

産業用ヒートポンプの応用

IEA Industrial Energy-related Systems and Technologies Annex13
IEA Heat Pump Programme Annex35

第3章 Task1： ヒートポンプに関するエネルギー事情、 エネルギー利用、市場概観、適用への障害

目 次

1. 要約	p44
2. 序文	p44
3. オーストリア	p47
3.1 オーストリアにおける 2009 年の産業エネルギー利用	
3.2 市場概観	
3.3 適用への障害	
3.4 文献	
4. カナダ	p62
4.1 産業エネルギー利用	
4.2 産業用ヒートポンプの市場	
4.3 適用への障害	
4.4 文献	
5. デンマーク	p68
5.1 デンマークにおける 2009 年のエネルギー利用	
5.2 製造業におけるエネルギー利用	
5.3 市場調査	
5.4 文献	
6. フランス	p73
6.1 フランスにおけるエネルギー	
6.2 フランスにおける市場概観	
6.3 適用への障害	
7. ドイツ	p84
7.1 ドイツにおけるエネルギー利用	
7.2 ドイツにおける市場概観	
7.3 ドイツ産業におけるヒートポンプ利用の技術的ポテンシャル	
7.4 ドイツヒートポンプ市場	
7.5 研究と文献	
7.6 産業部門におけるヒートポンプに適用への障害	
7.7 文献	
8. 日本	p98
8.1 日本におけるエネルギー利用	
8.2 日本における市場概観	
8.3 適用への障害	

9. 韓国	p104
9.1 韓国におけるエネルギー利用	
9.2 韓国のヒートポンプ市場	
9.3 文献	
10. オランダ	p112
10.1 製造業におけるエネルギー利用	
10.2 市場概観	
10.3 障害と動向	
10.4 ヒートポンプポテンシャル	
10.5 オランダにおける製造メーカーと供給者	
10.6 文献	
11. スウェーデン	p125
11.1 スウェーデンにおける 2011 年のエネルギー利用	
12. 文献調査	
12.1すべての国の調査文献	p131

第3章 Task 1

1. 要約

世界におけるエネルギー価格の高騰や環境問題への高まりは、省エネルギーと再生可能エネルギー源の利用への関心を高めている。

この状況の中で IEA HPP-IETS Annex35/13 は、産業にヒートポンプを普及することでエネルギー消費と温室効果ガスの排出を積極的に削減するために始まった

ヒートポンプ市場は、近年、着実に成長しつつあるが、多くの国で空調や給湯の家庭用ヒートポンプに焦点が当てられている。家庭用市場は既に標準化された製品と導入で満たされている一方、産業用ヒートポンプは、そのほとんどが独自の状態で導入されている。

Annex の Task 1 の作業は、参加国における産業のエネルギー事情と利用、またヒートポンプの既存施設への適用と新しい適用における意思決定プロセスに関するビジネスケースを分析すると共にヒートポンプとプロセス技術の現状とそれらの適用を概観することで始められた。これらの調査を基にして、産業用ヒートポンプ技術のより広い適用に挑戦する更なる課題について検討した。

2. 序文

エネルギー効率の改善は、エネルギー政策の3つの目標（供給セキュリティー、環境保護、経済成長）を達成していく上で最も重要な第一ステップとなる。

世界のエネルギー需要と CO₂ 排出量のほぼ3分の1は、産業、特に化学製品、石油化学、鉄鋼、セメント、紙パ、アルミニウム産業といった主要な素材産業に起因している。それらのエネルギーがどのように使われているか、国内外の動向、それに効率向上のポテンシャルを理解することは極めて重要である。

積極的な効率の向上が既に過去20年間に成し遂げられてきてはいるが、もし利用可能な裁量技術が世界的に導入されていれば製造業におけるエネルギー利用と CO₂ 排出量はかなり削減されていたであろう。

これらの更なる削減のいくつかは、短中期では経済的ではありえないが、改善に向けた努力によってそのポテンシャルは広がっていく。プロセスや部門間の境界を越えていくシステム手法が必要になり、それによって省エネルギーと CO₂ 排出量を大幅に削減できる。

運転温度が 100°C以下で操業している食品工業や木材乾燥業におけるヒートポンプの導入は、多くの場合、比較的容易であるが、高温での適用にはまだ研究開発活動が必要になる。開発課題としては、高温ヒートポンプそのものの開発、ヒートポンプを産業プロセスに統合する技術、高温での冷媒開発が挙げられる。

このような中で、エネルギー消費と温室効果ガスの削減に積極的に貢献するためにヒートポンプを産業に普及させることを目的に IEA 実施協定の “Industrial Energy-Related

Technologies and Systems(IETS)”と“Heat Pump Programme(HPP)”の共同プログラムである IEA-HPP-IETS Annex 35/13“産業用ヒートポンプの適用(Application of Industrial Heat Pumps)”が立ち上げられた。

本 Annex は、参加国における、産業部門のエネルギー事情と利用、ヒートポンプと適用されるプロセスの技術状況と研究開発プロジェクト、それらの応用事例、また既設と新設の産業用ヒートポンプ技術が広く適用されるビジネスケースの意思決定に関する分析である。Annex は次のタスクに分けて実施された。

Annex の Task 1 の作業は、参加国における産業のエネルギー事情と利用、またヒートポンプの既存施設への適用と新しい適用における意思決定プロセスに関するビジネスケースを分析すると共にヒートポンプとプロセス技術の現状とそれらの適用を概観することで始められた。これらの調査を基にして、産業用ヒートポンプ技術のより広い適用に挑戦する更なる課題について検討した。

Table 2-1 は、OECD 諸国と Annex 参加国における国際指標の概要を示したものである。

Table 2-1: 2008 年の一般的国債指標

	Population (million)	GDP (billion 2000 USD)	Energy production (Mtoe)	Net Imports (Mtoe)	CO ₂ emission (Mt of CO ₂)
World	6 688	40 482	12 369		29 381
OECD	1 190	30 504	3 864	1 765	12 630
Annex Countries Europe	193,2	5 051	422	440,3	1 378
France	64	1 515	137	139	368
Germany	82	2 095	134	211	803
The Netherlands	16,4	449	67	34	178
Sweden	9,3	297	33	20	46
Austria	8,3	226	11	26	69
Denmark	5,5	178	27	-4,7	48

次の図は、EU27 各国のエネルギー消費量、CO₂ 排出量と産業部門のエネルギー消費量を表したものである。Figure 2-1 は、EU27 各国の最終エネルギー消費を 2007 年のエネルギー源に分けて示したものである。

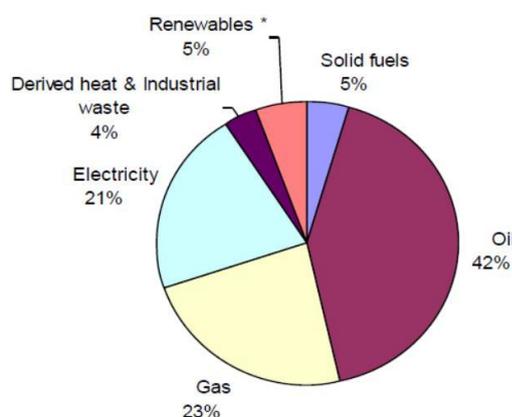


Figure 2-1: EU27 各国の 2007 年の最終エネルギー消費(Mtoe)

Figure 2-2 は 2007 年の部門別に見た最終エネルギー消費を示したものである。全体のエネルギー消費量の 27%は、産業で使われており、輸送部門が 32%で、家庭部門が 25%である。

EU27 諸国全体の CO₂ 排出量を部門別に示したのが Figure 2-3 で、産業部門は 22.3%を占めている。

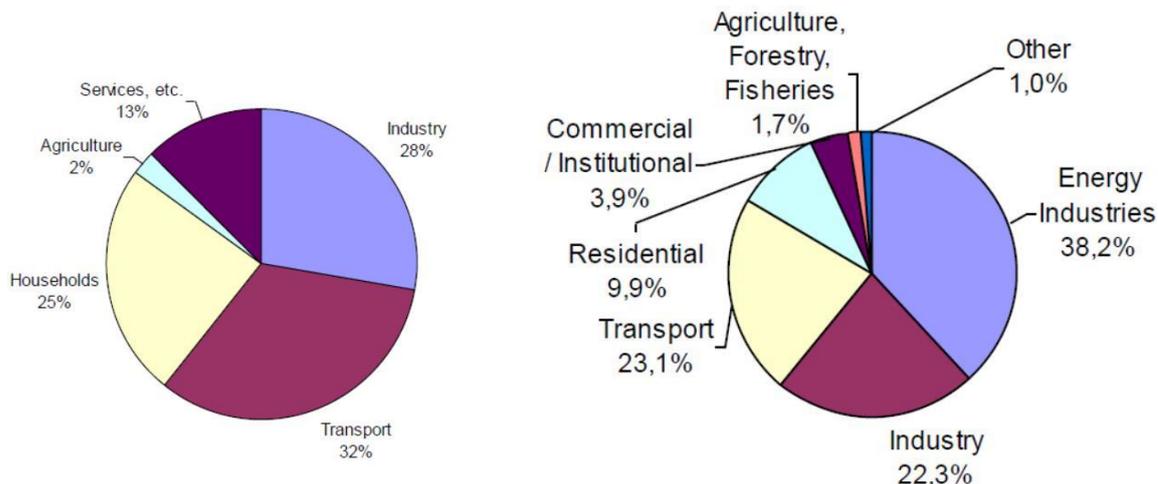


Figure 2-2: EU27 各国の 2007 年の部門別に見た最終エネルギー消費(Mtoe)

Figure 2-3: 2007 年の EU27 諸国全体の部門別 CO₂ 排出量(Mt)³

Figure 2-4 は、EU27 各国の産業について部門別に見た最終エネルギー消費を示している。際立って多いのが、鉄鋼、化学、非鉄物生産、それに紙パ・印刷部門である。

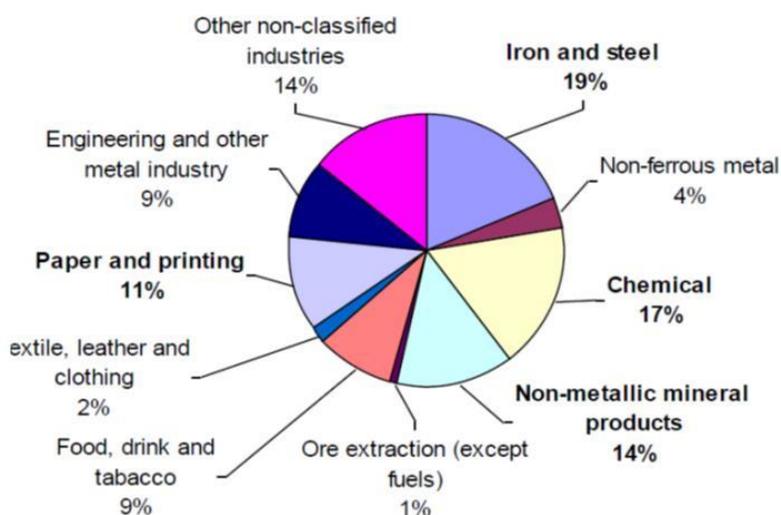
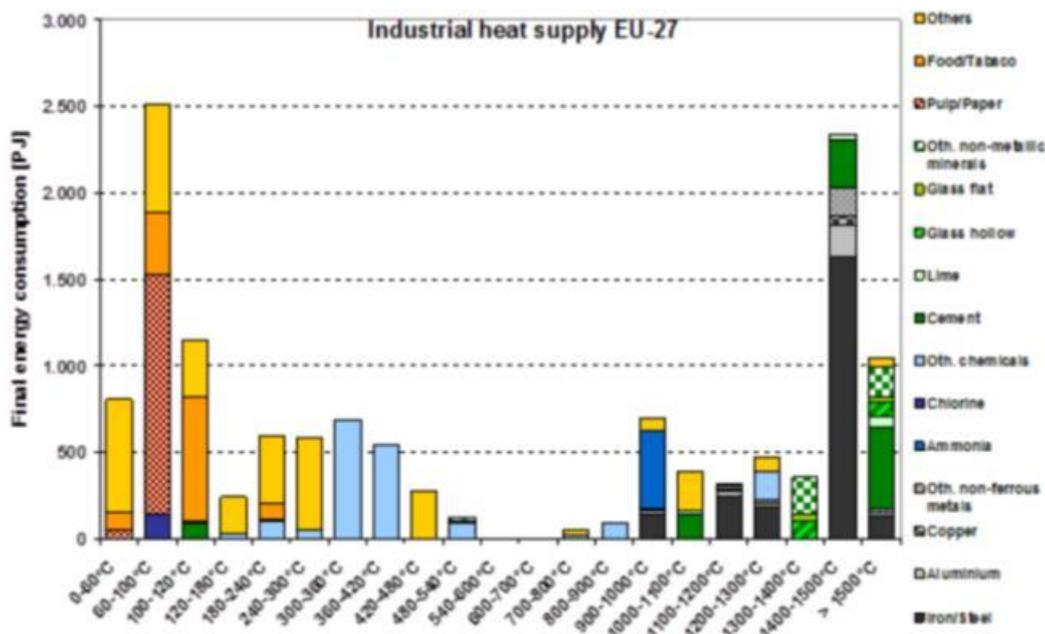


Figure 2-4: EU27 各国の 2008 年の部門別に見た最終エネルギー消費(Mtoe)⁴



Source: SP Technical Research Institute of Sweden

Figure 2-5: 温度ごとに見た EU27 各国の 2008 年の部門別に見た最終エネルギー消費

3. オーストリア

3.1 オーストリアの 2009 年における産業エネルギー利用

オーストリアのエネルギー消費は、Statistic Austria(2010a)によると一次エネルギー消費と最終エネルギー消費の両方で過去 40 年間にほぼ 2 倍にまで増加した。

近年、オーストリアにおける再生可能エネルギーの利用は、様々なキャンペーン活動や制度的枠組みなどの対策によって大幅に増加した (Statistic Austria 2010c)。オーストリアの電力供給の 68%との高い割合が、水力、風力、PV、地熱、バイオマスといった再生可能エネルギーで賄われている。すなわち、“グリーン”電力が再生可能エネルギーの利用によって先導的な立場にある。それに次いで、バイオマスや地熱による地域暖房での“グリーン”熱が 36%を占めている。また、再生可能エネルギーの直接熱利用としてバイオヒート、大気・地熱・太陽熱が 30%の割合を占めており、輸送燃料の 7%がバイオ燃料である (Statistic Austria 2010c)。

再生可能エネルギー源利用の着実な増加にも係わらず、オーストリアのエネルギー消費の大半はまだ石油やガスといった化石燃料によって供給されている。この問題は温室効果ガス排出の増大だけでなくエネルギー安全保障にも影響を与えている。オーストリアでは化石燃料の 70%は、海外から輸入されている。オーストリアの海外依存度は 2009 年で 64.8%(EU 平均が 2007 年で 53.1%)になっており、その割合は増加傾向にある(Statistic Austria 2010a)。

オーストリアのエネルギーキャリアで最終エネルギー消費を見たのが Table 3-1 と Figure 3-1 である。2009 年ではオーストリアの全最終エネルギー需要(1057PJ)の 39%が石油、17%がガスで供給されている(Statistic Austria 2010b)。このように化石燃料への高い依存を削減していくことがオーストリアでは大きな関心となっている。CO₂ 排出量を増加しないためには、原油需要の約 13%とガス消費量の 20%を国産エネルギー源で賄う必要があり、このことが生態系と経済的な高いポテンシャルとなっている(Statistic Austria 2010a)。

Table 3-1: オーストリアでの 2009 年のエネルギーキャリアごとの最終エネルギー消費 (Statistic Austria, 2010b)

Energy carrier	[PJ]
Oil ⁶	423
Gas ⁷	175
Coal ⁸	22
Electricity	208
District Heat	64
Renewable ⁹	166
Total	1057

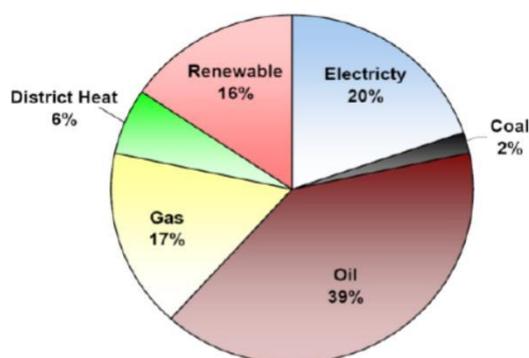


Figure 3-1: オーストリアでの 2009 年のエネルギーキャリアごとの最終エネルギー消費の%表示(Data based according to Statistics Austria, 2010b)

オーストリアのエネルギー需要は、主に 3 つの部門に分類できる。

- 産業部門
- 輸送部門
- その他

産業部門は、オーストリア全体の生産と加工組み立て領域を賄っている。輸送部門には、国内船舶、航空、鉄道、道路輸送の他、パイプライン輸送が含まれる。その他は、商業、公共サービスの他、農業を含めた国内エネルギー消費である。

Figure 3-2 は、異なる部門に対して最終エネルギー利用の分布を示したものである。

Figure 3-2 に示されるように、オーストリアの最終エネルギー利用は、主に3つの部門に一樣に分かれている。祭主エネルギー消費の29%のシェアを占める産業部門は、全体のエネルギー消費とCO₂排出量を大幅に削減する可能性を持っている。

Table 3-2: オーストリアでの2009年の主な部門での最終エネルギー利用の分布(Statistics Austria, 2010b)

Sector	Final energy use [PJ]
Industry	308
Transport	357
Miscellaneous	392
Total	1057

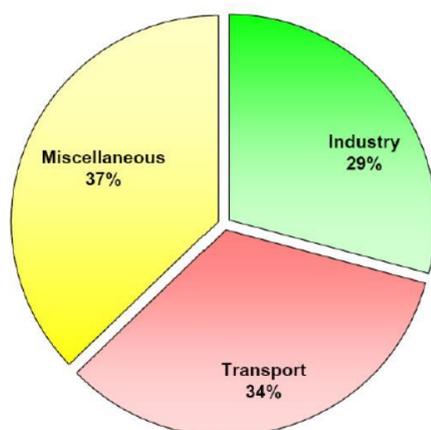


Figure 3-2: オーストリアでの2009年の主な部門での最終エネルギー利用の分布の%表示 (Data based to Statistics Austria, 2010b)

3.1.1 製造業におけるエネルギー消費

オーストリア産業の異なるエネルギーキャリアのバランスを Table 3-3 に示す。Figure 3-3 に示されているように、オーストリアで最もエネルギー依存が高い産業部門は、パルプ、紙・印刷産業で次いで非金属鉱物工業と鉄鋼産業である。

Table 3-3: オーストリアでの 2009 年の産業部門でのエネルギーキャリアの分布(Data according to Statistics Austria, 2010b – values for final energy consumption)

Austrian Industry Sectors	Electricity	Coal ¹⁰	Oil ¹¹	Gas ¹²	District Heat	Renewable ¹³	Total
	[PJ]	[PJ]	[PJ]	[PJ]	[PJ]	[PJ]	[PJ]
Iron and Steel	13,2	8,2	2,2	16,3	0,2	0,6	40,6
Chemical and Petrochemical	13,4	0,5	0,6	14,6	2,1	6,5	37,7
Non-ferrous Metals	3,0	0,2	0,3	4,2	0,1	0,0	7,7
Nonmetallic Minerals	7,4	6,6	3,3	13,3	0,0	10,5	41,1
Transport Equipment	2,7	0,0	0,2	1,4	1,4	0,0	5,7
Machinery	11,5	0,0	1,5	7,4	1,1	0,7	22,1
Mining and Quarrying	2,5	0,0	0,4	1,6	0,0	0,0	4,5
Food Tobacco and Beverages	6,8	0,1	2,3	11,4	1,2	0,5	22,4
Pulp, Paper and Print	16,1	2,6	0,9	22,0	0,7	21,3	63,7
Wood and Wood Products	6,0	0,0	0,2	2,8	2,1	14,8	25,8
Construction Industry	2,5	0,0	16,0	1,7	0,5	1,9	22,6
Textiles and Leather	1,8	0,0	0,3	1,9	0,0	0,0	4,1
Miscellaneous Industries	5,4	0,0	0,4	1,8	0,5	1,5	9,7
Total	92,1	18,2	28,5	100,6	9,9	58,4	307,7

Figure 3-3 と Table 3-3 に従ってガスと電気は、あらゆる産業に使われており、オーストリア産業において明らかに重要なエネルギーキャリアである。特に、パルプと神・印刷安行のエネルギー需要の 22PJ がガスによって賄われている。再生可能エネルギー利用の割合も高く、Figure 3-3 に示されているように木材加工産業の約 57%、紙パ・印刷産業の 33.5%が賄われている。しかし、まだガス需要を減らす余地はほとんどの産業部門に残されている。

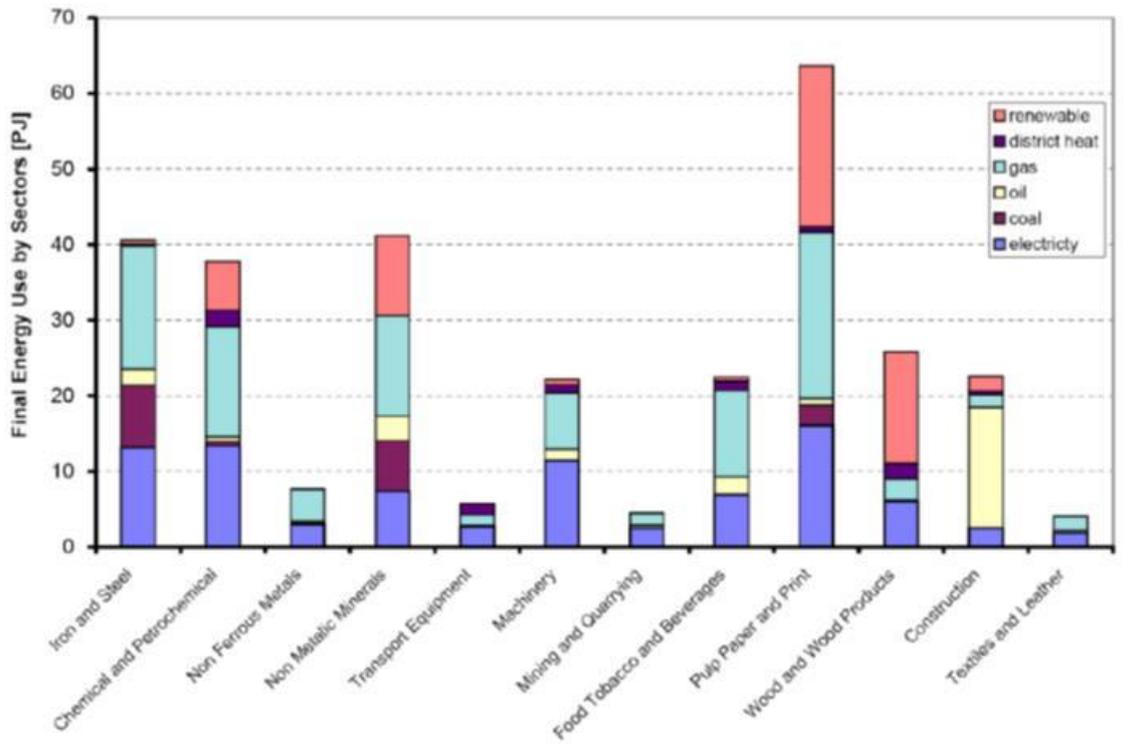


Figure 3-3: オーストリアでの 2009 年の産業部門でのエネルギーキャリアの分布(Data according to Statistics Austria, 2010b – values for final energy consumption)

Figure 3-4 に示されているように、オーストリアの産業においてガスはまだ最も多く使われているエネルギーキャリアである。それは全最終エネルギー消費の 33%を供給している。産業部門の全最終エネルギー消費の 48%は、ガス、石油、石炭で供給されており、再生可能エネルギーの割合は 19%だけである。問題は、以前にも触れているように、化石燃料への高い依存が輸入燃料によるもので、それが CO₂ 排出量と共に海外の燃料価格に依存せざるを得ないことである。この状況を改善するためには、排熱をプロセスヒートに再利用できる産業用ヒートポンプの導入が望まれ、それによって化石燃料の一部を置き換えることができる。

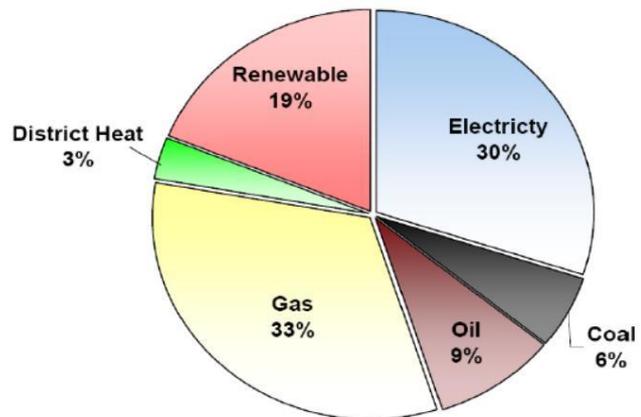


Figure 3-4: オーストリアでの 2009 年の産業部門でのエネルギーキャリアの分布の%表示 (Data according to Statistics Austria, 2010b)

3.1.2 オーストリア産業の熱需要

オーストリアの産業部門の最終エネルギー消費を基にして熱需要を求めた Vanonni ら (2008)の分析によると、2002 年におけるその割合は 74%と見積もられた。この割合が 2002 年から 2009 年まで変わらないと仮定すると、オーストリアの産業部門における熱需要は、2009 年の総最終エネルギー消費 308PJ(Statistic Austria 2010b)から 228PJ となる。この割合はやや小さいと思われるが、熱需要は産業部門の主要なエネルギーとなっている。

3.1.3 参考文献

STATISTICS AUSTRIA, 2010a: AUSTRIA-Data-Figures-Facts 10/11, 6th edition, Statistics Austria - Federal Institution under Public Law, Vienna 2010, ISBN 978-3-902703-66-8

STATISTICS AUSTRIA, 2010b: Energy balances for Austria - 1970-2009, Statistics Austria - Federal Institution under Public Law, Vienna 2010, http://www.statistik.at/web_en/static/energy_balances_1970_to_2009_detailed_information_029791.xls (04.03.2011)

STATISTICS AUSTRIA, 2010c: Energy balances (Homepage text), Statistics Austria - Federal Institution under Public Law, Vienna 2010, http://www.statistik.at/web_en/statistics/energy_environment/energy/energy_balances/index.html (04.03.2011)

Vanonni, C., Battisti, R., Drigo, S., 2008: Potential for Solar Heat in Industrial Processes, IEA Solar Heating and Cooling Executive Committee of the International Energy Agency

3.2 市場概観

オーストリアは産業国であるが、サービス部門はオーストリア経済の最も大きなシェアを占めている。この理由は、オーストリアでは生産とサービスを明確に区別することが難しいためである。国際比較では、この2つの部門は”財の生産”という分類で一緒に考えられている。Austria 2006(2006)によると、その産業はオーストリアの経済活動と発展の主要な原動力となっていると結論付けられている。

多くの中小企業がオーストリア産業の姿と特徴づけられている。2006年には、オーストリアにおける全企業の約40%が雇用者数が10人以下で、約80%が100人以下で、1,000人以上の会社はわずか1.4%である(Austria 2006,2006)。

この区分で産業を捉えると、オーストリアは2003年において世界で産業部門が最も大きい国の1つとなる。さらに産業を分割して見るとオーストリアの生産活動に占める割合が大きい業種は、機械エンジニアリング、鉄鋼加工、自動車貿易、化学工業、電気電子産業である。にも係わらず、オーストリア企業が新たに活躍している企業には材料エンジニア

リング、表面被覆、IT、バイオ技術や医療技術、そして近年には水力エンジニアリングや環境技術などがある(Austria 2006,2006)。

オーストリア産業は、オーストリア産業連合会の分類に従うと次表に示す部門によって表される。

Table 3-4: オーストリアの産業のセクター [Data according to IV, 2010]

Industrial sectors in Austria
Foundry Industry
Non-ferrous Metal Manufacture
Leather production Industry
Leather processing Industry
Electro and Electronic Industry
Wood-working Industry
Chemical Industry
Automotive Engineering
Food & Drug industry
Petrol Industry
Glass Industry
Nonmetallic minerals and ceramic industry
Paper & board processing industry
Paper manufacturing industry
Apparel Industry
Textile industry
Music and Film Industry
Machinery and Metalwork Industry
Building industry
Mining
Gas- and heat supply companies

3.2.2 オーストリア産業のプロセス温度

オーストリア産業の熱需要を異なる温度レベルの分布で表すと Figure 3-5 に示される。この見積もりは、各部門の詳細なデータを得ることができなかったために、最終エネルギー消費を“オーストリア 2009 の各産業部門のエネルギーキャリアの分布”の表の値から、そして各部門における熱需要の割合を同じとして見積もったものである。異なる産業部門の異なる温度レベルでの熱需要の分布については、EU27 各国にトルコ、クロアチア、アイスランド、ノルウェー、スイスを加えた Euroheat&Power(2006)の 2003 年からの図が使われている。上の表に示されている産業部門のすべてについて図が得られていないため、すべての部門が考慮されているわけではない。しかし、全体の最終エネルギー消費の約 80% がカバーされている。

Figure 3-5 は、オーストリアの熱需要のほぼ半分(47%)は温度が 400°C以上であることを示している。熱需要の約 4 分の 1 (27%)は温度 100°Cから 400°Cで、100°C以下が 26%である。

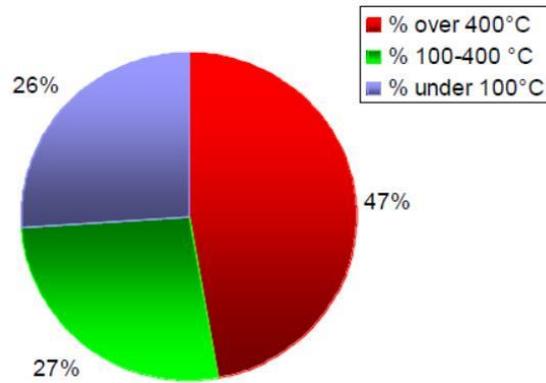


Figure 3-5: オーストリア産業の温度レベルごとの熱需要分布推定
(Data according to Euroheat & Power, 2006)

産業用排熱利用への IHP の適用は、100°C以上あるいはヒートポンプ技術によるがそれより高い温度が相応しい。これは、IHP を適用する理論的なポテンシャルが産業の熱需要の約 30-40%になることを意味している。

