



No. 8

アルゼンティン共和国工場省エネルギー計画調査報告書

アルゼンティン共和国 工場省エネルギー計画調査 報告書 (II)

89年10月

1989年10月

国際協

国際協力事業団

701
67
MPI

印刷
89-186

20087

JICA LIBRARY



1078027181

アルゼンティン共和国
工場省エネルギー計画調査
報告書
(II)

ガイドライン作成のための資料

1989年10月

国際協力事業団

国際協力事業団

20087

序 文

日本国政府は、アルゼンティン共和国政府の要請に基づき、同国の工場省エネルギー計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、昭和62年12月8日より昭和62年12月23日まで及び昭和63年2月22日より同年3月31日までは、財団法人省エネルギーセンター 新倉 隆氏を団長とし、さらに、昭和63年9月26日より同年12月3日までは、同センター井口光雄氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、アルゼンティン共和国政府関係者と協議を行うとともに、工場診断調査等を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、アルゼンティン共和国の省エネルギーの推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

平成元年10月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

— 目 次 —

〈ガイドライン〉

1. ガイドラインの性格	1-1
2. 診断の手順	2-1
3. エネルギー管理	3-1
4. 食 品	4-1
5. 織 維	5-1
6. 紙	6-1
7. 皮 革	7-1
8. 化 学	8-1
9. プラスチック	9-1
10. 鋳 鋼	10-1
11. 機械加工	11-1
12. ガラ ス	12-1
13. ボイラ・スチーム	13-1
14. 電 気	14-1

1. ガイドラインの性格

1. ガイドラインの性格

このガイドラインは、工場における省エネルギーを推進するため、INTIがガイドラインを作成するに当たって参考となる技術的事項のうち特に重要と思われる点を下記の点に留意してまとめたものである。

(1) INTIの技術者が

- ① 診断指導用マニュアルとして、
- ② 合理化の進捗度の判断資料として、
- ③ セミナのテキストとして

用いることができるものであること。

(2) 記述事項の水準は、大学卒業後4～5年程度の技術者で、当該業種に従事していない者でも十分理解できること。

(3) 記述事項の範囲は、アルゼンティン共和国の工業の現状に即したものとするため、我々が診断した工場でのプロセスに関する事項に限定し、基本的な事項や数値、省エネルギーのための手法等及び参考となる事例や実績を記載すること。

この報告を参考とし、今後INTI独自の工場診断等によって得られた情報も逐次組み込み、ガイドラインを充実されることを期待する。

2. 診断の手順

2. 診断の手順

(1) 工場診断の手順

工場調査の一般的な手順を次 Figure 2-1に示す。

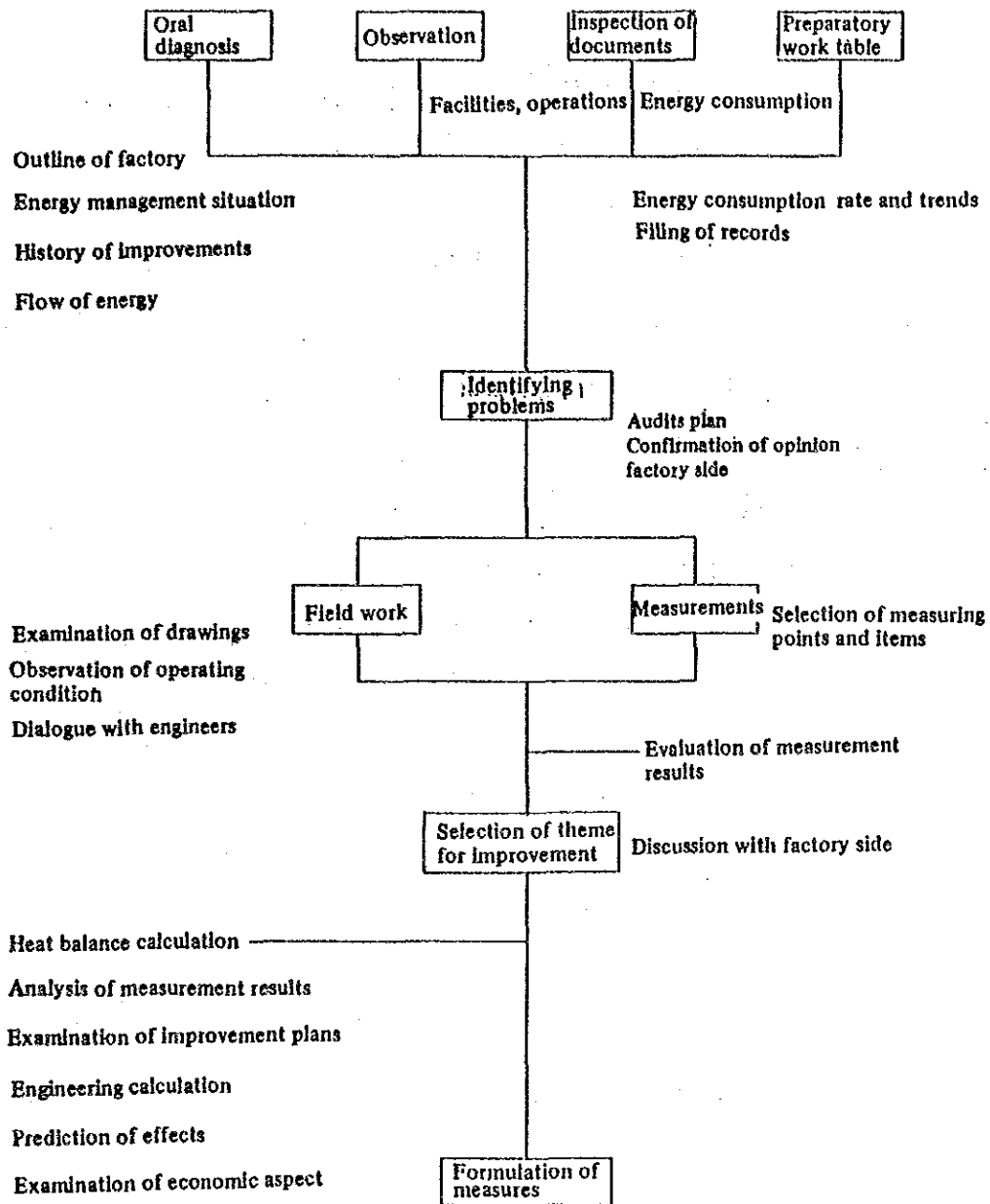


Figure 2-1

① 工場の概要把握

管理者の省エネルギーに対する理解と熱意、これまでの取り組み、工場側が問題と考えている点を把握する。

1. 工場概要（工場名、業種、資本金、売上額、従業員数、沿革、業界に置けるシェアと位置づけ等）
2. 過去4年間の主要製品の生産量推移
3. 過去4年間のエネルギー消費量推移
4. 主要製品の製造工程図
5. ボイラ等主要エネルギー消費設備の種類、能力、稼働状況
6. エネルギー流れ
7. 電気系統単線結線図、受電設備の状況
8. 工場配置図
9. 工場側が問題と考え調査を希望している点
10. 過去の省エネルギー対策実施項目
11. 今後の省エネルギー対策実施計画
12. 業界や当工場の景況ならびに省エネルギー対策の推進の阻害要因

② 診断計画の作成

- a. 工場側の説明を聞きながら工場の全般的な視察を行うとともに、予備調査表やエネルギー消費・生産記録の点検によって次の点の概要を把握する。

設備・操業上の問題点

診断の重点を置くべき箇所

工場の技術水準

設備の老朽度・保守の程度

稼働率の変動状況

エネルギー原単位水準及びその推移

- b. 診断計画を定める。

診断の重点を置く設備または工程

測定点、測定項目、測定時間

作業分担等

c. 診断計画を工場側に説明して了解を求め、併せて以下の協力を依頼する。

生産計画との調整

試料採取または計測器挿入用測定孔の準備

電源準備

③ 診断計画に基づき測定・調査を実施する。

計測器の選定と配置

計測器への設定条件入力

適正なデータが得られているかどうかの監視

測定結果の携帯式解析用演算器による概略解析

設備図面または実測による設備の詳細構造、寸法の調査

運転状態の観察による問題点把握

技術者からのヒヤリング

改善方策の経済効果を評価するのに必要な資料（エネルギー価格、資金コスト等）の調査

④ 測定結果の出揃った段階で、今後の解析作業を経て改善策を提案する項目を整理し、工場側に説明し、報告書を通じて改善策を提案する項目を確定する。

⑤ 改善案の検討

チェックリスト記入のデータ、測定記録紙、記録フロッピー、図面等を基に、熱収支計算、伝熱計算、流体輸送動力計算等熱管理、電気管理解析を行い、改修または設備付加による省エネルギー改善方策を検討し、最も当該工場の実状に適した案を作成する。

これとともに、改善に要する概算コストと期待成果を算出し、これを基に共通の指標、手法を用いて各改善方策の経済評価を行い、その実行可能性、優先度を明らかにする。

また改善方策実施に伴い生ずる影響について検討し、実施上留意すべき点を示す。

(2) 診断の着眼点

日本においては工場の事業主が技術的、経済的に可能な範囲でエネルギーの使用の合理化を図るに当たって判断の基準とすべき事項を通商産業省が公表している。

このなかでは省エネルギー技術を次の7つの項目に分類し、強制的な遵守事項で

はなく、誘導指標として何をどの程度実施すべきかの目安を示している。

- ・燃料の燃焼の合理化
- ・加熱及び冷却並びに伝熱の合理化
- ・放射、伝導等による熱の損失の防止
- ・廃熱の回収利用
- ・熱の動力等への変換の合理化
- ・抵抗等による電気の損失の防止
- ・電気の動力、熱等への変換の合理化

従って、省エネルギー診断に際してもよりどころとなり得るので、参考として日本の判断基準における定量的な指標および一部項目を追加してあるが合理化のための改善措置の例を以下に紹介する。

① 燃料の燃焼の合理化

空気比適正化

標準空気比

Table 2-1 Boiler (Load factor: 75 to 100%)

Amount of evaporation	Solid fuel	Liquid fuel	Gaseous fuel
Large boiler for electric company	1.2 - 1.3	1.05 - 1.1	1.05 - 1.1
30 tons/h or more	1.2 - 1.3	1.1 - 1.2	1.1 - 1.2
10 to 30 tons/h	-	1.2 - 1.3	1.2 - 1.3
< 10 tons/h	-	1.3	1.3

Table 2-2 Industrial Furnaces

(using liquid and gaseous fuels; 200,000 kcal/hour or more)

Continuous billet heating furnace	1.25
Metal melting furnace for casting, metal heating furnace, continuous heat treatment furnace, thermal decomposition furnace, reforming furnace, cement kiln, continuous glass furnace	1.3
Gas generating furnace, crude oil heating furnace, alumina kiln, lime kiln	1.4

バーナ選定	形式、容量、Turn Down Ratio 整備、Tip摩耗
霧化改善	燃料温度、粘度 Atomize 空気、スチーム量 油圧 分散剤、Emulsion
空気進入防止	炉圧制御 開口部減少、親子扉、シール強化 開放時間減少
空燃比制御改善	O ₂ 制御、CO制御 Cascade 制御 Cross Limit 制御
負荷安定	負荷配分改善、台数制御 Steam Accumulator
燃焼温度上昇	酸素富化燃焼 ガスアトマイズ 流動床燃焼
低温完全燃焼	触媒燃焼

② 加熱・冷却・伝熱の合理化

工業炉加熱

加熱温度適正化	作業標準設定
Heat Pattern改善	温度分布、昇温速度 炉内ガス流れ
負荷適正化	炉床負荷 複数設備への負荷配分 負荷平準化
材料装入法改良	
炉形状改善	
炉体・搬送具の熱容量減少	軽量化

火炎輝度向上	
直接加熱	直火式への改造
	液中燃焼
	直接通電
	遠赤外線加熱
	マイクロ波加熱
	誘導加熱
	誘電加熱
スチーム加熱	
スチーム圧の適正化	
空気抜き	
Direct Steam吹き込み法改善	
伝熱	
伝熱抵抗の減少	伝熱面への Scale、Sludge、霜付着防止
	ボイラ水質管理、薬注、フロー適正化
	凝縮膜、霜の排除
	掃除、Soot Blow、Filter 掃除
伝熱係数向上	気流高速化、噴流加熱、高速バーナ
	流動伝熱
	噴霧冷却
熱交換System	最適化
	増強
熱交換器	高熱伝導率材料採用
	伝熱管形状
	伝熱管配列
	伝熱面拡大、Fin Plate
	Buffer Plate、乱流促進体
運転	
Start、Stop 時間適正化	
	惰力運転

負荷の減少

冷暖房温度、換気回数適正化

前工程での保有熱活用

工程待ち時間短縮

空炉時間短縮、Lot 集約

蒸留塔還流比適正化、装入抜出段選定

プロセス

制御法改善

余裕代減少

自動化

熱の多段階利用

多重効用缶、蒸気再圧縮

蒸留塔段数増加

Plant Integration

工場間エネルギー融通

分離方式の変更

機械分離

膜分離

吸着

抽出、超臨界抽出

Layout変更

輸送距離短縮

交錯輸送回避

搬送距離短縮による空転時間短縮

反応条件緩和

触媒改良

薬品改良

Bio Reactor

製品規格変更

過剰品質防止

次工程での熱処理不要材

原料変更

Recycle

大型化

大電力化による時間短縮

連続化

高速化

工程省略

Hot Charge

高効率機器採用

③ 放射・伝導等による熱の損失の防止

Table 2-3 Standard Furnace Outer Surface Temperature
(Ambient temperature 20°C; except rotary furnaces)

Internal temperature	Outer ceiling surface	Outer wall surface
1,300	140	120
1,100	125	110
900	110	95
700	90	80

漏洩防止

点検、早期修理

スチームトラップ選定、整備

回転部分、継手部分シール強化

放熱部分の減少

配管経路の改善

不要配管の撤去

不使用配管の元弁閉止、盲入れ

保温・断熱

フランジ・弁部等保温強化

低熱伝導率断熱材使用

外被の放射率低下

カバー・蓋取り付け

保温部のMaintenance

バッチ炉断熱材の軽量化（かさ比重<1.3）

炉内ガス流出、放射損失防止

開口部縮小、閉鎖、扉取り付け

扉開放時間短縮

ボイラブロー量適正化

④ 廃熱の回収利用

標準廃ガス温度

Table 2-4 Boiler (Load ratio 100%; ambient temperature 20°C)

(Unit: °C)

Amount of evaporation	Solid fuel	Liquid fuel	Gaseous fuel
Large boiler for electric companies	145	145	110
30 tons/h or more	200	200	170
10 - 30 tons/h	-	200	170
< 10 tons/h	-	320	300

Table 2-5 Industrial Furnaces (Liquid fuel; air ratio 1.2; ambient temperature 20°C)

(Unit: °C)

Furnace outlet exhaust gas temperature	Exhaust gas temperature after waste heat recovery (°C); waste heat recovery ratio (%)		
	20 million kcal/h or more	5 to 20 million kcal/h	1 to 5 million kcal/h
500 (°C)	200 (20)	200 (20)	
600	290 (20)	290 (20)	
700	300 (30)	330 (25)	370 (20)
800	370 (30)	410 (25)	450 (20)
900	400 (35)	490 (25)	530 (20)
1,000	420 (40)	520 (30)	570 (25)
> 1,000	(40)	(30)	(25)

廃エネルギー

排ガス、排気

排水、排液

コンデンセート

高温固体 (赤熱コークス)

機械的エネルギー (水落差)

排圧力 (TRT、Fluid Coker)

副生ガス (転炉ガス)

LNG冷熱

自然エネルギー (太陽光、熱、外気温)

利用先

材料・原料加熱

燃焼用空気、給気加熱

手段

ボイラ給水予熱

燃料予熱 (油)

スチーム発生

動力発生、発電

空調

地域熱供給

冷凍

魚養殖

温室加熱

融雪

熱交換器、Heat Pipe、流動層

Heat Pump

熱媒体利用

廃熱ボイラ

減圧式回収ボイラ

タービン (有機溶媒、スチーム)

全熱交換器

⑤ 熱の動力等への変換の合理化

Energy効率向上

スチーム条件向上

Combined System

Cogeneration

スチーム減圧時の動力回収

Turbine、Nozzle 形状改善

復水器真空管理 (掃除、水温、漏洩)

発電所運用

変圧運転

補機台数制御、回転数制御

背圧、抽気条件最適化

Peak Shift (深夜、休日電力利用、蓄熱)

発電所運転合理化

直接発電

燃料電池

MHD

機関効率向上

スチームエジェクタ合理化

段数、スチーム圧適正化

真空ポンプへの転換

⑥ 抵抗等による電気の損失の防止

送電

高圧化

低温化

直流化

配線

配線長最小化

受変電設備、負荷の配置改善

配線経路改善

配線方式改善

配線径の選定

三相不平衡改善

変圧器

適正容量

負荷配分、稼働台数調整

結線法

不使用時切り放し

機器

接触抵抗減少

力率改善

進相コンデンサ設置、負荷連動ON-OFF

機器の負荷率適正化

同期発電機活用

運転

最大電力抑制

負荷平準化

Demand Control

回路電圧適正化

低損失機器採用

超電導

⑦ 電気の動力、熱等への変換の合理化

電動機

高効率型採用

適正容量

動力伝達

伝導装置改善

潤滑管理

ベルト（材質、弛度調整）

運転 空転防止、間欠運転

適正電圧維持

流体輸送

負荷軽減

流体低下（漏洩防止）

配管抵抗減少（配管経路合理化、掃除）

吸引温度低下

輸送方式変更

高効率機器、インペラ、可変翼

機器容量適正化

インペラカット

制御

回転数制御（VVVF、クラッチ、極数変換）

台数制御

エネルギー回収

回生制動

電気加熱

負荷低減

Hot Charge

炉装入法、入力法改善

接触抵抗減

高効率機器

周波数変換機効率化

直接加熱（直接通電、誘導加熱、誘電加熱、マイクロ波加熱、プラズマ加熱）

燃焼加熱方式との比較検討

空調

負荷減少

	建物形状、構造、方角、周囲環境
	外気侵入防止（自動扉、カーテン）
	換気量、回数適正化
	断熱
	発熱体分離、照明熱隔離
	局所冷暖房
	Zoning（場所別空調条件変更）
	遠赤外線暖房
送気	Filter掃除
	ダクト抵抗減少
	ファン回転数制御
	加湿ノズル大型化
制御改善	戻り水温度調節
運転管理	冷水塔水質管理
	熱交換器掃除
照明	
適正照度	
室内内装	壁の色
器具配置改善	
昼光利用	
不要灯消灯励行	
照明制御	
器具清掃	
ランプの適時交換	
高効率機器採用	ランプ、安定器
電気化学	
接触抵抗減少	
電圧引き下げ	過電圧引き下げ、電極改善
浴温、濃度、電極間距離調節	
その他	EP荷電間欠化

3. エネルギー管理

3. エネルギー管理

エネルギー消費のみでなく、生産性、品質などすべてに共通であるが、これらの効率水準向上を図ろうとすれば、まず第1には、目的に応じて適切でかつ良く整備された設備を用い、それを正しく取り扱うことが必要である。設備故障を減らし、製品歩留を上げることが、省エネルギーにとっても最も効果的なことである。また第2には、常に現在の設備、操業方法に改善の余地がないかを考え、調査や工場実験を繰り返して、より良い方向を追及していく姿勢が求められる。

従って、工場の従業員全体の心がまえや意欲が工場の成績を左右するといっても過言ではなく、それを引き出すような工場管理のレベルアップが極めて大きな意義を持っている。エネルギー管理とは、省エネルギーを達成するための組織的な努力であると定義される。

(1) 経営方針の明確化

エネルギー情勢に対する認識の深まりや工場の収益改善への要求から、工場の経営者や管理者の省エネルギーに対する関心は高まってきている。これを、単に経営者の願望にのみ止めず、全社的な活動としてスタートさせるためには、全従業員に対して、会社の方針として真剣に取り組むというトップの意思を明確に示さなければならない。具体的には、いつまでに、製品1当たりのエネルギー消費量を何%減らすという定量的な目標を示すとともに、年間の投資額の上限や、投資回収年限等の制限事項も明らかにする。

このように、トップが進むべき方向を明確に示すことによって、従業員は、自分がトップの望む方向の仕事をしているという確信を持つことができる。また、全員の気持が一つの方向を向いているため、相互の協力関係も円滑になる。

トップの目標は工場全体の包括的なものとして示されるから、各部門では、トップの目標を達成するために自分の責任範囲で対策をとりうる事項について、余り長期間を要しない、より具体的な、より細分化された目標を設定してその達成に努力するようにする。この目標は身近で、理解されやすい形で示されるため、末端従業員まで徹底し、協力を求めることが容易になる。

このような、各部門毎にブレイクダウンされた目標を設定するに当たっては、後述する委員会等において、全体目標の達成に整合するものであるかどうかを検討する。

(2) 推進のための組織整備

省エネルギーのように、いろいろな階層の多数の人が参加する運動においては、その核となって、全体の進行を図る役目をする人が必要である。工場の規模が小さいときは個人でよいが、大規模工場ではそのための職制を設ける場合もある。

いずれにしろ、この部署はトップのスタッフとして、常に省エネルギーの進展状況に注意し、遅れがある場合は、その原因を調べて促進を図る役目を果たすところである。

具体的には、エネルギー消費実績の把握、計画との対比、改善案件の募集とチェック、予算配分、工事の進行管理と実績評価、教育計画の立案、委員会のための準備などの業務を行う。

委員会は製造、販売、原料購入、設備整備、経理等、各部門の間での意思の疎通を図り、円滑に対策が実施されるよう調整を図るのに有効である。この場では、実施しようとする省エネルギー対策が各部門に与える影響を検討し、工場全体として収益を損なわないことの確認がなされなければならない。

委員会の長には、生産に責任と権限のある工場長又はそれに次ぐ人が就任することが大切で、そうでないと何事も決定できないし、実行もできないことになる。

ある省エネルギー対策が、仮に優れたアイデアに基づくものであっても、作業者が十分その意味を理解し、現実の作業に活用するのでなければ成果につながらない。このような場合、品質管理に効果のあるQCサークルを省エネルギーにも活用して、効果を挙げている例が多い。QCサークルは、職務における人間関係を改善し本質的に人間に備わっている自主性を活かし、積極的に働らく喜びを与えるものである。しかし、QCサークル活動が作業者にとっても良いものであり、必要なものであるという認識が得られるまでは、教育やインセンティブ等、活動をやりやすくする条件の整備を行う必要がある。エネルギー消費機器に常に接触し、操業条件の変化によって現れる現象を最も敏感に把握できるのは第1線の作業者である。その人のもつ情報を活用し、改善のアイデアを引き出すことができれば省エネルギーに対して極めて有効である。

