

4.2 生産工程の近代化計画

第2章において調査対象の生産工程、超細炭酸カルシウムを主体に軽質炭酸カルシウムの生産工程の現状と問題点を述べた。本節ではこれを踏まえて、近代化目標を達成するにはどうするかを段階的に述べることにする。

4.2.1 超細炭酸カルシウム製造の近代化

本溪市助剤廠の超細炭酸カルシウムは、国際的水準からみれば膠質炭酸カルシウムの範疇に入らないことは、第2章に示した電子顕微鏡写真で明かである。

本廠はこれまで優良な軽質炭酸カルシウムを生産してきた実績をもっているが、膠質炭酸カルシウムの製造はできていない。現在超細炭酸カルシウムとよばれているものは、軽質炭酸カルシウムに比べれば、電子顕微鏡でみる形状面でも大きな変化、微小化は確かめられるが、膠質炭酸カルシウムに特徴的な微小立方体粒子にはなっていない。超細炭酸カルシウム製造の近代化は膠質炭酸カルシウムの製造法の確立にあると理解する。

超細炭酸カルシウム製造の近代化は、設備の近代化・自動化だけを意味するのではない。ハードウェアでの近代化ができたとしてもソフトウェアでの蓄積・改善がなければ、目標の膠質炭酸カルシウムの生産には多くの困難が予想される。

日本の炭酸カルシウムメーカーも、石油化学工業企業に比べれば、生産規模は小さい。設備・機器の自動化は、企業の規模・状態によって部分的に進められ、全面的な採用は少ないであろう。企業間の激しい競争の中で、その企業にもっとも適した生産方法を工夫し、独自の生産技術を蓄積し、安定した品質の製品を産み出している。設備の改造はそれぞれの企業独自の創意と工夫による自製のものも多いのである。既製の機器を導入しても、自らの製造工程に合った使い易いものへ細かい改造が施されている。

(1) 第一段階

1) 原材料の受け入れ

a. 石灰石 :

品質の異なる石灰石、「白石」と「黒石」が調達・在庫の都合によって使い分けられているが、「白石」だけを調達、使用するようにはすべきである。原料単価は「白石」40元/tに対して、「黒石」は16元/tと値差はあるが、現在でも「黒石」の調達比率は25%であること、製造原価に占める石灰石原価の割合は、超細炭酸カルシウムで7%、軽質炭酸カルシウムで18%程度であること、今後膠質炭酸カルシウムの生産量が増えることで総合的製造原価におよぼす影響は大きくない。それより選別された不良品は「黒石」の焼成品に多いことを考えれば、品質を重視して「白石」専焼の方向がでてくるはずである。

炭酸カルシウムの最大の特徴は、色が白い点にあり、製品炭酸カルシウムの白色度は88%以上は保つよう留意すべきである。

購入原石の大きさは本廠が規定する150～200mmにするように、原石メーカーに申し入れることが必要である。200mm以上の大きな原石は混入させないこと。

b. 無煙炭 :

本廠が調達している無煙炭の品質は、外観から推察して、良質の燃料、炭酸ガス原料であると思われる。炭塊の大きさは現在より少し小さめの30～60mm程度のものを調達するのがよい。因みに日本では40～50mmの炭塊が使われている。

c. 表面処理剤 :

脂肪酸は苛性ソーダで鹼化したあとの曇点が30℃前後のものを調達できるようなメーカーを探すか、折衝してつくらせる。脂肪酸は、原料油脂によって組成が異なる混合物であるから、曇点を調整することは可能なはずである。脂肪酸としてではなく、苛性ソーダ鹼化まで終わった脂肪酸ソーダとして購入できれば、それでもよい。購入の際の規格に曇点を取り入れることをすすめる。

樹脂酸も樹脂酸塩として調達できないか。樹脂酸塩は現在使用しているナトリウム塩よりカリウム塩の方がよい。

2) 焼成工程

- a. 石灰石は大きくとも 150～200mmのものを受け入れるようにするべきであるが、それでも大きな塊が混入してきた場合には、人手による小割り作業で焼成炉に投入する石灰石の大きさを管理する必要がある。定められた石灰石の大きさは必ず守るように指導していかなければならない。ひとつひとつの作業で規定を守らせ、工場全体の習慣・風土にまで育てていかなければ、高度の技術は支えられない。

無煙炭の場合は、調達した無煙炭の塊が大きいからといって、粉砕機を使用すると粉炭の発生が増加しかえって悪い影響を与える。専ら指定サイズの無煙炭を調達することに重点を置いて、本溪市燃料会社との折衝が第一であろう。

- b. 近代化計画の第二段階では、焼成炉底部に空気分配器と火格子の設置を提案するが、それが取り付けられるまでは、投入石灰石のサイズ調整（大きな塊をなくし、150～200mmに小割りすること）が必要である。このサイズ調整によって石灰石：無煙炭の比率を 100：19程度から 100：11（日本での比率）に近づけることができ、過焼・焼結現象も幾分緩和できるものと思われる。

c. 炭酸化反応塔に供給される炭酸ガスの濃度が低くなっていることは、問題点として指摘した。炭酸ガス濃度を30%前後に保持するために低下原因の究明が急務である。焼成炉出口から圧縮機の吸入側に至る機器・配管について空気吸引の有無を日常的に点検する必要がある。そのためには経路の要所・要所に圧力計を設置すべきである。

d. 炭酸ガスについては、濃度の時間的変動を抑えるためにインターバル操炉法を厳密に取り入れるべきである。インターバル操炉法というのは、稼働している3基の焼成炉への原燃料の投入を、ほとんど同時に行うのではなく、各基で40分ずつずらした2時間毎の原料投入にして焼成炉から排出する炭酸ガス濃度を平準化しようとする方法である。この操炉法にしたがえば炭酸ガス濃度は常時20%以上を保持できるはずである。炭酸ガス濃度は、原燃料の投入直後40%前後の極大に達し、時間の経過とともに低下して燃焼が完了する2時間後には10%程度になる。3基の焼成炉への原燃料の投入を上述のようにずらせば、最低濃度は緩衝される理屈である。実際問題としては、焼成炉には原燃料の投入・生石灰の排出に時間を要するので、3基同時の原燃料の投入はあり得ず何分かはずれているはずであるが、上述の意義をよく理解して厳密に規定化すればよい(図4-1)。

因みに膠質炭酸カルシウムの製造には、炭酸ガス濃度20%は必要で、望ましくは30%である。

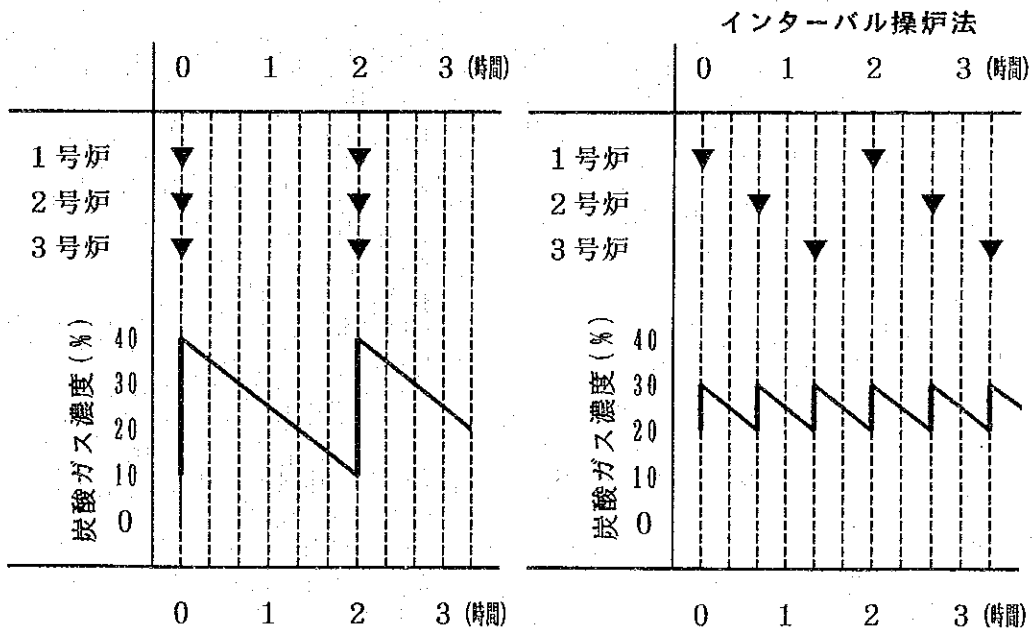


図4-1 インターバル操炉法の考え方 (▼ 原燃料の投入)

- e. 焼成炉頂部の圧力は、常時わずか負圧の状態を維持することが大事である。負圧の状態は空気の吸引を意味し、炭酸ガス濃度を下げる方向に働くが、それよりは作業労働者の労働衛生・安全を重視しないといけない。正圧の状態では炉内から一酸化炭素がでてくる可能性（危険性）がある。一酸化炭素は無味無臭の気体であるが、空気中に 10ppm あれば、中毒症状を起こすと言われている。
- f. 焼成炉には、少なくとも温度指示記録計、圧力指示記録計を設置し操炉管理すべきである。指示記録計としたのは、指示だけでは操業の状態を把握し解析することができないからである。温度・圧力の変化が連続的に記録されていると、焼成挙動がよく分かる。
- 温度計のセンサー部（検知部）は、炉内煉瓦壁の一部をくり抜いて上部から落ちてくる原燃料あるいは生石灰によって折損しない工夫が必要である。
- これらの工事は焼成炉が停止する期間を利用して行われるから、4基全部に設置できるのは数年先になるであろう。

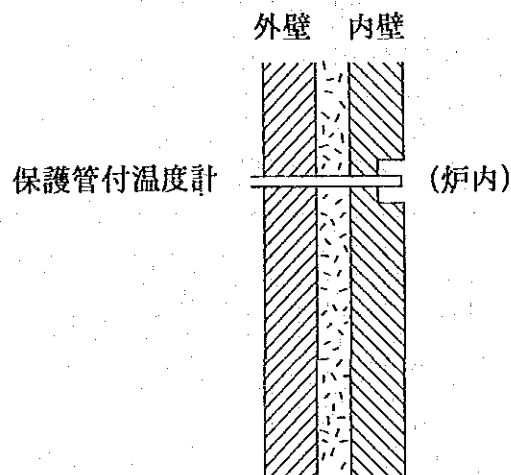


図4-2 焼成炉内温度計センサー部の保護対策

- g. 計測・記録の改善と同時に、物質収支図を作り上げることは製造技術の基礎である。物質収支図は、各工程でどんな物質・組成のものがその工程に入って来、そこで化学的・物理的処理をうけて変化し、どのような物質・組成になって工程を出て行くかを定量的に図示したものである。

製品単位量を基底 (base) にとって、それを製造するのに必要な原燃料・表面処理剤の量、燃焼用の空気量、廃棄物の量や組成等が一連の流れのなかに明示されているから、物質収支図をみれば製造の全体像がつかめるのである。

物質収支図の作成には実験データや実測データが基になるが仮定値あるいは推定値を使わざるを得ない場合がある。いずれにしても工程の改造を計画する場合の基礎となる資料であるので、物質収支図は是非作成してもらいたい。物質収支では、質量不滅の原則があるから、原則として入側と出側の物質量は等しくなるようにする。

図 4-3は物質収支図の部分的例示である。膠質炭酸カルシウム製造全体の物質収支図はもっと大きく複雑になるであろう。

(基準：製品1トン)

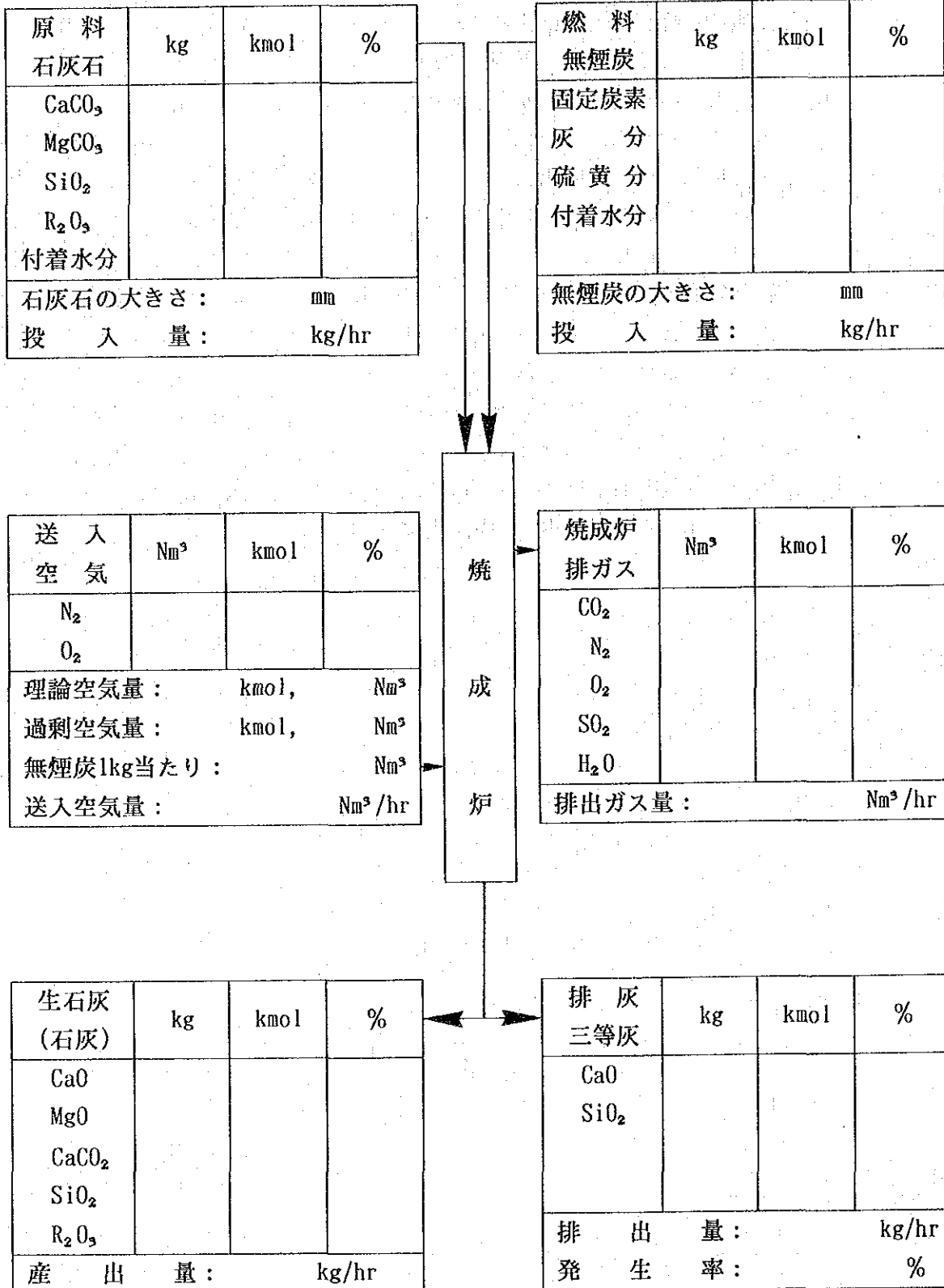


図4-3 物質収支図の例 (焼成工程)

物質収支図に、各工程の主要操業条件・設備の概略仕様・熱的に主要な工程の熱収支などを書き加えておくと、一瞥して製造全体が把握できるので便利である。図 4-3 に関して例示すると次のようなことである。

①

焼成炉構造			
寸法： $m\phi \times mH$			
容積： m^3			
耐火煉瓦	SK No.	型	数量
イソライト			

②

焼 成	
石炭燃焼率：	%
石灰石燃焼率：	%
空気過剰率：	%
焼成温度：	$^{\circ}C \sim ^{\circ}C$
生石灰排出温度：	$^{\circ}C$

③

焼成炉排ガス	
温度：	$^{\circ}C$
圧力：	mmAq

④

焼成炉空間帯 $m、m^3$
予熱・焼成帯 $m、m^3$
冷却帯 $m、m^3$

⑤

焼成炉性能	t/日
焼成帯長さ：	m
焼成時間：	hrs
冷却時間：	hrs
生石灰見掛け沈降時間：	m^3/hr
能力：	$t/m^3 \cdot 日$
有効断面積：	m^2
空塔ガス流速：	
焼成帯	cm/sec
冷却帯	cm/sec
通風抵抗：	
焼成帯	cmAq
冷却帯	cmAq

⑥ 焼成炉熱収支 投入石灰石 kg

	入熱(kcal)	%	出熱(kcal)	%
石炭燃焼熱			—	
CaCO ₃ 分解熱	—			
MgCO ₃ 分解熱	—			
生石灰持ち出し熱	—			
残渣等持ち出し熱	—			
石炭未燃損失熱	—			
排ガス持ち出し熱	—			
炉壁からの損失熱	—			
		100		100

3) 水化工程

水化工程は、原料石灰石を品質のよい「白石」だけにして、焼成工程同様、軽質炭酸カルシウム用と膠質炭酸カルシウム用との共用設備とすることを前提に考える。

したがって膠質炭酸カルシウム製造のための水化工程の近代化は、第2章の軽質炭酸カルシウムの項で述べたロータリー式水化機による水化の改善である。重複する点もあるが要点をまとめると次のようである。

- a. 水化に用いる水量は、生石灰重量の4倍量をまず添加して、自らの反応熱で系を高温に維持し、0.1 μ m程度の活性な水酸化カルシウム微粒子を生成させ、次いで3倍量の水で希釈・分散させる2段階添加法をすすめる。この際添加する水の温度は、あらかじめ加熱したものより20~30℃の常温水がよい。
- b. 石灰乳は多段階の水篩（段階がすすむにしたがって篩目は小さくなる）で濾過する。最終段階は250メッシュの水篩を通した方がよい。

- c. 多段の水篩装置は中国国内で材料を調達し、自製できる類の装置である。
80メッシュ+ 120メッシュの水篩にさらに 200メッシュ+ 250メッシュの水篩を組み込む。

4) 炭酸化工程

膠質炭酸カルシウムを製造するためには、既存の超細炭酸カルシウム用の炭酸化反応塔では問題のあることを第2章で指摘した。ここでは既存の炭酸化反応塔を巧みに使って膠質炭酸カルシウム製造の生産技術を体得することが必要である。

a. 炭酸化反応器：

膠質炭酸カルシウム製造の炭酸化反応器として好ましい形状は図 4-7に提案しているように、反応容積部分の直胴部液深/塔径比 (L/D) は 1であり、底部円錐部の内角は 90° である。炭酸ガスの導入管は、導入後の炭酸ガスが塔径方向に偏らず上昇するよう、反応器頂部から垂直に降ろし、底部で開口しているのが、製品の均一性や生産効率からみて最適である。

既存の超細用炭酸化反応塔を使って実験試作する場合には、上の諸条件全てを満足することはできないにしてもL/Dだけは合わせるようにする。

b. 膠質炭酸カルシウムの試作：

調査団は1993年 3月15日、本廠技術陣を指導して膠質炭酸カルシウムの試作実験を行った。

試作実験は、既存の超細炭酸カルシウム用反応塔 (図 2-3) を使い、これに仕込む石灰乳の量 (反応塔内での液深が90cm、これは塔径に等しい $L/D=1$) ・濃度 (目標 4%) ・温度 (目標 15°C) を指示したが、時間的制約もあって、石灰乳の濃度は10%、温度は 22°C で実施した。炭酸ガスの導入、流量は調査団専門家が反応塔に流入する炭酸ガスの噴出・分散音の変化を判別して制御した。したがって最適条件での試作はできなかったが、膠質炭酸カルシウム製造の要点は説明した。炭酸ガス導入の最重要点は、反応開始前に炭酸ガスを反応系内へ洩らさないことである。開始と同時に一気に導入することが大切である (開始前に炭酸ガスの洩れがあると、そのときに炭酸カルシウム結晶の核が生成し、炭酸ガスの導入とともに成長して、膠質炭酸カルシウムはできない)。

炭酸カルシウム懸濁液は一昼夜放置して濃縮し、本廠の常法で表面処理した（表面処理の詳細は後述する）。この試料を日本に持ち帰り、電子顕微鏡写真を撮影した。結果を写真 4-1 に示す。本廠の超細炭酸カルシウム（写真 2-1、2-2、2-3 を参照）との差異は明かである。しかし試作条件が最適化されてなかったことで膠質炭酸カルシウムと呼ばれる範囲の限界にあると評価される。BET法比表面積は $29.8\text{m}^2/\text{g}$ で膠質条件を満たしている。日本の大手メーカーの膠質炭酸カルシウムの写真（写真 4-2）と比較すると両者の形状・分散の違いがよく分かるであろう。

c. 炭酸化反応の最適条件：

膠質炭酸カルシウム製造の最適条件をまとめると表 4-1 のとおりである。晶癖を制御する添加剤は不要である。

表 4-1 膠質炭酸カルシウム製造の最適条件
(適正範囲)

石灰乳濃度	: $4 \pm 0.5\%$ (g/100ml)
温度	: $15 \pm 2^\circ\text{C}$
炭酸ガス濃度	: $30 \pm 10\%$ (容積基準)
温度	: $30 \pm 5^\circ\text{C}$
供給速度	: 100 ± 20 l/min·kgCa(OH) ₂
反応終了時 pH	: 6.8

