



# FRI 研究レポート

---

No.57 July 1999

---

---

世界の地域熱利用システムの現状と日本の課題

主任研究員 武石 礼司

## 「世界の地域熱利用システムの現状と日本の課題」

主任研究員 武石 礼司

### 【要旨】

1. 地球温暖化対策として有効な地域熱利用システムの普及が求められている。日本では一次エネルギーの3分の2が熱として捨てられており、地域熱利用の効率化が必要である。特に、熱消費の密度が高い都市部において、エネルギーの効率的な利用を促進することが望ましい。
2. 日本の地域熱供給の導入件数は129件(97年末)であり、普及の面で欧米諸国に比べて遅れていると言わざるを得ない。日本の地域熱供給事業者は、熱・蒸気・冷水の供給コストを押さえることで競争力を維持する傾向が強い。米国企業で見られるように、都市作りの中核となるインフラ作りを目指して、技術革新力とマネジメント力を備えた産業となっていくことが、今後は、期待される。
3. 北米では、地域熱供給が100年以上前から導入開始されており、電力、ガス等の他のエネルギーとの厳しい競争の中、地域熱供給事業が買収・合併・異業種の参入等を繰り返しながら発展してきた。同事業においては、採算性の向上のために、燃料選択と機器選択の工夫が行われるとともに、顧客のエネルギー使用を合理化するための多彩なメニューの提供が行われている。
4. 欧州では、特に、デンマーク、フィンランド、ドイツ(特に北部)、フランス(パリ地区)、スウェーデンにおいて地域熱供給の導入が進んでいる。英国でも現在急速に導入が進みつつある。各国の実状に合った燃料と暖房システムの選択が行われており、水力発電依存のノルウェー、ガス依存のオランダ、石炭依存のデンマークとフィンランドというように、各国はバラエティーに富んだ選択を行っている。
5. 地域熱利用システムの普及と高度化のためには、電力部門でのいっそうの自由化により売電および電力託送の採算性が向上することがまず期待される。今後、地域熱供給事業は、システム産業として、個別の発電・給熱プラントをネットワーク化し、さらに、複数の地域熱供給システム間の運転最適化を試みることになる。防災面でも優れ、エネルギーの地域自立性を高め、エネルギー安全保障の向上にも貢献する高効率なシステムの導入が待たれている。

## 【 目 次 】

はじめに	1
I. 日本の地域熱利用システム	
1. 日本の地域熱利用システムの現状	3
II. 北米の地域熱利用システム	
1. 米国の地域熱利用システムの現状	10
2. カナダの地域熱利用システムの現状	19
III. 欧州諸国の地域熱利用システム	
1. 欧州全体のまとめ	20
2. オーストリアの地域熱利用システムの現状	22
3. デンマークの地域熱利用システムの現状	25
4. ドイツの地域熱利用システムの現状	33
5. フィンランドの地域熱利用システムの現状	40
6. フランスの地域熱利用システムの現状	47
7. イタリアの地域熱利用システムの現状	51
8. オランダの地域熱利用システムの現状	56
9. ノルウェーの地域熱利用システムの現状	65
10. スウェーデンの地域熱利用システムの現状	69
11. スイスの地域熱利用システムの現状	79
12. 英国の地域熱利用システムの現状	83
IV. 地域熱利用システム高度化と普及のための課題	
1. 地域熱利用システム普及のための課題	87
2. 熱利用高度化のための課題	98
参照文献	120

### 添付図表

地域熱供給関連・欧米諸国向け調査実施状況

## はじめに

地域熱利用を高度化し普及させるためには、熱消費の密度が高い都市部において、供給システムを整えることが有効である。エネルギーの効率的な使用を促すことができれば、地球温暖化の大きな原因となっている化石燃料の燃焼により排出される二酸化炭素（その総量）を減少させることが可能となる。かつ、高度化した都市を形成することができればアメニティーの向上も図れて、都市機能を高めることも同時に目指すことができ、魅力ある都市作りを行うことが可能となる。

熱利用を高度化するシステムとしては、熱と電気を併給するコージェネ・システムがあるが、さらにコージェネの導入に加えて、地域熱供給システムを導入することができれば、エネルギーの利用効率をさらに高めることが可能となる。地域熱供給は、1カ所あるいは複数カ所のプラントから、複数の建物に向けて配管を敷設し、冷水・温水あるいは蒸気を送付して冷房・暖房を行うシステムである。近年は、熱供給に加えて、地域冷房に対する需要が各国において増大してきており、年間を通じた冷暖房需要に対応していくことが重要となってきた。

本研究レポートにおいては、世界の各国における地域熱供給の導入状況を、以下の10項目を埋める形で、検討した後、今後、地域熱供給システムの導入が進むためにはどのような課題が存在しているかに関して考察を行った。

(1) 熱需要、(2) 熱市場での競争、(3) 地域熱供給における燃料、(4) エネルギー政策、(5) エネルギー課税、(6) エネルギー供給産業、(7) 電力産業、(8) 環境面での配慮、(9) 地域冷房、(10) 将来展望

検討を行った国は、日本を始めとして、北米の米国、カナダ、さらに欧州の11カ国とした。北米および欧州の各国は、寒冷な気候に位置する国が多いこともあり、地域熱供給の導入においても長い経験があり、日本がお手本とすべき先進的な取り組みを行ってきた。また、各国が置かれている気候の違い、資源貯存量の違い、人口密度の差異、あるいは、農業国か工業国かといった差異によっても、利用される資源に差異が出てきていることがわかる。要は、各国（あるいは各地方）が、自国（地方）が置かれている立場を良く理解し、その中で最適なエネルギー選択を行っていくことがもっとも重要であるという結論が導かれる。

都市は、人々が住みながら歴史的に育んで、都市自身が成長していくものであると考えることができる。多くの人を牽きつけ、魅力ある都市として発展していくためには、エネルギー利用の高度化を図り、住み心地を良くしていく努力が欠かせない。世界的な規模での産業間競争が生じているが、それとともに、どの都市に住みたいか、魅力があり、しかも、コストも安い都市はどこかという競争が世界中で開始されていると見ることができる。

コミュニティの快適さをもたらす地域熱供給事業の普及において、日本は、北米と欧州の後塵を拝しており、今後は、日本でも地域熱利用システムの高度化は緊急の課題となってくると考えられる。

各国の現状の検討に入る前に、以下の表により、世界の各都市における地域熱供給システムの規模を見ておくことにする。年間の熱販売量が大きい順番に並べており、ロシアおよび東欧の大都市が上

位に並んでいる。そのほか、北欧各国の首都とアジアからはソウルがこの表に出てきている。また、北米の大都市も、地域熱供給による熱供給量が多くなっている。

図表 1 世界の地域熱供給システム（熱需要量と電力使用量）の都市別規模順位

	都市名	PJ(ハタジュール)	GWh
1	ペテルスブルグ	237	66,000
2	モスクワ	150	42,000
3	ワルシャワ	90	25,000
4	プラハ	54	15,000
5	ベルリン	40	11,000
6	ブカレスト	36.7	10,197
7	ニューヨーク	36	10,000
8	ソウル	36	10,000
9	コペンハーゲン	25	7,000
10	ヘルシンキ	22	6,000
11	ハンブルグ	20	5,500
12	ストックホルム	20	5,500
13	パリ	18	5,000
14	イェテボリ	12	3,500
15	レイキャビク	11	3,200
16	Tampera, フィンランド	6.4	1,800
17	インデアナポリス	6	1,600
18	フランクフルト	4	1,100

(資料) Baltimore Air Coil、W.D.McCloskey

なお、本稿の末尾に添付した表は、地域熱供給関連で日本から北米および欧州に派遣された調査団の訪問先一覧である。未だ完全なものとはなっていないが、これらの表が、今後、日本から調査団が派遣される際に役立つことを期待する。また、これらの表に基づきながら、諸外国からの情報入手が容易となり、日本への地域熱供給の導入がいつそう進むように、是非、関係各位のご協力を得て表を充実させていきたい。さらに、将来的には、地域熱供給関係の団体等においてホームページで当該情報を提供できるようになれば、この図表はいつそう役立つと考える。

以下、日本、北米、欧州の順で、地域熱利用システムの導入の状況を検討し、最後にまとめとして分析を行うことにする。

## ・日本の地域熱利用システムの現状

### 1. 日本の地域熱利用システムの現状

#### (1) 熱需要

日本の熱需要は国の北部と南部で大きな差が出ており、北海道は1月の平均気温がマイナス3.7度(96年)であり冬季には常時暖房が必要となる。暖房度日を見ると、札幌で暖房度日が2,500前後の値となる一方、東京および大阪以西の都市での暖房度日が1,000を切っている。仙台と富山の暖房度日は1,400~1,600程度となっている。全国の主要9都市の加重平均では約1,000となっている。

冷房度日に関しては、酷暑であった1994年では冷房を行った日数が飛躍的に増大しているが、一般的には、札幌で20~50程度、東京で300程度、大阪以西で300~500程度となっている。仙台では100前後である。このように日本国内でも、地域により大きな差が生じている。

#### (2) 熱市場での競争

日本の熱供給エリアは129ヵ所に達している。事業者数は97年末で83、熱供給事業の許可区域は138となっている。これら熱供給事業の従業員数は、97年で、従業員が1,230人、その他委託運転員が801人で、合計して2,031人となっている。

97年における熱売上高の合計は1,248億円で、業務用が1,193億円、住宅用が55億円となっている。ただし、供給件数で見ると、住宅用が44,015件、業務用が1,365件であり業務用が3%、住宅用が97%となっており、住宅用の件数が圧倒的に大きい。

図表 2 日本の熱供給事業における熱源別売上高(1997年)(単位:百万円)

	住宅用	業務用	合計
温水	4,037	13,162	17,199
蒸気	140	25,630	25,770
直接蒸気	1	872	873
冷水	173	79,557	79,730
給湯	1,172	104	1,276
合計	5,523	119,325	124,848

(資料)日本熱供給事業協会

上記の数値から明らかなように、熱供給事業者にとって売上高の増大に貢献しているのは冷水の販売であり、1,248億円の売上高全体に対して、業務用の冷水の販売高は79,557百万円で64%を占めている。一方、業務用の温水は13,162百万円(11%)、業務用の蒸気は25,630百万円(21%)に過ぎない。また、住宅用の比率は、全体の4%に過ぎず、業務用が圧倒的に重要となっている。

なお、日本の熱供給事業では、熱供給事業法により地域独占と安定供給のために原価主義が採用されており、料金は認可制となっている。

次に、熱供給量を比べると、以下の表のようになっており、全体で18,488,085GJ(=18.5PJ)が供

給される中で、住宅用は 1,292,039GJ (=1.3PJ) で 7%を占めるに過ぎず、業務用が 17,196,064GJ (=17.2PJ) となっていて、残りの 93%を占めている。

図表3 日本の熱供給事業の熱供給量(1997年)(単位:GJ)

	住宅用	業務用	合計
温水	825,857	2,063,325	2,889,182
蒸気	38,500	4,536,799	4,575,299
直接蒸気	309	282,722	283,031
冷水	13,687	10,285,035	10,298,722
給湯	413,686	28,165	441,851
合計	1,292,039	17,196,046	18,488,085

(資料)日本熱供給事業協会

熱供給量で見ても、冷水の重要性が明らかであり、業務用の冷水は 10,285,035GJ (=10.3PJ) で 56%を占めている。次いで、業務用の蒸気が 4,536,799GJ (=4.5PJ) で 25%、業務用の温水が 2,063,325GJ (=2.1PJ) で 11%となっている。

熱販売額と熱販売量の比較から、1GJあたりの販売高(単純平均)を計算すると、次の表のようになる。

図表4 日本の熱供給事業の熱販売単価(1997年)(単位:円/GJ)

	住宅用	業務用	合計
温水	4,888	6,379	5,953
蒸気	3,636	5,649	5,632
直接蒸気	3,236	3,084	3,084
冷水	12,640	7,735	7,742
給湯	2,833	3,693	2,888
合計	4,275	6,939	6,753

(資料)熱販売量と熱供給量はともに日本熱供給事業協会

上記の表で明らかなように、1GJあたりの販売単価は冷水が高く、業務用で 7,735円/GJ となっている。また、蒸気と温水とを比べると、温水の方が高くなっている。その他、住宅用の平均と、業務用の平均とを比べると業務用が 6割も高くなっており、業務用の販売の方が収益性が高くなっている。

地域別に見ると、事業者数は、東北・関東が 49 で過半を占め、また、許可区域数でも東北・関東が 84カ所で 6割を占めている。

図表5 地域熱供給事業者数および許可区域数（1997年）

	事業者数	区域数
北海道	10	12
東北関東	49	84
中部	7	9
近畿四国	12	23
九州	5	10
合計	83	138

（資料）日本熱供給事業協会

事業者の規模別で見ると、東京ガスが13カ所で供給を行っており販売熱量も3,080,193GJ (=3.1PJ) と最大となっている（1997年以下同じ）。次いで、大阪ガスが9カ所、1,538,956GJ (=1.5PJ)、丸の内熱供給が5カ所、1,509,603GJ (=1.5PJ) となっている。

日本で熱供給事業となるためには、熱供給事業法の適用を受ける必要があるが、そのためには加熱能力 21 ギガジュール/時以上が要請されている。東京都および大阪府は、それぞれ地域冷暖房システムの導入に関する指導要綱を定めているが、どちらにおいても地域熱供給事業にあてはまる規模は5ギガカロリー以上と規定された。その後東京都は、98年に21ギガジュール以上とSI化にともない規定改定を行っている。

日本において熱供給事業の普及が促進されるためには、改善されるべき点が存在している。例えば、地域熱供給事業は、電力、ガス事業と同じ公益事業の範疇には含まれておらず、電力、ガス事業が得ているのと同等の政策的な支援を受けることができていない。そのため、電線、ガスパイプラインの敷設に際して得られる共同溝の共用といった間接埋設によるメリットを、熱パイプラインの敷設に際して得るためには、交渉に時間を要せざるを得なくなっている。

図表6 未利用エネルギーの熱供給事業への活用例

未利用エネルギーの種類	熱供給導入地域
ごみ焼却/工場排熱	札幌市厚別、北海道真駒内、光ヶ丘団地、東京臨海副都心、品川八潮団地、大阪市森之宮、日立駅前、いわき市小名浜、千葉ニュータウン都心
地下鉄排熱	新宿駅南口西、札幌駅北口再開発
変電所・変圧器排熱	宇都宮市中央、銀座2・3丁目、日比谷、新川、神田駿河台、芝浦4丁目、盛岡駅西口、りんくうタウン、西鉄福岡駅再開発、内幸町
廃棄物・再生油	札幌市都心、札幌市厚別、北海道花畔団地
生活排水/中水/下水	盛岡駅西口、幕張新都心ハイテクビジネス、後楽一丁目、千葉問屋町、高松市番町
河川水	箱崎、富山駅北、天満橋一丁目
海水	大阪南港コスモスクエア、シーサイドももち
地下水	高崎市中央、高松市番街

（資料）日本熱供給事業協会



### (3) 地域熱供給における燃料

地域熱供給用の燃料の使用量は、1997 年で見ると以下のようになっている。

図表 7 地域熱供給用の燃料使用量 (1997 年)

	単位	燃料使用量
都市ガス	1,000m <sup>3</sup>	294,488
LPG	トン	5,365
石炭	トン	25,098
灯油	k l	12,350
重油	k l	18,616
再生油	k l	4,007
排熱	GJ	3,416,456
電力	k Wh	855,182
その他	GJ	412,546

(資料) 日本熱供給事業協会

地域熱供給用のエネルギー使用量が近年、どのように伸びてきているかを見ると、電力の伸びが大きくなっている。また、排熱の消費も順調に拡大してきている。都市ガスの消費量も堅調に増加している。一方、石炭、LPG、灯油、重油の使用量は 80 年代後半から 90 年代初めにピークの消費量を達成した後、減少傾向にある。

### (4) エネルギー政策

日本で地域熱供給が導入されたのは、1970 年に大阪府の千里で開催された日本万国博覧会場が最初である。同地区へガス供給を実施したのは大阪ガスであった。

同じ 70 年に、総合エネルギー調査会に熱供給部会が設置されており、地域熱供給導入の必要性に関して一気に議論が高まることになった。また、同じ 70 年には、東京都公害防止条例において地域暖冷房計画が規定されている。地域熱供給に関する規定は、東京都が地域冷暖房計画推進委員会を 1972 年より設置して先進的な議論を重ねてきており、日本への導入をリードしてきた面がある。

1971 年には、東京でも新宿の新都心地区で熱供給が開始している。同年には、北海道でも、北海道熱供給公社が、札幌市の新都心地区で熱供給を開始している。

翌 1972 年に熱供給事業法が成立・公布・施行された。

1970 年代に生じたオイルショックの影響から、エネルギー消費の節約が強く意識され、熱料金の改定が行われるとともに、地域熱供給の導入推進が図られた。1975 年には総合エネルギー調査会が都市熱エネルギー部会を設置している。

1979 年には省エネ法が施行されて、エネルギー使用の合理化が図られることになった。

熱料金に関しては、1980 年に総合エネルギー調査会の都市熱エネルギー部会でガス事業において二部料金制度を導入するという報告がとりまとめられた。さらに、1987 年には複数二部料金制度の導入が総合エネルギー調査会の都市エネルギー部会で提言された。

#### (5) エネルギー課税

熱供給料金に対しては消費税が賦課される。消費税の導入に際して、それまで課されてきたガス税が廃止されている。

熱供給事業に対する政府の助成制度としては、税制上は、工事費負担金の圧縮記帳、エネルギー需給構造改革投資促進税制、地方税法上の固定資産税の課税標準の特例、同じく地方税法上の事業税の非課税措置が採用されている。

融資制度としては、日本開発銀行の制度がコージェネ、ごみ発電、防災型施設、ガス冷房、電力負荷平準化、オゾン層保護等を目的として設定されている。その他、北海道東北開発公庫、環境事業団も融資制度を持っている。

また、未利用エネルギー、環境調和型エネルギーコミュニティー事業、街並み・まちづくり総合支援事業、再生水・熱利用下水道事業、次世代都市整備事業に対しても補助制度が設定されている。また、地域冷暖房を目的とするプラントの床面積を容積率に含めない制度も建設省局長通達（S60.12）により導入されている。

#### (6) エネルギー供給産業

エネルギー供給の推移を見ると、70年代初めまでの、高度経済成長時代におけるエネルギー消費急増の時代を経て、その後70年代のオイルショックによりエネルギー消費は減少し、さらに、逆オイルショックといわれる86年の石油価格の急落を経て、エネルギー消費が堅調に伸びる時代へと移り変わってきている。80年代後半からのエネルギー消費の特徴は、産業部門のエネルギー消費が横ばい、あるいは漸増に止まるのに対し、民生部門と運輸部門でのエネルギー消費が増え続けてきている点をあげることができる。民生部門を構成する業務用および家庭用のエネルギー消費は、最終エネルギー消費量の4分の1を占めており、業務用が最終エネルギー消費量全体の12%程度、家庭用が14%程度を占めている(1996年)。産業部門の消費量の伸びが停滞している中で、明らかに伸びが続いている業務用および家庭用のエネルギー消費を抑制するため、最善の方策の一つとして地域熱供給事業の導入促進をあげることができる。

現在、電力業界およびガス業界は、ともに積極的に地域熱供給に取り組んでいる。なお、ガス業界が都市ガスによるコージェネレーションを開始したのは東京ガスによる国立競技場へのプラントの設置が最初であった。

#### (7) 電力産業

コージェネレーションによる発電能力の合計は、21,550kWとなっている。コージェネレーションによる排熱の利用量は132,941MJ/hとなっている(いずれも1997年)。自家発の発電能力の合計は、24.4百万kWであり(97年)、電力量は124,775百万kWh(96年実績)である。自家発のうちスチーム発電が579カ所、16百万kW、ガスタービンが309カ所、3.7百万kW、その他内燃力による発電プラントが852カ所、3.1百万kWとなっている。自家発によるコージェネはこの数値の中にほぼ

すべてが含まれることになる。

政府もコージェネおよび地域熱供給の促進政策を進めてきており、1986年には、通産省が系統連系技術要件ガイドラインを制定して、コージェネ電力と商用電源の連系使用が可能となるように制度の設定を行っている。翌1987年には、電力の特定供給条件の緩和が行われている。

さらに、1995年に行われた電気事業法の改正により、発電部門への新規参入が可能となり、また、特定電気事業にかかわる制度が創設されている。また、料金制度が改定され、保安規制に緩和が行われて、自己責任の原則の徹底が図られている。

#### (8) 環境面での配慮

大気汚染防止法は1968年に施行されたが、その後、たびたび改定が行われて、NOx、SOx等の排出に対する規制が強化されてきた。改定は、以下のように何度も実施されてきた。73年(第1次NOx規制)、74年(SOx総量規制実施)、75年(第2次NOx規制)、77年(第3次NOx規制)、79年(第4次NOx規制)、82年(ばいじん排出基準規制の強化)

ガスタービン、ディーゼル機関、ガス機関は皆大気汚染防止法の規制を受ける。東京都、大阪府等の主要都市では、国の基準を超える排出規制を受ける。

その他、環境庁は「二酸化窒素に係る環境基準」を設定している。

また、1988年に環境庁は「地域冷暖房システムの推進に当たっての配慮事項について」と題する通達を行っており、地域冷暖房システムが環境保全に資する点を強調して、地域熱供給の導入を進めていく方針を出している。

図表8 日本のガスタービン複合式スーパーごみ発電

運営主体	群馬県企業局	堺市環境保健局	北九州市環境局	千葉市清掃局
清掃工場名	高浜発電所	東第2工場	新皇后崎工場	新港清掃工場
ごみ処理能力	450トン/日	460トン/日	810トン/日	405トン/日
最大発電量	25,000kW	16,500kW	36,300kW	18,000kW
うちガスタービン出力	16,000kW	4,100kW	8,000kW	9,000kW
うち蒸気タービン出力	10,000kW	12,400kW	28,300kW	9,000kW
発電効率	34.3%	21.1%	26.5%	未定
稼動時期	1996年11月	1997年4月	1998年7月	2003年4月

(資料)(財)エネルギー総合工学研究所ほか

#### (9) 地域冷房

地域熱供給事業による冷熱の供給量は、近年、飛躍的に増加してきている。特に、伸びが顕著なのは業務用で、GJ単位で見ても、1990年に業務用の温熱の供給を初めて上回った後も順調に増加を続け、97年の数値で見ると冷熱の10,285,035GJ(=10.3PJ)に対して、温熱は6,600,124GJ(=6.6PJ)にとどまっており、冷熱は温熱の55%増しの量が供給されるようになっている。この冷熱の供給増大

傾向は、今後もまだしばらくは続くと考えられる。

#### (10) 将来展望

日本では、熱供給事業とされるための基準は、21GJ/時以上の熱供給設備能力を有することとされており、大都市地域でないと、この多量な熱需要を満たすことができない。このため、中小都市にまで地域熱供給事業を拡大させることは困難となっている。ただし、この21GJ/時という基準の引き下げが現在検討されており、将来的には、熱供給事業者は、ガス供給事業者、電力会社とともに、どのエネルギー源がより環境負荷が少なく、効率性が高いかを、従来の業界の枠を超えて競争することになると考えられる。

今後は、ガス事業者が熱供給事業を実施したり、電力事業者が熱供給事業を担うケースが日本でも当然出てくると考えられる。こうした従来の業界を超えた業務を実施していくことで、初めて、総合エネルギー産業として、海外でも地域熱供給事業に参入できるノウハウを持った日本企業が登場することが期待できる。

卑近な例では、96年6月に、熱供給導管の道路占有に関して建設省道路局からの通達が出されたことで、占用許可の取得が容易となるという効果が生まれている。本来、熱供給導管は道路法でいう義務占用物件に当たらないために、掘り返す場合にも、当然には占用許可が与えられないとされてきたが、熱供給事業の公益性を考慮して、既存の熱供給導管については、原則として占用許可を与えると通達が出されている。

日本の地域熱供給事業の発展のためには、導管敷設とその補修等のための費用をできるかぎり引き下げる必要があるとなっている。上記の通達は、そうした導管関連コストの引き下げのための一助となるものであるが、さらに、より一層のコスト引き下げのための工夫が続けられていく必要が生じている。

## ． 北米の地域熱利用システムの現状

以下では、都市における熱利用システムの高度化が進んでいる米国とカナダの現状を分析する。北米地域では、都市ガスの配管網が都市地域を中心に張り巡らされており、日本の首都圏および関西圏と同じように、電力と都市ガスエネルギーの複合利用が図れる環境にある。

### 1．米国の熱供給事業

#### (1) 熱需要

広大な面積を持つ米国は、気候的あるいは地理的に、米国は東北部、中西部、西部、南部の4地域に分けて考えられることが多い。緯度的にも、北緯70度(アラスカ)の北極圏から北緯25度(フロリダ)まで広範な地域に広がっており、本土48州の北端は、ワシントン、モンタナ、ノースダコタ、ミネソタ、それに東端のメインといった州で北緯47度から49度間に位置している。

アラスカでは冬季の気温は月間平均で-15度程度まで下がる。一方、米国南部では夏の月間平均気温が30度近くまで上がりたいへんに暑くなっており、冷房を入れる期間が長くなっている。中西部では年較差が大きく、例えば、中西部のミネアポリスでは、夏は37.7度まで上がる一方、冬は-25度となり、積雪も15cm程度ある。

米国は一人当たりのエネルギー使用量は世界一であり石油換算5,500kg/年を超えている。エネルギーを湯水のように使う暮らしが定着していると言わざるを得ず、省エネの余地は大きい。そのためには意識改革と革新的な技術進歩の両方が必要である。

地域熱供給の観点から見た米国の都市の特徴としては、地方都市であっても超高層ビルが中心部では建設され、地域熱供給が行われるケースが多くなっている。

#### (2) 熱市場での競争

米国では地域熱供給が開始されてから100年以上が経過している。米国で最初に熱供給事業が開始されたのは、1877年のニューヨークにおいてである。その後、小規模な発電所の排熱を利用した地域熱供給システムの設置が進むことになった。現在では、地域熱供給システムの導入件数は全米で5,800ヶ所を超えている。この件数には、日本で言うところの特定熱供給事業も含まれる。年間の熱供給量は1,100兆BTU(282,230Tcal)に達していて、米国のエネルギー消費量の1.3%にあたる。米国のコージェネによる発電規模は93年において4,351万kWで、総発電設備の5%程度となっている。地域熱供給のための導管の総延長は、32,000km、供給面積は111,400haとなっている。地域冷暖房にフルタイムで従事する就業者数は157,000人に達している。米国では、特に、東部地域で熱供給事業者間の競争が厳しくなっている。

地域熱供給事業の長い歴史があり、しかも古い設備を、メンテナンスを繰り返して使い続ける例も多いために、石炭を利用したプラントも多く存在している。ただし、環境規制は年々厳しくなって

きており、大都市内にある石炭焚きのプラントは、徐々にガス利用へ転換されていく傾向が見られる。

その一方、米国ではガスの埋蔵量も多く、ガスラインも網の目のように走っているためにガス供給をめぐる競争も激しく、このためガス供給価格は安くなっている。この安価なガスを利用した地域熱供給が、米国の都市部では多く利用されている。

全米の熱需要を需要先別に見ると、熱量ベースで、大学が 23.8%、病院 16.8%、軍事施設 16.1%、コミュニティ施設が 16%、産業部門 8.3%、その他 19%となっている。公的な機関での導入が進んでいる状況がわかる。

地域熱供給設備機器の法定耐用年数は、一般に 20 年程度とされるが、米国では、40 年あるいは 50 年にもわたってメンテナンスを繰り返しながら、機器を使い続ける例が多くなっている。また、都市部では斬新な設計による氷蓄熱の利用（ビルの 3, 4 階に大規模な氷蓄熱槽を設置し、2 階をプラントとし、1 階に商店が入居する例：シカゴ Union Thermal Technologies, Inc.）も報告されている。競争が厳しいためあって、古い施設でも手を加えながら長く利用する傾向が顕著である。

熱供給事業は、専門事業者が実施しているほか、ガス企業が実施する例も多く、また電力企業もガス・石炭等を使った熱供給事業を実施している例がある。ただし、電力会社が地域熱供給を行う場合でも、経済性からガスを燃料とする場合が多くなっている。熱供給事業の経営権が、ガス会社から電力会社に、あるいはその逆に、電力会社からガス会社へと買い取られるケースもしばしば生じている。

電力方式の空調システムと蒸気方式の空調方式とは競争状態にあり、蒸気方式の導入を進める事業者は、電力の顧客が蒸気方式に転換すると最大では 50%の設備費分を払い戻すインセンティブ制度を設定しているところもある。

米国では、インフラに対するサービスであるメンテナンス、設備改善、利益、税金等をすべて一括で契約するトータルサービス契約が結ばれる例も増えつつある。

また、「パートナリング」という言葉が米国では頻繁に聞かれるようになってきており、需要家側と地域熱供給事業者、さらに設備会社、地方自治体等が、顧客と受注者、それに規制当局が加わるという関係ではなく、より効率的であって採算を向上できるシステムを構成する平等なパートナーとして、プロジェクトの質を向上させた例が紹介されている（日本熱供給事業協会 IDEA 報告書、1996.12）。（なお、IDEA は、International District Energy Association：国際地域エネルギー協会の略）

そのほか、蒸気漏洩が生じたときに、週末であっても素早く補修するサービス体制を整えている熱供給業者も多く、既存の供給地域の顧客を他の競争相手に奪われないようにサービスの充実が図られている。

熱料金は基本料金プラス従量料金制度がとられることが多い。冷水、蒸気それぞれに価格が設定されることになる。

米国では 1978 年に公益事業規制政策法（PURPA 法：Public Utility Regulatory Policies Act）が設定され、この法律にもとづきコージェネの導入が進んだ。