(3) 科学的・組織的な活動

省エネルギーを進めるには、エネルギー消費の実態を正確に把握することが欠くからざる条件である。生産量に対する原単位の変化、装置による差、製品品種別の差、

原料による差等のデータがなければ、どこを攻めるかの計画を立てることができない。換言すれば、工場のデータの中にこそ、改善のヒントを考える種が無数に潜んでいるといっても過言でない。問題意識をもってデータを調べれば、この種を見付けることができるものである。従って、必要個所には計量器を設置し、その読みを記録し、定期的に整理して情報を読みとるようにする。この際、数理統計学による処理を行い、意味のある差かどうかを見誤らないよう注意しなければならない。

次に、改善計画を実施した場合は必ず結果をフォローしなければならない。デミング博士の提唱するPDCAのサークルに従って、業務の質を高める努力がなされるべきである。PDCAのサークルとは、Figure 3-1のようにあるテーマについて目的を決め、方法を決めるPlan、そのやり方を訓練し、実施させるDo、実施した結果を確認するCheck、その結果を評価して満足できる結果であれば標準化し、問題が残れば修正処置をとるActionから成るサークルであり、1つのステップが完了すれば、更にもう一段上の目標に向ってPDCAを回し始めるという仕事の進め方である。この方法は省エネルギーにのみ限らず、あらゆる面での仕事の質を高めるのに役立つ手法である。

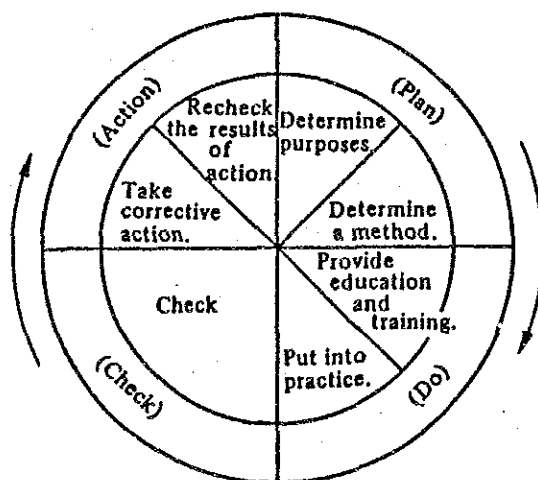


Figure 3-1 Deming Circle

Planに関する部分では、最初は目につきやすいような点も多いので、改善提案制度を積極的に活用すべきである。提案は個人、職場、QCサークル、スタッフのいずれが出してもよいようにし、出された提案は放置せず、速やかに委員会等で審査し、場合によっては一部アドバイスによって修正させるなどして出来るだけ取り上げるようにし、提案したことに対して褒美を与え、更に、実行して成果の上った場合はそれに

に対する表彰を行うようにし、省エネルギーに対する参加意識を高める。採用できない案の提案者に対しては、その理由を説明し指導を行う。

Doの段階では、改善の意図を末端までよく説明し、その方向に向かって努力するよう協力を求める。作業中の細かい異常についても報告させるようにし、キメ細かい調整ができるようにしておかないと失敗する恐れがある。

Checkは定期的に行い、委員会、上司に報告するとともに、作業者にも知らせ関心を深めさせる。この際、評価基準を最初から明確にしておくことが大切で、途中で軽々しく変更することは好ましくない。

改善案を実行した結果、成果が期待できる場合は作業標準に定めて歯止めするとともに必要な設備対策を施して、運転者に余分な負担がかからないように処置することが永続きさせるための条件である。

以上の結果、継続的に相当な成果を挙げることができた場合は、その過程をまとめて発表し、他の参考とするとともに関係者を表彰して、次の活動の動機付けとする。

(4) 教育、情報の提供

従業員が協力しようという意欲を持っていても、どうすればよいかの知識がないと改善は進み難い。問題点を指摘するのみでなく、改善策も提案できるようになれば一層参加意識も高まる。そのためには企業内教育が大切で、研修会、手引書配付などの方法がとられる。スタッフを外部研修に出しても、そこで得られた知識がそのスタッフのみに止まり、他のスタッフや一般作業者にまで普及しない場合が多い。外部研修を受けた者が、社内教育の講師となり伝達講習を行うようにすれば、全般の水準が向上するとともに、当人の知識も確実なものとする事ができる。

次に、同業他社、あるいは原料供給者や製品販売先との情報交換を活発にすることが望まれる。企業間で競争し合うことは当然必要なことであるが、ある範囲までの技術情報をギブ・アンド・テイクで交換し合うことは全体としてのレベルアップにつながり、国際競争力を強め、結果的に相互の利益につながることになる。例えば、原単位実績を公表することは競争の動機づけにも役立つ。アルゼンティン共和国の一部で実施されているINTIを中心にした共同研究は非常に良い制度であり、他企業への拡大を図ることが望ましい。

4. 食 品

4. 食品工業

4.1. 食品工業のエネルギー使用の特徴

食品は種類が多く、従ってその製造工程も多様であり、エネルギーの使われ方も数多くの変化がある。しかし一般的には次のような特徴がある。

- a. 加熱、冷却の反復が多い。
- b. 有機物を取り扱うためあまり高温を要せず、むしろ部分的な過熱を避けるため、熱源としてスチームが用いられることが多い。
- c. 衛生面から品質の保全を優先する必要があるため、排熱を利用する場合等において注意しなければならない事がある。

スチームの発生、使用については他業種にも関連するので、別章にまとめることとし、ここではジュース濃縮工場、缶詰工場で見られたプロセスを中心に、ガイドライン作成に参考となる事項をまとめた。

4.2 果実ジュースの濃縮工業

4.2.1 果実ジュース濃縮工業の概要

アルゼンティン共和国では多種類の果実が生産されているが、特に葡萄と林檎は生産量が多い。

林檎はRio Negro 流域のAlt Valle からValle inferior に至る東西 100km、南北 12 km の地帯が大生産地であり、年間 90 ～100 万 t 生産される、このうち、約50% はそのまま輸出し、約20%が国内で消費され、残りが加工される。ジュースは形状や寸法の点で規格外となった果実を原料とするので、加工量は作柄によって毎年変化する。1987年は特に多く、70万 t の林檎が粉碎されたが、1988年は35万 t 程度になりそうである。濃縮果実ジュースは主に北米向けに業務用として輸出されている。

おおむね、林檎40kgから1 gallonのジュースが得られるが、大量の水分を蒸発させるため、熱エネルギーを多く必要とする産業である。

4.2.2 製造工程

製造工程はFigure 4-1のとおりである。原料果実を破碎圧搾してジュースを分離し、香料抽出（香料抽出を実施しないでそのまま濃縮する場合もある）をした後、加熱殺菌する（予備濃縮を行う場合もある）。加熱により凝固するペクチンや澱粉質、その他の懸濁物を除去するために酵素処理や、遠心分離、ろ過等を行い固液分離後、効用缶で品質が安定する程度の Brix まで濃縮する。

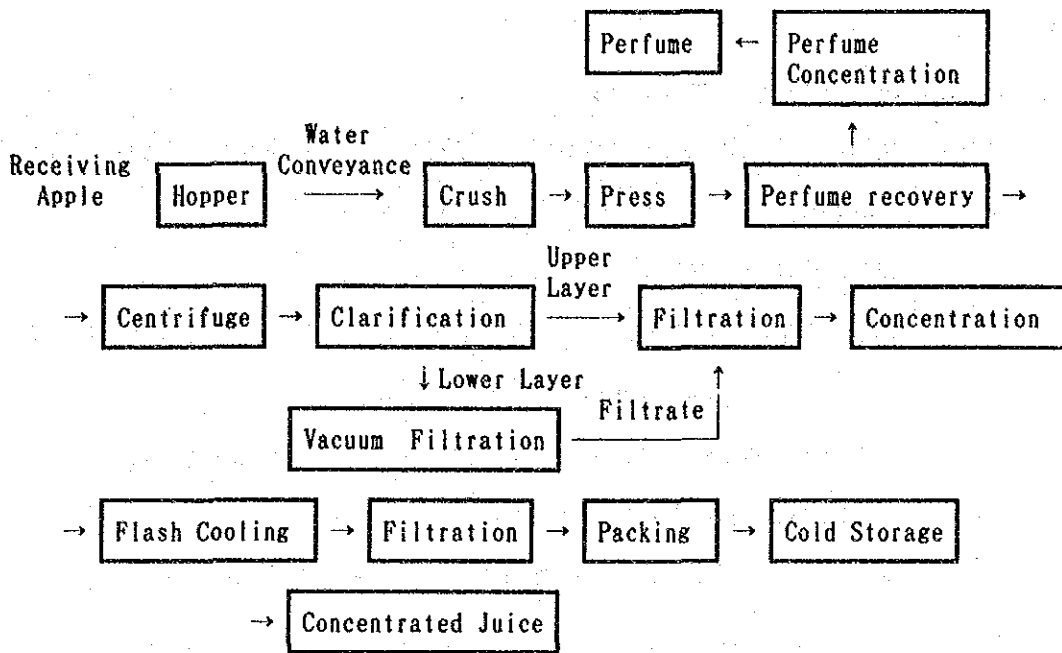
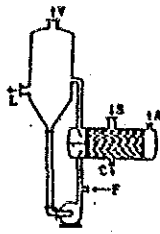
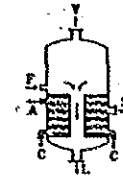


Figure 4-1 製造工程

圧搾にはBelt PressやScrew Press が用いられる。固液分離には沈降槽、各種の遠心分離機(Decanter Type、円筒型、Disk Type)、濾過器(Filter Press、Leaf Filter、Vacuum Filter、Ultra Filter) が組み合わされて用いられる。濃縮には、一部で 逆浸透膜分離装置 (RO) や冷凍分離装置も用いられているが、一般的には多重効用の加熱蒸発缶が用いられる。溶液加熱部には、Shell & Tube Type やPlate Typeの熱交換器を蒸発缶の外部に置く型 (Figure 4-2) と、蒸発缶のなかにCarandria として組み込んだり (Figure 4-3)、伝熱面の上を薄膜として溶液を流下させる型 (Figure 4-4) がある。Figure 4-2の型は伝熱部の取り替え、掃除が容易であり、Figure 4-3の型は中央の太い管 (ダウンテークという) を液が降下し、小管内を液が上昇しながら加熱されて自然循環するもので、最も広く使われている。Figure 4-4の型は溶液が加熱面上を薄膜状となって流下する間に蒸発するもので、高粘度で熱に敏感な溶液の濃縮に適している。蒸発装置用の真空装置としては、蒸気凝縮用にBarometric Condenser方式とSurface Condenser方式があり、Inert Gas抜き取り用にはSteam Ejector か真空ポンプが用いられる。



External heating forced circulation system



Vertical short tube system (inside tube: liquid) (standard type)

- A: Non-condensable gas outlet (vent)
- C: Condensate outlet (drain)
- F: Dilute liquor inlet
- L: Thick liquor
- S: Inlet of steam for heating
- V: Evaporated vapor outlet

Figure 4-3 Vertical Short Tube System

Figure 4-2 External Heating System

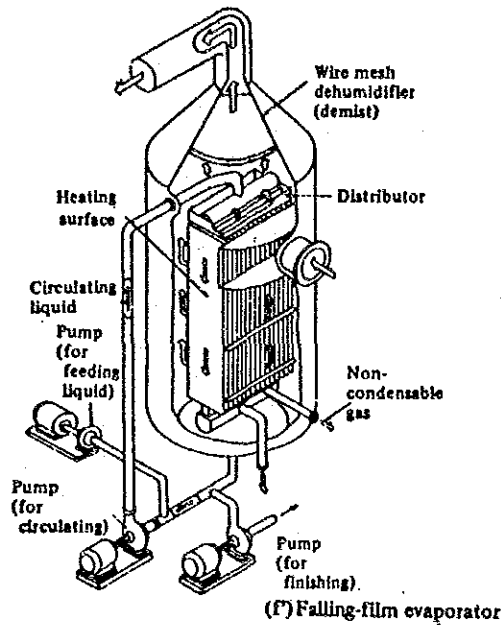


Figure 4-4 Falling-film Evaporator

4.2.3 蒸発装置におけるエネルギー使用の合理化

(1) 蒸発蒸気の潜熱利用

水溶液を濃縮する場合、例えば比熱が $1 \text{ kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ の水溶液 1 kg を 100°C まで加熱するには 100 kcal を要するのに対して、その水分を蒸発させるためには 539 kcal を要する。このように蒸発潜熱が大きい割合を占めるので、発生蒸気をそのまま凝縮させる事無く、その保有する蒸発潜熱を有効に利用することが肝要であり、Figure 4-5に示すようないくつかの方式がとられている。

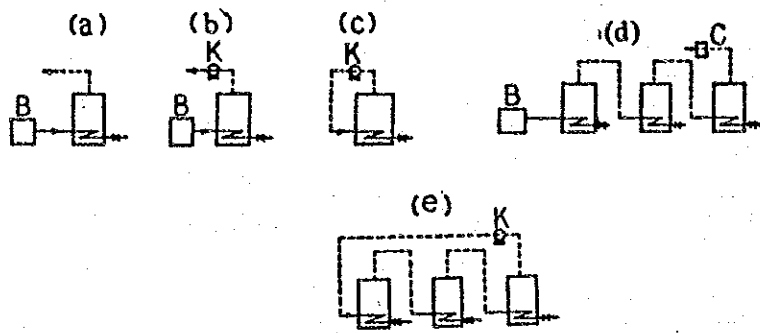


Figure 4-5 Classification of Evaporation Systems

a. 蒸気回収法

発生蒸気をそのまま他の加熱用に利用する(a)

蒸気を圧縮して温度を高めた後、他に利用する(b)

b. 蒸気再圧縮法

蒸発蒸気を圧縮して温度を高め、自己の加熱に利用する(c)

蒸気の圧縮は電動ブロワまたはスチームエゼクタによって行う。

c. 多重効用缶(d)

Figure 4-5 (d)において第二段以降の缶内圧力を、それぞれ前段の圧力よりも低くすることによって沸点を前段缶の発生蒸気の凝縮温度以下にすれば、前段の発生蒸気を次段缶の蒸発のために利用できる。

効用数(段数)が N の場合、加熱用蒸気量は理論上単一缶の場合の $1/N$ となり、 N が大きい程、熱経済上有利ではあるが実際には設備費、運転費とも N と共に増加するので経済的に最適な N の値が存在する。簡単にスチーム費が N に逆比例し、固定費が N に正比例すると仮定した場合、最適効用数 N_{opt} は次式で表わされる。

$$N_{opt} = \sqrt{P/K}$$

ここに、 $P = W_y \cdot C_s / F_e$

K は平均蒸気エコノミー (1 缶当たりのスチーム 1 kg 当たり発生する蒸発水量で 0.85 ~ 0.9)

W_y : 年間蒸発水量 (kg/y)

C_s : スチーム単価 (US\$/kg)

F_e : 蒸発缶についての固定費 (US\$/y)

d. ヒートポンプ利用法

蒸気再圧縮式の圧縮機の代わりに吸収式ヒートポンプを用い、蒸気の温度を高めて自己の加熱源とする。

e. 以上の方法の組み合わせ式

多重効用と蒸気再圧縮の併用法(e)

多重効用缶の最終段の発生蒸気、または第一段の発生蒸気の一部を加圧して第一段の加熱スチームに加える方法が取られる。

この他、発生蒸気の保有熱を原液の予熱に使う方法や、ボイラで発生するスチームをタービンに通して動力を回収した後、蒸発用の熱源とする方法がある。回収した動力は発電やコンプレッサ駆動に用いられる。

発生蒸気の熱を回収利用している次のような例がある。砂糖精製工場において結晶缶から発生する約 60℃の蒸気の熱を、結晶缶のペーパーパイプとバロメトリックコンデンサーの中間に設けた熱交換器により回収し、18~24℃程度の上水から53℃程度の温水をつくり、結晶缶への差水や、分離工程の洗浄用に使用している。原料糖溶解量1,000 t/dのこの工場では約 1,430t/d の温水を使用し、そのうち結晶缶用の差水は 430 t/d程度であるが、排熱回収により 470 t/d程度の温水が得られたので、これで充分まかなうことが出来た。設備投資額 18,000,000 円に対し、温水として回収した熱量を重油に換算すると、500 kl/y (削減率 1.5%)、節約額 (@30円/lとして) 15,000,000円/yとなり、投資は 1.2年で回収可能であった。また、この熱交換器はサーフェスコンデンサーと同様の機能を有することとなり、真空装置の性能向上にもつながる。

(2) 蒸発負荷の軽減

蒸発濃縮に必要なエネルギーの大部分は蒸発する溶媒の持ち去る潜熱である。従って、果物ジュース等の濃縮の場合、蒸発工程以前に原料への水の混入を極力避け、蒸発負荷の増加を防ぐよう注意しなければならない。

ある砂糖精製工場における結晶缶における例を上げると次の通りである。結晶工程では母液の過飽和度をコントロールしながら糖液を補給しつつ蒸発させるが、その過程で良い結晶の砂糖を作るためには偽晶 (ホースグレン) が発生しないようにする必要がある。偽晶が発生した場合は、それを消すために差水 (温水の注入) をしなければならないが、それだけ余分な蒸発エネルギーを必要とすることになる。このため、差

水を実施しなくても良いようにするため、育晶段階を 10 数ステップに分けて工程解析し、最も良い条件をマイクロコンピュータに記憶させ、シーケンス制御するようにした結果、4.6%の燃料を節減できたとのことである。

(3) スケールの影響

加熱管壁が最も高温になるので、溶液中にスケールとなる塩類等が存在すると、伝熱面にスケールが析出し、伝熱抵抗となったり閉塞したりするので、スケール生成成分を予め取り除くとともに、時間を定めて洗浄しなければならない。

(4) 蒸気加熱室の空気バージ

加熱蒸気中や溶液中に空気、その他の不活性ガスが含まれている場合には、加熱室にガスが蓄積し、伝熱が阻害され、蒸気分圧低下によって加熱温度が低下する。これを防止する対策として空気抜弁を加熱室に設け、定期的にやや過剰気味にガス抜き操作を行う。理論的には、放出ガスの温度が蒸気室の温度に到達するまで、放出を続けるのが良いとされている。

空気放出弁の取り付け場所は蒸気入口と正反対側で、蒸気の流れる方向に付けるのが望ましい。

(5) スチームエゼクタコンデンサ冷却水

蒸発缶内の圧力維持と空気などの非凝縮ガスの抜き取りを目的としてスチームエゼクタが多く使用されている。駆動スチームの凝縮は通常バロメトリックコンデンサで行われているが、このコンデンサに使用される冷却水の温度が駆動スチームの量とかかわりを持っている。すなわち、水温が低いほどスチーム量が少なくてすみ、またスチーム圧力も低くて良い。

例えば、バロメトリックコンデンサの水温が 41 °C のとき、スチーム圧力 15 kg/cm² を要したものが、温度 35 °C に下がると 10.6 kg/cm² で良いことになる。

バロメトリックコンデンサの水温に対応する飽和水蒸気圧を P_{t1} 、 P_{t2} 、エゼクタ駆動蒸気圧を P_1 、 P_2 とすれば

$$\frac{P_1 + 1.033}{P_2 + 1.033} = \frac{P_{t1}}{P_{t2}}$$

(単位) P_{t1} 、 P_{t2} : Torr

P_1 、 P_2 : kg/cm²

(6) スチームエゼクタのノズルの保守管理

スチームエゼクタのノズルが摩耗によって口径が大きくなると（設計値の 10 % 以上）脈動が発生する。従って、最低 2 年間に 1 回はバロメトリックコンデンサやスチームエゼクタの解体整備が必要である。スチームエゼクタの設計条件と比較して、ノズルの摩耗が 5 % 以上になれば部品を交換する法が良い。また、作業開始時に所定の真空度に到達するまでの時間を測って、標準時の値と比較すれば、ノズルの劣化や空気の漏れ込みを早期に見付けることができる。

(7) スチームエゼクタ・水エゼクタと湿式真空ポンプの比較

最終蒸発缶の蒸発温度が 45 °C 程度であれば、スチームエゼクタを水エゼクタへの変更が可能であるが、この場合の熱エネルギー必要量は 1/5 に低下する。

また、湿式真空ポンプとスチームエゼクタを比較すると、消費するエネルギーは 1/3 程度となる。経済性は燃料と電気の価格差によって左右される。

(8) コンデンセート回収

第一効用缶ではボイラーの発生スチームが使用されているので、液漏洩のない熱交換器の場合コンデンセートを回収してボイラ給水等に利用することができる。第二、第三効用缶以後の熱源は、前段の発生蒸気であるのでジュース液のキャリオーバーが考えられ、また、各効用缶の加熱部がプレート式の場合は、パッキング部におけるジュース液のリークの可能性があり、そのコンデンセートの用途は水質に厳しい要求のない場所に限られる。

(9) 保温

多重効用缶の場合、第一効用缶の熱源としてはスチームが使用されており、運転温度が高いので保温したほうが良い。第二、第三効用缶と段数が増すに従って蒸発温度は低下するが、表面温度が 70 °C 程度以上であれば保温した方が有利である。

(10) 膜分離

近年膜性能の向上に伴い、省エネルギー性ならびに品質面から膜分離が注目されている。ジュース製造には UF (Ultra Filter) による高分子不純物除去、清澄化、RO (Reverse Osmosis 逆浸透) による濃縮に取り入れられつつある。

UF による清澄化では酵素処理時の加温による品質低下や濾過材の後処理の問題がなく、未分解ペクチンがないため長期保存に耐える利点がある。

RO による濃縮では Vitamine C、アミノ酸、香気成分の損失が少ないが、濃縮度に限

界があり、Brix 25 程度までにとどまっている。

注意すべき点は、原料果実の種類と製品の要求品位に応じた分離性能であって、かつ装置内の液滞留部の殺菌のため耐熱性または耐薬品性のある膜を選定し、効果的な洗浄法を確立しなければならないことである。

酢酸セルローズRO膜の管状モジュールを用い、Brix 25 まで林檎ジュースを濃縮している例が報告されている。機器配管の洗浄は水洗と75°C 苛性ソーダにより、モジュール部はスポンジボール洗浄後、薬液および温水によって洗浄している。

4.3 缶詰工業(まぐろ、かつお、さば、たら、いわし)

4.3.1 缶詰工業の概要

アルゼンティン共和国は豊かな漁業資源に恵まれているが、食生活では1人あたりの魚消費は肉の1/10以下に過ぎない。缶詰の需要も1978年の急減以降はかばかしい回復を示していない。

