5.2 KOSCIAN MEAT 工場の調査結果

(1) 調査期間　　1997年9月3、4日

(2) 調査員

a. JICA チーム

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

b. Local Consultant

Research Center of Warsaw University of Technology

Dr. Krzysztof Wojdyga	: Heat management
Mr. Maciej Chorzelski	: Heat management
Mr. Stanislaw Kozinski	: Electricity management

(3) 面接者

Mgr. inz. Ryszard Bereszynski	: Director of Technology
Mgr. inz. Maciej Przybyła	: Energy Manager
Mr. Szarwark	: Electrical Section
Mr. Tulinski	: Electrical Section

5.2.1 工場の概要

(1) 工場名　　ZAKLADY MIESNE, Koscian

(2) 工場所在地　　Koscian, ul, Svenkiewicza 22, Poland

(3) 従業員数　　505名 (1996年：542名)

(4) 主要製品　　精肉、ハムソーセージ

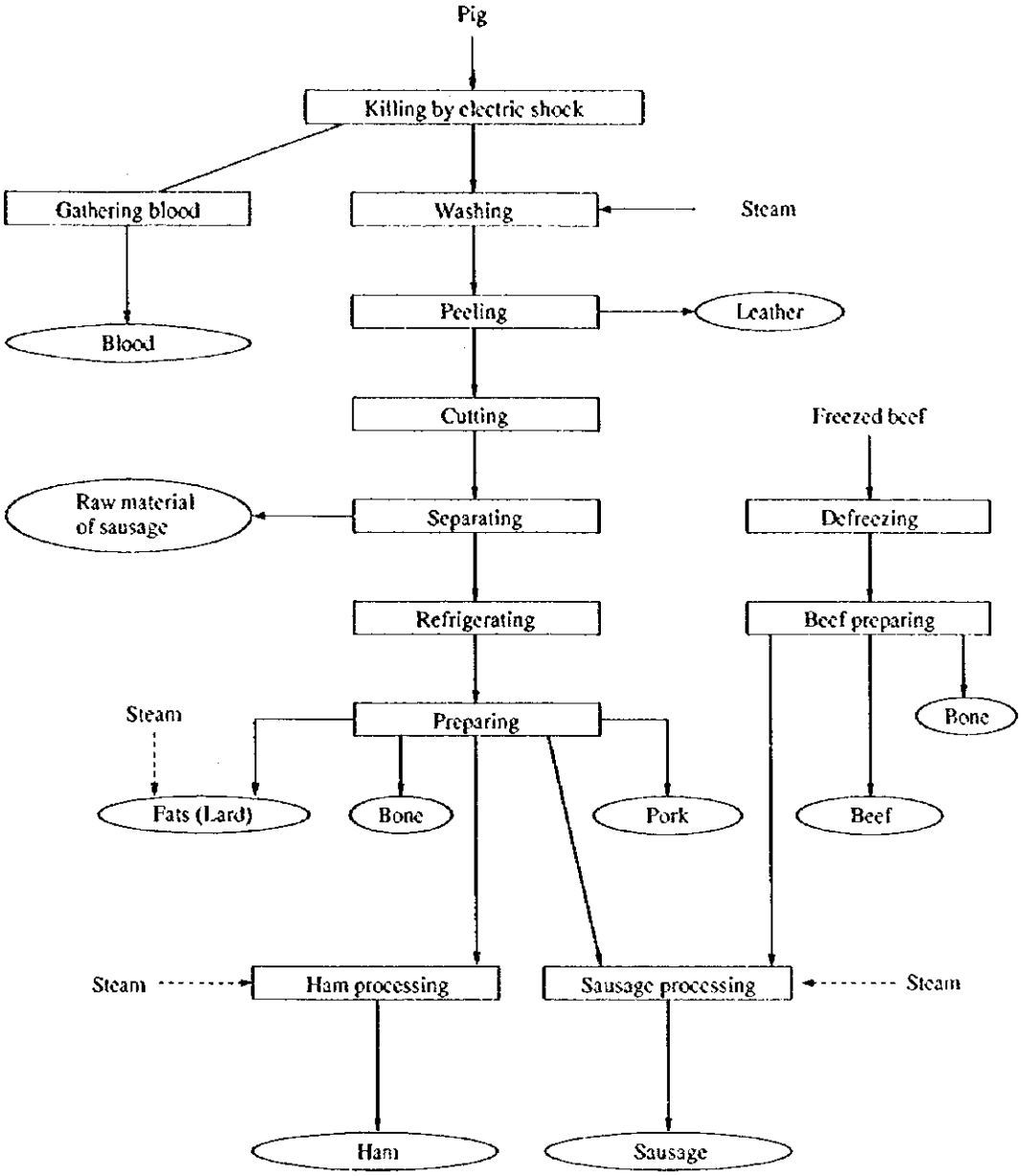
(5) 生産能力　　70t/d

(6) プロセス概要

豚に電気ショックを与え血液を抜き湯洗、皮むき、2分割し、冷却室に入れハムソーセージ肉加工を行う。別に枝肉としても出荷している。

原料は生豚肉を主とし、冷凍牛肉 30%を入れ、ハムやソーセージを加工生産している。その製造工程図を Figure 5.2.1 に示す。スチームは、自社ボイラから供給される。

Figure 5.2.1 Process Flow



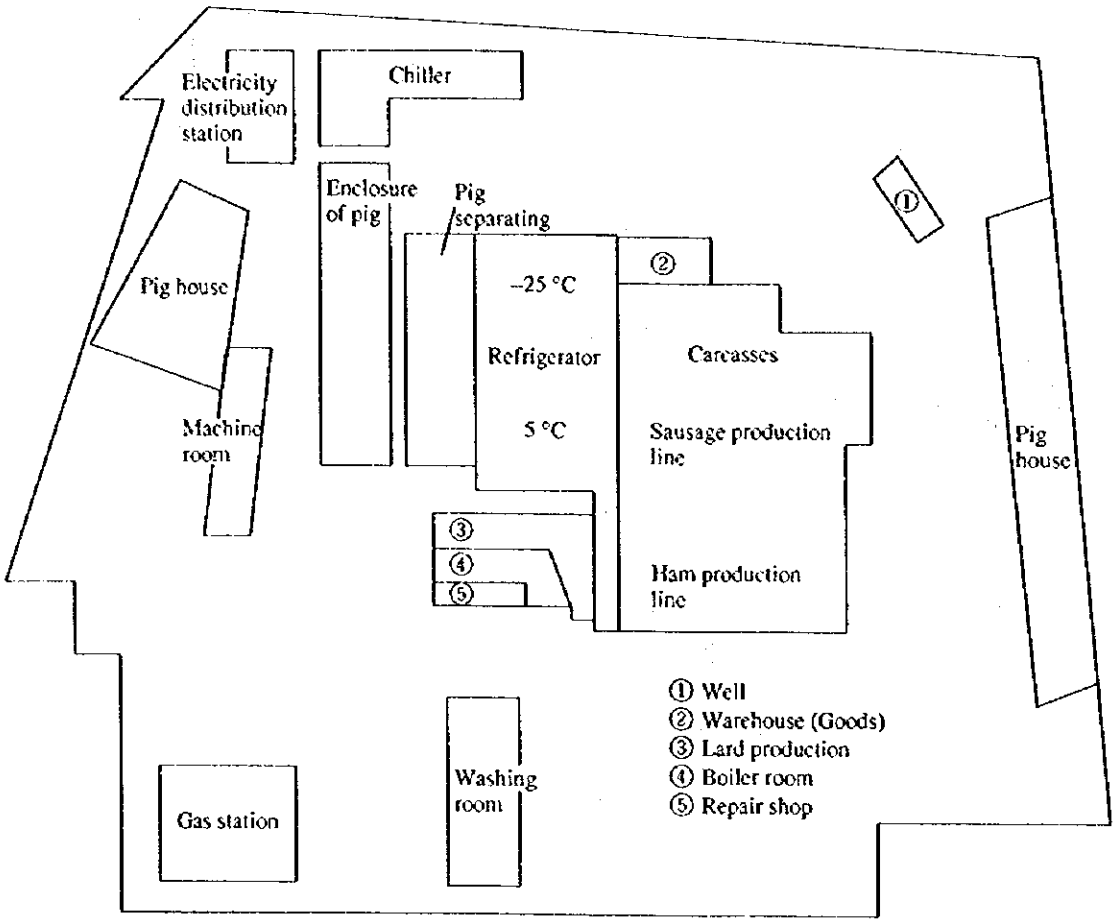
(7) 工場の沿革

1912 年に創立され戦後国有化され、1991 年に持株会社ができ民営化された。株主は国 25%、第 2 国民投資基金 60%、社員 15%で構成されている。戦略的投資家を求めている。1997 年夏から Lecino の牛肉工場を有限会社として、その工場の 100%株式を本工場がもっており、Lecino 生産牛肉を当該工場に受け入れている。自社の販売拠点として 12 店舗を有している。かつてはソ連向けの製品が多く最大 1 日 1,000 頭屠殺の設備能力があるが、現状は 340 頭処理に

留まっている。冷凍機が老朽化しているので 1 基増設中であるほか、包装のスピードを上げるため日本の真空包装機をソーセージ工程に入れ 3 倍のスピードアップを計画中である。現在は設備能力の 30%程度の生産量のため、人員削減等のリストラを計画している。現在は 2 交代作業であり、土日曜には休止する。

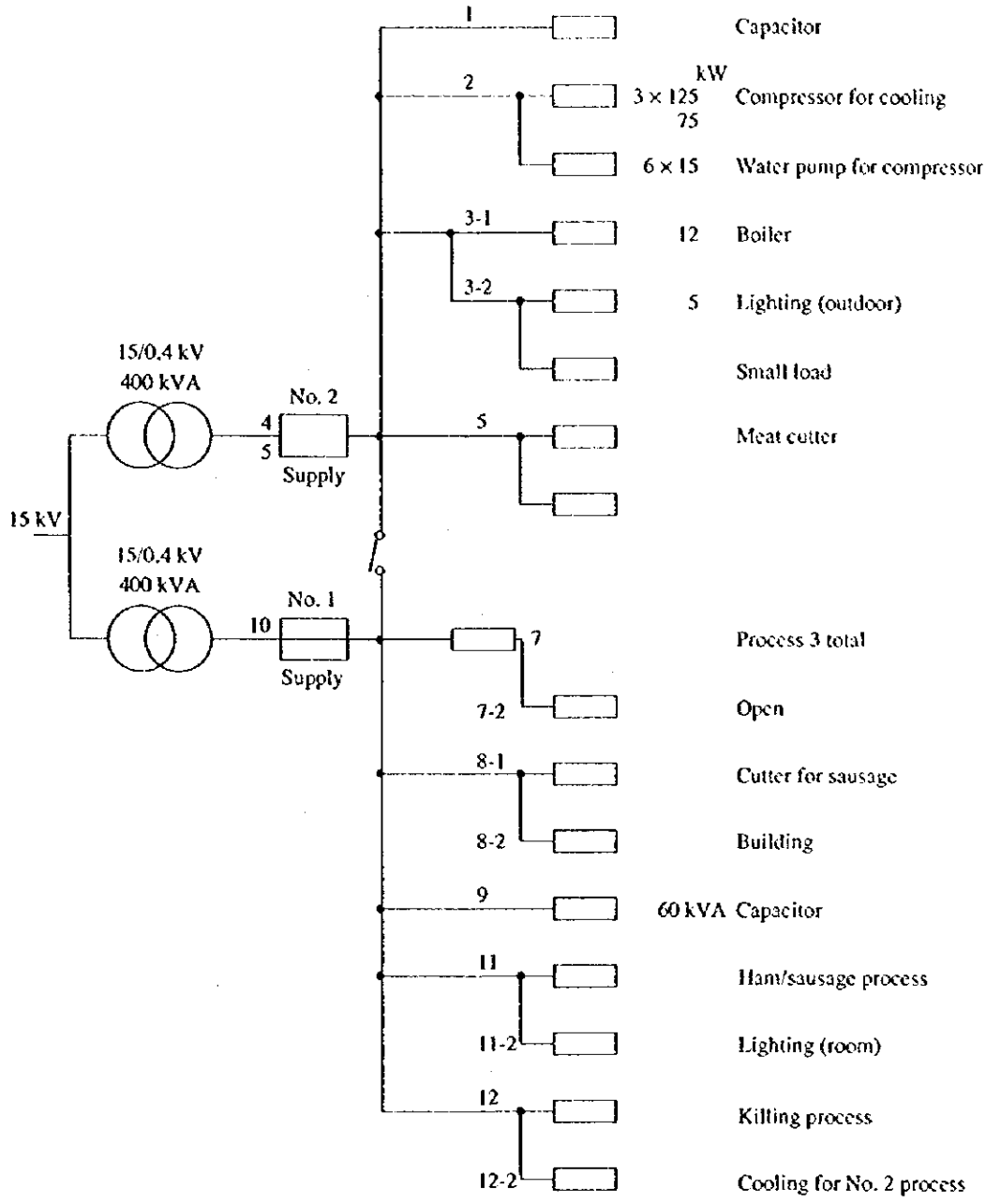
(8) 工場配置図

Figure 5.2.2 Plant Layout



(9) 電力単線結線図

Figure 5.2.3 One Line Diagram



(10) 主要設備の概要

Table 5.2.1 Major Equipement

Factory	Number	Specification
Process		
Pig washing bath	1	5 m^3 70 °C
Treatment machine	1	70 t/d 11 t/h
Chiller	3	125 kW × 3, 4 °C NH_3 type freezer
Ham packer	1	7.5 t/d, Automatic, made in Japan
Smoking room	10	600 kg/room 85 °C Steam
Chopper	2	20 t/d 90 kW + 80 kW
Cutter	1	12 t/d
Vacuum packer	1	1,200 packs/h 30 kW
Injector packer	1	4 kW 12 °C
Utility		
Boiler	2	4 t/h 0.13 MPa Natural gas
Water pump	6	15 kW for cooling
Air compressor	1	75 kW

(11) エネルギー価格および発熱量

Table 5.2.2 Energy Price and Heat Value

	Energy price	Heat value
Electricity	0.119 PLN/kWh	10.256 GJ/MWh
Natural gas	0.319 PLN/m^3	28.80 GJ/m^3
Coal	130 PLN/t	20,930 GJ/t

5.2.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

Table 5.2.3 Trend of Production

(t/y)

	1992	1993	1994	1995	1996
Carcass products	9,113	7,948	5,874	6,276	5,698
Ham & sausages	1,546	1,745	2,020	2,469	2,210
Paste	348	492	510	588	614
Pork fats	1,413	1,234	1,122	737	668
Total	12,420	11,419	9,526	10,070	9,190

枝肉製品が減少している。ハム、ソーセージおよびペースト製品が増えているが全体の生産量の減少傾向が続いている。

(2) エネルギー消費量の推移

Table 5.2.4 Trend of Energy Consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Natural gas	10^3 m^3	–	320	2,382	2,253	1,739
Coal	t	364.5	1,904	276	68	–
Electricity	MWh	2,549	2,466	2,367	2,234	2,650
Water	m^3	88,943	121,400	128,800	109,100	106,500

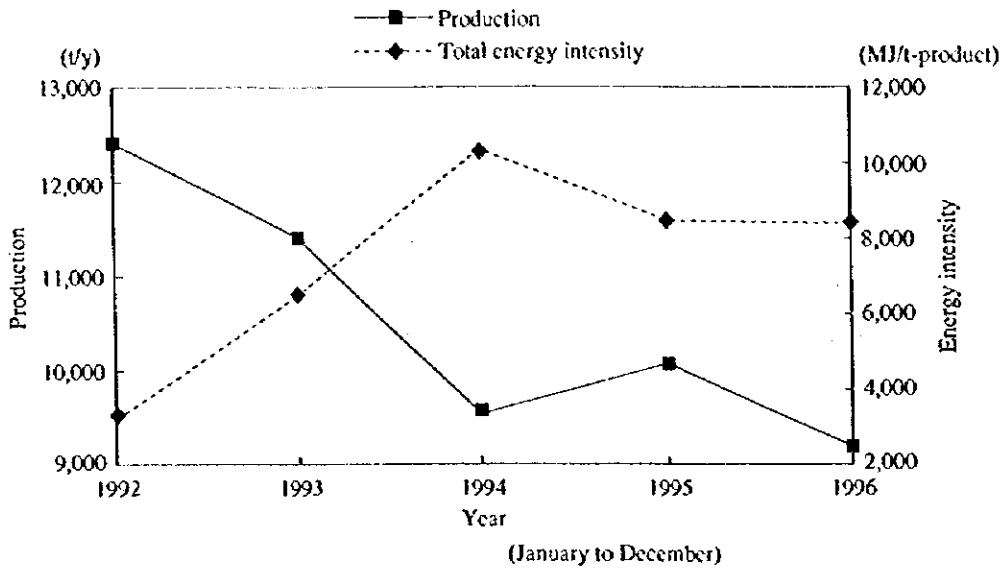
(3) エネルギー消費原単位の推移

Table 5.2.5 および Figure 5.2.4 に示すように、生産量が減少の傾向にあり、一般的にはエネルギー原単位は上昇の方向となるはずであるが、Total Energy Intensity はやや改善の方向となっている。しかしながら、未だ満足できる状態とは言い難い。内訳を見ると、天然ガス消費量が減少しており、1996 年には電力の Intensity が急増しているものの同年度の後半では低下してきている。

Table 5.2.5 Trend of Energy Intensity

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Consumption						
Natural gas	GJ	–	9,216	68,602	64,886	50,083
Coal	GJ	7,629	39,851	5,777	1,423	–
Electricity	GJ	26,143	25,291	24,276	22,912	27,178
Intensity						
Natural gas	MJ/t-product	–	807	7,203	6,433	5,450
Coal	MJ/t-product	614	3,490	606	141	–
Electricity	MJ/t-product	2,596	2,215	2,548	2,275	2,957
Total	MJ/t-product	3,210	6,512	10,357	8,449	8,407

Figure 5.2.4 Trend of Production and Total Energy Intensity



(4) 生産コストに対するエネルギーコスト比率

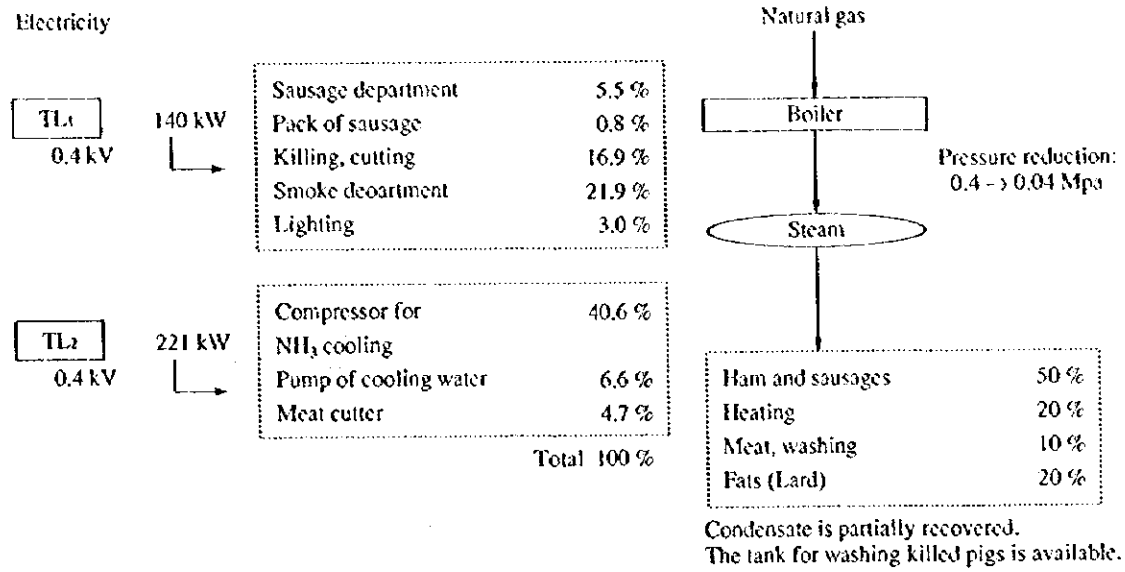
原料量　60～70%

ガス　1.3%

電力　0.3%

(5) エネルギーフロー

Figure 5.2.5 Energy Flow



(Note) The percentages were allocated based on the values measured on September 5, 1990. The percentages for steam, lighting and meat cutter are based on the data obtained through our investigation.

5.2.3 エネルギー管理の状況

(1) 省エネルギー目標の設定

a. 目標値の設定

省エネルギーの目標値を設定していない。

b. 省エネルギー推進に当たっての問題点

情報収集や研究開発についての認識は充分有しているが、人手不足や資金不足に加え、解析が不十分でかつ測定機器が不足している等、推進に対しては問題点が多い。

(2) 組織的な活動

a. 省エネルギー専従部署の設置

専従者を指名しているが、実態は他業務と兼務となっており活動は充分ではない。

b. 省エネルギー委員会の設置

省エネルギー委員会は設定されていない。

c. 経営者のスタンス

省エネルギーの効果が経営に影響を及ぼす程度が原料費に比べて少ないとみており、関心は低い。生産量の低下が続いており、作業員を 1997 年 9 月末までに 504 人に減らすリストラクチャリング計画を進めており、その一環として日本の自動真空包装機の採用計画を進めている。

(3) データに基づく管理

a. エネルギー使用量の把握

工場全体のエネルギー使用量に関しては記録が残されている。

b. 主要な設備毎のエネルギー使用量の把握

省エネルギーのためには主要な設備毎のエネルギーの使用量の把握が必要であるが、現状は測定例もなく把握されいない。

c. 主要製品のエネルギー原単位の把握

製品別のエネルギー使用量の記録がなく、原単位は把握されていない。

d. 計測器の設置

主要ラインの蒸気流量を計測すべきであり、今後設置が必要である。

e. 生産管理、原価管理

Lecino 工場を傘下に入れており、牛肉原料の受入、持出し等、仕分けがで

きている。原価管理が一本化されているので自社工場分の原価が仕分けされておらず管理が十分とは言えない。スタッフが少ないので生産管理がきめ細かくはできていない。

(4) 設備管理

ボイラをガス焚きに転換する等、設備の合理化には熱心のようである。設備の衛生管理を重点的に実施していることは良いことである。

5.2.4 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

KOSCIAN のエネルギー原単位を Excellent factory と比較し、結果を Table 5.2.6 に示す。また、Excellent factory のエネルギー消費原単位の内訳を Table 5.2.7 に示す。日本の場合、屠殺工場および加工工場は分離されているため本 Table のデータについては、独立した屠殺枝肉工場とハムソーセージ工場のデータを基に算出記載した。

Table 5.2.6 Comparison of Energy Intensity

	Unit	Koscian Meat	Excellent Factory	Difference
Production	t	9,190	11,000	
Electricity intensity	MJ/t-product	2,957	2,704	243
Fuel intensity	MJ/t-product	5,450	1,524	3,926
Total		8,407	4,238	4,169

Table 5.2.7 Data of Excellent Factory

	Production	Energy intensity		Energy intensity [Integrated meat factory (Ham & sausage rate: 24 %)]	
		Fuel	Electricity	Fuel	Electricity
Butchery and carcass factory	24,353 t/y	844 MJ/t-product	2,272 MJ/t-product	844 MJ/t-product	2,272 MJ/t-product
Ham & sausage factory					
1) Raw meat storage	14,400 t/y		1,200 MJ/t-ham		0 MJ/t-product
2) Processing		2,832 MJ/t-ham	1,800 MJ/t-ham	680 MJ/t-product	432 MJ/t-product
Total	–	–	–	1,524 MJ/t-product	2,704 MJ/t-product

(2) 省エネルギーポテンシャルの推定

(2)-1 外部要因による差

KOSCIAN、Excellent factory とも精肉を原料豚を主体に製造しており原料製品による原単位の差はない。

KOSCIAN は Excellent factory と比べて寒冷地にあり、保温暖房については気象的なハンディ（放熱損失）があるため、暖房用エネルギーによる燃料原単位の差は大きい。

(ガス消費量)

1996-1997

Nov.	214,000m_N^3		
Dec.	231,000m_N^3	Technology＋Central heating	819,000m_N^3
Jan.	211,000m_N^3		
Feb.	163,000m_N^3		

1997

Jun.	89,000m_N^3		
Jul.	100,000m_N^3	Only to Technology	393,000m_N^3
Aug.	91,000m_N^3		
Sep.	113,000m_N^3		

このデータについて、冬期生産量が夏期比概略 50%多いことから、下式のように補正を加えると、暖房用エネルギーとして下記が推定できる。

393,000×1.5 = 589,500m_N^3

暖房用燃料使用量　：819,000－589,500 = 229,500m_N^3

暖房用燃料比率　：229,000 / 819,000×100 = 28.0%

KOSCIAN では、精肉加工を 15℃で管理している。Excellent factory では衛生重視のため 12℃で作業場の管理を行っており事務棟の暖房に留めている。したがって、暖房用エネルギーの Excellent factory との差は上記 28%のうち気温差による放熱損失 10%程度と推定した。

放熱損失を 10%考慮に入れても Excellent factory の 1,524MJ/t に比べて KOSCIAN は 5,450MJ/t×0.9 ＝ 4,905MJ/t で燃料原単位は 3.2 倍である。

Excellent factory との外部要因による燃料原単位の差は上述のとおり放熱損失10%相当であり、下記のとおりである。

5,450MJ/t×0.1 = 545MJ/t

(2)-2 技術的要因による差

省エネルギーのステップは、下記のように3つに分類する。

第1ステップ：管理強化によるもの

第2ステップ：設備改善によるもの

第3ステップ：プロセス改善によるもの

a. プロセス

1) ハム・ソーセージの加熱工程

充填されたハムソーセージ等は加熱工程に送られる。通気性のあるケーシング（天然腸、セロハン系等）に充填されたものは燻煙後蒸煮される。また、気密性ケーシングに充填されたものはボイル工程に送られボイルされる。加熱は70~80℃で中心部が63℃×30分同等以上加熱されるように加熱時間が設定される。燻煙装置（スモークジェネレーター）は多くが自動化されており、その性能も大幅にアップされ従来の5分の1程度の時間で燻煙ているが、風味の点に注意が必要である。Excellent factory では、燻煙時間の短縮に加えスチーム加熱のドレンの回収約 60%を行っていることが、KOSCIAN とのエネルギー原単位の差として大きいと考えられる。KOSCIAN のドレンの回収率は約30%と推定されている。

Figure 5.2.5 に示すとおりソーセージの製造に 50%の熱エネルギーが使用されている。ドレンの回収率を向上させることにより10%の省エネルギーが推定される。

天然ガス原単位低減

5,450MJ/t-product×10% = 545MJ/t-product (5,008GJ/y)

さらに Excellent factory と同様の方式で燻煙時間を短縮することにより省エネルギーが見込める。

2) 外気取入れ

当工場は包装の合理化を進めているが、建屋の空調、断熱、外気利用等の検討も行うべきである。Excellent factory 中には、冬期は外気を無菌濾過し、作業場内に取り入れることによって冷蔵室（4℃）および予備室（10℃）等の空調を実施し、冷凍機の電力負荷を下げている例がある。

一方、KOSCIAN は冷凍機にアンモニアを使用しているので空調機は凝縮側に大きなスペースを取ることができ効率が良いと考えられるが、さらに電力原単位を下げる方法として、外気取入空調方式がある。細部検討が必要であるが、建物面積の約 20%相当は本方式が採用可能と考えられる。

