

費量と生産量のデータを収集しデータベースに入れて管理し、限界エネルギー原単位を分析したり、非常事態にあつてはそのエネルギー消費傾向を分析しその原因を解明する。

当工場のデータ分析の結果を一般的に述べると、エネルギー消費の管理は真剣に行われていない。エネルギー消費データは工場全体としてのみで、各部署ごとのエネルギー消費量が収集されていない。さらに、集めたデータも分析に利用されていないのが現状である。つまり、調査チームが担当従業員から収集したエネルギー消費データに欠けている期間があり(1991年)、年ごとのエネルギー消費の変化が示されていない。

また、エネルギー消費量データを統計的に分析して色々な書式で表した結果を従業員に行き渡らせて彼らを鼓舞し又、問題意識を高める。さらに生産コストに直接影響のあるエネルギー価格の上昇傾向や、生産コストに占めるエネルギー費の比率などの現状を理解させる。これによって従業員の意識を喚起しエネルギーを効率的に利用するようにさせる。

(4) 従業員教育

これまでに述べた具体策に加え、トレーニングコースなどにより担当スタッフの知識を高めなければならない。また知識を増やしたり、現場作業に利益のあると思われるコースがあれば、外部組織による訓練コースにも従業員を派遣し研修させる。これによって従業員の能力を上げ、上記の目標を達成する。

(5) 設備管理

機械設備類の運転に異常があると、エネルギーを損失する。したがって製紙工場では、機械が頻繁に停止することのないよう常に連続運転をすることにより、エネルギー損失を大幅に削減出来る。

目標達成のため、入念なメンテナンス計画を立てることと、機械を常に正常な状態に保てるよう機械に改善を加えることでエネルギー損失を減らす。

8.2.3 エネルギー使用方法の問題点とその対策

8.2.3.1 生産・保守システム

(1) 抄紙機械の連続運転

パルプ・製紙産業は装置産業であり、制御方法によって、効率的に機械を運転しなければならない。運転効率を向上させることはエネルギーの有効利用又原単位の減少にもつながる。

運転効率の観点から言えば、省エネルギーとは次の点に要約できる。

- a. 紙切れの防止。
- b. 機械故障による運転停止の防止。

c. 工場内外の原因による停電の防止。

d. 購入資材の品質ばらつきの防止（原材料，副材料，機器，道具など）。

装置産業では、機械と電気系統の保守を行う専門部門なしに生産を連続的に行うことはできない。予防保守（PM）とは故障を前もって予防するために、過去の故障経験に基づいて計画的に機器の保守を行うことである。毎日見回り検査を実施して機械の動作を確認し、修理や改善を行う。保守部門の設置によって、故障が原因の運転停止の防止をさける。

抄紙工程では電気と蒸気を大量に消費する。エネルギー効率を上げるためには機械運転を効率的にすることも必要である。機械を連続的に運転させ、機械停止回数を最小に抑えられれば、エネルギー効率にその効果が直接的に現れる。連続運転は機械が有効に働くことであり、熱損失も減少する。機械が1サイクルごとに停止していたのでは生産効率も落ちてしまう。

抄紙機の停止回数が多い事は、エネルギーの無駄が増え、生産高、歩留が落ちてコスト上昇につながる。機械を連続的に運転出来ない理由としては次の項目が考えられる。

a. 紙切れ

統計によれば、当工場では1日に紙切れが3～6回発生する。紙切れが起こると、生産時間が失われるだけでなくエネルギーの無駄と生産効率の低下も招く。紙切れの最大の原因は、空気中の塵やゴミなどが工場外部から運ばれてパルプに入り込み、紙切れし易くしていることではないかと考えられる。工場の現状では、おがくずは一部はエネルギーとして消費されており、おがくず貯蔵所は抄紙機の近くにある。さらに抄紙機の内部にはゴミよけ（フード）がなく、空気中のゴミは簡単に機械内に入り込める。他の原因としては、塵よけ網やフィルタがうまく動作しないためにパルプにゴミが入り込むこと、ローラー表面の凹凸、紙と機械の接触が悪く紙表面が進行方向に対して平行でないこと、紙の厚さが均一でないこと、紙の地合いが十分できていないこと、フェルトが汚れていること、などが考えられる。機械を運転するときには、これらの原因に十分に注意し、紙切れを予防しなければならない（少なくとも最小に留めなければならない）。なお、紙切れの少ない例として日本の製紙工場を例にとると、統計的に紙切れは1日わずか0.1回～0.2回である。当工場では、大きな原因は燃料用おがくずによる塵の影響が大きいと思われる。

（現在の状況）

- 1) 仕上がった状態の紙面が塵で覆われている。
- 2) 抄紙機のある部屋の床も塵で覆われている。塵はおがくずなどである。

（塵の影響）

1) 紙切れを起こした損紙は、パルプ工程に戻され、再び抄紙工程に入るので、紙切れは繰り返される。

2) 仕上がった紙中に含まれる塵は印刷時には、「スノーフォール」と呼ばれる現象を起こし、不良品となる。

(提言)

次の手順により、抄紙機械室と仕上げ室から塵を完全になくすこと。

1) 抄紙機械室と仕上げ室には外気が入り込まないようにする。機械に塵よけを増設すること。

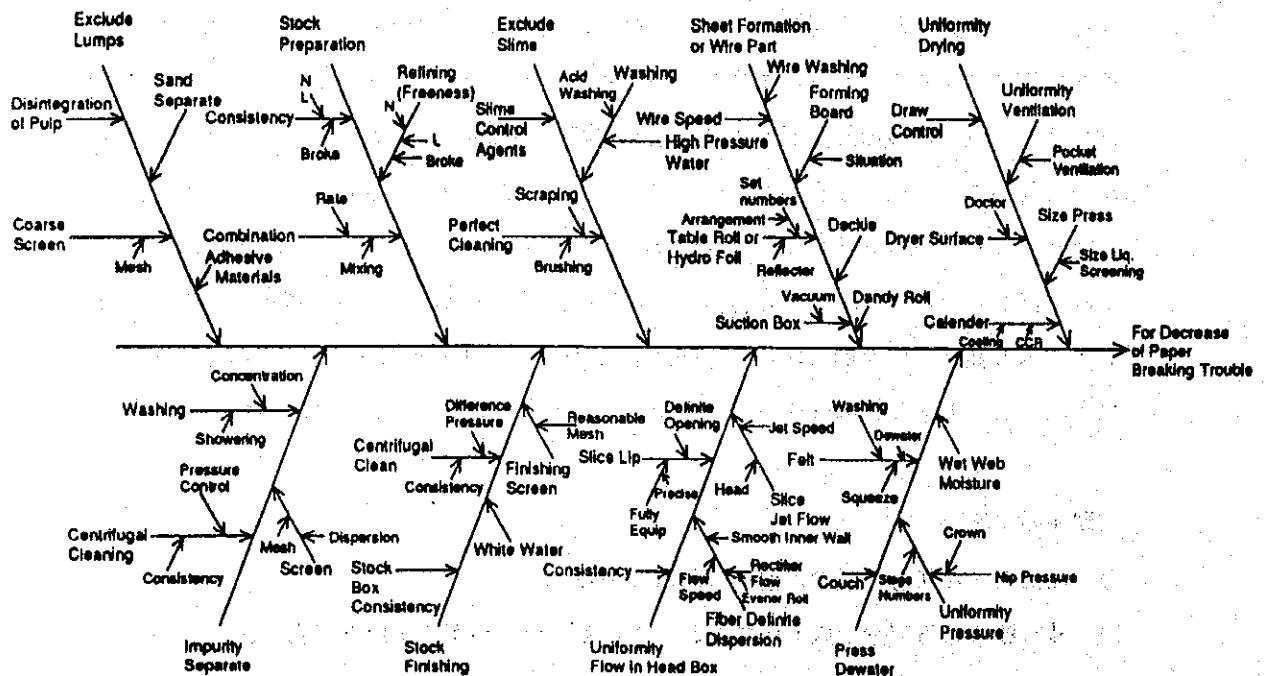
2) ボイラー室を別の場所に移すこと。

(紙切れの測定)

抄紙機内で紙切れが発生するとエネルギー損失と生産効率の低下につながり、生産コストが上昇する。また大量の労働力の無駄にもなる。以前は紙切れは自然なことと考えられていた。しかし詳細な分析の結果、操作員の技術向上、材料処理から抄紙工程までの諸装置の改善、計器制御の導入により、紙切れを大幅に減少させることができることが分かった。

紙切れを引き起こす要因を図8.2.10に示す。又表8.2.5には紙切れの原因とその対処方法の概要を示す。紙切れ防止する手段をまとめると次のようになる。

Figure 8.2.10 Cause and Effect Diagram of Paper Breaking



- 1) 結束繊維，砂などの異物を取り除くこと。
- 2) 紙の地合いを改善すること。
- 3) 脱水効率を高めるため，搾れ圧力を巾方向に均一にすること。
- 4) 蒸発と乾燥を巾方向に均一にすること。
- 5) 紙匹のドローを調整すること。

また，装置の技術的問題点に関しては以下の点に改善すること。

- 1) 機能が不十分な装置を使用していること（機械選択の誤り）。
- 2) 機械動作が仕様に適合していないこと。
- 3) 保守（検査，修理，性能確認）を怠っていることが原因で必要な性能が得られていないこと。
- 4) 故障事故停止があっても社内・社外の担当部門への報告がなされないことで機械の予防保全が遅れること。

機械の各機能が正しく動作するかどうか確認すること，作業方法を検討すること，異常があったときに修理することは作業員の責任である事を認識すること。

Table 8.2.5 Causes for Paper Breaking and Remedies

Places for paper breaking	Classifications	Causes	Measures	Equipment factor
1 Wet part (1) Couch	Fall from Couch	Excess moisture (Wet insufficient strength)	Promotion of dewatering on wire	Dewater rectify on wire part.
		Triming water Cutting fault		Set up of pick up Roll. High pressure of water jet.
(2) Press	Breaking by press	Crushing.	Promotion of dewatering.	Line pressure up
		Roughened surface on plain roll.	Roll surface repair.	Grinding.
		Mix of slime.	Removing the slime	Thoroughly cleaning
		Mix of adhesive substances	Separation, removal and dispersion	
	Uneven dewatering	Faulty formation	Formation correct	Flow rectify in Head-Box and wire part.
	Dirty blanket	Promotion of blanket wash.	Washing by showering, squeeze and dewater.	
	Uneven line pressure	Roll crown correct	Grinding.	

Places for paper breaking	Classifications	Causes	Measures	Equipment factor
(3) Wet end	Fall in wet end	Faulty drawing Excessive moisture Mixing of shives.	Drawing adjustment. .Line pressure increase (Promotion of dewatering) Promotion of screening	Set up of high pressure.
2 Dryer part (1) Yankee Dryer	Breaking due to faulty separation Breaking due to intrusion of foreign substances. Breaking by tension.	Paper powder attached. Damage on dryer surface Mixing of shives and impurities	Effective use of the doctor Polishing the surface Promotion of screening	Dryer cleaner. Bronze doctor use Dryer grinding. Strengthen of dedust equipment of centricleaner etc.
Multi-dryer	Breaking by tension. Edge breaking	Faulty drawing Faulty formation Faulty drawing between groups. Edge too dry Mixing of shives and impurities. Triming Water Cutting fault.	Drawing adjustment Correcting the formation Drawing adjustment Improvement of dryer pocket Promotion of screening. Water pressure increase.	Flow rectify in Head-Box & Wire part Pocket Ventilation Centricleaner Fine screen

Places for paper breaking	Classifications	Causes	Measures	Equipment factor
3 Calender Part	Crushing	Faulty formation	Correcting the formation	Flow rectify in Head Box & Wire part. Grinding.
	Breaking by foreign materials	Incorrect roll crowing	Correct the roll crown	Centricleaner, Fine screen.
		Mixing of shives and impurity	Promotion of screening	
	Breaking by tension	-Faulty drawing	-Drawing adjustment.	-Flow rectify in Head BOX and wire part
		-Faulty formation	-Correcting the formation	
Breaking in machine direction	Faulty formation and wrinkling	Improvement of dryer ventilation.		
	Uneven drying and wrinkling	Correcting the formation. Removing the dryer pressure		

b. 機械の故障

工場機械の稼働中の故障原因は主に保守の不足にある。一般的な原因としては、蒸気漏れ、ベアリングの損傷、モータの焼き付きなどがある。これを防止するには、予防保守を計画的に実施して機械が故障なく運転できるようにしなければならない。

これらは機械を連続的に運転できない理由の一部に過ぎない。機械が止まると再起動のために時間がかかり、故障であればさらに多くの時間がかかる。機械故障があるとボイラーにも無駄が発生するだけでなく、工場の利益にも直接影響が出る。したがって機械運転中は、機械各部の管理者およびそれに関連した部門の管理者はすべて、機械停止を防ぐべく細心の注意を払わなければならない。故障や事故で機械が止まったら、迅速に修理を実施し、一刻も早く正常運転に戻さなければならない。機械や装置類の管理者は管理責任を負っているのであるから、機械の諸状態を検査確認しなければならない。また機械の管理体制も検討し、作業効率を数値で表して作業員を指導しなければならない。抄紙機の毎日の運転管理は一般に次の如く行う。

$$\begin{aligned}
\text{抄紙機運転効率} &= (\text{実際稼働時間 (min)} \div \text{稼働時間 (min)}) \times 100 (\%) \\
&= \{1 - D / (A - B - C)\} \times 100 (\%) \\
&= (A - B - C - D) / (A - B - C) \times 100 (\%)
\end{aligned}$$

ここで

A：生産計画による抄紙機運転時間 (min/d) …企業予算

B：電気会社等外部の責任による停電のダウンタイム (min)

C：設備部門等内部の責任による機械故障や電気事故が原因のダウンタイム (min)

D：抄紙部門の責任による故障が原因のダウンタイム (min)

また、Dはさらに $D = D_x + D_y + D_z$ に細分化できる。

x = 紙切れによるダウンタイム

y = フェルトの汚れに伴う洗浄ダウンタイム

z = ワイヤー修理によるダウンタイム とする。

予防保全 (PM) 効率 = 稼働時間 (min) / 実稼働計画時間 (min)

$$= 1 - (C / (A - B - D))$$

$$= (A - B - C - D) / (A - B - D) \quad \text{である。}$$

抄紙機の総効率 (η) は、

運転効率 (η_1)、抄紙効率 (η_2)、歩留 (η_3) からなっている。が、場合によっては仕上効率 (η_4) が含まれることもある。

したがって、

$$\text{抄紙機の総効率} (\eta) = \eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4$$

となる。

運転効率は、抄紙機械のエネルギー節約に一番影響の大きい要素となっている。

1) 運転効率はこのように表すことができる。

効 率 計 算 期 間		
稼働時間 (÷24=稼働日数)	現場の責任でない 故障や事故による 抄紙機停止時間	年間予算計画によ る抄紙機停止時間
実稼働時間	現場の責任の故障 や事故による抄紙 機停止時間	
運転効率 (η) =稼働時間 ÷実稼働時間	<ul style="list-style-type: none"> ・紙切れ ・品種銘柄変更 ・フェルト洗浄 ・ワイヤー修理 ・用具取替 ・その他 	停止時間が抄紙現 場の責任でない場 合。電気、機械、 材料準備不足など が原因の停止。 <ul style="list-style-type: none"> ・工場全停止 (予算による) ・機械不稼働予定 日抄紙機定期停 止 (予算による)

2) 抄紙機効率は次のように表すことができる。

稼 働 時 間			
実 稼 働 時 間		抄紙現場の責任の故障や事故による抄紙機停止時間	
生 産 量			
理 論 抄 造 定 量			
実稼働時間 (分) × 平均坪量 (g/m ²) × 平均仕上巾 (m) × 平均抄速 (m/分)			
実際抄造定量 (A)	抄紙機損失 = 理論定量と実際量と の差 = (実際抄造定量 - 理 論抄造定量) + 風乾 水分		
抄紙機効率 = $\frac{\text{実際抄造定量}}{\text{理論抄造定量}}$			
断 裁		製 品	
今 月 末仕上 (C)	今 月 上	前月末仕上量 (D)	
実仕上定量 (B) 仕上歩留 (η ₃) $= \frac{(B)}{(A)-(C)-(D)} = \frac{(B)}{(B)-戻り}$		戻り	

(1) 理論仕上げ定量
= 平均坪量 (g/m²) × 平均仕上巾 (m)
× 平均速度 (m/分) × 稼働時間 (分)

(2) 理論日産量 (T/D)
= 平均坪量 (g/m²) × 平均仕上巾 (m)
× 平均速度 (m/分) × 1,440

(3) 基準日産量 = 実際仕上定量 / 稼働日数

(4) 仕上効率 = 平均仕上巾 / 規定仕上巾

総効率 = η₁ × η₂ × η₃ (× η₄)
 = 実際仕上定量 / 理論仕上定量
 = 基準日産 / 理論日産
 今月と前月の末仕上量の差によって増減が生ま
 れる。

(2) 効率の高い装置の導入

稼働中の機械装置類の現在の状態がエネルギー効率と製品品質の程度を示す。したがって所期の効率を得るためには、機械の制御システムや管理体制を改善し、効率を上げられる状態にしなければならない。改善点として、以下の項目が考えられる。

- ・分配制御システム (DCS) の設置
- ・紙の含水率などを正確に計測するスキャナの導入

上記の装置を導入することで機械装置の動作条件や精度を向上させられる。これがエネルギー効率の改善と品質向上に寄与することになる。

ただし、上記の装置の導入には多額の投資が必要である。したがって、まず抄紙機蒸気流量計、ボイラー排気ガス酸素計などの重要な基本装置を設置する必要がある。これらの機器によって機械の状態を分析できるようになる。例えば、蒸気流量計からは蒸気消費量が分かり、それによって生産量1トン当たりの蒸気消費量を比較できる。

8.2.3.2 古紙のパルプ化とエネルギー

(1) 回収パルプ化工程

古紙のパルプの品質にはバラツキがある。集荷後選別し表8.2.6の如く分類されているが、色々な種類の原紙や様々な加工された紙が、混じったものである。パルプ品質のバラツキは直接紙品質に影響するので、精度を要求する紙には古紙パルプを使用することはむずかしい。

図8.2.11は古紙のパルプ化の一般的作業工程である。生産する紙の品質によって、適合するパルプの品質は決定されるので、古紙の種類やそのパルプ化方法が決定される。

(2) 古紙と省エネルギー

古紙のパルプ化において、どの程度省エネルギーが出来るか中質紙を例として説明する。バージンパルプと古紙パルプの必要熱量を1989年古紙ハンドブックに基づいて比較する。

	配合率	熱量
a) バージンパルプ	BKP : 50%	2,730 kcal/pulpkg
	GP : 50%	
b) DIP (脱インクパルプ)	DIP : 100%	1,080 kcal/pulpkg

DIP のパルプ化のエネルギー消費はバージンパルプのパルプ化の約3分の1である。さらに、日本製紙業組合の資料に基づいて純エネルギー消費量を推定すると、次のようになる。

漂白化学パルプ (BCP) : 2,450 kcal/パルプ kg

機械パルプ (GP) : 1,850 kcal/パルプ kg

DIP (脱インクパルプ) : 675 kcal/パルプ kg

中質紙について同じ計算を行うと次のようになる。

c) バージンパルプ : 2,150 kcal/パルプ kg

d) DIP : 675 kcal/パルプ kg

(3) 古紙パルプ使用における省エネルギー

品質を維持しつつもエネルギー節約を考慮しなければならない。

製紙における省エネルギー要因の内、パルプによる要因は次の通りである。

・パルプの夾雑物

・パルプろ水度

古紙には様々な不純物が含まれているため、それを可能な限り取り除かなければならない。パルプろ水度は品質を決定する大きな要因である。ろ水度は電力で稼働するリファイナーでコントロールするが、大量の電力が使用される。

a. 不純物除去

1) 接着剤

不純物の中で省エネルギーに関係ある合成粘着樹脂は次の様なものがある。

ー積層プラスチックの小片

ー本の背表紙接着に使われる APP (ポリプロピレンのアタクティックポリマー)

ー粘着テープについている接着剤

ー合成ゴム系インクベヒクルや、ノットや混紡糸片などの結束繊維

これらの接着剤は生産の損失と生産効率の低下を引き起こすだけでなく、ユーザに不便を掛けることになる。接着剤が混入すると製品ロール内部で紙がくっついてしまう為、ロールを切断したカット紙製品は、ユーザが使用すると破れることになる。

2) 結束繊維の樹脂分

結束繊維、ノットなどの未離解片があると蒸発乾燥時に障害として現れる。結束繊維やノットは紙から盛り上がり、プレスロールで簡単にはプレス出来ない。このため結束線などの周囲の水分は除去されず、含水率が高くなる。その部分の蒸発乾燥は他の部分ほど進まず、またその部分まで乾燥させると他の部分は乾燥し過ぎることになる。

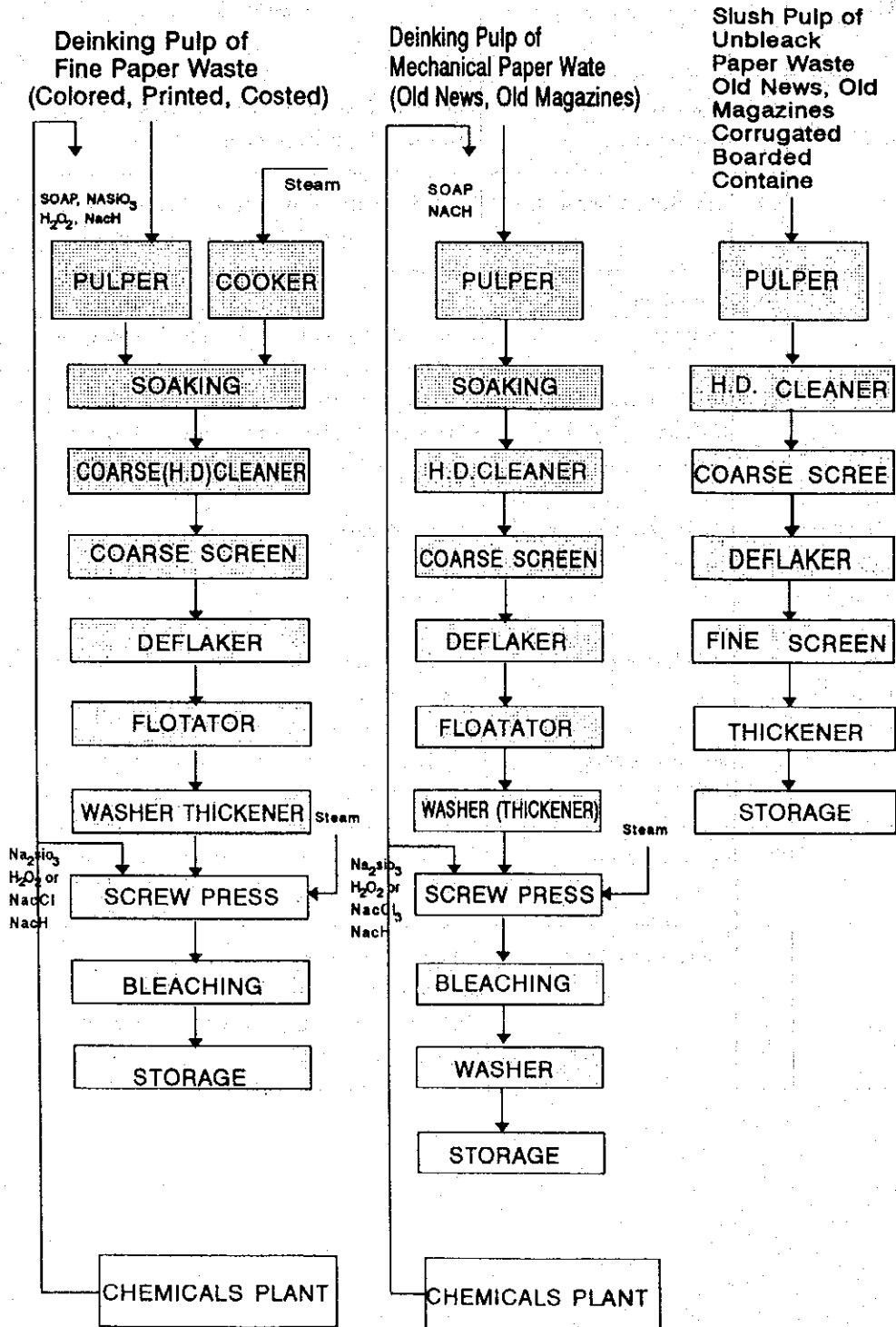
Table 8.2.6 The List of Japanese Standard Qualities of Waste Paper by Paper Recycling Promotion Center of Japan

STATISCAL GROUP	GRADE		CONTENTS
	NO.		
A. FINE PAPER WHITE SHAVINGS WHITE CARDS	1.	White shavings	Shavings and Sheets of White Unprinted Woodfree paper come from bookbrinderies, printers and sheeting Coverteries.
	2.	Cream shavings	Shavings and sheets of cream colored unprinted woodfree paper, come from book - binderies, pimters and sheeting converteries.
	3.	Ruled lines shavings	Shavings and sheets of white or cream colored woodfree paper, having red or blue ruling or register mark, come from bookbinderies, printeries and sheeting converteries.
	4.	Cards	Used tabulating cards made in domestic or imported.
B. WHITE WOODY SHAVINGS WHITE MANILA	5.	High grade white Wood-containing shavings	Shavings and sheets of white unprinted high grade wood-containing paper come from book-binderies printers and sheeting converteries.
	6.	White wood-containing shavings	Shavings and sheets of white unprinted wood-containing paper, come from bookbinderies, printers and sheeting converteries.
	7.	White manila	Cuttings and sheets of uncolored and incoloved manila board come from carton markers

STATISCAL GROUP	GRADE		CONTENIS
	NO.		
C. FINE PAPER PRINTED	8.	Printed woodfree	White Woodfree paper, black printed, Computer Printout.
	9.	Color printed Woodfree	White woodfree paper, printed with various colors, including coated papers.
	10.	Woodfree shavings including some color printed	Shavings of white uncoated and coated woodfree paper, including some color printed, come from bookbinderies and printers.
	11.	White Coated shavings	Shavings and sheets of unprinted coated paper, woodfree come from bookbinderies and printers.
D. QUIRES, WOODY PAPER PRINTED	12.	High grade color printed wood- Containing shavings	Shavings of high grade wood-containing white paper, printed with various colors, come from book binderies and printers.
	13.	Color printed wood- containing shavings	Shavings of white wood-containing paper, printed with various colurs, come from - binderies and printers.
	14.	High grade wood- Containing waste	Sheets of high grade wood-containing paper, come from bookbinderies and printers.
	15.	Colored Manila	Cutting of Manila board, printed with various colors, come from carton makers.
E. OLD NEWS	16.	News	Old news.
F. OLD MAGAGIZINES	17.	Magazines	Old magazines

STATISCAL GROUP	GRADE		CONTENTS
	NO.		
G. KRAFT BROWNS	18.	New brown kraft Cuttings	Cutting of unprinted brown kraft paper, come from kraft paper sack factories.
	19.	Unprinted brown kraft	Waste sheets of unprinted brown kraft paper, come from kraft paper sack factories
	20.	Used brown kraft sacks	Brown kraft sacks, used for cements, chemicals, fertilizers, foods and others.
	21.	Kraft lined Corrugated Waste	New kraft corrugated Cuttings, old kraft Corrugated containers, mainly imported.
H. OLD CORRUGATED CONTAINERS	22.	Corrugated Container waste	Old Corrugated Containers.
I. BOX BOARD CUTTINGS	23.	Mill wrapper	Wrapping paper, used for news print rolls and other rolls.
	24.	White paperboard cuttings	Cuttings of white paperboard, come from carton box makers.
	25.	Chipboard Cuttings	Cuttings of chipboard and colored chipboard, come from carton box makers.
	26.	Carton box Waste	Cuttings of straw board come from carton box makers, and used carton boxes of white paperboard, chipboard, colored chipboard.

Figure 8.2.11 Waste Paper Pulping Flow Sheet



b. ろ水度管理

パルプのろ水度は紙品質を決める要素である。ろ水度とはパルプの飽和の程度（未飽和度）を示す特性である。ろ水度が高いと飽和度は低くなる。ろ水度はパルプのリファイニングの程度によって変化する。パルプ化工程では電気によってパルプ繊維をころ解し、フィブリル化する。リファイニング過程でパルプがファイン化すればするほど、ろ水度の値は低くなる。パルプのリファイニングを必要以上に行うと、電気エネルギーの無駄が発生する場合もある。このためリファイニング工程においては、電力消費量を削減できるようにパルプのリファイニングを適正なレベルで実施することと、製品の品質とに重点をおかなければならない。紙の成形と強度も、ろ水度によって管理する。ろ水度はリファイナで管理するが、リファイナは大量の電力を消費する。その量はパルプと紙の一貫工場の総電力の20%を占める。

ダブルディスクリファイナの場合、リファイニングに使うエネルギー消費は一般に次のように考えられる。

BNKP： 100 kWh／パルプ1トン／100 cc

BLKP： 50 kWh／パルプ1トン／100 cc

この違いは、工場の位置、リファイナの製造メーカ、その機種による差である。工場ではリファイニングによる単位製品重量当たりの電力消費を減らしつつパルプ品質を維持できるように努めなければならない。当工場では、ろ水度と紙品質は表8.2.7に示す通りである。

特筆すべきことは抄紙機チェスト内ではパルプのろ水度は非常に低くなっている。一般的に、新聞紙製造におけるろ水度は380～400 cc (csf)、筆記・印刷用紙では450～800 cc (csf) である。テスト用紙の場合、ろ水度が低いのに関わらず密度は非常に低い。この理由は、湿紙の碎けがあるので圧力を上げられないことと考えられる。

ろ水度と紙強度の関係を図8.2.12に示す。しかし、表8.2.7のテスト用紙と筆記・印刷用紙を比較すると、矛盾する事実が見られる。

Table 8.2.7 Freeness and Paper Quality

Paper Grade pulp Condition	Test Paper	Writing & Printing
Waste Paper Defiberated Freeness	(News paper) 495 cc	(Writing & printing shaving) 565 cc
Machine Chest Pulp Refined Freeness	200 cc	350-370 cc
Finishes Paper Defiberated Freeness	345 cc	470 cc
<u>Paper quality</u>		
Basis (g/m ²)	60	70
Thickness (mm)	0.17	0.11
Density	0.35	0.64
Tensile Strength C.D (kg) M.D	-	3.4
	-	5.0
Tearing Strength C.D (g) M.D	12	16
	8	8
Permeability (soc)	15	3

Figure 8.2.12 Freeness and Paper Characteristics

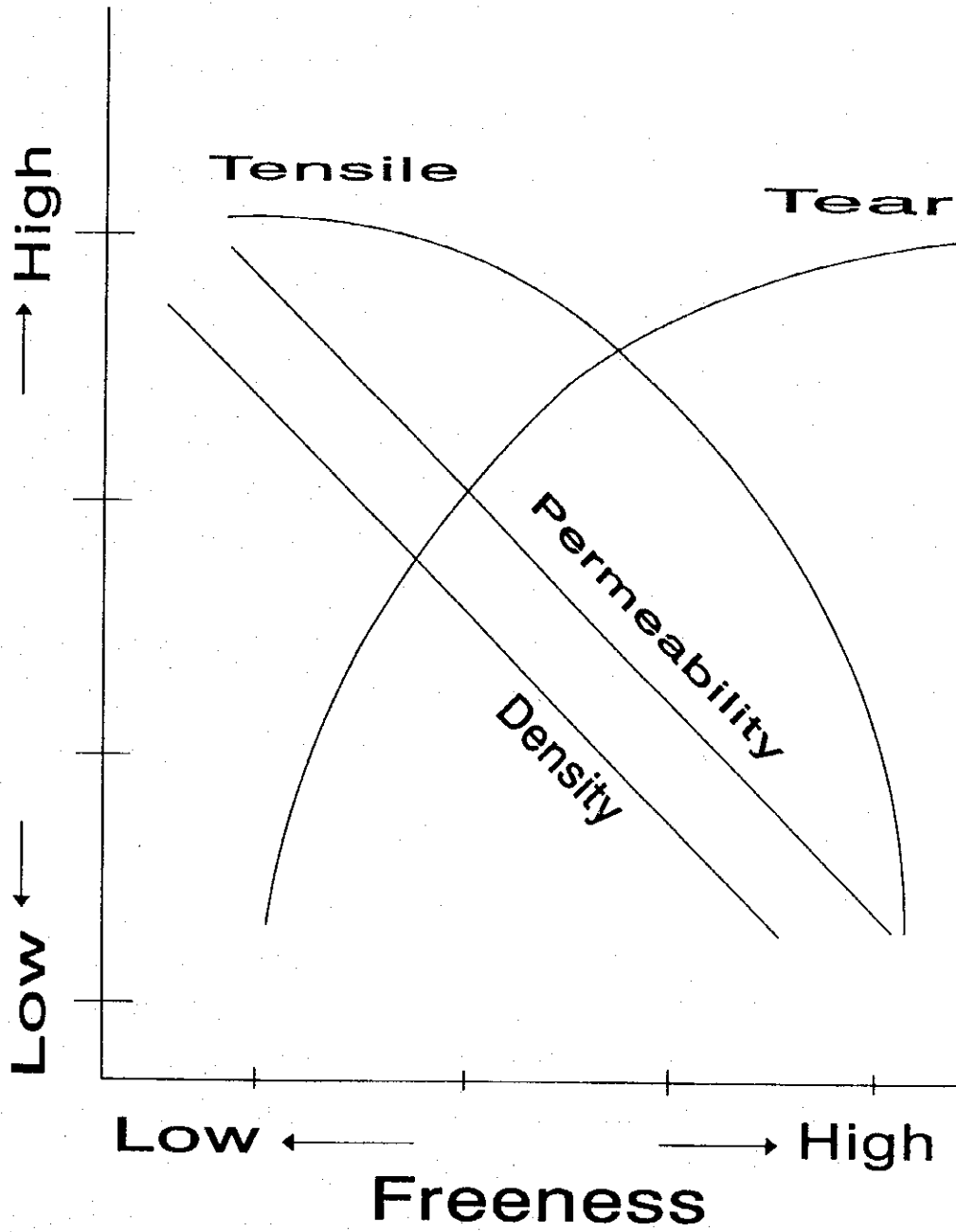


表8.2.7と図8.2.12についてコメントを以下に述べる。

1. この表では緊度と透気性の関係は維持されていない。もちろん品質はグレード、パルプ種類によって差がでる。
2. このテスト用紙は学校での試験筆記用であるにも関わらず特に厚くできている。

通常は学校の試験筆記紙は、書きやすく、消しゴムで擦っても表面の曇立ち（けばたち）に耐えられるように強度を持たせる。したがって、ろ水度を低くする傾向があるが、このテスト用紙は余りにも低く造られている。パルプろ水度が低過ぎると、次の状態が発生する。

- 1) 電気エネルギーが多く消費される。
- 2) 緊度が高くなりすぎる。
- 3) 透気性も高くなりすぎる。

しかし表8.2.7では、筆記・印刷用紙と比較すると緊度は非常に低く、透気性は高くなっている。テスト用紙と筆記・印刷用紙を比べると、両者は異なったパルプを使用し、初段ろ水度、仕上げろ水度なども異なる。その為両者をまとめて述べることはできないにせよ、パルプろ水度が低過ぎると言える。

