

コロンビア国ボゴタ市
クリーナープロダクション技術の推進による
産業公害低減調査
クリーナープロダクション技術事例集

1999年7月

三菱化学エンジニアリング株式会社

鉦調工

J R

99-137

コロンビア国ボゴタ市クリーナープロダクション技術の 推進による産業公害低減調査

クリーナープロダクション技術事例集

目 次

	頁
第 1 章 繊維サブセクター	
事例 1-1 染色処方最適化（浴比・中性塩使用量）	1
事例 1-2 整理・整頓（5S）の徹底・作業ミスの撲滅	3
事例 1-3 廃熱回収	5
第 2 章 油脂精製サブセクター	
事例 2-1 遠心脱水機（スーパーデカンター）の運転条件の調整	1
事例 2-2 脱臭装置の製品油より原料油への熱回収	3
事例 2-3 省エネルギー型スチームトラップの採用	5
事例 2-4 恒温室での精製油貯蔵	7
第 3 章 石鹼・洗剤製造・サブセクター	
事例 3-1 洗剤乾燥工程の排出ガス処理	1
事例 3-2 工場廃水排出量の減量対策	3
事例 3-3 廃油の有価物への転換	5
事例 3-4 工場内物流の効率化	7
第 4 章 メッキ・サブセクター	
事例 4-1 東京（京浜島）のメッキ工業団地（1977 年）	1
事例 4-2 大阪（西淀川）のメッキ工業団地（1987 年）	7
事例 4-3 硫酸回収装置	17
事例 4-4 個別企業による排水処理（三鷹金属）	26

クリーナープロダクション技術事例集

第1章 繊維サブセクター

事例 1-1	染色処方最適化（浴比・中性塩使用量）	1
事例 1-2	整理・整頓（5S）の徹底・作業ミスの撲滅	3
事例 1-3	廃熱回収	5

事例 1-1 染色処方最適化（浴比・中性塩使用量）

(1) 業種：染色整理業

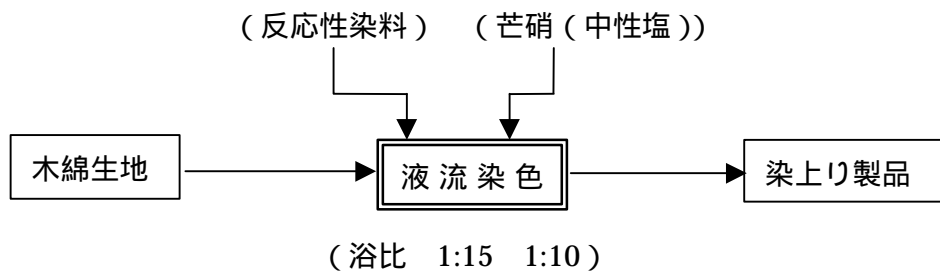
(2) 生産物：布帛の染色・後処理

(3) クリーナープロダクション技術のポイント：浴比低下と薬品使用量の最適化

1. 生産工程の説明

液流染色機による木綿の染色のフローは図-1 に示すとおりである。

図-1 液流染色による木綿染色のフロー



2. 過去の経緯

木綿生地（ニット及びブロード織物）を染色する場合の標準条件として浴比を 1：15、芒硝（中性塩）添加量を次の 3 段階に設定していた。

処方	染色濃度（% owf）	芒硝添加量（g/l）
1	S < 1.0	40
2	1.0 S < 3.0	60
3	3.0 S	80

即ち、300kg の木綿生地を淡色（染料濃度 0.25%）、中色（染料濃度 2%）及び濃色（染料濃度 6%）に染色する場合の染料、芒硝及び水の使用量は次の通りであった。

色	染料濃度（% owf）	染料使用量（kg）	芒硝使用量（kg）	水使用量（l）
淡色	0.25	0.75	180	4500
中色	2.0	6.0	270	
濃色	6.0	18.0	360	

3. クリーナープロダクション技術の内容

工程の合理化に取組み、染色機械及び染料メーカーとの連繋の下に種々検討を重ね、従来と同等色に染色する条件として、浴比を10：1に設定し、芒硝添加量を最適化することに成功した。この結果、染料、芒硝及び水の使用量は次の通りとなった。

色	染色濃度 (% owf)	染料使用量 (kg)	芒硝使用量 (kg)	水使用量 (l)
淡色	0.26	0.78	45	3000
中色	2.06	6.18	120	
濃色	6.18	18.54	195	

4. クリーナープロダクション技術の効果(改善の成果)

改善の成果としてのコストの合理化額をコロンビア価格で推定すると、次のようになる。

前提： 染料価格 30,000 \$ /kg
芒硝価格 450 \$ /kg (食塩の場合は、270 \$ /kg)
工業用水 1,600 \$ /t

色	染料コスト (\$)	芒硝コスト (\$)	水コスト (\$)	計 (\$)	コスト合理化額 (\$ /製品 kg)
淡色	+ 900	60,750	2,400	62,250	207
中色	+ 5,400	67,500	2,400	64,500	215
濃色	+ 16,200	74,250	2,400	60,450	201

即ち、製品1kg当り約200ペソのコストを低減したことになる。

なおコロンビアの場合は中性塩として芒硝の代りに食塩を使用ことが多いが、食塩使用の場合は、コスト合理化額は、約100ペソ/kg-製品と推定される。

5. コメント

浴比、染料濃度、中性塩添加量等の染色条件は、使用する染色機、被染色物、染料によって違うので、浴比、中性塩の最適化にあっては、染料メーカー等とよく相談して実施すること。

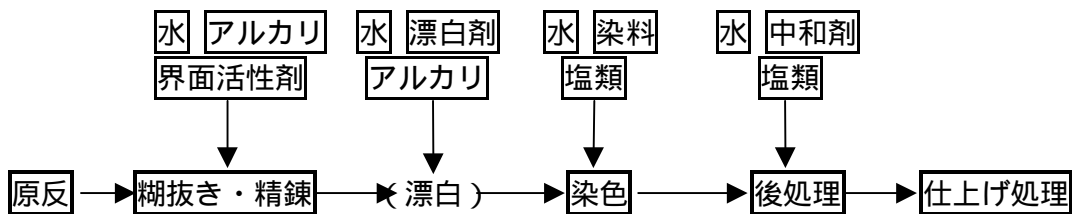
事例1-2 整理・整頓（5S）の徹底・作業ミスの撲滅

- (1) 業種：染色整理業
- (2) 生産物：布帛の染色・後加工
- (3) クリーナープロダクションのポイント：作業の標準化によるミスの防止

1. 生産工程の説明

バッチ染色工場では図-1 に示すフローの如く、1バッチの工程は3～4ステップから成り。各ステップでは数種類の薬品・染料を投入する。

図-1 バッチ染色のフロー



2. 過去の経緯

染色バッチ毎に薬剤調製室で計量した薬剤をポリ容器に入れ、染色機の足元に投入順序に並べて置く習慣になっていた。下の写真はこの様子を示したものであるが、染色機の調子が悪く工程トラブルが発生し作業が錯綜した場合や工程の途中で一時的に作業者が交替するようなことが起こると、時々投入順序が混乱してしまうことがあった。



3. クリーナープロダクション技術の内容

薬剤調製室を含めて皆で話し合っ、

- (1) 薬剤の種類毎に容器を色分けする。
- (2) 染色機下に白線で置き場表示をする。
- (3) 置き場には番号も併せて表示する。
- (4) 計量した薬剤は、投入順序と合致した番号の置き場に正しく置く。

ことに決め、標準化した。

(置き場表示の概念図)

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

4. クリーナープロダクション技術の効果

薬剤の投入順序を取り違えること(作業ミス)がなくなると同時に職場の整理・整頓が進み、作業がやり易くなり作業環境が改善された。また容器を固定することにより容器の洗浄回数・洗浄水量も減らすことが出来、合理化にもなった。

5. コメント

- (1) 本例は 5S の一例であり、染料調合・計量室等整理・整頓すべき箇所は随所に見受けられる。
- (2) 5S の実施にあたっては、皆で話し合う小集団活動として展開することをリコメンドする。

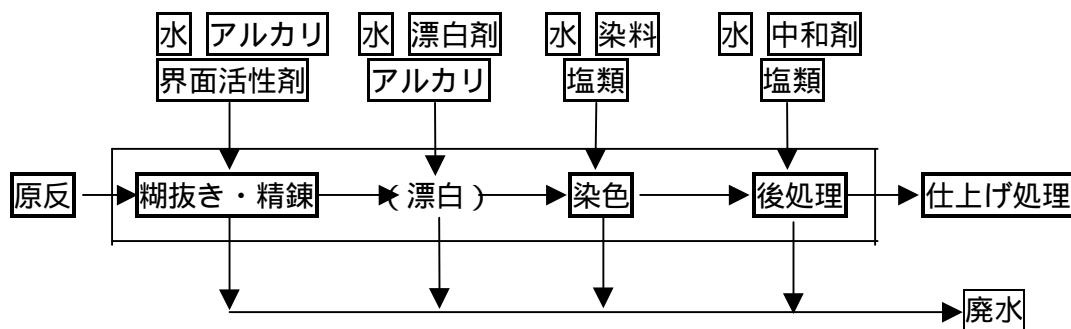
事例 1-3 廃熱回収

- (1) 業種：染色・整理業
- (2) 生産物：ポリエステル布帛の染色
- (3) クリーナープロダクション技術のポイント：染色廃水からの熱回収

1. 生産物および生産工程の説明

染色工程の中、バッチ染色の工程を図-1 に示す。

図-1 バッチ染色工程のフロー



各ステップでは、薬品・染料が添加され反応が行われた後液の排水、さらに各ステップ毎の洗浄と排水が繰り返され、排水として放出される。

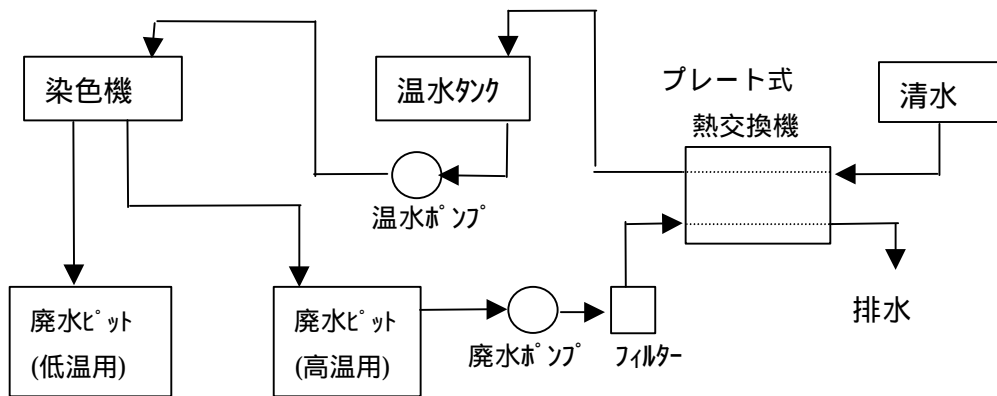
2. 過去の経緯

染色機から排出される廃水は一部染色機に付属する熱交換器で冷却されるもののほとんどの熱は回収することなく外部公共下水道に排出していた。

3. クリーナープロダクション技術の内容

染色機から排出される高温の廃水とプロセス用水として用いられる清水を熱交換させることにより廃熱を回収する。

廃水ピットを低温用と高温用に分離し、染色機から出る廃水を高温廃水と低温廃水に分離する。高温廃水ピットよりポンプで取り出した高温廃水を、フィルターで夾雑物を除去後、プレート式熱交換器に送り清水と熱交換させる。冷却された廃水は廃水処理装置に送り処理する。加熱された清水は温水タンクに貯留し、染色機のプロセス用水として供給する。



4. クリーナープロダクション技術の効果

清水の温度が上がったことにより、染色機内の液を加熱する蒸気量が減少し、重油代が節減され、熱回収に要した費用は短期間で回収された。

5. コメント

- a. 染色機からの廃水はできるだけ高温部分のみを回収した方が採算性はよい。80 以上が最も望ましい。
- b. 廃水温度の低下も目的とする場合は、60 程度まで対象とすることもあり得る。

クリーナープロダクション技術事例集

第2章 油脂精製サブセクター

事例 2-1	遠心脱水機（スーパーデカンター）の運転条件の調整	1
事例 2-2	脱臭装置の製品油より原料油への熱回収	3
事例 2-3	省エネルギー型スチームトラップの採用	5
事例 2-4	恒温室での精製油貯蔵	7

事例 2-1 遠心脱水機（スーパーデカンター）の運転条件の調整

（1）業種：合成樹脂製造

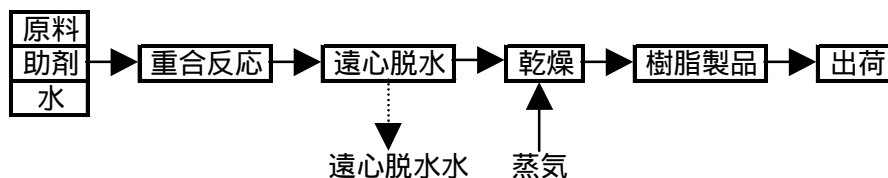
（2）生産物：合成樹脂粉（粒子）

（3）クリーナープロダクション技術のポイント：遠心脱水機の運転条件の最適化

1. 生産物及び生産工程の説明

本合成樹脂は懸濁重合法により生産されるが、水中での反応の為、生成合成樹脂粉を水中から分離（このスーパーデカンターで遠心脱水）し、分離されたウエットな合成樹脂体を乾燥し、製品としている。

図-1 本樹脂の概略生産工程



2. 過去の経緯

省資源省エネルギーが叫ばれた時期より蒸気消費を削減する為、スーパーデカンター（遠心脱水機）の運転条件の見直しが実施された。

3. クリーナープロダクション技術の内容

- スーパーデカンターのダム深さを浅くする（脱水ゾーンを長くする）
- スーパーデカンターの回転数をアップする（遠心力Gをアップする）
- スーパーデカンターへのフィード量を生産量に見合せて落す（滞留時間を延ばす）
- スーパーデカンターへのスラリー濃度を極力アップする（水分を減らす）

等のハード面、ソフト面の調整により、合成樹脂粉中の含水率を低下させることである。

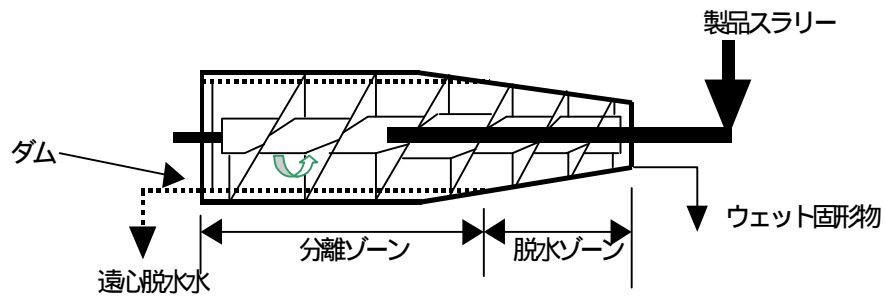
4. クリーナープロダクション技術の効果

合成樹脂粉中の含水率を低下させることにより、乾燥時の加熱蒸気の消費量を減らす事が出来る（水、ボイラー用の加熱燃料、等の節約となる）。

5. コメント

- a. これらの条件は、スーパーデカンター用モーター容量の余裕度、遠心脱水水中への合成樹脂粉のロス、合成樹脂粉スラリーの輸送の難度、等も確認して最適な条件に決定されなければならない。
- b. 合成樹脂粉での事例であるが、スーパーデカンターの機能は同じで、油脂精製産業にも適用出来るのでケーススタディした。

