第2部

クリーナープロダクション普及デモンストレーションプロジェクト

第7章

クリーナープロダクションデモンストレーションプロジェクトの

実施スケジュール

第７章　クリーナープロダクションデモンストレーションプロジェクトの実施スケジュール

4 つのモデル工場を対象にした、クリーナープロダクション導入に関する全体スケジュールを表 7-1 に示す。各項目の概要を以下に述べる。

7.1 入札書作成資料の準備

見積仕様書類の入札書作成資料は、マレイシア国内におけるクリーナープロダクション機器の調達条件を考慮して作成した。入札書作成資料は下記の 5 種類のドキュメントから構成されている。

(1)　SIRIM、調査団、機器サプライヤおよびモデル企業間のサービス契約書
(2)　見積要求書
(3)　見積仕様書
(4)　購入条件書
(5)　秘密契約書

注）機器サプライヤ　：入札者の中で最終的に決定されたベンダー

なお、これらは下記の 2 回に分けて、選定したベンダーに手渡した。

2001 年 3 月末　Metal Polishing Industries 社、Winner Food Industries 社および South Asia Textiles (M) 社向けの入札書作成資料

2001 年 6 月末　Perusahaan TGB 社向けの入札書作成資料

以下に各ドキュメントの概要を説明する。

(1) SIRIM、調査団、サプライヤおよびモデル企業間のサービス契約書

この契約書には、導入したクリーナープロダクションに関して SIRIM、調査団、機器サプライヤおよびモデル企業間の所有権、運転およびメンテナンスの実施等が記載されている。

(2) 見積要求書

見積要求書は、ITB (Invitation to Bidders)と称し、見積仕様書および購入条件書が添付される。見積要求書には、下記項目が記載される。

a.　クリーナープロダクション 機器の内容
b.　機器導入の完成期日
c.　支払条件
d.　見積書の有効期間
e.　見積書提出期限
f.　保証条件

g. 秘密保持
h. 調査団とベンダー間の連絡方法
i. 見積金額の記載方法

(3) 見積仕様書

見積仕様書には、下記項目を含むクリーナープロダクション機器の導入条件が記載される。

a. 基本設計データ、プロセスフローシートおよび配置図等の参考資料
b. 実施業務範囲
c. スケジュール
d. サプライヤが提出すべき資料

(4) 購入条件書

調達条件書には、買い手と売り手の間の全般的な購入条件が記載され、下記項目を含む。

a. 価格と支払条件
b. 保証,
c. 所有権の移譲
d. 試験と検査
e. 試験と検査
f. 建設スケジュールと進捗状況の報告
g. 見積仕様に対する代案
h. 建設スケジュール変更時の処置
i. 秘密保持
j. 不可抗力
k. 損害賠償と責務
l. 履行撤回と契約終了

(5) 秘密契約書

秘密契約書には、買い手の書面による同意がなければ、売り手はこのクリーナープロダクション導入業務を通して得られた技術的な内容を、第 3 者に開示しないことが記載されている。

表 7-1 クリーナープロダクション機器導入工事の全体スケジュール

From March to December 2001

No.	Items	March			April			May			June			July			Aug.			Sept.			Oct.			Nov.			Dec.		
1	Preparation of Tedering Document		X																												
2	Making quotation by suppliers			X	X	X	X																								
3	Selection of supplier											X																			
4	Placing purchase order												X																		
5	Detail design																														
	-Process flow sheet												X	X																	
	-Plot plan												X	X																	
	-Equipment													X	X																
	-Construction drawing													X	X	X															
6	Procurement																														
	-Equipment														X	X	X	X	X	X	X	X									
	-Construction materials														X	X	X	X	X	X	X	X									
7	Construction																														
	-Civil & architecture																			X	X	X									
	-Installation of equipment																						X	X	X						
	-Piping																							X	X	X					
	-Electric & instrument																								X	X	X				
	-Painting & insulation																										X	X			
8	Test and inspection																											X	X		
9	Commissioning																													X	X
10	Training																													X	X

7.2 サプライヤの選定

機器サプライヤを選定する前に、表 7-2 に示すとおりモデル工場ごとに数社の入札会社を選定した。7.1 項で述べた「入札書作成資料」を、これらの入札会社に説明を加えて手渡した。

表 7-2 クリーナープロダクション導入のための入札会社一覧

モデル工場	入札会社名
1. 金属加工および電気めっきサブセクター	
Metal Polishing Industries 社	(1) E.B.S. Patrone (M) 社
	(2) Aquakimia 社
	(3) Juru Rubcoil 社
	(4) Organo (Asia) 社
Perusahaan TGB 社	(1) Newtron Code 社
	(2) Zentrum 社
	(3) Vision Machinery 社
2. 食品および飲料サブセクター	
Winner Food Industries 社	(1) Cimbria Far East (M) 社
	(2) Juru Rubcoil 社
	(3) Aquakimia 社
3. 繊維サブセクター	
South Asia Textiles (M) 社	(1) Ionics/Enersave Engineering 社
	(2) Aquakimia 社
	(3) Organo (Asia) 社

各入札者から見積書を入手後、SIRIM と調査団は、各入札者との間で見積金額の交渉および技術的内容の確認を行った。その後、さらに SIRIM と調査団内で協議した結果、モデル工場ごとに下記のサプライヤを選定した。

<モデル工場>	<サプライヤ>
(1) Metal Polishing Industries 社	Aquakimia 社
(2) Perusahaan TGB 社	Vision Machinery 社
(3) Winner Food Industries 社	Aquakimia 社
(4) South Asia Textiles (M) 社	Aquakimia 社

7.3 発注

さらに見積金額の交渉および技術的内容の確認を行った後、各サプライヤに対して、下

記の期日にクリーナープロダクション導入業務の発注を行った。

(1) Aquakimia 社　　：2001 年 6 月 22 日
(2) Vision Machinery 社　：2001 年 8 月 23 日

7.4 サプライヤにおける詳細設計

各サプライヤは、正式な発注を受けた後、導入するクリーナープロダクション設備の仕様に基づいて下記の詳細設計業務を開始した。

a. 基本設計データの作成
b. プロセスフローシートの作成
c. 配置図（プロットプラン）の作成
d. 主要機器の仕様と概略図の作成

これらの資料は、順次サプライヤから SIRIM と調査団へ提出された。これについては、別途作成した「ドキュメントの提出とその承認方法」に従って、承認のスタンプを押してサプライヤに返却した。

7.5 機器と建設資材の調達

Winner Food Industries 社に導入する洗米機は日本から輸入したが、その他の機器と建設資材を含めて、約 3 ケ月以内で全てを調達することができた。

7.6 建設工事

各モデル工場における土建工事は、機器類が現地に到着する前に完了した。また、機器類の据付工事と建設工事は、モデル工場が操業を行わない土曜日と日曜日の限られた期間内で実施した。この期間が短いために、一部の据付工事と建設工事に遅れがでることを当初心配したが、全ての工事はスケジュールとおりに完了することができた。

7.7 試験と検査

各機器の試験と検査は、ベンダーの責任下で機器ベンダーの工場で実施した。したがって、最終的な機器類の試験と検査は、モデル工場ごとの試運転時に行われた。その結果、幾つかの機器類の不具合が発見されたが、これらは全てサプライヤ側にて補修した。

7.8 性能確認運転

性能確認運転は、モデル工場ごとに連続 3 日間ずつ実施した。SIRIM と調査団は、導入したクリーナープロダクションの性能を確認するために必要なデータをこの期間に採取した。また、幾つかの設計上または工事上からの不備による設備の不具合が発見さ

れたが、それらはすべて修理、部品の取替および再調整によって正常な状態に戻した。なお、試運転および性能確認運転は、工場の運転員を教育する絶好の機会であり、運転員向けの運転教育を実施した。

第8章

金属加工および電気めっきサブセクターにおける

デモンストレーションプロジェクト（1）

第 8 章　金属加工および電気めっきサブセクターにおける
デモンストレーションプロジェクト（1）

モデル工場：Metal Polishing Industries 社

8.1 工場調査結果（全般）

8.1.1 調査対象工場とその概要

第 1 次現地調査時に、以下の選定 6 社の工場訪問調査を実施した。

(1) Metal Polishing Industries 社
(2) Perusahaan TGB 社
(3) E-Coat 社
(4) Aceloy 社
(5) Malaysian Electroplating Technology (M) 社
(6) Chemobright Industries 社

上記企業中、(1), (3), (4)および(5) はめっき製品を製造しており、(2)および(6) はアルマイト製品を製造している。各工場の概要を以下に述べる。なお、各工場の現状とクリーナープロダクションの検討対象項目については、添付資料に記載する。

(1) Metal Polishing Industries 社

Metal polishing Industries 社はめっき専業者で、3 層ニッケルークロムめっきと硬質クロムめっきを行っている。工場は Bukit Kemuning めっき工業団地内にあり、同工業団地には共同の排水処理設備があるため、工場内には排水処理設備を設けていない。主要顧客はオートバイ並びに自動車のアセンブリ企業である。同社はクリーナープロダクションの重要性をよく認識しており、また、ISO9001 および 14001 の認証取得を計画中である。

(2) Perusahaan TGB 社

Perusahaan TGB 社は、アルミニウムの陽極酸化処理（アルマイト）専業者である。当工場は、長さが 6 メートルを超える処理槽を持ち、押出し形材の処理を主たる業務としている。工場は建設後 20 年を経過しており、現在の経営者が 1997 年にこれを引き継いだものである。旧式設備であるため、改良すべき点が多数見られる。

(3) E-Coat 社

E-Coat 社はめっき専業者であり、主に亜鉛めっき（ジンケート法）とクロメート処理

を、1 系列の製造ラインで操業している。工場は Bukit Kemuning めっき工業団地内に立地し、同工業団地には共同の排水処理設備があるため、工場内には排水処理設備を設けていない。同社は新技術の導入に関心を有する。

(4) Aceloy 社

Aceloy 社はめっき専業者である。当工場は主に亜鉛めっきを業としており、バレル用とラック用の 2 つの亜鉛めっきラインを有する他に、亜鉛－コバルト合金めっき用の設備を有する。工場は Bukit Kemuning めっき工業団地内にあり、同工業団地には共同の排水処理設備があるため、工場内には排水処理設備を設けていない。
同社は、競合他社と差別化を図るため、高耐食性製品の製造を可能とするめっき設備の導入に関心がある。また、同社は錫めっき設備の建設を計画している。

(5) Malaysian Electroplating Technology (M) 社

Malaysian Electroplating Technology 社は、亜鉛めっき専業者である。工場改造を計画中で、新規廃水処理設備の設置も計画中である。現時点では、既存の排水処理設備を稼動させずに操業している。また、工場の稼働率は設計能力の 50%以下に留まっている。

(6) Chemobright Industries 社

Chemobright Industries 社は、マレイシア家具のメーカーである。同社のアルマイト事業は、同社が製造する家具の枠材や装飾材の生産から始まったものである。当工場では、数センチのものから 6 メートルまでの形材のアルミニウム材のアルマイト処理を行っている。また、アルマイト処理の前処理及び後処理として、機械的あるいは化学的な処理をアルミニウム材に施している。

8.1.2 公害規制の遵守状況

上記のめっき専業 4 工場はいずれも有毒なクロム酸をめっき処理に使用している。4 工場の内の 3 工場は Bukit Kemuning めっき工業団地内にあり、前述のとおり同工業団地には共同の排水処理設備があるため、各工場内には排水処理設備を設けていない。また、各工場は、排水を酸排水、アルカリ排水、クロム排水およびシアン排水に分別して共同排水処理場へ送っている。残りの 1 工場は、共同排水処理設備のない工業団地内にあり、何らの排水処理も行わずに有毒な 6 価クロム酸を含む排水を放流している。
アルマイト 2 工場はその工程で有毒な薬品は使用していない。その内の 1 工場は、排水の中和処理を行った後、浮遊物質を沈殿濾過処理してから放流している。他の 1 工場は、排水の中和処理のみを行った後放流している。いずれの工場も、水の使用量を

削減するために、品質維持の限界までに製品の洗浄水量削減を図っている。
排ガスに関しては、めっき 2 工場のみが、排気ダクトおよびスクラバー（ガス洗浄装置）を設置している。アルマイト 1 工場は、一部の処理槽に排気設備を設置しているが、スクラバーは設置していない。また、他のアルマイト 1 工場は、化学研磨排ガス用に排気設備とスクラバーを設置している。
以上述べたとおり、全工場共、使用水量削減と燃料削減対策は熱心に行っているが、コスト削減のみに注目しており、コスト削減に寄与しない大気汚染防止および作業環境改善についての対策は進捗が見られない。

8.1.3 廃棄物の発生、処理、リサイクルの状況

排水処理設備を有するアルマイト 1 工場を除いた 5 工場では、排水ピットに沈殿したスラッジと老化処理液が廃棄物として発生し、これらは共同排水処理設備あるいは Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。アルマイト工場では、中和によって発生するスラッジを凝集沈殿後に濾過し、Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。いずれの工場でもリサイクルは全く実施していない。

8.1.4 生産性向上への取り組み状況

各めっき工場では生産性向上のために洗浄時間を短縮しており、品質確保の限界に達している。前処理、めっき、アルマイト、後処理などの薬液を使用する各工程では、生産性向上のために特段の技術は採用されていない。

8.1.5 その他

熱エネルギーの使用量を削減するために、極力低温での処理が行われている。特に、アルマイトの封孔は、常温での封孔処理が採用されているが、日本では常温封孔処理は性能が劣るために採用されていない。また、マレイシアでは、顧客からの要求がない限り封孔は行わないが、封孔処理を行わないアルマイト製品には品質上の問題点が残る。大部分の工場ではボイラを設置しておらず、設置していてもごく小型のボイラである。
高温で運転される処理槽の断熱対策は多くの工場で実施されているが、一部の工場での断熱は不十分な性能しか有しないのものと判断される。槽の外面を断熱材で被覆するという簡易なもので十分効果を発揮するので、早急な断熱工事あるいは改修工事の実施が望まれる。電気エネルギーについては、電流効率の高いクロムめっき技術の採用を除くと、目立った省エネルギー技術は採用されていない。

8.1.6 当該サブセクターにおけるクリーナープロダクション検討対象項目

クリーナープロダクション検討の対象となる領域は、以下のように分類される。

(1) 環境汚染防止

a. 排水排出量削減

b. 排水水質改善

c. 作業環境改善

(2) 省エネルギー

a. 水使用量削減

b. 電力使用量削減

c. 熱エネルギー削減

(3) 生産性向上

a. 製品品質改善

b. 薬品使用量削減

c. 作業工程短縮

各工場におけるクリーナープロダクション検討対象項目を表 8-1 に示す。

表 8-1 各工場の クリーナープロダクション 検討対象項目

クリーナープロダクション検討対象項目	企業名					
	A	B	C	D	E	F
1. 環境汚染防止						
a. 排水排出量削減	x	x			X	
b. 排水水質改善			X		X	
c. 作業環境改善		x	X	x	X	
2. 省エネルギー						
a. 水道水使用量削減	x	x				x
b. 電力使用量削減	x	x				
c. 熱エネルギー削減						x
3. 生産性向上						
a. 製品品質改善	x		X			
b. 薬品使用量削減	x					
c. 作業工程短縮		x				

注 1）会社名 A、B、C 等は、下記の会社を表す。

A: Metal Polishing Industries 社

B: Perusahaan TGB 社

C: E-Coat 社

D: Aceloy 社

E: Malaysian Electroplating Technology (M) 社

F: Chemobright Industries 社

注 2）上表中の「x」が該当する箇所を表す。

8.1.7 モデル工場の選定

モデル工場の選定は、第 5 章、5.2 項「モデル工場の選定」に記載する方法で実施し、

金属加工および電気めっきサブセクターでは、Metal Polishing Industries 社と Perusahaan TGB 社をモデル工場として選定した。

8.2 クリーナープロダクション導入前の選定モデル工場の状況 (Metal Polishing Industries 社)

(1) 工場概要

Metal Polishing Industries 社は、Bukit Kemuning めっき工業団地内にあり、工場建屋は 1,200 平方メートルの面積を有する。前述のとおり、Bukit Kemuning めっき工業団地内には、共同の排水処理設備があるため、当工場内には排水処理設備を設けていない。この企業は 1992 年に創設され、1998 年にこの工業団地に移転した。
当工場は約 50 名の従業員を雇用し、3 層ニッケルークロムめっきと硬質クロムめっきを 1 系列の製造ラインで操業している。この製造ラインは、原料脱脂から製品の乾燥に至る 37 の処理槽で構成されている。
製造ラインは、1 日 2 交替または 3 交替による連続操業が行われているが、その操業形態は顧客からの受注量によって多少変化することがある。現在の主要な製品は、モータバイクと自動車の組立用部品である。なお、当工場は、現在保有する ISO9001 に加えて、2002 年には ISO14001 の認証取得を計画している。

(2) 公害規制遵守状況

当工場は、前述のとおり 3 層ニッケルークロムめっきと硬質クロムめっきを行うための 1 系列の製造ラインを持っており、その能力は 800 m^2/日 である。工場排水は、工業団地内にある共同排水処理設備に送られている。したがって、この工場からは環境汚染物質を直接工業団地外に排出しておらず、もっぱら排水処理費用を節減するために水の使用量を削減する計画を立てている。また、ニッケルークロムめっきラインには、適切な排気装置を設けているので、排ガスについては特段の問題はないと判断される。なお、スチームボイラは設置されていない。

(3) 廃棄物発生、処理、リサイクル状況

製造ラインから排出されるスラッジは、外部の企業に最終処理を委託している。なお、廃棄物のリサイクル利用は行われていない。

(4) 生産性向上への取り組み

クロムめっきの後処理が、生産性向上の目標の主要な 1 項目である。クロムめっき処理後の製品洗浄が不十分であるため、製品に随伴する残留薬品を作業員の手で除去する作業等が余分に必要とされている。残留薬品に起因する欠陥製品が発生すれば、顧

客からクレームが来ることは明白であるにも拘わらず、運転状況から判断するに、運転温度およびめっき速度等品質確保上不適切な条件下でクロムめっき作業を実施している。生産性を向上させるためは、必要な洗浄を行い製品不良発生率を下げ、その上で水使用量の削減あるいは再利用等の施策を実施することが必要であると考えられる。

8.3 モデル工場におけるクリーナープロダクション検討項目

表 8-1 に基づいて、以下の 5 件を当工場に導入を要するクリーナープロダクション検討対象項目とした。

(1) 水使用量削減
(2) 電力使用量削減
(3) 製品品質改善（第 1 段階）
(4) 薬品使用量削減
(5) 製品品質改善（第 2 段階）

(1) 水使用量削減

当工場における洗浄水の使用量は、600～800 m^3/月である。日本の同業種における使用量と比較して多くはないが、マレイシアでははは排水処理費用が高いために、製品のコストに占める割合は相対的に高く事業性の低下に繋がっている。そのため、製品品質を確保できる範囲内で洗浄用水の購入量を削減し、洗浄水の再利用を促進することが、当工場にとって必要な対策の一つであると判断した。水使用量を削減するために、下記 3 項目のクリーナープロダクション対策を検討した。

a. 水洗槽への水道水供給流量調整

水道水の供給圧力は、日中に比較して夜間に高くなる。そのため、夜間に過剰な水が水洗槽に供給されないように、従来、頻繁なバルブ操作が必要とされている。しかしながら、操作対象となるバルブは多数にのぼり、運転員による操作忘れに繋がっている。多方面からの検討結果、水道水受入れ配管に圧力調整弁を設置し、各水洗槽への水道水供給配管に流量計を設けることにより、洗浄水流量を容易に制御可能となり、結果として水道水購入量を削減できると判断した。

b. 洗浄水の再利用

水洗槽 No. 7 (アルカリ処理槽)で使用した水は、排水として排出されている。しかし、検討の結果この排水は、水洗槽 No. 4 で再利用できることが判明した。

c. 洗浄水のリサイクル

洗浄に使用した水のイオン濃度（表 8-4 に示した各イオンについて）をあるレベ

ル以内に抑えることが可能であれば、当該排水はリサイクル可能であると判断される。この工場では、ニッケルークロムめっき工程後の水洗槽から排出する排水をイオン交換樹脂装置で再生処理を行うことにより、リサイクル使用することが可能であることが判明した。

(2) 電力使用量削減

一般に、めっき溶液中の浮遊物質の濃度が高いと、製品の表面に染みが残り製品品質を低下させると共に、めっき効率を低下させることが知られている。測定の結果この工場におけるクロムめっき溶液中の浮遊物質濃度はかなり高いと考えられ、この浮遊物質の濃度を下げるためにはめっき溶液濾過装置を設置することが有効であると判断した。この装置を導入することによって電力原単位の向上が可能となる。

(3) 製品品質改善（第 1 段階）

めっき製品表面に黄色の染みが残る場合があり、これらの製品は不良品として扱われる。この工場での不良品の発生率は数パーセントにのぼり、企業採算上深刻な問題となっている。詳細な工場調査とそれに基づく検討の結果、この主原因は洗浄水の量が過少であることと判明した。実際に 3 基の水洗槽の電導度を測定した結果、1000、200 および 100μS/cm と極めて高く、計算により時間当たり 10%相当の水量しか入れ替わっていないことが判明した。また、この水洗水過少に加えて、クロムめっき槽内の浮遊物質の濃度が高いことが、製品の表面に黄色みがかった染みを残す原因であることも判明した。このように、クロムめっき工程の後の水洗処置が不十分な場合に製品の表面に黄色の染みが残り、この染みを作業員の手で除去する作業が追加的に必要となっている。

3 基の水洗槽（No.33, 34, 35）内の洗浄水は黄色に変色しており、それぞれの電導度は、平均値で 1000、200 および 100μS/cm であった。これに対し、クリーナープロダクションとしてイオン交換樹脂装置を導入し、槽内の洗浄水を全量リサイクルさせれば、各槽内の洗浄水の電導度は 50μS/cm 以下の値まで下げられる見通しを得た。

(4) 薬品使用量削減

薬品使用量を削減することは、排水の排出量を削減するだけでなく、生産性を向上させる意味からも重要である。通常、めっき工場で使用された薬品は、次の 2 系統のルートを通して系外に排出される。第 1 は製品（製品表面への付着）を通してであり、第 2 のルートはめっき工程における不完全な化学反応を通してである。これらの薬品のロスを少なくするには、めっき槽からの抜出した溶液をリサイクルさせることが極めて効果的であると判断される。このリサイクルの方法として数通りの方法が実際に採用されているので、その例を以下に記述する。

薬品のロスを削減するには、抜き出した溶液を元に戻して、再使用する方法が極めて効果的である。たとえば、回収槽からニッケルめっき槽へのスプレーシステムを図 8-1 に示すが、この方式は簡便でありながら高い効果が得られる。この場合、めっき槽に蓄積される不純物の濃度をコントロールする方法が重要なポイントである。図 8-1 は、モデルプラントの電気めっき工程を示しているが、この薬品使用量削減方法は、他の工場でもクリーナープロダクション項目として採用することが検討されているものである。

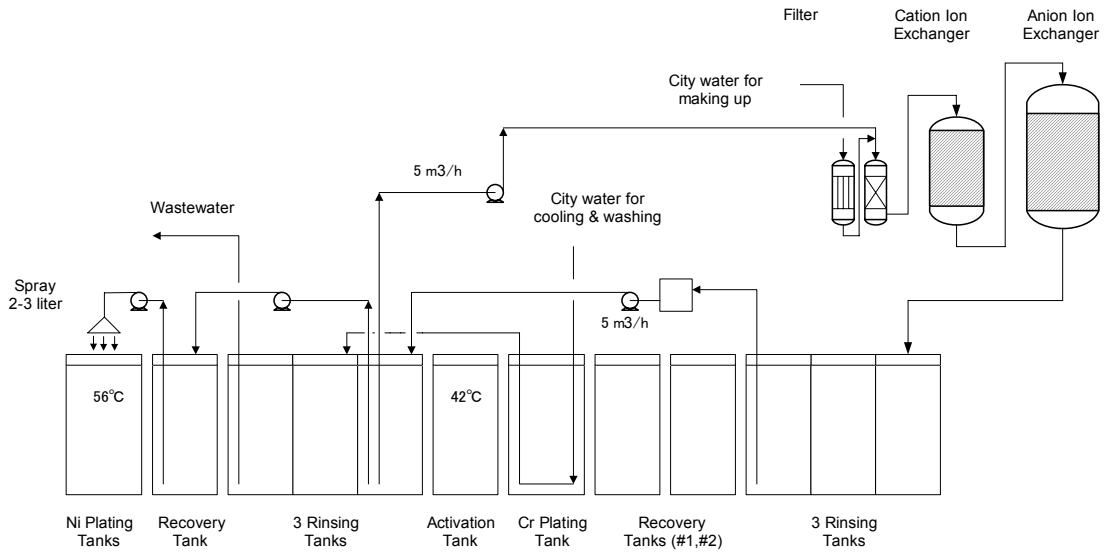

図 8-1 ニッケル/クロムめっき工程におけるリサイクルシステムのモデル図

(5) 製品品質の改善（第 2 段階）

製品表面に黄色の染みが残る問題については先に述べた通りであるが、電気めっき工業にはその他の問題発生も見られ、その対策も実行に移されている。この工場の場合、めっきと洗浄工程で原料と製品の吊下治具形状の最適設計を実施し、十分なメンテナンスを行えば、製品の表面に残る染みに起因する不良品発生をゼロに近づけることが可能と判断する。

8.4 クリーナープロダクション対策

8.4.1 選定したクリーナープロダクション対策

前記のクリーナープロダクション検討対象の中から、本調査で導入が可能でありかつ導入効果が高いと判断される以下の５項目のクリーナープロダクション対策を選定した。

	＜選定クリーナープロダクション対策＞	＜関連する CP 検討対象＞
(1)	水道水受入れ配管への圧力調整弁の設置（CP1）	水洗槽への水道水流量調整
(2)	流量計（面積式流量計）設置（CP2）	水洗槽への水道水流量調整
(3)	ダイアフラムポンプ設置（CP3）	洗浄水再利用
(4)	濾過装置設置（CP4）	電力使用量削減、および製品品質改善（第 1 段階）
(5)	イオン交換装置設置（CP5）	洗浄水リサイクル、および製品品質改善（第 1 段階）

これらの 5 項目のクリーナープロダクション導入位置を、図 8-2 に示す。

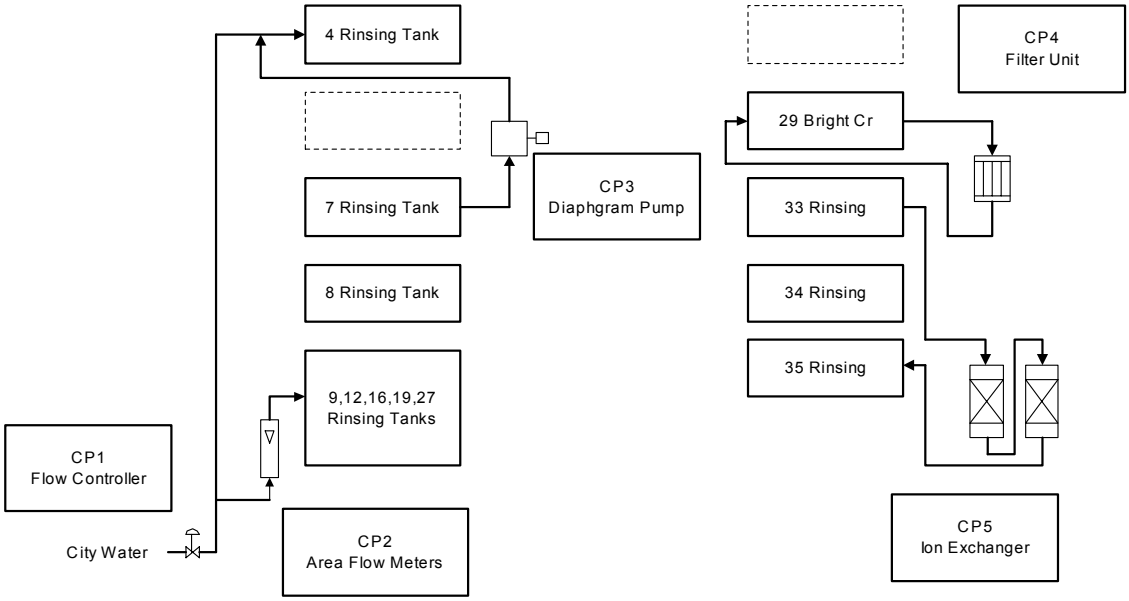

図 8-2 クリーナープロダクション設備導入位置

以下に、各クリーナープロダクション設備の概要を述べる。

(1) 水道水受入れ配管への圧力調整弁設置（CP1）

CP1 として、水道水供給配管ラインに圧力調整弁を設置する。前述のように、水道水給水ラインの圧力は夜間に上昇し、日中は降下する。圧力調整弁は、入口側の圧力に変動が発生しても出口側の流量を常に一定に保持するように作動するものである。圧力調整弁の外径は、水道水の給水配管と同径の 2 インチとし、流量が 10 m^3/時間 の場合、圧力調整弁による圧力損失が約 0.35 kg/cm^2 となるように設計する。

(2) 面積式流量計設置 （CP2）

CP2 として、5 基の水洗槽（No.9、12, 16, 9 および 27）への水道水供給配管ラインに面積式流量計を設置する。5 台の面積式流量計は同一仕様で、4～38 リッター/分 の流量を測定可能なものを選定し設置する。CP 1 導入との相乗効果で、運転員は常時最適流量にコントロールすることが可能となる。

(3) ダイアフラムポンプ設置 (CP 3)

CP3 として、ダイアフラムポンプを設置する。このポンプ設置により、水洗槽 No.7 からの溢流水を別の水洗槽 No.4 に送り、再利用することが可能になる。このポンプは圧縮空気を駆動源とし、送水能力は 52 リッター/分 とする。また、このポンプはレベルスイッチからの信号を受けて自動間歇運転が可能なものとする。

(4) 濾過装置設置 (CP4)

