

3.1.3 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

生産計画に基づくエネルギー消費計画は出されるが、工場全体の省エネルギー目標値は設定されていない。ただし、ツール (Tool) 工場など独自に目標を設定している部門もある。

エネルギー部は存在するが、必要なエネルギーを安定して供給ことのみが役目であり、エネルギー使用量の目標を決めるのは難しい立場にある。

ただし、構内関係会社の「工具工場」は独自の目標を設定して活動している。

b. 省エネルギー推進にあたっての問題点

- 1) 技術者の不足、エネルギー使用状況解析時間の不足
 - 2) 高効率設備の導入資金の不足
 - 3) 効果的省エネルギー事例・情報の入手困難
 - 4) 設備の老朽化
 - 5) 計測機器の不足によるデータ不足
 - 6) 省エネルギー改善成果に対するインセンティブの不足
 - 7) 従業員の意識の低さ
- 等があげられている。

(2) 組織的な活動

a. 省エネルギー専任部署や省エネルギー委員会

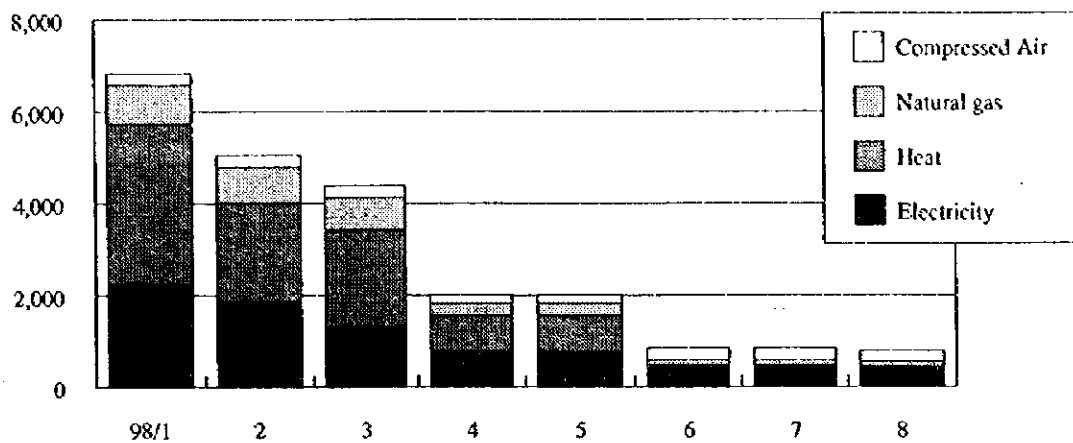
「エネルギー部」があり、電力の購入・自家発電・熱 (温水、蒸気) 供給、エアおよび水の供給、排水管理、環境保全を担当しており、エネルギーを外販する立場でもある。「省エネルギー委員会」のような工場全体の組織的な活動はない。

エネルギーコストはエネルギー部が集計し、毎月1回各部に請求するシステムを採用している。省エネ活動としてはエネルギー部が毎月2回、エア

漏れをチェックして問題があれば担当部門に対策を要望する程度である。製造部門もエネルギーコストの高いのは意識しているが、資金が全くないので、何もできない、という。そのため、相互のコミュニケーションもあまりない。ただし、工具工場はHOPP活動(*1)を実施中で、その活動の1つとして省エネルギー活動を実施しており、数ヶ月前から効果を出してきている。(Figure 3.1.9)

*1 : HOPP : Human Oriented Program for Productivity

Figure 3.1.9 Energy Consumption at Tool Shop (1998)



b. 省エネルギーに関する経営者のスタンス

省エネルギーの必要性は認識しているが、資金不足のために、省エネ投資は進んでいない。勤務体制の1シフト化など投資のかからない対策は実施されつつある。

c. 人事評価のしくみ

給与システムは作業内容、経験年数をベースにした点数制。

(3) データに基づく管理

a. エネルギー使用量の把握

購入している電気・石炭・天然ガス・水は毎月の取入れ量が把握されている。ただし、それらは自社で消費する分の他に、市への熱販売や構内関係

会社へ提供する分も含まれており、自社消費エネルギーとイコールではない。

b. 主要な設備ごとのエネルギー使用量の把握

ボイラ燃料や電力など、販売や構内関係会社への供給に関するものは計器、によって、または計算によって使用量は把握されているが、その他の設備については、それぞれのエネルギー消費量は把握されていない。熱や水、圧縮空気は、建物の大きさなどから計算によって算出しており、工場ごと、設備ごとの正しい計測はされていない。

c. 主要製品のエネルギー原単位の把握

生産計画に対するエネルギー消費の概略は算定されているが、その算定基準としてのエネルギー原単位は把握されていない。

d. 計測器の設置

工場全体の計測器はあるが、その先の部門、建屋ごとになると、電力以外はほとんど計測器は設置されていない。ただし外に販売しているエネルギーについては、部分的に計測器が設置されている (温水、蒸気)。

またエンジンなど、一部の部門では独自に計測器を設置し始めている。

e. 生産管理、原価管理

エネルギー単価の設定などを見ると、原価管理はしっかりしていると思える。生産管理も特に劣っているとは思えないが、なにしろ設備能力に対して稼働率が低いので、特に生産管理の元に動いているという感じではない。

(4) 教育

a. 教育制度

決められた教育体系というものはない。新規の現場作業者に対するOJT (On the Job Training) 程度だが新しい人が増えていない現状では、それもほとんどない、とのことである。

b. 表彰制度

共産主義の時代は、党と労働組合の目標が同一であったため、有効な提案や成績に対しては、高い評価が得られるしくみがあった。しかし今は労働組合と経営側の目標も一致したものでないため、表彰制度が無いに等しい。ただし、ツール工場などは独自で表彰制度を導入して成果をあげており、他部門も注目している。

(5) 設備管理

生産設備、ユーティリティー共に老朽化が著しい。大規模な修理は外注で実施しているが、行われているのは生産に支障をきたす設備の保全作業のみで、エネルギー設備のように、直接生産の障害とならない損傷、老朽化設備についてはあまり手をかけていないように思える。特に建屋の窓や、配管部分などエネルギー漏れの原因となる部分の保全は不十分である。そんな中で、温水ボイラは4台中2台を石炭焚きボイラから天然ガス焚きボイラへ更新を計画中であり、この種の環境基金 (National Fund for Environmental Protection and Water Management) を利用できる設備の更新は進むものと思われる。

3.1.4 簡易診断による改善活動

(1) 鍛造工程における原料、購入材料に関する改善 (第1step)

鍛造工場において、90角の鋼材を約1mの寸法に切断するための前処理として、19個の加熱室からなる大きな炉で加熱していた。加熱炉における排ガス計測の結果投入燃料熱量の約50%が排ガス熱量として排出されていることが判った。また加熱炉から切断機までの距離も長く、切断機に行きつくまでに相当の放熱ロスが発生していた。

これに対しては、購入鋼材の必要適正寸法を決めて、その長さに切断された材料を購入した方が、エネルギーコスト、労務費、設備費などを考慮した場合より有利であることを提案し、その後切断された材料が納入されている。

本改善により、鍛造工程用天然ガスは少なくとも2%低減できたと推定できる。

エネルギー低減期待効果 …… 1,044 GJ/y (72 MJ/台)

(2) まとめ生産による省エネルギー (第1step)

生産量が減った場合のまとめ生産の効果として、下記が期待できることを提案してきたが、現在は1シフトに集約されて効果をあげている。

まとめ生産の効果

- ・ 暖房エネルギーの低減
- ・ 照明エネルギーの低減
- ・ 設備の待機中電力の低減

今回の診断で詳細エネルギー量が把握できたエンジン工場の省エネルギー効果を示す。

Figure 3.1.10はエンジン工場の対策前後の電力消費量 (1~9月)を、Figure 3.1.11は生産台数1台当りのエンジン工場の電力原単位 (1~9月)を示す。

電力原単位の改善は、 $300 - 246 = 54 \text{ kWh/unit}$ であり、

電力節約量は、 $14,500 \times 0.054 \text{ MWh/unit} = 783 \text{ MWh/y}$

Figure 3.1.10 Electricity Consumption for Engine

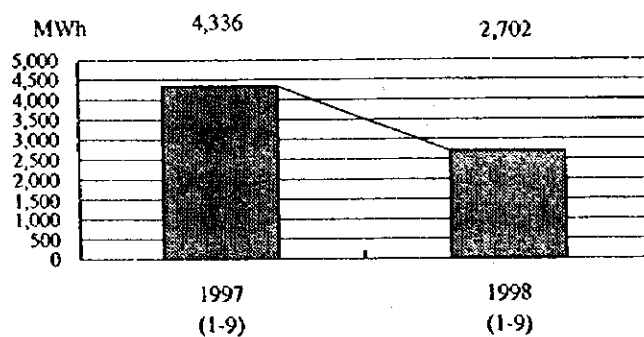
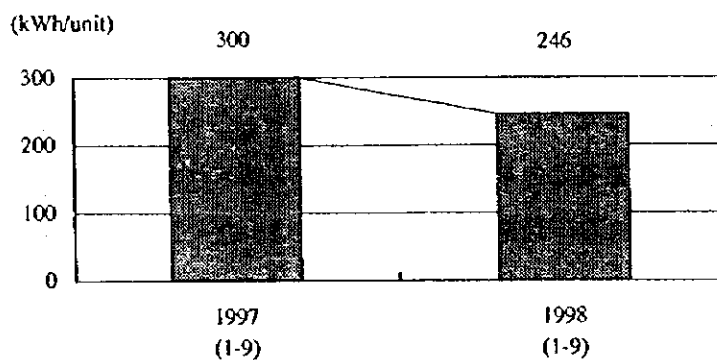


Figure 3.1.11 Electricity Intensity for Engine



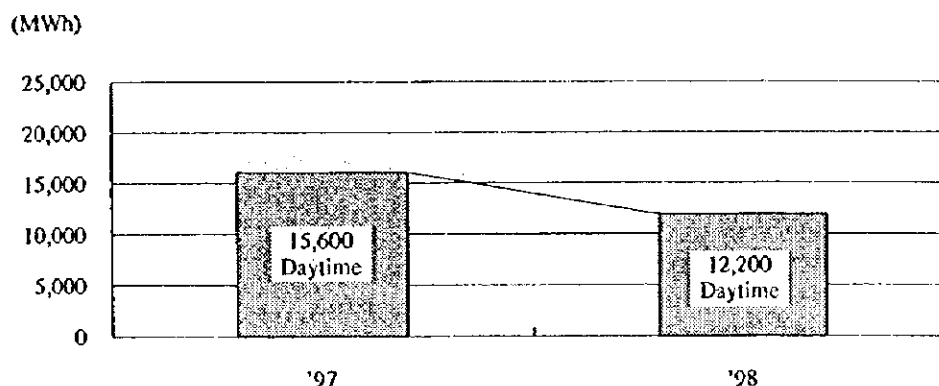
(3) 低負荷時の小型コンプレッサによるエア供給

前回診断時には、第3直や休日にも大型の1,910kWコンプレッサを稼働率50%で運転していたが、現在は、低負荷時の第2直、第3直及び休日には適正な小型コンプレッサ(75kW×2台)によるエア供給が行われるよう改善されている。本改善により下記の省エネルギー効果が得られているものと推定できる。

$$\begin{aligned} \text{省エネルギー効果} \cdots & (1.91 - 0.075 \times 2) \times (250\text{d} \times 8\text{h} + 115\text{d} \times 24\text{h}) \\ & = 3,832\text{MWh/y} \quad (264\text{kWh/1台}) \end{aligned}$$

1996年と比較したコンプレッサ電力消費は下図のような効果を出していると推定できる。(Figure 3.1.12)

Figure 3.1.12 Electricity Consumption by Compressor



3.1.5 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

1997年のエネルギーデータから、構内関係会社等の消費を除いたエネルギー原単位と製造の主要部門ごとのエネルギー原単位をTable 3.1.4に示す。

また、URSUSと比較したExcellent factoryについては、日本の場合全部の製造プロセスを自社に持つ企業は少なく、企業の考え方によって内部製作(自社)外部製作(他社)の範囲がまちまちのため、各部門別に優良原単位を調査して、その合計をトラクタ1台当りのエネルギー原単位とした。

Table 3.1.4 Comparison of Energy Intensity

	Unit	URSUS	Excellent factory	Difference
Energy intensity per production of a tractor	(GJ/unit)	78.5 ^{*1}	38.4 ~ 46.4	32 ~ 40
By process				
Casting	(GJ/unit)	5.4	4.0	1.4
Melting	(GJ/unit)	6.7	3.4	3.3
Others	(GJ/unit)			
(a part of the above breakdown) ^{*2}				
Total for casting	(GJ/unit)	12.1	7.4	4.7
Forging	(GJ/unit)	19.4	11.4	8.0
Engine	(GJ/unit)	11.3	5.9	5.4
Processes related to body assembly	(GJ/unit)	24.9	11.7	13.2
Factory air-conditioning	(GJ/unit)	17.4	2.0 ~ 10	7 ~ 15

*1: Excluding those for the related company on the premise, service parts shop and other shops not for comparison.

*2: The ratio for each process was based on that for 1996.

(2) 省エネルギーポテンシャルの推定

以下、鍛造・鋳造・加工組立・共通というプロセス別に省エネルギーポテンシャルを整理する。

なお、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

エネルギー原単位は1997年の生産量、14,500台/yを用いて計算した。

A. プロセス

a. 鍛造工程

1) 材料切断用加熱炉の排ガス成分の計測と解析

1997年の調査時は鍛造素材の熱間切断を行っていた。1998年の調査時には熱間切断を中止し、3.1.4項に示すように外部加工に変更され、熱間切断用加熱炉は中止していた。以下1997年の加熱炉の調査内容を述べる。

この加熱炉では、19個の加熱室が材料の通過方向に直列に隣接して設置されており材料(棒鋼)は連続的に入口から出口に向かって19個の加熱室を

通過して加熱される。燃料にはガスが使用され、各室にバーナが設置され、また、燃焼空気は共通のプロワーから各加熱室に供給される。排ガスは隣接した加熱室の接続部の空隙から排出され、煙道ダクトへ集合して煙突へ導かれる。排ガスの計測は、接続部の空隙に試料管を逐次に挿入して温度と酸素濃度を測定した。排ガスの温度が高いため、連続的な計測はできないので、スポット的に各計測点で計測値を読み取った。計測結果を Table 3.1.5 に示す。この表には計測値から計算された空気比および排ガス熱損失率をも記載した。

Table 3.1.5 Measurement of Exhaust Gas from Material Heating Furnace

Measuring Positions	2-3	4-5	7-8	12-13	16-17
Current situation (at measurement)					
Exhaust gas oxygen	2.69 %	9.8 %	6.4 %	0.28 %	1.29 %
Exhaust gas temperature	1,089	1,030	1,140	940	1,190
Air ratio	1.13	1.79	1.39	1.01	1.06
Exhaust gas heat loss rate	54.3 %	76.2 %	68.6 %	41.8 %	56.8 %
Calculation of air ratio improvement					
Air ratio	-	1.25	1.25	-	-
Exhaust gas heat loss ratio	-	55.3 %	62.1 %	-	-
Fuel reduction rate	-	46.8 %	17.0 %	-	-

Note: The numbers in the measurement location row are the chamber numbers of the heating chambers as they are placed from the outlet of the furnace.

注：計測位置の数字は材料の装入側からの加熱室番号

Table 3.1.5 に見るように一部の加熱室では空気比が高いため、空気比を調整した場合の効果を試算して表に併記した。空気比改善の試算の前提は、日本の基準値とした。

排ガスへの熱損失はこの表に記載したように約 50%もある。即ち、燃料の熱量の約 50%が排ガス熱量として排出されている。一方、屋外の煙突に至る煙道での計測では、Table 3.1.6 のように侵入空気により希釈され温度も低下しており、熱回収の余地はない。

Table 3.1.6 Exhaust Gas Measurement in the Flue of the Material Heating Furnace

	Duct A	Duct B
Exhaust gas oxygen	19.3 %	19.5 %
Exhaust gas temperature	89 °C	68 °C

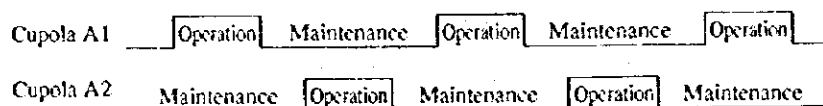
この炉において熱効率をあげるには、炉の型式を変更する方法しかないと思われる。すなわち、燃焼室を一室とすることにより、燃焼空気量の制御を容易にし、かつ外部からの侵入空気を最小として排ガスの熱を空気予熱によって回収することになる。このためには炉を全く新設することが必要となる。

b. 鑄造工程

1) キューポラの操業改善 (第1ステップ)

現在の鑄造生産は、月 1200t 程度であり 10t のキューポラ 1 台でも 1 日 16 時間以下の操業で終わってしまう。(Figure 3.1.13)

Figure 3.1.13 Cupola Operation Type on a Weekly Basis



キューポラの操業には、もちろん鑄造ラインの生産能力 (ライン速度) との関係によるが、ラインの速度を上げて、まとめ生産と停止の 2 分割にするか 24 時間連続操業に合わせた小型キューポラを導入するなど、今後の生産量を見極めて、検討する必要がある。

エネルギー低減期待効果 … 2,538 GJ/y (175 MJ/台)

(操業連続化により、コークス比 0.5%低減)

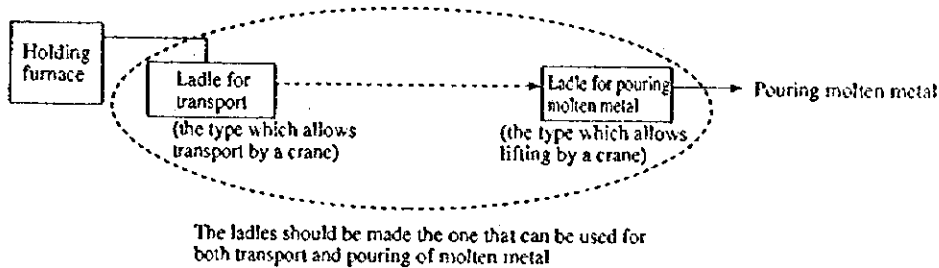
2) 鑄造の取鍋改善による放熱ロス低減 (第2ステップ)

鑄造の注湯工程を見ると、保持炉からシリンダブロックの型枠に注湯されるまでに、2 回取鍋に移し換えている。運搬用取鍋は余熱されているが注

湯用は余熱されていなかった。最終的には 40~60℃の温度低下があり、取鋼を搬送・注入兼用型に改善して1回の移し換えで注入する。(Figure 3.1.14 注湯工程)

エネルギー低減期待効果は、304GJ/y (21MJ/台)

Figure 3.1.14 Pouring Molten Metal



3) キューボラの改善：排ガス熱を利用した送風余熱 (第2ステップ)

キューボラの送風温度は排ガス熱回収していないために、常温であり更に短時間操業という非効率運用もあって、コークス比は14%近くである。排ガス熱を回収して送風温度を250~300℃にし、操業の連続化と合わせれば、コークス比が11~12%位まで改善される。送風温度上昇による省エネルギー期待効果は以下のとおりである。

エネルギー低減期待効果 … 5,031 GJ/y (347 MJ/台)
(コークス比 1.0%低減)

c. 加工、組立工程

1) まとめ生産による省エネルギー (第1ステップ)

設備能力に対して生産量が少ないため、設備の稼働率が低い場合には、次のようなまとめ生産が有効である。特に暖房や照明といった生産量とは無関係の固定エネルギーを多く消費する工場・地域においては生産量が下がっただけでエネルギー原単位が大きく悪化してしまうので、設備投資のわからない改善として提案できる。実施に当たっては、勤務体制をどういう風に見直し、また人をどのようにシフトさせるのか、という就業管理にまで立ち入るが、URSUS においてはかなりの効果が期待でき、またこれを

機会に従業員の意識が良い方向に改善される場合が多く、現在は 1 シフトに集約されて生産されているが、下記を考慮すれば、更なるまとめ生産による省エネルギーが図れる。

- ① 人、設備を投資すればサイクルタイムが更に短縮でき、1 ヶ月、1 週間という期間内での生産が半分以下の期間で完了できるようになるラインが良い
- ② 必要な生産が完了した後の期間は、暖房・照明を完全に停止してその区域を、次のまとめ生産開始まで閉鎖できる構造のライン。
- ③ そのラインが閉鎖されている期間、そのラインの作業者が他の作業に従事できるような、作業シフトや教育の実施。

今回の調査で感じたことだが、低操業で予算不足の中なので理解はできるがユーティリティの維持管理が不十分で、この低操業期に更に老朽化が進む心配がある。こういう時こそ、まとめ生産などをして、あいた時間に社内の手でメンテナンスをしっかりとって将来の生産回復時に備えることも大切である。

すでに実施された部門についての効果は、前項で述べたとおりである。

2) 生産工程の集約による改善 (第 2 ステップ)

エンジン組立、部品加工などでは、個々の設備がそれほど大型ではないので稼働率の低い生産設備を移動することはそれほど難しくない。移動コストにもよるが、まずは数年先の生産量を予測し、そこから設備の稼働状況を予測し、それに見合った最小限の生産工程に集約することは、作業効率だけでなく暖房エネルギー消費の低減にも大きな効果がある。(Figure 3.1.15, Figure 3.1.16)

[実施の方法]

加工や組立といった生産設備は、作業やメンテに必要な最少限のスペースを確保してできる限り集約し、集約されたエリアは暖房効率を良くするために仕切ってしまい、仕切りの外は暖房や照明をできる限り閉止するか、思い切って照明や暖房レベルを下げるのが重要である。例えば組立工場

には2つの組立ラインがあるが、今は稼働率が低いため1ラインでのみ生産している。当面の間は停止しているライン側をビニールのような簡易方法で仕切り、照明や暖房を一時的に閉止すれば省エネルギー効果が大きい。Figure 3.1.15 の月別熱エネルギー消費推移を見ると、冬季における暖房分が圧倒的に多いことがわかり、Figure 3.1.16 に示すように全体の中でも大きな比率を占めていることが判る。

Figure 3.1.15 Trend of Heating Energy Consumption

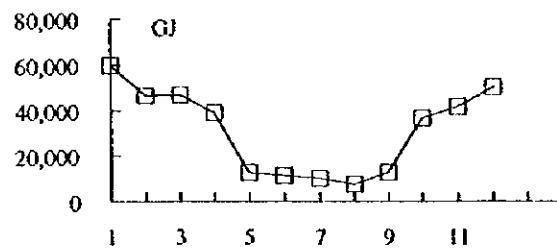
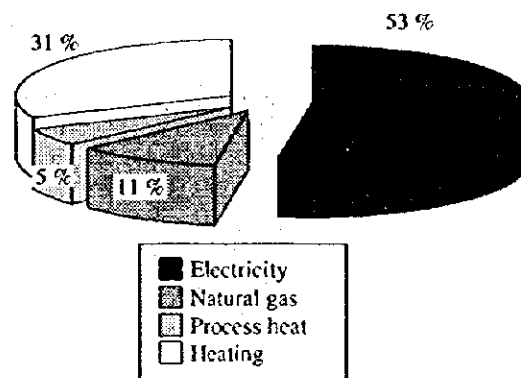


Figure 3.1.16 Heating Energy Ratio by Resource



① 集約 (A)

組立やエンジン工場など新工場区域の主工場の約 20%は仕切りそして閉鎖が可能と考える。閉鎖区域の暖房を3分の1レベルに下げたとして下記暖房エネルギーの低減が可能である。

[効果 2-1]

	主要工場	閉鎖可能域	Saving energy
面積	約 250,000m ²	約 50,000m ²	
暖房熱エネルギー	210,000GJ/y	42,000GJ/y → 14,000GJ/y	28,000GJ/y
暖房用電力	16,000MWh/y	3,200MWh/y → 1,067MWh/y (32,826GJ/y) (10,945GJ/y)	2,133MWh/y (21,881GJ/y)
照明電力	8,400MWh/y	1,680MWh/y → 0	1,680MWh/y (17,233GJ/y)
実施済み分 (エンジン工場)			-783MWh/y