IHP の適用ポテンシャルを実現するためには、各産業部門と生産プロセスを詳細に調査しなければならない。太陽熱加熱プラントの運転範囲は、産業用ヒートポンプが適用できる温度レベルと同じである。産業における太陽熱の応用については様々な報告書が文献から入手できる。それらは Table 3-5 に示された個々の産業部門において最も重要なプロセスの温度に必要な情報が集められている。Table 3-5 に見られるように、オーストリアの産業には IHP を利用することで熱需要の一部を理論的に供給するのに適した幾つかの異なるプロセスがある。

Table 3-5: 暖房アプリケーションのための適切な温度を含む産業部門とそのプロセス
(Data according to Brunner et al., 2007, Slawitsch et al., 2007, Weiss, 2005 and Solarwärme, 2011)

Sector	Example for temperature levels of thermal processes
Food	<ul style="list-style-type: none"> • Preheating of substances (20-60°C), • Pasteurizing/Sterilization (70-120°C) • Boiling (100-240°C) • Distillation (40-100°C) • Drying (40-250°C) • Vaporizing (40-170°C) • Washing(30-60°C) • Substance concentration (60-70°C) • Baking (160-260°C) • Cleaning the facility (30-70°C) • Space heating of the production hall (20°C) • Cooling (-18-20°C)
Metal	<ul style="list-style-type: none"> • Galvanic (20-100°C) • Washing (30-60°C) • Drying (60-90°C) • Cleaning the facility (30-70°C) • Space heating of the production hall (20°C)
Paper and board	<ul style="list-style-type: none"> • Preheating of substances (40-80°C) • Boiling (160°C) • Drying (110-240°C) • Cleaning the facility (30-70°C) • Space heating of the production hall (20°C)
Textile	<ul style="list-style-type: none"> • Coloring (40-130°C) • Laundering (40-100°C) • Bleaching (60-100°C) • Cleaning the facility (30-70°C) • Space heating of the production hall (20°C)
Chemistry	<ul style="list-style-type: none"> • Preheating of substances (~60°C) • Boiling (95-105°C) • Distillation (110-300°C) • Thermoforming (130-160°C) • Substance concentration (125-130°C) • Cleaning the facility (30-70°C) • Space heating of the production hall (20°C) • Cooling (5-15°C)
Wood	<ul style="list-style-type: none"> • Drying (50-80°C) • Squeezing (120-180°C) • Staining (50-80°C)

Table 3-6 は、オーストリアの各産業に対して要求される冷却の温度レベルをまとめた結果である。特に、食品と化学の分野は、冷却需要として-50°Cまでの広い温度領域が要求される。高い温度の冷却需要は、排熱を利用する上で理論的に高いポテンシャルがあることを示している。

Table 3-6: オーストリアの産業セクターで要求されている冷却温度レベル(Data according to ETA ENERGIEBERATUNG, 2008)

Sector	Temperature levels for cooling applications
Food	-50 – 6°C
Plastics	6°C
Metal	6°C
Chemistry	-50 – 6°C
Brewery	-10°C
Dairy	-10 – 0°C
Store	-30 – 6°C

3.2.3 オーストリアにおける産業用ヒートポンプ市場の概観

オーストリアにおける産業用ヒートポンプ市場を概観するために、簡単な調査が実施された。この調査では、IHP 適用に関するオーストリアのヒートポンプメーカーから出されたわずかな報告書だけが使われた。しかし、現在までに、国内外でオーストリアの産業用ヒートポンプが導入された例はない。

しかし、この調査はオーストリアの IHP 供給者を概観できるものである。オーストリア IHP 市場には、クローズドヒートポンプ技術と開放型ヒートポンプ技術(MVR)が含まれている。オーストリアのいくつかのヒートポンプメーカーは、産業への転用として圧縮ヒートポンプの生産を考えている。これらは、住宅、産業家屋、ホテル、事務所、娯楽場などにおいて冷却と加熱に使われているもので、産業の排熱利用へ転用するものである。容量は 700kW までのもので、冷媒には R134a が使われている。

一般に、オーストリアでは IHP 適用の速度はまだ遅いと結論付けられる。しかし、理論的に見た産業の市場ポテンシャルは大きく、IZW(2009)によると産業用ヒートポンプ市場はオーストリアで急速に成長するとみなされている。特に、大きなプラント分野で需要は急速に高まる。

3.2.4 エネルギー価格

エネルギー価格の上昇は、特定地域に限られていない。上昇は世界的に見られる傾向で、エネルギー需要と共に増加する。オーストリアのエネルギー需要は、過去数十年間、上昇傾向にある。エネルギー需要とともに、在来のエネルギーキャリアの価格は、一般に増加している。Table 3-7 は、オーストリアの産業に対して最も一般的なエネルギー価格の動向を示したものである。在来型エネルギー源の価格傾向により、ヒートポンプの利用は、利益を生み出し関心が高まりつつある。

Table 3-7: 2003 年から 2009 年のオーストリア産業の税金を含むエネルギー価格(Data according to Austrian Energy Agency, 2010 for natural gas and Statistics Austria, 2011 for other energy carriers)

Final consumer prices for industry (incl. taxes)						
Year	Black coal [€/MWh]	Natural gas * [€/MWh]	Heavy fuel oil [€/MWh]	Gas oil [€/MWh]	Fuel oil [€/MWh]	Electricity [€/MWh]
2003	9,25	20,94	19,87	28,31	58,05	--
2004	16,45	20,52	21,40	32,17	61,11	92,52
2005	17,16	22,11	28,49	39,05	66,20	81,90
2006	17,24	29,53	33,41	44,99	72,31	87,00
2007	17,69	30,87	34,67	47,31	73,33	98,00
2008	20,36	--	45,98	43,66	78,42	105,43
2009	20,89	--	35,14	31,06	60,98	--

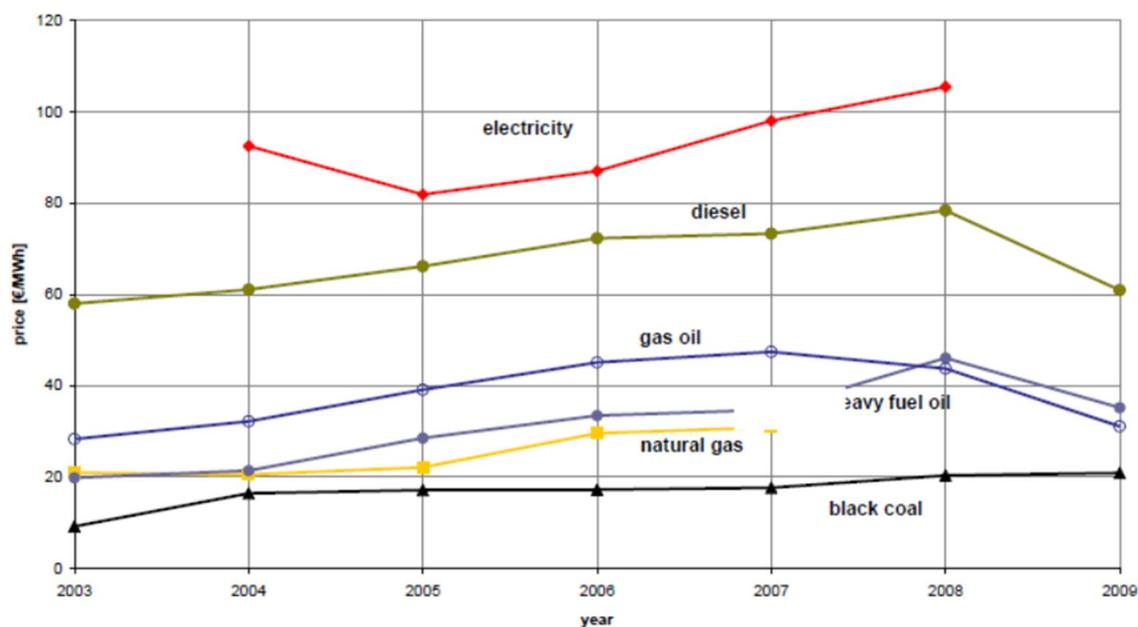


Figure 3-6: 2003 年から 2009 年のオーストリア産業の税金を含むエネルギー価格の変化 (Data according to Austrian Energy Agency, 2010 for natural gas and Statistics Austria, 2011 for other energy carriers)

Figure 3-6 からグローバルな経済危機によりブラックコール以外のすべてのエネルギー価格は、2008 年以降、減少していることがわかる。2003 年と 2009 年については電気料金のデータが得られなかった。2008 年と 2009 年の商業用天然ガス価格は、引用資料に記載がなかった。価格は、インフレーション率で調整されていない名目価格である。

3.2.5 公認資料

この章は、IHP の適用についてオーストリアにおけるガイドラインを含めた標準資料を表している。

国内と欧州の標準資料

次にあげる資料は産業用ヒートポンプの適用についてオーストリアに関連したものである。

- **OENORM EN 378-1** (2008-06-01) “Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements - Part 1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria”
- **OENORM EN 378-2** (2008-06-01) “Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements - Part 2: Design, construction, testing, marking and documentation”
- **OENORM EN 378-3** (2008-06-01) “Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements - Part 3: Installation site and personal protection”
- **OENORM EN 378-4** (2008-06-01) “Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements - Part 4: Operation, maintenance, repair and recovery”
- **OENORM EN 12263** (1999-01-01) “Refrigerating systems and heat pumps - Safety switching devices for limiting the pressure - Requirements and tests”
- **OENORM EN 12284** (2004-01-01) “Refrigerating systems and heat pumps - Valves - Requirements, testing and marking”
- **OENORM EN 12309-1** (1999-10-01) “Gas-fired absorption and adsorption air-conditioning and/or heat pump appliances with a net heat input not exceeding 70 kW - Part 1: Safety”
- **OENORM EN 12309-2** (2000-04-01) “Gas-fired absorption and adsorption air-conditioning and/or heat pump appliances with a net heat input not exceeding 70 kW - Part 2: Rational use of energy”
- **OENORM EN 13313** (2002-06-01) “Refrigerating systems and heat pumps - Competence of personnel”
- **OENORM EN 14276-1** (2006-11-01) “Pressure equipment for refrigerating systems and heat pumps - Part 1: Vessels - General requirements”
- **OENORM EN 14276-2** (2007-08-01) “Pressure equipment for refrigerating systems and heat pumps - Part 2: Piping - General requirements”
- **OENORM EN 14511-1** (2004-08-01) “Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors - Heating mode - Part 1: Terms, definitions and designations”
- **OENORM EN 15316-4-2** (2005-12-01) “Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-2: Space heating generation systems, heat pump systems”
- **OENORM EN 15450** (2008-01-01) “Heating systems in buildings - Design of heat pump heating systems”
- **OENORM EN 15834** (2008-09-01) “Refrigerating systems and heat pumps - Qualification of tightness of components and joints”
- **OENORM H6021** (2003) “Ventilation equipment – Keeping of cleanness and hygiene”
- **OENORM H6020-2** (2007) “Ventilation equipment in clinics and hospitals – operation, maintenance, technical and hygienic control”

- **OENORM H6021 (2003) “Ventilation equipment – Keeping of cleanness and hygiene”**
- **OENORM H6020-2 (2007) “Ventilation equipment in clinics and hospitals – operation, maintenance, technical and hygienic control”**
- **OENORM B5019 (2007) “Hygienic design, operation, maintenance, reconstruction and supervision of drinking water equipment”**

3.2.6 オーストリアにおける産業用ヒートポンプの資金援助

IHP の国内導入に対する国の補助は、ペイバック期間をかなり短くし、その結果、投資決定に大きな影響を与える。Kommunalkredit Public Consulting(KPC)銀行協会はオーストリアで投資への補助金を管理している。KPC(2011a)によると、IHP 適用に向けて幾つかのガイドラインを制度化している。

- 400kWth 以下のヒートポンプ(KPC,2011b)

対象：水／ブラインまたは水／水ヒートポンプ (COP が 4 以上)、空気／水ヒートポンプ (COP が 3.5 以上)

補助率：環境関連投資の最大 30%

- 400kWth 以上のヒートポンプ(KPC,2011c)

対象：水／ブラインまたは水／水ヒートポンプ (COP が 4 以上)、空気／水ヒートポンプ (COP が 3.5 以上)

補助率：環境関連投資の最大 15%

- 効率的エネルギー利用—プロセスを中心とする対策(KPC,2011d)

対象：産業排熱回収利用

補助率：環境関連投資の最大 30%

さらに、異なる連邦システムに加えて地域の資金補助が追加的に適用できる。

3.3 適用への障害

現在のところ、IHP の市場障害について詳細な情報は得られていない。この Annex の活動を通して、障害についてのより詳細な情報がオーストリア産業に与えられるであろう。そこで、Annex 報告書に間に合わせるために、今回はステークホルダーの意見を集め評価するための質問状を作成した。初期の質問の結果から、次に示す障害がオーストリアにおける IHP 市場に大きな影響を与えているという結果が得られた。

- 産業用ヒートポンプの適用に向けた国の補助制度があるにも関わらず、経済的な視点から意思決定の最も大きな障害の 1 つであると考えられる。オーストリアでは企業の多くが非常に短いペイバック期間を要求している。その期間は 3 年以内と見積もられている。
- 加えて、オーストリアの企業は IHP 技術について経験と知識に乏しいと確信できる。そ

のためオーストリアの企業に、例えばベストプラクティスケースなどを紹介することで IHP 技術を促進する必要がある。なぜなら、非常に限られた数しか導入されていないため、初期は海外の実証例や良い導入事例を紹介する必要がある。

・技術的な点から見た障害として、商業的に最も利用されているヒートポンプユニットの温度に限界があることを認知することである。多くの適用は、ヒートシンク温度が 65°C 以下に限られている。しかし、“オーストリア産業のプロセス温度”の研究によると、IHP の適用温度範囲の理論ポテンシャルは、ヒートシンク温度が 100°C までの効率に優れたヒートポンプ開発によって大いに高まると示されている。

環境面のポテンシャルを高めていく上で、IHPs は市場において商業的に魅力ある。IHPs のビジネスの成功は、消費者の信頼が保証できるプラント性能と同様に利益が得られることである。100°C までの温度に適用できるヒートポンプ技術の開発は、適用分野を大きく拡大する。また、IHP の利点を宣伝することは、IHPs の商業的な成功を促進することになる。

3.4 文献

Austria 2006, 2006: Sectors of the Austrian economy, industry, homepage of the Austria 2006 – presidency of the European Union, <http://www.eu2006.at/de/Austria/Overview/sectors.html> (23.02.2010)

Austrian Energy Agency, 2010: Endverbraucherpreise für die Industrie: Elektrizität, Erdgas, Heizöl. - <http://www.energyagency.at/energien-in-zahlen/energiepreise/endverbraucherpreise/industrie.html> (02.03.2010)

Biermayer, P., Weiss, W., Bergmann, I., Glück, N., Stukelj, S., Fechner, H., 2008: Erneuerbare Energie in Österreich – Marktentwicklung 2008, Photovoltaik, Solarthermie und Wärmepumpen, Erhebung für die Internationale Energie Agentur (IEA), Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Brunner, C., Slawitschek, B., Giannakopoulou, K., Trinkaus, P., Schnitzer, H., Weiss, W., Schröttner, S., Reif, B., 2007: STYRIAN PROMISE (Produzieren mit Solarer Energie) – Initiative zur Nutzung von Energieeffizienz und Erneuerbaren Energien (Solare Prozesswärme) in steirischen Betrieben. Endbericht, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme - JOINTS

Döberl, R., 2003: Verbote von Stoffen, die zum Abbau der Ozonschicht führen (FCKW, HFKW, Halogene, Trichlorethan, Tetrachlorkohlenstoff), WKO Wirtschaftskammern Österreich

Eta Energieberatung, 2008: Carmen Fachgespräche „Kälte aus Wärme“. http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/vortraege/fg_biogas/1_06_Sch%E4fer.pdf - (11.02.2010)

Euroheat & Power, 2006: Final Report of the Project ECOHEAT COOL, Work Package 1 - The European Heat Market. http://www.euroheat.org/Files/Filer/ecoheatcool/documents/Ecoheatcool_WP1_Web.pdf

IV (Federation of Austrian Industries), 2010: Fachverbandausschüsse der Bundessparte Industrie.

<http://www.voei.at/industrielliste?PHPSESSID=64872190732c14e390656e052481b0a6>
(04.03.2011)

IZW (Informationszentrum Wärmepumpen + Kältetechnik), 2009: Österreich: Wärmepumpen - <http://www.hp-summit.de/de/presse/laenderberichte/876f609b-3a02-4f72-9a6f-9b79ccb71b15/> (29.03.2011)

KPC, 2011a: Kommunalkredit Public Consulting GmbH -Umweltförderung im Inland/Förderungsrichtlinien 2009; <http://www.publicconsulting.at/kpc/de/home/>
(25.03.2011)

KPC, 2011b: Kommunalkredit Public Consulting GmbH -Umweltförderung im Inland/Förderungsrichtlinien 2009
http://www.publicconsulting.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/energieeffizienz/wrmepumpen_bis_400kw_thermisch/(25.03.2011)

KPC, 2011c: Kommunalkredit Public Consulting GmbH -Umweltförderung im Inland/Förderungsrichtlinien 2009
http://www.publicconsulting.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/energieeffizienz/wrmepumpen_ab_400kw_thermisch/ (25.03.2011)

KPC, 2011d: Kommunalkredit Public Consulting GmbH -Umweltförderung im Inland/Förderungsrichtlinien 2009
http://www.publicconsulting.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/fr_betriebe/energieeffizienz/effiziente_energienutzung_prozessorientierte_manahmen/ (25.03.2011)

Republik Österreich Parlament, 2010: Fluorierte Treibhausgase- Gesetz 2009 – Vorblatt und Erläuterungen (222 der Beilagen XXIV.GP).
http://www.parlament.gv.at/LI/EW/show.psp?p_display_i=&x=1&p_instanz_i=PD&p_all_es_i=alles&p_request_i=EinfacheSuche&p_gp_i=XXIV&p_search_string_i=verordnung+hfkw (12.03.2010)

Slawitsch, B., Brunner, C., Giannakopoulou, K., Trinkhaus, P., Reif, B.: 2007: Solare Prozesswärme: Einsatzbereiche und Herausforderungen für die Solarindustrie, IEA SHC Task 33 Solarwärme für die Industrie, Tagungsunterlagen, AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Statistics Austria, 2011: Jahresdurchschnittspreise und –steuern für die wichtigsten Energieträger;
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/preise_steuern/index.html; (28.03.2011)

Solarwärme, 2011: Sun and Energy, Process heat; <http://www.solarwaerme.at/Sonne-und-Energie/Prozesswaerme/>; (29.03.2011)

Weiss, W., 2005: Solarwärme für industrielle Prozesse, energytech.at
AUSTRAhttp://www.noest.or.at/intern/dokumente/193_Endbericht_Styrian_Promise.pdf (28.03.2011)

4. カナダ

4.1 産業のエネルギー利用

4.1.1 カナダのエネルギー生産

エネルギー産業は、2008年からのグローバルな経済変動と不安定な燃料価格にも係わらずカナダ経済に大きく貢献している。それはカナダのGDPの7%に相当し、カナダの雇用の2%を占めている。2008年のデータによると、国産石油（原油と天然ガス液、ビチューマス、コンデンセートを含む）39.4%、国産天然ガスが35.14%、原子力が6.13%、水力が7.49%、石炭が8.23%、それに風力が0.07%である（Figure 4-1 参照）。

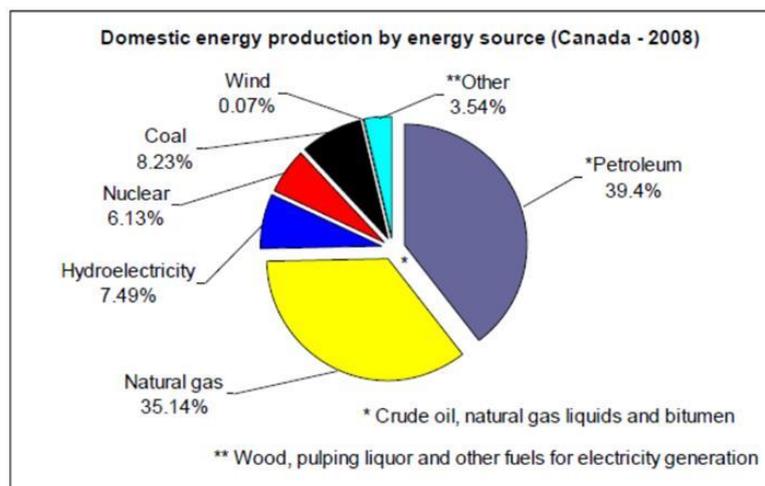


Figure 4-1: 2008年カナダでの国内エネルギー源毎のエネルギー生産

4.1.2 カナダにおけるエネルギー利用

カナダは世界で見ると一人当たりエネルギー消費量が最も多い国の1つで、一人当たり約200GJで、原油換算で年間5,000GJの消費になる。この値は他のOECD諸国一人当たりエネルギー消費の約2倍になる。2008年の最終エネルギー消費は、約11,000PJで、家庭用が13.75%、商業用が14.04%、輸送用が24.57%、そして産業用が47.66%である（Figure 4-2 参照）。

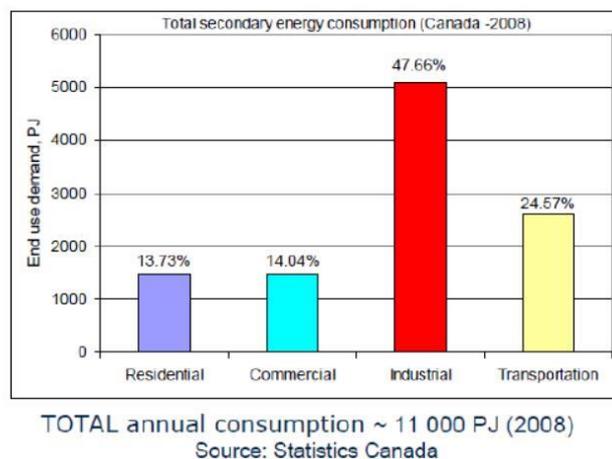


Figure 4-2: 全2次側エネルギー消費

4.1.3 産業におけるエネルギー利用

カナダにおける製造業8部門の14サブ部門のエネルギー消費は約1.7百万TJで、その値はカナダの製造業全体のエネルギー消費(2.6百万TJ)の65.3%を占めている。部門別エネルギー消費を比較すると、パルプ紙部門が27.6%、金属産業が16%、石油産業が13.7%である。木材(3%)と食品(1.2%)産業は、エネルギー消費で見ると比較的小さい産業である (Figure 4-3)。

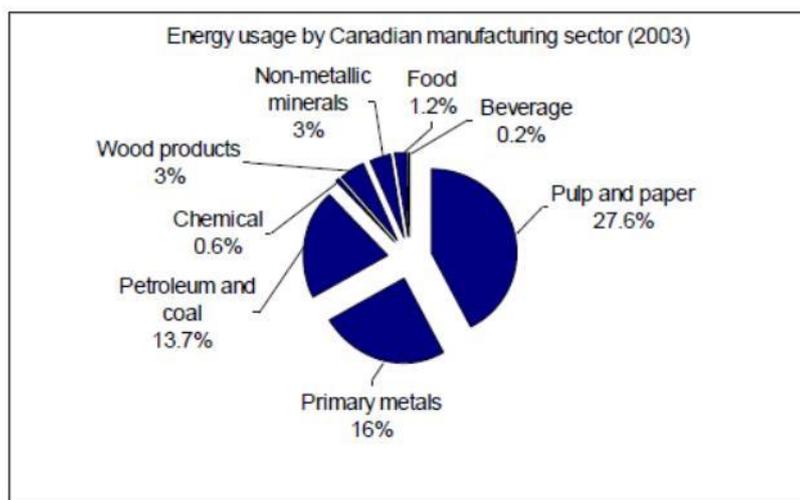


Figure 4-3: 2003年のカナダの製造セクター毎のエネルギー使用

4.1.4 製造業における排熱

廃熱エネルギーの約71%が4つの廃熱の流れによって環境に放出されている。熱損失の中で、液体冷却損失が最も大きく(553PJ)、次いで煙突からの損失(524PJ)である。水蒸気損失は306PJでプロセスガスのエネルギー損失は290PJである。その他の損失として611PJがある。しかし、これらは、低品位の熱として装置から放出されているために、通常、定量化や把握が難しいものである。下図は、8つの主要製造業の廃熱割合を示したものである。

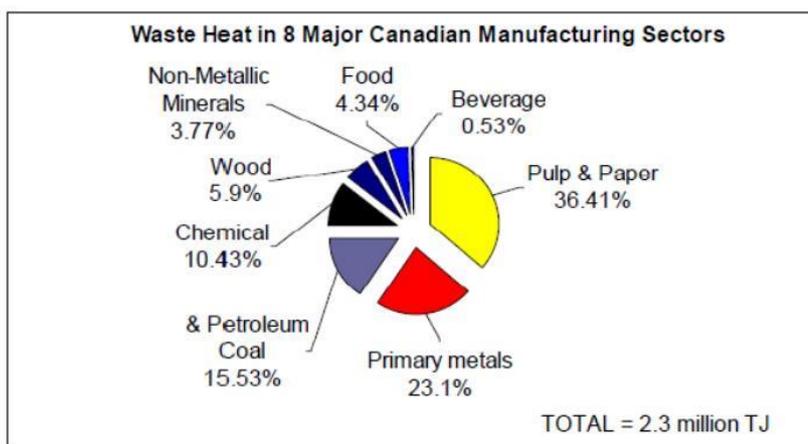


Figure 4-4: カナダの主要な8つの製造セクターでの廃熱

図は、産業全体の廃熱の割合を8部門について示しており、サブ部門の値は示されていない。製造業に占める割合は14サブ部門では65.3%で8部門では91.3%である(さらに詳細な情報は[1]を参照)。

4.2 産業用ヒートポンプの市場

1994年の市場調査によって、既に排熱回収装置として使われている産業とIHP利用が限られていたり存在していないプロセスにおける産業用ヒートポンプが調査された。IHPを既に利用している産業には木材乾燥、食品加工（家禽、ミルク・チーズ加工）パルプ紙生産、金属（製鉄業）と化学生産、それに醸造などがある。1993年末までに1,900以上のプラントを含む14のプロセスに使われており、それはカナダの産業用プロセスの熱負荷全体の35%に相当している（Table 4-1）。しかし、90%以上（あるいは295ユニット）は、木材乾燥という特定の産業に使われている。最近の普及を見ると、IHPが最も普及しているのはアルコール飲料蒸留で、次の普及が木材乾燥(27%)、チーズ製造(6%)、そして家禽生産(5%)の順である。

1994年に分析された14プロセスから、IHPs普及の最大シナリオでの累積市場導入量は2010年までに導入計画がある225ユニットで9%と見積もられていた。そのうち、電気式閉サイクルシステムは全導入量の70%、次いで機械式蒸気再圧縮が19%と看做されていた[1]。

平均的なシナリオによる導入見通しでは、4つの産業プロセス（塩素／ソーダ、新聞印刷、パルプ・特殊紙生産）において25%以上になると予測されていた。この4つの産業プロセスを合わせると産業用プロセス熱消費を削減するポテンシャルは、2010年までに5,500-14,600TJ/年と見積もられていた。このうち5つのプロセスだけで節約量の88%を占めている：塩素／ソーダ生産(63%)、製油所(7%)、鉄鋼業(7%)、特殊紙生産(6%)、パルプ生産(5%) [1]。

Table 4-1: 1994年のカナダでの産業用ヒートポンプの要約

Process	Number of plants	Number of IHP
Lumber drying	1087	295
Liquor distilling	24	8
Cheese production	108	7
Poultry processing	119	6
Pulp production	39	2
Milk production	179	2
Newsprint production	42	2
Iron and steel	23	0
Sugar refining	8	0
Specialty paper	28	0
Petroleum refining	33	0
Chlorine/soda production	16	0
Textile	192	0
BTX production	9	0
TOTAL	1 907	322 (17%)

プロセス当たりの潜在的な省エネルギーレベルは、プロセスに依存するが、1%以下から16%までの範囲にある。最も高いレベルにあるのが塩素／ソーダ、チーズ／家禽生産、アルコール飲料蒸留である。

カナダでは、産業用ヒートポンプは、多くのプロセスで使われている天然ガス燃料によるプロセス加熱のエネルギー消費量を削減する可能性がある。それらは、化石燃料起因の汚染物質（Sox,NOx など）をプラントと国レベルで削減する一方で、CO₂排出量も削減することができる。IHP 利用から得られる非常に大きな環境改善の利点は、石油や石炭に大きく依存するプロセス加熱業種である紙パルプ、鉄鋼、石油化学工業にある[1]。

2011 年の春にカナダにおける産業用ヒートポンプの市場調査が部分的に実施された。カナダの 4 つの地域において 21010 年末時点で導入されている産業用ヒートポンプの数を調べるために、Table 4-2 に示される部門の幾つかのプラントに対して簡単な質問が送られた。その調査は、現状と今後の市場動向を調べたものである。

Table 4-2: ターゲットの産業用セクター (2011)

Example of targeted industrial sectors
Lumber drying
Milk production
Cheese production
Poultry processing
Sugar refining
Pulp production
Textile
Petroleum refining

質問の対象となった地域は、Quebec (カナダ東部)、Ontario (カナダ中央部) と British Columbia (カナダ西部) である。Manitoba (カナダ中央部) からは 22 プラントについての回収があった。質問状に対して回答が得られたプラントの数を Table 4-3 に示す。

Table 4-3: 質問状に反応したプラントの数 (2011)

Canadian province	Number of plants
Québec	132
Ontario	94
British Columbia	91
Manitoba	22
TOTAL	339

産業用ヒートポンプを設置していたプラントの数を Table 4-4 に示す。回答のあったプラントのわずか 7.67%が IHP を 1 台かそれ以上設置しているとのことであった。

Table 4-4: 設置された産業用ヒートポンプの数量

Number of IHPs	Number of plants	%
Any	313	92.33
1	8	2.35
2	6	1.76
3	2	0.59
4	3	0.88
5	2	0.59
6	3	0.88
7	0	0.00
8	1	0.29
9	1	0.29
TOTAL	339	100

Table 4-5 は、産業プロセス別に導入されているヒートポンプの数を示したものである。全体の 31%が乾燥プロセス、27%が廃熱回収、8%が蒸発プロセスに導入されていることがわかる。

Table 4-5: 産業プロセスによる設置されたヒートポンプの数量

Drying		Evaporation		Waste heat recovery		Others*		Total
#	%	#	%	#	%	#	%	
8	31	2	8	7	27	9	35	26

* Others: process thermal recovery; exhausted heat recovery

Table 4-6 は、ヒートポンプの数、駆動に使われている主要エネルギー、導入年を示している。最も一般的で新しい導入は、特に乾燥、排熱回収、蒸発プロセスに使われる電気駆動閉蒸気圧縮サイクルを基にしたものである。産業用ヒートポンプの 76.9%は 1994 年以降に導入されたものである。また 92.3%が主要エネルギーに電気を使っており、7.7%が天然ガスである。質問で回収された 339 プラントの中で、1994 年から 2010 年の間に導入された新しい IHPs の数は年間平均で 1.25 台になる。

Table 4-6: 設置された産業用ヒートポンプの型式などデータ

Type*	Number	Primary energy		Year of installation					
		Electri- city	Natural gas	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W/W	6	6	0	1976	2000	2*2009	2 *n/a		
W/A	2	2	0	1997	2004				
A/A	7	6	1	1984	1992	2000	2001	2007	2009
A/W	1	1	0	1985					
Lumber drying	3	3	0	1979	1989	2000			
MVR	3	2	1	1985	2000	2001			
Other	4	4	0	2*2005	2*n/a	2010			
Total	26	24	2	-	-	-	-	-	-

* W/W: water-to-water; W/A: water-to air; A/A: air-to-air; A/W: air-to-water; MVR: me-
chanical vapor

The installed capacities of heat pumps listed in Table 4-6 vary between 4 to 300 tons (14
and 1050 kW) of installed cooling capacity. The compressor nominal capacity of a me-
chanical vapor recompression system installed in 2001 was of 257 kW.

