

ハンガリー共和国
省エネルギー計画調査
報告書

(II)

平成 5 年 5 月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1100200131

2416⁰

ハンガリー共和国
省エネルギー計画調査
報告書

(II)

平成4年9月

国際協力事業団

国際協力事業団

24160

1. ガイドラインの性格
2. 診断の手順
3. エネルギー管理
4. 染色工業の省エネルギー
5. タイヤ工業の省エネルギー
6. アルミナ工業の省エネルギー
7. セメント工業の省エネルギー
8. 鉄鋼工業の省エネルギー
9. ボイラ運転の省エネルギー
10. スチーム取扱の省エネルギー
11. 電気取扱の省エネルギー
12. パソコンによる保温計算

1. ガイドラインの性格

1. 資料の性格

今後、ハンガリーの工場における省エネルギーを推進する上で必要な工場診断や工場技術者の教育を、エネルギー管理局（AEEF）が指導的立場に立って進めて行くことが期待されている。これらの活動を進めるために、AEEFの職員がよりどころとして利用できるガイドラインを作成しておくことが必要になる。

この報告書に含めた資料はAEEFがガイドラインを作成するにあたって、参考となるであろう技術的事項を、下記の点に留意してまとめたものである。

- (1) AEEFの技術者が ①診断指導用マニュアルとして、あるいは②セミナーのテキストとして、あるいは③工場の合理化の進捗度の判断資料として、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、当該業種の工場に従事していない者でも十分理解できる程度であること。
- (3) 記述事項の範囲は、ハンガリー共和国の工業の現状に即したものとするため、今回の調査対象工場のプロセスに関する事項に限定し、基本的な事項、参考数値、省エネルギーのための手法や事例を記載すること。

AEEFがこの報告書を参考にしてガイドラインを作成し、今後独自の工場診断等を通じて収集した情報を逐次追加して、充実を図ることを期待する。

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 Figure 2.1 に示す。

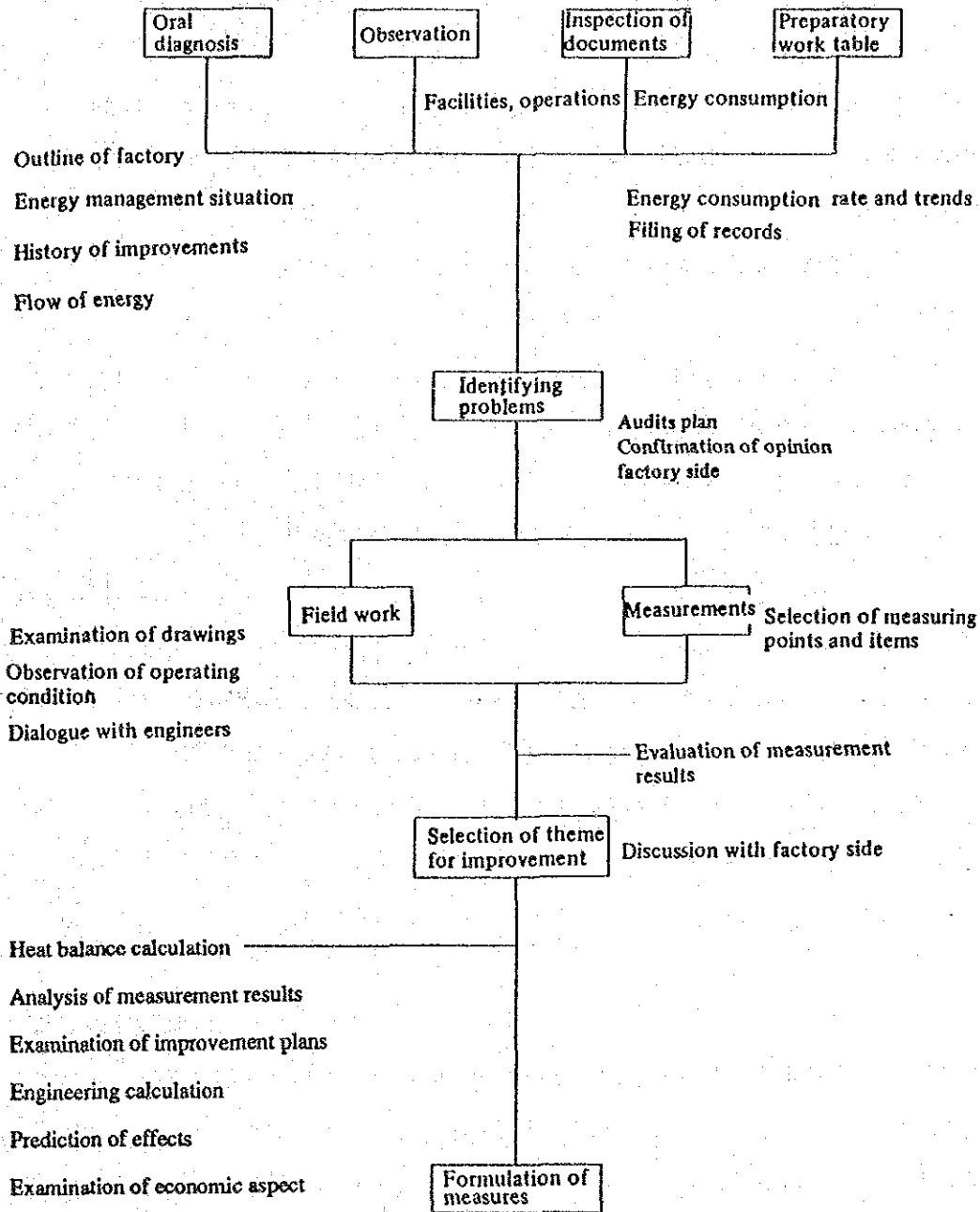


Figure 2.1 Flowchart of Factory Survey

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、組織、沿革、業界に置けるシェアと位置づけ等）
2. 過去5年間の主要製品の生産量推移
3. 過去5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

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報告書において改善策を提案する項目を整理し、工場側に説明して項目を確定する。

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、データ記録フロッピー、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効果を算出し、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。

- I 燃料の燃焼の合理化
- II 加熱及び冷却並びに伝熱の合理化
- III 放射、伝導等による熱の損失の防止

- IV 廃熱の回収利用
- V 熱の動力等への変換の合理化
- VI 抵抗等による電気の損失の防止
- VII 電気の動力、熱等への変換の合理化

従って、これは省エネルギー診断に際してもよりどころとなり得るものである。

以下に、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合理化のための改善措置の例を以下に紹介する。

I 燃料の燃焼の合理化

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; 800 MJ/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

I-1 バーナ選定

形式、容量、Turn Down Ratio
整備、Tip 摩耗

I-2	霧化改善	燃料温度、粘度 Atomize 空気、スチーム量 油 圧 分散剤、Emulsion
I-3	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
I-4	空燃比制御改善	O ₂ 制御、CO 制御 Cascade 制御 Cross Limit 制御
I-5	負荷安定	負荷配分改善、台数制御 Steam Accumulator
I-6	燃焼温度上昇	酸素富化燃焼 ガスアトマイズ 流動床燃焼
I-7	低温完全燃焼	触媒燃焼

II 加熱・冷却・伝熱の合理化

II-1	工業炉加熱	
II-1-1	加熱温度適正化	作業標準設定
II-1-2	Heat Pattern 改善	温度分布、昇温速度 炉内ガス流れ
II-1-3	負荷適正化	炉床負荷 複数設備への負荷配分 負荷平準化
II-1-4	材料装入法改良	
II-1-5	炉形状改善	
II-1-6	炉体・搬送具の熱容量減少	軽量化
II-1-7	火炎輝度向上	
II-1-8	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
Ⅱ-2 スチーム加熱	
Ⅱ-2-1 スチーム圧の適正化	
Ⅱ-2-2 空気抜き	
Ⅱ-2-3 Direct Steam 吹き込み法改善	
Ⅱ-3 伝熱	
Ⅱ-3-1 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、ブロー適正化 凝縮膜、霜の排除 掃除、Soot Blow、Filter 掃除
Ⅱ-3-2 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
Ⅱ-3-3 熱交換 System	最適化 基数増加
Ⅱ-3-4 熱交換器	高热伝導率材料採用 伝熱管形状 伝熱管配列 伝熱面拡大、Fin Plate Buffer Plate、乱流促進体
Ⅱ-4 運転	
Ⅱ-4-1 Start、Stop 時間適正化	惰力運転
Ⅱ-4-2 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

II-5 プロセス

II-5-1	制御法改善	余裕代減少
II-5-2	自動化	
II-5-3	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
II-5-4	分離方式の変更	機械分離 膜分離 吸着 抽出、超臨界抽出
II-5-5	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
II-5-6	反応条件緩和	触媒改良 薬品改良 Bio Reactor
II-5-7	製品規格変更	過剰品質防止 次工程での熱処理不要材
II-5-8	原料変更	Recycle
II-5-9	大型化	大電力化による時間短縮
II-5-10	連続化	
II-5-11	高速化	
II-5-12	工程省略	Hot Charge
II-5-13	高効率機器採用	

Ⅲ 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)
(Unit: °C)

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

Ⅲ-1 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

Ⅲ-2 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

Ⅲ-3 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

パッチ炉断熱材の軽量化 (かさ比重<1.3)

Ⅲ-4 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

Ⅲ-5 ボイラブロー量適正化

IV 廃熱の回収利用

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 (%)		
	> 80 GJ/h	20 - 80 GJ/h	4 - 20 GJ/h
500 °C	200 °C (20) %	200 °C (20) %	
600	290 (20)	290 (20)	
700	300 (30)	330 (25)	370 °C (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)

