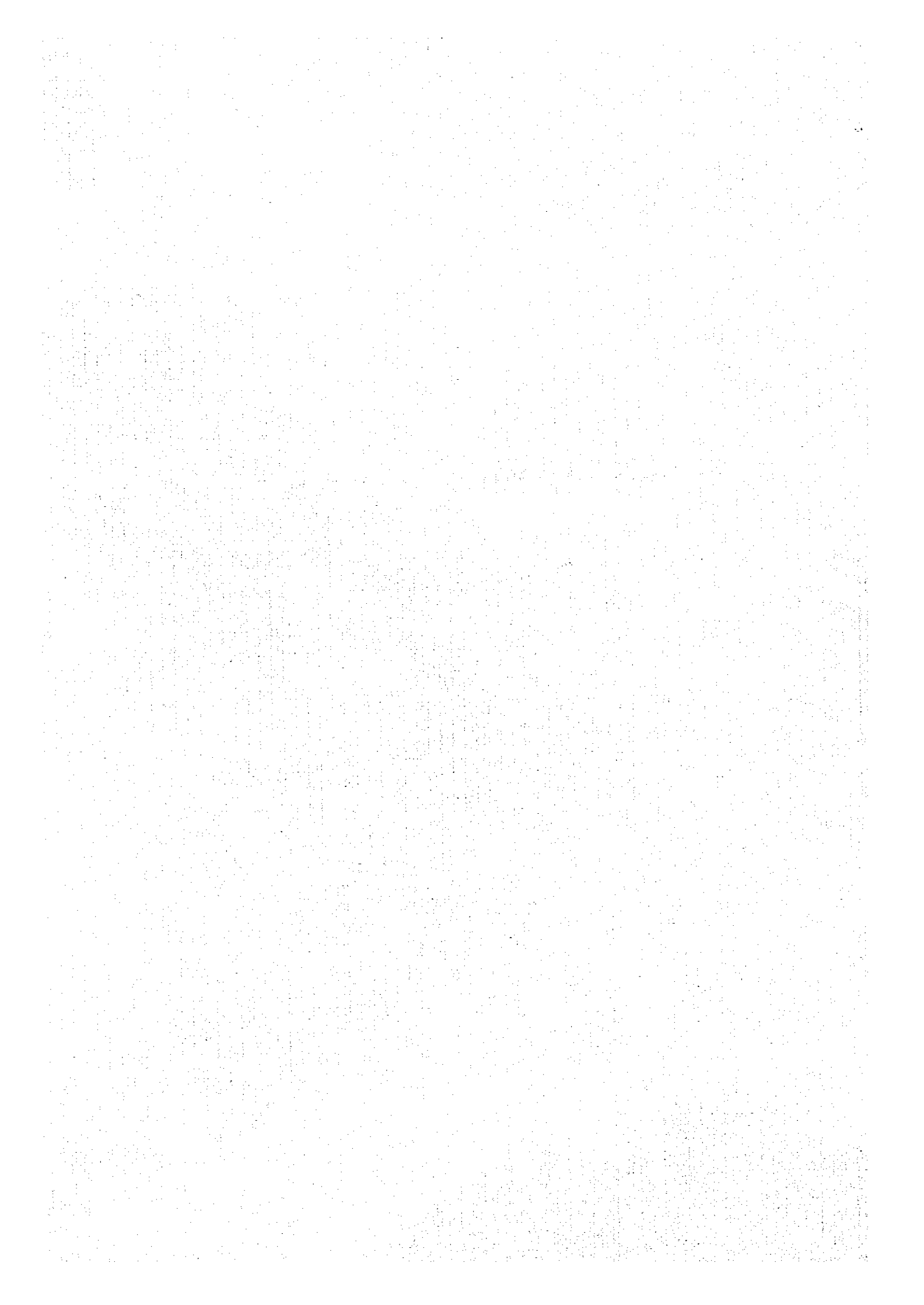


5. 繊維工業の調査結果



5. 繊維工業の調査結果

5.1 Polyacryl Iran の調査結果

5.1.1 工場の概要

(1) 工場名

Polyacryl Iran Company

(2) 所在地

45 km Esfahan Mobarake Rd.

(3) 従業員数

2,924 名

(4) 主要製品

ポリエステルファイバ、ポリエステルフィラメント、ポリエステルトップス、
アクリルファイバ、アクリルトップス

(5) 生産能力

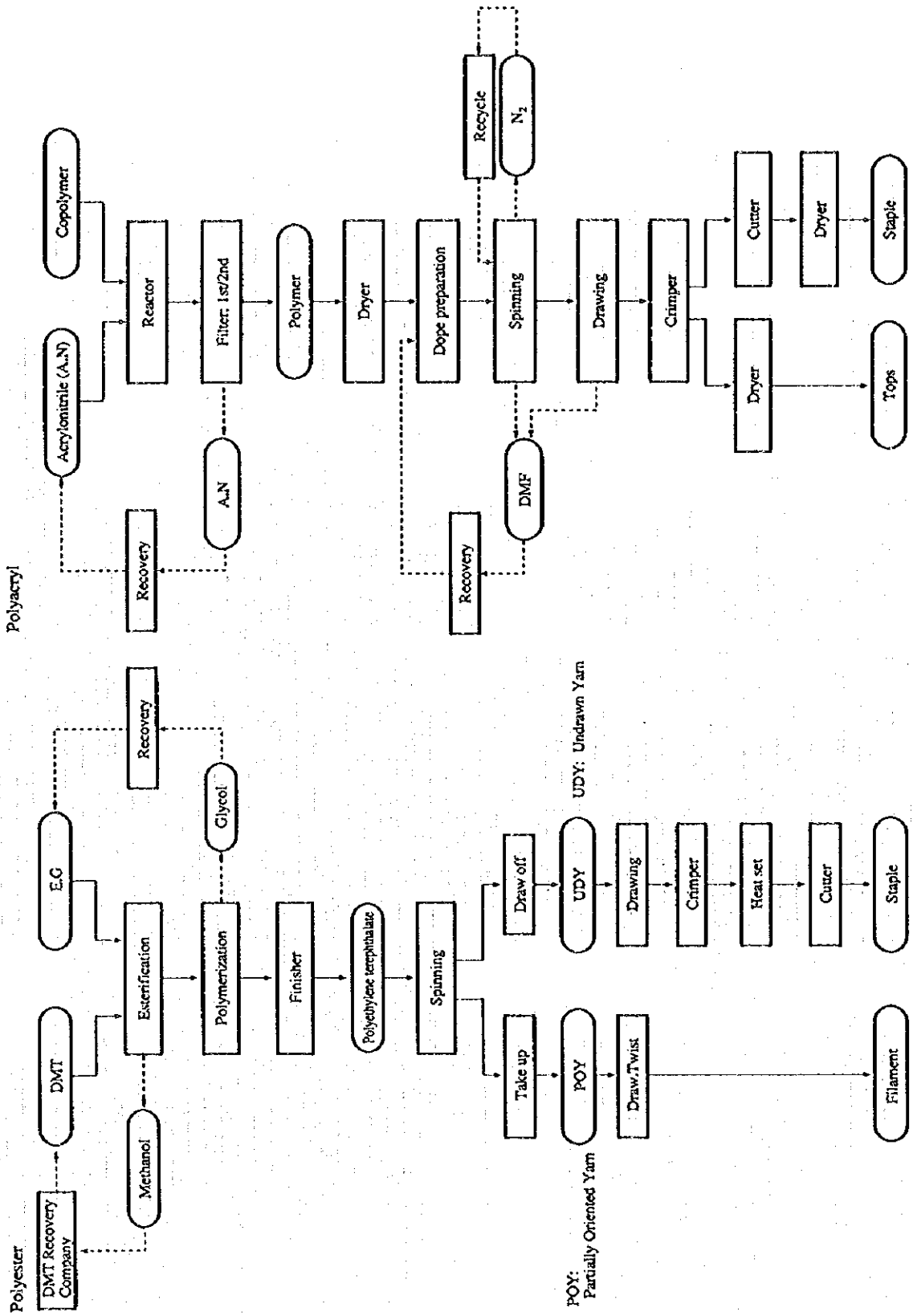
ポリエステルファイバ	30,800	} 54,880 t/y
ポリエステルフィラメント	21,880	
ポリエステルトップス	2,200	
アクリルファイバ	23,500	} 40,020 t/y
アクリルトップス	16,520	

(6) プロセスの概要

ポリエステルおよびアクリルの製造フローを Figure 5.1.1 に示す。

ポリエステルおよびアクリル製造プラントは、連続重合およびポリエステル紡糸工程の POY 方式など世界最新かつ最高水準の技術を導入し、1978 年操業を開始した。

Figure 5.1.1 Process Flow



今回の調査時点で約 20 年を経過しているものの、今なお世界最高水準設備による操業が維持されている。

アクリル原料の AN は 100 % 輸入であるが、ポリエステル原料の DMT および EG は国産品の供給で充足している。

ポリエステル重合工程より抽出されたメタノールは、構内の別企業に戻され DMT として供給されるリサイクルシステムが形成されている。

以下、ポリエステルおよびアクリル製造プロセスの概要について述べる。

a. ポリエステル

1) 重合工程

精製されたジメチルテレフタレート (DMT) とエチレングリコール (EG) からテレフタレート (BHET) をつくる第 1 段階と、これから脱 EG してポリマとする第 2 段階より構成される。

メタノールを留出しつつ BHET が生成する。メタノールがすべて留出したあと、この BHET に重合触媒および安定剤を加えて 2 Torr の減圧下で加熱すると EG を放出し縮重合が行われポリエチレンテレフタレート (PET) が生成する。

2) 紡糸工程

重合工程と直結された紡糸工程の紡糸ヘッドへ約 280 °C の熔融状態のポリマが押出機によって送られる。

熔融ポリマは紡糸口金細孔から押し出され、クエンチャーと呼ばれる冷却筒で 21 °C の冷風によって均一に冷却され固化する。紡糸口金細孔数はフィラメント糸で 20~34 個、ステープルでは 1,000~2,000 個である。

3) 延伸・後処理工程

冷却筒で延伸固化した糸条は半延伸状態でチーズ (40 kg/ケ) に巻き取られる。

次いでこの糸は延伸・仮燃されてフィラメント糸となる (POY 方式)。

一方ステープルは冷却固化した糸条を束ねてトウ状として捲縮機にてクリンプをつけられてから熱処理されたのちに所定長さに切断され、ステープルファイバとなる。

4) エネルギー使用の特徴

① 重合工程

スチーム (10kg/cm²(G) 175℃) は、反応器ジャケットの加熱とエゼクタ駆動用として使用される。

熱媒 (320℃, 4 kg/cm²(G)) は第 1~第 3 反応器ジャケットに液相加熱として使用される。

② 紡糸工程

紡糸ヘッド加熱 (290℃) は熱媒が気相として使用される。

また、クエンチ冷風はオールシーズン 16℃チラー水により温度制御される。

③ 後処理工程

延伸・仮燃加熱には電熱が加熱源として使用される。

ステーブル熱延伸洗浄、乾燥用にはスチームが使用されている。

④ DMT 回収装置

重合第 1 反応器 (エステル交換) より抽出されるメタノールは、構内別会社の DMT 回収装置へ送られ、再度 DMT として供給される。

使用されるエネルギーは別勘定となっている。

b. ポリアクリル

1) 重合工程

アクリル繊維主原料のアクリロニトリル (AN) は、高分子化合物とブレンドされモノマー調整液となり、別に調整された触媒および重合媒体となる水とともに連続的に重合反応器中に供給される。

反応器内は攪拌により一定温度、pH にコントロールされる。重合の進行とともに生成したスラリーは連続的に取り出され、第 1、第 2 フィルタにより濾過、水洗、脱水されたのち押出機から送出され、ポリマは熱風乾燥機により乾燥されポリマ貯蔵タンクへ貯えられる。

濾過水洗工程から出る未反応モノマーを含む濾液はモノマー回収装置にて再使用化が図られる。

2) 原液工程

ポリマを溶剤中に溶解し紡糸原液としての均一な濃厚溶液を調整する工程であるが、有機溶剤としては DMF が用いられる。

原液工程ではポリマ、溶剤が連続的に計量され、溶解機に供給され溶解される。

この工程において脱泡され、未溶解物や夾雑物を除去されたのち紡糸工程へ送られる。

3) 紡糸工程

ポリマ送り出しプースタポンプにより加圧された溶融ポリマは、計量ポンプにて各紡糸ヘッドへ供給される。

紡糸筒は不活性ガスとして 400 °C に加熱された N₂ ガスによって紡糸雰囲気形成される。

紡糸筒終点部より有機溶剤ガスが抽出され、溶剤回収装置へ送られる。

また、N₂ ガスも最下部より引き出され、リサイクル装置により DMF を冷却抽出したのち、再加熱され紡糸筒に再循環される。

4) 後処理・仕上工程

紡糸ノズルからの糸条は束ねられてロープ状となり、ケンスに収納される。

次いでこのロープは延伸機により加温洗浄され、残留溶剤の除去ののち延伸熱処理、乾燥後クリンプされてステーブルとトップ工程に分かれる。

ステーブル系統ではこのあとステーブルが所定寸法にカットされ、乾燥、開繊されステーブルファイバとなる。

一方トップ系統では乾燥ののちドラム状に巻き上げられトップとなる。

5) エネルギー使用の特徴

① 重合工程

反応器は攪拌機動力が 380 kW と大きい。モノマー反応 (60 °C) の加熱源としてジャケットに温水が供給される。

② 原液工程

ドープ調整のための攪拌、移送用の電力と加熱源としてスチームの使

用がある。

③ 紡糸工程

紡糸筒への 400 °C N₂ ガスの加熱源としてスチームおよび電熱 500 kW がある。

また、N₂ ガス中の DMF ガス抽出のためのクーリングおよびチラー冷水の冷凍、搬送電力が大きい。

④ 後処理・仕上工程

ステーブル、トップともに洗浄、乾燥用のスチーム使用量は比較的多い。

⑤ 溶剤等回収装置

溶剤 DMF 回収用の加熱蒸発熱源として多量のスチームが使用される。

(7) 工場の沿革

当工場は、1974 年に Bank of Industry and Mines により設立され、1978 年に操業を開始した。Bank Shau AT va Madon が 66 % を、Bank Melli Iran が 26 % を、その他銀行が残りを出資している。

プロセスライセンスおよびエンジニアリングは Du Pont 社、コンストラクタは Brown & Root 社である。

1993 年に、Chemitex 社、Mitsubishi 社により、POY 2 系列を増設し、これによりポリエステル生産が 30 % 増加した。

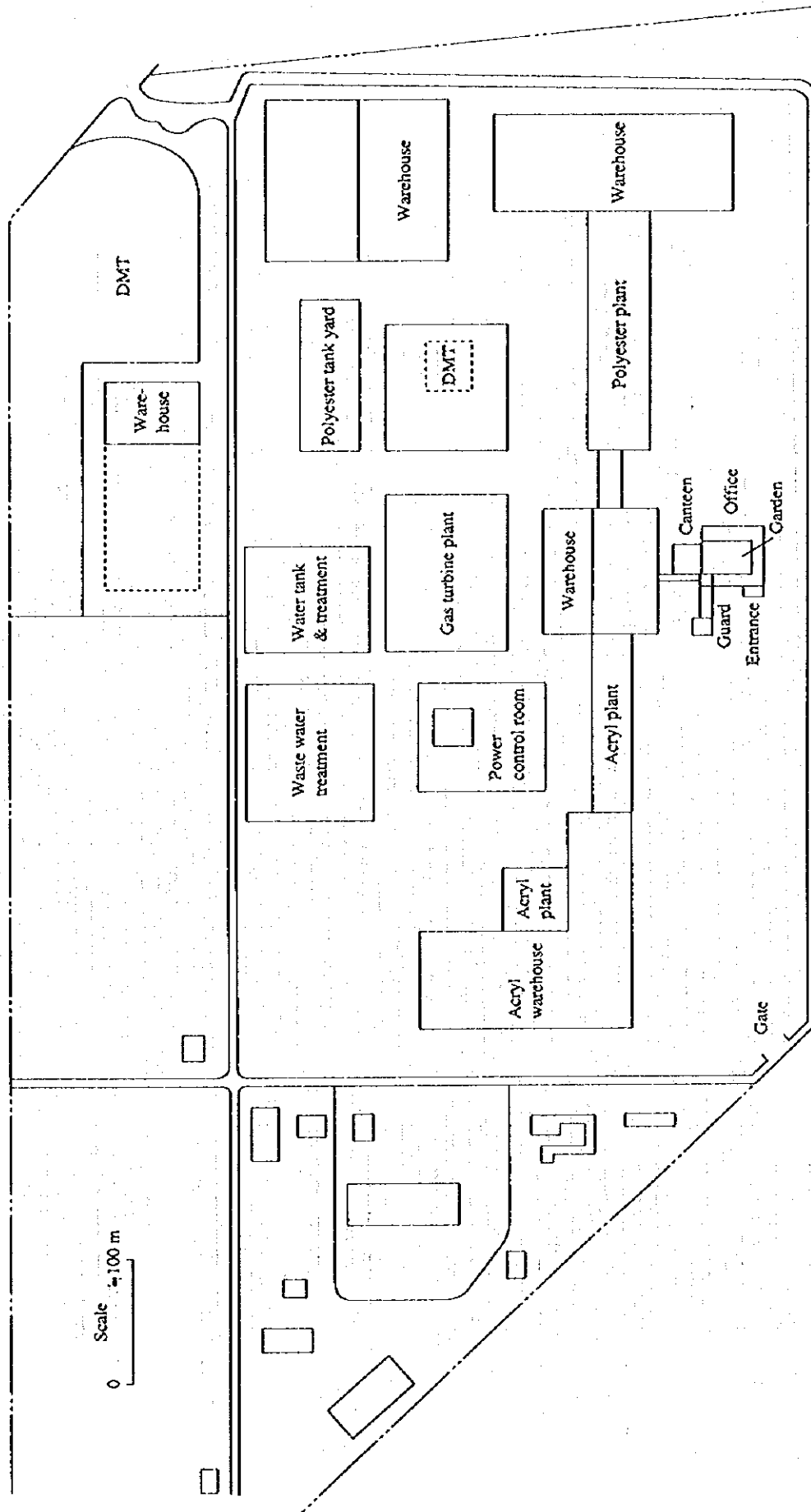
現在、さらに POY 1 系列を増設を計画している。

ポリエステルとアクリルの生産は、当社 1 社の独占であり、国内消費の 60 % を供給している。合成繊維工場としてはほかに 2 社あり、ナイロン 6 を生産している。

(8) 工場配置図

工場建物配置の概要を Figure 5.1.2 に示す。

Figure 5.1.2 Plant Layout



(9) 電力単線結線図

電力単線結線図を Figure 5.1.3 に示す。

(10) 主要設備の概要

ユーティリティ設備および生産設備の概要を Table 5.1.1 に示す。

(11) エネルギー価格

1996 年度のエネルギー価格を次に示す。

電力 (購入分)	Demand charge	3,200	Rial/kW
	Energy charge	38	Rial/kWh
	Seasonal charge	7.6	Rial/kWh
	Time on charge	30.4	Rial/kWh
天然ガス		23.5	Rial/m ³

(12) 調査期間

- a. 事前調査 1995 年 10 月 1 日
- b. 本調査 1996 年 8 月 3 日～7 日

(13) 調査員

a. JICA チーム

総括	福島演雄
プロセス管理技術	谷口隆重
熱管理技術	小西二郎
熱管理技術	本多四郎
電気管理技術	白井千雄

b. PBO チーム

Energy conservation	Mr. Mazhari
Micro level energy management	Mr. Mianji
Factory management	Mr. Sajadifar
Instrumentation	Mr. Shayesteh (事前調査)
Ministry of Industry	Mr. Parsi (事前調査)
Behshahr Industry Co.	Mr. Alavizadeh (事前調査)

Figure S.1.3 One Line Diagram

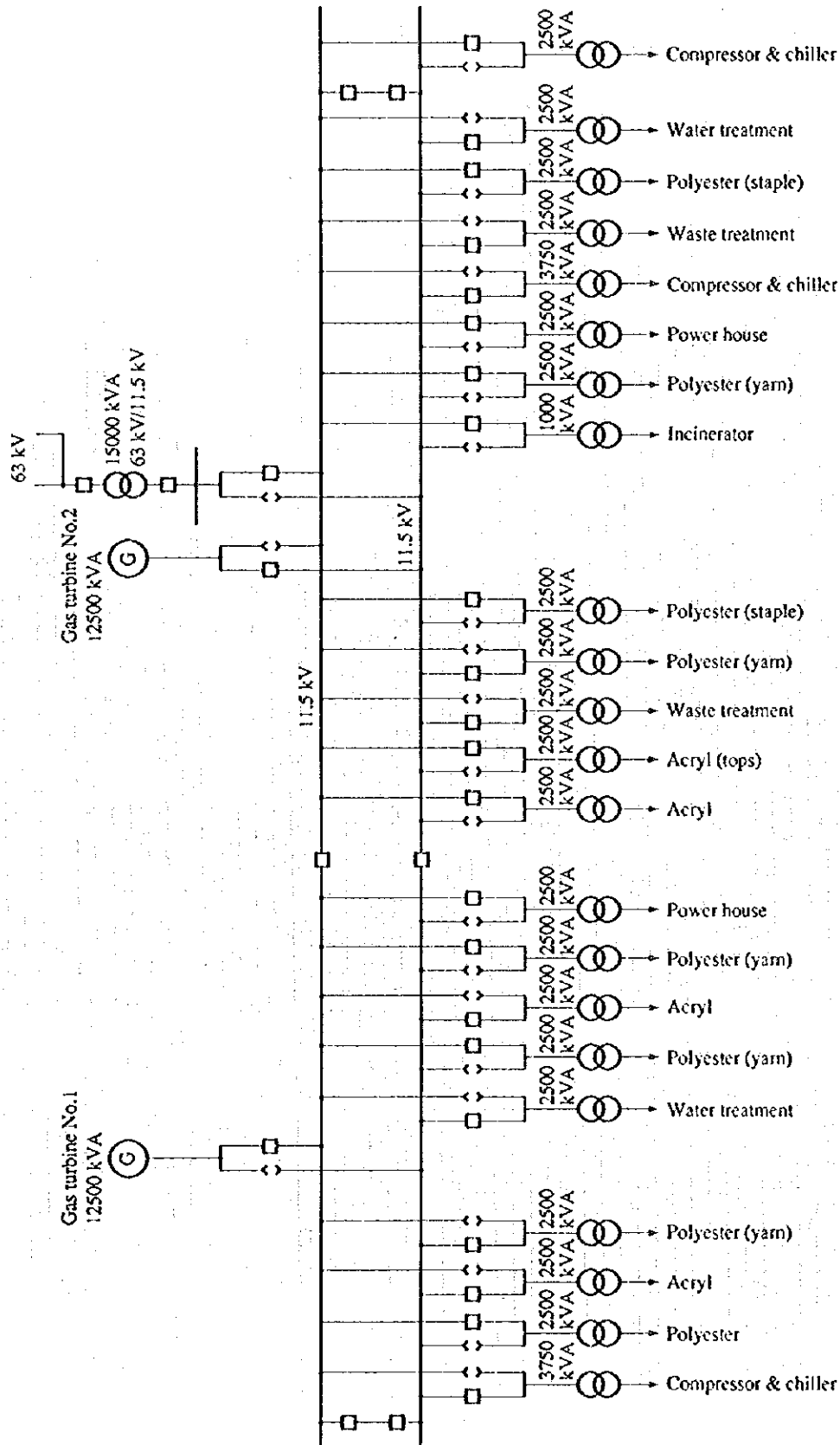


Table 5.1.1 Main Equipment

Factory	Equipment	Number	Specification
Utilities	Gas turbine	2	10 MW
	Waste heat boiler	2	59 t/h × 17 kg/cm ² -220 °C
	Fire tube boiler	1	15 t/h × 15 kg/cm ²
	Water tube boiler	1	60 t/h × 16 kg/cm ²
	Dowtherm vaporizer	4	30 t/h × 230 ~ 240 °C
	Air compressor	3	1,100 kg, 2,500 m ³ /h centrifugal
		5	125 kg, 1,200 CFM reciprocating
	Nitrogen generator	2	900 m ³ /h
	Chiller unit	3	900 RT
	Deep well	1	220 m ³ /h
	Water treatment	1	Filter + Water softener
	Waste water treatment	1	Active sludge system
	Polyester	Productive capacity	1
Dissolution tank		1	750 m ³ for DMT
Esterification		1	Continuous tray tower
Polymerization		1	Continuous
Finisher		1	Horizontal tube bar
Extruder		2	1 × Filament / 1 × staple
Spinning unit		5	1 × udy / 4 × POY
Take up		4	For Filament
Draw off		1	For staple
Drawing		1	For staple
Draw twister		1	For filament
Crimper		1	For staple
Recovery equipment		2	1 × EG / 1 × methanol
Acryl	Productive capacity	1	40,020 t/y (Staple & Tops)
	Polymerizer	1	Continuous system 65.3 t/d
	1st filter	1	Drum type vacuum
	2nd filter	1	Drum type vacuum
	Extruder	1	50 kg with dryer
	Crusher	1	
	Dope preparation unit	1	
	Spinnig	5	14 positions
	Draw machine	1	With washings
	Crimper	1	
	Cutter	1	For staple
	Staple dryer	1	For staple
	Tow dryer	1	For tops
	DMT recovery unit	1	
	Inert gas recycle unit	1	N ₂

