

Ⅲ エネルギー使用合理化 ガイドライン

2. 紙

目 次

1. ガイドラインの性格	Ⅲ-2- 1
2. エネルギー使用の特徴	Ⅲ-2- 3
2.1 製造工程と主要設備	Ⅲ-2- 3
2.1.1 プレスパート	Ⅲ-2- 3
2.1.2 異物の除去	Ⅲ-2- 9
2.1.3 ドライヤパート	Ⅲ-2-13
2.2 エネルギーの使用状況	Ⅲ-2-22
2.2.1 エネルギー使用箇所	Ⅲ-2-22
2.2.2 熱・電気別エネルギー比	Ⅲ-2-24
2.2.3 熱 取 支	Ⅲ-2-25
2.2.4 エネルギー使用原単位	Ⅲ-2-25
3. エネルギー管理の進め方	Ⅲ-2-28
3.1 経営方針の明確化	Ⅲ-2-28
3.2 推進のための組織整備	Ⅲ-2-29
3.3 科学的・組織的な活動	Ⅲ-2-29
3.4 教育、情報の提供	Ⅲ-2-31
4. 熱エネルギー使用の合理化	Ⅲ-2-32
4.1 省エネルギー対策の段階	Ⅲ-2-32
4.2 省エネルギー対策の項目	Ⅲ-2-32
4.3 プレス脱水の強化	Ⅲ-2-32
4.4 ドライヤベンチレーションの改善	Ⅲ-2-41
4.5 そ の 他	Ⅲ-2-43
4.6 原単位改善目標	Ⅲ-2-43
4.6.1 印刷筆記用紙の原単位目標	Ⅲ-2-43
4.6.2 クラフト紙の原単位の目標	Ⅲ-2-43
4.6.3 中芯及びボードの原単位目標	Ⅲ-2-44

1. ガイドラインの性格

このガイドラインは、紙工業の工場における省エネルギーを推進するため、特に重要と思われる技術的事項について、下記の点に留意してまとめたものである。

- (1) ①工場の技術者が自工場のエネルギーの使用の合理化を図る場合の技術的な参考として、②診断指導用マニュアルとして、③合理化の進捗度の判断資料として、④セミナー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、タイ王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。

今回のこの報告を骨格として、今後NEA独自の工場診断、その他の方法等によって得られた情報を組み込み、このガイドラインが増補、拡充されることを期待したい。

なお参考として、日本政府（通商産業省）が告示により事業者が省エネルギーを進めるに当たっての判断の基準として公表している基準値を記載している個所がある。

- (1) この基準値は、多数の事例の統計的な分布を調べ、その最頻値（Fig III-2-1 参照）を取ったものであり、事業者に困難を強いることなく技術的、経済的に十分実施できる現実的な水準となっている。

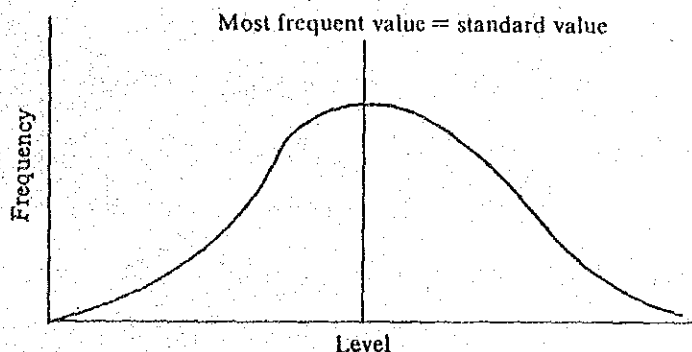


Fig. III-2-1

- (2) この基準値は、達成すれば終わりというものではなく、また絶対達成しなくてはならない最低値を示すものでもない。むしろ、平均的な水準に向って、それより劣るものの改善を進め全体の分布をより良い方向に移すための数値である。従って、ある期間を経た後、最頻値を求め直し、新たな基準値を設定することになる。

今回の報告書では、この値を参考とし、タイ王国の工業の現状を勘案して基準値の設定案を記載してある。

この基準値は、タイ王国における合理化の判断の基準値設定の出発点となるものであり、今後はタイ王国自ら実施する工場診断のデータを積み上げ、かつ定期的に見直しを行い改訂あるいは新たな設定を進めるようにされたい。

2. エネルギー使用の特徴

2.1 製造工程と主要設備

製紙工程のフローは Fig III-2-2 に示すとおりである。

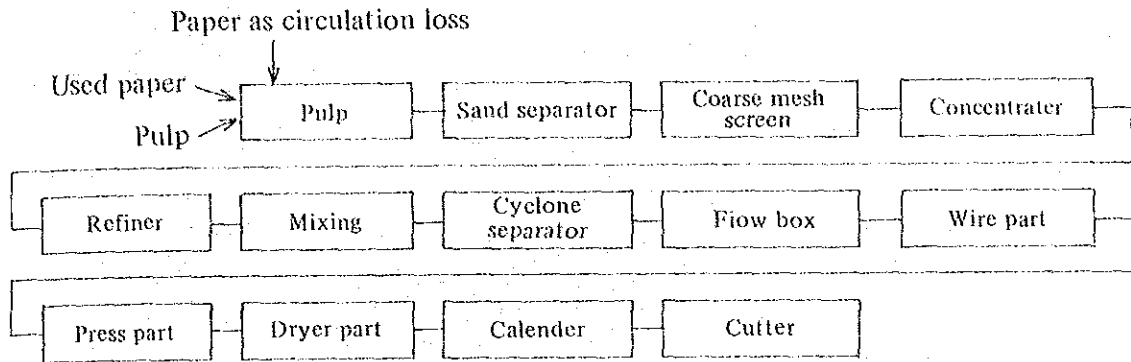


Fig. III-2-2

製紙工業は木材繊維のシートを作るため繊維を精選・叩解等の前処理を行い、均一な分散状態のまま次第に脱水し、最終段で約2倍の水分を蒸気により蒸発脱水するという装置工業である。装置を動かす電気動力のほか、紙1t当たり500～1,000tの水を使用するので、これを移送するための電気動力も莫大である。製紙工業がエネルギー多消費産業といわれる由縁である。

2.1.1 プレスパート

(1) プレスの搾水理論

プレスにおける搾水は、2本のプレスロールが形成する加重ニップに搾水媒体としてのフェルトと共に湿紙を通過させることによって行われる。フェルトが使用される理由は、その毛細管状の構造と弾力性、表面の柔軟性等によるものである。使用するプレスの数と構成は抄紙機によってまちまちであるが、一般の長網抄紙機では2～3組のものが圧倒的に多い。しかし、近年新技術の開発が急速に進み、搾水能力も増加し、プレス段数も減少の傾向にある。

プレスの基本形式には、ブレンプレス方式という歴史的に最も古いもので、花崗岩などを使用したトップロールと鉄心に厚さ25mm程度のゴム巻きをした弾性ボトムロールとを組み合わせた形式と、サクシヨンプレス方式と称し、ボトムロールのゴム表面に6～7mm径の無数の吸引用穴を開け、ロール内部には固定したサクシヨンプボックスを設け、搾水と同時に吸引能力を持たせた形式のものがある。サク

シヨンプレスの出現は、抄紙速度を向上するのに大きな役割を果たした。

プレスにおける搾水理論は幾つかあるが、プレーンプレス時代には、湿紙と毛布がプレスで圧縮され、ニップの中心を過ぎると毛布が膨張し始め、同時に紙中の水分が毛布に移行するという説があったが、サクシヨンプレス時代になって、Fig III-2-3に示すような説が出された。

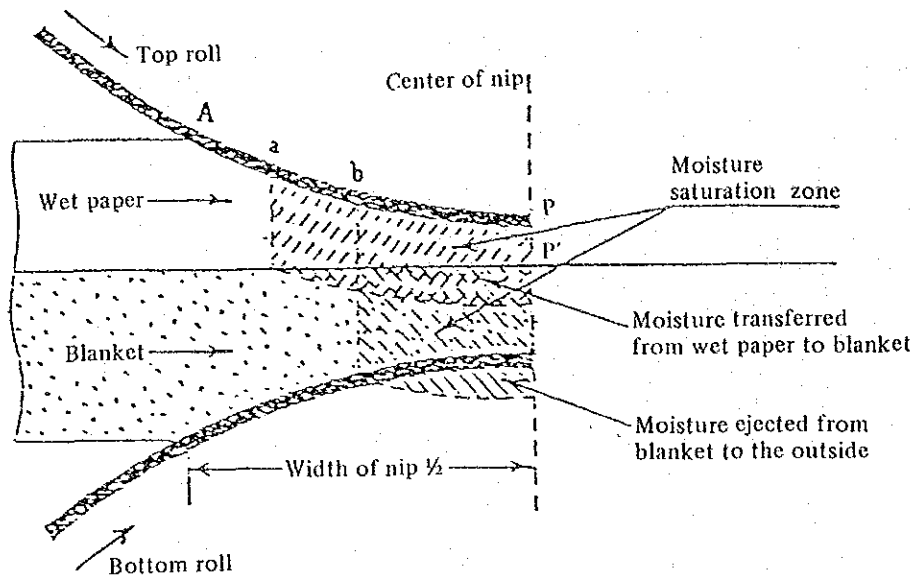


Fig. III-2-3 Water movement in press nip

圧縮が進むと紙中水分は次第に飽和点に達する。シート中の密度増加に伴い、流体圧力が発生して、未飽和の毛布との間に圧力差が生じ、水分は紙から毛布へと移動する。

回転が進んで圧縮も増加すると毛布も飽和状態になり、過剰のしぼり水が溢流し、減圧のサクシヨンプレス孔に吸引される。

プレーンプレス時代にはプレスにおける紙砕けが起こるため、抄速に限界があったが、サクシヨンプレス方式が開発されたことによりこの限界が破られ、高速抄紙が可能になった。この実態からみると、プレスのニップにおける過剰の溢流水が紙砕けの原因であったとも考えられ、サクシヨンプレスはプレスにおける加圧強化、抄速アップに極めて有効で、省エネルギーにも寄与する設備であるといえる。

(2) 湿紙水分と水分分布調整

プレス後の水分を下げることはできても、幅方向の水分ムラがあっても全く意味がない。幅方向の水分分布を調整するための要因を図にするとFig III-2-4に示すとおりである。

これらの要因に対する目頃の心掛けとして定期的に調査しておくことは、

- 幅方向の水分の測定
- 幅方向のプレスニップ圧の測定
- ロールのクラウン及び硬度

等である。水分測定は抄紙機幅によるが 10 cm 間隔位で測定しておきたい。

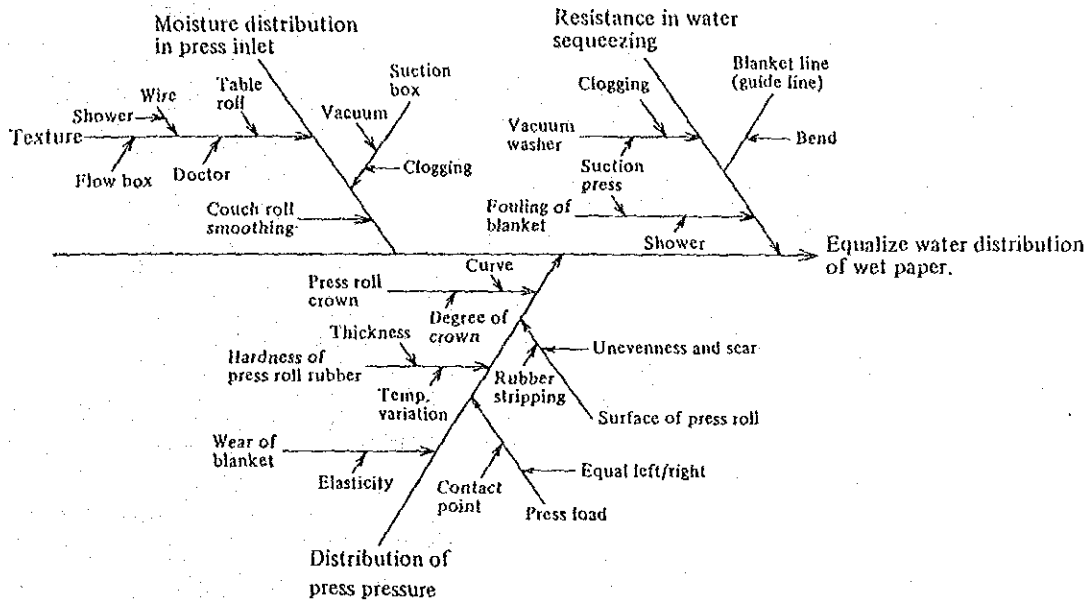


Fig. III-2-4 Chart for characteristic factors

ニップ圧は、線圧ではなく単位面積あたりに働く圧力である。同じ線圧の荷重を軟いゴムロールと硬いゴムロールに加えたとしても、軟いゴムロールの接触部の幅は硬いゴムロールのそれに比べて大きくなり、単位面積あたりのニップ圧（平均）は硬いロールの方が高いことになる。

搾水を支配するのが、単位面積あたりの圧力であるから、線圧はもちろんであるが、ロールの接触変形によって生じるニップ幅というものも、線圧同等に重要である。

ロールの加圧を変えて行くと Fig III-2-5 のようにニップ幅はニップ圧の平方根に比例して変わる。従って、同一条件で線圧を変えることは、平均ニップ圧を次のように変化させることになる。

$$\bar{p} = \frac{P_L}{k \cdot \sqrt{P_L}} = k' \sqrt{P_L}$$

$\bar{p}$: 平均ニップ圧

P_L : 線圧

$k \cdot k'$: 常数

このことから、線圧を2倍にしても、搾水効果ある単位面積当たりの圧力は1.4倍にしかない。

一定の線圧下では、ニップ幅はP & J 硬度で示したゴム硬度に比例して増減する (Fig III-2-6 参照)。

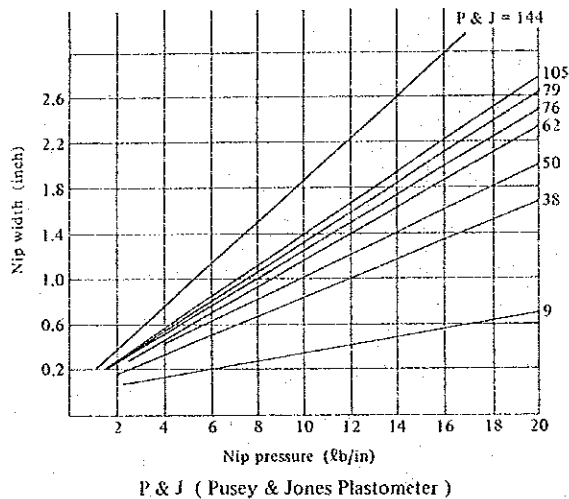


Fig. III-2-5 Nip pressure and nip width

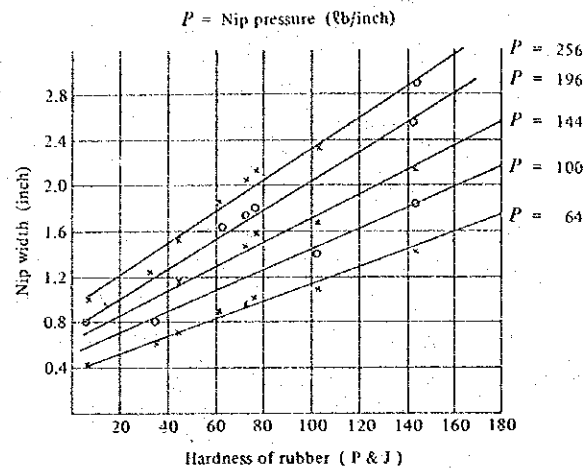


Fig. III-2-6 Nip width and rubber hardness

ニップ幅は、ロール径の大小にも関係し、当然のことながら小径ロールほど小さい。またニップ幅は抄速によっても変化する。同一条件下で抄速が増すとニップ幅は減少する。ゴムの厚さによってもニップ幅は変わり、被覆厚さに比例する。

ゴムの硬度、厚さは、抄造品質、抄速、マシン幅、設備強度、ロール材質等によって選択しなければならない。これを検討するに当たっては、経験ある専門メーカーの意見を聞き、十分討論するようにした方がよい。水分の分布、ニップ圧の状況クラウン、紙質状況(厚さ、密度、引張り、引裂、透気度)等、予め必要なデータは日常から採取しておかなければならない。

A) ゴムロールの硬さ

ゴムロールの硬さを測定する方法にはいろいろある。日本ではJIS (K6301) としてスプリング式硬さ試験機A型・C型と定荷重式のプセイ・ジョンス式がある。この他にショアA型がある。抄紙機に使用するロール類のゴムの硬さの標準値として、Voith社の資料があるのでTable III-2-1に示す。

ゴムロールは放置しておいても、表層の酸化のため2°程度硬さが上がるが、プレスロールなどで長期間使用すると表層の硬さが変化する。ゴムの材質により軟化する場合もあれば硬化する場合もある。ゴム硬度の温度による変化も比較的大きく、温度が上がると硬度は低下する。ゴムの種類によってかなりの差があるが、温

度差 50℃で 3～5°程度硬さの差が発生する。従って、硬さの指定には測定時の温度も指定しなければならない。

Table III-2-1 Kind and hardness of rolls

No.	Kind of roll	Hardness by Pusey & Jones 1/8" sphere
1	Pressed roll	5~10
2	Table roll	0~5
3	Wire roll	0~5
4	Lamp roll for suction couch	180~200
5	Lower roll for the first press	65~70
6	Lower roll for the second press	60~65
7	Lower roll for the third press	50~55
8	Lower roll for the 4th press	40~45
9	Suction press roll	28~32
10	Upper roll for ringer plane press	10~15
11	Lower roll for ringer plane press	70~75
12	Upper roll for ringer suction press	60~65
13	Suction roll for ringer suction press	28~32
14	Wet felt roll	0~5
15	Transfer roll and draw roll	0~5
16	Paper roll	0~5
17	Top roll for offset press	30~40
18	Pressed rolls for cylinder dryer and yankee dryer	25~30
19	Gloss press roll for yankee dryer	25~30
20	Suction touch roll for yankee dryer	28~30
21	Coating or size press roll	
	Roll of high hardness	5~40
	Roll of low hardness	30~50

Quoted literature: Voith Tech. Bellage 1966 S. 45

B) クラウンのチェック

抄紙機の操業と品質の安定は、計画的なロール類の研磨によって、だいたい達成されるといって過言でない。ゴム被覆のサクションロールは、3～6ヵ月毎にゴムの硬さやプレスニップ圧を考慮して再研磨することが必要である。ゴムロールは肉厚が 13～15 mm になるまで研磨を繰り返し使用する。

研磨に当たっては、クラウンについて考慮しなければならない。ロールは両端支持の梁であるから、自重による撓みが生じる。上下一対のプレスロールについ

て考えると、下のロールは自重によって下方に湾曲する。一方、上のロールも自重により下方に撓むが、両端のジャーナル部に加えられる荷重による上方えのきみの方が一般に強いので、その場合は全体として上方に湾曲する（Fig III-2-1 参照）。

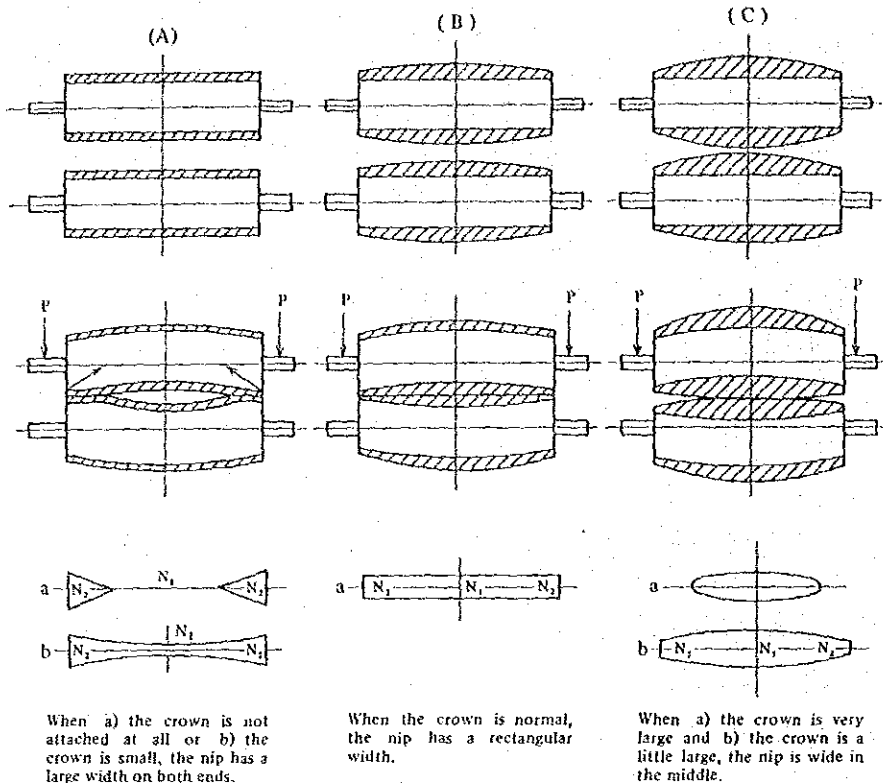


Fig. III-2-7 Crown and nip width

従って両端は密着していても、中央部には隙間ができる。この隙間を埋めるための肉盛りをクラウンという。

クラウンが不適正であると、全幅にわたって、均一なニップ圧が得られない。簡単にクラウン状態を眼で判断する方法としては、ロール間に次のものを挟み、そのマークないしは痕跡を利用することが行われている。