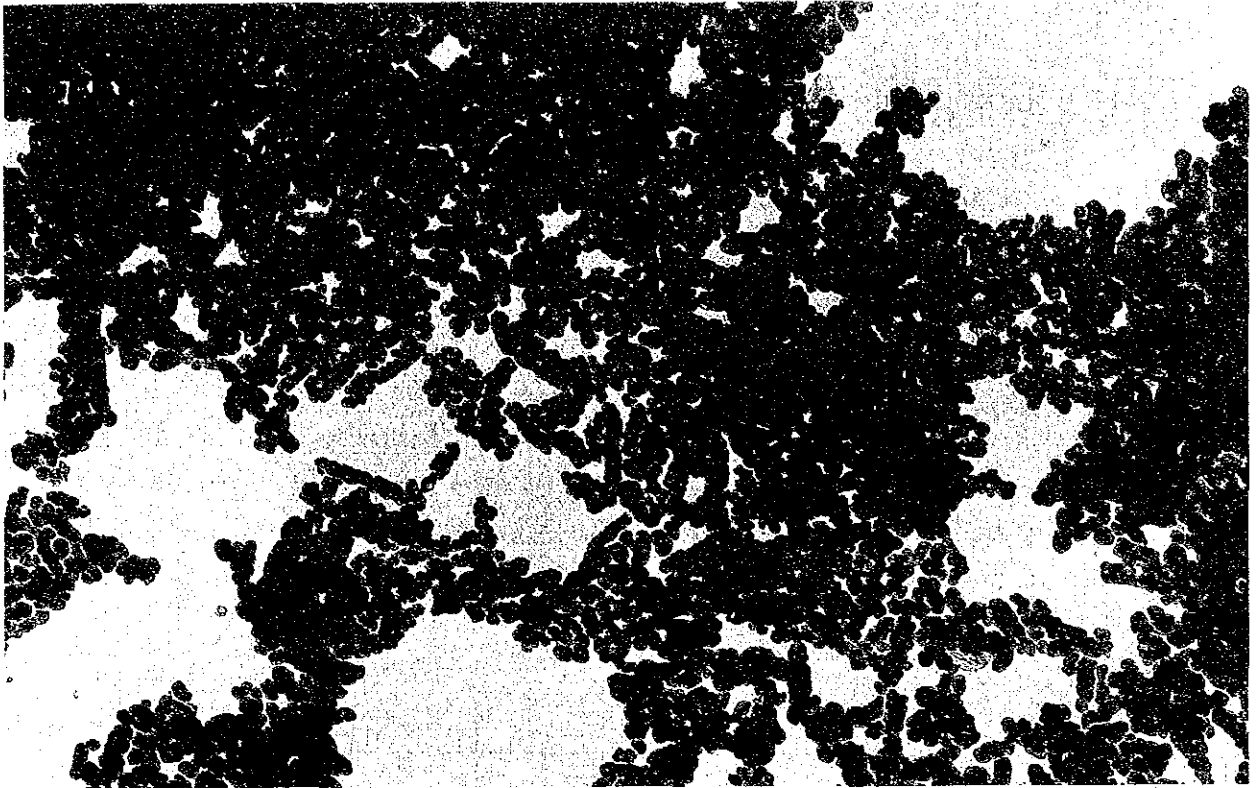


写真4-1 膠質炭酸カルシウム試作実験で生成した炭酸カルシウム ×40,000

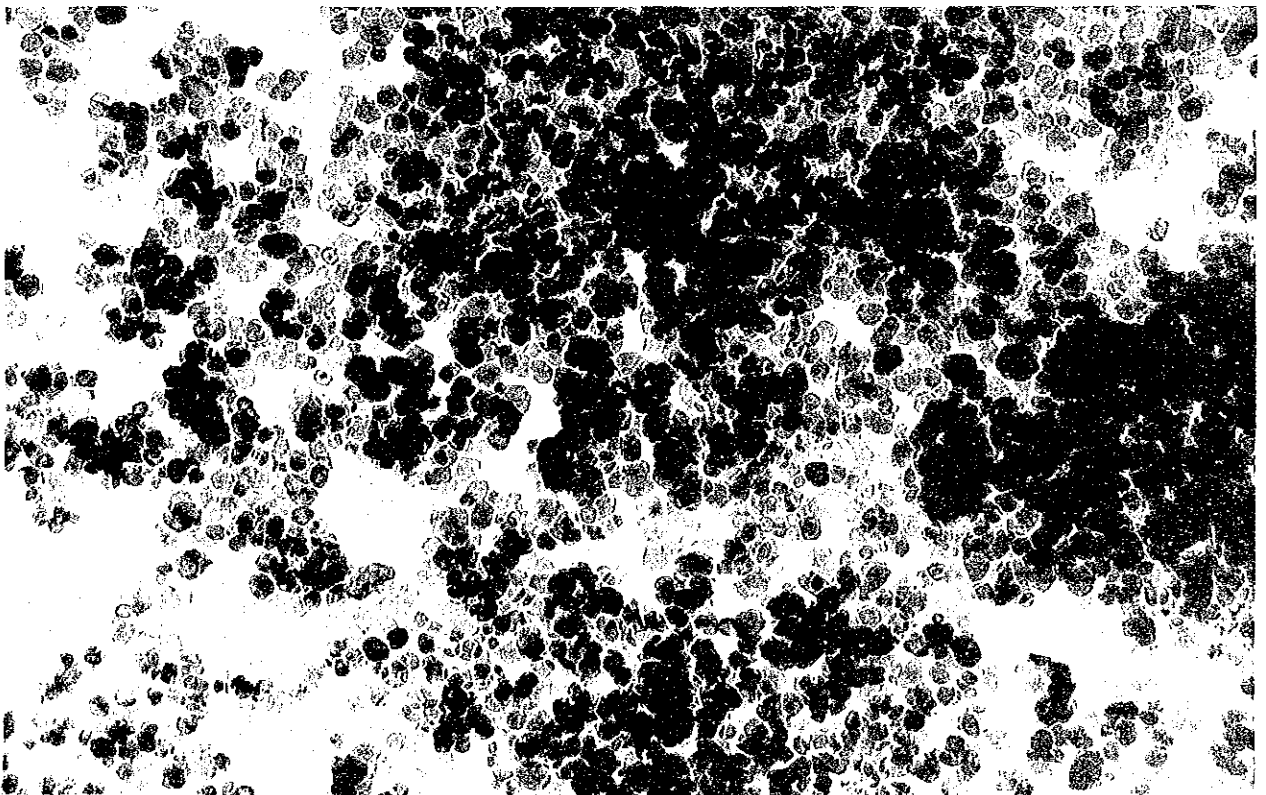


写真4-2 日本の大手メーカーの膠質炭酸カルシウム ×40,000

(石灰乳の濃度測定)

石灰乳の濃度は、次のようにして測定する。あらかじめ風袋重量の分かった 1,000ml のメスフラスコに石灰乳を容れ、秤量して石灰乳 1,000ml の正味重量を求める。この重量を図 4-4 で換算して濃度% (g/100ml) を算出する。

4° Bé 以上の石灰乳の濃度をボーマ計 (比重計) で求めようとしても粘度の影響が大きくて正確な測定はできない。目安として使うにしても、測定範囲が適切なものを選ばなければならない。本廠が使っている 1~50° Bé のボーマ計は、範囲が広すぎて、読み取り誤差が加算される。1~10° Bé のものが適当である。比重計は測定が簡単だから各種範囲のものを一式取り揃えておくといよい。

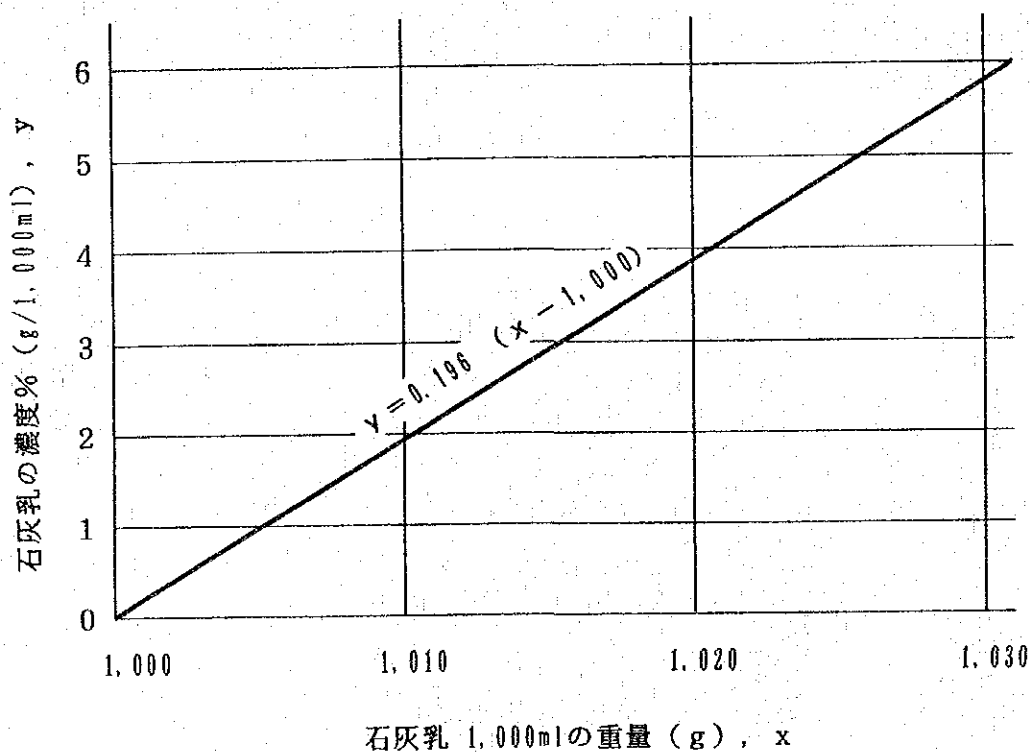


図 4-4 石灰乳の重量~濃度関係図

d. 炭酸ガスの洗淨・精製：

焼成炉からでた炭酸ガスは乾式サイクロンで除塵したあと、スクラバー（洗淨塔）で水洗淨しているが、炭酸ガス中に含まれる硫黄酸化物を除去するためには洗淨塔に 300～500mmの石灰石の塊を充填しておくのが簡便で効果がある。脱塵・脱硫精製しておけば、圧縮機バルブ汚染を著しく減少させ、保守に要する時間も費用も削減できるであろう。

膠質炭酸カルシウム用炭酸化反応槽の新設を提案する近代化計画では往復駆動型圧縮機に代えてロータリープロアを導入するが、ガス精製の効果・重要性は変わらない。洗淨塔への石灰石の充填は、機会をとらえて早期に実施し、効果を確認しておくのがよい。

5) 表面処理工程

膠質炭酸カルシウムにとっては、表面処理は必要不可欠な処理である。表面処理しない膠質炭酸カルシウムは結晶粒子が凝集して分散せず、被充填物との親和性がよくない。

a. 表面処理反応器：

膠質炭酸カルシウム製造用表面処理反応器は炭酸化反応器と同じような形状が提案されるが、第一段階では既存の炭酸化反応器を利用する。

b. 試作した炭酸カルシウムの表面処理：

3月15日に炭酸化した試作実験の炭酸カルシウム懸濁液を翌日まで放置・濃縮してから表面処理を行った。表面処理剤は超細炭酸カルシウム BG305用に調製された濃度10%の脂肪酸ソーダ溶液を用いたが、温度86℃で白濁、脂肪酸ソーダが析出・固化し始め、普段の表面処理も好ましい状況の中では行われていないことが分かった。こうした不十分な条件の中で処理された試作炭酸カルシウムが写真 4-1である。

表面処理のとき、脂肪酸ソーダが炭酸カルシウムの結晶粒子の表面に吸着し、一部が脂肪酸カルシウムに置き換わり固着することによって、表面処理剤が被覆するものと考えられる。化学吸着された高級脂肪酸のアルキル基が疎水性を示し、炭酸カルシウム粒子に浮遊性を発現させるので、第2章(2-7ページ参照)に述べた超細炭酸カルシウムと日本の膠質炭酸カルシウムの浮遊性の差は表面処理の技術の差と言えるのであろう。

(浮遊性の測定)

浮遊性は次のようにして測定し、評価する。浮遊性(浮遊する粒子の百分率)が高いほど、表面処理が十分に行われたものとみなし得る。

20あるいは40%のメタノール水溶液 200mlを 300mlのビーカーに量りとり、試料3gを加えて攪拌棒で左右に大きく 5秒間(25回転)かきまぜた後、浮遊分と沈降分の比率を求める。

c. 表面処理の最適条件 :

炭酸化反応を完了した炭酸カルシウム懸濁液は沈降濃縮して濃度14%程度に濃縮して表面処理槽に仕込む。懸濁液のpHが8以上では、表面処理剤を注入したとき発泡が激しく、場合によっては泡が作業場に溢流することがある。あらかじめ炭酸ガスでpHを6.8程度に下げた後から表面処理を開始するとよい。

例えば曇点30℃前後の10%脂肪酸ソーダ溶液を90℃以上に保ちながら表面処理槽に手早く注入し、その後も炭酸ガスを通じながら処理することが要点である。脂肪酸基を化学吸着させるためには、機械攪拌だけでは困難で、炭酸ガスによる定着は欠かせない。

炭酸カルシウム懸濁液の温度は高い方が望ましいが、30℃以上に保たれればよい。この温度を30℃前後とすることから表面処理剤の曇点は30℃前後が望ましいという要請がでてくるのである。

表面処理の最適条件の要点をまとめると表4-2のとおりである。

表4-2 表面処理の最適条件（適正範囲）

被処理懸濁液濃度	: 14±1%
温度	: 32±2℃
初期pH	: 6.8（炭酸ガスで調整）
表面処理剤（脂肪酸ソーダ）	
濃度	: 10±1%
温度	: 90℃以上
曇点	: 30℃前後
添加量	: 2.6%（純量基準）
表面処理剤（樹脂酸カリウム）	
濃度	: 20±5%
温度	: 85±5℃以上
添加量	: 2.6%（純量基準）
表面処理方法	: 炭酸ガスによる流通攪拌（機械攪拌はなくてもよい）

（曇点の測定）

曇点は流動特性のひとつで、ここでは表面処理剤中の脂肪酸塩が析出して表面処理剤溶液が不透明になるときの温度をいう。

曇点が比較的高いと、脂肪酸塩が炭酸カルシウムの表面に吸着・固化する以前に、脂肪酸塩自らだけで析出・固化してしまう弊害がある。

（炭酸カルシウム懸濁液の濃度測定）

石灰乳の濃度と同様にして測定する。炭酸カルシウム懸濁液の重量（密度）から図4-5によって濃度%（g/100ml）を読み取る。炭酸カルシウム懸濁液も10%以上になると粘度が高くなり、気泡を包含することがあるので、測定に当たっては、メスフラスコの側面を軽く叩いて十分脱気する注意が必要である。

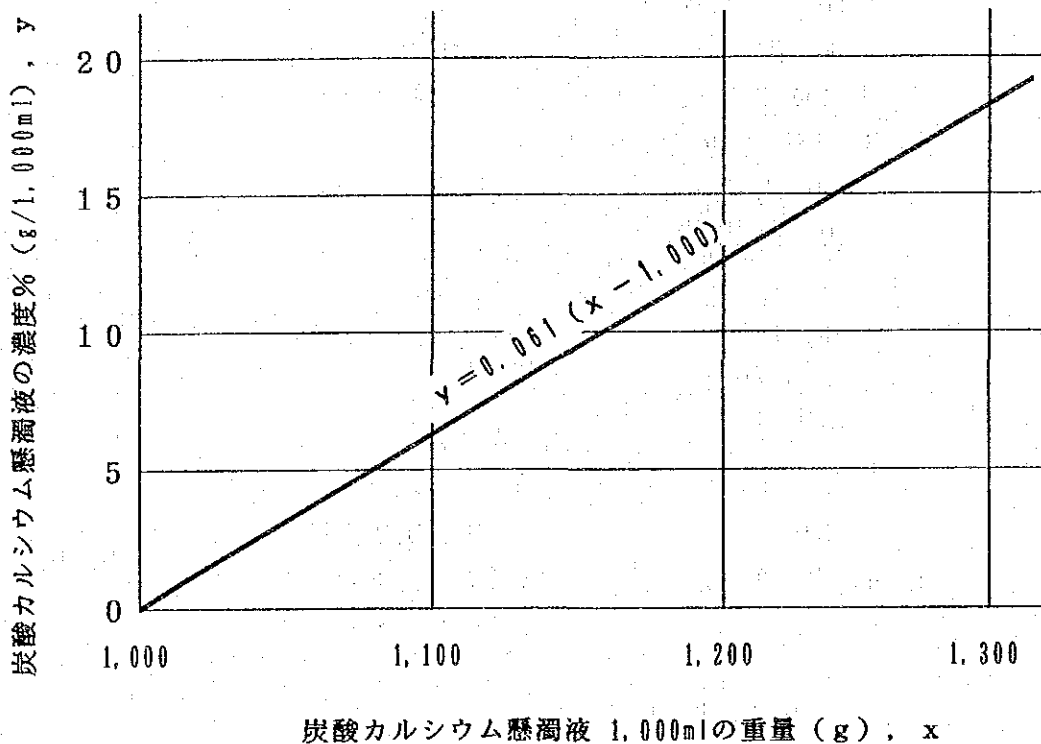


図4-5 炭酸カルシウム懸濁液の重量～濃度関係図

d. 表面処理剤の選択：

本廠で現在使っている表面処理剤（脂肪酸ソーダの10%溶液）の曇点は86℃と高く、不適當なものである。これは購入している脂肪酸が飽和脂肪酸であるステアリン酸¹⁾を主成分としているからと推定されるので、調達先に要望して、不飽和脂肪酸であるオレイン酸²⁾を多く含んで、鹼化後10%溶液の曇点が30℃前後になるようにすべきである。

ただし不飽和度の高いリノール酸³⁾、リノレン酸⁴⁾系を含有して曇点が下がった脂肪酸は、膠質炭酸カルシウムを使用する最終製品内で変質する恐れがあるので、適當でない。

樹脂酸はソーダ塩よりカリウム塩として使用する方がよく、最終製品の応用物性も優れている。本廠内で苛性カリウムによる鹼化まで手掛けるのは煩瑣であるから、鹼化のすんだ樹脂酸カリウムを調達することをすすめる。

注1) ステアリン酸 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

2) オレイン酸 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

3) リノール酸 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

4) リノレン酸 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

(表面処理剤の付着量の測定)

炭酸カルシウムに付着した表面処理剤の量は次のようにして測定する。乾燥した試料を 400°C で一定時間加熱し、加熱減量分を表面処理剤とする。 400°C で有機物は分解するが、炭酸カルシウムは分解しない。

e. ロット管理

表面処理剤を変更するときは、品番を新しく設定する。同種の表面処理剤でも購入先が変わったり、組成に大きな変化があるような場合には、製造ロットを厳格に区別する。顧客には事前に連絡をとるなどの対策も必要となる。

6) 後処理工程 (脱水、乾燥、粉碎・分級、包装)

a. 脱水工程 :

自由水を含んだ湿潤状態の膠質炭酸カルシウムは、チクソトロピックな流動特性 (揺変性) を呈するので、その脱水には遠心分離型の脱水機ではなく、圧縮濾過型の脱水機 (フィルタープレス) を使用するのがよいが、第一段階では手動・手締め of 簡単なフィルタープレスを購入し工場実験に使用することをすすめる。

開発試作の段階に入っても十分利用できる一連の試験系列の要素設備であり、脱水機での膠質炭酸カルシウムの挙動を知っておけば、商業生産設備にスケールアップしたとき、その知見が生きてくる。

手動式小型フィルタープレスは濾過面積が500mm×500mmの濾過盤20室で構成されている規模のものを考える。

b. 乾燥工程：

膠質炭酸カルシウムの乾燥には、その生産規模、品種構成、設備資金などを考慮して噴霧乾燥機・気流乾燥機・バンド乾燥機などから選択される。第一段階では、既存の超細炭酸カルシウム製造用の棚式乾燥機の一部を使って試作を行えばよい。

乾燥温度は十分に管理し、脂肪酸塩で表面処理した場合には湿球湿度80℃以下に、樹脂酸塩で処理した場合には湿球温度60℃以下に、それぞれ区別して保つべきである。これは恒率乾燥から減率乾燥に移ったときの、炭酸カルシウムの温度（品温）に関連し、高温状態での表面処理剤の変質を防ぐための留意事項である（ただし断つてあるように湿球温度の話であって、気流乾燥のように600～800℃の熱風で20秒以内の短時間に乾燥する例もある）。

棚式乾燥機のステンレス鋼製乾燥容器は、底部に適当な大きさ（3～5mm）の孔を10～20mm間隔であけて被乾燥材料間の通風を改善するとよい。

c. 粉碎・分級工程：

膠質炭酸カルシウムを製造するようになると、その乾燥品の粉碎には、微粉碎機は必須の装置である。第一段階では小型の粉碎・分級機を試験開発用に備える必要がある。粉碎機と分級機とを別々に設置するよりは、工程的にもつながっているので分級機内蔵型の小型粉碎機を購入・設置した方が効率的である。

d. 包装工程 :

膠質炭酸カルシウムの微粉碎品は非常に嵩高で大量の空気を包んでいる。これから脱気するためには、軽質炭酸カルシウムの包装工程の改善で述べたように、微粉碎した嵩高の膠質炭酸カルシウムを、上から吊り下げた布製の脱気筒に充填し、自重で下方に圧縮される過程で布組織から空気だけが外に脱して、嵩が減ることを利用する。第一段階では試験的に脱気筒をつけ、この段階での経験を生かして、第三段階ではスケールアップすればよい。

7) 検査および技術開発

- a. 膠質炭酸カルシウムの製造技術を開発するためには、人材・設備機器両方を整備・拡充する必要のあることは既に述べた。しかしもう少し広く高い観点から、この技術開発プロジェクトをみて、膠質炭酸カルシウムを新製品として上市し、本廠の経営に寄与するまでに育成するためには、総合的な開発体制（プロジェクトチーム）を組み、本廠の総力を結集して推進しなければならない。

技術開発・市場開拓・資金計画・原料調達・設備機器・工務工事・教育訓練のような分科会に分けて作業が進められる。

膠質炭酸カルシウムの技術開発については、生産活動とは別の開発グループを本廠内技術部門・生産部門の要員から選抜して編成し、第一段階での工場実験、第二段階での開発試作を通じて生産技術を確立するとともに、作業労働者を教育訓練し、商業生産へ移行するときの中核作業者を養成する。

試作製品は、試供品として市場開拓グループが顧客に頒布して市場拡大に役立てる考えである。

- b. ここでは膠質炭酸カルシウム製造の技術開発に必要な測定機器を中心に取り上げる。新製品を上市したあと必要となる技術サービス用の応用物性の測定機器は別にして、近代化計画の第三段階までに次の測定機器は装備することが望ましい。

- ① 電子式化学天秤
- ② 電子式上皿天秤
- ③ pH測定装置
- ④ BM型、BH型粘度計
- ⑤ ポーメ比重計一式
- ⑥ 標準篩一式
- ⑦ 赤外線水分計
- ⑧ 透過型電子顕微鏡 (TEM) ¹⁾
- ⑨ BET法比表面積測定装置
- ⑩ 光電管式白度計
- ⑪ 光透過遠心沈降式粒度分布測定装置

注1) Transmission Electron Microscope

電子式化学天秤・電子式上皿天秤・pH測定装置などは膠質炭酸カルシウムに限らず実験室に必要な基礎的機器である。天秤は電子式のものに更新することで作業は容易になり、作業効率も向上する。

c. 検査・測定については次のように考える。

炭酸化反応直後の膠質炭酸カルシウムについては、試作品毎に生成一次粒子の粒径・形状および粒子表面の活性化状態をみておくことが必要で、そのために必要な測定項目を列記する。