Table 4-6 に示す導入されたヒートポンプの容量は、冷却容量で 4 から 300 トン（14 か
ら 1050kW）の間にある。2001 年に導入された機械式蒸気再圧縮システムの圧縮定格出力
は 257kW であった。

4.3 適用への障害

産業用ヒートポンプにはエネルギー消費の削減や加熱システムの容量増加などいくつか
の利点があるにも係わらず、技術的かつ経済的な導入可能量と比較すると現在までに自裁
に導入されている数はかなり少ない。この理由としてヒートポンプ技術の知識と経験が不
足していると考えられる。歴史的に見ると、技術的障害としては主にヒートポンプ要素技
術の信頼性と発生する熱の利用に関係がある。経済的障害としては、天然ガスや石油の低
価格と高い電気代に関係している。最後に、制度面での障害として、経済性よりも製品の
質や環境問題の改善にインセンティブを与えていないことが挙げられる。

4.4 文献

- [1] IEA HPP Annex 21: Industrial Heat Pumps - Experiences, Potential and Global
Environmental Benefits, IEA Heat Pump Centre,
Report No. HPP-AN21-1, April 1995

5. デンマーク

5.1 2009年におけるデンマークのエネルギー利用

2009年、デンマークのエネルギー消費量は2007年よりも小さく808.9PJであった。2009年のエネルギー消費は2008年の843PJに比べて4.0%低下している。再生可能エネルギーの割合は、19.7%である。再生可能エネルギーを基にした電力生産は、27.4%で、そのうち風力発電が18.3%である。

表はエネルギーキャリアについて正味の消費量を示している。“電気と地域熱”は、電気と熱の利用を言っているのではなく、電気と地域熱の輸出と輸入と正味の結果を意味している。次の表は、異なる部門に対するエネルギー利用の分布を表している。エネルギー会社のエネルギー利用は、天然ガスや石炭から電力を生産する過程で発生する変換損失を意味している。

Table 5-1: 2009年のエネルギー消費

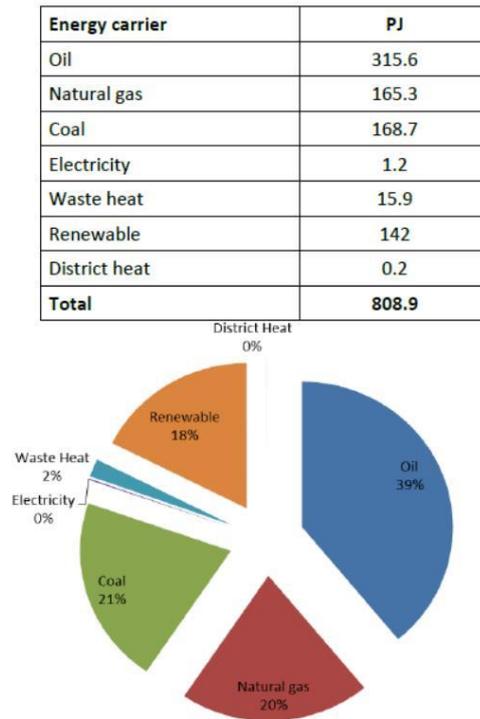


Figure 5-1: エネルギーキャリアごとの2009年デンマークでの最終エネルギー需要[PJ]

この表にある製造業は次の部門から成る：農業、森林、ガーデニングと漁業、製造業、建物と建設部門。

Table 5-2: -セクター毎のエネルギー消費

Sector	PJ
Energy companies	146.6
Refining sector	44.9
Manufacturing industry	136.3
Transport	209.3
Residential	188.8
Commercial	83
Total	808.9

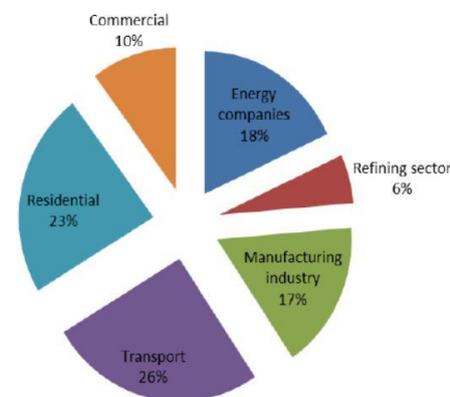


Figure 5-2: セクター毎の 2009 年デンマークでの最終エネルギー使用量[PJ]

5.2 製造業のエネルギー利用

産業のエネルギー利用は、2008 年の計画で分析された。その多くは 2006 年からの調査によって得られたものである。デンマークの製造業は 2006 年に 127.2PJ、農業と漁業が 44.0PJ、貿易とサービス部門が 47.6PJ である。全体では 218.8PJ となる。

この調査は、大型ヒートポンプと高温ヒートポンプのポテンシャルが大きい製造業に焦点を当て実施された。

Table 5-3: 2006 年のエネルギーキャリアのデータに基づくデンマークの製造業でのエネルギー消費[PJ].

Energy carrier	PJ
Oil	21.4
Natural gas	48.8
Coal, wood, straw	13.9
Electricity	35.8
Miscellaneous	7.1
Total	127.2

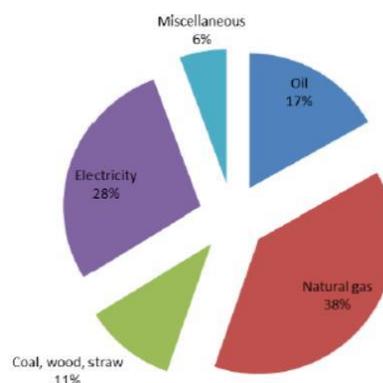


Figure 5-3: セクター毎の産業用エネルギー使用量のシェア

Table 5-4: セクターとエネルギーキャリアごとのデンマークでの製造業でのエネルギー使用量

Industry sectors	Coal	Renewable	Oil	Gas	Electricity	District heating	Total	Share
	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	%
Mining and quarrying	165.1	89.6	1658.0	1480.7	300.0	2.7	3696.0	2.91
Food, beverages and tobacco	2114.8	431.5	6997.2	12604.0	9021.0	1412.9	32581.4	25.66
Textile and leather	0	7.8	84.9	680.7	601.4	131.7	1506.5	1.19
Wood and wood products	0	2492.7	770.2	662.9	2481.0	650.0	7056.9	5.56
Pulp, paper and print	0	46.1	273.4	3026.5	2626.5	682.8	6655.3	5.24
Chemicals, medicine industry	563.8	3.4	1885.0	18016.0	5730.8	1986.8	27986.4	22.04
Plastic and rubber industry	0	17.463	256.0	1505.0	2551.8	154.1	4484.3	3.53
Metal and machinery	0	83.0	2034.4	5634.5	6782.3	1374.8	15909.0	12.53
Other industries	0	66.4	306.6	1044.8	2521.4	671.5	4610.6	3.63
Non metallic	0	0	14	1312.7	667.4	16.7	2010.9	1.58
Construction industry	10670.0	1208.1	1687.9	4323.1	2530.4	65.3	20484.8	16.13
Total	13513.7	4446.0	15967.5	50290.7	35814.0	7149.2	126982.0	100.00
%	10.64	3.50	12.57	39.60	28.20	5.63	100	

食品、飲料、タバコ産業は産業部門のエネルギー消費の 25.7%にあつる。一方、医療と化学産業は 22.2%である。ガスは産業における最も大きなエネルギー源でエネルギー需要の 39.6%を占めている。

Table 5-5: セクターと応用事例毎の産業用のエネルギー使用量

Temperature	Final applications	Fuel/FJV [PJ]	Electricity [PJ]	Totals [PJ]	Share % [%]
<70	Boiler and pipe losses	7867	0	7867	6.185575
0-120	Preheating and boiling	24592	496	25088	19.72591
40-250	Drying	15551	689	16240	12.769
40-170	Evaporation and concentration	5759	0	5759	4.528121
40-100	Distillation	3755	0	3755	2.952439
300-1000	Burning/Sintering	12444	24	12468	9.803197
300-1000	Melting/Casting	2827	2458	5285	4.15543
70	Heat up to 150 °C	345	10	355	0.279125
150<	Heat above 150 °C	1187	94	1281	1.00721
NR	Transport	605	0	605	0.475693
NR	Lightning	0	2758	2758	2.168529
NR	Pumping	0	3665	3665	2.881674
NR	Refrigeration/freezing	0	3053	3053	2.400478
NR	Fans and blowers	0	6387	6387	5.021898
NR	Compressed air and process air	0	4093	4093	3.218197
NR	Size reduction	0	1599	1599	1.257243
NR	Stirring	0	709	709	0.557464
NR	Other electrical motors	0	8545	8545	6.718665
NR	Computers and electronics	0	474	474	0.372691
NR	Other electrical users	0	345	345	0.271263
50	Space heating	16436	416	16852	13.2502
	Totals	91367	35815	127183	100

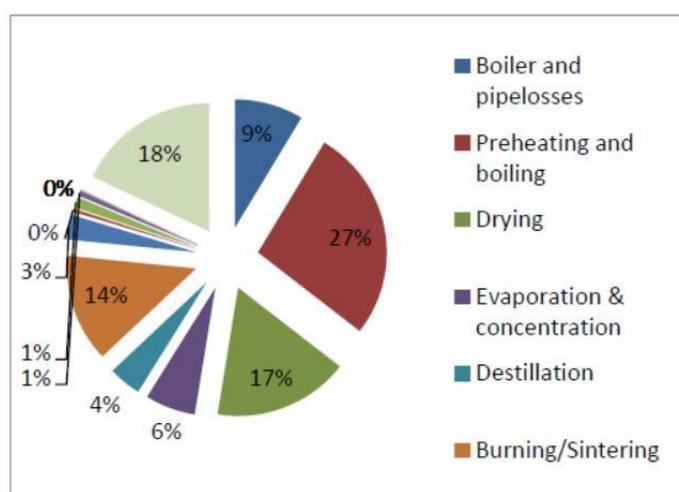


Figure 5-4: デンマークの製造業でのプロセスごとのエネルギー利用

Table 5-6: デンマークの製造業でのセクターとプロセスごとのエネルギー利用

Use	Mi- ning	Food	Tex- tile	Wood	Pulp and paper	Che- micals	Plastic and rubber	Metal	Other	Non metal- lic	Con- struc- tion	Total	Share
	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	[TJ]	%
Boiler and pipe losses	356	3136	137	751	393	1557	341	837	224	27	296	8056	6.3
Preheating and boiling	235	7011	418	168	199	14032	202	1756	97	26	1015	25159	19.8
Drying	466	5747	186	1615	2080	1190	232	1035	115	40	2920	15626	12.3
Evaporation & concentration	2033	4025	0	0	0	478	0	0	0	0	0	6536	5.1
Distillation	0	567	0	0	0	3188	0	0	0	0	0	3755	3.0
Burning/sintering	165	0	0	0	0	0	0	27	0	6	11930	12128	9.5
Melting/casting	0	0	0	0	0	11	1184	1682	349	1154	905	5285	4.2
Heat up to 150 °C	0	94	32	39	0	190	0	0	0	0	0	355	0.3
Heat above 150 °C	0	586	0	58	0	0	0	281	0	128	220	1273	1.0
Transport	96	144	3	109	51	10	30	91	33	5	33	605	0.5
Lightning	9	571	78	201	295	212	194	799	294	33	72	2758	2.2
Pumping	81	1315	41	61	320	1447	84	175	38	33	69	3665	2.9
Refrigeration / freezing	0	2016	2	0	65	623	241	55	51	0	0	3053	2.4
Fans and blowers	75	1566	84	964	409	567	291	1127	486	140	677	6387	5.0
Compressed air and process air	18	596	61	386	186	1343	222	779	276	127	98	4093	3.2
Size reduction	45	290	0	47	194	53	65	2	18	7	879	1599	1.3
Stirring	0	114	0	0	54	481	42	0	0	0	19	709	0.6
Other electrical motors	69	2212	235	623	824	635	289	2096	809	120	631	8545	6.7
Computers and electronics	0	62	1	39	215	14	33	53	58	0	0	474	0.4
Other electrical users	0	0	0	0	0	0	25	298	22	0	0	345	0.3
Space heating	47	2540	227	1996	1371	2154	1010	4816	1741	164	712	16777	13.2
Totals	3696	32591	1506	7057	6655	28186	4484	15909	4611	2011	20477	127183	
	2.9	25.6	1.2	5.5	5.2	22.2	3.5	12.5	3.6	1.6	16.1	100.0	

5.3 市場調査

(1) 産業状況

食料品、金属、機械産業はデンマークの製造業の最大部門である。しかし、化学と医療産業はエネルギー利用に関しては金属産業を超えている。ヒートポンプの導入に関しては、食料品、化学、医療産業が最も本質的なエネルギー需要家である。ヒートポンプの拡大はデンマークの産業ではそれほど大きくない。

(2) 挑戦

最も重要な挑戦は、ヒートポンプの導入に経済的な利点を与えることである。

加熱の再利用に焦点：さらに、産業からの熱を部屋の加熱に再利用することに焦点を当てる必要があり、デンマークの税制が大きな挑戦となる。

知識：知識と経験の不足を補うことが産業における挑戦となる。

5.4 文献

- 1: **Energistatistik 2009, Energistyrelsen (Danish Energy Agency), ISBN 978-87-7844-872-9**
- 2: **Kortlægning af erhvervslivets energiforbrug, November 2008, Energistyrelsen (Danish Energy Agency). Elaborated by: Dansk Energianalyse A/S; Viegand og Maagøe A/S**

6. フランス

6.1 フランスのエネルギー

2007年、フランスのエネルギー消費量は、154Mtoeであった。燃料種別の最終エネルギー消費は、石油24%、電気24%、ガス20%、再生可能エネルギー7%である。総電力発電量は570TWh(2007年)で、その内訳は原子力77%、再生可能エネルギー7%、石炭4%である。2008年における産業用料金は6.15ユーロ/100kWhで欧州では最も安価である。

最終エネルギー消費における産業が占める割合は2007年で22%であり、運輸が33%、家庭が27%、サービスが16%、農業が2%である。産業部門のCO₂排出量は、2007年で95.5Mtである(34%運輸、17%エネルギー産業、14%家庭)。

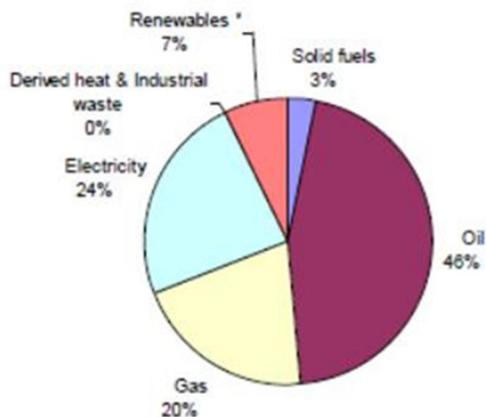


Figure 6-1: France final energy consumption by fuel 2007 (Mtoe)18

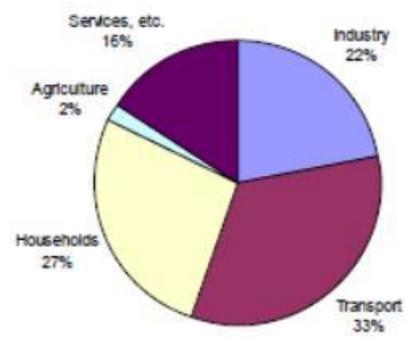


Figure 6-2: France final energy consumption by sectors 2007 (Mtoe)

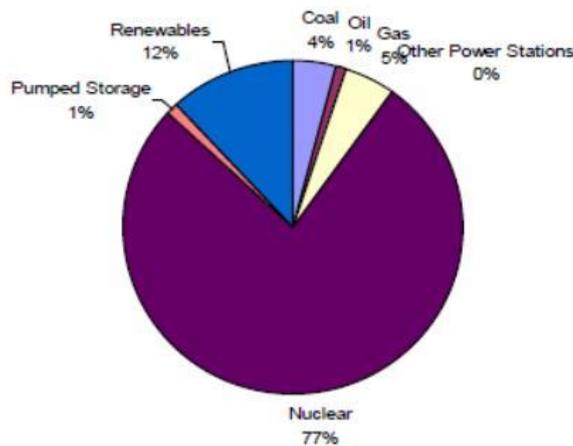


Figure 6-3: 2007 年のフランス全体の発電量(in TWh)

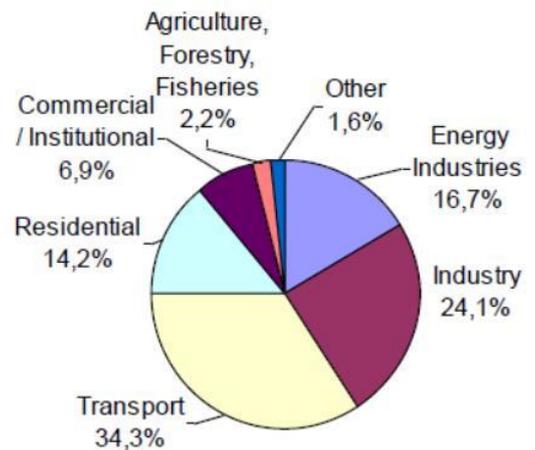


Figure 6-4: 2007 年のセクター毎のCO2排出量(Mt)

6.1.1 フランス産業におけるエネルギー

産業部門が排出する温室効果ガスは 25%である (CO₂ 排出量では 24%、SO₂ で 78%、COV で 44%、NO_x で 25%である)。

フランスにおける 2008 年の産業における最終エネルギー消費の主な部門は、化学 26%、鉄鋼 17%、食品 14%、鉱業 13%、機械 12%、紙パルプ 10%である。

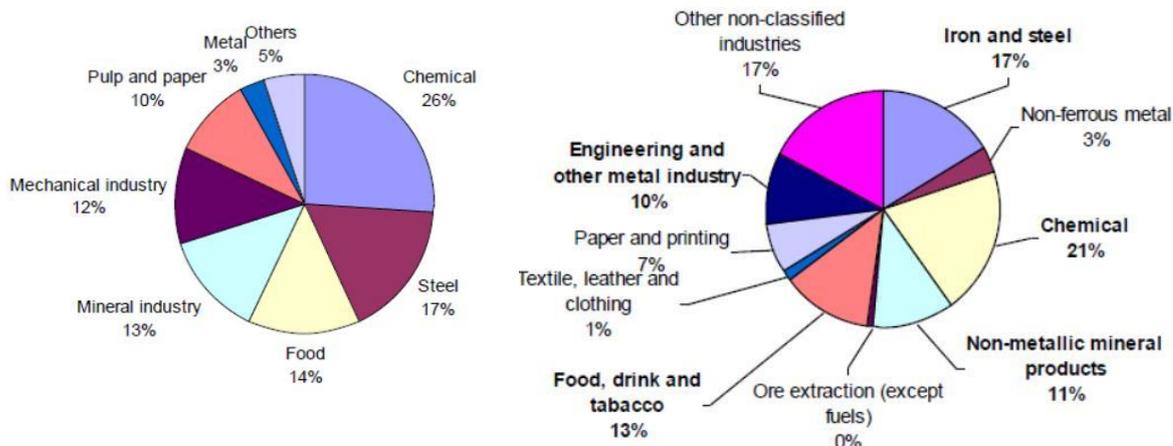


Figure 6-5: 2008 年の産業界のセクター毎の最終エネルギー消費

Figure 6-6: 2008 年の産業界のセクター毎の最終エネルギー消費(Mtoe)

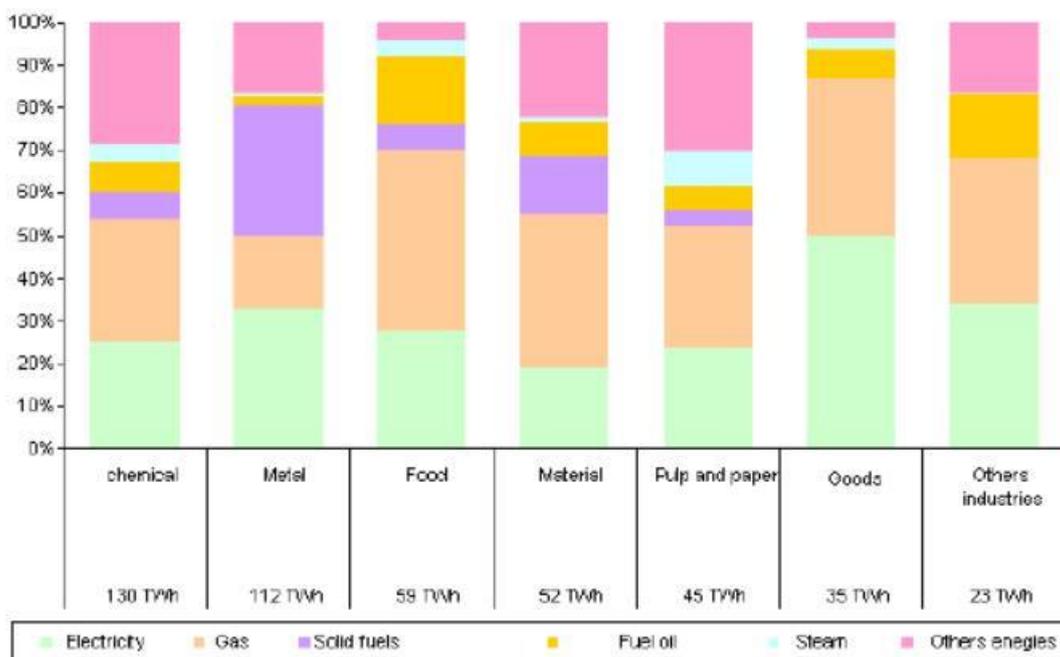


Figure 6-7: 産業界でのセクター毎のエネルギー消費

2009 年における産業のエネルギー消費の変動は 15.9%の減少（何年に対してか？）で 2008 年の-1.3%になっている。鉄金属工業が-28.2%、化学工業が-10.2%、ガラス工業が-15.9%、材料工業（セメントなど）が-13.2%、紙パルプ工業が-10.1%である。食品工業だけがエネルギー消費において安定している（例えば砂糖工業は+11.6%である）。

電力消費は、11%の減少（鉄鋼業で-24%）、ガス消費が-3.4%、燃料油が-7.5%、石炭が-24%（なぜなら、鉄鋼業だけで石炭の 70%を使っている）である。再生可能エネルギーは産業部門のエネルギー消費の 7%である。エネルギーの 70%以上が熱として使われている。運用では、29%がボイラー、17%が化学反応、15%が燃焼炉である。動力と産業部門の電力消費の 70%を占めている。

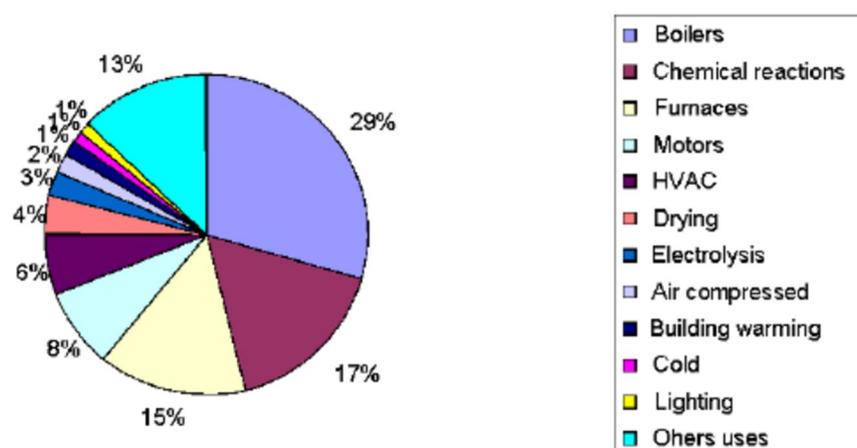


Figure 6-8: 2007 年のエネルギー消費のタイプ

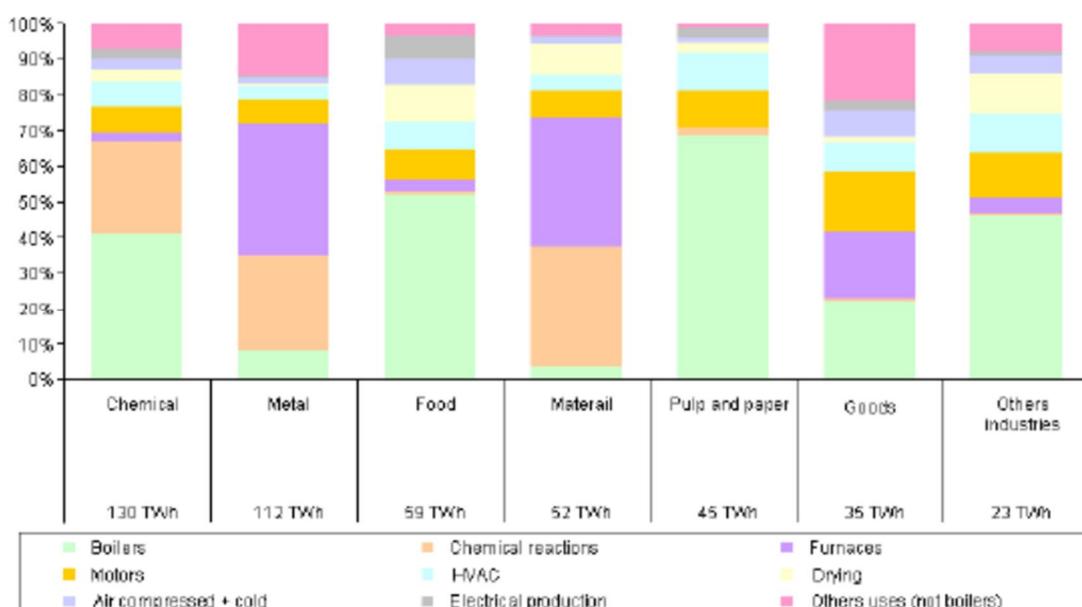


Figure 6-9: 産業セクターでの主なエネルギー消費

6.1.2 フランスにおける産業ヒートの市場評価

ここでは、熱源の必要性と冷熱源の利用について述べる。フランスのエネルギー消費の分析によると、温度範囲が 0-200°Cのプロセスに対するエネルギー消費は温度範囲が 0-70°Cの熱量に比べて 10 倍にもなる。そこで、温度範囲が 70°C以上のエネルギー利用についての効率改善は、産業部門でファクター 10 の省エネルギーを達成する上で重要になる。