エネルギー低減期待効果 … 67,114 GJ/y (4,629 MJ/台)
 熱エネルギー低減 … 28,000GJ/y
 電力量低減 … 3,030MWh/y (=2,133 + 1,680 - 783)

② 集約 (B)

将来の生産予測がかなり正確に立てられ、最大でも現在の2倍位の生産であれば、思い切って半分の面積まで設備集約することができる。閉鎖した半分は完全に閉鎖すれば、効果は下記まで大きくなる。

[効果 2-2]

	主要工場	閉鎖可能域	Saving energy
面積	約 250,000m ²	約 125,000m ²	
暖房熱エネルギー	210,000GJ/y	105,000GJ/y → 0	105,000GJ/y
暖房用電力	16,000MWh/y	8,000MWh/y → 0 (82,064GJ/y)	8,000MWh/y (82,064GJ/y)
照明電力	8,400MWh/y	4,200MWh/y → 0	4,200MWh/y (43,084GJ/y)

エネルギー低減期待効果 … 230,148 GJ/y (15,872 MJ/台)
 集約(A)の分を除くと、集約(B)のみの効果は次のとおりとなる。
 熱エネルギー低減 … 77,000GJ/y
 電力量低減 … 8,387MWh/y

3) 設備の改善

① エア漏れの低減 (第1ステップ)

エンジン工場では、前回診断以後に、エア漏れ対策がなされていたが鍛造工場では大きなエア漏れがあり、今回は漏れ量を実測して省エネルギー効

果を推定した。実測方法は、工場が圧縮空気を使用しない時間帯に工場の圧縮空気元バルブを閉じた後の圧力低下の速度を測定して、漏れ量を計算した。

圧縮空気の大目使用先と見られる鍛造工場で、作業終了後の午後 2 時に空気の供給弁を閉止して、管内圧力の低下を記録した。Figure 3.1.17 に鍛造工場の圧縮空気配管系統図を示す。この工場へは圧縮空気は近接した圧縮機室から 2 条の配管で供給されており、それぞれ Hot air line, Cool air line と呼ばれているが実際の空気温度の意味ではなく単なる呼称である。

Figure 3.1.17 Air Supply for Forging Plant

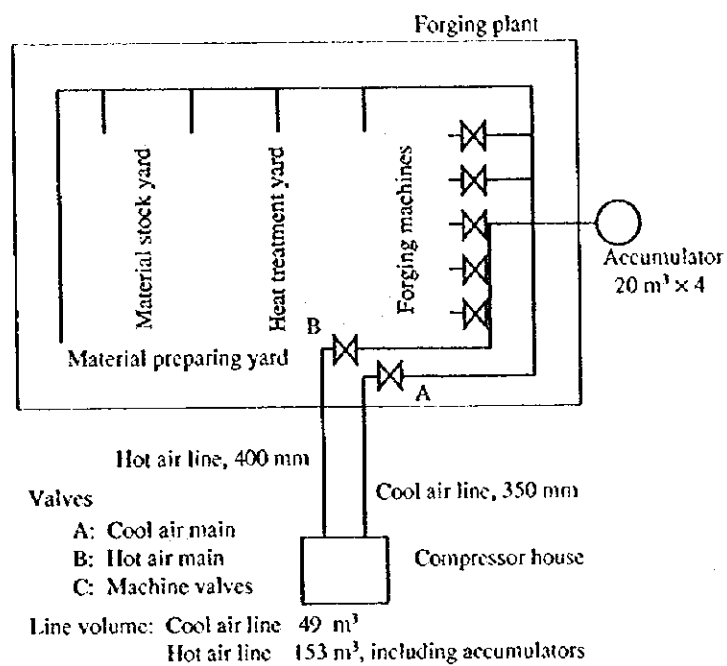
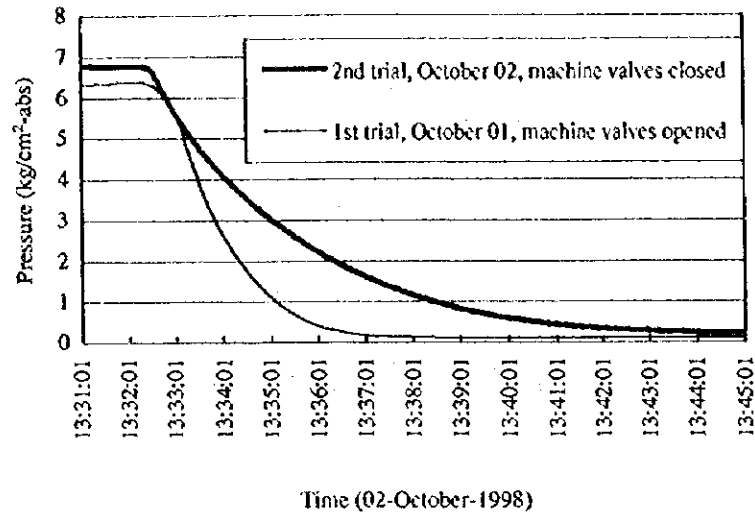


Figure 3.1.18 に Cool air line の圧力降下測定結果を示す。このラインでは 2 回の計測が行われ、第 2 回目の計測では各鍛造機に入る空気弁が閉止されている。この Figure 3.1.18 は第 2 回目の計測結果の上に第 1 回の計測値を重ねて描いているので、鍛造機入り口弁の閉止により、漏洩量が減少していることが分かる。

Figure 3.1.18 Air Pressure, Forging Plant
Cool Air Line



圧力効果の計測値の記録から数個の点をサンプリングし、これと配管容積から空気の漏洩量を計算した。結果を Table 3.1.7 に示す。

Table 3.1.7 Air Leakage Assumption

Cool air line, machine valves closed, October 02

Time	Pressure	Pressure difference	Pressure average	Leakage (m ³ /h)
13:34:01	4.11			
13:34:41	3.36	0.75	3.74	3,284
13:35:21	2.74	0.62	3.05	2,715
13:36:01	2.23	0.51	2.49	2,233
13:36:41	1.80	0.43	2.02	1,883
13:37:21	1.45	0.35	1.63	1,532
13:38:01	1.16	0.29	1.31	1,270
13:38:41	0.92	0.24	1.04	1,051
13:39:21	0.74	0.18	0.83	788
13:40:01	0.59	0.15	0.67	657
13:40:41	0.48	0.11	0.54	482
13:41:21	0.40	0.08	0.44	350
13:42:01	0.33	0.07	0.37	306
13:42:41	0.29	0.04	0.31	175
On normal pressure, extrapolated			6.20	4,650

On October 01, machine valves were opened; leakage was 12,421 m³.

漏洩量は空気の圧力によって異なるので、計算された漏洩量を Figure 3.1.19 のように圧力を変数としてグラフ化し、これを数式化して通常の作業時における漏洩量を外挿近似した。Table 3.1.7 にはこの平常圧力での漏洩量を併記している。

Figure 3.1.19 Air Leakage by Pressure
Cool Air Line, Machine Valve Closed, October 2nd

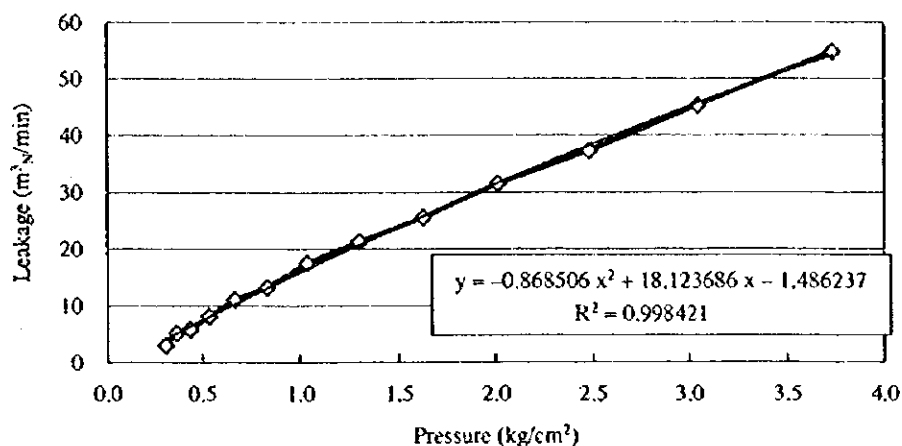


Table 3.1.7 に見るように、このラインでは鍛造機の弁を閉止しても毎時 $4,650\text{m}^3_{\text{N}}$ の漏洩がある。作業時には鍛造機の弁は開放されているので、この場合は漏洩は計算では $12,421\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$ であるが、鍛造機運転時は漏洩が発生していないので鍛造機の稼働率を30%とすると漏洩は次のとおりである。同様の漏洩測定を Hot air line について行くと、鍛造機弁を閉止した状態での漏洩は $2,831\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$ となり、この値は鍛造機の弁を閉止しない場合でも大差はない。

鍛造工場の圧縮空気漏れ量推定値 $14,485\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h} \times 0.7 = 10,140\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$
 同工場の年間圧縮空気漏れ量換算 (*1) $20.3 \times 10^6\text{m}^3_{\text{N}}/\text{y}$
 同工場の圧縮空気漏れ電力量換算 $2,538\text{MWh}/\text{y}$ ($26,030\text{GJ}/\text{y}$)

*1: $8\text{h} \times 250\text{day}$

その他のエア漏れを含めるとコンプレッサ消費電力量の 20%位のエア漏れがあると思われる。カプラのメンテナンスや配管継ぎ目などの修理により、下記省エネルギー効果が期待できる。

コンプレッサ消費電力量推定 24,000MWh/y (=246,000GJ/y)
エネルギー低減期待効果 … 4,800MWh/y (=49,200GJ/y) (3,393MJ/台)

② 圧縮空気の圧力変更による改善 (第2ステップ)

工場使用圧力は 7kg/cm² に設定してあるが、ヒヤリングからは特に根拠のある設定ではなかった。設備種類ごとに圧力を下げられないか検討し、設定圧力を 6kg/cm² まで下げることができれば、6%前後の電力消費低減が期待できる。ただし、圧力を 6kg/cm² に下げた場合に正常機能しなくなる設備はないかを調査し、必要な所には増圧器を設置し対応する。また品質面についても同じ確認をし、更に新規の設備については、工場供給の保証圧力を設備仕様に織り込むことが大切である。エア漏れ改善後、エア圧力を 6kg/cm² まで下げれば電力消費を 6%低減でき下記効果が期待できる。

エネルギー低減期待効果 … 1,170 MWh/y (=12,000 GJ/y) (827 MJ/台)

(3) 設備のワンサイクル停止による改善 (第2ステップ)

生産量の低下に伴い、機械の待ち時間は多くなってきている。しかしワークを待っている間でも相当量のエネルギーが消費されており、今回はエンジン工場内でいくつかの設備について、実際の加工中と待機中の消費電力を測定したので結果を Figure3.1.20 に示す。1サイクルでの停止機能のない設備 A, B, C では待機中でも、加工中の負荷の 80%以上のエネルギーが消費されている。

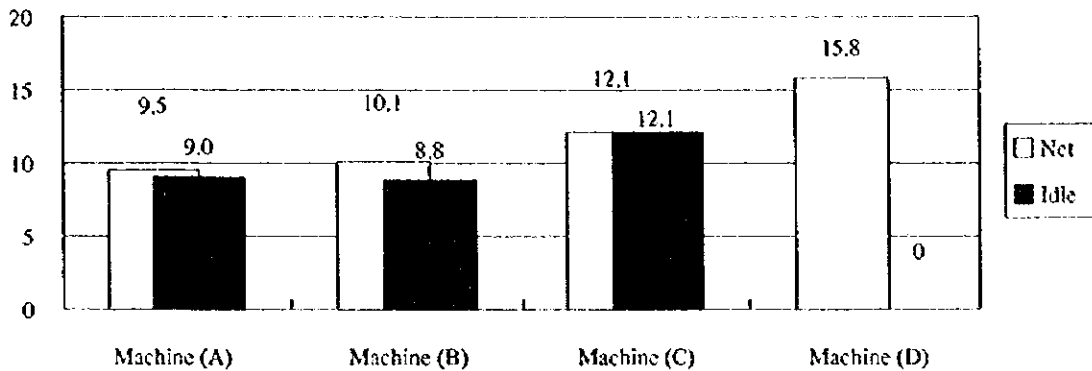
設備 A：シャフト端面のフライス加工&センタリング

設備 B：シャフトの旋盤加工

設備 C：部品洗浄機

設備 D：クランクシャフト洗浄機

Figure 3.1.20 Energy Consumption by Machine (kW)



これからわかるように、1 サイクル停止機能と作業者自らのこまめな設備停止によって、エンジン、シャーシ工場などの動力電源消費は 5%以上低減できる。

$$\begin{aligned} \text{エネルギー低減期待効果} &\cdots 1,116\text{MWh/y} (=11,447 \text{ GJ/y}) (789\text{MJ/台}) \\ &= (158,000 + 71,000) / 10,258 \times 0.05 \end{aligned}$$

d. プロセス共通

1) 歩留まり向上による省エネ

歩留まりが悪いということは、何のアウトプットもなしに、エネルギーだけ消費する訳であり、エネルギー原単位の直接改善よりも大きな影響を持つ場合がある。鍛造工場においては、平均歩留まりが 80~85%ということだが、中には歩留まりが 65%という悪いものもあるので、工程・品物ごとに歩留りを把握して悪いものから重点に工法改善や材料改善などを行って歩留まりを向上していくことが必要である。またシャフトの製作においては、プレス後のバリが大きく、歩留まり向上の余地があると思われる。更に円筒形の鍛造品では、歩留まりの良い「摩擦圧接」や「アプセッター」といった別な工法が適用できないか検討していくことも必要である。

これらの改善によって 85~90%の歩留まりを確保したい。

また加工においては、主要部品であるエンジンのシリンダブロックやシリンダヘッドの素材不良が多いという。不良品はただ廃却処理するのではなく、発生させた責任元に返却して加工費などのロスコストを負担させるという

原価管理のしくみを作っていくことで、不良率を低減し、エネルギーコストを含めた原価改善や納期改善にも貢献させていくことが大切である。

不良品のエネルギー原単位は、無限大である、ということを理解させる。

それぞれの歩留まりが把握されていないので、裏付け詳細はないが、鍛造工程での歩数は5%向上・加工工程での歩留まりは2%位向上できるとすれば、期待効果は下記になる。

鍛造工程 電力： $125,000 \times 0.05 = 6,250 \text{GJ/y}$

熱： $113,000 \times 0.05 = 5,650 \text{GJ/y}$

加工工程 電力： $71,000 \times 0.02 = 1,420 \text{GJ/y}$

熱： $91,000 \times 0.02 = 1,820 \text{GJ/y}$

エネルギー低減期待効果 …… 15,140 GJ/y (1,044 MJ/台)

電力： $6,250 + 1,420 = 7,670 \text{GJ/y} (748 \text{MWh/y})$

熱： $5,650 + 1,820 = 7,470 \text{GJ/y}$

2) 管理方法改善による省エネ (第1ステップ)

① 圧力計設置による管理強化

生産工程で使用されるエアの圧力は、 7kg/cm^2 というが使用設備側にはあまり圧力計が設置されていない。途中のエア漏れによってどの位ロスしているか、あるいは省エネルギーのために今後設定圧力を下げて使用する場合、エアナットランナーのような圧力によってトルクを決めている設備の品質確認をするためにも圧力計は工程ごとに設置して圧力管理をしていくことが大切である。圧力計が設置されていればエア供給を止めた時に、工程・工場ごとにどの位の時間で圧力がなくなるか、つまりどの位の漏れがあるかを、この圧力計によって把握でき、改善に結びつけることができる。投資も少ないし、従業員が自主的に管理でき何の説明も必要なく、その割合にはエネルギー消費に大きく影響してくる重点事項である。

② 従業員による一時的なメンテ作業のすすめ

販売不振から今は操業度が低く、そのために維持管理にかけられる費用も少ないのはやむを得ない。また経営側としては、生き残りをかけたリストラを進めていると思うが、それでもまだ生産現場従業員は過剰気味と思われる。従業員数に応じた生産量がない場合は、まとめ生産した後に、その工程を閉鎖するのがよいことは前述したが、どうしてもまとめ生産ができ

ない場合は生産に従事する人を減らし、生産速度を遅くして平準化するのも 1 つの方法である。照明や暖房という固定エネルギーの効率が悪くはなるが、その反面そこで余剰となった人員を施設や設備のメンテナンスにうまく使えば、生産が多くて忙しい時にはできない補修や改善ができ、将来生産が増加した時に最良の状態での生産ができる。またこういう低操業期間にも設備の老朽化は進み、エネルギー消費という点では悪くなる要因は継続しているのである。経営側と組合側でよく話し合い、下記の作業くらいは自分達で実施しておきたい。

- ・暖房時の熱ロスとなる、工場窓や壁の隙間、割れの補修。
- ・夏季に照明をつけなくて済むように、窓等の採光部の清掃をする。
- ・配管等からのエア漏れの防止 (調査・修理)。

e. 近代化による省エネルギーポテンシャル

上旬で、既存の生産プロセスを前提としての省エネルギーポテンシャルを整理してきたが、以下に日本の代表的な企業と特に大きな違いのあるプロセスとして、鋳造溶解工程と加工工程を対象に近代化投資をした場合、エネルギー消費がどの位になるのか試算する。

1) 溶解炉の近代化

溶解炉は単にコストのみでなく、必要品質や操業形態によって Table 3.1.8 の各種設備を使い分ける方が効率的である。調査した工場のキューポラの場合は、一定した成分のものを連続して大量に生産する場合 (=当初の生産能力とおりの生産の場合) に総合効率の良さが発揮される訳であり、現在の生産量では本来の効率が発揮されていない。

Table 3.1.8 Comparison of Energy Consumption by Melting Furnaces

Type of furnace	Heat source	Energy consumption per ton of iron		Efficiency
Cold air cupola	Coke	150 kg	(4,520 MJ)	27 ~ 32 %
Hot air cupola	Coke	100 kg	(3,010 MJ)	38 ~ 45 %
Arc furnace	Electricity	550 ~ 660 kWh	(5,640 ~ 6,770 MJ)	59 ~ 65 %
Low-frequency furnace	Electricity	500 ~ 630 kWh	(5,120 ~ 6,460 MJ)	62 ~ 70 %
High-frequency furnace	Electricity	600 ~ 650 kWh	(6,150 ~ 6,660 MJ)	60 ~ 65 %

近代化する場合の提案として、以下高周波誘導炉を導入および最新のキュボラの導入を検討したてみた。高周波炉の場合は、総合効率は良くなるが、溶解のためのエネルギーだけで判断するとまだキュボラの場合の方がやや消費は少ない。高周波炉の場合は品質の安定化等その他の効果は大きい。一方、この工場の場合は成分の種類が少ないと思われるので、今後の長期的な生産品目や生産量を予測した上で、最新の熱回収ができる効率の良いキュボラに更新するのも有効と考える。

① 高周波炉の導入検討

前提条件 月間溶解量 1,600t

導入炉 高周波炉 3t×3基

投資額 一式 約 7,500,000 PLN

熱源 電力のため、受電は約 5,000kW 増加する。

(増加分 5,400kW、保温炉電力削減分 400kW)

ただし、受電能力は十分にあるので既存受電設備で対応可能。

作業方法 1日当りの操業を注湯するラインと同じ8時間とした。

時間当り溶解量=9t とし、3基に分割することで、保持炉を不要とする。

エネルギー 現在キュボラ

溶解コークス 81,000GJ/y (1600×0.14×12×30144kJ/t)

保持炉電力 8,700GJ/y (400kW×8h×22d×12m)

合計 89,700GJ/y

高周波炉の場合

溶解電力 118,000GJ/y (1600×600kWh×12)

エネルギー効果 -28,300GJ/y

(エネルギー量だけで見ると増加)

- その他の効果
- ・ 品質が安定する。
 - ・ ダライ粉が使える (原材料の低減になる)
 - ・ メンテ費用の低減
 - ・ 小型で済むため、設備スペースが少なく済む (照明その他)

- ・ キュポラのように、作業者の専門技能が不要となる。
- ・ 環境対策となる。
- ・ 作業時間を変えても、効率良く生産できる。
- ・ 体停止が容易
- ・ キュポラに比較し、体停止に伴うエネルギーロス、製品ロス等が少ない。

② 熱風キュポラの導入検討

前提条件	月間溶解量	1,600t
導入炉	熱風キュポラ	3t×3基 or 10t×1基 (Hot blast water cooled cupola)
投資額	一式	約 9,500,000 PLN (約 3 億円)
操業方法	現状と同等とした。(保持炉も同じ)	
エネルギー	現在キュポラ	
	溶解コークス	81,000GJ/y (1,600×0.14×12×30,144kJ/t)
	熱風キュポラ	
	溶解コークス	57,800GJ/y (1,600×0.10×12×30,144kJ/t)
	エネルギー効果	23,200GJ/y (1,600MJ/台)

③ 加工ラインの近代化

日本では労務費が極めて高いため、さらに品質を安定させるために設備の自動化が進み、部品加工工程においては少品種多量生産に適したトランスファーラインや、多品種少量生産に適した FMS (Flexible Manufacturing System) が主流となっている。これら自動化により人の作業を機械に置き換えたため、消費するエネルギーは増加している。しかし設備の機能が増加して 1 台の設備で多くの加工できるようになり、また稼働しない時のエネルギー消費を最小限にする機能も織り込まれて、全体に効率良い生産システムとなっている。以下にエンジンの部品加工など、日本の類似加工工場並みに自動化する場合の検討をしてみた。

投資額	80,000,000PLN (主ライン : 15,000,000PLN×4、その他 20,000,000PLN)
-----	---

エネルギー効果	現在のエンジン原単位	11GJ/台
	年間	183,000GJ/y
	近代化後の同原単位	5.9GJ/台
	年間	99,000GJ/y
	省エネルギー効果	84,000GJ/y (5,793MJ/台)
		(8,190MWh/y)

- その他の効果
- ・ 品質の向上 (歩留まり向上が期待できる)
 - ・ 直接作業者の削減
 - ・ 工場建屋の縮小化
 - ・ 無人化、自動化により消灯、暖房用エネルギー低減が期待できる。

B. ユーティリティ (熱利用設備)

a. ボイラ

この工場ではボイラ・抽気背圧タービンで構成される自家発電システムを持っている。プロセス用温水および市中供給用の温水は、タービンの抽気・排気から熱交換器を介して供給される。

但し、夏季 (非暖房期) には温水の需要が小さいので、自家発電装置は停止され、所要の温水は別置の温水ボイラから供給される。また、暖房期に自家発電装置からの温水熱量だけでは不十分な場合には、温水ボイラで更にヒートアップして供給される。

1997年の調査時は、蒸気ボイラは停止し、温水ボイラが稼働していた。1998年の調査時は、温水ボイラ 1基が運転されており、蒸気ボイラは訪問の第4日目から運転に入った。また、蒸気タービンはこの時はまだ運転されずに暖機中であった。

ボイラの配置および排ガスの計測点を Figure 3.1.21 に示す。また、蒸気ボイラの仕様を Table 3.1.9 に、温水ボイラの仕様を Table 3.1.10 に示す。

