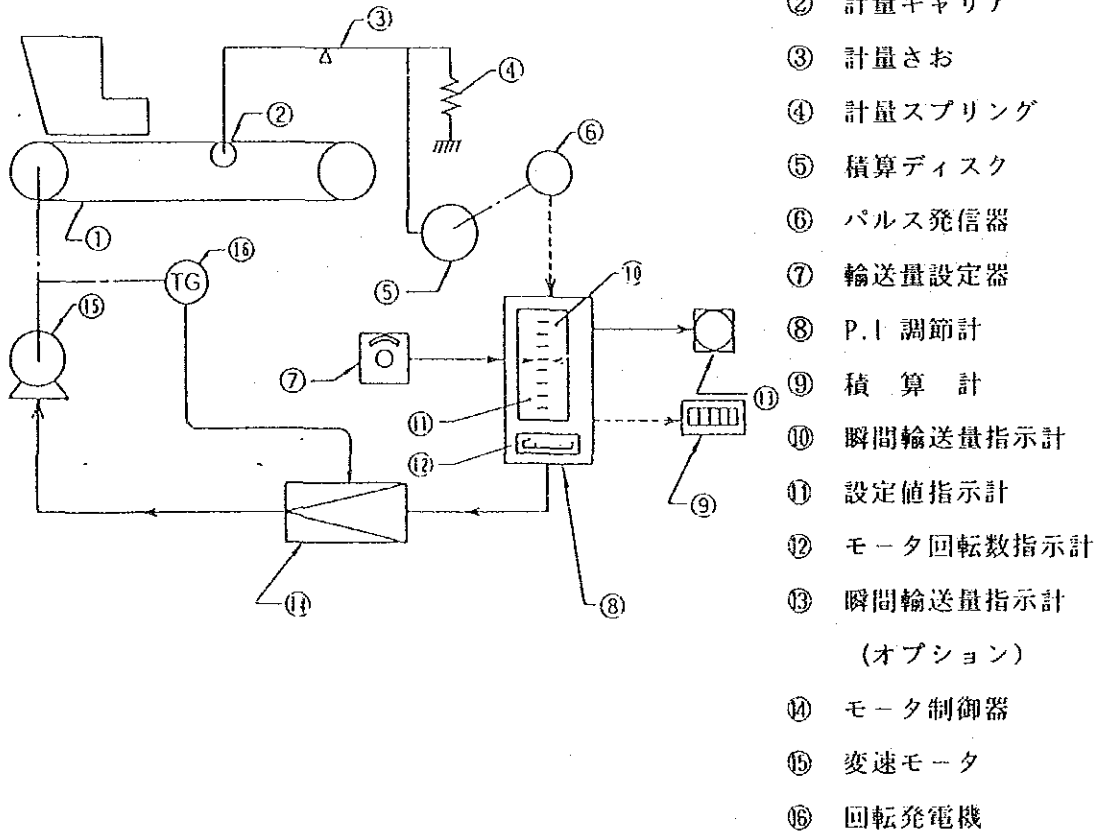
(イ) 石灰石、鉄粉計量設備

石灰石、鉄粉用計量器はベルト式定量供給機（以下C. F. Wと略す）へ取替える。

① C. F. W仕様

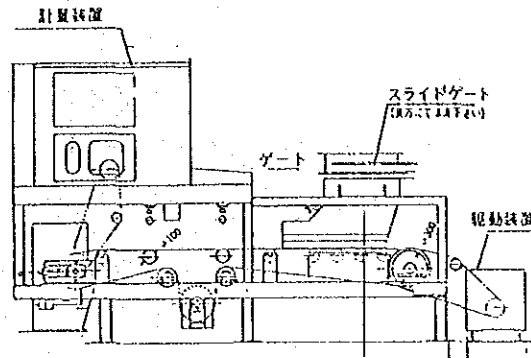
		石灰石	鉄粉
		1C1-1 ~ 1C1-4	1C2-1 ~ 1C2-4
計量範囲 (t/h)		60~12	6~1.2
計量精度		1/200	1/200
ベルト 巾	計量供給機 (mm)	900	600
	切出供給機 (mm)	—	1,200
駆動電動機		2.2KW 可変速	5.5KW 可変速

② C. F. W計量制御系統図

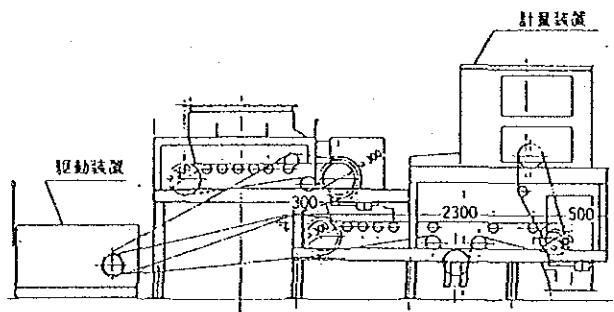


③ C. F. W外形図

石灰石用



鉄粉用



(ロ) 粘土用スクーピング式供給機

スクーピング式供給機の計量性を向上するためには、バケットの穴明き、変型は絶対に避けるべきで現有設備にはその様な状態が数多く見られ、先ず補修、修正をすべきである。

次に液面の変動を抑えて計量精度を向上するために外箱の大きさ、バケット容積を極力大きくして、供給機の回転速度を遅くして、又、溢流堰を設けることが必要である。

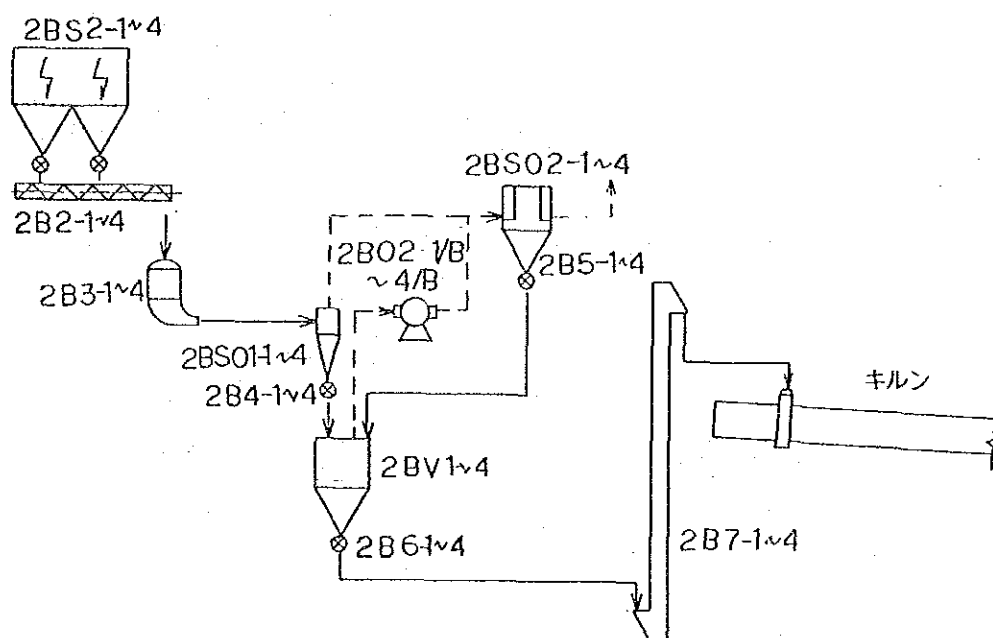
(II) キルン送入原料、スクーピング式供給機の改造

原料粉砕機供給の粘土用スクーピング式供給機と同様の穴明き、変形は、補修、修正を行い、供給機外箱を大きくし、液面の変動を抑え、バケットの容積を大きくして、供給機の回転速度を遅くすると共に溢流堰を設けることにより計量精度の向上を図る。

(III) キルン排ガス電気集塵器回収ダストの定量供給設備の設置

現有設備では1～3号キルン排ガス電気集塵器回収ダストが合流し1～3号キルンの送入原料部及びチェーン帯出口に投入されている。それらを各キルン毎に別系統とし下記の様な設備改造を行う。

(イ) 改造設備系統図



- ・回収ダストは、キルンチェーン帯出口のみ投入する。
- ・ダストの定量供給制御はバケット式輸送機(2B7)の駆動電動機の動力(電流)により貯蔵槽(2BV)出口のロータリー式供給機(2B6)の回転数制御にて行う。

(ロ) 設備仕様一覧表

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
2BS2-1~-4	電気集塵器	4	キルン用排ガス	
2B2-1~-4	スクリー式輸送機	4	10t/h 300φ×10mL	0.75KW
2B3-1~-3	槽式空気輸送機	3	10t/h 2m ³	
2B3-4	スクリー式空気輸送機	1	10t/h 150φ (現有品)	40KW
2BS01-1~-4	サイクロン式分離機	4		
2BS02-1~-4	濾布式集塵器	4	40m ²	
2B4-1~-4	ロータリー式供給機	4	10t/h 200φ	0.75KW
2B5-1~-4	ロータリー式供給機	4	5t/h 150φ	0.75KW
2BV-1~-4	貯蔵槽	4	3mφ×7mH 10t 鋼板製	
2B6-1~-4	ロータリー式供給機	4	0~10T/H 200φ	0.75KW 可変速
2B7-1~-4	バケット式輸送機	4	10t/h 300W×15mH	1.5KW
2BS02-1/B ~ -4/B	送風機	4	風量…20m ³ /min 風圧…300mmAq	2.2KW

(IV) クリンカー冷却機出口のクリンカー計量機の設置

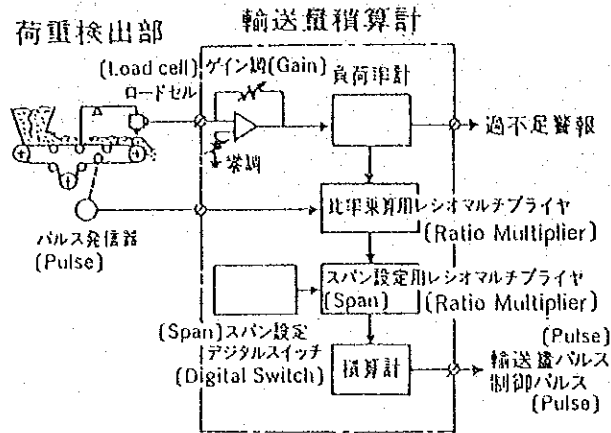
1~3号クリンカー冷却機は、クリンカー温度の低減のため冷却機の改造を行うが(詳細仕様は後述)、その各冷却機出口のベルト式輸送機にロードセル式秤量機を設置する。尚、4号クリンカー冷却機については、既存の冷却機とパン式輸送機との間にベルト式輸送機を設置してロードセル式秤量機を取付ける。

(イ) ロードセル式秤量機

- ①計量範囲 10~60t/h
- ②計量精度 1/200
- ③ベルト巾 500mm
- ④ベルト速度 50m/min

(ロ) ロードセル秤量機の構成

① 構成図



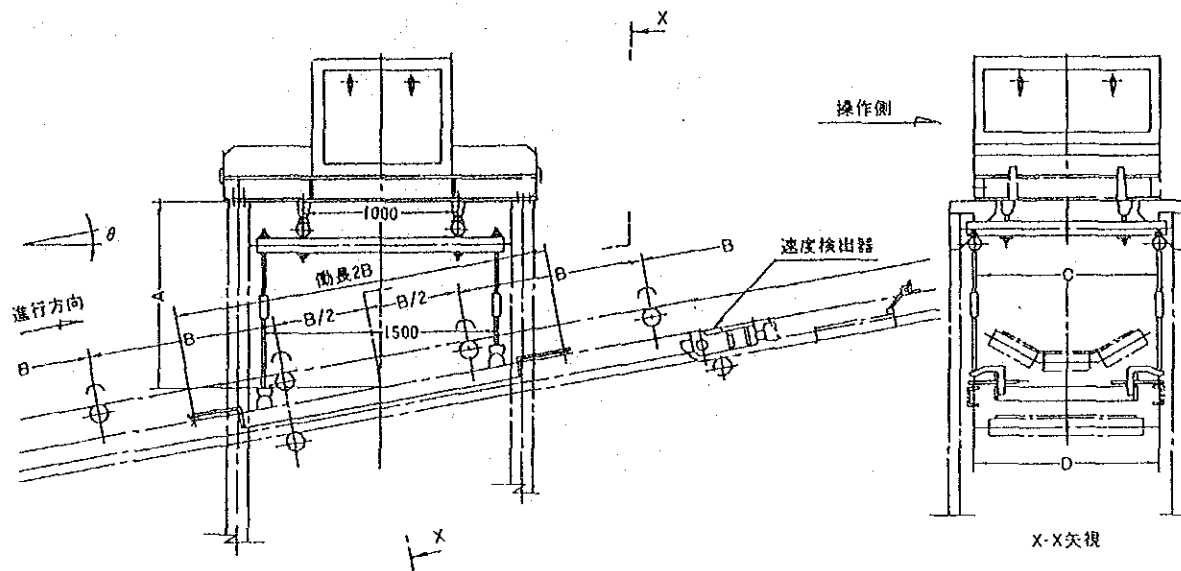
② 検出部

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ます。コンベヤ働長上の荷重は計量ローラに加わり、てこを介してロードセルに伝えられます。一方、パルス発信器は速度検出ローラと連動され、コンベヤベルトの一定移動距離毎にパルスを発生します。

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」を行う比重乗算部、およびそのパルスをカウント部から構成されています。

(ハ) ロードセル秤量機外形図



- A ; 1100mm
- B ; 1000mm
- C ; 670mm
- D ; 740mm

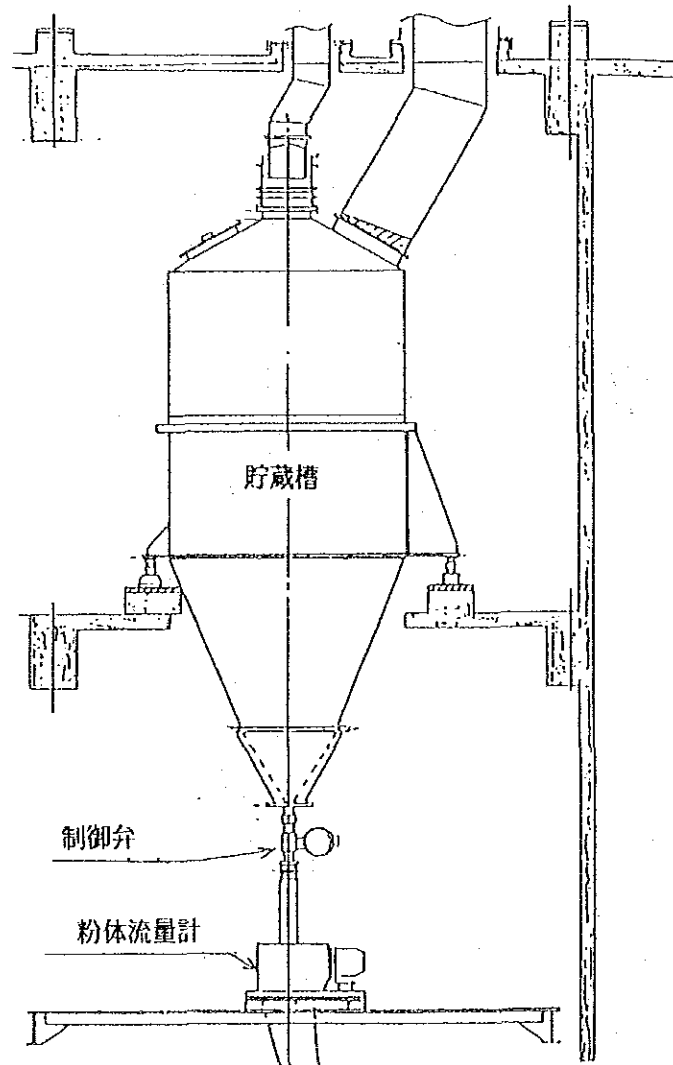
(V) 微粉炭タンク計量設備改造

現有ロータリー式供給機より計量精度の良い計量機に取替える。微粉炭の定量供給設備は、数多く有り夫々一長一短あるが、価格が安く、計量性の良い宇部興産（株）開発の粉体連続定量供給機（以下PFS-Zと略す）を採用する。

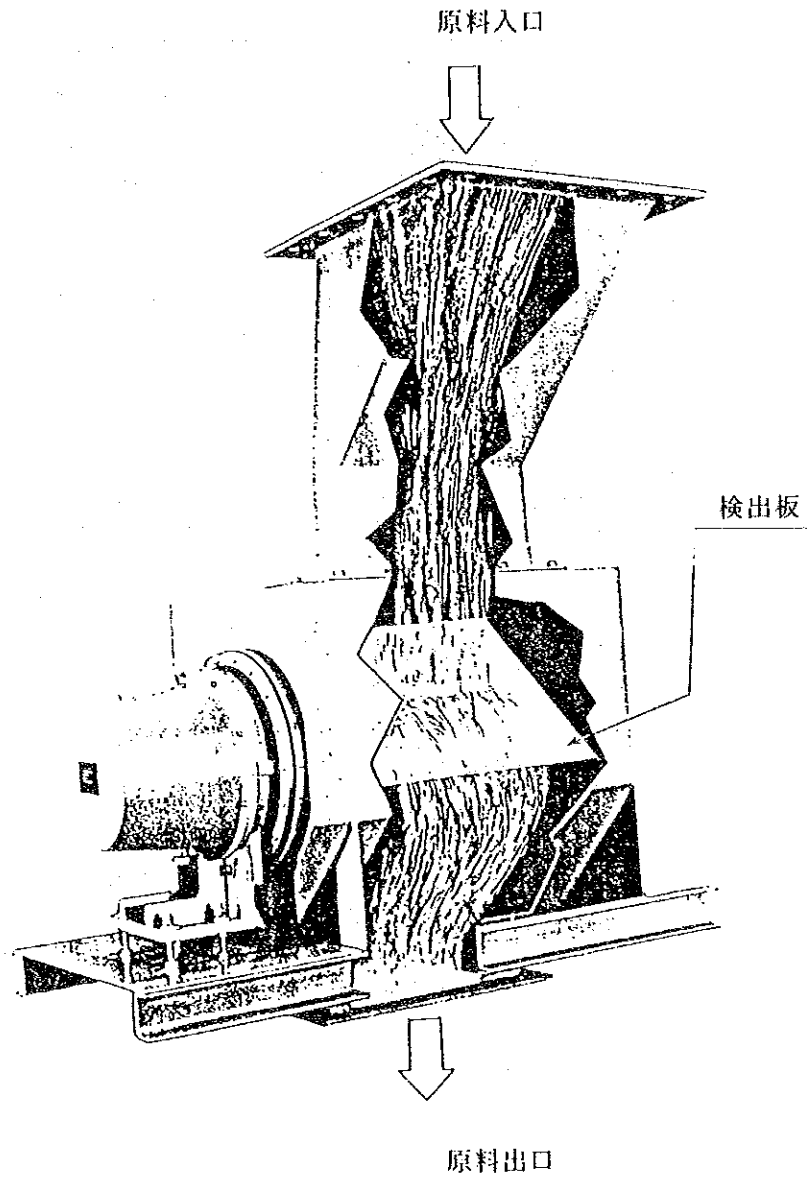
(イ) 設備使用

- ① 計量範囲 2~10t/h
- ② 計量精度 1/100~1/200

(ロ) PFS-Z 据付参考図



(八) 粉体流量计外形图



(IV) 仕上粉砕機用計量設備の改造

現在クリンカー、石膏、混合材は振動式供給機により計量されているが、ベルト式定量供給機（以下C、F、Wと略す）へ取替える。

(イ) C、F、W仕様

		クリンカー	石 膏	混 合 材
		3A1-1 ~-5	3A2-1 ~-5	3A3-1 ~-5
計量範囲		40~ 8t/h	4~ 0.8t/h	8~ 1.6t/h
計量精度		1/ 200	1/ 200	1/ 200
ベ ル ト 巾	計量供給機	900mm	600mm	600mm
	切出供給機	—	1,200mm	1,200mm
駆動電動機		2.2KW可変速	5.5KW可変速	5.5KW可変速

(ロ) C、F、W計量制御系統図

(i) - (イ) - ②に準ずる。

(ハ) C、F、W外形図

クリンカー用…(i) - (イ) - ③の石灰石用に準ずる。

石膏混合材用…(i) - (イ) - ③の鉄粉用に準ずる。

(b) 多筒式クリンカー冷却機の改造

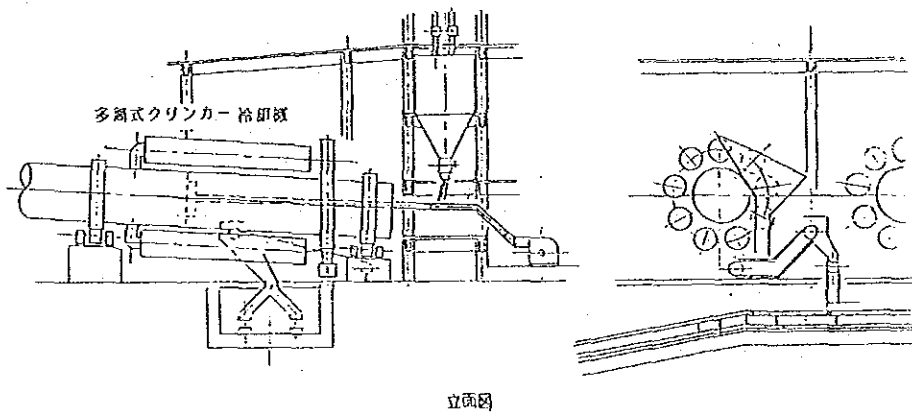
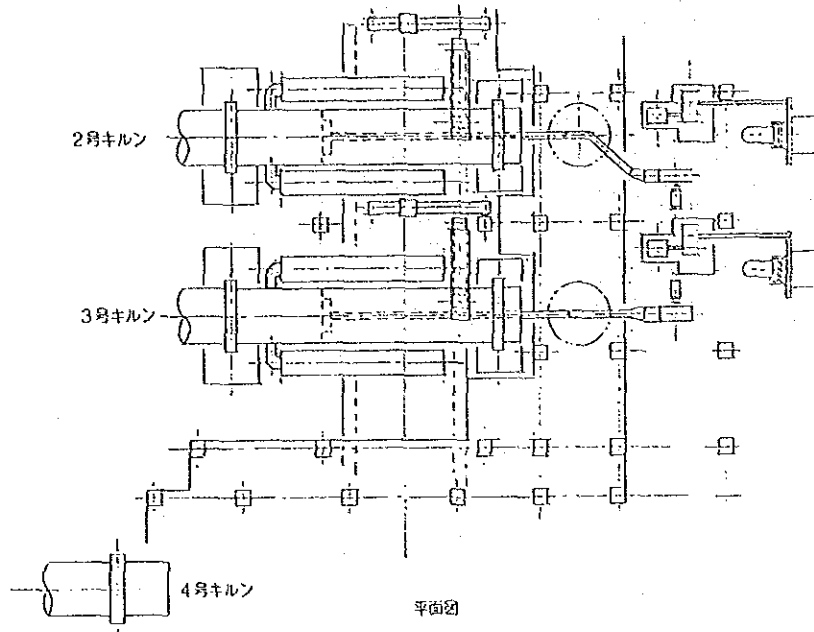
冷却機出口クリンカー温度低減のためには、現有の冷却機では容量不足なので改造する。

(1) 冷却機仕様比較

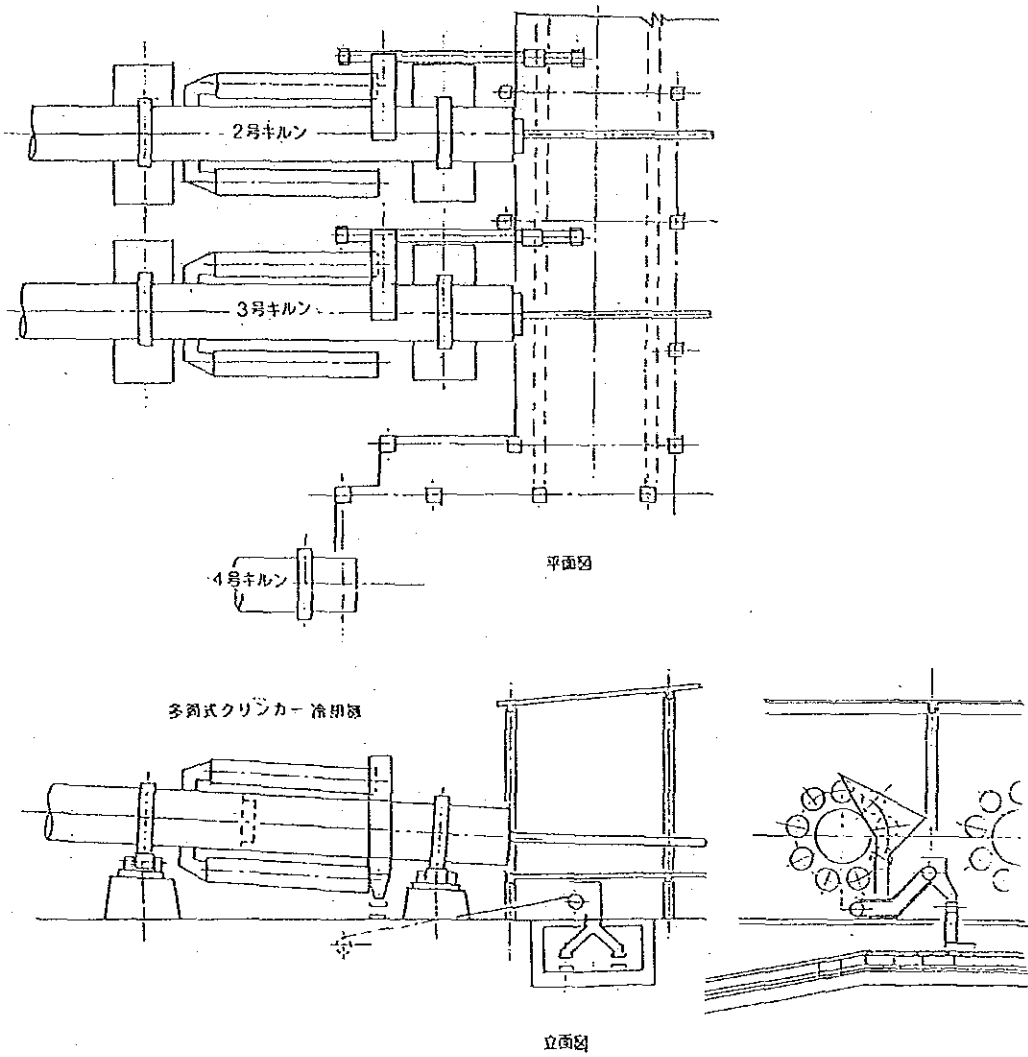
	現 有 品	取 替 品
クリンカー生産量 (t/h)	26.5	30.0
入口クリンカー温度 (°C)	1.280	1.280
出口クリンカー温度 (°C)	350	200°C以下
冷却機効率 (%)	17	75
筒寸法 (Dm φ × Lm)	1.25 × 5.5	1.65 × 10.8
L/D	4.4	6.5
筒本数 (本)	12	9
筒容積 (1本当り) (m ³)	6.75	23.09
(合計) (m ³)	80.99	207.84
容積当り生産量 (t/h m ³)	0.327	0.144
同上の比率	2.1	1

