

**Table 4.1.9 Measurement of the Exhaust Gas from the Glass Melting Furnace
(Exhaust gas at the inlet of the regenerator)**

Furnace No.	O ₂ average value	O ₂ maximum value	O ₂ minimum value	Average gas temperature
T-7 Port 5	7.3 %	11.2 %	8.0 %	1,145 °C
T-7 Port 3	5.1 %	9.7 %	4.4 %	No measurement available
T-7 Port 2	6.6 %	7.3 %	6.3 %	No measurement available
T-7 Port 1	8.2 %	8.7 %	8.0 %	No measurement available
T-2 Port 1	3.6 %	4.3 %	3.2 %	No measurement available
T-2 Port 3	5.0 %	6.2 %	4.2 %	No measurement available

Excellent factoryでは、排ガス中のO₂は3% (空気比では1.15) 程度であるので、上記の計測値はExcellent factoryの例よりも高く、空気比調整による燃料節減の余地がある。

T-7がについて空気比調整の効果を試算した結果をTable 4.1.10に示す。この計算は炉出口の排ガス温度は空気比調整の前後で変化しないとし、且つ予熱空気の温度として、リジェネレータの熱バランスから推定した値を用いている。

Table 4.1.10 Air Ratio Adjustment Effect for the Glass Melting Furnace

Preconditions		Calculation Result		
		Theoretical	Current AR	After AR
		Combustion	Condition	Improvement
Fuel gas				
Net heat value (kJ/kg)	35,282			
Net heat value (kcal/kg)	8,427			
Combustion air temperature	1,050	Oxygen in exhaust gas	0.0 %	7.3 %
Exhaust gas temperature	1,145	Air ratio	1.00	1.48
Combustion air temperature after air preheater	405	Air amount (m ³ /kg)	9.6	14.2
Furnace infiltrating air ratio	20 %	Exhaust gas amount (m ³ /kg)	10.6	15.2
		Exhaust gas loss rate (against fuel heat)		22.5 %
		Fuel saving rate		5.3 %

Notes: The measuring point is at the inlet of the air preheater.

The exhaust gas temperature after air heater is estimated based on the heat balance of air heater.

The exhaust gas temperature is that at the inlet of the air preheater.

Notes: The exhaust gas loss rate is that at the outlet of the air preheater.

このTable 4.1.10に示すように、空気比を調整することによって5.3%の燃料を節減できる。同様の計算をB工場の排ガスO₂測定値の平均値4.3%につい

て求めると燃料の節減率は、1.2%となる。これらの計算の前提とした燃料ガスの組成はTable 4.1.11のとおりである。

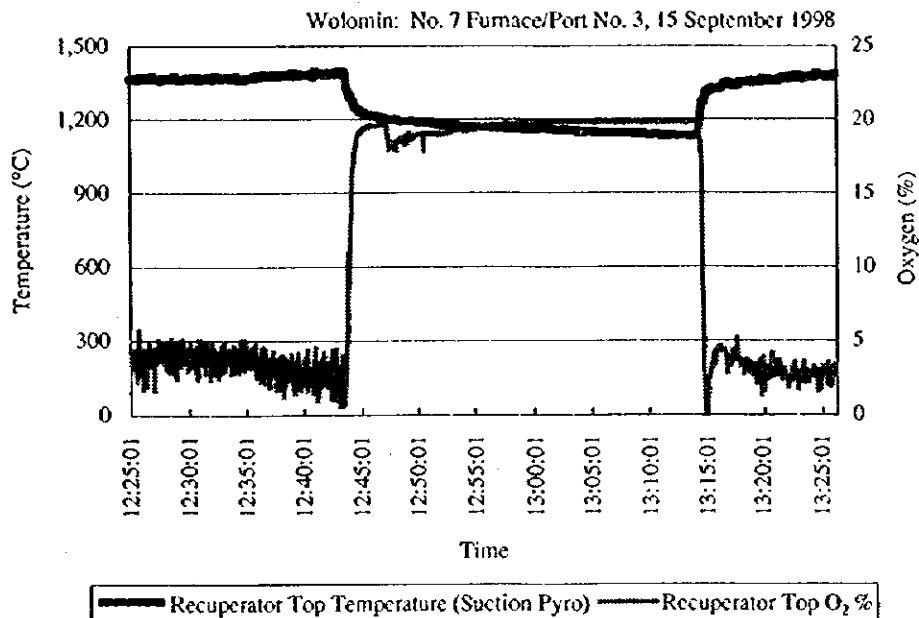
Table 4.1.11 Composition of Fuel Gas

Gas Content	CO ₂	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂	O ₂	H ₂ O
Wet volume	0.2 %	-	96.9 %	-	0.9 %	-	-	1.8 %	-	-

Note: For the energy saving rate, energy consumption of each furnace is calculated as shown below. The average value was obtained by proportionally allocating the intensity per molten glass volume.

1998年9月にビン製造炉 (T-7 炉) について排ガス温度と排ガス中酸素を計測した例を Figure 4.1.8 に示す。

Figure 4.1.8 Glass Furnace Exhaust Gas



このFigure 4.1.8以外にほかの排ガスポートについてもそれぞれ1サイクルの時間を計測している。この計測データから排ガス温度と排ガス中酸素の平均・最大・最小値を求めTable 4.1.12に示す。

Table 4.1.12 Exhaust Gas Measurement of T7 Furnace by Ports

	T7 furnace					
	Port-1	Port-2	Port-3	Port-4	Port-5	Overall
Exhaust gas temperature						
Average	1,233.4	1,183.3	1,366.9	1,394	1,223.0	1,280.1
Maximum	1,240.9	1,197.1	1,385.5	1,399	1,232.8	1,398.5
Minimum	1,229.8	1,146.8	1,324.5	1,375	1,201.6	1,146.8
Preheated air temperature						
Average	1,080.5	1,048.4	1,169.9	1,268	1,051.7	1,048.4
Maximum	1,114.4	1,056.6	1,214.9	1,279	1,097.8	1,056.6
Minimum	1,053.7	1,043.0	1,142.4	1,259	1,027.0	1,027.0
Exhaust gas oxygen						
Average	5.7 %	6.4 %	3.3 %	—	8.3 %	6.0 %
Maximum	6.2 %	7.0 %	5.7 %	—	9.8 %	9.8 %
Minimum	5.1 %	2.2 %	1.0 %	—	6.4 %	1.0 %

30 °C is added to measured gas temperature for compensating brick radiation.

80 °C is subtracted from measured air temperature for compensating brick radiation.

この計測値を元にして、燃焼用空気量調整により空気比を低減した場合の燃焼計算を実施した。結果をTable 4.1.13に示す。このTable 4.1.13のように排ガス中酸素濃度を3% (空気比で1.15に相当) にまで低減すれば、2.6%の燃料節減が得られる。

Table 4.1.13 Air Ratio Improvement for T7 Furnace

Premises		Results		
		Theoretical	AR actual	AR improved
Fuel gas				
Heat value Net (kJ/m ³)	35,282	Exhaust gas oxygen	0.0 %	6.0 %
Heat value Net (kcal/m ³)	8,427	Air ratio	1.00	1.36
Combustion air temperature	1,048	Air volume (m ³ /m ³)	9.5	12.9
Exhaust temperature (before regenerator)	1,280	Exhaust gas (m ³ /m ³)	10.5	13.9
Exhaust temperature (aft regenerator; assumed)	441	Exhaust loss (to fuel)		76.5 %
Rem: Measured at before regenerator		Fuel advantage		2.6 %
After regenerator assumed by heat balance		Rem: AR improved is that for Japanese similar factory.		
		Exhaust gas loss is that before regenerator.		

1998年9月にT-5炉の測定を行った。

耐熱食器製造炉 (T5炉) は、他の炉とは異なって炉の後部に輻射型のレキユペレーターをもっている。これは金属製の2重円筒の外筒に空気を流し、内筒に排ガスを流すタイプのものである。空気予熱後の排ガスはまだかなり温度が高いため、冷却用の空気を吹き込んでいる。Figure 4.1.9にレキユペレーター概念図と計測点を示す。

Figure 4.1.9 Recuperator for T5 Furnace

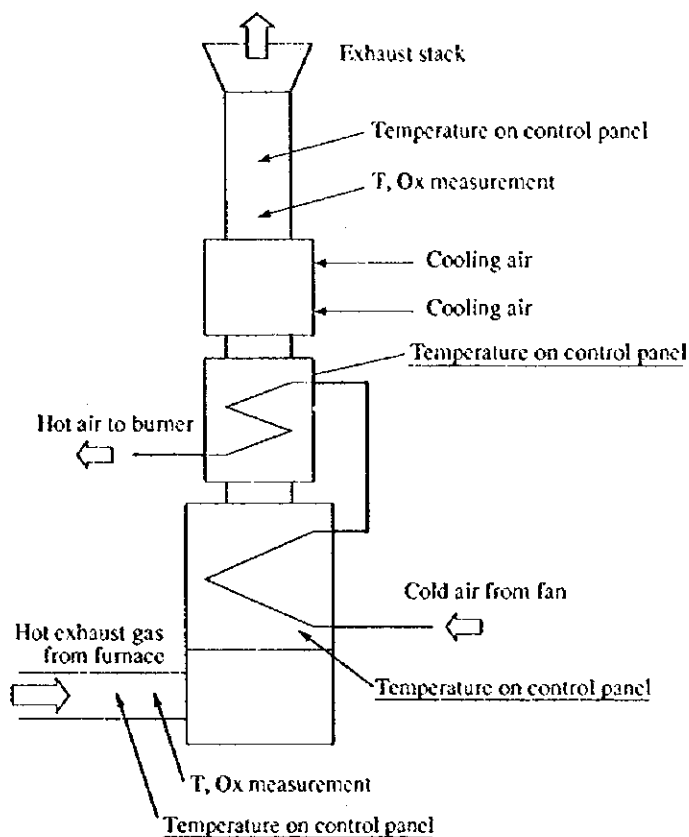
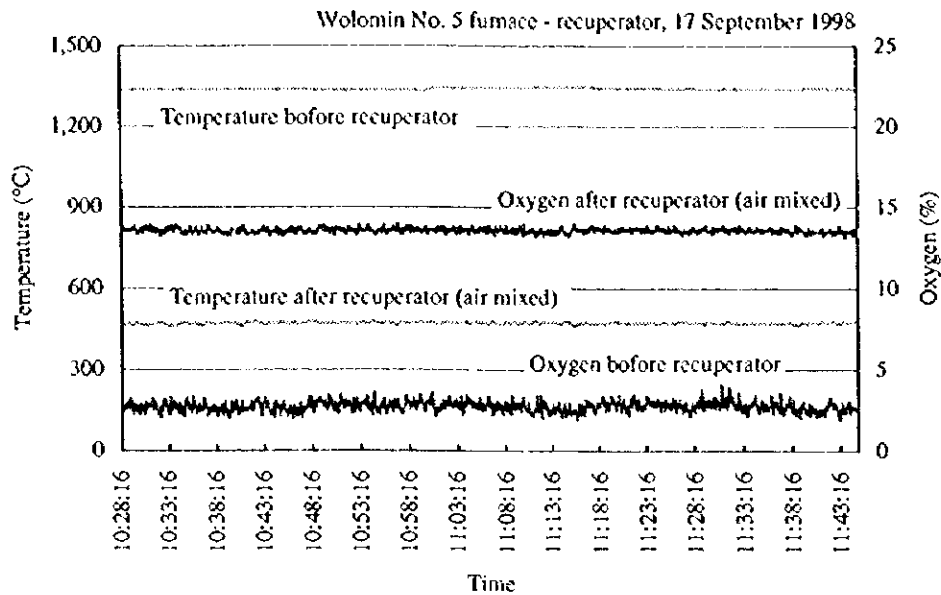


Figure 4.1.9 に示した計測点での排ガスの酸素濃度と温度の測定結果を Figure 4.1.10 に示す。

Figure 4.1.10 Glass Furnace Exhaust Gas



この Figure 4.1.10 の計測値をもとにした燃焼計算の結果を Table 4.1.14 に示す。

Table 4.1.14 Combustion Calculation for T5 Furnace

Premises		Results	
Fuel gas			Theoretical AR actual
Heat value Net (kJ/m ³)	35,282	Exhaust gas oxygen	0.0 % 2.7 %
Heat value Net (kcal/m ³)	8,427	Air ratio	1.00 1.13
Combustion air temperature	450	Air volume (m ³ /m ³)	9.5 10.8
Exhaust temperature (before regenerator)	1,340	Exhaust gas (m ³ /m ³)	10.5 11.8
Exhaust temperature (aft regenerator, assumed)	1,038	Exhaust loss (to fuel)	68.9 %
Exhaust loss, after regenerator	51.3 %		

Rem: Measured before recuperator

The values after regenerator are assumed based on heat balance.

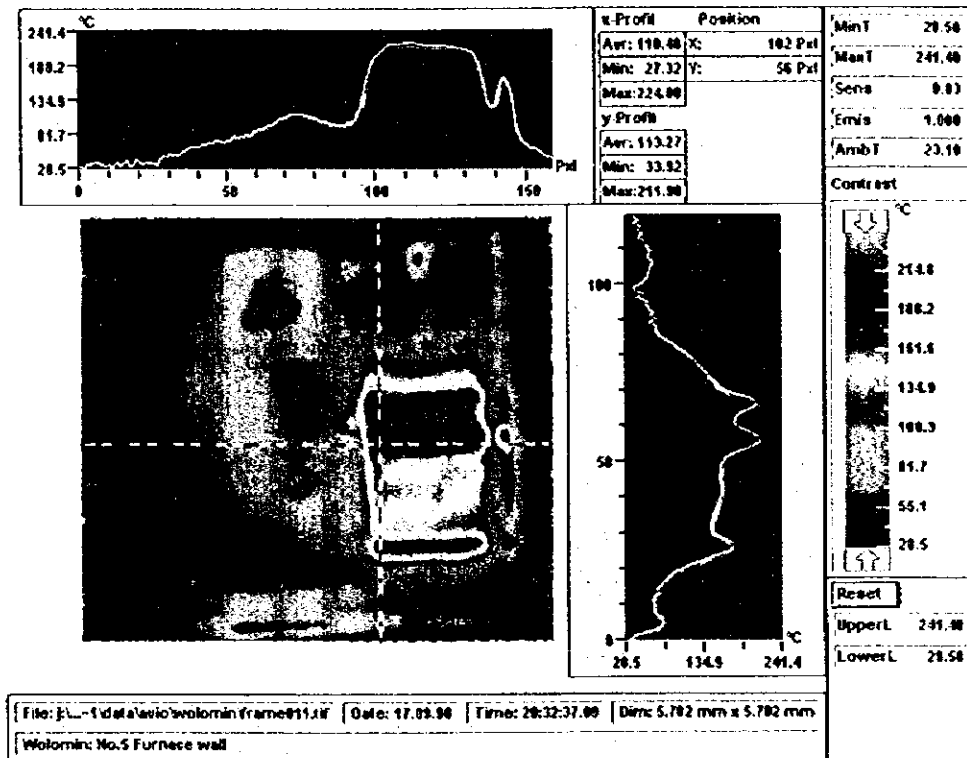
Rem: Exhaust gas loss is that before regenerator.

この炉では排ガス中酸素は平均して2.7%であった。この酸素濃度では空気比は1.13となり、非常に良い燃焼状態と言える。

レキュベレータ後の排ガス温度は計測値では471℃ (制御室計器では420℃) である。しかしこの計測点は冷却用の空気が混合された後である。冷却空気混合前の排ガス温度はレキュベレーターの熱バランスから1,035℃と推定

される。またこの温度での排ガス熱損失は51%となる。一方、T-7炉ではリジェネレータ後の排ガス温度は508℃と推定され、このときの排ガス熱損失は27.2%である。このようにT-5炉は、輻射型のレキュベレータを使用しているため排ガスの熱回収率が低く、この点では蓄熱型のリジェネレータをもった炉よりは排ガス熱の利用率が劣る。

Figure 4.1.11 Thermal Image of the T-5 Furnace Flue Gas Duct



この熱画像はT-5炉の煙道がレキュペレータ下部に接続する部分を撮ったものである。高温の部分は図のように220℃を指している。これに対してレキュペレータ下部は120℃程度である。煙道部分の高温部では放熱量が多くなり、レキュペレータへ入る排ガス温度が低下する。その結果レキュペレータで予熱される空気温度も低下しているものと思われる。おそらくこの煙道部分の煉瓦の厚みが薄いのではないかと思われる。

Note : エネルギー低減率は下記の算式により窯別のエネルギー消費量を出し、溶解量当りのエネルギー原単位を按分して平均値を求めた。

以下、保温効果、蓄熱室空積煉瓦改造効果についても同様である。

ガラス溶解窯重油消費量算式

$$y = \frac{0.065 \text{ MGS} + (0.63 + 0.37 \frac{\text{MGS}}{\text{MGS max}}) \cdot Q_L}{\eta}$$

MGS : Standard molten glass in terms of cullet ration 25%

$$\text{MGS} = (434 - C\%) / (400 + C\%) \times 1.04 \times \text{MG (t/d)}$$

y : Heavy oil consumption (kL/d)

Q_L : Heat loss from the melter wall

$$Q_L : 0.05 \cdot \lambda \cdot \text{MA}'$$

MA' : Surface area of melter wall (m^2)

λ : Insulation coefficient

no insulation	: 1.0
simple insulation	: 0.9~0.95
heavy insulation	: 0.76~0.8

η : Furnace efficiency

$$\eta = 85 - 633 \cdot y / \text{CV} - 0.25 \cdot \text{EA}$$

〈炉体表面温度の計測と放熱計算〉

T-7 炉では、リジェネレータの壁面の一部がファイバーでライニングされており、表面温度は低い。しかし、ライニングされていない部分では表面温度は 100℃程度が観測された。また、T-2 炉では、リジェネレータの表面温度は高く、200 ないし 240℃が観測された。

これらの表面温度および目測した表面積 (側面のみ) から放熱量を計算すると Table 4.1.15 の如くである。

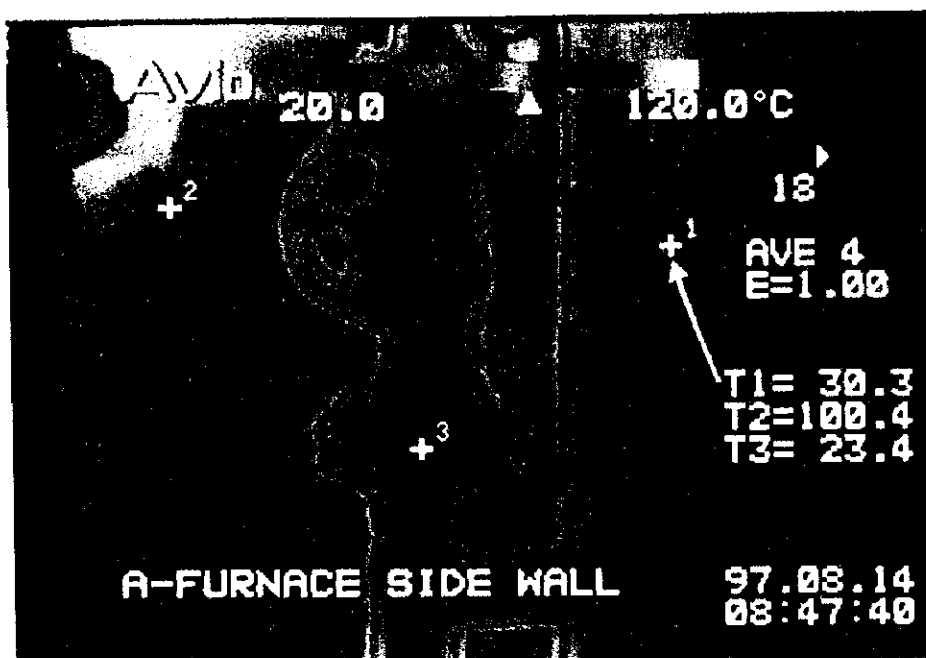
Table 4.1.15 Heat Radiation from the Regenerator Side Surface of the Melting Furnace

Case	Portion	Area	Surface Temperature	Room Temperature	Heat Radiation	Heat Radiation
		(m ²)	(°C)	(°C)	(kJ/h)	(kcal/h)
1	T-7 Regenerator brick wall	360	100.0	30.0	1,105,803	264,167
2	T-2 Regenerator brick wall	86.4	240.0	30.0	1,280,961	306,011
3	T-7 Regenerator fiber wall	360	60.0	30.0	378,262	90,364

このうち、Case 3 は T-7 炉のファイバーライニングされた部分の表面温度 60℃をもとに比較のために試算した放熱量で、表面温度が低いので放熱量はライニングなしの場合の 3分の1程度の少量である。

ファイバーでライニングされた壁面とライニングされない壁面の表面温度の差は、熱画像装置によってビジュアルに見ることができる。その一例を Figure 4.1.12 に示す。

Figure 4.1.12 Thermal Image of T-7 Furnace Regenerator Wall Surface



② 蓄熱室空積改造による熱回収の増加 (第2ステップ)

蓄熱室の熱回収の増加は、燃熱用空気の前熱温度を上げ、燃料原単位の削減につながる。蓄熱室での熱交換効率は、空積みのデザインと密接な関係があり単位容積当りの空積煉瓦の伝熱面積に比例して熱交換効率が上がり、空積煉瓦の形状をできるだけ薄くし排ガスおよび空気の通過する煙道をできるだけ狭くした方がよいが、煉瓦の侵食による崩壊やダストによる閉塞があるので限界がある。

他方では、蓄熱室を大きく空積みが高く積むことでも当然熱回収量が増加するが、改造には多額の投資が必要である。したがって、既存の蓄熱室の中でできるだけ空積煉瓦を高く積むことを考えるべきであるが、Wolominの溶解炉は、どの窯も高く積む余地がないものと思定されるので、材質と形状の改善について次の方法を提案する。

- T-1: ハイアルミナ煉瓦の格子積→マグネシア煉瓦 (40mm 厚) のボックスタイプ : $11.3 \text{ m}^2/\text{m}^3 \rightarrow 16.7 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- T-2: ハイアルミナ煉瓦の格子積→SEPR のクルシフォーム : $11.3 \text{ m}^2/\text{m}^3 \rightarrow 17.3 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- T-3: 既にクルシフォームを採用しているので現状でよい : $17.3 \text{ m}^2/\text{m}^3$

- T-5: レキュペレータを使用しているので蓄熱室タイプへの改造には、多額の投資が必要で実用的でない。
そこで現状のレキュペレータの改善の可能性について考える。
今回の調査でかなりの量の予熱用空気がレキュペレータ内で排ガス側へ漏洩している可能性が高いことが判った。レキュペレータを修理することにより漏洩を防止すれば、予熱空気の温度を大幅に上げることができる。—— 空気予熱温度 450°C→550°C
- T-7: ハイアルミナ格子積→マグネシア煉瓦 (40mm 厚)のボックスタイプ : 11.3 m²/m³→16.7 m²/m³

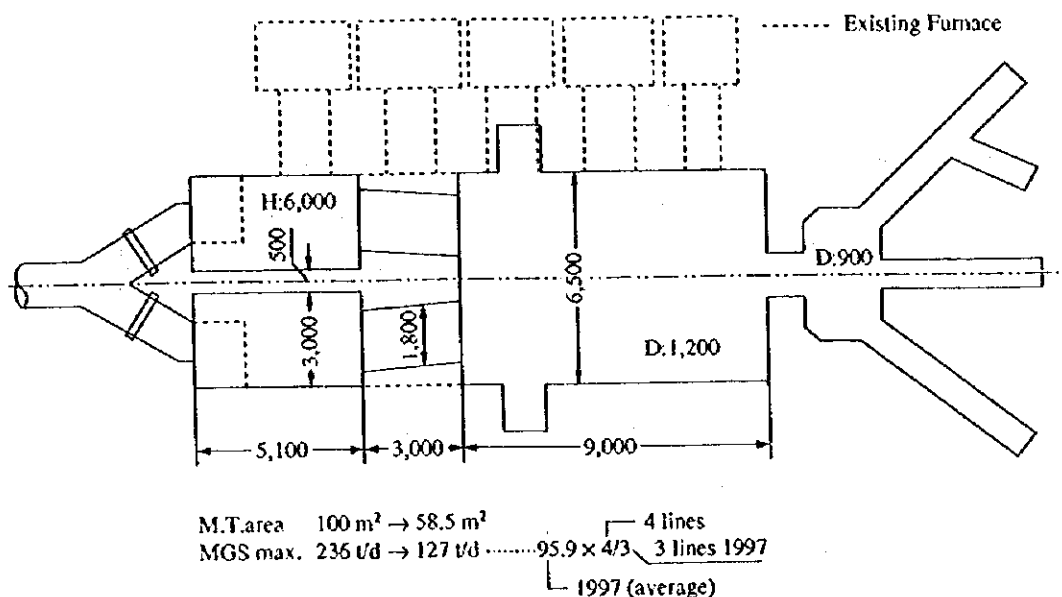
炉出口の排ガス温度を変えずに燃烧空気温度を更に上げるシュミレーションを行うと、次の Table 4.1.16 のように排ガスのリジェネレータ出口温度は低下し、リジェネレータを含んだ炉としての熱利用率が向上する。これはリジェネレータにおける熱回収を強化することを意味し、このためにはリジェネレータの伝熱面積を増加することが必要である。一方、本改善が実施された場合は、排ガス温度が低下し排熱ボイラへの入熱が減少するので、蒸気の発生量が減少することになる。

現状の溶解炉の窯容量を縮小改造すると、燃料使用量が77,711GJ/y削減される。現状の溶解炉の燃焼管理強化、断熱強化、蓄熱室改造などの対策による燃料節約量は51,484GJ/yであるから、窯容量縮小改造の燃料節約量を26,227GJ/yとする。

窯容量縮小により、炉の冷却風量が減少する。溶解面積が58%になると、炉壁の表面積は23%減少するので、現在の冷却ファンの電力量69kWは15.9kWだけ削減される。年間燃料節約量は、
 $15.9 \times 24 \times 365 / 1,000 = 139 \text{ MWh/y}$ となる。

▲工場 T-7炉の窯容量縮小による燃料節約量 : 26,227 GJ/y (1,414 MJ/t)
 電力節約量 : 139 MWh/y (7.5 kWh/t)

Figure 4.1.13 New Dimension of T-7 Furnace



④ 全電融窯への転換 (第3ステップ)

B 工場においては、4 窯共小型の部類に属する窯ではあるが、フル操業まで溶解量を増加させると現在の 4 倍以上の生産量になるので、現実的ではない。

一方、エネルギー節減および溶解負荷増加のため窯をさらに縮小することを考えた場合、現タイプの窯を改造縮小または新設することはあまり得策とは言えず、むしろ小型窯ほど優位性のある電気溶融窯へ転換する方が良いと思われる。

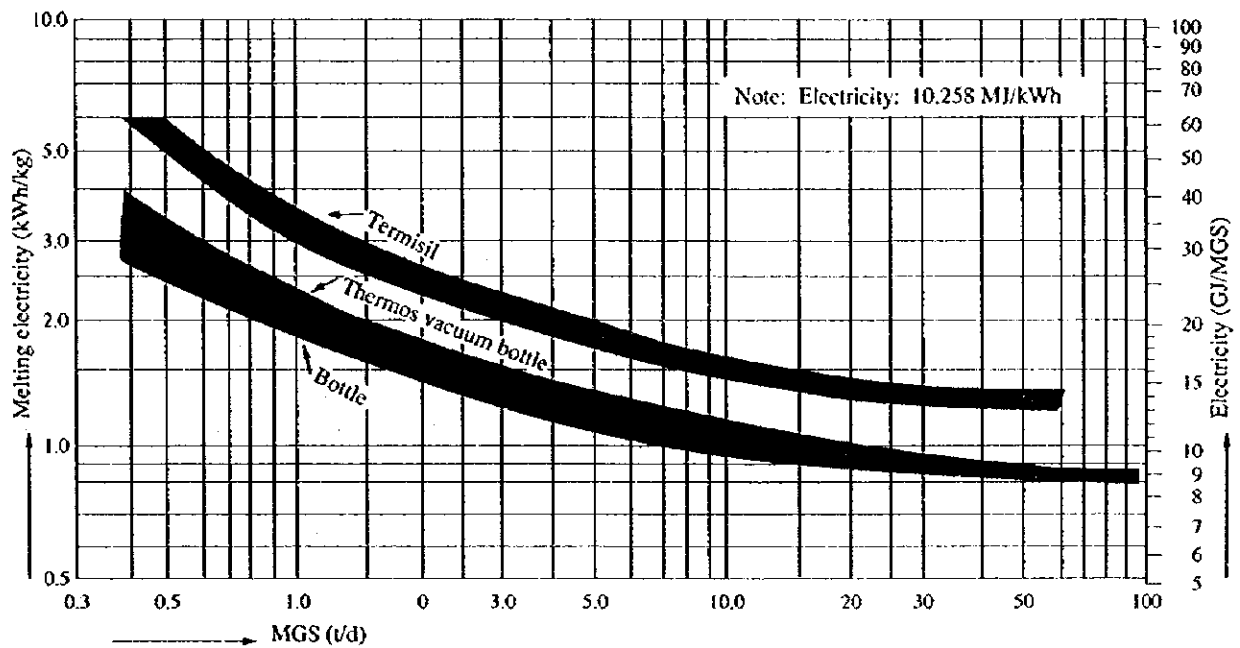
また、ガラスの組成が同一で並置されている T-2、T-3 窯の統合についても検討したが 1,500℃の溶融ガラスを 10 数 m のチャンネルで結ぶことは、予想外に難しく経済性にも問題があるため除外した。

溶融ガラスに直接通電してガラスを溶融すると高効率で溶融できるので、ガス燃焼では特に効率の悪い小型窯ほど有利である。経済的にも品質的にも環境公害上もメリットがあるので電気代の高い日本でも 20t/d 以下の小型窯での転換の実例が多い。