Figure 3.1.21 Layout and Measure Points for Boiler Exhaust Gas

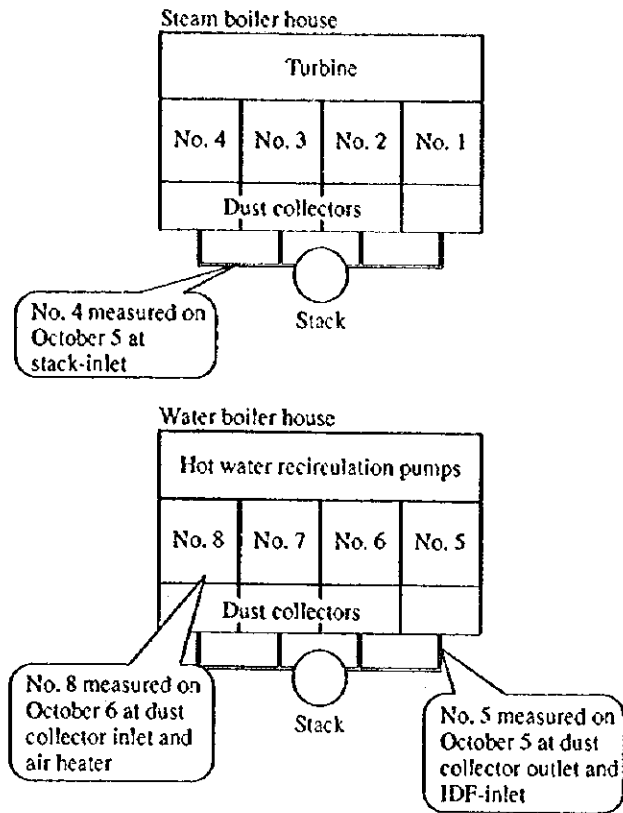


Table 3.1.9 Steam Boiler: Facilities and Operation

Type	Steam boiler, coal stoker fired		
		Designed	Working (October 5/1998)
Model		OR-32	
Capacity	t/h	32	25
Steam temperature	°C	450	400
Feed water temperature	°C	105	105
Steam pressure	MPa	4	3.2
Inatalled in		1976	
No. of installed boilers:	4 units, No. 1 to 4		
Air heater		Not attached	

Steam turbine			
Type	Extraction & back pressure turbine with generator		
		Designed	Typical
Power output	MW	6.0	6.4
Power maximum	MW	7.5	
Steam pressure	MPa	3.5	3.6
Steam temperature	°C	435	436
Maximum steam	t/h	80	
Extraction pressure	MPa	0.6	0.7
Back pressure steam	atm	0.01	0
	°C	150	147
No. of installed boilers	unit	1	

Table 3.1.10 Hot Water Boiler: Facilities and Operation

Type	Water boiler, coal stoker fired, forced circulation			
		Designed	Working	
			October 5/1998	October 6/1998
Model		WR-25	No. 5	No. 8
Capacity	Gcal/h	25	9.0	9.2
	MW	29		
	t/h		360	400
Pressure	maximum/minimum	2.0/1.1		
	working	1.6	0.62	0.5
Water temperature	in/out	70/155	52/71	52/75
Made by/in	RAFAKO/February 1976			
No. of installed boilers:	4 units, No. 5 to 8			
	No. 5 and No. 6 to be replaced with gas boiler next year			

1) ボイラの空気比改善

ボイラの空気比を知るためにFigure 3.1.21に示した点で煙道排ガスの酸素濃度および排ガス温度を計測した。それらの結果をFigure 3.1.22、Figure 3.1.23に示す。なお、これらの図上には計測値の平均・最大・最小値を併記している。

Figure 3.1.22 Exhaust Gas, Steam Boiler No. 4

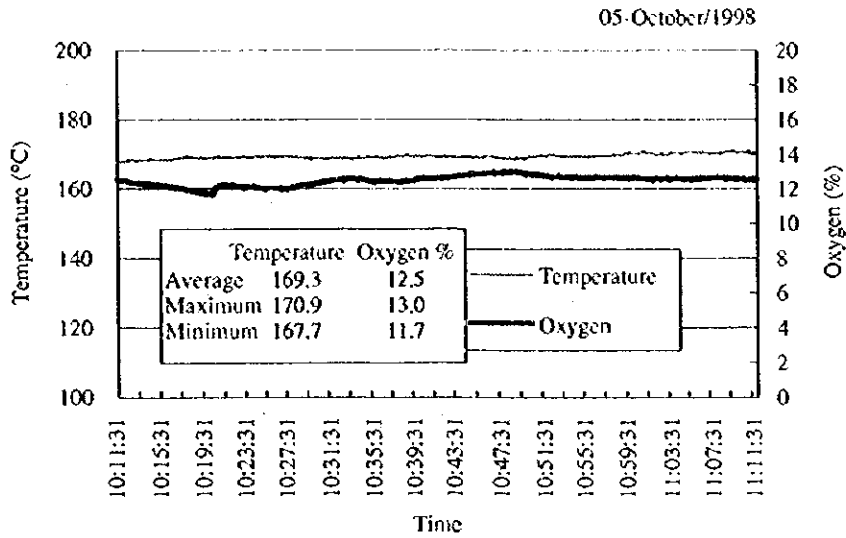
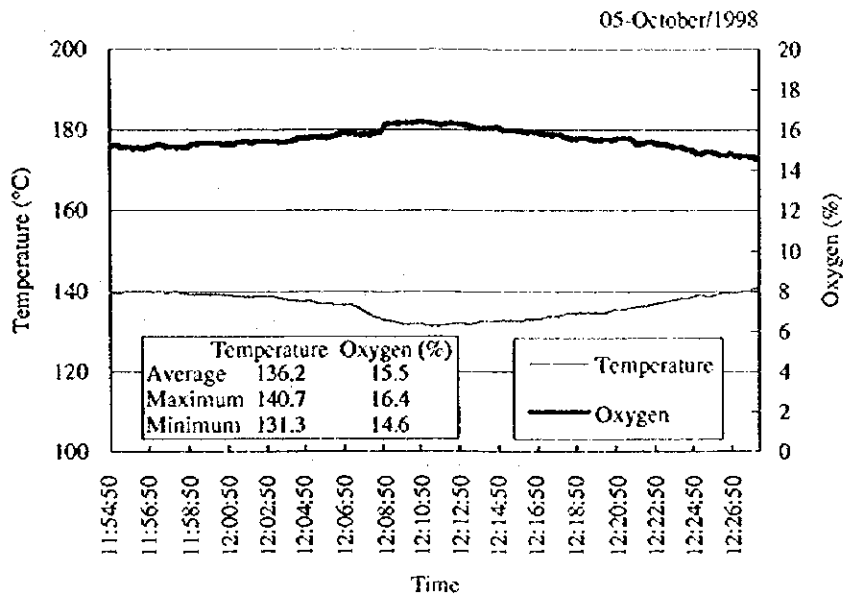


Figure 3.1.23 Exhaust Gas, Water Boiler No. 5



いま、燃焼空気ダンパーを調整することによって、排ガス酸素を11%にまで低減できたとして燃料の節減率を燃焼計算と熱バランスから求めると、それぞれのボイラに対してTable 3.1.11に示すような結果を得る。

Table 3.1.11 Combustion Calculation

Items	Theoretical combustion	Steam boiler No. 4		Water boiler No. 5	
		Measured air ratio	Improved air ratio	Measured air ratio	Improved air ratio
Exhaust gas oxygen	0.0 %	12.5 %	11.0 %	15.5 %	11.0 %
Air ratio	1.00	2.44	2.08	3.75	2.08
Air volume (m ³ /kg)	6.4	15.7	13.3	24.1	13.3
Exhaust gas (m ³ /kg)	6.8	16.0	13.7	24.5	13.7
Exhaust loss (to fuel)		14.5 %	12.5 %	17.0 %	9.7 %
Fuel advantage		Base	2.3 %	Base	8.1 %

Rem AR improved is the minimum in similar factories.

空気ダンパーをボイラの負荷に応じて調整することにより、このように燃料消費が低減される。空気比の低減はまた、Table 3.1.11に見るように燃焼空気量および排ガス量の減少をもたらすので、ボイラの通気ファン即ち押込みファンおよび誘引ファンの消費動力が低減される。

これらの温水ボイラには空気予熱器が設置されているが、調査時には空気予熱器はバイパスされ、使用されていない。燃焼空気量を低減すると排ガス温度が上昇するので、空気予熱器を使用すればさらに燃料消費量が低減できる。仮に170℃の排ガスで燃焼空気を20℃から50℃まで予熱すると、燃料消費量は計算上では3%低減される。

なお、燃焼の計算に用いた燃料成分をTable 3.1.12に示す。

Table 3.1.12 Components of Boiler Coal

C	H	O	N	S	Water content	Coal ash content
81.5 %	4.9 %	11.4 %	1.3 %	0.7 %	6.0 %	16.2 %

ボイラの空気比改善による燃料節約量は次のとおりである。

$$\text{蒸気ボイラNo.4 } 500,000\text{GJ/y} \times 0.023 = 11,500\text{GJ/y}$$

温水ボイラNo.5 $65,000\text{GJ/y} \times 0.081 = 5,265\text{GJ/y}$

合計 $16,765\text{GJ/y}$

1997年の石炭使用量は、

暖房期 (1~5月, 10~12月) : $500,000\text{GJ}$

非暖房期 (6~9月) : $65,000\text{GJ}$

であった。

Figure 3.1.24 Thermal Image of the Steam Boiler Side Wall

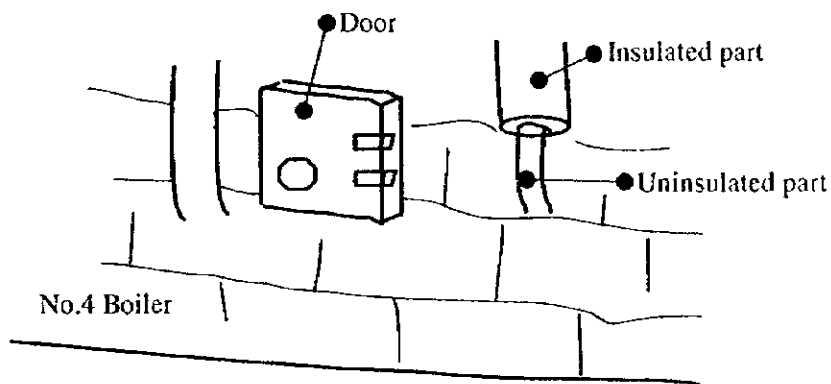
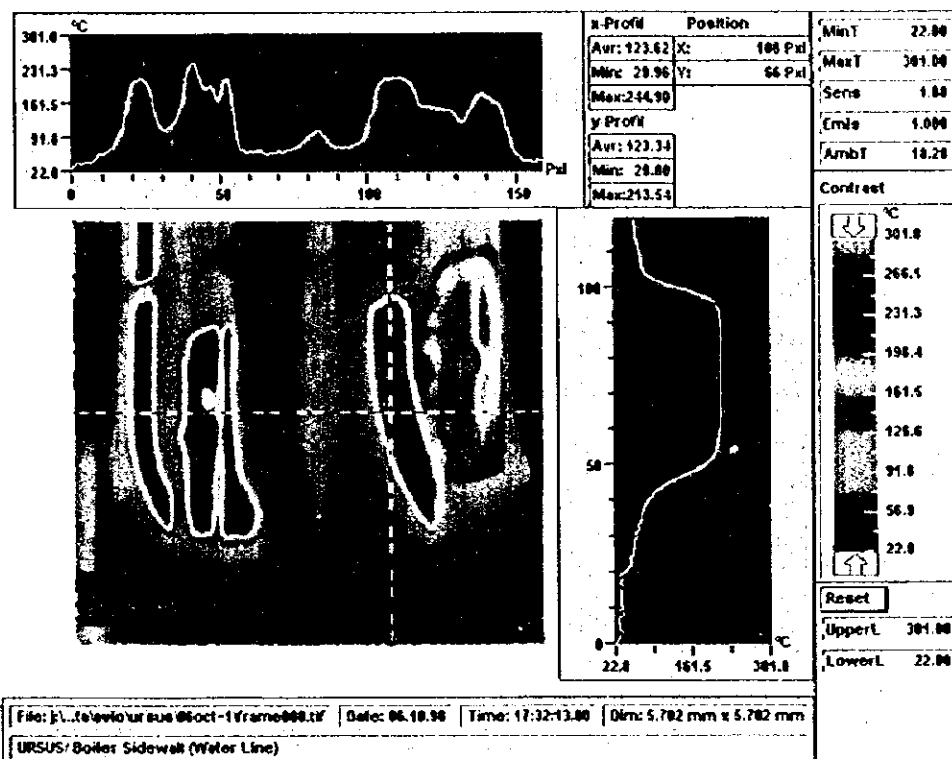
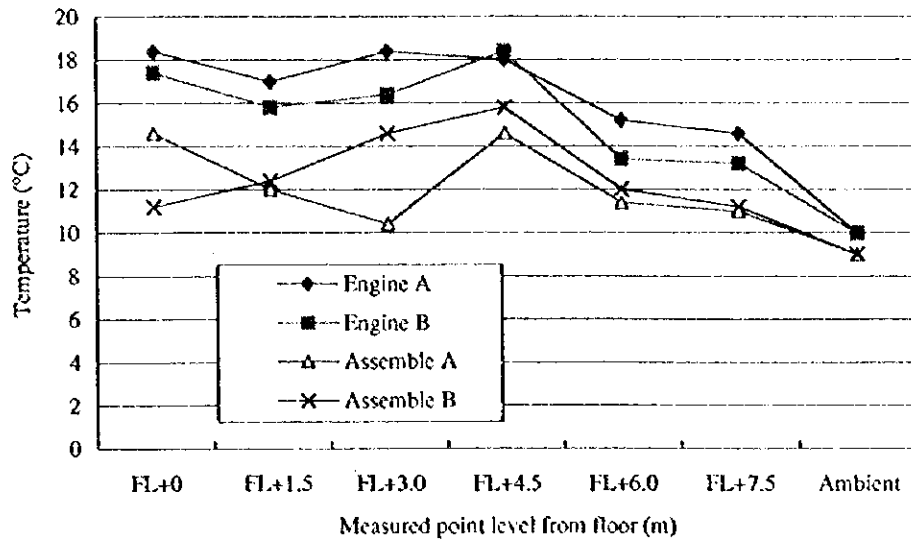


Figure 3.1.26 Room Temperature Distribution without Space Heating



建物上層部の温度が高いときは屋根からの放熱量が多くなり、その分を暖房エネルギーで補うことになる。一般にこのような高天井の温風による建物暖房では、温風の吹出しノズルに高風速吹出し型のものを配置し、建物内の空気を上下に攪拌することによって、温度差を小さくする方法が用いられており本工場でも検討の余地がある。

C. ユーティリティ (電気)

a. 工場使用電力量

1997年の調査日の時間帯別電力使用量は次のとおり。

時間帯	06:00~14:00	14:00~22:00	22:00~06:00
工場受電電力 (MW)	20~30	12	6

これより操業日と休日の日電力量を推定すると次のようになる。

$$\text{操業日} \quad 28 \times 8 + 12 \times 8 + 6 \times 8 = 368 \text{MWh}$$

$$\text{休日} \quad 6 \times 24 = 144 \text{MWh}$$

年間操業日を次のように想定する。

$$\text{操業日数} \quad 52 \text{ 週} \times 5 - 10 (\text{祝日ほか}) = 250 \text{ 日 (夏、冬各 125 日)}$$

$$\text{休日数} \quad 365 - 250 = 115 \text{ 日}$$

また冬期の月間電力量増分を月別使用電力量より推定し、1,500MWhとす

る。

これより 1997 年の年間使用電力量を計算する。

操業日	368×250 日	=92,000MWh
休日	144×115 日	=16,560MWh
冬期増	1,500×6 月	=9,000MWh
計		117,560MWh/y

概ねこの数値がほぼ妥当な代表値と思われる。

1) 1998 年の詳細診断時における工場使用電力量の推定

Figure 3.1.27 および Figure 3.1.28 に 1998 年 1 月度 (冬) と 9 月度 (夏) の入手した日別工場使用電力量を示す。また同時期の日別、時間帯別受電電力量の数値を週日、休日に分け時間別に平均電力を計算したものを Figure 3.1.29 および Figure 3.1.30 に示す。Figure 3.1.30 によれば夏の場合 (9 月) は自家発が停止しているため、受電電力がそのまま工場使用電力になる。これで見ると、第 1 直の使用電力は約 15MW、第 2 直、第 3 直の使用電力は約 3MW である。また休日の使用電力は約 2MW となっている。一方、Figure 3.1.29 によれば冬の場合 (1 月) は自家発分が受電分に加わるため、工場使用電力としては第 1 直の使用電力は約 40MW、第 2 直、第 3 直の使用電力は約 8MW である。また休日の使用電力は約 6MW と想定される。したがって夏と冬の差は第 1 直で 25MW、第 2 直、第 3 直で 5MW、休日で 4MW となる。この差が即暖房となるわけではなく、この部分は {暖房+(2 直運転→1 直運転) +夏休みの 9 月度取得} による差と考えられる。しかしいずれにしても暖房電力は 10MW を上回ると想定される。冬と夏の使用電力差を「冬期増」とした。

これらより年間使用電力量を計算する。

夏期操業ベースの電力使用量

操業日	160×250 日	=40,000MWh
休日	40×115 日	=4,600MWh
冬期増	10MW×8h×125 日	=10,000MWh (第 1 直)
	3MW×16h×125 日	=6,000MWh (第 2 直および第 3 直)
計		60,600MWh/y

概ねこの数値がほぼ妥当な今年度の使用電力量と思われる。

この中で送気ファン等の暖房用電力量は 16,000MWh/y で約 26%を占め極めて大きい。3.1.5 A. c. 2) 項に示すように、暖房区域を限定することにより大幅な暖房エネルギーを削減できる。

Figure 3.1.27 URSUS Daily Power Consumption (January '98)

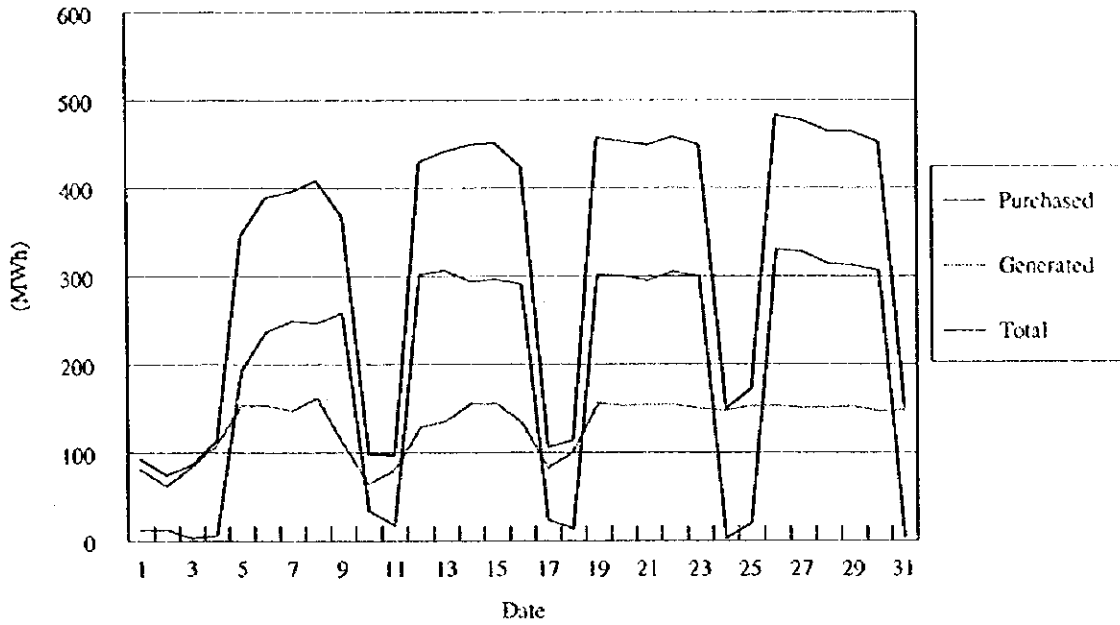


Figure 3.1.28 URSUS Daily Power Consumption (September '98)

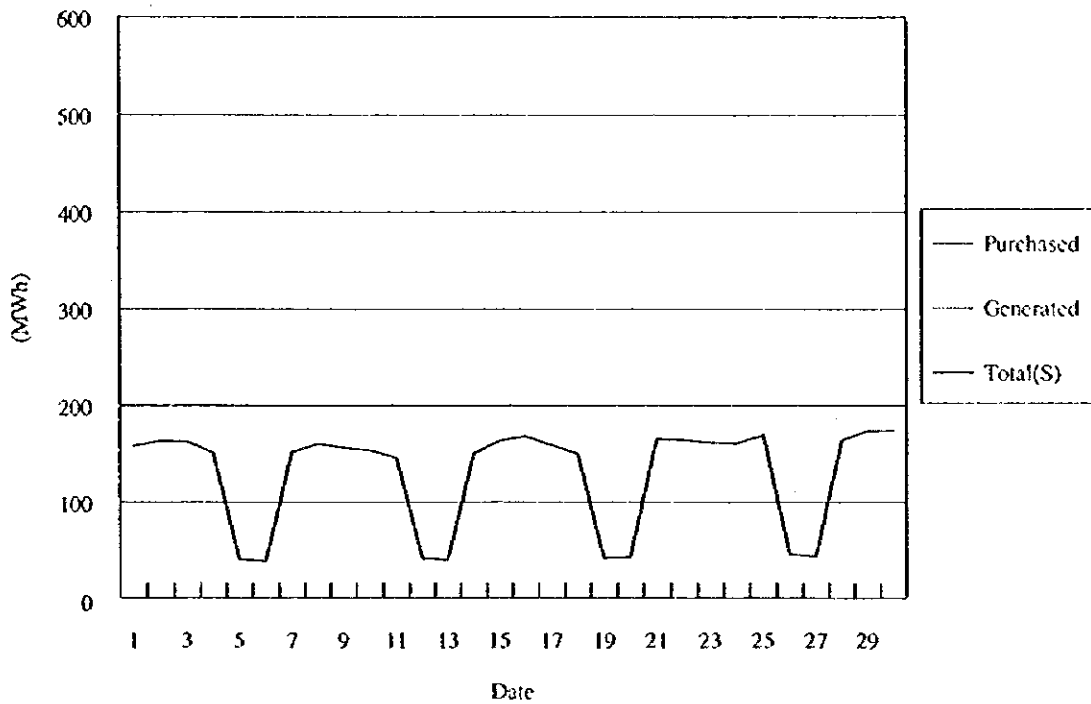


Figure 3.1.29 Purchased Power Daily Load Curve (Winter, January)

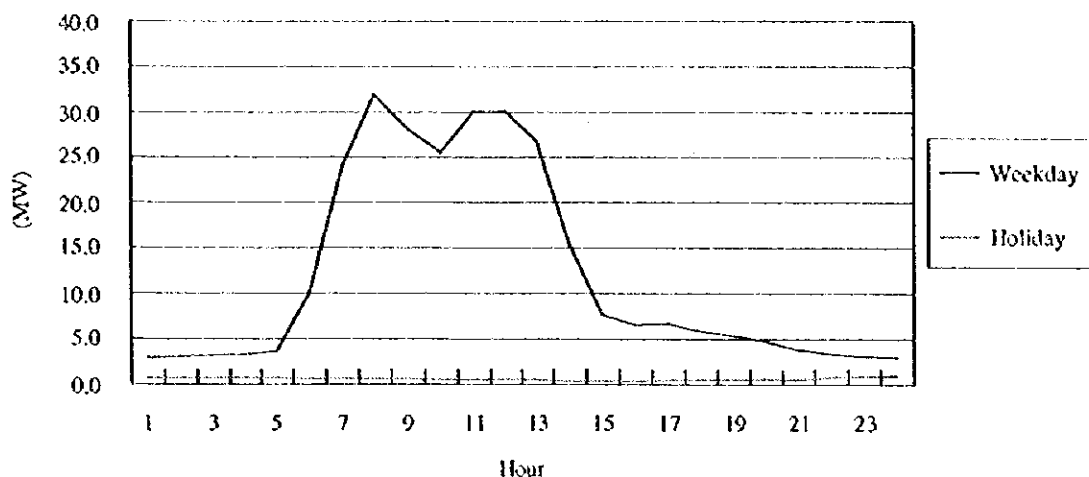
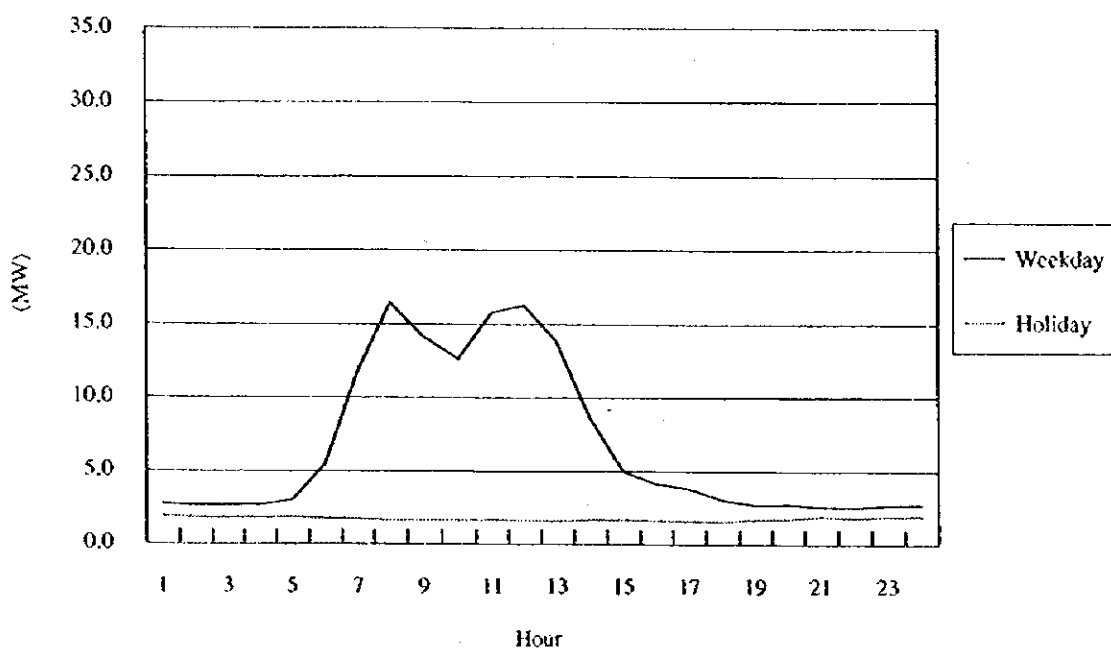