N-1 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）

N-2 利用先

材料・原料加熱
燃焼用空気、給気加熱
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

N-3 手段

冷凍
魚養殖
温室加熱
融雪
熱交換器、流動層
Heat Pipe
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

V 熱の動力等への変換の合理化

V-1 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

V-2 発電所運転合理化

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）

- V-3 直接発電
- V-4 機関効率向上
- V-5 スチームエジェクタ合理化

燃料電池
MHD
段数、スチーム圧適正化
真空ポンプへの転換

VI 抵抗等による電気の損失の防止

- VI-1 送電
 - VI-1-1 高压化
 - VI-1-2 低温化
 - VI-1-3 直流化
- VI-2 配線
 - VI-2-1 配線長最小化
 - VI-2-2 配線方式改善
 - VI-2-3 配線径の選定
 - VI-2-4 三相不平衡改善
- VI-3 変圧器
 - VI-3-1 適正容量
 - VI-3-2 負荷配分、稼働台数調整
 - VI-3-3 結線法
 - VI-3-4 不使用時切り放し

受変電設備、負荷の配置改善
配線経路改善

- VI-4 電気使用機器
- VI-5 力率改善

接触抵抗減少
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

- VI-6 運転
 - VI-6-1 最大電力抑制

負荷平準化
Demand Control

VI-6-2 回路電圧適正化

VI-7 低損失機器採用

超電導

VII 電気の動力、熱等への変換の合理化

VII-1 電動機

高効率型採用

適正容量

VII-2 動力伝達

伝導装置改善

潤滑管理

ベルト（材質、弛度調整）

VII-3 運 転

空転防止、間欠運転

適正電圧維持

EP荷電間欠化

VII-4 流体輸送

VII-4-1 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

VII-4-2 機器容量適正化

インペラカット

VII-4-3 制 御

回転数制御（VVVF、クラッチ、極数変換

台数制御

VII-5 エネルギー回収

回生制動

VII-6 電気加熱

VII-6-1 負荷低減

Hot Charge

炉装入法、入力法改善

接触抵抗減

VII-6-2 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）

VI-6-3 燃焼加熱方式との比較

VI-7 空調

VI-7-1 送気

VI-7-2 制御改善

VI-7-3 運転管理

VI-8 照明

VI-8-1 適正照度

VI-8-2 室内内装

VI-8-3 器具配置改善

VI-8-4 昼光利用

VI-8-5 不要灯消灯励行

VI-8-6 照明制御

VI-8-7 器具清掃

VI-8-8 ランプの適時交換

VI-8-9 高効率機器採用

VI-9 電気化学

VI-9-1 接触抵抗減少

VI-9-2 電圧引き下げ

VI-9-3 操業条件調節

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

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

戻り水温度調節

冷水塔水質管理

熱交換器掃除

壁の色

ランプ、安定器

過電圧引き下げ、電極改善

浴温、濃度、電極間距離

3. エネルギー管理

3. エネルギー管理

ハンガリーにおいては市場経済体制への移行に伴い、国営企業の民営化が進んでおり、各企業は製品品質、価格面でこれまで以上に国際競争力を強化することが求められる。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、より高い水準を迫りていく姿勢が求められる。

これらを達成するには、工場幹部のみでなく技術者はもとより、現場の第一線運転者に至るまで全従業員が心を合わせて努力する必要がある。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進め方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。人は明確な目標が示されなければ、具体的な行動には移そうとはしないものである。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、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。

また、それぞれがより高い水準の目標を設定して挑戦するよう、よい意味での各部門間の競争意識を盛り上げるようにすることも大切である。

(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、この部署は工場長のスタッフとして、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持つ。

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、改善予算の配分、改善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、運転員が十分その意味を理解し、現実の作業に活用するのと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（小集団活動）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、職場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線の運転員である。その人の持つ情報を活用し、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べからざ

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、改善のためのヒントが無数に潜んでいるといっても過言ではない。問題意識を持ってデータを調べれば、改善の種を見付けることができるものである。従って、必要箇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。

改善計画を実行に移した場合は、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、ある改善テーマについて、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 の段階でのテーマの選定では、最初は改善すべき点も目につきやすいので、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

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は褒美を与え、さらに、実行して成果の上った場合はそれ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、改善の目的および改善計画の考え方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、作業者にも結果を知らせ、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。

Actionでは、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をかけるとともに、必要な設備対策を施す。このことは、定常運転では運転者に余分な負担をかけないようにする処置で、改善活動を永続きさせるための必要条件である。

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を図る。

(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運転員にまで普及しないと効果は半減する。外部研修を受けた者が、社内研修会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、本人の知識も確実なものとする事ができる。

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も、改善活動のキッカケを与えるのに役立つ。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、業界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気づけにも役立つ。また、公的機関、コンサルタントあるいは大学教授などから助言を得たり、診断を受けることも、異なる視点からの問題発掘が期待できる。

4. 染色工業の省エネルギー

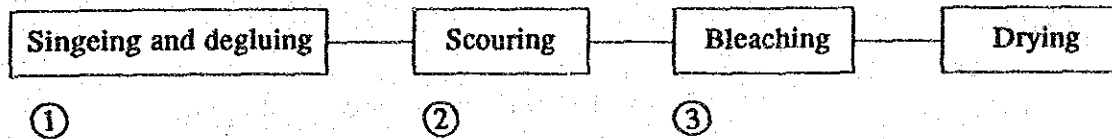
4. 染色

4.1 エネルギー使用の特徴

4.1.1 染色工場製造工程

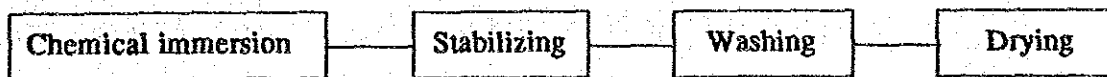
染色工場における工程は加工方法によって変化するが、大別すると Figure 4.1 の(1)~(7)のように分けられる。

(1) Preparatory bleaching

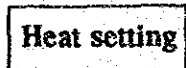


Each one of ① ~ ③ is followed continuously by chemical immersion, steamer and washing processes.

(2) Mercerization



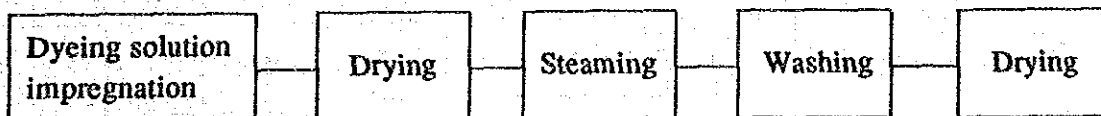
(3) Heat setting



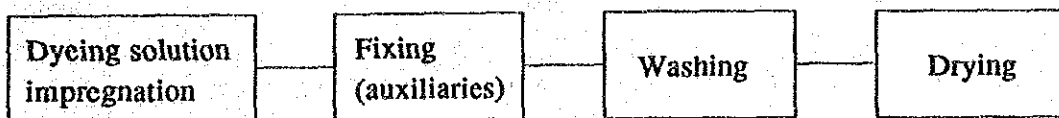
Fibers of polyester type are set with heat of 190 ~ 200°C.

(4) Dyeing

a. Continuous dyeing



b. Batch dyeing



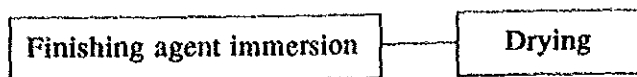
c. Textile printing



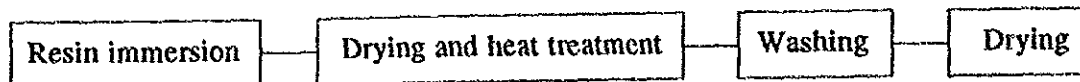
Figure 4.1. Production processes (1/2)

(5) Finishing

a. Gluing, tentering and drying



b. Resin working



(6) Inspection

(7) Shipping

Figure 4.1 Production processes (2/2)

4.1.2 エネルギー使用状況

(1) エネルギー使用設備

染色工場で使われる主なエネルギーは水を加熱するスチーム、染料固着のスチーム、乾燥に必要なスチームまたは燃焼ガス熱及び電気であり、洗浄工程、固着工程、乾燥工程が主要な使用先となる。これらのロス、ムダを無くし、排液、排ガスの熱は回収利用し、設備の状態を良くして効率の良い運転を行なわなければならない。したがって、省エネルギーを推進する上ではこの3工程に着目して改善して行く事が大切である。エネルギー使用内容をTable 4.1に記す。

Table 4.1 Equipment that use energy and contents of use of energy

Equipment	Purpose of use	Energy
Singeing equipment	To burn the raising portion of textile surface	Gas
Dyeing equipment	To attach various dyestuff and to perform coloring by immersion or alike	Hot water Steam
Washing equipment	To wash off contaminants, dyestuff, chemical solution, etc.	Hot water Steam
Steaming equipment	To fix the color after dyeing	Steam
Drying equipment	Drying, tentering and finishing of the textile	Steam Gas

(2) エネルギー使用量

エネルギー消費量は加工方法、設備内容、使用薬品等の差で多少の違いは発生する。エネルギー使用量を管理していく場合には2つの見方がある。すなわち、1つは設備当たりの使用量（単位時間、ロット当り）であり、もう1つは原単位使用量といわれるもので、生産品の単位長さ、単位重量または個数当たりの使用量である。