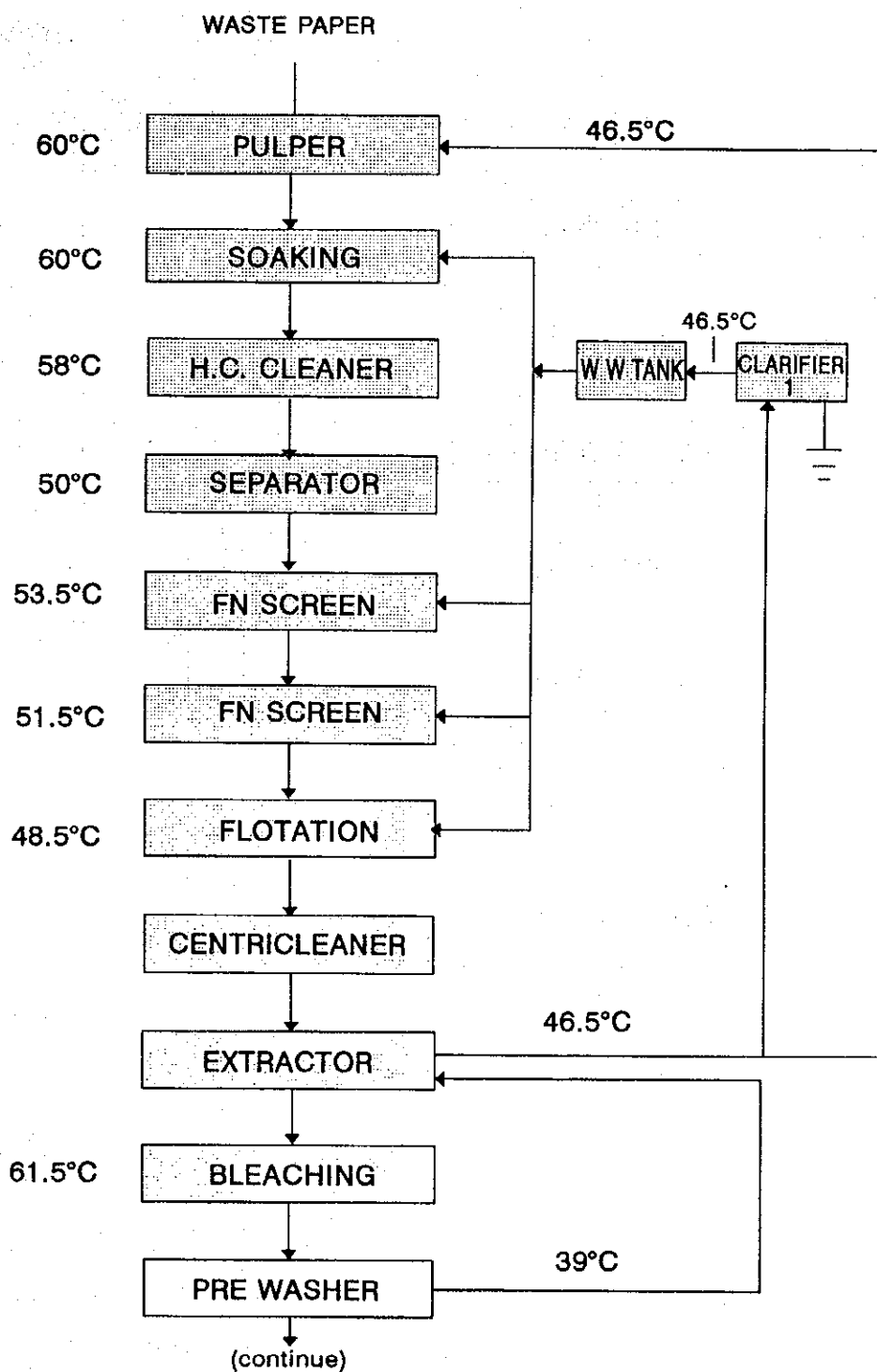
ここで再び、ろ水度と紙強度の関係をみると、テスト用紙と印刷筆記用紙はパルプの種類や最初の段階のフリーネスと最終段階フリーネス等が異なる。フリーネスと紙強度の関係はもう一度見直すべきである。フリーネスコントロール用のリファイニングのエネルギー消費は概して非常に大きい。

8.2.3.3 白水の循環

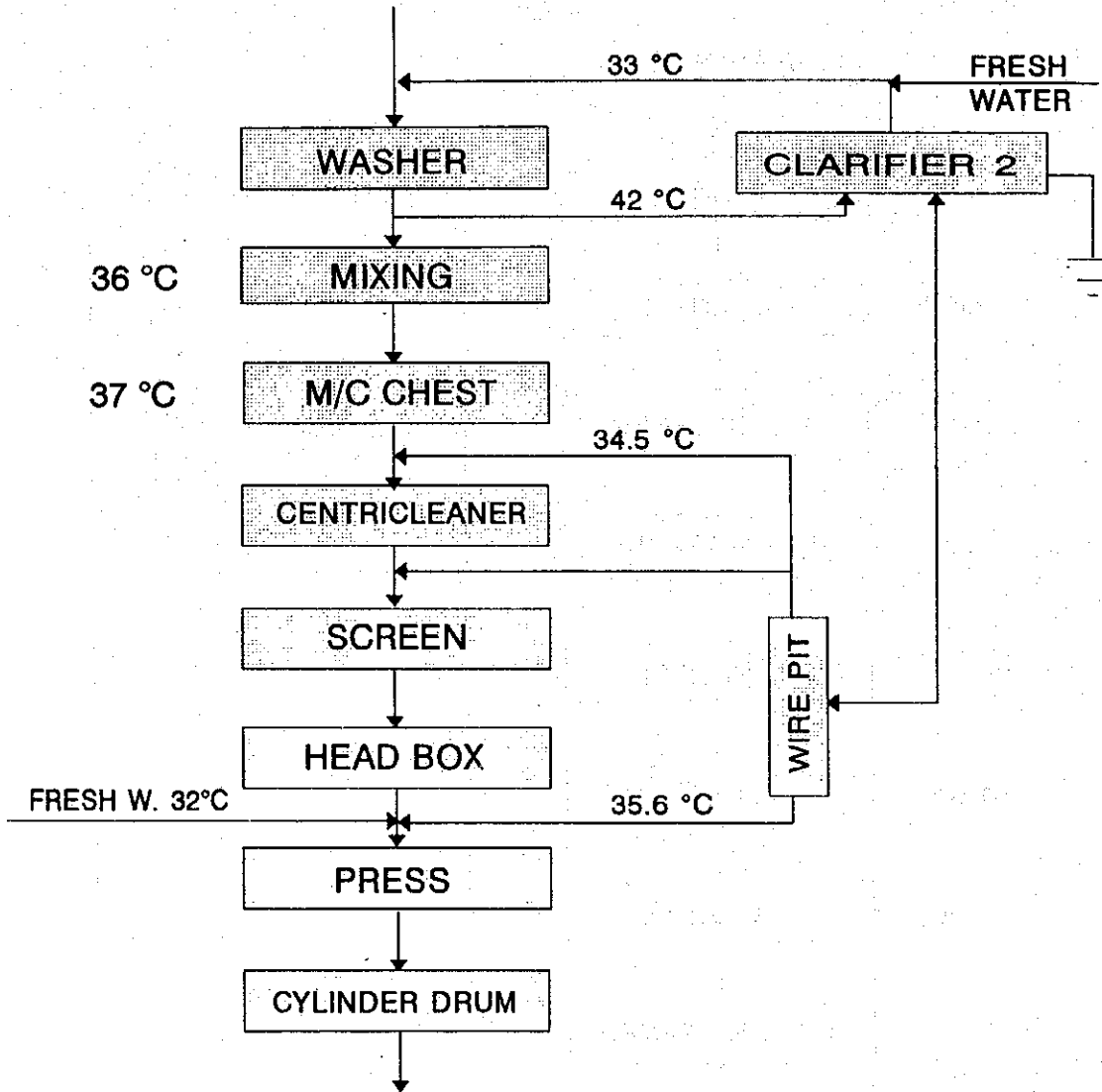
製紙プラントで使う水の量はエネルギー消費と環境汚染に大きな影響を持つ。新水の使用量を減らし白水の循環を増やすことは、排水の量を減らすことである。これによって排水処理施設の負担も軽減できる。さらに、白水循環率を高める事により、パルプ温度を上げることでシート成形とプレス工程の脱水効率を向上させることが出来る。したがってシステム温度を上げることによりドライヤの蒸気消費量と白水のエネルギー損失を削減出来る。

図8.2.13にバルパーから第6抄紙機のプレス部までの処理温度の測定値を示す。漂白時のパルプ温度は約62℃であるが、洗浄機では約42℃である。これは温度33℃の新水を大量に使っているからである。

Figure 8.2.13 PM #6 Process Temperature



(continue)



8.2.3.4 抄紙工程

(1) プレス部のライン圧力の改善

1. プレス部を通過するウェットシートの含水率を1%削減できれば、ドライヤの蒸気量は4~5%削減できる。仕上げ紙の含水率は7%であり、ドライヤ入口におけるウェットシート含水率は61%である時、ウェットシート含水率を1%減らして60%にできれば、水分蒸発量(WE)は紙1kgにつき以下のようになる。

$$\text{ウェットシート含水率61\% WE } 61 = (61 - 7) / 39 = 54 / 39 = 1.3844 \text{ kg}$$

$$\text{ウェットシート含水率60\% WE } 60 = (60 - 7) / 40 = 53 / 40 = 1.325 \text{ kg}$$

(1.384 - 1.325) / 1.384 = 約0.043なので、脱水率を下げると蒸気消費量は約4.3%減る。

2. フラットライン圧

プレスロールはクラウン(ロール中央部の中高)が適正でなければならない。ロールは両側からの圧力で曲がり、ニップ(ロール接触面)が両側で大きくなる。

(2) ドライヤシリンダ工程

調査時間に制限があったため、調査チームは第6抄紙機のみを検査した。第6抄紙機のドライヤシリンダは5つのグループに分かれている。各グループの蒸気圧を図8.2.14に示す。

図8.2.16から図8.2.18にはドライヤ図を示す。

放射温度計による第6抄紙機ドライヤシリンダ温度の測定結果を表8.2.8と図8.2.19~8.2.22に示す。測定点は操作側(F)、駆動側(B)、中央側3箇所(f, M, R)の5つある。蒸気入口パイプ表面と復水出口パイプ表面も放射温度計で測定した。放射温度計の放射値を接触式温度計によって調節した。図8.2-15には3箇所の測定点の詳細を示す。

Table 8.2.8 Results of Surface Temperature of Dryer Drum Inlet Steam and Outlet Surface Temp. of Condensate

Top Drum.

Drum No.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
F	58	65	100	87	101	105	103	103	99	103	101	89	103	103	95	101	111	82	109
f	56	64	87	70	98	87	91	93	90	91	97	90	100	102	80	95	93	78	90
M	54	60	85	62	83	95	86	80	88	93	90	91	93	85	66	65	96	79	101
R	50	-	-	-	100	87	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	50	57	83	60	100	100	90	93	95	90	93	92	93	98	83	97	95	79	90
inlet	102	103	104	105	104	98	110	108	111	109	112	117	111	111	115	113	126	116	123
outlet	100	92	100	98	102	97	107	97	101	104	108	103	105	108	108	105	111	111	98

Bottom Drum																			
Drum No.	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37
F	51	55	40	51	87	94	106	104	107	105	105	104	107	106	99	97	113	113	115
f	48	51	47	61	95	85	97	95	101	95	98	95	99	110	98	83	100	97	90
M	47	49	51	55	96	105	90	97	97	83	93	92	97	97	67	79	90	94	92
R	44	47	45	50	92	87	86	96	95	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	49	51	48	49	90	100	95	93	102	85	100	85	86	85	103	83	95	100	97
st. in	100	104	52	91	95	105	110	96	117	113	112	110	112	113	113	115	125	123	120
Dr. out	93	102	48	83	91	99	107	93	108	103	109	106	110	108	106	109	120	114	116
Remark.	Drum No. 24 Steam leak No 5 Valve close.																		

Figure 8.2.14 No. 6 M/C Dryer Cylinder Side View

Top						
Bottom						
Steam Pressure	0.5 Kg/cm ²		0.66 kg/cm ²		1.55 kg/cm ²	
Group of Drum	1 st Group No. 1-3		2 rd Group No. 4-10		3 rd Group No. 11-28	
			4 th Group No. 29-32		5 th Group No. 33-38	

Figure 8.2.15 Measuring Points of Dryer Drum

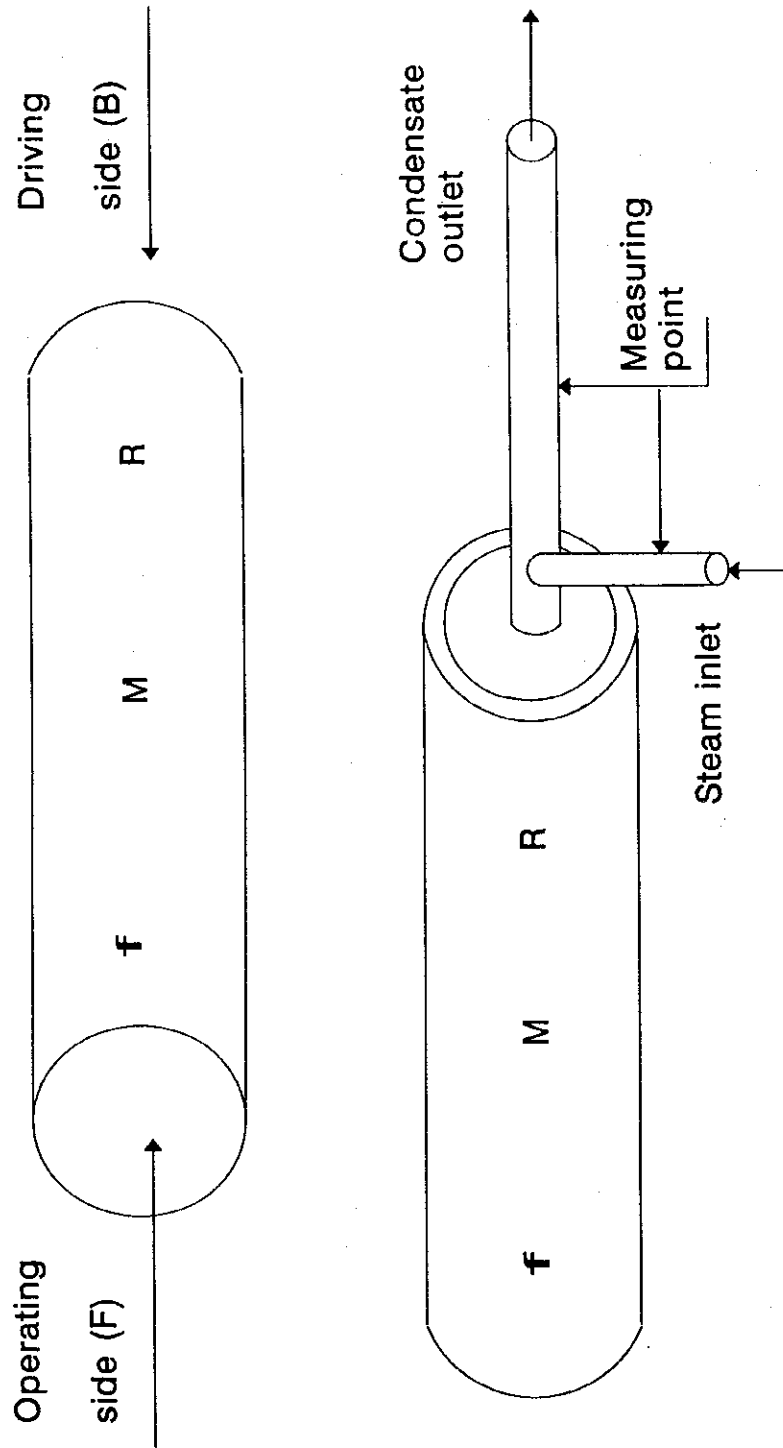


Figure 8.2.16 No. 6 Paper Machine Side View

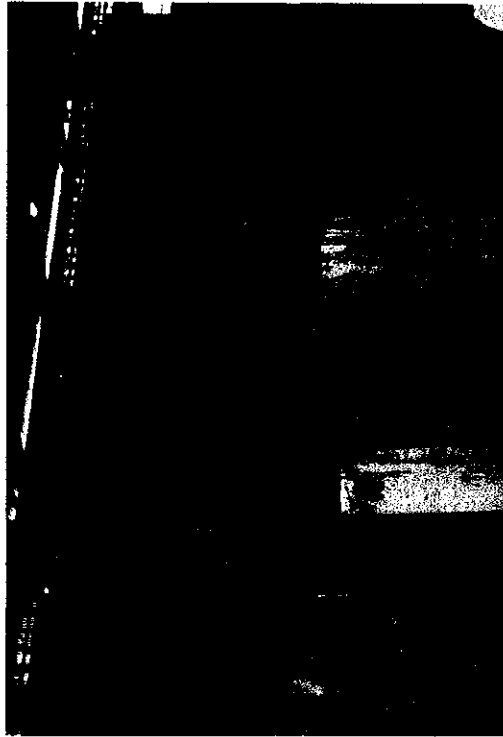


Figure 8.2.17 No. 6 Paper Machine Side View

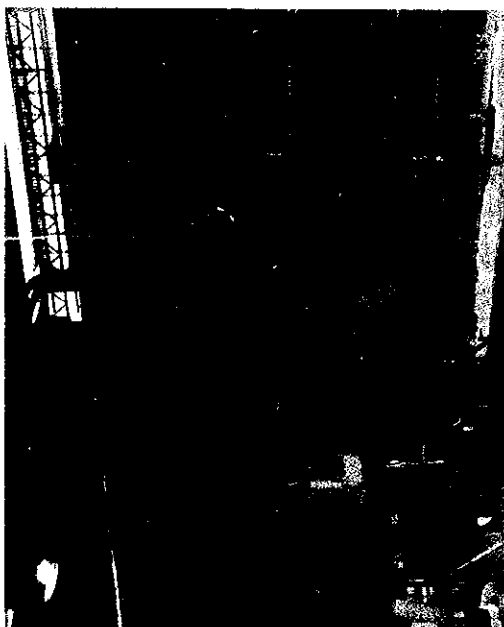
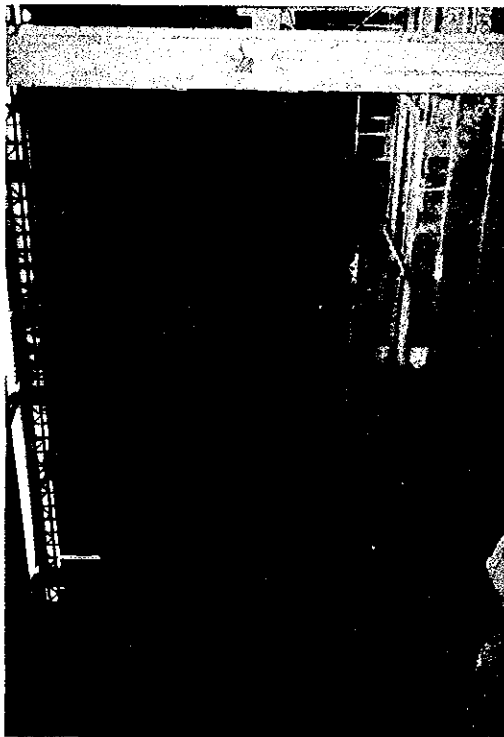


Figure 8.2.18 No. 6 Paper Machine Side View

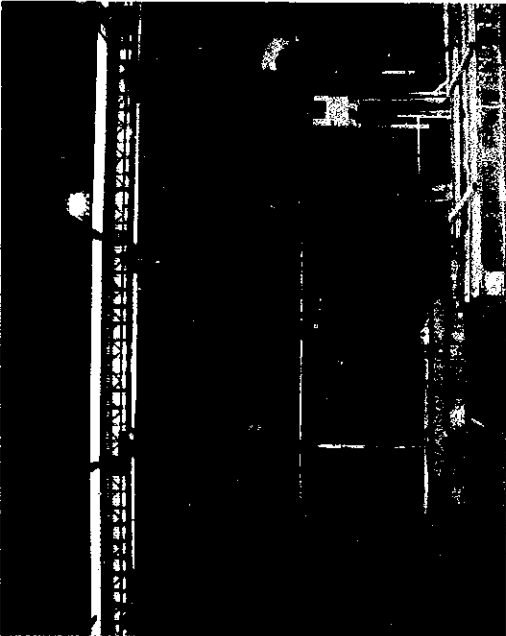
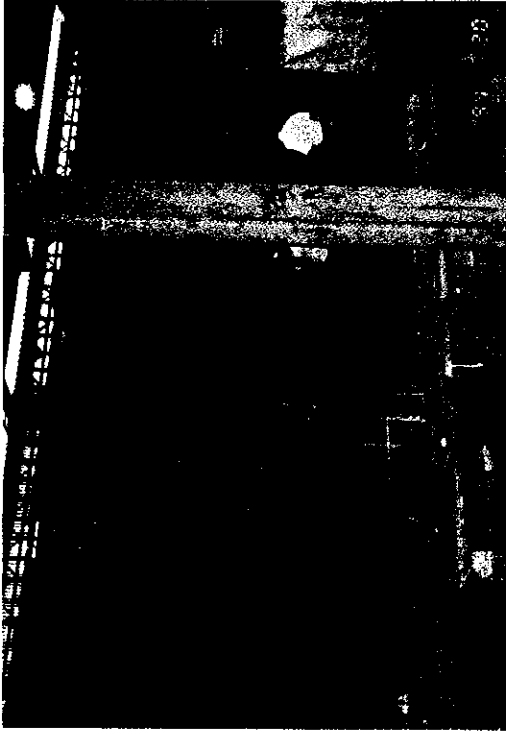


Figure 8.2.19 Disk Temp of Dryer

(OPERAT & DRIVE SIDE)

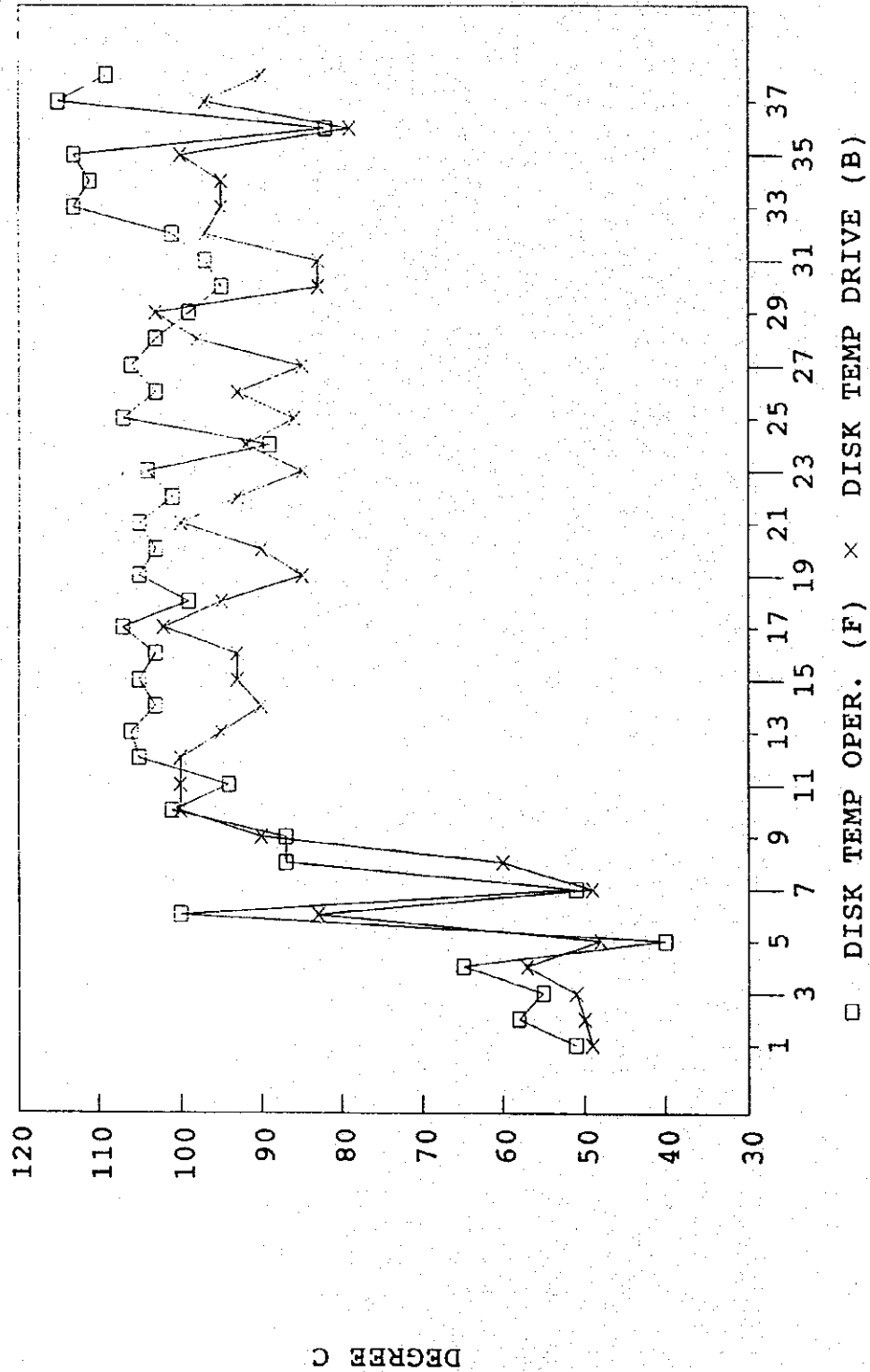
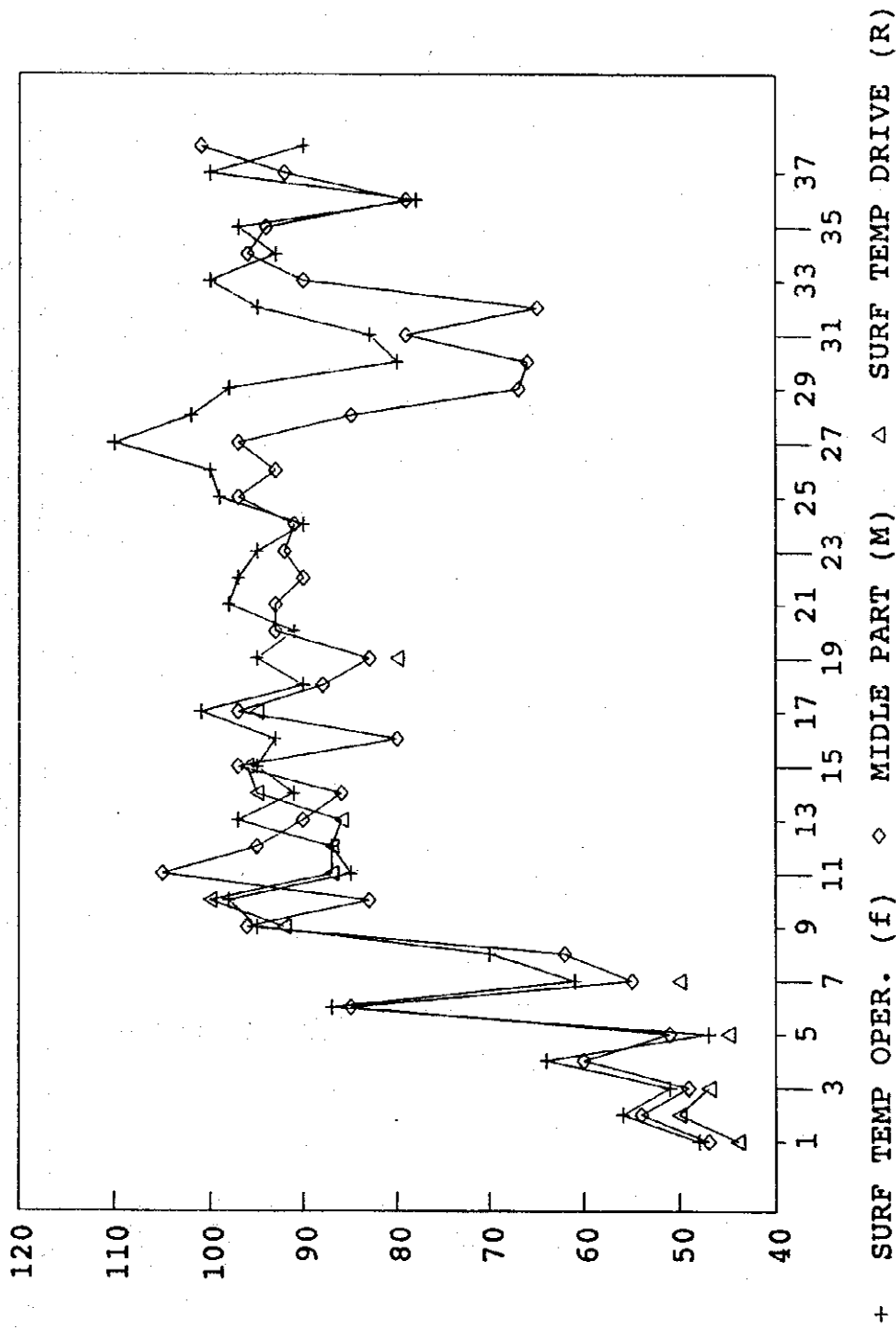


Figure 8.2.20 Dryer Surface Temperature
(SURFACE OF DRYER AT MIDDLE PART)



DEGREE C

Figure 8.2.21 Steam Inlet & Outlet
(OPERAT & DRIVE SIDE)

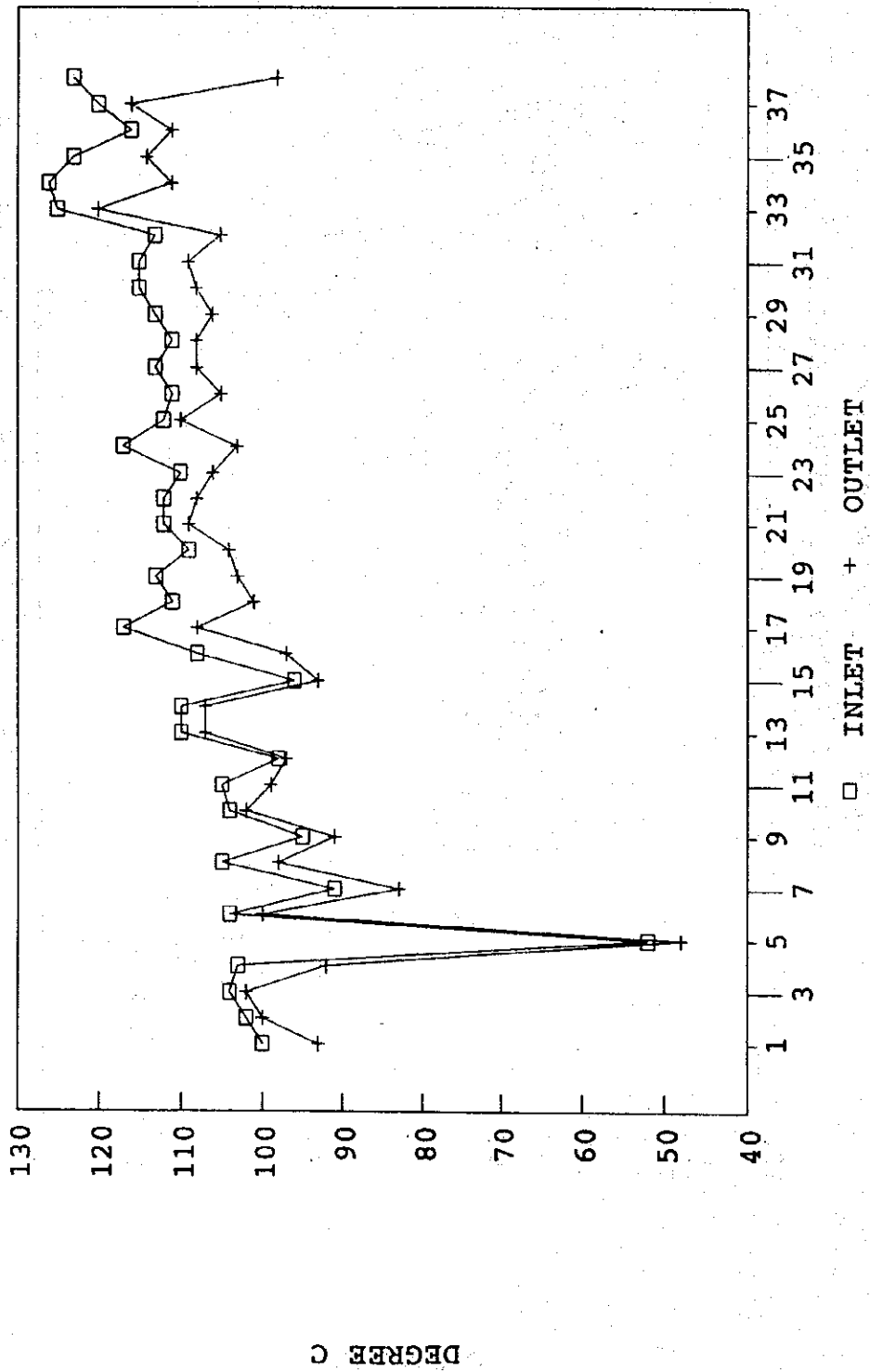
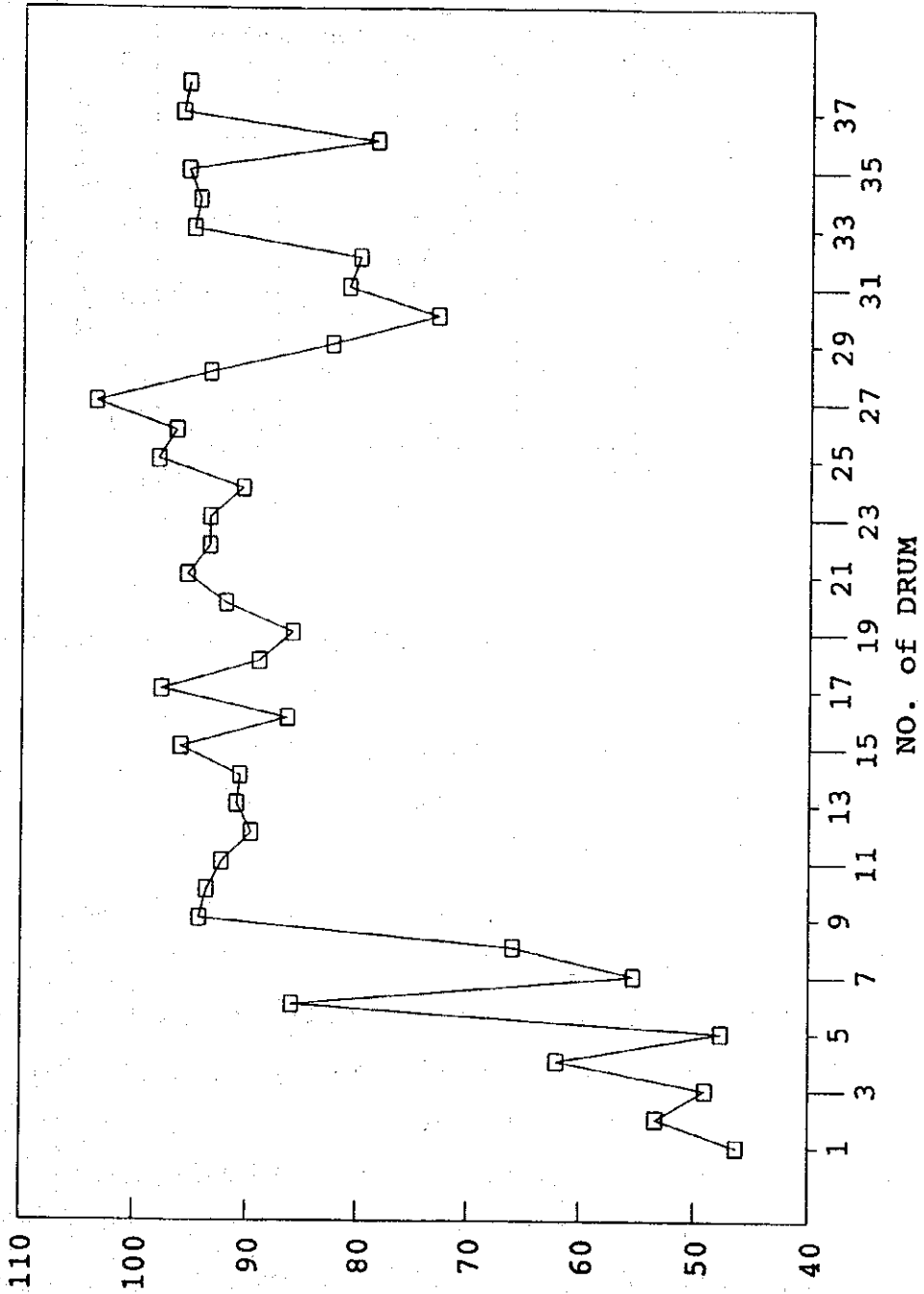


Figure 8.2.22 Average Dryer Surf. Temp.