CP4 として、クロムめっき槽に濾過装置を設置する。クロムめっき槽内の浮遊物質を濾過除去することにより、浮遊物質の濃度を一定に保つことが可能となる。濾過器は 9,000 リッター/時間 の処理能力を持ち、フィルタエレメントは濾過径 10μm のカートリッジ型とする。

(5) イオン交換装置設置 (CP5)

CP5 として、イオン交換樹脂装置を設置する。この装置は、クロムめっき後の水洗水を全量回収可能とする。また、これによって、最終製品の品質改善が可能となる。即ち、製品の表面に黄色みがかった染みが残る問題が解消される。図 8-3 にイオン交換装置全体のシステムを示す。イオン交換装置へは、洗滌使用水が 5,000 リッター/時間の能力を持つ 2 台のポンプによって供給される。陽イオン樹脂と陰イオン樹脂の容量は、それぞれ 450 リッターと 700 リッターである。また、イオン交換槽の前段には、濾過径 10 μm のフィルターが設置される。ここでは、第 2 回収槽 No.31 の中の全イオン濃度コントロールが重要であり、運転時間の経過とともにイオン交換樹脂の性能が一定レベル以下に落ちた場合は、イオン交換樹脂の再生操作が必要である。

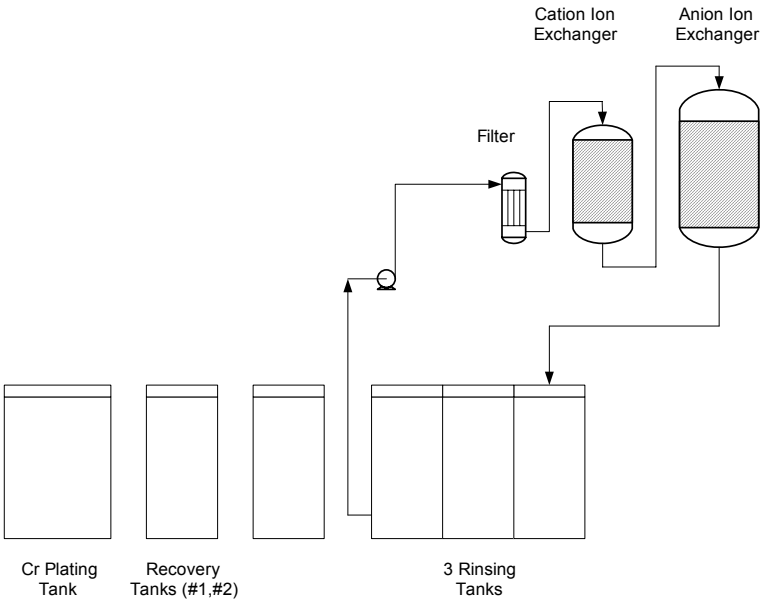

図 8-3 クロムめっき工程における水洗水のイオン交換システム

8.4.2 クリーナープロダクション対策の概要

クリーナープロダクション対策を実現するために以下の 5 項目のクリーナープロダクションを導入した。それらの概要は以下のとおりである。

(1) 配置

図 8-4 に CP 1、CP 2、CP 3、CP 4 および CP 5 を導入する場所を示す。

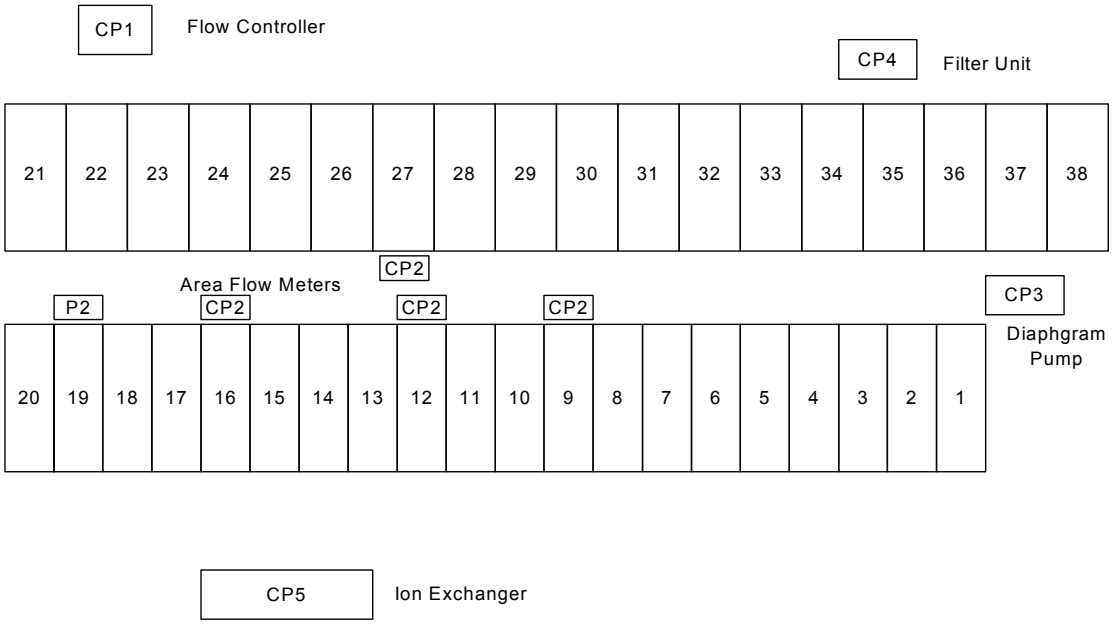

図 8-4 ニッケル／クロムめっき設備の配置図

(2) 基本フロー図

イオン交換装置設置（CP 5）の基本フロー図を図 8-2 に示す。CP 1，CP 2，CP 3 および CP 4 の基本フロー図は省略する。

(3) 主要機器の仕様

表 8-2 に、主要機器名とその仕様を示す。

表 8-2 主要機器とその仕様

主要機器名		仕　　様
1	圧力調整弁	a. 最大流量：10 m^3/時間
2	面積式流量計	a. 流量範囲：5～20 リッター/分
3	ダイヤフラムポンプ	a. 吐出能力：5～20 リッター/分
4	濾過装置	a. 最大流量：4,000 リッター/時間 b. フィルターメッシュ：10 µm c. 連続運転可能期間：2 週間以上
5	イオン交換装置	a. CrO_4^{2-}, SO_4^{2-}, F^- and Cl^- を除去 b. 回収槽 No.30 からクロムめっき槽への送水量：3 %/日 c. 回収槽 No.30 内の液の置換頻度：1 回/年 d. 最大めっき可能面積：80,000 dm^2/日 e. 操業日数：22 日/月 f. 再生サイクル：1 回/月 以上 g. 平均クロム濃度（CrO_3 基準）：200 g/リッター h. 最大流量：2,000 リッター/時間 i. 処理水電導度：5µS/cm

(4) 期待効果

コスト削減の総計は、年間で RM93,000 と予想した。その内訳は下記のとおりである。

a. 水道水使用量 6%削減： RM9,000（年間）

b. 最終製品の仕上げに要した追加作業の削減：RM84,000（年間）

さらに、クロムめっき後の洗浄工程にイオン交換装置を設置することにより洗浄効果が上がり、不良品の発生率の削減が期待される。

(5) 予想投資額

全体の所要投資額は約 RM326,000 であり、その内訳は次のとおりである。

a.	圧力調整弁	I セット	RM5,000
b.	面積式流量計	5 セット	RM15,000
c.	ダイアフラムポンプ	1 セット	RM5,000
d.	濾過装置	1 セット	RM71,000

e.	イオン交換装置	1 セット	RM230,000
	合　　計		RM326,000

(6) スケジュール

第 7 章「実施スケジュール」を参照。

Metal Polishing Industries 社については、2001 年 11 月末工事完了のスケジュールで建設工事を行い、試運転は予定通り 2001 年 11 月末に実施できた。

8.5 クリーナープロダクション投資

全投資額は RM216,000 となった。その詳細を表 8-3 に示す。

この投資額には、設計費、機器および資材の購入費と同輸送費、建設工事費、運転マニュアル作成費、試運転費、運転トレーニング費用および予備品費の全てを含む。

表 8-3 クリーナープロダクション対策に要した投資額

No.	項　　目	数量	投資額 (RM)
CP1	水道水受入れ配管への圧力調整弁設置	1 セット	5,000
CP2	面積式流量計設置	5 セット	10,000
CP3	ダイアフラムポンプ設置	1 セット	9,000
CP4	濾過装置設置	1 セット	87,000
CP5	イオン交換装置設置	1 セット	105,000
合　　計			216,000

8.6. 導入したクリーナープロダクションの性能確認

5 項目のクリーナープロダクションの中で、CP5 導入による洗浄水中の不純物濃度変化、および洗浄水電導度の変化確認が最も重要である。以下に、それらの性能確認結果を述べる。

(1) 洗浄水中の不純物濃度

CP5 (イオン交換装置設置)の導入後、洗浄水中に含まれる不純物濃度は、表 8-4 に示すように大幅に減少したことが確認できた。不純物減少と表 8-5 に示す電導度減少が、製品品質の向上に寄与したことは明白である。

表 8-4 第 3 水洗槽（No.35）内の各イオン濃度

単位：mg/リッター

サンプリング期日	パラメータ					備　　考
	Cr^{6+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	
14/12/2000	5.0	0.72	0.66	16.2	-	
21/2/2001	4.4	-	-	-	-	
21/11/2001	4.62	0.71	0.43	4.7	0.3	CP5 運転開始直前
21/11/2001	0.05	0.13	<0.01	<1	<0.1	CP5 運転 5 時間後
28/11/2001	<0.05	<0.05	<0.01	<1	<0.1	

(2) 洗浄水電導度

水洗槽中の水は透明度を増し水質が改善された。また、電導度は表 8-5 に示すように相当程度低下したことが確認された。

表 8-5 電導度の推移

単位：μS/cm

サンプリング実施日	第 1 水洗槽	第 3 水洗槽	備　　考
14/12/2000	140	90	
21/2/2001	1,500	100	
20/11/2001	125	110	
21/11/2001	1,140	42	CP5 運転開始直前
21/11/2001	100	20	CP5 運転 1 時間後
21/11/2001	20	1	CP5 運転 6 時間後
23/11/2001	20	2.5	
26/11/2001	20	1	
28/11/2001	20	1	
30/11/2001	20	1	
16/1/2002	45	1	
23/2/2002	55	1	

注：第 3 水洗槽の電導度の設計値は最大で 50μS/cm である。

8.7 生産コストの削減とランニングコストの増加

クリーナープロダクション導入後の性能確認データ等から、以下に記述するように排水処理費、水道水使用量、電力使用量および労働力の削減額、ならびに生産性向上額を確認した。また、クリーナープロダクション導入に伴うランニングコストの増加額の推算を行った。

(1) 排水処理費削減額　＋RM1,996/月

(2) 水道水使用量削減額　＋RM234/月

(3) クロムめっき工程における電力使用量削減額　＋RM19/月

(4)	製品品質改善による労働力削減額	＋RM4,400/月
(5)	生産性向上額	＋RM6,350/月
	小　計	＋RM12,999/月
(6) ランニングコスト増加		
a. イオン交換樹脂再生等に要するランニングコスト		
(i)	薬品使用コスト（陽イオン樹脂）	－RM17.5/月
(ii)	薬品使用コスト（陰イオン樹脂）	－RM13.5/月
(iii)	樹脂交換コスト	－RM723/月
(iv)	樹脂補充コスト	－RM170/月
b. カートリッジフィルタ交換に要するランニングコスト		－RM45.5/月
	小　計	－RM969.5/月
	合　計	**＋RM12,029/月**

以下に、コスト削減およびランニングコスト増加の内容を述べる。

(1)　排水処理費削減

排水の排出量および処理費用は、表 8-6 に示すようにクリーナープロダクション導入前に比較し約 3 分の 1 までに大幅に削減された。クロム排水はクリーナープロダクション導入後も 5m^3 の排出を記録しているが、これは 2 基の回収槽（No. 30 および No. 31）で洗浄水が置き換わったことに起因するものである。総合的に、計画目標は十分達成されたと判断できる。

表 8-6 排水処理コスト比較表（クリーナープロダクション導入前後）

単位: RM/月

	クリーナープロダクション導入前（2001 年 11 月）	クリーナープロダクション導入後（ 2001 年 12 月）	備　考
クロム排水	465 (14m^3)	279 (5m^3)	CP5 による
酸排水	666 (34m^3)	344 (16m^3)	CP1 と CP2 による
アルカリ排水	2,058 (133m^3)	570 (37m^3)	CP3 による
合　計	**3,189** (181m^3)	**1,193** (58m^3)	

表 8-6 より、排水処理費の削減は、3,189－1,193＝**RM1,996/月** となる。

(2)　水道水使用量削減額

排水排出量は水道水使用量とほぼ等しいと考えることができるので、水道水使用量は、表 8-6 から、クリーナープロダクション導入前の約 3 分の 1（181 から 58 m^3）までに削減されたと推定される。

また、水道水使用量削減額は、次のように計算できる。

水道水単価　　：RM1.9/m^3

水道水削減量　　：181 － 58 = 123 m^3/月

したがって、水道水使用量削減額は、

(181 - 58) m^3/月 x RM1.9/m^3 = **RM234/月**

となる。

(3) クロムめっき工程における電力使用量削減額

クロムめっき工程の運転条件は、以下のとおりであった。

電力供給　：4,000 アンペア（A）、6 ボルト（V）を 1 サイクルで 2 分間供給

タクト時間：7 分

操業時間　　：16 時間/日

操業日数　　：22 日/月

電力単価　　：RM0.26/kWh

削減電力　　：3 % *1

したがって、電力使用量の削減額は次のように計算される。

(4,000A x 6V x 2/60 x 60/7 x 16 時間/日 x 22 日/月) x 0.26RM/kWh/1,000 x 0.03 = **RM19/月**

となる。

*1：電力使用量は、CP4 の導入によって削減が可能となったものである。

(4) 製品品質改善による労働力削減額

CP4 と CP5 の導入により最終製品の表面に黄色の染みが残る問題が解決し、従来必要とされていた手直し作業が不要となった。そのため、工場では既に作業員３名の減員を実現している。CP4 の導入によって製品品質が改善されたことも 1 要因であるが、CP5 の導入効果が特に大きく寄与しているものと考える。クリーナープロダクション導入前における最終製品の表面に黄色の染みが残る率は 30～35%あったが、クリーナープロダクション導入後はこれが 10～15%程度まで減少した。換言すれば、生産性が 65～70%から 90～95%に向上した、すなわち生産性の向上率は 28～46%を示したと結論できる。

作業員３名削減メリットは、次のように計算できる。

作業員単価　　：RM4.2/時間

作業時間　　：16 時間/日

作業日数　　：22 日/月

したがって、これによる削減額は、

16 時間/日 x 22 日/月 x 3 人 x 4.2RM/時間/作業員

= RM4,400/月

となる。

(5)　生産性向上額

製品品質の改善に加えて、洗浄水の改善により更に 5%の生産性向上が実現したことが確認できた。クリーナープロダクション導入前には、クロムを含む溶液が製品吊下ラック等の治具表面に付着するため、作業員はこの有毒なクロム溶液に接触しないように注意しながら製品の治具からの脱着するという非効率な作業を行わざるを得なかったが、クリーナープロダクション導入後は、このようなロスワークがなくなり、1日に処理可能なロット数が 103 から 108 まで増加した。これによる生産性向上メリットは次のように計算できる。

増加利益は、

増加利益 = 変動利益 x 生産性の増加

変動利益 = 売上高 x 変動利益率

で求められるが、2001 年の売上高は RM3,294,000 であった。また、この工場の変動利益率は 50%である。したがって、

変動利益 = 3,294,000 x 0.5 = RM1,647,000/年

増加利益 = 1,647,000 x (108－103)/108 = RM76,250/年

= RM6,350/月

となる。

(6)　ランニングコスト増加

クリーナープロダクション導入により、次のランニングコストが増加する。

a. イオン交換樹脂再生コスト（CP5）

b. カートリッジ型フィルター交換コスト（CP4，CP5）

その他のコスト増加要因として、濾過装置およびイオン交換装置で使用されるモーター駆動用の電力があるが、これらのランニングコストは小さいので無視する。それぞれのランニングコストを、次のように計算した。

a. イオン交換樹脂再生等に要するランニングコスト

運転により活性の低下したイオン交換樹脂は、薬品で再生し、劣化したイオン交換樹脂は交換する必要がある。これらに要するランニングコストは次のとおりである。

(i)　薬品使用コスト（陽イオン樹脂）

陽イオン樹脂は、苛性ソーダ（NaOH）を使用し 2 ケ月サイクルで再生する。

樹脂容量：　　700 リッター
NaOH 必要等量：　　1.0 等量/リッター・樹脂
NaOH 等量：　　40g-NaOH/ 等量
NaOH 濃度：　　0.33
NaOH 単価：　　RM0.6/kg
したがって、必要とされる NaOH 量は、
700 リッター x 1.0 等量/リッター x 40 g/等量 = 28,000 g
必要コストは、
28,000/1,000 x 1/0.48 x RM0.6/kg = RM35/2 ケ月 = **RM17.5/月**

(ii)　薬品使用コスト（陰イオン樹脂）

陰イオン樹脂は、硫酸（H_2SO_4）を使用し 2 ケ月サイクルで再生する。
樹脂容量：　　450 リッター
必要 H_2SO_4 等量：　　1.0 等量/リッター・樹脂
H_2SO_4 等量：　　36g- H_2SO_4/等量
H_2SO_4 濃度：　　0.33
H_2SO_4 単価：　　RM0.55/kg
したがって、H_2SO_4 必要量は、
450 リッター x 1.0 等量/リッター x 36 g/等量 = 16,200 g
必要コストは、
16,200/1,000 x 1/0.33 x RM0.55kg = RM27/2 ケ月 = **RM13.5/月**

(iii)　樹脂交換コスト

陽イオン樹脂・陰イオン樹脂共に運転に伴う劣化のため、2 年毎に全量交換を行う必要がある。
陽イオン樹脂必要量：　　700 リッター
陽イオン樹脂単価：　　RM19/リッター
陰イオン樹脂必要量：　　450 リッター
陰イオン樹脂単価：　　RM9/リッター
必要コストは、
700 リッター x RM19/リッター + 450 リッター x RM9/リッター
= RM17,350/2 年 = RM8,675/年 = **RM723/月**

(iv)　樹脂補充コスト

陽イオン樹脂・陰イオン樹脂共に運転経過とともに減量するため、再生作業以前に補充しておく必要がある。減量率は、全樹脂量の 1.0%と見込まれる。
必要コストは

（700 リッター x RM19/リッター + 450 リッター x RM9/リッター） x 0.01
= RM170/月

b. カートリッジ型フィルタ交換に要するランニングコスト

フィルタは、2 ケ月ごとに交換する必要がある。

フィルタ交換コスト： RM91/2 ケ月

必要コストは、

(RM91/2 ケ月)/2 = RM45.5/月

8.8 財務分析

当モデル工場には、前記のとおり 5 項目のクリーナープロダクションを導入した。CP1, CP2, CP3 は水道水の使用を削減しすると共に排水量を削減することを目的として導入された。CP4 は、フィルタリングシステムを導入して電力使用量を削減すると共に、製品品質を改善することによって作業員数を削減することを目的として導入された。CP5 は、イオン交換装置設置により、製品品質改善を通じて作業員数を削減し、また、イオン交換を行うことにより水を循環再利用し水道水使用量と排水排出量を削減する目的で導入された。

当モデル工場は、クリーナープロダクション設備導入を決定した直後から、SIRIM と調査団からの助言および自らの創意工夫をもって、水道水使用量と排水量削減を実践してきた。その結果として、水道水使用量と排水排出量はクリーナープロダクション設備導入以前の段階で既に極めて大幅な減少を示し、クリーナープロダクション導入後にも更なる削減が実現した。

クリーナープロダクション設備それぞれの投資額、コスト削減額、増加コストを表 8-7 に、クリーナープロダクション設備の投下資本回収期間（POT）と内部利益率（IRR）を表 8-8 に示す。また、表 8-7 の数値と 5.4.3 項「収益性の評価方法」で述べた分析手法によって得られた投資全体の POT と IRR 計算結果を表 8-9 に示す。

CP1, CP2 および CP3 は、それぞれの投資額が少額で、また同一目的のために導入されたものであるので、CP1, CP2 および CP3 を 1 グループとして取扱い収益性を評価した。

表 8-7 投資額とコスト削減データ

		CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	合計
投資額	RM	5,000	10,000	9,000	87,000	105,000	216,000
コスト削減額	RM/年	24,000			21,000	110,000	155,000
増加コスト	RM/年	0			1,000	10,000	11,000

表 8-8 クリーナープロダクション設備の POT と IRR

		CP1～CP3	CP4	CP5	合　計
POT	年	1.3	5.8	1.4	2.1
IRR	%/年				51

表 8-9 投資合計額での経済性計算表

1,000RM

年	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	216										
コスト削減額		155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
増加コスト		11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
金利		13	6	0	0	0	0	0	0	0	0
所得税		21	36	38	38	38	38	38	38	38	38
キャッシュフロー	-216	110	102	106	106	106	106	106	106	106	106
減価償却費		60	17	17	17	17	17	17	17	17	17
借入金残高	216	106	4	0	0	0	0	0	0	0	0

計算結果から経済性は次のように分析される。

CP1，CP2，CP3 グループの投資は少額で増加ランニングコストの発生もないので、毎年のコスト削減額は小さいながらその経済性は非常に高く、POT は 1.3 年との結果を得た。当工場がクリーナープロダクション導入計画時に消費していた水量をベースに計算すれば、クリーナープロダクション導入によるコスト削減額は更に大きな数字となり、その結果 POT は更に短くなった筈である。これは、クリーナープロダクション導入だけでなく、クリーナープロダクションの意識を持って、従業員や設備を管理することが非常に重要であることを端的に示している。クリーナープロダクション導入を普及するには、まずクリーナープロダクションに対する意識を醸成することが重要である。

CP4 の経済性はやや劣り、POT は 5.8 年との計算結果となった。然しながら、電力削減量は限られているものの、作業員 3 名の削減のうち 40%が CP4 によるものであり、これが全体としての経済性を高めたことは強調される。したがって、この企業がこれにより更に従業員数を減少させることができれば POT はさらに短縮される。

CP 5 は POT1.4 年で、非常に良い経済性を示している。経済性検討の過程で、CP5 による作業環境の改善が同社の生産性を 5%向上させたことが判明した。3 名の作業員削減に対する貢献分 60%は大きな利益を生んだが、生産性向上はさらに大きな利益を実現している。CP5 は採算性が良いだけでなく作業環境改善にも大きな効果をもたらすことが可能なので、この工場と同様の状況にある工場であれば広く推奨することができる。

このプロジェクト全体では POT が 2.1 年、IRR が 51%となり、良好な投資であると結論できる。

8.9 クリーナープロダクション導入による便益

当モデル工場に 5 項目のクリーナープロダクションを導入することによって、下記の便益があったことを確認した。

(1) 排水処理量、水道水使用量、電力使用量および労働力が削減され、増加したランニングコストを考慮しても、総計で RM144,350/年 のメリットが得られるようになった。

(2) また、財務分析結果の要点は下記のとおりであり、導入されたクリーナープロダクションの全てが満足できるものであったと判断する。

a. CP1（圧力調整弁設置）、CP2（面積式流量計設置）、CP3（ダイアフラムポンプ設置）グループの投資額は少額で、かつ増加するランニングコストがないので、毎年のコスト削減額は少額ながら経済性は非常に高く、POT は 1.3 年である

b. CP4（濾過装置設置）の経済性はやや劣り、POT は 5.8 年である。これによる電力使用量の削減効果は小さいが、作業員 3 名の削減のうち 40%が CP4 の貢献であり、これが全体の経済性を高めている。したがって、更に従業員削減が図れれば POT は改善される。

c. CP5（イオン交換装置設置）は POT が 1.4 年で、非常に良い経済性を示している。また、CP5 による作業環境改善が同社の生産性を 5%向上させた。

(3) また、当工場へのクリーナープロダクション導入を通して、以下の便益があったことが判明し、これはマレイシア国におけるクリーナープロダクションの普及促進にとって、望ましい前例となると期待される。

当企業は、前述のとおり ISO 9001 に加えて ISO 14001 の認証を 2002 年中に取得することを計画しており、今回クリーナープロダクションモデル工場に選定された直後から水道水使用量の削減および電力使用量削減等の独自の行動を開始した。当企業は元々生産性改善等に挑戦するなど極めて積極的であると考えられた。

クリーナープロダクションの導入は更に強力な刺激となり、工場幹部はあらゆる角度から生産性向上等の改善を検討するようになった。現在、工場幹部は次に導入すべきクリーナープロダクションを独自に考案中であり、それらを生産性と製品品質の向上を目的として実行しよう企図している。

8.10 提言

金属製品の製造工程において、めっき技術は装飾性、防錆性において重要な技術である。また、近年のめっき技術による機能的な薄膜製造技術も考慮すると、技術立国をめざす国としては不可欠な技術分野であると言える。然し一方では、湿式の表面処理事業は多くの有害廃棄物や化学物質を含んだ排水を排出するので、環境に大きな影響を与える危険性を持っている。このような特性を有する産業を育成するに当っては、環境汚染を最小限に抑制する施策のもとに､行政による強力な指導が必要と思われる。マレイシアの企業は、独立独歩の気風が強くたくましい反面、業界としてのまとまりを得にくい側面を持つように観察される。

このような状況下で、国・業界・企業が一丸となって、次に述べるような施策を実行するよう提言する。

(1) 全国的同業者組織拡充と研究組合設置
(2) コンサルタント機関設置
(3) めっき工業団地活性化
(4) 環境基準適正化とその遵守

以下にそれらの概要を述べる。

(1) 全国的同業者組織の拡充と研究組合の設置

マレイシアには同業者の組織は既に存在し活動中であるが、参加企業の数は限られている。同業者組合は、未参加企業の参加を促し、更に環境問題を自らの問題として論議できるような体制を構築することが環境改善促進に有効である。また、その組織内に研究組合を設置し、環境問題を自ら研究・解決する活動を可能ならしめることによって、この国の環境改善は一段の進展をみるものと期待される。

(2) コンサルタント機関設置

調査対象工場の多くが、技術系従業員を採用していないか、あるいはその配置を行っていない。ある企業の場合、生産性の改善等に挑戦し極めて積極的であり、モデル工場に選定された直後から、水道水使用量削減および電力使用量削減等の独自の行動を開始した。しかしながら、独自で行った水道水使用量と電力使用量の削減の方法は、必ずしも適切な方法ではなく、コスト削減の代償として製品品質低下の原因となっていた。電気めっき工程は、電気化学の知識があって初めて適切な運転が可能となる。その後、SIRIM と調査団からの数項目のアドバイスに従って、生産性と製品品質の向上を両立することができるようになった。この企業は、クリーナープロダクション導入後に大学卒業者数名を新規に採用したが、彼等の能力により何件かのクリーナープ

ロダクション対策が考え出されている。しかし、多くの企業では技術系従業員の採用または配置を行う余裕がなく、めっき工場への薬品販売業者が技術的なアドバイスを行っているという現状である。したがって、もし各工場が技術系従業員の採用またはその配置を行うことができない場合は、金属加工と電気めっきに関して技術的なアドバイスが可能な公的なコンサルタント機関等の設置が望まれる。

(3) めっき工業団地の活性化

本調査期間中に、Selangor 州内 Bukit Kemuning Plating Park を訪問する機会を得た。工業団地としてはレベルの高いものと判断できるが、ここに立地している企業間では有機的な結び付きは少なく、めっき工業団地を設置した思想が十分に生かされていないと感じられた。めっき事業者を集合させながらも単に排水処理を集中化することにのみ団地化の目的を限定しては､汚染物質排出型の企業を隔離するだけに終わる。めっき工業団地内の企業を含めて、生産性および技術力の向上を目的とした有機的な結びつきを図り活性化を推進することが必要である。

(4) 環境基準の適正化とその遵守

マレイシア国の環境基準は、十分な調査に裏付けられた立派な環境基準である。しかしながら、中小企業では必ずしも基準が遵守されず、また、往々にして違反行為も看過れている。地域毎に時限的な基準緩和経過措置条項を設け、即違法とならない状況を設定し改善実施の時間的余裕を与えた上で経過措置期限後の違反者には罰則を厳しく適用する。この経過措置期間内にしかるべき改善を実施することで、各工場の公害防止レベルを高める。斯かる措置を取らずに違反行為を見過ごす慣行は環境対策の立遅れを招く危険性が大きい。

添付資料

モデル工場選定のために調査した工場

調査対象工場の概要をここに記述する。

1. Metal Polishing Industries 社

本文 8.2 を参照。

2. Persahaan TGB 社

第 7 章を参照。

3. E-Coat 社

3.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

当工場は共同排水処理施設を有するめっき団地（Bukit Kemuning Electroplating Park）内に立地しているため独自に排水処理を行う必要はない。めっき製造ラインに局所排気装置は設置されていないが、燃焼ガスの発生はないので大気に関する公害規制の対象とはなっていない。工場排水は、酸、アルカリ、クロムおよびシアン排水の 4 カテゴリーに分別して共同排水処理施設に送ることになっているが、これらの排水分別が十分行われていないことが判明した。この分別が確実に行われない場合、共同排水処理施設は適切な処理が行えず、結果として有害物質を含む排水が河川に放流されることになる。したがって、排水の厳密な分別排出が必要である。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクルの状況

排水の他に、排水ピットの底部に沈殿したスラッジと老化処理液が廃棄物として発生する。これらは共同排水処理施設あるいは Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。廃棄物リサイクルは実施されていない。

(3) 生産性向上への取組み

生産性向上のために、製品品質を確保できる限界まで水洗時間を短縮している。

(4) その他

熱エネルギー使用量を削減するために、低温処理プロセスを採用している。この工場では、脱脂、電解脱脂、最終湯洗工程での処理液を加熱する必要があるが、各処理槽は、設計時の設定温度よりも低温で運転されている。なお、これらの処理槽には断熱被覆が施されている。