図-2 スーパーデカンターの概略構造図



事例 2-2 脱臭装置の製品油より原料油への熱回収

(1) 業種：油脂精製

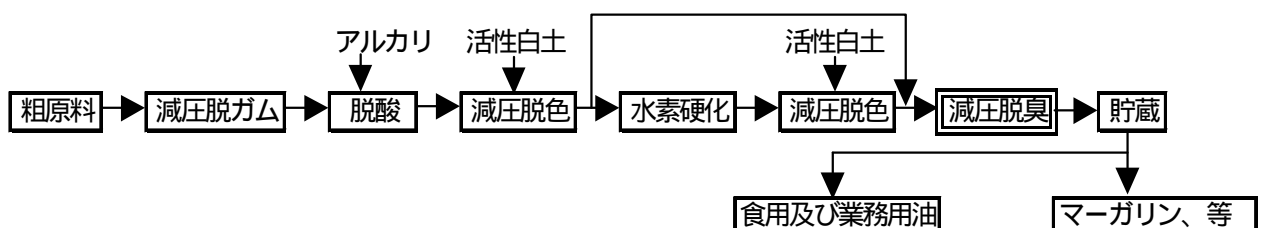
(2) 生産物：食用油、業務用油、マーガリン

(3) クリーナープロダクション技術のポイント：廃熱の回収（再利用）

1. 生産物及び生産工程の説明

本工場では原料として植物油（パーム油）及び動物油（魚油、牛脂油、豚脂油）を使用している、一般的油脂精製工場であり、脱ガム、脱酸、脱色、脱臭、の各工程を有し、最終の脱臭後、精製油は食用油、業務用油及びマーガリンとして外販されている。尚、最終の脱臭設備能力は約 6,000t/月である。

図-1 本油脂精製工場の概略生産工程



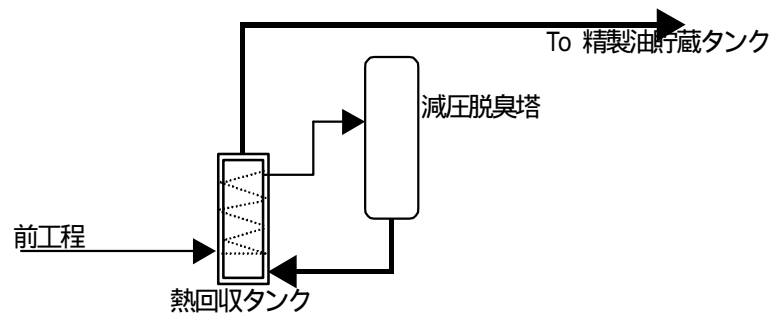
2. 過去の経緯

減圧脱臭装置については、通常タイプと省エネタイプの2系列保有しており、通常タイプを省エネタイプに改造した。

3. クリーナープロダクション技術の内容

- 脱臭後の高温製品を原料油の加熱源として使用する。
- この熱回収の為、熱回収タンク(材質 SUS316L)、熱回収コイル(材質 SUS316L)を設置した。

図-2 熱回収システムのイメージ



4. クリーナープロダクション技術の効果

原料油の加温用蒸気及び高温製品の冷却用水の削減が図れた。

効果：8kg/cm² 飽和蒸気量換算で 500kg/H 以上

5. コメント

- a. 脱臭温度は 200 以上の高温であり、十分加熱源と成り得る。

事例 2-3 省エネルギー型スチームトラップの採用

(1) 業種：油脂精製

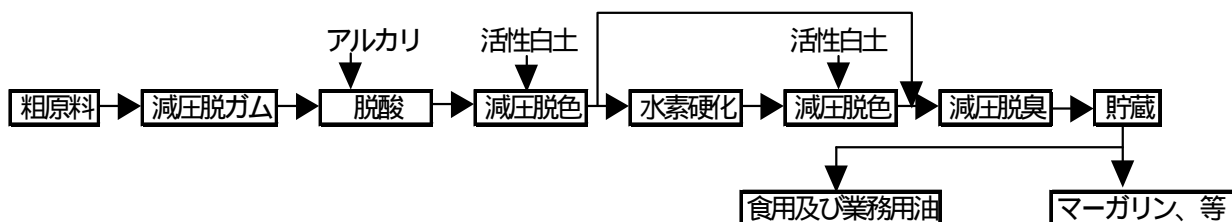
(2) 生産物：食用油、業務用油、マーガリン

(3) クリーナープロダクション技術のポイント：省エネルギー型スチームトラップの採用

1. 生産物及び生産工程の説明

本工場では原料として植物油（パーム油）及び動物油（魚油、牛脂油、豚脂油）を使用している、一般的油脂精製工場であり、脱ガム、脱酸、脱色、脱臭、の各工程を有し、最終の脱臭後、精製油は食用油、業務用油及びマーガリンとして外販されている。尚、最終の脱臭設備能力は約 6,000t/月である。

図-1 本油脂精製工場の概略生産工程



2. 過去の経緯

蒸気は加温用、減圧形成用、等に使用され、その蒸気配管及び蒸気ユーザーに設置されているスチームトラップは、その蒸気発生設備の生産性や省エネルギーに大変重要な役割を果たしている。

従い、蒸気発生設備の生産性効率の向上、生産コストの低減、に寄与する最適スチームトラップに交換した。

3. クリーナープロダクション技術の内容

a. 下記要素を満足する省エネルギー型スチームトラップを選定し、既存スチームトラップを交換した：

- 1) トラップの弁と弁座の確実な気密が達成出来、気水分離が確実にできる構造をもっているもの（経済性）
- 2) 装置内に発生した復水は速やかに排出し、空気障害や蒸気障害を起さないもの（生産性）
- 3) 長期間の使用に弁と弁座が耐え、又、レバー、ピンも同様に耐久性があるもの（耐久性）

- 4) 常に良好な作動状態を保つ必要があるので、作動点検や分解組立のしやすい保守性のよいもの（保守性）

4. クリーナープロダクション技術の効果

スチームトラップを省エネルギータイプに交換したことにより、燃料使用量が 15～20% 削減できた。

5. コメント

- a. ポゴタ市の油脂精製サブセクターでは、蒸気配管、蒸気ユーザーはほとんど保温されていない。
従い、放熱による復水生成が多い。
更に、水バランスより、蒸気及び水の大气へのロスが非常に多い。
- b. QR で保温、スチームトラップ、の設置を提言しているが、採用に際しては、この省エネルギー型スチームトラップの採用をリコメンドする。

事例 2-4 恒温室での精製油貯蔵

(1) 業種：油脂精製

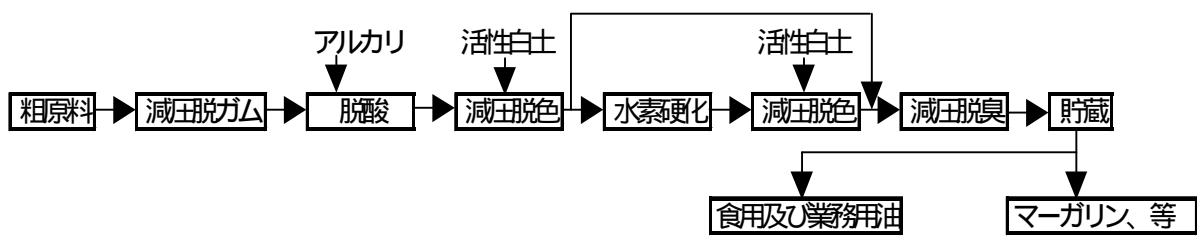
(2) 生産物：食用油、業務用油、マーガリン

(3) クリーナープロダクション技術のポイント：製品油への間接加熱方式の採用

1. 生産物及び生産工程の説明

本工場では原料として植物油（パーム油）及び動物油（魚油、牛脂油、豚脂油）を使用している、一般的油脂精製工場であり、脱ガム、脱酸、脱色、脱臭、の各工程を有し、最終の脱臭後、精製油は食用油、業務用油及びマーガリンとして外販されている。尚、最終の脱臭設備能力は約 6,000t/月である。

図-1 本油脂精製工場の概略生産工程



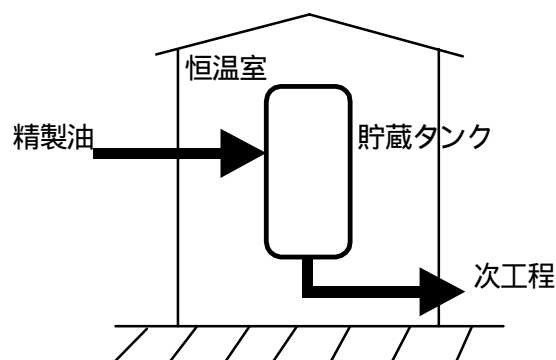
2. 過去の経緯

精製油の長期保存性を確保する為、ある一定の温度で貯蔵されるが、その際の蒸気による繰返し加温が精製油の分解、劣化を招いていた。

3. クリーナープロダクション技術の内容

- a. 精製油貯蔵タンクの適宜加熱を止め、貯蔵タンクを建物の中に設置し、部屋全体加熱（恒温化）に変更した。

図-2 恒温室のイメージ



4. クリーナープロダクション技術の効果

精製油貯蔵タンクのコイル直接加熱から、該タンク設置部屋の温度管理に変更した事により（約 50 ）油温変化がなく、品質劣化のない長期保存が可能となった。

5. コメント

- a. 品質劣化による顧客からの受入れ拒否、再精製、廃棄、がなくなり、公害発生防止にもつながる。

クリーナープロダクション技術事例集

第3章 石鹼・洗剤製造・サブセクター

事例 3-1	洗剤乾燥工程の排出ガス処理	1
事例 3-2	工場廃水排出量の減量対策	3
事例 3-3	廃油の有価物への転換	5
事例 3-4	工場内物流の効率化	7

事例 3-1 洗剤乾燥工程の排出ガス処理

(1) 業種 洗剤製造

(2) 生産物 合成洗剤

(3) クリーナープロダクション技術のポイント

スプレードライヤ排出ガス洗浄水の循環再利用

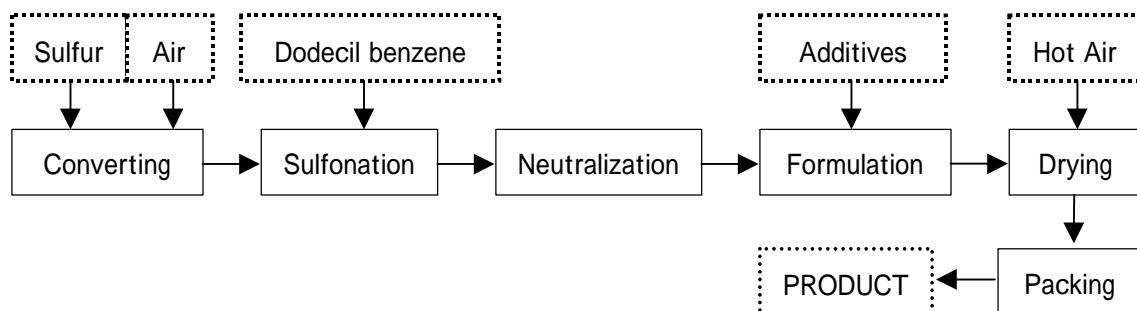
1. 生産物および生産工程の説明

洗剤は基剤である界面活性剤にビルダーその他の添加剤を配合して作られる。

図1に洗剤製造プロセスのブロックフロー図を示す。直鎖アルキルベンゼンのスルホン化、中和により直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)を得る工程と、添加剤の混合、乾燥工程、包装工程等からなる。

乾燥工程は、LAS にカルボキシメチルセルロース (CMC), 硫酸ナトリウム, ケイ酸ナトリウム, ソーダ灰その他のビルダーを配合し、高圧ポンプでスプレードライヤに噴霧し、200-300 の熱風で乾燥する工程である。

図 1 洗剤製造プロセスのブロックフロー図



2. 過去の経緯

プレードライヤから排出される空気中には、100 μ以下の微粉が存在するのでその処理が必要である。ドライヤ排ガスは高湿度条件下にあるため、その洗浄には湿式洗浄が一般的に採用される。過去には、捕集された洗剤粉末による発泡を抑制するために多量の洗浄水を必要とし、廃水負荷が大となる問題があった。

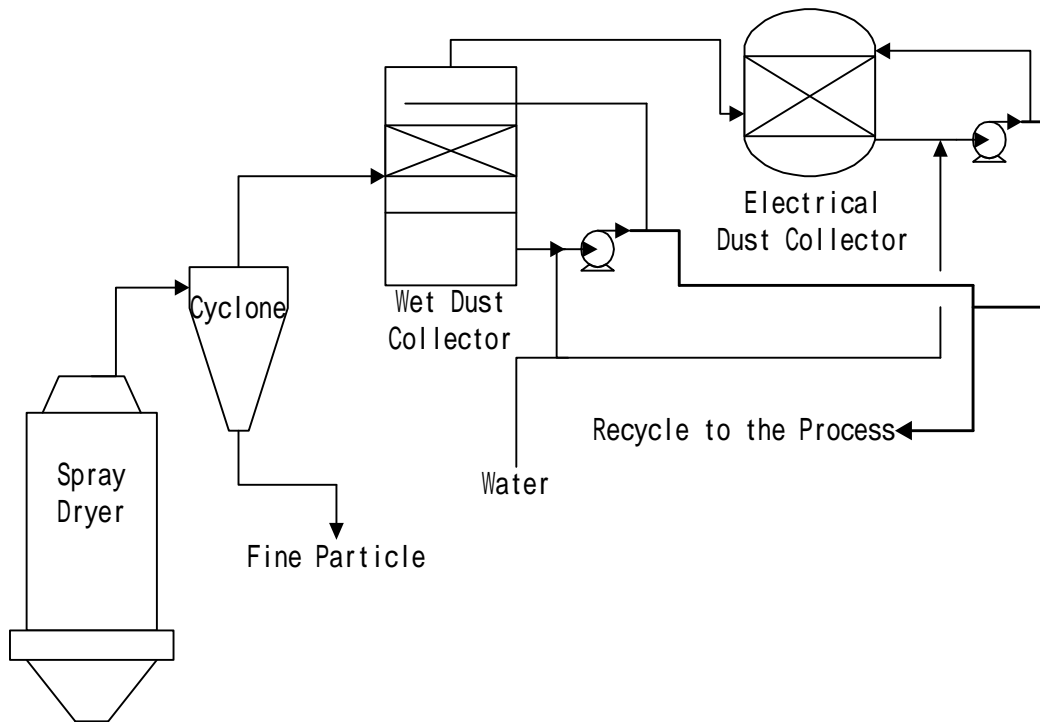
3. クリーナープロダクション技術の内容

図2にプレードライヤ排ガス処理フローを示す。

クリーナープロダクション技術とし以下があげられる。

1. ドライヤ, サイクロンにおける捕集効率の向上により湿式洗浄塔に入る粉末の減少を図った。
2. 洗浄水の循環利用により水量の大幅な減少を図った。
3. 循環水のプロセスへの再利用を行った。

図2 洗剤乾燥工程排出ガス処理フロー図



4. クリーナープロダクション技術の効果

洗浄水の減少とプロセスへの再利用により、工場廃水の大幅な削減が可能となった。

5. コメント

スプレードライヤ排出ガス中の微粉の量は微量であり、それを製品として回収する経済効果は低い。洗浄水をプロセスに循環再利用することにより、大幅な廃水水量の減少が可能となったものであり、クリーナープロダクション技術の典型として広く応用が可能な例である。

