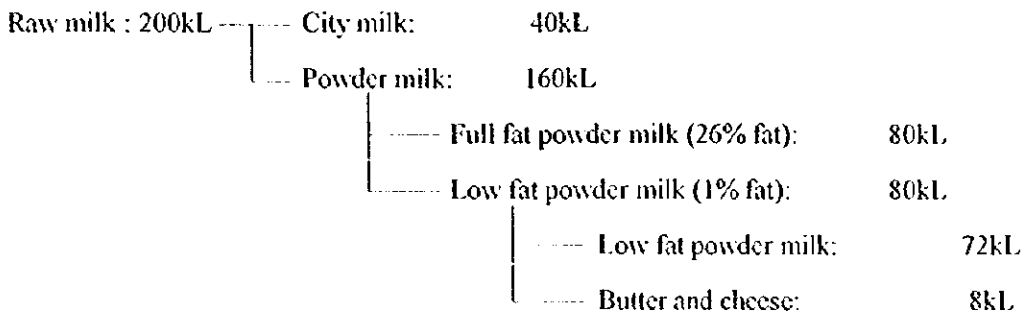


c. 粉乳の濃縮と乾燥

MLECZでは、原料乳 200kL/d を処理して、市乳製品用 20%と粉乳製品用 80%の比率で分けて、粉乳は Full fat (26% fat) と脱脂粉乳 (1% fat) を製造している。原料乳の水分は 88%であり、固形分は 12%である。濃縮工程では 4 重効川缶で水分を 50%までに蒸発させ、乾燥工程ではスプレードライヤで水分 4%の粉乳製品を作る。原料乳および製品分析値から牛乳の濃縮と乾燥工程における物質収支を求めると Figure 5.5.12 のとおりである。

Figure 5.5.12 Material Balance in Evaporation and Drying Process



Material balance

KL = ton as the specific weight of raw milk is 1.0.

	Full fat powder milk			Low fat powder milk		
	Total	Water	Solid	Total	Water	Solid
1. Raw milk (Solid content: 12%)	80t/d	70.4t/d	9.6t/d	72t/d	63.4t/d	8.6t/d
2. Evaporating process						
Output of evaporator (Water content: 50%)	19.2t/d	9.6t/d	9.6t/d	17.2t/d	8.6t/d	8.6t/d
Evaporated water	60.8t/d			54.8t/d		
3. Drying process						
Output of dryer (Water content: 4%)	10t/d	0.4t/d	9.6t/d	8.9t/d	0.3t/d	8.9t/d
Evaporated water	9.2t/d			8.3t/d		

Figure 5.5.12 において、濃縮工程と乾燥工程の蒸発水分量から加熱用蒸気量が計算出来る。

水分の蒸発には、加熱用蒸気の潜熱が使われるので、蒸発水分量と同じ量の加熱用蒸気が必要である。

濃縮工程では 4 重濃縮缶を使用しているため、理論的加熱用蒸気量は蒸発水分の 25% で良い。したがって、加熱用蒸気量は次のとおりである。

Full fat 粉乳： $60.8 \text{ t/d} \times 0.25 = 15.2 \text{ t/d} = 1.52 \text{ t/h}$ (運転時間：10h/d)

脱脂粉乳： $54.8 \text{ t/d} \times 0.25 = 13.7 \text{ t/d} = 1.37 \text{ t/h}$ (運転時間：10h/d)

乾燥工程は次のとおりである。

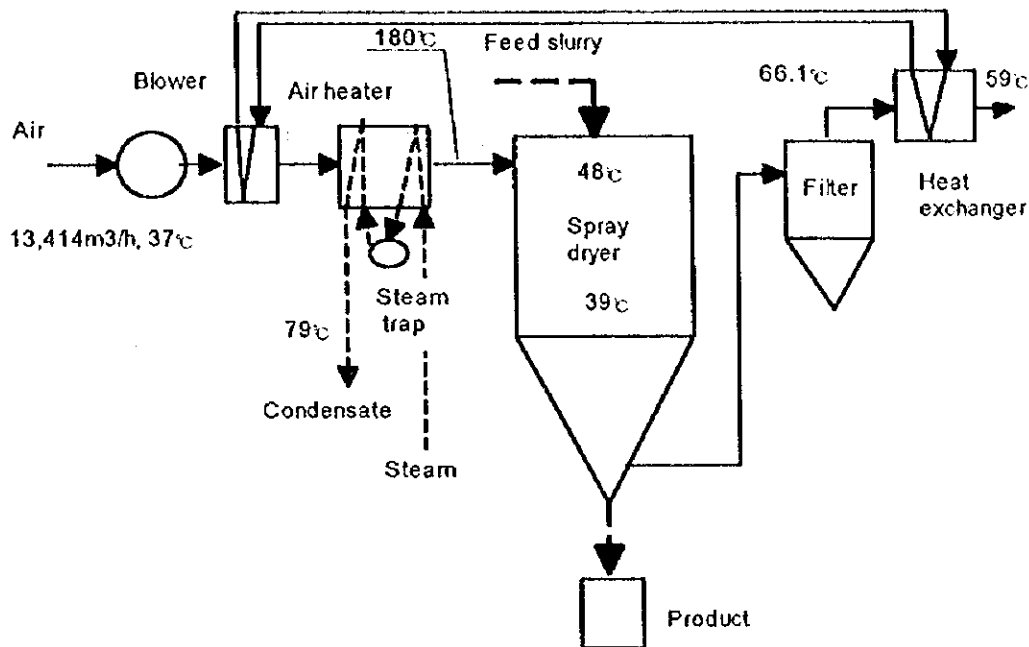
Full fat 粉乳： $9.2 \text{ t/d} = 0.92 \text{ t/h}$ (運転時間：10h/d)

脱脂粉乳： $8.3 \text{ t/d} = 0.83 \text{ t/h}$ (運転時間：10h/d)

当工場の Evaporator の 1 系列の蒸気使用量は Figure 5.5.6 に示す通り 1.5t/h で、上記の計算値とほぼ一致する。スプレードライヤの蒸気使用量の設計値は 0.85t/h で上記の計算値と一致する。操業時の蒸気使用量は Figure 5.5.6 に示す通り 2.0t/h であり、熱バランスは次のとおりと推定される。

項目	熱量 (Mcal/h)	備考
1) 入熱：		
a. 蒸気熱量	1,332.4	2 t/h, 1.4MPa, 666.2kcal/kg
b. 空気保有熱量	135.5	13414m ³ /h, 37℃
c. 入熱合計	1,467.9	
2) 出熱：		
d. 粉乳乾燥熱量	556.3	0.85t/h
e. コンデンセート熱量	158.0	79℃、2t/h
f. 排ガス損失熱量	216.0	加熱空気量, 59℃
g. 放熱損失熱量	75.0	入熱量の 5%
h. その他	387.6	製品冷却熱量他
i. 出熱合計	1,467.9	

Figure 5.5.13 Measuring Point of Spray Dryer



スプレードライヤの熱バランスから見ると、排熱回収は十分行われている。コンデンセートは全量回収され、ボイラ室に送られているが、ボイラ室における温度は約 40°C である。コンデンセートのタンクを粉乳工場側に設置して CIP 洗浄に使用することおよびボイラ室戻り配管の保温を強化する必要がある。

ドライヤ本体上部胴体、天板および熱風管の表面温度が高いため、保温の強化が必要である。

保温強化による放熱損失を 20%削減すると、エネルギー節約量は次のとおりである。

$$75\text{Mcal} \times 4.1868 \times 0.2 \times 365\text{d/y} \times 10\text{h/d} \times 2\text{sets} = 458,455\text{MJ/y}$$

$$\text{燃料節約量} : 458,455 / 0.7 / 1,000 = 655\text{GJ/y}$$

$$(\text{燃料原単位改善} : 655,000 / 20,000 = 32.7\text{MJ/t})$$

当工場の原料乳の殺菌方法は HTST であり、Excellent factory の UHT よりも殺菌温度が低く、濃縮缶に供給される牛乳の温度が低いため、濃縮缶の蒸気使用量が多い。濃縮缶の蒸気使用量は 4 重濃縮缶で、蒸気エゼクタ使用する方式で濃縮缶の使用蒸気量の差を計算する。

原料乳 : 160kL/d
濃縮缶 : Full fat 粉乳系 80kL/d、脱脂粉乳系 80kL/d
濃縮缶での蒸発量 : $60.8 + 54.8 = 115.6$ t/d

HTST 牛乳に対する必要蒸気量

: $4 \text{ 重濃縮缶であるから、} 115.6/4 = 28.9$ t/d

蒸気の潜熱量 : $28.9 \times 500 \text{kcal/kg} = 14,450$ Mcal/d

濃縮缶に供給される牛乳の保有熱量の差

: $160 \text{ t/d} \times 50 = 8,000$ Mcal/d

UHT : 牛乳温度 130°C と HTST : 牛乳温度 80°C の間の温度差は 50°C であり、比熱を 1.0 とする。

UST 牛乳に対する必要蒸気量 : $28.9 \times (1 - 8,000/14,450) = 12.9$ t/d

蒸気量の差 : $28.9 - 12.9 = 16 \text{ t/d} = 0.8 \text{ t/h}$ (運転時間 : 20h/d)

市乳は味覚の点から、HTST 方式を取るべきであるが、粉乳用牛乳の殺菌処理を UHT 方式に変更することを提案する。UHT 方式にすることにより、濃縮缶の使用蒸気量を削減できることに加えて、後述するように濃縮缶およびスプレードライヤ内面の付着物が減少し 20 時間連続運転が可能になる。殺菌方式変更による圧力 0.3MPa の蒸気節約量は次のとおりである。

$16 \text{ t/d} \times 365 \times 653 \text{kcal/kg} \times 4.1868 \text{kJ/kcal} / 1,000 = 15,966$ GJ/y

燃料節約量 : $15,966/0.7 = 22,809$ GJ/y

(燃料原単位改善 : $22,809/20,000 = 1.140$ GJ/t = 1,140 MJ/t)

MLECZ では濃縮、乾燥工程を 2 系統で 10 時間毎に洗浄して生産しているが、Excellent factory は 1 系統で同じ生産量を出している。Excellent factory では乾燥工程で運転時間を延長するために、無菌フィルターを通した熱風を使用し、洗浄回数を少なくする方法が採用されている。濃縮工程のエバポレーターは蛋白変性があるので、10 時間毎に洗浄する必要がある。

Excellent factory は UHT 殺菌後の高温の殺菌牛乳を効用濃縮缶の第 1 搭に入れており、エバポレータでの蛋白変性が少ないので、48 時間の連続運転も行っており、第 4 搭から排出される蒸気をヒートポンプ方式で再加熱し第 1 搭の加熱に再利用している。したがって、エバポレータでの蒸気使用は殆ど無い。MLECZ で無菌フィルターを通した熱風を得ることが出来れ

ば、乾燥工程で、2 系統を夫々 10 時間ずつ運転している方式から、1 系統で 20 時間連続運転する方式に変えることが可能になり、エネルギー節約量は次のとおりとなる。

1 系統の昇熱時のエネルギー量および CIP 洗浄のエネルギー量が節約される。

$$\begin{aligned} \text{昇熱時のエネルギー} &: 667\text{kcal/kg (1.6MPa steam)} \times 4 \text{ t/h} \times 0.5 \text{ h/time} / 4.186 \\ &= 318 \text{ MJ/time} \end{aligned}$$

Itime/d とすると、

$$318 \times 365 = 116,070 \text{ MJ/y}$$

CIP 洗浄に使用される温水は乾燥、濃縮工程のコンデンセイトを回収しているため、昇温は 30°C である。

$$\begin{aligned} \text{CIP 洗浄時の使用温水のエネルギー} &: 30^\circ\text{C} \times 4.186 \times 120,000 \text{ kg/time} \\ &= 15,070 \text{ MJ/time} \end{aligned}$$

Itime/d とすると、

$$15,070 \times 365 = 5,500,550 \text{ MJ/y}$$

$$\text{合計} : 116,070 + 5,500,550 = 5,616,620 \text{ MJ/y}$$

$$\text{燃料節約量} : 5,616,620 / 0.7 / 1,000 = 8,024 \text{ GJ/y}$$

$$\text{(燃料原単位の改善} : 8,024,000 / 20,000 = 401 \text{ MJ/t)}$$

CIP 洗浄用水が 120t/d 削減され、排水処理設備の負荷が軽くなる。

d. 排水処理

MLECZ では 1 日の排水量が 800t/d におよび排水量が多い。用水と排水の発生箇所を%で対比表示したものが Table 5.5.9 である。

Table 5.5.9 Ratio of Service Water and Waste Water Amount

	Service water		Waste water		Waste water/Service water
	PLN	%	PLN	%	
City milk factory	203,173	54	367,455	57	1.80
Powder milk factory	88,977	24	170,205	27	1.13
Machine factory	26,272	7	4,359	1	0.14
Cooling	9,973	3	16,086	3	1.00
Boiler	42,909	12	71,655	11	0.92
Equipment	-		-		
Living expenses	-		9,595	1.5	-
Total	373,546	100	639,355	100	1.71