3.2 クリーナープロダクション検討項目

(1) 治具およびラックのメンテナンス

製品の種類によっては 10%を越える不良品を出している。治具およびラックの管理が適正に行われていれば、めっき工程で再加工を要する問題が発生することはない。
再加工作業が不要となれば、電気費、燃料費、水道水代、薬品費、排水処理費、人件費、素材費にかかる過剰な経費を抑えることが可能となり、納期遅延も回避できることとなる。

(2) 排水の厳密な分別

排水は 4 カテゴリーに分別して共同排水処理施設に送られることになっているが、時に分別されるべき排水が混合するトラブルが発生することがある。共同排水処理施設は排水の分別送出が厳密に実施されることを前提としている。仮に酸とアルカリの排水中にクロムを含む排水が混入すれば、処理施設からの最終放流排水中にクロムが含まれるトラブルに繋がる。

(3) 局所排気装置設置

局所排気装置の設置は、作業環境改善に寄与するのみならず、腐食性のミスト付着によるプラント機器類の腐食を抑制し、プラントの長寿命化を可能とする。

4. Aceloy 社

4.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

当工場も共同排水処理施設を有するめっき団地（Bukit Kemuning Electroplating Park）内に位置している。したがって独自に排水処理を行う必要がない。また、めっき製造ラインに局所排気装置は設置されていないが、燃焼ガスの発生はないので大気に関する公害規制の対象とはなっていない。

(2) 廃棄物発生、処理、リサイクルの状況

この工場においても排水ピットの底部に沈殿したスラッジと老化処理液が廃棄物として発生する。これらは共同排水処理施設あるいは Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。廃棄物リサイクルは実施されていない。

(3) 生産性向上への取組み

この工場は新たに建設されたものであるが、まだ稼動率は高くない。そのため、現時点において生産性向上への取組みは特に行われていない。

(4) その他

この工場においても、熱エネルギー使用量を抑制するために、低温処理プロセスを採用している。また、脱脂、電解脱脂、最終湯洗工程での処理液を加熱する必要がある。高温で運転される全ての槽に、放熱を防止するための断熱被覆が施されている。しかし、製造ライン外に設置された予備脱脂槽は大きな表面積を持つにも拘わらず断熱性のないプラスチック製容器が使用されているのでここからの放熱が著しい。

4.2 クリーナープロダクション 検討項目

(1) 局所排気装置設置

この工場においても、局所排気装置の設置は、作業環境の改善のみでなく、腐食性のミスト付着によるプラント機器の腐食を抑制し、プラントの長寿命化を可能とする。

(2) 3 価クロムを用いたブルークロメート技術導入

3 価クロムを用いるブルークロメート法の導入により、6 価クロムによる環境汚染を防止することが可能となる。特に、温水水洗水中に 6 価クロムが含有されなくなりアルカリ排水として共同排水処理施設への送出が可能となる。

5. Malaysian Electroplating Technology 社

5.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

イオン交換技術等を応用した高度な排水処理設備を設置しているが、ランニングコストが高いために中小企業にとっては経営的に負担が大きく、そのため低コストで運転できる排水処理設備の導入を検討中である。現在では、有害な 6 価クロムを含む処理液を何らの処理を加えることなく排水として河川に放流している。スクラバーを備えた局所排気設備を設置しており常時使用中である。

(2) 廃棄物発生、処理、リサイクルの状況

この工場でも廃棄物として排水ピットの底部に沈殿するスラッジと老化処理液が発生し、これらは Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。廃棄物リサイクルは行われていない。

(3) 生産性向上への取組み

生産性の高い酸性浴による亜鉛めっき法を採用しているが、これはシアン浴のような毒性問題がなく、またジンケート浴のように液の持ち出しが多くない等の優れた特徴がある。ただし、現在は生産量が少ないために、酸性浴による亜鉛めっき法採用の経

済的な効果は得られていない。

(4) その他

エネルギー使用に関しては、脱脂、電解脱脂、最終湯洗工程での処理液を加熱する必要がある。脱脂浴の温度は 70℃と他の工場に比べて高く、より低温で脱脂可能な脱脂洗浄剤の選択が必要である。ただし、実際には設計温度より低い設定温度で運転されている。なお、これらの処理槽には断熱被覆が施されている。

5.2 クリーナープロダクション検討項目

(1) 局所排気装置設置

局所排気装置設置は、作業環境の改善のみでなく、腐食性ミスト付着によるプラントの腐食を抑制し、プラントの長寿命化を可能としている。

(2) 3 価クロムを用いたブルークロメート技術の導入

この工場においても、3 価クロムを用いたブルークロメート法導入により、6 価クロムによる環境汚染を防止することが可能となる。特に、温水水洗水中に 6 価クロムが含有されなくなり、アルカリ排水としての送出が可能となる。

6. Chemobright Industries 社

6.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

アルマイト工場であるが生産量は少ない。この工場の特徴は化学研磨にある。高濃度の燐酸と硝酸を使用し、製造工程でから NO と NO_2 ガスが発生する。これらの化学研磨工程から発生するガスは、排気ダクトで捕集され、スクラバーにて洗浄後に大気に放出されている。また、工場排水はタンクに集められ、中和処理を施してから放流されている。水洗水を分析した結果では、マレイシアの排水基準－B を満足している。なお、この水洗水は排水と共に中和処理後に放流されている。

(2) 廃棄物発生、処理、リサイクルの状況

この工場も廃棄物として排水ピットの底部に沈殿するスラッジと老化処理液が発生するが、これらは Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。廃棄物リサイクルは行われていない。

(3) 生産性向上への取組み

生産量の少ない工場であり、生産性向上に対する特段の取り組みは見られない。

(4) その他

エネルギー使用に関しては、化学研磨液と染色液の 2 種類の処理液を加熱する必要があるが、この加熱に天然ガスを用いることによってコスト削減を図っている。一般的に高温で行うアルカリエッチングと封孔作業も、ここでは常温で実施しており省エネルギーに対する配慮が見られる。一方、ステンレス槽は下部から直接バーナーによる加熱方式を採用しており、また断熱被覆は施されていない。ステンレス表面が光沢研磨されていることと、ステンレス材自体が比較的熱伝導が悪いことから、ある程度放熱が抑制されているが、周辺部のみでも断熱被覆を施工することを勧奨する。

6.2 クリーナープロダクション 検討項目

(1) アルカリ性化学研磨液の採用

アルカリを用いた化学研磨技術はすでに開発されている。現時点においてはその優位性がまだ立証されていないが、将来のために情報を収集するよう提言する。

(2) 化学研磨および染色槽への断熱被覆施工

化学研磨用と染色用のタンクは薄いステンレス製である。断熱被覆の施工によりタンク表面からの放熱を防ぐことが可能である。

(3) 作業床の耐酸性塗料塗布あるいはガラスコーティング施工

酸によりコンクリート製の床が損傷を受けている。これを防止するために、耐酸塗料あるいは浸透性の液体ガラスをコーティングする。これにより酸性の環境下でもコンクリート製床の寿命が延びる。

(4) 水洗水再利用

一度使用した水洗水を再度別の槽での水洗に再利用することにより、水道水使用量の削減が可能である。

第9章

金属加工および電気めっきサブセクターにおける

デモンストレーションプロジェクト(2)

第 9 章　金属加工および電気めっきサブセクターにおける
デモンストレーションプロジェクト（2）

モデル工場：Persahaan TGB 社

9.1 工場調査結果（全般）

金属加工および電気めっきサブセクターにおける工場調査結果（全般）については、第 6 章でまとめて記述した。

9.2 選定モデル工場のクリーナープロダクション（CP）導入前の状況（Persahaan TGB 社）

(1) 工場概要

Perusahaan TGB 社は、アルミニウムの陽極酸化処理（アルマイト）専業企業である。長さが 6 メートルを超える処理槽を保有し、押出形材処理を主要業務としている。工場は約 20 年前に建設されものであり、1997 年に現在の経営者が継承したものである。設計思想が旧来のものであるために、改良を要する個所が多数存在する。

(2) 公害規制遵守状況

この工場では有毒物質は使用していない。酸系およびアルカリ系の排水は 1 ヶ所に集められ、排水処理設備で中和，凝集沈殿，濾過の各処理を行った後に放流している。排水はマレイシア排水基準－B を満している。排水の pH 値が変動し、基準値を外れる場合が見られたが、これは pH センサーのメンテナンス不足が原因と推定される。この pH センサーは、第 1 次工場調査後に更新され、定期的メンテナンスも計画実行されている。

局所排気設備は、アルカリエッチング槽の一部に設置されているが旧式設備であるために十分には機能していない。また、局所排気されたガスから大気汚染物質を除去するガススクラバーは設置されておらず、排気は大気中にそのまま排出されている。この工場から排出される大気環境汚染物質は酸性およびアルカリ性のミストであり、これを削減するためにはガススクラバー設置による浄化が効果を有する。また、アルマイト槽とエッチング槽へは、新しい局所排気装置ならびにとガススクラバーの設置が必要である。

(3) 廃棄物発生、処理、リサイクルの状況

廃棄物としては、排水処理設備での排水中和操作によって発生するスラッジがある。この主成分は水酸化アルミニウムであり、その発生量は製品生産量に依存するが、2000 年の年間実績発生量は 11.7 トンであった。エッチング用苛性ソーダとアルマイト電解

用硫酸の廃棄物リサイクルは実施されていないが、これはこの工場の生産規模でリサイクルを実施することに経済性がないことが理由として上げられる。

(4) 生産性向上への取組み

この工場では、顧客から要求される膜厚を確保するために通常よりも長時間の電解が必要とされていた。調査時に、整流器に設置された電圧計を確認したところ、実際の運転電圧は定格電圧に達していないことが判明した。これは、各整流器がその定格電流を供給できない状態にあることを示してしている。また、陽極ビームと陽極台との接触不良が原因で電解作業が中断する場合がある。さらには、顧客要求の製品外観を満足するために、業界標準に比較して相当長時間のアルカリエッチング作業を実施している。これらの接触不良と長時間電解作業およびアルカリエッチング作業工程が、生産ラインの生産性を規制するボトルネックとなっていることが判明した。このため、第１次工場調査後に工場側の自主的判断により、この暫定的なボトルネック解消策として、アルカリエッチング槽の増設が実施された。

(5) その他

エネルギーならびに水の使用状況は以下のとおりである。

a. エネルギー使用状況

この工場で加熱した処理液を使用しているのは、脱脂とアルカリエッチング工程である。日本では、通常 90℃以上で処理する封孔処理も、ここでは常温での封孔技術が採用されている。したがって、処理液の加熱は必要ない。処理槽は厚さ 200 mm のレンガ製に内貼りが施工された構造を持ち、高い断熱性能を有している。ボイラは設置されていない。この工場にとっての重要課題は省電力である。

アルマイト槽のブスバー（流電路）と陽極ビーム（通電および被処理材搬送用角材）の温度は、通常より高い値を示していた。これは、通電面積の不足、接合部分の接触不良､給電部分の接触不良が原因と判断され､電気エネルギーロスの要因となっている。アルマイト工程では電流が陽極ビームの一方のみから供給されていることが原因で、図 9-1 に示すように大きな製品膜厚分布の偏りが見られる。また、理由は解明されていないが、陽極酸化作業が通常よりも長時間を要している。これも、電気エネルギーロスの１原因になっていると考えられる。

b. 水の使用状況

洗浄水の使用量は、月に約 1,500 トンに上る。水洗槽内の水の流動パターンを確認した結果では、水流に均一性がなく、一部は水洗槽の底に滞留していることが判明した。水の流動・撹拌が不十分であるために所定の洗浄効果をあげるために

必要とされる洗浄水が多量となり、洗浄水は効率的に使用されていない。水のリサイクルと再使用は実施されていない。

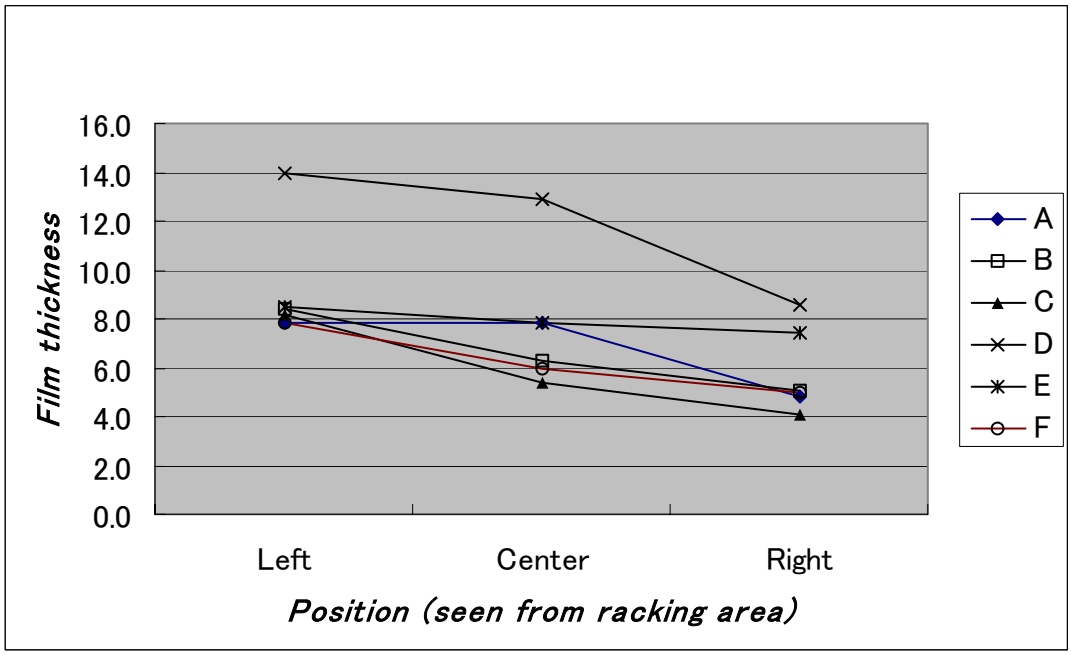

図 9-1 アルマイト膜厚分布差図（クリーナープロダクション導入前）

9.3 モデル工場におけるクリーナープロダクション検討対象項目

第 8 章の表 8-1「各工場の クリーナープロダクション検討対象項目」に基づいて、以下の 3 件を当工場に導入を要するクリーナープロダクション検討対象とした。

(1) 電気エネルギー使用削減

(2) 水使用削減

(3) アルカリエッチング作業時間短縮

(1) 電気エネルギー使用量の削減

電源（整流器）からアルマイト電解槽に至る電気配線における温度上昇は、電気エネルギーのロスが発生していることを示している。調査以前は、目に見えない電気エネルギーのロスに対する理解が不足していたために、作業員はこれを看過していた。アルマイト処理工程は電気エネルギーを利用した化学反応であり、この工程で多量の電気を消費しているにも拘わらず、一般にそのロスに対する認識は低いことが多い。電流供給分布を改善することにより、電解時間が短縮され生産性向上が期待できる。クリーナープロダクションの観点から数項目の要改良点があり、電力使用，水使用，製品品質および作業環境の改善の面から、以下のとおりまとめられる。

a. 配線容量の増強、配線接合部の接触改善、アルマイト電解槽両端からの給電方法

への変更、陽極ビームおよび陰極ビームへの給電改善、陽極ビームおよびスプラインの更新等、電源からアルマイト処理製品に至るまでの全工程の見直しを実施する。

b. 洗浄工程の陽極ビーム洗浄にシャワー水洗方式を導入し、陽極ビームのインラインメンテナンスを実施する。

(2) 水使用量の削減

水使用量の内の相当量は水洗槽で消費されており、使用水量の削減には水洗方法の改善が必要であり有効である。水洗槽内での水の流動を適正化することにより、より少ない水量での洗浄作業が可能となる。このためには、水洗槽内へ均等な給水を行うための配管、水洗槽内の洗浄水を均等に撹拌するための空気配管、および水洗槽から余剰水を均等に排出するための配管を設けることが必要である。また、一度使用した水洗水を別の水洗槽で使用することが可能である。これらの内容は次のとおりである。

a. 水洗槽内への洗浄水供給配管の設置
b. 水洗槽内に設置されている空気撹拌配管の補修
c. 陽極ビームのシャワー洗浄設備の導入
d. オーバーフロー樋の設置
e. 向流システムの導入

(3) アルカリエッチング作業時間の短縮

アルカリエッチング作業時間を短縮する目的で、エッチング反応を促進する薬品をエッチング液に添加する。但し、この場合エッチング作業によって得られる製品外観が従来と異なる場合があり、事前に顧客の承認を得ることが必要である。このため、SIRIM と調査団からは エッチング作業の高速化に関する技術情報を提供し、当モデル工場自身が顧客の承認を得ながらエッチング速度の改善を図ることとした。

9.4 クリーナープロダクション対策

9.4.1 選定したクリーナープロダクション対策

前記のクリーナープロダクション（CP）検討対象項目の中から、本調査で導入が可能でかつ導入効果が高いと判断される以下の 6 項目のクリーナープロダクション対策を選定した。

	＜選定した CP 対策＞	＜関連する CP 項目＞
(1)	整流器とアルマイト電解槽間の配線更新（CP1）	電気エネルギー使用削減
(2)	陽極スタンドの更新（CP2）	電気エネルギー使用削減

(3)	陽極ビームセットの更新（CP3）	電気エネルギー使用削減
(4)	陰極板の更新（CP4）	電気エネルギー使用削減
(5)	水洗設備の改善（CP5）	電気エネルギー使用削減および水使用削減
(6)	向流水洗設備の導入	水使用削減

ここで、電力エネルギー使用削減のために選定した 5 項目のクリーナープロダクション対策（CP1，CP2，CP3，CP4 および CP5）は、整流器から電解槽に至る間での電圧降下防止、製品アルマイト膜厚分布の均一化、およびアルカリエッチング作業時間の短縮に関係するものである。
また、水使用量削減のために選定した 2 項目のクリーナープロダクション（CP5 および CP6）対策の主目的は、水洗効率を高めること、および使用済み水洗水を別の水洗工程で再使用することにより水洗水量を削減することである。
なお、アルカリエッチング作業時間の短縮に関しては、本調査期間内にこれに関するクリーナープロダクション導入は時間的に不可能と判断し、具体的なクリーナープロダクション対策策定を見送った。
以下に、各クリーナープロダクション設備の概要を記述する。

(1)　整流器とアルマイト電解槽間の配線更新 (CP1)

整流器とアルマイト電解槽間の配線およびブスバーの断面積と接続状態を適正化し、電源電圧を低下させる。ブスバーと陽極スタンドまたは陰極板との接続状態の改善は同様の理由から重要である。これらの施策により電力使用量の削減が可能となる。適正化の内容は以下のとおりである。

a. ブスバー電気容量改善
b. 電気抵抗低減
c. アルマイト電解槽への給電方法改善（槽の両側からの給電に変更）

なお、既存のブスバーは活用し不足分を追加することでクリーナープロダクション導入コストの削減を図る。

(2) 陽極スタンド更新 (CP2) および
(3) 陽極ビームセット更新 (CP3)

整流器とアルマイト電解槽間の配線更新、およびアルマイト電解槽への給電方法改善に加えて、各アルマイト電解槽の両側に新仕様の陽極スタンドを設置することにより、アルマイト膜厚分布の均一化とアルマイト作業時間の短縮が期待できる。また、陽極ビームと陽極スタンドの更新により電解作業の中断が回避される。このクリーナープ

ロダクション対策として、以下の改造も行う。

a. 陽極スタンド設置

b. 陽極スタンド・陽極ビーム間接触改善

新仕様陽極スタンドを採用することにより陽極ビームを正確な位置に配置することが可能になる。陽極ビームは新規に作製し、同時にスプラインも更新する。これにより、スプラインを陽極ビームへ着脱する作業が容易になる。

(4) 陰極板更新 (CP4)

陰極板も電流分布に大きな影響を与えるため、アルマイト電解槽両側からの給電方式への変更、適切な面積の確保、正確な位置への設置、および腐食防止対策の実施を織込み更新する。同時に、アルマイト電解槽の陽極板と陰極板を、正確な位置に配置されるように調整する。容量の異なる 3 種類のアルマイト電解槽があるが、各電極はアルマイト電解槽の容量に無関係に同一の位置に配置する。

(5) 水洗設備改善 (CP5)

この改善のために、以下の 4 項目の対策を行う。

a. 水洗シャワーの設置

アルマイト工程後の第 2 水洗槽上に陽極ビーム洗浄用の水洗シャワー設備を設置する。これにより洗浄作業に伴う電解作業中断をなくすことが可能となる。第 2 水洗槽上の両端にこの洗浄設備を設けることにより、陽極ビームが製品洗浄のために洗浄槽に移動すると、自動的にバルブを開き、シャワーノズルから水洗水を噴出させ陽極ビームを洗浄することが可能となる。

b.水洗槽へのオーバーフロー樋設置

c. 水洗槽への給水管設置

水洗槽全 8 基の底部に水供給配管と上部にオーバーフロー樋を設置する。これによって洗浄水の流れは底部から上部へと一方方向に流れるようにする。

d. 撹拌用空気配管設置

水洗効果を増すため、水洗槽底部に空気配管を設置する。これも水洗槽の全 8 基に設置する。

(6) 向流水洗設備の導入 (CP6)

陽極酸化後の第 3（最終）水洗槽で用いた水を陽極酸化後の第 2 水洗槽に送り、水洗

水として再使用する。これにより洗浄水の使用量削減を可能とする。

9.4.2 クリーナープロダクション対策の概要

以下の 6 項目のクリーナープロダクション対策を実施した。それらの概要は以下のとおりである。

(1) 整流器とアルマイト電解槽間配線の更新 (CP1)

図 9-4 を参照。このクリーナープロダクション設備は下記の内容から構成される。

a. 配線更新と銅製ブスバーの新設

b. ブスバーと陽極スタンドおよび陰極ビーム間のケーブル敷設
銅製ブスバーを整流器の外部ターミナルに接続し、その後、陽極スタンドおよび陰極ビームに接続する。これによって、電解槽の両端から電流を供給することが可能となる。

(2) 陽極スタンドの更新 (CP2)

図 9-5 を参照。このクリーナープロダクション設備は下記の内容から構成される。

a. 陽極スタンド更新
4 基の陽極スタンドを各電解槽の両端に設置する。したがって、3 基の電解槽に合計で 12 個の陽極スタンドを設置することとなる。

(3) 陽極ビームセットの更新 (CP3)

図 9-6 を参照。このクリーナープロダクション設備は下記の内容から構成される。

a. 陽極ビーム更新
合計で 18 セットの陽極ビームを更新する。
- 陽極ビームのサイズは以下のとおりとする。
  a = 6 インチ、b = 4 インチ、c = 0.4 インチ、長さ= 26 フィート
- 接触板は溶接またはボルトで陽極ビーム両端近くに取り付ける。
- 接触板は陽極ビームにブラケット状に取り付ける。

b. スプライン更新
- スプラインを通して流れる最大電流値は 1500 アンペアとする。

c. スプラインの取付用具更新
- スプラインの取付用具は、スプラインの着脱が容易にできるように設計する。

(4) 陰極板の更新 (CP4)

図 9-7 を参照。このクリーナープロダクション設備は下記の内容から構成される。

a. 陽極ビーム更新

- 陽極ビームは、3 基の電解槽に対して合計 9 セットを更新する。
- 陽極ビームの各寸法は、陽極ビームと同一とする。

b. アルミニウム製陰極板更新
- 有効面積を広げるために、陰極板の断面は鋸歯状にする。
- 陰極板は電解される材料の 0.7～1.5 倍の面積を有するものととする。

c. プラスチック製覆蓋設置
- 陰極板は、陰極ビームが薬品および落下水滴によって腐食さることがないように覆蓋を有する構造で設計する。

(5) 水洗設備の改善 (CP5)

図 9-8、9-9 および 9-10 を参照。このクリーナープロダクション設備は下記の内容で構成される。

a. 水洗槽へのオーバーフロー樋設置
- 各水洗槽から排出される水量は、5～40 リッター/分 とする。
- 水洗槽全 9 基にオーバーフロー樋を設置する。

b. 水洗槽への空気撹拌用配管の設置
- 撹拌用空気配管は、陽極ビーム直下に設ける。
- 水洗槽 9 基全てに、空気撹拌用配管を設ける。

c. 水抜用としてのドレン配管設置
- 水洗槽から抜出水量は、5～40 リッター/分 とする。
- ドレン配管はアルカリ水洗槽 5 基と酸水洗槽 4 基に設ける。

d. 水洗槽への水シャワー設置
- 水シャワーは第 15 水洗槽に設置する。
- 水シャワー用の水量は、10～40 リッター/分 とする。
- 水シャワーは、陽極ビームの水洗槽への接近を感知し自動的に作動するようにする。このためセンサーとオン－オフ作動の電磁弁を給水配管に設置する。

(6) 向流水洗設備の導入 (CP6)

図 9 -11 参照。このクリーナープロダクション設備は下記の内容で構成される。

a. 附属タンク設置

b. ポンプ設置
- ポンプ吐出水量は、5～40 リッター/分 とする。

c. 液面センサー設置

(7) 期待効果

クリーナープロダクション設備の導入により年間で RM96,000 の経費節減を見込んだ。また、同時に前述のとおり製品品質向上、環境対策の面からは工場排水量の約 15%減

少が見込まれた。

(8) 予想投資額

クリーナープロダクション設備導入に要する投資額は約 RM265,000 を見込んでいたが、、陽極ビーム材料を海外から輸入する必要があることが判明し投資額はこの見込額を上回ることになると予想された。

(9) スケジュール

第 7 章「実施スケジュール」を参照。
Perusahaan TGB 社のクリーナープロダクション設備導入については、2001 年 11 月末建設工事完了の計画を立て、計画どおり 2001 年 11 月末に試運転を実施することができた。

9.5 クリーナープロダクション投資

全投資額は RM400,000 の実績となった。その詳細を表 9-1 に示す。

表 9-1 クリーナープロダクション対策に要した投資額

番号	項　　目	数量	投資額 (RM)
CP1	整流器・アルマイト電解槽間配線更新	1 セット	94,100
CP2	陽極スタンド更新	1 セット	14,500
CP3	陽極ビームセット更新	18 セット	151,000
CP4	陰極板更新	1 セット	123,300
CP5	水洗設備改善	1 セット	13,100
CP6	向流水洗設備導入	1 セット	4,000
	合　　計		400,000

この投資実績額には、設計費、機器および資材の購入費と輸送費、建設工事費、運転マニュアル作成費、試運転費、運転トレーニング費および予備品費の全てが含まれている。

9.6. 導入したクリーナープロダクションの性能確認

6 項目のクリーナープロダクションの中で、陽極酸化電解電圧変化と皮膜厚さ分布変化の確認が最重要である。以下に、それらの性能確認結果を記述する。なお、当工場の場合、クリーナープロダクション導入後に水のサンプリングと分析を行う必要はないと判断し実施を見送った。

(1)　陽極酸化電解電圧の低減 (CP1，CP2，CP3 および CP4)

整流器出力電圧と電解槽電圧を電流路の改善前後で測定した。電圧測定方法の詳細を図 9-2 に示す。点線はクリーナープロダクション対策で追加された電流路を示している。V1 と V2 は電圧計であり、V1 は出力電圧を、V2 は電解槽内電圧を示している。クリーナープロダクション設備導入前の V1 と V2 の指示電圧は約 17 ボルトであり、この電圧は当工場の陽極酸化条件としては過度に高いものと考えられたが、一方ではこれら 2 ヶ所の電圧（V1 と V2）差はわずかであった。この測定値結果から、陽極ビームセット内あるいは陽極スタンドと陽極ビームとの間に著しく大きな抵抗が存在すると結論された。クリーナープロダクション設備導入後の両者の電圧は約 11 ボルトに下がった。これは、陽極酸化電解のための消費電力が 35%減少したことを意味している。

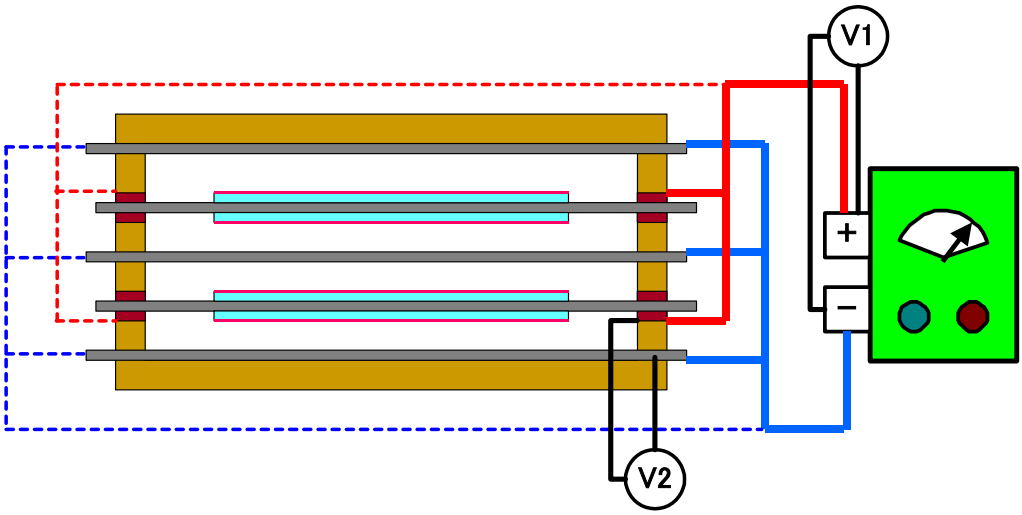

図 9-2　電解電圧測定方法図

(2) 皮膜厚さ分布の均一化（CP1，CP2，CP3 および CP4）

アルミニウム形材上の陽極酸化皮膜厚さをフィッシャ社製渦電流式膜厚計により測定した。皮膜厚さは、各製品アルミニウム形材の 3 ヶ所で測定したが、図 9-1 にクリーナープロダクション導入前の皮膜厚分布を、図 9-3 にクリーナープロダクション導入後の皮膜厚分布を示す。クリーナープロダクション導入により同一形材での皮膜厚分布が均一化されていることが明らかである。同一形材内の皮膜厚差が最大皮膜厚の 35%から 10%に減少したと仮定すると、陽極酸化に必要とされる電力量は 18.5%減少することになる。上記の計算より、陽極酸化時間が実際に 18.5%削減されることが確認された。これは生産性が 18.5%向上することを意味し、さらに電流密度増加および電解作業開始の迅速化により、約 20%の生産性向上が図れる可能性がある。