(SURFACE OF DRYER AT MIDDLE PART)



DEGREE C

Figure 8.2.23 Wet Sheet Moisture & Cylinder Surface Temp.

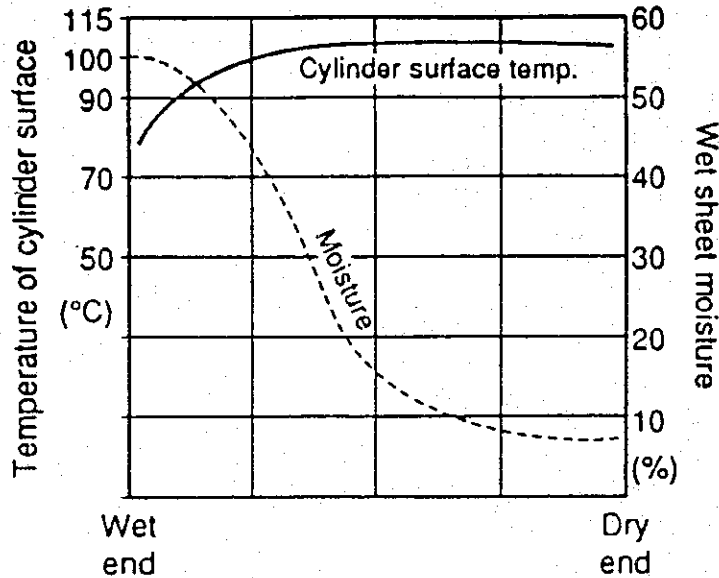


表8.2.8の測定データを見ると、表面の温度損失が異常に多いドライヤシリンダを以下に示す。

- 第5シリンダ 表面温度の損失は蒸気バルブが閉まっているため。
- 第7シリンダ シリンダへの蒸気供給が不足しているため。
- 第24シリンダ 蒸気漏れのため。

測定データからドライヤシリンダの平均表面温度を計算した結果を図8.2.22に示す。ドライヤシリンダと紙との接触が均一でなく、したがって熱伝達も均一でないことが明確である。たとえば第5～第9シリンダでは温度は一度下降してから上昇し、第24シリンダで再び下がる。第29～第33シリンダでも一度下降してから上昇し、最終シリンダ付近で乾燥する。シリンダ表面温度の特性から見ると、ドライヤシリンダの熱伝達の状態は依然として不適當である。ドライヤシリンダから紙への正しい熱伝達の特性は図8.2.23のようになるはずである。つまりスタート温度から始まってドライエンドまで常に温度が一定で下がらず、次に再び上昇するのが普通である。温度が上昇して最高点に達したら、それをずっと維持し、最後にドライエンドで少し下がる。この過程で含水率は開始点の値から最終点であるドライエンドまで減り続け、そこで少し上昇する。適正な含水率は約6%であるが、第6抄紙機で製造した紙では、ドライエンドで1.5～1.6%しかない。含水率が低過ぎると紙の品質と引裂強度に影響が現れる。乾燥度が高過ぎると乾燥中に紙切が起こり易くなる。さらに製品重量にも影響があるので、販売高が減り、工場の利益に直接響く。

提言内容は、図8.2.23にある加熱特性の管理などのように、判明した欠点を是正することである。方法を次に説明する。

第5～第9ドライヤシリンダは温度が下降せず、連続的に上昇するよう改善しなければならない。

第29～第32ドライヤシリンダによる加熱状態を改善し、温度を一定に保てるようにしなければならない。温度を連続的に上昇させられないような蒸気供給状態が再発してはならない。

第33～第38ドライヤシリンダでの加熱については、蒸気供給を少し減らし、最終部分のドライヤシリンダの温度も少し下げなければならない。サイズプレスを使用しない場合は、その部分の加熱は不要である。

以上の改善を実施するには、検査、測定を行い、蒸気量計と紙の含水計を設置する必要がある。

(3) ドライヤ性能

ドライヤの性能は1時間当たり、乾燥面積1m²当たりの水分蒸発量(g/m²・h)で表す。調査では、その計算結果を標準値である160kg/m²・d=6.7kg/m²・hと比較する。

a. 測定データ

加熱シリンダ一寸法：直径=1.5m，面長=4m

シリンダ数：38

速度：200m/min

乾燥前の含水率：60.92%

乾燥後の含水率：1.63%

生産量：2.6ton/h

(60g/m²×3.614m×200m/分×60分/10³h)(ton/h)

b. 水分蒸発量

絶乾紙重量 = 2.6×0.9837=2.55762ton/h

ドライエンド含水量 = 2.6-2.55762=0.04238ton/h

ウェットエンド含水量 = (2.55762/39.08)×100×0.6092=3.986952ton/h

したがって、

水分の蒸発量 = 3.986952 - 0.04238
 = 3.944572 ton/h
 = 3,944.572 kg/h
 = 3,944,572 g/h
 = 3.94 ton/h \approx 94.56 ton/日

水分蒸発量は3.94 ton/hである。

外気の相対湿度と排気の流速および湿度を比較してダブルチェックする。外気と第6抄紙機の排気を測定したデータをそれぞれ表8.2.9と表8.2.10に示す。

Table 8.2.9 Result of Average Measuring Data of Fresh Air

Location of measuring	Operation Side				Driving Side			
	Wet bulb temp. °C	Dry bulb temp. °C	%RH	Absolute humidity kg/kg drying	Wet bulb temp. °C	Dry bulb temp. °C	%RH	Absolute humidity kg/kg drying
Group 1 (No.1-No.3) Amb. temp 34°C	32	38.5	60.4	0.028	31.5	34.5	92	0.033
Group 1 (No.4-No.10) Amb. temp. 34°C	34	39	73	0.033	31	36.5	68	0.027
	35	41.5	65	0.033	34.5	38.5	77	0.033
Group 3 (No.11-No.28) Amb. temp 35°C	30.5	41	47	0.023	34.5	42	62	0.032
	39	49	50	0.049	37	45	60	0.043
	35.5	48.5	44	0.032	37	43	68	0.049
Group 4 (No.31-No.38) Amb. temp. 34.5°C	31.5	38	62	0.035	33	40.5	59	0.029
	31.5	38	62	0.035	33.5	40.5	61	0.03
Average	33.63	41.69	57.9	0.03	34	35.25	68.38	0.03

外気のア平均相対湿度(%)=63.14%

乾球のア平均温度 = 38.47°C (101.25°F)

平均絶対湿度 = 190 grain/lb air = 乾燥空気 1 kg 当たり水分 0.03 kg

Table 8.2.10 Result of Measuring Data of Exhaust

No. of Duct.	1	2	3
Cross Section Area	1.18 m ²	1.26 m ²	0.82 m ²
Exhaust Air velocity	1.01 m/s	12.2 m/s	10.7 m/s
Flow of Exhaust Air	714 m ³ /min	919.25 m ³ /min	526 m ³ /min
	608.18 Nm ³ /min	781.79 Nm ³ /min	447.1 Nm ³ /min
	729.82 kg Air/min	938.15 kg Air/min	536.52 kg Air/min
Humidity (%RH)	79%	64%	45%
Absolute Humidity	0.065 <u>kg moisture</u> kg dry air	0.049 <u>kg moisture</u> kg dry air	0.038 <u>kg moisture</u> kg dry air
Temperature (Dry bulb)	47.5 °C	48 °C	48 °C
Moisture Evaporated	0.065 - 0.03 =0.035 <u>kg moisture</u> kg dry air	0.049-0.03 = 0.017 <u>kgm</u> kg air	0.038-0.03 0.008 <u>kgm</u> kg air
	1533 kgm/hr	1069.5 kgm/hr	257.52 kgm/hr

排気中に含まれる蒸発水分の総流量 = 1533 + 1069.5 + 257.52 kg/h
 = 2,860 kg/h = 2.86 ton/h

蒸発水分 (3.94 ton/h) と比較すると、水分の差 (3.94 - 2.86 ton/h = 1.8 ton/h) は抄紙機の回りに拡散したと考えられます。抄紙機のフードの側壁は不完全である。

c. 加熱ドラム表面積

$$\begin{aligned} \text{シリンダー 1 本当たりの加熱表面積} &= \text{直径 (D)} \times 3.14 \times \text{長さ} = 3.14 \times 1.5 \times 4 \\ &= 18.857 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{シリンダー全加熱面積} = 18.857 \text{ m}^2 \times 38 = 716.566 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{加熱面積当り蒸発量} &= 94.56 \text{ ton/日} \div 716.566 \text{ m}^2 \\ &= 0.132 \text{ ton/m}^2 \cdot \text{日} = 132 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日} \end{aligned}$$

設計時に標準蒸発量は印刷・筆記用の場合、大凡160 kg/m²・日である。これと比較すると、ワイヤーパートやプレスパート等が能力不足のため追従出来ないか、故意に生産を

落ち事情があるかも知れない。現状の運転方法では、

$$94.56 \text{ ton/日} \div 160 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日} = 591 \text{ /m}^2$$

の加熱面積で十分乾燥出来る。

マシンは、次の本数のシリンダーは使用を停止してもよいことになる。

$$(716.566 \text{ m}^2 - 591 \text{ m}^2) \div 18.86 \text{ m}^2 = 6.6$$

6～7本のシリンダー停止は省エネルギーになる。

以下の対策により、ドライヤの水分蒸発量を増大させなければならない。

蒸 発	改善対策	目 的
伝熱性	ドライヤ表面の掃除 シリンダからドレンと非 凝結気体を抜く。	ドクタを活用し、付着異物を除去する。 (1) ドレンサイフォンを活用する。 (2) ドレンと空気の熱伝導率は铸铁より劣る。
不均一乾燥	圧力管理 温度管理 BM計の設置	圧力管理（各部とヘッダの圧力検出） 温度管理（センサによる表面温度検出） 紙の含水率、重量、厚さなどの測定と管理
換気	ドライヤ内の空気フロー ラインの調整 熱抵抗を減らし、分散を 高める ベンチレーションポッケ ットをなくす	フード形状の修正 空気温度を上げて分散を高める。 湿度を下げ、速度を上げる。 横方向のドライヤ送風が均一になるよ うにする

d. 排気と換気の制御

ドライヤでの水分蒸発量と排気量の関係について述べる。抄紙機ドライヤフード内の蒸発量（体積）は次の式に示すように、製紙量とドライヤ入口／出口での含水率から計算する。

$$E = P \times W_1 - W_2 / (100 - W_1)$$

ここでEは単位時間当たりの蒸発量 (ks/h)

Pは単位時間当たりの紙製造量 (Vs/h)

W₁はドライヤ入口でのウェットエンド含水率 (%)

W₂はドライヤ出口でのウェットエンド含水率 (%)

排気ファンの風量は内部フードの due point で制御する。排気量は次に示す露点と水分蒸発量の式から計算する。

$$G = E / (X_2 - X_1)$$

ここでGは排気量 (kg/h)

X_1 はフードに供給する外気の絶対湿度 (kg/kg)

X_2 はフード出口の due point (露点) での絶対湿度 (kg/kg)

X_2 は運転条件によって変化することが出来る。排気量Gは露点を高くすることによって定量を小さくすることが出来る。due point をできるだけ高くする事によって、

- (1) 電力コストが減少する。
- (2) 単位生産量当たりの蒸気消費量が低減する。
- (3) 紙の含水率のばらつきが低減する。

(4) ドライヤ換気

a. 外気

ドライヤフードのベンチレーション用の空気は湿紙から蒸発した蒸気を系外に排出させる。一般に、抄紙機のドライヤは紙1 ton 当たり1.5 ton から2.0 ton の水分を蒸発させる。効率を上げるためには、ドライヤ空気量を最小に留めなければならない。紙1 ton 当たり次の量の空気量が必要である。

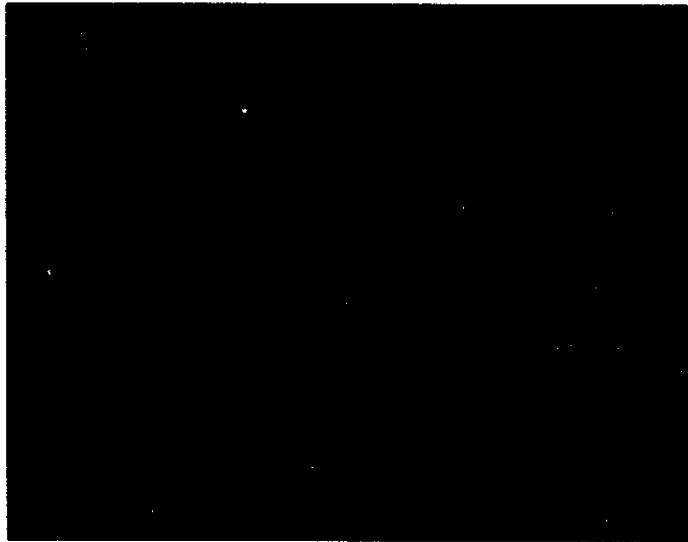
フードがないとき	75~80 ton
半閉タイプ	50~60 ton
全閉タイプ	25~30 ton

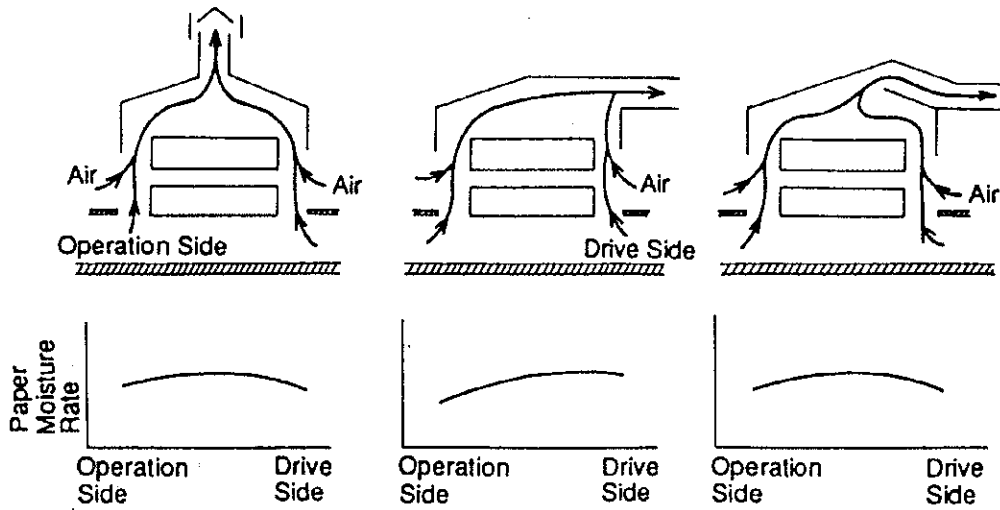
フードの改善によって次のようなメリットが生まれる。

- (1) 空気供給量と排気量を減少。
- (2) 排気ファンとダクトが小さくて済むのでファン1基当たりの電力消費が減る。
- (3) 熱損失が減り、熱効率が向上する。
- (4) 横方向の乾燥不均一性が改善される。
- (5) 製紙工場の作業環境が改善される。
- (6) 外部からの空気が吹き抜けるのを防ぐことで、換気風の乱れを防止できる。異物の混入も防ぐことが出来る。

フードの例を図8.2.24に示す。

Figure 8.2.24 Air Flow or Paper Moisture Profile in Different Hood Types





(5) ドレン装置

a. シリンダドラムの蒸気供給装置

第6抄紙機のドレン装置を図8.2.25に示す。対応するシリンダは5つのグループに分けられる。第1～第3シリンダ（3本）は一群，第4～第10シリンダ（7本）は二群，第11～第23シリンダ（18本）は三群，第24～第32シリンダ（4本）は四群，第30～第38シリンダ（6本）は五群である。蒸気圧は減圧バルブで制御する。メインストリーム圧である 5.5 kg/cm^2 （80 psi）を一群には 0.5 kg/cm^2 ，二群および三群には 0.6 kg/cm^2 ，四群及び五群には 1.55 kg/cm^2 に減圧する。抄紙機の復水は復水タンクに集められ，ボイラ室にポンプで送られる。

このような条件を考え，シリンダグループは一群，二群，三群の3つのグループに分け，その間のシリンダ率を5：11：22にする。

Figure 8.2.25 No. 6 M/C Drainage

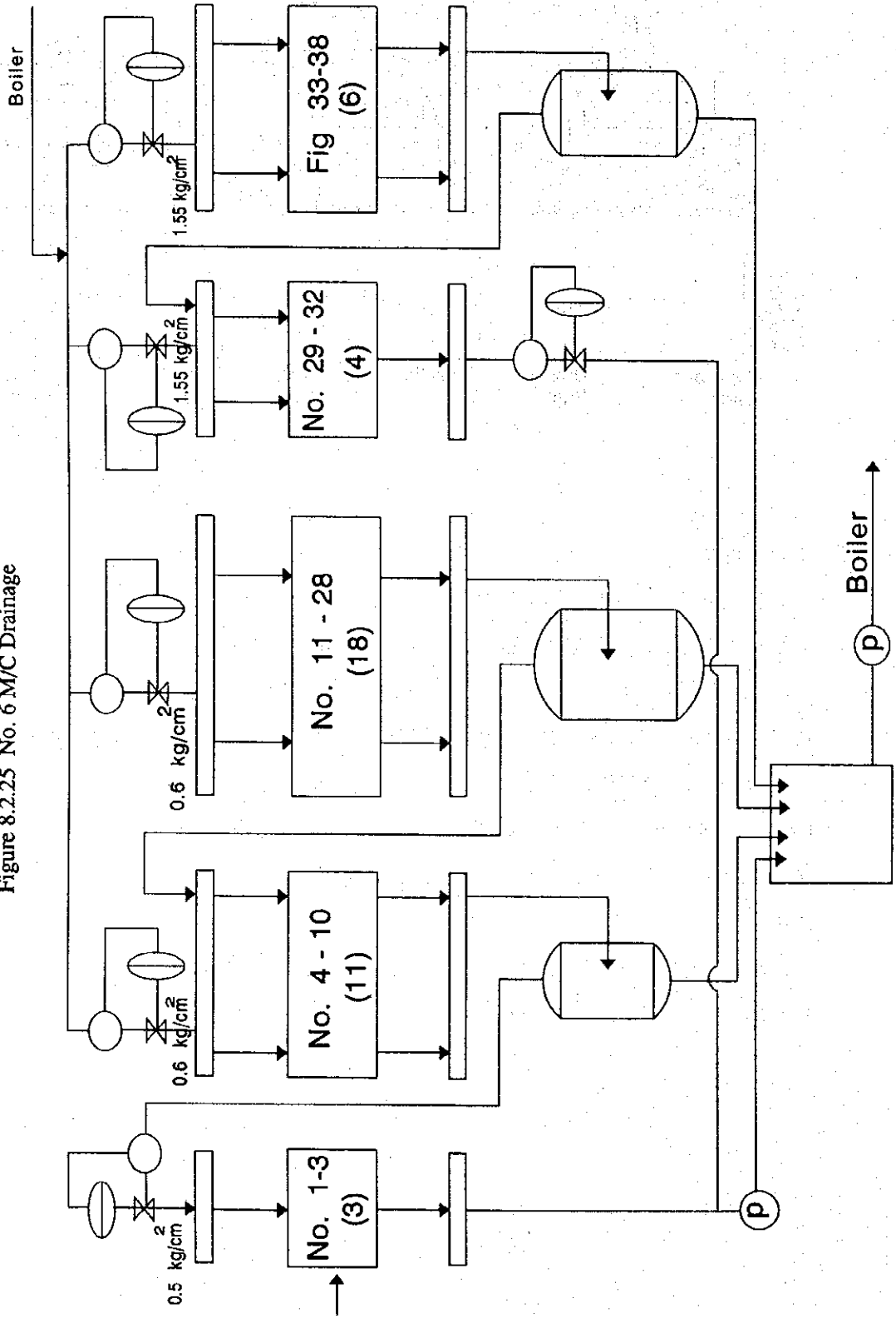
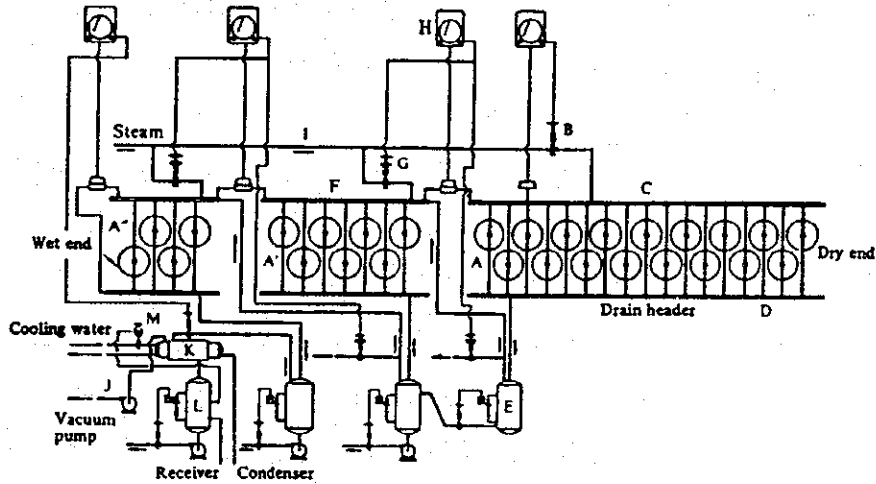


Figure 8.2.26 Typical Third Group Drainage System
(Blow Through System)



- 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-condensable gas ejection vacuum pump
- K : Condenser
- L : Receiver tank
- M : Cooling water control valve

b. 復水測定

蒸気量計がないので抄紙機の蒸気消費量を直接に測定することはできない。調査時には、空のタンクを使って復水測定を行った。復水の量は $0.1147 \text{ m}^3/\text{min} = 6.88 \text{ m}^3/\text{h}$ であった。これは蒸気消費量にして 6.88 ton/h に相当する。その日の生産量は 2.6 ton/h であった (生産量 = $(60 \text{ g}/\text{m}^2 \times 3.61 \text{ m} \times 200 \text{ m}/\text{分} \times 1,440/10^6(\text{ton}/\text{g}))$)。単位生産量当たりの蒸気消費量は、 $6.88/2.6 = 2.65 \text{ ton 蒸気}/\text{ton 生産量}$ となる。

8.2.3.5 蒸気システム

(1) 蒸気パイプ, 蒸気バルブ

ボイラ室のメイン蒸気パイプは長さ約8 m×2ラインがある。バルブは全部で9個あり、ボイラの上部に1個所と、蒸気ヘッドに8個所ある。ボイラの供給水パイプと燃料パイプの一部には断熱がなされていない。蒸気パイプやバルブは断熱しなければならない。蒸気バルブやフランジは表面積が大きいにも関わらず、1個所も断熱材で覆ってない。また、新しく設置されたパイプラインも断熱されていない。

第6抄紙機廻りのパイプの断熱は悪い。今すぐ始め、長期間かけてでも系統的にボイラから抄紙機まで順番に修理と断熱を施す必要がある。

第6抄紙機のドライヤ部廻りのパイプ蒸気圧は6.2kg/cm²Gである。フラッシュ蒸気を使用しているが、圧力レベルが不明であり、圧力計をしっかりと修理しなければならない。第6抄紙機の廻りのパイプに蒸気漏れはほとんどなかった。メイン蒸気パイプラインのグランド及びバルブに少し蒸気漏れが発見された。蒸気の色は音速とほぼ同じである。穴が開いて蒸気漏れが起こると、穴は浸食されて大きくなり、漏れる量が増える。迅速に修理しなければならない。

第2ボイラ廻りの蒸気パイプとバルブの問題点である。直径が3～6インチのバルブ9個を断熱すれば、熱損失が次の表8.2.11ように減る。

Table 8.2.11 Effect of Insulation

Equipment	Heat loss		Heat loss reduced by :
	with out insu.	with insulated	
once dia.3 inch valve	679.0 Kcal/h	135.8 Kcal/h	543.2 Kcal/h
two " 4 " "	1,753.7 "	350.8 "	1,402.9 "
two " 5 " "	2,365.3 "	473.1 "	1,892.2 "
four " 6 " "	5,945.5 "	1,189.1 "	4,756.4 "
	Total		8,594.7 Kcal/h

この8,594.7 kcal/時の熱損失は蒸気に換算して17.4 kg/h, 使用蒸気量の0.23%にあたる。表8.2.12に示すとおり, ガラス繊維断熱材で断熱を実施すれば熱損失は約20%減少し, 年間約29,240 Baht の節約になる。断熱材と取付け費は約10,978 Baht であるから, 4ヶ月半程度で償却できることになる。

Table 8.2.12 Cost of Insulation

	Side mm	Num ber	Equivalent pipe length to Valve		Temp. °C	Heat loss		Insu. thick- ness mm	Insu. +oper- ation Et/m	Total Baht	
			m	total		Watt/m	total W				
Valve O 3"	76.2	1	1.25	1.25	164	631.8	789.8	50	603	754	
" 4"	101.6	2	1.27	2.54	164	803.0	2,039.6	50	773	1,963	
" 5"	127.0	2	1.40	2.80	164	982.5	2,751.0	50	846	2,369	
" 6"	152.4	4	1.50	6.00	164	1,152.5	6,915.0	50	982	5,892	
Total							12,495.4				10,978

断熱を行わないと:

$$\begin{aligned} \text{年間の熱損失} &= 12,495.4 \times 8,400 \times 3.6 \times 10^{-6} \\ &= 377.86 \text{ Gj/y} \end{aligned}$$

ガラス繊維で断熱を行えば:

$$\text{熱損失は80\%に減少} = 302.29 \text{ Gj/y}$$

$$\text{重油に換算すると, } 302.29 / 9,627 \times 4.187 \times 0.831$$

したがって,

$$\text{エネルギー節減} \quad \text{燃料} 9,024.62 \text{ kg/y}$$

$$\text{重油価格} \quad 3.24 \text{ バーツ/kg}$$

$$\text{節約費用} \quad 29,240 \text{ バーツ/y}$$

$$\text{償却期間} \quad 10,978 / 29,240 = 0.38 \text{ y}$$

Table 8.2.13 Equivalent Pipe Length to Valve or Flange (Unit: m)

Piping Parts	1''	1.5''	2''	2.5''	3''	4''	5''	6''
Flanged Globe Valve (10 bar)	1.22	1.11	1.11	1.23	1.25	1.27	1.40	1.50
Flanged Globe Valve (20 bar)	1.21	1.20	1.28	1.50	1.56	1.58	-	1.78
Flanged Sluic Valve (10 bar)	1.15	1.31	1.22	1.16	1.31	1.20	1.27	1.35
Flanged Sluic Valve (20 bar)	1.32	1.23	1.53	-	1.63	1.50	-	1.92
Pressure Reducing Valve (10 bar)	1.67	1.49	1.55	1.60	1.66	1.58	1.91	1.76
Control Valve (10 bar)	1.84	1.56	1.60	-	1.54	-	-	1.48
Flange (10 bar)	0.53	0.47	0.44	0.42	0.42	0.39	0.44	0.45
Flange (20 bar)	0.54	0.47	0.49	0.46	0.50	0.46	-	0.56

Table 8.2.14 Heat Loss in Watt per Metre of Bare Pipe

TEMP DIFF TD	NORMAL PIPE DIAMETER/OUTSIDE DIAMETER IN MM.																
	10.00	20.00	25.00	32.00	40.00	50.00	65.00	80.00	100.00	125.00	150.00	200.00	250.00	300.00	350.00		
	21.70	27.00	34.00	42.70	48.60	60.50	76.30	89.10	114.30	139.60	168.80	219.10	273.00	323.80	355.60		
20	19	23	26	34	38	46	60	64	80	96	113	144	175	204	223		
30	30	37	45	54	61	74	91	104	129	155	163	231	282	329	368		
40	43	52	63	77	86	105	128	147	183	219	258	327	398	464	505		
50	67	69	83	102	114	138	169	193	241	288	340	430	524	610	664		
60	71	86	105	128	143	173	212	243	303	362	427	541	658	768	865		
70	87	105	128	155	174	211	258	296	396	441	520	659	803	938	1018		
80	103	125	152	185	207	251	307	352	439	525	620	765	956	1115	1213		
90	120	146	177	216	242	293	359	412	514	614	725	918	1119	1305	1421		
100	138	168	204	249	279	338	414	475	592	709	887	1060	1292	1507	1641		
110	157	191	232	283	317	385	472	542	676	809	964	1210	1475	1721	1874		
120	177	216	262	320	358	434	533	612	763	914	1079	1368	1668	1947	2120		
130	198	241	293	358	401	486	597	685	856	1024	1210	1535	1873	2186	2391		
140	220	268	326	398	446	541	684	763	953	1141	1348	1711	2088	2485	2655		
150	243	296	360	440	493	598	735	844	1055	1264	1449	1896	2315	2704	2945		
160	267	325	396	484	542	658	809	930	1162	1393	1646	2091	2554	2964	3250		
170	292	356	433	529	594	721	887	1019	1274	1528	1807	2296	2805	3278	3572		
180	318	388	472	577	648	787	958	1113	1392	1670	1976	2511	3089	3588	3909		
190	345	421	513	628	704	865	1054	1211	1516	1819	2162	2737	3346	3913	4264		
200	374	456	566	680	763	928	1143	1314	1649	1975	2388	2974	3687	4254	4637		
210	403	492	600	735	825	1003	1236	1422	1781	2138	2532	3222	3942	4612	5028		
220	434	530	646	792	889	1082	1334	1534	1923	2309	2765	3482	4262	4988	5439		
230	466	570	695	852	956	1164	1435	1652	2071	2488	2948	3755	4598	5382	5869		
240	500	611	745	914	1026	1250	1542	1775	2226	2675	3171	4040	4949	5794	6320		
250	534	653	795	978	1099	1339	1653	1903	2388	2871	3403	4389	5316	6226	6792		
260	570	698	845	1046	1175	1433	1769	2037	2557	3075	3646	4650	5700	6678	7235		
270	608	744	909	1116	1255	1530	1889	2176	2733	3288	3900	4976	6102	7150	7802		

NOTE : TD = PIPE SURFACE TEMP. - AMBIENT TEMP. (30 DEGREE C)

8.2.3.6 ボイラ

(1) ボイラの概要

a. 仕様

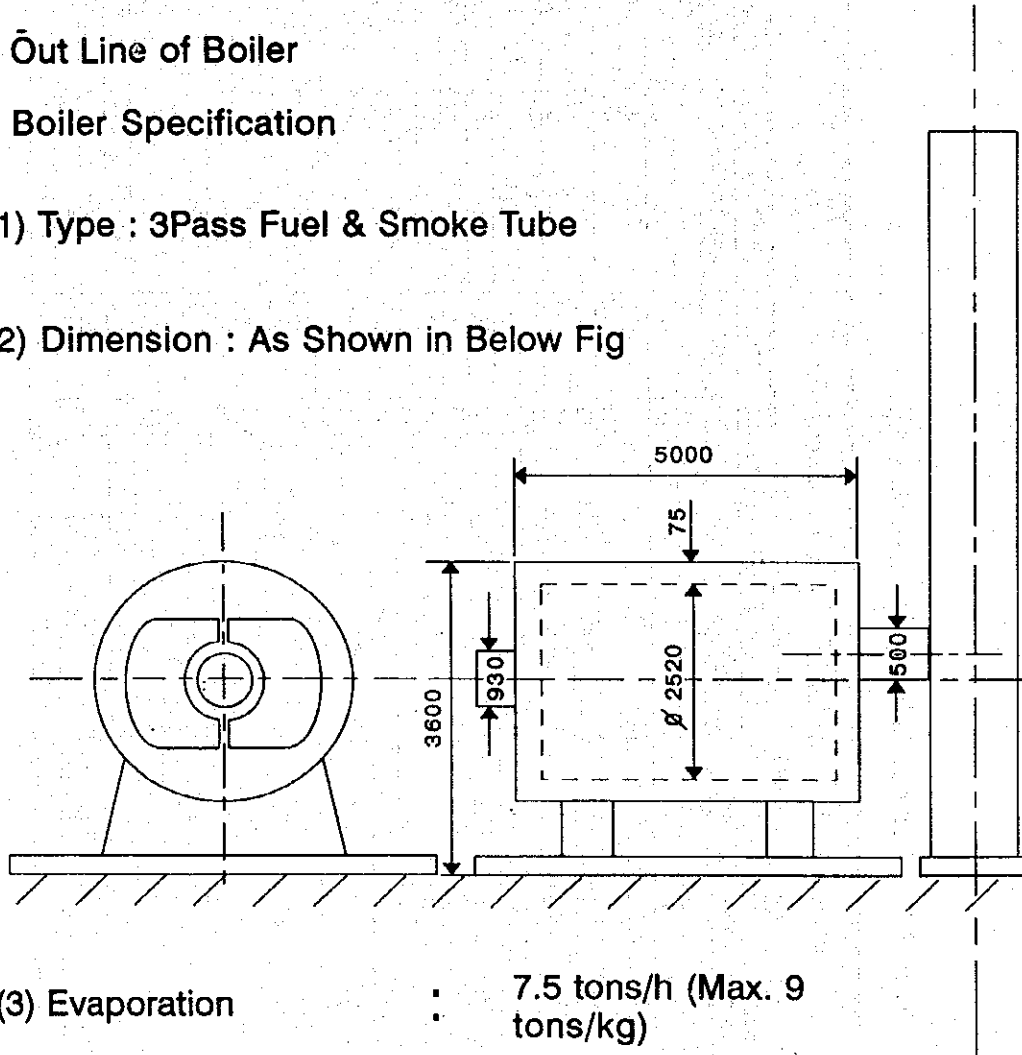
Figure 8.2.27 Boiler

a) Outline of Boiler

a-1) Boiler Specification

(1) Type : 3Pass Fuel & Smoke Tube

(2) Dimension : As Shown in Below Fig



- (3) Evaporation : 7.5 tons/h (Max. 9 tons/kg)
- (4) Steam Pressure : 7.0 Bar (Rated)
- (5) Fuel : Heavy Oil (Hh=10,221Kcal/h)
- (6) Heating Surface : 180 m²
- (7) Date of Manufacture : 1976