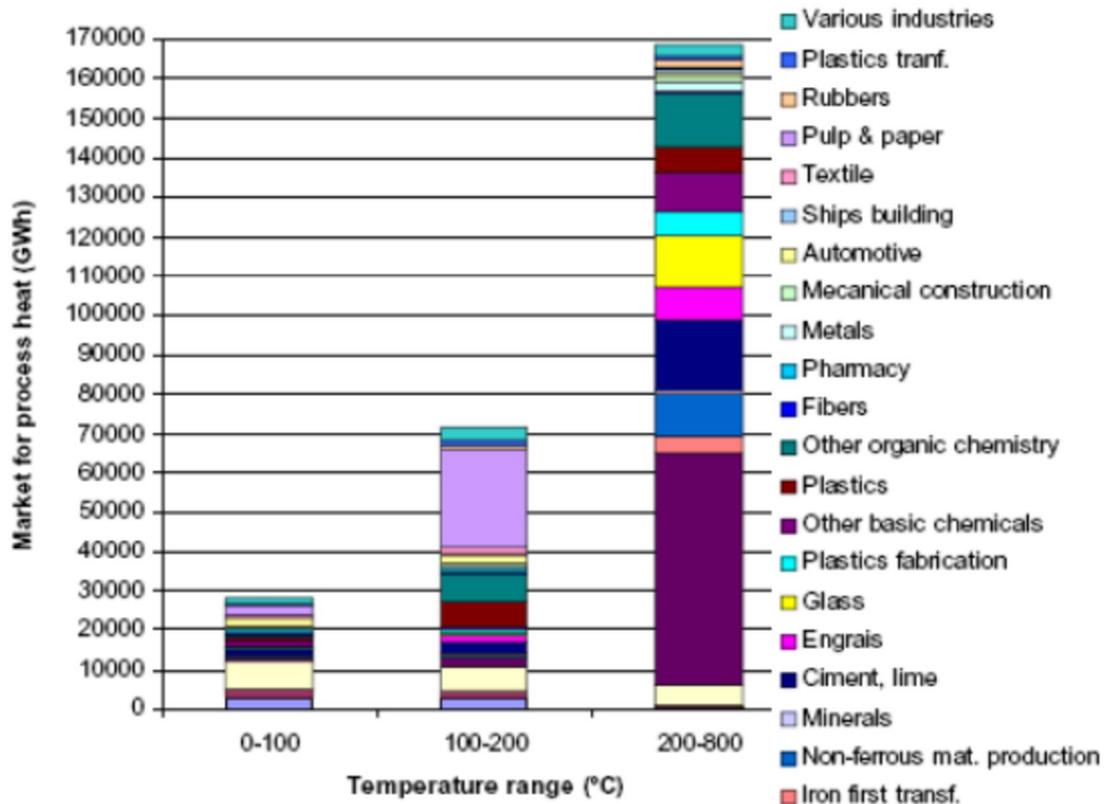


Figure 6-10: 27 の主な産業セクターでのプロセスエネルギーマーケット

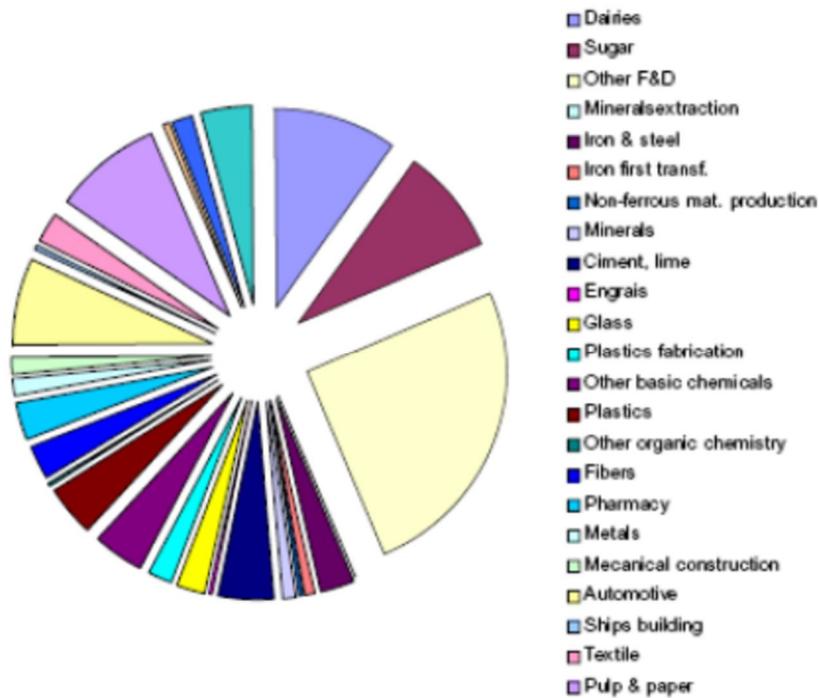


Figure 6-11: 100°C以下のプロセスでのエネルギー消費のセクター毎の分布

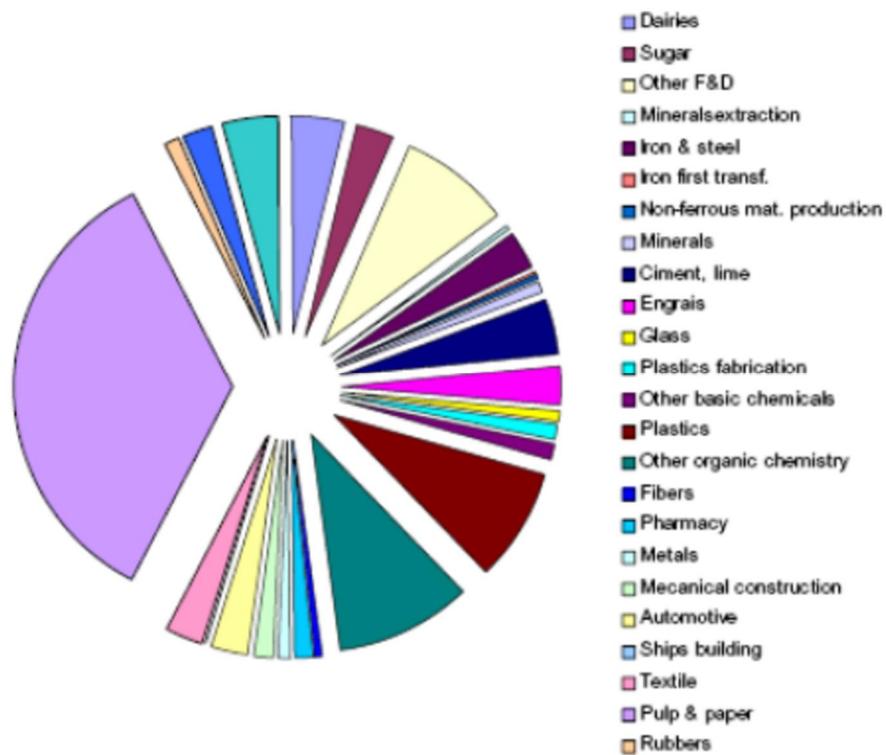


Figure 6-12: 100°C～200°Cのプロセスでのエネルギー消費のセクター毎の分布

最もエネルギー消費が大きいプロセスを次に示す。

- ・液体燃料とガスによる加熱で、0°Cから 100°Cの間欠的な加熱で、食品加工業で使われている。
- ・乾燥で、100°Cから 200°Cの間欠的な加熱で製紙産業で使われている。

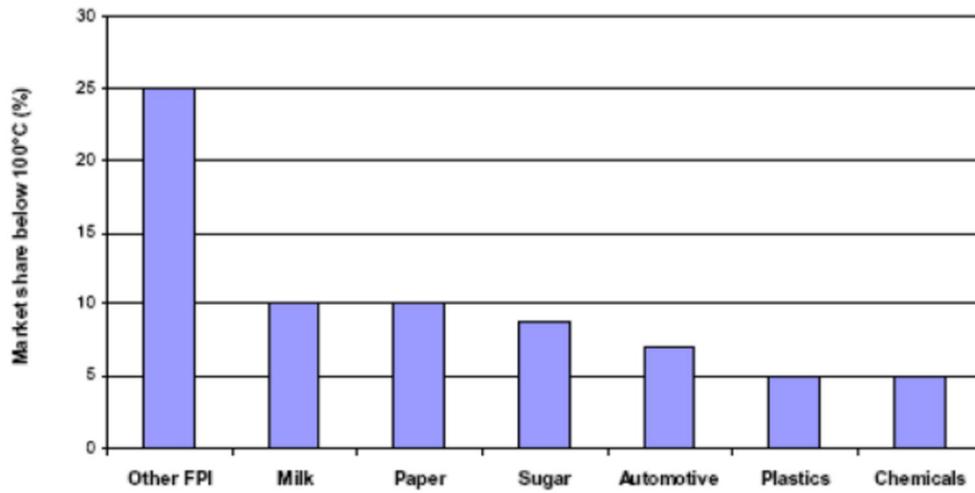


Figure 6-13: 100°C以下での消費量の多い7つのセクター

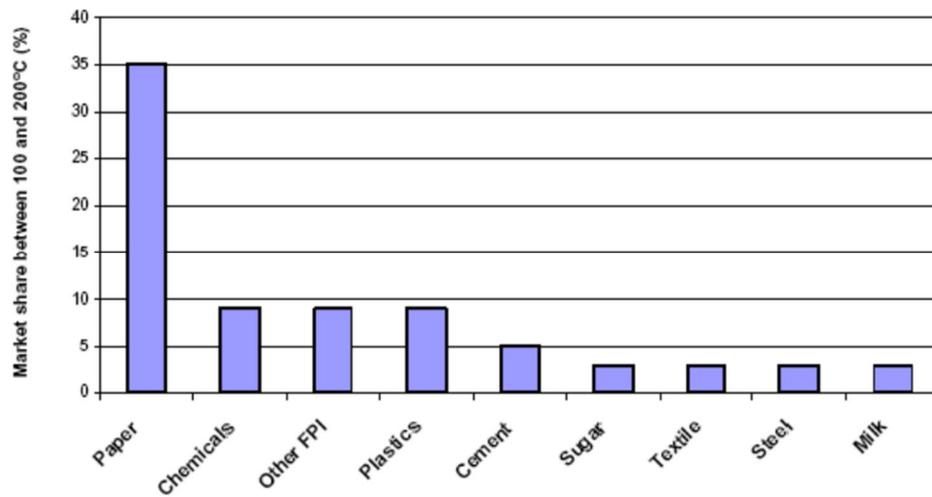


Figure 6-14: 100°C～200°Cでの消費量の多い9つのセクター

上図に示されているように、0-100℃と100-200℃の温度範囲では3つの部門が特に多くの量を消費している。それらの部門で、ヒートポンプの適用が期待でき技術的な指針を方向付ける必要がある。

- ・食品加工業でバター製造と砂糖製造が含まれる（主に0-100℃の範囲にある）。
- ・有機化学産業でプラスチックや弾性体材料が含まれる。
- ・紙産業（主に100℃以上）

これら3つの産業は、国内のプロセス加熱のエネルギー消費の64%を占めている。他の部門は割合が小さいが温度範囲では100-200℃である。その主な部門には石膏、石灰、セメント製造、自動車工業、繊維工業と鉄板加工がある。

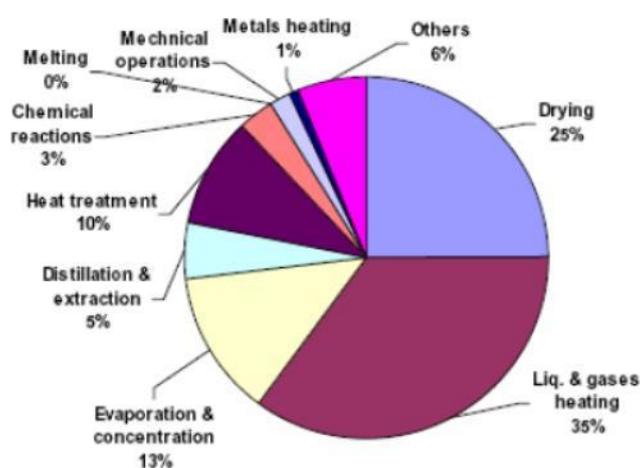


Figure 6-15: 全てのセクターにおいて、100℃以下のプロセスでのエネルギー消費のプロセス毎の分布

2つの温度範囲のそれぞれが、エネルギー消費の運用によって1つまた2つの主要タイプに示される。

・液体の加熱は、エネルギー消費の35%が100℃以下である。液体加熱プロセスに必要なエネルギーの47%が食品加工業で消費されている(4.6kWh)。それらはバター製造、砂糖、他の食品加工のプロセス活動に分けられ、バター製造における液体加熱のエネルギー消費は砂糖業を除く他のすべての食品加工における消費よりもかなり多い(上の図)。

・乾燥は、100℃と200℃のエネルギー消費の39%を占めている。乾燥に必要なエネルギーの62%が製紙部門で消費されている(17TWh)。また、食品加工業では10%である(Figure 6-16)。

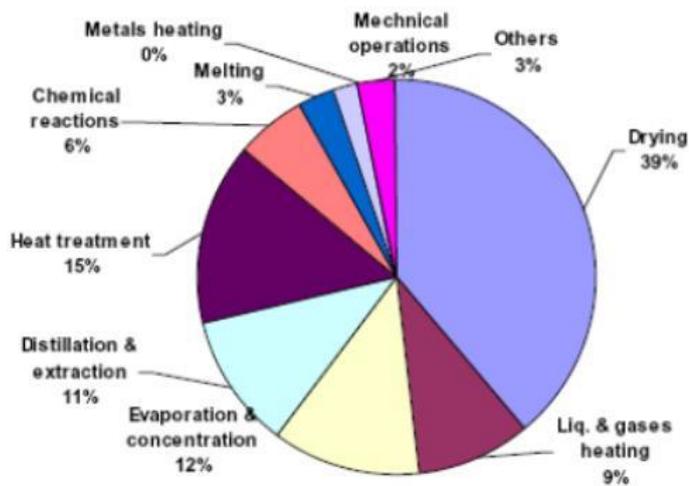


Figure 6-16: 全てのセクターにおいて、100°C～200°Cでのプロセスでのエネルギー消費のプロセス毎の分布

食品加工、化学、製紙のプロセスでの消費では温度範囲がより狭くなることが分かった。外挿法は国内の装置の数を過小評価し、装置1台当たりの平均出力を過剰評価するため、この方法で得られた値は実際の導入を評価するのに使う場合は補正が必要になる。

VHT HP (Very High Temperature Heat Pump) の蒸発器に使うことができる産業用熱源の利用を評価することは難しい。なぜなら、放出量、物理的と生物学的な質、温度が良く知られていない。にもかかわらず、VHT HP をシリーズで統合していく評価が求められている。

Table 6-1:温度帯ごとの高温ヒートポンプの魅力的な応用例の要約

<u>Temperature</u>	<u>Application</u>	<u>Consumption (TWh)</u>	<u>Number of units in France</u>	<u>Average unit power (MW of heat)</u>
70 - 79°C	Dairy, pasteurisation	0.4	198	2.4
	Dairy, cleaning water	0.12	90	1.3
	Various food processing industries (FPI), heating of liquids	0.25	447	0.8
80 - 89°C	Dairy, pasteurisation	0.29	175	1.9
	Dairy, cleaning water	0.11	103	1.5
	Miscellaneous FPI, heating of liquids	0.44	438	1.6
	Miscellaneous FPI, th treatment: cooking food	0.38	521	1
	Paper, drying	0.37	276	0.8
<u>Temperature</u>	<u>Application</u>	<u>Consumption (TWh)</u>	<u>Number of units in France</u>	<u>Average unit power (MW of heat)</u>
90 - 99°C	Dairy, pasteurisation	0.27	182	1.1
	Miscellaneous FPI, heating of liquids	0.56	572	3.5
	Miscellaneous FPI, th treatment: cooking food	0.48	607	2.2
	Plastics, chemical reactions	0.02	101	1.6
100 - 119°C	Miscellaneous FPI, th treatment: cooking food	0.58	754	2.3
	Plastics, chemical reactions	0.16	80	4.5
	Other organic chemistry, chemical reactions	0.2	635	9
120 - 139°C	Miscellaneous FPI, th treatment: cooking food	0.58	483	2.3
	Miscellaneous FPI, sterilisation, appertisation	0.92	678	3.8
	Plastics, chemical reactions: make up	0.13	55	16
	Other organic chemistry, heating of gases	0.75	274	3.3
140 - 159°C	Paper, make up drying	4.6	194	7.1
	Other organic chemistry, make up chemical reactions	0.83	1423	10.5
160 - 179°C	Other organic chemistry, make up chemical reactions	1.2	871	19
	Other organic chemistry, make up distillation	1.8	192	5.5

6.2 フランスにおける市場概観

フランスにおける産業用ヒートポンプ市場を調べると、2つの主な特徴がある。

- ・開放サイクルヒートポンプ MVR が広く開発されている。
- ・閉サイクルヒートポンプは産業用に使われているが、実際の市場では十分に開発されているとはいえない。

MVR に関しては、非常に多くの導入が 80 年代と 90 年代に、特に農業食品部門において進んできた。今日では、ホエー（チーズを造るときに凝乳と分離した液）濃縮プラントや砂糖プラントで MVR の導入が進んでいる。

閉サイクルヒートポンプについての状況は難しい。80 年代の終わりから 90 年代の初めにかけて幾つかのヒートポンプが、特に乾燥への適用として導入された。EDF の内部資料は、醸造と木材乾燥において既存機械設備があることを示している。しかし、ポテンシャル市場調査ではヒートポンプ技術の導入は示されていない。しかし、最近の化石燃料価格の高騰や CO₂ 排出量への関心の高まりは産業にヒートポンプのエネルギー効率ポテンシャルを再発見を促している。最近、幾つかの設備が、異なる部門において売れ始めている。特に、バター製造における高温で蒸発するチラー凝縮器でエネルギー回復に有効になっている。

今日、ヒートポンプは、異なる農業食品部門（食肉、バター製造、オイル、醸造）で見ることができ、また化粧品、PC プロセッサや他の部門でも見られる。しかし、それらの利用は、高温水生産や建物の暖房に限られている。IHP の開発によるポテンシャルは非常に大きい。

6.3 適用への障害

産業用ヒートポンプ市場の開発において、障害の種類には3つある。

(1) 利益性：フランスでは産業家が要求するペイバック期間は3年以下である。フランスの電気料金が非常に低いからといって、その利益を上げることは簡単ではない。ヒートポンプは COP が高く稼働率が高いと利益性が良い。最近、低価格の非在来型ガスがヒートポンプの利益性に障害となっている。

(2) 知識の欠如：産業はボイラーのようにヒートポンプのことを知らない。幾つか良い事例を紹介することが消費者への信頼を獲得するのに必要になる。

(3) 専門的なエンジニアリング会社の欠如：産業プロセスにヒートポンプを導入することは容易ではない。ヒートポンプは、熱交換器、二次流動ループや貯蔵タンクを含めたより複雑な熱回収システムの心臓部となる。今日、フランスでは産業用ヒートポンプを専門とするエンジニアリング会社がない。幾つかのメーカーが高温水を生産するためチラー凝縮器の熱回収にヒートポンプを提供している。しかし、産業プロセスに直接、ヒートポンプの導入を教えることができる会社は現在のところ存在しない。

この障害の3つのタイプは、実際には結びついている。利益性の向上は産業プラントにおける知識の向上を必要とし、増大する需要へのヒートポンプ導入は需要を満たす専門のエンジニアリング会社を必要とする。

7. ドイツ

7.1 ドイツにおけるエネルギー利用

ドイツにおける一次エネルギー消費は、過去20年間、大きな変化はない。Figure 7-1は、その動向を描いたものである。2009年が最も小さい値になったのは、経済危機に大きく影響している。この影響で、2010年に経済が大きく回復するまで、ドイツのGDPは5.1%低下した(Statistisches Bundesamt 2012)。

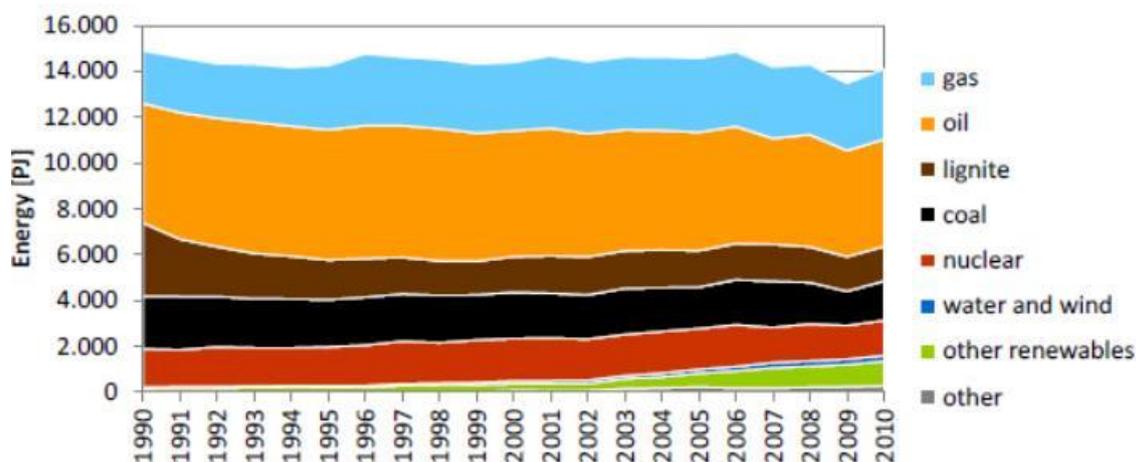


Figure 7-1: ドイツのエネルギー源毎の1次エネルギー量

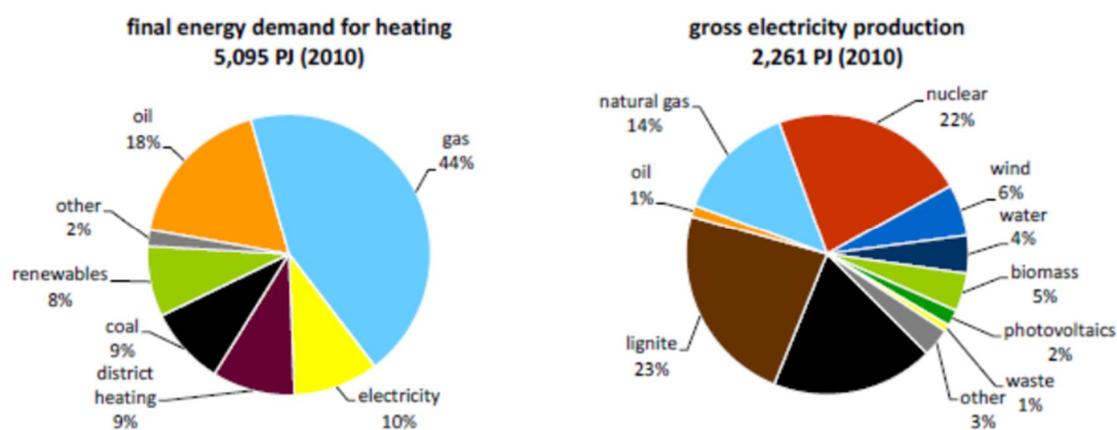


Figure 7-2: ドイツでの暖房のためのエネルギー需要(左)と、エネルギー源毎の発電量(右)

2010年の一次エネルギー消費は14,044PJで、ほとんどが化石燃料によって供給されている。エネルギーミックスを見ると、ガスが21.9%、石油が33.3%、褐炭が10.8%、石炭が12.2%、原子力が8.8%、水力と風力が1.8%、他の再生可能エネルギーが7.6%、他のエネルギー源が1.9%である。Figure 7-1は過去10年間に再生可能エネルギーの割合が着実に増加していることを示している。

最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合は、2010年の8.1%にまで増加している。しかし、まだ3分の2は化石燃料の燃焼に依存している (Figure 7-2)。総電力生産に占める再生可能エネルギー源の割合は、2000年の7.0%から2010年の16.6%にまで増加している。これによりCO₂排出量の原単位は623g/kWhelから562g/kWhelにまで低下している (UBA 2012)。

最終エネルギー消費は4つの主要部門に分類される。

- ・ 産業
- ・ 貿易／サービス
- ・ 家庭
- ・ 運輸

2010年のドイツの最終エネルギー消費は、9,060PJである。産業、運輸、家庭部門の割合は28%程度でほぼ同じになっている。貿易とサービス部門はその割合が15%で重要な役割となっていない。

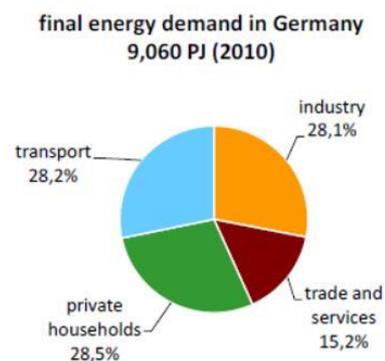


Figure 7-3: ドイツでのセクター毎の最終エネルギー消費

7.1.1 ドイツの産業の最終エネルギー消費

最終エネルギー消費は、1990年代初期に東ドイツの統合によって経済が疲弊したことが主な理由で減少した。ドイツの最終エネルギー消費は、2,300PJから2,600PJの間でほぼ一定に推移している (Figure 7-4)。2009年に最小になったのは経済的な危機によるものである。過去10年間、再生可能エネルギーと地域熱供給の割合はわずかに増加しており、一方で石炭と石油の利用が減少している。

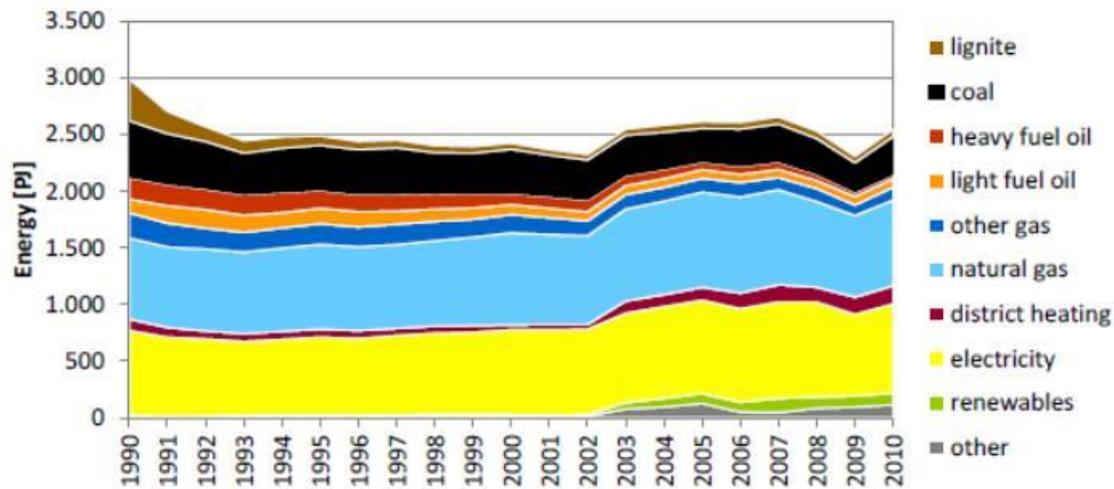


Figure 7-4: 1990年から2010年のドイツ産業での最終エネルギー消費

2010年でのドイツの産業部門の最終エネルギー消費は2,542PJである。最も大きな割合は、プロセス熱(1,666PJ/65.6%)の形態で利用されている。次いで機械エネルギー(533PJ/21.7%)、暖房(196PJ/7.7%)、照明(38PJ/1.5%)、情報コミュニケーション技術(ICT)(32PJ/1.3%)、給湯(23PJ/0.9%)、プロセス冷却(18PJ/0.7%)、climatisation(17PJ/0.7%)。

Figure 7-5は加熱目的の用途(プロセス熱、暖房、給湯生産)が産業部門の最終エネルギー消費の4分の3を占めていることを示している。

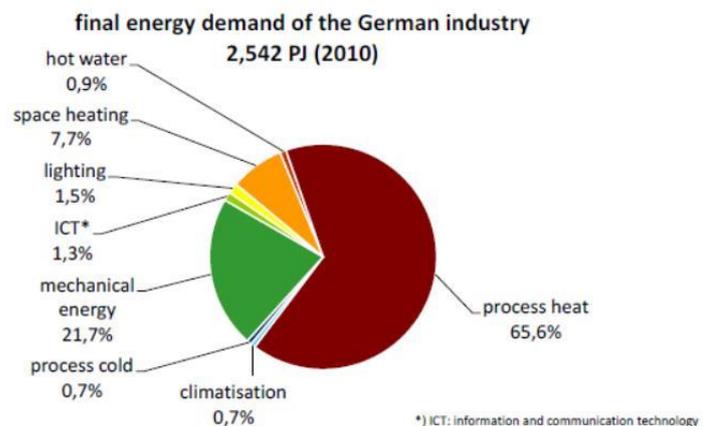


Figure 7-5: 2010年のドイツの最終エネルギー需要

7.1.2 ドイツ産業の熱需要

ドイツ産業の熱需要は、2010年に1,883PJになっている (Figure 7-6)。それは、化石燃料がドイツ全体で見た最終エネルギー消費の場合よりも際立って多い (Figure 7-2)。最も多く使われているエネルギー源はガス(861PJ/45.7%)で次いで石炭(401PJ/21.3%)、地域熱供給(160PJ/8.5%)、電力(138PJ/7.3%)、石油(126PJ/6.7%)、再生可能エネルギー(104PJ/5.5%)、他のエネルギー源(95PJ/5.0%)の順である。産業熱生産に占める再生可能エネルギーの割合は、わずかに増加しているが家庭部門に供給している割合 (2010年、12.4%) に比べるとはるかに小さい。

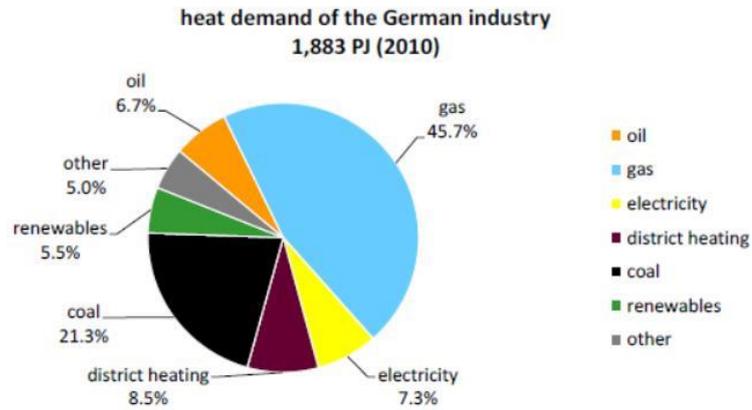


Figure 7-6: エネルギー源ごとの 2010 年のドイツ産業での熱需要

産業熱需要の構造を概観した図が、Figure 7-7 である。金属生産が熱を最も消費する業種で、次いで基礎化学製品、食品・タバコ産業が続いている。金属生産での熱の発生にはほとんどが石炭を使っている。天然ガスは他の業種において最も大きな割合を占めている。

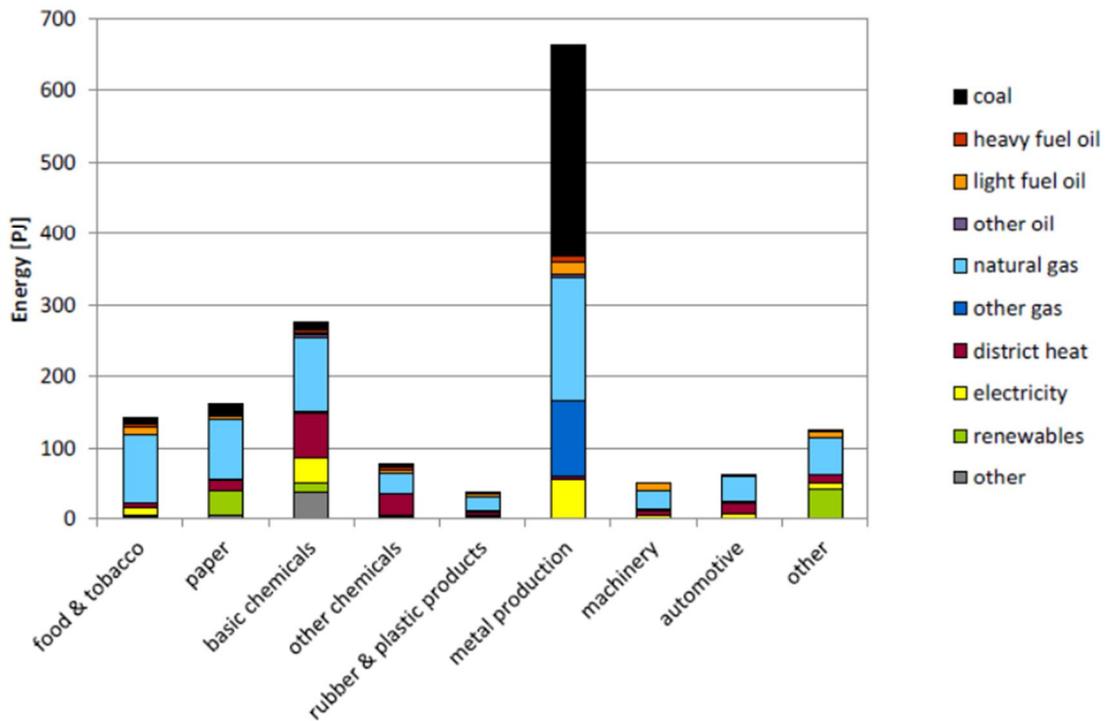


Figure 7-7: ドイツ産業での加熱プロセスでの最終エネルギー需要構成

7.1.3 産業用エネルギー価格

Figure 7-4に見られるように、ドイツ産業の最終エネルギー消費は過去 220 年間、ほぼ一定に推移してきている。これとは対照的に、産業のエネルギー価格は、1990 年代にわずかに減少しているが 200 年に入ってから上昇し始めている。

