

8. 工場診断結果

8. 工場診断結果

各工場において以下に示す診断結果およびそれから導かれる省エネルギー対策を工場幹部・技術者に提言した。また、診断7日の中、最後の2日間はプロセス専門家 (JICA チーム) が工場技術者と Man to Man の技術指導 (診断結果に基づくエネルギー管理方法、ステップ毎の改善技術内容等) を実施した。

8.1. 工場におけるエネルギー消費の現状

JICA 調査団はポーランドの産業界のエネルギー使用状況の実態を把握し、工場における省エネルギーを推進するために、1997年に12工場にて3日間の簡易診断を行い、1998年に5工場にて7日間の詳細診断を実施した。合計15工場の調査を行ったが、この内2工場では、簡易診断と詳細診断を他の工場は簡易診断または詳細診断を行った。調査、診断データに基づき、15工場のエネルギー消費の現状を把握し、省エネルギーポテンシャルを推定した。15工場のエネルギー使用状況、日本の同業種の工場 (Excellent factory) におけるエネルギー消費原単位との比較及び工場に対する省エネルギー対策提案を Table 8.1 に示す。この表に示す省エネルギー対策のうち、第1ステップはエネルギー管理の改善、第2ステップは機器・装置の改善、第3ステップは、プロセス変更等の大型投資によるものである。

工場の省エネルギーポテンシャルを各工場毎にグラフで示す。Figure 8.1 に示すように、Excellent factory のエネルギー消費原単位は、ポーランドの各工場のエネルギー消費原単位の40%から60%である。従って、ポーランドの工場は概ね50%前後の省エネルギーポテンシャルをもっているといえる。

Table 8.1 に示すように、今回の調査で提案するエネルギー管理の強化と投資回収期間3年以内の改善プロジェクトの実施により13%から28%のエネルギー節約を達成出来ることが分かる。また、その時の設備改善の投資金額は、業種及び工場規模により変わるが、1工場当たり7万 PLN から1,000万 PLN である。

**Table 8.1 Energy Intensity Levels in Polish Factories, Energy Conservation Effect
and Investment Payback Period**

業種名	鉄鋼業	化学工業	機械製造業	窯業	食品加工業
エネルギー原単位水準比較 優良工場の原単位をポーランド工場 原単位で割った数字。	0.62	0.46	0.42	0.42	0.57
エネルギー管理の改善と投資回収期 間 3 年以内の設備改善プロジェクト による省エネルギー効果。エネルギー 削減%	16.7 %	28.5 %	17.0 %	21.3 %	13.1 %
投資回収期間 3 年以内の 1 工場当た りの投資金額(1,000 PLN)	10,260	1,870	3,100	3,230	70

各工場のエネルギー消費の状況を以下に述べる。

Table 8.2 Summary of Energy Audit in Selected Factories (1/5)

No.	Factory name	Location Period	Products Production	Heat consumption	Electricity consumption MWh/y	Energy intensive equipment	Energy conservation 1st and 2nd measure	Energy conservation 3rd measure
A. Steel-making industry								
1	Huta Labedy Energy intensity Labedy: 4,238 MJ/t Japan: 2,626 MJ/t	Gliwice 7/25-7/29, '97	Shaped steel 209,358 t/y Flat plate 28,564 t/y in 1996	Natural gas 18,176 km ³ /y	36,940	1) Rolling mill reheating furnace 2) Rolling mill motor	1) Production control 2) Improvement of yield 3) Waste heat recovery 4) R. fce air ratio control 5) Insulation 6) Lighting: Sodium lamp 7) Control of air compressor	1) Hot charge rolling 2) Centralizing of the mill
2	Huta Ostrowiec Energy intensity Factory overall Ostrowiec: 15,351 MJ/t Japan: 9,199 MJ/t Steel bar Ostrowiec: 12,080 MJ/t Japan: 7,128 MJ/t Forged steel Ostrowiec: 38,202 MJ/t Japan: 22,088 MJ/t	Ostrowiec 7/30-8/1, '97	Steel bar 507,932 t/y Forged steel 41,829 t/y in 1996	Natural gas 83,395 km ³ /y Hot water 321,917 GJ/y Steam 133,984 GJ/y	624,829	1) Arc furnace 2) Ladle furnace 3) Rolling mill reheating furnace 4) Forging heating furnace 5) Blower 6) Pump	1) Arc fce short tap-to-tap 2) Ladle fce stop 3) Improvement of yield 4) Waste heat recovery 5) Furnace air ratio control 6) Insulation reinforcement 7) Ceramic fiber insulation 8) Arc fce blower operation 9) Lighting: Sodium lamp 10) Control of pump	1) Hot charge rolling 2) Exhaust gas boiler 3) heat recovery of arc fce
3	Lacznikow Energy intensity Lacznikow: 57,511 MJ/t Japan: 36,593 MJ/t	Radom 10/16-10/24, '98	Pipe fittings 9,544 t/y in 1997	Coke 5,333 t/y Heavy oil 172.8 kL/y Coal 3,250 t/y	27,963	1) Cupola 2) Heat treatment furnace 3) Boiler 4) Zinc plating 5) Space heating	1) Insulation of heat treatment furnace 2) 2-Zn coating line operation 3) Improvement of yield 4) Low air ratio of boiler 5) Reduction of air leakage	1) Installation of holding furnace 2) Improvement of cupola 3) Fuel conversion of heat treatment furnace by Natural gas

Table 8.2 Summary of Energy Audit in Selected Factories (2/5)

No.	Factory name	Location Period	Products Production	Heat consumption	Electricity consumption MWh/y	Energy intensive equipment	Energy conservation 1st and 2nd measure	Energy conservation 3rd measure
B. Chemical industry								
4	Blachownia Energy intensity Tar distillation Brachownia: 2.853 MJ/t Japan: 944 MJ/t Benzen distillation Brachownia: 5.245 MJ/t Japan: 2.578 MJ/t Ethylbenzen synthesis Brachownia: 4.334 MJ/t Japan: 14 MJ/t	Szkolna 8/27-8/29, '97	Tar 90,993 t/y Benzene 65,938 t/y Ethyl benzene 56,490 t/y Bisphenol-A 8,433 t/y Polyethylene 16,959 t/y in 1996	Coke oven gas 8,798 km ³ /y Steam 1,767 TJ/y	70,623	1) Steam ejector 2) Heating fce 3) Distillation tower	1) Improvement of air ratio of fce 2) Insulation reinforcing 3) Reduction of air leakage 4) Reduction of steam of ejector 5) Heat recovery 6) Lighting: Sodium lamp 7) Reduction of peak demand	
5	POCH Energy intensity Poch: 129 MJ/t - Process: 63 MJ/t - Heating: 66 MJ/t Japan: 34 MJ/t	Gliwice 8/18-8/20, '97	Reagent 775 t/y Industrial acid 507 t/y Others 713 t/y in 1996	Natural gas 125 km ³ /y Coal 11,374 t/y City gas 134 km ³ /y	4,941	1) Boiler	1) Yield improvement 2) Improvement of boiler air ratio 3) Insulation 4) Increase of steam trap 5) Reduction of transformer capa. 6) Lighting: Sodium lamp	
6	BORUTA Energy intensity Boruta: 114 MJ/t Japan: 59 MJ/t	Zgierz 10/8-10/16, '98	Dyestuff 2,187 t/y in 1997	Steam 219,519 GJ/y	4,733	1) Spray dryer 2) Air compressor 3) Ice making unit 4) Space heating	1) Replacement of heat exchanger of spray dryer 2) Improvement of window glass 3) Improvement of steam line 4) Improvement of lighting	1) Installation of new spray dryer 2) Introduction of automation of material charging

Table 8.2 Summary of Energy Audit in Selected Factories (3/5)

No.	Factory name	Location Period	Products Production	Heat consumption	Electricity consumption MWh/y	Energy intensive equipment	Energy conservation 1st and 2nd measure	Energy conservation 3rd measure
C. Machine manufacture industry								
7	URSUS Energy intensity URSUS: 140 GJ/Tractor - Process: 76GJ/Tractor - Heating: 64GJ/Tractor Japan: 45 GJ/Tractor	Warsaw 7/21-7/23, '97 9/30-10/8, '98	Tractor 14,501 trc/y in 1997 16,718 trc/y in 1996	Natural gas 8,049 km ³ /y Coal 25,057 t/y	114,087	1) Boiler 2) Cupola 3) Air compressor 4) space heating	1) Promotion of energy conservation awareness (HOPP) 2) Introduction of batch production 3) Reduction of air leakage 4) lowering of air pressure 5) Introduction of inverter	1) Modernization of engine machine shop
8	STAR Energy intensity STAR: 221 GJ/Truck - Process: 119GJ/Truck - Heating: 102GJ/Truck Japan: 29 GJ/truck	Starachowice 8/4-8/6, '97	Truck 3,200 trc/y in 1996	Natural gas 251 km ³ /y Heat 458,187 GJ/y	23,573	1) Heat treatment furnace 2) Compressor	1) Improvement of space heating 2) Control of drying furnace 3) Reduction of air pressure 4) Improvement of compressor 5) Arrangement of transformer 6) Reduction of peak demand	1) Improvement of yield 2) Modernization of machine line

Table 8.2 Summary of Energy Audit in Selected Factories (4/5)

No.	Factory name	Location Period	Products Production	Heat consumption	Electricity consumption MWh/y	Energy intensive equipment	Energy conservation 1st and 2nd measure	Energy conservation 3rd measure
D. Non-metallic mineral industry								
9	<p>Wolomin</p> <p>Energy intensity Bottle Wolomin: 26.7 GJ/t Japan: 11.2 GJ/t</p> <p>Hard Boro Silicate Wolomin: 161.9 GJ/t Japan: 131.6 GJ/t</p>	<p>Warsaw</p> <p>8/12-8/14, '97</p> <p>9/14-9/22, '98</p>	<p>Bottle glass 18,551 t/y</p> <p>Other glass 3,071 t/y in 1997</p> <p>Bottle glass 20,320 t/y</p> <p>Other glass 2,689 t/y in 1996</p>	<p>Natural gas 20,963 km³/y</p> <p>Coal 1,774 t/y</p>	19,380	<p>1) Melting furnace</p> <p>2) Compressor</p>	<p>1) Melting fce air ratio</p> <p>2) Melting fce insulation</p> <p>3) Melting fce heat recovery</p> <p>4) Yield improvement</p> <p>5) Reduction of peak load</p> <p>6) Lowering of air pressure</p>	<p>1) Reconstruction of melting furnace</p> <p>2) Modification of melting fce</p>
10	<p>SILIKATY</p> <p>Energy intensity SILIKATY: 1.68 GJ/t Japan: 0.72 GJ/t</p>	<p>Radom</p> <p>8/22-8/26, '97</p>	<p>Silica lime block 49,306 t/y in 1996</p>	<p>Coal 2,857 t/y</p>	663	<p>1) Boiler</p> <p>2) Autoclave</p> <p>3) Blower</p>	<p>1) Autoclave operation pattern</p> <p>2) Condensate recovery</p> <p>3) Improvement of boiler air ratio</p> <p>4) Insulation reinforcement</p> <p>5) Improvement of mixing line</p> <p>6) Reduction of peak load</p> <p>7) Lighting: Sodium lamp</p>	

Table 8.2 Summary of Energy Audit in Selected Factories (5/5)

No.	Factory name	Location Period	Products Production	Heat consumption	Electricity consumption MWh/y	Energy intensive equipment	Energy conservation 1st and 2nd measure	Energy conservation 3rd measure
E. Food processing industry								
11	OLVIT Energy intensity OLVIT: 5.150 MJ/t Japan: 2.703 MJ/t	Gdansk 9/11-9/15, '97	Refined oil 12,749 t/y Hydrogenated oil: 14,169 t/y Margarine 26,940 t/y Total 53,858 t/y in 1996	Fuel oil 359 t/y Steam 55,553 t/y	10,070	1) Deodorizer 2) Hydrogen plant	1) Reduction of heat loss of deodorizer 2) Control of steam pressure of ejector 3) Improvement of hydrogenation filter 4) Improvement of heat method of deodorizer 5) Insulation reinforcement 6) Reduction of peak demand	1) Reduction of reaction time of hydrogenation reactor
12	Koscian meat Energy intensity Koscian: 8.407 MJ/t Japan: 4.238 MJ/t	Koscian 9/4-9/5, '97	Pork Ham, Sausage 9,190 t/y in 1996	Natural gas 1,739 km ³ /y	2,650	1)Boiler 2)Compressor	1) Installation of curtain 2) Condensate recovery 3) Insulation reinforcement 4) Introducing of fresh air 5) Improvement of chiller 6) Lighting: sodium lamp	
13	LUBMEAT Energy intensity LUBMEAT: 14.379 MJ/t Japan: 5.895 MJ/t	Lublin 9/17-9/19, '97	Pork, Beef Ham, Sausage 7,096 t/y in 1996	Steam 20,389 t/y	4,481	1)Compressor	1) Waste heat recovery 2) Improvement of boiler air ratio 3) Improvement of yield 4) Insulation reinforcement 5) Introduction of fresh air 6) Shutdown of a transformer	
14	Obrzanska dairy Energy intensity Obrzanska: 4.062 MJ/t Japan: 3.448 MJ/t	Koscian 9/8-9/9, '97	Milk, Butter Cheese 13,751 t/y in 1996	Coal 1,323 t/y	1,709	1)Boiler 2)Chiller	1) Boiler air ratio control 2) Insulation reinforcement 3) Control of sterilization temp. 4) Control of chiller operation 5) Reduction of peak demand	
15	MLECZ Energy intensity MLECZ: 9.00 GJ/t Japan: 5.10 GJ/t	Wolsztyn 9/22-9/30, '98	Liquid milk 9,880 t/y Powder milk 4,190 t/y Butter 1,380 t/y Cheese & other 4,240 t/y in 1997	Steam 134,399 GJ/t	5,085	1)Boiler 2)Chiller 3)Spray dryer	1)Improvement of sanitary condition 2)Improvement of aeration sys- tem in waste water treatment 3)Reduction of waste water volume 4)Cleaning of boiler air heater 5)Replacement of steam pipe 6)Insulation of steam line	1)Replacement of coal boiler by gas boiler 2) Replacement of steam ejector by vacuum pump 3)Installation of Gas co-generation system

8.1.1 鉄鋼業

ポーランドで4番目の生産能力を有する Ostrowiec 製鉄所、型钢圧延の Labedy 製鉄所および鋳鉄製パイプ接手を製造する Laczniow 工場を調査した。

(1) Labedy 製鉄所

Labedy は、85年の歴史を有するが、1996年に外部資金との合併会社方式による製鋼部門と棒鋼圧延部門を切り離し、型钢圧延、小厚板圧延と炭鋳用支保工のみの会社となっている。Labedy 社は、同一敷地内の合併会社 (ELSTAL 及び FERROPOL) に、天然ガス、電力、工業用水などのユーティリティを供給している。

a. エネルギー管理状況

条鋼圧延の加熱炉には、マイクロコンピュータによる燃焼制御及びモニター装置があるが、排ガス中の酸素濃度検出はなく、炉熱制御であり、省エネルギーのためにはさらに制御系の改善が必要である。条鋼圧延及び厚板圧延設備は簡素な設備なので比較的エネルギー原単位が良い。1997年に、大型条鋼圧延設備の廃止、電気炉の冷却水熱回収などの 0-step の対策が実施され、15%だけエネルギー原単位が改善された。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996年のエネルギー原単位は、4,238 MJ/t であり、Excellent factory の 2,626 MJ/t をベンチマークとすると 38%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3年以内の設備改善投資により 30%の省エネルギーが可能と推定される。

第1ステップの省エネルギー対策

中型形鋼工場の圧延歩留まり向上、厚板工場の加熱炉保熱基準の設定及び圧延能率の向上を提言する。これにより、燃料で 8%、電力で 5%の省エネルギーが達成出来ると推定される。

第2ステップの省エネルギー対策

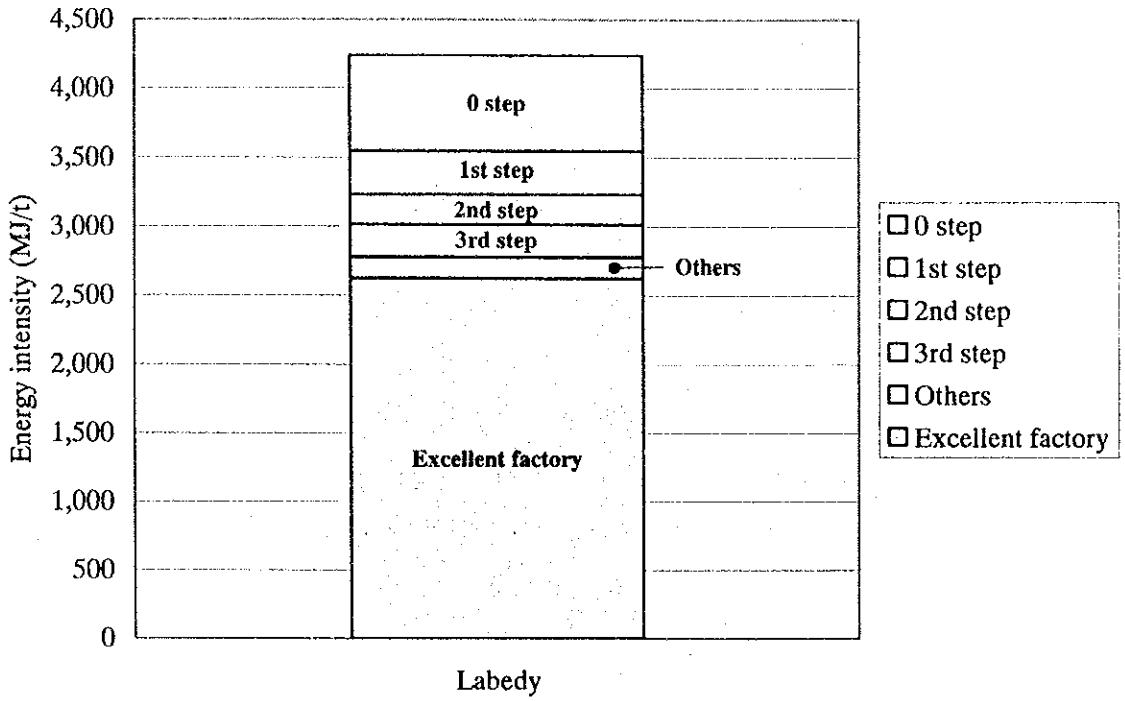
中型形鋼及び厚板工場の加熱炉のセラミックファイバーによる断熱強化、冷却水システムの省電力化、照明の改善、空気圧縮機の運転制御法改善を提言する。これにより、燃料で 3.1%、電力で 8.4%の省エネルギーが達成出来ると推定される。