Figure 5.2.5 の NH_3 cooling 40.6%の 5 分の 1 を外気取入方式で節減すると、下記電力原単位低減が期待できる。

2,957MJ/t-product×0.406×1/5 = 240MJ/t-product (215MWh/y)

3) 出入口カーテンの設置

精肉工場の室温度は、屠殺工場 15℃、冷蔵庫 4℃、処理加工室 10℃が望ましい。ラード工場では、二重釜を使用しているので出入り口にカーテンをつけ空調管理するべきである。また、夏期外気が高温の場合は出入り口にカーテンをつけ外気の侵入を防ぐべきである。

当工場にカーテンを設けることによりエネルギー原単位 1%程度が改善されると見込める。

Gas Intensity の減少	5,450×0.01 = 55MJ/t-product (505GJ/y)
Electricity の減少	2,957×0.01 = 30MJ/t-product (27MWh/y)
低減原単位	85MJ/t-product

4) 歩留の向上:

Table 5.2.8 に 1996、1997 年の製造販売内訳を示した。

Table 5.2.8 Production and Sales

Breakdown		Sales result (t) (1996)		Sales planned (t) (1997)
	Pork products	63 %		62 %
	Beef products	37 %		38 %
Pork	Pork carcass	1,100		1,180
	Pork blocks	1,172		730
	Chopped pork			220
	Haslet	334		197
	Lard	665	(Lard yield 11.5 %)	630
	Sausage/ham (Pork 70 %)	860		931
	Smoked ham (Pork 100 %)	956		730
	Paste	607		680
	Vacuum pack	0		540
	Sub-total	5,684		5,838
Beef	Beef carcass	1,331		1,450
	Beef blocks	1,005		153
	Chopped beef	0		965
	Pluck	302		338
	Beef tallow	235		50
	Suet	100	(Suet yield 10.0 %)	250
	Sausage/ham	368		399
	Sub-total	3,341		3,605
Total		9,025		9,443

生産量	9,190t/y
販売量との差	骨・頭ロス 165t/y (1.8%)
	在庫を含む
歩留	9,025 / 9,190×100=98.2%

歩留は 98.2%で良好なレベルにある。

販売管理は良く行われているので引き続き歩留の維持向上がはかれると

良い。

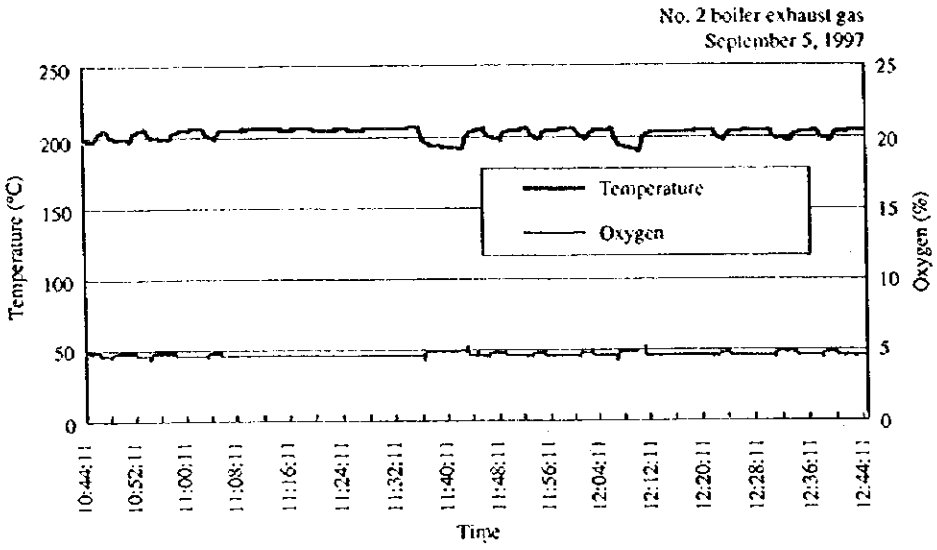
b. ユーティリティ（熱利用設備）

1) ボイラの排ガス成分

この工場では製造プロセスおよび暖房のために 2 基の天然ガス焚きのボイラが設置されている。発生蒸気は圧力 0.9Mpa で 2 段に減圧され、第 1 段 0.7MPa 系は主としてソーセージ等加工プロセスへ、第 2 段 0.4MPa 系は主として生体洗浄、各種洗浄および暖房用に供給される。

稼働中の 2 号ボイラの煙道で計測した排ガス中酸素濃度および排ガス温度の値を Figure 5.2.6 に示す。なお、ボイラの給水量カウンターの読みから、計測時間中のボイラ給水量は平均で 2.75m^3/h であって、設計能力に対する負荷率は約 70%である。

Figure 5.2.6　Measurement of Boiler (No. 2) Exhaust Gas



排ガス中の酸素濃度は 4.7%であって、良好な運転状態である。但し、ボイラの燃焼制御は段階的(20%、50%、100%)に行われているので、各段階で排ガス酸素を確認する必要がある。計測値を基にした燃焼計算を Table 5.2.9 に示す。因みに Excellent factory の基準値は、空気比は 1.3、排ガス温度は 220℃である。

Table 5.2.9 Combustion Calculation

Preconditions	
Fuel gas	
Net heat value (kJ/kg)	26,651
Net heat value (kcal/kg)	6,365
Combustion air temperature	28
Exhaust gas temperature	203
Furnace infiltrating air ratio	0 %

Calculation Result		
	Theoretical Combustion	Current AR Condition
Oxygen in exhaust gas	0.0 %	4.7 %
Air ratio	1.00	1.27
Air amount (m^3/kg)	7.2	9.1
Exhaust gas amount (m^3/kg)	8.2	10.1
Exhaust gas loss rate (against fuel heat)		9.2 %

なお、環境管理として行われているボイラの排ガス分析でも、排ガス中酸素濃度は 5-6% (No.1, 2 17-Feb./1997)であって良好である。
ボイラの設計値を Table 5.2.10 に示す。

Table 5.2.10 Boiler Design Values

No. of units	2
Year of installation	1993
Type	Flue and smoke tube boiler VSP-4
Maker	Rucka-Slatina, BRNO C2ECHY (Poland)
Pressure and temperature	1.4 MPa, 197 °C (Saturated)
Evaporation amount	4 t/h
Fuel	Natural gas (28,800 kJ/m^3_N)
Combustion system	Gas-firing unit burner
Burner maker	Thermotechnique S.A. C. 430.2
Feedwater treatment equipment	Water is supplied after it is preheated to 100 °C Softener
Air preheater	Not available

2) 保温強化

この工場では、ボイラ室や製造プロセス室の蒸気弁に保温が施工されていない。弁の設置数を工場診断結果に基づき想定して、これらから放熱損失を求めて Table 5.2.11 に示した。

Table 5.2.11 Calculation of Heat Radiation (Valves)

Installation Place	Environmental Temperature (°C)	Surface Temperature (°C)	Nominal Diameter (mm)	Equivalent Length (m)	Assumed No. of Units Installed	Heat Loss (kcal/h)
Boiler room						
	28	160	200	1.87	2	4,879
	28	160	150	1.78	15	26,602
	28	160	100	1.58	30	32,675
	28	160	50	1.28	20	9,341
Production shop						
	28	140	150	1.50	30	35,668
	28	140	100	1.27	50	34,823
	28	140	50	1.11	100	13,569
Total						157,556

蒸気弁に保温を施せば放熱量は約 10%にまで減少する。また、温水槽にも保温の破損している部分が見られた。温水槽表面温度から放熱量を計算すると Table 5.2.12 の結果を得る。

運転時間　　：4,240h/y in 1995

蒸気節減量　　：157,556×4.1868×0.9×4,240 / 1,000,000=2,517GJ/y

Table 5.2.12 Calculation of Heat Radiation from the Hot Water Tank Surface

Installation Place	Environmental Temperature (°C)	Surface Temperaure (°C)	Area (assumed) (m^2)	Heat Radiation (kcal/h)
Hot water tank	28	80	20	10,294

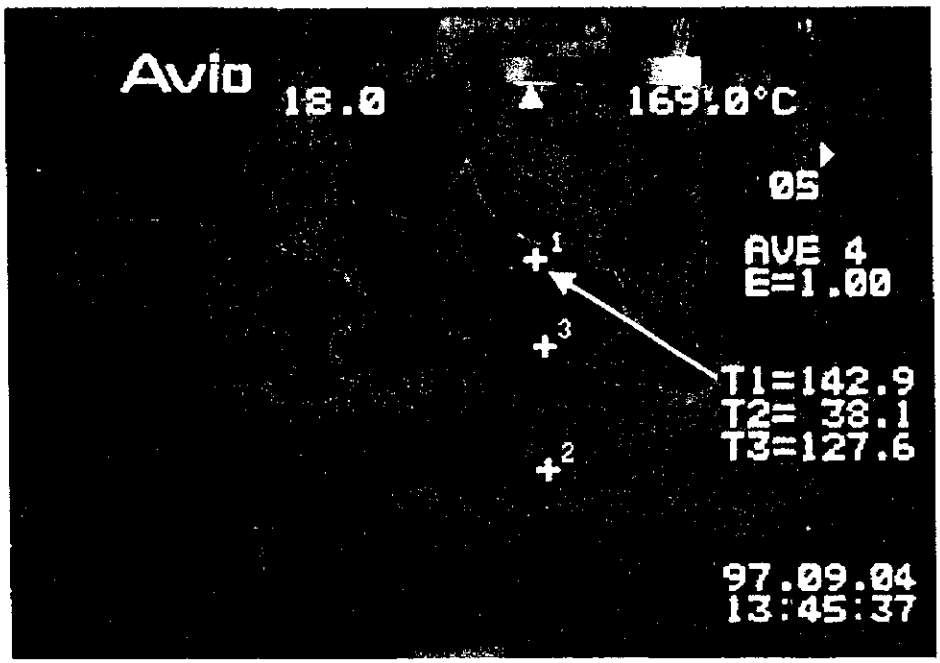
運転時間　　：4,240h/y in 1995

蒸気節減量　　：10,294×4.1868×0.9×4,240 / 1,000,000=164GJ/y

3) 蒸気ヘッダーおよびバルブの熱画像

赤外線熱画像装置を用いて保温されていない高温部を撮影することにより、非保温部の高温状態を画像の色として可視的に表現できる。Figure 5.2.7 にはボイラ室の蒸気ヘッダーおよびバルブの画像を示す。

Figure 5.2.7 Infrared Thermal Image of the Steam Header



c. ユーティリティ（電気利用設備）

1) 冷却、冷凍用コンプレッサ

冷却、冷凍用コンプレッサのモータのうち 75kW モータの負荷が 23kW と軽負荷であった。

対策：

この状態が通常ならばモータ容量を 75kW から 37kW に変更する。

また、冷却設備は最近の生産状況から判断すると、やや過大と判断されるため設備能力の見直し等検討する必要がある。

効果：

75kW モータを 37kW に変更した場合の電力損失の低減効果は、両モータの効率を 87%力率、鉄損、銅損およびその割合、現状負荷時のモータの力率等を Table 5.2.13 のように仮定すると、節減電力量は、年間約 13,200kWh(=1.51kW×8,760h)となる。

本改善により、力率の改善、変圧器等関係設備の小容量化等の付随効果も

ある。

電力節減量：13.2MWh/y

Table 5.2.13 Changes in the Loss as a Results of Replacing the Motor

	When the motor is fully loaded					Loss under the current load (23 kW)			
	Ratings Capacity (kW)	Power Factor (%)	Loss L (kW)	Iron Loss Wi (kW)	Copper Loss Wc (kW)	Load Power Factor (%)	Copper Loss Wc (kW)	Total Loss (kW)	Loss Difference
Current status	75	90	9.75	2.93	5.85	0.59	1.28*	4.21	
After the motor is replaced	37	85	4.81	1.44	2.89	0.80	1.26**	2.70	1.51

The iron loss and copper loss of the motor in the current status and after the motor is replaced are assumed to be 0.3 L (Wi) and 0.6 L (Wc), respectively.

* : $5.85 \times \{(23/0.59)/(75/0.9)\}^2 = 1.28$ kW

**: $2.89 \times \{(23/0.8)/(37/0.85)\}^2 = 1.26$ kW

2) 照明電力の節減

工場内の照明は 100～250Lux で略よい状態である。

屋外灯には水銀灯が使用され、約 5kW が消費され、センサーにより昼夜の明暗に応じて自動点滅されていた。

これら水銀灯を高圧ナトリウム灯に替えると約 40%の省エネルギーになる。

高圧ナトリウム灯は水銀灯に比して、やや高価で、色がやや黄色であるためよく調べ、照度に応じた小容量のものに交換する。

電力節減量：5kW×8,760h/y×12 / 24×0.4 / 1,000=8.8MWh/y

(3) 省エネルギーによる環境改善効果

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

して算出する。この工場の省エネルギーによる大気汚染物質の低減量を、省エネルギーの各段階別に集計して、Table 5.2.14 に示す。

Table 5.2.14 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0				
Step 1	28	0.0	0.0	0.0
Step 2	428	0.1	0.4	0.0
Step 3				
Step 1-3	456	0.1	0.5	0.0

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) が課せられる。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 5.2.15 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 5.2.15 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	14	0.0	14	51	3.67	3.67
Step 2	178	0.2	178	455	2.55	2.55
Step 3						
Step 1-3	192	0.2	192	506	2.63	2.63

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

この Table 5.2.15 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。

この工場はガス焚きのボイラーを保有している。省エネルギー項目はガス燃料を低減するものが多い。ガス燃料からの汚染物質の排出は少ないので、この工場では汚染物質の排出料金の低減は小さく、それが投資回収年数に与える効果も小さい。

(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 5.2.16 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 5.2.8 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 5.2.9 に示す。

Table 5.2.16 Summary of Energy Conservation Potential

Natural gas: 0.514 PLN/m^3_N (28.8 GJ/m^3_N)　　Electricity: 0.172 PLN/kWh　　1PLN=30yen

Item	Energy Conservation Potential							Investment	Payback period
	Fuel			Electricity			Total		
	GJ/y	10^3 PLN/y	%	MWh/y	10^3 PLN/y	%	10^3 PLN/y	10^3 PLN	year
第1ステップ									
1 出入口カーテン設置	505	9	1.0	27	5	1.0	14	51	3.8
小計	505	9	1.0	27	5	1.0	14	51	3.8
第2ステップ									
2 加熱工程ドレン回収率向上	5,008	89	10.0				89	206	2.3
3 蒸気弁保温	2,517	45	5				45	120	2.7
4 温水槽保温	164	3	0.3				3	0	0.0
5 外気取り入れ				215	37	8.1	37	103	2.8
6 冷却、冷凍用コンプレッサ電動機取替				13	2	0.5	2	11	4.9
7 照明　ナトリウム灯への変更				9	2	0.3	2	15	9.7
小計	7,689	137	15.4	237	41	8.9	178	455	2.6
合計	8,194	146	16.4	264	45	10.0	192	506	2.6

1996年 燃料消費量：50,083 GJ/y
電力消費量： 2,650 MWh/y (27,178 GJ/y)
Total： 77,261 GJ/y

Figure 5.2.8 KOSCIAN MEAT Energy Conservation Potential

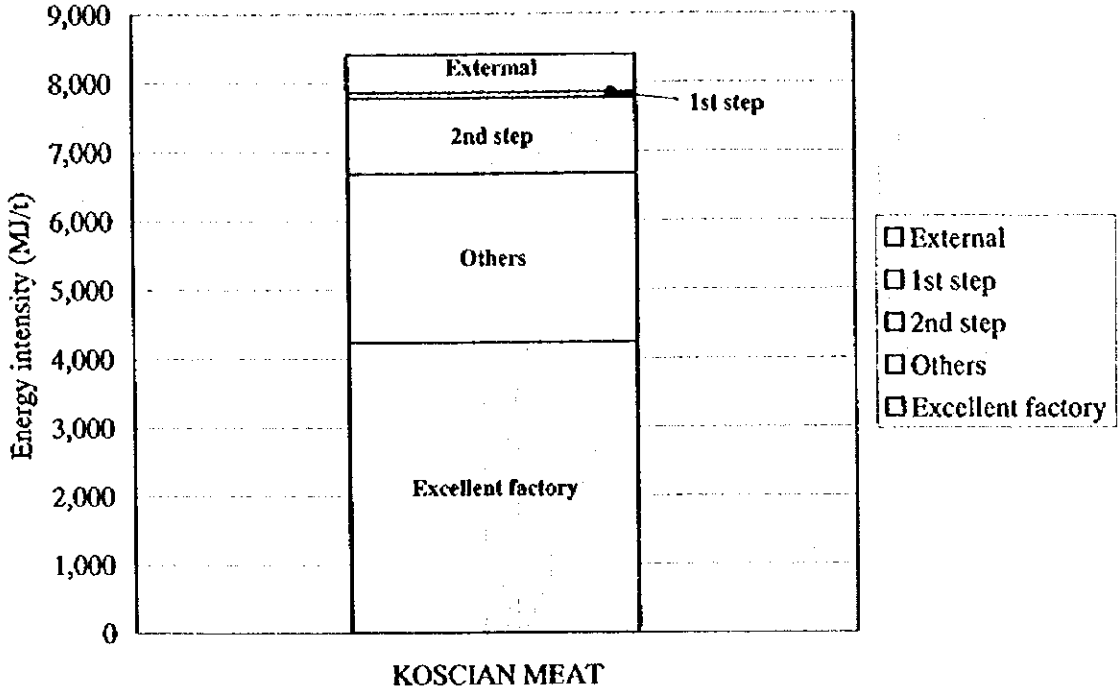
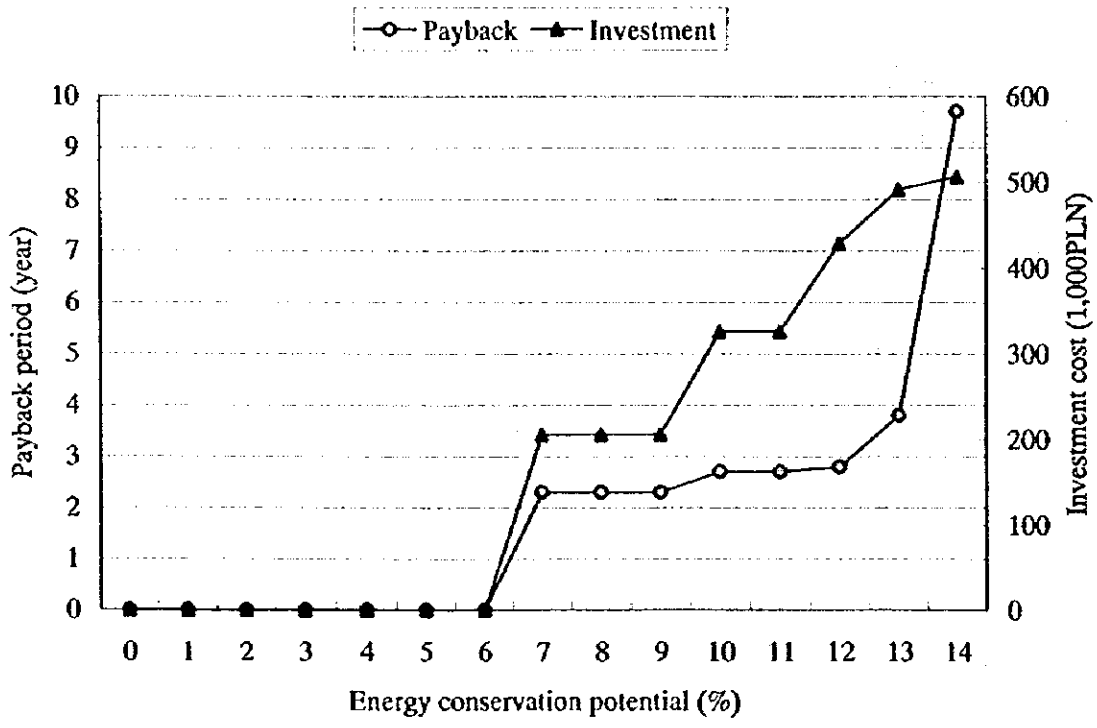


Figure 5.2.9 KOSCIAN MEAT Energy Conservation Potential



5.3 LUBMEAT 工場の調査結果

(1) 調査期間　　1997年9月17、18、19日

(2) 調査員

a. JICA チーム

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

b. Local Consultant

Research Center of Warsaw University of Technology

Mr. Maciey Chorzelski	: Heat management
Mr. Wrobel Waldemar	: Electricity management

(3) 面接者

Mr. Andrzej Latkowski	: Chairman
Mr. Andrzej Szymczak	: President, Technical and Transportation Director
Mr. Jeug Poniewozik	: Vice President
Mr. Aleksander Wojtowicz	: Manager of Energy Department , Leader of Cooling Section
Mr. Henryk Dyrka	: Electrical Section
Mr. Andrzej Jedlewski	: Main Technical Specialist

5.3.1 工場の概要

(1) 工場名　　Zaklady Miesne Lubmeat, Lublini

(2) 工場所在地　　20 - 207 Lublin ul, Turystyczna 9, Poland

(3) 従業員数　　630 名

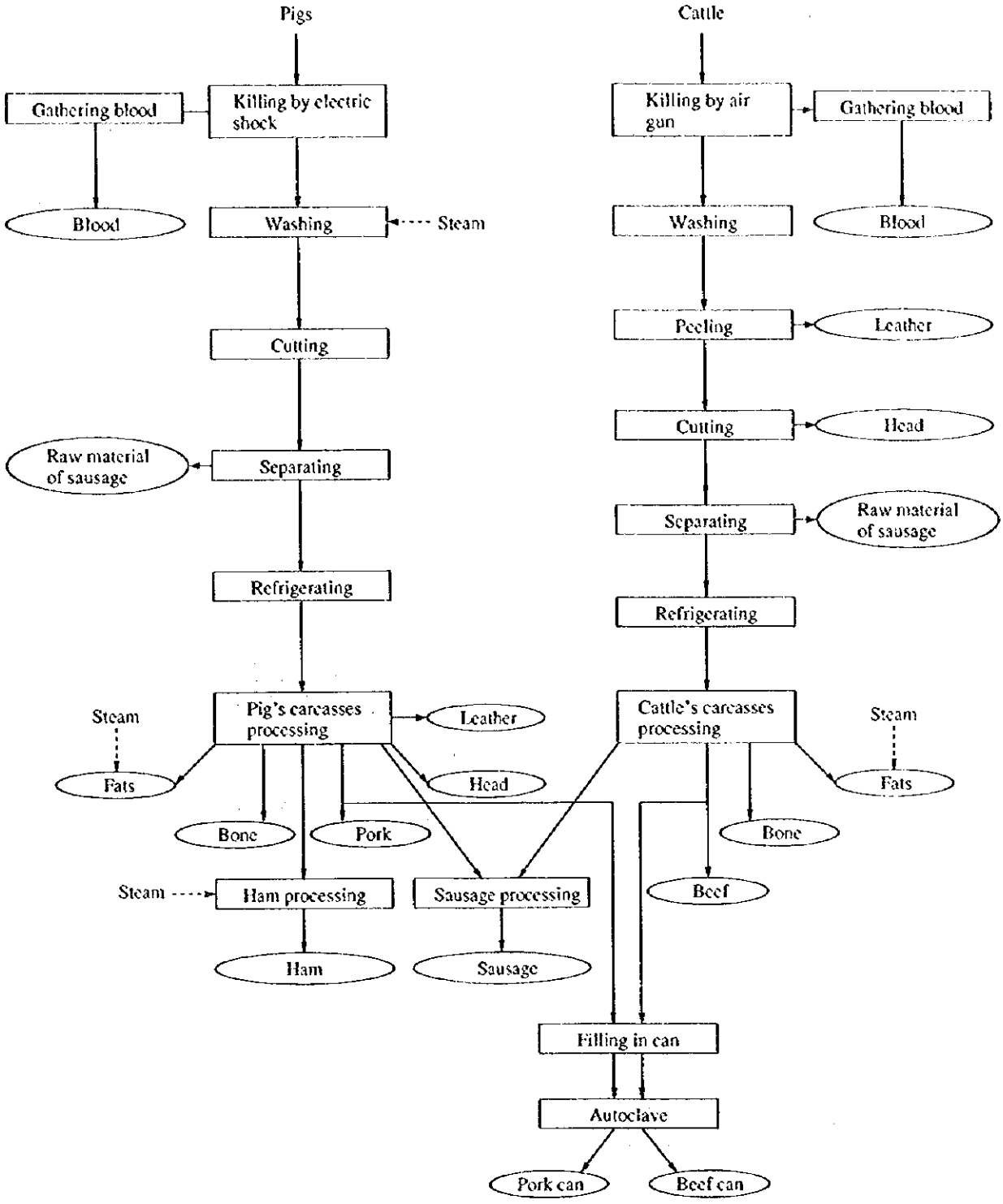
(4) 主要製品　　精肉、ハムソーセージ、缶詰

(5) 生産能力

(6) プロセス概要

豚 80%、牛 20%を屠殺し血液を抜き湯洗後 2 分割し内臓を抜き冷却室に入れ、ハムソーセージ加工を行う。別に枝肉として出荷している。缶詰はレトルト殺菌して生産する。その製造工程図を Figure 5.3.1 に示す。スチームは契約会社のボイラから供給される。

Figure 5.3.1 Process Flow

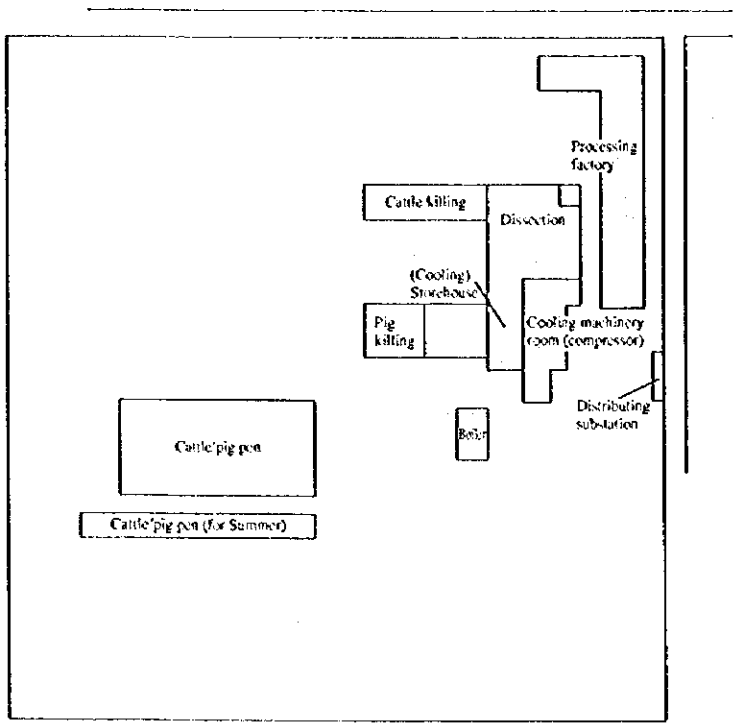


(7) 工場の沿革

国営工場として創業。10.5ha の工場敷地で豚・牛の屠殺、肉加工、スチームの供給等の事業を行ってきたが、ロシア市場が急激に減ったため整理会社となり、3 年前より合理化に取り組んでいる。スチームの供給事業を別会社とし、4 ha の土地、施設を売却する。ボイラ用スチーム配管も売却した。本社 1,600 人を 542 人に合理化した。2 年前から国民投資基金の資本も入り、回転資金も増加してきている。最盛期に比べ肉 70%減、豚 60%減であるが品質が良いので業界中位を占めている。市場の回復に努めている。