日本での一般的なエネルギー使用量を参考として Table 4.2 に記す。

a. 設備別エネルギー消費量

Table 4.2 Energy consumption by equipment

Process/equipment	Energy	Consumption
Washing equipment	Water	5 m ³ /t-textile
Dyeing process (dyeing, washing, drying)	Steam	2,500 ~ 3,500 kg/h
Bleaching process (steaming, washing, drying)	Steam	5,000 ~ 7,000 kg/h
Steamer 40 ~ 50 m/min, stay for 15 minutes	Steam	450 ~ 600 kgh
Drying equipment		
Low pressure cylinder dryer	Steam	30 ~ 40 kg/h/Cylinder
Steam pressure 1.5 ~ 1.9 bar(G)		
Textile speed 40 ~ 60 m/min		
Cylinder width 1,500 ~ 2,000 mm		
Frame dryer 40 ~ 50 m/min	LPG	0.016 kg/m-textile

b. エネルギー消費原単位の状態

エネルギー消費原単位については、生産量、方式、稼動時間、生産品目等により異なり、一般的な比較はできないが、Table 4.3に日本の一企業（A社）とハンガリーの一企業（B社）の生産工程のみのエネルギー原単位比較を示す。A社に比べてB社では、エネルギーが50~60%多く使われている。

Table 4.3 Comparison of energy unit consumption

Consumption	Steam unit consumption	Electric energy unit consumption
Company A of Japan	7.9 MJ/m ²	0.13 kWh/m ²
Company B of Hungary	12.6 MJ/m ²	0.23 kWh/m ²

Table 4.4 には通産省繊維統計に記載されている織物等機械染色整理業におけるエネルギー消費量及びエネルギー消費原単位の推移を示す。

Table 4.4 Progress of energy consumption mechanical dyeing and rearrangement businesses

Year		1973	1975	1980	1985	1987	1989
Worked quantity	Mm ²	7,287	6,940	7,133	7,516	7,130	7,257
Fuel oil	t/m ²	0.216	0.209	0.163	0.125	0.128	0.130
Electric energy	kWh/m ²	0.147	0.156	0.171	0.178	0.189	0.192

4.2 エネルギー使用の合理化

4.2.1 省エネルギー対策の進め方

(1) 省エネルギーのステップ

省エネルギーを進めるに当たっては、3段階のステップを進めると良い。

第1段階：大きな設備投資を行わず、設備状態、操業条件を改良する。

第2段階：設備付加、改善に若干の投資を伴う設備改善を行う。

第3段階：大きな設備投資を伴う製造設備改造、プロセス改造及び新設備の導入を行なう。

段階的に省エネルギーを推進するにあたっては、現状設備でのエネルギー使用状況をデータに基づいて判断し、設計通りの性能が発揮されているかを的確に把握する必要がある。経年的に設備劣化は起きており、思わぬ所でエネルギーの消費が増えているものである。

また、エネルギー管理の面では原単位による管理を行なうと良い。設備当りエネルギー使用量、工程当りのエネルギー使用量、および工場全体のエネルギー使用量を処理量当たりで把握し、年比較、月別比較を行い、現状の良否を判断する。省エネルギー対策を実施しているのに原単位が変化していれば、設備稼働率が変化しているか、思わぬ所で余分のエネルギー消費をしていることになる。

(2) 投資回収期間の算出

省エネルギー投資を実施する場合は投資費用の回収期間の計算を行なって、効率の良い投資を実施する必要がある。日本の場合、一般的には設備投資の回収期間を3～5年以内とし

ている。まず回収期間の短いものから実施し、徐々に回収期間の長いものも実施に移してきた。国によってエネルギー価格、政策面での助成、金利等の事情が異なるので、回収期間の基準が変わるのはやむを得ない。

回収期間の算定に当たっては、省エネルギーのステップ第1、第2段階での小規模投資に対しては単純に投資金額を増加利益で除した単純回収年数を用いる場合が多い。

$$X = A / B$$

ここで X : 回収期間 (年)

A : 投資金額 = 投資総額 + 旧設備処分損益見込額

B : 年間増加利益 = 増加利益 + (新設備償却額 - 旧設備償却額)

しかし、設備投資の大きくなる第3段階では、毎年の利益を複利計算により現在価格に換算して投資額と比較する方法が採用される。

4.2.2 省エネルギー対策

省エネルギーステップの第1、第2段階を進めるに当たっては、ロス、ムダ、排エネルギーの回収利用及び設備面から省エネルギー対策の可能性を検討する。

(1) 「ロス」を無くする

a. 放熱防止 (保温施工)

槽、管の表面および液面からの放散熱損失は無視できない。放散熱量は対流伝熱面の空気、液の流れ及び温度で変化するが、洗浄装置などでは水が流動しており、放散熱量も多くなる。一般的に、表面温度が50~60℃以上の所の保温施工は経済性がある。染色機、水洗機の場合は保温材の中への水の浸入防止に多くの費用がかかるため、保温が施工されないことが多かった。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、接着剤で張り付け施工されるようになった。保温材も100℃程度迄使用可能になっている。

また、貯湯タンクなどの湯面からの放熱量も多いので、壁面を保温するとともに、浮ブタ等により表面からの放熱を防止する必要がある。Figure 4.2に温水表面からの放散熱量の実測値を示す。

b. 漏洩防止

スチーム弁、送水弁等は長く使っていると弁座にキズが発生し、洩れ損失を生じる。また、スチームトラップや自動弁にはバイパス回路が取り付けられているが、このバイパス弁が完全に閉じていないで、バイパス回路側より洩れが起きている場合がある。これらは定期

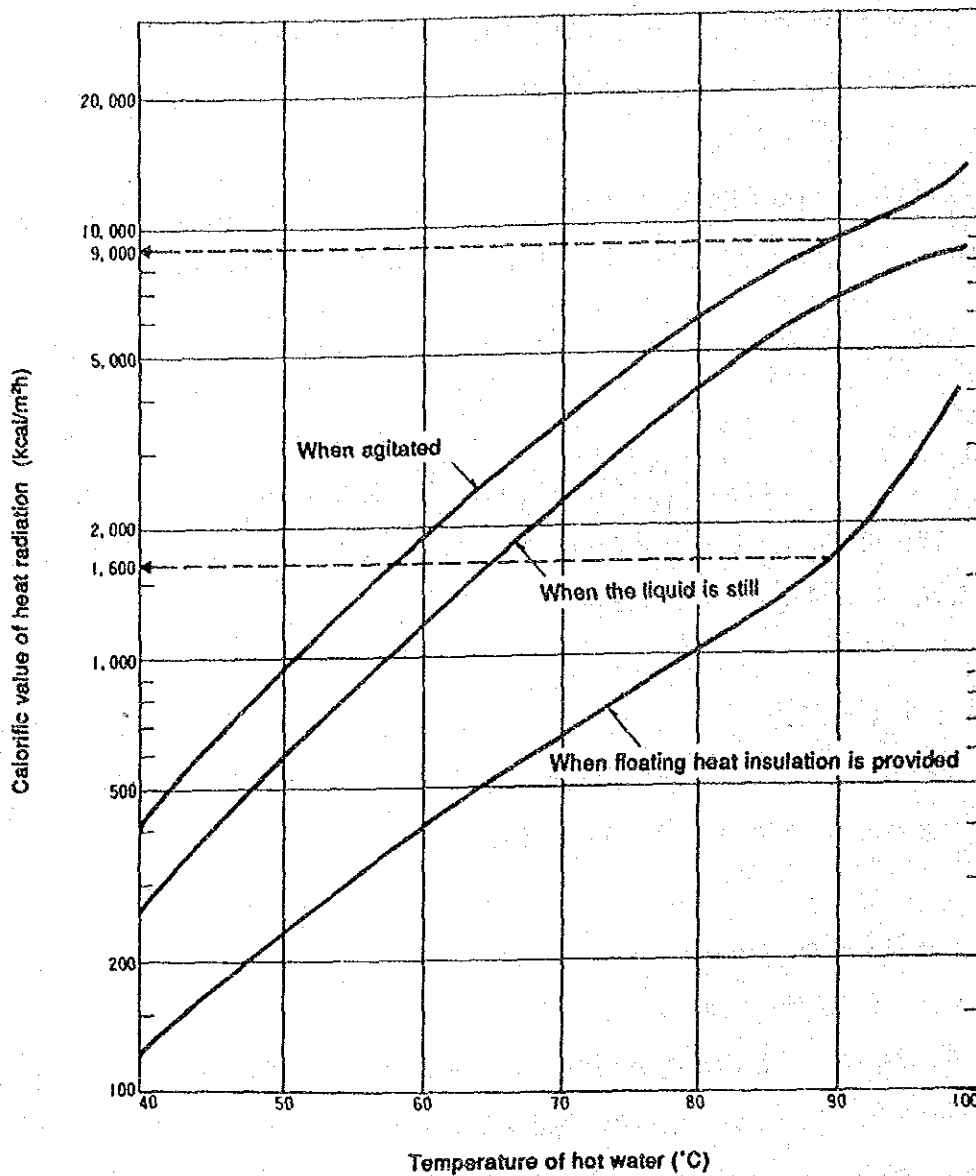


Figure 4.2 Calorific value of heat radiation from free surface of hot water tank

的に点検する必要がある。

c. スチームトラップ管理

スチームトラップは使用する場所、排熱回収の有無、コンデンセート排出の状況等に応じて最適な形式、容量のものを選定しなければならない。

すなわち、コンデンセート回収を行っていて、背圧が高い場合はメカニカル型のものを選ぶべきである。容量はコンデンセート発生量の1.5～2倍程度の排出容量のトラップを選定する。ただし、シリンダドライヤについては、コンデンセート発生量の4～5倍程度の排出容量のスチームトラップを選定する。