第3ステップの省エネルギー対策

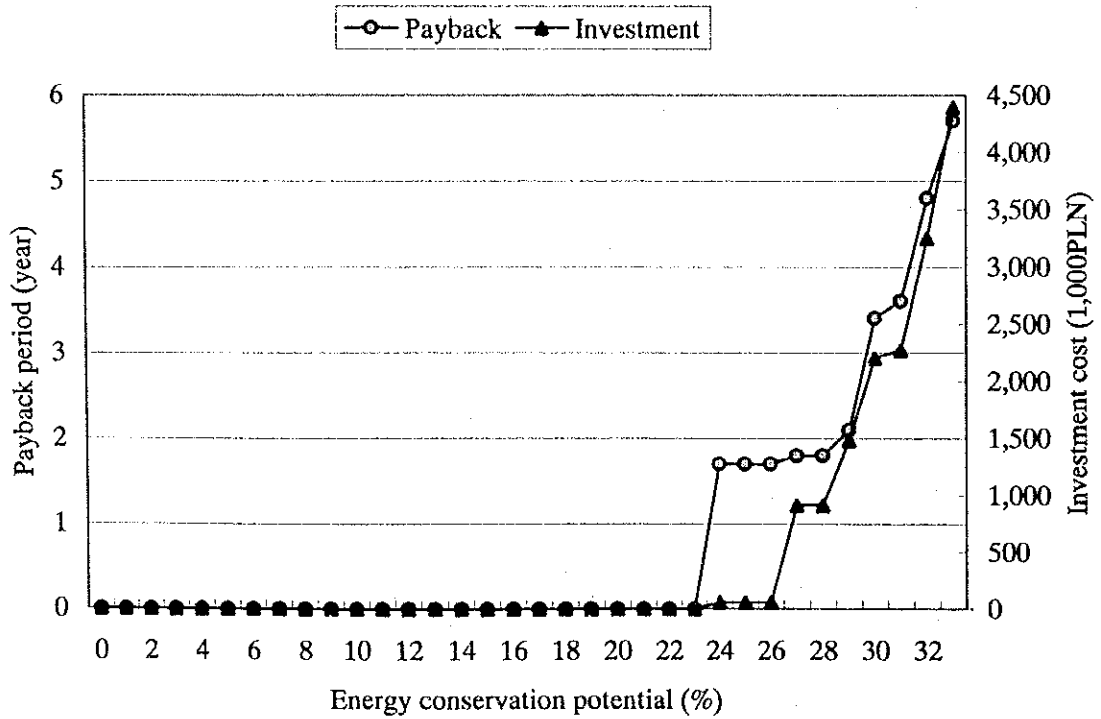
中型形鋼工場のホットチャージ圧延の導入、レイアウト見直しによる工場の集中化を提言する。これにより、燃料で 8.3%の省エネルギーが達成出来ると推定される。

今後、圧延加熱炉の改善とホットチャージ圧延の実施により、Excellent factory と同等のエネルギー原単位になる。ホットチャージ圧延を行うには、大きな投資と合弁会社 ELSTAL との連携、物流管理が必要であり、経営戦略により決定することを提言する。

Labedy Energy Conservation Potential



Labedy Energy Conservation Potential



(2) Ostrowiec 製鉄所

この製鉄所は、大型の 140ton 電気炉、ブルーム連続鋳造設備、全連続式棒鋼圧延設備及び鍛造設備を有し、異形棒鋼 60 万 t/y と鋼鍛造品 50 万 t/y の生産能力であるが、連続鋳造能力不足により、生産が伸びていない。1997 年にビレット連続鋳造設備建設、圧延工場鋼片加熱炉建設及び分塊圧延設備停止の工事を開始した。

a. エネルギー管理状況

省エネルギー対策として、ビレット連続鋳造設備の建設、鍛造加熱炉耐火物にセラミックファイバーの採用を実施している。

生産量の変動に対応できる生産管理システムが確立していないので、工場全体のエネルギー損失が大きい。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996 年のエネルギー原単位は 15,351 MJ/t であり、Excellent factory の 9,199 MJ/t をベンチマークとすると、40%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以下の設備改善投資で 24%の省エネルギーが可能と推定される。

第 1 ステップの省エネルギー対策

製鋼 140 トン電気炉の Tap-to-tap 時間の短縮、圧延及び鍛造加熱炉の空気比改善、圧延ミスロール率の低減を提言する。これにより、燃料で 16%、電力で 4.5%の省エネルギーが達成出来ると推定される。

第 2 ステップの省エネルギー対策

製鋼 140 トン電気炉のスクラップ予熱装置設置、圧延及び鍛造加熱炉のセラミックファイバーによる断熱強化を提言する。これにより、燃料で 5%、電力で 3.5%の省エネルギーが達成出来ると推定される。

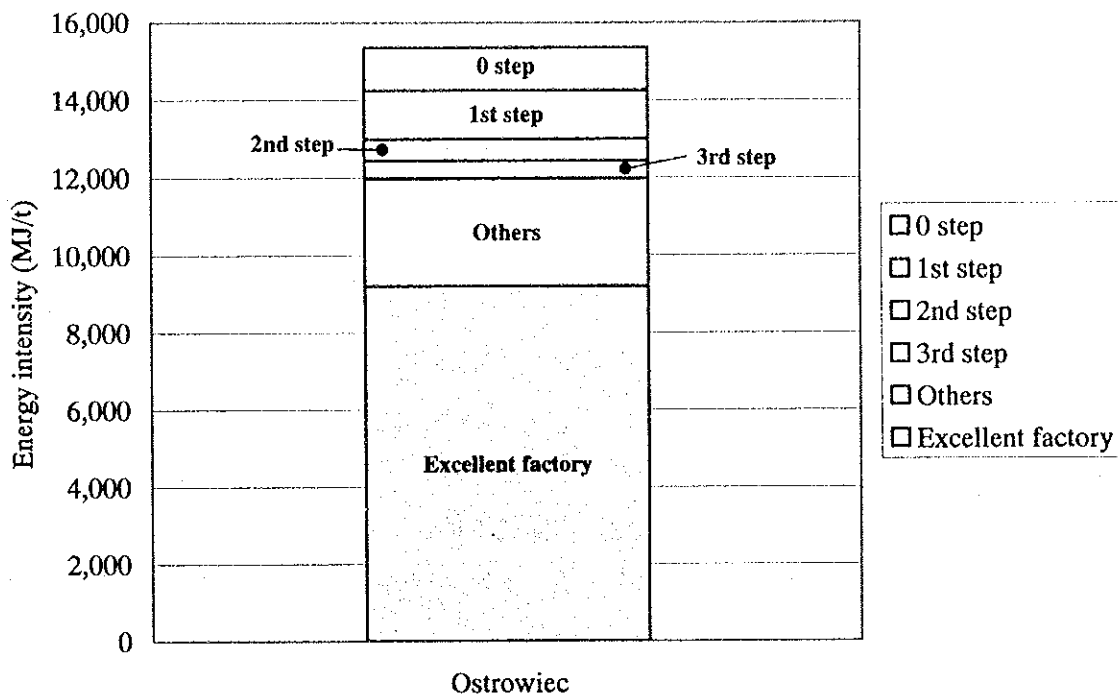
第 3 ステップの省エネルギー対策

圧延工場のホットチャージ圧延比率の向上及び電気炉排ガスボイラの設置を提言する。これにより、燃料で 9.5%の省エネルギーが達成出来ると推定さ

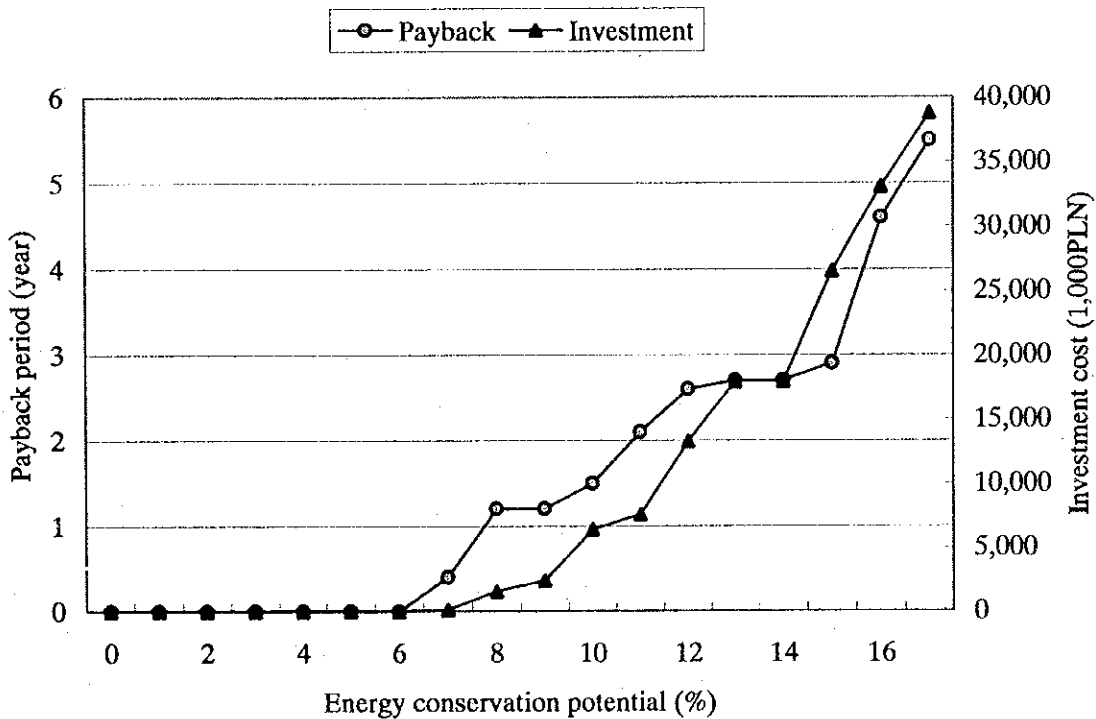
れる。

以上の中で、鍛造工場の加熱炉の改善と圧延工程におけるホットチャージ圧延が重要な改善プロジェクトである。

Ostrowiec Energy Conservation Potential



Ostrowiec Energy Conservation Potential



(3) Laczniakow 社の工場

Laczniakow 社は、Radom 市にあり、可鍛鋳鉄製配管接手を作る鋳鉄工場で、キュボラ 2 基の交互運転で溶湯 1 万 t/y の生産であり、製品のポーランド市場占有率は 90%以上である。1999 年に国営会社から株式会社に変る。

a. エネルギー管理状況

社長以下会社幹部はコスト削減、省エネルギー推進に関心を持っている。改善提案制度が実施され、毎年 1 回全社員が 1 件ずつ生産性、品質、省エネルギーの改善提案する制度で、採用されたプログラムは社長表彰される。電力消費原単位のための活動を展開し、主要機器には電力計が設置されており、データ収集体制は出来ている。照明の省エネルギー活動が活発である。エネルギー管理担当者はデータの活用方法、解析方法及び圧縮空気の漏れ量の測定方法を今回の調査を通じて習得した。

キュボラの高温送風の実施、熱処理炉の 5 基操業の実施、自動螺旋加工機の採用など省エネルギーを推進している。

b. 省エネルギーポテンシャル

1997 年のエネルギー原単位は、57,500 MJ/t であり、Excellent factory の 36,600 MJ/t をベンチマークとすると 36%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により 29%の省エネルギーが可能である。

第 1 ステップの省エネルギー対策

キュボラの 24 時間 3 交替操業と 1 週間周期の炉替体制、熱処理炉の生産性向上、ボイラ空気比改善、圧縮空気の漏れの減少などにより、燃料で 9%、電力で 6%の省エネルギーが可能である。

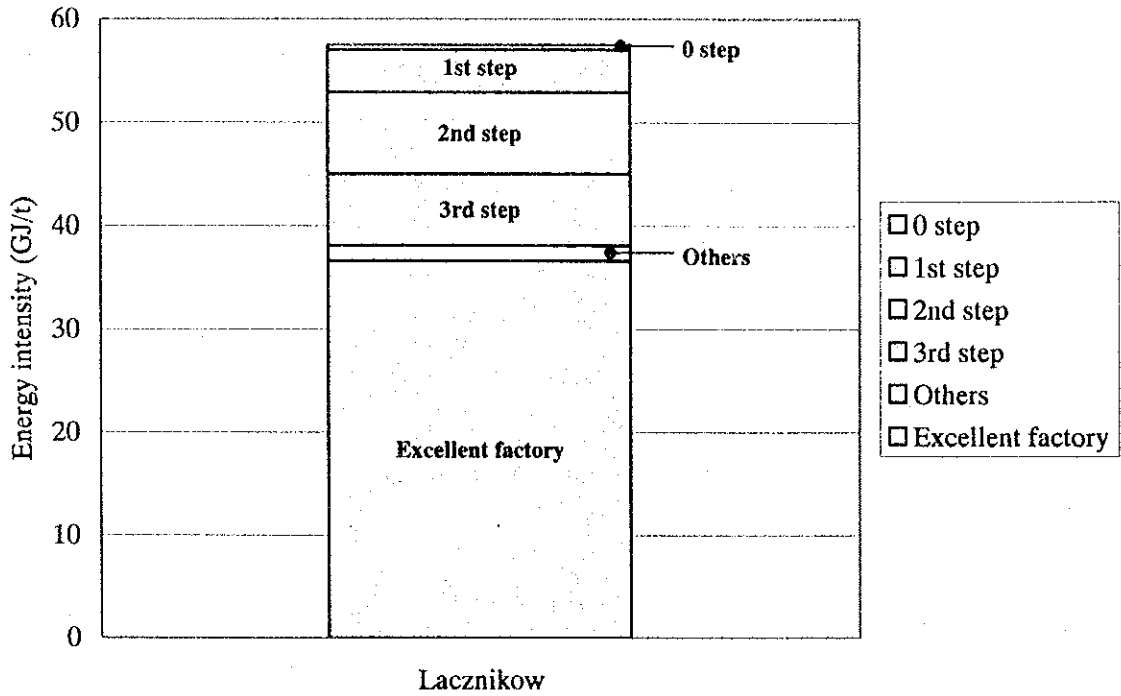
第 2 ステップの省エネルギー対策

キュボラの前炉を誘導加熱保持炉に更新、粉コークス吹込み、酸素富化操業の採用、鍍金炉の 2 基操業などにより、燃料で 25%、電力で 3%の省エネルギーが可能である。

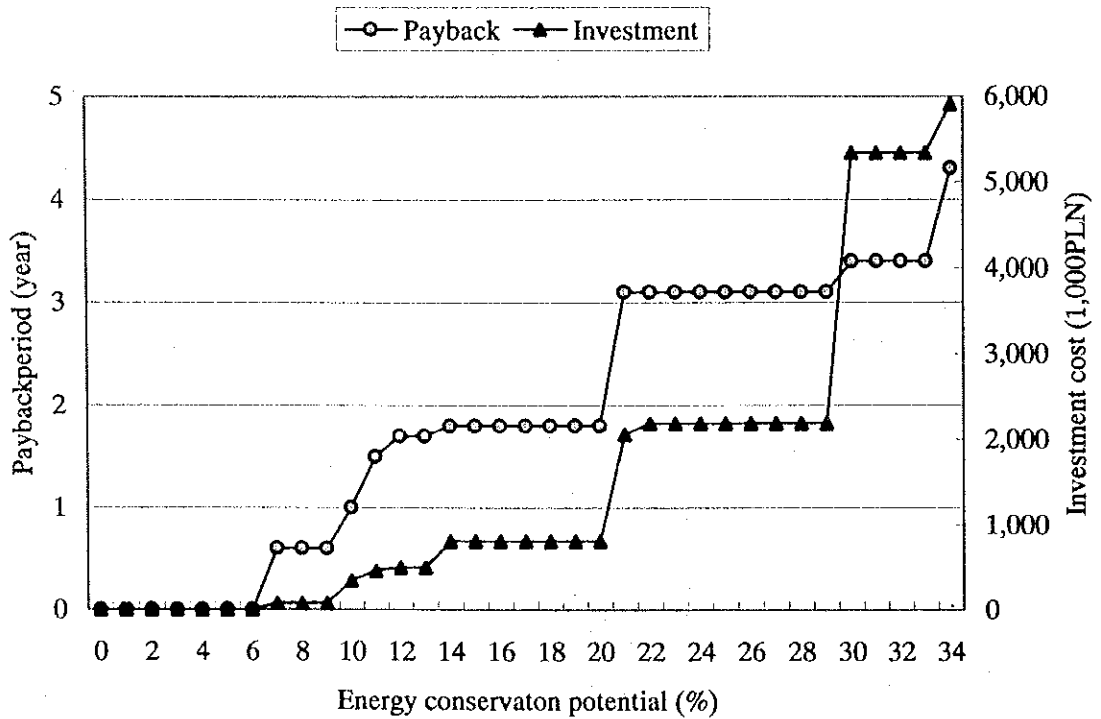
第3ステップの省エネルギー対策

熱処理炉を電熱式からガス燃焼ラジアントチューブ式に転換、鋳鉄工場鋳型製作の自動化、省力化により、電力で33%の省エネルギーが可能である。キュボラから誘導炉への転換について検討したが、エネルギーコスト面から見ると、現在のキュボラに誘導加熱式保持炉を設置する案が有利である。熱処理炉の加熱方式改善、メッキ前乾燥炉方式の改善、コンプレッサの取替などの改善プロジェクトを環境対策及び経営戦略を考慮して、優先順位をつけて実施すべきである。

Lacznikow Energy Conservation Potential



Lacznikow Energy Conservation Potential



8.1.2 化学工業

ポーランドで唯一の化学試薬会社の POCH 社、エチルベンゼン、ポリエチレン、ピスフェノールA等を製造している Brachownia 社および化学染料を製造している Boruta 社の工場を調査した。