Remarks: The above data are based on the annual total for 1997. (800 t/d base)

工場の排水量の 56%は市乳工場から、また 26%は粉乳工場から排出している。この 2 工場は、工場全体の 82%即ち 656 t/d の排水を出しているのので、節水に努力するべきである。

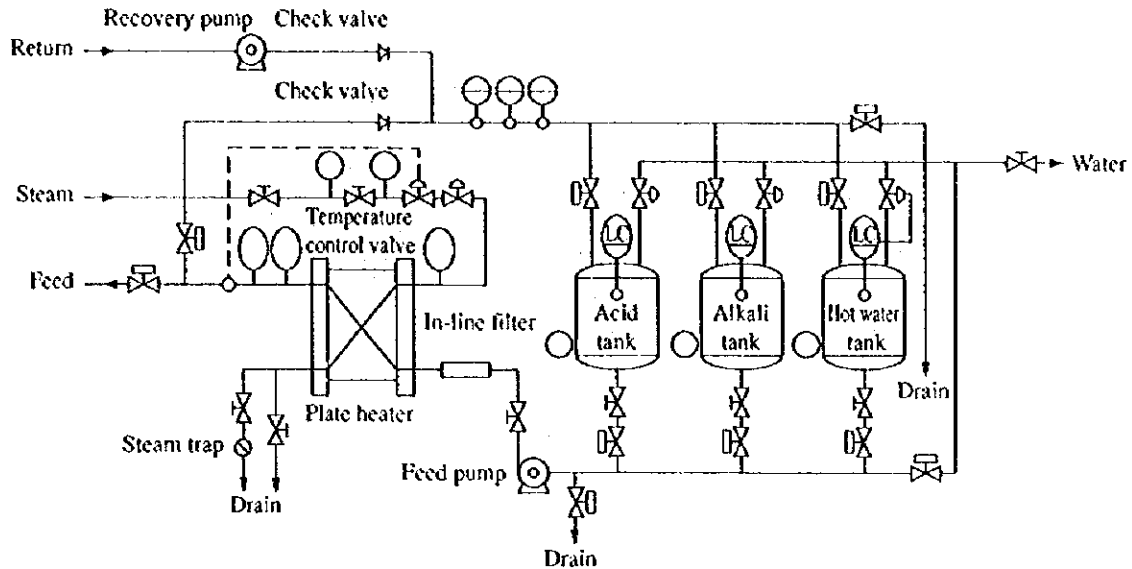
第 1step として、床洗浄の用水にホース先止バルブを取り付け使用後に直ぐ水を止めるようにすべきで、この改善で 3%の節水が可能である。(656t/d * 0.03 = 20 t/d)

前項の乾燥工程の 1 系列 20 時間連続運転により、CIP 洗浄水が 100 t/d 削減出来る。

したがって、排水量 800 t/d は、120 t/d 削減される。

Figure 5.5.14 に、CIP 装置フローを示す。

Figure 5.5.14 Flowsheet of CIP Unit



e. 排水処理の改善

排水中の燐化合物や窒素化合物も減らす努力が求められてきている。脱窒反応に要求される条件は無酸素状態であり、許容できる溶存酸素濃度は (0.5mg/L) 以下である。

最近、活性汚泥法を改善した間欠ばっ気による好気と嫌気の交互運転による硝化、脱窒を可能とする方法が開発された。この方法では BOD 除去に必要な溶存酸素要求量は従来の活性汚泥法のそれと変わらないので、省エネルギーとならない。牛乳排水のように蛋白質を含む排水では活性汚泥法による分解率が低いので、回転円盤法や散水 3 床法で処理する方法も試みられているが、一般的にはより低いコストの酸化池処理法が実施されている。所要動力は炭素源の BOD 処理に 69~94%の動力が消費され窒素処理の動力は 6~31%を占めている。

Excellent factory の排水処理でも、酸化池法が採用されているが、表面曝気の動力消費を少なくする等で省エネルギーを計っている。MLECZ は当初 200,000kL/y の生産設計で攪拌機 22kW×7 基=152kW の表面曝気方式の活性汚泥法を採用しているので 70,000kL/y の近況では動力消費が過大と見られる。

この動力の節減を図る第 1 ステップは、排水処理量の減少に応じて、排水中の BOD 濃度を検査しながら、攪拌機を 1 台ずつ停止して行く方法が考

えられる。

上記の 140t/d の排水量減少に対して、攪拌機を 1 台停止すると電力原単位は次のようになる。

工場調査時には、6 台の攪拌機が運転され、電力消費は 142kWh であった。

したがって、攪拌機を 1 台停止すると、

$142\text{kWh}/6 \times 24 \times 365 = 207,320\text{kWh/y}$ の電力が節減される。

(電力原単位低減 : $207,320/20,000 = 10.4\text{kWh/t}$)

f. 冷却システム (NH₃ 冷凍圧縮機の改善)

MLECZ では旧式の NH₃ 冷凍機であり、その電力消費は Excellent factory の冷凍機の 2 倍の消費となっている。

最近 NH₃ 冷凍機の採用が世界的に増してきている。フロンの規制に伴い NH₃ が冷媒として見直されてきている。MLECZ の NH₃ 冷凍機はネームプレートで 2kW/tRT ベースの機種であり、Excellent factory では 0.9kW/tRT ベースの冷凍機を使用している。これはモーターの効率の向上、圧縮機構の改善等による高効率機種が普及し、これら機種への転換を実施したことによる。高効率機種の採用によって大幅な省エネルギーが達成されたのである。本工場の 1997 年度の電力原単位は 244kWh/t-product であり、NH₃ 圧縮機の動力は、2 月で 21.52%、8 月で 26.6%、平均 24%であった。

$244 \times 0.24 = 58.6\text{kWh/t}$

うち、NH₃ Compressor 40kW 2 台を 20kW の新型に変えてこれらを重点的に使用する方式に改善すると、

$(20\text{kW の差}) \times 24 \times 365 \times 2 = 350,400\text{kWh/y}$

(電力原単位低減 : $350,400/20,000 = 17.5\text{kWh/y}$)

B. 熱設備

b-1 技術的要因

1) ボイラ

この工場には 4 基の蒸気ボイラが設置されている。但し、1 基は部品が取外されていて稼働できない状態にあるので、実質の設備は 3 基である。Table

5.5.10 にボイラ設備と運転状況を示す。

Table 5.5.10 Boiler Equipment and Operating Condition

Items	Contents		Remarks
No. of units	3		Installed
	2		Running
Model	OR-10-040		
Capacity, each	7.7	MW	MCR
	6.2	MW	ECR
Capacity, whole	23.1	MW	MCR
	18.6	MW	ECR
Steam generation	10	t/h-unit	Design
	3 to 5	t/h-unit	Actual working
Fuel	Coal		Stoker
Dust catcher	Multi-cyclone		
Air heater	Installed		After cyclone
			Tubler, gas for inside tube
Economizer	Not installed		
Draft	IDI/FDF		Balanced draft
Working status on panel readings			
Feed water temperature	140	°C	On drum inlet
Steam pressure	1.5	MPa	
Steam temperature	200	°C	
Steam generation	5.4 to 6.2	t/h	As total generation
High pressure steam	3.6	MPa	On steam collector
	3.6	t/h	
Low pressure steam	1.5	MPa	On steam collector

Actual readings for measured data of September 24, 1998

MCR: Maximum Continuous Rating Capacity

ECR: Economical Continuous Rating Capacity

排ガスの計測と解析

運転中のボイラ No1 について、煙道の排ガスの酸素およびガス温度を計測記録した。最初にボイラ室屋外の煙道 (空気予熱器の後) で計測し、次いでボイラ室内の煙道 (空気予熱器前、サイクロンの後) での計測を追加した。したがってグラフでは後半部分に空気予熱器前の計測結果が追記され

ている。Figure 5.5.15 に計測値のグラフを Table 5.5.11 に計測値の平均・最大・最小値を示す。なお、このグラフで空気予熱器の前後で排ガス中の酸素濃度に変化がないので、空気予熱器における空気漏洩（すなわち空気側からガス側への空気漏洩）はないものと推定される。この点では空気予熱器は健全である。

Figure 5.5.15 Exhaust Gas Oxygen & Temperature

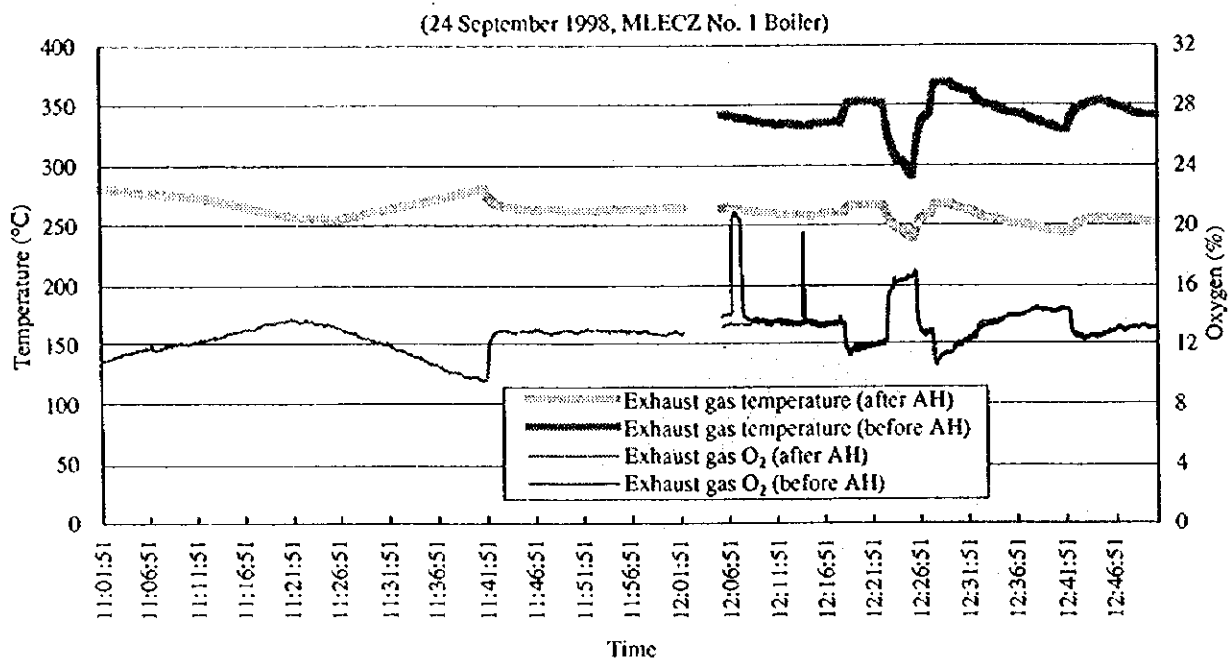


Table 5.5.11 Average, Maximum and Minimum of Measured Data

	After air heater		Before air heater	
	Temperature	Oxygen (%)	Temperature	Oxygen (%)
Average	265.9	12.5	341.9	13.5
Maximum	280.9	13.7	369.4	20.9
Minimum	254.0	9.6	391.1	10.7

① 空気比の改善

燃焼空気比を計測値の平均から計測値の最小値にまで改善したとして計算すると Table 5.5.12 のような結果を得られる。

Table 5.5.12 Combustion Calculation before Air Heater

Premises		Results			
			Theoretical	AR actual	AR improved
Fuel gas					
Heat value Net (kJ/kg)	21,202	Exhaust gas oxygen	0.0 %	12.5 %	9.6 %
Heat value Net (kcal/kg)	5,064	Air ratio	1.00	2.44	1.82
Combustion air temperature	20	Air volume (m ³ /kg)	5.4	13.0	9.8
Exhaust temperature (before AH)	266	Exhaust gas (m ³ /kg)	5.7	13.4	10.1
Exhaust temperature (aft assumed AH)	266	Exhaust gas heat loss (to fuel)		21.6 %	16.6 %
Air invasion into furnace	0.0 %	Fuel advantage			6.0 %

Rem: Measured at after AH

Rem: AR improved is minimum of measured values.
Exhaust gas loss is as of after AH

このように空気比は 2.4 から 1.8 に改善され、その結果として燃料使用量が約 6%低減される。また、排ガス量は 13.4m³/kg から 10.1m³/kg へ減少し、排ガス熱損失は 21.6%から 16.6%へ減少する。

ボイラ運転時の燃焼室を観察した結果では、火床において燃焼が完了した部分 (火床の後ろの部分) にも空気が供給されているように見える。この空気が排ガス量を増加させ、排ガスによる熱損失を増していると考えられる。したがって空気供給のダンパーやストーク速度などの燃焼操作を改善して空気比を最小限に保つことが必要である。

