

国際協力事業団
中国国家経済貿易委員会

2001年度
中華人民共和国工場近代化計画
工場改善事例集

(化学業界 有機化学)

2001年11月

三菱化学エンジニアリング株式会社

国際協力事業団
中国国家経済貿易委員会

2001年度
中華人民共和国工場近代化計画
工場改善事例集

(化学業界 有機化学)

2001年11月

三菱化学エンジニアリング株式会社

改善事例集目次

P V C の生産性、製品コストの改善	1
P V C の生産性改善（ 1 ）	3
P V C の生産性改善（ 2 ）	6
湿り P V C ケーキ含液率の改善	8
V C M 作業環境濃度の改善（ 1 ）	10
V C M 作業環境濃度の改善（ 2 ）	12
製品倉庫での包装袋の積付け方法改善	14
全社組織における環境・安全部門の位置づけ	18
P V C 工場排水の水銀除去及び COD 低減	20
P V C 製造部門における利益管理・原価管理の強化	22

PVC の生産性、製品コストの改善

概要

1. 業種 ; 化学
2. 生産物 ; 懸濁重合法による塩化ビニル樹脂 (PVC)
3. 改善のポイント ; 運転 (設備) 稼働率アップによる PVC の生産性、製品コストの改善

1. 生産物及び生産工程の説明

塩化ビニル樹脂 (PVC) は攪拌機付重合反応器に脱イオン水、助剤及び塩化ビニルモノマー (VCM) を仕込み、バッチ式で数時間重合発熱反応させ、製造される。得られた PVC スラリーは、脱水・乾燥後製品化される。

重合反応器のサイクル時間 (= 原材料仕込み時間 + 重合反応時間 + 後処理時間) 及び PVC 用設備の稼働時間は PVC の生産性、製品のコストを左右する重要な因子の一つである。

2. 発生している問題点

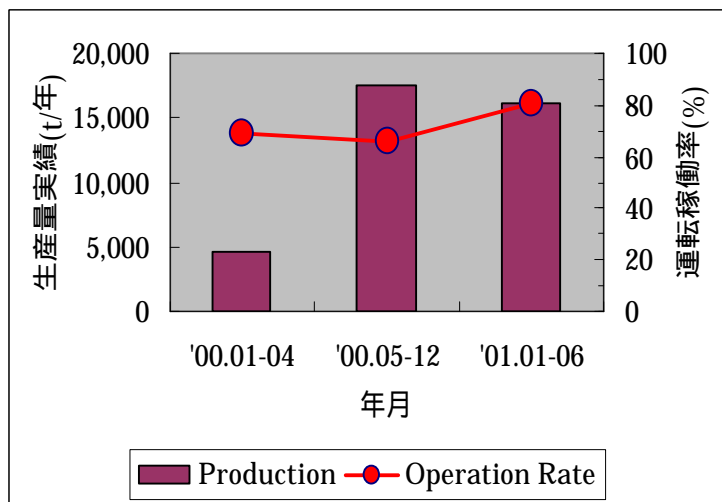
(1) 問題点

運転 (設備) 稼働率が低い。

'00.01-04; 69.3%

'00.05-12; 65.7%

'01.01-06; 80.0%



(2) 問題点の及ぼす影響

PVC の生産性 (生産量) が低い。

反応器 1 基当たりの PVC 生産性 (生産量)

= (仕込み VCM 量) (VCM 密度) (VCM 転化率) (年間稼働率)

年間稼働率 = (年間稼働実績時間 / 重合反応器サイクル時間)

年間稼働率は年間稼働実績時間及び重合反応器サイクル時間の影響を直接受ける。従い、いかに年間稼働実績時間を向上させかつ重合反応器サイクル時間を短縮させるかが、生産工程管理者の重要な責務の一つである。

製品の総コストがアップ（悪化）する。

製品コスト=(単位重量当たり変動費)+(単位重量当たり固定費)

固定費金額は月当たり一定であり、従い、単位重量当たりの固定費は月実績生産量の影響を直接受ける。それ故、生産量が運転（設備）稼働率により少なければ単位重量当たりの固定費はアップ（悪化）する。

3. 発生原因の分析

- (1) 重合反応器サイクルの各工程時間が変動している；
 - ・仕込み（脱イオン水、懸濁剤、VCM、その他助剤の毎回の仕込み時間）
 - ・重合反応時間（毎回の計量重合開始剤量による重合反応時間）
 - ・後処理時間（VCM 自圧回収、VCM 減圧回収、PVC スラリー抜き出しの毎回の時間）
- (2) PVC 用設備にトラブルが多い。
- (3) 前工程の設備にトラブルが多く、製品 VCM を安定して PVC 工程へ供給出来ない。