Table 7-1: 産業分野でのエネルギー価格の変遷

Final consumer prices for industry				
year	heavy fuel oil [ct/kWh]	light fuel oil [ct/kwh]	natural gas [ct/kwh]	electricity [ct/kwh]
1991	1.04	2.07	1.47	6.91
1992	0.94	1.78	1.38	6.96
1993	0.92	1.76	1.32	7.03
1994	0.96	1.60	1.27	6.82
1995	0.97	1.52	1.27	6.74
1996	1.07	1.88	1.29	6.62
1997	1.08	1.91	1.39	6.37
1998	0.91	1.50	1.33	6.05
1999	1.07	1.96	1.27	5.34
2000	1.72	3.24	1.69	4.40
2001	1.53	2.97	2.14	4.89
2002	1.68	2.71	1.95	5.15
2003	1.70	2.81	2.16	5.79
2004	1.59	3.22	2.12	6.19
2005	2.21	4.32	2.46	6.76
2006	2.69	4.85	2.91	7.51
2007	2.62	4.77	2.77	7.95
2008	3.59	6.29	3.36	8.82
2009	2.78	4.16	3.15	10.04
2010	3.60	5.33	2.93	9.71

Table 7-1 は、最も重要なエネルギー源の価格を 1991 年から 2010 年まで示したものである。1991 年の基準年の値と比較して、2000 年までの電気料金は 36.3%だけ減少している。しかし 2000 年から再び上昇している。2010 年における産業用電気料金は 9.71ct/kWh で、その値は 1991 年よりも 40.6%だけ高くなっている。これは化石燃料の価格上昇（重油、軽油、天然ガス）が原因で、この間にかなり上昇したためである。2010 年の天然ガス価格は 2.93ct/kWh(+99.7%)、軽油が 5.33ct/kWh(+157.4%)、重油が 3.60ct/kWh(+244.8%)である。この同じ時期に、ドイツの生活費は 42.6%だけ増加している。詳細な動向を Figure 7-8 に示す。エネルギー価格は将来、さらに増加すると予想されることから、エネルギー効率を

高める技術の市場性はさらに改善していくと思われる。しかし、ヒートポンプについての経済性は、電気とガスの価格比が重要な指標となる。過去 10 年を見ると、ガス料金は電気料金よりも速く上昇しており、この比によって電気式ヒートポンプが有利になっている。この傾向は、非在来型ガスの生産が増大することで将来は逆転する可能性がある。それによって、従来のガス燃焼器やガス駆動のヒートポンプが増大することにもなる。

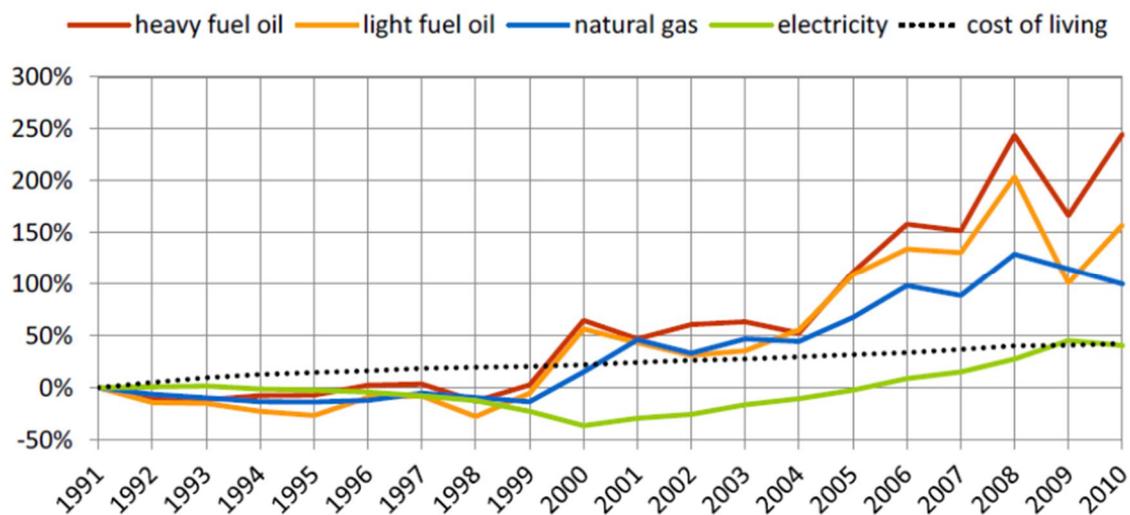


Figure 7-8: 産業分野でのエネルギー価格の変遷と 1991 年をベースとした一般的な生活品コストの変遷

7. 2 ドイツにおける市場概観

7.2.1 ドイツの産業部門

ドイツは、工業製品を大量に輸出する産業国家として知られているが、製造部門はドイツ全体の GDP 2 兆 2960 億ユーロ (2010 年) の 24.7% (5,480 億ユーロ) に過ぎない。Figure 7-9 に示されるように、サービス部門はドイツ経済の最大の割合を占めている。しかし、ドイツの輸出戦略とその結果生じている 1,280 億ユーロ (2010 年) の貿易黒字は、主に製造部門によって駆動されている。

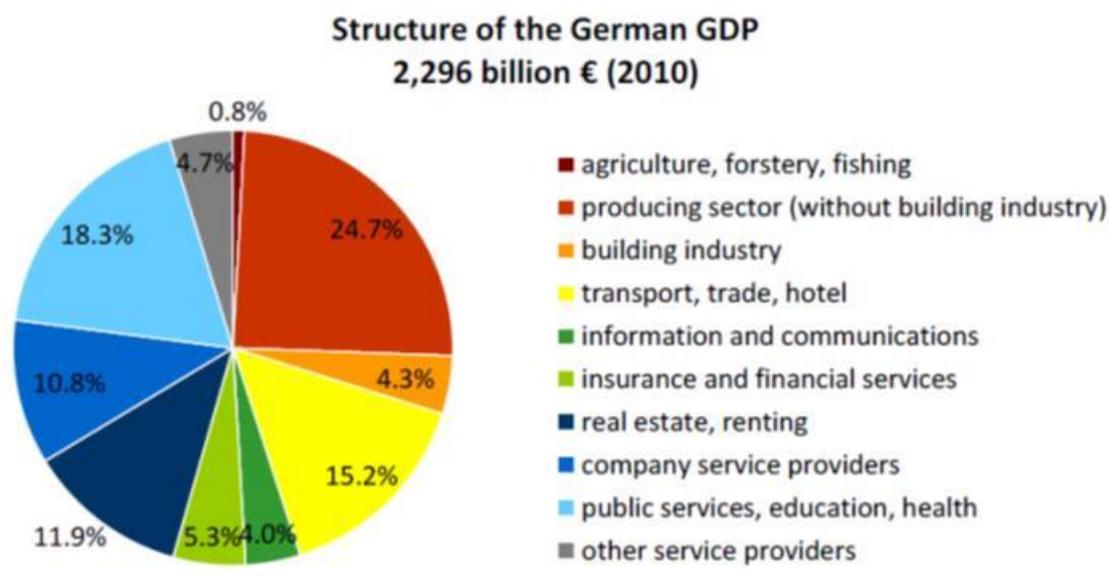


Figure 7-9: 2010 年のドイツの GDP の構成

ドイツ経済は、中小企業(SME)によって支えられている。SME は、従業員数が 250 人未満で売上げが年間 5,000 万ユーロの企業をいう。SMEs の売上げはドイツ企業全体の売上の 37.8%である。雇用者数では全雇用者の 55.1%を占めている。

7. 3 ドイツ産業におけるヒートポンプ利用の技術ポテンシャル

ドイツにおける産業用ヒートポンプの技術ポテンシャルが最も有望な産業部門での典型的なプロセスの熱需要を分析することで求められた。

Table 7-2 は、産業部門と温度レベルによる技術ポテンシャルを示したものである。この表のデータは、Figure 7-10 の棒グラフから作成したものである。機械、自動車、食品、化学産業が 80℃までの低い温度で高いポテンシャルを有している。これらの温度は従来の冷媒を使ってヒートポンプによって供給できる。80℃以上の全体のポテンシャルは、271.65PJ/年と見積もられている。その値は産業熱需要の 14.4%である。温度が 140℃以上で運転する高温ヒートポンプになるとポテンシャルは非常に大きくなり、食品、製紙、化学工業で期待される。140℃までの産業加熱の技術ポテンシャルは、598.82PJ/年と見積もられている。これは、ドイツの熱需要の 31.8%であり、ドイツ産業の最終エネルギー消費全体の 23.6%に相当する。Figure 7-10 は高温ヒートポンプが食品、化学、製紙産業で大きなポテンシャルがあることを示している。このポテンシャルの主な部分は、食品産業における殺菌（パストゥール）、消毒、乾燥、濃縮の工程、繊維産業における繊維着色、ビスコース繊維の濃縮工程、それに化学工業におけるポリエチレン溶解とゴム生産工程である (Blesl ら、2012)。

Table 7-2: ドイツでの産業用ヒートポンプの技術的ポテンシャル

	hot water	space heating	PH 70 °C	additional PH 80 °C	additional PH 100 °C	additional PH 140 °C
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a
Food	7.72	21.19	8.28	8.11	15.26	84.64
Textiles	0.42	6.74	1.98	0.24	1.46	4.55
Wood	0.18	1.45	5.41	0.00	0.00	0.70
Paper	0.38	9.89	3.85	0.00	124.04	0.00
Printing	0.31	6.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Chemicals	1.80	21.92	8.35	2.21	11.98	84.53
Plastic	0.49	8.85	14.86	0.00	0.00	0.00
Machinery	3.25	49.23	0.00	0.00	0.00	0.00
Automotive	2.28	29.70	7.15	0.00	0.00	0.03
Other	1.68	36.37	0.72	0.00	0.00	0.00
Sum	18.51	192.00	50.58	10.56	152.74	174.44

PH = process heat

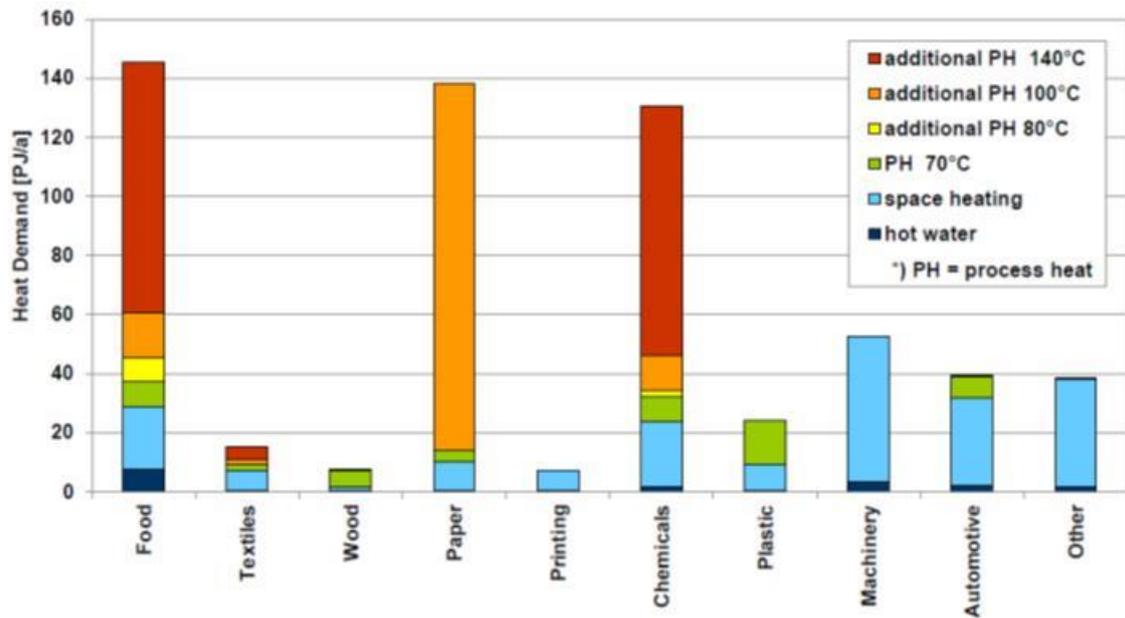


Figure 7-10: ドイツでの産業用ヒートポンプの技術的ポテンシャル

7.4 ドイツにおけるヒートポンプ市場

ドイツではヒートポンプは既に家庭部門において広く普及している。特に新しい建物にヒートポンプが設置されている。2010年には家庭用暖房に612,500台のヒートポンプが販売されている（Figure 7-11）。ガス燃焼ボイラーは、まだ広く利用されている加熱方法であるが、ヒートポンプがその市場シェアを奪いつつある。2010年には51,000台の販売であったのが2011年には57,000台にまで増加している。それらの半分は、熱源に大気を使用している。

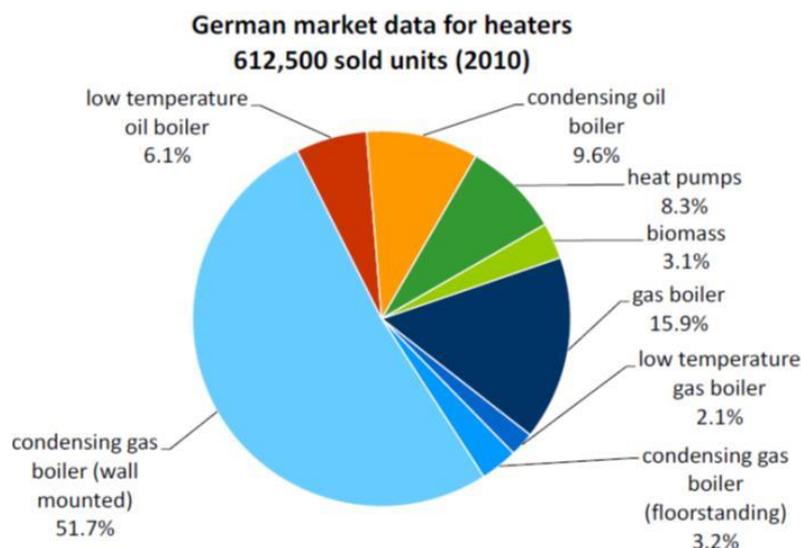


Figure 7-11: 2010年販売されたドイツの暖房器市場

産業用ヒートポンプは、最近、ドイツ市場でも利用可能になってきている。これらのヒートポンプはより大きなパワーを持ち、家庭用に設計されたものよりも高温レベルで利用可能である。異なる冷媒を使う3つのヒートポンプの概要を次に示す R245fa。

- ・アンモニア：アンモニアを使った電気式圧縮ヒートポンプは90℃まで可能である。
- ・R245fa：R245faが同じ特性を有する冷媒混合物を使ったヒートポンプで100℃までの温度を得ることができる。
- ・CO₂：CO₂ヒートポンプは、もし水の温度を低温から高温に高めるのに使うのであれば、効率が良い。それは90℃まで温度を高められる。130℃までの温度であれば近い将来、達成できるであろう。

ヒートポンプの計画者と導入者の立場を区別するために、149のドイツ企業に対して調査を実施した。これらの企業はウェブサイトの産業需要家から選ばれた。調査は2つのステップで実施された。第一ステップは、149企業のすべてに電話をした。電話で質問に答えたくない企業とプロジェクトについての情報をEメールで送られるのを拒否する企業があった。結果、149企業のうち25企業が質問状をEメールによって調査した内容を示している。

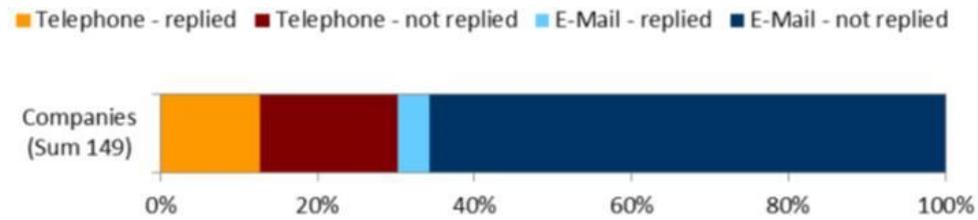


Figure 7-12: 質問への応答者

回答者のほぼすべて(96%)が電気式ヒートポンプの導入を計画しており、28%がガスエンジンヒートポンプについて経験があるとのことであった。収着式(sorption)ヒートポンプの導入と計画は1つもなかった。

住宅はヒートポンプの主な適用領域であり、回答者のほとんどがヒートポンプシステムを空調加熱(96%)や給湯生産(84%)に導入している。16%はプロセス熱の生産にヒートポンプを既に導入あるいは計画している。しかし、そのケースの半分は、プロセス熱を企業の給湯生産用に使うとのことであった。

これらの結果をまとめると、ヒートポンプは主に低い温度の目的に応用することが分かった。回答者の88%は、温度レベルが55°Cまでの利用で、60%が75°C以上の温度でかつてヒートポンプを利用したことがあった。一人の回答者だけが、90°Cの温度でアンモニアヒートポンプの導入を検討していた。

非常に多くの企業が50kW以下の小型ヒートポンプシステムの導入を検討している一方で、回答者の20%は800kW以上の大型システムを検討していた。Figure 7-13は、容量について企業からの回答結果である。

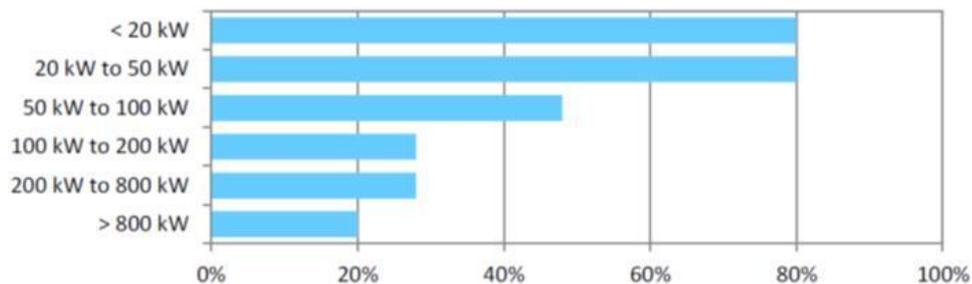


Figure 7-13: ヒートポンプ容量の企業からの回答結果

7.5 研究と文献

1970年代の石油危機はエネルギー研究の政策的な重要性をもたらした。エネルギー価格の突然の上昇は、エネルギー研究ブームを導いた。エネルギー研究グループの活動により数多くのプロジェクトが開始された。省エネルギー技術の中で、ヒートポンプへの関心はかなり大きくなっていった。Figure 7-14は、ドイツの異なる省による資金で実施されたヒ

ートポンプの研究プロジェクトの数の推移を示したものである。1970年代に非常に多くのプロジェクトが開始され、1980年代の初期にそのピークを迎えた。1981年には、ヒートポンプ研究予算は常に6.76百万ユーロに到達していた。1980年代と1990年代にエネルギー価格が低下したことでヒートポンプの研究への関心が弱まった。2008年からヒートポンププロジェクトの数が増えていることが窺える。2011年にはヒートポンプへの投資額も5.12百万ユーロにまで増加し、2012年はさらに増加している。

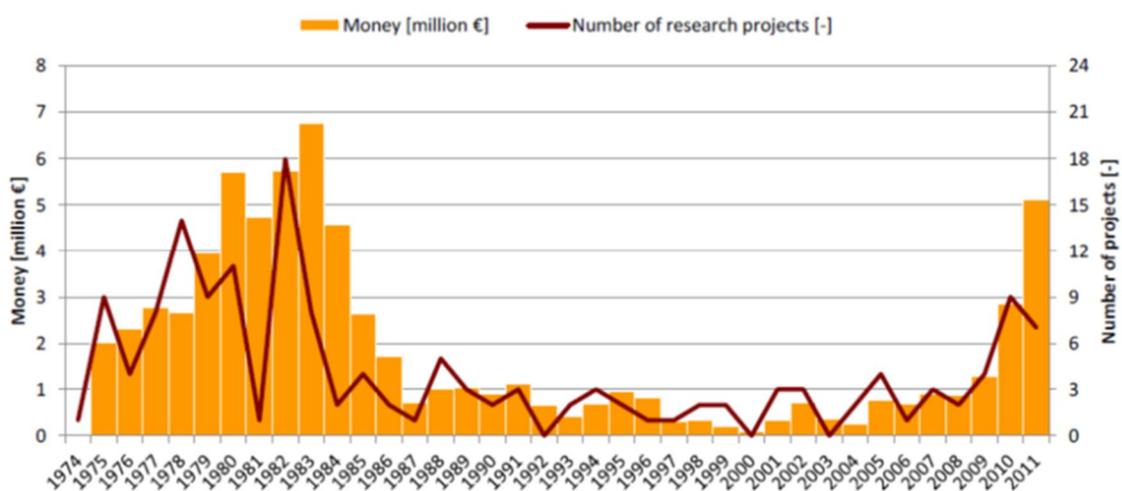


Figure 7-14: ドイツでのヒートポンプに関わるプロジェクト

これらの研究プロジェクトの直接間接の成果論文として、ドイツ語と英語で書かれた産業用ヒートポンプの利用可能な文献の数が分析されている。分析は、科学データベースの大きさが調査できる科学研究エンジン「グーグルスカラー」の調査によるものである。調査は、“産業+ヒートポンプ”、“高温+ヒートポンプ”、“ヒートポンプ+プロセス熱”の項目で実施された。分析の結果を Figure 7-15 と Figure 7-16 に示す。すべての調査項目で、論文数の増加がみられ、特に 1990 年代後半から著しく増加していることが分かる。2010 年伊は 121 軒の新しい論文がドイツ語の”産業用ヒートポンプ“で検索できる。英語で検索すると 2010 年に 2,350 件、2011 年には 2,780 件になる。

もちろん、利用できる論文数は、インターネットの発展で増えているが、この影響は過去 5 年間を見ると小さくなっている。ということは、新しい論文数がなお増え続けていることになる。このことから、ヒートポンプに関する研究プロジェクトの数から利用可能な科学情報は最近、増加し続けていると結論付けられる。

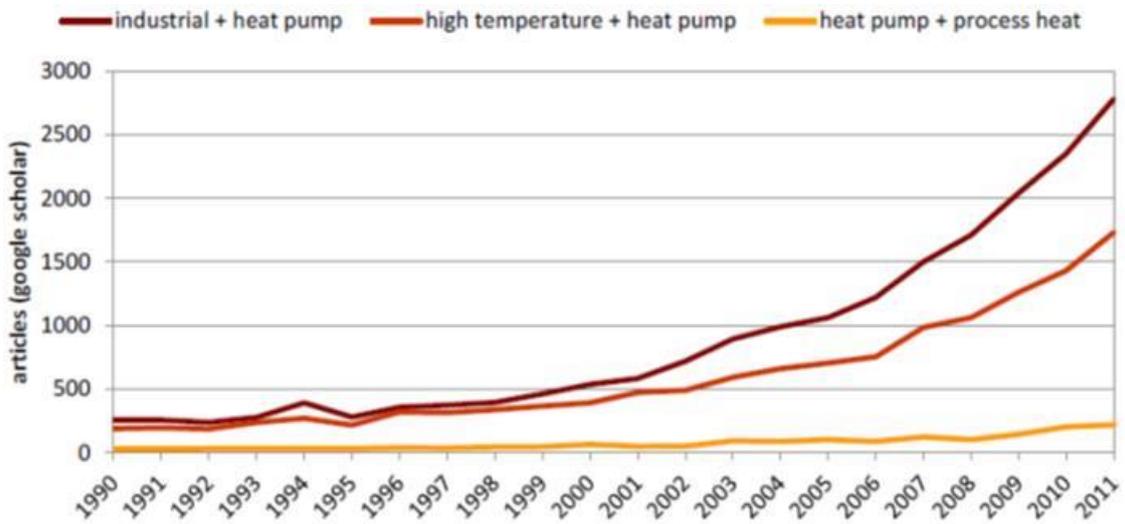


Figure 7-15: 産業用ヒートポンプの論文調査結果（英語）

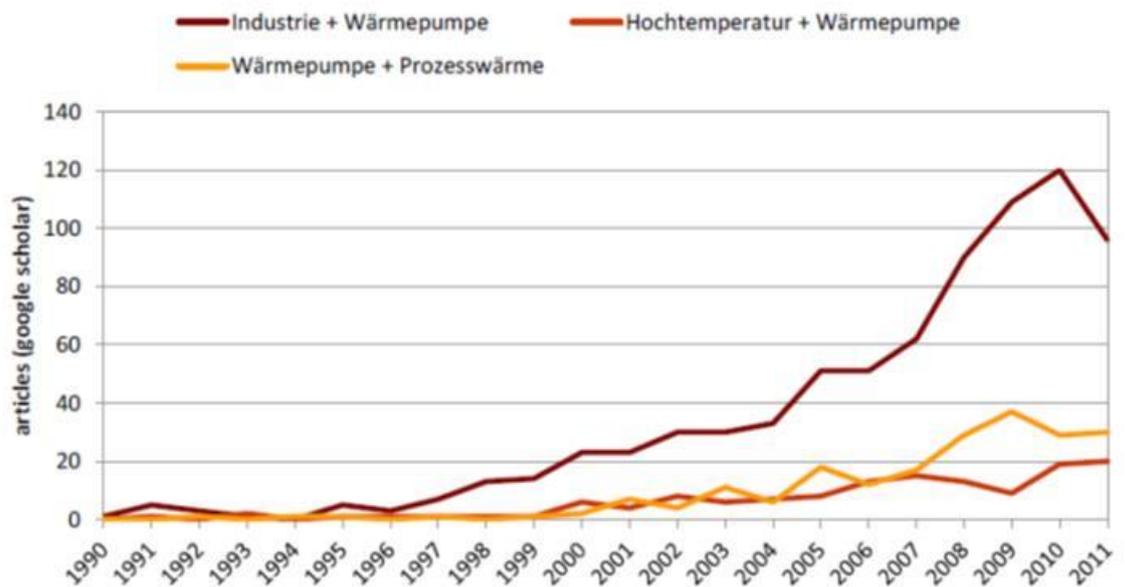


Figure 7-16: 産業用ヒートポンプの論文調査結果（ドイツ語）

7.6 産業へのヒートポンプ導入への障害

産業利用のヒートポンプは、近年、ドイツ市場で利用できるようになったが、適用された例はほとんど見られない。この状況の理由と考えられる適用の障害を 7.4 で述べた調査からまとめた。纏めるにあたって、2008 年の別の調査 (Lambauer ら、2008) も参考にした。4 つの主要な障害が特定化された。

(1) 知識の不足

産業プロセスにヒートポンプを組み込むには、プロセスそのものの知識だけでなく、産業用ヒートポンプの適用能力に関する知識が要求される。導入者のほとんどがヒートポンプを最も望ましい方法でプロセスに統合化する知識を持っていない。

(2) 長期のペイバック期間

石油やガスのバーナーに比べて、ヒートポンプの投資コストは高い。企業の多くが2～3年よりも短い投資回収期間を望んでいる。しかし、投資が見合えば5年以上の投資回収期間を受け入れる企業もある。これに応えるには、ヒートポンプに対して長期の運用期間と経済的に成り立つ優れた成績係数（COP）が求められる。

(3) 需要家の関心

需要家と呼ばれる導入者は、最も重要な障害の1つとして考えられる。熱の生産は工場のインフラストラクチャーとして非常にセンシティブな部分であるために、彼らは、ほとんどが広く実証されているガスや石油の燃焼器を選ぶ。産業用ヒートポンプの成功事例は限られているために、需要家にヒートポンプを選択させることは難しい。

(4) 熱消費に関する企業の関心の低さ

ほとんどの企業が、ヒートポンプ導入に必要なプロセスの温熱と冷熱の需要に関する知識を持ち合わせていない。そのため、産業用ヒートポンプを導入していくためには熱需要の調査が必要となり費用と時間がかかる。

ヒートポンプが産業加熱市場に普及しない別の理由として、ヒートポンプにより達成可能な温度が80°Cに限られている事実がある。Figure 7-10に見られるように、そういった低い温度レベルの需要は産業熱需要のごく僅かである。

7.7 文献

- AGEB, 2011** Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.: Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2009 und 2010 für das verarbeitende Gewerbe: Projektnummer: 23/11. Berlin, 2011
- Blesl et al., 2012** Blesl, Markus; Wolf, Stefan; Lambauer, Jochen; Broydo, Michael; Fahl, Ulrich: Perspektiven von Wärmepumpen sowie der Nah- und Fernwärme zur Wärme- (und Kälte-)bereitstellung in Deutschland. Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER). Stuttgart, 2012
- BDH, 2011** Marktentwicklung Wärmeerzeuger 2000-2011. 2011
- BMBF, 2012** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): www.foerderkatalog.de. URL: www.foerderkatalog.de – Überprüfungsdatum: 21.09.2012
- BMWi, 2012** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Energiedaten. URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-grafiken,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> – Überprüfungsdatum: 16.04.2012
- IfM, 2011** INSTITUT FÜR MITTELSTANDSFORSCHUNG (IFM): Schlüsselzahlen des Mittelstands in Deutschland gemäß der KMU-Definition der EU-Kommission. Bonn, 2011
- Lambauer et al., 2008** Lambauer, Jochen; Fahl, Ulrich; Ohl, Michael; Blesl, Markus; Voß, Alfred: Industrielle Großwärmepumpen - Potenziale, Hemmnisse und Best-Practice Beispiele. Stuttgart, 2008
- Statistisches Bundesamt, 2012** Statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung: Inlandsproduktberechnung. URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Inlandsprodukt/Tabellen/Gesamtwirtschaft.html?nn=50700>. – Aktualisierungsdatum: 24.05.2012
- UBA, 2012** Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2010 und erste Schätzungen 2011. Bundesrepublik Deutschland. 2012

8. 日本

8.1 日本におけるエネルギー利用

8.1.1 日本におけるエネルギー事情の概要

日本の一次エネルギー消費は、世界のエネルギー消費の 4.4%である。エネルギー供給は石油、天然ガス、石炭といった化石燃料に大きく依存している。2009 年の一次エネルギー供給に占める化石燃料の割合は 84.0%である。石油は一次エネルギー総供給の 45.8%である。この割合は、1973 年の 77%をピークに年々減少してきているが、その割合はまだすべてのエネルギー源の中で最も大きい。日本に供給されているエネルギー源の約 96%は海外からの輸入に依存している。

Table 8-1: 2009 年度のエネルギー源毎の 1 次エネルギー供給

Energy source	Primary energy [PJ]	[%]
Oil	9,866	45.8
Coal	4,452	20.7
Natural gas	3,778	17.5
Nuclear	2,465	11.4
Hydroelectricity	710	3.3
Other	280	1.3
Total	21,550	100

Other: Geothermal, Wind, Solar, Biomass, etc.