・電子顕微鏡 (TEM) 写真：

通常は40,000倍に拡大した写真から一次粒子の粒径 (μm)、形状およびその均一性、凝集状態を観察測定する。

・BET法比表面積：

炭酸化反応直後の炭酸カルシウムでは $27\text{m}^2/\text{g}$ を目標とする。膠質炭酸カルシウム製品の最低限界は $15\text{m}^2/\text{g}$ で、日本では $15\sim 27\text{m}^2/\text{g}$ を普通の膠質炭酸カルシウムとしている。

・沈降度：

懸濁液の濃度を 4° Beに調整し、その 100mlをシリンダーにとって室温に 1時間放置したとき、沈降容積が60ml以上から膠質炭酸カルシウムの範疇にはいる。80mlを目標とする。

・白色度：

光電管式白度計を使う。白色度88%以上を目標とする。

沈降度は本廠で測定できるが、特別の測定装置を必要とする他の項目は、第一・二段階では他の機関に測定を依頼するしかない。

最終製品の膠質炭酸カルシウムについては下記の測定項目がある。測定方法はJIS K5101 (1991年)の顔料試験方法¹⁾が基本である。膠質炭酸カルシウムに特有の測定法については解説をつけた。

注1) JIS K5101(1991年)顔料試験方法およびJIS M8850(1982年)石灰石分析方法の原本各 1部は、本溪市助剤廠あての本報告書にのみ添付する。

(見掛け密度の測定)

ゆるみ見掛け密度は、JIS K5101の嵩測定器またはパウダーテスターにより測定するのが正式であるが、相対的比較のためには、規定の主旨を生かして簡便法が工夫できる。

試料の目開き 0.5mmの篩の上にのせ、これを幾分かための刷毛(穂の長さ 20mm、巾15mmくらい)で、篩全面を一様に軽く掃いて、試料を一定容量(30ml、内径22mm×79mm)の円筒容器に受ける。試料が受器に山盛りとなるまでこの操作を繰り返す。次いで一辺が直線のへらで山の部分を削り取った後、円筒容器の重量を量る。試料の重量と受器の容量とから見掛け密度を計算する。

(44 μm篩残分の測定)

非イオン系界面活性剤の 5%水溶液を 350メッシュの篩を通して 300mlのビーカーに量り取る。これに30メッシュ(535 μm)の篩を通過し、塊をほぐした試料 20gを静かに加えて放置し、完全に湿潤させた後、攪拌機(プロペラ型攪拌翼 40mm×4枚)の回転数を500rpmに調節して 5分間攪拌分散させる。

分散した試料はそのまま $44\mu\text{m}$ の標準篩に振動を与えながらこれを通過させ、ゴム管で導いた水道水で篩面を洗い出す。流水中に試料が認められなくなるまで水洗する。

篩面上の残分は重量既知の 100ml のビーカーに移しとり、上澄液を除去した後、 $105\sim 110^\circ\text{C}$ の乾燥器で乾燥する。乾燥後はデシケーターの中で放冷し、秤量して $44\mu\text{m}$ 篩残分を求める。

(BET法比表面積の測定)

BET法比表面積測定装置を用い、窒素ガス分子の1点吸着法によって比表面積を測定する。これは主として一次粒子の大きさを測定している。

試料 3g を上皿天秤で薬包紙に量りとり、重量既知の試料セル(容量 15ml)に入れて、 $100\sim 110^\circ\text{C}$ の真空乾燥器で 60 分乾燥する。デシケーターの中で放冷後、試料の重量を 0.1mg まで正確に秤量する。試料セルを装置に取り付け、マントルヒーターにより $100\sim 110^\circ\text{C}$ に加熱して 10 分間脱気した後、マントルヒーターを取り去り、氷水の入ったデュワー瓶をあてがい、 0°C の下でデッドスペース補正圧を設定する。次に氷水のデュワー瓶を取り去り、試料セルの水滴を拭き取って、素早く液体窒素のデュワー瓶に取り付けて測定を始める。窒素ガスの導入圧力は $0.3\sim 0.4\text{kg}/\text{cm}^2$ とする。

この測定は自動で行われるが、装置によって取り扱いが異なる。取扱説明書にしたがって正しく操作するようにしなければならない。

測定時間は $20\sim 30$ 分である。

(煮アマニ油吸油量の測定)

煮アマニ油の吸油量の測定は、主として二次粒子の大きさを表す指標となる。

試料 5g をガラス板($250\text{mm}\times 250\text{mm}\times 5\text{mm}$)に量りとる。煮アマニ油を 5ml のピュレットから少量ずつ試料の中央に滴下し、その都度全体を鋼製のへら(刃長 163mm 、最大巾 61mm)で十分に練り合わせる。煮アマニ油の滴下および練り合わせの操作を繰り返す、全体が初めてかたいペースト状の塊となり、鋼べらで整形してひび割れのない棒状のものとなったときを終点とし、それまでに使用した煮アマニ油の量を求める。

ペースト状の塊が棒状になりにくい性質の試料は、煮アマニ油の1滴で急激に柔らかくなる。これがガラス板に粘りつく直前を終点とする。

練り合わせの時間を含めて測定時間は約 20 分である。

(白色度の測定)

光電管式白度計を使用して、試料と白度標準板の反射光量の比較から白色度を求める。

試料を試料皿に盛り、へらで押しつけて試料面を平らにする。試料皿を回転板の孔に入れ、最初に白色度標準板の指度を確認した後、回転板を回して試料の指度を読み取り、この読みを白色度として整数位に丸める。この測定も装置の取扱説明書にしたがう。

(pHの測定)

ガラス電極を備えたpH測定装置を使用する。試料5gを100mlの三角フラスコに量りとり、純水100mlを加えて栓をし、約10秒間激しく振り混ぜて30分間放置する。再び軽く振り混ぜたのち、100mlのビーカーに移しかえてからpHを常法にしたがって測定する。

水になじまない試料（たとえば脂肪酸塩で表面処理した膠質炭酸カルシウム）は、あらかじめ30%エタノール水溶液10mlを加えて完全に潤し、純水90mlを加えて同様に操作して、pHを測定する。

(水分の測定)

赤外線水分計を使用するのが簡便である。試料5gを試料皿に正確に量りとり、赤外線水分計のランプの高さを調節して105～110℃で乾燥する。恒量になったときの減量目盛りを読み、水分率を算出する。

赤外線水分計を使わない場合は、105～110℃の恒温乾燥器中で2時間乾燥したあと、デシケーター内で放冷し、秤量する。

第一段階での検査・評価は、原則として炭酸化1バッチ毎にサンプリングしてできるだけ多くのデータを集積し、炭酸化条件と対比しながら、本溪市助剤廠独自のノウハウを確立するよう希望する。

どの項目をどのくらいの頻度で検査・評価すべきかは一概に言えない。検査・評価の目的を十分認識した上で、必要な項目は数多く、必要性の少ない項目は頻度を減らして有効に検査すべきである。検査要員の数で検査項目や頻度を定めるべきではない。

原料石灰石、製品炭酸カルシウムの化学分析 (CaO、MgO、SiO₂など) については、原料石灰石に大きな変化があった場合を除き、通常では月に 1回で十分である。逆に月に 1回程度は分析して原料石灰石に異状はないかを監視しなければならない。

d. 膠質炭酸カルシウムの品質目標

開発目標とすべき膠質炭酸カルシウムの品質を表 4-3に掲げる。これらの品質目標を達成したら国際的にも通用する膠質炭酸カルシウムの技術を確立したと言える。高付加価値の製品は関連業界で正しく評価されるであろう。

表 4-3 膠質炭酸カルシウムの品質目標値

品 質 \ 種 類			脂肪 酸 ソーダ 処理 膠質炭酸カルシウム	樹脂酸カルシウム処理 膠質炭酸カルシウム
化 学 組 成	CaO	%	54.1	54.1
	MgO	%	0.3	0.3
	SiO ₂	%	0.1	0.1
	Fe ₂ O ₃	%	0.06	0.06
	Al ₂ O ₃	%	0.34	0.34
	Ig. loss ¹⁾	%	45.1	45.1
一 般 物 性	白色度	%	88~92	88~93
	44 μm篩残分	%	0.20~1.00	5.0~10.0
	見掛け密度	g/ml	0.34~0.42	0.39~0.47
	BET法比表面積	m ² /g	15 ~27	15 ~27
	煮アマニ油吸油量	ml/100g	26.5~28.0	24.0~26.0
	pH		8.5~9.3	8.4~9.4
	水分		0.7~1.0	0.7~1.0

注1) 灼熱減量 (ignition loss)

- e. 現時点では本廠の研究・技術開発の最大の課題は、膠質炭酸カルシウムをいかに早期に確実に製品化し得るかにある。開発を成功させる要点は目標を定めたら、その一点に集中し途中で目標を変えたりしないことである。開発の目処が立ってくると、あれも取り入れたい、これも変えたいなど当初の計画にはなかった要望がでてくるが、開発が完全に完了するまでは、それを取り上げてはならない。改善は開発が成功してから継続的に行われなければならない性質のものである。

膠質炭酸カルシウムの開発に成功すれば、開発過程で蓄積された技術・管理手法そして自主開発したという自信が次の開発への意欲となり、開発を（比較的）容易にすると考える。逆に膠質炭酸カルシウムを商品化した後でなければ、さらに付加価値の高い超膠質の分野に挑戦することは不可能なことである。進歩は一步一步でしかないが、振り返ってみると高い位置に到達するものなのである。

膠質炭酸カルシウム製造のノウハウの要点は、第一段階の記述の中にすべて在る。ここで指導したとおり工場実験を繰り返し基礎技術を習得するのが、近代化計画の第一歩である。この段階では自らの改善は不要である。むしろ弊害になる。厳格に指示事項を守って工場実験すること。

(2) 第二段階

第一段階で表面処理剤（あるいはその原料）を含む原材料の調達条件の改善を提案し、炭酸化反応工程を中心とした少量単位の工場実験によって膠質炭酸カルシウムの製造条件を体得するはずである。また懸濁液や粉体の試験法を通じて、膠質炭酸カルシウムの特性を十分把握した上で、この第二段階では技術開発チームの担当者全員がいつでも企業化に対応できる自信を確立すべきである。

第二段階では商業生産用実機と同じ 5m³の炭酸化反応器を 1基製作・設置し、炭酸化・表面処理の操業条件を確立する。試作した膠質炭酸カルシウムは、顧客に供試するので製品品質に対して自信と責任を持たなければならない。

1) 原材料の受け入れ

a. 石灰石 :

第一段階と同じ状況である。石灰石「白石」の専焼化をすすめる。原石の大きさは150～200mmである（現在の受け入れ基準）。焼成炉改修後の原石の大きさは、もう少し小さい40～80mmが理想的であるので、ひきつづき石灰石「白石」の調達先と折衝すべきであろう。

b. 無煙炭 :

燃料炭の品質には問題ないから、炭塊がやや小さめの30～60mm程度のものを受け入れるようにする。

c. 表面処理剤 :

第一段階の表面処理工程で詳述したように脂肪酸ソーダ、樹脂酸カリウムの調達の可能性を検討する。脂肪酸ソーダを購入する場合は、曇点（10%溶液で測定）の受け入れ基準（暫定）30℃前後を満足するものが入手できるよう交渉しなければならない。

2) 焼成工程

a. 原料石灰石の大きさが200mmを超えるものは、人手による小割り作業をしてきた（第一段階）が、簡単な粗砕機を購入し、後述する焼成炉の改修が完了した時点で、さらに望ましい大きさ40～80mmにまで粉碎することに備える。無煙炭は30～60mmがよい。

b. 焼成炉は通常3年に1回くらいの頻度で煉瓦の張り替え補修を行っているが、この定期修理期間を利用して各焼成炉に火格子、空気分配器、温度指示記録計、圧力指示記録計を年次計画をたてて順次行うようにする。

空気分配器と火格子の概念図を図4-6に示す。

- c. 焼成炉の操法は、第一段階で提案したインターバル操炉法を徹底し、焼成炉-炭酸ガス圧縮機間の空気吸入を防止して、炭酸ガス濃度が常に20%以上を維持するよう保守・点検する。
- d. 焼成炉に空気分配器・火格子を設置し、石灰石・無煙炭の大きさを適正化すれば、日本の実例からみても、90m³の焼成炉で80トン/日の石灰石を焼成することが可能であると推定される。

軽質炭酸カルシウムを2万トン/年、膠質炭酸カルシウムを1万トン/年、合計3万トン/年製造する場合、原料の石灰石CaCO₃ 1トンから生石灰CaO 0.5トン(89%)、消石灰Ca(OH)₂ 0.6トン(81%)、製品沈降炭酸カルシウム0.74トン(74%)ができるという本廠の実績から、総合の歩留まりを70%と置いて

$$\text{炭酸カルシウム 3万トン/年} \times \frac{100}{70} \approx \text{石灰石 43,000トン/年}$$

に相当し、143トン/日¹⁾の石灰石を焼成すればよいから、現有焼成炉4基(炉容積80m³、100m³、70m³×2)のうち常時3基運転できるように計画すれば、焼成炉の増設は必要ない。保守・点検整備を十分に行えば可能と考える。計算上は90m³の焼成炉で80トン/日の石灰石が焼成できるとすれば、現有の小さい焼成炉(70m³)2基の組み合わせでも石灰石124トン/日の焼成能力がある。

注1) 月間の実稼働率を83%として換算

- e. 焼成炉の改修(空気分配器・火格子)が完成し、石灰石の大きさが150~200mmから40~80mmになり、無煙炭も50~100mmから30~60mmに全面的に切り替わってくれば、上述の能力だけでなく、燃料の無煙炭の原単位も低下してくる(目標は石灰石100に対して無煙炭11である)。
- f. 上記の改修を行った早い時期に、焼成炉の焼成能力を確認しておく必要がある。既存の焼成炉を改善して焼成能力を増すのが、投資も少なくて効果的である。

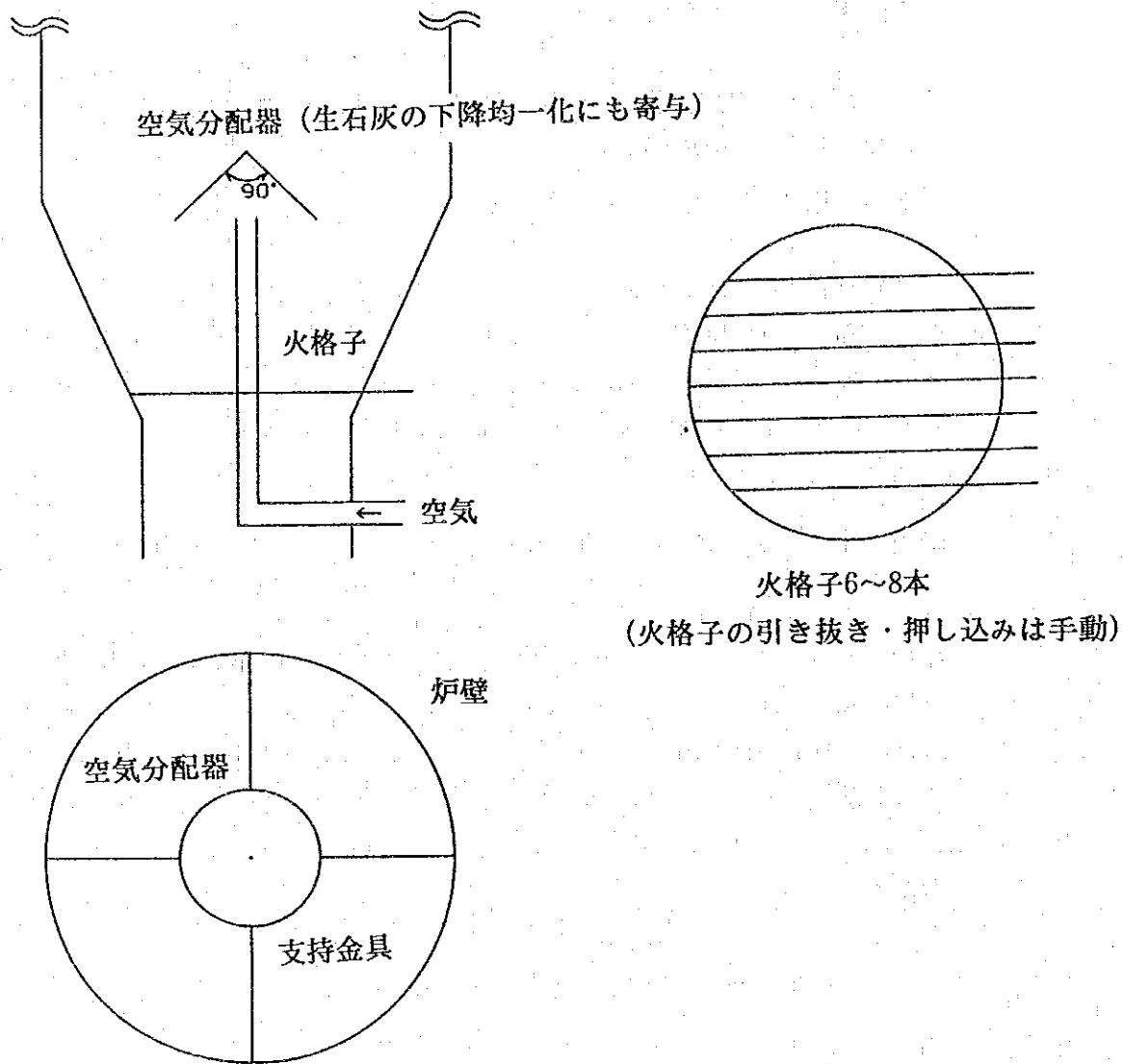


図4-6 空気分配器と火格子の概念図

3) 水化工程

- a. ロータリー式の水化機の利用を考慮して、既に述べた水篩の改善（80メッシュ+ 120メッシュ+ 200メッシュ+ 250メッシュの多段階水篩）を実用化し、水化条件（水量、水温）を厳密に管理することを日常化する。流量・温度・濃度の指示記録計の設置が必要である。
- b. 水化工程も一連の改修工事が終わったら、なるべく早くロータリー水化機の水化能力を調査しておかなければならない。部分的なボトルネックは対策を講じ、全体計画が遅れないように注意する。
- c. 開発試作の炭酸化反応は既存の超細炭酸カルシウム工場で行われるから、これに使用する石灰乳は超細炭酸カルシウム用のものでよい。

4) 炭酸化工程

- a. 炭酸化反応器は、第二段階で商業生産に使うものと同じ反応器 1基を超細炭酸カルシウム工場内に設置する。目的とするところは、商業生産のための製造条件、ノウハウの確立、顧客供試用試料の製造、作業労働者の教育・訓練などである。

炭酸化反応器は膠質炭酸カルシウムの製造に適した設計になっているから、既存の反応器とは形状が大きく変わっている。

図 4-7にその概略図を示す。設計の要点は反応器有効反応容積の円筒部液深/直径の比 (L/D) が 1であること、円錐底部の内角が 90° であること、炭酸ガスの導入管が炭酸ガスの分散・流通を妨げることのないよう反応器頂から垂直に下りていること、その開口部はとくに複雑な形状は不必要であるが、底部中央に導入管径に等しい距離を隔てて位置していることである。攪拌装置は不要。炭酸ガスによる流通攪拌で十分である。

反応液量は約 5m^3 であるが、この規模ではあらかじめ石灰乳の濃度・温度を厳しく規定しているので、反応器に冷却用ジャケットは付いていない。反応初期の濃度・温度さえ守れば、その後の反応温度は制御する必要はない。

- b. 炭酸化反応の条件は、ある範囲内では反応器の大きさで変わらないから表 4-1に示したとおりである。実際の試作実験を通じて、最も操作し易く、品質の優れた膠質炭酸カルシウムが得られる詳細条件を確立する必要がある。これが本廠の製造ノウハウとなるものである。

特に注意しなければならないことは、反応開始の炭酸ガスの導入は一挙に行われなければならない。はじめに少量でも炭酸ガスが反応器内に洩れていると膠質炭酸カルシウムは製造できない。したがって炭酸ガス導入管の弁は点検を怠らず、洩れが絶対がないことを常に確認しなければならない。逆に膠質炭酸カルシウムの形状が理想的な立方体微結晶にならないときは、反応開始時の炭酸ガスの導入方法の標準化が不十分であるか、導入管の弁の閉止状態を疑ってみることである。

補給する用水量を減らすために、他の工程から循環水を水和工程あるいは炭酸化工程に使用する場合には、循環水の炭酸化イオンの影響を考えなければならない。炭酸化イオンの存在は反応開始前に炭酸ガスが洩れ込んだのと同じ状態になる。このような状態を避けるために循環水に水酸化カルシウム（石灰乳）を反応させて炭酸イオンを炭酸カルシウムとして除いておかなければならない。

- c. この反応器の有効反応容積は 5.34m^3 であるから、4% (g/100ml) の石灰乳を反応させると、膠質炭酸カルシウム 289kg (5.4%の懸濁液中の炭酸カルシウム固形分) を試作できる。

$$5.34 \times 10^3 \times \frac{40}{1000} \text{ (濃度項)} \times \frac{100}{74} \text{ (分子量項)} = 289$$

この濃度5.4% (g/100ml) の膠質炭酸カルシウム懸濁液を反応槽内に約1昼夜放置し、上澄液を排出して濃度14%程度に濃縮する。第二段階ではこのように反応槽は濃縮槽を兼ねる。濃度14%が設定値である。この濃度に濃縮するため、必要ならば（つまり濃縮に要する時間を短縮するため）、沈降促進剤としてポリアクリルアミドおよび／あるいはポリ塩化アルミニウム (PAC) を10~20ppmまでは使用してよい。