電気溶融窯はガスまたは重油燃焼窯と溶解のコンセプトが異なるので、窯の構造のみならず使用原料についても注意が必要である。

Figure 4.1.14 に溶解量とエネルギー原単位の関係を示す。

Figure 4.1.14 Melting Energy Intensity of Electric Melting Tank Furnace



電気溶融窯では、電極の挿入方法 (サイド、ボトム、アッパー等) により、各種の窯が実用化されており、それぞれ得失があるが、最も多く使用されている窯の形式はサイド電極窯であり、Figure 4.1.15 に 1 例を示す。また、各種の電気溶融炉の図を Figure 4.1.16 に示す。

Figure 4.1.15 Side Electrode Rod Type (Staneck)

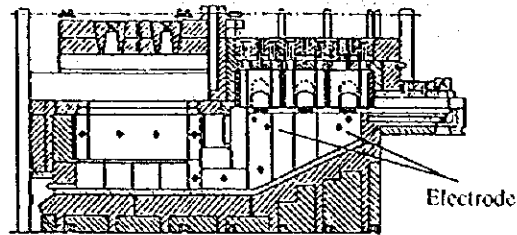
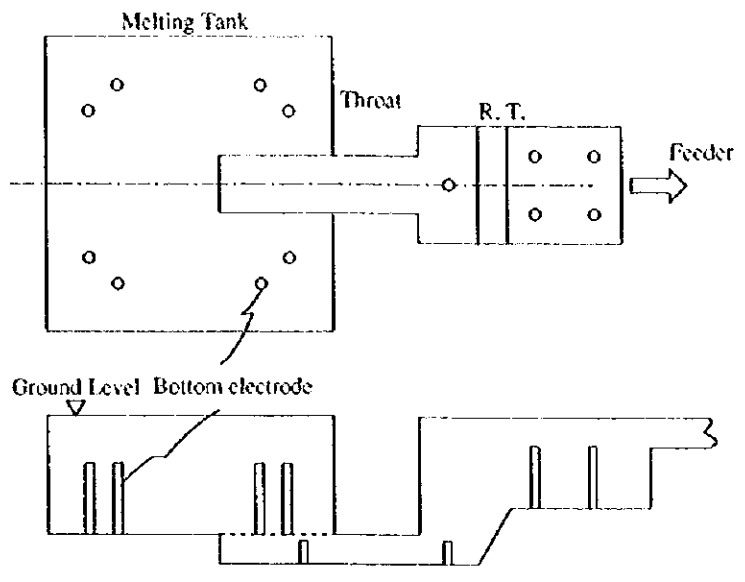
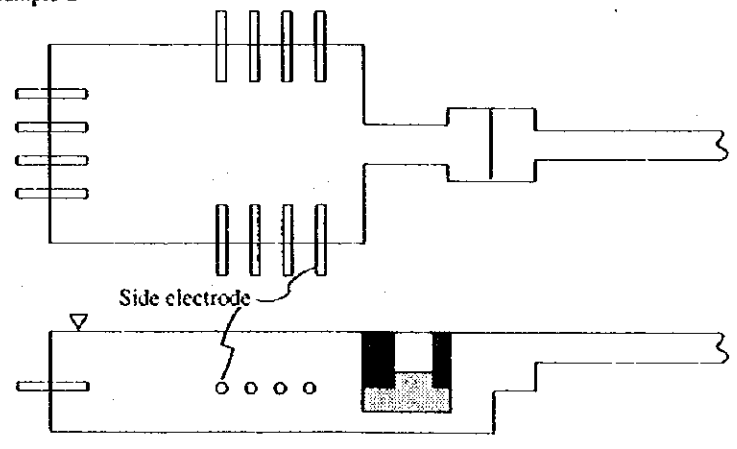


Figure 4.1.16 Types of Electric Melting Tank Furnaces

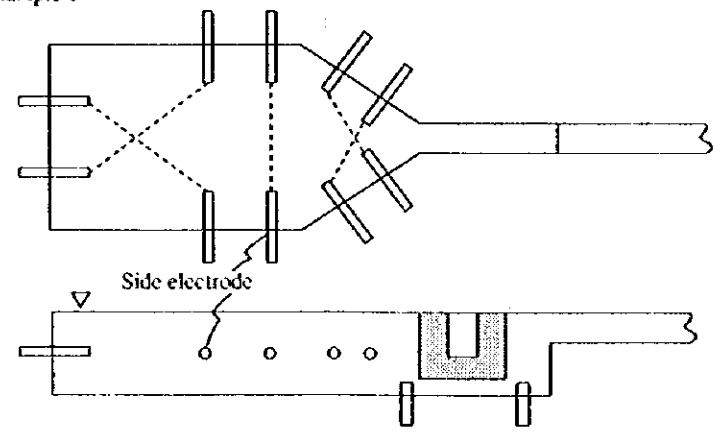
Example-1



Example-2



Example-3



B工場のT-1, 2, 3および5炉の電融炉への改造仕様は次のとおりである。

項目	T-1 炉	T-2 炉	T-3 炉	T-5 炉	B工場計
1. 現状					
1.1 最大溶解量 (t-MGS/d)	20	24	20	18	82
1.2 溶解面積 (m ²)	14.1	32.7	25.0	28.9	100.7
1.3 1997年溶解量 (t-MGS/d)	4.0	6.7	3.5	4.3	18.5
1.4 燃料使用量 (kl-oil/d)	3.6	8.1	6.2	7.7	25.6
1.5 年間燃料使用量 (GJ/y)	51,804	119,762	75,175	104,505	351,246
2. 電融炉 (改造後)					
2.1 溶解面積 (m ²)	2.3	6.8	4.2	4.9	18.2
2.2 1997年溶解量 (t-MGS/d)	4.0	6.7	3.5	4.3	18.5
2.3 電力原単位 (kWh/kg)	1.5	1.8	2.2	2.1	1.9
2.4 電力使用量 (MWh/y)	3,069	6,605	3,602	4,629	17,905
2.5 年間電力使用量 (GJ/y)	31,482	67,754	36,949	47,484	183,669

B工場の4基の炉を全て電融炉に改造すると、エネルギー使用量は、351,246GJ/yから183,669GJ/yになり、約50%節減となる。現状の溶解炉の燃焼管理強化、断熱強化、蓄熱室改造などの対策後の燃料使用量は290,304GJ/yであり、窯容量縮小および電融炉改造によってこの燃料使用量は0となり、電力が17,905MWh/y使用される。

窯容量縮小により、炉の冷却風量が減少する。溶解面積が18%になると、炉壁の表面積は58%減少するので、現在の冷却ファンの電力量112kWは65kW削減される。

年間電力節約量は、 $65 \times 24 \times 365 / 1,000 = 569 \text{ MWh/y}$ となる。

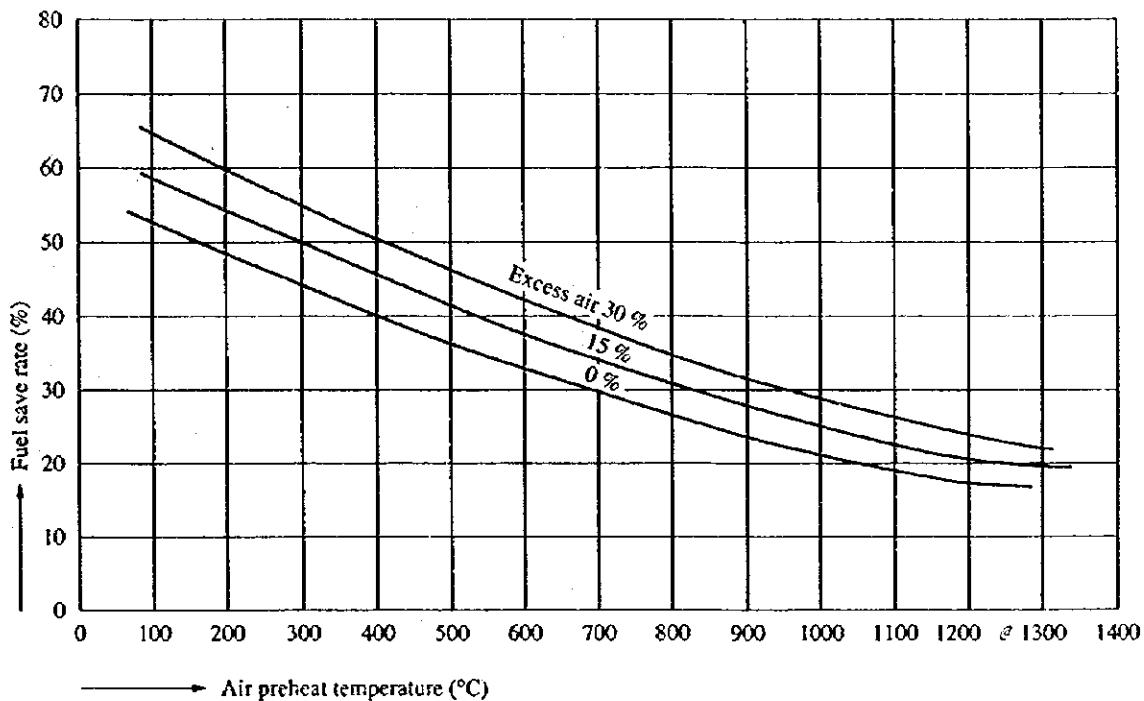
B工場T-1, 2, 3および5炉の窯容量縮小および電融炉改造による

燃料節約量	: 290,304GJ/y
電融炉による電力使用量増加量	: 17,905MWh/y (5,830 kWh/t)
冷却ファンの電力節約量	: 569 MWh/y (185 kWh/t)

⑤ 酸素燃焼への変換 (Step 3)

電気溶融窯と共にガラス溶解に近年普及しつつある方式が酸素燃焼方式である。酸素燃焼は、ブースティングとして酸素を用いる方法もあるが、現在小型窯で実用化されている方式は 100%酸素燃焼方式であり、蓄熱式が不要で吹出方向の交換もなく、燃焼が連続的で高温で安定燃焼できるメリットがある。特にコンパクトな酸素発生機がオンサイトに設置できるようになったことが普及の要因になっている。電気溶融との比較においては、Wolomin の T-1, 2, 3, 5 窯の場合は電気溶融の方が省エネルギー的にも有利である。Figure 4.1.17 は、参考のために空気予熱温度が 400℃で空気過剰率が 30%の窯を酸素燃焼窯に転換した場合約 50%の省エネルギーが期待できることを示した図である。

Figure 4.1.17 Fuel Save Rate by Oxygen Combustion



3) 稼働率の向上 (第3ステップ)

連続式ガラス製造プラントでは稼働率は定期修繕とか色替がない限り 100%に近いはずである。しかるに Wolomin の場合は Table 4.1.17 に示すとおり毎年 85%前後と低いのは理解に苦しむ。年度計画、月度計画がきちんと立てられておれば、予め日々の溶解量で調整できるはずである。もし事

故とか機械修理のために止めることが多ければ日常の設備管理の問題であり、TPM 活動を実施することにより防止できる。

休止日は殆どの場合原料投入は中止しても窯の保温用の燃料は使用しているのでエネルギーロスとなるはずである。したがって、稼働率の低下はエネルギー消費量の増加を招き経済的に不利なため、極力高いレベルに保つよう努力する必要がある。1996 年の各炉のマンスリーデータより安定稼働月の月間平均エネルギー原単位と年間データから求めた月トータル平均の原単位を比較し、その差を Table 4.1.17 に示した。原単位の差は平均 6.5% となり、見かけ上省エネルギーの余地は残されているものと言える。しかしながら、需要が低迷し生産調整している現状では日々の溶解量を減し、低温操業を実施して省エネルギーを図ること以外方法はなく、既に限界に近い温度まで下げて操業しているとなると、他に省エネルギーに対し効果はない。したがって、窯を縮小し溶解負荷を正常に戻し稼働率を平均的レベルまで上昇させる前提で省エネルギーの可能性を試算してみた。原単位低減率は A 工場 T-7 では、4.1%となるが、B 工場では計算上は、かえって増エネルギーになる。溶解窯は常にフル操業できるよう配慮し、営業活動と正確な需要予測に基づき生産設計することが大切である。

Table 4.1.18 に 1997 年の各窯の稼働率およびフル操業月と生産中止日を含む月の燃料原単位を示す。この表で見る限り燃料原単位の差は予想外に少ない。また、操業率低下の原因が需給上の問題、手吹作業によるマンパワーの問題等ある程度避けられない事情もあるので操業率の向上は、省エネルギーポテンシャル算出の対象からは除外する。

Table 4.1.17 Trend of Operating Hours and Difference of Energy Intensity by Operation Rate

Plant	Operation hours					Energy intensity in 1996		
	1992	1993	1994	1995	1996	GJ/t-MGS	Stable operation month only	Difference (%)
T-1	5,568	5,544	5,544	5,544	7,800	41.3	37.6	9.0
T-2	8,784	8,760	8,760	7,896	8,160	51.9	50.9	1.9
T-3	5,688	5,568	5,160	5,904	6,750	80.6	77.2	6.2
T-5	8,784	8,760	8,760	8,760	7,360	111.1	106.0	4.6
T-7	8,784	8,760	6,600	8,760	7,660	9.3	8.5	8.9
Operation rate (average %)	85.9	85.4	79.5	84.2	85.9	average 17.6	average 16.5	6.5

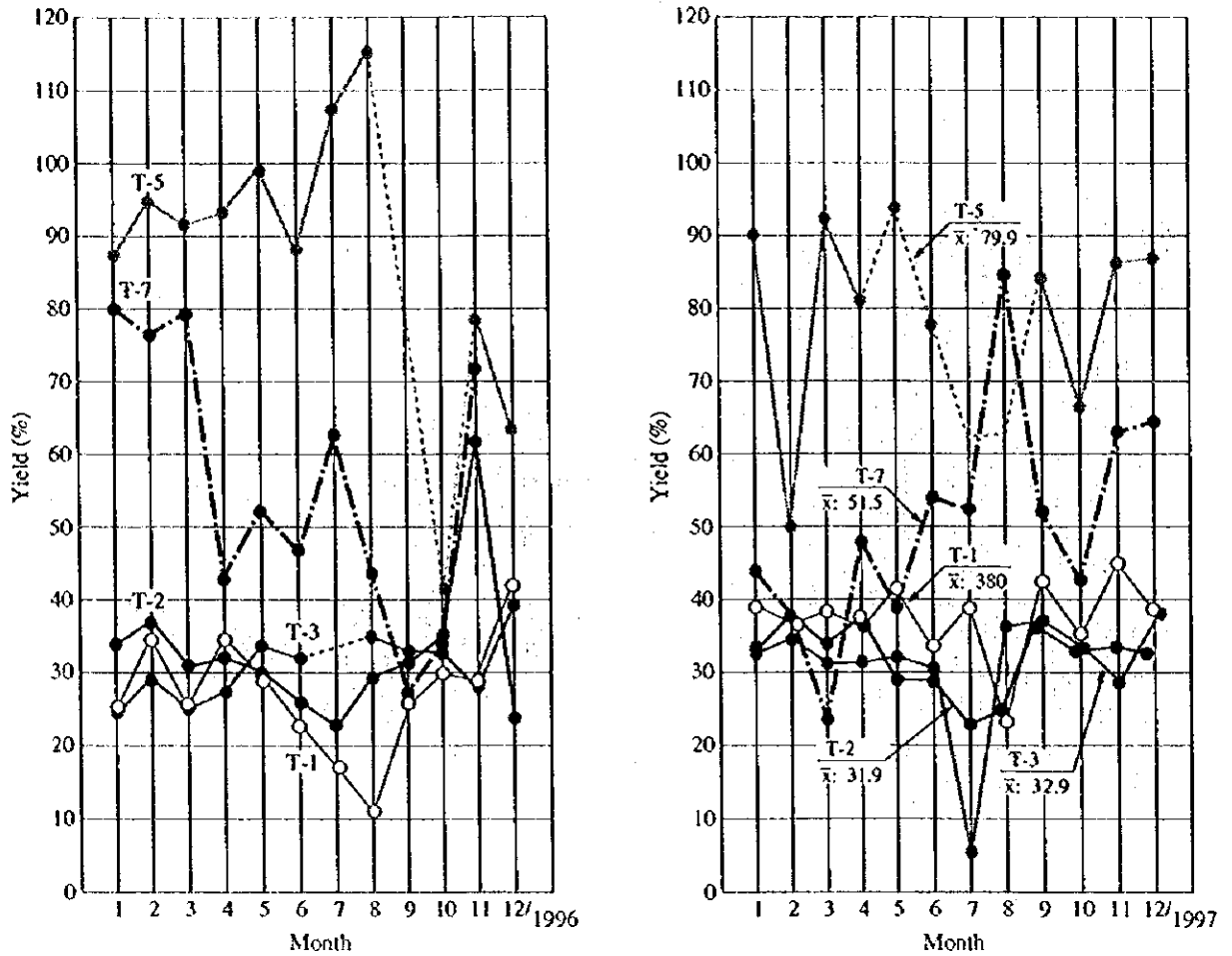
Table 4.1.18 Difference of Energy Intensity by Operation Rate in 1997

Plant	Operation stop (d/y)	Operation rate (%)	Natural gas/MGS ($\times 10^3$ m ³ /t)/y	→ Stable month ($\times 10^3$ m ³ /t)/y	Energy intensity (GJ/t-MGS) → (Stable)
T-1	29	92.1	1,443/ 1,335	664/ 613	38.8 38.9
T-2	0	100.0	3,336/ 2,446	3,336/ 2,446	49.0 49.0
T-3	78	78.6	2,094/ 989	1,768/ 892	76.0 71.2
T-5	31	91.5	2,911/ 1,438	2,471/ 1,130	72.7 78.5
Sub-total	138	90.5	9,784/ 6,208	8,239/ 5,081	56.6 58.2
T-7	15	95.9	9,098/33,553	6,933/26,482	9.73 9.40
Total	153	91.6	18,882/39,761	15,172/31,563	17.0 17.3

4) 歩留向上 (第3ステップ)

これ迄は、溶解量当りのエネルギー原単位について論じてきたが省エネルギーは、最終的には製品当りの原単位で評価することになるので製品歩留がエネルギー原単位に与える影響は大きい。Table 4.1.7 を見れば明らかのように溶解量当りのエネルギー原単位が新鋭工場並みになっても製品当りのエネルギー原単位には依然大差がある事が判る。次に、1996年の窯別のマンスリーデータより歩留をプロットすると Figure 4.1.18 のようになり月間平均歩留にも拘らず、バラツキが大きく管理された状態でないことが判る。

Figure 4.1.18 Monthly Data of Product Yield at Each Furnace in 1996 and 1997



Note: T-1: 15-operation stop day in August
 T-3: 24-operation stop day in July

TQC 等の活動を推進し工程管理、品質管理を充分に実施すれば次のように少なくとも現状の歩留の中の高いレベルに平均値を引き上げることが可能であると推定できる。

	歩 留 (%)			目標
	1996年	1997年		
T-1	29.3	38.0	→	45.0
T-2	30.3	31.9	→	40.0
T-3	29.1	32.9	→	40.0
T-5	87.6	79.9	→	90.0
T-7	54.3	51.5	→	80.0
平均	52.3	50.3	→	74.6

したがって、原単位の低減率は、

$$\left(1 - \frac{0.503}{0.746}\right) \times 100 = 32.7\% \text{ となる。}$$

しかしながら、歩留向上による増産分は溶解量を下げて調整することとすると、前項の稼働率向上と同様、現状の窯では省エネルギー効果は少ない。また、歩留向上達成にはかなりの年数を要するので第3ステップで適用すると考える。

A工場T-7炉の歩留向上の効果は次のとおりである。

項目	現状	窯縮小および歩留向上後	差
歩留 (%)	51.5	80.0	28.5
生産量 (t/y)	18,551	18,551	0
カレット使用比率 (%)	40.1	20.8	-19.3
溶解量 (t-MGS/d)	95.9	67.7	-28.2
燃料使用量(kl-oil/d)	22.8	13.9	-8.9
年間燃料使用量(GJ/y)	326,618	194,858	-131,760

窯容量の縮小後に歩留向上が達成されると、燃料使用量は現状よりも131,760GJ/yだけ少なくなる。窯容量縮小後の燃料使用量は248,907GJ/yであるから、歩留向上による燃料節約量は $248,907 - 194,858 = 54,049$ GJ/yである。

B工場T-1, T-2, T-3およびT-5炉の歩留向上効果は次のとおりである。

項目	T-1 炉	T-2 炉	T-3 炉	T-5 炉	B工場計
1. 現状					
1.1 歩留 (%)	38.0	31.9	32.9	79.9	
1.2 生産量 (t/y)	560	887	373	1,251	3,071
1.3 カレット使用比率 (%)	46.0	51.9	53.3	43.0	48.8
1.4 溶解量 (t-MGS/d)	4.0	6.7	3.5	4.3	18.5
1.5 燃料使用量 (kl-oil/d)	3.6	8.1	6.2	7.7	25.6
1.6 年間燃料使用量 (GJ/y)	51,804	119,762	75,175	104,505	351,246
2. 電融炉にて歩留向上					
2.1 歩留 (%)	45.0	40.0	40.0	90.0	
2.2 生産量 (t/y)	560	887	373	1,251	3,071

2.3 カレット使用比率 (%)	40.5	40.1	40.5	40.1	40.3
2.4 溶解量 (t-MGS/d)	3.4	5.7	3.0	3.9	16.0
2.3 電力原単位 (kWh/kg)	1.6	1.9	2.3	2.1	1.9
2.4 電力使用量 (MWh/y)	2,843	5,887	3,396	4,345	16,471
2.5 年間電力使用量 (GJ/y)	29,163	60,389	34,836	44,571	168,959

B工場の4基の炉は、電融炉に改造後に歩留向上が達成されると、エネルギー使用量は351,246GJ/yから168,959GJ/yに削減される。電融炉改造により、電力消費量は183,669GJ/yに低下しているため、歩留向上によるエネルギー節約量は14,710GJ/yである。電力節約量は1,428MWh/yとなる。

A工場の歩留向上による燃料節約量 : 54,049 GJ/y (2,914 MJ/t)

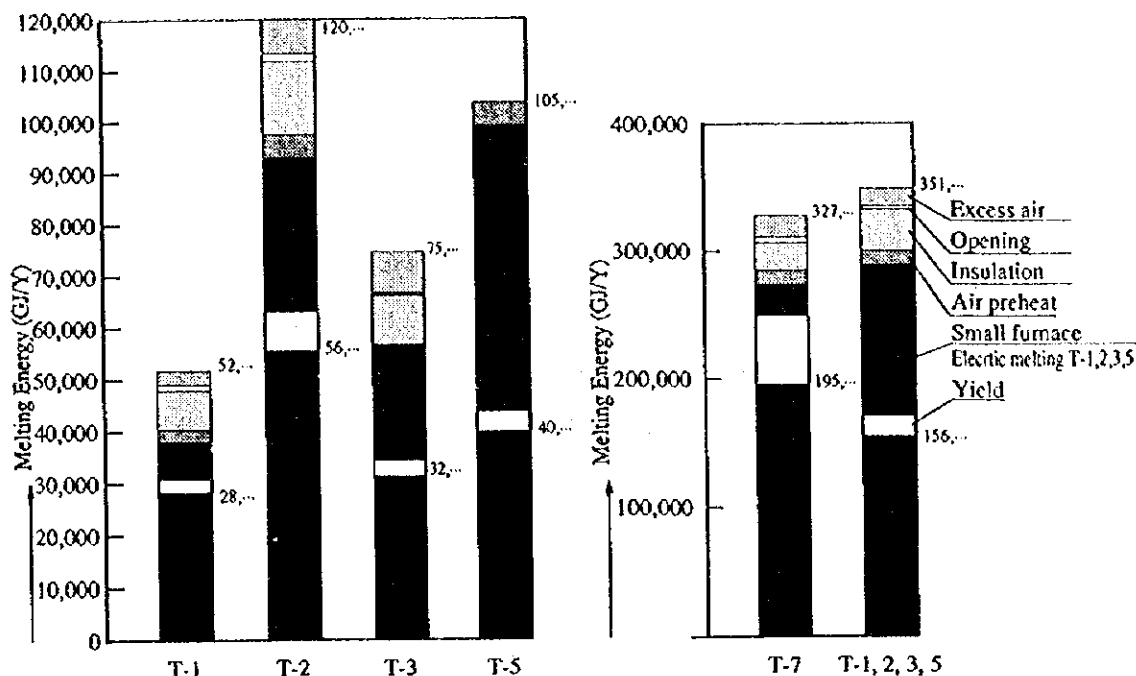
B工場の歩留向上による電力節約量 : 1,434 MWh/y (467 kWh/t)

(注) 歩留向上により原料カレットの自社内発生量が減少するので市中からのカレット回収、使用ニーズが高まりカレットのリサイクルは環境保全のみならず、省エネルギー面でも資源面でも貴重な存在となる。現在 T-7 で年間約 1,000t の市中カレットを使用しているが、Excellent factor のピン窯の場合は製品トン数の 35~40%は市中リサイクルカレットである。(但し、不純物の混入には注意が必要である) また、カレット 1t 使用すれば約 1.65GJ の省エネルギーに相当する。

以上、溶解用エネルギーを主体に省エネルギーポテンシャルの推定を行った。

以上の省エネルギー対策の推移を Figure 4.1.19 に示す。

Figure 4.1.19 Trend of Melting Energy of Each Furnace by Energy Conservation Step



c. ユーティリティ (熱利用設備)

1) ボイラー

A 工場 T-7 には、排熱温水ボイラーが設置されており 9.2GJ/h の排熱を回収している。これは、T-7 窯の入熱の 5%に相当する。一方、B 工場では、石炭焚き温水ボイラー 4 基が設置されており、能力は各々 4GJ/h である。1996 年の実績では、冬季暖房用として稼動、年間約 200 日で 12GJ/h の熱量を消費している。

T-7 同様排熱温水ボイラーを設置し、T-1, 2, 3, 5 の排ガス熱量を回収すれば max.11GJ/h の回収が可能であるが、既述各種省エネルギー対策が進むにつれてエネルギー回収量は減少する。また、酸素燃焼窯や全電気溶融窯が採用された場合、排ガスはほとんどなくなるので排熱温水ボイラーの設置は意味がなくなる。したがって、排熱ボイラーの設置は、他の計画を含め総合的に検討の上決定されるべきである。

1998年9月の調査では、暖房用ボイラの石炭消費原単位が30%改善されていた。特記すべき事項は、ボイラの石炭消費原単位が30%以上改善されたことである。これはボイラ内部のクリーニングを徹底的に行った結果、ボイ

ラ効率が改善されたためである。今後ともこのレベルを維持すべく、メンテナンスおよび操業管理を充分行ってゆくよう期待している。

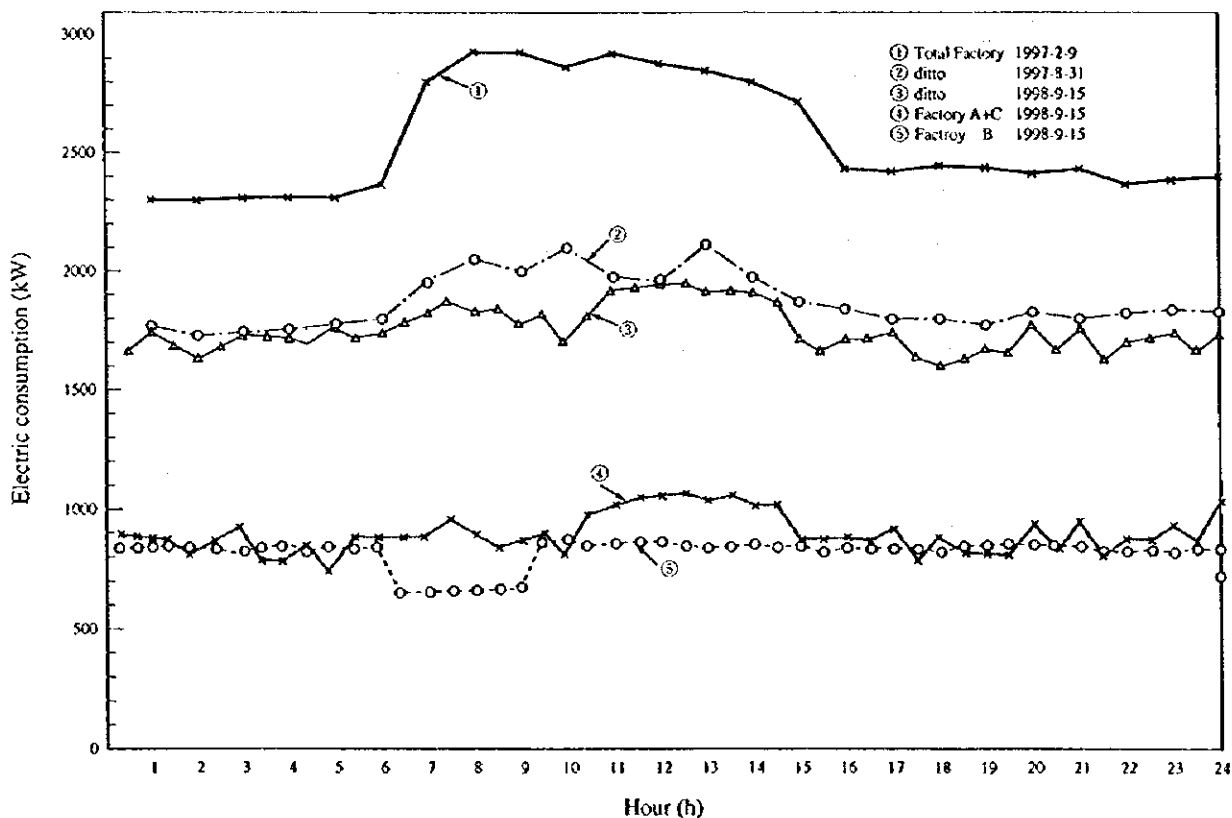
d. ユーティリティ (電気利用設備)