(14) 面接者

a. 事前調査

Mr. Sobhani	Electrical Engineer
Mr. Azimi	Power Supervisor
Mr. Koochi	Electrical Engineer, Power Preparation
Mr. Najafzadeh	Process Engineer, Polyester Plant

b. 本調査

Mr. Ghazai	Engineering Section Director
Mr. Shikhhahai	Manager of Waste Water Treatment
Mr. Saidi	Engineer of Polyester Section
Mr. Torabian	Operation Engineer Power Plant Section
Mr. Mardani	Operation Engineer, Power Plant Section
Mr. Joobandi	Senior Operating Engineer of Polyester Section

5.1.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量, エネルギー消費量, エネルギー消費原単位の推移

a. 生産量

1992年～1995年の生産量の推移を Table 5.1.2 に示す。トップ生産量は、ポリエステルとアクリルの合計を過去の生産比率で按分して表示した。

1995年度生産量を生産能力と比較すると、ポリエステルで102%、アクリルで60%である。

アクリル繊維生産量は、原料手当などの外的要因による変動がある。

b. エネルギー消費量

1992年～1995年の年度別エネルギー消費量を Table 5.1.3 に示す。

天然ガスの消費量は、1993年以降急増し、以降も年々増加の傾向にある。これは、ガスタービンによる自家発電比率の増加が理由である。

Table 5.1.2 Production

Name of Product	1992	1993	1994	1995	Note
Polyester (f + s) t	43,204	50,210	49,024	54,994	s: staple
(tops)	597	1,278	1,214	937	f: fiber
Sub-total	43,801	51,488	50,238	55,931	
Acryl (s) t	18,129	17,368	16,158	19,275	
(tops)	9,353	7,848	6,880	5,307	
Sub-total	27,482	25,216	23,038	24,582	
Grand total t	71,283	76,703	73,276	80,513	
Transition	100.0 %	107.6 %	102.8 %	112.9 %	

Note: The production of tops was based on the assumption of the following ratio:

Production of tops (t)	9,950	9,125	8,094	6,244
Share: polyester	0.06	0.14	0.15	0.15
: acryl	0.94	0.86	0.85	0.85

Table 5.1.3 Energy Consumption

	1992	1993	1994	1995	Note
Electricity Domestic MWh				118,594	
Purchased MWh				3,446	
Total MWh	108,709	122,187	106,912	122,040	
Natural gas 1,000 m ³	46,288	70,612	74,535	83,362	9,200 kcal/m ³
Diesel oil kl	286	273	200	484	8,616 kcal/L
Steam t	428,123	413,806	391,019	427,812	
Wellwater 1,000 m ³	2,700	2,700	2,760	2,750	

c. ユーティリティ設備電力消費荷重

1995 年度の全供給電力の機器目的別使用量と消費荷重を Table 5.1.4 に示す。

Table 5.1.4 Power Consumption Ratio

Item	Consumption (MWh)	Ratio (%)	Remarks
Polyester	34,979	28.66	
Acryl	28,821	23.62	
Subtotal	63,800	52.28	
GT-auxiliary	657	0.54	
Steam boiler	1,251	1.03	
Heat media boiler	748	0.61	
Air-compressor	16,979	13.91	
Nitrogen	377	0.31	
Chiller	9,318	7.64	
Water treatment	7,470	6.12	
Waste water treatment	4,892	4.01	
Subtotal	41,691	34.16	
Grand total	105,492	86.44	
Miscellaneous	16,548	13.56	for insufficient data
Supply power	122,040	100.00	Supplied power

生産全体で 53 %, ユーティリティ設備で 34 % が消費されている。ユーティリティ設備の中では、空気圧縮機の消費荷重が高く、チラーおよび用排水設備の消費荷重がこれに次いで高い。

なお、供給電力量と消費量実績値の差が 13 % 強あるが、これの使用先特定が必要である。

これらはいずれも、省エネルギー対策の具体的課題となり得る重要なテーマである。

調査時点 (1996. 8. 5~8. 6) でのガスタービン発電設備の発電状況を Table 5. 1. 5 に示す。工場全負荷は 24 時間平均で 12. 8 MW, 変動幅は 13 MW から 12. 5 MW である。力率は平均で 0. 8, 変動幅は 0. 81 から 0. 79 ではほぼ一定である。

調査時点での電力バランスは Table 5. 1. 6 のように推定される。

Table 5.1.5 Power Generation by Gas Turbine Power Generation Facility

	Gas turbine No. 1		Gas turbine No. 2		Total	
	kW	p. f.	kW	p. f.	kW	p. f.
Average	6,468	0.800	6,356	0.791	12,824	0.796
Maximum	6,567	0.823	6,625	0.803	13,043	0.809
Minimum	6,409	0.781	5,934	0.770	12,501	0.786

Table 5.1.6 Power Balance

Supply	(kW)	Demand	(kW)	(Ratio %)
Gas turbine No. 1	6,470	Polyster	5,230	(41)
Gas turbine No. 2	6,360	Acryl	2,960	(23)
		Compressor & Chiller	2,410	(19)
		Water treatment	1,070	(8)
		Power house	530	(4)
		Others	630	(5)
Total	12,830	Total	12,830	(100)

(2) エネルギー原単位の推移

a. エネルギー原単位

エネルギー原単位算出は、生産量集計との整合性からポリエステルおよびアクリル生産量の合計値をベースとした。

1992年～1995年の各年度のエネルギー消費原単位を、Table 5.1.7 に示す。

Table 5.1.7 Energy Intensity

		1992	1993	1994	1995
Power	kWh/t	1,525	1,593	1,459	1,516
Natural gas	m ³ /t	649	921	1,017	1,035
Diesel oil	L/t	4.0	3.6	2.7	6.0
Steam	t/t	6.0	5.4	5.3	5.3
Well water	m ³ /t	37.9	35.2	37.7	34.2

1994年、電力原単位は最大値に対して8%低減しているが、各年度ともほぼ安定している。

燃料原単位は1994年度が大幅に低減しているが、電力原単位と併せアクリ

ルの生産減少が変動要因と推定される。

b. ユーティリティ別エネルギー原単位

1995 年単年度のユーティリティ生産量と消費電力量から、ガスタービン発電効率、圧縮空気および用水電力原単位を計算した結果を Table 5.1.8 に示す。

Table 5.1.8 Energy Intensity by Utility

Polyacryl

Gas Turbine Efficiency			Utility Electricity Intensity		
Power Generation Efficiency (No. 1 + No. 2)			Electric Power Intensity for Compressed Air		
Natural gas consumption	10 ³ m ³	60,503.7	Electricity consumption	MWh	16,979
Power generation output	MWh	118,594	Compressed air production	10 ³ m ³	67,005
Intensity	kcal/kWh	4,694	Electricity intensity	m ³ /kWh	3.95
Power generation efficiency	%	18.3	Electric Power Intensity for Feedwater		
			Electricity consumption	MWh	7,470
			Feedwater consumption	10 ³ m ³	2,750
			Electricity intensity	m ³ /kWh	0.37

c. 工程別エネルギー原単位

1995 年度のポリエステルおよびアクリル生産に必要な各ユーティリティのエネルギー消費原単位を Table 5.1.9 に示す。

なお、消費電力は純生産プロセスの消費電力とした。

エネルギー原単位を見ると、アクリル生産エネルギー原単位が非常に高い。アクリル、ポリエステル生産合計に対する電力、燃料原単位の変動は、アクリル生産量にリンクしている (Table 5.1.7 参照)。

アクリル工程における窒素ガスおよびチラー電力原単位が高い理由は、紡糸ヘッドにおける溶剤分離用に多量の窒素ガスが必要なこと、および窒素ガス中の溶剤分離のための冷却熱源としてのチラー循環水使用量が多いことによるものと考えられる。

Table 5.1.9 Energy Intensity by Process

		Consumption		Energy Intensity		(Polyester) + (Acrylic)		
		Polyester	Acrylic	Polyester	Acrylic	Consumption	Energy Intensity	
Production	t	55,931	24,581	-	-	80,512	-	
Electricity	MWh	34,979	28,821	kWh/t	625.4	1,172.5	63,800	792.4
Steam	t	98,351	252,625	t/t	1.76	10.28	350,976	4.36
Heat media	Gcal	41,301	0	Mcal/t	738.4	0	41,301	513.0
Compressed air	10 ³ m ³	57,347	13,658	m ³ /t	1,025	555.6	71,005	881.9
Nitrogen	10 ³ m ³	2,164	4,879	m ³ /t	38.7	198.5	7,042	87.5
Chiller water	10 ³ m ³	3,158	4,062	m ³ /t	56.5	165.2	7,220	89.7
Raw water	10 ³ m ³	332.9	-	m ³ /t	6.0	-	332.9	4.1

(3) エネルギーフロー

a. 全体エネルギーフロー

生産プロセスへの供給エネルギーフローを Figure 5.1.4 に示す。

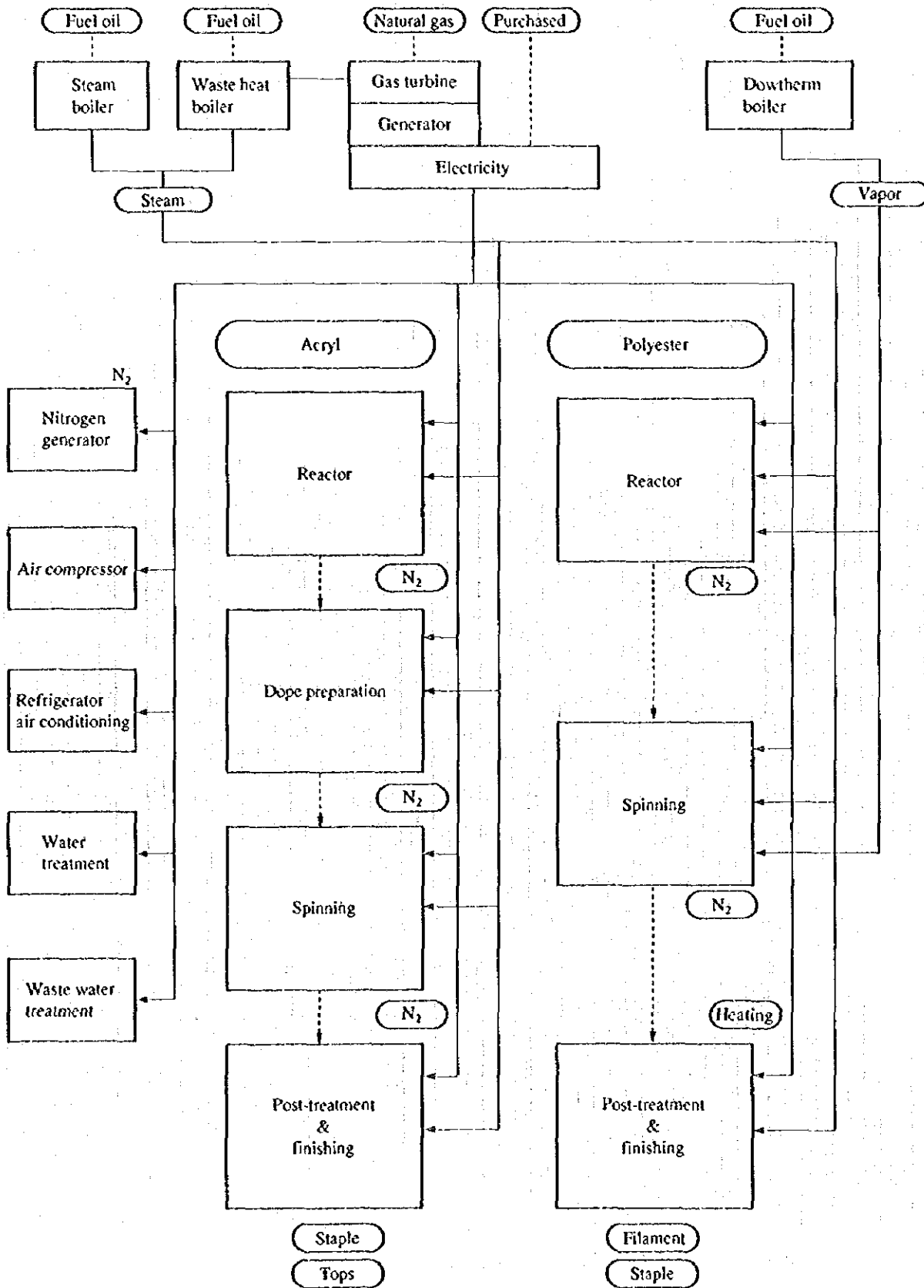
生産に必要な全てのユーティリティは、パワーセンターによって一元的に製造供給されている。

当工場では、ガスタービンの排ガスを排熱ボイラに導きスチームを発生する、コジェネレーションシステムとなっている。この排熱ボイラがベースとなり、スチームの不足分は 2 基のスチームボイラによってバックアップされる。

また、夏期はスチーム負荷が減少するので、ガスタービン排ガスの一部はバイパス煙道から放出されている。

当工場の電力は通常外部電力系統と解列され、自家発から全量供給されており、自家発停止などの非常時のみ買電することとなっている。工場負荷には同期電動機、電力用コンデンサは存在せず、力率改善措置は実施されていない。

Figure 5.1.4 Energy Flow



5.1.3 エネルギー管理の状況

(1) 省エネルギー目標の設定

1995年6月に省エネルギー委員会を設置し、新たに省エネルギー活動をスタートした。

委員会設立当時の活動目標は、

- ① スチームトラップ機能不良への対処
- ② 原水使用量 300 m³/d の削減
- ③ 軟水使用量 300 m³/d の削減

を具体的推進目標として活動した。

本調査時点では軟水量削減が未達成のほかは目標値をクリアしている。

省エネルギー活動を成功させるための基本条件は具体的で、かつ実現可能な目標値を周知させることである。また、達成の期限、役割分担および予算なども明確にしておくことが必要である。活動の継続は、底辺の拡大と掘り下げに結びつき、成果はますます大きいものとなることが期待される。現在の省エネルギー推進母体をベースとしてさらに省エネルギー推進を期待したい。

(2) 組織的な活動

前述(1)項のように組織的な省エネルギー活動が推進されており、顕著な実績が上がっている。

全社横断的な省エネルギー活動の推進は望ましいものの、これには経営側からの従業員意識の啓蒙、動機付けと組織体制作りなどバックグラウンドの構築が必要となる。省エネルギー体制の確立には、前述(1)項のように、現状の省エネルギー委員会をベースとした活動の推進が、現実的かつ即効的と考えられる。

省エネルギー対策の効果は当然ながら、エネルギー原単位の低減からコストダウンへとリンクすることになる。

エネルギーコストは非常に廉価であり、現状では経済効果の期待値はかなり低くなるが、将来的にはエネルギー価格の引き上げが予想される。

さらに、省エネルギー対策の推進による相乗効果として、生産性、品質、設備信頼度の向上および安全性、作業環境の改善など多くの副次効果が期待できるものである。

近年の日本企業における省エネルギーの推進では、前掲の省エネルギー委員会の

役割はマネージメントを担当し、細分化された職場単位での QC サークル活動（以下小集団活動とする）が全社レベルで活動を展開し、企業活性化、生産コストダウンへ大きく寄与貢献している。省エネルギー対策も当然ながら、この小集団活動の中に位置付けされるものである（小集団活動は（4）項で補足記述する）。

(3) データに基づく管理

a. 現状の計測システム

合成繊維製造プラントはエネルギー多消費産業であり、エネルギー計測計量は生産コスト把握上、適正評価上も不可欠な管理要因である。

当工場ではパワーセンターを中心とするエネルギー供給設備は、高度の制御システムと各種の計測管理機器が整備されている。

これらは設置以降 20 年が経過しているが、いずれも十分に機能しており、流量、圧力、温度など有用な多くのデータの自動記録および運転日誌への記録がされている。

したがって、データ収集は現状システムで十分対処できるものと判断される。

b. データの活用

多くの有用なデータは、データアップのみにとどまり、これの集計によるエネルギー原単位算出には活用されていない。

データは解析、活用してはじめて、その役割を達成するものである。折角取り上げた価値ある有用なデータを集計解析のうえ有効活用が望まれる。

c. エネルギー原単位の評価対象

エネルギー原単位管理には次のものがある。

1) 生産用エネルギー原単位

ポリエステルおよびアクリル工場（なお、重合工程、紡糸以降工程への細分化ができればよりよい）における電力、スチーム、熱媒、圧空、窒素、チラーおよび用水の原単位などである。

2) ユーティリティ設備のエネルギー原単位

- ・ガスタービン発電と排熱回収装置の効率
- ・圧縮空気、窒素ガス、チラー負荷用電力

・用水（原水，軟水）用電力

これらのエネルギー原単位は，毎月次算出し，集計表からグラフへ展開し，エネルギー月報として関係先に配布することにより，エネルギー管理意識の昂揚効果が期待できる。

これらのほかは年単位へ集約管理すれば，多くのデータ蓄積が可能となる。データの作表，グラフ化はパソコン表計算ソフトにより簡単に処理できる。

d. エネルギー原単位の管理

ポリエステル，アクリルともに生産エネルギー原単位が把握されていない。エネルギー原単位の推移をさらにグラフ化することにより，エネルギー原単位の低減成果がビジュアルなものとなり，関係者のみならず従業員の共有財産ともなり得る。

また，発電機，その他主要な装置機器のエネルギー効率も現時点では算出されていない。

エネルギー原単位管理は，装置，機械設備の効率評価のためにも必要であり，さらに余裕度判定にも有用である。

エネルギー原単位の把握およびその追跡は経営管理上も必要なツールである。

(4) 従業員教育

教育システム全体についての情報が欠落しており，断定的なコメントはできない。しかしながら，ポリエステルおよびアクリル製造工程全般の整理，整頓および清掃は見事に徹底している。

また，操業記帳などの机上整頓状態も良好であり，従業員教育および工場生産管理レベルの高さが伺える。

日本における従業員教育の基本的な考え方は次のようなものである。

a. 従業員自らが現状の「悪さ加減の認識」をするため，経営側による意識改革および活性化を図る。この意図するものは，生産性の向上，品質の安定向上，安全，作業環境改善などであり，当然省エネルギーもこの範疇に入る。

b. 具体的な活動として

- ・ 職場単位の小集団活動の推進および実施成果の社内および社外への発表
- ・ 作業改善提案制度の創設と提案参加への普及啓蒙

が企業トータルとして積極的に推進されている。これらの活動の顕著な実績に対しては、個人および小集団サークルを対象に表彰と併せ報奨金が支給される。

また、繊維工場の特徴として、仕掛品および製品の汚損は生産歩留損失およびエネルギー損失にもなるので、徹底した「整理、整頓、清掃」運動が展開されている。

日本の繊維産業の伝統精神として「綿落とすな！拾いましょう」という言葉が継承されている。

日本企業における TQC (Total Quality Control) の中に位置付けされる QC サークル活動すなわち小集団活動は、企業活性化およびコスト競争力強化への強力なツールとして多くの企業が導入し、着実な実績を上げている。

また小集団活動を通して運転操作、設備メンテナンスの標準化を見直すなどベテランから若手への技術移転をも可能とするもので、年々活発な活動が長期継続している。

(5) 設備管理

設備、機器全般によく手入れされており管理状態は良好である。

ポリエステルおよびアクリル工場を一巡した状態での判定であるが、蒸気漏洩、圧縮空気漏洩は発見されない。屋外のエネルギー供給ヤードでは若干の蒸気漏れ、圧縮空気漏れがみられたものの、概して良好な維持管理にある。また、保温は両工場とも放熱対象部分はほぼ完全に施工されており、日常管理技術の水準は高く評価される。ただし、以下の点については今後の改善検討課題となろう。

a. ガスタービンの吸気冷却システム

夏季の発電出力増加を目的とした外気蒸発冷却によるガスタービン吸気冷却装置が活用されていない。理由として、給気コンプレッサの腐食が挙げられている。将来、発電機出力増加対策が必要なケースを想定して、腐食原因の解明と具体的対策の検討が望まれる。

b. 給水（循環）ポンプ

現状のポンプ吐出圧力は 5~6 kg/cm² (G) と全般に高い傾向にある。詳細デー

タがないため断定はできないが、使用ベースに対して過剰仕様の可能性がある。主要かつ運転時間の長いポンプを対象として現状運転ベースでのポンプ性能評価が望ましい。また、インペラおよびマウスリングなどは、経年摩耗による性能低下も当然予測される。ポンプのオーバーホールメンテナンス時には、これらポンプ性能に影響のあるところを詳細にチェックの上、ポンプ機能修復、省エネルギー対策としてのインペラカットまたは小型高効率ポンプの更新など、計画的かつ積極的な対策推進を提案する。

c. 設備台帳

主要設備機器の個別台帳の作成とメンテナンス履歴を記入することにより、保全台帳としての機能付加を図る。メンテナンスのマネージメントは、合理的かつ科学的メンテナンスの実施であり、これは多大な省エネルギー効果と設備信頼度の向上につながる。

d. 計装設備

エネルギー原単位管理の原点は適切な計測管理である。計測機器の総点検、重点オーバーホールの定期実施およびこの結果を記録するための計測機器台帳の作成、整備が是非必要である。

5.1.4 エネルギー使用上の問題点と対策

(1) 新鋭工場との比較

a. 生産プロセスエネルギー原単位の評価

Polyacryl Iran (PAI) のエネルギー原単位と日本における化学繊維製造業（通産省調査対象企業）のエネルギー原単位との比較を Table 5.1.10 に示す。これにより判断されることは、PAI のエネルギー原単位は電力、燃料とも日本の約 1/3 である。この背景として次のことが推察される。

Table 5.1.10 Comparison of Production Composition and Energy Intensity

	Unit	PAI	Japan
Production	10 ³ t/y	80.5	1,748.4
Polyester	10 ³ t/y	55.9	717
Acryl	10 ³ t/y	24.6	355
Others	10 ³ t/y	0	676.4
Electricity intensity	MWh/t	0.79	2.31
Fuel intensity	kJ/t	0.11	0.34

Source: Data of PAI : Actual data of Polyacryl Iran in 1995

Data of Japan: Textile Handbook, 1993

Note: The fuel for PAI does not include that for power generation.