空気比改善による燃料節約量は、

$$6,250t/y \times 0.06 = 375t/y$$

$$375 \times 21.5 = 8,063GJ/y$$

$$(燃料原単位低減 : 8,063/20,000 = 0.403GJ/t = 403MJ/t)$$

② 空気予熱器の清掃

空気予熱器で予熱された空気の温度は、高温空気のダクト表面の温度測定では 110℃であった。一方、1996 年の 6 月に行なわれたボイラの熱精算では、予熱空気の温度は 170℃であった。この結果から見て現在は空気予熱器が十分に機能していないと思われる。いま空気予熱温度が従前のおり 170℃になったとすると、空気予熱器の熱バランスから計算して排ガス温度は 205℃になると見られ、予熱空気温度の上昇により燃料消費は 7%減少する。

空気予熱器が機能していない理由としては、排ガス中のダストによる伝熱

面の汚れあるいは電熱管の閉塞が予想されるので、点検と修理が必要である。

予熱空気温度上昇による燃料節約量 (No1 ボイラ対象とする)

$$6,250/y / 4 \times 0.07 = 109/y$$

$$109 \times 21,500 = 2,343,500 \text{ MJ/y}$$

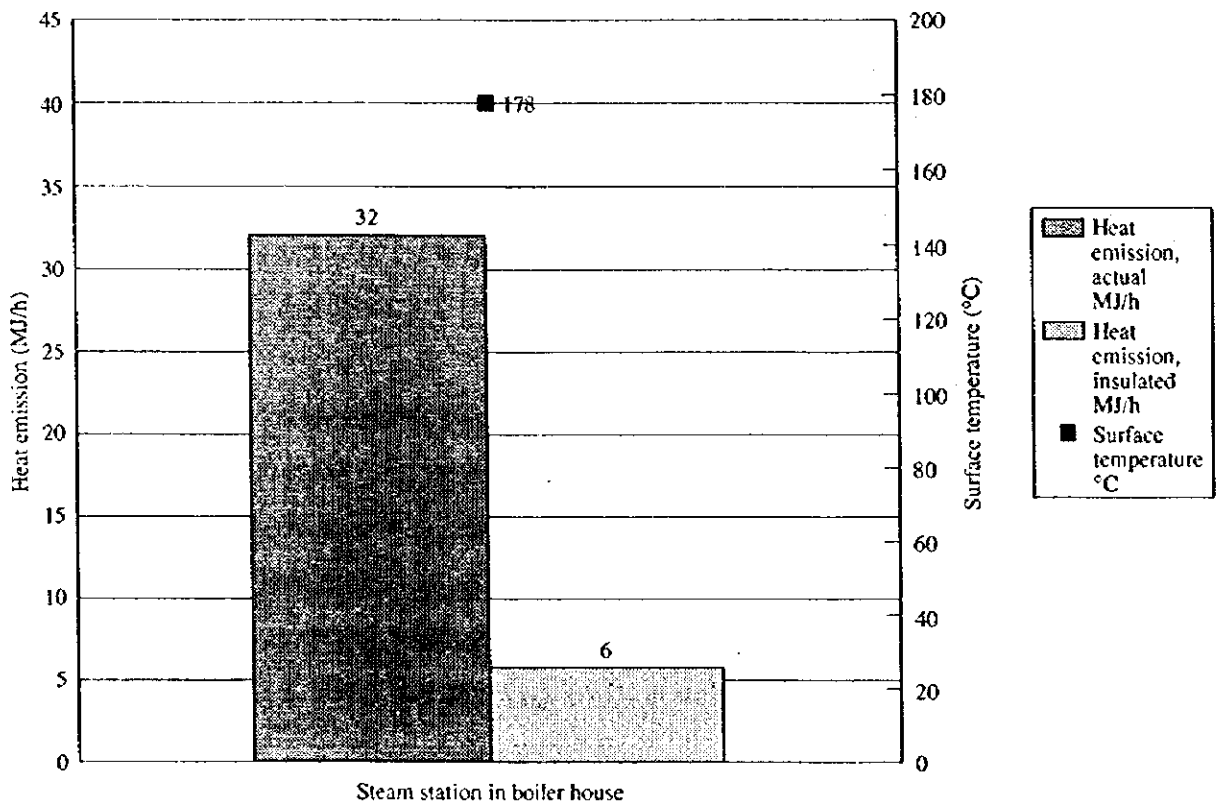
$$\text{(燃料原単位節減 : } 2,343,500 / 20,000 = 117 \text{ MJ/l)}$$

2) 蒸気バルブの保温の強化

この工場の設備には保温が施工されていない装置がいくつかある。ボイラ室の弁について装置表面からの放熱量を計算して Figure 5.5.16 に示す。

放熱量は表面温度の計測値をもとに計算された。図には表面温度をも示した。また図の中には、これらの装置のうち保温されていないものについて保温を施工した場合の放熱量をも併せて示している。

Figure 5.5.16 MLECZ Heat Emission in Boiler House



保温による節約量は、

$$(32-7) \text{ MJ/h} \times 24\text{h/d} \times 365\text{d/y} = 219,000\text{MJ/y}$$

$$\text{燃料節約量} : 219,000 / 0.7 / 1,000 = 313\text{GJ/y}$$

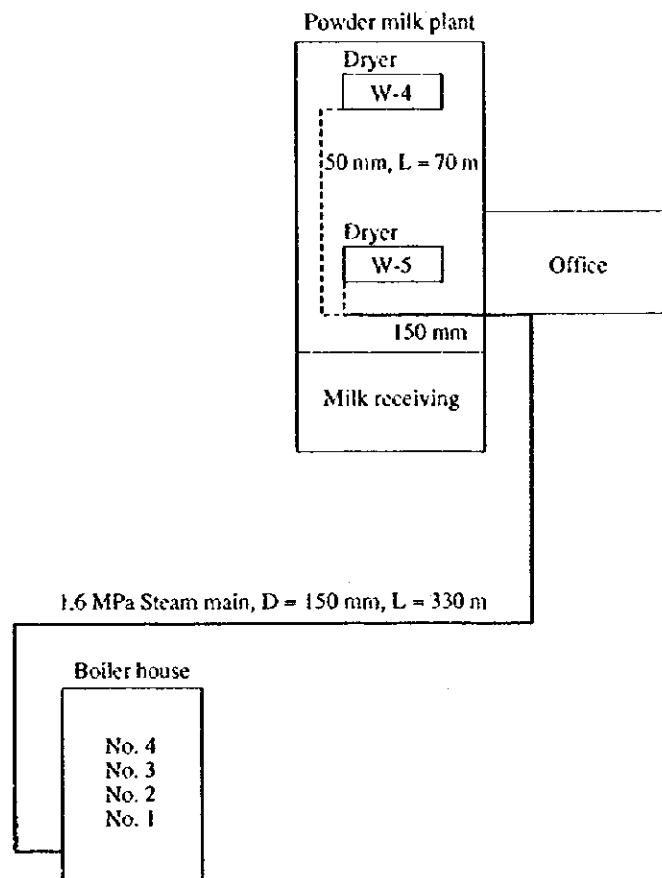
$$(\text{燃料原単位節減} : 313,000 / 20,000 = 15.6\text{MJ/t})$$

3) 蒸気管の圧力損失

この工場では粉乳製造プロセスに噴霧ドライヤーが設置され、液体のミルクを乾燥して粉乳を製造している。液体の蒸発熱源として、蒸気を用いて空気を熱交換器により 200℃程度に加熱している。作業側側の説明では加熱用の蒸気圧力が不足するため、所定の空気温度が得られない場合があるとのことである。

加熱用の蒸気は 1.6MPa の圧力系統で、蒸気配管はボイラ室から屋外の配管を経て粉乳プロセスの建屋に入り、ここで分岐して 2 系列のドライヤーに送られる。屋外配管の径は呼称径 150mm、屋内のドライヤー周辺の配管は 50mm である。Figure 5.5.17 に配管系統の概念を示す。

Figure 5.5.17 Steam Piping System



今配管の長さを現地における目視から概算して、これらの蒸気管における圧力損失を計算すると Figure 5.5.18 および Figure 5.5.19 のようになる。なお、計算シートは Table 5.5.13 の如くである。

Figure 5.5.18 Steam Pipe Pressure Drop (D – 50 mm)

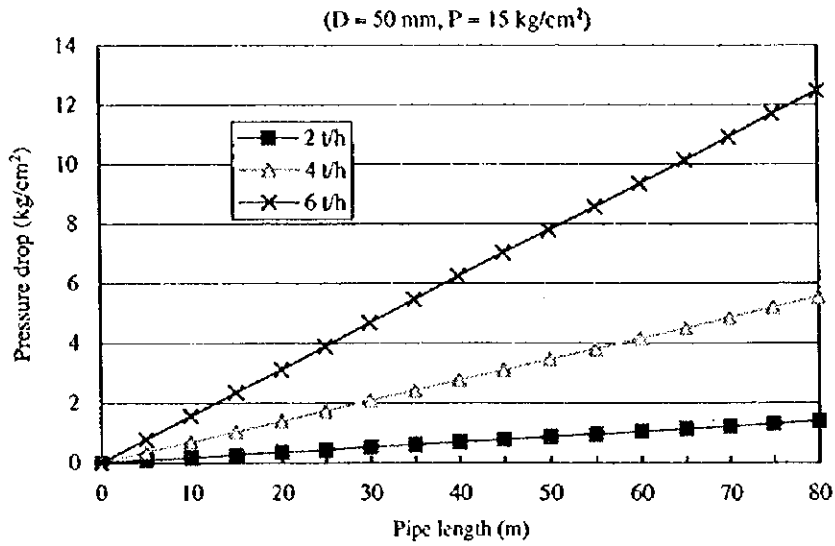


Figure 5.5.19 Steam Pipe Pressure Drop (D – 150 mm)

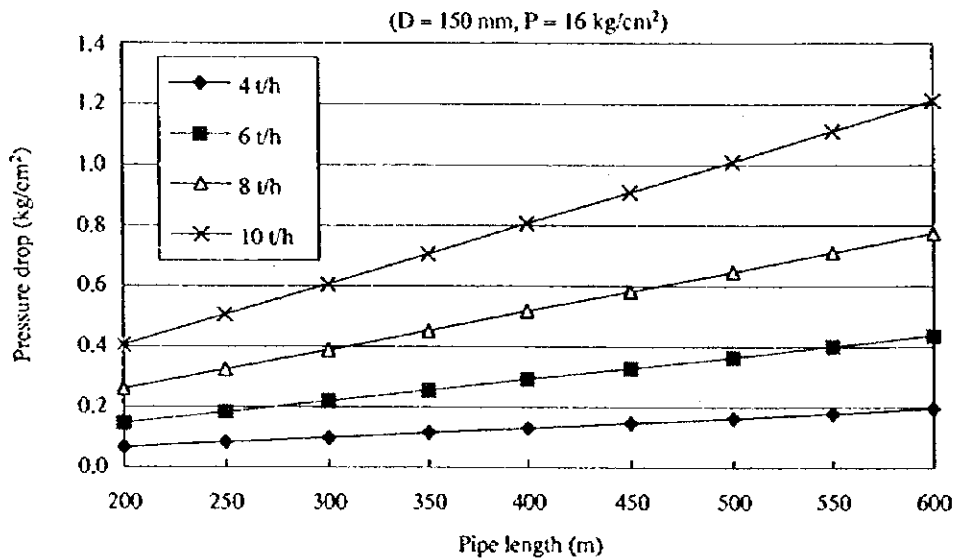


Table 5.5.13 Pressure Loss Calculation Sheet

			Box	: set value
Applicable: 1.5 to 140 abs under				
(Set nominal size A, then check nominal size B)				
<Setting>				
JIS pipe code		2	<Calculated>	Saturated
1: SGP 2: Sch40 3: Sch80			Flow velocity	m/s 102.3
Nominal size A (mm)		50	Pressure loss	kg/cm ² 12.464
Nominal size B (inch)		2	Heat expansion	m
Inside diameter: Di	m	0.0527	Carbon steel	0.160
Pipe weight	kg/m	5.44	SUS 18-8	0.219
Steam flow: G	t/h	6	Aluminum	0.322
Pressure abs	kg/cm ²	15	Copper	0.224
Temperature	°C	197	Heating steam	kg 18.4
Latent heat	kcal/kg	465	(as saturated steam / steel pipe)	
Unit vol:v	m ³ /kg	0.1339		
Sat temp	°C	197.4	If set temperature is less than saturation	
Pipe length: L	m	80	temperature of steam, the sheet	
Initial temperature	°C	20	assumes it as saturated steam.	
Pressure loss formula: $10.5/10^8 \cdot v \cdot G^2 / ((Di/1000)^5 \cdot (\pi/4)^2) / 3.6^2 \cdot L$				

これらの図で見るように、屋外の 150mm 管では圧力損失は僅少であるので問題にならない。しかし屋内の 50mm 管では蒸気流量によって圧力損失が問題となる。特に W-4 ドライヤーでは蒸気管の長さは (配管の曲がり部の相当長さをも考慮して) 70m 程度あるので蒸気流量が 2.5t/h であれば圧力損失は 2kg/cm² となる。この圧力損失に相当する蒸気の飽和温度の低下は約 5°C である。