缶詰原料である魚については、国内産の魚の水揚げは夏季に限られ、残りの半年は輸入魚に頼っている。原料、缶、人件費のコスト高のため輸出は困難な状況にある。

蒸煮、殺菌のため熱エネルギーを多く使う産業であるが、ボイラー用燃料は重油から天然ガスへの転換が推進されている。

4.3.2 製造工程

製造工程は Figure 4-6 のとおりである。

原料魚は生の場合と冷凍の場合がある。生の場合はすぐに洗浄工程に入り、冷凍魚の場合は解凍工程を経る。解凍は、いわし等の小型魚は自然解凍によるが、大型魚の場合は流水解凍または、解凍槽中での水浸漬による解凍が行われる。日本においては、冷凍魚1tを解凍するのに要する水量は約3.5tが目安とされている。

洗浄方法はタンク内流水洗浄とシャワ洗浄とがあり、水量は魚1t当たり1t必要とされている。

まぐろ、かつおのような大型魚は解体後、鉄製のネットケースの中に魚を並べたのち台車に積載し、クッカに入れて直接蒸気を吹き込んで蒸煮する。クッカは円筒または角型横置き式や、円筒のたて型式の内圧容器が一般的である。蒸煮温度は100~105°C程度、蒸煮時間は1.5~2.5時間程度である。スチーム圧は一般的に1kg/cm²程度で使用するが多いが、2~3kg/cm²のスチーム圧を使用して蒸煮時間を短縮して

いる例もある。ドレンは汚染されているので殆どの場合、回収しないで廃棄される。

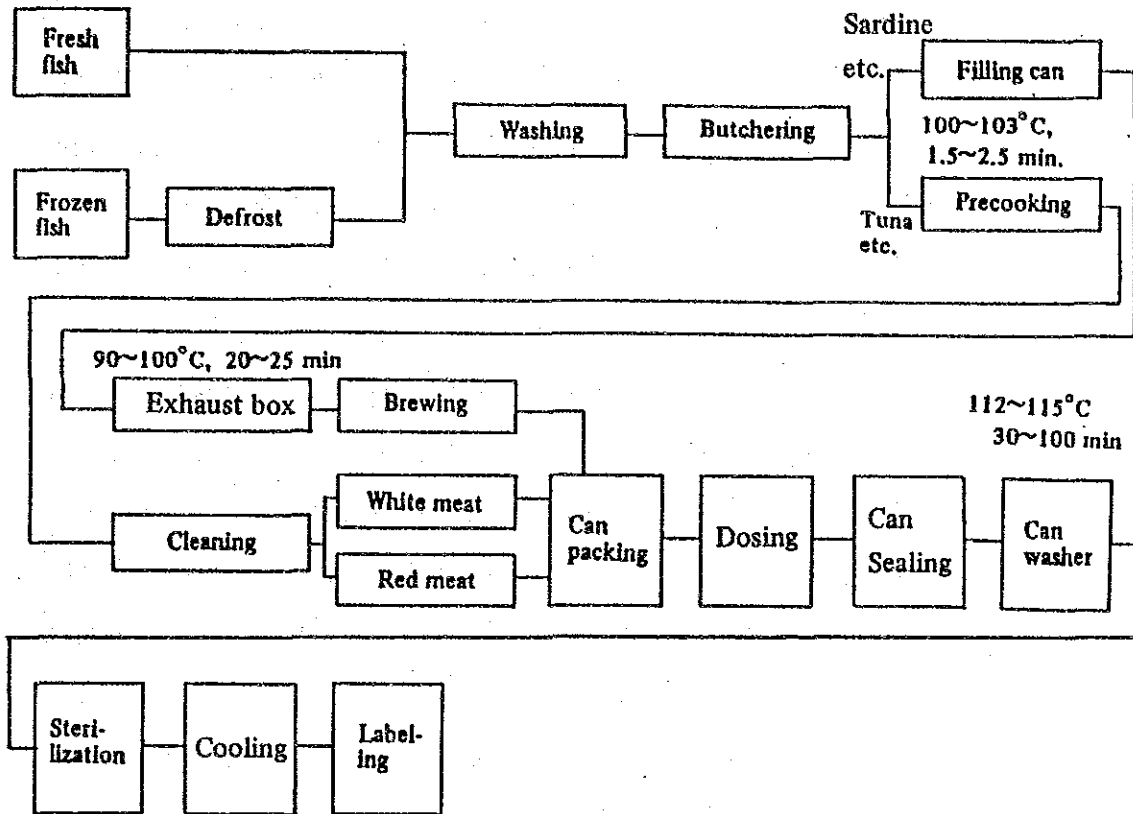


Figure 4-6

いわし等の小型魚を大量に蒸煮処理する場合には、連続クッカーが使用される。連続クッカーは台形トンネル式の両サイド開放型スチーム加熱器であり、通過時間は約30～40分間、処理能力は約300kg/h～500kg/hのものが多い。使用スチームは1kg/cm²以下の圧力でトンネル内のネットコンベヤー下部の数箇所から噴射されるが、排気ダクトへの排気損失が発生しやすいこと、装置が大型で本体の昇温に必要な熱量が大きいこと、表面積が大きく放熱量が多くなる等の問題を生じ易い。

蒸煮完了後放冷し、骨を外し、皮をのぞき、白肉と赤肉に分ける。赤肉と白肉はそれぞれのコンベアに乗せて缶に肉詰めし、オイルと食塩を添加して巻締機で密封する。食塩の添加量は内容魚肉の約5%、オイルは約20%程度である。一般的に巻き締めは、真空巻締機によるのが普通であるが、巻締工程前にオイルを85℃程度に加熱して添加し、巻き締め後に自然放冷することにより真空にする場合もある。

密封完了した缶の表面には肉片や油が付着している。これらの表面付着物は、商品

価値を損なうとともに熱伝導率が低く伝熱を妨げるので、アルカリ洗剤、消泡剤を用い、約 80 ℃の温水で洗浄する。

加熱殺菌は洗浄済みの缶詰を台車に積載してオートクレーブに入れ、直接スチームを吹き込んで行う。オートクレーブもクッカと同様、円筒や角型横置き、または円筒縦型の内圧容器が一般的である。加熱温度は 110℃～120℃程度で、加熱時間は缶の寸法や種類によって異なるが、一般的には 60～90分間程度である。スチーム圧は一般的に 1～1.5 kg/cm² 程度で使用するケースが多いが、3 kg/cm² 程度のスチーム圧を使用して殺菌時間を短縮している例もある。

クッカの場合も、殺菌器の場合も直接スチームを吹き込みながら、同時に内部空気を追出し、完全に空気を抜き去った時点で所定の加熱温度になるように調整する。これをカムアップという。一般にカムアップには15～20分を要する。特に殺菌の場合、缶内容物に付着する細菌はもとより、耐熱性がある細菌の芽胞まで死滅させる必要がある。缶のまわりに熱伝導率の低い空気が残っていると、必要温度に達せず、殺菌不良の製品を作ることになる。品質の確保に十分注意しながら、オートクレーブ内の隅々まで一様に、しかも短い時間で所定の温度に到達させることは、殺菌工程サイクル短縮とともに省エネルギー対策上の重要な課題である。

また、ドレンは回収しないで廃棄されている例が多いが、回収する方向に進んでいる。オートクレーブの保温およびドレンの熱回収もエネルギー有効活用における重要な要因である。

缶詰工場の排水処理施設は電力の消費量が多く、環境への影響のみでなく省エネルギーの面からもおろそかにはできない。用水量の節減を図るとともに、用水を再循環利用して新水使用量を減らし、排水処理施設の負荷を軽減することも忘れてはならない。

冷凍冷蔵庫の設備があれば、原料を貯蔵することにより製造スケジュールの調整が容易となり、工場の生産能率アップを図れる。冷凍機の効率的運転方法の確立と保冷が必要である。

魚類の缶詰工場におけるエネルギーは Table 4-1のような形で用いられる。

蒸気の大部分はクッキングと殺菌用に使用される。蒸気発生用ボイラに使用される燃料は重油から天然ガスへの転換が推進されている。

Table 4-1

Purpose	Equipment	Energy source
Cooking	Cooker	Steam
	Exhaust box	Steam
Seasoning mix	Rice boiler	Steam
Sterilization	Autoclave	Steam
Degassing	Seamer	Steam & Electric power (vacuum pump)
Sealing	Seamer	Electric power
Refrigeration	Refrigerator	Electric power
Air compression	Compressor	Electric power
Waste water treatment	Lagoon pump	Electric power

Table 4-2 に日本のエネルギー原単位の調査結果を示す。燃料原単位は、まぐろ、かつおの方がいわしなどの場合より、高い値を示している。

電力原単位は、排水処理と冷蔵を行う場合は多くなる。また、用水量が多いと電力原単位を悪化させる一因となる。

Table 4-2 Energy consumption rate of marine products plant in Japan

Item	Output t	Fuel consumption rate (fuel oil)		Electric power consumption rate		Water consumption rate		Total energy Kcal/kg of product	Remarks
		Kl/t of product	Kl/t of raw material	Kwh/t of product	Kwh/ of raw material	m ³ /t of product	m ³ /t of raw material		
Tuna, Bonito (Oil soaking, Boiling in water)	~ 500	0.010	0.180	78	128	20	32	1,151	Tuna
	1,000~2,000	0.075	0.062	94	77	13	10	823	Bonito
	2,000~3,000	0.086	0.069	174	121	190	132	1,002	Bonito
	"	0.075	0.050	94	63	13	8.4	572	Tuna
	"	0.128	0.106	47	43	-	-	1,311	Tuna, Bonito
	4,000~6,000	0.046	0.050	73	81	-	-	513	" "
	"	0.071	0.070	80	79	18	17	780	" "
	"	0.155	0.105	217	156	39	33	1,637	" "
	"	0.052	0.053	74	74	-	-	513	Tuna
	8,000~11,000	0.065	0.050	65	50	41	32	700	Tuna
		0.056	0.040	115	83	41	30	651	Tuna
Average	0.074	0.076	101	89	47	35	878		
Range	0.010~ 0.155	0.040~ 0.106	47~ 217	43~ 156	13~ 190	8.4~ 132	513~ 1,627		
Sardine, Mackerel, (Boiling in water, Boiling with tomato)	1,000~2,000	0.055	0.047	62	52	7.7	6.5	601	Mackerel
	"	0.051	0.015	99	29	14	4.2	595	Sardine
	2,000~3,000	0.052	0.044	100	84	15	6.5	600	Mackerel
	6,000~7,000	0.028	-	24	-	5.7	-	306	"
	"	0.080	0.060	82	63	14	11	843	Mackerel, Sardine, Bonito
	10,000~14,000	0.130	0.117	159	174	0.8	0.7	1,423	Mackerel Sardine
	"	0.052	0.048	99	24	14	9.9	521	Mackerel
	Average	0.064	0.055	89	71	10.2	6.5	699	
Range	0.028~ 0.130	0.015~ 0.117	24~ 159	29~ 174	0.8~ 1.4	0.7~ 11	306~ 1,424		

4.3.3 エネルギー使用の合理化

(1) スチーム圧力

調査したアルゼンティン共和国水産缶詰工場のスチーム使用の実態はほぼ Table 4-3 のとおりである。

Table 4-3 Steaming Condition in Main Producing Processes

Item	Internal Temperature °C	Internal Pressure kg/cm ² °C	Retention Time min	Supply Steam Pressure kg/cm ² G
Cooker	100 ~ 105	1 ~ 1.5	120 ~ 150	5 ~ 8
	110 ~ 120	1 ~ 3.0	60 ~ 120	5 ~ 8

ボイラの発生蒸気の90%がクッカと殺菌器で消費されているが、その必要温度は100~120℃であり、それほど高温を必要としていない。殺菌温度120℃が必要なときは、使用蒸気圧力は2.0 kg/cm² Gでよいはずである。

過大な圧力の蒸気を用いることは、容器や配管からの放熱を増加させることになる。配管径に余裕があれば、ボイラでの発生圧力を下げることにより放熱やブロー損失の減少を図ることができる。

ただし、日本の缶詰業界での実績によれば、スチーム圧力の高い方がカムアップ時間が短くなり、殺菌器の稼働率も上る結果が得られている。生産の状況、設備の状況に応じて全体として、エネルギー効率が最大になる点を見出すようにすべきである。

(2) 空気抜き

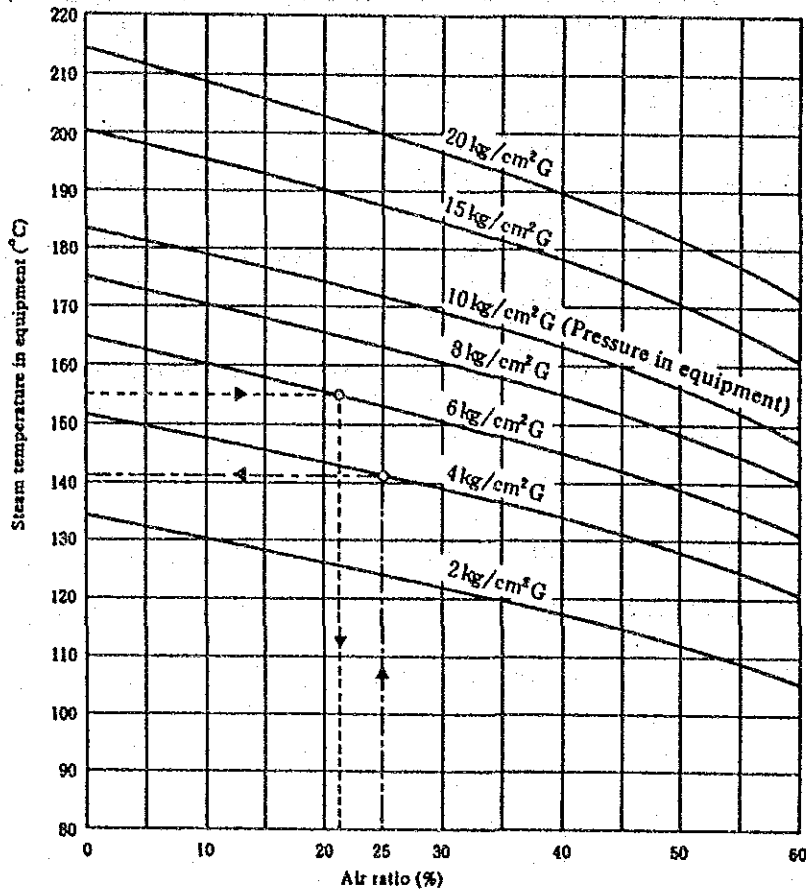
圧力釜でスチームを使って製品の加工や処理をする場合、装置内にある空気を完全に抜かないとスチーム圧力が低下したのと同様な状態になり、必要温度に達せず熱処理が不完全になる。食品の殺菌のためには、特に空気の完全除去が重要である。

殺菌器のスチーム加熱においては、このような障害を避けるため過剰な排気を行ってトラブルの防止を図っている例が多い。殺菌器における省エネルギーを積極的に推進するためにも、空気がどのように干渉しているかを正確に知っておくことが必要である。

a. 空気のもたらす悪影響

密閉容器内に注入されたスチームは、内部空気と混合して混合気体になる。この混合気体の温度は、ダルトンの分圧の法則により純粋なスチームの温度より低くなる。例をあげて説明すると、絶対圧力 2.4 kg/cm²の飽和スチームが充満するオートクレーブの温度は 125℃である。このオートクレーブ内に混合比（容量）3:1 のスチームと空気の混合気体があるとすると、蒸気分圧は 0.75 × 2.4 kg/cm²で絶対圧力は 1.8kg/cm²になる。絶対圧 1.8 kg/cm² のスチームの飽和温度は 116℃なので、オートクレー

ープ内の温度は圧力計の示す $1.4 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ に相当する温度よりも実際は 9°C だけ低くなっており、正しい処理が行われていないことになる。空気混合比と内部スチーム温度の関係はFigure 4-7に示すとおりである。



How to use the graph

When the air ratio is 25% in the gage pressure of $4 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$, draw perpendicularly a line from the point of 25% in the air ratio, get an intersection of the curve of $4 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$, draw horizontally a line in a left direction from the intersection and obtain a steam temperature. The temperature is 141°C but the steam pressure is 2.75 kg/cm^2 in the steam chart. When the temperature in an equipment is 155°C and the pressure is $6 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$, the air ratio is 21%.

Figure 4-7 Temperature change chart due to air pressure in steam equipment

またオートクレーブ内の空気の一部は、缶表面を毛布でくるむような薄膜となって残り、熱の流れを阻害する。これはオートクレーブ内の圧力をあげたり、加熱時間を長くしただけで解決できるものではない。

b. スチームの通し方

缶詰殺菌のオートクレーブ内では、スチームと空気の自由な流れを阻害するように缶がっており、乱流になりやすいのでスチームの通気はできるだけ遅い速度で、かつオートクレーブの幅と長さ全体にわたって、できるだけ均等に拡がるようにしなければならない。

スチームをオートクレーブの上部から注入するか、下部から注入するかは、議論を呼ぶ所である。理論的には、空気の方がスチームより比重が重いので下部に停滞し、かつ空気の温度も低いわけだから、スチームをオートクレーブ下部から注入することは、不合理なことである。

この影響を調べるための実験が Figure 4-8 の装置で行われた。上部にスチーム散気管を 2本設け、スチーム圧力 4 kg/cm²、115℃で60分間自動バルブによる操作を行った。従来の下部からスチームを注入する方法と比べて蒸気使用量は、

スチーム散気管 1 本の場合	97.3%
2 本の場合	93.2%

になり、確かにスチーム使用量を低減することができることがわかった。

オートクレーブ内部への缶の詰め方によっても条件が異なり、スチームの流れも複雑であるが、いろいろな方法を試してみても改善する余地は残されている。

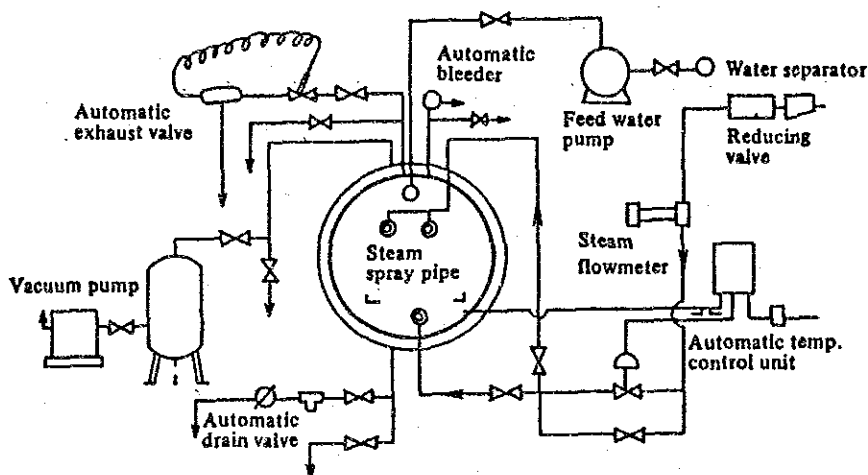


Fig. 4-8

下部から通気して上部からエア抜きをする場合は、オートクレーブ底部のスチーム供給パイプはスチームの供給が不均一にならず、しかも適当な速度を保つように、2" φ程度のパイプを 2本並列にし、このパイプに取り付けるスチーム噴射穴もスチームが乱流を起こさず、静かに空気を上部に追いやるため、水平線から少し下向きに開け、噴射穴の径は 3 mm φ程度にするのが良いようである。この場合、オートクレーブ上部の空気抜き用の排気孔は、器内の空気の流れを層流にするために最低2カ所、できれば 3カ所位が必要である。長胴のオートクレーブでは、それに応じて空気抜き

用の排気孔を多く必要とする。

これらの考え方は、実践的な経験の積み重ねによるものであるが、実際に改善対策を実施するに当たっては、スチームの出方などを十分観察し、生産性、品質、省エネルギーに総合的に適合したものを取り付けるようにされたい。

c. 空気抜きの自動化

空気抜きは、手動式排気コックをこまめに操作している所が多い。始動時は問題ないが、空気がすべて抜け切ったかどうかを判断することは難しい。早く閉じすぎると空気が残って品質に影響を及ぼすので、これを恐れて空気抜きは過剰になり勝ちで、スチームの損失が多くなる。

このため、空気混入の有無を的確につかみ、コントロールする温度感知型の自動空気抜き装置を使用すると、次のように多くの面で効果が期待できる。

① スチームの使用量を節減できる。

排気中の空気とスチームの混合状態を感知でき、空気が抜けきった所を見はからって閉止するので、スチームの無駄使いがなくなる。

② 排気の時間が短縮されるとカムアップ時間も短縮でき、オートクレーブの稼働率がよくなる。

③ エア障害による不良率を激減できる。

自動空気抜き装置を取り付けるに当たっては、オートクレーブの場合は特に精度のよい容量の大きめのものを選択した方がよい。クッカの場合は、0～100℃の温度で100～120分のクッキングであり、魚体対象のこともあって、殺菌器ほど気を使わなくてもよいが、小型の自動空気抜き弁を取り付けることは、スチームの節約に効果がある。

わずかの不良品も食料品ということで企業の信用にかかわるので、ミスは絶対に許されない。省エネルギー対策としてのみでなく、この点でも自動化の意義がある。

Figure 4-8の設備で自動化の実験も行われた。温度指示記録計を内部状況判断用に設置し、排気・空気抜き・ドレン抜きからの排出スチームは、それぞれ凝縮して採取し、その排出量を求めている。Table 4-4 にその実験結果を示す。自動化することにより、明らかにスチームの使用量は減り、その節減率は約10%以上であることがわかる。

Table 4-4 Discharge steam and drain due to the differences of cooking initial temperature and automatic and manual operation

Initial temp.	Control valve Process	Exhaust gas		Air vent		Drain		Typical value	
		Automatic (kg)	Manual (kg)	Automatic (kg)	Manual (kg)	Automatic (Trap) (kg)	Manual (Valve) (kg)	Automatic	Manual
115°C 60 min. Initial temp. 20°C	Come-up process	3.07~ 4.92	2.26~ 2.49	0.02~ 0.06	0.19~ 0.95	74.97~ 96.5	80.00~ 88.08	123 kg	137 kg
	Sterilization process	0.75~ 3.08	0	0.05~ 0.90	2.54~ 12.34	18.20~ 42.7	34.32~ 49.50		
115°C 60 min. Initial temp. 30~ 40°C	Come-up process	2.39~ 4.38	2.07~ 3.14	0.02~ 0.06	0.18~ 0.82	54.9~ 72.95	67.59~ 75.03	104 kg	121 kg
	Sterilization process	0.65~ 1.98	0	0.07~ 0.1	2.53~ 12.25	22.18~ 48.15	32.42~ 46.57		
Equipment		Thermostat 1", Temp. control range 93~ 127°C	1 1/2"	Temp. sen- sitive sys- tem, bellows type 1/2"	1/8"	Float type steam trap 1"	1/2"	227	258
								$\frac{258 - 227}{258} \times 100 = 11.2\%$	