スチームトラップの作動状態を定期的に（1～2回/Y）点検し、コンデンセートの排

出が正常に行われているかの調査を行なう。

また、コンデンセートを回収している場合に、回収槽の温度が異常に上昇したり、槽の上面からスチームが立ち登っている場合は、トラップの作動に異常が起きていると考えなければならない。

以下にスチームトラップ選定の例を示す。

[選定例1] バッチ式高圧染色機の例

コンデンセート発生量の計算

条件 スチーム圧力 : 5bar(G)(Latent Heat $r = 2085 \text{ kJ/kg}$)
バッチ当りの染色量 : 300kg(Specific Heat $C = 1.26 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{C})$)
染色液量 : 1600ℓ
昇温時間 : 40 min で15℃の水を100℃にする。

コンデンセート発生量

$$W_p = \frac{(300\text{kg} \times 1.26 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{C}) + 1600\text{kg} \times 4.186) \times (100 - 15\text{C})}{2085 \text{ kJ/kg}} \times \frac{60}{40}$$
$$= 432\text{kg/h}$$

安全率を1.5倍にとると、約700kg/hの排出能力となるが、多量排出型となるのでヒータを2分割し、スチームトラップも2台取付けるようにする。

[選定例2] シリンダドライヤの例

低圧用シリンダドライヤ(スチーム圧2 bar (G)以下、幅1500~2000mm)の場合、シリンダ1本当りのコンデンセート発生量は30~40kg/hである。コンデンセートを速やかに排出するため、シリンダ1本毎にスチームトラップを設ける。トラップ排出能力は発生コンデンセート量の4~5倍程度の160kg/h以上とする。

(2) 「ムダ」を無くする

a. 洗浄水量の減少

生地洗浄に使われる水量が生地重量の4~5倍程度あれば、十分洗浄目的は達成される。水を多く使わないと洗浄出来ないようであれば、洗浄効率の高い装置に取り替える必要がある。原則としては次の方法により洗浄効率を高める。

- ① 布と洗浄水との接触回数を多くする。
- ② 多段洗浄の場合は、布と水の流れを並流から向流に変える。
- ③ 布と水に振動を与える。
- ④ 水は温水側、冷水側に区別して使用する。

洗浄方法には、Figure 4.3のように噴霧洗浄に温水浸漬による洗浄を加え、布と洗浄水の接触回数を多くして、水量を減少した方法もある。この場合は、温水の温度を一定にしなければならないが、最近では温度を自由にコントロール出来る液-スチームのミキシング装置の使用も増えてきた。

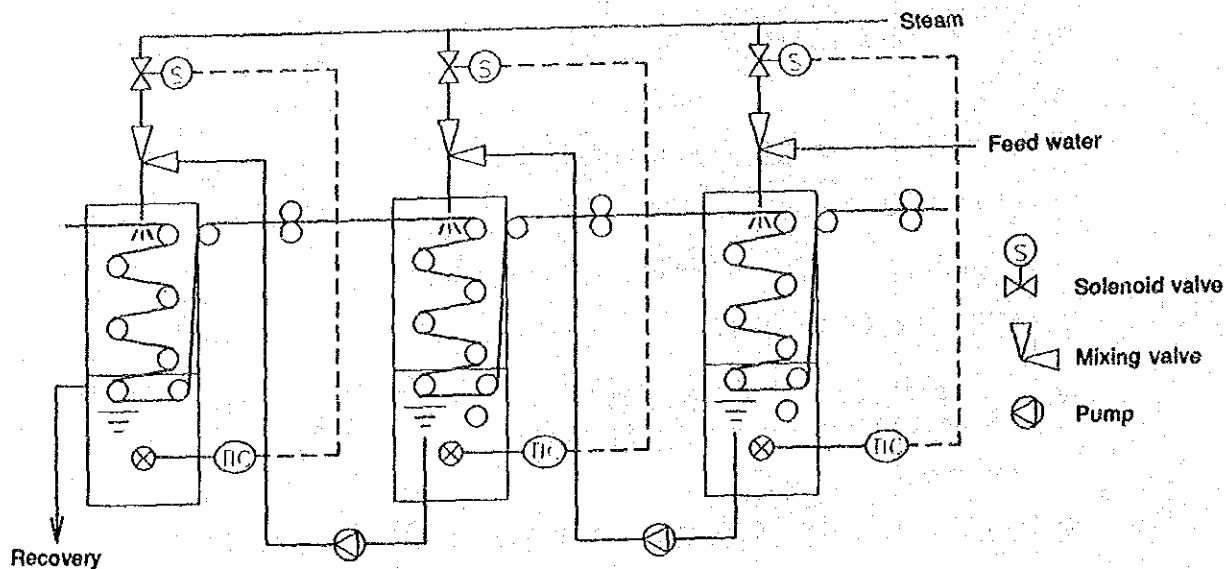


Figure 4.3 Spray type counterflow method

また、向流多段洗浄を行なう場合は、次の方法で水量、水温が各槽適正になるようにし、洗浄効果を高める。

- ① 定水量弁を設ける。
- ② リリーフ弁を設けて、送水圧力を一定に保つ。
- ③ センサを取付け、水槽内の水位、水温を一定に保つ。

このような方法により、水量を生地重量の3倍以下にしたり、スチーム消費量を在来型に比べて50%以下にすることができる。

b. 低浴比化

染色工程では水を大量に使い、しかも染着率を良くするために水を加熱(70~105℃)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もつながる。

被染物1kgを染めるのに用いる水量(ℓ)を浴比というが、染色装置、染色方法により浴比はかなりの差がある。

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、染液と布との接触をよくすることにより、浴比が 1 : 20~30であったものを 1 : 11以下に低下させている。特にバッチ染色においては、染料溶液浸漬型から染料溶液液流型に変えて大幅に低浴比化し、省エネルギーを図っている。これらの対策により、エネルギー消費量は従来型と比べて50%以下になっている。

低浴比型と従来型の比較を Figure 4.4 に示す。

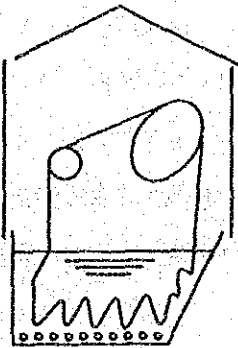
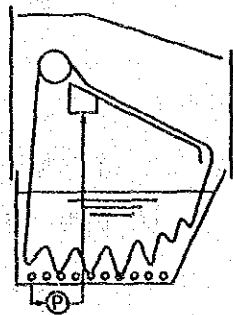
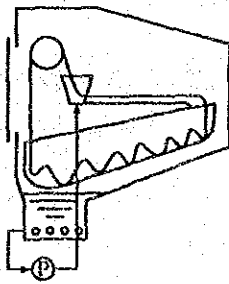
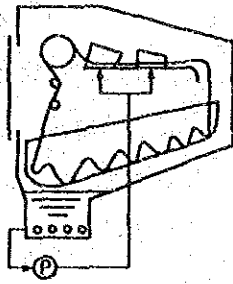
Type	Wince	Liquor flow type wince (wlnpact)	Liquor flow type wince (dash line)	Liquor flow type wince (super flow)
				
Textile velocity	60 m/min	80 m/min	80 m/min	210 m/min
Liquor circulating cycle	—	60 sec	30 sec	20 sec
Liquor ratio	1:20	1:15	1:10	1:5
Productivity	1 revolution/D	2 revolutions/D	3 revolutions/D	4~5 revolutions/D

Figure 4.4 Reduction of liquor ratio of batch type dyeing machine

この他、無地染めでは染液を空気で細かい均一な泡にして織物に付与する方法で浴比を 3 以下に低下させる方法もある。

c. 染色時間の短縮

液流染色では布のスピードも早くできる。このため染色時間が短くなり、8時間稼働で

1回転が4回転以上の操業ができ、大幅に生産性の向上をみるとともに省スペース、省エネルギーとなった。

また、水槽内の加熱ヒータの能力を大きくし、染着に関与しない温度範囲では極力早く昇温出来るよう改造し、均染も不要にする方法が開発されている。

スミスドラム式染色機においては、動力伝達にチェーンやベルトを使っていたが、モーター直結型とし、モーターはVVVF制御を行ない、ドラムの回転をコントロールしたり、正逆回転を行なったりして染着率を向上させる方法も行われている。

d. 処理温度低下

薬剤の変更等により、漂白、染色等の処理温度の引下げを図ることができる。ナイロン製品の染色において、処理温度を98℃から70℃に低温化した例もある。

水洗についても、さらに低温化できないか試験を繰り返し、最適温度を求めるようにする必要がある。

e. シリンダドライヤの効率使用

シリンダドライヤ設備は、熱風乾燥機よりも熱伝達効率が良いので多く採用されているが、管理が悪いとシリンダ表面温度が低下して乾燥不足を生ずる。このため、生地スピードを設計条件の60m/minから40m/minに落として運転している例がある。