Figure 3.1.30 Purchased Power Daily Load Curve (Summer, September)



b. 電動機

電動機負荷としては夜間負荷と暖房負荷が殆どそれに該当すると思われるので年間

$$3 \times 365 \text{ 日} \times 24 \text{ h} + 16,000 \text{ MWh} = 42,300 \text{ MWh}$$

となる。

うち、空気圧縮機負荷としては

$$6.4\text{MW} \times 250 \text{ 日} \times 7\text{h} + 4.8\text{MW} \times 250 \text{ 日} \times 1\text{h} + 0.15\text{MW} \times (250 \text{ 日} \times 16\text{h} + 115 \text{ 日} \times 24\text{h}) = 13,400\text{MWh/y}$$

が想定される。

コンプレッサを除いた電動機負荷約 30,000MWh についてはその半量相当の電動機が回転数制御システム採用可能と判断できる。したがって、回転数制御システムを採用し、適正な負荷で運転できるシステムとした場合、その省エネルギーポテンシャルとしては

$$15,000\text{MWh} \times 0.2 = 3,000\text{MWh/y}$$

が想定できる。(工場閉鎖区域は考慮せず)

c. コンプレッサ

一般に暖房を除く工場全電力負荷の 15%相当がコンプレッサ容量の適正值とされている。したがって、15%相当を前提にコンプレッサの省エネルギーポテンシャルを推定すると下記の結果が得られる。

$$(6 \times 8\text{h} + 3 \times 8\text{h} - 0.15 \times 20 \times 16\text{h}) \times 250 \text{ 日} = 6,000\text{MWh/y}$$

6,000MWh/y のエネルギー削減量から A.c.3)項の空気漏れ分 (4,800MWh) と圧力変更分 (1,170MWh) を差し引くと、省エネルギーポテンシャルは次のとおりである。

$$6,000 - 4,800 - 1,170 = 30\text{MWh/y}$$

工場送気量が把握されていないことから各コンプレッサに空気流量計を取り付け、各コンプレッサの運転状況を把握すると同時に、工場で本当に必要とする空気量、空気圧力の把握を行い、今後の工場操業を想定した上で、中央供給方式を維持する場合は負荷変動分に対応したコンプレッサを導入すべきである。将来的にはコンプレッサの分散配置も検討すべきである。

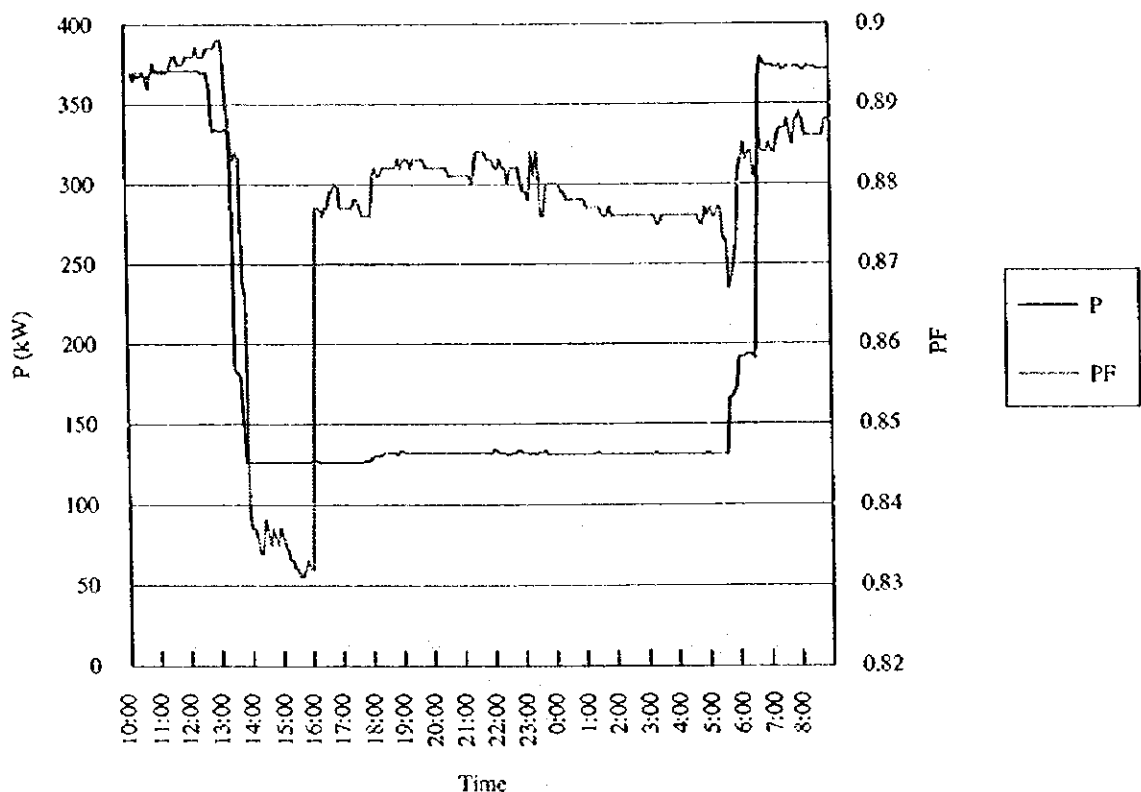
d. ポンプシステム

#278 ポンプシステムおよび#279 ポンプシステム消費電力測定を行った。いずれのポンプシステムも工場送水ポンプ 160kW×4 台、冷却塔送水ポンプ 37kW×4 台で構成されている。ただし、#279 ポンプシステムにはこれらの他に夜間休日用工場送水ポンプとして 37kW×1 台がある。

① #278 ポンプシステム

Figure 3.1.31 に#278 ポンプシステムの消費電力測定結果を示す。#278 ポンプシステムは第1直は工場送水ポンプ 160kW×2 台運転、冷却塔送水ポンプ 37kW×2 台運転、第2直、第3直は工場送水ポンプ 160kW×1 台運転となっている。この結果を見るといずれのポンプも直の切り替え時を除きほぼ定出力運転していることが判る。

Figure 3.1.31 Power Consumption of #278 Pump System

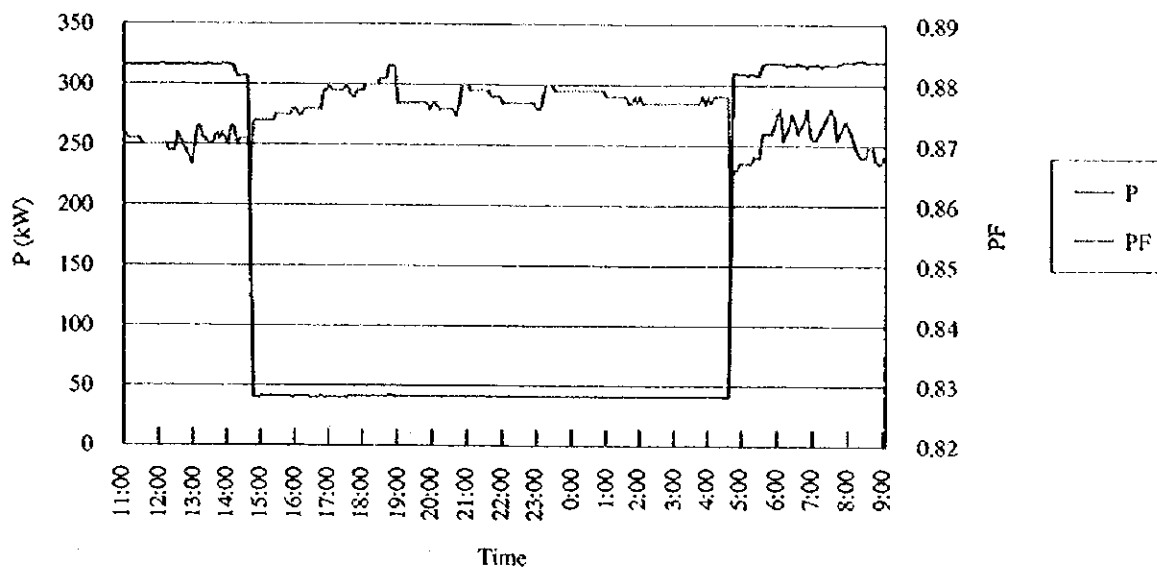


② #279 ポンプシステム

Figure 3.1.32 に#279 ポンプシステムの消費電力測定結果を示す。#279 ポンプシステムは第1直は工場送水ポンプ 160kW×2 台運転、冷却塔送水ポンプ 37kW×1 台運転、第2直、第3直は工場送水ポンプ 37kW×1 台運転となっている。この結果を見ると#278 ポンプシステムと同様にいずれのポンプも直の切り替え時を除きほぼ定出力運転していることが判る。第2直、第3直は工場送水量が大幅に減少することから 160kW ポンプを停止し、37kW ポンプで工場送水を行い省エネルギーを図っていることが前回調査

時との大きな相違である。

Figure 3.1.32 Power Consumption of #279 Pump System



③ 省エネルギー対策

現状はいずれのポンプシステムにおいても、水量制御は各直の切り替え時以外には行われておらず、また冷却水量、冷却水温度の測定が行われていない。したがってまず第一に水量計、温度記録計を設置すべきである。現在の工場戻り冷却水温度は手で当たったところおそらく 15℃程度で冷却水量にはかなりの余裕があると思われる。とりあえずバルブで徐々に水量を絞り、工場設備に異常がないかチェックしながら各直の必要最小限の工場送水量を決定する。次に将来の生産量およびその変動、操業時間、気温差などを想定して工場送水量とその変動幅を決定し、台数制御、インバータ制御を基本としてポンプシステムを見直す必要がある。バルブを絞るだけでもいくらかの省エネルギー効果は見込めるので是非実行して欲しい。

e. 変圧器

63MVA 変圧器の鉄損は試験成績表によれば小さく省エネ効果は殆ど認められない。

f. 照明

照明については約 1,000kW という数値が情報として得られているのでこの数値を採用する。

省エネポテンシャルについては測定の結果では次の可能性がある。

① 鍛造工場

現状水銀灯 400W×17 灯×10 スパン=68kW

については演色性に問題ないと思われるので、ナトリウム灯に変更することにより、40%の省エネルギーとなる。

電力節約量は、 $68\text{kW} \times 0.4 = 27\text{kW}$

年間電力節約量： $27 \times 16\text{h} \times 250\text{d} = 108\text{MWh/y}$

② 組立ライン

現状蛍光灯 40W×3 灯×8 sets/m×50m=48kW

については Hf 蛍光灯に変更することにより 40%の省エネルギーとなる。

したがって、本組立ラインの場合の電力節約量は、 $48\text{kW} \times 0.4 = 19.2\text{kW}$

年間電力節約量： $19.2 \times 16\text{h} \times 250\text{d} = 76\text{MWh/y}$

また、本工場全ライト中対象蛍光灯は約 4 割を占めており、本改善を全面的に実施したとした場合、全体としては 2 割程度の省エネルギーポテンシャルがあるものと推定される。

$1\text{MW} \times 0.2 \times 16\text{h} \times 250 \text{日} = 800\text{MWh/y}$

1998 年の調査時には照明は各工場とも作業していない部分の消灯が行き届き、管球も掃除され、よく管理されている印象を受けた。次のステップとして天井の明かり取りの掃除をすれば照明のさらなる削減と太陽熱の取得が可能になる。

省エネルギーポテンシャルとしては今回消灯が徹底した分を差し引いて、照明電力を約 700W と想定、前回と同様に 2 割程度の省エネルギーポテンシャルがあるものと想定すると

$0.7\text{MW} \times 0.2 \times 8\text{h} \times 250 \text{日} = 280\text{MWh/y}$

となる。

(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 3.1.13 に示す。

Table 3.1.13 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0				
Step 1	1,371	3.5	4.1	0.6
Step 2	673	8.5	2.6	1.0
Step 3	3,004	22.2	6.7	4.5
Step 1-3	5,047	34.2	13.4	6.1

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 3.1.14 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 3.1.14 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	997	2.6	1,000	0	0.00	0.00
Step 2	4,661	3.6	4,665	12,447	2.67	2.67
Step 3	1,919	10.0	1,929	73,429	38.06	38.26
Step 1-3	7,578	16.3	7,594	85,875	11.31	11.33

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

この Table 3.1.14 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、投資回収年数に及ぼす排出料金の低減効果は小さい。Step 3 に計上された加工機械の改善の項目が設備費が大きいために投資回収を大きく低下させている。またこの項目の効果が電力の低減であるために、排出料金の低減による回収年数への効果が小さい。

(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 3.1.15 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 3.1.33 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 3.1.34 に示す。

Table 3.1.15 Summary of Energy Conservation Potential

Item	Energy Conservation Potential				Investment Payback				
	Fuel		Electricity		Total		period		
	GJ/y	10 ³ PLN/y	%	MWh/y	10 ³ PLN/y	%	10 ³ PLN	10 ³ PLN	year
Natural gas: 0.514 PLN/m ³ N Coke: 400PLN/t Coal: 170PLN/t Electricity: 0.172PLN/kWh (36.6 GJ/m ³ N) (33.5GJ/t) (22.5 GJ/t) 1PLN=50yen									
第1ステップ									
1 鑄造工程	CK	2,538	30	0.3			30	0	0
2 鑄造工程	G	1,044	15	0.1			15	0	0
3 ボイラ空気比改善	C	16,765	127	1.9			127	0	0
4 エア漏れ低減	E				4,800	4.2	826	0	0
小計		20,347	172	2.4	4,800	4.2	826	0	0
第2ステップ									
5 鑄造工程	CK	304	4	0.0			4	4.3	1.2
6 鑄造工程	CK	5,031	60	0.6			60	571	9.5
7 加工工場	E				783	0.7	135	100	0.7
8 加工組立	C,E	28,000	212	3.3	3,030	2.7	733	2,857	3.9
9 加工組立	C,E	77,000	582	8.9	8,387	7.4	2,024	2,857	1.4
10 加工組立	E				1,170	1.0	201	43	0.2
11 小型コンプレッサ設置(1998年実施)	E			0.0	3,832	3.4	659	130	0.2
12 鍛造工場	E				108	0.1	19	140	7.5
13 組立工場	E				76	0.1	13	150	11.5
14 照明	E				616	0.5	106	1,200	11.3
15 設備	E				1,116	1.0	192	109	0.6
16 電動機回転数制御	E				3,000	2.6	516	1,457	2.8
小計		110,335	857	12.8	22,118	19.4	3,804	9,618	2.1
第3ステップ									
17 鍛造工場	CK	23,200	277	2.7			277	2,000	7.2
18 加工組立	E				8,190	7.2	1,409	71,429	50.7
19 歩留り向上	G,E	7,470	105	0.9	748	0.7	234	-	-
小計		30,670	382	3.6	8,938	7.8	1,557	73,429	38.3
合計		161,352	1,411	18.7	35,856	31.4	7,578	83,047	11.0

1997年 燃料消費量: 565,762+294,883=860,645 GJ/y
 電力消費量: 114,087 MWh/y (1,170,304 GJ/y)
 Total: 2,030,949 GJ/y

Figure 3.1.33 URSUS Energy Conservation Potential

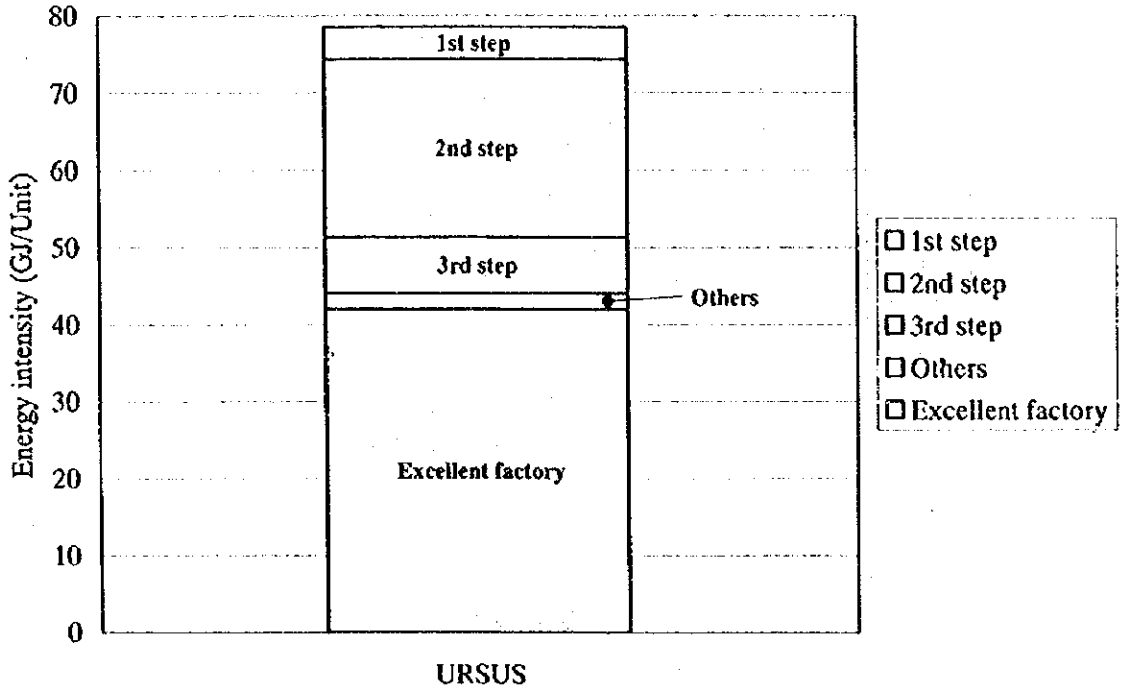
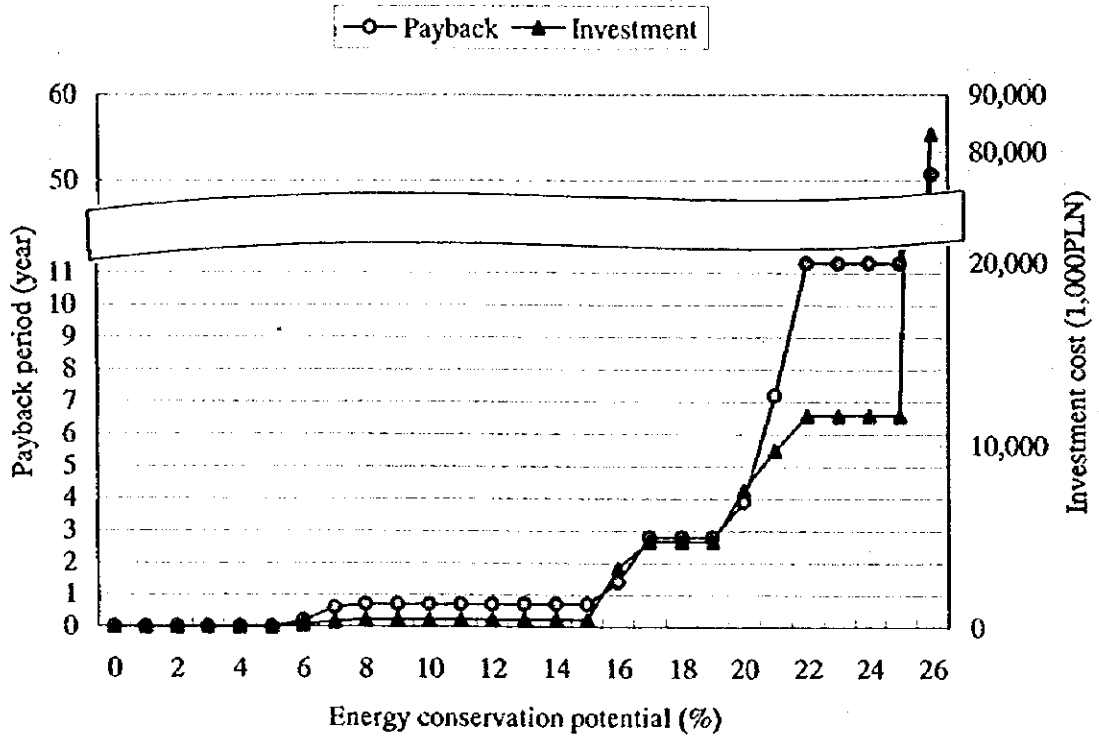


Figure 3.1.34 URSUS Energy Conservation Potential



3.2 Starの調査結果

(1) 調査期間 1997年8月4日～6日

(2) 調査員

a. JICA チーム

福島 演雄	総括、熱管理技術
野沢 定雄	プロセス管理技術
小西 二郎	熱管理技術
丸山 征一郎	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 consultants

KAPE

Mr. Dariusz Koc	: Manager of Energy Audit
Research Center of Warsaw University of Technology	
Dr. Krzysztof Wojdyga	: Heat management
Mr. Maciej Chorzelski	: Heat management
Mr. Wrobel Waldemar	: Electricity management

(3) 面接者

Mgr inż. Tadeusz Trzaskalski	: General Manager, the Energy and Maintenance Department
Mgr inż. Wiesław Romanczak	: 2nd Manager in the Energy Department
Mgr inż. Zbigniew Wojcik	: General Manager in the Heat Plant
Mgr inż. Włodzinierz Helman	: Manager of Technology Division
Ms. Marianua Kwiakowska	: Specialist of Technology Division
Mgr inż. Marianua Kaminska	: Technical Expert in Maintenance Department
Mgr inż. Bohdan Jedrasek	: Manager in Cabin Assembly Room
Mgr inż. Włodzimierz Pawlikowski	: Manager of Toothed wheel Department