1) 工場の電力負荷状況

Figure 4.1.20 に示される使用電力の状況を見ると、夏季より冬季に多く消費され、B工場よりA工場で多く消費されている。しかも、特定の曜日または、始業時間前後に 100~150kW のピーク負荷が発生し、これが契約電力を増加させている主因と推定される。この状況は、診断時のA工場のデマンド計測時の最大値とデマンド値の差 (50kW) からも認められている。これらの原因としては、電熱器の一斉始動、エアコンプレッサの効率低下等が考えられる。これらを調査して対策を講ずれば、契約電力を 50kW 程度減らすことができる。本改善が実施されればデマンド料金は年間に電力料金全体の約 1.4% (26,700PLN) 節減できると考えられる。

電力費削減：26,700PLN/y (=50kW×44.5PLN/kW×12M)

Figure 4.1.20 Daily Load Curve of Factory



2) エアコンプレッサの省エネルギー

本工場のアコンプレッサの消費電力は4台の200kW レシプロ式空気圧縮機が運転された状態で A 工場で 465kW (3 台)、B 工場で 124kW、合計 589kW で(1997 年: 643kW) 全工場の使用電力の約 34%を占める。この負荷状態は日負荷曲線 Figure 4.1.20 の 11:30~14:30 の時間帯と考えられ、他の時間帯は約 100kW 低い。

エアコンプレッサの空気圧は約 0.6MPa で、送気圧は 0.4 ± 0.02 MPa とされている。工場の必要な圧力は、成形機械に 0.33MPa、Blow 成型用に 0.28MPa と低い。このため、送気圧力はダイヤルゲージを見てマニュアルで調整されている。

圧力約 0.6MPa のエアは、原料の受入と A B 工場間の原料輸送用に時々必要とされる程度である。

このため、次の電力の無駄が考えられる。即ち、① 大量使用するエアに対し発生エアの圧力が高過ぎること、② 送気エアの圧力調整が手動で、しかも圧力計の精度が悪いため、電力消費が嵩むものと考えられる。この他、機器および各使用部所でのエア漏れが考えられる。

この対策として、

① 圧縮機の発生エア圧力を 0.6MPa から 0.4MPa に下げる。この結果、使用電力の約 15%を低減できるので年間に約 663,789kWh、全使用電力量の約 3.4%が節減できる。

電力節約量 ($=589\text{kW} \times 4\text{h} + 489\text{kW} \times 20\text{h}) \times 0.15 \times 365\text{d}$)

{ A 工場 : $(465 \times 4 + 368 \times 20) \times 0.15 \times 365 \div 1,000 = 505\text{MWh/y}$

{ B 工場 : $(124 \times 4 + 103 \times 20) \times 0.15 \times 365 \div 1,000 = 140\text{MWh/y}$

他の効果として、現状毎月破損事故を起こしているエアコンプレッサのバルブの破損回数が減少し保全業務が削減できる。

② 圧力検出器の検出精度を向上させて圧力を極力低い圧に設定し、且つ自動で調整できるようにする。また必要に応じて 75~100kW の小型エアコンプレッサを設置して、必要最小限の設備を稼動することにより、常時稼

動設備の効率向上が図れる。

この結果、通常操業を前提とすればおおよそ 860MWh の電力節減 (全電力消費量の約 4.6%) が期待できる。

別に、エア圧力の調整の手間が省ける。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{A工場} : (465 \times 4 + 368 \times 20) \times 0.2 \times 365 \div 1,000 = 673 \text{MWh/y} \\ \text{B工場} : (124 \times 4 + 103 \times 20) \times 0.2 \times 365 \div 1,000 = 187 \text{MWh/y} \end{array} \right.$$

③ エアコンプレッサおよびエア使用先の機器におけるエア漏れを止めるため、頻度高くチェックして、早期にエア漏れを止める。前記発生エアの圧力低下は、同時に漏れを少なくする効果も期待できる。

$$\text{電力節約量} : 663,789 \text{kWh/y} + 885,928 \text{kWh/y} = 1,550 \text{MWh/y}$$

3) モータの軽負荷、力率改善対策

主要設備の使用電力、力率の測定結果 Table 4.1.19 によれば軽負荷、低力率の設備がある。また、ファン、ポンプのように軽負荷ではないがダンパーバルブ等絞ったり、バイパスし、エネルギーを無駄に使った設備がある。

Table 4.1.19 Measurements Data of Major Load in 1998

Name of load		Rating (kW)	Consumption (kW)	Voltage (V)	p.f. (%)	Remark	
Receiving power total			1,855			by factory computer	
Factory A, C			1,014			A: 978 kW, C: 36	
Factory B			841				
TA-1	Air compressor #2	200	150	388	76	Continuous	
	Air compressor #3	200	147				
	Air compressor #5	200	165	386	74		
	Exhaust fan of furnace	2 × 55	55	381	87		
	Booster for furnace	80	16				
	Annealing furnace	2 ×	31	391	60		#
	Regeneration boiler	70					
TA-2	Ventilation fan for furnace	3 × 30	69	392	74		
	Cooling fan for forming machine	2 × 132	85	392	73		
	Raw material department	70	24				
Factory C 1,000 kVA	Annealing furnace	3 × 90	90				
	Electric heater	50	50				
Factory B 1,600 kVA	Annealing furnace #2		63			#	
	Annealing furnace #3	120+	153			#	
RNN	Raw material department		122	393	89	#	
	Recuperator		39	393	80		
	Vacuum pump for thermos bottle	4 × 30	30	393	52		
	Ventilator fan #2, #3	4 × 22 ~ 30	112	388	84		
	Ventilator for laboratory		20	394	87		
	Annealing furnace for thermos bottle		30	393	52		
	Plastic extruder	7 × 15	53	393	88		
	RNN 1 630 kVA	Water pump		18	393	71	#
RNN 2 630 kVA	Vacuum pump of form	30	11	386	51		
	Air compressor	4 × 200	124			#	
	Plastic department	7 × 15	29	375		#	
RNN 2 630 kVA	Water pump for cooler	3 × 15	27	393	83	#	
RNN 2 630 kVA	Water pump for cooler	3 × 11	19	389	39		

Notes: #: Watching value of computer cont: Continuous measurement

モータの効率向上対策の対象設備としては次の2つが考えられる。

- ① 力率が低い負荷：力率が低いファン、ポンプは容量に比して軽負荷であり、流量をダンパー、バルブ等で絞るか放散して制御されていると考えられる。

この場合の効率化は、設備容量を減らすかまたは、インバータにより流量制御をすることで対処する。後者は現状のモータにインバータを設置してモータの回転数を変化させ、所要の流量を得る制御法で最近多く用いられている。インバータを採用した場合、流量を仮に 20%減らすと使用電力は

定格値の約 40%低減が期待できる。例えば、魔法瓶ラインの真空ポンプモータ (30kW)と、A 工場の Exhaust fan (55kW) に適用し、流量を約 20%減らした場合は、節減電力は約 34kW となり、年間に約 245,280kWh (全体の 1.3%) の節減ができると推定される。

また、ポンプのうち配管抵抗が低く、流量変化による圧力変動が問題視されない場合もインバータの制御が適用でき、省エネルギー効果が大きい。更に、損失を低減した高効率モータを使用する方法もあるが、まだ高価であり経済性に問題があるため省略した。

$$\begin{cases} \text{A 工場} : 55\text{kW} \times 0.4 \times 24 \times 365 \div 1,000 = 193\text{MWh/y} \\ \text{B 工場} : 30\text{kW} \times 0.4 \times 24 \times 365 \div 1,000 = 105\text{MWh/y} \end{cases}$$

電力節約量 : 245MWh/y

4) 照明

工場の屋内の使用設備電力は約 200kW (建屋面積約 31,200m²)、屋外照明用は約 30kW (水銀灯 100×300W) と推定される。昼間は工場の多くで昼光を利用し、消灯されていた。照明のある場所の照度は 200~300 ルクスで適当であった。しかし、省エネルギー上次の対策が必要と考えられる。

年間に 1~2 回程度はランプおよび器具の清掃をして明るくして使う。また、不要な照明は取り除く、取付高さを極力下げる等の対策をする。更に、休憩中は消灯する等の配慮をする。

上記対策すなわち照明の清掃、不要照明の消灯、高所 (ほぼ 6m 以上) 電灯を水銀灯に替える等の室内照明の対策により年間約 20%節減が想定され、おおよそ 122,640kWh (=200kW×0.2×0.7×365d×12h) の電力節減が期待できる。また、屋外灯は水銀灯をナトリウム灯に替えることにより約 40%の電力節減でき全体の 30%に適用できるので、年間に 11,826kWh が節減できる。

$$30\text{kW} \times 0.4 \times 0.9 \times 10\text{h} \times 365\text{d} \times 0.3 = 11,826\text{kWh/y}$$

したがって、合計では全消費電力の約 0.9%の節減が期待される。

ここで屋内灯の点灯率 0.7、点灯時間 12 時間/日、屋外灯の場合はそれぞれ 0.9、10 時間/日とした。

電力量節約： (室内) 122,640kWh/y
(屋外) 11,826kWh/y

(3) 省エネルギーによる環境改善効果

省エネルギーによって燃料の使用量が低減されれば、大気中への汚染物質の排出量も減る。また省エネルギーによって電力の購入量が低減されれば、電力の発生もとすなわち発電所において大気中への汚染物質の排出量が低減される。この省エネルギーによる排出量の低減は、省エネルギー量のほか燃料の種類やボイラーなど装置別に異なる。したがって各工場の実際の排出量を用いて、汚染物質の低減量を推計するのが正しい。しかし、ここでは、ポーランド全体へのスタディとの整合を取るために、The Institute of Environmental Protection の資料による業種別・燃料別の単位排出量 (汚染物質トン/燃料熱量 TJ) をもとにして算出する。この工場の省エネルギーによる大気汚染物質の低減量を、省エネルギーの各段階別に集計して、Table 4.1.20 に示す。

Table 4.1.20 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0				
Step 1	2,048	0.5	12.3	0.1
Step 2	4,508	6.7	24.6	1.4
Step 3	20,267	-2.0	121.2	0.2
Step 1-3	26,822	5.1	158.1	1.7

Reduction includes emission from fuel and electricity.

またポーランドでは、汚染物質の排出者は排出料金 (fee) を支払う制度があるので、省エネルギーによって排出料金が低減される。排出料金の単価は、汚染物質別に定められている。またある量を超えた排出量に対しては課徴金 (charge) が課せらる。課徴金の単価は排出料金の 100 倍とされている。以下に記載する金額は通常の排出料金である。

工場調査をもとに提言された省エネルギー項目に対して、汚染物質の排出低減量、排出料金の低減額を計算した結果を Table 4.1.21 に示す。またこの表には、排出料金の低減効果を含んだ省エネルギー投資の回収期間と、それを含まない燃料費低減だけによる投資回収期間を併記している。

Table 4.1.21 Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction

Measures	Energy cost advantage	Emission fee advantage	Total advantage	Investment	Eco-Environ PBP	Economical PBP
Step 0						
Step 1	816	4.2	820	500	0.61	0.61
Step 2	1,143	10.3	1,154	6,175	5.35	5.40
Step 3	2,595	38.8	2,634	11,252	4.27	4.34
Step 1-3	4,555	53.3	4,608	17,927	3.89	3.94

Units: Thousand PLN or thousand PLN/y for expense, Year for PBP

この Table 4.1.21 に見るとおり、排出料金の低減額はエネルギー費用の低減額に比して大きくても数%程度であり、このため排出料金の低減が投資回収期間に及ぼす短縮効果も僅少である。

Step 3 に含まれる B 工場の溶融釜の電気溶融への転換は省エネルギー効果が大きい。それに伴って汚染物質の排出低減効果も多きい。しかしガス燃料から電気エネルギーへの転換であるため (すなわち石炭燃料からの転換ではないので)、汚染物質排出料金の低減効果は熱源コスト低減効果の 1%程度にとどまる。

(4) 省エネルギーポテンシャルのまとめ

工場の省エネルギーポテンシャルは Table 4.1.22 および Table 4.1.23 に示す。

Excellent factory のエネルギー消費原単位をベンチマークとした省エネルギーポテンシャルと第 1、第 2、第 3 ステップの省エネルギー対策を Figure 4.1.21 および Figure 4.1.23 に示す。省エネルギーポテンシャルと投資回収期間および投資金額の関係を Figure 4.1.22 および Figure 4.1.24 に示す。

Figure 4.1.22 Summary of Energy Conservation Potential
Wolomin A

Item	Energy Conservation Potential					Coal: 170 PLN/t	Electricity: 0.172 PLN/kWh 1 PLN=30 yen	Investment	Pay back period
	GJ/y	10 ³ PLN/y	%	MWh/y	10 ³ PLN/y				
第1ステップ									
1 過剰空気を削減	A	14,925	214	1.9				250	1.2
2 開口部閉塞	A	2,943	42	0.4					0.0
3 エアコンプレッサ圧力調整	A				1,178	203	6.1	0	0.0
4 ピーク負荷減少	A				50kW	27		0	0.0
小計		17,868	256	2.3	1,178	203	6.1	250	0.5
第2ステップ									
5 断熱、保温強化	A	24,053	344	3.0				1,070	3.1
6 蓄熱室空積改造による熱回収増加	A	9,563	137	1.2				1,746	12.8
7 モーターのインバータ制御	A				193	33	1.0	128	3.9
8 照明 ナトリウム灯への変更	A				75	13	0.4	30	2.3
小計		33,616	481	4.2	268	46	1.4	2,974	5.6
第3ステップ									
9 窯の縮小(*1)	A	26,227	376	3.3	139	24	0.7	750	1.9
10 A工場歩留り向上	A	54,049	774	6.8			0.0	2,286	3.0
小計		80,276	1,149	10.1	139	24	0.7	3,036	2.6
A工場合計		131,760	1,886	16.6	1,585	273	8.2	6,260	2.9
B工場合計		351,246	5,031	44.1	△ 15,476	△ 2,662	△ 78.9	11,608	4.9
全工場合計		483,006	6,917	60.7	△ 13,891	△ 2,389	△ 70.7	17,868	3.9

A: Factory "A"/T-7, B: Factory "B"/T-1,2,3,5

*1: 窯の改造費は、定期改修費 (11,820,000 PLN) と縮小改造費 (12,570,000 PLN) の差額 (750,000 PLN) である。

1997年全工場(A+B) 燃料消費量: 792,661 GJ/y

電力消費量: 19,380 MWh/y (198,800 GJ/y)

Total: 991,461 GJ/y

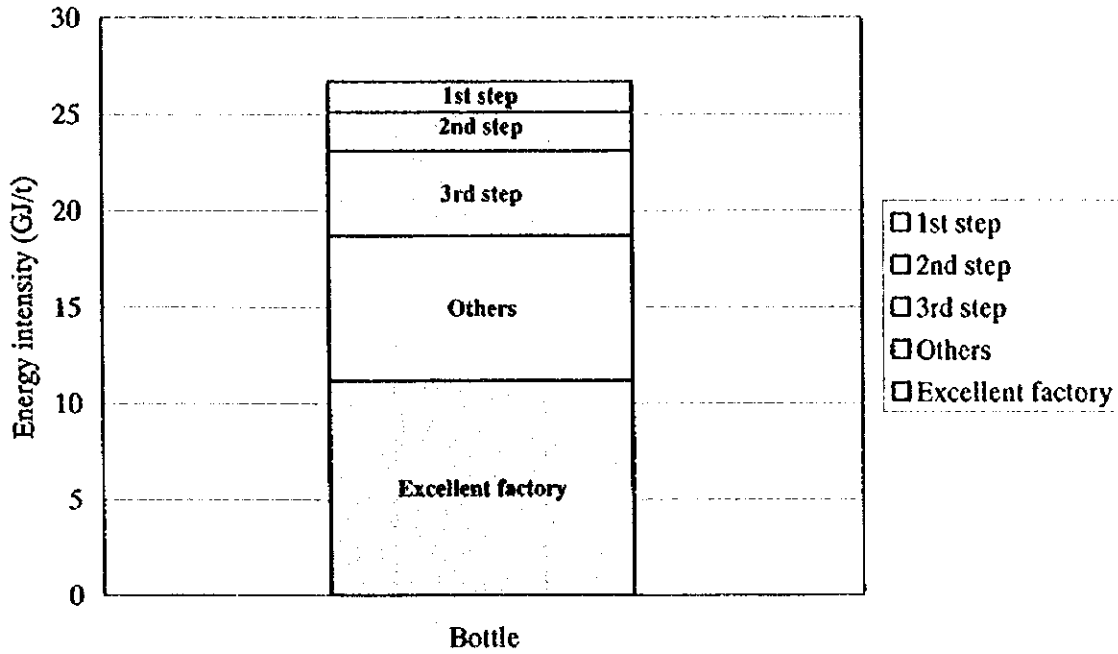
Table 4.1.23 Summary of Energy Conservation Potential
Wolomin B

Item	Energy Conservation Potential				Electricity 10 ³ PLN/y	Total 10 ³ PLN/y	Investment 10 ³ PLN	Payback period year
	GJ/y	10 ³ PLN/y	%	MWh/y				
第1ステツプ								
1 過剰空気が削減	B	15,905	228	2.0		228	250	2.4
2 開口部閉塞	B	3,259	47	0.4		47	0	0.0
3 エアコンプレッサ圧力調整	B		327		56	56	0	0.0
小計		19,164	274	2.4	56	330	250	0.8
第2ステツプ								
4 断熱、保温強化	B	31,693	454	4.0		454	1,348	3.0
5 蓄熱室空積改造による熱回収増加	B	10,085	144	1.3		144	1,784	12.4
6 モータのインバータ制御	B		105		18	18	69	3.8
7 照明 ナトリウム灯への変更	A		60		10	10	20	2.0
小計		41,778	598	5.2	28	626	3,221	5.1
第3ステツプ								
8 全電融窯への転換(*1)	B	290,304	4,158	36.4	△ 17,905	△ 3,080	5,930	5.5
9 冷却ファンへの出力削減	B		0	0.0	569	98	0	0.0
10 B工場歩留り向上	B		0	0.0	1,428	246	2,286	9.3
小計		290,304	4,158	36.4	△ 15,908	△ 2,736	8,216	5.8
合計		351,246	5,031	44.1	△ 15,416	△ 2,652	11,687	4.9

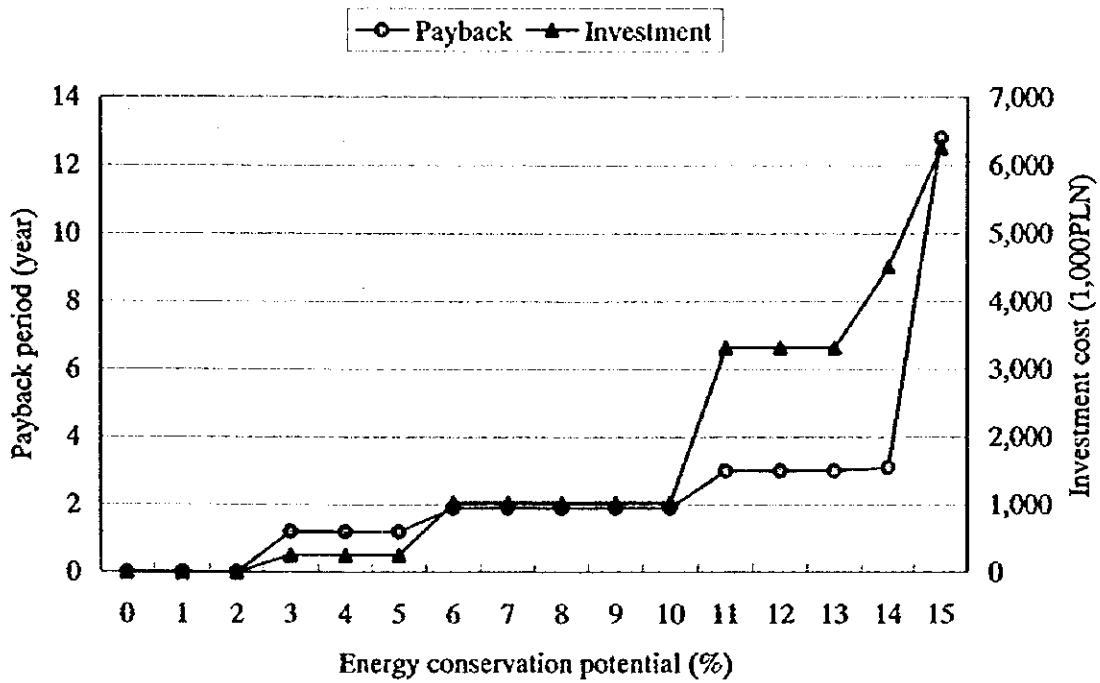
A: Factory "A"/T-7, B: Factory "B"/T-1,2,3,5

*1: 全電融窯への改造費は、定期改修費 (15,260,000PLN)と電融窯建設費(21,190,000PLN)の差額(5,930,000PLN)である。

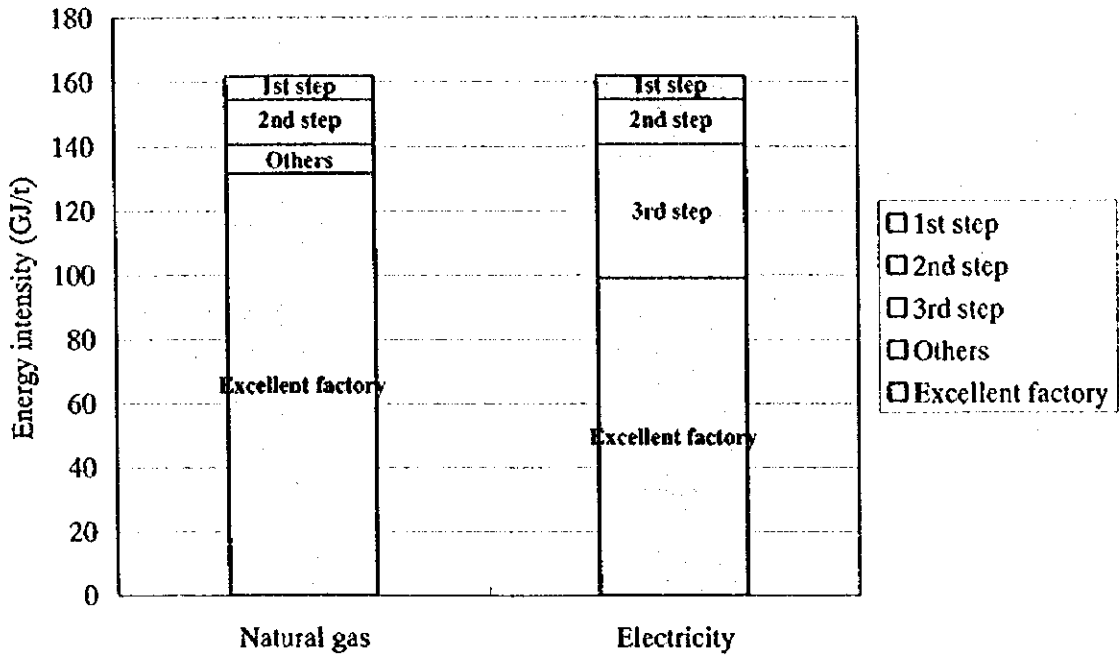
**Figure 4.1.21 Wolomin Factory-A
Energy Conservation Potential**



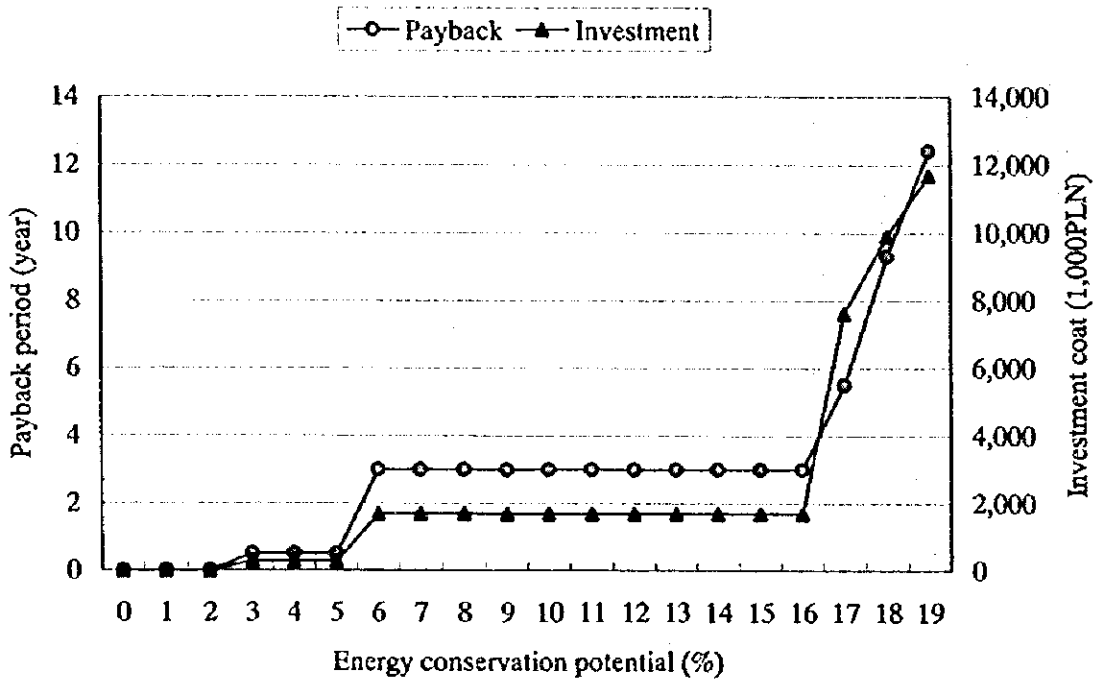
**Figure 4.1.22 Wolomin Factory-A
Energy Conservation Potential**



**Figure 4.1.23 Wolomin Factory-B
Energy Conservation Potential**



**Figure 4.1.24 Wolomin Factory-B
Energy Conservation Potential**



4.2 Silikatyの調査結果

(1) 調査期間 1997年8月22、25、26日

(2) 調査員

a. JICAチーム

福島 演雄	: 総括、熱管理技術
加藤 正躬	: プロセス管理技術
小西 二郎	: 熱管理技術
三宅 正志	: 熱管理技術
杉本 利夫	: 電気管理技術
小山田 明弘	: 測定技術

b. Local consultants

Research Center of Warsaw University of Technology

Mr. Maciej Chorzelski : Heat management

Mr. Wrobel Waldemar : Electricity management

Regional Energy Conservation Agency (RAPE)

Mr. Stefan Tatarec : President

Mr. Wieslaw Lesisz : Vice President

Radom Prefecture

Mr. Zbigniew : Governor

(3) 面接者

Ms. Jadwiga Orzechowska	: President
Mgr inż. Witold Matusic	: Technical Director
Mgr inż. Jerzy Jakubowski	: Production Manager
Mr. Dariusz Gorlci	: Chief of power Engineering Department

4.2.1 工場の概要

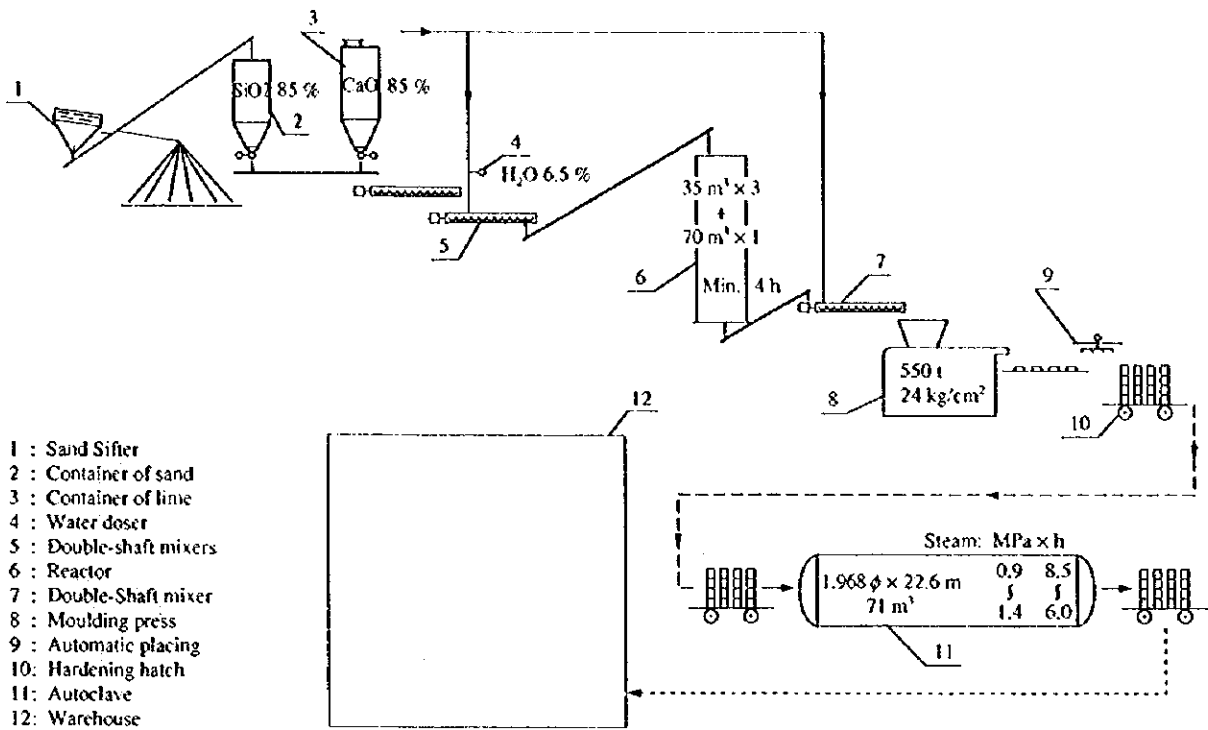
- | | |
|-----------|---|
| (1) 工場名 | ZAKLADY WAPIENNO-PLASKOWE
“SILIKATY” |
| (2) 工場所在地 | ul. Witosza 62, 26-600 Radom |
| (3) 従業員数 | 76名 |
| (4) 主要製品 | Silica-lime block (White, Yellow, Red, Green,
Black) |
| (5) 生産能力 | 75,000t/y |