- カーボンと薄葉紙
- 感圧紙
- 表面に凹凸のエンボスをしたアルミ箔

これらを下ロールの上におき、上ロールの両端が下ロールに同時に接するように圧力をかける。荷重を除き上部ロールを上げると、全幅にわたってのニップが記録される。

Fig III-2-7に示したようなマークの他に、片側に狭いマークが現われたら、

それは前裏の荷重が均一でないか、ロールがズレているときである。

マークされたニップ幅から、クラウン量を計算する式は、

$$C = \frac{(N_2^2 - N_1^2)(D_1 + D_2)}{2 D_1 D_2}$$

C : 補正すべきクラウン量

N₁ : マークしたロール中央部のニップ幅

N₂ : マークしたロール両端部のニップ幅

D₁ : 上ロールの直径

D₂ : 下ロールの直径

上下ロール径が同一であれば、当然次のようになる。

$$C = \frac{N_2^2 - N_1^2}{D}$$

もし計算結果が負になれば、それだけクラウン量を減らすことを意味している。

ここで注意すべきことは、ニップ巾 $\frac{1}{10}$ の差が $\frac{15}{1000}$ のクラウンの変化となっており、あらわれてくることである。ニップ巾を測定する場合、正確に読む必要があるため、感圧材の選択には細心の注意をし、鮮明にマークされるものを使用しなければならない。

2.1.2 異物の除去

異物（夾雑物）の除去は、製品の品質確保のためには不可欠であるが、同時に省エネルギーを達成するためにも極めて重要である。

原料中の異物が増加した場合、それを除去するためのエネルギー（動力）が余分に必要になり、また異物の除去が不十分であれば、蒸気エネルギーの消費増加や、製造工程のトラブルの発生による生産効率の低下を招く。

それにも拘らず、一般的に、省エネルギーの観点から、異物に関心が向けられることは少ないようである。製紙原料処理において、異物、夾雑物は機械がとってくれるものであるという観念が強いので、原料置場における異物混入に対する配慮も希薄になっている。故紙は、パレットに乗せて置いたり、整備されたコンクリート床に整頓して置くべきであるが、地上にそのまま置き、タイヤ、土足で踏みつけ、汚れることを何んとも思っていないところも見受けられた。汚すほどに経費がかかり、エネルギーの消費も多くなることを忘れてしまっている。

そこで、次のような体制立て直しの運動が必要である。

(1) 故紙在庫管理体制の確立

故紙原料の購入及び在庫管理をする資材担当部門は、

- a. 異物混入の少ない原料を購入するよう努力する。
- b. 購入した原料は異物混入、飛散、腐敗劣化のないように、貯蔵置場を整備する。
- c. 原料を操業現場に渡すまでの運搬に当たっては原料を損耗、汚染、落下しない方法を採用する。

製造部門は

- a. 資材購入部門に異物混入の少ない原料購入を常に指示し、異物の実態のデータ、実物サンプル等を定期的に見せる。
- b. 工場発生の損紙に対し、“紙を踏むな”“紙を大切に”という、スローガンを工場各部門と協力して掲示し、従業員に対する意識改革を行う。
- c. “損紙を作るな”“損紙は抄紙技術未熟の証明”というポスターを各所に掲げて製紙技術のレベルアップ運動を展開する。

(2) 異物除去方法

除去の方法には、乾式法と湿式法がある。原料受け入れの検査に際し、選別除去するのは極めて効果的な乾式法である。機械的な乾式法はシュレッドで破碎し、回転ドラム式ダスタではたき落し、風力を利用してサイクロン分離を行う方法であるが、現在は余り使用されておらず湿式分離が主流である。湿式法ではいったんバルバで離解し液中に懸濁し、次のようにして異物を除去する。

- a. パルバラガー：軽くて長い梱包用紐、破布など、懸垂鎖に巻きつけて除く。
- b. パルバジャンクボックス：重い石、鉄片を除去する。
- c. パルバストレーナ：難離解物を除去する。
- d. 高濃度スクリーン：重いものを除去する。
- e. 1次スクリーン：未離解繊維を除く。
- f. セントリクリーナ：細かく、かつわずかに重い物質（微砂・スケール）・結束繊維を除く。
- g. 2次スクリーン：結束繊維、軽い細片を除く。

原理的には、いずれも比重差と、寸法差を利用したものである。

(3) 比重差分離設備

比重差分離には沈降による方法と液体サイクロンによる方法の2通りがある。水中の粒子が下向きには重力が働き、上向きには浮力と流体抵抗が働く状態で下降するときこれを自由沈降というが、製紙原料の懸濁液では、単独粒子が自由に沈降することは容易でなく干渉沈降となる。

異物の粒子同志の干渉は少ないが、繊維同志のからみあいがあるので、沈降分離は薄い濃度で行わざるを得ない。

A) リフラ

最も簡便な設備としてはリフラがある。サンドテーブル、サンドキャッチャー、サンドトラップともいわれるように、金属・砂などの分離には有効な設備であり、自家製作でき設備費もかからない。よく見かけるものは幅1 m、深さ0.5 m位の矩形断面の樋状で、底には邪魔板(バッフル)を設け、流れ方向に移動する粒子を衝突沈降させる。

この邪魔板は容易に抜き差しできるようになっていて掃除は容易である。ただ下向きに流れる紙料が邪魔板で上向き流れになるよう、角度をつけることと反転部に丸味をつけることに留意を要する。

リフラを流れる液の容積を $Q \text{ cm}^3/\text{sec}$ とすれば、

$$Q = V \cdot b \cdot h$$

V : 水平流速 (cm/sec)

b : 幅 (cm)

h : 水深 (cm)

分離しようとする粒子の沈降速度を $u \text{ cm/sec}$ とすると、リフラの末端までに粒子が沈降しているためには、

$$h/u \geq \ell/V$$

$$V = \frac{Q}{b \cdot h} \text{ から}$$

$$h/u \geq \frac{\ell \cdot b \cdot h}{Q}$$

$$u \leq \frac{Q}{\ell \cdot b}$$

ℓ : 樋の長さ (cm)

これによれば、リフラの水深には関係なく表面積が分離限界を支配することに

なる。

従って、リフラは大きな場所をとるが屋外のスペースを利用すれば、経済的な異物除去装置を設置できる。

B) 液体サイクロン (リキッドサイクロン)

パルプ懸濁液は原液流入口からサイクロン円筒部の上部に接線的に圧入される。流入液は円筒内壁に沿って回転しながら円錐部に進み、液中の比重の重い粒子は遠心力によって周壁に沿う境界層のゆっくりした流れに混って流下し、排出口から連続的に排出される。一方、粒子を分離した液は、下端部に到って反転し、中心部を施回上昇して上部中央から流出する。分離を良好にするための条件は、

- a. 粒子と流体 (パルプ懸濁水) との比重差が大きいこと。
- b. 遠心加速度が大きく、入口圧力が高いこと (クリーナ内において圧力降下がある)。
- c. 遠心加速度を受けている時間が長いこと (クリーナ内の滞留時間が長い)。
- d. 分離される時の半径方向の移動距離が小さいこと (クリーナ胴部の直径が小さいこと)。
- e. 懸濁水の濃度が低いこと。
- f. サイクロン内壁が平滑であること。摩耗の少ない材質とし、定期的に点検・取り替えを行う。

分離性能はリジェクト (テール) の流量とインプット流量の比に関係し、これがリキッドサイクロン運転上の重要な着眼点である。流量比に影響を与える要因は、サイクロンの寸法、形状、入口圧力、濃度等沢山あるが、最も大きな要因は、テール管径 D_u とアクセプト管径 D_e の比 (D_u/D_e) である。

最も一般的なセントリクリーナのようにテールが大気開放で、サイクロンの中心に空気芯が生成し、リジェクトが傘型のスプレ状に流出している時の流量比 (R_f) の近似値は次式による。

$$1 - R_f = \frac{0.95}{(D_u/D_e)^4 + 1}$$

一般に R_f は 10 ~ 30 % の範囲である。

テール排出管径が大きすぎると、リジェクト量が増大し、歩留を低下させる。

逆にテール排出管径が小さいと、分離された異物と若干の繊維がからんで流動性が低下することもあるパイプが詰まりやすい。

2.1.3 ドライヤパート

(1) 水分約60%の湿紙を約5%まで乾燥する機構

- a. ドライヤシリンダに送入された蒸気はシリンダ表面を加熱し、凝縮する。
- b. 湿紙は、加熱したシリンダの平滑な表面にタッチし、全幅均等に、有効に熱を吸収・昇温して水分が蒸発する。
- c. シリンダにタッチした湿紙は、シリンダ外周約65%に接触するが、その湿紙の外側を、多孔質のキャンパスが湿紙をおさえつけて走行するので、蒸発した蒸気は、キャンパス内部に凝結する。
- d. 凝結水を包含したキャンパスの温度が上昇し、それにつれて内部水蒸気分圧も上昇する。そしてシリンダを離れて次のシリンダに接するまでの自由空間において包含した水分を瞬間的に蒸発する。
- e. このように蒸気を吸収し、凝縮し、放出する水分の排出作用を効果的に行うためには、キャンパスは通気性があり、高温で、よく乾燥していることが必要である。
- f. 湿紙も、シリンダを離れて自由空間に出るとき、相当の温度を持っているので蒸気圧が高く、急激な温度低下を伴って紙の両面から高率の蒸発作用が行われる。
- g. このときの蒸発速度は、紙表面の蒸気分圧(だいたい紙表面温度の飽和蒸気に一致する)と空気中の水蒸気分圧との差に比例する。従って、紙周囲の空気の湿度を下げることは効率向上の手段である。
- h. シリンダ内に凝縮したドレンは、滞留したり、水膜リングになると、熱効率が低下するので、効果的に排出しなければならない。

以上、ドライヤパートの乾燥機構の概要を述べたが、乾燥における紙層間の水分の動きについて理解しておくことは、効率的な乾燥を行う場合必要なことである。

(2) 紙層中の水分の動き

紙層から水分が蒸発する過程で、その蒸発速度と紙水分の間にいかなる関連があるかを究明することは、乾燥機構を理解する上で必要である。典型的な紙の乾燥曲線を Fig III-2-9 図に示す。

A → B: 水分の非常に多い状態の乾燥であって蒸発速度は一定している。これは紙の表面が水に覆われている状態で、この水分が蒸発しても紙層内部の比較的大きい毛細管や、繊維の隙間から次々にこれを補充している。この状態の蒸発が進行すると、当然紙の表面を十分湿った状態に保持することが不可能になる段階に達する(B点)。

- t_s : Temperature of steam in the dryer
 t_i : Temperature of the internal surface of dryer shell
 t_o : Temperature of the external surface of dryer shell
 t_d : Temperature of the internal surface of paper
 t_p : Temperature of the external surface of paper
 t_f : Temperature of the internal surface of felt
 t_a : Temperature of the external surface of felt

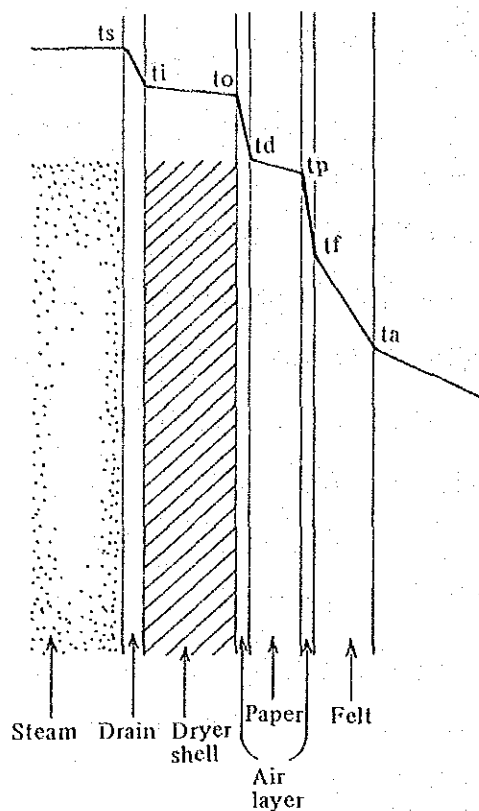


Fig. III-2-8 Resistance and temperature grade in drying process

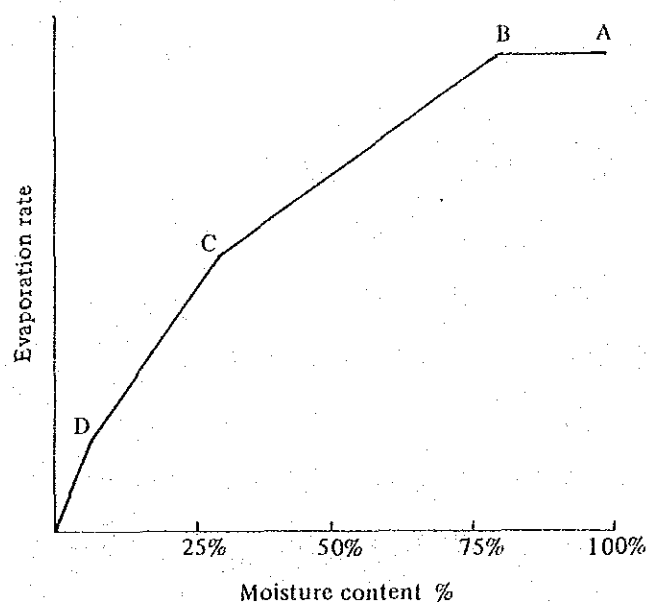


Fig. III-2-9 Drying curve of paper

これは、次第に小さい毛細管からの水の移動が主になり流れの抵抗が増加するためであると考えられる。

B→C：内部空隙の水分が、紙層の表面に出てくるときの抵抗が、水分の減少と共に次第に大きくなって蒸発速度が徐々に低下してくる過程である。この抵抗となるファクタには、いくつかのものが考えられるが、繊維の叩解状態などによる毛細管の大きさの分布が最も大きなものであろうと思われる。

C→D：C点は非常に小さい毛細管や繊維そのものに吸収されている水分が、蒸発を始めることを示す変位点であって、C→D間では更に蒸発速度が下向きになる。繊維に吸収される水分の量はヘミセルロースの含有量や、叩解の程度に関連があるといわれている。

D→E：D点に至ると繊維に水和されている水分が蒸発を始めるが、この過程は更に抵抗が大きい。水和された水分はセルロースやヘミセルロース分子に拘束されたり、あるいは分子層としてそれらに吸収されたりしているものである。

(3) 紙の乾燥速度を支配する条件

湿紙から水分が蒸発する機構やドライヤにおける蒸発のプロセスについて理解できたと思うが、実際操業における重要な点は、幅方向の均一な乾燥である。厚さ、密度の均質な地合でありフロック結束繊維、異物などの夾雑物のないことが乾燥の要点であるが、乾燥速度を支配する一般的な条件について述べる。

その支配する要素は次の三つがある。

A) ドライヤの表面温度

B) 紙表面に接する空気の性質と風速

C) ドライヤ表面と紙との接触面における熱伝導抵抗（接触抵抗）。

A) の項は、ドレンの排出が正常であれば乾燥不均一を起こす原因になることは少ないが、シリンダ内部のサイホンが欠落して、乾燥不均一になった例は、しばしば経験する。

B) の項は、紙とシリンダの間の空気が問題となることが多い。湿紙に接する空気の条件と乾燥速度との関係について Fig III-2-10 により説明する。

Fig III-2-10 は湿紙に接する空気の状態を画いたものである。湿紙中の水分蒸発に要する蒸発熱（気化熱）を、いかに迅速に湿紙に供給するかが要点であるが、2点間の熱の伝導速度は、2点間の温度差に比例するという原則がある。従って、その伝導速度を早めるためには、シリンダ表面温度と湿紙温度との差を大きくしな

ければならない。そのためには、

- a) シリンダ表面の温度 $T^{\circ}\text{C}$ を上げるか。
- b) 湿紙の温度 $t^{\circ}\text{C}$ を下げるか。

である。

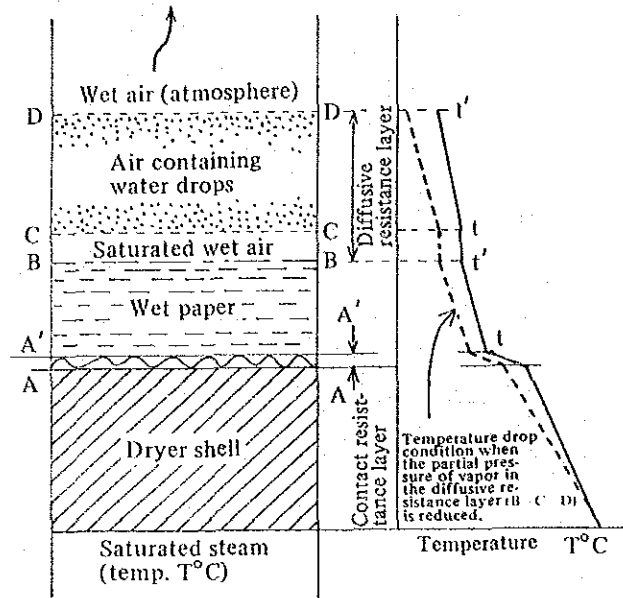


Fig. III-2-10

a. のシリンダ表面温度を高く保つには、蒸気調節バルブを開けばいいが、問題は b. の湿紙温度の低下とその影響である。Fig III-2-10 の湿紙の水分は、湿紙から気化熱を奪って気化し、湿紙表面から飽和湿り空気層 B-C (湿紙から蒸発した水蒸気で飽和している温度の高い層)、水滴を含んだ飽和湿り空気層 C-D (B-C 層より温度が下って一部の水蒸気が凝結して水滴となった層) を経て、外気 (湿り空気) へ拡散されるが、C-D 層における水蒸気の分圧が低いほど B-C 層からの水蒸気の拡散は促進され、湿紙からの蒸発速度は速くなり、そのため、湿紙は気化熱を奪われて温度が低下する。

この結果として、湿紙と蒸気との温度差が大きくなり、熱の伝導速度を上昇させることになる。湿紙の周りの環境条件が湿紙の乾燥速度に影響を与え、結果的にドライヤから湿紙の伝熱速度にも影響を及ぼして、乾燥速度に2次的な影響を与えている。従って、湿紙の周りの環境条件 (温度、湿度、風速) が、乾燥速度や幅方向の乾燥ムラに影響する大きな要因となっている。

次に、C) の項は、ドライヤ表面と紙との接触面における熱伝導抵抗、

- a. シリンダ内面のフィルム抵抗
- b. シリンダ壁の抵抗

- c. シリンダ壁と紙の間の空気フィルム抵抗
- d. 紙層自身の抵抗

の各要因が正常であれば、乾燥速度が不均一になる恐れは少ない。

これらの要因の中で、不確定的で、意外に大きく、操業で留意しなければならないのは、b.の項で、紙の表面に接する空気層については、十分留意しなければならない。

リーデングドライヤがこの目的のために設けられる場合がある。Fig III-2-11はその使い方を示すが、リーデングドライヤはドライヤシリンダより少し経が小さく、50℃位に加温されている。

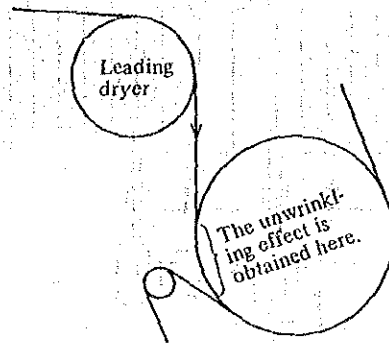


Fig. III-2-11

以上のように、ドライヤパートにおける乾燥機能に合わせて、設備、補機類、用具等について、点検・保守、整備、改善を行い、状況に合わせてうまく運用することが肝要である。日常の操業の中では、