事例 3-2 工場廃水排出量の減量対策

(1) 業種 石鹼製造

(2) 生産物 石鹼

(3) クリーナープロダクション技術のポイント

工場廃水のインシネレーターによる燃焼

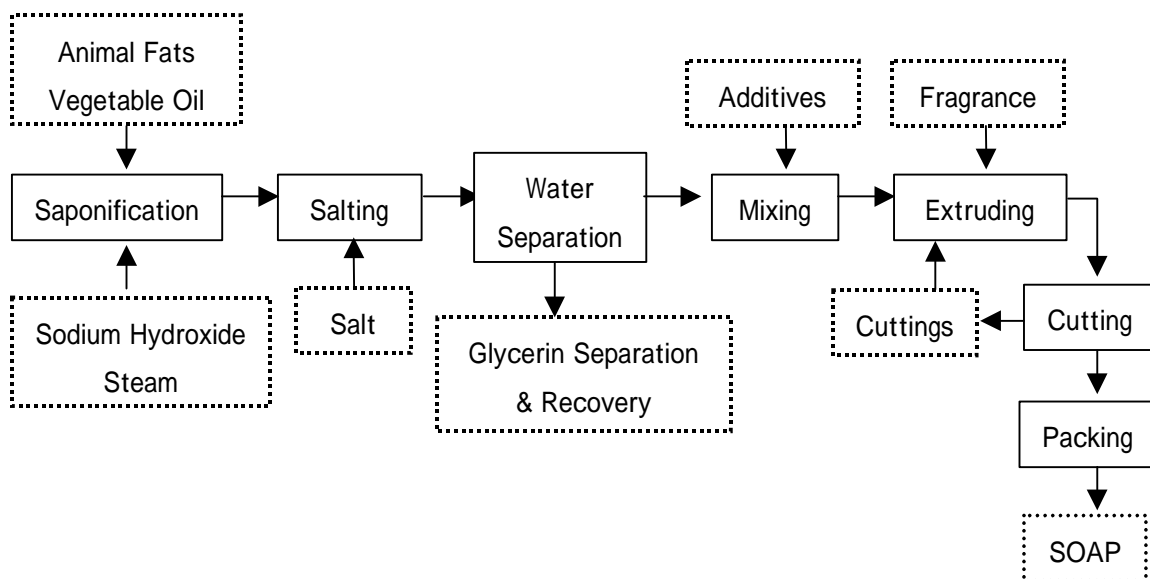
1. 生産物および生産工程の説明

図1に石鹼製造プロセスのブロックフロー図を示す。

原料油脂を苛性ソーダで鹼化し、塩析して得られるニートソープの水分調整，練り，添加剤添加，成形・切断，刻印，包装等の工程を経て最終製品を作る。

各工程において、品種切り替え時に機器洗浄が必要で、それに伴う廃水が発生する。通常、塩析工程の廃液からグリセリンの分離・精製に伴う廃水が発生するが、現在日本ではその処理を他社工場に委託している。

図1 石鹼製造プロセスのブロックフロー図



2. 過去の経緯

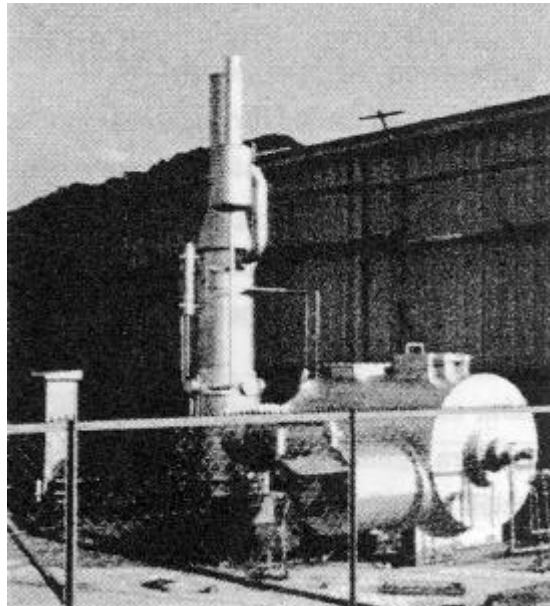
洗浄に伴う廃水は、油脂精製工場に設置された廃水処理設備に処理を委託していたが、油脂精製工場の移転により新たな処理方法を検討する必要があった。

3. クリーナープロダクション技術の内容

下水道への排出規制があるため、工場内にインシネレーターを導入し、蒸発・燃焼させることとした。

図2にインシネレーターの例を示す。

図2 インシネレーター



4．クリーナープロダクション技術の効果
工場廃水の排出量がゼロになった。

5．コメント

少量の廃水であればボイラに微量ずつ噴霧することにより、本件と同様の処理が可能と考えられる。

また、ボゴタ市の中小の工場からの排水に関しては、油脂精製と石鹼・洗剤のように類似のサブセクターのものを集めて集中処理する方法も検討の価値がある。可燃物の含有量が多い場合には、廃熱を回収・利用できる可能性もある。

事例 3-3 廃油の有価物への転換

(1) 業種 石鹼製造

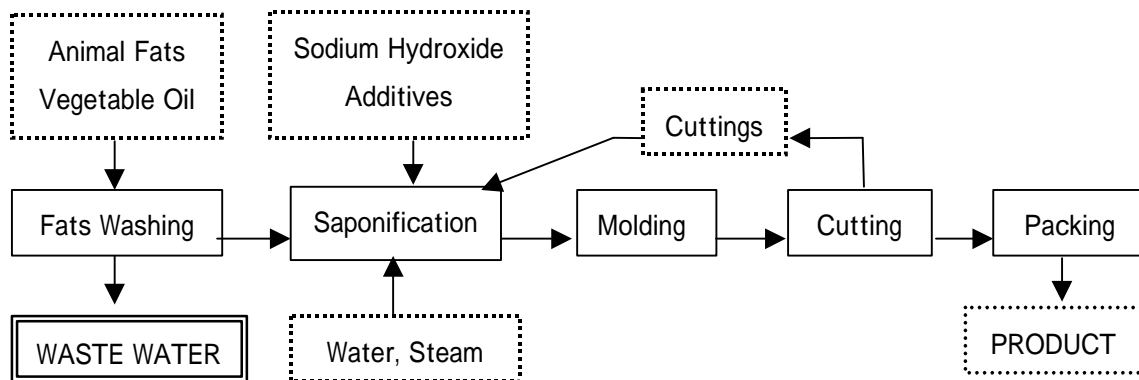
(2) 生産物 石鹼

(3) クリーナープロダクション技術のポイント 油脂精製サブセクター工場からの
回収廃油利用による石鹼製造

1. 生産物および生産工程の説明

図1にボゴタ市の石鹼製造工場に多くみられるプロセスのブロックフロー図を示す。油脂を洗浄し、鹼化工程の原料とする。この油脂洗浄工程を持たない工場もある。

図1 石鹼製造プロセスのブロックフロー図



2. 過去の経緯

ボゴタ市の石鹼工場の多くは洗濯用棒状石鹼を製造している。特に中小の工場は低所得者向けの低価格製品を製造しているところに特徴がある。また、これらの工場の製造技術はそれぞれに経験に基づく独自のものとなっているが、原料の品質に対する要求が比較的緩やかであることも特徴である。

コロンビア国の油脂精製および石鹼製造業は、原料入手が困難な状況にあり、低品位の油脂であっても原料として使用する努力がなされている。

3. クリーナープロダクション技術の内容

油脂精製工場におけるオイルトラップから発生する次のものを、石鹼製造の原料として受け入れ、使用する。

1. 回収スカム

2. スラッジ

ボゴタ市において、油脂精製工場から石鹼製造工場に送られて原料として利用されている上記の廃油類は月間 500 t に上っている。

4．クリーナープロダクション技術の効果

回収油脂およびスラッジは油脂工場では有効利用の途がなく、廃棄されれば環境負荷を増大させる性格のものであり、これらを有価物に転換する効果は大きい。

5．コメント

日本では、石鹼製品に対する市場要求に応えるために、原料油脂を精選して購入しているのが現状である。従って、ここで紹介した内容は日本の石鹼製造工場では現在では実施不可能である。ボゴタ市においても、将来石鹼に対する要求が厳しくなり、廃棄物を原料とすることができなくなる可能性があるが、現在のサブセクター間にわたるクリーナープロダクション技術として注目に値する。

事例 3-4 工場内物流の効率化

(1) 業種 石鹼製造

(2) 生産物 石鹼

(3) クリーナー生産技術のポイント

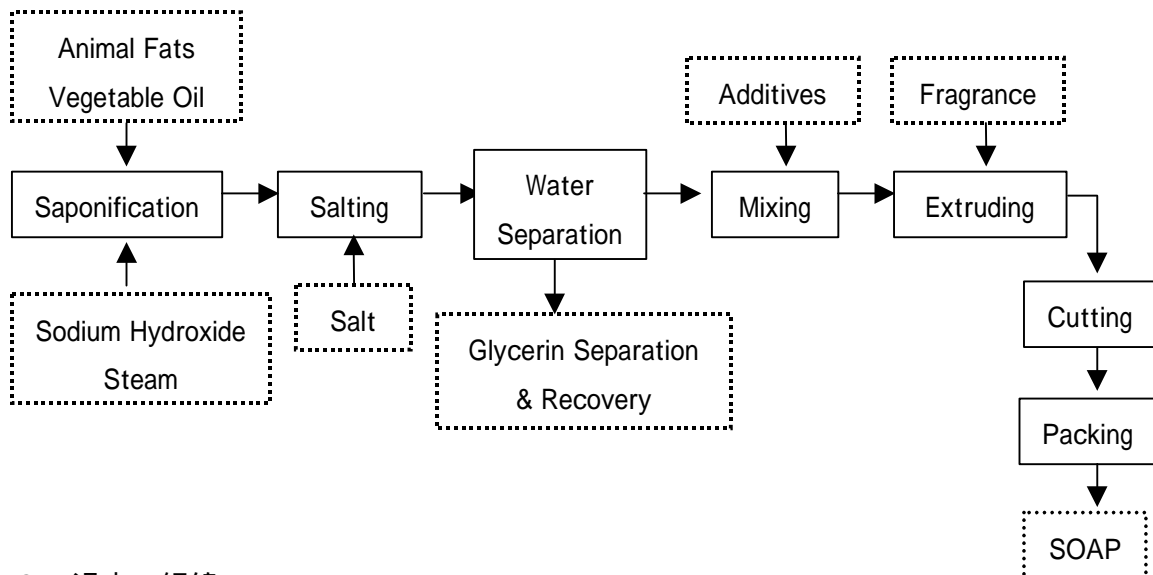
生産工程におけるパレット利用による空間利用効率の改善

1. 生産物および生産工程の説明

図1に石鹼製造プロセスのブロックフロー図を示す。

油脂を鹼化して石鹼素地を作る工程と、添加物を加え、成形・切断・包装して最終製品とする工程に分かれる。

図1 石鹼製造プロセスのブロックフロー図



2. 過去の経緯

ボゴタ市の中小の石鹼工場では、一般に工場内の整理整頓が悪く、不要物が散在し工場内の物流効率を低下させている。図2に例を示す。

図2 製品保管の整理整頓が悪い例



生産性を向上させるためには、工場の空間利用効率を改善する工夫も必要である。

3. クリーナープロダクション技術の内容

製品の移送・保管にパレットを利用し、効率を高める。

例を図3に示す。

図3 パレットによる製品保管



4. クリーナープロダクション技術の効果

- (1) 工場内の物流効率が向上する。
- (2) 工場内の整理・整頓がより容易になる。
- (3) 上記により、工場の空間利用効率が改善される。

5. コメント

日本でかつて推進され現在は定着した“5S運動”により、工場内の整理整頓を行い、清潔にすることにより生産性が向上し、さらに環境問題の改善にも効果があることを強調したい。

クリーナープロダクション技術事例集

第4章 メッキ・サブセクター

事例 4-1	東京（京浜島）のメッキ工業団地（1977年）	1
事例 4-2	大阪（西淀川）のメッキ工業団地（1987年）	7
事例 4-3	硫酸回収装置	17
事例 4-4	個別企業による排水処理（三鷹金属）	26

事例 4-1 東京（京浜島）のメッキ工業団地（1977 年）

(1) 業 種 メッキ工業サブセクター

(2) 生産物 Ni メッキ、Cr メッキなど めっき製品

(3) クリーナープロダクション技術のポイント 節水対策と排水共同処理センター

1. 生産物および生産工場の説明

東京都大田区京浜島のメッキ工業団地は、電気メッキ及びアルマイト専門工場 11 社、メッキ材料業者 1 社、およびメッキ設備メーカー 1 社から成り、これに工場排水を集中処理する共同処理センターを加えて合計 14 事業所で構成されている。

サイトの敷地面積 20,000m²、全従業員約 400 名（排水処理場は 2 名）である。

サイトは東京都が用意した工業専用地である。

参加企業の生産物の内容を、表 1 に示す。

表 1 参加企業の業務内容

参加企業	業 務 内 容
A	プラスチック上のメッキ（自動車、家電部品）
B	Cu、Ni および貴金属のバレルメッキ
C	Ag、Sn およびはんだのバレルメッキ
D	照明部品の Au、Cu、Ni、Cr メッキ、電着塗装
E	Cu、Ni、Cr、Zn メッキ
F	Cu、Ni、Cr、Au メッキ、無電解 Ni メッキ、硬質 Cr メッキ
G	アルミニウム陽極酸化（アノダイジング）
H	プリント基板のスルーホールメッキ
I	プラスチック上のメッキ（家電部品）
J	電子部品への連続 Cu、Ag メッキ
K	Cu、Ni、Cr、Zn、Sn メッキ、無電解ニッケルメッキ
L	メッキ材料販売
M	メッキ装置製造
N	共同公害処理センター（排水処理センター）

L 社は、メッキ材料（ケミカル薬品等）販売であり、メッキ企業各社へのメッキ材料の供給と材料保管、管理も行なっている。

M 社は、メッキ装置製造メーカーであるが、メッキ企業各社に対しては、メンテナンス業務も行なっている。

N 社は各企業からの排水処理を行なうが、N 社から各企業に対して排水計画、管理の指示が出される。

この N 社は各企業から出資設立された企業であり、排水処理の責任を持つと同時に排水処理費用を各社に分担させている。常時 2 名により排水処理設備の運転管理

にあたっている。

図 1 に、東京メッキ工業団地の全体配置図を示す。また、写真 1 にメッキ団地の全景を示している。

図 1 全体配置図

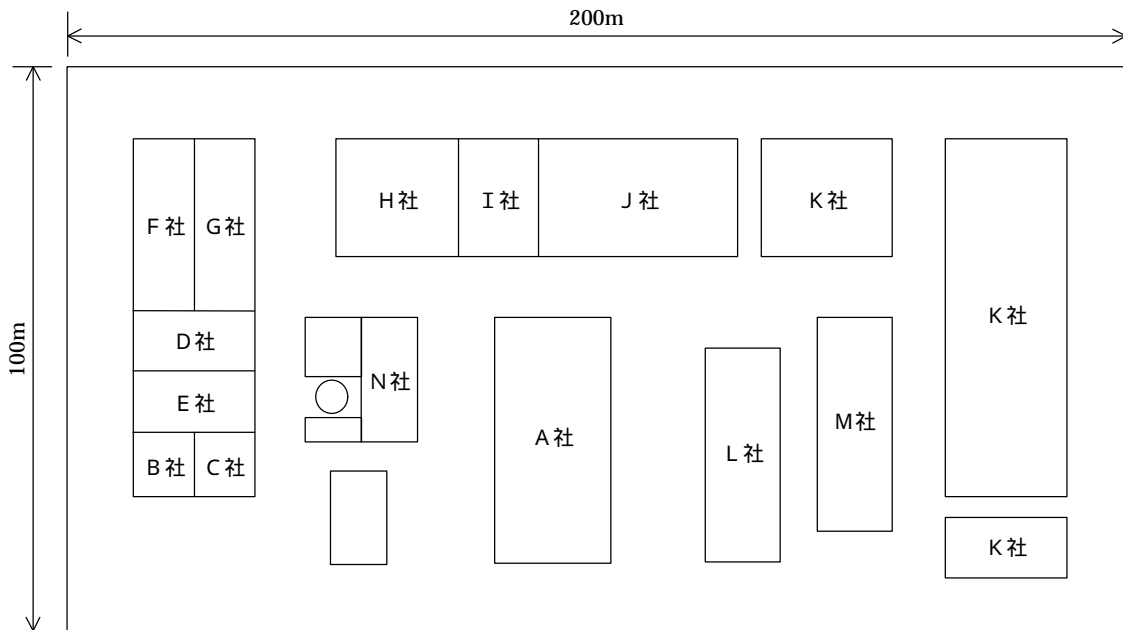
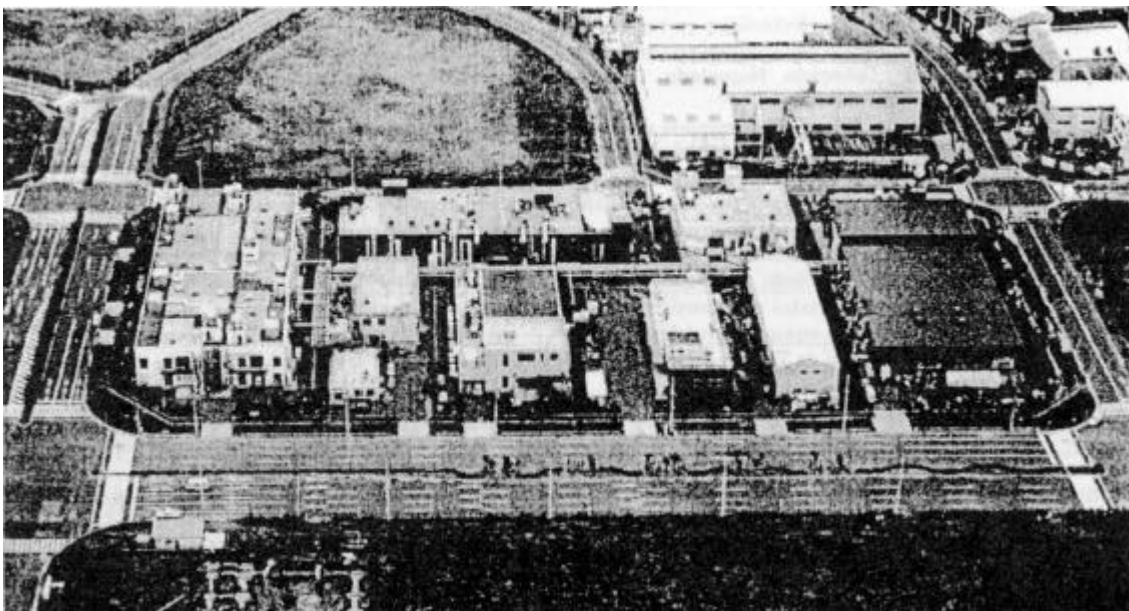