蒸気の使用量は工場が保有する計画資料では 5t/h とされている。また JICA チームがドライヤーブローの風量計測から計算した流量は 0.6t/h となった。操業上の変動のために蒸気量の変動することを考慮すると、この 50mm の蒸気管における圧力損失がドライヤーの操業に支障を与える場合があると思われるので、今後は熱交換器入り口の蒸気圧力に注意を払い、場合によっては 50mm 配管をより口径の大きいものに交換することが必要である。

C. 電気設備

c-1 技術的要因

1) コンプレッサーの省電力

本工場の主な電気機器の負荷測定データを Table 5.5.14 に示す。

Table 5.5.14 Measurement Data of Major Load

Transformer	Name of load	Rating (kW)	Consumption (kWh)	Voltage (V)	P.F	Remark
	Receiving power	1,450 (1,250)	640 ~ 1,380	15,000		September 1998
NR1	(14-2 Dry milk)		247 ~ 346	400	99	cont.
	Fan of spray drier	2 × 22	23	400	92	
	Water pump	35	30	400	94	
	Agitator		35	401	95	
	Ventilator fan	2 × 75	104	400	77	
	Refrigerator		49	401	93	
NR2	(14-1 cheese department)		35 ~ 206			cont.
	Air compressor	37	10	400	27	
	Centrifugal oil separator	2 × 35	39	400	94	1 operate
	Refrigerator	2.2 × 10	21	402	84	
	Extruder		71	401	98	
	Packing of milk		14	403	86	
NR8	(13 Energy)		~ 590		91	cont.
	Water pump (city water)	4 × 30	10	405	23	light load
	NH3 compressor	3 × 55	39	405	74	
	NH3 compressor	2 × 37	26	405	65	
	Air compressor	2 × 75	64 (10)	393	81 (27)	() un-load
NR14	(Boiler)	3 ×	139	383	88	2 operate
	Fan of combustion air	3 × 18.5	11	379	84	
	Water pump	3 × 22	11	379	83	intermit.
	Exhaust fan	3 × 55	99	381	86	2 operate
NR15a	(15 Sewage works)		200	402		
	Agitator for aeration	7 × 22	142	402	76	6 operate
	Pump of waste water	30	30	402	85*	*: guess

Note: intermit.: operation is intermittent, cont: continuous measurement

本工場のエアコンプレッサはエネルギー工場とチーズ工場にそれぞれ 75kW と 37kW とがある。測定時の負荷はそれぞれ 64kWh/10kWh と 10kWh であった。前者は容量が過大なため毎分 1 回 ON-OFF 動作 (実稼動率 28%)

を続けている。この状態では始動時のピーク電力が大きく、制御回路が損傷し易い。この対策には、両者のエア配管を結合しエネルギー工場の機械を停止する方法が考えられる。但し、エアタンクは使用する。もし 37kW が容量不足の場合は 15kW 程度の設備を増設する。

この改善により 75kW 機械のピーク電力がなくなり、制御回路の故障がなくなり以下の省エネルギーが期待できる。

現状の負荷は、

$$((64+10)/2+10) \times 24\text{h} \times 365 = 411,720\text{kWh/y}$$

改造後の負荷は、

$$(37+10) \times 0.5 \times 24 \times 365 = 205,800\text{kWh/y}$$

したがって電力節約量は、205,800kWh/y となる。

$$(\text{電力原単位低減} : 205,800/20,000 = 10.3\text{kWh/y})$$

2) ボイラ用モーターの省電力

ボイラの負荷は使用状況に応じて常時変動する。一般に Fan、Ventilator、Pump はダンパー、バルブで自動流量調整するが、本工場では手動で調整されている。このため、電力の無駄が生じやすい。この場合、モータの回転数を燃料や水の流量に応じて自動制御すると、無駄な電力が節減できる。Table 5.5.14 に示すように、本工場ではボイラの Fan は 4 台約 110kW 使用されていて燃焼空気用の Fan が軽負荷である。これらをインバーターで制御し、1日に24時間80%負荷で運転した場合 (他はフル運転) は、約44kWの省電力が考えられる。

節約電力量は、

$$44\text{kWh} \times 24\text{h/d} \times 365\text{d/y} = 385,440\text{kWh/y}$$

$$(\text{電力原単位低減量} : 385,440/20,000 = 19.3\text{kWh/t})$$

3) 変圧器の省電力

この工場の変圧器の電流は負荷が無い (0) の場合でも電流が 200A 流れていた。コンデンサを OFF にする必要がある。負荷が無い場合、変圧器を OFF とすれば変圧機による電力損失が減ることになるので、充分注意し管理し

て行く必要がある。

4) 照明の省エネルギー

工場では昼間の照明は消灯され、積極的に省電力を実施しており非常に良いことである。工場の電灯の設置数は室内が約 120kW、屋外は約 15kW (60×250W—工場による) と考えられる。このうち室内の電灯は蛍光灯が多く、取付け高さは約 6m と高い。照度は点灯時約 200~300 ルックであった。この場合の省電力には次の対策が考えられる。

- ① 室内電灯の高さを現状の 6m から 4m 程度に下げる。但し、作業に支障がある場合は水銀灯に替える。この場合、高さの変更効果は同一照度を維持するものとしても必要電力が半減し年間約 92,000kWh (全体の約 1.8%) の節減となる。

$$120\text{kW} \times 0.7 \times 0.5 \times 1/2 \times 12\text{m} \times 365\text{d} = 92,000\text{kWh/y}$$

但し、0.7 : 使用率、0.5 : 対策率

- ② 屋外灯の場合は、ナトリウム灯に替える。この場合の効果は約 40%の省電力となり、年間に 17,520kWh (全体の約 0.2%) 節減となる。

$$15\text{kW} \times 0.4 \times 0.8 \times 10\text{h} \times 365\text{d} = 17,520\text{kWh/y}$$

$$(\text{電力原単位低減} : (92,000 + 17,520) / 20,000 = 5.5\text{kWh/t})$$

D. コージェネレーション

プロセスの省エネルギーを実施した後に将来天然ガスが利用できる段階では大いに検討すべきはコージェネレーション (Co-generation) である。2001年に、この地区に天然ガスが供給される予定である

MLECZ の熱および電力需要は季節による変動はあるが、熱需要は大きい。蒸気需要は昼夜においてほとんど変化がないが、夜間の電力需要は昼間の 50%以下であることはコージェネレーション採用時の問題点である。昼夜の負荷の平準化を検討する必要がある。

コージェネレーションの基本仕様を次のとおりとする。

発電出力 : 400kW

高圧蒸気 : 2t/h, 1.6MPa

低圧蒸気：7t/h, 0.3MPa

背圧蒸気タービン式コージェネレーションシステムフローを Figure 5.5.20 に示す。

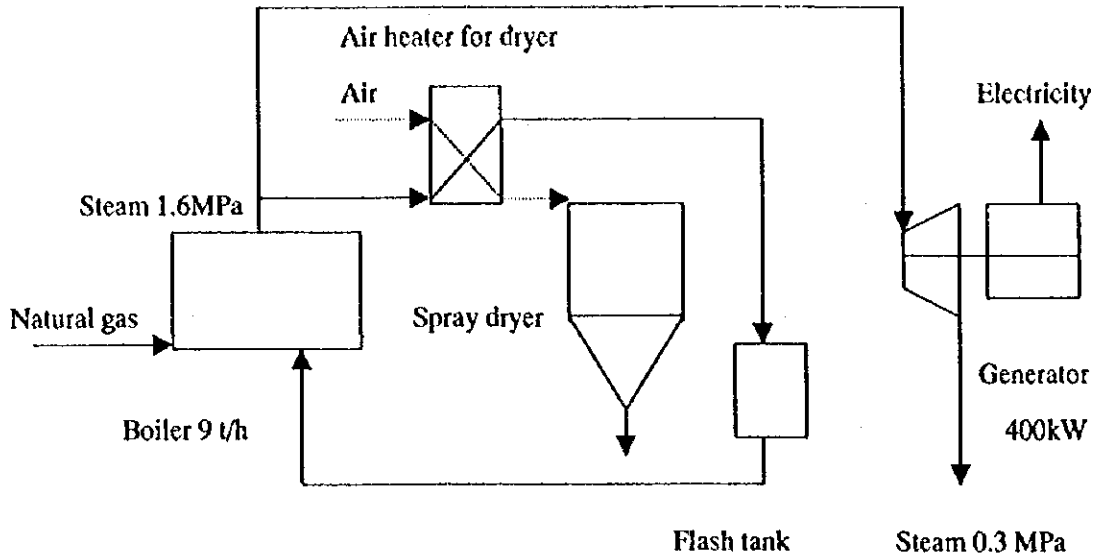
天然ガスコージェネレーション方式と現状の方式を比較した結果は、次のとおりである。

項 目	現状の方式	コージェネレーション方式
1. 設備		
1) ボイラ	石炭ボイラ	天然ガスボイラ
2) 集塵・排煙脱硫設備	新設	不要
3) 電力	購入	自家発電+購入
2. 燃料		
1) 石炭	113,400GJ/y (810,000PLN/y)	
2) 天然ガス		94,915GJ/y (1,336,611PLN/y)
3) 環境保護排出ガス課金	29,712PLN/y	6,083PLN/y
3. 電力		
1) 購入	5,544MWh/y (953,568PLN/y)	2,075MWh/y (356,900PLN/y)
2) 自家発電	0	3,469MWh/y
3) 排煙脱硫設備用電力(購入)	1,800MWh/y (309,600PLN/y)	0
4. 合計金額 (差異)	2,102,880PLN/y	1,699,594PLN/y (403,286PLN/y)
5. 投資金額 (差額)	1,000,000PLN/y	4,000,000PLN/y (3,000,000PLN/y)
6. 単純投資回収期間		7.4 年

天然ガスコージェネレーションシステムの投資回収期間が 7.4 年となり、現時点では採算ベースに乗らない。石炭価格が天然ガスに比べて安いことも一つの要因である。

しかし、コージェネレーションの採用により、CO₂ などの排出量が 40%以上減少し、環境保護排出課金は 80%以上削減できる。従って、環境保護基金などの環境改善インセンティブの活用による投資回収期間の短縮を検討することを提言する。

Figure 5.5.20 Co-generation System Flow



(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 5.5.15 に示す。

Table 5.5.15 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0				
Step 1	997	7.0	1.9	1.5
Step 2	3,051	21.5	5.7	4.6
Step 3	5,485	75.6	14.9	16.2
Step 1-3	9,533	104.2	22.5	22.3

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 5.5.16 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 5.5.16 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	147	3.1	150	0	0.00	0.00
Step 2	379	9.5	388	1,699	4.38	4.49
Step 3	379	31.2	410	3,000	7.31	7.91
Step 1-3	905	43.9	949	4,699	4.95	5.19

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

この Table 5.5.16 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。

この工場の改善項目のうち、Step 1 では燃料 (石炭) と電気の改善がほぼ半々である。Step 1 では、排出料金の低減のエネルギー費用低減に対する比率は 2% である。Step 2 では、電気の改善が燃料の改善よりも大きいため、その比率は 1.5% である。これは石炭の排出料金が電気のそれよりも高いためである。

(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 5.5.17 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 5.5.21 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 5.5.22 に示す。

Table 5.5.17 Summary of Energy Conservation Potential

Item	Energy Conservation Potential				Electricity			Investment Payback		
	GJ/y	Fuel 10 ³ PLN/y	%	MWh/y	10 ³ PLN/y	%	Total 10 ³ PLN/y	10 ³ PLN	10 ³ PLN	year
第1ステップ										
1	120	1	0	207	36	2	1	0	0	0.0
2		0	0				36	0	0	0.0
3	8,063	58	6		0	0	58	0	0	0.0
4	2,343	17	2		0	0	17	0	0	0.0
5		0	0	206	35	2	35	0	0	0.0
6				1	0	0	0	0	0	0.0
小計	10,526	76	8	413	71	8	147	0	0	0.0
第2ステップ										
6	455	3	0		0	0	3	30	30	9.1
7	655	5	0		0	0	5	30	30	6.3
8	22,809	165	17		0	0	165	1,000	1,000	6.1
9	8,024	58	6		0	0	58	200	200	3.4
10		0	0	350	60	4	60	200	200	3.3
11	313	2	0		0	0	2	10	10	4.4
12		0	0	385	66	5	66	189	189	2.9
13		0	0	92	16	1	16	10	10	0.6
14		0	0	17	3	0	3	30	30	10.3
小計	32,256	233	24	844	145	17	379	1,699	1,699	4.5
第3ステップ										
15	18,485	△ 527	14	5,269	906	62	379	3,000	3,000	7.9
小計	18,485	△ 527	14	5,269	906	62	379	3,000	3,000	7.9
合計	61,267	△ 218	46	6,526	1,122	87	905	4,699	4,699	5.2

1997年 生産量：20,000 t/y

燃料消費量：134,399 GJ/y

電力消費量：5,085 MWh/y (乳製品工場)