(6) プロセス概要

原料として、珪砂と石灰と水を一定量秤量、混合し、モールド成型したブロックをオートクレーブ養生により硬化して製造するシリカライムブロックで、赤煉瓦サイズの標準品から穴の明いた大型ブロックまで各種あり着色品もある。用途は、住宅用の壁材である。製造工程フローシートをFigure 4.2.1に示す。

オートクレーブ用蒸気は自家用ボイラで発生させ、電力は購入している。

Figure 4.2.1 Process Flow

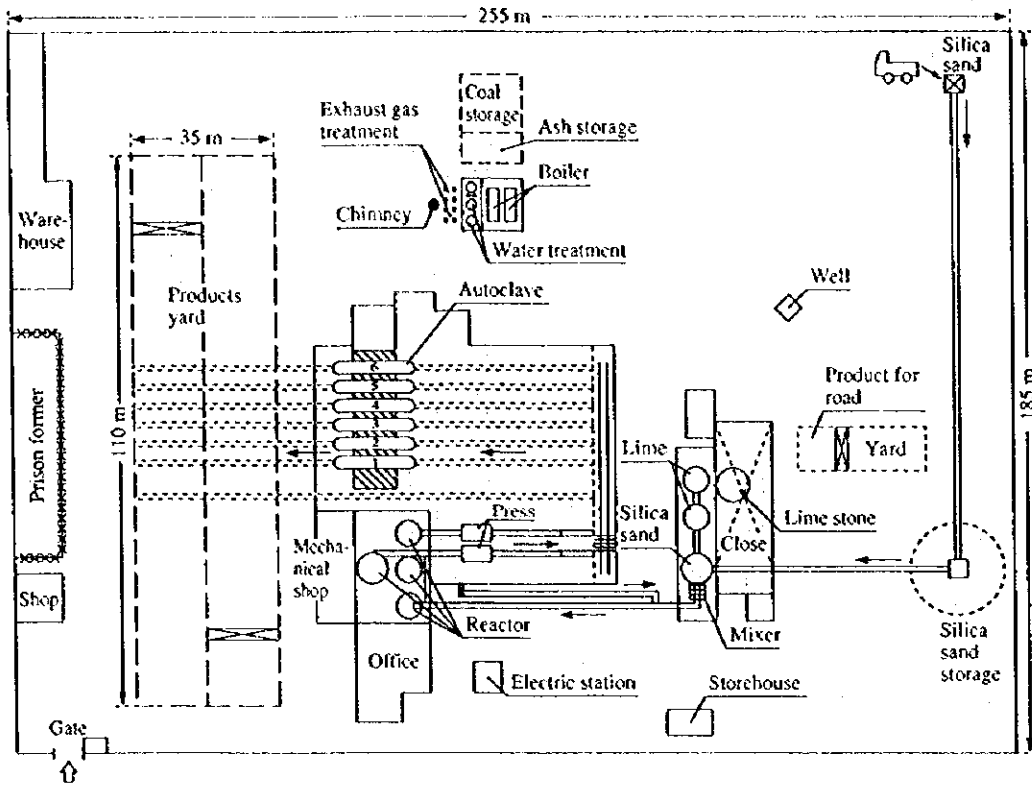


(7) 工場の沿革

1962年、3つのシリカ石灰ブロック工場と1つの赤煉瓦工場が国営企業として設立され、1991年にそのうちの1工場が当工場となった。1993年に民間企業となった。

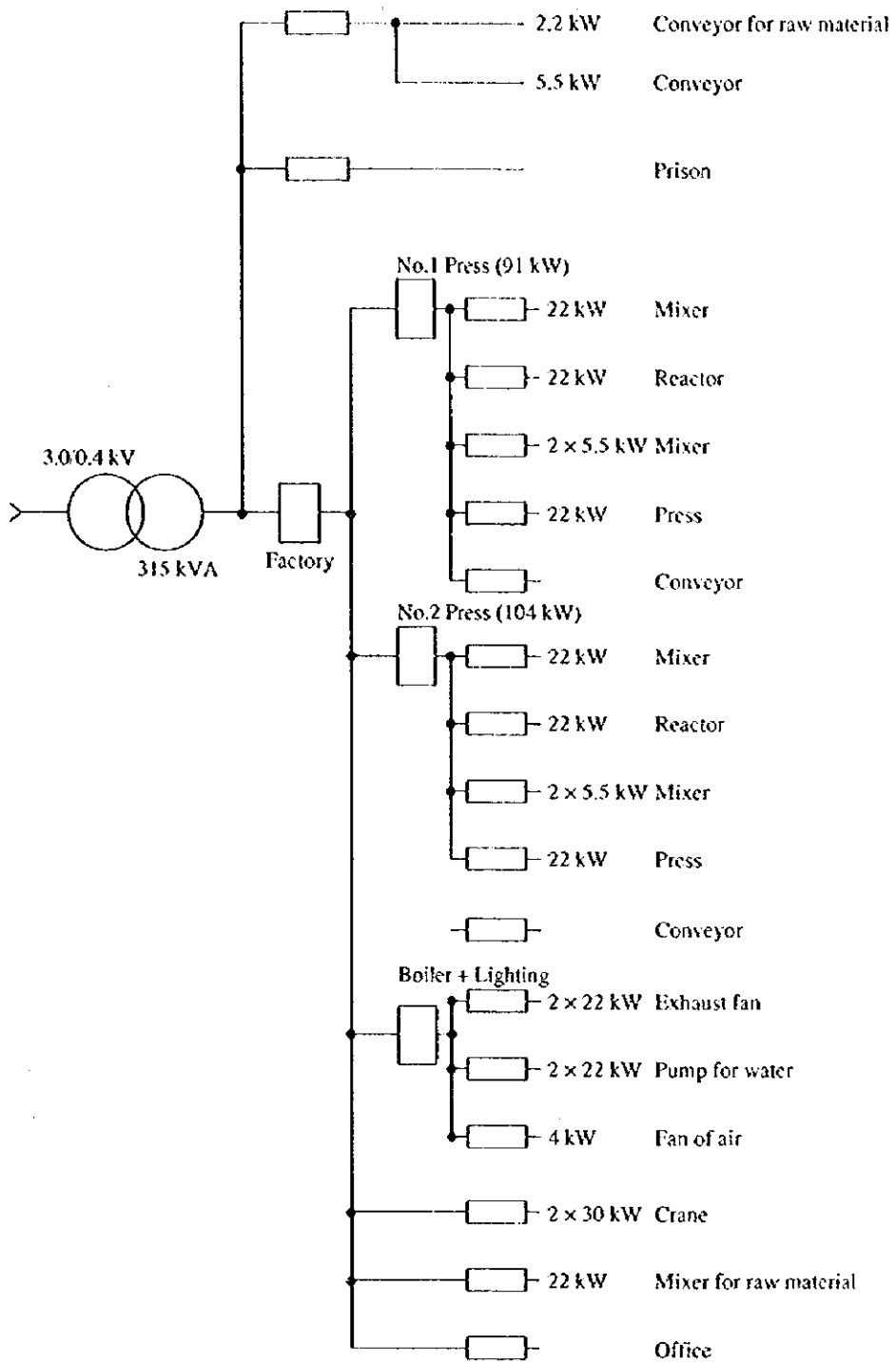
(8) 工場配置図

Figure 4.2.2 Plant Layout



(9) 電力單線結線圖

Figure 4.2.3 One Line Diagram



(10) 主要設備の概要

エネルギー消費の大きい設備は、蒸気ボイラとオートクレーブである。

Table 4.2.1 Major Equipment

Factory	Equipment	Quantity	Specifications
Raw material	Double shaft mixer	1	30 kW
	Reactor	4	70 m ³ × 1, 35 m ³ × 3
	Double shaft mixer	1	30 kW
	Belt conveyor	1	
Molding	Molding press	2	
Curing	Autoclave	6	2 m diameter × 22.6 m length, 71 m ³ 40 t/charge, 1.6 MPa, 210 °C
Utilities	Steam boiler	2	Smoke tube type with 2 stokers Coal combustion 3.8 t/h, 1.8 MPa, 209 °C

(11) エネルギーの発熱量と価格

Table 4.2.2 Energy Price and Heat Value

	Energy price	Heat value
Coal	0.185 PLN/kg	26.5 MJ/kg
Diesel oil	1.22 PLN/L	
Electricity	0.141 PLN/kWh	10.251 MJ/kWh

4.2.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

Table 4.2.3 Trend of Production

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Production	t	54,194	49,025	68,825	59,203	49,306

(2) エネルギー消費量の推移

Table 4.2.4 Trend of Energy Consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Coal	t	4,952	4,714	4,036	3,031	2,857
	GJ	131,228	124,921	106,954	80,321	75,711
Electricity	MWh	655	670	824	783	663
	GJ	6,714	6,868	8,447	8,027	6,796
Diesel oil (for car)	kL	9.6	8.8	9.8	9.8	6.7
Water	t	35,728	32,466	43,466	37,429	36,322
Total	GJ	137,942	131,789	115,401	88,348	82,507

Note: Heat value is calculated from coal and electricity

(3) エネルギー消費原単位の推移

Table 4.2.5 Trend of Energy Intensity

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Energy intensity	MJ/t	2,545	2,688	1,677	1,492	1,673

(4) エネルギー原単位の解析

生産量、使用エネルギーのマンスリーデータおよびボイラ発生蒸気が暖房用に使用されていない夏季と使用されている冬季に分け、さらに今回測定したオートクレーブの使用蒸気量（ボイラ水量）と工場使用全水量を基に雑用水量を推算した。

結果をTable 4.2.6およびTable 4.2.7に示す。

Table 4.2.6 Monthly Production and Energy Consumption in 1996

Unit	Production t	Operation h	Coal t	Electricity kWh	Water t
January	2,266	368	290	68,388	3,576
February	1,738	352	271	64,074	3,448
March	2,138	368	140	41,987	3,330
April	4,037	352	260	74,877	2,679
May	4,274	448	270	56,572	3,345
June	4,426	480	231	42,617	2,994
July	6,698	576	229	66,497	2,466
August	5,318	552	233	45,374	3,030
September	4,553	552	227	24,646	2,434
October	4,044	384	210	44,422	2,802
November	5,626	336	246	64,061	3,113
December	4,195	336	250	69,129	3,105
Total	49,313	5,104	2,857	662,644	36,322

Table 4.2.7 Basic Data and Energy Intensity by Season in 1996

	Unit	Summer (June, July, August)	Winter (December, January, February)	Annual
Production	t	16,442	8,199	49,306
Operation hour	h	1,608	1,056	5,104
Consumption				
Coal	t	693	811	2,857
Electricity	kWh	154,488	201,591	662,644
Water	t	8,490	10,129	36,322
for boiler	t	4,663	6,302	21,014
for others	t	3,827	3,827	15,308
Steam/Coal	t/t	6.73	7.78	7.36
Boiler efficiency	%	66.8	77.2	73.1
Water for autoclave	%	55	23	38
Water for heat	%	0	39	20
Water for others	%	45	38	42
Production/Operation hour	t	10.225	7.764	9.960
Coal/Production	GJ/t	1.17	2.62	1.54
Electricity/Production	GJ/t	0.10	0.25	0.14
Energy intensity	GJ/t	1.27	2.87	1.68

Summer season: All of steam for the autoclave

Measuring data at 25 August 1997: 2.9 t/h

Summer (June, July, August in 1996)

Water consumption : 8,490 t

Water consumption for boiler : $2.9 \times 1,608 \text{ h} = 4,663 \text{ t}$

Water consumption for others : $8,490 - 4,663 = 3,827 \text{ t} = 1,276 \text{ t/m}$

Ex. Boiler efficiency in summer = $\frac{6.73 \times \{(663 - 0.02 \times 48.16) - 15\}}{26.5 / 0.985 \times 0.239 \times 1,000} = 66.8 \%$

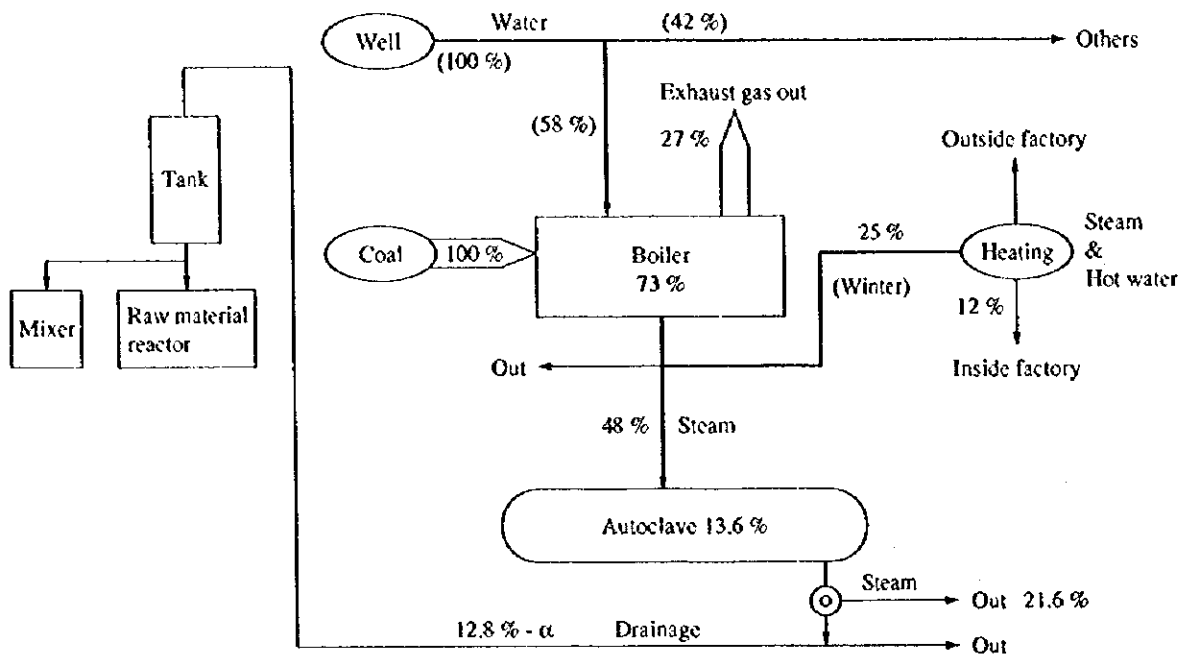
(5) 製品コストに占めるエネルギーコストの割合

Fuel : 11.9%

Electricity : 22%

(6) エネルギーフロー

Figure 4.2.4 Energy Flow Chart



4.2.3 エネルギー管理の状況

(1) 省エネルギー目標値の設定

a. 目標の設定

特に目標の設定はない。

b. 省エネルギー推進に当たっての問題点

計測器およびデータの記録がないので、科学的、合理的な工程管理ができない。

需要の季節変動が大きく、安定生産、設備の効率的稼働ができない。

新設備を導入したいが資金が不足している。

大企業でないので人材が少なく技術力に問題あり。

(2) 組織的な活動

a. 省エネルギー専従部署の設置

エネルギー担当マネージャーは居る。

b. 省エネルギー委員会の設置

特に設置していない。

c. 経営のスタンス

民営化に伴い、営業活動、会社のPR、生産品種の拡大等積極的に活動している。

品質管理、省エネルギーについても重要性は認識している。

(3) データに基づく管理

計測器および記録計の設置が殆どないのでデータの把握による科学的管理が困難である。

(4) 設備管理

設備のメンテナンスは冬季の不需要期に集中して実施するようだが、大修理はそれでよいが日常のメンテナンスが疎かになっているようだ。

蒸気漏れ、原料石灰のこぼれ、清掃不良も随所に散見された。

4.2.4 エネルギー使用上の問題点と対策

(1) Excellent factory とのエネルギー消費原単位比較

Excellent factoryとして類似の珪酸カルシウム水和物の屋根材を製造している工場との対比を行う。Excellent factoryは、屋根材の塗装の乾燥用電気炉を有しているので電力原単位が高い。

Silikatyは、Excellent factoryより燃料原単位は悪いが、電力原単位は乾燥用電気炉を除けばほぼ同じである。

Table 4.2.8 Comparison of Energy Intensity

	Unit	Silikaty	Excellent factory	Difference
Fuel intensity	GJ/t	1.54 (1.17)	0.58	0.96 (0.59)
Electricity intensity	GJ/t	0.14 (0.10)	0.14*	0 (-0.04)
Total energy intensity	GJ/t	1.68 (1.27)	0.72	0.96 (0.55)

Note: () = except heating of building

*: Excluding the electricity consumed by the electric dryer

(2) 省エネルギーポテンシャルの推定

省エネルギーのステップは、下記のように3つに分類する。

第1ステップ：管理強化によるもの

第2ステップ：設備改善によるもの

第3ステップ：プロセス改善によるもの

a. プロセス

a1. 外部要因による差

Table 4.2.9 Comparison of Raw Material and Product

	Silikaty	Excellent factory	Remarks
Raw material	Silica sand : 85 %	Cement : 40 %	
	Quick lime (CaO) : 8.5 %	Silica sand: 30 %	
	Waste : 1 %	Waste*1 : 20 %	*1 Aggregate
	Water : 6.5 %	Water : 10 %	
Product	Thickness : 65 ~ 220 mm	4.5 ~ 7 mm	
	Weight : 3.5 ~ 35 kg	3.1 ~ 5.1 kg	
	Density : 1,800 ~ (1,200*2) kg/m ³	1,900 kg/m ³	*2 Open hole
	Strength : 8.0 ~ 26 MPa (Compress)	24 MPa (Bend)	

使用原料、製品の品質は若干異なるがエネルギー消費量に対する影響は少ない。

Table 4.2.10 Comparison of Production Process

		Silikaty	Excellent factory	Remarks
Crushing		None	For waste material	
Surface heating		None	For painting*	* Two sets each
Drying				
Autoclave	Size	: 2.0φ × 22 m	2.1φ × 40 m	
	Material	: 35 t	51.2 t	
	Insulate	: 100 mm	75 mm	
	Press × time	: 0.9 MPa × 9 h	0.85 MPa × 9 ~ 12 h	

Silikatyは製造工程で塗装および破碎工程がないので、加熱、乾燥、搬送等の電力は少なく電力原単位は低い。

オートクレーブは長さが約2分の1であるが、スケール差のデメリットは殆ど考えられない。操業条件（圧力、温度、時間）は大差ない。

a2. 技術的要因による差

1) 生産工程管理の改善および保熱用燃料の最小化

① 生産工程管理の改善（第1ステップ）

計測器の充実：

オートクレーブ用蒸気流量記録計、温度記録計（または圧力記録計）が必要である。

科学的工程管理の実施：

計測→実状把握→標準化→改善→省エネルギーとなるが、原単位低減について定量的に評価するためには、測定データによる工程管理が必要である。

② 操業改善

②-1 オートクレーブ操業現状の把握

今回測定したオートクレーブの温度および調査データをFigure 4.2.5およびFigure 4.2.6に示す。

Figure 4.2.5 Heat Pattern of No. 2 Autoclave

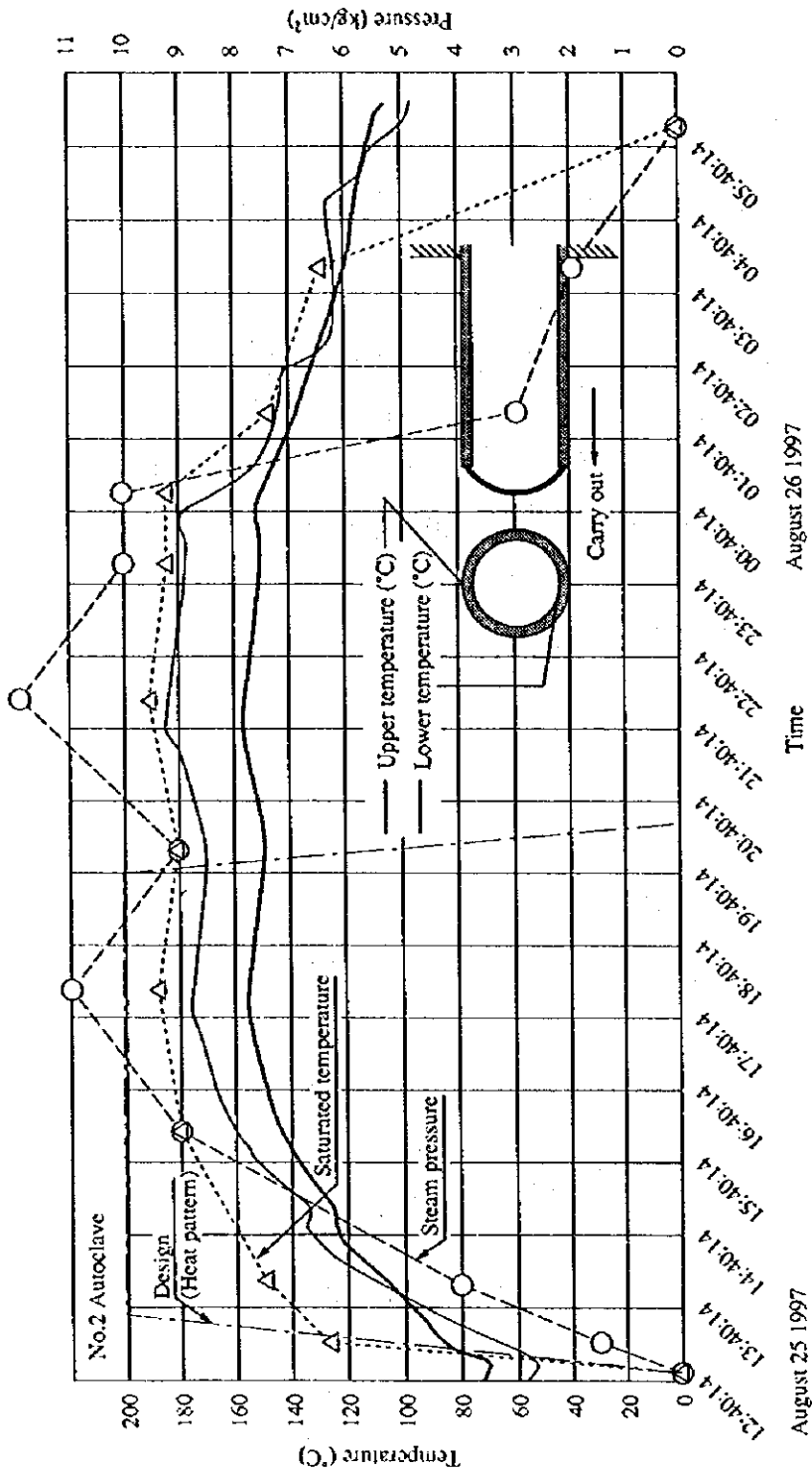
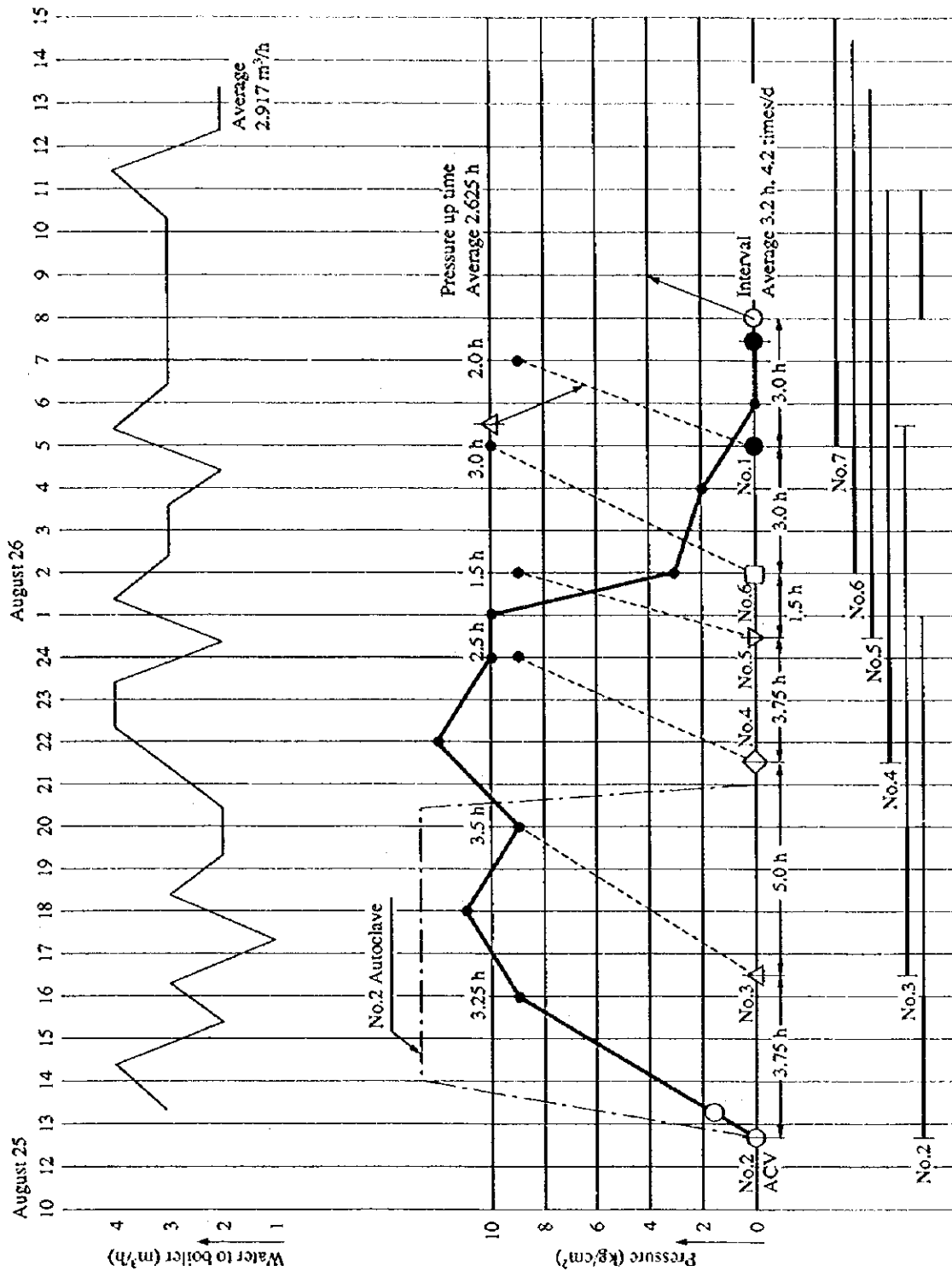
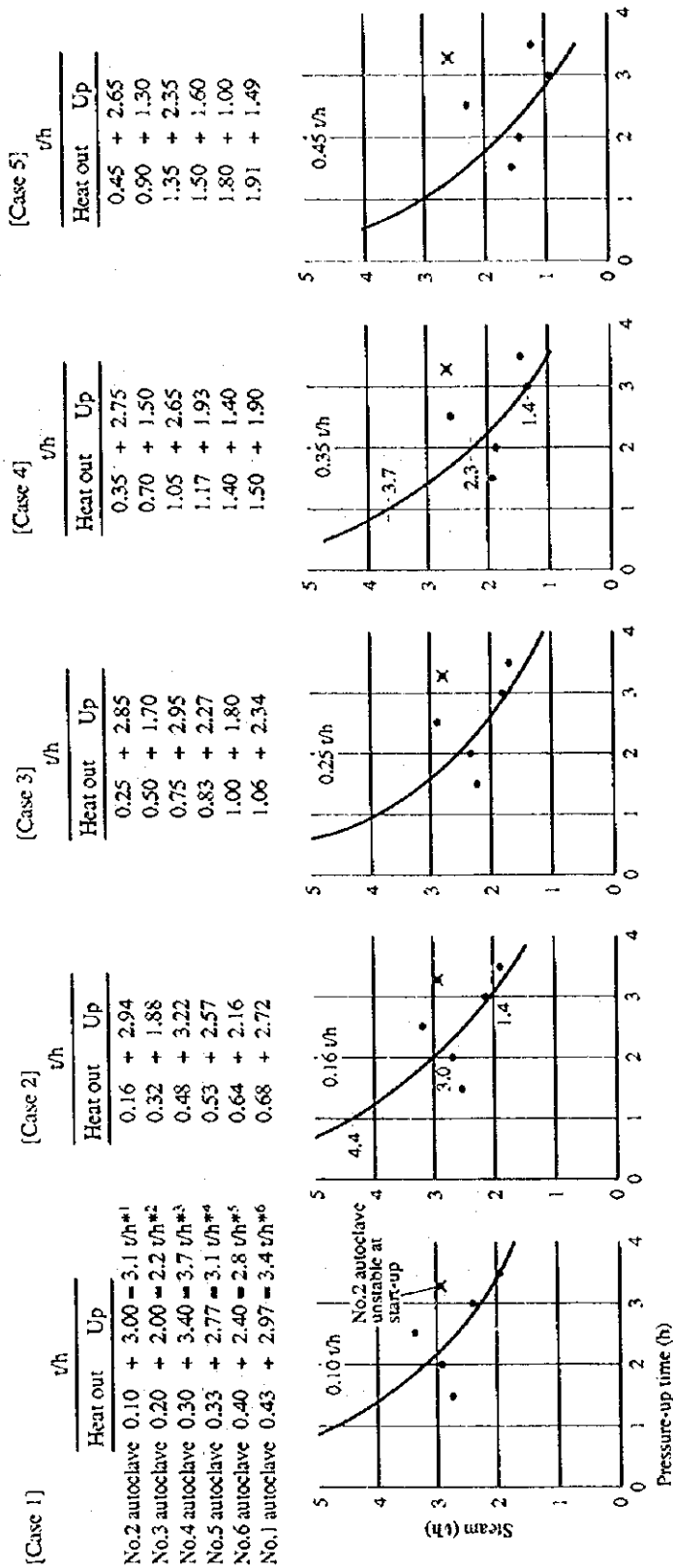