(1) Brachownia 社工場

Brachownia は、560ha の広大な敷地に、化学コンビナートを計画したが、中断し現在はタール蒸留、エチルベンゼン、ポリエチレンの製造設備が点在し、電力、圧縮空気、温水などのユーティリティ設備に余裕があり、各プロセスの分社化の推進、空地に企業誘致するなど効率改善のためのリストラを計画している。

a. エネルギー管理状況

Brachownia は、ユーティリティセンターから遠く離れた各工場に圧縮空気、蒸気、温水を供給しているため、エネルギー配給ロスが大きい。各工場の圧縮空気、蒸気、温水の使用量は、計測されていないので、エネルギー管理が進まない。

発熱反応のエチルベンゼン製造は吸熱反応のスチレンモノマーと組み合わせることで効率的であり、初期計画に含まれていたがスチレンモノマー設備の採用が見送られ実現していない。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996年のタール蒸留設備のエネルギー原単位は、2,853 MJ/t であり、Excellent factory の 944 MJ/t をベンチマークとすると 67%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により 34%の省エネルギーが可能と推定される。

第1ステップの省エネルギー対策

タール加熱炉の空気比改善、圧縮空気漏れの低減、蒸留塔の保温強化を提言する。これにより、燃料で 11%、電力で 12%の省エネルギーが達成できると推定される。

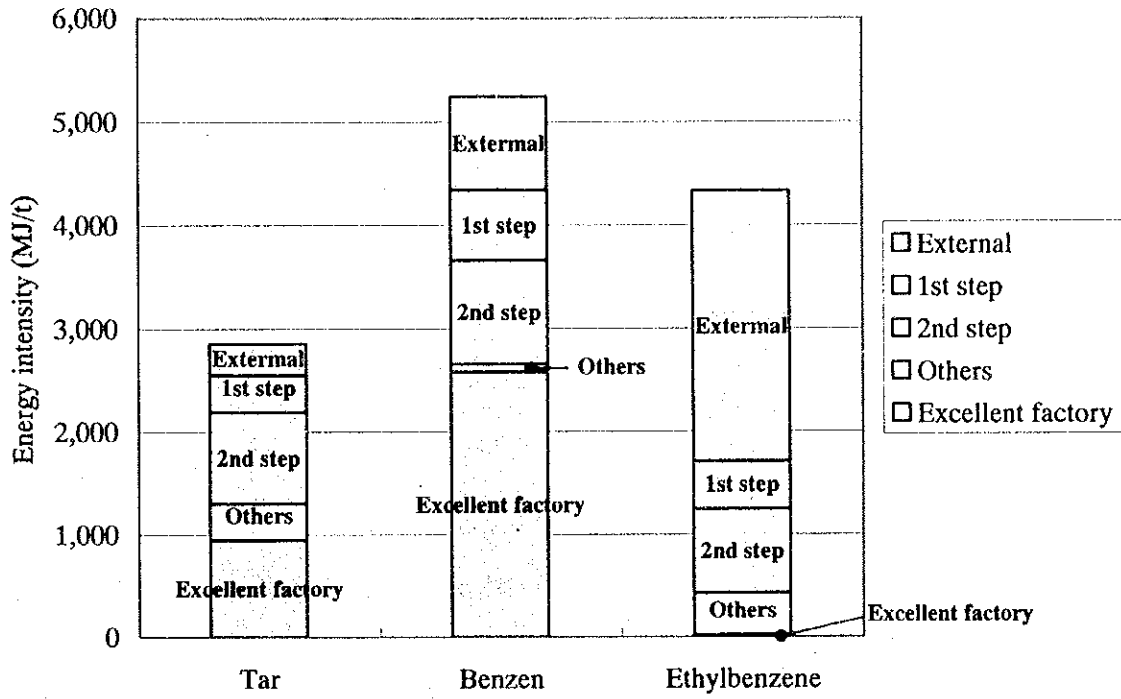
第2ステップの省エネルギー対策

タール加熱炉の断熱強化、熱交換器の増強を提言する。これにより、燃料で23%の省エネルギーが達成出来ると推定される。

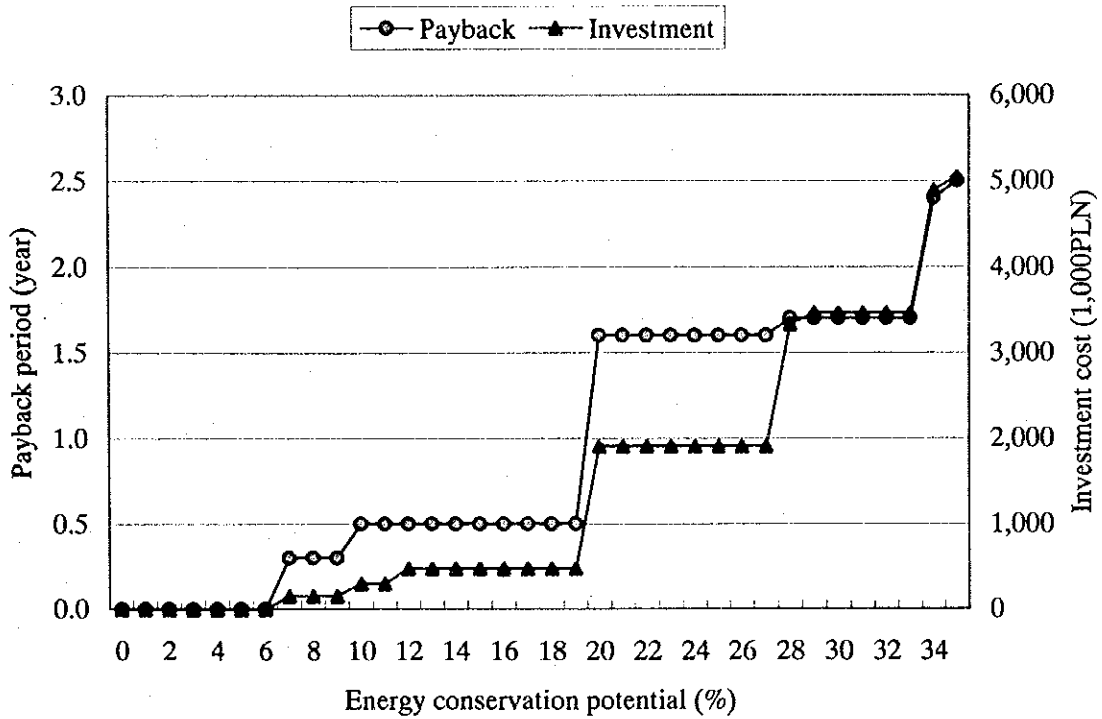
第3ステップの省エネルギー対策

この種の化学工場は、石油精製を始めとする化学コンビナートとして運営されるのが現在の姿であり、本工場のように原料を外部から導入している所ではプロセス改善の投資はあまり大きい効果を出さない。

Brachownia Energy Conservation Potential



Brachownia Energy Conservation Potential



(2) POCH 社の工場

POCH 社は、ポーランド唯一の工業試薬工場であり、グラム単位の試薬から年産 200 トンの試験用肥料にわたる 800 種類の製品を製造している。

a. エネルギー管理状況

POCH 社は、同一の反応設備でバッチ処理で多種類の製品を作っているため、エネルギー損失は大きい。環境保全対策の強化が要求されている。

蒸気ボイラから発生した $42\text{kg}/\text{cm}^2$ の蒸気は、減圧弁で $5\text{kg}/\text{cm}^2$ に減圧されプロセス用熱源及び暖房に使用されているので、エネルギー損失が大きい。暖房用エネルギーが消費エネルギーの 50% を占めている。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996 年のエネルギー原単位は、暖房用エネルギーを除いて、 $63,000\text{MJ}/\text{t}$ であり、第 1、第 2 ステップの対策から、46% の省エネルギーポテンシャルがある。

ボイラの空気比改善などのエネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により、18% の省エネルギーが可能と推定される。

第 1 ステップの省エネルギー対策

ボイラの空気比改善と受電変圧器の容量削減を提言する。これにより燃料で 16.5%、電力で 1% の省エネルギーが達成出来ると推定される。

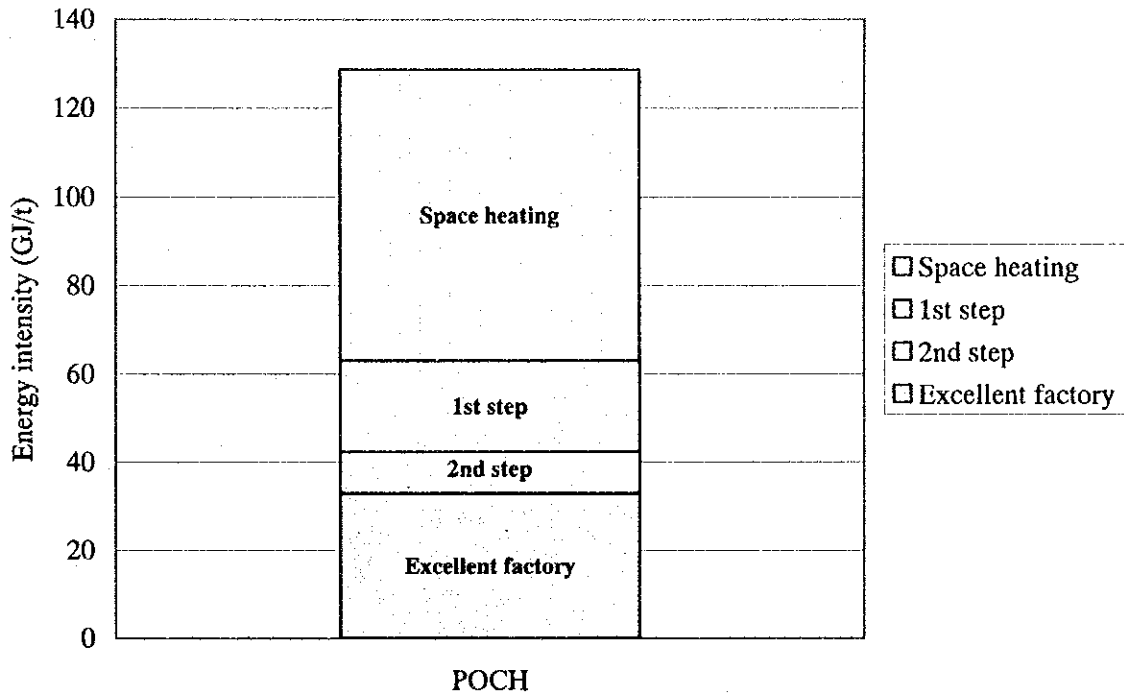
第 2 ステップの省エネルギー対策

蒸気トラップの追加設置、蒸気バルブの保温強化を提言する。これにより、燃料で 6% の省エネルギーを達成出来ると推定される。

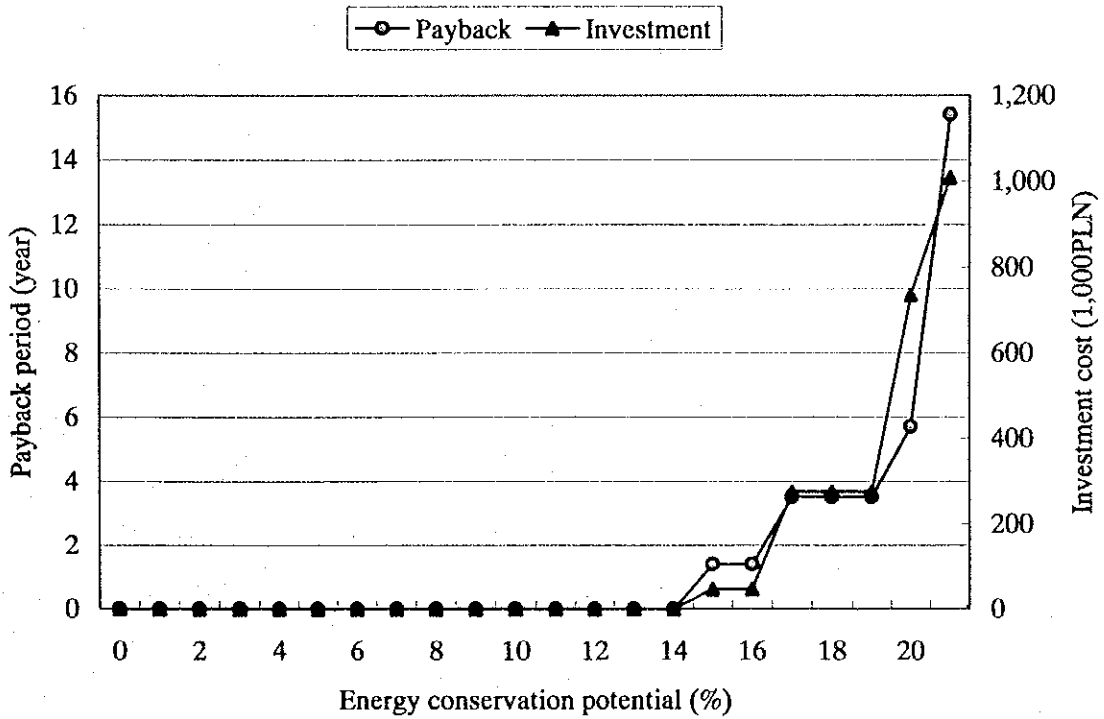
第 3 ステップの省エネルギー対策

少量・多品種工場につき、プロセス改善効果はあまり期待できない。

POCH Energy Conservation Potential



POCH Energy Conservation Potential



(3) Boruta 社の工場

BORUTA 社は化学染料の国内のマーケットシェアは 40%であり、繊維の町 Ludzi にある。1989 年以前は、爆発性の染料中間原料も作っていた工場なので、2km 四方の敷地に各工場建物が点在し、蒸気、圧縮空気等の配給ロスが大きい。生産量は設備能力を大幅に下回っている。現地調査は反応染料工場のみ実施した。リストラクチャリングにより、大幅な人員削減を行い、ユーティリティ部門の発電所および排水処理設備を別会社として、切り離れた。

a. エネルギー管理状況

粉末の染料を作るスプレードライヤーで大量の蒸気を消費している。計測器の整備をする必要がある。

工場建物の暖房エネルギー削減のため、窓ガラスを複層樹脂板に交換している。

b. 省エネルギーポテンシャル

1997 年の反応染料のエネルギー原単位は、88GJ/t であり、Excellent factory の 48GJ/t をベンチマークとすると 46%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により 13%の省エネルギーが可能と推定される。

第 1 ステップの省エネルギー対策

反応工程の濾過工程を 1 回省略すること、昼間の消灯を提言する。これにより、電力で 5%の省エネルギーが達成できると推定される。

第 2 ステップの省エネルギー対策

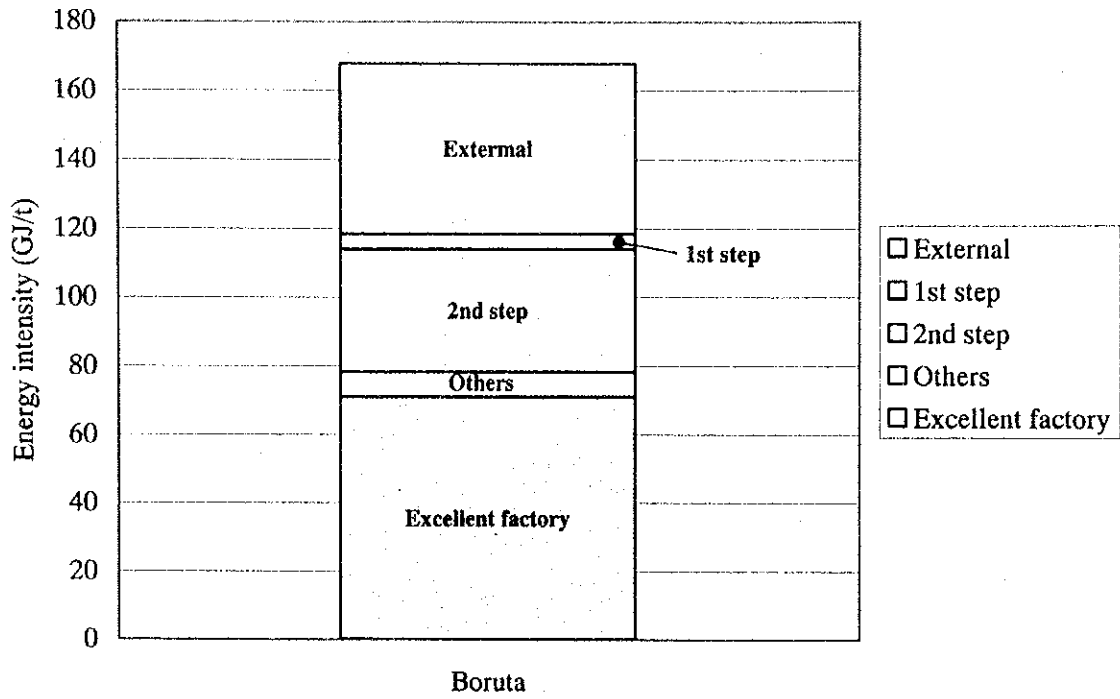
大口需要家向けの液状商品の拡販、スプレードライヤー空気加熱器の改善、スプレードライヤー空気加熱器のコンデンセート回収、空気圧縮機の分散配置、蒸気管の統合、原料供給の自動化、氷供給法の改善を提言する。これにより、蒸気で 11%、電力で 57%の省エネルギーが達成できると推定される。