電力消費量：6,680 MWh/y (排水処理設備含む)

電力消費量：8,480 MWh/y (排水処理設備及び排煙脱硫設備含む)

Figure 5.5.21 MLECZ Energy Conservation Potential

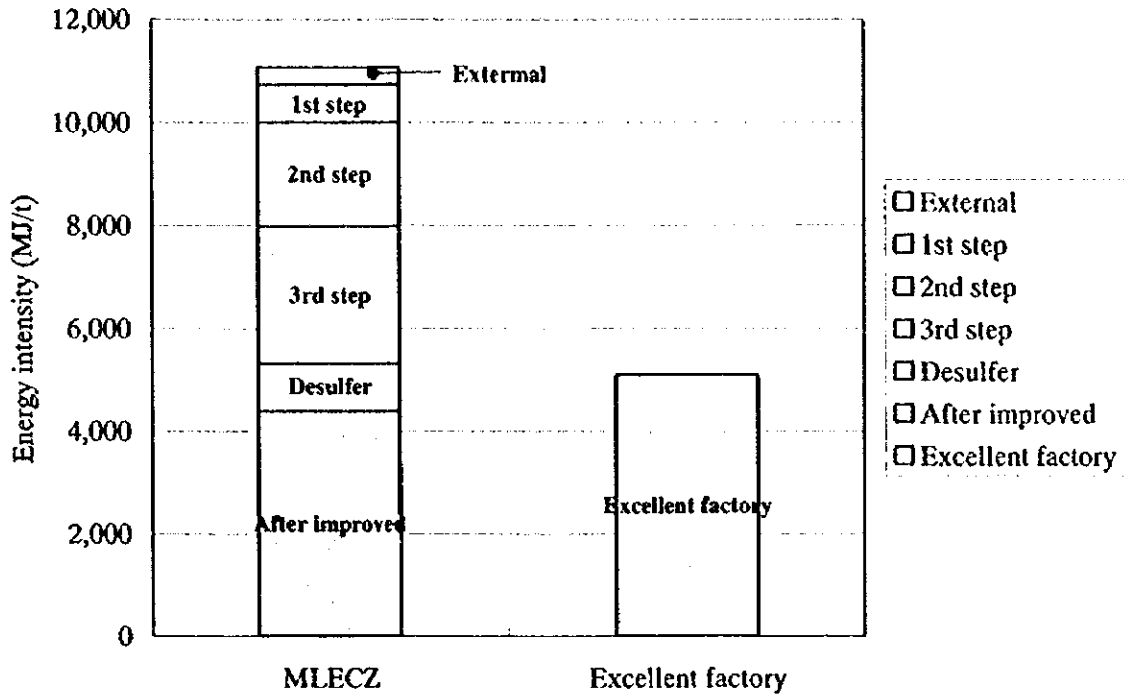
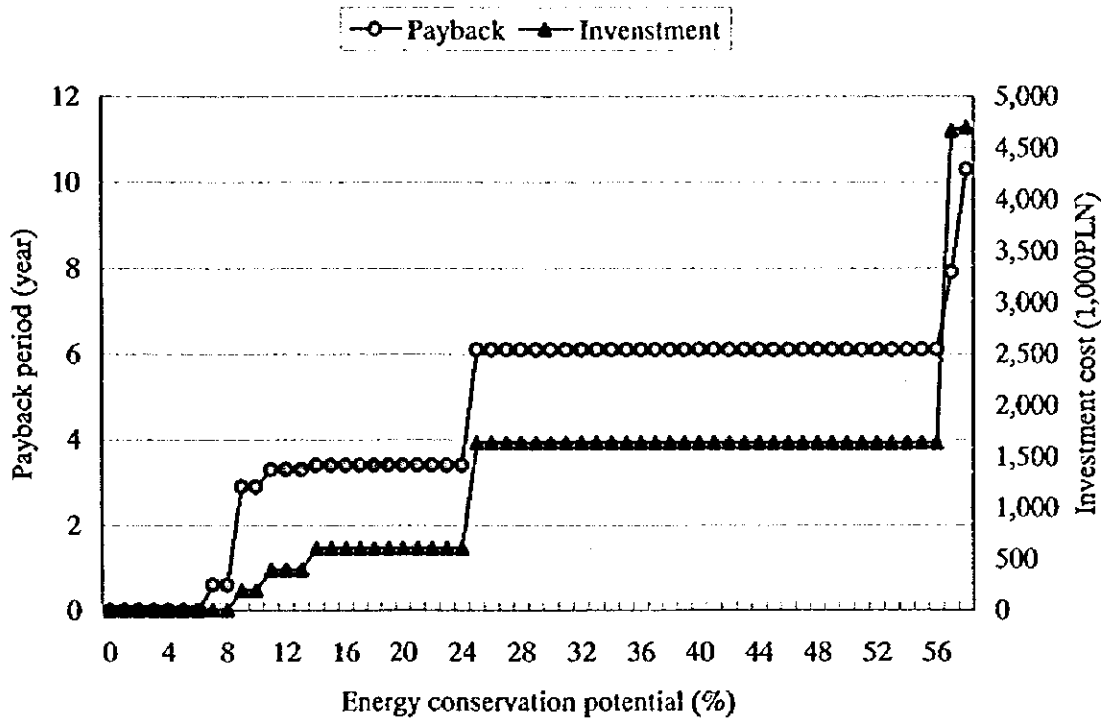


Figure 5.5.22 MLECZ Conservation Potential



6. エネルギー消費機器における
エネルギー消費の現状

6. エネルギー消費機器におけるエネルギー消費の現状

15 工場エネルギー診断時に、下記のエネルギー消費機器におけるエネルギー消費の現状と省エネルギーポテンシャルを調査した。

- ・照明
- ・エアコンプレッサ
- ・電動機
- ・変圧器
- ・工場暖房
- ・ボイラ
- ・加熱炉

6.1 照明

各工場の照明の省エネルギーポテンシャルは Table 6.1 に示すとおり 27.7%である。工場の照明は、主として屋内では蛍光灯と水銀灯が設置されており、また屋外では、水銀灯が設置されている。

提案する照明の省エネルギー対策は次のとおりである。

(1) 蛍光灯を高周波蛍光灯に取り替える

約 40%の省電力が可能である。

(2) 水銀灯を高圧ナトリウム灯に取り替える

演色性の問題のない場所で採用でき、約 40%の省電力が可能である。

(3) 照明器具の高さを下げる

照度は光源からの距離の 2 乗に反比例するので、例えば床高 6 m から 4 m の高さに下げると、50%の省エネルギーとなる。

Table 6.1 に示すように、高効率の照明器具に交換することにより、20%程度省エネルギーになるが、投資回収期間は、5 年から 15 年と長い。点灯時間が 8~12 時間である屋外灯は特に投資回収期間が長い。したがって、劣化または破損による電球

取り替えの際に高効率の照明器具に切り替えることになる。

調査した工場の大半は、昼間の消灯は管理者の指示で実施されている。一部の工場では屋外灯が昼間点灯されたままの状態で見られたり、窓際などの自然光で十分な照度が得られる場所で屋内灯が点灯されている状況が見られた。従業員の自覚を促すよう教育する必要がある。また、タイマあるいはセンサによる自動点灯、消灯を行うよう設備改善を実施するのも一方法である。

一方、消灯が徹底して、通路の歩行が困難な工場もあり、照度基準を満たしていない職場もあった。ポーランドの照度基準に従い、点灯、消灯管理を行うことが必要である。また、照明器具を汚れたまま放置せず、定期的に掃除をしたり、明かり取りの窓の掃除をすることなどメンテナンスも必要である。

Table 6.1 Energy Conservation Potential of Lighting Equipment

Item	Energy Conservation Potential		Electricity: 0.172 PLN/kWh 1 PLN=35yen		
	Electricity		Investment cost	Payback period	
	MWh/y	1000PLN/y	1000PLN	year	
1st step					
1 Steel	Turning off unnecessary lamps	7	1	0	0.0
2 Machine	Lower fluorescent lamps to 4 m	2	0.3	0	0.0
3 Chemical	Turning off unnecessary lamps	29	5	0	0.0
	Subtotal	38	6	0	0.0
2nd step					
4 Steel	Change mercury lamp to sodium lamp	736	127	857	6.8
5 Steel	Change mercury lamp to sodium lamp	3,360	578	1,971	3.4
6 Chemical	Change mercury lamp to sodium lamp	210	36	34	0.9
7 Chemical	Change mercury lamp to sodium lamp	82	14	217	15.4
8 Machine	Change mercury lamp to sodium lamp	108	19	140	7.5
9 Machine	Change fluorescent lamp to high frequency lamp	77	13	252	19.0
10 Machine	Change to high efficiency lamp	616	106	1,500	14.2
11 Glass	Change mercury lamp to sodium lamp(Outside)	135	23	47	2.0
12 Non metal	Change mercury lamp to sodium lamp(Outside)	4	1	9	13.1
13 Food	Change mercury lamp to sodium lamp(Outside)	9	2	15	9.7
14 Food	Improvement of lighting in building	92	16	10	0.6
15 Food	Change mercury lamp to sodium lamp(Outside)	17	3	30	10.3
	Subtotal	5,446	937	5,082	5.4
3rd step					
	Subtotal				
	Total (1st, 2nd and 3rd step)	5,484	943	5,082	5.4

No. Factory	Factory				Lighting equipment				
	Heat consumption (A)	Electricity consumption (B)	Electricity consumption (C)	energy consumption (D)=(A)+(C)	Installed capacity	Energy consumption (E)	Ratio (E)/(B)	Energy conservation potential of equipment (F) (F)/(E)	
	GJ/y	MWh/y	GJ/y	GJ/y	kW	MWh/y	%	MWh/y	%
1 Labedy	679,979	36,940	378,931	1,058,910	300	2,628	7.1	736	28.0
2 Ostrowiec	3,419,092	626,637	6,428,042	9,847,134	1,200	10,512	1.7	3,360	32.0
3 Laczniokov	261,988	27,963	286,844	548,832	20	34	0.1	7	20.6
4 Blachown	807,953	6,591	67,610	875,563	150	657	10.0	210	32.0
5 Poch	321,185	4,941	50,685	371,870	70	204	4.1	82	40.2
6 Boruta	70,950	2,024	20,762	91,712	20	175	8.6	29	16.6
7 Ursus	860,645	114,087	1,170,304	2,030,949	1,000	4,000	3.5	801	20.0
9 Wolomin	792,661	19,380	198,800	991,461	240	744	3.8	135	18.1
10 Silikaty	75,711	663	6,801	82,512	4	11	1.7	4	36.4
12 Koscian 4	50,083	2,650	27,184	77,267	5	21	0.8	9	42.9
15 MLECZ	134,399	5,085	52,162	186,561	135	791	15.6	109	13.8
Total	7,474,646	846,961	8,688,126	16,162,772	3,144	19,777	2.3	5,482	27.7

Energy consumption ratio of equipment in factories: 10.258* (E)/(D)=1.3%

6.2 エアコンプレッサ

各工場のアコンプレッサの省エネルギーポテンシャルは Table 6.2 に示すとおり 35.9%である。

使用されているコンプレッサは、往復動式コンプレッサと大型ターボコンプレッサ (1,000kW～2,000kW) である。

提案するエアコンプレッサの省エネルギー対策は次のとおりである。

(1) ターボコンプレッサの吸込みベーンによる風量制御

ターボコンプレッサは回転数制御による風量制御が出来ないので、吸込みベーンによる風量制御で、電力量を 10%節減出来る。

(2) コンプレッサ吐出空気圧力を低くする

工場の必要空気圧力に合わせて、出来るだけ低くする。
圧力を 0.1MPa 低くすると、電力は 6 %節約出来る。

(3) コンプレッサを集中配置方式から分散配置方式に変更する

圧縮空気使用量が一定の場合は大型コンプレッサの集中配置方式が有利であるが、負荷の変動の多い場合は各職場に小型コンプレッサの分散配置が有利である。

(4) スクリューコンプレッサの採用

ターボコンプレッサの更新の際に、負荷変動の多い場合は回転数制御による風量制御が可能なスクリューコンプレッサの採用を検討すべきである。

(5) 負荷変動に対する運転台数制御

負荷変動に対して、余剰空気を大気放出する方式をコンプレッサの ON-OFF 制御による運転台数制御および小型往復動式コンプレッサのアンロード運転方式に変更することを推奨する。