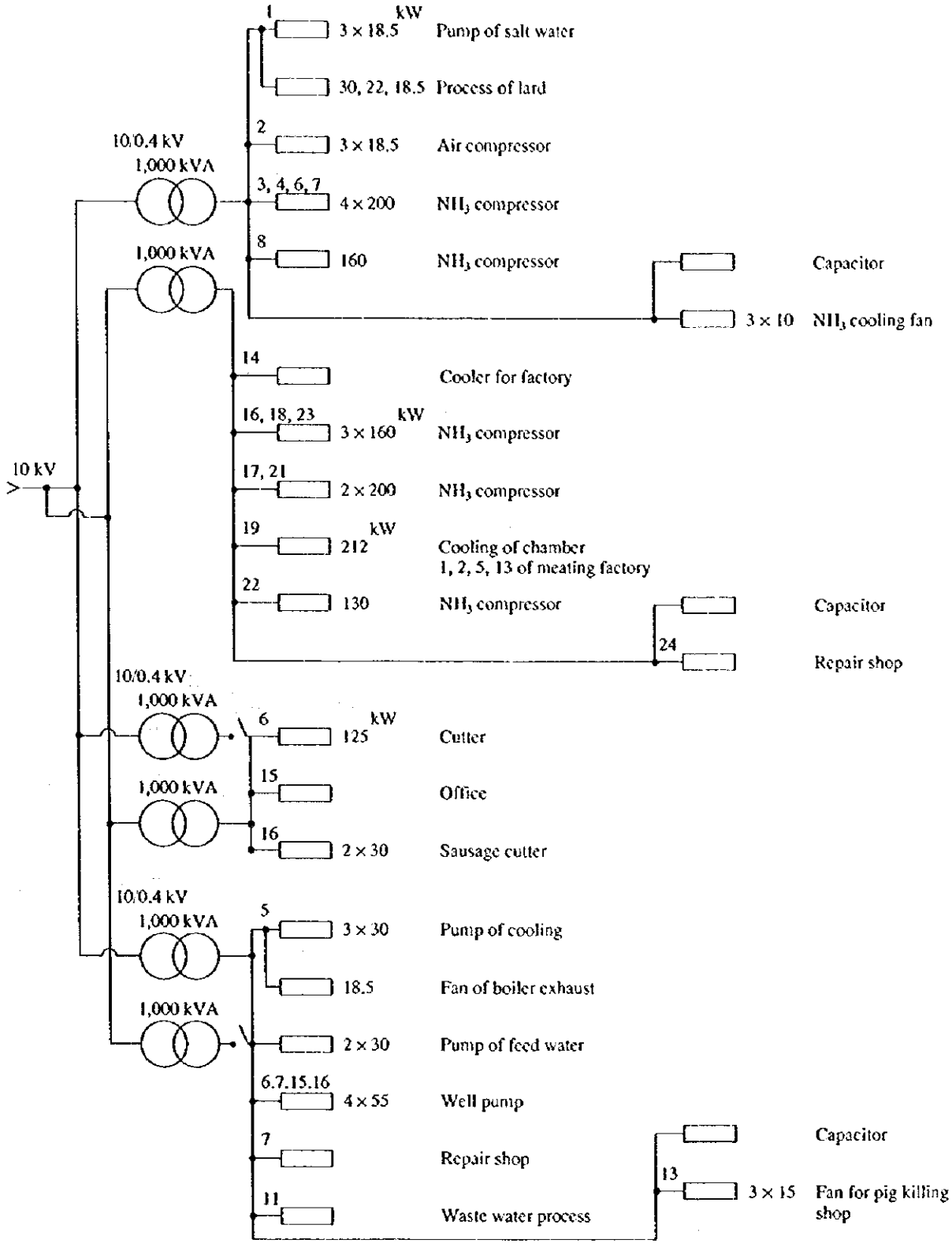
(8) 工場配置図

Figure 5.3.2 Plant Layout



(9) 電力単線結線図

Figure 5.3.3 One Line Diagram



(10) 主要設備の概要

Table 5.3.1 Major Equipment

Factory	Number	Specification
Pig washing bath	1	Shower 30 °C, Bath 65 – 68 °C 4 min
Beef wahing	1	Shower 30 °C
Treatment machine	1	122.5 t/d
Meat slicer	2	33 kg/min 2,000 kg/h
Neoder	2	200 kg
Canning sterilizer	4	0.63 t/patch 2 h 121 °C 7 times/d
Chopper	9	30 kW + 20 kW × 8
Cutter	3	120 kW, 50kW, 30 kW
Chiller	11	200 kW × 6, 160 kW × 4, 130 kW NH_3 type
Pump	19	50 kW × 3, 30 kW × 10, 22 kW × 3, 18 kW × 3
Fan	7	20 kW × 7
Separator	3	30 kW, 25 kW × 2

(11) エネルギー価格および発熱量

Table 5.3.2 Energy Price and Heat Value

	Energy price	Heat value
Electricity	0.165 PLN/kWh	10.258 GJ/MWh
Steam	0.068 PLN/kg	2.75 GJ/t (0.55 MPa, 155 °C)
Coal	0.135 PLN/kg	

5.3.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

Table 5.3.3 Trend of Produciton

(t/y)

Year	1992	1993	1994	1995	1996
Production	14,971	13,646	11,433	8,164	7,096

(2) エネルギー消費量の推移

Table 5.3.4 Trend of Energy Consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Steam	t	77,000	61,264	27,000	24,000	20,389
Electricity	MWh	6,747	5,992	4,588	4,978	4,481

1996 年と 1997 年のエネルギー消費量を Table 5.3.5 に示す。

Table 5.3.5 Monthly Energy Consumption

(1996 – 1997)

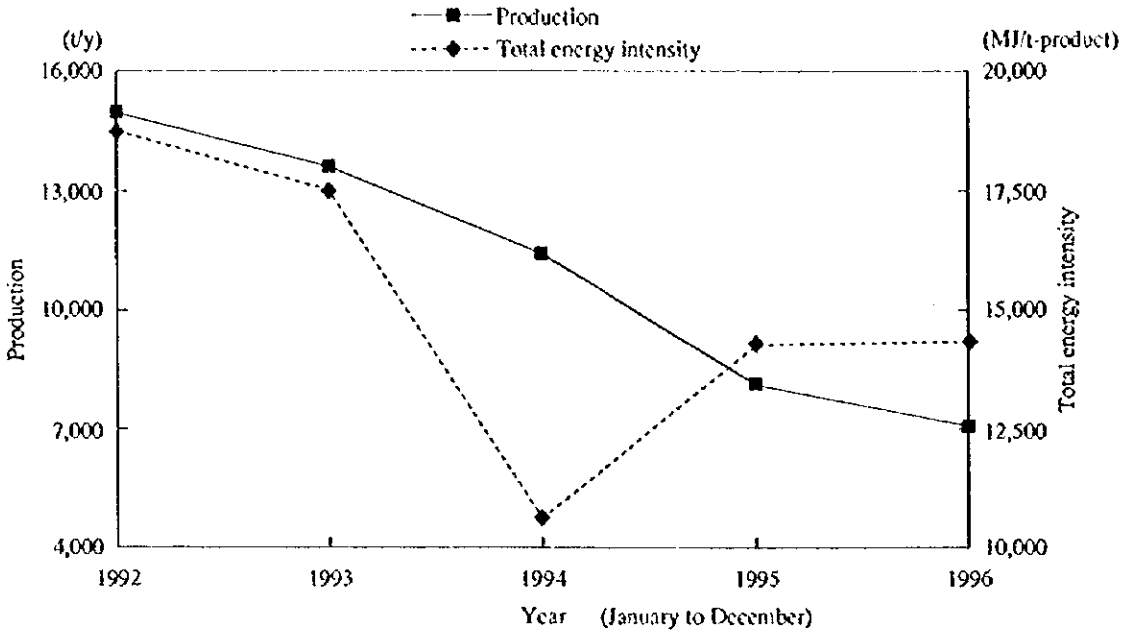
Energy	1996								1997							
	Total	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.
Steam (t)	22,936	1,351	1,580	1,390	1,490	1,760	1,690	1,892	1,970	1,420	1,902	1,103	1,426	1,336	1,404	1,222
Electricity (MWh)	5,867	393	403	399	350	387	368	370	361	311	361	390	433	427	462	452

(3) エネルギー消費原単位の推移

Table 5.3.6 Trend of Energy Intensity

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Consumption						
Steam	GJ	211,750	168,476	74,250	66,000	56,070
Electricity	GJ	69,197	70,969	47,055	51,054	45,957
Intensity						
Steam	MJ/t-product	14,144	12,346	6,494	8,084	7,902
Electricity	MJ/t-product	4,622	5,201	4,116	6,254	6,477
Total	MJ/t-prpduct	18,766	17,547	10,610	14,338	14,379

Figure 5.3.4 Trend of Production and Total Energy Intensity



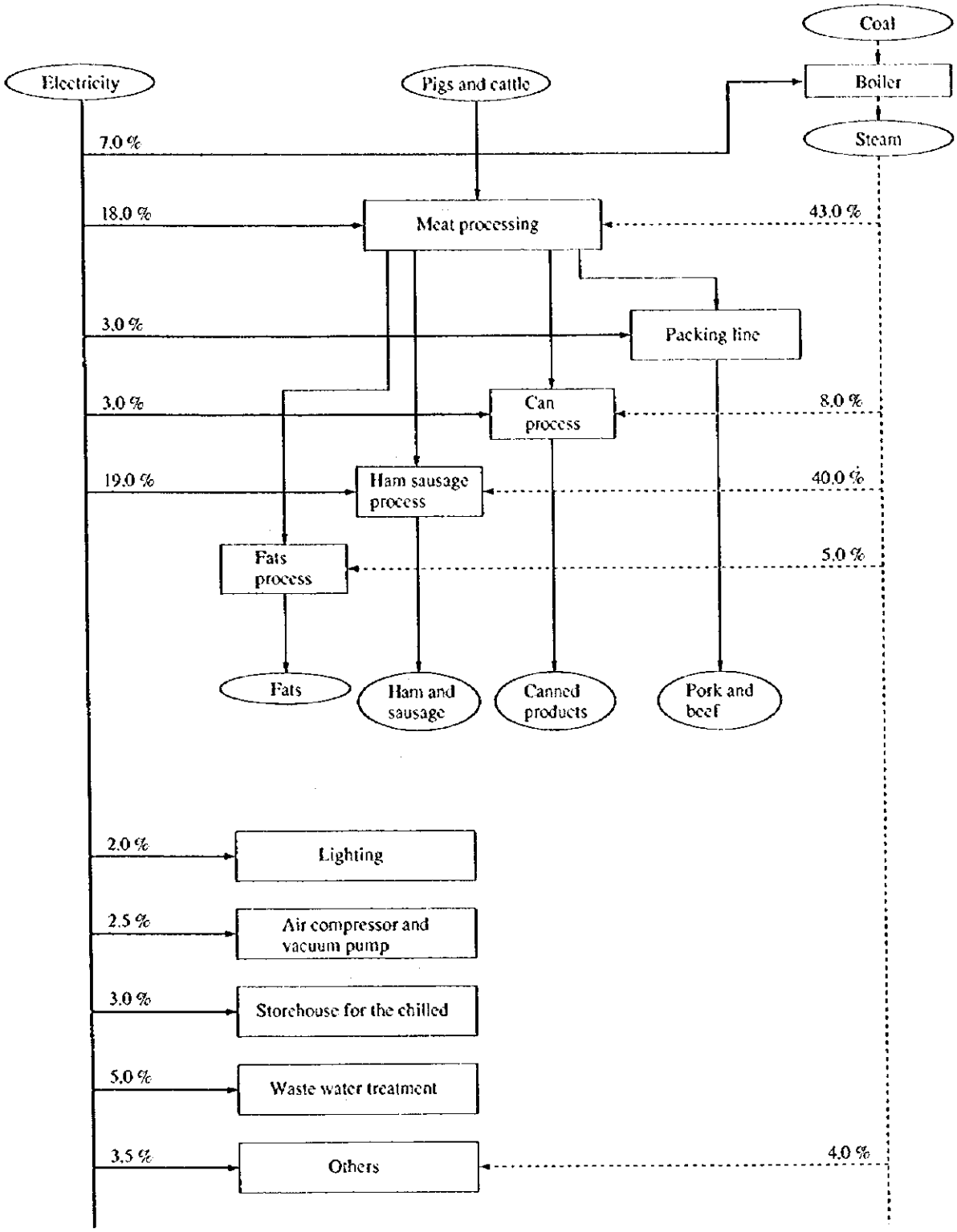
生産量が減少の傾向にあり、Energy の Total Intensity が高いレベルにある。Table 5.3.6 で見ると 1992 年以来ばらつきはあるものの、1994 年に比べて Intensity が上昇する傾向が続いている点に留意すべきである。

(4) 製品に占めるエネルギーコストの割合

蒸気	3.9%
電力	2.0%
計	5.9%

(5) エネルギーフロー

Figure 5.3.5 Energy Flow



5.3.3 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

明確な目標値が設定されていない。短期・中期の活動をプロモートする方針が甘い。

b. 省エネルギー推進に当たっての問題点

情報や開発のソースが西欧に限られていて技術レベルは高い方であるが省エネルギー技術が不十分である。測定器が不足している等問題が多い。

(2) 組織的な活動

a. 省エネルギー専従部署の設置

合理化再建組織に専従者がいるが技術スタッフの配置が十分でない。

b. 省エネルギー委員会の設置

省エネルギー委員会は設定されていない。

c. 経営者のスタンス

再建途上にあり、省エネルギーについて関心は高い方である。石炭ボイラのスチーム購入を月間契約とし、管理強化を図る等努力はしているがそれだけでは不十分であり、冷暖房を始め生産プロセスのより一層の省エネルギーを推進して行く必要がある。現会長は 3 年前に就任し、合理化に熱心であり、省エネルギー 50%の目標を建てることに賛意を表しているのでその努力に期待したい。

市場の回復に努力し合理化に向け努力しているが、まだまだ改善の余地は残されており課題が多い。

(3) データに基づく管理

a. エネルギー使用量の把握

工場全体のエネルギー使用量は良く記録されている。

b. 主要な設備毎のエネルギー使用量の把握

技術者は工程別時間単位のスポット的測定結果やソーセージ、油脂生産その他工場内エネルギーバランスは良く把握しており、また設備スペック能力等も良く把握している。

c. 主要製品のエネルギー原単位の把握

製品別のエネルギー使用量の定常的記録はないが、b.項で述べた資料中のエネルギー使用量を基に算出は可能のようになっている。月々の管理に用いられるようなまとまったエネルギー原単位の資料はない。

d. 計測器の設置

主要ラインの電気量は電気室で系統別に把握することは概ね可能である。蒸気ラインについては、流量計がないので設備スペックからの推測にならざるを得ず今後蒸気流量計の設置が必要である。

e. 生産管理、原価管理

枝肉を他社から持ち込み、精肉の拡販を進めており、生産販売量の把握はしやすい状態にあり、原価管理については一層の努力が望まれる。現在は人員削減に重点が置かれている。専門のスタッフが置かれている。

(4) 従業員の教育

省エネルギーについての教育は組織的にはなされておらず、進んでいない。

(5) 設備管理

設備能力が現状は過大になっており、1 日当りの稼動時間が極めて少ない。食品衛生管理を重点的に実施していることは良いことである。省エネルギーの視点からの設備の管理を積極的に進めているとは思えない。生産計画、日

程管理を強化し、設備の有効活用を図るべきであろう。現状では集約生産するまでに至っていないが、効率化の面からも検討して行く必要があろう。

5.3.4 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

LUBMEATのエネルギー原単位をExcellent factoryと比較した結果をTable 5.3.7に示す。ここでExcellent factoryのエネルギー消費原単位は、Table 5.3.8に示すように独立した屠殺枝肉工場とハムソーセージ工場各々のデータから算出した。

Table 5.3.7 Comparison of Energy Intensity

	Unit	Lubmeat	Excellent Factory	Difference
Production amount	t	7,096	24,353	Δ17,257
Electricity	MJ/t	6,477	3,352	3,125
Steam	MJ/t	7,902	2,543	5,359
Total energy		14,379	5,895	8,484

Table 5.3.8 Data of Excellent Factory

	Production	Energy intensity		Energy intensity [Integrated meat factory (Ham & sausage rate: 60 %)]	
		Fuel	Electricity	Fuel	Electricity
Butchery and carcass factory	24,353 t/y	844 MJ/t-product	2,272 MJ/t-product	844 MJ/t-product	2,272 MJ/t-product
Ham & sausage factory					
1) Raw meat storage	14,400 t/y		1,200 MJ/t-ham		0 MJ/t-product
2) Processing		2,832 MJ/t-ham	1,800 MJ/t-ham	1,699 MJ/t-product	1,080 MJ/t-product
Total	–	–	–	2,543 MJ/t-product	3,352 MJ/t-product

(2) 省エネルギーポテンシャルの推定

(2)-1 外部要因による差

LUBMEAT、Excellent factoryとも屠殺から枝肉生産までを行っており、原料、製品の差による原単位の差はない。LUBMEAT は、広大な敷地内にあり、遠

い場所からの蒸気供給であり、かつ Excellent factory に比べると寒冷地の上工場の稼働率も低いため放熱損失が大きい。

1996 年のデータを例に暖房に要するエネルギー分を 30%とし、内 10%を気温差による放熱ロス差とすると、補正燃料原単位は 7,902×0.9 = 7,112MJ/t となり、Excellent factory の 8 倍となっている。極めて高いと言わざるを得ない。

外部要因によるエネルギー差を上記放熱ロスとすると下記のとおりである。

外部要因によるエネルギー原単位差：7,902×0.1=790MJ/t

(2)-2 技術的要因による差

省エネルギーのステップは、下記のように 3 つに分類する。

第 1 ステップ：管理強化によるもの

第 2 ステップ：設備改善によるもの

第 3 ステップ：プロセス改善によるもの

a. プロセス

1) ハムソーセージの加熱工程

充填されたハムソーセージ等は加熱工程に送られる。通気性のあるケーシング（天然腸、セロハン系など）に充填されたものは、燻煙後蒸煮される。また、気密性ケージングに充填されたものは、ボイル工程に送られボイルされる。加熱は 70～80℃で中心部は 63℃×30 分同等以上加熱されるように加熱時間が設定される。

燻煙装置（スモークジェネレーター）は Excellent factory では多くが自動化されており、風味の点で注意が必要であるが、従来の 5 分の 1 の時間で燻煙することができる。燻煙時間の短縮に加え蒸気加熱のドレンの回収を行っており、省エネルギーに大きく貢献している。

LUBMEAT ではドレン回収は行われているが、ドレン回収ラインが長く、保温が行われていないので回収効果は甚だしく低いものと推測される。

Figure 5.3.5 に示すとおりソーセージ工程に全体の 40%のスチームが使われている。

Excellent factory と同様の方式を採用し燻煙時間を短縮することにより省エネルギー効果が見込める。同時にドレンの回収効果を向上させること

を検討すべきである。本改善により10%以上の蒸気が節約可能となる。
したがって、低減可能な蒸気原単位は少なくとも下記が見込まれる。

7,902MJ/t×10% = 790MJ/t-product (5,606GJ/y)

2) 外気取入れ

Lubmeatでは、夏期はチラーを使用した低温室で解体作業を行っている。年間を通じて冬期の電力消費が多いのに加え、夏期のチラー電力消費も多い。

Excellent factoryでは、冬期は外気を無菌濾過して作業場内に取り入れることによって冷蔵室（4℃）および予備室（10℃）等の空調を実施し、冷凍機の電力負荷を下げている例がある。

本法採用に際しては、外気の粉塵量が定量的に把握困難であるので、フィルターの集塵効率を上げるよう対策実施する必要がある。

Chilled store houseで消費する3%の電力（Figure 5.3.5）のうち2分の1を外気取り入れ方式で節減すると、電力の省エネルギー効果は次のとおりとなる。

6,477×0.03×0.5 = 97MJ/t-product (67MWh/y)

3) 出入口カーテンの設置

精肉工場の室温度は、屠殺工場 15℃、冷蔵庫 4℃、処理加工室 10℃が望ましい。ラード工場では、二重釜を使用しているので出入り口にカーテンをつけ空調管理をするべきである。また、夏期外気が高温の場合は出入り口にカーテンをつけ外気の進入を防ぐべきである。

当工場にカーテンを設けることによりエネルギー原単位 2%程度（蒸気、電気各1%）が改善できると見込める。

蒸気原単位の減少　　7,902×0.01 = 79MJ/t-product (561GJ/y)

電力原単位の減少　　6,477×0.01 = 65MJ/t-product (45MWh/y)

4) 歩留の向上等

Table 5.3.9に工場診断時入手できた1994年、1996年の加工工場の製造販売量内訳を示した。

Table 5.3.9 Breakdown of Production and Sales Amount

	1996		1994	
Dissected weight of pig	3,817,100 kg	78.5 %	4,029,700 kg	79.8 %
Dissected weight of cattle	1,042,600	21.5 %	1,019,500	20.2 %
Sales amount (for the processing yard)				
Can	208,400 kg	3,673,600	288,000 kg	3,523,000
Sausage	2,824,000		2,690,000	
Paste	534,900		482,000	
Retort-processed sausage	106,300		63,000	
Fats	418,000		580,000	
Fats for industrial use	15,200		43,000	
Pet food (for dogs)	34,300		40,800	
Chopped meat	49,100		26,400	
Powder feed	76,100		33,000	
Liquid feed	361,400		429,000	
Total sales amount (for processing yard)	4,690,700		4,675,200	
Total pig/cattle dissected weight	4,859,700		5,049,200	
Yield	96.52 %		92.59 %	
Total production and sales by the company	7,096 t		11,433 t	
(Total carcass)	(2,405 t)		(6,758 t)	

自社工場で処理している量が少なく、歩留も 96.52%とあまり良くない。販売量が増えているのは豚、牛の枝肉温体（実際は冷蔵もの）であり他社より（購入し）出荷している状況にある。実体は省エネルギー的にも大きな問題を抱えているものと見られる。

歩留 98.5%を目標とすると 2%の省エネルギーが見込める。

電力原単位低減　6,477×0.02 = 130MJ/t (90MWh/y)

蒸気原単位低減　7,902×0.02 = 158MJ/t (1,121GJ/y)

1997 年 8 月の自社生産加工分は、次のとおりであり牛の入手が困難になっていきている。

豚の系統	485.2t	84.1%
牛の系統	91.6t	15.9%
合計	576.8t	100%

ソーセージは豚 70%、牛 30%の比率が好ましいが、牛肉の自社生産加工比率が低下しているので品質管理を充分行い、風味が維持できるよう努力することが今後望まれる。また、今後豚主体のハム生産が増えると考えられるが、ハム市場において品質および価格等の競合に耐えて行かねばならない。コスト低減のためにも省エネルギーは必須の課題となるであろう。

5) その他

工場側は下記事項を検討している。

① 熱交換器（熱回収して Heating に使用）の設置
② 粉飼料製造ライン、ラード工場ラインの冷却水のリサイクル
③ 缶詰殺菌工程の熱回収
④ 電力配電ステーションへの積算計取付
⑤ 冷却システムを手動管理から半自動管理へ切換
⑥ 場内面積削減、不要地の売却

③については、レトルト釜は未保温であり放熱が甚だしい。冷却水は捨てられているが熱回収の余地があり利用先を検討する必要がある。Excellent factory の場合この冷却排水の熱をボイラ給水の予熱他で回収している。①、②についても同様、熱回収および利用を考えるべきであろう。

缶詰用の加熱処理にスチームを全体の 8%、水の加熱に 30%を使用している。①、②、③を実施することにより水の加熱用スチームの半分を削減できるとすれば、蒸気原単位の削減効果は次のようになる。

現状では缶詰の生産量が非常に少ないので、生産計画により改善投資を検討する必要がある。

7,902MJ/t×0.30×0.5 = 1,185MJ/t-product (8,409GJ/y)

b. ユーティリティ（熱利用設備）

1) ボイラの排ガスの計測と解析

この工場では 3 基の石炭焚きのボイラが運転されている。この工場では、

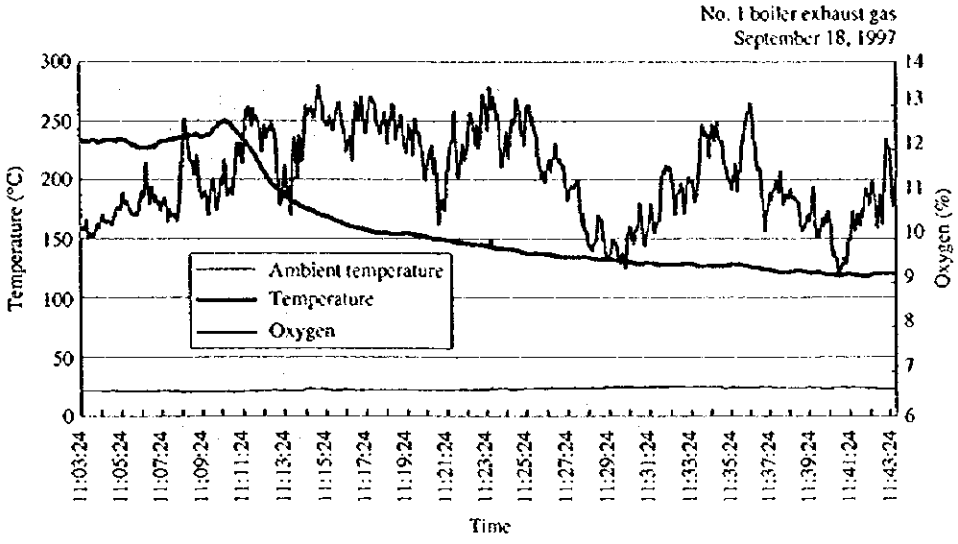
調査した年の 3 月までは蒸気を近接した Daewoo の熱供給所から購入していたが、4 月からは以前から設置されていた自社石炭焚きボイラを稼動させて、蒸気を自給している。

3 基のボイラの排ガス中酸素濃度を計測した。結果を Table 5.3.10 に示す。また、Figure5.3.6 には例として 1 号ボイラの計測結果をチャートで示す。

Table 5.3.10 Boiler Exhaust Gas Measurement Results

		No. 1 Boiler	No. 2 Boiler	No. 3 Boiler
Oxygen	Average	11.4 %	14.4 %	15.7 %
	Maximum	13.4 %	16.8 %	16.1 %
	Minimum	9.1 %	10.7 %	15.3 %
Period	From	11:03:24	12:52:38	12:31:24
	To	11:43:42	13:49:28	12:48:36

Figure 5.3.6 Measurement of Boiler Exhaust Gas



No.1 ボイラについて、計測された排ガス中の酸素濃度から空気比を計算し、更に排ガス温度が変わらないものとして、空気比を改善した場合の燃料低減の効果を求めた結果を Table 5.3.11 に示す。なお、空気比改善の前提条件は、計測された 3 基のボイラの排ガス酸素濃度のうち最小の値を実現可能な値として用いている。排ガス温度は上記の計測時間のうち

正常値として最初の 7 分間の平均値を用いた。全てのボイラについて同様の計算を行った結果を集約して Table 5.3.12 に示す。

Table 5.3.11 Boiler Combustion Calculation (No. 1 Boiler)

Preconditions	
Coal	
Net heat value (kJ/kg)	22,396
Net heat value (kcal/kg)	5,350
Ash content	17.00 %
Water content	6.00 %
Combustion air temperature	22.6
Exhaust gas temperature	235
Exhaust air temperature after air preheater	235

Note: Measurement was conducted at the flue in front of the smoke stack.