PURPA 法は、1977 年に当時のカーター政権が作成した国家エネルギー計画（NEP）にしたがって作成された法律で、コージェネレーションおよび小規模発電のうち、一定の要件を満たすものを連邦

エネルギー規制委員会（FERC）が認定している。その認定が行われた小規模発電施設を QF（認定施設：qualifying facilities）と呼び、これら施設で発電された電力に対しては、電気事業者が買電を行うことを義務づけている。電力購入価格は回避可能原価（avoided cost）によるべきことが、PURPA 法で規定されている。（同法 210 条 A）

小規模発電施設は、「コージェネレーション施設」と、それ以外の「小規模発電施設」に分けることができる。コージェネレーション施設で QF となるものは、エネルギー利用効率が 42.5%以上のものとされ、一方、小規模発電施設では、バイオマス、未利用エネルギー、再生可能エネルギー、地熱を主たるエネルギーとして利用する 8 万 kW 以下の発電施設と規定されている。

PURPA 法により電力産業が、従来の規制対象企業以外にも開放され、独立系電気事業者（IPP：Independent Power Producer）が多数登場して、電力供給に携わるようになった。PURPA 法の施行後は、新規の発電容量拡大の過半は、IPP 事業者による供給されてきている。

コージェネ導入に対する助成策としては、1978 年のエネルギー税法による優遇措置が設定されている。

米国では、IPP（独立系電気事業者：Independent Power Producer）制度が導入されており、発電部門における競争市場の創設が目指されてきている。この IPP 制度の導入の効果もあって、米国ではコージェネの技術革新が急速に進んでいる。

IPP 事業者は、航空用ジェットエンジンを発電用に転用して用いてきており、安価なエンジンの入手が可能となっている。航転型ガスタービンと呼ばれるこれらジェットエンジンは、350 ドル/kW とたいへん安価であり、入手、あるいは設置ともに簡単にでき、窒素酸化物、二酸化炭素の排出量とともに大幅に減少している。

ボーイング 747 のジェットエンジンを転用したもので、設備容量は 48MW と小さく、在来発電所に比べ、窒素酸化物が 90%、二酸化炭素が 60%減少したと報告されている。（柏木ほか 1996 p.198）

米国では多くの州で、電力会社は発電と節電のあらゆる現実的な方法を便益、コスト、環境コスト、の面から検討する統合資源計画（IRP：Integrated Resources Planning）を実施するように義務づけている。このため電力会社の発想も、従来のように電力単価に基づいて使用量を徴収するのではなく、使用効率と使用量からサービスの対価を得るように電力料金の設定を方向転換する必要性が出てきている。

逆潮流および売電に関しては、米国の電力会社は、コージェネによる発電に対しては、回避可能原価（アボイデッドコスト：Avoided Cost）にもとづいた料金で買い取ることが義務づけされている。取引価格は地域差および条件差が大きい、ほぼ 2~8 セント/kWh である。また、系統連係としてはほとんどが並列運転となっている。

その他、予備電力に関しては法律による規定がある。

### （3）地域熱供給における燃料

米国では石炭が豊富に埋蔵されているために、都心部でも石炭を焚く地域熱供給が行われる例が生じている。都市部であっても市域が広いために、石炭が野積みで貯蔵されて地域熱供給プラントの燃料とされている例も未だに存在している。(ワシントンでの例；日本地域熱供給事業協会 IDEA 報告書、1996年12月)

熱源別に見ると、天然ガスが46%、石炭が22%、電気が21%、石油が9%、再生熱および廃熱が1%となっている。

米国では規制緩和が進められてきた効果によりガス価格が低下しており、しかもガス・パイプラインが全米に張り巡らされており、ガスの輸送を行うためにも各種のルートと手法があり得る。この競争の結果、輸送コストも低下してきている。また、環境面からもガスの利用が有利であることもあって、地域熱供給の燃料としてガスが選択されるケースが増えてきている。

ガス部門の規制緩和の進捗により、ほとんどの産業需要家とほぼ4分の1にあたるガス需要家である家庭では、自らガスの供給先を選択することが可能となっている。

熱供給事業の燃料としては主としてガスが利用されているが、その他、NO.2 および No.6 の燃料油も2割程度用いられている場合がある。これら燃料油が用いられる場合には脱硫設備の設置が必要となる場合が多い。

米国ではごみを資源として利用する試みが成果を上げている例がある。カリフォルニア州のサンタモニカの例であるが、1970年代に山間部に多量に投棄された5,000万トンに達するごみから発生するメタンを50%程度含む低カロリーガスを送る近くの大学へ送り、ガスタービン、蒸気ボイラー、ガス吸収式冷房装置を設置してカスケード利用を図っている。この例では、発電能力は4万kWである。連邦エネルギー省(DOE)は、こうしたごみを有効利用するシステムに対して補助金を支給しており、100万BTUあたり1ドルの補助金を支給しており、既存の天然ガス価格が1ドル/100万BTU程度と低いのと比べると、割のいいプロジェクトとなっている。(月刊「エネルギーフォーラム」99.1 p.141)

#### (4) エネルギー政策

市場が大きく、規制緩和も進んでいるのが米国エネルギー市場の特徴である。

地域熱供給に関しては、優遇制度が米国の一部で冷暖房配管と蓄熱施設に対して行われている例がある。(日本熱供給事業協会 IDHCA 報告書、1994.10)

第一次石油ショック後に、電気事業に対する規制緩和を目的とする PURPA 法 (Public Utilities Regulatory Policy Act : 公益事業規制政策法) が、当時のカーター大統領の下、1978年に制定された。PURPA は、省資源と効率的な発電の促進を目的とした連邦法であり、同法の下で電力会社は小規模発電事業者やコジェネレーションからの余剰電力の購入義務が課せられた。それ以来、連邦レベルで多くの小規模電源が出現し、卸売市場が急速に拡大し、かつ、地域熱供給事業者にも活躍の余地が広がった。

1992年のEPA法(Energy Policy Act)は、さらに、地域熱供給事業者が電力の大口市場で自由に競争することを可能とした。



米国のエネルギー政策の特徴として、DSM および統合資源計画（IRP）をあげることができる。DSM とは、新たな電力需要を、発電所の増設ではなく省エネルギーで賄うもので、住宅断熱・太陽熱温水器・照明取り替え・植樹などのプログラムがある。IRP とは、DSM を発電所と対等に評価し、環境などの要素を含めて全体の費用を最小化する計画である。IRP 自体は市民の要求と電源立地難を背景に、いずれも電力会社による自主プログラムとして 1970 年代から行われていたが、1980 年代後半に DSM 導入を促進するインセンティブ規制が導入され、1992 年のエネルギー政策法（EPA）に基づいて IRP の提出が電力会社に対して義務付けられてから活発となった。特にカリフォルニアにある 2 大電力会社 PG&E と SCE が、全米で DSM プログラムへの出資最上位 2 社であり、サクラメント電力公社（SMUD）も地方公営電力では DSM プログラムに多額の出資をしている会社である。なお、ヤンキーロー原発、サンオノフレ原発 1 号機、トロージャン原発はいずれも IRP による評価に基づいて、1992 年に閉鎖された原発である。

#### （５）エネルギー課税

地域熱供給事業に対しても、エネルギー供給を行っているという点に着目して、州政府あるいは自治体等による地方税が課されている場合が多い。

熱供給施設の償却期間が 20 年程度と長くなっているが、この点が新規設備の導入を妨げているとして、米国の熱供給事業者協会では、償却年数の短縮を目指しているところである。ただし、米国における熱供給事業者は、ボイラー等の設備を、メンテナンスを繰り返しながら 40 年から最大 60 年程度使いつづけるという姿勢を取り続けてきており、ライフサイクルアセスメントの観点からは、資源の有効利用として望ましい姿勢であると言える。

#### （６）エネルギー供給産業

米国は 100 年以上にもわたる地域熱供給の歴史を持っており、最初の地域熱供給は 1877 年にニューヨークのロックポートにおいて実施されている。その後も、火力発電所からの排熱を利用して、近隣地域への配管による地域熱供給が実施された。

1962 年には、米国ハートフォード市での都市再開発事業の一環としての地域冷暖房が導入された。同市では最初から営利事業として暖房とともに冷房事業も開始されたという意味で世界最初の試みであり、大きな意味を持つ事業であった。ハートフォード市の地域冷暖房関係者が「地域冷暖房が都市を育てて来た」と語った、との報告がなされており（地域冷暖房協会 IDHCA 報告、1994.10）、人工的に形成されてきた傾向が強い米国の都市においては、地域冷暖房施設を計画的に導入して、その普及が図られることで都市が育ってきたという面があることを指摘することができる。

米国では、エネルギー分野の自由化を進める中で、多様な燃料源の中からコスト競争に勝ち抜いた資源が選択され、事業として成功を収めるという試練の中にエネルギー産業も置かれている。地域熱供給事業も、他の燃料との競争に勝ち抜いて地歩を築いてきており、こうした発展の歴史があるからこそ、熱供給設備の更新時にもその経験が活かされて、事業者が需要家に対して柔軟な対応を行うことが可能となっており、需要家の要請に柔軟に対応しているからこそ地域熱供給事業が生き残ってこ

ることができたということができる。

米国内では熱供給事業者間の買収、被買収が頻繁に繰り返されている。また、コージェネレーション会社から、エネルギー・ネットワーク会社が蒸気や温水を買い取って、需要家に供給する仕事を行っているところもある。

資本系列で見ても、米国の大手の地域熱供給会社には、米国資本の企業ばかりでなく、欧州系の資本の企業もあり、熱供給事業が国際的なビジネスとして成り立つ可能性を予感させる。

地方自治体から公益事業として認可されると、地域熱供給事業者は、導管の敷設等において個別の許可を必要としなくなるというメリットを享受できる。その他、導管、ストレージタンクに対する補助金の制度も設定されている（メリーランド州の例）。ただし、コネチカット州では、地域配管の埋設には市の許可を一度だけ取得することが必要とされている。同州でも、一度許可を取得すれば、2度目からは許可を要しないとされており、道路使用料も課されていない。

また、蒸気の供給を受ける家庭は、年間所得が低い場合には地方自治体から補助を受けられる制度が設定されている（ボルチモア市の例）。

米国では、1992年のエネルギー政策法 172 項（地域冷暖房プログラム）および 545 項（エネルギー保全措置に関する予算の取扱い）で、地域冷暖房の促進を規程している。連邦政府および地方自治体が熱供給事業に携わっている例も存在している。ただし、自治体より地域指定を受けて、民間企業が都市内で地域熱供給を行う例が一般的である。

連邦政府の建物管理会社である GSA (General Services Administration) は政府機関の一部であるが、連邦政府財産法に基づいて政府建物の管理を実施してきた。ワシントン DC 内の連邦政府建物(100棟を超える)に対する地域熱供給も、GSA が担当してきた。現在、GSA が従来実施してきた政府建物に関する地域熱供給業務を民間に一部移譲することが可能かどうか、そうすべきかどうかを検討されているところである。

米国における地域熱供給の熱媒としては、蒸気が 80%、冷水が 15%、温水および電気が 5%となっており、蒸気による供給がほとんどを占めている。

なお、米国最大の熱供給事業者は、ニューヨークのコンエディソン社である。

米国では、地域熱供給設備およびそれを収容する建て屋のデザインの面で優れた施設が多くなっている。プラントを収容するとは思えないようなオフィスビルの外観を持っている施設も多く、設計面での洗練さが米国の地域熱供給における先進性を示す点の一つとなっている。（例えば、シカゴ Union Thermal Technologies, Inc. の例、IDEA 出席者報告書）

設備の容量も、将来を見越して大き目に設計されることも多く、土地代が安いために、例えば日本と比べると設備に割ける資金が多くなっている。

米国では、熱供給設備の運転費の合理化を、最近では、電気は 1 時間毎、ガスは一日毎に価格交渉を行って購入先の決定を行っている例がある。この場合電気は、正時 20 分前にオーダーし、10 分後まではキャンセル可能となっている。

競争が厳しいために、プラント建て屋の空き空間は立体駐車場として利用する等、米国では採算性

の向上のためにあらゆる努力が傾けられている。

米国では、90年代にEPA法（Energy Policy Act）により、送電部分の開放、送電線のコモディティ化が進められることになった。カリフォルニア州では、電気事業は再編され、発電事業の一層の小規模分散化をもたらすとともに、電力コストが社会的に透明化したという効果が生じた。環境に対する配慮を払うように努めることは、米国では規制緩和を促進する効果を持つと考えられているが、米国では電力事業の規制緩和の推進により、発電および熱供給事業者数が増加しており、公正な競争が行われる可能性が拡大されたとして評価されている。98年現在では、連邦における30分ごとの必要電力量を示すとともに、その電力量に対して発電事業者が入札を行っている。このように必要な電力量が30分ごとに示され入札が行われると、30分ごとの価格の変動が明らかとなり、発電事業者と電力需要者、あるいはブローカーが皆この価格を見ながら取引を行うようになる。

米国の電気事業者数は3,000社を超えており、私企業はもちろんのこと、州等の公営の場合もあれば、協同組合、さらには連邦が行っているものまで様々であり、規模も千差万別である。総合エネルギー産業として、電気のほかに、ガス、熱供給も行っている場合も多くある。

コージェネの設備容量は2,500万kW程度あり、発電される電力量は、総発電量の10%程度に達している。コージェネレーションで発電される電気のうちの余剰電力については、発電された地域の電力会社が優先的に購入するように各州の制度が設定されている場合が多く、コージェネ発電の有利性を高めている。

電気事業は連邦関連の規制が存在するとともに、州内の規制も存在している。原則として、連邦エネルギー規制委員会（FERC）が州境を越える電力取引を規制しており、一方、各州の中での取引と電気料金に関するいる場合も多くある。

コージェネの設備容量は2,500万kW程度あり、発電される電力量は、総発電量の10%程度に達している。コージェネレーションで発電される電気のうちの余剰電力については、発電された地域の電力会社が優先的に購入するように各州の制度が設定されている場合が多く、コージェネ発電の有利性を高めている。

電気事業は連邦関連の規制が存在するとともに、州内の規制も存在している。原則として、連邦エネルギー規制委員会（FERC）が州境を越える電力取引を規制しており、一方、各州の中での取引と電気料金に関する規制は各州の公益事業委員会が行っている。

電力産業は電気方式の空調システムの導入に熱心であり、蒸気方式の空調システムとは値引き競争が行われている。米国では夜間の電気料金の値引きが広く行われている。

#### （8）環境面での配慮

各州、各市の大気汚染防止条例等の環境規制は年々厳しくなっている。特に、NO<sub>x</sub>およびSO<sub>x</sub>規制が厳しく行われている。そのためNO<sub>x</sub>測定のためのアナライザー設置が求められる例も出てきている。NO<sub>x</sub>は、排出量に応じて州税が課されることになる。

大気浄化法（Clean Air Act）により、1995年までにCFC冷媒を廃止しなければならず、冷凍機の冷媒をHCFCに変更する等の作業が必要であった。

ただし、米国で目に付くのは、「迷惑施設」であるごみ焼却場と発電プラント、地冷プラントが一ヶ所に、しかも都市部の真ん中に置かれている例があったり、周囲の環境と調和した施設として設置されている例も米国では少なからずあり、環境との調和が図られている例が多い。

#### ( 9 ) 地域冷房

地域熱供給で 100 年に達する歴史をもつ米国でも、地冷に関しては、80 年代から導入が進められ、90 年代に入ってから本格的な普及が始まっている。地冷は比較的新しい事業であるが、比率で見ると、冷水を供給している地域熱供給施設の数 は 33% に達しており、現在も急速に導入が進みつつある。このため、冷熱蓄熱が特に夏場に電力需要の増大を抑える技術として注目されている。

都市部でも再開発が行われると広大な土地が提供される場合があり、そうした土地には、熱供給事業者が新規に冷熱供給を行う場合が多くなりつつある。

地冷は、ニューヨーク、サンフランシスコ等の集積度の高い都市でないとペイしないと、一般的には考えられている。地冷の導入に関してはたいへん高い採算性が求められている場合が多く、地冷化による設備投資増額は 2 年間で回収できることが採算をとるために必要であると言われる。(日本熱供給事業協会報告書、1995.12)

#### ( 10 ) 将来展望

米国での地域冷暖房導入の歴史が古いのは、暖炉を利用した暖房が集合住宅では危険であり、より効率の良い暖房方式を追求したために普及が促進されたと考えられている。ただし、近年においては、効率性と経済性の上昇、都市問題、さらに地球環境問題の視点からの地域冷暖房の重要性への理解が進んできつつある。

米国では設備を大事に使い、例えばボイラーを、メンテナンスを繰り返しながら 40 年程度使用し、さらにその後も 20 年程度も寿命を延ばして使用する例も見られる。ただし、100 年もの地域熱供給事業の歴史を持つ中で、取り替え更新時期を迎える設備は毎年のように出ている。地域熱供給設備の更新時には、規制緩和により採算性が向上したコージェネによる電気の販売を行っていなければ、まずそれを行うことが必要である。次に、冷水の供給と販売を行うことも採算性の教条に役立つ可能性が高い。さらに、発電の廃蒸気等を利用した大型蓄熱槽の地中への設置を行う等、近年になって技術的に有利となってきた付帯設備を導入して採算性を向上させる努力が必要となる。

米国では、古くは 100 年以上も前から都市部において地域熱供給が導入されてきた。熱供給設備の耐用年数は 20 年程度となっているが、実際には 40 年あるいは 50 年にわたり、設備更新とメンテナンスを繰り返しながら、設備が使われていくことが多い。それでも、地域熱供給の長い歴史を持つ米国では、施設の更新時期を迎える施設が、毎年、多く出てきており、こうした設備の取り替え時期を目指して新規の地域熱供給を地域熱供給事業者が全面的に工事を請け負って実施する例が多く見られる。熱供給事業者の課題としては、単一のユーザー相手ではなく、複数のユーザー向けの事業として供給対象を拡大していくことができるかという点がある。ただし、地域熱供給においても競争が激しい米国で、事業者が勝ち抜いていくためには、常に新しく革新的な技術を提示して顧客にアピールし

ていく必要がある。

一方、郊外型の大規模な発電所の新規立地は、規制が厳しくなっており、さまざまなアセスメントをクリアしないと認められない。コスト的にも、新規立地は難しくなっている。そのため、既存施設の改良・追加・取り替え投資ですみ、規制も比較的緩やかな地域熱供給設備の増強が進められつつある。

取り替え投資という点では、1995年のフロン製造の禁止により、既存設備の改良が必要とされ、既設ビル等の施設改良が必ず行われることになったために、地域熱供給設備に対する投資が増大した。その他、地下水位の上昇を懸念して井戸水の利用が制限されると、冷房用に地域熱供給設備の導入が進む事になった。

米国では、各地域のエネルギー需要に合わせた形での多様な技術の組み合わせが用いられており、蒸気、温水、冷水の組み合わせ、電力、ガス、石油、石炭の選択、さらに各種のエネルギー変換、分配およびプロセス自動化技術、エネルギー貯蔵、チラー技術、ヒートポンプ、あるいは排熱の回収、が行われてきている。

地域熱供給事業の買収も米国ではよく行われてきており、ガス会社が開始したプラントが、地域熱供給専門業者に買われるといったこともしばしば生じている。

米国でも、1992年までは政府の資金提供によりアルゴンヌ国立研究所等で技術開発が進められてきたが、現在では、政府資金による研究は打ち切られており、民間企業が民間の資金により研究を進めてきている。

今後も、電気事業の規制緩和において先頭を切っている面が強いカリフォルニア州を始めとして、米国の各州におけるエネルギー関連の制度の変遷と新技術の導入の動向をフォローしておく必要がある。

## 2. カナダの熱供給事業

カナダで最初に熱供給施設が導入された都市は、人口30万人のロンドン市(London)が最初であり、1923年のことであった。地域冷房も、このカナダ最初の熱供給施設に、90年代に入ってから初めて導入されている。

カナダは国土が広大な上に、気候が寒冷であり、他方、豊富なエネルギー資源が存在しているために都市向けの熱供給事業においては様々な試みが行われてきている。カナダの都市部の建物向けに、現在、政府が進めているプロジェクトに、C-2000プロジェクトがある。このプロジェクトは、先進的なビルの建設を促進する効果をねらっており、省エネルギーと環境に関し、省エネルギー基準に基づくビルデザインの選択、断熱、日照管理、自動照明管理、高効率ボイラ、冷凍機、水循環システム、コーティング二重ガラス等において厳しい基準を設定している。このプロジェクト実施の効果がすでに出てきており、さまざまな省エネ設備を採用したビルが増加してきていると評価されている。

その他、カナダでは、豊富な地下水を利用した冷暖房、ソーラー集熱システム、ヒートポンプの利用拡大、地中熱交換器の利用等、種々の試みが行われている。

熱供給産業間の競争はたいへん厳しく、規模が違うそれぞれの施設で、工夫を重ねて既存の設備の利用効率を上げたりして競争力の維持を図っている。地域熱供給の設備費の8割が導管のコストとその敷設工事費であると言われるが、カナダでは10インチ管1本あたりで200~250カナダドル/ft(約17,000~20,000円/m)となっており、日本と比べると格段に安くなっている。

地域熱供給に関しても、市場での自由な競争に任せるのが原則であり、他の燃料との競争に勝たないと地域熱供給の普及は見込めない。環境に対する負荷の軽減が可能であり導入にメリットがあるとしても、カナダ政府や地方自治体からの、地域熱供給に対する補助金の支給といった直接的な支援は行われていない。

## ． 欧州諸国の地域熱利用システムの現状

### 1． 欧州全体のまとめ

欧州諸国は、地域熱供給の先進地であり、全般的に見て、地域熱供給の導入比率は高い。特に、地域熱供給がよく利用されており、導入が進んでいる国としては、デンマーク、フィンランド、ドイツ（特に北部）、フランス（パリ周辺地区）、スウェーデンをあげることができる。また、現在、急速に普及が進んでいるのが英国である。そのほか、導入が徐々に進んでいるものの、まだかなりの導入余地が残されている国としては、オランダをあげることができる。なお、都市として、地域熱供給の配管ネットワークがよく整備されているのは、パリ、コペンハーゲン、ベルリン、ヘルシンキである。

また、地域熱供給の導入がまだ進んでおらず、今後、導入拡大の余地がある国としてはオーストリア、スイスをあげることができる。

その他、地域熱供給導入の必要性が比較的小さい欧州の国としては、イタリアがある。また、ノルウェーでは水力発電が盛んであり、電力価格が安いために、電気による暖房が普及していて、地域熱供給の導入はそれほど多くない。

EU では 1988 年に理事会勧告を出して、コージェネ（CHP）再生可能エネルギー、ごみ発電の利用促進を目指すとしており、余剰電力の回避可能原価での購入を電力会社に求めている。また、発電設備を設置する場合には、コージェネ設備を導入するよう求めている。

EU は、エネルギー節約と再生可能資源の利用拡大を目指した SAVE と呼ばれる省エネ・プログラムを作成しており、コージェネの導入促進もこのプログラム中に含まれている。現在は、引き続いて SAVE II プログラムが進行中である。

EU は、97 年に「コージェネの促進とその発展障壁を取り除くためのコミュニティー戦略」と題する通達（草案）を作成している。この中では、環境保護と気候変動問題に対するコージェネの役割、コージェネ導入の数値目標の設定、様々な EU プログラム中におけるコージェネの位置づけ、加盟国間での情報交換と協力の取り付け、各国のエネルギー市場自由化にコージェネおよび地域熱供給導入が与える影響の分析、外部コストの内部化のために、国の関与はいかにあるべきかというコミュニティー・ガイドライン、コージェネと地域熱供給に対する財政援助策等が記載されている。

1994 年の統計によれば、EU 加盟 15 カ国全体では、全発電設備容量に占めるコージェネの比率は 13%、総発電量に占める比率は 9%となっている。

欧州では、90 年代に入って電力の規制緩和が進められたために、小規模分散型発電事業の電力市場への参入余地が拡大している。ただし、電力市場での競争が激しくなったために、コージェネおよび地域熱供給といった小規模な発電を行っている事業者は、燃料の共同購入を行って燃料購入代金の節約を図っている。

EU 加盟国が、ギリシャとアイルランドを除いて、99 年 2 月より電力市場の自由化を始めている。99 年現在では、さらに、EU 加盟候補に上がっている中東欧の 11 カ国に対して、電力自由化を進められるように、世銀の資金支援等の制度を準備しつつ行動計画を作成中である。北欧では、スウェー

デン、ノルウェー、フィンランドが共通の電力市場創設に動いており、各国に電力取引所も設立されている。

欧州では、電力市場の国の枠を超えた発展が目指されており、EU も積極的にこの動きを援助する姿勢を見せている。例えば、EU が補助金を支給して海底電力ケーブル敷設のプロジェクトが進められてきている。98 年末にはスウェーデン - ポーランド間（99 年末完成）、オランダ - ノルウェー間（2001 年完成）の海底電力ケーブルの敷設計画が開始されることになっている。これらの計画は、汎欧州ネットワーク計画（TEN 計画）の一環であり、実現性あるプロジェクトのうち、特にこの 2 プロジェクトに対しては、資本費用の援助として EU が支出する最初のケースとなっている。

欧州諸国の中には、電力市場規制の緩和を進める一方、積極的にコージェネ等の分散化発電に政府と地方自治体からの助成を行っている国もある。そうした国としては、デンマークおよびオランダがあり、コージェネおよび地域熱供給事業の導入が進むという成果が出ている。

その他、電力規制緩和の影響により、フランスを唯一の例外として、欧米諸国では、原子力発電が、特に初期投資が膨大であるために、他の発電システムとの競争に敗れてしまい、既存の投資額を回収できない部分であるストランディッド・コストを電力料金から回収できない事態が生じてしまうことになった。米国でも、原子力発電所を運転する電力会社の最大の悩みは、今後フェーズアウトしていく既存の原子力発電所を廃棄するための費用を、電力顧客から徴収できるかという点である。

その他、新エネルギーである風力、太陽光等は、単位面積当たりのエネルギー密度が小さいために、エネルギー供給量を急速に伸ばすことは困難であり、即効性のある対策として過大な期待を持つことはできないことがはっきりしつつある。

したがって、スウェーデンのように、耐用年数が到来した原子力発電所から次第に廃棄していく計画を立てている国では、CO2 排出量の増大に繋がらないと考えられる再生可能資源であるバイオマスを利用した地域熱供給の促進が大きなテーマとなっている。

燃料選択に関しても、注目されるのは、ガスが豊富で安価な供給が可能なオランダに、これ以上ガスによる発電を増加させるべきではないとの意見が出されていることで、EU もこの主張に賛同して、環境保護の観点から、海底電力ケーブル敷設のために財政的支援を行っている。

EU 内の各国が独自の動きをして、電力市場の育成を妨げることがないように、EU は努力をしているということができる。

欧州では、コージェネは長い歴史を持っており、しかも近年は省エネルギーと環境への配慮のために、コージェネ導入のために各国が政策として助成策を採用する動きが見られる。

## 2．オーストリアの地域熱利用システムの現状

### （1）熱需要

地域熱供給が行われている比率は、北部地域で高くなっており、その一方、南部地域では平均より



も低く 1%から 4%程度の低い比率にとどまっている。オーストリアの全フラット数 305 万 1 千戸のうち、10%にあたる 30 万 6 千 200 戸に地域熱供給が行われている（1995 年の数値）。特に、首都のウィーンでは地域熱供給の比率は 17%となっており、オーストラリア中で最も高くなっている。

また、1919 年以前に建築されたフラット数でみると、そのうちの 57%では未だに暖炉（oven）による旧式の暖房が用いられている。1981 年以降に建築されたフラットでは、暖炉等の旧式の個別暖房が行われる例は 16%と低くなっており、地域熱供給の導入が進んでいる。

なお、地域熱供給パイプラインの総延長は 2,047km に達している。

## （ 2 ） 熱市場での競争

地域熱供給がオーストリアで開始されたのは 1949 年で、産業用プラントの導入が、業務用および家庭用の地域熱供給システムの導入に先行した。現在、オーストリアには公営、民営等様々な経営形態の地域供給会社が存在しており、企業数は 42 社に達している。特に、ウィーン市では全市域の 25% に達する地域を地域熱供給の熱供給導管が結んでおり、普及が進んでいる。

また、オーストリアではごみ焼却場の排熱の有効利用が進んでいる。

## （ 3 ） 地域熱供給における燃料

以下の表は、オーストリアにおける地域熱供給の燃料構成の比率（1995 年）を示している。天然ガスの比率がほぼ半分近くになっているが、石油製品の使用量も 3 分の 1 に達している。

ただし、地方では現在でもバイオマスの利用が拡大しており、今後も再生資源の活用が拡大する見込みである。

図表 9 オーストリアの地域熱供給における燃料構成（1995 年）

	燃料構成比 %
天然ガス	47.8%
石油製品	33.3%
石炭	3.2%
廃棄物およびバイオマス	15.4%
合計	100%

（資料）Euroheat & Power Fernwärme International

## （ 4 ） エネルギー政策

EU 指令に従い、オーストリアでもエネルギー分野での規制緩和が進められてきた。例えば、石油、石炭、ガスの輸入ライセンス制度は廃止されている。従来、オーストリアでは、エネルギー価格が、近隣諸国と比べて、高めで推移してきた点が問題とされており、エネルギー供給の安定を損なわずに、

かつ安価なエネルギー源にシフトしていく必要性があると言われてきた。主要なガスの供給源はロシアであり、ノルウェーからのガス輸入の拡大を進めてきている。また、オーストリアのガス貯蔵能力が高いことから、近隣の欧州諸国との間でガスのスワップ取引も行われている。ガスの融通の実績を作っておくことは、エネルギー安全保障に役立つと政府は考えており、民間ガス企業にこうしたガスのスワップ取引を進めるように提案している。また、政府はガス価格に上限規制を設定しているが、この規制に対しては、OECD・IEAからは、撤廃するように助言を受けている。