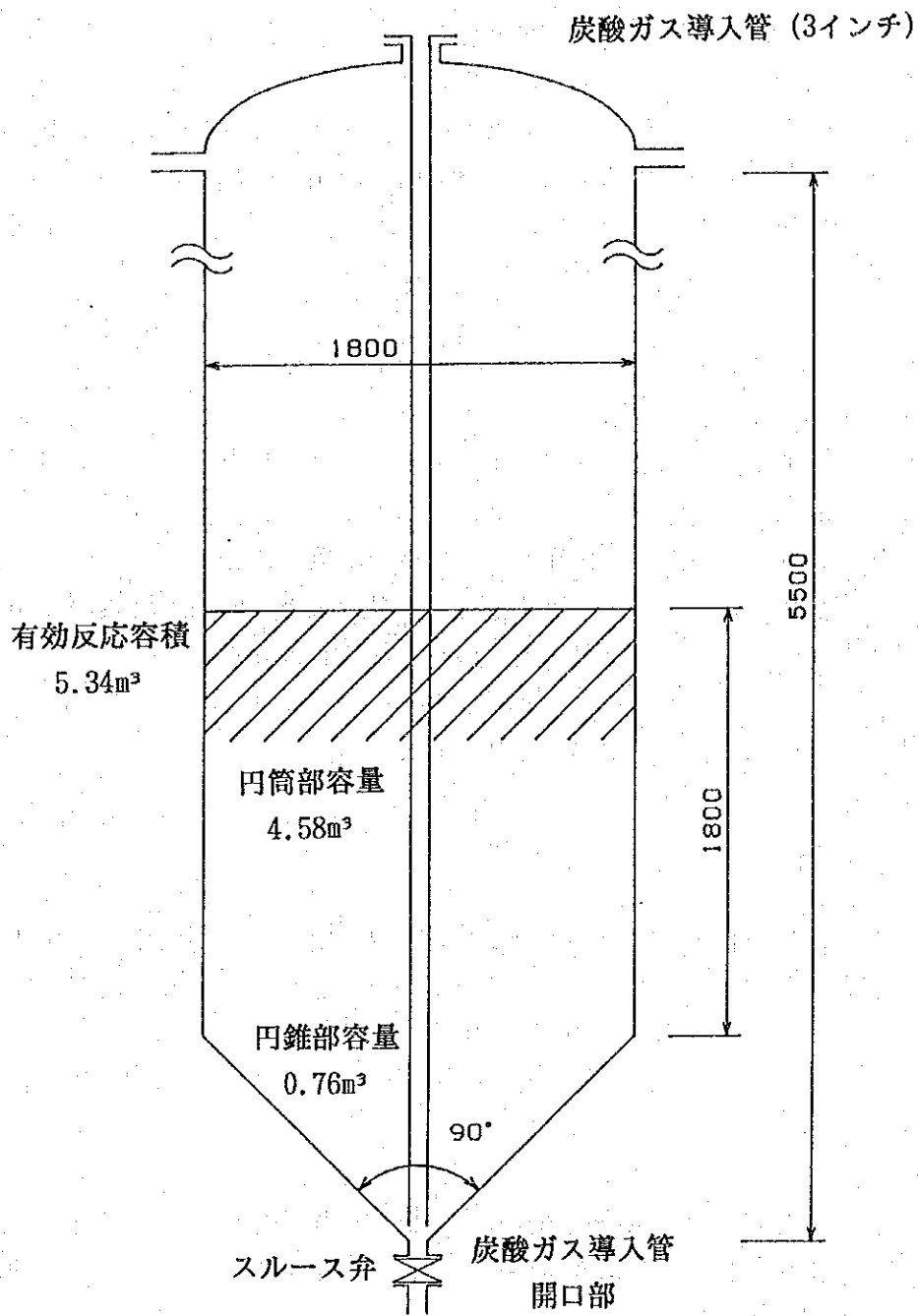


図4-7 膠質炭酸カルシウム製造用炭酸化反応槽の概念図

5) 表面処理工程

- a. 前工程で14%まで濃縮した膠質炭酸カルシウム懸濁液を表面処理する。懸濁液のpHは炭酸化反応が終わった時点では6.8になっているが、時間の経過とともに脂肪酸塩がわずかに加水分解し、pHは上昇する。表面処理を行う前に炭酸ガスを導入してpHを6.8まで下げておかないと、表面処理剤溶液を添加し、炭酸ガスの流通攪拌を始めたときに発泡現象が激しい。開発試作段階では、炭酸化反応槽が表面処理槽を兼ねる。
- b. 表面処理剤の種類によって開拓すべき市場が異なる。脂肪酸ソーダで処理した製品は主としてゴム・プラスチック・シーリング材業界を、樹脂酸カリウムで処理した製品は、塗料・印刷インク業界を対象に試作品を配布し、商業生産の開始に先駆けて市場を開拓しておく。なお製紙業界向けには、軽質炭酸カルシウムあるいは粒径 $0.2\mu\text{m}$ 程度の炭酸カルシウムがよい。顧客の要望・意見は技術開発グループが整理して受け止め、製品の品質の改善・新製品の開発につなげるような体制をつくらなければならない。

6) 後処理工程（脱水、乾燥、粉碎・分級、包装）

a. 脱水工程

第一段階で購入した手動式小型フィルタープレスを利用する。炭酸化反応は毎日行うわけではないので小型フィルタープレスを十分に活用して脱水処理する。

b. 乾燥工程

乾燥は既存の超細炭酸カルシウムの棚式乾燥機を使用し、一部の乾燥容器を利用する。乾燥条件が合わなければ、試供品として必要量を実験室の恒温乾燥器で乾燥してもよい。

c. 粉碎・分級工程

第一段階で購入した試験開発用の小型微粉碎分級機を使用する。

d. 包装工程

第二段階では製品は試供品となるだけである。しかし試供品と言っても本溪市助剤廠を代表する試料であるから、袋あるいは容器に充填し、ラベル表示をして顧客にプレゼンテーションしなければならない。ラベルには品名、ロット番号（製造の条件が追跡できるようにする）、製造年月日、本廠名などを記載する。

顧客での検討が進むとさらに多量の試料を要求されることになるので状況に合わせた対応が迫られる。顧客に提供した試料と同じものを保存用試料として一定期間は保管すること。顧客との協同研究・技術サービスに貴重な試料となる。

商業生産に備えて、粉体の脱気装置を製作し脱気効果を確認しておく。第一段階でつくった脱気筒をスケールアップして実機に対応できるようにする。

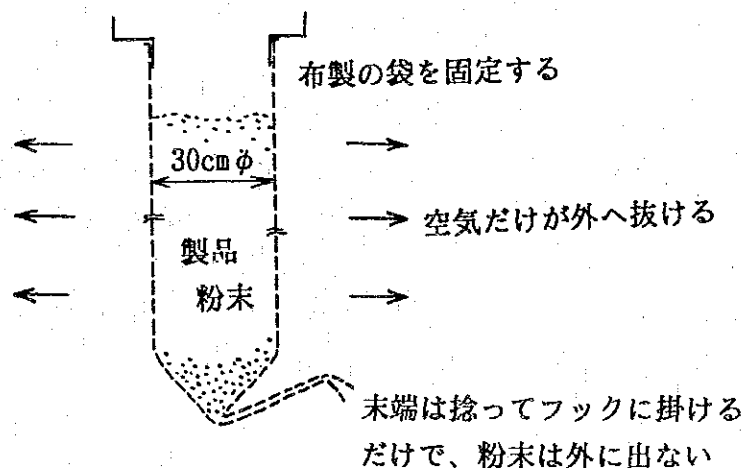


図4-8 脱気筒の概念図

7) 検査および技術開発

第二段階の炭酸化反応・表面処理の試験データは、実機での操業データであるから貴重である。操業条件と製品品質との対応がとれるようよく整理しておくこと。電子顕微鏡写真、BET法比表面積、白色度は外部機関を利用する。なるべく多数のデータを集積することが望ましいが、事情によって外部機関を利用できない場合でも試料は保存しておいて、本廠に測定機器が入ってから分析し、データを補充する。

既存設備を共用する焼成・水化工程でも流量・濃度・温度・圧力の指示記録計を装備し、データを集積しなければならない。

(3) 第三段階

ここでは膠質炭酸カルシウム年産10,000トンを生産するときの設備の概念設計を中心に述べる。製造方法・製造条件は第一・第二段階で説明したが、設備の上でそれを具体化しなければならない。基本的な考え方・要点は記述したので、中国側はこれに基づいて詳細設計をし製作・工事する段取りとなる。

1) 膠質炭酸カルシウムの製造工程

膠質炭酸カルシウムの製造工程は、本質的には現在本廠で製造している超細炭酸カルシウムの工程と変わらない。しかし製品としての超細炭酸カルシウムは膠質炭酸カルシウムとは別のモノである。その違いが製造技術であり、ノウハウなのである。

これまでに述べたことを取り入れて改めて膠質炭酸カルシウムの製造工程図として図 4-9に示す。

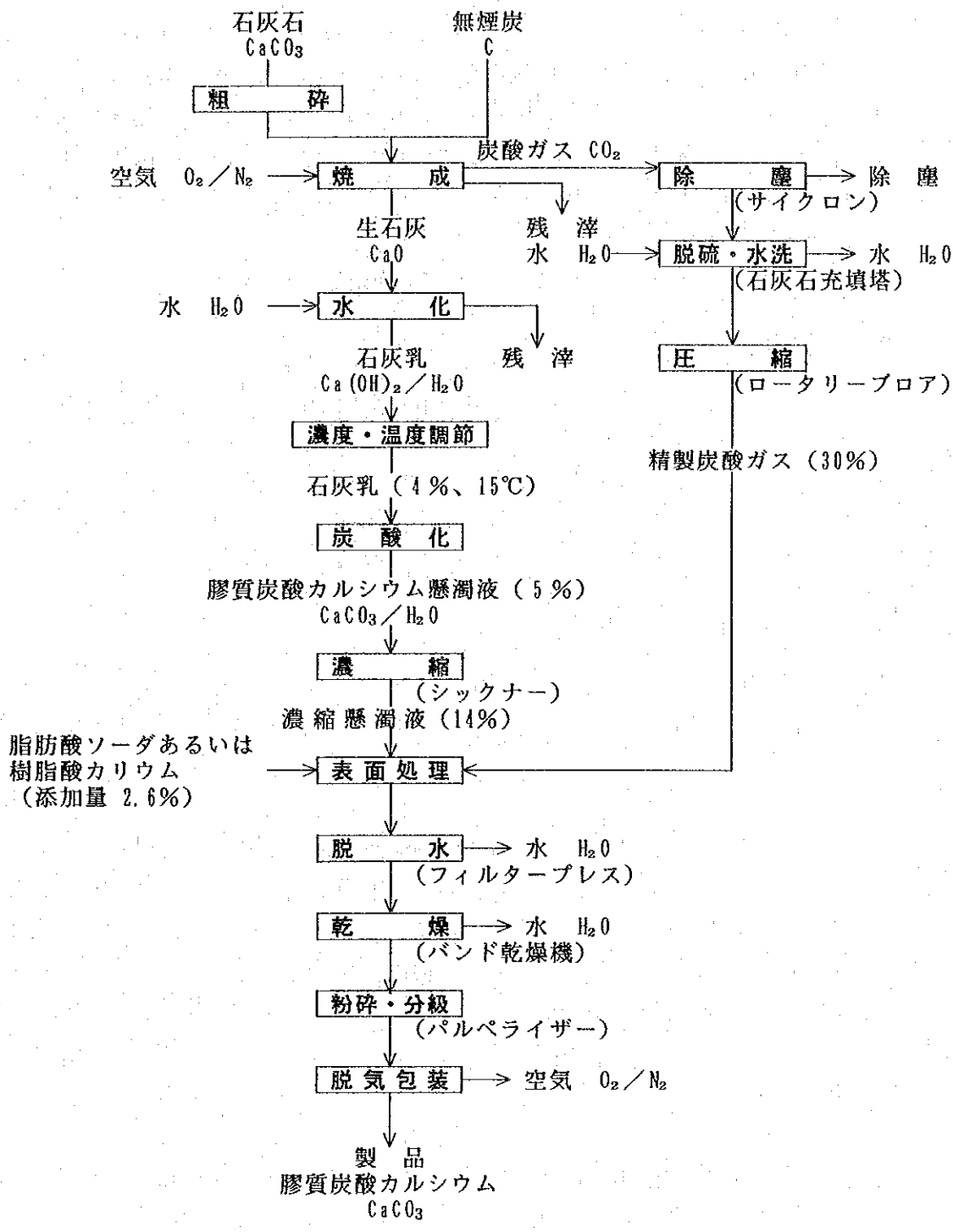


図4-9 膠質炭酸カルシウム製造工程図

この製造工程図に基づいて、工場実験・開発試作が行われるが、その開発過程で得た情報を取り入れて詳細の物質収支図を作り上げる。物質収支図にはある工程から他の工程へのリサイクル（循環流）を含むから、平衡状態を推定して物質の入と出を合わせる。焼成から包装までの全工程を網羅し有機的に連結していなければならないから、大変な作業である。詳細設計の始まる前までには、物質収支図と同様の意味での熱収支図が完成していなければならない。物質収支図が基になって、たとえば廃水の量や組成も推定できるのである。

概念設計の基礎として、膠質炭酸カルシウムの生産量は以下の数値を使う。1ヶ月の稼働率は83%として計算している。

膠質炭酸カルシウム	10,000	トン／年
	840	トン／月
	34	トン／日
	1.4	トン／時

2) 原材料の受け入れ

a. 石灰石 :

焼成器の改良、すなわち空気分配器・火格子・計測機器の取り付けは時間がかかるから、第三段階においても改修が完了した焼成炉に使用する石灰石は40～80mmの「白石」を、まだ完了していない焼成炉には150～200mmの「白石」を購入すべきである。調達・在庫管理は煩雑になるが過渡的措置としてやむを得ない。

b. 無煙炭 :

無煙炭についても改修炉用としては、塊径が30～60mmの大きさのものを、未改修炉用には50～100mmのものを購入して使い分けるようにする。

c. 表面処理剤 :

第二段階の開発試験を通じて商業生産時に使用する表面処理剤のメーカー・調達先を決める。脂肪酸ソーダ（10%溶液の曇点は30℃前後）、樹脂酸カリウムとして調達する方向がよい。

3) 焼成工程

焼成炉に投入する原燃料の質と大きさについては前項のとおりである。これまで焼成炉の設備上の改修、操炉法の改善（インターバル操炉法）、計測機器（温度・圧力）の設置、炉圧の安全問題、排出炭酸ガス経路の空気の洩れ込み点検などが近代化の課題である。

インターバル操炉法の採用、経路の空気の洩れ込み抑制などによって炭酸ガス濃度は上がると期待されるが、炭酸ガスの高濃度化がよいのは膠質炭酸カルシウムの製造についてである。軽質炭酸カルシウムの製造ではむしろ15~20%の炭酸ガス濃度がよく、一旦炭酸化工程を経た排ガスあるいは表面処理工程の排ガスを利用する場合もある。

4) 水化工程

焼成工程での「白石」専焼を前提にすれば、既存のロータリー水化機で軽質炭酸カルシウム年産 2万トンおよび膠質炭酸カルシウム年産 1万トンに対応できると考える。初期投資額を極力抑え投資効果を高めるためにも、最小限の改善にとどめるのが良策である。具体的な改善策は第2章に述べたとおりである。共通の石灰乳貯槽から、必要に応じて膠質炭酸カルシウム用石灰乳濃度温度調節槽に石灰乳を受け入れる。

5) 炭酸化工程

炭酸化工程以降の工程は、膠質炭酸カルシウム工場として新設する。設置場所およびレイアウト（案）は、既存の超細炭酸カルシウム工場の山側用地を予定している。別項に概略を述べる。

この工程では石灰乳の調整、炭酸化反応および生成した膠質炭酸カルシウムの濃縮までを取り扱う。

a. 石灰乳濃度温度調節槽 :

炭酸化反応に供する石灰乳はあらかじめ濃度・温度を所定の範囲（濃度 $4 \pm 0.5\%$ 、温度 $15 \pm 2^\circ\text{C}$ ）に調整しておかなければならない。

この調整槽は、受け入れ中の槽、調整中の槽・調整済みの槽、使用中の槽（現に炭酸化反応槽へ供給中）の4槽を設置する。調整槽は攪拌機・冷却加熱ジャケット付き、 $2\text{m}\phi \times 3.5\text{m}$ 、容量約 10m^3 の槽である。

製品膠質炭酸カルシウム 34トン/日として、4%の石灰乳の使用量は

$$34 \times \frac{74}{100} \text{ (分子量項)} \times \frac{100}{4} \text{ (濃度項)} \times \frac{81}{74} \text{ (歩留項)} \approx 780$$

すなわち $780\text{m}^3/\text{日}$ となる。調整槽の有効容積を 7.8m^3 とし、4基で運転すれば、

$$780 / (7.8 \times 4) = 25$$

となり、1日1基当たり25回の使用で、操業可能である。

生石灰重量（仮に 100kg ）から歩留り90%で水化できるとすれば、水化後の純水酸化カルシウムは 119kg である。水化水は合計で生石灰重量の7倍量加えているから、水酸化カルシウム濃度は15%となる。

$$119 / (100 + 700) \approx 15\%$$

温度は次のように推定される。生石灰重量の3倍量の水を加えて自発的に反応させ 100°C まで昇温したとし、それに4倍量の水（ 15°C ）を加えて冷却・希釈したとすれば（比熱を $1\text{kcal}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ とし）、石灰乳（15%）の温度は 57.5°C となる。15%の石灰乳の流れる配管を伏流水（ 15°C ）のプールに蛇行させて 30°C まで冷却する。 30°C の石灰乳 $208\text{m}^3/\text{日}$ に対して 10°C の冷却水（chilled water） $572\text{m}^3/\text{日}$ を加えれば、濃度4%・温度 15°C の石灰乳 $780\text{m}^3/\text{日}$ ができる。

夏場を考えると 15°C の伏流水を 10°C の冷却水 $24\text{m}^3/\text{時}$ （ $\approx 572/24$ ）にする冷却装置（ $12\text{万kcal}/\text{時}$ ）を設置する。

冷却の方法は他にもいろいろ考えられる。また最も暑い夏場には膠質炭酸カルシウムの製造をせず超細炭酸カルシウムを製造するなど生産計画上の工夫もできる。

b. 炭酸化反応槽

炭酸化反応は回分式の反応槽で行う。図 4-7に示した反応槽と同じものを 6基新設する。槽容積がこれ以上大きいと膠質炭酸カルシウムは製造しにくくなる。

有効反応容積は 5.34m^3 だから、1回の炭酸化反応で生成する膠質炭酸カルシウムの量は

$$5.34 \times \frac{40}{100} \text{ (濃度項)} \times \frac{100}{74} \text{ (分子量項)} \approx 289$$

すなわち 289kg /バッチ (5.4%の膠質炭酸カルシウム懸濁液中の膠質炭酸カルシウム固形分)。生産量は 34トン/日 であるから

$$34,000 / 289 \approx 118$$

したがって 1日に 118バッチ、1直に40バッチの反応を行われなければならない。1バッチの所要反応時間を 1時間とみれば

$$40 / 8 = 5$$

となり、5基が最低必要基数である。予備をみて 6基設置する。

第二段階で既存の超細炭酸カルシウム工場に設置した 1基は、今後の開発試作用にそのまま設備しておくが、この期間に配管を整備して石灰乳の受け入れ、膠質炭酸カルシウム懸濁液の払い出しが新設工場からもできるように改造する。

c. 炭酸ガス供給用ロータリープロア

第一段階ですでに炭酸ガスの精製法の改善、すなわちスクラバーに石灰石を充填して脱硫・除塵を強化している。また炭酸化反応槽は既存の反応塔に比べて圧力損失が小さい形状になっているので、炭酸ガスの供給には往復駆動型圧縮機ではなく、保守管理の容易なロータリープロア (ルーツプロア) を採用する。ロータリープロアは 75kW 、 $30\text{Nm}^3/\text{分}$ の容量のもの 1基で、既存の圧縮機室に設置できる。

d. 膠質炭酸カルシウム懸濁液濃縮槽

炭酸化反応を終えた膠質炭酸カルシウムの懸濁液は約 5%である。これを 14%まで沈降濃縮して表面処理工程に移送する。濃縮槽は、直径の大きい液深の浅い形状が有効であるが、床面積の制約もあるので、ここでは直径5mφ・液深3mの槽 1基を設計した。槽容量は約59m³である。1日に 118バッチ分の 5%懸濁液すなわち約 630m³ (=5.34×118) を濃縮することになるから、濃縮槽での平均滞留時間 (沈降時間) は、

$$59 / (630 / 24) \approx 2.25$$

2時間15分程度である。表面処理に供給する前に14%まで濃縮する必要があるから、沈降時間が足りない場合は極少量の有機沈降促進剤・ポリアクリルアミドおよび/あるいはポリ塩化アルミニウムを添加して調整する。これらの沈降促進剤は10～20ppmまでが許容できる。これ以上の添加は製品への影響をよく確かめながらすすめる必要がある。沈降促進剤は懸濁液濃縮槽の前に設置されたフローボックスで添加される。ここで膠質炭酸カルシウムのフロックが形成され、濃縮槽での沈降を促進する。

e. pHの測定

炭酸化反応の終点を判定する上で、pHの測定は重要である。石灰乳から膠質炭酸カルシウムの懸濁液に変化する中でのpH測定はとくにpHセンサーであるガラス電極を定期的に点検洗浄して正常に働いていることを保証しなければならない。

炭酸化反応槽内液の液性 (pH) は、反応初期の11.5位から反応終点の 6.8まで変化する。pHは反応の過程を最も的確に把握できる指標であるが、pH計のセンサー部が反応液のpHを正しく追従するためには工夫を要する (図4-10)。反応液を小さなポンプでくみ出してpH測定用のポットに満たし、ポットからは絶えず溢流して反応槽へ循環する流路をつくる。pH計のセンサー部は 2個準備して、1直毎にガラス電極部をうすい塩酸で洗浄し、交互に使用する配慮が必要である。

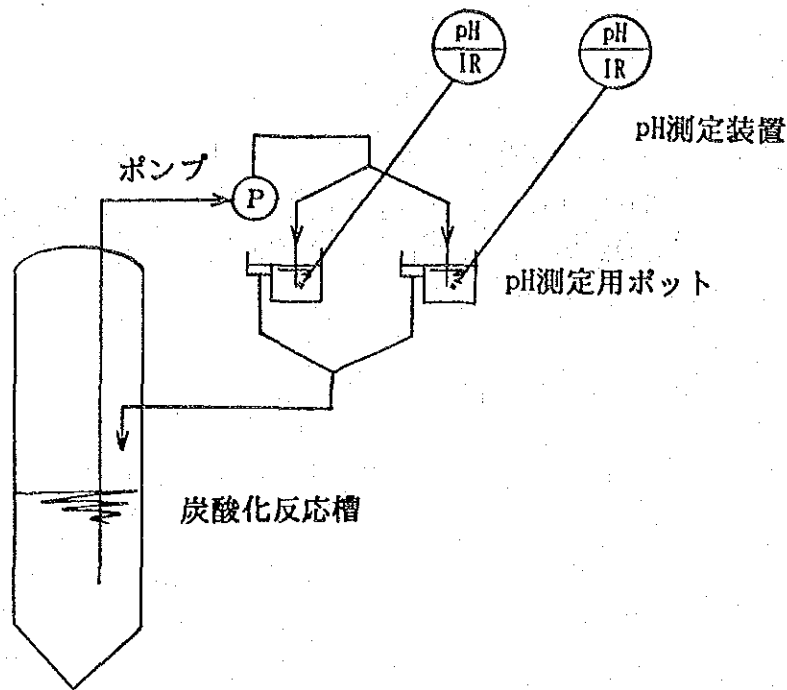


図 4-10 炭酸化反応液のpH測定

炭酸化反応槽に供給される炭酸ガスの濃度が常に30%に維持されているとすれば、反応槽からの排気の炭酸ガス濃度は、反応初期に15%程度にまで下がり、反応の進行とともに変化して反応終期には供給濃度30%に等しくなる。この時点で反応吸収は完了している。pHの変化はこの反応吸収の経過に対応しており、以後炭酸ガスの供給を続けてもpHは6.8のままで変化しない。