Calculation Result

	Theoretical Combustion	Current AR Condition	After AR Improvement
Exhaust gas oxygen	0.0 %	11.4 %	9.1 %
Air ratio	1.00	2.16	1.75
Air flow rate (m^3/kg)	6.4	13.8	11.2
Exhaust gas volume (m^3/kg)	6.7	14.2	11.5
Exhaust gas heat loss rate (to combustion heat)	18.7 %	15.4 %	
Fuel reduction rate			3.9 %

Note: The oxygen content after air ratio improvement indicates the minimum of the measured O_2 values.

Table 5.3.12 Fuel Reduction Effect of Air Ratio Adjustment

	No. 1	No. 2	No. 3
Oxygen, actual	11.4 %	14.4 %	15.7 %
Air ratio	2.16	3.13	3.89
Exhaust gas temperature	235	235	235
Exhaust gas heat loss	18.7 %	26.5 %	32.6 %
Oxygen, adjusted	9.1 %	9.1 %	9.1 %
Fuel saving	3.9 %	13.1 %	20.3 %

これらの燃焼計算に用いた燃料の成分を Table 5.3.13 に示す。

Table 5.3.13 Fuel Coal Composition

C	H	O	N	S	Water Content	Coal Ash Content	Heat Value (kcal)	Heat Value (kJ)
81.5 %	4.9 %	11.4 %	1.3 %	1.1 %	6.0 %	17.0 %	5,350	22,396

また、ボイラの仕様を Table 5.3.14 に示す。ボイラ設備にはボイラ給水流量、送出し蒸気流量、循環水流量の各計測器が監視盤面に設置されているが、作動していない。

先の Table 5.3.12 に示したように、これらのボイラでは排ガスによる熱損失が 19-33%あるので、ボイラ熱効率は 60-75%程度と思われる。もしこ

先の Table 5.3.12 に示したように、これらのボイラでは排ガスによる熱損失が 19-33%あるので、ボイラ熱効率は 60-75%程度と思われる。もしこのボイラをガス焚きのパッケージ型に更新すればボイラ熱効率は 90%程度になる。

平均燃料節減量　　：(3.9+13.1+20.3) / 3=12.4%

蒸気節減量　　：7,096×0.124=880MJ/t (6,244GJ/y)

Table 5.3.14 Boiler Equipment

Item	Design Value	Remarks
No. of units installed	3	Same type
Year of installation and operation	1957/1961	
Manufacturer	Rafako	Raciborz, Poland
Type	Forced circulating type water tube boiler	
Model	PLM 2.5	
Evaporation	4 t/h	
Pressure and temperature	1.0 MPa (maximum)	0.7 MPa (working maximum)
Fuel	Hard coal, 22,400 kJ (net/kg)	
Firing system	2-stokers/furnace	
Heating area	206 m²	
FDF	2 × 2.2 kW	
IDF	1 × 20 kW	
Feed pump	Motor-driven: 2 units	
	Steam-driven: 1 unit	
Circulating water pump	Motor driven	

2) 保温の強化による省エネルギー

この工場では蒸気弁などの高温部が保温されていない部分がある。いま保温されていない蒸気弁の設置個数を工場診断結果より想定して、放熱量を計算すると Table 5.3.15 のようになり、おおよそ蒸気換算で 0.4t の蒸気の熱量を損失していることがわかる。これらに保温を施せば、簡単な保温でも放熱量は 10 分の 1 になる。なお、Table 5.3.15 には、平面からの放熱の例としてボイラ用の脱気器の端板からの放熱量をも示した。

年間運転時間　：2,120h/y in 1995

蒸気節減量　　：1,085,198×0.9×2,120 / 1,000,000=2,071GJ/y

Table 5.3.15 Heat Loss from Non-insulated Valves

Nominal Diameter (mm)	Equivalent Length (m)	No. of Units Installed (Units)	Heat loss (kcal/m/h)	Heat Loss (kcal/h)	Heat Loss (kJ/h)	Equivalant Steam (kg/h)
25	1.22	200	195	47,493	198,846	79
50	1.11	150	346	57,668	241,444	96
100	1.27	100	654	83,103	347,934	139
150	1.5	50	946	70,931	296,974	118
Total				259,195	1,085,198	432
Example of heat loss from the plane surface	Deaerator end plate (m^2)		($kcal/m^2$)			
	1.77		847	1,497	6,268	2

Preconditions for calculation: Room temperature: 20 °C,
Valve surface temperature: 150 °C,
Plane surface temperature: 100 °C,
Steam heat value: 600 kcal/kg = 2,512 kJ/kg

3) 冷却塔の水温の計測と解析

冷凍サイクルでは、圧縮機で昇圧されたアンモニアは放熱器で冷却水と熱交換する。この冷却水は外部に設置された冷却塔で、大気中へ熱を放出して温度を下げ、循環再使用される。冷却水の温度が低ければ循環水量を減少できるのでポンプ動力を低減できる。

この工場では冷却塔として、直接接触式の強制通風冷却塔が使用されている。冷却水の系統で各部の温度を計測した結果を Table 5.3.16 に示す。

Table 5.3.16 Temperature of Cooling Water Tower

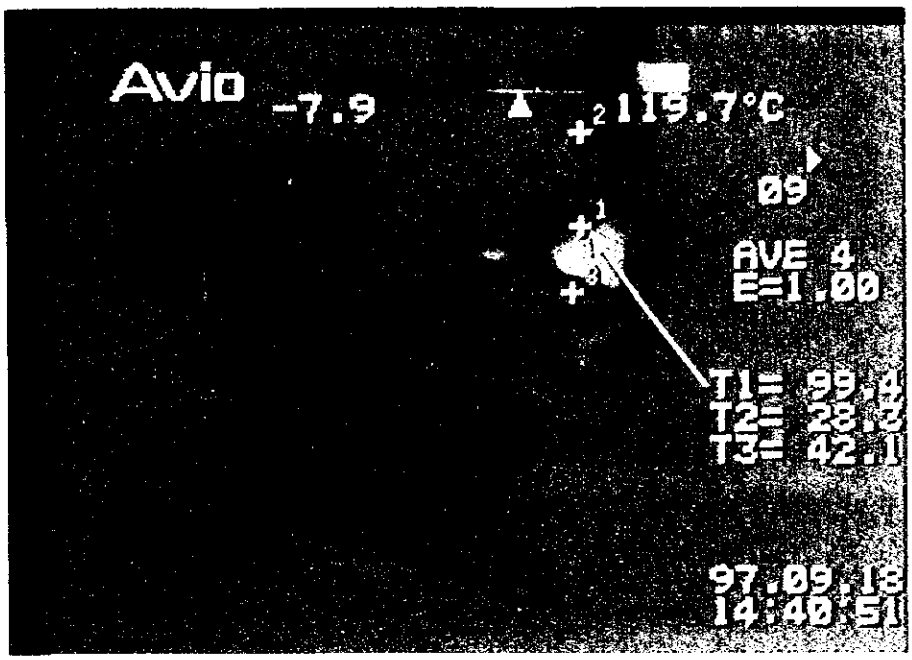
Item	Temperature	Remarks
Return water temperature	22.9	Return water tube surface temperature
Tower bottom water temperature	20.2	Filling layer bottom water temperature
Outer air temperature (Dry bulb temperature)	19.3	Ambient atmosphere
Atmospheric humidity	60 % -- 80 %	Estimated value (occasionally with light rain)
Wet bulb temperature equivalent to atmosperic humidity	15 – 17 °C	

このような直接接触式の冷却塔では、理想的には、冷却水は(外気の乾球温度よりは低く)外気の湿球温度にまで冷却されるが、実際は湿球温度より若干高い温度となる。しかし、計測の結果では冷却後の水温は外気の乾球温度よりも高くなっているので、冷却塔内部での散水に偏りがあるのではないかと思われるので調査が必要である。

4) 赤外線熱画像装置による観察

赤外線熱画像装置を用いれば装置や蒸気配管の温度分布を画像として記録できるので、保温の状態を視覚的に知ることができる。例として、冷水製造用の熱交換器の熱画像を Figure 5.3.7 に示す。これは低温のアンモニアを冷媒として冷水を製造する熱交換器で、冷水の出入り口管に保冷施工がないため霜が付着している。熱交換器の胴部は保冷がされており、その表面温度はほぼ外気温度である。

Figure 5.3.7 Thermal Image of Cooling Water Heat Exchanger (Cooling Water Producing System)



c. ユーティリティ（電気利用設備）

1) ピーク電力の抑制と電源設備の省電力

電源変圧器は 4×1,000kVA が稼働しているが、30 分のデマンドの連続測定結果の最高は 1,030kW、深夜は 400kW で、設備能力の約 30%以下の負荷である。しかし、ピーク電力が朝 6 時 25 分から約 3 時間と 10 時 30 分から約 2 時間にわたって発生し最大 2,100kW を記録している。

これらの結果、現状の稼働状態が続くならば、次の対策が必要である。

対策：

① 各変電所の低圧側を安価な架空線で連結して接続し、使用変圧器を1台休止する。

② 朝6～9時および昼間11～12時頃のピーク電力の発生原因を調べ、これを減らすような作業形態を検討実施する。(例：始動時間をずらす等)

③ 昼夜連続使用する冷房電力の節減計画を全社レベルで検討し、この電力を節減する。

効果：

① 使用電力が変圧器容量の25%以下の時間は1日のうち約16時間あるのでこの時間は変圧器を半減 (2台に) できるが、取扱上1台減らすものとする。

全体の負荷を約1,000kW (800kW以下の時間が12時間)、Cos φ :85%、および1,000kVA変圧器の鉄損 (Wi) : 2.05kW、銅損 (Wc) : 11.33kWと仮定する。

1台休止前後の電力損失はTable 5.3.17のとおりで、電力節減効果は約1.00kWで年間節減量は約8.8MWhとなる。

電力節減量：8.8MWh/y

Table 5.3.17 Transformer Capacity Reduction and Loss Changes

	Transformer capacity (kVA)	Iron loss W_i (kW)	Copper loss W_c (kW)	Total loss (kW)	Power saving (kW)
Current status	4 × 1,000	4 × 2.05	3.18*	11.38	
After improvement	3 × 1,000	3 × 2.05	4.23	10.38	1.00

*: $11.33 \times 4 \times ((1{,}000 + 800)\ kW/2/0.85/4{,}000\ kVA)^2 = 3.18\ kW$

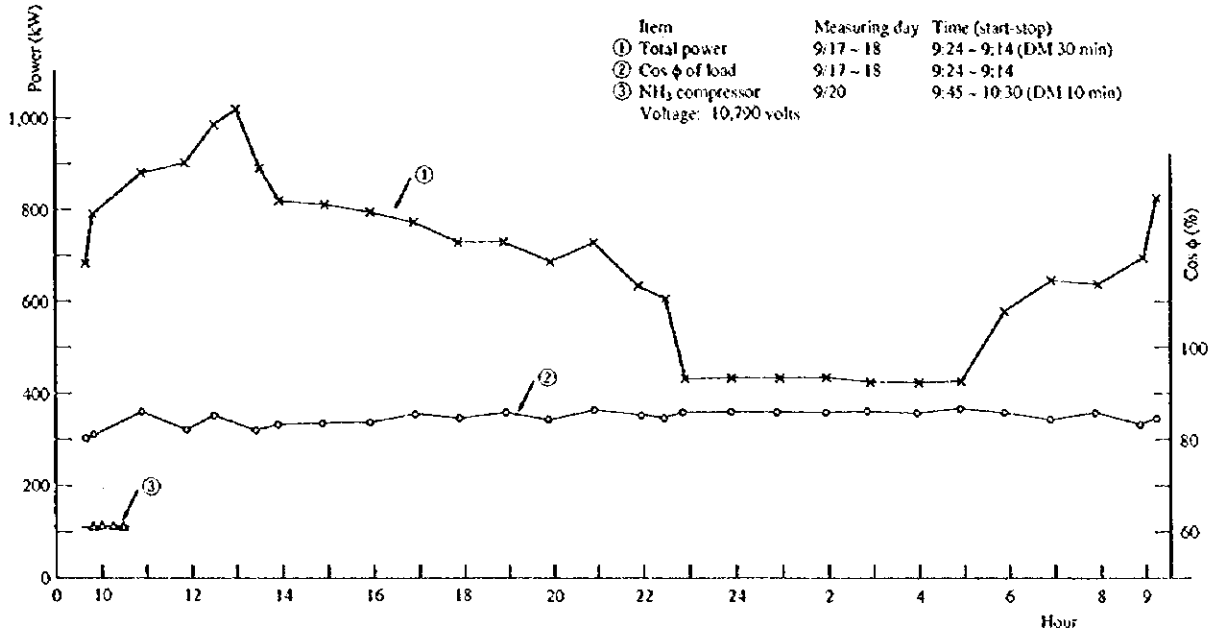
**: $11.33 \times 3 \times ((1{,}000 + 800)\ kW/2/0.85/3{,}000\ kVA)^2 = 4.23\ kW$

デマンド対策の結果は、1996年の平均使用電力は約630kW(=(4,481MWh－440kW×4.5h)/19.5h/365日)と推定される。したがって、最大需要電力は通常の工場では820kW以下と推定される。したがって、現在の契約電力は約1,200kWに低減でき、年間に約

5,688PLN(=(1,350－1,200)kW×3.16PLN/kW×12 月)の節減になると考られる。

契約電力の削減　　：150kW (=1,350－1,200)

Figure 5.3.8 Operation Record of Electricity Power Consumption



2) 冷却設備の消費電力の低減

本工場の冷却用の電力は、ほぼ生産工程の電力に等しいが、これらは 24 時間稼働するため、使用電力量は生産工程の電力より多い（Figure 5.3.8 参照)。

このことは電力消費量の約 80%程度を冷却設備が占めていることになり、この対策が急務である。よって、次の対策を提案する。

対策：

① アンモニア冷却設備および塩水冷却設備の小型容量設備を新設し、負荷状況によって既設大型設備と使い分ける（極力、小容量設備を使用する)。

② 冷却用配管の保温を修復し、着氷しないようにする。工場の冷却部も同様に着氷を防止する。

③ 冷却室の容積の減少、保温の完備、入出口は 2 重扉にし、内壁の断熱対策をする。

④ コンプレッサ設備が旧いので、効率を検討し優れない場合は、1 台でも新規設備を導入する。

効果：

上記①～④の内容は何れも、運転状況、冷却室の大きさ構造等を調査しないと、定量化できない。

しかし、本工場の冷凍エネルギー原単位によれば、平均 258kWh/t(加工+屠殺)で、冷却・冷凍のみの場合は 382kWh/t、（全社では 465kWh/t）と計算されている。この値は上記の諸対策によってエネルギー原単位および費用共々低減ができるものと考えられる。

3) モータの負荷の点検と適正容量化

工場で使用中のモータは 20～200kW の容量のものが約 50 台ある。この内には、休止中のものもあるが、稼働中のモータでも Table 5.3.18 に示すように軽負荷のものがある。

Table 5.3.18 Measurement Data of Major Load

September 18, 19, 1997

Transformer or Name of Load	Rating (kW, kVA)	Consumption (kW)	Voltage (V)	Power Factor (%)	Remark
Total load of 4 transformers	4,000	440 ~ 1,030	10,650	82 ~ 87	Recording
at 15:55, September 19		831	10,650	86	
No. 1 Substation No. 1 transformer	1,000	387	397	84	
Process of load	18 ~ 22	4	400	52	3 × motor
NH_3 No. 2 compressor	200	94	396	81	
NH_3 No. 2 compressor	160	134	393	96	
Pump of salt water	3 × 18.5	28	409	76	
NH_3 compressor		104	401	82	Record on September 20
Air compressor	3 × 18.5	22	401	83	
Substation No. 2 transformer	1,000	44	400	77	
No. 2 Substation transformer	1,000	310	398	96	
No. 3 Substation transformer	1,000	268	396	75	
Pump for cooling	3 × 30	39	398	88	
Boiler total		63	396		
Exhaust fan	18.5	12	400	76	
Pump of supply water	30	30	396	95	
Waste water process		21	399	76	
Killing of pig total		68	398	70	
Fan for killing pigs	3 × 15	14	393	82	
Well pump	4 × 55	35	395	71	1 operating
Pump for cooling tower	30	34	398	90	

対策：

① 定格容量に比して軽負荷のモータは小容量に変更するかまたは、インバータを設置して回転数制御する。

② 中には過負荷のものも見られるので、モータの負荷、力率の点検をする。軽負荷のモータは力率が低い場合が多い。ファン、ポンプ等の容量の適否には、バルブ開度も判断対象にする。

効果：

モータの適正容量化による省電力は、交換モータが高価のため効果が比較的少ない。しかし、力率が改善され、関係設備の容量が少なくなる。

ファン、ポンプ等の場合はインバータを設置してモータの回転数制御を

すると、省電力高価が大きい。例えば、風量を 20%減らすことにより電力は約 45%節減できる。

インバータ方式回転数制御による電力節減量：

(28＋12＋21＋35)×0.4×8,760h/y / 1,000=333MWh/y

(3) 省エネルギーによる環境改善効果

省エネルギーによって燃料の使用量が低減されれば、大気中への汚染物質が排出量も減る。また省エネルギーによって電力の購入量が低減されれば、電力の発生もとすなわち発電所において大気中への汚染物質の排出量が低減される。この省エネルギーによる排出量の低減は、省エネルギー量のほか燃料の種類やボイラーなど装置別に異なる。したがって各工場の実際の排出量を用いて、汚染物質の低減量を推計するのが正しい。しかし、ここでは、ポーランド全体へのスタディとの整合を取るために、The Institute of Environmental Protection の資料による業種別・燃料別の単位排出量 (汚染物質トン／燃料熱量 TJ) をもとにして算出する。この工場の省エネルギーによる大気汚染物質の低減量を、省エネルギーの各段階別に集計して、Table 5.3.19 に示す。

Table 5.3.19 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0	794	5.5	1.5	1.2
Step 1	696	4.9	1.3	1.1
Step 2	781	5.5	1.5	1.2
Step 3				
Step 1-3	1,477	10.4	2.8	2.2

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) が課せられる。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 5.3.20 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 5.3.20 Payback Period Improvement by Emission Fee Reduction

Measures	Energy cost advantage	Emission fee advantage	Total advantage	Investment	Eco-Environ PBP	Economical PBP
Step 0	208	2.5	210	2,057	9.77	9.89
Step 1	205	2.2	207	0	0.00	0.00
Step 2	280	2.5	282	1,701	6.02	6.08
Step 3						
Step 1-3	485	4.6	490	1,701	3.47	3.51

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

この Table 5.3.20 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。

(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 5.3.21 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 5.3.9 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 5.3.10 に示す。

Table 5.3.21 Summary of Energy Conservation Potential

Steam: 0.068 PLN/kg (2.75 GJ/t)　　Electricity: 0.172PLN/kWh 1PLN=30yen

Item	Energy Conservation Potential Fuel			Electricity			Total	Investment	Payback period
	GJ/y	10^3 PLN/y	%	MWh/y	10^3 PLN/y	%	10^3 PLN/y	10^3 PLN	year
第0ステップ（計画中）									
1 熱交換器による排熱回収	8,409	208	15.0				208	2,057	9.9
小計	8,409	208	15.0	0	0		208	2,057	9.9
第1ステップ									
2 ボイラ空気比改善	6,244	154	11.1				154	0	0.0
3 変圧器1台休止				9	2	0.2	2	0	0.0
4 歩留り向上	1,121	28	2.0	90	15	2.0	43	0	0.0
5 ピーク電力抑制				150 kW	6		6	0	0.0
小計	7,365	182	13.1	99	23	2.2	205	0	0.0
第2ステップ									
6 加熱工程ドレン回収率向上	5,606	139	10.0				139	1,029	7.4
7 外気取り入れ				67	12	1.5	12	86	7.2
8 出入口カーテン設置	561	14	1.0	45	8	1.0	22	103	4.7
9 電動機インバータ制御				333	57	7.4	57	283	5.0
10 蒸気弁保温	2,071	51	3.7				51	201	3.9
小計	8,238	204	14.7	445	77	9.9	281	1,701	6.1
合計（第1、2ステップ）	15,603	386	27.8	544	100	12.1	486	1,701	3.5

1996年 燃料消費量：56,070 GJ/y
電力消費量： 4,481 MWh/y (45,957 GJ/y)
Total： 102,027 GJ/y

Figure 5.3.9 LUBMEAT Energy Conservation Potential

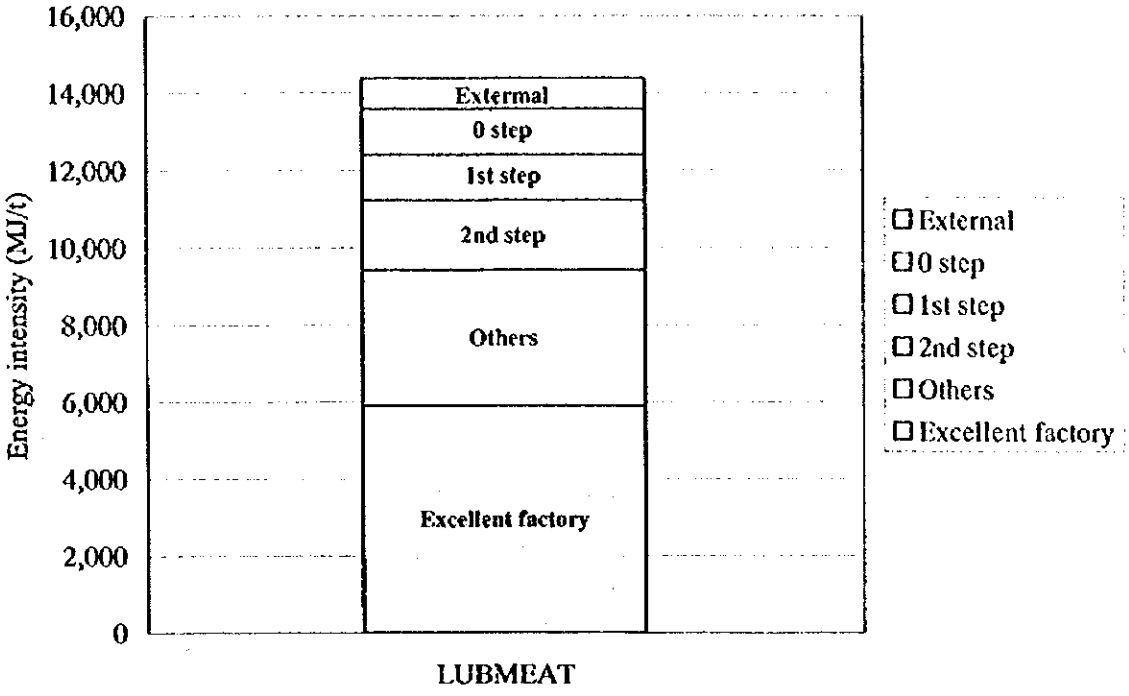
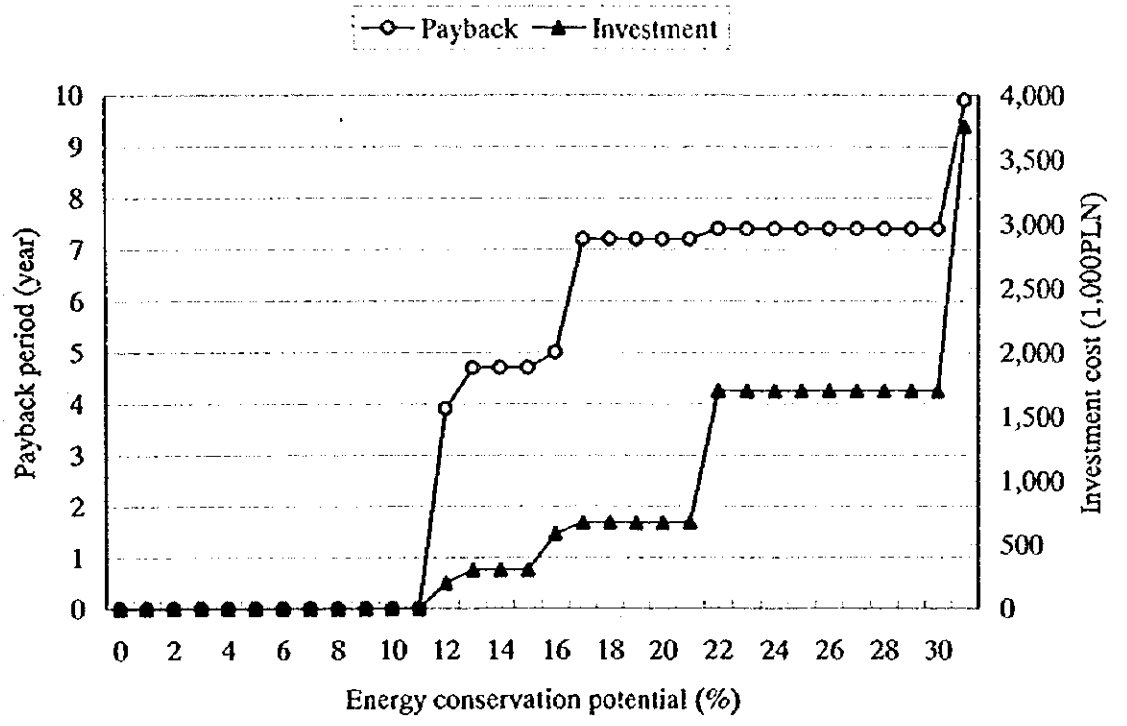


Figure 5.3.10 LUBMEAT Energy Conservation Potential



5.4 Obrzanska Dairy 工場の調査結果

(1) 調査期間　　1997年9月8、9日

(2) 調査員

a. JICA チーム

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

b. Local Consultant

Research Center of Warsaw University of Technology

Dr. Krzysztof Wojdyga	: Heat management
Mr. Maciej Chorzelski	: Heat management
Mr. Stanislaw Kozinski	: Electricity management

(3) 面接者

Eng. Henryk Bendzinski	: President
Eng. Boguslaw Majka	: Technical Manager
Mr. Wojciech Rochowiak	: Energy Manaager
Mr. Nowak	: Electrical Section
Mr. Czekiel	: Electrical Section