写真 1 メッキ団地の全景



2. 過去の経緯

メッキ産業は都市型の産業として発展してきた。東京には現在 700 社弱、最盛期には 1000 社を超えるメッキ業者が有り、日本全国の約三分の一を占めている。

一方、産業の発展に伴い産業公害が社会問題化し、1963、1964 年の東京地区における河川へのシアン含有排水の流出事故がきっかけとなりメッキ排水公害がクローズアップされるようになった。

さらに、1967 年の「公害対策基本法」の制定、1970 年の「水質汚濁防止法」の公布などが続き、徹底した排水の無害化処理なくしては事業の継続は出来なくなったのである。

メッキ業は従業員 10 名前後の零細企業が圧倒的に多く、これらの個々の企業で排水処理を行うためには、処理設備の設置場所の問題から、維持管理の要員の確保、さらには、資金の確保など多くの課題があげられる。

特に、東京都内等の既成市街地のなかでは、新たに排水処理施設の設置用敷地を確保すること自体が至難の業ということになってくる。これに対しメッキ業者の同業者組合である全国メッキ組合連合会の組織の総力をあげて対策に取組み、合理化策の一つとして集団化・共同化が考えられた。

そんな中で東京都城南地区（大田、品川、港区）の住宅地の散在していた典型的な公害発生型中小零細企業が、組合（中央鍍金工業協同組合）を結成しリーダーの強い意思と組合員の固い結束によって、国および都の承認を得て 1977 年に工業専用地域である大田区京浜島に工業団地を建設して集団化移転した。

表 2 に計画段階から完成までの歩みをまとめる。

表 2 工業団地完成までの歩み

1945 年	: メッキ企業の有志の集合...組合結成
1969 年	: メッキ企業の近代化のための事業研究会発足
1971 年	: 東京都の工業団地に、移転計画案提出
1976 年 1 月	: 移転計画案が東京都で審査完了、了承
1976 年 8 月	: 実行計画
1976 年 9 月	: 建物建設着工
1977 年 7 月	: 建設工事完了、各企業入居開始
1977 年 8 月	: 操業開始
建設期間: 1 年 3 ヶ月、総工事費 4,150,000,000 円	

3. クリーナープロダクション技術の内容

このメッキ工業団地は、節水型で金属のリサイクルタイプを導入し省資源、省エネルギー型であり、メッキライン内および集中処理場において、次のような特徴をもっている。

1) 節水型水洗システム

東京都が造成した工業専用地は当初からの条件として工業用水の配水量が制限されており、これは当時の移転企業 11 社が使用していた水量（約 1800m³/d）の約 1/10 であった。そこで組合員全員で研究を重ね、各方面と相談、意見交換を行い、結果として「バッチ多段向流水洗」という方法を採用した。

図 2、3 に、その水洗システムを示す。

図 2 プロセス内の水洗システム(クロム系の例)

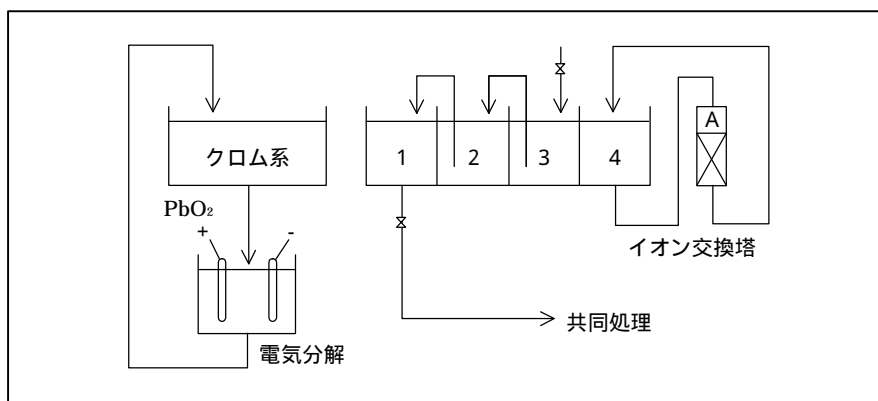
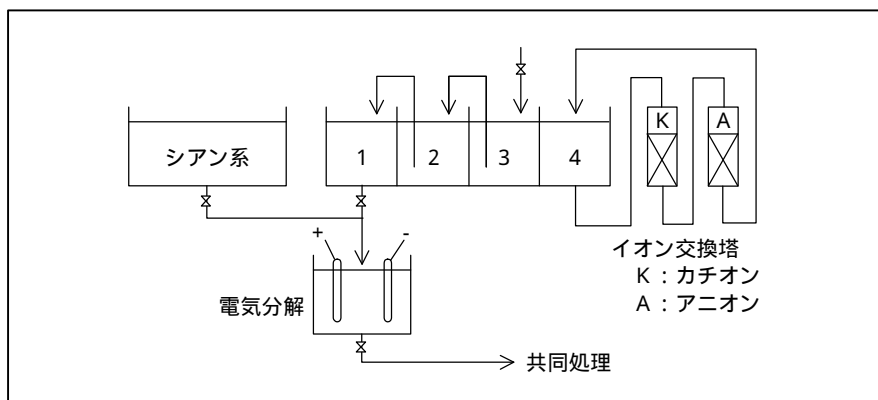


図 3 プロセス内の水洗システム(シアン系の例)



最小 3 槽からなる向流水洗方式と可搬型イオン交換塔付きの最終水洗槽からなっており、水はイオン交換塔を通して循環使用され、水質的には常に高純度の水が確保されている。一番目の水洗槽の水洗水は汚れると定期的にバッチ排出され、以後の水洗水はそれぞれ順に前送りし、最終水洗の前の槽に初めて新しい水が給水される。この方式により排水量 180m³/d 以下の目標は十分に達成されている。

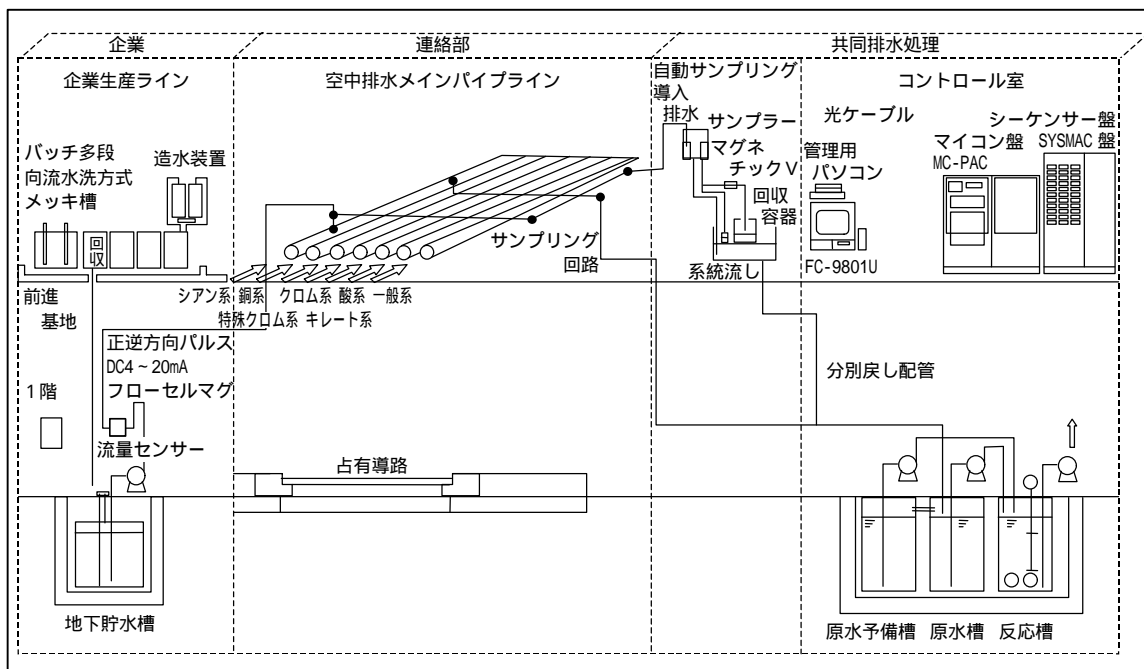
2) 排水共同処理システム

このシステムの特徴は、資源回収と排水処理を確実に実施するために排水システムを可能な限り分別することを基本としている点である。

分別して処理を行うことによって、資源のリサイクルが行われ、同時に排水処理にかかるエネルギーを最小限にすることが可能となる。

図 4 に団地全体の排水関連図を示す。

図 4 団地全体の排水関連図



個別企業から排水処理場への集水は 7 系統に分別されているが、実際には 5 系統が使用されている。

主な技術のポイントは次の通りである。

- (a) 個別企業で一時的に排水を貯留するかなりの能力の貯留槽を持っている。

処理場側で処理施設の能力にあわせて導水コントロール出来るので水量、水質が安定し処理薬品の節約、処理水の水質の安定が可能。

- (b) 各企業と処理場とを結んだ配管は空中配管とした。

地盤の不等沈下の影響がなく、排水の漏れの発見が容易。

- (c) クロム酸のリサイクルシステムでクロム回収。

イオン交換塔によってクロム酸イオンを吸着分離し、飽和後再生して濃厚なクロム酸ソーダ溶液 (160g/l) が毎月約 10T 回収できる。

- (d) シアン排水はライン内で電解処理した後共同処理場で分解処理。

1000mg/l以下にして貯留、その後共同処理場に導水されアルカリ塩素法により酸化分解する。

(e) 自動送水および自動サンプリング方式。

コンピューターで自動送水、自動サンプリングすることにより、排水量と汚染物質によって各企業の排水費用を割り出し、費用負担の公平を期す。

4. クリーナープロダクション技術の効果

個々の企業が、環境基準をクリアーして操業を継続できていることが最大の効果であるが、具体的な項目を挙げれば次の通りである。

1) 常識を破った節水

メッキの生命とも言うべき水の使用量が、移転条件として業界の平均使用量の 10 分の 1 という量に制限されたが、将来の公害問題の解決は、節水にあるあとの信念に基づいて、すべての設備に節水方式を採用し、排水処理設備の能力も小規模なものに出来た。

2) 有価物質の回収

産業廃棄物の発生量を最小限にするため、まだ経済的には疑問はあるが、有価物質の大部分を回収し、メッキ工場の最大の難問題であるスラッジの発生量を極力おさえることが出来た。

3) 排ガス処理

メッキ工場の作業環境を改善すると同時に、大気汚染防止を目的とした完全な排ガス処理設備が全工程に採用された。

4) 経済的共同処理システム

個々の企業責任で実施することと共同処理するものとの整理し、共同処理センターは総合的・効率的な排水処理を実施すると同時に、各企業に的確な情報を提供できる。

5) 合理的業務運営

メッキ専業者 11 社、メッキ設備業者 1 社、メッキ材料供給業者 1 社の計 13 社を、7 棟の建物に収容し、有機的な業務提携を図ることにより、設備修理保全、材料購買業務の簡素化など、多くの合理化が可能となった。

5. コメント

このメッキ工業団地は、1997 年に工業団地進出以来 20 周年になったのを記念して ISO 14000 承認に挑戦し、1998 年 5 月に取得している。企業集団としての取得は初めてのケースである。

節水、リサイクルを基本理念として建設され、その後も環境方針を明確に定め、常に継続的改善を続けている点で、まさにモデルケースといえる。

事例 4-2 大阪（西淀川）のメッキ工業団地（1987 年）

(1) 業 種 メッキ工業サブセクター

(2) 生産物 Cr メッキ, Zn メッキなど めっき製品

(3) クリーナープロダクション技術のポイント 薬品の転換及び排水の一括共同処理

1. 生産物および生産工場の説明

大阪市西淀川のメッキ工業団地は、表 1 に示す 7 社の協同組合で結成されている。

表 1 参加企業の内容

企業名	めっきの種類	鍍金素材	敷地面積 m ²	建物面積 m ²	従業員数	排水量 m ³
A 社	Cu-Ni-Cr, Cr	自動車部品	1,004	840	21	42
B 社	Zn, Cu	建築金物	1,149	760	10	30
C 社	Zn	建築金物	998	552	6	33
D 社	Cu-Ni-Cr, Zn	装飾雑貨	832	300	13	28
E 社	Zn	建築金物	488	300	5	46
F 社	Zn	ネジ	331	304	8	38
G 社	Cu-Ni-Cr, Cu	装飾雑貨	495	322	7	26

また、このメッキ工業団地の設備の概要は次の通りである。

事業実施期間：1985 年 3 月～1987 年 3 月

施設 の 規 模：共同排水処理施設 処理量 250m³/d
 共同利用工場建物 延床面積 3,820m²

敷 地 面 積：6,700m² 共同排水処理施設用地 810m²
 共同利用工場建物用地 5,300m²
 道路用地 590m²

事 業 費：1,254,000,000 円 共同排水処理施設 201,000,000 円
 共同利用工場建物 472,000,000 円
 用地費 461,000,000 円
 事務経費 120,000,000 円

共同排水処理施設

排水処理能力	250m ³ / d (31.25m ³ / 時間 × 8 時間 / d)	
処理時間	8 時間 / d	
施設管理者	1 人	
処理方式	シアン系排水	次亜塩素酸ソーダによる酸化処理
	クロム系排水	重亜硫酸ソーダによる還元処理
	酸・アルカリ系排水	中和、凝集沈殿、シアン錯塩吸着、活性炭吸着、中和処理