(11) 設備改造計画図

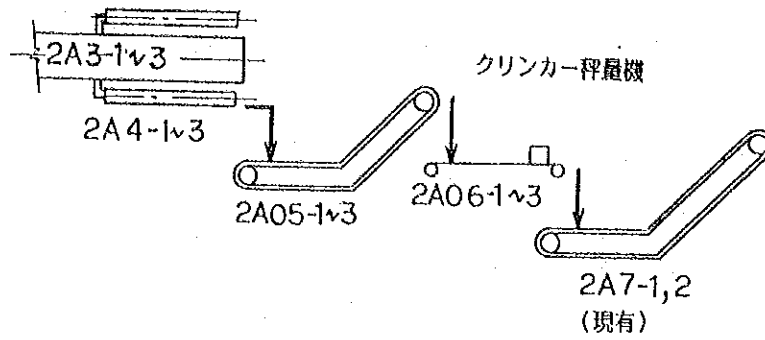
(イ) 現状図



(ロ) 改造計画図



(III) 設備改造系統図



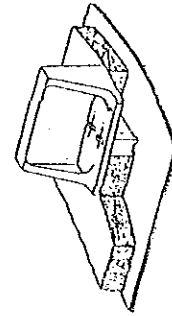
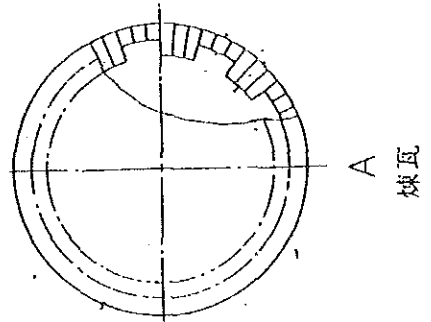
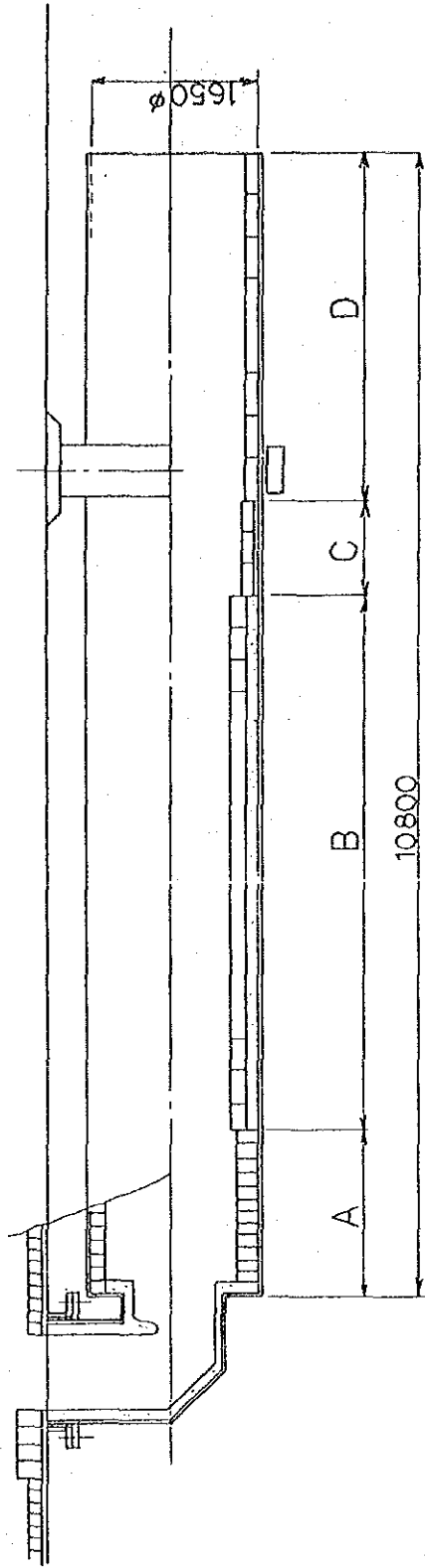
(IV) 設備仕様一覧表

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
2A3-1 ~-3	キルン	3	30t/h 3.6mφ × 3.3mφ × 3.6mφ × 150mL	200KW.D.C
2A4-1 ~-3	多筒式冷却機	3	1.65 mφ × 10.8mL × 9本	
2A05-1 ~-3	パン式輸送機	3	60t/h 600W × 6mL	5.5KW
2A06-1 ~-3	ベルト式輸送機	3	60t/h 500W × 16 mL 耐熱 200℃. 秤量機付	3.7KW

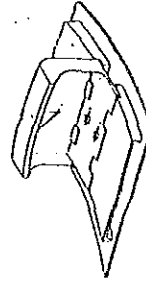
(v) 主要改造箇所

- (イ) 多筒式クリンカー冷却機取替
- (ロ) キルン胴体小径部の短縮, 大径部(焼成等)の延長
- (ハ) 胴体改造部タイヤ, ローラー改造
- (ニ) キルン駆動電動機取替 (165KW → 200KW)
- (ホ) 冷却機出口にクリンカー輸送機新設
- (ヘ) キルン胴体改造部キルン基礎改造

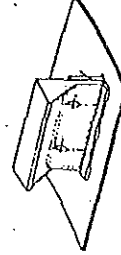
(v1) 多筒式クリンカー冷却機外形図



B
キャスタープール+リフター



C
裏板+リフター



D
リフターのみ

(C) キルン燃焼器の改造

現在使用されているキルン燃焼器（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、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。

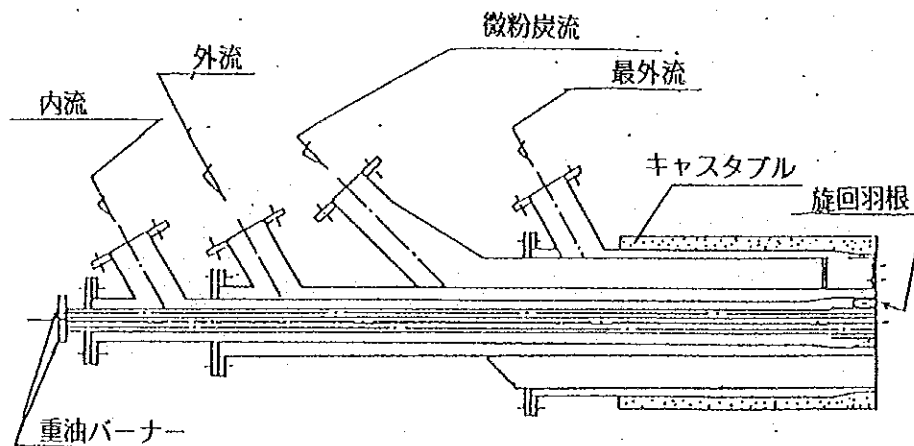
バーナーの性能は空気と燃料とをよく混合拡散し最小量の過剰空気をもって、完全燃焼を行わせ、且つ燃焼器内への逆火の危険性がなく適正なコーティングを形成させ、耐火材の焼損を生じさせないような火炎を形成させることが要求される。

これらの性能を具備したバーナー概略図を図に示す。

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、旋回流を起す役目をし、外流、最外流は適正な火炎形成の役目をするものである。
- (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、石炭混焼のいずれの場合でも対応できる様になっている。

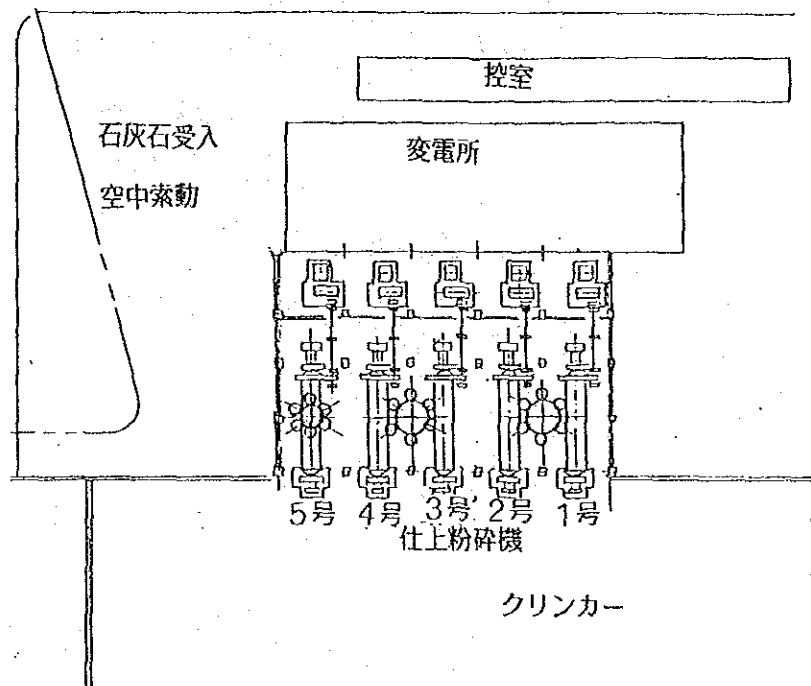
キルンバーナー改造概略図



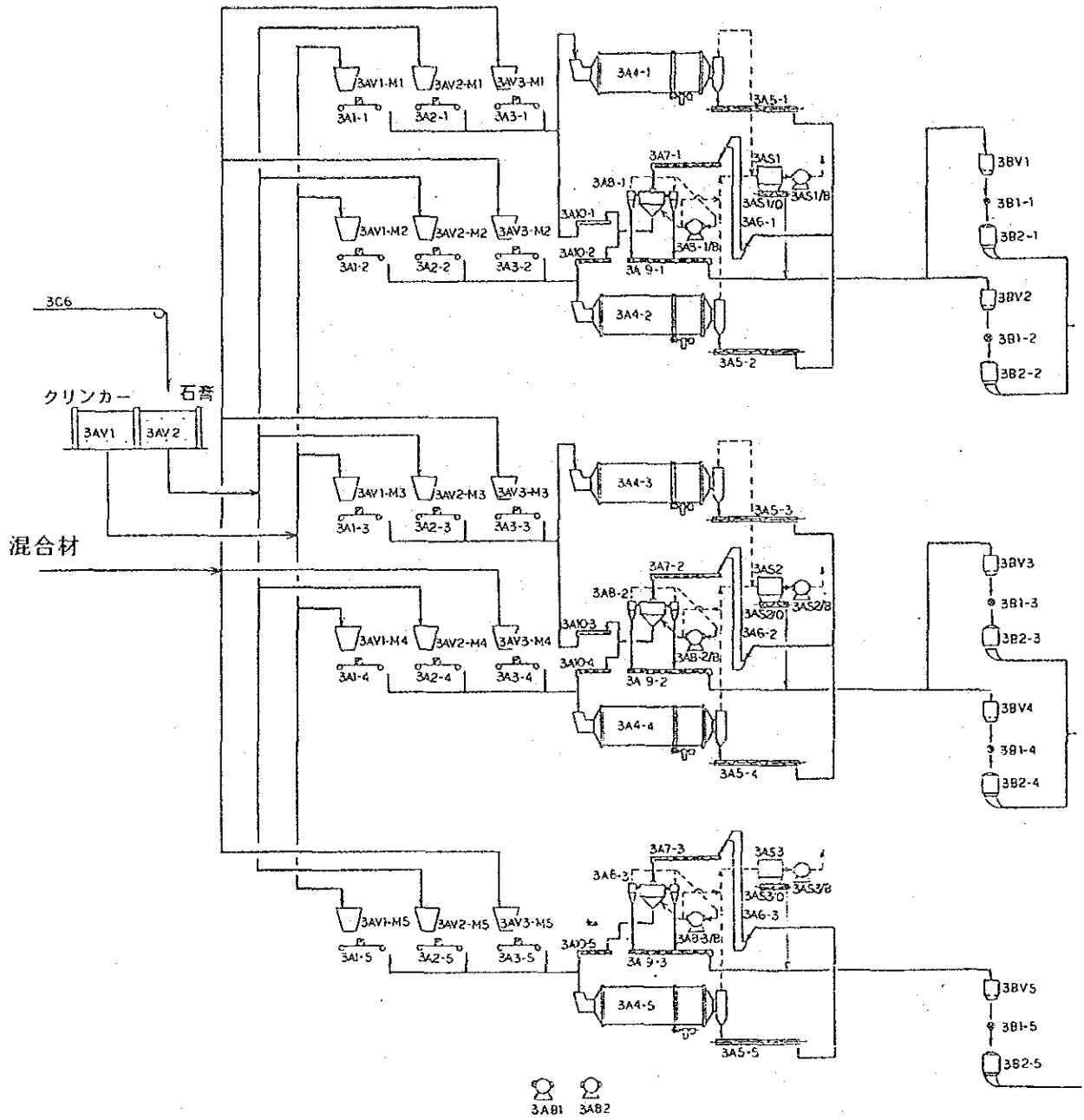
(d) 仕上粉碎機の閉回路化

現在仕上粉碎機は5基あり、すべて開回路方式である。湿式のままで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的能力増強が必要である。そのために、閉回路化の改造を行う。

(i) 設備改造配置図



(11) 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	
3A5-1 ~-5	スクリー式輸送機	5	150t/h 650φ×6mL	7.5KW
3A6-1 ~ 2	バケット式輸送機	2	300t/h 800W×17mL	27KW
3A6-3	バケット式輸送機	1	150t/h 600W×17mL	15KW
3A7-1 ~-2	空気式輸送機	2	300t/h 400W×5mL	
3A7-3	空気式輸送機	1	150t/h 350W×5mL	
3A9-1 ~-2	空気式輸送機	2	100t/h 300W×10mL	
3A9-3	空気式輸送機	1	50t/h 250W×10mL	
3A10-1~-5	空気式輸送機	5	100t/h 300W×10mL	
3A8-1 ~-2	サイクロン式分級機	2	UCS-42-8	132KW
3A8-3	サイクロン式分級機	1	UCS-30-6	70KW
3A8-1/B	送風機	2	分級機循環用 風量… 2,600m ³ /min 風圧… 300mmAq	220KW
3A8-2/B				
3A8-3/B	送風機	1	分級機循環用 風量… 1,400m ³ /min 風圧… 300mmAq	120KW
3AS1, S2	濾布式集塵器	2	集塵面積 1,200m ²	
3AS3	濾布式集塵器	1	集塵面積 600m ²	
3AS1Q ~2Q	スクリー式輸送機	2	30t/h 双管式 ロータリー 250mφ×5500L 輸送機と	2.2KW
3AS3Q	スクリー式輸送機	1	15t/h 250φ×6mL 同時駆動	2.2KW
3AS1/B~2/B	送風機	2	風量… 1,700m ³ /min 風圧… 300mmAq	150KW
3AS3/B	送風機	1	風量… 900m ³ /min 風圧… 300mmAq	80KW
3A/B2	送風機	2	エヤースライダー用 風量… 85m ³ /min 風圧… 600mmAq	15KW

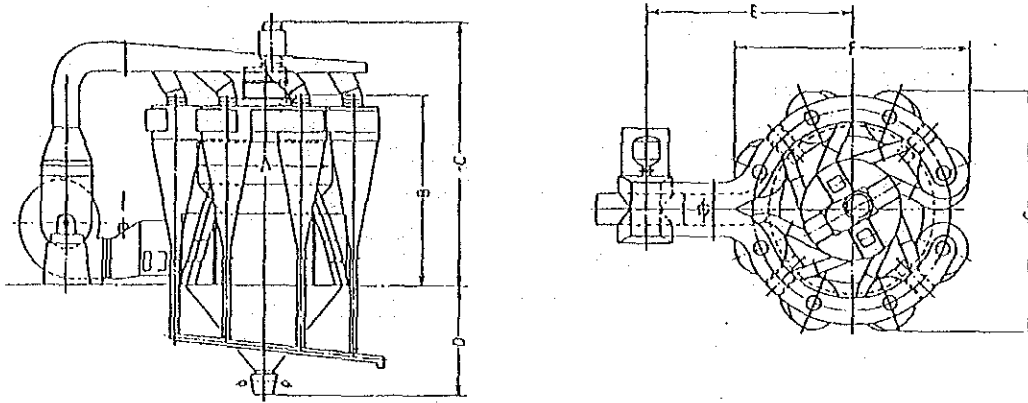
(IV) 主要改造箇所

- (イ) 粉砕機を3室から2室に改造する。
- (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) 粉砕機室建屋改造

(V) 改造後の能力増強効果

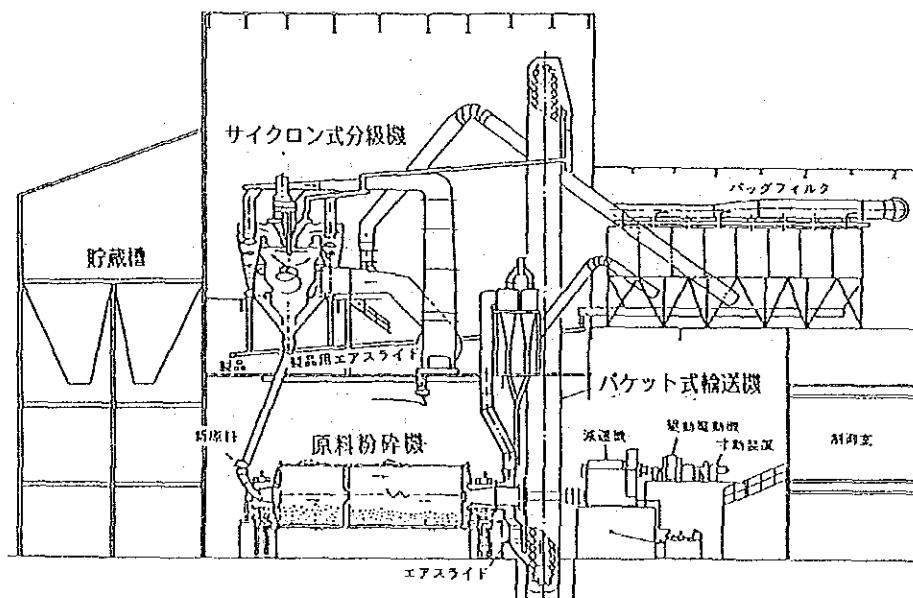
- (イ) 425号セメント…43t/h
- (ロ) 525号セメント…31t/h
- (ハ) 油井セメント …37t/h

(VI) サイクロン分級機外形図



	A	B	C	D	E	F	G
UCS-42-8 (No.1,2,3,4用)	4.2	5.4	8.5	3.4	7.5	3.3	3.3
UCS-30-6 (No.5用)	3.0	4.1	7.5	2.6	5.0	5.3	5.9

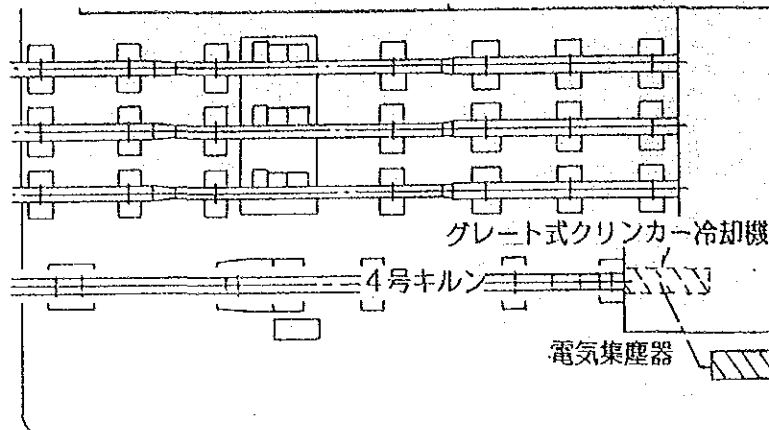
(Vii) サイクロン分級機据付参考図



(o) 4号グレート式クリンカー冷却機排ガス用電気集塵器の設置

現在4号グレート式クリンカー冷却機排ガスはサイクロン式分離機が設置されているが、煙道のダスト堆積、送風機の故障により、バイパスで未処理のまま排出されているが環境改善のため電気集塵器を新に設置する。

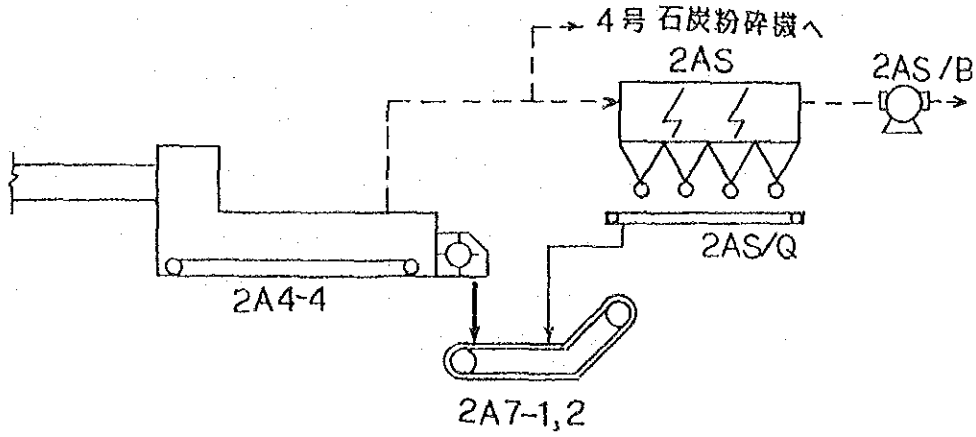
(i) 設備改造配置図



(ii) 電気集塵器仕様

項目	数値
ガス量 (m ³ /min)	663
ガス温度 (°C)	180
入口ダスト量 (g/Nm ³)	30
出口ダスト量 (g/Nm ³)	0.15
部屋構成	1×4
極間距離 (mm)	300
ダスト数 (個)	8
ガス通過断面積 (m ²)	14.6
ガス速度 (m/s)	0.75
滞留時間 (sec)	14.5

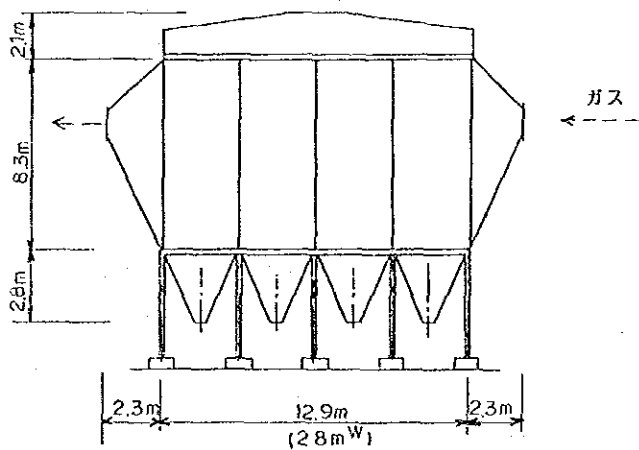
(iii) 設備改造系統図



(iv) 付帯設備仕様

機番	設備名称	台数	仕様	電動機
2AS 1 ~ 4	ロータリー式輸送機	4	10t/h 200φ	0.75kw
2AS/Q	フロー式輸送機	1	20t/h 200w×20mL	3.7kw
2AS/B	送風機	1	風量 -- 600m ³ /min 風圧 -- 200mmAq	30kw

(v) 電気集塵器外形図



(f) キルン排ガス電気集塵器の改造

1.1 (3) (i) を参照のこと

(g) 各送風機取替改造

(i) キルン排ガス集塵器用送風機 (2BS/B1~B4)

キルンの近代化計画実施後は燃料原単位の低減、電気集塵器改造による各所からの洩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周の切削により対処する。

尚、現在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

	2BS/B1~B3		2BS/B4	
	現 有	改造後	現 有	改造後
風量 (m ³ /min)	4,000	3,000	4,130	3,200
風圧 (mmAq)	150	150	147	150
電動機 (KW)	210	132	180	132

(ii) キルン燃焼用微粉炭吹込送風機 (4D2-1/B ~4/B)

(c) の項で述べた様にキルン燃焼効率の向上により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

	4D2-1/B ~3/B		4D2 ~4/B	
	現 有	改造後	現 有	改造後
風量 (m ³ /min)	420	240	475	220
風圧 (mmAq)	540~ 600	2,000	1,050	2,000
電動機 (KW)	135	160	180	150