4. 改善方法

- (1) 重合反応器サイクル時間を毎回確認する（運転管理強化）。
- (2) 保全知識、保全技術を修得し、実践する。
- (3) 日常点検を十分確実に実施し、異常兆候を事前に発見し、対応する。
重要機器には予防保全を実施する。

5. 改善の結果（見込み）

- (1) 運転（設備）稼働率が 95%以上に向上し、必要生産量を確保出来る。
- (2) PVC の総コストが良化する（安価になる）。
- (3) PVC 製品が安価で安定供給出来、顧客の信用、信頼を得る。
- (4) 営業部門は安心して供給契約を締結出来る（出荷に四苦八苦する事が無くなる）。

6. コメント

PVC 製造管理者は、安全・安定生産、製品の総コストを常に考え、且つ関係者はアドバイザーを提供する（又は提供出来る）工場運営組織にすべきである。

PVC の生産性改善（１）

概要

1. 業種 _____ ; 化学
2. 生産物 _____ ; 懸濁重合法による塩化ビニル樹脂 (PVC)
3. 改善のポイント _____ ; 脱イオン水連続注入による PVC の生産性に改善

1. 生産物及び生産工程の説明

塩化ビニル樹脂 (PVC) は攪拌機付重合反応器に脱イオン水、助剤及び塩化ビニルモノマー (VCM) を仕込み、バッチ式で数時間重合発熱反応させ、製造される。得られた PVC スラリーは、脱水・乾燥後製品化される。

重合熱はジャケットに冷却水を循環させて除去し、所定反応温度に制御される。除熱が十分であれば、重合反応速度を高く設定出来るので、重合反応器からの除熱能力は PVC の生産性を左右する重要な因子の一つである。

2. 発生している問題点

(1) 問題点

重合反応の進行に伴い、重合反応器 (= ジャケット) の除熱能力が低下する。

(2) 問題点の及ぼす影響

VCM の仕込量が少なくなる。

反応温度制御が困難となる。

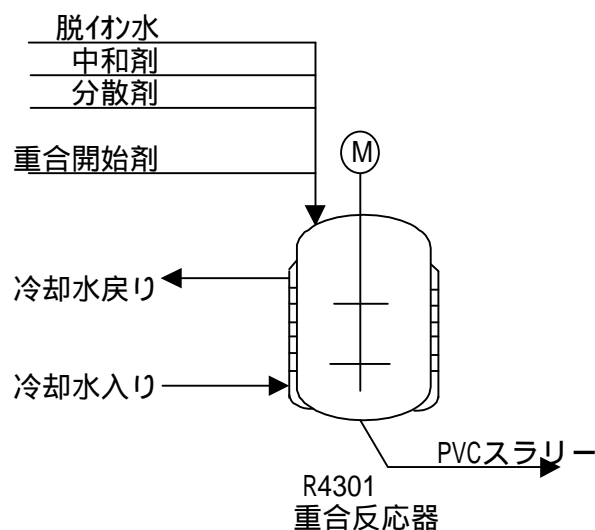


図 1 塩化ビニル樹脂重合反応器の概要

3. 発生原因の分析

- (1) 重合反応器のジャケット内壁が汚れている。
- (2) 重合反応が進行するにつれ、VCM 液が固体の PVC に転化する為、PVC スラリーのレベルが減少し、重合反応器のジャケットが保有する除熱用伝熱面積が有効に利用されずかつ PVC のスラリー濃度がアップし、除熱能力が低下し、低生産性となる。

4. 改善方法

除熱能力次第で仕込み VCM 量を増やせるので、反応温度制御性、PVC 製品品質、を確認しながら下記手順で取り進める；

- 1) ジャケット内壁を化学洗浄し、汚れを除去する。
- 2) 重合反応中に脱イオン水を連続注入する。
- 3) VCM 仕込み量を 500liters ずつ増量する。
- 4) 除熱性能を確認しながら仕込み VCM 量を増やす。