5.4.1 工場の概要

(1) 工場名　　Obrzanska Dairy, Koscian

(2) 工場所在地　　64-000 Koscian ul, w, Maya 28, Poland

(3) 従業員数　　303名

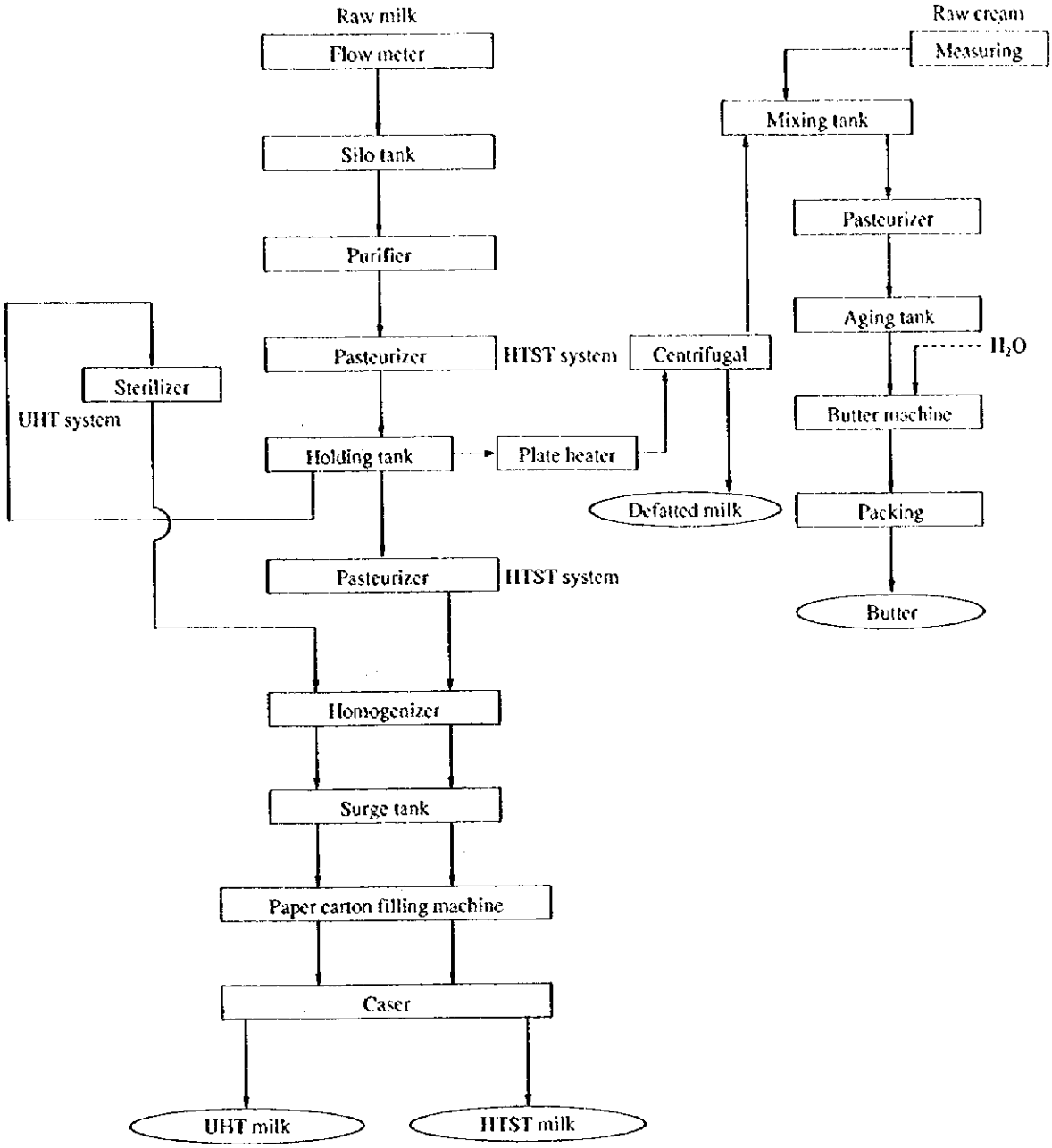
(4) 主要製品　　牛乳、バター

(5) 生産能力　　60t/d

(6) プロセス概要

原乳を200人の調達員による集乳と1,800人の小口供給者から各々50%づつ集め、計量、検査、受入、清浄化処理、殺菌等の後、一旦貯蔵し最終的にはUHT Sterilization（超高温瞬時殺菌）処理後、テトラパックに包装し自社系工場のほか、市販ネットを通じ市中に供給している。また他工場より原クリームを受入れ、殺菌してバターマシンにかけ家庭向けの小口包装機により製品として市販している。1996年の実績では94.5%がミルクであり、バターは5.5%である。蒸気は石炭焚ボイラを有しており自社の蒸気で賄っている。協同組合倉庫を工場外に設けてあるので、工場内のストックは少ない。冷却には主としてアンモニヤ式コンプレッサータイプ冷蔵設備を使っている。

Figure 5.4.1 Process Flow



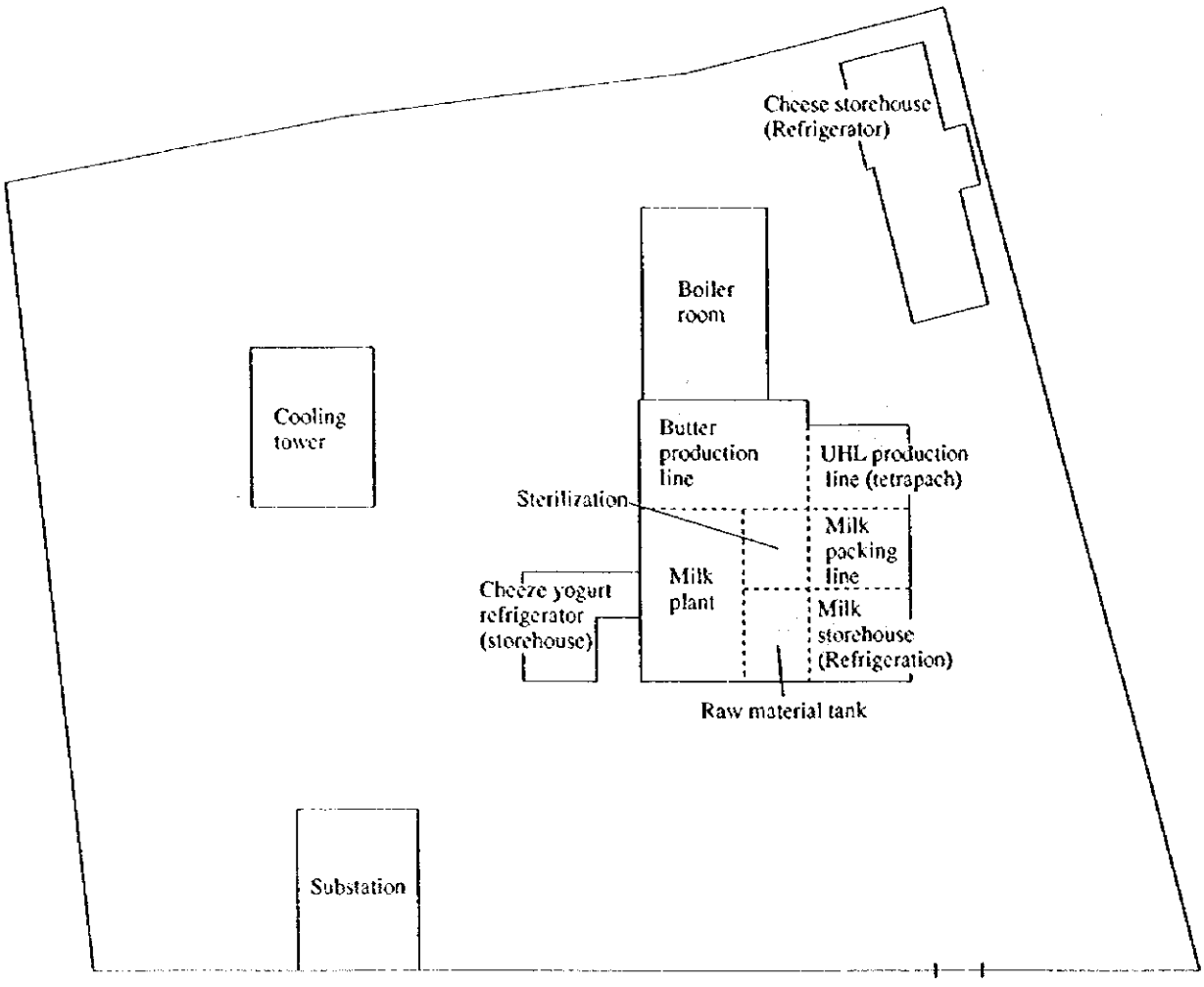
(7) 工場の沿革

酪農協同組合のミルクプラントとして 100 年以上の歴史がある。酪農協プラント 4 ヶ所のうち一つで、原料は地域より入手し、国産 100%であり、他国への輸出はない。第 2 次大戦後の建屋で省エネルギー型設備を入れることに熱心である。UHT ミルクプラントや包装設備のテトラパックを 1 基入れており、

更に 1 基をテトラパックに替えたいとしている。配送基地が酪農協として設けられたので自社倉庫のストックは少なくなっている。他工場のクリームの余りを処理するためのバターの製造を当工場が受け持っているが、メインは牛乳生産である。

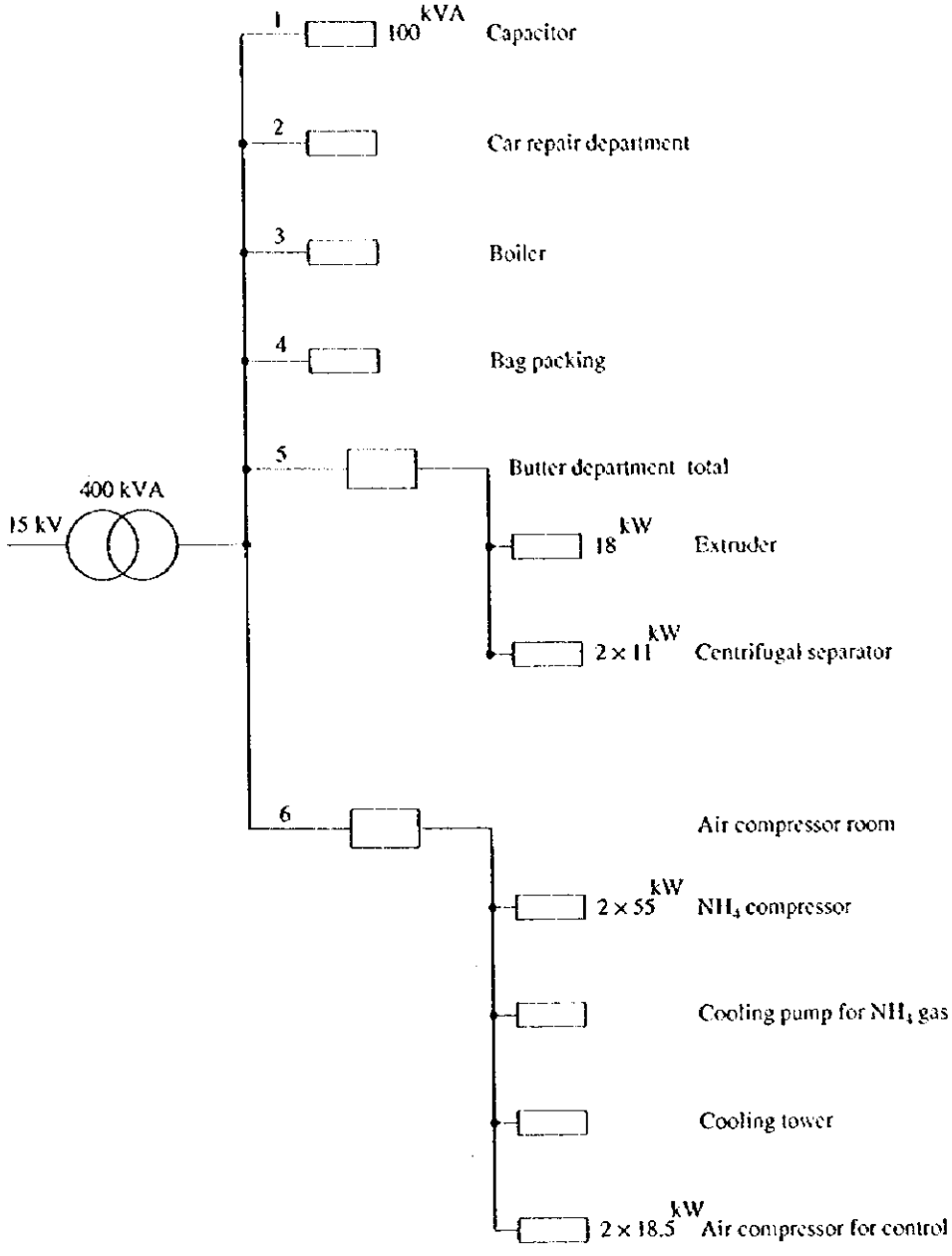
(8) 工場配置図

Figure 5.4.2 Plant Layout



(9) 電力単線結線図

Figure 5.4.3 One Line Diagram



(10) 主要設備の概要

Table 5.4.1 Major Equipment

Factory	Number	Specification
Milk		
Silo tank	6	10 m^3 × 4 16 m^3 × 2
Purifier	1	7.5 kW 8,500 rpm
Sterilizer	1	UHT 145 – 150 °C 3 – 5 Sec (design)
Pasteurizer	2	HTST 98 °C 20 Sec (design)
Homogenizer	1	37 kW
Centirifugal	1	11 kW
Packing	2	5 kW
Butter		
Pasteurizer	1	HTST 98 °C 20 Sec (design)
Extruder	1	18 kW Water contentw 16 % mixture 2,000 – 3,000 L/min
Compressor	4	55 kW × 2, 75 kW × 2, NH_3 type –18 °C
Pump	3	5.5 kW for NH_3
Air compressor	2	18.5 kW
Agitater	4	11 kW
Packing	2	7.5 kW, 4.5 kW
Boiler	2	2.2 t/h 191 °C 1.2 kg/cm^2 Coal

(11) エネルギー価格および発熱量

Table 5.4.2 Energy Price and Heat Value

	Energy price	Heat value
Coal	0.230 PLN/kg	29 GJ/t
Electricity	0.110 PLN/kWh	10.258 GJ/MWh

5.4.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

Table 5.4.3 Trend of Production

Unit: t/y

	1992	1993	1994	1995	1996
Raw milk	12,736	16,603	17,802	19,516	23,146
Raw cream	784	568	574	461	562
Products					
Milk	5,093	5,123	9,552	11,137	12,960
Cream	30	445	286	10	31
Butter	556	578	544	512	760
Products total	5,675	6,146	10,382	11,659	13,751

(2) エネルギー消費量の推移

Table 5.4.4 Trend of Energy Consumption

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Coal	t	780	1,050	1,020	1,324	1,323
Electricity	MWh	883	1,415	1,846	2,138	1,709

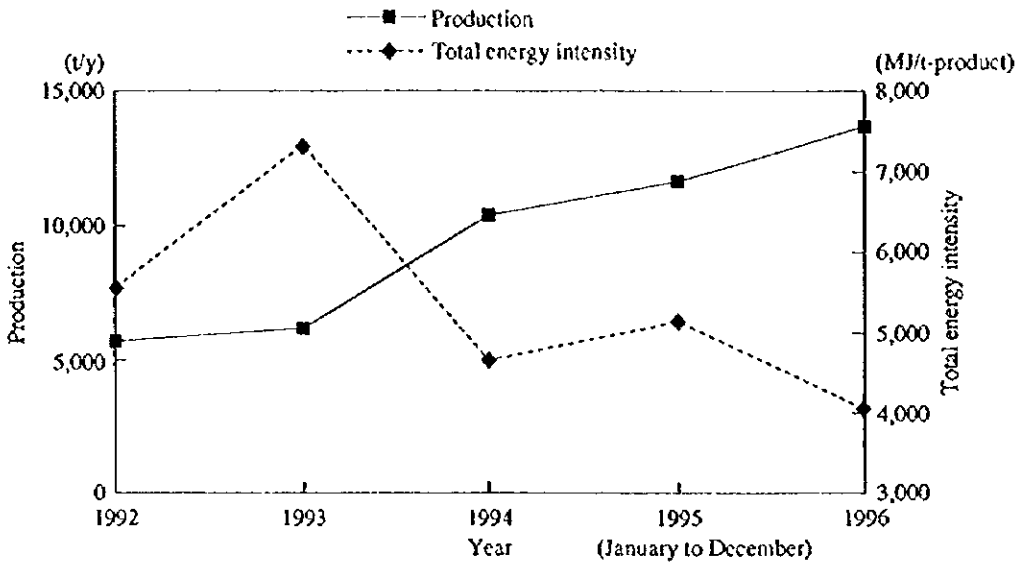
(3) エネルギー消費原単位の推移

エネルギー原単位は、改善されてきている。

Table 5.4.5 Trend of Energy Intensity

	Unit	1992	1993	1994	1995	1996
Consumption						
Coal	GJ	22,620	30,450	29,580	38,396	38,367
Electricity	GJ	9,056	14,512	18,933	21,927	17,528
Intensity						
Coal	MJ/t-product	3,986	4,954	2,849	3,293	2,790
Electricity	MJ/t-product	1,596	2,361	1,824	1,880	1,275
Total	MJ/t-product	5,582	7,315	4,673	5,173	4,065

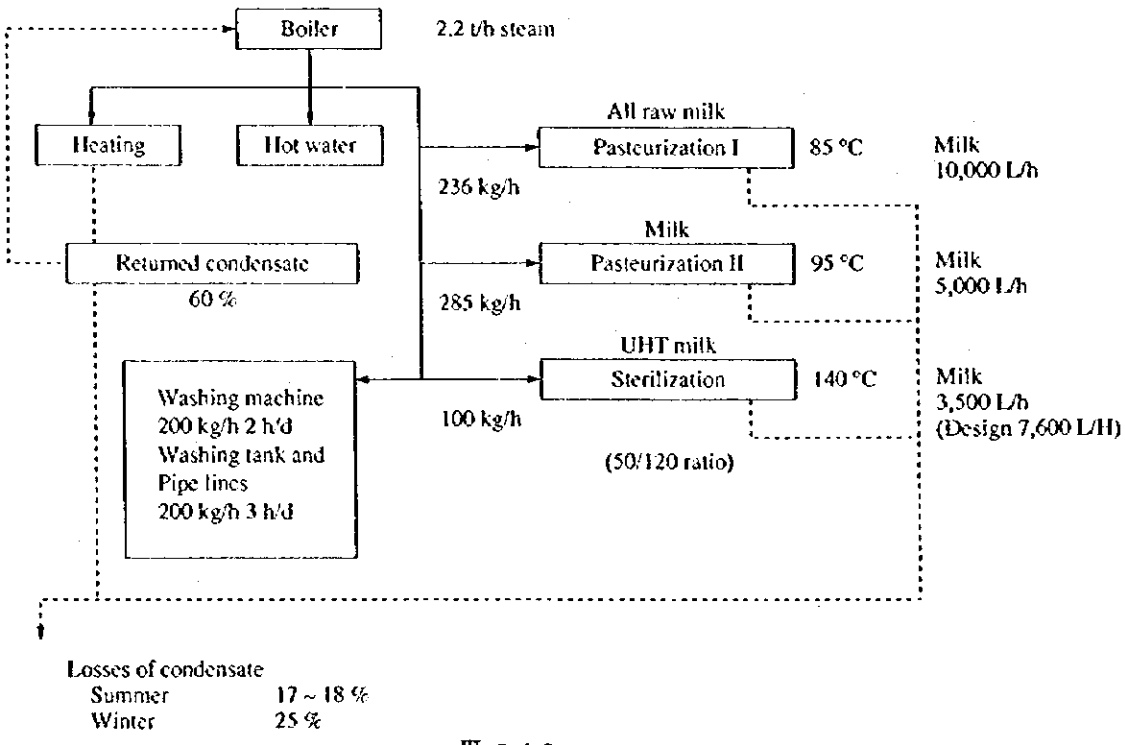
Figure 5.4.4 Trend of Production and Total Energy Intensity



1993 年以降の経過を見ると、生産量が順調に伸びており、石炭および電力の原単位が共に下ってきている。

(4) エネルギーフロー

Figure 5.4.5 Steam Balance



5.4.3 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

当工場は石炭を多く使用し、省エネルギーの余地があるが、具体的な目標値が設定されていない。データを把握した上で目標設定が必要である。

b. 省エネルギー推進に当たっての問題点

指導を進めたいと考えているが、教育に当たる技術者が不足している。計測器が不足している。品質管理のレベルは高いようである。

(2) 組織的な活動

a. 省エネルギー専従部署の設置

省エネルギー専従部署はない。情報をもっと集め省エネルギー技術を学ぶべきである。

b. 省エネルギー委員会の設置

省エネルギー推進のための委員会はない。省エネルギーを進めるため数名のスタッフを指名する必要がある。

c. 経営者のスタンス

経営者の経費節減に対する意欲が見られる。農協組織下の工場の実態をよく理解しており、工場間で援助し合って生産の向上、操業設備の改善等実施して行きたいとの積極的意欲が感じられた。

(3) データに基づく管理

a. エネルギー使用量の把握

生産統計や原材料の台帳はよく整備されている。エネルギー使用量は、購入量から把握できる。

b. 主要な設備毎のエネルギー使用量の把握

製品別にエネルギー原単位は管理されていない。毎日の石炭の使用量、給水量等についても資料がないので、設備毎のエネルギー使用量を精度よく把握できていない。

c. 計測器の設置

主要設備の蒸気他、流量、温度等を計測すべきであり、エネルギー使用量を正確に把握すべきである。それにより省エネルギーの具体策の精度が高められる。今後設置が必要である。

(4) 従業員の教育

省エネルギーはコストダウンになること、公害防止にも役立つことを認識すべきであり、教育が進んでいないようである。

(5) 設備管理

設備管理は比較的よい方である。工場敷地も広すぎることはなく、補修作業もよく行われており衛生的である。新機種の採用に熱心である。テトラパック施設の増強、チラーの改善に取組みたいとのことである。

5.4.4 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

Obrzanska のエネルギー原単位を Excellent factory と比較した結果を Table 5.4.6 に示す。

Obrzanska が立地する地域の気温は Excellent factory のそれに比べて年間平均5℃低い。また、Excellent factory の工場規模は年間生産量で Obrzanska 社の 4.5 倍であり、牛乳(80%)のほか飲料、クリーム、デザート等を生産している。

また、Excellent factory では水の循環再利用を行っている。

Table 5.4.6 Comparison of Energy Intensity

	Unit	Obrzanska	Excellent Factory	Difference
Coal	kg/t	96.2	80	-
	MJ/t	2,790	2,320	470
Electricity	kWh/t	124	110	-
	MJ/t	1,272	1,128	144
Total	MJ/t	4,062	3,448	614

価格については、ミルク 1.45PLN/L、バター 6.25PLN/kg であり日本より安いが、電力単価他が安いことによる。

（参考）Energy cost ratio to production cost

	Japan	Obrzanska
Fuel	0.50%	1.65%
Electricity	1.00	1.10
Total	1.50	2.75

(2) 省エネルギーポテンシャルの推定

(2)-1 外部要因による差

Obrzanska、Excellent factory とも主製品は牛乳、クリームであり、原料、製品の差によるエネルギー原単位の差はない。

立地場所の違いによる外気温の影響があるが、Obrzanska は冬期の暖房を事務所ビルのみに行っているため、暖房によるエネルギー原単位差は殆どないと推測する。

受入原料乳の細菌数はいずれも 10^4pcs/mL 台で差はなく、殺菌条件にも差はない。また、ボイラ燃料として Obrzanska は石炭、Excellent factory は Natural gas を使用しているので、熱量による比較をした。

Obrzanska の場合 Table 5.4.7 に示すとおり夏期は電力使用量が増え石炭使用量が減り、冬期は石炭使用量が増え電力使用量が減る。水の使用量については、ばらつきは大きいが電力使用量に見合い夏場に多くなっている。

Table 5.4.7 Monthly Energy Consumption

	Electricity (kWh)	Coal (t)	Water (m^3)
May 1996	87,699	90.0	7,009
June	98,699	77.5	7,423
July	111,458	87.5	8,658
August 1996	83,369	93.0	8,137
September	93,626	90.0	7,406
October	89,151	95.5	8,287
November	92,124	96.0	6,328
December	74,966	145.0	8,154
January 1997	103,099	124.0	6,232
February	90,154	99.7	6,796
March	72,710	84.3	6,590
April	105,207	102.3	8,237
May 1997	93,326	69.4	7,349
June	99,123	62.3	8,590
July	111,924	70.6	9,814

(2)-2 技術的要因による差

省エネルギーのステップは、下記のように3つに分類する。

第1ステップ：管理強化によるもの

第2ステップ：設備改善によるもの

第3ステップ：プロセス改善によるもの

a. プロセス

1) 殺菌装置の運転管理

市販乳の殺菌条件は牛乳中の細菌数を極力少なくするいう観点から UHT 法(超高温短時間殺菌法 120－135℃ 2秒)の採用が一般的であり、実績を築いてきた。しかし、近年酪農家の牛乳管理が向上し、生乳中の細菌数が極端に減少したことやチルドチャンネルが充実してきたため、自然食品嗜好の消費者用として HTST 法(高温度短時間殺菌法 72℃ 15 秒)や LTLT 法（63℃ 30分）により処理された市販乳製品が登場してきている。

Obrzanska のミルクの生産では UHT Milk の生産は次のとおり伸びている。

	ミルク生産量（ ）内は UHT 処理量、生産量中内数
1995 年	11,136t (551t 5%)
1996 年	12,960t (2,322t 18%)
1997 年前半	8,739t (2,577t 29%)

設備能力を見ると 1,000L/h の原料乳を、HTST milk 5,000L/h、UHT milk 4,600L/h に設計されているが包装能力にネックがある。UTH 法と HTST 法の設定温度を 135℃と 72℃に低下させると、スチーム消費量を低減させることができる。

温度設定条件を基準に合わせられるよう 10^5pcs/mL 以下に厳密に管理を進めることが必要である。

Table 5.3.8 に殺菌工程におけるスチーム消費量の比較を示す。

Table 5.4.8 Comparison of Steam Consumption in Pasteurization Process

Unit	Pasteurization Temperature (°C)	Steam Consumption (kg/h)	Pasteurization Temperature (°C)	Steam Consumption (kg/h)
	Obrzanska		Excellent Factory	
HTST				
All raw milk	85	236		
2nd step	95	285		
Average	90	260	72	206*
	(4 → 90 °C)		(4 → 72 °C)	(21 % reduction)
	Δ86		Δ68	
UHT milk	140	100	135	96**
	(4 → 140 °C)		(4 → 135 °C)	(4 % reduction)
	Δ136		Δ131	