(Source: EDMC energy and economics statistics handbook, 2011)

一次エネルギー総供給は主に石油製品と電力供給に使われている。最終エネルギーに占める割合は、2009 年度でそれぞれ 53.3%と 25.4%である。電気はエネルギーキャリアとして優れており、電力消費は、動力、照明、空調、情報通信や加熱の用途として増加傾向にある。電力化率は、部門別にみると産業の 19%、家庭の 44%、業務の 47%になっている。

Table 8-2: 2009 年度のエネルギー源毎の最終エネルギー消費

Energy source	Final energy [PJ]	[%]
Oil products	7,355	53.3
Natural gas and town gas	1,351	9.8
Coal	591	4.3
Coal products	851	6.2
Electricity	3,499	25.4
Other	143	1.0
Total	13,790	100

(Source: EDMC energy and economics statistics handbook, 2011)

日本のエネルギー消費は、主に産業、民生（家庭と業務）、運輸に分かれる。消費率は、産業、民生、運輸の比率で見ると、1970年代の石油危機当時はそれぞれ4、1、1であったが、2009年度現在で1.8、1.2、1になる。

Table 8-3 は、2009年度の部門別最終エネルギー消費を示したものである。産業部門のエネルギー需要は、1980年代以降、減少傾向にあるが、その需要はまだ全体からみて大きく45.6%を占めている。民生と運輸の比率は、それぞれ28.0%と25.0%である。

Table 8-3: 2009年度のセクター毎の最終エネルギー消費

Sector	Final energy [PJ]	[%]
Industry	6,293	45.6
Transportation	3,451	25.0
Residential	2,161	15.7
Commercial	1,695	12.3
Non- energy	189	1.4
Total	13,790	100

(Source: EDMC energy and economics statistics handbook, 2011)

8.1.2 製造業のエネルギー利用

製造業は、産業部門のエネルギー消費の94.3%を占めている。製造業のエネルギー消費は、GDPが1973年の第一次石油危機と比べて2倍以上にまで増えているにも関わらず、僅かしか増加していない。これは、エネルギー効率の改善と産業活動が一次産業と二次産業から三次産業であるソフト・サービスへ構造変化したためである。製造業のうち素材産業と呼ばれる鉄鋼、化学工業、窯業・土石、紙パルプ産業は、製造業全体のエネルギー消費の約70%を占めている。近年、素材産業の占める割合は省エネルギーや産業活動の停滞によって僅かではあるが減少しつつある。

Table 8-4: 2009年度の産業ごとのエネルギー使用量

Industry	Consumption[PJ]	[%]
[Manufacturing]	5,933	94.3
Iron & steel	1,508	(24.0)
Chemical	2,077	(33.0)
Ceramic, stone & clay	373	(5.9)
Food, beverages & tobacco	234	(3.7)
pulp, paper & processed paper	306	(4.9)
Fabricated textiles	74	(1.2)
Non-ferrous metal	131	(2.1)
Metal goods & general machine	414	(6.6)
Other	816	(13.0)
[Non-manufacturing]	360	5.7
Total	6,293	100

(Source: EDMC energy and economics statistics handbook, 2011)

製造業のエネルギーは、幾つかの異なる形態で消費されている。Figure 8-1 は、各業種について、ボイラー、直接加熱、コージェネレーション、その他に分けたエネルギー形態別消費量を示したものである。直接加熱は、全体の需要の中で最も大きく 56%を占めている。ボイラー需要を含めると、2つの消費形態で 90%になる。

鉄鋼は、直接加熱需要の中で 60%以上を占め、際立っている。化学工業、製油所、パルプ製紙業がそれに次いで需要が大きい。

ボイラー需要については、パルプ製紙業と化学工業の需要が大きく、50%以上になっている。次いで、鉄鋼、石油／石炭製品、食品工業の順になっている。

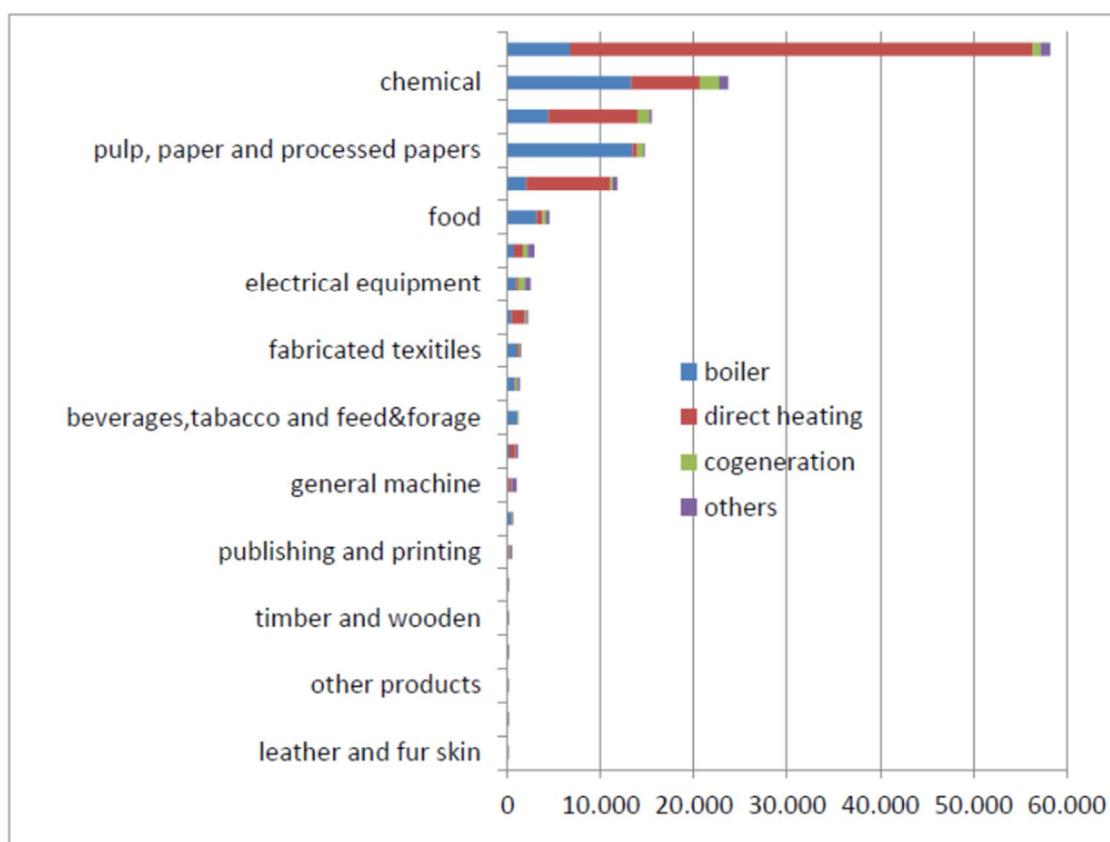


Figure 8-1: 2001 年度の製造業でのセクター毎でのタイプ別エネルギー使用量 (単位: 石油等価百万 L)

産業用ボイラーは、様々な温度領域で利用されている。Figure 8-2 は、ボイラー用燃料が各業種において、どのような温度領域に利用されているかを示したものである。図からボイラー燃料全体の 80%が 250°C以上のプロセスヒートに利用されていることが分かる。次いで 150~200°Cの領域で、全体の 17%が消費されている。この温度領域で利用している業種には、食料品製造業、化学工業、パルプ・紙・紙加工業、繊維工業、飲料・たばこ・飼料製造業、電気機械器具製造業などがあげられる。

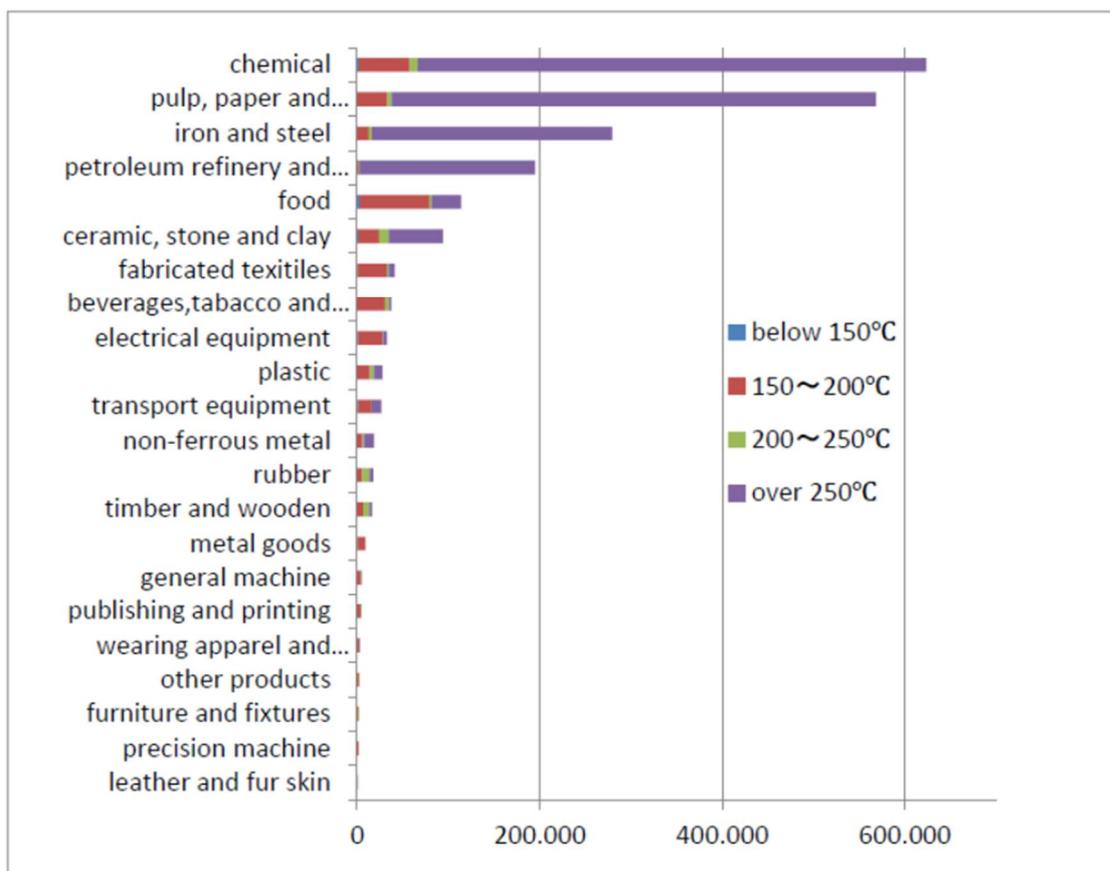


Figure 8-2: 2001 年度の製造業のセクター毎の温度帯別ボイラー需要

産業部門の電力消費量を業種別に描いたのが Figure 8-3 である。電力消費量が多い業種には、鉄鋼業、化学工業、電気機械器具製造業、パルプ・紙・紙加工業があげられ、その 4 業種だけで全体の 57%になる。用途別にみると、全体の 84%が「動力・その他」としての利用である。加熱用の割合は 11%であり、現状ではそれほど大きな値とはなっていない。今後は、化石燃料が使われている民生部門の暖房・給湯、そして産業部門の直接加熱やボイラー用の熱需要にエレクトロヒートが使われるようになれば、その割合は大きく高まっていく可能性がある。

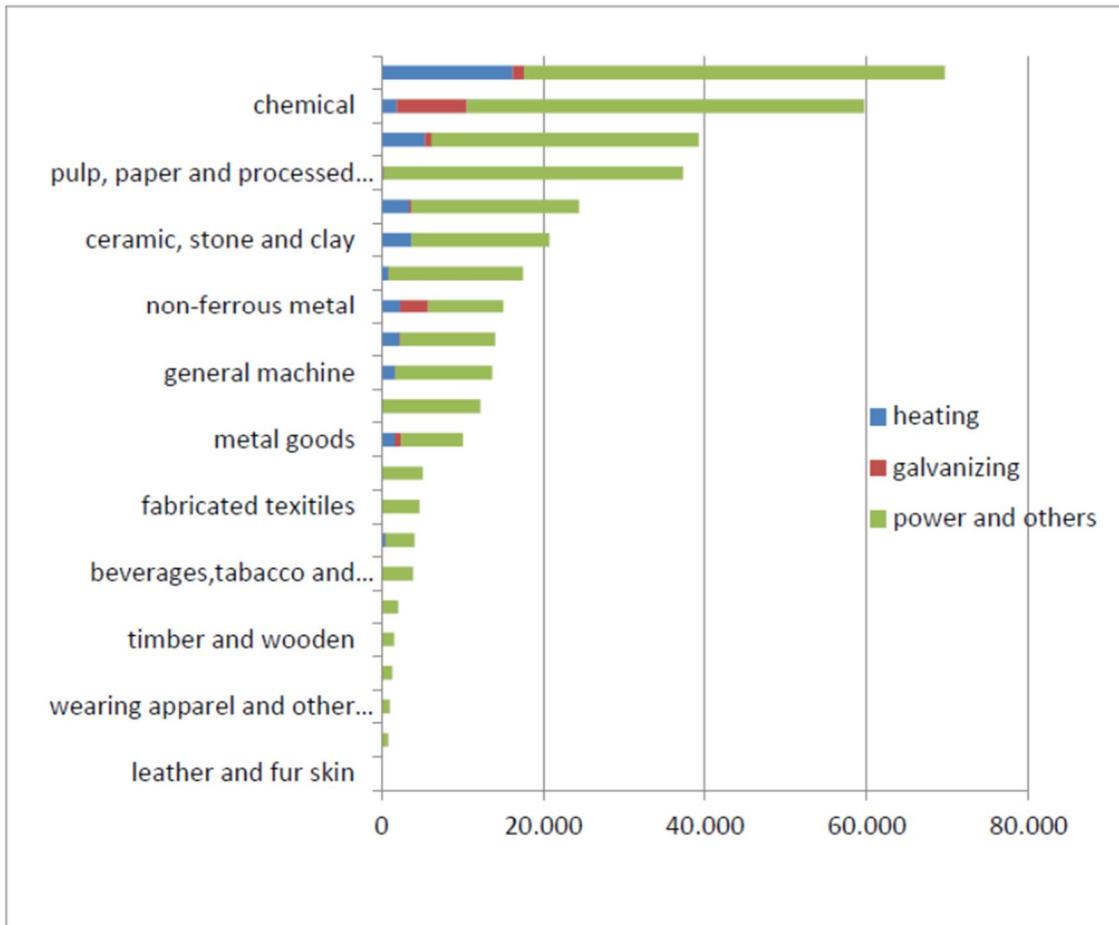


Figure 8-3: 2001 年度の製造業でのセクター毎のタイプ別電力使用 (GWh)

8.2 日本の市場展望

ヒートポンプは、一次産業のうち、農林分野では、施設園芸、水耕栽培、植物工場などで利用されており、作物の品質や歩留まりの向上、また周年栽培に実績を上げているほか、冷却除湿作用と加熱作用を利用して農産物、海産物、木材の乾燥などを行っている。

水産分野では、冷温熱を利用した活魚の養殖や海水冷却による鮮度保持や活魚輸送に利用されている。また、この分野では古くから産地型冷蔵倉庫や消費地型冷蔵倉庫に冷凍保管用として冷凍装置が利用されてきている。

食品加工業においては、加温、冷却、洗浄などに幅広くヒートポンプが活用されている。特に、この業種では加温と冷却が交互に行われるために、冷熱と温熱の両方が利用できる工程があり、効率の良い熱供給が行われている。近年は、食品加工に適した 5～10℃前後の冷水と 90℃前後の温水を同時に取り出すことができる機器、さらには 100℃前後の高温水や水蒸気を得ることが可能な機器も開発されている。

空調分野、特に工場空調分野では、従来蒸気を再生熱源として利用していた吸収式冷凍機の適用も多くみられたが、近年の目覚ましい技術革新でCOPを向上させた高効率遠心冷凍機や高効率ヒートポンプチラーが市場に急速に普及し、吸収式冷凍機からこれらの高効率機へ熱源転換が進んでいる。また、クリーンルームの加湿や純水加温用の温水製造においても実績が出ている。

機械工業分野では、機械部品の塗装前処理工程で、脱脂・化成工程用の加熱に、従来使用してきた蒸気からヒートポンプへ熱源転換する事例や洗浄工程での洗浄液加温と切削液冷却を同時にできるシステムも導入されている。

高温を必要とする産業用には、近年に開発された最高温度 120℃の温風を発生できるヒートポンプが塗装乾燥工程に利用されている。また、ビール工場では麦汁煮沸工程やアルコール蒸留工程で利用されてきた VRC（蒸気再圧縮機）の普及事例も増加している。

8.3 適用への障害

(1) 高効率化

産業用として最も需要が多いと考えられている 60～90℃の温度領域は既に商品化されているが、イニシャルコストではヒートポンプはボイラに対抗できないため、この領域ではライフサイクルコストから見て優位にある高効率機の開発が望まれる。

(2) 多様な熱源への適合性

一般的な工場においては、時間で熱需要が変化するため、熱源の利用可能な温度範囲を広げることが必要となる。例えば、工場内で活用できる冷却塔で大気中に放熱されている冷凍機排熱の活用、排ガス等の高温期待からの熱回収、汚水・注水からの熱回収等が考えられる。これら潜在的な熱源とヒートポンプを組み合わせた温度範囲の広い熱源によって、変化する需要との調整を図る統合制御技術の開発が求められている。

(3) 高温化

100°Cを超える温度範囲では、過熱蒸気、加圧水、温風として温熱を取り出す技術、高凝縮温度の新しい冷媒やヒートポンプサイクル、オイルレス圧縮機等の新技術の開発が望まれる。

(4) 空気熱源の適用地域の拡大

空気熱源は熱源の発生する時間や場所の問題を解決する方法のひとつとして期待されているが、寒冷地への対応、デフロスト時の温度低下への対策が課題となっている。

(5) 低廉化

高温ヒートポンプは、従来の空調用ヒートポンプと比較して高価格となっている。標準化、量産化、温度帯へのシンプルな機器構成等の採用により低廉化が望まれる。

(6) 多様な製品メニュー

冷熱温熱を常時使用する食品産業では比較的小規模な工場も多く、熱源の分散的な配置が要望される。そういったニーズには、小容量での製品メニューを揃えていくことが必要となる。一方で、産業界のさまざまな業種では大型設備に対応した大容量圧縮機と大型熱交換器で幅広い温度帯を供給する高温ヒートポンプが開発が求められている。

9. 韓国

9.1 韓国におけるエネルギー消費

9.1.1 韓国におけるエネルギー利用の概要

韓国の一次エネルギー消費は、2011年時点で見ると世界のエネルギー消費の2.3%である。2012年の一次エネルギー消費は11,669PJ(278.7百万TOE)である。国内で消費されるエネルギー全体の96%は輸入燃料に依存している。4つの主要なエネルギーである石炭、石油、LNG、原子力の割合をFigure 9-1に示す。

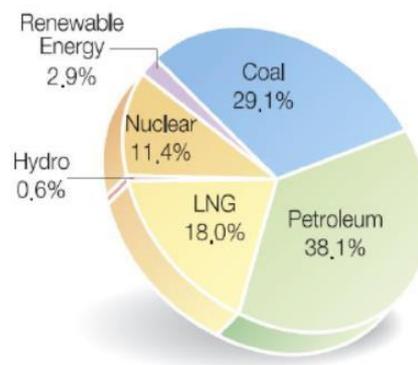


Figure 9-1: 2012年度のエネルギー源毎の1次エネルギー供給

Figure 9-2は、2012年における韓国の最終エネルギー消費を示す。エネルギー源として輸入されている化石燃料を考えると、最終エネルギー消費は一次エネルギーよりも25%少なく、その量は8,712PJ(208.1百万TOE)になる。石炭の約60%以上と原子力のすべてが電気エネルギーに変換されている。

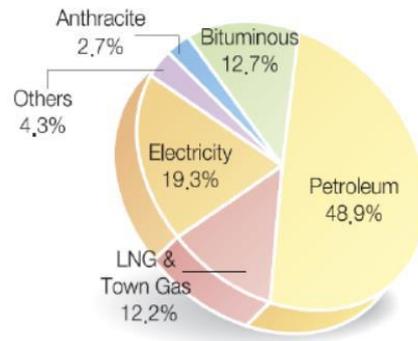


Figure 9-2: 2012 年度の最終エネルギー消費

Figure 9-3 は、2012 年度の最終エネルギー消費を 4 つの主要部門について示したものである。Figure 9-4 は部門別のエネルギー消費の変化を図にしたものである。産業部門の成長が主であり、その割合は 53.7%(2,128PJ,1992 年)、55.6%(3,735PJ,2002 年)、61.7%(5,373PJ,2012 年)と増加している。

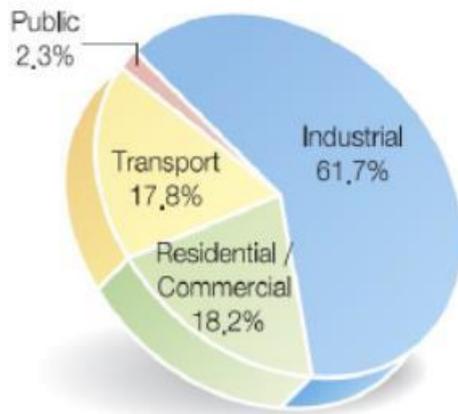


Figure 9-3: セクター毎の最終エネルギー消費

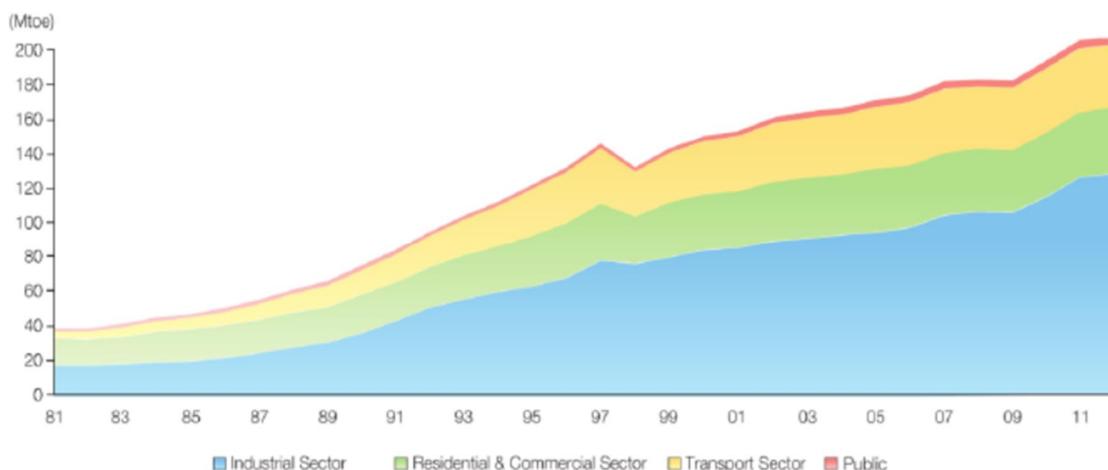


Figure 9-4: セクター毎の最終エネルギー消費の経緯

(Source: 2013 Energy Info. Korea, Korea Energy Economics Institute)

Table 9-1 は、異なる部門についてエネルギー利用の消費量を示したものである。エネルギー企業のエネルギー利用は、天然ガスや石炭から電力を生産する過程で発生するエネルギー損失に関係する。精油部門は、製造業に含まれる。

Table 9-1: 2012 年のセクター毎のエネルギー消費

Sector	PJ
Industry	5373
Residential & Commercial	1586
Transport	1555
Public & others	200
Total	8714

9.1.2 製造業のエネルギー利用

韓国の産業は4つの部門から成っている：農業・漁業、鉱業、製造、建設。それらの産業のエネルギー消費は、2012年で5,373PJである。それには243PJの再生可能エネルギーが含まれている。非製造部門を除いた消費量は4,688PJで87%になっている。製造業の異なるエネルギーキャリアをTable 9-2に示す。

Table 9-2: 2012 年の産業セクターでのエネルギーキャリア

	Coal	Oil	LNG	Electric	Total(PJ)
Manufacturing	1,104	2,308	427	848	4,688
Food. Tobacco	1	7	29	35	73
Textile & Apparel	4	5	24	46	79
Wood & Wood Prod.	0	1	2	6	9
Pulp & Publications	0	4	18	36	58
Petro. Chemical	6	2,155	105	182	2,447
Non-Metallic	119	26	24	39	209
Iron & Steel	923	6	72	164	1,165
Non-Ferrous	0	2	10	0	13
Fabricated Metal	0	25	69	330	424
Other Manufact.	51	44	74	9	178
Other Energy	0	32	0	0	32
Non-manufacturing	199	193	0	49	243
Total	1,104	2,501	427	897	5,373

(Source: Yearbook of Energy Statistics (2013), Korea Energy Economics Institute)

製造業に利用されているエネルギー形態を Table 9-3 に示す。表の熱エネルギーは、直接加熱の 69%と間接加熱の 31%を含む。変換損失は、一次エネルギー供給と最終エネルギー消費の差から 514PJ と見積もられる。

Table 9-3: 2010 年の製造業での用途ごとのエネルギー消費

Function	PJ	[%]
Heat	1,312	29.1
Power	398	8.8
Feedstock	2,574	57.2
Miscellaneous	216	4.8
Total	4,501	100

韓国の製造業は 15 部門に分かれる。各部門におけるエネルギー利用の種類を、供給原料 (feedstock)、施設、輸送、その他に分けて、Table 9-4 にサブ部門別に 2010 年のエネルギー消費量を示した。

Table 9-4: 製造業でのサブセクター毎のエネルギー消費(Units in 100 ton in oil equivalent; 2010 FY)

Industrial sectors	Feed-stock	Facilities				Transport	Miscell.	Total
		IDH	DH	Power	Electro-chemical			
Food products	2	5,804	3,032	1,932	125	137	1,281	12,311
Beverage		1,236	488	400	15	8.2	213	2,359
Tobacco		169	26	69	2.2		8.8	276
Textile		2,966	3,624	2,237	68	94	1,024	10,014
Wearing apparel & fur articles		68	38	14	5.1	18	108	251
Leather, luggage & footwear	0.4	100	57	49	6.1	13	33	258
Wood and cork	0.1	1,774	465	269	84	45	147	2,783
Pulp & paper products	2.2	7,400	7,811	4,394	67	59	1,043	20,776
Printing and recorded media		32	213	91	1.6	10	119	467
Coke and refined petroleum	254,541	18,320	45,103	16,222	1.8	6.8	292	334,486
- Coke and Briquettes	0.6	2.3	6.8	12		1.1	5.6	29
- Refined petroleum product	254,540	18,318	45,096	16,210	1.8	5.6	286	334,457
Chemical products	186,485	39,095	40,181	22,589	3,175	119	18,601	310,244
- Basic Chemicals	148,346	23,396	24,745	14,925	2,773	28	13,058	227,270
- Fertilizer	0.7	110	174	219	32	12	79	626
- Rubber and Plastic	38,116	12,796	12,451	5,210	133	21	4,735	73,461
- Other chemical products	23	1,089	1,430	1,126	53	23	583	4,327
- Man-made fibers		1,704	1,309	1,109	186	35	146	4,487
Medical products		430	278	386	17	4.2	144	1,259
- Medicinal chemicals		56	78	57	6.2	0.7	19	216
- Medicaments		366	176	312	10	2.4	114	981
- Pharmaceutical goods		7.9	24	17	0.6	1.1	11	62
Rubber and Plastic	3.2	3,158	2,656	2,631	287	167	1,383	10,284
Non-metallic products	514	3,239	41,667	5,284	603	437	2,230	53,974
- Glass		2,027	4,834	965	479	15	215	8,535
- Ceramic ware	1.3	124	2,241	288	36	8.1	137	2,835
- Cement	507	921	33,800	3,589	53	351	1,627	40,848
- Other non-metallic	5.0	166	791	443	35	64	251	1,755
Basic metallic products	173,192	4,618	26,493	15,674	6,000	106	11,394	237,476
- Iron and steel	173,079	1,580	18,822	13,736	3,581	62	10,616	221,477
- Non-ferrous metals	87	2,947	6,601	1,128	1,818	22	436	13,038
- Cast	26	91	1,070	810	601	22	343	2,961
Fabricated metal products	10	641	4,632	3,336	818	367	1,902	11,706
Electronic manufacturing	0.1	4,462	12,324	9,606	1,923	68	2,962	31,346
Precision industry		14	216	277	17	26	240	790
Electric equipment		525	1,367	733	320	99	581	3,625
Other machinery and equipment	6.3	658	1,886	1,705	349	348	1,062	6,013
Motor vehicles	31	2,166	6,217	4,971	524	125	2,735	16,769
Other transport equipment	0.9	282	1,620	1,410	171	62	631	4,176
Furniture		24	226	285	13	24	149	721
Other manufacturing		162	461	357	71	14	417	1,481
Total	614,786	97,342	201,078	94,921	14,665	2,355	48,696	1,073,843