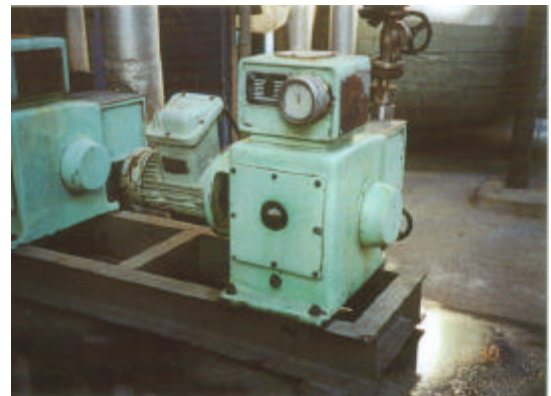


図2 脱イオン水の連続注水ポンプ

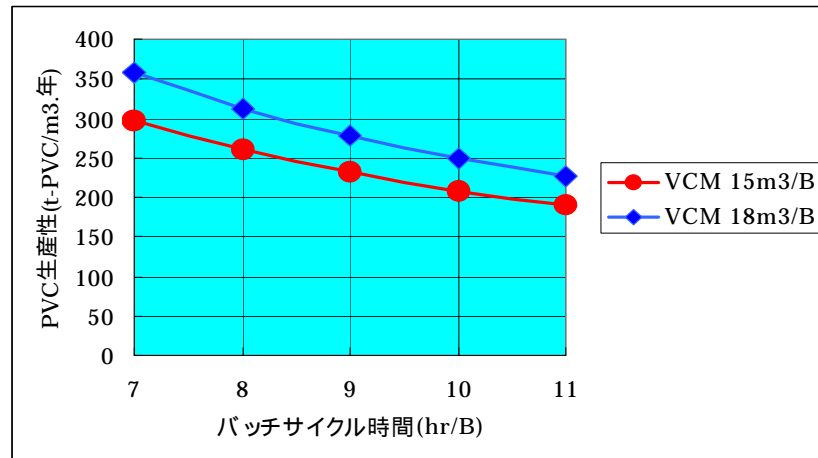


図3 バッチサイクル時間とPVCの生産性

5. 改善の結果

- (1) 仕込み VCM 量を 3.4%アップ出来たが、まだ仕込み VCM 量に余裕がある。
- (2) 反応温度制御性が向上した。
- (3) PVC 製品粒度分布が改善された。

6. コメント

PVC 生産性の要因を一つずつ確認し、向上対策を検討・具現化すべきである。

PVC の生産性改善（２）

概要

1. 業種 _____ ; 化学
2. 生産物 _____ ; 懸濁重合法による塩化ビニル樹脂（PVC）
3. 改善のポイント _____ ; 仕込み時間短縮による PVC の生産性に改善

1. 生産物及び生産工程の説明

塩化ビニル樹脂（PVC）は攪拌機付重合反応器に脱イオン水、助剤及び塩化ビニルモノマー（VCM）を仕込み、バッチ式で数時間重合発熱反応させ、製造される。得られた PVC スラリーは、脱水・乾燥後製品化される。

脱イオン水、助剤、VCM、等の仕込みは安全を確認しながら重合反応器に仕込まれている。この仕込み時間を短く出来れば、重合サイクルが短くなり、生産バッチ数を増やす事が出来るので、仕込み時間は PVC の生産性を左右する重要な因子の一つである。

2. 発生している問題点

(1) 問題点

重合反応器への原料、助剤の仕込み時間がステップ毎でかつ長い。

(2) 問題点の及ぼす影響

生産バッチ数が少なく、PVC の生産性が低い。

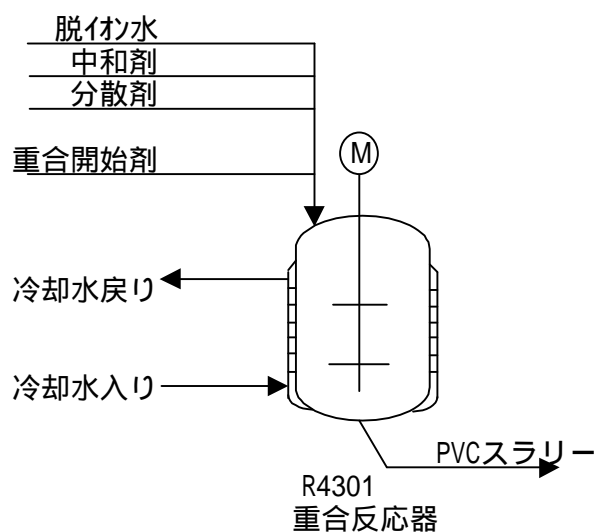


図 1 塩化ビニル樹脂重合反応器の概要

3. 発生原因の分析

- (1) 仕込み手順の変更を考えた事がない。
- (2) 重合反応以外の仕込み時間、後処理時間の短縮による PVC の生産性アップを考えた事がない。

4. 改善方法

仕込みをステップ毎ではなく、同時操作で下記の通り仕込む。

表1 仕込み手順の改善

現 状	改 善
1 反応器内壁水洗	1 反応器内壁水洗
2 付着防止剤塗布	付着防止剤塗布
3 脱イオン水仕込み	2 脱イオン水仕込み
4 懸濁剤仕込み	中和剤仕込み
5 中和剤仕込み	空気置換
6 重合開始剤仕込み	3 懸濁剤仕込み
7 空気置換	予備攪拌
8 VCM仕込み	4 VCM仕込み
9 予備攪拌	重合開始剤仕込み
10 昇温-1	5 昇温-1
11 昇温-2	6 昇温-2