- a. シリンダ表面をいつもきれいに保つためのドクタの整備点検と粕の除去。
- b. キャンバスの目詰まり、湿りの除去。
- c. ドライヤへの冷い湿った空気の流れの防止

など、簡単な作業に気を配る必要がある。

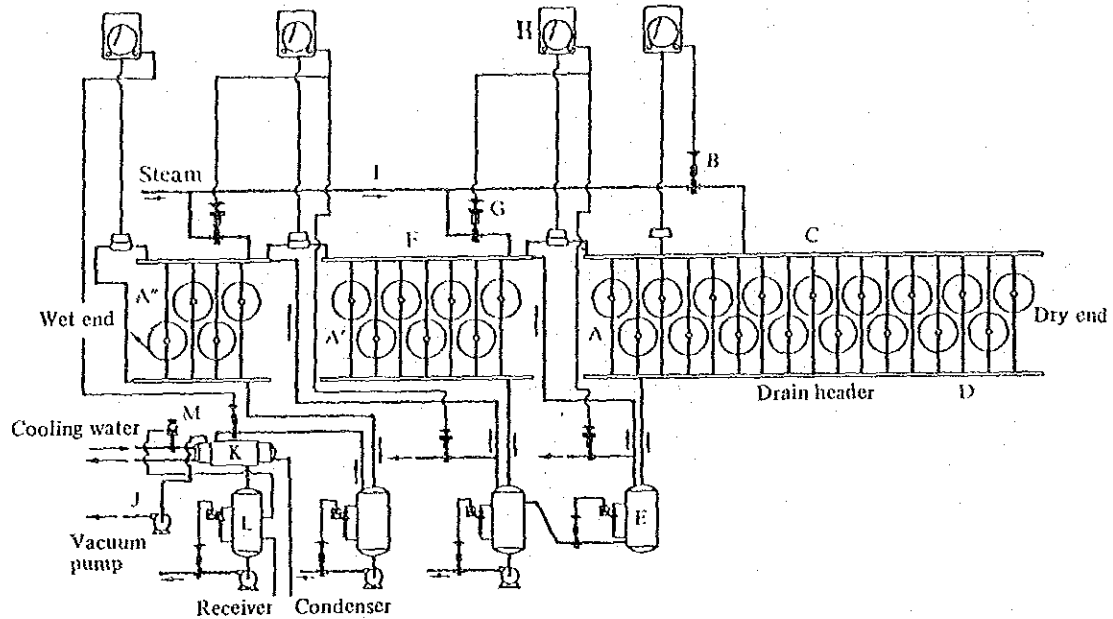
(4) 蒸気の給排システム

紙乾燥の場合は、紙の種類による品質上の問題を考慮しなければならないが、一般的には、ドライヤ表面温度はウェットエンドから、ドライエンドに向って徐々に温度が高くなることが要求される。このことは、紙水分の減少につれて乾燥の抵抗が増し、同時にシリンダからの熱伝導率も低下する条件とも一致している。従って、ドライヤパートは2～3の群に分けて、蒸気通気量を変化させる。つまり、ドライエンドの群に対しては、蒸気を多く使用し、ウェットエンドの群に対する蒸気使

用量は少なくする。

シリンダ群分けの目安は、例えば3群の場合はウェット側から1:2:4の本数比とする。

Fig III-2-12 は典型的な3群のドレネージシステムである、ブロースルーシステムを示す。



- A : First group dryer (A' : second group dryer, A'' : third group dryer)
- B : First group control valve
- C : First group steam header
- D : First group drain header
- E : First group drain receiver tank
- F : Second group steam header
- G : Second group control valve
- H : First group and second group differential pressure controller
- I : Main steam pipe
- J : Non-condensive gas ejection vacuum pump
- K : Condenser
- L : Receiver tank
- M : Cooling water control valve

Fig. III-2-12 Typical third group drainage system
(Blow through system)

〈 Fig III-2-12 の説明 〉

B のコントロールバルブから最初のドライヤ群〔A〕のヘッダ〔C〕に流入した蒸気は、ドレンとなって、ドレンヘッダ〔D〕に入り、レシーバタンク〔E〕に入る。ここの圧力はA より低いので蒸気が再蒸発し、蒸気とドレンが分離される。この再蒸発蒸気は、次の中間ドライヤセクション〔A'〕の蒸気ヘッダ〔F〕に入る。〔A〕と〔A'〕との蒸気ヘッダの間には、一定の差圧を保つようコントロールバルブ〔G〕とコントローラ〔H〕がある。この差圧は、〔A〕のドレン抜けが最も適切な状態となるよう設定されるが、設定値より大きくなった場合は、コントロールバルブ〔G〕が開いて、差圧が所定の圧力になるまで、メイン蒸気管〔I〕から〔A'〕の蒸気ヘッダ〔F〕に蒸気が流れるようになっている。もし次群の蒸気消費量より再蒸発蒸気量とサイホンのブロースルー蒸気量の和が多い場合は、系外へ一部放出しなければ差圧コントロールができないので、システムは更に複雑になってしまう。このようなことから、最終段のウェットエンドドライヤセクション〔A''〕のドレンヘッダ圧力を負圧にすることも必要であり、同時に非凝縮性のガスを強制的に排除する目的で、真空ポンプ〔J〕が設けられる。通例は、コンデンサ〔K〕も併設してバキュームポンプの能力を助けている。コンデンサへの冷却水量は、レシーバタンク〔L〕の温度に従って、コントロールバルブ〔M〕により調節される。

各レシーバタンクには、レベルコントローラを設け液面は常に一定に保たれる。

ドレンは集合タンクに集められ、ボイラプラントに戻される。

(5) ドライヤパートにおける空気の給排

ドライヤシリンダ周辺にできるだけ乾燥した、温度の高い空気を供給し、高湿度になった排気は速かに系外に排出することができれば乾燥効率は向上する。

またドライヤパートから排出する空気は高湿度であると同時に温度も高い（60～80℃）ので、何らかの方法で熱回収を行えば、熱収支を改善することができる。

以上の目的を達成するためには、ドライヤシリンダ群を囲うフードが重要な役割を持っている。

A) ドライヤフード

普通の抄紙機では、1t の紙を乾燥するのに約2t の水分を蒸発し、この水蒸気を排出するためには50～60t の空気が必要である。そのためドライヤフードの構造としては、設計上次のような配慮がなされる。

- a. フードの横幅及び側壁の深さ（高さ）が、湿気を含んだ空気を捕集するのに十分な寸法であること。オープンフードの場合、側壁の高さは少なくとも2 m、マシンフレームからの距離は、ソールプレート内側に対してほぼ30°～35°の位置にあることが必要である（Fig III-2-13 参照）。これはドライヤポケットからのペーパの吹き出しや、ソールプレートの内側を通過する上昇気流の膨張を十分吸収するためと作業上の点からである。

上部の傾斜は内側に凝縮する水滴が流れ落ちるように配慮したものであり、上部の空間容積も十分に余裕を持つべきである。

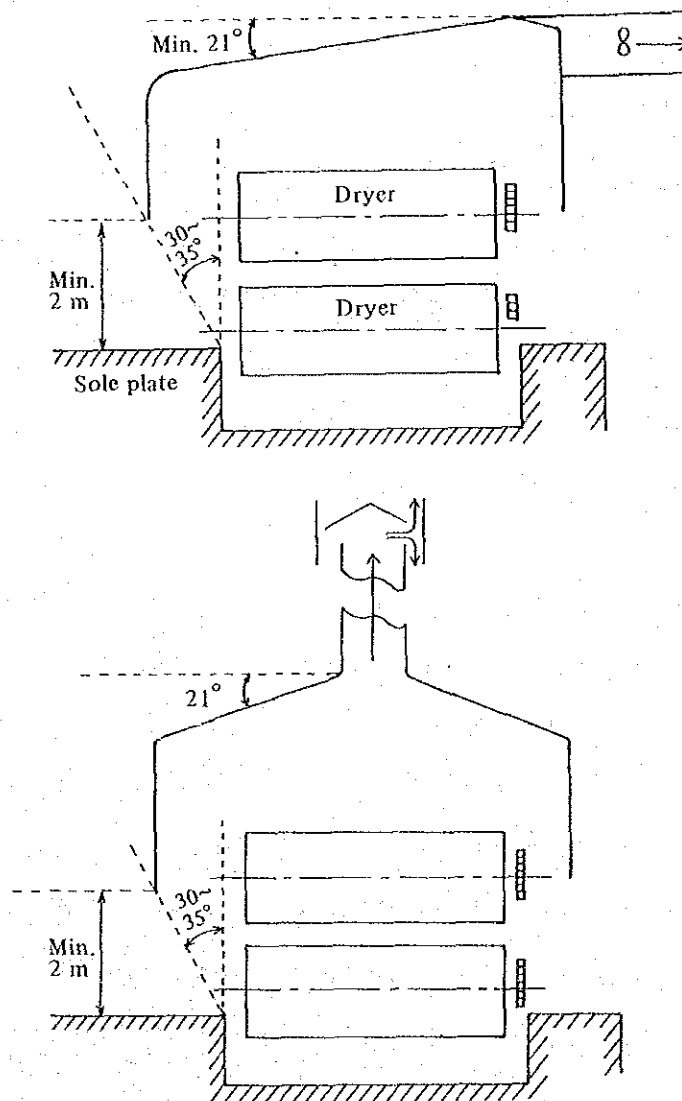


Fig. III-2-13 Design of open hood

- b. 排気口の位置及び大きさ、形状は湿気を含んだ空気を確実に排除するのに十分なものであると同時に、紙幅方向の乾燥ムラの原因となる偏気流の少ないものである必要がある。

フードの天井に排気口を直接接続するときは、ドライヤパートのウェット側 $\frac{3}{4}$ の部分に設けるべきである。これは蒸発の大部分が、紙水分 15% 程度のところまでの、いわゆる恒率的乾燥の区域で発生するためである。

- c. 通紙作業の邪魔にならない構造であること。
- d. ドライヤ部の保全、修理、掃除のためのフード内出入りが容易であること。
- e. フード材質は、耐水性、耐火性、耐食性のものであること。
- f. フードの天井は、安全に歩き得る強度があること。

古い抄紙機では、ドライヤシリンダ群の上に屋根形のフードを設け、これに 3～4 本の太い排気筒を備え、自然通風による排気を行っていた。

生産性の高い高速抄紙機の開発に当たって乾燥性能が見直され、強制排気の採用、熱風供給設備の導入、更にフードの完全密閉化、排熱回収装置の組み込みというように発展してきている。完全密閉フードの場合は、理論的な設計が可能で、熱収支の計算も容易であるが、開放型フードの場合は、実際作業の中で生産に適合するよう順次改良、改善がなされる。

ドライヤ蒸発量と排気量の関係は、次式によって表わされる。

$$E = P \times \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1} \quad (1)$$

$$G = \frac{E}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

E : 蒸発量 kg/h

P : 紙通過量 kg/h

w_1 : 入口水分

w_2 : 出口水分

G : 排気空気量 kg/h

x_2 : フード出口露点に対する絶対湿度 kg/kg

x_1 : フードに供給される新鮮空気の絶対湿度 kg/kg

x_1 は季節、立地によって変化するが、 x_2 は操業で変化させることができ、大きくなるほど G は少なくて済む。すなわち、排気の露点を高く保つことが、蒸気の原因単位を下げることにつながるので、これに対する要因について、注意深く配慮した計画が必要となるわけである。

開放型フードの側壁端から透明フィルムのカーテンを下げることは、理屈にも合

っているし効果ある方法である。また抄紙室の作業環境も改善される。

一般に紙1t当たり必要とされる空気量は、次のとおりである。

- ・フードのない抄紙機 75～80t
- ・開放型フード付き抄紙機 50～60t
- ・密閉型フード付き抄紙機 25～30t

フードの設備を改善する毎に、空気量は少なくてすみ、それに伴って蒸気原単位も少なくなる。開放フードと密閉フードの違いを Fig III-2-14 に示す。

ドライヤの能力が限界にきているとき、密閉フードにすると 20% 程度の能力増加が期待できる。

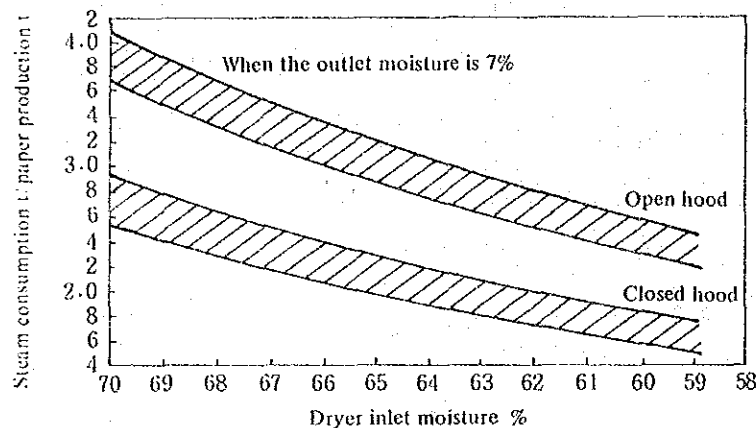


Fig. III-2-14 Unit steam consumption rate for open hood and closed hood

2.2 エネルギーの使用状況

2.2.1 エネルギー使用箇所

製紙工場においてエネルギーを使用する箇所は Table III-2-2 のとおりである。

パルプ製造部門を除き製紙工場における熱エネルギーのほとんどは、ドライヤパートにおいて消費される。ただ例外として、抄紙と塗工の一貫機における塗工後乾燥、及び離解の促進と繊維膨潤によるビーティング、フィブリル化促進を目的として、パルパに蒸気を使用しているところがある。

電気エネルギーは原料の離解、叩解、循環、攪拌、除塵等の繊維に直接作用するロータや羽根の回転動力、洗浄用フィルタ、ドライヤ等のシリング回転動力、水・原料の移送動力として使われている。工程としては、原料調成と抄紙機に群分けできるが、電力を系統別とか、パート別に群分けすることは困難である。抄紙機1機だけの工場は別として、抄紙機に直列して前処理の工程が系列化していないのが通常である。例

例えば、抄紙機2基にリファイナーが4基あるとすると、製造品質によってA抄紙機は3基のリファイナーを使い、B抄紙機は残りの1基を使うというように注文品の品質により、各機器の組み合わせが変わるためである。また、パルプ溶解・粗スクリーンと、リファイナー設備がレイアウト上離れている場合がある。後者はたいてい抄紙機近くに位置しているので、配電設備も共有している場合が多い。しかし、原料処理と抄紙に電力系統を群分けすることは、製紙工場のエネルギー管理上最適の単位であるので、新設や大きな改善工事のあるときには必ず分離できるよう心掛けておきたいものである。

Table III-2-2 Equipment and energy of paper mill

Name of equipment	Purpose	Energy source
Pulper	Pulp disintegration	Electricity and steam
Yanson screen H.D. separator	Removal of undissolved and foreign matter	Electricity
Filter Thickner	Pulp washing and concentrate	Electricity
Beater Refiner	Fiber beating and defiberizing	Electricity
Chest	Circulation of stored pulp	Electricity
Cyclone separator	Separation of united fiber and microparticles	Electricity
Paper machine	Driving of wire part, press part and dryer part	Electricity
Suction box Suction couch	Dehydration of wire part	Electricity
Suction press Suction box	Dehydration of press part	Electricity
Dryer	Drying of wet paper and canvas	Steam
Coater	Painting and drying	Electricity and steam
Calender	Smoothing and glossing	Electricity
Cutter	Cutting	Electricity

パルプ製造部門のない製紙工場における原料処理部では直接熱エネルギーを消費するところは少ない。故紙溶解バルバの昇温、染料溶解、印刷用紙製造工場でのでん粉の糊化に蒸気を使用する程度であり、ドライヤーでの使用量に比べれば、ほんのわずかの量である。この工程で用いられるエネルギーはほとんどが電気、原料輸送、チェスト内原料循環、離解、叩解に用いられ、殆んど摩擦熱となって系内温度を高めたり大気に放出されている。大気放出を抑えることは容易ではないが、少なくとも白水は循環活用し、前述の摩擦熱を少しでも回収し、新水使用による温度低下を避け、抄紙

工程の乾燥を少しでも有利に導くことは当然である。

電力エネルギー節減の直接的対策としては、その設備に応じた最も高い原料濃度に維持することである。

濃度をあげることにより移送動力が減少する。チェストの収容能力が増加するため、同じ原料ストック量でもチェスト数を減らすことができ、電力消費量が節減できた例がある。

原料詰まりなどの操業トラブルを恐れてほとんどの工場が、適正濃度よりも低濃度で運転しているのが実態である。原料移送や離解、叩解には原料の20～30倍の水を使い、スクリーニング・除塵、紙層形成には100倍～200倍の水を使っている。高濃度処理の研究は進めているようであるが、業界総力を合わせてもっと濃度改善について積極的に取組む姿勢が必要である。

2.2.2 熱・電気別エネルギー比

タイ王国製紙工場における全エネルギーを熱と電気に別けると、前者は約82%、後者は約18%であった。

昭和55年度の日本における蒸気・電気のエネルギー比は、Table III-2-3 の通りである。

Table III-2-3 Ratio of energy by kind of paper
(Actual records in 1980)

	Steam	Electricity
Printing paper	71%	29%
Kraft paper	69	31
Liner	74	26
Painted white cardboard	80	20
White board paper	71	29

日本の蒸気の使用比率はタイ王国より低い。約10℃の気温差があるのにもかかわらず、タイ王国の方が蒸気使用比率が高いのは逆の傾向であり、改善の余地が多分にあることを示している。SKPO（サイアムクラフトペーパー社）における1978年のエネルギー比は、蒸気：電気＝85%：15%であったが、エネルギー改善対策実施5年後には78%：22%に向上した実績がある。

2.2.3 熱 収 支

工場にインプットされたエネルギーはほとんど全部熱エネルギーの形で工場排水に持ち逃げされるか、大気に放散される。

例えば、日産 40 t のバンコク K 工場の場合、

・ 工場用水の新水の温度	27 ~ 28 °C
・ 工場排水の温度	37 ~ 38 °C
・ 工場用水の新水使用量	150 m ³ /紙 t (仮定)
・ 燃料の入熱	204 × 10 ⁶ kcal/d
・ 電力使用量	50,000 kwh/日 × 860 kcal = 43 × 10 ⁶ kcal/d
・ 排水に逃げる熱量	10 °C × 150 m ³ × 40 = 60 × 10 ⁶ kcal/d

全投入エネルギーの $\frac{1}{4}$ は排水に逃げていることになる。また、熱エネルギーは全投入エネルギーの 75 ~ 80 % と大きく、その殆んどが乾燥工程で消費される。乾燥工程はエネルギー的に重要な部分であり、しかも、製品品質を決定づけ、生産量・生産効率ひいては工場収益を支配する工程であるといえることができる。

2.2.4 エネルギー使用原単位

日本における 1976 年と 1979 ~ 1980 年の抄紙部門 (調成を含む) の標準的原単位は Table Ⅲ-2-4 のとおりである。

これを群分けし、数字をまとめると Table Ⅲ-2-5 のようになる。

1983 年 6 月、東京において APO (Asian Productivity Organization) = アジア生産性機構主催のシンポジウム “紙パルプ産業における省エネルギー” が開かれ、タイ王国 SIAM KRAFT PAPER Co. BAN PONG 工場の省エネルギー実績が紹介された。原単位による改善経過を Table Ⅲ-2-6 に示す。

この著しい省エネルギー成果は高く評価されるが、Table Ⅲ-2-5 の同じクラフト紙と比較すると SKPC の蒸気原単位は若干高いが電力原単位は低い。

日本とタイ王国の気温差は約 10 °C であるから、蒸気原単位については、タイ国の方が 0.2 以上の差で有利のはずであり、更に改善の余地がある。電力原単位については、日本の製紙業界も見習う必要がある。

1982 年、タイ王国省エネルギープロジェクト第 1 次調査の際の、製紙工場 8 工場の全エネルギー原単位について、SKPC (Table Ⅲ-2-6 参照)、日本の平均 (Table Ⅲ-2-5 参照) と対比したものを Table Ⅲ-2-7 に示す。

Table III-2-4

	Steam (t/t)				Electricity (kWh/t)			
	1979 Oct. ~ 1980 Sep.		1976 May ~ 1977 March		1979 Oct. ~ 1980 Sep.		1976 May ~ 1977 March	
	Range	Typical value	Range	Typical value	Range	Typical value	Range	Typical value
Printing paper A (high quality)	1.6~5.0	(3.2)	1.9~4.5	(3.37)	320~1,280	(775)	510~970	(780)
Printing paper B (intermediate quality)	1.9~3.6	(2.75)	1.8~3.7	(2.95)	480~940	(710)	540~890	(710)
Printing paper C (high groundwood paper)	1.9~3.1	(2.45)	1.7~3.2	(2.53)	440~950	(665)	510~810	(870)
Other printing and writing paper	1.9~3.6	(2.8)	—	—	370~790	(565)	—	—
Kraft paper (multiple sack use)	1.8~3.8	(2.60)	2.2~3.5	(2.87)	490~1,080	(770)	540~1,220	(810)
Kraft paper	2.1~4.2	(3.00)	2.4~4.6	(3.46)	420~1,450	(855)	600~1,320	(920)
Other wrapping paper	1.8~3.8	(2.95)	1.9~5.3	(3.29)	200~1,210	(750)	370~1,270	(860)
Kraft liner for external fitting	1.4~4.1	(2.60)	2.1~3.8	(2.78)	350~750	(540)	450~900	(650)
Jute liner for external fitting	1.6~2.9	(2.15)	1.7~3.6	(2.53)	300~700	(490)	400~900	(630)
Pulp core	1.7~2.9	(2.20)	1.7~3.0	(2.36)	30~600	(295)	200~500	(340)
Coated Manila cardboard	1.9~3.9	(2.90)	2.5~5.1	(3.71)	250~1,150	(700)	450~1,500	(750)
Coated white cardboard	1.8~3.4	(2.55)	2.1~4.6	(3.12)	220~650	(895)	300~800	(560)
Non-coated white cardboard	2.4~2.7	(2.55)	2.1~3.9	(2.95)	390~440	(420)	450~600	(490)
Core paper or Tube board	1.9~2.5	(2.20)	2.4~3.0	(2.70)	180~700	(430)	350~750	(550)
Color paper board	2.0~2.2	(2.05)	—	—	520~530	(525)	—	—

By courtesy of Japan Technical Association of Pulp and Paper Industry
magazine No.37-1 dated January, 1983

Table III-2-5

	Steam (t/t)		Electricity (kwh/t)		Improvement rate (%)	
	1976 May ~ '77 March	1979 Oct. ~ '80 May	1976 May ~ '77 March	1979 Oct. ~ '80 May	Steam	Electricity
Printing/writing	3.0	2.8	770	690	5	10
Kraft	3.2	2.8	860	810	12	6
Wrapping	3.3	3.0	860	750	10	10
Liner	2.7	2.4	640	520	11	18
Width core	2.4	2.2	340	300	8	12
Coated cardboard	3.4	2.8	650	550	18	15
Board	2.8	2.4	520	440	14	15

Table III-2-6 Energy consumption rate of S.K.P.C.