Figure 8.2.28 Outline of Boiler

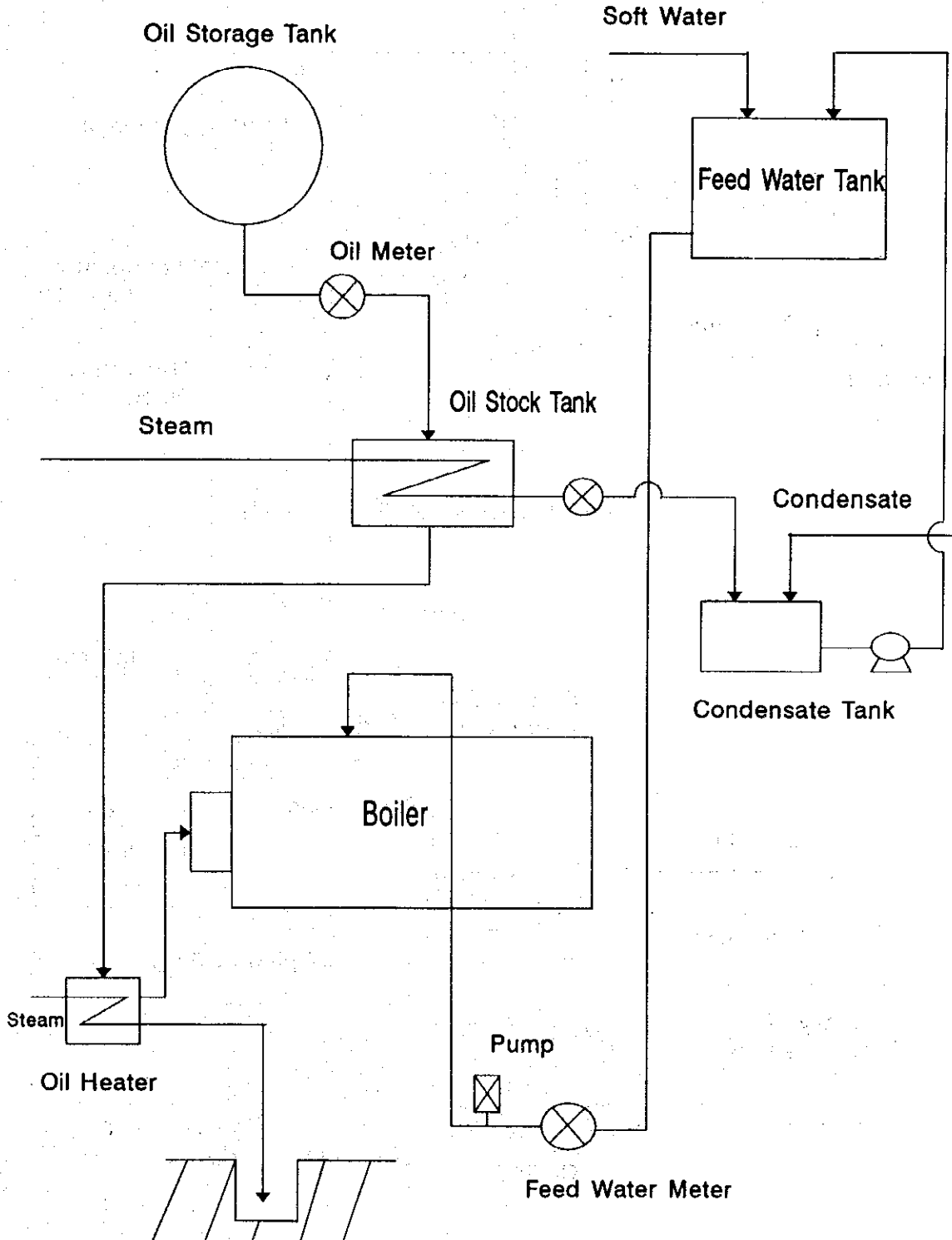
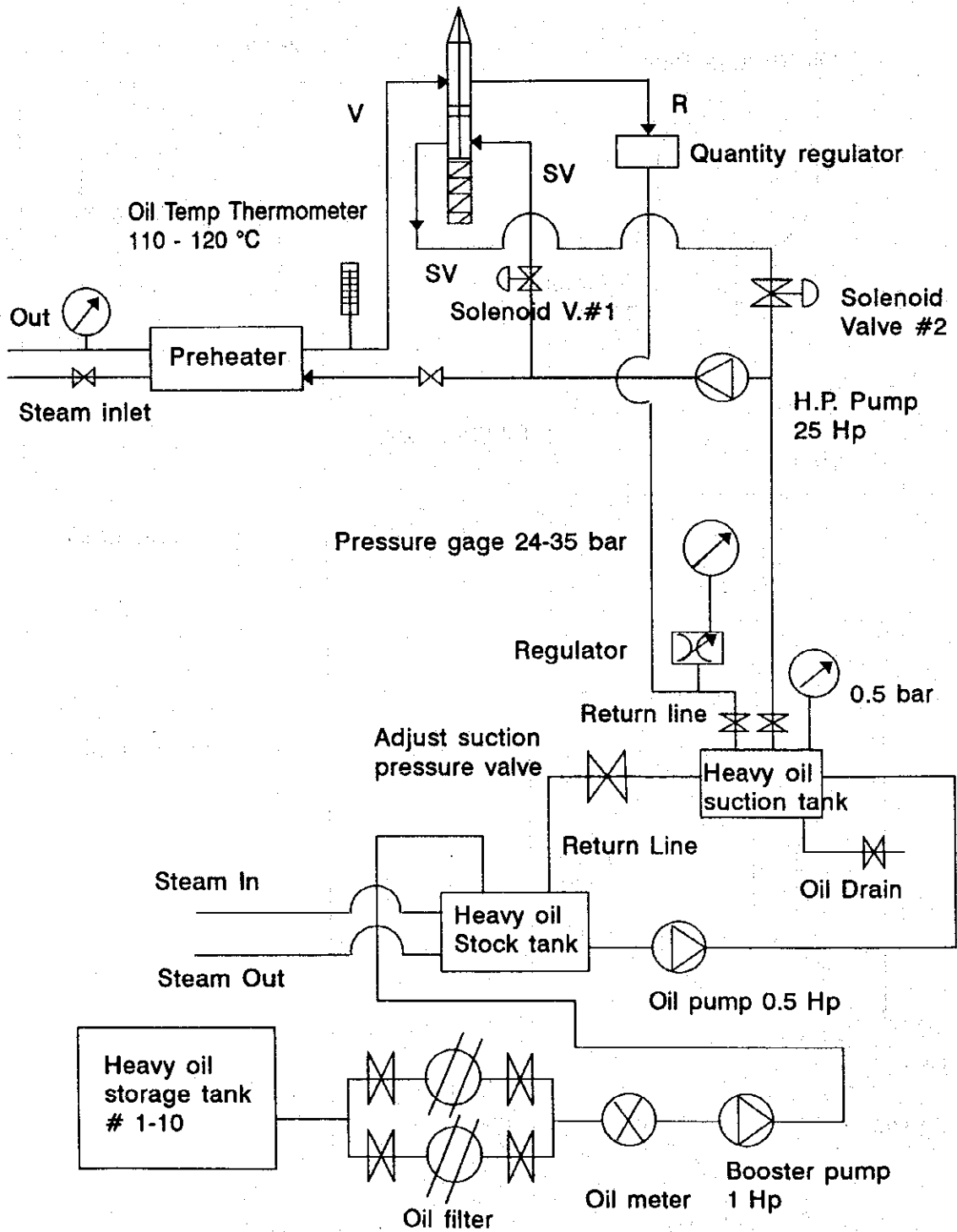


Figure 8.2.29 Heavy Oil of Boiler #2



(2) 測定結果

a. 熱収支計算は1994年7月20日の午後3時～5時の2時間にわたって集めたデータで行う。

データの詳細は次の通り。

- 1) 燃料種類 C重油
- 2) 燃料流量 582ℓ/h
- 3) 発熱量 10,221 kcal/kg
- 4) 比重(15℃) 0.995
- 5) オイル流量計の燃料温度 42℃
- 6) バーナーでの燃料温度 120℃
- 7) 周囲温度 29℃
- 8) 排気温度 252℃
- 9) 排気中の酸素量 4.8%
- 10) 給水量(工場提供データ) 7.5t/h
- 11) 給水温度 66℃
- 12) 蒸気圧 6.2 kg/cm²
- 13) 蒸気乾燥度(推定) 0.98
- 14) ボイラ外表面温度:
 - バーナー側 133.5℃
 - 本体側 42℃
 - 後部:
 - 断熱部 63.2℃
 - 非断熱部 272℃

b. ボイラの現状

工場調査の結果、ボイラは5基、抄紙機は4台である。第1～第4ボイラは同一ボイラ室で稼働しているが、その内の1基は他の3基の非常時に備えた予備である。第2および第5ボイラは重油を、第1、第3、第4ボイラはおがくずを燃料にしている。第1～第4ボイラからの蒸気は第4～第6抄紙機に供給されるが、第5ボイラの蒸気は第7抄紙機に供給される(図8.2.30参照)。ボイラはすべて順調で、燃焼も良好である。

定格レベル、作業レベルでの蒸気発生量、蒸気圧、使用燃料などを次の表8.2.15に示す。

Figure 8.2.30 Energy Flow Chart

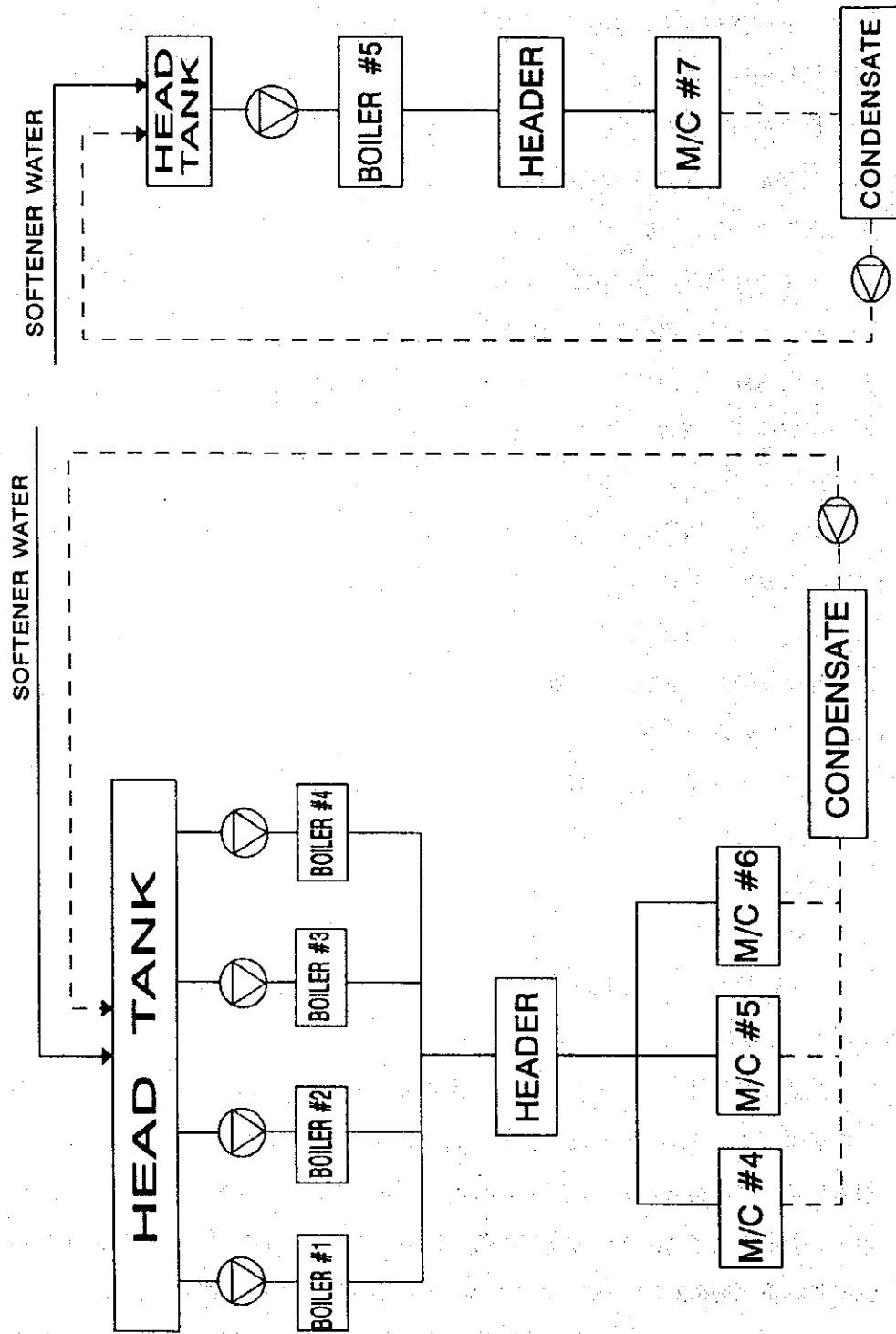


Table 8.2.15 Operation Data of Boiler

Item	Rated level					Working level				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Boiler No.										
Evaporative capacity t/h	10	9	8	8	12	4.67	7.5	2.58	2.5	-
Steam pressure kg/cm ² G	7	7	7	7	7	6.7	6.2	6.9	6.8	-
Fuel of type						saw dust	heavy oil	saw dust	saw dust	heavy oil

当工場のエネルギー診断は、主に第2ボイラを調査した。第2ボイラは保守がよくなされている。またデータも定期的に記録され、1時間当たりの燃料使用量と給水使用量のデータがあった、これは1時間当たりのボイラへの給水量を同じく燃料消費量で割るなどの大まかな推定計算をするときに非常に便利である。その結果からボイラ効率の概略値を知ることが出来る。

c. ボイラ水質の管理

ボイラの水質は、専門の調査会社に依頼して月1回検査している。軟水、給水、ボイラ水、復水のデータを表8.2.16に示す。

Table 8.2.16 Water Quality of Boiler

Sampling date 27/4/94	Feed water	Boiler water					Soft water	Con- densate
Boiler No.	1-4	1	2	3	4	5	1-4	1-4
pH	8.34	11.19	11.40	11.27	11.15	11.49	7.71	8.98
Electric conductivity (micromohs/cm)	160	3,510	5,700	3,840	2,820	7,750	367	18.60

全ボイラのボイラ水 pH は平均して正常なレベルであり、このまま維持すべきである。第1, 第3, 第4ボイラの電気伝導率は正常であったが、第2ボイラと第5ボイラはそれ

ぞれ7,750 $\mu\Omega$, 5,700 $\mu\Omega$ と高過ぎる。ブロー量を増やし、関連給水をチェックして、5,000 $\mu\Omega$ 以下にしなければならない。ボイラ水の電気伝導率が極めて高いと、ボイラの伝熱性を損ない、寿命を短くする。ブローオフによるボイラ水の品質管理が必要である。ブローオフを次の式で表す。

$$Fb = Fc / (Bc - Fc) \times 100$$

ここで、Fbはブロー率(%)

Bcはボイラ水の電気伝導率基準

Fcは給水の電気伝導率

給水は、ボイラーにポンプで供給する前にフィルタを通して砂などの不純物を取り除くこと。これで給水の硬度が下がる。給水の質を標準レベルに保つためには、検査を行うことと、薬品処理などによる水質改善が必要である。

表8.2.16から、給水のpHと電気伝導率の平均値は正常である。このレベルでずっと維持すべきである、ボイラ水も週1回従業員で検査することが望まれる。

復水を給水として回収するためには、復水の回収率を100%にし、給水の温度を66℃といた高い温度まで上げなければならない。給水タンクには断熱材がないので、熱損失が発生している。給水タンクの断熱を行い、ボイラの燃料消費を節約しなければならない。これによってボイラの寿命が伸びるだけでなく、給水の温度を上げるのにも役立つ。

(3) 熱勘定

a. 入熱

燃料1kg当たりの入熱を計算する。

1) 燃料流量

15℃における燃料の比重(d_{15})は0.995である。t℃における燃料の比重(dt)は次の式で計算できる。

$$dt = d_{15} - 0.00065 \times (t - 15)$$

したがって、 $dt = 0.955 - 0.00065 \times (42 - 15) = 0.937$

これを使うと、 $582 \ell / h \times 0.937 = 545 \text{ kg} / h$ となる。

2) 燃料の燃焼熱(HI)

$$HI = Hh - 600(9 \times H + \text{含水量})$$

ここで、Hhは燃料油の高発熱量、

Hは燃料油の水素含有率(%)。C重油の標準水素含有率は11%である。

したがって、 $HI = 10,221 - 600(9 - 0.11) = 9,627.0 \text{ kcal} / \text{燃料 kg}$

3) 燃料の顕熱 (Q1)

C重油の平均比熱を0.45 kcal/kg℃とする。

$$Q1 = 0.45 \times (120 - 29) = 41.0 \text{ kcal/燃料 kg}$$

4) 総入熱 (Qi)

$$\begin{aligned} Q_i &= H1 + Q1 \\ &= 9,627.0 + 41.0 = 9,668.0 \text{ kcal/燃料 kg} \end{aligned}$$

b. 出熱

燃料 1 kg 当たりの出熱を計算する。

1) 蒸気の保有熱 (Qs)

湿り蒸気のエンタルピは6.2 kg/cm²Gにおいて649.9 kcal/kgである。

$$\begin{aligned} Q_s &= (7,500.0 / 545.0) \times (649.9 - 66.0) \\ &= 8,035.2 \text{ kcal/燃料 kg} \end{aligned}$$

2) 排ガスにより持去られる熱 (Qg)

排ガス量

理論空気量 (Ao) と理論燃焼排ガス量をボイルの式を使って燃料の発熱量から求める。

$$\begin{aligned} A_o &= (12.38 H1 / 10,000) - 1.36 \\ &= 10.56 \text{ m}^3\text{N/燃料 kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_o &= (15.75 H1 / 10,000) - 3.91 \\ &= 11.25 \text{ m}^3\text{/燃料 kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{空気比 (m)} &= 21 / (21 - O_2) \\ &= 1.3\% \end{aligned}$$

したがって、

$$\begin{aligned} G &= G_o + (m - 1) A_o \\ &= 11.25 + (1.3 - 1) \times 10.56 \\ &= 14.42 \text{ m}^3\text{/燃料 kg} \end{aligned}$$

排ガスの平均比熱を0.33 kcal/m³N℃とすると、

$$\begin{aligned} Q_g &= 14.42 \times 0.33 \times (252 - 29) \\ &= 1,061.2 \text{ kcal/燃料 kg} \end{aligned}$$

3) ボイラ表面からの熱放射 (Q_r)

Table 8.2.17 Heat Loss from Boiler Surface

	Temp. (°C)	Surface area (m ²)	Heat loss Kcal/m ² h	Heat loss Kcal/h	
Burner side	133.5	5.60	1,476.3	8,267.3	
Shell side	42.0	41.94	100.2	4,202.4	
	Insulating Part.	63.2	5.10	350.0	1,816.6
	no-Insulat Part.	273.0	0.31	5,266.4	1,632.6
Total				15,917.9	

ここで、燃料消費量は545 kg/hなので、

$$Q_r = 15,917.9 / 545$$

$$= 29.2 \text{ kcal/燃料 kg}$$

4) その他の熱損失 (Q_l)

$$Q_l = Q_i - (Q_s + Q_g + Q_r)$$

$$= 9,668.0 - (8,035.3 + 1,061.2 + 29.2)$$

$$= 542.3 \text{ kcal/燃料 kg}$$

5) 総出熱 (Q_o)

$$Q_o = Q_s + Q_g + Q_r + Q_l$$

$$= 8,035.3 + 1,061.2 + 29.2 + 542.3$$

$$= 9,668.0 \text{ kcal/燃料 kg}$$

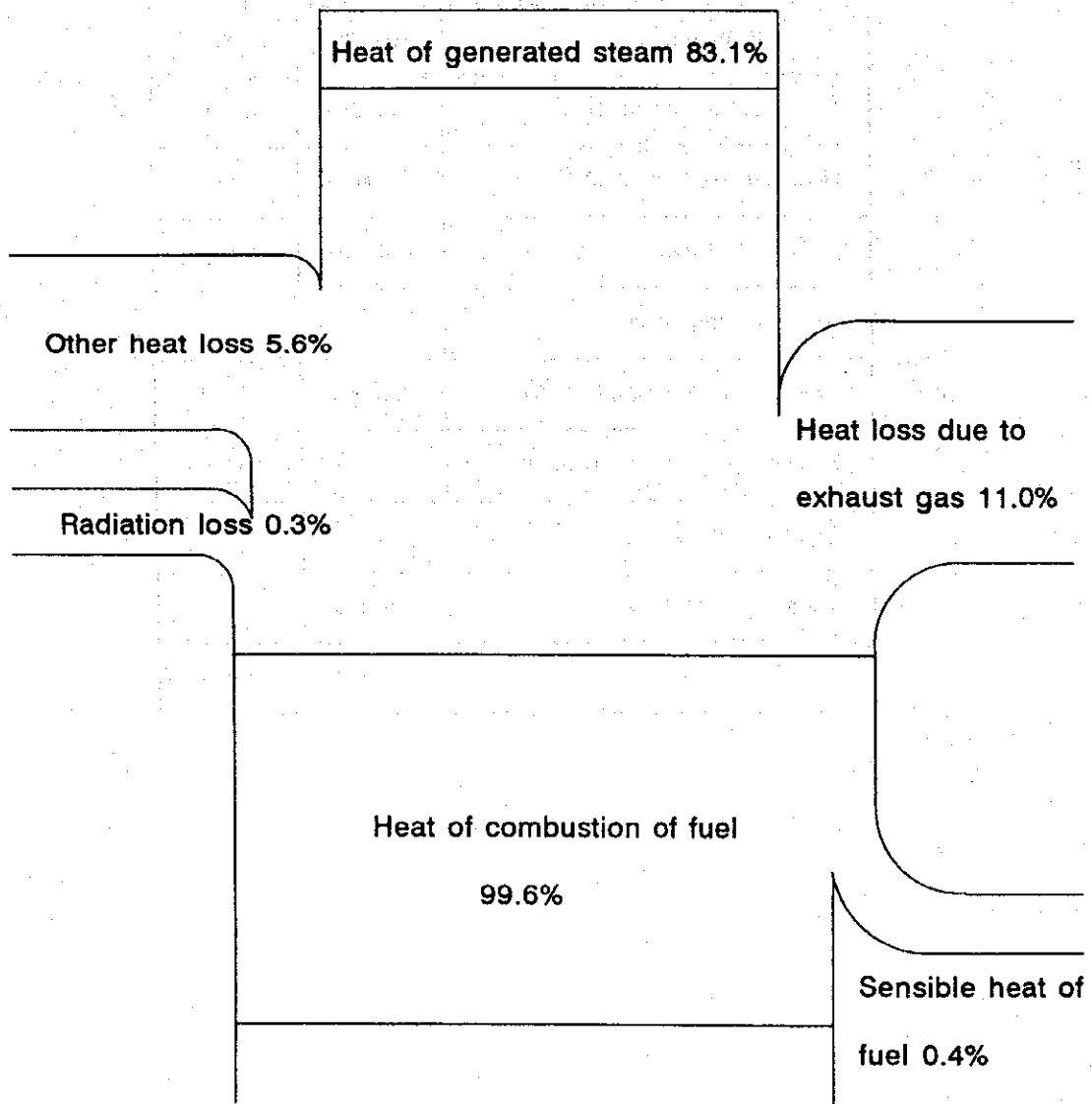
(4) 熱勘定表

a. 上記をまとめると表8.2.18となる。

Table 8.2.18 Heat Balance of Boiler

Heat input	Kcal/kg	%
Calorific value of fuel	9,627.0	99.6
Sensible heat of fuel	41.0	0.4
Total	9,668.0	100.0
Heat output		
1) Heat of generated steam	8,035.3	83.1
2) Heat loss due to exhaust gas	1,061.2	11.0
3) Radiation loss	29.2	0.3
4) Other heat loss	542.3	5.6
Total	9,668.0	100.0

Figure 8.2.31 Heat Balance Diagram



$$\begin{aligned} \text{Evaporation fuel ratio} &= \frac{7500 \text{ kgs/h}}{545 \text{ kg/h}} \\ &= 13.76 \text{ kgs/kg.fuel} \end{aligned}$$

b. 熱勘定結果

第2ボイラの熱勘定計算の結果、現在の効率は83.1%、蒸発倍数は13.76kg/燃料kgという数字が出た(表8.2.18参照)が、これは運転が良好なことを示す。熱損失は少ない、特にボイラ本体壁の断熱の効果が現れている。しかし、ボイラ上部のバルブや蒸気ヘッダのバルブはまだ断熱が行われていない。この2つが断熱されればエネルギー節約に役立つ。さらに燃料である重油には多くの不純物が混ざっているため、オイルフィルタを定期的に点検しなければならない。オイルフィルタが詰まっていたら直ちに掃除し、オイル循環を正常に戻す。

排ガス温度を第2ボイラの煙突(排気筒)部分で測定すると、平均温度は約252℃で(図8.2.32参照)、これはボイラの標準排ガス温度を超えている。排ガス温度は蒸発能力が5~10t/h、液体燃料使用のボイラの場合220℃以下に管理しなければならない(表8.2.20参照)。

第2ボイラの燃焼時の空気比は1.3%で安定しており、母集団の酸素データ数を56とした平均酸素含有量は4.8%(図8.2.33)、標準偏差は0.17%である。蒸発能力5~10t/hの液体燃料使用のボイラの標準空気比は1.2~1.3%(表8.2.19)で、このレベルを常に維持すべきである。

新旧入り交じり、様々な保守を必要とするボイラを使っているため、年1回の検査が終了したらすぐに個々のボイラについて測定を行わなければならない。その値を標準値として記録し、通常運転時に測定した値をそれと比較する。標準値として記録する値は、すべての装置が全負荷状態で運転しているときに測定する。

ボイラを長期間運転すると、酸素含有量と排気温度が両方とも高くなる。したがって、測定した値に異常があれば(値が高くなれば)点検、改善を行い、設定した標準値に戻さなければならない。

このため、工場はデータをすべて記録し、統計的に処理して通常の運転に生かさなければならない。温度はボイラごとに異なるので、第2ボイラは定期検査直後に計測した温度を標準温度として使う。

空気比とボイラ煙突における排ガス温度のレベルを標準に維持するため、第2ボイラの管理者が煙突温度を頻繁に確認するようアドバイスする。煙突から黒鉛(すす、汚染物)が絶えず排出されるようであれば、排気温度にも空気比にも異常がある。ただちに改善を行うこと。

Table 8.2.19 Standard Air Ratio of Boiler, Revision on 93/7/28

Division	Load rate %	Standard air ratio		
		solid fuel	liquid fuel	gaseous fuel
For electric industry	75~100	1.2~1.3	1.05~1.10	1.05~1.10
Evaporation: more than 30t/h	50~100	1.2~1.3	1.05~1.15	1.00~1.15
	Evaporation : 10 to 30 t/h	50~100	1.2~1.3	1.20~1.25
	Evaporation : 5 to 10 t/h	50~100	-	1.20~1.30
	Evaporation: less than 5 t/h	50~100	-	1.20~1.30

空気比の標準：空気比は燃料種類，負荷率，制御デバイス構成によって変化するので，標準値を設定するときにはこれらの要素を考慮しなければならない。日本の規格値を表8.2.19に示す。

Table 8.2.20 Standard Exhaust Gas Temperature of Boiler

Division	Standard exhaust gas temp. (°C)		
	solid fuel	liquid fuel	Gaseous fuel
For electric industry	-	145	110
Evaporation: more than 30t/h	200	200	170
	Evaporation : 10 to 30 t/h	250	200
	Evaporation : 5 to 10 t/h	-	220
	Evaporation: less than 5 t/h	-	250

排ガス温度の標準：工業炉に比べ，一般にボイラの熱効率が高いレベルにあり，排ガス温度は低いレベルにある。大型ボイラは熱回収装置を取り付けることができるので経済的に有利で，排ガス温度も低くなる。気体燃料は通常は硫黄分が少なく，排ガスからの熱回

収により排出時の排ガス温度も低くなる。

日本の排ガス温度規格では、ボイラの蒸発能力と使用燃料によって分類されている。これを表8.2.20に示す。

Figure 8.2.32 Waste Gas Temperature of Boiler

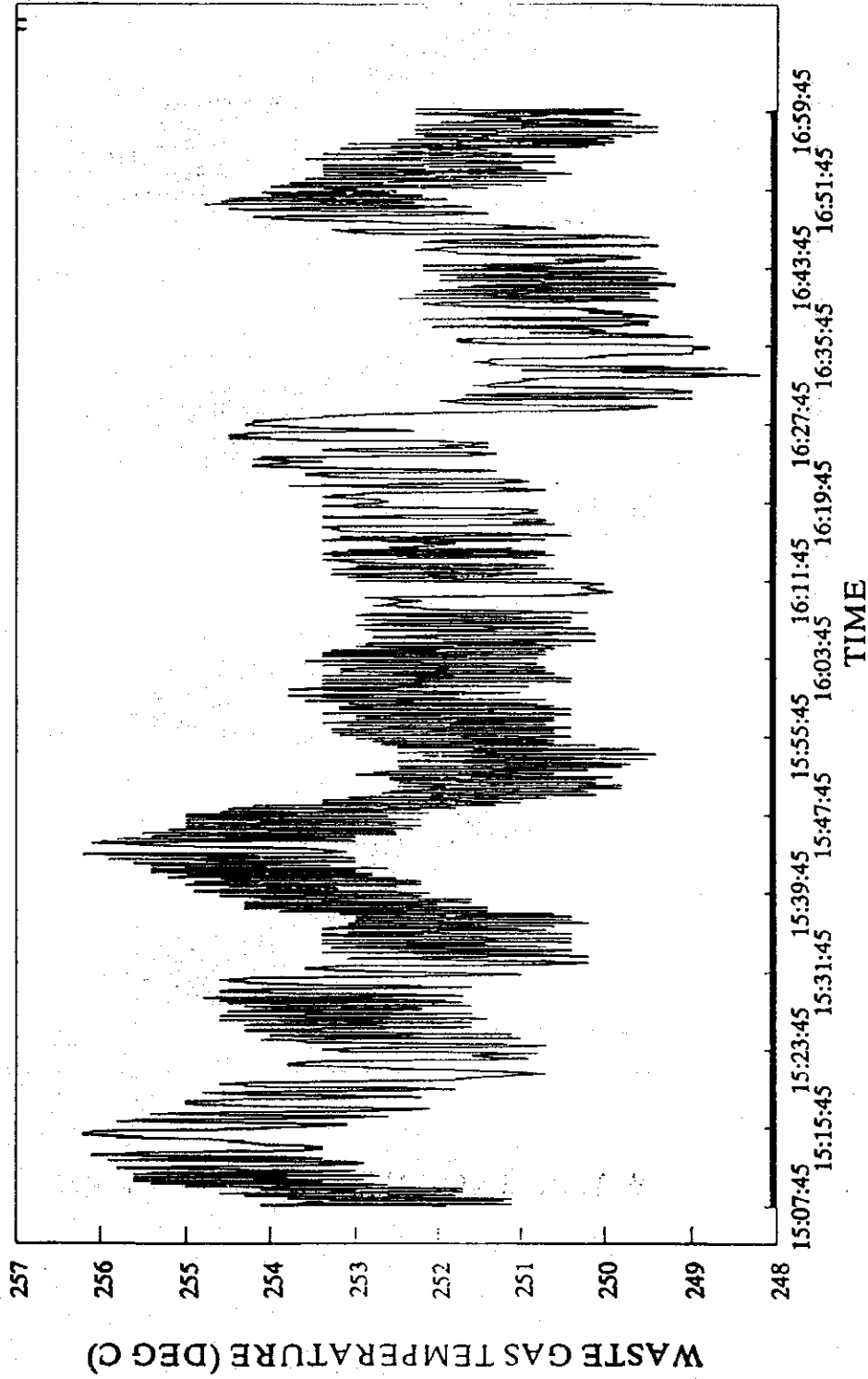
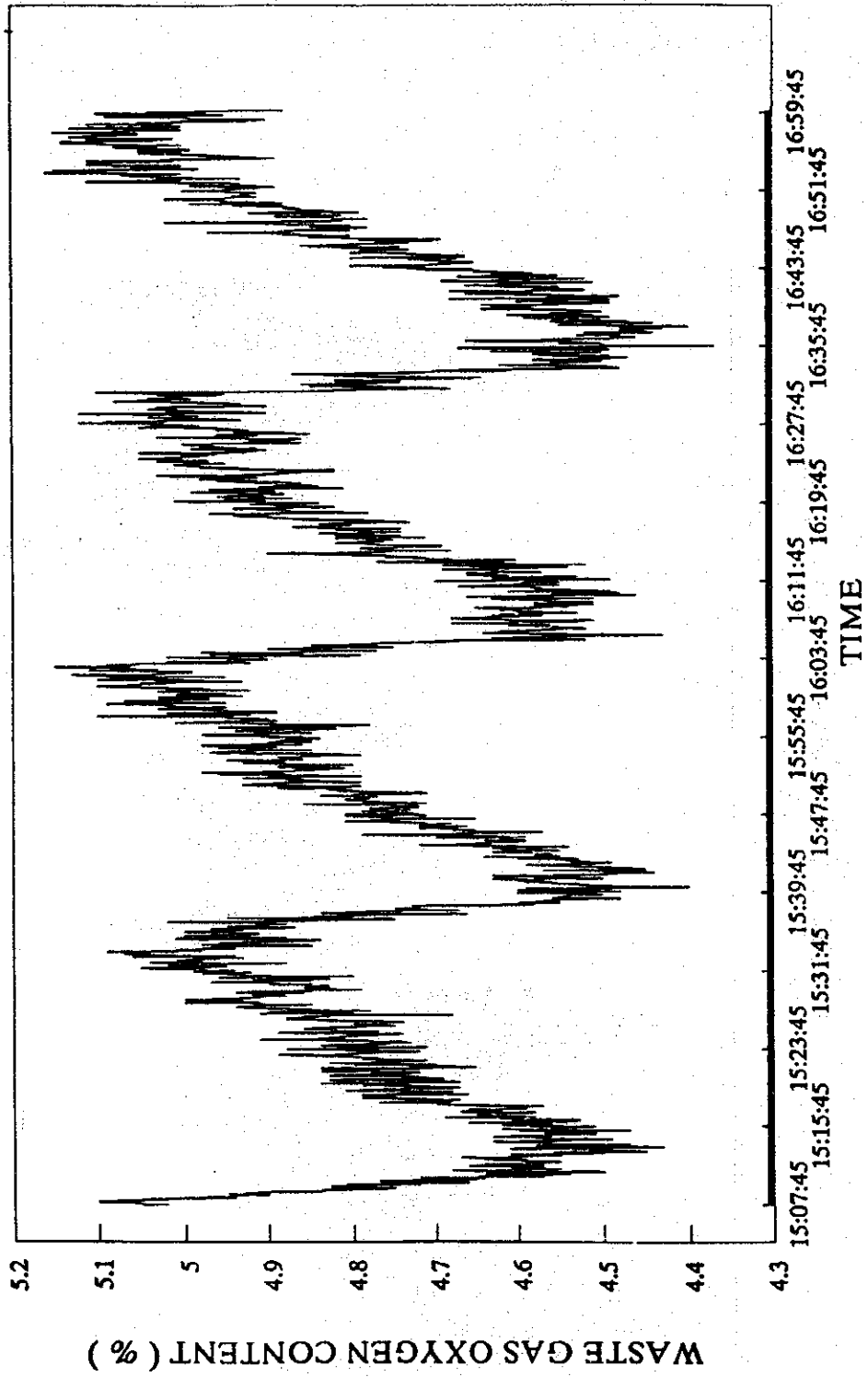


Figure 8.2.33 Waste Gas Oxygen Content of Boiler



8.2.3.7 電力消費状態

(1) 電力消費関連の基本データ

電力消費に関連する基本データは次のとおりである。

電力会社 PEA

ピーク需要:

ピーク時 (18:30-21:30) 6,280 kW (1993年7月)

部分ピーク時 (08:00-18:30) 6,320 kW (同上)

オフピーク時 (18:30-8:00) 6,280 kW (同上)

電力消費 42,674,639 kW時/年 (1993年7月~1994年6月)

負荷率 79%

力率 73%

トランス 合計14,900 kVA

エネルギー消費率 1,028 kW時/製品トン (1993年)

電力料金(1991年12月1日以降):

需要電力料金:

ピーク時 (18:30-21:30) 305バーツ/kW

部分ピーク時 (08:00-18:30) 63バーツ/kW

(ピーク時を超えた場合のみ)

オフピーク時 (18:30-8:00) 需要電力料金なし

電力量料金 1.07バーツ/kW時

平均電力料金 1.57バーツ/kW時 (1993年7月~1994年6月)

月別の電力データを表8.2.21に示す。

Table 8.2.21 Electric Data per Month

Month	Peak Demand (kW)	Peak Demand (kW) On Partial Off	Electric Consumption (kWh)	Other Expense (Baht)	Electric Expense (Baht)	LF (%)	Average (Bt/kWh)
Jul '93	6280	6320	6280	3922720	127096	6242327	83.4 1.59
Aug	5560	6520	6320	3638591	-67677	5581895	75.0 1.53
Sep	5600	6320	6440	3682880	-68501	5625540	79.4 1.52
Oct	5421	6300	6220	3907360	-72677	5817198	83.3 1.48
Nov	5200	5920	6000	3712863	-69059	5535064	85.9 1.49
Dec	5248	6016	6096	3578144	-66553	5411085	78.9 1.51
Jan '94	5248	6000	5968	3204641	221440	5298421	71.8 1.65
Feb	5200	5918	6064	3292320	227499	5384666	80.8 1.63
Mar	5200	5968	6064	3292320	117206	5274374	73.0 1.60
Apr	5200	5968	6064	3292320	11852	5169019	75.4 1.57
May	5376	6080	5984	3568880	340114	5842847	78.9 1.63
Jun	5184	5936	5952	3581600	539836	6000644	83.6 1.67
Total	64717	73318	73452	42674639	1240576	67183080	- -
Avg.	5393	6110	6121	3556220	103381	5598590	79.1 1.57

Source : Monthly electric bills of Z Co., Ltd.