*: 260 × (68/86) = 206 kg/h

**: 100 × (131/136) = 96 kg/h

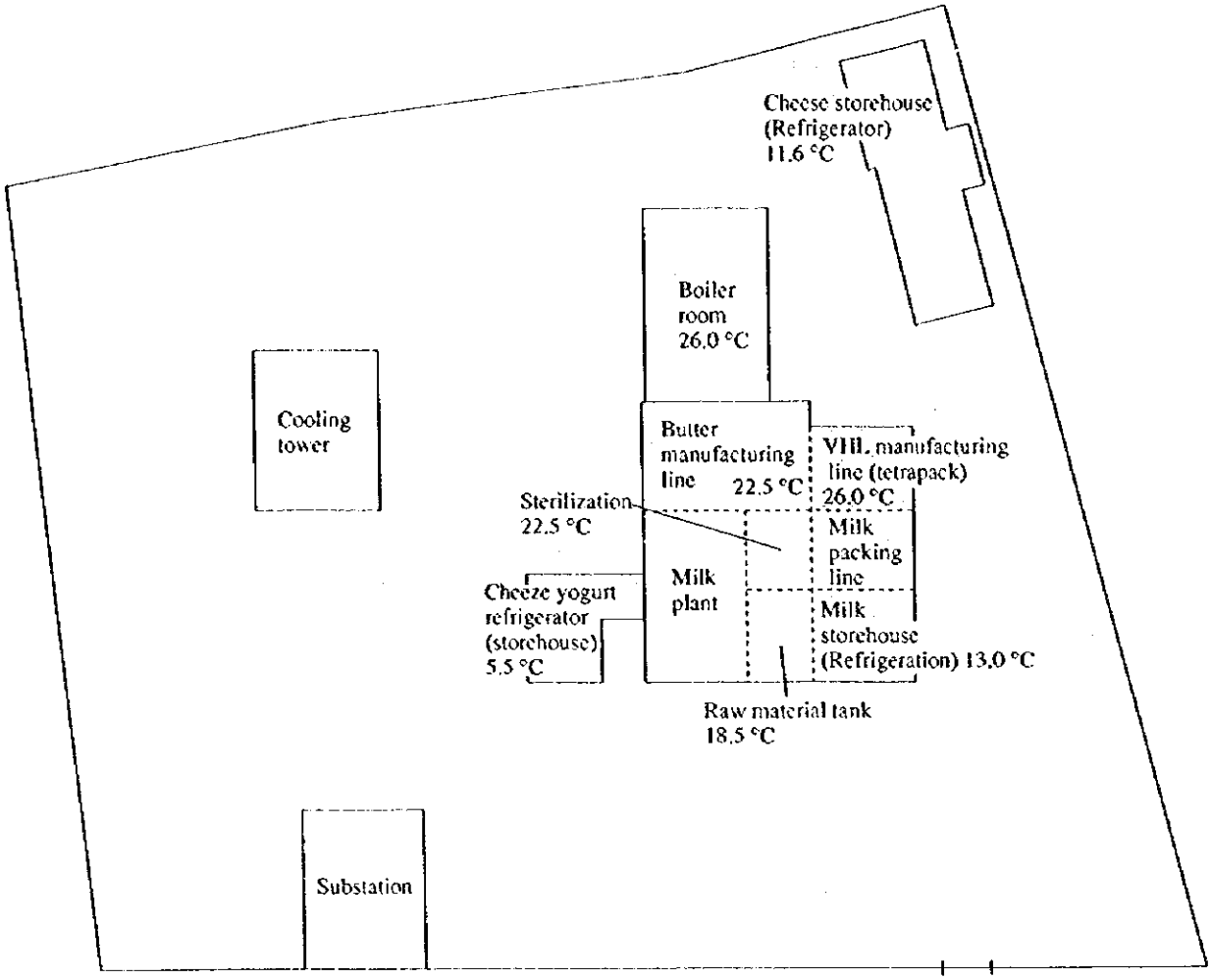
(0.236＋0.285) ×0.21 + 0.100×0.04＝0.11t/h となり、2.2t/h のスチーム使用量の 5%が節約できる。

低減燃料原単位 2,790MJ/t×0.05＝139MJ/t (1,911GJ/y)

2) 室温管理

Figure 5.4.6 に建屋内の室温分布を示す。

Figure 5.4.6 Room Temperature Distribution



チーズ倉庫は 11.6℃で管理されている。ヨーグルトの保管は組合の共同倉庫に移管する計画がある。現在一部のチーズとヨーグルトを工場内の同じ倉庫に保管しているが、5.5℃で温度管理しているのでチーズとしては過冷却である。

ミルク倉庫入口の 13℃は適温と考えられる。ミルク倉庫の入口はカーテンが下げられており、外気の侵入を防いでおり良いことである。

ミルクプラント入口に個別の独立クーラーがあり、効率がよい。

冷房は、集中冷房と個別設置があるが、寒冷地では個別設置の方が冬期の不用時に重点的に止めることができ、負荷をコントロールしやすい場合がある。

ミルク倉庫のラジエーターは8ヶ所あるが、夏期でも4ヶ所が稼動しているだけであるので、冬期は止めることもできると考えられる。

チーズ倉庫温度の11.6℃を基準とし、チーズ・ヨーグルト倉庫の過冷を適温にすることによるエネルギー原単位の低減量は、11.6－5.5=6.1℃に相当する。電力消費量を2kWhと見ると、

2kW×4か月×30日×24時間=5,760kWh

10.258MJ×5,760 = 59GJ/y

59GJ/y / 13,751t = 4.29MJ/t

1,272MJ/tに対して0.3%の電力の省エネルギーとなる。

低減電力原単位　4.29MJ/t (0.418kWh/t) (5.7MWh/y)

3) 冷凍機の運転管理

電力の50%は冷凍機で使用されている。これに空調、冷水等のポンプ類、送風機類が10%程度相当稼動しているものと推測される。Excellent factoryでは、総合管理を行い気温、温度管理に対して冬期に冷凍機を止める他、無菌フィルターを用いて外気利用を行っている。これらは組織的、計画的な省エネルギー活動によって達成されている。

本改善をObrzanskaに適用したことを前提に省エネルギー効果を算定すると以下のとおりとなる。なお、冬期に無菌フィルターを使用し外気を利用することによる低減エネルギー原単位は冬期4ヶ月間に限定し、冷凍機電力50%のうち20%を削減できるものとすると、

1,272MJ/t-product×0.5×0.2×4 / 12=42MJ/t-product (4.1kWh/t)

(56MWh/y)

4) 空倉庫の活用

共同倉庫の完成により、自工場は空倉庫を生産のために転用することが考えられる。

この倉庫の利用には、ポーランドで需要が伸びている醗酵乳 (ヨーグルト)

の生産設備設置や、調合コーヒー牛乳の試験研究所設置等の案が考えられる。

5) 牛乳の改良について

最近牛乳中の乳糖を分解できる酵素が発見されている。酵母ではないので乳糖のみの分解が可能となり日本では一部の製品に利用されはじめている。牛乳 1,000mL に対し、0.2～0.4g の添加で機能が発揮されるので、試験の上製品化の検討を進めるとよい。

6) 能力の向上について

能力を上げることによって、暖房等の固定エネルギー使用比率が下がりエネルギー原単位に効果が現れる。新製品の開発を含めた生産能力の向上が省エネルギーにとって大切な条件となる。

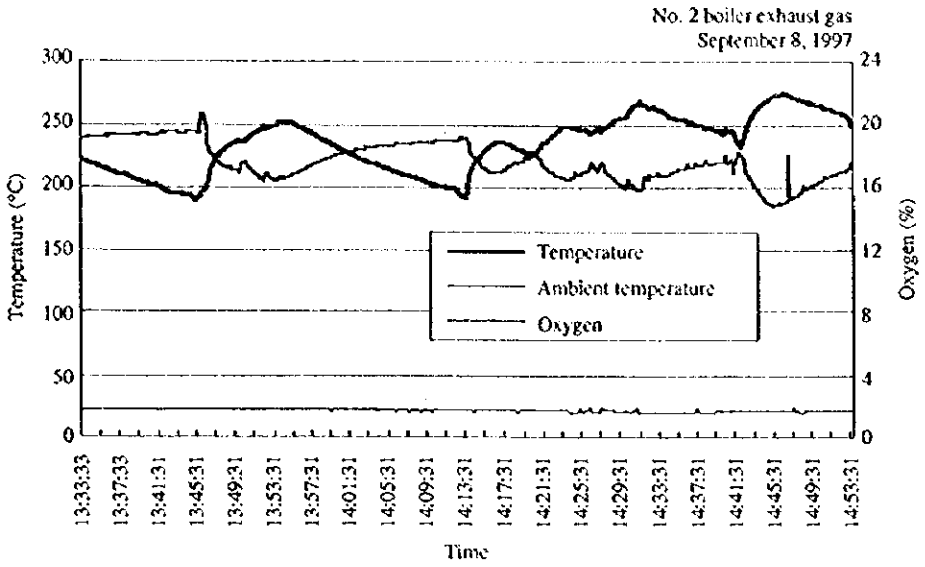
共同組織体の研究開発についても整備を進めるとよい。

b. ユーティリティー（熱利用設備）

1) ボイラの空気比改善

この工場には製造プロセスおよび暖房用にボイラーが 2 基設置されており使用されている。運転中の 2 号ボイラーの排ガスについて、屋外の煙突下の地下煙道で計測を実施した。Figure 5.4.7 にその結果を示す。

Figure 5.4.7 Boiler (No. 2) Exhaust Gas Measurement



このボイラーはTable 5.4.9に示すように、石炭手焚きのボイラーであって、排ガス酸素は高いレベルにある。Figure5.4.7の排ガス酸素の測定値の平均値から、燃焼の計算をするとTable 5.4.9のように空気比は6である。即ち理論燃焼の空気量の6倍もの空気がボイラーに導入されている。

Table 5.4.9 Air Ratio Obtained by Exhaust Gas Measurement

Preconditions

Coal	
Net heat value (kJ/kg)	29,711
Net heat value (kcal/kg)	7,098
Ash content	5.70 %
Water content	6.00 %
Combustion air temperature	22.2
Exhaust gas temperature	233.8

Note: Measurement was conducted at the flue in front of the smoke stack.

Calculation Result

	Theoretical Combustion	Current AR Condition	After AR Improvement
Exhaust gas oxygen	0.0 %	17.6 %	14.8 %
Air ratio	1.00	6.04	3.34
Air flow rate (m^3/kg)	7.3	43.9	24.3
Exhaust gas volume (m^3/kg)	7.7	44.3	24.7
Exhaust gas heat loss rate (to combustion heat)		42.4 %	23.9 %
Fuel reduction rate			24.3 %

Note: The oxygen content after air ratio improvement indicates the minimum of the measured O_2 values.

いま測定値のうちの最小の排ガス酸素濃度 14.8%(空気比で 3.3 に相当)にまで空気を調整したとすると、試算では Table 5.4.9 に示すように燃料は24%低減される。(夏期のみ)

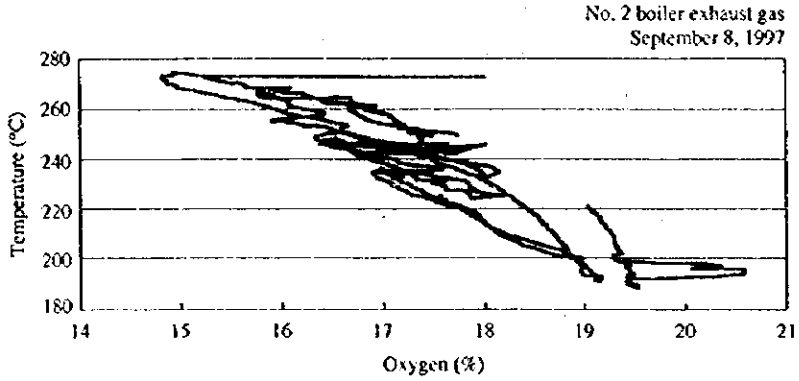
夏期の石炭使用量は、年間使用量の20%である。

したがって、エネルギー原単位低減量は下記のとおりとなる。

1,323t×0.2×0.24×29GJ/t / 13,751=0.134GJ/t (1,842GJ/y)

先の Figure 5.4.7 において、排ガス酸素と排ガス温度は逆相関のように見える。両者の相関関係を次の Figure 5.4.8 に示す。石炭を投入した直後には燃焼は活発となり、排ガス酸素は低下する。しかし、投入後の時間の経過とともに燃焼量は低下し、空気過剰となるため排ガス酸素は上昇する。これは結果的に過剰な冷空気の供給を実施したことになり排ガス温度は低下する。したがって、空気量を石炭燃焼の進行に伴って調整することが必要である。

Figure 5.4.8 No. 2 Boiler Exhaust Gas



なお、この計算に用いた石炭の成分は Table 5.4.10 のとおりである。

Table 5.4.10 Boiler Coal Composition

C	H	O	N	S	Water Content	Ash Content
81.5 %	4.9 %	11.4 %	1.3 %	1.1 %	6.0 %	5.7 %

また、Table 5.4.11 にこのボイラーの概要を示す。

Table 5.4.11 Steam Boiler

No. of units	2
Year of installation	No. 1: 1986, No. 2: 1928
Type	Lancasha type (2 flues/boiler)
Maker	Fakop, Sosnowiec (Poland), Model P-100/12
Pressure and temperature	1.2 MPa, 191 °C (Saturated)
Evaporation amount, Heating area	2.2 t/h, Boiler water storage: 28.9 m^3, Heat area: 100 m^2
Fuel, combustion system	Coal (29,000 kJ/kg), Manual firing (2 charging hole/boiler)
Air flow	Natural drafting during operation; power-actuated FDF is available for starting the cold boiler.
Feedwater treatment equipment	Softener used together for processing, to supply soft water and cold water
Dust collector	Not available
Operating hours	Always one boiler operating, 16 h/d

2) 断熱の強化

この工場では、ボイラー室や製造プロセス室の蒸気弁に保温が施工されていない。工場診断結果を基に弁の設置数を想定して、蒸気弁からの放熱損失を求めて Table 5.4.12 に示す。

Table 5.4.12 Calculation of Heat Radiation

Installation Place	Environmental Temperature (°C)	Surface Temperature (°C)	Nominal Diameter (mm)	Equivalent Length (m)	Assumed No. of Units Installed	Heat Loss (kcal/h)
Header in the boiler room	27.9	170.0	200	3	1	4,345
Steam valve in the boiler	27.9	170.0	50	1.28	10	5,185
Steam valve in the boiler	27.9	170.0	80	1.56	2	1,861
Steam valve in the boiler	27.9	170.0	100	1.58	4	4,837
Steam valve in the factory	27.9	170.0	50	1.74	20	9,060
Steam valve in the factory	26.0	170.0	25	1.21	50	8,852
Total						34,141

蒸気弁に保温を施せば放熱量は約 10%にまで減少する。本工場では製品製造プロセスで多量の冷却用冷水も使用している。

プロセス用の冷水管や冷水水槽も同様に断熱が必要であり、温度上昇を防止すべきである。しかし冷水は大気温度との温度差が小さいので、吸熱量は蒸気よりも小さい。

したがって、本項では蒸気バルブ保温による放熱損失低減効果のみを算出し下記に示す。

運転時間　　：5,840h/y in 1995

蒸気節約　　：34,141×4.1868×0.9×5,840 / 1,000,000=751GJ/y

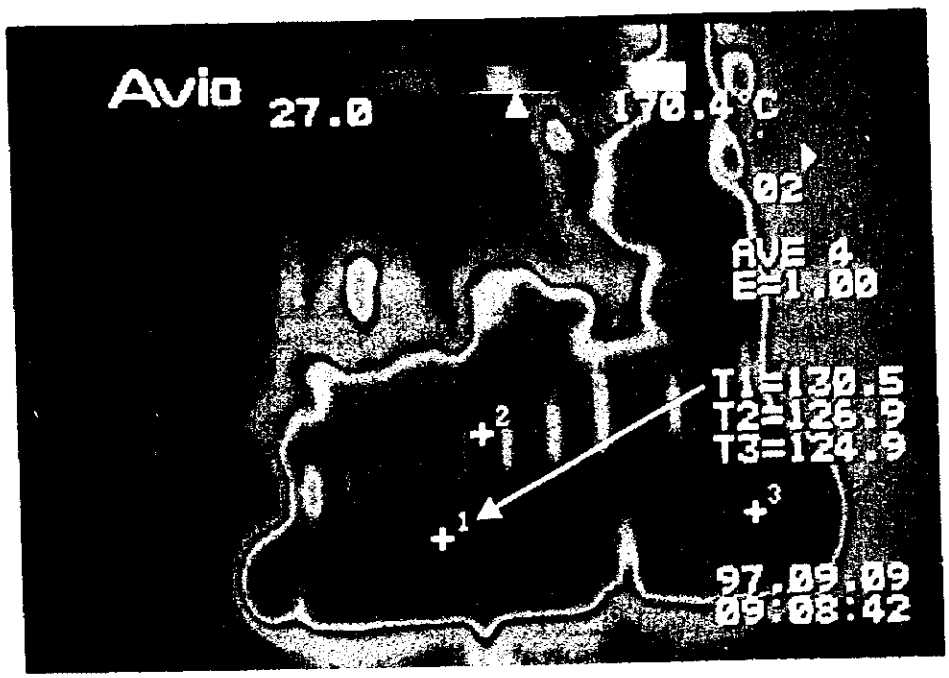
ボイラ効率を75%とすると、

燃料節約量　　：751 / 0.75=1,000GJ/y

3) 保温されていない弁の熱画像

赤外線熱画像装置を用いて保温されていない高温部を撮影することにより、非保温部の高温状態を画像の色として可視的に表現できる。Figure 5.4.9に参考までにボイラー室の蒸気ヘッダー部の赤外線熱画像例を示す。

Figure 5.4.9　Infrared Thermal Image of the Steam Header



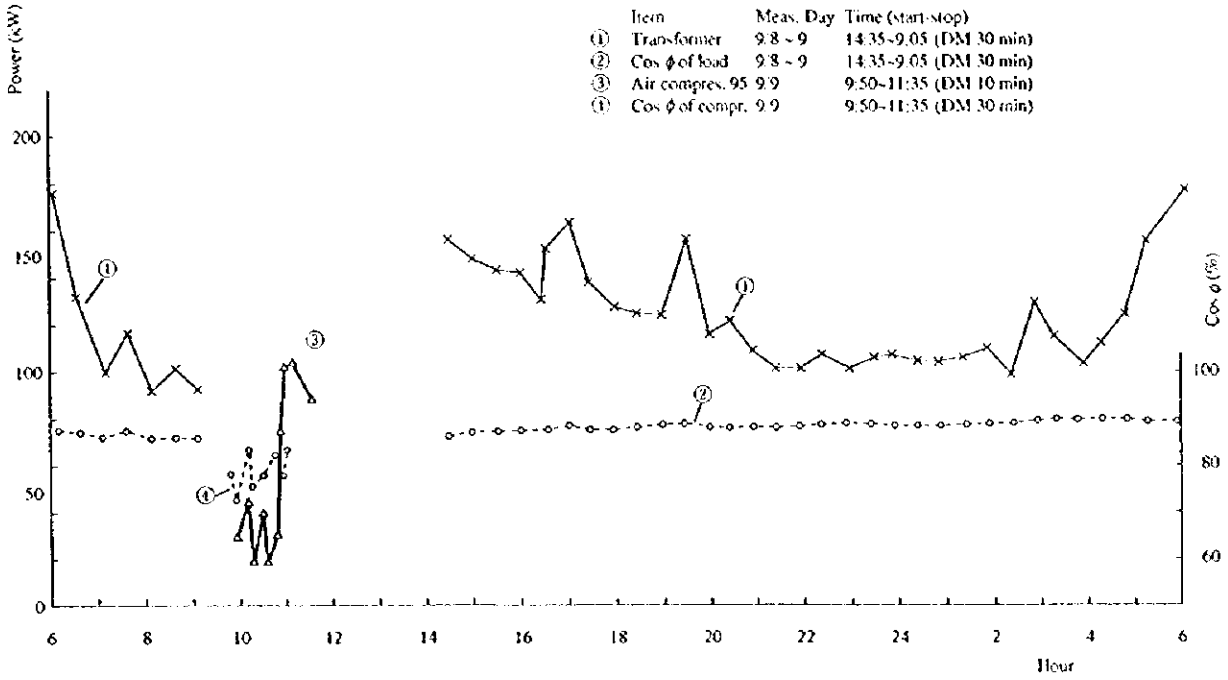
c. ユーティリティ（電気利用設備）

1) ピーク電力の抑制

受電電力を連続測定した結果、力率は85%でよい（Figure 5.4.10参照）が、使用電力にピークが発生している（9月8日16時と9月9日5時30分頃

に使用電力の 1.4～1.6 倍のピーク電力が発生)。時間的に勤務の交替時間に関係していると考えられる。なお、本測定時冷凍機の使用電力は全体の80%を占めていた。

Figure 5.4.10　Operation Record of Electricity Power Consumption



対策：

作業の始業時間をずらす等してピークを抑える。

効果：

この効果はデマンドの抑制になり電力費用の低減になる。したがって、これらの時間差始動が重要である。

1996 年の平均使用電力は約 200kW (= 1,079MWh/5,840h)から、最大需要電力は 260kW 以下と推定される。したがって、現在の契約(318kW)は 18kW 以上低減ができ、年間に約 5,856PLN の節減になるものと想定される。

(= 18kW×(0.0901+17.0235)PLN/kW×12 月)

契約電力量低減：18kW

2) エアコンプレッサの省エネルギー

現状のエアコンプレッサは使用率（稼働時間(on load)／全運転時間）が約30%程度と低い。UN LOADの一定時間後は停止するよう管理されているが、停止までの時間に電力の損失を招く。本工場の場合UN LOAD時間中に約10kWの電力が消費されている。
なお、現状の稼働状況では土、日曜日には、制御用、操作用の負荷が少なくなるため、コンプレッサの使用率はさらに低下すると推定される。そこで次の対策を推奨する。

対策：

① 少量負荷に見合う小型コンプレッサを設置して、土、日曜日および作業終了後の軽負荷時に使う。

② その他、エアの減圧弁は極力使用機器近傍に設置する。コンプレッサー吐出空気圧力を低くするため、配管の圧力損失を極力少なくする。更に、エア漏れの有無を定期的にチェッし、エア漏れは速やかに防止止する。

効果：

小容量機を使用すると機械の使用率が向上するため、機械の無駄な運転が減る。また、使用電力も少なくなり損失が減る。
エア漏れ防止対策、エア圧力の低減は省電力につながる。

3) アンモニア冷凍設備の省エネルギー

この冷凍設備はコンプレッサー、冷却塔、冷水送りポンプ、冷却水撹拌ポンプから構成される。このプロセスに使う電力は電力使用量全体の約50%以上を占める。現状は作業者の感によって設備を運転しているので、過冷却、不用なポンプの運転等無駄が発生しているものと想定される。よって、次の対策が重要である。

対策：

冷却水の温度をセンサで図り、温度の管理限界を決めこれを外れた場合は警報を発してバルブ操作等により調整するようにする。できれば自動操作にするとよい。

効果：

人の感に頼る操業の場合は、一般に無駄なエネルギー消費が発生する。上記対策によりこの無駄が削減されると考えられるが、現状では定量化はできない。

(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 5.4.13 に示す。

Table 5.4.13 Emission Improvement by Energy Conservation Measures

Measures	Reduction, ton/year			
	CO2	SO2	NO2	Dust
Step 0				
Step 1	354	2.5	0.7	0.5
Step 2	95	0.7	0.2	0.1
Step 3				
Step 1-3	449	3.2	0.8	0.7

Reduction includes emission from fuel and electricity.

またポーランドでは、汚染物質の排出者は排出料金 (fee) を支払う制度があるので、省エネルギーによって排出料金が低減される。排出料金の単価は、汚染物質別に定められている。またある量を超えた排出量に対しては課徴金 (charge) が課せられる。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 5.4.14 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 5.4.14 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	29	1.1	30	0	0.00	0.00
Step 2	16	0.3	16	80	5.05	5.15
Step 3						
Step 1-3	45	1.4	46	80	1.73	1.79

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

この Table 5.4.14 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、石炭ボイラーから蒸気を供給しており、蒸気を低減する省エネルギーは石炭の使用量を減じる。石炭は汚染排出量がガス燃料に比して多いので、単位熱量当たりの排出料金も大きくなる。排出料金の燃料コストに対する比率は、Step 1 で 3%、 Step 2 で 2.1%である。この排出料金の低減が投資回収年数を少しだけ改善している。

(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 5.4.15 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 5.4.11 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 5.4.12 に示す。

Table 5.4.15 Summary of Energy Conservation Potential

Coal: 170PLN/t (29 GJ/t) Electricity: 0.172 PLN/kWh 1PLN=30yen

Item	Energy Conservation Potential							Investment	Payback period
	Fuel			Electricity			Total		
	GJ/y	10^3 PLN/y	%	MWh/y	10^3 PLN/y	%	10^3 PLN/y	10^3 PLN	year
第1ステップ									
1 殺菌装置運転管理	1,911	11	5.0				11	0	0.0
2 室温管理				6	1	0.4	1	0	0.0
3 ボイラ空気比改善	1,842	11	4.8				11	0	0.0
4 ピーク電力抑制				18 kW	6		6	0	0.0
小計	3,753	22	9.8	6	7	0.4	29	0	0.0
第2ステップ									
5 冷凍機運転管理				56	10	3.3	10	51	5.3
6 蒸気弁保温	1,000	6	2.6				6	29	4.9
小計	1,000	6	2.6	56	10	3.3	15	80	5.2
合計	4,753	28	12.4	62	17	3.63	45	80	1.8

1996年 燃料消費量：38,367 GJ/y
電力消費量： 1,709 MWh/y (17,528 GJ/y)
Total： 55,895 GJ/y

Figure 5.4.11 Obrzanska Energy Conservation Potential

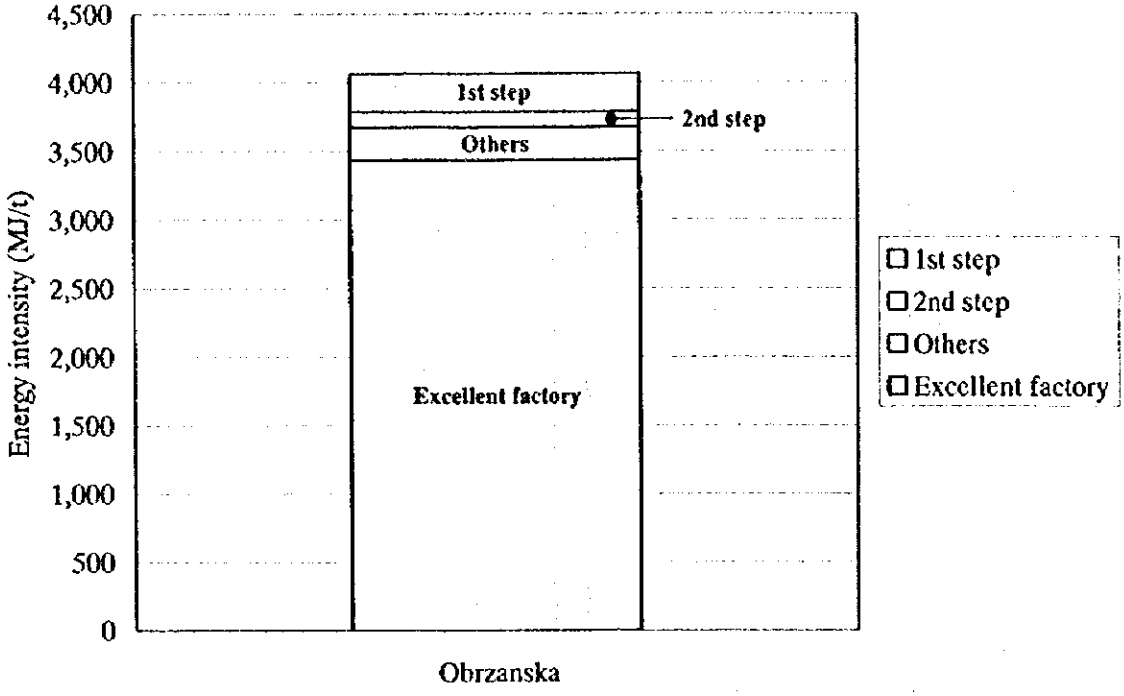
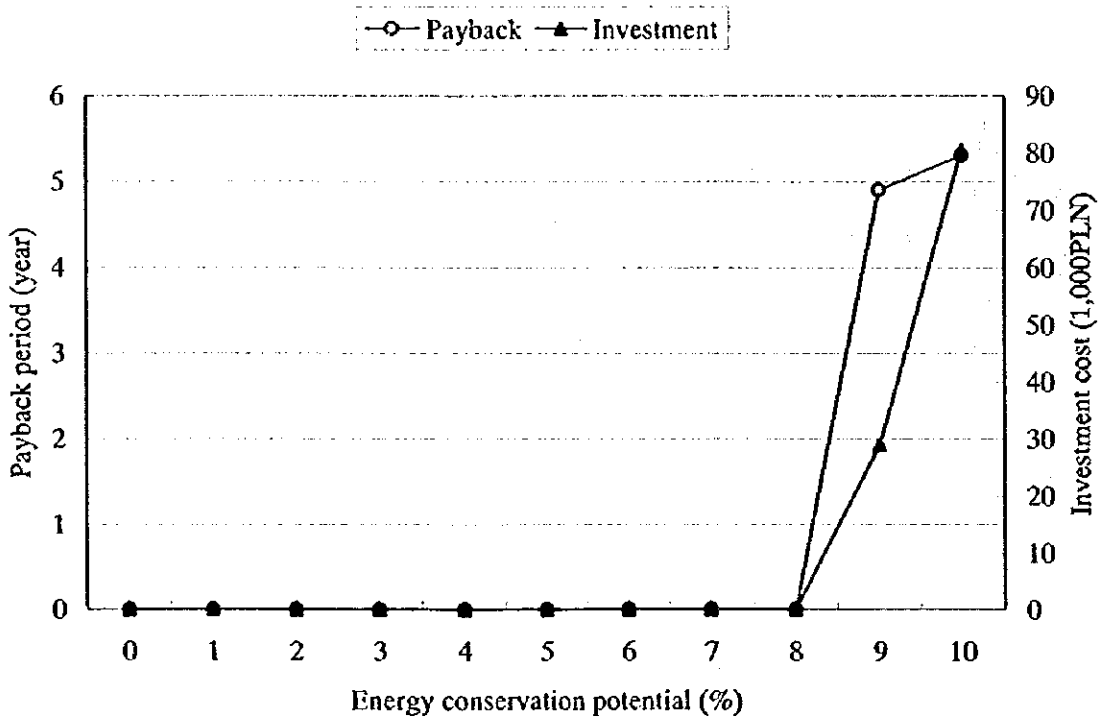