5. 改善の結果（見込み）

- (1) 仕込み時間が 50 分短縮される。
- (2) PVC の生産性が 10%向上する。
- (3) PVC 製品粒度分布が改善された。

6. コメント

PVC 生産性の要因を一つずつ確認し、向上対策を検討・具現化すべきである。

- a)遠心脱水機のダム位置設定が深い、
- b)遠心脱水機への負荷が過大である、
- c)PVC の見掛比重 (Bulk Density)
が小さい、
- d)遠心力 G が小さい、
- e)PVC スラリー濃度が低い、



図2 現状遠心脱水機

4. 改善方法

含液率と脱水液中への固形分ロスとは相反するので、次の手順で含液率、製品揮発分、固形分ロスを調査・確認し最適運転条件を確立する；

- 1)PVC スラリー濃度を 30%前後に調整する。
- 2)遠心脱水機 1 基当たりへの負荷を下げる (運転基数を増やす)
- 3)遠心脱水機のダム位置を浅くする (ボウルの脱水ゾーンを長くする)
- 4)更に必要であれば、PVC 製品の見掛比重を大きくする。

5. 改善の結果 (見込み)

- (1) 遠心脱水機の 2 基運転により、PVC 製品の含液率は 28wt%から 23wt%に改善された。これにより乾燥器での蒸気消費が 90kg-Steam/t-PVC 改善され、3.5 元/t-PVC のコスト低減になった。
- (2) PVC 製品の揮発分が安定化する。
- (3) 乾燥器の運転が安定化する。
- (4) PVC の焼け異物が減少する。

6. コメント

- (1) 機器運転に関しては、機器の運転機能を十分に理解する事及び教育する事が重要である。
- (2) PVC 製品の品質安定化の為に、特にヤケ異物対策の為に、電力、蒸気の単価より、電力多消費型か蒸気多消費型かを検討・選択すべきである。



図1 現状のVCM サンプリングノズル

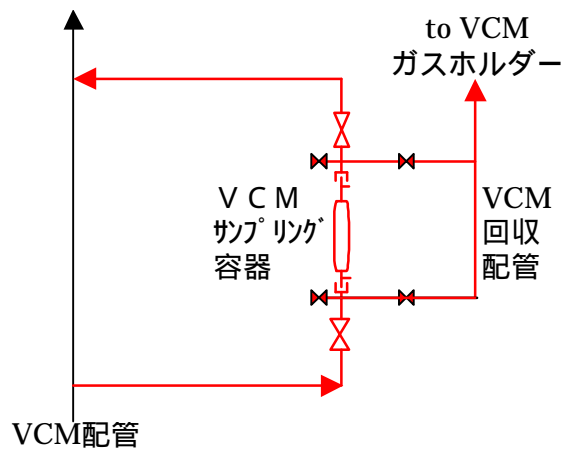


図2 VCM サンプリング方法の改善

5. 改善の結果（見込み）

- (1)作業環境のVCM濃度の悪化が防げられる。
- (2)VCM原単位の悪化が防げる。
- (3)着火、火災の危険が排除される。
- (4)作業者の作業環境、原単位（コスト）への関心が向上する。

6. コメント

工場の全員がコスト、環境への関心を向上させ、個々人の作業が経営に与える影響を
考える事が重要である。



図1 現状のVCM用ポンプ（例）

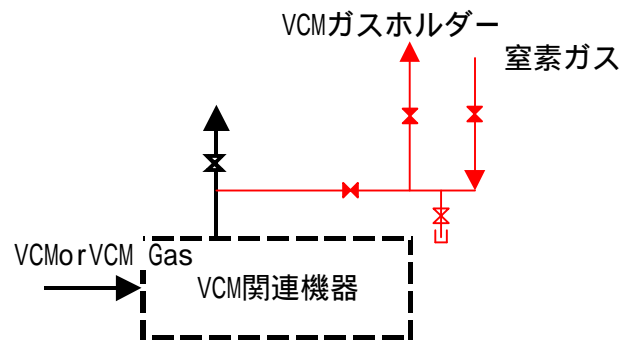


図2 VCM サンプルング方法の改善

5. 改善の結果（見込み）

- (1) 作業環境のVCM濃度の悪化が防げる。
- (2) VCM原単位の悪化が防げる。
- (3) 着火、火災の危険が排除される。
- (4) 作業者の作業環境、原単位（コスト）への関心が向上する。