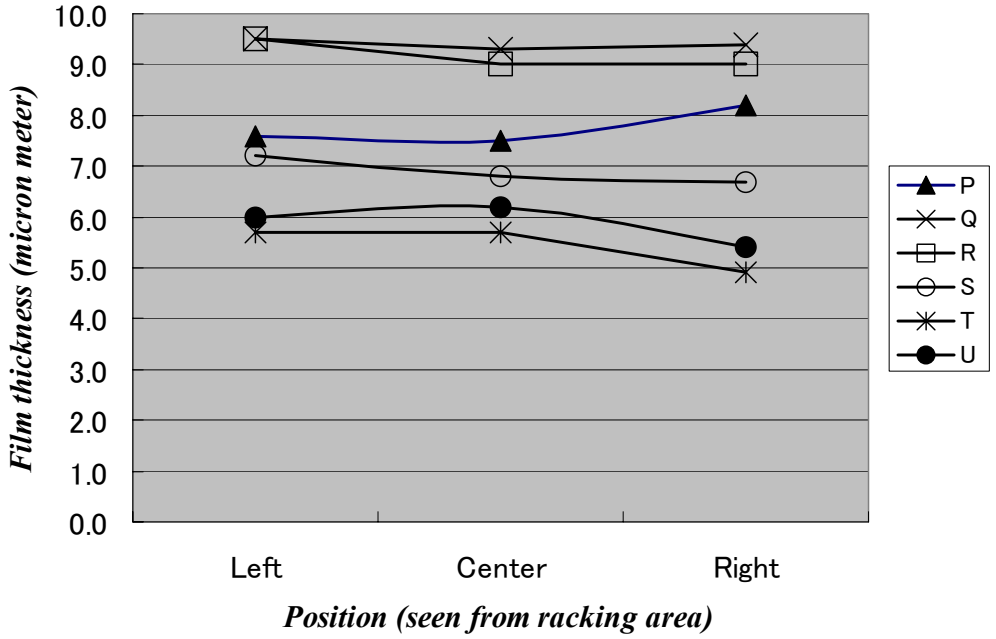

図 9-3 アルマイト膜厚分布差図（クリーナープロダクション導入後）

9.7 生産コストの削減とランニングコストの増加

クリーナープロダクション導入後の性能確認データ等から、以下に記述するように電力使用量の削減額、水道水使用量の削減額、生産性向上額および労働力削減額を確認した。なお、ランニングコストの増加はない。

(1)	電力使用量削減額	RM105,600/年
(2)	水道水使用量削減額	RM6,600/年
(3)	生産性向上額	RM174,000/年
(4)	労働力削減額	RM28,000/年
	合　計	RM314,200/年

以下に、コスト削減内容を記述する。

(1) 電力使用量の削減

工場における電力使用量は各クリーナープロダクション設備別に測定可能な設備となっていないため、クリーナープロダクション導入による電力所使用量の削減効果を計算するのに工場全体の電力使用量測定値を用いた。また、2001 年 6 月から 10 月までの操業記録から生産量を推計してクリーナープロダクション導入前の平均データとし。一方､クリーナープロダクション導入後のデータとして 2002 年 1 月実績値を用いて 1 ラック（1 回のアルマイト処理）当りの電力使用量の変化を算出した。両データの比較により、クリーナープロダクション導入により 19.3%の電力使用量削減が達成され

たとの結果が得られた。この値と年間ラック推計数（アルマイト処理回数）から年間の電力削減額を下記のように算出した。

電力削減額

= ラック当りの平均電力 x 電力単価（0.258 RM/kWh）

x 年間ラック数 x 電力削減率（19.3%）

計算の結果、クリーナープロダクション導入による年間電力削減額は、年間で RM105,600 となった。

(2) 水道水使用量の削減

電力使用量と同様に、水道水の使用量についても各クリーナープロダクション設備別に測定することができない設備となっている。しかし、水道水の大部分は表面処理後の水洗工程で使用されるため、全工場の水道水使用量を日量換算して評価計算に用いた。2000 年 12 月の第 1 次工場調査時点では日量約 60 トンの水道水が使用されていた。その後、2001 年の 9 月までに、製造工程改善等工場側の独自の工夫によって使用水量は日量約 24.8 トンにまで削減された。一方、クリーナープロダクション導入後の 2001 年 12 月には、使用水量は日量約 13 トンまで減少した。したがって、クリーナープロダクション導入前の水道水使用量として 2001 年 7～9 月実績値 24.8 トンを、また、クリーナープロダクション導入後の水道水使用量として 2001 年 12 月から 2002 年 1 月の実績値 13.0 トンを用い、水道水使用量の削減額を下記のように算出した。

年間水道水使用削減額

= 水道水単価（RM1.91/トン） x クリーナープロダクション導入後の水道水使用削減日量 x 年間操業日数（294 日/年）

上記計算の結果、クリーナープロダクション導入による水道水使用削減額は、年間で RM6,600 となった

(3) 生産性向上

配線をはじめとする電流路増強および更新により、各整流器から定格出力供給が可能となり、電解時間が大幅に短縮された。その結果、設備の生産能力は約 20%増強されたことになる。2001 年の年間売上高は RM1,740,000 であったので、2002 年の売上高は RM2,088,000 となることが期待されている。また生産コストを解析した結果、製品販売価格に占める変動コスト比率は約 50%となった。これらの値を用いて、増産効果すなわち利益の増加分を下記のように算出した。

利益増加分

= 2001 の年間売上高 x 生産量増加分（20%） x 変動費利益率（50%）

上記計算結果、クリーナープロダクション導入による利益増加分は年間で **RM174,000** と推計される。

(4) 労務費の削減効果

マレイシアでは、アルマイト製品はその外観が重要視され、皮膜厚さが厳しく管理されることは殆どなかった。したがって、皮膜厚さの偏差が存在しても不良品と判断されず不良品発生率はごく低く、その原因も製造工程の異常が原因となっている。そのため、今回のクリーナープロダクション導入によって表面的な不良率の削減効果は極めて限られていると言わざるを得ない。しかしながら、クリーナープロダクション導入により皮膜厚みの均一性が増し、管理も容易になったことから、実質的な品質が向上し今後の顧客からの信頼が高まることが期待される。

電解作業時間短縮により生産性が向上した。また、生産量が増加したにもかかわらず、1 日の労働時間が 2 時間短縮された。これによる年間の労務費削減額を、下記のように算出できる。

年間労務費削減額
= 労働短縮時間（2 時間/日）x 労働単価 x 労働人数
x 年間操業日数（294 日/年）

計算の結果、クリーナープロダクション導入による労働力削減額は、年間で **RM28,000** となった。

9.8 財務分析

クリーナープロダクション設備それぞれの投資額、コスト削減額、コスト増加額を表 9-2 に、またクリーナープロダクション設備の投下資本回収期間（POT）と内部利益率（IRR）の計算結果を表 9-3 に示す。また、表 9-2 の数値と 5.4.3 項「収益性の評価方法」で説明した手法によって計算したクリーナープロダクション投資合計額での POT と IRR 計算表を表 9-4 に示す。

表 9-2 投資額とコスト削減データ

		CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	合計
投資額	RM	94,100	14,500	151,000	123,300	13,100	4,000	400,000
コスト削減額	RM/年	92,000	92,000	77,000	46,000	3,600	600	312,000
増加コスト	RM/年	0	0	0	0	0	0	0

表 9-3 クリーナープロダクション設備の POT と IRR

		CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	合計
POT	年	1.4	0.2	2.7	3.6	3.7	2.7	1.7
IRR	%/年							60

表 9-4 投資合計額での経済性計算表

1,000RM

年	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	400										
コスト削減額		312	312	312	312	312	312	312	312	312	312
増加コスト		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金利		24	10	0	0	0	0	0	0	0	0
所得税		53	81	84	84	84	84	84	84	84	84
キャッシュフロー	-400	235	221	228	228	228	228	228	228	228	228
減価償却費		112	32	32	32	32	32	32	32	32	32
借入金残高	400	165	0	0	0	0	0	0	0	0	0

上記の計算結果からクリーナープロダクション導入による経済性を次のように分析する。

CP1 は経済性が非常に良く POT は 1.4 年であるが、これは電力使用量削減と生産性向上が非常に大きかったことに起因する。さらに、CP1 は旧式設備更新のために設置されたもので投資に伴う追加費用が一切必要なかったこともこの高経済性の 1 要因である。

CP2 の POT は 0.2 年でありこれも経済性は非常に良い。これは、CP2 が CP1 より投資額が少額であったにも拘わらず、コスト削減額が CP1 と同額であったことによるものである。

CP3 は今回の中で最も高額な投資であるが、電力使用量削減、生産性向上効果が小さいためコスト削減額が CP1 や CP2 に比較すれば少額に留まり、そのために POT は 2.7 年と他の設備より比較して長いが一般的基準から考えて経済性は良好と判断できる。

CP4 は投資額が 2 番目に高額であるがコスト削減額が他より小さく、POT は 3.6 年となるが経済性が悪いとは言えない範囲にある。

当工場には改善すべき設備が多数存在し、特に電気設備の中に多数あるが、そのために電気設備の改善は非常に投資効率が良く、CP1 から CP4 までの合計で見ても POT は 1.4 年であった。これらの設備は当工場と同様の状況にある他の工場に適用しても成功すると判断する。

洗浄方法の改善は電気設備に比較して経済性面ではやや劣るが、CP5 の POT は 3.7 年、CP6 は 2.7 年であり、経済性は悪くはない。これら洗浄方法の改善は約 1 年半前に検討されていたが、クリーナープロダクション設備導入が計画された時点ではまだ実施されておらず、多量の水道水を使用していた。その後当工場ではクリーナープロダクション導入までの間に独自の工夫によって使用量を大幅に減らすことに成功していたため、クリーナープロダクション設備導入の投資経済性は当初計画値よりも悪化

した。しかし、CP5 は製品品質を改良するのに大きな効果があり、顧客からのクレームが減った事実は付け加えておかねばならない。
投資合計額での経済性は非常に高く、POT は 1.7 年、IRR は 60%である。これは、当工場と同じ状況にある工場であれば、必要資金全額を銀行借入で賄ったとしても 2 年以内に借入を返済できることを意味している。そして、いずれのクリーナープロダクション設備も経済性が良いと判断されるので、どのクリーナープロダクション設備も他と切離して個別に他の工場にその導入を奨めることが可能である。

9.9 クリーナープロダクション導入による便益

当モデル工場に 6 項目のクリーナープロダクションを導入することによって、下記の便益があったことを確認できた。

(1) 電力使用量、水道水使用量および労働力が削減され生産性が向上した。これらによって、RM314,200/年 のメリットが得られるようになった。

(2)財務分析結果の要点は下記のとおりであり、電気設備の改善は非常に投資効率が良かった。これは、当工場では特に電気設備に改良すべき設備が多くあったからである。なお、洗浄方法改善の経済性がやや劣るが、これについては、工場側が独自の工夫によって水道水の使用量を大幅に減らしていたためである。
しかしながら、投資合計では経済性が非常に良く、POT は 1.7 年、IRR は 60%である。

a. CP1（整流器とアルマイト電解槽間配線更新）は経済性が非常に良く、POT は 1.4 年である。これは電力使用量削減と生産性向上が非常に大きく、さらに旧式設備更新のために設置されたものであり、投資に伴う追加費用が一切必要なかったことも寄与している。

b. CP2（陽極スタンド更新）の POT は 0.2 年であり、これも経済性は非常に良い。これは、CP1 より投資額がずっと少額であったが、コスト削減額が CP1 と同額であったことが理由である。

c. CP3（陽極ビームセット更新）は、最も高額の投資であるが、電力使用量削減、生産性向上の効果が小さいためコスト削減額が CP1 や CP2 より少なかった。そのため、POT は 2.7 年で他の設備より長いものの、経済性は良好と判断できる。

d. CP4（陰極板更新）は投資額が 2 番目に高額であるものの、コスト削減額が

他より小さく、POT は 3.6 年となるが、経済性は悪くはない。

e. CP5（水洗設備改善）の POT は 3.7 年であり、経済性は悪くない。また、このクリーナープロダクションは製品品質の改善にも効果があり、これによって顧客からのクレームが減少した。

f. CP5（向流水洗設備導入）の POT は 2.7 年であり、経済性は悪くない。

(3) また、CP1、CP2、CP3、CP4 および CP5 の導入によって、以下の運転上の便益があったことを確認した。

a. 整流器が定格出力に復帰した。
b. 銅配線材の温度が低下した。
c. 陽極酸化作業の立上時間が短縮された。
d. 水洗槽内の水が清澄になった。
e. 陽極ビーム表面の苛性汚れが減少した。
f. 排水の排出量が一定になり、排水処理の制御が容易になった。

(4) さらに、期待された便益の他に、工場側から「作業者のモラールの全面的な向上が見られた」旨の興味深く且つ重要なコメントが得られた。
日本では、クリーナープロダクション導入活動は“改善”の一部をなしており、自分自身の工場を自主的に改善する QC 活動である。作業員がクリーナープロダクション導入活動に興味を持つことが重要であり、改善されたプラントにより作業員は自分の仕事に対する誇りを持てるようになり、クリーナープロダクション活動に積極的に参加するようになると考える。

9.10 提言

金属加工および電気めっきサブセクターにおける提言については、第 8 章でまとめた。

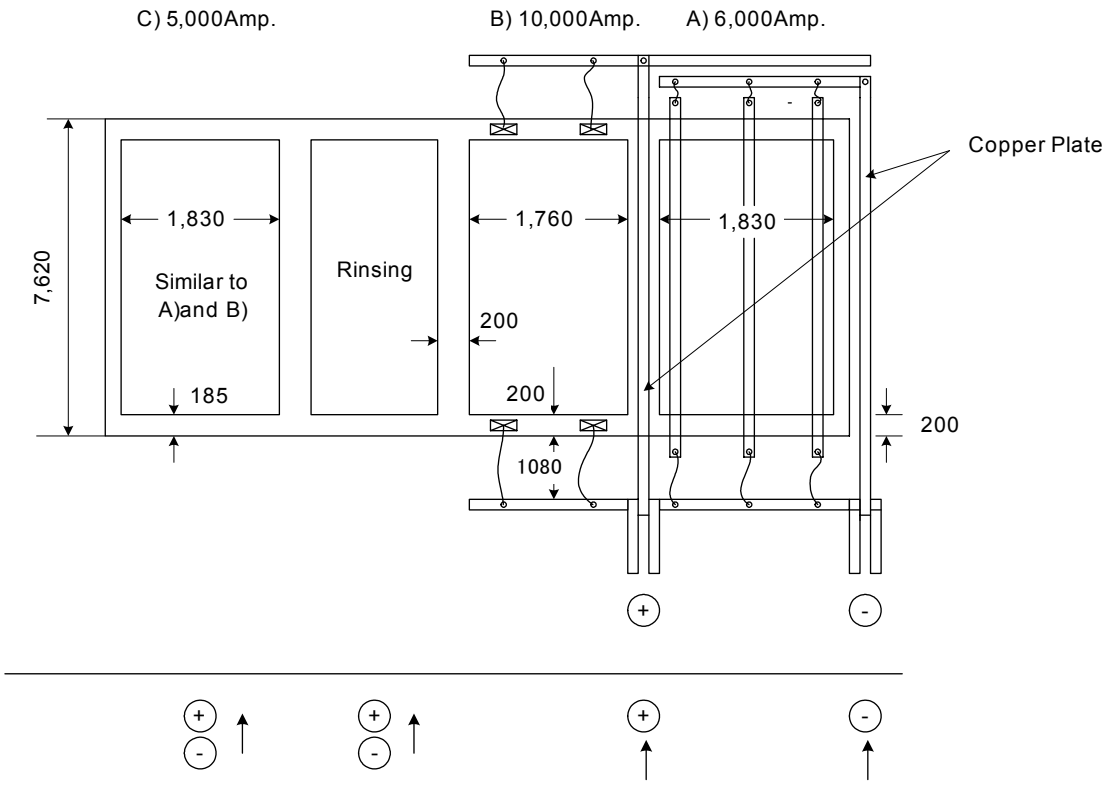

図 9-4 整流器と電解槽間配線図

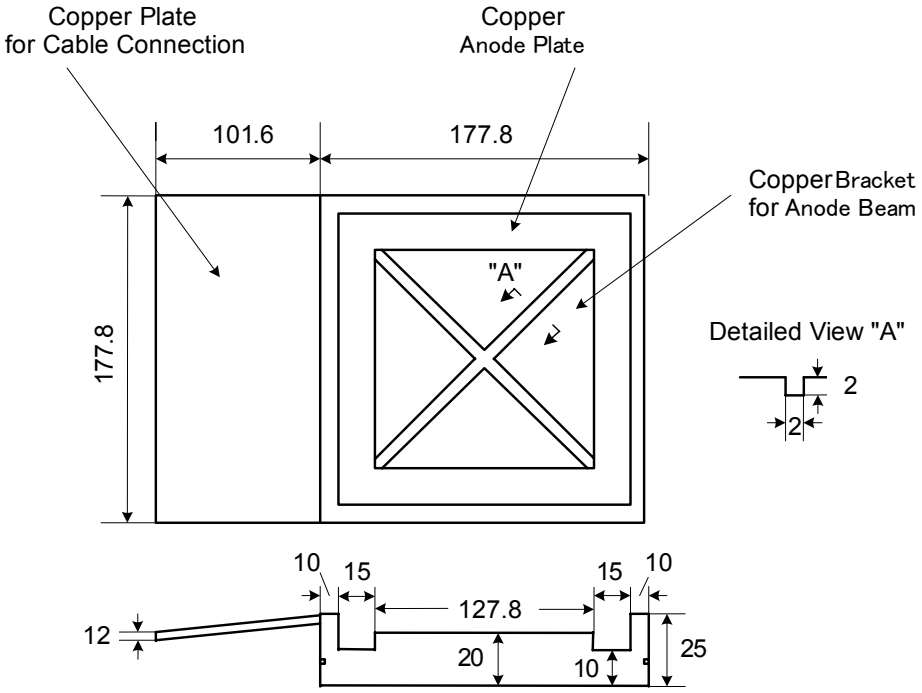

図 9-5 新しい陽極スタンドの概略図

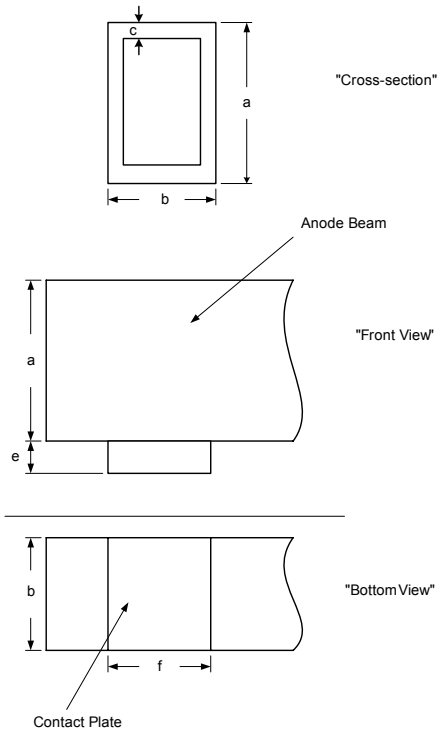

図 9-6 陽極ビーム概略図

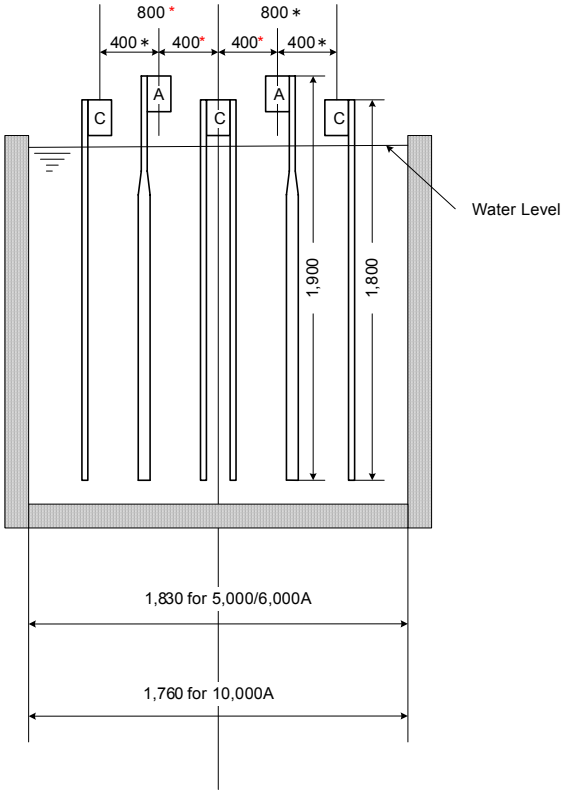

図 9-7 新しい陰極部概略図

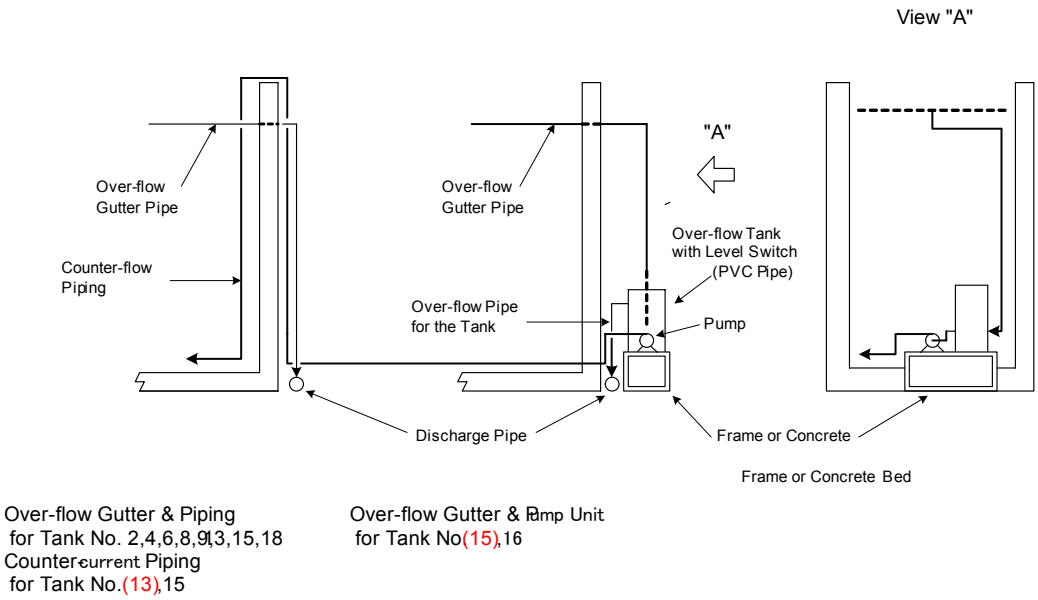

図 9-8 水洗装置改善図（オーバーフロー配管）

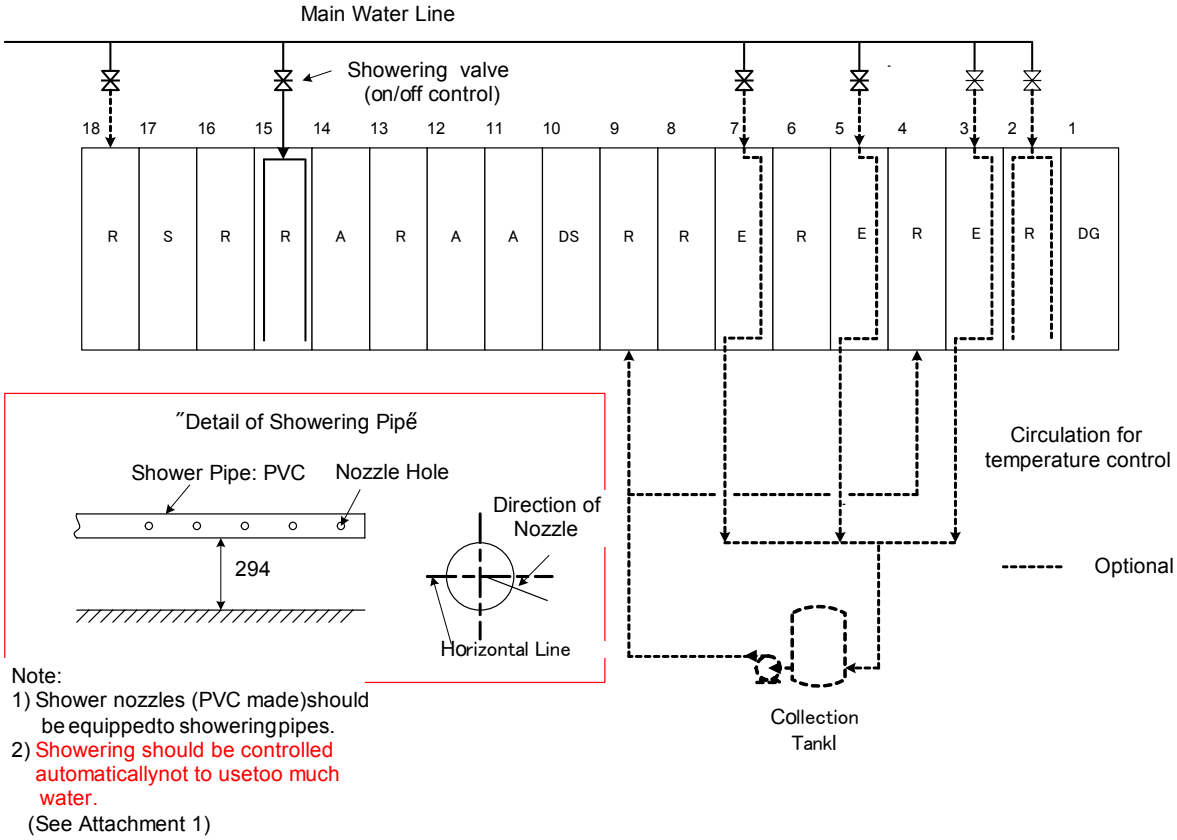

図 9-9 水洗装置改善図（シャワー・システム）

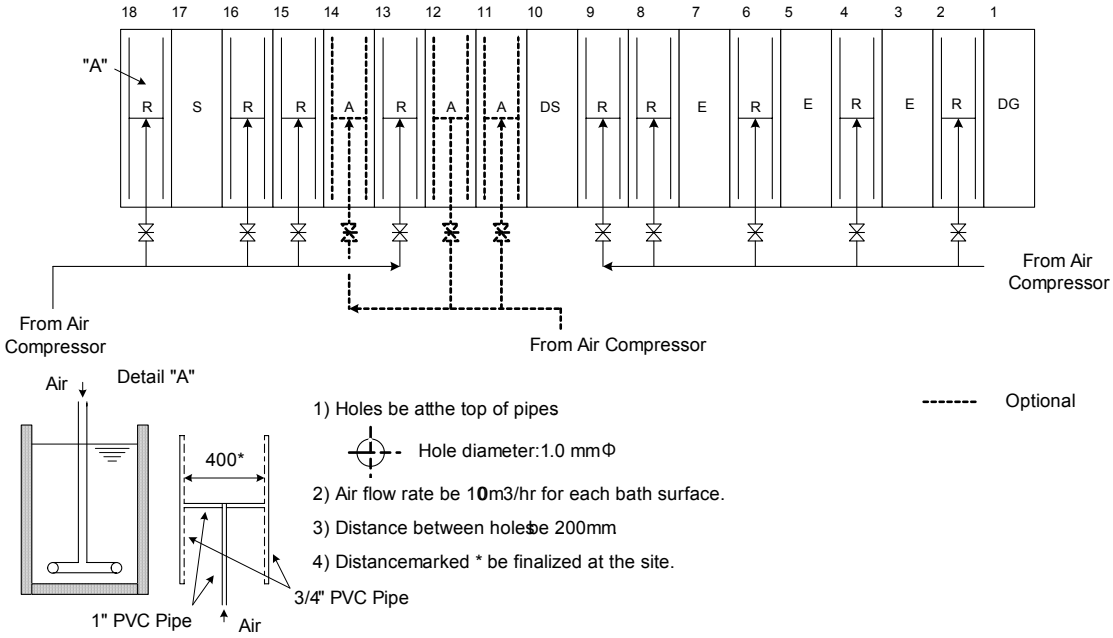

図 9-10 水洗装置改善図（空気シャワー・システム）

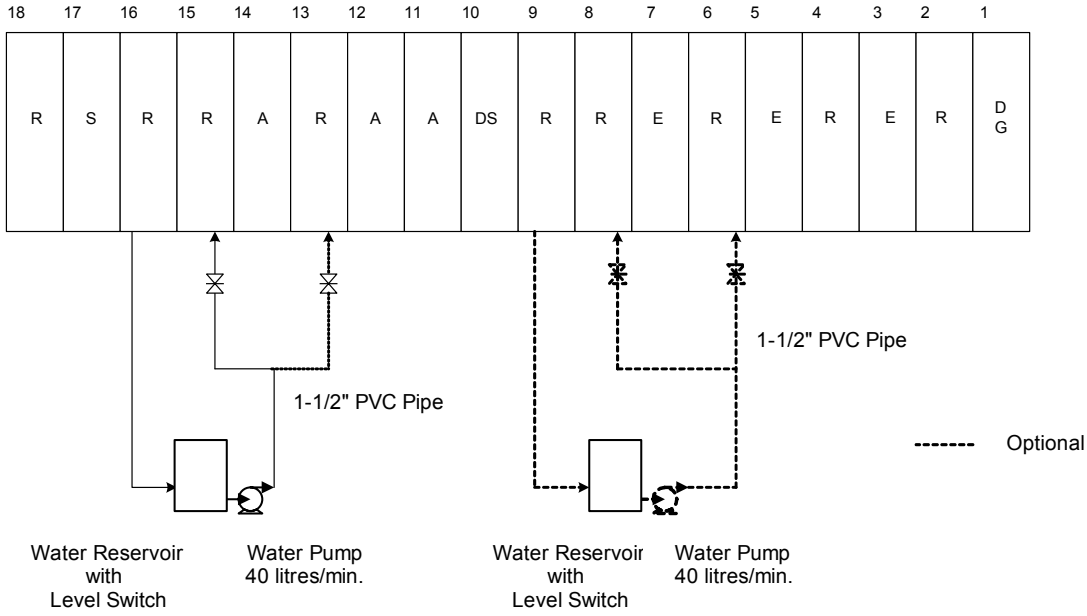

図 9-11 向流水洗システム図

アルマイト工場におけるクリーナープロダクション
デモンストレーションプロジェクト

モデル工場： Perusahaan TGB Sdn. Bhd.