6) 表面処理工程

膠質炭酸カルシウムの製造に関しては、炭酸化反応とともに重要な工程で、製造技術のポイントとなる。表面処理技術の要点はすでに述べたので、新設する設備について解説する。

a. 表面処理槽

表面処理槽の形状・大きさは炭酸化反応槽のそれと大きくは変わらない。それゆえに第二段階での試作開発用表面処理槽は炭酸化反応槽が兼ねた。

表面処理剤は一種の界面活性剤であるから、これを被処理懸濁液に添加し、炭酸ガスを流通して攪拌すると発泡する。そのために表面処理槽は炭酸化反応槽よりは液面の空間部分を大きくとってある。図4-11に表面処理槽の概略図を示す。

膠質炭酸カルシウムの生産量は 34トン/日が基礎である。表面処理 1バッチの所要時間は 1時間として、表面処理槽 1基で 1日20バッチは処理できる。被表面処理懸濁液量は 5.34m^3 、懸濁液濃度14%であるから 1基が 1日でも処理できる膠質炭酸カルシウムは15トンである。

$$5.34 \times \frac{14}{100} \text{ (濃度項)} \times 20 \text{ (回分項)} \approx 15$$

したがって

$$34 / 15 \approx 2.2$$

実際には表面処理槽 3基を設置する。

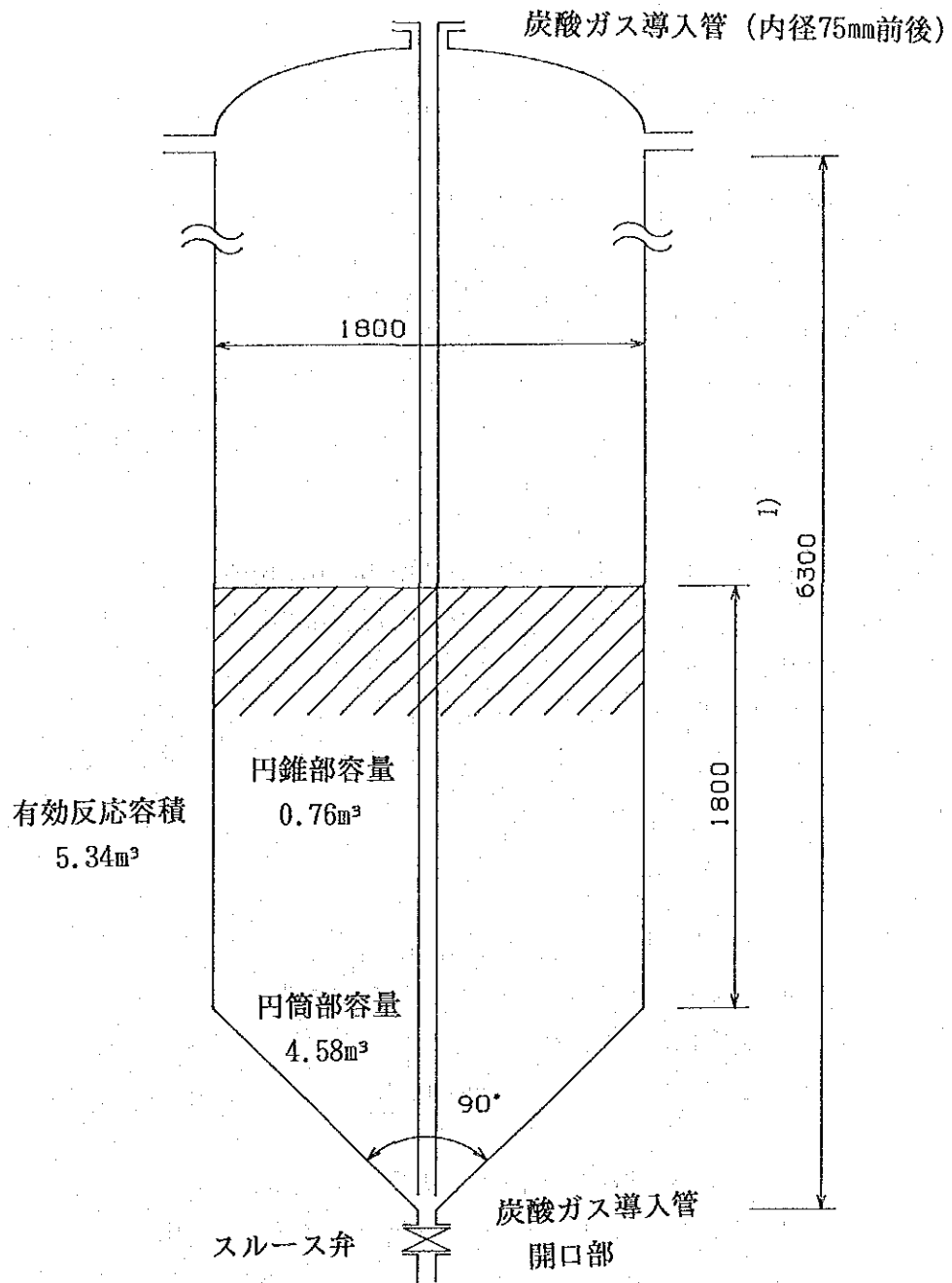
b. フィルタープレス用懸濁液供給槽

表面処理を完了した膠質炭酸カルシウムの懸濁液は、一旦フィルタープレス用懸濁液供給槽に貯め、間欠的にフィルタープレスに供給する。ここでも泡立ちに注意して設計する必要がある。

34トンの膠質炭酸カルシウム懸濁液の容積は 243m^3 であるから

$$34 / 0.14 \text{ (濃度項)} \approx 243$$

供給槽は 1直分を貯蔵するとして約 100m^3 の容量が必要である。これに $3\text{m}\phi \times 7.2\text{m}$ 、容量約 50m^3 の槽 2基を当てる。



注1) 表面処理に伴う発泡のために槽の高さが、炭酸化反応槽に比べて高くなっている。その他は同じ。

図4-11 膠質炭酸カルシウム製造用表面処理槽の概念図

7) 後処理工程（脱水、乾燥、粉碎・分級、包装）

a. フィルタープレス（圧縮濾過機）

膠質炭酸カルシウム分14%を含む懸濁液をフィルタープレスで含水率45～50%のケーキにまで脱水・濃縮する工程である。膠質炭酸カルシウムに特有の流動挙動からこの型式を選定する。機器の仕様は乾燥状態の膠質炭酸カルシウム 34トン/日、あるいは1.5トン/時を処理する全自動フィルタープレスということで仕様が決まってくる。

おおよその設置面積としては 5m×15mを想定している。フィルタープレスの設置場所は、次工程のバンド乾燥機より高い位置であることが望ましい。懸濁液は配管中を移送できるが、脱水の終わった湿潤ケーキの移送は技術的に困難を伴う。確実な方法は両設備の設置に高低差をつけ、フィルタープレスからコンベアベルトによりそのままバンド乾燥機に供給することである。

b. バンド乾燥機

乾燥、粉碎・分級設備の型式は多くあり、最適の選択は生産量・品種・資金・労働力など多方面から考察して決める。45～50%の水分を含んだ湿潤膠質炭酸カルシウムのケーキを水分 1%以下に乾燥し、乾燥品として1.5トン/時を生産する能力をもつ機種が選定される。

日本の沈降炭酸カルシウム製造工場では、1～2品種を月産 2,000トン（年産24,000トン）生産するのが最小の経済単位と言われている。この場合よく利用されるのが、乾燥、粉碎・分級をひとつの装置に組み込んだ気流乾燥機や噴霧乾燥機である。しかし設備費は高くなる。本廠の計画のように840トン/月（年産10,000トン）の規模でしかも品種が3～4種以上もある生産環境の下では、運転費が低くても、品種切り替えに伴う損失が大きくなるこれらの機種の選定は得策ではない。総合的には、単純なバンド乾燥機が作業上もっとも扱い易く、品種切り替えにも対応し易く、かつ膠質炭酸カルシウムの品質にも悪影響を与えないので、この型式を選定した。

乾燥能力1.5トン/時のバンド乾燥機の大きさは、おおよそ 5m×35mの床面積を占有し、フィルタープレスよりは低位置に設置する。

乾燥製品の約 1日分を貯蔵する中間貯槽を設置し、パルペライザーへの供給槽と緩衝用とを兼ねる。この中間貯槽は乾燥製品が日産34トン、見掛け密度 0.7t/m^3 ($=0.7\text{g/ml}$) であるから

$$34 / 0.7 \approx 48.6$$

$3\text{m}\phi \times 3.6\text{m}$ 、容量約 25m^3 の槽 2基とする。中間の貯槽は底部形状を円錐形にする。

c. パルペライザー（微粉碎・分級機）

乾燥工程にバンド乾燥機を選定・採用すれば、粉碎・分級は分級機構を内蔵したパルペライザーが妥当である。粉碎と分級は不可分の関係にあり、分級して粗いものは内部で循環して粉碎に回る仕組みになっている機種を選ぶ。粉碎・分級能力として乾燥状態の膠質炭酸カルシウム1.5トン/時を目安にして既製のパルペライザーのなかから選定する。粉碎・分級システムとしてはこの後にバッグフィルターを取り付け、微粉末を濃縮して集める。

システムの設置床面積は $3\text{m} \times 5\text{m}$ を必要とする。

d. バッグフィルター（集塵機）およびプロア

パルペライザーはバッグフィルターと接続することによって、能力を低下させずに安定した運転ができる。パルペライザーは分級機能を内蔵しているから、常に一定した粒度の粉碎製品を得ることができ、粉塵飛散の心配もない。バッグフィルターの集塵面積はパルペライザーの風量が $1\text{m}^3/\text{min}$ のとき $0.3 \sim 1\text{m}^2$ が目安となる。

バッグフィルター内の空気はプロアによって吸引・排気される。

バッグフィルターに捕集された膠質炭酸カルシウムの微粉体製品は包装工程に供するために、さらに布製の脱気筒を経て製品槽に貯えられる。脱気筒は第一・二段階で開発したものを利用する(図4-12)。製品槽の大きさは、製品生産量の1日分を貯蔵するとして $3\text{m}\phi \times 3.6\text{m}$ 、容量約 25m^3 のもの2基を設置する。槽の底部は金属材料で補強した布製とし、内角約 60° の円錐形をしている。粉体内部からもできるだけ脱気できる構造になっている(図4-12)。

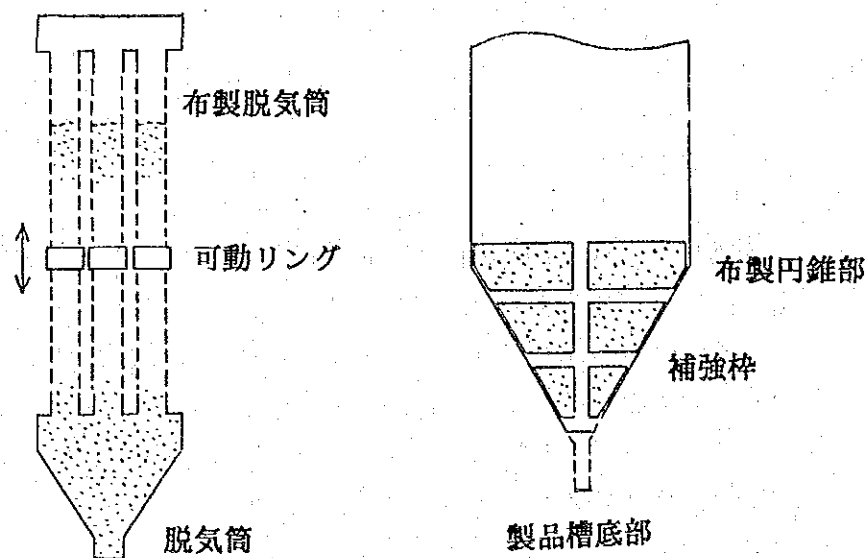


図 4-12 脱気筒と製品槽

e. 包装機

包装機は特別の装置を導入しない。脱気した製品を製品槽から現在使用している外弁式の袋に充填し、25kgを秤量する。生産量が拡大する時期に先立って、在籍する作業労働者を教育訓練し、新規に採用することなく労働生産性をあげてゆくのがよいと考える。その際必要に応じて装置の自動化を考え、労働環境を整えるのが望ましい。

1時間に1.4トンの製品が生産される。2基の製品槽から、それぞれ袋詰めするとすれば、1袋の充填量は25kgであるから

$$1,400 / 25 / 2 = 28$$

1基の秤量・包装機で1時間に28袋の製品ができる。人手で十分に対応できる生産速度である。

f. パレットとフォークリフト

袋詰めされた製品は、木製パレットの上に積み重ねる。パレットは木製で図4-13に示すようなものである。1枚のパレット(1000mm×1200mm)の上に25kg詰の製品40袋、1,000kgを載せる。製品の入った袋が荷くずれしないように、袋の積み位置は縦位・横位を組み合わせる。パレットの製品は2.5トン積みフォークリフト車で倉庫に運び保管する。倉庫内では状況をみながら2段あるいは3段に積み上げる。出荷のときはパレットごと取り出して1袋1袋トラックに積み込む。なおフォークリフト車が移動する路面は凹凸のないよう整備しておかなければならない。凹凸があると荷くずれが起きる可能性がある。

(フォークリフト車を使ってパレットごとトラックに積み込み、ユーザーでもパレット単位で荷おろし作業するのが本来のシステムであるが、本報告では本廠内の物流作業の合理化に限定して考えている。)

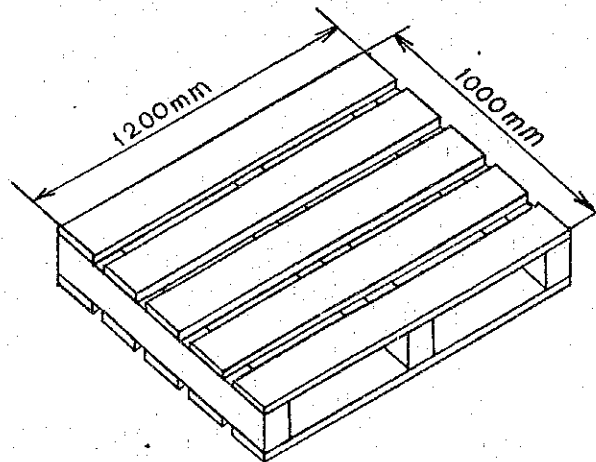


図4-13 パレット

パレットは図4-13を参考にすれば自製できる。1時間にパレット約 1.5枚、1日で34枚を使い、製品在庫量は 1ヶ月分をもつ計画であるから、パレット 1,000枚を準備する必要がある。

フォークリフトは 2.5トン積載の仕様のを準備する。

8) 検査および技術開発

a. 検査および技術開発に必要な分析・計測機器の主要なものは第一段階で示したとおりである。化学分析に必要なガラス器具等は含まれていないが、本廠向けにだけ添付したJIS K5101およびJIS M8850の該当項目を分析できるだけの器具は揃えておかなければならない。

b. 一般物性については、すでに解説したので、ここでは膠質炭酸カルシウムが市場にでたときに要求される応用物性のうち、もっとも基本的な分散性とスランプ性 (slump、タレ) を取り上げたい。

ゴム・プラスチック・塗料・印刷インク・シーラント・化粧品および紙用の填剤としての炭酸カルシウムが具備すべき要件は、被充填物中での分散がよく、親和性に優れ、チクソロトピックな流動特性を有していることである。この要件を代表するのが分散性・スランプ性であり、この応用物性は商業生産の初期から試験できる準備をしておくべきであろう。本廠の製品の品質上の地位・他からの優位性を知るためにも、顧客の信頼を得る手段としても必要な課題である。

(分散性・スランプ性の測定)

試料：ポリ塩化ビニル	ペーストレジン	50g
可塑剤DOP (dioctyl phthalate)		60g
膠質炭酸カルシウム		25g

分散性 (ツブ度) : 上記の試料を乳鉢で10分間攪拌混練したあと、グラインドメーターでツブ度を測定する。10 μ m以下ならよい。

スランプ性（タレ）： 上記の試料を巾20mm・長さ 150mm・厚さ 5mmのガラス板で仕切った溝に入れ、長さ方向の一端をもち上げて45° の角度に60分間保持したあとのタレ下がったタレの長さを測定する。 5mm以下ならよい。

(4) 膠質炭酸カルシウム製造工場

- a. ここまでに述べてきた近代化計画・膠質炭酸カルシウム製造概略フローシートを図4-14に示す。焼成・水化工程は原料石灰石の品位を統一して「白石」を専焼し、ロータリー水化機で良質の石灰乳をつくる。これを軽質炭酸カルシウム用と膠質炭酸カルシウム用に二分して送液する。

したがって膠質炭酸カルシウムの新工場は石灰乳を濃度・温度調整槽に受け入れるところから始まる。

新設する工場は、既存の超細炭酸カルシウム工場の北側（山側）にある階段状用地を利用する。現在は医務室があるがこれは他の場所に移転し、整地する必要がある。ここに45m×85m程度の建設用地が確保できると見込んで設備配置を考えた（図4-15）。

膠質炭酸カルシウム年産 1万トンが前提になっている。製造設備は用地の西側に炭酸化反応工程・表面処理工程を配し、用地の山側にフィルタープレスを設置する。これらの設備はスレート葺き屋根を架けたストリップ構造とする。乾燥工程以降の設備・機器は建家内に設置する。建家の中央から東側は物流倉庫として活用する。全体に余裕空間をもって配置し、増設にも応じられるよう配慮している。

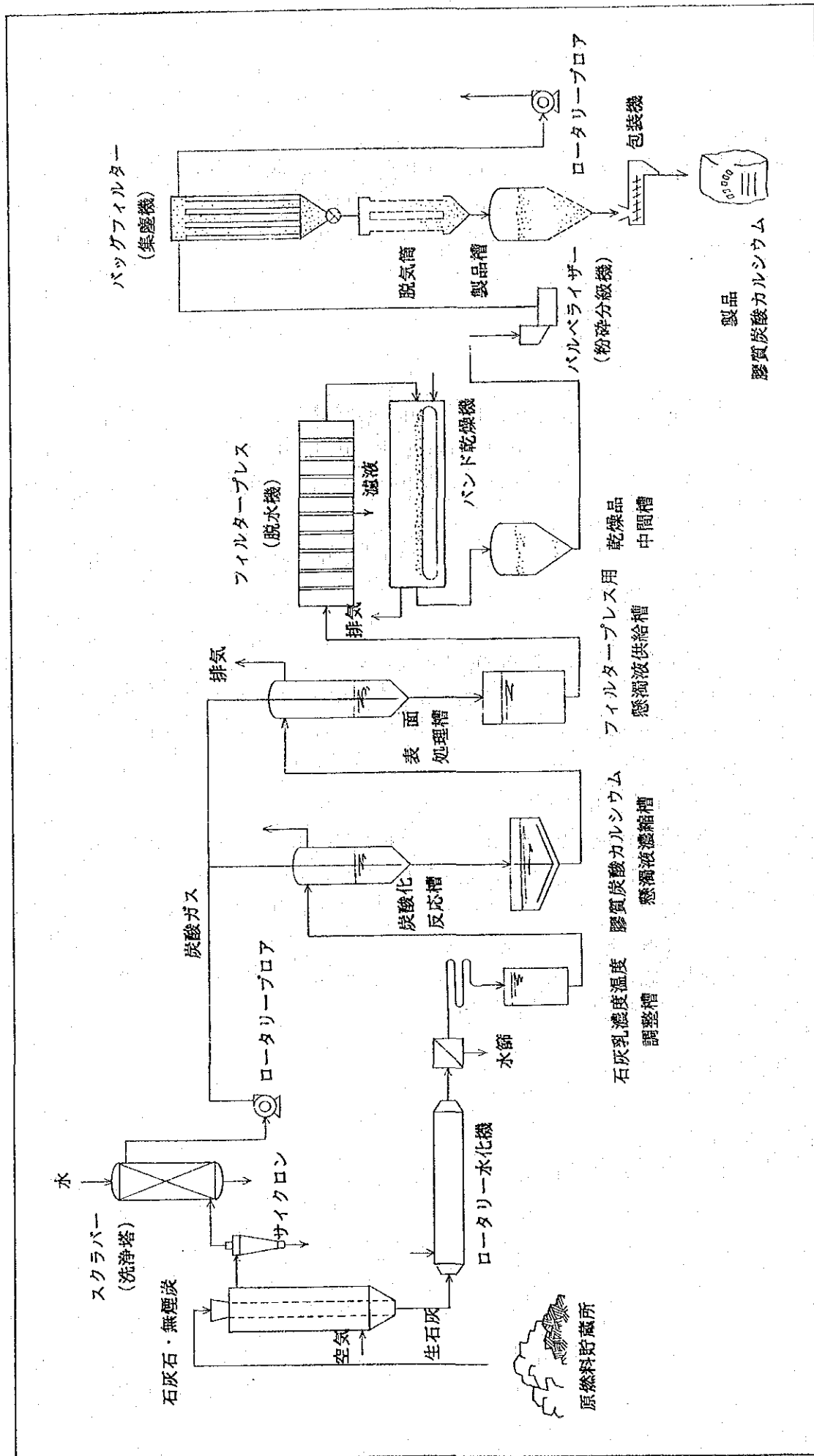
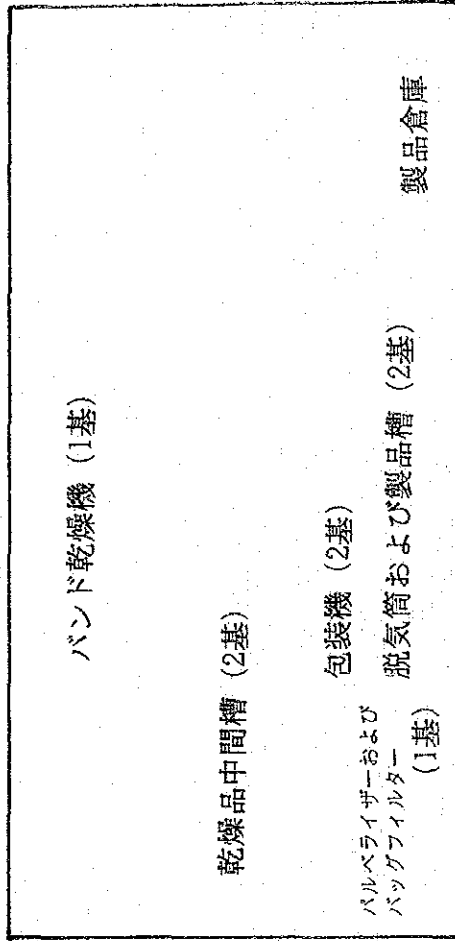