(6) 空気漏れ対策

調査した工場ではいずれも大きい空気漏れが認められた。工場操業停止日な

どの機会に空気漏れをチェックし、空気漏れを極力防ぐ必要がある。

Table 6.2 に示すように、エアコンプレッサの省エネルギー対策は、投資回収年数 4 年以内であり、実施しやすい。

Table 6.2 Energy Conservation Potential of Air Compressor

Item	Energy Conservation Potential		Electricity: 0.172PLN/kWh IPLN=35yen		
	Electricity		Investment cost 1000PLN/y	Payback period year	
	MWh/y	1000PLN/y			
1st step					
1 Steel	Improvement of operation system	296	51	57	1.1
2 Steel	Reduction of air leakage	743	128	0	0.0
3 Machine	Reduction of air leakage	4,800	826	0	0.0
4 Glass	Reduction of pressure	1,505	259	0	0.0
5 Food	Connection of compressor	206	35	0	0.0
Subtotal		7,550	1,299	57	0.0
2nd step					
6 Steel	Installation of small compressor	365	63	250	4.0
7 Steel	Improvement of Pressure control of turbo	772	133	286	2.2
8 Chemical	Installation of small compressor in each shop	880	151	250	1.7
9 Machine	Reduction of pressure	1,170	201	43	0.2
10 Machine	Reduction of pressure	140	24	20	0.8
11 Machine	Installation of small compressor	3,832	659	130	0.2
12 Machine	Improvement of compressor	600	103	143	1.4
Subtotal		7,759	1,335	1,122	0.8
3rd step					
Subtotal					
Total (1st, 2nd and 3rd step)		15,309	2,633	1,179	0.4

	GJ/y	MWh/y	GJ/y	GJ/y	kW*Set	MWh/y	%	MWh/y	%
1 Labedy	679,979	36,940	378,931	1,058,910	350kW*3	5,830	15.8	772	13.2
3 Laczniakov	261,988	27,963	286,844	548,832	200kW*7	2,343	8.4	1,404	59.9
6 Boruta	70,950	2,024	20,762	91,712	1000kW*1	1,600	79.1	880	55.0
7 Ursus	860,645	114,037	1,170,304	2,030,949	1910kW*9	24,000	21.0	9,802	40.8
8 Star	466,821	23,573	241,812	708,633	1800kW*1	2,600	11.9	740	26.4
9 Wolomin	792,661	19,380	198,800	991,461	200kW*5	5,160	26.6	1,505	29.2
11 Olvit	173,404	10,170	104,324	277,728	37kW*2	245	2.4	0	0.0
13 Lubmeat	56,070	4,481	45,966	102,036	18.5kW*3	190	4.2	0	0.0
14 Obrzanska	38,367	1,709	17,531	55,898	18.5kW*2	26	1.5	0	0.0
15 MLECZ	134,399	5,085	52,162	186,561	75kW+37kW	412	8.1	206	50.0
Total	3,535,284	245,412	2,517,436	6,052,720		42,606	17.4	15,309	35.9

Energy consumption ratio of equipment in factories: 10.258 * (E)/(D)=7.2%

6.3 電動機

各工場の電動機の省エネルギーポテンシャルは Table 6.3 に示すとおり 2.4%である。電動機は、標準型の誘導電動機が採用され、高効率型電動機を見ることは出来なかった。

提案する電動機の省エネルギー対策は次のとおりである。

(1) 電動機の負荷機械の出力

フロア、ポンプなどの電動機に接続される機械の出力が適正であるかをチェックする必要がある。特に、流量および圧力が過大になってはいないかチェックし、工場の操業などを勘案して適正值で運転する必要がある。

(2) 電動機の回転数制御

ポンプ、ファンなどの流体輸送用の電動機では、低負荷運転の電動機にたいして、インバータ設置による回転数制御を推奨する。

電動機負荷が 80%で運転しているファンの電動機に、インバータを設置すれば、40%の電力量が節約出来る。

(3) 電動機の取り替え

低負荷運転の大型電動機を小型電動機に取り替える。

工場で使用される誘導電動機は低負荷では効率が悪くなるので、その対策として過大な能力の電動機を小型のものに取り替えるかまたは回転数制御を採用する。

Table 6.3 に示すように、電動機の交換は投資回収期間が長くなり実施が困難である。一方、インバータは電子制御技術の進歩で設置コストが低下しているので、採用が容易になっている。

Table 6.3 Energy Conservation Potential of Motor

Electricity: 0.172 PLN/kWh 1 PLN = 35 yen

Item	Energy conservation potential		Investment cost	Payback period	
	Electricity [MWh/y]	[1,000 PLN/y]	[1,000 PLN]	[year]	
1st step					
Subtotal	0	0	0	0.0	
2nd step					
1 Steel	Installation of inverter control	134	23	124	5.4
2 Steel	Installation of inverter control	2,600	447	1,237	2.8
3 Steel	Installation of inverter control for blower motor	239	41	129	3.1
4 Chemical	Installation of inverter control for pump motor	355	61	154	2.5
5 Chemical	Installation of inverter control for boiler motor	195	34	47	1.4
6 Glass	Installation of inverter control	298	51	197	3.8
7 Machine	Installation of inverter control	257	44	189	4.3
8 Machine	Installation of inverter control	3,000	516	1,457	2.8
9 Food	Installation of inverter control	385	66	189	2.9
10 Food	Replacement of motor	13	2	11	4.9
11 Food	Installation of inverter control	333	57	283	4.9
Subtotal		7,809	1,343	4,017	3.0
3rd step					
Subtotal	0	0	0	0.0	
Total (1st, 2nd and 3rd steps)		7,809	1,343	4,017	3.0

No. Factory	Factory				Motor		Ratio (E)/(B) [%]	Energy conservation potential of equipment (F)/(E) [%]	
	Heat consumption (A) [GJ/y]	Electricity consumption (B) [MWh/y]	Electricity consumption (C) [GJ/y]	Energy consumption (D) = (A) + (C) [GJ/y]	Installed capacity [kW]	Energy consumption (E) [MWh/y]		(F) [MWh/y]	(F)/(E) [%]
1 Labedy	679,979	36,940	378,931	1,058,910	1,365	7,632	134	1.8	
2 Ostrowiec	3,419,092	626,637	6,428,042	9,847,134		200,000	2,600	1.3	
3 Laczniow	261,988	27,963	286,844	548,832	298	18,000	239	1.3	
4 Blachownia	807,953	6,591	67,610	875,563		6,000	355	5.9	
5 Poch	321,185	4,941	50,685	371,870	1,064	4,500	195	4.3	
6 Boruta	70,950	2,024	20,762	91,712		1,800	0	0.0	
7 Ursus	860,645	114,087	1,170,304	2,030,949	3,000	42,300	3,000	7.1	
8 Star	466,821	23,573	241,812	708,633		20,000	257	1.3	
9 Wolomia	792,661	19,380	198,800	991,461	1,243	9,000	298	3.3	
10 Siliakaty	75,711	663	6,801	82,512	377	600	0	0.0	
11 Olvit	173,404	10,170	104,324	277,728	2,419	5,000	0	0.0	
12 Koscian	50,083	2,650	27,184	77,267	557	2,000	13	0.7	
13 Lubmeat	56,070	4,481	45,966	102,036	3,010	4,000	333	8.3	
14 Obrzansk	38,367	1,709	17,531	55,898	187	1,500	0	0.0	
15 MLECZ	134,399	5,085	52,162	186,561	1,372	4,900	385	7.9	
Total	8,209,308	886,894	9,097,759	17,307,067		327,232	7,809	2.4	

Energy consumption ratio of equipment in factories: $10.258 \times (E)/(D) = 19.4 \%$

6.4 変圧器

各工場の変圧器の省エネルギーポテンシャルは Table 6.4 に示すとおり 1.2%である。工場の変圧器の設計製造仕様を調査したが、特に設計上効率の悪いものはなかった。受電力率は今回調査した工場ではまちまちであり、力率の良い工場は 95%程度、悪い工場は 85%程度であった。

提案する変圧器の省エネルギー対策は次のとおりである。

(1) 変圧器の統合

負荷の低い変圧器が複数基設置されている場合は、変圧器の 2 次側の負荷を 1 基また数基の変圧器に統合して、負荷の無い変圧器の 1 次側を遮断する。

低負荷の変圧器には、将来の拡張計画を踏まえ建設時大型の設備が設置されたものと、生産量の低下により過大になってしまったものがあるが、今後の生産計画に基づき適正容量の変圧器として使用出来るよう統廃合等検討し、使用すべきである。

小容量変圧器への取り替えは、投資回収期間から見ると実施は困難である。

ポーランドでは、電力契約において、力率低下に対するペナルティ条項が甘いため、受電力率が低い工場において力率改善用コンデンサを設置する対策は余り普及していない。ポーランドの電力契約では力率 $\tan \phi < 0.4$ ($\cos \phi < 0.86$ に相当する) の場合のみペナルティが課せられ、力率改善に対するボーナスはない。

Table 6.4 Energy Conservation Potential of Transformer

Electricity: 0.172 PLN/kWh Natural gas: 0.514 PLN m³ 1 PLN = 35 yen

Item	Energy conservation potential		Investment cost	Payback period	
	Electricity [MWh/y]	[PLN/y]	[PLN]	[year]	
1st step					
1 Machine	Rearrangement of transformer	46	8	0	0
2 Chemical	Reduction of capacity	34	6	0	0
3 Chemical	Unification of transformers	126	22	40	1.846
4 Food	Adjusting of voltage	33	6	0	0
5 Food	Stop of transformer operation	9	2	0	0
6	Cutout of transformer breaker	1	0	0	0
Subtotal		249	43	40	0.934
2nd step					
Subtotal		0	0	0	0
3rd step					
Subtotal		0	0	0	0
Total (1st, 2nd and 3rd steps)		249	43	40	0.934

No. Factory	Factory				Transformer		Ratio (E)/(B) [%]	Energy conservation potential of equipment		
	Heat consumption (A) [GJ/y]	Electricity consumption (B) [MWh/y]	Electricity consumption (C) [GJ/y]	Energy consumption (D) = (A) + (C) [GJ/y]	Installed capacity (MVA)	Energy consumption (E) [MWh/y]		(F) [MWh/y]	(F)/(E) [%]	
2	Ostrowiec	3,419,092	626,637	6,428,042	9,847,134	426.0	18,799	5	0	0.0
3	Lacznikow	261,988	27,963	286,844	548,832	12.6	839	5	0	0.0
4	Blachownia	807,953	6,591	67,610	875,563	96.0	198	5	126	38.2
5	Poch	321,185	4,941	50,685	371,870	4.6	148	5	34	13.8
6	Boruta	70,950	2,024	20,762	91,712	32.0	61	5	0	0.0
8	Star	466,821	23,573	241,812	708,633	40.0	707	5	46	3.9
10	Silikaty	75,711	663	6,801	82,512	0.3	20	5	0	0.0
11	Olivit	173,404	10,170	104,324	277,728	4.7	305	5	33	6.5
12	Koscian	50,083	2,650	27,184	77,267	0.8	80	5	0	0.0
13	Lubmeat	56,070	4,481	45,966	102,036	6.0	134	5	9	4.0
14	Obrzank	38,367	1,709	17,531	55,898	0.4	51	5	0	0.0
15	MLFCZ	134,399	5,085	52,162	186,561	7.4	153	5	1	0.4
Total		5,876,023	716,437	7,349,724	13,225,747		21,495	5	249	0.7

Energy consumption ratio of equipment in factories: 10.258% (E)/(D) = 2.8 %

Transformer energy consumption (E) is assumed to be 5 % of electricity consumption (B)

6.5 工場暖房

今回の工場現地調査は、7月から10月の間に実施され、負荷の高い工場暖房状況を調査することは出来なかった。3工場において、低負荷の工場暖房状況を調査したが、省エネルギーポテンシャルを定量化するまでのデータは収集出来なかった。提案する工場暖房の省エネルギー対策は次のとおりである。

(1) 工場建物への外気の進入防止

窓ガラスの破損個所の修理、ドアの開放禁止などの対策を実施している。
屋根の換気口開度の調整は換気回数基準に基づいて実施すべきである。

(2) 工場建物の断熱強化

窓ガラスに、ペアガラスおよび複層透明プラスチック板が採用されている点は良い。複層透明プラスチック板の熱貫流率は単板ガラスの約50%であり、ペアガラスの熱貫流率とほぼ同じである。