(3) オートクレーブの初温

前述の日本における自動化実験結果によると、オートクレーブの温度を 30 ~ 40°C からスタートした時は、10 ~ 20°C からスタートした場合に比べて燃料消費が約 15 % 節減できている (Table 4-4 参照)。

殺菌後の缶詰の冷却を、オートクレーブ内に水を張って行う場合があるが、缶体そのものを冷やしてしまう欠点がある。必要冷却温度以下に下げることのないよう注意が必要である。

(4) オートクレーブの保温

オートクレーブを保温することは最も直接的な省エネルギー対策である。実験例によると、厚さ 50 mm のロックウールでオートクレーブの表面を保温した場合、スチーム消費は保温のない場合の約 88 % に減り、カムアップタイムも短縮できている。測定結果と計算結果は Table 4-5 の通りである。

Table 4-5 Results of measurement of retort surface temp. and calculation of heat radiation

Sterilization temp. (°C)	Heat insulation	Retort surface temp. (°C)	Heat radiation from retort surface (Kcal/m ² ·h)		
			Radiation Q _r	Convection Q _c	Total
113	No	107	263.1	584.6	847.7
113	Yes	28	36.9	29.6	66.5
115	No	109	271.7	601.4	873.1
115	Yes	29	41.9	34.3	76.2
120	No	113	289.5	635.4	924.9
120	Yes	30	46.6	39.1	85.7

Note 1) Room temp.: 20°C

2) ε: Radiation coefficient of no insulation (Painted with aluminium paint): 0.40
 Radiation coefficient of insulation with glass wool: 0.90
 Thickness of insulation: 50 mm

高温装置からの放熱は放射と対流により行われる。放射による単位面積、単位時間当たりの放熱量 (Q_r)は、次式から求められる。

$$Q_r = 4.88 \varepsilon \left\{ \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right\} \quad (\text{kcal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h}))$$

T₁ : 装置表面の絶対温度 (°K)

T₂ : 室温の絶対温度 (°K)

ε : 装置表面の放射率

また、対流による単位面積、単位時間当たりの放熱量 (Q_c) は次式により求める。

$$Q_c = h_c (T_1 - T_2) \quad (\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}))$$

h_c : 熱伝達率

垂直面の場合 $h_c = 2.2 (T_1 - T_2)^{0.25}$

水平上向面の場合 $h_c = 2.8 (T_1 - T_2)^{0.25}$

水平下向面の場合 $h_c = 1.5 (T_1 - T_2)^{0.25}$

(5) オートクレーブのスチーム加熱と熱水加熱

日本国や米国の場合は蒸気加熱式が多い。それは温度が高いほど処理時間が短くてすむという、生産性重視の考え方によると思われる。一方、欧州の殺菌方式は液加熱方式が多い。バルブ操作の自動制御が容易であり、空気障害防除もスチーム加熱のと

きより容易であるから、殺菌ミスの発生が少ない。更に、熱水の熱を繰り返し使用することもできる。

スチーム加熱と熱水加熱はそれぞれ一長一短があるが、殺菌効率や品質にエネルギー消費の点も含めて比較検討することが望ましい。

(6) 冷凍電力の節減

a. 冷凍機運転の効率化

冷凍機の電力消費を増加させないため注意すべき点は、以下のようである。

① コンデンサー伝熱面の汚れをなくする。

冷却水水質に注意し、伝熱面を定期的に清掃する。

② 冷却水量の低下を防ぐ。

ストレーナ、ノズルの詰まりを防ぐため、定期的に清掃する。

③ 冷却水温度を維持する。

冷水塔、充填物を定期的に点検し、水の分布が正常になるよう整備する。

④ 不凝縮ガスの混入を防ぐ。

バキューム運転・オーバホールのときに混入し易いので注意する。

⑤ 冷却器の効率低下防止

霜付き、冷風のショートパスに注意する。

⑥ 必要な冷却器の伝熱面積を確保する。

⑦ 冷凍機容量を過大にならないようにする。

⑧ 冷媒系統ストレーナの掃除を励行する。

冷凍機吸込ストレーナ、自動弁保護ストレーナ等の詰まりを除く。

⑨ 冷媒配管系統の管径を適切なものにする。

増設した際、冷媒配管はそのままだとあり、十分冷媒が流れていないことがある。

⑩ 冷媒の量は十分であるか確認する。

b. 冷蔵庫の冷凍負荷の減少

① 壁面からの侵入熱 Q (kcal/h) は次式で表わされる。

$$Q = AK\Delta t$$

A (m²) : 建物の外壁面積

K (cal/m² · h · °C) : 熱貫流率、断熱材の種類・厚さで定まる。

Δt(°C) : 室内温度と外壁温度との温度差

従って、断熱を強化してKを小さくすることが大切である。断熱材は水分を含むと断熱効果が全くなくなるのでよく点検し、湿っていたら取り替える。

② 換気による損失を減らす。

扉開閉の際に、外部の暖い空気が庫内に入ることにより発生する損失熱量は、外気温度 32 °C、湿度 70 % の外気が 1m³ 冷気と入れ替わることで、-30°C の冷蔵庫では 40 kcal、-20°C の冷蔵庫では 35 kcal に達する。

また、冷却器の位置が扉に近い時は、外気の持っている水蒸気が冷却管に結霜し効率を低下させる。エアーカーテンの設置や前室にフリードアか垂れ幕を付けた方がよい。

③ 入庫品冷却熱の減少

冷蔵庫からの出庫に使用したパン、パレットは温まる前に、できるだけ早く次の入庫品用に活用する。

10°C の魚体を、-20°C まで冷凍する負荷を求めると次のとおりである。

$$-2\text{ °C まで冷却し凍結する負荷 } \{(10 - (-2))\} \times 0.85 + 58 = 68 \text{ kcal/kg}$$

$$-2\text{ °C から } -20\text{ °C まで冷却する負荷 } \{-2 - (-20)\} \times 0.47 = 8 \text{ kcal/kg}$$

このように凍結するまでの比較的高温での負荷が多いので、できるだけ温度の低い状態で入庫するようにしたほうがよい。

④ ファン発生熱の減少

庫内ファンに入力された電気エネルギーは 1kwh 当たり 860 kcal の熱となって庫内に入る。ファンの容量を小さくできれば直接電力が節減できるのみならず、この熱を取り除くための冷凍負荷も減らすことができる。

Table 4-6 は冷凍負荷比率の実測例である。冷却ファンの発生熱の比率が 12.7% と大きいことがわかる。

Table 4-6 Refrigeration Load Ratio in Refrigerating Equipment

Type of load	Load ratio %
1. Heat coming from wall	1.4
2. Cooling heat of building etc., veneer plate, floor concrete, heat insulator, cooler frame etc.	6.6
3. Cooling heat of refrigerating pan	0.9
4. Cooling of residual moisture and air in refrigerator	0.7
5. Cooling and refrigerating heat of products	77.7
6. Heat generated from cooler fan	12.7

Batch refrigeration: 15 hours. Temperature when fishes are put in it: 10°C.
Source: Mackawa Seisakusho Data.

また冷凍機停止中は忘れずにファンも止めるように注意する。

⑤ 庫内照明等による損失の減少

電灯や庫内作業用のフロアヒータは、不必要時には必ず電源を切るとともに、最低限必要なもの以外は撤去する。

⑥ デフロストの熱源には冷凍機排熱を利用する。

c. 冷蔵庫の室温と電力量

入庫率 1日に2.5%

外気温 天井面 40℃、外壁面 30℃、床面 20℃

外気湿球温度 27℃

断熱材 天井225mm、外壁200mm、床175mm、熱伝達率 0.025 kcal/m²·h℃

以上の条件における冷蔵庫の冷凍負荷を、庫内温度-20℃、-25℃、-30℃について求めると Table 4-7のようになる。

次に、冷媒の蒸発温度による冷凍機の1冷凍 tに対する電力量 (kW) の変化を Table 4-8 に示す。

冷蔵庫の室温が変化することにより冷凍負荷が変化し、また冷凍機の1冷凍 t当たりの電力量も変化する。これをまとめ庫内温度別の電力量の比を求めると Table 4-9 のようになる。つまり冷蔵庫の室温が-30℃と-20℃では冷凍機の動力は2倍になる。

Table 4-7 Refrigeration load (Example)

Temperature in refrigerator	-20°C	-25°C	-30°C
Heat coming from wall Kcal/h	43,818	48,291	52,764
Heat loss due to ventilation Kcal/h	21,945	23,826	25,080
Cooling heat of product in refrigerator Kcal/h	37,500	56,250	75,000
Heat generated from fan Kcal/h	19,800	26,400	33,000
Heat loss from lighting and others Kcal/h	1,785	1,785	1,785
Safety factor 10% Kcal/h	12,485	15,655	18,763
Total load Kcal/h	137,333	172,207	206,392
Refrigeration ton JRT	41.4	51.9	62.2
Load factor in -20°C: 100%	100%	125.4%	150.3%

Table 4-8

condensation temperature +35°C, Fron 22

Refrigerant evaporation temp. °C	-28	-33	-38
Refrigerating capacity JRT	40.3	32.8	25.6
Required power kW	64.3	59.7	54.5
kW required to 1 JRT (kW/JRT)	1,596	1,843	2,129
kW/JRT ratio (as 100% the ratio in -28°C)	100%	115.5%	133.4%

Table 4-9

Temperature in refrigerator °C	-20	-25	-30
Load factor	100	125.4	150.3
Refrigerator kW/JRT ratio	100	115.5	133.4
Required power ratio	100	144.8	200.5

これらの点から、庫内温度を下げ過ぎないように十分注意しなければならない。

d. 凍結速度促進

凍結速度を早くするためには、魚体に当たる風速を早くして熱伝達率をよくする必要がある。風速の早いところと遅いところとでは、凍結までに数時間の差が出る。庫内温度が -40°C 以下に下らないと凍結が完了しない設備と、 -30°C でも十分凍結できる設備とがあることは、風速と風の当たり方に差があるためである。全体に均一に通風するように注意する必要がある。

(7) 用水の節減

用水量が多いことは、移送用の電力を必要とするのみならず、排水処理用の電力も増加させることになる。

用水節減の第1の方法は、各工程での無駄使いを防ぐことである。そのためには、

- a. 従業員を教育し、用水節減の意義を理解させる。
- b. 主要工程毎に流量計を設置し、毎日職場に流量を表示する。
- c. 用途によっては自動停止弁を利用する。
- d. 用水の再利用を図る。ピットを設けオートクレーブ冷却水、殺菌済缶洗浄水等汚れの少ない排水を再利用する。用水量の節減になるのみでなく、熱回収も可能になる。

5. 織 維

5. 織 維

5.1 エネルギーの使用の特徴

5.1.1 製造工程と主要設備

繊維製品は多種多様であり、製品になるまでの工程も化学原料から合成繊維を作る工程、天然繊維や合成繊維から糸を作る紡績工程、糸から織物を作る織布工程、糸や織物を染める染色工程に分かれている。種類も綿、絹、羊毛などの天然繊維と、人絹や合成繊維のような人造繊維に分かれる。糸の段階でも繊維の種類や長さ、撚りのかけ方、太さにより多種類のものが作られる。

織物も風合に変化を出すために多数の織り方や仕上げ方法があり、染色法も浸染法や捺染法など異なったプロセスがとられる。

ここでは、あまり専門にわたることは避け、一般的な生産工程の概要について説明する。

(1) 合成繊維

人造繊維には天然のセルロースを化学処理して作られるレーヨン、アセテートなどと、化学原料から合成反応によって作られる合成繊維がある。合成繊維にもナイロン、ポリエステル、ポリアクリルニトリル、ポリビニルアルコールなど多くの種類がある。

世界各国における合成繊維生産の主流であるポリエステル繊維の製造工程はFigure 5.1に示すとおりである。

テレフタル酸とエチレングリコールを加熱して重合させる。この中には水溶性の未反応物が含まれているので、水中に紐状で押し出して固化させチップ状に切断してから、熱水で洗浄する。チップは乾燥してから、紡糸装置に送って熔融し、紡糸口金の細孔から押し出して、空気中で冷却して繊維状に固めて巻きとる。紡糸後3～4倍に延伸して分子の配列を整え、強度を高める。

一方、熱水に抽出された未反応物は蒸発塔、蒸留塔で濃縮、不純物除去を行い原料に再使用される。

以上のように、紡糸装置に入るまでは化学工業に類するプロセスであり、設備も塔・槽・管・ポンプから成る流体を取り扱うものと、乾燥機・遠心分離機など固体を取り扱うものが含まれている。

有機化合物を取り扱い、局所的な過熱を嫌うので、ジャケット式のスチーム加熱が主であり、一部に熱媒油、電熱ヒータが使われる。用役設備としてボイラ、紡糸工程

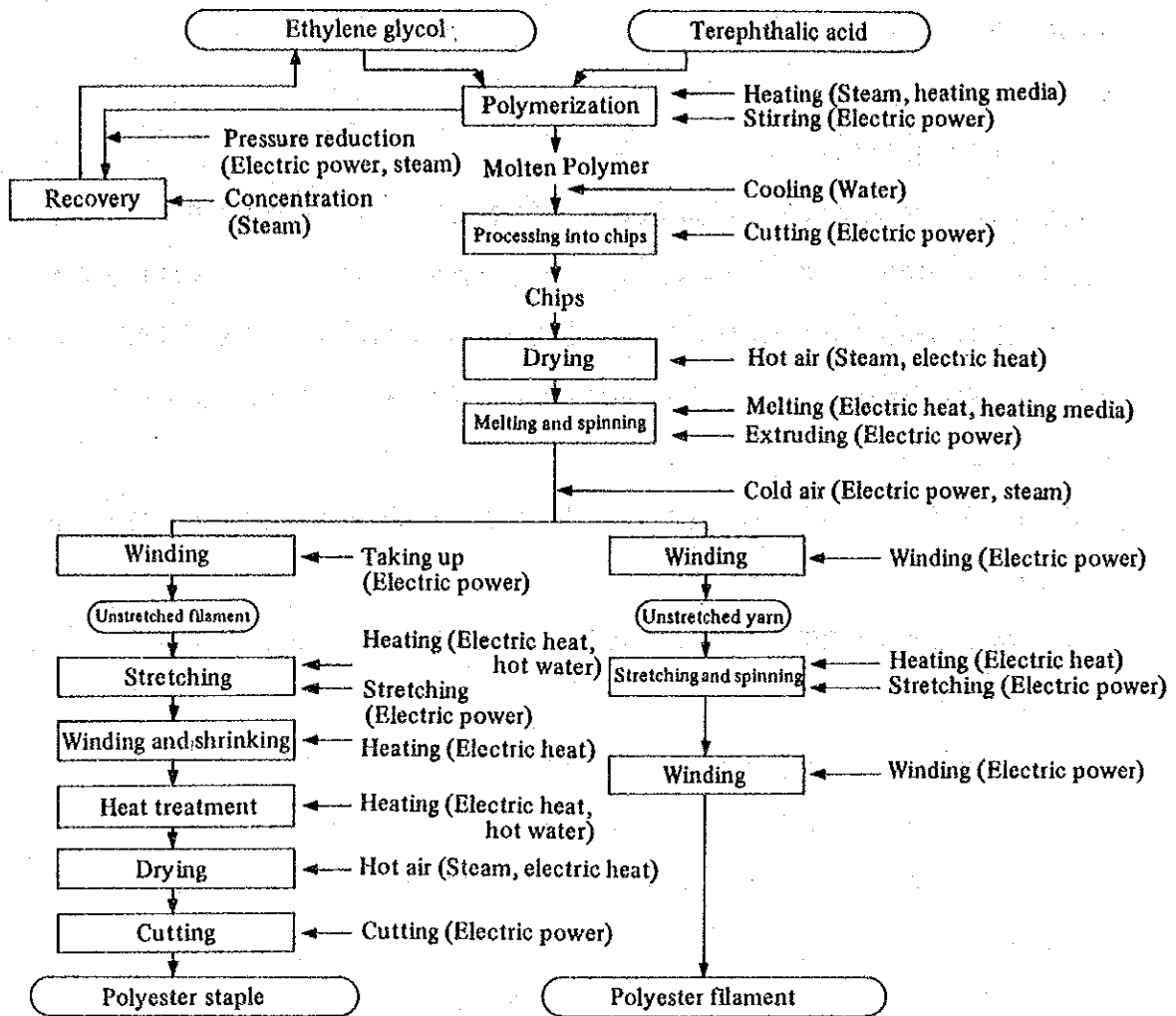


Figure 5-1 Polyester Production Process

の空調用チラーがある。

各工程毎に使用されるユーティリティーはFigure 5.1に添記した。

(2) 綿及び合繊維糸紡績

原綿及び合成繊維から綿糸を作る標準的な工程はFigure 5.2の各パートから構成されている。この工程は合成繊維との混紡の他にレーヨン・アセテート等の人造繊維との混紡の場合も同様である。

原綿は輸送しやすくするため固く圧縮された状態で送られてくるので、まずピンのついたローラやビータで叩いてほぐし (Fig. 5.3参照) ながら、混入している來雜物や短い繊維を除く。

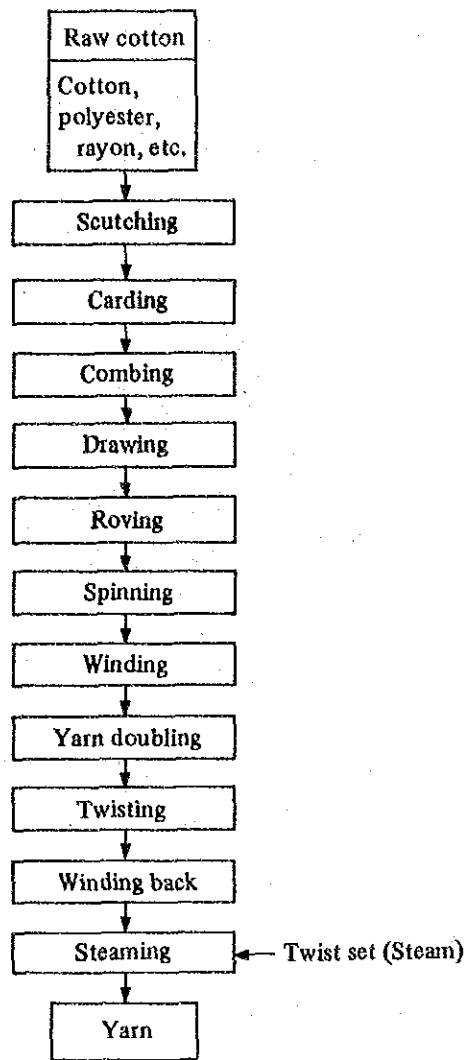


Fig 5-2 Spinning Process (Short Fibers)

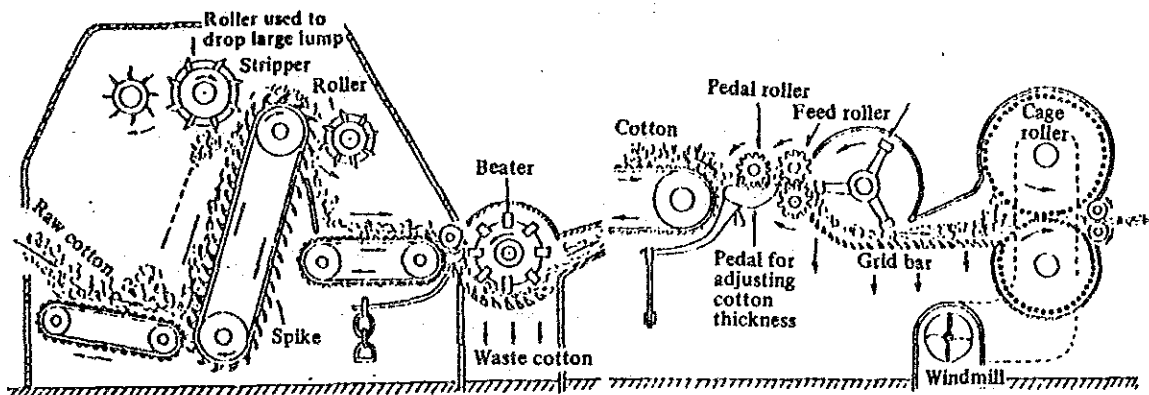


Fig 5-3 Blowing Machine and Beater

ピータから送り出された綿には、まだ小さい固まりや繊維のもつれがあり、個々の繊維も引き伸ばされていないので、カーディング機に送り (Fig. 5.4参照)、更に繊維をよくほぐすと共に繊維を引き伸ばし、短い繊維は取り除く。こうして、引き伸ばされた長い繊維だけを集めて、平行に並べ、直径2~3cmのひも状のスライバにする。

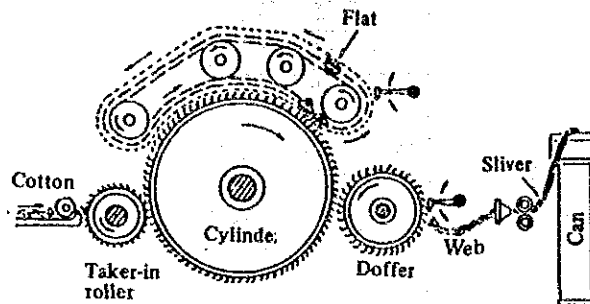


Fig 5-4 Carding Machine

更に品質の良い糸や強い糸を作る場合は、均一な長さの繊維に揃えるためコマーにかけ、短い繊維やなお残っていた來雜物を除く。

次に、スライバの太さのムラを修正するため、その何本かを束ねてドローイングフレームにかけ、元の太さにまで引伸す。通常8本程度をまとめて8倍に引伸すので、太さのムラはほぼ1/8になる。更に、これを2~3回繰り返して一層太さムラが小さくなるようにする。

太さの揃ったスライバは粗紡工程に入る。ここでは、更に引き伸ばされ、軽い撚りをかけられて糸の形となる。1~2回、これを繰り返して、次の精紡へ送られる。

精紡機の1例はFig. 5.5のようになっていて、糸はEから送り出され、Fを經由してAのリングに沿って走るB (トラベラ) をくぐってD (ボビン) に巻きとられる。ボビンは10,000回転/分程度の高速で回転し、トラベラはそれよりやや遅い速度で追いかけて回るので、撚りがかかる。