"Others" in the Production item in the data on Japan include mainly Nylon (240 t) and Rayon & Acetate (307 t).

- 1) PAI は、1974 年建設時点において世界最新鋭設備を導入し、また生産プロセスにおけるエネルギー使用の効率化も併せ考慮されている。
- 2) ポリエステル、アクリルの生産プロセスとも連続重合、直接紡糸方式が採用されており、特にポリエステル紡糸 5 系列中 4 系列は POY 方式による工程省略による生産性向上、省エネルギー化が特筆される。
- 3) 日本のエネルギー原単位が高い理由としては、次のことが考えられる。
 - ・ ポリエステル製造プラントの重合工程はバッチシステムが多く採用され、また 1 バッチ当たりの生産能力が小さい。
 - ・ 近年の製品ニーズとして高品質、高付加価値化が要求されており、エネルギー原単位は高くなっている。

b. 日本の新鋭工場との比較

ポリエステル、アクリルそれぞれについて、PAI に対応する日本の新鋭工場を選定してエネルギー原単位を比較する。

1) ポリエステル

日本のポリエステル生産工場のライセンスは、Vickers Zimmer であり、生産プロセスは連続重合および直接紡糸システムが採用され、また原料も PAI 同様に DMT が使用されている。

電力、スチームおよび燃料の原単位を Table 5.1.11 に示す。

Table 5.1.11 Comparison of Energy Intensity for Polyester Production

	Unit	PAI	Japan
Electricity	MWh/t	0.62	0.24
Steam	t/t	1.76	1.60
Fuel	kL/t	0.11	0.51

Note 1): Energy intensity for Japan: For polymerization to the spinning process

2): Production scale:

PAI : 55,931 t/y (Capacity: 54,880 t/y)

Japan: About the same as PAI.

ポリエステル製造プロセスにおける電力、燃料のエネルギー原単位の表について次のことが考えられる。

- ・自家発電のコージェネレーションシステムとしての熱利用の方法
- ・生産プロセスにおける電力の熱エネルギーへの変換利用
- ・ユーティリティ設備における電力の効率的利用の方法
- ・エネルギー消費実績の計量および配賦方法

などがある。

さらなるエネルギー原単位の差異解析には詳細データの収集が必要となる。

2) ポリアクリル

ポリアクリルの電力、スチームおよび燃料の原単位を Table 5.1.12 に示す。

Table 5.1.12 Comparison of Energy Intensity for Acryl Production

	Unit	PAI	Japan
Spinning method		Dry process	Wet process
Electricity intensity	MWh/t	1.17	1.24
Steam intensity	t/t	10.3	10.0

紡糸プロセスは PAI の乾式に対し日本の比較対象は湿式であるが、それぞれのエネルギー原単位はほぼ等しい値となっている。

c. エネルギー原単位の改善

PAI のエネルギー原単位は現時点で世界的水準に位置付けされるが、さらにエネルギー原単位低減の可能性については、次の対策が挙げられる。

1) 生産プロセスにおけるもの

- ・ポリエステル紡糸クエンチ冷却空気温度を現行 21℃の見直し、引き上げの可能性
- ・アクリル後処理工程の熱延伸における洗浄排水の排熱回収

2) ユーティリティ設備におけるもの

- ・ガスタービン運転における総合効率の向上と安定維持
- ・スチームおよびダウサムボイラの空気比の改善
- ・外気の冷熱源利用によるチラー電力の削減
- ・排水処理装置における電力消費量の削減
- ・冷却水、冷水系ポンプ仕様および効率の評価とその高効率化運転
- ・圧縮空気の電力原単位の管理とその合理化
- ・計測・計量システムの再検討によるエネルギー原単位管理システムの構築

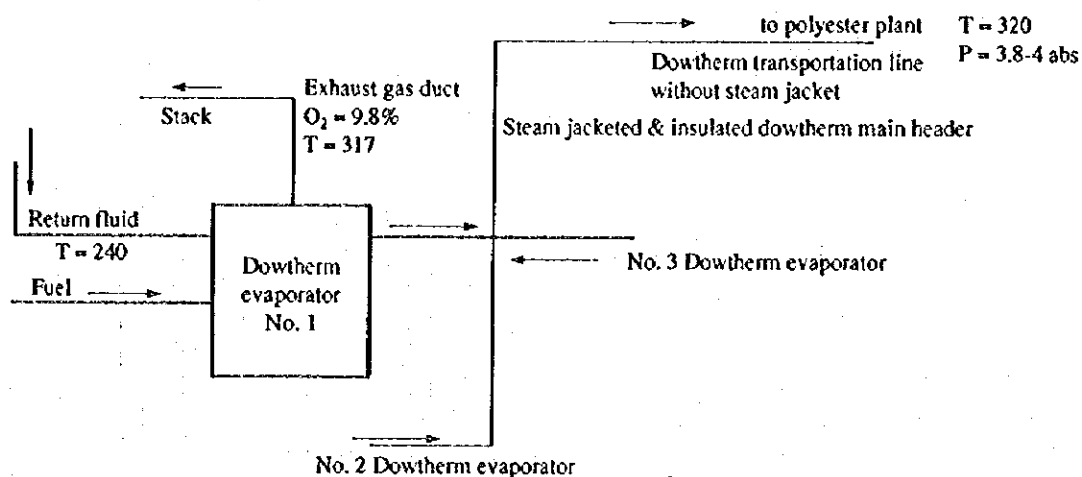
(2) ダウサムボイラ

この工場では、プロセスの熱媒体としてダウサムが用いられている。ダウサムはユーティリティ地域に設置されているダウサムボイラ（ダウサムエバポレータと称されている）から蒸気としてプロセスへ送られ、プロセスで利用したあとは液状でダウサムボイラへ返送されて、再度循環する。

ダウサムボイラの排ガスその他の計測結果を Figure 5.1.5 に示す。

この排ガス分析結果をもとにしてヒートバランスを求めると Table 5.1.13 の結果となる。

Figure 5.1.5 Dowtherm Evaporator Measurement



Control panel readings:	Vapor flow	Fuel flow
No. 1	<i>17,600</i>	<i>280</i>
No. 2	<i>24,000</i>	<i>280</i>
No. 3	<i>18,000</i>	<i>140</i>
	kg/h	m ³ /h

Legend

F: Flow rate, m³/h
T: Temperature, °C

Block letter: Measured values
Italic letter: Panel reading

Dowtherm pipe surface temperature in polyester plant:

Main header surface	T = 58
Ambient temperature	T = 34
Bare surface (flange)	T = 214

Table 5.1.13 Heat Balance on Dowtherm Evaporator No. 1

Heat-in	kcal/h	%	Heat-out	kcal/h	%
Fuel combustion heat	2,815,500	100	Dowtherm sensible	1,993,605	71
Fuel sensible heat	0	0	Dowtherm evaporation	1,232,000	44
Air sensible	0	0	Exhaust gas	549,797	20
Return dowtherm	1,844,304	66	Miscellaneous	884,402	31
Total	4,659,804	166	Total	4,659,804	166
Heat efficiency: Fuel heat based					49.1

Note: Heat balance is based on an ambient temperature of 30 °C.

Air & gas temperatures are assumed to be the same as ambient.

このボイラにおいて、空気比を日本のボイラの空気比の基準値である 1.3 (排ガス中酸素濃度では 5 % に相当) にまで調整したとすると、計算上では現状を基準にして約 6 % 2,664 Gcal/y (= 2,815,500 × 0.06 × 8,760 × 0.9 × 2 unit) の燃料節減ができる。この結果、ヒートバランスは Table 5.1.14 のようになる。こ

の表のように空気比の調整により、所要燃料が減少するとともに排ガス損失の比率も減少する。

Table 5.1.14 Estimated Heat Balance After Air Ratio Adjusting

Heat-in	kcal/h	%	Heat-out	kcal/h	%
Fuel combustion heat	2,660,686	100	Dowtherm sensible	1,993,605	75
Fuel sensible heat	0	0	Dowtherm evaporation	1,232,000	46
Air sensible	0	0	Exhaust gas	394,983	15
Return Dowtherm	1,844,304	69	Miscellaneous	884,402	33
Total	4,504,990	169	Total	4,504,960	169
Heat efficiency:					
Fuel heat based		51.9			

さらに排ガス温度（現状は 317 °C）が高いので、空気予熱器を設置して燃焼用の空気を排ガスにより予熱すれば、さらに数 % の燃料節減を得ることができる。しかし、このような小型の炉では、空気予熱器の設備費用をペイバックすることは困難なので、将来の設備更新時にこの問題を検討すべきである。

(3) ガスタービン

この工場では、2 基の排熱ボイラ付きのガスタービン発電機を常時運転して、電力およびプロセス用の蒸気を供給している。この設備の概要を Table 5.1.15 に示す。

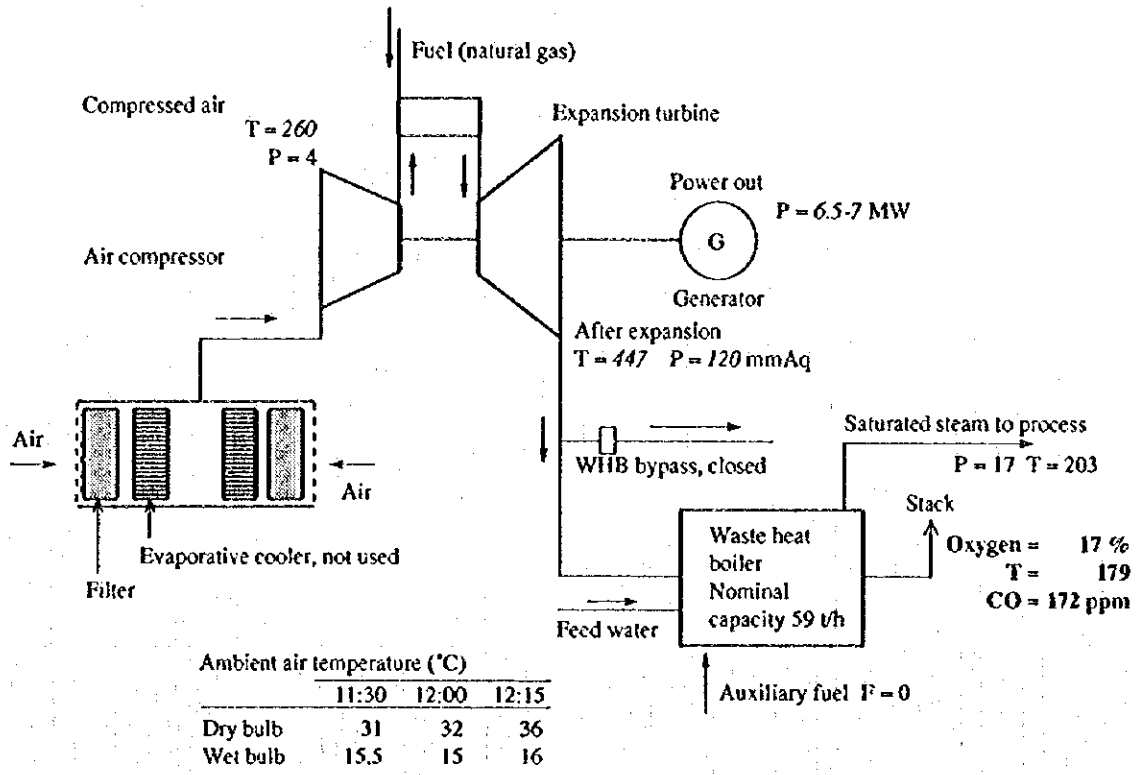
Table 5.1.15 Gas Turbine System

No. of units, installed	2
Generating capacity (MW)	10
Manufactured by	G. E.
Type	Single shaft, Open cycle
Fuel	Natural gas
Waste heat boiler (t/h)	59

a. 計測とヒートバランス

この設備において、排熱ボイラ出口の排ガスの酸素濃度と温度を計測した計測の結果を Figure 5.1.6 に示す。

Figure 5.1.6 Exhaust Gas Measurement for Gas Turbine No. 2



Legend
 F: Flow rate, m³/h Block letter: Measured value
 T: Temperature, °C *Italic letter*: Panel reading
 P: Pressure, kg/cm² (G)

この計測値をもとにガスタービンシステムのヒートバランスを計算した結果を Table 5.1.16 に示す。

Table 5.1.16 Gas Turbine Heat Balance

Heat-in	kcal/h	%	Heat-out	kcal/h	%
Fuel combustion heat	35,162,325	100.0	Electricity	5,810,375	16.5
Fuel sensible heat	0	0.0	Steam/WHB	15,920,000	45.3
Air sensible heat	0	0.0	Exhaust gas heat	10,994,295	31.3
Feed water sensible heat	0	0.0	Miscellaneous	2,437,655	6.9
Auxiliary fuel for WHB	0	0.0	Total		100.0
Total		100.0			

Notes: Base temperature is 30 °C of ambient temperature.
 Temperature of air, gas & feed water is assumed to be the same as ambient.
 Steam amount is only assumption.

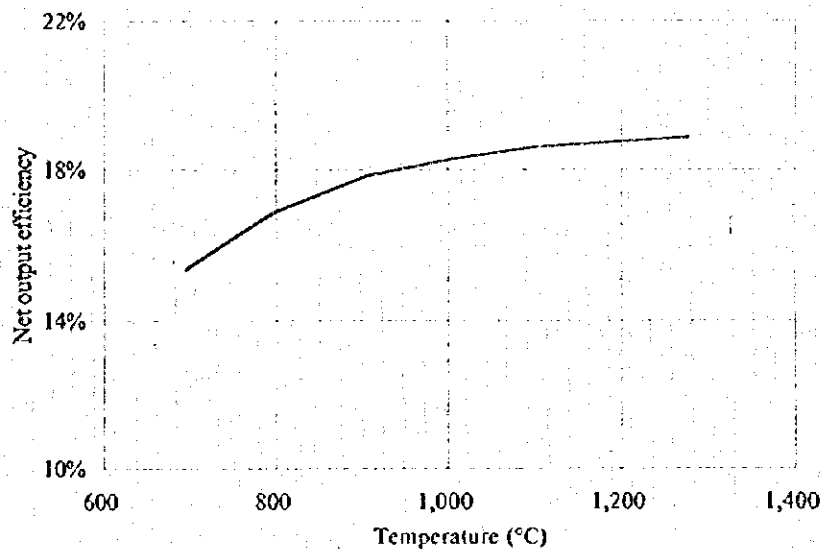
この Table 5.1.16 に見るように、ガスタービンへの投入燃料のうち電力に変換されたものは 16.5 %、また排熱ボイラで蒸気として回収された熱量は、推定で 45 % である。また排ガス中の酸素濃度 17 % と空気圧縮機出口の空気温度 260 °C から計算される断熱燃焼温度は 778 °C である。

b. タービン入り口ガス温度の向上

このガスタービンシステムについて、単純な圧縮と膨張のシミュレーションモデルを作成して、出力タービン入り口のガス温度と空気圧縮機入り口の空気温度について調査した。

ガスタービンでは、タービン入り口ガス温度を上昇させれば効率は向上する。モデルを用いたシミュレーションの結果を Figure 5.1.7 に示す。

Figure 5.1.7 Combustion Temperature and Efficiency



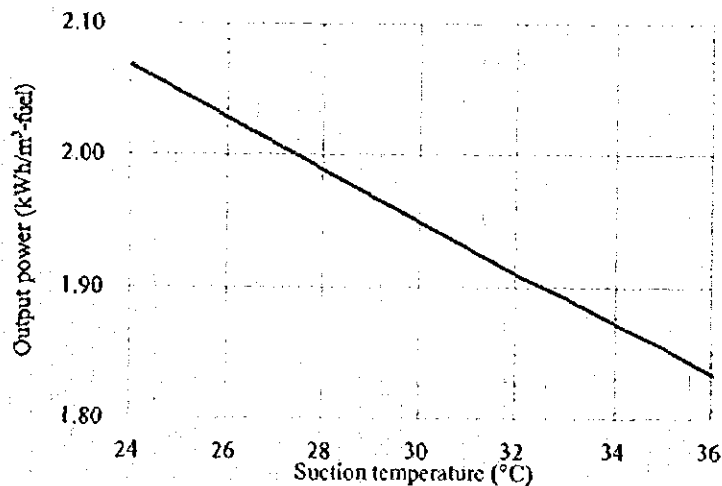
現在のガスタービンの設計条件でのタービン入り口温度は不明であるが、Figure 5.1.7 に見るように入り口温度の上昇はタービンの出力増加に効果が大きいので、設計条件を確認の上で温度上昇の可能性を検討することが望ましい。

c. 吸気の冷却

また、このタービンには、吸気冷却の装置が設置されているが現在は使用されていない。この装置は吸気室において、エアフィルタのあとで吸気中へ水

を蒸発させることによって吸気を冷却するものである。吸気を冷却すれば空気圧縮機においてより多くの空気を圧縮できるので、タービン出力が増加する。試算例を Figure 5.1.8 に示す。

Figure 5.1.8 Suction Temperature and Net Output Power



なお、このとき効率はやや向上する。

吸気冷却実施例は日本でもアメリカでも見ることができる。また吸気冷却の方式は、チラーを用いた冷水による場合や、大気湿度が低い地域ではこの工場のように蒸発冷却による場合がある。現地のヒアリングでは、吸気冷却装置を以前に使用したがタービンの翼に腐食を生じたため使用を中止したとのことである。しかし、現時点で再度検討することが望ましい。

(4) ポリエステルのクエンチ

現在ポリエステル紡糸冷却空気を 21 °C (DB)/16 °C (WB) に制御するために、年中チラーにより冷水が供給されている。

冬季およびその前後の中間季節は外気温度が低く、1 つの目安として湿球温度 8 °C 以下の期間をチラー水にかえて外気を冷熱源とする運用について検討する。Table 5.1.17 は Esfahan 地区の年間気象条件とチラー消費電力の実績である。また、1995 年次のポリエステル側消費電力を循環水量比から求めると、次のようになる。

- ・ポリエステル $9,318 \text{ MWh/y} \times 0.44 = 4,100 \text{ MWh/y}$
- ・アクリル $9,318 \text{ MWh/y} \times 0.56 = 5,218 \text{ MWh/y}$

Table 5.1.17 Electricity Consumption by Chiller and Climatic Conditions

Month	Electricity consumption	Dry bulb temperature	Wet bulb temperature	Relative humidity
	MWh	°C	°C	% RH
1	720.0	3.4	0.2	50
2	720.0	6.2	1.8	48
3	696.0	10.5	3.7	34
4	781.2	15.3	7.2	32
5	781.2	20.5	9.6	24
6	781.2	25.4	11.3	17
7	892.8	28.3	12.9	17
8	892.8	27.0	12.0	16
9	892.8	22.8	9.6	20
10	720.0	16.7	8.8	37
11	720.0	9.7	4.0	41
12	720.0	4.9	1.4	56
Total/Average	9,318.0	15.7	13.0	36

Source for climatic conditions: Science Almanac (edited by Tokyo Astronomical Observatory)
 Esfahan district
 Dry bulb temperature 1951 to 1971
 Relative humidity 1965 to 1967
 Relative humidity was calculated based on the environmental diagram at 1,500 mm above the sea.

a. 改善案

紡糸クエンチ冷却空気条件を現状のままとし、外気利用可能期間を 6 カ月とする（前掲の Table 5.1.17 の夏季 5 月～10 月を除く）。

紡糸クエンチ空気条件を現状より 3 °C 引き上げて 24 °C とすれば、外気利用期間は 9 カ月となる。

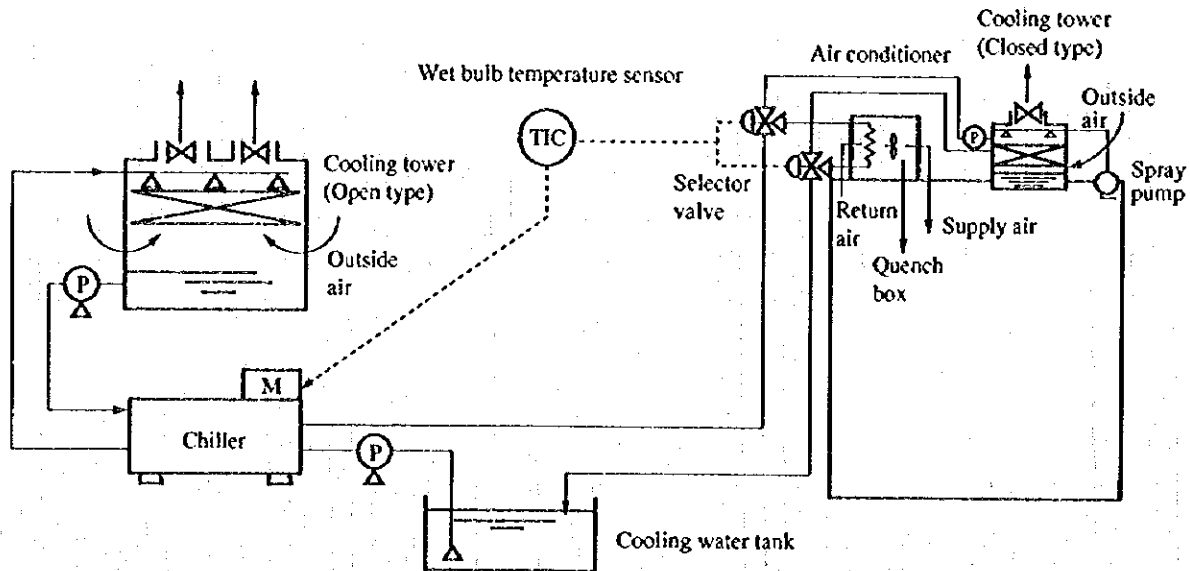
日本のケースを紹介すると、1970 年代後半から省エネルギーを目的にクエンチ冷却が見直され、冷却空気温度が 24～25 °C まで引き上げられた結果、外気利用期間を拡大した。また POY 方式の空調条件はより緩和されてきた。

しかし、近年の市場ニーズによる高品質化、また多糸糸、高速化が加速され、クエンチ温度が徐々に引き下げの傾向にある。

したがって、PAI のクエンチ条件を現行条件としてケーススタディを行う。全体の冷却システムを Figure 5.1.9 に示す。システムの基本的考え方は外気湿球温度を常時検知し、取り出し冷却水温度が基準値以上高くなるとシステムとして自動的にチラー水へ切り替えるものである。