(h) 電気計装設備

(i) 電気設備

電気関係の系統図を“図V-3 湿式のままの近代化単線結線図”に示す。

耀泉変電所配電用変圧器20MVA × 2台は、並列運転とし、遮断容量の増大に対処する為35KAの遮断容量が必要となろう。配電系統は、機械設備の大幅な更新はないので、現状の電動機を使用する為現状と大幅に変更しないものとする。更新による主要な電気設備は下記の通りである。

① 受電用遮断器	3相, 6KV, 50HZ, 1500A,	5面
② 配電用遮断器	3相, 6KV, 50HZ, 600A, /1200A	24面
③ 電力コンデンサー	3相, 6KV, 50HZ, 1000KVA	4台
④ 低圧電力用変圧器	3相, 6KV/0.38KV, 50HZ	
	200KVA	2台
	500KVA	1台
	750KVA	5台
	1000KVA	4台
	1500KVA	2台
⑤ 380V モーターコントロールセンター		一式
⑥ 380V ロードセンター		一式
⑦ 非常用発電設備		1台
	3相, AC380V, 3相 4線式	
	ディーゼル発電機 500KVA	
⑧ 直流電源装置	DC100V, 200AH, 50AH	各一式
⑨ 構内放送装置		一式
⑩ 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-4 湿式のままの近代化 原料設備計装図
- ② 図V-5 湿式のままの近代化 1～3号キルン設備計装図

- ③ 図V-6 湿式のままで近代化 4号キルン設備計装図
- ④ 図V-7 湿式のままで近代化 仕上設備計装図
- ⑤ 図V-8 湿式のままで近代化 石炭設備計装図

(イ) 原料設備における計装

原料部門は各種諸原料を粉碎し化学成分、水分、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。その制御回路として下記の回路を設置する。

- ① 原料供給量制御 (調合制御)
- ② 給水量～原料比率制御
- ③ スラリー水分制御

又、スラリートタンクにはレベル計を取り付ける。

(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過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、電気-油圧式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 スラリー送分量制御
- ② ダスト送分量制御
- ③ キルン回転数制御
- ④ 石炭供給量制御
- ⑤ 誘引ファン回転数制御
- ⑥ 窯尻ドラフト制御

その他グレート式冷却機では、

- ① グレート式冷却機の一室風圧制御
- ② フッドドラフト制御
- ③ 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り付ける。

- ① 温度監視
キルン焼点温度

シエル温度

キルン中間温度

キルン窯尻温度

窯尻送風機前ガス温度

クリンカー温度（冷却機出口）

この他グレート式冷却機ではグレート各室の温度、ガス温度等がある。

② 圧力監視

窯尻圧力

グレート式冷却機ではこの他、冷却機室圧力等がある。

③ 流量監視

クリンカー焼出量

④ その他としては

キルン電力監視，排ガス分析形等を設置する。

(ハ) 仕上系統における計装

仕上ミル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 分級機回転数制御

等が主要なものである。

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。

(ニ) 石炭系統における計装

主要な制御ループとしては、粉砕機送込制御ループがあげられる。

主要な計装機器としては上記の通りであるが、この他、総括制御装置の PLC も含まれる。

6. 2 乾式転換による近代化

製造方法としては、先進性、合理性、経済性から仮焼炉式キルンが得策しと考えられるのでそれを採用し、改造対象キルンは、前述の様に3、4号キルンとした。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) 粘土置場新設
- (b) 粘土乾燥設備新設
- (c) 乾燥粘土置場新設
- (d) 原料粉碎機の乾式・閉回路化改造
- (e) 原料混合貯蔵層の新設
- (f) 仮焼炉付予熱塔新設
- (g) キルン・クリンカー冷却機改造及び新設
- (h) クリンカー冷却機排ガス電気集塵器新設
- (i) キルン排ガス電気集塵器改造及び新設
- (j) 電気計装設備改造

(2) 設備改造新設の内容

(a) 粘土置場新設

現在粘土は山元よりスラリー状にして工場に送られているが、乾式転換後は乾式採掘に切り替える必要があり、その場合、輸送方法としてトラック輸送が経済的であると考えられる。

トラック輸送の場合日昼のみの稼働となり、雨天の場合も考慮して、粘土置場を新設する。

容量は、1週間分の5000屯とし、上家付とする。

又、粘土塊及び雑石の処理のため粘土破碎机を新設する。

(b) 粘土乾燥設備新設

原料粉碎机としては現有の湿式粉碎机の転用のため粉碎机に供給する原料水分は1%以下にする必要がある。

従って原料中一番水分の多い粘土を乾燥するため、既設のキルン胴体を一部転用して粘土乾燥機を設置する。

(1) 乾燥機能力表

	No.3乾燥機 1D7-1	No.4乾燥機 1D7-2
乾燥能力 (t/h)	16	14
原料入口能力 (%)	15	15
原料出口水分 (%)	1	1
原料入口温度 (°C)	20	20
原料出口温度 (°C)	70	70
ガス入口温度 (°C)	300	300
ガス出口温度 (°C)	130	130
入口ガス量 (Nm ³ /h)	103,050	92,058
出口ガス量 (Nm ³ /h)	122,550	109,478
散水量 (t/h)	5.2	4.60

(c) 乾燥粘土置場新設

乾燥機で乾燥された粘土は現有の貯蔵庫を延長増設し、そこに貯蔵する。
貯蔵容量は 3,000 屯とする。

(d) 原料粉砕機の乾式、閉回路化改造

現在、原料粉砕は湿式方式であるが、それを乾式改造すると共に、クリンカー生産増加に伴い、粉砕機能力を増強する必要がある。そのために閉回路に改造を行う。

主要改造箇所、分級機外形図は6.1(2)(d)(Vi)の1～4号粉砕機用に準ずる。

改造後の能力増強効果

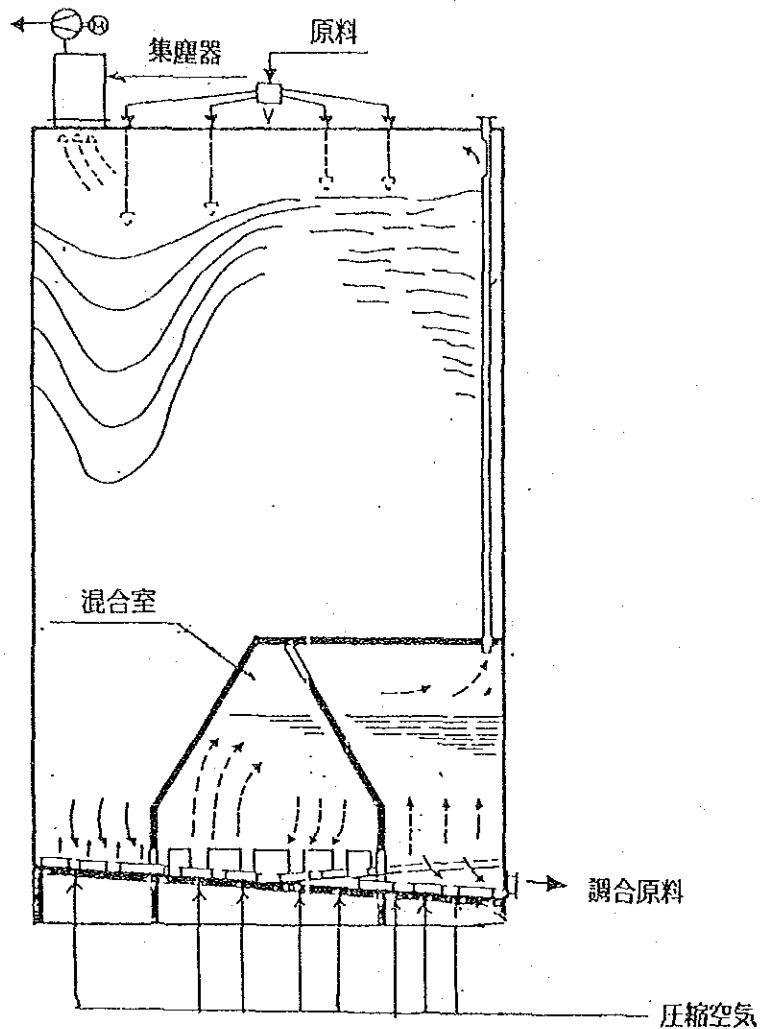
61t/h (原料細度 88 μ 残分20%)

(e) 原料混合貯蔵槽の新設

粉碎機出口の原料の品質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層が必要である。

そのために混合槽と貯蔵槽の両方の機能をもつ混合貯蔵槽を新設する。各キルン共、容量は 5,000t とする。

(1) 混合貯蔵槽概念図



(ii) 混合効果

原料粉碎機出口の原料水硬率 (H.M) の標準偏差は混合貯蔵槽出口で入口の20% 又は 0.02 程度に低減することが期待される。

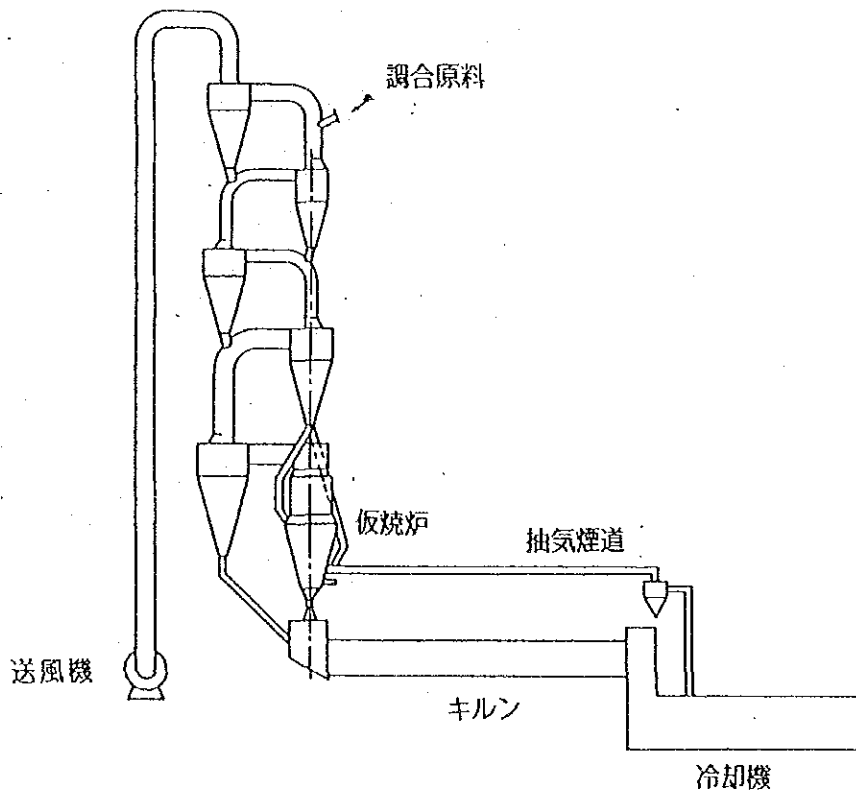
(f) 仮焼炉付予熱新設

乾式焼成方式としては種々あるが、先進性、合理性があり、最も経済的なものは仮焼炉式である。その特徴として次のものがある。

(1) 仮焼炉式の特徴

- (イ) 焼成熱量が最も低くキルンの単位容積当りの生産量も大きい。
- (ロ) キルンの送入原料の粉末度を相当粗くしても品質の優れたクリンカーが得られる。
- (ハ) 予熱塔自体には可動部分がないので、長期連続運転が可能である。
- (ニ) 生産能力に対するキルンの長さが短く、掘付面積が狭くてすむ。

(11) 仮焼炉付予熱塔概念図

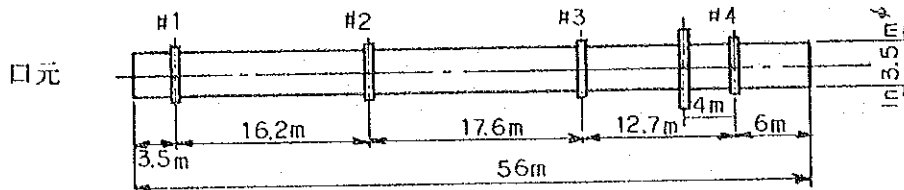


(g) キルン，クリンカー冷却機改造及び新設

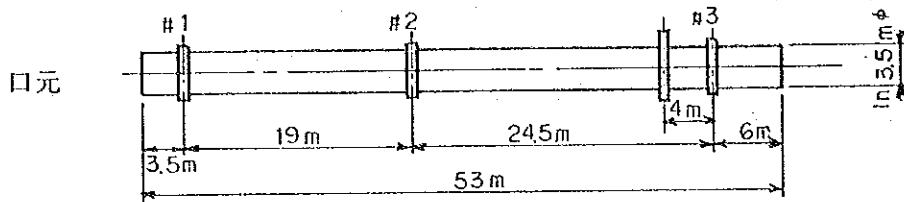
キルンについては既存の3，4号キルン胴体を転用する。

(i) キルン胴体外形図

(イ) 3号キルン



(ロ) 4号キルン



(ii) 改造箇所

(イ) 3号キルン

- ① 既存の胴体を上図の様に 3.6mφ×56mL の直胴式に加工する。
- ② ガースギヤの更新
- ③ 駆動用減速機の取替 (キルン最高回転数 3r.p.m)
- ④ 駆動用電動機の取替 185KW → 200KW
- ⑤ 既存 # 1 ローラー台撤去
- ⑥ 新 # 4 ローラー台新設
- ⑦ 駆動部建家新設

(ロ) 4号キルン

- ① 既存の胴体の上図の様に加工する。
- ② 駆動部減速機の取替 (キルン最高回転数 3r.p.m)
- ③ 駆動用電動機取替 75KW× 2 → 185KW
- ④ 新 # 3 ローラー台新設
- ⑤ 駆動部建家新設

クリンカー冷却機については、冷却効率の良いプレート式冷却機を採用する。

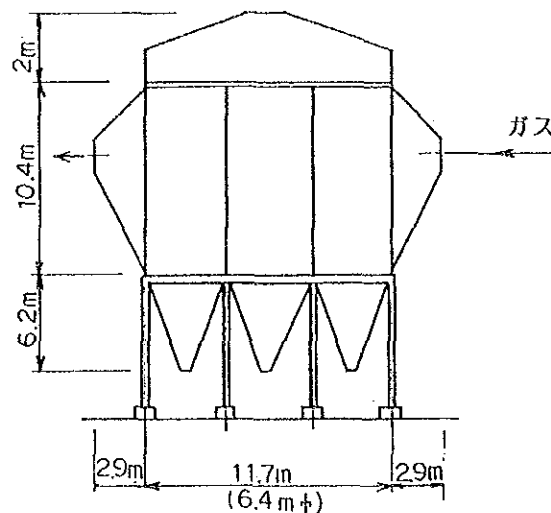
(h) 冷却機排ガス電気集塵器新設

クリンカー冷却機の冷却機用空気は一部キルンの二次空気、石炭乾燥用として回収されるが、排ガスは電気集塵器で集塵して排出する。

(i) 電気集塵器仕様

項目	3.4号共同仕様
ガス量 (m ³ /min)	2.710
ガス温度 (°C)	220
入口ダスト量 (g/Nm ³)	30
出口ダスト量 (g/Nm ³)	0.15
部屋構成	1×3
極間距離 (mm)	300
ダスト数 (個)	20
ガス通過断面積 (m ²)	49.4
有効内容積 (m ³)	510
ガス速度 (m/s)	0.91
滞留時間 (sec)	11.2

(iv) 電気集塵器外形図



(1) キルン排ガス電気集塵器改造

第V章1. 2(2), (f)参照

(j) 電気計装設備

(i) 電気設備

電気関係の系統図を“図V-15乾式転換による近代化単線結線図”に示す。権県変電所配電用変圧器20MVA × 2台は、並列運転とし、電源供給の安定化を計る。又遮断容量の増大に対処する為35KAの遮断容量が必要となろう。

近代化による主要な電気設備は下期の通りである。

① 受電用遮断器	3相, 6KV, 50HZ, 1500A,	5面
② 配電用遮断器	3相, 6KV, 50HZ, 1,200A/600A	36面
③ 電力コンデンサー	3相, 6KV, 50HZ, 400KVA	5台
	1,000KVA	2台
④ 低圧電力用変圧器	3相, 6.6kv/0.38KV, 50HZ	
	200KVA	2台
	500KVA	1台
	750KVA	3台
	1000KVA	4台
	1500KVA	1台
⑤ 380V モーターコントロールセンター		一式
⑥ 非常用発電設備		1台
	3相, AC380V, 4線式	
	ディーゼル発電機 500KVA	
⑦ 直流電源装	DC100V, 200AH, 50AH	各一台
⑧ ケーブル及び工事材料		一式

(11) 計装設備

主要工程別の計装を下記の図に示す。

- ① 図V-16 乾式転換による近代化 原料設備計装図
- ② 図V-17 乾式転換による近代化 燃成設備計装図
- ③ 図V-18 乾式転換による近代化 仕上設備計装図
- ④ 図V-19 乾式転換による近代化 石炭設備計装図

各系統の計装は基本的には湿式のままで近代化にて述べた通りであるが、若干相違のある所を述べる。

① 原料調合系統

原料調合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原料粉砕機への供給量を計算機により計算することである。

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。

その詳細は第V章 2.2品質管理にて記述した通りである。

② 燃成系統

キルンの計装についての特徴は、仮燃炉付予熱塔の計装である。各サイクロンの温度、圧力、仮燃炉の炉内温度とガス分析等である。

(3) 改造及び新設機器一覧表

(a) 原料設備

機番	機器名称	台数	仕様	電動機
1D1	トラック計重機	1	秤量50t.型式:ロードセル式 計量台寸法 3.0m x 10.5m	
1DV	粘土置場	1	5000t 置場広さ30m x 40m	
1D3	粘土破碎機	1	50t 1400w x 2.8mL	55KW
1D7-1	粘土乾燥機	1	16t/h, No.3 キルン胴体改造 3.6m φ x 27.5mL 出口水分1%	55KW
2BS2-2 2BS2-3	電気集塵器	2	2,500Nm ³ /min 既設電気集塵器 2号及び3号の1部を内部改造 して3号キルン用として転用	
2BS/B2	送風機	1	3,700m ³ /min x 200mmAq	185KW
1D7-2	粘土乾燥機	1	14t/h No.4キルン胴体改造 3.5m φ x 27.5mL 出口水分1%	
2BS2-4	電気集塵器	1	2,200 Nm ³ /min	
2BS/B4	送風機	1	3,300 m ³ x 200mmAq	160KW
1CV3	乾燥粘土貯蔵庫	1	3000t 既設貯蔵庫に隣接して設置	
1C03-1~ 1C03-4	ベルト式定量供給機	4	粘土用 10t/h 600w	3.7KW
1C1-1 ~ 1C1-4	ベルト式定量供給機	4	石灰石用 50t/h 750w	5.5KW
1C2-1 ~ 1C2-4	ベルト式定量供給機	4	鉄粉用 3t/h 600w	3.7KW
1C3-1 ~ 1C3-4	原料粉碎機	4	61t/h 湿式を乾式閉回路式に改造 2.6m φ x 13mL, ボール補充80t	1000KW
1C7-1 1C7-2	サイクロン式分機	2	122t/h(精粉) UCS-42-8	132KW
1C7-1B 1C7-2B	送風機	2	2600m ³ /min x 300mmAq	220KW

機番	機器名称	台数	仕様	電動機
ICS1 ICS2	濾布式集塵器	2	1200㎡ パルスジェット式	
ICS1/B ICS2/B	送風機	2	1700 m^3/min x 300 mmAq	150KW
IC10-1 IC10-2	槽式空気輸送機	2	300t/h 1台予備	
IUC1 IUC2	空気式圧縮機	2	70 m^3/min x 5.5Kg/ cm^2 1台予備	400KW

(b) 焼成設備

機番	機器名称	台数	仕様	電動機
2AV1	原料混合槽	1	5000t 混合槽、貯蔵槽兼用方式 16m φ x 35mH コンクリート製	
2AV1/B1 2AV1/B2	ルーツ式送風機	2	16.8 m^3/min x 6100mmAq 1台予備	30KW
2AV1/B3	〃	1	8.1 m^3/min x 6100mmAq	15KW
2AV1/B4	〃	1	5.3 m^3/min x 6100mmAq	11KW
2AV1-M	定量供給貯蔵槽	1	70 m^3 計重方式：ロードセル	
2A03-1	インパクトライン式 流量計	1	160t/h	
2A08-1	仮焼炉付予熱塔	1	75t/h 5段サイクロン式 鉄鋼製 架構寸法13m x 12m x 58mH	
2A08-1/B	送風機	1	予熱塔排ガス用 4400 m^3/min x 650mmAq	850KW
2A09-1	キルン	1	75t/h No.3キルン胴体改造 3.6m φ x 56.0mL 傾斜4/100	200KW
2A010-1	グレート式クリンカ ー冷却機	1	75t/h クリンカー出口温度 100℃	37KW
2AB1-1	送風機	1	520 m^3/min x 650mmAq	110KW
2AB2-1	〃	1	750 m^3/min x 850mmAq	185KW
2AB3-1	〃	1	2750 m^3/min x 220mmAq	160KW
2A014-1	ベルト式輸送機	1	130t/hロードセル式秤量機付	
2AS1	電気集塵器	1	1.500Nm ³ /min 出口含塵量 : 0.15g/Nm ³	
2AS1/B	送風機	1	2.800 m^3/min x 200mmAq	132KW
2AS1-1	マルチクロン式 集塵器	1	750 m^3/min	
2AV1-M	定量供給槽	1	50 m^3 ロードセル付、鋼板製	
2B1-1	インパクトライン式 流量計	1	仮焼炉石炭計量用 8t/h	

機 番	機 器 名 称	台数	仕 様	電動機
2B2-1/B	送風機	1	140 m^3 /min x 1500mmAq	75KW
2AV2	原料混合槽	1	5000t 混合槽、貯蔵槽兼用方式 16m ϕ x 35mH コンクリート製	
2AV2/B1 2AV2/B2	送風機	2	16.8 m^3 /min x 6100mmAq 1台予備	30KW
2AV2/B3	"	1	8.1 m^3 /min x 6100mmAq	15KW
2AV2/B4	"	1	5.3 m^3 /min x 6100mmAq	11KW
2AV2-M	定量供給槽	1	50 m^3 ロードセル付鋼板製	
2A03-2	インパクトライン式 流量計	1	160t/h	
2A08-2	仮焼炉付予熱塔	1	67t/h 5 段サイクロン式鉄鋼製 架構寸法12.5m x 11.5m x 55mH	
2A08-2/B	送風機	1	3.900 m^3 /min 650mmAq	750kW
2A09-2	キルン	1	67t/h No.4キルン胴体改造 3.5m ϕ x 53.0mL 傾斜 3.5/100	185KW
2A010-2	グレート式クリンカ ー冷却機	1	67t/h クリンカー出口温度 100°C	30KW
2AB1-2	送風機	1	460 m^3 /min x 580mmAq	75KW
2AB2-2	"	1	700 m^3 /min x 800mmAq	150KW
2AB3-2	"	1	2430 m^3 /min x 200mmAq	132KW
2AS2-1	電気集塵器	1	1.300N m^3 /min 出口含塵量 0.15g/N m^3	
2AS2/B	送風機	1	2.400 m^3 /min x200mmAq	110KW
2AS1-2	マルチクロン式 集塵器	1	700 m^3 /min	
2B1-2	インパクトライン式 流量計	1	仮焼炉石炭計量用 7t/h	
2B2-2/B	送風機	1	120 m^3 /min x 1500mmAq	75KW

(c) 石炭設備

機番	機器名称	台数	仕様	電動機
4D01-2	槽式空気輸送機	1	10t/h	
4D1-2	インパクトライン式 流量計	1	10t/h	
4D2-2	送風機	1	No.3キルン石炭吹込用 90 π^2 /min x 2000mmAq	55KW
4D01-3	槽式空気輸送機	1	10t/h	
4D1-3	インパクトライン式 流量計	1	10t/h	
4D2-3	送風機	1	No.4キルン石炭吹込用 80 π^2 /min x 2000mmAq	55KW

(d) 仕上設備

機番	機器名称	台数	仕様	電動機
3A1-1 ~ 3A1-5	ベルト式定量供給機	5	クリンカー用 50t/h 750w	5.5KW
3A2-1 ~ 3A2-5	ベルト式定量供給機	5	石膏用 2t/h 600w	2.2KW
3A3-1 ~ 3A3-5	ベルト式定量供給機	5	混合材用 8t/h 600w	2.2KW
3A4-1 ~ 3A4-4	仕上粉砕機	4	40t/h 既設粉砕機 1号～4号を 閉回路に改造 2.6m φ x 13mL	1000KW
3A8-1, 3A8-2	サイクロン式分級機	2	80t/h(精粉) CS42-6	132KW
3A8-1/B1 3A8-2/B1	送風機	2	1800m ³ /min x 300mmAq	160KW
3AS1, 3AS2	濾布式集塵器	2	1120m ²	
3AS1/B 3AS2/B	送風機	2	1600m ³ /min x 300mmAq	132KW
3A4-5	仕上粉砕機	1	40t/h,既設粉砕機 5号を閉回路に 改造 2.6m φ x 13mL	1000KW
3A8-3	サイクロン式分級機	1	40t/h(精粉) CS-30-6	75KW
3A8-3/B	送風機	1	900m ³ /min x 300mmAq	110KW
3AS3	濾布式集塵器	1	630m ²	
3AS3/B	送風機	1	900m ³ /min x 300mmAq	75KW