第 3 ステップの省エネルギー対策

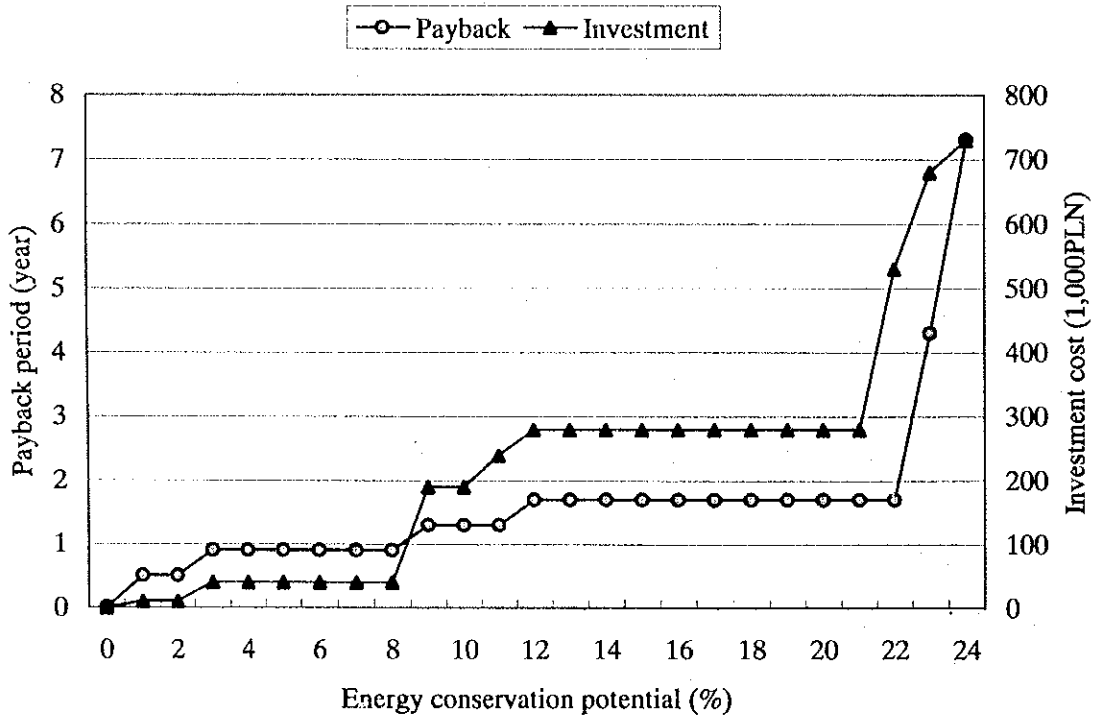
Borut 社は現在リストラクチャリングにより、縮小路線を取っているため、第3ステップの省エネルギー対策を提言していない。

先進国の染料工場は縮小され、中国、インドに工場を移転している現状から、Boruta が現状の老朽化した設備を更新する場合は、現在の粉末染料に加えて顆粒状染料、着色剤、界面活性剤を生産する体制を確立することにより、製品高級化、新鋭設備による省エネルギーを達成できると推定される。

Boruta Energy Conservation Potential



Boruta Energy Conservation Potential



8.1.3 機械工業

ポーランドの代表的なトラクター工場 URSUS Warsaw 工場と中型トラック工場 STAR Starachwice 工場を調査した。両社とも、輸出の減少、輸入品との競合等により、生産量は工場生産能力を大幅に下回っており、組み立てラインは、1シフト(8時間)操業である。したがって、外部資本導入によるリストラを計画中である。

(1) URSUS 社の Warsaw 工場

URSUS 社本社工場は部品加工から組み立てまで一貫製造ラインを有するポーランドの代表的なトラクター工場である。リストラクチャリングの中で、JICA 専門家の指導で HOPP (Human Oriented Program for Production) を導入した工具工場は活気にあふれており、外部からの受注は 30%に達している。

a. エネルギー管理状況

1997 年の調査で提案した鍛造材料切断用加熱炉の停止、小型空気圧縮機の導入、エンジン加工工場のまとめ生産が実施されている。大きな工場建屋の一部しか使用していないため、暖房、照明、圧縮空気等のエネルギー損失が大きい。鍛造工場で圧縮空気漏れ量を測定の結果、2000kW の圧縮機 1 台分の空気が漏れていた。

b. 省エネルギーポテンシャル

1997 年のエネルギー原単位は、暖房エネルギーを除いて、78.5GJ/台であり、Excellent factory の 45GJ/台をベンチマークとすると、43%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以下の設備改善投資で 19%の省エネルギーが可能と推定される。

第 1 ステップの省エネルギー対策

ボイラの空気比改善、圧縮空気漏れの低減を提言する。これにより、燃料で 2%、電力で 4%の省エネルギーが達成できると推定される。

第 2 ステップの省エネルギー対策

加工組立工場のまとめ生産方式の実施、低負荷時用小型空気圧縮機の設置、

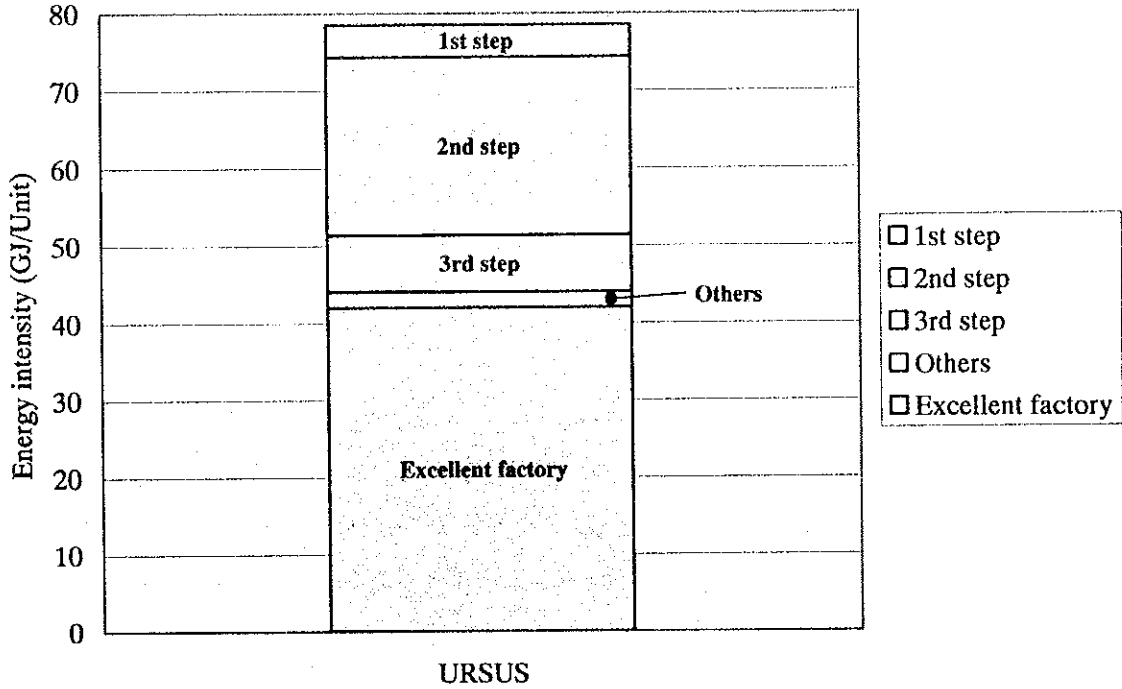
加工機械の 1 サイクル停止運転の導入、ポンプ、ファン用電動機の回転数制御を提言する。これにより、燃料で 12%、電力で 23%の省エネルギーが達成できると推定される。

第3ステップの省エネルギー対策

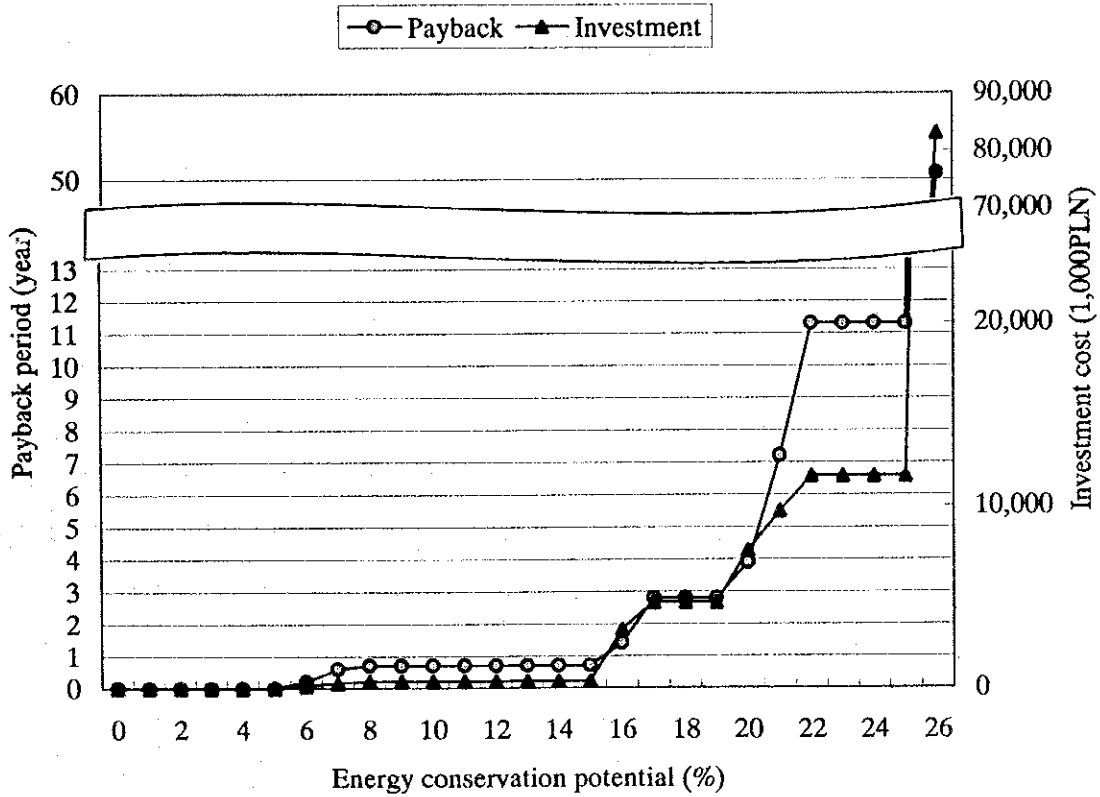
鑄造工場に熱風キュボラ導入、加工組立工場の加工ラインの合理化、エンジン部品の歩留り向上を提言する。これにより、燃料で 4%、電力で 8%の省エネルギーが達成できると推定される。熱風キュボラおよび新型加工機の導入は投資金額が大きいため、経営戦略に基づいて決定することを提言する。

工場全体の問題として、集約化による省エネルギーと HOPP 等による管理者および従業員の活性化の必要性を提言する。

URSUS Energy Conservation Potential



URSUS Energy Conservation Potential



(2) STAR 社 Starachwice 工場

STAR は、中型トラックおよび軍用の車両を製造しているが、大型トラックの輸入増加により生産量は減少している。ドイツの自動車会社の資本導入の方向で、工場の集約化を計画中である。

a. エネルギー管理状況

大きな工場建屋の一部しか使用していないため、暖房、照明、圧縮空気等のエネルギー損失が大きい。暖房エネルギーが工場使用エネルギーの約40%を占めている。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996年のエネルギー原単位は暖房エネルギーを除いて119 GJ/台であり、Excellent factoryの29 GJ/台をベンチマークとすると、75%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間3年以下の設備改善投資で、36%の省エネルギーが可能と推定される。

第1ステップの省エネルギー対策

部門別管理の強化を提言する。これにより、燃料で5%、電力で5%の省エネルギーが達成できると推定される。

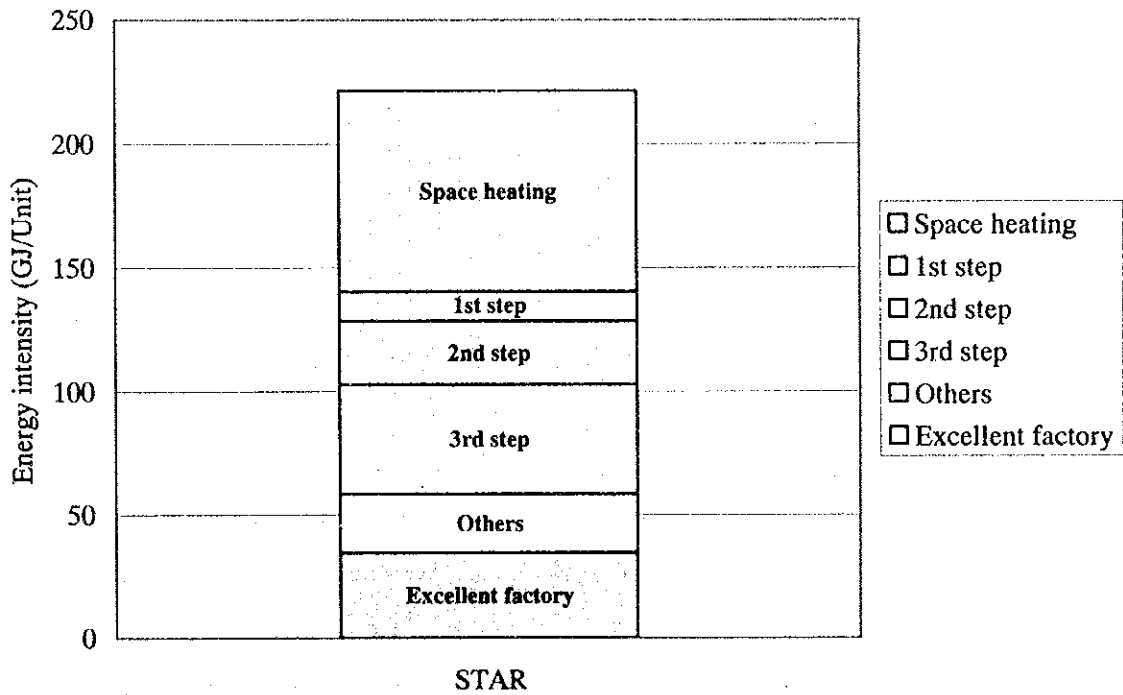
第2ステップの省エネルギー対策

塗装乾燥炉の制御改善、工程集約まとめ生産の導入、空気圧縮機運転制御の改善、圧縮空気圧力の変更を提言する。これにより、燃料で14%、電力で3%の省エネルギーが達成できると推定される。

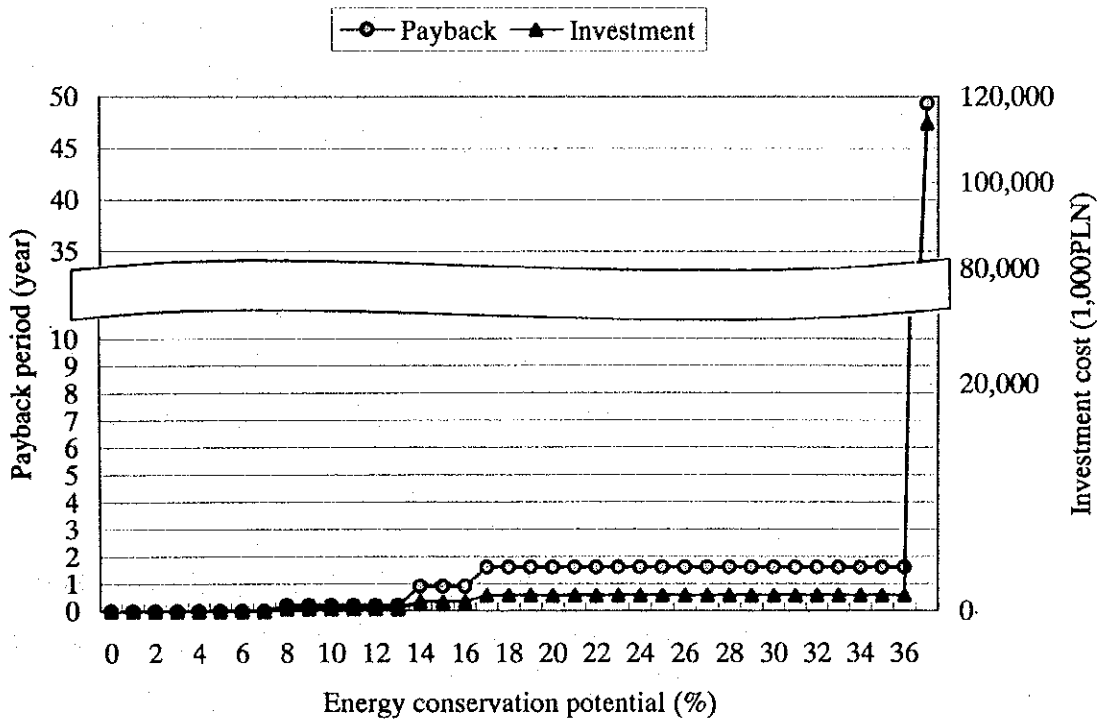
第3ステップの省エネルギー対策

加工ラインの近代化を提言する。これにより、燃料で7%、電力で44%の省エネルギーが達成できると推定される。新型加工機械の導入には多額の投資資金が必要なので、経営戦略に基づいて実施することを提言する。

STAR Energy Conservation Potential



STAR Energy Conservation Potential



8.1.4 窯業（ガラスおよびシリカブロック製造業）

ポーランドでビンガラスの 7%のシェアを持つ Wolomin Glass 社と住宅壁用シリカブロックで 2-3%のシェアを持つ Silikaty 社の工場を調査した。

(1) Wolomin 社本社工場

Wolomin は、ウオッカ等の飲料水ビン、耐熱ガラス食器、魔法ビンおよび理化学ガラス器具を製造している。飲料水ビンは外資合弁会社と競争しているが、耐熱ガラスおよび魔法瓶製造の特殊技術を有している。民間会社に移行するため、1998 年 11 月に外国投資家による入札を予定している。

a. エネルギー管理状況

1997 年の調査で提案した溶解炉の燃焼管理およびボイラの熱交換器の整備が実施されている。設備の負荷が低いので、放熱等のエネルギー損失が大きい。また、製品歩留りが 80%で他社の歩留り 95%に比べて悪い。工場および各ライン毎にエネルギー管理の目標設定が無い。

b. 省エネルギーポテンシャル

1997 年のビンガラス設備のエネルギー原単位は 26.7 GJ/t であり、Excellent factory の 11.2 GJ/t をベンチマークとすると、58%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以下の設備改善投資で、24%の省エネルギーが可能と推定される。