また、冷却水取り出しの冷却塔は密閉式とし、ポリエステル棟屋上設置として考える。その結果としてクエンチ冷却水電力の大幅削減を狙うものである。

Figure 5.1.9 Concept of Outside Air Cold Heat Utilization



b. 効果の予想

チラー電力のうち節減可能部分を 50 % と見積もると、

$$4,100 \text{ MWh/y} \times 0.5 = 2,000 \text{ MWh/y}$$

となる。

なお、その他の目的で使用するチラー水も外気条件の厳しい冬季は当然外気の冷熱源としての利用が可能であり、計画検討にはアクリル工場も含めることが望ましい。

(5) アクリル工程排熱回収

アクリルおよびポリエステル工場の熱処理、洗浄プロセスの排水は、総合排液処理装置へ送られて生物処理により水質汚染負荷が除去される。Figure 5.1.10 に排水処理システムのフローを示す。

アクリル工程の排水量は全体の処理水量の 75 % を占めており、また排液温度が高く全流入水量の平均温度が 65 °C と高い。

このため、排水処理プロセスに冷却塔が設置され 30 °C まで冷却されている。

a. 改善対策

排水量の 75 % が発生するアクリル工場の高温排水と新鮮洗浄用水との熱交換を計ることにより、洗浄用加温蒸気の削減および排水処理装置流入排水温度の引下げが可能となる。

b. 効果予測

効果試算の条件は次のとおりとする。

- ・アクリル温排水量 : 60 m³/h (全体の 75 %)
- ・洗浄機出口排水温度 : 80 °C
- ・排熱回収効率 : 66 %
- ・給水温度 : 20 °C
- ・総合利用効率 : 80 %

$60 \times 10^3 \times 24 \times 365 \times 0.8 \times 0.66 \times (80-20) / 10^6 = 16,800 \text{ Gcal/y}$ となる。

・熱交換特性の予測

排水側 入口 : 80 °C / 出口 : 40 °C

清水側 入口 : 20 °C / 出口 : 60 °C

(6) ポンプ

電動機については大型電動機が使用されているポンプのうち、クーリングタワー用送水ポンプ 2 台、冷水ポンプ 1 台、原水ポンプ 1 台、軟水ポンプ 1 台の計 5 台について電力測定を行った。電力測定結果を Table 5.1.18 に示す。設備負荷率をみると原水ポンプが約 70 %、軟水ポンプが 60 % 弱となっている。

同じポンプについて制御盤上の水圧および水量測定値よりポンプ効率を計算したものを Table 5.1.19 の上部に示す。この結果をみるといずれのポンプも効率は 60 % 以下で、かなり効率が悪い。

この運転が継続するという仮定で、高効率のポンプに置換した場合の効果計算結果を Table 5.1.19 の下部に示す。原水、軟水ポンプの効果金額は (8), 4) 項に集約する。

Table 5.1.18 Measurement Result of Power Consumption by Pump Motor

Measuring date: 6 August 1996

	Cooling Tower Water Pump								
	No. 1 Pump			No. 2 Pump			(No. 1 + No. 2) Pump		
	kW	p. f.	U. F.	kW	p. f.	U. F.	kW	p. f.	
Average	194.3	0.905	0.880	189.2	0.910	0.857	383.5	0.908	
Maximum	194.3	0.906	0.880	189.2	0.911	0.857	383.5	0.908	
Minimum	194.3	0.904	0.880	189.2	0.910	0.857	383.5	0.907	

	Chilled Water Pump No. 1			Raw Water Pump No. 1			Soft Water Pump No. 1		
	kW	p. f.	U. F.	kW	p. f.	U. F.	kW	p. f.	U. F.
Average	172.8	0.912	0.940	77.6	0.884	0.703	66.5	0.849	0.585
Maximum	173.2	0.912	0.942	78.9	0.885	0.715	65.8	0.852	0.596
Minimum	172.5	0.912	0.938	76.4	0.881	0.692	63.2	0.845	0.573

Table 5.1.19 Efficiency Calculation of Main Pumps

Water Pump Name	Cooling Tower Pump No. 1	Cooling Tower Pump No. 2	Cooling Tower Pump Total	Chilled Water Pump No. 1	Raw Water Pump No. 1	Soft Water Pump No. 1
Pressure (kg/cm ² (G))	4.6	4.6	4.6	5	5.3	5.6
Water flow (m ³ /h)	750	750	1,500	620	155.4	191.4
Efficiency of motor	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Motor input (kW)	194.3	189.3	383.5	173.2	77.6	64.5
Efficiency of pump	0.537	0.551	0.544	0.542	0.321	0.503
(After improvement)						
Efficiency of pump	0.7	0.7		0.7	0.7	0.7
Calculated output (kW)	134.2	134.2		120.6	32.0	41.7
Selected motor capacity (kW)	160	160		132	37	45
Efficiency of motor	0.9	0.9		0.9	0.9	0.9
Motor input (kW)	149.1	149.1		134.0	35.6	46.3
Reduced input (kW)	45.2	40.2		39.2	42.0	18.2
Reduced kWh/y	361,330	321,330		313,566	335,658	145,659
Reduced Fee/Y (¥)	5,781,283	5,141,283		5,017,060	5,370,527	2,330,546
Investment (¥)	16,000,000	16,000,000		13,200,000	3,700,000	1,500,000
Simple payback period (y)	2.8	3.1		2.6	0.7	1.9

(7) 電力需給

電力供給が自家発のみで行われているため、省エネルギーを考慮する点で工場の安全安定運転との兼ね合いが問題となる。調査時点での発電機の設備利用率 (= 平均電力/発電機定格出力) は 1号機 65%, 2号機 64% であり、かなり余裕

のある運転となっている。現状負荷が 12.8 MW であり、1 台では負荷に対応できないため 2 台運転で電力を供給し、その結果としての軽負荷運転もやむを得ないと思われる。しかし軽負荷運転の影響のため発電端熱効率は 14~15 %となっている。

提出されたガスタービンの特性曲線からみると、設備利用率を 65 % から 100 % に上げると熱消費率は 12.3 % 向上する。

現在は外部電力系統と解列しているが、外部電力系統が信頼でき、かつ売電が可能で変動費の回収が可能であれば、売電、ガスタービン台数制御、一般ボイラの効率を考慮して最適なエネルギー供給ミックスを選ぶことが望ましい。

1995 年のガスタービンの燃料使用量は天然ガス 60,503,712 m³/y であり、したがって削減可能天然ガス量は 60,503,712 × 0.123 = 7,442,000 m³/y となる。

プラントの負荷力率の 80 % も不満ではあるが、電力損失軽減のみではコンデンサ設置のメリットが出るとは考えられず、将来外部系統との並列時点で前述の設備利用率と併せて解決すべき問題と考える。

(8) 用排水処理電力消費について

工場全体に占める用排水設備の消費電力荷重を Table 5.1.20 に示す。

全体に対する荷重は用水および排水処理合計で 12 % を占めている。

用排水処理電力の評価方法として、用排水のポンプ動力は、搬送電力原単位 (kWh/m³) また排水処理ばっ気ブロー電力は排水処理量単位当たりのばっ気電力 (kWh/m³) および BOD 負荷 kg 当たりのばっ気電力 (kWh/kg-BOD) などがある。

1995 年次の実績評価は次のとおりである。

用水使用量： 2,750 × 10³ m³/y (314 m³/h)

循環水量： 27,500 × 10³ m³/y (用水の10倍とする)

用水電力量： 7,469.6 MWh/y (852 kWh/h)

搬送電力原単位： $\frac{7,469.6 \times 10^3 \text{ (kWh)}}{27,500 \times 10^3 \text{ (m}^3\text{)}} = 0.271 \text{ kWh/m}^3$

Table 5.1.20 Component Ratio by Electricity Consumer (1995)

Electricity Consumer		Consumption (MWh)	Consumption Ratio (%)
Production process	Polyester	34,979.4	33.16
	Acryl	28,821.1	27.32
	(Sub-total)	(63,800.5)	(60.48)
Heat generating equipment	G-T auxiliary equipment	657.3	0.62
	Steam boiler	1,251.2	1.19
	Heat medium boiler	748.2	0.71
	(Sub-total)	(2,656.7)	(2.52)
Chiller equipment		(9,318.8)	(8.83)
Air compressor equipment	Air compressor	16,978.8	16.10
	N ₂ production system	376.7	0.35
	(Sub-total)	(17,355.5)	(16.45)
Equipment for raw water and waste water	Raw water treatment	7,469.6	7.08
	Waste water treatment	4,891.7	4.64
	(Sub-total)	(12,361.3)	(11.72)
Grand total		105,492.8	100.00

ポンプ全揚程の評価としては、全ポンプの平均効率を 60 % と仮定して全水量のポンプ吐出圧力を求めると、

$$H = \frac{7,469.6 \times 10^3 \times 102 \times 3,600 \times 0.60}{27,500 \times 10^6} = 60 \text{ m}$$

となる。この 60 m (6 kg/cm²(G)) はポンプの全揚程を表し、ポンプの吸込、押し高さ差と送水に伴う配管抵抗損失を表すものである。

排水処理電力は、以下のとおりである。

排水受入量：80 m³/h

排水処理電力消費量：4,891.7 MWh/y (558 kWh/h)

排水処理電力原単位： $\frac{558}{80} = 7.0 \text{ kWh/m}^3$

ばっ気プロアの電力消費荷重： $\frac{100 \times 0.746 \times 0.9 \times 2}{558} = 0.24$

ばっ気プロアの電力原単位： $\frac{558 \times 0.24}{80} = 0.67 \text{ kWh/m}^3$

a. 改善策

基本的には用水使用の合理化の推進が第 1 段階である。この成果は排水処理

電力削減へリンクすることになる。

排水処理ばっ気ブロワは生産変動に伴う汚濁負荷量に対応して送入空気量を調整するものであり、処理排液中の溶存酸素濃度を指標としてブロワ 3 台の交互間欠運転を自動化システムで対応する。

前掲のポンプ効率測定結果から判るように、用排水量低減と併せて、各ポンプの適正容量化、高効率化を実負荷ベースに是正する。

現状排水処理流入温度は 65 °C と高いが、排熱回収により排液冷却のための電力削減効果が期待できる。

b. 効果予測

1) 用排水量の削減期待値

現状の供給水量 15 % 削減の効果予測

削減電力量 : $7,469.6 \times 0.15 = 1,120 \text{ MWh/y}$

排水処理量 : $80 \text{ m}^3/\text{h}$ の $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 削減

削減電力量 : $4,891.7 \times (1-0.24) \times \frac{10}{80} = 464 \text{ MWh/y}$

2) ばっ気電力の削減期待値

アクリル生産量に変動がある。排水汚濁負荷に対応する溶存酸素の適正管理によるばっ気空気量の削減期待値を 20 % に見ると、削減電力量は、

$4,891.7 \times 0.24 \times 0.2 = 234 \text{ MWh/y}$

となる。

3) 合計削減電力量

$1,818 \text{ MWh/y}$ ($= 1,120 + 464 + 234$) となる。

4) 用水搬送電力原単位の低減

前述のポンプ全揚程 6 kg/cm^2 (G) は異常に高い値である。

全体の配管系統図 (エンジニアリングフローシート) を作成し、ポンプ個々の特性調査の必要がある。また、用水量および電力使用量の妥当性の検

証も必要である。

メンテナンスタイミングを上手に使うことによって抽出した問題点の是正を積み上げる。すなわち、ポンプの適容量化、高効率へのシフトを指向することによりポンプ消費電力 50 % 削減の可能性がある。

50 % 相当電力は、約 3,000 MWh/y である。

なお、用水、排水処理装置個別に電力原単位を算定し、これらのグラフ化表示による追跡管理が具体的対策の前段作業である。

(9) 圧縮空気消費電力

空気圧縮機の消費電力は前掲の Table 5.1.20 に示すように全電力消費量の 6 % (N₂を除く) を占めている。

圧縮空気 1 m³ 当たりの所要電力量すなわち電力原単位を、1995 年次実績値から求める。

算定の根拠

電力消費量 : 16,978.8 MWh/y

圧縮空気使用量 : ポリエステル 57,347 × 10³ m³/y

 アクリル 13,658 × 10³ m³/y

 計 71,005 × 10³ m³/y

電力原単位 : $\frac{16,978.8 \times 10^3}{71,005 \times 10^3} = 0.24 \text{ kWh/m}^3 (= 4.18 \text{ m}^3/\text{kWh})$

レシーバタンク圧力 3.5 kg/cm²(G) から判断すると、圧縮空気製造効率が低い。しかし、圧縮空気温度、圧力の補正状況が不明であり断定はできない。日本における標準状態 (大気圧, 0 °C 換算) での原単位の一般値は 7 ~ 8 m³/kWh である。

a. 改善策

1) 圧縮空気消費量の削減

一般的な圧縮空気の消費パターンとして、吹付けによる消費の荷重が大きい。また、圧縮空気機器・配管からの漏洩量も無視できない。

ケースによっては、漏洩管理とブローエアのシステム改善による消費電力の 30 ~ 40 % 削減の事例もある。

2) コンプレッサ圧縮効果のマクロ評価

コンプレッサ個別の運転時間および電力消費量の実績管理は比較的簡単にできる。これによって、コンプレッサ個別の圧縮特性の把握が可能となり、高効率運転のベース資料となる。

3) 総合電力原単位の管理

圧縮空気製造量およびその消費電力量から、圧縮空気電力原単位を月度管理し、グラフ表示による追跡は各種対策成果の傾向管理が容易となる。

b. 効果予測

一般的な対策実施実績から削減目標値を 20 % と見る。

圧縮空気の消費場所、使用目的、使用条件をリストアップの上、使用実態との整合性および改善策の推進により十分達成可能な目標値と考える。

20 % 削減相当電力量は、

$$16,978.8 \times 0.2 = 3,400 \text{ MWh/y} \text{ となる。}$$

(10) 効果のまとめ

以上の省エネルギー対策を Table 5.1.21 に示す。

Table 5.1.21 Summary of Proposals

(Japanese Yen base)

Item	Expected Saving						Total Million yen/y	Investment Million yen	Payback Period Year
	Fuel			Electricity					
	10 ³ m ³ /y	Million yen/y	%	MWh/y	Million yen/y	%			
Improvement of Dowtherm boiler air ratio	290* ¹	5.0	0.3* ³	-	-	-	5.0	0	0
Review of quench cooling	-	-	-	2,000	20.0	1.6* ⁷	20.0	20	1.0
Recovery of waste heat in the acryl process	2,282* ²	39.2	2.7* ⁴	-	-	-	39.2	15	0.4
Replacement of chiller system pumps	-	-	-	996* ⁶	10.0	0.8* ⁸	10.0	45	4.5
Improvement of gas turbine utilization rate	7,442	127.9	8.9* ⁵	-	-	-	127.9	0	0
Reduction of supply/waste water and aeration volume	-	-	-	1,818	18.2	1.5* ⁹	18.2	30	1.6
Optimization of pump capacity	-	-	-	3,000	30.0	2.5* ¹⁰	30.0	25	0.8
Rational use of compressed air	-	-	-	3,400	34.0	2.8* ¹¹	34.0	30	0.9
Total	10,014	172.1	12.0	11,214	112.2	9.2	284.3	165	0.6

(Iran Rial base)

Item	Expected Saving						Total Million Rial/y	Investment Million Rial	Payback Period Year
	Fuel			Electricity					
	N.gas 10 ³ m ³ /y	Million Rial/y	%	MWh/y	Million Rial/y	%			
Improvement of Dowtherm boiler air ratio	290* ¹	36	0.3* ³	-	-	-	36	0	0
Review of quench cooling	-	-	-	2,000	200	1.6* ⁷	200	350	1.8
Recovery of waste heat in the acryl process	2,282* ²	281	2.7* ⁴	-	-	-	281	262	0.9
Replacement of chiller system pumps	-	-	-	996* ⁶	100	0.8* ⁸	100	648	6.5
Improvement of gas turbine utilization rate	7,442	915	8.9* ⁵	-	-	-	915	0	0
Reduction of supply/waste water and aeration volume	-	-	-	1,818	182	1.5* ⁹	182	525	2.9
Optimization of pump capacity	-	-	-	3,000	300	2.5* ¹⁰	300	438	1.5
Rational use of compressed air	-	-	-	3,400	340	2.8* ¹¹	340	525	1.5
Total	10,014	1,232	12.0	11,214	1,122	9.2	2,354	2,748	1.2

*1 $2,664 \times 10^6 \text{ kcal/y} / 9,200 \text{ kcal/m}^3 = 290 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{y}$

*2 $16,800 \times 10^6 \text{ kcal/y} / (9,200 \text{ kcal/m}^3 \times 0.8) = 2,282 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{y}$

*3 $290 \times 10^3 / (83,362 \times 10^3) \times 100 = 0.3 \%$

*4 $2,282 \times 10^3 / (83,362 \times 10^3) \times 100 = 2.7 \%$

*5 $7,442 \times 10^3 / (83,362 \times 10^3) \times 100 = 8.9 \%$

*6 Excluding that for raw water, soft water $(361,330 + 321,330 + 313,566) / 10^3 = 996$

*7 $2,000 / 122,040 \times 100 = 1.6 \%$

*8 $996 / 122,040 \times 100 = 0.8 \%$

*9 $1,818 / 122,040 \times 100 = 1.5 \%$

*10 $3,000 / 122,040 \times 100 = 2.5 \%$

*11 $3,400 / 122,040 \times 100 = 2.8 \%$

Energy price in Japan:

Natural gas: $17,000 \text{ yen} \times 9.2 / 9,100 = 17.19 \text{ yen/m}^3$

Electricity: 10 yen/kWh

Energy price on Iran Rial base:

Fuel oil: 75 Rial/L

Electricity: 100 Rial/kWh

Exchange rate: 1,750 Rial = 1 US Dollar = 100 Japanese Yen

Investment cost is based on that in Japan.

5.2 Kashan Velvet & Rayon Mills の調査結果

5.2.1 工場の概要

(1) 工場名

Kashan Velvet & Rayon Mills LTD.

(2) 工場所在地

Amirkabir Ave. Kashan, Iran

(3) 従業員数

6,073 名

(4) 主要製品

織物, ベルベット, カーペット

(5) 生産能力

織物	10,000,000 m
ベルベット	4,460,000 m
カーペット	1,235,000 m ²

(6) プロセスの概要

工場は、紡績、織布および染色加工のレーヨン工場と、これより原糸供給を受けるベルベット工場とに分かれている。

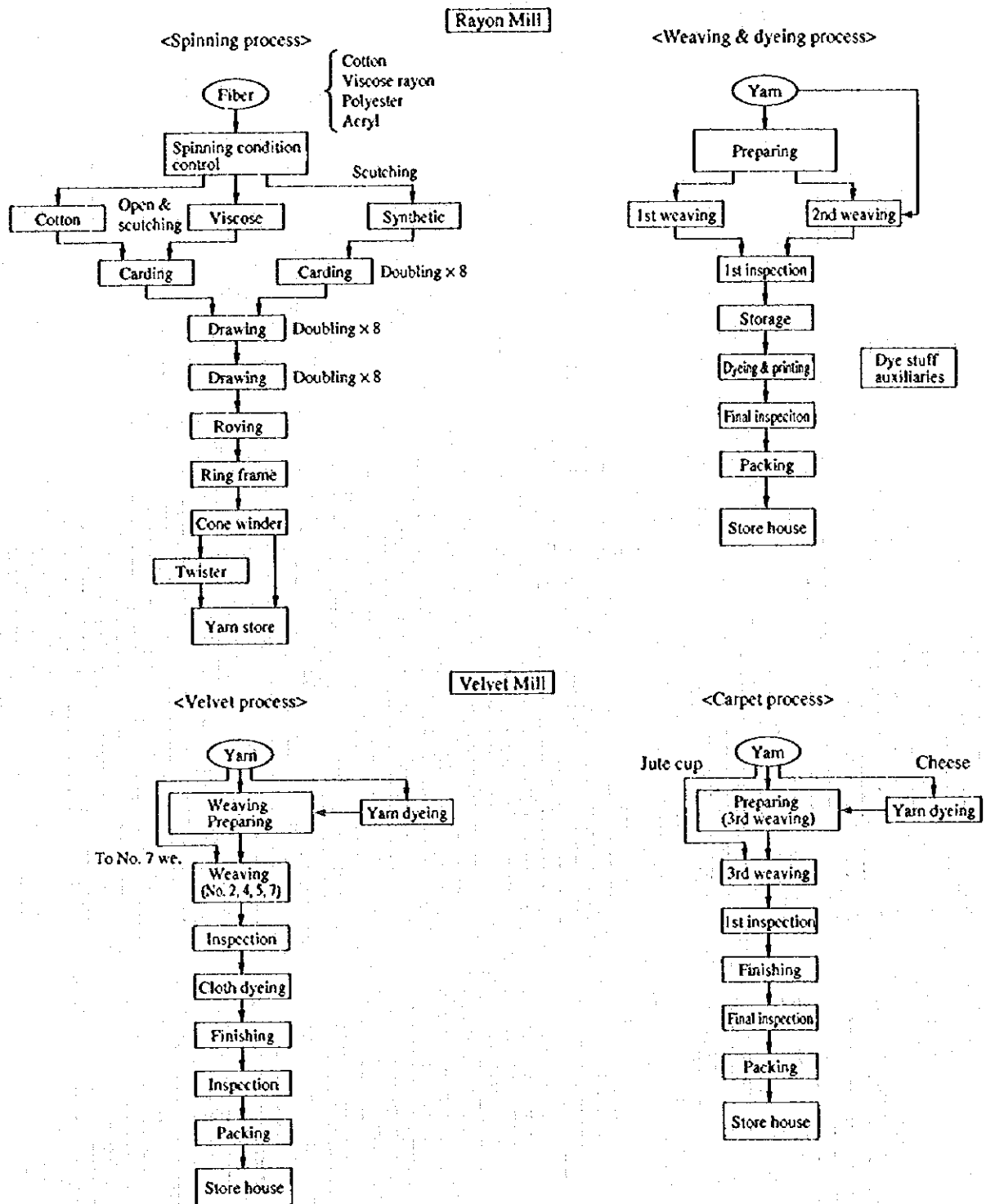
主要工程の概要を以下に記述し、併せて工程フロー図を Figure 5.2.1 に示す。

a. レーヨン工場

1) 紡績工程

紡績工程ではコットン、レーヨン、ポリエステルおよびアクリルなどの原料ファイバが単独または混紡のうえ紡出される。

Figure 5.2.1 Process Flow



コットンファイバは原綿中の夾雑物が工程順に除去されたのち、合成繊維とともに繊維の均質化、繊維平行化などの操作を繰り返し受けながら、精紡機において所定の糸番手となる。

精紡機から取り出された管糸は自動ワインダでチーズ形状に巻き取られ、ダブルツイスタで撚糸となる。また管糸の一部とともに、ベルベット、カーペットおよび織物生機の原糸となる。