図 4-14 膠質炭酸カルシウム製造フローシート

フィルタープレス (1基)



建家部分

炭酸化反応槽 (6基)

表面処理槽 (3基)

フィルタープレス用
懸濁液供給槽 (2基)

懸濁液
濃縮槽 (1基)

石灰乳濃度温度調整槽
(4基)

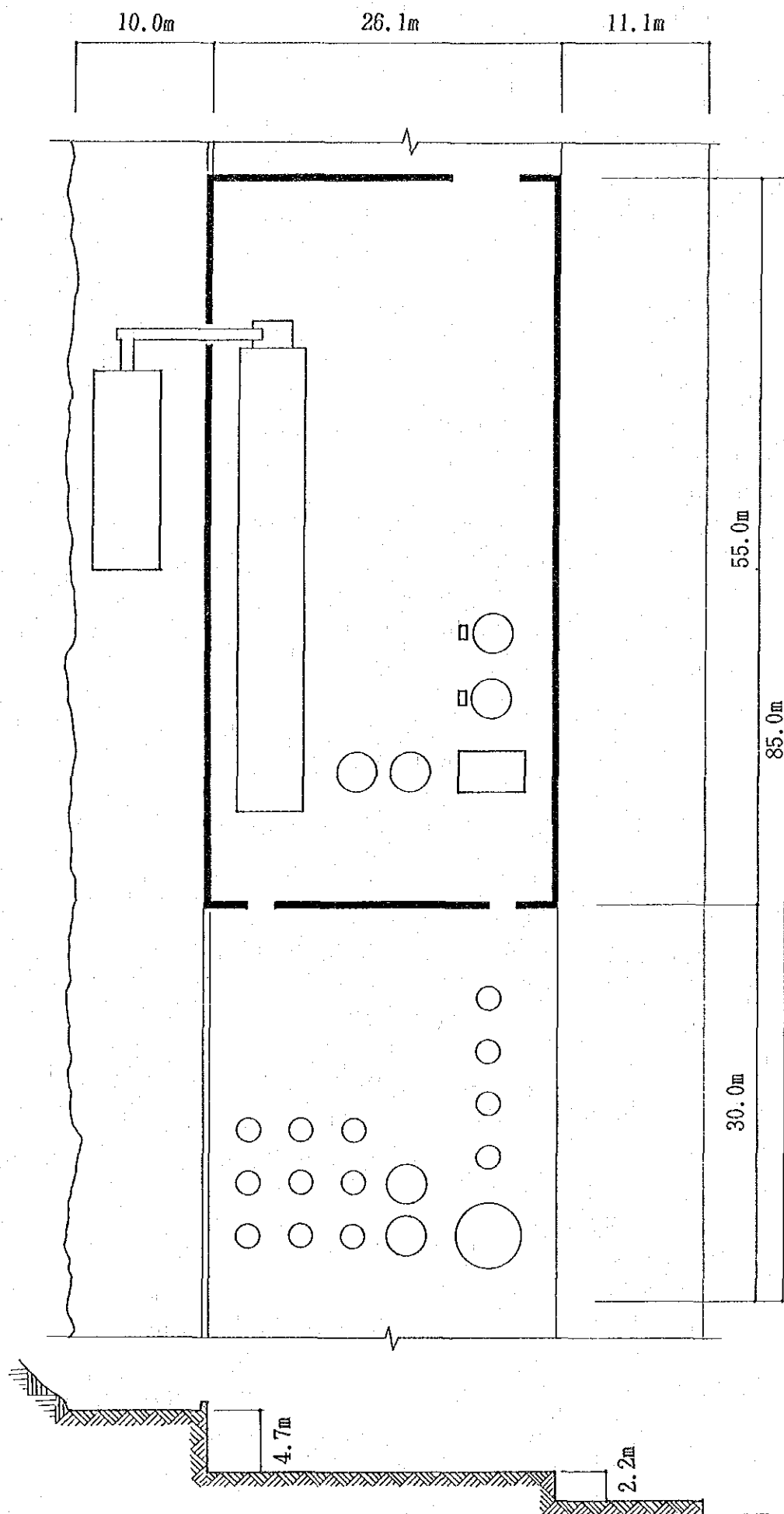


図4-15 膠質炭酸カルシウム製造設備平面配置図

b. 主要な設備機器：

新設する膠質炭酸カルシウム工場の主要設備機器を以下にまとめておく。
被処理物に直接接触する部分の材質はステンレス鋼とする。

①	石灰石粗碎機	1基
②	冷却水製造装置 (10℃、30m ³ /時、15万kcal/時)	1基
③	石灰乳濃度温度調節槽 (2mφ×3.5m、7.3m ³)	4基
④	炭酸化反応槽 (1.8mφ×5.5m、有効反応容積 5.34m ³)	6基
⑤	炭酸ガス供給用プロア (75kW、30Nm ³ /分)	1基
⑥	膠質炭酸カルシウム懸濁液濃縮槽 (5mφ×3m、59m ³)	1基
⑦	表面処理槽 (1.8mφ×6.3m、有効処理容積 5.34m ³)	3基
⑧	フィルタープレス用懸濁液供給槽 (3mφ×7.2m、50m ³)	2基
⑨	全自動フィルタープレス (圧縮濾過機) (膠質炭酸カルシウム 1.5t/h)	1基
⑩	バンド乾燥機 (膠質炭酸カルシウム 1.5t/h)	1基
⑪	乾燥品中間槽 (3mφ×3.6m、25m ³)	2基
⑫	パルペライザー (微粉碎分級機) (膠質炭酸カルシウム 1.5t/h)	1基
⑬	バッグフィルター (集塵機) (膠質炭酸カルシウム 1.5t/h)	1基
⑭	バッグフィルター用プロア	1基
⑮	脱気筒	2基
⑯	製品槽 (3mφ×3.6m、25m ³)	2基
⑰	秤量装置	2基
⑱	パレット (1,000mm×1,200mm)	1,000枚
⑲	フォークリフト車 (2.5トン積載)	1台

c. 主要な計測機器

工程管理上必要な計測機器のうち、流量・濃度・温度・圧力・pHは連続的に指示記録する機能をもったものであること、界面計は警報器付きであることが望ましい。

表4-4 工程管理用計測機器¹⁾

工 程 \ 項 目	流量	界面	重量	濃度	温度	湿球 温度	圧力	pH	水分	見掛け 密 度	粒度 分布
焼 成					○		○				
水 化	○			○	○				○		○
炭 酸 化	○	○		○	○			○	○		○
表面処理		○			○			○	○		
脱 水									○		
乾 燥		○			○	○			○		
粉碎・分級									○	○	○
包 装		○	○								

注1) 炭酸化工程には石灰乳濃度温度調整槽、懸濁液濃縮槽を、表面処理にはフィルタープレス用供給槽を、乾燥工程には乾燥品中間槽を、包装工程には製品槽を含めている。

d. 分析・測定機器

分析・測定機器のうち応用物性の測定機器を除いては、第一段階の 7) 検査および技術開発の項でリストアップした。ここではすべての分析・測定機器を購入時期・用途区分してまとめておく。

基本的な分析・測定機器（第一段階で購入する）

① 電子式化学天秤	1台
② 電子式上皿天秤	1台
③ pH測定装置	1台
④ BM型、BH型粘度計	1台
⑤ ボーメ比重計	一式
⑥ 標準篩	一式
⑦ 赤外線水分計	1台

膠質炭酸カルシウムの商品化に必要な分析・測定機器（第三段階で購入する）

⑧ 透過型電子顕微鏡 (TEM)	1台
⑨ BET法比表面積測定装置	1台
⑩ 光電管式白度計	1台
⑪ 遠心沈降光透過型粒度分布測定装置	1台
⑫ グラインドメーター	1台

透過型電子顕微鏡、BET法比表面積測定装置などを操作するためには訓練期間が必要である。専門操作員を計画的に養成することをあらかじめ考えておかなければならない。BET法で比表面積を測定するには液体窒素が必要である。本廠で液体窒素の入手が可能であることを確実にしてから、BET法比表面積測定装置を購入すること。

4.2.2 軽質炭酸カルシウム製造の近代化

本報告の重点は膠質炭酸カルシウム（年産 1万トン）の製造技術の開発に置いてきた。軽質炭酸カルシウム製造の近代化については第 2 章および第 4 章で軽質・膠質の両方に共通する事項として述べたので重複を避けたい。焼成工程・水化工程の近代化はそのまま軽質炭酸カルシウムの近代化であるし、個別の工程についても第 2 章に問題点に対する改善として述べた。

全工程を概観して、とくに注意しておきたい点は次のとおりである。原料石灰石について、本報告書では「白石」専焼を提案してきたが、これは炭酸カルシウムの品質なかでも白色度を重視したほかに、品種構成・設備投資の問題も絡まっている。軽質炭酸カルシウム年産 2万トンに対して、膠質炭酸カルシウム年産 1万トンになれば、超細炭酸カルシウム（年産 1,000トン）のために、品質のよい生石灰を手選別して、回分水化する現在の方式は、成り立たない。「白石」専焼・ロータリー水化機、貯槽等を軽質用・膠質用で共用し（設備能力はある）、これらの部分への設備投資を削減した方がよい。

将来、膠質炭酸カルシウムの需要が伸び、年間 5万～10万トンの生産になれば分けた方が合理的な局面もでてくる。製品品質の要求水準によっては、石灰石の品質が少し低くても、安価な原料をとった方が製造原価が低減する。ただしこの場合でも、ひとつの品種として生産量が相当量まとまらないと意味がない。

焼成工程の排出炭酸ガス濃度は、膠質炭酸カルシウムの製造を目的とする場合高い方がよい（30%）が、軽質炭酸カルシウムの場合はむしろ15～20%と比較的低濃度でもよい場合（炭酸化反応器の形状とも関連する）がある。炭酸化反応器へ導入する炭酸ガスの濃度を軽質炭酸カルシウムと膠質炭酸カルシウムで変えた場合でも、高濃度を低濃度に希釈するには炭酸化反応の排ガスを一部混入させる方法（排ガス混入法）がよい。

炭酸化反応塔については、炭酸ガスの導入管だけは、第 2 章で提案したように改善する方がよい。

遠心分離型の脱水機を軽質炭酸カルシウムの製造に使用することは、被脱水物の流動特性からも適している。更新する場合には、脱水後の自動排出機構のついたものがよいであろう。

4.3 生産管理の近代化

前節では生産工程の近代化計画を膠質炭酸カルシウム開発の初期段階から商業生産の概念設計までを中心に述べた。本節では生産管理の近代化、管理基盤の確立・管理技術の改善が対象である。まず生産管理全般について述べ、次いで各管理対象項目の改善策を提案する。

(1) 生産管理の目標

生産管理の目標は基本的には顧客の希望する品質の製品を安くつくり、希望する納期で納入することであり、さらに生産性と安全性を加えた五項目を対象として生産の合理性を追求することである。最近、安全性は人間尊重の方向を意味するものとして危険や災害の防止はもちろん作業環境の改善・公害防止まで含む概念に拡張されるようになってきている。

(2) 生産管理近代化計画の段階区分

- a. 生産管理はひとつの思想に裏付けられた活動である。生産管理の目標は市場経済を前提とした上で、製造し販売し、利潤をあげ、拡大再生産して健全な経営を継続させる基本からの要請である。

異なった社会経済体制、異なる文化の中で育った生産管理思想を急に受け入れるには抵抗感があるであろう。生産管理近代化の第一段階は新しい市場経済の時代になじむための意識改革の段階であり、生産管理思想・管理技術を導入するための基盤整備の段階である。具体的管理技法導入以前の前提として「五つの基本」の実施を提言する。「五つの基本」すなわち整理・整頓・清掃・清潔・躰（しつけ）によって従来とは異なるものを感じ、廠全体が新しい市場経済体制のなかで生産する厳しさを体得してほしい。生産の場を整備し、清新な気持ちで生産に取り組んでほしい。取り決めたことを守り、正しく忠実に実行する職場風土が醸成できれば、生産管理の近代化は一段とはずみがつく。

最新の設備機器の導入だけでは高水準の製品を効率よく産み出すことには直結しない。作業労働者の勤勉と改善意欲、既存設備の改造によって品質・効率を向上させ、企業の活力の源泉である従業員の参画意識を高めることが、企業を大きく変革すると考える。地道な改善努力を行った後に人手に依存するのに限界のある工程や危険度の高い工程に従業員の理解を得つつ、段階的に自動化などの設備を導入していくのが効果的であると考えている。最新鋭機器を導入しても従業員の技術水準や作業環境に対する認識が欠けていて結果的に上手く稼働しないという事例は多い。調査団の近代化計画の基本方針にはこの考え方が根底にある。

- b. 第二段階では、各々の管理項目についての具体的改善策を詳述する。しかしその基盤はあくまでも第一段階の基礎の上にあることを忘れてはならない。
- c. 第三段階は主として環境対策についてその重要性和膠質炭酸カルシウムの生産開始に伴って必要となる環境対策施設の概要を述べることにする。

(3) 生産管理近代化計画 第一段階

生産管理近代化の第一歩として「五つの基本」の実行を強力に展開することを提案する。その意義については前項に述べた。

本廠内の不要な設備機材の撤去・その分類廃棄・通路の改修・職場内の設備機器の整備・建家施設の修理・倉庫の整理・空き地の整地・職場規律の遵守・服装の正しい着用・始終業時のけじめ・あいさつの励行などを強調した運動を一定期間展開する。

不要設備の撤去など費用のかかるものもあるが、本廠の強い意志があれば予算的に許容される範囲の中で計画的にすすめられる。大部分はお金をかけずに従業員を動員して実施できるものである。調査団の観たところ、設備の計装化・自動化状況を考慮しても、従業員数は日本の同業者に比較して多く、作業密度は低いように思われる。

各職場の業務を、作業の効率化・多機能工化によって現在より少人数で達成し余剰になる従業員を集結して機動的な役割を果たすグループ（班）を編成するのは一案である。この班は本廠全体の改造作業を担当する。

生産工程の近代化でも膠質炭酸カルシウム製造の工場実験や開発試作を実施する班が必要になる。各職場から適性の従業員を選抜し教育して、技術開発チームを編成することになるであろう。この要員も既存職場の作業の効率化・担当職務の拡大から捻出する。

事務関係の職場でも作業の合理化・職務の統合・大班化によって一人ひとりの能力を發揮させる機会を増やすことを考えられたい。

雇用の確保は必須条件であるから、新しい工場要員はこうした作業の効率化によって余裕のできる労働を活用することを念頭に置いて第二段階から教育訓練を開始すべきである。企業の拡大は、雇用を守りつつ労働生産性を高める絶好の機会と考える。計装化・自動化もその進行のなかで、経済性を考慮しつつ装備していくのが現実的であり、効果的である。

この運動が成功裡に展開すれば、次の段階に抵抗なくすすめる基盤風土を確立できたものといえる。生産管理のための「五つの基本」の内容を以下に説明する。

- ・整理とは、要るものと要らないものとを明確に分けて、要らないものを捨てることである。
- ・整頓とは、要るものを使い易いようにきちんと置き、誰にでも分かるように明示することである。
- ・清掃とは、常に掃除をし、きれいにすることである。
- ・清潔とは、整理・整頓・清掃の三項目を維持することである。
- ・躰（しつけ）とは、決められたことを正しく守る習慣づけのことである。

「五つの基本」を実施したとき、具体的な効果として実現する例をあげれば、

- ・整理について、並び変えのムダの排除・場所のムダの排除・回り道・ムダな歩行の排除・倉庫料の低減などがある。
- ・整頓について、探すムダの排除・通路の確保・スムーズな運搬・取り出し易く収納し易い・荷くずれしない・在庫減少・つまずき減少などがある。
- ・清掃について、汚れの減少・異常発見がし易い・機械の故障の減少・手直し修正のムダ排除・クレームの減少・滑り絶滅などがある。
- ・清潔について、汚れが目立つ作業衣・手袋の着用・感じの良い職場などがある。

- ・ 躰（しつけ）について、正しい服装（安全帽・マスク・保護眼鏡・安全靴）の着用・名札の着用（ただし炭酸カルシウム製品の袋詰め作業では着用しないこと、名札が誤って製品のなかに入ることがある）・通路を走らない・作業標準を守る・身なりがきちんとなる、煙草の吸殻は吸殻入れに捨てる・安心感信用増大などがある。

4.3.1 調達・在庫管理の近代化（第二段階）

(1) 石灰石「白石」専焼化への対応

生産工程で「白石」専焼化への方向が出ているので、これに対応できるよう調達体制を整備する。

「白石」は最も重要な原材料であるから、これが不足することがあってはならない。鉄道輸送計画の申請許可手続きが隘路なら、許可期日繰り上げの交渉を当局と行う、あるいは輸送が計画どおり実行できない状況ならば着荷の遅れを見込んで在庫量の積み増しを検討するなど、現実に則して納期管理を厳正に行う。

(2) 求償

納期遅れは供給者に対して苦情（complaint）を言い、あるいは本廠が損害を蒙った場合には求償（claim）すべきである。翻って炭酸カルシウム製品の供給者となる本廠の立場では、顧客の希望納期をかたく守ることが信用を得る道であり、納期遅れに対しては補償しなければならない立場でもある。競争社会では顧客の厳しい姿勢がよい供給者を育成することになり、相互に好結果をもたらすことが多い。

(3) 石灰石の品質保証、分析の合理化

石灰石の成分分析は、供給者側に行わせて納入石灰石の品質を保証させるべきである。本廠は供給者側と受け入れ規格を取り決め、抜き取り検査でチェックする方式がよい。本廠は標準試料（石灰石）を定期的に分析して、分析の精確度（カタヨリとバタツキ）を把握しておく。

その他の原材料についても、供給側に品質保証させるべきものは、本廠での分析は行わないか、頻度を少なくする。また分析項目ひとつひとつを点検して、分析データが行動に結びつかない項目も同様に合理化する。

(4) 石灰石・無煙炭の大きさ

石灰石の基準値の意味を明確にして規格外の石灰石が入荷したときの処置をあらかじめ取り決めておく。石灰石の大きさは当面 150～200mmの範囲に入るように要望し、焼成炉の改善に合わせて40～80mmにまで小さくする。

石炭の大きさについても供給者側と折衝し、最終的には30～60mmの無煙炭を調達することを目標とすべきである。

4.3.2 工程管理の近代化（第二段階）

(1) 進捗管理

日常の生産状況把握・進捗管理は次のような簡単な工夫によって、情報・意志の伝達は速く正確になり、理解も深くなる。

会議室には黒板を常備し、説明の主要点や口頭では説明しにくい図などを簡潔に板書し、討論を効率化する。

文字・数字資料だけでなく、図面やグラフの類を多用する。資料の口頭説明など聴覚だけに頼る情報・意志の伝達は言い違い・聞き違いの危険があり、時間のムダも多い。生データの数値が並んだ資料（digital data）は個々の数値を正確に把握できる半面、全体の傾向・比較・複数情報の同時把握の面では図表現（analogue data）に劣る。

進捗管理図の例を図4-16に示したが、図表化はこれに限らない。品質管理の項に示す「QC 7つ道具」や、設備機器の概念図、日程表などを用途に応じて使うとよい。

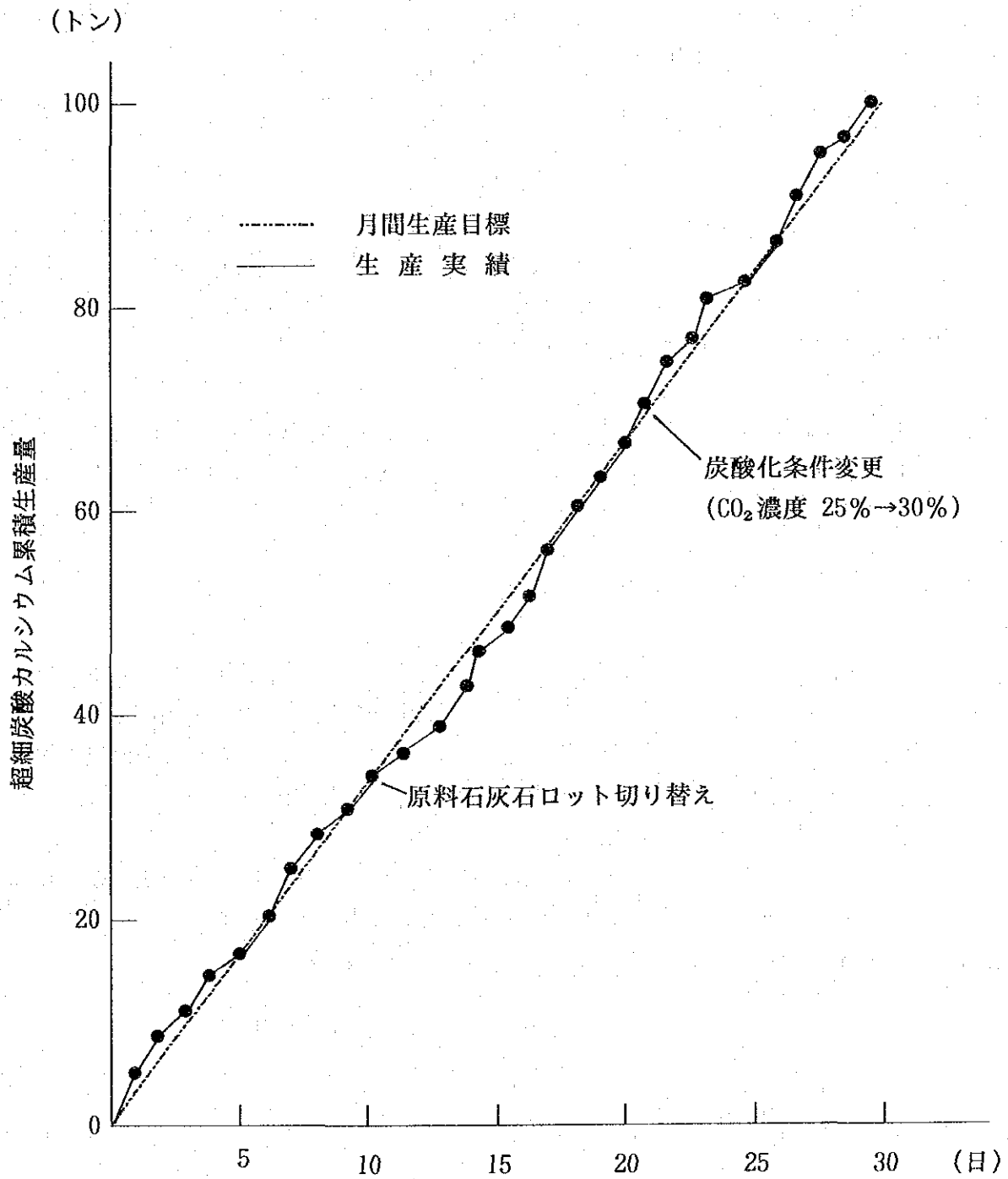


図4-16 生産進捗管理図の例

(2) 作業指示

作業指示は文書にしてさらに口頭で説明すること。たとえば操作条件の変更は要点を簡単・明瞭に文書（メモ）にして指示し、変更の背景・目的・安全上の注意事項などを口頭で説明すること。