第 1 ステップの省エネルギー対策

溶解炉の空気比改善、空気圧縮機の圧力変更を提言する。これにより、燃料で 5%、電力で 8%の省エネルギーが達成できると推定される。

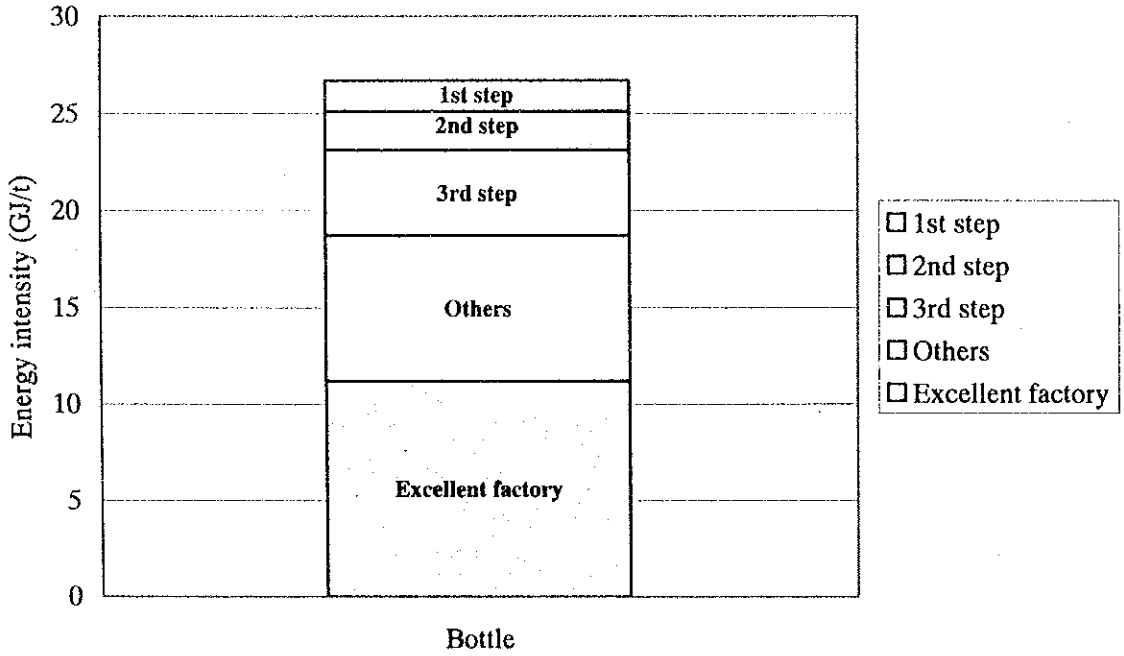
第 2 ステップの省エネルギー対策

溶解炉の断熱強化、溶解炉の蓄熱室改造、ファン用電動機の回転数制御を提言する。これにより、燃料で 9%、電力で 2%の省エネルギーが達成できると推定される。

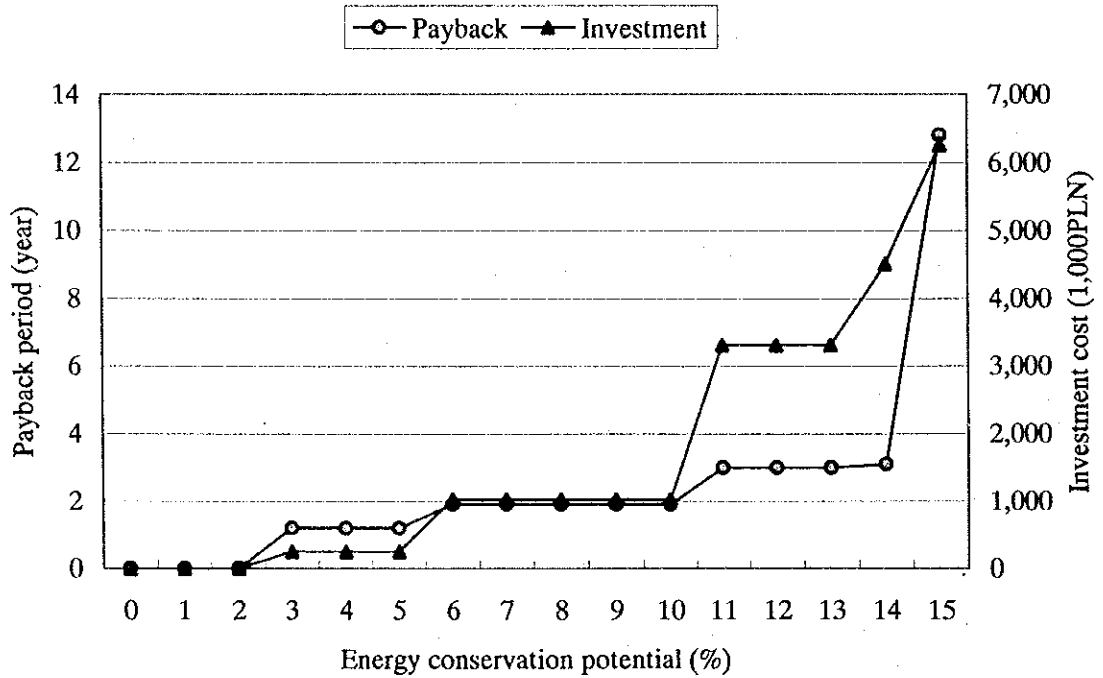
第3ステップの省エネルギー対策

生産量に合わせて、ビンガラス溶解炉の窯容積の縮小、耐熱ガラス溶解炉の電融炉への転換、製品歩留りの向上を提言する。これにより、電力は80%増加するが燃料で46%減少し、エネルギー全体で20%の省エネルギーが達成できると推定される。

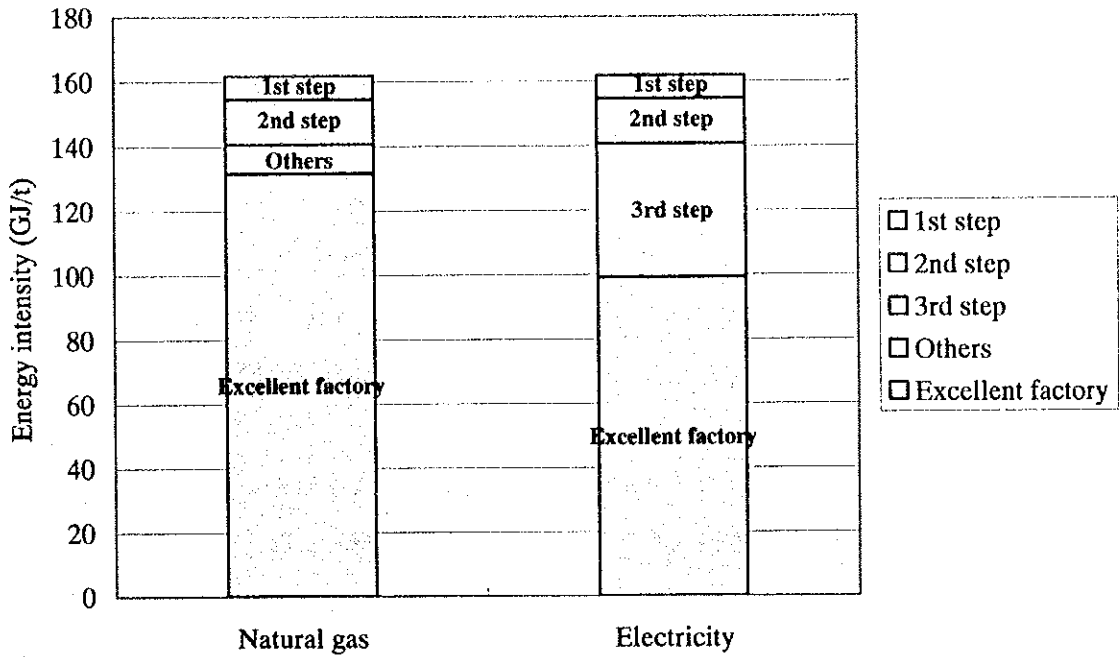
Wolomin Factory-A Energy Conservation Potential



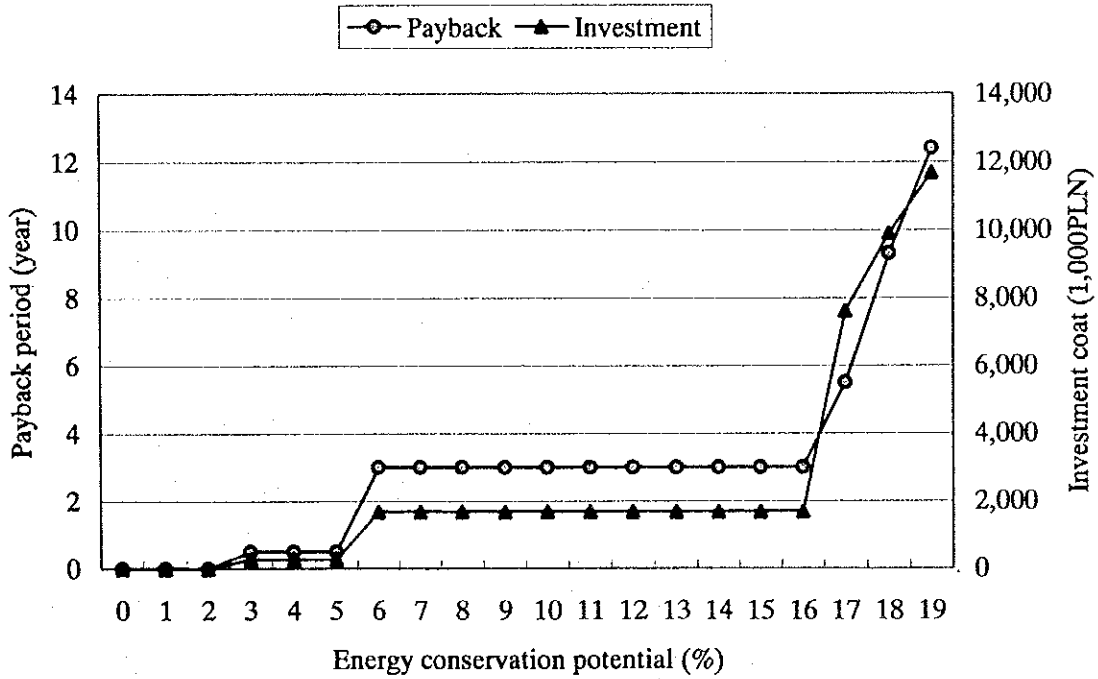
Wolomin Factory-A Energy Conservation Potential



Wolomin Factory-B Energy Conservation Potential



Wolomin Factory-B Energy Conservation Potential



(2) Silikaty 社 Radom 工場

Silikaty 社は、住宅用建材製造会社で、石灰石と珪石を原料として、オートクレーブによる硬化養生により、シリカブロックを製造している。ポーランド国内には同等生産能力の 36 のシリカブロック製造会社があり、本工場のみ 1998 年度オランダ環境保全プロジェクトの対象となり、当 JICA 調査団の提案が実施に移されることになり、省エネルギーモデル工場となる予定である。

a. エネルギー管理状況

経営者は新製品開発、省エネルギーに積極的である。

蒸気流量等の計測器が不足しており、オートクレーブの制御装置も不十分であり、ボイラは手動運転である。また、原料の混合、水分管理も不十分である。

石炭焼きボイラを天然ガス燃焼ボイラに取り替えを計画中である。また、原料混合器を購入し、原料工程の改善を計画している。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996 年のエネルギー原単位は 1,680MJ/t であり、Excellent factory の 720MJ/t をベンチマークとすると、57%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以下の設備改善投資で、36%の省エネルギーが可能と推定される。

第 1 ステップの省エネルギー対策

オートクレーブ操業パターンの改善、ボイラ空気比の改善を提言する。これにより、燃料で 16%の省エネルギーが達成できると推定される。

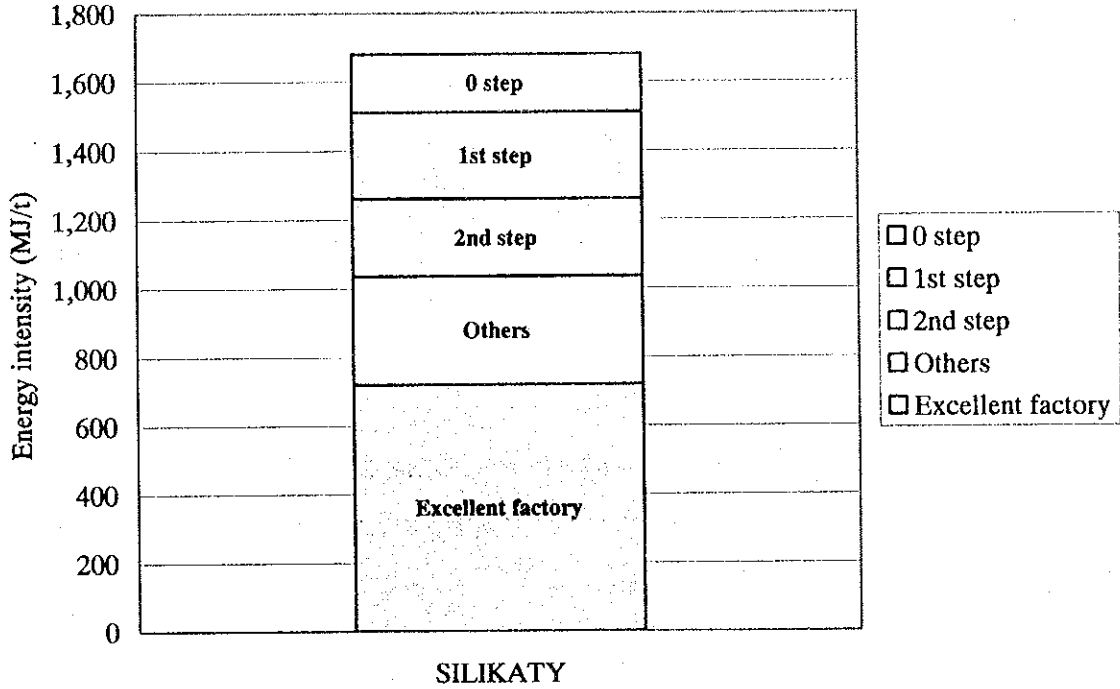
第 2 ステップの省エネルギー対策

オートクレーブ使用蒸気の熱回収、蒸気弁の保温強化を提言する。これにより、燃料で 15%の省エネルギーが達成できると推定される。

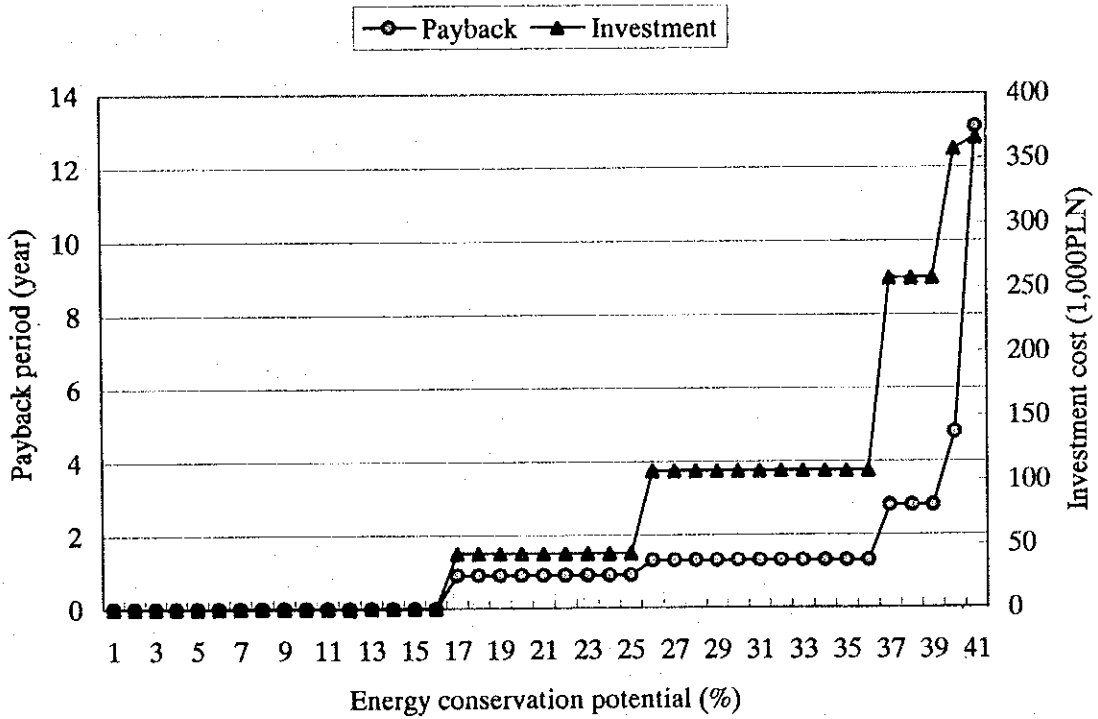
Silikaty は、JICA が提言した上記の第 1 ステップと第 2 ステップの省エネルギー対策に加えて、原料工程の改善、天然ガスボイラの導入を盛り込んだプロジェクトを、KAPE に申請し、オランダの技術、資金援助を受ける

ことになった。

SILIKATY Energy Conservation Potential



SILIKATY Energy Conservation Potential



8.1.5 食品加工業

乳製品製造業の Obrzanska と MLECZ の 2 工場、食肉加工業の Koscian Meat と LUBMEAT の 2 工場、および食用油製造業の OLVIT を調査した。

(1) OLVIT 社本社工場

OLVIT は、大豆油、菜種油等の原料油から、精製油とマーガリンを製造している。昨年から、デンマークの食用油会社が経営に参加し、現在、リストラクチャリングの計画中である。

a. エネルギー管理状況

工場長は省エネルギー推進はコスト低減になる認識を持っている。エネルギー原単位は生産コスト管理に使用されているが、実測値ではない。

計測器が不足している。

蒸気は隣接する熱供給センターから購入している。

水素ガス発生装置は電解式であり、電力の 45%を消費している。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996 年のエネルギー原単位は、5,150MJ/t であり、Excellent factory の 2,703MJ/t をベンチマークとすると 48%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により 15%の省エネルギーが可能と推定される。