このようにしてできた単糸は、そのままか、あるいは2本以上撚り合わせて用いる。

次にワインディングの工程に入り、用途に応じて罎 (かせ)、チーズ、コーンの形に巻き (Fig. 5.6参照)、ヒートセッタにかけて撚りが戻らないようにする。

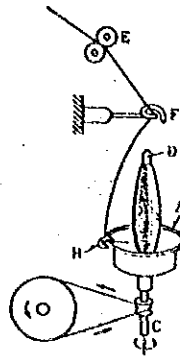


Fig 5-5 Ring Spinning Machine

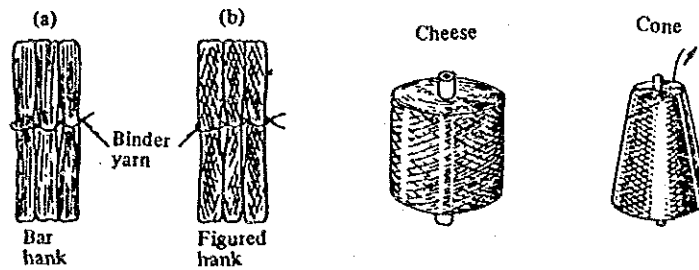


Fig 5-6 Wound Yarn

(3) 織布

織物は経糸と緯糸とが互いに直角に交錯してできた布地であるが、おのこの糸の種類、交錯のさせ方によって多様な製品が作られている (Fig.5.7 参照)。

織機の機構は、上下に2分した緯糸群の間に経糸を通し、箴(おさ)で締めるということの繰り返しを基本としている。

一般的には、糸を通すのに杼(ひ)に乗せて、これを両方向に交互に打ち出す機構のものが用いられる。生産速度を高めるには、これを急速度で打ち出し、反対側で急停止させ、直ちに、反対方向に打ち出さなければならないので、エネルギー消費が大きく、騒音も激しい。

近年は、これらの欠点を補い併せて生産性向上を目的とした「無杼織機」が開発されている。杼口に杼を投入する代りに空気又は水を噴射し、この流れに緯糸を乗せて送り込む方法である。空気流方式をエアージェットと云い、綿や合繊糸に用いられ、水流方式をウォーターージェットと云い合繊フィラメント用に使用されている。

また、経糸には予め糊付けを行い、糸同士の摩擦による毛羽立ちを防ぐと共に、製織性を高める。糊付機は主として乾燥方式によって分類される。シリンダーにスチームを通し糊付糸を乾燥するスラッシャー糊付機の構成をFig.5.8に示す。その他、

ホットエア-糊付機・シリンダー-熱風糊付機などがある。

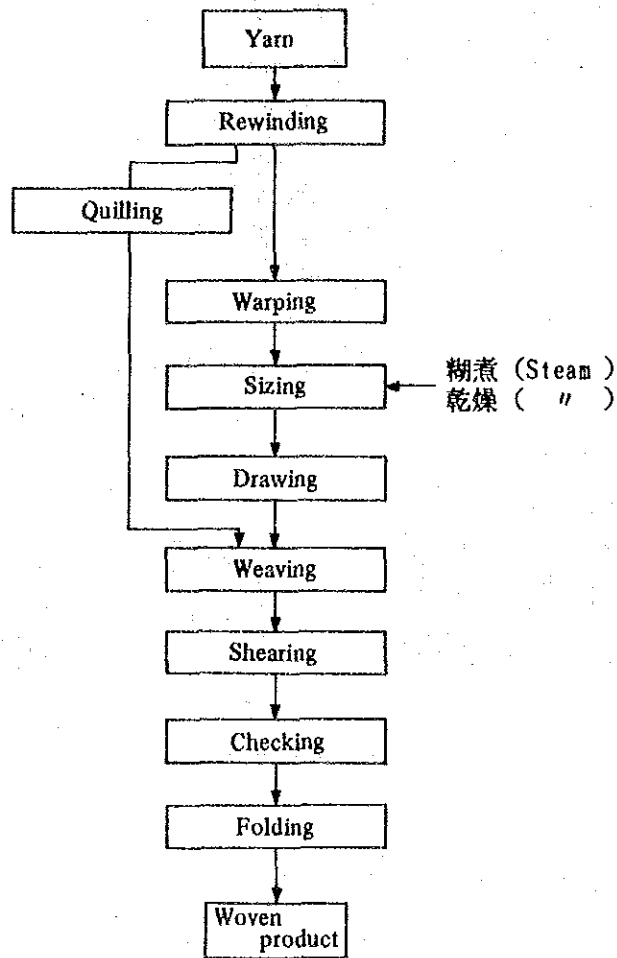


Fig 5-7 Weaving Process

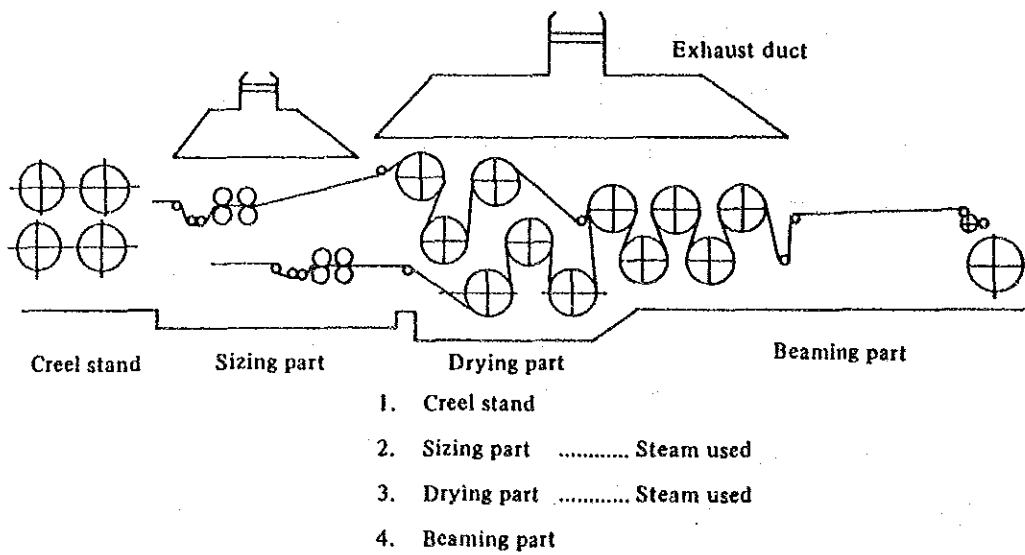


Fig 5-8 Construction of Sizing Machine.

(4) 染色仕上

染色は糸の段階で行われる場合と、織物となった段階で行われる場合とがある。また織物における染色では浸染と捺染があるが、生産量から見ると浸染方式が多い。

染色は前工程である精練・晒白および後工程である仕上工程と連結されている。

標準的な短繊維織物の染色仕上工程をFigure 5.9に示す。

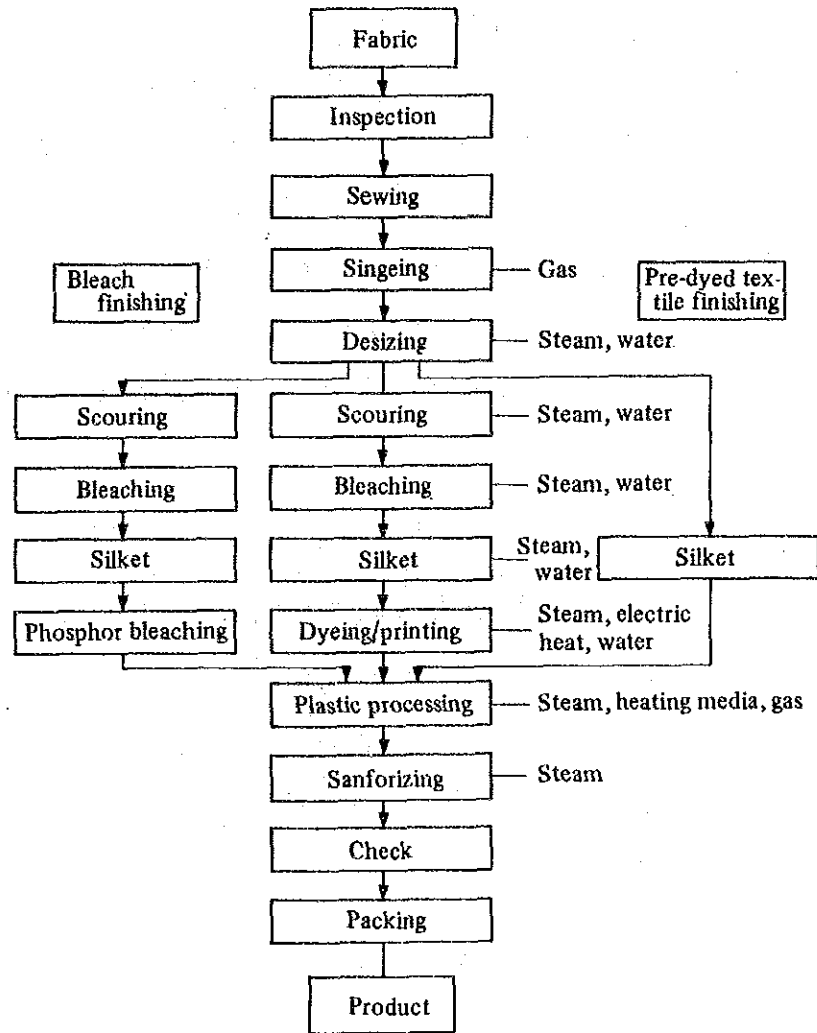


Fig 5-9 Dyeing and Finishing Process
(Short-Fiber Textiles)

染色は繊維の種類、染料の種類によって加工工程が多様であるが、基本的には次の五つの機能の反覆組み合わせによって行われる。

- A) 付与——浸漬、印捺等により染料、薬助剤を付与する。
- B) 洗浄——水又は温水で洗い、不純物や余分な染料、薬助剤を除く。
- C) 脱水——圧搾式、真空式、遠心式等の物理的な力により水分を除く。
- D) 乾燥——伝導熱（シリンダ乾燥機）、対流熱（熱風乾燥機）、輻射熱（赤外線

乾燥機)等による蒸発作用により、水分を除く。

E) 固着——熱をかけて、染料、顔料等を繊維上に強固に定着させる。

以上の他に、織物染色の場合は毛洗、糊抜き、精練、漂白、ヒートセット等の準備工程や防縮、しわ防止、防水等の特殊加工仕上げが行われる。

糸染めのチーズ染色機は、堅型円筒形で低部に加熱用のスチームコイルを持ち、上部からキャリヤにセットされた被染物を出し入れするようになっている。染液をポンプで循環させ、交互に被染物の外側と内側から噴流させて染色する。

かせ染色機は前あき扉を有する横型で、ハンガにかけられたかせを一定時間毎に回転させながら染液を噴射させ染色する。

染色毎のチーズの乾燥はFig. 5.10のような堅型円筒形の乾燥機で、キャリアごと乾燥される。かせの乾燥はハンガ式の熱風乾燥機で行われる。

織物の染色用には、Fig. 5.11のようなウインズ染色機など種々の型式のものが用いられる。

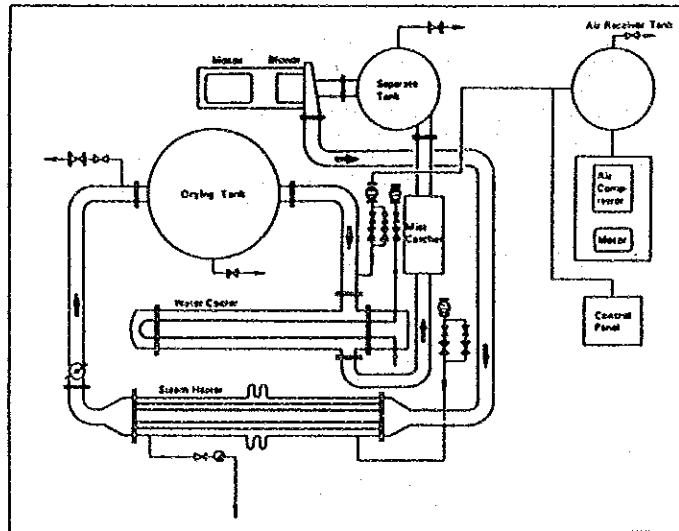
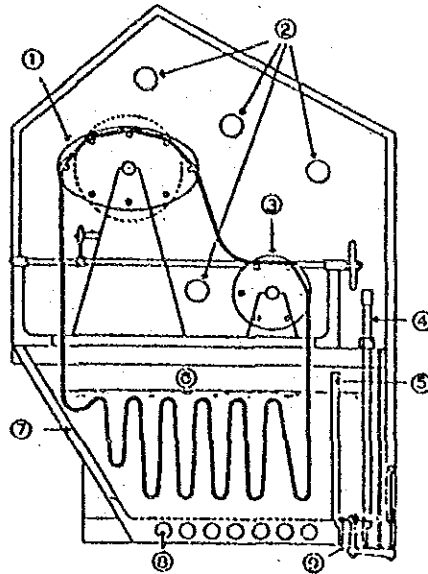


Fig 5-10 Cheese Drying Machine



1. Ellipse-shaped or circular Wins frame
2. Steam pipe
3. Guide roller
4. Perforated steam pipe
5. Perforated partition plate
6. Level of dyeing liquid
7. Stainless steel tank
8. Steam pipe
9. Drain valve

Fig 5-11 Internal Construction of Wince

(5) 羊毛紡績

原毛から毛織物までの標準的生産工程をFigure 5.12 に示す。

毛糸は製造方法によって梳毛糸 (count 20^s ~78^s) と紡毛糸 (3^s ~24^s) に分類される。

梳毛糸は羊毛を梳いて短繊維を取り除いたうえで、繊維を平行に揃えて紡糸した比較的表面の滑らかな毛糸である。紡毛糸は逆に繊維を平行に揃えず互いに錯雑させて紡出した表面に毛羽のある毛糸であり、比較的短い原毛、梳毛工程副産屑等が使われる。

また用途としては梳毛糸は比較的薄、中厚のサージ・ポーラ・トロピカルなどの服地に用いられる。紡毛糸は厚平織物として、フラノ・カシミヤ・ツイード・毛布等に用いられる。

梳毛紡績工程は原毛工程を除くと基本的には綿紡績工程とはほぼ同様であるが、長繊維のため前工程でのスライビング・パートに差がある。

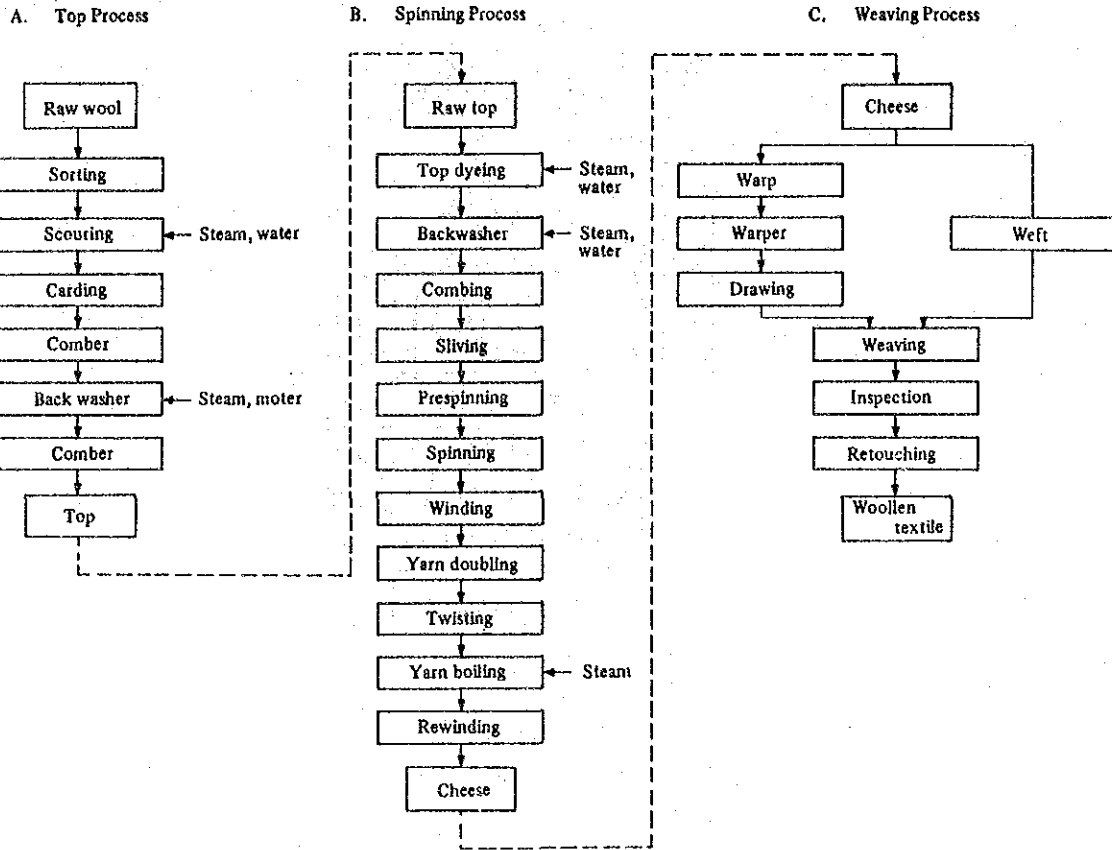


Fig 5-12 Carding, Spinning and Weaving Processes

毛織物整理仕上の標準的工程をFigure 5.13 に示す。

毛織物が綿・合繊維物と基本的に異なる点は、風合と呼ばれる特有の品質が要求されることである。また生産は多品種小ロットであり、仕上加工の殆どはバッチシステムで行われる。

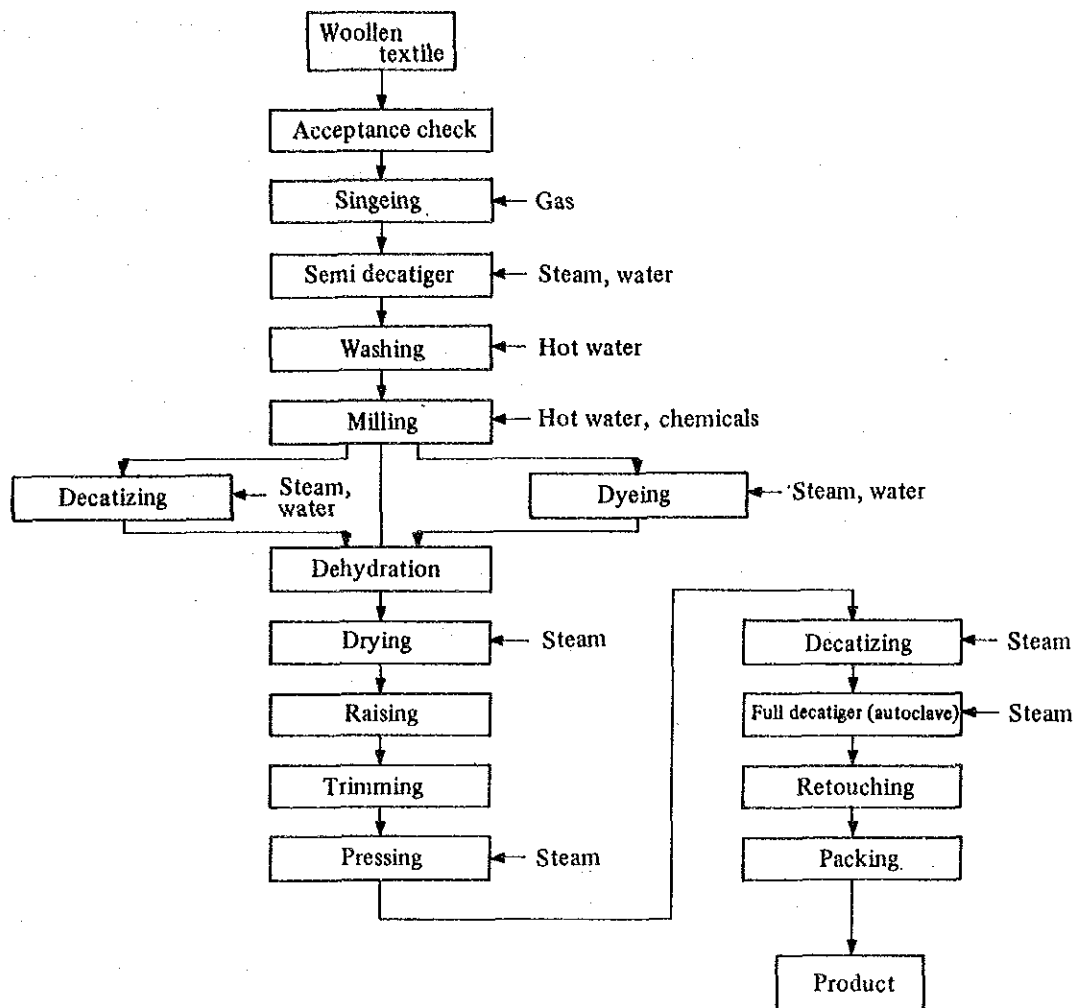


Fig 5-13 Woollen Textile Finishing Process

5.1.2 エネルギー使用の状況

(1) 合成繊維

ポリエステル製造工程で使用されるエネルギー種別はFigure 5.1の工程図に付記した。

合成繊維ではモノマーを重合して原料高分子を合成するが、この重合工程では、重合のための加熱、攪拌、減圧、生成高分子の冷却、洗浄、乾燥、未反応モノマーの回収などに多量のエネルギーを必要とする。熱源となるスチームは自家発電において抽気、背圧型タービンから取出され、生産プロセスでの加熱用、ボイラ押込送風機・給水ポンプの駆動用、紡糸クエンチ、紡糸室空調冷熱源に必要なターボ冷凍機駆動、吸収式冷凍機の熱源として、圧力に応じて多段階利用される。

日本における合成繊維生産量とエネルギー原単位をTable 5.1 に示す。

Table 5-1 Production vs. Energy Consumption in Synthetic Textile Industry by Year

Year	Production (thousands of tons/year)	Fuel oil consumption (liters/kg)	Electric power consumption
1971	1662.3	1.42	2.82
1973	1847.8	1.36	2.76
1975	1452.3	1.49	3.17
1977	1734.9	1.22	2.70
1979	1850.7	1.00	2.43
1981	1815.8	0.78	21.7
1983	1786.1	0.67	2.15
1985	1861.1	0.45	2.11
1986	1760.1	0.41	2.18
1987	1727.6	0.38	2.22
1988	1735.3	0.36	2.24

Source: MITI statistics "Textile Statistics Annual Report"