Figure 5.4.12 Obrzanska Energy Conservation Potential



5.5 Przetworstwa Mleka, MLECZ工場の調査結果

(1) 調査期間　　1998年9月22～30日

(2) 調査員

a. JICAチーム

竹村　洋三	：団長
福島　演雄	：総括、熱管理技術
本多　四郎	：プロセス管理技術
小西　二郎	：熱管理技術
三宅　正志	：熱管理技術
杉本　利夫	：電気管理技術
小山田 明弘	：測定技術

b. KAPE

Mr. Ryszard Wnuk:	JICA Project Manager

c. Local consultant: WUT

Mr. Maciey Chorzelski:	Heat management
Mr. Pawet Skowronski:	Heat management
Mr. Kozyszotf Duszczyr:	Electricity management

(3) 面接者

Mr. Janusz Pawliczak:	President
Mr. Benon Katafiasz:	Vice President
Mr. Marec Nozny:	Chief of Boiler
Mr. Jan Wozny:	Chief of Production
Mr. Mieczyztaw J. Acewice:	Chief of Milk Powder Department
Mr. Krzyntof Sobieszcryk:	Chief of Mechanic

5.5.1 工場の概要

(1) 工場名	Zakład Przetworstwa Mleka, MLECZ	
(2) 工場所在地	64-200 Wolsztyn, ul. Zeromoskiego 16	
(3) 従業員数	155名 内製造部門 144名	
(4) 主要製品	牛乳、粉乳、バター、チーズ	
(5) 生産能力	生牛乳受入能力	550kL/d 200,000kL/y 206,000t/y (比重 1.03)
	牛乳生産能力	250 kL/d (原乳換算)
	粉乳生産能力	300kL/d (原乳換算) 37,080 t/y (製品)
	バター生産能力	2,000kg/h

(6) プロセス概要

原料生牛乳はタンクローリーで受入れる。工場は味覚の優れた牛乳製品を製造するための UHT 殺菌 (132℃、2~3 秒) に依らず、HTST (高温殺菌 86℃、36 秒) 方式を採用している。そのため原料生牛乳の受入れ規制を設けバクテリア数は 100,000 pcs/mL 以下としている。65 の供給者から輸送されてくる。受入量は計量され、チルド水を循環して、低温を保ち受入タンクを経て、殺菌工程に送る。バクテリア数が 20,000pcs /mL 以下に殺菌された牛乳は遠心分離器で脱脂され、バターミルク用、チーズ粗材や粉乳製造用のラインに分けられ、それぞれの流量が計測されている。市販向けの牛乳は、脱脂牛乳、全乳等の製品となり包装される。小売の牛乳はナイロンパックに包装され、大口需要用には容器が大きくなる。製品タンクも冷却水を循環して品質を保持している。

1988 年創業時にデンマークのプラントが導入され、2 系列の 4 重濃縮缶が採用されている。本濃縮缶で約 50%に濃縮された中間製品は、2 系列の粉霧ドライヤー (Spray dryer) で処理され脂肪分が 1 から 2%の脱脂粉乳と脂肪分が 26%のファット粉乳が生産されている。4 重濃縮缶には 0.3MPa の蒸気が導入されス

チームエジェクタ方式により真空度 0.09MPa を維持、低温での水分蒸発を促進している。粉霧ドライヤーには 1.3 MPa のスチームが導入され熱交換器で空気と熱交換することで 170℃の乾燥用熱風を得、濃縮牛乳を粉乳としている。粉乳は 30℃以下に保たれ貯蔵タンクに保管され、出荷条件に従い包装出荷される。包装形態は 0.5kg/袋ナイロン包装、25kg 袋詰、800kg 袋詰で自動包装される。

バターマシンは一系列。パルメットチーズは、オープン型のバットで 24 時間内でつくる本工場独自のもので、近く自動機 1 基を 2 基に増設して、手作業の攪拌を止める準備を進めている。衛生管理上各工程は 1 日 1 回 CIP 洗浄 (集中、化学洗浄方式) を行なっている。アイスクリームは別会社で製造している。製造工場は、市乳工場と粉乳工場の独立した 2 つの建物で構成されている。市乳工場では牛乳、バター、チーズ様の製品を作り 、粉乳工場では、原料乳受け入れと粉乳生産を行っている 。排水は別会社の活性汚泥法で処理されており、MLECZ は処理費を支払っている。

ボイラは工場から 500m の遠い位置に設置され工場に蒸気を供給すると共に、蒸気の一部は市の暖房用に供給されている。メインプロセスを Figure 5.5.1 に示した。Figure 5.5.2 に牛乳の殺菌行程図を示した。

Figure 5.5.1 Process Flow

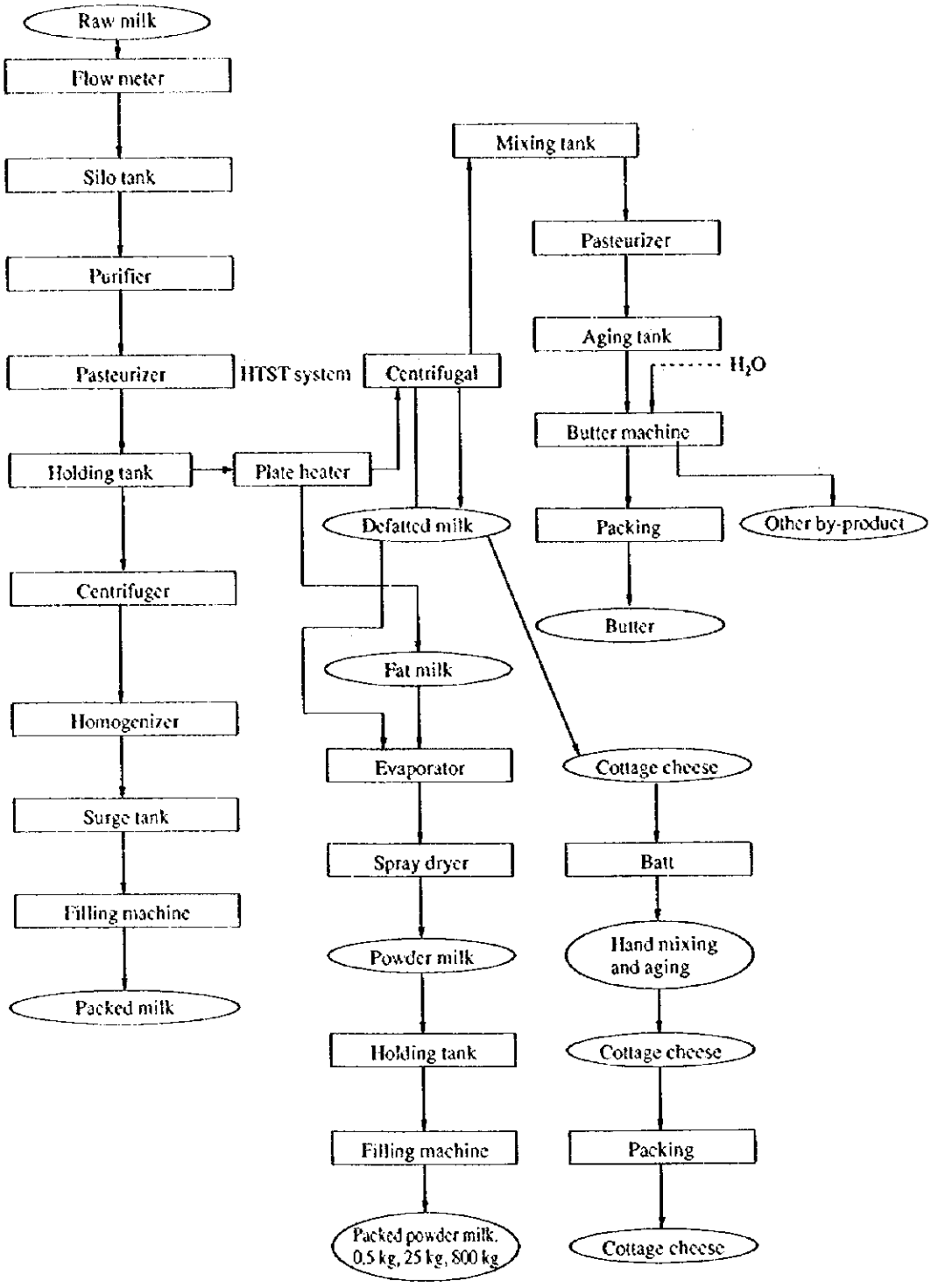
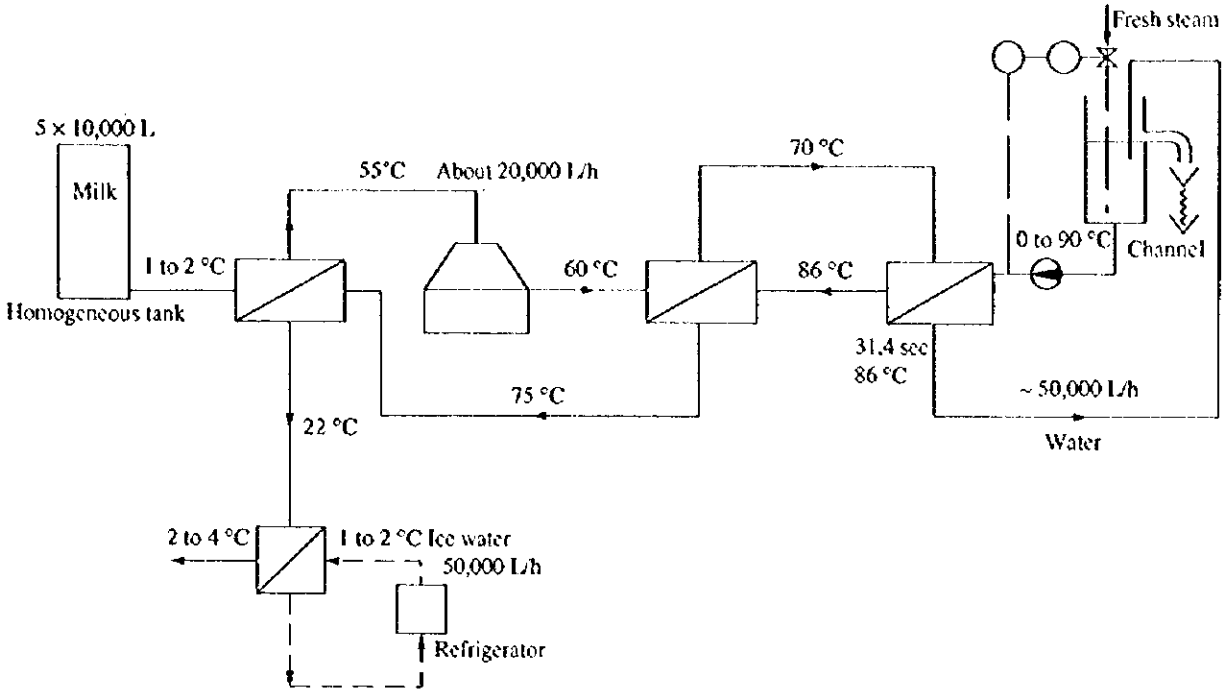


Figure 5.5.2 Pasteurization Flow of Milk



(7) 工場の沿革

1978 年： 酪農協同組合の要請で建設委員会がスタート。

1988 年： 原料乳 550kL/日で建設され、操業開始。

1993 年： 新組織となり、現在有限会社で株主は LACPOL 社が 99%のシェアを有する。

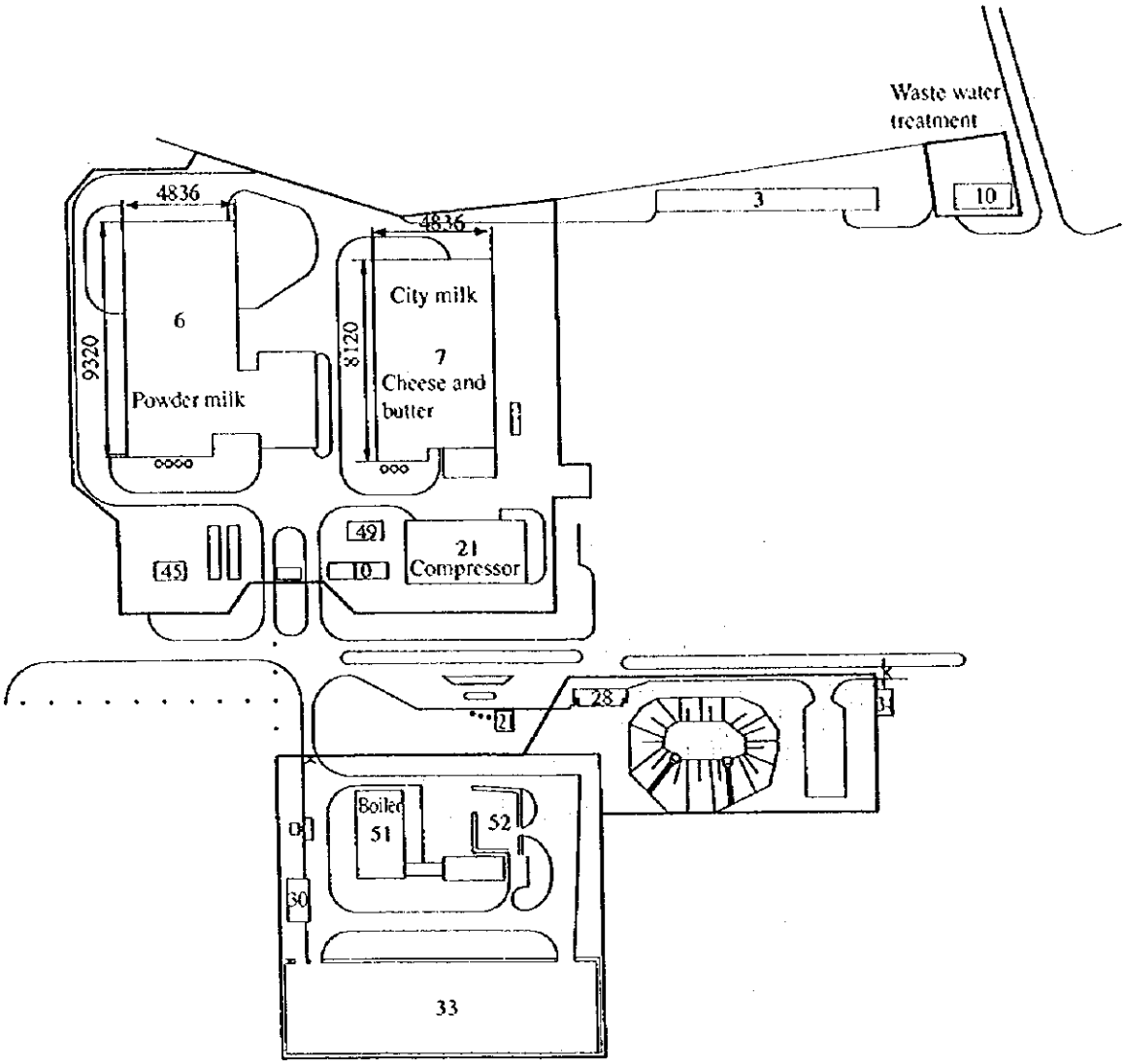
牛乳受入能力 200,000kL/y であるが、現在 200kL/d (70,000kL/y) の操業であり、ソ連の解体後は需要が伸びず、現在は 36%の稼動率に落ちている。ポーランド市場では、親会社の LACPOL 社は酪農会社では業界第 3 位の会社である。

年間 20,000t の生産のうち 50%は市乳で、22%は粉乳をつくり、残りは市乳工場でバター、チーズ様乳製品 (コテージ) 等を生産している。 (Table 5.5.3 参照) ISO-9000 取得およびハサップ (Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP) 導入に熱心であるが、粉乳工場のスクリーン吸気方式が悪く製品は EU の衛生規格 に達せず EU への輸出に至っていない。国内シェア 1～2%、南米やエジプトには粉乳を輸出している。

国営農場の解体により、近距離からの原料乳の確保が困難になっている。

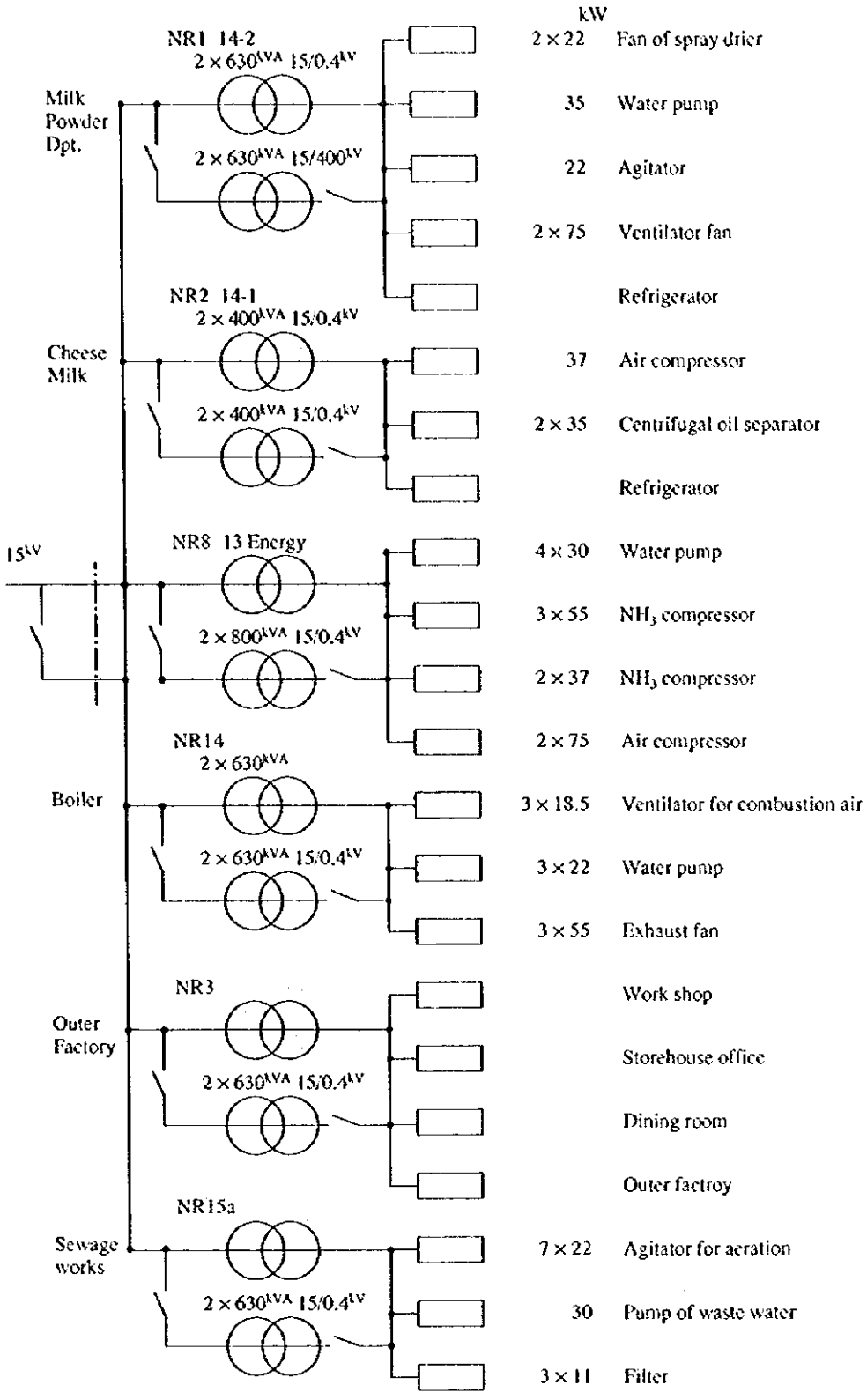
(8) 工場配置図

Figure 5.5.3 Plant Layout



(9) 電力単線結線図

Figure 5.5.4 One Line Diagram



(10) 主要設備の概要

Table 5.5.1 Major Equipment

	Number	Specificaition	Maker	
Milk receiving process				
Raw milk receiving tank	6	5,000 L × 3 × 2	Lubolsico Folrylae Wog	made in Poland
Pasteurizer	2	100,000 kL/y × 2 86 °C	Nagewa DDR	made in Denmark
Powder milk process				
Evaporator	2	8,000 L/h, 7,500 L/h	Dounwerd Apv Anhydro	made in Denmark
Dryer	2	1,200 L/h	Dounwerd Apv Anhydro	made in Denmark
Packing machine of milk powder	2	0.5 kg Pack/Bag × 1	Matam Halord	
		25 kg Pack/Bag × 1	Rove mA Germany	
Butter, cheese				
Butter packing	1	2,000 kg/h	Crecly	made in Poland
Cheese	9	2,500 kg × 8, 10,000 kg, aging type		made in Poland
Utility				
Freezer	1	40 kW, 60,400 kcal/h, 20 RT	Dabico	made in Poland
	4	48 kW, 2 - 4 °C, 97,440 W		
Compressor	2	10 atm, 150 °C, 50 %, 75 kW, 10 – 12 h	Crepelle Frouce 1990	
	4	7.5 kW × 1, 5 kW × 4		
Boiler	3	10 ton/h, coal, Air preheater,		made in Poland
		13 kg/cm², 1 set, Resting		
		Reducing 3.5 kg/cm²		
Waste water treatment pond	1 set	53 m × 53 m 3 m, 22 kW × 5		made in Poland
	3 sets	in another factory & city waste water, 5.5 ha		
Dry milk silo	7	inside		
Raw milk silo	6	outside		

(11) エネルギー価格および発熱量

Table 5.5.2 Energy Price and Heat Value

	Energy price	Heating value
Coal	0.155 PLN/kg	21.5 GJ/t
Electricity	0.160 PLN/kWh	10.256 GJ/MWh

5.5.2 エネルギー消費の状況

(1) 生産量の推移

既述のとおり、現状は設備能力に対し生産量は約 30%である。Table 5.5.3 は 1993 年から 1997 年までの生産品目別内訳を示しており、本年、昨年で生産量は大

きな変化は無いが、粉乳の生産比率が増加している。Table 5.5.4 は 1993 年から 1997 年までの主要製品の牛乳、粉乳、バターの製造比率を示す。最近は Full fat 粉乳の製造が増加して、ドライヤーの洗浄水量の増加要因となっている。

Table 5.5.3 Trend of Production (t/y)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998 (January to August)
Raw milk	43,183	39,566	46,113	66,667	67,219	47,295
Production	12,955*	11,870*	14,965	18,755	20,266	14,189
Milk	4,781	8,503	8,196	9,938	9,882	(including products which contain 42 % protein)
Powder milk	2,239	772	2,036	3,585	4,198	Low fat, Full fat
Butter	764	945	1,242	1,381	1,941	
Cheese, etc.	5,170	1,650	3,491	3,851	4,245	Cheese, whey, etc.

* The values for 1993 and 1994 indicate those for the previous organization.