Remark : The calculation of average electric price,

$$\begin{aligned}
 \text{Average electric price} &= \text{Total electric expense/kWh} \\
 &= \{ (305 \times \text{Pon}) + [63 \times (\text{Ppa} - \text{Pon})] \\
 &\quad + (1.07 \times \text{kWh}) + \text{Other expense} \} / \text{kWh} \\
 &= \{ (305 \times 64717) + [(73318 - 64717) \times 63] \\
 &\quad + (1.07 \times 42,674,639) + 1,240,576 \} / \\
 &\quad 42,674,639 \\
 &= 1.57 \text{ Baht/kWh}
 \end{aligned}$$

(2) 部門別電力消費

各部門の電力消費データを1994年6月に記録した。以下にそれを示す。

Table 8.2.22 Electric Consumption of Each Division

	<u>Product</u>	<u>Electricity consumption</u>	
	(t/day)	kWh	%
PM4	20	280,791	7.8
PM5	28	585,931	16.4
PM6	60	1,929,680	53.9
PM7	60	759,649	21.2
Office	-	25,549	0.7
	<u>168</u>	<u>3,581,600</u>	<u>100</u>

Source : Z Co., Ltd.

第6抄紙機 (P. M. 6) は装置が多く、生産能力も大きいために電力消費量が全体の50%を超えている。第4抄紙機 (P. M. 4) は負荷が少ないので電力消費量は全体の約8%である。

(3) 電力消費の負荷曲線

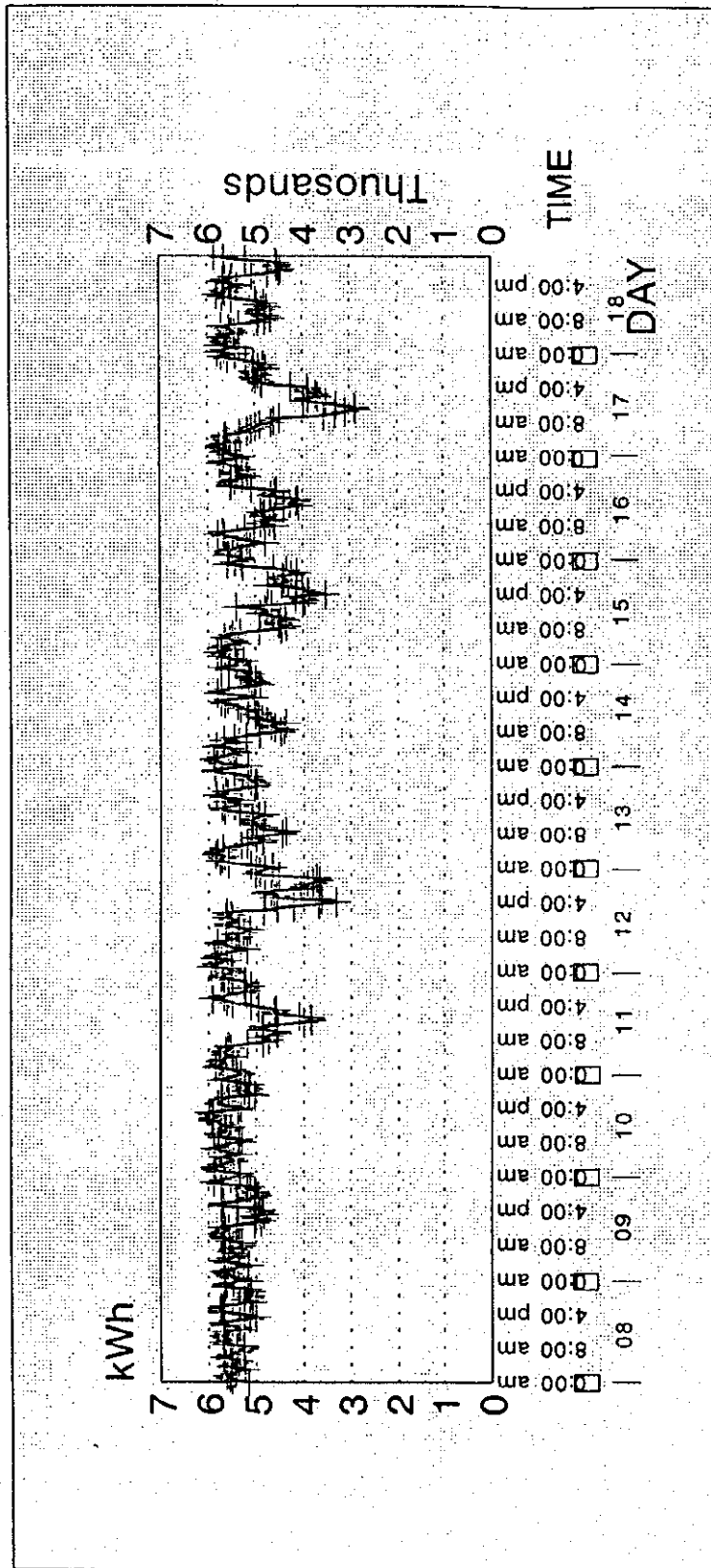
1994年8月8日～18日に記録した総電力消費のデータに基づき、図8.2.34、図8.2.35、図8.2.36の負荷曲線を作成した。

図8.2.34はその期間の工場全体としての電力消費の特徴を示している。曲線を見ると、日によって電力消費が非常に多かたり少なかたりすることが分かる。ここから言えるのは電力節約が計画化されていないことで、改善を行わなければならない。

図8.2.35では、工場の負荷曲線が24時間中に変動していることが分かる。記録期間中(1994年8月8日～8月18日)の負荷曲線から1時間中の最大値、平均値、最小値のそれぞれの平均を計算してみる。たとえば最大値を例にとると、該当期間中の平均を計算するときには毎日同じ時間の1時間の値を使う。最大値の平均の値が出たら、それをグラフに書き入れる。同じ時間の最大値の平均値を得たのと同様に最小値もそれぞれ平均を出し、グラフに書き入れる。できた曲線から読み取れることは、午後10:30～午前9:00までの電力消費の変動範囲が小さいことである。これは電気装置の使用がばらつきなくうまく管理されており、電力消費傾向が正しいことを示している。午前9:00～午後10:30の間には変動幅はずっと大きくなっているが、これは装置の使用時間にばらつきがあり、変動の制御が出来ていないことを示している。したがって工場で運転記録により装置運転の計画が示されれば、変動幅は是正をされ小さくなるだろう。これによって電力消費を節約できる。

図8.2.36は図8.2.25と同じ特徴の曲線であるが、毎日の負荷曲線の変動幅を表している。

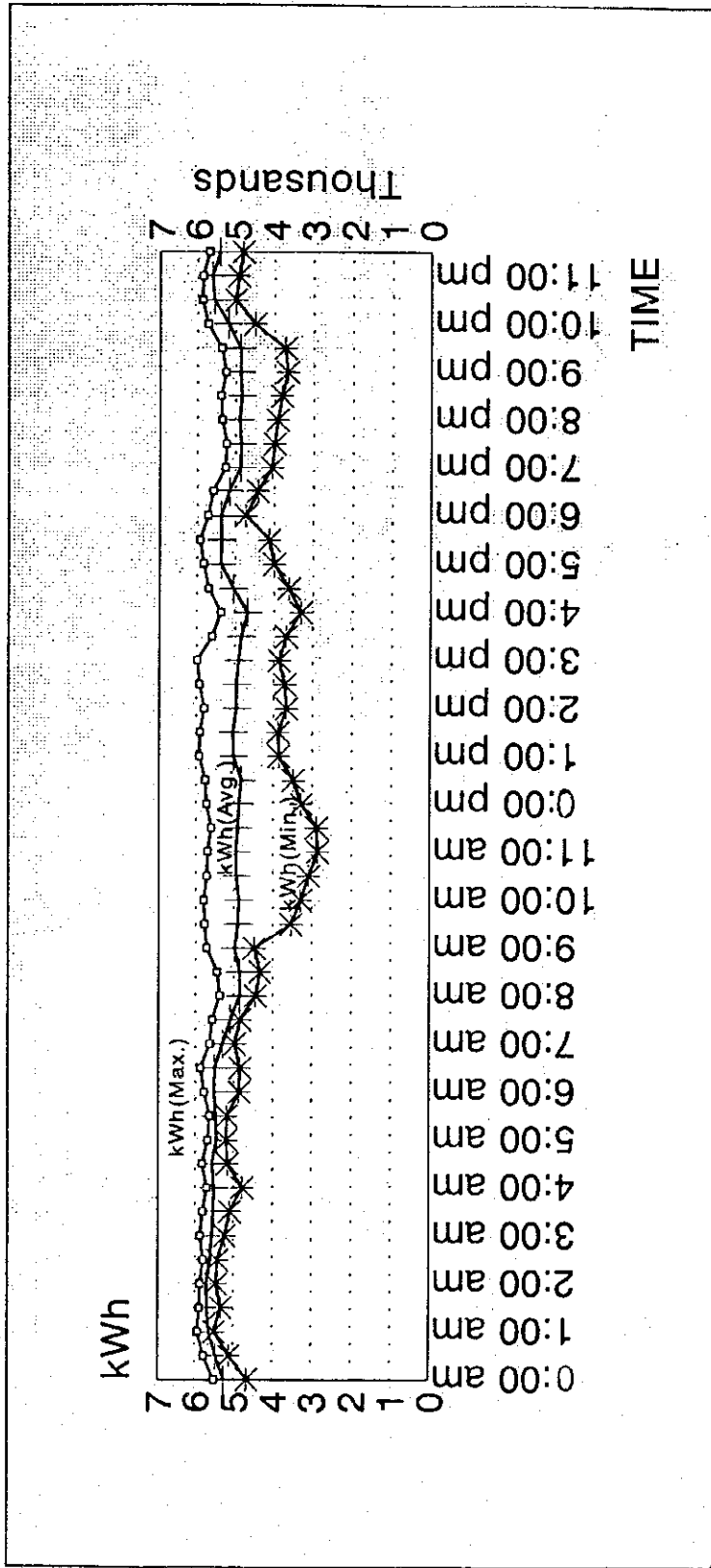
Figure 8.2.34 Energy Consumptions Load Curve



+ kWh

94/08/08 - 94/08/18

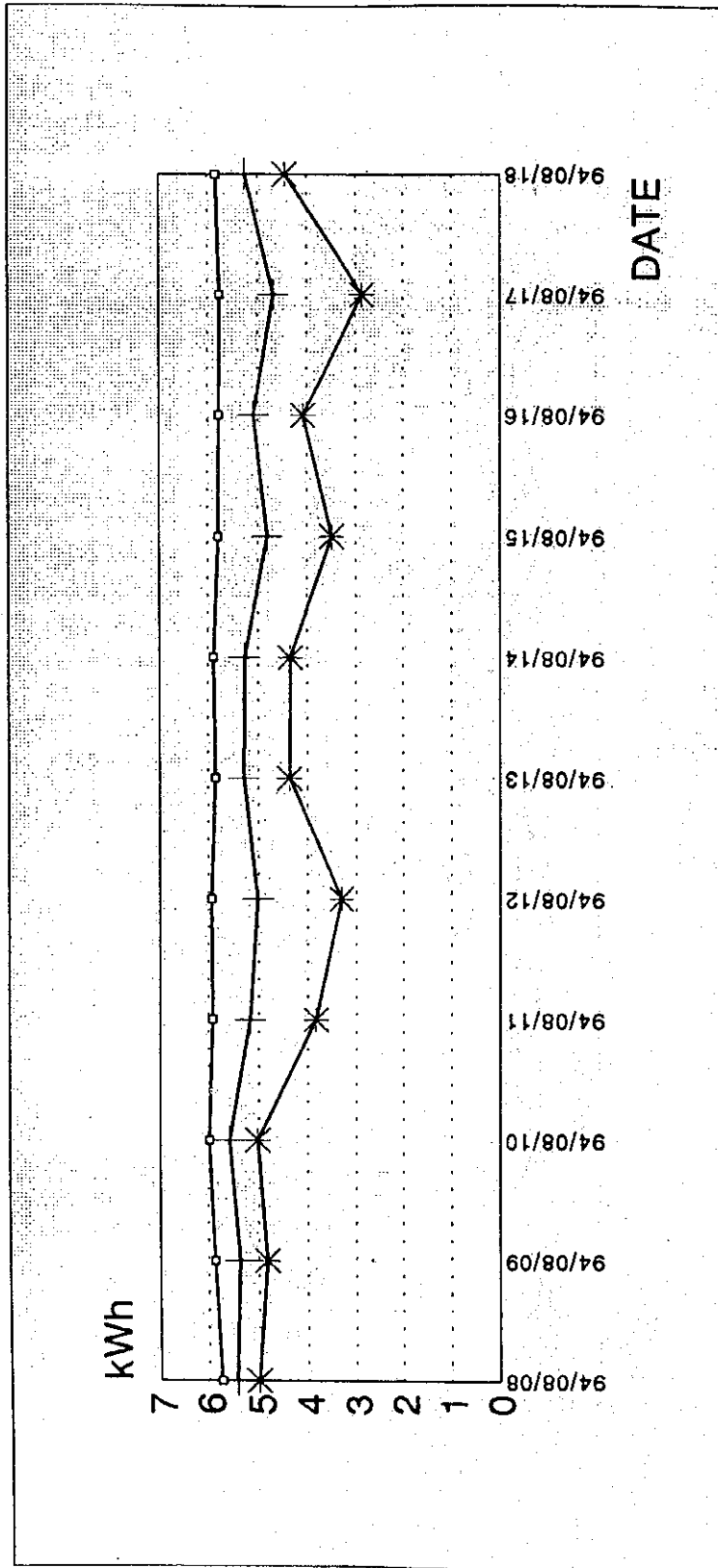
Figure 8.2.35 The Fluctuation Load Curve



—○— Max. —+— Avg. * Min.

94/08/08 - 94/08/18

Figure 8.2.36 The Fluctuation Per Day of Load Curve



□ Max. + Avg. * Min.

00.00 am. - 12.00 pm.

(4) 主要負荷の測定結果

工場では多くの種類の電気装置が使用されているが、どの装置にも電力消費量を示す計器は付いていない。そのため、主要な装置しか測定できなかった。装置の定格と電力消費の測定値は表8.2.23と8.2.24にある。そこから判るのは、どのトランスも力率が45%~83%と低く、改善が必要なことである。これについては次項で検討する。

第6トランス(2,500 kVA)は2種類のモータに二次電圧を供給している。片方の種類のモータの定格電圧は440Vである。モータは300 kVAのステップダウントランス(440/380 V)から定格電圧380Vを受け取る。

Table 8.2.23 Rating of Major Load.

Machines	Rating		
	Load (kW)	Voltage (V)	Ampere (A)
1 Main TR1 PM4	1600kVA	400	
2 Main TR2 PM5	1600kVA	400	
3 Main TR3 PM6	2000kVA	600	
3.1 Wire couch (DC)	225	600	305
3.2 Calender (DC)	115	600	245
4 Main TR4 PM6	2000kVA	400	
4.1 MCB 51			
4.2 MCB 52			
4.3 MCB 53			
4.4 MCB 54			
4.4.1 FN screen1	55	380	105
4.4.2 FN screen2	55	380	105
4.4.3 Pulper	150	380	295
4.5 MCB 57			
4.6 MCB 58			
4.6.1 Air comp.	150	380	
4.7 MCB 59			
5 Main Tr5 (PM6)	2000kVA	400	
5.1 Hydra pulper	225		
6 Main Tr6 (PM6)	2500kVA	440	
6.1 AC fan pump	172	380	
6.2 Vac.pump #11	130	380	215
6.3 Vac.pump #13	130	380	215
6.4 Vac.pump	90	380	144
6.5 Refiner	335	380	612
6.6 Fan pump #1	185	380	343
7 Main Tr7	1600kVA	400	
7.1 Pulper	150	380	295
7.2 Vacc.Pump	55	380	105
7.3 Clean.pump	55	380	105
8 Main Tr.8	1600kVA	400	
8.1 Ver.screen	130	380	237
8.2 Ver.screen	93	380	174
8.3 Paper Mach.(DC)	185	380	

Table 8.2.24 Result of Measurement of Major Load

Machines	Load (kW)	Voltage (V)	Ampere			PF (%)
			Is (A)	Ir (A)	It (A)	
1 Main TR1 PM4	1008	365	1943	1943	1943	82.1
2 Main TR2 PM5	1000	420	1950	1950	1950	70.5
3 Main TR3 PM6	160	476	411	433	429	45.7
3.1 Wire couch (DC)		476	100			
3.2 Calender (DC)		476	60			
4 Main TR4 PM6	936	386	1635	1773	1610	83.7
4.1 MCB 51	177	387	486	486	486	54.3
4.2 MCB 52	125	388	240	240	240	77.5
4.3 MCB 53	17	384	33	33	33	77.5
4.4 MCB 54	233	382	534	534	534	66.9
4.4.1 FN screen1	36	380	68	68	68	80.4
4.4.2 FN screen2	26	381	55	55	55	71.6
4.4.3 Pulper	66	376				
4.5 MCB 57	83	382	177	192	190	67.3
4.6 MCB 58	150	388	290	325	290	74.0
4.6.1 Air comp.	145	383	254	254	254	86.0
4.7 MCB 59	9	381	25	25	25	57.0
5 Main Tr5 (PM6)	218	393	485	505	482	65.3
5.1 Hydra pulper	92	399	227	220	220	59.6
6 Main Tr6 (PM6)	907	430	1890	1890	1890	64.0
6.1 AC fan pump		430	155			
6.2 Vac.pump #11		430	135			
6.3 Vac.pump #13		430	165			
6.4 Vac.pump		430	95			
6.5 Refiner		430	335			
6.6 Fan pump #1		430	155			
7 Main Tr7	616	389	1078	1161	1089	82.4
7.1 Pulper	148	384	272	272	272	81.8
7.2 Vacc.Pump	39	385	75	75	75	78.0
7.3 Clean.pump	48	384	90	90	90	80.2
8 Main Tr.8	602	391	1203	1342	1275	69.8
8.1 Ver.screen	73	382	128	128	128	86.2
8.2 Ver.screen	70	382	125	125	125	84.6
8.3 Paper Mach.(DC)	180	383	350	350	350	77.5

(5) 単線結線図

工場のトランスを図8.2.37, 図8.2.38, 図8.2.39に示す。トランスはこれですべてである。
各トランスの主要モータを次に示す。

Figure 8.2.37 Single Line Diagram of Transformers

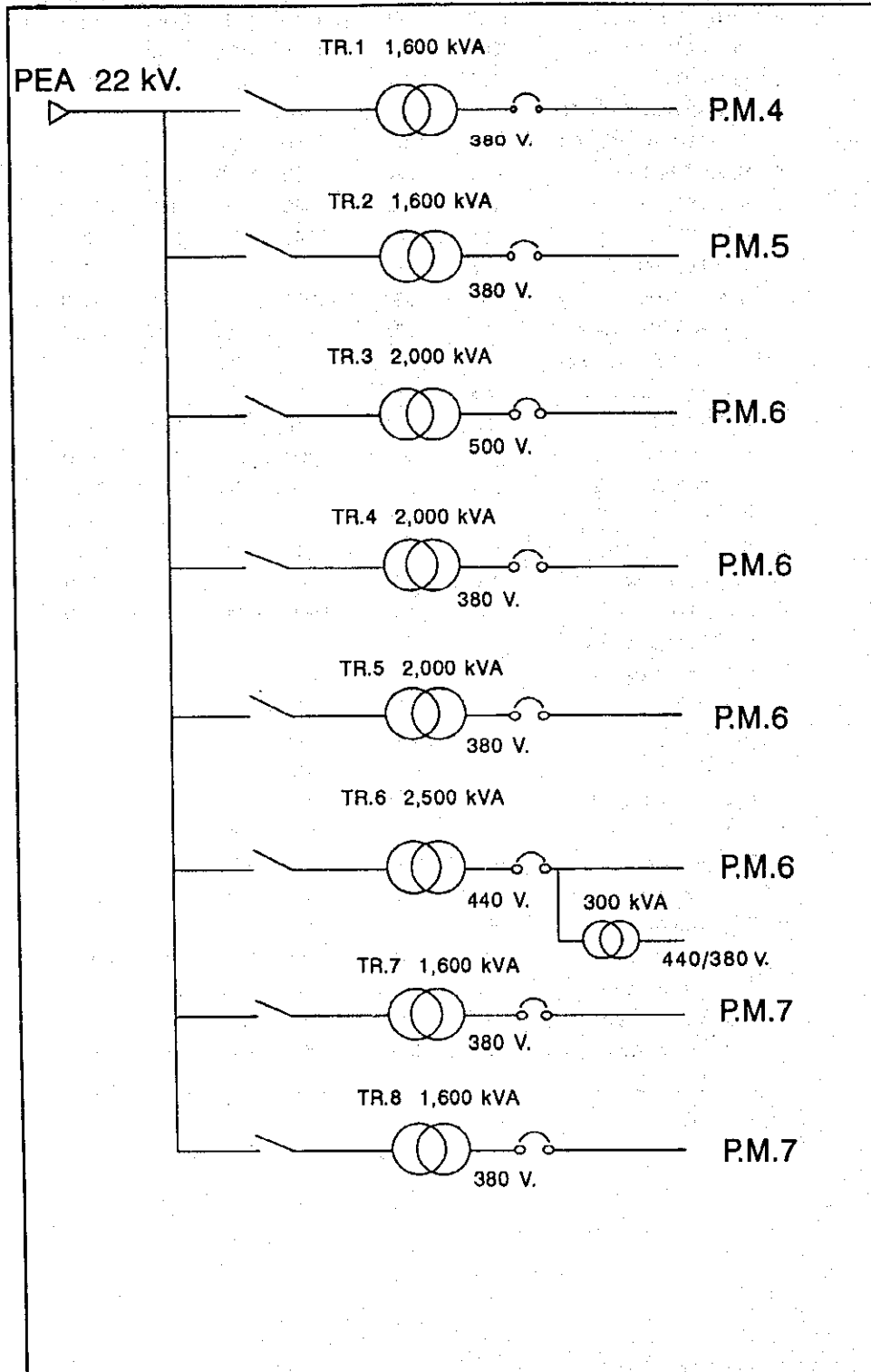


Figure 8.2.38 Single Line Diagram of TR.3, 4

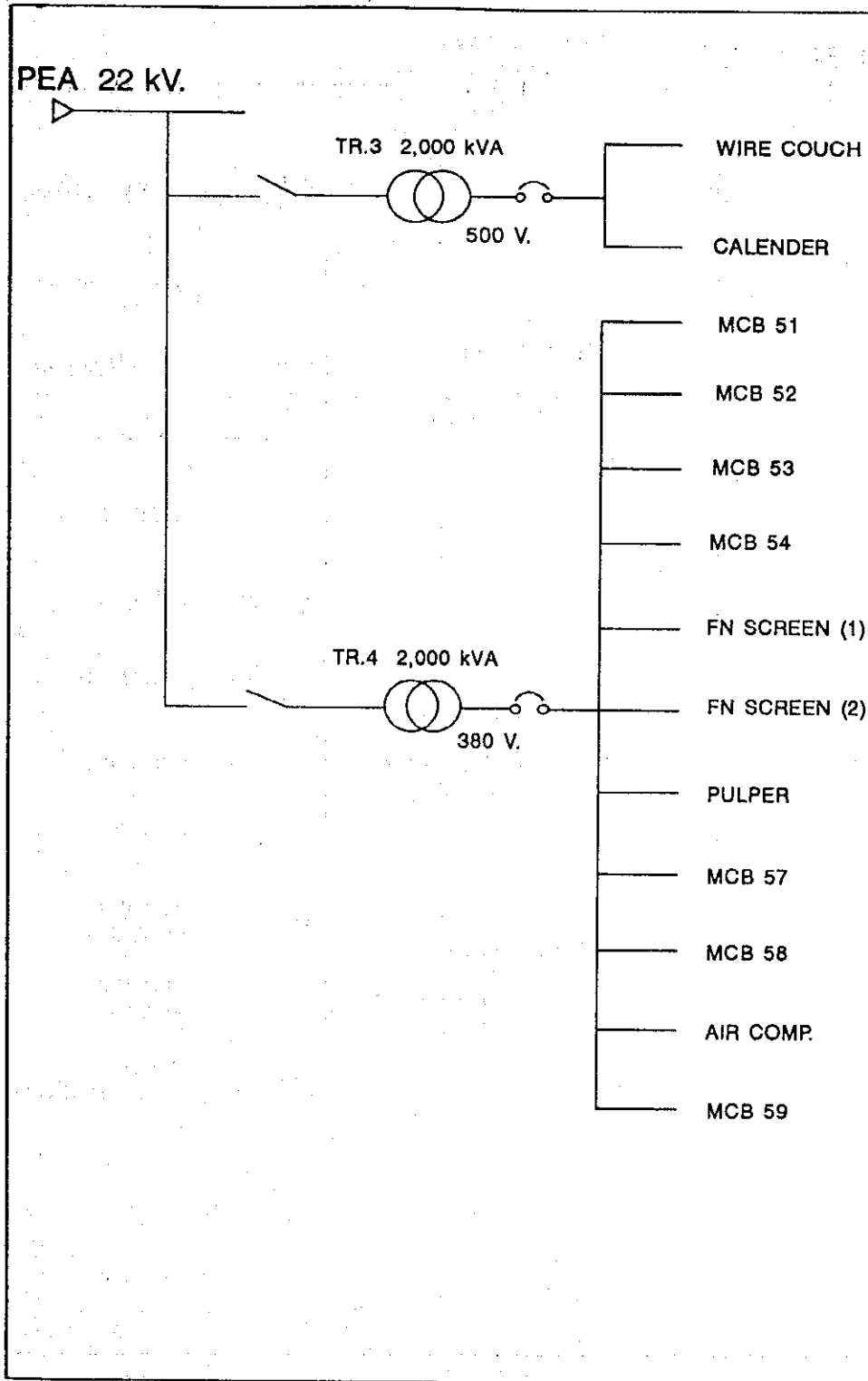
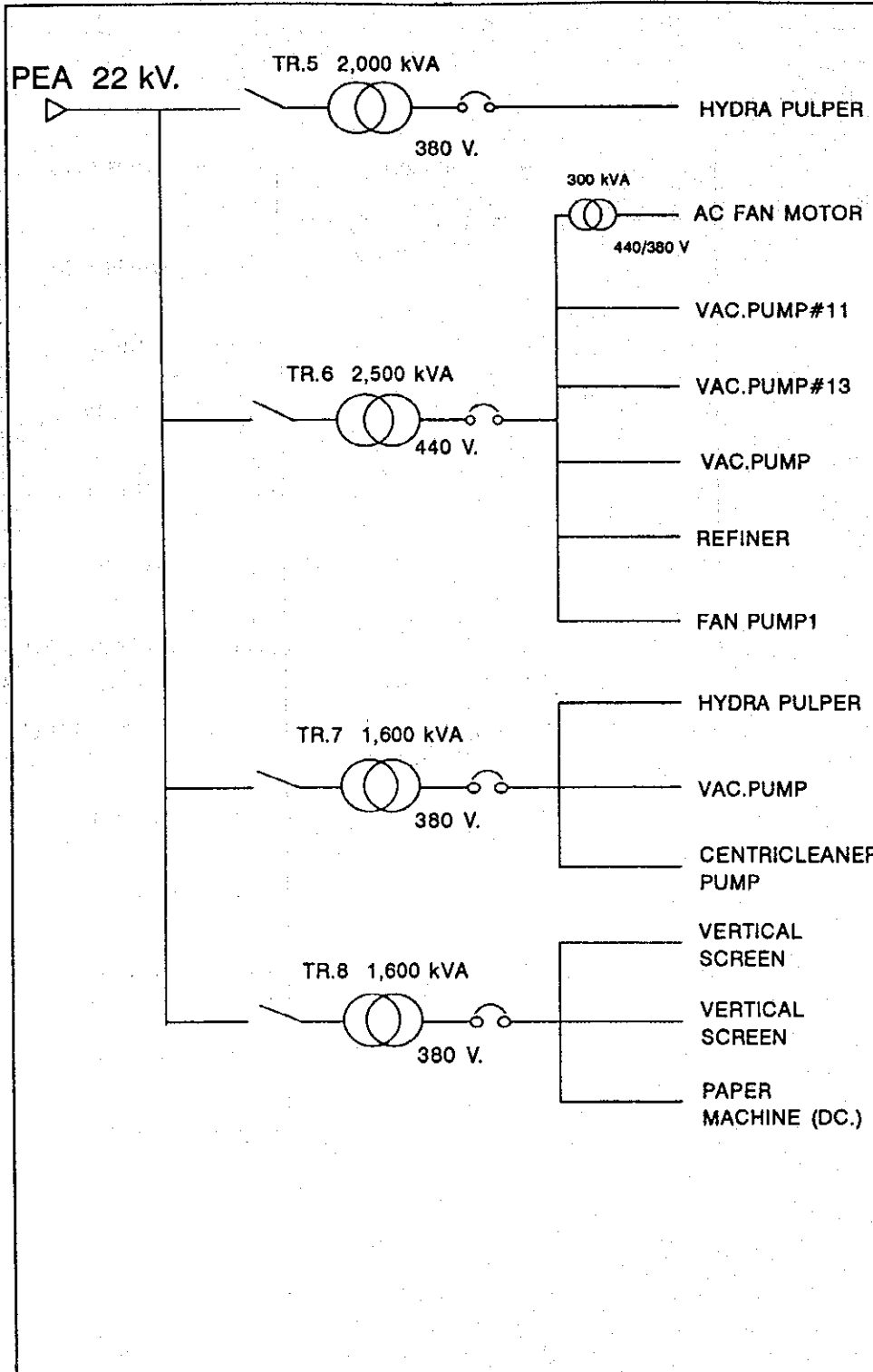


Figure 8.2.39 Single Line Diagram of TR. 5, 6, 7, 8

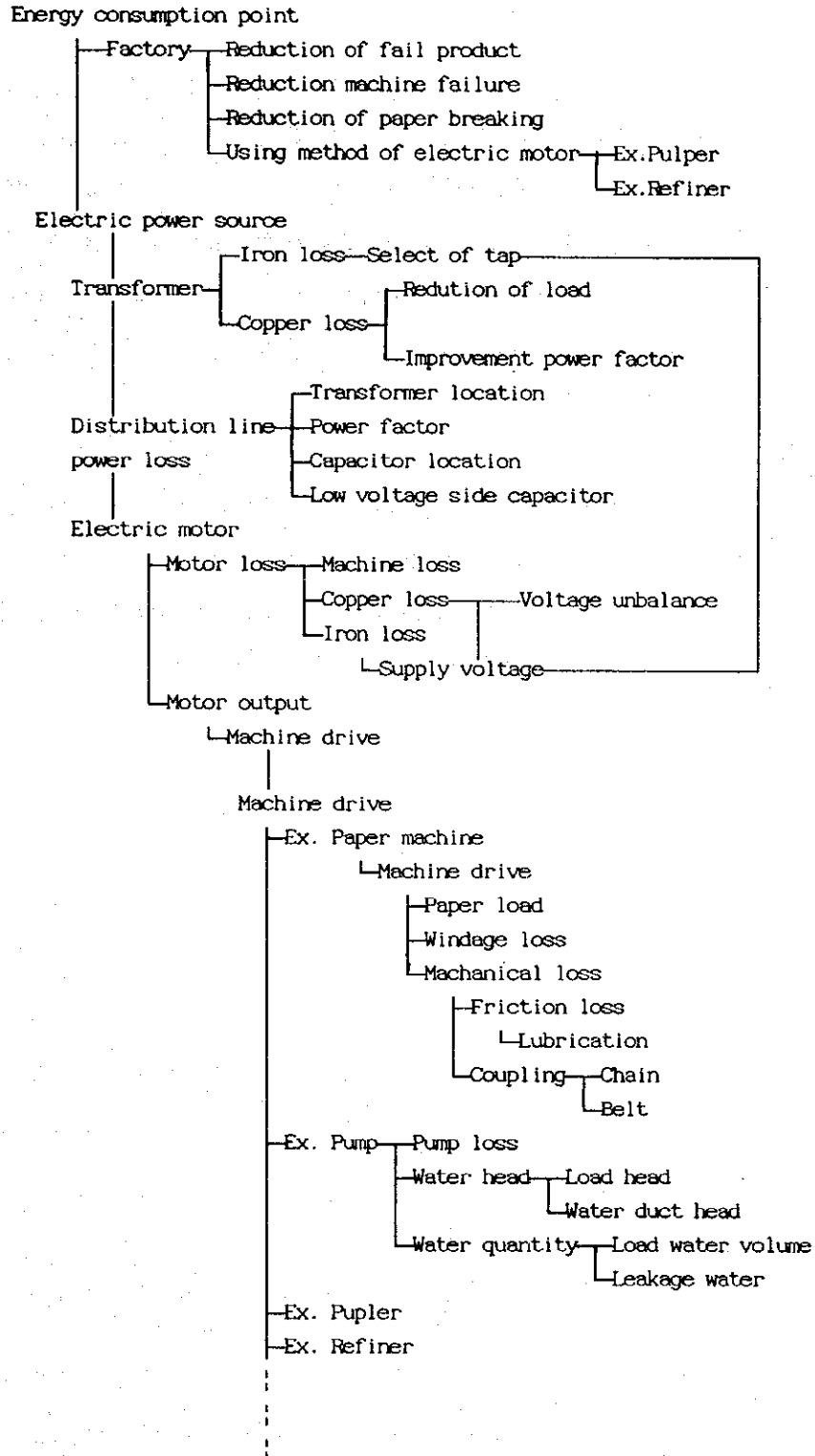


8.2.3.8 電力の問題点、対策とその効果

(1) エネルギー消費箇所

工場でエネルギーを消費する個所の概要を図8.2.40に示す。

Figure 8.2.40 Energy Consumption Point



(2) 電力消費原単位 (kWh/ton) の改善

a. 電力消費原単位 kWh/ton の改善

電力消費量 (kWh) は次の式で表せる。

工場の電力消費量 = 各装置の負荷 (kW) × 動作時間 (h) の総和 = Σ (kW) × (h)