第 1 ステップの省エネルギー対策

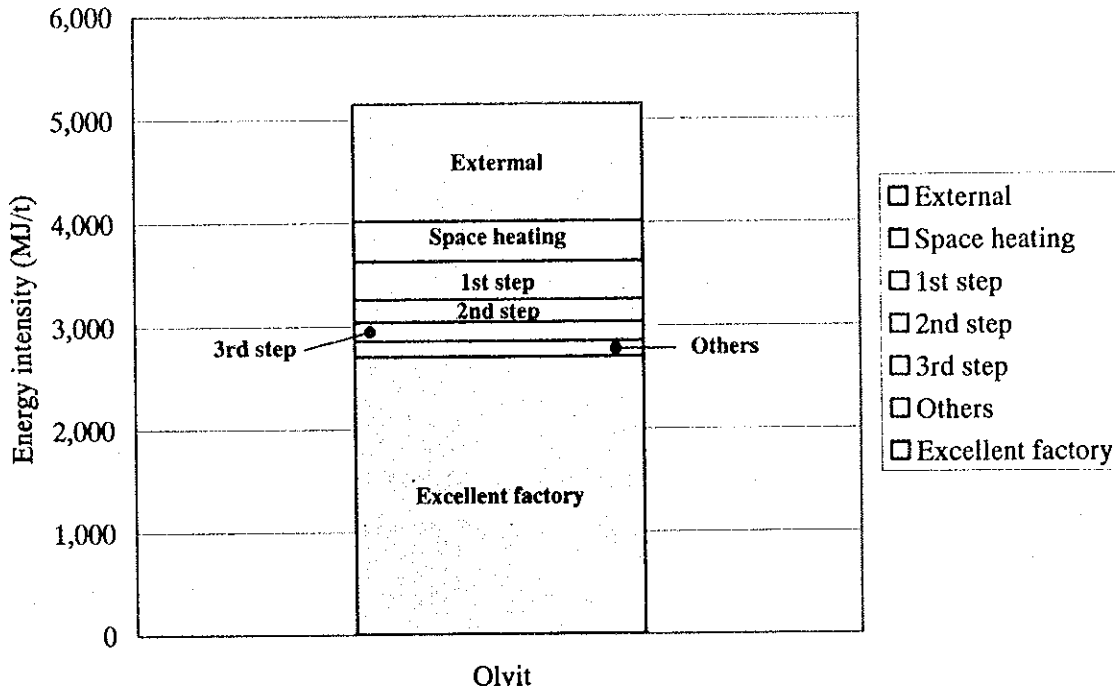
脱臭塔の放熱量低減、脱臭塔真空度とエゼクタ蒸気圧力調整を提言する。

これにより、燃料で 11%の省エネルギーが達成できると推定される。

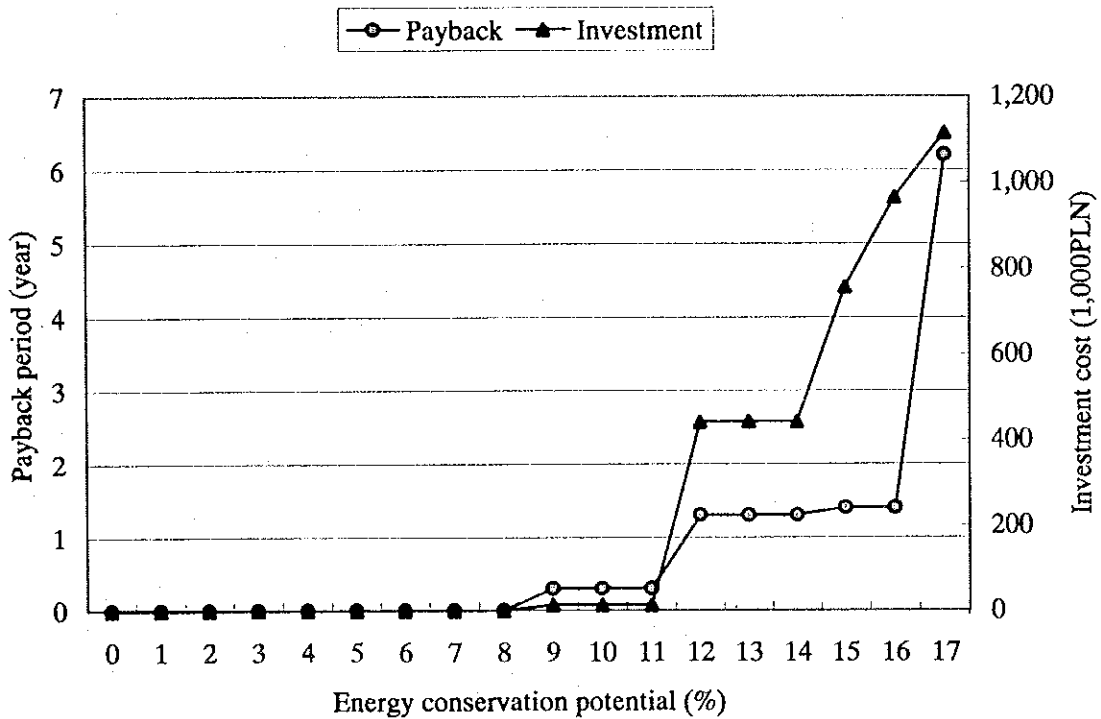
第 2 ステップの省エネルギー対策

脱臭塔加熱方式の改善、蒸気弁の保温強化を提言する。これにより、燃料で 6%の省エネルギーが達成できると推定される。

Olvit Energy Conservation Potential



Olvit Energy Conservation Potential



(2) Koscian Meat 社本社工場

Koscian Meat 社は、豚を屠殺して枝肉、ハム、ソーセージを製造している。生産量は、生産能力の 30%である。

a. エネルギー管理状況

エネルギーコスト比率が低いので、エネルギー管理を重要視していない。

設備毎のエネルギー使用量、原単位は把握されていない。

工場内の冷気が屋外に逃げているため、工場建て屋および倉庫の冷却設備のエネルギー消費が多い。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996 年のエネルギー原単位は、8,407MJ/t であり、Excellent factory の 4,238MJ/t をベンチマークとすると 50%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により 7%の省エネルギーが可能と推定される。

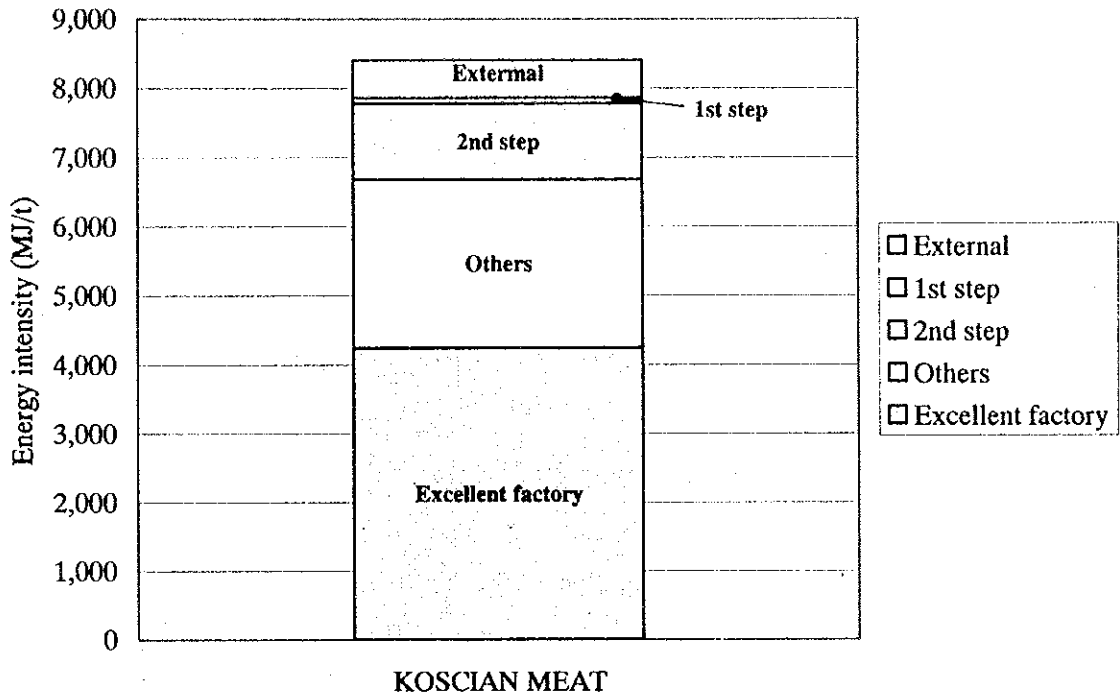
第 1 ステップの省エネルギー対策

工場建物出入り口にカーテン設置を提言する。これにより、燃料で 1%、電力で 1%の省エネルギーが達成できると推定される。

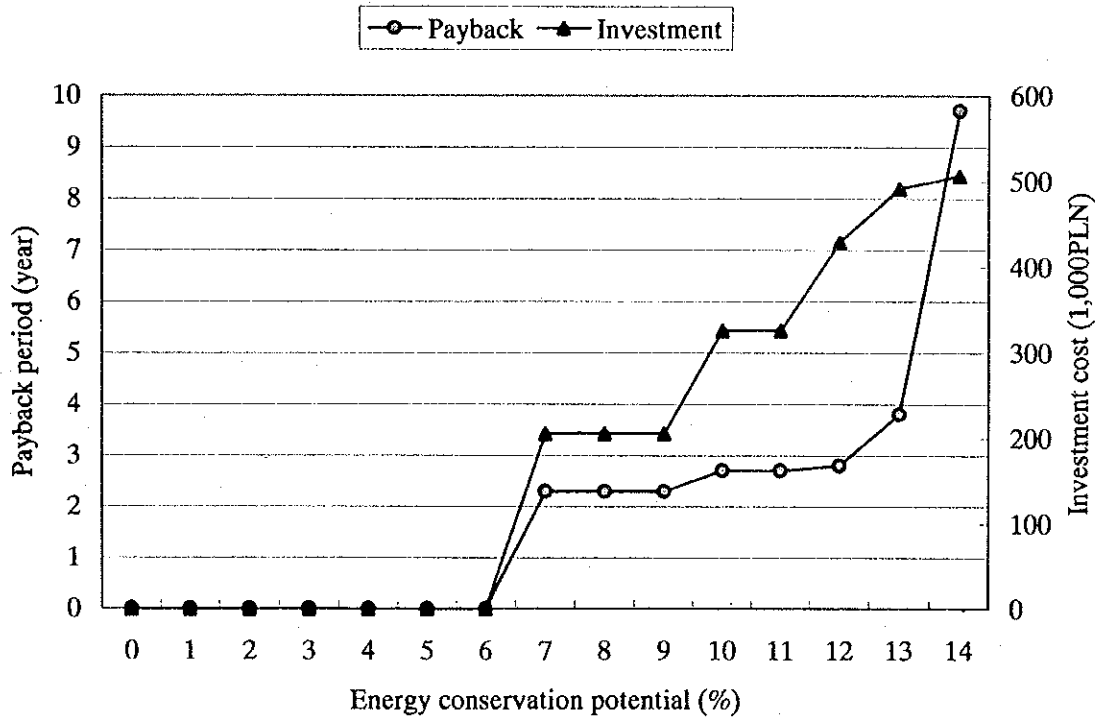
第 2 ステップの省エネルギー対策

加熱工程ドレン回収率の向上、蒸気弁の保温強化、外気取り入れによる冷凍負荷の軽減、冷凍用コンプレッサ容量変更を提言する。これにより、燃料で 15%、電力で 9%の省エネルギーが達成できると推定される。

KOSCIAN MEAT Energy Conservation Potential



KOSCIAN MEAT Energy Conservation Potential



(3) LUBMEAT 社本社工場

LUBMEAT は、豚と牛を屠殺して、枝肉、ハム、ソーセージを製造している。1989 年まで配給制の食肉加工を行っていた大きな工場であり、現在設備能力の 30%程度の生産であり、エネルギーロスが大きい。また、消費者の好みに合った製品開発が必要である。土地建物の縮小等リストラクチャリングを推進している。

a. エネルギー管理状況

リストラクチャリングの目標として、50%の省エネルギーを取上げている。計測器の不足、エネルギー管理に関する情報が少ないことから、原単位管理は実施されていない。

工場内の冷却空気が屋外に逃げている。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996 年のエネルギー原単位は、14,379MJ/t であり、Excellent factory の 5,895MJ/t をベンチマークとすると 59%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により 13%の省エネルギーが可能と推定される。

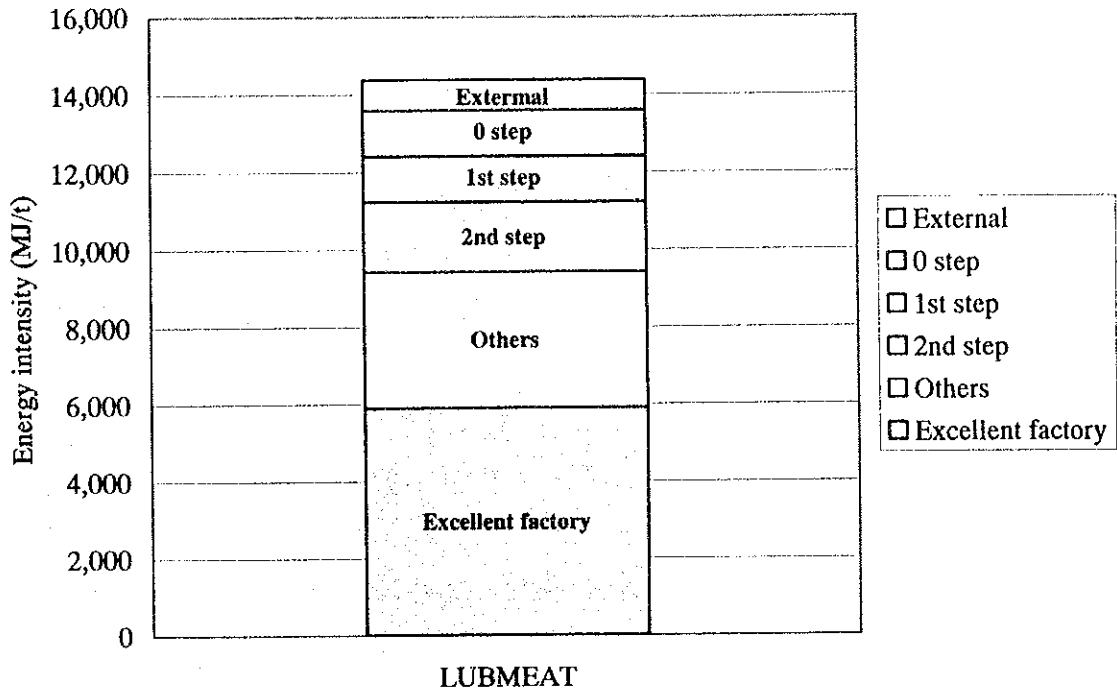
第 1 ステップの省エネルギー対策

ボイラの空気比改善、歩留り向上を提言する。これにより、燃料で 13%、電力で 2%の省エネルギーが達成できると推定される。

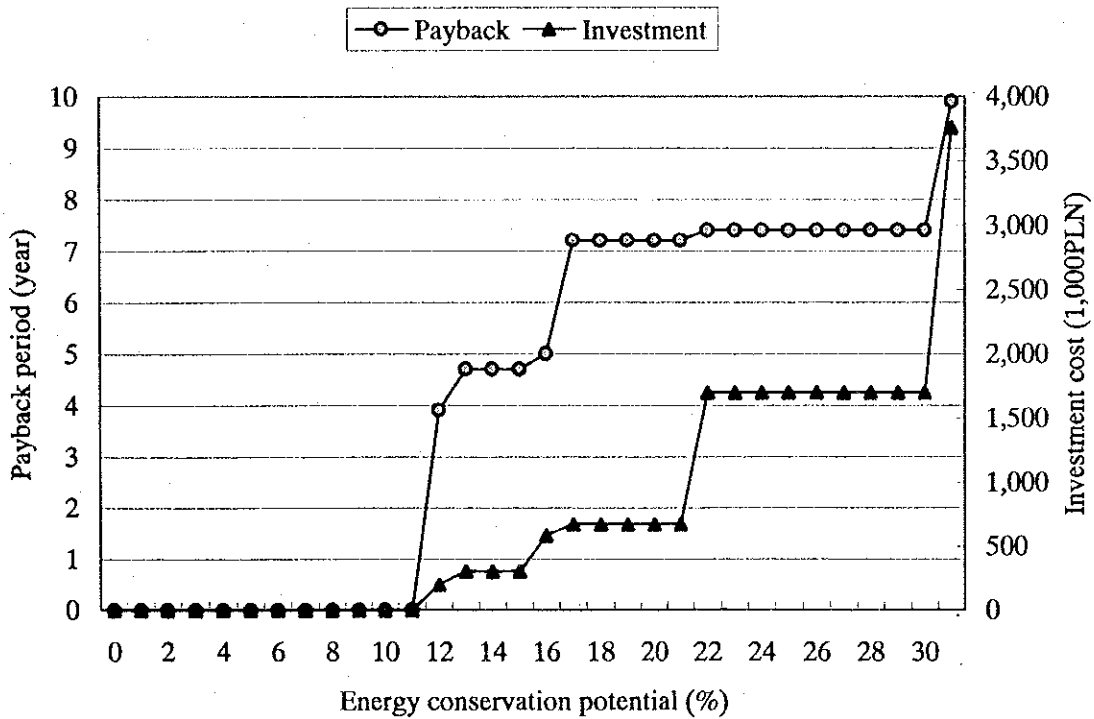
第 2 ステップの省エネルギー対策

加熱工程ドレン回収率の向上、蒸気弁の保温強化、外気取り入れによる冷凍負荷の軽減、工場建物出入りにカーテン設置を提言する。これにより、燃料で 15%、電力で 2%の省エネルギーが達成できると推定される。

LUBMEAT Energy Conservation Potential



LUBMEAT Energy Conservation Potential



(4) Obrzanska 社本社工場

Obrzanska は、牛乳から UHT ミルクとバターを製造する工場であり、酪農家 2000 名の組合が経営母体である。新製品開発および新設備導入に熱心であるが、バターはマーガリンの消費量増加で生産削減している。

a. エネルギー管理状況

工場建屋は古いがコンパクトなため、エネルギー配給のロスは少ない工場である。工場内および倉庫の冷却設備のエネルギー消費が多い。工程毎、設備毎のエネルギー使用量は把握されていない。

b. 省エネルギーポテンシャル

1996 年のエネルギー原単位は、4,062MJ/t であり、Excellent factory の 3,448MJ/t をベンチマークとすると 15%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により 9%の省エネルギーが可能と推定される。