シリンダドライヤにおけるスチームの取り扱いについては、以下の注意が必要である。

- ・スチームの乾き度を高め、シリンダの中へコンデンセートが流入しないようにする。
- ・スチーム流量が変動してもシリンダに供給するスチーム圧力が一定になるように、圧力調整弁を設ける。
- ・シリンダ内で発生するコンデンセートが完全に早く排出されるよう、各シリンダ毎に1台のスチームトラップを取り付ける。また、インターナルサイフォンの点検整備を怠らないようにする。
- ・スチームロッキングの生じないようなスチームトラップ型式を選定する。

f. 過乾燥の防止

繊維はある限度以上乾燥しても、空中に放置すれば再び平衡水分まで吸湿するのでTable 4.5以上に過乾燥することはエネルギーの損失となる。

Table 4.5 Equilibrium Moisture Percentage (20°C/65% RH)

Material	Equilibrium Moisture (%)
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), p102.

g. マングル脱水の活用

生地は乾燥に先立ってマングルで充分脱水し、乾燥エネルギーを節減する。脱水率を上げるには適当な硬度のゴム被覆ロールを採用し、ロール線圧が均一となるように調整して用いる。より効果的な設備として、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。水分が25~50%まで絞れるので乾燥スピードが倍になり、乾燥コストも17%低下した例がある。

h. 熱風乾燥機の効率運転

熱風乾燥では、熱風ファン、熱風循環ファン、排気ファンのモータにインバータを組み込みVVVF制御を行なうことにより、熱エネルギー、電気エネルギーの節減ができる。

乾燥機出口で生地の乾き具合を水分センサで測定し、乾燥用熱風温度をコントロールしたり熱風循環量を制御をする。

排気ファンのサクシヨン側で排気の温度または湿度を測定して、排気量の自動制御を行なう。

エアージュリンカ方式の乾燥機では、スリットノズルから熱風を高速で生地に吹き付け(35m/s)乾燥効率を高めている。

以上のような対策により、20%以上の省エネルギーと、20%の生産性向上を達成した例がある。

i. 乾燥回数の減少

染色工程では液への浸漬と乾燥が繰り返し行われるが、湿った布に仕上げ剤を均一に付与する方法を開発し、乾燥回数を減少させて省エネルギーを図った例がある。

(3) 熱の回収再利用を行なう

a. 排熱発生状況

染色工場では乾燥装置の排気、洗浄装置及び染色装置の温排水など熱エネルギーが多く捨てられている。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 4.6に示す。これを見ると、排液で逃げる熱の割合が大きいことがわかる。このため染色排水及び洗浄排水を給水と熱交換したり、冷却水を次の給水に用いたりする例が多い。

**Table 4.6 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

染色工場における主な排熱の発生源と回収利用状況を Table 4.7 に示す。

Table 4.7 Principal sources of generation of exhaust heat and situations of recovery of heat for reuse (1/2)

Generation source	Situations of exhaust heat	Situations of recovery and use of exhaust heat
① Dyeing and bleaching equipment	Hot wastewater (50~60°C)	Used for heating the dyeing and bleaching water with plate type heat exchangers.
② High temperature and high pressure dyeing machine	(a) Hot wastewater (80~95°C) (b) Hot wastewater (100~120°C) (c) Hot fresh water after passage through cooling coil (50~70°C)	Used for heating the dyeing and bleaching water with plate type heat exchangers. The low temperature wastewater after heat recovery is timely sprayed to the hot wastewater gathered in the pit to absorb the flash steam, and then recovery and use are made in the manner equal to the above. Directly reused as dyeing water.
③ Air compressor	Cooling wastewater hot fresh water (30~45°C)	Used as dyeing water or for hot water feed to the bath room.
④ Heat setter	Low temperature exhaust steam (100~120°C) (contains condensate, oil and dust)	Used for heating the dyeing, bleaching and boiler water with plate type heat exchangers after condensation with cooling coil with fan.
⑤ Dryer	(a) Exhaust (70~80°C) (includes cotton dust, etc.) (b) Exhaust after heat exchange mentioned above (40~50°C) (c) Exhaust (70~80°C) (in the case of small air-flow)	Used for heating the feed air for drying with a rotary disk type sensible heat exchanger provided in the exhaust tube. The latent heat is recovered to the boiler water with a cooling coil without fins located in parallel with the heat exchanger stated above. Used for heating the dyeing and bleaching water with a cooling coil with fins provided in the exhaust system.

Table 4.7 Principal sources of generation of exhaust heat and situations of recovery of heat for reuse (2/2)

Generation source	Situations of exhaust heat	Situations of recovery and use of exhaust heat
⑥ Tenter	LPG (LNG) Combustion exhaust gas (220°C)	Used for heating the combustion air with a rotary disk type sensible heat exchanger.
⑦ Air conditioner	Cooling exhaust heat	Used for heating the dyeing and bleaching water with an absorption type heat pump using the cooling exhaust heat and dyeing and bleaching water of ① above.
⑧ Washing equipment	Hot wastewater (70 ~ 80°C)	(1) Use of counterflow. (2) The wastewater is recovered in the pit, filtered with a screen and is then used for heating washing water with a plate type heat exchanger.

b. 熱交換器の選定

染色廃液、燃焼ガス等は、汚れ、油分及びゴミを含んでおり、有効に排熱を回収するためには、回収方法（空気対空気、空気対水、水対水あるいはフラッシュスチームとしての回収など）、熱交換器の特性（汚れ易さ、耐腐蝕性、リーク発生の可能性、掃除の難易度等）、利用実績をよく見極めて熱交換器を選定する必要がある。

熱交換器は定期的に掃除をして熱貫流率の低下を防ぐようにしなければならないが、掃除のしやすさの点から、プレート式熱交換器が用いられる事が多い。

c. コンデンセートの回収利用

コンデンセートの回収利用は省エネルギーのための効果的手段である。シリンダドライヤ、温水加熱器等ではスチームの潜熱は有効に利用されているが、顕熱は利用されずに放出されている。一般に、コンデンセートとして回収可能な熱量は使用スチームの熱量の20~30%になり、これを回収利用することによりボイラで消費されるエネルギーの10~13%が節約できる。

回収コンデンセートの利用方法としては、ボイラ給水やプロセス用温水として利用する

方法がある。

コンデンセートの回収利用において注意すべきことは以下の事項である。

- ・回収配管の背圧は、最低使用スチーム圧力の40～45%以下とする。
- ・スチームトラップには背圧に影響されにくいメカニカル型のものを選ぶ。
- ・回収配管は保温する。
- ・コンデンセートが大気圧に減圧される時に発生するフラッシュスチームを、放散しないようにする。

回収タンクの液中に導く場合、タンク内が80℃以上になると振動と音を発生させるので、小穴を多く設けてコンデンセートを広く分散させる。

また、回収タンク内が90℃以上にならないように冷却したり、水を補給する。

コンデンセートを減圧せず、直接ボイラに回収する方法はこの損失の防止に最も有効である。

- ・回収配管には、サイトグラスを設けて、トラップのスチーム洩れを監視する。

(4) 「設備の性能」を100%引き出す

設備は経年劣化により性能が低下するし、取扱者によって運転操作方法に差があるために効率を低下させている場合がある。

設備を管理する上で注意しなければならないこととして、以下の点が挙げられる。

- ・設備を定期的に点検・補修し、稼働率の向上を図る。
- ・運転者が交替しても設備の取扱法が変化しないよう、運転マニュアルを設定する。
- ・品番に応じて、温度、圧力、流量等が適正になるように操作標準書を設ける。
- ・設備と設備が反でつながる場合は、設備間のスピードを同一とする。
- ・シリンダドライヤに使用するスチームの質（乾き度）を向上させる。
- ・ドライヤの循環空気フィルタは定期的に掃除し、風量の低下による乾燥不良を無くする。
- ・回転設備には出来るだけVVVF制御を採用する。
- ・スチーミング機では、コンデンセートが生地に付着しないように工夫する。

4.3 省エネルギー対策事例

工場の運転員の小集団活動により進められた活動の例を以下に紹介する。これらはいずれも、大きな投資を伴わない対策であるが、顕著な省エネルギー成果をあげている。

[事例1] シルケット加工洗浄装置における省エネルギー

シルケット加工洗浄装置（6槽）を設置するに当たり、省エネルギー対策を取り入れた。

(1) 槽表面の保温

簡単に接着剤で張り付け施工ができる撥水性プラスチックフォームの保温材が市販されるようになったので、スミスドラム型、ウィンス型染色機にこれを用いて保温を施工した。保温を施工することによって50%の省エネルギーとなった。