紡績工程における温湿度管理は重要な管理因子であり、各工程別に設置された空調装置によって所定の温湿度に安定維持される。

空調装置での消費電力は多く、生産動力の 10~20 % を占めている。

2) 織布工程

受け入れた原糸はワーピングとワインディングにおいて経糸と緯糸の準備がされたのち、織機にて生機に織り上がる。

一般織物用生機は染色仕上工程へ送られる。

織機室の温湿度管理は前掲の紡績工程同様重要であり、専用空調システムにより温湿度が管理される。

3) 染色仕上工程

生機の染色仕上加工は、仕上製品の目的別に多種多様な加工処方箋がある。短繊維織物は次に示す 3 工程によって加工される。

① 準備工程

毛焼き→糊抜→精練→漂白が主工程であり、必要によりシルケット、ヒートセット加工が行われる。

② 染色工程

無地染の浸染と捺染に分けられる。浸染は液流染色機、ウインスおよびジッガ染色機によりバッチシステムによる染色が行われる。

また、捺染機による柄染色も設置されている。

③ 仕上工程

製品用途、目的に応じて行われる加工は、樹脂加工を始めとして防皺、

柔軟性付加など加工技術の高度多様化が進められている。

仕上加工のヒートセット機 2 台の熱源には熱媒が使用されている。

染色仕上工程は熱および用水が多量に使用され、重点的なエネルギー管理を必要とする工程である。

b. ベルベット工場

ベルベット工場では、紡績工程から供給される原糸のほか、太番手のカーペット用ウェフトとパイル糸が外注加工により供給される。

これらの原糸によってベルベットおよびカーペットの製織と仕上加工が行われている。

1) ベルベット工程

レーヨン工場および外注加工から供給される原糸の一部は糸染機において染色加工される。

経糸と緯糸にパイル糸を絡ませて織りあがった生機は先染、後染によって加工の付加操作に差はあるが最終の仕上げ工程において毛割り、シャーリングののち、艶出しシーブ加工されて製品となる。

糸および反染加工において多量の蒸気と洗浄水が使用される。

2) カーペット工程

カーペットの経糸原糸は紡績糸が供給されるが、太糸の緯およびパイル糸は外注加工されている。カーペット原糸は糸染めののち、タフティング機によりパイル糸を基布に刺してパイルを形成する。毛割り、ポリッシャ、シャーリングを経て、裏貼り加工によって製品となる。

ベルベット同様に糸染め工程では蒸気および洗浄水が多量に消費され、エネルギー管理の必要な工程である。シャーリング工程では集塵ブロワ用としての電力設備容量が大きい。

(7) 工場の沿革

40 年前に民間企業として銀行 50 %、民間 50 % の出資金で設立された。

生産品目はベルベットでスタートしたが、綿からシルクおよびビスコースレーヨンへと素材を拡張してきた。

現在はベルベットのほか、カーペットが生産され、素材として新たにポリエステル、アクリルが導入され、従来の繊維との混紡または単独で多様に使用されている。

レーヨンなど原料の一部は輸入に依存しているものもあるが、ポリエステル、アクリルは国産ファイバが使用される。

製品の輸出先はロシア、チェコおよび旧ソ連などとなっている。

イラン国内の同業他社としては、レーヨン工場が 3 社、ベルベット工場は 1 社のみであり、シルクベルベットの競合はない。

全イラン繊維企業の中での規模は、上位にランクされている。

現在の国内全体の生産状況は、景気不況と近隣国の輸出追い上げなどもあり、大幅に減少している。

設備更新は現在レーヨン工場織布第 3 工場で新鋭織機への更新が進められている。

(8) 工場配置図

Figure 5.2.2 に工場の主要配置を示す。

(9) 電力単線結線図

Figure 5.2.3 に電力単線結線図を示す。

(10) 主要設備の概要

レーヨン工場およびベルベット工場の主要ユーティリティ設備と生産機械を Table 5.2.1 に示す。

(11) エネルギー価格

電力および燃料コストを次に示す。

電力	42~43.5 Rial/kWh	(1995 年)
重油	10 Rial/L	(1995 年)
ガスオイル	20 Rial/L	(1995 年)
天然ガス	レーヨン工場	29 Rial/m ³ (1996 年)
	ベルベット工場	26 Rial/m ³ (1996 年)

Figure 5.2.2 Plant layout

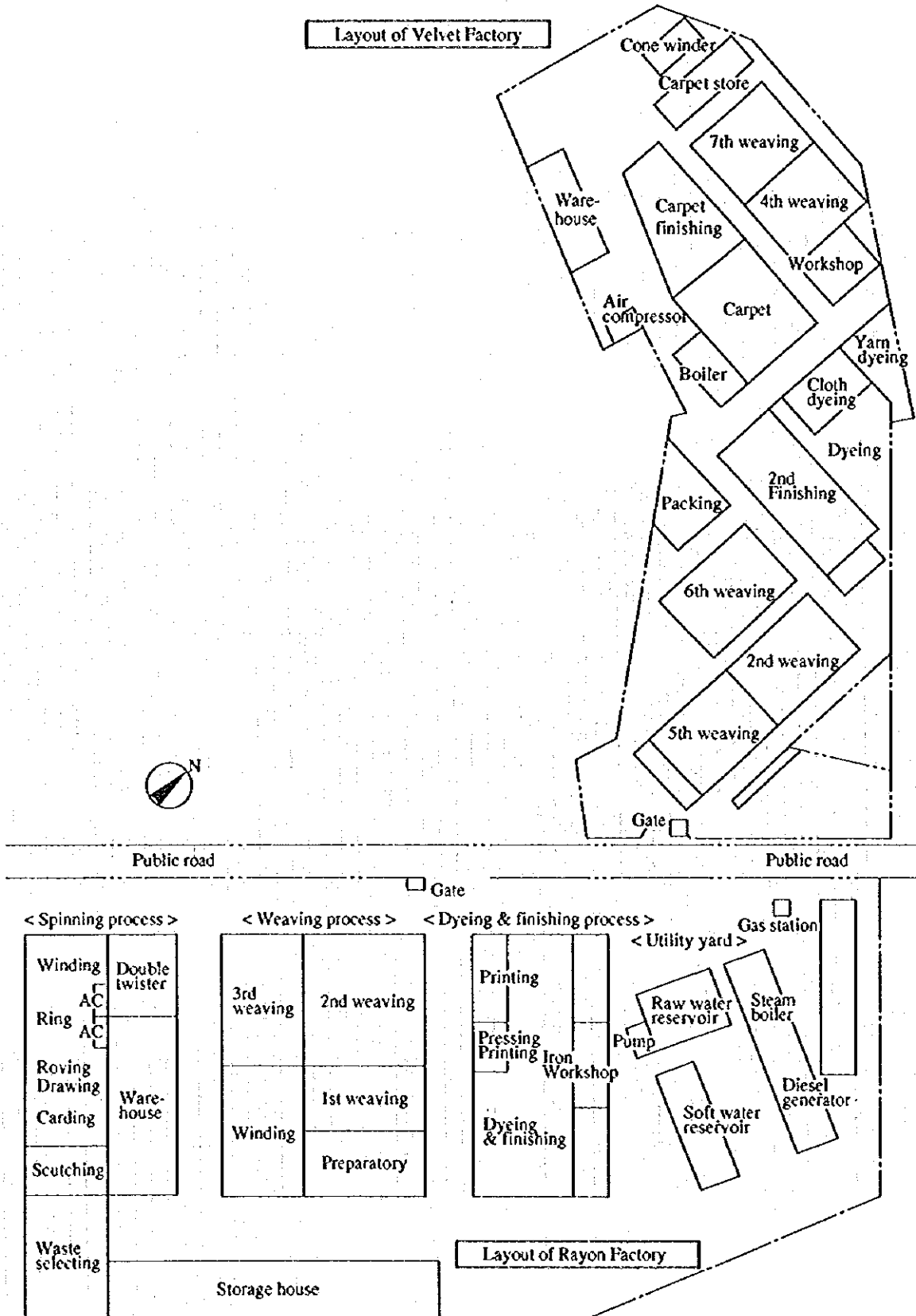


Figure 5.2.3 One Line Diagram

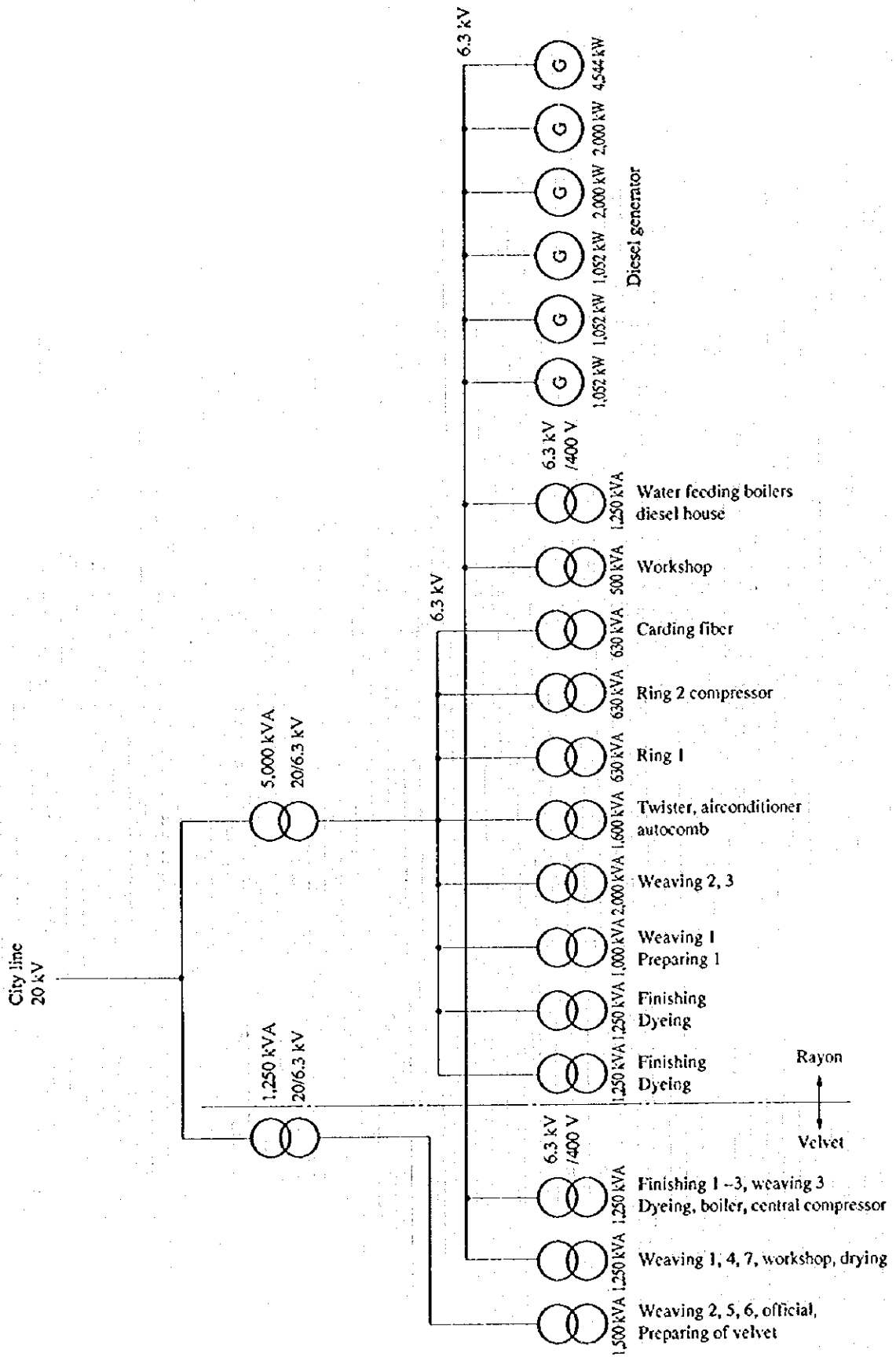


Table 5.2.1 Main Equipment

Factory	Process	Equipment	Number	Specification
Rayon	Utilities	Diesel generator	6	(3 × 1,315 + 2 × 2,500 + 1 × 5,680) kVA
		Steam boiler	5	smoke tube (1 × 20 + 4 × 10) t/h
		Raw water treatment	1	4 × deepwell, water softener
	Spinning	Preparation	1	Blending and scutching, carding, drawing and prespinning
		Spinning	48	400 sps × ring frame
		Winder	7	50 drums × autocorner
		Double twister	28	
		Air conditioner	3	Air washer type
		Air compressor	3	2 × screw / 1 × reciprocate
		Weaving	Preparation	1
	Shuttle looms		325	No. 1, 2 weaving
	Shuttleless looms		47	No. 4 weaving
	Air conditioner		3	Airwasher system
	Air compressor		3	2 × screw / 1 × reciprocate
	Dyeing and finishing		Preparation	1
		Continuous dyeing	1	1 × thermosol
		Batch dyeing	22	6 × jet
				9 × jigger
				7 × wince
		Print dyeing	2	1 × rotary 1 × frame
		Finishing	1	Tenter, resin, etc.
		Heat media boiler	2	Once through 26.7 m ²
Air compressor		3	2 × screw / 1 × reciprocate	
Velvet	Utilities	Steam boiler	4	smoke tube (3 × 10 + 2 × 7) t/h
		Air compressor	6	3 × screw / 3 × reciprocate
		Vacuum cleaner	1	2 × 55 kW reciprocate
	Velvet	Yarn dyeing	4	Overmiyer type
		Yarn dryer	2	Hot air circulate
		Preparation	1	Warper, winder, etc.
		Weaving	1	Looms for velvet
		Continuous dyeing	1	for cloth
		Batch dyeing	12	9 × vertical
				3 × horizontal
		Finishing	1	Shearing, glazing, etc.
	Air conditioner	1	Evaporation system	
	Carpet	Yarn dyeing	1	Common use velvet
		Preparation	1	Basefabric, and pile, etc.
		Weaving	1	for carpet
		Finishing	1	Shearing, brushing, etc.
		Air conditioner	1	Evaporation system

(12) 調査期間

- a. 事前調査 1995 年 10 月 14 日
- b. 本調査 1996 年 8 月 17 日～19 日

(13) 調査員

a. JICA チーム

総括	福島演雄 (事前調査)
総括および熱管理技術	小西二郎
プロセス管理技術	谷口隆重
電気管理技術	臼井千雄
経済評価	加藤茂昭 (事前調査)

b. PBO チーム

Energy conservation	Mr. Mianji
Energy conservation	Mr. Akhavan (事前調査)
Factory management	Mr. Sajadifar
Macro level energy management	Mr. Moosavi

(14) 面接者

a. 事前調査

Mr. Mossavar	Deputy General Manager
Mr. Shojaee	Manager of Spinning Factory
Mr. Javad-Dashtizadeh	Manager of Velvet Factory
Mr. Rokni	Manager of Dyeing Room
Mr. Ghattan	Manager of Utility Section

b. 本調査

Mr. Khayatian	Technical Manager
Mr. Kamali	Supervisor of Power House
Mr. Ansari	Supervisor of Technical Office
Mr. Hemsian	Supervisor of Factory Office
Mr. Sanayia	Supervisor of Industrial Management

5.2.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

1990年～1995年の各年度における生産種別ごとの生産量を Table 5.2.2 に示す。

なお、織物生産量は慣用単位とは別に、長さおよび面積と目付量から換算した重量値を併記した。

Table 5.2.2 Production

Name of Product		1990	1991	1992	1993	1994	1995
Spinning Yarn (R + V)	t	1,551	1,414	1,353	1,318	1,290	1,250
Weaving Fab (R + V)	km t	10,032.8 1,091	10,183.3 1,107	9,203.3 1,001	9,448.7 1,028	7,334.1 798	5,038.1 548
Velvet	km t	3,897.7 1,964	3,618.7 1,824	3,351.3 1,689	2,885.8 1,454	2,821.6 1,422	1,851.2 933
Carpet	m ² t	824,442 1,855	901,044 2,024	899,887 2,026	843,465 1,898	759,568 1,709	423,181 952

Note: The weight was calculated based on the assumption that the specific weights are as follows:

Fabric: Average 1.45 m Width, 75 g/m²

Velvet: Average 1.4 m Width, 504 g/m

Carpet: Average 2,250 g/m²

(2) エネルギー消費量の推移

1990年～1995年の各年度ごとのエネルギー消費量を Table 5.2.3 に示す。

Table 5.2.3 Energy Consumption

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	Note
Electricity								
	Purchased	-	-	-	-	-	-	
	In-house	17,071.1	17,103.9	16,840.1	8,814.1	7,415.6	-	
Total	MWh	-	-	-	-	-	-	
Diesel oil	kL	4,260	4,280	4,210	2,220	1,860	-	8,900 kcal/L
Kerosine	kL	270	235	220	310	235	-	8,320 kcal/L
Fuel oil	kL	3,250	2,750	2,700	1,300	1,250	1,280	9,300 kcal/L
Natural Gas	1,000 m ³	6,922.3	6,931.6	6,932.5	6,941.5	6,942.7	6,327.7	9,500 kcal/m ³
Soft water	1,000 m ³	580	595	580	580	567	589	
Boiler fuel	Gcal	95,987	91,425	90,969	78,034	77,581	69,797	

また、スチームボイラには天然ガスと重油がともに使用されており、ボイラ燃料としてこれの熱量換算値合計を表示した。

当日の工場の電力バランスを Table 5.2.4 に示す。

Table 5.2.4 Electric Power Balance

Measuring date: 18 August-19 August								
	Diesel			City line			Total	
	kW	Weight (%)	Capacity (kW, kVA)	kW	Weight (%)	Capacity (kW, kVA)	kW	Weight (%)
Supply								
Diesel engine No. 1			1,052					
Diesel engine No. 2			1,052					
Diesel total	1,160	30.4	2,104					
City line				2,650	69.6	6,250		
Total							3,810	100.0
Consumption								
Velvet								
Weaving No. 1, 4, 7	400	10.5	1,250					
Workshop								
Drying								
Weaving No. 3	410	10.8	1,250					
Dyeing								
Finishing No. 1-3								
Boiler, Central, Compressor								
Diesel total	810	21.3						
Weaving No. 2, 5, 6				450	11.8	1,500		
Velvet preparation								
Official								
City line total				450	11.8	1,500		
Velvet total							1,260	33.1
Rayon								
Water feeding boiler	280	7.4	1,250					
Diesel house								
Workshop	70	1.8	500					
Diesel total	350	9.2						
Finishing & Dyeing				420	11.0	1,250 × 2		
Weaving No. 1 & Preparing				180	4.7	1,000		
Weaving No. 2, 3				330	8.7	2,000		
Twister, A. C. auto-comb				420	11.0	1,600		
Ring No. 1				130	3.4	630		
Ring No. 2, Compressor				420	11.0	630		
Carding, flyer				300	7.9			
City line total				2,200	57.7			
Rayon total							2,250	66.9
Total	1,160	30.4		2,650	69.6		3,810	100.0

調査時点でのディーゼル発電設備の発電状況を Table 5.2.5 に示す。

Table 5.2.5 Diesel Engine Power Generation

Measuring date: 18 August 1996, 13:00 – 19 August 1996, 12:00

	Diesel Engine No. 1		Diesel Engine No. 2		Total	
	kW	p. f.	kW	p. f.	kW	p. f.
Average	581.2	0.977	488.6	0.951	1,069.8	0.967
Maximum	716.7	0.991	655.1	0.975	1,316.7	0.977
Minimum	433.6	0.958	310.9	0.910	844.5	0.956

(3) エネルギー原単位

a. エネルギー原単位

Table 5.2.6 にエネルギー原単位を示す。

電力原単位については、年度別の購入電力量の集計データがないため各工程の正確な電力原単位の把握が困難である。1995年7, 9, 11月のデータから推定した。

Table 5.2.6 Energy Intensity (1995)

			Spinning	Weaving (R + V)	Dyeing and Finishing	Velvet Processing	Carpet Processing	Velvet + Carpet
Production		t	1,250	-	-	933	952	1,885
		km	-	5,038	3,187	1,851	-	-
		10 ³ m ²	-	7,053	4,462	2,591	423	-
Consumption	Electricity	MWh/y	7,286	11,194	2,645	816	2,010	-
	Fuel	Gcal/y ¹⁾	-	-	41,878	-	-	27,919 ²⁾
Energy intensity	Electricity	MWh/t	5.83	-	-	-	-	-
		MWh/km	-	2.22	0.83	0.44	-	-
		MWh/10 ³ m ²	-	1.59	0.59	0.31	4.75	-
	Fuel	Gcal/t	-	-	-	-	-	14.66
		Gcal/km	-	-	13.1	-	-	-
		Gcal/10 ³ m ²	-	-	9.39	-	-	-

Note 1): Fuel ratio of rayon and velvet was assumed to be 0.6:0.4 based on the boiler capacity.