(3) 工程の計装化

工程の状態を客観的に知るためには、基礎的な計測機器の設置が必要である。計測機器は工程組み込み型のものと試料をとって実験室で測定するものに分けられるが、必要な計測機器を表 4-4 に示した。工程組み込み型のもは指示・記録機能をもったものが好ましい。

濃度・流量・温度・圧力・pH といった技術データが蓄積され製品品質との対応が徐々に明らかになると、各工程での操作の要点（コツ）が判明してくる。これこそが本溪市助剤廠のノウハウとなるものである。

(4) 作業標準書の作成

作業標準書は「軽質炭酸カルシウム生産技術規定および操作法」がある。超細あるいは膠質炭酸カルシウムの製造についても作業標準書を作成する。作業標準書は工程別に、各单位操作毎に順序を追って記述し、それに従えば未熟練の作業労働者でも操作手順が分かるようなものがよい。操作の要点・保護具の着用・安全上の注意事項などは必ず記載する。

主要な定常作業からはじめ、順次非定常作業・異常処置作業へ範囲を拡大していく。標準化作業には現場の作業労働者もある段階までは参加させ、意見を反映させるが、最終的には関係する責任者が決定する。

(5) 生産管理者・技術者の職務

生産に与る管理監督者はできる限り生産現場を巡視し、標準作業を遵守するように指導しなければならない。決めたことを守り、守らせる職場風土を、生産管理の「五つの基本」運動を通して築き上げるのが第一段階の目標であった。第二段階ではさらに進めて、標準作業・操作条件の遵守に焦点を当てる。膠質炭酸カルシウムの製造のように新しい技術に挑戦するときにはとくに指示されたように十分に準備し、定められた操作方法・条件を厳密に従うことが必要である（この段階では工夫・改善を行ってはいらない）。

技術者ももっと生産現場に入って、生きた情報に接触しなければならない。直接自分で観察すること・調査することから新しい事実が判明し改善につながるが多い。頻繁に生産現場に足を運んで作業労働者と交流することによって新情報・真情報を入手することができるのである。

(6) 品質の向上と原価の低減

膠質炭酸カルシウムの製造技術を確立するまでは、品質を第一に考え、ひたすら指示どおりの作業を行うことである。そして一定の作業標準ができ、一定の品質が維持できるようになってから、品質の向上・原価の低減に取りかかるのが順序である。

(7) 改善提案制度

工程改善は不断・継続的な努力である。改善は決して難しいものではなく、従業員は誰でも職場のなかに改善すべき設備・機器・方法・条件・組織・配置などを発見できる。改善提案制度は、従業員の向上心を組織して、職場作業に能動的に参画する気風をつくり、改善効果に対しては相応の褒賞を与える制度である。工場経営においても参画の要素が重要であることが国際的にも認識されるようになってきている。改善提案用紙の様式例を図4-17に示す。

改善は現状からの改善である。生産現場の作業ではまず作業標準を守ることが重要であり、これを怠ると生産・品質が一定しない。(6)項で述べたように、作業労働者は勝手に「改善」してはならない。作業標準は一応は肯定してこれを遵守し、批判的に読んで改善すべき点を改善提案すべきである。提案が建設的で妥当であると管理監督者が判断すれば所定の手続きを経て、作業標準は改訂される。

章末に改善の概念を簡単に説明し、改善の手順・改善のためのヒント・原因究明のためのヒントを記した別紙を添付した。別紙 4-1「改善について」を参照されたい。

4.3.3 品質管理の近代化（第二段階）

(1) 品質管理の考え方

生産者は顧客の要求する品質が十分満足されていることを保証するため組織的活動をする必要がある。そのために第一に顧客の要求品質を正しくつかむこと、第二に製品品質が設計品質（目標）に適合するように製品を管理するとともに検査により保証することである。

本廠の品質管理は、検査機能に重点が置かれている。最終品質検査で不良品を排除し、品質のよいものだけを顧客に提供する考え方で、その意味では正しい。しかしいくら不良品を排除してもその原因をつきとめ解決しなければ不良品は後を絶たずつくり出される。

「品質は工程でつくり込むもので、検査ではねている間は改良されない」ことに留意し、「次工程はお客様（お客様が第一）」の考え方でそれぞれの工程から次の工程へ広義の品質を保証するように発展させなければならない。広義の品質管理は、結局「お客様」の要求を汲みとってサービスを提供することをも含んだ全廠的活動になる。市場調査・製品企画・研究開発・設計試作・生産準備・購買外注・製造・検査・販売・技術サービスの全過程が対象になる（total quality control）。

本廠幹部がこの考え方を理解し、陣頭にたって推進しなければならないが、同時に従業員に広義の品質の意義・目的を説明し、自主参画するような協力体制を構築することが大切である。具体的な活動のひとつとして後に小集団活動を提案する。従業員が自分の身のまわりの改善をひとつでもふたつでも実施することで本廠の改革に参画している自覚をもつように指導すべきである。

事業場提案

振 込 先	個人の場合：社員コード	
	グループの場合：振込先口座整理番号	

提出 年 月 日

本 人 記 入 欄	提案の表題											
	所 属	課	氏 名									(共同提案者氏名)
	提案の目的および効果（提案のねらいと実施された場合に予想される効果を書いて下さい。）											
	提案の内容（書ききれない時は別紙を添えて下さい。また、わかりやすい図または模型があれば添えて下さい。）											
	該当する個所に○印をつけて下さい。											
	作業の合理化		コスト・ダウン		品質の向上		省エネルギー					
	環境改善		災害予防		その他							
所	(課・部・室の提案委員会)											
	利益計算がしにくい場合					利益計算ができる場合					関係各課または特許部 検討依頼の有・無	
	創造性	努力度	利益性	実用性	合計	創造性	努力度	利益性	実用性	合計		
	点	点	点	点	点	点	点	点	点	点	点	関係課 有・無
(関係各課意見欄)						(課・部・室の提案委員長意見欄 (特許部依頼分の提案のみ))						印
見	(事業場提案委員会)											
	利益計算がしにくい場合					利益計算ができる場合						
	創造性	努力度	利益性	実用性	合計	創造性	努力度	利益性	実用性	合計		
点	点	点	点	点	点	点	点	点	点	点		
判 定	一次表彰	採用賞・努力賞 7177賞・提案賞	A・B・C D・E・F	受 理 受理No.	年 月 日 年 月 日	実 施 実 施	年 月 日 年 月 日			サ イ ン		
	二次表彰	特別賞	A・B	受 理 受理No.	年 月 日 年 月 日	実 施 実 施	年 月 日 年 月 日					

図4-17 改善提案用紙の様式例

(2) 品質管理の導入手順

品質管理を導入する一般的手順として次の四段階を踏むことが必要である。

- 1) 品質管理方針と品質管理教育方針を本廠幹部が明示して、全従業員に協力を求めること。品質管理に対する考え方・態度を明らかにしなければならない。
- 2) 品質管理の方針を実現するため、品質管理をやり易い組織をつくること。TQC (total quality control) を導入する初期においては、廠長を委員長としTQC委員会を設けて各工場長が一箇所に集まり、全廠的立場でTQCの運営について討議する。これによって参加意識と協調性を高める。TQC活動は本廠幹部から従業員へ下ろす品質管理 (top-down) と逆に従業員から幹部へ上げる小集団活動 (bottom-up) から成り立っている。
- 3) 品質管理制度を確立して手順を成文化する。
 - ・ 廠内標準化を設立して生産活動を標準化する。
 - ・ 品質管理規定・受け入れ規格・製品規格・クレーム処理規定などを設定し、品質管理実行基準をつくる。
- 4) 従業員に対する品質教育計画を作成して長期的な展望で効果を期待する。

(3) 品質管理の効果的なすすめ方

顧客に対して不良品を出さないこと、工程を安定化し、損失を低減させること、慢性的な不良を少なくすること、の三つの観点から実施すべきことを述べる。

1) 顧客に不良品を出さないために

- ・ 顧客が要求し、満足する品質を把握し、設計品質を定める。
- ・ 設計品質と技術水準などの本廠の条件を検討し、製品の品質・標準を設定する。
- ・ 製品規格 (検査基準) を定め、それに基づいて検査する。
- ・ 作業の標準化を行い品質の安定化を図る。
- ・ 品質向上を図るために常に設計品質や品質標準を検討し、必要に応じて改訂する。

2) 工程を安定化し、損失を低減させるために

- ・原材料の品質標準を設定する。
- ・作業方法を作業標準として設定する。
- ・ヒストグラムなどにより工程の能力を把握する。
- ・管理図などにより日常の工程の管理を実施する。

3) 慢性的な不良を少なくするために

- ・データをとって現象を把握する。
- ・ヒストグラム・パレート図・各種グラフなどによって解析する。
- ・特性要因図で原因を追求する。
- ・原因が分かったら、処置責任者と期日を決めて対策を報告させ、再発防止処置をとる。

これまでにでてきた各種品質間を関係を図4-18で説明する。顧客が満足する品質を最低保証して、その品質をつくるための一段高い検査基準を定め、さらにその検査基準に合格するような品質標準（工程能力）を定めるべきことを示した関係図である。品質目標は本廠が達成すべき品質の努力目標をいう。

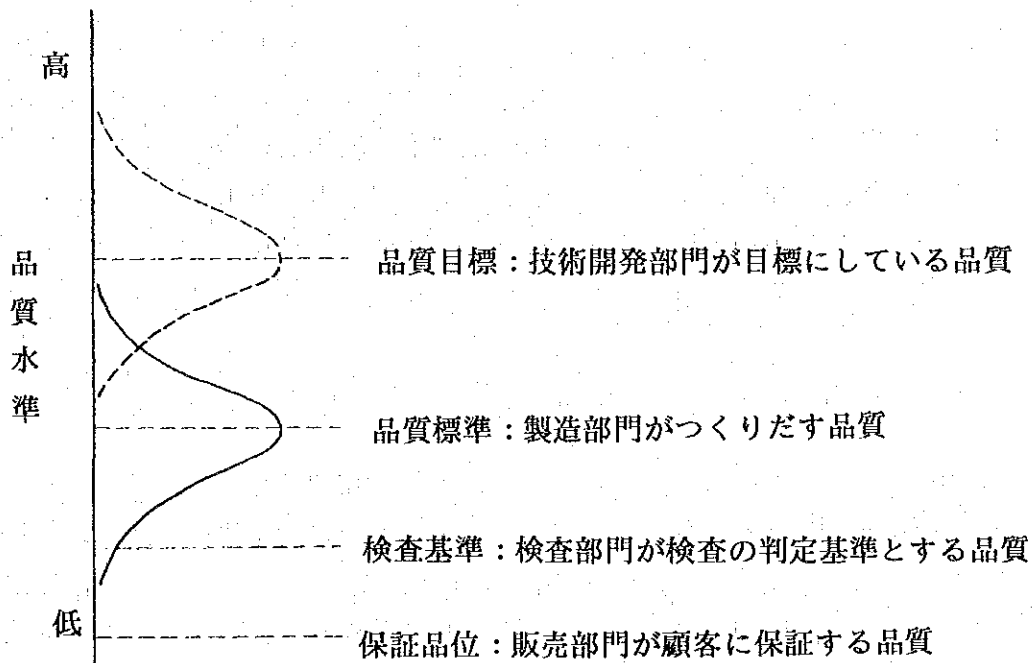


図4-18 品質の水準

以上、本廠に品質管理を定着させるための手順について述べた。次に個別の問題点に対する改善と品質管理手法「QC 7つ道具」を紹介する。

(4) 分析測定の品質管理

品質検査科の分析・測定自身も品質管理の対象になる。原材料・製品の品質を分析・測定する方法・データの品質は、判断・判定の基準になるだけに厳密に管理されなければならない。各分析・測定の精度、分析・測定者間のバラツキを定期的に測ってデータの信頼性を確保する仕組みをつくること。

(5) 自主的な製品規格の制定

市場経済の影響が大きくなりつつある状況のなかで、品質に関する企業間競争は、国内的にも国際的にも熾烈になることが予想される。品質は市場を獲得する有力な源泉であるから、生産技術・管理技術を向上させ、顧客の要求によっては国家基準を上回る製品規格を製定して、市場経済に適応していくことが必要である。

(6) 小集団活動

QCサークル (quality control circle) として日本で発達した小集団活動の意義は、その成果も重要であるが、作業労働者の参画意識を覚醒させ、組織を活性化することにある。下部組織から盛り上がる職場風土の建設が狙いである。職場の小さな課題の解決を目標とした現場作業員だけの小集団をいくつか編成し、リーダーもそのなかから選ぶように指導する。成果に対しては発表・表彰などの機会を設けて、動機付ける。

(7) 品質管理手法

品質管理の基盤は「五つの基本」にある。全廠的品質管理の考え方で生産活動するなかで、管理をし易くする手段として各種の手法を使うのがよい。初歩的活動手法として「QC 7つ道具」の適用をすすめたい。「QC 7つ道具」とは、次の7手法である。層別、チェックシート、ヒストグラム、パレート図、特性要因図、散布図、および管理図（および各種のグラフ）。

1) 層別

品質のバラツキはいくつもの原因が重なりあってできている。全体のバラツキを漫然と眺めていただけでは対策はとれない。その場合にはデータを機器別・作業員別・原料ロット別などに分類することで、何らかのクセや特徴が分かり、バラツキの原因を把握する上で有益な情報を得ることができる。後に述べる散布図を使った層別の例を図4-19に示す。

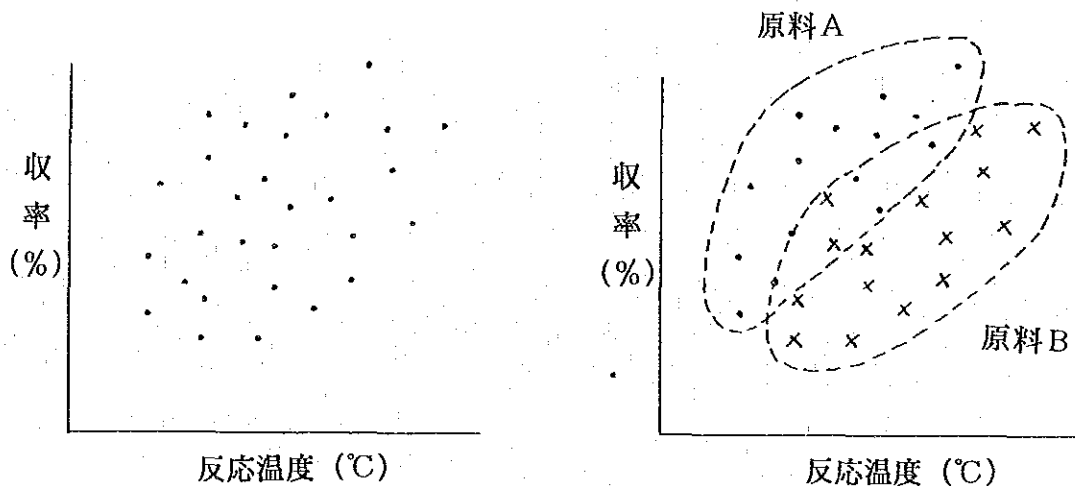


図4-19 層別の例

全データをプロットした左図では反応温度と収率との間には相関がないような印象を受ける。このデータを原料メーカーによって層別してみると右図のようになり、原料メーカーA、Bの違いが明確になるとともに、反応温度と収率との間の相関もはっきりしてきた例である。

2) チェックシート (check sheet)

チェックシートはいろいろな種類が考えられるが、いずれも現場でチェックするだけで有用な情報が得られる。

・ 度数分布 : 計量値のデータでも個々のデータはあまり必要でなく分布の形、規格との関係が重要なとき、あらかじめ級分けした範囲のなかにはいるデータの度数をチェックする (次に述べるヒストグラムに近い)。

表 4 - 5 度数分布表の例

級の境界値 (mm)	代表値 (mm)	度数チェック	度 数	累積度数
2.56~2.65	2.60	I	1	1
2.66~2.75	2.70	II	2	3
2.76~2.85	2.80	III	3	6
2.86~2.95	2.90	III I	6	12
2.96~3.05	3.00	III III	10	22
3.06~3.15	3.10	III III III	13	35
3.16~3.25	3.20	III III III	15	50
3.26~3.35	3.30	III III IIII	14	64
3.36~3.45	3.40	III III IIII	14	78
3.46~3.55	3.50	III IIII	9	87
3.56~3.65	3.60	III II	7	94
3.66~3.75	3.70	III	3	97
3.76~3.85	3.80	I	1	98
3.86~3.95	3.90	I	1	99
3.96~4.05	4.00	I	1	100

・位置別チェックシート：例えば袋詰め製品の破れが問題になるとき、それがどの位置で発生することが多いかが分かれば、原因の追究対策がとり易い。このような場合、製品袋のスケッチ図をつくり、いくつかの層別にして区画をいれたものを準備して、破れの位置をチェックさせる。このチェックを集計すれば破れがどこに多いか、あるいは散発しているのかが分かり、対策がとれる。

・特性要因図：後述する特性要因図を現場に渡し、原因や状況が分かったら、その要因にチェックをいれさせる。

3) ヒストグラム (histogram)

度数表をもとに柱状図 (ヒストグラム) に表すと、データの分布状態が一層よく分かる。このときの平均値 μ (カタヨリ) と標準偏差 (バラツキ) はデータから計算できる。

$$\mu = \Sigma x_i / n$$

$$\sigma = \sqrt{\Sigma (x_i - \mu)^2 / (n - 1)}$$

n : データの数

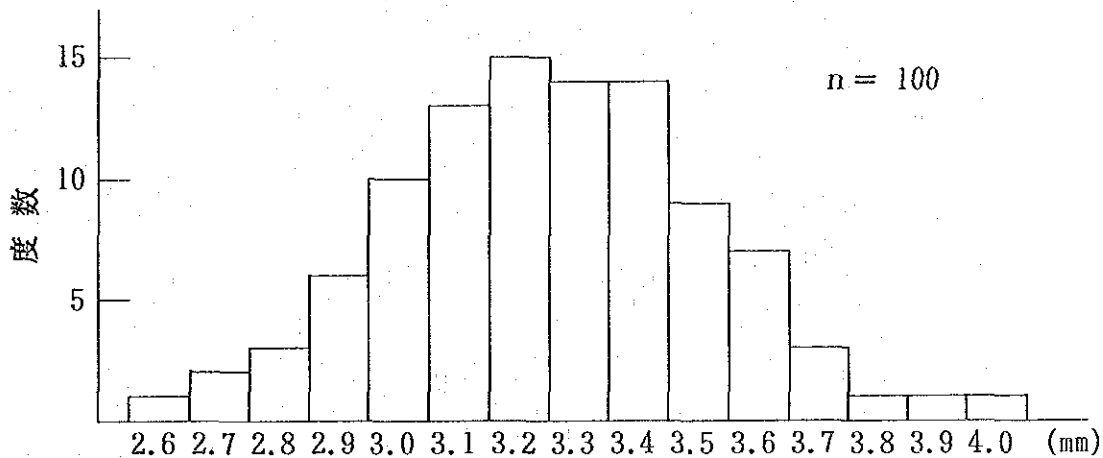


図4-20 ヒストグラムの例

ヒストグラムで製造工程の操業のバラツキが分かる。また製品規格と製品品質のバラツキの関係を確認して工程の安定性を判断できる。製品品質のバラツキを小さく、平均値の中心を規格の中心に重なるように工程を管理することによって品質が上がる。品質は工程でつくり込むというのはこのことである。

4) パレート (Pareto) 図

パレート図は一種の度数分布である。例えば品質クレームによる損害金額をその原因別にデータを取り図4-21のように大きさの順に並べ、さらに実線のように累積曲線を描く。パレート図は問題点を客観的に発見し、重要な問題を方針としてとり上げることができる。

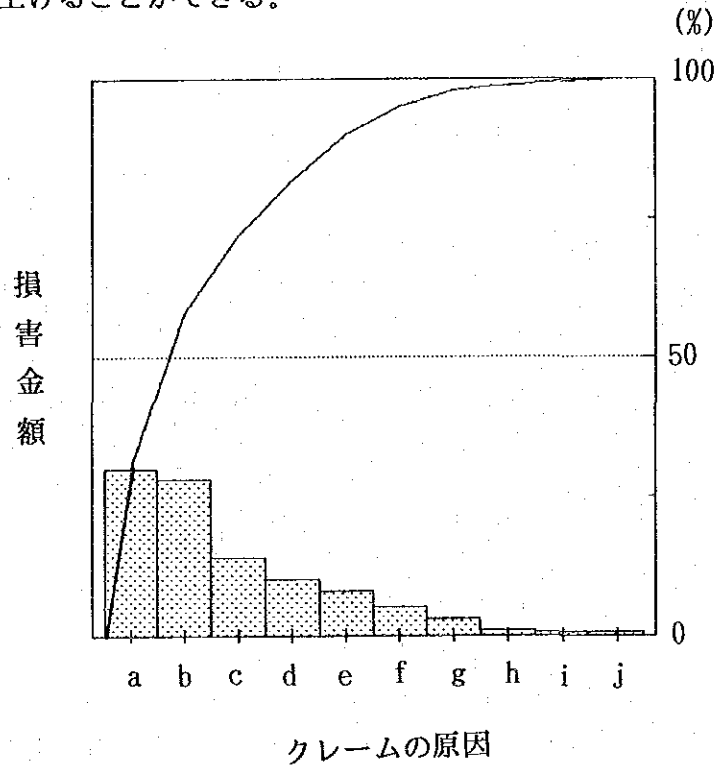


図4-21 パレート図の例

5) 特性要因図

「特性」とは作業や活動の結果を意味し、「要因」とは特性に影響を及ぼす「原因」を意味する。特性要因図を作成するときは、関係者ができるだけ集まってブレインストーミング (brain storming) 型式で行うことが重要で、問題解決のために皆の知識・経験・情報を集め、整理する意味である。ブレインストーミング型式とは、他人の発言や意見を批判しないで自由にアイデア (idea) を出す方法である。