電力消費量を減らすためには、次の項目での低減が必要である。

- 1) 各負荷の電力消費 (kW) の低減
- 2) 各負荷の動作時間 (h) の低減。たとえばバルパーやリファイナなどの動作時間。
- 3) すべての損失及び工程の改善による低減。負荷の特性、動作条件、プロセス制御のチェックが必要である。動作条件や適正な負荷の選択、運転時間の短縮、故障や損失を減らすことで可能な場合もある。小さな改善を積み重ねれば大きな結果が得られる。

最終的に、単位生産量当たりの電力消費原単位 (kWh/生産トン) を減らすことが必要である。紙のコストは生産性と単位生産量当たりの電力消費原単位の関数である。これは管理の重要な指標となる。

b. 不良品の削減

以下の図8.2.41と表8.2.25に該当工場の不良品量を示す。不良品は生産量の6%である。エネルギー消費量は生産量に比例する。不良品に使ったエネルギーはまったくの無駄である。したがって省エネルギーのためには不良品を減らさなければならない。

不良品の率は企業の品質管理レベルを直接的に表わしている。

Figure 8.2.41 Factory's Fail Product

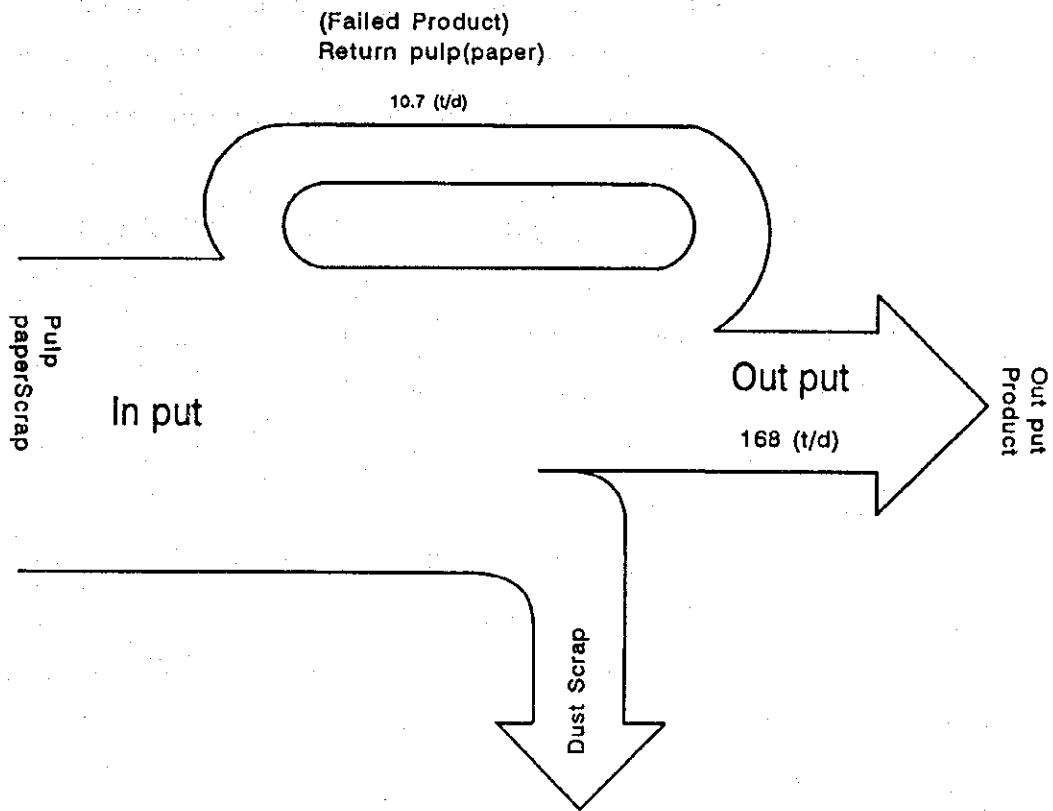


Table 8.2.25 Factory's Fail Product

	A.Product Volume (t/D)	B. Fail Volume (t/D)	$P = B/(A+B)$ (%)
P.M.4	20	1.2	5.7
P.M.5	28	0.3	1.1
P.M.6	60	6	9.1
P.M.7	60	3.2	5.1
	168	10.7	6.0

Energy Consumption \propto In Put

Therefore, it's necessary to reduce fail Volume for energy conservation.

c. 紙切れの低減

表8.2.26は電力消費原単位 (kWh/ton) と紙切れ頻度 (回/日) の関係を表している。

電力消費原単位は抄紙機によっても工程によっても変化する。しかし図8.2.42から、ある傾向が読み取れる。紙切れは不合格紙と不良品の量に直接的な関係がある。したがって紙切れ頻度を減らさなければならない。紙切れゼロを目指して取り組む必要がある。

d. パルパーの運転

パルパーは多量の電力を消費する機械である。したがって注意して運転しなければならない。

1) パルパーの運転と需要電力計の関係

次に運転条件のケースについて判りやすく説明する。

運転するパルパーの数	2台
運転時間	20分
運転しない(停止している)時間	40分

ケース I ~ N の結果を図8.2.42に示す。

結果から分かることは、最も経済的であるのは、付属している装置すべてを同時に運転しないことである。これは大事なポイントである。

2) パルパーの数が多いとき

すべてのパルプ化装置を同時に運転するときは、需要電力計は高い需要電力を測定することになる。このため、同時に運転するパルパーの数を減らさなければならない。同時に運転するパルパーを制御する為、集中制御が必要である。

Table 8.2.26 Operation of Each Division

	Electric Power Consumption (kWh/Month)	Paper Product Volume (ton/Month)	Electric Power Consumption Unit (kWh/ton)	Paper Breaking (frequency/day)
P.M. 4	280791	20 x 30	468	6
P.M. 5	585931	28 x 30	698	15
P.M. 6	1929680	60 x 30	1072	6
P.M. 7	759649	60 x 30	422	3

Figure 8.2.42 Paper Breaking

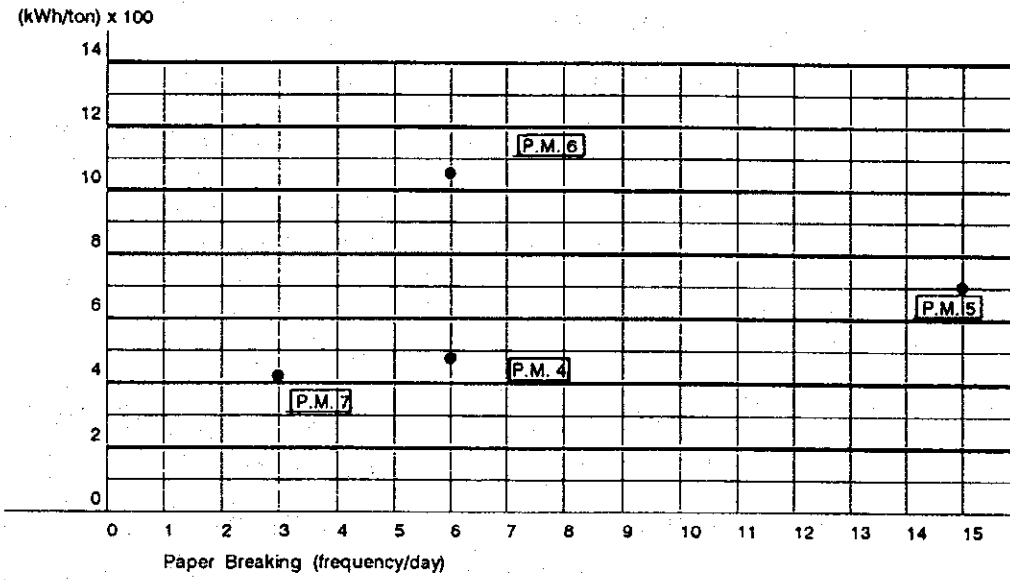
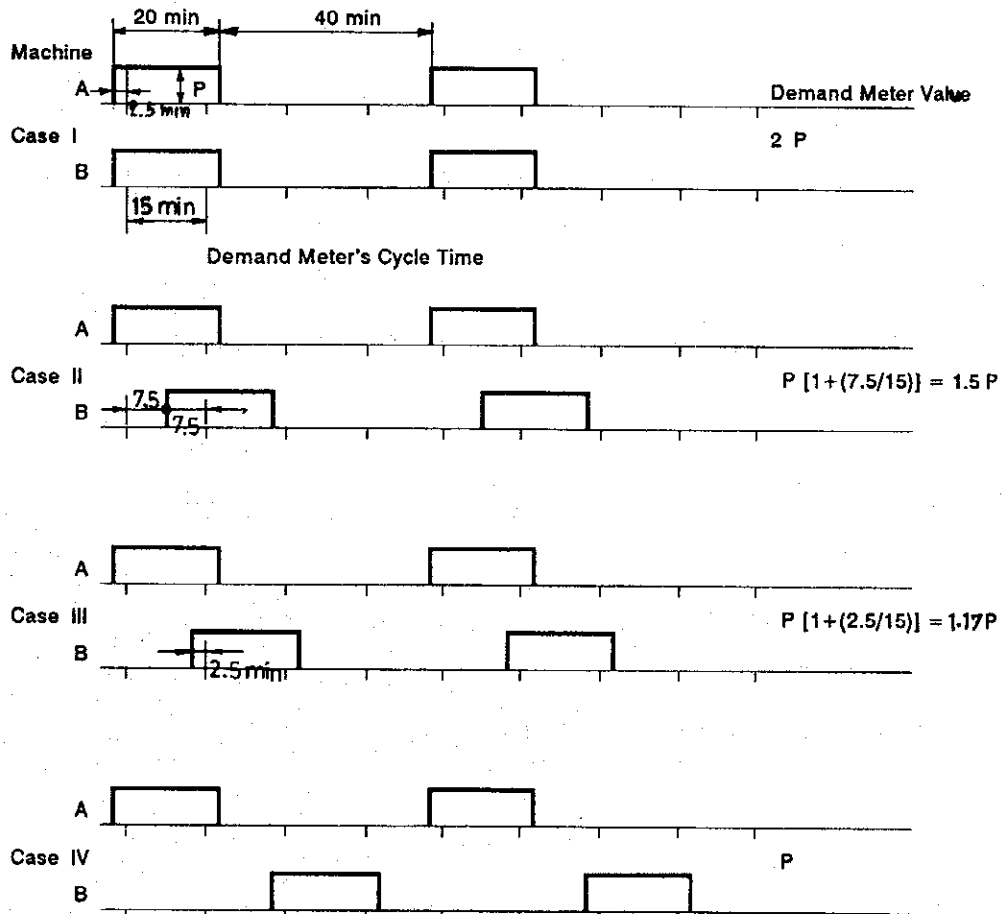


Figure 8.2.43 Driving Time of Pulper



3) 工場のデータによれば第7抄紙機 (P.M.7) のパルパーの運転時間は16時間である。

もしこれを21時間運転可能とすると

$$21 \text{ hr} = 24 \text{ hr} - 3 \text{ hr (P}_{\text{ox}} \text{ 時間)}$$

単純な考えとしては装入量を減らすことがある。Aを現在の装入量とすると、Aを(16/21) Aに減らせば、(5/21) A (24%) だけ減る。

これはパルパーの駆動電力を直接的に下げ、電力の低減が可能である。

kWhは電力(kW)にによって変化するからである。

4) パルパーの制御パネルにはパルパー用のタイマがない。

そのためにパルパーの運転時間を一定に保てず、変動する。運転時間の変動があると、電力消費量も変動する。電力消費量は電力に時間をかけたものだからである。これはタイマの取り付けを必要とし、そしてパルパーの運転時間の制御が可能となる。

5) 工場には役立つデータがないように思われる。適正運転条件、良好な運転、経済的生産を行うため、有効なデータが必要である。パルパーの電力消費量は次のような要因で変化する。

- ・パルプ材料
- ・パルプの量
- ・水の量
- ・運転時間

データを採り、それを解析し、運転条件をチェックする。一番経済的に運転できる条件の選択が必要である。

6) P_{ox}時間の電力量は非常に高い。パルパーの消費電力もまた高い値である。したがってパルパーの運転には、チェスト(パルプ保管容器)を有効に使ってP_{ox}時間を避ける必要がある。

e. リファイナの運転

1) 工場の紙のフリーネスレベルは低い値である。ここに電力消費を減らす一つの方法がある。

リファイナの液体供給量を減らすか、運転時間を減らすことである。フリーネスは紙の品質に関係している。フリーネスと紙の品質を確認する。良好な液体供給の条件と運転時間のより電力消費量の低減が期待される。

2) リファイナの電力消費レベルは高いので、チェストを有効に使い、 P_{ON} 時間中の運転を避けることが必要である。

f. 機械故障の削減

質問表への回答による工場の平均停止時間データを表8.2.27に示す。現在、平均停止時間は総時間の13.6%に達している。連続運転により高効率運転とする必要がある。運転の中断、断続運転は低効率運転をもたらす。低効率運転にはエネルギー損失が伴うので、故障を減らして機械を連続的に運転しなければならない。そして良好な予防保全によって機械の連続運転が可能となる。

Table 8.2.27 Shut Down Time of Paper Machine

	Steam Consumption (ton)	Electric Power Consumption (kWh/Month)	Water Consumption (ton)	Writing of Printing Paper (ton/day)	Board Paper (ton/day)	Average Frequency of Paper Break (per day)	Average Shut Down Time (min/day)			
							Failure	Power Failure	Cleaning	
P.M. 4 unbleached waste 100%	54	280791	1000	-	20	6	200	10	25	235
P.M. 5 BNKP 20% BLKP 80%	86	585931	1000	28	-	15	90	10	24	124
P.M.6 Bleached waste 80% BNKP 20%	270	1929680	3300	60	-	6	180	4	4	188
P.M.7 waste 100%	96	759649	3300	-	60	3	200	10	25	235
Total	506	3556051	8600	88	80	30	782/(4 x 1440)	= 0.136		782

Reference : Questionnaire for Z CO.,LTD.

Note : 1440 = 60 min x 24 hour

g. 電力

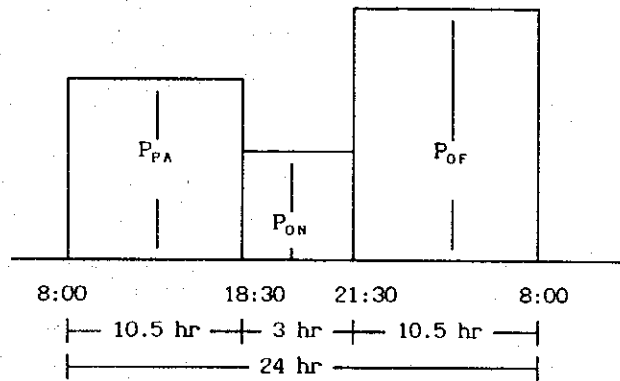
ピーク時 (P_{ON}), 部分ピーク時 (P_{PA}), オフピーク時 (P_{OF}) と電気料金の関係は次の式で表わされる。

$$Y_1 = 305 P_{ON} + 63 (P_{PA} - P_{ON}) + 1.07 \times (\text{kWh})$$

$$= 242 P_{ON} + 63 P_{PA} + 1.07 \times (\text{kWh})$$

生産量は電力消費量 (kWh) に比例すると考えることができる。電力消費量は次の式で表せる。

Figure 8.2.44 Period of Peak Demand



$$Y_2 = 10.5 P_{PA} + 3 P_{ON} + 10.5 P_{OF}$$

なお、 P_{ON} , P_{PA} , P_{OF} の各レベルは一定で、1ヶ月は30日とする。この Y_2 の式を上記の Y_1 の式に代入すると次のようになる。

$$Y_1 = 242 P_{ON} + 63 P_{PA} + 1.07 [(10.5 P_{PA} + 3 P_{ON} + 10.5 P_{OF}) \times 30]$$

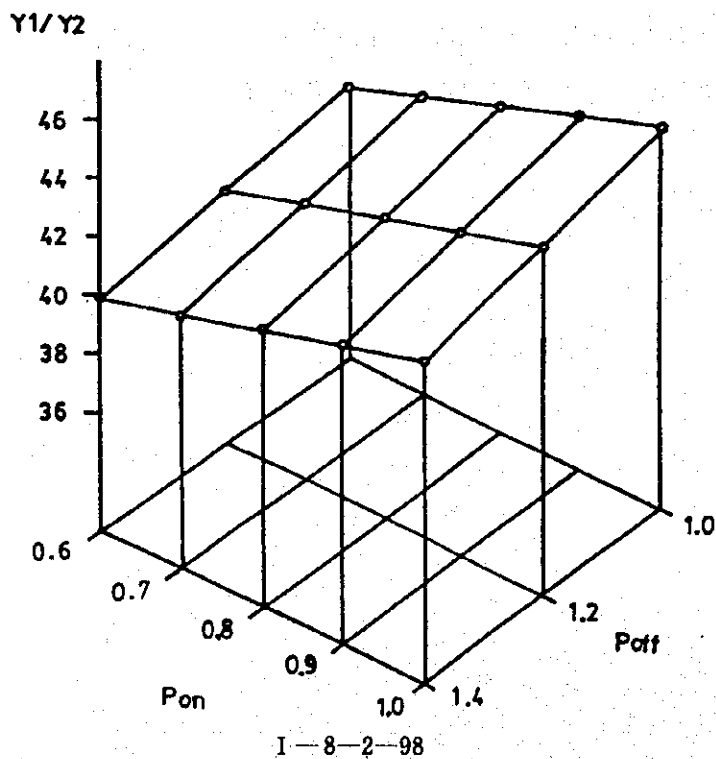
P_{PA} の値を基準に1として P_{ON} と P_{OF} の値を変化させた計算の結果を表8.2.28に示す。

Table 8.2.28 Relation of PPA, PON, POF and Y'1/Y2

P_{PA}	P_{ON}	P_{OF}	Y_2	Y'_1	Y'_1/Y_2
1	0.6	1.0	22.8	940.08	41.23
		1.2	24.9	1007.49	40.46
		1.4	27.0	1074.9	39.81
1	0.7	1.0	23.1	973.91	42.16
		1.2	25.2	1041.32	41.32
		1.4	27.3	1108.73	40.61
1	0.8	1.0	23.4	1007.74	43.07
		1.2	25.5	1075.15	42.16
		1.4	27.6	1145.56	41.40
1	0.9	1.0	23.7	1041.57	43.95
		1.2	25.8	1108.98	42.98
		1.4	27.8	1176.39	42.16
1	1.0	1.0	24.0	1075.40	44.81
		1.2	26.1	1142.81	43.79
		1.4	28.2	1210.22	42.92

Y'_1/Y_2 の値は、電力料金を生産量で割った商の関数である。表8.2.28をグラフ化して図8.2.45に示す。

Figure 8.2.45 Relation of Electric Price/Product Volume and Pon Poff Value



このグラフを見ると、 P_{ON} を下げ P_{OF} を高くした場合が最も経済的なことが分かる。この点は大切である。チェストを有効利用して P_{ON} 時間中にはパルプパーとリファイナを止め、 P_{ON} を下げることは可能である。しかし実際には、 P_{ON} 、 P_{PA} 、 P_{OF} の電力レベルは一定ではなく、変動がある。さらに機械が停止することもあるので、実際の生産量は次式に表わされる。

$$Y_2 = k (10.5 P_{PA} k_1 + 3 P_{ON} k_2 + 10.5 P_{OF} k_3)$$

ここで k は定数である。

k_1 、 k_2 、 k_3 は運転時間率を示す定数である。

Y_2 が成立するのは、 $k = k_1 = k_2 = k_3 = 1$ のときだけである。

電力消費原単位 (kWh/ton) は k 、 k_1 、 k_2 、 k_3 の値によって変化する。したがって、 k の値を抑制して1に近づけるためには、 k_1 、 k_2 、 k_3 の値を管理しなければならない。そのためには次の対策が必要である。

- | | | |
|---------------------|---|--------------|
| (1) 不良品の量の低減。 | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black;"></div> </div> | 連続的な
機械運転 |
| (2) 紙切れの低減。 | | |
| (3) 機械の故障停止の低減。 | | |
| (4) 品質管理 (QC) | | |
| (5) 総合的な生産保全 (TPM)。 | | |
| (6) 工場の管理。 | | |

(3) 力率の改善

各トランスの負荷を測定し、力率を計算した。そしてその力率を改善するためにはどの程度の容量のコンデンサを各トランスに取り付ければよいかを調べた。測定と計算の結果を次の表8.2.29と表8.2.30に示す。

Table 8.2.29 Before Improvement of Power Factor

Tr. no.	Capacity (kVA)	Apparent Power (kVA)	PF	Transformer Copper Losses (W)
1	1,600	1,228	0.82	14,019
2	1,600	1,418	0.71	14,132
3	2,000	350	0.46	1,149
4	2,000	1,118	0.84	7,924
5	2,000	334	0.64	681
6	2,500	1,440	0.63	9,964
7	1,600	748	0.82	4,576
8	1,600	862	0.70	6,028

Table 8.2.30 After Improvement of Power Factor

Tr. no.	Capacity (KVA)	Apparent Power (KVA)	PF	Transformer Copper Losses (W)	Capacitor use (Kvar)
1	1,600	1,059	0.95	10,437	375
2	1,600	1,053	0.95	7,792	675
3	2,000	168	0.95	264	260
4	2,000	986	0.95	6,167	300
5	2,000	230	0.95	322	180
6	2,500	952	0.95	4,494	800
7	1,600	649	0.95	3,445	220
8	1,600	632	0.95	3,237	425

コンデンサを各トランスに取り付けると、銅損と皮相電力が次の表8.2.31のように減少する。

Table 8.2.31 The Result of Saving

Tr. no.	Capacitor use (kVar)	Saving		Investment (Baht)
		Energy (kWh/y)	Cost (Baht/y)	
1	375	31,376	49,261	95,175
2	675	55,532	87,175	167,925
3	260	7,752	12,170	66,600
4	300	15,395	24,171	76,850
5	180	3,143	4,935	44,840
6	800	47,918	75,232	198,000
7	220	9,909	15,557	58,840
8	425	24,456	38,396	106,750
Total 3,235		195,481	306,897	814,980

上記の表8.2.24にあるように工場内の8台のトランスすべてを測定した結果、力率の範囲は46%~84%で、平均的にかなり低い値である。付録Aに示したとおり、上記の表のトランス1台1台の二次側にコンデンサを取付け、その力率をすべて現在の95%に改善することにした。第5トランスを除くトランスへのコンデンサ設置にかかる費用は、設置費と装置費を含めて合計770,140バーツである。コンデンサによって工場の電力料金は192,338kWh/年低減でき、これは301,962バーツ/年の費用節約になる。

上記の表から分かるとおり、第5トランスへのコンデンサ設置費用を償却するには7.5年掛かり、これは経済的でないと判断した。さらに次の項目の第5トランスの説明にもあるよ

うに、これはライン損失を減らす上で最も効果が薄い方法でもある。このため、工場では第5トランスの力率改善を考える必要はない。第6抄紙機の第3トランスは、ミッドシャフトを駆動する主モータとしてのDCモータが負荷であるが、力率は僅か46%と低い。

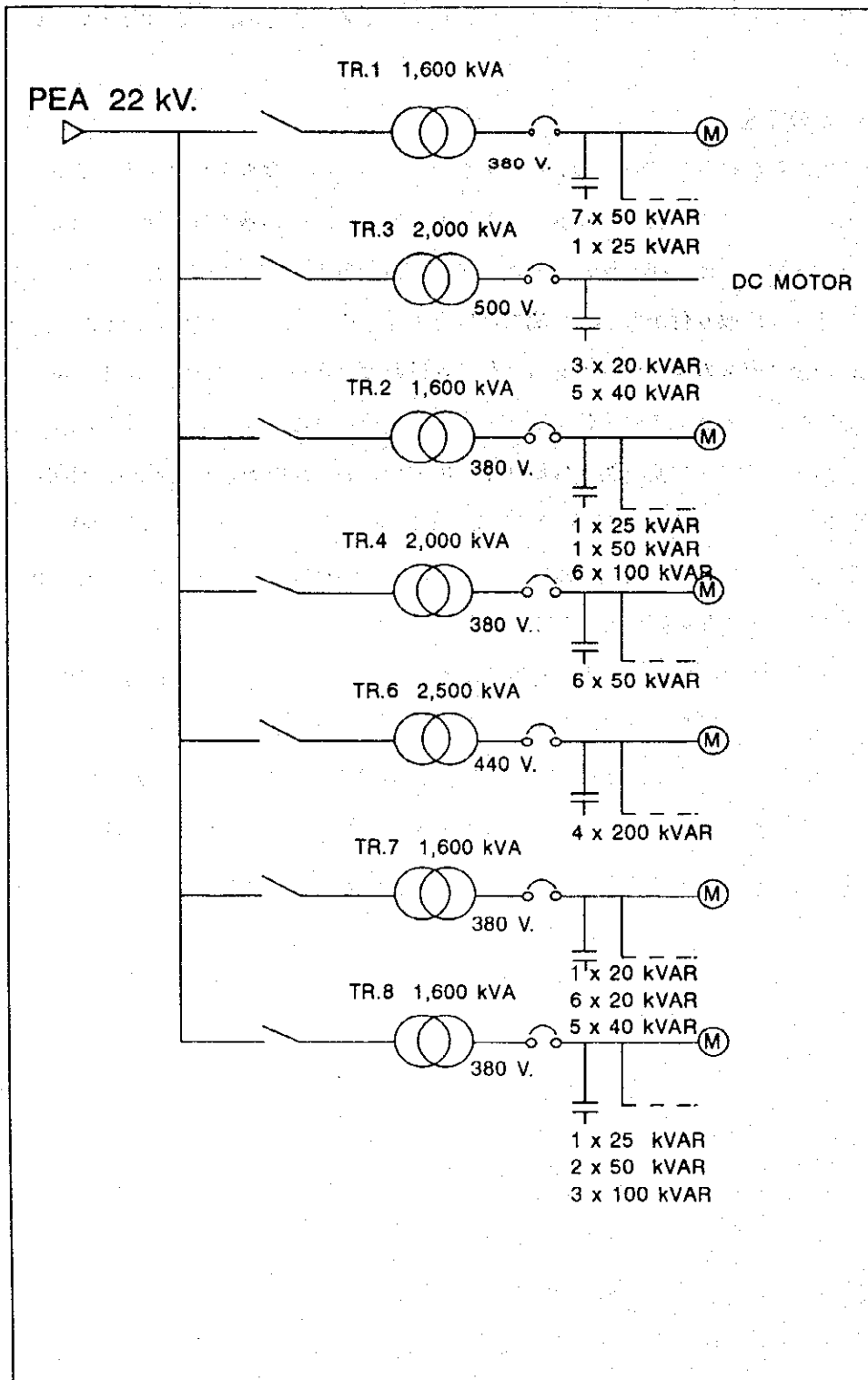
コンデンサの設置

以下の図8.2.46にコンデンサの設置箇所を示す。連続的に設置された第1トランス（第4抄紙機）と第2トランス（第5抄紙機）のMDBがある。MDBの後ろには第1、第2トランスのコンデンサを取り付ける配電盤があるが、単に制御装置が付いているだけでこれ以上は無理で、コンデンサは取り付けられない。工場では既存配電盤内の第1トランスと第2トランス部分に、上述の設計容量のコンデンサを取り付けなければならない。取付けは第1、第2トランスの二次側に行い、トランスの下位システム全体の負荷を制御できるようにする。

第4～第6トランスを使う第6抄紙機は工場内の代表的な機械と言えるが、MDBのパネルボード、フィーダ、サブ負荷（下位負荷）も同じ地域にある。したがって取付け時は、第6抄紙機の操作盤でトランスの二次側に設計容量のコンデンサを取り付ける。これで各トランスの下位システム全体の負荷を制御できるようになる。

第3トランスはDCモータに電源を供給する。コンデンサに高調波抑制用の直列リアクトルを設置する。第7、第8トランスを使う第7抄紙機の、操作盤第6抄紙機のものとも同様にする。しかし第7トランスの二次側には、配電盤に6×20kVarのコンデンサが既に付いているので、追加することになる。第8トランスの二次側の配電盤には、コンデンサはないのでコンデンサを取り付ける。これでコンデンサをすぐ使える状態に設ける事ができる。

Figure 8.2.46: Diagram Indicates Capacitor Installation



ライン損失の削減

コンデンサで力率を改善したら、次に電力分配ライン損失を減らす。

Table 8.2.32 Saving in Line Losses

Tr. no.	Ia	Ib	Saving	
	(A)	(A)	Energy (kWh/y)	Cost (Baht/y)
1	1,942	1,675	1,514	2,377
2	1,950	1,448	4,581	7,191
3	425	204	373	585
4	1,673	1,475	2,666	4,186
5	490	337	653	1,026
6	1,903	1,290	3,940	6,185
7	1,109	963	1,471	2,310
8	1,273	933	3,631	5,701
Total			18,829	29,561

Remark: Ia = current before improvement

Ib = current after improvement

上の表は力率を改善した後のライン損失の減少を示している。電気エネルギーの総節減量は第5トランス関係を除いて18,176 kWh/年、費用に直して28,535バーツ/年になる。計算値については、付録Bを参照すること。

コンデンサ使用後の総節減量

力率を改善に関する提言と、その実施結果を表8.2.33に示す。これを工場が実行すれば、設置費用が770,140バーツ、電力節約量は210,514 kW 時/年、金額で330,497バーツ/年になり、2年4ヶ月弱で償却される。

Table 8.2.33 The Total Saving after Using Capacitors

Tr. no.	Capacitor use (kVar)	Saving			Total Cost (Baht/y)	Investment cost (Baht)	Payback period (year)	
		Iran. loss (kWh/y)	Line loss (kWh/y)	Total loss (kWh/y)				
1	375	31,376	1,514	32,890	51,638	95,175	1.8	
2	675	55,532	4,581	60,113	94,366	167,925	1.8	
3	260	7,752	373	8,125	12,755	66,600	5.2	
4	300	15,395	2,666	18,061	28,357	76,850	2.7	
6	800	47,918	3,940	51,858	81,417	198,000	2.4	
7	220	9,909	1,471	11,380	17,867	58,840	3.3	
8	425	24,456	3,631	28,087	44,097	106,750	2.4	
Total		13,055	192,338	18,176	210,514	330,497	770,140	2.3

注意：コンデンサの寿命は10年である。

第5トランスは償却期間が7.5年と長いので節約の計算に入っていない。

(4) 第6トランス負荷の分離

第6トランス負荷の二次側定格電圧は440ボルトである。定格440ボルトのモータと定格380ボルトのモータが混在している。唯一380ボルト定格であるACファンモータにも、300kVAのステップダウン・トランスの440/380ボルトの出力から電圧を供給している。次の対策は、モータを電圧によって分離することである。つまり、440ボルトのモータには第6トランスから、380ボルトのモータには第5トランスから電圧を供給する。

第6トランスの負荷であるモータの定格電圧に関しては情報が得られなかった。したがって第6トランスについては電圧ごとにモータを分離することの効果は計算できない。第6トランスの負荷を分離した場合は、力率改善効果に関する表8.2.33のデータを修正しなければならない。第5トランスの負荷は増加し、第6トランス負荷は減少するからである。データを入手して計算をやり直さなければならない。第6トランスの負荷を分離すれば、300kVAのステップダウン・トランスを使う必要はなくなる。

(5) 最大電力需要の削減

現在の製紙工程で、高い製造コストの1つの原因となっているのはピーク時の電力消費である。表8.2.21に示した電力料金の請求額から分かるのは、電力料金としてピーク時料金だけで1年に19,738,685バーツ (64,7171 kW×305バーツ/kW)、つまり年間総電力料金の29%を支払わなければならない。電気機械装置類の電力消費の測定については、主要機械し

か実施できなかった。このため、ここでは第6、第7抄紙機それぞれのパレート図の特徴を指摘するにとどめる。ここからピーク時にどの抄紙機を停止させるかを定められる。色々な負荷の測定結果詳細、パレート図、運転計画について以下に述べる。

a) 第7抄紙機の電力消費節減

第7抄紙機の測定結果を図8.2.47と表8.2.34に示す。

Figure 8.2.47 The Results of Measuring of PM.7

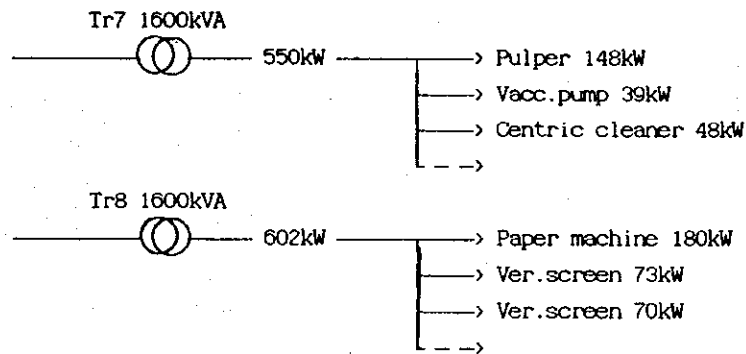


Table 8.2.34 Datas of PM.7

Total of power = 550+602 = 1152 kW.