6. コメント

工場の全員がコスト、環境への関心を向上させ、個々人の作業が経営に与える影響を
考える事が重要である。

製品倉庫での包装袋の積付け方法改善

概要

1. 業種 : 化学
2. 生産物 : 懸濁重合法による塩化ビニル樹脂 (PVC)
3. 改善のポイント : 包装袋の積付け方法改善による在庫管理レベルの向上

製品の充填包装袋は包装後保管の為倉庫内へ搬送され、“バラ積み”されている。しかし、この方法では、製品品種別・ロット別の仕分けなどの品質管理が低くなる。

これを、パレット積付け方式の採用により、品種別・ロット単位別に正確な積付け保管を可能とし、それによって在庫管理レベルの向上を図る。

1. 生産物及び生産工程の説明

(1) PVC の生産工程を下図-1、生産能力を下表 1 に示す。

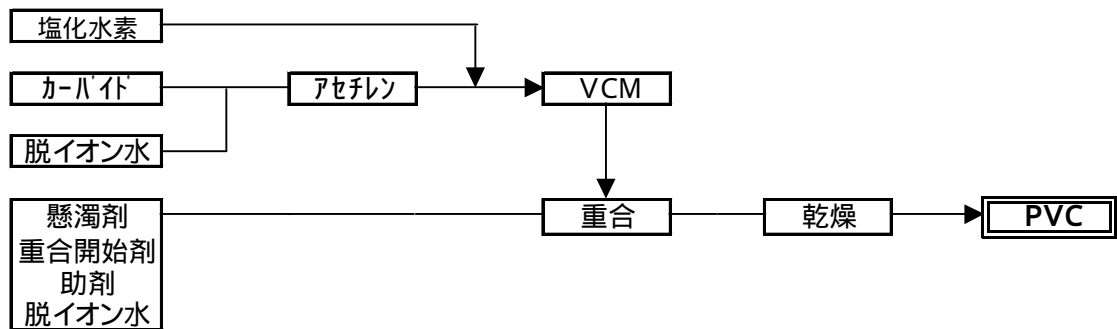


図 1 PVC 生産工程ブロック図

表 1 PVC 生産能力・包装能力見通し

	既存プラント			増設プラント
	現状	近代化第1ステップ	近代化最終ステップ	近代化最終ステップ
生産能力 ton/y	30000	40000	54000	54000
稼働時間 hr/y	6000	7600	7840	7840
時間生産量 ton/hr	5.1	5.1	6.9	6.9
日産量 ton/day	123.4	123.4	164.8	164.8
バッチサイクル hr	9.1	9.1	8.2	8.2
バッチ生産量 t/b	11.7	11.7	14.1	14.1
所要包装能力 ton/hr (1系列・1日24hr稼働)	5	5	7	7
現状包装能力 ton/hr	公称 5.0 +故障中 22.5t/hr	公称 5.0 +要修理 22.5t/hr	公称 5.0 +要修理 22.5t/hr	新設

(2) 現状の製品包装工程

製品は粉末状で最終製品ホッパーへ投入され、ホッパー下に設置された包装機によっ

て、25kg/袋単位で包装される。

2. 発生している問題点

(1) 問題点

包装袋は人力にて運搬され、倉庫内では適当な位置にバラ積みされている。

(2) 問題点の及ぼす影響

バラ積みでは、品種別、ロット別の厳密な仕分け管理が難しく、ロット間で混在を来たし、誤出荷の懸念がある。更に、製品品種数の増加によって、製品の品種毎・ロット毎の仕分け管理は重要なポイントになる。正確な棚卸し作業に困難が伴い在庫数量管理に問題が出る恐れがあるばかりでなく、倉庫面積の効率的活用面、即ち、倉庫保管能力にも影響が出る可能性がある。



図2 現状の倉庫内保管状況

3. 発生原因の分析

- (1) 人力によるバラ積みである。
- (2) 保管場所が区別・区画されていない。

4. 改善方法

- (1) 包装袋のバラ積みを止め、1,000kg 単位のパレット積み方式を採用する。
なお、「図3 パレットサイズ」、及び「図4 包装袋のパレット積付け」を各参考図として後述する。
- (2) 倉庫内の保管は、パレット積付け場所を明示すべく区画線引きし、区画番号を設定する。また、区画設定にあたっては次の事項を考慮する。
製品出荷の際、先入れ先出しの原則が容易になるよう通路の確保を工夫する。
在庫管理表(帳)は各区画番号と製品品種及びロット番号を対応させて、明確に管理する。これは将来在庫情報をコンピュータ管理する際にも有効である。
パレットは2段乃至3段積みが可能であろう。なお、図5 屋倉庫内区画設定図(例)を参考図として後述する。

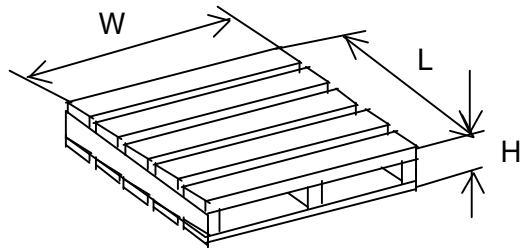
5. 改善の結果（見込み）

- (1) 品種別・ロット別の在庫管理が容易になる。
 品種別・ロット別の在庫所在が明確になる。
 ロット間で混在する可能性を排除し、誤ロット出荷が回避できる。
 正確な棚卸し作業が可能となる。
 倉庫面積の効率的活用及び在庫品質管理の向上が図れる。
- (2) 包装袋搬送作業の改善が図られ、省人化（ 1人/シフト）が可能と見込まれる。
- (3) 包装機及びパレット積付け自動化採用の場合は積付け作業改善が可能であり、改善による省人化（ 2~3人/シフト）が見込める。