Figure 4.2.6 Operation Progress of Autoclave



次にFigure 4.2.6から昇圧（昇温）時間と、昇圧（昇温）期間中の蒸気消費量の実績を求めた。データのバラツキが大きいので、制度は悪いがオートクレーブ表面からの放熱をカバーする蒸気量を0.10t/h~0.45t/hと仮定してプロットしたのがFigure 4.2.7である。

Figure 4.2.7 Steam Consumption vs. Pressure-up Time in Several Cases of Heat Loss from Surface



Calculation in Figure 4.2.6

No.2 autoclave start-up	No.3 autoclave start-up	No.4 autoclave start-up	No.5 autoclave start-up	No.6 autoclave start-up	No.1 autoclave start-up
3 t x 1 h	3 t x 0.7 h	3 t x 0.7 h	2 t x 0.7 h	4 t x 0.2 h	2 t x 0.2 h
4 t x 1 h	1 t x 1 h	4 t x 1.8 h	4 t x 0.8 h	3 t x 2 h	4 t x 1 h
2 t x 0.8 h	3 t x 1 h	9.3 t/2.5 h	4.6 t/1.5 h	2 t x 0.8 h	3 t x 0.8 h
8.6 t/2.8 h	7.7 t/3.5 h			8.4 t/3.0 h	6.8 t/2.0 h
3.1 t/h*1	2.2 t/h*2	3.7 t/h*3	3.1 t/h*4	2.8 t/h*5	3.4 t/h*6
3.25 h	3.5 h	2.5 h	1.5 h	3.0 h	2.0 h
Run: 1 ACV	Run: 2 ACV	Run: 3 ACV	Run: 3.3 ACV	Run: 4 ACV	Run: 4.25 ACV

Figure 4.2.7によれば、各ケースに大きな差異は認められないが、ケース2の放散熱損失0.16t/hを蒸気消費量計算に適用する。

次にFigure 4.2.5から蒸気停止後のオートクレーブの温度降下曲線と、オートクレーブ圧力とキープ時間との関係(ヒアリングデータ)をFigure 4.2.8およびFigure 4.2.9に示す。

Figure 4.2.8 Temperature-drop Curve after Steam is Stopped

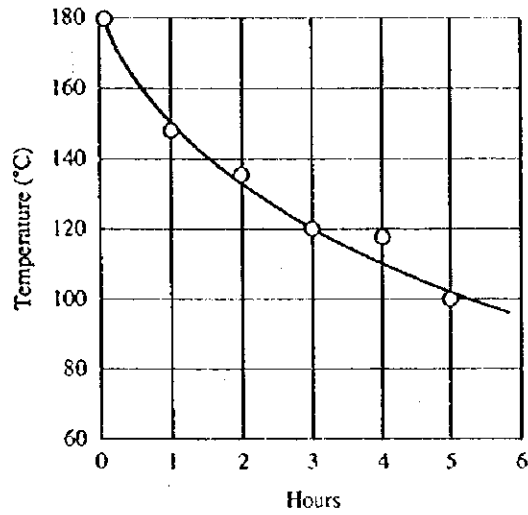
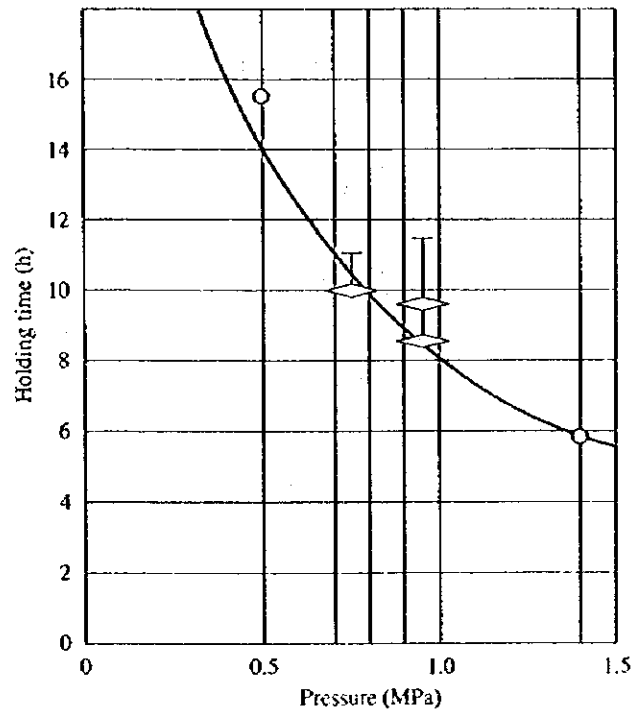


Figure 4.2.9 Autoclave Holding Time vs. Pressure



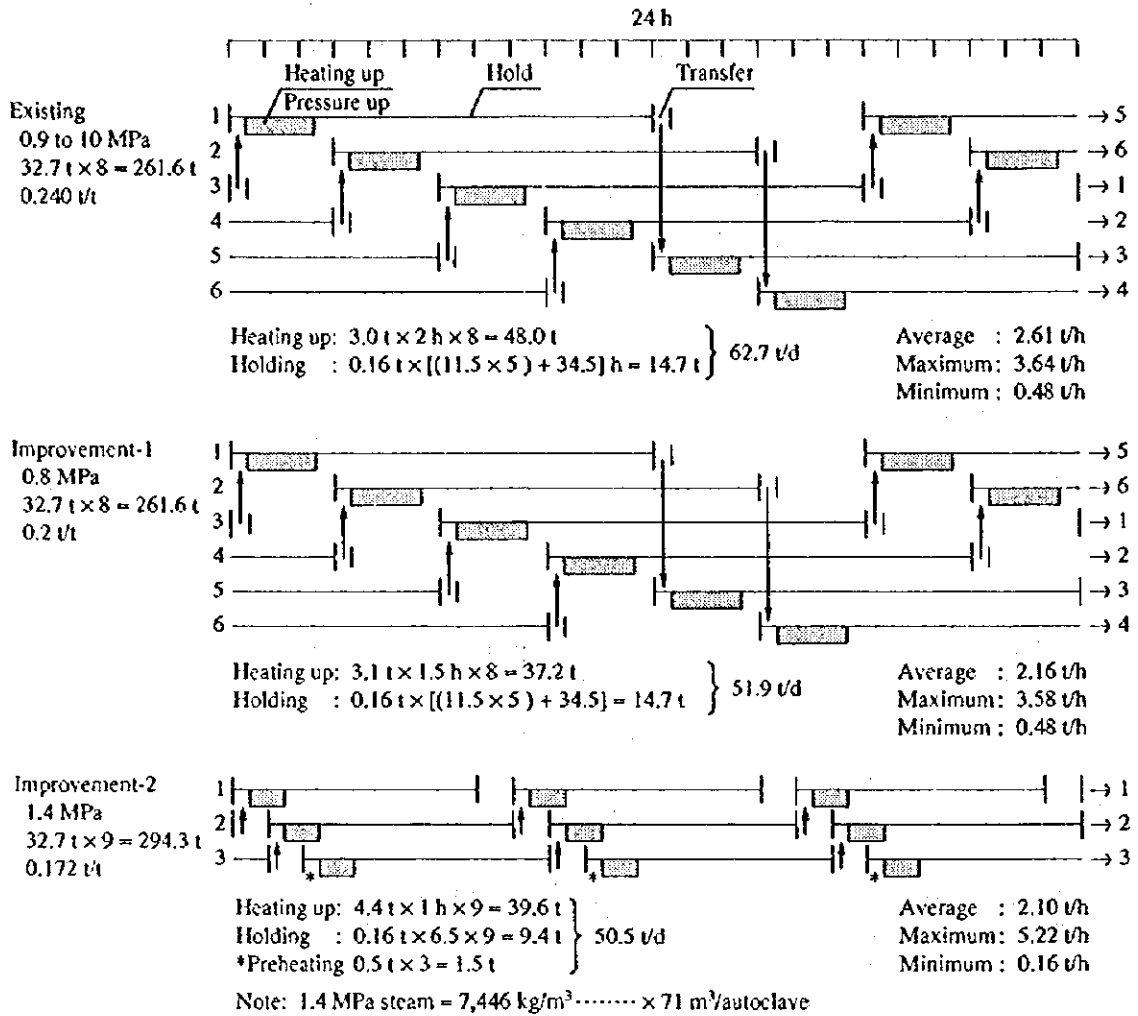
②-2 オートクレーブ操作パターンの改善

オートクレーブ操作パターンの現状と改善パターンをFigure 4.2.10に示す。

また、操作パターンに対応するヒートパターンをFigure 4.2.11に示す。

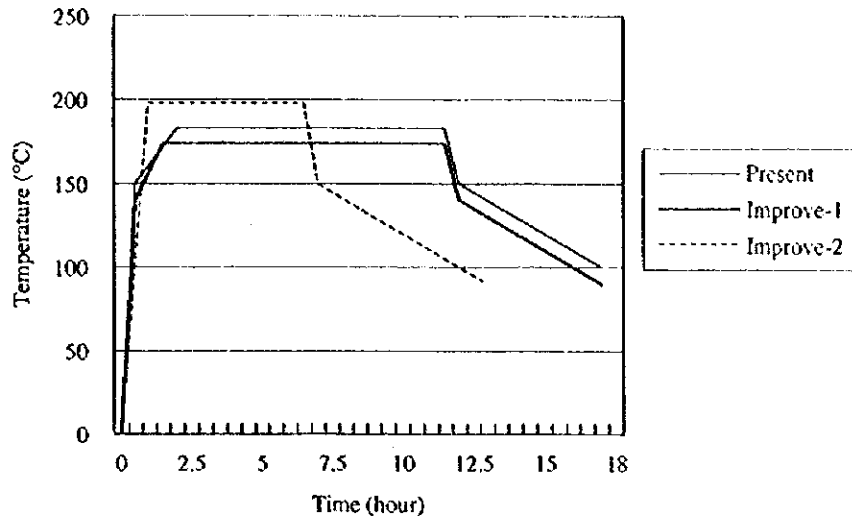
Figure 4.2.10 Autoclave Operation Pattern and Improvement Plan

(Case of "hold" = 0.16t/h each)



Remark: Hold = heat loss from the surface = heat out

Figure 4.2.11 Autoclave Heat Pattern



現状と改善案の操業条件および蒸気原単位は次のとおりである。

	現状	改善案-1	改善案-2
生産量 (t/h)	261.6	261.6	294.3
保持蒸気圧力 (MPa)	1.0	0.8	1.4
保持温度 (°C)	183.2	174.5	197.4
保持時間 (h)	9.5	10.0	5.5
昇温時間 (h)	2.0	1.5	1.0
硬化用蒸気量 (t/h)	0.16	0.16	0.16
最大蒸気使用量 (t/h)	3.64	3.58	5.22
蒸気原単位 (t/t-product)	0.24	0.2	0.172

現状の操業パターンにおけるブロックの硬化に必要な蒸気量は Figure 4.2.7 の Case 2 の放熱に相当する蒸気量と同じ 0.16 t/h とした。

改善案-1 は、現状の生産量と蒸気使用量で最長のサイクルタイムを採用したものである。保持蒸気圧力を低くして、昇温時間を短くすることおよび保持時間を長くすることは蒸気の潜熱の有効利用の点から省エネルギーとなる。

保持蒸気圧力 0.8MPa における保持時間は Figure 4.2.9 から 10h であり、昇温時間は 1.5h となる。ブロックの硬化に必要な蒸気量は、

$0.16 \times 662.9 \times 11.5 / (660.8 \times 11.5) = 0.1605 = 0.16 \text{ t/h}$ となる。

改善案-1 のエネルギー原単位低減は次のとおりである。

$$(0.24 \times 662.9 - 0.2 \times 660.8) \times 4.1868 = 113 \text{ MJ/t}$$

ボイラ効率を 73% として石炭換算すれば、155 MJ/t となる。

エネルギー節減量： 155 MJ/t (7,642 GJ/y)

・改善案 -2 (第2ステップ)

生産量は293t/d、装入回数9 charge/dである。オートクレーブの稼働率を上げ、オートクレーブからの搬出と搬入を同時に行い残熱を有効に利用した方法である。Figure 4.2.12に示すとおり、現状の方式より187MJ/t (= 665 - 478) だけエネルギー原単位が改善される。但しこの改善はオートクレーブ3基で生産量も12.5%増加することと、負荷変動が大きいのでそれに対応できるボイラに更新されていることが必要である。台車の連結、けん引装置、オートクレーブ内部点検方法等を検討する必要がある。

Figure 4.2.12にオートクレーブの熱収支を現状、改善案 -2、新鋭工場と対比して示した。この図は、Figure 4.2.10の操業パターンで算出した蒸気量をベースに入熱を求め、Table 4.2.11からTable 4.2.13に示した顕在出熱と入熱蒸気のドレンロスおよびその他ロス（スチームロス）とに分けて示した。なお、現状の図では、実測値との差を更に低負荷操業ロスとして示した。その他負荷変動に追従できないロスはスチームロスの中にも含まれている。

Table 4.2.11 Steam Heat Value by Gauge Pressure

Pressure (MPa [gauge])	Saturated temperature (°C)	Enthalpy (kcal/kg)	Heat of evaporation (kcal/kg)	Ratio (%)	Holding heat* (kcal/kg)
0.5	158.1	657.9	498.6	75.8	632.9
0.9	179.0	662.9	481.6	72.7	638.3
1.4	197.4	666.2	465.5	69.9	641.9

* Dryness of steam: 98 %

Enthalpy of supply water: 15 kcal/kg

Table 4.2.12 Heat Value for Heating One Autoclave

Pressure (MPa [gauge])	Cart (Mcal)	Autoclave body (Mcal)	Insulation (Mcal)	Sub total (Mcal)	Material (Mcal)	Total (MJ)
0.5	105	240	36	381	870	5,234
0.9	122	171	26	319	1,007	5,548
1.4	137	60	9	206	1,127	5,577

Note: Cart: 400 kg × 18 pcs/one autoclave

Autoclave body: 18.3 t Existing: $\Delta T = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$

Improvement-2: $\Delta T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Case of 1.4 MPa)

Insulation: Thickness 100 mm, glasswool

Material: 32.7 t/autoclave

Table 4.2.13 Steam Catchable Heat Intensity per Product

Pressure (MPa [gauge])	Heating up of autoclave (MJ/t)	Radiation heat loss of autoclave (MJ/t)	Total (MJ/t)
0.5	160.1	55.2 (23.3)	215.3 (183.4)
0.9	169.7	41.2 (17.0)	210.9 (186.7)
1.4	170.6	27.3 (11.1)	197.9 (181.7)

Note: (): Case of insulation on the gate door of autoclave

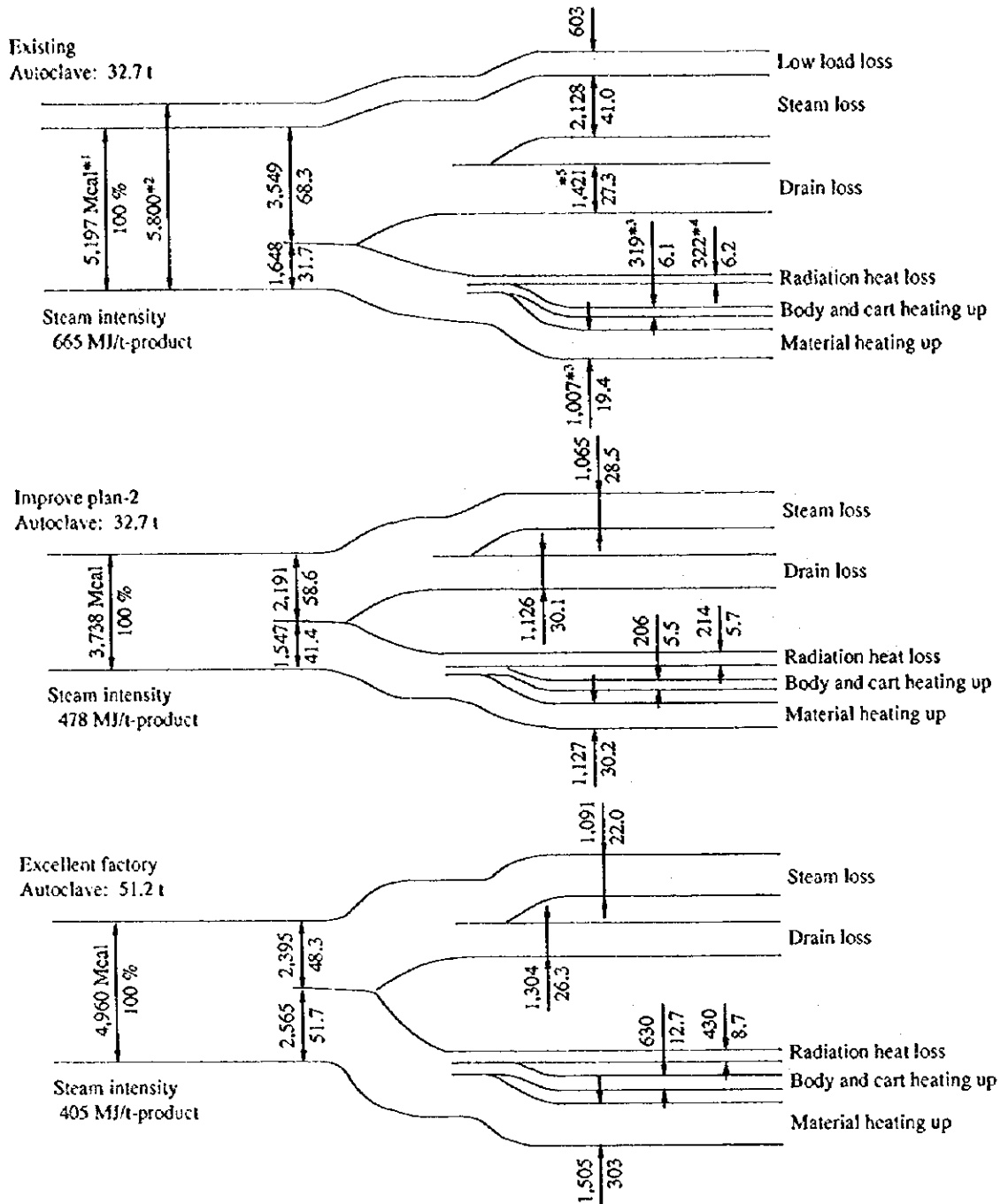
Operation hours of autoclave one cycle

0.5 MPa: 19 h — Hold 15.5 h

0.9 MPa: 12 h — Hold 9.5 h

1.4 MPa: 7.0 h — Hold 5.5 h

Figure 4.2.12 Heat Balance of Autoclave (one cycle)



- Note *1: 0.9 Mpa steam = 662.9 kcal/kg
 Autoclave one cycle steam = 3.0 t × 2 h + 0.16 t × 11.5 h = 7.84 t (cf. Figure 4.2.10)
- *2: $2.917 \text{ t} \times 24 \div 8 = 8.75 \text{ t}$ (measured value)
- *3: cf. Table 4.2.12
- *4: 26.8 Mcal/h × 12 h
- *5: $5,197 \times \frac{662.9 - 4,816}{662.9}$

オートクレーブに入れる台車上のブロックの積み方を検討して、オートクレーブの断面積に対して空隙率の少ない積み方を検討し、現在より多く積みれば熱損失が減少し、蒸気原単位が向上する。

2) 設計原単位中燃料原単位の低減

① 熱回収（第1ステップ）

オートクレーブの排出ドレンは、原料水分調整用として回収しているが、熱量として有効に利用しているとは言えない。したがって、排出ドレンおよび放出蒸気の熱量を熱交換器を介してボイラ給水の予熱に用い、その後原料用水として再利用するようにする。ボイラ給水は80℃に上げることが可能でTable 4.2.7のアニュアルデータより下記のとおり。

$$21,014t \times (80 - 15) \times 1 \div 49,306 \times 4.1869 = 116 \text{ MJ/t}$$

低減エネルギー原単位 116MJ/t

ボイラ効率を73%とすると、石炭節約量は $116/0.73=159 \text{ MJ/t}$ (7,840GJ/y)

3) 設備改善

① 調合設備の更新（第1ステップ）

近代的な秤量機・混合機に更新し、水分計を設置し、科学的工程管理を行うことにより生産・品質が安定し、間接的に省エネルギーになる（歩留向上とも関連）。エネルギー削減量は10%とすると、

$$1,693 \text{ MJ/t} \times 0.1 = 169 \text{ MJ/t} \text{ (8,332GJ/y)}$$

② 在庫ヤードの拡張（第2ステップ）

最低1ヶ月分の在庫ヤードを作り、合理的生産計画を行うことにより、間接的に省エネルギーになる。

4) 歩留向上

現状の歩留はオートクレーブ後の製品の不良率は1%程度であるとのことだが、見たところ欠け、クラックのある製品がかなり多い。多少の欠陥は2級品として販売しているとのことだが、今後自由競争が激化すれば、

品質に対する要求も厳しくなり結果的に歩留が低下しエネルギー原単位が悪化することが予測される。それを防止するため前述の設備改善とともに生産管理の改善が不可欠になる。

5) 季節変動の縮小化

冬季需要が半減し生産量が半減することは、設備の稼働率のみならずエネルギー原単位の大規模な悪化の要因となっている。現在ボイラ蒸気が暖房用と区別できていないので、エネルギー原単位としては、更に、冬季は悪く現れている。（参: Table 4.2.7）

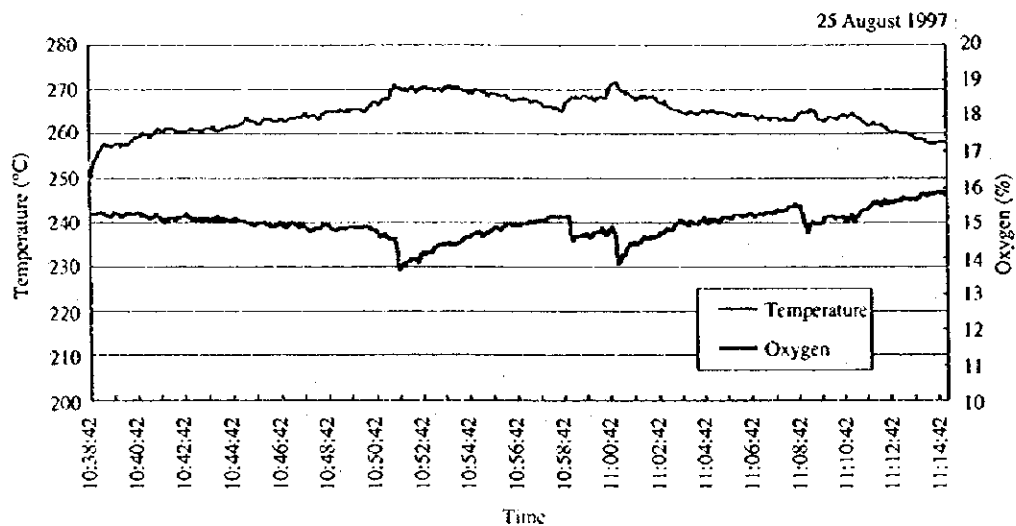
冬季生産量の低下を防止するには、冬季に需要が落ちない新製品の開発等何らかの対策を考える必要がある。

b. ユーティリティ（熱利用設備）

1) ボイラの排ガス成分の計測と解析

稼働中の1号ボイラの煙管出口の排ガス集合部で計測した排ガス中酸素濃度および排ガス温度の例をFigure 4.2.13に示す。

Figure 4.2.13 Measurement of No.1 Boiler Exhaust Gas



このボイラの設計仕様をTable 4.2.14に示す。

Table 4.2.14 Boiler Design Specifications

No. of units	2
Year of installation	1988 and 1990
Type	Flue and smoke tube (2 flues per boiler)
Manufacturer	SEFAKO (Polad)
Pressure/temperature	18 kg/cm ² , 209 °C (Saturated)
Evaporation	3.8 t/h
Fuel	Coal (26,000 kJ/kg)
Combustion unit	2 coal stokers (Furnace floor 0.6 W × 0.4 L)
Blower	1 blower per stoker 1 IDF/boiler
Feedwater treatment unit	Softener. Water is fed after being preheated to 95 °C in the feedwater tank.
Dust collector	Cyclone dust collector

Figure 4.2.13において排ガス酸素、排ガス温度がステップ状に変化しているのは、この時燃焼空気のダンパーが手動で調整されたものと思われる。測定時間中のそれぞれの測定値の平均値・最大値・最小値をTable 4.2.15に示す。また、この表には排ガス酸素から計算された空気比をも記載した。

Table 4.2.15 Average, Maximum and Minimum of Exhaust Gas Oxygen/Exhaust Gas Temperature

	Oxygen in Exhaust Gas	Air Ratio	Exhaust Gas Temperature
Average	15.0 %	3.4	265
Maximum	15.9 %	4.0	272
Minimum	13.7 %	2.8	250

空気比を低減すれば排ガスの量が減少する。この時排ガスの温度が変化しないものとする、排ガス損失熱が減少するので燃料の必要量が低減される。空気比調整による燃料低減を試算した結果をTable 4.2.16に示す。この計算では空気量を調整することによって、現状酸素濃度（平均値）から計測中最小値にまで低減したことを前提に燃料節減量を求めている。

Table 4.2.16 Fuel Reduction Effect by Air Adjustment

Preconditions		Calculation Result		
Coal		Theoretical combustion	Current air ratio condition	After air ratio improvement
Net heat value (kJ/kg)	24,995			
Net heat value (kcal/kg)	5,971	Oxygen in exhaust gas	0.0 %	15.0 %
Ash content	6.2 %	Air ratio	1	3.4
Water content	6.0 %	Air amount (m ³ /kg)	7.1	24.4
Combustion air temperature	30 °C	Exhaust gas amount (m ³ /kg)	7.5	24.8
Exhaust gas temperature	265 °C	Exhaust gas heat loss rate (against fuel heat)	31.7 %	26.4 %
		Fuel saving rate		7.3 %

Notes: Air ratio after improvement is the minimum of the measured O₂ values.