Motors	kW	Sum	%
Paper machine	180	-	15.6
Pulper	148	328	28.4
Ver,screen	73	401	34.8
Ver.screen	70	471	40.8
Centric cleaner	48	519	45.0
Vacc.pump	39	558	48.4
Grand Total		1,152	100.0

上記のデータをパレート図として図8.2.48に示す。

パレート図から、負荷管理について表を以下のようにまとめた。

Figure 8.2.48 Pareto Diagram of P.M.7

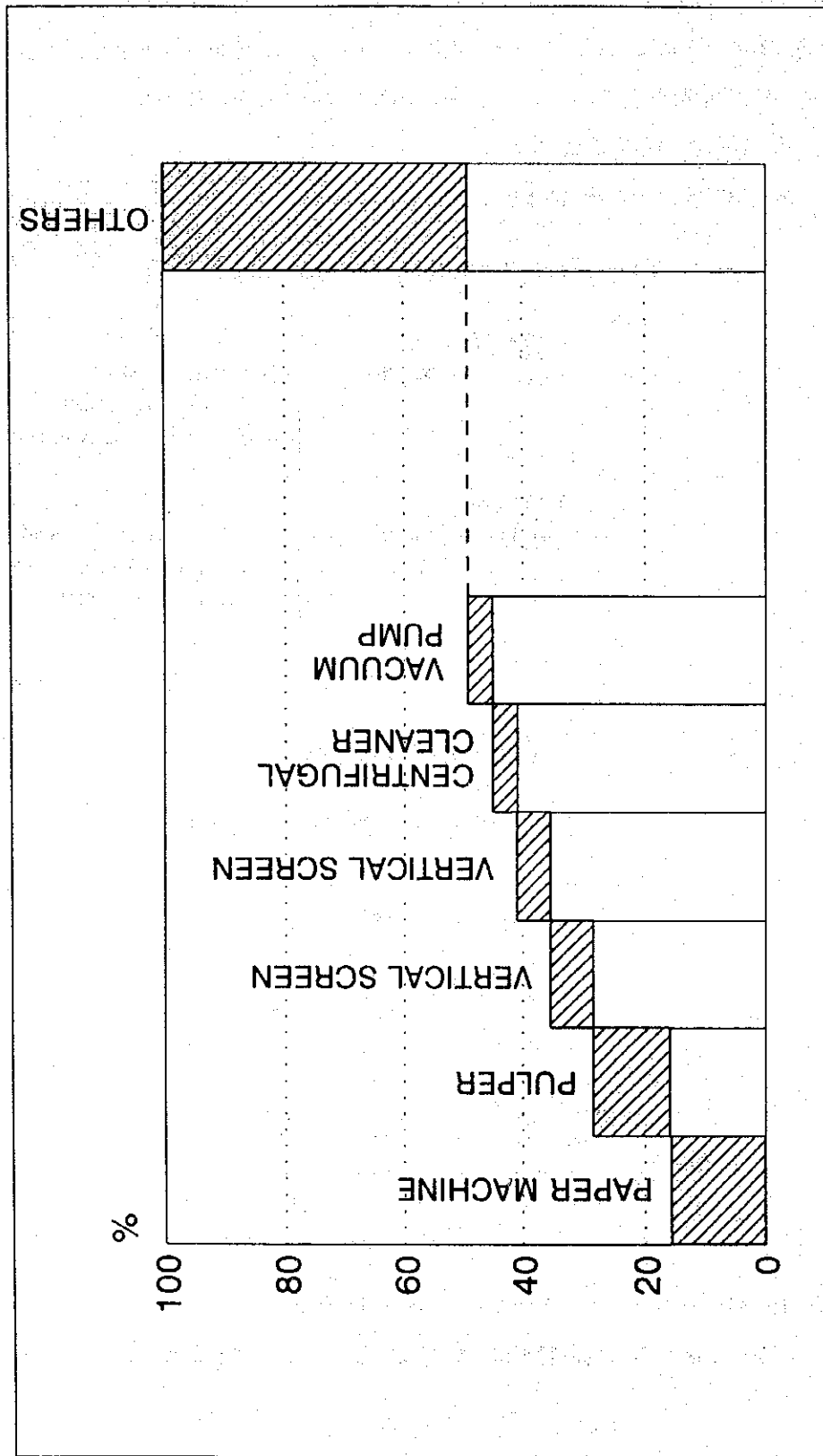


Table 8.2.35 Load Management of PM.7

Motors	P_{PA} (08:00-18:30)		P_{ON} (18:30-21:30)		P_{OFF} (21:30-08:00)	
	Oper- ating	kW	Oper- ating	kW	Oper- ating	kW
Paper machine	on	183	on	183	on	183
Pulper /1/	on	148	off	0	on	148
Ver. screen	on	73	on	73	on	73
Ver. screen	on	70	on	70	on	70
Centric creaner	on	48	on	48	on	48
Vacc.pump	on	39	on	39	on	39
Total		522		339		522

Remark : /1/ a factory copes on shutdown during a period of on-peak

上の表において、図8.2.58 (付録C) の第7抄紙機の製造工程のうちパルプパー工程及びリファイニング工程をチェストにパルプを保管できる。したがってピーク時には、パルプパー工程及びリファイニング工程の機械は停止させる事を考えた。そして部分ピーク時およびオフピーク時には運転を再開する。しかし製紙工程に使用される機械は通常どおり動作しているので、生産には影響ない。勧告を上表に示した表のように実行すると、ピーク時にモータを停止させればその分の電力料が節約できる。8月8日～18日の記録のように P_{ON} 中の電力消費が減っているとは考えられない。

第7抄紙機の負荷の運転計画を作成する勧告については、第7抄紙機の計画を立てれば、それが第4、第5抄紙機の計画としても使える。これは付録Cの図8.2.55、図8.2.56、図8.2.58にあるように工程の特徴がほとんど同じだからである。

b) 第6抄紙機の電力消費削減

第6抄紙機の測定結果を図8.2.49と表8.2.36に示す。

Figure 8.2.49 The Results of Measuring of PM.6

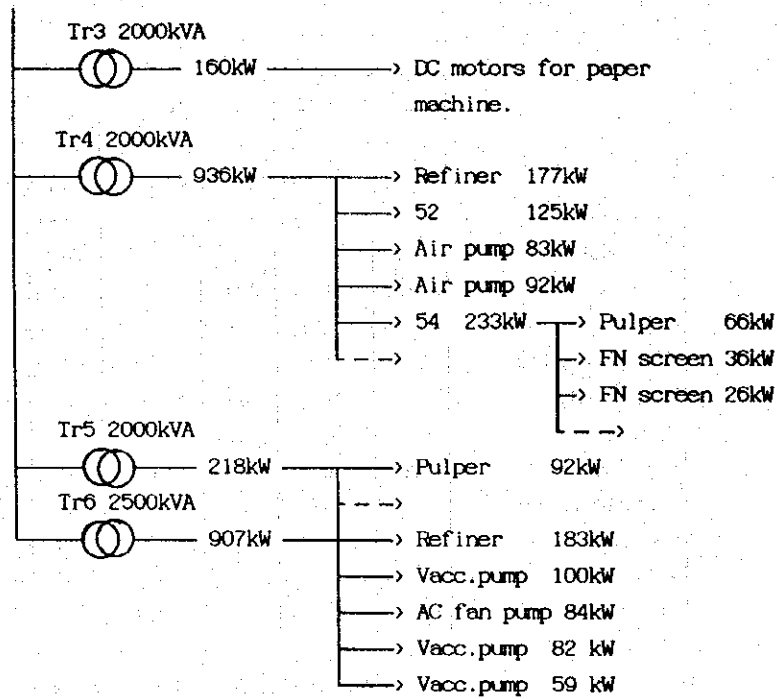


Table 8.2.36 Datas of PM.6

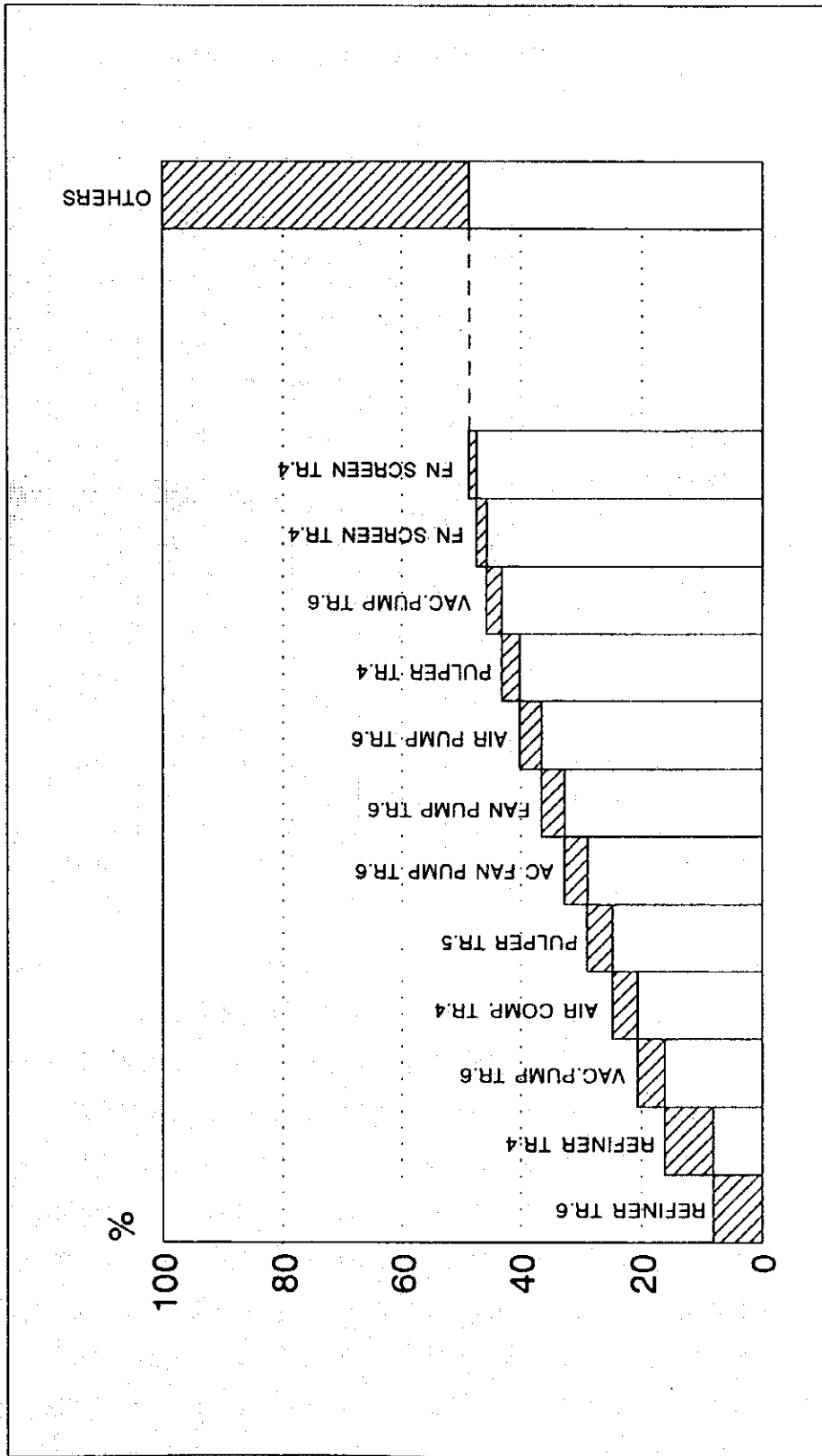
Total of power = 160+936+218+907 = 2221 kW.

Motors	KW	Sum	%
Refiner Tr6	183	-	8.2
Refiner Tr4	177	360	16.2
Vacc.pump Tr6	100	460	20.7
Air comp. Tr4	92	552	24.8
Pulper Tr5	92	644	29.0
AC fan pump Tr6	84	728	32.8
Air pump Tr4	83	811	36.5
Vacc.pump Tr6	82	893	40.2
Pulper Tr4	66	959	43.2
Vacc.pump Tr6	59	1018	45.8
FN screen Tr4	36	1054	47.5
FN screen Tr4	26	1080	48.6
Grand Total		2,221	100.0

Note : Each motor load of Tr.6 is calculated as following :
 (Rating current/Actual current) x Rating load(kW)

上記のデータから図8.2.50のパレート図を作成した。

Figure 8.2.50 Pareto Diagram of P.M.6



パレート図を次のように負荷管理の表にすることができる。

Table 8.2.37 Load Management of PM.6

Motors	P _{PA} (08:00-18:30)		P _{ON} (18:30-21:30)		P _{OFF} (21:30-08:00)	
	Oper- ating	kW	Oper- ating	kW	Oper- ating	kW
Refiner Tr6	on	183	off	-	on	183
Refiner Tr4	on	177	off	-	on	177
Vacc.pump Tr6	on	100	on	100	on	100
Air pump Tr4	on	92	on	92	on	92
Pulper Tr5	on	92	off	-	on	92
AC fan pump Tr6	on	84	on	84	on	84
Air pump Tr4	on	83	on	83	on	83
Vacc.pump Tr6	on	82	on	82	on	82
Pulper Tr4	on	66	off	-	on	66
Vacc.pump Tr6	on	59	on	59	on	59
FN screen Tr4	on	36	on	36	on	36
FN screen Tr4	on	26	on	26	on	26
Total		1,080		562		1,080

第6抄紙機の電力消費は工場の総電力消費の約53%である(8.2.3.7(2)「部門別電力消費」参照)。これは電気の大部分を消費している大きな機械である。

付録Cの図8.2.57に示した第6抄紙機の製造工程を見ると、第4、第5抄紙機との違いは、第1パルプパーにパルプ保管用チェストがなく、仕上げ洗浄後の第2パルプパーにはあることである。第6抄紙機では運転は連続的なので、ピーク時にどの部分の電気装置を止めるかは考慮が必要である。上記の見本に示したようにモータの使用方法を表にすれば、電気消費削減のための勧告に合った運転管理方法を決めるのに役立つ。上記の表は第6抄紙機の第1パルプ化装置工程についての提言内容を表している。そこではチェストで最低3時間分の量のパルプを保管することになっている。したがってピーク時には第1パルプ化装置を停止できるだろう。次に部分ピーク時とオフピーク時に運転を再開する。こうすれば、上記の表にあるように他の工程でもP_{ON}期間モードを停止することが可能になる。

(6) 負荷曲線の解析

負荷率を改善することには次のようなメリットがある。

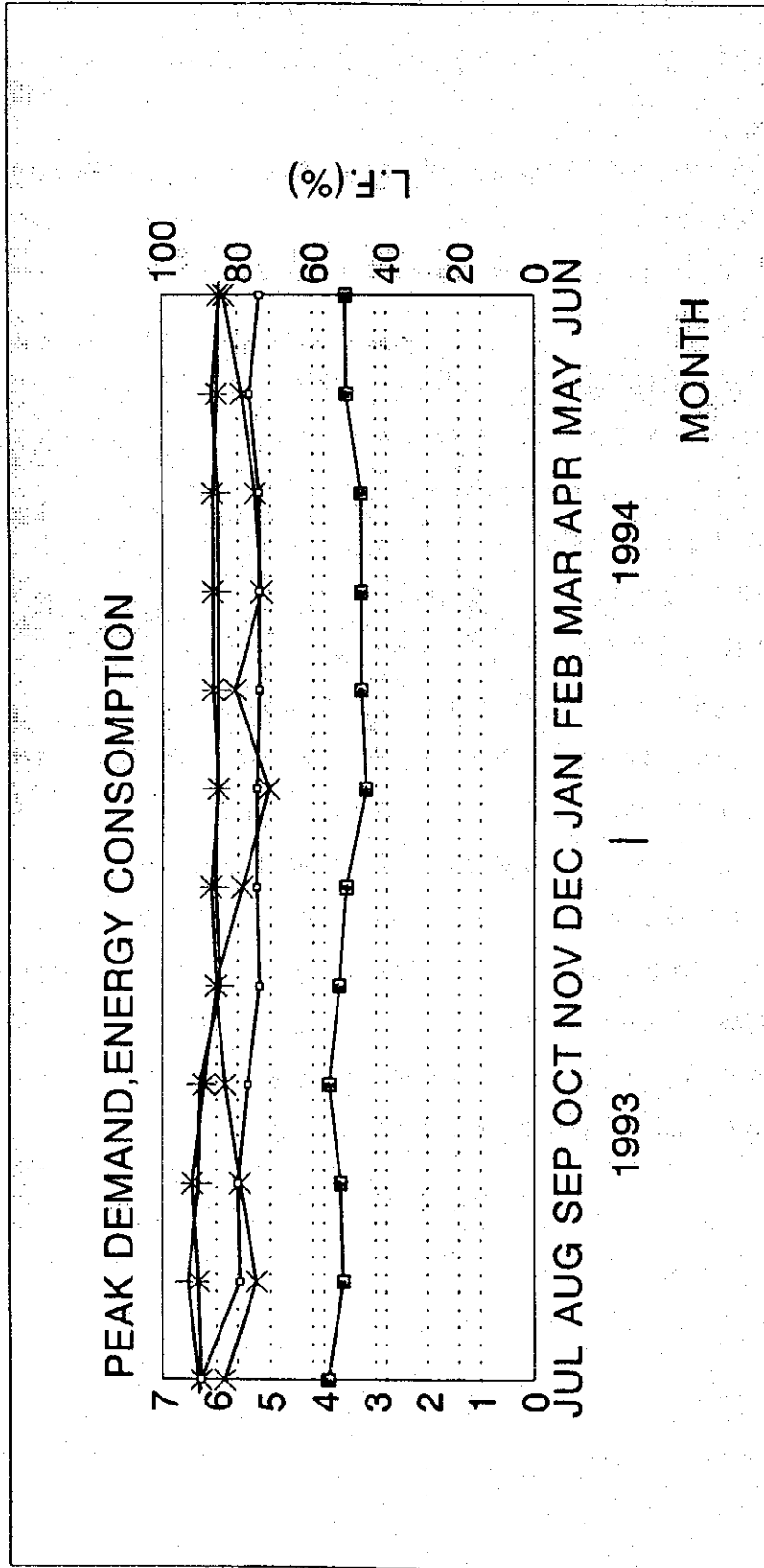
- a) 受電装置や配電装置の能力を有効に使えるようになるので、装置への投資額を節約できる。
- b) 工場内のすべての機械装置の運転状態が分かるので、負荷曲線と負荷率をチェックして無駄を省ける。
- c) 最大電力を下げることで需要電力料金を減らせる。

1) 月別負荷曲線

工場の電力料金請求書に示された月別の電力消費データ（表8.2.21参照）から負荷曲線を描くと（図8.2.51参照）、ピーク需要（kW）と電気消費量（kW時）と関係から負荷率が分かる。これを見ると、電力消費が少ないながらもピーク需要の多いのはどの月か、つまり1993年7月のように負荷率が低くなるのはどのような条件の月かが分かる。これはピーク需要の管理に改善が必要なことを意味している。このような月が多ければ電力料金（パーツ/kW時）が上昇する。逆に、電力消費が多くてもピーク需要の少ないのはどの月か、つまり1993年10月のように負荷率（%）が高いのはどのような条件の月かが分かる。このような月が多ければ電力料金は減少する。後者の場合は、生産に影響の出ない範囲でピーク需要をできるだけ低く抑えられれば、メリットが生まれる。

このような理由で、ピーク需要の量に目標を設定し、機械の運転計画と動作手順を定めることを工場に対して勧める。パルプパーヤリファイナなどの代表的な工程はピーク時（午後6:30～午前9:30）に運転する事は可能であるが、停止させる使用法も考慮すべきである。機械に付属しているものの、あまり必要でない装置はピーク時が過ぎるまで一時的に停止させた後、手順にしたがって再起動することも含めて考える。これを実行できればピーク需要を減らし、負荷率を高めることができる。

Figure 8.2.51 Monthly Load Curve

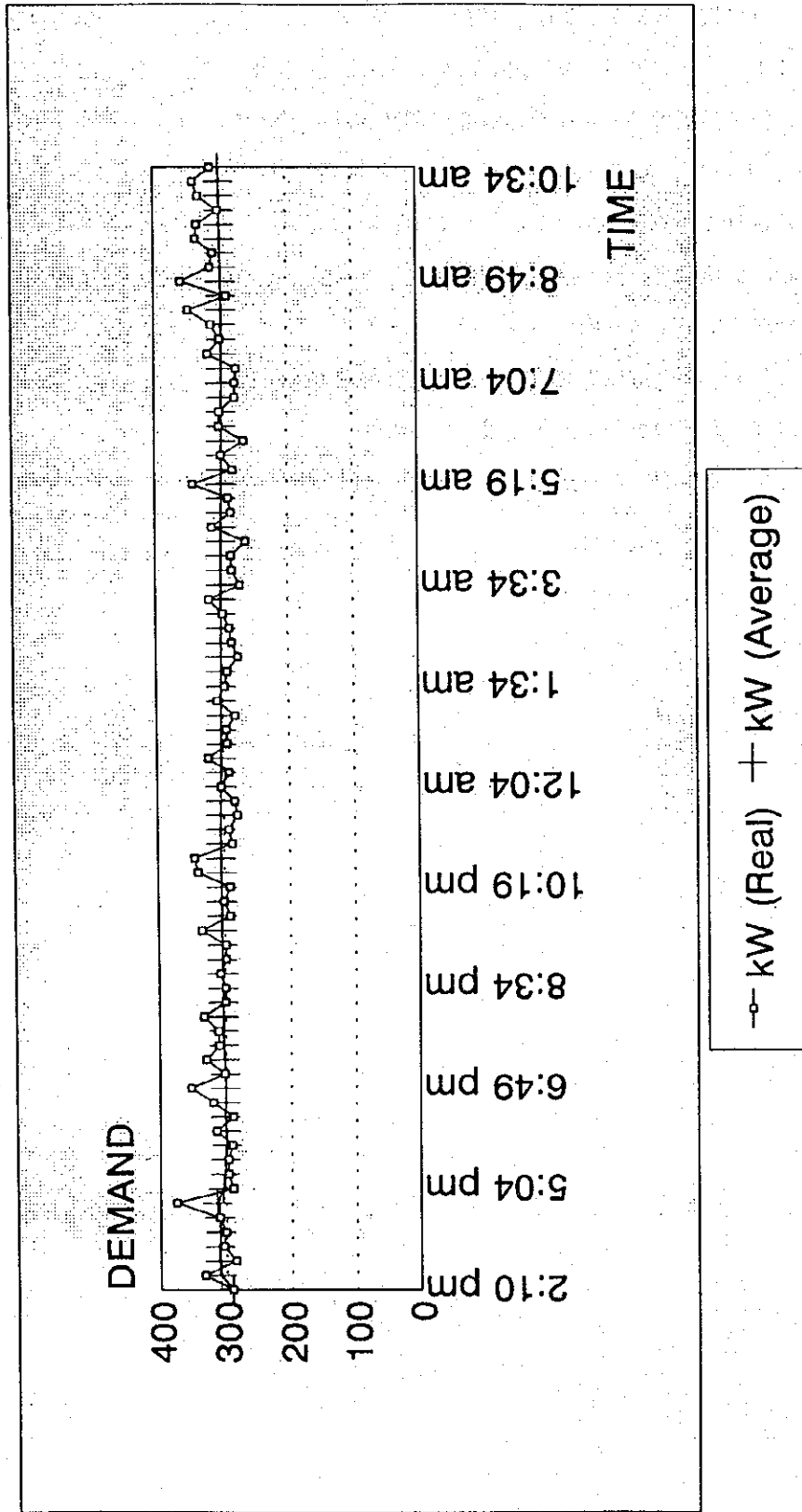


+ kW(On) * kW(Off) x kWh X 1000 * L.F.(%)

2) 日別負荷曲線

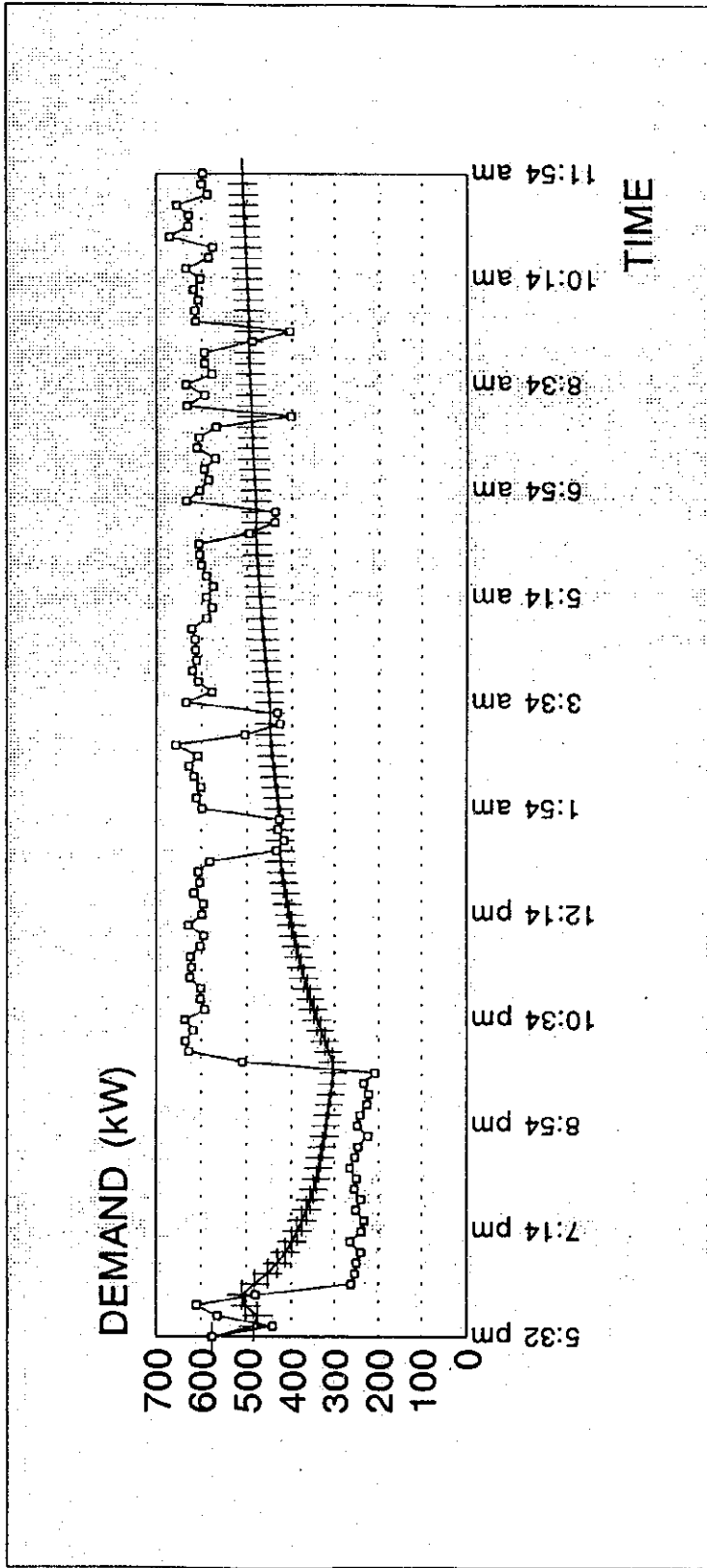
第7抄紙機 (P.M.7) の第7, 第8トランス (Tr.7, Tr.8), そして第6抄紙機 (P.M.6) の第4トランス (Tr.4) を測定した結果から曲線 (図8.2.52, 図8.2.53, 図8.2.54) を描くと, 第7抄紙機のピーク時の需要が削減され, 不必要な負荷—パルプパー (200 hp×2台), セパレータ (100 hp, 50 hp), ポンプ (25 hp×2台), 水ポンプ (30 hp) —が工程から外されていることが分かる。第6抄紙機の第4トランスの負荷を測定したところ, ピーク時に負荷をまったく減らさずに運転していることが分かる。これらのデータから, 第6抄紙機ではチェスト内のパルプが十分にある場合は, パルプ化装置やリファイナを停止させたり又この間稼働させる必要のない装置を P_{ON} 期間停止させることなどを提案する。これはピーク時の需要を大きく減らすのに役立つ。これで工場では電力コストを大幅に下げることができる。この提案は第4, 第5抄紙機についても全く同様である。

Figure 8.2.52 Daily Load Curve of TR.4 (P.M.6)



94/07/19 - 94/07/20

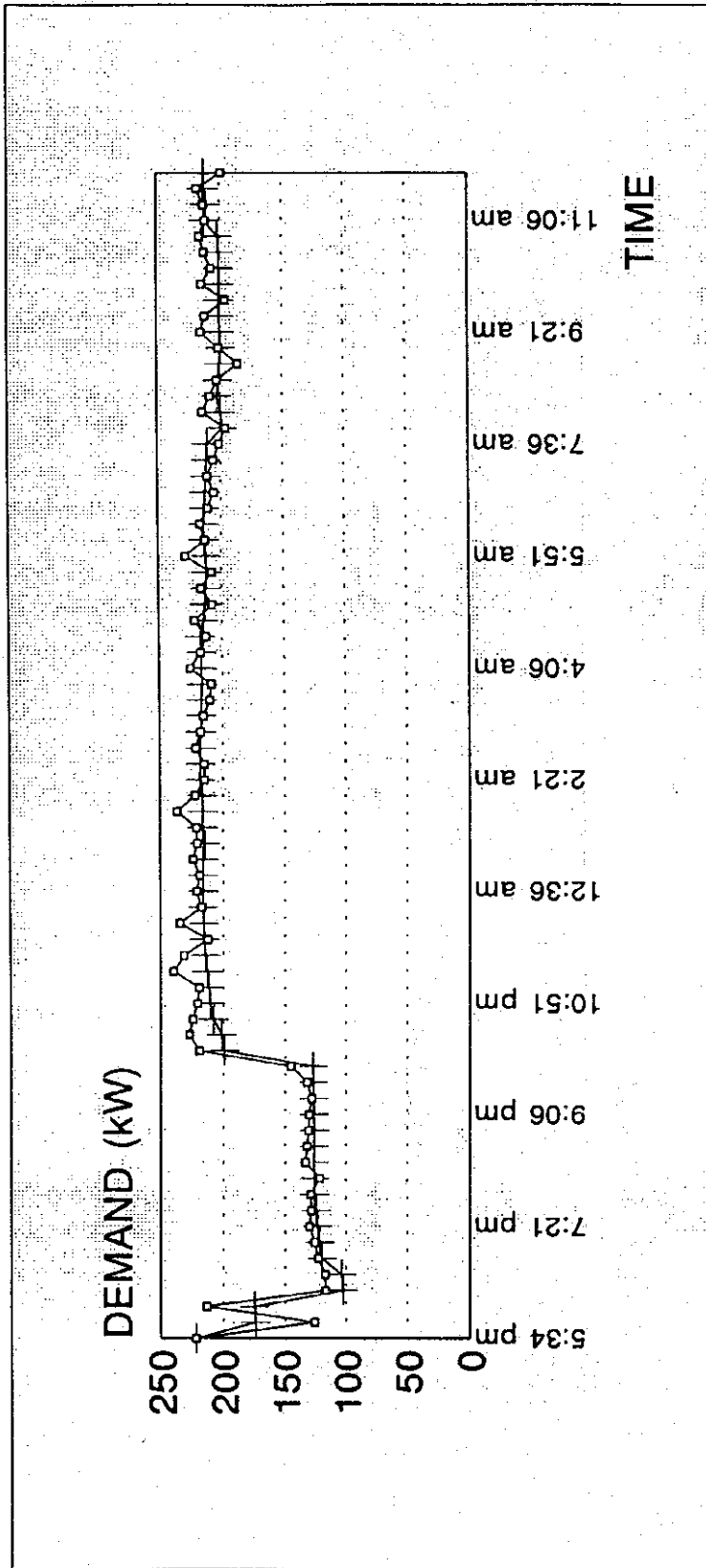
Figure 8.2.53 Daily Load Curve of TR.4 (P.M.6)



—○— kW + kW(Avg.)

94/07/20

Figure 8.2.54 Daily Load Curve of TR.8 (P.M.7)



—○— kW(Real) + kW(Avg.)

94/07/20 - 94/07/21

(7) モータ運転

主要装置のモータがどのように運転されているかを以下の表に示す。その内の3台は定格電流の55%以下で運転されている。つまりFNスクリーン2 (75hp)は50.9%, 第4トランスのパルプ化装置 (200 hp) は35.1%, 第8トランスの垂直スクリーン(175 hp)は54%である。

Table 8.2.38 Operation of Motors

Tr. no.	Use for:	Rating Output (HP)	Rating current (A)	Load current (B)	(B)/(A) (%)
4	FN screen 1	75	99	68	68.7
4	FN screen 2	75	108	55	50.9
4	Pulper Tr4	200	305	107	35.1
4	Air comp.	200	280	254	90.7
7	Pulper Tr5	200	305	272	89.2
7	Vacc. pump	75	108	75	69.4
7	Cleaner pump	75	103	90	87.4
8	Ver.screen 1	175	237	128	54.0
8	Ver.screen 2	125	174	125	73.6

上記の表から、モータがどのように運転されているかが分かる。負荷に流れる電流が定格以下のときには、その原因を突き止め、モータ数を減らしたりモータ容量を小さくするなど対策を実施してする。FNスクリーン2について計算したモータの変更を次に1例だけ示す。

MOTOR CHANGE

FORMULA

Iron loss = kW x (1/eff-1) x %Iron loss

Copper loss = kW x (1/eff-1) x %Copper loss x (L.F.)²

MOTOR NAME FN SCREEN (2)

Measuring load 26.00 kW
 381.00 V
 55.00 A
 0.716 PF

EXISTING MOTOR		CHANGE TO	
Capacity	55.00 kW	Capacity	37.00 kW
Efficiency	90.50 %	Efficiency	90.50 %
Power factor	0.840	Power factor	0.870

EXISTING LOSS		LOSS AFTER IMPROVEMENT	
Iron loss	1.732 kW	Iron loss	1.165 kW
Copper loss	1.017 kW	Copper loss	1.100 kW
Total loss	2.749 kW	Total loss	2.265 kW

SAVING

Loss saving 0.484 kW
 Energy saving 4243.33 kWh/year
 Money saving 6662 Baht/year

Remark :

L.F. = (kVA actual / kVA rated)
 kVA actual = (kW load / PF load)
 kVA rated = [kW rated / (eff x PF rated)]
 % Iron loss = 30.00 %
 % Copper loss = 70.00 %
 Electricity price = 1.570 Baht/kWh

Program by : VIRAT SONGNGAM
 Printed date 12/09/94
 Printed time 12:28:30

計算結果を見ると、FNスクリーン2のモータは定格の55kWを37kWで動作させても適合している。これによって電力が4,243kWh/年節約できるが、これは金額にして6,662パーツ/年になる。大きな問題は、取り外した55kWモータをどうするかである。ただ保管しているだけでは費用効果がない。これは工場の判断に任せるしかない。工場に予備のモータが何台かあれば簡単に入れ替えられるし、もし新規モータの購入予定があれば希望の定格のものを選んでFNスクリーン2のものと交換できる。

モータを変更したら復水器の能力が十分か再び確認する。

(8) その他

a) トランスタップの変更

第5トランスの二次電圧(2,000kVA)が393ボルトと、モータ定格電圧に比べて高いレベルになっていることが分かる。タップを変更して二次電圧を通常の383ボルトまで下げなければならない。それによって第5トランスの電力損失が減少し、モータや他の装置の力率が3%~5%改善される。

第5トランスの電力損失の削減は次のようになる。

$$\begin{aligned} & 2,000 \text{ kVA} \times (1 - 0.986) \times 0.2 \times \{(393/383) \text{ の } 2 \text{ 乗} - 1\} \times 8,499 \text{ h/年} \\ & = 2,488 \text{ kWh/年} \end{aligned}$$

これは金額に直して次のようになる。

$$2,488 \text{ kWh/年} \times 1.57 \text{ パーツ/kWh} = 3,907 \text{ パーツ/年}$$

b) 受電盤の計器

受電盤には、現在のところ電圧計と電流計が1つずつあるだけである。さらに積算電力計、電力計、力率計を取付け、1時間ごとの読取り値を記録することを勧める。そうすれば負荷の変動が明らかになり、装置を効率的に管理するのに役立つ。

- I. 電力消費量を減らすには、kWh, kW, PFなどの記録を取る必要がある。
- II. 管理図を使って管理・改善を行う必要がある。管理図は品質管理の一方法である。
kWh, kW, kWh/生産トン、運転時間及びその他の工程管理に管理図が使用出来る。
- III. 管理図を使用すると共に、その記録を定期的に分析する必要がある。

これらを実行すれば電力消費量の管理が可能になる。

c) 無負荷モータ

負荷のかかっていないモータを駆動してはいけない。モータの電力、鉄損、銅損、摩擦による損失、内部ファンの風損から成る損失からエネルギーが無駄になる。したがって、可能な限りモータを無負荷で駆動しない。

d) ベルト

調査の結果、多くの場所でベルトがゆるくなったまま使っていることを発見した。損失が増えてモータの動力伝達効率が落ちる。モータには動力の余裕が必要だが、ベルトのたるみは不必要な動力の損失を生ずる。したがってモータのベルトを調整して常に最適の状態に保つ。

e) 潤滑油

エネルギー節約の一貫として、機械への潤滑油によって摩擦を減らし、不要な抵抗を低減しなければならない。摩擦が大きいとモータの動きが重くなり、電力の使用量も増える。このことは、工場は余分な電力料を払わねばならぬし、工場に有益な事ではない。

さらに調査から分かったことは幾つかのモータはオーバグリースで多過ぎて外に漏れていることである。関係者との対話から、毎日グリース補給油を行っているモータがあることが分かったが、これでは多過ぎる。もしグリースが溢れて固定子に入り込むとモータに障害が起きる。