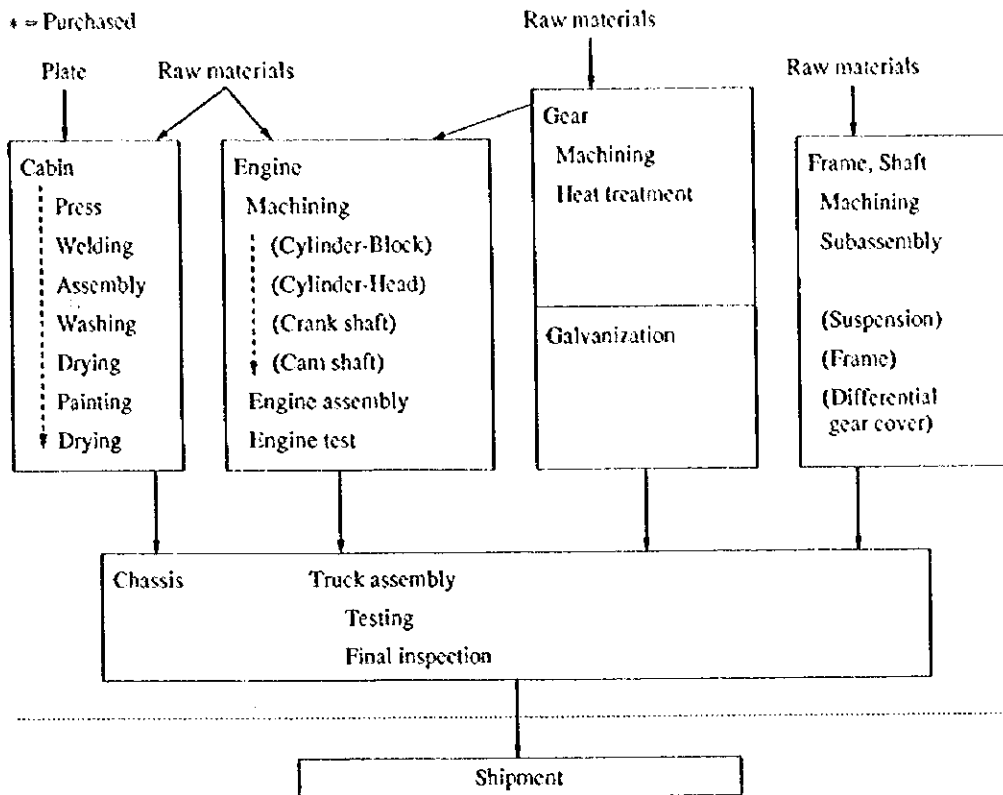
Mrg inż. Czesława Zbroja	: Manager of Electric Group, Wire Division
Mr. Kubicki	: Deputy Manager, Engine Assembly Department
Mr. Leszek Nowak	: Master in Engine Assembly Department

3.2.1 工場の概要

- | | |
|------------|---|
| (1) 工場名 | STARACHOWICE Company "STAR" S.A. |
| (2) 工場所在地 | 27-202 Starachowice, ul. 1 Maja 12 |
| (3) 従業員数 | 2,500 名 |
| (4) 主要製品 | 中型トラック (7.5t~12t) |
| (5) 生産能力 | 能力 35,000 台/年
実情 3,200 台(1996 年)、3,600 台(1997 年予定) |
| (6) プロセス概要 | |

キャビン (溶接・板物塗装・乾燥・キャビン組立)、エンジン (シリンダブロック・シリンダヘッド・クランクシャフト・カムシャフト・フライホイール・コンロッドの各加工およびエンジン組立・性能テスト)、部品加工 (歯車・軸・フレーム加工・焼き入れ・メッキ)、車体組立工場から成り、鑄造材および鍛造材という素材は購入している。また、リハビリテーション工場があり通常作業に対応できない人達がワイヤーハーネス組立という軽作業で雇用を保障されている。エネルギー使用形態は夏季のプロセス用温水のみ自社供給していたが、これも 1998 年で廃止されることになり、電気・天然ガス・熱 (温水・蒸気) 全て購入となる。その製造工程図を Figure 3.2.1 に示す。

Figure 3.2.1 Process Flow



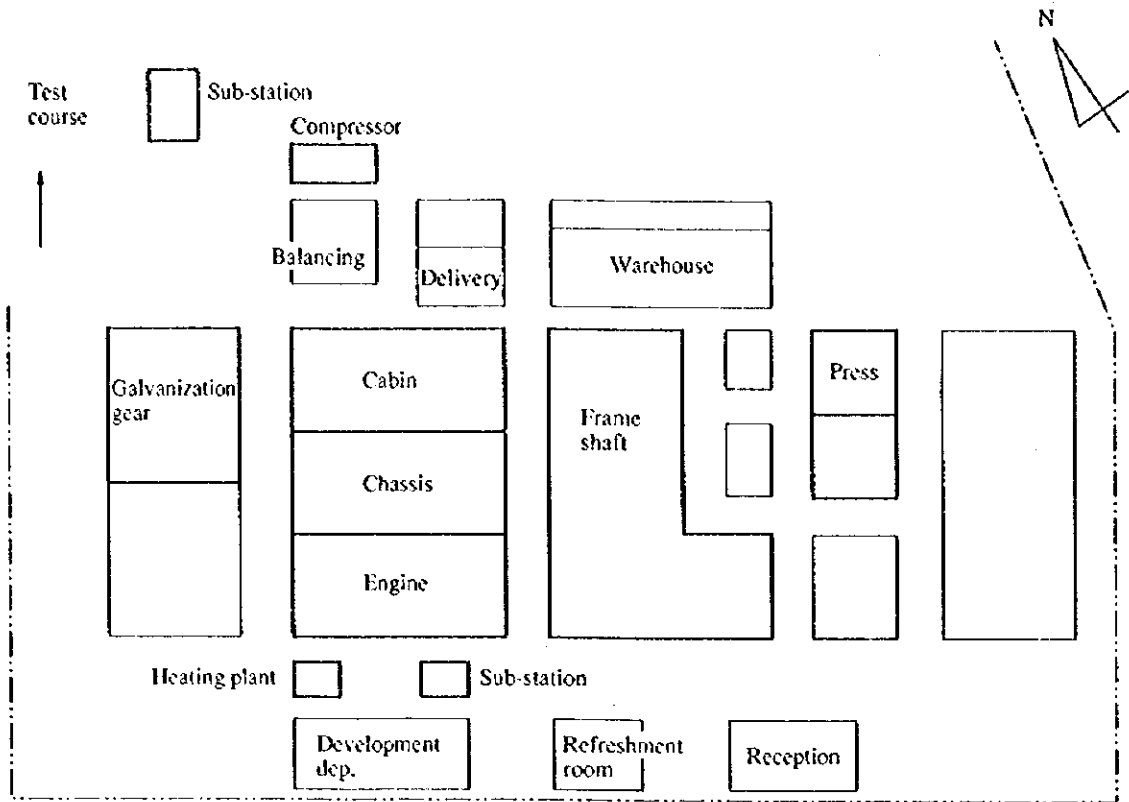
(7) 工場の沿革

1947年にトラック製造を開始し、1949年に最初のSTAR20が生産され、1953年迄には延べ1万台、1957年には延べ5万台を達成した。生産能力は年35,000台であるが、現在の生産は能力の10%程度となって従業員も一時は14,000人いたが、現在は2,500人位に減っており勤務体制も1直である。現在は近代化計画を進めているところである。生産している中型トラックでは、国内シェアは63~65%位と高いが、中型トラックそのもののニーズが少ないため市場規模が小さく、輸出は殆どない。調査時点では、ドイツの自動車メーカーとの提携の計画もあり、契約の内容次第では生産品目が変わるかもしれない、その結論を待っているところである。

(8)工場配置図

敷地総面積 200ha、建屋面積 37ha で主工場の配置を Figure 3.2.2 に示す。

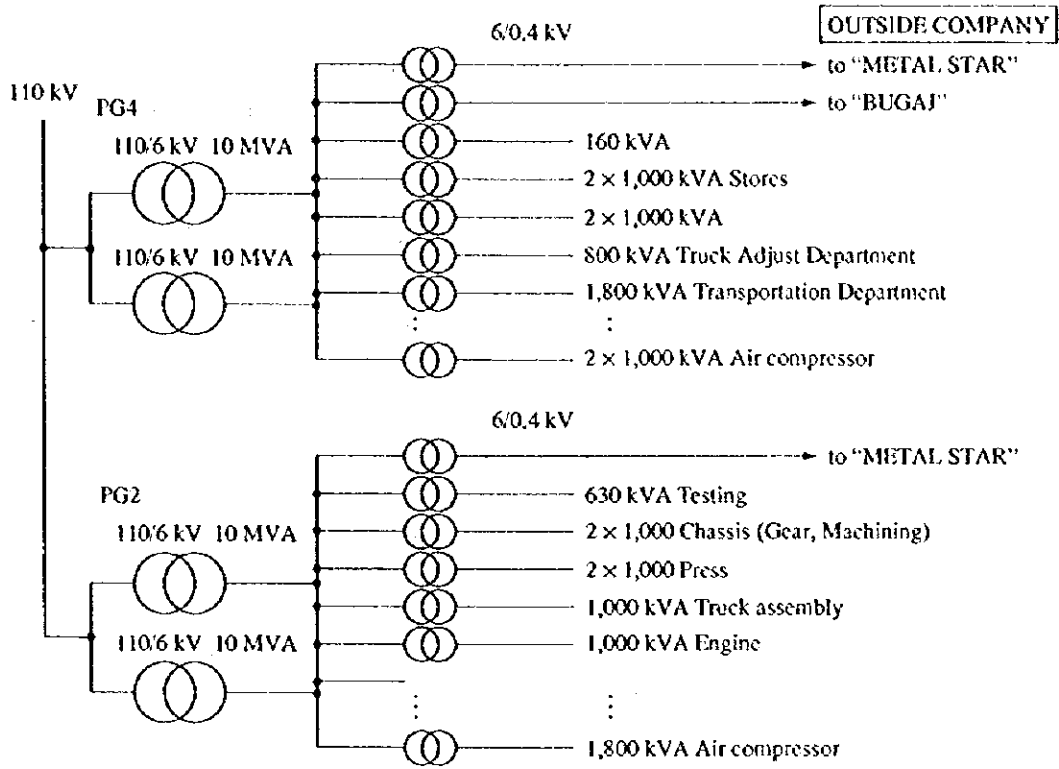
Figure 3.2.2 Plant Layout



(9) 電力単線結線図

Figure 3.2.3 のとおり、2ヶ所の変電所で 110kV を受電し、6kV に変圧して工場内に供給。

Figure 3.2.3 One Line Diagram



(10) 主要設備の概要

鋳造素材・鍛造素材は全て購入しており、エネルギーを消費する主な設備というのは、加工設備・組立・塗装関係である。また、操業は全て1直である。

Table 3.2.1 Major Equipment

Factory	Equipment	Number	Specification
Utilities	Electricity sub-station	2	110 kV × 2 supply Transformer 110/6 kV, 10MVA × 2 × 2
	Water boiler	6	2.5 MW × 6 (Operation: summer only)
	Air compressor	3	Turbo type, 1,800 kW, 300 m ³ /min (Operation: 8 h/d)
Cabin	• Production	–	15 units/d
	• Operaiton	–	8 h/d
	Paint booth	6	
	Drying furnace	6	
	Cabin-assembly line	2	
Frame	Paint booth	2	Suspension, Frame
	Drying furnace	2	Suspension, Frame
	Machining	200	
Gear	Zincification	3	
Galvanization	Chrome-galvanization	1	
	Machining	300	
Engine	Machining	400	Cylinder-block, Crank-shaft etc.
	Engine assembly	1	
	Engine testing	11	Water-dynamometer

(11) エネルギー価格および発熱量

次年度より熱は全て購入となり、石炭購入はなくなる。

Table 3.2.2 Energy Price and Heat Value

	Energy Price (1997)	Heat Value
Coal	186 PLN/t	
Natural gas	0.5 PLN/m ³	34,400 kJ/m ³
Electricity	0.18 PLN/kWh	10,258 kJ/kWh
Water	2.5 PLN/m ³	

3.2.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

Table 3.2.3 Trend of Truck Production

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Production	units	1,499	1,654	2,229	3,087	3,200

(2) エネルギー消費の推移

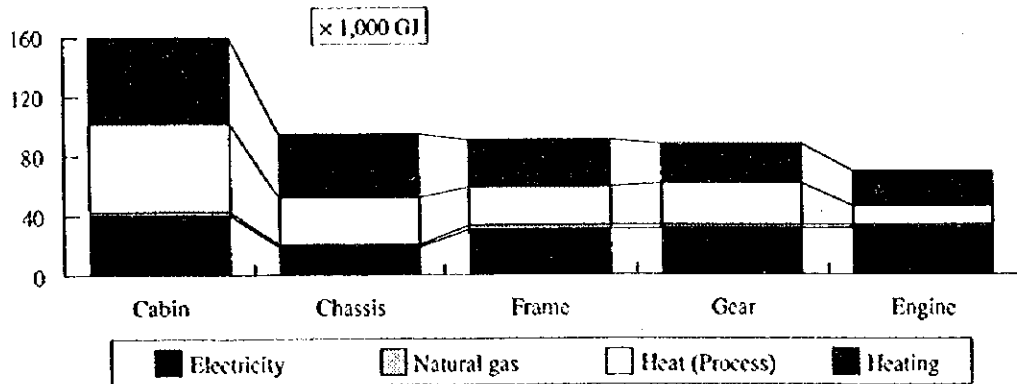
Table 3.2.4 に構内関係会社分を除く品目別エネルギー消費を示す。乾燥や暖房用としての「熱」の消費が極めて多く、全体の65%を占めている。

Table 3.2.4 Trend of Energy Consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Natural gas	1,000 m ³	306	231	263	226	251
	GJ	10,518	7,942	9,057	7,781	8,634
Electricity	MWh	22,318	21,767	23,203	25,043	23,573
	GJ	228,930	223,278	238,008	256,883	241,804
Heat	GJ	334,000	334,000	360,400	406,011	458,187
Total	GJ	573,449	565,220	607,465	670,675	708,625

また、部門別のエネルギー消費は、Figure 3.2.4 の通りである。各部門（工場）において暖房費が約3分の1を占めている。

Figure 3.2.4 Energy Consumption by Process in 1996



(3) エネルギー原単位の推移

Table 3.2.5 Trend of Energy Intensity

	1992	1993	1994	1995	1996
Energy intensity (GJ/Truck)	382.6	341.7	272.5	217.3	221.4

(4) 製品に占めるエネルギーコストの割合

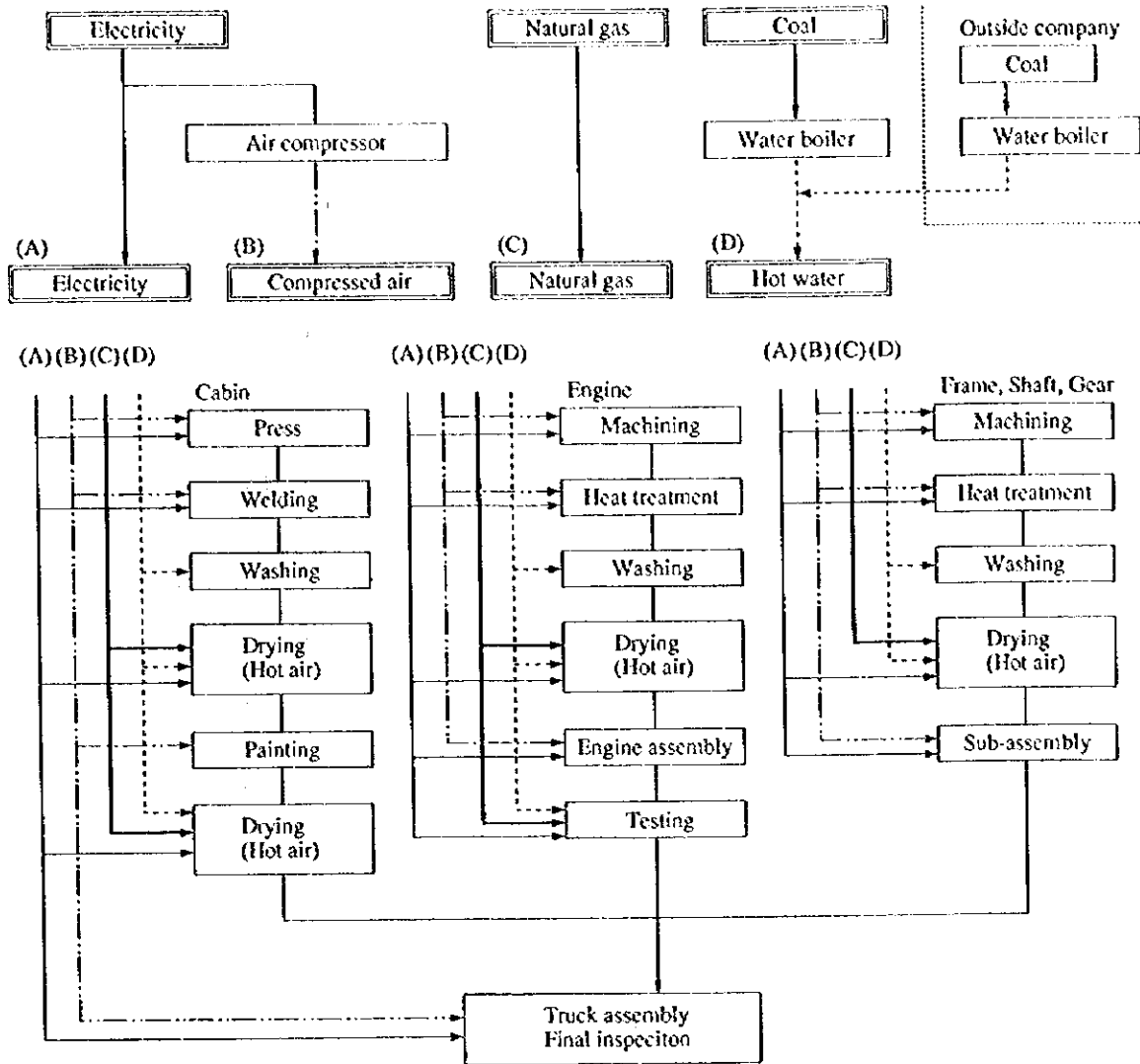
生産額、エネルギーコスト個別の回答なく、エネルギーコスト比率のみ回答。

生産額に占めるエネルギーコストの割合：3.9%(1995年)、5.9%(1996年)

(5) エネルギーフロー

工場のエネルギーは電気・天然ガス・温水で電気は自家発電設備を持っておらず、全て購入している。温水は1954年製温水ボイラを6基持っており夏季は外部からの購入ができないため、夏季の間のみ稼働して生産プロセスに供給しているが、来年廃止予定であり1998年からは冬の温水と同様に別会社から購入することになる。天然ガスは主として熱処理や乾燥炉など生産用に使用されている。Figure 3.2.5にそのフローを示す。

Figure 3.2.5 Energy Flow



3.2.3 エネルギー管理の状況

(I) 省エネルギー目標の設定

a. 目標値の設定

省エネルギーの目標は設定されていない。

但し、エネルギーに関する合理化の計画はエネルギーおよびメンテ部門が行う。その際、2年という投資回収年の基準はある。

b. 省エネルギー推進にあたっての問題点

- 1) 改善のための資金不足
- 2) 設備の老朽化
- 3) 計測機器の不足によるデータ不足
- 4) 従業員の意識改革の必要性

等があげられている。現時点では省エネルギーに対する意識は低いと言わざるを得ない。

(2) 組織的な活動

専門部署として“Energy and Maintenance Department”があり、140人の人員でエネルギー、環境保護、メンテナンスを担当している。エネルギー管理としての専門委員会はないが、週1回の部長会でエネルギーの情報を提供している。生産が第一である、という感じが強く、省エネルギーの認識を浸透させるのが難しい。

(3) データに基づく管理

a. エネルギー使用量の把握

購入している電気・天然ガス・熱・水は毎月の取入れ量が把握されている。但し、それらは自社で消費する分の他に、市への熱販売や構内関係会社へ提供する分も含まれており、自社分把握は按分算出が多い。

b. 主要な設備ごとのエネルギー使用量の把握

計測機器の不足、データの不足を自ら問題点としてあげており、設備ごとのエネルギー使用量の把握はされていない。経理上必要な関係会社分のデータが一部ある程度である。また、それらのデータも経理処理に使われるだけで、エネルギー消費部門には提供されていない。電気計量も関係会社とキャビン工場しか個別把握できておらず、現在計測器の導入を検討しているところである。

c. 主要製品のエネルギー原単位の把握

製品のエネルギー原単位は把握されていない。

d. 計測器の設置

工場全体のエネルギー使用量測定用計測器はあるが、その先の部門、建屋ごとになるとほとんど計測器は設置されていない。電気ですえも、関係会社分と建屋の一部しか計測できない。

e. 生産管理、原価管理

経理上のコスト管理はもちろんされているが、エネルギーコストも含めた原価を意識した活動が弱いと思える。生産管理も不十分で例えば加工ラインでは、1日の必要でき高に対して素材投入量がバラバラである。たとえ低操業のもとでも、もっと計画を持った管理をしていく必要がある。しかし、品質管理の面で見ると、工場内あちこちに品質スローガンの掲示があったり、自主保全の実施等しっかりしていた。

(4) 従業員の教育

特に決められた教育体系というのはないようである。

(5) 設備管理

加工工場では、毎日10分間の機械清掃時間をとってあるラインもあり、日常メンテナンスは生産現場担当者が実施するという方式がとられており、基本的設備管理区分が守られている。特にエンジン組立ラインは、設備が大変きれいに管理してあった。しかし、全体的にはもう少し設備の上手な使い方、特に無駄のないレイアウトなど工夫するとよいと感じられた。建屋そのものでは、暖房に気を使っており、効率的な高速シャッターの導入を推進中であつた。また、夏季は天井窓の採光をよく活用しており、消灯が徹底されていた。ただ、窓ガラスの清掃や老朽設備の処分手入れなど一部手をつけていない面もあり、このまま放置すると無駄なエネルギーの増加を招くので、操業度の低い今のうちに、社内の手でメンテしておくといふ。緊急改善対策として今進めているのは、塗装工場の乾燥室を減らすこととコンプレッサの小型分散化の推進であり、その他として加工センターの集約や不要財産の処分を

検討しているとのことである。

3.2.4 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

1996年のエネルギーデータから、構内関係会社等の消費を除いたエネルギー原単位と製造の主要部門ごとのエネルギー原単位を Table 3.2.6 に示す。

また、Star と比較した Excellent factory については、全部の製造プロセスを持つ企業は少なく、企業の考え方によって内部製作外部製作の範囲が異なるため、各部門別に優良原単位を調査して、その合計をトラック 1 台当りの原単位とした。

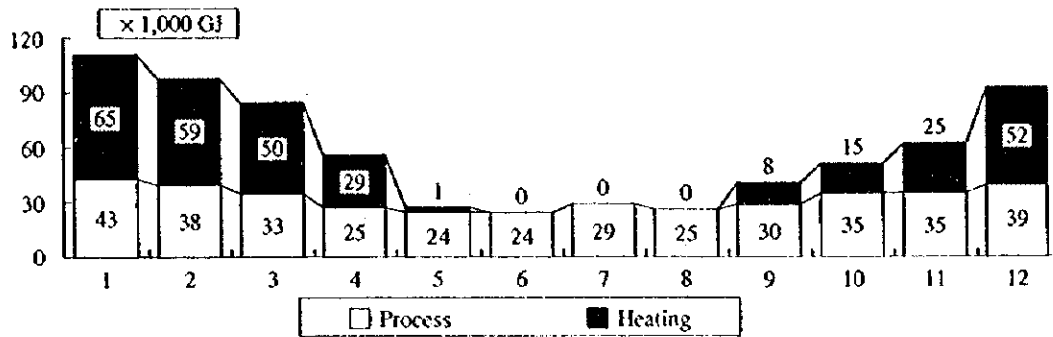
Table 3.2.6 Comparison of Energy Intensity

		Unit	Star	Excellent factory	Difference
For production of one truck		GJ/truck	221.4	30.6 ~ 38.6	183 ~ 191
Net process excluding factory heating			118.8	28.6	90.2
For each process	Body assembly, cabin	GJ/truck	45.6	11.7	33.9
(Part of the above breakdown)	Engine	GJ/truck	13.4	5.9	7.5
	Plate press	GJ/truck	7.2	2.0	5.2
	Shaft, frame, and gear	GJ/truck	28.1	4.5	23.6
	Plating	GJ/truck	7.8	4.5	3.3
	Factory heating	GJ/truck	96.4	2.0 ~ 10	86 ~ 94

(2) エネルギー消費の解析

生産・暖房を合わせた総エネルギーの月別推移を見ると Figure 3.2.6 のようになり、冬季においては生産用エネルギーよりも暖房エネルギーの方が多くなり、暖房によるエネルギー消費を意識した生産プロセスの管理が必要である。

Figure 3.2.6 Monthly Trend of Energy Consumption



(3) 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を、下記のように 3 つに分類してポテンシャルを整理する。