Table 4.2.16のように、排ガス中酸素濃度を計測された最小値である13.7%まで調整できれば燃料消費は調整前に比べて7.3%低減できる。この時排ガス損失熱は、31.7%から26.4%に低減される。即ち、この計算では、ボイラ効率は約5%改善される。しかし、Figure 4.2.13によれば、このボイラでは排ガス中酸素濃度の減少に伴い排ガス温度が上昇する傾向となっており、排ガス酸素の調整による効率改善はこの計算値よりも小さくなる可能性がある。

なお、これらの計算に用いた燃料の組成はTable 4.2.17のとおりである。

Table 4.2.17 Composition of Fuel Coal

C	H	O	N	S	Water content	Ash content
81.5 %	4.9 %	11.4 %	1.3 %	0.8 %	6.0 %	6.2 %

燃料節減量 : $1.54\text{GJ/t} \times 0.073 = 0.112\text{GJ/t}$ (5,542GJ/y)

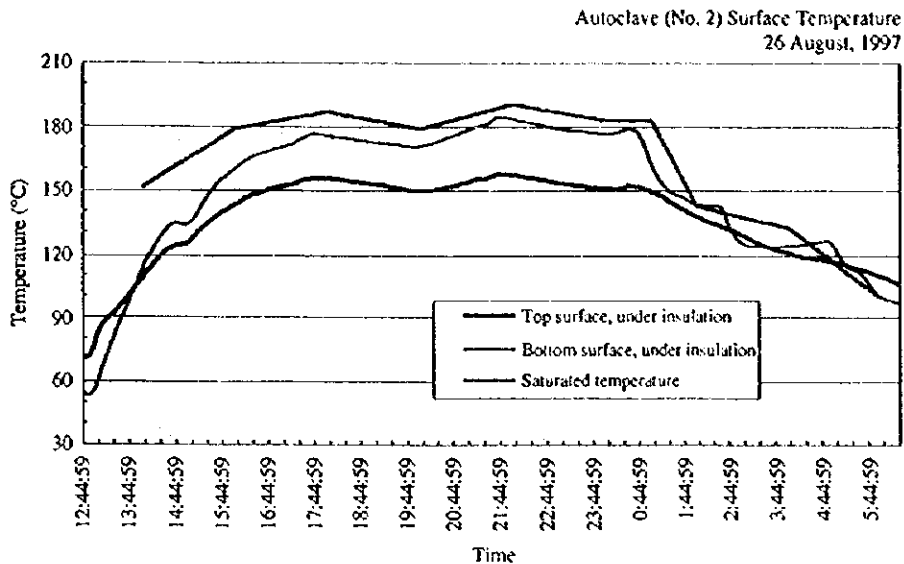
2) オートクレーブの表面温度の計測と放熱計算

オートクレーブのシェルの表面温度の計測結果をFigure 4.2.14に示す。計測点は、シェルの上部と下部の外壁で何れも保温層の下へ熱電対を挿し込んで計測した。したがって、熱電対とシェル外壁の接触の程度は確認されていないが、保温層の内側であるので、測温結果に与える影響は少ないと思われる。なお、Figure 4.2.14には作業日誌上のオートクレーブ操業データから求めた飽和温度値も記入している。本体下面の表面温度は、

この飽和温度に近い値を示している。

この計測によれば、上面の温度が下面より約20℃低い。この原因として、本体内部の上部に空気が残存しているため、この部分の蒸気圧が低いのではないかと推測される。この点については、再調査が必要である。

Figure 4.2.14 Autoclave Surface Temperature



3) 蒸気系統の保温の強化

ボイラ室およびオートクレーブ室にある蒸気ヘッダーでは弁の保温がなされていない。

蒸気弁では、ある程度の厚みの保温を施せば表面からの放熱損失は保温なしの場合に比して10%にまで低減される。特に弁は表面積が大きいのので放熱損失が大きく、したがって、保温は必須のことである。

保温の効果を定量化するために、この工場で蒸気弁の数を想定して放熱の計算を行った。Table 4.2.18に前提条件を、Table 4.2.19に計算結果を示す。

Table 4.2.18 Assumed No. of Valves Installed

Nominal size (mm)	Actual diameter (mm)	Number installed	Equivalent length (m/piece)	Length (m)
50	60.5	20.0	1.28	25.6
80	89.1	40.0	1.56	62.4
100	114.3	30.0	1.58	47.4
125	139.8	6.0	1.74	10.44

Table 4.2.19 Calculation of Heat Radiation from the Valve

Pipe size	Length (m)	Surface (°C)	Room (°C)	Emission (kJ/m/h)	Emission (kJ/h)	Emission (kcal/m/h)
50 mm diameter	25.6	150.0	30.0	1,346	34,479	321
65 mm diameter	62.4	150.0	30.0	1,983	123,771	473
100 mm diameter	47.4	170.0	30.0	3,161	149,857	755
125 mm diameter	10.44	170.0	30.0	3,866	40,370	923
Total					348,478	

弁の保温により放熱量の90%が低減されるとすると、この表から低減量は313,630kJ/hとなり、運転時間を7,500h/y、ボイラの効率を73%とすれば、燃料の節減は3,225GJ/yとなる。

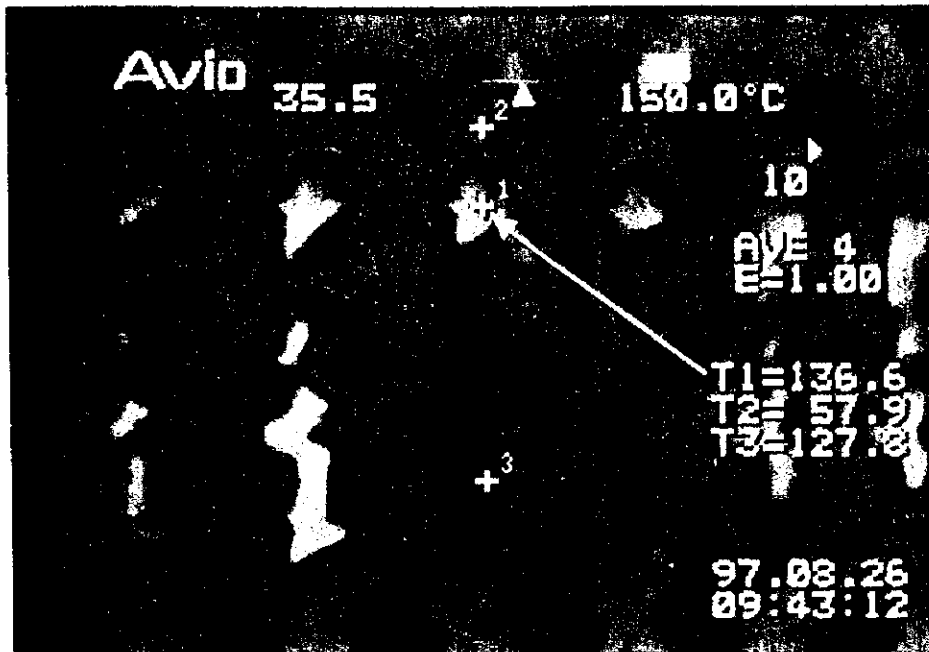
4) コージェネレーション

建材工場でコージェネレーション設備を導入して、電気、蒸気トータルでの効率を大幅に改善した例があるが、SILIKATYの現状では、電力使用量が少なくかつ変動が大きいので導入は考えにくい。生産が倍増し、季節変動も少なくなった時点で考慮すべきであろう。

5) 保温されていない弁の熱画像

赤外線熱画像装置を用いて保温されていない高温部を撮影することにより、非保温部の高温状態を画像の色として表現できる。一例として、オートクレーブ室の蒸気ヘッダーの画像をFigure 4.2.15に示す。

Figure 4.2.15 Thermal Image of Steam Header



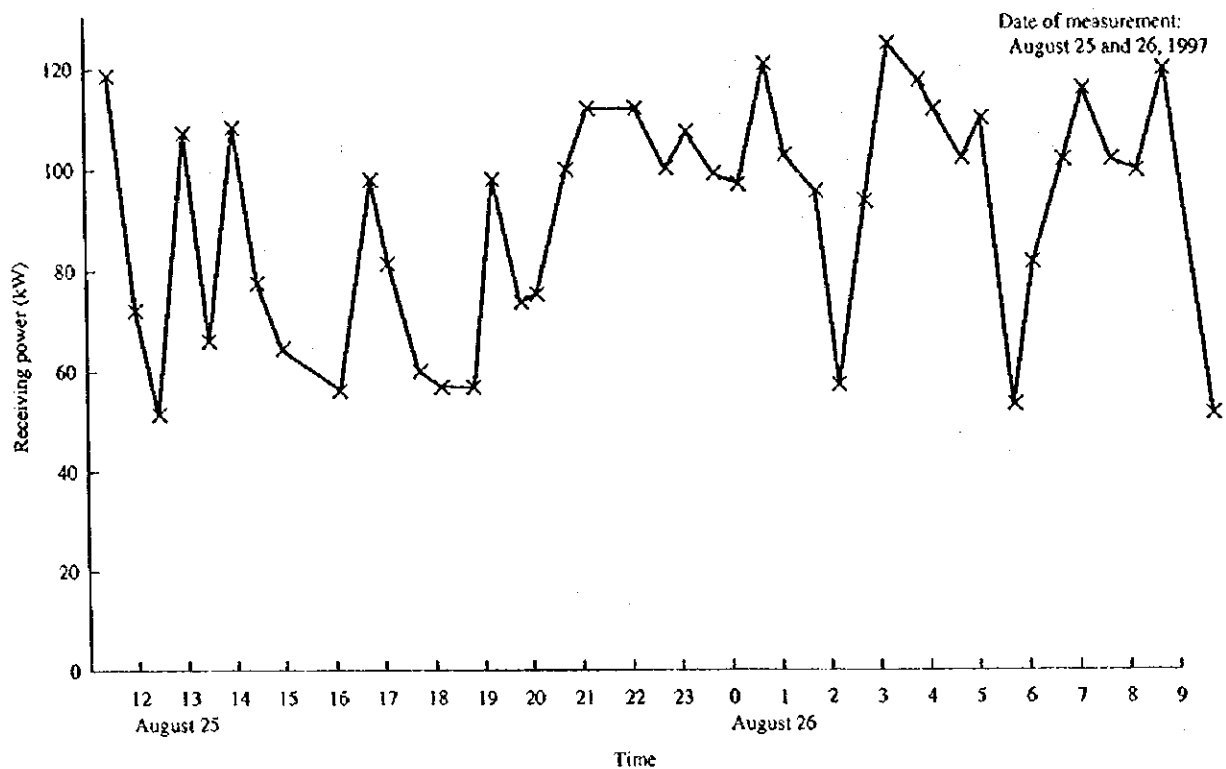
c. ユーティリティ（電気利用設備）

1) 工場の設備機器の保全を良くして、生産効率を上げる

工場の使用電力を連続測定した結果をFigure 4.2.16に示す。Figure 4.2.16中使用電力の低下時は生産が停止したものと推定される。この原因には、機器の故障が考えられる。

工程の故障時には、稼働したままの関連設備の電力が無駄使いになる。本工場では、原料運搬コンベアが空のまま運転されているのを見たが、省エネルギーのため停止可能な設備は極力停止するよう管理を強化する必要がある。

Figure 4.1.16 Receiving Power Demand (30 min.)



対策：

- ・設備の保守、保全を良くし、生産停止時間を減らす。
- ・特定の工程が生産過剰の場合は、その部分のみ一定時間停止し、始動一停止回数を極力減らす。

効果：

- ・生産量は機械の停止または、故障率の減少に逆比例して一定量まで増える。
- ・機械の無駄な稼働が減り省電力になる。

2) ピーク負荷を減らして

当日の使用電力は平均すれば100kW以下であるが、50~120kWと変動が大きかった。1996年の平均電力使用量は130kWであるから、ピークデマンド280kWはやや大きい。

対策：

- ・多数の大型機器を同時に始動せず、時間差をつけて順次始動する。
- ・不急の設備の稼働はピークの発生時間帯を避ける。

効果：

- ・ピークデマンド料金が減る。約80kWの低減ができると考えられ、年間に約7,488PLN ($80\text{kW} \times 7.8\text{PLN/kW} \times 12\text{months}$)の節減が考えられる。

3) モータへの供給電圧を適正に保つ

各機器の使用電力等の測定結果をTable 4.2.20に示すが、全般に使用電力が少なく、力率が低い。このような場合は動力への変換効率が低いため、通常は電源電圧を僅かに下げる等の方法がとられる。この結果モータの効率は僅かではあるが向上する。

しかし、別途に調査した最高、最低電圧はそれぞれ427V、378Vで、電圧変動幅が大きい。上記対策を実施する以前に電力の供給側に変動を少なくするよう要求したい。

なお、本工場における電圧は変動を除外すれば設備に対しては適当と考えられる。

Table 4.2.20 Measurement Data of Major Load

Name of load.	Rating (kW)	Consumption (kW)	Voltage (V)	Power factor (%)	Remark
Conveyor for raw material	22	6	415	39	Idling
	5.5	3.9	410	65	
No. 1 Press line	91	25	409	94	
Mixer of raw material	22	22.5	401	65	
No. 2 Press line	104	22	405	90	Total
Mixer (internal)	11	9	415	86	
Press machine	22	12	413	40	
Reactor	5.5	3.6	410	35	
Mixer (front side)	22	6.4	419	44	
Boiler		42	401	73	Total
Exhaust fan	22	17.5	407	80	
Pump	22	13.6	404	78	
Crane	30	10	405	32	
Lighting	44*				Outdoor
Prison (Selling)		7	401		Outside of factory

4) 照明の省エネルギー

工場内の照度は200~300Luxで問題がない。屋外灯は水銀灯で約30個が用いられ、1日約8時間自動点滅されている。

対策：

- ・屋外の水銀灯は高圧ナトリウム灯に変更する。現状の水銀灯125Wを20個の高圧ナトリウム灯110Wに変更する。

効果：

- ・電力の使用効率が改善でき約40%の省電力になる。

$$\text{電力節減量} : (125\text{W} \times 30 - 110 \times 20) \times 8 \times 365 / 1,000,000 = 4\text{MWh/y}$$

(3) 省エネルギーによる環境改善効果

省エネルギーによって燃料の使用量が低減されれば、大気中への汚染物質が排出量も減る。また省エネルギーによって電力の購入量が低減されれば、電力の発生もとすなわち発電所において大気中への汚染物質の排

出量が低減される。この省エネルギーによる排出量の低減は、省エネルギー量のほか燃料の種類やボイラーなど装置別に異なる。したがって各工場の実際の排出量を用いて、汚染物質の低減量を推計するのが正しい。しかし、ここでは、ポーランド全体へのスタディとの整合を取るために、The Institute of Environmental Protection の資料による業種別・燃料別の単位排出量 (汚染物質トン/燃料熱量 TJ) をもとにして算出する。この工場の省エネルギーによる大気汚染物質の低減量を、省エネルギーの各段階別に集計して、Table 4.2.21 に示す。

Table 4.2.21 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0	785	5.5	1.7	1.2
Step 1	1,168	8.2	2.5	1.8
Step 2	1,042	7.3	2.2	1.6
Step 3				
Step 1-3	2,210	15.5	4.7	3.4

Reduction includes emission from fuel and electricity.

またポーランドでは、汚染物質の排出者は排出料金 (fee) を支払う制度があるので、省エネルギーによって排出料金が低減される。排出料金の単価は、汚染物質別に定められている。またある量を超えた排出量に対しては課徴金 (charge) が課せらる。課徴金の単価は排出料金の 100 倍とされている。以下に記載する金額は通常の排出料金である。

工場調査をもとに提言された省エネルギー項目に対して、汚染物質の排出低減量、排出料金の低減額を計算した結果を Table 4.2.22 に示す。またこの表には、排出料金の低減効果を含んだ省エネルギー投資の回収期間と、それを含まない燃料費低減だけによる投資回収期間を併記している。

Table 4.2.22 Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction

Measures	Energy cost advantage	Emission fee advantage	Total advantage	Investment	Eco-Environ PBP	Economical PBP
Step 0	53	2.5	56	150	2.70	2.83
Step 1	94	3.7	97	43	0.44	0.46
Step 2	78	3.3	81	173	2.13	2.22
Step 3						
Step 1-3	171	7.1	178	216	1.21	1.26

Units: Thousand PLN or thousand PLN/y for expense, Year for PBP

この Table 4.2.22 に見るとおり、排出料金の低減額はエネルギー費用の低減額に比して大きくても数%程度であり、このため排出料金の低減が投資回収期間に及ぼす短縮効果も僅少である。

この工場では、省エネルギーの提言の主たる項目は、石炭消費の低減である。石炭では、硫黄分に対する排出料金が大きいので、排出料金の低減効果が他の燃料に比して大きく、エネルギーコストの低減効果に比して数%である。

(4) 省エネルギーポテンシャルのまとめ

工場の省エネルギーポテンシャルは Table 4.2.23 に示す。

Excellent factory のエネルギー消費原単位をベンチマークとした省エネルギーポテンシャルと第 1、第 2、第 3 ステップの省エネルギー対策を Figure 4.2.17 に示す。省エネルギーポテンシャルと投資回収期間および投資金額の関係を Figure 4.2.18 に示す。

Table 4.2.23 Summary of Energy Conservation Potential

Coal: 170 PLN/t Electricity: 0.172PLN/kWh
 (26.5 GJ/t) IPLN=30yen

Item	Energy Conservation Potential				Investment		Payback period year
	GJ/y	Fuel 10 ³ PLN/y	%	MWh/y	10 ³ PLN/y	10 ³ PLN	
第0スラップ (計画中)							
1 計量装置および調査設備更新	8,332	53	11.0		53	150	2.8
小計	8,332	53	11.0		53	150	2.8
第1スラップ							
2 オートクレーン操業パターン改善	7,642	49	10.1		49	45	0.9
3 ボイラ空気比改善	5,542	36	7.3		36	0	0.0
4 ピーク負荷減少				80 kW	7	0	0.0
小計	13,184	85	17.4	0	92	45	0.5
第2スラップ							
5 熱回収	7,840	50	10.4		50	64	1.3
6 蒸気弁保温強化	3,225	21	4.3		21	100	4.8
7 照明 ナトリウム灯への変更				4	1	9	13.1
小計	11,065	71	14.6	4	72	173	2.4
合計	32,581	209	43.0	4	217	366	1.7

Production: 49,306 ty (in 1996)
 1996年 燃料消費量: 75,711 GJ/y
 電力消費量: 663 MWh/y (6,796 GJ/y)
 Total: 82,507 GJ/y

Figure 4.2.17 SILIKATY Energy Conservation Potential

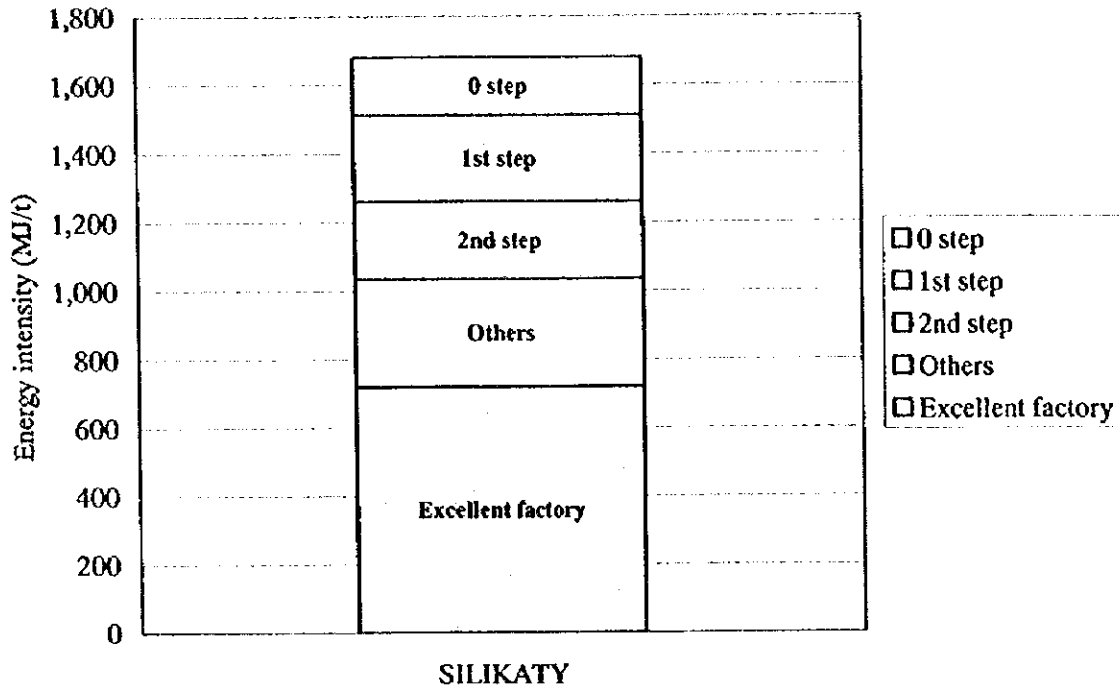
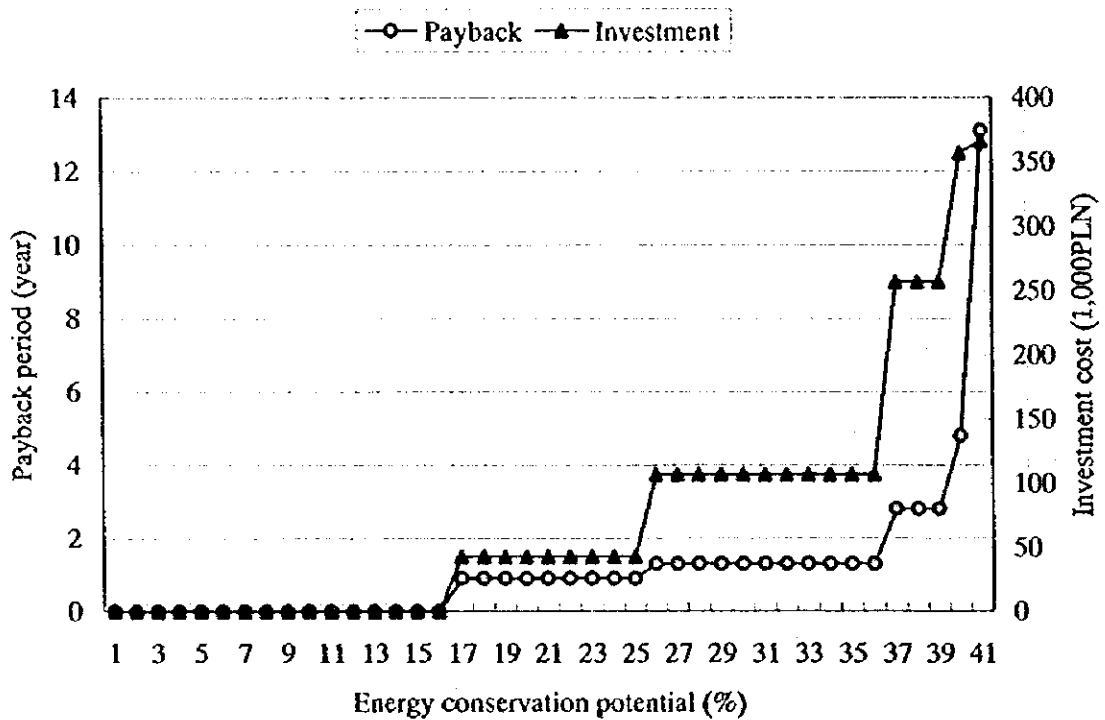


Figure 4.2.18 SILIKATY Energy Conservation Potential



5. 食品加工業の調査結果

5. 食品工業

5.1 OLVIT 工場の調査結果

(1) 調査期間 1997年9月11、12、15日

(2) 調査員

a. JICA チーム

福島 演雄	: 総括、熱管理技術
本多 四郎	: プロセス管理技術
小西 二郎	: 熱管理技術
杉本 利夫	: 電気管理技術
小山田 明弘	: 測定技術

b. KAPE and Local Consultant

KAPE

Dr. Roman Babut : Director of International Cooperation Division

Baltic Energy Conservation Agency

Dr. Edmund Wach : Heat Management

Dr. Andrezej Szajner : Heat Management

Mr. Pawel Bucko : Electricity Management

(3) 面接者

Mr. Tadeusz Brozek : Chief Engineer, Head of Energy Department

Mr. Romuald Hetmowski : Energy Department

Mr. Krzysztof Palacha : Energy Department

Mr. Piotr Grot : Head of Refinery Department

Ms. Elzbieta Grot : Head of Hydrogenation Department

Mr. Wiesława Tomczyk : Head of Margarine Department

Mr. Borkowski : Electrical Engineer

5.1.1 工場の概要

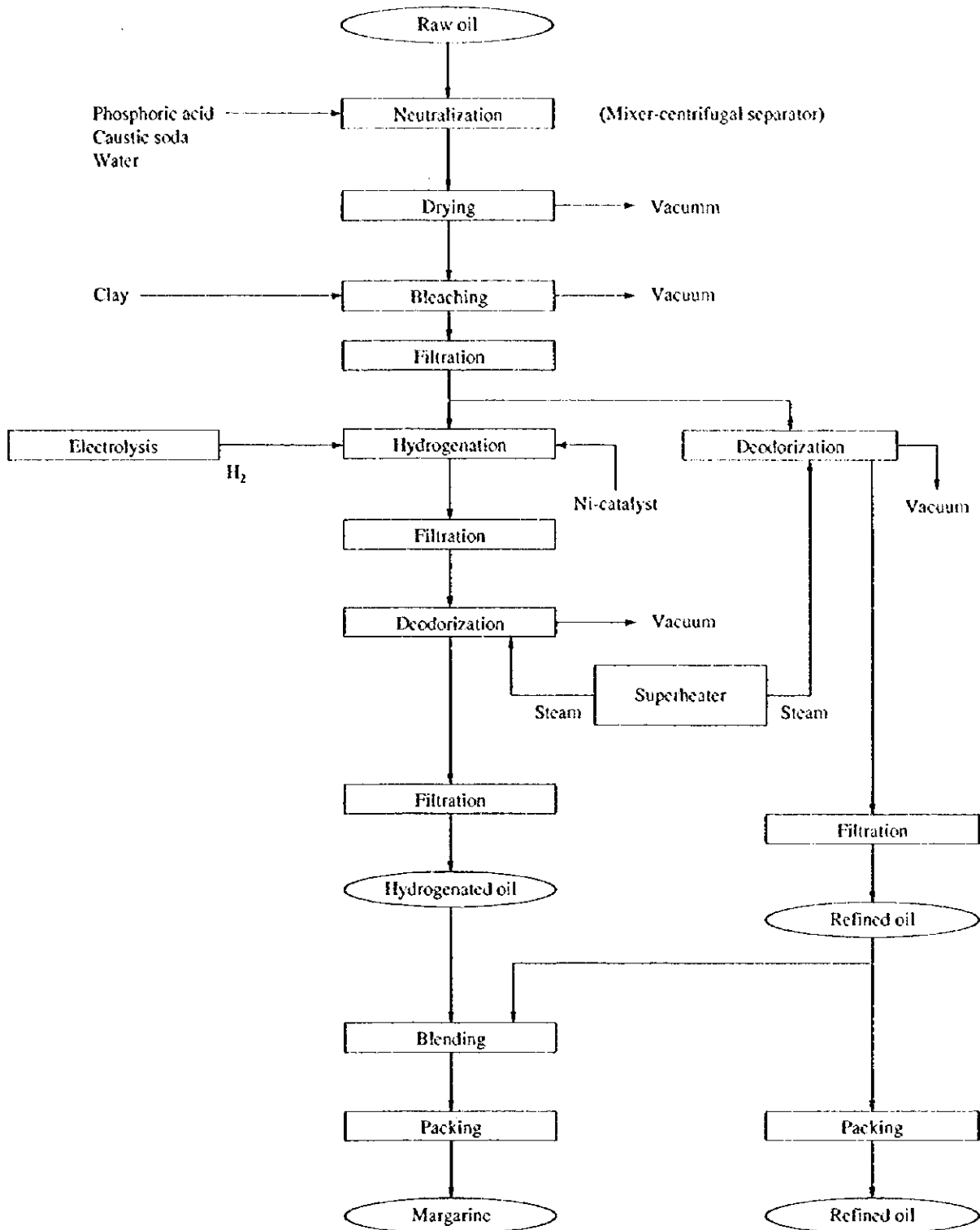
- | | |
|-----------|---|
| (1) 工場名 | OLVIT, Gdansk |
| (2) 工場所在地 | Gdansk, ul, Wislnal 80-555 Gdansk, Poland |
| (3) 従業員数 | 427 名 |
| (4) 主要製品 | 精製油、マーガリン |
| (5) 生産能力 | 370t/d×280d = 103,600t/y |

(6) プロセス概要

脱酸、脱色装置 2 系列、脱臭塔 3 基を持ち、精製油を生産するとともに、自社の電解法 水素発生プラントを持ち硬化油を生産し、マーガリンを主製品としている。新しく包装ラインを設け、精製油の PET ボトル製品を製造中である。その製造工程図を Figure 5.1.1 に示す。

原料油は主として、なたね油、大豆油、ひまわり油であり、全て国産である。スチームは隣接する熱供給会社(CHP)から購入し、脱臭設備の加熱用スチームは、自社小型ボイラで発生させている。

Figure 5.1.1 Process Flow

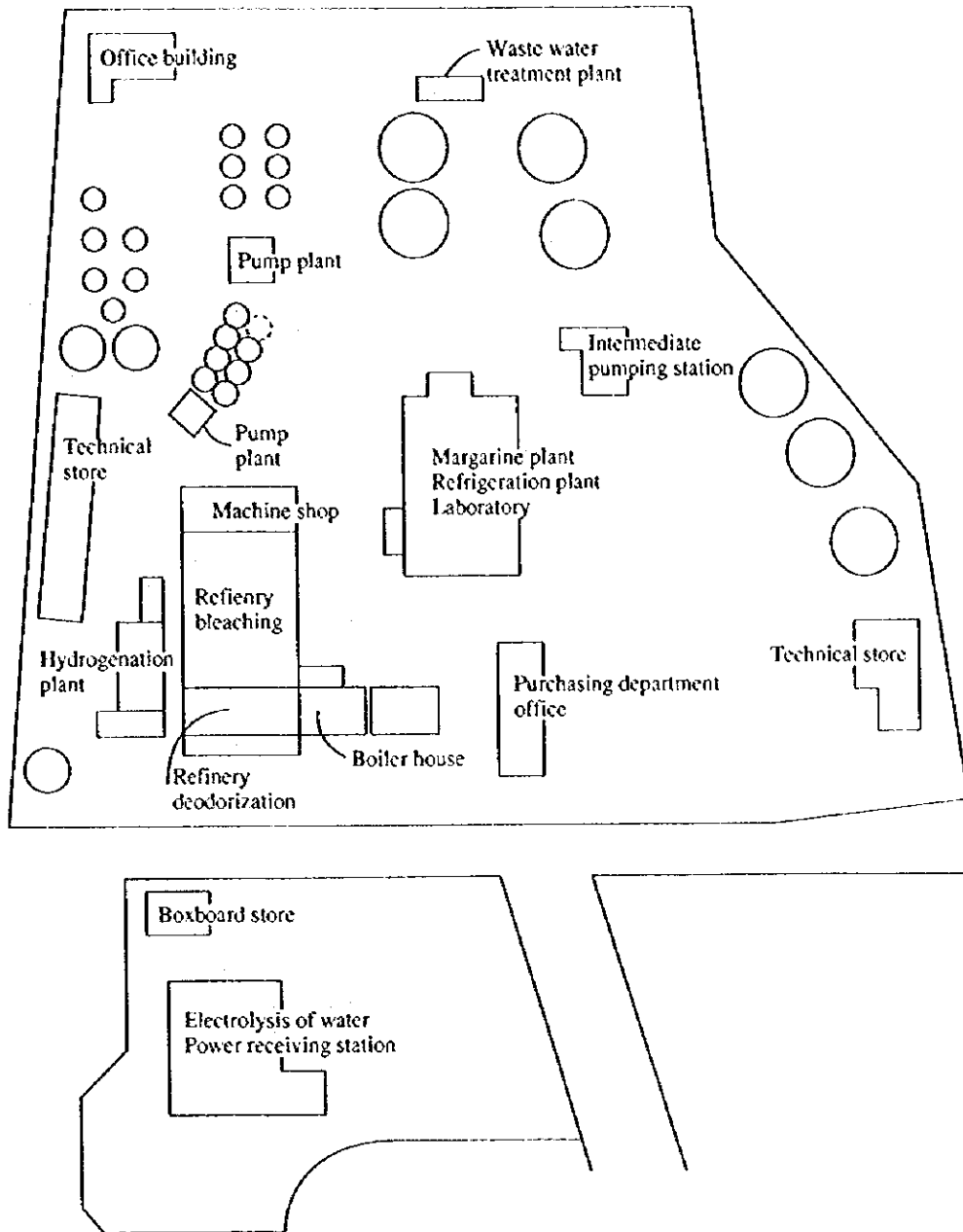


(7) 工場の沿革

50 年前に建設された工場のため設備が古くなり、1996 年にベルギーのバンデルモルトグループに入り、主要設備の更新を図ってきた。脱臭塔 3 基のうち 1 基を 1996 年に De Smet 型とし、マーガリン工場の半分を新設備としている。サラダ油の包装にポリエチレンテレフタレート(PET)ボトルの成型機を入れ部分的に改善を図っている。精製油工程では、濾過施設が古いので自動フィルターに更新する計画である。今後、計測器を充実させ、リストラを計画中である。