ガス産業ではOMV社が圧倒的に大きな力を持っており、競争は限定的となっている。今後は、EU指令に従い、ガス市場も自由化の促進が行われていく見込みである。

オーストリアは連邦国家であり9地域(Laender)から構成されている。この地域と各市(特に主要5都市)が電力供給公社を持つか、あるいはウィーンのように市が直接電力事業を実施しているところもあり、エネルギー供給あるいは政策における担い手となってきた。他の西側諸国と比べると、オーストリアでは公的機関がエネルギー市場で果たす役割が大きかったといえることができる。

現在、電力産業では、高圧の送電網を独占的に管理してきた国営の電力企業 Verbundgesellschaft に対して、サードパーティー・アクセスの義務が設定される予定で、法案が準備されているところである。

#### (5) エネルギー課税

エネルギー価格に対して環境負荷を見積もり、外部費用の分をエネルギー価格に上乗せする外部費用の内部化手法の導入が、現在、オーストリアで検討されている。

なお、石油課税において、軽油に対する課税が、ガソリン課税よりも割安であったために、輸送用の軽油需要の急拡大がもたらされている。

#### (6) エネルギー供給産業

オーストリアでの最終エネルギー消費統計を見ると、熱エネルギーのうち41%が低温度の熱需要として消費されている。熱回収が可能であれば発電とともに、熱利用も可能となると考えられ、この熱回収のためには地域熱供給を増設していくことが極めて有効であると判断できる。

オーストリアには42社の地域供給会社があり、それら供給会社の経営形態は、公営、民営等様々なものが存在している。1995年における地域熱供給量は9,596.4GWhであり、89年から94年までの熱供給量の増加率は5%/年を超えている。特に、1995年の産業用、業務用を合わせた熱販売量の合計は、対前年比で13%増大しており、熱供給事業の拡大により、熱需要量が増えてきているといえることができる。

#### (7) 電力産業

1999年2月には、EUの電力市場自由化に合わせて、同国の25%にあたる電力市場の部分自由化が行われている。同国では、自由化は緩やかに実施される予定である、2003年で電力市場の33%が自由化されることが予定されている。

発電部門で、従来から力が入れられてきたのは水力発電である。近年では、再生可能資源の活用も目指されてきた。電力産業には競争を促進する政策が導入されている。

オーストリアでは、国営の Verbundgesellschaft が電力卸しを行っており、高圧の送電網を独占的に管理してきた。同社の子会社である発電会社の発電量は、オーストリア全体の 39% に達しており、オーストリア内で大きな存在となっている。また、電力の輸出入に関しても Verbundgesellschaft が独占してきた。

その他、地域ごとの電力供給会社は、それぞれの地域で支配的な地位を確立してきた。それぞれが発電を行い、不足分は国営の Verbundgesellschaft から買電を行ってきた。

#### ( 8 ) 環境面での配慮

政府は CO<sub>2</sub> 削減目標を設定する一方、再生可能資源の導入促進を図っている。

SO<sub>x</sub> および NO<sub>x</sub> の排出量は政府の施策により大幅に減少しており、一人当たりの CO<sub>2</sub> の排出量においても OECD の平均を大幅に下回っている。政府としては 1988 年の実績値を 2005 年で 20% 下回る目標を立てているが、この目標を達成するように CO<sub>2</sub> 排出量を削減する事は現在の排出量がすでに減少してきているために困難となっている。

ただし、今後も政府は、課税、あるいはラベリング、基準値作り、自主的規制等の手法により環境負荷低減に取り組む予定である。

#### ( 9 ) 地域冷房

冷房需要はそれほど小さくなく、自然換気の利用が図られている。

#### ( 10 ) 将来展望

エネルギー分野では、石油産業のように完全自由化が行われている部門もあるものの、ガス産業では OMV が飛び抜けて大きな存在であり、電力分野では、国営の Verbundgesellschaft が電力卸しを独占的に行ってきた。

地域熱供給分野では、今後、地域、市等から分離独立した熱供給会社がコスト効率面に配慮して需要の開拓を行っていく必要がある。

### 3 . デンマークの地域熱利用システムの現状

#### ( 1 ) 熱需要

デンマークは北緯 55 度から 57 度に位置しており、大陸性気候と海洋性気候の両方の気候を併せ持っている。暖房度日 ( 17 度 C を基準とする ) で見ると、3,060 時間となっており、寒冷な気候に位置していると言える。

デンマークはエネルギーの対外依存度が高く、そのため政府は熱供給事業におけるエネルギー消費の削減に努力してきた。政府が設定した建築基準はエネルギー効率向上を目指して、省エネルギーのための厳しい基準が設定されている。

デンマークでは、1970年代には、エネルギー自給率 1.5%、石油依存率 89%、石油の中東依存率 90%超であったが、92年においては、再生可能エネルギーは一次エネルギー供給の 6%を占め、石油依存率は 48%にまで低下している。風力発電は一次エネルギー供給の 3%を占めており、再生可能エネルギー中では最大である。2000年には 10%を超える見込みとなっている。

現在、コージェネ比率が高くなっており、総発電量の 25～30%を占めるまでに至っている。

## (2) 熱市場での競争

デンマークでは熱需要の 35%が地域熱供給により供給されており、2020年には 60%に達する計画が作成されている。

デンマークの熱供給市場において、地域熱供給事業と競合するエネルギー源としては、灯油あるいは天然ガスを利用した独立型の熱供給事業がある。同国の年間の熱供給販売量は、7TWh (25PJ) に達している。これらの熱はそのほぼ全てが CHP プラントから供給されている。熱供給区域は 63カ所存在しており、すでに 60年代から 70年代にかけて、熱供給が開始されているところが多くなっている。

その後、デンマークでは、石油危機以降、地域熱供給のいっそうの導入を政府が強力に推し進めてきており、首都のコペンハーゲンでは天然ガス供給地域と熱供給区域とのゾーニングが行われ、このゾーニングが行われたことで地域熱供給の導入が促進される成果が出ている。

図表 10 デンマークの業務用ビルの熱供給シェア

	構成比 %
地域熱供給	49%
灯油暖房	22%
電気暖房	5%
天然ガス暖房	18%
その他 (材木等バイオマスなど)	6%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

デンマークの国内で供給可能なエネルギー源としては、バイオマス類として藁くず、木材チップ、ごみ、天然ガスがある。国内から生産される天然ガスは小規模なコージェネ (CHP) の燃料として利用されてきている。地域暖房の 60%が CHP プラントから供給されている。デンマークでは、すべてのごみ焼却場で熱の活用が行われている。

地域熱供給用の燃料のコストを比較すると、以下の表のようになる。地域熱供給が 380 デンマーク・

クローネ/MWh であり、灯・軽油と比べてもコスト面で有利となっており、さらに、電気暖房の価格と比べると、さらに有利となっている。このように、地域熱供給のコストが有利であることは、地域熱供給の増大に役立ってきたと見られる。

図表 1 1 デンマークの地域熱供給用の燃料コスト比較 (1996 年)

	コスト (デンマーク・クローネ/MWh)
地域熱供給 (中間値)	380
灯軽油	450
電気暖房 (戸建て住宅用)	780

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

デンマークでは、ガス・エンジン排気の熱利用を奨励するために、補助金システムを導入している。同国で導入が進められてきたのは、小規模コージェネ・システムと産業用ミニ・コージェネ・プラントという分散型コージェネであり、導入促進のために策定された長期開発プログラムにしたがって、両プラントの導入件数は、近年、急速に増加してきている。

デンマークでは、ガス火力分散型コージェネの導入件数が近年伸びてきている。今日、コージェネはガス火力で効率的に使用されており、ここ 5 年間でほぼ 0 から約 1,200MWe まで増加した。ガスタービンプラント (5 ~ 70MWe) が 25 台、天然ガス火力エンジン (7kWe ~ 8MWe) が約 500 台導入されて運転されている。

産業部門では、コージェネへの転換は各企業が自主的に実施してきた。ただし、従来から、地方政府は、コージェネ導入が可能な施設に対しては、熱心に導入を勧めてきた。政府は、1991 年にコージェネへの転換のために補助金制度を作り、助成に乗り出しており、その効果が少しずつ出てきているとされる。

産業用向け、特に、工業用にコージェネを導入する場合には、動力用の蒸気の需要量、スチームの需要量および熱需要の動向に左右される。ガスタービン・ユニットはガスエンジンより高価であるが、政府は、ガスタービン・ユニットに対しても、総合効率で一定の基準をクリアしていれば、補助金の交付が可能な制度を設けている。

地域熱供給事業としては、小型プラントによる地域暖房が普及してきている。産業用としては、企業向けのプロセス用スチーム・温水を提供でき、また、乾燥、加熱プロセスに熱を使用できる工業規模のユニットが使用されている。

なお、500kWe 以下の小型のガス・エンジンはそのほとんどが緊急用の発電機として設置されている。

その他、デンマークでは温室栽培が多く行われているが、この場合、電力、熱および CO<sub>2</sub> が利用されており、CO<sub>2</sub> が温室に供給されることで野菜の生産量を 30% 程度引き上げることが可能となったとの報告がある。

### (3) 地域熱供給における燃料

デンマークは石炭の全量を輸入に依存し、その他、石油も一部を輸入している。一方、北海から生産される天然ガスは貴重な国内供給エネルギーである。石油は、国内需要の一部が北海から生産されている。石炭は、デンマークのコージェネ(CHP)発電と熱供給のための最も重要なエネルギー源であり、60%のシェアを占めている。

一方、国内での天然ガス供給により、小規模のガス CHP プラントの設置が進んだ。現在では、デンマークの地域熱供給の90%はバイオマスあるいはCHPにより供給されるようになっている。

なお、デンマークでは、原子力発電は行われていない。

### (4) エネルギー政策

デンマークは、1970年代の石油危機で大きな経済的損失を被った。石油危機時までのデンマークは石油依存度がたいへん高かった。この時以降、エネルギー使用効率の向上、エネルギー需要抑制、エネルギー自給率の向上を目指した各種の施策が採用されてきている。

デンマークの経済成長率は1973年から1990年間で年平均2.2%であるが、その間にエネルギー消費量を総量で見ると7%低下させている。省エネルギーを達成しながら、経済成長を遂げた例として、同国のエネルギー政策は注目されている。

同国のエネルギー政策の重点は、(1)エネルギー節約、(2)国内エネルギーの利用、(3)エネルギー供給の保障、の3点にある。

ただし、近年においては、(4)環境面での配慮と、(5)エネルギー市場における競争の確保、が上記(1)~(3)までの3点に比べて、よりいっそう重要であると見なされるようになってきている。

70年代の石油危機以降、政府が進めたのはコージェネの導入と、ごみ焼却を利用した地域暖房プラントの導入促進であり、そのためには政府等の公的機関出資による地域熱供給会社の設立が行われた。石油暖房に対抗して、地域熱供給を拡大するために、石油に対するエネルギー税の賦課といった対策が採用されてきた。

同国で現在までに策定されたエネルギー計画としては、1990年作成の、2000年までのエネルギー計画である「ENERGY 2000」があり、その後、1993年にその修正版である「ENERGY 2000 Follow Up」が出されている。さらに、1996年6月に、2030年までの検討を行ったエネルギー計画である「Energy 21」が出されている。

「ENERGY 2000」、および、「ENERGY 2000 follow-up」では、CO<sub>2</sub>の排出量を2005年までに1988年レベルと比べて少なくとも20%削減することを計画している。

一次エネルギー消費に関しても、2005年までに1988年レベルと比べて15%削減する計画となっていた。さらに、1996年に作成された「Energy 21」では、CO<sub>2</sub>は移出量を1990年と比べて2030年までに半分以下に削減する計画となっている。

この「Energy21」における主要な課題は、省エネとエネルギー効率向上であった。一次エネルギー消費を削減する一方で、風力、麦わら、木屑、エネルギー作物、廃棄物、バイオガス(発酵メタンガ

ス) 太陽熱、地熱などの再生可能エネルギーが占める比率を 35%まで上昇させることが計画されている。

これら政策の作成に当たっては、以下の政策理念が策定されている。

#### 政策の理念

国際的意義（環境保全のための国際貢献）

決断すべき課題（可能かどうかの問題でない。科学的判断に基づく）

長期的施策（21世紀を見通した判断に基づく政策）

国民の支持（住民参加、情報公開、環境教育を重視）

上記の4項目の理念を実現するための方法として、コージェネ発電以外の禁止、コージェネの導入促進、地域暖房の導入促進が計画された。

政策の実現方法としては、以下の5項目に重点が置かれている。

#### 政策の実現方法

コージェネレーション（熱電併給=CHP）以外の火力発電所の建設は禁止

高エネルギー効率（約90%）の熱電併給（現在は60%）の普及

高い地域暖房（DH）の普及（現在；50%、大都市域65-70%を占める）

石油、石炭の削減、天然ガスと再生可能エネルギー（風力、太陽エネルギー、バイオマスなど）の利用推進

#### 民間と産業界における省エネの推進

デンマークにおける地域熱供給システムの特徴としては、高エネルギー効率が達成されている点と、多様な燃料が利用できる柔軟性のある燃料利用技術をあげることができる。地域熱供給のための燃料としては、化石燃料の他にも、廃棄物、およびバイオマスが利用されている。できるだけ多くのコージェネプラントで、化石燃料に加えてバイオマスを燃料として併用できる方式へ転換することが目指されている。

デンマークの地域熱供給においては、断熱が重視されており、技術的にも進歩しているとの評価がされている。また、低温運転を導入しているケースでは、熱損失の削減が達成されており高く評価されている。

その他、各燃料の環境負荷に見合った課税がなされているために、その価格を組み込んだ消費者価格が成立しており、環境負荷の観点から見て適切なエネルギー選択を促す社会的な仕組みが出来上がっているとされる。

デンマークでは、330社ある地域熱供給会社のほとんどに対して、住民参加が行われており、地域住民の意志が反映された運営が目指されている。これら企業は、消費者が株主となる消費者所有企業が大部分で、残りは、地方公益事業体が経営する地域熱供給事業となっている。

また、デンマークのエネルギー政策においては、エネルギー資源の最適利用を図るために、小規模コージェネの導入促進が目指されている。小規模コージェネの導入促進は、天然ガス、バイオガス等を燃料とすることで環境負荷の低減にも貢献できると考えられている。

政府が利用拡大を目指している再生可能エネルギーとしては、風力がもっとも大きなシェアを占め

る。その他、産業廃棄物、農作物収穫後のわら、木工製品製作後の木屑、バイオマスが含まれている。

デンマークのエネルギー分野への補助政策は、結果としてみるとたいへん成功しており、例えば、風力発電タービンの技術の向上という副次効果を生み、デンマークの風力タービンは世界市場の7割を占めるまでに成長して、強力な輸出産業となっている。政府は1989年までは、風力発電の設備投資に最大では30%補助金を支出していたが、風力発電産業が成長してきたために、1989年に補助制度を全廃して補助額をゼロとしている。

#### (5) エネルギー課税

デンマークでは、消費税VATは一律25%である。エネルギーに関連した税としては、1980年にエネルギー税が導入されている。ガソリンに対する課税率は高く、このエネルギー税の賦課により石油と石油製品価格は上昇し、石油消費量の抑制の効果が出た。

エネルギー税は、再生可能エネルギーを利用した発電に対しては無税とされ、民間企業の売電に関しても、燃料を再生可能エネルギーとする場合には、税額の還付制度が設定された。

1992年5月には炭素税が導入されている。炭素税の賦課は、北欧諸国の中では一番後であった。既にガソリンにはエネルギー税が課されていたために、炭素税は、ガソリンと天然ガスには課されず、軽油、重油、ディーゼル油、LPG、石炭に課された。炭素税の税率は、CO2排出1トンあたり100デンマーク・クローネである。

産業部門の室内暖房に対して重課が行われている。また、発電用の燃料と、原料として使われるエネルギーに対しては非課税となっている。一方、電力に対してはエネルギー税と炭素税がともに課されている。

以下の表は、石油(燃料油)、石炭、天然ガスの3種類のエネルギーに対するエネルギー税と環境税の合計額である。

図表12 デンマークのエネルギー課税額

	課税額(デンマーク・クローネ/MWh)
石油(燃料油)	184
石炭	170
天然ガス	180

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

なお、バイオマス燃料である藁くず、木材チップ等に対する課税は行われていない。

#### (6) エネルギー供給産業

地域熱供給事業は、各地域の公共団体あるいは民間の企業により実施されている。デンマークには425社の地域熱供給企業があり、これら企業のうち250カ所が電力供給も行っている。425社のうち



約 200 社が完全私企業であり、残りの企業には自治体が資本参加している。大都市地域では、電力供給と地域熱供給が合体した企業が公営企業として熱供給を行っている場合が多くなっている。

デンマークでは地域熱供給（CHP）の導入により毎年 30PJ もの燃料消費を節約できていると見なされる。

首都のコペンハーゲンには、1996 年で 32 万 5 千軒の家屋に熱供給が行われている。

首都で熱供給を実施している大企業には、東部地区の CTR 社と、西部地区の VEKS 社、それと Vestforbraending 社とがある。東部地区の CTR 社と、西部地区の VEKS 社とは熱の相互利用が可能なネットワークを形成している。

コペンハーゲンでの熱生産熱源の割合は、コージェネ（CHP）が 63%、ごみ焼却熱 34%、ボイラー排熱 3%となっている。CTR 社のみを見ると、コージェネ（CHP）が 71%、ごみ焼却熱 19%、その他 10%となっている。

VEKS 社は 10 の自治体が出資して設立しており、熱は 19 社の熱配分会社に供給している。

#### （ 7 ） 電力産業

1996 年の改正電力供給法により 100GWh 以上を消費する企業あるいは配電会社は、サードパーティ・アクセスを要請できるようになった。99 年 2 月には EU の電力市場の開放に合わせて、デンマークの卸売り電力市場の 90%が対外開放されている。

電力会社としては、ELSAM と ELKRAFT の 2 大公的企業がそれぞれ垂直統合を行ってきた。地域的にもこれら 2 大企業のエリアは分割されており、対外的にも、ELSAM はドイツ、ノルウェー、スウェーデンと電力グリッドの接続を行ってきた。一方、ELKRAFT はスウェーデンおよびドイツとグリッドの接続を行ってきた。これら統合された電力会社の下、105 社におよぶ配電会社と 8 社の発電会社が存在しており、総発電能力は、デンマーク全体の 75%に達している。残りの 25%は CHP により発電されている。

デンマークにおける、2 大電力会社を除いた電力供給の構成比は、以下ようになっており、大規模コージェネ（CHP）の占める比率が高くなっている。96 年末では、コージェネ（CHP）の発電能力は 1,400MW であり、そのほとんどは最近 5 年間のうちに 0 から導入されたガス火力コージェネが占めている。その他、自家発電が 200MW となっている。

図表 1 3 デンマークにおける電力供給の構成比（1995 年）

	構成比率 %
大規模 CHP ステーション	84%
小規模 CHP ステーション	10%
風力	3%
その他	3%
合計	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

デンマークでは、電力構成が最適な内容となっているといわれるが、その理由としては、電力価格が低くとどまってきたことが一因であると言われている。

現在では、コージェネにより生産された電力は、全ていったん公共グリッドに売却され、そこから受けた電力を再び受電して工場等で使用する例がある。ただし、電力販売価格は時間帯によって3種にわかれており、時間により採算性が大きく異なっている。

コージェネよりの逆潮流・売電に関しては、回避可能原価(アボイデッド・コスト)による購入が義務づけられている。余剰電力の購入に関しては、税制度上の優遇措置が設定されており、通常の電力税相当額にあたる税額を還付する制度が設定されている。

#### (8) 環境面での配慮

デンマークにおける地域熱供給事業により排出される二酸化炭素量は、1988年の210万トンから、1995年には90万トンへ6割も減少している。その一方、1988年と1995年を比べると、地域熱供給によるエネルギー供給量は24TWh/年から、31TWh/年へと増大している。このように、供給量が拡大する中で二酸化炭素排出量が減少してきたのは、技術進歩と熱利用効率の向上、排出ガスのクリーン化技術の向上によるとされる。

CO<sub>2</sub>排出量は、発電・熱供給により48%、輸送から23%、製造業から9%、建設9%、その他家庭用等から11%となっている。

CO<sub>2</sub>削減のためには、発電部門でのいっそうの排出量削減が必要となっている。

配管のネットワーク化を図るとCO<sub>2</sub>およびNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>の排出量を大幅に削減できる効果が生じる。CTR社が進めているネットワーク化工事が終了する2002年には、CO<sub>2</sub>排出量が50%減、NO<sub>x</sub>も50%減、SO<sub>x</sub>が35%減少という大きな効果が出ると予測されている。

#### (9) 地域冷房

寒冷な気候のために冷房需要は小さくなく、自然換気が重視されてきた。

#### (10) 将来展望

デンマークは1970年代の石油危機以降、エネルギー効率の向上に積極的に取り組み、かつ多大の成果を上げてきている。再生エネルギーの先進国として、風力発電技術では世界の70%のシェアを占めるまでになっている。人口も少なく、環境に配慮した積極的な政策の導入が可能なデンマークは、今後も、地域熱供給において、廃棄物、再生可能な資源であるバイオマス(藁くず、木材チップ等)の燃料としての利用拡大等で世界をリードしていくと見られる。

## 4. ドイツの地域熱利用システムの現状

### (1) 熱需要

ドイツは、北海とバルト海という北方の海洋からの冷たい季節風を受ける海洋性の気候の地域が多い。このため、暖房度日は平均で 3,700 時間となっており、暖房を入れる日数が多くなっている。ドイツで地域熱供給が大規模に行われている都市としては、ベルリン、ドレスデン、エッセン、ハンブルグ、マンハイム、ミュンヘンがある。

ドイツ全体として見ても、地域熱供給の普及率は総熱量の 70%程度に達しており、欧州諸国の中でも有数の普及率となっている。東西ドイツの統合後、旧東ドイツの暖房需要の約 30%が地域暖房へ転換しており、今後も、東ドイツへの投資が続けば、この比率は更に上昇させることができる。

政府は、業務用ビルの省エネルギーを図るために、1982 年の規定に引き続き、1995 年にはさらに厳しい規定を設定しており、断熱材の多用等による熱利用効率の向上を目指している。新規に建設されるビルでは、従来型のビルよりも 30%のエネルギー消費量の節約を達成する計画である。なお、新旧のビルを合わせた平均熱消費量は 40kWh/m<sup>2</sup>と見積もられている。

ドイツの熱需要量の増加量は、1996 年の報告によれば、西側が年間 150MW の増、東側が近代化に伴う年間 100MW の減少となっているとされる。(ヒートポンプ技術開発センター 1996 p.15)

### (2) 熱市場での競争

世界で最初に熱供給事業が開始されたのはドイツであり、初めてコージェネが導入されたのも 1893 年のハンブルグにおいてである。その後、1950 年代以降に急速に地域熱供給が普及することになった。

ドイツでは、熱供給事業は、ガス産業および石油産業と暖房需要の獲得を巡って熱市場で競争してきた。電力産業も、夜間の電力貯蔵の導入を働きかけているが、ただし、熱供給事業のライバルとはなっていない。

供給量とシェアをともに伸ばしてきているのは、天然ガスと熱供給事業であるが、近年では、天然ガスの伸びの方が大きくなっている。以下の表に示されるように、天然ガスは今までのトータルで見ると 37%であるが、新規に建設されるビルで見ると、天然ガスが 58%のシェアを獲得しており、益々比率が上昇する傾向にある。このように天然ガスのシェアが伸びているのは、天然ガス導管が各都市に張り巡らされるようになってきた効果が出ているためである。配管建設費に対しては、ベルリンの例では、連邦政府とベルリン州が合わせて 3分の1 補助を行っている。

図表 1 4 ドイツの熱供給分野における燃料別市場シェア（1994 年）

	熱供給シェア （全体平均）	熱供給シェア （新規建設ビルのみ）
天然ガス	37%	58%
石油	35%	30%
熱供給事業	10%	7%
石炭	8%	1%
電力	8%	0%
その他	2%	4%
合 計	100%	100%

（資料）Euroheat & Power Fernwärme International

ドイツのエネルギー源別自給率を見ると、ドイツでは自給できるエネルギーは、褐炭（リグナイト）のみであり、石炭で 72%、ガスで 24%となっており、石油は 2%に過ぎない。

図表 1 5 ドイツのエネルギー源別自給率

	エネルギー自給率
褐炭（リグナイト）	100%
石炭	72%
天然ガス	24%
石油	2%

（資料）Euroheat & Power Fernwärme International

以上の燃料のうち、地域熱供給で用いられているのは、従来の熱供給施設では石炭である。近年においては、地域熱供給用の燃料として、天然ガスとごみ、および、廃棄物が利用されるようになってきている。石油が地域熱供給用に用いられる例は、少なくなっている。地域熱供給用のエネルギー選択において最も重視されるのは、燃料価格と設備設置のための投資額である。

以下の表で明らかのように、地域熱供給、石油燃焼、天然ガス燃焼、電力を利用した暖房のコストを比べた時に、地域熱供給のコストは 75 マルク/MWh であり、天然ガスの 51 マルク/MWh、石油の 37 マルク/MWh と比べると、高くなっている。ただし、電力の 112 マルク/MWh と比べると、地域熱供給のコストの方が安くなっている。

一方、設備費を比べた時に高いのは石油であり、地域熱供給と天然ガスの設備費は、全体として見ると安くなると言われている。ただし、石油価格の値下がりが続いている状態では、石油利用が有利となり、地域熱供給との間で競争が激化すると見られている。

図表 1 6 ドイツの熱供給価格の比較 (1994 年)

	燃料コスト(名目値)	燃料コスト(供給期間、輸送ロス等を考慮)
地域熱供給	75 マルク / MWh	79 マルク / MWh
天然ガス	51 マルク / MWh	61 マルク / MWh
石油	37 マルク / MWh	44 マルク / MWh
電力	112 マルク / MWh	114 マルク / MWh

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

### (3) 地域熱供給における燃料

地域熱供給が行われる発電プラントは、以下のように、コージェネプラントが70%を占めており、圧倒的に多くなっている。一方、熱供給プラントは28%、ごみ焼却プラントは2%に過ぎず、大きな役割を果たしていない。

図表 1 7 ドイツの地域熱供給のプラント別の供給比率

	構成比率 %
コージェネプラント	70%
熱供給プラント	28%
ごみ焼却プラント	2%
合計	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

次に、コージェネプラント用の燃料構成比を見ると、石炭が68%を占めて圧倒的に多くなっている。続いて、天然ガスが20%を占めており、最近になり、ガスがコージェネプラントで用いられる比率が上昇してきている。石炭の役割が大きいのは、国として石炭および褐炭(リグナイト)の利用促進が目指されてきたためである。

図表 1 8 コージェネプラント用の燃料構成比

	構成比率 %
石炭	68%
天然ガス	20%
石油	7%
ごみおよびその他燃料	5%
合 計	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

次に、熱供給プラントにおいて、どのようなエネルギー源が大きな役割を占めるかを見ると、以下の表に示すように、天然ガスが 52%と一番大きな役割を果たしている。続いて、石炭が 26%、石油が 17%となっており、コージェネプラントとは大きく異なって、天然ガスの役割が大きくなっている。

図表 1 9 熱供給プラントの燃料構成比

	構成比率 %
天然ガス	52%
石炭	26%
石油	17%
ごみおよびその他燃料	5%
合 計	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

#### (4) エネルギー政策

1973 年の石油危機以降、ドイツ政府はエネルギー政策を設定することとし、1977 年には包括的なエネルギー節約のための政策を導入した。この政策決定に従い、(1) ビル用に、新技術であるヒートポンプ、太陽光・熱利用、風力、バイオマス、地域熱供給の導入が促進できるように、投資した資金額を税制度上有利に算定できる制度が導入された。

また、(2) 産業用の省エネ投資に対する 7.5%分の補助金支給が実施された。さらに、(3) ビルの断熱基準が強化され、熱消費の計測制度が導入され、また民生用の熱消費計測制度も設定された。(4) エネルギーの効率的な利用のための研究開発が促進された。(5) 公共の建物の省エネのための投資も実施された。(6) 産業部門に対する省エネ製品の製造の働きかけが行われた。(特に、自動車、および家庭での電気とガス消費製品に対するもの)(7) 個人および中小企業に対する、省エネの情報提供とアドバイスが行われた。(8) 産業部門での省エネ教育の義務づけが行われた。

以上の 8 施策が採用され、実施された。

さらに、1979年には、余剰電力買取り制度が導入された。また、1991年からは、リサイクル燃料を用いた自家発からの電力買取りの義務づけがなされている。

ドイツのエネルギー政策は、コストが安いエネルギーを十分な量、信頼性ある供給源から供給することが基本となっている。同国のエネルギー政策の基本は以下の5点からなる。

省エネルギーとエネルギーの効率的利用を図る

石油利用の削減を行う一方、石炭、天然ガス、原子力、そしてコスト的に引き合うのであれば新エネルギーおよび再生可能資源の導入によりエネルギー需給構造の改善を図る

国内供給可能なエネルギーの最適な利用を図る（特に、再生可能エネルギーの利用拡大）

一次エネルギー輸入の供給源の拡大を図る

エネルギー供給の遮断が生じた際には、国際エネルギー市場での資源確保に努める

ドイツ政府は、エネルギー市場の機能が働かない場合には、政府としての決断を行うとしているものの、平常時には市場の決定に委ねる方針を採用している。

近年では、政府の省エネに向けた財政的支援は、地域熱供給向けに集中的に配分されてきており、まだ拡大の余地があるコージェネプラントの導入と地域熱供給事業による省エネの実現に、政府は重点をおいている。

1977年以降、ドイツでは数々の施策を導入した成果が出て、エネルギー利用効率は高まったと評価されている。例えば、1993年と1977年を比べるとエネルギー消費量は10%上昇したのみであり、一方、GNPは同期間に35%上昇している。

コージェネレーションに関しても、ドイツでは導入促進のための税制面での優遇措置が採用されている。

産業用においても、コージェネの導入は積極的に進められている。特に、産業用の自家発電設備容量は4,691万kWであるが、その半分以上が熱供給型となっている。熱供給事業者の販売熱量の18%が、これら産業用の自家発電設備により供給されている。