製造ライン

陽極スタンドと陽極ビーム

陰極ビーム

空気攪拌とオーバーフロー樋

陽極ビームのシャワー洗浄

第10章

食品および飲料サブセクターにおける

デモストレーション・プロジェクト

第 10 章　食品および飲料サブセクターにおける
デモストレーション・プロジェクト

モデル工場：Winner Food Industries 社

10.1 工場調査結果（全般）

10.1.1 調査対象工場とその概要

第 1 次現地調査時に、以下の選定 5 社の工場調査を行った。

(1) Winner Food Industries 社
(2) Awra Food Processing 社
(3) Cocoaland Industry 社
(4) Universal Nutri-Beverage 社
(5) Vit Makanan (KL) 社

各工場はそれぞれ異なった経営環境下にあるため、それぞれ異なる製品を製造している。各工場の概要を以下に述べる。なお、各工場の現状とクリーナープロダクション検討対象項目については、添付資料に記載する。

(1) Winner Food Industries 社

工場は古い工業団地内に立地し、小規模設備で生麺を製造している。この工業団地には小規模な工場が点在している。この工場では、原料米の洗米および製品麺の冷却に比較的多量の水を使用している。

(2)　Awra Food Processing 社

この工場は、2000 年の 8 月に建設された新鋭設備により、バーガーとナゲットを製造している。従業員は年齢が若く白いユニフォームを着て清潔感があり、工場全体の雰囲気は良好である。役員は食品工業分野で博士号を取得している。エネルギーを消費する主要機器は冷凍システムで、これは非常に良くシステム化されている。また、将来の設備拡張に関しては十分なスペースを保有している。排水排出量は多くはないが、その水質について DOE から指摘を受けており、早急な改善を要求されている。そのため、当企業はコンサルタントを起用して排水処理方法の改善を検討中である。

(3) Cocoaland Industry 社

この工場は、新しい工業団地内にあり、比較的大規模な設備を使用してキャンディスナックとウェハースを製造している。キャンディ製造設備はかなり複雑な設備で化学プラント設備に類似した特徴を有している。工場には品質管理部、研究開発部およびメンテ

ナンス部等が組織されており、整った企業形態を持つている。

(4) Universal Nutri-Beverage 社

この工場は、Shah Alam 近郊に立地し、温水に香味料、果汁および砂糖を溶解して濃縮ジュースを製造しているが、製造工程は原料混合と瓶詰めだけの簡易なものである。エネルギー使用の管理については、若干の問題を有している。

(5) Vit Makanan (KL) 社

この工場は Rawang 工業団地内に新しく建設されたもので、最新の機械設備でインスタントヌードルと乾燥麺を製造している。麺蒸しと食用油加熱のために多量のスチームを使用している。ここで発生するスチームコンデンセートは回収されボイラ給水として再使用されている。この工場での問題点はほとんど存在せずクリーナープロダクション検討対象は見当たらない。

10.1.2 公害規制の遵守状況

調査対象の全 5 社はそれ程大規模な企業ではなく、また、それぞれに製品、製造プロセスが異なっているため、種々の排水と排ガスが排出されている。

また、ほとんどの工場がバッチ運転を行っているため、非連続的な排水量と排水水質となっている。どの工場も自社内に排水処理設備を備えていない。ただし、マレイシア国の排水規制には、排水水量 60 m^3/日以下 および BOD 濃度が 6 kg/日 以下の場合、規制除外規定が存在するために、5 工場中の 3 工場は規制対象外となる可能性が大である。

ボイラに関しては、5 工場中の 4 工場がディーゼル油を燃料としており、他の 1 工場はおが屑を燃料としている。なお、この中の 1 工場は温水ボイラを運転しているが、どの工場もボイラ容量が小さく（最大 5.6 トン/時間)、排ガス量も少ない（6,000 m^3/時間）ことから排出規制の対象とはならない。

10.1.3 廃棄物の発生，処理，リサイクルの状況

5 工場とも廃棄物の大部分は製品、原料、副資材等の梱包用材料からの不要物であり、その量は多くはなくまた有害なものもない。それらは自社内で活用したり、供給先に返却または工場で処分するなど適切に処理されており問題とはなっていない。排水の中に食品製造物の残滓が混ざり込む例があるが、現時点では問題となる事態は発生していない。ただし、将来排水規制強化が進めば検討を行う必要が生じると考えられる。

10.1.4 生産性向上への取り組み状況

調査対象 5 工場の中で、3 工場は古い工場であるが、残りの 2 工場は新しい工場である。これらの新しい工場では、最新式のプロセスを導入しており、十分合理的なシステムが

採用されている。例えば、

a. 冷凍機の運転ロード調整の順序、冷凍負荷のバランスの取り方、冷凍室の温度順による配列等（Awra Food Processing 社）
b. 加熱器や麺揚げ器からのスチームコンデンセートの完全回収（Vit Makanan (KL) 社）

なお、他の古い 3 工場でも、以下のように、かなり運転面での工夫を行っている。

a. 砂糖溶解のプロセスで、加熱スチームの使用量を砂糖と水の混合比で判断（Universal NutriBevarage 社）
b. 砂糖溶解プロセスの各槽のジャッケト等からのスチームコンデンセートの完全回収（Cocoaland Industry 社）

しかし、全般的には永年の経験に基づいた運転を行っており、今後は技術的な裏付けを持った新しい見方から、きめ細かな運転方法を検討することが必要である。

10.1.5 当該サブセクターにおけるクリーナープロダクション検討対象項目

クリーナープロダクションの検討対象となる項目は、以下のように分類できる。

(1) 製造プロセス改善
(2) エネルギーと用役使用量削減
  a. ボイラ燃焼制御
  b. スチームコンデンセート回収
  c. 省電力（力率向上）
  d. ボイラ、スチーム関連廃熱熱回収（含、排ガスからの熱回収）
(3) 環境対策
  a. プロセス改良による用水使用量削減

各工場のクリーナープロダクションの検討対象となる項目を表 10-1 に示す。

表 10-1 各工場の クリーナープロダクション検討対象項目

企業名 クリーナープロダクション 項目	A	B	C	D	E
1. 製造プロセス	x		x	x	
2. エネルギーと用水使用量削減					
a. スチーム			x	x	x
b. 燃料			x		x
c. 電気		x			
d. 水	x		x	x	
3. 廃棄物					
a. 排水	x	x	x	x	
b. 排ガス					

注 1）企業名 A～Eは、下記の会社を表す。

A: Winner Food Industries 社　　D: Universal Nutri-Beverage 社

B: Awara Food Processing 社　　E: Vit Makanan (KL) 社

C: Cocoaland Industries 社

注 2）上表中の「x」は、該当するものを表す。

10.1.6 モデル工場の選定

モデル工場選定は、第 5 章、5.2 項「モデル工場の選定」に記載した方法に従って行い、食品分野では、Winner Food Industries 社を選定した。

10.2 クリーナープロダクション導入前の選定モデル工場の状況（Winner Food Industries 社）

(1) 工場概要

この企業は従業員 25 人を擁し、1800 m² の工場面積を持っている。創立は 1986 年であるが、1996 年に資本金 RM350,000 で操業を開始した。 1 ヶ月に 650 トンの麺を生産している。工場規模は小さいが、麺の生産量は多い。主なエネルギーはボイラで使用され、燃料として無料のおが屑を使用している。また、比較的使用量の多い用水も井水を使用している。したがって、クリーナープロダクション導入の観点からは、井水使用量と発生する排水量の削減が検討対象となる。

(2) 公害規制遵守の状況

排水と排ガスが公害規制の対象となるが、排水は大部分麺の煮沸後の冷却水および原料米の洗米プロセスの洗浄水である。排水量及び水質ともに規制値を超えていると見られる。工場排水は一カ所に集積後、生活排水とともに工場横の小川へ処理を施さずに放流している。一方、排ガスはボイラから排出される。ボイラは 1 日に約 3 トンのおが屑の燃焼で時間当たり 2 トンのスチームを発生するが、ボイラの運転ロードは 50%程度で

ある。製造設備の運転時間は 18～20 時間/日 で、排ガス量は推定で 1 時間当たり 2,000 Nm^3 程度であり、排ガス量から排出規制値には抵触しないと考えられる。

(3) 廃棄物発生、処理、リサイクルの状況

固形廃棄物は次の 2 種類に分別され、処理されている。

a. 原料、助剤あるいは製品の梱包資材から発生する廃棄物
   量的には限られ、また、大部分は再利用、返却あるいは焼却等で適切に処分されている。
b. 製造工程から発生する廃棄物
   排水と共に排出されている。

(4) 生産性向上への取組み

全体的に古い設備であり、従来からの経験に基づく生産方法で運転しているものもあるが、生産技術の一部にはかなり以前に日本から輸入したものがある。主要な用役であるボイラ燃料（おが屑）と水（井水）は、現在のところコスト負担を発生していない。
井水は無処理で使用しているので衛生上の問題があるが、製品に最終的に接触する水には水道水または煮沸水を使用しており、さらには保存用薬品混合およびプロセス上で煮沸またはスチーミング工程が入るので安全は一応確保されている。
生産性向上の面では、以前に用いていた重油焚きバーナーによる加熱に代わって、現在ではおが屑焚きボイラからのスチームによる麺の煮沸、およびスチーミングに変更したので、かなりの燃料費節約を実現している。

10.3 モデル工場におけるクリーナープロダクション検討対象項目

表 10-1 に基づいて、以下の 3 件を当工場に導入を要するクリーナープロダクション項目として検討した。

(1) 洗米工程における水使用量の削減
(2) 麺冷却水の効率的使用
(3) 井水水質の改善

(1) 洗米工程における水使用量削減

洗米工程では、1,400 kg（100 kg/袋 x14 袋）の原料米を 1 バッチ（約 1 時間）で処理するために洗浄水を約 10～13 トン（原料米の 8～10 倍量）使用している。現在の一般的基準では洗浄水使用量は原料米の 4～5 倍量とされている。既設のホッパーとトレイによる水のリサイクルによる洗米システムに代わって、現在存在する最新技術の洗米機を導入すれば洗浄水は 5～6 トンまで削減可能であると考えられる。

(2)　麺冷却水の効率的使用

当工場では小麦粉の使用量 1 日 8～9 トンに対して排水量は 130 m^3程度であり、小麦粉 1 kg に対して 14～15 リッターに相当する。なお、日本のある調査によれば 30～50 リッター/kg と排水量が極めて多い例も報告されており、同工場の排水量を削減することには困難が予想されるが現状のスプレー冷却方式や、水冷浴冷却方式を改善すれば、麺冷却水を効果的に使用することは可能と考えられる。

(3)　井水水質改善

井水は主として麺冷却に、水道水はボイラ給水として用いられている。もし、麺冷却用に井水の衛生処理を行い、ボイラ給水用に井水の軟化処理を行えば、全体として合理的な水の使用となり、かつ、経済的にもメリットが出る可能性がある。

また、以下に述べるクリーナープロダクション項目も考えられたが、そのためには、技術的および経済的な面から、さらに詳細な検討等を行うことが必要であると判断し、今回の採用は見送った。

a.　米麺製造工程

(i)　無洗米システム採用

本システムは全く水を用いないので、米糠等が発生する代わりに、排水は発生しない。尚、現時点ではこの技術は一般に公開されていない。

b.　黄麺製造工程

(i)　完全密閉システム採用

(ii)　水冷却システム採用

食品衛生上と品質（食感）向上の問題を解決するため、日本では大模模工場で採用されている。

10.4 クリーナープロダクション 対策

10.4.1 選定したクリーナープロダクション 対策

当工場におけるクリーナープロダクション導入目的は、水の使用方法の改善と井水の水質改善によって、水の使用量と排水の排出量を削減することである。

このために、次の 3 項目のクリーナープロダクション対策を選定した。

(1) 洗米システムの変更

(2) 麺冷却システムの変更

(3) 井水の水質改善

以下に、各クリーナープロダクション設備の概要を述べる。

(1)　洗米システム変更（CP1）

洗米システムを変更することにより、洗米に要する水の使用量を削減する。一般に、洗米に要する水量は米重量の 4～5 倍を必要とすると言われているが、当工場では約 8～10 倍の水を使用している。その理由は、既設の洗米システムは水流と水循環のみで洗米を行うものであり、機械的な洗米力をそれ程利用していないからである。

穀物洗浄機のような新しい洗米機を用いると、

a. 塵埃等の浮遊又は沈殿による分離
b. 撹拌による洗米
c. 研米

が 1 台の機械で可能となり、水の使用量は米重量の 4 倍まで削減可能となる。ただし、排水量が削減されても排水に含まれる汚染負荷物質量は全体としては変わらない。したがって、将来的には最終排水処理設備が必要となる。

(2)　麺冷却システム変更（CP2）

このクリーナープロダクションを導入することによって、麺冷却水削減が可能となる。黄麺製造には、1 日に 12～16 時間の運転時間を通じて大量の冷却水が用いられ、その排水は直接工場外へ排出されている。

冷却工程は次のとおりである。

水スプレー → 水浴 → 水スプレー → 空冷 → 自然冷却

なお、ここでの排水を再利用あるいはリサイクルすることは、温度が高いこと、および汚染負荷が高いことにより困難である。また、水を全く使用せずに冷却することも不可能である。何故ならば、ここでの水の役目は、

a. 急冷による製品品質保持（いわゆる「腰を強くする」工程）
b. 洗浄
c. 麺表面からの粘着性（ネバツキ）除去

であり、冷却水は製品麺の品質保持に非常に重要な役割を果たしている。従って、水スプレーと空冷の組合せ、あるいは、より効率的な水スプレー等の利用による使用水量の削減を行うためには更なる検討が必要とされる。

(3)　井水水質の改善（CP3）

水道水使用量をできる限り削減するためには、現在の井水設備に対して、塩素消毒設備とボイラ給水のための軟化処理設備を付加的に設置する必要がある。

10.4.2 クリーナープロダクション対策の概要

(1) 配置

上記の CP1、 CP2 および CP3 の導入に関する機器配置を表したプロットプランを図

10-1 に示す。図の右側から、新洗米機、麺冷却システムおよび井水処理設備の設置場所を示している。

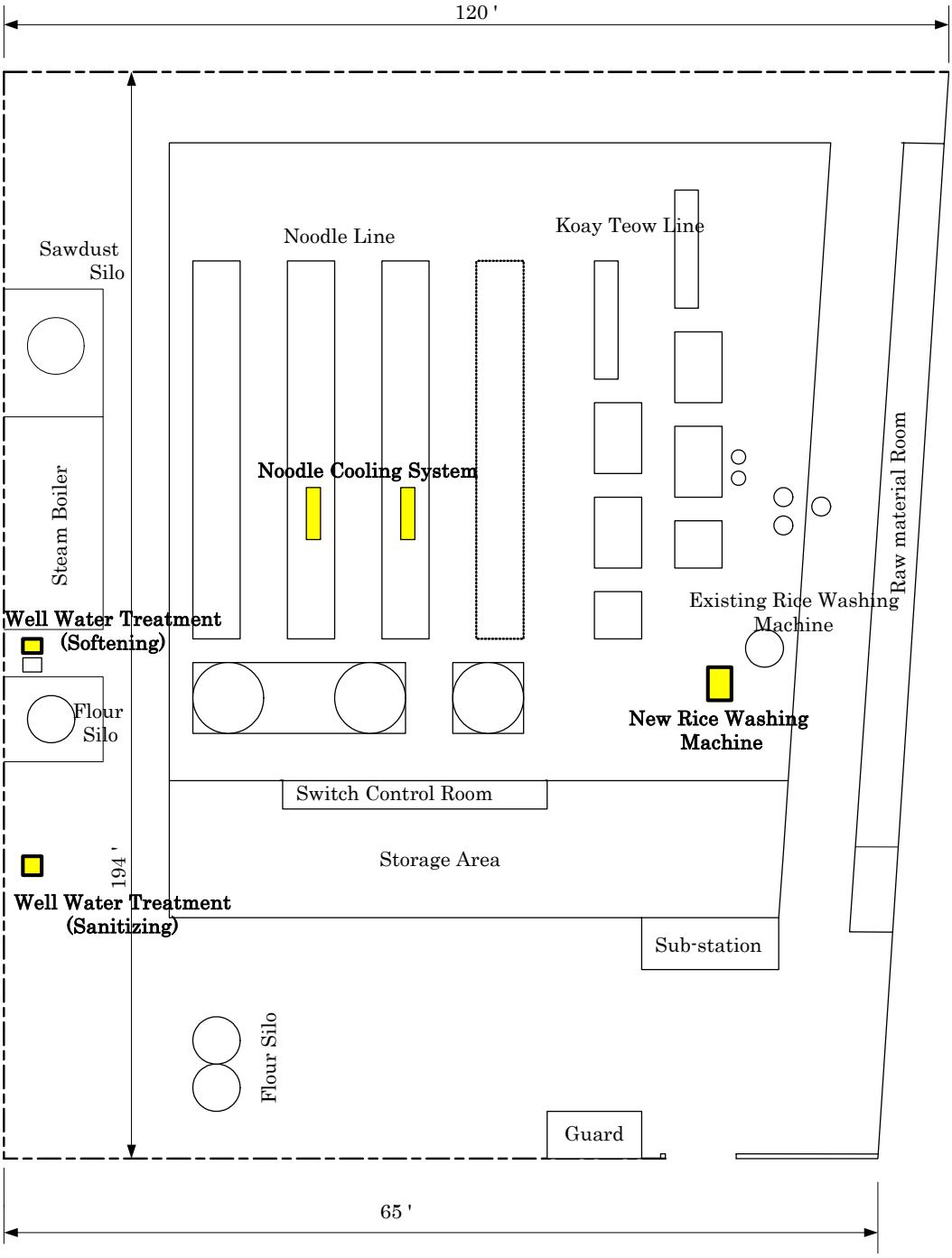

図 10-1 工場全体配置図

(2) 基本フロー図

新洗米機、麺冷却システムおよび井水処理システムの基本フローを、それぞれ図 10-2、図 10-3 および図 10-4 に示す。各フローは複雑なものではなく、以下に述べるとおりで

ある。

a. 新洗米機（図 10-2）

既設の洗米ホッパーとトレイを洗米後の貯槽として利用し、その前工程に新洗米機を設置する。原料米は入口投入部から極力連続的に洗米機に投入する。原料米は下部ドラム内のプロペラで粗洗米後、上部の回転ドラムで精米され、洗米機の出口から精洗米として排出される。

排出された精洗米は、既設のトレイで受けてからホッパーへと送られ、既設のシステムへと流れて行く。なお、この新洗米機は連続運転を前提に設計されているので、当工場のようにバッチ運転の場合は綿密な運転計画が必要である。

b. 麺冷却システム（図 10-3）

既設の冷却浴を改造して、新鮮水をポンプで昇圧して麺にスプレーし冷却する。さらに、浴内の温水をリサイクルして後方にスプレーする。いずれも効率よく冷却できるようにポンプとスプレーノズル等の新設または改造を行う。

c. 井水品質改善（図 10-4）

井水を安全に食品加工に用いるために、残留塩素を 0.5 mg/リッター に維持するよう井水に塩素系薬品を注入する設備を設置する。また、井水をボイラ給水として使用可能とするため軟化処理設備を設ける。

(3) 主要機器仕様

主要機器とその概要を表 10-2 に示す。

表 10-2 主要機器とその仕様

主要機器名	仕　　様
1. 洗米機	洗米能力：1.5～ 3 トン/時間 使用水量：米重量の 3～4 倍 使用電力：1.5～ 2 kW
2. 麺冷却装置（2 ユニット）	ポンプ能力：10 m^3/時間、H=15 m スプレーノズル（4 個）： 2 m^3/時間
3. 井水処理設備 a. 衛生処理設備 b. 軟化処理設備	 井水処理能力：10 m^3/時間 残留塩素：0.5 mg/リッター 処理能力：2 トン/時間 圧力：10 kg/cm^2G 処理水の全硬度：25 mg/リッター 以下 （$CaCO_3$ 基準）

(4) 期待効果

工場の燃料、井水は無料で入手し、排水はすべて無料で放流されているので、新たな設備を導入することによる金額的メリットを算出することは難しい。表 10-3 に井水、水道水および排水の増減見込量を示す。

表 10-3 各種水の増減見込み量

（単位：1 日当たり）

	井　水 （単価：RM0.0/m³）	水道水 （単価：RM1.9/m³）	排　水 （単価：RM0.0/m³）
洗米機	10 → 5 m³	3 → 1 m³	12 → 6 m³
麺冷却	90 → 90 m³	－	90 → 90 m³
井水衛生処理	110 → 105 m³	－	－
井水軟化処理	0 → 30 m³	30 → 0 m³	1 → 1 m³

コスト削減要因としては、ボイラ給水を水道水から井水に変えることによる水道水購入費の削減がある。また、コスト増加要因としては、設備投資によって生じる固定費負担と薬品使用量増加等の変動コストによるものとがある。将来の計画を考慮すれば、排水量減少の分だけ最終排水処理設備の建設費が減少することが期待される。

(5) 予想投資額

全体の予想投資額は約 RM272,000 で、その内訳は次のとおりである。

a.	洗米機変更	1 セット	RM220,000
b.	麺冷却装置変更	1 セット	RM35,000
c.	井水水質改善	1 セット	RM17,000
	合　　計		RM272,000

(6) 予想ランニングコスト

基本設計終了後に、クリーナープロダクション導入前後の年間ランニングコスト比較を行った。その結果を表 10-4 に示す。

表 10-4 ランニングコスト比較表（計画時）

（RM/年）

		クリーナープロダクション導入前		クリーナープロダクション導入後	
洗米機	CW	15 m³/日	8,550	6 m³/日	3,654
麺冷却装置	WW	(下記に含む)	-	(下記に含む)	-
井水処理	CW CW	40 m³/日 120 m³/日	22,800	- 160 m³/日	18,490
合　計			31,350		22,144

注） CW；水道水 WW；井水

表 10-4 から、計画時の年間ランニングコスト削減分を下記のように推計した。

RM 31,520－RM 22,144 = RM 9,206

(7) スケジュール

第 7 章「実施スケジュール」を参照。

Winner Food Industries 社については、2001 年 11 月末に建設工事完了で計画を策定し、計画通り 2001 年 12 月初めに試運転を実施できた。

10.5 クリーナープロダクション投資

全投資額は RM270,000 となった。その詳細を表 10-5 に示す。

表 10-5 クリーナープロダクション対策に要した投資額

番号	項　　目	数量	投資額 (RM)
CP1	洗米機改善	1 セット	166,000
CP2	麺冷却装置改善	1 セット	15,000
CP3	井水改善	1 セット	89,000
合　　計			270,000

この投資額には、設計費、機器および資材の購入費と輸送費、建設工事費、運転マニュアル作成費、試運転費、運転トレーニング費用および予備品費の全てが含まれている。

10.6. 導入したクリーナープロダクションの性能確認

導入した 3 項目のクリーナープロダクションについての性能確認データを表 10-12、表 10-13 および表 10-14 に示す。以下に、それらの性能確認結果を記述する。

(1) 洗米機

当モデル工場での洗米作業は 1 日 1 回であり、1～1.2 トン程度の処理を 1 時間前後で

行っている。クリーナープロダクション導入後の運転データから確認した結果では、

a.　洗米：1000 kg の原料米を 1.2 m^3 の水を使用して 30～40 分で処理

b.　浸漬と洗浄：2.5 m^3 の水を使用し 30 分で処理

であり、合計で約 4 m^3 の水使用となっている。

一方、クリーナープロダクション導入前の運転データでは、

a. 洗米と洗浄：1000 kg の原料米を 60 分で処理し、13～15 m^3 の水を使用

であった。

したがって、人力作業の時間短縮と使用水量の削減が達成できたことがわかる。更には、増産に対するポテンシャルを有することも確認できた。

なお、洗米機（または、穀粒洗浄機）は、水使用効率、形状および運転性が優れており、たとえば、米または他の穀粒を製造原料とする下記の工場に適用可能である。

a. 麺、バーミセリ、パスタ製造工場

b. 醤油、大豆パスタ製造工場

c. 米ワイン、米酢製造工場

d. 菓子類製造工場

(2) 麺冷却装置

スプレー式麺冷却装置には製品の品質保持面から 2 通りの役割がある。第 1 は煮沸後の麺を急冷することにより「腰を強くする」ことであり、第 2 は圧力水を噴射することによって麺表面に付着している粘着性の糊状物質を除去することである。

前者のために新しい水を直接噴射するノズル 2 本で、また、後者のために冷却浴中で加圧リサイクルした温水を噴射するノズル 2 本で運転するシステムに変更を行った。

使用水量は変更前とほぼ同じか微減でクリーナープロダクション導入前と大差ないが、温度は 5℃程度低下した。これにより製品品質が向上する方向にあり、顧客の判断を待っている状態である。今後も冷却システム改良による製品麺品質向上に対する継続的努力が必要である。

尚、日本では大規模な水冷却装置を設置し 5℃程度の冷却水を利用することによって高品質の麺を製造している例もある。

(3) 井水水質改善

当モデル工場での使用水量の大部分を水道水から井水に切替えるために、井水の衛生処理設備、薬品臭除去設備、およびボイラ給水のための軟水処理設備等の導入を実施した。

処理水水質には運転条件により若干の変動が見られるが、ほぼ計画通り運転されている。

次亜塩素酸ソーダ（NaClO）注入による塩素処理後の処理水中の残留塩素濃度は、0.3～0.7 ppm（設計 0.5 ppm）であるが、活性炭フィルタ後の残留塩素濃度は 0.1 ppm 以

下まで低下している。また、大腸菌は検出されず、食品への問題はないと判断できる。更に、軟水処理後の水の全硬度（$CaCO_3$基準）は 1 ppm 以下となっており、ボイラ給水として使用可能である。今後は、長期的な面から種々の側面、例えば活性炭寿命、軟化装置再生頻度、イオン交換樹脂補充量、各薬剤使用量、あるいはボイラチューブ汚れへの影響、更には各機器のメンテナンス頻度等をチェックする必要がある。
なお、この井水水質改善システムは、すでに井水を使用している工場に適用可能である。井水に衛生処置と軟化処理を施すことにより水道水の代替として使用して、ランニングコストを削減することが可能となる。

また、計画時とクリーナープロダクション導入後の設備の通常運転データを比較した結果、下記の差を確認した。

a. 洗米機
   - 使用水量減少を 1/2 程度と推定していたが、実績では 1/3 まで削減することができた。
   - 原料米投入時間は 1 時間で導入前後で変化しないと想定していたが、実績では約 30 分まで削減できた。
b. 麺冷却装置
   - 使用水量は若干量（5～10%）減少した。
   - 製品品質については現在顧客の判断を待っている状態である。
c. 井水水質改善
   - 水道水使用減少を 60～70 %と推定していたが、ほぼ 100%の削減（ほぼ全量井水へ切替）を実現した。
   - 地下水に予想以上の鉄分が含有されており、塩素注入により生成した塩化鉄が分離して排水に排出されている。

導入クリーナープロダクションの性能確認結果に基づき、モデル工場における今後の改善項目として、以下が挙げられる。

a. 工場全体の衛生対策
   屋上設置の水槽への覆蓋設置、製造ライン全体の密閉化等
b. 排水処理設備設置
c. 排水と同時に排出されるくず麺回収および再利用
   例－動物の飼料として売却
d. ボイラ給水への注入薬品の階的削減

また、技術的には更に何項目かの改良余地もあり、また将来的には ISO、HACCP 等の導入も考えられるので、技術スタッフ（常駐でなくても可）を確保することが重要である。さらに、将来は次のような困難な問題が顕在化することが予想されるため、早期に対応策検討を開始することが必要と考えられる。

a. 排水・排ガスに対する規制強化
b. 井水汲上げに対する規制強化
c. おが屑燃料の有料化

10.7 生産コストの削減とランニングコストの増加

CP1、CP2 および CP3 の 3 項目のクリーナープロダクション対策を当モデル工場に導入したが、これによる便益は製品品質の向上等の定量化が困難な便益を除くとランニングコストの削減額によって評価される。クリーナープロダクション導入後の性能確認データ等からランニングコストの削減額を以下のとおり確認した。

(1) ランニングコスト削減

クリーナープロダクション導入前後における連続運転時のデータを基に計算して得られた年間のランニングコスト比較は、表 10-6 に示すとおりである。なお、詳細なデータを表 10-15 に示す。

表 10-6 ランニングコスト比較表（クリーナープロダクション導入後の評価）

（RM/年）

		クリーナープロダクション導入前		クリーナープロダクション導入後		差
洗米機	CW	7m³/day	4,788	-	70	
麺冷却装置	WW	（下記に含む）	-	（下記に含む）	-	
井水処理	CW CW	18 m³/日 120 m³/日	12,312 -	- 85 m³/日	 5,661	
合　計			17,100		5,731	11,369