2): Total fuel intensity for velvet and carpet.

b. ディーゼル発電燃料消費率の評価

ディーゼル発電における燃料消費量と発電実績をベースに燃料消費率ならびに熱効率を算定し、これを Table 5.2.7 に示す。

Table 5.2.7 Fuel Economy of Diesel Generation

		1990	1991	1992	1993	1994	Total	Average
Fuel consumption	kL	4,260	4,280	4,210	2,220	1,860	16,830	-
Power generation	MWh	17,071	17,104	16,840	8,814	7,416	67,245	-
Fuel intensity	L/MWh	250	250	250	252	251	-	250
	g/PS·h	172	172	172	176	175	-	172
Thermal efficiency	%	38.7	38.7	38.7	38.3	38.5	-	38.7

標準的な燃料原単位と比較のために実績値を次式により換算する。

$$(\text{kg/L}) (\text{L/kWh}) (\text{kWh/HP} \cdot \text{h}) (\text{g/PS} \cdot \text{h})$$

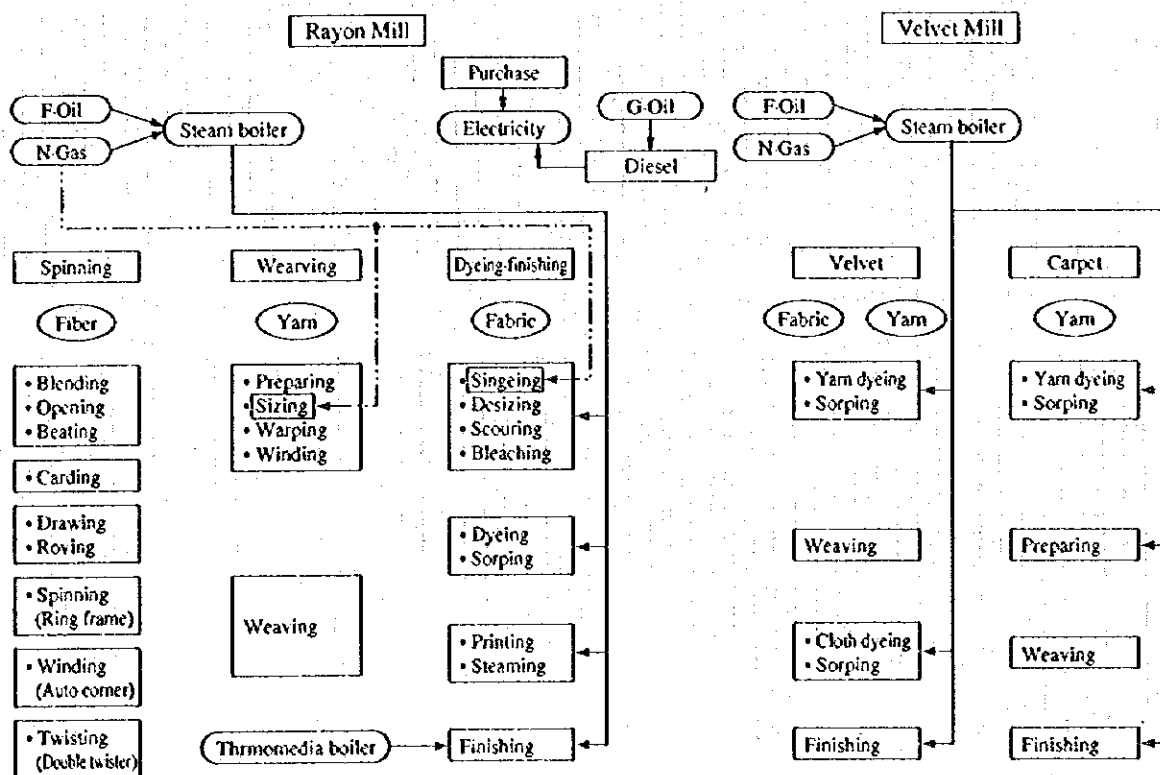
$$0.92 \times 0.25 \times 0.76 \times 1,000 = 172$$

燃料原単位 172 g/PS·hは同規模のディーゼル発電機の標準値の範囲にあり、良好な運転状態と判断される。

(4) 熱エネルギーフロー

レーヨン工場およびベルベット工場のエネルギーフローをFigure 5.2.4 に示す。

Figure 5.2.4 Heat Energy Flow



また、レーヨン工場およびベルベット工場のスチームとボイラ給水のシステムフローを Figure 5.2.5 に示す。

両工場のうち、レーヨン工場がエネルギー供給のメイン基地に位置付けされており、公共道路を横断して電力および原水をベルベット工場に供給している。また、蒸気は両工場の緊急時用としての相互連絡配管が布設されているものの、常時はバルブにより閉止されている。

ボイラ燃料用の天然ガスは両工場に個別に供給されており、その料金体系も別個の扱いになっている。

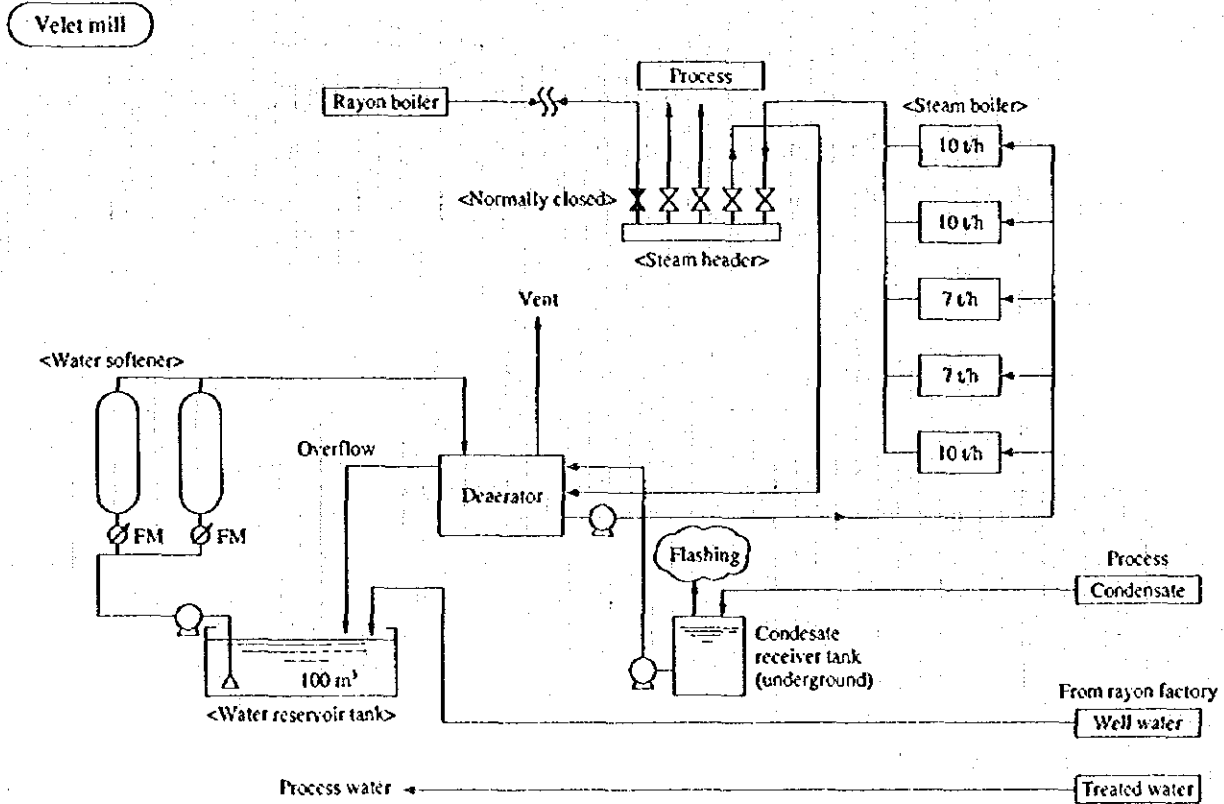
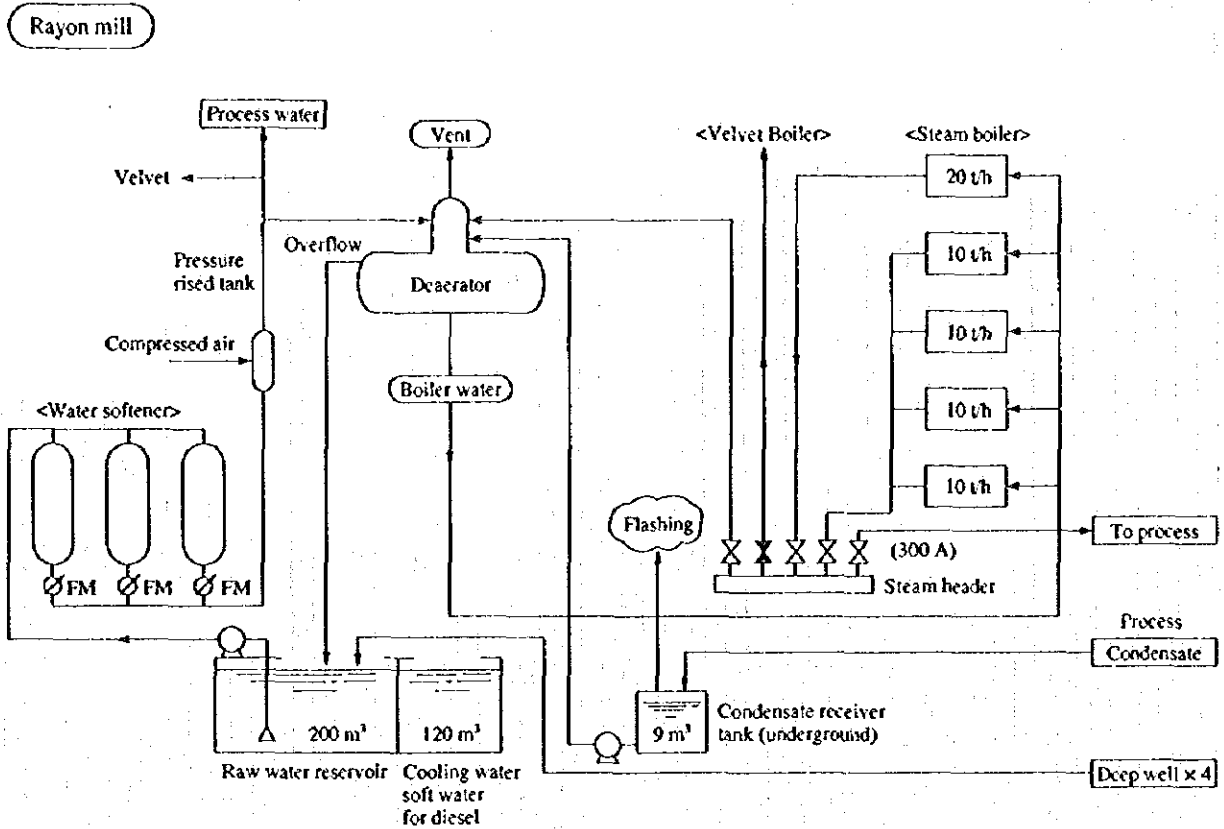
(5) 電力需給

電力は外部電力系統と自家発電と完全分離されて供給されており、電力需給に柔軟性がない。すなわち契約電力の面でみても、最大電力の調整は負荷によるのみで自家発電の調整による最大電力の抑制といった有利性は生かされていない。また自家発電の単価はディーゼルエンジンの部品供給を考慮すると買電料金よりも高くなるためディーゼル発電機は 2 台のみしか運転されておらず、買電比率が 70 % を占めている。買電トラブルは年間約 30 回、時間にして数分から 20 分程度である。

調査時点での発電機の設備利用率 (= 平均電力 / 発電機出力) は No.1 機で 55 %、No.2 機で 46 % と低いが、部品供給面でのネックから事故発生のおそれを減らすため軽負荷運転されている。

負荷力率については工場内の各変電所にコンデンサが配置され、力率調整を行い工場全体の力率は 90 % を越える良好な状態となっている。

Figure 5.2.5 Steam Flow and Feed Water Flow



5.2.3 エネルギー管理の状況

(1) 省エネルギー目標の設定

現時点においては具体的なエネルギー使用量の削減目標値の設定はされていない。省エネルギー目標の設定がされていない理由として、次のことが考えられる。

- ・エネルギーコストが安く、省エネルギー対策によるコストメリットの期待が小さい。
- ・生産量は1990年以降年々減少しており、1995年度の生産量は1990年度に対し半減となっている。

しかし、目標設定とこれの推進は工場運営の全てに共通する管理手法であり、特に設備機器の高効率運転と設備信頼度の向上に不可欠なものである。また、エネルギーコストメリットが少なくても運転期間が長くなると、その節減による累積利益は大きなものとなる。

目標値の設定とこれの推進は、省エネルギーによるコスト低減効果のみならず工場全体の管理レベル向上を約束するものであり、多くの相乗効果が期待できるものである。

(2) 組織的な活動

エネルギー管理は技術サービス部の所轄となっており、全社のユーティリティを総括し、一元的に管理できる唯一の職制組織である。必要に応じて各部門の横断的な組織活動を推進することが可能な位置付けにある。

しかし、省エネルギーに関しては、前掲(1)項のような理由で組織的な活動はなされていない。

前述のような省エネルギーによる相乗効果を期待する方法として、従業員全員が問題意識を共有し、職場単位に細分化された小集団活動を推進する体制作りが是非望まれる。

技術サービス部が先行実行することにより全社への波及となるものと確信する。

(3) データに基づく管理

エネルギー管理の基本であるべき原単位管理がされていない。

原単位管理の前提条件として電力、燃料、スチームおよび用水の計測、計量が必要であるが、電力量以外の計測管理メータが不足している。

機会をとらえて工場別、さらに工程別のエネルギー使用量を把握するための管理メータの設置が必要となる。

計量管理は製品コスト算出の根拠としても必要であり、また機械設備の効率評価やエネルギーの発生および消費能力の限界または余裕度判定にも有効である。

まず、計量管理全体のレイアウトを作成の上、単独にまたは生産設備改修時に数次に分けて計量器の新設、更新を計画的に推進することが必要である。

特に染色工程排水処理装置の計画のための汚染負荷算定には、洗浄水量把握が必要条件である。また、管理計器の選定に際しては、初期コストは若干嵩んでも高精度、長寿命およびメンテナンスフリーを指向することが望ましい。

現時点におけるデータ管理が可能なものとしては次のものがある。

- a. 電力管理
 - ・各発電機ごとの発電電力量
 - ・購入電力量
 - ・各工場ごと各工程ごとの電力消費量
- b. 燃料管理
 - ・ガス購入量（レーヨンおよびベルベット工場別）
 - ・発電用重油購入量
 - ・ボイラ用重油購入量（レーヨンおよびベルベット工場別）
 - ・熱媒ボイラ用ケロシン購入量
- c. 用水管理
 - ・軟水製造量

これらのデータを月次ごとに集計すれば、生産単位当たりのエネルギー原単位を把握することができる。また、これをグラフにして月ごとに追跡管理することは効果的なエネルギー管理手法となる。

(4) 従業員教育

必要な職能教育は当然ながら OJT (on the job training) により実施されているものの、全社的にシステム的な教育は実施されていない。

日本における従業員教育の基本的な考え方は次のようなものである。

- a. 従業員自らが現状の「悪さ加減の認識」をするため、経営側による意識改革および活性化を図る。これの意図するものは、生産性の向上、品質の安定向上、安全、作業環境改善などであり、当然省エネルギーもこの範疇に入る。
- b. 具体的な活動として

- ・ 職場単位の小集団活動の推進および実施成果の社内および社外への発表
- ・ 作業改善提案制度の創設と提案参加への普及啓蒙

が企業トータルとして積極的に推進されている。これら活動の顕著な実績に対しては、個人および小集団サークルを対象に表彰と併せ報奨金が支給される。

また、繊維工場の特徴として、仕掛品および製品の汚損は生産歩留損失およびエネルギー損失にもなるので、徹底した「整理、整頓、清掃」運動が展開されている。

日本の繊維産業の伝統精神として「綿落とすな！拾いましょう」という言葉が継承されている。

日本企業における TQC (Total Quality Control) の中に位置付けされる QC サークル活動すなわち小集団活動は、企業活性化およびコスト競争力強化への強力なツールとして多くの企業が導入し、着実な実績を上げている。

また小集団活動を通して運転操作、設備メンテナンスの標準化を見直すなどベテランから若手への技術移転をも可能とするもので、年々活発な活動が長期継続している。

(5) 設備管理

技術サービス部において目的、機能別の保全体制が確立されている。

生産機械設備やディーゼル発電およびボイラ設備などの主要ユーティリティ設備は予防保全方式により定期点検、オーバーホール、部品交換が実施されている。ポンプ、スチームトラップなど補助的機能機器は故障の都度事後保全となっている。

設備保全状況は、全体として特に問題はないものと判断されるが、蒸気漏洩、スチームトラップのメンテナンス、配管保温などに不備な点が散見された。送風機およびポンプの消費電力は全消費電力の 15~20 % を占めるケースもあり、合理的な保全管理の推進により電力の大幅削減の可能性がある。

現状におけるプロセス要求条件を把握した上で、送風機、ポンプの最適運転ポイントとの整合性および機器仕様の余裕度を調査し、オーバーホール、更新などの機会に是正を図っていく。

これらは特別な省エネルギー投資を必要とせず、通常の設備保全費用で対処が可

能である。

合理的な保全システムの確立は、顕著な省エネルギーコストメリットと併せてトータル的な設備信頼度を向上させることにもなる。

主要設備および個別機器についての設備台帳を作成し、併せて保全記録を都度記入する。これにより、設備保全管理を支援する有力なツールとなる。

また、設備管理に必要とする最小限必要な図面には次のようなものがある。

・電力設備 : 単線結線図

構内配線ルート図

電力負荷配置図

・蒸気・用水 : 配管系統図

配管ルート図

スチームストラップ配置図およびドレン回収配管系統図

以上のような設備管理は、技術サービス部の職務の一環として是非実施して欲しい。

5.2.4 エネルギー使用上の問題点と対策

(1) 新鋭工場との比較

a. 現状のエネルギー原単位

生産種別ごとの生産量に対するエネルギー使用量データが不足しており、これをスポットデータなどで補完し、1995年次のエネルギー原単位を算定した。Table 5.2.8 は、日本における省エネルギー型工場とのエネルギー原単位を比較したものである。

b. エネルギー原単位の評価

カーペットを除くと紡績、織布、染色仕上工程のエネルギー原単位は、日本に対して2~10倍の差がある。

エネルギー原単位比較の前提条件は各工程のエネルギー消費量の計測が必要であり、このデータの欠落はエネルギー原単位の精度および信頼性を著しく低下させることになる。

エネルギー原単位の変動要因として考えられるものには次のようなものがある。

る。

Table 5.2.8 Comparison of Energy Intensity

		Spinning	Weaving (R + V)	Dyeing and Finishing	Carpet Processing	
		MWh/t	MWh/10 ³ m ²	MWh/10 ³ m ²	MWh/10 ³ m ²	
Electricity intensity	Kashan	5.83	1.58	0.59	4.75	Electric power only for production and boiler. Including the fixed amount for water and waste water facilities.
	Japan	3.06	0.26	0.13	7.61	
		Gcal/t	Gcal/10 ³ m ²	Gcal/10 ³ m ²	Gcal/t	
Fuel intensity	Kashan	-	-	9.39	14.66	
	Japan	-	-	0.94	9.44	

Note 1): The energy intensities for I. R. Iran are based on Table 5.2.6. Fuel consumption for the carpet processing covers also that for velvet processing. (weight ratio).

2): The intensities for Japan were based on the data quoted from large-scale textile companies. The intensities for carpet processing were based on the data quoted from the companies exclusively engaged in carpet processing. The intensity per unit area was calculated using the specific weight of 2,250 g/m².

1) 紡績工程

- ・仕掛原料および混紡率
- ・紡出番手および紡績加工条件
- ・紡績機械設備の生産性
- ・製品歩留
- ・操業条件および稼働率
- ・空調および集塵集綿設備などの負荷率
- ・日常運転管理

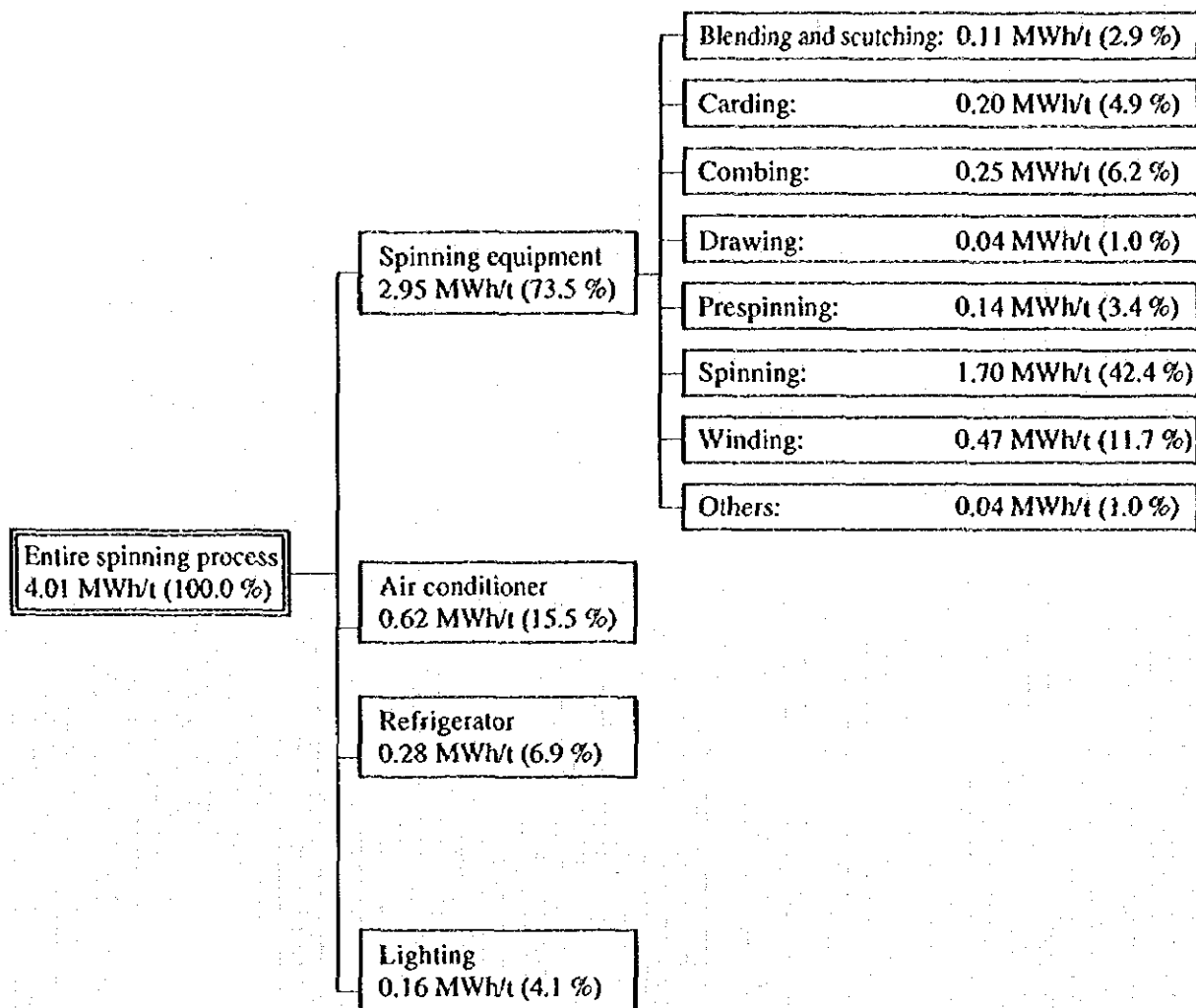
2) 織布工程

- ・仕掛品の素材, 目付
- ・製織機の生産性能
- ・製織加工度
- ・空調, コンプレッサなど付帯設備能力

- ・ 操業条件, 稼働率
 - ・ 不良発生率
- 3) 染色工程
- ・ 仕掛品素材および目付量
 - ・ 加工仕上条件
 - ・ 染着濃度の濃淡
 - ・ 染色加工システム (バッチ, 連続) と性能
 - ・ 再加工率
 - ・ 管理面による差異
 - ・ 用, 排水処理方式および設備規模の差
 - ・ 排熱回収システムの有無

Figure 5.2.6 に日本の代表的な紡績工程における個別電力原単位の例を示す。

Figure 5.2.6 Electricity Intensity of a Spinning Mill (an example)