ドイツは連邦制を敷いており、各自治体が独自のエネルギー政策を導入している例があるが、アーヘン（同国最西端の都市：人口25万人）とフライブルクの2都市が実施している新エネルギー導入のための取組みは有名である。両都市とも、二酸化炭素の削減を目指して、特に太陽光発電と風力発電を中心に導入を進めている。

アーヘン市では、1995年に新エネルギーの導入を目指した法律を作成し、バイオマスと水力にも0.17DM/kWhの電力会社による買取り価格が提示された。この価格は、太陽光発電（2DM/kWh）、風力発電（0.21～0.25DM/kWh）と比べると安い。エネルギー供給公社に買取りを義務づけた価格であるところに意味がある。

#### （5）エネルギー課税

天然ガスと石油にはごくわずかの名目的な課税が行われている。課税額は、0.003ドイツマルク/kWhである。ドイツでは99年4月から環境税が導入されている。課税されるのは、ガソリン、灯油、ガス等のエネルギー源で、これらの課税から選られる税収は年金保険料の引き下げに充当される予定

となっている。地域熱産業にとっても、この課税強化は採算性に影響すると見られる。また、課税ではないが、電力事業者が独自に新エネルギー導入のために、低額の「環境料金」を設定している場合が出てきている。RWE エネルギー会社、バーデン・ヴェルテンベルク・エネルギー会社等で、年間100kWhで20マルク程度の小額であるが、バイオマス発電も補助対象に含まれている。その他、小水力、風力、太陽光発電がこれらエネルギー会社よりの補助対象となっている。

#### (6) エネルギー供給産業

ドイツのエネルギー供給は、全国展開を達成しているスーパーリージョナル企業が生産からパイプライン輸送、販売まで実施している。これら企業の他に、地方自治体が独自に企業体を設立して、熱、ガス、および電気の供給を行っている例も多い。地域熱供給の50%はこれら地方自治体所有の企業体により行われている。また、ドイツにはクロスリンク企業と呼ばれる、電力とガスの両方を扱う企業が多く存在している。

#### (7) 電力産業

ドイツでは、1999年2月にEUの電力市場自由化導入に合わせて、100%の電力市場自由化が達成されており、電力市場の全面開放が英国とともに行われている。

ドイツの発電量（発電所のみ）の燃料別の構成は以下の通りとなっており。原子力と石炭がともに32%強であり、次いで石炭が約25%となっている。

図表20 ドイツの電力供給のエネルギー源別構成

	燃料構成比 %
原子力	32.4%
褐炭（リグナイト）	32.3%
石炭	24.8%
天然ガス	4.7%
水力	3.7%
石油	1.1%
その他	1.0%
合計	100%

（資料）Euroheat & Power Fernwärme International

なお、ドイツでは、輸入電力量と輸出電力量はほぼバランスしている。

コージェネ等の発電設備からの逆潮流・売電に関しては、私的契約に基づいて電力会社に売却が行われている。ただし電力の売却料金は連邦電力料金制度に従って行われている。ただし、第三者への電力供給に関しては許可制度が存在している。

一方、予備電力に関しては法律上の規制は存在しておらず、既契約に基づき供給が行われている。



ドイツのコージェネレーションによる発電容量は、電力会社 1,537 万 kW、産業用 860 万 kW、民生用 16 万 kW の合計 2,413 万 kW に達している。(1992 年) 一方、ドイツの発電容量は 10,400 万 kW (1992 年) であり、したがって、コージェネが占める割合は、23%に達している。これらコージェネプラントのうち 8 割が地域熱供給を実施している。

なお、風力と太陽エネルギーが主であるが、国に電力の買い取り義務を課す連邦電力買い取り法が 1991 年 1 月に制定されている。

#### ( 8 ) 環境面での配慮

ドイツにおける環境保護と大気汚染防止のために投資された金額は、巨額に上っている。

ドイツは CO<sub>2</sub> 排出量の抑制に積極的に取り組んでおり、1987 年の排出量を基準として、2005 年までに 25%削減することを、1990 年 6 月に決定している。さらに、1994 年 10 月には、東西ドイツ統合後の 1990 年を基準に、2005 年までに 25%削減することを決定している。

この政府決定に沿って作業部会がつくられており、建築・構造物を始めとして、エネルギー供給、交通運輸、新技術、農林業の各分科会が設置されている。これら分科会は計画作成とその実行を図る役目を負っている。

#### ( 9 ) 地域冷房

北部地域は特に寒冷であり冷房需要は大きくない。このため自然換気が重視されている。

ただし、最近では、事務所ビルを中心として、冷房需要が高まってきている。この目的で吸収式冷凍機の導入が進んでいる。また、エネルギーセンターに冷凍機を設置する例も、ドイツ国内で数カ所出現してきている。

#### ( 10 ) 将来展望

今後、ドイツでは今までも増して地域熱供給事業の重要性が高まることは間違いないと言われる。ただし、熱供給事業が発展を遂げるためには、安価な熱供給のためにパイプラインシステムによる熱供給のための投資を行っていく必要がある。また、高額な投資を行って地域熱供給事業を開始し、その投資額を回収するためには、長期にわたって供給される安価なエネルギー源を確保する必要がある。

地域熱供給事業の競争相手は、ガスおよび石油の 2 燃料による独立型の暖房システムである。今後、地域熱供給がこれら競争相手に優先するためには、経済効率を高める必要があるが、初期投資が地域熱供給事業では大きくなるのは避け難く、この投資額をいかに削減できるかが課題となっている。

また、熱エネルギーの供給先をできるだけ人口が密集していて、熱供給密度が高くなる、したがって熱の供給効率が高い地点とする必要がある。

コージェネレーションは効率が高く、既存施設と比べるとエネルギー投入量は 30~40%で済むため、従来と同じ化石燃料を使用するのではなく、再生可能資源等を活用していくことが望まれている。ドイツ国内の石炭埋蔵量は多く、採掘可能年数も石油やガスより長くなっている。どいつでは、石炭は、石油やガスよりも安定的な価格が期待できる資源であるとみなす意見が有力である。今後、石炭をよ

リクリーンに使うことができ、コスト的にも引き合う技術の開発が進めば、地域熱供給用に石炭の利用が拡大する可能性がある。

今後は、今まで以上に小規模な地域熱供給プラントがドイツ国内で導入されていくと予測できる。技術開発の進展とともに、より小型のプラントの経済効率が大幅に向上してきたからである。

また、ごみを燃料としたコージェネの導入も大きく進展すると見られている。環境面から見ても、ごみ燃料の有効利用は有利であり、当面は石炭火力を代替しつつ、ごみ発電の導入が進むと見られている。ごみ発電に対しては、税免除等の税制面での優遇措置がとられる見込みである。

ヒートポンプシステムに関しては、地域熱供給システムと同じく将来性のある重要なシステムであると評価されており、今後も、地域熱供給システムとともに、併せて導入が進む見込みである。

ドイツのような GNP および人口の規模が大きな国では、バイオマス、木材、わら屑、太陽光、太陽熱等の新エネルギーの導入を図っても、エネルギー消費全体に与える消費節約の効果（全エネルギー消費に占める節約効果）は、当面のところでは、大きくない。他方、省エネの徹底は、新エネ導入の促進政策を上回るエネルギー消費量の節約効果を与えると見込まれており、今後も、省エネの徹底を目指した施策が採用される予定となっている。

## 5 . フィンランドの地域熱利用システムの現状

### (1) 熱需要

フィンランドは北緯 60 度から 70 度に位置し、大陸性気候と海洋性気候が混合した寒冷な気候となっている。暖房度日は 10~12 度 / および 20 度 C で計測して、南部地域で 5,600 時間、北部地域で 7,600 時間となっており、いずれの地域においても暖房時間は長くなっており、一年を通して暖房が必要であると言っても過言でない。

フィンランドのエネルギー消費量の 4 分の 1 は、建物の暖房用に用いられている。同国のエネルギー輸入依存度は高く、このため同国では、暖房用のエネルギー使用量の削減に取り組んできている。政府が定めたビル規則 ( Building Regulation ) では、新規に建設されるビルに対して断熱効果を高めるよう規制している。

### (2) 熱市場での競争

西欧先進諸国のなかで、フィンランドは国民一人あたりのエネルギー消費量が多い国の一つである。総エネルギー消費のうちで産業界が半分近くを占め、その他、ビル暖房が全体のおよそ 4 分の 1 を占めている。産業界と政府が共同で資金を提供して進めてきた各種計画と研究の成果が近年出てきており、幅広いエネルギー関連の技術分野でフィンランドは指導的役割を果たすことができている。

フィンランドは、コージェネの先進地であり、コージェネが導入されていることによる一次エネルギーの節約量は、同国の一次エネルギー消費量の 11% に達している。全化石燃料消費量に対し、コー

ジェネ導入による燃料が節減できた量は、20%と推定されている。このようにコージェネの役割は、フィンランドではたいへん大きい。

従来は、地域熱供給事業の競争相手は、灯・軽油を用いる暖房であったが、最近では電気を使用した暖房が競争相手となっている。これは電力価格が相対的に安いためである。フィンランドは、水力発電および原子力発電の占める比率が高く、しかも熱効率が低い熱供給発電が発達しており、供給網も整っていることもあって、電気料金は欧州諸国の中では最も安い国の一つとなっている。

### (3) 地域熱供給における燃料

フィンランドで国内供給が可能なエネルギー源としては水力、PEAT、木材、産業廃棄物をあげることができる。地域熱供給用の燃料として最も多く利用されているのは輸入石炭で、燃料シェアは40%を占めている。特に、首都のヘルシンキの既存ビルむけの熱供給は、石炭火力によるコージェネレーションで実施されている。

フィンランドで最初に国外から天然ガスが輸入されたのは1974年であり、その後、ガスはCHPプラントで多く用いられているが、地域熱供給用の燃料としてのシェアは25%程度にとどまっており、石炭とのシェアの差はまだ大きい。

ガスは業務用および民生用の暖房にも若干用いられているが、供給配管が未整備であるために、利用量は少ない。

地域熱供給用の燃料としては、その他にPEATが20%、石油が10%となっている。

図表2-1 フィンランドの地域熱供給用燃料の構成比(%)

	燃料構成比 %
石炭	40%
天然ガス	25%
PEAT	20%
石油	10%
その他	5%
合計	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

地域熱供給はその75%以上がCHPプラントにより供給されており、熱の高度利用が図られている。現在は、原子力発電所を含めて、発電のみに用いられていて熱の利用がなされていない発電プラントから排出される熱を利用するべきかどうか話し合われているところである。

従来型の火力発電所も地域熱供給プラントとして利用することを検討中である。

その他、天然ガスの導入が進むにつれてCHPプラントでの利用が拡大してきている。特に注目されるのは、小規模市町村でもコージェネの導入が進み始めている点で、これら市町村ではガスタービ

ンが設置されて、発電と熱の利用が実現している。ただし、最も多く用いられている燃料は石油であり、現在、PEATおよび天然ガスの利用拡大が図られているところである。

ヘルシンキを始めとしたより大規模な都市では、既存のガス利用あるいは石炭利用の電主熱従の発電設備を、複合型の発電設備として改良する例が多く見られる。

従来、フィンランドでは安価な重油を利用した重油焚きによる地域熱供給が、個別に暖房を行うよりもコストが低いために、多く導入されてきた。最近では、重油を利用するよりも、コージェネ(CHP)プラントを導入したり、産業部門から熱供給を受けた方がさらにコストが安いために、新しい熱供給源が積極的に求められるようになってきている。

ビル等の業務用の暖房エネルギー源として、地域熱供給、灯軽油(独立型)および電気暖房のコストを比べると、地域熱供給が、以下の表に示すように179フィンランドマルク/MWhであって最も安価であり、有利な価格を提示できている。ただし、燃料代としては地域熱供給が電気暖房の2分の1と安価であるものの、当初必要となる設備費が電気暖房では安いために、特に中小ビルでは電気暖房を選択するケースが多くなっている。また、ビル建設の際に、熱源を選択するのは施主であり、入居者がエネルギー源を選択するのではないために、地域熱供給が導入されないケースも少なくないのが現状である。

図表2-2 フィンランドにおける暖房コストの比較(1996年)

	フィンランド・マルク/MWh
地域熱供給(平均価格)	179
灯軽油(ボイラー効率80%)	207
電気暖房(戸建て住宅用)	381

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

#### (4) エネルギー政策

フィンランドは、エネルギー政策において、以下の3点を主要な課題としてきた。

エネルギーセキュリティー

経済性と効率性

安全性と環境面での受容

以上の3点に加えて、最近では、特に、環境面での配慮と、エネルギー市場における競争の維持、が重視されるようになってきている。

こうした政策が導入された理由としては、フィンランドがエネルギー消費の70%を国外からの輸入に依存しており、しかも一人当たりエネルギー消費量はOECD諸国中でも高い方であり、そのためにエネルギーの効率的利用を図る必要があったこと、さらに寒冷な気候に位置していることも影響している。

エネルギー消費量の節約と、効率的利用のために最重点が置かれたのが、地域熱供給の導入であり、

普及が進むとともにエネルギー利用効率が向上して大きな成果が生まれている。

地域熱供給と接続された CHP の導入によりフィンランドで節約できたエネルギー量は、年間 65PJ であり、この量は全エネルギー消費量の 5%に達している。この量は、同国の化石燃料消費量の 10% 超であり、省エネ効果があがっていることは明らかである。

さらに、フィンランドではコージェネの導入が一般化しており、このコージェネによるエネルギー消費量の節約は、年間 120PJ に達していると試算されている。

政府および地方自治体は、地域熱供給の導入に対して特別な財政的・制度的な支援を行っているわけではないが、地域熱供給の拡大が望ましいとの態度をとっている。ただし、現実に地域熱供給事業が拡大してきた理由としては、その導入がコストセービングとなり、利益を生み出し、しかも国内生産が可能なエネルギー源の利用促進となるという利点があったためであると考えられる。

#### ( 5 ) エネルギー課税

フィンランドでは、全てのエネルギー消費に対して一律に 22%の消費税 VAT が課されている。この点では、エネルギー源ごとの差別的な扱いは行われていない。

1990 年からは、この消費税に加えて、炭素税が、世界で初めて導入されている。炭素税の賦課は、各エネルギーの炭素含有量に基づき課されている。導入当初の 1990 年には炭素 1 トンの排出につき、26 フィンランド・マルカであった税率は、1997 年には 260 フィンランド・マルカまで上昇してきている。この炭素税導入以前に課されていたエネルギー税に対しては、軽減措置がとられている。

今までのところ環境税の税率は低く、エネルギーの選択に大きな影響は生じていない。ただし、バイオマス燃料と天然ガスに対しては、この環境税は免税とされており、優遇されている。発電用燃料に関しても非課税措置がとられている。なお、電力消費に対してはエネルギー税が課されている。

#### ( 6 ) エネルギー供給産業

フィンランドにおけるコージェネレーション導入の歴史は、1929 年代までさかのぼることができる。一方、地域熱供給は 1950 年代には導入されている。

フィンランドでコージェネレーションにより生み出されたエネルギーは、主として、地域暖房と工業用のプロセス加熱に使用されている。電力使用量で見ると、工業用コージェネレーション・プラントとコージェネレーションを用いた地域暖房プラントは、合計で、フィンランド内の総電力使用量の 29%を供給している（1994 年）。工業用に使用された電力のうち、4 分の 1 はコージェネレーションによるものであり、一方、地域暖房の 70%以上がコージェネレーションにより供給された。建物向けの地域暖房は、フィンランドの全建物のうち、45%に供給されている。

フィンランドでは、エネルギー供給は、各地域の個別企業あるいは市町村等の地方自治体により実施されている。フィンランドの熱供給事業者数は 230 あり、その他電力供給事業者数は 120、ガス供給事業者は 30 となっている。人口が少ない割に、熱供給事業者数が多いのが特徴である。熱供給事業者の売り上げの合計は 1996 年で 6.9 億ドルであった。

ただし、大規模都市では、これら供給業者が企業体（Energy Board あるいはエネルギー企業と呼

ばれる)を共同して設立している場合が多くなっている。

中小都市では、地域熱供給業者がそれぞれの町で、個別に発電と熱供給を実施している例が多くなっている。ただし、近隣の工場あるいは発電所から熱の供給を受けることができる場合には、その熱を地域熱供給業者が購入して、市町村内に供給する例もある。

大都市のエネルギー企業は、発電をコージェネ(CHP)プラントで行うとともに、ガスタービンをピークロード用に設置している例が多くなっている。また、水力発電所を保有している例もある。

フィンランドの大手エネルギー企業としてはネステ社(Neste)、イマトランボイマ社(Imatran Voima)、ヴァボ社(Vapo)の3社があり、これら3社はいずれも国営企業である。

ネステ社は、石油とガスの生産、輸入、輸送をおこなっている。イマトランボイマ社は、発電、送電を行っている。ヴァボ社は、バイオマス利用の発電を実施している。

### (7) 電力産業

電源構成は、地域熱供給にともなうコージェネ(CHP)と産業部門のコージェネ(CHP)が大きな比重を占めており、総発電量の30%がコージェネによる発電となっている(1996年)。コージェネのうち、工業用のコージェネ発電が44%、地域熱供給が56%を占めている。電源構成は、その他、水力が19%と大きくなっており、フィンランドでは分散化が進んでいる。

地域熱供給によるCHPおよび産業部門のCHPの燃料は主力が石炭であり、その他石油も一部で用いられている。火力発電の燃料はそのほとんどが天然ガスである。

電力事業者数は、全国で100社に達しているが、その多くは自家発電を主体とする企業となっている。

フィンランドでは、地域暖房需要の50%が既に、地域熱供給配管で結ばれており、大規模な熱供給源の利用はほぼ開拓し尽くされている。このために、新規の大規模なコージェネ(CHP)発電を設置する場所はほとんどなくなっているのが現状である。

図表23 フィンランドの電源構成(1995年)

	構成比 %
原子力	26%
水力	19%
地域熱供給による CHP	16%
産業部門の CHP	14%
火力発電	13%
電力輸入	12%
合計	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

フィンランドでは、操業年数が長く、かつ限界費用が安い原子力と水力が発電に占める比率が高く、また、熱効率の高い地域熱供給が発達しているため、電力価格は欧州諸国内でももっとも安い国の一つである。

ただし、電力価格が安いために電気による暖房の利用も多くなっており、そのためもあって電力需要は増え続けている。発電能力の増強のためには、原子力を増設するかどうか議論されており、未だ決着していない。原子力発電所の建設は、議会の承認事項であり、建設を認めるかどうかの審議には長い時間が必要となると見られている。

なお、原子力発電所以外の、ガス、水力等の発電所であれば、安全基準と環境基準を満たせば自動的に認可されている。

今後は、都市部に供給される天然ガスを利用して、中小規模の地域熱供給プラントを活用したコージェネ（CHP）による電力供給が増えてくると予測されている。技術革新もあって、こうした中小規模のコージェネ（CHP）の利益率は高まると見られている。2010年におけるコージェネによる電力供給量は、32TWhに達すると予測されている。（JARVENPAA et al. 1998）この発電量は、1996年の22TWhが、2010年までで10TWh増加することを意味している。

フィンランドでも電力自由化は着々と進められてきており、1996年8月には、フィンランドに電力取引所 EL-EX が設立された。次いで、1997年には、送電線のオープンアクセスが実現している。フィンランドでは、発電、配電、電力の輸出入が自由化されている。電力市場も1998年に全面開放が達成されている。

北欧諸国では、将来的に、北欧電力取引所（Nord Pool）が設立される予定である。今後、国境を超えた電力取引が盛んとなるためには、自国内に電力取引所をまず設立して、経験を積む必要がある。フィンランドの電力取引所 EL-EX には、スウェーデンとノルウェーの企業も参加して取引が開始されている。

#### （ 8 ） 環境面での配慮

大気汚染物質の排出に対しては厳しい規制が行われており、発電所と大型のボイラーを持つ施設にとって設備負担が大きくなっている。このため個別のガス暖房の設置と、同じく個別の灯・軽油焚きによる暖房の導入と比べると、地域熱供給の有利さが薄れる結果となっている。

また、フィンランドではCO<sub>2</sub>排出に対する課税（炭素税）が導入されており、この課税により地域熱供給事業のコスト負担は増大してしまっている。

#### （ 9 ） 地域冷房

寒冷な気候にあるために、冷房需要は小さい。ただし、自然換気による空気の入替えと、暖房時のヒートロスをもっとも抑える換気システムの導入、およびそうした換気を可能とするような低エネルギーハウス（プレハブ住宅を含む）の導入促進が課題となっている。

#### （ 10 ） 将来展望

フィンランドでは、地域熱供給事業が、すでに確固とした地位をエネルギー供給の中で占めており、今後も、熱供給とコージェネ実施により地域の中での最重要な役割を果たしていくとみられている。

地域熱供給事業は、年率 2%程度で供給量が拡大してきており、この需要の伸びは、主として、新規に建設されるビルが熱供給配管で接続されることで生じている。寒冷なフィンランドでは、既存のビルはそのほとんどが地域熱供給事業からの熱の供給を受けており、事業の拡大には新規需要の取り込みに依存する部分が多くなっている。すでに、フィンランドで生じていると熱需要の 46%は地域熱供給事業により供給されており、この比率を今後、大きく上昇させることは難しくなっている。熱供給事業によるエネルギー供給量は、年間 46kWh / m<sup>2</sup> であり、この量は近年ではむしろ減少する傾向がみられる。

今後注目されるのは、バイオマスを燃料とする発電と熱供給事業の拡大であるが、コスト面でまだ競争力が不足しているのが現状である。フィンランドの伝統的な産業である木材加工産業においては、バイオマス燃料が発電と熱供給のための燃料として多用されてきた。

また、天然ガスを利用した熱供給事業と発電も拡大する方向にある。その一方、石炭の利用は、天然ガスの利用拡大とともにシェアを落としてきており、今後もシェアを低下させていくと予測されている。

料金に関する制度をうまく設定することで、環境負荷を低減させる効果を生むことができると考えられる。フィンランドでは、料金設定および自動料金集計等における合理的なシステムと最新技術の導入により、環境面から見ても望ましい燃料構成が達成されることが期待されている。

今後の課題としては、建物のエネルギーマネジメントをすべて遠隔コントロールするシステムの導入をあげることができる。すでに、フィンランドでは 1 社が、遠隔モニタリングおよびコントロールシステムにより、一つの地域全体の水と電気消費量のチェックをおこなっている。煙感知警報などのモニタリング機能に加えて、居住区域の管理、サウナの温度そして漏水検知により、エネルギー消費の最適化が行われている。ただし、こうした遠隔装置を備えているのは、フィンランドの最大級施設マネジメント会社 10 社のうち 1 社にすぎない。

低エネルギーハウスの導入促進もフィンランドでは課題となっている。プレハブ形式の 1 世帯用住宅で省エネタイプのもは、近年のエコロジー的な建築の技術が大幅に進んだことで商業化が盛んとなっている。ヒートロスをおさえた技術開発が行われ、窓の設計に工夫が凝らされるとともに、換気のコントロールによる熱回収が図られている。

## 6 . フランスの地域熱利用システムの現状

### ( 1 ) 熱需要

暖房度日 ( 17 度 C を基準とする ) で見ると、パリでは 2,200 から 2,500 時間となっているが、気候が温暖な南部地域では 1,700 から 1,800 時間と少なくなっている。



94年における一次エネルギー消費量の合計は220.6 M.tepであり、そのうち業務用の暖房向けに消費されたのは86M.tep(39%)であった。また、地域熱供給向けに利用されたのは2.93M.tep(1.3%)であった。

## (2) 熱市場での競争

フランスの熱供給事業者と、電力産業、ガス産業との間の競争は熾烈となっている。

フランス全体で見ると、家庭用(フラットおよび戸建ての両方)のセントラルヒーティングの普及率は24%に達しており、家庭用として消費される熱量はフランス全土の熱消費量の6%となっている。

フランスの世帯数は1,900万軒であるが、戸建て住宅の52%はセントラルヒーティングを設置している。また、同国のビルのうち48%がセントラルヒーティングを設置している。

フランスでセントラルヒーティングが導入された歴史は古い。ただし、電気あるいはガスを利用したセントラルヒーティングの導入は比較的新しく、1975年から導入が開始されたにとどまっている。従って、家庭用およびビル用の暖房のためには、どちらも石油を燃料としたセントラルヒーティングが多く利用されている。現在でもまだ一部では石炭を利用したセントラルヒーティングも残っているが、天然ガス利用のものへの転換が図られつつある。

図表2-4 フランスの地域熱供給事業の地域別展開(1994年)

	供給件数(%)	熱供給能力(%)	熱供給量(%)	導管延長(%)
パリ地区	29.7%	50.0%	49.0%	40.0%
ローヌアルプス地区	12.5%	12.3%	11.8%	15.5%
東部地区	15.4%	11.9%	12.0%	13.0%
北部地区	5.0%	3.7%	4.1%	4.4%
西部地区	9.5%	6.6%	7.4%	7.1%
南部地区	11.5%	5.0%	5.2%	6.5%
中央地区	16.4%	10.5%	10.5%	13.5%
合計	100%	100%	100%	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

以上の図から明らかなように、フランスにおける地域熱供給においては、パリ地区が供給件数では30%弱であるものの、熱供給能力では50%を占め、熱供給量では49%、導管延長では40%となっており、大きな比重を占めている。

## (3) 地域熱供給における燃料

再生可能エネルギーの利用拡大に、地域冷暖房施設の拡大が貢献している。再生可能エネルギーとしては、地熱、ごみ焼却、産業廃棄物等があり、石炭、石油、天然ガスといった既存エネルギーが熱

供給のためのエネルギー源の 3 分の 2 を占める一方、再生可能エネルギーの比率は残りの 3 分の 1 を占めるまでに拡大してきている。

#### ( 4 ) エネルギー政策

コージェネよりの逆潮流・売電に関しては、自家発業者から 8 MW を上限として購入する義務が設定されている。購入価格は、回避可能原価（アボイデッド・コスト）によるとされている。

#### ( 5 ) エネルギー課税

フランスのエネルギー課税は、以下の比率で実施されている。

図表 2 5 フランスのエネルギー課税（1997 年現在）

消費税 VAT（熱販売に対しては税還付あり）	20.6%
燃料油税	119.19 万円/トン
天然ガス税	0.761 c / kWh
二酸化硫黄（SO <sub>2</sub> ）排出税	180 万円/トン
二酸化窒素（NO <sub>2</sub> ）排出税	180 万円/トン
HCL 排出税	180 万円/トン

（資料）Euroheat & Power Fernwärme International

#### ( 6 ) エネルギー供給産業

熱供給事業は、地方自治体あるいは民間企業により実施されている。熱供給プラントの操業は、リースシステム、あるいはコンセッション・システムにより外部に委託する制度が導入されている場合も多い。

フランスではガス供給においてはガスフランス社（Gaz de France）が大きなシェアを占め、電力産業においては EdF（Electricite de France）社が大きな力を持つ。

また、パリ郊外の住宅地域向けに、Cofreth 社が 2,000m 程度の大深度を利用した還元井式地熱利用熱供給プラントを運営している。

#### ( 7 ) 電力産業

フランスでは政府により原子力発電所建設が強力に推進されてきたために、原子力発電が占める総発電量に占める比率は 75.3%まで拡大してきている。電力事業は国営電力公社の EDF が独占してきた。1994 年の発電量の合計は 453.9 TWh であった。

フランスの電源構成は以下の表のようになっており、原子力に次いで、水力の比重が 17.6%となっており、火力発電は、石炭、石油、天然ガスを合わせても 7.1%に過ぎない。

図表 2 6 フランスの電源構成 (1994 年)

	構成比 %
原子力	75.3%
水力	17.6%
石炭、石油、天然ガス	7.1%
合 計	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

原子力発電が大きな比重を占めているために、地域熱供給プラントにより供給される電力量は大きくない。地域熱供給からの買電量が拡大するためには、電力会社の買電価格が引き上げられるとともに、購入の義務づけ等の制度面での整備が図られる必要がある。

EU 内での電力自由化が進むとともに、フランスでも、他の EU 諸国と同じく、地域熱供給と再生エネルギーからの電力購入に対する優遇制度が導入されていくと予測されている。ただし、EU 指令に基づき、1999 年 2 月に電力市場を全面開放したドイツ、英国、および、それ以前に市場開放を実施していた北欧諸国と比べると、自国の電力市場の開放は国内での労組等との調整に手間取っており、遅れている。

フランスの発電設備容量は、電力公社 10,300 万 kW、独立産業発電 300 万 kW、自家発 300 万 kW であり、合計 10,900 万 kW (1992 年) となっている。

#### (8) 環境面での配慮

大気汚染防止のための規制は EU との整合性を持つように調整されてきており、特に、パリ等の大都市地域では厳しい規制が行われている。

地域熱供給事業に対しては、他の産業と比べて特に優遇される措置が設定されておらず、一方、特に不利な規定が置かれたり、あるいは特別な課税が行われているわけでもない。

#### (9) 地域冷房

フランスの地域冷房需要は、冷房能力 290MW であり、消費エネルギー量は年間 1,172.4TJ となっている。冷房用の導管の総延長は 62.7km である。その他、空港等の施設においても、それぞれ個別のクーリング設備が設置されている。

#### (10) 将来展望

地域熱供給事業が今後拡大するかどうかは、天然ガスと電力の両産業の事業構成が今後どう規定されるかにかかっている。特に、電力事業の再編成が行われたりすると、地域熱供給事業にとっても大きな影響が出るとみられる。また、天然ガスと電力の両産業に対する課税額の設定次第でも、地域熱