熱と動力は、ほとんどの施設に供給されており、Figure 9-5 は各産業部門について直接加熱、間接加熱、動力に分けたエネルギー消費量を示したものである。

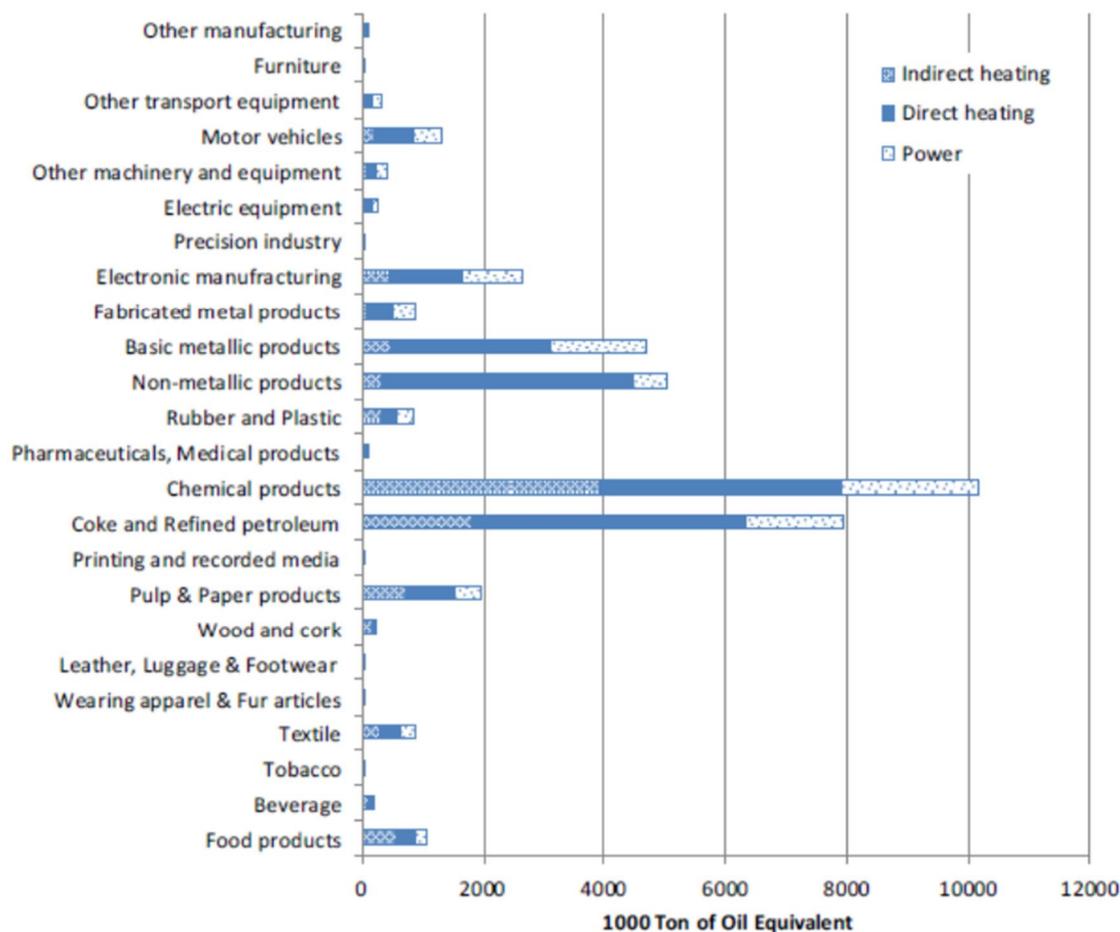


Figure 9-5: セクター毎の最終エネルギー消費

9.2 韓国のヒートポンプ市場

9.2.1 ヒートポンプの市場割合

ヒートポンプは省エネルギーポテンシャルが高いことから、グローバルに見た市場が急速に成長している。韓国は、ヒートポンプシステムの利用拡大に努力しているが、市場開拓ではまだ遅れている。Table 9-5 は、住宅用空調機器とヒートポンプの出荷台数を示したものである。2010年で見ると、冷房機器の1,224千台に比べてヒートポンプは157千台と極めて少なく、そのシェアは11%に過ぎないことが分かる。ヒートポンプの市場占有率が小さい理由として、市場での様々な問題が挙げられる。

Table 9-5: 家庭用 Air/Air ヒートポンプと冷房専用エアコンディショナーの出荷量 (thousand units)

Year	Cooling only	Heat pumps
2005	1494	42
2006	1495	45
2007	1138	52
2008	1261	65
2009	1025	89
2010	1224	157

(Source: KEMCO 2011 Report)

9.2.2 適用への障害

韓国の市場調査によると、韓国市場には2つの特性が挙げられる：天然ガスの広範囲の普及と低いエネルギー料金である。2010年で見ると、天然ガスの市場占有率は、家庭部門で72.2%になる。韓国の首都であり最大の都市であるソウル特別市では92.3%になる。他の主要な都市でも90%以上の高い占有率である。これら高い数値は、都市のほとんどの家で加熱にヒートポンプよりもボイラーを利用していることから明らかである。

Table 9-6 は、IEA2012”世界エネルギー統計“から天然ガスと電気のエネルギー料金を示したものである。OECD 諸国の中で、韓国は一人当たり GDP(PPP)を考慮しても最もエネルギー料金が安い。国内需要の電気料金は、例えば、イギリスの国内需要家に支払われている料金の43%に過ぎない。低いエネルギー料金は、消費者に対して運転費よりも初期投資に大きな影響を与える。韓国の室内暖房の選好として、ボイラーが家庭の給湯を含めた施設として導入されている。ボイラーは給湯ヒートポンプに比べるとはるかに安く、ヒートポンプのペイバック期間は他の国に比べて短い。加えて、ヒートポンプは、普通、空調機器として見なされている。このことは、消費者に対してペイバックの概念をより難しくしている。

Table 9-6:OECD 各国での天然ガスと電力の小売り価格

Retail prices (\$)	Finland	Germany	Ireland	Korea	New Zealand	Poland	Spain	United Kingdom
Nat. gas for industry (MWh), GCV	45.19	54.37	43.91	60.21	23.76	42.57	37.72	35.51
Nat. gas for domestic consumers (MWh), GCV	62.18	92.63	80.65	64.98	102.43	72.2	89.27	64.84
Electricity for industry (MWh)	113.64	157.23	152.39	(61.94)	73.72	121.77	148.77	127.39
Electricity for domestic consumers (MWh)	213.61	351.95	259.47	88.64	212.1	198.5	295.31	204.92

(Source: IEA 2012 Key World Energy Statistics)

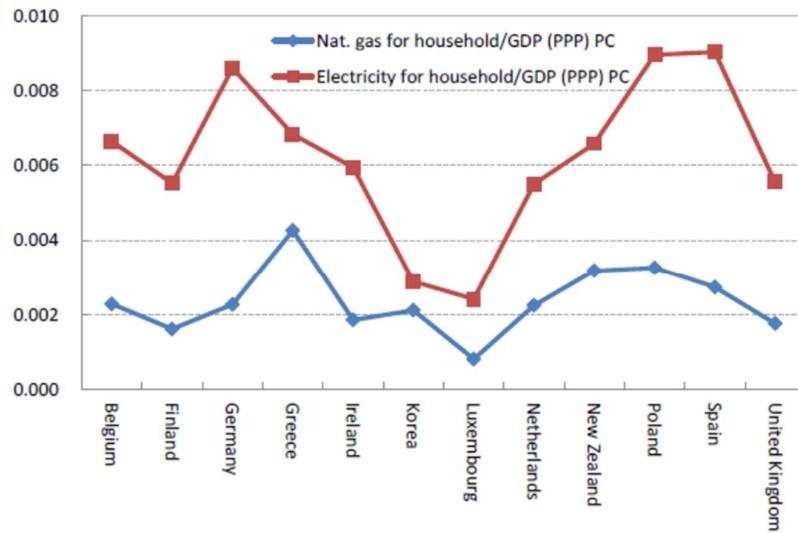


Figure 9-6: 天然ガスと電力の家庭用小売り価格の対 GDP 比

9.2.3 ヒートポンプ適用のポテンシャル

ヒートポンプの厳しい市場状況にも係わらず、それが省エネルギー機器でありエネルギー問題を解決する上で有望であることは疑いの余地はない。現状はヒートポンプ市場に望ましい状態ではないが、ヒートポンプを電気料金が安い産業用に適用する可能性を探ることが大切になる。産業用ヒートポンプの長い運転期間を考えると、産業分野の消費者はヒートポンプが持つ優れた経済性を見出すべきである。

これらの努力とは別に、韓国政府はエネルギー効率を改善する方法と再生可能エネルギーの利用拡大に向けて支援している。それは、低 CO₂ によるグリーン成長の目標を達成する政策課題となっている。グリーンエネルギーのロードマップでは、政府はエネルギー効率を高める施策として 15 のグリーンエネルギー部門を設定し、その 1 つにヒートポンプが含まれている。KETEP(韓国エネルギー技術計画評価研究所)は、このロードマップ 2011 の中で 4 つのヒートポンプシステムを選び、将来、韓国におけるヒートポンプ市場を創設できるように経済的な支援を実施している。

9.3 文献

- [1] Korea Energy Economics Institute, “Energy Info. Korea”, December 2013.
- [2] Korea Energy Economics Institute, “Yearbook of Energy Statistics”, Vol. 32, December 2013.
- [3] Ministry of Knowledge Economy, “Energy Consumption Survey” – 11th Edition, 2011.
- [4] M. Kim, G. Lee, B.-J. Shin, 2013, The heat pump market and its potential in Korea, IEA Heat Pump Centre Newsletter, Vol. 31, No. 4, pp. 10-12.
- [5] Korea Energy Management Corporation, Annual Report 2011
- [6] IEA, 2012 Key World Energy Statistics.

10. オランダ

一般に産業プロセスは高温レベルを必要とする。ヒートポンプの最近の開発は、より高温熱の供給と高温化に焦点が当てられている。別の傾向は、産業生産プロセスが加熱に低い温度を必要としている。ヒートポンプの適用は、近い将来拡大し、CO₂削減に貢献していくと考えられる。

この技術の発展へのボトルネックとして、ヒートポンプが技術者やプロセス設計者に知られていないこと、既存プラントに導入する統合化が複雑であること、投資コストが高いこと、昔のプロジェクトで苦い経験があること、良い事例の紹介がされていないこと、新しい高温技術についての知識がかけていることなどが挙げられる。高温ヒートポンプの産業への導入を成功させていくためには、知識を集約し発信していくことが重要になる。プロセス設計者、エンジニア、コンサルタント、コンストラクターやエンドユーザーが、ヒートポンプ技術とその可能性、有利な点、良い事例に親しむようになることが必要である。

AgNLの委託でKWAが実施した研究[Pennartz,2011]によると、次の課題が挙げられている。

- ・様々な産業部門とエネルギー消費におけるヒートポンプ技術の全容調査
- ・産業用ヒートポンプ技術についての2000年以降の技術的な発展
- ・2000年以降の産業用ヒートポンプのケーススタディーの結果

10.1 製造業におけるエネルギー利用

オランダのエネルギーバランスをTable 10-1 (左) に示す。表はエネルギーキャリアの正味エネルギー消費を表している。Table 10-1 (右) は、異なる部門のエネルギー利用量を表している。エネルギー企業のエネルギー利用は、天然ガスや石炭による電力生産の過程で発生する変換損失を示している。精油部門は製造業に含まれている。

Table 10-1: オランダでのエネルギーバランス（左）と、エネルギー利用分布（右）

Energy Carrier	PJ	Sector	PJ
Oil	1221	Energy Companies	431
Natural Gas	1435	Industry	1344
Coal	328	Transport	500
Electricity	88	Residential Buildings	412
Misc	163	Commercial Buildings	546
Total	3235	Total	3233

オランダにおける主要産業部門は、ロッテルダム湾周辺の産業集約地域にある化学工業である。他の主要な産業部門は、食品産業とハウス栽培である。製造業は 2006 年に 1,344PJ のエネルギーを消費している。

産業に使われているエネルギーキャリアは、異なる幾つかの機能がある（熱、パワー、供給原料）。Table 10-2 は、異なる産業部門に対してこれらの機能によるエネルギー消費量を示したものである。パワーは、動力機械や照明に使われるエネルギー利用をいう。フィードストック（供給原料）は、いわゆる非エネルギー利用と言われているもので、エネルギーキャリアがプラスチックやガソリンのような生産物を作るために使われる。変換損失は、産業による分散型電力生産（CHP）で発生する損失をいう。

Table 10-2: オランダの産業セクターでの 1 次エネルギー使用量

	Heat (PJ)	Power (PJ)	Feedstock (PJ)	Conversion loss (PJ)	Total (PJ)
Food & drug industry	62.8	24.8	0.2	3.7	91.5
Textile industry	3.3	1.4	0	0	4.7
Paper & board industry	24.7	13.3	0	3.7	41.7
Chemical industry	261	36	455	21	773
Refining	116	9.6	0	62.1	188
Building materials	26.8	5.2	0.1	0.1	32.2
Basic metal industry	38	12.6	73.3	13.6	138
Metal products	19.0	15.9	15.5	0	50.4
Rubber & plastic products	7.7	9.4	0	0	17.3
Other	0	0	7.6	0	7.6
Total	559	128	552	105	1344

Table 10-3: 熱需要に対する温度レベル

Interval	Chemical Refining (%)	+ Basic metal + metal products (%)	Other (%)
< 100°C	5	15	29
100-250°C	11	0	38
250-500°C	27	5	13
500-750°C	21	0	0
750-1000°C	26	10	0
> 1000°C	10	70	20

10.2 市場概観

産業部門にヒートポンプを適用すれば潜在的に大きな省エネルギーとなる。知識の開発と宣伝は、ヒートポンプの適用を拡大していく上で成功に結びつく活動である。ヒートポンプ適用を促すために、ヒートポンプが導入された過去の事例について、それらがどのように運転されているかを調べることは有用である。過去20年以上の期間に、幾つかのフイージビリティスタディーとヒートポンププロジェクトが Novem の TIEB と SPIRIT プログラムにより支援され実施されている。

Table 10-4: 昔のヒートポンププロジェクトの概要

Factsheet	Company old/new name	location	process	Condition
	Oriental Foods	Landgraaf	Drying of Tahoe	Company closed
	Plukon	Asten Ommel	Slaughterhouse	Feasibility only
	Solphay/Dishman	Veenendaal	MDR on Aceton	End of production
	Purac Biochem	Gorinchem	MDR on lactose	End of production in NL
	Hartman/Jardin	Enschede	Garden furniture	Feasibility only
	ITB		Plastics	Feasibility only
	Quality Pack	Kampen	Crate washing	Company closed
	Beukema/Eska Graphic Board	Hoogezand	Paper drying	Feasibility only
	Huwa Bricks factory	Spijk	Brick drying	Feasibility only
	Frico	Sint Nicolaasga	Cheese evaporative drying	Company closed
	Hoogovens/Tata steel	IJmuiden	Heat Transformer	Corrosion problems
	ARCO/Lyondell	Botlek	MDR on Distillation	no data available
NL-01	Shell	Pernis	MDR on Distillation	running
NL-02	Unichema/Croda	Gouda	MDR on Distillation	running
NL-03	Hoechst	Vlissingen	MDR on Distillation	End of production in NL
NL-04	Campina	Veghel	MDR on evaporation	running
NL-05	De Graafstroom	Bleskensgraaf	MDR on evaporation	running
NL-11	Dommelsch Brewery	Dommelen	MDR on wort	running
NL-13	GPS	Nunspeet	Heating from condensor	running
NL-15	AVEBE	Ter Apelkanaal	MVR on patatoo starch	running
NL-16	Cerestar/Cargill	Sas van Gent	MVR on	replaced by new MVR
NL-17	Fapona/Berendsen	Apeldoorn	Laundry drying	running

これらの古いプロジェクトの運転状況を調べる研究が行われた。すなわち、設計に変更が行われたか、導入により運転と保守は難しかったか（高度な知識、複雑さ、など）、目標とする省エネルギーは達成されたか、教訓となる注意事項があったかどうか、について調査した。

表に挙げたすべての企業がこの評価研究に参加した。これらの調査研究は、政府の補助金なしで実施された。この研究によって、受け入れ可能なペイバック期間と省エネルギー量が計算された。過去20年間で、プラントの閉鎖、生産転換、生産需要の喪失、運用変化など多くのことが変わってきている。結果として、解析できたヒートポンプのうち6つ

は、ヒートポンプ機能が悪くなり取り除かれた。

残った12のヒートポンプのうち、10台はまだ使える状態にある。それらは8台が機械式蒸気再圧縮(MVR)、1台が熱式蒸気再圧縮(TVR)で残りの1台が冷蔵利用に使っていたものをプロセス熱に使うように変更したものである。これらのほとんどが、Task4の事例として紹介している。ただ1社だけが、新しいデータの提供に参加しなかった。

ヒートポンプを運用している企業は、一般に、意思決定から長い時間がたっていたせい、何故ヒートポンプが選ばれたのかを知らなかった。ヒートポンプの多くは、あまだ、本来の設計に従って、かなり長時間(5,000-8,000時間/年)にわたり、ほとんどがフルロードで運転されている。幾つかのケースで、維持保守は外注されていた。その理由は、複雑さ、長い運転時間、技術部門の対応問題による。導入への操作は一般に、かなり容易と見なされている。導入にはほとんど問題が発生しない。企業は、そのシステムが効率的かどうか、省エネルギーが見積もり通り得られるかどうかについて考えていない。彼らは、初期の状況について参考資料を持ち合わせていない。

- ・蒸気駆動蒸発プロセスを電気で駆動するMVRに置き換えると、熱と電気の需要の比が電気側にシフトすることに注意しなければならない。

- ・ヒートポンプを汚染された水を使う工程に導入する場合は、汚染水を浄化し質を大きく高める熱交換器が要求される。

- ・TVRまたはMVRの追加的な利点は、これらのシステムではすべての蒸気が凝縮されることにより、悪臭の排出を減少することである。

ヒートポンプは、一般に満足に運転されている。産業環境でヒートポンプを利用する際の大きなリスクは見られないことが研究で明らかになった。“沈黙”の長い期間の後に、2010年以降になって、これらのシステムは更新されるようにみえる。プロジェクトリストにあるように数多くの新しいヒートポンプが導入されてきている。これらのプロジェクトはTask4のファクトシートに記述されている。

10.3 障害と動向

ヒートポンプの技術の知識を広めることは、産業プロセスの熱効率をさらに高めていく上で重要な役割がある。しかし、知識が最終目標ではなう、それは全体の発展に向けた始まりに過ぎない。企業は、省エネルギーと熱供給について意思決定をする多くの選択肢を持っている。ヒートポンプを導入する意思決定は、他の技術、あるいは別のプロセスへの投資との競合になる。

最近まで多くの産業部門における熱は、コージェネレーションから得られる電気の副産物であった。それゆえ、熱の価値は低かった。コージェネレーションは、過去数十年の間、省エネルギーを素早く達成する“ホットな”技術的解決法であった。産業における熱源としてコージェネレーションは強い競合相手であったため、過去15年の間でヒートポンプの導入量は、蒸留用の蒸気再圧縮を除いて、僅かであった。加えていえば、圧縮式ヒートポン

ンプは、80℃以上の温度レベルに対して適していなかった。最近になって、技術進歩によって産業用ヒートポンプの適用範囲が拡大している。

- ・ CHP とヒートポンプの大量導入がなくなり、両者の運転費の違いはかなり小さくなってきている。CHP が減価償却後に更新されないことが期待される。例えば、紙パルプ産業においてヒートポンプの普及が進むことが期待されるが、それにはプロセス熱の利用実態とヒートポンプの運用を明らかにすることが望まれる。

- ・ 冷媒に従来の作動流体とは違ったものや新技術を使うことで、ヒートポンプは 120℃まで使える技術になる。

- ・ いわゆる“温度すべり(temperature glides)を使うことで、熱／電気比 (COP) はかなり改善されている。

- ・ 追加的な圧縮ステップになるチラーの導入は、温水の加熱や洗浄プロセスに完全ともいえる。

- ・ 音響法や熱化学法のヒートポンプと熱変換の開発は 250℃よりも高い温度に向けた方法として期待できる。

これらの技術開発は、産業において実用化するには時間がかかる。加えて、ヒートポンプ供給者は、過去、商業施設や国内での建物においてネガティブな経験を持っている。

重要な点は、ヒートポンプ供給者が、代替案の可能性を知ること、サプライチェーンの最後の接続役になることである。そこでは、コンサルタントや導入者は経済的な良い解決策を見出す知識に欠けている。重要な課題は、いかにして技術供給者が意思決定をする立場にある人事や管理部門の人たちと互いにコミュニケーションを図るようにするかである。管理は、技術サイドにはあまり興味がなく、会社の問題解決に関心がある。化学産業の4つの主要な技術ケースについて、新しく開発されたヒートポンプ技術の解析が行われた。ここで得られた経験は、技術だけの知識よりももっと必要なことが沢山あるということである。“技術の市場化”のプロセスには、企業管理の意思決定と同じレベルで議論されることが必要になる。知識、熟練、能力は、そのプロセスの中で発展されなければならない。このアプローチについては、さらに Task5 で議論する。

10.4 ヒートポンプポテンシャル

オランダでは、異なる方式のヒートポンプがあらゆるレベルの産業に適用されている。その範囲は、化学工業の蒸留からミルク処理、ハウスでのトマト製造、パルプ製紙業での蒸気生産などである。それぞれの適用において、その方法は国内建物と同様に、産業部門の **Trias Energetica** が基本となっている。それは、産業の熱技術の発展においてオニオンモデルと呼ばれる産業プロセスのエネルギー効率を改善するシステム法である。

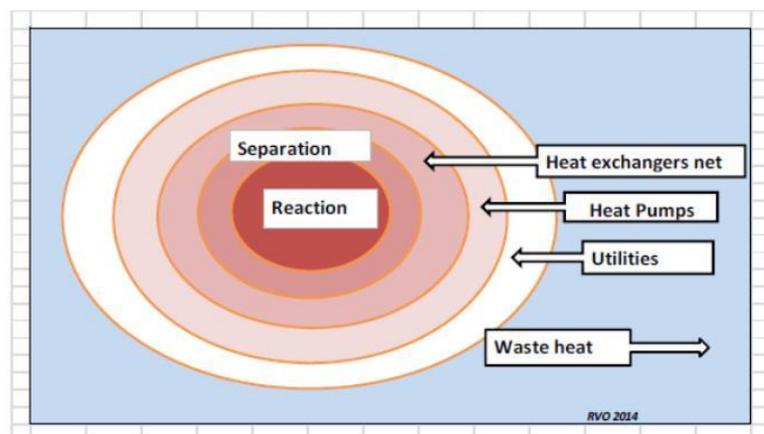


Figure 10-1: エネルギー効率向上のためのオニオンモデル[Reissner, 2013]

このモデルは、Task2 で詳しく論じられる。

10.4.1 化学工業—蒸留 (D. Bruinsma and S. Spoelstra[Bruinsma, 2011])

蒸留は、魅力的な洗浄特性、高い生産能力、回りくどくない設計操作により、製油所や化学プロセス産業の主要な分離技術である。より複雑な技法により、特に比較的少量の揮発物と共沸物の混合物について熱力学特性から見ても望ましいとはいえない流れを操作されてきている。蒸留工程のエネルギー需要は高い (1-100MW) が、その熱力学的効率が低い(5-10%)ことが主な欠点となっている。運転費と設備費を削減するために、これまで何年もかけて数多くの改善が行われてきている。

抽出蒸留(extractive distillation, ED)では、溶剤あるいは分離する薬剤が分離される成分の揮発度を相対的に増加するために加えられている。共沸物抽出蒸留では、分離する薬剤が共沸体を壊すのに使われている。結果として、還流率、カラム直径、ボイラー稼働は減少し、あるいはカラム高さが低くなる。商業的な低揮発度溶媒はスルホン基、トリエチレングリコール(TEG)、NMP、NFM を含んでいる。溶媒の回収コストは、抽出蒸留プロセスの経済性において主要な部分になる。ED は比揮発度が 1.2 以下の物質に対して有効である。ED プロセスの産業事例は、石油化学における芳香物の洗浄、ナフサクラッキングのブタジエン回収、ナフサからのサイクロパラフィン分離がある。

システムの熱力学に影響する代わりに、カラム内部の選択も蒸留効率を高める方法である。比面積が 250 から 900m²/ m³ のランダムで構造的なパッキングは、ステージ高、圧力ドロップ、液体負荷、ターンダウン比を最適する目的で改善され続けてきた。最近の主な進歩は、圧力落差が増大する費用負担はあるが、遠心装置あるいは構造的パッキング技術を持った高い容量のトレイに関心が高まっている。

1980 年代からダイビングウオールコラム(DWC's)が、1つのコラムの中で3つの成分フィードが分離することでエネルギー消費と投資費用の両方を削減できる興味ある方法として

導入されてきた。最近は、もっと複雑な DWC's が4つの混合物を分離する方法として構築されている。

VLE あるいはコラム内部の改善とは対照に、数多くのエネルギー削減方法が、補助リボイラーや凝縮器によりコラム外で検討されるようになってきた。これらは、補助リボイラー、デフレグメータ、ヒートポンプをは含んでいる。補助リボイラーは、底部リボイラーによりも低温の廃熱を使うことからエクセルギー効率を高める。デフレグメータあるいは逆流凝縮器は PFHE's のようにコンパクトな熱交換機で、低温でのガス分離によりエネルギー消費を削減するのに使われる。ヒートポンプは、リボイラーの熱源として使われることで上段蒸気の温度レベルを向上する。

蒸留プロセスにおけるヒートポンプは、機械式駆動、熱駆動、熱変換の3つのタイプに分けることができる。

- ・蒸気再圧縮ヒートポンプ(VC)
- ・機械式蒸気圧縮ヒートポンプ：臨界と超臨界(MVR)
- ・熱蒸気圧縮 HP(TVR)
- ・圧縮—再吸収ヒートポンプ(CRHP)
- ・吸収式ヒートポンプ(AbHP)と吸着式ヒートポンプ(AdHP)
- ・熱共鳴ヒートポンプ：リニアモータ駆動(THP)
- ・熱統合型蒸留コラム(HIDiC)

オランダにおける蒸留ヒートポンプのポテンシャルの分析を行った。その結果、ヒートポンプのポテンシャルは 2.4GW のオーダーになると見積もられ、コラムの温度レベルを 59°C 高める。これらのデータは Table 5-1(J.Cot and O.S.L.Bruisma、市場調査：分離プロセスにおけるヒートポンプ、2010、ECN 報告)に与えられている。

Table 10-5: オランダでの蒸留

Across the pinch distillation in the Netherlands	
Distillation in NL	
Total $Q_{reboiler}$ (GW)	2.36
Total $Q_{condenser}$ (GW)	2.39
Average $T_{reboiler}$ ($^{\circ}$ C)	128
Average $T_{condenser}$ ($^{\circ}$ C)	69
Average ΔT_{column} ($^{\circ}$ C)	59

Figure 10-2 は、オランダにおけるリボイラーの役割分布を表したものである。

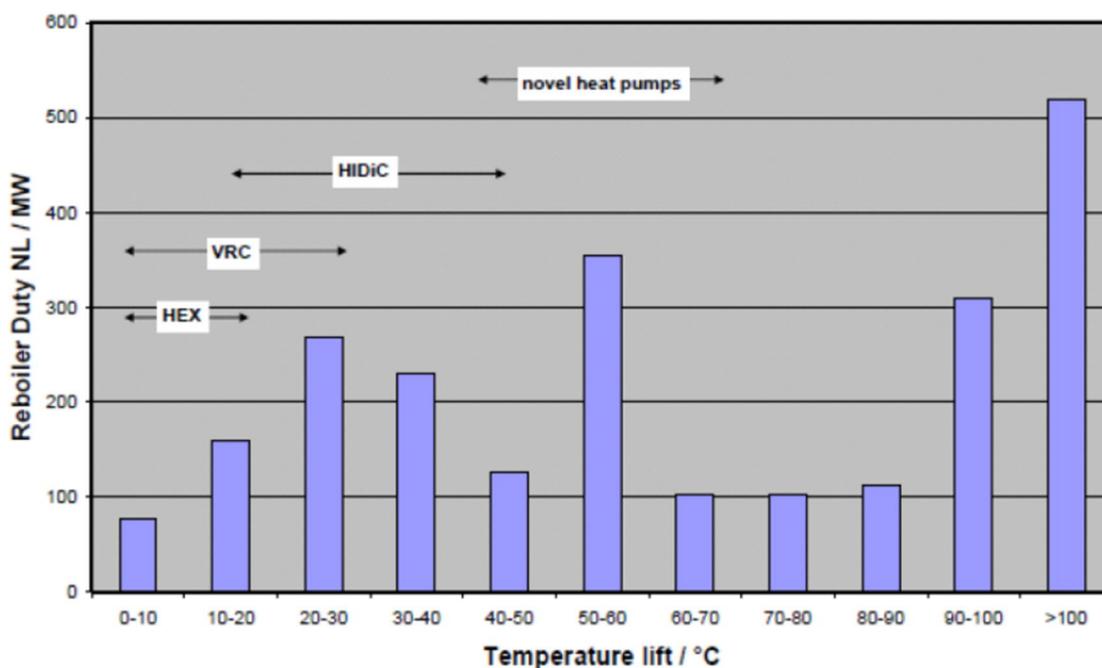


Figure 10-2: オランダでのピンチコラムでのリボイラー熱量 (Reboiler duties for across the pinch columns in the Netherlands (2006))

図から4つの推薦すべき領域が分かる。

- ・小型 Δ THEX による 20°C以下のコンパクトな熱交換器の温度上昇はヒートポンプ性能において極めて重要となる。
- ・VRC's は、ピンチコラムの約 23%をカバーしている 30°C以下に適用されるべきである。
- ・HIDiC's は、ピンチコラムの約 29%をカバーしている恐らく温度範囲が 15-45°Cの領域で適用される。
- ・温度レベルを 45-70°Cに上昇できるヒートポンプは、さらに 21%に寄与できる。

この解析を基に、VRC, HIDiC とヒートポンプの組み合わせによって 820MW の節約が可能になると見積もられる。それは、オランダにおけるピンチコラムの約 35%を占めているリボイラーの役割を置き換えることになる。

10.4.2 食品産業

熱需要が 62PJ 以上になる食品産業は、オランダの大きな部門で、その主なものに、バター製造業(18)、ポテト加工(8.7)、マーガリン(7.6)、パン製造(4.8)がある。冷蔵倉庫も重要な部門である。これらの部門では乾燥冷却のようなプロセスが主要な運転で、そのプロセスには共通点が多い。

(1) バター製造業における蒸発工程

粉ミルク技術の GEA ハンドブック[Westergaard]によると、液体製品を乾燥パウダーに変換するにはすべての水を取り除く手段が必要になる。水分除去の間にプロセス生産物は、液体のような水溶液からプロセスの終了時点では乾燥粉末の状態になるために物理的構造が大きく変化する。水分除去の単純な方法では全行程を通して最適にはできない。なぜなら生産物の成分が食品ごとに異なるためである。食品とバター製造では次の脱水分法が用いられている。

- ・蒸発
- ・スプレー乾燥
- ・振動流動床乾燥
- ・統合型流動床乾燥
- ・統合型ベルト乾燥

各方法は、プロセス原料の特性で各プロセス段階で調整されるべきである。生産物が難しくなればなるほど、プラントも複雑になる。

開発が進められてきたが、濃縮は強制的な再循環蒸発器で実行されていた。この蒸発器ではミルクは多くのチューブやプレートを通して上に向けた流れとなる。外部では、通常は水蒸気が加熱媒体として使われている。このシステムでの加熱表面積は増加するが蒸発面積はチューブとプレートが生産物で満たされた状態にあるために限られる。そのため、既存のボイラーによるスーパー加熱が必要になる。生産物がチューブの上端に到着するまでは蒸発が解放されず、生産物温度は低下する。液体と蒸気の分離に対して、遠心分離機が使われている。望まれる蒸発状態を得るためには、生産物はシステム内でリサイクルされる。これにより濃度はプラントから放出されるコンセントレートによって制御されることになる。