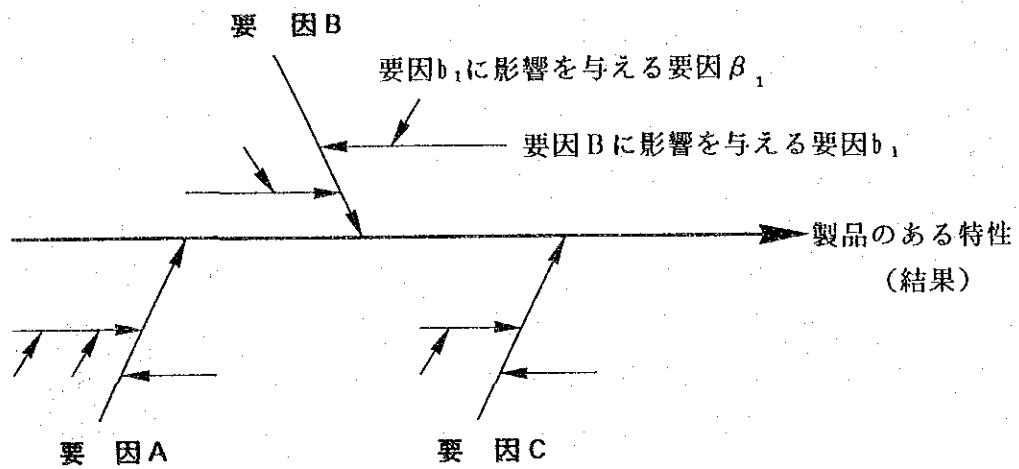


図4-22 特性要因図の例

6) 散布図

散布図は二つの変数の間の因果関係を調べるのに役立つ。たとえば「炭酸カルシウムの乾燥温度が上がると白色度は低下する」という仮説を立て、これを検証するために、横軸に乾燥温度、縦軸に白色度をとってプロットしてみる。プロットの散布状態をみれば相関の程度が分かる（客観的には相関係数で示される）。

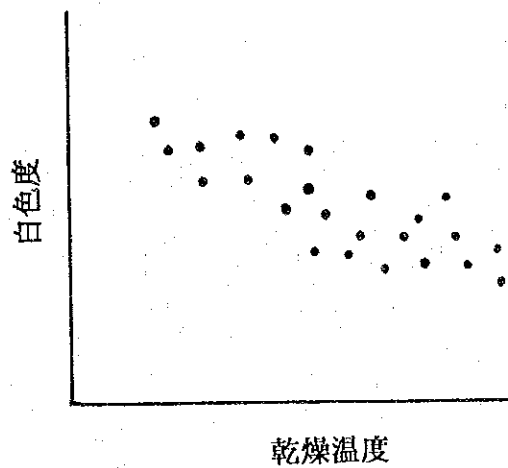


図4-23 散布図の例

7) 管理図およびその他のグラフ

a. 管理図

管理図は工程品質の安定度を判断するために用いられる。品質特性値がバラツクのは、偶然原因によるものと異常原因によるものがある。工程を管理するというのは異常原因によるバラツキをなくし、偶然原因によるバラツキだけの状態にすることである。したがって管理図には現実のデータを統計的に処理して計算された上・下部限管理限界値を使い、製品規格値で管理するのは誤りである。

管理図のなかで最もよく使われるのが $\bar{x}-R$ 管理図である。 \bar{x} 管理図は分布の平均値の変化を見るために用いられる。 $\bar{x}-R$ 管理図の管理線の求め方は成書に譲るが次の手順による。

\bar{x} 管理図の管理線

中心線 (central line) $CL = \bar{\bar{x}}$

上部管理限界 (upper control limit)

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 R$$

下部管理限界 (lower control limit)

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 R$$

ただし A_2 は \bar{x} を求めた群の大キサ n により決まる値、 $n=5$ ならば $A_2=0.577$

R管理図の管理線

中心線 $CL = \bar{R}$

上部管理限界 $UCL = D_4 \bar{R}$

下部管理限界 $LCL = D_3 \bar{R}$

ただし D_4 、 D_3 は群の大キサ n により決まる値、 $n=5$ ならば $D_4=2.115$ 、 $D_3=(\text{考えない})$ 。

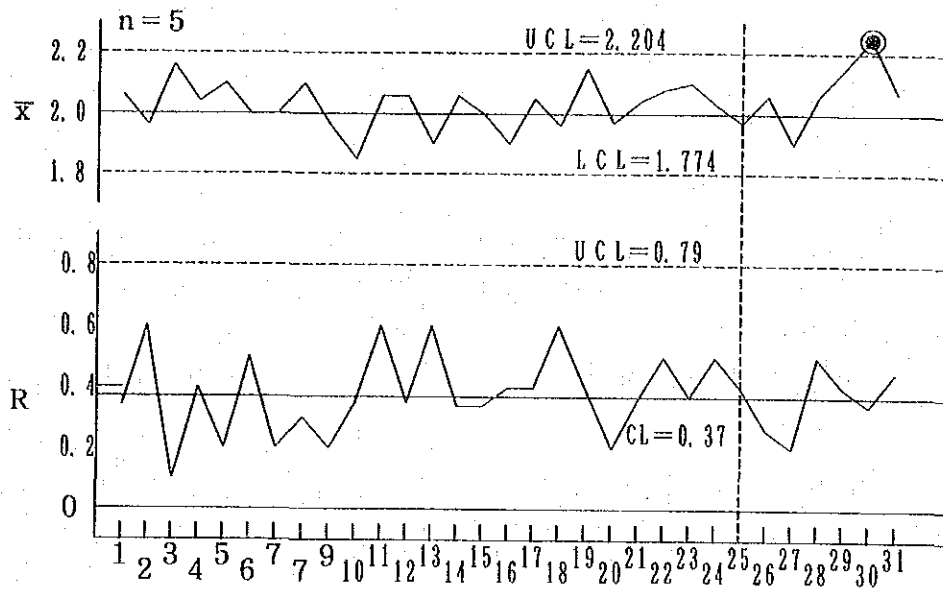


図4-24 \bar{x} -R管理図の例

b. 工程能力図

管理図は管理限界線とプロットされたデータの点で工程の安定性を判断するが工程能力図は、あらかじめ製品の規格を記入しておき、これに製品品質の測定データを生のまま順にプロットし、規格に合った製品が生産されているかどうかを判断するグラフである。

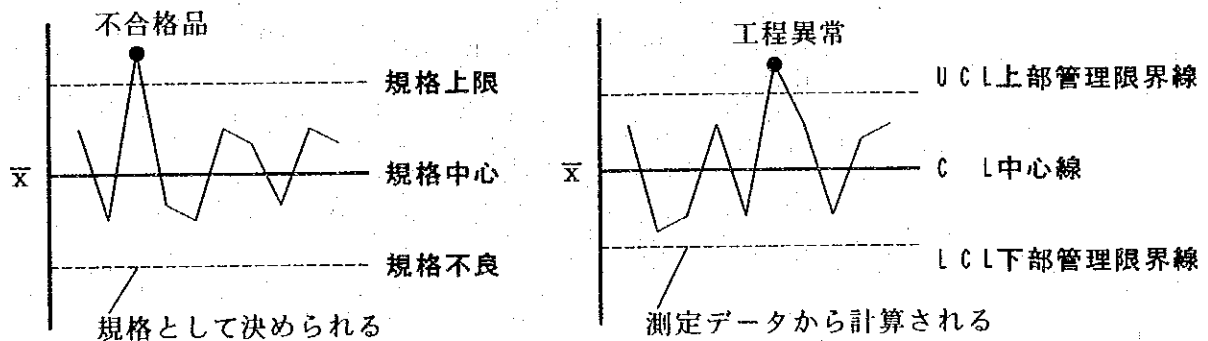


図4-25 工程能力図と管理図の比較

c. その他のグラフ

グラフは何よりもわかり易いのが特徴で、品質管理で一番大切な「事実に基づくデータによって、物事を客観的に判断していく」という考え方に合致した基本的な手法である。

棒グラフ、円グラフ、帯グラフの例を図4-26、4-27および4-28に示すが、それぞれの特徴を活かして利用するとよい。

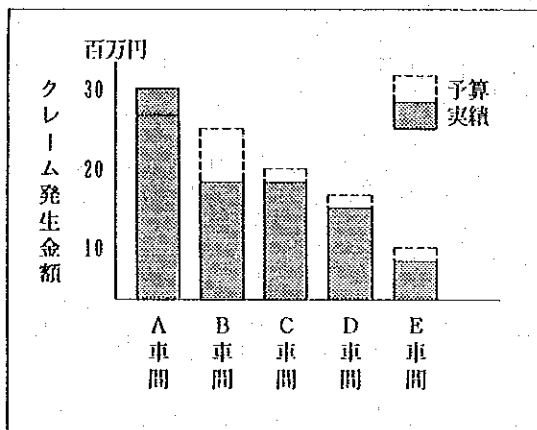


図4-26 棒グラフの例
(車間クレーム費)

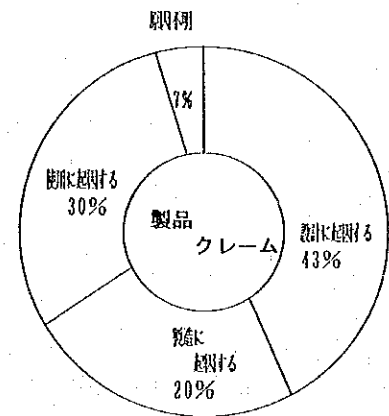


図4-27 円グラフの例
(クレーム原因の分類)

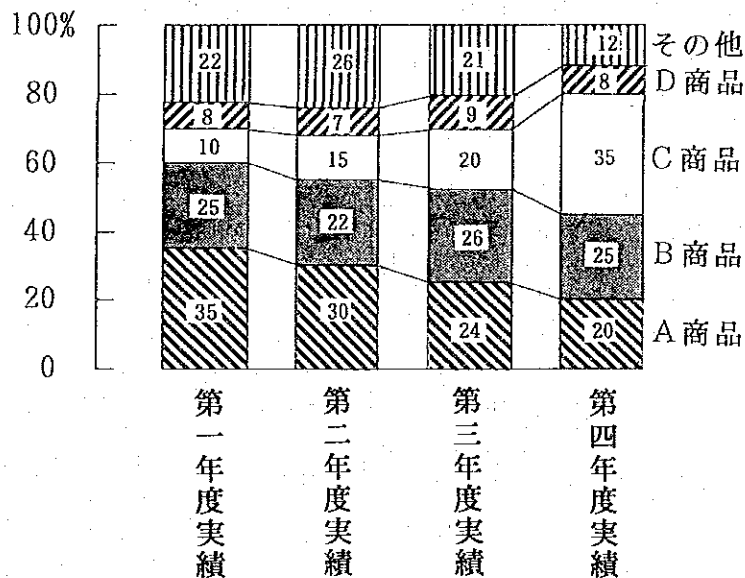


図4-28 帯グラフの例 (商品別構成比率)

8) 「QC 7つ道具」の有効性

「QC 7つ道具」のそれぞれの手法が問題解決のどの段階で有効であるかを表4-6に示す。

表4-6 問題解決に有効な「QC 7つ道具」

(◎：特に有効な手法、○：有効な手法)

段 階	手 法	層別	チェッ シート	ヒスト グラム	パレト 図	特 性 要因図	散布図	管理図他		
								管理図	グラフ	
1	テーマの選定		○	○	◎	○		○	◎	
2	現状把握と 現状を把握する	○	○	○	◎	○		○	◎	
	目標設定 目標を設定する	○	○	○	○			○	◎	
3	活動計画の作成								◎	
4	要因の解析	要因と特性との 関係を調べる	○				◎	○		
		過去の状況や 現状を調べる	○	◎	◎	○			◎	◎
		層別する	○	◎	◎	○	○	◎	○	○
		時間的变化をみる	○						◎	○
		相関関係をみる	○			○		◎		○
5	対策の検討と実施					◎			○	
6	効果の確認	○	◎	◎	◎			◎	○	
7	標準化と管理の定着	○	○	○				◎	◎	

4.3.4 安全管理の近代化（第二段階）

(1) 安全意識と感受性

安全は本廠幹部が率先垂範して推進しなければならない。安全に対する感受性を高め、安全は生産・生活とともにあることを従業員全員が実感するような施策を推進することである。具体的な施策としては実務に直結した安全教育・査察のポイントを定めた安全巡視・危険予知訓練・指差呼称を提案する。

(2) 類似災害の撲滅

労働安全に対してはゼロ災害の考え方で取り組まなくてはならない。ゼロ災害とは単に死亡災害・休業災害がないというのではなく、不休業災害はもちろん不安全行動・不安全状態など職場の一切の潜在危険要因を除いて、根底から労働災害を絶とうとするものである。

ハインリッヒの経験則は、重傷害災害発生の職場には、多くの災害要因が潜んでいることを示唆しているが、これを見い出して、逐一对策をとることが類似災害を根絶する最良の方策である。

- ・労働災害は軽微傷害災害（不休業災害）まで報告義務を課して記録すること。
- ・災害の発生要因を設備面（設備不良・安全対策の不備など）・人的面（不安全行動・知識経験の不足など）・管理面（不明確な作業指示・作業標準書の不備・教育の不徹底など）から分析する。
- ・対策は期限を設けて実施させ、結果をフォローする。

(3) 安全教育

安全教育は作業教育と不可分である。新しい技術・設備機器が導入されたならば、操作する前に基本的な作業標準を作成し、それに基づいて実務的な安全教育・作業教育を行わなければならない。

予想される危険への対処（回転体には手を触れない、配管をはずすときには残液・残圧がないことを確認するなど詳細に具体的に）・過去の類似災害からの教訓を学習する。安全教育は、いろいろな方法で、反復・継続して行うことが秘訣である。

(4) 安全査察

上級安全管理者（廠長を含む）で構成する査察班が、重点査察項目を定めて定期的に職場を巡回する制度、安全査察メンバーに作業労働者を含めた班による職場間の相互査察する制度など実施方法を再編する。査察結果を公表して各職場間で安全性を競わせるのも一方法である。

(5) 危険予知訓練

不安全行動・不安全箇所は、各職場を一巡すれば必ず発見できる。これを体系化したのが危険予知訓練であり、以下にその実施方法を具体的に説明する（別紙4-2を参照）。

職場のグループ数人が、実際にありそうな職場環境・作業状況を描いた図を見て現場を想像しながら討論し、要点を簡条書きしながら第一段階から順次すすめていく。

第一段階（現状認識）どんな危険が潜んでいるか

第二段階（本質追求）主要な要因は何か

第三段階（対策樹立）どんな対策が考えられるか

第四段階（目標設定）われわれはこうする

第一段階では、10～15項目をあげ、第二段階で2～3項目に絞りこむのが普通である。この訓練は職場の会合を利用して短時間（15分くらい）で行う。月に1～2回の訓練をいろいろな事例を想定してくり返す。そして作業労働者が職場で類似の場面に臨んだとき、危険を予知してこれを回避するというのがねらいである。

(6) 指差呼称

いまひとつの提案は、指差呼称である。人間が行動するとき周囲の状況・作業の手順・方法・事象の変化などに十分意識を集中していれば、事故・災害の発生の可能性は極小になるといわれるが、実際にはこの精神の集中・緊張は長く持続できず、散漫な精神状態・意識の空白状態が訪れる。このようなときに事故・災害は発生し易いので、作業の節目で意識を覚醒させ、注意を一点に集中させる方法として、広く日本で行われているのが指差呼称である。

行動を起こす前に、周囲・対象をよく観、あるいはよく聴き、対象・行動の方向を指差して注意を集中する。そして「スイッチ・オン、ヨシ！」などと自分のこれからの行動を声に出して確認する。

(例) 電動機のスイッチを入れるとき（周囲の安全を確認して）、操作者が「スイッチ・オン、ヨシ！」

列車を発車させるとき（前方の青信号を確認して）、運転士が「出発進行、ヨシ！」

この運動は日本の旧国有鉄道が安全運行のために始めたのが起源で、その有効性に産業界が追随した経緯がある。

(7) そのほかの安全活動

安全活動に決め手はなく、どれひとつとってもそれだけで万全という方法はない。日常活動や催しを工夫し、繰り返して教育する上に、安全は築き上げられる。

- ・職場内の危険体験・安全活動発表会を開催する。
- ・安全強調週間（月間）を設け、従業員から安全に関するポスターや標語を募集し、優秀作品を掲示・表彰する。選考は従業員の投票によるのがよいであろう。
- ・工場・職場別の安全成績を表・図にして掲示板に公表する。
- ・安全旗（日本では緑十字）を制定して、国旗・廠旗と並べて事務所棟屋上に掲揚し、従業員の安全意識を鼓舞する。災害が発生した日には安全旗を降ろす。

4.3.5 設備管理の近代化（第二段階）

設備管理の主体は、設備機器の管理にあるが、管理の方向は単なる事後保全（故障の修理）から、予防保全・生産保全へと進み、対象範囲も設備の導入計画や設備配置にまで拡大している。また工具や測定器の管理も重要視され、環境対策に関連して用役設備の管理も必要になっている。

いずれにしても予防保全・生産保全といった設備管理技法は、生産工場でよいものを安くつくるのに最も経済的な設備の保全を行い、とくに本廠のような装置産業型の化学工業では、計画された停止期間以外は、連続操業を前提に、保全費用の低減・不良製品の減少・原低・安全作業（事故防止）の遂行などの効果により生産性の向上を目標にするものである。

(1) 予防保全・生産保全

予防保全は定期的に設備機器の点検と修理を行い、部品や工具を定期的に交換するとともに、重要な修理部品あるいは機器（モーター・ポンプなど）は予備品を常備することである。生産保全として、生産性向上と設備管理費用との兼ね合いを考慮して設備計画、保全・修理・改善・棄却・更新を計画的に実施していく。

予防保全は一般には次のように作業区分されているが、設備機器の性能は、これらの作業によって維持されるのでとくに強化しなければならない。

1) 定期点検保全

設備に異常がないかを定期的に点検し、性能の劣化が使用限度にきた時点で、分解・検査・部品交換など修理と掃除に重点を置いた保全。

2) 定期修理保全

設備の性能回復を目的として一定の時間計画に設備を停止して分解・修理などを行う保全。本廠のボイラーの能力は設計能力を大きく下回っているが、この保全作業（缶石の除去など）によって、回復する可能性が大きい。

3) 特別保全（大規模修理）

生産を長期間停止し、年単位の周期で行う保全。

本廠でも大・中規模修理計画として実施しているが、保全の良否が設備の性能・寿命に影響し品質を決定するといっても過言でないので保全の重要性を認識し、保全の質の向上に努めるべきである。

(2) 自主保全の導入・育成

日本の最近の製造業では品質トラブルの50～70%は設備起因といわれているが、結局は設備と人間との接点が問題になる。保全組織（設備科・機械修理工場）があり、予防保全を行っていても保全技術をもち設備の維持管理ができる作業労働者を育てることが大事である。これを自主保全といっているが、自主保全では次のことが期待できる。

1) 正しい操作

設備の機能・構造をよく知り、設備の運転操作や異常処置操作の誤りをなくすること。

2) 性能劣化を防ぐ活動

設備の性能を劣化させないために機械・装置を清掃し、汚れ・異物・もれ・詰まりなどを取り除くこと。必要な箇所への給油など、「ゆるみ」や「がた」をなくすること。

3) 性能劣化を測定する活動

日常点検をし、異常を早く発見し故障に至る前に処置すること。

4) 性能劣化を回復する活動

劣化部分を放置せず早目に修復すること。

自主保全は専門の保全工でなくても、運転作業労働者が十分処置できるようにまたは専門の保全工と一緒にできるように教育訓練すれば、設備のトラブルはほとんどなくなり品質改善にも役立つ。作業労働者は操業するだけで、設備機器の保全は保全工任せでは進歩がない。

(3) 設備台帳・図面管理

- 1) 設備台帳・図面は管理方式が定められているが、見直し整備することをすすめたい。設備台帳は最も基本になる帳票である。設備ひとつひとつについて、次のような記録を残す。

- ・ 設備No.
- ・ 設備名称
- ・ 設備記録（購入年月日、製造会社、製造番号、据え付け年月日、購入価格、見積耐用年数、見積処分価格）
- ・ 仕様（型式、図番、名称、寸法、材質、重量、能力、その他）
- ・ 電動機（型式、馬力HP、回転数rpm、電圧V、電流A）
- ・ 減速機（方式、減速比）
- ・ 付属品・その他特記事項

- ・ 計画修理記録（修理年月日、記事）

- 2) 図面は技術保存書類室で一括保存することになっているが、膨大な数量の図面を保管し、必要に応じて迅速に取り出せる仕組みを構築する必要がある。

- ・ 図面は一定の規則の下に図番・分類番号を付け、工場側・工程別設備などに分類する。分類番号は図面を分類保管し、検索し易いシステムがつけられるように工夫する。
- ・ 図面の大きさはなるべく統一すること。
- ・ 建家・設備・機器の新設・購入時に揃えられた図面は、増設・改造・修理のたびに修正され、現在の形状・機能を正しく表現する図面が保管されていること（設備台帳と対応していること）。

設備台帳や図面管理は、構築したシステムを維持していくことに難しさがある。地味な仕事であるが、工場設備の基本資料として不可欠のものであり、次期の設備計画を作成する上でも重要な役割を果たすものである。

4.3.6 教育訓練の近代化（第二段階）

(1) 実務教育訓練の強化

本廠の教育訓練は主として本溪市化学工業局の行う教育訓練コースに参加する方法をとっている。一般的な作業労働者教育や特殊技能教育は今後も受講するのがよい。

同時に本廠が製造する炭酸カルシウム製造に関連する教育訓練コースを本廠内に設置し、製造技術・技能を習得させるとともに、技術・技能を本廠内に蓄積し、継承していくことが重要である。

- ・ 軽質および膠質炭酸カルシウム製造の操業に関する基礎的実務的固有技術の理論と実技
- ・ 全廠的品質管理の考え方、品質管理の基本的手法（「QC 7つ道具」など）。さらに進んで中級以上の管理者・技術者は統計的品質管理手法を学習し応用すべきである。
- ・ 計測教育 計装化の進展とともに計測センサー、記録計の機構・取り扱い方を習得する。
- ・ 自主保全教育 設備保全の近代化のところで述べたように生産現場の作業労働者自身が保全の仕事を理解し、点検・異常の早期発見、設備機器性能維持のための清掃・給油・手直し、部品交換などができるように教育する。講師は設備科員・保全工がよい。
- ・ 多能工化教育 長期的な展望と計画に基づいて作業労働者の多能工化を図る。

これらの教育は、本廠の実状に応じて勤務後の一定時間を利用してよいし、本廠の経営体質を改革強化する運動のなかで各工場・職場の作業を見直し、職務の拡大・組織の統合の過程で生ずる余裕要員を集めて、教育することも考えられる。