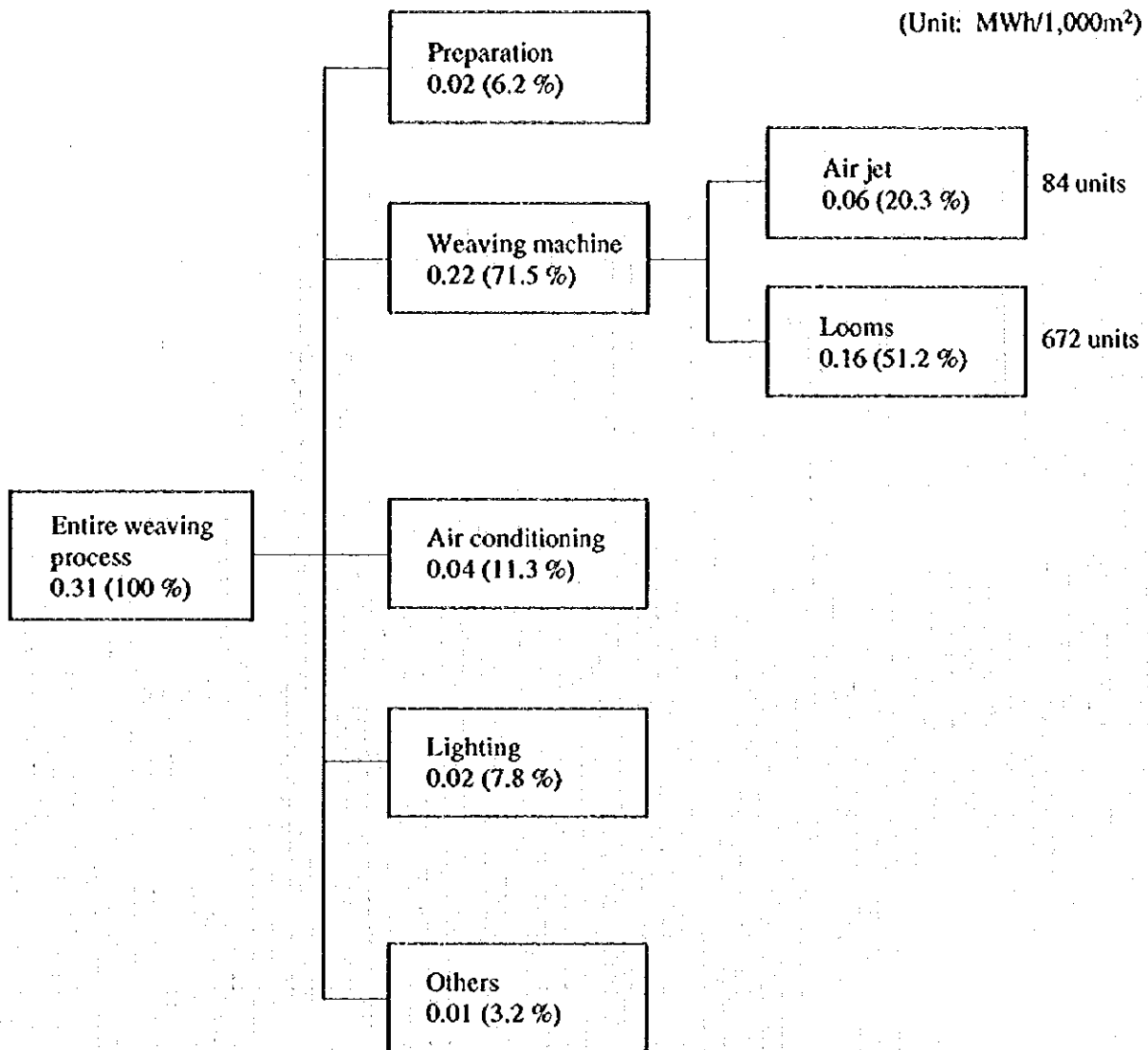
Source: Data from Japan Spinners' Association

エネルギー原単位算出の条件は 40 s コーマ糸, 50,000 錠工場をモデルとして消費電力を試算したものである。

Figure 5.2.7 は, 日本の一般的な織布工場における各ユニット別の電力原単位実績値を示すものである。

要因個々のエネルギー原単位評価に当たっては, まず現状の電力, 重油, 天然ガス, スチームなどの消費量把握が前提条件となる。

Figure 5.2.7 Electricity Intensity for a Weaving Factory (an example)



以上のように、エネルギー原単位に影響する要因が非常に多く、同一条件で新鋭工場と比較することは難しいが、日常管理の強化によって少なくとも30%のエネルギー原単位改善を行うことはさほど困難ではない。

各工場、工程における具体的エネルギー原単位改善への寄与項目について、その概要を述べる。

(2) 紡績工程生産性アップ

a. 現状の問題点

- 1) 精紡機糸切れによるニューマ屑発生量が多い

1995 年度各月別のニューマ屑発生量は Table 5.2.9 のように約 8.0 % になっている。

Table 5.2.9 Pneuma Waste Generated on Spinning Machine

Year Month	Pure Product (kg)	Waste (kg)	Rate of Waste (%)
1995. 4	75,954	7,719	9.2
5	116,911	10,828	8.5
6	108,082	10,041	8.5
7	125,842	12,682	9.1
8	70,155	6,582	8.6
9	107,518	4,629	4.1
10	107,818	6,472	5.7
11	123,506	10,319	7.7
12	106,869	11,012	9.3
1996. 1	110,435	10,176	8.4
2	111,932	10,196	8.3
3	84,768	7,897	8.5
Total	1,249,790	108,553	8.0

日本におけるニューマ屑発生量は次のとおりである。

- ・コットン 100 % (カードヤーン) 1.5~2.0 %
- ・コットン 100 % (コーマヤーン) 1.0~1.5 %
- ・ポリエステル/コットン 1.0 % 以下

この差は次に述べるように精紡機の糸切れが多いことによる。

2) 精紡機糸切れが多い

当工場の糸切れ数は次のようである。

- ・ポリエステル/レーヨン (30 番手) 40 本/1,000 sp·h
- ・コットン (28 番手) 110 本/1,000 sp·h
- ・コットン (20 番手) 160 本/1,000 sp·h
- ・ポリエステル/コットン (20 番手) 140 本/1,000 sp·h

これに対して日本における糸切れ数は、

- ・普通の管理状態 25 本/1,000 sp·h
- ・良く管理された状態 10~15 本/1,000 sp·h

である。この糸切れ数低減はニューマ屑発生量低減に直接リンクするもの

である。

b. 対策

抜本的な対策は紡出条件および精紡機などのメンテナンスの再点検が必要となるが、当面の可能な対策について検討する。

1) 空気調和システムによる対応

① 室内温湿度標準の見直し

各工程仕掛の綿・糸の水分率は空調器送気条件と送気量によって調節されている。糸水分率は糸切れ、風綿発生量などと密接な関係があり、工程ユニットごとに管理水分率が決められている。Figure 5.2.8 は綿紡績各工程仕掛品の標準管理水分率を示すものである。

Figure 5.2.8 Standard Moisture Content of In-process Product in Each Spinning Process

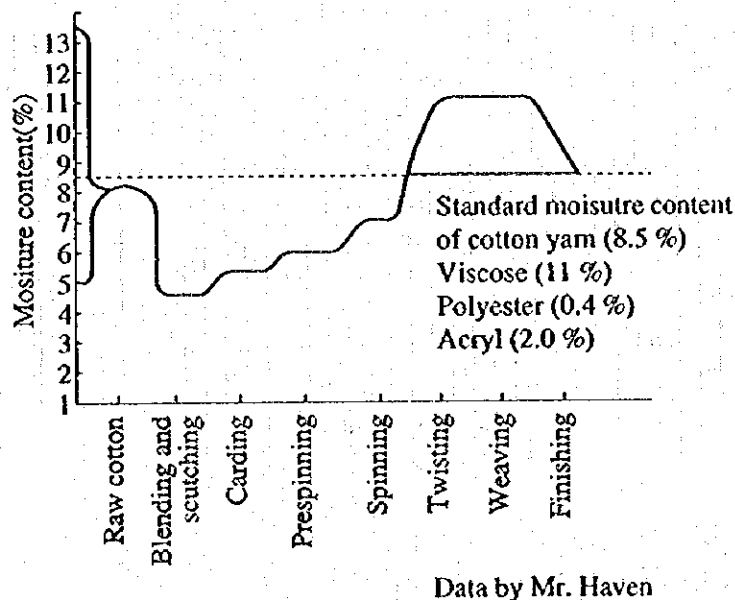


Table 5.2.10 にスポット計測による当工場の各工程温湿度測定値および管理基準値を示す。また、Table 5.2.11 はレーヨン混紡および綿混紡における各工程の一般的な標準温湿度を示す。

これらデータから全体に相対湿度が低い傾向にあり特に精紡の前工程と後工程の湿度が著しく低い。

Table 5.2.10 Measured Values of Temperature and Humidity in the Spinning Process

Unit	Data Item	DB (°C)	RH (%)	
Scutching	STD	--	--	
	Spot	29.5	41.2	
Carding	STD	25.1 ~ 27.8	50 ~ 55	
	Spot	①	30.8	50.2
		②	28.9	51.2
Flier	STD	25.5 ~ 27.8	50 ~ 55	
	Spot	①	30.9	52.2
		②	31.2	49.8
		③	30.5	52
	Sensor	28.9	57	
Ring	STD	30.0 ~ 33.3	48 ~ 52	
	Spot	①	32.0	45.2
		②	32.0	50.9
		③	31.5	54.4
Twister	STD	25.5 ~ 27.8	60 ~ 65	
	Spot	①	32.8	43.8
		②	33.7	41.1
Ambient		35.6	18.6	

Note: STD : Standard value

Spot : Spot measurement value

Sensor: Values indicated by temperature and humidity regulator and sensor

Table 5.2.11 Standard Temperature and Humidity for Each Process

Process		Blending and Scutching	Carding	Drawing	Pre-Spinning	Spinning	Winding
Rayon mix spinning	Temperature (°C)	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30
	Humidity (%)	70 ~ 75	60 ~ 65	60 ~ 65	60 ~ 65	55 ~ 60	65 ~ 70
Cotton mix spinning	Temperature (°C)	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30
	Humidity (%)	55 ~ 60	55 ~ 60	55 ~ 60	55 ~ 60	55	65 ~ 70

② 相対湿度の管理標準値修正

現状操業状態における糸などの水分率を測定し、Figure 5.2.8 および Table 5.2.11 により各工程別の湿度管理値の上方修正を試みる。

③ 温湿度自動制御用センサ取付位置の修正

現在センサ取付高さが床上約 2 m と高く、天井吹出口から直接影響を受ける可能性がある。

センサ取付場所を検討し、工程を代表する場所への移設が望ましい。

④ スプレイ効率の改善

空調装置のスプレイノズルの取付方向が不揃いのものがあり、均一なスプレイ効果が期待できない状態にある。

また、ノズルキャップは摩耗の都度溶接し、ドリル開孔されており均整なスプレイパターンを期待し難い。

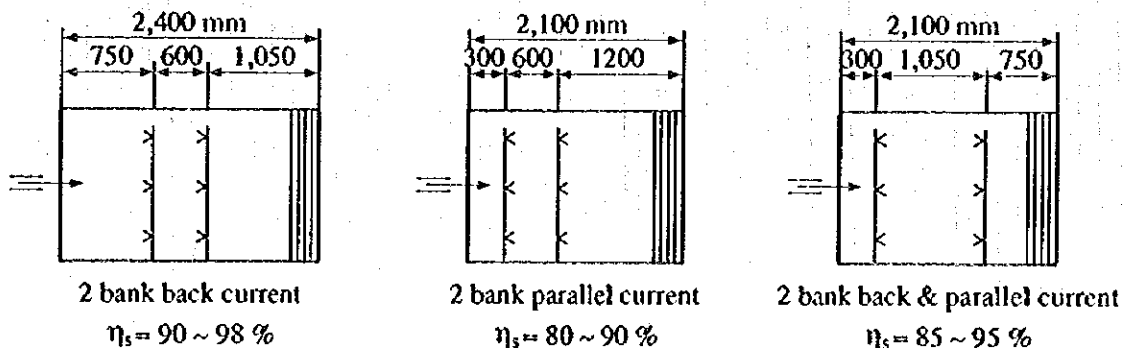
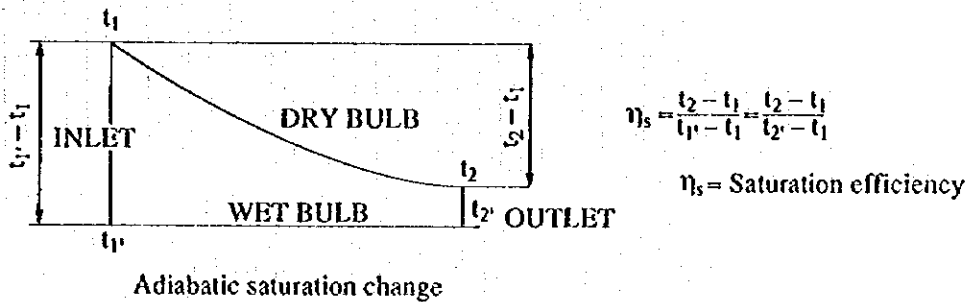
スプレイノズルは断面積 25 cm² に 1 個取り付け、ノズル穴は 3 mm、噴霧圧力は 1.5~2 kg/cm² (G)、噴霧角度は 80° が一般的である。

スプレイノズルキャップの材質としてはポリカーボネート樹脂が耐摩耗性がよい。

スプレイ効率は空調器出口空気の飽和度によって評価される。

Figure 5.2.9 は空調器のスプレイバンク配列による送気飽和効率の差を示すものである。

Figure 5.2.9 Saturation Efficiency by Spray Direction



定期的に DB と WB を測定し、図中の η の計算式により飽和効率を求める。飽和効率は 2 bank back current にて 90~98 % となる。

⑤ 紡績操業管理

運転管理、温湿度管理および機械管理が統合した操業管理によって、安定した生産性および品質が維持される。日本における操業管理項目を Table 5.2.12 に示す。

Table 5.2.12 Operation Control Items in the Spinning Process

Operation control	1. Running control	Prevention of the occurrence of a defective product due to a trouble in spinning operation.	1. Checking the spinning condition To detect an abnormal spinning at an earlier stage by an operator's patrolling 2. Checking the working of operator To check the standard working of the operator by the person in charge	1. Removing a defective product. 2. Repair and adjustment of a malfunctioning machine. Re-training of employees with regard to running operation.
	2. Temperature and humidity control	To control the temperature and humidity so that the optimum spinning environment can be obtained in each spinning process.	1. Controlling temperature and humidity To measure and record the temperature and humidity for each process and control the temperature and humidity by means of air-conditioning equipment. 2. To examine the moisture content in all the processes.	To adjust the equipment if it is out of the proper range. To humidify using an auxiliary device when humidity is still insufficient even by temperature/humidity control.
3. Mechanical control	To control the maintenance condition of the machine in order to maintain and improve the product quality and spinning-out condition.	To surely perform the periodical maintenance of the machine and strictly observe the replacement cycle for parts and devices for operation by using the maintenance book or check sheet.	1. To carry out a preparatory plan to observe the maintenance or replacement cycle. 2. To replace or adjust a defective part, etc. at the time of periodical maintenance.	

重要な操業管理項目の管理周期は次のとおりである。

- ・各工程別水分率の管理 1 回/月
- ・ニューマ屑発生量の管理 毎日 (素材および糸番手別)
- ・精紡機糸切れの管理 1 回/月 (素材および糸番手別)
- ・各工程温湿度記録 毎日 (操業担当者にて)

これらの管理データは管理図に記入し、追跡管理することにより安定操業が図られることになる。

また、紡績工程全体を等分割して温湿度の分布測定と空気流れ調査を年 1 回実施することにより、温湿度むらの発見とその是正によりさらに安定した操業条件が確立される。

c. 対策による予想効果

1) ニューマ屑発生率の低減

1995 年 9 月, 10 月の屑発生率は年間最大値の約 50 % である。過去のデータを解析することにより再現性または偶発性かの特定が必要である。屑発生率の年平均目標値 3 % の達成は可能と考えられる。これによる電力原単位の改善効果を求める。

屑発生率の減少 8 % → 3 %

投入量 1,249,790 + 108,553 = 1,358,343 kg/y

減少屑量 $1,358,343 \times \frac{8 - 3}{100} = 67,917 \text{ kg/y}$

歩留が 92 % から 97 % に向上するので、電力原単位は、

$$5.83 \times \frac{0.92}{0.97} = 5.53 \text{ MWh/t}$$

となり、0.3 MWh/t 改善される。

このほか 68 t/y 生産性向上と、工程全般における発生風綿の減少が期待できる。

(3) 空調リターンファン停止による省電力

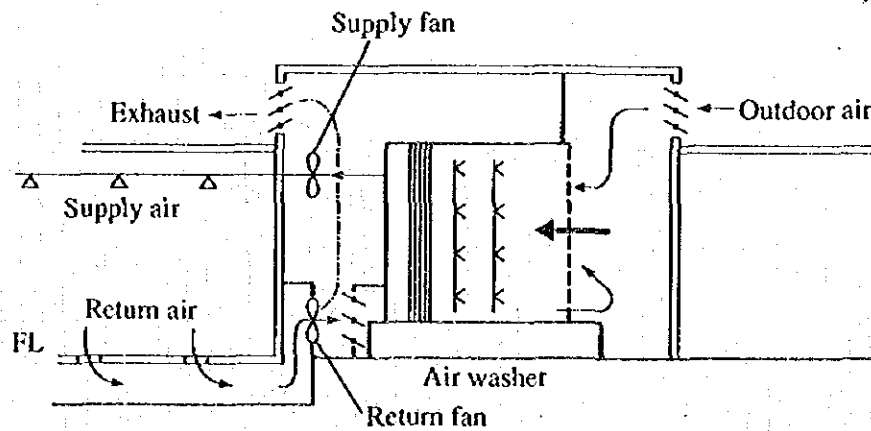
a. 現状

現在の各工程別の空調器設置状況と電力負荷を Table 5.2.13 に示す。また、空調器の構造概要を Figure 5.2.10 に示す。

Table 5.2.13 Air Conditioner Setting Condition

Spinning			Other		
Process	No. of Units	kW	Process	No. of Units	kW
Twister	1	92	Weaving	7	188
Ring	1	97	Finishing	3	27
Card	1	105	Dyeing	1	9
			Velvet and preparation	1	19
Total	3	294	Total	12	243

Figure 5.2.10 Configuration of Air Conditioner



夏季は外気取入 100 % となり、一方、リターンは 100 % が屋外へ排出される。

紡績、織布工程は室内動力による熱負荷が大きく、かなり長期間にわたって外気取入量が多い。

b. 問題点

リターンエアの屋外排出にリターンファンを用いているが、停止可能な場所がある。リターンファンの消費電力は空調設備全体の約 20 % を占めるものと推定される。

c. 対策

生産品質に影響のないところ、繊維屑の飛散、飛付きのないところについて

は、リターンファンを停止できる可能性がある。具体的には、紡績工程のツイスタ用空調、その他空調器の半数程度がまず実施対象となる。結果確認の上順次実施対象空調器を拡大していくとよい。

外気取入量 50 % 以上の場合は、リターンファンを停止し、サブライファンの吸引静圧により必要なリターン量のみを空調器へ取り入れる。

リターンファン停止により室内空気の屋外放出が必要となる。この排出方法は外気に面した出入口扉を開放して屋外へ放出するが、外気面への開口確保が難しい場合は壁面への排気扇設置による強制排気が一般的である。

既設空調設備の自動制御への対処は基本的には問題になるものはないが、テストを先行させ、自動制御の動特性チェックが必要である。発生する問題は外気取入用ダンパの静圧差のとり方などにより修正可能と考える。

d. 効果予測

1) リターンファン停止による効果

・停止可能リターンファンの電力

レーヨン	92 kW × 0.2	= 18 kW
その他	243 kW × 0.5 × 0.2	= 24 kW
計		42 kW

・停止可能日数 100 d/y

2) 夏季～中間季の送風量減少に伴い 2 台のうち 1 台のファンをを強制停止することを検討する。

(4) 冬季の暖房負荷の抑制

外気取入および放出ダンパの羽根相互の隙間および羽根とケーシングの隙間からの外気漏入抑制により、暖房蒸気負荷が 25～30 % 削減できる可能性がある。定期的にダンパ注油、開閉点検の実施を習慣づけることにより設備上の不備、問題点の発見ができる。

(5) 排熱回収

a. 現状の問題点

1) 各所に設置したコンデンセート回収中継タンクから蒸気がフラッシュし

ている。レーヨン工場織機糊付乾燥機 2 基のコンデンセートは捨てられている。

- 2) 染色工程の染色，洗浄温排水が排水系へ直接放流されている。
- 3) ディーゼル発電機からの 400 °C 排ガスは大気放出され，シリンダジャケット冷却温排水はプールに戻され自然冷却されている。

b. 改善策

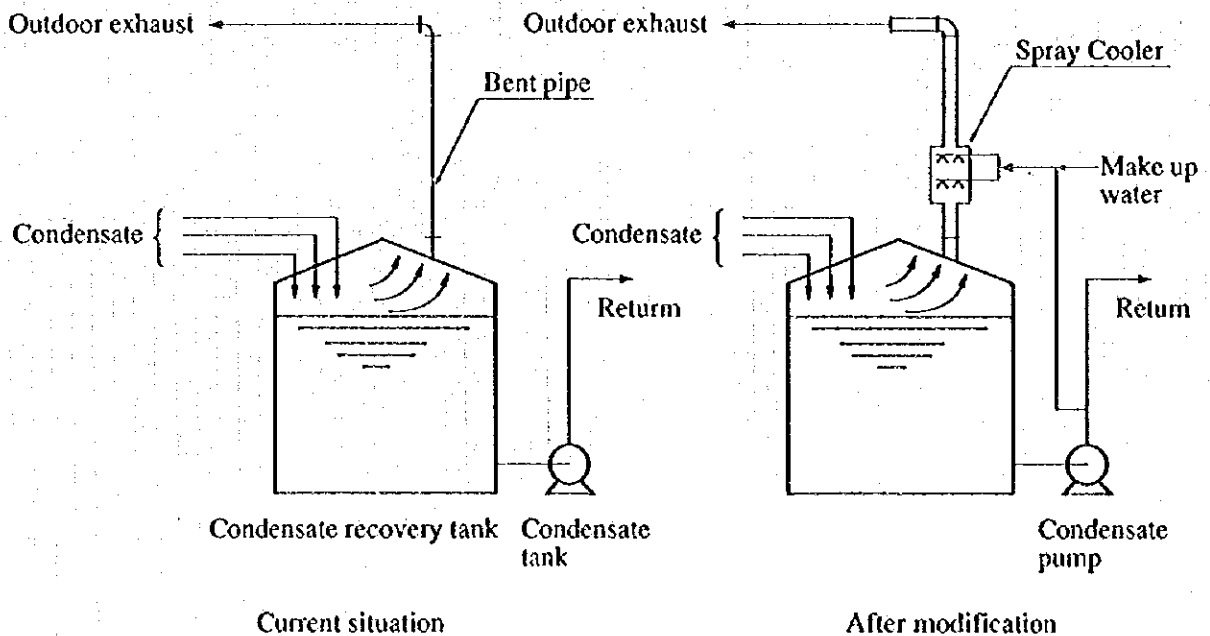
1) 回収コンデンセートの熱の有効利用

- ① 現状中継タンクのフラッシュ蒸気は染色工程機械のスチームトラップのシート漏洩およびスチームトラップのバイパス弁のリークによるものとする。

スチームトラップの日常管理による不良分の早期更新およびバイパス弁の整備，できれば撤去が望ましい。この場合，スチームトラップの適正排出能力が必要である。

- ② コンデンセート回収タンク内へのコンデンセート注入管の損傷脱落もしくはシステム設計の不良に起因する蒸気のフラッシングのケースもある。一般的なコンデンセートのフラッシング抑制方法を Figure 5.2.11 に示す。

Figure 5.2.11 Recovery of Flash Steam



- ③ レーヨン工場織機糊付乾燥機のコンデンサート発生量は 1 台当たり
 $0.2 \text{ t/h} \times 2 \text{ 台} = 0.4 \text{ t/h}$ 程度であり、機会を見て回収母管への接
続が望ましい。

2) 染色工程温排水の排熱回収

レーヨン工場の染色仕上加工工程の内、温排水の発生箇所は糊抜機、精練機および染色機であり、ベルベット工場では、糸染、反染の染色機から糊抜、精練、染色操作において多量の温排熱が発生する。