供給事業の相対的な有利さが大きく違ってくることになる。

その他、ごみ発電事業が拡大すると、地域熱供給事業は拡大することになるとみられている。

## 7. イタリアの地域熱利用システムの現状

### (1) 熱需要

イタリアは北緯 30 度から 45 度に位置しており、北部地域は大陸性気候、海岸地域は海洋性気候、南部と島嶼地域は地中海性気候である。

このように、北と南では気候が全く異なるために、暖房度日(17 度 C を基準とする)で見ても、北部地域では 2,340 時間であるのに対して、南部地域で 880 時間と数値が大幅に違っている。

イタリアはエネルギー供給を輸入に大きく依存しており、化石燃料の輸入割合は 82% に達している。政府は省エネルギー政策を進めるため、93 年には建築規則(Decreto Presidente della Repubblica n° 412 del 26/8/93)を改正して、室温は最高でも 20 度 C とするよう求めている。

同規則によれば、地域熱供給を受けるビルは全て自動コントロールシステムを設置するよう要請されており、熱供給事業者により供給される温水の温度は 90 度から 120 度とすると規定されており、また、ビル内で供給される際の温水の温度は 50 度とするとされている。

こうした政府規則の改定は、エネルギー使用量の削減に大きな効果を発揮しており、1975 年と 1995 年を比較しても、効率の向上により熱供給量は 15% 減少したとされる。

暖房および給湯のために使用される熱量は、中部および北部のイタリアでは、新旧の全てのビルの平均をとると、年間 41kWh/m<sup>2</sup> であり、一人当たりの使用量でも年間 9,000kWh となっている。

イタリアのコージェネ発電容量は、244 万 kW (1992 年) である。発電設備容量のイタリア全土の合計は 19,500 万 kW であり、同国のコージェネによる発電比率(設備容量による)は 2.4% となっている。

### (2) 熱市場での競争

地域熱供給事業者と市場で競争を行っているのは、天然ガス事業者と軽油供給事業者である。特に南部地域では、天然ガス供給網の整備とともに、ガス供給による暖房が普及してきている。イタリア全土で見ると、天然ガスによる暖房のシェアは 77% に達している(1995 年)。また、一次エネルギー消費全体に占めるガス消費の比率は 30.6% となっている(1997 年)。

このようにガスの役割がイタリアで大きくなっている理由としては、国営エネルギー企業のエニ社(ENI: 炭化水素公社)と、その子会社の天然ガス輸送部門であるスナム社(SNAM)の役割が大きい。両社が、1949 年のイタリアのポー川沿いでガス資源を発見して以来、イタリア国内のガス配給網の建設を着々と進めたためである。国内のガス資源量に限界が見え始めると、リビアからの LNG 輸入開始(1971 年)、オランダおよび旧ソ連からのパイプラインによるガス輸入開始(1974 年)、さら

に、アルジェリアからの地中海海底経由のパイプラインによるガス輸入開始と、次々に、供給源の分散化と輸入量の確保に努めてきた。現在、国内パイプライン網の合計は 28,000km に達している。

次に、イタリアのエネルギー源別の暖房費用を、課税額も含めたコストで比較すると以下の表のようになる。地域熱供給が 138 リラ / kWh であり最も有利であるが、天然ガスの価格 142 リラ / kWh と比べると、その差は小さい。軽油は、課税額が高いために 198 リラ / kWh となっており、地域熱供給と天然ガスと比べるとかなり高くなっている。電気による暖房は 240 リラ / kWh であり、最も高くなっている。

図表 2 7 イタリアのエネルギー源別の暖房コスト比較 (1995 年)

	単位：リラ / kWh
地域熱供給 (平均値)	138
軽油 (ボイラー効率 80% 換算)	198
天然ガス (家庭向け)	142
電力 (含む課税額)	240

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

### (3) 地域熱供給における燃料

イタリアの地域熱供給のエネルギー源としては、70%が天然ガスとなっている。その他、石油が 15%、石炭が 12.5%であり、残りは、石炭、都市ごみ、地熱となっている。

地域熱供給の熱源としては、75%がコージェネ (CHP) プラントからの熱供給となっている。

イタリアでは、天然ガスは国内で生産されており、しかも天然ガス価格は安く、国内天然ガスの供給ラインが比較的良く整備されている。そのため、地域熱供給が行われる必要性は、特に家庭向けの供給においては、大きくない。むしろ、小規模な都市において地域熱供給が導入される可能性が高くなっている。

地域熱供給ネットワークが設置されているのは 45 地域であり、プラント数は 253 基となっている。

図表 2 8 イタリアの産業向け、ごみプラント、地熱プラント、コージェネプラントの発電量

	発電能力 (MW 換算)	熱供給量 (MW 換 算)
産業向け熱供給プラント	0	16
ごみプラント	0.5	21
地熱プラント	0	21
地域熱供給 CHP プラント	589	1,059
温水ボイラー	0	1,345

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

上記の地域熱供給用の CHP プラントによる熱供給量は、1995 年で 2,687GWh であり、発電量は 1,861GWh であった。

#### (4) エネルギー政策

イタリアのエネルギー政策は、以下の 3 点に集約できる。

効率的なエネルギー利用をはかる

省エネルギーをはかる

再生可能エネルギーの利用をはかる

以上の 3 点である。

イタリアのエネルギー輸入依存度は 80.7%に達しており、OECD 諸国としては、日本の 81.5%に次いで高くなっている。(OECD エネルギーバランス、1993 - 1994)

イタリアにとって、エネルギーの対外依存度を引き下げるためには、地域熱供給の導入とコージェネ (CHP) プラントの拡充が、2 つの重要な施策となっている。この目的を促進するために、91 年に法 10/91 が制定されている。95 年においてコージェネ (CHP) の導入により節約できたエネルギー量は、13 万 3 千 toe (5.6PJ) に達すると見積もられている。この量は、従来型の暖房 (ボイラー焚き) と既存発電所のエネルギー効率を元に計算した場合、エネルギー消費量の 20%が節約できたことを意味している。節約できた量は多大であり、コージェネ (CHP) の導入がいかにエネルギー効率の向上と消費量の削減に貢献するかを示していると言うことができる。

1989 年の電力法制定によりコージェネ導入が促進されることになった。配電会社がコージェネを保有することが認められている。

コージェネよりの逆潮流・売電に関しては、購入義務が電力会社に設定されている。ただし、1992 年現在では、第三者への電力供給は不可とされている。コージェネ導入に関しては、補助金制度が設定されている。

地域熱供給の導入に対しても、イタリア政府は、制度面および財政面でのサポートを与えており、導入促進を図っている。

#### (5) エネルギー課税

エネルギーには消費税 VAT が 19%課されているが、地域熱供給に対しては、税率は 9%に低減されている。このため、地域熱供給を受けている需要者側の支払額は下がっている。

イタリア政府は炭素税を導入する計画を進めている。計画では、二酸化炭素の排出量に応じて、工場、自動車等に課すもので、税収不足に悩む同国政府は、炭素税からあがる歳入を南部地域振興のための財源として活かす予定となっている。早ければ 99 年度に炭素税を導入して予算に盛り込む計画である。

#### (6) エネルギー供給産業

イタリアの大手エネルギー企業としては、石油・ガス会社のエニ社と、電力企業のエネル社があり、両社とも国営企業である。その他、有力民間企業の系列に属す発電・配電企業が数社存在している。また、主要都市には、地方自治体が所有する発電・配電企業が存在している。

地域熱供給は公営企業により実施される場合が多く、その他、民間企業により地域熱供給が実施される場合でも、地方自治体が一部出資を行っている場合が多くなっている。

次下の図表 29 は、イタリアのエネルギー源別のエネルギー供給量(1995 年)である。石油が 55.2%と半分以上を占めており、次いで、次第に比率が上昇してきている天然ガスが 26.1%となっている。イタリアが日本と似て、まだまだ石油の対外依存度が高い状況がわかる。注目されるのは輸入電力の比率が 4.8%と高くなっている点で、欧州諸国のように近隣諸国からの輸入が可能な場合には、相互融通が比較的容易に行われている状況が示されている。

図表 29 イタリアのエネルギー源別のエネルギー供給量

(1995 年、単位：石油換算トン：toe)

	エネルギー供給量 (百万 toe / 年)	構成比 %
石炭	13.8	8.1 %
天然ガス	44.8	26.1 %
石油	94.6	55.2 %
水力	9.2	5.4 %
地熱	0.8	0.5 %
輸入電力	8.2	4.8 %
合計	171.4	100.0 %

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

### (7) 電力産業

イタリアの発電量は以下に示すように、化石燃料に大きく依存している。原子力発電は、1987年以降は行われていない。

図表30 イタリアの燃料別発電量(1995年)

	発電量 GWh	構成比 %
化石燃料(石炭、石油、ガス)	196,123	81.2 %
水力	41,907	17.4 %
地熱	3,436	1.4 %
その他	14	0.0 %
総発電量	241,480	100.0 %
ネット発電量	223,582	

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

図表30で、総発電量とネット発電量との差は、主として送電ロスである。電力輸入量は、95年で37,427GWhであり、従って、イタリアの電力の総需要量は261,009 GWhであった。

電力市場の開放は他のEU諸国からは遅れて実施されており、1999年で39%、2002年で40%といったペースで行われる見込みである。

### (8) 環境面での配慮

地域熱供給事業は、規則(DPR 203/88)により規制されており、産業用を含めた大気汚染物質排出の防止がはかられている。

### (9) 地域冷房

イタリアの南部地域は温暖であり、地域冷房の潜在需要は大きい。北部地域の冷房需要はそれほど大きくない。

### (10) 将来展望

イタリアでは、天然ガスの配管網が整備されており、国内でのガス生産に加えて、ロシア、アルジェリア等から、輸入先を分散化させながらガス輸入が行われており、ガス供給に対する信頼度は高い。しかも、ガス価格が低位安定してきたために、民生用においては個別のガス暖房が多く用いられてきた。この傾向は今後も続くと考えられるが、ただし、より効率的なエネルギーの利用の仕方である地域熱供給の導入促進を政府は目指しており、制度的支援が行われており、今後も、徐々に供給量と供給カ所は増えるものと見られる。



冷房需要に関しても、夏に冷房需要が大きい南部地域での潜在需要は大きい、イタリアでは、南北格差が顕著であり、経済的に劣る南部地域の経済発展が進むと、地域冷房の需要も顕在化すると考えられる。

## 8. オランダの地域熱利用システムの現状

### (1) 熱需要

オランダは北緯 51 度から 54 度の間に位置しており、気候は海洋性であり、冬は緯度が高い割には比較的温暖であると言える。ただし、冬季のオランダは雨が多く、かつ風が強くなっており、暖房を入れる期間は一般に 10 月から 6 月と長くなっている。この暖房を入れる 10 月から 6 月までの間の平均外気温は 4.8 度 C であり、暖房度日は 3,212 時間（18 度 C を室内最大温度とする場合）となっている。一方、夏期（7 月）の平均気温は 18 度 C であり、住宅では冷房を入れる必要はほとんどない。ただし、業務用ビルでは冷房需要が発生している。

国土面積は 33,900km<sup>2</sup> であるが、人口が 1,560 万人と面積比では多いために、1km<sup>2</sup> 当りの人口は 458 人であり、人口密度が高くなっている。このため、地域熱供給の導入が効果的な条件がそろっていると言える。

以下の表に示すように、オランダの熱需要と電力供給量は一貫して下がってきており、エネルギー利用効率が向上してきている。

図表 3 1 オランダの熱需要の動向（含む温水供給）

	平均熱需要 GJ / 年	電力供給量（平均） kW
1982	55	13.5
1985	40	12
1995	36	10

（資料）Euroheat & Power Fernwärme International

オランダで熱供給を受けている戸数は 39 万軒である。熱供給導管の総延長は 320km で、熱供給ネットワークの総延長は 2,080km となっている。地域熱供給のためのプラントはその 95% が CHP となっており（1995 年）、エネルギーの高度利用が図られている。

### (2) 熱市場での競争

オランダはコージェネ実施の先進国で、同国のコージェネによる発電比率（発電量と設備容量の両方）は約 30% となっており、世界でも群を抜く高い比率となっている。

オランダでは、従来は、石炭と石油による暖房が行われてきたが、陸域（フローニンゲン）と北海

の海上で多量の天然ガスが発見されたために、1970年代以降の25年間ほどの間に、急速にガス供給が進み、以下に示すように、現在では96%の世帯がガスの供給を受けている。

図表3-2 オランダの熱供給の燃料別業種別比率

	天然ガスによる暖房	地域熱供給
1982年	97.5%	1.0%
1985年	96.7%	1.8%
1995年	96.0%	3.0%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

上記の表で天然ガスによる暖房にも、地域熱供給にも含まれない部分、残された1~2%程度は、石油あるいは電力による暖房が行われている。

地域熱供給の実施状況は、業務用(事務所ビル、政府地方公共団体ビル、大学、病院等)に関しては地域差が大きく、ハーグ市(Hague)では80%の事務所、政府ビルが地域熱供給を受けており、普及度がたいへん高くなっている。

ある都市で地域熱供給の導入が選択されたときには、地域用のガス配管網は不要となり、その場合には、家庭用の調理には電気が用いられることになるが、すでにガスの配管網が整備されている地域では、コスト的に新たに地域熱供給を導入する利点があるかどうかについては、コスト計算を念入りに実施する必要がある。

特に、家庭用および業務用では、どちらも従来、暖房、給湯、あるいは調理用等にガスを利用してきており、今まで支払ってきた金額を超えない料金でないとスムーズな地域熱供給の導入は実施できていない。コスト面で引き合うかどうか、地域熱供給の導入が進むかどうかの分かれ目となっている。

オランダでのガス価格の設定は、石油製品価格の動向を見ながら、石油製品価格より若干安くなる価格となっている。以下の表で示されるように、1982年以降のトレンドとしては、80年代にいったん上昇した価格は、90年代に石油価格の低下とともに安くなってきている。

図表3-3 熱供給価格の推移

	熱供給価格
1982年	21.10 ギルダ－ / GJ
1985年	24.60 ギルダ－ / GJ
1995年	18.80 ギルダ－ / GJ

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

オランダでは、省エネ努力が成果をあげており、セントラルヒーティングシステムの効率向上と、

断熱材の使用による熱効率の向上が著しく進んできている。また、エネルギー使用に関して無駄を排する意識が浸透したために、エネルギー使用量は近年減少をたどっている。このため、地域熱供給事業を小規模な家庭用に普及させることは、投資効率の点から見ても難しくなっているのが現状である。地域熱供給の導入先としては、大規模なビル建設、ホテル、大学、ハウス農業用等に働きかけが行われている。

特に、オランダの南部地方を中心に行われているハウス農業は、その面積が 1,000 ヘクタールに及んでおり、熱需要先として重要な役割を占めている。

### (3) 地域熱供給における燃料

オランダはガス資源に恵まれており、国内および北海からガスが生産されている。また石油も北海から一部生産されているが、国内消費用の石油の大部分は輸入されている。石炭はすべて輸入に依存している。

以下の表は、オランダの地域熱供給用の CHP プラントで用いられる燃料の種類を 1985 年と 1995 年で比べている。もともと 1985 年で 72%と高かった天然ガスの比重が、1995 年には 97%まで高まっており、石油の使用量が大幅に減り、石炭の使用もなくなってしまっている。

図表 3 4 オランダで熱電併給 (CHP) に用いられる燃料

	1985 年	1995 年
天然ガス	72%	97%
石油	18%	2%
石炭	7%	0%
ごみ焼却	3%	1%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

なお、政府は再生可能資源の導入を積極的に進める予定で、全エネルギー消費量に占める再生可能資源の比率を、2000 年で 3%、2010 年で 5%、2020 年で 10%とする計画を立てている。

地域熱供給事業用の熱は、オランダでは CHP プラントにより供給されており、1995 年の統計ではほぼ全量にあたる 95%が CHP プラントよりの供給となっている。

図表 3 5 オランダの CHP (Combined heat and power) プラントによる熱供給比率

	CHP 比率 %
1982 年	76%
1985 年	82%
1995 年	95%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

石炭も火力発電所で焚かれており、発生した熱が近隣の町に供給されている事例がある。ただし、地域熱供給用の燃料使用量では、天然ガスが圧倒的に多くなっている。これはオランダがガス資源に恵まれているという理由のほかに、ガスが環境面で有利であり、ガスタービン、ガスエンジン、ガス混焼ボイラー、コンバインド・スチームタービン等で広く使えるという使いやすさにも起因している。

#### (4) エネルギー政策

オランダのエネルギー政策は、白書(White Paper)に記されている。近年、特に重点が置かれているのは以下の3点である。

##### 省エネルギー

経済省(Ministry of Economic Affairs)は燃料の燃焼効率を向上させる器具に対する補助制度を設定している。

##### エネルギー多様化

1種類の燃料に過度に依存することを避け、エネルギー供給における安定度を高めるため、数種類の燃料を利用するのが政策である。オランダではガスが発電用の燃料としてベースロードで用いられており、このためミドルやピークで用いられる石炭とは異なって、政府による規制が必要となる場合にはガスに対する規制が最初に導入される予定である。

##### 環境に配慮した熱供給

環境省をはじめとして、政府はCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>の削減に取り組んでいるが、発電所計画においても、発電効率のみでなく、熱利用までをトータルに考えた施設の建設を検討している。

オランダには、陸上にフローニンゲン・ガス田という大型ガス田があり、ガス企業のガスユニ社(Gasunie)が、同国内のほか、欧州各国に向けて輸出を行っている。そのために、オランダではガス資源の保護を図りながら、どの程度利用していくかが、エネルギー政策における最大の課題とされてきた。

石油ショック後のECのエネルギー政策は、貴重な資源であるガスを温存することにあつた。ガス焚き発電所は、石炭あるいは原子力発電所で代替する政策がとられた。しかも、ガス価格は、石油の代替として石油製品価格に見合った程度に維持されるように、ガスの価格フォーミュラが設定されてきた。そのため、コージェネ(CHP)を導入した事業者は、軽油等の燃料を単体で燃焼させる事業者に比べると、高い価格を支払わなければならなくなっていた。こうしてオランダでは、コージェネ(CHP)の導入は阻害される状況が続いた。1980年代半ばに、コージェネ(CHP)用のガス価格は、オランダ全国で一律とされることになった。

オランダ政府は、95年12月に新法令を公布して、新たなビル建設用のエネルギー利用基準("Energy Performance Standard")を設定した。この新基準により、コージェネ、ヒートポンプ、地域熱供給のエネルギー効率は、熱供給専用のボイラーと比べて10%以上向上する見込みである。

コージェネに関しては、1989年の電力法によっても、導入促進が図られている。現在では、配電会

社がコージェネレーションを保有することが認められている。

政府は、CO<sub>2</sub> 排出量削減に積極的であり、コージェネ（CHP）導入に対して補助金を与えてきた。ただし、この補助策は 95 年 1 月 1 日をもって停止されている。小型コージェネ（CHP）に対しては、燃料としてのガス価格が低く抑えられるとともに、回避可能原価（アボイデッド・コスト）での電力会社の買電が義務づけられている。

#### （５）エネルギー課税

オランダでは、燃料消費および熱と電力のエネルギー消費に対しても、消費税（VAT）の課税が行われている。消費税の課税率は 17.5% である。この課税額に加えて、天然ガス・石油・石炭に対する環境税（Brandstoffenbelasting）が 1988 年から賦課されている。1990 年からは炭素排出量に応じて賦課される炭素税が導入されている。

課税率は以下の表のように規定されている（1996 年）。

図表 3 6 天然ガス・石油・石炭に対する環境税の賦課（1996 年）

燃料の種類		課税額
天然ガス	小規模利用 < 10 million m <sup>3</sup>	0.02155 ギルダール / m <sup>3</sup>
	大規模利用 > 10 million m <sup>3</sup>	0.01400 ギルダール / m <sup>3</sup>
石炭		23.38 ギルダール / トン
石油	輸入	32.33 ギルダール / トン
	国内産	0.0277 ギルダール / リットル

（資料）Euroheat & Power Fernwärme International

以上の課税額に加えて、以下の図表 3 7 で示すように、様々な賦課金がエネルギー消費には課されている。以下の表では、環境税額は天然ガスの小規模利用である 10 million m<sup>3</sup> 以下の 0.02155 ギルダール / m<sup>3</sup> により算出している。

COVA は石油備蓄の財源として使われている。BTW は消費税（VAT）である。Brandstoffenbelasting は環境税である。また、MAP は、エネルギー配給業者の環境配慮支援に用いられている。MAP の課税額は電力とガスの最終需要家向け販売価格に対して定率で課されている。熱供給に対しては、MAP は課されておらず、熱供給事業の推進がこうした税制度の設定により目指されている。ただし、オランダでのガス暖房への過度の依存を是正すべく、家庭用および小規模エネルギー消費者用の暖房に使われる天然ガスの抑制を目指して課税が行われている。

表の最後の ECO 税は、96 年 1 月 1 日より課されることになった租税で、省エネルギーの推進を目指して、所得税の減税と抱き合わせで租税中立の下、実施されている。ECO 税も、MAP と同じく、電力とガスの最終需要家向け販売価格に対して定率で課されており、熱供給事業に対しては免税とされている。つまり、ガスが熱供給事業用に CHP プラント等で利用された場合には免税となる。こう

した制度の導入により、熱供給事業の発展が政府により支援されていることになる。

このようにエネルギーに対するさまざまな賦課金がオランダでは課されている。間接税および直接税の合計額は、図表 37 で示すように 0.22762 ギルダール / m<sup>3</sup> となる。

図表 3 7 オランダのエネルギー課税額 (1996 年 12 月)

		ギルダール / m <sup>3</sup>
間接税	課税額	0.09030
	COVA (石油備蓄財源)	0.01101
直接税	BTW (消費税 VAT)	0.07867
	Brandstoffenbelasting (環境税)	0.02155
	MAP (I 補助 - 配給業者の環境配慮支援)	0.00600
	ECO 税 (平均)	0.02009
合 計		0.22762

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

中小規模のガス需要者向けのガス価格は 0.528 ギルダール / m<sup>3</sup> であり、上記の表で算出した課税額の 0.22762 ギルダール / m<sup>3</sup> は 43% となっている。課税額が、最終需要家向け販売価格の半分までは行かないものの 4 割を超えている状態は、エネルギー供給価格に対して重い負担が課されているということを意味している。

#### (6) エネルギー供給産業

オランダでは電力・ガス・熱供給の各会社間の統合が進んでおり、大都市ではエネルギー配給会社が電力・ガス・熱の供給を実施している。地方都市では、それぞれの地方に、エネルギー配給会社が設立されている。エネルギー配給会社の数は、全国で 36 社ある。

一方、発電は全国的には主要 4 社が行っている。天然ガスの生産と輸送は 1 社が行っている。

一般に、熱のエンドユーザーまでの供給は、発電会社、ごみ焼却場、および工場等から熱を購入した熱供給会社が行っている。なお、熱供給会社は自社で発電所も所有・操業している場合が多くなっている。

その他、オランダの熱供給事業会社 17 社は、EnergieNed を設立して、委員会を組織し各種研究を行っている。

フローニンゲンガス田からのガスを販売するガスユニ社は、オランダ唯一のガス輸送供給者であり、国内では NAM (エクソン 50%、シェル 50%) を主要調達先としてガスを購入し、電力会社、大口産業需要家、ガス配給会社に販売するとともに、ベルギー、ドイツ、フランス、イタリア、スイスへガスを輸出している。ガスユニの資本構成はオランダ政府 50%、エクソン 25%、シェル 25% となっている。

フローニンゲン・ガス田は、1959年に発見され、埋蔵量3兆m<sup>3</sup>の欧州の陸域で最大のガス田である。97年の生産量は330億m<sup>3</sup>(LNG換算年間約2,400万トン)となっている。オランダの一次エネルギー消費において天然ガスが占める比率は、60年では1%であったが、97年では35%まで上昇している。残存埋蔵量は1.5兆m<sup>3</sup>であり、約半分の両が既に生産されたことになる。

#### (7) 電力産業

オランダの主要発電会社は4社あり、それぞれエリア分けをして事業を行っている。EPON社はオランダ北部と東部で活動しており、UNA社は北西部と中央部で活動している。EXH社は西部で活動している。EPZ社は南部で活動している。

発電容量は、1995年で14,447MWであり、最大負荷は11,160MWとなっている。発電電力量は95年で58.7TWhであった。発電会社は、熱を熱供給会社に売却しており、発電燃料の利用効率は、85%から95%に達しているとされる。

従来、電力会社は2,500MW以上の発電能力がないと、自社以外に供給する事は認められてこなかった。政府は、より小さな電力会社も認める方向で法改正を行っている。

エネルギー源別の発電用の燃料使用比率は、近年石炭の比率が急上昇しており、95年で44.8%まで上がってきている。一方、石炭の急上昇によりガスの利用率は減少している。また80年代はじめと比べると、石油の使用比率は低下している。

図表38 オランダのエネルギー源別発電量の推移

	1982	1985	1995
天然ガス	43.7%	60.2%	42.5%
石炭	24.0%	26.7%	44.8%
原子力	8.5%	8.4%	8.0%
炉ガス(鉄鋼等)	2.4%	3.5%	4.3%
石油	21.4%	1.2%	0.4%
合計	100%	100%	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

オランダでは天然ガスが豊富に発見されたために、70年代から80年代にかけて、ガスによる発電が多く用いられた。一方、原子力発電を行う必要性は、近隣諸国と比べると低かった。現在、政府は1997年から2006年までの電力計画期間中にあり、大型コージェネ(CHP)の導入が一段落したところで、新規の大規模発電所の建設計画は作成されていない。ただし、オランダでは、エネルギー効率が低いコージェネ発電所の建設を進める方針は出されており、今後建設される発電プラントは、すべてコージェネ・プラントとなる予定である。

オランダのコージェネの発電容量は、94年で340万kWであり、政府目標によれば2000年で600

万 kW、2020 年で 1,400 万 kW のコージェネ導入が可能とされている。

電力配給会社は、1989 年の電力法 (Electricity Act) により回避可能原価で余剰電力を購入する義務を負っている。この制度が導入したことでコージェネ (CHP) の導入が進むことになった。

なお、電力市場の開放は、1999 年に 33%、2007 年に完全開放が実施される予定である。

#### ( 8 ) 環境面での配慮

1989 年に環境法の付加法 (Environmental Policy Act Plus) が施行されており、酸化物排出 (Acid Emission) を 50% 削減することが目標とされている。また、二酸化炭素排出 (CO<sub>2</sub>) も 50% 削減が目標されている。さらに、省エネルギー法に基づき、燃料消費の効率向上と、再生可能エネルギーの利用拡大が目標されている。

オランダでは発電に石炭が 4 割以上 (44.8% : 1995 年) 利用されているが、石炭燃焼にともなう大気汚染を防止するため、石炭ガス化発電の実証炉による実験が 1991 年より開始されている。また、熱の利用を確保するために、熱需要が豊富な地域の近くに最新技術を駆使した大気汚染物質の排出を抑えた発電所を建設する試みも行われている。

エネルギー配給業者の環境配慮を支援する目的で導入された MAP 制度 (課税制度の新設により財源確保) により、国をあげた省エネと熱供給事業の拡大に向けた支援が行われている。

MAP 制度は、以下の 5 項目からなる。

新設ビルの断熱効果を高める

既存住宅の断熱効果を高めるために財政支援を行う

セントラルヒーティング用の低 NO<sub>x</sub> 高効率ボイラーに財政支援を行う

省エネルギー機器の導入を図る

1990 年から 2000 年の間に地域熱供給により供給する熱量を 16PJ 増大させる。

CO<sub>2</sub> 排出量は CHP プラントの導入により 2000 年に 750 万トン / 年削減できると予測されている。1,700 万トンの CO<sub>2</sub> 削減目標量のうち 40% は MAP の実施により削減できると政府は見ている。

1995 年までに、MAP による地域熱供給と CHP の導入により、オランダの 2000 年における CO<sub>2</sub> 削減目標量の 52% の削減が達成されており、削減目標を前倒しで達成できている。1 GJ (ギガジュール) の熱が地域熱供給システムにより提供されるごとに、年間 96kg の CO<sub>2</sub> が削減できていることになる。1991 年の地域熱供給による熱供給量は 12PJ であり、2000 年には 16PJ 増加させて 28PJ まで増大させるのが目的である。さらに、冷房システムを病院と事務所向けに利用する計画がある。また、排出される CO<sub>2</sub> をオランダで盛んな農業 (水耕栽培等の農場) で利用する計画もある。

#### ( 9 ) 地域冷房

冷房需要はそれほど小さくなく、自然換気の利用が図られている。

#### ( 10 ) 将来展望



地域熱供給による熱供給量は、2,300 万トンの供給可能性があると考えられており、コージェネ（CHP）プラントによる発電（中位推計）は 1,150MW まで拡大する余地があると予測されている。従って、現在の供給量が倍増する可能性があるとみられている。

オランダでは新規の開発地域がある場合には、その地域にどのように熱供給を行うべきかをシミュレートするプログラム（Heat Chart Instrument）が開発されており、最適な地域熱供給システムの設定のために実際に適用された事例に基づき、ノウハウの蓄積が図られているところである。

人口密度が高く、国内にガス田も有するオランダは、今後もエネルギーの高効率を達成できる地域熱供給システムの導入をいっそう進めていくと見られる。

## 9．ノルウェーの地域熱利用システムの現状

### （1）熱需要

ノルウェーは北緯 58 度から 71 度に位置しており、海岸沿いの地域は海洋性気候でメキシコ湾流の影響で、緯度が高い割には温暖であると言える。暖房度日は年間 2,550～4,000 時間となっている。一方、内陸地域は冬季の寒さが厳しく、暖房度日は年間 4,000～7,000 時間とたいへん大きくなっている。

ノルウェーでは政府が設定したビル基準により、ビルを建設する際には省エネルギーの徹底が目指されている。

### （2）熱市場での競争

ノルウェーの熱供給事業は、生産段階では競争があるが、熱供給の配給段階では独占が行われている。このためノルウェーの熱配給部門においてコストの分担は行われておらず、こうしてコスト回収が不完全なために、熱供給事業開始時の投資額の回収は実現できていないのが現状である。したがって、今後の熱供給事業の展開は、期待されたほどには進まない可能性が指摘されている。エネルギー産業の自由化と競争政策が促進される中で、環境面で望ましい燃料選択が行われ難くなる可能性が生じる懸念が、現実のものとなってしまっているのがノルウェーの現状である。