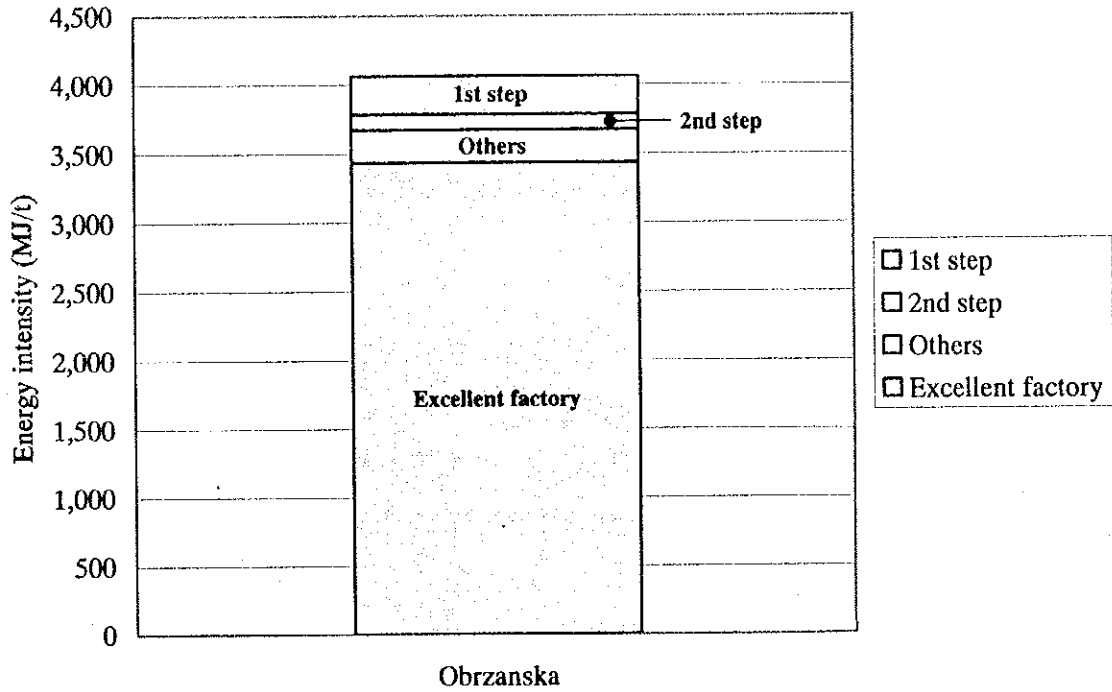
第 1 ステップの省エネルギー対策

牛乳殺菌装置の運転管理の改善、ボイラの空気比改善を提言する。これにより、燃料で 10%の省エネルギーが達成できると推定される。

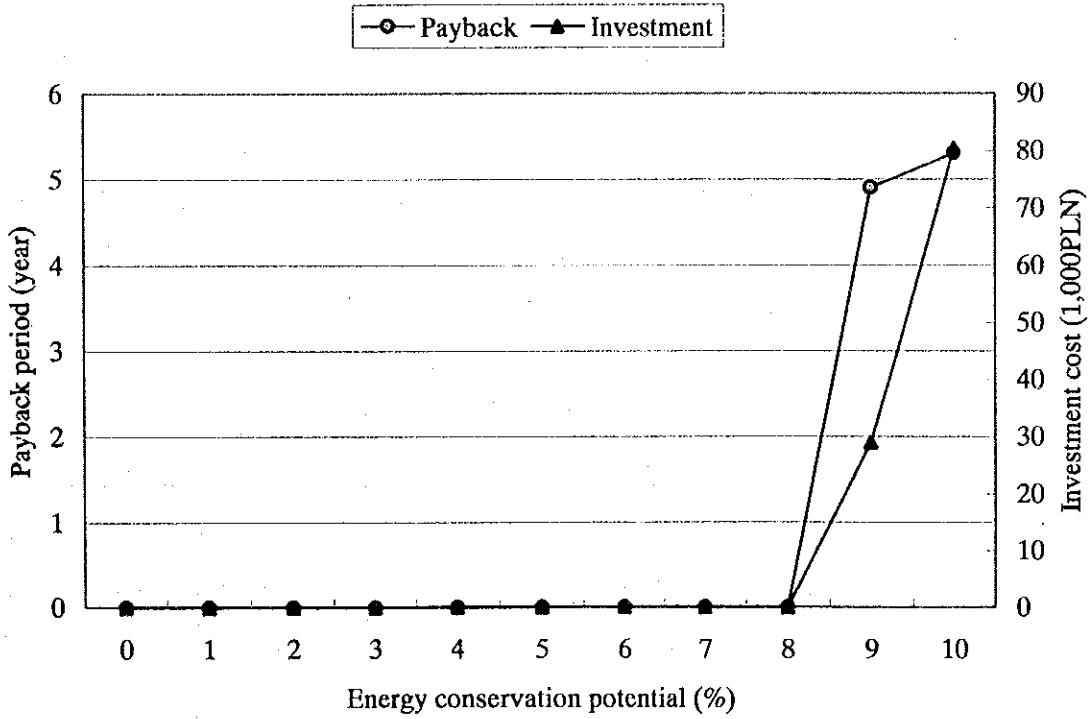
第 2 ステップの省エネルギー対策

冷凍機運転管理の改善、蒸気弁の保温強化を提言する。これにより、燃料で 2%、電力で 3%の省エネルギーが達成できると推定される。

Obrzanska Energy Conservation Potential



Obrzanska Energy Conservation Potential



(5) MLE CZ 社本社工場

Mlecz 社本社工場は、牛乳から HTST ミルク、粉ミルク、バター、チーズを製造する工場であり、LACPOL 社の資本が 99%、酪農組合の資本が 1%の会社である。1988 年に操業開始した工場で設備は比較的新しい。原料乳受入設備能力 500,000t/y に対して 200,000t/y の原乳を受入れ生産をしている。衛生管理状態は、日本に比べて低く、EU への輸出ライセンスは取得出来なかった。周辺に酪農家が減ったので、原料ミルクの確保に苦勞している。

a. エネルギー管理状況

10 年前に建設された工場で設備は新しいので、製造設備の改善点は少ない。エネルギー消費原単位管理を実施している。蒸気を大量に消費するスプレードライヤーが 2 基あり、交互に使用している。エネルギー原単位資料があるが、省エネルギー活動に使われていない。

b. 省エネルギーポテンシャル

1997 年のエネルギー原単位は、9,000MJ/t であり、Excellent factory の 5,100MJ/t をベンチマークとすると 43%の省エネルギーポテンシャルを持っている。エネルギー管理の強化と投資回収期間 3 年以内の設備改善投資により 17%の省エネルギーが可能と推定される。

第 1 ステップの省エネルギー対策

ボイラの空気比改善、ボイラ空気予熱機の整備、排水処理設備の攪拌機電動機 1 台停止、空気圧縮機連結を提言する。これによって、燃料で 8%、電力で 8%の省エネルギーが達成できると推定される。

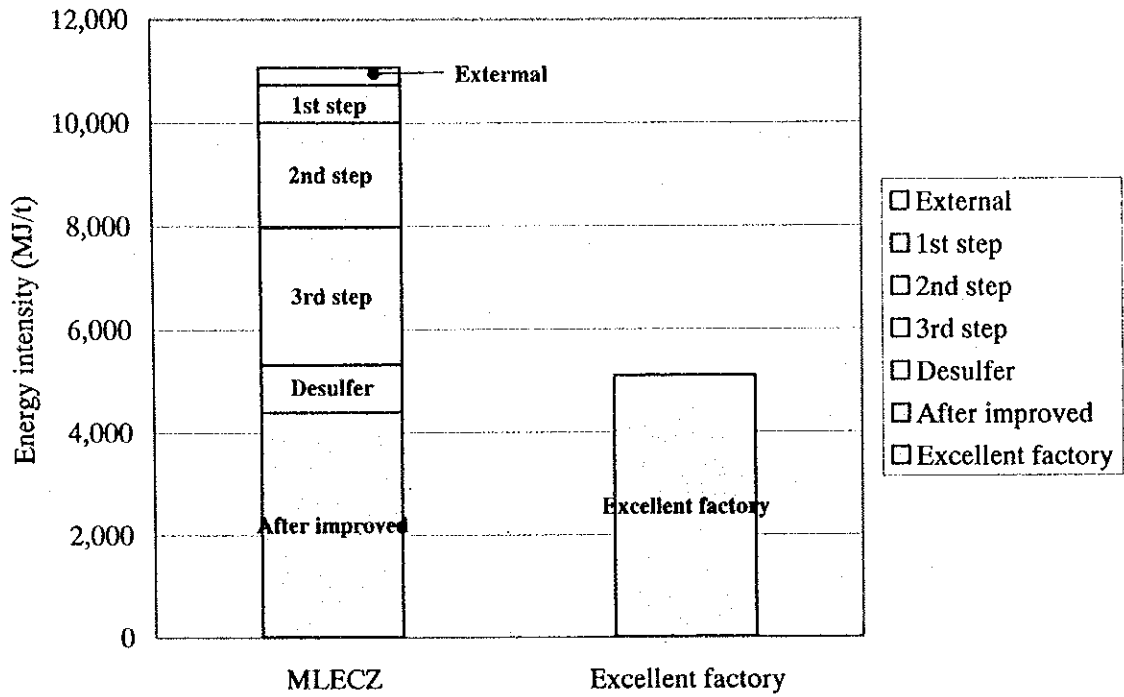
第 2 ステップの省エネルギー対策

粉乳用牛乳殺菌方法を UHT に変更、スプレードライヤー 1 系統運転の採用、冷凍機システムの改善ボイラ排風機モータの回転数制御、屋内照明の改善を提言する。これにより、燃料で 24%、電力で 16%の省エネルギーが達成できると推定される。

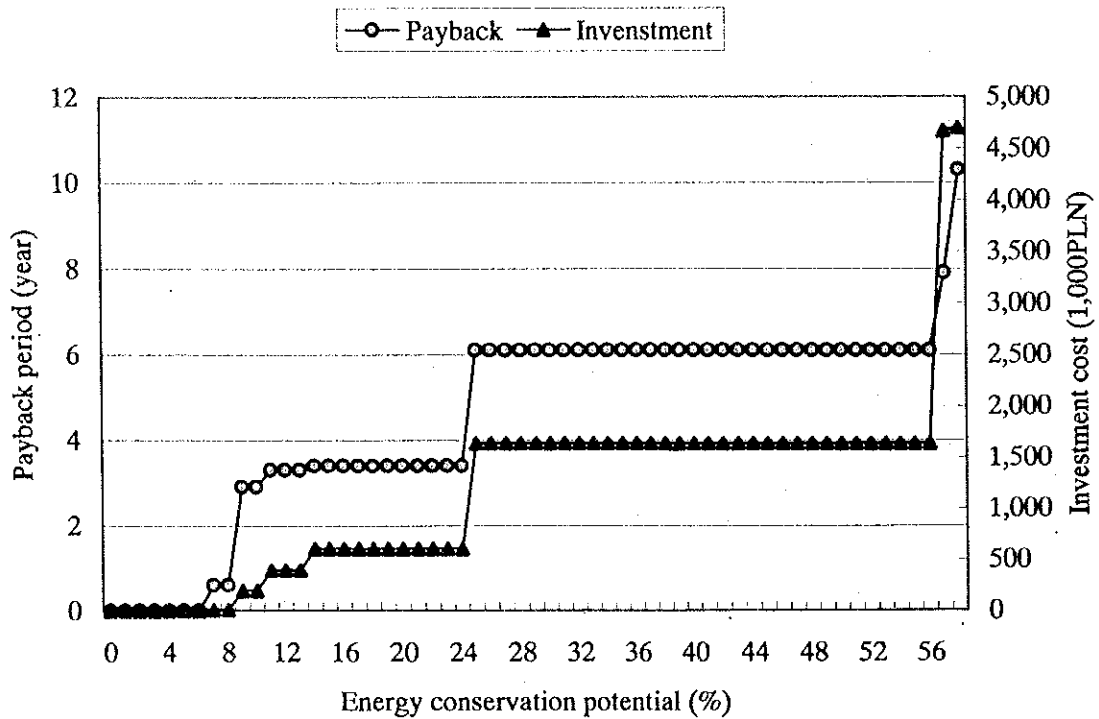
第3ステップの省エネルギー対策

2003年に供給される天然ガスによる、ガス燃焼ボイラ、背圧蒸気タービン発電方式コージェネレーションシステムを検討した結果、使用エネルギー量は20%節約できる。しかし、2003年の天然ガスの単位熱量当たりの価格が石炭の2.5倍になる予定であるから、投資回収期間が長くなり、事業化が困難と推定される。エネルギー価格および環境規制の変化に対応して検討を続けることを提言する。

MLECZ Energy Conservation Potential



MLECZ Conservation Potential



8.2. エネルギー消費機器におけるエネルギー消費の現状

工場現地調査時に、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。

- a. 照明
- b. エアコンプレッサ
- c. 電動機
- d. 変圧器
- e. 工場暖房
- f. ボイラ
- g. 加熱炉

(1) 照明

各工場の照明の省エネルギーポテンシャルを Table 8.3 に示す。

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。白熱灯は使用されていない。

Table 8.5 に示すように、工場内の照明の電力シェアは2%以上であり、省エネルギーポテンシャルは約28%あると、推定される。

提案する照明の省エネルギー対策は次のとおりである。

- a. 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と推定される。
- b. 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と推定される。
- c. 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、例えば床上高さ6mから4mの高さに下げると、50%以上の省エネルギーとなる推定される。

Table 8.3 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

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。従って電球の取り替えの際に高効率の照明器具に切り替えることを提言する。

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ことを提言する。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を提言する。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を強化することを提言する。

(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を Table 8.3 に示す。

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ターボコンプレッサである。

Table 8.5 に示すように、工場内のエアコンプレッサの電力シェアは、17%であり、省エネルギーポテンシャルは36%あると推定される。

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。

a. 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が、吸込みベーンによる風量制御で、電力量を10%節減可能と推定される。

b. 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%節約出来ると推定される。

c. 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を分散配置した方が有利である。

d. 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ることを提言する。

e. 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提言する。

f. 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。工場操業停止日等の機会に空気漏れをチェックし、空気漏れを極力防ぐことを提言する。

Table 8.3 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。

(3) 電動機

各工場の電動機の省エネルギーポテンシャルを Table 8.3 に示す。

電動機には、標準型の誘導電動機が採用され、高効率型電動機の使用例を見ることは出来なかった。

Table 8.5 に示すように、工場内の電動機の電力シェアは 37% であり、省エネルギーポテンシャルは約 3% であると、推定される。

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。

a. 電動機の負荷機械の出力

プロア、ポンプ等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、工場の操業等を勘案して適正值で運転することを提言する。

b. 電動機の回転数制御

ポンプ、ファン等の流体輸送用の電動機では、低負荷運転の電動機に対してはインバーター設置による回転数制御の採用を提言する。

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

c. 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出力の電動機を小型電動機に取り替えるかまたは回転数制御方式を採用することを提言する。

Table 8.3 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、インバーター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。

(4) 変圧器

診断対象となった各工場の変圧器の省エネルギーポテンシャルを Table 8.3 に示す。

工場の変圧器の製造を調査したが、特に設計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。

Table 8.5 に示すように、工場内の受電変圧器の省エネルギーポテンシャルは 1.2%あると、推定される。

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。

a. 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 次側を遮断することを提言する。

低負荷の変圧器は、将来の拡張計画をもとに建設時に設置されたものと、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できるよう統廃合等検討することを提言する。

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ーの設置は余り普及していない。ポーランドの電力契約では力率 $\tan\psi < 0.4$ ($\cos\psi < 0.86$ 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。

(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、負荷の高い時期の工場暖房実施状況を調査することが出来なかった。3工場において、低負荷状態で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を収集出来なかった。

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。

a. 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、ドアの開放禁止等の対策は概ね実施されている。屋根の換気口の開度調整は実施されていないが、換気回数基準に基づいて実施することを提言する。

b. 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を採用されている。複層透明プラスチック板の熱貫流は単板ガラスの約50%であり、ペアガラスの熱貫流率とほぼ同じである。

c. 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ので、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ことを提言する。

d. 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ことを提言する。一部の工場で実施済みである。

e. 局所暖房の採用

工場建物全体を暖房する方式の他に、作業区域が限定されている場合は作業者に対する局所暖房を設置することを提言する。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、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、化学工業等では暖房用エネルギーが年間使用エネルギーの30%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ことを提言する。

(6) ボイラ

各工場のボイラの省エネルギーポテンシャルを Table 8.4 に示す。

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も設置されていない。

Table 8.5 に示すように、工場内のボイラの熱エネルギーシェアは42%であり、省エネルギーポテンシャルは7%あると、推定される。

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。

a. 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、余分の空気は排ガス熱損失となっている。空気比は、2以下で運転することを提言する。例えば、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と推定される。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、燃焼管理の強化および集塵機の整備を提言する。

b. 空気予熱器の整備

燃焼用空気予熱器の伝熱面へ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と推定される。

c. 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できない。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程度で運転出来ると推定される。

天然ガス燃焼ボイラおよび重油燃焼ボイラは近年増加傾向にあり、稼動後1~2年のものではあるが、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、CO₂等の排出量規制値が将来下がった時点でそれをクリアするために、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ことを提言する。

多くの工場は石炭ボイラの排出物に対する環境負荷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年以上と長くなる。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と推定される。

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いくものと思われる。

(7) 加熱炉

鉄鋼業の圧延工場鋼片加熱炉、鍛造工場鋼材加熱炉および化学工場タール蒸留用

加熱炉の省エネルギーポテンシャルを Table 8.4 に示す。

鉄鋼業の圧延工場鋼片加熱炉及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り、タール加熱炉は加熱管内のタールを加熱する間接加熱方式で、燃料はコークス炉ガスである。