7 近代化計画実施上の留意点

- (1) 本近代化計画は、事前調査、本格調査時に中国側から提供された資料、現地での運転状況の調査、実測、中国側との協議、日本での試料の分析の結果に基づいて作成したものであるが、工場の実情を完全に把握したとはいえないので、近代化に対する考え方、改造の内容について、近代化の主体である中国側関係者に於て十分に再検討し、最終計画立案の後実施に移されるべきである。
- (2) 使用原燃料のうち、受入時の品質変動の大きい鉄粉、石炭については購入先と交渉し品質の安定に努めるべきであると共に、石炭については将来其多品種のものを受入れざるを得ない状況であるならば、今回の改造内容には入れていない石炭の混合設備を設置すべきであろう。又、混合材としての炉灰は適当でないので、品質の安定した代替原料を使用すべきである。
- (3) 今回調査範囲外の、石灰石、粘土鉱山、出荷設備、付帯設備については、本近代化計画に関連して生産能力の増加、設備内容の充実が必要であり、中国側で計画を立案し、最終計画に盛り込まれるべきである。
- (4) 近代化計画の検討、最終計画の立案、計画の実施を通じて、工場内または外部の十分に高度な知識と経験のある技術者集団による特別の実行組織を作って、近代化計画を実施すべきである。中国側に於けるセメント設計院又は外国のコンサルタントの起用も検討すべきであろう。
- (5) 計画の実施スケジュール、所要資金計画については日本で本計画を実施した場合を想定して作成してあり、工場の実情に合わせて再編成されるべきである。

第VI章 添付資料

第VI章 添付資料

1. 品質管理に関する資料

1.1 メスフラスコ、ピペット、ビュレットの校正方法

容量分析の基本操作の一つは溶液の容積を正確に測定することである。このためには使用に便利な体積計を目的に応じて選択し正しく使用しなければならない。またこれらの体積計の目盛や標線は正しくつけられていなければならない。体積計は温度変化によって膨脹または収縮するので、ある一定温度のときだけ表示体積になる。この温度を標準温度といい、日本をはじめ多くの国で20℃を採用している。したがって標準温度からはずれている場合は体積の補正が必要である。また体積の単位としてはℓまたはmlが用いられており、現在ℓ = dm³, ml = cm³と国際的に定義されている。

容量分析でよく用いられる体積計にはメスフラスコ、ピペット、ビュレットなどがあり、これらをまとめてガラス製化学用体積計とよび、計量法に基づいて検定されたマーク入りのものが市販されている。これを取り扱うに際して共通して注意すべき点は、1)加熱しないこと、50℃以上の加熱は望ましくないので電熱乾燥器に入れない。普通は使用前にはかり取る溶液を少量用いて3回ぐらい洗浄すれば乾燥しないですむことが多い。2)ガラスをおかす物質を入れたままにしておかないこと、アルカリ溶液、フッ化水素酸溶液、エチレンジアミン四酢酸(EDTA)溶液などはガラスをおかす。これらの溶液に触れた器具は用が済んだらすぐに水道水で洗浄しておく。特によく見られることであるが、メスフラスコ類を保存容器として使用することはやめるべきである。またアルカリ溶液を長時間保存したままにしておくと、すり合わせのせんがとれなくなることも多い。3)市販の体積計の検定の際の公差、すなわち体積の許容差は0.1%前後に定められているので、そのまま使用しても大きな誤差は起らないが、ガラス製なので検定後年月がたつにつれ体積に変化が生じてくる。したがって正確な分析が必要な場合は自分で校正しなければならない。

1.1.1 メスフラスコ

図1.1に示すような首の細長いフラスコですり合わせのせんがついている。これは標準溶液の調製や試料溶液を一定容積に希釈するときに用いるものである。

これをEと記してあるものはいわゆる“受用”で、標線まで入れた液量が標準温度のとき所定の表示体積を有するものである。他方Aと記してあるものはいわゆる“出用”で標線まで入れた液を外部に出したとき標準温度で所定の体積になるものである。2本の標識に記してある出受兼用のメスフラスコもある。常用されているメスフラスコには10~1000mlのものが多種類ある。

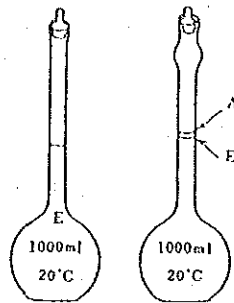


図1. 1 メスフラスコ

メスフラスコの校正は次のようにして行う。清浄な乾燥したフラスコの重量を化学天秤を用いてひょう量する。つぎに標線まで純水を満たし再びひょう量する。このときの重量差、すなわち水の重さ W mg を求める。表 1. 1 に示した空気の影響による補正值表を用いて式 (1. 1) によって校正すると標準状態 (20°C, 760mmHg) における標識までの V_s ml が求まる。

$$V_s = \frac{W \times 1000}{1000000 - (P + P')} \quad (1. 1)$$

ここに P は表 1. 1 に示されている標準状態における補正值 (mg) であり、また P' は補正時の室温及び気圧が標準状態をはずれていることによる補正值であって、20°C から ± 1°C につき、〒 4.0mg、760mmHg から ± 1mmHg につき ± 1.3mg である。

このフラスコの表示容量に相当する正確な標線を新しくつけたいときは容器に記してある標線を中央にして 1mm 目の方眼紙を長さ 40mm ほど (フラスコの容積に

応じてもっと短くしてもよい) はりつける。空重量を測定したあと方眼紙の下部 B まで純水を入れてそのときの重量増加 WB mg を求める。つぎに方眼紙の上端近くの A まで水を追加して再び重量を測定しこのときの空容器との重量差 WA mg を求める。別に水温と気圧を測定して式 (1. 2) によって正しい標線の位置を求める。ただし S は方眼紙下部 B からの目盛数である。

$$S = \frac{V (1000000 - (P + P')) - WB}{\frac{1000}{(WA - WB) / 40}} \quad (1. 2)$$

ここに V は当該容器の表示容量であり、P と P' は式 (1. 1) の通りである。目盛り S を記録したあとの新しい標線を用いる。方眼紙の上から無色透明のビニルテープを巻いて保護すると長持ちする。

表 1. 1 水 1ℓ についての浮力による補正值表, P (mg) (気温 20℃, 気圧 760mmHg)

温度	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
5	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1435
6	1435	1436	1437	1439	1440	1441	1442	1444	1445	1447
7	1448	1451	1454	1457	1459	1462	1465	1468	1470	1473
8	1476	1480	1484	1488	1492	1496	1501	1506	1510	1515
9	1520	1525	1530	1535	1541	1547	1553	1559	1565	1571
10	1577	1583	1589	1596	1603	1610	1617	1624	1631	1638
11	1645	1652	1660	1668	1676	1684	1692	1700	1708	1716
12	1725	1734	1743	1752	1761	1771	1781	1791	1801	1812
13	1823	1834	1846	1858	1870	1882	1894	1902	1914	1922
14	1934	1946	1958	1970	1982	1994	2006	2018	2030	2042
15	2054	2066	2078	2091	2104	2117	2130	2143	2156	2169
16	2183	2197	2211	2225	2239	2253	2267	2282	2297	2312
17	2327	2342	2357	2372	2387	2402	2417	2432	2448	2464
18	2480	2497	2513	2530	2546	2563	2579	2595	2612	2628
19	2645	2663	2681	2699	2717	2735	2753	2771	2789	2807
20	2825	2843	2861	2879	2897	2916	2935	2954	2973	2992
21	3011	3030	3049	3069	3089	3109	3129	3149	3169	3189
22	3209	3229	3249	3269	3290	3311	3332	3353	3374	3395
23	3406	3427	3448	3470	3492	3514	3536	3558	3580	3602
24	3625	3648	3671	3694	3717	3740	3763	3786	3809	3833
25	3857	3881	3905	3929	3953	3977	4001	4025	4049	4073
26	4097	4121	4145	4169	4194	4219	4244	4269	4294	4319
27	4344	4369	4394	4419	4444	4469	4494	4519	4544	4569
28	4595	4621	4647	4673	4699	4725	4751	4777	4804	4831
29	4858	4885	4912	4939	4966	4993	5020	5048	5076	5104
30	5132	5160	5188	5216	5244	5272	5300	5328	5356	5384
31	5412	5441	5470	5499	5528	5557	5586	5615	5644	5673
32	5703									
33	6000									
34	6330									
35	6720									

1. 1. 2. ピペット

多量の溶液から一定量を分ち取るのに用いる出用専用の体積計である。

常用されるピペットには図 1. 2 に示すような全量ピペット(a) , メスピペット(b) および駒込ピペット(c) の3種がある。このうち全量ピペットは一定の容量を採取するとき用い、もっとも精度が高い。メスピペットは 0.1~ 0.01 ml 間隔に目盛を刻印してあり、比較的少量の任意量を採取するとき用いる。常用されるピペットの容量としては 1~ 100ml のものが多い。駒込ピペットは採取する液量があらましの量でよいとき用いると便利である。その最大容量は通常 2ml である。溶液を流出するとピペットの先端には必ず多少の液が残る。この残液の処理法にはいろいろあるが、残り具合は処理法によって異なるから補正時に用いた手法を使用時にも一貫して用いるべきである。通常は吸口をふさいだ状態で中央の拡大部を手のひらで握り空気の膨脹を利用して押し出すと共に出端部を受器内壁に軽くつけて排液を完了する。

ピペットの校正はつぎのようにして行う。標線まで吸い上げた水をあらかじめ重量を測定している三角フラスコに移し、水による重量増加 W mg を測定する。別に水温と気圧を測定して標準状態における溶液を式 (1. 1) によって計算する。正確な標線をつけたいときはメスフラスコの場合と同様にまず標線を中央にして 1mm 目の方眼紙を長さ 4cm 巻きつける。下部 B まで水を吸い上げたときの水の重量 W_B mg と、上部 A までの水の重量 W_A mg を求め式 (1. 2) によって正しい標線を S の位置に記録する。

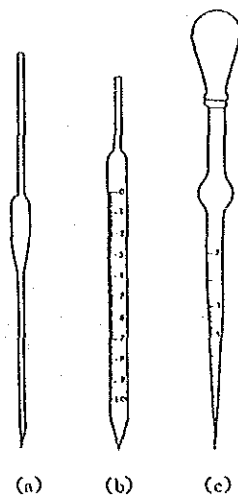


図 1.2 各種ピペット

1. 1. 3 ビュレット

標準液を入れて滴定して、目的物との反応完了までに要した標準液量を測定するのに用いる出用体積計である。全容量としては通常25および50mlのものが使用されている。これらは図 1. 3 に示すように内径の均一なガラス管に 0.1ml単位で目盛ってある。ビュレットの出液量を読み取る時は必ず目の高さで水平にした状態で液面の低い所（メニスカス）を読み取る。着色溶液でメニスカスが見えない場合は液面の上端を読む。また液面の位置は流出速度によって変化するので器壁に付着した液がすっかり流れ落ちてから（通常1～2分経過後）目盛を読む。

微量滴定用として呼び容量 1～ 5mlのマイクロビュレット、セミマイクロビュレットがある。このほか零目盛が自動的に定まる自動ビュレット、質量を測定して液の使用量を定める質量ビュレットなどがある。特に図 1. 3 (c) に示すような標準溶液の容器と一体になった自動ビュレットでは、これにソーダ石灰をつめた二酸化炭素吸収管を組合わせて用いると、二酸化炭素にまったくふれることなく標準溶液をビュレットに移すことができるので、アルカリ標準溶液を用いるときに便利である。

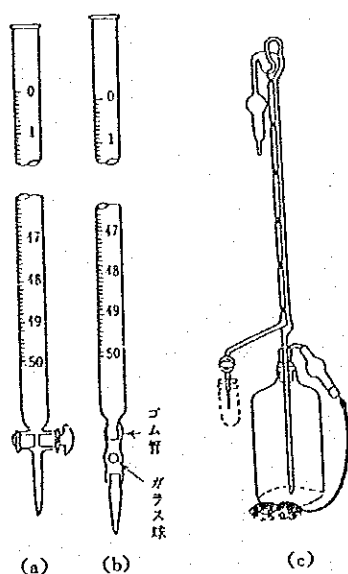


図 1.3 各種ビュレット

ビュレットの校正は次のようにして行う。水を 0ml の位置まで入れる。このときコック下部の空気をあらかじめ除いて水とすっかり置換しておく必要がある。あらかじめ重さを測定してある共せんつき三角フラスコに 0~5ml 移し取ってその重量を測定する。ついで再び 0ml までビュレットに水を追加して今度は 0~10ml 取ってその重量を測定する。このようにして最後に 0~50ml について測定する。各分画の水の重さを W_1 mg とする。別に水温と気圧を測定して式 (1.3) によって校正値 C_1 を求める。

$$C_1 = \frac{1000W_1}{1000000 - (P + P')} - V_1 \quad (1.3)$$

ここに V_1 は各分画の表示容量 ml であり、 P と P' は式 (1.1) と同じである。このようにして図 1.4 のように校正曲線を作っておくと容易に使用液量の補正ができる。

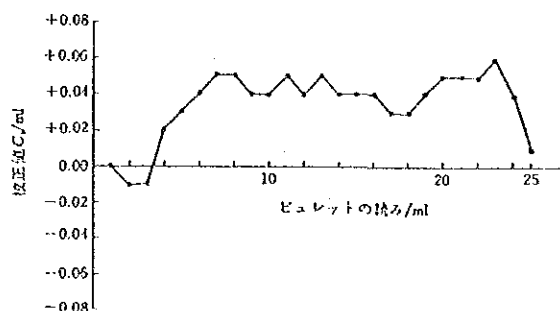


図 1.4 ビュレットの校正曲線の一例

以上 3 種の化学用体積計を検定し、検定容積と表示容積との差（公差）を求め表 1.2 の検定公差と比較し、その値が公差をこえている場合は他の検定合格品と取替える。但し、メスフラスコ、ピペットに新しく標線を刻印すれば使用してもよい。

表 1. 2 メスフラスコ, ピペット, ビュレットの公差 (20°C) (単位: *cm*)

メスフラスコ*	全容量	10以下	25以下	50以下	100以下	250以下	500以下	1000以下
	公差	0.04	0.06	0.1	0.12	0.15	0.3	0.6
ピペット**	全容量	0.5以下	2以下	10以下	25以下	50以下	100以下	200以下
	公差	0.005	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.15
ビュレット	全容量	2以下	10以下	25以下	50以下	100以下	200以下	200以上
	全容量1/2							
	未満での公差	0.005	0.01	0.02	0.025	0.05	0.1	0.15
	全容量1/2 以上での公差	0.01	0.02	0.04	0.05	0.1	0.2	0.3

* 受用の値, 出用では公差は2倍となる。

** 全量 (ホール) ピペットの値。

1. 2 相関分析について

クリンカーのIIIと強度の関係や、セメントの比表面積と強度の関係のように任意に変化する二つの変量があり、一方の変量の変化と他方の変量の変化がお互いに関連し合っているとき、両者の変量の間に関連があるという。一変量が大きくなったとき、もう一方の変量も大きくなるとき、これを正相関といい、逆の現象が出る場合は逆相関あるいは負相関と言う。

セメント工場におけるデータはいずれもばらつきが多く、二変量間に相関関係があるかないか判らない点が多いので、相関分析が特に重要である。

相関関係の強さは相関係数により表現し、これが確率論的な考え方より有意であるかないか判定したり、また相関係数が有意である場合には相関係数同志比較してどちらが相関関係が強いかなど判断をすることができるものである。

二変量間の相関係数を単相関係数と呼んでおり、多変量間の相関係数には重相関係数および偏相関係数がある。

1. 2. 1 単相関係数

二変量のデータを x_i 及び y_i とし、データの数 n とすると単相関係数 r は次式で表わされる。

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (2.1)$$

但し \bar{X} , \bar{Y} は平均値、 σ_x , σ_y は標準偏差値である。実際には (2.1) 式を変型した次式を用いるとよい。

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sqrt{\bar{X}^2 - \bar{X}^2} \cdot \sqrt{\bar{Y}^2 - \bar{Y}^2}} \quad (2.2)$$

但し $\overline{xy} = \sum_{i=1}^n x_i y_i / n$ で求める。

相関係数 r は $-1 \sim +1$ の間に存在し、 $+1$ のときが完全な正相関、 -1 のときが完全に負相関を示し、 0 のときは全く相関性がないことを意味する。なお、相関係数が有意であるかどうかの判定は表-1 に示す数値と比較し、表の数値より大きければ有意であるとする。例えば、データの数 $n = 25$ 、相関係数 $r = 0.455$ ならば表-1 より、危険率5%で有意であると判定できる。

表-1 相関係数の有意基準

データの数 n	危険率		データの数 n	危険率	
	0.05	0.01		0.05	0.01
12	0.576	0.708	35	0.334	0.439
13	0.553	0.684	40	0.311	0.402
14	0.532	0.661	45	0.293	0.380
15	0.514	0.641	50	0.278	0.360
16	0.497	0.623	60	0.254	0.330
17	0.482	0.606	70	0.236	0.306
18	0.468	0.590	80	0.220	0.286
19	0.456	0.575	90	0.207	0.270
20	0.444	0.561	100	0.197	0.256
25	0.395	0.505	近似式	1.960	2.576
30	0.361	0.462		$\frac{\quad}{\sqrt{n-1}}$	$\frac{\quad}{\sqrt{n+1}}$

1. 2. 2 重相関係数及び偏相関係数

種々の要因が複雑に絡み合って、単に 1. の単相関分析のみでは解明できない場合、重相関係数または偏相関係数を求めるとよい。いま一つの変数を x_1 、それに対する変数を $x_2, x_3 \dots x_k$ とすると重相関係数 $r_{1.234\dots k}$ は次の式で定義される。

$$r_{1.234\dots k} = \sqrt{1 - \frac{R}{R_{11}}} \quad (2.3)$$

ここで R は次式で示される。

$$R = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & \cdots & r_{kk} \end{vmatrix} \quad \text{-----} (2.4)$$

また R_{11} は (2.4) 式の行列式の 1 行目と 1 列目を除いた行列式すなわち次式で示される。

$$R_{11} = \begin{vmatrix} r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2k} \\ r_{32} & r_{33} & \cdots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k2} & r_{k3} & \cdots & r_{kk} \end{vmatrix} \quad \text{-----} (2.5)$$

重相関係数は例えば、セメント強さと HM, SM, IM, f.CaO などのいくつかの因子を総合させたものと相関性をチェックしたい場合、個々の因子とセメント強さの間の単相関性が低いものであっても、それらの因子を総合させたものとの重相関性は高くなることが考えられるからである。適当な因子を k 個選び出し、これらの因子とセメント強さはそれらの因子によって決定されると言うことができる。

偏相関係数はいくつかの変量があり、それらがお互いに影響し合っているが、ある特定の二つの変量のみ注目し、他の変量の影響を排除し、純粹に二変量間の相関性をチェックしたい場合に求めるものである。

いまその二つの変量を x_1, x_2 , 影響を排除する変数を x_3, x_4, \dots, x_k とした場合の偏相関係数 $r_{12.34 \dots k}$ は次式で定義される。

$$r_{12.34 \dots k} = \frac{-R_{12}}{\sqrt{R_{11}R_{22}}} \quad \text{-----} (2.6)$$

ここで R_{12}, R_{22} は次式で示される。

$$R_{12} = \begin{vmatrix} r_{21} & r_{23} & \cdots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{33} & \cdots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k3} & \cdots & r_{kk} \end{vmatrix} \quad \text{-----} (2.7)$$

$$R_{22} = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{13} & \cdots & r_{1k} \\ r_{31} & r_{33} & \cdots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k3} & \cdots & r_{kk} \end{vmatrix} \quad \text{-----} (2.8)$$

R₁₂は(2.4)式のr₁₂を含む行と列を除いた行列式であり、
R₂₂は同様に(2.4)式のr₂₂を含む行と列を除いた行列式である。

変数の数が多くなってくると重相関係数または偏相関係数の計算は(2.3)～(2.8)式にみられるようになりかなり手数がかかるので、プログラム入力可能で統計解析、行列演算が可能なパソコンを購入し、調合制御に使用しながらこれらの計算もやれるようにしておくといよい。

1. 2. 3 その他の相関係数

その他の相関係数としては次のようなものが挙げられる。

- (1) 遅差相関係数
- (2) 自己相関係数

上記の相関係数は品質管理する上で重要な手法であるが、ここでは説明が長くなるので省略する。

一般に相関分析は過去の多数のデータから品質、生産効率に及ぼす因子を見つけるのに適した方法であるが、積極的に的を絞ってこれらの相関性を早く調べる実験を行う方法があり、そのための手法として「実験計画法」がある。この方法は現在の現状を短期間で主要因、交互作用など複雑に絡んだ因子間の関係を明らかにするものである。その手法の詳細は専門書を参照されたい。

1.3 管理図法について

測定データ、実験データの関係を統計的手法で明らかにするには、「相関分析について」説明した通りに実施すればよいが、毎日のキルンや粉砕機の運転管理状態や、品質管理状態を見るには管理図をつくってこれを毎日管理する方法が適当である。

管理図には統計量が計量値である場合は \bar{x} -R 管理図, \bar{x} - σ 管理図, \bar{x} -管理図などがある。

(a) 管理図の作図法

セメント工場で測定されるデータは大部分計量値であるので \bar{x} - σ 管理図, \bar{x} -管理図が最も良く使用される。

まず、過去半年間のデータから母集団の平均値 u , 分散 σ^2 を計算で求めて次のような管理図をつくる。

	\bar{x} -管理図	σ -管理図
中心線	u	$C2^* \sigma$
管理上限線	$u + A \sigma$	$B2^* \sigma$
管理下限線	$u - A \sigma$	$B1^* \sigma$

この場合の A , $B1^*$, $B2^*$, $C2^*$ は表-1 より求める。

表-1 管理図用係数

n	管理図の係数			
	A	C ₂ *	B ₁ *	B ₂ *
2	2.121	0.7979	—	2.606
3	1.732	0.8862	—	2.276
4	1.500	0.9213	—	2.088
5	1.342	0.9400	—	1.964
6	1.225	0.9515	0.029	1.874
7	1.134	0.9594	0.113	1.806
8	1.061	0.9650	0.179	1.751
9	1.000	0.9693	0.232	1.707
10	0.949	0.9727	0.276	1.669
11	0.905	0.9754	0.313	1.637
12	0.866	0.9776	0.346	1.610
13	0.832	0.9794	0.374	1.585
14	0.802	0.9810	0.399	1.563
15	0.775	0.9823	0.421	1.544
20	0.671	0.9869	0.504	1.470
30	0.548	0.9914	0.599	1.384
40	0.474	0.9936	0.655	1.332
50	0.424	0.9949	0.693	1.397
100	0.300	0.9975	0.785	1.210

以上のようにして管理図を作成すればよいが、選定すべき因子は原料工程，焼成工程，仕上工程，出荷工程それぞれについて分けて取り出されなければならない。そこで具体的な例として図 3-1～ 3-4に日本での実例を示した。これらの管理図のつくり方は、それぞれの因子の平均値を中心線とし、上下の枠は $\pm 2\sigma$ にとって毎日の平均値を点綴する。

(管理図の見方)

工程管理として管理図を用いるとき、工程異常とみなす判定基準は、点が管理限界線をとび出すことであるが、点が管理限界線内にあっても、次の場合は工程異常であると判断しなければならない。

- (a) 中心線の片側に連続7点異常に現れる場合。
- (b) 連続11点中少なくとも10点、連続14点中少なくとも12点、連続17点中に少なくとも14点、連続20点中少なくとも16点、中心線の片側にある場合。
- (c) 点が連続7点上昇又は下降する場合

また、ある期間全体として工程が管理状態か否かは次の基準にあれば、その工程は一応管理状態であるとみなす。

- (a) 連続25点中限界外の点がない。
- (b) 連続35点中限界外の点が1点以内。
- (c) 連続100点中限界外の点が2点以内。

図 3-1 調合原料品質推移

日 付		10月		11月		12月		1月		2月		3月		4月		5月	
		10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
石灰石比率 (%)		85.0															
		80.0															
		75.0															
粘土比率 (%)		15.0															
		10.0															
		5.0															
珪石比率 (%)		6.0															
		4.0															
		2.0															
鉄源比率 (%)		1.0															
		0.5															
ダスト比率 (%)		10.0															
		8.0															
		6.0															
原料原単位 (t/tcl')		1.75															
		1.70															
		1.65															
石灰石 CaO (%)	X	52.0															
		50.0															
		48.0															
(%)	σ	1.5															
		1.0															
		0.5															
H H (-)	X	2.20															
		2.10															
		0.20															
(%)	σ	0.10															
		2.60															
		2.50															
S H (-)	X	2.40															
		0.30															
		0.20															
(%)	σ	0.10															
		1.80															
		1.70															
I H (-)	X	1.60															
		0.15															
		0.10															
(%)	σ	0.05															
		20.0															
		18.0															
原料粉末度 88μ残分 (%)	X	18.0															
		18.0															
		16.0															
(%)	σ	20.0															
		18.0															
		16.0															
日 付		10月	20	10月	20	10月	20	10月	20	10月	20	10月	20	10月	20	10月	20
備 考																	

図 3-2 クリンカー品質推移

日 付	10月		11月		12月		1月		2月		3月		4月		5月	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
H H (-)	2.30															
	2.25															
	2.20															
	2.15															
	2.10															
S H (-)	2.05															
	2.60															
	2.50															
I H (-)	2.40															
	1.75															
	1.70															
HgO (%)	1.65															
	1.80															
	1.60															
SO ₃ (%)	1.40															
	1.10															
	1.00															
R ₂ O (%)	0.90															
	0.80															
	0.80															
f. Cao (%)	0.70															
	0.80															
	0.60															
吹込炭 発熱量 (kcal/kg)	0.40															
	0.20															
	6800															
頁岩 発熱量 (kcal/kg)	6600															
	6400															
	1400															
飯焼度 (%)	1300															
	1200															
	1100															
容重 (kg/l)	85.0															
	80.0															
	1.40															
クリンカ 粒度 5mm 以下(%)	1.30															
	1.20															
	30.0															
燃料 原単位 (kcal/kgcll)	20.0															
	740															
	720															
圧縮 強さ (kg. f/cm ²)	700															
	3日															
	160															
	150															
	140															
	7日															
	280															
260																
240																
220																
備考	400															
	380															
	360															
日 付	10月		11月		12月		1月		2月		3月		4月		5月	