ノルウェーの熱供給事業にとり、競争相手は、電気による暖房と灯油を用いた暖房である。ビル事業者にとり、どの暖房システムを選択するかは、エネルギー価格と設備価格がいくらであるかにかかっている。ノルウェーで新規に建設されるビルでは電気による暖房が多く選択される傾向が出てきているが、電気による暖房の初期投資額は、温水あるいは蒸気を用いた暖房に比べると少額で済むために、この選択が行われている。

電気による暖房の消費エネルギーのコストは、約 500 クロネ / MWh であり、一方、灯・軽油を用いた暖房の価格は約 400 クロネ / MWh で価格差はあまり大きくない。このため、設備費が少なく済む電気による暖房が選択されていると見られる。

### ( 3 ) 地域熱供給における燃料

ノルウェーは水力発電が豊富であり、世界第 6 位の水力発電能力を保有している。95 年の水力発電量は 123.2TWh である。しかも、電力価格が安いために他の OECD 諸国とはエネルギー消費構造が大きく異なっている。一次エネルギー消費で見ても、水力と石油の合計が 90% を占め、水力と石油がほぼ均衡する割合で供給量を分け合っている。

96 年になって政府はガス焚きの火力発電プラント 2 基の建設を決定している。また、その一方で、再生可能資源の利用量を拡大するための基金を設定しており、エネルギー源の拡大に積極的に取り組む姿勢を見せていて、今後のエネルギー需要の増大に対しては、天然ガスとバイオマスの利用で対処する方針を打ち出している。

地域熱供給のエネルギー源としても、水力発電による電力供給のほかには、ごみ、産業廃棄物、木材チップ、灯油、天然ガス、ヒートポンプの利用促進が目指されている。

### ( 4 ) エネルギー政策

ノルウェーはサウジアラビアに次ぐ世界第 2 位の石油輸出国であり、エネルギー資源が豊富である。このため、エネルギー政策は、欧州内で最大のエネルギー供給者としての立場から、どのようにして、安定的に EU に向けてエネルギーを供給するかが重要であり、現在であれば、特に EU 内で進められる域内での自由化政策との整合性をとることが重要となっている。ということは、国内で温存してきたエネルギー関連の国営企業を民営化するとともに、現在存在している規制制度、税制度等のノルウェーの自国企業にとって有利であったり、また、ノルウェー政府の収入を増やすべく設定された制度を改正していく必要が生じていることを意味している。

ノルウェーでは、石油とともにガスも大量に生産されており、欧州各国への安定的なエネルギー供給国として、また、EU 域内の供給国として、同じ産油国の英国とともに、果たすべき役割は大きい。

政府は、エネルギー市場の規制緩和を 1991 年から進めてきており、エネルギー価格の設定に関しては、市場に任せて需給の状況を見守る方針である。電力価格も市場での決定に任されている。なお、エネルギー市場の自由化の進展にともない、全国一律の価格が採用されるのではなく、エネルギーの輸送コストは地域により異なるようになってきている。

政府は水力発電に関しても、民間企業あるいは外国企業が新たに進出して発電所を建設できるように、新規参入のための制度を明らかにする必要が生じている。

そのほか、政府はバイオマス燃料等の再生可能資源の使用量を、熱供給事業を促進する中で増大させていく方針である。

### ( 5 ) エネルギー課税

ノルウェーでは、全てのエネルギーの消費に対して、消費税 (VAT) 20% が課されている。ただし、電力消費に対しては 63.6 クローネ / MWh の課税 (VAT を含む) が課されている。

石油消費に対しては硫黄分の含有量に依存してエネルギー税の賦課が行われてきた。課税額は燃料

油で、0.25 重量%の硫黄を含む場合に 0.07 ノルウェークローネ/リットルとなっており、特に自動車用の燃料への課税額は高くなっている。

さらに、ノルウェーでは 1991 年より炭素税が導入されており、1996 年での課税額は燃料油で 1 リットル当り 0.425 クローネとなっている。ノルウェーの炭素税は、デンマーク、スウェーデンとともに高い。炭素 1 トン当りでは、12,000 円を超す高い税率（99 年現在）が課されている。ただし、税額が高いためもあって、産業原料、精製用原油等、非課税とされている分野は多い。

以上の課税額をまとめると、次の表のようになる。

図表 3 9 ノルウェーにおけるエネルギー課税の状況

	電力課税（産業向け）	石油課税
消費税 VAT	20%	20%
電力消費税	53 クローネ / MWh	-
硫黄課税	-	0.07 クローネ / リットル 0.25%の硫黄含有に対して
CO <sub>2</sub> 税	-	0.425 クローネ / リットル

（資料）Euroheat & Power Fernwärme International

#### （6）エネルギー供給産業

ノルウェーはエネルギー資源に恵まれており、95 年のエネルギー生産量は、石油が 6,000PJ（世界の石油生産量の 4.4%）を占め、天然ガスが 1,100PJ（世界のガス生産量の 1.2%）となっている。ノルウェーの国内エネルギー消費量は 776PJ であり、石油とガスの生産量のうち国内で消費される量は 11%にとどまり、残りの 89%は輸出されている。

エネルギー供給企業はノルウェー全体で約 200 社あり、従業員は合計で 17,000 人、付加価値額の合計は 270 億クローネでノルウェーの GNP の 3.5%を占めている。

#### （7）電力産業

ノルウェーの電力供給は、ベースロード用のほぼ 100%が水力でまかなわれている。ミドルとピークの電力供給は、地域熱供給と石油（灯・軽油）焚きによる火力発電がまかなっている。しかも、ベースロードの水力発電の供給量は、当面十分にあり、むしろ供給過多の状態にあるとすることができる。このように既存の水力発電の発電能力が大きいため、ノルウェーの電力価格は従来から低位で安定してきた。このため、ミドルとピークの電力需要をまかなう役割を持つ地域熱供給と石油火力とは、必然的に厳しいシェア争いを行ってきた。

ただし、96 年には水力発電用の水貯蔵がノルウェーの南部地域で極端に不足したために、電力価格の大幅上昇が避けられなかった。しかもこの電力不足分を補うために、ノルウェーはデンマークとスウェーデンから電力輸入を行った。

地域熱供給業者にとっては、電力価格の上昇は利益の上昇を意味しており、96年から97年の電力価格上昇を見て、地域熱供給プラントの建設に踏み切る事業者が増大してきている。

94年の数値で見ると、電力会社としては国営のStatkraft社（State Power Board）が発電・供給シェア30%を占めて単独企業としては最大であり、一方、民間企業および工場等が供給する電力は15%のシェアで、残りの55%は地方自治体等の地方の公営企業が供給していた。その後、電力部門での規制緩和がノルウェーでも進められており、全ての電力需要家は供給者を選択できるようになっている。また、国営のStatkraft社は、発電部門、送電部門、および電力プールおよび交換部門とに分割されている。ただし、民営化は50%程度の株式が民間部門へ放出されたのみで、残りの50%程度は政府が依然保有している。政府は、発電、送電等の各電力部門が商業ベースで経営され効率化されることが重要であると考えており、この半分の株式の放出で、電力部門の経営効率向上の目的は遂げることができたと判断している。

近年、ノルウェーの電力部門に関して注目される動向としては、規制緩和が進んでおり、送配電網のコモンキャリア化が実施されており、電力需要者が供給者を選択できるシステムが導入されている点をあげることができる。電力のスポット市場がすでにオスロに設立されている。

一方、ノルウェーではガス焼き火力を新設する動きが出てきているが、この動きは、ノルウェーのガス市場の自由化の進展次第にかかっている。ノルウェーが、ガス市場の自由化に取り組みざるを得なくなっているのは、EU内でガス市場を自由化して競争を行っていく方針が出されており、従来、ガス生産から得られてきた収入のうち、国の取り分をできるだけ大きくしようというノルウェー政府が採用してきた政策が見直しを迫られているためである。また、国営の石油企業であるスタトイル社の権益を守ろうというノルウェー政府の政策も、従来そのまま維持することは困難となってきた。こうしてノルウェーでも、ガス市場の自由化を進めて、国内の石油・ガス部門で競争を促進することが必要となってきた。

#### （8）環境面での配慮

ノルウェーでは、政府による規制の実施により、硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）の削減は既に達成できたとしている。次いで、政府は窒素酸化物の排出量の削減に取り組んでいる。二酸化炭素の排出量についても、1991年に初めて規制が設定され、その後、規制対象範囲を拡大してきており、98年現在ではCO<sub>2</sub>排出源の60%に何らかの排出規制がかけられるまでに拡大してきている。現在は、2000年をターゲットに定めて排出削減が進められている。

このCO<sub>2</sub>排出量削減のために、政府は課税額を調整する政策を採用している。こうして、炭素排出に対して効率的な産業が自発的に創出されることが目指されている。

ガスの供給国であるノルウェーとしては、供給先国でガス焼きの火力発電に多量にガスが使用される場合に、できる限り効率的にガスが用いられるようにするという問題に取り組んでいる。

#### （9）地域冷房

寒冷気候のため冷房需要は小さい。

## (10) 将来展望

CO<sub>2</sub>削減のために、政府は地域熱供給事業の更なる展開を目指している。ただし、この目的の実現のためには、今後、エネルギー価格がどうなるかとともに、ノルウェーでのエネルギー消費向けの課税額がどう設定されるかが大きな意味を持っている。

ノルウェーの地域熱供給事業者の団体は、1996年に1.4TWh/年である発電量が、2005年には2TWh/年まで増大すると予測している。さらに、地域熱供給が導入できる最大量は7~10TWh/年に達すると予測している。燃料としては廃棄物が主要な燃料になると見ているが、ただし、バイオマスの利用も急速に拡大すると見ている。

## 10. スウェーデンの地域熱利用システムの現状

### (1) 熱需要

スウェーデンは北緯55.4度から68.8度の高緯度地帯にあり、気候は海洋性と大陸性気候の双方の特徴をもっており、そのために、暖房度日(17度Cを基準とする)は南部地域で3,100時間から最大では6,000時間に達している。

こうした寒冷な気候と、輸入エネルギー源に大きく依存しているために、スウェーデンではエネルギー需要の削減と熱需要の削減が大きな政策課題とされてきた。

省エネの観点からは、新規に建設されるビルには厳しい基準が設けられており、エネルギーロスを最小化するために、断熱材の使用が義務づけられ、壁、天井、床、窓、ドアの各部分で熱のロスを防ぐように基準が設定されている。しかも、外気を吸引して循環させているビルでは、排出される空気の再利用が義務づけられている。

スウェーデンの地域熱供給が実施されているビル(新旧ビルを含めた全体)の平均の熱需要は1997年で130~170kWh/m<sup>2</sup>であり、この値は1975年に比べて20%改善している。

### (2) 熱市場での競争

都市部のビルに対する熱供給においては、地域熱供給事業と、灯油等の軽質の石油製品(いわゆる白油)を用いる独立系の暖房、電力による暖房、その他、再生可能燃料である薪等のバイオマス燃料の燃焼による暖房とがシェア争いをやっている。

以下に示すように、97年現在では、業務用を含んだスウェーデンの全ビルの平均である下表の(1)を見ると、地域熱供給が最大のシェアを獲得しており36%を占めるに至っている。次が電気暖房で28%であり、引き続いて製油製品による独立系の暖房が24%、その他バイオマス燃料が12%となっている。

図表40 用途別の熱供給の比率(1997年)

	全ビル平均 (業務用含む)	新規着工・ア パート平均	戸建て住宅用暖房 シェア平均
地域熱供給	36%	70%	20%
電気暖房	28%	18%	44%
製油製品(独立系暖房)	24%	10%	1%
ヒートポンプ			25%
その他バイオマス燃料	12%	2%	10%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

一方、 の新規着工・アパート平均で見ると、地域熱供給の比率は大幅に高まり、70%に達している。第2位は、全ビルの平均と同じく、電気による暖房で18%となっており、その次に、石油製品による暖房が続いている。

また、 により戸建て住宅の暖房のシェアを見ると、電気暖房が44%と最も多くなっているが、ヒートポンプの利用が25%に達している点が注目される。地域熱供給は20%にとどまっているが、ただし、バイオマス等の再生可能資源の利用が10%となっている。

これらバイオマス等の再生可能資源としては、特に家庭用としては、ピート、薪、ごみ類の利用がスウェーデンでは進んでいる。

以上の検討結果から見て、全ビルについて見ると、地域熱供給は電気利用による暖房とシェア争いを行っており、一方、スウェーデンにおいて従来多量に消費されてきた石油製品による独立系の暖房は、地域熱供給にとって代わられてきている。

なお、スウェーデンでの天然ガス利用は近年開始されているが、消費量はまだまだ少なく、地域熱供給の目的での天然ガスの利用は進んでいない。

スウェーデンでの暖房費用を比較すると以下ようになる。灯油等の石油製品による暖房が一番安くて305スウェーデン・クローネ/MWhであり、地域熱供給が361クローネ/MWhとなっている。また、戸建て住宅用電気暖房が497クローネ/MWhで続いているが、ただし、設備費負担まで考慮すると、電気暖房を選択する戸建て住宅も多く存在しており、地域熱供給のみが一方向的に増える環境にはない。

図表4-1 スウェーデンの暖房費用の比較(消費税課税VAT25%を含まず:1995年)

	暖房コスト(クローネ/MWh)	同左(ECU/GJ)
地域熱供給平均値	361	11.8
石油製品(白油)	305	10.0
戸建て住宅用電気暖房	497	16.2

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

なお、スウェーデンでは重油等の黒油には、灯油等の白油に比べると高率の税金が課されており、暖房用に重油を用いるコストメリットは著しく減少している。

### (3) 地域熱供給における燃料

スウェーデン国内で供給可能なエネルギー源としては、水力、バイオマス(木材チップ)、ピート、廃棄物等があるのみで、その他のエネルギー源は輸入に依存している。

地域熱供給における燃料の選択は、地域熱供給事業者により行われており、ビル等の入居者によるエネルギー選択の余地はあまりない。ただし、国内供給可能なエネルギー源の利用を積極的に進める政策が行われてきている。

地域熱供給量は近年、年率2%で増えてきており、暖房需要面積で見ると既に36%の地域に地域熱供給が実施されている。今後、大幅な人口増が期待できないスウェーデンでは、都市地域におけるビル間の熱供給導管の設置が進むことで、地域熱供給量が増大することになる。

地域熱供給事業よりの熱供給量は、電力換算で1980年の25TWhから、95年には40TWhにまで増大してきた。今後の予測としては、2010年で45~49TWh(160~175PJ)まで地域熱供給事業による供給量が増えるとの予測が出されている。

図表4-2 スウェーデンにおける地域熱供給事業の供給量

	単位：TWh/年	単位：PJ/年
1980	25	90
1995	40	145
2010	45~49	160~175

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

このように地域熱供給量の増大が予測されるが、そのための燃料としては、国内供給が可能なピート、木材チップが大きな役割を果たすと見られている。また、天然ガスの輸入量も今後増大する見込みである。ただし、燃料選択にあたっては、スウェーデン議会がエネルギー源に対してどのような課税を行い、どの燃料にどの程度の税を課すかにより、地域熱供給事業者の燃料選択が決まってくることになる。

スウェーデンでは国内の南西部には天然ガスの輸送網が整備されており、このガス配給設備を利用したガスの効率的利用が目指される必要がある。

スウェーデンでは、コージェネ(CHP)が地域熱供給の25~30%を占めている。コージェネ(CHP)の燃料のうち、20%がバイオマスを燃料としている。また、ピートと廃棄物を燃料として利用したコージェネ(CHP)は合わせて21%のシェアを占めている。ヒートポンプ利用によるコージェネ(CHP)は19%となっており、石油・石炭等の化石燃料が25%を占め、その他、残りが15%となっている。

#### (4) エネルギー政策

スウェーデンのエネルギー消費動向には、近年、大きな変化が見られ、住宅、サービス、産業及び地域暖房システムにおいて、石油から電力への転換が生じている。また、石油からバイオマス燃料への変換も行われてきている。スウェーデン政府は、暖房目的の電力消費量を削減し、再生可能エネルギーの利用率の増加を重点としたプログラムを推進している。

スウェーデンの総エネルギー消費量は、1970年から多少の変動があったものの、ほぼ一定している。産業用途や家庭・商業用途だけを見れば、エネルギー効率の向上や地域熱供給の拡大などによって、むしろエネルギー消費量は減ってきているということが出来る。スウェーデンの石油依存度は、73年には72%であったが、1994年には32%となっており、大幅に低下してきている。その他、全エネルギー消費に占める比率は、石炭が4～6%、天然ガスが2%となっており、化石燃料への依存度は低くなっている。

スウェーデンの石油消費量の大幅な削減は、水力・原子力への電源の転換によりもたらされている。総エネルギー供給に占める水力と原子力合わせた比率は、9%から30%へと大きく伸びてきている。また、バイオマス燃料（木材チップ、わら、ピートなど）の比率は、9%から18%へと急増している。地域熱供給向けにも、バイオマス燃料は盛んに利用されるようになってきている。

同じく、総エネルギー供給量に占める電力の割合は、1972年の10%が94年には31%まで増大している。

なお、スウェーデンでは、1970年代に自然保護を目的として大規模なダム河川開発を禁止する政策が打ち出されており、原子力発電所と同じく、今後、水力発電の大幅な増大は生じないことになっている。

エネルギー政策の重点項目としては、以下の3項目があげられてきた。

省エネルギー

自国エネルギー資源の利用

エネルギー供給の安全性確保

ただし、近年では、環境保護、と、エネルギー産業間での競争の促進が、政策として加わってきている。むしろ、この2点の方が、～よりも重視されるようになってきていると考えられる。

スウェーデンでは、1997年初めに、エネルギー効率向上と再生可能エネルギーに重点を置いた「持続可能エネルギー供給を目指して」という名称のエネルギー政策法案が、同国議会で可決されている。スウェーデンのエネルギー政策においては、この法案名に象徴されるように再生可能エネルギーがたいへん重視されており、特に、バイオマス燃料と風力によるコージェネの導入が、重点施策となっている。

再生可能エネルギーの導入促進を目指して、再生可能資源関連のプロジェクトに対する投資補助金が支出されており、バイオマス燃料によるコージェネ設備の設置には、30%の補助金が支給されている。風力発電プラントおよびミニ水力プラントに対する補助金率が15%であるのと比べても、バイオマス燃料によるコージェネの補助金の方が大きく、バイオマス燃料に対する期待の大きさが表れている。



る。

スウェーデンは、既に原発の段階的廃止を目指す政策を導入している。ただし、他国からの電力輸入（含む他国の原発による発電）に大きく依存するのであれば、自国でのみ原発を廃止しても、自国で NIMBY（Not in my backyard）政策が導入されたのみで、何も進歩的な政策となっていないとの批判に答えることが出来ない。このため、どこまで再生可能エネルギーを導入できるかについて、近隣諸国からも大きな注目が集まっている。

一方、地域熱供給の導入が図られる必要性については、中央政府をはじめとして、地方自治体によっても認識されているといえる。ただし、地域熱供給に対する財政的な支援は行われておらず、また、制度的な支援も特には実施されていない。政府による支援がないにもかかわらず、スウェーデンの地域熱供給事業の導入件数と供給量は伸びてきている。その理由としては、省エネルギーの実施と自国資源の利用が、経済的に引き合う利益を生むことが明らかとなってきたためであると考えられる。

1996年に、スウェーデンのペーション首相は、スウェーデンをエコロジー先進国にするとの施政方針演説を行っている。持続可能な社会への移行を目指したスウェーデンの新しいエネルギー政策の目的は次のとおりである。

電力その他エネルギーの長短期的供給の確保

保健、環境及び気候に対するマイナスの影響の少ない、効率的なエネルギー使用、および、コスト効果的なエネルギー供給条件の創出

競争力のあるビジネス部門のための安定性ある条件の創出

産業の競争力を維持しつつ、電力生産方法としての原発の段階的廃止、および、長期的に再生可能エネルギーによる代替

以上が、現在のスウェーデンのエネルギー政策の主要な方針となっている。

#### （５）エネルギー課税

全てのエネルギー消費に対しては 25%の消費税が課されている。さらに化石燃料に対してはさらに重い課税がなされている。ただし、化石燃料中でも、天然ガスにはより少なく、石油と石炭には重い課税となっている。

CO<sub>2</sub> および SO<sub>x</sub> 等の排出抑制を目指す炭素税は 1991 年より導入されている。それまで課されてきたエネルギー税を 50%程度削減するとともに、CO<sub>2</sub> 排出量あたり 250 スウェーデン・クローネの課税が行われた。課税額は、1997 年では、380 スウェーデン・クローネまで引き上げられてきている。この環境税により、化石燃料、特に石炭の使用量の抑制が目指されている。

図表 4 3 スウェーデンにおけるエネルギー課税額

	単位：クローネ / MWh	単位： ECU / GJ
石油製品	152	4.9
石炭	159	5.2
天然ガス	91	3.0

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

上記に示すようにエネルギー源別に課税されるため、コージェネ事業にも課税が行われている。一方、バイオ燃料(木材等)、あるいは泥炭を利用した地域熱供給事業、およびコージェネ事業向けに、税制度上の優遇策が導入されており、また、補助金も支給されている。補助金は、スウェーデン・エネルギー開発公社(Swedish Energy Development Corporation)から出ており、投資資金の早期回収と導入件数の増加が目指されている。

環境税の賦課により、コージェネの燃料を石油・石炭・ガス等の化石燃料からバイオ燃料に転換するケースも生じている。

#### (6) エネルギー供給産業

スウェーデンではオイルショック後、化石燃料消費を抑制するとともに電力へシフトさせる政策が導入された。この政策は原子力発電の導入促進とともに進められてきた。

最近 25 年の間におけるスウェーデンのエネルギー供給は安定して伸びてきたが、エネルギー別に供給燃料別のシェアの変化を見ると、石油のシェア低下が著しく、1970 年に 77%のピークをつけた後、1990 年以降は 40%台まで下がってきている。同期間に電力のシェアは 10%から約 30%に上昇している。バイオ燃料は同期間に倍増し、1995 年には約 18%となっている。

地域熱供給事業会社は全国に 160 社あり、その他、300 社の電力供給会社、10 社のガス供給会社が存在している。大都市においては、これら各企業が出資した企業体(Energy Board とか Energy Company と称する)が設立されていて地域熱供給事業を行っている。ただし、大規模な熱供給プラントは、ストックホルム、イエテボリ等の主要都市を中心に 26 ヲ所存在している。

一方、中小都市においては、小規模な供給を個々の地域熱供給事業会社が実施している。

それぞれの地域熱供給事業会社は、一般に、自社の CHP プラントを操業するとともに、熱供給を近隣の事業者から受けて事業を行っている場合が多い。

なお、首都のストックホルムへの地域暖房は 4 ヲ所のプラントによりまかなわれていて、コージェネ、ごみ排熱の利用に加えて、海水の熱利用によるヒートポンプが採用されている。

#### (7) 電力供給

電力産業では、電力市場の自由化と電力の輸出入の進展による規制緩和が実施されてきている。

スウェーデンの発電量は、1970 年の 60TWh が、1995 年には 143TWh に増大している。電力消費量は 1970 年以降年平均 3%の率で増加し、1980 年代初期の年増加率は 7~10%に達した。

スウェーデン発電事業者の燃料別の構成は、1995 年で見ると以下のようになっている。原子力と水力の比率が高く、CO<sub>2</sub> 排出量を削減するという意味では、望ましい電源構成となっているといえる。水力発電が総発電量に占める比率は、原子力発電が増設されるにつれて下がってきており、1973 年の 76.3% が 95 年には 47.0% まで低下してきている。

図表 4 4 スウェーデンの発電事業の燃料別構成 (1995 年)

	発電シェア
原子力	47.9%
水力	47.0%
地域熱供給による CHP	3.3%
工場の CHP	2.9%
その他	0.4%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

スウェーデンには、国営の発電企業と同じく国営の送電会社の大手エネルギー会社が 2 社ある。配電を行う会社はスウェーデンには多くあり、地方自治体が配電を実施しているケースも多くなっている。

1992 年に、長距離送電網が国営の電力会社 Vattenfall 社から切り離された。長距離送電網を管理する別会社のスベンスカ・クラフトナット社が設立されている。

スウェーデンでは、森林資源が豊富である点を生かして、林産廃棄物を利用した発電が行われており、売電も実施されている。バイオマスを利用した発電は、CO<sub>2</sub> を実質的には出さない発電ができるとして注目されており、今後も増大すると見られる。

12 基の原子力発電所が建設途上にあった 1980 年に、スウェーデンでは原発の存廃についての国民投票が行われ、さらに、同年に、議会も「2010 年までに 12 基の原子力発電所すべてを段階的に廃棄する」という決議を行っている。98 年現在で 12 基ある原子力発電所は、耐用期限が来るとともに廃止し、2010 年までに原子力発電をフェーズアウトしていくことが決まっている。まず、デンマークに近い南部の 2 つの原発が 1998 年 7 月と 2001 年 7 月にそれぞれ運転を停止し、これら 2 つの原発の停止により、6~8TWh の発電能力が失われる予定となっている。

スウェーデンの電力供給量の半分近くを占める原子力が、本当に 2010 年までに全て廃止できるのかに関して、コストはどう考えるべきなのか、廃止する原子力発電所を所有する電力会社 (シドクラフト社) への補償はどうするか、環境面での外部費用をいかに見積もるべきであるか、等の多くの議論が行われている。補償額については、政府案の 60 億クローナ (約 1,000 億円) と、電力会社側の約 200 億~300 億クローナ (約 3,500 億~5,000 億円) の主張との隔たりは大きく、廃止スケジュールには遅れが出ている。

原子力発電の代替としては、地域熱供給による CHP が大きな役割を果たすことになる。ただし、現在 3% 超にとどまっている地域熱供給による発電が、47.9% とほぼ電力需要の半分を占める原子力の代替を全て引き受けることは明らかに困難である。しかも、原子力発電のフェーズアウト計画の遅延は、そのまま代替となる地域熱供給による CHP プラントの着工の延期を意味している。

ただし、2010 年以降の長期においては、スウェーデンの電源構成において CHP の占めるシェアは大きく増えると予測できる。

スウェーデンでは、1980 年代半ばまで「過剰な電源開発」が行われたと言われており、電力供給の過剰から電力価格が安く、電力ボイラーや電力ヒーターが普及した。石油依存率の低下を目指し、石油ボイラー使用の削減には成功したが、電気使用量は急増することになった。このため、原子力発電所の 1 基あるいは 2 基程度の廃棄は電力需給に大きな問題を与えないとの予測が多い。

現在、スウェーデンの電力価格は 450SEK / MWh 程度となっている。一方、高効率である地域熱供給の電力供給単価は 300SEK / MWh 程度であり、受電するよりも安くなっている。

なお、スウェーデンでは、1998 年に電力市場の 100% 開放が達成されており、今後は、隣国のフィンランドおよびノルウェーとともに電力市場を形成し、競争を拡大する計画が進行中である。

#### ( 8 ) 環境面での配慮

スウェーデンの一人当たりエネルギー消費量は、OECD 諸国中でも高位に位置しており、環境保護の観点から、エネルギー使用効率の向上を図ることが是非とも必要となっている。

地域熱供給事業は 80 年代から 90 年代にかけて大きく伸びてきており、80 年と 95 年を比較しても、地域熱供給事業の電力供給量は、同期間に 25 TWh / 年から 40 TWh / 年に 1.6 倍となっているが、その一方、以下に示すように、大気汚染物質と温暖化ガスの排出量は大きく減少してきている。硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>) の排出量は、1980 年の 64,000 トンが 1995 年には 10,200 トンへと 6 分の 1 に大きく減少している。また、窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の排出量は、1980 年の 22,000 トンが 1995 年には 10,000 トンへと半減している。二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の排出量も、1980 年の 8,500,000 トンが 1995 年には 3,800,000 トンへと半分以下となっている。この大幅な排出量の削減は、石炭および重油等から灯・軽油の燃料転換、および省エネ基準の徹底が効果的であったことを意味している。

図表 4 5 スウェーデンにおける大気汚染物質の排出量 (1980 年および 1995 年)

	1980 年 排出量 (トン)	1995 年 排出量 (トン)
硫黄酸化物 (SO <sub>x</sub> )	64,000	10,200
窒素酸化物 (NO <sub>x</sub> )	22,000	10,000
二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )	8,500,000	3,800,000

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

スウェーデンのエネルギー部門からの CO<sub>2</sub> 排出量は、1970 年代及び 1980 年代においてかなり低下

した。1990年代の初めわずかに上昇したものの、1995年のCO<sub>2</sub>排出量は1990年レベルに戻っている。全排出量のうち輸送部門がそのシェアを増加している。エネルギー委員会は次のことを前提条件として、CO<sub>2</sub>排出量は1995年レベルと比較して2010年までに約20%増加するとしている。

年経済成長率 2%強

年電力使用増加率 1%強

全ての原発の運転の継続

しかし、このようなCO<sub>2</sub>排出量の増加は、エコロジー面及び経済面からの持続可能エネルギーシステムとは両立せず、これをくい止めなければならない。新しいエネルギープログラムは、エネルギーの生産と使用に関連する新しい技術の研究開発に対する大規模投資を必要とする。

#### (9) 地域冷房

寒冷なスウェーデンにおいても、エアコン需要がある都市部のショッピングセンターおよび事務所用に対しては、地域冷房に対する需要が生じている。最初に大規模な地域冷房が導入されたのは1992年のVästeråsが最初である。その後、1995年までに全国で11件の地域冷房施設が設置されており、総供給量は30GWh(100TJ)に達している。

今後、2010年には地域冷房の供給地域は25ヵ所に達し、総供給量は500GWh(1.8PJ)に達すると予測されており、地域冷房のエネルギー消費量は急増する見込みである。