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

エネルギー原単位の計算は、生産量 3,200 台/y とした。

A. プロセス

a. 管理強化による省エネルギー（第 1 ステップ）

1) 部門別の管理と目標の設定

Table 3.2.6 からわかるように、暖房エネルギーを除いても全体にどの部門もエネルギー原単位は高く、まず全部門が省エネルギーの意識を持つことが優先と思われる。部門別のエネルギーは経理上の処理として一部按分という方法で算出されているが、せめて工場建屋別にエネルギー消費がわかるようにする必要があり、それによってエネルギーを使用する側の省エネ活動を評価していくことを提案する。設備や建屋の構造上、製造部門では手をつけられない部分もあるが、下記エネルギー消費は低減できるはずである。

- ・エア漏れによる電気エネルギー
- ・不必要な照明による電気エネルギー
- ・使わない設備の空転による電気エネルギー
- ・不良品により消費されるエネルギー
- ・生産スピードを上げることで低減できるエネルギー
- ・工場出入口のスキマや開け閉めにより失われる暖房エネルギー
- ・作業する服装によって変わる暖房エネルギー
- ・その他

上記のそれぞれについてのエネルギー量を推測するのは不可能だが、設備改善やプロセス改善よりも大きい省エネルギー効果が期待でき、これらの管理強化により各部門で少なくとも5～10%の省エネルギーを図るべきであり効果を期待したい。（目標：初年度5%、次年度更に5%位）

エネルギー低減目標：35,000GJ/y (1996年全エネルギーの5%) (10.9GJ/台)

2) まとめ生産による省エネルギー

設備能力に対して生産量が少ないため、設備の稼働率が低い場合には、次のようなまとめ生産が有効である。特に暖房や照明といった生産量とは無関係の固定エネルギーを多く消費する工場・地域においては生産量が下がっただけでエネルギー原単位が大きく悪化してしまうので、設備投資のかからない改善として提案できる。実施に当たっては、勤務体制の見直しや人のシフト、という就業管理にまで立ち入る必要があるが、かなりの効果が期待できる上、これを機会に従業員の意識が良い方向に改善されると思われるので、将来に向けた足がかりとして、いくつかのラインでトライしてみると良い。対象ラインの選定に当たっては下記を考慮する。

- ① 人、設備を投資すればサイクルタイムが更に短縮でき、1ヶ月、1週間という期間内での生産が半分以下の期間で完了できるようになるラインが良い。

② 必要な生産が完了した後の期間は、暖房・照明を完全に停止してその区域を、次のまとめ生産開始まで閉鎖できる構造のライン。

③ そのラインが閉鎖されている期間、そのラインの作業者が他の作業に従事できるような、作業シフトや教育の実施。

ただし、軸工場の誘導加熱炉やガス焼鈍炉のように、既にまとめ生産を実行しているところもある。（効果は次の「集約」と合わせて算定）

b. 設備改善による省エネルギー（第2ステップ）

1) 生産工程の集約による改善

エンジン部品加工や組立等では、個々の設備がそれほど大型ではないので稼働率の低い生産設備を移動することはそれほど難しくない。移動コストにもよるが、まずは数年先の生産量を予測し、そこから設備の稼働状況を予測し、それに見合った最小限の生産工程に集約することは、作業効率向上だけでなく輸送コスト、暖房エネルギー消費の低減に大きな効果がある。

【実施の方法】

加工や組立といった生産設備は、作業やメンテナンスに必要な最少限のスペースを確保してできる限り集約し、集約されたエリアは暖房効率を良くするために仕切ってしまう、仕切りの外は暖房や照明をできる限り閉止するか、思い切って照明や暖房レベルを下げるのが重要である。特に効果のありそうな所を下記に示す。

- ・エンジン組立ライン……メインラインおよびサブラインは大幅に集約可能、特にメインラインの工程間隔は今の5分の1位の3m以内で十分。
- ・エンジンテストベンチ……ベンチそのものは半分撤去済みであり、消灯してあったが、仕切りを入れて完全に閉鎖して暖房を停止させる。
- ・部品置場・素材置場……軸工場等工場のあちこちに加工素材・加工

完成品や治具置場があるが、かなりの空間を占領している。これらの置場は「人」は作業せず、「物」があるだけなので作業域とは別に仕切れば、暖房・照明を節約できる。

主な効果は暖房エネルギー低減であり、上記例の工場は約 10%、それ以外の工場も含め全体の暖房面積の 5%削減を目標としたい。

エネルギー低減目標：15,400GJ/y (暖房 308,000GJ の 5%)(4.8GJ/台)

2) 乾燥炉の熱風制御

この工場のエネルギー消費で際だっているのは温水消費の多いことである。

Figure 3.2.7 Energy Consumption in 1996

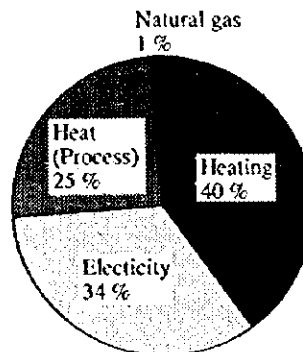
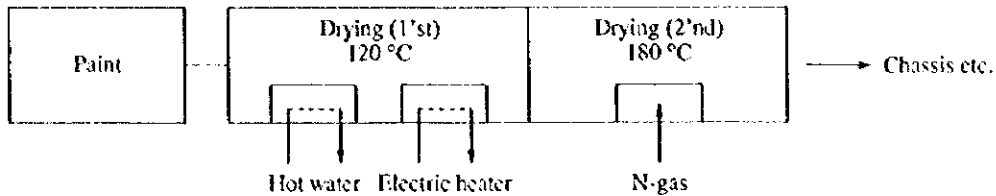


Figure 3.2.7 は工場全体のエネルギーを種類別に分けたもので、生産プロセスでの熱エネルギー消費が目立つ。生産量が下がると加工設備等は、生産低下に比例しないまでも、ある程度電力消費は少なくなるが、乾燥炉等のように連続して操業される工程では、次のワークが入るまで何の制御もしていなければ、総使用エネルギーは変わらず原単位が悪くなるのである。それは Table 3.2.6 において乾燥炉を有するキャビンやフレームの部門のエネルギー原単位が特に悪い、という結果に顕著に現れている。乾燥炉の改善については、工場の緊急改善対策の 1 つとして、既に進めているとのことであるが、以下の改善を提案する。まず代表的な乾

燥炉の構造を Figure 3.2.8 に示す。

Figure 3.2.8 Structure of a Drying Furnace



温水の温度制御はしているとのことであったが、電気ヒーターの制御はしておらず、電気を入れっ放しであった。特に夏季においては、過剰な熱風を送っていると言える。塗料の改善等でまず乾燥温度を下げ、次に乾燥炉内の温度をしっかりと設定・管理すべきである。負荷によって供給熱量も変動させるために、例えば温水熱源をメインにして変動する分を電気ヒーターで自動温度制御させると良い。また、品質を確認しながら、ワークごとの必要最少乾燥エネルギーを決めていき、ワークごとに設定温度を変化させるか、乾燥時間を個別制御して最少エネルギーで乾燥させるようにしていくことも必要である。優良企業の原単位に比べて、4倍位のエネルギー原単位となっていることを考えると、乾燥のエネルギーは充分今の半分以下に削減できると推定できる。とりあえず、プロセス用熱源全体の30%低減を目標として、下記に消費エネルギー低減量を算定する。

エネルギー低減目標 52,000GJ/y (プロセス熱源 174,000GJ の30%) (16.3GJ/台)

c. プロセス改善による省エネルギー

1) 圧縮空気の圧力変更による改善

工場使用圧力は 7kg/cm^2 に設定してあるが、ヒヤリングからは特に根拠のある設定ではなかった。圧力を 1kg/cm^2 下げると、6%前後の消費電力低減が期待できる。実際に工場内の使用圧力も $4.5 \sim 7\text{kg/cm}^2$ までいろいろあり、大きな問題はないと思うので、思い切って 5.5kg/cm^2 位まで下げることが提案する。但し、圧力を下げた場合、正常機能しなくなる設備

はないかを調査し、必要な箇所には増圧器を設置し対応する。また、例えば圧縮空気によるボルト締め付けの場合、十分な締め付け力が確保されているか等製品品質面についても同じ確認をし、さらに新規の設備購入に際しては、工場供給の保証圧力を設備仕様に織り込むことが大切である。エア漏れ防止とコンプレッサの小型分散化を図り、必要最小限のエア消費量とするよう検討を進める必要がある。本提案が実施された場合6%の電力消費低減が期待できる。

エネルギー低減期待効果……140MWh/y (1,440GJ) (0.5GJ/台)

2) 歩留まり改善による省エネルギー

歩留まりが悪いということは、何のアウトプットもなしに、エネルギーだけ消費する訳であり、エネルギー原単位の直接改善よりも大きな影響を持つ場合がある。特にエンジンの部品加工において歩留まりが悪く、シリンダブロックでは、ポーランド製とハンガリー製の2種類の素材を使用しているが、不良率が各々50%、18%もある。また、シリンダヘッドも修正使用してはいるが30%の不良率である。これらは殆どが素材に起因するものであり、これを改善するためには、不良の責任を明確にするしくみと、その責任を負担させるしくみが必要である。つまり「不良の原因（鋳物など）」「不良発見までに費やしたエネルギーと労務費等のロスコスト」等を明確にして、素材メーカーに通告すべきである。そうすれば素材メーカーも良い素材を作らざるを得なくなる。工場内では、製品それぞれに金額的な価値を付けて、不具合品を作らないような努力をしているので、そのしくみを購入素材にも適用させていくとよい。そのためには、数年も素材が溜まるような生産計画ではなく、できる限り必要な分だけの素材発注をすることが大切である。シリンダブロックとシリンダヘッドのラインは設備も多く、エンジン部門の約10%位の電力を消費していると推定され、その20%は歩留まり改善で削減可能である。

エネルギー低減目標：680GJ/y (エンジン 34,000GJ×10%×20%) (0.2GJ/台)

3) 加工ラインの近代化

先進国では労務費が極めて高いため作業者数の削減を目的とし、且つより品質を安定させるため設備の自動化が進み、部品加工工程においては少品種多量生産に適したトランスファーラインや、多品種少量生産に適したFMS (Flexible Manufacturing system)が採用され主流となっている。これら設備の導入で人の作業を機械に置き換えたため、消費するエネルギーは増加した。しかし、設備の機能が増加し1台の設備で多くの種類の加工処理ができるようになり、また、稼働しない時のエネルギー消費を最小限にする機能も織り込まれて、全体に効率良い生産システムとなっている。以下に本工場のエンジン部品加工工場等をExcellent factoryの加工工場並みに自動化する前提で検討を行ってみた。

投資額 112,500,000 PLN
(7,500,000PLN×15Systems)

省エネルギー効果

加工におけるエネルギー原単位が日本の代表工場並みになり、また、設備スペースが縮小され軸工場等が閉鎖されるものとした。

		エンジン部門	軸・フレーム	合計
現 状	原単位	13.4GJ/台	28.1GJ/台	41.5GJ/台
	総エネルギー	42,880GJ/y	89,920GJ/y	132,800GJ/y
	暖房エネルギー	.....	33,000GJ/y	33,000+α
	照明電力	.....	700MWH/y	7,180+α
近代化後	原単位	5.9GJ/台	4.5GJ/台	10.4GJ/台
	総エネルギー	18,880GJ/y	14,400GJ/y	33,280GJ/y
	暖房エネルギー	.....	0	α
	照明電力	.....	0	α
低 減	エネルギー量	△24,000GJ/y	△115,700GJ/y	△139,700GJ/y
	コスト	1,860,000PLN		

ただし、近代化の目的はエネルギー低減だけではないので、エネルギーコストだけで見ると投資回収年数は長い。

その他の効果

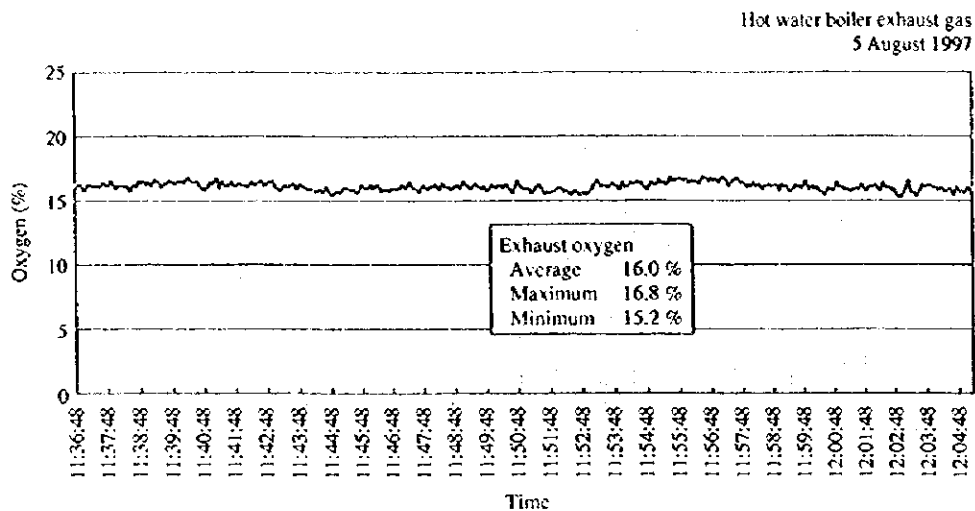
- ・品質の向上（歩留まり向上が期待できる）
- ・直接作業者の削減
- ・工場建屋の縮小化
- ・無人化、自動化により消灯、暖房用エネルギーの低減が期待できる。

B. ユーティリティ（熱利用設備）

a. 温水ボイラの空気比改善

この工場では、プロセス用温水の供給のために 6 基の温水ボイラが使用されている。このうちの 1 基(No.5)について排ガス中酸素濃度を計測した。結果を Figure 3.2.9 に示す。

Figure 3.2.9 Measurement of Hot Water Boiler Exhaust Gas



酸素濃度は安定しているが、酸素濃度は 16%であり、これは空気比では 4.1 に相当し極めて高い。かりに空気を調整して排ガス中酸素濃度 6%(空気比 1.39)が得られたとすると約 27%の燃料節減となる。この計算の前提条件と結果を Table 3.2.7 に示す。

Table 3.2.7 Fuel Reduction by Air Ratio Adjustment

Preconditions		Calculation Result		
Coal		Theoretical Combustion	Current Air Ratio	Air Ratio after Improvement
Net heat value (kJ/kg)	21,548			
Net heat value (kcal/kg)	5,148	Exhaust gas oxygen	0.0 %	16.0 %
Ash content	16.21 %	Air ratio	1.00	4.13
Water content	6.00 %	Air flow rate (m ³ /kg)	6.4	26.5
Combustion air temperature	26	Exhaust gas volume (m ³ /kg)	6.8	26.9
Exhaust gas temperature	240	Exhaust gas heat loss rate (to combustion heat)	36.3 %	16.3 %
Exhaust gas temperature after air preheating	240	Fuel reduction rate		24.1 %

Notes: The measuring point is the lower part of the stack.

Notes: For air ratio improvement, an example of Japanese excellent factory is shown.
The exhaust gas heat loss rate is that after air preheating.

Table 3.2.8 にこの温水ボイラの仕様を示す。

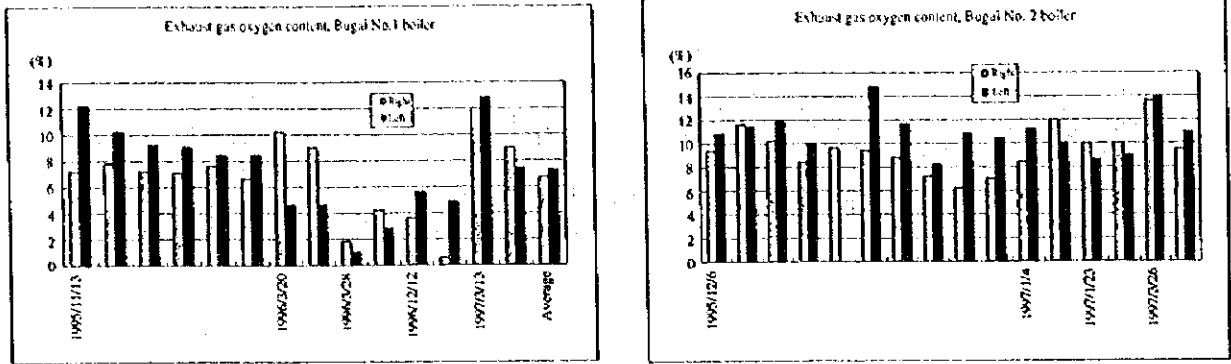
Table 3.2.8 Specifications of Hot Water Boiler

Hot Water Boiler	
Capacity/No. of operating units	6 units; 4 units operating, 2.5 MW × 4, Flow rate: 60 t/h
Year of installation	1954
Fuel	Coal (powdered coal), 2 stokers/boiler
Supplied for	Heating for the plant and processing
Pressure	Pressure reading: 4.8 kg/cm ²
Annual operating months	5 months (May to September) (However, this is only for 1997)
Operating conditions	Under the exhaust gas stack: 220 – 170 °C Flow rate: 45 t/h/unit
Water treatment	Cation exchange resin: Salt regeneration

なお、この温水ボイラは、使用廃止の計画がある。すなわち、Star が 100%出資している熱供給会社(Bugaj)の設備を増強して、これから Star へ 温水の供給を受ける予定である。

Bugaj は 2 年前に設立され、石炭ストーカ焚きの 29MW の温水ボイラ 2 基を保有し、出力のうち 80%を Star へ、他の 20%を市中へ供給している。近々設備増強の計画があり、4MW のガスタービンも新設する予定である。Bugaj におけるボイラ排ガス分析資料中排ガス中酸素濃度を参考までに 図示すれば Figure 3.2.10 のようである。

Figure 3.2.10 Exhaust Gas Oxygen Content of Bugaj Boilers



Bugaj の上記ボイラの排ガス中酸素濃度の単純な平均値は No.1、No.2 ボイラでそれぞれ 7.2%、10.9%となる。いまこの値から酸素を 6%にまで低減したと仮定すると燃料節減率は、それぞれ 0.9%、5.1%となる。Bugaj は別会社ではあるが、Star が出資し、その製造熱量の大部分を Star が受け入れているので、この会社における省エネルギーも Star にとって重要と言える。

b. ガス焼き塗装乾燥炉(シャシー塗装工場)の計測

この工場では、シャシーを乾燥するため大型の箱型乾燥炉が設置されている。温水熱源(第一乾燥)および天然ガス熱源(第 2 乾燥)による乾燥チャンバが接続して設置されている。装置設置当時は塗料の乾燥温度が高かったためガス燃焼炉を設置した山であるが、現在は塗料の品質の改善により乾燥濃度が低温で済むようになり必ずしもガス燃焼の必要はない。この設備の概要を Table 3.2.9 に示す。

Table 3.2.9 Gas Burning Paint Drying Furnace (for Chassis Painting Shop)

Type	Heat Exchanging with the Circulating Air in the Drying Room by Natural Gas Burning
Air temperature after heat exchanging	180 °C
Dry treatment time	48 min
Fuel gas heat value	34 MJ/m ³ _N
Fuel gas flow rate	110 m ³ _N /h
Heat load	523 kW
Air flow rate	4,000 m ³ /h × 4 units
(at the outlet of the heat exchanger 180 °C)	

(塗装前処理洗浄乾燥用 1 基、塗装後乾燥用 1 基、何れも同仕様)

この炉について、ガス燃焼室の熱交換器後の排ガス放出管で排ガス中酸素濃度をスポット的に計測した。温度制御のため間欠的に燃焼と非燃焼が繰り返されている。計測の結果は非燃焼期にはほぼ空气中酸素濃度レベルであり、燃焼期には 6~8%程度の酸素濃度を示す。この値は空気比では 1.45 に相当しほぼ良好といえる。空気比以外の省エネルギーとして、燃焼ファンは非燃焼期にも連続回転しているので、非燃焼期にはファン出口ダンパーが十分に閉止されて空気漏れがないことを確認する必要がある。これは非燃焼期において空気漏れがある場合には、熱交換器が機能していないため乾燥室内の空気が冷却されて熱損失を生じるおそれがあるためである。

C. ユーティリティ（電気利用設備）

1) エアコンプレッサの改善

圧縮エアは、定格 1,800kW の 4 段ターボコンプレッサ 1 台から供給しているが、エアの消費が変動しても、コンプレッサ側の制御はなく、一定の電力を消費している。その電力量は毎時約 1,500kW であり、年間推定すると 2,800MWh にもなる。エアの使用量が少ない割りには工場全体の電気の 12%もコンプレッサで消費していることとなる。コンプレッサは、

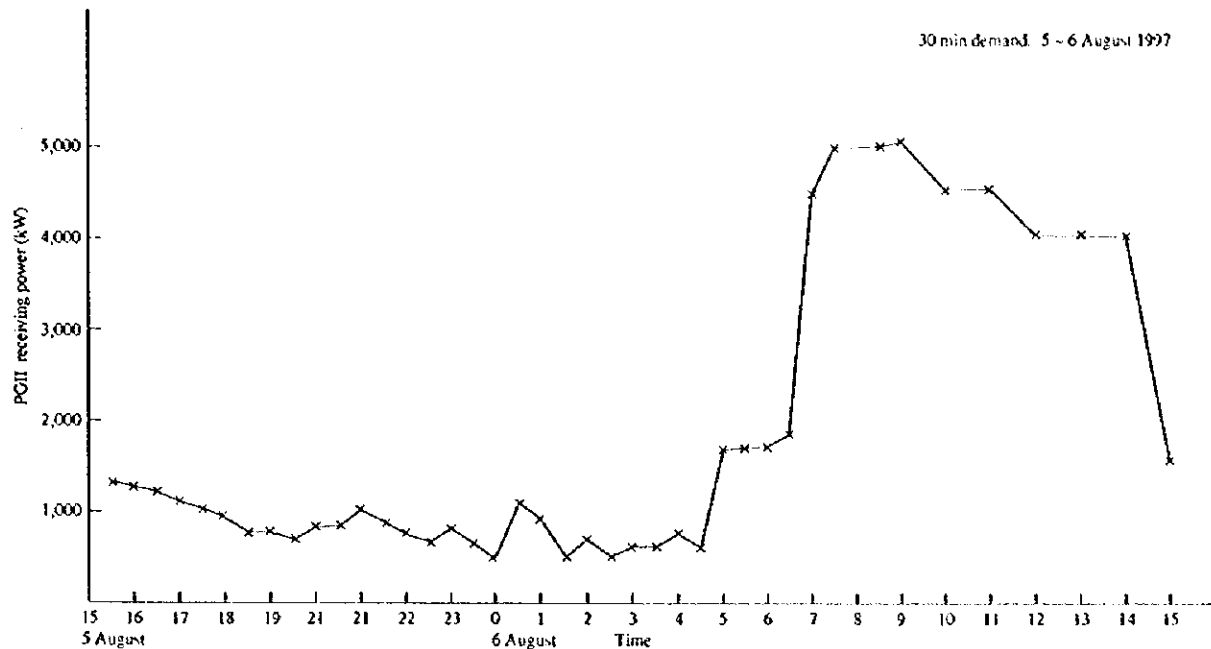
エアの使用量に応じて出力が制御できる吸込弁制御等のシステムとすべきであり、当工場においてはエア消費が少ないので各工場内に小型のコンプレッサを分散設置した方がよい。Excellent factory では、工場総使用電力中 10%がエア用電力量である。したがって、本工場の上記出力制御法の採用、管理強化、エア圧力の適正圧力への調整等実施すれば、充分 Excellent factory と同レベルまで使用電力量が低減可能と判断できる。改善実施後の電力使用量は 2,200MWh となり 600MWh の省電力が達成できる。

現在のコンプレッサ電力	2,800MWh/y
改善後の同電力	2,200MWh/y
エネルギー低減	600MWh/y (6,154GJ/y) (1.9GJ/台)

2) ピーク負荷の減少と配電用変圧器の整理減少

本工場は 1 つの 110kV 送電線から 2 箇所の変電所に受電し、各々 10MW 変圧器で 6kV に変圧して工場に配電し、更に 400V に変圧して工場の機械に供給している。受電電力の変化状況の 1 部 (PG 2) は Figure 3.2.11 の通りで始業時の負荷が大きい。一方、これらの負荷に対して配電用変圧器の容量(30.4MVA)は負荷量の 3.5~6 倍と著しく大きい。