	1978	1979	1980	1981	1982	Improvement rate (%)	Energy ratio (%)	
						'82-'78/'82 x 100	1978	1982
Steam (t/t)	5.7	5.1	4.2	3.5	3.0	47	85	78
Electricity (kWh/t)	880	855	860	800	770	12	15	22

Table III-2-7 Comparison of total energy ($\times 10^3$ kcal/t)

	Surveyed Mills under Energy Saving Project in the Kingdom of Thailand	SKPC		JAPAN	
		1978	1982	1976~1977	1979~1980
Printing and writing paper	7,500 ~ 20,000	—	—	2,600	2,400
Card board Kraft	2,000 ~ 4,200	Kraft 4,400	Kraft 2,600	Kraft 2,800 Liner 2,300 Card board 2,250	2,500 2,000 1,920

Steam: Standard steam 639 kcal/kg

Electric power: 860 kcal/kWh

3. エネルギー管理の進め方

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、これらの効率化、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、より良い方向を追求して行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言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。

3.1 経営方針の明確化

エネルギー価格の値上りに伴って、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志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得る事項について、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。

3.2 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、各部門の間での意志の疎通を図り、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ものでなければ成果は期待できない。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あらわ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。その人の持つ情報を活用し、改善のアイデアを引き出すことが、省エネルギーに対して極めて有効である。

3.3 科学的・組織的な活動

省エネルギーを進める上で、エネルギー消費の実態を正確に把握することは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、改善のヒントを考える種が無数に潜んでいるとい

って過言でない、問題意識を持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。デミング博士の推唱する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、Fig III-2-15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。

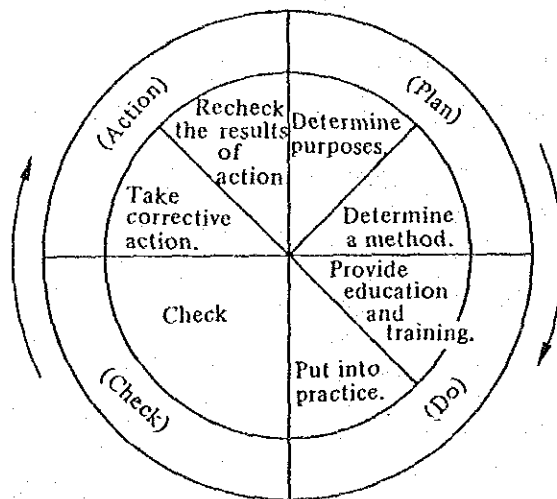


Fig. III-2-15 Deming circle

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、スタッフのいずれから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鹵止めするとともに、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。

3.4 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、手引書配布などの方法がとられる。タイ王国の場合、教育に熱心な企業も多く、スタッフを外部研修に出している例も多い。しかし、残念なことに、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ていない。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ことができる。

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。

4. 熱エネルギー使用の合理化

4.1 省エネルギー対策の段階

製紙工場における省エネルギー対策は、Table Ⅲ-2-8 に示すような段階で進めるのがよい。

第1段階は、大きな投資をしないで操業方法の改善を行う。

第2段階は、若干の投資を伴う改善を行う。

第3段階は、製造設備、プロセスの改造を行う。当然大きな設備投資を伴う。

段階的省エネルギーの推進の第1段階として、現状の設備の有効活用と管理の強化をかけたが、エネルギーが有効活用されているかどうかをデータで判断することが、省エネルギー推進の第1段階ともいえる。

装置工業は停止することなく、連続運転して負荷率が100%に近いほど、エネルギーの消費が少なくすむし、収益も向上する。製紙工業も同様で、紙切れ等による停止をなくし、生産能力一杯で稼働することは、数ある省エネルギー要因の中でも最も大きい方に属する。

熱収支のみならず生産管理、品質管理、工程管理、原材料、副資材管理等、に係る工場内のほとんどのデータが、省エネルギーに関与していることを認識する必要がある。

4.2 省エネルギー対策の項目

製紙工程の省エネルギー要因と、期待される効果および設備留意点を示すとTable Ⅲ-2-9のとおりである。

以上の要因の状況を把握するため、チェックし、記録すべき項目はTable Ⅲ-2-10のとおりである。

4.3 プレス脱水の強化

一般に乾燥工程における湿紙乾燥コストはプレスパートにおける機械的脱水コストに比較し、5倍以上を必要とするといわれ、プレスパートで水分を1%余分に脱水すればドライヤパートにおける乾燥用蒸気量は3~5%節減できる勘定になる。

湿式乾燥の決め手はプレスパートで全幅方向均一に、しかもいかに多く脱水させることができるか、ということである。

抄紙機における脱水量の推移を印刷用紙の場合を例にして示すと、Table Ⅲ-2-11の

ようである。

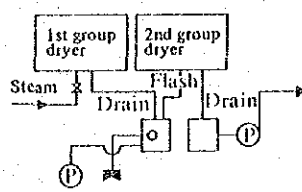
このTable III-2-11 は、 タイ王国K社の場合と日本のE工場の同じ用途の紙の抄造時の比較である。ただし、K社の場合のプレス後の湿紙水分は、現場の課長の言によるものであり、実際はもっと搾水されている感じであり、スライス出口の濃度ももっと濃く、0.8%位でないかと推定された。またK社の紙水分は、リール巻き取りの静電気の状態から判断し、2%以下と推定したものである。

Table III-2-8 Example of step-wise promotion plans

Step	Equipment	Others
First step Effective utilization of and sufficient management of existing equipment.	Maintenance of various equipment Yanson screen and rotary screen Cyclone separator and pressure gauge Refiner and pressure gauge Concentrator Wire, slice, table roll, suction box, Nash pump, pressure-reducing gauge, blanket washing machine (shower, squeeze and whipper) Installation of insulation, repair of steam leakage and installation of steam flow meter.	Keeping a daily report in order . . . data collection. Setting qualitative standard. Setting operating standard. Carrying out quality and process tests (introduction of testers). Setting standard for equipment and management. Checking the quality of blanket and canvas.
Second step Recovery of waste heat and re-evaluation of electric motors.	Repair of press Maintenance of dryer Drain recovery system. White water circulating system Improvement of ventilation for dryer part. Adoption of appropriate electric motor. Updating of faulty equipment.	Data analysis Re-evaluation of standard.
Third step Introduction of new equipment.	Completion of equipment maintenance services. Remodeling of screen press for high concentration so that it may have higher operating efficiency. Recovery of heat from dryer.	

Table III-2-9

		Energy saving and factors	Effects	Equipment
Pulp dissolution disintegration	Pulp	1. Use of white water. (try to avoid use of fresh water as far as circumstances allow) 2. Appropriate high concentration. (standardize the concentration)	1. Maintenance of temperature. 2. Effective use of electric power.	
Removal of dirt	Coarse screen In the case of Yanson and rotary screens. In the case of cyclone screen.	1. Maintenance of appropriate concentration. 2. Determination and retaining of appropriate liquid quantity. 3. Use of appropriate quantity of white water for shower. 1. Determination and retaining of appropriate liquid quantity. 2. Maintenance of appropriate pressure at inlet and outlet.	1. Quality control in following refining process. Reduction of electric power load. 2. Maintenance of temperature. 3. Prevention of paper break by improvement of dust removing efficiency. the same as above.	Adjustment of mesh, slit and plate for normalization. Internal smoothness. Adjustment of pressure gauge
Beating	Refiner Beater	1. Beating at high concentration (if the concentration is at low level, the fiber cut will be frequent. 2. Retaining of proper freeness (set the standard value by paper quality).	1. Beating in viscous condition for retaining paper strength. 2. Retaining of paper strength by refining sheet formation (prevention of paper break) and uniform drying (prevention of overdrying).	Refiner Adjustment of pressure gauge, rubber stone and blade. Beater Adjustment of drum and blade.
Use of white water by circulation.		Circulation of white water in the wire part of concentrator (filter) for saving fresh water. Only clean water for wire part and clean water or hot water for washing blanket are fresh water. It is suggested that blanket washing water for high-quality paper such as printing paper be transmitted to the white water chest for material reconditioning process.	Maintenance of temperature. (prevention of temperature drop) Saving of fresh water consumption. Saving of pollution control cost following the saving of factory waste water.	Thorough cleaning of each equipment during shutdown. Slime stickings increase in every part following the use of white water. Be careful about qualitative degradation and paper cut by the drop of stickings.

		Energy saving and factors	Effects	Equipment
Dehydration	Wire part (Fourdrinier)	1. Refining of sheet formation. 2. Effective utilization of suction box. 3. Effective utilization of table roll.	Stabilization of paper strength. Fixed quantity of moisture.	- Keeping the wire in operating condition - Keeping the suction box in good operating condition. - Keeping the table roll in good operating condition.
	(Cylinder)	4. Washing of blanket.		Keeping the blanket washing shower, and squeeze roll in good operating condition.
	Press	Thorough washing of blanket. Clean the blanket and retain elasticity. Perfect function of press Pressure increase Surface of press roll Crown of press roll	Improvement of dehydration rate for wet paper. If the dehydration rate is improved one percent, steam consumption will be saved approx. 4 percent.	- Blanket quality. - Keeping the press in good operating condition. - Keeping the press in good operating condition. - Careful washing with detergent and rinsing of blanket during shutdown. - Adjustment of press roll surface and crown. - Keeping the press mechanism in good operating condition. - Checking and cleaning of mesh and the interior in the case of suction press.
Drying	Steam	Insulation of steam pipe, drain pipe and valve. Effective utilization of steam. Ventilation system adjustable to the degree of dryness. Recovery of drain and utilization of flush steam.	Prevention of radiant heat loss. Effective utilization and saving of steam. Improvement of boiler efficiency by drain recovery.	Insulation and repair. Repair of steam leakage. Determination of drain pump characteristics.
	Dryer cylinder (including canvas dryer)	 Installation of steam flow meter. Improvement of thermal transfer by smoothing and cleaning the surface of dryer. Improvement of thermal transfer with effective ejection of drain inner the dryer.	Effective utilization and saving of steam.	Keeping the doctor in good condition. Adjustment and checking of siphon

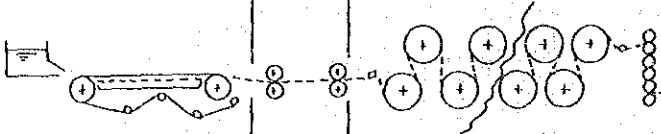
		Energy saving and factors	Effects	Equipment
	Ventilation	Appropriate ventilation and control of fresh air.	Election of wet vapor.	
		Elimination of delay in drying by vapor pocket in the center of dryer.	Consideration over heating with the radiant heat of fresh air.	Consideration over the installation of half-closed hood.
		Retaining of clean canvas	Even drying of entire paper width (prevent overdrying of both ends)	Measures for pocket ventilation.
			Containment and release of moisture.	Shall be gas-permeable and not be fouled.

Table III-2-10 Check list for operation

		Process	Item				Record	Frequency	Remark
Operation at site	Screening process for raw materials	Pulping	For each pulper disintegration time (min.) disintegration frequency (per day) Each raw material charge (t/day)				Pulper log		
		Screen-related	For each coarse mesh screen and each time-mesh screen Temperature Concentration PH Determination of dirt For hand sheet made, refer to "standard for sheet making."				Screening log Preserve samples.	Twice/shift (6 times/day) Once/shift (3 times/day)	Determine visually the refining performance of screen.
	Refining process	Refiner	For each system	Inlet	Outlet	Each unit	Refining log	2 to 3 times/shift	
			Temp.	○	○	Pressure			
			Concentration	○	×	Electric power			
			PH	○	×				
		Freeness	○	○					
	Cyclone separator	Inlet pressure Outlet pressure Concentration				Refining log	Twice/shift		
	Mixing box	Temperature PH Freeness				Refining log	Twice/shift		
	Paper making process	Stuff box	Stock gate Opening for white water				Paper making log	Every change	
Head box		Head				Paper making log	Every change		
Wire part		Degree of suction vacuum Life of wire				Paper making log	Every 2 hrs Cumulative hrs		
Press part		Pressure Frequency of breaking wet paper Life of blanket				Paper making log	Every change Frequency/shift Cumulative hrs		
Dryer part		Speed Steam, pressure, flow and exhaust pressure Frequency of breaking paper Weight and thickness Paper moisture Paper strength Size				Paper making log	Every change Every 2 hrs Each time Per reel Once/shift Twice/shift Per reel	Based on running tests.	

		Process	Item		Responsible party	Frequency	Remarks
Periodical test	Check raw materials and equipment function	Raw material test	Purchased pulp	Make sheets according to "standard test" and carry out quality test.	Tester	Once/month	Monthly test report
		Raw materials after screening	By sampling	Measure concentration, temperature, PH and freeness. Then make sheets and carry out quality test.			The standard test method conforms with TAPPI and JIS methods. However, it is modified by the branch.
		Raw materials after refining process.	By sampling	the same as above.			
		Dust removing rate	By sampling	According to "standard test method."	Tester	Once/month	the same as above.
Inspection of equipment	Preparatory procedures for perfect operation and maintenance to equipment operating efficiency. Keeping high operating efficiency.	Screen-related	Screen mesh	Check clogging and breakage, and clean	Site	Once/month	
			Concentrator wire				
		Dust catcher related	Cyclone separator	Pressure gage	Site	During shut-down.	
				Check the smoothness of the interior, repair and replace.	Site		
				Check and clean the reject tail.			
		Wire part	Wire	Check clogging in holes, and repair.	Site	During shut-down.	
			Table roll	Check deformation and level, and adjust.	Site	"	
			Bat	Check clean and polish the interior.	Site	"	
			Suction box	Check the smoothness of upper surface, and polish.	Part requiring maintenance services.	"	
				Clean the interior.	Site		
			Breast roll	Adjust seals.			
			Couch roll	Clean and check.	Site	"	
		Press part	Press roll	Check, adjust and replace the crown	Part requiring maintenance services.	During shut-down.	
				Check and adjust the press.	"	"	
			Blanket washer	Clean and check.	Site	"	
			Shower	Clean and check.	Site	"	
		Dryer	Interior of dryer	Check repair and adjust the siphon.	Part requiring maintenance services.	During shut-down.	
			Dryer doctor	Check, repair and adjust.	"	"	
			Steam injection	Check and repair.	"	"	
			Hood	Check and repair.	"	"	
			Air heater	Check and repair.	"	"	
			Trap	Check and repair.	"	"	

Table III-2-11 Dehydration rate for paper machine
(In the case of printing paper)

		Wire part	Press part	Dry part	
					
(Thailand) "K" company	Concentration	0.7%	20%	40%	98% (Paper moisture 2%)
	Quantity of dehydrated moisture/ 1 kg of paper	137.86 kg	2.50 kg	1.48 kg	141.84 kg
	Dyhydration rate	97.2%	1.8%	1.02%	100%
	Dehydration rate for the interior of part	97.2%	62.5%	98.7%	—
(Japan) "E" factory	Concentration	0.6%	20%	44%	93% (Paper moisture 7%)
	Quantity of dehydrated moisture/ 1 kg of paper	161.67 kg	2.73 kg	1.19 kg	165.60 kg
	Dehydration rate	97.6%	1.7%	0.7%	100%
	Dehydration rate for the interior of part	97.6%	68.2%	93.7%	

K社の製品について、日本のE工場試験室で試験した結果と、これに似かよったE工場の製品を併列して記したのがTable III-2-12である。

このデータから、E工場の印刷筆記用紙はK社の製品より、

- (1) 密度が高く、透気度の高いこと（プレス加圧の高いことが想定される）。
- (2) 平滑度が高いこと。
- (3) 塵の少ないこと。
- (4) 水分が多いこと。

がわかる。

Table III-2-12 Quality of printing and writing paper

	Actual results of quality test and standard value (at 20°C 65% RH)						Actual operating conditions and targets	
	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Density (g/m ³)/mm x 100)	Smoothness (sec.)	Air permeability (sec) Felt side/wire side	Dust (mm ² /m ²)	Reel moisture %	Paper break frequency/day
"K" co. of Thailand white paper	49.1	0.074	0.66	32/24	6	29.7	1 ~ 2	9 ~ 10
"E" factory of Japan printing paper	50.8	0.062	0.82	75/60	25	1	6.3	1
"K" co. of Thailand white paper	62.4	0.113	0.55	6/4	13	17.3	1 ~ 2	9 ~ 10
"E" factory of Japan drawing paper	62.3	0.114	0.55	6/4	13	2	6.2	1 max.
"E" factory Standard quality value	Basis weight 50 g/m ² printing paper	0.065 ±0.004	—	75±20	20±5	2 max.	6.0	2 max.
	Basis weight 64 g/m ² printing paper	0.079 ±0.004	—	75±20	20±3	2 max.	6.0	2 max.
	Basis weight 60 g/m ² printing paper	0.120 ±0.004	0.54	15 max.	10±5	2 max.	6.0	2 max.