写真 1 に工業団地の鳥瞰図を示す。

写真 1 鳥瞰図

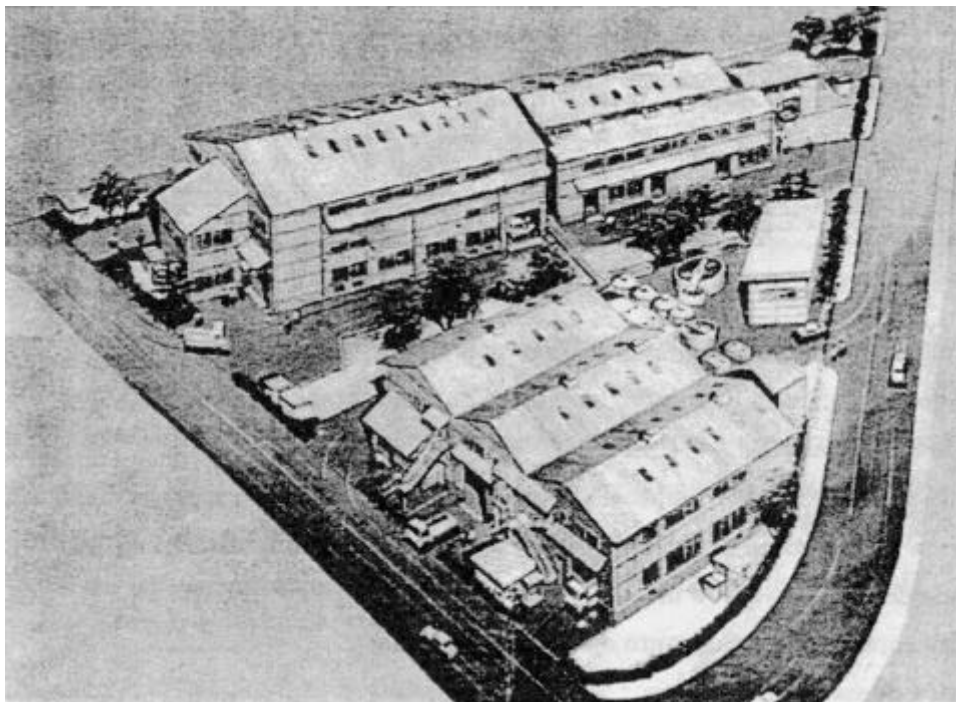


写真 2 に排水処理設備の全景を、写真 3 に共同配管溝を示す。

写真 2 排水処理設備の全景

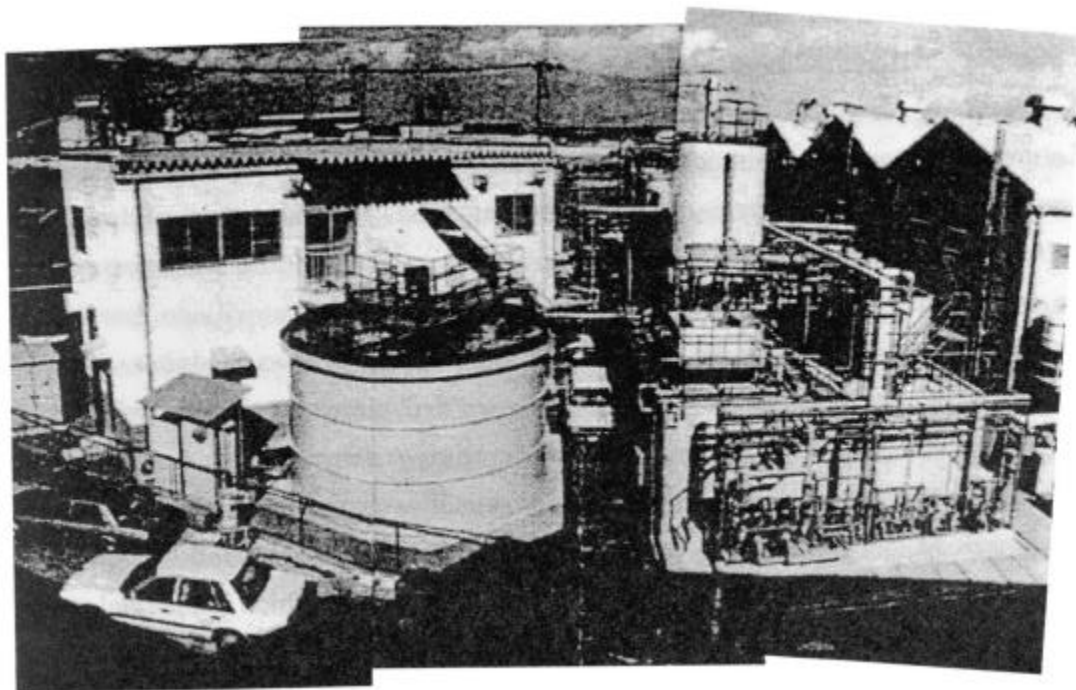
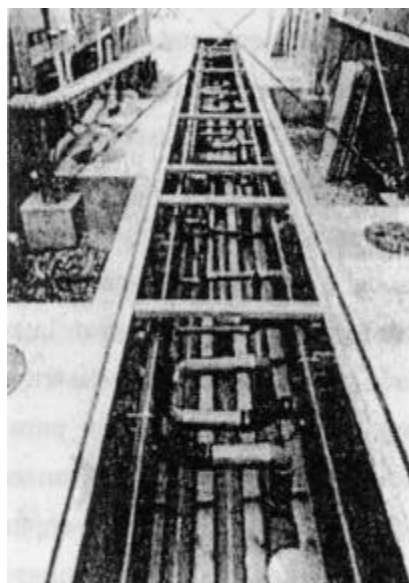


写真 3 共同配管溝



2. 過去の経緯

(1) 施設の経緯

この施設は、大阪市西淀川区の市街地の住宅と工場が混在・密集している地域（住工混在地域）に立地していた小規模の電気めっき業者を対象に設置されたもので、環境事業団の工場の集団化事業を利用して建設された。

電気めっき業の公害対策で重要なものは工場排水であるが、大阪市内の市街地は公共下水道が整備されており、ここに立地していた電気めっき業者の工場排水は、この公共下水道へ放流されることで、めっき排水が工場近隣住民に直接的な公害被害を与えていたわけではなかった。しかし、これらの企業の作業場は旧式の生産設備とこれに見合っただけの簡単な排水処理設備があるだけで、その工場排水は、下水道の受入れ基準を違反することがあり、また、作業場内のガスの対策も取られておらず、労働環境も劣悪であった。工場からの排気ガス・作業場の騒音・道路上での荷捌きなどに対する工場近隣住民からの苦情は絶えることがなかった。

これらの企業は、問題解決の意欲は持っていたが、工場敷地が狭いために、対策を取ることが困難な状況にあった。また、新たな生産設備の導入にも制限があり、企業の発展が望めない状態であった。

大阪市はこの解決策として、これらの企業に対して、企業がお互いに集まって工場適地へ移転を行い、共同で施設を設置する場合に利用できる、環境事業団の工場の集団化事業（共同利用工場、共同公害防止施設建設事業）を斡旋した。環境事業団は、工場移転を希望する 17 企業と移転の投資計画について協議を行った結果、最終的に 7 企業を対象として工場移転事業を行うこととなった。新しい工場用地は、大阪市の斡旋で、これらの企業が立地している地区の臨海部の大企業の工場跡地となった。

(2) 排水基準の強化

工場の集団移転にともなって、新しい場所での工場からの排水水質基準は、個別に操業していた以前より厳しい基準が適用されることになった。この理由は、以前は公共下水道に工場排水を放流していたが、移転後は直接河川に放流するためであり、また、企業が 1 か所に集まったことで全体の排水量が大きくなり、水質汚濁防止法の規定により、より厳しい基準が適用されたためである。このため、ほう素・COD・BOD・SS・油分・リンの処理についての新たな対策が必要となった。また、排水は最終的に大阪湾に注ぎこむが、ここは閉鎖性海域であることにより、特別措置法の適用対象となり、排水口周辺の水域について環境アセスメントを行い、COD・リンについては排水総量規制も受けることとなった。

(3) 事前調査と排水処理方法の検討

排水処理施設設計の基準となる排水量・排水の水質を決定するために、各企業ごとに以下の項目について調査を行った。

生産量と製品の種類

めっき工程と各工程移動時間

めっき槽の種類と槽の液量・濃度

使用薬品の種類・濃度

排水量と排水方法

工場の生産工程の自動化の状況・程度と設備メーカー

この調査結果は、同種のめっき加工であっても、それぞれの企業によって、使用するめっき液の濃度や薬品の種類及び濃度が大きく異なり、したがって、排水される水質が、企業によって大きく異なっていた。

調査対象の中には、科学的な使用薬品の濃度管理を行わず、経験的にめっき製品の出来具合を見ながら薬品をバラバラに投入したり、排水処理を考慮した薬品の選定を行っていなかった企業もあった。

ほう素・アンモニア・フッ素・COD については、通常の排水処理方法では処理基準をクリアすることができないと考えられた。

また、全ての企業から出る排水を一か所にまとめて処理をする共同排水処理施設の建設費について、排水の質が各企業によって大きく異なるために、各企業間の公平な費用負担方法をどのように設定するかが課題となった。この解決のため、各社に個別処理施設を設けて、あらかじめ一定基準にまで前処理を行い、その後処理として共同処理を行う方式についても検討を行った。

排水を一括して共同処理する方式は、個別に前処理する方式に比べて、ランニングコストが若干増えるが、施設全体の建設費は約半分で済むことが分かり、排水を一括して共同処理する方式を採用することに決定した。

3. クリーナープロダクション技術の内容

(1) 排水処理方式の特徴

- 1) 常時排水（水流水）の処理には、イオン交換装置を用いず、直接薬品で処理する方式をとった。
- 2) 濃厚シアン排水については、処理施設を設けずに、専門処理業者に処理を委託することにした。
- 3) 塩化アンモニウムなど、共同処理施設では処理ができない排水は、該当する企業が別途、個別に前処理設備を設けることとした。
- 4) 薬品処理では完全に処理ができないシアン錯体については、イオン交換樹脂により吸着除去を行う。また、COD や BOD 成分は活性炭で、吸着除去を行う

こととした。

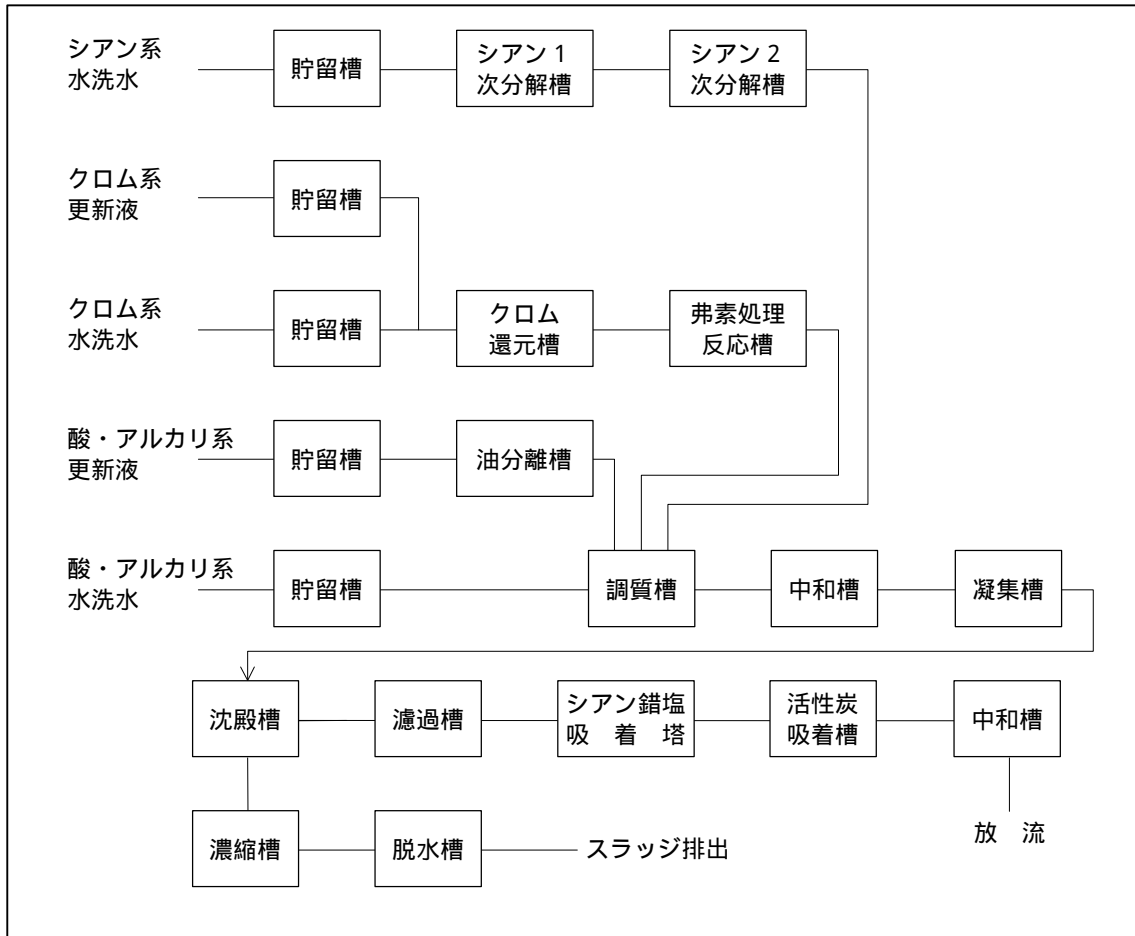
- 5) リンについては薬品の転換、すなわち工程内でリンを含まない薬品を使用することによる対応が可能であり、これによって排水処理による特別な対応は不要となった。

また、当施設においては、用水のリサイクルは、それを希望する各企業が個別に装置を設置して行なうこととし、共同処理施設としては「イオン交換装置で処理した常時排水（水洗水）を工場へリサイクルし、用水として使用する」という方式をとらなかった。その理由は、以下の通りである。

- 1) イオン交換処理の処理効率を高めるためには、生産ラインの水洗回数を増やして排水中のイオン濃度を低くする必要があるが、新設される生産ラインには規格化された自動生産設備が多く導入される予定であり、排水中のイオン濃度が比較的高くなると考えられたこと。（処理コストが高くなる）
- 2) 各企業が扱う製品形状が多種、多様であり、廃水濃度の変動幅が大きくなると考えられたこと。
- 3) もし、ある企業から異常な廃水が流され、適切な処理がなされない場合に、この処理水をリサイクルして用水として使用していると、全ての企業がその被害を被る恐れが考えられたこと。
- 4) 各社の生産設備と共同排水処理施設の用水システムが一体化されていると、各企業が生産設備の進歩・多様化に対する対応を取る場合に、かえって制約となることが考えられたこと。

図1に排水処理工程を示す。

図1 排水処理工程



(2) 排水処理施設の運営と設備

排水処理施設の運営と設備の特徴として、施設の運転管理は一人で行い、一日の労働時間は8時間とした。このために、処理装置は全て自動でコントロールされて稼動するようにした。また、処理に用いる薬品も所定の濃度に自動溶解ができるように工夫した。

機器の故障対策やメンテナンスのためにとられた対策として、処理ラインのポンプには予備を設置し、イオン交換塔や活性炭塔にも予備を設けた。

各企業からの排水量の測定方法は、排水の量を測るのではなく、給水の量で測ることにした。この理由は、給水の方が測りやすく、計器も安価であり、生産設備の運転管理に便益だからである。給水配管は排水処理系統ごとに別けて行い、各々に量水器を設置した。

(3) 廃水方法の留意点

めっき廃水の廃水方法でとくに配慮した点は、異なる処理系統のめっき廃水を絶対に混合させないことと、有害な廃水を地下に漏洩させないことであった。このため、作業場の床は廃水処理系統ごとにゾーニングを行って、ゾーンごとに仕切った。また、廃水はめっき設備から直接配管で移送して、作業場の床には廃水を一切流さないようにした。

配管は廃水系統ごとに色分けをして種別を分かりやすくした。

各工場から共同排水処理場までは共同溝を設け、この中に廃水管を通し、配管からの漏洩が監視できるようにした。また、配管には伸縮継手を取り付けて、地盤沈下や排水の温度変化にともなう配管の伸縮による配管の漏洩を完全に防止する対策とした。

共同処理で問題となるのは、異常な廃水が流入してきたときに、どの企業から排出されたものか特定しにくいことである。この対策として、各企業からの廃水出口に、廃水の種類ごとに滞留槽を設けて、廃水を常に一時滞留させ、異常廃水流入時にはこの滞留槽を調べることで原因の追求ができるようにした。