1973年度を基準にすると、1988年度では生産量 4.4%の増加に対し、電力原単位は 81.2%、燃料原単位は 26.5%に低減しており、重油原単位は更に減少する傾向にある。

(2) 紡績

紡績工程において使用されるエネルギーはFigure 5.2の各パートの内、燃りセットに用いられるスチーム以外は電気エネルギーが用いられる。Table 5.2 に紡績生産量と電力原単位の推移を示す。

紡績工程における電力エネルギーは紡績機械の駆動用以外にも使用量が増加しており1973年度に対して1988年度は約5%の増加を示している。

Table 5.3 は紡績工程において使用される駆動用以外の電気エネルギーの用途を示す。

**Table 5-2 Production vs. Electric Power Consumption
in Spinning Industry by Year**

Year	Production (thousands of tons/year)	Electric power consumption
1971	1587.5	2.61
1973	1578.1	2.85
1975	1196.3	2.94
1977	1194.2	3.00
1979	1319.4	2.89
1981	1182.8	2.90
1983	1173.0	2.87
1985	1224.8	2.80
1986	1136.1	2.84
1987	1141.5	2.88
1988	1122.3	2.99

Source: MITI statistics "Textile Statistics Annual Report"

Table 5-3 Electrical Equipment for Spinning Process by Function

Function/purpose	Spinning machine	Electrical device
Spinning	Air spinning machine	Air compressor
Knotting	Automatic winder	Air compressor
End down suction	Ring spinning machine	Suction blower
Fiber conveyance	Scutching, carding machine	Blower
Yarn dust collection, fly collection	Machinery for whole process	Blower
Cleaning	Machinery for whole process	Air compressor
Air conditioning	Whole process	Refrigerator, fan, blower, pump
Lighting	Whole process	Fluorescent lamp

Figure 5.14 は日本における省エネルギー設計の綿紡績工場の各工程の電力使用構成を参考として示すものである。

ユーティリティ電力は全使用電力の30~40%を占め、その殆どは空気調和用に使われる。

(3) 織布

織布工程におけるエネルギーはTable 5.4 のように使用される。スチームを必要とする糊付工程以外は電力が使用され、織機の使用量が全使用量の70~80%を占めている。

参考としてTable 5.5 に日本の織布業全体の生産量及び電力原単位の推移を示す。

織布工程の電力原単位は1973年に対し、年々増加し1988年度は45%の増加を示している。これは、高性能織機を導入し、生産性向上と省力化対策を実施した結果と判断される。

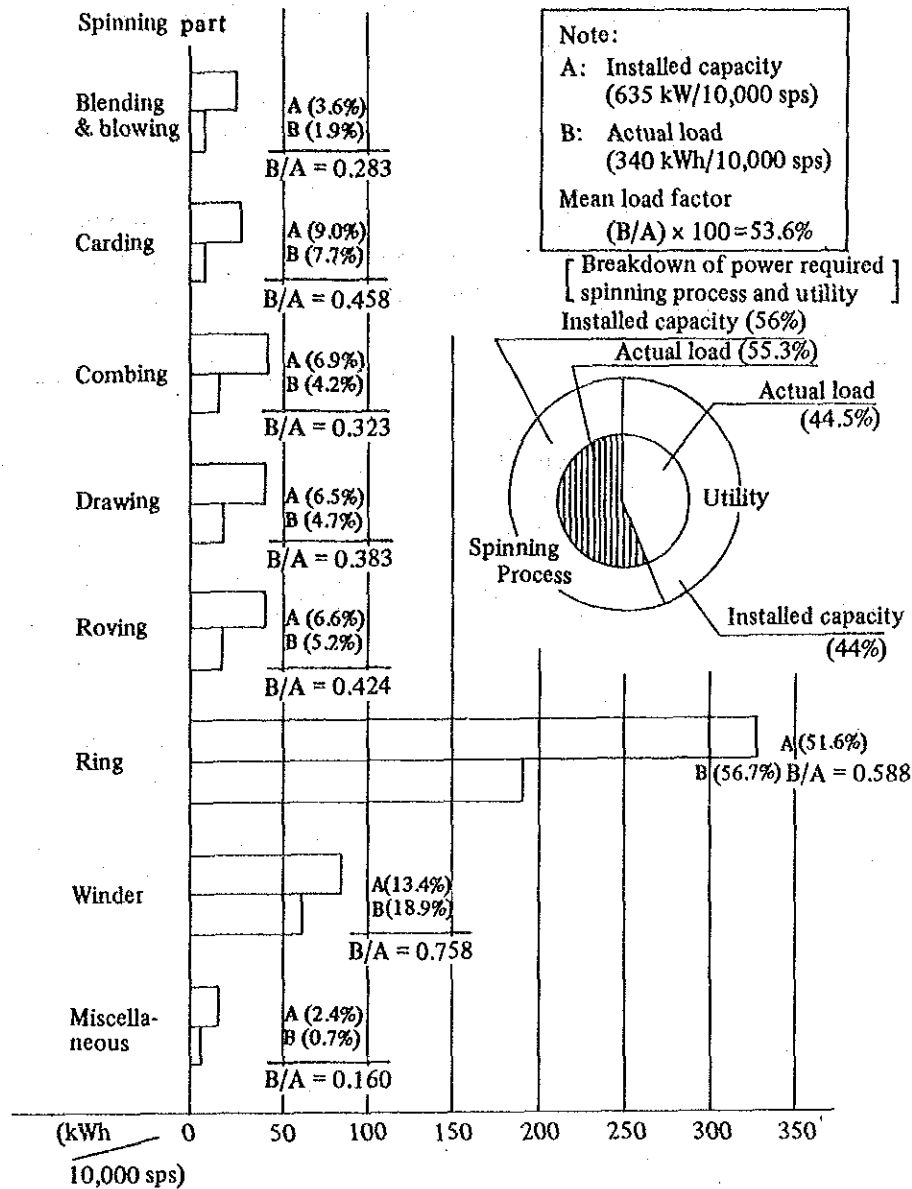


Fig 5-14 Breakdown of Power Required of Spinning Process per 10,000 sps

**Table 5-4 Electrical Equipment for Weaving Process
by Function**

Purpose	Weaving machine	Electrical device
Weaving	Weaving machine (air jet) Weaving machine (water jet) Weaving machine (water jet)	Air compressor Pump Electric heater
Dehydration	Weaving machine (water jet)	Suction blower
Thrum	Weaving machine	Suction blower
Cleaning	Weft bobbin cleaner, etc.	Air compressor
Dust collection	Spooler, etc.	Suction blower
Air conditioning	Whole process	Refrigerator Fan blower Pump
Lighting	Whole process	Fluorescent lamp

Table 5-5 Production vs. Electric Power Consumption in Weaving Industry by Year

Year	Production (1000 m ²)	Electric power consumption (kWh/m ²)
1971	7527.2	0.267
1973	7369.6	0.301
1975	5954.8	0.337
1977	6581.5	0.340
1979	6757.0	0.344
1981	6431.4	0.353
1983	6470.0	0.346
1985	6325.8	0.366
1986	6000.5	0.371
1987	5622.7	0.383
1988	5718.0	0.388

(4) 染色・仕上

染色仕上工程の各パートにおいて使用されるエネルギー種別をFigure 5.9に参考として記入した。

染色仕上は繊維製品の用途、デザインを反映した加工を行うため、繊維の種類、布巾、色、濃淡、形態（糸、織物など）、加工方法（先染、後染、浸染、捺染、晒の有無など）等によって加工内容は多岐に亘り、浴比、温度、処理時間なども変化する。この工程ではエネルギーはTable 5-6 のように使用されるが熱エネルギーの大部分はこの工程で使用される。

Table 5-6 Condition of Use of Energy

Purpose	Equipment	Energy source
Washing, Dip dyeing	Dyeing machine, Rinser etc.	Steam
Dehydration	Centrifugal separator	Electric power
Drying	Dryer	Steam · Electric power

染色・仕上工程において使用される水量は繊維自身の重量の100倍程度が使用され、加熱、冷却、乾燥を繰り返すための多量のスチームを必要とする。スチーム以外にも、合繊維物のヒートセット用の熱媒、感熱処理染色機の赤外線ヒータ用電熱、毛焼き用のガス燃料などが用いられる。

加工コストに占めるエネルギー費用の比率は10%を超えており、省エネルギー・ニーズの強い部分である。

Table 5.7 は日本における染色・仕上工程の生産高とエネルギーコストの推移を示す。

Table 5-7 Production vs. Fuel/Electric Power Consumption in Dyeing and Finishing Industry by Year

Year	Production (1000 m ²)	Fuel oil consumption (liters/m ²)	Electric power consumption (kWh/m ²)
1973	7286.0	0.205	0.147
1975	6939.5	0.199	0.156
1977	7074.6	0.191	0.169
1979	7142.9	0.179	0.177
1981	7341.9	0.139	0.173
1983	7310.4	0.125	0.175
1985	7515.8	0.119	0.178
1986	7219.5	0.120	0.183
1987	7078.1	0.123	0.191
1988	6992.0	0.126	0.196

重油原単位は1973年度に対し1988年度は61%に低減したが、電力原単位は逆に年々増加し15年間で33%が増加している。この理由は工程毎の連続化による省力化及び公害防止設備の充実によるものと判断される。

またTable 5.8 に工程別のエネルギー原単位の調査例を参考として示した。染色条件がそれぞれ違うため、値のバラツキが大きい。

Table 5-8 Examples of Energy Consumption Rate Each Process

Process	Short fiber				Long fiber			
	Main material	Mean fabric weight	Energy consumption rate		Main material	Mean fabric weight	Energy consumption rate	
			Fuel	Electric power			Fuel	Electric power
Preparation process	Cotton and cotton/synthetic fiber	110~ 180	0.085~ 0.128	0.016~ 0.018	Ester finished yarn, etc.	80~ 220	0.054~ 0.275	0.027~ 0.31
Dyeing process (Dipping)	Cotton and cotton/synthetic fiber	130	0.066~ 0.083	0.071~ 0.107	Ester finished yarn, etc.	80~ 220	0.066~ 0.133	0.084~ 0.716
Dyeing process (Printing)	Cotton	110~ 130	0.049~ 0.2	0.073~ 0.167	Polyester	100~ 120	0.127	
Finishing process	Cotton and cotton/synthetic fiber	110~ 130	0.06~ 0.11	0.073~ 0.082	Ester finished yarn, etc.	80~ 220	0.071~ 0.306	0.083~ 0.108

(5) 羊毛

梳毛・紡毛糸の紡績・織物・仕上工程におけるエネルギーの使用形態は基本的に綿紡績・織布・染色仕上工程と同一であり、Table 5-2、Table 5-5、Table 5-7 の統計資料には羊毛関係のデータも含まれている。

熱エネルギー面からみた羊毛製品加工の特殊性を列記すると、

- ・小ロットであり採算上連続加工が難しく、バッチ加工による浸染が殆んどである。
 - ・バッチ毎にPH調節のため加工法を取替える。
 - ・反染処理における浴比は品質上の理由で1:15以上の大浴比を必要とする場合が多い。
 - ・染料・助剤の付着量をコントロールするため、浴液の温度を時間とともに加熱・冷却・加熱と上下させる必要がある。
 - ・酸性染料の場合煮沸を要する場合もあり、排水による熱損失が大きい。
- などエネルギー消費増の要因となっている。

また、梳毛紡績の前段階である原毛工程は洗毛、乾燥用に多量の熱エネルギーを使

用する。洗毛工程における排水処理には、主として電気エネルギーが必要となる。

5.2 エネルギー使用の合理化

5.2.1 合成繊維

化学合成繊維製造において省エネルギーを図るポイントとしては、工程の短縮、加熱、冷却パターンの改善、機器運転方法の合理化、省エネルギー型設備の導入、排熱の回収、機器容量の適正化などがあげられる。

Table 5.9 は日本においてこれまで実施された主要な省エネルギー対策を示すものである。

Table 5-9 Main Energy Conservation Measures in Synthetic Fiber Factories

Energy saving measure	Equipment
Recovery and reuse of waste heat <ul style="list-style-type: none"> ● Use of waste heat ● Multi-effect use of evaporator ● Use of low-temperature waste heat ● Power generation using low/medium-temperature waste heat 	Waste heat boiler Adding/improving evaporator Heat pump Low-voltage generator, etc.
Effective use of energy <ul style="list-style-type: none"> ● Heat storage using nighttime electricity ● Raising efficiency of electrical equipment 	Accumulator High-efficiency electrical equipment
Rationalizing operation <ul style="list-style-type: none"> ● Integrated operation of equipment ● Intermittent operation of pumps and ejectors 	Automatic controller
Optimizing equipment capacity <ul style="list-style-type: none"> ● Equipment speed (rpm) control 	Speed controller
Combustion control	Automatic controller
Process improvement	Continuous polymerization spinning equipment Drawing, false twisting machine, etc. High-speed multi yarn reeling machine, etc.

基本的な省エネルギー対策実施要領と効果及び発電設備についてのケーススタディを次に述べる。

(1) ボイラの燃焼管理等

ボイラ・スチーム編参照。

(2) 放熱防止

熔融までの製造工程は化学工場と同様であり、多数の塔槽類が配管で結ばれ、内容物が熱媒体により 100～300℃に加熱されている。従って、これら設備の表面からの放熱防止が大切である。一般に本体の保温はよく行われているが、フランジ部、末端の小径配管等に不備を生じやすい。

(3) フラッシュスチーム利用

ボイラ・スチーム編参照。

加熱温度の関係で一部に高圧スチームが使われているので、そのコンデンセートについてはフラッシュタンクに導き、発生した低圧スチームの有効利用を図るべきである。

(4) コンデンセート回収

ボイラ・スチーム編参照。

(5) 背圧スチームの利用

圧力の異なるスチームを使用している場合、複数のボイラでそれぞれの圧力のスチームを発生したり、あるいは高圧ボイラのスチームの一部を弁により減圧して用いたりすることが一般に行われている。この場合にボイラをすべて高圧ボイラとし、減圧弁の代わりにスチームタービンを入れ、その動力で発電すると効率よく電力を得ることができる。

最近、小型の効率のよいタービンが作られるようになり、このような事例が多くなっている。

〈事例1〉 現有ボイラによる発電の経済性

ボイラ = $10 \text{ kg/cm}^2 \text{g} \times$ 飽和 45 t/h 、プロセス所要スチーム = $3.5 \text{ kg/cm}^2 \text{g} \times 140^\circ\text{C} \times 40 \text{ t/h}$ の工場で、減圧弁代りにスチームタービン発電機を設置した1例について考える。

- a. 減圧弁を使用するとスチームは等エンタルピー変化をするので、減圧弁前後でスチームの保有熱量に変化がない (Fig. 5.15 スチームの $i-s$ 線図 A→B)。このときの燃料消費量は、燃料 (C重油) の発熱量 = $10,000 \text{ kcal/kg}$ 。ボイラ効率 = 80% 。給水温度 = 80°C とすると、

$$F_v = \frac{(662.4 - 80) \times 40,000}{10,000 \times 0.80} = 2,912 \text{ kg/h}$$

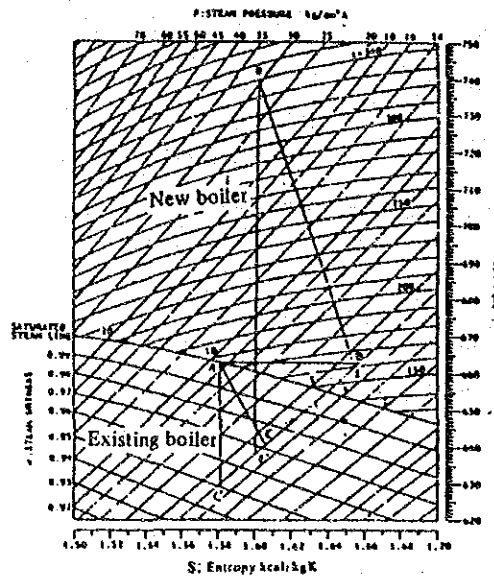


Fig 5-15 Steam $i-s$ Chart

- b. スチームタービンで発電すると、スチームの熱量は減少する (スチーム $i-s$ 線図 A→C')。このときの発電量、ヒートバランスおよび経済性は次のとおりになる。

◎発電量：次の計算により 967 kW 。

- タービン入口スチーム圧力 $8.5 \text{ kg/cm}^2 \text{g}$
- タービン入口スチームエンタルピー 662.4 kcal/kg
- タービン出口排気圧力 $3.5 \text{ kg/cm}^2 \text{g}$
- 理論断熱熱落差 (A-C') $(662.4 - 629.4) = 33 \text{ kcal/kg}$
- ラト-2段落減速タービン

- ・内部効率 67.15 %
- ・有効熱落差 (33×0.6715) 22.2 kcal/kg
- ・排気エンタルピー (662.4 - 22.2) 640.2 kcal/kg

プロセススチームの所要量

$$40,000 \times \frac{662.4}{640.2} = 41,387 \text{ kg/h}$$

発電量

- ・発電機を含めたタービンの総合効率 (%) 60.92 %
- ・スチーム消費率 $\frac{860}{\text{理論断熱熱落差} \times \eta_0} = 42.8 \text{ kg/kWh}$
- ・発電量 (プロセススチーム量 ÷ スチーム消費率) 967 kWh

◎ヒートバランス：プロセススチームは減圧弁使用時に比べて 1,387kg/h多く供給しなければならない。

タービン入口	{	$Q = 41,387$ $P = 8.5$ $T = 177$ $I = 662.4$
タービン出口 (プロセス入口)	{	$Q = 41,387$ $P = 3.5$ $T = 147$ $I = 640.2$

◎燃料消費量：

$$F_t = \frac{(662.4 - 80) \times 41,387}{10,000 \times 0.8} = 3,013 \text{ kg/h}$$

◎経済性試算：買電単価と自家発電単価の差、年間稼働時間より求める。

- ① 燃料の増加量 = $F_t - F_v = 3,013 - 2,912 = 101 \text{ kg/h}$
- ② 燃料の単価 0.1 \$/kg
- ③ 発生電力量 967 kWh
- ④ 自家発電単価 $\frac{\text{増加燃料費}}{\text{発生電力量}} = 0.01 \text{ $/kWh}$
- ⑤ 買電単価 0.06 \$/kWh

⑥ 年間節減電力料金

(稼働時間 7,200 hと仮定)

$$(0.06-0.01) \times 967 \times 7,200 = 348,100 \text{ \$/y}$$

以上は、既設プラントの減圧弁代りにスチーム圧力差利用発電タービンを設置して、電力料金の節減を図った1例である。そのメリット金額は非常に大きく、タービン発電機、配管、基礎等の設備投資金額は1年以内に償却可能となる。

〈事例2〉 新設ボイラによる発電と経済性

ボイラの更新時期が近ければ、思い切って高圧高温ボイラを新設すると発電量は大きくなり、経済性は飛躍的に向上する。試みに、事例1と同一プロセスに33 kg/cm²g × 350℃ × 45 t/hの過熱ボイラを新設した場合の経済性を求めてみる。

◎発電量：事例1の計算と同様に行い=3,300 kW。

◎ヒートバランス：

タービン入口	{	$Q = 40,000$ $P = 30$ $T = 340$ $I = 738.7$
タービン出口 (プロセス入口)	{	$Q = 40,000$ $P = 3.5$ $T = 160$ $I = 662$

◎燃料消費量：

$$F_n = \frac{(738.7 - 80) \times 40,000}{10,000 \times 0.85} = 3,099 \text{ kg/h}$$

(新設ボイラ効率=85%とする)

◎経済性：

年間稼働時 7,200h と仮定し、事例1と同じようにして、

① 燃料の増加量 187 kg/h

$$(F_n - F_v = 3,099 - 2,912)$$

② 燃料の単価 0.1\$/kg

③ 発生電力量 3,300 kWh

④ 自家発電単価 0.0067 \$/kWh

⑤ 買電単価 0.06 \$/kWh

⑥ 年間節減電力料金

$$(0.06 - 0.0067) \times 3,300 \times 7,200 = 1,266,400 \text{ $/y}$$

(6) 蒸留装置

未反応モノマを濃縮する工程では加熱用、減圧用に多量のスチームが消費される。

エジェクタのスチーム量を節減するためには、次の点に注意する必要がある。

- A) 真空系に空気が漏れ込まないように、定期的にパッキンを取り替え、可能な範囲でフランジを溶接する。
- B) 真空維持に必要な温度を保ちながら、コンデンサ供給水量の節減に努める。
- C) 真空条件を見直し、スチーム圧を下げられないか、あるいは多段の場合、最終段をカットできないのかのテストを行う。
- D) 真空ポンプとの併用または置換についても得失を検討する。腐食、ダストの問題がなければ取り換えが有利であり、設備費が1年以内に回収されている例がある。
- E) 回収缶は2重ないし3重効用化する。

(7) プロセスの変更

新しいプラントの建設に当たっては、省エネルギー型の次のようなプロセスの採用が考えられる。

A) 連続式重合紡糸装置

従来のプロセスでは、重合装置で生成した熔融ポリマを冷却固化し、熱水洗浄により未反応モノマを除去した後乾燥し、再熔融して紡糸していた (Fig. 5.16 参照)。

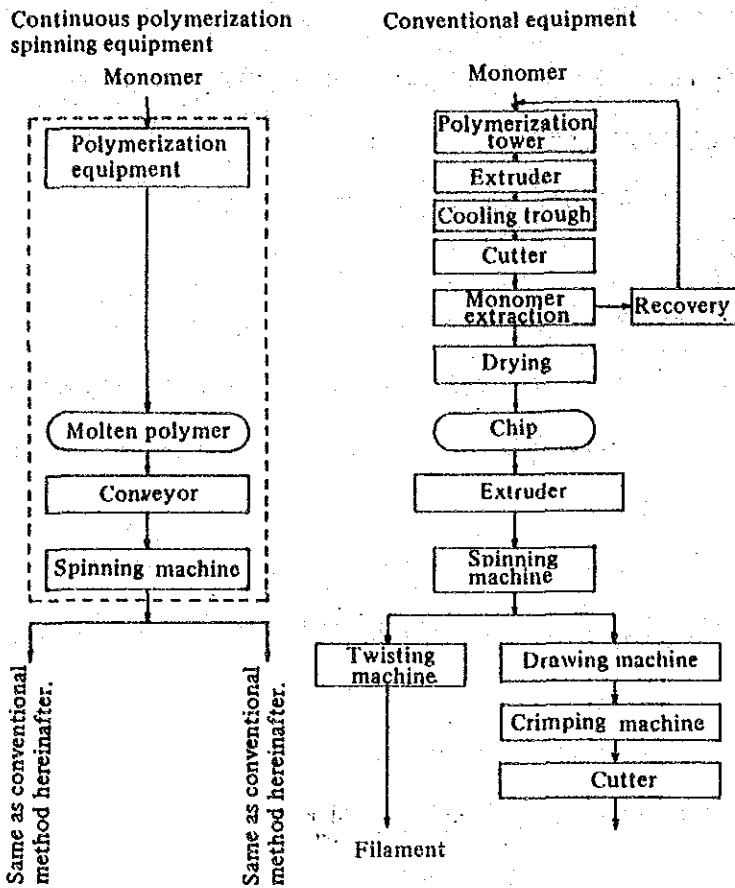


Fig 5-16 Improvement of Polyester Polymerization Process

新しいプロセスでは、重合装置で生成した熔融ポリマを、そのままの状態で搬送
 紡糸するので大幅に工程が省略される。

B) 高速多糸条製糸

従来は、熔融ポリマを紡糸ヘッドから押し出し、冷却してできた糸条を一度巻き
 取った後、別に設置した延伸機で延伸して糸を製造していた。

新しいプロセスでは、紡糸速度の高速化により、紡糸、延伸を同時に行い、併せ
 て多糸条取りを行うもので、延伸機の省略に伴う動力、熱ロスが削減できる。

紡糸速度は 1,000~1,500 m/min から 3,000m/min 以上になり、糸条数も 630デ
 ニール未満で 4 本以上、 630デニール以上で 2 本以上になる。