図 3-3 普通セメント品質推移

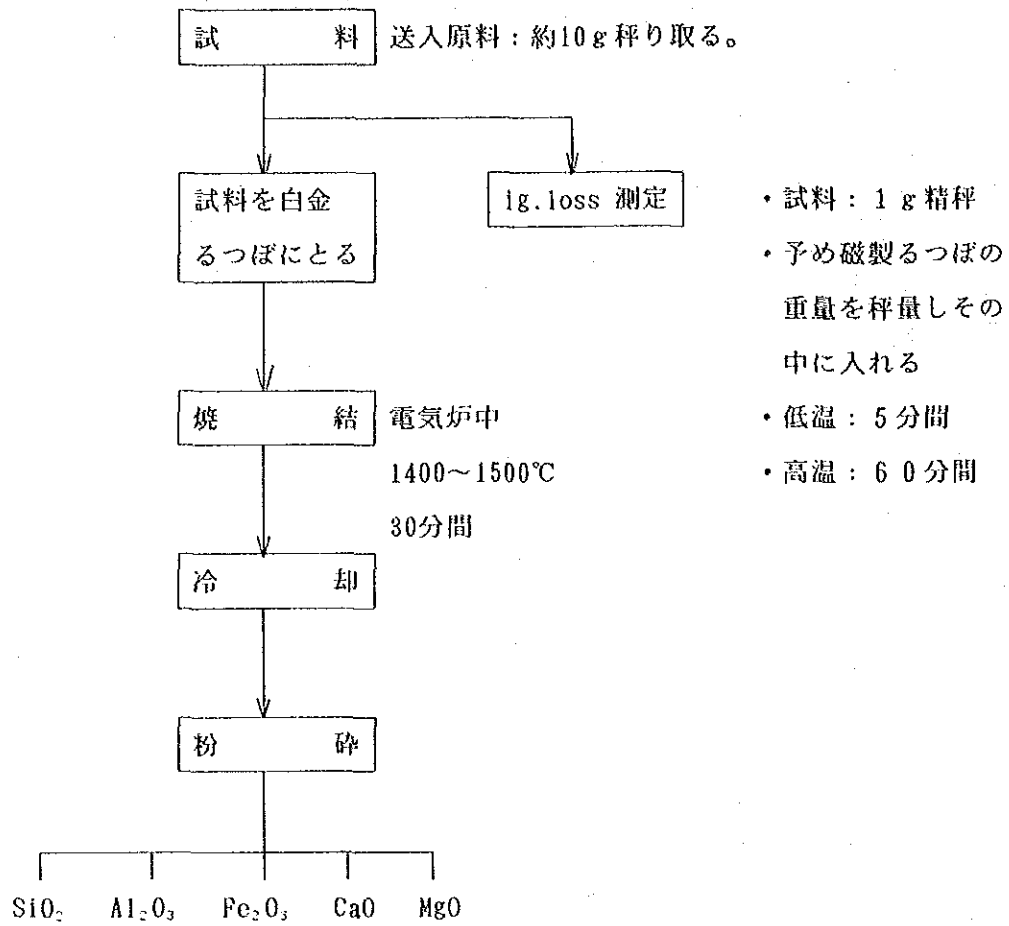
日 付		10月		11月		12月		1月		2月		3月		4月		5月	
		10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
クリンカー 温 度 (℃)	120																
	100																
	80																
セメント 温 度 (℃)	125																
	120																
	115																
注水率 (l/l.cl)	20.0																
	10.0																
混合材 添加率 (%)	6.0																
	5.0																
	4.0																
	3.0																
SO ₃ (%)	2.00																
	1.80																
	1.60																
R ₂ O (%)	1.00																
	0.90																
	0.80																
ig. loss (%)	0.80																
	0.60																
	0.40																
f. CaO (%)	0.80																
	0.60																
	0.40																
	0.20																
比表面積 (cm ² /g)	3200																
	3100																
	3000																
88μ残分 (%)	0.6																
	0.4																
	0.2																
44μ残分 (%)	6.0																
	4.0																
	2.0																
圧縮 の強さ (kg. f/cm ²)	3	160															
	日	150															
		140															
	7	270															
	日	260															
		250															
クリンカー 圧縮強さ (kg. f/cm ²)	28	420															
	日	400															
		380															
クリンカー 圧縮強さ (kg. f/cm ²)	28	400															
	日	380															
日 付		10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
備 考																	

図 3-4 混合セメント品質推移

日付		10月		11月		12月		1月		2月		3月		4月		5月	
		10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
比表面積 (cm ² /g)		3800															
		3700															
		3600															
ig. loss (%)		1.00															
		0.80															
		0.60															
		0.40															
		0.20															
SO ₃ (%)		2.00															
		1.80															
		1.60															
88μ残分 (%)		0.70															
		0.50															
		0.30															
44μ残分 (%)		5.0															
		4.0															
		3.0															
混入率 (%)		46.0															
		44.0															
		42.0															
圧縮の強さ (kg.f/cm ²)	3日	140															
	7日	120															
	28日	100															
	3日	220															
	7日	200															
	28日	180															
	3日	420															
	7日	400															
	28日	380															
	3日	360															
比表面積 (cm ² /g)		3700															
		3600															
		3500															
		0.70															
		0.60															
ig. loss (%)		0.50															
		0.40															
		0.40															
SO ₃ (%)		1.90															
		1.80															
		1.70															
44μ残分 (%)		8.0															
		6.0															
		4.0															
混入率 (%)		52.0															
		50.0															
		48.0															
圧縮の強さ (kg.f/cm ²)	3日	120															
	7日	110															
	28日	90															
	3日	80															
	7日	130															
	28日	180															
	3日	170															
	7日	420															
	28日	400															
	3日	390															
日付		10月	20	10月	20	10月	20	10月	20	10月	20	10月	20	10月	20	10月	20
備考																	

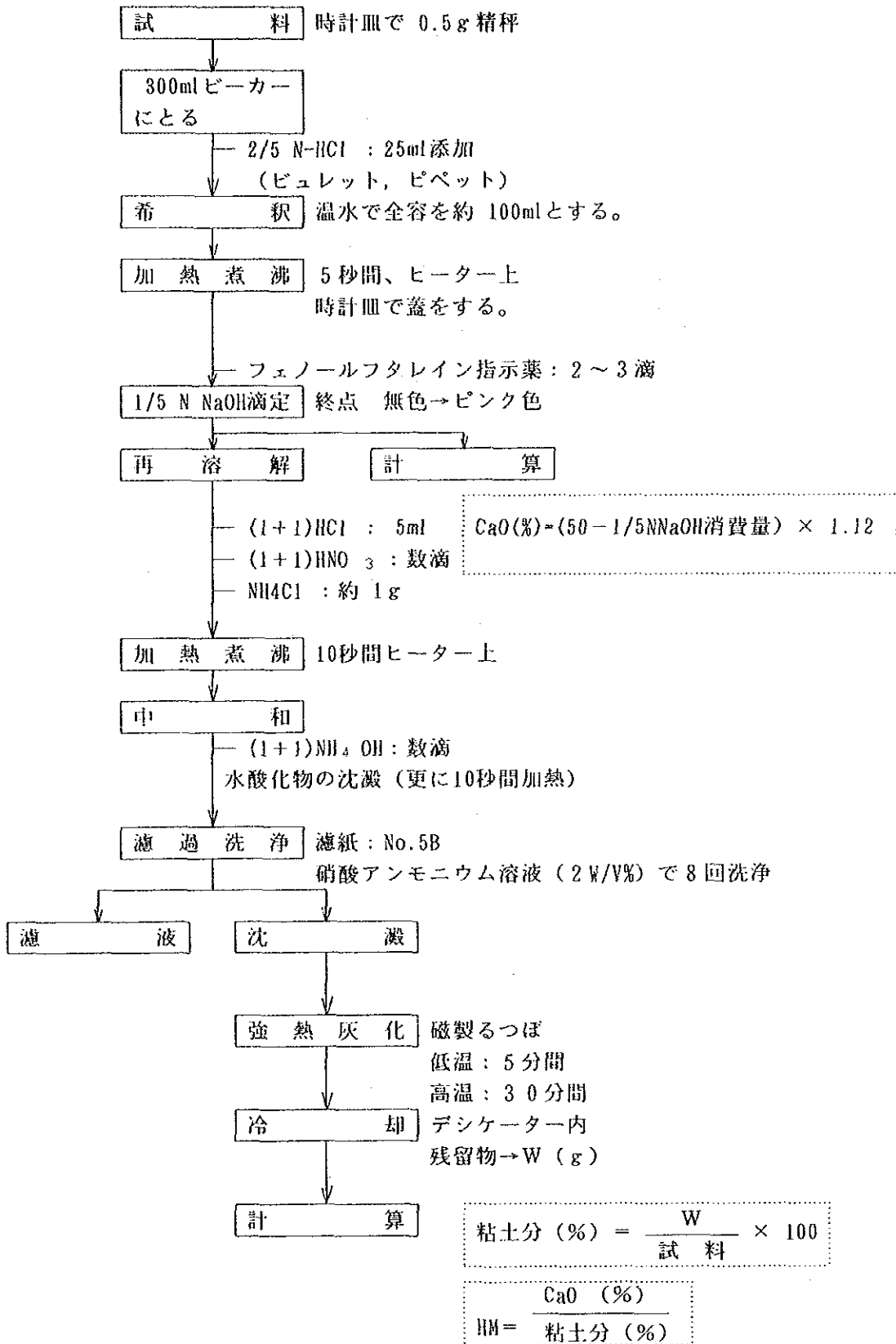
1.4 調合原料の化学分析方法フローシート(1)

(1) 焼結後、湿式分析する方法



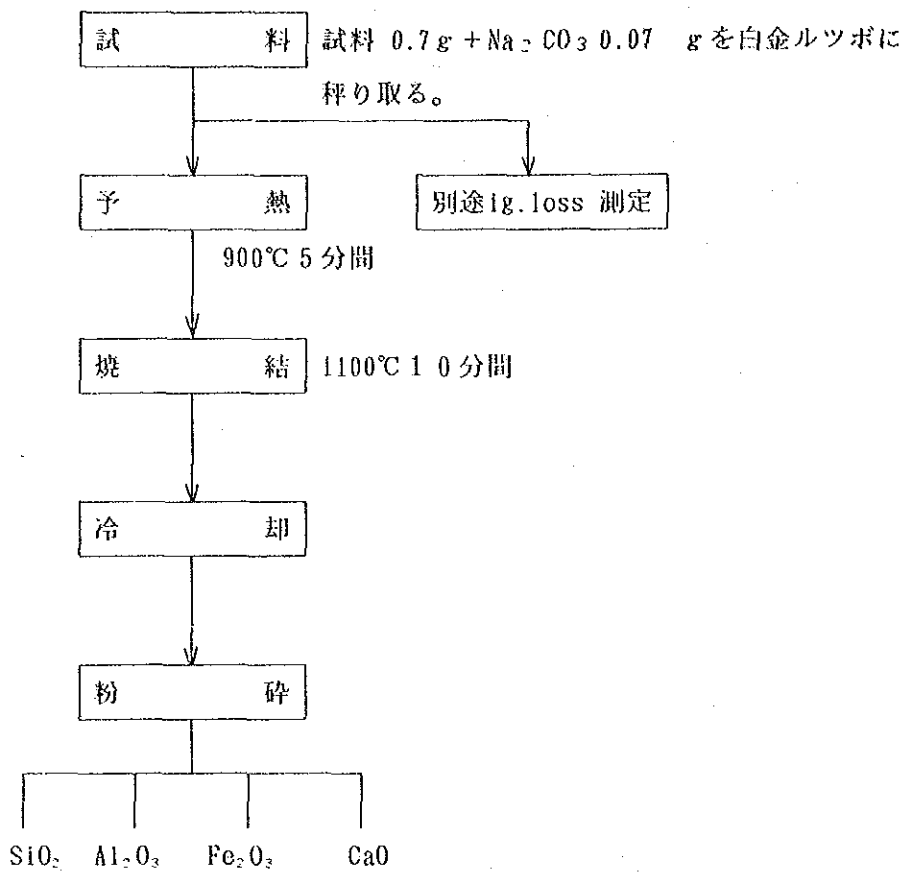
クリンカー、セメントと同様に分析する。

(2) 酸、塩基滴定による簡易分析する方法



1.5 調合原料の化学分析方法フローシート (II)

焼結時間を短くした改良法



クリンカー，セメントと同様に分析する。

2. 設備保全に関する資料

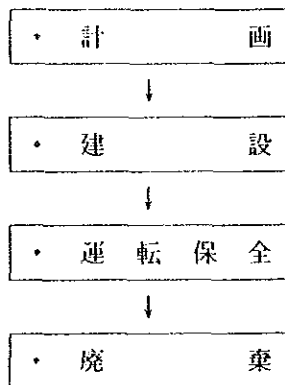
日本に於ける設備保全の一般的な考え方と、日本で現在採用しはじめつつある予備保全の設備診断技術について下記に紹介する。

2.1 設備保全の一般的考え方

(1) 設備保全の方法と組織

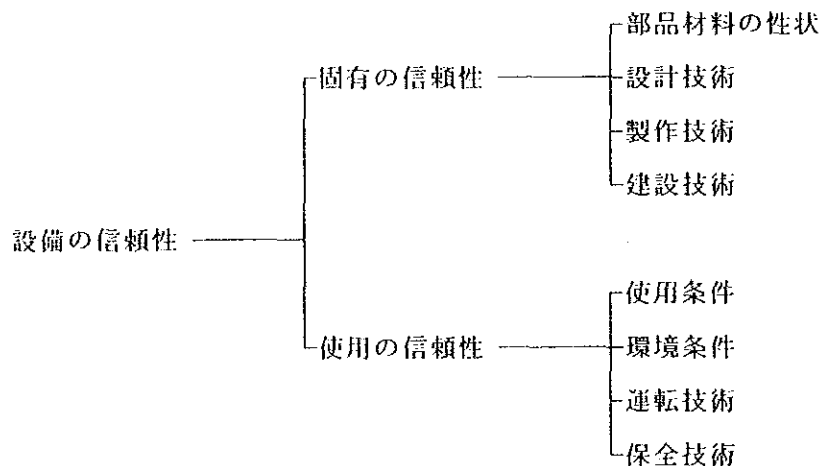
(a) 設備保全の方法

設備の一生は計画の段階から始まり、下図に示す段階を経て廃棄されその一生を終る。



設備を建設し、運転していく場合、設備の劣化と旧式化に対処するため、信頼性、保全性、経済性の向上が要求される。これらに対して保全予防、予防保全、改良保全等の設備の管理が行われるべきである。

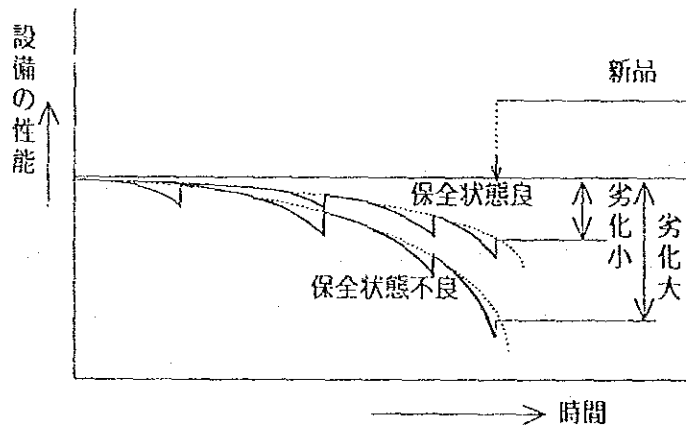
設備の信頼性には次に示すように二つある。



一つは固有の信頼性であり、もう一つは使用の信頼性である。固有の信頼性は設計製作時に作り込まれるのであり、この中で特に重要なものは設計技術である。設備の信頼性の30~40%はこの設計技術にかかっている。

使用の信頼性は設備の使用状態によって左右されるもので、使用方法や保全方法、運転員や保全作業員の技術、技能等の人的要素によって影響を受ける。どんなに優秀な設計者達によって建設された設備も時間の経過と共にその性能が下っていく。この性能劣化の曲線は図-1に示すように保全の良否によって変化する。劣化した性能は修理することにより、ある程度回復させることは可能であるが、完全に新品同様に回復させることは困難であり、修理を繰り返していくに従って、次第にその性能が低下していくのは避けられない。これが老朽化である。

図-1 設備の性能と保全



設備の試運転が開始されると、3つの異なった故障率のタイプが現れ、図-2の示すような故障率の曲線が得られる。

これはおおよそ次の三つの期間に分けられる。

- 1) 初期故障期
- 2) 偶発故障期
- 3) 摩耗故障期

初期故障期は故障率が高く、第二期の偶発故障期は安定して故障率がほぼ一定である。第三期の摩耗故障期は劣化により、故障率が上昇する。実際の場合には保全作業により部品の交換が行われるため、故障の発生状況は偶発故障と同様な傾向になってくる。以上のことから設備が運転開始された後の設備の保全は期間の経過とともに対応の仕方を変えなければならないことになる。

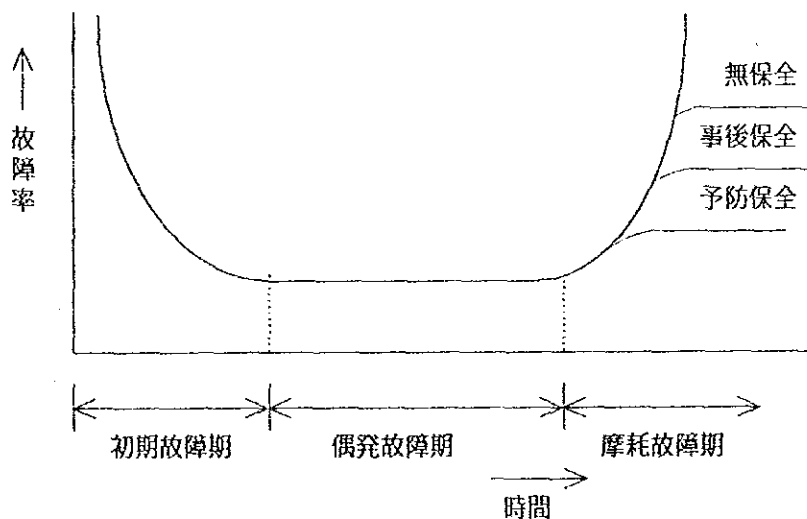


図-2 故障率曲線

稼働初期には比較的多数の保全技術員と保全員を配し、早期に故障の発見に努め、不良箇所を改善することが必要である。この改善により故障は急激に減ってくる。

この時期が過ぎると故障は偶発的に発生するので、どうしても事後保全となりやすく、優秀な修理作業員が必要である。第3期に於いては保全作業員は部品の摩耗や、劣化傾向を検査して、取替限界に達したら、事前に部品を交換し、摩耗故障を未然に防止するのが主要任務となってくる。

従って取替時期の決定、選定、予備品の手配、取替工事の準備等といった計画業務が主体となってくる。保全技術員は改善設計や故障率を下げるための調査研究やその対策実施が主要な任務となり、同時に品質向上や生産量の増大といった業務にも協力することになる。故障の状態とその対策について図-3に示す。

図-3 故障の状態とその対策

	特 性	保全との関係	保 全 対 応 策	
初期故障期 (故障率) (減少)	初期に故障率が高く、欠陥をもったものが故障を起すが、時間とともに減少し、残りのものほど故障しにくくなり、比較的高信頼性のものだけが残っていく。	予防保全は行わない。時間とともに良くなるから、不良のものだけ交換していけばよい。使い初めばかりでなく途中で修理改造などを行うとしばしば過渡的にこれに似た現象が表れる。	1) 稼働初期における保全体制を適切なものとする。 2) 運転作業員の技能の向上を速やかに行う。 3) 故障原因を速やかに解析して、その対策をたてる。	保全管理者 運転作業員 保全技術員
偶発故障期 (故障率) (一定)	時間当りの故障の起る割合は一定であるが、いつでも、故障が起るかはまったく偶発的であって予測できない。	予防保全はあまり有効ではない。稼働率を良くするためには故障休止時間を減少させなければならない。 故障検知時間、実修理時間、部品の補給待ち時間を短くする必要がある。	1) 保全作業員の故障検知能力を向上させる。 2) 修理作業員の実修理能力を向上させる。 3) 予備品を完備させる。 4) 改善設計により故障率を下げる。	保全作業員 修理作業員 保全作業員 保全技術員
摩耗故障期 (故障率) (増加)	部品の摩耗現象で、いわゆる物の寿命がくるといっているのはこの型を意味する。故障は摩耗や老化によりある時点で集中的に発生する特徴をもっている。	故障が集中的に起る前に予防保全で取替ると有効である。このため劣化傾向をつかむための定期点検が必要である。	1) 保全作業員の点検能力を向上させる。 2) 修理作業員の修理技能を向上させる。 3) 予備品の信頼度、納期管理を向上させる。 4) 部品の劣化速度をおそくするため清掃、給油、調整を行う。 5) 部品の改善設計を行う。	保全作業員 修理作業員 保全技術員 運転作業員 保全作業員 保全技術員

(b) 保全の組織

(i) 保全作業員

責任と権限を明確にすること及び業務処理方式の確立は組織の根本である。保全管理は人的要素に大きく左右され、各階層の人間にどのような責任と権限を与えるかによって組織の考え方は大きく変わってくる。例えば、保全計画の立案、修理予算の編成、執行をどの階層で行うかによって保全作業員に要求される技術水準、技能水準は変化する。作業員は命令された通りに動けばよいという組織のもとでは、作業員の責任に比し、権限が不十分であり、意識も高くない。これを改善するためには、出来る限り責任と権限の下部委譲を行うことが望ましい。保全計画、修理計画等は作業長単位に行うようにし、設備台帳、予備品管理台帳も現場に移すのがよい。これにより点検結果が直ちに修理計画に反映させることができ、管理密度も高くなり、作業員の意識向上、学習意欲の向上にも著しく貢献できる。

保全作業員に要求されるものは、とくに故障の場合の診断及び故障原因の分析能力、修理能力、設備に対する知識、修理計画能力等である。もし、作業員が要求水準に達していない時は、技術員がこれを補う必要があり、質が向上するまでは事務所にいる技術員によって修理計画、予算編成等を行わなければならない。

(ii) 修理作業員

設備が稼動に入ると、日常点検をいかに強化しても故障がなくなったり、設備の寿命が伸びたりするものではない。初期故障や、偶発故障の性質から判るように、ある程度の故障発生は避け得ないものである。故障発生の場合、修理時間をできるだけ短縮させることが要求され、場合によっては、とりあえず最小時間で応急的に処理して、運転続行をはかり、その後定期休転時間中に原因を調査し、完全に修理することも行われている。

保全の目的の一つは十分に訓練された熟練工によって確実な修理を行い、所定の期間中は一定の能力を維持し、故障の発生を低くすることにある。このためには十分訓練された修理技術員が必要となってくる。

設備の実動率は次のように示される。

$$\text{実動率} = \frac{\text{動作可能時間}}{\text{動作不能時間}}$$

設備に、ある一定の実動率が要求される場合には、これを達成するには、信頼性を上げて、動作可能時間を伸ばしてもよいし、保全性を改善して動作不能時間を短縮してもよい。信頼性が充分でなく、故障が発生しても修理を迅速に行って、短時間で正常状態に戻してやれば要求される実動率を満足させることができる。信頼性を改善する費用が高価であればあるほど、修理能力の向上をはかることによって実動率を上げるほうが経済的になる場合もある。

予防保全は故障が発生する前に、予防的に行う方式で、摩耗等によって故障率が増大する前に事前取替えを行って、故障率を低下させて、信頼性を向上させ、実動率を上昇させるものである。

実後保全は故障が発生してから最小時間で修理を行い、実動率を上昇させるものである。夫々の設備に対していかなる保全方式が最適であるか、十分に検討し、よくバランスのとれた、保全作業員の配置を考慮すべきである。

(iii) 保全技術員

設備費管理に於て最も利用されている管理手法は、故障原因分析、改良保全、予防保全、作業事務の標準化などである。

故障防止に最も効果のある手段は故障原因をみつけ、それを除去するための改善設計を行うことにあり、この改良保全を推進するのが、保全技術員の業務である。保全に必要な保全標準や、修理標準の作成等の仕事も技術員が全設備に渡って同じ水準で作成することが望ましい。以上の業務はスタッフ的業務であるが、ラインの保全作業員とスタッフは密接な関係を保つことが重要であり、責任と権限も明確にすべきである。

(iv) 運転部門と保全部門の業務分担

運転員が運転中に故障を発見する比率はきわめて高く保全作業員が点検の際発見する数字を上回ることがある。設備保全上、運転作業員の故障発見に対する役割は重視されなければならない。運転作業員を訓練する場合は、設備の知識を充分に与えて、故障発見もその職務に含まれることを充分に強調する必要がある。設備の劣化速度を遅くするための日常保全、即ち清掃、給

油、調整等はきわめて効果のある業務である。

これらの業務を運転部門でやるのか、保全部門でやるのかを明確にする必要がある。これらの業務分担の一例を表-1に示す。この例では運転部門が日常点検を分担し、保全部門の定期点検は性能維持を主体とした事前取替のための劣化測定に主眼が置かれている。このような業務分担は当然設備によって異なる。セメント工場に於ては日常保全是運転側が分担する方がよいと考えられる。