作業場の床については、めっき廃水を流すことは考えてはいないが、念のために耐蝕性を持たせ、清掃のことを考慮して勾配と廃水溝を設けた。ただし、床の清掃廃水にはめっき廃水が混入することも考えられるので、この廃水溝からは廃水を取っていない。廃水を必要とするときは、その都度チェックを行ってから汲み出す事とした。

排気ガス対策は、シアンガス、塩酸ガス、酸及びクロム酸ミスト、アンモニアガスについて行うが、これらの処理は共同処理には馴染まないため、個別に各企業が対応を取ることとした。

(4) 施設のイニシャルコスト、ランニングコストの負担方法

共同で利用する施設の計画においては、その費用の公平な負担の方法の確立が重要な要素となる。

この組合の建設費（イニシャル・コスト）は、次のように按分された。

(1) 各社占有の土地、建物	各社自己負担
(2) 道路、共同用地、共同排水処理施設用地	各社占有土地面積比割合負担
(3) 共同排水処理施設、共同設備	1/2 を各社均等負担 1/2 を各社占有土地面積比割合負担

一方、排水処理費（ランニング・コスト）は、次のように按分されている。

企業の排水処理費 = A + B + C + D	
ただし、	
A：基本料	各社定額（おおむね全経費の 1/3）
B：排水総量負荷費用	（全経費 - 基本料）× 80% 各社割合
C：使用水量負荷費用	（全経費 - 基本料）× 20% 各社割合
D：特別分担金	休日操業、濃度違反、特別な費用負担の発生
「全経費」は、毎月の運転管理費、運転費、施設維持費	
排水総量負担 = 排水の種類及び濃度区分による係数 × 水量	

係数の例

濃度 mg/l	シアン濃度	クロム濃度	酸・アルカリ 中和後の SS
50 以下	2.4	1.2	1.0
100 以下	3.0	1.4	1.2
100 ~ 150	3.4	2.0	1.3
150 ~ 200	4.0	2.5	1.5
200 ~ 300	5.0	3.0	1.8
300 ~ 400	6.0	3.5	2.0
400 ~ 500	7.0	5.0	2.2
500 ~ 1,000	違反	違反	2.4
1,000 ~ 2,000	〃	〃	2.6
2,000 ~ 3,000	〃	〃	3.0
3,000 ~ 4,000	〃	〃	4.0

共同排水処理施設のランニング・コストの費用負担を公平に行うためには、常に各社の廃水の質を管理しておく必要がある。

なお、平均的な排水処理費は、排水 1m³ 当たり約 600 円となっていた。（施設償却費を除く）

4. クリーナープロダクション技術の効果

組合各企業が移転した後の工場跡地は、住宅地として利用されており、めっき工場が立地していたことによって発生していた公害が解消されるとともに生活環境の改善がなされた。

中小企業は激しい競争にさらされており、常に新しい経営環境の変化への対応が求められる。特に公害型業種であるめっき工場では、生産設備よりも公害防止設備の充実を優先しないと企業として経営が成り立たなくなっている。

組合各企業は工場移転に伴い、近隣からの公害苦情、工場の拡張難、市街地での交通難等の立地的制約からも解放された。新しい地所では、完全な排水処理施設を設置することで、公害問題に対し安心して企業経営が可能となった。同時に、近代的な生産設備の導入と合理的な生産ラインのレイアウトを実現し、作業環境も飛躍的に改善がなされた。

立地的優位性を獲得できた組合企業は、企業信用力も増大し、労働力も確保しやすくなって、生産性、製品品質が向上し、経営基盤が大きく強化された。

5. コメント

大阪には約 400 社のメッキ業者が有り、日本国内で 2 番目のメッキ業の集中地域である。西淀川のメッキ工業団地は、大企業の工場跡地を活用して、電気メッキ業者 7 社が集まり共同排水処理施設・共同利用工場を建設し、「積極的な公害防止で経営基盤を強化」を理念に成功した例である。

当初から建設費の低減、ランニングコストの低減に取り組み、排水の一括共同処理、専門業者の活用など最も合理的な方法を選択して、コストミニマムで最大の効果を実現した例の一つであると思われる。

事例 4-3 硫酸回収装置

- (1) 業 種 メッキ工業サブセクター
- (2) 生産物 工業用硫酸
- (3) クリーナープロダクション技術のポイント アノ - ダイジング廃酸からの酸回収

1. 生産物および生産工場の説明

アルミニウムのアノ - ダイジング（陽極酸化処理）では、アノ - ダイジング液（電解液）中の溶存アルミニウムが増加すると皮膜特性が劣化するので、溶存アルミニウムを 25g / ℓ以下に管理する必要がある。

その際に発生する濃厚廃液は、水洗水で希釈して、中和、沈殿分離を行えばよいが、この方法で出来たスラッジは脱水が難しく、含水率も高く、最も多く発生するので、廃棄物の処置が問題である。

最近の新しい技術では、アルカリ洗浄液や硫酸電解液が老化していくと溶存しているアルミニウム分を除去して液を回収し、連続的に再利用する方法が確立され、また同時に生成する水酸化アルミニウムや硫酸アルミニウムも有効活用がはかられている。ここでは、表 1 に示す二つの方式を例として見ることにする。

表 1 最近の酸回収装置の例

装置名	方式	販売元	メーカー
アルマイト浴自動再生装置	イオン交換樹脂	(株)エバステック EVERTEC 千葉県野田市	ドイツ製
拡散透析法酸回収装置	イオン交換膜透析	勝川工業(株) KATUKAWA INDUSTRIAL 東京都新宿区	旭硝子

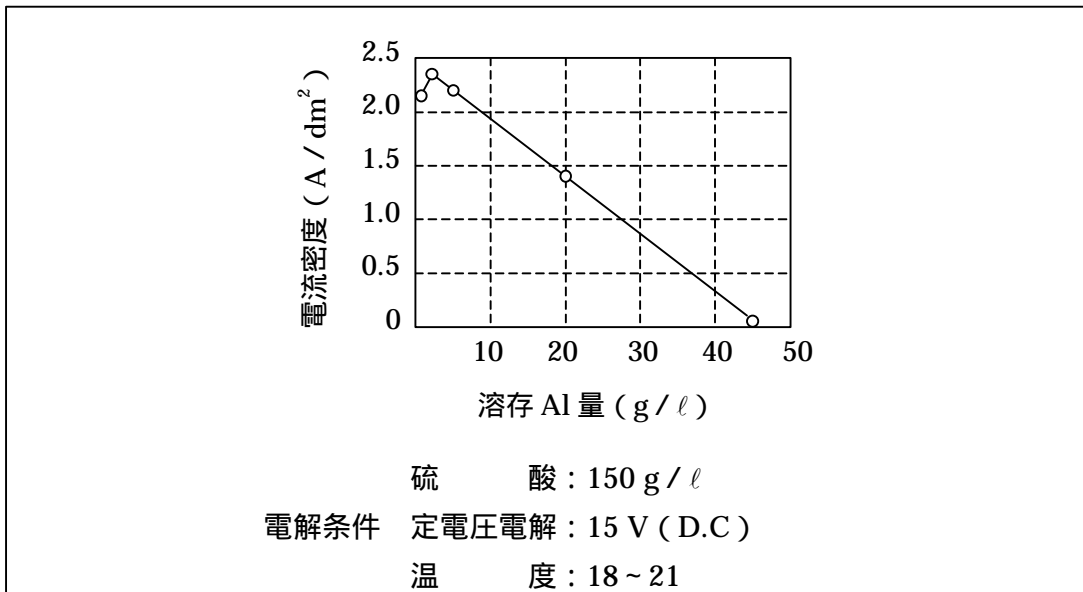
溶存アルミニウムの影響は次の通りである。

電解液は電解作業時の水洗水の持込みや、持出しおよび電解中に発生するガスと共に霧散して消費されるほか、電解中にアルミニウム素地および酸化皮膜が溶解され、次の反応式によって硫酸のアルミニウム塩が形成される。



このように、溶存アルミニウムが逐次増加するため、電解液は、消耗・老化する。

図1 溶存アルミニウムと電流密度の関係



このアルミニウムイオンの溶存量が増加するに従って、液の電気伝導度は低下し、定電圧電解時には、図 1 のように電流密度が減少し（また定電流電解の場合では電解電圧が増加する）、一定電流は得られず、薄膜になったり透明度を低下するが、極端なアルミニウムの溶存量の増加は粉吹きや皮膜やけを生じ、また色むらや不均一皮膜となりやすく外観不良、皮膜性能不良の原因となる。

しかし、アルミニウムイオンが全く溶存していない場合は、均一な皮膜生成が行われない場合があり、皮膜性能または染色性がやや劣ることもあるので溶存アルミニウムの量を 2~12 g/l の範囲に管理することが望ましいが、一般的には限界値の 25 g/l 以下にする必要がある。

2. 過去の経緯

アノ - ダイジングの廃液は水酸化ナトリウムと硫酸が主体となるので、メッキ工場のような毒物類を含むことは少ない。従って従来から次のように、中和、凝集、沈降で処理し放流するのが一般的である。

廃水・排水
中和
凝集
沈降分離
濾過
放流

また、洗浄水としてリサイクル使用する場合は凝集沈殿処理水を逆浸透で脱塩処理して利用するのが普通である。

アルカリ回収、酸回収についても従来から種々の方法が試みられている。

代表的な例を図 2~図 6 に示す。

1) アルカリ回収方法

図2 バイヤー法によるアルカリ回収

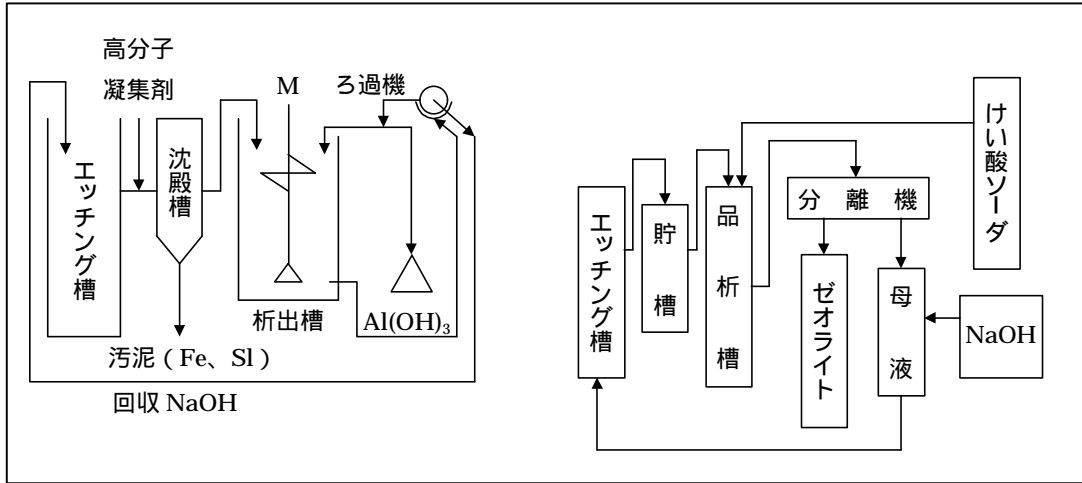
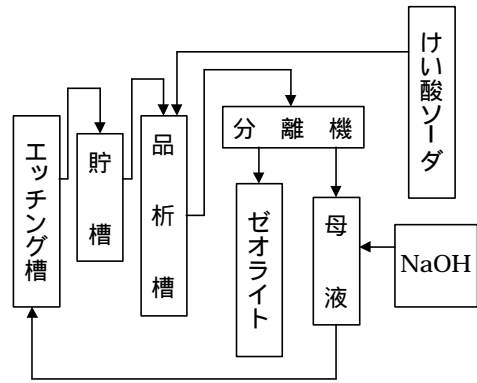