(3) 工場建物内の高所暖気の活用

屋根および天井の高い建物において、暖気が高所に滞留しているため、高所にファンまたはジェットノズルを設置して床面と高所の温度差を減少させる。

(4) 作業区域の囲い

工場建物内の作業区域を設定し、その区域を床面から天井まで壁材、合成樹脂シート等で囲い、暖気の流出を防止する。一部の工場で実施済みである。

(5) 局所暖房の採用

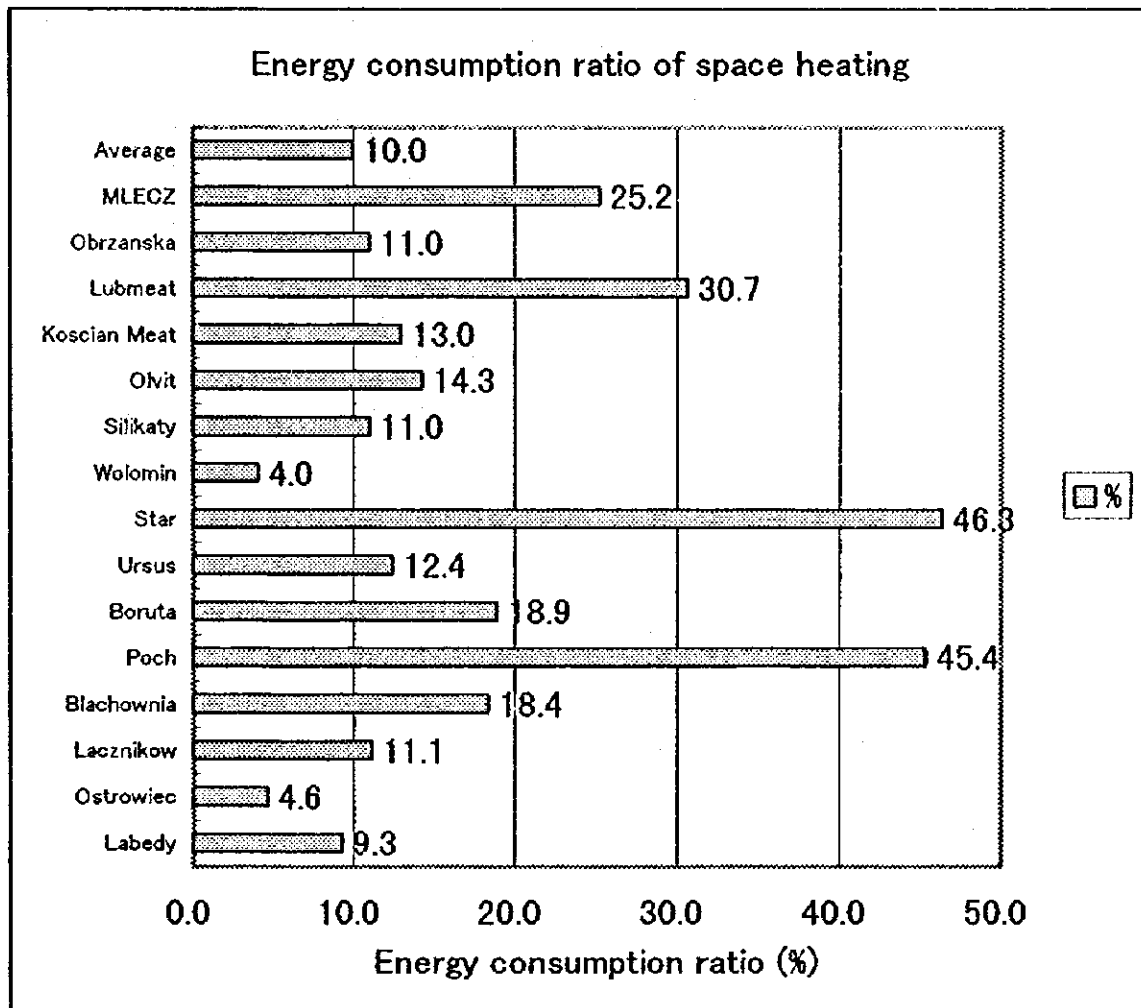
工場建物全体を暖房する方式のほか、作業区域が限定されている場合は作業員に対する局所暖房を設置する方式も検討すべきである。この場合は赤外線による暖房が有効である。

工場建物の暖房は、Table 6.5に示すように、鉄鋼業、窯業等のように発熱体が建物内にある工場では実施されていないが、機械製造業、化学工業等の一部の工場では実施されており暖房用エネルギーが年間使用エネルギーの40%以上を占めている。

ポーランドでは、労働者が作業する作業場の室温は 16℃以上に保つことが法律により規制されているが、ケースバイケースで基準を設けて暖房用エネルギーの削減に努めるべきである。

Table 6.5 Energy Conservation Ratio of Space Heating in Factories

Industry sector	Factory	Energy consumption in factory GJ/y	Energy consumption for space heating GJ/y	Ratio of space heating %
Steel-making	1 Labedy	1,058,910	98,357	9.3
	2 Ostrowiec	9,847,134	455,901	4.6
	3 Lacznirow	548,832	61,120	11.1
Chemical	4 Blachownia	875,563	160,848	18.4
	5 Poch	371,870	168,718	45.4
	6 Boruta	91,712	17,340	18.9
Machinery manufacturing	7 Ursus	2,030,949	252,317	12.4
	8 Star	708,633	328,320	46.3
Non-metal	9 Wolomin	991,461	40,089	4.0
	10 Silikaty	82,512	9,085	11.0
	11 Olvit	277,728	39,586	14.3
Food processing	12 Koscian Meat	77,267	10,017	13.0
	13 Lubmeat	102,036	31,315	30.7
	14 Obrzanska	55,898	6,139	11.0
	15 MLECZ	186,561	47,040	25.2
Total	Average	17,307,067	1,726,192	10.0



6.6. ボイラ

各工場のボイラの省エネルギーポテンシャルは Table 6.6 に示すとおり 7.1%である。調査対象工場で使用されているボイラは、石炭燃焼炉筒煙管蒸気ボイラと石炭燃焼ストーカ式水管蒸気ボイラおよび温水ボイラが多く設置され、小型ボイラとして天然ガス燃焼貫流温水ボイラおよび重油燃焼貫流蒸気ボイラが設置されている。集塵装置は、サイクロン式集塵装置が一部の工場に設置されているが、集塵効率の高い電気集塵機およびバグフィルターは設置されていない。排煙脱硫装置および排煙脱硝装置は設置されていない。

提案するボイラの省エネルギー対策は次のとおりである。

(1) 石炭燃焼ボイラの燃焼空気比の改善

石炭燃焼ストーカ式水管ボイラは、空気比 2 から 6 の間で運転してされている。即ち必要空気量の 2 から 6 倍の空気を使用しており、加剰空気は排ガスによる熱損失増大につながっている。空気比は、2 以下で運転されるべきである。空気比 6 を 3 に下げると、燃料使用量は 25%削減することが出来る。空気比 3 以下の燃焼では煙突から黒煙が見られるボイラもあり、集塵機の整備も必要である。

(2) 空気予熱器の整備

燃焼用空気予熱器伝熱面への石炭ダストの付着により、空気予熱器の効率が低下しているボイラが多い。伝熱面の清掃により効率が回復し、燃料使用量を削減出来る。

(3) 給炭装置の改善

石炭燃焼ボイラはストーカ式給炭装置を設置しているものが多いが負荷の変動に対して十分な調整が出来ない。スプレッド付きストーカ式給炭装置を採用すれば、負荷の変動に対する調整範囲が広がり空気比 1.5 程度で運転出来る。

天然ガス燃焼ボイラおよび重油燃焼ボイラは稼働後 1~2 年の新設設備であり、空気比 1.3-1.5 で良い状態で運転されている。

石炭燃焼ボイラは、煤塵、SO_x、NO_x、CO₂ などの排出量規制値が将来より厳しく

なった時点でもそれに対処できるよう極力低い空気比で燃焼するとともに、集塵効率の高い集塵装置を設置する必要がある。

多くの工場は石炭ボイラの排出物に対する課金および罰金の増加を考慮して、石炭燃焼ボイラを廃棄して、天然ガス燃焼ボイラに更新する構想を持っている。天然ガスの単位熱量当たりの価格は石炭の2倍であるため、石炭ボイラに対する課金および罰金を考慮しても、天然ガス燃焼ボイラの新設は投資回収期間が5年以上となる。しかし、石炭燃焼ボイラに排煙脱硫装置を設置することを考慮すると、投資回収期間は5年以内になり、天然ガス燃焼ボイラへの更新は経済性が出てくる。

したがって、天然ガス燃焼ボイラへの更新は今後次第に増加して行くものと思われる。

Table 6.6 Energy Conservation Potential of Boiler

Item	Coal: 170 PLN/t Natural gas: 0.314 PLN/m ³ N			Electricity: 0.172 PLN/kWh 1 PLN=35 yen		
	Energy Conservation Potential			Investment cost 1000 PLN	Payback period year	
	Heat	Fuel	1000 PLN/y			
	GJ/y					
1st step						
1 Steel	Improving of air ratio	8,198	Coal	63	0	0.0
2 Machine	Improving of air ratio	16,765	Coal	130	0	0.0
3 Chemical	Improving of air ratio	52,866	Coal	409	0	0.0
4 Non meta	Improving of air ratio	5,542	Coal	43	0	0.0
5 Food	Improving of air ratio	6,244	Coal	48	0	0.0
6 Food	Improving of air ratio	1,842	Coal	14	0	0.0
7 Food	Improving of air ratio	8,063	Coal	62	0	0.0
8 Food	Maintenance of air preheater	2,343	Coal	18	0	0.0
	Subtotal	101,863		193	0	0.0
2nd step						
	Subtotal	0		0	0	0.0
3rd step						
	Subtotal	0		0	0	0
	Total (1st, 2nd and 3rd step)	101,863		193	0	0

No. Factory	Factory				Boiler		Energy consumption (E) GJ/y	Ratio (E)/(A) %	Energy conservation potential of equipme (F)/(E)	
	Heat consumption (A) GJ/y	Electricity consumption (B) MWh/y	Electricity consumption (C) GJ/y	Energy consumption (D)=(A)+(C) GJ/y	Fuel Kind	Installed capacity t/h			GJ/y	%
1 Labedy	679,979	36,940	378,931	1,058,910	Gas	4MW*3	98,357	14.5	0	0.0
3 Lacznioko	261,988	27,963	286,844	548,832	Coal	5Gcal/h*4	80,099	30.6	8,198	10.2
5 Poch	321,185	4,941	50,685	371,870	Coal	16t/h*2	318,472	99.2	52,866	16.6
7 Ursus	860,645	114,087	1,170,304	2,030,949	Coal	32t/h*4	565,000	65.6	16,765	3.0
9 Wolomin	792,661	19,380	198,800	991,461	Coal	950Mcal/h*4	0	0.0	0	0.0
10 Sibkaty	75,711	663	6,801	82,512	Coal	3.8t/h*2	75,711	100.0	5,542	7.3
11 Olvit	173,404	10,170	104,324	277,728	Oil	1.5t/h	15,078	8.7	0	0.0
12 Koscian	50,083	2,650	27,184	77,267	Gas	4t/h*2	50,083	100.0	0	0.0
13 Lubmeat	56,070	4,481	43,966	102,036	Coal	5t/h*3	56,070	100.0	6,244	11.1
14 Oberzansk	38,367	1,709	17,531	55,898	Coal	2.2t/h*2	38,367	100.0	1,842	4.8
15 M.F.CZ	134,399	5,085	52,162	186,561	Coal	10t/h*3	134,375	100.0	10,406	7.7
Total	3,444,492	228,069	2,339,532	5,784,024			1,431,612	41.6	101,863	7.1

Energy consumption ratio of equipment in factories: (E)/(D)=24.8%.

6.7 加熱炉

鉄鋼業の圧延工場鋼片加熱炉および鍛造工場鋼材加熱炉の省エネルギーポテンシャルは Table 6.7 に示すとおり 26.5%である。

鉄鋼業の圧延工場鋼片加熱炉および鍛造加熱炉は鋼片を燃焼ガスで直接加熱する方式で、燃料は天然ガスである。提案する加熱炉の省エネルギー対策は次のとおりである。

(1) 燃焼空気比の改善

圧延工場鋼片加熱炉は空気比 1.2 から 1.8 で運転しているので、空気比 1.1 から 1.3 で運転すべきである。排ガス温度が 850℃の時に、空気比を 1.8 から 1.3 に低下すると、燃料節約量は 15%となる。

(2) 炉体断熱の強化

断熱強化により、炉体からの放散熱損失を低減出来る。鍛造加熱炉のようなバッチ炉にはセラミックファイバによる断熱が有効である。バッチ炉は炉体放散熱損失の他に耐火断熱材の蓄熱損失が大きいので、軽量のセラミックファイバが有効である。ポーランドでも鍛造加熱炉に関しては順次実施されている。

(3) 保熱運転基準の設定

加熱炉を休止および保熱している時の燃料使用量を削減するために、保熱基準を設定する必要がある。

Table 6.7 に示すように、空気比改善は省エネルギー効果が大きいので、空気比調整用計測器および制御装置などを設置または調整可能となるよう改造すべきである。投資回収期間 3 年以下で可能である。また、セラミックファイバによる断熱強化は、投資回収期間が 5~6 年以下であり、設備単位で優先順位をつけて実施すべきである。