Table 8.5 に示すように、工場内の加熱炉の熱エネルギーシェアは 65%であり、省エネルギーポテンシャルは 26%あると、推定される。

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。

a. 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、空気比 1.1 から 1.3 で運転するよう改善することを提言する。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、燃料節約量は約 15%となると推定される。

b. 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ー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を採用することを提言する。鍛造加熱炉には順次実施されている。

c. 保熱運転基準の設定

加熱炉は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ことを提言する。

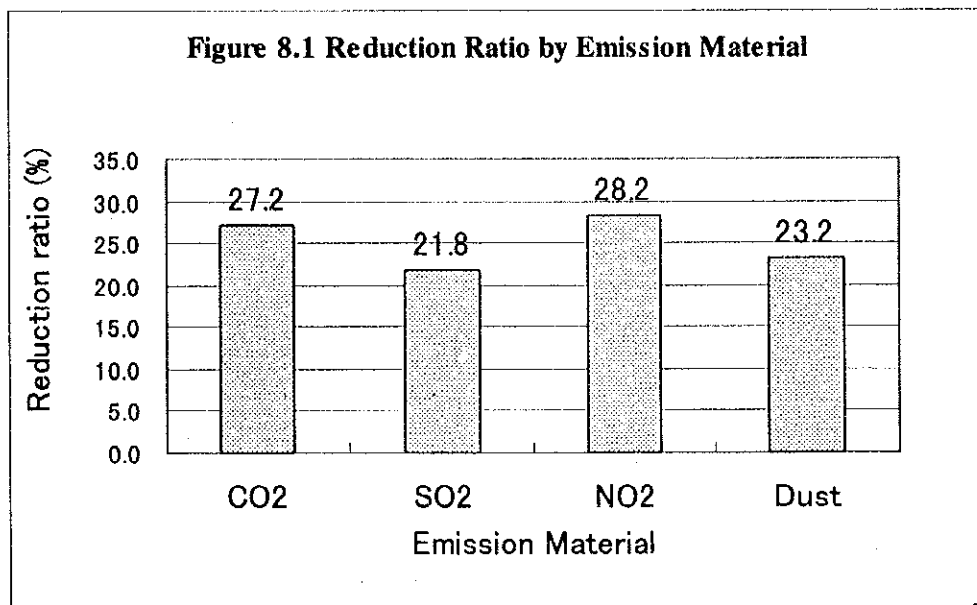
Table 8.4 に示すように、空気比改善は省エネルギー効果が大きいので、空気比調整用計測器および制御装置等の改善は、投資回収期間 3 年以下で可能と推定される。また、セラミックファイバによる断熱強化は、投資回収期間が 5~6 年以下であり、優先順位をつけて実施することを提言する。

8.3 省エネルギーによる環境改善効果の推定

15 工場のエネルギー調査において、燃料および電力の使用量から CO₂、SO₂、NO₂ およびダストの排出量を算出し、省エネルギー対策実施による燃料および電力の削減量

から CO₂、SO₂、NO₂ およびダストの減少量を推定した。また、省エネルギー対策実施による CO₂ 等の排出物に対する環境負荷課金 (Emission fee) の削減を算出し、省エネルギー対策効果金額に加えて、改善プロジェクトの投資回収期間を計算した。

CO₂ 等の排出物は、Figure 8.1 に示すように、27%削減すると推定される。各排出物の削減量は Figure 8.1 に示す。



環境負荷課金の削減を省エネルギー対策効果金額に加えて、改善プロジェクトの投資回収期間を計算した結果、Table 8.6 に示すとおり投資回収期間の短縮はわずか 1-4% と推定される。したがって、環境負荷課金の削減は、工場に対する大きなインセンティブとはならない。

なお、燃料、電力から発生する CO₂、SO₂、NO₂ 及びダストの量は下記の係数を使用した。熱供給会社からの蒸気および温水からの排出物質は算出していない。

燃料及び電力の CO₂ などの排出係数

エネルギー	単位	CO ₂	SO ₂	NO ₂	Dust
ガス燃料	kg/GJ	55,400	0.004	0.056	0.001
固体燃料	kg/GJ	94,400	0.660	0.175	0.143
液体燃料	kg/GJ	72,800	0.140	0.118	0.002
電力	kg/MWh	7,318	0.223	0.069	0.012

CO₂ などの大気汚染物質排出時に支払う環境負荷課金 (Emission fee) 及び環境負荷罰

金(Emission fine)は次の通りである。環境負荷罰金は、課金の100倍である。

Charge	単位	CO ₂	SO ₂	NO ₂	Dust
環境負荷課金 (Fee)	PLN/kg-pollutant	0.00015	0.3	0.3	0.2
環境負荷罰金 (Fine)	PLN/kg-pollutant	0.015	30	30	20

Table 8.3 Summary of Energy Conservation Potential of Electric Equipment (1/2)

			Electricity: 0.172 PLN/kWh 1PLN=35yen			
No.	Sector	Item	Energy Conserv. Potential		Investment cost 1000 PLN	Payback period year
			Electricity MWh/y	1000 PLN/y		
Lighting equipment						
Step 1						
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
Step 2						
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(Outside)	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
Total (Step 1 + Step 2)			5,484	943	5,082	5.4
Air compressor						
Step 1						
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	10	0.3
Subtotal			7,550	1,299	67	0.1
Step 2						
6	Steel	Installation of small compressor	365	63	250	4.0
7	Steel	Improvement of pressure control of turbo compres	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
Total (Step 1 + Step 2)			15,309	2,633	1,189	0.5

Table 8.3 Summary of Energy Conservation Potential of Electric Equipment (2/2)

		Electricity: 0.172 PLN/kWh 1PLN=35yen				
No.	Sector	Item	Energy Conserv. Potential		Investment cost 1000 PLN	Payback period year
			Electricity MWh/y	1000 PLN/y		
Motor						
Step 2						
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
Total			7,809	1,343	4,017	3.0
Transformer						
Step 1						
1	Machine	Rearrangement of transformer	46	8	0	0.0
2	Chemical	Reduction of capacity	34	6	0	0.0
3	Chemical	Unification of transformers	126	22	40	1.8
4	Food	Adjusting of voltage	33	6	0	0.0
5	Food	Stop of transformer operation	9	2	0	0.0
6	Food	Cutoff of transformer breaker	1	0	0	0.0
Total			249	43	40	0.9

Table 8.4 Summary of Energy Conservation Potential of Heat Equipment

		Natural gas: 0.514 PLN/m ³ N				
		Coal: 170PLN/t		1PLN=35yen		
No.	Sector	Item	Energy Conserv. Potential		Investment cost	Payback period
			Fuel			
			GJ/y	1000PLN/y	1000PLN	year
Boiler						
Step 1						
1	Steel	Improving of air ratio	8,198	63	0	0.0
2	Machine	Improving of air ratio	16,765	130	0	0.0
3	Chemical	Improving of air ratio	52,866	409	0	0.0
4	Non-meta	Improving of air ratio	5,542	43	0	0.0
5	Food	Improving of air ratio	6,244	48	0	0.0
6	Food	Improving of air ratio	1,842	14	0	0.0
7	Food	Improving of air ratio	8,063	62	0	0.0
8	Food	Maintenance of air preheater	2,343	18	0	0.0
Subtotal			101,863	193	0	0.0
Total			101,863	193	0	0
Heating furnace						
Step 1						
1	Steel	Improvement of air ratio of shape mill	5,614	81	0	0.0
2	Steel	Improvement of holding heat standard	5,012	73	0	0.0
3	Steel	Improvement of operation standard in low load	12,311	178	0	0.0
4	Steel	Improvement of air ratio of plate mill	1,800	26	0	0.0
5	Steel	Reinforcement of close of opening	2,342	34	57	1.6
6	Steel	Improvement of air ratio of bar mill	191,490	2,773	0	0.0
7	Steel	Improvement of air ratio of forging(Heat)	162,744	2,356	4,000	1.6
		Improvement of air ratio of forging(Electricity) 1,499MWh/y		258	0	0.0
Subtotal			381,313	5,779	4,057	0.7
Step 2						
8	Steel	Insulation of ceramic fiber of shape mill	12,631	183	857	4.6
9	Steel	Insulation of ceramic fiber of plate mill	7,169	104	571	5.5
10	Steel	Insulation of ceramic fiber of bar mill	37,079	537	1,143	2.1
11	Steel	Insulation of ceramic fiber of bar mill 2	84,825	1,228	1,429	1.1
12	Steel	Improvement of openings	24,889	360	143	0.3
Subtotal			166,593	2,412	4,143	1.7
Step 3						
13	Steel	Introduction of hot charge rolling	33,483	485	875	1.8
14	Steel	Increase of hot charge rolling ratio	170,157	2,464	7,143	2.8
Subtotal			203,640	2,948	8,018	2.7
Total			751,546	11,140	16,218	1.4

Table 8.5 Energy Consumption Share and Energy Conservation Potential Ratio of Energy Consuming Equipment

No.	Equipment	Energy consumption of factories (A) Unit	Energy consumption of equipment (B)	Share (B/A*100) %	Energy conservation potential (C)	Ratio (C/B*100) %	No. of factory
1	Lighting	MWh/y 846,961	19,777	2.3	5,482	27.72	11
2	Air compressor	MWh/y 245,412	42,606	17.4	15,309	35.93	10
3	Motor	MWh/y 886,894	327,232	36.9	7,809	2.39	15
4	Transformer	MWh/y 716,487	21,495	3.0	249	1.16	12
5	Boiler	GJ/y 3,444,492	1,431,612	41.6	101,863	7.12	11
6	Heating furnace	GJ/y 4,099,071	2,658,694	64.9	703,800	26.47	2

Table 8.6 Air Pollutant Fee Reduction by Energy Conservation

Industry sector	No.	Factory name	Fuel saving		Electricity saving				Reduction of emission from fuel and electricity				Reduction of emission fee				Payback period		Reduction ratio (%)
			(GJ/y)	(MWh/y)	CO ₂ (t/y)	SO ₂ (t/y)	NO ₂ (t/y)	Dust (t/y)	CO ₂ (1000PLN/y)	SO ₂ (1000PLN/y)	NO ₂ (1000PLN/y)	Dust (1000PLN/y)	Total (1000PLN/y)	Reduction rate (%)	Eco-Environ (year)	Economical (year)			
Steel-Making Industry	1	Labeidy	135,024	5,018	7,746.6	1.7	121.9	0.2	0.5	36.6	0.0	38.3	19.7	1.55	1.57	1.4			
	2	Ostrowiec	1,120,495	54,611	59,005.5	10.7	928.7	1.4	8.9	3.2	278.6	0.3	290.9	28.7	1.58	1.59	1.1		
	3	Lacznikow	58,899	11,726	7,018.3	72.5	-25.9	15.3	1.1	21.8	-7.8	18.1	23.4	2.33	2.35	0.7			
Chemical Industry	4	Blachownia	274,697	2,409	14,789.2	1.6	33.6	0.3	2.2	10.1	0.1	12.8	33.1	1.29	1.30	0.3			
	5	Poch	74,195	311	7,139.8	49.0	23.0	10.6	1.1	14.7	6.9	21.1	24.8	1.66	1.73	4.1			
	6	Boruta	8,086	1,353	9.9	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.5	1.59	1.59	0.0			
Machine Manufacturing Industry	7	Ursus	161,352	35,856	5,047.3	34.2	13.4	6.1	0.8	10.3	4.0	1.2	16.3	6.0	11.31	11.33	0.2		
	8	Star	124,400	12,689	4,592.1	3.1	14.6	0.2	0.7	0.9	4.4	0.0	6.0	18.8	26.90	26.94	0.1		
	9	Wolomin(A+B)	483,006	-13,831	26,822.3	5.1	158.1	1.7	4.0	1.5	47.4	0.3	53.3	60.7	3.89	3.94	1.2		
Non-Metallic Industry	10	Silkaty	23,461	4	2,210.1	15.5	4.7	3.4	0.3	4.6	1.4	0.7	7.1	30.9	1.21	1.26	4.0		
	11	Olwit	41,273	33	1,874.4	3.6	3.0	0.1	0.3	1.1	0.9	0.0	2.3	14.0	0.77	0.77	0.2		
	12	Koscian Meat	8,194	264	455.9	0.1	0.5	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	15.4	2.63	2.63	0.1		
Food Processing Industry	13	Lubmeat	15,603	544	1,476.9	10.4	2.8	2.2	0.2	3.1	0.8	4.5	27.4	3.47	3.51	0.9			
	14	Obrzanska	4,753	62	449.1	3.2	0.8	0.7	0.1	0.9	0.3	1.4	12.3	1.73	1.79	3.0			
	15	MLECZ	61,267	6,527	9,533.1	104.2	22.5	22.3	1.4	31.2	6.7	4.5	109.2	4.95	5.19	4.7			
	Sum	2,594,705	117,576	148,170.3	315.2	1,301.8	64.4	22.2	94.6	390.5	12.9	520.2	26.6						
	Current energy consumption	8,209,307	890,189																
	Current emission from fuel & electricity			544,470	1,449	4,608	277												
	Reduction ratio of energy & emission (%)			27.2	21.8	28.2	23.2												
				13.2															

9. 省エネルギー実施方法ガイドライン
および省エネルギー診断測定マニュアル

9. 省エネルギー実施方法ガイドランおよび省エネルギー診断測定マニュアル

9.1 省エネルギー実施方法ガイドライン

本報告書のIV編には、省エネルギー実施方法ガイドとして対象業種およびエネルギー機器ごとの省エネルギー実施方法が含まれている。

工場診断結果を踏まえ、日本がこれまで実施し、成果をあげた手法、事例等を考慮し、作成した。ポーランド側が、工場診断、セミナー等を独自で実施する際の手引書として利用できるような内容が含まれている。

業種ごとのガイドラインには、次の内容が含まれている。

- ・各業種のエネルギー消費の特徴
- ・製造工程と主要なエネルギー設備
- ・エネルギー管理の進め方
- ・省エネルギー実施方法

対象は次のとおりである。

(1) 業種

- a. 鉄鋼
- b. 化学
- c. 機械加工
- d. 窯業（ガラス、シリカブロック）
- e. 食品（植物油、食肉、乳製品）

(2) エネルギー設備

- a. 照明
- b. エアコンプレッサ
- c. 電動機
- d. 変圧器
- e. 工場暖房
- f. ボイラ
- g. 加熱炉

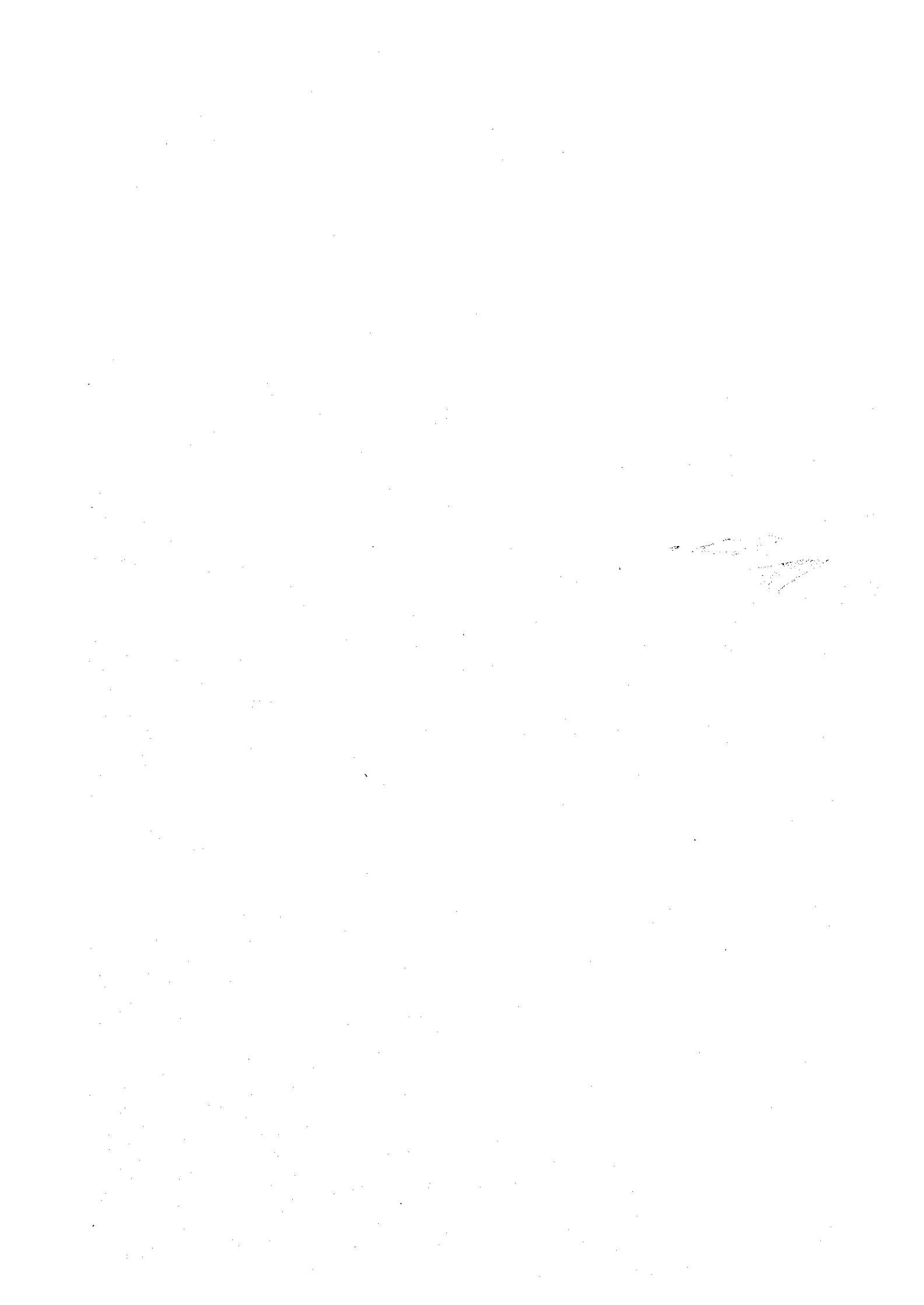
9.2 エネルギー診断測定マニュアル

本報告書のV編は、対象業種およびエネルギー機器毎にエネルギー診断を実施するための測定マニュアルである。工場診断結果を実施する際に、ポーランドのエンジニアおよびコンサルタントがこのマニュアルを使用し、独自で測定データの収集および工場診断を実施できることを目的としている。

業種ごとの測定計画には、各プロセス設備の測定項目、測定点、測定時間、測定データの処理方法が含まれている。

記載項目は次のとおりである。

- (1) 診断の手順
- (2) 診断の着眼点
- (3) 工場概要の把握
- (4) 測定計画の説明
- (5) 計測器の説明
- (6) 測定データの処理
- (7) 熱計算シートの解説
- (8) 業種ごとの測定計画
 - a. 鉄鋼
 - b. 化学
 - c. 機械加工
 - d. 窯業
 - e. 食品加工
- (9) エネルギー設備
 - a. 照明
 - b. エアコンプレッサ
 - c. 電動機
 - d. 変圧器
 - e. ファン・プロア
 - f. ポンプ
 - g. ボイラ
 - h. 蒸気配管



JICA