図3 ゼオライト法によるアルカリ回収



2) 酸回収方法

図4 真空濃縮結晶法による硫酸回収

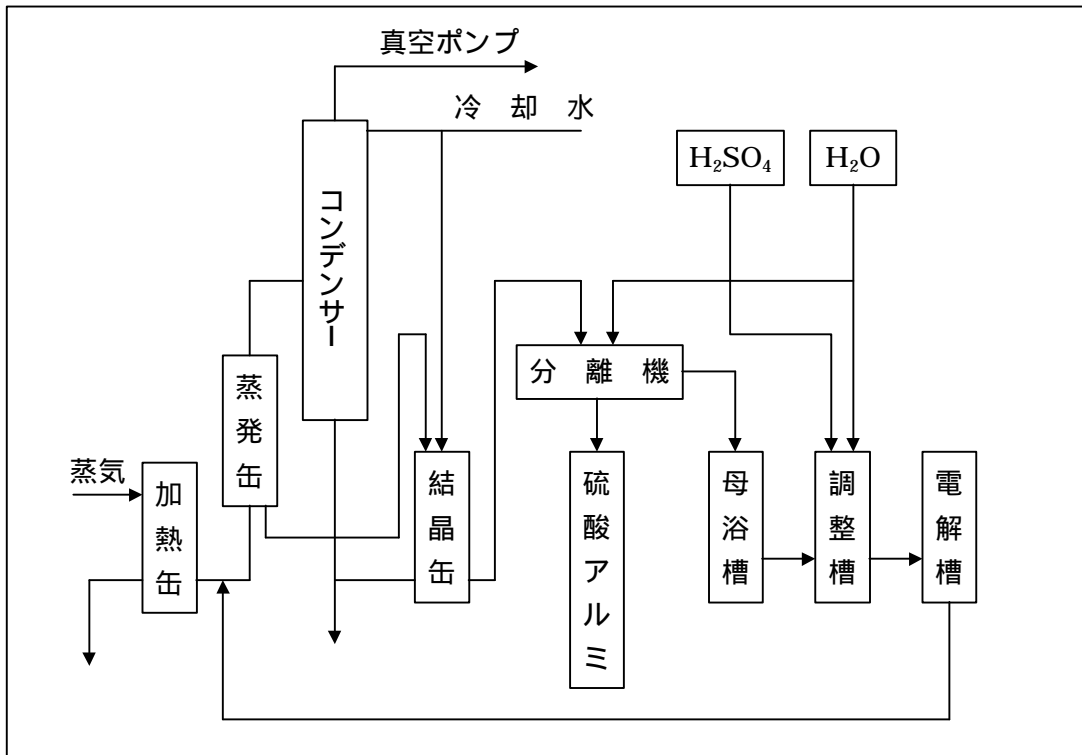


図5 アンモニア明ばん法による硫酸回収

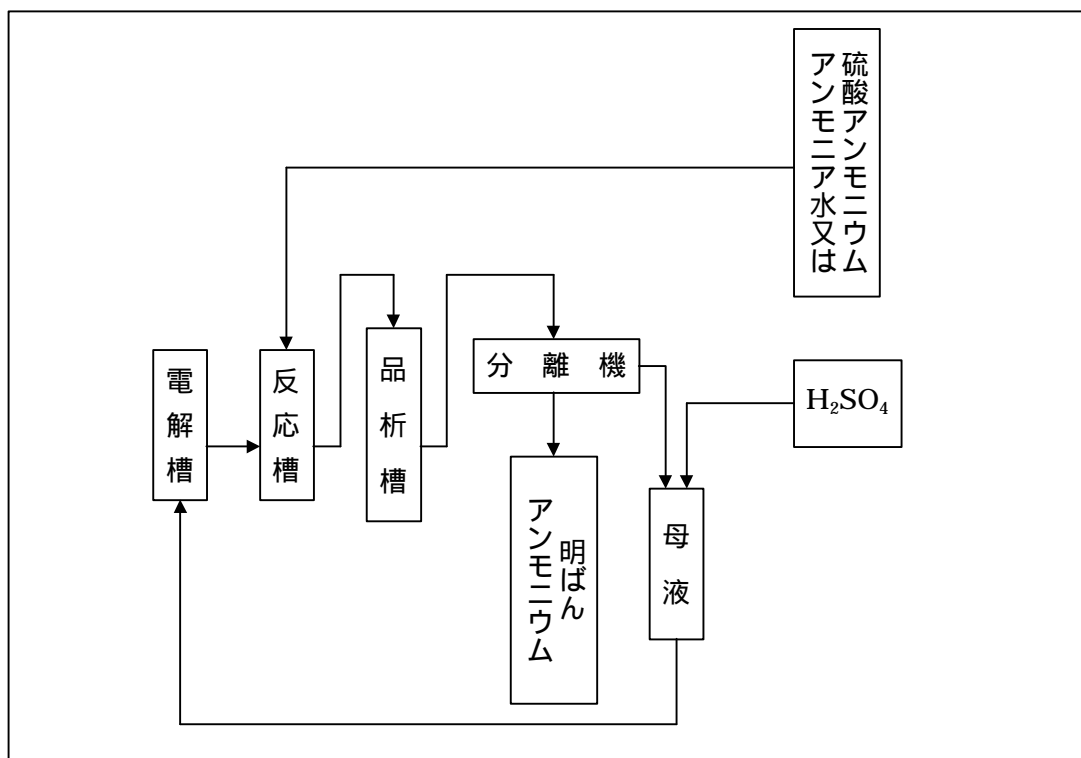
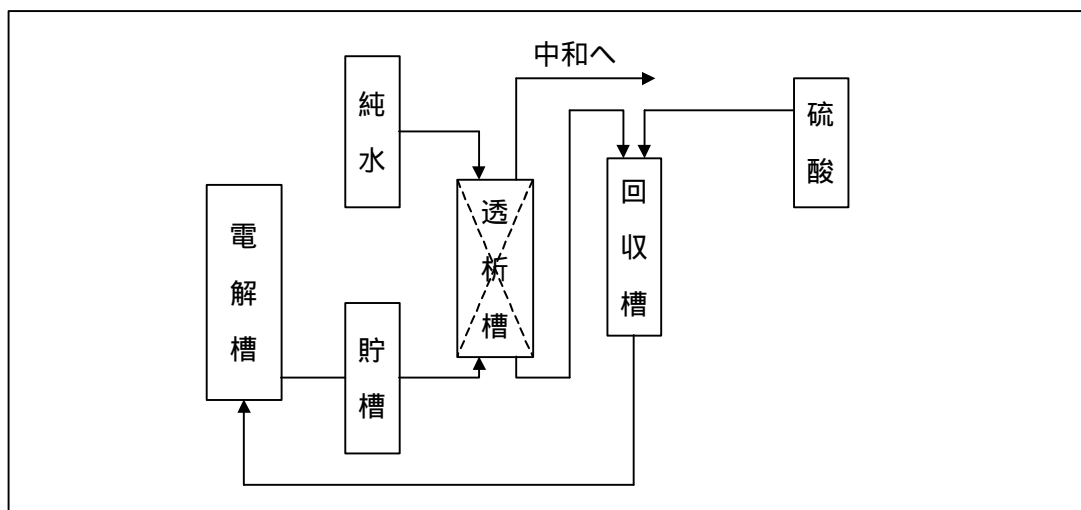


図6 拡散透析装置による硫酸回収



従来からの薬品回収の代表的な例を示したが、いずれもコスト的なメリットを出すことが難しく一般には普及していない。一部、大手アルミメーカーでアルミサッシの大量処理に試みられている程度である。

表 1 に示した新しい方法も同様で、コストの面からだけでは採用のメリットが出ないのが現状である。

3. クリーナープロダクション技術の内容

表 1 に示した二つの廃酸回収装置について、その技術の内容は次の通りである。

(1) アルマイト浴自動再生装置(商品名 アルトロニック)

1) 再生の原理

特定のイオン交換樹脂は、電解液の酸からアルミや他の有害金属塩を除去しながら強酸を吸着する特性を持っている。吸着した酸は、水で容易に脱離できる。この特性を利用して「吸着」「再生」を短いサイクルタイムで繰り返す事によって、吸着した酸は電解槽に戻し、除去されたアルミは廃酸処理装置に送られる。

2) 装置の特徴

- (a) 連続自動管理システム.....アノダイズ槽から連続的に溶存アルミ及び有害な金属不純物(銅、鉛等)を除去し、槽内のアルミ濃度を最適な範囲(8~12g/ℓ)に常時維持できる。
- (b) 運転費用.....運転に必要な動力は、送液ポンプと加圧空気そして再生用の水だけで、運転に要する経費は数千円である。
- (c) メンテナンスフリー.....装置の運転サイクルは制御盤によってコントロールされ、送液、吸着、脱離再生の全ての工程を自動で行うのでメンテナンスに手間がかからない。

3) 装置の仕様(表 2)

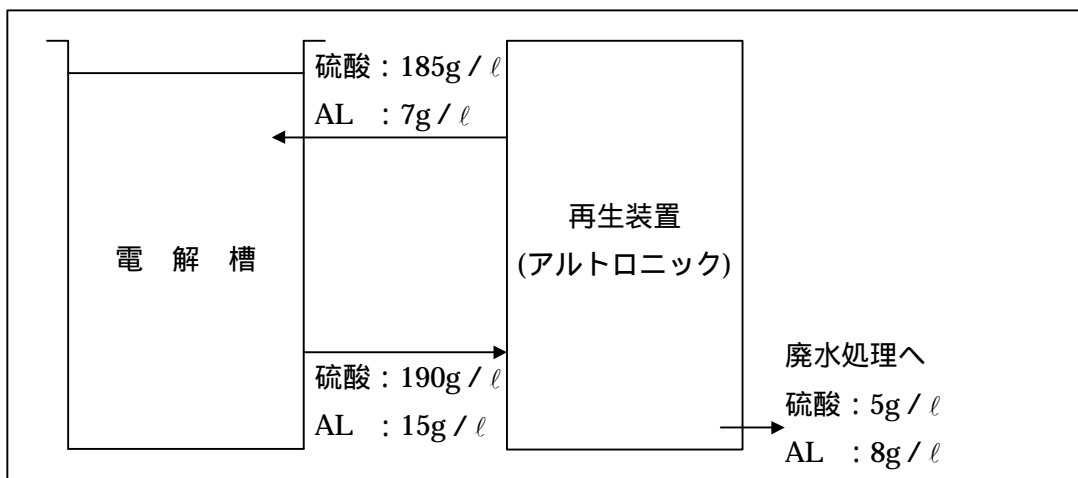
表 2 仕様

機 種		AL - 1	AL - 2	AL - 3	AL - 5
アルミ除去能力 g/H		1000	2000	3000	5000
標準電解槽容量 m ³		5~20	20~50	50~100	100~170
ユーティリティ	ポンプ kw	0.35	0.47	0.85	1.5
	水道水 ℓ/H	145	255	440	640
	エアー ℓ/H	300	600	900	1500
装置寸法	幅 mm	1200	1500	1900	2200
	奥行 mm	800	900	1000	1200
	高さ mm	1850	2050	2050	2100

4) マテリアルバランスの例

一例を図 7 に示す。

図7 マテリアルバランスの例(例)AL - 1 型



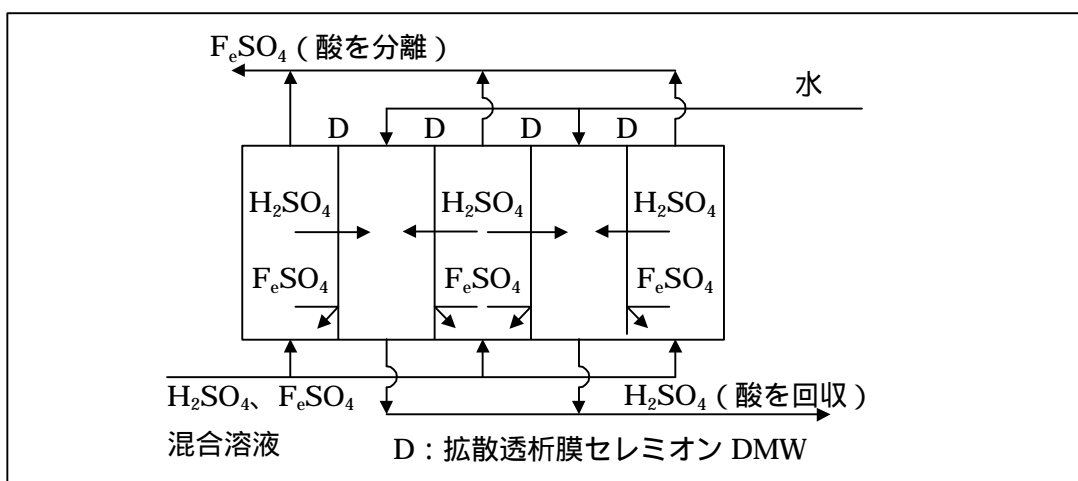
(2) 拡散透析法酸回収装置

図6に示した拡散透析法であるが新しく開発されたイオン交換膜に特徴がある。

1) 再生の原理

拡散透析法は電気などの動力を使わず、濃度差を駆動源とする分離法で、イオン交換膜が酸液中の塩類および非電解質を透過させず、酸のみを透過させるという特性を利用している。図8に拡散透析法の原理を示す。

図8 拡散透析法の原理



硫酸、硫酸鉄の混合溶液は拡散透析槽の下部から導入され、拡散透析膜を通して硫酸のみ透析、排出される。(硫酸の分離)一方、拡散透析槽の上部から導入された水は、隣り合う室から硫酸を回収し、下部から引き出される。(硫酸の回収)

2) イオン交換膜(商品名 セレミオン)の特徴

- (a) イオンの選択的透過性が高い.....特定のイオンを優先的に膜面から透過させる。とくに酸の透過性に優れている。

- (b) 機械的強度が大きい.....工業材料としてのイオン交換膜は表面の平滑度、取扱の容易さなどの条件が必要であるが、このイオン交換膜は補強材として塩化ビニール系の繊維を使っているため、実用上十分な強度を持っている。
- (c) 寸法安定性が良い.....寸法安定性が悪いと膜の破損や運転上のトラブルの原因となるが、このイオン交換膜は種々の液中において伸縮度が小さく極めて寸法安定性が良い。
- (d) 耐薬品性が大きい.....広範囲の薬品に対してすぐれた耐薬品性をもっている。
- (e) 耐熱性が大きい.....通常の条件では 40 以下の標準とするが、場合によっては 70~80 の高温でも膜性能に変化が認められない。

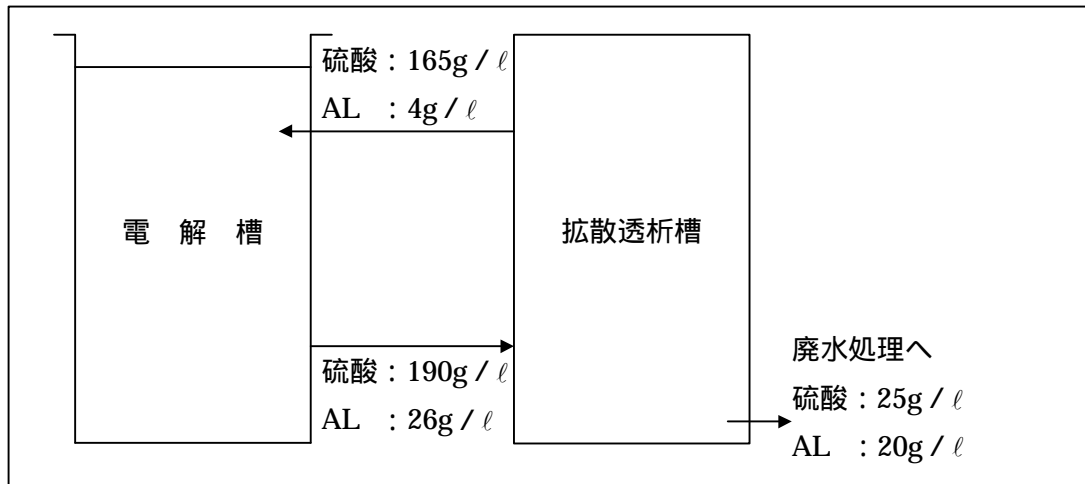
3) 装置の仕様 (表 3)

表 3 装置仕様

機 種		T - 0b	T - b	T - c	T - w	T - w
透析槽外寸法 mm	W	200	340	540	680	1350
	L	88	307	928	1450	3210
	H	300	535	1160	1610	1660
膜寸法	mm	160 × 240	290 × 440	430 × 900	550 × 1120	1120 × 1120
膜数		19	100	300	400	800
標準流量	ℓ / H	1 以下	3 ~ 20	20 ~ 100	80 ~ 250	200 ~ 800

4) マテリアルバランスの例(図9)

図9 アノ - ダイジング廃酸透析



4. クリーナープロダクション技術の効果

溶液中の溶存アルミ量が 25g / ℓを超えると様々な問題が発生する。「皮膜厚のバラツキ」「ヤケの発生」「染色ムラの発生」「皮膜の劣化」などである。

アルミ量の増大により電圧を上昇させるため冷却負荷の増大にもなる。

アルミ濃度を一定に保つ事は次の様な効果がある。

(1) アルマイト浴自動再生装置

品質面での効果

- 1) 常に安定したアノダイズ皮膜の品質が保証される。
- 2) 皮膜厚のバラツキによって起こる様々な不良を防ぐことができる。
- 3) 染色、電解着色時の色調を安定させることができる。

コスト面での効果

- 1) 中和処理費の削減がはかれる。
- 2) 液更新作業による生産ロスが避けられる。
- 3) 浴管理や更新、建浴作業から作業者を解放することができる。

(2) 拡散透析法酸回収装置

- 1) 酸と塩類との分離性能がすぐれているため、高品質の酸が回収できる。
- 2) 装置の構造が簡略化され、コンパクトなので設備費が低く治まる。
- 3) ランニングコストはイオン交換膜の取り替え費用とポンプ動力用の電気代だけである。
- 4) 運転は自動で維持管理が容易であり人手は不要である。
- 5) 新規購入酸と廃液との入れ替え作業が不要となり、作業の安全性の確保と人件費の削減がはかれる。

- 6) 装置は連続運転となり回収酸が連続的に安定供給され、濃度も一定にすることができるので工程管理が容易である。
- 7) 蒸気、重油などは全く使わないので、2次公害の心配がない。

5. コメント

硫酸回収装置として、特殊なイオン交換樹脂を使用したもの、および、新しいイオン透過膜を使用したものの例を見たが、いずれも現在の日本では、硫酸の価格が低いこともあってコスト的に引き合う方法ではなく、一部大手メーカーの大量処理の工場で見られている程度で、アノダイズ処理メーカーには普及していない。しかし、これは単にコストだけで見た評価であり、本来の資源の再利用、廃棄物の減少という精神からいえば、大いに活用すべき設備だと思われる。

今後の普及に大いに期待したいところである。

事例 4-4 個別企業による排水処理(三鷹金属)

- (1) 業 種 メッキ工業サブセクター
- (2) 生産物 金、銀、Cu、Ni、Cr、などの、めっき製品
- (3) クリーナープロダクション技術のポイント 3Sの徹底と景観対策

1. 生産物および生産工場の説明

三鷹金属は東京都三鷹市に本社工場を持つメッキ専門の会社であり、その加工内容は、表 1 に示す通りである。

表 1 三鷹金属の加工内容

対象分野	メッキ種類
電 機	金、銀、ロジウム、パラジウム、超硬質クローム
機 械	硬質クローム、黒クローム、銅、ニッケル
電 子	クローム、鉄、亜鉛、錫、ハンダ、アルマイト

三鷹金属の所在地は、JR 三鷹駅に近く、以前は都心からやや離れた中小企業と住宅の混在した地域であったが、現在は周囲にマンションが建ち並び東京の住宅地の真中といった感じの場所である。