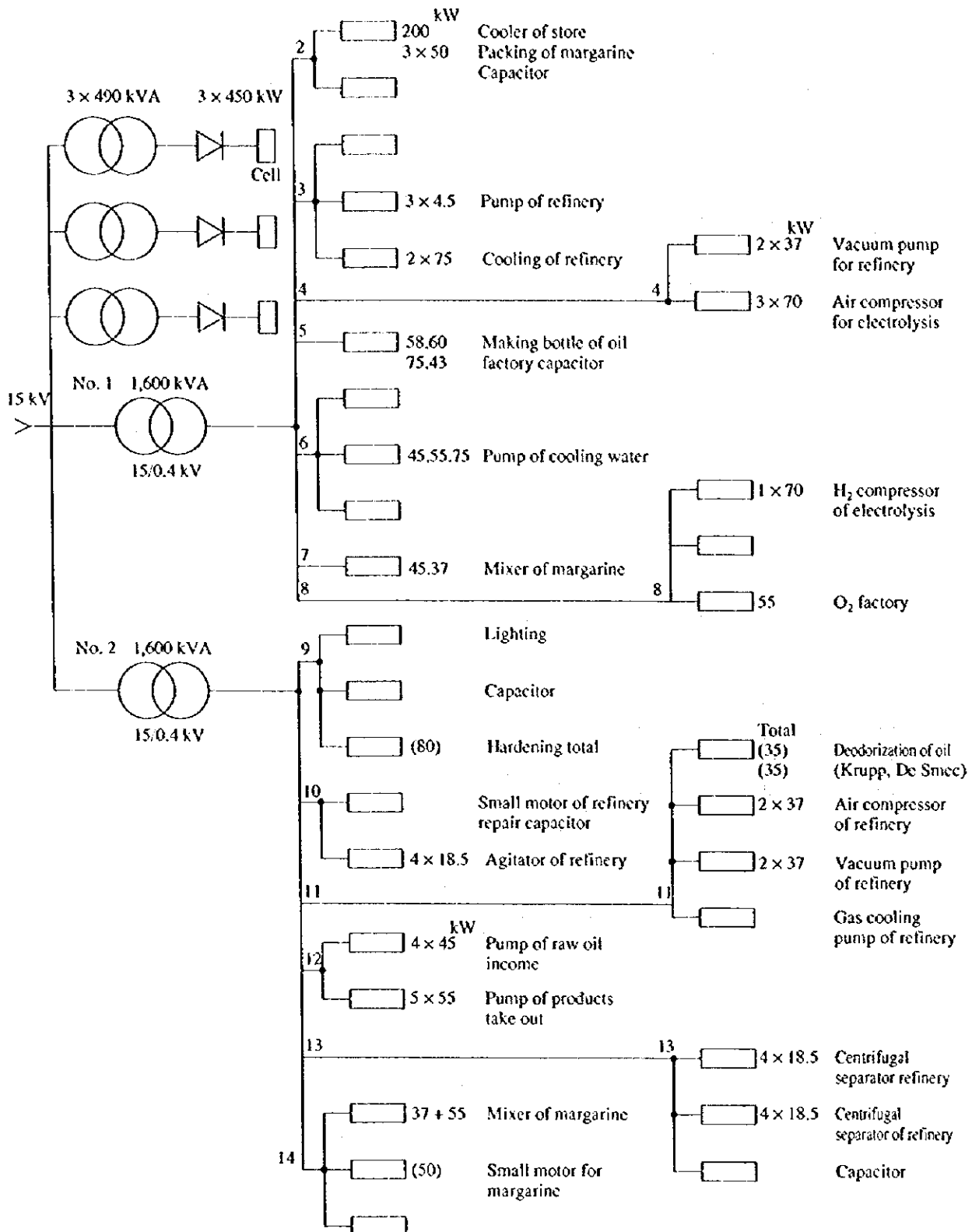
(8) 工場配置図

Figure 5.1.2 Plant Layout



(9) 電力單線結線圖

Figure 5.1.3 One Line Diagram



(10) 主要設備の概要

Table 5.1.1 Major Equipment

Factory	Number	Specification
Refined oil & margarine		
Neutralizer	2	6 m ³ /h, 100 Torr
Bleaching tank	2	ALFA-LAVAL type
Centrifugal	8	18.5 kW
Deodorizer	4	No. 1: 150 t/d (stand-by) Krupp type 240 °C 4-6 Torr No. 2: 120 t/d Ditto No. 3: 250 t/d Ditto No. 4: 250 t/d De Smet type 240 °C 4-6 Torr
Hydrogenator	5	9.5 t × 4 9.0 t × 1
Filter	5	Filter press
Margarine tank	8	3 t batch old type, Old line
Packing machine	2	Old line
Margarine tank	1	New line
Packing machine	3	New line
Oil packing machine	1	For PET bottle
New margarine line	2	Denmark production line, Poland production line, New type
Utility		
Electrolyzer	1	450 kW × 3, Hydrogen generator
Boiler	3	Small sized once-through boiler, (0.5 + 0.8 + 1.8) t/h, 7.5 bar × 291 °C
Freezer	5	Ammonia compressors: Reciprocating type; 3 units, and screw type; 2 units
Air compressor	1	75 kW

(11) エネルギー価格および発熱量

Table 5.1.2 Energy Price and Heat Value

	Energy price	Heat value
Steam	0.097 PLN/kg	2.85 GJ/t (1.4 Mpa, 200 °C)
Electricity	0.122 PLN/kWh	10.256 GJ/MWh
Fuel oil	0.92 PLN/kg	42 GJ/t

5.1.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

Table 5.1.3 Trend of Production

	(t/y)				
	1992	1993	1994	1995	1996
Raw oil	41,118	50,520	44,470	44,733	49,928
Refined oil	8,292	8,848	2,180	4,345	12,749
Hydrogenated oil	-	9,704	13,166	14,827	14,169
Margarine	34,140	36,388	34,534	30,725	26,940
Production total	42,432	54,940	49,800	49,897	53,858

(2) エネルギー消費量の推移

Table 5.1.4 Trend of Energy Consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Fuel oil	t	305	360	308	289	359
Steam	t	63,800	74,058	66,980	60,530	55,553
Electricity	MWh	9,453	10,674	10,715	10,964	10,070
Water	1,000 m ³	1,386	1,458	1,190	936	1,505

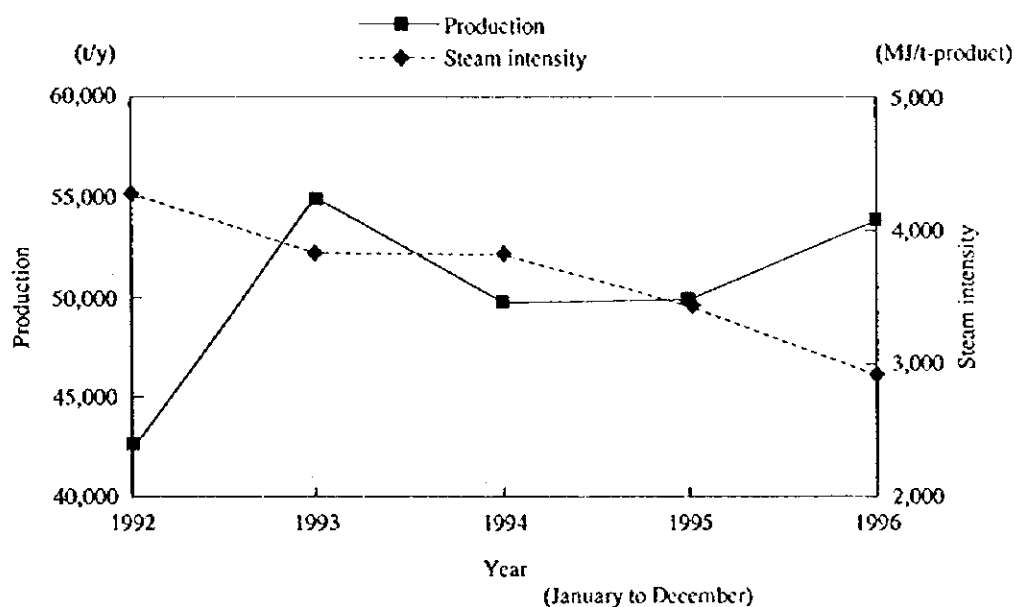
(3) エネルギー消費原単位の推移

スチーム原単位は、改善されてきている。

Table 5.1.5 Trend of Energy Intensity

Unit		1992	1993	1994	1995	1996
Consumption						
Fuel oil	GJ	12,810	15,120	12,936	12,138	15,078
Steam	GJ	181,830	211,053	190,893	172,510	158,326
Electricity	GJ	96,950	109,472	109,893	112,446	103,278
Intensity						
Fuel oil	MJ/t-product	302	299	260	243	280
Steam	MJ/t-product	4,285	3,842	3,833	3,457	2,940
Electricity	MJ/t-product	2,285	1,993	2,207	2,254	2,126
Intensity total	MJ/t-product	6,872	6,134	6,300	5,954	5,346

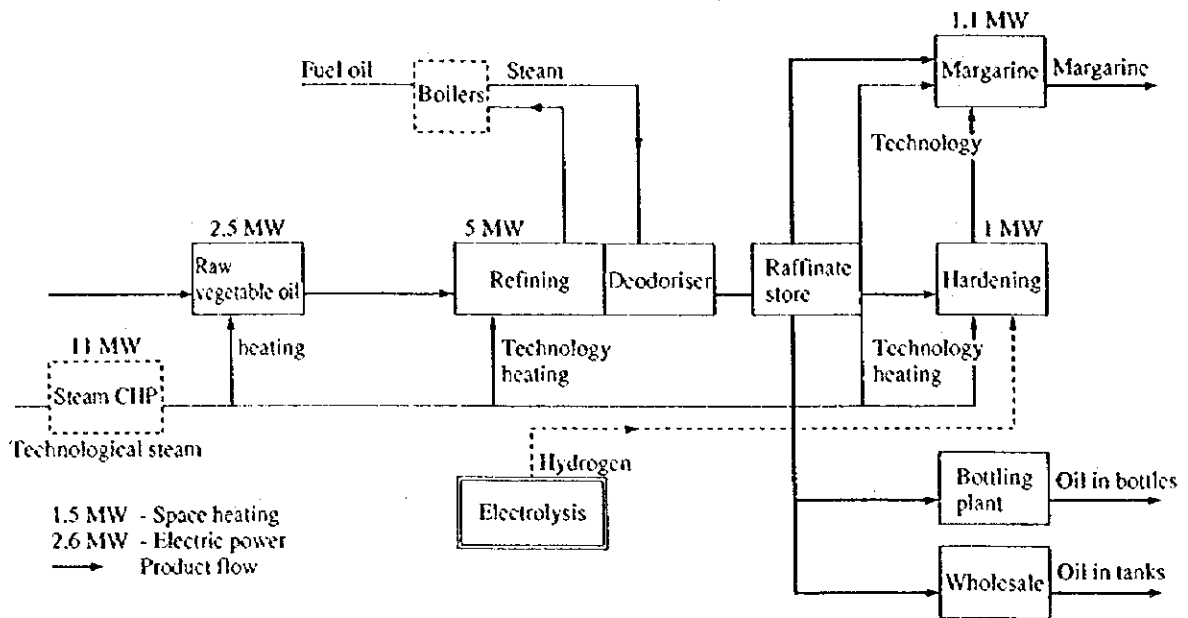
Figure 5.1.4 Trend of Production and Steam Intensity



生產品種および量の変動のあった5年間であるが Figure 5.1.5 に示すように 1992 年は生産量が少なく、エネルギー原単位が高かった。1995 年以降生産量が伸び、エネルギー原単位が低下している。

(4) エネルギーフロー

Figure 5.1.5 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

a. 目標値の設定

具体的な目標値が設定されていない。エネルギー消費量を正確に把握した上での目標設定が必要である。

b. 省エネルギー推進に当たっての問題点

十分な資金があるとは言えない。技術レベルは支援グループによって向上しつつある。

(2) 組織的な活動

a. 省エネルギー専従部署の設置

省エネルギー専従部署がない。一定期間特設する必要がある。

b. 省エネルギー委員会の設置

省エネルギー推進のための委員会が設定されていない。省エネルギーを進めるには、組織的な活動が必要である。

c. 経営者のスタンス

経営者は省エネルギー推進に対して積極的である。設備を近代化する計画を持っている。

工場管理者は、省エネルギーがコストダウンに繋がることをよく認識しており、情報の収集には熱心である。

(3) データに基づく管理

a. エネルギー使用量の把握

工場全体のエネルギー使用量はよく把握されている。

b. 主要な設備毎のエネルギー使用量の把握

省エネルギーのためには主要な設備毎のエネルギーの使用量の把握が必要で、現状は十分とは言えないが測定事例はある。

c. 主要製品のエネルギー原単位の把握

製品別のエネルギー原単位は原価管理に使われているが、実測値ではない。

d. 計測器の設置

主要設備の蒸気他、流量、温度等エネルギー使用量を把握可能とするための計測を実施すべきであるが常設の計測器では不十分と言わざるを得ない。今後設置が必要である。

c. 生産管理、原価管理

データは比較的良好に管理されている方である。

(4) 設備管理

設備管理は比較的良好である。省エネルギー推進には建物や機器の断熱が望ましく、放熱の多い容器類に対して、対策が必要である。

5.1.4 エネルギー使用上の問題点と対策

(1) Excellent factory とのエネルギー消費原単位比較

OLVIT のエネルギー原単位を Excellent factory と比較した結果を Table 5.1.6 に示す。

OLVIT と Excellent factory の間のエネルギー原単位差は 2,445MJ/t である。

このうち電力原単位については OLVIT では電解法水素製造に約 50%の電力が消費されているのに対し、Excellent factory は水素を外部から購入しているので OLVIT の約 2 分の 1 の原単位となっている。したがって、OLVIT は電解法水素製造用電力を除くと、Excellent factory と同等の電力原単位となる。

OLVIT のプロセス用蒸気原単位は、Excellent factory の 1.66 倍であり、暖房用は 7.34 倍である。

Table 5.1.6 Comparison of Energy Intensity

	Unit	OLVIT	Excellent factory	Difference
Electricity	MJ/t	1,916	1,026	890
1) Process	MJ/t	(1,026)	(1,026)	(0)
2) Electrolysis	MJ/t	(890)	(0)	(890)
Steam	MJ/t	2,940	1,425	1,515
1) Process	MJ/t	(2,205)	(1,325)	(880)
2) Heating	MJ/t	(735)	(100)	(635)
Fuel oil	MJ/t	294	252	42
Total	MJ/t	5,150	2,703	2,447

Table 5.1.6 によると、OLVIT の省エネルギーポテンシャルは 47%あるが、電

解法水素製造用電力と暖房用蒸気を除外すると 26%となる。

(2) 省エネルギーポテンシャルの推定

(2)-1 外部要因による差

OLVIT、Excellent factory とも精製油とマーガリンを生産しており原料・製品の差による原単位の差はない。

OLVIT は電解法による水素ガス発生装置を持っているが、Excellent factory は水素ガスを外部から購入している。OLVIT の電解装置の電力は外部要因とする。(890MJ/l) 工場診断および討議の結果、暖房と電解に使用する電気量は全使用電力量の 50%であることが判った。

OLVIT は寒冷地にあり、暖房用エネルギー消費量は多い。冬季の蒸気使用量を Table 5.1.7 に各部門別に示した。

Table 5.1.7 Steam Balance

9:00 – 22:00, 19 March 1996			
No.	Description	Dia. (mm)	Consumption (kg/h)
Z1	Supply	126	7,131
Distribution			
1	Margarine, labs, bottling, social build	82.5	1,487
2	Storage of refined oil	70	579
3	Refining; neutralization, bleaching	82.5	476
4	Electrolysis, laundry, garages	70	479
5	Hydrogenation	82.5	407
6	Reserve	82.5	0
7	Rectification-column K2	70	0
8	Raw oil, settling tank, main office	95	1,821
9	Rectification-column K1	70	495
10	Refining, heating (workshop, changing)	51	1,100
11	Rectification-column K3	70	0
Total			6,844

Pressure: 1.4 MPa (G), Temperature: 220 °C

1996 年の月別の生産量および蒸気消費量を、Table 5.1.8 に示す。冬期の蒸気

使用量は夏期の2.2倍であり、Excellent factoryの1.3倍より多い。

Table 5.1.9 に冬期と夏期の蒸気原単位を示した。夏期の蒸気原単位をプロセス使用蒸気原単位の基準とすると、冬期の増加分はプロセス機器からの放熱損失と暖房エネルギーとなる。その比率は概略次のとおりと推測できる。

Steam consumption	OLVIT	Excellent factory
1. Process in summer	100%	100%
2. Heat loss of process in winter	10%	10%
3. Heating	110%	20%

暖房期間を6ヶ月とすると、年間の蒸気使用比率は、プロセス75%、暖房25%となる。Excellent factoryでは暖房期間が4ヶ月であるので、プロセス93%、暖房7%である。したがって、OLVITは寒冷地のため暖房の蒸気原単位で635 MJ/t (参照 Table 5.1.6) だけ Excellent factory より悪い。

OLVITはExcellent factoryよりも2ヶ月間暖房期間が長い。この2ヶ月間の暖房の蒸気使用量を外部要因とすると蒸気量は、 $635 \times 2 / 6 = 212 \text{ MJ/t}$ となり、212 MJ/t が外部要因による差となる。

外部要因によるエネルギー原単位差

1) 電解工場の電力	890 MJ/y
2) 暖房期間の蒸気	212 MJ/y
計	1,102 MJ/y

Table 5.1.8 Monthly Energy Consumption and Production in 1996

	January	February	March	April	May	June
Production (t)	4,084	3,334	4,451	2,522	4,789	3,426
Steam intensity (MJ/t)	4,703	6,474	3,990	4,225	2,525	2,677
	July	August	September	October	November	December
	2,731	6,536	5,228	6,241	5,282	5,231
	1,384	1,588	2,270	1,975	2,382	3,217

Table 5.1.9 Comparison of Steam Intensity by Season

	Olvit	Excellent factory	Production in Olvit
Winter	4,601 MJ/t	1,629 MJ/t	4,275 t
Summer	2,046 MJ/t	1,222 MJ/t	4,370 t
Annual average	3,125 MJ/t	1,425 MJ/t	4,488 t

Steam intensity in winter at Olvit : Average in January, February, March, and December

Steam intensity in summer at Olvit: Average in May, June, July, and August

(2)-2 技術的要因による差

省エネルギーのステップは、下記のように3つに分類する。

第1ステップ：管理強化によるもの

第2ステップ：設備改善によるもの

第3ステップ：プロセス改善によるもの

a. プロセス

1) 脱臭塔

① 設計能力と生産量

De smet の設計能力

250t/d

Krupp の設計能力

No1 150t/d : 最近休止が多い

No2 120t/d

No3 250t/d : De smet をつけて休止

現在設計能力 実績生産量

370t/d 158.2t/d

(1997年9月時点)

稼働率が設計能力に比べて50%以下と低く、これによる工場全体の放熱損失も相対的に大きいことが推定できる。1996年度実績ベース生産量53,858tの場合、プロセス用全蒸気熱量に対し、3%またはそれ以上の放熱ロスがあるものと想定される。

まとめ生産などにより De smet の連続運転および稼働率向上を行うことにより放熱ロスを減らすことができる。エネルギー原単位低減量(MJ/t)は

次のとおりとなる。

プロセスのスチーム原単位は、2,205MJ/t であり、精製プロセスの蒸気使用量はプロセス蒸気(9.5MW)の中の 5MW であるから、

$$2,205 \times 5 / 9.5 \times 0.03 = 35 \text{MJ/t} (1,885 \text{GJ/y})$$

② 処理精製油と原料油の熱交換

通常脱臭塔内のトレイで脱臭された 260℃の処理油は、冷却のため塔内で脱色油と熱交換し、次いで塔外で脱酸油と熱交換、更に塔外で水により冷却している。

新脱臭塔 De smet 式脱臭塔では脱臭油と脱色油を塔外で熱交換し熱利用をしているが、Krupp 式脱臭塔には原料油の熱交換設備がない。

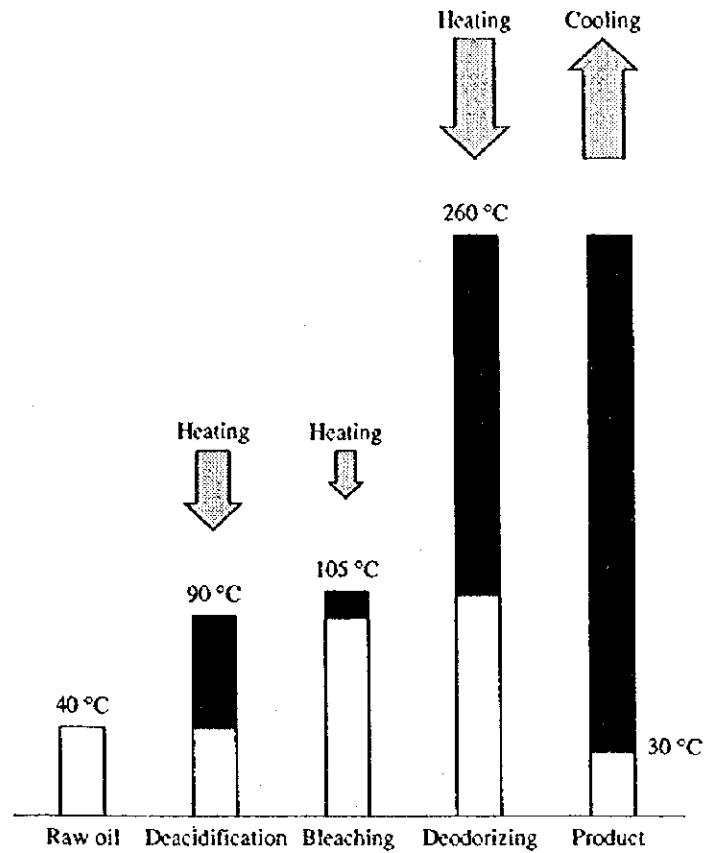
Excellent factory の精製工場の規定の温度は脱酸工程 90℃、脱色工程 105℃、脱臭工程 260℃である。脱臭工程の温度が最も高く、しかも脱臭処理が済むと 30℃に冷却して製品となる。この冷却をする際脱臭処理温度より低い原料油、脱酸工程油、脱色工程油を使用して熱交換器により熱回収する。

Figure 5.1.6 に Excellent factory の各工程における温度を示した。

Krupp 式脱臭塔システムの排熱を回収することによって、脱酸工程の 2 系統のうち 1 系統の蒸気使用量を 20%節減が可能と考えられる。

Figure 5.1.5 の原料油の Steam 2.5MW と Refining 5.0MW のうち Krupp 系の 1 系列 1.25MW 計 3.75MW に相当するエネルギー原単位は暖房を含むものである。工場のエネルギー原単位が 2,940MJ/t であるので、Krupp 系のエネルギー原単位は $2,940 \text{MJ/t} \times (2.5 + 1.25) / 9.6 = 1,148 \text{MJ/t}$ となり、効率 60%で熱交換すると、 $1,148 \text{MJ/t} \times 0.60 = 689 \text{MJ/t}$ の節約が見込める。

Figure 5.1.6 Temperature Reference for the Oil Refining Process

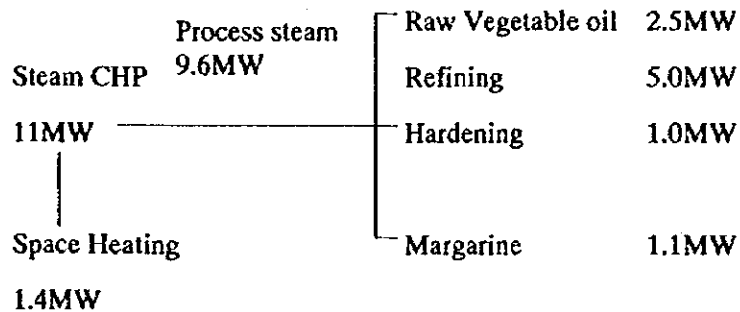


しかし、当工場は設備負荷が 50%以下と低いため中和工程、脱臭油の貯蔵槽では放熱が甚だしくその回収効果は理論計算どおりに達成する可能性が少なく、計算値の 20%程度に留まるであろう。

$$689\text{MJ/t} \times 0.20 = 138\text{MJ/t} (7,432\text{GJ/y})$$

③ 真空度の調整

Figure 5.1.5 によると、スチームの使用量は次のとおりである。



ここで Refining の内訳は常識的に見て、脱酸・脱色工程 2.5MW 脱臭工程 2.5MW と分けることができる。

Table 5.1.6 のスチーム原単位 2,940MJ/t のうち 22% をエゼクターのスチームとすると、646MJ/t が脱臭塔の真空形成に使われている。

調査時に於ける当社の脱臭条件は真空度 3Torr であったが、Excellent factory の硬化油工場の場合では 6~8Torr である。

脱臭時の真空度を 6Torr 程度に下げることによる省エネルギーポテンシャルは大きいものと考えられる。

OLVIT の設計条件は、脱臭塔のエゼクターで 10kg/cm² のスチームを使った真空度 4Torr の脱臭である。Excellent factory では 7kg/cm² のスチームを使った真空度 6~8Torr の脱臭である。真空度を 6~8Torr に下げることにより、エゼクター蒸気量は 2分の1 以下になることが考えられる。

Figure 5.1.7 によるとエステル類、炭化水素は何れも 260℃で 3mmHg (Torr) の場合と 265℃で 8mmHg (Torr) の場合とも殆どの有臭物質は同等に除去されることが示されている。

5℃温度上昇による着色の程度は無視でき、品質上の大きな問題を生じないものと考えられる。真空度 3Torr と 6Torr ではスチームエゼクターでの蒸気使用量が大幅に異なり、理論的には 3Torr を 6Torr に下げることによって蒸気使用量を 70%節約できる。

これによるエネルギー原単位低減量は、次ページ④に示す。

④ エゼクターのスチーム圧力

現在 10kg/cm² (G)のスチームを使用しているが、Excellent factory では 7kg/cm² (G)のスチームを使用している。一般的には、エゼクターが過剰設計になっている場合が多いので、リークエアを極力減らす努力をした上で、真空度を監視しながらスチーム圧を逐次下げるテストを実施すべきである。

スチーム圧力を 10kg/cm² (G)から 7kg/cm² (G)に下げること、約 30%スチーム流量が減少した例がある。

省エネルギーポテンシャル試算では③と合わせて現実的に 50%の節減効果と見ると、

$$\text{スチーム原単位低減 } 646\text{MJ/t} \times 0.5 = 323\text{MJ/t} (17,396\text{GJ/y})$$

2) 水素添加リアクター

① 反応時間の短縮

Excellent factory ではスイスの BUS 式を採用している。塔の上部より水素と油脂が混合した状態でリアクターの外部に配管で抜き出し、リアクターの下部に吹き込み戻す方式のバッチ式リアクターが使われている。

反応時間は OLVIT の 6 時間サイクル方式に比べて約 4 分の 1 になり、放熱が減り蒸気消費量が従来型装置に比べて 30%程度まで減少する。

Table 5.1.6 のスチーム原単位 2,940MJ/t のうち Figure 5.1.5 を参照し 9% を Hardning の Steam とすると 265MJ/t がリアクターで使用されていることになる。したがって、BUS 方式を採用すれば蒸気原単位は、 $265 \times 0.7 = 186\text{MJ/t}$ 低下可能である。(10,018GJ/y)

② 水素添加リアクターの冷却水排熱の回収

リアクターでは原料油は 200℃まで加熱され、一定時間保持して反応が完結すると、熱交換器に冷水を通していったん 100℃まで温度を下げ、次に脱臭塔で再び 240～260℃まで加熱される。

OLVIT では、熱交換器の温排水を回収していない。温排水を温水タンクに回収し、ボイラ給水の予熱に利用する等の方法を検討する必要がある。

3) 濾過施設

① 脱色濾過機の自動化

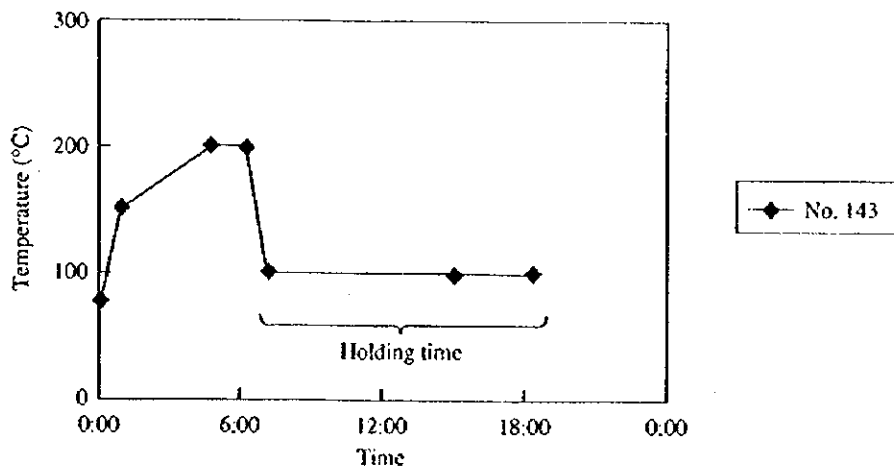
脱色工程後の圧濾機が工場の生産能力のボトルネックと言われている。
OLVITで現在検討しているように、自動機に切換えることが必要である。

② 水添油濾過機の整備

水素添加製造（リアクター）後のフィルターの整備も必要である。圧濾機は表面からの熱損失が大きく労力がかかりすぎる。排出側トレイでの熱損失もかなり大きい。現在リアクターは5基中2基が運転されており、稼働率は50%以下である。リアクター後の濾過工程がネックとなっており、水添終了後もリアクターに油を貯蔵をしている例が見られ、保温はしてあるものの放熱ロスが多い。後述するが、本工程で5%の放熱ロスが想定される。

Figure 5.1.8 はリアクターで反応終了したにもかかわらず、次工程のフィルター整備不良のためリアクター内に反応済みの硬化油が停滞している状態を示したものである。