表-1 運転部門と保全部門の業務分担

項 目	生産部門（設備使用部門）	保 全 部 門
(1) 保 守	① 運転上必要な日常外視 点検ならびに調整・給油 ② 運転上発見された異常 箇所の連絡 ③ 運転上必要な清掃 ④ 作業環境の整理・整頓 ⑤ その他生産作業に付随 して発生する保守業務	
(2) 点検・検査	① 付帯設備の点検 ② 所管工具・器具ならび に備品の点検	① 設備の日常および定期 見回り点検 ② 設備の精密検査，法定 検査
(3) 工 事	① 生産計画上必要な工事 要望 ② (2)の①に示す設備の 修理連絡 ③ 運転上発見された異常 箇所の連絡	① 保全上必要な工事要望 (修理請求書の発行も含む) ② 工事の計画，施工およ び検収 ③ 工事の実績報告 ④ 故障報告
(4) 故 障	① 故障発生時の関係部門 に対する連絡 ② 故障発生時の処置およ び復旧対策上の協力 ③ 故障調査に関する資料 の提出	① 突発事故の調査，把握 ② 故障原因ならびに対策 の検討 ③ 故障の修理，改善対策 の実施 ④ 故障報告
(5) 資 材	① 所管の工具・器具およ び作業用備品の使用計画 の立案，要望，支出請求 ② 所管の用品その他作業 用材料の使用計画の立案 要望，払出請求	① 機械・器具・部品の使 用計画の立案，請求， 検査，支払，保管，支払 請求

(2) 予防保全

大型化，複雑化，高級化する設備を対象とする保全活動はいかにあるべきかを考えた場合、更に進んだ予知保全が行われはじめているが、予防保全の考え方は、その有効な手段の一つであるといえる。

予防保全の考え方は設備が故障休止あるいは有害な性能低下に陥る前に設備の劣化状態の推移を把握し、これに基づいて、劣化の初期段階において、その悪い状態を除去するような保全のやり方である。

即ち

事前に計画的に検査を行う



事前に計画的に故障改善部品を取替え
原因を除去すること

予防保全のねらいは

- ・性能劣化の進行をくい止める
- ・品質低下を含めた生産損失を減少させる

即ちこの両者の損失を最少にすることである。

(3) 設備の検査

(a) 検査の役割

保全業務体系の中での検査の役割は、設備劣化推移状況を把握して工事計画，資材計画，修繕費管理などの保全活動の計画をたてることにある。

検査作業を中心にみたときの保全の各サブ管理システムの関連を図-4に示す。

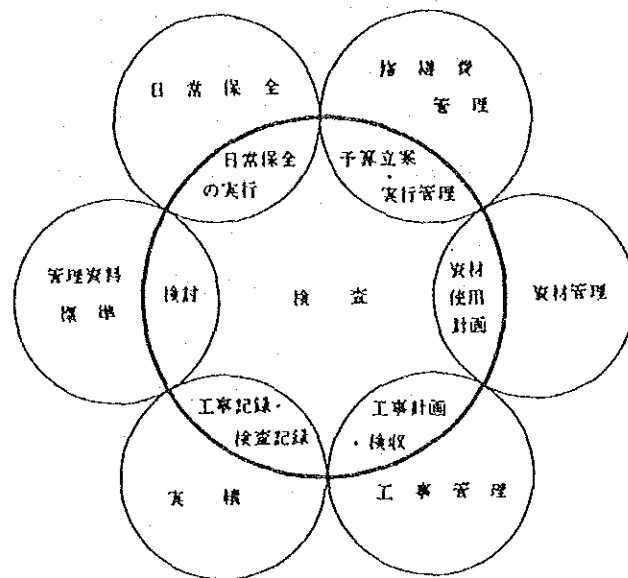


図-4 検査作業をめぐる業務の関連

この図でわかるように検査結果として、行われる業務は保全の重要な意志決定事項である。前にも述べたように、検査はそれ自身が目的でなく、工事、資材、予算などの計画をたてるために必要な設備の劣化状況把握手段であることを意味する。

検査作業の内容はその目的に合致するよう行わなければならない。

(b) 日常検査

日常検査は一般に運転中に行われるもので点検周期も比較的短く、休止中に行われる定期点検とは区別される。

日常点検は点検標準又はチェックシート等に基づいて行われる。この標準には検査部位（箇所）、対象となる現象、点検周期、検査方法（目視、触手、計器）管理限界値等が記入されている。点検の周期、頻度は設備や部品の重要度によって定められるべきである。

(c) 定期検査

図-1で前に述べたように、摩耗故障期は設備を構成する部品の摩耗や劣化によって故障が増加してくる。前以って劣化状況を点検把握しておけば、どの時点で摩耗が限界に達するか予知できるので、最も近い定期休転に取替えることができる。これにより上昇してくる故障率を低下させることが可能となり、設備の故障率は大体偶発故障期と同じ程度に押えることができる。予防保全が効果を現すのはこの摩耗故障期に対するもので、定期点検もこの劣化状況を把握するために行われるものであり、主として、定期休転時に行われる。複雑な部品から構成されている設備では、保全を実施すれば、部品の取替時期が異なり、したがってその寿命が偶発的となる。個々の部品は使用時間の経過とともに劣化し、やがて摩耗故障が起るのであるが、使用時間が異なり、実際の故障発生は初期故障と偶発故障の混合した傾向になってくる。

保全の初期に於て行われる作業は点検を主体としたものになり、この点検活動を通して経済的修理周期が設定される。この周期により、計画的修理が可能となったら、点検の性格も変わってくる。定期点検（検査）は設備の休止期間を利用し、各種測定器具をもって行うもので、各部分ごとの摩耗傾向の測定や日常点検では検査できない部品の検査を行うもので、今後の保全計画の資料として有効に利用できるよう整理されなければならない。

(d) 点検周期の設定

点検周期の設定には次のような要素を配慮しなければならない。

- ① 設備の重要度
- ② 設備の使用条件と信頼性
- ③ 法規制その他

日本のセメント工場ではおおよそ半年間連続して運転されており、定期点検の周期は半年を単位として考えられている。一般の機械設備では、最初過去の実績やメーカーの定めた周期等を参考にして点検を行い、その後実績により順次最適値を求めていく試行錯誤による方法が一般的に採用されている。

2.2 設備診断技術とは

(1) 設備診断技術の意義

従来のプラントにおける設備保全活動の実態を調査してみると保全計画のあり方、点検法、補修改造法、オーバーホール法、検査法、修理周期決定法等すべてに関しその精度や効率において問題が非常に多い。この問題の大部分が設備の状態すなわちストレス、故障および劣化、性能および強度を正確に定量的に把握し、その寿命や信頼性を予測する技術が確立していないことに起因している。

このような従来の保全活動の問題点に抜本的な解決を与えるのが設備診断技術であって次のように定義される。即ち

「設備診断技術とは設備を分解することなく(1) 設備にかかるストレス (2) 故障及び劣化 (3) 性能および強度 等を定量的に把握し寿命及び信頼性を予測すると共にその修正法を決定するための技術である」

ということが出来る。(図-1 参照)

従って設備診断技術を単なる故障検出技術又はそれ用の装置もしくはシステムとして把握してはならない。

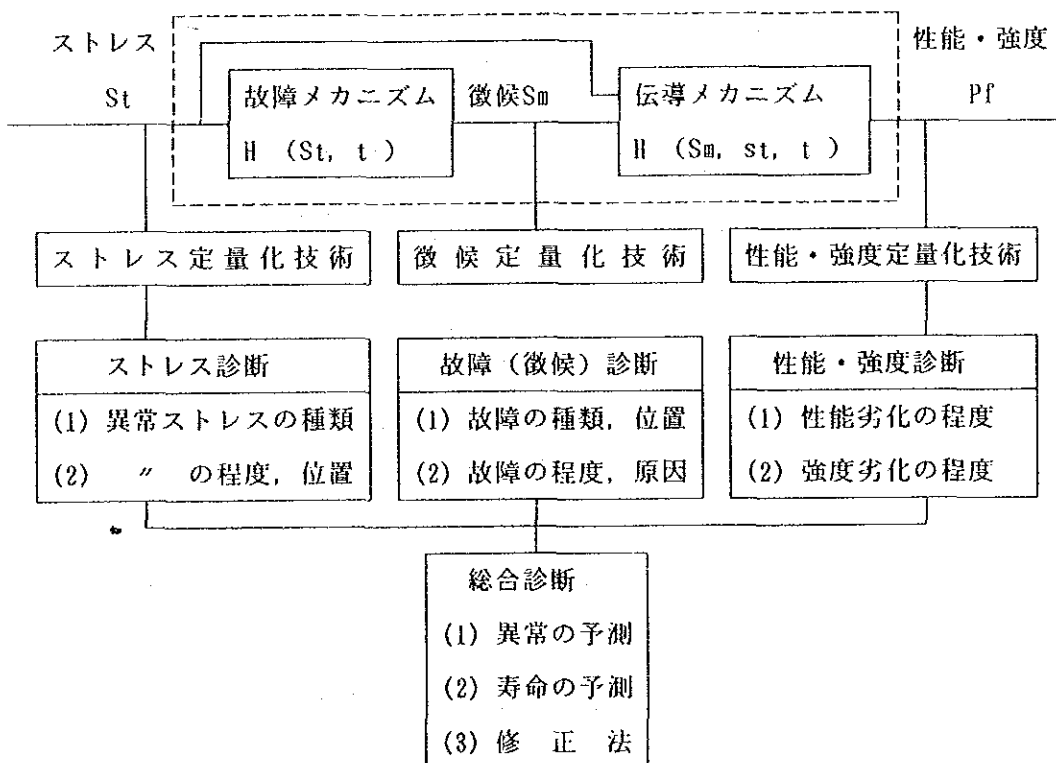


図-1 設備診断技術の構成

もちろん「故障しにくい設備又は故障してもすぐに直せる設備」を実現するための総合保全技術は設備診断技術のみでは不十分である。図-2で明らかなように設備の生涯の性能を最大に、又それにかかる費用を最低にするためには一般に次の技術が必要である。

- (1) その設備が所定の信頼性および安全性をもつか診断する設計診断技術
- (2) 以下に概説する設備診断技術
- (3) 故障したときに2度と故障しないよう又故障してもすぐ直せるよう修正する設備修正技術

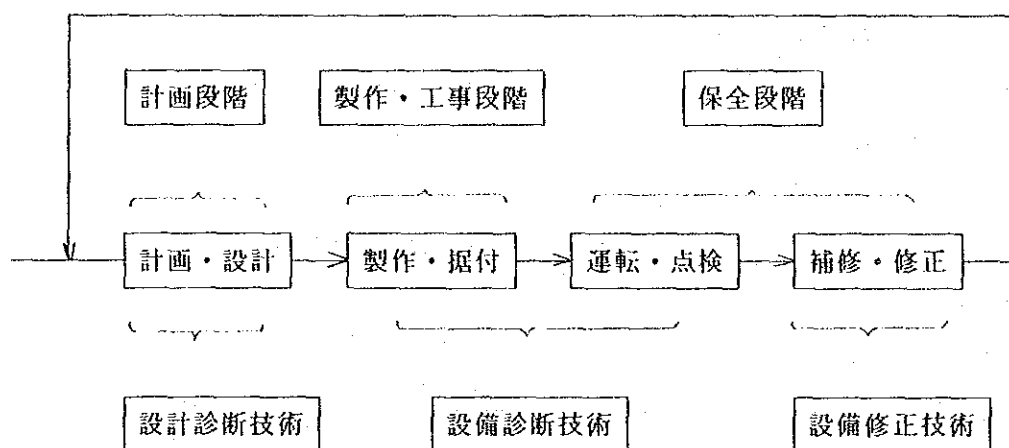


図-2 設備診断技術の位置づけ

(2) 設備診断技術の実用法

鉄鋼、化学、セメント等のプラントは種々雑多な設備群よりなる直列型プロセスであり、そのうちの設備が故障しても生産および品質に重大な影響を与える。従って診断すべき設備は非常に多数にのぼるのでこれを効果的かつ経済的に診断するためには設備の第1次健康診断たる簡易診断技術と精密診断技術を効率よく組合せて適用することのぞましい。

簡易診断技術は多数の機械の設備の異常の有無を迅速に概観するための技術であってこのための設備として常時設置型の設備監視装置と携帯型の点検装置が準備される。

精密診断技術はこれによって行動を決定するための技術であるがこれは現場において行う標準的診断と実験室において行う超精密診断にわかれる。

現場における精密診断用設備としては設備診断装置が準備されており、これにより主として標準回転機械および要素の診断を行う。

又診断頻度が少ないか又は未開発の設備項目に関しては診断用解析装置によりその都度技術掛において解析して結論を出す。

医学との対比で考えれば簡易診断技術は看護婦による健康診断であり、精密診断技術は現場における開業医の診断に、実験室における超精密診断は大学病院の診断に相当する。

(3) 設備診断技術の開発法

設備診断技術の開発は図-3の手順に従って行う。すなわち極めて多種多用の設備の診断技術をアトランダムに開発していたのでは効率的でないので設備の診断特性より考えて類似設備に分類（これをクラスター化という）してこのクラスター毎に開発を行う。

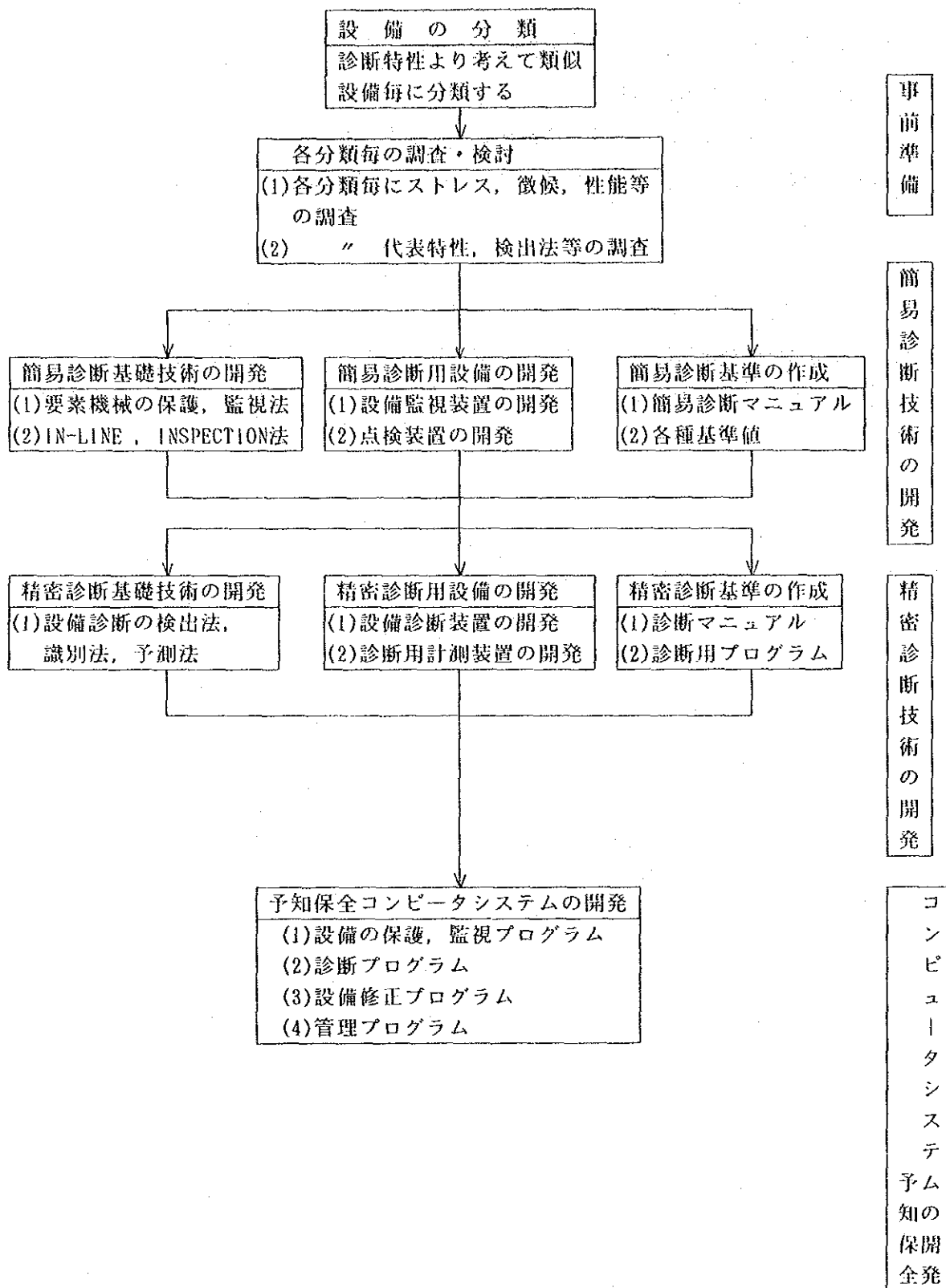


図-3 設備診断技術の開発法

図-4 は能動機械の分類の例である。

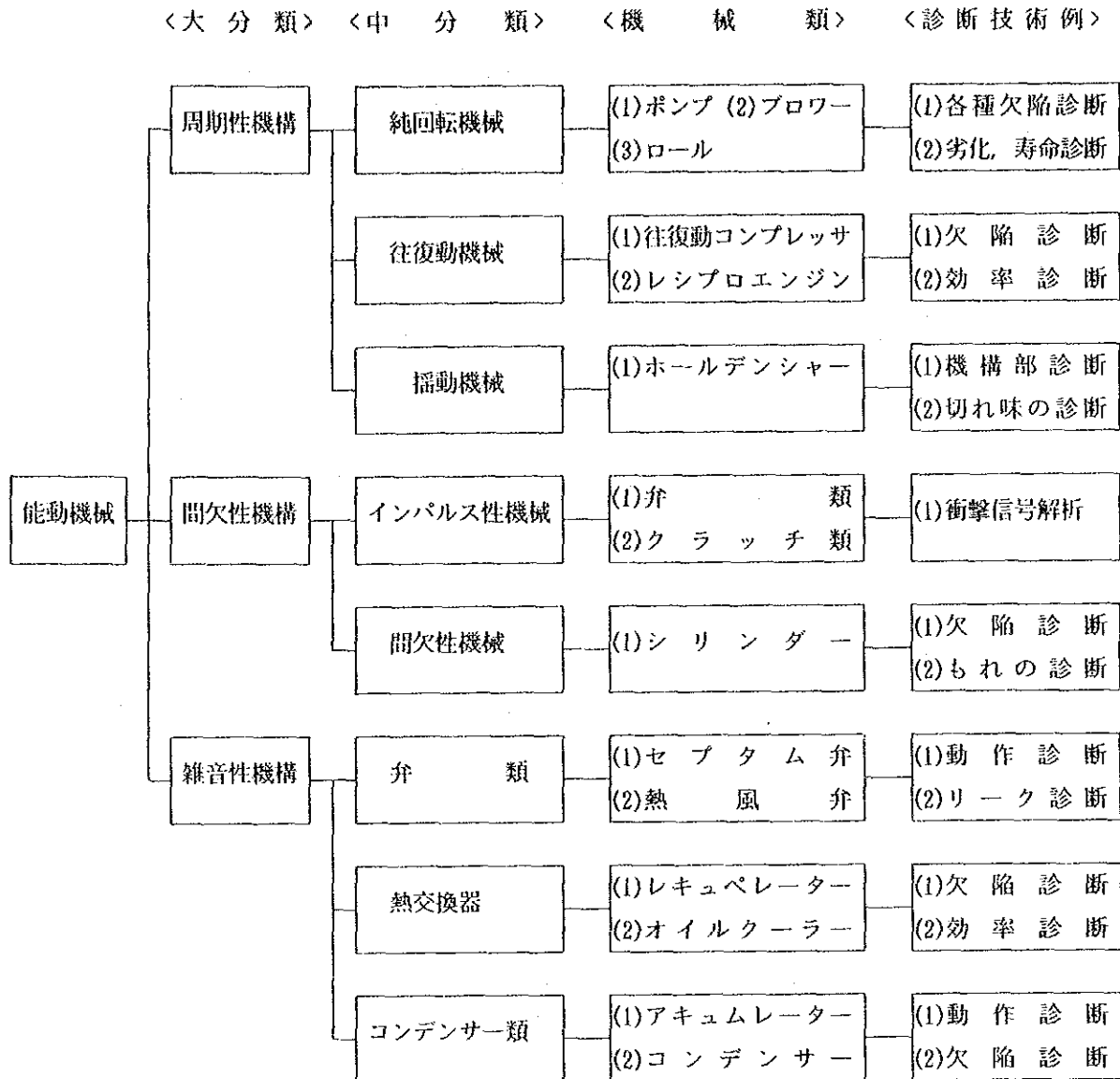


図-4 能動機械の分類例

能動機械とは振動, 音, 温度, 化学成分等の何らかの異常の備考を自ら発する設備でこれはその主要診断パラメーターにより図-4のように分類される。又図-5は機械要素の分類の一例である。図中には分類と共に必要な診断技術も例示されている。

<大分類> <中分類> <要素例> <診断技術例>

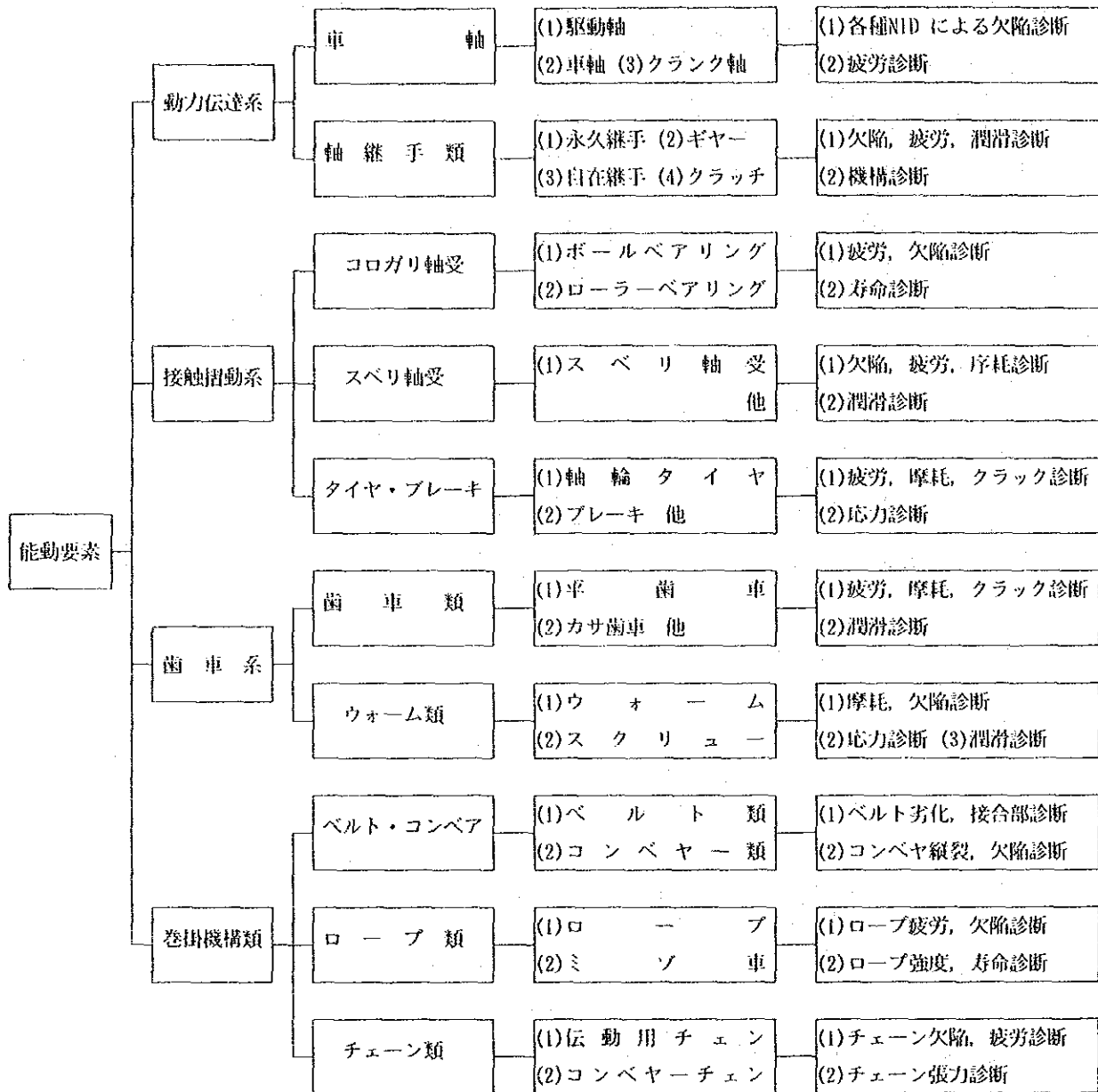


図-5 能動要素の分類

さてこのように設備が分類されるとこの分類毎に、(1)異常の発生形態 (2)代表特性の選定 (3)検出診断法を順次検討し、これを簡易診断技術法を順次検討し、これを簡易診断技術、精密診断技術としてまとめる。

このようにして診断に関するノウハウがまとまると最終的にはコンピュータによる自動診断を核とした予知保全コンピュータシステムを開発する。

3. 職場風土活性化に関する資料

活性化した創造力のある職場風土を作り出すためには、人のものまねではなくその職場の環境に適した方法を自ら考えて実行すべきであるが、その手段としての小集団活動についてその内容を紹介する。

3.1 職場風土の活性化

(1) レーバーからワークへ

人の働きを垂直的に充実した仕事の形にしたところが興味ある異様な結果になった。これは水平的な状態で働かされている人びとの姿を人間の本性だ、と考えているからびっくりするのであって、人間の真の本性からすれば実に当り前の結果なのである。

いままでの労働のありかたが、いかに人間を押殺していたかを痛感しないではいられない。近代産業は、19世紀以降において、人間性という重要な資源をどんどん食いつぶすような、略奪農業的な方向に歩んできたといえる。現在の労働力不足と創造力不足の原因も、こういう根本的な意味においてとらえることが必要である。人間はいても、その人間に労働力と創造力がなくなってきたのである。