標準的な操作において排出される温排熱は全蒸気使用量の 25~30 %に達している。熱交換器により排出熱量の 50 % 回収は可能である。

排熱回収における最大の課題は回収熱量を 100 %有効利用するためのシステムが必要となることである。Figure 5.2.12 は排熱回収および利用のシステム概念図である。

3) ディーゼルエンジン排熱の回収利用

近年ディーゼル発電設備のコージェネレーション化は世界的趨勢であり、排熱利用を含めた総合効率は 75 % にも達する。

ディーゼルエンジンにおいて排熱回収したときのヒートバランスの例を Figure 5.2.13 に示す。

ディーゼルエンジンにおける排熱利用の方法として、排ガスの熱から排熱ボイラにより蒸気を取り出し、またシリンダジャケットの冷却水排熱は熱交換器を介在させて 50 °Cレベルの温水として取出すのが一般的である。

Figure 5.2.12 Concept of Waste Heat Recovery Flow Sheet

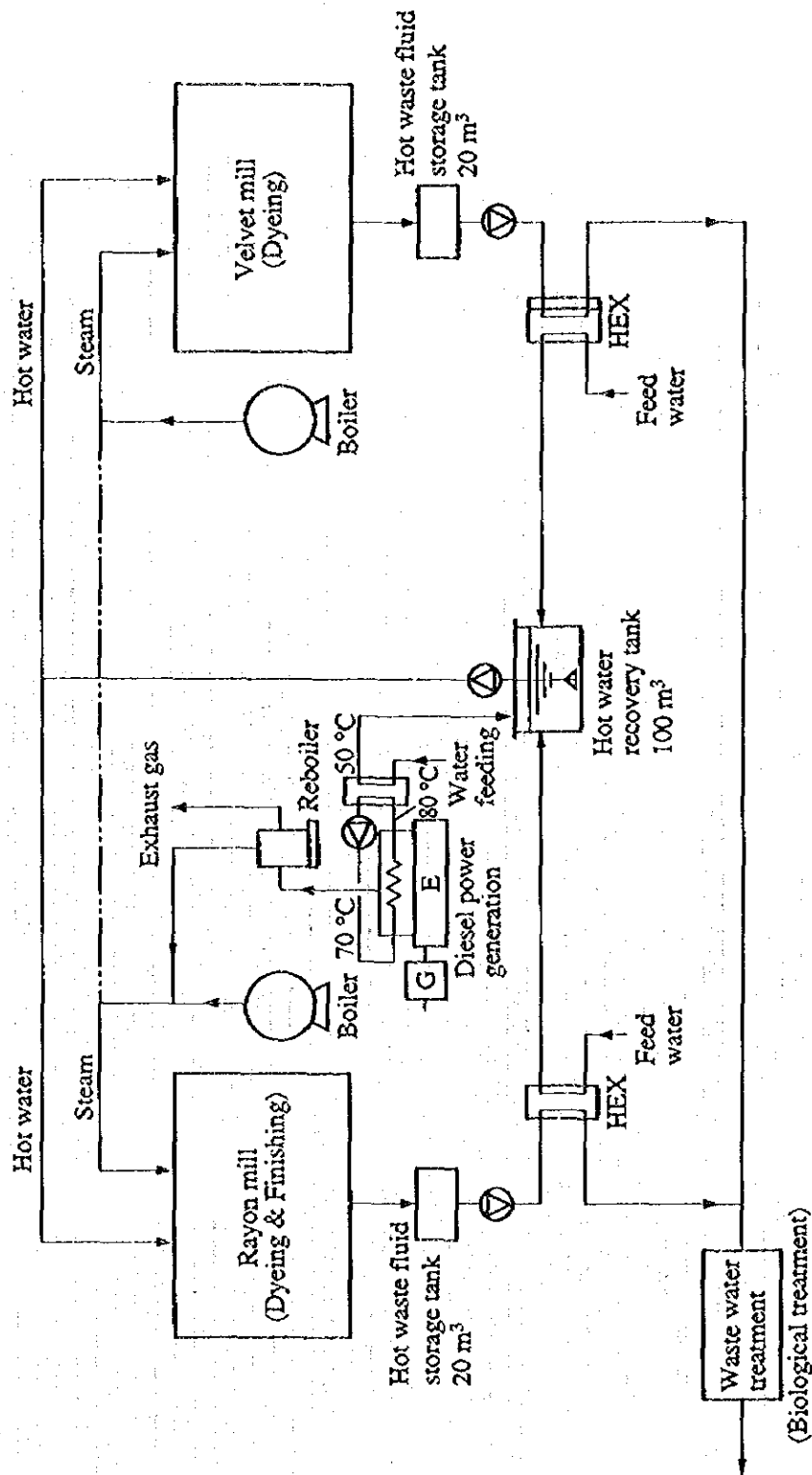
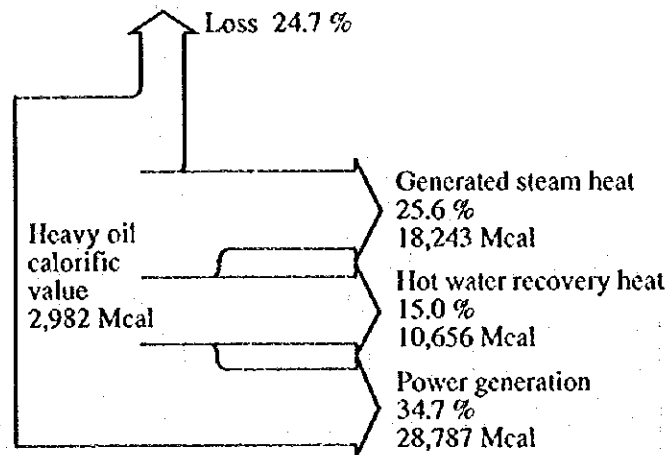


Figure 5.2.13 Heat Balance of Cogeneration



c. 効果予測

損失熱の有効利用による効果予測を Table 5.2.14 に要約した。

Table 5.2.14 Summary of Estimated Effects by Waste Heat Recovery

No.	Item	Calculation Basis	Recovery Heat	Effect	Consumer of Recovery Heat
①	Enhancement of condensate recovery rate	<ul style="list-style-type: none"> Fuel 69,797 Gcal/y Condensate generation rate 30 % Flashing rate 20 % Boiler efficiency 80 % 	$69,797 \times 0.3 \times 0.2 \times 0.8 = 3,350 \text{ Gcal}$	Natural gas $352.6 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{y}$ or Fuel oil 360.2 kL/y	Boiler feedwater
②	Recovery of waste heat of washing water in the dyeing process	<ul style="list-style-type: none"> Fuel heat value 69,797 Gcal/y Retained heat of waste fluid: of the total calorific value 30 % Recovery efficiency of heat exchanger 50 % 	$69,797 \times 0.3 \times 0.5 = 10,470 \text{ Gcal}$	Natural gas $1,102 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{y}$ or Fuel oil 1,126 kL/y	Process hot water supply
③	Recovery and utilization of diesel engine waste heat	<ul style="list-style-type: none"> Power generation 3,162 MWh/y Fuel for power generation 1,860 kL Waste gas recovery heat 25 % Jacket recovery heat 15 % 	$1,860 \times 0.25 \times 8,900 \times 10^6 = 4,139 \text{ Gcal}$ $1,860 \times 0.15 \times 8,900 \times 10^6 = 2,483 \text{ Gcal}$	Natural gas $435 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{y}$ or Fuel oil 445.0 kL/y Natural gas $261.4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{y}$ or Fuel oil 267.0 kL/y	Steam generation Process hot water supply
			20,442 Gcal/y	Natural gas $2.15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ or Fuel oil 2,198.2 kL/y	

1) 回収コンデンセートの熱の有効利用

Table 5.2.14 の計算では、タンクからのフラッシュ蒸気はコンデンセートの再蒸発による分のみをカウントしたが、実際にはトラップの不良によりスチームがそのまま素通りして放出されている公算が大きく、その場合の損失熱量ははるかに大きい。

回収と併せた利用のシステム確立のためにレーヨン、ベルベット両工場との連携ネットワーク化が必要となる。

2) 染色工程温排水の排熱回収

排熱回収による排水温度の引き下げは染色排水の生物処理装置設置の際にも好都合である。

3) ディーゼルエンジン排熱の回収利用

温水回収に当たっては、利用先までの配管を新設しなければならないので、経済性を検討してから実施するとよい。

(6) ボイラの燃焼改善

レーヨン工場 No.1 ボイラ (20 t/h) とベルベット工場の No.5 ボイラ (10 t/h) の排ガス温度と排ガス中酸素濃度測定した結果は Table 5.2.15 のとおりである。

Table 5.2.15 Exhaust Gas Temperature and Oxygen Content in Exhaust Gas of No. 1 Boiler at Rayon Plant and No. 5 Boiler at Velvet Plant

	Rayon Factory	Velvet Factory
Exhaust gas temperature	182 °C	200 °C
Oxygen content in exhaust gas	8.8 %	6.8 %

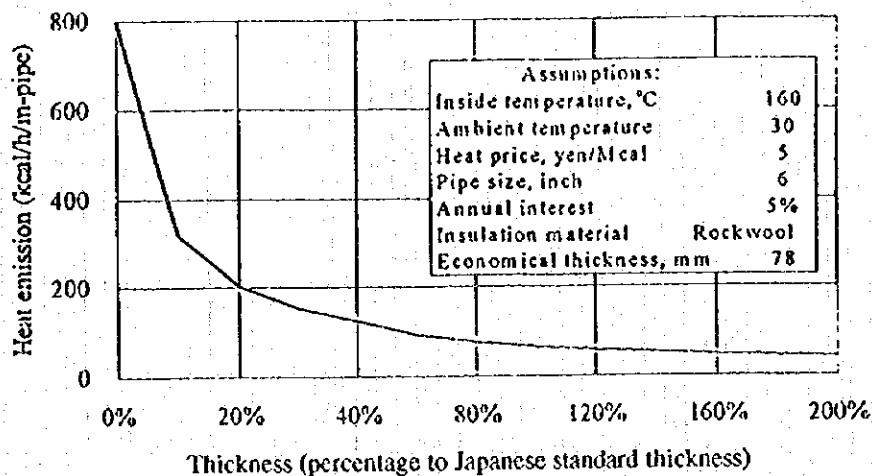
測定された排ガス中酸素濃度のレーヨン工場 8.8 %、ベルベット工場 6.8 % は空気比で表現すると、それぞれ 1.65、1.43 に相当する。日本の基準ではこの種のボイラに対しては空気比は 1.2~1.3 とされており、この値は排ガス中酸素濃度では 4.5 % に相当する。工場の空気比を日本の基準まで調整したとすると、これによる燃料の節約はそれぞれ 2.3 %、1.2 %、両工場の稼働中のボイラ全部

に対してこの節減率を適用すると、合計で 1,340 Gcal/y と計算される。この計算式では、工場の年間ガス使用量を、レーヨン、ベルベット両部門の稼働中ボイラの容量により配分している。すなわち、レーヨン部門に対しては、 $72,017 \text{ Gcal/y} \times 0.6 \times 0.023 = 994 \text{ Gcal/y}$ 、ベルベット部門に対しては、 $72,017 \text{ Gcal/y} \times 0.4 \times 0.012 = 346 \text{ Gcal/y}$ とし、合計で 1,340 Gcal/y を得ている。

(7) 断熱強化

工場では蒸気管は保温が施工されているが、付属する弁は保温されていない。これら未保温の部分に施工することにより、放熱量は保温の厚みの増加とともに急激に減少する。その計算例を Figure 5.2.14 に示す。

Figure 5.2.14 Insulation Thickness and Heat Emission (an example)



次に、この工場で蒸気弁の設置数を想定してその放熱量を計算してみると、Table 5.2.16, Table 5.2.17 の結果となる。なお、この表では弁まわりの未保温部分からの放熱として 50 % を織り込んでいる。

弁は形状が複雑なので、表面積で直管に換算した相当長さを用いている。

先の放熱計算から、保温施工によるボイラ燃料の節減量を求めると（放熱量の低減率 90 %、年間稼働率 90 %、ボイラ効率 80 % として）年間に 2,162 Gcal (= $243.762 \text{ kcal/h} \times 0.9 \times 8,760 \times 0.9 / 0.8$) となる。また、この効果は蒸気量では 0.4 t/h に相当する。

Table 5.2.16 Assumed Number of Bare Valves

No.	Size (Pipe diameter)		Equivalent Length, FG10	Number of Valves		Length for Calculation
	Nominal	Actual		Boiler House	Lines	
1	300	318.5	1.91	4		7.62
2	250	267.4	1.76	10		17.63
3	200	216.3	1.68		10	16.80
4	150	165.2	1.50	30	20	75.00
5	100	114.3	1.27		50	63.50
6	80	89.1	1.25		100	125.00

Table 5.2.17 Calculated Heat Emission from Bare Valve Surface

No.	Ambient Temperature	Surface Temperature	Emissivity	Pipe diameter	Area Length	Heat Transfer Coefficient		Unit Heat	Total Heat
						Convection	Radiation		
1	30	128	0.9	0.3185	7.6	4.880	7.820	1,245	9,493
2	30	128	0.9	0.2674	17.6	4.880	7.820	1,046	18,429
3	30	128	0.9	0.2163	16.8	4.880	7.820	846	14,209
4	30	128	0.9	0.1652	75.0	4.880	7.820	646	48,447
5	30	128	0.9	0.1143	63.5	4.880	7.820	447	28,380
6	30	128	0.9	0.0891	125.0	4.880	7.820	348	43,550
Subtotal									162,508
Bare pipes around these valves are assumed to be 50 %.									81,254
Grand total									243,762

kcal/h/m kcal/h

(8) 空気圧縮機

Table 5.2.18 上部にベルベット工場の空気圧縮機の電力測定結果を示す。本測定は 8 月 18 日 16:00 から 8 月 19 日 12:00 まで行われ、その間の空気圧縮機の運転状況は 8 月 18 日 16:00 から 8 月 19 日 10:40 まで 37 kW スクリュー型圧縮機 37 kW 3 台の同時アンロードによる容量制御、10:40 以降は往復動型圧縮機 22 kW 1 台が加わった同時アンロードによる容量制御となっている。容量制御は圧力で行われ 5 kg/cm²(G) でオンロード、6 kg/cm²(G) でアンロードとのことである。測定結果ではスクリュー圧縮機 1 台当たりオンロード時 41 kW、アンロード時 17 kW の負荷である。

この改善案として台数制御方式を提案する。すなわちベース運転機と負荷調整機とに分け負荷が増加するにつれてベース運転機を増加し、負荷変動は負荷調整機で調整する。この試算結果を Table 5.2.18 下部に示す。

Table 5.2.18 Power Measurement Result of Air Compressor at Velvet Plant and Trial Calculation for Improvement Plan

Measuring date: 18 August 1996, 17:00 – 19 August 1996, 12:00

Before Improvement					
Time	Maximum Power (kW)	Mean Power (kW)	Minimum Power (kW)	Start Frequency	Operating Time (min)
17:00-18:00	120.3	88.7	50.6	23	32.6
18:00-19:00	121.9	80.9	51	25	25.3
19:00-20:00	121.5	73.6	51.5	27	18.9
20:00-21:00	121.9	69.6	50.5	21	16.1
21:00-22:00	122	70.3	51.2	21	16.2
22:00-23:00	123.2	69.3	51.2	23	15.1
23:00-24:00	124.1	69.9	51.2	21	15.4
00:00-01:00	123.3	69.5	50.8	22	15.5
01:00-02:00	122.8	72.5	51.2	27	17.9
02:00-03:00	123.2	68.8	51.2	24	14.7
03:00-04:00	123.2	69.2	50.4	24	15.5
04:00-05:00	122.8	71.1	50.8	23	16.9
05:00-06:00	122.9	67.2	50.8	19	13.7
06:00-07:00	123.1	66.8	50.6	19	13.4
07:00-08:00	125.6	72.3	53.2	24	15.8
08:00-09:00	125.5	88.2	53.3	23	27
09:00-10:00	123.8	99.9	52.6	29	39.9
10:00-10:40	123.2	92.6	52.4	16	20.8
10:40-11:00	143.3	108	58.9	6	11.6
11:00-12:00	143.9	102.2	58.9	19	30.6
Average*	123.0		51.3		

After Improvement					
Time	No. of Base Units	On-off Units	Operating Time (min)	Mean Power (kW)	Saving Power (kWh)
17:00-18:00	1	2	37.7	88.7	0.0
18:00-19:00	1	1	15.9	63.9	17.0
19:00-20:00	0	2	56.8	56.4	17.2
20:00-21:00	0	2	48.2	52.8	16.8
21:00-22:00	0	2	48.6	53.2	17.1
22:00-23:00	0	2	45	52.1	17.2
23:00-24:00	0	2	46.2	52.8	17.1
00:00-01:00	0	2	46.4	52.6	16.9
01:00-02:00	0	2	53.6	55.5	17.0
02:00-03:00	0	2	44	51.7	17.1
03:00-04:00	0	2	46.5	52.4	16.8
04:00-05:00	0	2	50.8	54.2	16.9
05:00-06:00	0	2	40.9	50.2	17.0
06:00-07:00	0	2	40.2	49.9	16.9
07:00-08:00	0	2	47.5	54.6	17.7
08:00-09:00	1	1	27	70.4	17.8
09:00-10:00	1	2	59.6	99.9	0.0
10:00-10:40	1	2	22.5	89.3	2.2
10:40-11:00	2	1	1.87	99.7	2.8
11:00-12:00	1	2	50	95.0	7.2
Total					268.5

Note: Average from 18 August 1996, 17:00 to 19 August 1996, 10:00

この改善により 1 日約 270 kWh の節減ができる。年間 240 日運転として、64,800 kWh の節減となる。改善費用は順序制御器のみでほとんど必要としない。今後の検討課題としては圧縮機のオン-オフ制御がある。発停回数が余り多くなれば圧縮機自体の完全停止を行うことにより、アンロード運転時の電力を削減できる。

この対策を行う前の検討課題としては

- ・ 空気吹き掃除の見直し
- ・ 空気漏れのチェック
- ・ 適正圧力の設定

などを行い、適正圧力、適正流量での空気圧供給を図る必要がある。特に当工場では空気吹き掃除の負荷が多いとの事であるが、この方法では単にゴミの移動だけに空気圧が使用される無駄な方法であり作業環境の悪化をもたらすのでぜひ改善をお願いしたい。

なお、レーヨン工場の空気圧縮機についても同様のことを検討するべきである。

(9) ユーティリティシステムの統合

レーヨン工場およびベルベット工場のユーティリティ供給システムを統合すれば供給エネルギーコストの低減は当然ながら次のメリットが期待できる。

- ・ 日常運転管理の集中化による人員削減
- ・ 設備余裕率の向上とメンテナンスコストの改善
- ・ 設備機器の高効率運転

この場合、

- ・ トラブル時のシステムバックアップ体制の確立
- ・ 生産コスト管理のための計測計量システムの付加

の対策などが必要となる。

将来、工場の改修、増設時の合理化対策として価値あるテーマと考えられる。

(10) 効果のまとめ

以上の提案をまとめ、Table 5.2.19 に示す。

Table 5.2.19 Summary of Proposals

(Japanese Yen base)

Item	Expected Saving						Total Million yen/y	Investment Million yen	Payback Period Year
	Fuel			Electricity					
	kL/y	Million yen/y	%	MWh/y	Million yen/y	%			
Reduction of pneumatic waste rate	-			375* ⁸	3.8	1.6* ¹⁰	3.8	0	0
Stopping of the return fan	-			101* ⁹	1.0	0.4* ¹¹	1.0	0	0
Recovery of waste heat									
Enhancement of condensate recovery rate	360	6.1	4.5* ³	-	-	-	6.1	6.0	1.0
Recovery of waste heat of washing water in the dyeing process	1,126	19.1	14.2* ⁴	-	-	-	19.1	40.0	2.1
Recovery & utilization of diesel engine waste heat	712	12.1	9.0* ⁵	-	-	-	12.1	50.0	4.1
Improvement of boiler air ratio	147* ¹	2.5	1.9* ⁶	-	-	-	2.5	0	0
Enhancement of heat insulation	238* ²	4.1	3.0* ⁷	-	-	-	4.1	15.8	3.9
Control of the number of air compressors	-			65	0.7	0.3* ¹²	0.7	0	0
Total	2,583	43.9	32.6	541	5.5	2.3	49.4	111.8	2.3

(Iran Rial base)

Item	Expected Saving						Total Million Rial/y	Investment Million Rial	Payback Period Year
	Fuel			Electricity					
	F.oil kL/y	Million Rial/y	%	MWh/y	Million Rial/y	%			
Reduction of pneumatic waste rate	-			375* ⁸	38	1.6* ¹⁰	38	0	0
Stopping of the return fan	-			101* ⁹	10	0.4* ¹¹	10	0	0
Recovery of waste heat									
Enhancement of condensate recovery rate	360	27	4.5* ³	-	-	-	27	105	3.9
Recovery of waste heat of washing water in the dyeing process	1,126	84	14.2* ⁴	-	-	-	84	700	8.3
Recovery & utilization of diesel engine waste heat	(712)	(53)	(9.0)* ⁵	-	-	-	(53)	(875)	(16.5)
Improvement of boiler air ratio	147* ¹	11	1.9* ⁶	-	-	-	11	0	0
Enhancement of heat insulation	(238)* ²	(18)	(3.0)* ⁷	-	-	-	(18)	(277)	(15.4)
Control of the number of air compressors	-			65	7	0.3* ¹²	7	0	0
Total	1,633	122	20.6	541	55	2.3	177	805	4.5

*1 $1,340 \times 10^6 / (9,100 \times 10^3) = 147 \text{ kL/y}$

*2 $2,162 \times 10^6 / (9,100 \times 10^3) = 238 \text{ kL/y}$

*3 $1,280 \text{ kL/y} \times 9,300 \times 10^3 \text{ kcal/kL} + 6,327.7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{y} \times 9,500 \text{ kcal/m}^3 = 7,914 \text{ kL/y}$
 $9,100 \times 10^3 \text{ kcal/kL}$

*4 $360 / 7,914 \times 100 = 4.5 \%$

*5 $1,126 / 7,914 \times 100 = 14.2 \%$

*6 $712 / 7,914 \times 100 = 9.0 \%$

*7 $147 / 7,914 \times 100 = 1.9 \%$

*8 $238 / 7,914 \times 100 = 3.0 \%$

*9 $0.3 \text{ MWh/t} \times 1,250 \text{ t/y} = 375 \text{ MWh/y}$

*10 $42 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 100 \text{ d/y} = 101 \text{ MWh/y}$

*11 $375 / (7,286 + 11,194 + 2,645 + 816 + 2,010) \times 100 = 1.6 \%$

*12 $101 / (7,286 + 11,194 + 2,645 + 816 + 2,010) \times 100 = 0.4 \%$

*13 $65 / (7,286 + 11,194 + 2,645 + 816 + 2,010) \times 100 = 0.3 \%$

Energy price in Japan:

Fuel price: 17,000 yen/kL

Electricity price: 10 yen/kWh

Energy price on Iran Rial base:

Fuel oil: 75 Rial/L

Electricity: 100 Rial/kWh

Exchange rate: 1,750 Rial = 1 US Dollar = 100 Japanese Yen

Investment cost is based on that in Japan.