Figure 5.1.8 Hydrogenation Cycle Pattern



硬化油生産量 49,928 t × 0.5 = 24,964 t

比熱 0.5

Holding time 10hour

保温 100℃維持、1℃/h 低下

$$24,964 \times 4.186 \text{MJ} \times 0.5 \times 10 \text{h} = 522,500 \text{MJ/y}$$

$$522,500 \text{MJ} / 53,858 = 9.7 \text{MJ/t}$$

前項「2)①反応時間の短縮」で述べた現在の Hardening のスチーム 265MJ/t に対して、 $9.7 / 265 \times 100 = 3.7\%$

これに濾過工程の待ち時間に伴う放熱ロス 1.3% (推定) を見込むと、前述のとおり Hardening スチームの 5%相当の放熱量となる。

年間生産量 60,000t を達成できるよう濾過機の保全に努めることにより、Hardening スチームは少なくとも 2%を節減できる。

$$\text{低減蒸気原単位 } 265 \text{MJ/t} \times 0.02 = 5.3 \text{MJ/t} \text{ (285GJ/y)}$$

4) 歩留の向上

本工場の製品マーガリン数種の中で水分 30%の製品に人気がある。日本においても牛乳ブレンド、水分 40%のネオマーガリンが日持ちもよく、酸化しにくい点で優れており、人気がある。

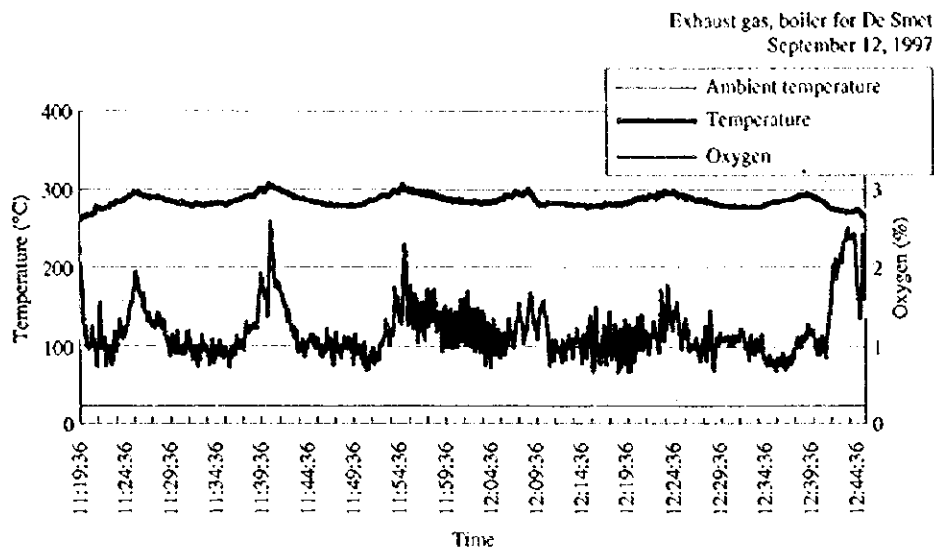
マーガリンは品質により歩留まりも異なる。したがって、今後の商品開発、研究によって歩留を向上させることは重要であり、また歩留向上はエネルギー原単位を改善することにも繋がるので、積極的な研究開発が望まれる。

b. ユーティリティー (熱利用設備)

1) ボイラの排ガスの計測と解析

この工場では食料油の製造工程、タンクの保温、暖房用等に多くの蒸気を使用する。この蒸気は近隣の集中供給所から配管で購入しており、自家用のボイラとしては De Smet プロセス用に小型の重油焚きのパッケージボイラを保有するのみである。このボイラの排ガス中の酸素を計測した結果を Figure 5.1.9 に示す。

Figure 5.1.9 Measurement of Exhaust Gas from the Boiler for De Smet



この計測期間の測定値の平均値を用いて燃焼計算を行った結果を Table 5.1.10 に示す。工場へ同行したコンサルタントが携行したドイツ TESTO 社製の計測器での測定例もこの表に併記している。両者の計測値には差違はないといってよい。

Table 5.1.10 De Smet Boiler Combustion Calculation

Preconditions		Calculation Result				
Coal	Heavy oil (Class A)		Theoretical Combustion	Data Measured by ECC	Data Measured by TESTO	
	Net heat value (kJ/kg)	42,965				
	Net heat value (kcal/kg)	10,262				
	Air temperature	24.1				
	Exhaust gas temperature	285.3				
			Exhaust gas oxygen	0.0 %	1.19 %	1.30 %
			Air ratio	1.00	1.06	1.06
			Air flow rate (m ³ /kg)	10.8	11.4	11.5
			Exhaust gas volume (m ³ /kg)	11.5	12.1	12.1
			Exhaust gas loss rate (to combustion heat)	10.5 %		9.9 %

Note: Measurement was conducted at the entrance of the boiler.

Note: TESTO means the measuring equipment carried by the consultant.

この計測によれば排ガス中酸素濃度は理想的といって良いほどに低く、空気比では 1.1 程度に相当し、日本の基準値である 1.3 よりも良好である。排ガス温度は日本の基準値である 250°C よりもやや高い。この条件からは排ガス熱損失は約 10% と計算され、したがってボイラ効率では 85-90% と思われる。計測されたボイラの仕様を Table 5.1.11 に示す。

Table 5.1.11 Boiler Specification for De Smet

Item	Design Value	Remarks
Manufacturer	Geka Warmetechnik	Kahlsruhe Germany
Type	NUK HP100	
Model	Small-sized once-through boiler	
Evaporation	3,475 kg/h	
Pressure temperature	7.5 bar × 291 °C	
Heating area	62.5 m ²	
Water retention	478 L	
Heat output	1,455 kW	

2) 保温の強化による省エネルギー

この工場では、蒸気配管系統の弁類は保温されていない。但し、蒸気受入れステーションの弁はほぼ全てが保温されている。今これら弁類からの放熱量を概略的に知るために弁の設置数等を想定して放熱計算を行った。結果を Table 5.1.12 に示す。蒸気弁に保温を施工すると、放熱は 10% にまで減少できる。

運転時間 : 6,720h/y

蒸気節約量 : $745,835 \times 0.9 \times 6,720 / 1,000,000 = 4,511 \text{GJ/y}$

Table 5.1.12 Heat Radiation from Valves not Provided with Heat Insulation

Nominal Diameter (mm)	Equivalent Length (m)	No. of Valves Installed (Assumed)	Heat Radiation (kcal/h)	Heat Radiation (kJ/h)	Equivalent Steam (kg/h)
25	1.22	300	57,697	241,567	96
40	1.11	200	50,025	209,444	83
50	1.11	100	31,137	130,364	52
80	1.25	50	25,820	108,120	43
100	1.27	20	13,461	56,358	22
Total			178,140	745,835	297

Preconditions for calculation: Room temperature: 32 °C
 Valve surface temperature: 140 °C
 Steam heat value: 600 kcal/kg = 2,512 kJ/kg

タンク等の表面からの放熱量を知るために、水素化装置のオートクレーブを例として計算した結果を Table 5.1.13 に示す。5 基のオートクレーブ

に保温を施工すると、放熱量を10%にまで減少できる。

運転時間 : 6,720h/y

蒸気節約量 : $23,574 \times 0.9 \times 6,720 \times 5 = 715 \text{GJ/y}$

Table 5.1.13 Heat Radiation from Hydrogenation Unit Autoclave Surface

Room Temperature (°C)	Surface Temperature (°C)	Surface Area (m ²)	Unit Heat Value (kcal/m ² /h)	Heat Loss (kcal/h)	Heat Loss (kJ/h)	Equivalent Steam (kg/h)
32	50	49	115	5,631	23,574	9

Preconditions for the surface area: 2.5 mD × 5 mH × 5 sets

Assuming the surface temperature to be 70 °C, the heat loss will be 52,209 kJ/h.

この工場内には室内の諸装置や屋外のタンク等多数の放熱表面があり、一部には保温が不完全な部分が見られる。これらの表面積は大きいので保温の損傷した部分は補修することが必要である。

3) スチームトラップの計測

この工場には多数のスチームトラップが使用されている。スチームトラップは外観からは正常に動作しているか否かはわからない。今回の調査ではスチームトラップの動作を検査する計測器を携行した。この計測器はスチームトラップ外面にセンサーを接触させて、温度・超音波等からそのスチームトラップの動作状態を類型化して表示する。この工場で行ったいくつかのスチームトラップを計測した結果を Table 5.1.14 に示す。この表にみるように正常動作していないトラップがあるので、全てのトラップを定期的に計測することが望ましい。

Table 5.1.14 An Example of Measurement with a Steam Trap Checker

Equipment	Trap Position	Readings on the Checker
Hydrogenation equipment	0.2 MPa line at the bottom of the square tank	Clogging, 123/109 °C
Hydrogenation equipment	1.5 MPa line at the bottom of the autoclave	152/109 °C
Krupp type deodorizer	Lower part 1.2 MPa line	Stays ON, 165/95 °C
De Smet type deodorizer	Lower part	Normal

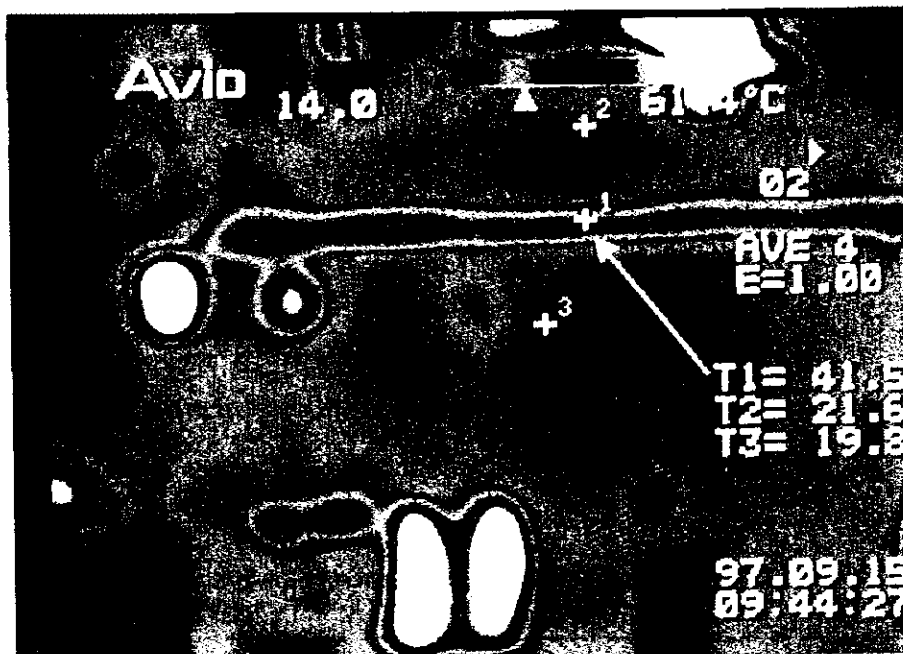
4) ドレン回収の強化

この工場では蒸気使用後のドレンの回収が不完全である。ドレンが回収されずに排水溝へ捨てられているものがある。また、回収タンクへ導かれたドレンもその後利用されずに排出されているようである。清浄なドレンと汚染されたドレンを区分して回収システムを設け、ドレンの熱だけを利用するか、あるいは水も利用するかを検討しなければならない。

5) 赤外線熱画像装置による観察

赤外線熱画像装置を用いれば装置や蒸気配管の温度分布を画像として記録できるので、保温の状態を視覚的に知ることができる。Figure 5.1.10にこの工場記録した水素化装置オートクレーブの画像を示す。外観からは把握できない保温の不完全な部分が存在することがわかる。

Figure 5.1.10 Infrared Thermal Image of the Autoclave No.2 Upper Part



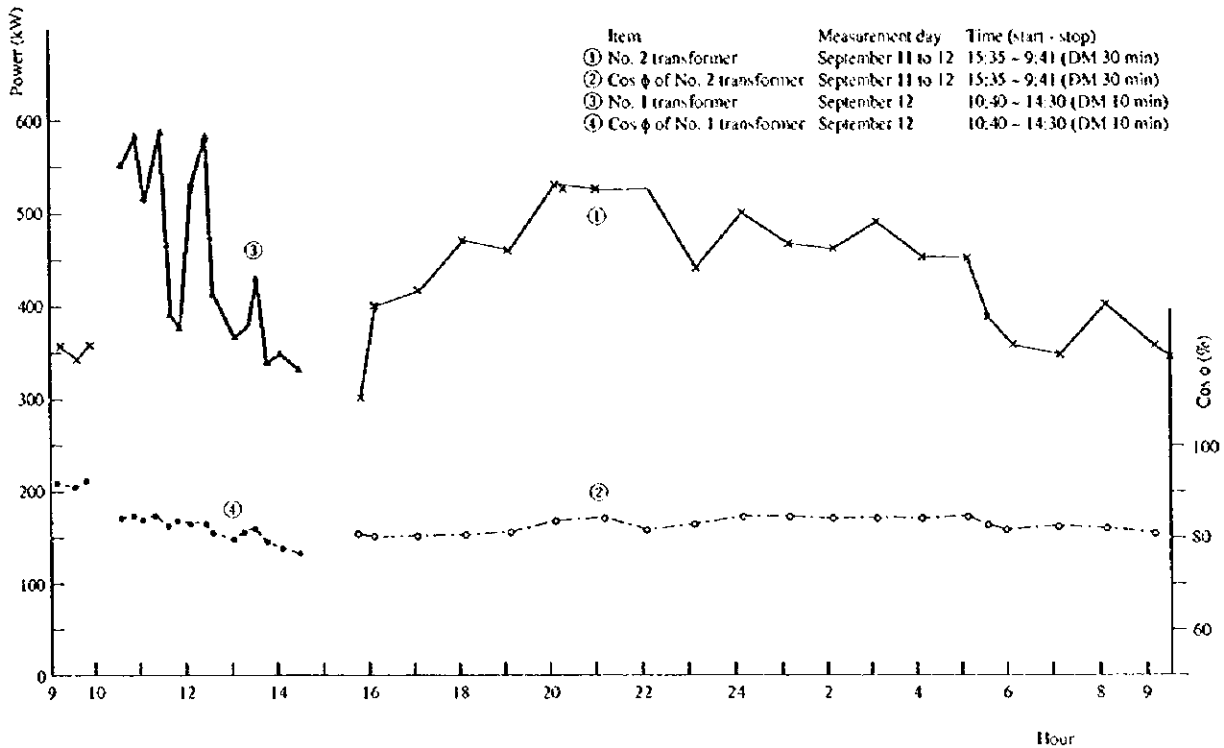
c. ユーティリティ（電気利用設備）

1) ピーク電力の抑制と力率の改善

工場の消費電力は、連続測定の結果、No.1 変圧器が 370～570kW、No.2

変圧器が 320~600kW であるが、他に電解工場で約 1,000kW が使用されている。このうち No.2 変圧器の負荷は Figure 5.1.11 に示すように、ピークを発生しやすく、力率が低いので、次の対策が必要である。

Figure 5.1.11 Operation Record of Electricity Power Consumption



対策：

- ① デマンド監視装置を設置して、警報に応じてピーク電力を抑制し、デマンド管理をする。
- ② ピーク電力を減らすため、主要な大きい負荷設備の始動または稼働時間をずらす等の調整を図る。

効果：

使用電力のピークが重複しないためデマンドが低減でき、状況により契約電力も低減できる。

1996年の平均使用電力は約 1,503kW (= 10,070MWh/6,700h)から、最大需要電力は通常では約 2,000kW 程度と推定される。したがって、現在の契約電力(2,900kW)は約 2,500kW に低減でき、年間に約 36,000PLN の節減に

なる。

(= [(2,900-2,500)kW×1.66 + (2490-2000) kW×4.77] ×12ヶ月)

1.66 および 4.77 : 単価 PLN/kW

契約電力低減量 : 400kW (=2,900-2,500)

2) No.2 変圧器の電圧の適正化と負荷の力率改善

No.2 変圧器の低圧側の電圧は、404V とやや高い。この変圧器の負荷は、精製およびマーガリン工場の 1 部で、力率が 60%と低い。よって次の対策が必要と考えられる。

対策 :

- ① 変圧器の 2 次側の電圧を 395V 程度に下げる。
- ② 負荷の力率改善には、変圧器の 2 次側または低力率のモータ位置にコンデンサを設置する。リファイン工場のモータで力率が 70%以下のものは、後者の対策をする。(Table 5.1.15 参照)

Table 5.1.15 Measurement Data of Major Load

September 11, 12, 15, 1997

Transformer or Name of Load	Rating (kW)	Consumption (kW)	Voltage (V)	Power Factor (%)	Remark
Electolysis cell	3 × 450 kVA		924	140	2,200A DC by Board
No. 1 transformer Total	1,600	331 ~ 594*		77 ~ 85	Recording
Cooling fan margaine		133	396	81	
Pump	3 × 45	11	397	98	
Vacuum pump of refinery	2 × 37	32		72	
NH ₃ compressor electricity	3 × 70	110	396	82	
Bottle and packing of oil		136	390	81	
Pump of cooling water	45 + 65 + 75	90	400	85	
		12	401	86	
H ₂ compressor of electricity	45 + 37	40	393	77	
No. 2 transformer Total	1,600 kVA	308 ~ 537**		80 ~ 85	
Lighting	6 × 11	2	403		
Small motor of refinery		20	403	80	
Small motor of refinery		21	401	63	
Agitator of refinery	2 × 18.5	71	401	75	
Deodorization of oil (Crup, De Smec)	>70	97	401	76	
Air compressor of refinery	2 × 37	28	401	73	
Vacuum pump of refinery	2 × 37	48	401	87	
Gas cooling pump of refinery		2	401	61	
Separater of refinery	4 × 18.5	43	403	62	
Separater of refinery		37	404	57	
Mixer of margarine	3 × 30	53	403	61	

* Power of No. 1 transformer: AM 10:15 ~ PM 2:30, September 12

** Power of No. 2 transformer: PM 3:00, September 11 ~ AM 10:00, September 12

効果：

モータの鉄損は電圧の 2 乗に比例して増加する。このため、本工場のようにモータが比較的軽負荷である場合は、電圧を定格電圧以下程度で使用すると鉄損が少なくて済む。この値は全負荷に対して約 1%で、年間に約 33,000kWh 程度と考えられる。

軽負荷のモータは、適正容量のモータに変更すると、力率、効率が改善

されて、僅かに省電力になる。しかし、上述②のごとく個々のモータ位置で力率改善すると、変圧器や電線経路中での損失が減るので省電力効果が大きい。コンデンサの投資も増す。

電力節約量 : 33MWh/y

3) 水素製造工場の使用電力節減対策

現状では水素製造工場の使用電力は約 1,000KW で全工場の半分を占める。また、この工場の電力原単位は 186kWh/t と高い。

よって、この工場の消費電力の節減を検討する必要がある。

対策：

① 水の電解条件（水の成分、電気抵抗、電圧、電流等）を調査検討する。

② 水素ガスの購入使用についても検討する必要がある。

もし水素ガスを原料と見做し、この消費電力を除外すれば、電力原単位は約半分に下がる。

③ 工場の作業日誌には使用電力量も記入し、H₂ の発生量と操業時間および電力原単位を管理する。

効果：

水の電解条件の改善による、原単位の向上。

現場工場における原単位の把握と省電力意識の向上。

4) 水素発生プラントを別会社にすることにより電力原単位の削減が見込め電力原単位は Excellent factory と同等（レベル）となるものと推測される。

5) 冷凍機の選定

OLVIT 社ではアンモニア式の冷凍機を使用しているが、老朽化が進んでいる。近年フロンの規制強化に伴い Excellent factory では各種冷媒および冷凍サイクルの理論所要動力を Table 5.1.16 のように検討している。OLVIT 社でもアンモニア式冷凍機について kW/USRT を調査するべきである。

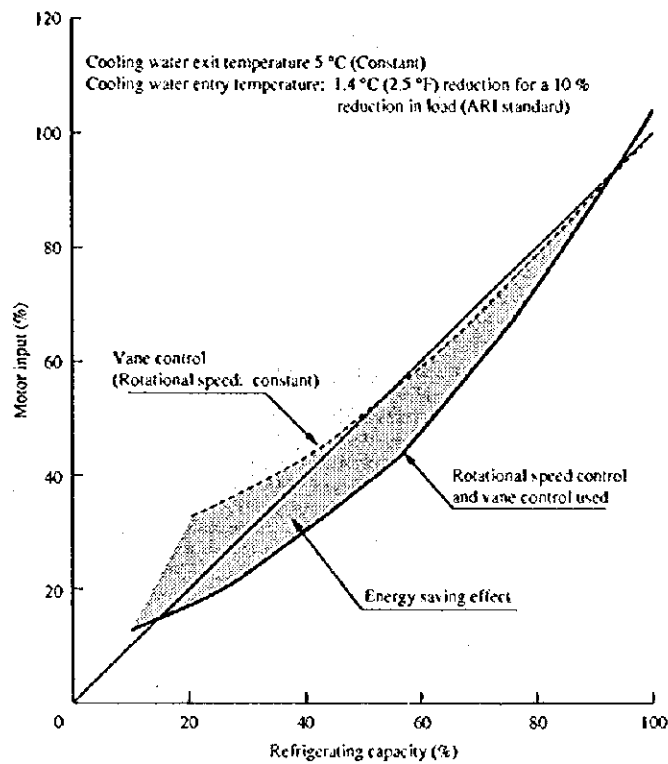
また、現在のアンモニア式冷凍機の所要動力を 1kW/USRT とするとイン

バーク駆動ターボ冷凍機を採用すると Figure 5.1.12 に示すように消費動力が減少し、運転時間、負荷率等の条件によるが年間で 30%程度の省エネルギーが達成できる。

Table 5.1.16 Theoretically Required Electricity for Various Refrigerants and Chilling Cycles

Refrigerant	Molecular Formula	Theoretically Required Electricity (kW/USRT)			Operating Pressure (kg/cm ² abs)	
		Single-stage Cycle	Sub-cool Cycle	Economizer Cycle	0 °C	40 °C
R-11	CCl ₃ F	0.578	0.569	0.550	0.41	1.77
R-12	CCl ₂ F ₂	0.625	0.599	0.581	3.15	9.80
R-22	CHClF ₂	0.635	0.608	0.591	5.24	15.6
R-500	CCl ₂ F ₂ /CH ₂ CHF ₂ (R-12/R-152a)	0.674	0.648	0.643	3.70	11.6

Figure 5.1.12 Energy Saving Effect of Variable Speed Control of Tube Chiller



(3) 省エネルギーによる環境改善効果

省エネルギーによって燃料の使用量が低減されれば、大気中への汚染物質が排出量も減る。また省エネルギーによって電力の購入量が低減されれば、電力の発生もとすなわち発電所において大気中への汚染物質の排出量が低減される。この省エネルギーによる排出量の低減は、省エネルギー量のほか燃料の種類やボイラーなど装置別に異なる。したがって各工場の実際の排出量を用いて、汚染物質の低減量を推計するのが正しい。しかし、ここでは、ポーランド全体へのスタディとの整合を取るために、The Institute of Environmental Protection の資料による業種別・燃料別の単位排出量 (汚染物質トン/燃料熱量 TJ) をもとにして算出する。この工場の省エネルギーによる大気汚染物質の低減量を、省エネルギーの各段階別に集計して、Table 5.1.17 に示す。

Table 5.1.17 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0				
Step 1	1,404	2.7	2.3	0.0
Step 2	471	0.9	0.8	0.0
Step 3	0	0.0	0.0	0.0
Step 1-3	1,874	3.6	3.0	0.1

Reduction includes emission from fuel and electricity.

またポーランドでは、汚染物質の排出者は排出料金 (fee) を支払う制度があるので、省エネルギーによって排出料金が低減される。排出料金の単価は、汚染物質別に定められている。またある量を超えた排出量に対しては課徴金 (charge) が課せらる。課徴金の単価は排出料金の 100 倍とされている。以下に記載する金額は通常排出料金である。

工場調査をもとに提言された省エネルギー項目に対して、汚染物質の排出低減量、排出料金の低減額を計算した結果を Table 5.1.18 に示す。またこの表には、排出料金の低減効果を含んだ省エネルギー投資の回収期間と、それを含まない燃料費低減だけによる投資回収期間を併記している。

Table 5.1.18 Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction

Measures	Energy cost advantage	Emission fee advantage	Total advantage	Investment	Eco-Environ PBP	Economical PBP
Step 0						
Step 1	672	1.7	673	0	0.00	0.00
Step 2	434	0.6	434	685	1.58	1.58
Step 3	341	0.0	341	429	1.26	1.26
Step 1-3	1,446	2.3	1,449	1,114	0.77	0.77

Units: Thousand PLN or thousand PLN/y for expense, Year for PBP

この Table 5.1.18 に見るとおり、排出料金の低減額はエネルギー費用の低減額に比して大きくても数%程度であり、このため排出料金の低減が投資回収期間に及ぼす短縮効果も僅少である。

この工場では、大部分の蒸気を外部から購入しているため、蒸気の節減による省エネルギーは汚染物質の排出料金の低減とはならない。したがって汚染物質の排出料金の低減による投資回収年数の改善はない。

(4) 省エネルギーポテンシャルのまとめ

工場の省エネルギーポテンシャルは Table 5.1.19 に示す。

Excellent factory のエネルギー消費原単位をベンチマークとした省エネルギーポテンシャルと第 1、第 2、第 3 ステップの省エネルギー対策を Figure 5.1.13 に示す。省エネルギーポテンシャルと投資回収期間および投資金額の関係を Figure 5.1.14 に示す。

Table 5.1.19 Summary of Energy Conservation Potential

Item	Energy Conservation Potential					Electricity		Total		Investment		Payback period
	GJ/y	Fuel 10 ³ PLN/y	%	MWh/y	10 ³ PLN/y	10 ³ PLN/y	%	10 ³ PLN/y	10 ³ PLN	10 ³ PLN	PLN	
第1ステップ												
1 脱臭塔放熱改善	1,885	64	1.1		64			64	0	0	0	0.0
2 脱臭塔真空度とエゼクタ圧調整	17,396	592	10.0		592			592	0	0	0	0.0
3 水素添加減過器整備	285	10	0.2		10			10	0	0	0	0.0
4 変圧器電圧適正化				33	6	0.3		6	0	0	0	0.0
小計	19,566	666	11.3	33	672	0.3		672	0	0	0	0.0
第2ステップ												
5 脱臭塔加熱方式見直し	6,463	220	3.7		220			220	314	314	1.4	1.4
6 蒸気弁保温	4,511	154	2.6		154			154	208	208	1.4	1.4
7 タンク等保温	715	24	0.4		24			24	150	150	6.2	6.2
8 ピーク電力抑制				400 kW	36			36	13	13	0.3	0.3
小計	11,689	398	6.7	0	434	0		434	685	685	9.3	9.3
第3ステップ												
9 水素添加リアクタ反応時間短縮	10,018	341	5.8		341			341	429	429	1.3	1.3
小計	10,018	341	5.8		341			341	429	429	1.3	1.3
合計	41,273	1,405	23.8	33	1,446	0.3		1,446	1,114	1,114	0.8	0.8

1996年 燃料消費量: 173,404 GJ/y
 電力消費量: 10,070 MWh/y (103,278 GJ/y)
 Total: 276,682 GJ/y

Figure 5.1.13 Olvit Energy Conservation Potential

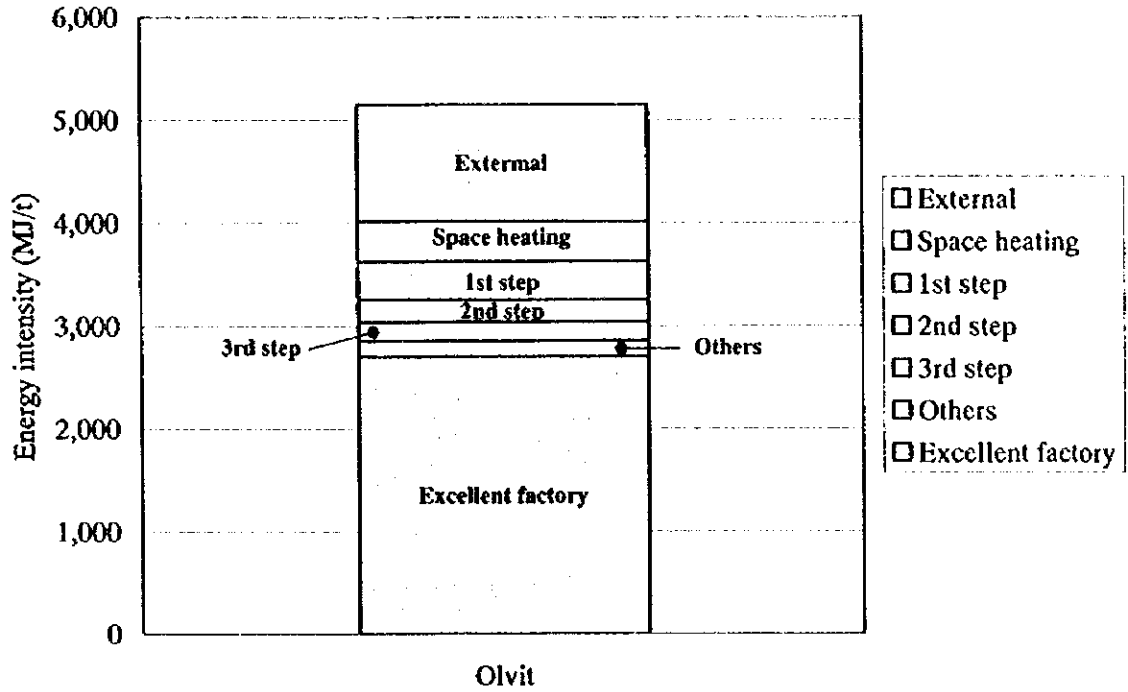


Figure 5.1.14 Olvit Energy Conservation Potential