紙の水分が多いということは、ドライヤにおける蒸気使用量が少なかったことになるが、それは、ワイヤパートでの地合構成がよく、プレスで十分な搾水が全幅均等に行われたことを意味する。

良い地合で、しかも全幅均等な湿紙をプレスで加圧して密度が上がると、湿紙の強度は向上し、全副均等であるので紙走行のテンションも一様となり、紙切れが少なくなり、チリが少なければ紙切れは一層減少する。

また紙の水分が多いとカレンダーにおける平滑度の向上が容易となり、品質維持も容易となる。

紙の水分が多いということは、エネルギー面は勿論、生産効率、歩留、品質の面でも有利な状態にあるといえる。なお、B工場のドライヤでは、紙の収縮によるテンションによって、前段・中段・後段のドライヤ群スピードが自動的に制御されるようになっている。

K社の抄紙機のスPEEDは130～140 m/minでB社は500～600 m/minである。紙切れはK社は9～12回/d、B工場は1回/d程度である。

Table III-2-11 において、ドライヤパートにおける蒸発水量に約20%の差があり、蒸

気使用量に大差があることは、(紙水分を両工場とも2%として対比した場合でも蒸発水量差は15%)プレスパートにおける脱水能力が異なるためといえる。しかし、プレスパートにおいて、加圧ができるためには抄紙機に入る前の除塵、叩解(リファイン)及び、ワイヤパートにおける地合の作り方(シートフォーメーション)など、前処理が十分に行われていなければならない。結束繊維や異物が多いと、ワイヤパートにおいて良好な地合ができず、水分ムラも生じプレスロールで加圧した場合、くだけて紙切れを起こすことも多いので、十分なプレスができない。また、結束繊維や異物は、その包含する水分のため黒ずんで、いわゆるフィッシュ・アイになる。それを防ぐために過剰乾燥しがちで、それに伴って収縮が多くなり端部に異物等があると紙切れを起こしやすい。紙切れ頻度が多いと作業員の過労につながり本来の仕事が等閑になる。損紙も循環するので、品質は安定せずエネルギー効率も悪いし、生産性も向上しないということになる。

紙は、ビータ(リファイングマシン)で作られる、という言葉がある。

また紙は、ローラ・ドクタ・シャワで作られるという言葉もある。

前者は、製紙原料を十分に前処理することをいい、後者は、紙を抄く設備は十分に整備することをいっている。製紙工場の省エネルギーは原料調成工程から乾燥工程までの製紙技術、設備の整備、保守の仕方が、しっかり確立されていれば、かなり推進できるということである。リファイングを重視することは、異物を除き、結束繊維をなくし、よくフィブリル化して、シートになったとき、地合のよい、絡み合いの強い繊維を作ることである。

ローラ・ドクタ・シャワ等の機器は、その役目を十分に果たすよう、設計どおりに整備されているものを常に使用しなければならない。2、3の例をあげるとワイヤパートのテーブルロールの芯が狂っている場合は、原料がはねて地合ムラを起し、プレス後の湿紙は水分ムラとなりバラツキも大きくなってドライヤでの蒸気の使用量も増える。その上更に、乾燥不均一による不斉収縮がもとで、紙切れ原因にもなっている。

ドクタの当たりが悪いとプレスパートの場合は、まわり水が毛布をしめらし、湿紙の水分ムラをつくることになり、ドライヤパートの場合は粕がまわって紙に混入という品質障害になったり、何れも紙切れの原因や蒸気使用量の増加になっている。

また、シャワ穴が詰まってスプレが不均一だったり、パイプ内のたまったスケールが時々吹き出すようなことがあると、

・ワイヤパートでは、部分的にワイヤ目詰まりを起こし、その個所の地合が薄くなり

- ・プレスパートでは、毛布汚れが増えてその部分の脱水が悪く、乾燥ムラや紙切れの原因になる。

要は、結束繊維や異物が少なく、必要繊維強度があって、フロック、抄きムラのない均一な地合の湿紙を、できるだけ全幅一様に脱水してドライヤパートに送り込むこと、ドライヤパートでは、効率よく熱を伝えて、均一に水分を蒸発することが、製紙工場における省エネルギー技術なのである。

タイ王国の紙質の試験結果を見ると、密度、平滑度、透気度の低いことは、明らかにプレス圧が低いことを示している。加圧ができない原因は、異物が混入し、地合が悪いこと、毛布の状態が悪いこと、プレス等設備の不備等に関連していると考えられる。

Table III-2-12の紙質試験表にあるホワイトペーパーの塵の中には、故紙に由来する墨状のものが散見できる。これは紙切れには余り関与しないが、鱗片状のもの（スケールまたは金属片と思われる）、砂状のもの、結束繊維状のもの（ノット、ソーダストと思われるもの）、スライムまたはでん粉の固まりと思われるものは、紙切れの原因になる。スケール、金属片、砂などはサイクロンセパレータで分離できるし、結束繊維などは、リファイナで解繊したり、スクリーンで除くことができる。

4.4 ドライヤベンチレーションの改善

密閉フードにする場合、ベンチレーションシステムと一緒に組み込まないと効果が薄い。給気と排気の量・温度が適切なバランスを保つことが、熱エネルギー、電気エネルギーをムダなく有効に使うということと、品質を安定させることにつながる。

ドライヤパートからの蒸発水は露点の高い排気として放出されるが、その放出の過程で熱交換し、高温の空気及び温水を得、高温空気はドライヤの給気とし、温水は毛布洗浄やバルブ洗浄工程に使うようにする。

ドライヤベンチレーションシステムは、高効率蒸発と排熱回収をベンチレーションコントロールによって行うもので、その1例をFig III-2-16に示す。また、排熱回収フローとベンチレーションのコントロールシステムをFig III-2-17に示す。

ポケットベンチレーションは、全幅の水分を均一にし、蒸気使用を節減する効果がある他、両端の過乾燥を防ぎ、紙切れも防止するので、その効果は著しい。開放フードの場合でも、ペーパーの滞留は解消すべき問題である。キャンパスロールに内蔵したPVロールとか、クレビンノズルという装置もあるが、場合によりペーパー滞留個所にエアーを吹き込む装置をその設備に合わせて、自ら製作することが必要であろう。

またポリエチレンフィルムをフード側壁から垂らして、半密閉型にして過剰空気をコントロールすることも、抄紙機のドライヤパートにおける省エネルギー対策であり、ペーパーマシンテンダの任務である。

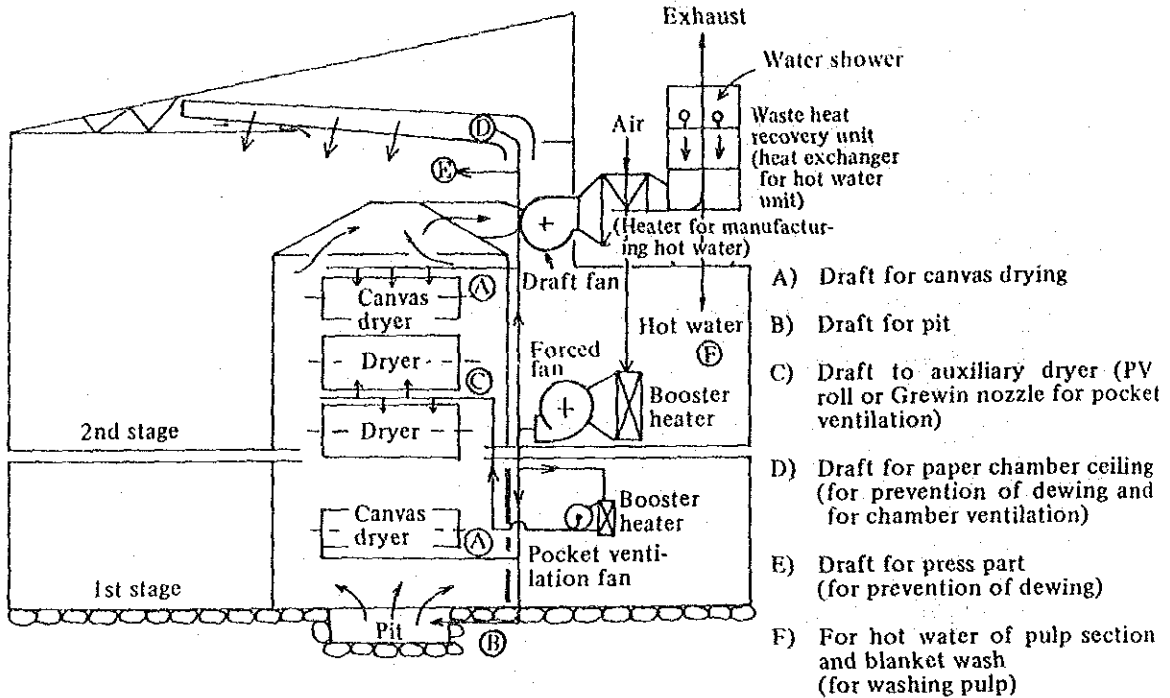


Fig. III-2-16 An example of "Closed Hood Ventilation System"

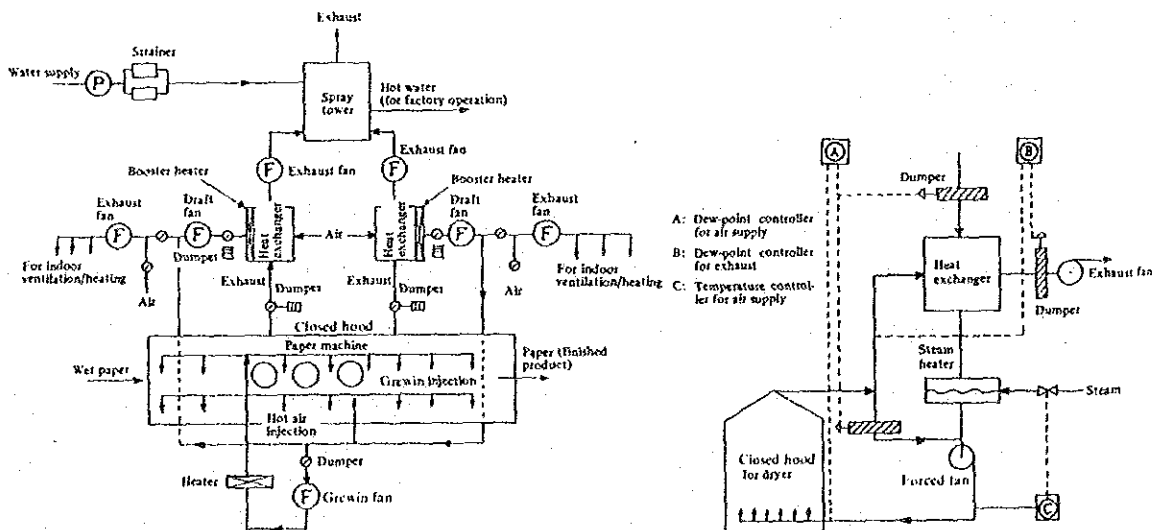


Fig. III-2-17 Waste heat recovery flow for closed hood ventilation system and control system

4.5 その他

ボイラ、スチーム、電力編を参照

4.6 原単位改善目標

4.6.1 印刷筆記用紙の原単位目標

1982年度のタイ王国現地調査時における製紙工場のうち、印刷筆記用紙を抄造する工場のエネルギー原単位は、異常に悪い状態である。エネルギー対策のみでなく抄紙技術全般の改善向上を優先すべきである。

抄紙技術と共に品質管理、設備管理の手法を積極的にとり入れ、前述したように、段階的推進を図らなければならない。それぞれの段階における蒸気及び電力の原単位目標を Table III-2-13 に掲げた。

Table III-2-13

	Unit consumption rate of total energy $\times 10^3$ kcal/t	Unit consumption rate of steam t/t	Unit consumption rate of electric power kWh/t
First step target value	6,000	7.5	2,100
Second step target value	4,500	5.5	1,500
Third step target value	3,000	3.5	1,000

Steam: electric power = 70%:30%

Steam: (standard steam) 639 kcal/kg

Electric power: 860 kcal/kWh

なお、エネルギー比は蒸気 70 % : 電力 30 % の現状の比率を基準とした。

第 3 段階目の目標は、決して高い水準のものではなく、現在製紙産業の最低レベルであることを認識しなければならない。

4.6.2 クラフト紙の原単位目標

70 ~ 80 g/m² 程度の多重層袋及び、小袋用のクラフト紙の目標については、すでにサイアルクラフトペーパー社の目覚ましい実績があるので、これと日本の実績を加味して Table III-2-14 に示すような原単位目標を掲げた。

強度を要求する品質であり、バージンパルプの使用比率が高いので、リファイナにおける電力使用比率は若干高い。

4.6.3 中芯及びボードの原単位目標

故紙の使用比率が高い。従ってクラフト紙より、叩解に要する電力使用量は少ないので、全体的にみて電力使用比率は低い。原単位目標は Table III-2-15 に掲げた。

Table III-2-14

Unit consumption rate of total energy $\times 10^3$ kcal/t	Unit consumption rate of steam t/t	Unit consumption rate of electric power kWh/t
2,800	3.2	850

Steam: standard steam 639 kcal/kg

Electric power: 860 kcal/kWh

Steam: electric power = 74% : 26%
(energy consumption ratio)

Table III-2-15

Unit consumption rate of total energy $\times 10^3$ kcal/t	Unit consumption rate of steam t/t	Unit consumption rate of electric power kWh/t
2,000	2.6	400

Steam: standard steam 639 kcal/kg

Electric power: 860 kcal/kWh

Steam: electric power = 83% : 17%

Ⅲ エネルギー使用合理化ガイドライン

3. 織 維

目 次

1. ガイドラインの性格	Ⅲ-3- 1
2. エネルギーの使用の特徴	Ⅲ-3- 3
2.1 製造工程と主要設備	Ⅲ-3- 3
2.2 エネルギーの使用の状況	Ⅲ-3- 9
3. エネルギー管理の進め方	Ⅲ-3-18
3.1 経営方針の明確化	Ⅲ-3-18
3.2 推進のための組織整備	Ⅲ-3-18
3.3 科学的・組織的な活動	Ⅲ-3-19
3.4 教育、情報の提供	Ⅲ-3-21
4. エネルギー使用の合理化	Ⅲ-3-22
4.1 合成繊維	Ⅲ-3-22
4.2 紡績・織布	Ⅲ-3-28
4.3 染 色	Ⅲ-3-31
4.4 判断基準	Ⅲ-3-38

1. ガイドラインの性格

このガイドラインは、繊維工業の工場における省エネルギーを推進するため、特に重要と思われる技術的事項について、下記の点に留意してまとめたものである。

- (1) ①工場の技術者が自工場のエネルギーの使用の合理化を図る場合の技術的な参考として、②診断指導用マニュアルとして、③合理化の進捗度の判断資料として、④セミナー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、タイ王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。

今回のこの報告を骨格として、今後NEA独自での工場診断、その他の方法等によって得られた情報を組み込み、このガイドラインが増補、拡充されることを期待したい。

なお参考として、日本政府（通商産業省）が告示により事業者が省エネルギーを進めるに当たっての判断の基準として公表している基準値を記載している個所がある。

- (1) この基準値は、多数の事例の統計的な分布を調べ、その最頻値（Fig III-3-1 参照）を取ったものであり、事業者に困難を強いることなく技術的、経済的に十分実施できる現実的な水準となっている。

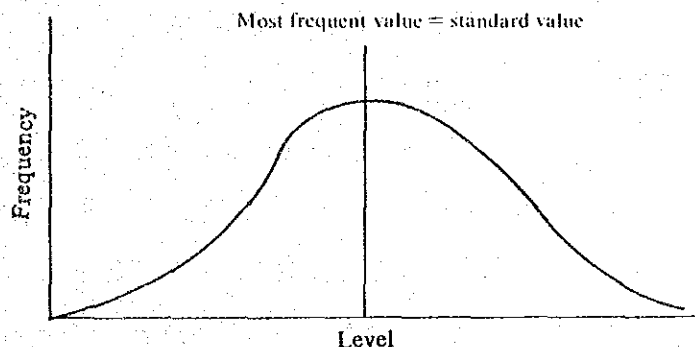


Fig. III-3-1

(2) この基準値は、達成すれば終わりというものではなく、また絶対達成しなくてはならない最低値を示すものでもない。むしろ、平均的な水準に向って、それより劣るものの改善を進め全体の分布をより良い方向に移すための数値である。従って、ある期間を経た後、最頻値を求め直し、新たな基準値を設定することになる。

今回の報告書では、この値を参考とし、タイ王国の工業の現状を勘案して基準値の設定案を記載してある。

この基準値は、タイ王国における合理化の判断の基準値設定の出発点となるものであり、今後はタイ王国自ら実施する工場診断のデータを積み上げ、かつ定期的に見直しを行い改訂あるいは新たな設定を進めるようにされたい。

2. エネルギーの使用の特徴

2.1 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、タイ王国で我々が診断した工場で見受けられた種類・方法のものに限り、また、一般的な事項に限りて記述する。

(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。

ここでは、診断対象となったナイロンを例にとって記述する。

ナイロン繊維の製造工程は Fig III-3-2 のとおりである。ナイロンにも多種類あるが、タイ王国で作られているのは、カプロラクタムを原料とするナイロン6である。カプロラクタムに水及び触媒を加えて加熱すると、重合してナイロン6になる。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、紡糸装置に送って溶解し、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、紡糸工程の空調用チラーがある。

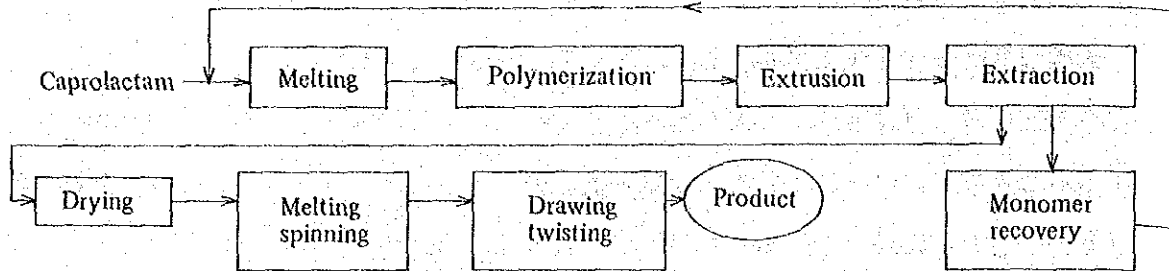


Fig. III-3-2 Manufacturing process chart for nylon filament

(2) 紡 績

原綿や合成繊維から綿糸を作る工程で、更に Fig III-3-3 のような工程に分れている。

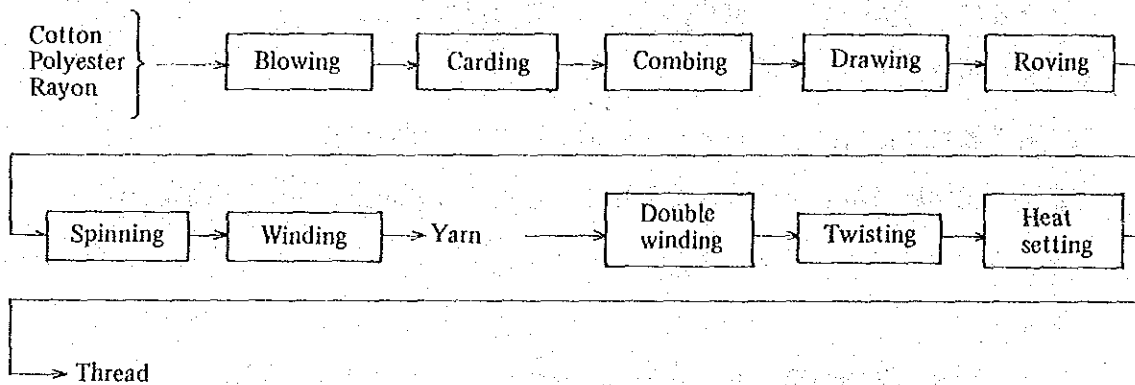


Fig. III-3-3 Manufacturing process for cotton spinning and weaving

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 III-3-4 参照) ながら、混入している夾雑物や短い繊維を除く。

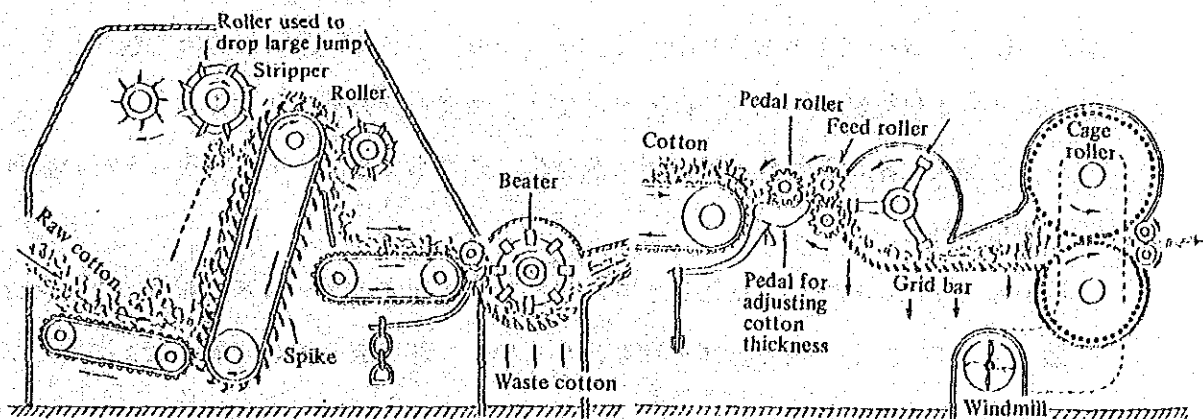


Fig. III-3-4 Blowing machine and beater

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 III-3-5 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2～3 cmのひも状のスライバにする。