(2) 冷蔵

調査研究[Pennartz,2011]によって、かなりの冷蔵量がある産業部門でヒートポンプのポテンシャルがさらに調べられた。食品産業で利用可能な排熱を温度と年間熱需要の値 PJ で Table 10-6 に示す。表には排熱の様々な熱源が示されている。排熱のほとんどが冷蔵プラントの凝縮排熱である。温度レベルは、30°Cから 40°Cである。このエネルギー源は年間 28PJ と見積もられている。同時に熱需要家の調査によると、温度レベルで 60°Cから 110°Cまでの熱が様々なプロセスで 14PJ あることが調べられている。これから更に多くの排熱が利用できると見なされている。

この観点から、食品部門の熱需要は全体で 69PJ であったが、冷蔵プラントにヒートポンプの高温利用が進めば 14PJ だけ減少することになる。

Table 10-6: オランダ産業での利用可能な凝縮熱の概観

Heat Pumps applications and potential											
Sector	Total primary energy consumption (2008)	Total electrical energy consumption (2008)	Total heat (2008)	T residual heat available	Residual heat available	Delivered by:	T heat consumers	Reuse heat consumption	Consumed by:	Electricity consumption by refrigeration	Available condensin g heat (T=35°C)
	PJ	PJ	PJ	°C	PJ		°C	PJ		PJ(prim)/	PJ(th)
Sectors Industry											
Cooled warehouses	2,4	2,2	0,2	35	2,8	condensers refrigeration	80/ 60	0,1	building, water	2,0	2,8
Rubber and plastic	9,6	7,4	2,2	35	1,8	cooling tower, condenser refr.	80	0,1	building, rubber	0,9	1,8
Potatoes processing	8,7	2,0	6,7	30-120	4,0	eg. steam peeling, condensers refr.	70-110	1,2	pasteurizer, dryer, blancheur	1,1	1,5
Cocoa	2,3	1,1	1,2	60- 70	0,15	cocoa milling	120	0,25	preheating air for drying	0,1	0,2
Fruit and vegetables	2,9	1,4	1,5	70-120	0,8	condenser, blancheur, sterilizer	70-90	0,5	blancheur, building	0,4	0,6
Coffee production	0,9	0,5	0,4	30,0	0,1	condensers refrigeration	70	0,1	building	0,1	0,1
Margarine, Fats and Oils	7,6	0,8	6,8	35	0,3	condensers refrigeration	80	1,0	tank storage, pipe tracing	0,2	0,3
Meat processing	4,3	2,8	1,5	30	1,8	condensers refrigeration	70	0,25	hot water cleaning	1,3	1,8
Dairy	18,0	5,0	13,0	40-60	2,5	bruden condensate from evaporators	90	1,8	spray dryer	1,8	3,2
Soft drinks	1,0	0,5	0,5	30	0,1	cooling section pasteurizers	80	0,1	pasteurizers	0,0	0,0
Beer industry	3,9	2,0	1,9	35, 100	1,2	condenser, wort boiling	70-110	0,6	pasteurizers, wort boiling, building	0,5	0,8
Bakeries	4,8	1,8	3,0	30, 200	0,3	condensers, flue gas oven, boilers	30-70	1,0	air preheating, buling, water, dough rising	0,9	1,4
Fish processing	0,8	0,6	0,2	30,0	0,5	condensers refrigeration	80	0,1	building, hot water	0,3	0,5
Biscuits, confectionary, chocolate, icecream	2,0	0,8	1,2	30, 200	0,6	condensers refr., ovens	60-100	0,5	pasteurizers, water, cookers, storage raw materials	0,4	0,6
Other food	69	40	29,0	30-70	9,0	various	70-90	6,0	various	8,0	12,8
Total Food	138	69	69		26			14		18	28
Chemical industry											
specialized products	10,2	4,0	6,2	various			various			0,8	1,6
Oil and gas production	40,8	10,8	30,0	90		compression gas	80		building	1,9	3,9
Chemical industry bulk	300	75	225,0	various			various			3,0	5,4
Refining	140	24	116,0	various			various			3,6	6,5
Other industry	104	16	88,0	various			various			1,3	2,6
Total Other	595	130	465							11	20

高温部にヒートポンプを適用するフィージビリティは、次に示す解析に依存している。

- ・ 排熱、熱需要、電力需要
- ・ エネルギー計測（最大と最小容量、平均値、運転時間）
- ・ 統合法の適用、高効率高温水ボイラー、CHP プラントなど競合技術の評価。ヒートポンプは小型で利用でき部分負荷に効率的に対応できることから CHP に比べてより柔軟性がある。
- ・ 投資額と加熱装置の更新

持続可能な視点から、冷蔵装置は凝縮熱の利用なしに導入されるべきでない

10.4.3 紙パルプ産業 [De Vries, 2012]

紙パルプ産業はオランダでは大きなエネルギー需要 **26PJ** をもっており、産業部門では 4 番目に位置づけられている。この **26PJ** は、主にコージェネレーションシステムによるガスを熱に変換する **17PJ** からなっている。この熱はプロセスヒートとして利用された後、乾燥用の熱(**11PJ**)、変換損失(**4PJ**)、廃水として外部に放出される熱(**2PJ**)となる。オランダにおける紙パルプ産業のエネルギーコストは、生産の変費の **15-35%** になっている。

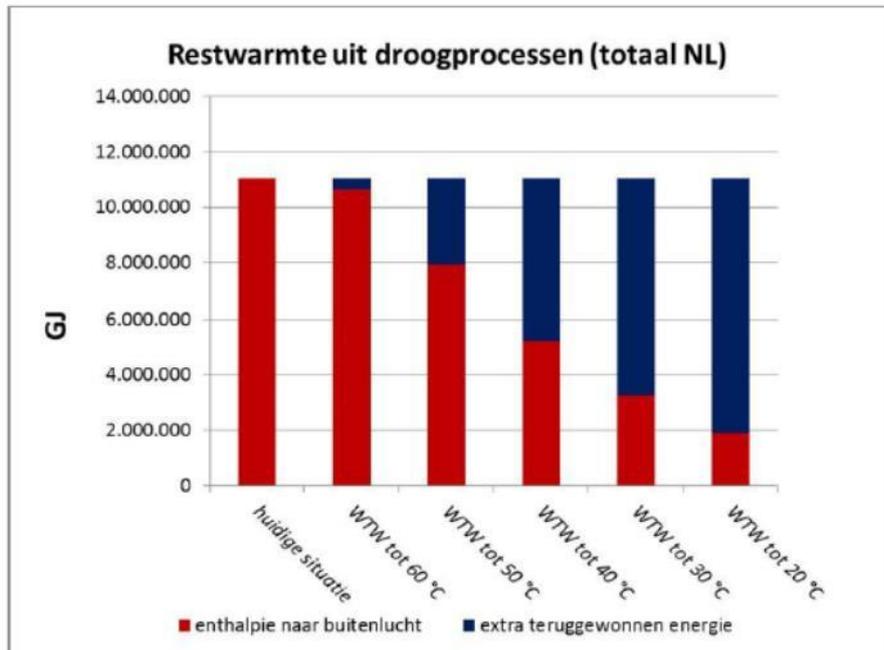


Figure 10-3: 紙パルプ産業での廃熱と温度レベル

製造業は、経済産業省のエネルギー協定のもとで、製造プロセスのエネルギー効率を高めてきている。それは1990年から続いているもので、コージェネレーションの広範囲な普及を目指したものである。ヒートポンプの適用に向けた正しい解決を見つけるために幾つかの研究が1990年代に実行された。プロセスヒートの低コストにより、経済的な投資に実効性はなかった。大規模な導入がなかったために、CHPとヒートポンプの運転コストには大きな差はなかった。過去に数多く導入されたCHPが減価償却後に更新されないことを期待することになる。これらの場合、プロセスヒートの初期利用にヒートポンプを適用することに注意を払わねばならない。最初のR&D研究は2013年のことで、高温ヒートポンプを用いて乾燥工程からの排熱を利用して120°Cの蒸気を製造する250kWのパイロットプラントであった。この規模の技術では、紙パルプ産業に必要な需要のほんの一部を賄うものである。CEPI統計(2012)によると、ヨーロッパにはこの規模の紙パルプ産業が350もある。

紙の乾燥プロセスで発生する水蒸気や排熱の熱エネルギーを回収する可能性は様々である。それらには次のものがある。

- ・乾燥プロセスにおける機械式蒸気再圧縮とスーパーヒート水蒸気の再利用
- ・排熱を回収するヒートポンプ利用
- ・乾燥工程の換気から発生する熱を回収し必要な施設で利用する

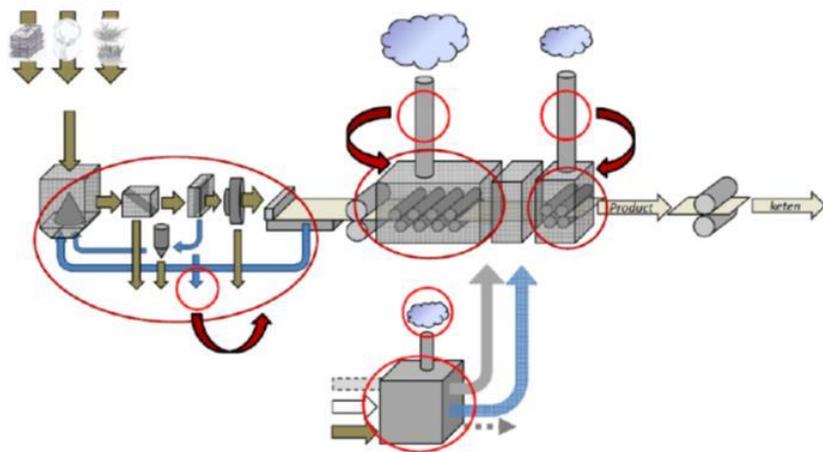


Figure 10-4: 使用可能な排熱流れ(source KCPK [de Vries, 2012])

プロセスにこれらの方法を利用して正しい解決策を見出す挑戦が求められる。紙パルプ産業のプロセスは非常に大きいので、排熱が発生するできるだけ近い場所で熱を再利用する方法が最も優れたものとなる。

10.4.4 その他の産業領域 (www.energiezuinigebedrijventerreinen.nl を参照)

産業領域のその他における省エネルギーと再生可能エネルギー利用の成功例は少ない。再生可能エネルギーと省エネルギーには多くの経済的な選択肢があることに注目すべきである。オランダのヒートポンプは商業建物で普及しているが、その他の産業部門ではまだ普及していない。

規模が 10-50ha の既存施設のエネルギー利用は 170PJ で、それはオランダ全体のエネルギー利用の 6% である。保守的な見積もりで見ると、省エネルギーのポテンシャルは 30-40% あり、量で見ると 60PJ にもなる [6]。ポジティブに見れば再生可能エネルギーや省エネルギーがこういった企業において導入可能かどうかを決める境界状態の開発例が必要になる。それらの例として次の 3 つが挙げられる。

- Zijpe に近い 15ha の Kolksluis における ATES と組み合わせたヒートポンプは主な技術
- Apeldoorn 近くの Ecofactorij、それは Task4 の事例で詳しく紹介する
- Heemskerk 近くの Trompet

新しい領域での開発には、ごく初期の段階で計画案を開発すること、企業にボーナスを与えることで魅力を持たせる、さらに計画目標を長期間にわたり維持し続けさせることが重要になる。

既存の産業領域に対しては再構築プロセスの一部として、挑戦的で幾つかの成功項目を持たせる必要がある。その例は Task4 の事例で紹介する。

10.4.5 農業

オランダにおける主な農業領域には、マッシュルーム製造、豚と鶏工場、バター製造工場、チーズ製造、ハウス栽培がある。この中で大きなエネルギー消費者はハウス栽培である。エネルギー消費成長が低い場合ですら、ヒートポンプによって一次エネルギーの 35% が節約される[Ruiter,2011]。2003-2013 年の期間で、約 40 の様々な業種の穀物生産者がヒートポンプをハウス栽培に導入している。それらは次に示す業種である。

- ・ばら
- ・トマト
- ・ラン
- ・フリージア
- ・アンソリウム

最近、これらの導入について分析され、その結果、商業的に市場が確保されているかなで施設の状況が異なることが示された[Geelen,2013]。既に導入されたヒートポンプは、“伝統的”な適用である。紙パルプ産業と同様に、ハウス栽培部門も過去数十年にコージェネレーションが大量に導入され、現在では大きな経済問題になっている。

電動駆動のヒートポンプをコージェネレーションと組み合わせると、より多くの熱が発生し、電力系統からの電力供給が減ることになる。これは、エネルギーシステムの運転管理に柔軟性を与えることになる。ハウス栽培の近くでの熱貯蔵は、気象変動に対して管理効率を向上する。詳細は事例で紹介される。

10.4.6 バター製造

平均的なバター製造工場では、5,000 m³ のガスと 35,000kWh の電力を使っている。オランダにある 17,500 のすべてのバター製造工場が ECO200 システムが提唱するミルク貯蔵から発生する熱を利用してヒートポンプを導入すれば、2PJ のエネルギーを節約できる。大きなバター製造工場である Campina Melkunie は、牝牛からエンドユーザーであるミルクやチーズに至る製造チェーンに対して、この可能性に関心を持っている。それぞれのチェーンにおいてヒートポンプは重要な技術となる。

10.5 オランダにおけるヒートポンプメーカーと供給者

ここでは、オランダの企業が紹介されている（他の国と執筆構成が異なるため訳を省略する）。

10.6 文献

- Bruinsma, 2011 Heat pumps in distillation; O.S.L. Bruinsma; S. Spoelstra, ECN report - ECN-M--10-090 – November 2011
- De Vries, 2012 Ervaringen met warmtepomptechnologie in de papier en karton industrie, Laurens de Vries, (KCPK), presentation of a meeting of DT-IHP, June 2012
- Energie www.energiezuinigebedrijventerreinen.nl
- Geelen, 2013 Monitoring van (energetische) prestaties en knelpuntenanalyse WKO-systemen in de glastuinbouw, ir. C.P.J.M. Geelen en ir. K.J. Braber; Arnhem, December 2013
- Pennartz, 2011 The state of the art of industrial heat pumps in the Netherlands, A.M.G. Pennartz M.Sc., August 2011, KWA – Amersfoort, Report number 3005660CR03
- Reissner, 2013 Reissner, F., Gromoll, B., Schäfer, J., Danov, V., Karl, J., 2013a. Experimental performance evaluation of new safe and environmentally friendly working fluids for high temperature heat pumps, European Heat Pump Summit, Nürnberg, Germany
- Ruiter, 2011 Quicksan toepassing van warmtepompen voor energiebesparing bij teelten met een laag energiegebruik, J.A.F. de Ruiter (KEMA), KEMA report June 2011
- Westergaard Milk Powder Technology, Evaporation and Spray Drying, ed. Vagn Westergaard, 5th Edition, GEA Process Engineering

11. スウェーデン

11.1 スウェーデンの2011におけるエネルギー利用

スウェーデンの最終エネルギー消費をエネルギーキャリア別に Table 11-1 に示す。

Table 11-1: 2011年のスウェーデンでのエネルギーキャリアごとの最終エネルギー使用量

Energy carrier	PJ	TWh
Oil	386	107
Natural gas	24	6.7
Coal	55	15
Biomass	275	76
Electricity	454	126
District heating	170	47
Total	1364	379

スウェーデンの最終エネルギー消費で際立っているのが電気と化石燃料で、それぞれ3分の1の割合となっている。バイオマスは20%と際立って大きな割合を占めており、地域加熱が残りの12%となっている。

11.1.1 製造業におけるエネルギー利用

Figure 11-1 はスウェーデンの異なる部門におけるエネルギー利用の内訳を示したものである。

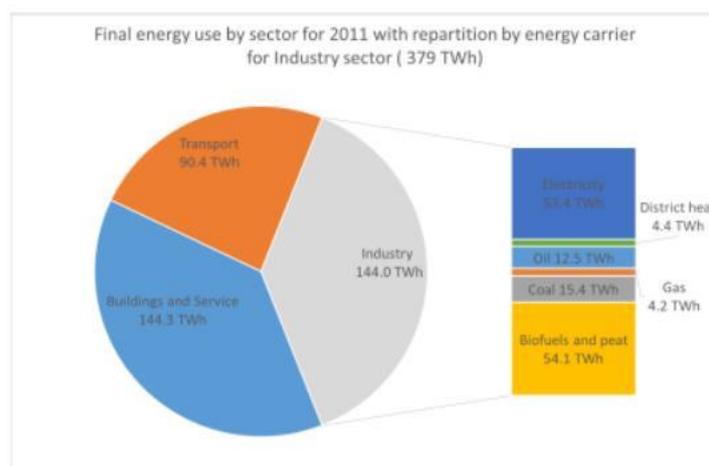


Figure 11-1: 産業分野のセクターのエネルギーキャリアで再分割を表した2011年のセクター別最終エネルギー使用量

電気とバイオ燃料は、スウェーデンの製造業で使われている主要なエネルギーキャリアである。紙パルプ産業は最も大きなエネルギー需要家の1つで、主にバイオ燃料を使っている。一方、鉄鋼は主に電気と石炭に大きく依存している。

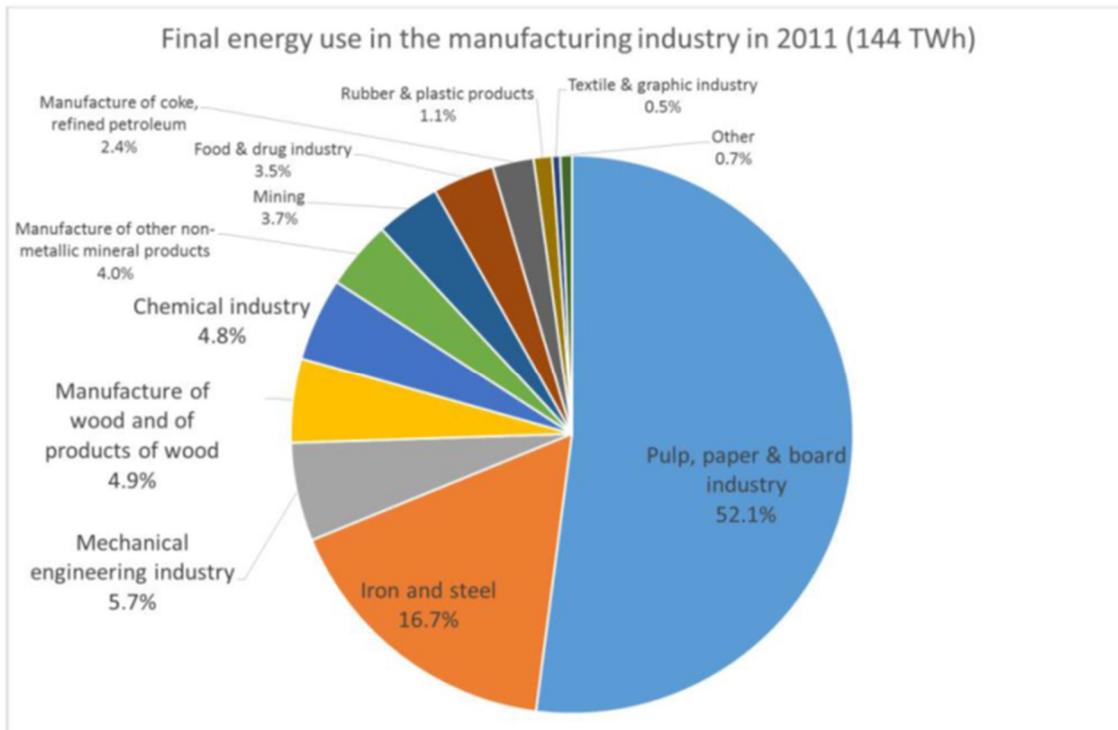


Figure 11-2: 2011 年の産業セクター毎の最終エネルギー使用量(144 TWh in total) [2,3].

スウェーデンでは製造業のエネルギー利用はわずかな数の部門に際立って多い。主な部門は、紙パルプ産業で、産業全体のエネルギー消費の半分以上にもなっている。鉄鋼産業は2番目に大きなエネルギー需要家である。一方で、化学工業、機械工業、木材加工の部門は同じようなエネルギー消費の需要家で、それら全体で約16%を占めている。残りの16%は、非金属鉱石業、食品・薬品業、精製業、その他の小規模工業である[1]。

Table 11-2 には、製造業におけるエネルギー利用を燃料と電力消費別に示している。エネルギー供給で電力の比率が高い産業は余剰の熱流れが期待できないためにヒートポンプの適用には適しているとは言えない（例えば電気モーターからの排熱を回収することは極めて難しい）。

Table 11-2:2011 年の産業セクターでの燃料と電力の使用量

Industry sector	Fuel [TWh]	Electricity [TWh]	Total [TWh]
Pulp, paper & board industry	2.1	3.3	5.4
Iron and steel	2.6	2.5	5.1
Mechanical engineering industry	0.2	0.4	0.7
Manufacture of wood and of products of wood	5.0	2.0	7.1
Chemical industry	52.5	22.6	75.1
Manufacture of other non-metallic mineral products	2.4	1.0	3.4
Mining	2.4	4.6	7.0
Food & drug industry	0.4	1.2	1.5
Manufacture of coke, refined petroleum	4.7	1.0	5.7
Rubber & plastic products	16.2	8.0	24.2
Textile & graphic industry	2.5	5.8	8.2
Other	0.4	0.6	1.0
Total	91	53	144

11.1.2 市場概観

2009 年に出されたスウェーデンの産業余剰熱に関する報告書は、異なる産業部門において余剰熱を利用できる状態にあり、1999 年から 2007 年までの余剰熱の配分が示されている。それは異なる部門における理論的なポテンシャルを見積もったものである。Figure 11-3 に示すように、余剰熱は異なる産業部門から排出されている。産業コードのへんこうにより、部門は、以前に紹介したデータと比較してやや異なっている[27]。

余剰熱の量は、1999 年から 2007 年の間に 0.8TWh だけ増加し、4.1TWh/年に達している。余剰熱の最大の供給者は、紙パルプ産業で、1999 年から 2007 年の間に余剰熱が 60% も増加している。エネルギー多消費産業部門（紙パルプ、鉄鋼、石油化学、化学工業）を一緒にすると、余剰熱の 90%以上を占めている。他の産業部門は余剰熱の約 8%で企業数で見ると約 40%になる。1999 年から 2007 年の増加 60%の中で、最も増加した部門は木材製造業であり、食品部門もかなりの増加を示している（約 44%）。ヒートポンプを使って低温熱源を高温化する熱は、1999 年で約 630GWh であったが、2007 年には 265GWh にまで減少している[4]。

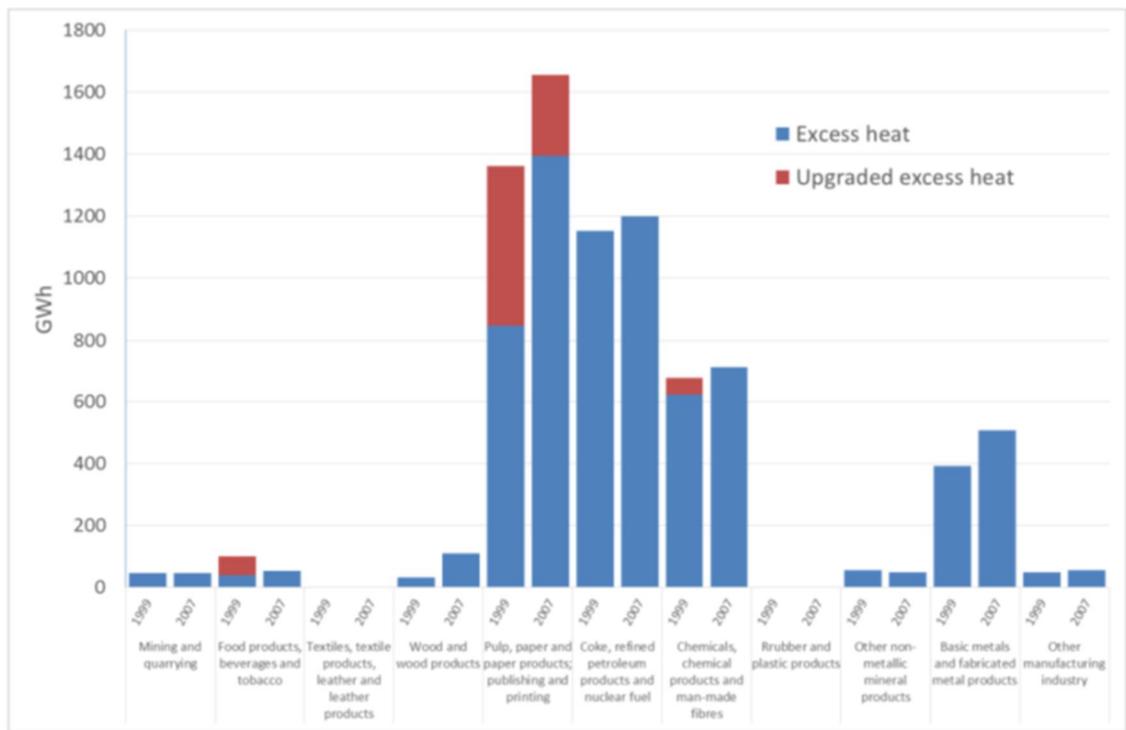


Figure 11-3. 1999 年から 2007 年での産業セクターから供給された余剰熱

製造業の各産業部門から排出される余剰熱のポテンシャル見積もりを Table 11-3 に示す。ポテンシャルの範囲は 6.2 から 7.9TWh/年で、実際の熱需要と部門別燃料利用の統計データを基に見積もられたものである。計算されたポテンシャルは、現在の余剰熱の 1.9 倍にまでの値となっている。

ここに引用した報告書[4]には、ポテンシャルと同時に各部門の余剰熱の障害についても述べられている。著者らによると、全体の製造業部門の一般的な議論は可能でない。なぜならば、部門によって構造、場所、周辺インフラ施設などに依存し前提条件が変わっているためである。産業用ヒートポンプ適用に適切と看做される数多くの点を以下に記述する。

エネルギー価格の上昇は、産業にエネルギー効率の対策を強いることになり、一般に熱回収プロジェクトの利益率を改善する。排ガス中に高い湿分があることにより、熱回収が好ましいバイオマス燃焼では、排煙ガスからの熱回収は、かなり一般的になっている。排ガス熱回収の温度レベルはかなり高いが、低温範囲でのヒートポンプの適用が考えられる。

Table 11-3: 2007 年の過剰熱の供給量とスウェーデンでの製造業セクターでの理論的使用ポテンシャル

Industry sector	Delivered excess heat 2007 (GWh/Year)	Calculated theoretical potential of excess heat (GWh/Year)
Mining	50	250 – 300
Manufacture of food products: beverages and tobacco	61	80 – 120
Manufacture of textiles and textile products	0	0
Manufacture of wood and of products of wood	110	250 – 300
Manufacture of pulp, paper and paper products	1392	2000 – 2500
Manufacture of coke, refined petroleum products, chemicals and chemical products	1908	2500 – 3000
Manufacture of rubber and plastic products	3	10 – 20
Manufacture of other non-metallic mineral products	48	150 – 250
Manufacture of basic metals	502	900 – 1300
Other	58	100 – 140
Total	~ 4100	~ 6200 - 7900

小規模な企業においては余剰熱の量はかなり少なく、熱回収対策はまだ検討されていない。地域熱供給に、小規模の供給者の数が増加していることは、システムの安定性と信頼性を高める効果がある。ヒートポンプの適用を考えて、熱回収を増加していくことは、エネルギー価格の変動に対する企業の弱点を減らすことになる。

11.1.3 適用への障害

製造業から出る余剰熱の利用を阻害するものとして、引用文献[4]に示されている数多くの障害がある。ここでは、ヒートポンプの適用に関する障害について記述する。

特に、小規模あるいは中規模の企業においては、余剰熱の量は小さすぎると考えられており、会社は余剰熱回収のポテンシャルに十分に気が付いていない。エネルギー価格が上昇すれば、将来この状態は変わるであろう。

例えば木材製造部門では、乾燥装置（熱回収の興味ある熱源である）が連続して運転されていないことがヒートポンプの適用に大きな障害となっている。同じような問題は、バッチプロセスで運転され熱回収ポテンシャルの制限がある製薬産業にも存在する。

スウェーデンにおけるエネルギー多消費産業部門は、国際競争にさらされており、エネルギー効率を高める努力が求められている。個々の産業における低温熱源の利用増加は、

初期における地域熱供給のポテンシャルを減少するが、ヒートポンプの利用でそれは解決できる。例えば、紙パルプ産業内の低い温度の黒液蒸発やパルプ乾燥は、低い温度レベルの熱源を使って適用できる。

11.1.4 参考文献

- [1] Swedish Energy Agency (2013) *Enerigläget 2013*, ET 2013:22, Eskilstuna, Sweden.
- [2] Swedish Energy Agency (2012) *Annual Energy Balance Sheets 2010 – 2011*, EN 20 SM 1206, ISSN 1654-3688, Eskilstuna, Sweden.
- [3] Swedish Energy Agency (2013) *Energy use in manufacturing industry, 2011 Final data*, EN 23 SM 1301, ISSN 1654-367X, Eskilstuna, Sweden.
- [4] Cederholm, L-Å, Grönkvist, S, Saxe, M (2009) *Spillvärme från industrier och värmeåtervinning från lokaler* (Waste heat from industry and heat recovery in buildings, in Swedish), Report 2009:12, Svensk Fjärrvärme, Stockholm, Sweden.

12. 文献調査

12.1 すべての国のレビュー

[1]で、11 か国について、すなわちフランス、ドイツ、イタリア、日本、オランダ、ノルウェー、スペイン、スウェーデン、イギリス、アメリカ、中国、最近のヒートポンプ技術の導入による CO₂ 削減ポテンシャルが調査された。電気駆動圧縮機ヒートポンプが使われると仮定して、ボイラーエネルギー利用の 100°C 以下の温度のプロセスに対して利用可能なヒートポンプの範囲が選ばれている。

この予測の結果として、食品飲料分野において 100°C 以下の温度のエネルギーにヒートポンプを適用した場合（ビール醸造業に MVR 適用も含まれる）、11 か国全体で年間 4 千万トンの CO₂ 排出量が削減できると結論付けられた。全体の CO₂ 削減効果は、中国を除く 10 か国で年間 2,500 万トンになると期待される。

[1] Heat Pump&Thermal Storage Technology Center of Japan: Survey of Availability of Heat Pumps in the Food and Beverage Fields, March 2010

以上