Table 6.7 Energy Conservation Potential of Heating Furnace

		Coal: 170PLN/t Electricity: 0.172PLN/kWh Natural gas: 0.514PLN/m ³ N 1PLN=35kcal			
Item	Energy Conservation Potential Fuel	Total saving		Investment cost	Payback period
		GJ/y	1000PLN/y		
1st step					
1 Steel	Improvement of air ratio of shape mill	5,614	81	81	0.0
2 Steel	Improvement of holding heat standard	5,012	73	73	0.0
3 Steel	Improvement of operation standard in low load	12,311	178	178	0.0
4 Steel	Improvement of air ratio of plate mill	1,800	26	26	0.0
5 Steel	Reinforcement of close of opening	2,342	34	34	1.7
6 Steel	Improvement of air ratio of bar mill	191,490	2,773	2,773	0.0
7 Steel	Improvement of air ratio of forging (Heat)	162,744	2,356	2,614	4,000
	Improvement of air ratio of forging (Electricity 1,499MWh/y)		258		
	Subtotal	381,313	5,779	5,779	4,057
2nd step					
8 Steel	Insulation of ceramic fiber of shape mill	12,631	183	183	857
9 Steel	Insulation of ceramic fiber of plate mill	7,169	104	104	571
10 Steel	Insulation of ceramic fiber of bar mill	37,079	537	537	1,143
11 Steel	Insulation of ceramic fiber of bar mill 2	37,079	537	537	1,429
12 Steel	Improvement of openings	24,889	360	360	143
	Subtotal	118,847	1,721	1,721	4,143
3rd step					
13 Steel	Introduction of hot charge rolling	33,483	485	485	875
14 Steel	Increase of hot charge rolling ratio	170,157	2,464	2,464	2,143
	Subtotal	203,640	2,948	2,948	8,018
	Total (1st, 2nd and 3rd step)	703,800	10,448	10,448	6,218

No. Factory	Factory				Heating furnace				
	Heat consumption (A)	Electricity consumption (B)	Electricity consumption (C)	Energy consumption (D)=(A)+(C)	Installed capacity	Energy consumption (E)	Ratio (E)/(A)	Energy conservation potential of equipment (F)/(E)	
	GJ/y	MWh/y	GJ/y	GJ/y	t/h	GJ/y	%	GJ/y	%
1 Labydy	679,979	36,940	378,931	1,058,910	60t/h,8t/h	428,299	63.0	80,362	18.8
2 Ostrowie	3,419,092	626,637	6,428,042	9,847,134	200t/h	2,230,395	65.2	623,438	28.0
Total	4,099,071	663,577	6,806,973	10,906,044		2,658,694	64.9	703,800	26.5

Energy consumption ratio of equipment in factories: (E)/(D)=24.4%

7. 添付資料

工場診断日程

A. 事前調査 (第1次現地調査時)

No.	月日	日	業務内容
1	1997年 3月16日	日	Tokyo 発、Warsaw 着
2	17日	月	日本大使館訪問、KAPE 協議、 インセプションレポート説明
3	18日	火	ステアリングコミッティ協議
4	19日	水	工場事前調査 URSUS (トラクター)
5	20日	木	インセプションレポート協議
6	21日	金	KAPE 協議
7	22日	土	休日
8	23日	日	Warsaw から Gliwice へ移動
9	24日	月	工場事前診断 ZEW (カーボン電極)、 工場事前診断 BLACHOWNIA (石炭化学)
10	25日	火	Gliwice から Warsaw へ移動 工場事前診断 LABEDY (鉄鋼) 工場事前診断 OSTROWICE (鉄鋼)
11	26日	水	日本貿易振興会訪問 KAPE 協議
12	27日	木	ミニッツ協議、署名 日本大使館報告
13	28日	金	Warsaw から Vienna へ移動 JICA オーストリア事務所報告
14	29日	土	Vienna 発
15	30日	日	Tokyo 着

B. 簡易診断 (第2次現地調査時)

No.	月日		業務内容
1	1997年 7月15日	火	Tokyo 発、Warsaw 着
2	16日	水	日本大使館訪問、KAPE 協議
3	17日	木	KAPE 協議、ローカルコンサルタント打合
4	18日	金	ローカルコンサルタントへ診断方法説明(機械加工)
5	19日	土	休日
6	20日	日	休日
7	21日	月	工場簡易診断 URUSUS (トラクター)
8	22日	火	同上
9	23日	水	同上
			Tokyo 発、Warsaw 着 (丸山団員)
10	24日	木	Warsaw から Gliwice へ移動 ローカルコンサルタントへ診断方法説明 (鉄鋼)
11	25日	金	工場簡易診断 LABEDY (鉄鋼) Warsaw 発 (竹村団長、佐藤団員)
12	26日	土	休日 Tokyo 着 (竹村団長、佐藤団員)
13	27日	日	休日
14	28日	月	工場簡易診断 LABEDY (鉄鋼)
15	29日	火	同上 Gliwice から Ostrowice へ移動
16	30日	水	工場簡易診断 OSTROWIEC (鉄鋼)
17	31日	木	同上
18	8月1日	金	同上 Ostrowice から Warsaw へ移動 (福島、白井団員)
19	2日	土	休日 Warsaw 発 (白井団員) Tokyo 発、Warsaw 着 (杉本団員)
20	3日	日	休日 Ostrowice から Starachowice へ移動 Warsaw から Starachowice へ移動 (福島、杉本団員) Tokyo 着 (白井団員)
21	4日	月	工場簡易診断 STAR (トラック)
22	5日	火	同上
23	6日	水	同上
24	7日	木	Starachowice から Warsaw へ移動
25	8日	金	データ解析
26	9日	土	休日
27	10日	日	休日、Tokyo 発、Warsaw 着 (加藤、三宅団員)

No.	月日	業務内容
28	8月11日 月	ローカルコンサルタントへ診断方法説明 (窯業、化学)
29	12日 火	工場簡易診断 WOLOMIN (ガラス)
30	13日 水	休日、Warsaw 発 (丸山、野沢団員)
31	14日 木	工場簡易診断 WOLOMIN (ガラス) Tokyo 着 (丸山、野沢団員)
32	15日 金	祝日
33	16日 土	休日
34	17日 日	Warsaw から Gliwice へ移動
35	18日 月	工場簡易診断 POCH (化学)
36	19日 火	同上
37	20日 水	同上 Gliwice から Warsaw へ移動
38	21日 木	データ解析
39	22日 金	地方省エネルギー公社 (RAPE)訪問 工場簡易診断 SILIKATY (シリカブロック)
40	23日 土	休日
41	24日 日	休日
42	25日 月	工場簡易診断 SILIKATY (シリカブロック)
43	26日 火	同上、Radom から Gliwice へ移動
44	27日 水	工場簡易診断 BLACHOWNIA (化学)
45	28日 木	同上
46	29日 金	同上、Gliwice から Warsaw へ移動
47	30日 土	休日
48	31日 日	休日
49	9月1日 月	データ解析 Tokyo 発、Warsaw 着 (本多団員) Warsaw 発 (三宅、加藤団員)
50	2日 火	ローカルコンサルタントへ診断方法説明 (食品) Tokyo 着 (三宅、加藤団員) 日本大使館報告
51	3日 水	Warsaw から Koscian へ移動
52	4日 木	工場簡易診断 KOSCIAN Meat (食肉)
53	5日 金	同上
54	6日 土	休日
55	7日 日	休日
56	8日 月	工場簡易診断 OBRZANSKA (乳製品)
57	9日 火	同上
58	10日 水	Poznan から Gdansk へ移動 ローカルコンサルタントへ診断方法説明 (植物油)
59	11日 木	工場簡易診断 OLVIT (植物油)
60	12日 金	同上
61	13日 土	休日
62	9月14日 日	休日

No.	月日		業務内容
63	15日	月	工場簡易診断 OLVIT (植物油) Gdansk から Warsaw へ移動
64	16日	火	データ解析
65	17日	水	Warsaw から Lublin へ移動 工場簡易診断 LUBMEAT (食肉)
66	18日	木	同上
67	19日	金	同上 Lublin から Warsaw へ移動
68	20日	土	休日 Tokyo 発、Warsaw 着 (竹村団長) Warsaw 発 (杉本、本多、小山田団員)
69	21日	日	休日 Tokyo 着 (杉本、本多、小山田団員)
70	22日	月	KAPE 協議
71	23日	火	プロGRESレポート、ミニッツ作成
72	24日	水	同上
73	25日	木	ミニッツ署名、プロGRESレポート提出 日本大使館報告
74	26日	金	Warsaw から Vienna へ移動 (竹村団長、福島団員) JICA オーストリア事務所報告 Warsaw 発 (小西団員)
75	27日	土	Tokyo 着 (小西団員) Vienna 発 (竹村団長、福島団員)
76	28日	日	Tokyo 着 (竹村団長、福島団員)

C. 詳細診断 (第4次現地調査時)

No.	月日		業務内容
1	1998年 9月1日	火	Tokyo 発、Warsaw 着
2	2日	水	日本大使館、JOCV、KAPE 協議、計測機材検査
3	3日	木	計測機材開梱、数量検査
4	4日	金	計測機材作動検査、保管
5	5日	土	休日
6	6日	日	休日
7	7日	月	計測機材作動検査、保管
8	8日	火	同上
9	9日	水	同上
10	10日	木	KAPE、ローカルコンサルタントへ診断方法、 計測機材取扱方法説明
11	11日	金	同上、工場診断打合 (ガラス)
12	12日	土	休日、Warsaw 発 (大嶋団員)
13	13日	日	休日、Tokyo 着 (大嶋団員)
14	14日	月	工場詳細診断 WOLOMIN (ガラス)
15	15日	火	同上
16	16日	水	同上
17	17日	木	同上
18	18日	金	同上
19	19日	土	休日、Tokyo 発、Warsaw 着 (野沢、木多団員)
20	20日	日	休日
21	21日	月	Warsaw から Poznan へ移動、工場診断打合 (粉ミルク)、 省エネ対策検討、協議 (WOLOMIN、加藤団員)
22	22日	火	工場詳細診断 MLEKA (粉ミルク) 省エネ対策検討、協議 (WOLOMIN、加藤団員)
23	23日	水	工場詳細診断 MLEKA (粉ミルク)
24	24日	木	同上
25	25日	金	同上
26	26日	土	休日、Warsaw 発 (竹村団長、加藤団員)
27	27日	日	休日、Tokyo 着 (竹村団長、加藤団員)、 Tokyo 発、Warsaw 着 (永井団員)

No.	月日		業務内容
28	9月28日	月	工場詳細診断 MLEKA (粉ミルク)、 Poznan から Warsaw へ移動、 Tokyo 発、Warsaw 着 (白井団員)
29	29日	火	工場診断打合 (トラクター)、 省エネ対策検討、協議 (MLEKA、本多団員)
30	30日	水	工場詳細診断 URSUS (トラクター)、 省エネ対策検討、協議 (MLEKA、本多団員)
31	10月1日	木	工場詳細診断 URSUS (トラクター)
32	2日	金	同上
33	3日	土	休日、Warsaw 発 (杉本団員)
34	4日	日	休日、Tokyo 着 (杉本団員)
35	5日	月	工場詳細診断 URSUS (トラクター)
36	6日	火	同上、 Tokyo 発、Warsaw 着 (丸山、三宅団員)
37	7日	水	Warsaw から Lods へ移動、工場診断打合 (染料)、 省エネ対策検討、協議 (URSUS、野沢団員)
38	8日	木	工場詳細診断 BORUTA (染料)、 省エネ対策検討、協議 (URSUS、野沢団員)
39	9日	金	工場詳細診断 BORUTA (染料)
40	10日	土	休日
41	11日	日	休日
42	12日	月	工場詳細診断 BORUTA (染料)
43	13日	火	同上
44	14日	水	同上、Lodz から Warsaw へ移動 Warsaw 発 (野沢、本多団員)
45	15日	木	工場診断打合 (鉄鋼)、 省エネ対策検討、協議 (BORUTA、三宅団員)、 Tokyo 着 (野沢、本多団員)
46	16日	金	工場詳細診断 LACZNIKOW (鉄鋼)、 省エネ対策検討、協議 (BORUTA、三宅団員)
47	17日	土	休日
48	18日	日	休日、Tokyo 発、Warsaw 着 (竹村団長)
49	19日	月	工場詳細診断 LACZNIKOW (鉄鋼)
50	20日	火	同上
51	21日	水	同上
52	22日	木	同上
53	23日	金	データ解析、 省エネ対策検討、協議 (LACZNIKOW、丸山団員)
54	24日	土	休日
55	25日	日	休日

No.	月日		業務内容
56	26日	月	データ解析、 省エネ対策検討、協議 (LACZNIKOW、丸山団員)
57	27日	火	データ解析、プロGRESSレポート作成
58	28日	水	省エネルギーセミナー開催 (ワルシャワ工科大学にて)、 データ解析、プロGRESSレポート作成
59	29日	木	プロGRESSレポート作成
60	30日	金	ステアリングコミッティ、 Warsaw 発 (丸山、三宅団員)
61	31日	土	休日、Warsaw 発 (小西、白井、永井、小山田団員)、 Tokyo 着 (丸山、三宅団員)
62	11月1日	日	休日、Tokyo 着 (小西、白井、永井、小山田団員)
63	2日	月	ミニッツ協議、署名、日本大使館報告
64	3日	火	Warsaw から Vienna へ移動 (竹村団長、木村副団長、福島団員) JICA オーストリア事務所報告
65	4日	水	Vienna 発 (竹村団長、木村副団長、福島団員)
66	5日	木	Tokyo 着 (竹村団長、木村副団長、福島団員)

JICA