6. コメント

図3、図4及び図5の参考図並びにコメントを記述する。

(1) 図3パレットサイズ（例）



JIS Z0604に準拠

型式	L mm	W mm	H mm
R2	1200	1200	150
R2	1150	1400	140

(注) 型式 R2 : 両面使用形二方差し
 型式、サイズは木製及びプラスチック製同一
 袋仕様如何で種々のパレットサイズ設定される

- ・通常木製、プラスチック製の2種類のパレットが使われている。
- ・パレットサイズは包装袋のサイズ(=PVCのカサ比重により左右される)によっても左右される。

(2) 包装袋のパレット積付け（例）

パレット積付け

包装袋の積付けパターン

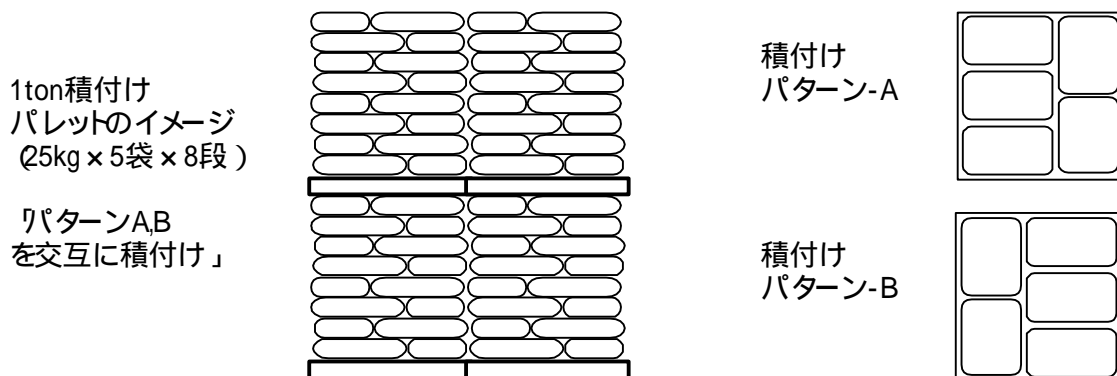


図4 包装袋のパレット積付け（例）

- ・パレットは通常2-3段積みが行われる。

(3) 平屋倉庫内区画設定図 (例)

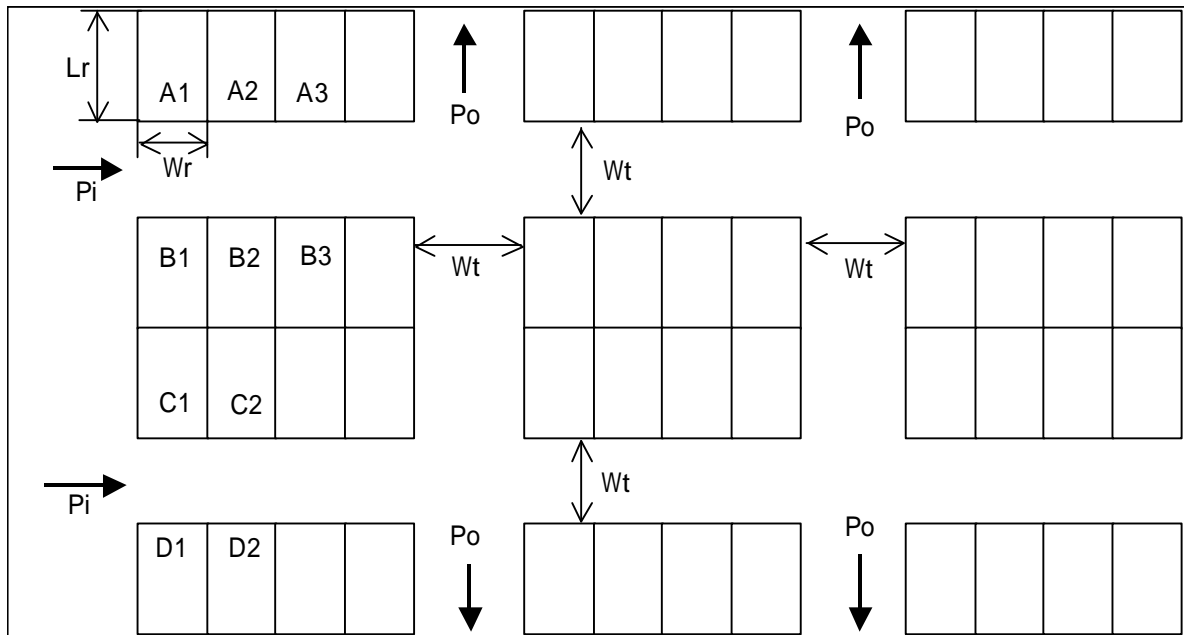


図5 平屋倉庫内区画設定図 (例)