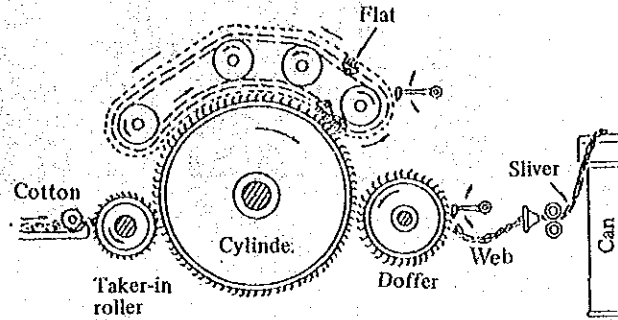


Fig. III-3-5 Carding machine

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にかけ、短い繊維やなお残っていた夾雑物を除く。

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 III-3-6のようになっていて、糸はEから送り出され、Fを経由して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。

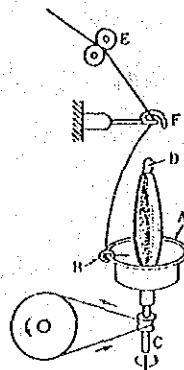


Fig. III-3-6 Ring spinning machine

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、用途に応じて総（かせ）、チーズ、コーンの形に巻き（Fig III-3-7 参照）、ヒートセッタにかけて撚りが戻らないようにする。

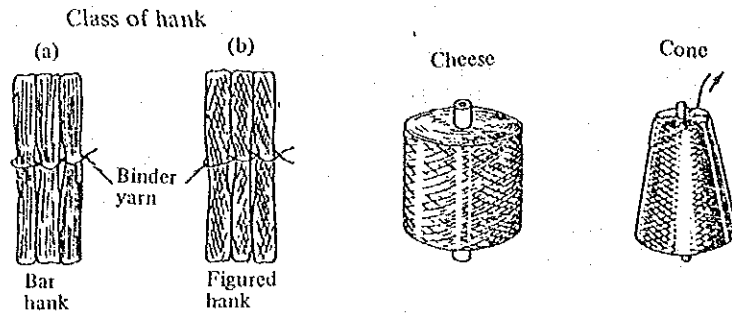


Fig. III-3-7

(3) 織 布

織物は経糸と緯糸とが互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 III-3-8 参照）。

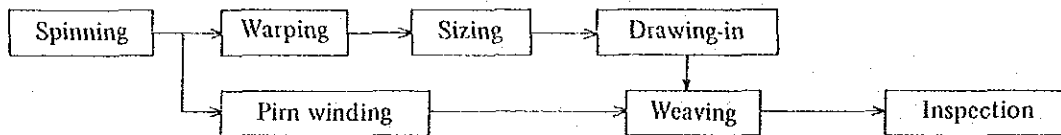


Fig. III-3-8 Weaving process

織機の機構は、上下に2分した緯糸群の間に経糸を通し、簾（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。

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。糊付機の構成は Fig III-3-9 のように四つの部分からなっている。

(4) 染 色

染色は糸の段階で行われる場合と織物になった段階で行われる場合とある。また、染色方法は大別して、浸染と捺染とに分れるが、診断工場の例ではすべて浸染法によっていた。

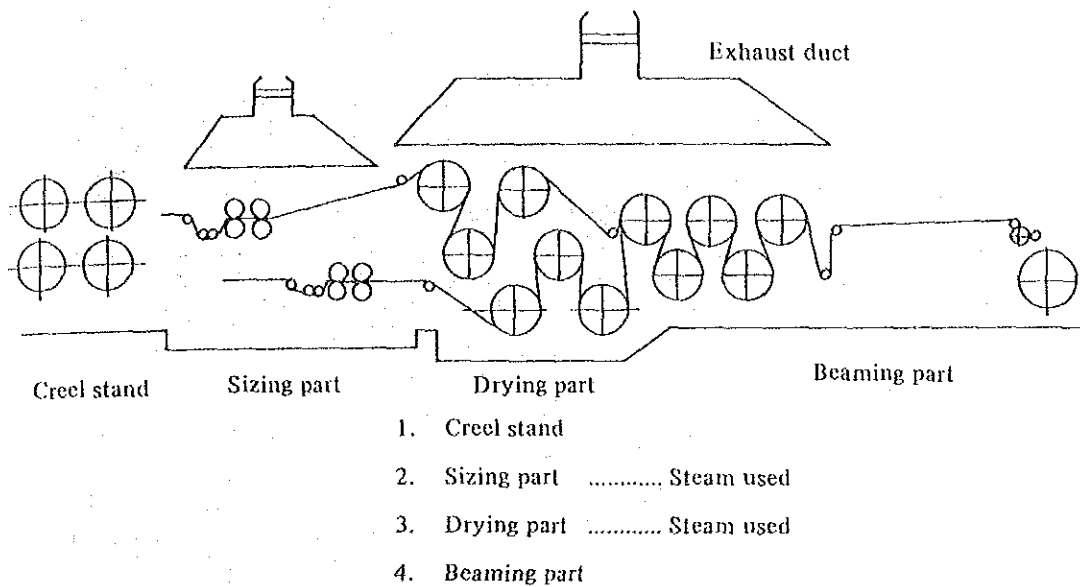


Fig. III-3-9 Construction of sizing machine

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、印捺等により生地上に染料、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生地に含まれた水分を除く。
- 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、生地に含まれた水分を除く。
- 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疵、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、縦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。

染色後のチーズの乾燥は Fig III-3-10, Fig III-3-11 のような縦型円筒形の乾燥機でキャリヤ毎乾燥される。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 III-3-12 のようなウインス染色機など種々の型式のもの

が用いられる。

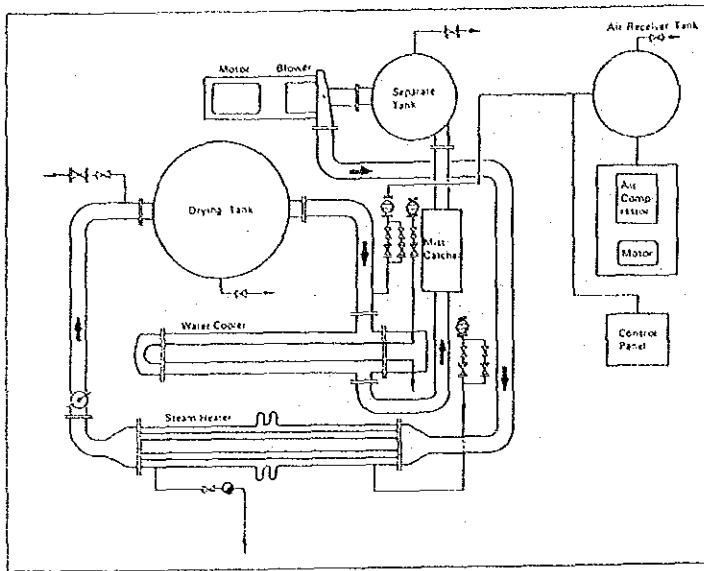


Fig. III-3-10

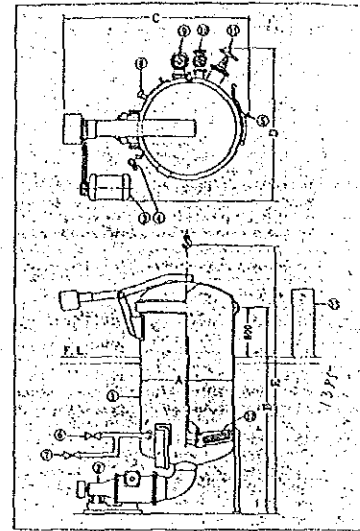
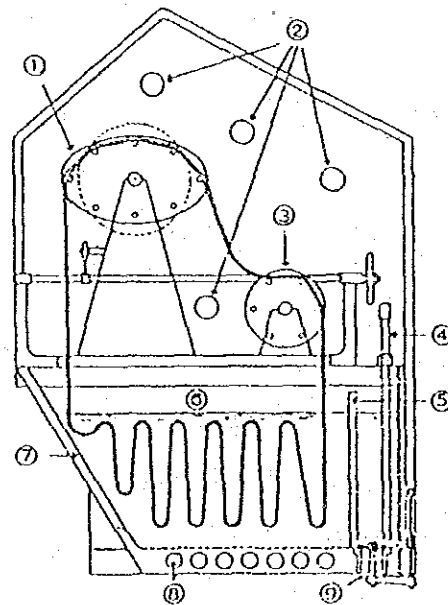


Fig. III-3-11



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. III-3-12 Internal construction of wins

2.2 エネルギーの使用の状況

(1) 合成繊維

ナイロン工場では、エネルギーはTable III-3-1のような形で用いられている。

Table III-3-1

Purpose	Equipment	Energy source
Caprolactam melting	Molten bath	Steam
Polymerization	Polymerization tower	Heating medium oil (electric heating)
Extraction	Extraction tank	Steam
Drying	Dryer, ejector	Steam
Monomer recovery	Distillation tower, ejector	Steam
Spinning	Molten spinning equipment	Heating medium oil (electric heating) Electric power
Stretching	Stretching machine	Electric power
Air conditioning	Air conditioning plant	Electric power
Liquid transfer	Pump	Electric power
Dehydration	Centrifugal separator	Electric power

蒸気の用途では、モノマ回収の工程で加熱用、減圧用に消費される割合が大きく、(40～50%)、電力では、空調用ブロワと冷凍機に消費される割合が大きい。

タイ王国での診断工場は、一つはナイロン及びポリエステル繊維を、一つはナイロン繊維のみを製造していたので、直接この両者の原単位を比較することは意味がないがいずれも燃料で500 l/l前後、電力で4000 kWh/l前後となっている。

日本においても、各製品別の原単位は発表されていないが、参考までに、化学繊維全体についての動向を見ると、Table III-3-2のようになっている。

なお、Table III-3-2の表の化学繊維の構成は、次のように変化している。

年	ビスコース	ナイロン	アクリル	ポリエステル	その他
1972	26.0 %	18.4 %	17.0 %	23.9 %	14.7 %
1981	18.6	16.7	19.4	35.1	10.2

原単位の変化には、この製品構成の差も含まれているが、全体としてエネルギー原単位は約60%に低下している。

(2) 紡績

紡績工程では、エネルギーはTable III-3-3のように使われ、電力が大部分を占める。

Table III-3-2 Transition of energy consumption and consumption rate in chemical textile industry in Japan

Year	Production thousand ton	Fuel oil			Purchased power					Total energy con- sumption rate con- verted in crude oil kg/t
		Con- sumption thousand kl	Consumption rate kl/ton	Converted in crude oil (x 1.05)	Con- sumption million kwh	Con- sumption rate thou- sand kWh/t	Purchased power ratio %	Purchased power thousand kWh/t	Converted in crude oil (x 0.25) kg/t	
1972	1628.5	2372.5	1.46	1.53	4788.2	2.94	33.5	0.98	0.25	1.78
1973	1847.8	2576.0	1.39	1.46	5102.7	2.76	37.0	1.02	0.27	1.73
1974	1648.1	2372.6	1.44	1.51	4780.2	2.90	37.4	1.08	0.28	1.79
1975	1452.3	2168.5	1.49	1.56	4610.2	3.17	37.7	1.20	0.31	1.87
1976	1637.8	2278.0	1.39	1.46	4859.0	2.97	38.2	1.13	0.29	1.75
1977	1734.9	2121.0	1.22	1.28	4690.8	2.70	38.0	1.03	0.27	1.55
1978	1843.1	1947.0	1.06	1.11	4535.7	2.46	35.9	0.88	0.23	1.34
1979	1850.6	1845.0	1.00	1.05	4508.5	2.44	38.9	0.95	0.25	1.30
1980	1832.2	1630.9	0.89	0.93	4337.2	2.37	44.7	1.06	0.28	1.21
1981	1797.8	1417.4	0.79	0.83	3943.5	2.19	44.4	0.97	0.25	1.08

Note: Excluding kerosene, coal, etc.

Table III-3-3

Purpose	Equipment	Energy source
Cotton opening spinning	Spinning machine	Electric power
Twist fixing	Heat setter	Steam
Air conditioning	{ Blower Pump Refrigerator	Electric power

紡績工場においては糸のすべりをよくし、風綿を押え糸の品質を確保するために、空気の温度・湿度が重要な因子となっている。このため、それぞれの工場では糸の種類や太さに応じて適切な空気条件の値をノウハウとして定めている。電力消費量のうち、空調用の割合は気候条件によって異なり、温帯地方で15～20%とされているが、タイ王国では30～40%に達している。

紡績工程での電力原単位は単位重量当たりで表わされるが、糸の太さが変われば単位重量当たりの長さも変わり、原単位の値は当然異なるべきである。従って、工場で原単位管理を進めるに当たっては、糸の太さ別に層別して原単位を算出して、管理するようにすると共に、実績をもとに相互の換算係数を求め、一定の条件に換算した値の管理も行うようにしなければならない。

次に、参考として日本の紡績業全体のエネルギー消費の値をTable III-3-4に示す。

Table III-3-4 Energy consumption of the whole spinning industry in Japan

Year	Production thousand t	Power consumption million kWh	Electric power consumption rate kWh/t
1979	1,319	4,509	3,418
1980	1,298	4,337	3,341
1981	1,183	3,944	3,334
1982	1,220	3,890	3,188
1983	1,173	3,846	3,279

タイ王国においては、3,300 ~ 5,200 kWh/t 程度になっており、気候差を考慮しても高い数字となっている。

(3) 織 布

織布工程では、エネルギーは Table III-3-5 のように使われ、やはり電力が大部分を占める。

Table III-3-5

Purpose	Equipment	Energy source
Weaving	Looms	Electric power
Sizing	Sizing machine	Steam
Air conditioning	{ Blower Pump Refrigerator	Electric power

エネルギーの使われ方は紡績の場合とよく似ており、この場合も織り方、幅等が原単位に影響する。

参考として、日本の織布業全体の電力消費量の値を Table III-3-6 に示す。

Fig. III-3-6 Power consumption of the whole woven textile industry in Japan

Year	Production million m ²	Power consumption million kWh	Electric power consumption rate kWh/m ²
1979	6,757	2,325	0.344
1980	6,737	2,285	0.339
1981	6,431	2,273	0.353
1982	6,270	2,181	0.348
1983	6,470	2,236	0.346

タイ王国の例では、長さで生産量表示されていたが、原単位は0.4～0.5 kWh/yard
となっている。

(4) 染色

染色工程では、エネルギーはTable III-3-7のように使われ、熱エネルギーの大部分はこの工程で消費される。

Table III-3-7

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

染色の方法は多様であるが、いずれにしても繊維自身の重量の100倍程度の水を用い、加熱、冷却、乾燥を繰り返すため大量のエネルギーを消費する。従って、コストに占めるエネルギー費の割合も10%を超え、省エネルギーに対するニーズの強い部分である。

日本においてもTable III-3-8の織物染色の実績に見られるように省エネルギーに努め、重油については13%の節減が図られている。ただし、電力については自動化と公害防止装置の増強によりむしろ増加を示している。

Table III-3-8 Woven textile, etc. dyeing and finishing industry

Year	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Item											
Fuel oil (thousand kg)	1495	1301	1380	1371	1353	1323	1263	1220	1273	1265	1281
Electric power (hundred million·kWh)	10.7	9.8	10.8	11.3	12.0	12.3	12.6	12.2	12.7	12.7	12.8
Processing amount (hundred million·m ²)	72.9	61.3	69.4	71.0	71.7	71.4	71.4	71.3	73.4	71.0	73.1
Consumption rate											
Fuel oil kg/m ³ (1973 = 100)	0.205 (100)	0.212 (103)	0.199 (97)	0.193 (94)	0.189 (92)	0.185 (90)	0.177 (86)	0.171 (83)	0.173 (84)	0.178 (87)	0.175 (85)
Electric power kWh/m ² (1973 = 100)	0.147 (100)	0.160 (109)	0.155 (105)	0.159 (108)	0.167 (114)	0.172 (117)	0.176 (120)	0.171 (116)	0.173 (118)	0.179 (122)	0.175 (119)

タイ王国の診断工場ではほとんどが糸染めであり、直接この数字との比較はできない。

染色のエネルギー消費量は、種々の要因に左右される。例えば、繊維の種類、布幅濃淡、晒の有無、染料の種類、染色方法、加工速度などによって浴比、温度、処理時間が異なる。このため、工場によっては染色条件に応じて一定の換算係数を定め、原単位を換算して管理しているところもある。Fig III-3-13 ~ Fig III-3-19 に、日本において種々の染色機械について処理容量とエネルギー消費量の関係を調査した結果を示す。また Table III-3-9 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 III-3-9 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	g/m ² 110~180	g/m ² 0.085~0.128	kWH/m ² 0.016~0.018	Ester finished yarn, etc.	g/m ² 80~220	g/m ² 0.054~0.275	kWH/m ² 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