注） CW；水道水 WW；井水

表 10-6 に示す通り年間ランニングコストは RM11,369 削減された。この削減額はクリーナープロダクション導入前の水道水使用量を正確に測定できなかったこと等により、各項目の内容に振れはあるが計画値とほぼ同額である。
しかしながら、モデル工場程度の規模の場合には、年間固定費の増加額はランニングコストの削減額とほぼ等しくなり、経済的なメリットは消滅している。
クリーナープロダクション対策を個々に検討すると、特に洗米機導入による経済的メリットはその投資額に比較して小さい。これは洗米機の能力が工場生産能力と比較して格段に大きいことによる。即ち、この洗米機は連続運転が可能な設計であるが、モデル工場は操業時間を限定したバッチ運転であることがこの主たる要因である。なお、モデル工場の生産能力が 10 倍になったと仮定して試算を行うと、水道水と井水の使用量および排水排出量は表 10-7 に示すような削減量となり経済的メリットが生じる。

表 10-7 水使用量と排水排出量の削減量

単位： m^3/日

	クリーナー プロダクション導入前	クリーナー プロダクション導入後	差
水道水	70	0	70
井水	60	40	20
排水	120	30	90

10.8 財務分析

各クリーナープロダクション対策の実績投資額、コスト削減額、および増加コストを表 10-8 に示す。また、導入したクリーナープロダクション設備の投下資本回収期間（POT）と内部利益率（IRR）を表 10-9 に示し、表 10-8 の数値と 5.4.3 項「収益性の評価方法」で説明した手法によって POT と IRR を投資合計で計算した結果を表 10-10 に示す。

表 10-8 投資額とコスト削減データ

		CP1	CP2	CP3	合　計
投資額	RM	166,000	15,000	89,000	270,000
コスト削減額	RM/年	5,000		12,000	17,000
増加コスト	RM/年			6,000	6,000

表 10-9 クリーナープロダクション設備の POT と IRR

		CP1	CP2	CP3	合　計
POT	年	10 年以上		10 年以上	10 年以上
IRR	%/年				マイナス

表 10-10 投資合計額での経済性計算表

1,000RM

年	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	270										
コスト削減額		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
増加コスト		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
金利		11	10	10	9	9	9	8	8	8	7
所得税		-23	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-5
キャッシュフロー	-270	23	7	7	8	8	8	8	9	9	9
原価償却費		76	22	22	22	22	22	22	22	22	22
借入金残高	270	247	240	233	225	217	209	201	192	183	174

クリーナープロダクション導入による経済性を次のように分析した。

CP1 により洗米用の水使用量をクリーナープロダクション設備導入前の 10 分の 1 に削減した。しかしながら工場側では洗浄水として従来通りと同量の水を使用している。従って、洗米と洗浄の両工程での合計では、水の使用量が約 3 分の 1 に削減されたと推測する。CP1 は相当高価な設備であるが、1 日 1 回短時間の運転で必要量の処理が出来るため水の使用量の削減絶対量は多くはない。このため POT は 10 年超となり投資経済性はよくないと結論せざるを得ない。

現在、洗米と洗浄に使用された水は何らの処理も施されずに排出されている。しかし、将来は排水処理が必要とされるように規制される可能性があり、その場合はクリーナープロダクション導入前の設備状態では排水処理設備に多額の投資を要するが、クリーナープロダクション導入による排水量削減が将来における投資額を削減する可能性がある。その上、CP1 の導入によってモデル工場では現在の 10 倍の量の洗米が可能であるので、将来麺の生産量が増加しても今回導入した設備で十分に対応できる。この観点から、CP1 は高い将来性を潜在的に保持しているといえる。

CP2 は水使用量を減らし、かつ急冷によって麺品質の向上を図るものであるが、モデル工場は既にコストのかからない井水を使用していたために、この設備の導入による経済的メリットはなかった。しかし、排水量が削減されるので将来の排水処理設備への投資額を削減することに寄与する可能性をもっている。

CP3 の経済性も POT が 10 年超で良くないが、この低経済性は、モデル工場が既に井戸を保有しているために高価な水道水の購入を止めることができたという特殊事情があり、他の工場全てに当てはまるものではない。モデル工場は工場内で使用する水の大部分を水道水から井水に切り替えている。井戸を保有しない工場にはこの方式を適用することができないが、既に井戸を保有しながらモデル工場より多くの水道水を使用している工場にとっては十分に検討に値する方式であるといえる。

CP1 から CP3 までの合計でも、また CP1、CP2、CP3 の個々の場合でも経済性が良くないことから、POT は 10 年を越えて経済性は悪く、政策的に低くおさえられた 4%の金利をベースにしても 10 年で投資額の 3 分の 1 しか回収できないこととなる。

現在の段階では、その投資経済性の低さからモデル工場と同規模の工場には、これらのクリーナープロダクション設備導入を奨めることは困難であるが、洗米機に限定すれば水の使用量を 3 分の 1 以下に削減し、同じ率で排水量も削減できる設備としてパイロット的な役割は確認できた。したがって、生産規模がモデル工場より大きな工場で、かつ今後排水処理設備を必要とする場合にはこの設備の有用性は大であるといえる。

そして、将来、排水規制が強化された場合は、これらの設備はモデル工場のような小規模の工場にとっても経済性が発揮される。従って、これらのクリーナープロダクション設備の将来展開に期待すべきところが大である。

10.9 クリーナープロダクション導入による便益

当モデル工場に 3 項目のクリーナープロダクションを導入した結果として下記の便益があった。

(1) 水道水全量を井水に変更したことで、当モデル工場としては年間のランニングコストを RM11,369 削減できた。

(2) 財務分析結果の表 10-9「クリーナープロダクション設備の POT と IRR」からわかるように、もしモデル工場側で事前に必要な投資を行っていた場合は、経済効果はよくない。しかしながら、将来的に下記のメリットがでてくると考えられる。

a. 環境負荷低減

クリーナープロダクション導入により、この工場からの排水排出量は 30%削減された。したがって、将来この工場に排水処理設備を設置する場合に於いてこの分だけ小型の処理設備を設置すればよいことになる。現在のところ排水処理設備設置必要性は明確ではないが、将来必要となるであろうと推測される。

b. 生産能力拡大

導入した洗米機は連続運転可能な設計となっているが、実際上は 1 日 1 時間程度の稼働時間となっている。仮に麺冷却設備等を含めて将来生産能力拡大を実行する場合は、この洗米機は現状で使用可能であり、表 10-7 に示すように水使用量と排水量は大幅に削減されることとなる。

また、米麺製造工程にクリーナープロダクションを導入する場合の、建設費等に関するデータを表 10-11 に示す。この表では、当モデル工場規模と一般的な規模（より大規模）の工場における水使用量と単位処理能力米 1 トン当たりの建設費を示しているが、原料米の処理量が多くなるほど単位処理米 1 トン当たりの建設費は低減しスケール効果が大きく作用するることが分かる。

表 10-11 工場規模別建設費と用役使用量の比較

	モデル工場規模（1 トン/日）		一般的な規模（10 トン/日）	
	クリーナープロダクション導入前	CP 導入後	CP 導入前	CP 導入後
水（m^3/日）				
- 使用量	13	4	130	40
- 排水量	12	3	120	30
建設費（RM）				
- 洗米機 *1	10,000	100,000	100,000	100,000
- 排水処理設備 *2	100,000	50,000	756,000	189,000
（合　計）	(110,000)	(150,000)	(856,000)	(289,000)
単位処理米当りの建設費（RM 10^3 /ton）	110,000	150,000	85,600	28,900

注：*1 ロータリー式洗米機（2 トン/時間）の場合

*2 活性汚泥処理の場合

10.10 提言

(1) 同業者組織による階層別教育実施

10.1.2「公害規制遵守状況」でべたように、調査を行った全工場で排水処理設備が設置されていない。現在は、排水量と BOD 濃度が一定値以下の工場に対しては規制対象除外規定が適用されているが、将来この規定は撤廃されると考えられる。排水処理設備を設置していない理由は、経済的な側面とともに、現状の排水水質についての認識と排水処理技術についての知識が不足していることが上げられる。各食品工場は製品種類と製造方法が異なるため排水処理方法・技術は必ずしも同一でないが、その基礎技術は共通するものがある。したがって、これらの共通的・基礎的な技術力の向上を目的として、同業者組織による管理職および技術者を対象とした階層別教育の計画と実施が必要である。

(2) 建設業者に対する指導

クリーナープロダクション導入等の設備建設工事を実施する場合、まず工事を請負った建設業者が設置する機器および配管に関する設計施工図面を作成し、ユーザーがこれらを運転およびメンテナンスの容易性、建設費・運転経費の経済性の観点からチェックするのが一般的である。開発途上国においてはこれらの手順に従わず前述の図面作成を省略して建設工事を行うことも散見されるが、建設業者から下記の図面類の提出を受け建設終了後も保管しておけば、この図面類を基に新たなクリーナープロダクション対策を検討・考案することが可能となる。

a. 技術的な計算書

b. 機器、建設材料および配管サイズの選定書

c. プロットプラン（機器と配管の位置を示したもの）

d. プロセスフローシート

e. 建設施工図

なお、上記の建設工事の設計に関する業務は、一般にエンジニアリング業務と呼ばれているが、工事規模・工事内容等によってそのやり方が異なる。現在マレイシアにはエンジニアリングを教育する機関はないが、設立が期待される「クリーナープロダクションセンター」がエンジニアリング業務の概要教育を同センターのサービスまたはトレーニングの一環として行うことが望まれる。

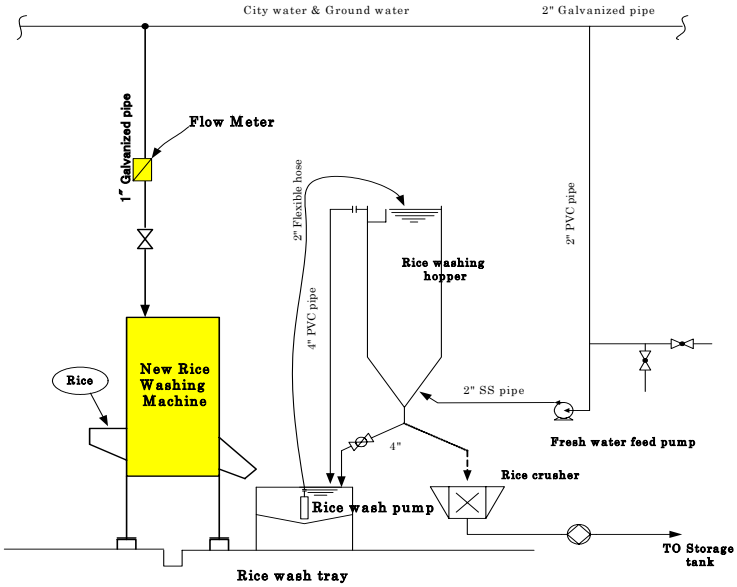

図 10-2 新洗米機のフロー図

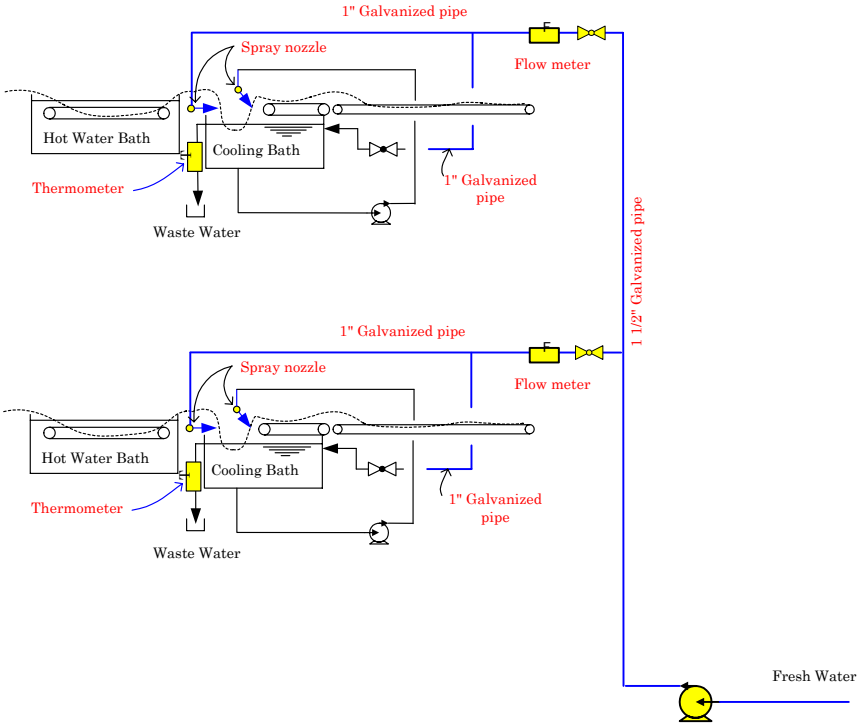

図 10-3 新麺冷却設備のフロー図

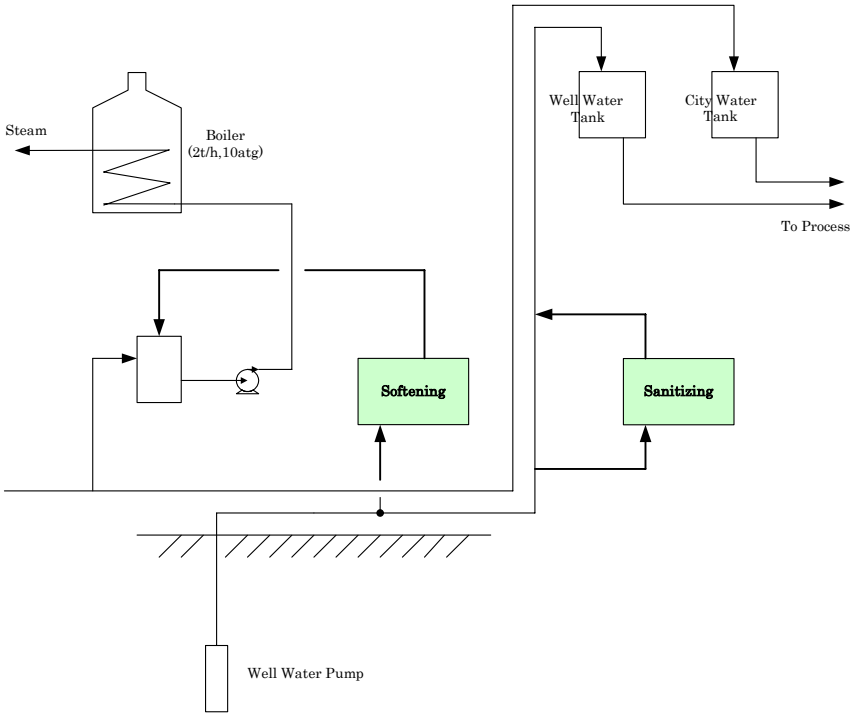

図 10-4 井水処理設備のフロー図

表 10-12 各クリーナープロダクション対策の性能確認表

	SIRIM および調査団の調達仕様 (2001 年 7 月 22 日付)	サプライヤの設計仕様 (2001 年 8 月 27 日).	性能	
			運転データ ＊	確認
CP1 洗米機の導入	1. 米処理量: 1.5-3 t/h 2. 水使用量: 3-4 times rice	1. 米処理量: 2 t/h	1. 米処理量: 1 t/0.5h 2. 水使用量: 40 l/min. ２次洗米水使用量: 5m^3 x 0.5h	1. 米処理量: 2 t/h 2. 水使用量合計: 4 m^3
CP2 麺冷却システムの改造	1. 新鮮水スプレー: 2 m^3/h 2. リサイクル: 2 m^3/h	1. 新鮮水スプレー: 1.2 m^3/h	1. 新鮮水スプレー: A 系: 35 l/min. at 42℃ B 系: 30 l/min. at 42℃	1. 水使用量：CP 導入前に同じ 2. さらなるテストが必要
CP3 井水水質の改善	1. 所要塩素: 0.5 ppm 2. 軟化器: 2 m^3/h 全硬度: 25 ppm Max.	1. 塩素注入： ポンプ: 0-1 l/h センサ: 0-10 ppm コントローラ: 0-5 ppm 2. 軟化器: 2m^3/h 樹脂: 70 l 水量: 2 m^3/h	1. 残留塩素:0.3-0.7 ppm 2. 全硬度: <0.1 ppm 3. ポンプ: 6 m^3/h 4. 最近数: ND	1. 塩素濃度:変動あり 2. 軟化器/AC フィルタ：OK 長期の寿命：要監視

表 10-13 代表的な運転データ

	運転データ		
	2001/12/2	2001/12/27	2002/1/16
1. 洗米機			
1) 洗米量	1,000 kg	1,000 kg	1,000 kg
2) 運転時間	6:57～7:28	6:52～7:26	10:10～10:40
3) 水量	(31 分)	(34 分)	(30 分)
	40 l/分	40 l/分	40 l/分
2. 麺冷却装置			
1) A ライン - 水量	35 l/分	35 l/分	35 l/分
- 温度	43℃	43℃	43℃
2) B ライン - 水量	30 l/分	30 l/分	30 l/分
- 温度	45℃	45℃	45℃
3. 井水水質改善			
1) 塩素濃度	0.27 ppm	0.52 ppm	0.74 ppm
2) 水量	92 l/分	88 l/分	88 l/分
3) ポンプ吐出圧	25 m	25 m	25 m
4) 活性炭フィルター			
- 入口圧	16 psi	16 psi	16 psi
- 出口圧	15 psi	14.5 psi	14.45 psi

表 10-14 (1) 水分析データ

サンプル採取日：2001 年 12 月 6 日

分析項目	単位	上水	ボイラ給水	井水	活性炭 フィルタ出口	麺冷却水	試験法
電動度	μS/cm	90	189	199	200	196	APHA 2510 B
砒素	mg/l	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	APHA 3120 B
６価クロム	mg/l	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	APHA 3500-Cr D
カルシウム	mg/l	10.1	＜0.1	32.0	31.4	31.4	APHA 3120 B
シリカ as SiO_2	mg/l	9.6	26.7	26.9	26.9	26.9	APHA 3120 B
全硬度 as $CaCO_3$	mg/l	28	＜1	89	87	87	APHA 2340 B
全窒素	mg/l	＜1	＜1	＜1	＜1	＜1	APHA 4500-N_{org}B
全蒸発残渣	mg/l	54	141	121	114	122	APHA 2540 B
残留塩素	mg/l	0.8	＜0.1	＜0.1	＜0.1	＜0.1	APHA 4500-Cl G
シアン	mg/l	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	APHA 4500-CN^-E
全細菌数	cfu/ml	ND(＜1)	2.3×10^2	1.1×10^2	7.7×10^3	1.9×10^3	APHA 9215 B
大腸菌郡	cfu/ml	ND (＜10)	ND (＜10)	ND (＜10)	ND (＜10)	ND (＜10)	APHA 9215 C (mod.)

ND : Not Detected

APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition 1995, American Public Health Association.

表 10-14 (2) 水分析データ

サンプル採取日：2001 年 12 月 7 日

分析項目	単位	上水	ボイラ給水	井水	活性炭 フィルタ出口	麺冷却水	試験法
電動度	μS/cm	90	191	195	202	201	APHA 2510 B
砒素	mg/l	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	APHA 3120 B
６価クロム	mg/l	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	APHA 3500-Cr D
カルシウム	mg/l	10.3	＜0.1	31.1	31.1	31.2	APHA 3120 B
シリカ as SiO_2	mg/l	10.6	27.4	26.9	26.9	26.9	APHA 3120 B
全硬度 as $CaCO_3$	mg/l	29	＜1	76	76	76	APHA 2340 B
全窒素	mg/l	＜1	＜1	＜1	＜1	＜1	APHA 4500-N_{org}B
全蒸発残渣	mg/l	93	151	147	158	149	APHA 2540 B
残留塩素	mg/l	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	APHA 4500-Cl G
シアン	mg/l	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	＜0.05	APHA 4500-CN^-E
全細菌数	cfu/ml	2.0	8.2×10^2	1.0	2.2×10^2	1.7×10^2	APHA 9215 B
大腸菌郡	cfu/ml	ND (<10)	ND (<10)	ND (<10)	ND (<10)	ND (<10)	APHA 9215 C (mod.)

ND : Not Detected

APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition 1995, American Public Health Association.

表 10-15 ランニングコスト比較表

単位：年間

	単価	クリーナープロダクション導入前		クリーナープロダクション導入後		差
		量	コスト (A)	量	コスト (B)	(A)-(B)
1. 洗米機						
1) 水道水	RM1.9/m³	7 m³/d x 360 d/y	RM4,788	-	-	
2) 井水	-	(6m³/d x 360d/y)	-	(4m³/d x 360d/y)	-	
3) 電力	RM0.26/kWh	-	-	0.75 kWh x 2 x 0.5h x 360d/y	RM70	
			(RM4,788)		(RM70)	(RM4,718)
2. 麺冷却						
1) 水道水	RM1.9/m³	-	-	-	-	
2) 井水	-	(100 m³/d x 360 d/y) 下記に含む	-	(80 m³/d x 360 d/y) 下記に含む	-	
3) 電力	RM0.26/kwh	-	-	-	-	
3. 井水改善						
1) 水道水	RM1.9/m³	18 m³/d x 360 d/y	RM12,312	-	-	
2) 井水	-	120 m³/d x 360 d/y	-	85 m³/d x 360 d/y	-	
3) 電力	RM0.26/kwh	-	-	1.5 kw x 7,000 h/y	RM2,730	
4) NaClO 注入	RM1.2/l	-	-	0.1 l/h x 7,000 h/y	RM840	
5) A/C 再充填	RM5.5/l	-	-	400 l x 0.5/y	RM1,100	
6) 軟化器用塩	RM0.9/kg	-	-	12 kg/cycle x 90 cycle/y	RM972	
7) 樹脂再充填	RM5.5/l	-	-	70 l x 5 %/y	RM19	
			(RM12,312)		(RM5,661)	(RM6,651)
Total			RM17,100		RM5,731	RM11,369

添付資料

モデル工場選定のために調査した工場

調査対象工場の概要を以下に述べる。

1. Winner Food Industries 社

本文 10.2 を参照。

2. Awra Food Processing 社

2.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

この工場は 2000 年 8 月に稼働開始した新鋭工場で、機械設備と生産システムとも充分な検討が織り込まれている。その結果、環境汚染物質排出も限定されており問題となる点はほとんど見られない。ただし、排水に関しては、排出量（3～4 m^3/日）が少なく、また BOD 負荷（3～4 kg/日)も小さいにも拘わらず 2000 年秋に DOE による改善勧告を受け、排水処理設備強化検討が必要となっている。また、時間発蒸能力 2 トン強、設計上の時間燃料重油消費量 20 リッターの小型温水ボイラを運転しており、このボイラからの燃焼排ガス量はフル運転ベースで時間当たり 200 m^3/程度であるが、現状運転ロードは 50%程度であるので環境への負荷はかなり小さく問題ないものと考えられる。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

固体廃棄物の大部分は原料、助剤、製品等の梱包材の一部であるがこれらは全量返却、再利用、焼却等で適正に処分されている。製造工程から発生する廃棄物は一部排水とともに排出され、排水最終出口のグリーストラップで捕捉処理されている。

(3) 生産性向上への取組み

往復動アンモニア圧縮機 6 台から構成装備される冷凍システムが最大のエネルギー（電力）消費部門であり、それらに関して次のような合理化が実施されている。

a. 複数の圧縮機間の運転序列を調整する負荷調整システムが適正に設計されている。
b. 温度差がある複数の低温負荷間で冷媒が合理的に流れるように流路設計がなされている。
c. 冷凍室配置が高温から低温へと合理的に配列されており、低温エネルギーロスが最少となるように設計されている。

2.2 クリーナープロダクション項目

(1) 電力力率改善

力率（cos φ）が 0.8 程度で一般的基準から判断してあまり良い値とは言えない。力率改善コンデンサ等を導入することによって力率を 0.96 近傍まで改善すれば、電力会社へ支払う従量費・固定費両面で経済的である。

(2) 排水水質改善

工場排水を無処理で放流しているが、DOE の勧告を受けたこともあり、簡易活性汚泥式排水処理設備等の設置の検討が必要とされる。実際に排水処理コンサルタントと検討取進め中である。

3. Cocoaland Industry 社

3.1 現状

(1) 公害規制の遵守状況

排水と排ガスが公害規制の対象となる。排水量は 30～40 m^3/日、また BOD 負荷は 4,000 mg/リッターを超える場合もあるが、排水量、BOD 負荷の値はともに大きな変動を示す。排水量は 60 m^3/日以下で規制対象外となる数値であると推定されるが、BOD 負荷値は 180 kg/日前後で、規制値 6 kg/日を大きく超えていると推定される。ただし、この BOD 負荷は分析サンプル数が少ないので今後更なる分析が必要である。排水量の相当部分を占める真空システムの冷却水排水は削減努力中であり効果も現れているが、この系統の排水の BOD 負荷はもともとそれ程高くないので、最終排水の高 BOD 負荷の原因がどこにあるかについて更なる調査検討が必要である。

ボイラ（設計発蒸能力 1.6 トン/時間）の燃料として重油（150～200 リッター/時間）を使用しており、排ガスは定格運転時 1 時間当たり 1,500～2,000 m^3 排出されることになるがボイラの運転負荷が低いために実際に排出される排ガス量はこれより相当少ないと推定される。このボイラ排ガス温度は 200℃を超えているので、主に温水として熱回収を行い、ボイラ給水予熱または製造ラインでの温水として利用が可能である。なお、プロセスからのスチームコンデンセートは回収されボイラ給水用とし再利用が図られている。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

廃棄物発生量は少量で特段のリサイクル等は行われていない。

(3) 生産性向上への取組み

ソフトキャンディ製造プロセスが最も複雑かつエネルギーの消費量が一番多い。プロセ

スの前工程は、砂糖、添加物、水を混合溶解するプロセスであり化学プラントに類似し、プロセスの後工程は、成形プロセスで極めて特異なシステムとなっている。
最大の生産性向上策は、現在のバッチに近い運転を連続運転化することである。そのための努力は行われているが、成形ユニットでの小トラブルが散発的に発生しており、これに起因する製造設備ライン全体の停止が発生している。定期的なメンテナンス実施と小改造による成形ユニットのスムーズな運転が、製造ライン全体の連続安定運転へ繋がると期待される。

3.2 クリーナープロダクション 項目

(1) スチームボイラの効率的運転

ボイラ燃焼効率は過剰空気量に依存するが、排ガス中の残留酸素を計測して過剰空気率を制御（空気入口弁開度、空気押込送風機回転数を制御）することにより相当程度の効率向上が可能である。しかし、小規模ボイラの場合、あるいは断続運転を行う場合はこの施策による期待メリットは大きなものではない。

(2) 汚れ係数管理

スチームボイラの蒸発管、熱交換器、槽ジャッケト類の伝熱面の冷却水等による汚れにより熱効率が低下する。これら伝熱面の清掃を定期的に行うか、あるいは加熱流体、被加熱流体の入口、出口温度を定期的に測定しその傾向を把握することによって清掃の時期を決定する。

(3) 排ガスからの熱回収

排ガスは 200℃を超える温度で排出されているので、これを熱回収して温水製造に用いることが可能である。回収可能な熱量は、1 時間当たり 25,000 kcal（排ガス量 1,500 m^3/時間、比熱 Cp=0.25、比重 0.7、温度差 100℃として）程度であるが、ボイラは断続間歇運転を行っているその点に注意する必要がある

4. Universal NutriBeverage 社

4.1 現状

(1) 公害規制の遵守状況

排水と排ガスが公害規制対象項目であり、処理設備を持たずそのまま排出しているが、ともに排出量が少なく特段の問題はないと推定される。
水が直接的に原料、製品と接触しない製造プロセスであるので、排水はかなり高品位の状態で排出放流されている。この排水はリサイクル利用することが可能であるが。現在使われている水は地下水で無料であり、リサイクル利用のインセンティブは働かない状

態にある。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

廃棄物の発生量は少なく、リサイクル等は実施されていない。

(3) 生産性向上への取組み

生産上の主要工程は、砂糖を水と混合溶解する部分である。最終製品の種類によって砂糖と水の混合比率が変わるためそれに従って蒸気加熱の要否が変わる。

4.2 クリーナープロダクション 項目

(1) スチームコンデンセート回収による水と排熱の有効利用

スチームは砂糖溶解槽溶液を熱交換器で間接加熱した後復水し、スチームコンデンセートとして排出放流されている。しかし、スチームコンデンセートは元来水質も良く温度が高いので、水としての回収とともに排熱の有効利用が可能である。

一方、溶解された高温の砂糖水は、熱交換器を介して 90℃から 30～40℃まで間接冷却される。この冷却水は、現在そのまま放流されているが、水質も良く高温であるので、回収してリサイクル使用が可能である。

(2) スチーム圧力変更

ボイラで発生するスチームの圧力は約 10 kg/cm^{2}G であるが、一方製造プロセスでの必要圧力は 1 kg/cm^{2}G（溶解槽での必要温度は 80～90℃）である。したがって、送蒸中の圧力損失等の余裕を見ても 2～3 kg/cm^{2}G の送出圧力まで下げることが可能であるが小規模ボイラであるため燃料節約の絶対量はわずかである。

5. Vit Makanan (KL)社

5.1 現状

(1) 公害規制の遵守状況

排水と排ガスが公害規制の対象となる。排水量、排水 BOD 負荷ともそれぞれ日量規制値の 60 m^3/日、6 kg/日以下の状況であるので、現時点の問題はないと考えられる。排ガスは比較的能力の大きな（5.6 トン/時間）ボイラから排出されているが、ボイラ稼動率が 50%以下程度のため、これも現時点では問題はない。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

廃棄物の発生量は少なく、廃棄物のリサイクル等は実施されていない。

(3) 生産性向上への取組み

例として、揚げ麺の揚げ器の加熱スチーム復水は完全に回収されてボイラ給水の一部として再利用されており、このためボイラ給水のボイラ入口温度は 70℃近辺まで上昇し燃料削減に貢献している。

5.2 クリーナープロダクション項目

現時点では、スチームと井水の使用方法に工夫が施されているために、クリーナープロダクションを導入すべき要改善点は見当たらない。敢えて指摘するならば、スチーム配管に数カ所のスチーム漏洩が発生しているので、きめ細かいメンテナンスにより対応すればさらに清潔で働きやすい工場となり、従業員のモラール向上にもつながるものと判断する。

食品加工（製麺）工場におけるクリーナープロダクション
デモンストレーションプロジェクト

モデル工場： Winner Food Industries Sdn. Bhd.