写真 1 に三鷹工場建物の外観を示す。

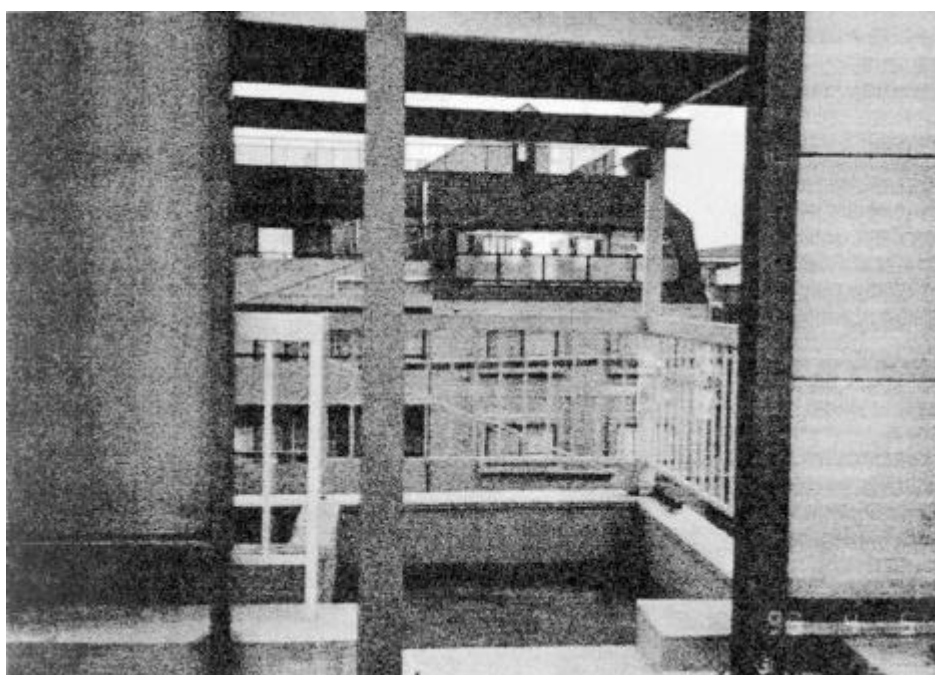
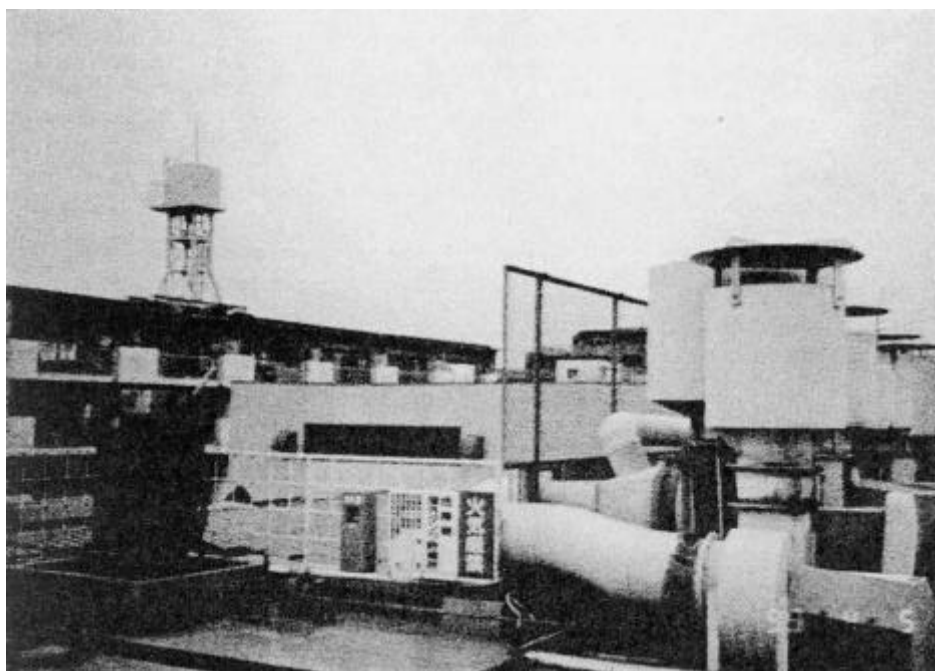
写真 1 三鷹工場の外観



鉄筋コンクリート3階建の堅牢な建家であり、それぞれの階にメッキ設備を設置し、1階に排水処理設備を、3階に研究設備を有する。

写真2に工場と住宅との近接状況を示す。

写真2 工場と住宅との近接状況



三鷹工場の概要を、表 2 に示す。

表 2 工場概要

工場規模	敷地 1740 m ² 建物 2380 m ²
従業員	55 名
売上高	60,000,000 円 / 月 (1998 年)
生産設備	メッキ槽 40 基 整流器 35 基 ボイラー 500kg / H 受電設備 3 相 150 KVA 3 台 单相 50 KVA 1 台
試験研究設備	金属顕微鏡 実体顕微鏡 塩水噴霧試験機 コクール膜厚計 マイクロダーム膜厚計
排水処理設備	設備面積 300 m ² (1996 年に 130 m ² から 300 m ² に拡張) CN 系 統...アルカリ塩素法で 2 段分解 Cr 系 統...重亜硫酸ソーダで還元 100 m ³ / d 雑 系 統...アルカリ、酸の中和 PH 調整 重金属回収装置 (東芝製トスクリーン) イオン交換装置 電析回収機 地下タンク 100 m ³

合計

写真 3～10 に設備の状況を示す。

写真3 亜鉛メッキ設備

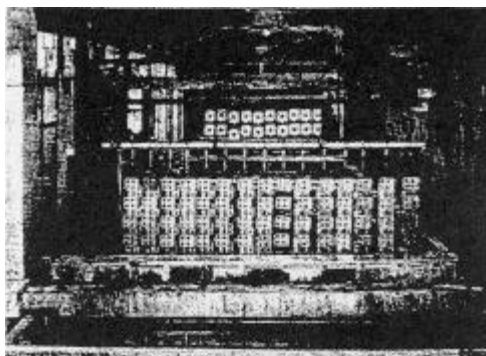


写真4 銅 - ニッケルメッキ設備



写真5 銀メッキ設備

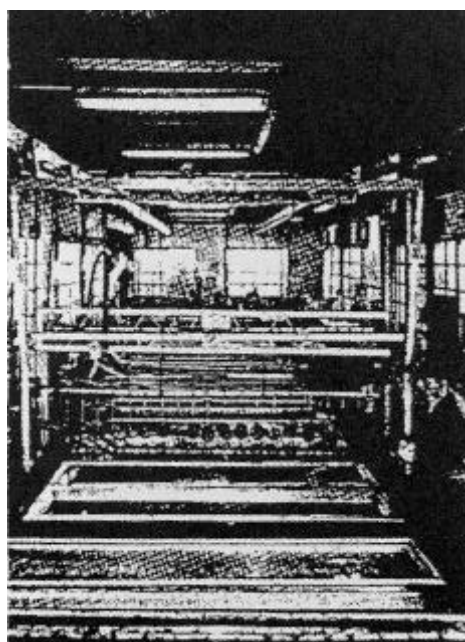


写真6 銀メッキ（小物専用）設備

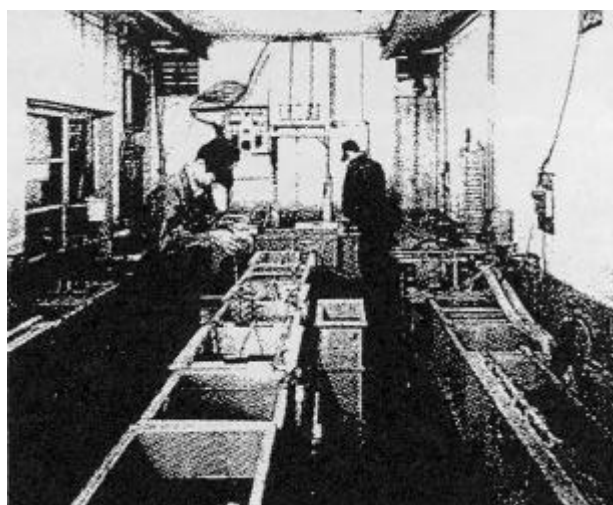


写真7 超硬質クロームメッキ設備

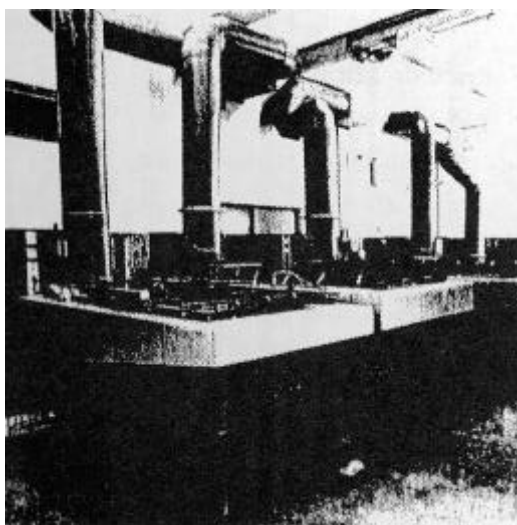


写真8 プリント配線板のメッキ設備

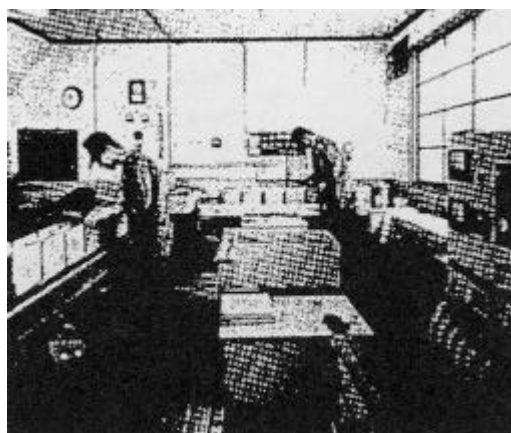
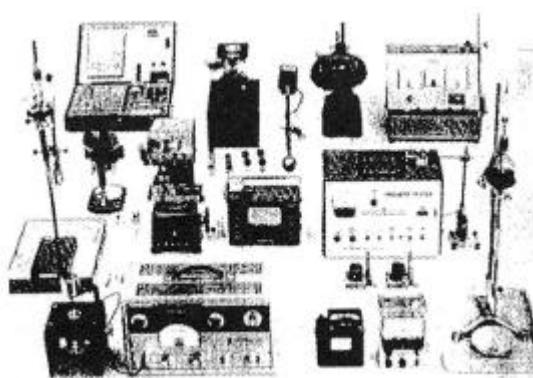


写真9 分析研究設備



写真10 膜厚計などの試験設備



2. 過去の経緯

三鷹工場の創業時の主な経歴を表3に示す。

表3 三鷹工場の経歴

1938年3月	三鷹市に2個所の工場を建設 塗装及びメッキ工業を開業
1945年8月	終戦により一時工場閉鎖
1945年9月	防錆加工を再開
1950年11月	深刻な金融困難を生じ事業継続不可能となり解散
1950年11月	メッキ設備を買い受け現在の工場に設置し新会社として発足 現在に至る

1950年当時は、排水処理設備は中和程度のものしか無く地中浸透で処理していた。

しかし、周囲の居住者に迷惑をかける企業に将来性はないとの判断で、1956年には排水を3系統(CN、Cr、その他)に分別しそれぞれに処理する設備を設置した。

その後も、社長自ら公害防止管理者の資格を取得し、全社を挙げて公害防止対策に取り組んできた。その結果、1970年代に定められた環境基準にも合格することが出来たのである。

1960年には、排水処理設備が老朽化し更なる対応が難しくなったため、隣接の土地160m²を購入し排水処理設備の面積を300m²に拡張し、設備も更新して今日に至っている。

現在は、公共下水道に排出する地下タンクから定期的にサンプルを取り、CN、Cr⁺⁶、Cu、Zn、PHをチェックし分析報告書を作っている。三鷹市からは、2ヶ月に1回、排水のサンプリングに来るが、その時には必ず立会いして同じサンプルを自社でも分析して合格を確認している。

3. クリーナープロダクション技術の内容

三鷹金属の場合その立地条件から、対応すべき問題は次の2点である。

- (1) 環境基準への適合
- (2) 周辺住民感情への対応

この2点に共通する基本的な対策として実行してきた内容は、5S(整理・整頓・清掃・清潔・躰)の徹底である。

即ち、5Sの徹底により、やらないでも実害の無いと思われる事でも、やるべき事を確実にやる習慣を付けば、品質、公害共に不良が出ない体質になって行く事、および景観の美化により人の感情を安心させる効果がある事を確信して、基本対策としたの

である。

5S は改善の基本であり、毎日の習慣とすることによって、生産性の向上、不良ゼロ、工期短縮、作業場面積の余裕など収益向上に効果があると同時に、変化即応の生産体制が確立できるのである。

具体的な実行内容を列挙すると次の通りである。

(1) 薬品類の変更

従来は、メッキ前処理の脱脂工程では有機溶剤を使用し、酸洗工程にも硝酸などの強い薬品を使用していたが、これらの薬品類を環境対策の観点から整理した。即ち、有機溶剤の使用を中止して脱脂は全てアルカリ浸漬とし、臭気の強い酸の使用も中止してマイルドな化学研磨液を使うことにしたのである。

また、マスキング材（商品名 シールキル）は膠成分を含んでいるので臭気が強いいため使用を中止してビニールテープを手で巻く方式に変更した。

(2) 分別廃水処理

成分の異なる廃水を混ぜ合わせると処理が出来なくなってしまうので、廃水を分別整理することが廃水処理の基本である。この基本に従って、廃水をシアン系統、クロム系統、雑廃水（酸 アルカリ）系統の 3 種類に分別整理し、それぞれに処理できるようにした。

(3) 排水処理設備の更新

1996 年には 40 年経った排水処理設備が老朽化したので、思い切って整理し更新することにした。そのため新たに 170 m²の場所が必要になり、場所の確保が大きな問題となったが、幸いにも隣接の土地を 160 m²購入することが出来た。

土地購入 60,000,000 円、設備 40,000,000 円、建物 20,000,000 円、合計 120,000,000 円の環境対策投資を実施したのである。

(4) ドロッピング水対策と定期的清掃

メッキ工程で製品の移動中に各槽の間に落ちるドロッピング水は床面を汚し排水に混入し処理を難しくする。この床面汚れの元凶を絶つため槽間にカバーを設置して床面を常に乾燥状態に保つことが出来るようにした。

又、毎日、仕事の終了後 15 分間、全員で職場の清掃を行い快適で仕事のしやすい職場環境を保つようにしている。

(5) 音の遮断と景観対策

周辺にマンションが次々に出来たためメッキ工場としてはマンションの住民への配慮

が大きな問題となってきた。そのため工場の屋上にフェンスを作り、騒音、蒸気などが気にならないように、また、景観上も安心してもらえるように配慮している。(写真2参照)

4. クリーナープロダクション技術の効果

個別の企業が東京都の住宅地のなかでメッキ業を継続できていることが、環境対策に真摯な努力を積み重ねてきた最大の効果であるといえるが、具体的な項目を挙げれば次のとおりである。

(1) 環境規制をクリアー

省エネルギー、省資源の考え方を基本とした工程改善と排水を分別し確実に処理する設備になって、厳しい環境基準をクリアー出来ていることが、住宅地域の中での無公害企業として、三鷹市、東京都の環境管理当局からの信頼確保につながっている。

(2) 周囲の居住者との共生

フェンスの設置による景観の改善など周囲の居住者に配慮した努力が認められて住宅地域の中でのメッキ業と住民との共生が可能になっている。

(3) 5Sの徹底による収益向上

環境対策によって不良を出さないことは製品の品質向上にもつながり、防衛庁から設備検定合格証を得て特殊メッキの注文を確保したり、最大手の総合電機メーカーから安定受注を得るなど、企業の収益基盤が確立されている。

5. コメント

「地域の人々に迷惑をかけない」、「クローズドシステムの実現」を理念として自主的に独自で環境対策に取り組み、面積の余裕にも恵まれて早くから排水処理設備を設置した企業の例である。

5S(整理・整頓・清掃・清潔・躰)の徹底により企業体質を向上させ、需要家の信頼も得て収益を上げ、排水処理設備を初めとする環境対策に使う資金を出し得た点を大いに参考にすべきである。