(2) カウンタフロー洗浄

水の使用量は3,000 ℓ/h、洗浄温度は80℃である。Figure 4.5のように、水の流れと生地の流れを向流にして、洗浄効果を上げた。

温度センサが水槽内に取付けられており、パイプ式熱交換器を用いるスチーム間接加熱で洗浄水の温度コントロールができるようになっている。

加熱方法には水槽内に直接スチームを投入する方法もあるが、70℃程度より温度が高くなると、振動と異音を発生するので間接加熱の方がよい。

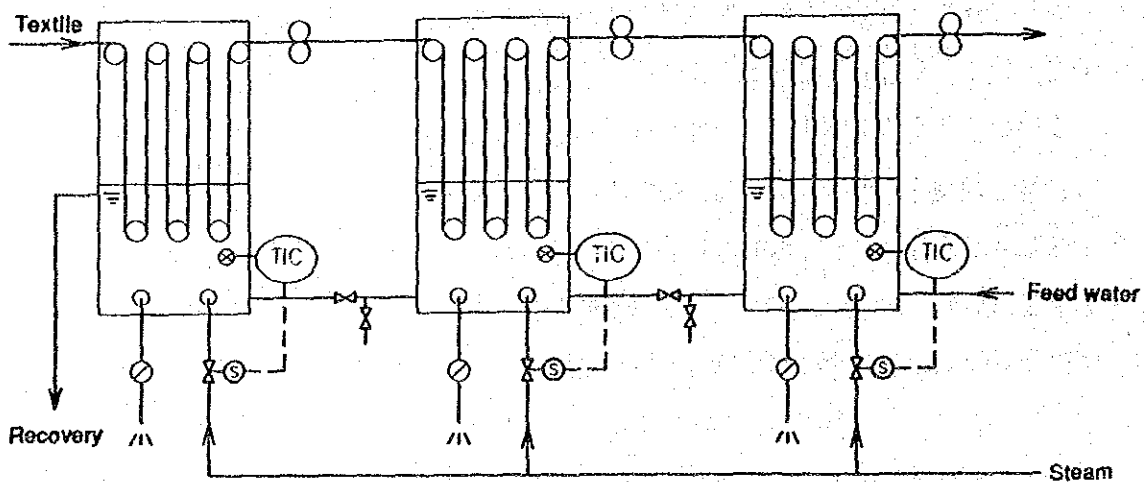


Figure 4.5

(3) 洗浄排液排熱回収及びスチームコンデンセート回収 (Figure 4.6)

洗浄排液には糸屑等が混入しているので、30メッシュ程度の自然流下式フィルタスクリーンで糸屑等を除去した。温排液の熱回収には熱貫流率の大きいプレート式熱交換器を採用した。(K=6300~6700 kJ/(m²·h·℃))

また、スチームコンデンセートは、回収配管を設置しボイラ用給水タンクへ直接回収した。

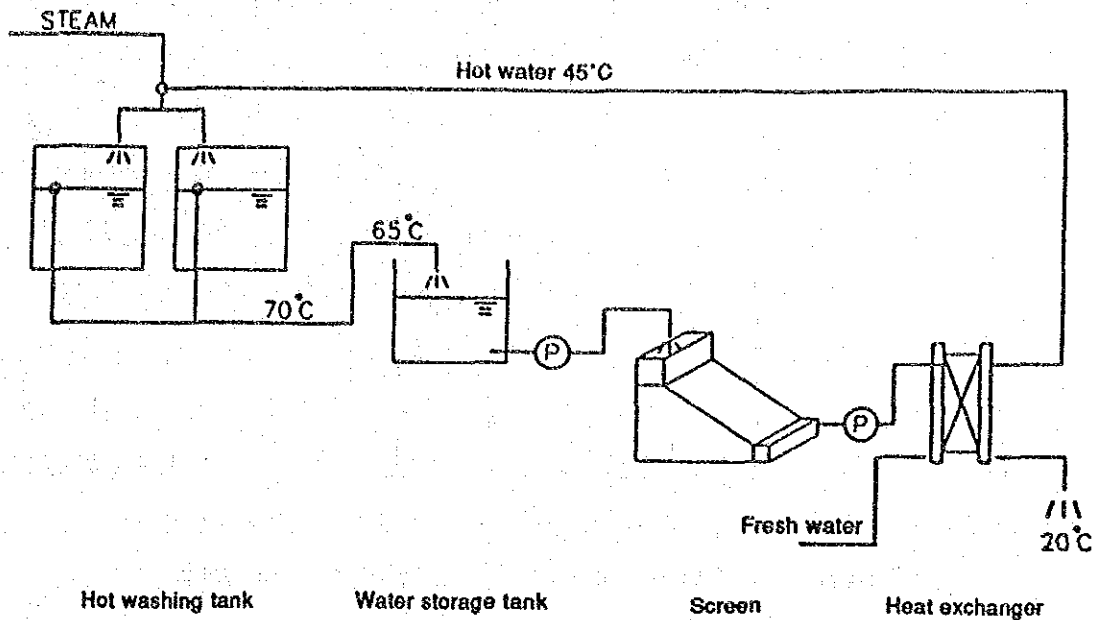


Figure 4.6 Flow of hot water exhaust heat

(4) 水使用量の標準化

精練、漂白、シルケット工程での水の使用量は、6,000~12,000 l/h と大きな差がみられ、その原因を調べて見ると次のことが分かった。

- イ) 送水圧力が一定でない。……使用する設備が重なると水圧が低下している。
- ロ) 各槽の送水弁開度が一定でない。
- ハ) 運転操作者によって送水量の決め方がまちまちである。

安定した洗浄効果を得るためには、作業者が誰であっても運転操作が一定でなければならぬ。このため、次の例のように品番毎に標準洗浄水量を決めた。

素 材	: 綿織物
目 付	: 150~200 g/m ²
生地幅	: 1500mm
投入生地スピード	: 45m/min

必要水量を洗浄生地重量の5倍とすると、この場合の標準水量は4,500~5,000 l/h であるが、10%の余裕を見て5,500 l/h と決めた。

(5) 設備改善 (Figure 4.7)

- イ) 弁の開度がわかりやすいように、ハンドルを丸型からレバー型に変更した。
- ロ) マングル送水量が一定になるようにオリフィス板を取付けた。

- ハ) 送水元管にリリーフ弁を設け、圧力が一定になるようにした。
- ニ) 送水元管にフロート式瞬間流量計を設置した。

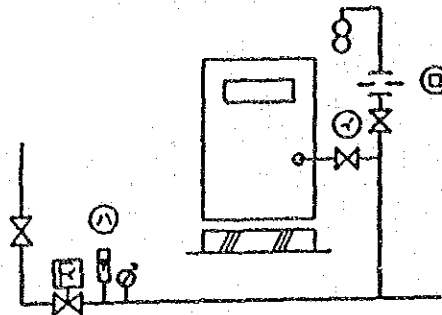


Figure 4.7 Standardization of washing water flow

[事例2] シリンダドライヤの省エネルギー

シリンダドライヤにおいて、生地処理速度が45m/minに低下し、時には乾燥不良も発生しているため、原因を調査した。その結果、次のことが判明した。

- イ) スチーム圧力が変動している。…1.4~1.6 bar(G) (最高使用圧力1.9 bar(G))
- ロ) サーモダイナミック型スチームトラップに作動不良がある。

配管のトラッピング方法は Figure 4.8 のようになっている。

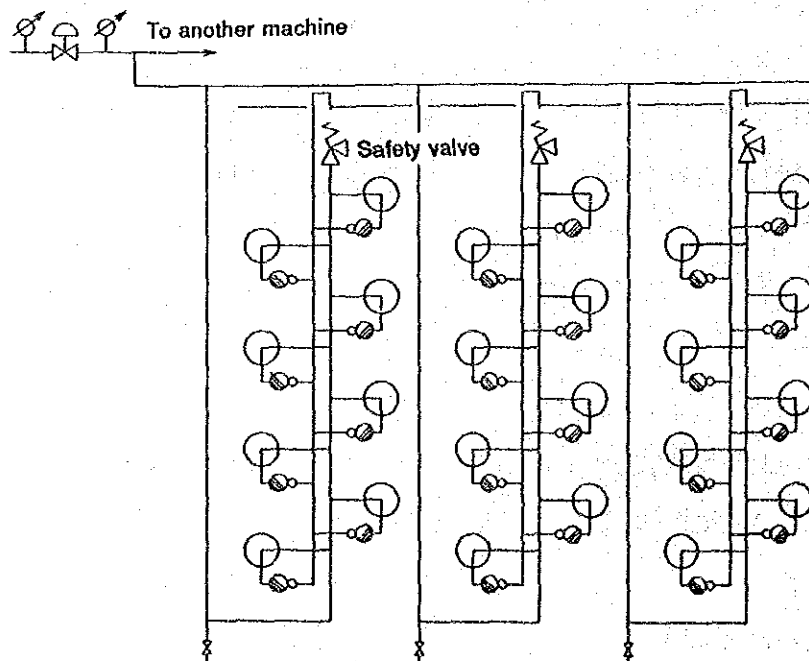


Figure 4.8 cylinder dryer before improvement

このため、以下の改善対策を実施した。

- イ) スチームの乾き度を高め、ドライヤの中にコンデンセートを流入させないようにするため、コンデンセートセパレータを設けた。
- ロ) シリンダー用スチーム圧力を一定にするため、シリンダー専用の減圧弁を設け、他機の運転の影響による圧力変動が無いようにした。
- ハ) 背圧によるスチームトラップ作動不良を防止するため、サーモダイナミック型トラップをメカニカル型トラップに変更した。