Figure 3.2.11 Changes in Receiving Power



対策：

- ① 配電用変圧器の統合、整理し使用台数を減らす。
- ② デマンド監視器を設置し、ピーク抑制対策を行なう。

効果：

- ① 使用変圧器が減るため、変圧器による電力損失の軽減ができ年間約 46MWh の節減が可能となる。（詳細は Table 3.2.10 参照）
- ② デマンドの抑制ができ電気料金の低減ができる。また、変圧器容量を更に減らすことができる。

ピークデマンド低減量：500kW

Table 3.2.10 Electricity Consumption by Reducing Transformer Capacity

Item		PG 2	PG 4	Total
Peak demand (contract)	kW	8,700	5,300	13,100
Cos ϕ of load	%	83	94	87.5
Total capacity of distribution transformer	kVA	30,430	24,400	50,870
Reducing transformer capacity (till Cos ϕ of 50 %)	kVA	21,000	12,000	33,000 (18 × 1,000 kVA)
Electricity saving*	kWh/y			46,000

Note: Condition of loss of 1,000 kVA transformer; W_i : 2.1 kW, W_c : 11.3 kW

*: = (51 - 33 unit) × [2.1 kW + 11.3 kW × {(13.1/0.875/50.9)² - (13.1/0.875/33)²} × 8,760 h]

3) ベンチレータ用モータの省エネルギー

キャビン工場の 55kW 大型ベンチレータは 4 台あり、その使用電力は定格値の 75~80%で運転されている。(Table 3.2.11 参照) これらは、工程内のワークの有無にかかわらずほぼ一定電力を消費しているため、不要な換気が行なわれていることがある。このような換気を必要とする工程は、塗装、メッキ、組立の各工場にあるため、各工場でも省エネルギー対策として下記同様の対策が必要と考えられる。

対策:

工程内のワーク量およびワークの有無に応じて換気風量を調節し省エネルギーを図るべきである。例えば一般的方法として、駆動用ベルトのプーリー径を変えたり、インバータを用いる方法が採られる。近年はインバータ方式が普及しており本方式によれば、例えば風量 20% の減少に対し消費電力は約 40%節減できるため、連続稼働する場合には節減効果が大きい。また、換気必要時間以外はモータを停止することも必要である。

インバータ方式回転数制御による電力節減量:

$$176\text{kW} \times 0.4 \times 10\text{h} \times 365\text{d/y} = 257\text{MWh/y}$$

Table 3.2.11 Measurement Data of Major Load

Name of Load or Transformer	Rating (kW)	Consumption (kW)	Voltage (V)	Cos ϕ (%)	Remark
PG 2 Receiving transformer 2	10,000 kVA	500 ~ 5,000	6,060 ~ 6,396	83 ~ 86	Continuous measurement
P30 TR1 cabin	1,000 kVA	546 ~ 548	369	86	5-min demand
P30 TR2 cabin	1,000 kVA	320 ~ 327	372	78	5-min demand
P30 TR3 cabin	1,000 kVA	383	368	78	
No. 1 ventilator	55	45.5	368	85	
No. 2 ventilator	55	47	367	86	
Electric heater		49	212	100	3 circuits in total
Electric heater		64	209	100	3 circuits in total
1 ventilator	55	38.5	370	84	
2 ventilator	55	45	372	87	
P11 ventilator	45	35	0	98	
P9 engine department		371 ~ 384	389 ~ 391	86 ~ 99	5-min demand
P8 engine assembly	2 x 1,000 kVA	384		98	
PG 4 Receiving transformer 3		2,300 ~ 4,100	119.5 kV	94	
Air compressor	1,800	1,800	6,220	98	

4) 照明の省エネルギー

工場診断時本工場ではキャビンの1部を除き消灯されていた。屋根から屋光が取入れられていて、工場内の照度は200~300Luxあり省エネルギー対策がなされていた。

しかし、冬季の長い照明時間を考えると、省エネルギー上照明設備は全般的に見直す必要があるものと思われる。例えばキャビン工場を例にとると、通路の照明には蛍光灯が使用されているが、設置位置が著しく高く(約6m)照明効果を十分に発揮していない等改善の余地が多々残されている。照明機器、設備については使用する機器の種類等も含め検討を進めて行く必要があると考える。

対策：

可能な場所は極力水銀灯または高圧ナトリウム灯に変えて行くと、必要照度に対する消費電力の節減になる。面積が広大な当社の外灯は、極力高圧ナトリウム灯に変えるべきである。高圧ナトリウム灯への変更

で 15~20%電力の節減が可能となる。

(4) 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 3.2.12 に示す。

Table 3.2.12 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0				
Step 1	1,430	0.4	4.4	0.0
Step 2	3,086	0.4	9.4	0.1
Step 3	77	2.3	0.7	0.1
Step 1-3	4,592	3.1	14.6	0.2

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 3.2.13 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 3.2.13 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	569	1.7	571	486	0.85	0.85
Step 2	1,292	3.4	1,296	780	0.60	0.60
Step 3	2,361	1.0	2,362	112,500	47.63	47.65
Step 1-3	4,223	6.0	4,229	113,766	26.90	26.94

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

この Table 3.2.13 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、投資回収年数に及ぼす排出料金の低減効果は小さい。Step 3 に計上された機械加工ラインの近代化の項目が設備費が大きいため投資回収を大きく低下させている。またこの項目の効果が電力の低減であるために、排出料金の低減による回収年数への効果が小さい。また、蒸気は外部から購入しているため、熱関係の省エネルギー項目の多くは汚染物質の排出料金の低減とはならない。

(5) 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 3.2.14 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 3.2.12 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 3.2.13 に示す。

Table 3.2.14 Summary of Energy Conservation Potential

Item	Energy Conservation Potential					Electricity		Total		Investment		Payback period year
	GJ/y	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	
Natural gas: 0.514 PLN/m ³ N Coal: 170 PLN/t Electricity: 0.172 PLN/kWh 1 PLN=30yen												
(34.4MJ/m ³ N)												
第1ステップ												
1 部門別管理強化	24,000	359	5.1	1,180	203	5.0	562	486			486	0.9
2 変圧器整理				46	8	0.2	8	0			0	0.0
小計	24,000	359	5.1	1,226	211	5.2	569	486			486	0.9
第2ステップ												
3 工程集約、まとめ生産	15,400	230	3.3				230	571			571	1.6
4 乾燥炉制御	52,000	777	11.1				777	186			186	0.2
5 コンプレッサ改善				600	103	2.5	103	143			143	1.4
6 ピーク負荷減少				500 kW	86	2.1	86	0			0	0.0
7 電動機インバータ制御				257	44	1.1	44	189			189	4.3
8 エア圧力変更				140	24	0.6	24	20			20	0.8
小計	67,400	1,007	14.4	997	257	4.2	1,265	909			909	3.2
第3ステップ												
9 歩留り向上				66	11	0.3	11	-			-	-
10 加工ライン近代化	33,000	493	7.1	10,400	1,789	44.1	2,282	112,500			112,500	49.3
小計	33,000	493	7.1	10,466	1,800	44.4	2,293	112,500			112,500	49.1
合計	124,400	1,859	26.6	12,689	2,269	53.8	4,127	113,895			113,895	27.6

1996年 燃料消費量: 466,821 GJ/y

電力消費量: 23,573 MWh/y (241,804 GJ/y)

Total: 708,625 GJ/y

Figure 3.2.12 STAR Energy Conservation Potential

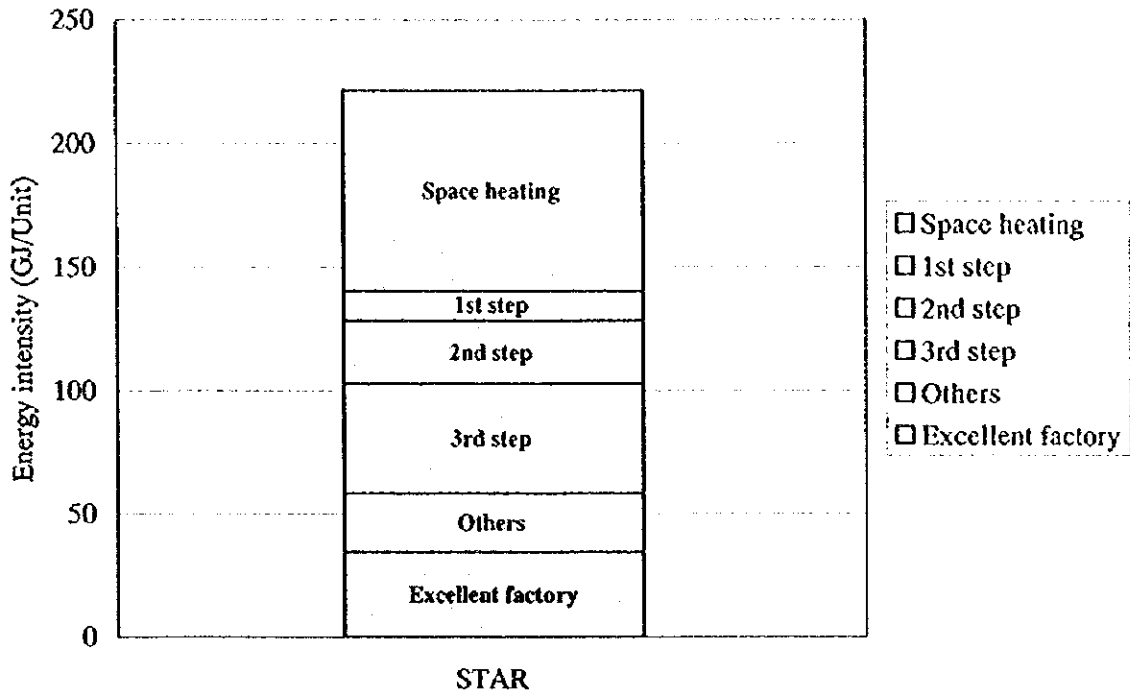
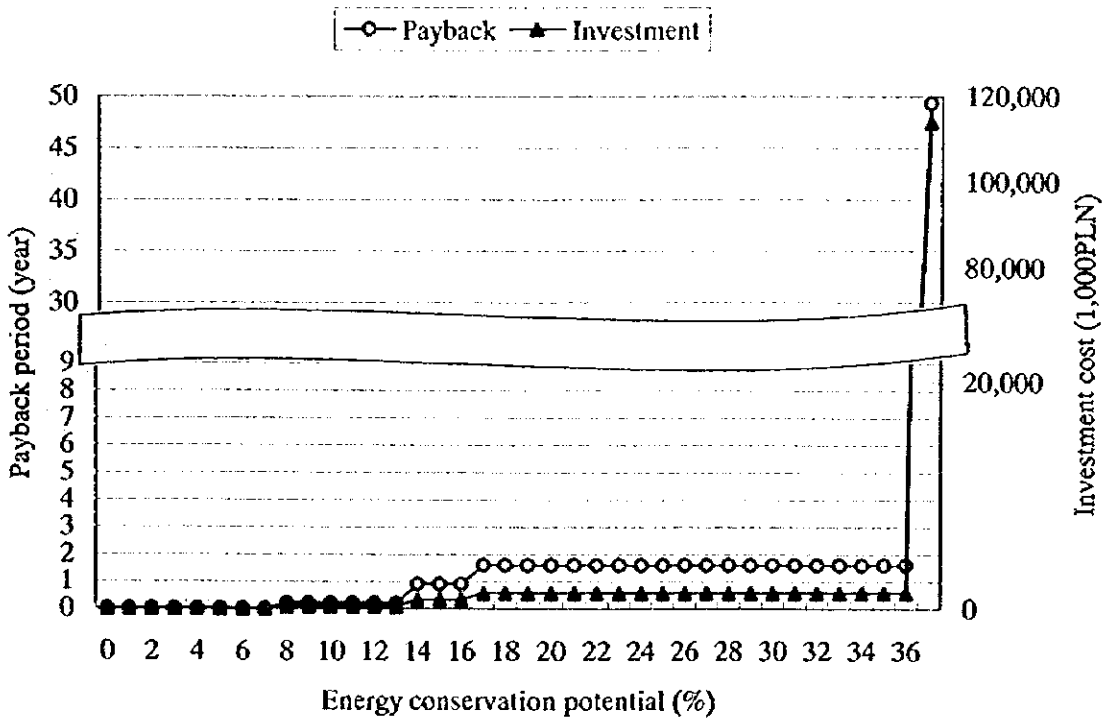


Figure 3.2.13 STAR Energy Conservation Potential



4. 窯業の調査結果

4. 窯業

4.1 Wolominの調査結果

(1) 調査期間 1997年8月12日～14日、1998年9月14日～22日

(2) 調査員

a. JICAチーム

竹村 洋三	: 団長 (1998)
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 (1997)
杉本 利夫	: 電気管理技術
小山田 明弘	: 測定技術

b. KAPE and local consultants

KAPE

Mr. Dariusz Koc : Manager of energy audit

Research Center of Warsaw University of Technology

Dr. Krzysztof Wojdyga : Heat management

Mr. Maciej Chorzelski : Heat management (1997)

Mr. Wrobel Waldemar : Electricity management (1997)

Dr. Jozef Lastowiecki : Electricity management (1998)

Dr. Tomas Wisiniewski : Heat management (1998)

(3) 面接者

Mgr. inż. Zdzisław Kowalczyk : Technical director

Mgr. inż. Jerzy Kolinski : Production director, Factory manager

Mgr. inż. Mieczysław Ponichtera : Technical manager, Process department

Mgr. inż. Jerzy Lutynski : General manager, Energy department

Inz. Jozef Skup	: Deputy manager, Technical department
Mr. Siclewicz Mirosław	: Power engineering master
Mgr. inz. Waldemar Pokropski	: Technical deputy manager
Inz. Zdzisław Wisiniewski	: Technical engineer

4.1.1 工場の概要

- | | |
|-----------|-------------------------------------|
| (1) 工場名 | HUTA SZKLA WOLOMIN |
| (2) 工場所在地 | ul. Wilenska 49/51 05-200 Wolomin |
| (3) 従業員数 | 1,300名 (1997年)、1,164名 (1998年) |
| (4) 主要製品 | 飲料水用ガラスビン、耐熱ガラス食器
理化学用ガラス器具、魔法ビン |
| (5) 生産能力 | 50,000t/y |

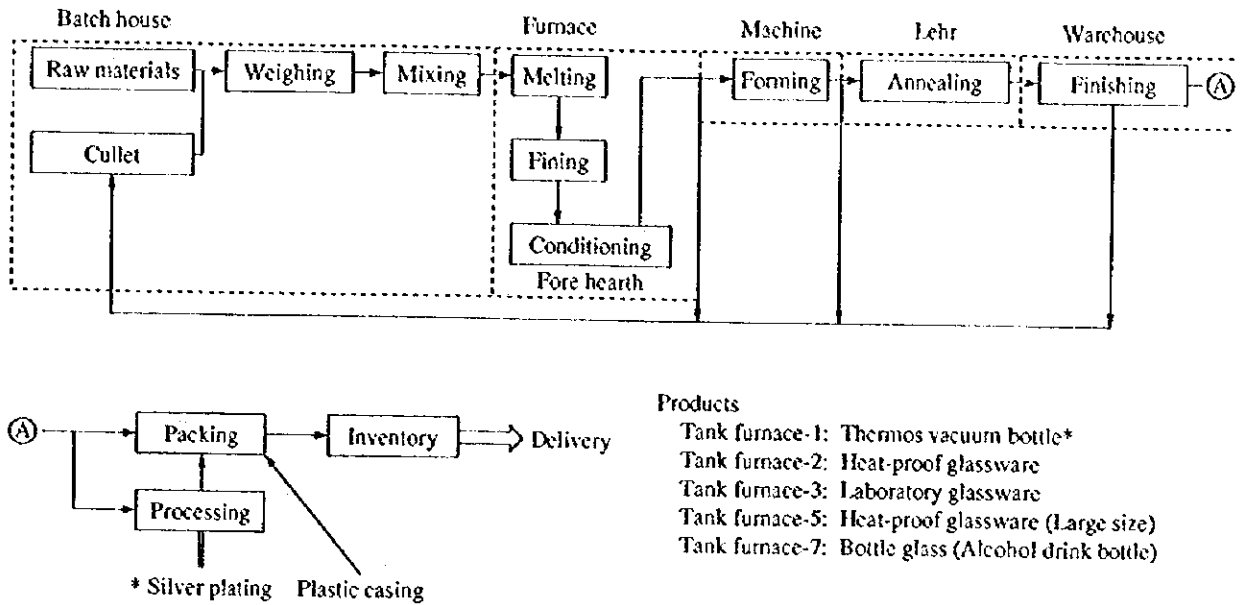
(6) プロセス概要

一般塚の製造プラントと耐熱ガラス食器 (大物、小物) 製造プラントと理化学用ガラス製造プラントおよび魔法瓶製造プラントがある。

原料およびCulletを秤量、混合し溶解炉にて溶解して成型、徐冷し一部は加工して製品とする。溶解炉の燃料は天然ガスであり、ボイラは暖房用に冬期のみ稼動する。

工程はFigure 4.1.11に示すとおりである。

Figure 4.1.1 Process Flow



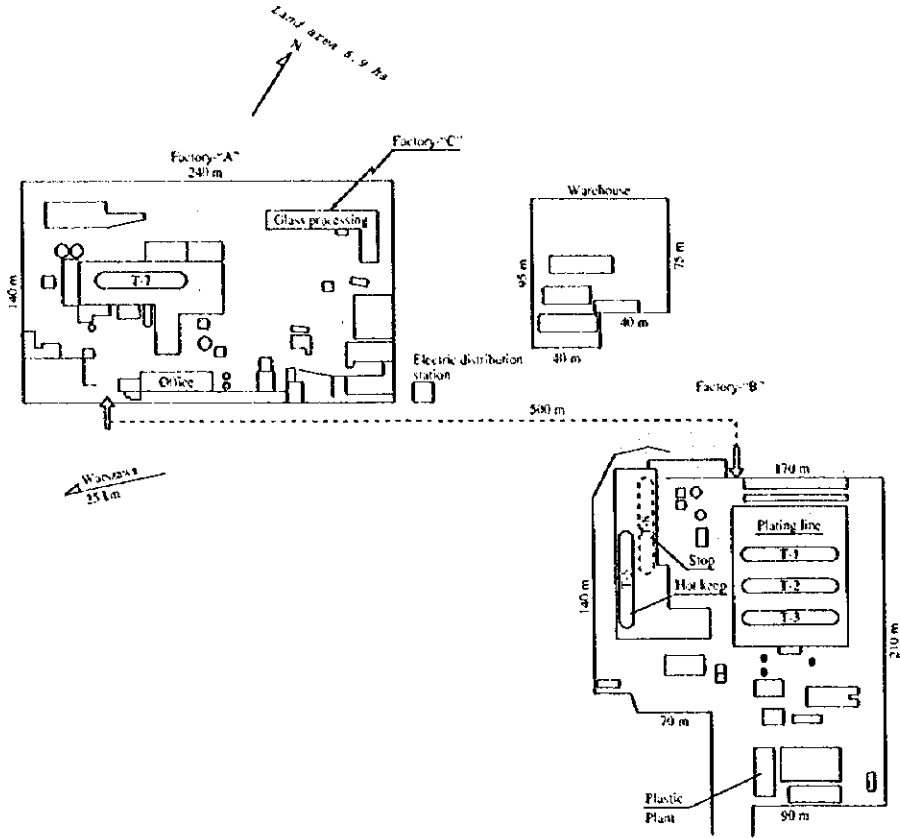
(7) 工場の沿革

1905年に民間企業として設立され、1940年からビンガラスの生産を開始し、同時に国営企業となった。1960年に第2工場で耐熱ガラス製品"Terrisil"の生産を開始した。1972年には自動成型機"IS Machine"を、1982年には魔法瓶製造技術を導入した。1997年から民営化へ向け動き出し、1998年11月には経営権の入札が行われる予定である。

(8) 工場配置図

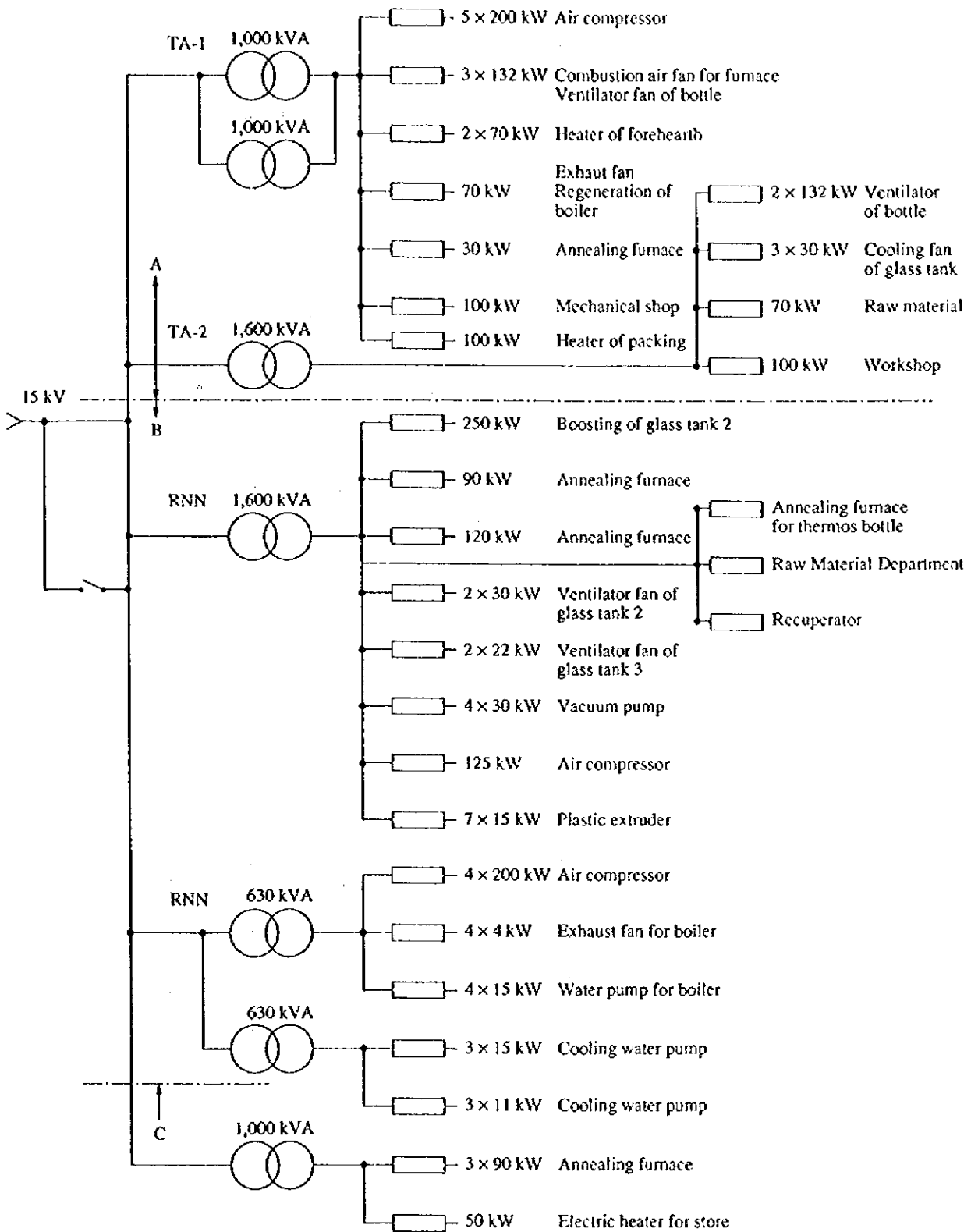
工場は一般塚の製造プラントのあるA地区と500m離れたところにあるB地区に大別される。A地区の中には理化学ガラス器具組立工場のあるC地区が含まれている。レイアウトをFigure 4.1.2に示す。