#### (10) 将来展望

スウェーデンの産業部門におけるエネルギー消費量は、年約1.5%の率で低下すると予測されている。ただし、産業部門の電力消費量は増大する見込みである。

一方、建物における電力消費量は、2010年までの間、現在とほとんど変わらないで推移すると予測されている。

電力消費量の伸びはそれほど大きくないが、廃止が予定される原子力発電所の発電量を補うために期待されるのが、地域熱供給事業であり、今後、間違いなく地域熱供給のシェアは拡大すると予測されている。

今後、スウェーデンの電力部門は、国産エネルギーと再生可能エネルギーをベースとして供給力を拡大する方針であり、化石燃料の使用はできる限り抑えていく予定である。

スウェーデン政府は、現在、「新エネルギープログラム」とよばれる、主として電力部門の効率向上を目指した総予算90億クローナの政策を進めている。同プログラムには、以下の事項が含まれている。

暖房目的のエネルギー消費量の引下げ(5年間で1.5TWh引下げ)

既存の電力システムの効率向上

再生可能エネルギーによる電力及び熱生産の増加(以下の表に示されるように、新エネルギーの利用に対して補助を行う)

図表 4 6 再生可能エネルギープロジェクトに対する投資補助金

内 容	投資補助率
バイオ燃料によるコージェネ	30 %
風力発電プラント	15 %
ミニ水力プラント	15 %

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

スウェーデン企業の技術力は高く、廃棄物ガス化プラントでは世界をリードする技術を持っており、積極的に輸出に取り組んでいる。

また、スウェーデンの国営電力会社は、プロジェクト 2000 と呼ばれる省電力プロジェクトを実施している。ストックホルム市郊外の住宅の省電力システムの実験では、暖房、温水、照明、ヒートポンプなどを、コンピューターにより電力供給を自動制御するシステムを導入している。実験結果によれば、平均して2分の1の省電力を達成している。政府は今後、この省電力ためのシステムを各家庭へ導入する政策を進めていく予定である。

## 1 1 . スイスの地域熱利用システムの現状

### ( 1 ) 熱需要

山岳地域が多く、投棄は寒冷であるために熱需要は旺盛である。

### ( 2 ) 熱市場での競争

スイスの熱供給事業者の団体 ( VSF ) は、大手企業の 26 社が参加して結成されている。

政府が CO2 排出量規制を強め、再生可能資源の利用を高める政策を導入しているために、熱供給事業者に大きな影響が及んでいる。熱供給事業者にとり特に重要となる政府の政策内容は、今後、環境保護政策の規定内容がどうなるかという点と、個別の事業者にとり、短期の事業採算性の確保が可能か、という点である。

エネルギー市場での競争の活発化と、エネルギー間の垣根を越えた競争促進の方針が政府から出されているために、地域熱供給事業者に対しても、政府が特別な支援策を採用する状況にはない。

政府は、ヒートポンプの導入を進めており、ヒートポンプ試験訓練センターを設立して、性能試験を実施している。スイスの電力は6割近くが水力によるため、クリーンエネルギーであるとして、政

府は電力駆動のヒートポンプの導入を進めている。

1994 年以降に新設された住宅の 25%に電気式ヒートポンプが導入されている。興味深いのはそのうちの 6 割が地熱を熱源とするヒートポンプであるという点である。

その他、スイスではチューリッヒ中央駅周辺で河川水を用い、ごみ焼却と、ヒートポンプを併用した地域冷暖房が実施されている。このように、各種のシステムを複合化させた熱利用がスイスでは進んでいる。

### (3) 地域熱供給における燃料

スイスにおいては、以下の表にあるように廃棄物の利用が進んでおり、ごみ処理場からの熱供給の利用が進んでいる。ごみ焼却場から供給される熱は比較的安価であるが、ただし、ごみ処理プラントのリパワリングにはガスが焼却されて利用されており、この点では熱供給事業者の採算は若干悪化している。

図表 4 7 スイスの熱供給の燃料別構成 (%)

	熱供給構成比 (%)
ごみ処理場	44%
天然ガス	34%
原子力、ヒートポンプ、その他余剰ガス等からの熱供給	15%
石油	7%
合計	100%

(資料) Euroheat & Power Fernwärme International

スイスの熱供給事業者協会の VSF に加盟する大手 26 業者の合計で年間 300GWh の発電が行われており、さらに 500 ヶ所にのぼる 1 基が 1,000kW 以下の小規模プラントの発電量の合計が 200GWh に達している。ただし、上記の合計の 500GWh はスイスの電力消費量全体から見ると 1%に過ぎず、発電の面での熱供給事業の占める役割は大きくない。

一方、VSF 参加 26 社が供給する熱量は、熱供給パイプラインのネットワークに供給される熱量全体の 32%となっている。

スイスでは、森林間伐により生産されるウッドチップをボイラー燃料として利用する例もある。

現在スイスでも電力市場の規制緩和が進められており、コージェネからの売電価格が現状のように安価でなくなった時には、国外からの買電が一気に増大する可能性が生じている。

### (4) エネルギー政策

スイス政府は、2000 年に向けた国のエネルギー政策である「エネルギー 2000」計画を作成している。この計画の内容としては、太陽光と太陽熱の導入(発電と熱利用)、バイオマス導入、ヒートポン

プの利用拡大、以上の3点であった。

ヒートポンプ導入促進のために、政府は融資制度を設定している。

スイスの運輸エネルギー省が作成したエネルギー政策の目標は、以下の3点にある。

化石燃料の消費を安定化させ、CO<sub>2</sub>の排出量を2000年までに1990年比で1990年レベルにとどめる、電力消費量を抑え、2000年までに消費量を安定化させる、再生可能資源の利用を促進する。

化石燃料消費の具体的な削減方法に関しては、政府および各種団体等において多くの議論がなされてきている。問題となるのはEUの政策との整合性であるが、熱供給事業者はEUの環境保護政策が強化され各国に導入されることは、熱供給事業の拡大にとって有利となると判断されている。

#### (5) エネルギー課税

スイス政府は、エネルギー税としてCO<sub>2</sub>税を導入することを検討中である。

#### (6) エネルギー供給産業

スイスの天然ガス消費量は年々増加している。一次エネルギー消費量全体に占める天然ガスの比率は92年には8.7%まで拡大してきている。

#### (7) 電力産業

スイスでは水力資源が豊富なために、発電量の6割近くが水力となっており、残りのほとんどは原子力が占めている。火力は2%程度にとどまっている。

図表48 スイスの発電事業者の燃料別構成(1992/3年)

	発電量(GWh)	発電シェア
水力	33,065	58.9%
原子力	21,948	39.1%
火力	1,103	2.0%
合計	56,116	100.0%

(資料) スイス電気事業連合(WSE)統計集

発電・配電・送電のいずれかに携わる電力会社は、スイスには1,200社も存在している。ただし、大手10社の電力会社が50%を超えるシェアを保有している。特に、最大の電力会社のNOK社は、スイスの電力供給の3分1を担っており、スイスの東北部に電力供給を行っている。

会社数だけで見ると、電力会社のほとんどは小規模水力事業者となっている。電力供給は、夏季は余剰で国外へ電力輸出を行い、冬季は不足するので近隣諸国から輸入している。

原子力発電所の建設は1990年の国民投票により凍結されており、2000年までに再度、国民投票を



実施する予定となっている。

#### ( 8 ) 環境面での配慮

原子力発電所の建設が 1990 年から凍結されているが、スイスの電力事情は水力発電に 6 割近く依存していて良好である。脱石油政策も順調に推移しており、省エネルギー政策にも政府は力を入れている。

ヒートポンプの冷媒転換にも早期から自主的に取り組んでおり、スイスの環境意識はたいへん高い。

#### ( 9 ) 地域冷房

夏季の暑い時期が短いために、地域冷房導入の需要は、ジュネーブ等の都市部を除いては、大きくない。ただし、近年は業務用ビルでは冷房需要が増えてきている。政府は、冷房設備導入には許可を取得しなければならないとの規則を設けている。

住宅用では冷房需要はほとんどない。

#### ( 10 ) 将来展望

地域熱供給事業は省エネルギーと環境配慮との両方を達成するために必須の手法であり、今後も事業分野の拡大が進むと考えられている。

ただし、石油価格が低位安定であり、今後も上昇する可能性は小さいと判断されるために、石油からの燃料の転換はスムーズに進まない可能性が高い。しかも、欧州諸国では、発電能力は需要を上回っており、コージェネ導入の必要性は現状では大きくない。

ごみの排出量が削減されてきているために、ごみ焼却による発電の価格がそれほど安くなってきている。

政府の競争政策の導入により、エネルギー産業に対して個別に援助を与えることは行われなくなっており、地域熱供給産業の初期投資額に対して補助が与えられたり、あるいは、操業段階での欠損に補助が与えられたりすることは無くなっており、このため、地域熱供給産業においても、他のエネルギー供給産業と同じ土俵で、採算性を争う必要が生じている。ということは、短期で利益が出るプロジェクトを優先せざるを得ず、最も望ましいプロジェクトに長期的に取り組むことを困難としている。

スイスでは、都市部ではさらにコージェネの導入が進み、地方では電気の利用とヒートポンプの導入がいっそう進とみられている。

## 12 . 英国の地域熱利用システムの現状

### ( 1 ) 熱需要

英国の地域熱供給カ所は 1,200 地域に達しており、1989 年と 1995 年を比べても、CHP 能力は 50%

上昇するという急成長過程にある。95年における CHP プラントの発電能力は 3,600MW であり、そのほとんどは産業向けとなっている。

政府の調査によれば、家庭向けの地域熱供給 (CHP) の供給件数は全家庭の 2%、55 万軒を超えている。政府の目標では 2000 年で 5 GW の CHP を導入する計画である。将来的には 2010 年に、12～15GW の CHP が導入できると英国の地域熱供給協会 (Combined Heat and Power Association) は予測している。

政府が期待するのは、PFI (Private Finance Initiative) に基づく地域熱供給の導入促進である。資金的に見ても、民間セクターが導入を進める CHP のための所要資金のうち、50%以上は民間資金が活用されているとみられており、英国ではエネルギー部門の規制緩和による PFI 導入が着実に進展している。

## (2) 熱市場での競争

英国では熱供給事業の普及に向けて、熱供給事業協会 (The Combined Heat and Power Association) が 1 MW 以下の小型 CHP プラントの家庭向けの普及を目指している。

政府は、コージェネ導入を熱心に進めており、“Best Practice Programme”と呼ばれる産業部門および業務用部門を対象としたプログラムでは、コージェネ技術の指導も実施するほか、エネルギー効率改善に関する情報提供も行っている。

なお、政府は“Home Energy Efficiency Programme”と呼ばれる戸建て住宅の断熱工事の補助プログラムを実施しており、91 年以来、すでに 200 万戸の住宅に断熱工事補助を行っている。

## (3) 地域熱供給における燃料

英国では、ガス供給能力が常に需要を大幅に上回ってきた経緯がある。そのために、燃料としてのガスの価値 (単位当りカロリー) を他の燃料と比べると、英国のガス価格は安く、市場で得ることができる価値を正しく反映していなかったと言われる。ただし、今後は、ガス産業で進められてきた規制緩和の効果が出る事と、独占供給者であったブリティッシュガス社が分割されたことで、市場での競争がもたらされ、ガス需要と供給の関係は緩んだ状態から次第に引き締まった状態に移行し、適正な価格が設定されるようになっていくと考えられている。

また、電力価格もベースとなる量を供給している企業は従来から存在してきたナショナルパワー社 (National Power) とパワージェン社 (PowerGen) に加えて、96/97 年より加わったイースタン社 (Eastern) の計 3 社にとどまるために、未だ十分な競争は行われていないとの見方が出されている。こうした競争の不十分さにより、新規のコンバインドサイクル・ガスタービン発電所 (CCGT) の設置が進んでいないと言われている。

一方、石炭に関しては、良質のものを安定的に将来にわたって輸入できる可能性が高いと考えられており、高い国内炭に大きく依存する事はできなくなっているのが現状である。国内炭の生産量は 1980 年の 130M トンが 96 年には 50M トンまで減少してきている。国内の石炭公社は 1994 年に民営化されている。CCGT による発電用の石炭消費量は、現在の年間 28M トンが、2002 年あるいは 2003

年には 13M トンまで減少すると予測されている。

英国の大規模発電所では石炭が多く使用されているが、石炭は長期供給契約が結ばれて供給が行われるのが普通である。一方、ガスはスポット市場が成立しており、供給能力が常に需要を上回ってきたために価格が安く、このため、ガス焚きの発電所の新設が今後、進むと予測されている。

ガス配送は、Transco 社およびナショナルグリッド社 (National Grid Co.) により実施されている。

#### (4) エネルギー政策

英国では、世界の先陣を切って 1980 年代初めからエネルギー部門の規制撤廃が実施されてきている。まず、1983 年にエネルギー法が改正されてコージェネレーションの推進が行われている。その後、1990 年には電力事業の民営化が行われている。こうした一連の規制緩和措置によりエネルギー産業の効率性は著しく高まっており、産業向けおよび家庭向けの電気料金等のエネルギー価格は低減している。

英国のエネルギー政策の重点項目としては、以下の 3 点をあげることができる。

競争と社会的公平の維持

燃料の多様化

エネルギー安全保障

コージェネよりの逆潮流・売電に関しては料金体系を設定して、それに従い購入が行われている。また、予備電力に関しては、電力会社に供給義務が設定されている。

その他、コージェネに関しては、補助金制度が設定されている。

#### (5) エネルギー課税

電力供給に対しても付加価値税 (VAT) が課されている。基本税率は 17.5% であるが、家庭用料金は 5% が適用されている。

エネルギー使用の効率化向上を目指して、電気、ガスの供給に際して課徴金が徴収されている。

電力供給に際して課される化石燃料課徴金は、従来は、再生可能エネルギーと原子力のための補助財源の確保を目的としてきた。ただし、原子力の経済性が低下してきたために、98 年よりは原子力の補助金はカットされ、再生可能エネルギーの導入のため、税率 0.9% が適用されている。

#### (6) エネルギー供給産業

ガス産業では、従来供給を独占してきたブリティッシュ・ガス社が供給を輸送の会社に分離されている。ガス供給市場は、完全に自由化されている。

電力産業の規制緩和と大きく関係しているのは、石炭産業で進められてきた補助政策の削減措置の導入である。

#### (7) 電力産業

英国では規制緩和の結果、発電部門は自由化が達成されており、1999年2月にはEU指令に基づき、電力市場の100%の開放が行われている。発電会社数は99年初めで27社あり、従来から存在してきたナショナルグリッド、およびパワージェンという2大電力会社に競争を挑む企業も出てきている。

英国では、天然ガスによるコージェネの導入が進んでおり、95年末で350万kWのコージェネが導入されている。1,336カ所のCHPが英国全体で操業中である。1,336カ所のうち、10MWを超える大型プラントは64カ所で、発電能力は2,826MWとなっていて、CHPプラントの発電量の合計である3,562MWの80%をこの64カ所のプラントが占めている。

なお、英国の全発電能力の5%がCHPにより供給されており、全発電量のうち、6%がCHPからの供給となっている。

2000年では、4GW程度までコージェネ導入が進む見込みである。IPPも、コージェネ型プラントによる導入が進んでいる。英国政府は、2020年のコージェネ導入の目標比率は発電設備全体の25%としている。

#### (8) 環境面での配慮

政府は、2000年のCO<sub>2</sub>排出量の目標値を、自由化されたエネルギー市場に任せる中で達成できる見込みでいる。さらに、2010年には、1990年を20%下回るレベルで安定化させることを目標としている。

温室効果ガスの排出量規制に対しては、再生可能資源とコージェネレーション・システムの増強で対処できると判断している。

#### (9) 地域冷房

冷房需要はそれほど小さくなく、自然換気の利用が図られている。

#### (10) 将来展望

労働党政権のエネルギー政策目標は、コージェネに関しては、2010年までに1,000万kWの導入を達成することにある。

また、ガス利用が急上昇する可能性に対しては、歯止めをかける意味もあって、ガス複合発電(CCGT)の認可基準を厳しくする方針を掲げている。

## IV 地域熱利用システムの普及と高度化のための課題

以下では、地域熱利用システム導入の問題を、その普及を促進させる面と、高度化させる面との両面から検討してみることにする。

### 1. 地域熱利用システム普及のための課題

#### (1) 地域熱供給システムの重要性

地域熱利用システムを普及させるために重要な役割を果たすのは、都市部における地域熱供給システムの導入である。都市部におけるエネルギー問題は、郊外系のエネルギー・システムと比べると、単位面積当たりのエネルギー消費密度が高いため、事業として実施できる可能性が高く、工夫次第で新しいシステムの導入が行える場合があり、たいへん可能性がある地域であると言える。

都市部への導入が期待される地域熱供給システムは、1ヵ所あるいは複数個所のプラントから、複数の建物に向けて配管を敷設し、冷水・温水あるいは蒸気を送付して冷房・暖房を実施するものである。近年は、日本を含め、欧米諸国でも、従来から行われてきた熱供給に加えて、急増する地域冷房に対する需要をまかなうために、冷熱供給を合わせて行う例が増大している。地域熱供給事業における採算性の向上のためには、高い価格での配給が可能である冷熱供給の重要性が高まってきている。

先進国の各都市においても、未だ環境に与える負荷を大幅に削減できる可能性が高い都市が多くある。このような状態に至った理由としては、供給システムに問題があったと見ることができる。先進国のエネルギー供給システムに関しては、反省期を迎えているところであると言える。

一方、環境問題に対する認識が深まるとともに、人間が消費できるエネルギーには限りがあり、人間が活動する入れ物としての「地球」にも環境上の制約があることがはっきりしてきた。エネルギーのライフサイクルも折込んで環境負荷の低減を目指す場合には、都市の内部あるいは近傍に中小規模の熱電併給施設を作り、そこから電気も熱もすべてのエネルギーを使い尽くすことを目指すことが可能であり、しかも環境負荷の点から見ても望ましいと考えられるようになってきている。

欧州諸国を中心とした先進国地域は、世界で最も環境意識が高まっている地域であり、高緯度に国が位置することもあって、すでに従来からエネルギーの高度利用への取組みが行われてきていた。地域熱供給システムとしての熱電併給システム（コージェネ）の導入をはじめとして、エネルギー利用の効率化は早くから実施されてきた。

また、北米地域では、エネルギー産業間の厳しい競争の中から、地域熱供給事業が立ち上がってきており、様々な工夫を凝らしながら、異業種も巻き込んでの経営が行われてきていた。

日本では、80年代末から90年代はじめに、いったん、地域熱供給導入がブームとなるが、その後、着実に導入件数は増加しているものの、ひところのような盛り上がりは見られなくなっている。このように、ブームを持続させることができなかつたのは、熱・蒸気・冷水の供給価格を割安に設定することのみを売り物とせざるを得なかつた地域熱供給事業者の経営上の立場に大きな問題があったと考えられる。コスト競争に打ち勝つことができるだけの技術革新力とマネージメント力を備えていれば、

米国で言われるように、都市作りの中核となるインフラとして欠かせない設備であるとの認識を植え付けることができたものと考えられる。

今後、日本でもプラント、あるいは、配管の更新期を迎える時に、新たな付加価値を付け加え、さらに技術的にも世界をリードする設備とすることができれば、日本の地域熱供給事業も本格的な普及期を迎えることができると考えられる。

## (2) 地域熱供給システム導入の利点

地域熱供給事業導入の効果としては、以下の6項目をあげることができる。

### 環境保全性の向上

CO<sub>2</sub> 排出量の減少、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 等汚染物質の排出量の削減が可能となる。大気汚染の防止を図ることができる。

### エネルギー効率の向上、省エネルギー、廃熱のプールとしての機能を果たす

エネルギー利用効率を大幅に引き上げることが可能である。地域冷暖房では、ボイラー、冷凍機、ヒートポンプ等のプラント設備が設置され、冷水、あるいは温水、蒸気がこのプラントで集中的に製造される。

また、海水、河川水、下水、ごみ等の未利用エネルギーの活用を図ることで、エネルギー効率の向上、エネルギー使用量の削減が可能となる。河川水等の未利用エネルギーの活用を図ることができれば、冷却塔用の補給水がいらなくなることによる水資源の節約も可能となる。

### 燃料の柔軟性を確保できる

天然ガス、石油、石炭、再生可能燃料等に利用できるエネルギーの幅が拡大する。

### 都市機能の充実に貢献する

防災面での機能の充実に貢献することが可能となる。

地域熱供給の導入により、地域自立型のエネルギー供給が可能となると、災害発生時に都市機能が全面的に麻痺する事態を避けることができる可能性が高くなる。例えば、阪神大震災は何百年に一度といわれる規模の災害であったが、この地震により多くの被災者が冬の寒い時期に悲惨な体験をしたことで、ライフラインをいかに維持するかが大きな課題とされることになった。防災関係者までもが罹災したときに、では住民の安全と健康を守るためにはどのような施設がなければならないのかが真剣に見直しされることになった。何百年に一度しか生じない大地震だとしても、何百年に一度は必ず起こるのであれば、その地震の被害を最小にするべく、努力が為されておくことが、文明国の努めだと考えられる。防災面から見て、強靭なシステムとは、大規模集中型のエネルギーシステムではなく、小規模分散型のシステムであり、一つ一つのシステムのリスクを小さくできれば、大規模な被害をくい止めることが可能となる。

しかも、地域熱供給システムを導入しておくことで、熱需要家側で燃焼機器が不要となり、空調設備の熱源が一括で管理できるということは、災害が生じたときに二次災害を防ぐことができることを意味する。防災面から見た火災防止効果が得られることになる。その他、蓄熱槽を備えると、槽内の水を災害時に生活用水・防火用水として利用することができる。

さらに、地域熱供給の実施は、都市美観の向上にも有用である。地域熱供給プラントを集約化して設置し、また熱供給配管を地中に設置し、さらに河川水等の未利用エネルギーを活用することで冷却塔をなくすことができると、都市美観が向上する。スペースの有効利用も図ることができ、都市美観の向上に有益であり、都市アメニティーの向上がもたらされる。都市環境との調和ということも、今後、ますます重視されると考えられる。例えば、プラントの建て屋のデザインが、市街地の調和を乱さないものとするのが重要であり、地方自治体等からこうした点がますます強く求められるようになっていくと考えられる。

#### 地域経済の発展への貢献

現在では、地域熱供給を実施することは、市街地整備を行う時の定石と呼ぶことができる。市街地再開発時、あるいは博覧会、あるいは大規模な国際スポーツ大会等を行った跡地を再開発する場合に、地域熱供給を導入するのは現在では常識となっており、都市発展のために有益である。

#### 投資効率の向上

電力供給ネットワークと、ガス供給ネットワークをそれぞれ建設し、維持するよりも、地域熱供給、あるいはコージェネの導入は重複投資を押さえる働きをする。特に、小規模分散化発電の効率が向上してきた現在においては、600MWの発電所1ヵ所を設置するよりも、600kWの発電機1,000個を都市内に設置し熱の利用を図る方が、エネルギー効率は高く、しかも、信頼性も高く、災害時にも強いというメリットがある。こうして、ライフサイクル・コストの節約が可能となる。

地域熱供給を導入することで得られるメリットとしては、ここで示したように、エネルギー効率の向上、燃料選択が自由な機器が開発されていること、従来、熱需要側で備える必要があった燃焼機器が不要となる点、災害時への対応が可能となること、大規模再開発時、あるいは博覧会等に事前に都市計画の一環として導入するメリットが大きい点を指摘することができる。

大規模な地域熱供給ではなく、そもそも、熱と電気を併給するコージェネ・プラントのみの導入でもメリットは大きい。一般に、日本では、コージェネを導入する目的は、契約電力量と従量部分の電気代の両方を削減できる点が大いだが、それ以外にも以下のように、数年で初期投資の増大分の回収をもたらす種々のメリットがコージェネ導入によりもたらされる。

#### エネルギー効率の向上

日本の例を考えてもコージェネ導入によるエネルギー効率の向上という効果は大きい。

日本における熱の総合的な利用率は 34%であり、残りの 66%は大気中あるいは海水中に捨てられている。コージェネ導入により熱のカスケード利用を促進することが必要であり、1%エネルギー効率を向上させるだけで、年間で石油換算 1,400 万 kl のエネルギーの節約が可能となる。設備容量の低減、スペースの有効利用も可能とする。

#### 電力会社にとってのメリット

電力事業者が、コージェネあるいは地域熱供給の導入が進むことでメリットを受ける可能性がある。電気冷暖房を低減させ、電力負荷の低減をはかることができるからで、しかも、地域熱供給およびコージェネ設備を適切に配置することができれば、送電、配電の負荷平準化させ、さらに負荷低減も可能となる。電力の逼迫、輻輳の軽減ももたらされることになる。

#### 環境保全

コージェネは、都市温暖化の低減に貢献できるシステムである。途上国においても、環境面におけるメリットが大きいコージェネシステムの導入は政策的な後押しを得やすい。

EC の推定によれば、1 MWh の発電能力を持つコージェネで電力と熱を同時に作るのと、電力と熱を別々に作るのを比べると、コージェネの方が 1 MWh あたりで 500kg、CO<sub>2</sub> の発生が少ないと推定されている ( Jarvenpaa et al. 1998 )。

#### 防災効果

コージェネの導入により、地域熱供給システムの導入と同じく、地域自立性を高めることが可能となる。

ただし、地域熱供給の導入に当たっては、留意すべき点が存在している。最大のものは、設備に対する初期投資が大きくなるという点で、そのため、導入に当たっては慎重に採算性を計算する必要がある。特に地域熱供給を実施するためには、配管を敷設する必要があり、投資額がかさむことになる。導入にあたって留意すべき点を、以下のように列挙することができる。

#### 初期投資の増大、負担増

負担増という意味では、稼働後の補修・点検に関しても留意が必要である。定修時期をどの期間に設定するかは採算性に影響し重要である。

#### 計画・導入が難しい、地域の承認を得るまでに時間がかかる

例えば、地域配管スペースの確保をどのようにして図るかという問題がある。

その他、地域熱供給システムが、環境規制をクリアしていることを示すためには、十分な説明が必要となる。地域熱供給システムは、全体としては、大気汚染物質の排出量削減となる。ただし、集中プラントの部分のみを見た時に、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>等の排出量は、その部分では増大する。



### 地域独占企業が生じてしまう可能性が存在する

地域熱供給事業においては、配管を通じて需要家側に熱供給が行われるために、既存の熱供給事業者による地域独占となってしまう可能性が高い。熱供給事業者による地域独占を認めないためには、制度的に、あくまで新規業者参入の余地を残しておく工夫が必要となる公衆の認知、情報不足

では、今後、地域熱供給の導入が進むためにはどのような点が課題となるのかを考える。克服すべき点として、以下の4点を指摘することができる。

### サービスの向上

日本では熱料金を安く設定することのみで、地域熱供給事業における熱供給先（顧客）を引き付けようとしている傾向が強い。米国で見られるように、顧客側のサービスに対するニーズを満たすように、維持、補修の提案を行うことが必要である。熱供給事業者は、さらに、顧客が実施するデマンドサイドマネージメント（DSM）等のオペレーション部分をも請け負ってエネルギー効率の向上に貢献していくことが望ましい。需要家側の熱交換器まで事業者側が設置する例も多く、また、DSMを徹底するために、二次側の制御まで事業者側が行っている例もあり、米国では経済性の向上とエネルギー効率の向上の両方が、主として事業者側の努力により目指されている。

### 総合エネルギー産業への脱皮

米国では、水道事業者が地域熱供給に参入するケースがあり、効率性が高まるとともに、サービスが向上したと報告されているケースがある。上下水道、熱供給までも含めた集中監視を実施することで、顧客サービスを充実できる。日本でも、早期の規制緩和が求められう部分がある。

米国等の熱供給事業が盛んな土地では、複数のプラントをパイプラインでつないだネットワーク化が行われている例も多い。ネットワーク内での最適化運転を行うためには、蒸気等のパイプと並行に光ファイバーを敷設し、圧力、温度、流量の計測を行っている例も米国では多くなっている。導管の道路埋設に関しても、米国では、日本に比べて規制が緩くなっており、200mm以下の配管であると、ガス、電気等のインフラの上部に設置することも可能となっている。導管敷設に関する規制は、可能な限り緩和することが望ましく、いったん敷設できた場所の補修等の工事を行う場合には、道路占有許可等はより簡略に取得できることが望ましい。

### 採算性向上のための試み

地域熱供給事業の採算性向上のためには、さまざまな工夫が必要となる。例えば、気象データの取り込みより運転条件を調整して、きめ細かな制御を行っている例が米国ではある。また、多くのシナリオ（例えば40通り）を設定し、そのシナリオの中から最適と思われる運転条件を選択している例も米国ではあり、効果を上げている。

このように、採算性を高めるためには技術力を磨き、特定の部門では抜き出した技術力を確保する

ことが重要である。米国企業では、配管保温技術、あるいは、ネットワーク技術にノウハウを持つ地域熱供給会社が存在している。どの技術を選択するかという点に関しても、様々な選択肢から、最適な設備を導入する眼識が必要となる。例えば、蓄熱槽を導入する場合にも、一般的には氷蓄熱の効率が高いと言われるが、場合によっては、水蓄熱の方が、採算が良い場合がある。

#### 料金設定の工夫

熱供給料金の設定に関しても留意が必要である。蒸気・温水、冷水の供給価格の設定を、顧客の側がメリットを感じることができるようメニューとして提示することができると、地域熱供給事業の拡大は促進される。米国企業は、ファイナシングの面で顧客向けにさまざまな提案を実施しており、こうした点は、日本の熱供給事業者も模倣出来る点は模倣していく必要がある。熱供給事業者が対応しなければならない事項としては、料金体系の他にも、計量方法、マーケティング、施設のトラブル等をあげることができ、対処しなければならない問題点は多い。