改善前と改善後の状態を Figure 4.8 と Figure 4.9 に示す。

改善後はシリンダドライヤ速度を65m/minまで増加しても、乾燥出来るようになった。また、スチーム圧力も安定して乾燥度合が一定となり、スチーム原単位が低減した。

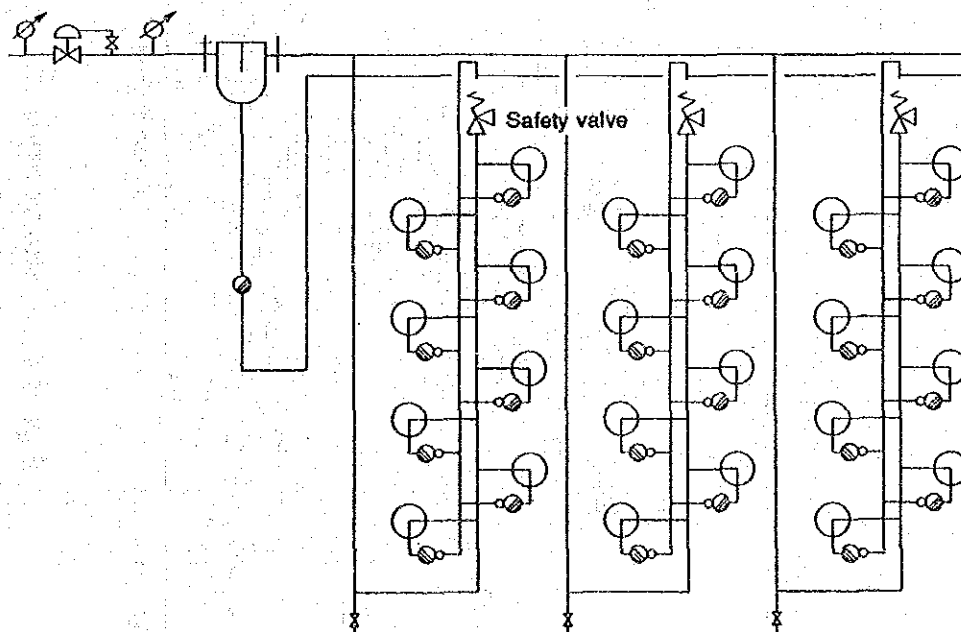


Figure 4.9 cylinder dryer After Improvement

[事例3] シュリンクドライヤにおける省エネルギー

綿繊維の乾燥仕上用シュリンクドライヤに適用された省エネルギー対策例である。

Figure 4.10 にシュリンクドライヤを示す。

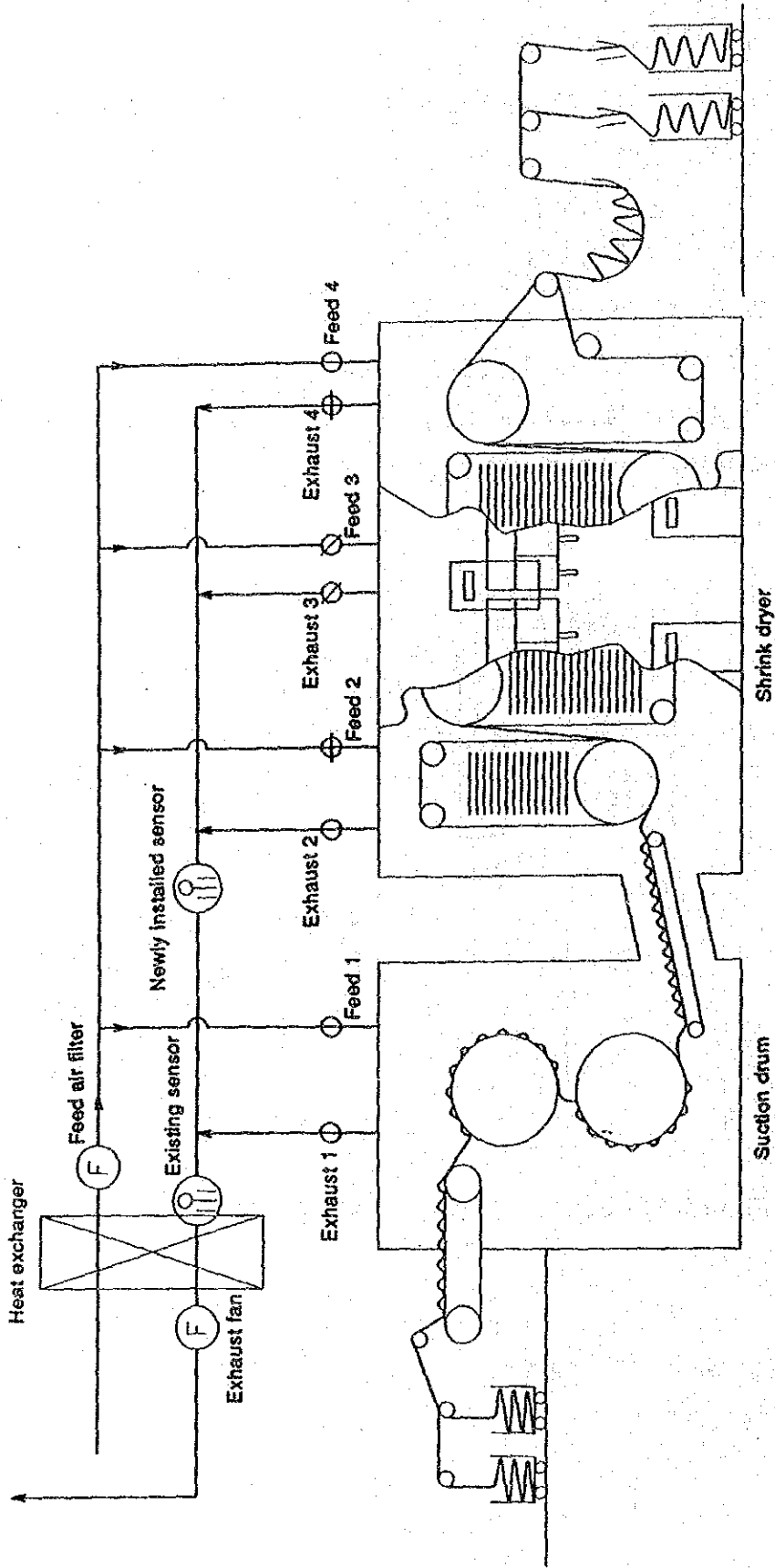


Figure 4.10 Shrink dryer

染色工場では、生地乾燥に全体エネルギー消費の30%余りに及ぶ大量のエネルギーを消費しており、大部分が乾燥排気として放出されている。

・改善その1：回転円板式顕熱交換器設置

乾燥機の排気ラインに回転円板式の顕熱交換器 (Figure 4.11) を取付けた。ロータの構造は金属製ハニカムになっており、回転数は6~10rpmである。熱交換器における給排気の状態を Table 4.8 に示す。

Table 4.8 Situations of intake and exhaust at heat exchanger

		DB °C	WB °C	kcal/kg	x kg/kg'	Q kg/min
Exhaust	Inlet side	88	49	61.5	0.063	199
	Outlet side	50	41	42.0	0.048	199
Intake	Inlet side	35	24	17.0	0.014	260
	Outlet side	83	39	37.0	0.027	260

Table 4.8 から熱回収率は次のように、59%になる。

$$\frac{(37-17) \times 260}{(61.5-17) \times 199} = 0.59$$

しかし、シール部での漏洩や給排気の一部混合により、実際の熱回収率は50%程度になっている。

さらに、この熱交換器を通過した排気系に冷却コイルを挿入し、潜熱をボイラ給水に回収した。この場合、両熱交換器による熱回収率は、合計で約70%になっている。

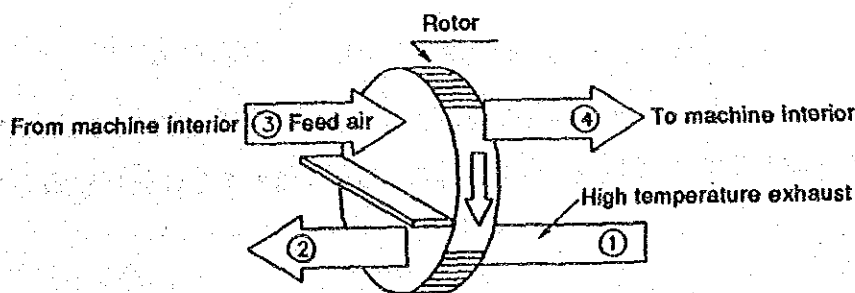


Figure 4.11 Rotary disk type sensible heat exchanger

・改善その2：排気ファンの回転制御（VVVF制御）

サクションドラム（予備乾燥）とシュリンクドライヤの排気は統合ダクトに導かれているが、回転円板式熱交換器入口前に湿度センサを設置し、排気湿度を一定にするように排気ファンの回転数制御（VVVF制御）を行った。

ただし、この方式ではサクションドラムとシュリンクドライヤの排気量が同率で変動することになり、品物によっては乾燥度合が違ってきた。これを改善するために改善3を実施した。

・改善その3：給排気ダンパ自動制御方式

サクションドラムから、シュリンクドライヤへと生地乾燥が進行するに従って、機内の露点温度は違ってくる。そこで、シュリンクドライヤ排気系に専用の温度センサを取付け、予めエンコーダ角度と風量の関係を入力したプログラムにより、Figure 4.10の給（排）気ダンパ2～4の開度を自動制御するようにした（Figure 4.12）。

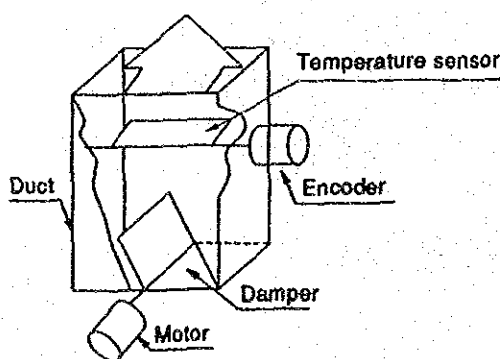


Figure 4.12 Damper control

[事例4] 染色工程排水熱回収による省エネルギー

改善前はFigure 4.13のように染色工場よりの排水は集合槽に集め、排水処理設備（活性汚泥処理+凝集沈澱処理）に送ってBOD、COD、SS及び色度等処理して、河川に放流していた。