A1/B1/C1/D1 :区画番号 (例) Wt 通路幅 約 4m
 Pi :パレット入庫 Wr :区画列幅 約 2.4m
 Po :パレット出庫 Lr :区画列長 約 5m

(注)

- ・各区画列内はパレット2列配列とし、1ロットを保管する。
- ・区画サイズは倉庫サイズ、パレット仕様、ロットサイズ等により調整・変更する。
- ・通路幅はフォークリフト等のパレット搬送機のサイズ如何で調整する。

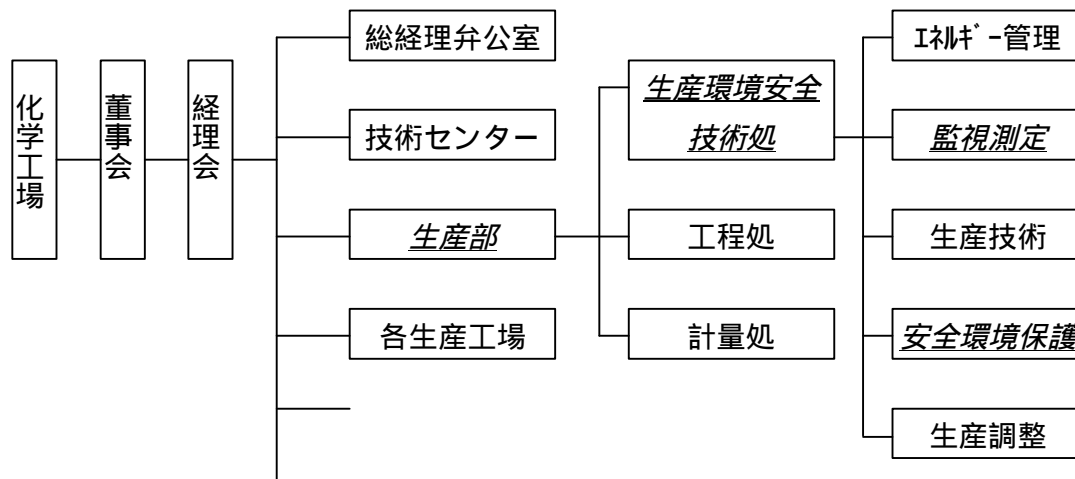
全社組織における環境・安全部門の位置付け

概要

- 1. 業種 ; 化学
- 2. 生産物 ; 懸濁重合法による塩化ビニル樹脂 (PVC)
- 3. 改善のポイント ; 環境・安全部門の組織上の位置付け

1. 現状の説明

本企業の環境安全業務は、生産部生産環境安全技術処の“安全環境保護グループ”と“監視測定グループ”が担当している。



2. 発生している問題点

(1) 問題点

環境安全は組織上、生産部生産環境安全技術処の 1グループ としての位置付けである。

環境・安全の重要性を考えると、組織上の独立性、十分な権限、スピーディな情報伝達力等が必須であり、現状組織はその機能を発揮する上で不十分である。

(2) 問題点の及ぼす影響

環境・安全に対する経営理念の社内外へのアピール度が低く、従業員への方針徹底及びその施策の推進力が十分とはいえず、更に今後の近代化を取り進めていく課程で複雑化する組織と設備、厳しくなる環境規制、近隣住民対策等に対し十分な対応措置がとれない。

3. 発生原因の分析

従来の環境対策が、副生物の有価物としての回収、冷却水循環による排水量の削減等工場の技術部門としての位置付けで、環境対策の実行上、十分であった。

4. 改善方法

環境・安全を組織上独立した部門とし、“経営者直轄型”とする。

それにより、社内外にその取り組み姿勢をアピールするとともに、環境安全の管理企画部門として妥協の無い姿勢で、経営方針に則り、その施策を積極推進する。

5. 改善の期待効果

環境安全に関する経営方針、施策の従業員へのスピーディ且つ確実な伝達による全社の意識向上、
独立した企画部門としての推進力向上、
環境安全に対する企業の取り組み姿勢のアピールによる企業イメージの向上、
等が期待できる。