紡糸と延伸では 3 : 2 程度のエネルギーが消費されており、この改善により大幅
 に省エネルギーが図れるが、糸の用途によっては適用できない場合がある。

(8) 熱媒加熱源の変更

熱媒ボイラの加熱源として電気が用いられているが、発電段階での熱効率は35%強
 に過ぎない。このため、幾つかの電熱式熱媒ボイラを持っている工場で、これを1基

の重油焚き熱媒ボイラに変更した例がある。

5.2.2 紡績（梳毛紡績を含む）

(1) 基本対策

品質管理でも、省力対策でも、また省エネルギー対策でも、これらを工場に導入、実施する前には先ず工場全体が管理状態であるかどうかを見直すべきである。工場全体が十分な管理状態でなければ、幾ら新しい対策を導入しても十分な効果をあげることはできないばかりか、一段と煩雑となり、中途半端に終わってしまう場合が多い。

そこでいろいろな省エネルギー対策を試みる前に、まずチェックすべき点を挙げてみるとFigure 5.17 の通りである。

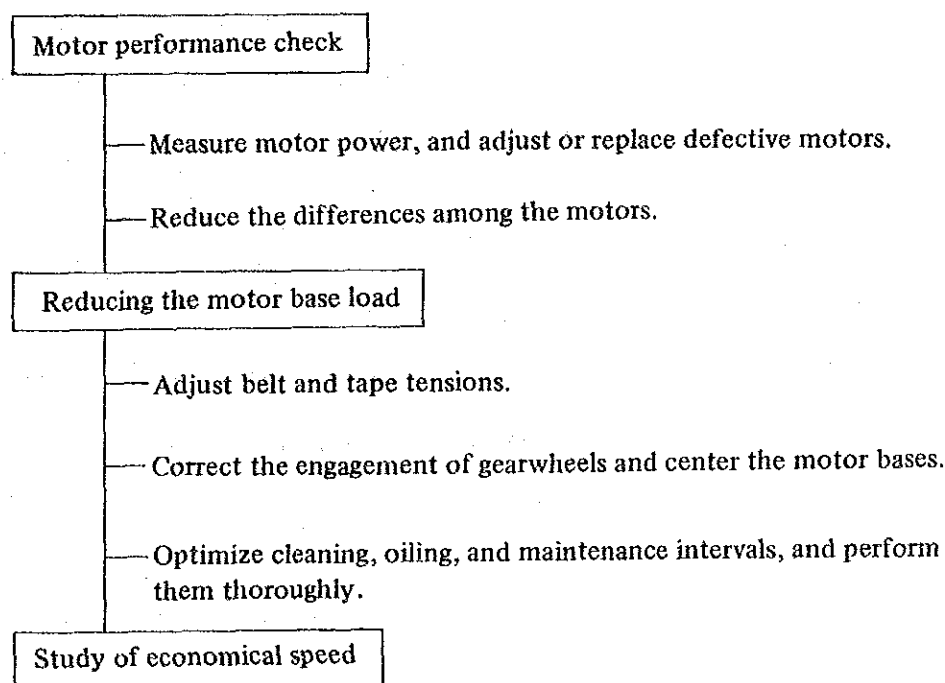


Fig 5-17 Check Points in First Step

- ① モーターの性能点検：各台のモーターの動力を測定し、異常の有無を点検し、異常があるもののうち調整できるものは調整し、調整できないものは取替え、機台間のバラツキをできるだけ小さくするように留意すべきである。モーターを取替る場合は、高効率モーターについても十分検討すべきであろう。
- ② 機台負荷の減少：適正な保全により、機台の心出し調整を確実にすると共に、各部の駆動手段であるベルト或はテープの適正なテンションの調整、歯車の噛合いの適正化を図るべきである。また、定掃、注油、保全周期の適正化、徹底化を図り、機台を管理状態に維持するよう心掛けるべきである。一方、駆動部分をベアリング

化し、回転の円滑を図ることも重要である。

③ 経済速度の検討

生産機械を高速化するとエネルギー消費量は指数的に増加する。生産量に対応して最経済となる運転台数、回転数を見出し、作業標準として定めておくことよ。

(2) 各工程別の省エネルギー実施の考え方

(1) Blowing

Blowing の工程は各目的別の多くの機械を連結して構成されているが、夫々に集塵のためのfanを使用し、また原料Fiberの輸送に空気を用いることが多い。この送風機系統の消費電力を測定するとともに、ダンパで絞っている時は各系統の吐出圧力、風量を抑制するため送風機の回転数を下げる。

操業上のトラブルを防止するには、送風機回転数を10%程度下げて操業状態を判定した後、更に5%と云った風に段階的に下げて行くことよ。

(2) Carding

Carding Machine は対象となる台数が非常に多い。また他の生産機械と比較して回転体の重量が大きい。

旧型機種は軸受部のベアリング化により消費電力の軽減が計れる。新型機種には単独の集塵装置が付属され、集塵の自動化による省力、品質の向上、作業環境の改善に寄与しているが、集塵用送風機にはかなりの余裕があり、また一般的に送風機効率が低い。

個別の集塵装置をグループ化又は集中化すれば省エネルギーがはかれる。

(3) Drawing & Roving

Drawing Machine 及び Roving Machine の新型機種は大型の Pneumatic Dust Collector を装備しており、その羽根車の外径を小さくする (Impeller Cut) ことなどが一般的な省エネルギーの対策として考えられる。

またRoving Machineの機械構成は後述のRing Frameに似ており、機械本体の省エネルギー対策はこれに準じて考えれば良い。

(4) Ring Frameにおける省エネルギー対策

① Draft partにおける軸受のベアリング化

従来のRoller Weight からTop Arm 化に伴い、軸受部をベアリング化して消費電力の軽減を計っている。

② Spindle partの改造

Spindle Tapeの幅を狭くするとともに材質を弾性のあるものへ交換し、空気との摩擦損失を減少させ、弾性化によりスリップを防止する。

またSpindle 支持部の潤滑油の注入量を減少させるなど日常管理を強化する。

Spindle wheel を小径サイズ化する傾向にあるが、改造経費が高むので高速回転化と併せて検討すべきである。

- ③ Ring Frameに附属するPneumatic は生産性向上とともに容量が大型化してきたが、Ring frame の経済運転速度の見直しやダクトつまりに対する日常管理強化により、このPneumatic のBlower容量を小さくする傾向にある。

既設のBlowerについては、羽根車の外径を削ることによって省エネルギーのメリットが出る。Carding で述べた集中方式も採用されている。

- ④ Ring Frame のFly 除去用Traveling Cleaner 運転の間欠化または受持範囲の拡大も考えられる。

- ⑤ Main Motorの老朽更新時には高効率タイプのモーターを採用する。

(5) Winder

Winderの近代化は他のどの工程よりも早くから実施され、高性能機が多く導入されている。

然しこれらの高性能WinderはYarn Collector用のBlowerの消費電力が著しく高い。

省エネルギー対策としてWinderのYarn CollectorのSuction ラインを5～10台のグループとして集中吸引するシステムが多く採用されている。

この場合選定するBlowerの仕様決定が省エネルギーの成果を支配することになる。

(6) 空気調和（電気編参照）

A) 空調負荷の見直し

空気調和用の電力としては直接生産用電力の約30%が消費される。

紡糸工程の空調条件は糸の品質に並び生産性に影響があり、各工場毎にそれぞれの条件設定をしているが、技術進歩に伴って随時見直す必要がある。

日本の某工場では、温度、湿度を段階的に変化させ、その都度糸糸の品質、作業環境をチェックして問題を生じない限界を求めた。その結果、年間通じて一定の糸

件に設定していたものを、シーズン別の新たな条件に変更し、冷凍負荷14%、加湿加熱スチーム16%を節減している。

建屋の断熱、発熱機器の断熱を強化し、負荷の低減を計ることも負荷の低減につながる。

B) スプレノズルの変更

冷水スプレにより直接空気の冷却を行う場合、スプレノズルを大型化し、個数を減らすことによって元圧を低下させることができる。これによってポンプ動力が減り、場合によってはポンプ台数も少なくすることができる。

日本の某工場の例では、4mm径のノズル15,400個を用いていたものを44mm径のノズル 212個に取り替えることにより、スプレ圧力が3 kg/cm²から2 kg/cm²に下り、年間約47万kWh の電力を節減している。

C) 高効率冷凍機の導入

老朽化した冷凍機では、設計時の性能が得られなくなっている。

日本の某工場の例では、設計原単位1.28 kW/JRT (注：1JRT=79,690 Kcal/d)の冷凍機が劣化し、原単位1.41 kW/JRT になったので、原単位0.91 Kw/JRT の高効率冷凍機に交換し 750 kW の節減をしている。

D) 冷凍機の回転数制御

ターボ圧縮機を用いている工場で、負荷の変動が多いときは台数制御又は回転数制御を行うのが効果的である。電力低減の例をFig. 5.18 に示す。

Table 5.10に各工程毎の省エネルギー対策例を示す。組織的な省エネルギー活動を日常管理に組みこむことによって、かなりの成果が期待できる。

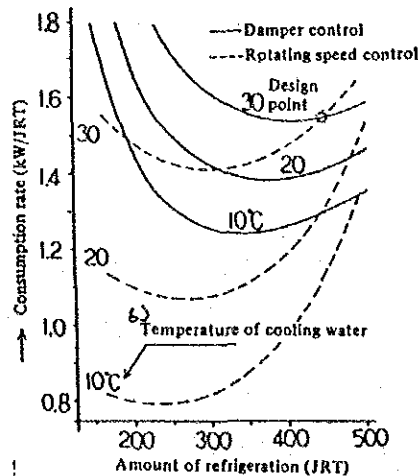


Fig 5-18 Characteristic Comparison of Capacity Adjustment

Table 5-10 (1) Example of Energy Conservation Measures for Individual Processes

Process	Measure	Description (Example)	Remarks
Scutching	1. Optimizing condenser fan speed	● 1,200rpm → 1,000rpm	● Be careful of blow of fibers to cage surface and duct blocking.
	2. Reducing operating speed of dust collector fan.	● Down about 10%	● About 10% seems to be the limit, considering the effects on dust collection, etc.
	3. Stopping scutching fans	● Fans that can be substituted by duct collector fans are stopped.	● This means cannot be taken if indoor environment changes due to fan stoppage. ● This measure may be taken if other fans have extra capacity to compensate for suction fan stoppage.
	4. Total stoppage of scutching machines	● Scutching machines are totally stopped only in emergencies. Instead of this conventional practice, stop all scutching machines in ordinary cases where their stoppage is necessary.	● Reduce the number of processes if possible.
Carding	5. Reducing operating speed of cylinder	● Use driving pulley of smaller diameter.	● Consider effects on quality.
	2. Use of ball bearing in place of doffer metal	● Use ball bearings in place of plain bearings	● Effective for not only power saving but also oil saving and labor saving
	3. Intermittent operation of cotton and dust collectors	● Change constant suction of flat strips to intermittent suction.	● Power can be saved by stopping constant suction equipment. ● Power can be saved by reduced carrier air rate incidental to reduced volume of return.
	4. Intermittent operation of blow cleaners	● Operate suction blow cleaners intermittently.	
	5. Reducing operating speed of main blower for dust collector	● Stop dust suction at taker-in.	● Indoor cleanliness remains hardly changed.
Combing	1. Stopping creels of predrawing machine	● Stopping creel rollers	● Power saving effect is not so much, but creels no longer need maintenance.
	2. Reducing operating speed of pneumatic fan for lap former	● 2,240rpm → 1,640rpm	● Static pneumatic pressure above a certain level is unnecessary depending on the cleanliness of roller parts.
	3. Reducing pressure of compressor for auto lap changer	● Auto lap changer's pressure is 6.5 kg/cm ² . Compressor (primary) pressure is reduced from 9 kg/cm ² to 7 kg/cm ² .	● Reduce required air volume by enforcing proper maintenance of auto lap changer (preventing air leaks; centering various parts).

Table 5-10 (2) Example of Energy Conservation Measures for Individual Processes

Process	Measure	Description (Example)	Remarks
	4. Reducing operating speed of comber cylinder brush	●1,240rpm→780rpm	●Cylinder needles are hardly blocked in uni-combing. Brush operating speed (rpm) should be about 5 times that of cylinder.
	5. Interlocking operation of comber fans	●Interlock machine motors and fan motors so that fans stop when machines are stopped.	●Interlocked operation will not cause sliver trouble at start/stop of machines.
	6. Reducing operating speed of comber suction fan	●1,970rpm→1,600rpm ●40mmAq→32mmAq	●Because of sliver joining, static pressure of 25 to 30 mm. Aq. is sufficient for perforated roller. Determine operating speed of suction fan depending on cleanliness of draw part.
	7. Reducing operating speed of comber exhaust fan	●Down 20% to 40%	●Underground duct suction has excess capacity because of dust collection and recovery equipment. ●Spinning is hardly affected even though individual machines air flow rate is reduced.
Roving	1. Driving upper and lower Ermen's clearers with back roller	●Upper and lower Ermen's clearers are driven with chain from back roller.	●No problem arises from driving clearers with back roller.
	2. Interlocking pneumatic motors with machine motors	●Interlock pneumatic motors with machine motors so that pneumatic motors stop when machine motors are stopped.	●It is not necessary to keep pneumatic motors operating at all times.
Spinning	1. Using bearings for draft rollers	●Use bearings for bottom and top rollers.	●Consider this measure for not only saving power but also quality and maintenance.
	2. Changing spindle tape	●Replace with elastic spindle tape.	●Tape slip will decrease by half, and variation rate will also sharply improve to make thread quality more constant. Power saving effect is great.
	3. Using narrowing spindle tape	●Elastic tape: 13mm→11mm	●Take slip ratio into consideration.
	4. Reducing spindle tape tension	●1.9→1.5lb/4sp	●Take slip ratio into consideration.
	5. Using spindle warp of smaller diameter	●23.8→20.2mm	●Take this measure when spindle insert is renewed.
	6. Using tin pulley of lighter weight	●Tin roller→Lightweight tin pulley or bakelite tin pulley	●Take this measure when old tin roller must be replaced.
	7. Pneumatic impeller cut	●Cut impeller for pneumatic fan.	●After cutting impeller to smaller diameter, adjust balance. Otherwise, vibration occurs.

Table 5-10 (3) Example of Energy Conservation Measures for Individual Processes

Process	Measure	Description (Example)	Remarks
	8. Interlocking pneu- mafil with main body		● Effective also for reducing thread breakage at start.
	9. Intermittent operation of overhead cleaner	● Operate at half-hour interval instead of continuous operation.	
	10. Changing drive belt	● V-belt→Cog belt	
	11. Removing Auto doffer clip		
	12. Changing Open End rotor drive belt		
	13. Improving power factor	● Use low-voltage condenser.	
	14. Using high-efficiency motors	● Replace existing motors with high-efficiency motor for energy conservation.	
Winding	1. Changing drive belt	● V-belt→Plain belt (elastic spindle tape)	
	2. Reducing area of blower opening	● Reduce blower suction port to lower static pressure.	● Pulley down not possible because motors and fans are directly connected.
	3. Integrating blowers	● Auto corner: Integrate 6 blowers. ● Couple to Automatic Cop feeder blower motors. ● Use centralized exhaust system, and newly employ motors specially designed for low-pressure fans. ● Individual blowers→Large blower..	● If exhaust air from each blower flows into room, room tempera- ture rises. This measure is taken to prevent it.
Air conditio ning	1. Reducing operating speed of air conditioning fans	● 715→620m ² /min	● Drill shaft hole in motor pulleys on hand.
	2. Reducing operating speed of pre- spinning carrier fan	● 2,590→1,735m ² /min	
	3. Reducing operating speed of spinning carrier fan	● 360→325mmφ	● Use pulleys on hand.
	4. Reducing size of finish spray blower	● 27m ² /min x 30kW→6.8m ² / min x 7.5kW	

(3) 紡績工程における省エネルギー対策のケーススタディ

前提条件

各工程における生産条件を一定として、各工程毎の省エネルギー効果を試算した。

各工程毎に実施した省エネルギー対策と、その省エネルギー効率をFigure 5.19 に示す。

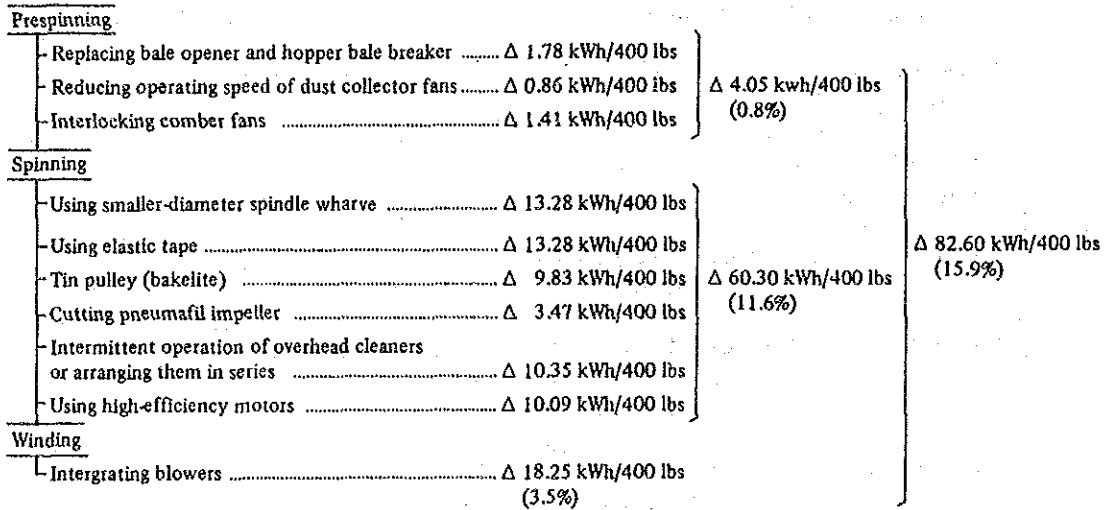


Fig 5-19 Example of Energy Conservation Measures under Constant Process Conditions (Power consumption for direct production: 520 kWh/400 lbs)

このケーススタディから判断出来ることは、省エネルギー実施効果の大きいのは、捲糸と精紡織である。Figure 5.20 に各工程毎の1梱当り(400 Lbs)の電力使用量をFigure 5.21 に各工程所要電力のパレート図を示す。

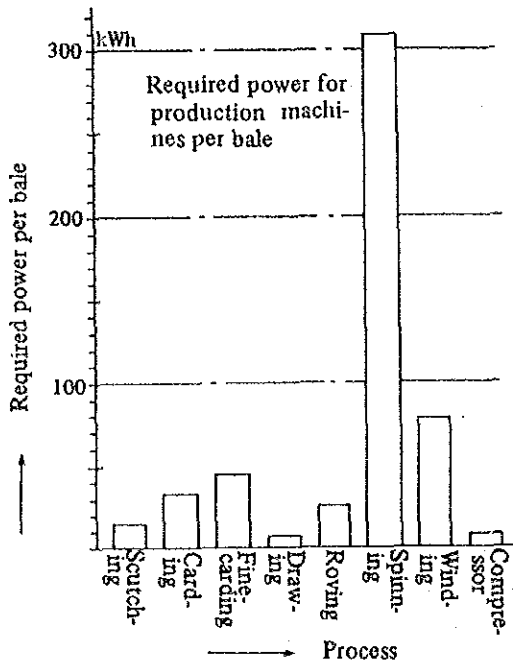


Fig 5-20 Required Power per Bale

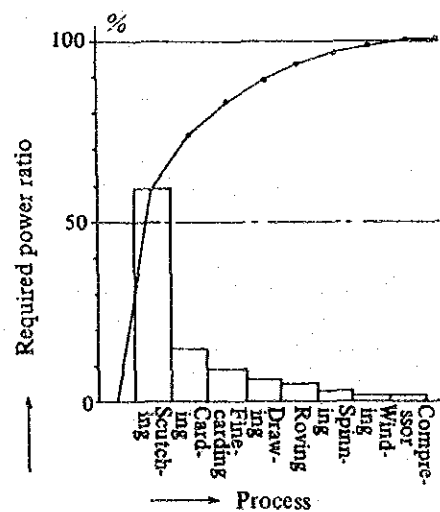


Fig 5-21 Pareto's Diagram of Required Power (%)

(4) 今後の省エネルギーに対する課題

紡績工程における省エネルギー対策の検討課題として次のものがある。

- ① 工程設計条件（回転数など）の見直し
- ② 各パッケージ・サイズおよび単量の見直し
- ③ 平ベルトの材質の検討とVベルトのコグ・ベルト化
- ④ 省エネルギー型ゴム・ローラーの研究
- ⑤ スクェアー・メタルのボール・ベアリング化
- ⑥ 各軸部の無注油化
- ⑦ 空錘管理の徹底（コンピューターの利用）
- ⑧ 操業効率向上による操業時間の短縮
- ⑨ ニューマー・ファンのインペラー径の縮小
- ⑩ エヤー・コンプレッサーの集中化
- ⑪ 機上ファンの集中化
- ⑫ 掃除用圧縮空気の運用変更
- ⑬ 集塵集綿装置の間欠運転時間の短縮
- ⑭ 紡績機の排気熱の回収、利用など
- ⑮ 高効率紡績機の導入（捲糸、燃糸機）