見学会（2002 年 6 月 28 日）

洗米機

麺のスプレー冷却システム

井水軟化設備

第11章

繊維サブセクターにおけるデモストレーション・プロジェクト

第 11 章　繊維サブセクターにおけるデモストレーション・プロジェクト

モデル工場：**South Asia Textiles (M)** 社

11.1 工場調査結果（全般）

11.1.1 調査対象工場とその概要

第 1 次現地調査時に、以下の選定 6 社の工場訪問調査を実施した。

(1) South Asia Textiles (M) 社
(2) Berjaya Knitex 社
(3) Sykt Perusahaan Finetex 社
(4) Sykt Koon Fuat Industries 社
(5) M.K.K. Industries Sdn.社
(6) Samtex Industries 社

工場訪問調査を通して、下記事項がマレイシアにおける中小染色加工工場に共通の特徴であることが判明した。

a. 加工内容は、綿 100%品とポリエステル/綿混紡品のニット無地染色が多い。また、ポリエステル用には分散染料が、綿用には反応性染料が主に使用されている。反応性染料は染料の固着率が低いという特徴があり着色排水が排出される問題がある。この問題を解消するために、２反応基型の反応性染料も紹介されているが、通常タイプのものに比べて高価格のため採用が進まない。

b. 染色機はウインス染色機、ジェット染色機が主に使用されているが、日本、台湾、韓国、欧州など各国の製品が混在しており、また中古機械が多く見られる。総体的に機械設備のエネルギー効率は低い。加工製品の種類により機械が異なるため機械毎に見ると稼働率は高くない。

c. 染色工場の染色用水には、地下水、河川水、水道水と各種の水が使われている。水道水の価格は年々上昇する傾向にあり、リサイクル水使用によるコスト削減は今後の重要な検討課題である。

d. 各工場共に自社の排水処理設備を設置しており、排水は処理後に近傍の河川に放流されている。この排水は着色しているが、現在着色についての法的規制は存在しない。

e. 排水処理時に発生するスラッジについては、Kualiti Alam 社 に最終処理を委託している。

各工場の概要を以下に記す。なお、各工場の現状とクリーナープロダクション検討対象項目については、添付資料に記載する。

(1) South Asia Textiles (M) 社

当工場は縫製品の染色加工を行っており、活性汚泥設備を含む十分な能力を持つ排水処理設備を運転している。公害に関して強い関心を持っており、排水のリサイクル使用による水道水使用量削減を強く希望している。

(2) Berjaya Knitex 社

CCM を含め、優良な生産設備を保有するとともに、各種繊維の加工に充分な生産能力を持っている。なお、現有の排水処理設備が能力不足になってきたため設備更新を計画中である。

(3) Sykt Perusahaan Finetex 社

自社の洗浄水浄化設備と排水処理設備を保有し、良好な稼働状態にある。この工場は環境汚染への対応に関し、将来規制が行われた場合の着色排水の脱色に強い関心を示している。簡易携帯型排水分析器についても強い関心を持っている。工場敷地には余裕があり、クリーナープロダクション設備を導入するに十分なスペースが確保できる。

(4) Sykt Koon Fuat Industries 社

将来の生産量増大を見越して十分に余裕のある洗浄水供給設備を保有しており順調に運転している。排水処理設備も十分なメンテナンスを加えて運転しているが、高稼働率時には十分な能力があるとはいえない状態にある。

(5) M.K.K. Industries 社

当工場は、海外顧客を中心にニット製品の委託加工生産をしている。生産性は良好で、新加工技術や設備、クリーナープロダクションの導入にも意欲的であり、現有排水処理設備の改造も計画している。

(6) Samtex Industries 社

綿及び綿合繊混紡ニット製品の加工を業としているが、限定された敷地条件下ではあるが極めて良好な操業状況にある。コンサルタントの設計により建設した排水処理設備を運転しているが、その保守状況には改善の余地が大きい。

11.1.2 公害規制遵守状況

調査対象全 6 工場とも、染色工程排水とボイラ排ガスが公害規制の対象となる。
全ての工場に排水処理設備が設置されており、各排水処理設備からの排水水質は、工場調査時に採取したサンプルの分析結果から判断すると、COD 値以外は概ねマレイシア国の排出基準－B を満足しているが、工場によっては基準値を超える項目がある。これらの工場では以下の対策検討が必要である。

a. 染色工程からの排水量削減
b. 排水処理設備運転方法改善
c. 加工設備全般からの排水量削減
d. 排水処理設備能力増強

各工場とも、ボイラ燃料として燃料油または天然ガスを使用しているが、ボイラ運転状況が良好であることと、燃料供給元で組成改良（硫黄分、窒素分の低減化）が行われていることから、ボイラ排ガス中の SO_2 あるいは NOx 排出濃度は規制に抵触していない。

11.1.3 廃棄物発生、処理、リサイクルの状況

6 工場とも、排水処理設備の沈殿槽からスラッジを排出している。このスラッジには重金属などの有害物質は含有されておらず、いずれも Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。今後も、染料および薬剤を選定する際には、排水処理設備およびスラッジ性状への影響等、公害負荷低減に十分留意すべきである。なお、South Asia Textile (M) 社では排水処理設備での処理水の約 30%をプロセス洗浄用水としてリサイクル使用しており、更にリサイクル率の 70%までの引上げることを企図している。

11.1.4 生産性向上への取組み状況

一部の工場では、染色工程の生産性向上のために以下の対策を実行している。

a. 高速ジェット染色機採用 (Sykt Koon Fuat Industries 社)
b. 全自動コンピュータ制御染色機械導入（M.K.K Industries 社）
c. 木綿用染色用の常圧型染色機と、合成繊維染色用の高圧型染色機の組合せによる複数原料素材へのフレキシブルな対応 (Samtex Industries 社)

11.1.5 当該サブセクターにおけるクリーナープロダクション検討対象項目

熱回収、電力使用量削減および排水水質改善が、全 6 工場に共通するクリーナープロダクション検討対象項目である。これらは以下のように分類される。

(1) 熱回収

a. ボイラ効率改善

b. スチーム配管からの熱ロス防止

c. スチームコンデンセートからの熱ロス防止

d. スチームコンデンセート回収

(2) 電力使用量削減

a. 力率改善

(3) 処理排水改善

a. 排水水質改善

b. 排水処理効率改善

c. 処理排水リサイクル率向上

各工場でクリーナープロダクションの検討対象となる項目を表 11-1 に示す。

表 11-1 各工場のクリーナープロダクション検討対象項目

企業名 クリーナープロダクション 項目	A	B	C	D	E	F
1. 熱回収						
a. ボイラ効率改善	x	x	x	x	x	x
b. スチーム配管からの熱ロス防止		x	x	x	x	x
c. スチームコンデンセートからの熱ロス防止						x
d. スチームコンデンセート回収						x
2. 電力使用量削減						
a. 力率改善		x				
3. 処理排水改善						
a. 排水水質改善		x	x	x	x	
b. 排水処理効率改善					x	
c. 処理排水リサイクル率向上	x					

注 1）企業名 A～F は下記の企業を表す。

A: South Asia Textiles (M) 社　　D: Sykt Koon Fuat Industries 社

B: Berjaya Knitex 社　　E: M.K.K. Industries 社

C: Sykt Perusahaan Finetex 社　　F: Samyex Industries 社

注 2）表中の「x」は該当する項目を表す。

11.1.6 モデル工場の選定

モデル工場の選定は、第 5 章、5.2 項「モデル工場の選定」に記載の方法で実施し、繊維サブセクターでは、South Asia Textiles (M) 社をモデル工場として選定した。

11.2 クリーナープロダクション導入前の選定モデル工場の状況 (South Asia Textiles (M) 社)

(1) 工場概要

この工場では、綿 100%又はポリエステル/綿混紡製の縫製済みニット衣料品の染色(約 10%)、およびプリント加工縫製済み衣料品の洗浄加工(約 90%)を行っている。主要な機械設備として、ロータリーウオッシュ型染色洗浄機、密閉縦型洗浄機およびロータリー型乾燥機を設置している。

(2) 公害規制遵守状況

染色工程排水とボイラ排ガスが公害規制の対象となる。排水分析値から判断すると、表 11-2 に示すように COD 値を除いてマレイシア国の排水排出基準－B の規制値を満足している。なお、既設排水処理設備は、図 11-3 に示したとおり、空気曝気，電解凝集，砂濾過および活性炭濾過等により構成されている。

排ガスに関しては、ボイラの燃料に軽油を使用し、運転状況と燃料供給元での組成改良(硫黄分、窒素分の低減化)により、SO_2 と NOx の排出濃度は排出規制上問題はない。また、水道水使用量削減のために、排水処理水量の約 30%をプロセス用水（衣料品の洗浄用）としてリサイクルしているが、このリサイクル率を現行 30%から 70%まで引上げることを企図している。また、省エネルギー対策は相当程度進んでいるが、ボイラからの熱ロス回収検討が課題として残る。

表 11-2 水道水と排水の分析データ（クリーナープロダクション導入前）

パラメータ	単位	排水				排出基準－B
		水道水	曝気槽	電解後	最終排水	
温度	℃	29.1	36.5	36.3	30-35	40
PH	-	-	6.9	6.6	6.8-8.0	5.5-9.0
電気伝導度	μS/cm	115	703	631	770-872	-
濁度	NTU	1/50	243	46.2	2.3-10.1	-
オイル／グリース	mg/l	<10	<10	<10	<10	10
BOD at 20℃	mg/l	4	170	32	10-70	50
COD	mg/l	50	555	200	80-290	100
溶存酸素	mg/l	4.2	2.8	3.9	3.4-4.5	-
浮遊物質	mg/l	1	232	60	2-20	100
全窒素	mg/l	4.6	17.7	8.5	5.2-6.5	-
窒素化合物	mg/l	0.24	<0.01	<0.01	<0.01	-
硫黄	mg/l	33.3	92.3	108	90-160	-
残留塩素	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2
燐酸塩（P 基準）	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
シアン	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.1
フッ化物	mg/l	0.5	0.5	0.6	0.5-0.7	-
鉄	mg/l	(<0.01)		(3.6)		5

(3) 廃棄物の発生、処理、リサイクルの状況

排水処理設備から排出されるスラッジ量は、固形分換算で約 800 kg/月と推算される。排出スラッジは先ずフィルタープレスで脱水濾過後、濾過ケーキはドラム缶内で天日乾燥している。含水分率約 20%の約 1 トン/月のスラッジは、Kualiti Alam 社に委託処理している。

(4) 生産性向上への取組み

他の一般的な染色工場とは異なり、縫製済み衣料品染色と染色済み衣料品の洗浄（ストーン・ウオッシュ加工を含む）を行っていることがこの工場の特徴である。工場稼働率を高めるために、縫製品部分染色加工や絞染め加工の開発を検討している。

11.3 モデル工場におけるクリーナープロダクション検討対象項目

表 11-1 に基づいて、下記 2 項目を当工場に導入を要するクリーナープロダクション検討対象項目として選定した。

(1) スチームボイラの効率改善

(2) 処理排水リサイクル率の向上

(1) スチームボイラの効率改善

スチームボイラ効率改善に最も有効と考えられる方策は、約 80～200℃の燃焼排ガスをボイラへ供給する燃焼用空気と熱交換を行い、排熱回収を図ることである。この方策を実行するためには、市場で容易に入手可能な小型回転式熱交換器を設置する必要があるが、モデル工場のボイラ規模では経済的実用性は低い。

(2) 処理排水リサイクル率向上

当工場では、処理排水を安定的かつ経済的に洗浄工程で再利用することを操業初期段階から検討していた。数度の試運転の後、処理排水量の 30%をリサイクル再利用できるに至ったが、処理排水中の鉄イオン濃度が高いためにそれ以上の再利用は困難であった。鉄イオンが洗浄工程中に白色系製品を薄褐色に変色させてしまう弊害があるためで、この処理排水は白色系製品洗浄には使用できず、濃色系製品洗浄のみに使用されている。工場では、5.0 mg/リッター超の鉄イオン濃度を、0.1 mg/リッターに抑えられれば、白色系製品の洗浄にも使用可能との見通しを持っている。

11.4 クリーナープロダクション 対策

11.4.1 選定したクリーナープロダクション対策

工場の現状を考慮して、次のクリーナープロダクション対策の導入を決定した。

(1) 処理排水リサイクル比率向上

(1) 処理排水リサイクル率向上

処理排水中の鉄イオンを減少させるには、表 11-10 に示すように数種類の方法があり、これらは既に他の複数の工業分野では既に採用されているものである。

鉄イオンのみを除去するには、薬品を使用しない逆浸透膜法がランニングコストおよびスラッジ処理費用の面からは有利であるが、設備設置費用が他の通常処理設備に比較して 5～10 倍と高額であり、また電解質除去が困難であること浸透膜の再生にも問題があることが難点である。

SIRIM の実験室で数回のラボテストを実施した結果、凝集沈降法で処理排水中の鉄イオン濃度を 5.0 mg/リッター超から 0.1 mg/リッター 以下に低下させることができることを確認した。この実験結果に基づいて、既設排水処理設備に隣接して新たな排水処理設備を設置することを計画し、これによって処理排水のリサイクル比率を 30%から 70%に向上できると判断した。

11.4.2 クリーナープロダクション対策の概要

(1) 配置

図 11-4 および図 11-5 に工場全体配置および新排水処理設備配置を示す。 新排水処理設備は既設排水処理設備に隣接して設置する。

(2) 基本フローシステム

排水中の鉄イオンを除去するためのプロセスフローを図 11-1 に示す。溶解鉄イオンは次亜塩素酸ソーダにより、+2 価から+3 価へ酸化されて不溶化される。この時の pH 値は苛性ソーダまたは塩酸で調整する。次いで、ポリ塩化アルミニウムとポリアクリルアマイド系の有機フロック成長剤等の凝集剤および凝集促進剤で不溶化し、クラリファイヤとマルチメディアフィルタで除去する。

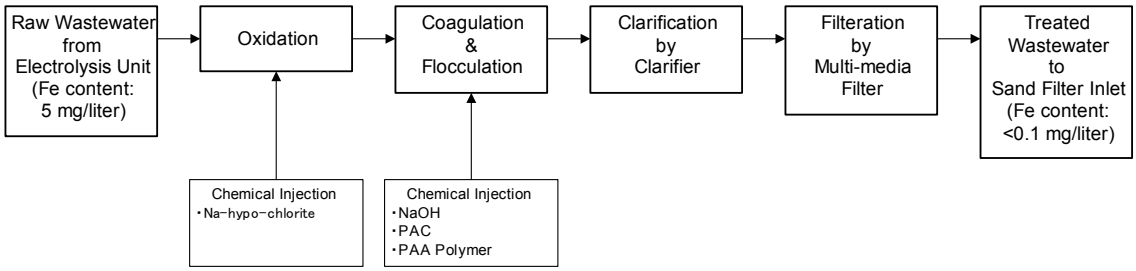

図 11-1 鉄イオン除去プロセスフロー図

新排水処理設備のフローシートを、図 11-6 に示す。新排水処理設備への原料排水は、図 9-3 に示すように既設の排水処理設備で電解凝集後のクラリファイヤから供給される。新排水処理設備で鉄分を除去した処理水は、既存排水処理設備の砂濾過処理後の水槽に戻される。

(3) 設計条件と主要機器仕様

新排水処理設備の設計条件を下記のように決定した。

a. 排水処理能力 ：最大 30 m^3/時（供給水量ベース）
b. 稼動時間 ：1 日 20 時間、週 6 日稼動
c. 原料水 ：電解処理後の処理排水
d. 原料水鉄分濃度 ：全鉄イオン；5.0mg/リッター 以上
e. 処理後鉄分濃度 ：全鉄イオン；1.0mg/リッター 以下

表 11-3 に主要機器名と仕様を示す。

表 11-3 主要機器とその仕様

機器名	数量	主要仕様
薬品注入槽と注入システム	5	次亜塩素酸ソーダ、苛性ソーダ、 塩酸、ポリ塩化アルミおよびポリアクリルアマイド注入用 薬品注入ポンプ：5 台
薬品混合槽	3	容量：2.5 m^3 （各槽共） 材質：鉄製（エポキシライニング、撹拌機付）
クラリファイヤ	1	円錐形 直径：4.85 メートル 高さ：3 メートル
マルチメディアフィルタ	1	直径：60 インチ 高さ：72 インチ

注：清澄槽とマルチメディアフィルタの概略図を図 11-7 と図 11-8 に示す。

(4) 期待効果

このクリーナープロダクション導入により下記の直接効果と間接効果が期待された。

a. 直接効果
   - (i) 水道水使用量削減（経費削減）
   - (ii) 排水排出量の削減（将来有料になった場合を想定）

b. 間接的効果
   - (i) 環境負荷低減
     排水の河川放出量低減効果
   - (ii) 当工場および染色業界のイメージ向上
     これにより会社の経営面および取引面での効果が期待できる。
   - (iii) この設備が他工場へ適応可能となるとその波及的効果が期待できる。
   - (iv) 共同排水処理設備および水道水供給設備投資額削減
     多くの工場で水道水使用量と排水排出量を削減できれば、この効果は少なくない。

(5) 予想投資額

このクリーナープロダクション対策導入に要する全投資額は、RM330,000 であった。

(6) 予想ランニングコスト

新排水処理設備のランニングコストは、処理水ベースで RM 0.2/m^3 と推定した。このランニングコストには、薬品費、電力費およびスラッジ処理費用が含まれている。

(7) スケジュール

第 7 章「デモンストレーションプロジェクトの実施スケジュール」を参照。

South Asia Textiles (M) 社については、2001 年 11 月末建設工事完了の計画を立て、

試運転は計画通り 2001 年 11 月末に実施完了した。

11.5 クリーナープロダクション 投資

全投資額は、表 11-4 のとおり RM305,000 となったが、この投資額には設計費、DOE への申請費用、機器・資材購入費・輸送費、建設工事費、運転マニュアル作成費、試運転費、運転トレーニング費用および予備品費の全てが含まれている

表 11-4 新排水処理設備に要した投資額

No.	項　　目	数量	投資額 (RM)
	排水処理設備	1 式	305,000
合　　計			305,000

表 11-4 の設備費の中で主要なものは、機器購入費（RM222,500）、建設資材および消耗品費（RM38,000）、輸送費および建設工事費（RM28,000）等である。また、杭打を含む全ての土建工事は、モデル工場側で準備し負担した。

11.6. 導入クリーナープロダクションの性能確認

導入クリーナープロダクションでは、処理排水中の鉄イオンの減少を確認することが必要とされる。なお、試運転期間中に、既設排水処理設備と運転上のトラブルから処理排水中の残留塩素濃度が高まり処理排水から悪臭が発生する問題が発生した。以下に、それらを含めた性能確認結果を記述する。

(1) 処理排水中の鉄イオン濃度

新排水処理設備で処理した排水の分析結果例を、表 11-5 に示す。

処理排水中の鉄イオン濃度の減少状態を以下のように確認した。

a. Fe^{3+}と全鉄イオン濃度は、2002 年 1 月の分析結果では表 11-5 に示すように、目標値の 0.1mg/リッター より高い値を示していた。
b. この時点では、凝集槽内の排水の pH 値が、最適値（pH = 5～7）に対して高い（pH = 7～9）値で運転されていた。
c. 更に、既設の配管等からの鉄さびがマルチメディアフィルタ内に蓄積していた。
d. 2002 年 3 月に pH 値を 5～7 に調整し、マルチメディアフィルタの逆洗操作を実施した。
e. 上記操作の結果、2002 年 3 月には鉄イオン濃度が 0.1 mg/リッター 以下に減少したことを確認した。

表 11-5 新排水処理設備による処理排水の分析結果

サンプリング箇所		処理前排水			処理後排水		
サンプリング実施日		2001 年 11 月	2002 年 1 月	2002 年 3 月	2001 年 11 月	2002 年 1 月	2002 年 3 月
パラメータ	Unit						
Fe^{2+}	mg/l	0.91	0.38	-	<0.05	0.10	-
Fe^{3+}	mg/l	6.90	9.27	-	<0.05	**0.17**	-
全鉄イオン	mg/l	7.81	9.65	7.00	<0.10	**0.27**	<0.10
pH	-	6.8	8.8	7.0	7.1	7.1	6.5
電導度	µS/cm	924	1,515	-	1,120	1,825	-
COD	mg/l	193	156	220	141	146	180
浮遊物質	mg/l	27	23	-	4	5	-
全溶解物質	mg/l	508	759	-	484	861	-
残留塩素	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

注： 各月 2～3 サンプルを採取して分析を行ったが、この表ではそれらの平均値を記載している。

(2) 処理排水中残留塩素濃度

処理排水中の残留塩素濃度は、表 11-5 からわかるように、0.1 mg/リッター 以下であった。ただし、この時は一般的分析方法を採用しており、処理排水中に微量の残留塩素が含まれておりわずかながらその臭気を確認した。処理排水中の残留塩素濃度の減少状態を以下のように確認した。

a. 当初、溶解鉄（Fe^{2+}）を不溶解鉄(Fe^{3+})にするために使用する次亜塩素酸ソーダの注入量が、設計値より多かったことが判明した。
b. 既設活性炭フィルターは老朽化により吸着除去能力が不十分であった。
c. その後、次亜塩素酸ソーダ注入量を設計値まで減少させた。
d. 図 11-9 に示すように工場側で新活性炭フィルタを設置した。
e. その結果、処理排水からの残留塩素臭は確認できない程度まで減少した。

上記のように、薬品の注入量調整は残留塩素濃度を減少させるためだけでなく、薬品使用量の無駄を防ぐ意味からも重要である。このため、表 11-11 に示すような薬品注入標準資料を作成し工場側に手交した。

(3) 処理排水中の悪臭除去

クリーナープロダクション導入後の処理排水から残留塩素以外の臭気が出ていることが判明し、この悪臭源とその除去方法を以下のように確認した。

a. この時点の染色設備運転ロードは低く、曝気槽は低液面状態で運転されており、そのために排水の曝気が十分行われず、処理水貯槽内でバクテリアが繁殖し、悪臭を発生していた。

b. 悪臭物質の中には残留塩素も含有されており、これは前記のとおり活性炭フィルタ新設によって除去された。
c. その後、曝気槽を液面が高い状態で運転した結果、この臭気は除去された。同時に BOD と COD の値も 50～60mg/リッター まで減少した。
d. 既設排水貯槽は古く、容量も小さかったために、図 11-9 に示すように工場側で新設した。

以上の諸対策により、処理排水を染色洗浄工程でリサイクル再使用することに対する障害は解消された。しかし、2002 年 3 月時点ではリサイクル率は以前と同じ 30%に留まったが、これは工場の運転ロードが低いことに起因する。2002 年 8 月から高ロードで運転されるので、その時点ではリサイクル率が上昇する見通しであった。低ロード中に、製品品質を確認しながらリサイクル率を徐々に高める操作を試み、2002 年 8 月からの本格的な高リサイクル率運転に備えるべきである。

11.7 生産コストの削減とランニングコストの増加

クリーナープロダクション導入後の性能確認データ等からランニングコスト増加を算出し、この数字を基にコスト削減効果としての水道水使用量削減額の確認を行った。前述のとおり、2002 年 3 月の時点での実際の処理排水リサイクル率は 30%であるが、リサイクル率が 70%になったと仮定して試算した。

(1) 増加ランニングコスト

新排水処理設備運転に要するランニングコストは、下記のとおりである。

薬品使用量	: RM0.206/m^3-原料水
電気使用量	: RM0.065/m^3-原料水
スラッジ処理費	: RM0.012/m^3-原料水
合　計	: RM0.283/m^3-原料水

これらの計算詳細を表 11-6 に示す。

表 11-6 ランニングコストの計算データ

a. 薬品使用コスト				
薬　　品		注入率	単　価	ランニングコスト (RM/m³)
NaOCl	10% 液	40 mg/liter	RM1.50/kg	RM0.06
NaOH	50% 液	36mg/liter	RM0.90/kg	RM0.0324
PAC	18% 液	50mg/liter	RM1.80/kg	RM0.09
PAA	ポリマー	2mg/liter	RM12.00/kg	RM0.024
	合　計			RM0.2064

b. 電力使用コスト；	
電力単価	RM0.26/kWh
使用量	7.5 kWh/30m³-設計流量
ランニングコスト	7.5 kWh x 0.26 = RM1.95/30m³= RM0.065/m³

c. スラッジ処理コスト	
処理単価	RM480/t (RM0.00048/g)
処理量	25.8 x 0.8 = 20.64 g/m³
処理コスト	0.00048 x 20.64 = RM0.01/m³

ここで、

a. 各薬品は下記の目的で使用される。

次亜塩素酸ソーダ　　：酸化用
苛性ソーダまたは塩酸　　：pH 調整用
ポリ塩化アルミニウムおよび　　：凝集用
ポリアクリルアマイド

b. 電力使用量は各機器の能力から算出した。

c. 副生スラッジ量は薬品注入量と鉄分除去量から算出した。既設排水処理設備から副生される浮遊物質はスラッジに算入しなかった。

(2) 総予想メリット

水道水使用量の経費削減分と新排水処理設備を運転に要するランニングコスト増加分との差を総予想メリットとして算出した。

なお、算出前提条件は次の通りである。

a. 水道水単価　　：RM2.24/m³
b. 実際水道使用量　　：420 m³/日
c. 実際リサイクル率　　：30 %

d. 期待リサイクル率　　：70 %

e. 年間稼動日数　　：300 日/年

クリーナープロダクション導入によるコスト削減予想額は次のように算出される。

水道水使用量　　：420/0.7 = 600 m^3/日

（リサイクル比= 0）

予想水道水使用量　　：600 x 0.3 = 180 m^3/日

水道水使用削減量　　：420 – 180 = 240 m^3/日 = **72,000 m^3/年**

水道水使用量削減によるコスト削減額

：2.24 x 240 x 300 = RM161,280/年

総ランニングコスト　　：RM0.283/m^3 x 600 m^3/日 x 300 日/年

= RM50,940/年

総コスト削減予想額　　：RM161,280 – RM50,940 = **RM110,340/年**

上記から総コスト削減予想額は次のようになる。

a. 水道水使用削減量　　：72,000m^3/年

b. 水道水使用削減額　　：RM110,340/年

c. 排水排出削減量　　：72,000m^3/年

リサイクル率が向上すれば、コスト削減効果は増大するが、この関係を図 11-2 に示す。リサイクル率が 80%になれば、コスト削減効果は RM150,000/年 以上となると推定される。

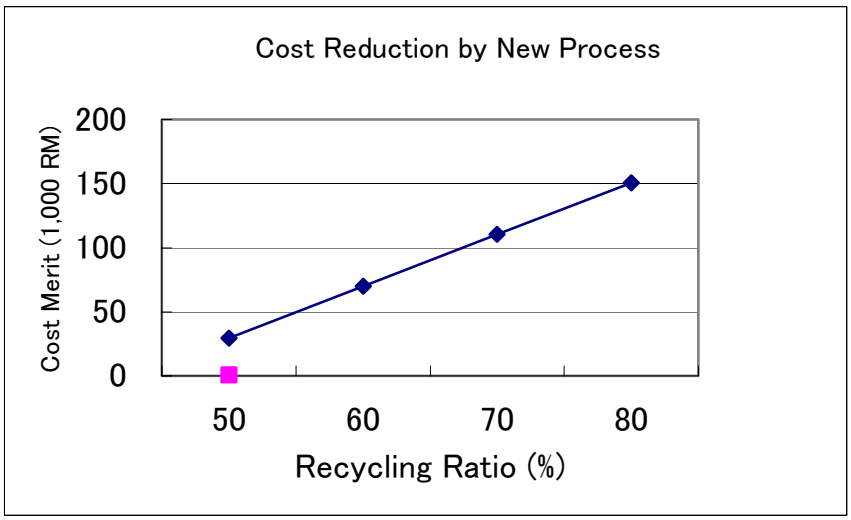

図 11-2 リサイクル比とコスト削減額の関係図

11.8 財務分析

当モデル工場は既に染色洗浄工程において排水処理水の 30%をリサイクル利用しているが、クリーナープロダクション設備として新排水処理設備を導入し処理水リサイクル利用率を高めることによって水道水使用量をさらに削減することを企図した。導入したクリーナープロダクション設備の試運転結果、リサイクル水水質を改善するために当該設備で除去すべき鉄イオンは当初計画通り除去できた。しかしながら、経済性の観点からの最重要点は、処理水リサイクル率を上げることによる水道水使用量の削減量である

目標は現在のリサイクル率 30%を 70%に高めることにある。処理水の鉄イオン濃度が 0.1 mg/リッター 以下に低下したことは確認済みでるが、実際にリサイクル率を上げるには、都度最終製品品質をチェックする必要があるために即時にリサイクル率を上げることはできない。

2002 年 3 月現在ではリサイクル率は上げられていないため､経済性評価は推定値を使用し、投資額、推定コスト削減額、推定増加コストを表 11-7 に、またクリーナープロダクション設備の投下資本回収期間（POT）と内部利益率（IRR）を表 11-8 に示す。さらに、表 11-7 の数値と 5.4.3 項「収益性の評価方法」で述べた方法によって 70%リサイクル時の POT と IRR を算出し表 11-9 に示す。

表 11-7 投資額とコスト削減データ

リサイクル比		50%	60%	70%	80%
投資額	MR	305,000	305,000	305,000	305,000
コスト削減額	MR/年	81,000	121,000	161,000	202,000
増加コスト	MR/年	51,000	51,000	51,000	51,000