染色製品の種類が多様なので、染色工程について、一律の標準原単位を設定することは不可能である。

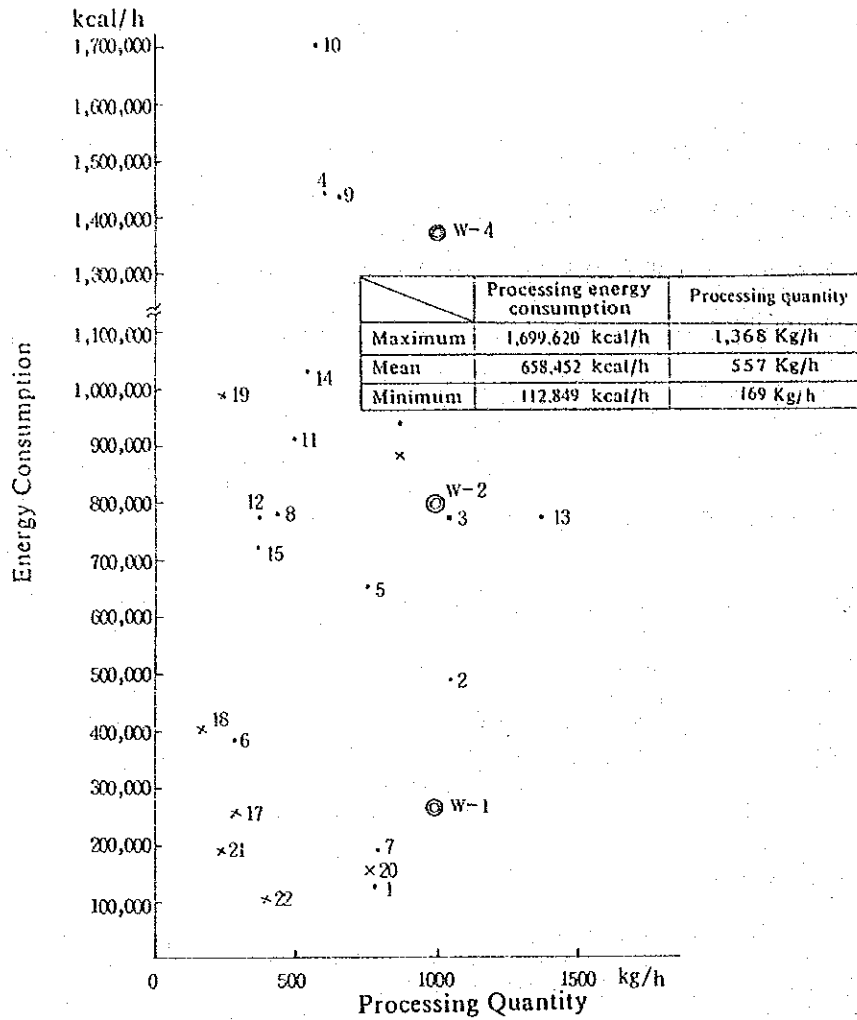


Fig. III-3-13 Washer

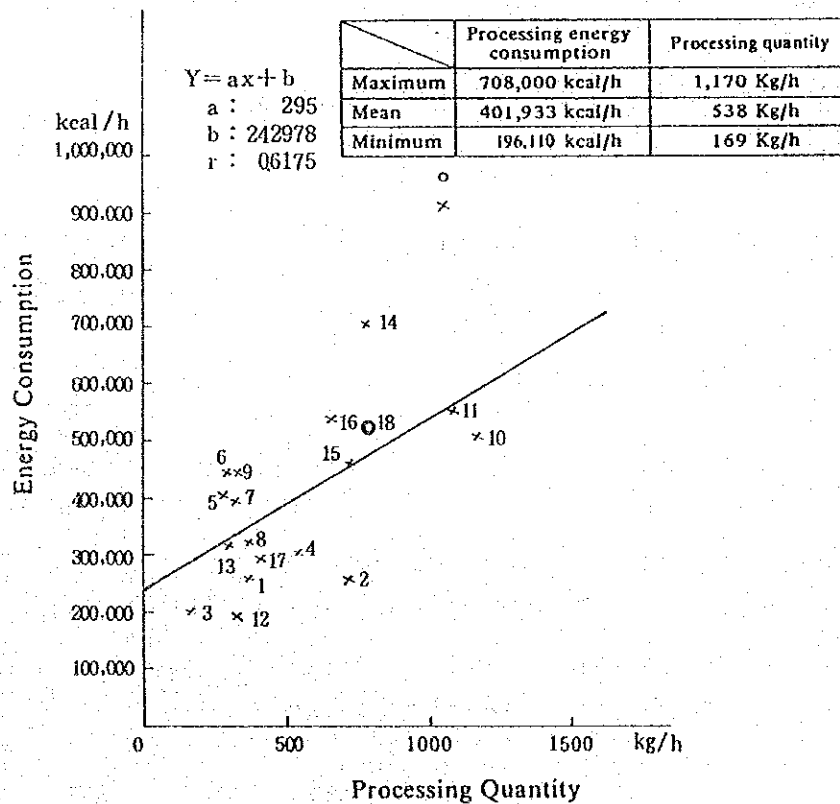


Fig. III-3-14 Short loop dryer

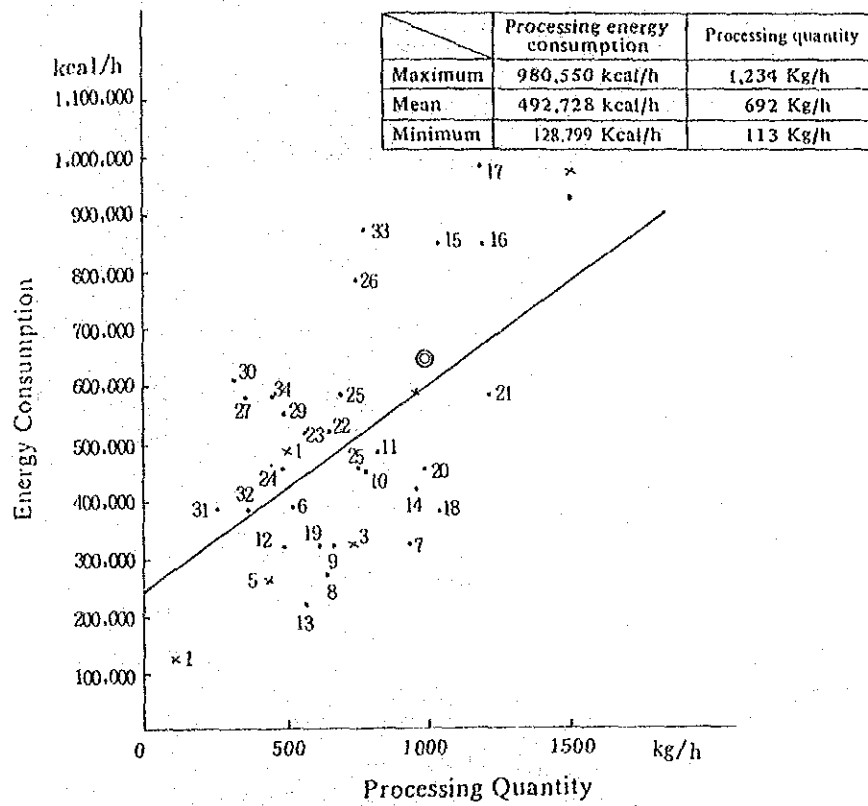


Fig. III-3-15 Cylinder dryer

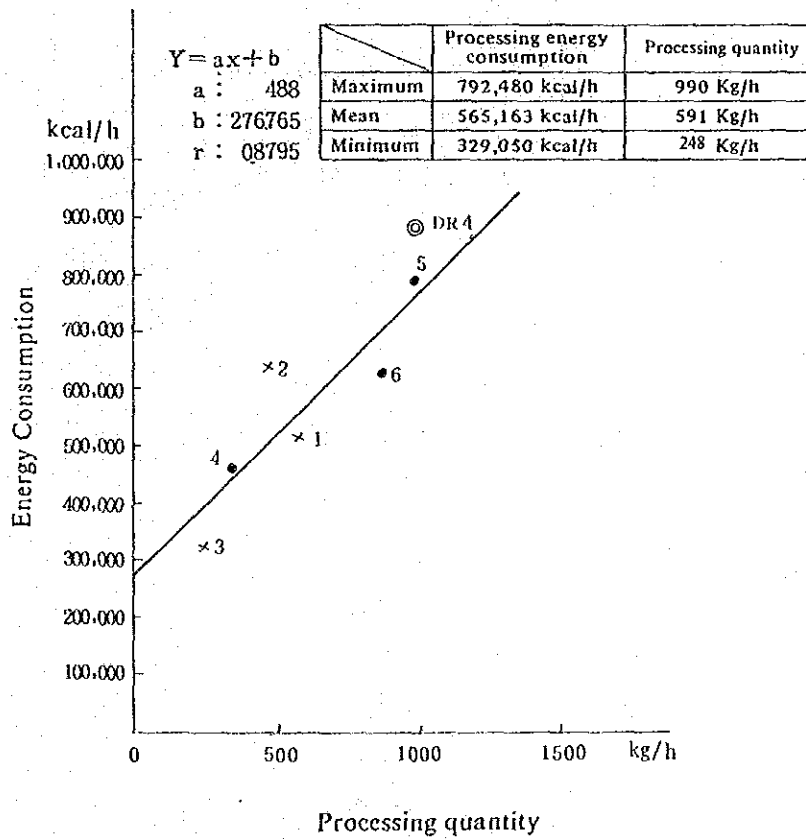


Fig. III-3-16 Suction drum dryer

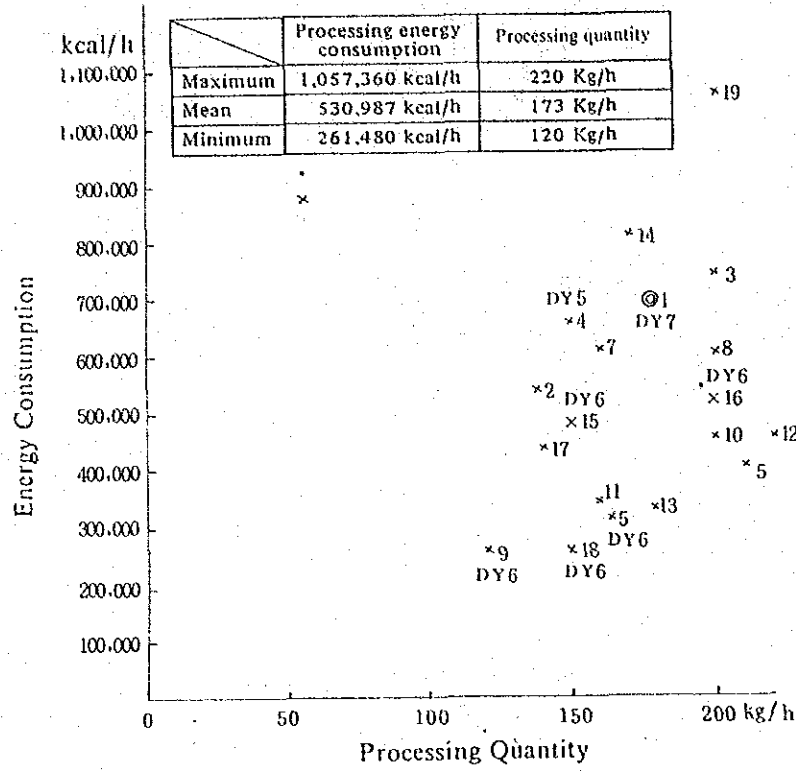


Fig. III-3-17 Liquid flow dyeing machine

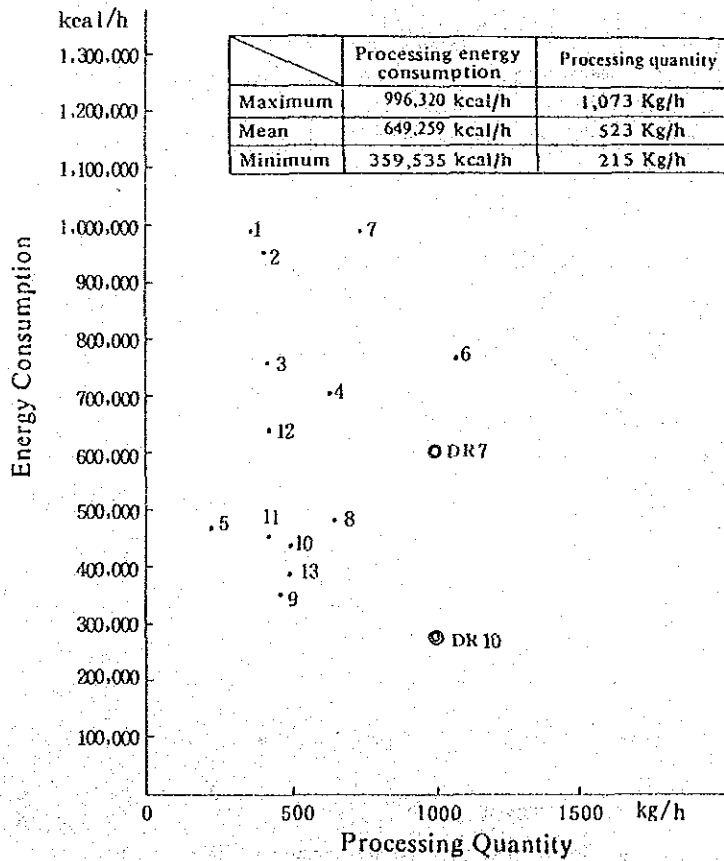
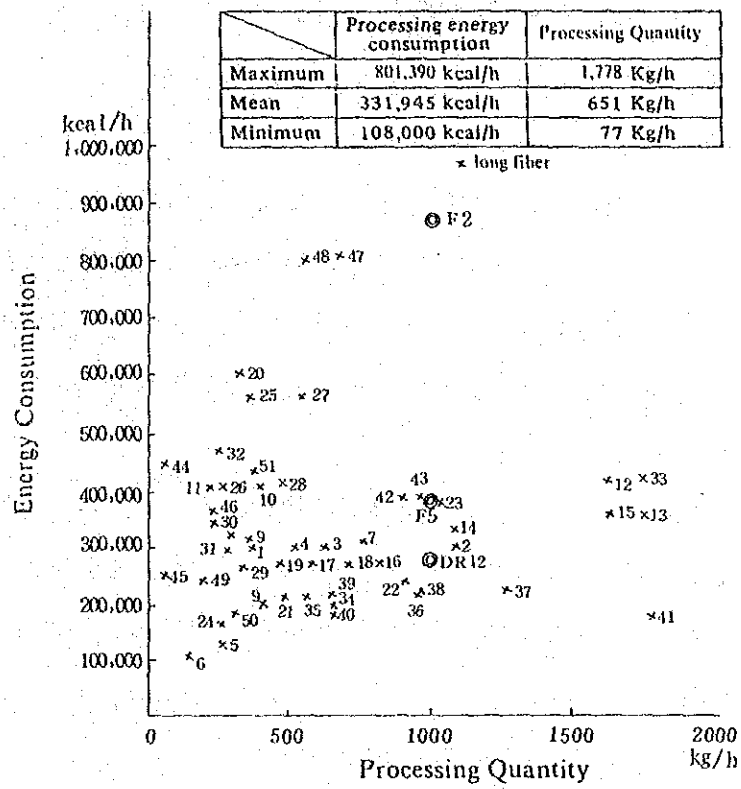


Fig. III-3-18 Tenter dryer
(including multi-stage type)



3. エネルギー管理の進め方

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、これらの効率化、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、より良い方向を追求して行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言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。

3.1 経営方針の明確化

エネルギー価格の値上りに伴って、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志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得る事項について、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。

3.2 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。

いずれにしても、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、各部門の間での意志の疎通を図り、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ものでなければ成果は期待できない。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ろう。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あらわ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。その人の持つ情報を活用し、改善のアイデアを引き出すことが、省エネルギーに対して極めて有効である。

3.3 科学的・組織的な活動

省エネルギーを進める上で、エネルギー消費の実態を正確に把握することは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、改善のヒントを考える種が無数に潜んでいるとい

って過言でない、問題意識を持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。デミング博士の推唱する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、Fig III-3-20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。

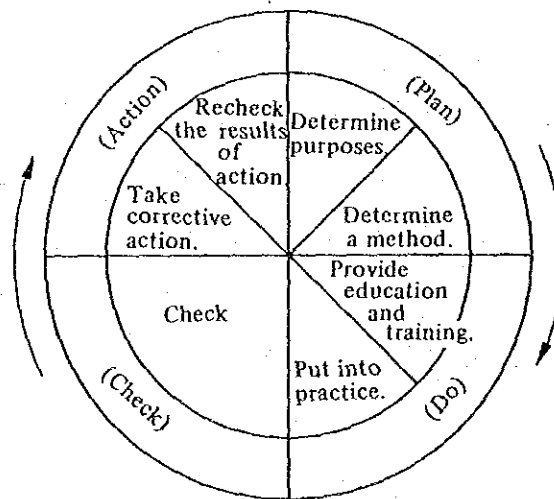


Fig. III-3-20 Deming circle

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、スタッフのいずれから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。

3.4 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、手引書配布などの方法がとられる。タイ王国の場合、教育に熱心な企業も多く、スタッフを外部研修に出している例も多い。しかし、残念なことに、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ていない。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。

4. エネルギー使用の合理化

4.1 合成繊維

(1) ボイラの燃焼管理等

III-7. 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) フラッシュ蒸気利用

III-7. ボイラ・スチーム編参照。

加熱温度の関係で一部に高圧蒸気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、発生した低圧蒸気の有効利用を図るべきである。

(4) コンデンセート回収

III-7. ボイラ・スチーム編参照。

(5) 背圧蒸気の利用

圧力の異なる蒸気を使用している場合、複数のボイラでそれぞれの圧力の蒸気を発生したり、あるいは高圧ボイラの蒸気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りに、蒸気タービンを入れ、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と経済性

ボイラ＝10 kg/cm²g × 飽和 45 t/h。プロセス所要蒸気＝3.5 kg/cm²g × 140℃ × 40 t/hの工場に減圧弁代りに蒸気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蒸気は等エンタルピー変化をするので、減圧弁前後で蒸気の保有熱量に変化がない (Fig III-3-21 蒸気の 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 kcal/kg。ボイラ効率＝80%。給水温度＝80℃とすると、

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

STEAM i-s CHART

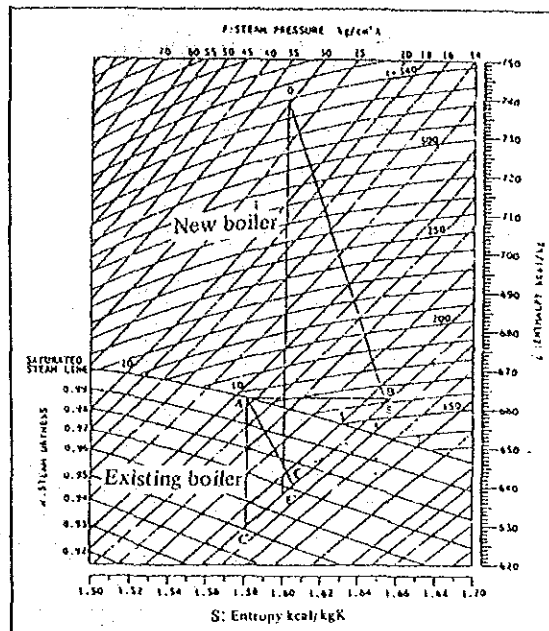


Fig. III-3-21

b. 蒸気タービンで発電すると、蒸気の熱量は減少する（蒸気 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。

- ① タービン入口蒸気圧力 $8.5 \text{ kg/cm}^2\text{g}$
- ② タービン入口蒸気エンタルピー 662.4 kcal/kg
- ③ タービン出口排気圧力 $3.5 \text{ kg/cm}^2\text{g}$
- ④ 理論断熱熱落差 (A-C') ($662.4 - 629.4$) 33 kcal/kg
- ⑤ 蒸気条件及びタービンの諸元から最適タービンを選択
- ⑥ 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

⑦ プロセス蒸気の所要量

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

⑧ 発電量

- ・発電機を含めたタービンの総合効率 (η_0) 60.92%

$$\text{蒸気消費率} = \frac{860}{\text{理論断熱熱落差} \times \eta_0} = 42.8 \text{ kg/kW-h}$$

・発電量 (プロセス蒸気量÷蒸気消費率) 97 kW

◎ヒートバランス：プロセス蒸気は減圧弁使用時に比べて1,387 kg/h (7項による) 多く供給しなければならない。

$$\left. \begin{array}{l} \text{タービン入口} \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q = 41,387 \\ P = 8.5 \\ T = 177 \\ I = 662.4 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{タービン出口} \\ \text{(プロセス入口)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q = 41,387 \\ P = 3.5 \\ T = 147 \\ I = 640.2 \end{array}$$

◎燃料消費量：減圧弁と同じように、

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

◎経済性：買電単価と自家発電単価の差、年間稼働時間より、次のように求めると9,560万円となる。

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 (国によって異なるが、日本の単価を採用) 60 円/kg

③ 発生電力量 967 kW

④ 自家発電単価 $\frac{\text{増加燃料費}}{\text{発生電力量}} = 6.27 \text{ 円/kW-h}$

⑤ 買電単価 20 円/kW-h

(国及び企業によって異なるが、日本の1例を採用)

⑥ 年間節減電力料金 9,560 万円

(稼働時間7,200hと仮定)

$$(20 - 6.27) \times 967 \times 7,200 = 95,593,752$$

以上は、既設プラントの減圧弁代りに蒸気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 $33 \text{ kg/cm}^2 \times 350^\circ\text{C} \times 45 \text{ t/h}$ 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 $= 3,300 \text{ kW}$ 。

◎ヒートバランス：

$$\begin{array}{l} \text{タービン入口} \left\{ \begin{array}{l} Q = 40,000 \\ P = 30 \\ T = 340 \\ I = 738.7 \end{array} \right. \\ \\ \text{タービン出口} \left\{ \begin{array}{l} Q = 40,000 \\ P = 3.5 \\ T = 160 \\ I = 662 \end{array} \right. \\ \text{(プロセス入口)} \end{array}$$

◎燃料消費量：減圧弁使用時と同じように、

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

(新設ボイラ効率 = 85% とする)

◎経済性：次の計算により3億9,400万円となる。

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 60 円/kg

③ 発生電力量 $3,300 \text{ kW}$

④ 自家発電単価 3.4 円/kW-h

⑤ 買電単価 20 円/kW-h

⑥ 年間節減電力料金 $3 \text{ 億} 9,400 \text{ 万円}$

$$(20 - 3.4) \times 3,300 \times 7,200$$

(6) 蒸留装置

重合ナイロンから熱水抽出された未反応モノマを濃縮する工程では加熱用、減圧用に多量の蒸気が消費される。

エジェクタの蒸気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にする。

- 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、蒸気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) 回収術は2重ないし3重効用化する(III-5 化学工業編参照)。
- (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 III-3-22 参照)。