以上より、工場では潤滑油計画を立てて定期的に機械にグリース補給をし、潤滑不足を事前に防ぐことを勧める。

f) 照明

工場のエンジニアとの話し合いの結果、照明設備の電力消費の割合は非常に低く、全体の1%にも満たないことが分かった。しかし照明関係をまったく無視することはできない。エネルギー節約の可能性のある限り取り組まなければならない。つまり屋根に光を通す材料を使って自然光を工場内に入れ、室内の明るさを上げることによるコスト削減も考えなくてはならない。つまりランプを減らしたり、ランプの使用時間を減らすことを指している。

g) 水消費の削減

水の使用量はポンプの電力消費に比例する。水の消費を減らすには水を大量に使う運転を減らさなければならない。

8.2.3.8 改善効果のまとめ

以上の改善方策をまとめ、実施した場合の効果を集計する。

(1) 紙切れの減少（現状 6 回／日→改善 1 回／日）

日本の印刷・筆記（Printing & Writing Paper）用紙の紙切れ回数は0.1～0.2 回／日である。次の方策により現状の 6 回／日を 1 回／日とする。

a. チリの混入防止対策

1) 燃料のダストの飛散防止。

抄紙室、仕上室は極力汚染外気の混入を防ぐ構造の窓、扉、壁に改造し、新鮮な外気を入れる。

2) 損紙の土足踏みつけ禁止

抄紙室、仕上室の土足立入禁止（靴洗を置く。靴のはき替え。）

3) 除塵器の設備管理

セントリクリーナーの設備予防保全の実施、入口、出口にゲージをつけて差圧管理による設備機能の発揮

(2) ドライヤーのフード、ベンチレーションの改善

フードは不整備の儘の為、蒸発蒸気の28%は管内にリークし、抄紙室環境は悪化している。ドライヤーパートのベンチレーションの不整は全幅方向の水分は不均衡となり、1.6～2.0%と過乾燥にせざるを得ない条件の一つとなっている。

a. 紙水分を約 6% にすることは品質上、原価上も好ましい。紙水分を 6% にすると、現状より歩留も 4.2% 上がり、蒸気消費原単位も低減出来る。

フードの側壁を完全に整備し、ポケットベンチレーションについても改善しなければならない。

b. 現状のフード内、天井の温度は 48℃ であった。

フード整備後、フード内露点を 55℃ に維持する様、排気量のコントロールをする事は、排気量を 10% 低減する事になり排気ファン電力量が 10% 低減する。

(3) ドライヤーの整備

ドライヤーの表面に付着する紙粉除去用ドクターの整備は熱伝導率を向上し、蒸発効率が上がる。

現状でも 6～7 本のドライヤーを休止しても乾燥設備条件は余力があり、ドライヤー運転電力量の 10～15% 低減可能である。

(4) プレス線圧の上昇

プレス後の湿紙水分を 1% 低減する設備改善を行う。1% 水分を低減する事により、ドラ

イヤー蒸気は4%低減出来るので、設備投資の償却は容易である。

(5) 仕上フリーネスの見直し

印刷・筆記用紙のフリーネスは450～500cc (CSF) が理想的である。リファイナーは、フリーネス100cc進める為に80～100 kWh/Paper ton の電力を消費する。現在フリーネスは約350ccであるから、450ccに仕上げる事により、約90 kWh/Paper ton (歩留は考慮しないで、紙の場合も同じとする) の電力が節約出来る。

(6) 変圧器の力率改善

(7) 変圧器のタップ変更

紙パルプ工場の省エネルギー改善総括表

重油価格：3040Baht/kl=3.24Baht/kg
 蒸気価格：0.582 kl/7.5t*3040=236 Baht/ton
 電力料金：1.57 Baht/kWh

No.6 製紙機生産量：18,000 t/y

改善項目	設備費 (Baht)	エネルギー削減額 (Baht/y)	回収期間(y)
熱管理			
1. 蒸気管保温 (Oil : 9,024.62 kg/y)	Baht 10,978.-	9,024.62 kg /y×3.24Baht/kg =29,240 Baht/y	0.38 y
2. 抄紙機 (No.6 PM)			
2.1 紙切れ削減 (稼働率 1.5%増加) (紙切れによる停止時間： 5分/回)	Nil	Steam : 2.65t/t-paper×0.015 =0.04t/y-paper 0.04×18000 t/y×236 Baht/t =169,920 Baht/y Electricity : 803 kWh/t-paper×0.015 =12 kWh/t-paper 12×18000t/y×1.57 Baht/kWh =393,120 Baht/y Total =169,920+393,120 =563,040 Baht/y	
2.2 ベンチレーション及び フード設備改善 (No.6 PM)	Baht 2,500,000.-		0.78 y
1) 紙水分増加 (1.6%-6%)		804/0.96 kWh/t-paper-804 =33 kWh/t-paper	
2) 露点の上昇 (48℃-55℃)		804 kWh/t-paper×0.1 =80 kWh/t-paper Total=33+80=113kWh/t-p 113×18000t/y×1.57 Baht/kWh =3,193,380 Baht/y	
3. ドライヤー (No.6 PM) ドライヤーの整備	Baht 500,000.-	804 kWh/t-paper×0.1 =80kWh/t-paper 80×18000 t/y×1.57 Baht/kWh =2,260,800 Baht/y	0.22 y
4. プレスパート (No.6 PM) 脱水率向上 (1%)	Baht 1,200,000.-	Steam : 2.65 t/t-paper×0.043 =0.11 t/t-paper 0.11×18000 t/y×236 Baht/t =487,280 Baht/y	2.59 y
5. リファイナー (No.6 PM) 仕上フリーネス増加 (100cc増加)	Nil	90 kWh/t-paper 90×18000 t/y×1.57 Baht/kWh =2,543,400 Baht/y	
電気管理			
1. 変圧器の効率改善 (210,514 kWh/y 削減)	Baht 770,140.-	330,497 Baht/y	2.33 y
2. 変圧器のタップ変更 (2,488 kWh/y 削減)	Nil	3,907 Baht/y	
合計	Baht 4,981,118.-	9,337,544 Baht/y	0.53 y

電力削減率：((12+113+80+90)×18000+210514+2488) / 44231000=5523000 / 44231000=0.125
 燃料油削減率：(9024×1.07 / 1000+(0.04+0.11)×18000×0.582 / 7.5) / 7235=219 / 7235=0.03

APPENDIX A

POWER FACTOR CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.1 (P.M.4)	
Capacity of Transformer	1600.00	kVA
Efficiency (eff)	98.59	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	2309.40	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	2850	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	20650	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	1008.00 kW	Active Power	1008.00 kW
Apparent Power	1227.77 kVA	Apparent Power	1059.38 kVA
Reactive Power	700.97 kVar	Reactive Power	325.92 kVar
Power Factor	0.821	Power Factor	0.9515
Actual sec. voltage	365.00 V	Actual sec. voltage	365.00 V
Actual current (Ia)	1942.07 A	Actual current (Ib)	1675.71 A
Iron Losses	2850 W	Iron Losses	2850 W
Copper Losses	14019.11 W	Copper Losses	10437.32 W

Work hour	8760.00 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh
To use capacitor	375 kVar (Approximate)

FORMULA

Copper loss reduction = $kVA \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(I_a/I_r)^2 - (I_b/I_r)^2]$
 x Work hour per year

SAVING

Energy saving	31376.44 kWh/year
Money saving	49261 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 12/09/94

Printed Time 13:12:38

POWER CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.2 (P.M.5)	
Capacity of Transformer	1600.00	kVA
Efficiency (eff)	98.59	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	2309.40	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	2850	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	20650	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	1000.00 kW	Active Power	1000.00 kW
Apparent Power	1418.44 kVA	Apparent Power	1053.30 kVA
Reactive Power	1005.97 kVar	Reactive Power	330.81 kVar
Power Factor	0.705	Power Factor	0.949
Actual sec. voltage	420.00 V	Actual sec. voltage	420.00 V
Actual current (Ia)	1949.85 A	Actual current (Ib)	1447.91 A
Iron Losses	2850 W	Iron Losses	2850 W
Copper Losses	14131.70 W	Copper Losses	7792.45 W

Work hour	8760 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh
To use capacitor	675 kVar (Approximate)

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(\text{Ia}/\text{Ir})^2 - (\text{Ib}/\text{Ir})^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	55531.81 kWh/year
Money saving	87185 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 12/09/94

Printed Time 16:27:07

POWER CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.3 (P.M.6)	
Capacity of Transformer	2000.00	kVA
Efficiency (eff)	98.66	%
Rated sec. voltage	600.00	V
Rated current (Ir)	1924.50	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	3250	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	24000	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	160.00 kW	Active Power	160.00 kW
Apparent Power	350.11 kVA	Apparent Power	167.91 kVA
Reactive Power	311.41 kVar	Reactive Power	50.92 kVar
Power Factor	0.457	Power Factor	0.953
Actual sec. voltage	476.00 V	Actual sec. voltage	476.00 V
Actual current (Ia)	424.65 A	Actual current (Ib)	203.66 A
Iron Losses	3250 W	Iron Losses	3250 W
Copper Losses	1149.25 W	Copper Losses	264.33 W

Work hour	8760 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh
To use capacitor	260 kVar (Approximate)

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(I_a/I_r)^2 - (I_b/I_r)^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	7751.89 kWh/year
Money saving	12170 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 12/09/94

Printed Time 16:21:36

POWER FACTOR CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR. 4 (P.M.6)	
Capacity of Transformer	2000.00	kVA
Efficiency (eff)	98.66	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	2886.75	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	3250	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	24000	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	936.00 kW	Active Power	936.00 kW
Apparent Power	1118.28 kVA	Apparent Power	986.51 kVA
Reactive Power	611.93 kVar	Reactive Power	311.62 kVar
Power Factor	0.837	Power Factor	0.9488
Actual sec. voltage	386.00 V	Actual sec. voltage	386.00 V
Actual current (Ia)	1672.64 A	Actual current (Ib)	1475.55 A
Iron Losses	3250 W	Iron Losses	3250 W
Copper Losses	7924.39 W	Copper Losses	6166.90 W

Work hour	8760.00 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh
To use capacitor	300 kVar (Approximate)

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times \left[\left(\frac{I_a}{I_r} \right)^2 - \left(\frac{I_b}{I_r} \right)^2 \right] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	15395.55 kWh/year
Money saving	24171 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 07/09/94

Printed Time 11:18:54

POWER FACTOR CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR. 5 (P.M.6)	
Capacity of Transformer	2000.00	kVA
Efficiency (eff)	98.66	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	2886.75	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	3250	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	24000	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	218.00 kW	Active Power	218.00 kW
Apparent Power	333.84 kVA	Apparent Power	229.69 kVA
Reactive Power	252.84 kVar	Reactive Power	72.35 kVar
Power Factor	0.653	Power Factor	0.9491
Actual sec. voltage	393.00 V	Actual sec. voltage	393.00 V
Actual current (Ia)	490.44 A	Actual current (Ib)	337.44 A
Iron Losses	3250 W	Iron Losses	3250 W
Copper Losses	681.30 W	Copper Losses	322.51 W

Work hour	8760.00 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh
To use capacitor	180 kVar (Approximate)

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times \left[\left(\frac{I_a}{I_r} \right)^2 - \left(\frac{I_b}{I_r} \right)^2 \right] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	3143.04 kWh/year
Money saving	4935 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 07/09/94

Printed Time 11:24:23

POWER CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.6 (P.M.6)	
Capacity of Transformer	2500.00	kVA
Efficiency (eff)	98.66	%
Rated sec. voltage	440.00	V
Rated current (Ir)	3280.40	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	3700	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	28200	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	907.00 kW	Active Power	907.00 kW
Apparent Power	1417.19 kVA	Apparent Power	951.76 kVA
Reactive Power	1088.93 kVar	Reactive Power	288.45 kVar
Power Factor	0.640	Power Factor	0.953
Actual sec. voltage	430.00 V	Actual sec. voltage	430.00 V
Actual current (Ia)	1902.82 A	Actual current (Ib)	1277.91 A
Iron Losses	3700 W	Iron Losses	3700 W
Copper Losses	9964.29 W	Copper Losses	4494.15 W

Work hour	8760.00 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh
To use capacitor	800 kVar (Approximate)

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(\text{Ia}/\text{Ir})^2 - (\text{Ib}/\text{Ir})^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	47918.39 kWh/year
Money saving	75232 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 12/09/94

Printed Time 17:46:15

POWER CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.7 (P.M.7)	
Capacity of Transformer	1600.00	kVA
Efficiency (eff)	98.59	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	2309.40	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	2850	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	20650	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	616.00 kW	Active Power	616.00 kW
Apparent Power	747.57 kVA	Apparent Power	648.63 kVA
Reactive Power	423.57 kVar	Reactive Power	203.12 kVar
Power Factor	0.824	Power Factor	0.950
Actual sec. voltage	389.00 V	Actual sec. voltage	389.00 V
Actual current (Ia)	1109.54 A	Actual current (Ib)	962.68 A
Iron Losses	2850 W	Iron Losses	2850 W
Copper Losses	4575.93 W	Copper Losses	3444.77 W

Work hour	8760.00 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh
To use capacitor	220 kVar (Approximate)

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(\text{Ia}/\text{Ir})^2 - (\text{Ib}/\text{Ir})^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	9908.91 kWh/year
Money saving	15557 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM
 Printed Date 12/09/94
 Printed Time 18:05:39

POWER CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.8 (P.M.7)	
Capacity of Transformer	1600.00	kVA
Efficiency (eff)	98.59	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	2309.40	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	2850	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	20650	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	602.00 kW	Active Power	602.00 kW
Apparent Power	862.46 kVA	Apparent Power	631.95 kVA
Reactive Power	617.61 kVar	Reactive Power	192.26 kVar
Power Factor	0.698	Power Factor	0.953
Actual sec. voltage	391.00 V	Actual sec. voltage	391.00 V
Actual current (Ia)	1273.51 A	Actual current (Ib)	933.14 A
Iron Losses	2850 W	Iron Losses	2850 W
Copper Losses	6028.37 W	Copper Losses	3236.60 W

Work hour	8760.00 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh
To use capacitor	425 kVar (Approximate)

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(I_a/I_r)^2 - (I_b/I_r)^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	24455.87 kWh/year
Money saving	38396 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 12/09/94

Printed Time 18:09:53

APPENDIX B

LINE REDUCTION**DATA OF CONDUCTOR TR.1 (P.M.4)**

Type of conductor (THW,TW ect.)	THW
Conductor materials	Annealed Copper
Norminal cross area	500.00 sq.mm
Quantity of conductor	8.00 line/phase
Distance of conductor (L)	13.00 m
Temp. of conductor (tw)	30.00 deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.0354 Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	1942.07 A
Current after improvement (Ib)	1675.71 A
Work hour	8760 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c(t_w - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	1514.01 kWh/year
Money saving	2377 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date: 12/09/94

Printed Time: 15:17:01

LINE LOSS REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR TR.2 (P.M.5)

Type of conductor (THW,TW ect.)	THW	
Conductor materials	Annealed Copper	
Norminal cross area	300.00	sq.mm
Quantity of conductor	6.00	line/phase
Distance of conductor (L)	10.00	m
Temp. of conductor (tw)	30.00	deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393	
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.059	Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	1949.85	A
Current after improvement (Ib)	1447.91	A
Work hour	8760	h/y
Electricity price	1.57	baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c(t_w - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	4580.49 kWh/year
Money saving	7191 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM
Printed Date : 12/09/94
Printed Time : 16:06:34

LINE REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR TR.3 (P.M.6)

Type of conductor (THW,TW ect.)	THW	
Conductor materials	Annealed Copper	
Norminal cross area	300.00	sq.mm
Quantity of conductor	6.00	line/phase
Distance of conductor (L)	10.00	m
Temp. of conductor (tw)	30.00	deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393	
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.059	Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	424.65	A
Current after improvement (Ib)	203.85	A
Work hour	8760	h/y
Electricity price	1.57	baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c(t_w - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	372.72	kWh/year
Money saving	585	Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 12/09/94

Printed Time 16:21:36

LINE LOSSES REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR TR.4 (P.M.6)

Type of conductor (THW, TW ect.)	THW
Conductor materials	Annealed Copper
Norminal cross area	300.00 sq.mm
Quantity of conductor	6.00 line/phase
Distance of conductor (L)	16.00 m
Temp. of conductor (tw)	30.00 deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.059 Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	1672.64 A
Current after improvement (Ib)	1475.55 A
Work hour	8760 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c(tw - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	2666.35 kWh/year
Money saving	4186 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNAM

Printed Date 12/09/94

Printed Time 16:33:27

LINE LOSS REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR TR.5 (P.M.6)

Type of conductor (THW,TW ect.)	THW	
Conductor materials	Annealed Copper	
Norminal cross area	300.00	sq.mm
Quantity of conductor	5.00	line/phase
Distance of conductor (L)	16.00	m
Temp. of conductor (tw)	30.00	deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393	
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.059	Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	490.44	A
Current after improvement (Ib)	337.44	A
Work hour	8760	h/y
Electricity price	1.57	baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c(tw - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	653.21 kWh/year
Money saving	1026 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM
Printed Date 12/09/94
Printed Time 16:55:51

THW REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR TR.6 (P.M.6)

Type of conductor (THW,TW ect.)	THW
Conductor materials	Annealed Copper
Norminal cross area	300.00 sq.mm
Quantity of conductor	8.00 line/phase
Distance of conductor (L)	10.00 m
Temp. of conductor (tw)	30.00 deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.059 Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	1902.82 A
Current after improvement (Ib)	1290.32 A
Work hour	8760.00 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c (t_w - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	3939.61 kWh/year
Money saving	6185 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM

Printed Date 12/09/94

Printed Time 17:36:30

LINE REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR TR.7 (P.M.7)

Type of conductor (THW, TW ect.)	THW
Conductor materials	Annealed Copper
Norminal cross area	300.00 sq.mm
Quantity of conductor	5.00 line/phase
Distance of conductor (L)	15.00 m
Temp. of conductor (tw)	30.00 deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.059 Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	1109.54 A
Current after improvement (Ib)	962.68 A
Work hour	8760.00 h/y
Electricity price	1.57 baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c(t_w - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	1471.19 kWh/year
Money saving	2310 Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM
Printed Date 12/09/94
Printed Time 17:52:54

LINE REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR TR.8 (P.M.7)

Type of conductor (THW, TW ect.)	THW	
Conductor materials	Annealed Copper	
Norminal cross area	300.00	sq.mm
Quantity of conductor	5.00	line/phase
Distance of conductor (L)	15.00	m
Temp. of conductor (tw)	30.00	deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393	
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.059	Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	1273.51	A
Current after improvement (Ib)	933.14	A
Work hour	8760.00	h/y
Electricity price	1.57	baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c(t_w - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	3631.00	kWh/year
Money saving	5701	Baht/year

Program by : VIRAT SONGNGAM
Printed Date 12/09/94
Printed Time 18:15:45

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent and reliable data collection processes to support effective decision-making.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and reporting, thereby improving efficiency and accuracy.

4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data management, such as data quality, security, and privacy. It provides strategies to mitigate these risks and ensure that data is used responsibly and ethically.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key findings and recommendations. It stresses the importance of ongoing monitoring and evaluation to ensure that data management practices remain effective and aligned with the organization's goals.

6. The sixth part of the document provides a detailed overview of the data collection process, including the identification of data sources, the design of data collection instruments, and the implementation of data collection procedures.

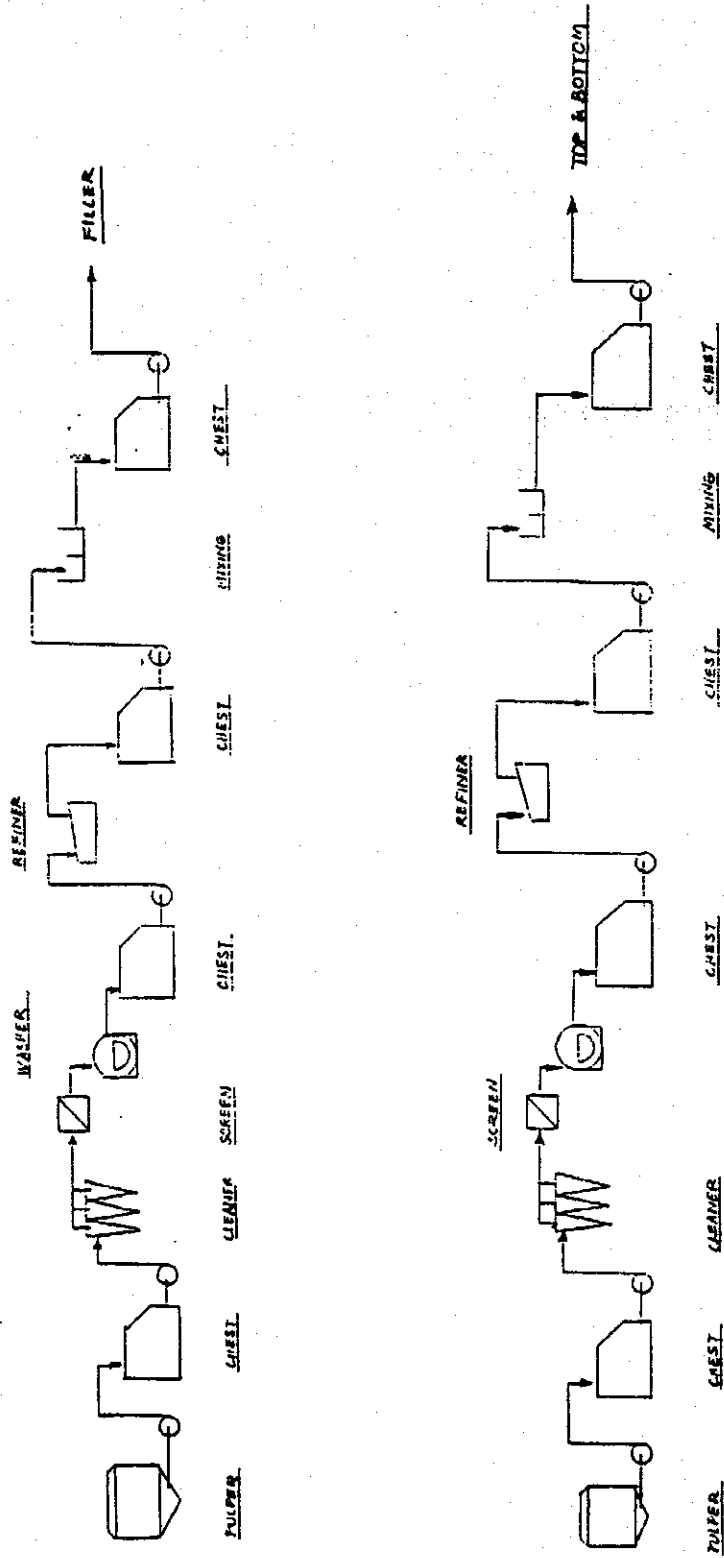
7. The seventh part of the document discusses the various methods used for data analysis, such as descriptive statistics, inferential statistics, and qualitative analysis. It explains how these methods are used to interpret the data and draw meaningful conclusions.

8. The eighth part of the document focuses on the ethical considerations of data management and analysis. It discusses the importance of obtaining informed consent, protecting personal data, and ensuring that data is used for legitimate purposes.

9. The ninth part of the document provides a final summary and concludes the document. It reiterates the key points and offers final thoughts on the importance of data management and analysis in the modern business environment.

APPENDIX C

4. (1) Flowsheet



P.M. 4

Figure 8.2.55 Process of P.M.4

P.M. 6

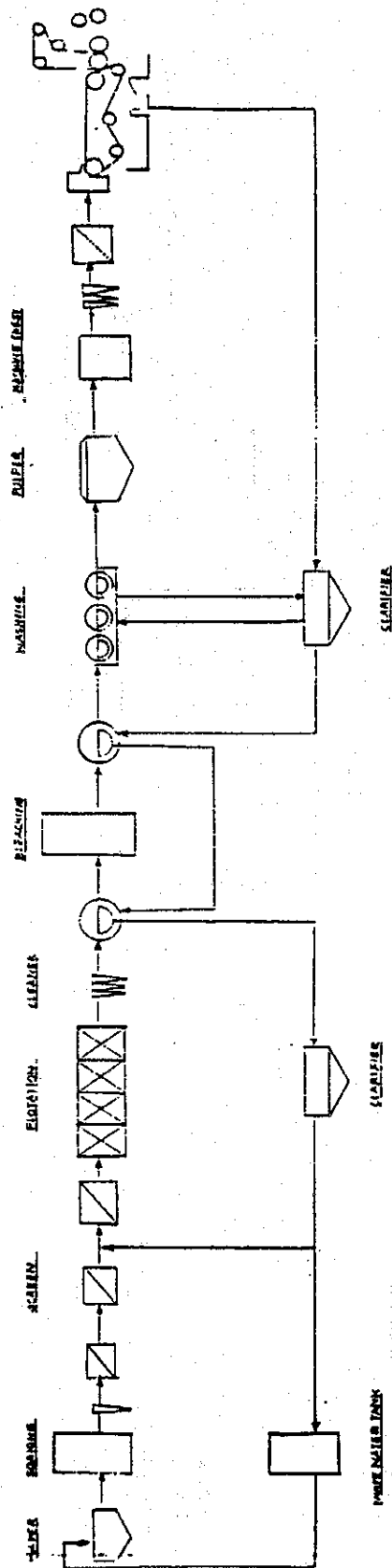
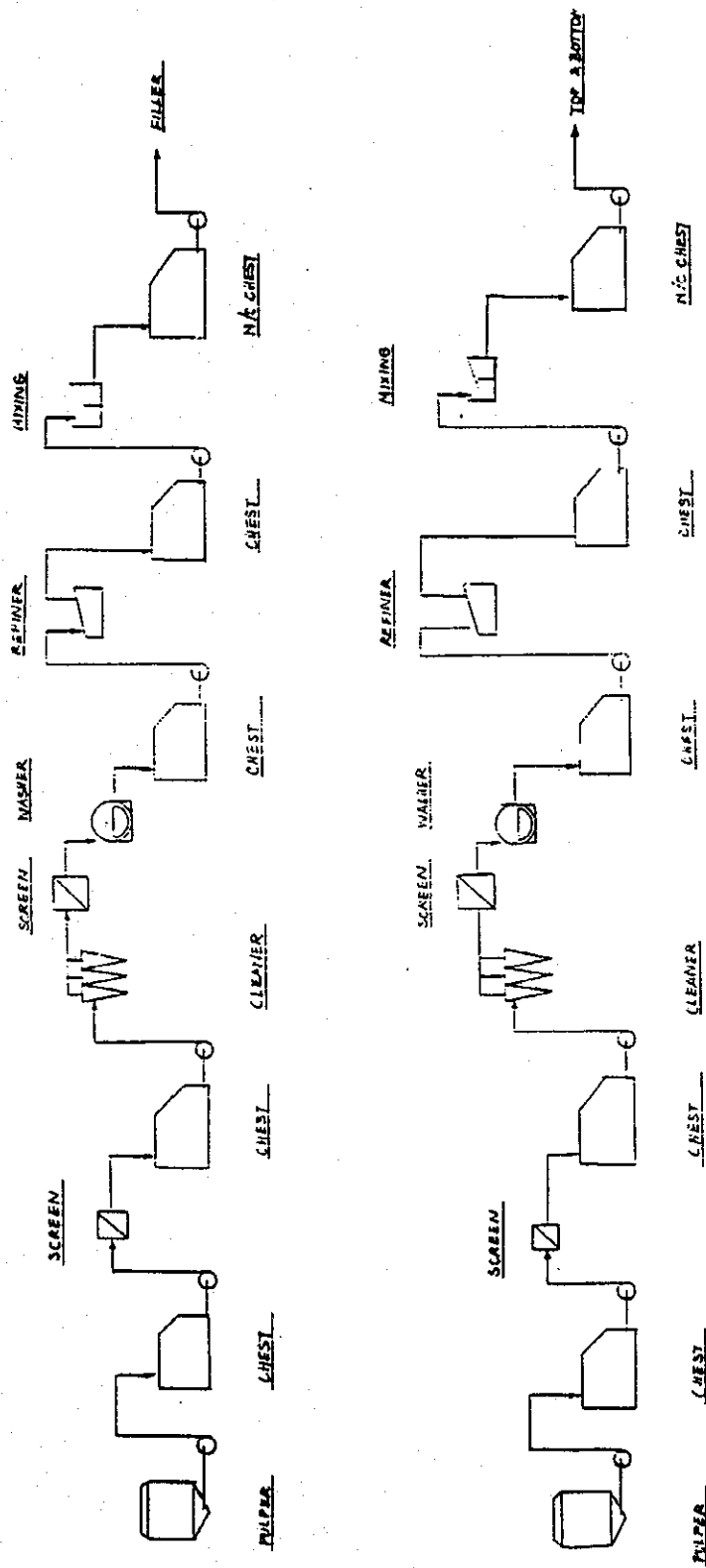


Figure 8.2.57 Process of P.M.6



P.M.V

Figure 8.2.58 Process of P.M.7

9. ワークショップによる 技術移転報告

9. ワークショップによる技術移転報告

9.1 目的

タイ政府が「省エネルギー促進法」に関する諸規則を運営する際にカウンターパートが必要とする技術（工場・建築物省エネルギー診断技術，工場・建築物省エネルギー改善計画作成技術，工場・建築物からの省エネルギー推進計画評価技術）の向上のために，ワークショップ方式により，調査団携行機材を効果的に活用して省エネルギー推進技術に関する具体的手法の技術移転を行う。

9.2 期間

平成6年3月7日から3月25日（15日間）

9.3 場所

エネルギー開発促進局（DEDP）会議室

9.4 内容

次の内容で，事例研究によるワークショップを行った。

(1) 診断機材の仕様および操作方法の説明

平成6年3月にタイ側へ輸送された省エネルギー診断に使用する計測機材の仕様および操作方法の説明を行った。

(2) 工場および建築物の省エネルギー診断報告（タイ側）

ワークショップをより効果的なものとするため，タイ側よりこれまでに実施した工場および建築物省エネルギー診断結果を報告してもらい，現在の省エネルギー診断技術のレベル確認を行った。

(3) 日本側専門家による講義

工場，建築物における省エネルギー技術に関し，日本側専門家が講義をした。

(4) ケーススタディ発表（タイ側）

タイ側の省エネルギー改善方法についての経験，知識およびワークショップでの日本側専門家による講義で得た知識を基に，タイ側が想定工場および想定建築物の省エネルギー改善方法についてプレゼンテーションを行った。これについて日本側専門家から指導，評価を行った。

時間割，担当者は次のとおりである。

日付	曜		講 義 課 目	担当者
3月7日	月	午前	オープニング、ワークショップ概要説明	タイ、 中川 暉雄 福島 演雄
		午後	診断機材の仕様(1)	
3月8日	火	午前	診断機材の操作方法(1)	中川 暉雄 中川 暉雄
		午後	診断機材の操作方法(2)	
3月9日	水	午前	診断機材の操作方法(3)	中川 暉雄 中川 暉雄
		午後	診断機材の操作方法(4)	
3月10日	木	午前	タイ側の省エネルギー診断報告(工場)	タイ タイ
		午後	タイ側の省エネルギー診断報告(ビル)	
3月11日	金	午前	工場のエネルギー管理	井口 光雄 山口賢次郎
		午後	既設建築物の省エネルギー対策	
3月14日	月	午前	熱管理(1)	野崎 幸雄 杉本 利夫
		午後	電気管理(1)	
3月15日	火	午前	建築物のエネルギー管理(1)	山口賢次郎 野崎 幸雄
		午後	熱管理(2)	
3月16日	水	午前	電気管理(2)	杉本 利夫 山口賢次郎
		午後	建築物のエネルギー管理(2)	
3月17日	木	午前	電気管理(3)	杉本 利夫
3月18日	金	午前	建築物のエネルギー管理(3)	山口賢次郎 野崎 幸雄
		午後	熱管理(3)	

日付	曜		講 義 課 目	担当者
3月21日	月	午前 午後	電気管理(4) 建築物のエネルギー管理(4)	杉本 利夫 山口賢次郎
3月22日	火	午前 午後	コンピュータでのデータ処理方法(1) コンピュータでのデータ処理方法(2)	中川 暉雄 中川 暉雄
3月23日	水	午前 午後	ケーススタディ発表準備 ケーススタディ発表準備	全員, タイ 全員, タイ
3月24日	木	午前 午後	ケーススタディ発表準備 ケーススタディ発表準備	全員, タイ 全員, タイ
3月25日	金	午前 午後	ケーススタディ発表 ケーススタディ発表, 講評 クロージング	タイ タイ, 全員 タイ, 中川 暉雄

(講義時間) 午前：9:30～12:30, 午後：13:30～16:30

9.5 参加者

(1) タイ側

DEDPおよびECCTから32名。

Aグループ

Name	Specialist
1) Mr. Pramoul Chanpong	Electrical engineer
2) Mr. Pinyo Tanthumart	Technician/Heat
3) Mr. Supachok Kusolsong	Mechanical engineer
4) Mr. Virat Songngam	Electrical engineer/Electric
5) Mr. Suthat Chobchuen	Electrical engineer/Electric
6) Ms. Somsiri Sintusak	Chemical engineer
7) Mr. Thira Manussadhama	Electrical engineer
8) Mr. Chakrapongse Bhucksasri	Electrical engineer/Electric
9) Ms. Sasithon Sinbuchongchit	Economist
10) Mr. Worapoch Moonmorathup	Technician/Electric
11) Mr. Vason Tonya	Energy training instructor

Bグループ

Name	Specialist
1) Mr. Danai Eg-kamol	Mechanical engineer/Heat
2) Mr. Artnarong Kuptrabutr	Electrical engineer
3) Mr. Rangsan Thongsut	Technician/Electric
4) Mr. Phruttapong Sarakasetrin	Electrical engineer/Electric
5) Mr. Atthaphon Hongsamat	Electrical engineer/Electric
6) Ms. Renu Cheokung	Energy technology
7) Mr. Thamasak Suwanteap	Technician/Electric
8) Mr. Thongchai Reongsri	Technician
9) Mr. Amornsak Rungsakol	Energy training instructor
10) Ms. Phonsom Rochanapadit	Economist
11) Mr. Songkarn Tonma	ECCT/Building/Electric

Cグループ

Name	Specialist
1) Mr. Thongdee Benchamongkon	Specialist/Electric
2) Ms. Amaraporn Achavangkool	Scientist
3) Mr. Banphot Diskul	Technician/Electric
4) Mr. Pittava Kruakhunpet	Technician/Electric
5) Mr. Kittipong Rattapisutikul	Industrial engineer/Heat
6) Mr. Chartree Peampravut	Technician/Heat
7) Mr. Chaiwat Trisan	Electrical engineer
8) Mr. Sapon Maneechot	Energy training instructor
9) Mr. Wiraphon Rharsaprahace	Economist
10) Mr. Montree Jittavira	ECCT/Factory/Heat

(2) 日本側

- 1) 中川暉雄
- 2) 福島演雄
- 3) 井口光雄
- 4) 野崎幸雄
- 5) 杉本利夫
- 6) 山口賢次郎

9.6 教材

英文テキストおよび OHP

英文テキスト

- 1) Model Factory
- 2) Model Building
- 3) Energy Management
- 4) Methods of Energy Management in Industry
- 5) Measuring Methods for Factory Energy Audit
- 6) Energy Conservation Measures for Existing Buildings
- 7) Energy Conservation in Boiler
- 8) Energy Conservation in the Utilization of Steam

- 9) Energy Conservation in Industrial Furnace
- 10) Energy Conservation in Electric Equipment Operation
- 11) Model Factory Key Sheet
- 12) Model Building Key Sheet

9.7 成果および今後の課題

- (1) 省エネルギー診断用の最新の計測機材の取扱い方法，データの収集および解析方法を指導したことにより，カウンターパートの省エネルギー診断技術のレベルが向上した。
- (2) 想定工場，想定建築物によるケーススタディを行うことにより，カウンターパートが，実地的な省エネルギー診断技術，改善方法を取得することができた。
- (3) 今後，カウンターパートが独自でワークショップを開催する際および講師を行う際に必要となる，ワークショップの運営方法，講義内容，指導方法，教材内容等を取得することができた。
- (4) 計測機材の取扱いは，今後，カウンターパートが自主的に勉強会を開催して，取扱い方法にさらに習熟することが必要である。