表 11-8 クリーナープロダクション設備の POT と IRR

リサイクル比		50%	60%	70%	80%
POT	年	10 年以上	5.8	3.7	2.7
IRR	%/年	2	16	27	38

表 11-9 投資合計額での経済性計算表

1,000RM

年	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
投資額	305										
コスト削減額		161	161	161	161	161	161	161	161	161	161
増加コスト		51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
金利		18	13	8	4	0	0	0	0	0	0
所得税		2	22	23	25	26	26	26	26	26	26
キャッシュフロー	-305	90	75	78	82	84	84	84	84	84	84
原価償却費		85	24	24	24	24	24	24	24	24	24
借入金残高	305	215	140	61	0	0	0	0	0	0	0

計算結果から経済性を次のように分析した。

リサイクル率を 70%と措定すれば POT は 3.7 年となるので、この投資は経済性として一応の水準にあるといえる。リサイクル率が 60%であれば POT は 5.8 年まで悪化し十分な経済性を有しているとはいえない。従って当工場では少なくとも 70%のリサイクル率に上げることが望ましい。

11.9 クリーナープロダクション導入の便益

モデル工場に処理排水リサイクル比率向上に関するクリーナープロダクションを導入することによって、下記の便益がある。

(1) 工場の稼働率が高まり処理排水のリサイクル比率が 70%になれば、水道水使用量削減メリットはランニングコスト増加額を考慮しても、総計で RM110,340/年となる。

(2) リサイクル比率が 70%の場合の POT は 3.7 年で、この投資はまずまずの経済性があるといえるが、リサイクル比率が 60%の場合には POT は 5.8 年で、十分な経済性を有しているとはいえず、少なくとも 70%のリサイクル率に上げることが望ましい。

(3) 当工場は、新たな排水処理設備を設置することにより、水道水使用量削減と排水排出量削減の観点から、マレイシア国繊維業界における実質的なモデル工場となった。直接的経済効果は数値的に算出可能であるのに対して間接的経済効果は数値化が困難であるが、長期的には下記の間接的経済効果の方がより大きいと推定される。

a. 染色工業界のイメージ向上

b. 水道水使用量削減による水資源保護

c. 環境負荷低減への寄与

d. 生産性向上策推進の動機付け

11.10 提言

(1) 同業者組織による工業用水供給ならびに排水処理の共同設備設置の検討

マレイシアでは、水道水の価格が高いために多くの繊維工場では河川水を各工場で中和・濾過処理を行ってプロセス水として使用している。一般に、高度処理を行う水道水は高度処理を行わない工業用水に比べて高価なものとなる。現在、マレイシアには工業用水供給設備がないが、経済面および環境保護面からも工業用水供給設備の共同設置を検討することが望ましい。同様に、多数の工場が集結し排水を排出している地域に、排水処理設備の共同設置を検討することが望まれる。現在、各工場の排水処理設備は旧式であり、また改造を行うための敷地も十分確保できない状況にある。共同排水処理設備を設置すれば排水処理費用が賦課されるが、これによって各工場において排水排出量削減と水質改善の動機付けができるので、クリーナープロダクション導入による環境保全および生産性向上の推進が期待できる。

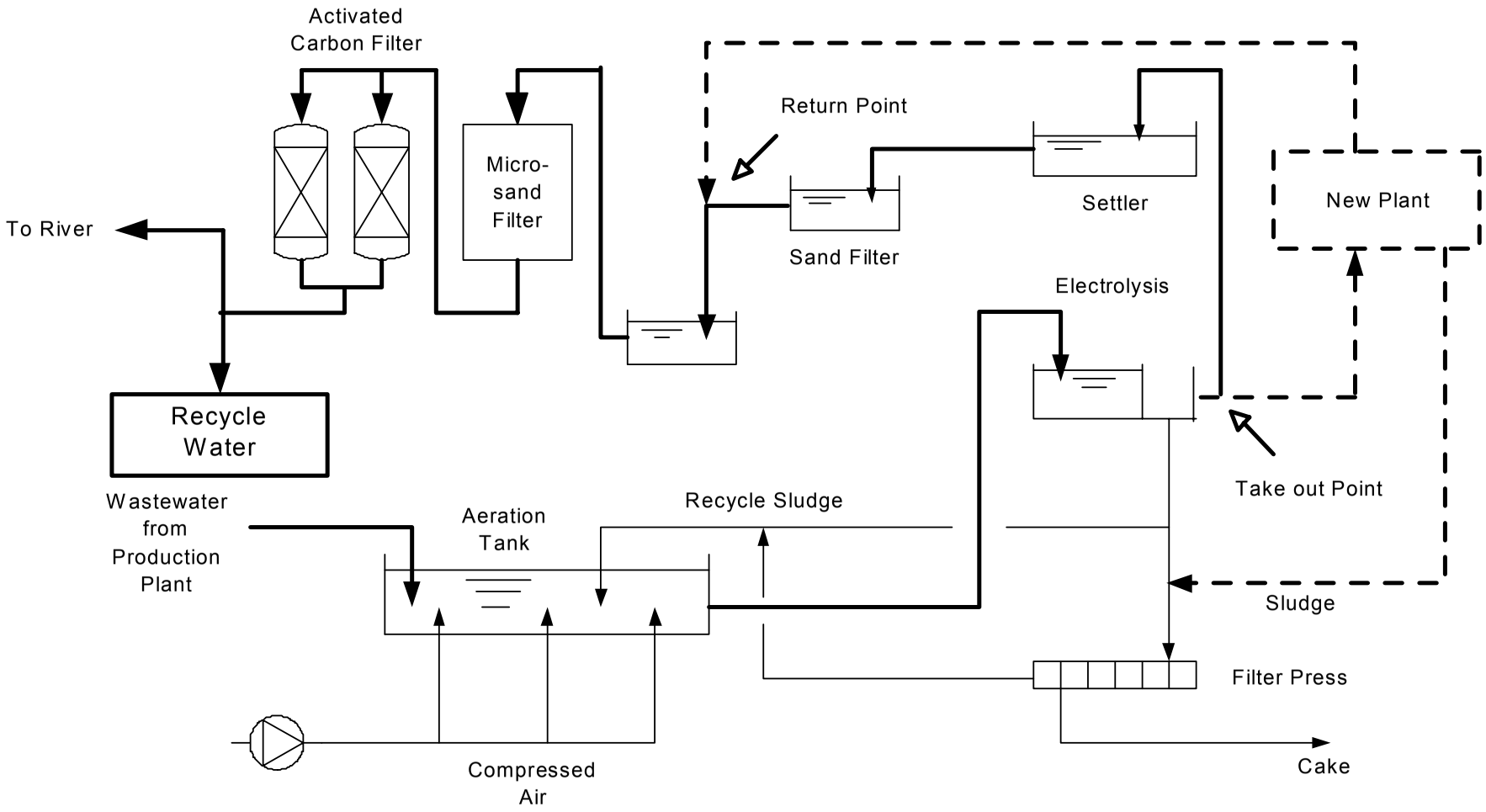

図 11-3　排水処理設備フローシート　（クリーナープロダクション導入前）

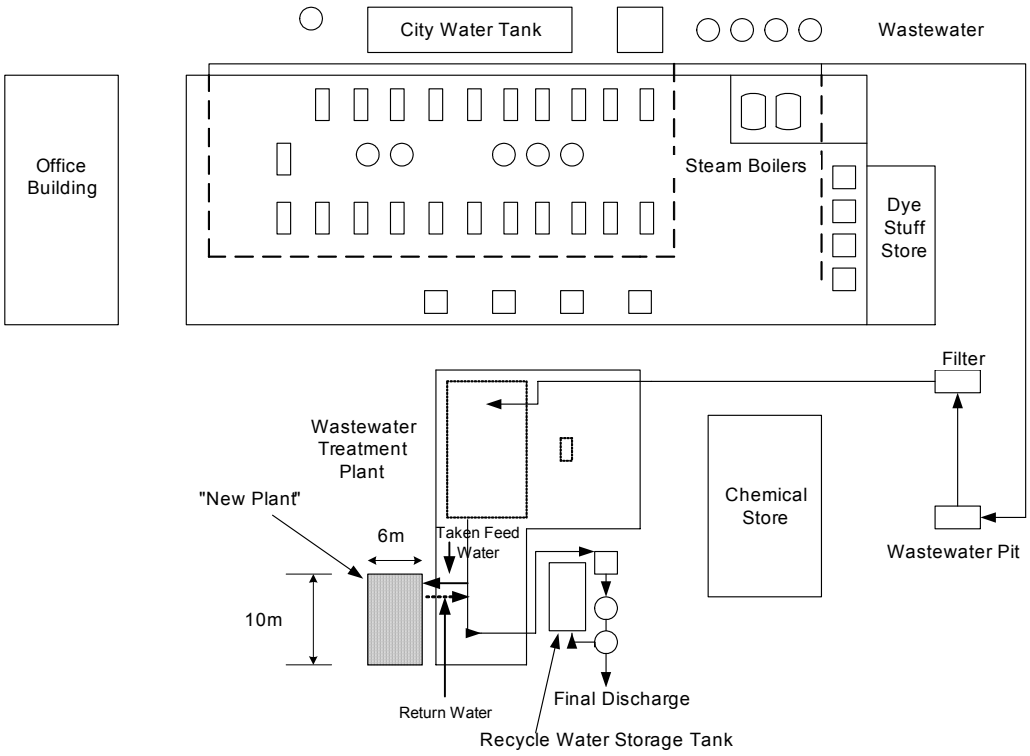

図 11-4 工場配置図（新排水処理設備位置図）

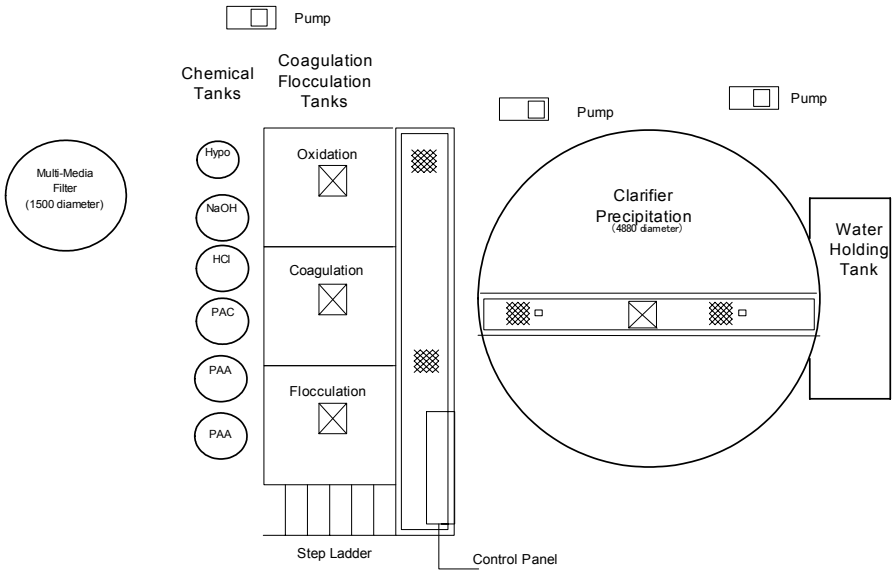

図 11-5 新排水処理設備配置図

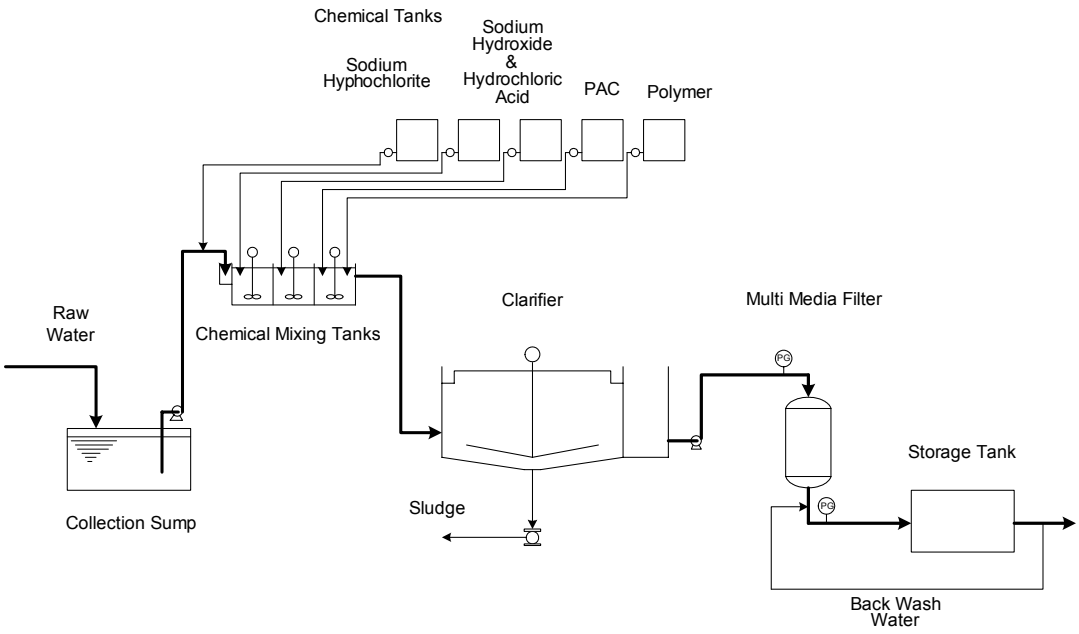

図 11-6 新排水処理設備フローシート

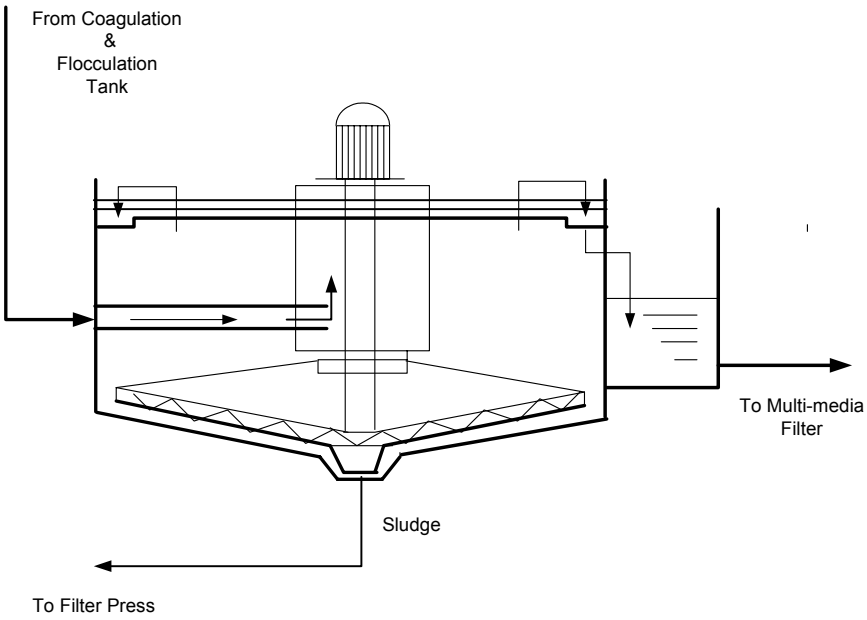

図 11-7 清澄槽概略図

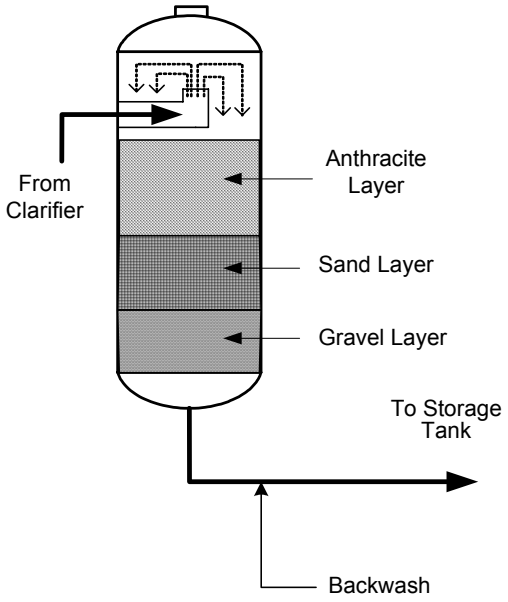

図 11-8 マルチメディアフィルタ概略図

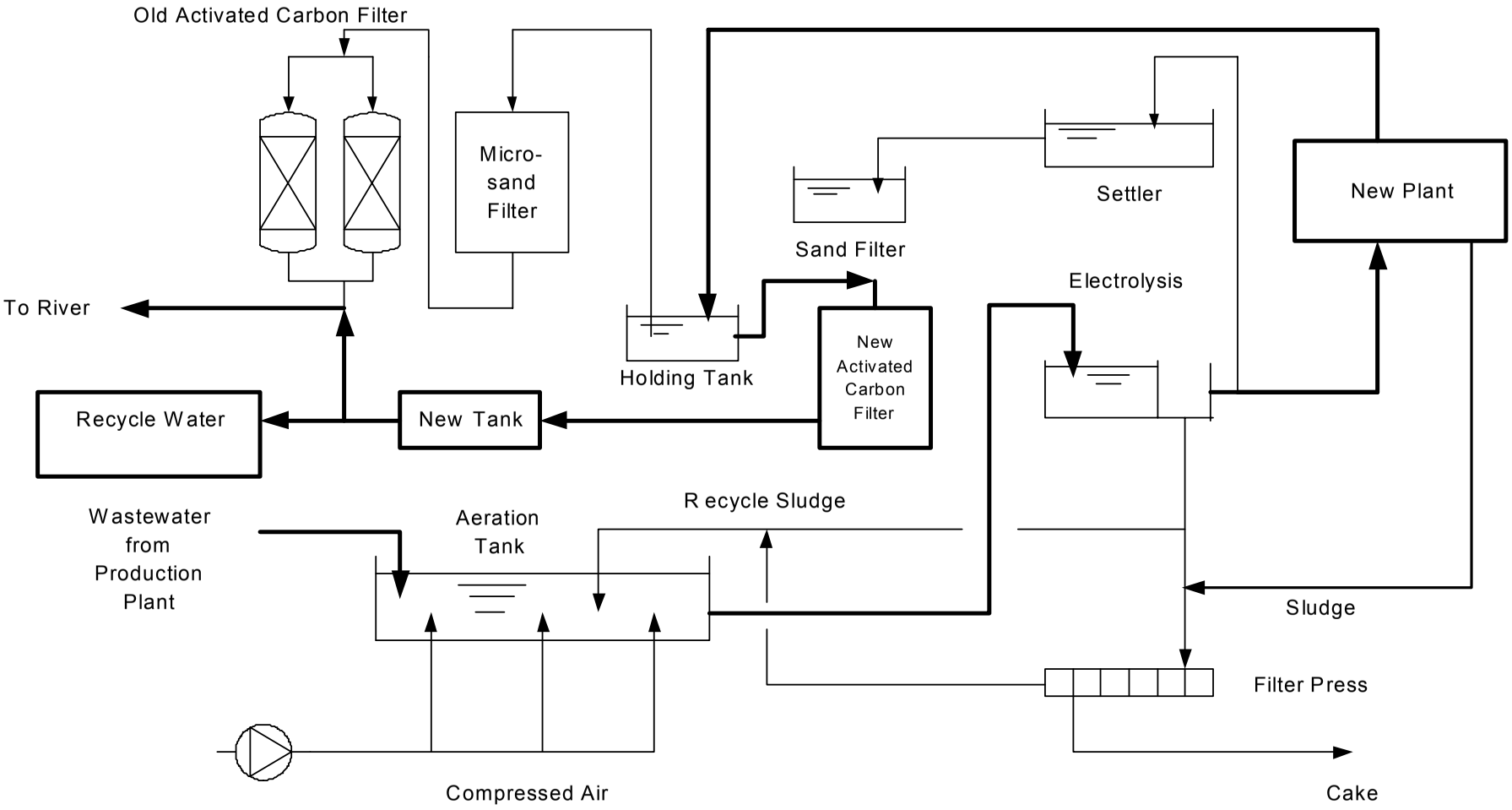

図 11-9　廃水処理設備フローシート　（クリーナープロダクション導入後）

表 11-10 鉄イオン除去プロセスとその特徴

プロセス名	特　　徴
a.　逆浸透膜法 (RO)	①　鉄イオン除去に有効 ②　経済的には実施困難また電解質除去は不可
b.　イオン交換樹脂法 (IE)	①　鉄イオン除去に有効 ②　経済的には実施困難
c.　活性炭吸着法	①　鉄イオン除去には効果なし
d.　金属封鎖剤法（EDTA 注入）	①　鉄イオン除去には効果なし (SIRIM での実験結果で確認済)
e.　電解槽電極変更（鉄電極をアルミ電極に変更）	①　鉄イオンは発生しないが、反面スラッジ分が増加する
f.　凝集沈降法	①　鉄イオン除去に有効 ②　脱色効果不十分

表 11-11 薬品注入の標準運転条件

槽番号	単位	C1	C2	C3	C4	C5
薬品名		NaOCl	NaOH	PAC	Polymer	Polymer
槽容量	litre	100	200	200	1,800	1,800
薬品濃度	%	10% 液	50% 液	18% 液	粉末	粉末
注入率（処理水当たり）	mg/l	40	36	50	2	2
薬品使用量	litre	100	200	200	18 kg	18 kg
水使用量	m^3	0	0	0	1.800	1.800
薬品濃度	%	10	50	18	0.1	0.1

添付資料

モデル工場選定のために調査した工場

調査した工場の概要を以下に述べる。

1. South Asia Textiles (M) 社

本文 11.2 を参照。

2. Berjaya Knitex 社

2.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

排水と排ガスが公害規制対象となる。工場訪問調査時に採取した排水の COD 値はマレイシア国の排水排出基準－B の規制値を上回っていたので下記対策採用を検討することが望ましい。

a. 排水処理設備運転方法改善
b. 染色工程からの排水量削減
c. 排水処理設備能力増強

ボイラ燃料として燃料油を使用しているが、運転状況と燃料供給元での組成改良（硫黄分、窒素分等削減処理）を行っていることから SO_2 と NOx の排出濃度は排出規制に抵触しない範囲に収まっているものと推定される。燃料油削減による省エネルギー対策は、SO_2、NOx と更に CO_2 を低減する効果がある。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

排水処理プラントからの排出スラッジは、Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。

(3) 生産性向上への取組み

糸供給と布供給両業種の顧客に対応するために糸縫製設備と布染色の両方の設備を設置している。

2.2 クリーナープロダクションの 検討対象項目

(1) スチームコンデンセートからの熱回収

スチームコンデンセート配管の保温強化よる熱ロス低減を図る。ただし、期待される回収熱量が少ないために経済的収支は償わない。

(2) スチームボイラからの熱回収

ボイラへの燃焼用空気とボイラからの燃焼排ガスとで熱交換を行い排熱回収を図る。Ungstrohm 型熱交換器が採用可能であるが小規模ボイラの場合では経済性が成立たない。

(3) 河川への放流排水水質改善

活性汚泥設備等の設置による排水処理能力の増強が必要である。

(4) 電力力率改善

縫製設備の運転のため一般的な染色工場と比較して電気使用量が相対的に多く、電気使用料金が用役コストの大部分を占めているため、電気設備（受配電盤、制御盤、変圧器、ケーブル、モータ等）の稼動状況を調査把握の上力率改善と回転数制御等の省電力対策検討が必要とされる。

3. Sykt Perusahaan Fintex 社

3.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

排水と排ガスが公害規制の対象となる。工場訪問調査時に採取した排水の COD 値が、マレイシア国排水排出基準－B の規制値を超過していた。下記対策を検討することが望まれる。

a. 排水処理設備運転改善
b. 染色工程からの排水量削減
c. 排水処理設備能力増強

ボイラ燃料として燃料油を使用しているが、運転状況と燃料供給元での組成改良（硫黄分、窒素分等）により、SO_2 と NOx の排出濃度は、排出規制上問題ない範囲に収まると推定される。燃料油削減による省エネルギー対策は、SO_2、NOx と更に CO_2 を低減する効果がある。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

排水処理プラントからの排出スラッジは、Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。

(3) 生産性向上への取組み

糸供給と布供給双方の顧客に対応するため、糸縫製設備と布染色の両方の設備を設置している。

3.2 クリーナープロダクション の検討対象項目

(1) 100℃以下のスチームコンデンセートからの熱回収

100℃以上のスチームコンデンセートはボイラ給水として再利用されているが、それより低温のスチームコンデンセートは圧力不足から利用されていない。ポンプ昇圧により利用することは可能であるが、設備改造費用に比べ期待回収熱量が少ないため経済的には成立たない。

(2) スチームボイラからの熱回収

ボイラへの燃焼用空気とボイラからの燃焼排ガスとの熱交換により、排熱回収を図る。Ungstrohm 型熱交換器を利用することが可能であるが、小規模ボイラの場合では経済的に成立たない。

(3) 河川放流排水の水質改善

活性汚泥設備等の設置による排水処理設備の増強が必要とされる。

4. Sykt Koon Fuat Industries 社

4.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

排水と排ガスが公害規制の対象となる。工場訪問調査時に採取した排水の COD 値が、マレイシア国の排水排出基準－B の規制値を上回っていた。下記対策を検討することが望まれる。

a. 排水処理設備運転改善
b. 染色工程からの排水量削減
c. 排水処理設備能力増強

ボイラ燃料として燃料油と燃料ガスを使用しているが、運転状況と燃料供給元での組成改良（硫黄分、窒素分等）により、SO_2 と NOx の排出濃度は排出規制上は問題ない範囲に収まると推定される。燃料油削減による省エネルギー対策は SO_2、NOx とともに CO_2 を低減する効果を有する。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

排水処理プラントからの排出スラッジは、外部委託先（Kualiti Alam 社）に最終処理委託を行っている。

(3) 生産性向上への取組み

ジェット染色機を含む新鋭設備を導入すれば更に大量生産と多種素材への対応が同時に実現可能である。

4.2 クリーナープロダクションの 検討対象項目

(1) スチームコンデンセート回収による熱ロス低減

スチームコンデンセート回収設備設置により、一日約 11 トンのスチーム削減が可能と判断できるが、実施前には経済性詳細検討が必要である。

(2) スチームボイラからの熱回収

ボイラへの燃焼用空気とボイラからの燃焼排ガスとで熱交換を行うことにより、排熱回収を図る。Ungstrohm 型熱交換器が利用可能であるが、小規模ボイラの場合は経済性が確保できない。

(3) 河川放流の排水水質改良

活性汚泥設備等設置による排水処理設備の増強が必要とされる。

5. M.K.K. Industries 社

5.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

排水と排ガスが公害規制の対象となる。工場訪問調査時に採取した排水の COD 値が、マレイシア国の排水排出基準－B の値を超過していた。下記対策を検討することが望まれる。

a. 排水処理設備運転改善
b. 染色工程からの排水量削減
c. 排水処理設備能力増強

ボイラの燃料として燃料油と燃料ガスを使用しているが、運転状況と燃料供給元での組成改良（硫黄分、窒素分等）により、SO_2 と NOx の排出濃度は排出規制上は問題ない範囲に収まると推定される。燃料油削減による省エネルギー対策は、SO_2、NOx とともに CO_2 を低減する効果がある。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

排水処理プラントからの排出スラッジは、Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。

(3) 生産性向上への取組み

生産効率向上を目的として、全自動コンピュータ制御染色機械導入と要員育成を取り進め中である。新規染色設備導入以降はその運転ロードに合わせて排水量削減を実施する予定である。

5.2 クリーナープロダクションの 検討対象項目

(1) スチームコンデンセート回収による熱ロスの低減

スチームコンデンセート回収設備設置により、一日約 11 トンのスチーム削減が期待できる。

(2) スチームボイラからの熱回収

ボイラへの燃焼用空気とボイラからの燃焼排ガスとの熱交換により、排熱回収を図る。Ungstrohm 型熱交換器が利用可能であるが、小規模ボイラでは経済性は成立しない。

(3) 河川放流する排水水質改善

活性汚泥設備等の設置による排水処理設備増強が必要である。

6. Samtex Industries 社

6.1 現状

(1) 公害規制遵守状況

排水と排ガスが公害規制の対象となる。工場訪問調査時に採取した排水の COD 値が、マレイシア国排水排出基準－B の値を超過していた。下記対策を検討することが望ましい。

a. 排水処理設備運転改善
b. 染色工程からの排水量削減
c. 排水処理設備能力増強

ボイラの燃料として燃料油と燃料ガスを使用しているが、運転状況と燃料供給元での組成改良(硫黄分、窒素分等)により、SO_2 と NOx の排出濃度は排出規制上は問題ない範囲に収まると推定される。燃料油削減による省エネルギー対策は SO_2、NOx とともに CO_2 を低減する効果がある。

(2) 廃棄物の発生、処理、リサイクル

排水処理プラントからの排出スラッジは、Kualiti Alam 社に最終処理を委託している。

(3) 生産性向上への取組み

常圧型（木綿用）と高圧型（合成繊維用）双方の染色機械を設置しているので、木綿繊維、および合成繊維（ポリエステル／ナイロン）等顧客要求に応じて種々の対応が可能である。

6.2 クリーナープロダクション の検討対象項目

(1) スチームコンデンセートと温水からの熱回収

スチームコンデンセート回収設備設置により、年間約 590 トンのスチーム削減が期待できる。なお、設備投資実施前に運転データ収集と解析を行い、コンデンセート受槽および配管等設備設置の所要資金と燃料削減期待額による投資経済性検討が必要である。

(2) スチーム配管保温強化による燃料節減

スチーム配管保温厚さを、現状の 30 mm から日本基準の 75 mm に変更することにより年間約 5,000 リッターの燃料油節約が可能となる。

(3) スチームボイラからの熱回収

ボイラへの燃焼用空気とボイラからの燃焼排ガスとの熱交換を行い、排熱回収を図る。Ungstrohm 型熱交換器が可能であるが、小規模ボイラの場合では経済性が成立たない。

繊維工場におけるクリーナープロダクション
デモンストレーションプロジェクト

モデル工場： South Asia Textiles (M) Sdn. Bhd.

見学会（2002 年 6 月 25 日）

設備全景

薬剤注入システム

クラリファイヤ上部

マルチメディアフィルタ
（業者工場 2001 年 10 月 24 日）