Figure 4.1.2 Plant Layout



(9) 電力單線結線圖

Figure 4.1.3 One Line Diagram



(10) 主要設備の概要

主要設備としてガラス溶解窯の設計基準と成型マシンについてTable 4.1.1に示す。

Table 4.1.1 Major Equipment

Factory	Equipment	Quantity	Specifications
T-1 line	Melting furnace	1	End port type 7.6 μ d Products: Thermos vacuum bottle
	Forming machine	2	Lindner
T-2 line	Melting furnace	1	Side port type (3-port) 10 μ d Products: Heat-proof ware
	Forming machine	1	Gerome Bonefoil
T-3 line	Melting furnace	1	End port type 7.5 μ d Products: Laboratory flask
	Forming machine	1	Hand blowing
T-5 line	Melting furnace (Under heat holding)	1	Unit melter: 8.0 μ d Products: Heat-proof ware
	Forming machine	1	Walter
T-7 line	Melting furnace	1	Side port type (5 ports) 150 μ d Products: Bottle for drink
	Forming machine		Hart Ford IS machine
T-8 line	Melting furnace (Operation stopped)	1	Unit melter. 30 μ d Products: Heat-resistant ware
	Forming machine	2 and 1	Olivotto and NEG
Utility	Water boiler	4	5 atm. 950,000 kcal/h Coal Installation in 1975
	Water boiler	1	1.0 Mpa. 2.2 Gcal/h Waste heat recovery: Started in 1985
	Air compressor	10	Reciprocating type 200 kW \times 9 sets 125 kW \times 1 set

(11) エネルギーの発熱量と価格

Table 4.1.2 Energy Price and Heat Value in 1997 and 1998

	Energy price		Heat value
	1997	1998	
Coal	0.150 PLN/kg	0.150 PLN/kg	22,598 kJ/kg
Natural gas	0.328 PLN/m ³	0.522 PLN/m ³	35,900 kJ/m ³
Electricity	0.112 PLN/kWh	0.139 PLN/kWh	10,258 kJ/kWh
Liquid oxygen	0.260 PLN/kg	0.290 PLN/kg	

4.1.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

Table 4.1.3 Trend of Production

Plant	Design capacity (MG t/d)	Production (t)				
		1993	1994	1995	1996	1997
T-1	7.6	334.8	407.3	366.9	448.2	560.0
T-2	10.0	790.9	877.2	808.0	813.4	887.4
T-3	7.5	355.6	336.0	307.1	352.4	372.6
T-5	8.0	932.3	950.1	1,053.9	1,075.0	1,251.3
T-7	150.0	21,964.4	17,488.2	30,424.9	20,320.0	18,550.9
Total	183.1	24,378.0	20,058.8	32,960.8	23,009.0	21,622.2

(2) エネルギー消費量の推移

Table 4.1.4 Trend of Energy Consumption

	Unit	1993	1994	1995	1996	1997
Coal	(t)	2,420	2,787	2,154	2,554	1,774
	(GJ)	54,687	62,981	48,676	57,715	40,089
Natural gas	(10 ³ m ³)	22,375	25,125	23,927	20,943	20,963
	(GJ)	803,263	901,988	858,979	751,854	752,572
Electricity	(MWh)	19,636	21,257	21,016	19,623	19,380
	(GJ)	201,426	218,054	215,582	201,293	198,800
Consumption of liquid oxygen	(t)	1,050	920	1,050	950	922
Total	(GJ)	1,059,376	1,183,023	1,123,237	1,010,862	991,461

(3) エネルギー消費原単位の推移

Table 4.1.5 Trend of Energy Intensity

	Unit	1993	1994	1995	1996	1997
Energy intensity	(GJ/t)	43.5	59.0	34.1	43.9	45.9

(4) 窯別エネルギー原単位

Table 4.1.6 Energy Intensity of Each Furnace in 1996 and 1997

1996

	Product (t)	MG (t)	Cullet (%)	MGS (t)	Natural Gas (10 ³ m ³)	Electricity (MWh)	Coal (t)	Energy Intensity (GJ/t-MG)(GJ/t-product)	
T-1	448.2	1,527.5	31.4	1,485	1,751	1,511	-	51	172
T-2	813.4	2,688.2	51.4	2,373	3,500	2,257	-	55	180
T-3	352.4	1,209.5	59.7	1,027	2,375	1,511	-	82	282
T-5	1,075.0	1,227.1	34.2	1,175	3,669	1,315	-	117	133
T-7	20,320.0	37,418.8	32.8	36,074	9,514	9,438	-	12	21
Common	-	-	-	-	134	3,591	2,554.2	-	-
			Average					Average	Average
Total	23,009.0	44,071.1	34.6	42,134	20,943	19,623	2,554.2	23	44

1997

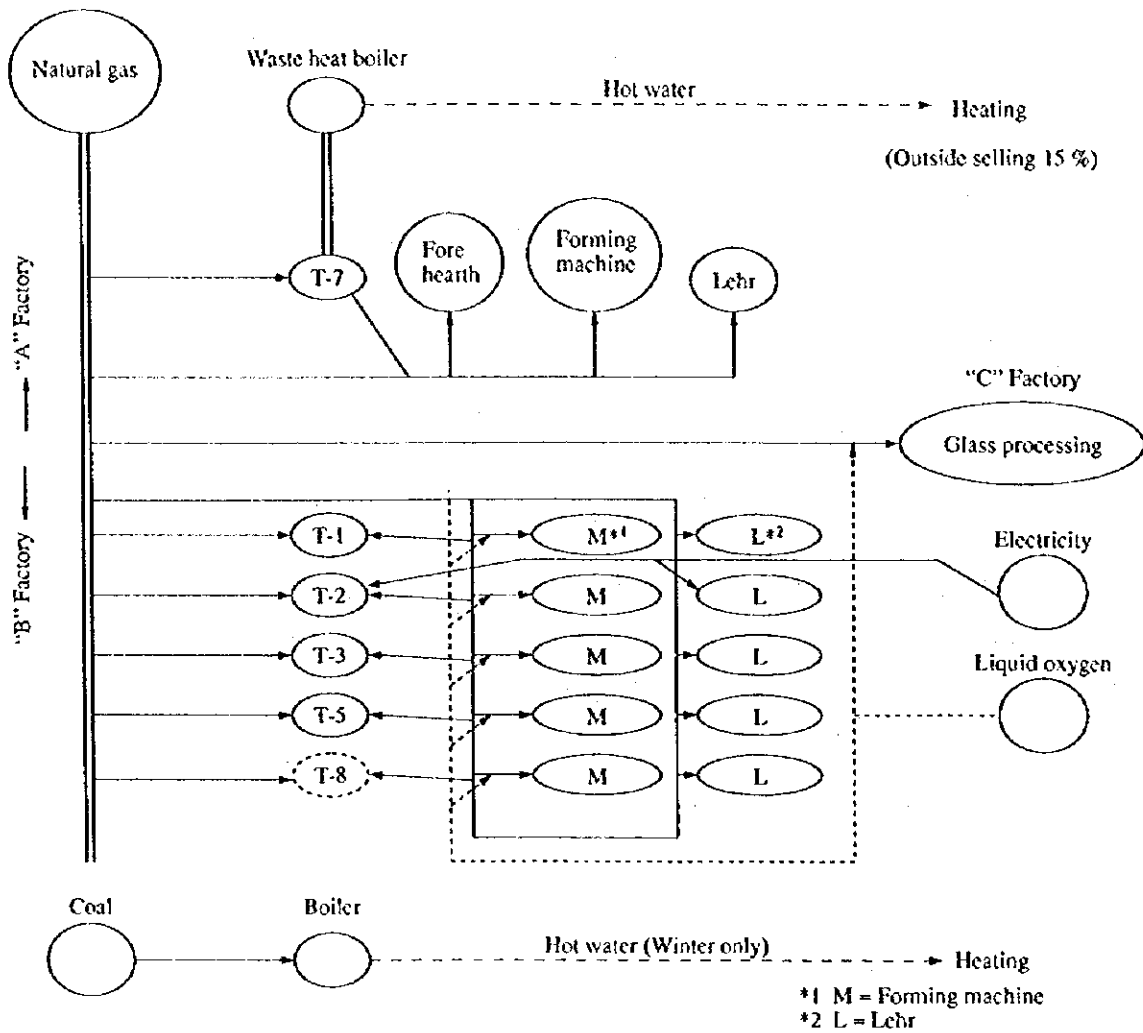
	Product (t)	MG (t)	Cullet (%)	MGS (t)	Natural Gas (10 ³ m ³)	Electricity (MWh)	Coal (t)	Energy Intensity (GJ/t-MG)(GJ/t-product)	
T-1	560	1,476	46.5	1,332	1,610	1,581	-	50	132
T-2	887	2,781	51.9	2,446	3,588	2,372	-	55	173
T-3	373	1,132	53.4	988	2,232	1,505	-	84	256
T-5	1,251	1,567	43.0	1,438	3,102	1,323	-	80	100
T-7	18,551	36,046	40.1	33,553	9,618	9,723	-	12	24
Common	-	-	-	-	813	2,876	1,774	-	-
								Average	Average
Total	21,622	43,002	-	39,757	20,963	19,380	1,774	22	44

(5) 製品コストに占めるエネルギーコストの割合

23%

(6) エネルギーフロー

Figure 4.1.4 Energy Flow



4.1.3 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

特に目標値として設定していない。

目標を設定し、目標管理チャートによる管理を行い責任分担を明確にすべきである。

b. 省エネルギー推進に当たっての問題点

設備は最新の西欧並みとは言えないがそれ程遜色のない設備である。むしろ

る現状の問題点は、設備の能力を充分引き出すための需要がなく、負荷が非常に低い点にある。

設備等のハードの問題よりも品質管理・生産管理等のソフトの問題が大きい。

品質管理等の管理技術からマーケティングに到る全員参加のTQC (Total Quality Control) 的思考方と意識改革が必要である。

c. 組織的な活動

組織的な委員会活動はやっていない。

省エネルギー委員会を設置し、改善提案制度の充実、品質管理部門の設置等を行うべきである。

d. データに基づく管理

計測器は、最低限設置されているが、旧式なものが多く測定値が有効に活用されているとは思えない。

歩留の管理、ロス解析が充分に行われていない。

ISO 9000の認定を受けるレベルのデータ管理が必要である。

信頼できるデータを取ること、標準化を進めることおよび管理図等による管理を進めるべきである。

e. 設備管理

窯槽の定期修繕は新設は8年、以降は5年毎に行う計画であるが、負荷が低く操業温度の低い窯ではもっと長く保たせなければならない。定期修理毎に炉の弱点を改善して寿命延長をはかるべきである。

機械設備のメンテナンスおよび清掃状況について、特に目立った悪いところはない。しかし、原料のカレット置場は汚く異物の混入が多く見られた。最近の新鋭工場では、TPM (Total Productive Maintenance) 活動により隅々まで非常にきれいになり、設備機械の故障頻度も大幅に減少し効果を上げているので参考にされたい。

f. 1997年における省エネルギー活動

1) 1996年から1997年までの省エネルギー活動の結果

1996年と1997年のガラス溶解量、生産量およびエネルギー原単位の差異は次のとおりである。

Plant	Production (1997)t	Molten glass	Product	Energy GJ/t-MG	Intensity GJ/t-products
No.1,2,3,5	3,071.3	+4.4%	+14.2%	-9.2%	-15.6%
No.7	18,550.9	-3.8%	-8.7%	+6.7%	+12.7%

No.1, 2, 3および5プラントのエネルギー原単位は、生産歩留まりの向上により、大幅に改善された。一方、No.7プラントのエネルギー原単位は、溶解炉が7年目になり、また低い生産歩留まりで操業したため、10%強悪化した。詳細については次章4.1.4を参照されたい。

2) 前回の簡易工場診断で指摘した対策の進捗状況

次の3項目は実施されているが、他の大部分の対策は実施されていなかった。

- ① ガラス溶解炉の燃焼用空気比
- ② ガラス溶解炉の開口部のシール
- ③ 圧縮空気配管接手からの空気漏れの防止

ガラス溶解炉T-7の燃焼状況：T-7炉の排ガス酸素濃度は測定の結果4%であった。これは昨年(T-7炉)の測定結果に比較し、3%改善されていた。その結果、排ガスが持ち去る熱損失が2%減り、燃料使用量が3%削減された。

4.1.4 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

Excellent factoryとして提示する数値は日本で類似品を製造している工場の平均値を採用する。

Table 4.1.7 Comparison of Energy Intensity in 1996 and 1997

1996

		Fuel intensity (GJ/t-MG)	Fuel intensity (GJ/t)	Electricity intensity (GJ/t-product)	Common energy intensity (GJ/t-product)	Total intensity (GJ/t-product)
Wolomin	T-1	40.5	137.9	34.6	7.9	180.4
	T-2	46.0	151.9	28.4	7.7	188.0
	T-3	69.4	237.9	44.0	8.0	289.9
	T-5	105.5	120.5	12.5	2.6	135.6
Excellent factory		28.7*1	71.9	29.8	29.9	131.6
Wolomin	T-7	9.0	16.5	4.8	4.3	25.6
	Excellent factory	5.0	6.2	2.8	2.2	11.2

Note: Heat value of heavy oil is 41.4 MJ/L

Common energy is divided by amount of molten glass.

*1: Similar boro silicate glass which is high quality and MG 4.5 t/d

1997

		Fuel intensity (GJ/t-MG)	Fuel intensity (GJ/t)	Electricity intensity (GJ/t-product)	Common energy intensity*3 (GJ/t-product)	Total intensity (GJ/t-product)
Wolomin	T-1	39.2	103.2	29.0	18.6	150.9
	T-2	46.3	145.2	27.4	22.3	194.9
	T-3	70.8	214.8	41.4	21.6	277.8
	T-5	71.1	89.0	10.8	8.9	108.7
	Average	54.4	123.1	22.7	16.1	161.9
Excellent factory*1		28.7	71.9	29.8	29.9	131.6
Wolomin	T-7	9.6	18.6	5.4	2.7	26.7
	Excellent factory*2	5.0	6.2	2.8	2.2	11.2

Note: *1: Excellent factory of special glass which is MG4.5 t/d and high quality.

*2: Excellent factory of bottle glass which is the average value of Japanese bottle glass furnaces and heat value of heavy oil is 41,400 kJ/t.

*3: Common energy is divided by the factory "A" (bottle glass furnace) and factory "B" (total of special glass furnaces) into half and half, and then allocated by production ratio in the "B" factory.

特殊ガラスを製造しているB工場の各窯の原単位は、条件の違いにより大きく変わるので、対比することが難しい。

T-1: Thermos vacuum bottle用ガラスは、ビンガラスの溶解性に近い組成であるので、原単位は上表のExcellent factoryのものより良い。

- T-2 : Termisil組成でExcellent factoryのものと同様の溶解性であるが、溶解量が約2倍あり、エネルギー原単位低下には有利であるにも拘らず、Excellent factoryの原単位より50～60%悪い。
- T-3 : Termisil組成で溶解量もExcellent factoryのものと同様である。品質面ではExcellent factoryのものの方がはるかに厳しいにも拘らず、Wolominの方がエネルギー原単位は2～2.5倍悪い。
- T-5 : Termisil組成で溶解量もT-3と同様であるが、Unit melterでの熱回収が少ないので溶解原単位 (Fuel intensity) は少し悪いが、歩留が2倍以上良いので製品段階でのエネルギー原単位では半分以下の値となっており、Excellent factoryと対比しても遜色ない良い値となっている。
- B工場各窯の平均値とExcellent factoryのものを品質差等も加味して総合的に判断すると、現状Wolokminは2～2.5倍エネルギー原単位が悪いといえる。
- T-7 : Bottle furnaceの場合は、日本のビン窯の平均値よりも溶解原単位 (Fuel intensity) で約2倍、製品段階でのエネルギー原単位で2.4倍悪い値となっている。

(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

a.1. 外部要因による差

原料に関しては、主原料である珪砂の粒度分布はExcellent factoryの珪砂より良好であり溶解性にマイナス要素はない。

製品に関しては、製品の種類は耐熱ガラスと魔法瓶と一般壇との3種あるが、魔法瓶組成は溶解性では一般壇と大差ないとみてよい。

製品品質は何れもExcellent factoryのものより劣るので、省エネルギー的には有利である。但し、市場要求の変化に注意し対応することが必要。

a 2. 技術的要因による差

1) 生産工程管理の改善 (第1ステップ)

① 計測器の更新と充実

工程管理の基準となる計測器の多くは、更新の時期にきている。各窯の定期修繕時に近代的な計測器に更新するとともに、測定点を増やして管理の充実を図ることが肝要である。

② 工程管理の改善

工程毎の生産量と歩留を把握および信頼できる計測値をベースに科学的手法により解析し、標準化—実施—チェック—改善のサークルを廻すことにより後述の歩留が向上しエネルギー原単位の低減につながる。

原単位低減に関しては、次項の操業改善と後述の歩留向上の項で詳述される。

b. 溶解炉

b1. 溶解負荷による差

技術的要因による差を論ずる前にエネルギー原単位悪化の主因である溶解負荷の差について認識しておく必要がある。Figure 4.1.5およびFigure 4.1.6に新鋭工場に対するWolomin工場の溶解炉の設計仕様値と1996年の操業実績値および新鋭工場並みの溶解負荷に上げた場合の例をとり3者の関係を示した。

また参考までに、さらに溶解負荷を挙げた場合の例も提示し、エネルギー原単位との関係について示した。

したがって、Figure 4.1.6に示したように、エネルギー原単位の差も溶解負荷の差によるところが非常に大きい。

b2. ヒートバランスによる比較

1998年2月の調査にて得たT-5炉とT-7炉の測定値に基づきヒートバランスを計算し、Excellent factoryと比較する。

T-7、T-5のヒートバランス計算の結果をTable 4.1.8に示す。

Table 4.1.8 Summary Heat Balance T-7, T-5

Items	T-7		Confer	T-5		Confer
	(MJ/h)	(%)	Excellent bottle furnace	(MJ/h)	(%)	Excellent unit melter
Heat input						
Combustion heat of fuel	40,531	100.0	100.0	11,596	100.0	100.0
Sensible heat of fuel	0	0	0	0	0	0
Heat value of electric heater (E.H.)	43	0.1	0	0	0	0
Sensible heat of combustion air	(21,523)	(53.1)	(56.6)	(2,126)	(18.3)	(19.2)
Sensible heat of batch and cullet	0	0	0	0	0	0
Total	(62,054)	(153.2)	(156.6)	(13,722)	(118.3)	(119.2)
Heat output						
Heat loss of exhaust gas (Top of regenerator)	(30,018)	(74.1)	-	(8,208)	(70.8)	-
Heat loss of exhaust gas (Flue)	(14,880)	(36.7)	-	5,321	45.9	40.0
Heat loss of exhaust gas (Under chimney)	13,122	32.4	13.9	-	-	-
Latent heat of water in batch	197	0.5	2.5	0	0	0
Reaction heat of batch	2,043	5.0	12.6	61	0.5	2.5
Heat carried out by glass	6,392	15.8	31.4	350	3.0	27.1
Available heat	(11,526)	(28.4)	-	(447)	(3.9)	-
Heat loss from furnace wall	14,608	36.1	39.3	3,963	34.2	5.6
Heat loss by water cooling	0	0	-	0	0	-
Heat loss by air cooling	2,892	7.1	-	1,093	9.4	8.7
Heat loss from opening parts	336	0.8	-	0	0	-
Recovery heat by waste heat boiler	1,758	4.3	0	761	6.6	-
Others	-817	-2.0	-	47	0.4	16.1
Total	40,531	100.0	100.0	11,596	100.0	100.0

Recovery heat of regenerator (ratio)

$$\frac{\text{Quantity of heat in the combustion air leaving top of the regenerator}}{\text{Quantity of heat in exhaust gas entering top of the regenerator}} = 71.7 \% \quad 25.9 \%$$

Recovery heat of waste heat boiler (ratio)

$$\frac{\text{Quantity of recovery heat by waste heat boiler}}{\text{Quantity of heat in exhaust gas at flue}} = 11.8 \% \quad -$$

Efficiency (1) = $\frac{\text{Taken out by glass + Batch reaction heat}}{\text{Heat input via fuel}}$

$$= 20.8 \% \quad 3.5 \%$$

Efficiency (2) = $\frac{\text{Available heat}}{\text{Heat input via fuel}}$

$$= 28.4 \% \quad 3.9 \%$$

- T-7: Excellent furnaceと対比して溶解効率が約半分である。
これは窯の大きさに対して溶解量が少ないからである。また、
炉壁からの放熱ロス比率が大差ない値になっているのは、炉壁
の断熱保温の程度に差がある反面、低負荷による低温操業が実
施されており、両者が打消し合う結果となったためである。さ
らに蓄熱室での回収熱量比率も大差ない値になっているのは、
Checker brickの単位伝熱面積 (m^2/m^3) に差があるにも拘らず低負
荷操業により相対的に蓄熱室が大きくなっている ($m^3/Fuel$) から
である。したがって原料溶解熱比率が低い分排ガス熱回収比率
の増となっている。
- T-5: Excellent unit melterは窯の寸法、構造はT-5と大差ないがGlass
wool製造窯であるのでTermisilに比べると約4倍溶けやすいガラス
である。しかしながら溶解効率差は約8分の1となっている。こ
れは品種差を考慮してもT-7同様、T-5も溶解効率が約半分しか
ないといえる。また、炉壁からの放熱ロス比率の高いのは、
Termisilは低負荷で高温溶解、高温成型が必要なためであり本
Unit melterのようにレキュペレータでの排熱回収および空気予熱
では効率が悪く、高温空気が得にくく、このため高温フレーム
が得難くなり効率も悪くなる。

b3. 技術的要因の差

1) 操業改善

① 過剰空気の削減 (第1ステップ)

エネルギー低減 (平均) A工場: 14,925 GJ/y (805MJ/t)

 B工場: 15,905 GJ/y (5,179MJ/t)

各溶解炉の燃焼排ガス中の酸素濃度の測定を短時間ではあるが実施した。
各窯の酸素濃度から空気過剰率を計算すると、次のとおりとなる。

	1997年	1998年
T-1:	30%	30%
T-2:	25%	25%

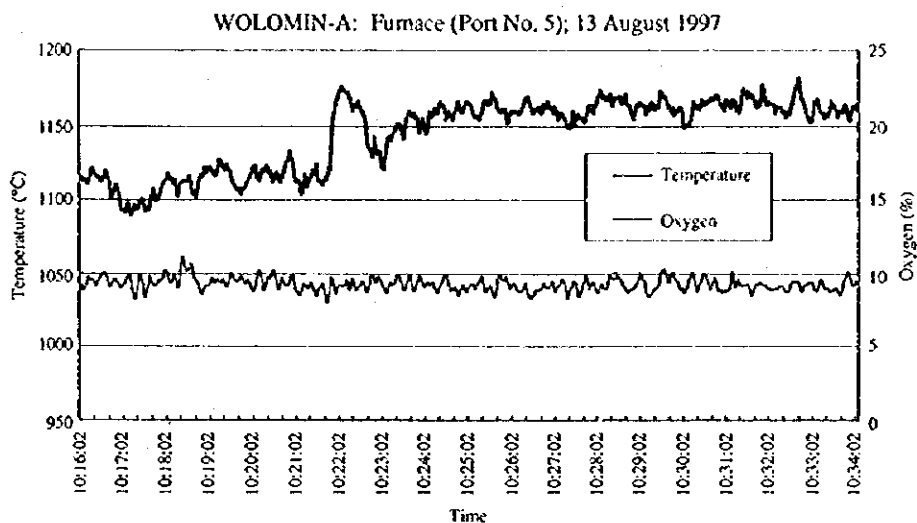
T-3 :	80%	50%
T-5 :	--	13%
T-7 :	48%	27%

一方、新鋭工場の値は10～15%である。過剰空気の削減は特別な設備改造を行わなくても燃焼制御管理を強化することにより、15%に下げることが可能である。

〈溶解炉の排ガス成分の計測と解析〉

ビン工場の溶解炉 (T-7) のリジェネレータの排ガス入り口部において計測した排ガス中酸素濃度および排ガス温度の例をFigure 4.1.7に示す。

Figure 4.1.7 Exhaust Gas Measurement at Melting Furnace in Bottle Plant



排ガス中酸素濃度についてその他の溶解炉の測定結果も合わせてTable 4.1.9に示す。