しかし、ここでは人間性を回復するといっても、お百姓や昔の職人のように、一人が一つのものを終始一貫してつくって主人になるというかたちは、近代産業においてはありえない。どうしても、組織化、機械化と分業は避けられない。そこで19世紀以前の人間が中心になっていた労働の状態を、新しいかたちにおいて回復する道がないものかということになる。このことがいまや、世界的規模において、必死に求められはじめてきたといっても過言ではない。

いまの多くの労働の状態は、命令によって、いわれたとおりに、定めたとおりに働くことである。これは、機械とまったく同じ働きかたであり、これをレーバー (labour) という。このことばは、語源的には奴隷的労働という意味をもっているそうである。いまの労使関係は人間こそ売買しないが、労働契約によって人間から労働力を切離し、これを売買する関係になっている。奴隷労働との違いは、この奴隷という字と労働という字の間に「的」の字はいるかはいらないかの違いだけである。日本の労働三法では、企業における人間の労働をこの意味のレーバーであると規定し、それ以外のありかたを否定している。つい最近までわれわれは、この規定を近代化のすすんだ法律だと考えてきた。いまなおそう思って

いる人も多いであろう。しかし、人間を奴隷的労働から解放しようとする、これらの法律は、それを認めていないために妨害的な作用をすることになる。進歩的どころか、いまや反動的なものになっているのではないかと考えざるをえない。

労働力を売買すると考える場合のその労働力とは、たんなるエネルギーの一種にすぎない。人間の働きかたが、電力や機械力と同じようなものとしてとらえられている。その売買の単位は、通常時間であって、その単位はエネルギーの質によって異なってくる。それを取引する役割をもつものとして、(労働組合)が考えられている。使用者は、この労働力をできるだけ安く買いたろうとし、これを有効に使用するのがマネジメントと考えている。

しかし、人間と労働力を実際に切離すことは、実際にはできない。労働力を買うと、やっかいなことに人間がくっついてくる。あえてやっかいなことにいう意味は、いままでの管理層にとって、これがいつわらざる心境であっただろうからである。労働力は機械力と同じに使うと、一緒にくるくっついてくる人間が必ず面倒を引起こす。そこで、この厄介な人間をあやしたり、反抗を緩和したりするための手法が数多く案出された。

齒に衣をきせずと書くと、いささかへきえきする人もあるかもしれない。しかし、事実がそのとおりであろう。機械化のかわりに人間を使うという実情が、現に存在していることを認めないわけにはいくまい。アメリカのある皮肉屋は、「労務管理の理想は人間をなくすことである。より多くの、よりよい仕事を得る道は労働者を除去することである。」といった。ところが逆にアメリカの直面している現在の事態は、労働者—特に明白なことは、人間的仕事をおこなうような労働者がますます多く必要になってきたことである。日本も同じようなことであろう。

(2) 自ら目標を掲げて

さて、レーバーとまったく別の働きかたがある。それをワーク (work) というそうだ。

それは、いったいどのような働きかたであろうか。ベートーベンが死を思いとどまって作曲を続けたような働きであり、子供が野原をかけ回り、母親が子供を育てるような働きだといってもよい。子供を檻のなかに入れて一步も外へださなければ、子供たちは死んでしまうであろう。ワークとは目標や旗を掲げ、やむにやまれぬ生命の要求として、自らそれに向っていくための行動を計画し実行し調整するという、責任ある挑戦的な働きかたである。A T & T社の垂直的に充実

した仕事はこれにあたるであろう。これが人間のほんとうの労働であり、人間の労働にこれ以外にはありえない。無理にレーバーをさせれば、人間は歴然として自滅する。

かつて黒沢明氏が監督した「生きる」という名画があった。そのテーマ音楽の「ゴンドラの歌、命短し恋せよ乙女……」とともに、忘れられぬ作品である。レーバーのなかに人間性を喪失していた下積み官僚の主人公が、死を目前にして、貧しい子供達の遊園地のために闘い、このワークの完成とともに、一人寂しく死んでいくという物語りである。

このように、人間が生きるということはワークを完成することである。同じ労働でも、レーバーは悪だがワークは善である。レーバーの時間短縮することは善だが、ワークの時間を短縮することは必ずしも善とはいえない。映画「生きる」の主人公にとっては、きっとそうであったろう。我々はこの主人公が命短くして死ぬのを見て涙を流した。人間にとって、レーバーはいやでたまらないが、ワークはやらずにいられないものである。人間でなくても動物でもそうかもしれない。動物園にいる動物はみんなしょげているが、野原にいる動物は生き生きとしている。組織のなかにいる人間の、現状のレーバーのなかでは、動物園にいる動物と同じようなものである。

だから、人類や企業の当面する問題を本質的に解決するには労働をレーバーのままにしておいては絶対にだめだ。労働をワークにするほかないし、しかもそれができるとするのが、我々の経験であり、主張するところである。これは、社会主義とかの体制のいかんを問わない問題である。

(3) 労働観の180度転換

レーバー病にとりつかれている多くの人びとには、このことがなかなかわからないらしい。たとえば人間尊重というと、人間と仕事を対立物と考え、人間中心との調節をどうするかと聞かれる。うんざりせざるをえない。人間と仕事とは対立どころか、一体の離れることが出来ない関係である。人間中心とは仕事中心のことである。仕事中心でなければ人間尊重にはならないし、人間中心でなければ仕事は成立できない。現代のレーバー状態は一時の病状なのであるが、そのなかの生活しか知らない現代人には、こんなあたりまえのことがわからなくなっている。そして、仕事から解放されたところにのみ人間というものを考えている。いやいや働き、もらった給料を使って、レジャーを楽しむことに生きがいを求めようとしている。だが、そんなところに生きがいのあるはずがない。

ただ一つの鍵は、レーバーを征伐して、労働のなかにワークを再発見し、取戻すことである。これが根本であって、マネジメントの技法が根本なのではない。

いわゆる目標による管理やZD運動も、労働におけるワークの復活を意図するものであろう。しかしそれを忘れて、只効果だけをねらった技法のみ実施されたのでは、百害あって一利もないことになる。はじめのうちは、鐘や太鼓にはやされ、珍しさのため効果があるかもしれない。だが、やがて珍しくもなくなれば、たちまちにして効果は乏しくなる。そこであせればあせるほどその結果はレーバー性を強めることになり、かえって自滅現象を促進する結果になるのである。

逆にテーラーの科学的管理法は、いわば、レーバー体制を確立するための第一の技法であったが、その動作研究とか時間研究の技法そのものには、人類の資産というべき大切なものである。そしてこれらは、ワーク体制における労働の有力な武器として活用することができるし、またそうすべきものである。テーラー・システムの悪い点は、それらの技法を使って能率的なシステムを考えるのは、専門家でよいとして、作業員は、ただ決められたとおりに手足を動かさすべきだとするところにある。そうではなく、作業員自身が、動作研究や時間研究の技法を使って、自らの労働の能率化を考え、自ら実行するようにすれば、こんなすばらしいことはない。

そのようないきかたが、旧テイラー・システムよりずっとすばらしい効果をおげることがT I社で証明された。その「作業簡易化プロセス」が、同社におけるワーク化対策のもっとも成功的な第一歩であったと、マイヤーズ氏はいっている。この事実くらい、マネジメントの確信が技法にあるのではなくて、マネジャーの考えかたにあることを端的に示す例は少ない。労働者が自ら作業の能率化をはかろうなどと考えるはずがない、だいいちそんなことを考える能力もなかりとう、いままでのマネジメントの見かたが180度転換しただけで、技法は同じでも、レーバーがワークにかわり、輝かしい変革が起こったのである。

(4) 垂直的に縦に充実した仕事の展開

分業には水平的な分業だけが存在しているのではない。従来の組織では上下の、つまり垂直的な分業が、これまた実に徹底的に行われている。テイラー・システムにおいては作業員は考えてはいけないのであって、いわれたとおりに手足を動かさなければならぬ。どう動かすか上の人が考えるというわけである。

A T & T社におけるマネジメントの中心は、「ベルシステム 80万人の一人一人に対して生きがいのある仕事—その人にとって、挑戦的で責任のある仕事を与えることである。」という。つまり、不退転の責任を負う意味においても、能力的により高いという意味においても、挑戦的な仕事を与えていくということである。この挑戦的で責任のある仕事とは垂直的に縦に充実した仕事とイイかえることができる。

これは要するに、仕事をまかせることを指している。計画・実行・調節のうち、実行だけの仕事は充実した仕事ではない。ことこまかに指図されて、いわれたことをいわれたとおりに、ただ能率的にやるだけの状態は、垂直的ではなくて水平的な仕事である。垂直的などというのは自分の仕事について、ただ実行するだけではなく、ある程度の計画もする働きかたである。もちろん、組織であるから完全にまかされるわけにはいかないだろうが、できるだけ大きく計画に参加し、さらに、調節についてはもっと大きく参加することだ。そして、計画と実行と調節という人間の総合的活動をになうことになる。これが垂直に充実した仕事である。

ハーツバーグ氏の調査は、従来の管理法がいかにも意味のないものであったかを教えてくれる。その調査の内容をここに紹介しよう。

まず、事務員、作業員、専門的職業、管理層などについて二回の調査をやった。その結果、これらの人に関する問題を知るにふさわして調査対象として数社の技術者、修理士、経理スタッフを200人を選び、この人たちに深層面接をした。心から楽しくなって、よしがんばろうと思ったこともあるだろうし、いやになって不満々をになったこともあるだろう、それはどういうときであったか、ということを種々の方法で聞きだして分析した。

その結果わかったことを要約すると、つぎのようになる。

人が仕事において強い満足感をうるのは、主として仕事そのものからくるつぎのような満足要因（不満足原因としてよりも満足要因としてあげられたほうが多い要因を満足要因、逆のものを不満足要因として分けてある）によってである。

1. 仕事を達成すること
2. それを認められること
3. 仕事そのものの性質
4. いままでの実績に応じた職責の増加
5. 仕事の知識能力を進歩させる機会

とくに、3、4、5の要因は、それによって得られた喜びが時間的に長く継続していく性質をもっている。

不満足感、つぎのような仕事の周辺の問題がからんで起きる傾向がある。

1. 会社の政策と管理のやりかた
2. 機械的な指導・監督
3. 賃金・福利厚生
4. 労務管理的な指導・監督
5. 各種の作業条件

この結果によると、賃金要因はそれによって満足感を高めることもあるが、その結果は短期間でなくなってしまう。むしろそれは不満足感や意欲喪失のたねとなることが多く、その場合の気持は比較的長く続くことがわかる。

ハーツバーツ氏の研究によると、従来の管理法が長年おこなってきた管理・監督とか賃金や福利厚生は、人間の不満足感の原因を減らすことになっても、仕事への満足感や意欲を高める効果はなかったことになる。私の経験からもそれは事実だといえるし、ハーツバーグ氏の他の研究や、他の人の研究によっても立証されている。

3.2 小集团的活動

(1) 仕事と働きがい

マズロウ (A.H.Maslow) の欲求段階説は、すでに随分と各所に紹介され、知れわたった人間の要求に関する主張である。

マズロウの要求段階説は周知のように、五つの段階に分けて人の欲求を説明している。すなわち、人の欲求の基本をなす生理的欲求といえば、飢え、喉の乾き、睡眠、排泄、性の充足などといった人間が存在するための基本的、本能的要求を指している。

次の次元に位置する安全の欲求とは、病気、怪我、災害などから自分の身を守りたいという身体的安全や、経済的な安全の確保を含む欲求である。

社会的欲求とは、生理的欲求と安全の欲求がある程度満たされると、人は自分の存在を他人に認められ、他人との関係を持ちたいという欲求を持つようになる。したがって、この要求は所属集団に対する関心を強く持つ欲求を指している。

自我の要求とは、自尊心を持ち、他人から尊敬されたいという要求である。

自己実現の要求とは、すでに述べた各次元の要求が満たされ、最も次元の

高い要求となるが、自分自身の持つ可能性を発揮し、目標（目的）となる理想的な水準に達したという要求だといえる。要するに自分自身の能力を発揮したいという要求を指すものだといえよう。

ところで、経済的にはある水準に達し、豊富な知識と、情報を持つわが国の産業人の多くは、自分自身の能力を最大限に発揮したい、そして将来は、是非こうなりたいといった目標にむけての欲求＝自己実現の欲求を強く抱いているのである。

現代の産業人は、自己の可能性に挑戦し、持てる能力を最大限に発揮することを考えながら仕事をしているのだと言ってもよいであろう。

こうした産業人の意識をふまえて、これからの職場を考えると、情緒的ではあるが、企業のシステムのなかで、個々人の人間性、個性、心情が尊重され、かつ仕事の場のなかにも、やはり人間の気持や、個性が尊重される仕組み、風土が確立されていることが大切になってくる。

いわゆる管理のシステムを設計する場合における合理性の追及と人間一人ひとりが持つ欲求、興味、関心などが尊重される仕組が設計されるならば、働く人たちの気持が反映される職場になるものと思われる。

言葉ではなかなか表現出来かねる心情も、気持も反映し、個々人の能力、特性を発揮できる職場の出現こそ、現代産業人の希う職場だと言える。

(2) 活動理念と目的の確認

小集団活動の導入およびその存在理由としては、働きがい、生きがいの発見、コミュニケーションの活発な、明るい職場づくり、何でも話し合える人間関係づくり、旺盛な自己啓発、相互啓発の風土づくり、職場運営、経営参加の機会づくり、そして活力のある強力な職場づくり、といった点があげられるにちがいない。

マズローがその著「自己実現の経営」(Eupsychain Management)において「仕事に対する理想的態度とはどのようなものかを知るには、最も好ましい環境のもとで仕事に自己を生かしている人間の態度をみればよい。高度に啓発された人間は、仕事を体得しているとともに、仕事を自己の一部、また自己表現の一つとしているものである。

仕事とは「人をして自己実現の欲望を満足させる一種の精神療法である」ともいえよう。合理的組織においては、人間と仕事との関係は循環関係にある。つまり、仕事によって人間が発展向上し、それが企業に繁栄をもたらし、企業の繁栄はまた、個人の向上につながっている。

正しい経営をすれば、人間は仕事に生きがいを感じ、その仕事にますます熱中することになる。このことは、個々の人間が向上するばかりではなく、大きくは社会全体への貢献を意味するでもある。このような経営技法を〈ユートピア〉すなわち〈確信的経営〉と呼ぶことができる」と主張している点は、小集団活動存在の理由としても示唆されるところが少なくない。

小集団の導入にあたっては、理念に基づき、活動の目的を明らかにし、それを確認することである。

目標とは、何を、いつまでに、どれだけやるか、といった「期待された成果」を目指すものである。

ここでの目標は、小集団活動に対する“わが社”の基本的理念、目的に基づいて、わが社では、何を表現させるかという、全体の方向をあきらかにすることである。しかし、“何を”はともかくとしても、“いつまでに”、“どれだけやるか”具体的な目標設定をこの段階で行う必要はなく、最終到達目標を明示することである。

(3) 事務局の設置とその役割

企業に新しい制度、手法を導入するという場合、当初は、それらに興味と関心を持つ者、あるいはトップの指示などにより窓口になる部署が生れるが、本格的に展開をはじめるという段階までには、正式に担当する部署ないし、担当者を決めておかなければならない。

小集団活動を本格的に展開するにあたっても、担当部署、あるいは担当者が明確でないと組織的な展開は計れないものであり、活動の全般を統轄し、運営の責任を担う担当者が設けられていることが活動展開にあたっての必須条件になる。

それは、職場内の小集団活動は、主体的に、かつ自主的に展開される活動であるという本来の活動のあり方が、一般に理解されているものの、一方では企業のなかの活動であり、経営活動に対しての貢献、寄与に対する期待があるため、活動に対する統一した理解、方法、組織化が求められてくるからである。

この点は一見矛盾していると指摘されかねないところであるが、小集団活動が実際に展開される仕事の場では、目標の設定、実施、統制といった過程において、個々人及びグループ全員の主体性が尊重されるのが前提であり、一人一人は単に指示、命令されて働く労働者ではないというところに、労働の人間化の思想が反映しているのである。しかも、企業は適正な利潤をあげ、企業としての責任を果たすためには、企業目標に向けての組織としての統一した歩調も必要である。そこ

で職場においての労働の人間化を促進しつつ、企業全体としての歩調合わせの何らかの手だてがでてくるものと理解しておきたいところである。

小集団活動の事務局は、そうした活動を円滑に展開させるための仕事を担当するのが使命であり、実際の仕事がスムーズに展開されるよう援助するのが基本的な役割となるのである。

そこで事務局の実際的な仕事は何かを整理すると次のようになる。

- ① 企業としての小集団活動計画を立案し推進する（企業によっては、委員会において計画の策定、推進を行っている）。
- ② 各職場単位で、任命された委員との会合を定期的に行い、運営方法、活動状況などの報告・検討を行う。
- ③ 小集団の登録、活動報告などのとりまとめを行う。
- ④ 小集団活動の大会、交流会、勉強会、研究会などを主催する。運営は委員会のメンバーに積極的に参加してもらう。
- ⑤ 小集団活動の年度表彰など評価、賞賛を計画し推進する。
- ⑥ 自己啓発、相互啓発のための企画、推進を計る。
- ⑦ 小集団活動展開の現状、情報を全社的に知らせるための機関紙の編集と発行を行う。
- ⑧ 小集団活動のリーダー、メンバーに対しての必要な教育計画の策定と実施をする。

などがある。

(4) 活動展開のための組織

小集団活動を職場全体に、あるいは全社的に展開していくためには、関係者全員の指示が得られることが何よりも大切である。

職場全体の参加による活動であってこそ、はじめて全員参加の経営活動になるのであるが、そのためには、全員が発言し、意思、気持ちを反映させることができる組織づくりをしなければならない。

担当者や、事務局のスタッフだけが、企画し、運営する活動は、担当者と事務局のスタッフの人たちだけの意識と、気持ちで従業員が動かされる施策となる可能性が大きいのである。したがって、そこでは全員の参加の機会もなく、しかも発言の場がなく、単に小集団活動という施策を導入してしてきたといった程度に終わってしまうことになりかねないのである。

自発的に職場の全員が参加して盛りあがる活動が、小集団活動であるという基

本的な認識をベースにして組織化を考えると、先ず、最小単位としての小集団がある。

小集団には、それをとりまとめていくリーダー、世話人、幹事と呼ばれる人たちと、その人たちの連絡、調整のための会合が持たれる。

これらの小集団とリーダーの組織化を職場単位、工場単位、全社的に行き、全員の意思と気持ちを反映した活動にするための組織がなされていなければならない。

(5) 経営者の役割

教育訓練でも、あるいは諸々の管理手法でもそれを導入するにあたっては、トップがその概略ぐらいは知っていないとスムーズな展開ができないものである。

まして小集団活動のように、全社的な展開をおこなう活動を、職場に定着させるためには、トップの熱意と関心が根本的な要因になる。

小集団活動の一つであるQCサークル活動取材した記者の座談会の記事のなかに、トップの熱意と関心を示す次のような事例が紹介されている。

〔デスク〕 日本のQCは全員参加であるところに大きな特色がある。TQCの活動はまずトップが熱意を持つことが必要だろう。

〔E〕 TQCで有名な「A社」の社長は「TQCの成功の秘訣は、社長がTQCの実施現場に行ってみてやることだ」という。いかにも家族主義的な日本企業らしいコメントだ。

〔A〕 企業というファミリー（家族）のリーダーである社長が陣頭に立ったり陰で支えてやるのがTQCを推進する。号令をかけるだけではダメだ。

〔H〕 B社は世界で初めてQC経営を取りいれている。今年6月（昭和5～6年から）社長以下全員がB社の学園に毎月一回土曜日に午前9時から午後5時半まで全員がカン詰めになる。

報告者は、担当取締役か支配人。出席者は、毎回90人にのぼる。社員の本音を聞きだそうと社長は5時半にTQC会議を終ったあとその日の報告者と一席設ける。

一杯飲みながら、幹部社員や若手取締役に“TQC精神”を植えつけようとしている。

TQC（全社品質管理）を定着させてきたA社（株）の言動、そしてTQC思想の定着に努力しているB社の社長の行動は恐らくそれを社内に定着させる最も強い要因になっているにちがいない。

卒先垂範の言葉通り、トップが自らの姿勢を明確にし、小集団活動の本質を理解し、それを定めるために熱意を示すことが、小集団活動定着へのカギになってくる。したがって、トップは、小集団活動が展開し、定着して成果をあげ得る環境づくりをする。そして活動に対しての方針を明らかにして、活動の成果は正しく評価することである。

これらが適切に行われていることが、トップがその使命、役割を果たしているということになる。

とにかく、トップが活動の先頭に立って、しかも卒先垂範して行動していることが重要であるが、長年QC活動を行ってきた某大学教授は、TQC成功の三つのポイントを上げてここでもトップが活動に対して全面的に参画すべきことを指摘している。すなわち

- ① 工場も営業も総務部も、とにかく会社の全部門で品質管理を行う
- ② 社長から末端のセールスマンまで全員参加で行う
- ③ 原価管理，生産管理，販売管理，在庫管理を含めて総合的に行う

(6) 管理・監督者の役割

小集団活動に対して、職制としての権利と権限をもって、指示、命令し、あるいは活動に口出しすることによって、活動の性格があいまいになり、遂には活動自体が休眠状態になってしまったというケースも少なくない。

こういったケースは、職制が、小集団活動に対しての正しい理解をしていない場合に生じる混乱の一つである。

管理・監督者が小集団活動の本質、理念、目標、目的といった基本的な枠組みを正しく理解していないことが明らかになったならば、この点の徹底的な教育が必要になる。現時点においては、これまた小集団活動の活動タイプによって差異を生じるが、管理・監督者を対象にした教育は、QC技法、小集団活動の知識技法、問題解決技法といった内容のプログラムが比較的多く、将来においてもその傾向は大きく変わらないようである。

組織開発、職場開発、小集団活動の何をとっても共通していることであるが、これらの活動が成功し、定着している企業は、管理・監督者教育が計画的に、かつ着実に行われている企業が多いものである。

それゆえに職制が、職制としての役割、職責を正しく理解し、その責務を果たしているならば、小集団活動に係わる教育は、小集団活動の知識、技法、チーム活動援助・激励の方法、チーム活動の評価、チーム活動が活性化した状態に維持

できるような環境づくり、といった点を主として教育プログラムが展開されるべきであろう。

課長、係長といった管理者クラスには、担当職場の問題点を常に探る努力、姿勢が求められておりチーム活動に対しては、それらを念頭においた具体的で、かつ的確な方針を示せること、前述したようなチーム活動への適切な援助、激励、チーム活動の評価、他部門のチームとの調整（必要に応じて）ができることが小集団活動に係わる管理者の役割である。

職長、組長、班長といった監督者クラスは、ときにチーム活動のリーダーを兼ねるケースもあるが、監督者として小集団活動に接するにあたっては、管理者との間の適切な調整を行い、チーム活動が円滑に展開できるような状況づくり、リーダーの指導、活動テーマ選定にあたっての助言など、担当部署内のチームが主体的に、積極的な活動が展開できるような助言と指導ができることが監督者の役割である。

管理、監督者が小集団活動の展開にあたって、その役割を果たすことができるためには、職制としての知識、技能、態度を備え、かつ小集団活動に対しての正しい理解がなされていることが何よりも大事な点であることを強調しておきたい。

(7) 支援者の役割

小集団活動の展開は、その立場によって、果さなければならない役割も異なり、それぞれの職場によっても課せられる役割が異なるものである。

活動を支援するという行為は、トップマネジメント、管理・監督者のすべてが、役割を担うものであるが、特に、小集団活動を全社的に展開するにあたっては、活動を全社的な見地から指導し、活動を援助する役割を担うのが、支援者、あるいは推進者（課長クラス）として任命される人たちののである。

その役割を要約すると次のようである。

- ① 上部の支援者（委員会）に対して、チームができるだけ社外の研究大会、交流会にへ参加できるように働きかける。
- ② チームをかかえる部署の職制（課長、係長、職長、班長など）に対して、チームがスムーズに活動できるような環境づくりをしてもらえるように働きかける。また、停滞しているチームを活性化しているチームが調整、指導、助言ができるように働きかけ、定期的にチームと話し合う場をもってもらうように働きかける。
- ③ 活動に必要な技法の指導をする。したがって、支援者は、必要な技法を習得していること。

- ④ サークル活動の時間、場所の調整、情報、知識の提供を行う。
- ⑤ サークル活動が円滑に展開できるように部門間の調整を行う。
- ⑥ 社内外の大会参加、発表方法、報告書作成などについての指導を行う。

以上が支援者（推進者）の主な役割であるが、ここでも必要なことは、小集団活動の本質、理念、目的地、目標といった基本的な点の理解と確認が求められ、又チーム活動が円滑に展開できるためのアドバイザーとして、必要とされる知識、技法を体得し、情報を身につけていることは、支援者の必須条件となる。

(8) メンバーの役割

メンバーは小集団活動の主役であり、メンバーの活動に対する理解と情熱は、活動を活性化させる主要な要因になる。

そこでメンバーの主たる役割を整理すると次のようになる。

- ① 小集団活動を正しく理解し、メンバーとは、共に考え、共に行動する、協調精神を発揮する。
- ② チームの活動には必ず出席し、自分の考えを積極的に発言し、活動に参画していく。
- ③ 会合の議事録、データの収集、分析、報告書の作成など活動上の役割を分担して、チームのスムーズな活動に参画してする。
- ④ チーム活動を通じて、自己の人間的な成長、能力開発を行う。
- ⑤ 一人ひとりが主役であり、共に喜ぶことができる人間関係をつくる努力をする。