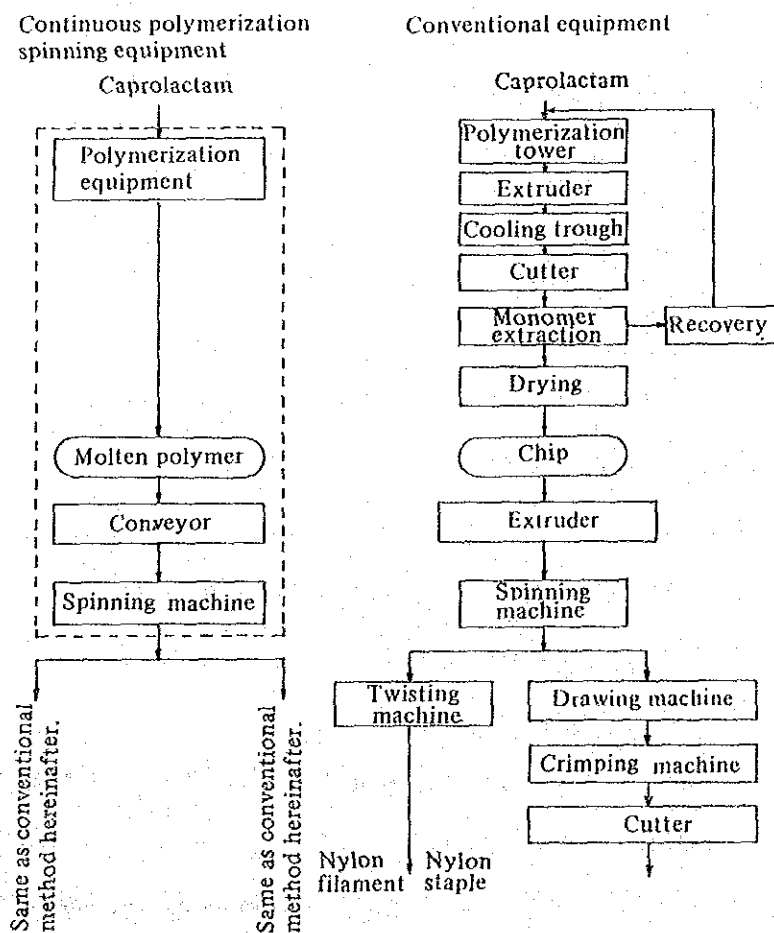


Fig. III-3-22

新しいプロセスでは、重合装置で生成した溶融ポリマを、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、溶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。このときの投資8百万円に対し、年間経費は3.1百万円節減できている。

(9) 空気調和(III-8. 電気編参照)

A) 空調負荷の見直し

紡糸工程の空調条件は糸の品質に影響があり、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、その都度糸条の品質、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、年間通じて一定の条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%、加湿加熱蒸気16%を節減している。

建屋の断熱、発熱機器の断熱を強化し、負荷の低減を図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/cm^2 から 2 kg/cm^2 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: $1 \text{ JRT} = 79,680 \text{ kcal/d}$) 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 III-3-23 に示す。

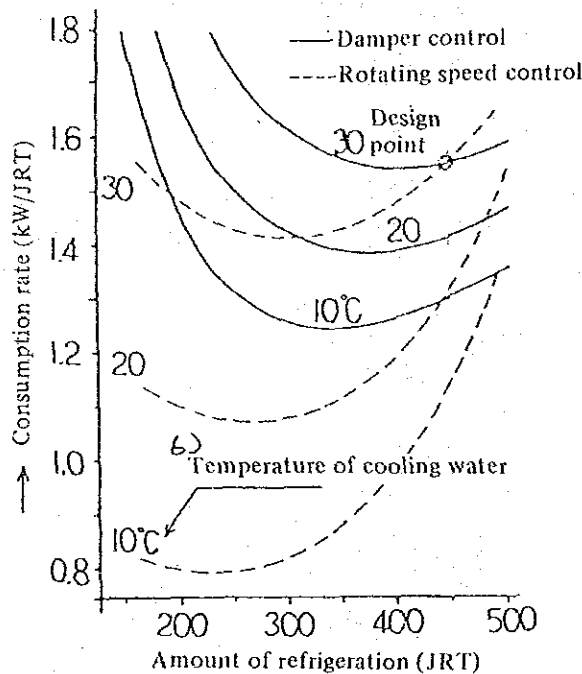


Fig. III-3-23 Characteristic comparison of capacity adjustment

E) 送風機の回転数制御

III-8. 電力編参照。

4.2 紡績・織布

(1) ヒートセッタ

III-7 ボイラ・スチーム編参照。

手待ち時間中の閉扉励行、トラップの維持管理、保温、扉等のパッキング整備、コンデンセート回収に留意する。

(2) サイジング

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 350 kg 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% の蒸気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

III-7. ボイラスチーム編参照。

(3) 動力伝達

A) ベルトは滑りの少ない省エネルギー型のものを用いると約 4% の電力節減が図れる。

また弛度は、親指で普通の力でベルトを押したとき、ベルトの厚さだけベルトが下る程度に調整する。

B) 潤滑油を定期的に適正量供給する。

C) 音・振動が最小になるよう調整する。

D) 糸の番手に応じて品質、エネルギー消費のいずれにも最適な速度になるようにプーリを交換する。

E) モータ更新時には適正容量、高効率のモータに取り替える。

F) 開綿機等の手入

原綿中の夾雜物をできるだけ除くこと、開綿機の歯の整備を定期的に行うことにより、開綿作業の効率を高める。

(4) 空気調和

合成繊維の項で述べたものがそのまま適用されるが、その他に、綿紡績の工場では大量に発生する風綿の除去が問題になる。風綿が多いと作業環境が悪化するばかりでなく、糸に付着して不良品を発生させる原因となる。

風綿を除くには、空気を加湿して落ちやすくすること、床やダクトの掃除をこまめに行うことが必要である。

工場全体の空気調和機で加湿すると不要箇所まで加湿されるので、必要個所に1台5万円程度の加湿機を取り付け省電力を図っている例がある。

(5) 仮燃機ヒータの保温強化

仮燃機で消費される電力の約70%は加熱用であり、その30%程度が有効に使われているに過ぎない。

従って、温度制御精度を高めると共に、糸孔の周りを含め保温を強化することは効果的である。1台当たり75万円かけ保温を強化した結果、15～18%の電力節減が図れ、2年以内に資金回収できた例がある。

また、保温を強化することにより、2次的に空調負荷の軽減にも役立っている。

(6) 高効率設備の導入

A) 自動巻糸機

精紡された糸をチーズやコーンに巻き返す巻糸機において、糸切れが発生したときに空気吸引力を利用して糸継ぎをする自動巻糸機がある。従来は、多数の糸切れが同時に起こった場合に備えて、大型のサクションブロワを運転していた。省エネルギー型の機械では制御装置が組み込まれ、糸切れが多発した時ドラムを待たせ、順次糸を継ぐようになっている。このためサクションブロワの容量が従来型より小型ですむようになっている。

B) 高性能燃糸機

従来型に比べてスピンドル径が小さく(110mm以下)、重量も軽くなっている(600g以下)。このため、スピンドルの回転数が上昇し、単位生産量当たりの消費電力量も大幅に減らすことができています。

C) 摩擦式仮より機

スピンドルを用いず、回転ベルト又は回転円盤による摩擦力によって仮よりを加えるもので、糸は直線的に仮よりされるので電力原単位が低下する。

D) 無杼式織機

普通の織機では、緯糸を左右から打ち込むため、400 g 程度の杼を急発進、急停止させており、エネルギー損失が大きい。このため、杼を使わず軽量のグリッパにしたり、水や空気ですったり、導入棒を用いたりする省エネルギー型の織機が開発されている。タイ王国で訪問した工場の一部にも、導入棒を用いる Rapier 式のものが導入されていた。

4.3 染色

(1) 浴比低下

染色業は水を大量に使い、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。
- 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、振動を当て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 III-3-10, Table III-3-11 に示す。

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、洗浄効果を高めている。在来型に比べ、水量、蒸気量が1/10に、電力量が1/4に減っている例がある。

Table III-3-10 Example of performance comparison table between R.A and U.A.

RA: Low bath ratio type

	Length of work	Amount of liquid	Weight of fabric	Amount of steam	Amount of steam per m	Amount of steam per kg of fabric
U. A	300 m	4,000 ℓ	514 g/m ²	1,473 kg	4.91 kg/m	9.54 (100)
R. A	500 m	2,000 ℓ	409 g/m ²	440 kg	0.88 kg/m	2.15 (23)

Table III-3-11 Example of power consumption comparison table between R.A and U.A.

	Electric power	Load factor	Dyeing time each time	Electric energy each time	Length of work	Electric energy per m
U. A	24kw	× 0.8	× 2.5	= 48	÷ 300m	=0.16KWH/m(100)
R. A	16.5	× 0.8	× 2.5	= 33	÷ 500	=0.066 " (41)

(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行われる（Wet on Wet 法）。

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り、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 III-3-12 以上に過乾燥することはエネルギーの損失になる。

Table III-3-12 Norms for exit moisture percentage
(kg water per kg cloth)

Material	Exit moisture percentage (%)
Cotton	7.0
Polyester	0.7
Nylon	4.0
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り、省エネルギーになる。排気中の水分を定期的に測定し、排出量を調節する。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。

E) 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・水洗機はほとんど保温されていない。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 °C 程度まで使用でき、100 °C 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、蒸気量が 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。Fig III-3-24 は温水表面からの放熱量を示す。

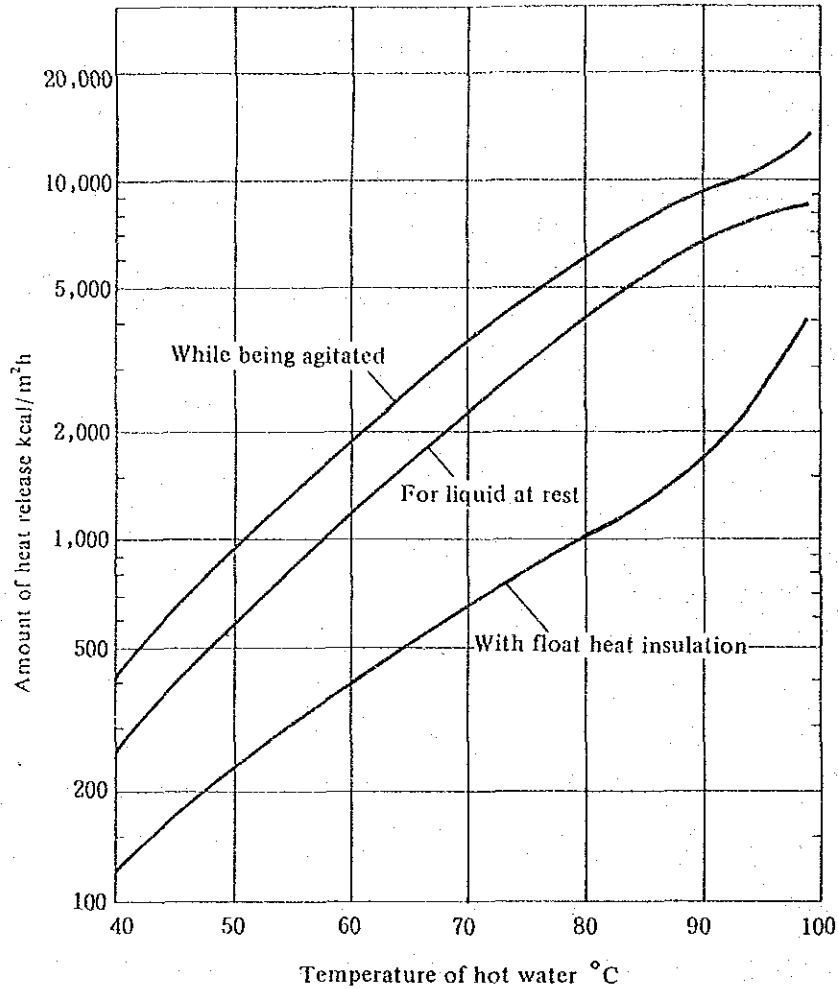


Fig. III-3-24 Heat release from free surface of hot water

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 III-3-13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。

〈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 200 m³/d のうち、熱回収したのは 100 m³/d であり、得られた温水も 100 m³/d であった。設備費は 1,500 万円、重油節減率は 25% で、資金は 2.2 年

で回収できた。

Table III-3-13 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2〉

従業員40人のポリエステル、レーヨン系染の工場で、次のような対策を行った。

- 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。
- 高圧染色機の冷却水を温水槽に回収した。
- 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2,500万円、熱交換器、ポンプに380万円、合計2,880万円を要したが、重油原単位が0.85 l/kgから0.47 l/kgに45%も改善され、3,800万円/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〉

メリヤス染色工場で圧縮式ヒートポンプを用いて熱回収をしている例である

(Fig III-3-25 参照)。

染色機は11機あり、30～85℃の排水が500 t/d発生している。これを給水と熱交換しているが、なお30℃程度の温度があり、これをヒートポンプに通し

て40℃の給水を50℃まで昇温するのに用いている。

(ヒートポンプについては、III-7 ボイラ・スチーム編参照)

設備費は2,000万円かったが、ボイラ増設(1,000万円)の必要がなくなったので、投資増は1,000万円ということになる。

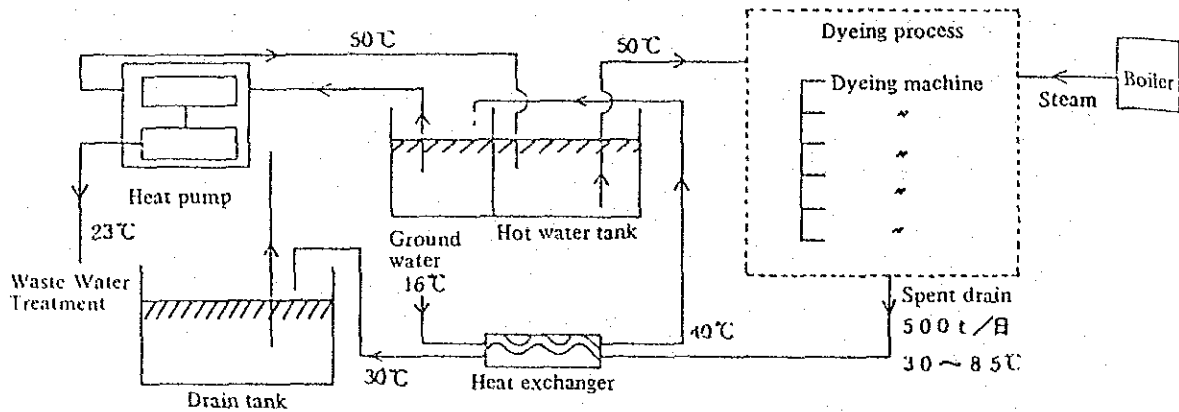


Fig. III-3-25

ランニングコストは次のようになる。

- ・ヒートポンプシステムの場合

$$63 \text{ kW} \times 2,400 \text{ h/y} \times 20 \text{ 円/kWh} = 3,024 \text{ 千円/y}$$

- ・ボイラ設置の場合

$$\frac{276,000 \text{ kcal}}{9,060 \text{ kcal/ℓ} \times 0.85} \times 2,400 \text{ hr/y} \times 70 \text{ 円/ℓ} = 6,021 \text{ 千円/y}$$

従って、投資増分は3.3年で回収できる。

$$\frac{10,000}{6,021 - 3,024} = 3.3 \text{ 年}$$

〈事例4〉

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、熱交換機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、酸性浴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 III-3-26 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、自動運転が可能なのにもなっている。

熱交換器 2 基のほか、ポンプ、タンク、配管等の設備費が約 1,700 万円かかっているが、燃料が 22% 節減でき、年間 540 万円のメリットがあるので、投資は約 3 年で回収できている。

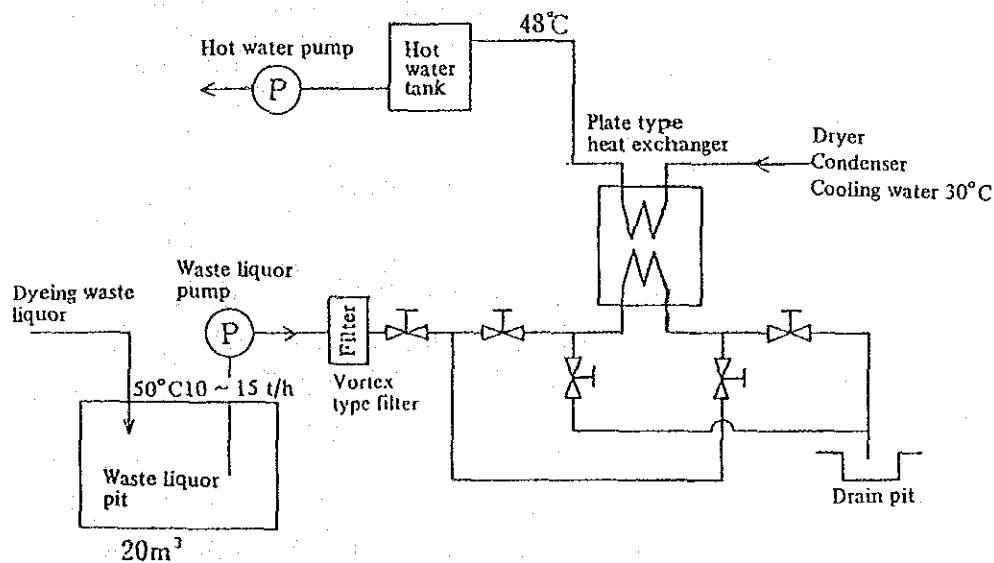


Fig. III-3-26 Dyeing waste liquor recovery equipment

〈事例 5〉

染色晒工程から排出する温排水から、用水への熱回収（熱交換器 A による。）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と共に編工場の冷房も同時に実施し、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、温水に回収利用できることを見出し、昭和 55 年導入を行った（Fig III-3-27 参照）。

フローシートは Fig III-3-27 のとおりである。設備費は約 35,000 千円で、省エネルギー効果は Table III-3-14 のとおりである。

Table III-3-14 Energy conservation effect

Fuel oil saving	170 ke/Year	About 10,000 thousand Yen/Year
Reduction in contract demand by stop of refrigerator	170 kW	About 4,000 thousand Yen/Year
Reduction in refrigeration electric energy	200 thousand kWh	About 3,000 thousand Yen/Year
Total		17,000 thousand Yen/Year

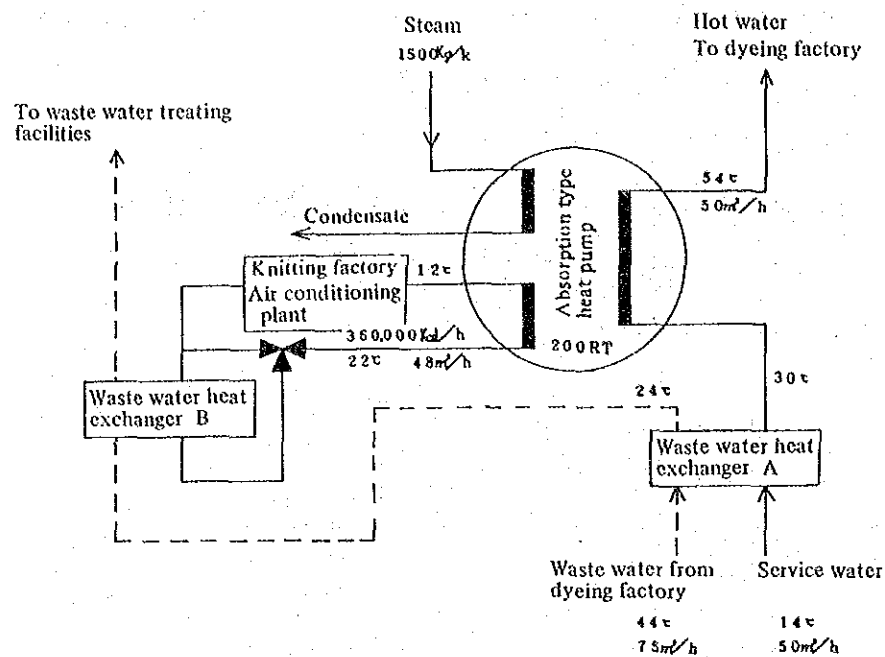


Fig. III-3-27 Flow sheet of heat pump system

4.4 判断基準

(1) 機器類の保温

下記の条件で計算すると、表面温度 70℃ 以上の個所については、保温費用は概ね 1 年以内に回収できるので、表面温度の基準値を 70℃ とする。

ただし、染色機等水に濡れやすい設備については、タイ全国でそれに適した保温材の入手が可能になるまでは適用外とする。

(計算)

・前提条件

室温	35℃				
表面放射率	0.2				
ボイラ効率	85%				
燃料油価格	4.35 Bt/ℓ	使用熱量単価 0.54 Bt/10³ kcal			
燃料油発熱量	9,500 kcal/ℓ				
保温費用	500 Bt/m² (グラスウール 50%)				
内部温度	250℃				
表面温度	℃	111.5	78.7	69.7	61.9
放散熱量	kcal/m² h	623	308	232	169
保温後表面温度	℃	58.5	54.8	53.0	50.9

“ 放散熱量	kcal/m ² h	144	117	104	90
放散熱量減	kcal/m ² h	479	191	128	79
同上 金額	Bt/h	0.259	0.103	0.069	0.043
保温費用回収所要時間	h	1931	4854	7246	11,628

(2) その他

繊維産業における種々の省エネルギー対策は製造上のノウハウ製品種類等と密接な関連があり、一律の標準設定の対象にはできない。