Table 5.5.4 Trend of Production Ratio of Main Product

Year	Production	Milk		Powder milk		Butter	Concentrate	Total
	t	2 % fat	Products containing 45 % protein	Low fat	Full fat		75 % (Quasi-cheeze)	
1993	7,833	56.5 %	4.5 %	28.8 %	0.2 %	9.7 %	0.6 %	100 %
1994	10,270	74.8	8.0	6.9	0.5	9.2	0.5	100
1995	11,547	69.1	1.9	16.0	1.6	10.8	0.6	100
1996	14,344	65.9	3.4	18.1	2.7	8.6	0.3	100
1997	16,049	59.9	1.7	13.3	12.8	12.1	0.2	100

(2) エネルギー消費量の推移

Table 5.5.5 Trend of Energy Consumption

Unit		1993	1994	1995	1996	1997	1998 (January to August)
Coal	(t)	5,540	4,064	4,450	6,324	6,250	4,039
Electricity	(MWh)	8,632	10,494	7,190	7,352	5,085	3,840

Steam: 2.8 GJ/t, 1.6 MPa/210 °C, 0.35 MPa/165 °C

(3) エネルギー消費原単位の推移

エネルギー原単位は、1994 年以降新組織下で改善されてきている。特に、電力原単位の改善が著しいのは、省エネルギー活動と粉乳生産比率上昇によるもの

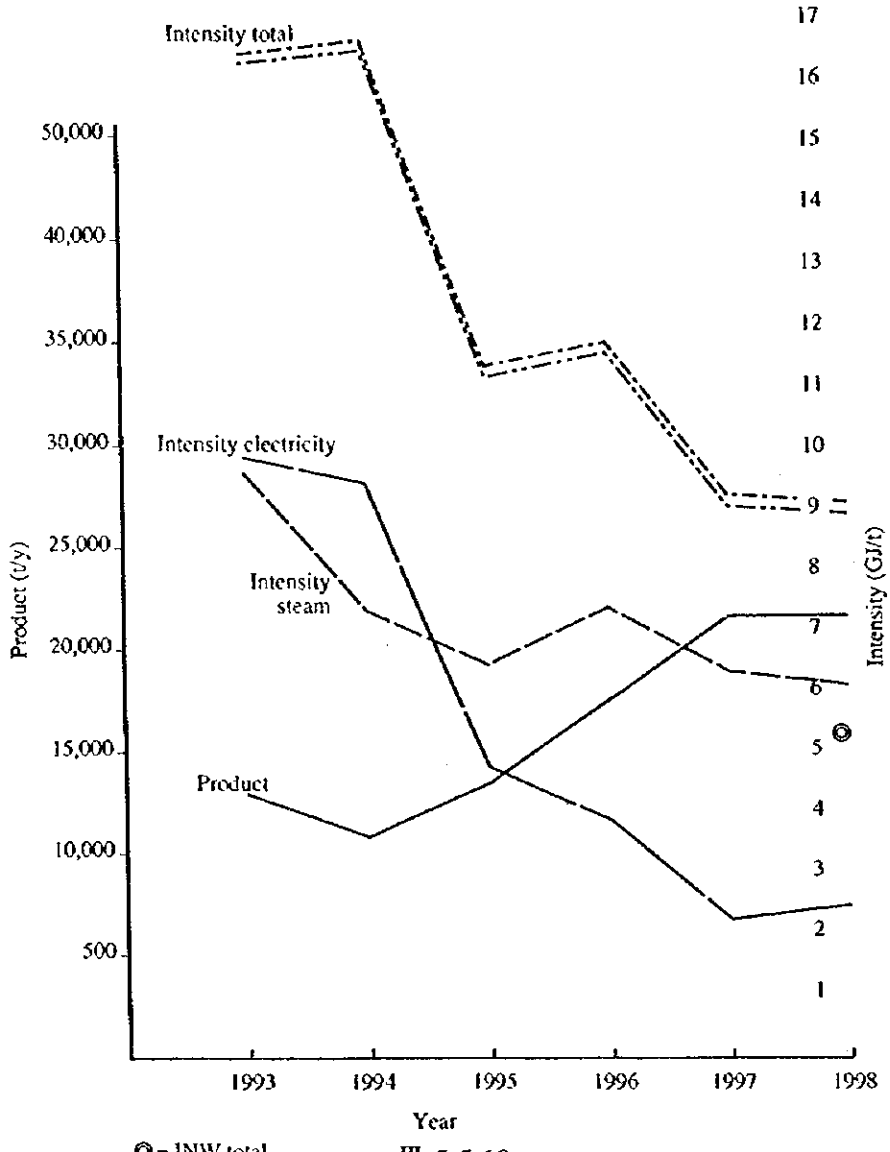
と推定される。

Table 5.5.6 Trend of Energy Intensity

	Unit	1993	1994	1995	1996	1997	1998 (January to August)
Coal	(t)	5,540	4,064	4,450	6,324	6,250	4,039
Steam	(GJ)	119,142	87,400	95,700	135,995	134,399	86,846
Electricity	(GJ)	88,547	107,647	73,755	75,416	52,162	39,391
Intensity	(GJ/t-product)						
Steam		9.19	7.36	6.39	7.25	6.63	6.12
Electricity		6.83	9.06	4.93	4.02	2.57	2.78
Total		16.02	16.42	11.32	11.27	9.20	8.90

1 MWh = 10.258 GJ

Figure 5.5.5 Production & Intensity



◎= INW total

(4) エネルギーフロー

蒸気は、粉乳工場のエバポレータおよびスプレードライヤーと受入原料牛乳の殺菌に使用され、冬期は、事務所の暖房および Wolsztyn 市熱供給センターへの供給を行う。

電力は、冷凍用圧縮機、空気圧縮機および排水処理設備に多く消費される。

Figure 5.5.6 Fuel Energy Flow

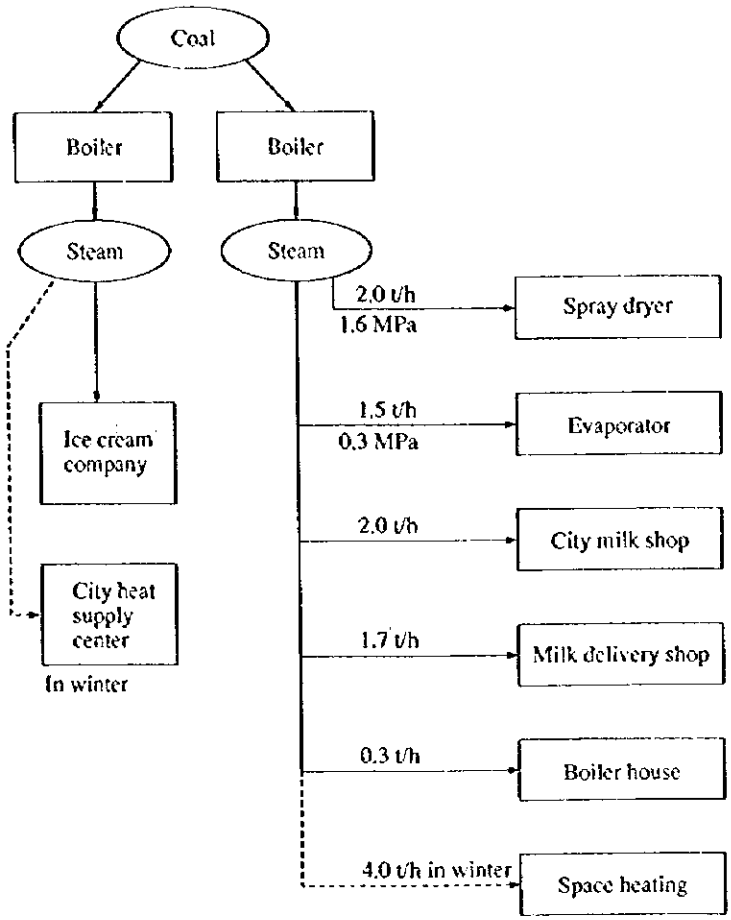


Figure 5.5.7 Electricity Energy Flow

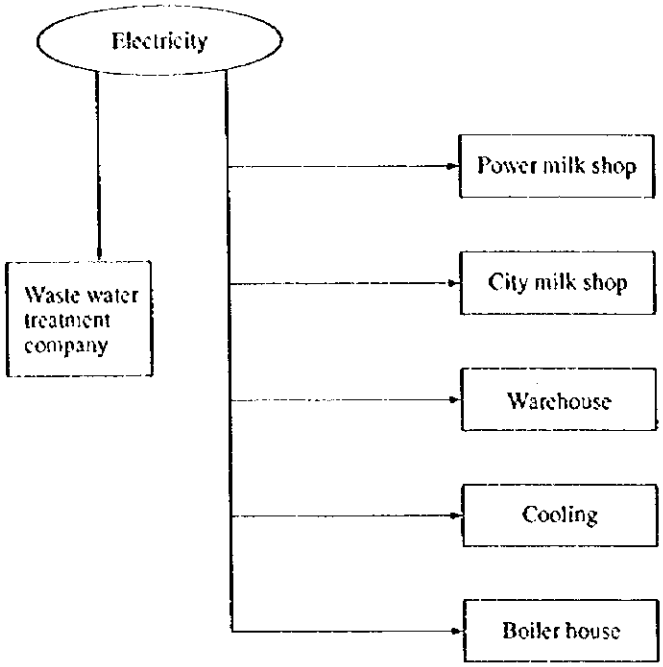
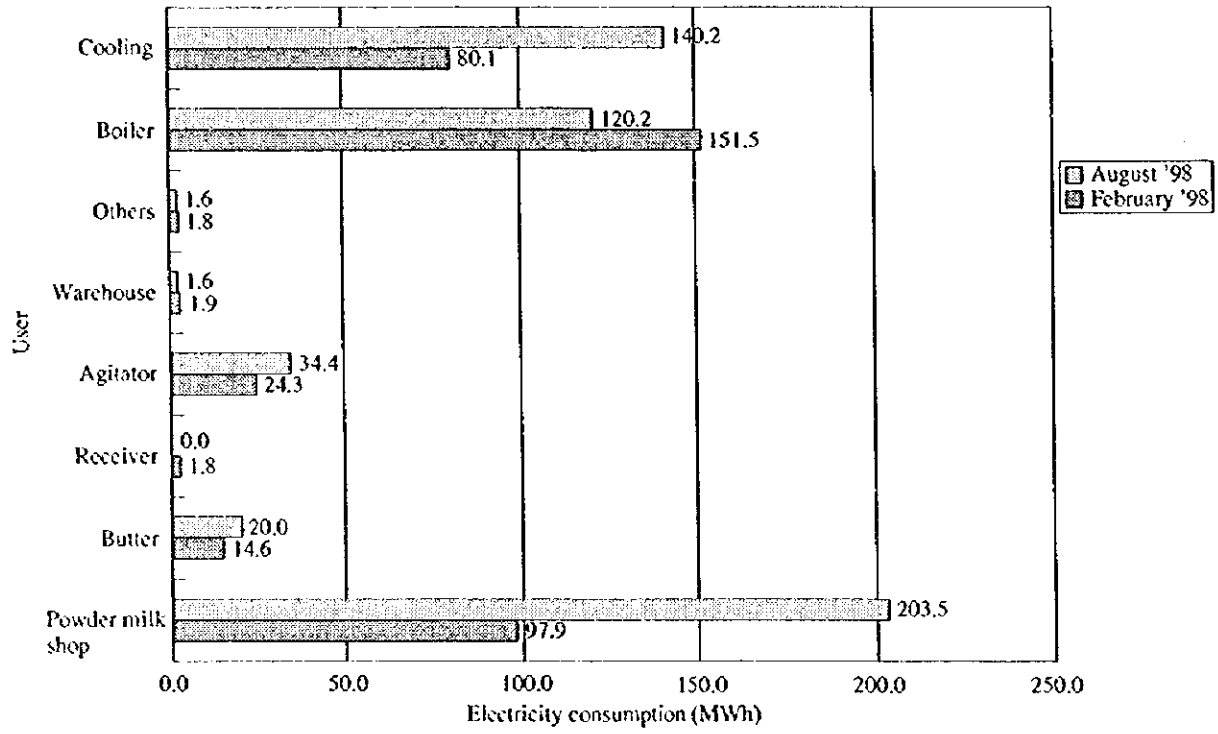


Figure 5.5.8 Electricity Consumption by User



5.5.3 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

エネルギー消費量のデータは把握されているが、エネルギー原単位などの目標値が設定されていない。省エネルギー改善策を立てるには目標設定が必要である。毎月の原価管理会議でエネルギー原単位を前月と比較し、原単位が悪化した場合は、原因の究明、対策の検討を行っている。

(2) 組織的な活動

a. 省エネルギー専従部署の設置

省エネルギー専従部署が無い。毎月原価管理会議が開催されているが、省エネルギー専従部署を設けて、情報をもっと集め省エネルギー技術を学ぶべきである。省エネルギーは全社的に進めると効果が大きい。技術的検討を要求する項目も多いので、製造部門の他に数名の技術スタッフを選任し、専従させる必要がある。また、毎月の成果を目標と比較してグラフ化し、計画と実施効果の対応をチェックすることも大切である。

b. 経営者のスタンス

経営者の経費節減および省エネルギーに対する意欲が強く見られた。数年前から大学にエネルギー診断を依頼し、改善活動を行っている。農業協同組合に支払う排水処理委託費は、Cost and fee であるため、排水処理場の電力使用量削減対策にも傾倒している。

経営者の改善意欲は旺盛である。同時に新製品の開発、製品の輸出、特にEU 向けの許可を取得するための対策と品質管理の必要性の中で、省エネルギーを如何に進めるべきか迷いもあるようである。ボイラ燃料の天然ガスへの転換、排水処理費の削減、機械室のエアコンプレッサーを小型にすることを検討中である。パッキングオーブンシステムで実施されており、異物が混入しやすい状況となっている。このため異物混入防止装置を検討している等、食品工場としての配慮がなされている。

1997 年に実施した省エネルギー対策は、原価管理会議にてエネルギー原単位のチェックを実施、昼間の不要照明の消灯の徹底、電力のデマンド監視装置によりデマンドコントロールの実施、電気機器の力率のチェックなどを社長が中心になって行った。その結果、電力原単位は大幅に改善された。

(3) データに基づく管理

a. エネルギー使用量の把握

1994 年に新体制となっており社長直轄の経理部、総務部、営業部が同じフロアーに置かれている。したがって、管理体制は整備されており、社長の判断で決裁されている。生産統計、販売統計、原材料 (資材を含む) は台帳を備えよく整備されている。したがって、エネルギーの使用量は製品別に把握できている。

b. 主要な設備毎のエネルギー使用量の把握

統計資料は豊富である。製品別のエネルギー原単位資料はあるが省エネルギー活動に役立てていない。主な設備毎に消費熱量、電気エネルギー量、用水量、排水量は、各々経費処理されておりこれら資料から推定は可能となっている。但し細部については把握しにくい状態にある。

c. 計測器の設置

主要設備の液体流量は計量されている。スチーム流量は計量されておらず、推計となる。熱、電気とも計測器の不備が見られる。省エネルギーの具体的対策を効率的に実施して行くためには今後これら計測機器の設置が必要である。

(4) 従業員の教育

課長以上の管理職は原価管理会議などで社長からエネルギー管理の教育を受ける機会があるが、一般従業員の省エネルギー教育が進んでいない。管理者教育は当然必要であるが、日頃機器を操作運転している従業員の教育が進んでいないのは省エネルギー活動推進上大きな問題である。組織的、計画的推進が望まれる。

(5) 設備管理

設備管理は比較的良い方である。1984 年代に企画され建設された、運転開始後 10 年後を経たのみの新しい工場である。点検補修が充分でなくスチームの裸パイプがドライヤーの頂部に見られた。本工場では石炭焚きボイラを使用しており、将来環境規制をクリアするためには、脱硝設備の設置が必要となろう。省エネルギーによるコストダウンを図ると共に、公害防止対策費を含めた将来対策を設定する必要がある。

5.5.4 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

MLECZ の 1997 年のエネルギー原単位を新鋭工場 (以下 "Excellent factory") と比較した。結果を Table 5.5.7 に示す。MLECZ は Excellent factory に比べて、燃料原単位で 1.8 倍、電力原単位で 1.7 倍であり、大きな省エネルギーポテンシャルを持っている。

Table 5.5.7 Comparison of Energy Intensity

		MLECZ	Excellent factory		Difference
Fuel	(MJ/t)	Coal 6,500	Fuel oil 3,600	55 %	2,900
Electricity	(MJ/t)	2,500	1,500	60 %	1,000
	(MWh/t)	(244)	(146)	98 %	
Total	(MJ/t)	9,000	5,100		

(2) 省エネルギーポテンシャルの推定

省エネルギーポテンシャルは次の 3 ステップに分類できる。

Step 1： 管理強化

Step 2： 機器の改善

Step 3： プロセス改善

A. プロセス

a - 1 外部要因による差

MLECZ と Excellent factory の主製品は粉乳、生乳、バター、チーズであり、生産量と規模の差はない。

原料乳の細菌数はいずれも 10^5 pcs/mL で差が無い。

Table 5.5.8 に本工場の粉乳製品の分析値を示すが、これは Excellent factory と大差はない。

MLECZ の年間平均気温は 6.4℃で、Excellent factory の 8.3℃に比べて、1.9℃低く、乾燥用空気の加熱および暖房で外気温度の影響を受ける。

乾燥用空気の加熱温度は 180℃、スプレードライヤに使用する蒸気は全体の 20%であるから、加熱用蒸気の差は次のとおりである。

134,400GJ/y×0.2×1.9/180＝284 GJ/y

(燃料原単位：284/0.7/21,000＝0.019 GJ/t＝19 MJ/t)

暖房温度は 19℃、暖房に使用する蒸気は全体の 35%であるから、暖房用蒸気の差は次のとおりである。

134,400GJ/y×0.35×1.9/19＝4,704 GJ/y

(燃料原単位：4,704/0.7/21,000＝0.32 GJ/t＝320 MJ/t)

(ただし、ここで 0.7 はボイラの効率である。)

外部要因による燃料原単位の差は次のとおりである。

19＋320＝339 MJ/t

Table 5.5.8 Analysis of Powder Milk

	Fat	Low fat
Fat	26 % (normal)	Maximum 1.25 %
Proteins	26 %	35 %
Water	Maximum 4%	Maximum 4 %
No. of bacteria	Maximum 10,000/g	Maximum 10,000/g
(Standard in Poland	Maximum 50,000/g)	
Lactoze	38 %	51.75 %
Ash	5.9 – 6 %	8.0 %

a - 2 技術的要因による差

1) 衛生管理

工場内の入口に長靴を洗浄できる消毒槽 (床面) を設けて雑菌の持込みのないようにすること。作業室をプラス圧に保持して、虫の飛来、混入を防止する等、衛生管理が望まれる。衛生管理の向上により取引先が増加し増産が可能となれば、エネルギー原単位はより向上するものと思われる。

b. 室温管理と保温

市乳、バター、コテージチーズを製造する市乳工場は低温に管理されているが、粉乳工場は室温 30～40℃と高く、機器および配管からの放熱が多く見られる。特にドライヤーの上部は熱交換器が設置されているが蒸気管および蒸気バルブが保温されず露出しているので危険であり、かつ室温を上げている。また、エバポレーターの表面温度は保温されている No.4 は 65℃であるが、未保温の No.1、No.2、および No.3 は 80℃から 84℃であり、放熱も多く、保温を実施すべきである。保温必要部の放散熱量と表面温度を Figure 5.5.9 に示す。なお、図の中の右端の蒸気 10kg/h はそれぞれの放熱量を蒸気の量と比較するもので、参考として表示している。

Figure 5.5.9 Heat Emission & Surface Temperature

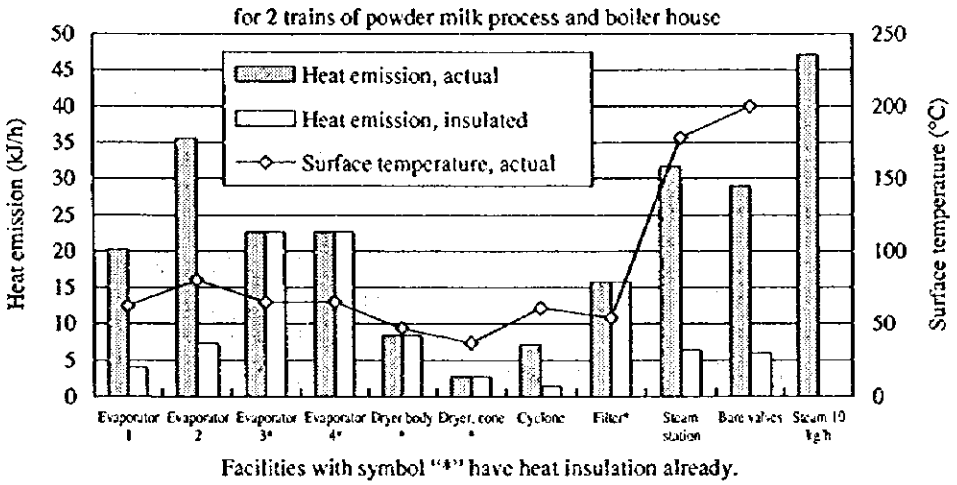
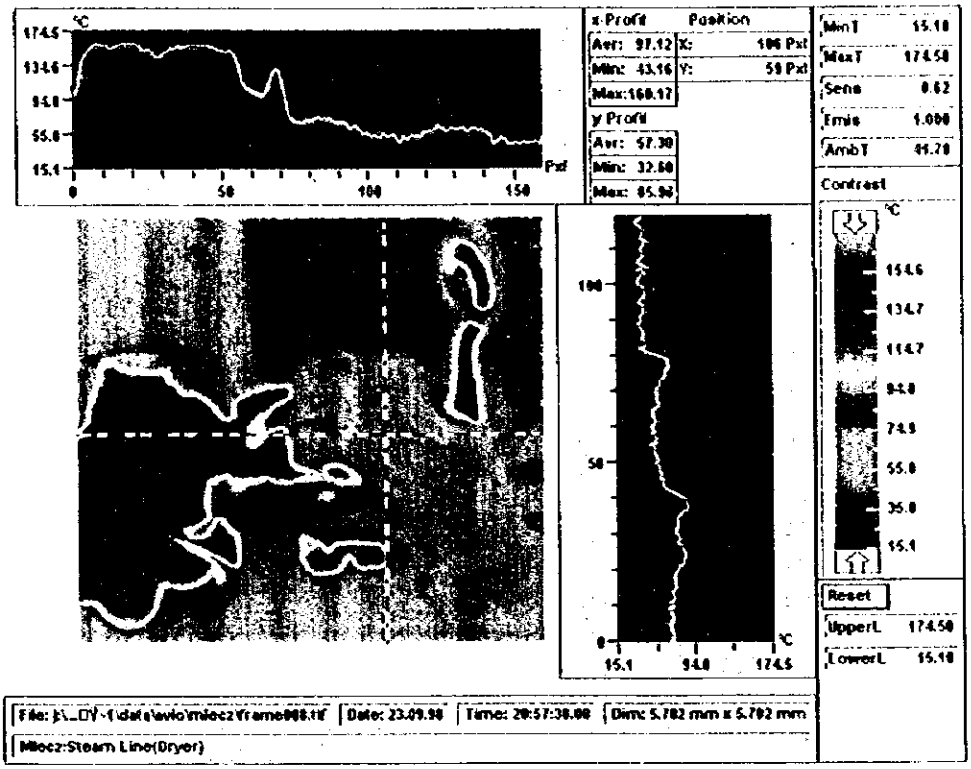


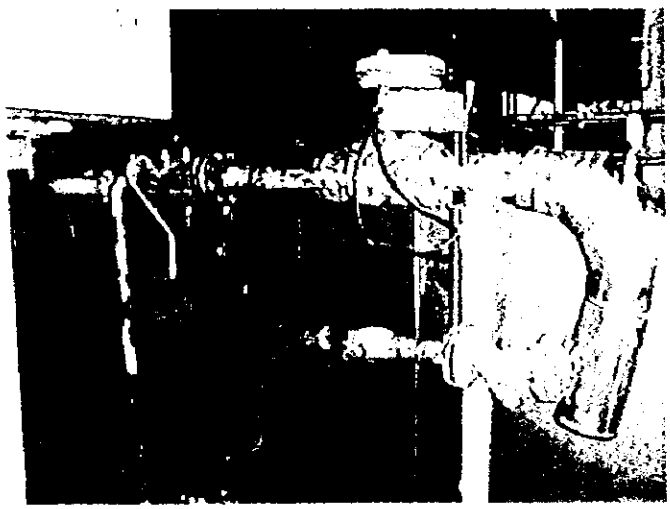
Figure 5.5.9 から、保温によるエネルギー節約量は以下のとおりと推定できる。

エバポレーターは2系統分を示す。

エバポレーター No.1	: (20－4) MJ/h×10h/d×365d/y×2＝106,800MJ/y
エバポレーター No.2	: (36－7) MJ/h×10h/d×365d/y×2＝211,700 MJ/y
合　計	: 318,500MJ/y(燃料節約量 455GJ/y)
(燃料原単位改善	: 318,500/0.7/20,000＝22.7MJ/t-product)
ドライヤ上部蒸気バルブ	: (29－6))MJ/h×10h/d×365d/y＝83,956 MJ/y
(燃料節約量	: 83,956/0.7/1000＝120GJ/y)

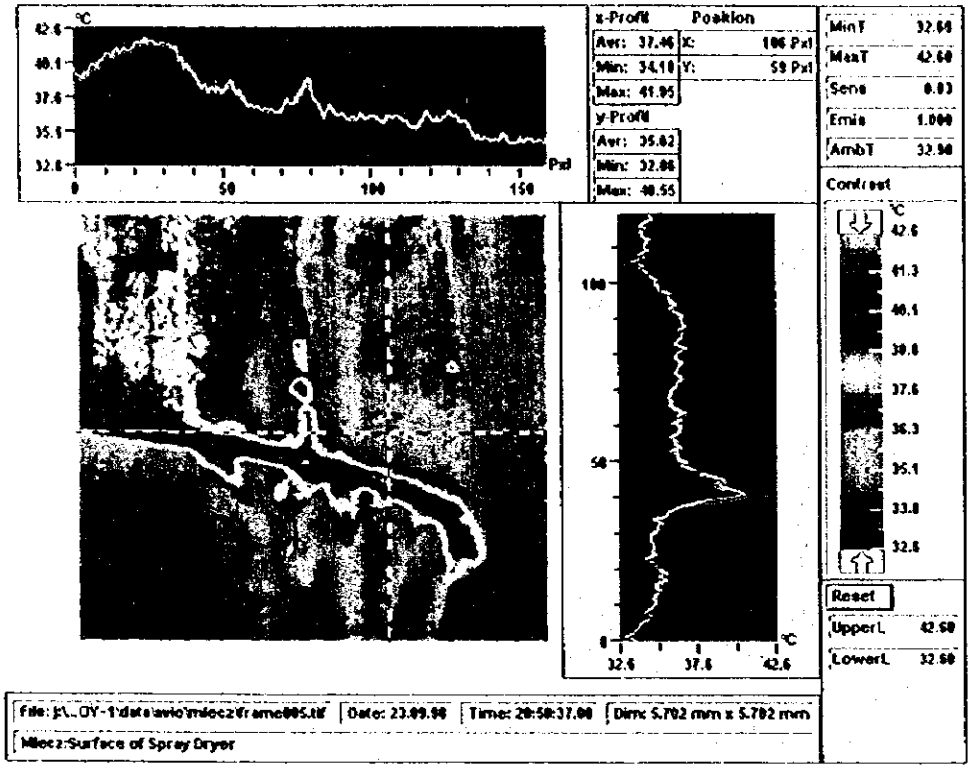
Figure 5.5.10 Thermal Image of the Spray Dryer Steam Valve

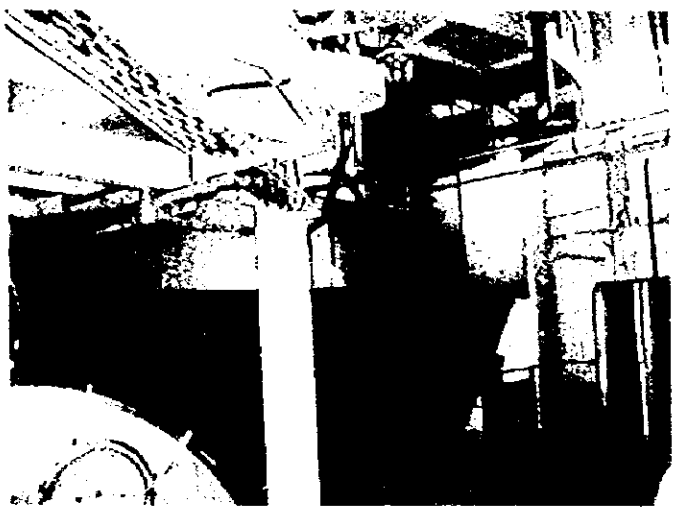




粉乳ドライヤの前面に設置されているドライヤ空気加熱用の蒸気管では、減圧弁など多くの弁やフランジが保温されていない。この熱画像は減圧弁を撮ったもので、表面温度の最高部は 162℃もある。これに比して保温された蒸気管は 50℃程度である。

Figure 5.5.11 Thermal Image of the Spray Dryer Lower Part Edge





ドライヤ本体は保温されているが、下部のエッジは Figure 5.5.11 のように温度が高い。おそらくこのエッジはドライヤ本体の重量をサポートする部分であるため、保温材が挟まれていないためと思われる。