以上がメンバー一人ひとりの役割であるが、これらの点を行動として現せることが、チーム活性化のポイントであり、ここでも、小集団活動の本質、理念、目的、目標の正しい理解、必要な技法の理解と活用ができるということが重要な条件となってくる。

4. 日本のセメント製造技術の現状

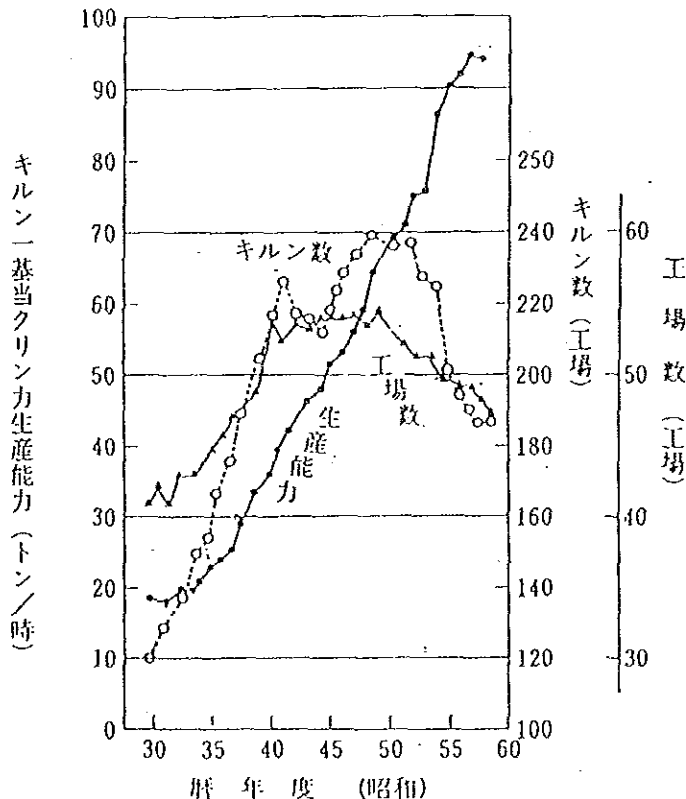
4.1 概要

セメント産業が原価低減の柱として常に改善に注力してきたのは労働生産性の向上とエネルギーの低減とあってよいであろう。一方、品質管理、要求品質の多様化、環境対策にも多くの努力を払ってきている。また最近では海外への技術援助も積極的に行われている。

(1) 生産性の向上

セメント業界では常に新鋭の大型設備を新設し、陳腐化し非効率となった古い設備を休止する方策をとってきた。昭和50年代に入ると採算性の良い工場で生産するいわゆる集中生産方式が定着した。その結果、採算性の悪い工場の閉鎖やキルンの廃棄が相次いで行われた。図-1をみると昭和49年をピークに工場数およびキルン数が減少しているが、このことを如実に物語っている。

図-1 工場数、キルン数、キルン能力の推移



さらに、キルン一基当たりの平均生産能力の推移をみると、昭和48年で60 屯/時であったものが、昭和58年には94屯/時と1.6倍になっている。これはSPキルンの出現により設備の大型化が容易になったこと、さらにNSPキルンの開発により大型化が一段と進められたことによる。しかし昭和50年頃を一つの節目にして、大型化の方向に歯止めがかけられた。表1にあるように、昭和48年から50年にかけて300屯/時クラスのカルンが4基建設されたが、その後は需要の停滞を反映して200屯/時前後のものが新設あるいは改造窯の主流になっている。しかし、昭和30年頃の新設窯の能力が30屯/時程度であったことを考えると格段の進歩である。

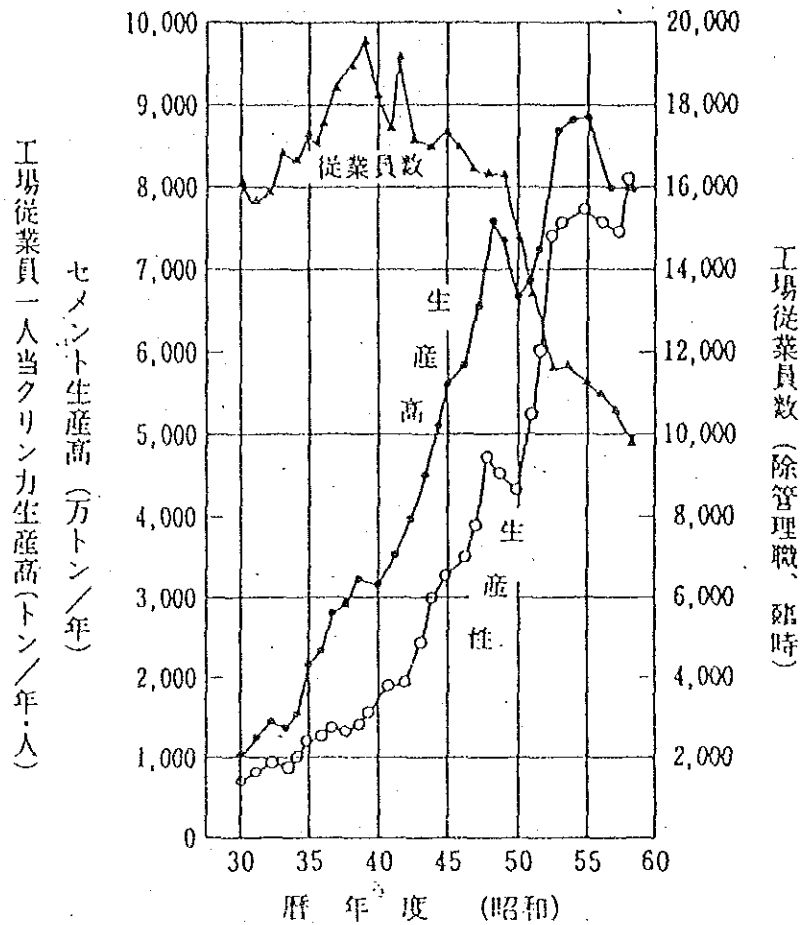
表-1 大型キルンの生産能力(新設時)

設置・改造 (昭和)	会社名	工事名	キルン No.	自産能力 (t/h)
48	秩父	熊谷	乾2	320
50	宇部	伊佐	2	377
50	日本	香春	7	300
51	住友	赤穂II	1	308

大型化を推進した原動力の一つに、労働生産性向上への指向が大きく作用している。しかしこの大型化を可能にした背景には、設備設計技術、機械部材の材質、製造・運転技術などの技術水準の向上、さらには、NSPキルンに代表される新しい技術の開発がある。こうした技術の改善、開発なくして大型化は不可能であったといえる。

一方で制御装置やコンピュータの進歩と長年にわたる現場の経験とが結びつき、効果的な省力化が進められてきた。設備の大型化と省力化、この二つが有機的に働き、労働生産性は大幅な伸びを示している。図-2に工場従業員数、工場従業員の一人当たりのクリンカー生産高の推移を示したが、生産性は最近10年間で1.8倍の伸びを示している。

図-2 生産性等の推移



(2) エネルギー費

エネルギー費がセメント製造原価を占める割合は、オイルショック以前35%程度であったものが、燃料の石炭転換の努力にもかかわらず、現在では、45%という高い割合を占めるに至った。セメント製造技術の歴史はエネルギー原単位低減の歴史であったといっても過言ではなく、今後とも取り組んでいかなければならない重点課題の一つである。

(イ) 燃料費の低減

セメント1トンを製造するのに必要な熱量(熱量原単位)の推移を図-3に示した。昭和38年当時104万キロカロリーであったものが、昭和58年には77.4万キロカロリーに低減した。この大幅な熱効率の改善には①製造様式の転換と②運転技術および効率改善の二種類の改善効果があげられる。

昭和52、3年頃迄は製造様式の転換、すなわち、SPキルン、NSPキルンへの転換による熱効率の改善が大きく貢献した時期であった。SP・NSP化が

ほぼ完了した昭和52年頃からは、運転技術の改善、設備機械の改善にセメント各社は非常な努力を重ね、熱量原単位の低減を推進してきている。

一方、オイルショックによる重油価格の高騰に対処するため石炭転換も急速度で進められた。昭和53年頃から始まった石炭への転換はわずか3年後の昭和56年に完了している。

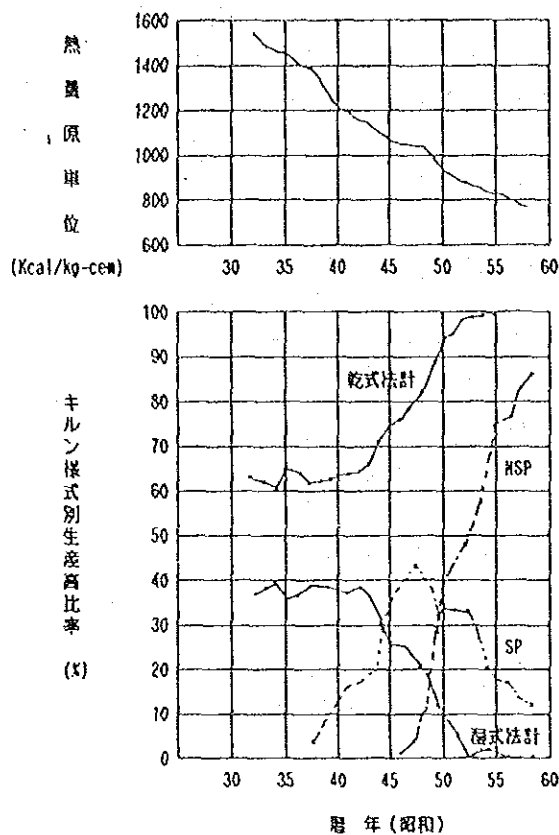


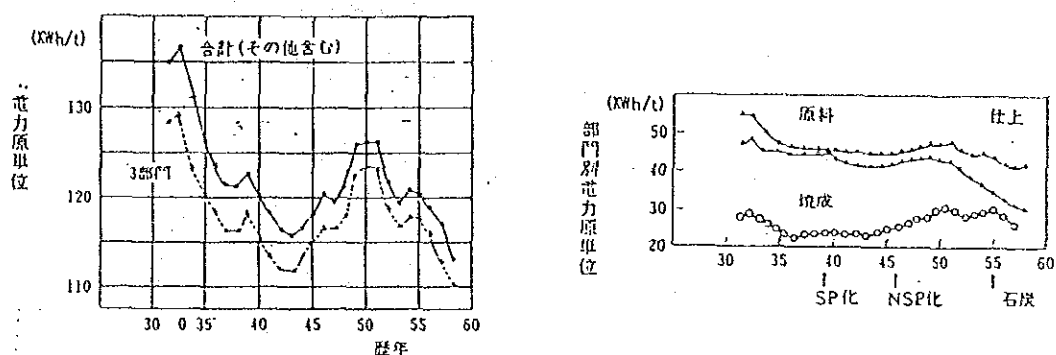
図-3 キルン様式と熱量原単位の推移

(ロ) 電力費の低減

セメント1トン製造するのに要する電力(電力原単位)の推移に図4に示した。順調に低減されてきた電力原単位が昭和43年から昭和50年にかけて増加している。これは焼成様式がSP・NSPキルンへと転換したことに起因して焼成部門の電力原単位が増加したためである。焼成部門の電力原単位はSP・NSP化により、約9キロワット時/トン増加したが、この電力数の増加は燃料費の低減で十二分にカバーされた。ついで、昭和54にもピークがあるが、これは燃料の石炭転換に伴う石炭粉砕動力の増加による。

しかし、昭和50年代の電力原単位の推移は石炭粉砕による一時的な上昇がみられるものの全体として着実に改善されている。原料粉砕に堅型ミルの導入、仕上粉砕における分級ライナの仕様、媒体の小径化、粉砕助剤の普及などの効果が大きい。同時に既設設備の改造や運転操作の改善など日常の省エネ努力が身を結んでいることを示している。

図4 電力原単位の推移（セメント協電力調査表）



(3) 品質管理

戦後間もない昭和24年にアメリカから導入されたQCやその後のIE, ORなどの経営管理技術や手法はセメント産業にも逐次導入され、固有技術と融和し、工場の生産管理に役立ってきた。とりわけ、QCの思想と技法は、工場の工程管理や工程解析に多角的に取り入れられ、品質の維持向上に極めて大きな効果を上げている。

一方で、蛍光X線分析装置の分析精度の向上、コンピュータの発達によるオンラインの制御化の進展などにより製品の品質は一段と安定したものになっている。

(4) 公害防止

昭和45年に公害対策の基本法が強化され、ばい煙、粉じん、水質、騒音、振動等に対し、厳しい規制が実施されるようになった。この結果、環境容量に余裕を残している地域のセメント工場にも一律に規則が及ぶこととなった。また、地方自治体が条例や公害防止対策協定により、国の規制に上乗せした規制を企業に遵守させたり、地域住民の公害防止対策に対する欲求が強くなるなど、環境問題は極めて厳しいものとなった。

昭和50年頃までは、降灰、騒音問題が中心であった。これに対応するため、セメント各社ともそれぞれに防止技術の改善、開発に取り組むとともに、電気集塵器、その他の集塵器の改善、増設や騒音防止対策などを実施した。

昭和50年頃になると降灰防止対策が一段落し、公害問題の主体が騒音、NOX対策などに移行した。昭和50年12月に新設セメントキルンに対するNOXの排出基準が設定された。さらに昭和52年6月には既設セメントキルンのNOX排出基準が設定され、昭和56年4月から適応されることとなった。

この新しいNOX問題に対し、セメント各社とも独自に技術の改善、開発にあたるとともに、セメント業界が一体となって防止技術の研究開発に取り組んだ。低NOXバーナの開発や脱硝材によるNOX低減技術の開発、仮焼炉における脱硝材の開発などである。その他、各企業レベルで二段燃焼や排ガス再循環などの開発試験も行われた。

そして燃料の石炭転換によりNOX排出量の若干の増加があったものの、キルンのNSP化を中心とした技術開発でNOX問題を切り抜けることができた。

(5) 海外技術援助

戦後、欧米からの技術導入によって成長してきたわが国のセメント産業は、生産性、品質、操業技術で欧米に追いつき、追い越すようになってきた。そして、昭和40年以降、欧米から輸入すべき技術が次第に少なくなり、独自の技術開発が望まれるようになった。日本独自の技術の代表的なものとしてNSPキルンが上げられる。プラントメーカーとセメントメーカーが共同開発したものであり、世界に誇りうる技術である。

このような背景のもとに、昭和40年ころから、海外援助が行われるようになった。現在では、多くのセメント会社がエンジニアリング部門を持ち、海外での技術援助活動を行うようになってきている。

4.2 各 論

(1) 原料工程

①原料粉碎

昭和40年代に入り、製造プロセスの乾式化が進んでくると、乾燥プロセスと粉碎プロセスを同時に行うシステムが主流になってきた。ミルに熱風を通すダブルロータータミルや堅型ミルが導入され、また、一部には原料ミルのセパレータに熱風を通して行う方法も行われた。ダブルロータータミルはミル内通風量が多く、いわゆるエアスエプト効果があるなどのため粉碎効率がよく、かなり普及した。しかし昭和45年頃から堅型ミルによる原料粉碎の比率が急速に伸びてきている。わが国の堅型ミルによる原料粉碎能力は合計で、昭和46年に700屯/時であったのが昭和56年には4,600屯/時と6.6倍の伸びを示している。

堅型ミルは従来、石炭の乾燥粉碎用に使用されていたが、ドイツのロッシェ社がセメント原料粉碎機として利用する方法を開発した。このロッシェミルは昭和29年にわが国に初めて輸入され、昭和33年には宇部興産が宇部ロッシェミルとして国産化するようになった。

堅型ミルは大型化が可能になったことや電力原単位が低いことから、特にオイルショック後見直され、各社が相次いだ採用した。また、最近になって堅型ミルで粗粒を外部循環させ風車動力を低減させて省エネを図るいわゆる外部循環方式が開発され、普及されつつある。

③原料調合

ベッドブレンディング方式による受入原料の均整化、オンライン型蛍光X線分析計の進歩とコンピュータコントロールの導入による原料調合システムの高度化、エアブレンディングタンクや多槽式調整槽による粉末原料の均整化などハード、ソフト両面の進歩により、乾式工程でも湿式工程並みあるいはそれ以上の原料調合が可能になった。

スタッカリクレーマによるベッドブレンディング方式は昭和40年頃から採用されていたが、広大な敷地を要する欠点がある。そこで、敷地効率を高めたベッドブレンディングシステムとして各サイロの上部に設置されたトリッパベルトコンベヤで積付け、下部からブラウフィーダで払出す方式が採用されるようになった。現在、原料の受入れ、払出し工程はコンピュータによる無人操作が定着してきており、省力化が進んでいる。

一方、原料調合システムは、検出端のロードセル化や制御回路のIC化などにより計量器の信頼性が高まったこと、蛍光X線分析装置の進歩により、一段と安定したものとなってきている。また、蛍光X線分析装置とコンピュータを結合した原料調合計算機制御システムが一般化した。

蛍光X線分析計は昭和35年に第一号が導入されて以来、分析計およびサンプル処理装置の進歩は目覚ましく、分析精度や迅速性の面で大幅に改善され、オンライン制御に用いられるようになった。

また、今日では融解法による前処理装置の開発により、短時間で化学分析と遜色のない信頼性のある分析値をだせるようになったことから、工程管理用の化学分析はほとんど蛍光X線分析に置き換えられている。

(2) 焼成工程

① 焼成様式

昭和38年第一セメント・川崎工場にフンボルト式SPキルンが開発され、わが国はSPキルンの時代を迎えた。熱消費が少ないこと、大型化に適していることが評価され、キルンのSP化は急速に進んだ。図-3に示す通り、昭和47年には40%以上のクリンカーがSPキルンで焼成されるまでになった。

一方、サスペンションプレヒータで燃料を焼成させ、熱を多量に消費する石灰石の脱炭酸反応を効率よく行おうとする発想が生まれた。

この新しい技術の流れをニューSP(NSP)キルン方式と呼ぶことになったが、わが国セメント製造技術の外国依存から脱却を意味する画期的なものといえよう。

第一次オイルショックと時を同じくしたこと、NOX規則の制度化によって、セメント各社は一斉にNSP化を指向した。また、NSP技術の開発、発展により、日本が世界のセメント製造技術をにリードするところとなった。

一方、仮焼炉での燃焼温度が低いこと、仮焼炉内の原料が脱硝媒体として作用することなどのため、NSPキルンはNOX発生量が低い。このため、昭和56年に適用されたNOX規制に対し、セメント業界はNSPキルンの採用で比較的容易に対応することができた。

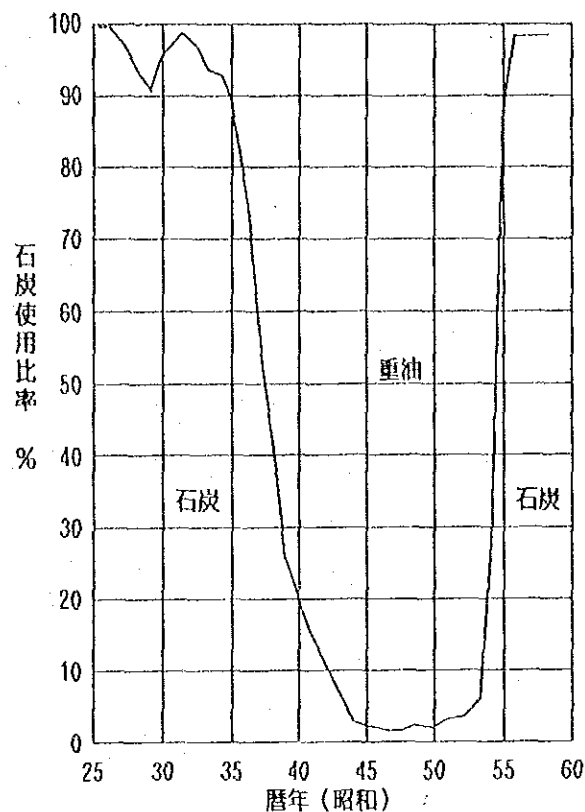
② 燃料

(イ) 石炭転換

昭和32年以降、重油の消費規制緩和策がとられたことにより、安くて使い易い重油へとセメント焼成用燃料の転換が進んだ。図-4に示すように、昭和44

年には一部を除いて重油の転換が完了した。しかし、この重油時代は短命であった。

図-5 石炭と重油の使用割合の推移



昭和48年の第一次オイルショックに続き、昭和53年12月のOPEC総会での産油国の大幅値上決定に始まる重油価格の異常な高騰は、第二次オイルショックとして世界経済に深刻な打撃を与えた。とりわけ、典型的なエネルギー多消費型産業であるセメント産業への影響は大きかった。

かくして、セメント産業は再び石炭の転換を余儀なくされた。技術的には石炭燃焼技術があったこと、SP・NSPキルンは燃焼用空気温度が高く石炭の燃焼性が良いことなど有利な条件もあって、石炭転換は急速に進んだ。昭和53年に始まった転換工事は54年に本格化し、56年に完了している。このスピーディーな変換は、エネルギー転換の優等生として賞賛されたが、業界全体で1,300億円もの巨額を投じている。

石炭粉砕設備としては、乾燥機と粉砕を同時に行い、電力原単位の低い堅型ミルが主流となった。石炭燃焼用バーナは昭和30年代までのものと異なり、燃焼性向上の工夫がなされ、一次空気比は以前の約半分にまで減じている。その構造

が複雑になったことが、省エネ効果の大きいバーナとなっている。

(ロ) その他の代替燃料

石炭転換以降、安い燃料を求めて、コークス、オイルコークス、無煙炭、低品位炭、ボタなど燃焼性の悪い、あるいは発熱量の低い固体燃料も使用されるようになった。

また、廃タイヤ、木皮、廃油、廃白土といった産業廃棄物あるいはこれに類する可燃物を使用する努力も行われている。

③その他の技術

(イ) プレヒータ

熱回収率を上げるため、プレヒータサイクロンの五段化や集じん効率向上のためのサイクロン形状等の改善も行われてきた。

プレヒータの五段化は昭和54年に日立セメントが初めて導入して以来、14のNSPキルンで採用されている。一方で、電力原単位低減を目的に、プレヒータでの圧力損失低減の努力も行われている。横型サイクロン、軸流サイクロンなど特殊サイクロンの採用、既設サイクロンにサイクロンを追加併設、ダクトやサイクロンの構造改善などである。サイクロンの追加併設は主に最上段サイクロンに採用され、効果をあげている。

(ロ) キルン

キルンの大型化、高能率化は内張り耐火れんがの進歩に支えられたところが大きい。昭和28年にマグネシアクロム系塩基性れんがが採用され、焼成帯で高アルミナ煉瓦の二倍の耐用実績をあげたのに端を発し、塩基性れんががセメントキルンの高熱負荷帯に全面的に使用されるようになった。

さらにキルンの大型化、焼成帯熱負荷増大に対応するため、昭和38年にマグネシアクロムダイレクトボンドれんがが登場し、10年後の昭和48年にはマグネシアクロム超ダイレクトボンドが開発され、使用され始めた。昭和51年にはスピネルれんがが開発され、コーチング脱着ゾーンに高成績を示した。このようにして、高熱負荷、長期運転に耐えられるれんがの実用化がセメント焼成の安全運転、省エネにもたらした功績は大きい。

また、窯尻温度の低下やキルン操業の安定化を目標に、昭和58年頃からリフターれんがが見直され、使用されはじめた。

(ハ) クーラ

クーラでの熱回収率を上げるために、クリンカ層圧を高め、クーラ下室の空気

圧、空気量を最適化することが広く採用されてきた。この結果、熱原単位が低減するとともに、二次空気温度上昇による燃料の燃焼性向上がもたらされた。

また、大型グレートクーラでは、クーラ中間にクラッシャを設け、大塊クリンカを破碎し、冷却を効果的に行う方式も採用している。

クーラ排気をクーラ上段に戻し、燃焼用熱源として回収するクーラ排ガス循環方式を採用している工場もある。

(3) 仕上工程

①大型化

仕上ミルは昭和38年頃から大型化の時代に入り、中央制御システムと相俟って、労働生産性向上に貢献した。現在、日本最大のものは直径5.3メートル、モータ容量6,000キロワットのもので、昭和51年に秩父セメントが熊谷工場に採用している。その後は、セメント需要の動向を反映して、大型化指向は抑制され、主として、直径4メートルクラスのミルが建設されている。

②分級ライナと小径媒体

わが国では、昭和30年代に分級ライナが採用され始めたが、実効はあがらなかった。その後ベルギーのフォンドリーマゴト社がミル通風強化と分級ライナおよび小径硬質媒体を組み合わせた粉碎技術を日本に持ち込み普及に力を入れ、効果があがったことが認められた。硬質媒体の摩耗量は従来のスチールボールに比べ約八分の一と少なく、画期的なものであった。このマゴト方式は仕上粉碎に非常に大きな効果をもたらし、各社で採用するようになった。

マゴト社の分級ライナは、その後改良を重ね、さらに性能の良いものになったが、一方で国内のメーカーも独自の分級ライナを開発し、実用化している。

③堅型ミルの応用

堅型ミルの仕上粉碎への応用研究も進められ、実用段階を迎えようとしている。昭和55年西ドイツのトイトニア・ツェメントヴェルグ社で65屯/時のミルが設置された。コンクリートの品質に好ましい粒度分布が得られないことや裏板、ローラの摩耗などに問題があったものの、新しい粉碎システムとして注目された。その後わが国で研究開発が進められ、神戸製鋼所と小野田セメント、宇部興産、石川島播磨重工と住友セメント、F・L・スミス（日本）などがほとんど時を同じくしてセメント粉碎用堅型ミルを発表している。堅型ミルは、ボールミルに比べて大幅な電力原単位低減が可能であり、現在最も注目されている技術の一つである。

JICA