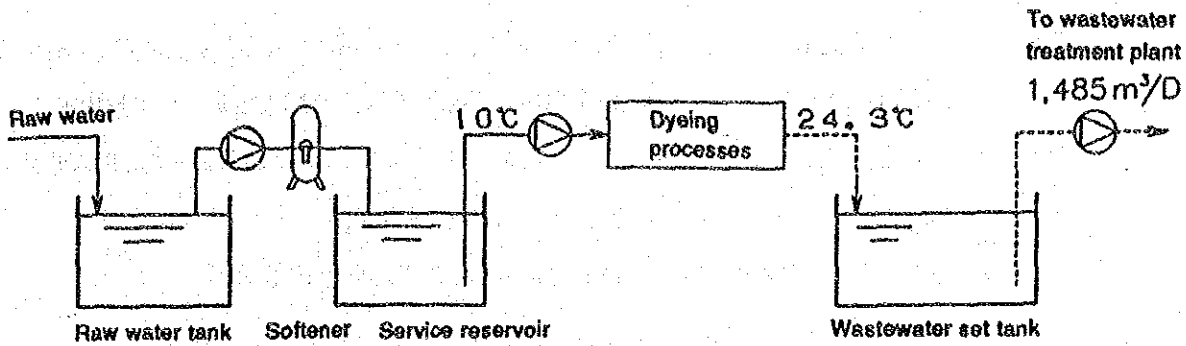


Figure 4.13 Flow sheet before improvement

・改善その1：向流プレート式熱交換器による排熱回収

染色排水を温排水・冷排水の2系統に分け、冷排水はそのまま排水処理設備に送るが、温排水はプレート式熱交換器を通して、その熱を染色用水の加熱に回収利用した。

フローシートを Figure 4.14 に、改善効果を Table 4.9 に示す。

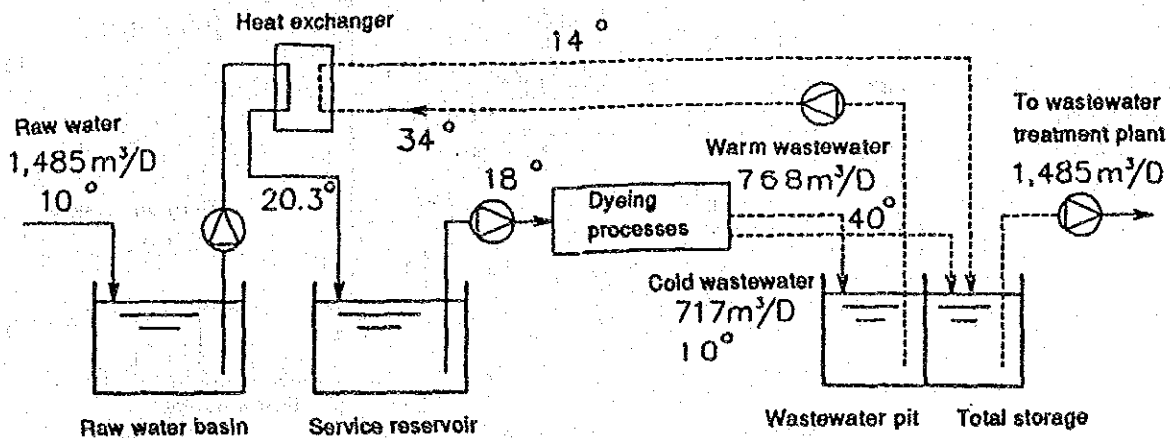


Figure 4.14 Flow sheet with heat exchanger

Table 4.9 Effect of investment for heat recovery with heat exchanger

Heat recovery amount	2,210 kFt/y	Steam unit price 860 Ft/t Power rate + administration expenses Excluding interest
Additional working expenses	200 kFt/y	
Equipment investment amount	4,150 kFt/y	
Number of years for recovery of investment	2 years	

・改善その2：吸収式ヒートポンプの利用による熱回収

改善その1では熱交換器により温排水から染色用水への熱回収を実施したが、吸収式ヒートポンプを活用すれば、さらに低温排水からの熱回収も可能になることを見出した。同時に、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するようにした。また、ストレーナには自動洗浄方式を採用した。

Figure 4.15 に改善後のフローシートを、改善効果を Table 4.10 に示す。

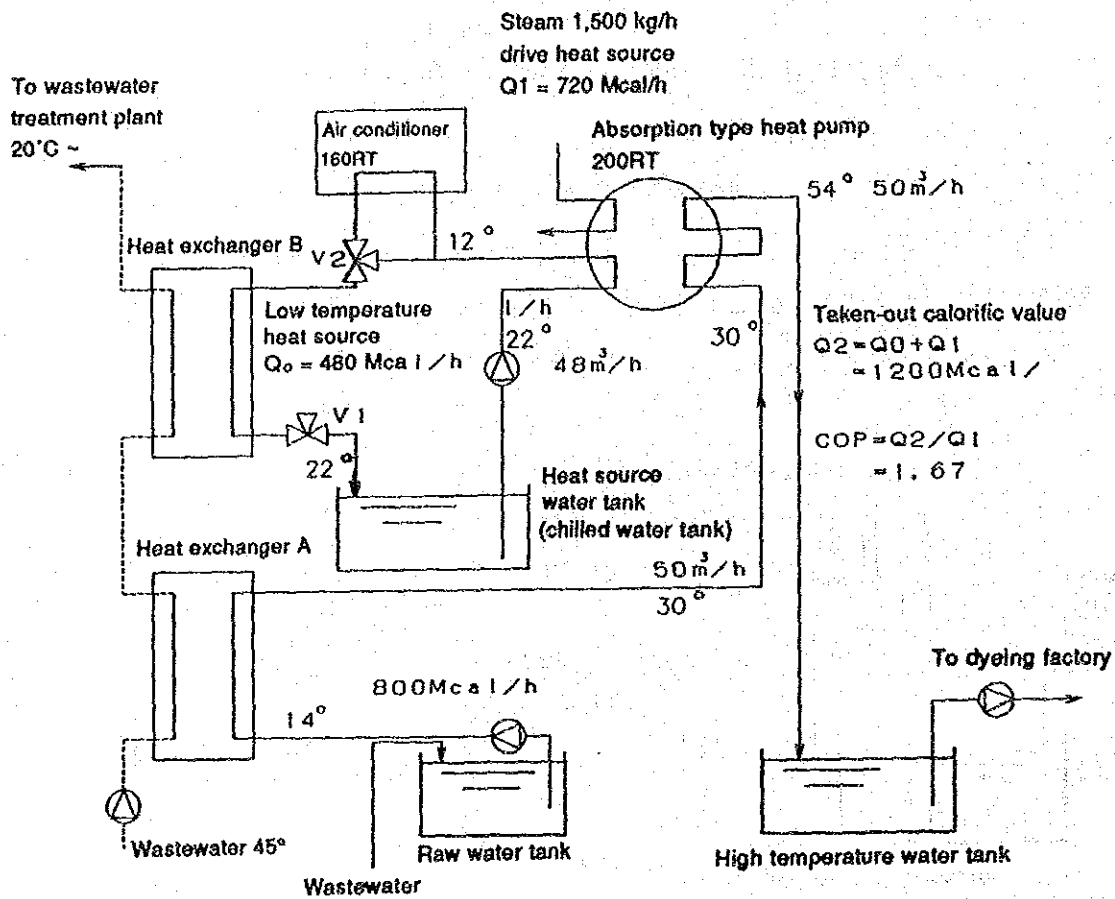


Figure 4.15 Flow sheet of absorption type heat pump system

Table 4.10 Effect of investment for heat recovery with heat pump

Fuel oil saved quantity	170 kℓ/year	2,550 kFt/year
Lowering of contracted power	170 kW	1,700 kFt/year
Power rates saved amount	360 MWh	3,600 kFt/year
Total		7,850 kFt/year

[事例5] コンデンセート回収による省エネルギー

コンデンセートはスチームエネルギーの20~30%のエネルギーを保有しているので、ボイラ給水として回収した。

設備内容

ボイラ：20t/h ボイラ 7bar(G) 1基 (自然循環式水管ボイラ)
 :16t/h ボイラ 7bar(G) 1基 (自然循環式水管ボイラ)
バッチ式染色機：水保有量 500~1000ℓ/槽 35台 (ウインズ型、スミスドラム型)
仕上乾燥機：スチーム使用量 250kg/h 台 30台

・改善その1：コンデンセートを給水タンクへ回収 (Figure 4.16)

回収エネルギーは、 $15,000 \ell/h \times (95^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \times 4.186\text{kJ/kg} = 4,709\text{MJ/h}$ となり、ボイラ用燃料が約150ℓ/h節約となった。

ただし、ここで問題になるのは、給水タンク内での水が沸点に達しており、タンク上部からかなりのスチームが大気に逃げしており、タンク内では振動音が発生していることである。

・改善その2：コンデンセートをボイラへ直接回収 (Figure 4.17)

改善その1では、かなりの熱量が給水タンク上部よりフラッシュスチームとして逃げていた。これを改善するため、仕上げ乾燥機のためのコンデンセート系統にコンデンセート用ポンプを据付け、ボイラ本体に直接回収するようにした。

ただし、染色機のコンデンセートについては、染液混入のおそれがあるので、従来通りオープン回収とする。

給水タンクへ回収さされたエネルギーは2198MJ/h、回収ポンプで直接ボイラへ回収されたエネルギーは4709MJ/hで、燃料使用量は219ℓ/h節約となった。

この改善による燃料費節減額は、Table 4.11 のようになった。