5.2.3 織布（毛織物を含む）

(1) 省エネルギー対策実施の事前作業

織布工程における生産機械は紡績工程に比較すると1台当たりのモーター容量が小さく、かつ設備台数が多い。従って効率的な省エネルギー対策が実施しにくいのが特徴である。

紡績工程と同様、基本対策を徹底させることが必要である。

(2) 各工程別の省エネルギー対策

A) 準備工程

準備工程は、巻返し、緯糸巻、整経、糊付機、経通しで以て構成される。

供用されるユーティリティ種別は電力、電気、水、圧縮空気がある。

(a) 電気エネルギーの使用対象は各生産機械の駆動動力以外に

- i 集塵・集綿用ダストコレクターの吸引ブロワー
- ii 糸屑・風綿除去用の圧縮空気

がある。

- ・ 集塵用ブロワーの消費電力はブロワー回転数の3乗に比例するので、吸引開口面積の縮小およびフィルタ詰まりの掃除周期の見直しなどの対策により所要風量を減らし、ブロワー回転数を10%低減できれば、23%の電力削減となる。

- ・ 掃除用圧縮空気圧力の低減

空気圧縮機の吐出圧力を低減させれば電力節減がはかれる。

7 kg/cm² Gの空気圧力を5 kg/cm² Gまで低下させると電力は約14%節減出来る。

掃除用ノズルは自家製のものが多いが、ガンタイプにし、レバーで開閉するようになれば、節減効果が大きい。

(b) 糊付機

A 保温強化

タンク：ヘッダ、配管の保温を完全にする。

B フード取り付け

シリンダまわりの温度を保持すると共に、蒸発水分を速やかに排除するのに役立つ。

C 高圧絞り

糊付け後の絞り圧を350kgから1,500 kgに高めることによって、蒸発すべき水分量が33%減少した例がある。

D 糊材変更

糊の種類を変更することによって低温で炊き上げ、糊付けも低温でできる。調合温度を130℃から80℃に低下させることにより、13%のスチーム節減を図った例がある。

E 糊付け本数増

糊付け本数を増加させると、速度は遅くなるが全体として省エネルギーが図れる。

F シリンダの伝熱改善

シリンダ内のコンデンセートの排除が円滑に進むようサイフォンの調整、トラップの配置を行う。

G コンデンセート回収

ボイラスチーム 編参照

H 熱風乾燥機の排気管理

熱風乾燥機はシリンダー乾燥機に比較すると熱効率が低い。従って過乾燥にならないよう排気量や、乾燥温度の管理を行う。

B) 織布

(a) Loomとよばれる杼打込み式織機が殆どであり、設置台数が非常に多い。

消費される電気エネルギーは織機の回転・往復動など他の生産機械と異なる使用方法をしている。

織布の省エネルギー対策の基本は適正なメンテナンスにある。

(b) 省エネルギー対策の実施項目

- ① 糸屑吸引用ブロワーの吸引面積の縮小化、および糸屑詰まりの防止
- ② 省エネルギー型動力伝達用駆動ベルトの採用
コグベルトへの変更、電力消費量4%の節減効果。
- ③ ベルト張力の適正調整
- ④ 機台各部の潤滑油管理（適正油量、漏洩部の早期修理）
- ⑤ 駆動モータの更新時、高効率型モータ採用。（標準型と高効率型の価格差は1～2年で回収が可能である）
- ⑥ 掃除用圧縮空気の管理は「準備工程」と同様である。
- ⑦ 空気調和設備
織糸素材により70-80%RHの高湿度を必要とする。一般には空気洗浄方式と室内直接加湿併用システムが多いが、室内直接加湿を増加させることにより送風量の減少が可能となり、送風機の回転数低減が電力使用量の減少となる。
- ⑧ 新型織機
杼式織機に較べてエアジェット・ルーム、ウォータージェット・ルームは省エネルギー型である。しかし主体駆動動力の他に、圧縮空気、圧力水及び電熱カッター、乾燥機等が必要であり、これら周辺装置個々の省エネルギー対策を必要とする。
エアジェットルームでは品種に応じた打込空気圧設定が、ウォータージェットルームでは生地水分の効率的乾燥が必要である。
- ⑨ 生産モニタリングシステムの導入
糸切れによる停台ロスを減少させ、稼働率を向上させるもので、10%以上の稼働率向上の実績もある。

⑩ 機械設備の保安管理

- ・モータ空転防止
- ・ベルト張力の適正化
- ・給油量の適正化

など基本的事項のフォローが絶対必要条件である。

C) 仕上

仕上げ工程における消費電力の多いものにシャーリングがある。特に集塵装置の占める割合が大きい。

この工程は製品の最終工程であり、品質上のトラブルを発生させないように留意しなければならない。

各工程における省エネルギー対策をFigure 5.22 に示す。

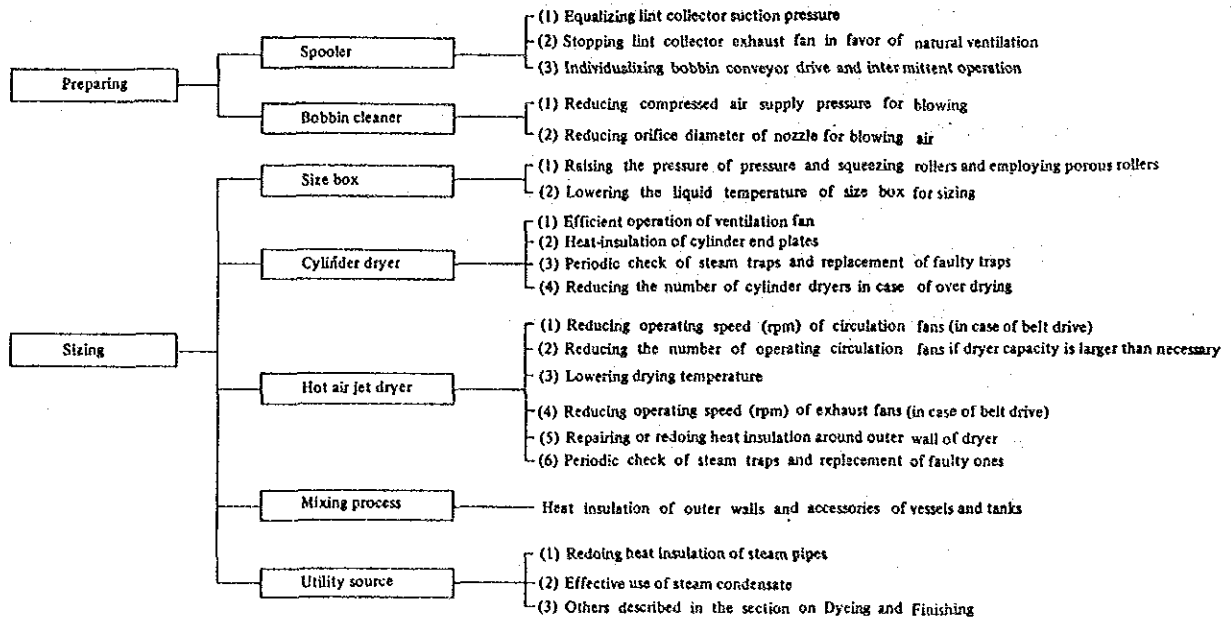


Fig 5-22 (1) Items of Study for Energy Conservation in Individual Processes

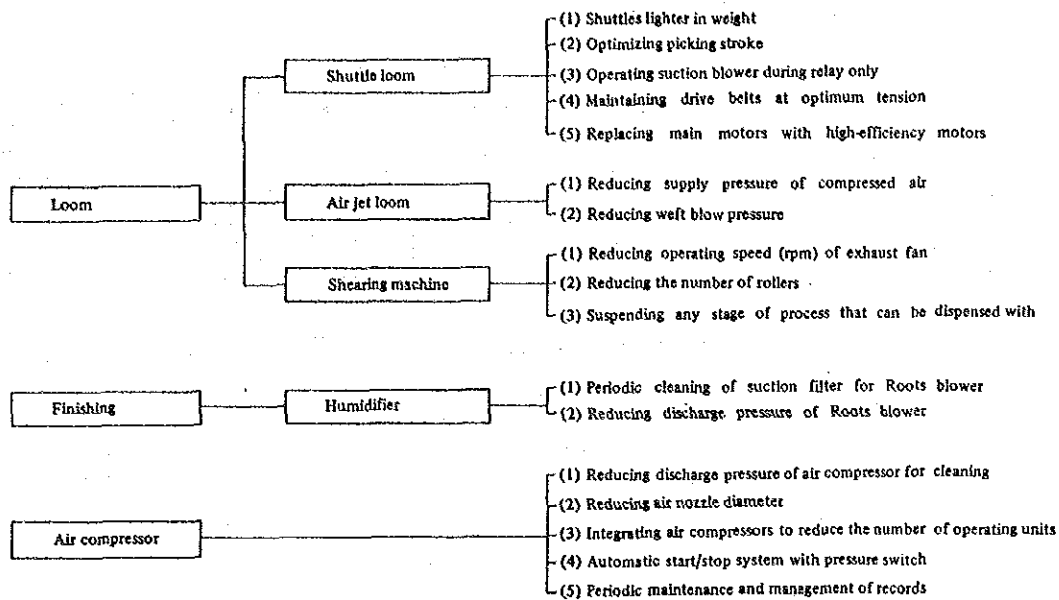


Fig 5-22 (2)

5.2.4 染色・仕上

(1) 浴比低下

染色薬は水を大量に使い、しかもその水を加熱して用いる場合が多いので、用水の節約は熱エネルギーの節約につながる。

被染物 1 kg を染めるのに用いる水量 (ℓ) を浴比といい、染色方法、染色機によってかなりの差がある。

染色方法では、以下の対策がとられる。

- A) 浴比はかせ染 (25~35) よりチーズ染 (8~15) の方が小さくてすむ。
- B) チーズ染色の場合も、巻密度、スピンドルの配列等によって浴比の低減を図ることができる。
- C) 染液を泡状、霧状で均一に分布させる方法で、浴比を 3 以下に低下できる。泡染色は無地染を対象とし、染色液を空気で発泡し、細い均一な泡にして織物に付与する。
- D) 混紡品の二浴染を一浴染に変えることは浴比低下、時間短縮に効果的である。

染色機については、各種の低浴比型染色機が開発されている。

布を 200m/min 以上の高速で回転させたり、振動させたりして染液と布の接触をよくすることにより、浴比を一般型の 1:20-30 から 1:11 以下に低減している。低浴比型と従来型の性能比較の例を Table 5.11, Table 5.12 に示す。

Table 5-11 Example of Performance Comparison

	Length of work	Amount of liquid	Weight of fabric	Amount of steam	Amount of steam per m	Amount of steam per kg of fabric
Conventional	300 m	4,000 ℓ	514 g/m ²	1,473 kg	4.91 kg/m	9.54 (100)
Low bath ratio type	500 m	2,000 ℓ	409 g/m ²	440 kg	0.88 kg/m	2.15 (23)

Table 5-12 Example of Power Consumption Comparison

	Electric power	Load factor	Dyeing time each time	Electric energy each time	Length of work	Electric energy per m
Conventional	24 kw	x 0.8	x 2.5	= 48	÷ 300m	= 0.16 kWh/m (100)
Low bath ratio type	16.5 kw	x 0.8	x 2.5	= 33	÷ 500m	= 0.066 kWh/m (41)

その他、マイクロ波による急速加熱を利用し、所要エネルギーを1/10以下にする方式も開発されている。

(2) 洗浄水量削減

洗浄効率の高い洗浄装置が種々開発されている。原理としては、

- ① 布と洗浄水との接触回数を多くする。
- ② 布と向流に水を供給する。
- ③ 布と水に振動効果を与える。

ことにより、洗浄効果をたかめている。在来型に比べ、水量、スチーム量が1/10に、電力量が1/4に減っている例がある。

(3) 染色時間短縮

ポリエステル染色において染着に関与しない温度範囲では極力早く昇温し、均染も不要にする方法が開発されている。

(4) 処理温度低下

薬剤の変更等により、漂白、染色等の温度引下げを図る。水洗についても、更に低温でできないかの検討を行う。

(5) 乾燥エネルギーの節減

A) 染色は液への浸漬と乾燥を何度も繰り返すプロセスであるが、繊維の種類によっては乾燥工程を省略し、絞りを行うのみで次の工程に移すこともおこなわれる (Wet on Wet法)。例えば、湿った布に仕上剤を均一に付与する方法を開発し、染色後の

乾燥工程を省略した例がある。これにより8%以上の省エネルギーが達成された。

- B) 乾燥に先立って、マングルにより十分脱水し、熱エネルギーを節減する。適当な硬度のゴム被覆ロールを幅方向に線圧が均一となるように調節して用いる。より効率的な設備として不織布ロールを用いたり、スリットを介して吸引する真空式のものがある。また高速の空気流を吹き付けて脱水する方法も効果的である。

水分25~50%まで絞れるので、乾燥スピードが倍になる、乾燥コストも17%低下した例がある。

- C) 繊維はある限度以上に乾燥しても、空中に放置すれば再び平衡水分まで吸水するので、Table 5.13以上に過乾燥することはエネルギーの損失になる。

Table 5-13 Norms for Exit Moisture Percentage (20°C/65% RH)

Material	Exit moisture percentage (%)
Cotton	7.0
Polyester	0.4
Nylon	4.5
Viscose	12.5
Wool	16.0
Polyester-cotton blend (2:1)	2.5
Polyester-wool blend (2:1)	5.5

Source: F.C. Harbert, International Dyer, Vol. 142, No. 2, (1972), p. 102.

- D) 熱風乾燥機では熱風を循環することにより乾燥速度も上がり、省エネルギーになる。排気中の水分を定期的に測定し、抜出量を調節する。なお、可燃性の溶剤が含まれる場合は、爆発について配慮する必要がある。

また、毛織物の乾燥については品質管理の目的も含め過乾燥防止のための乾燥温度排気湿度の自動制御を検討する必要がある。

- E) シリンダー（スラッシャー型）乾燥機は熱効率面では熱風乾燥機に比較して有利である。これを効率的に利用するためにはシリンダー内のコンデンセート引出しのためのインターナルサイフォンパイプおよびスチームトラップの点検・整備が重要である。

- F) 織布に防水剤などの薬剤を付与する際は、メッシュロール等により付与量を少量に抑えることにより、乾燥エネルギーを節減できる。

(6) 放熱防止

A) 染色機・水洗機は保温されていないものが多い。これは従来の繊維質や多孔質の保温材では吸水しやすく、染色工場のような多湿な雰囲気では完全な防水が費用高になるためであろう。しかし、最近では独立気泡型の撥水性プラスチックフォームが開発され、クロロブレン系等の接着剤で張りつけて用いられるようになっている。ポリプロピレン、硬質ウレタンは、最高使用温度 120℃程度まで使用でき、100℃以下の個所なら中圧ポリエチレンフォームが使える。

また、簡易な方法として保温材を巻き付け、水に濡れないようビニールシートをスカートのように取り付けただけで、スチーム量が20%程度節減となっている例がある。

B) 貯湯タンク

貯湯タンクも保温すると共に、蓋あるいは浮蓋により表面からの放熱を防止する。

C) 乾燥機の外壁を断熱すると共に、開口部をできるだけ小さくする。

(7) 排熱回収

染色工場で熱エネルギーがどのように使われたかを分析した1例をTable 5.14に示す。排液に逃げる熱の割合の大きいことがわかる。このため、染色排水の熱を給水に熱交換したり、冷却水を次の給水に用いたりする利用例が多い。

Table 5-14 Thermal Energy Consumption State
(Intermediate Scale Dyeing Factory)

Item	Percentage (%)
Product heating	16.6
Product drying	17.2
Waste liquor loss	24.9
Heat release from equipment	12.3
Exhaust loss	9.3
Idling	3.7
Evaporation from liquid surface	4.7
Unrecovered condensate	4.1
Loss during condensate recovery	0.6
Others	6.6
Total	100.0

〈事例1〉

メリヤス染色を行っている工場で、染色機の排水のうち60℃以上のもののみを、2基のスパイラル熱交換器に通し、50～60℃の温水を得て次の染色に利用している。

排水 200m³/dのうち、熱回収したのは 100m³/dであり、得られた温水も 100m³/dであった。設備費は100,000US\$、重油節減率は25%で、資金は 2.2年で回収できた。

〈事例2〉

従業員40人のポリエステル、レーヨン糸染の工場で、次のような対策を行った。

- a. 染色機、乾燥機のコンデンセートをボイラ給水に回収し、給水温度を80℃に上昇させた。
- b. 高圧染色機の冷却水を温水槽に回収した。
- c. 染色排水のうち57℃以上のものを温度感知器で分けて熱交換器に通し、平均60℃の温水 170m³/d を回収した。

また、これに併せて60℃から染められるよう染料、助剤、染色方法を改善した。

染色機の移転、配管、保温、コンデンセート回収ポンプ、温水タンク等に 180,000 US\$、熱交換器、ポンプに30,000US\$、合計210,000 US\$ を要したが、重油原単位が 0.85 l/kg から0.47 l/kg に45%も改善され、270,000 US\$/年の燃料減となったので、投資は1年以内に回収できた。

〈事例3〉

従業員12名の糸染専門の工場である。省エネルギー対策として、コンデンセート回収と染色排液の熱回収を行った。コンデンセートは染色機、乾燥機で発生するものであるが、その中に染色溶液が混入してくる恐れがあるので、直接ボイラ給水に混ぜないで、熱交換器を通してボイラ給水に熱を与えるようにしている。熱交換器としては掃除のしやすいプレート式を選び、酸性液が混入した場合に備えて、材質はステンレス (304) を使用している (Fig. 5.23 を参照)。

染色排液は50～100℃で10～15 t/h発生している。この液を渦流式フィルタに通し、セルローズスラッジを除いたあと、プレート式熱交換器 (ステンレス) で30℃の水を48℃まで予熱するのに用いている。熱交換器には逆洗できる配管をつけてある。また温度や流量を設定して、自動運転が可能ないようにもなっている。

熱交換器 2基のほか、ポンプ、タンク、配管等の設備費が約120,000 US\$ かかっているが、燃料が22%節減でき、年間38,000 US\$のメリットがあるので、投資は約3年

で回収できている。

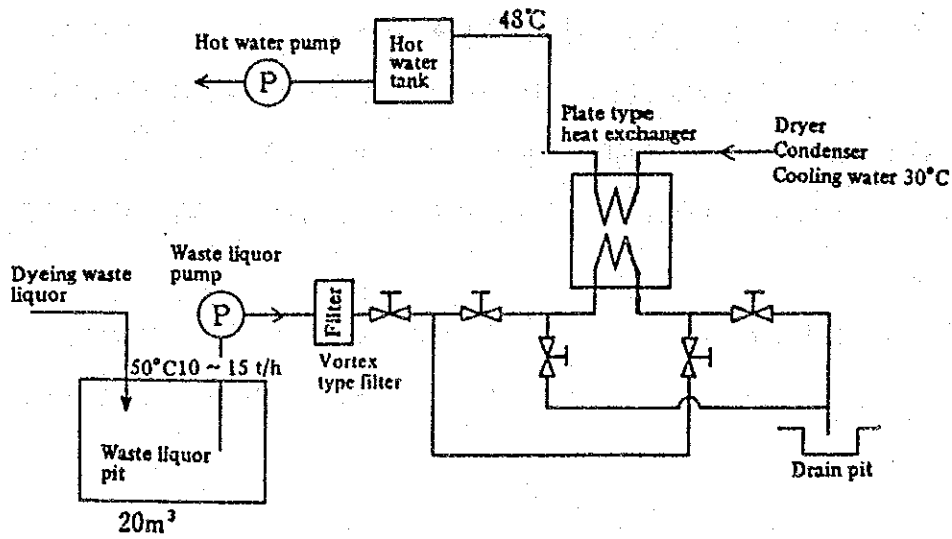


Fig 5-23 Dyeing Waste Liquor Recovery Equipment

〈事例4〉

染色晒工程から排出する温排水から、熱交換器による用水への熱回収は、かねてから実施してきたが、吸収式ヒートポンプを活用することにより、更に低温排水からの熱回収が可能になることを見出した。かつ従来、冷凍機及び冷却塔を通じて大気に放出していた冷房排熱も、温水に回収利用した。(Fig.5.24参照)。

フローシートはFig.5-24のとおりである。設備費は約250,000 US\$、省エネルギー効果はTable 5-15のとおりである。

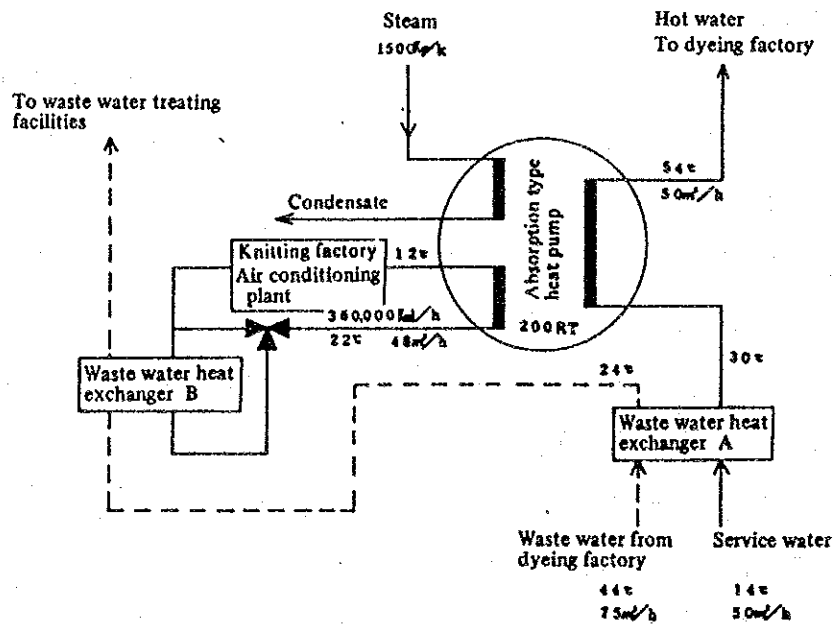


Fig 5-24 Flow Sheet of Heat Pump System

Table 5-15 Energy Conservation Effect

Fuel oil saving	170 kℓ/Year	About 70,000 U\$\$/Year
Reduction in contract demand by stop of refrigerator	170 kW	About 30,000 U\$\$/Year
Reduction in refrigeration electric energy	200 thousand kWh	About 20,000 U\$\$/Year
Total		120,000 U\$\$/Year

また熱風乾燥機の排気の熱を回転式熱交換器を用いて給気に回収している例もある。