6. コメント

組織変更のみならず、確固たる経営方針と具体的目標を持つことが重要である。

して水処理設備を検討した。

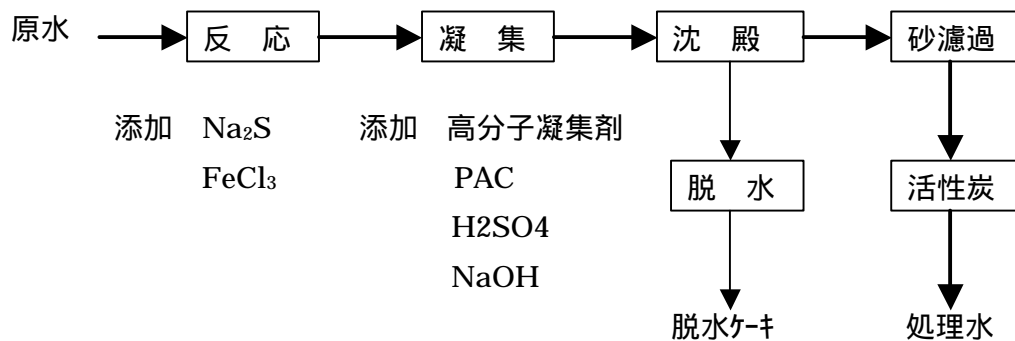
(1) 検討基本条件

検討基本条件は次の通りとする。

項目	原水水質	処理水水質目標
水量	350t/日	350t/日
CODcr	200mg/l	20mg/l
Hg	0.05mg/l	0.001mg/l
SS	240mg/l	10mg/l

(2) 処理プロセス

排水処理は次の方法が経済的であると考える。



最終的には排水の分析を長期間行い、最大、最小、平均値のデータを基に処理方法を、排水量についてはプラント能力との関係、削減検討、雨水混入量等を考慮し、決定すべきである。

5. 改善の期待効果

本排水処理による生産コスト削減等直接的メリットはないが

将来的な河川及び湾の汚染の軽減、

環境対策の先行実施による企業イメージの向上、

排水処理設備の検討に伴う2次的要因としての用水の削減、触媒交換作業の適正化、等の効果が期待できる。

6. コメント

データ上は、国家基準値が遵守されているが、化学企業を取り巻く環境、工場の立地条件、等を考慮すると企業姿勢として先行的環境対策を実行していく事が、企業の継続的発展の重要なポイントである。

上記計算より、2000年度PVC収支は漸く利益がでたという極めて厳しい状況にあるが、運転（設備）稼働率向上により利益向上は期待出来、会社収益全体に大きな貢献をもたらすものである。

その向上期待利益算定は〈単位当り変動費利益×増加販売量〉であり、2000年度に対し10%販売増加の場合の金額は、〈1590.8元/t×22,169t×10%=3,527千元〉となる。

2000年度生産経営計画で見込む35,000tの生産は、前年度に対し約58%の増産であり、その期待利益は〈1590.8元/t×22,169t×58%=20,400千元〉である。

これは極めて大きな利益であり、当工場の近代化提案の最重点項目は、運転稼働率の向上であるということが明確である。

ただし、別途生産工程調査で指摘したとおり、本来あるべきこの生産能力は實際上、達成不可能であり、これが達成できないことによる損失は、以上の計算からも容易に把握でき、工場幹部ならびに製造部門管理者は十分認識すべきであり、この達成のために全力を投入することが急務・必須である。

財務部門での各種計算資料は、このような形で有効に活用されるべきで、即ち、関係部門に提示し、必要であれば対応策を検討するよう提案すべきである。

3.2 原価管理方法の認識

財務部門では、“製品単位製造原価因素分析表”を作成しており、直接材料費、用役費等の変動費原価につき、前年度との対比で〈定額因素〉と〈価格因素〉に分解し、差異分析を実施している。

この資料が製造現場にどのように提供され、原価管理に有効に使われているか疑問である。

これは別途提案の変動費原価管理と同様の手法であり、〈定額因素〉は原単位差であり、〈価格因素〉は価格差であり、例えば、原料カーバイドの原価差は次の様に分析されている。

	前期（前年）	当期（本年）	差異分析
原単位（消費量）	1.547 t/t	1.578 t/t	-56.38 元/t
単 価	1818.55 元/t	1916.02 元/t	-154.35 元/t
金額（原単価）	2812.64 元/t	3023.37 元/t	-210.73 元/t

これより、2000年度は前年度にくらべカーバイドの原価は210.73元/t増加しており、そのうち原単位に起因する額は56.38元/t（金額換算22121t×56.38元/t=840千元）単価に起因する額は154.35元/t（金額換算22121t×154.35元/t=3414千元）である。

この増加原因の責任は、単価については原料購買部門にあり、原単位については製造部門にあると考える。

従い、それぞれの責任部門がこれを認識し、対策を具体的に講じる必要がある。

特に原単位差異については、運転稼働率アップにより運転管理が不良になりロスが増えた、大量購入によりカーバイド品質が劣悪又は品質のフレがあった、等が要因として考えられるので、近代化策を実行して行く為には、真の要因を追跡・分析し、関係部門が協力して解決すべきである。

以上は前期実績との対比であるが、近代化提案で述べた標準原価との対比、分析が本来あるべき管理手法と考える。