なお、日本の熱供給事業では、熱供給事業法により地域独占と安定供給のために原価主義が採用されており、料金は認可制となっている。熱料金は通産省の「熱料金算定要領」に従って算定する必要がある。

#### (3) 地域熱供給導入のためのインフラ整備

地域熱供給を導入するためには、プラントから建物に向けて、地域導管が敷設される必要があり、初期投資が大きいという点が大きな課題となる。

地域熱供給のための導管代とその敷設のための費用は、先進国では一般に高く、プラント設備費の3~4倍程度かかる例もあるといわれる。地域導管は、直埋設あるいは共同溝内に敷設されるが、事前の念入な都市計画に基づいて設置される場合には、費用を減らせる可能性がある。特に、設計時に敷設距離をできるだけ短縮することで、投資額を削減できる可能性がある。

特に注目されるのは、工業団地設置に対する考え方が変わってきているという点である。

工業団地のあり方は、時代とともに変化してきており、現在では、環境面を考慮した「環境コンパクト」、あるいは、「ゼロエミッション団地構想」といった考え方が出されている。従来は、産業間の関係は物流により結びつけられてきたが、昨今では、エネルギーあるいは情報の流れで結びつける考え方が出されるようになってきている。

こうして、情報化とデジタル化が進んでいる中、中央集中型経済から地域分散型経済への移行を目指した都市作りのための計画がいくつも策定されている。例えば、「デジタルコミュニティズ構想」、「情報特区」といった構想である。すでに、川崎市と環境事業団は、臨海部に「ゼロエミッション団地構想」を掲げて2000年よりの分譲開始を目指しており、産業廃棄物を生産資源として利用する循環型のシステムを創出する計画であり、資源の最大限の利用を図るとともに、省エネルギーの推進を目指している。

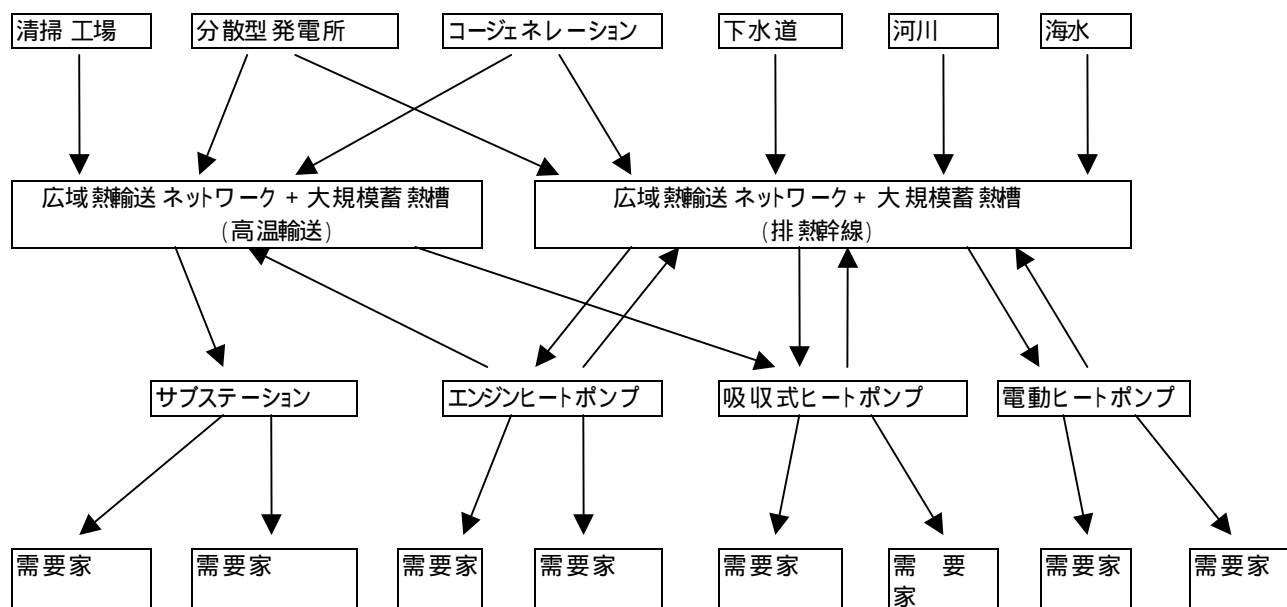
情報通信基盤の整備が重要なことはもちろんであるが、バリアフリーな都市作りのためには、海外の先進サービスを率先して導入することが必要となる。都市向けの投資額は、建設、運輸主体から、

情報通信に向かっており、情報通信基盤の整備は都市の盛衰を左右する重要な項目となってきている。エネルギー使用量に関して見ても、日本でも、OA化、情報化により電力使用量は格段に増大しており、電力需要の増大に備えることが必要となっている。また、制度的にも、余剰電力の売電、熱需要の融通といった、施設間でのエネルギーの融通を行うとともに、エネルギー需要を分析して、需要先別の特性を理解しつつエネルギー供給を行うといったエネルギー管理の面でのノウハウの蓄積がたいへん重要となってきている。

今後、高圧送電の必要性は大幅に低下する一方、排水再利用システムが導入され、また、広域熱輸送ネットワークと大規模蓄熱槽の設置が計画されている。

図で示すと以下のような関係が作られる計画である。

図表 4 9 広域熱輸送ネットワーク



(資料) 柏木ほか、1996 p.181

なお、現在では、インフラ整備の目的にアメニティーの向上も含まれるようになってきている点も注目される。

例えば、ウィーン市内のハイリゲンシュタットにあるごみ処理場は、有名な建築家のフンデルトバッサーがデザインした建物であり、見物客が絶えない場所となっている。同じ施設でも、工夫次第で、地元からの迷惑施設となるか、見物客が絶えない名所となるかは工夫次第のところがある。

次に、先進各国で進められている電気事業の規制緩和がなぜ地域熱供給事業の発展に重要な意味を持つかを検討する。

#### (4) 電力供給部門での自由化の効果

まず、昨今のエネルギー使用技術の進歩にともない、電力供給に関する考え方が変化してきた点を確認しておくことにする。電気エネルギーを何の目的で、どの分野で使用するべきかという点について、認識が変わりつつあるのが現状である。

今日、電気は高価で良質なエネルギーであるため、その良質なエネルギーを使うべき場面は限られるべきであると考えられるようになってきている。この点は、「ソフトエネルギーパス」という概念を提示したことで有名なエイモリー・ロビンス (A. Lovins) が述べた、「電気で湯を沸かすのは、チェーンソーでバターを切るようなものだ」との言葉に象徴的に表されている。電気はたいへん良質なエネルギーであって、そのため、電気は多く供給されるほど良いという考え方は間違いであることが指摘されるようになってきている。

良質であるということは、その良質な電力を使ってしまうことには、場合によっては、負の効果が生じるケースが有り得ることを意味する。従って、電力供給の増大、つまり電力化率の向上がエネルギー部門での近代化の象徴であるというようには考えられなくなってきているのである。

給湯用といった使用目的であれば、電気で湯を沸かすのではなく、いったん他の目的で使い尽くした100度以下の熱(質が悪い熱と呼ぶ)を使用して同じ目的を達成することが可能となるような、熱の使い方をシステムとして導入できる技術が生まれてきており、しかも、環境問題を考えた時には、そうする必要が生じていると考えられているのである。このように、電力を使うべきでない場面で電力を使ってしまうことによる負の効果のことを、マイナスのワット、つまり負の電力量として、「ネガワット (negawatt)」という言葉で表されるようになってきている。こうして、現代では、使用目的に応じて使うべきエネルギーを選択し、組み合わせて使う必要性が強く認識されるようになってきている。

#### (5) 電気事業の規制緩和の進展

現在、欧米諸国を始めとして、世界各国で電気事業の規制緩和が進められており、既存の電力企業が分離分割される動きが出ている。従来、電気事業は、19世紀に「自然独占」という考え方が英国で出されて、発電、送電、配電を垂直に統合する巨大な地域独占企業が出現し、そうした大企業が電力を供給した方が効率が良いとしてその存在が認められてきた。しかも、発電および送電技術には規模の経済が働くとともに、電力は貯蔵できない特性を持つとされたために、「範囲の経済性」という言葉で表されるように、貯蔵できない電力は、発電から送電、配電までを一体として管理する方が、経済合理性があると考えられた。こうして、電力会社が垂直統合を行うことが正当化されてきた。

その後、80年代末から、英国を皮切りに、欧州、米国、オセアニア等の各国で、電力事業の規制緩和が進められ、発電、送電、配電の分離が実施されることになった。

このような、電力事業の分割の動きを生んだ理由としては、 発電技術の進歩、 小規模発電と

大規模発電との効率の差が小さくなったこと、 情報技術の進歩により電力生産と消費の管理が容易となってきたこと、 高利益を享受する地域独占企業としての電力産業に対する新規参入の困難さが問題とされるようになったこと、 原油価格の低迷により火力発電所の発電コストが大幅に低下した点、 IPP（卸発電）を入札で募集すると、既存の電力会社より大幅に安い価格で発電が可能であることが明らかとなったこと、等の多くの要因をあげることができる。

世界の電力事業において、コストの 8 割程度は発電部分が占めていると見られている。したがって、この発電部分で競争が行われるように制度を作ることが必要であると考えられており、そのために送電部分を卸発電に開放する制度が設定されることになった。米国では、90 年代に EPA 法（Energy Policy Act）により、送電部分の開放、送電線のコモンキャリア化が進められることになった。

電力事業の規制緩和が行われ、その結果、多くの国で卸発電事業（IPP）が始まっている。IPP 事業者は、コージェネ事業および地域熱供給事業に参入することができれば、発電で発生する熱を販売できる可能性が生じるために、これら事業への参入のメリットは大きい。既存の大規模発電所のような巨大な施設を建設することは、IPP 事業者にとっては負担が大きすぎるが、発電により発生する熱も販売することで、燃料費の負担を軽減できる。コージェネおよび地域熱供給事業は、IPP 事業者が参入を計画するのに最適な事業である。

一般に、蒸気の供給がペイする配送距離は約 2km といわれる。また、温水を供給してペイする距離は 20～30km が限度であるといわれる。そのため、地域熱供給プラントは、熱負荷がある地点のそばに設定されることが望ましく、IPP 事業者がコージェネおよび地域熱供給事業に参入するためには、IPP 事業者のプラントの立地がまとまった熱需要がある地点に近いところにあることが必要となる。

また、電力規制緩和の進展とともに、いくつかの注目される動きが生じることになった。

カリフォルニア州の電気事業は再編され、発電事業の一層の小規模分散化をもたらすとともに、電力コストが社会的に透明化したという効果が生じた。さらに、電力需要家側が環境に対する関心を強めたことも既存の電力供給体制の枠組みを変化させ、規制緩和を促進する効果を生んでいる。米国では規制緩和の推進により、発電および熱供給事業者数が増加しており、公正な競争が行われる可能性が拡大されたとして効果が出たと評価されている。

ただし、電力事業の規制緩和が、負の効果を生む可能性も指摘されていることを確認しておきたい。例えば、発電の小規模分散化が進行すると、石炭、重油といった価格が安い燃料のみが選択されて、CO<sub>2</sub> の排出が増加し、かえって環境の悪化をもたらす可能性がある。小規模発電事業者、あるいは地域熱供給事業者数が増大したときに、これら事業者が、どこまで長期の視点を持って環境負荷の低減に努めるかという点に関しては、確証はないからである。市場任せにしたときに適切な選択が担保できないのであれば、税制度の利用等、公的な制度を整備して、その制度で得られた資金を、より望ましい方向へ還元させていく必要が生じる。規制緩和が実施されるに際しても、どこまで政府の関与が必要となり、政府の役割はどこまでかという議論が行われる必要が生じることになる。規制緩和により市場メカニズムに依存するといっても、規制緩和が行われた後のエネルギー供給市場の動向を見な

がら、公平性と環境負荷の低減を図ることができるように制度を維持する必要が生じる。

欧州諸国の中には、電力市場規制の緩和を進める一方、積極的にコージェネ等の分散化発電に政府と地方自治体からの助成を行っている国もある。そうした国としては、デンマークおよびオランダがあり、コージェネおよび地域熱供給事業の導入が進むという成果が出ている。

その他、電力規制緩和の影響により、フランスを唯一の例外として、欧米諸国では、原子力発電が、特に初期投資が膨大であるために、他の発電システムとの競争に敗れてしまい、既存の投資額を回収できない部分であるストランディッド・コストを電力料金から回収できない事態が生じてしまうことになった。米国でも、原子力発電所を運転する電力会社の最大の悩みは、今後フェーズアウトしていく既存の原子力発電所を廃棄するための費用を、電力顧客から徴収できるかという点である。

一方、新エネルギーである風力、太陽光等は、単位面積当たりのエネルギー密度が小さいために、エネルギー供給量を急速に伸ばすことは困難であり、即効性のある対策として過大な期待を持つことはできないことが明らかとなりつつある。

したがって、スウェーデンのように、耐用年数が到来した原子力発電所から次第に廃棄していく計画を立てている国では、CO<sub>2</sub> 排出量の増大に繋がらないと考えられる再生可能資源であるバイオマスを利用した地域熱供給の促進が大きなテーマとなっている。

今後、電力の自由化に向けた世界的な動きは不可避であると考えられる。2005年あるいは2010年に途上国の電力市場はどうなっているかを見ると、ほとんどの国で、発電・送電・配電の分離が行われているであろうと考えられる。すでに、将来的な電力供給関係の見取り図を発表している国も多くあり、各国の電力会社は、発電・送電・配電へ分離されることを予測して準備を開始している。

将来的には、電力会社の業務範囲も変化していき、既存の電力会社でも、総合エネルギー会社として熱を販売するケースが多くなることが予測できる。卸発電事業（IPP）は競争が厳しく、利潤率が低下すると考えられるからである。途上国においても、卸発電事業者は、直接電力需要家と、10年あるいは20年といった長期間にわたり、電力供給契約を結ぶケースも出てくると考えられる。発電事業という固定資本が巨額におよぶ産業で、発電所建設のための初期投資をカバーするには、燃料代をヘッジしてしまうことが資金回収の早道だからである。

一方、小規模分散発電事業の進出の余地は、どの国においても、ますます大きくなると予測できる。ある程度のまとまった熱需要を持つ、工場、事業所、ホテル、病院、役所、オフィスビル等においては、独立型の発電機を設置し、自分が必要とする電気と熱は自分のところで作るケースが増大する可能性がある。まとまった電力と熱需要がある工場が存在するとき、その工場に自社で電力も熱も供給できる自立型のエネルギーシステムを導入し、しかも、余剰のエネルギーが生じたときには、その余剰分は、近隣地域の業務用あるいは民生用の需要に向けて販売する特定電力供給、あるいは熱供給事業の実施が進みつつある。ただし、この場合、工場が発電と熱供給をすべて自前で実施する必要はなく、熱電供給の専門の会社が工場側に代わって発電と熱供給を実施し、工場側はあくまでも自社のコア・ビジネスに集中する仕事の分担が行われた方が効率的な場合が有り得る。北欧諸国では、工場（例えばパルプ工場）と発電および熱供給会社が、対等な協力者としてそれぞれの得意分野で協力し合う、パートナーシップが結ばれる例が生まれている。

## 2. 熱利用高度化のための課題

地域熱供給システム普及の意義としては、都市の熱利用の高効率化を図ることができる点をあげることができる。化石燃料の燃焼による二酸化炭素の放出が増大しつつあり、地球温暖化対策として何らかの手を打つことが必要となっているが、地域熱供給システムの導入は、対策として効果が大きい。特に、昨今、進歩が著しい熱利用関連技術の利用促進が極めて重要となっている。

### (1) 地域熱供給関連技術の進歩

まず、エネルギー利用技術の発展がどう進んできているかを検討する。

#### 世界各国の技術水準の概観

コージェネ技術については欧米各国とも競争が厳しく、機器メーカー、エンジニアリング企業も世界中にたいへん多くあり、注文すればどの国からでも、最新の技術・機器を導入することが可能となっている。ただし、地域熱供給は、多数の、耐用年数が異なる機器の組み合わせで作り上げられるシステムであるために、効率的な運用は、最新機器を導入したのみでは達成できない。

技術面から見た日本製の機器の位置づけを考えると、吸収式冷凍機の技術に関して、特に、フロンを使わない技術、あるいは電気を使わない技術で、欧米企業を一步リードしている感がある。

ただし、日本は地域熱供給の普及において、欧州諸国から一步遅れているが、その原因としては、地域配管コスト、および配管敷設に係る種々の制約が存在しているためであると考えられる。

欧州諸国では、蒸気タービンで発電しながら、一部蒸気をひき抜いて地域熱供給を行う事例が多く存在している。CHP (Combined Heat and Power) と呼ばれるのがこのシステムであるが、本当にエネルギーを使い尽くすためには、こうしたクラシックなボイラと蒸気タービンの組み合わせという程度の温度で動くシステムでは、不十分であることが指摘されている (平田 1994, p.V)。

今後、期待されているのはエネルギー制御技術面での進歩である。従来、日本でも、オフィス単位、ビル単位で排熱利用が行われてきたが、さらに拡大して地域冷暖房としてネットワークで結び、最適な熱輸送をリアルタイムで産出して制御を行うことが目指されている。そのためには、余剰なエネルギーを適正に配分するようなインテリジェント化された、しかも最適な貯蔵、管理情報の交換制御が可能となるシステムの構築が必要となっている。熱需要の最適制御を実施するためには、同時に、IPPよりの売電量もデジタル化して制御する必要があり、地域の電力供給を最適化し、売電量も最適化しなければならない。

コージェネの最適設計手法は種々検討されているが、エネルギー需要が季節ごとに、また時間的にも変化するために、設計変数と制御変数が膨大となる可能性があり、実用的な解を出すシステムとするためには困難な部分が存在している。ある程度、実測データと経験則で補う必要がある。また、こ

の検討の際には、プラント機器の耐用年数を増大させるような維持・補修のやり方が検討されることが望ましく、多方面からの分析と、解析手法の検討が必要とされる。さらに、地域熱供給事業が拡大し、事業者数が増えると、供給エリアが隣接するケースが出てくる。こうした隣接するエリア間をさらにリンクさせる工夫が必要となる。日本のネットワーク技術がこうした複数熱供給事業のリンクをはかる場合に生きると考えられる。ごみ発電と IPP と、それから都市排熱が隣接しているときに、それらをネットワークという形で結んで最適化して運転する系統連係は、困難な課題であるが取り組まれて最適化が図られる必要がある。

### 分散型発電

小規模分散型技術においてエネルギーのカスケード利用を可能とする技術革新が急速に進んでいる。従来は、「規模の経済」が働く大規模な発電システムの採算性が高いとされてきたが、エネルギーの供給から始まり、最終的な排熱としての放出、あるいは設備の廃棄に至るまでのライフサイクルを考えたときには、小規模分散型システムの効率は高く、大規模集中型のシステムと十分に競える部分が出てきている。

こうした、小規模分散型システムの採算が向上した理由としては、プラント等の機器の進歩とともに、小規模プラントの制御技術、ネットワーク技術等の進歩、をあげることができる。さらに、都市部の事務所ビルのように、電力のピーク需要をさらに押し上げる形で電力需要が生じている場合に、電力のピークカットを実施できるコージェネ施設の導入が可能であれば、DSM を実施するのと同等のピークカットのメリットが電力会社に生じる。その上、地域熱供給施設への余剰熱の販売が可能であれば、メリットはよりいっそう拡大することになる。ただし、小規模分散型システムの利点を生かすためには、熱の需要が多く、供給先を確保できる都市内、あるいは都市の近傍にプラントを設置する必要がある。つまり、発電で言うと、既存の 100 万 kW といった遠隔地にある大規模発電所では、熱利用が不可能であり、より小規模な数十 kW 程度の発電所を都市の近傍にたくさん作り、熱も利用して、総合利用効率を向上させる工夫が必要となってきた。

なお、都市部においても、商業施設、あるいは、近年増えてきたコンピューターが入ったインテリジェントビルの発熱量は大きく、冬季でも冷房が必要な場合が少なくない。暖房のみを行うときには、システム構成は簡単であるが、冷房も実施使用とすると、機器構成は複雑にならざるを得ず、オペレーションも複雑化する。

吸収式冷凍機の技術進歩が更に進み、COP（成績係数）が向上すると、地域熱供給の採算性はいっそう上昇する。電力駆動の圧縮式ヒートポンプは効率が高く、この高い効率を上回るべく吸収式冷凍機の技術革新が進められている。

特に、採算性を向上できる技術としては、リアルタイムで出てくる電気と排熱に合わせて需要を創り出す、あるいは、電気と熱に対する需要に合わせて供給体制を創出するという、この 2 方向からの対応を可能とする技術の開発が進められている。供給体制を変えるには、カスケードの割合を変えられるようにする技術が開発中である。

次に注目されるのは、マイクロタービンと呼ばれる小型のガスタービンの開発が進められている点



である。

ABB ( Asea Brown Boveri ) 社では、10 kW 程度の家庭用のマイクロ・小型ガスタービンの実用化が近いと判断しており、これら小形ガスタービンが、特に北米を中心として用いられるようになると判断して自社でも開発を進めている。すでに米国では、ターボチャージャーなどの技術をベースに、11 万回転、出力 8kW のガスタービンが開発されている。この程度の規模であると、需要先として独立家屋も充分顧客となると見ており、エネルギー需要量が多い米国の一戸建て家屋用に導入が進むと見ている。

欧州では、米国よりは家屋が密集しており、より大型のタービンにより集合住宅用の電力と熱の供給がコージェネにより実施されていくと見られる。

次に、マイクロタービンに劣らず注目されているのが燃料電池 ( Fuel Cell ) である。特に、資金力と技術力に優れた自動車会社が研究開発を進めている PEM 型 ( 固体高分子型、あるいは陽子交換膜型 ) と呼ばれる燃料電池に対する期待が高まっている。

1997 年 9 月にフランクフルトで開催された国際モーターショーで、ダイムラーベンツ社が燃料電池自動車を発表している。同社は、2004 年にも量産化に入る予定であり、液体メタノールを改質して水素を得るといふ、発電所そのものの機能を自動車に積むことができる小型燃料電池に負わせる予定である。水素と酸素を結合させて直接電気を得てモーターで車を動かすというこの機構は、従来の蓄電池で動かす電気自動車とは、根本的に異なっている。この燃料電池の効率は 40 ~ 45% に達するとされ、ディーゼル車のエネルギー効率である 25 ~ 30% 程度を大きく上回っている。

この自動車用の燃料電池が注目されるのは、そのまま家庭用燃料電池として利用できる技術となるからである。しかも、自動車用に大量生産すると値段も大幅に安くなると見られている。日本企業でも、トヨタ、マツダ、三洋電機、東芝等の多くの企業がこの燃料電池の開発を目指して凌ぎを削っており、2005 年頃には、一斉に商品化されて市場に出てくると見られている。値段も 1 基 20 万円程度で販売可能であると見られており、家庭用として、連続使用に耐えられるものが出れば、ガスで風呂を沸かす前に、まず燃料電池で発電し、排気を熱交換して給湯・風呂等に使用するという使い方が可能となり、都市の熱供給においても、大きな変化が生じる可能性がある。

従来、日本企業による燃料電池の開発は、5 万 kw 程度のリン酸型が中心で、排熱温度が 200 度と高くなっており、大手の工場でのみ用いられてきた。

熱電供給の分散型発電所を設置するとともに、卸発電事業者に開放された送電・配電網を利用して電力販売を行うことが、電気事業の規制緩和の進捗とともに多くの国で可能となってきている。また、天然ガスを燃料としたガスタービン発電の排熱を利用して熱供給が行われる例が増えてきている。また、近年では燃料電池を設置して発電と熱供給を実施するケースも出てきている。いずれの場合も、ガス配管網の整備によるガス供給が可能となっている国では導入が進んでいる。

熱電供給発電所を設置することで効率の向上を図ることが可能となる。大規模な発電所は消費地の近傍に設置することは困難な場合が多いが、分散型発電所を消費地の近傍に設置でき、熱の利用も兼ねることができれば、エネルギーの利用効率と環境負荷の低減を両方とも達成できる可能性が生まれ

る。

こうした小規模分散型の熱電併給発電所を新設する場合には、熱と電力の負荷を比較し、どちらがより需要が高いか、負荷の形態が熱主電従であるか、電主熱従であるかを見極めた上で、エネルギー源の選択を行う必要がある。例えば、電力と都市ガスエネルギーの複合利用をどう組み合わせるべきであるか、という点は、こうした需要側の条件の検討から明らかとすることが可能となる。

日本では、環境調和型エネルギーコミュニティの形成事業、カスケード利用型工業団地の形成等、多くの助成事業が実施されており、発電所・工場等の周辺への熱供給（主として民生用）あるいは、地域エネルギーセンターでの廃熱利用も徐々にではあるが進んできている。

ただし、現状では、小規模な事務所や商業用の個々のビルに分散型発電設備を設置して採算を合わせることができるほどには、コージェネの収益性は高くない。小規模なビルでは熱電比（電力量に対する排熱量の比率）が小さいために、熱販売による利益が小さいからである。

#### 周辺機器関連技術

熱交換器のように世界中で広く用いられており、先進国ばかりでなく途上国でも多量に用いられている機器に関しても、徐々に技術革新が進んでおり、効率が向上してきている。こうした汎用機器においてもできるだけ高率の良い機器の導入が目指される必要があり、特に、日本が優れる小型化技術を生かした製品（CHE）が世界中で利用されることが期待される。産業用としては従来型の管形熱交換器が習慣的に使いつづけられている傾向が強いが、今後は、よりコストパフォーマンスが良い機器の導入が進められる必要がある。

熱交換器に関しても斬新なアイデアが出されて、効率向上の可能性が示されている。例えば、オーストラリア企業がヒートホイールと呼ばれる回転式の熱交換器を実用化しており、排熱のきわめて高い回収を実現している（Ecopower社）。

#### 配管技術

技術的に留意しておかなければならない点を、以下のように指摘することができる。

- (a) 熱配管をループ仕様にしておく必要性。ループにしておかないと、シャットダウンが生じる可能性が高くなる。
- (b) 熱配管の材質の選択：土壌の組成次第で、使用すべき配管の種類が異なってくる。鋼管、アスベスト管等何を選択するか、断熱を行うか、行うとしてどのような材料を用いるか等を、慎重に検討する必要がある。

冷熱配管に関しても、冷熱供給のための導管とその敷設のためのコストが大きいために次のような留意点が必要となる。ただし、冷熱供給先の建物の気密性が高まり、高断熱化が進まないと冷水供給による冷房は効果が少なく、事業として実施できない。また、フローラインとリターンラインの配置を最適化することで3割程度のコスト削減が可能となったとの例もあり、地域熱供給の導入時には、十分な検討が必要である（ドイツの事例：地域熱供給事業協会 IDHCA 報告書、1994.10）。

### コンバインドサイクル発電

熱の高温域の利用として、トッピング ( topping ) 部分に対してまずガスタービンを回して発電し、さらに、ガスタービンからの高温排熱を蒸気で回収して蒸気タービンを駆動させ発電させるのが、コンバインドサイクル発電である。

ガスタービンの入り口温度は、1,300 度 C まで技術革新により上昇しており、熱効率は 35% に達している。この場合、投入されたエネルギーの残り部分である 65% は、600 度 C 程度の排気ガスとして存在している。この排気ガスを排熱回収ボイラーで熱回収し、発生した蒸気でスチームタービンを駆動することが可能となっており、1,300 度 C のコンバインドサイクル発電における発電端効率は 47% にまで向上する。

技術的に見ると、ブレイトン・サイクル+ランキン・サイクルが、コンバインド・サイクル ( 複合サイクル ) であり、ガスタービンを設置することでブレイトン・サイクルが実現することになる。このブレイトン・サイクルによるガスタービンの排熱は高温なので、ランキン・サイクルの入熱として利用することが可能となる。ランキンサイクルが実現するために効率が向上する。

### リパワリング

在来の発電所では蒸気タービンを設置して発電しているが、トッピングにガスタービンを新設し、既設の蒸気タービンの容量を拡大して出力を増大させるとともに、ガスタービンの排熱回収ボイラーで発生する蒸気を既設の蒸気タービンに導いて発電効率の向上をはかるのがリパワリングである。

より簡単なリパワリングとしては、ガスタービンの排気ガスをボイラーの燃焼用空気として利用する排気再燃コンバインドサイクルというシステムが導入されている。

リパワリングの導入により、熱効率 38% の従来型システムに、ガスタービン ( 1,300 度 ) を設置すると熱効率は 41% まで上昇する。この 3% の差は発電所の利益率の向上にとってはたいへん大きい。

### ガスタービン技術の進歩

低コストで高効率のガスタービンが開発されている。燃料は、天然ガス、石油、LPG の選択が可能で、熱効率は 40% を超えている。建設コストは 1kW あたり日本円に直して 16~18 万円程度であり、設置面積も 1kW あたり 1m<sup>2</sup> 程度にとどまっている。

今後さらにガスタービンの技術革新が進み、例えば小型のガスタービンであるマイクロタービンが市場に出てくると、家庭で発電を行うことが可能となると予想されており、欧米のようなガスラインが完備しており、安価で安定的な天然ガスの供給を受けられる地域では、一気に、新しい技術が普及する可能性がある。

今後予想されるマイクロコージェネの導入に関しては、天然ガス配管が整備されており、まとまった熱需要が期待できる欧米諸国の方が、日本と比べると、有利となっている。

### ヒートポンプ

ヒートポンプ技術の目覚ましい進歩により効率性が向上している。ヒートポンプは熱を低温から高温

へ移動させる機械であり、動力に電気または熱を用いる。高温が環境温度のとき、低温側で奪われる熱を利用して冷却を行えるので、この役割を持つヒートポンプを冷凍機という。電力はヒートポンプの導入により高効率に利用することが可能である。民生用、地域熱供給向けレベルで必要とされる100以下の低温の熱需要に対しては、ヒートポンプの利用により供給することが可能である。このヒートポンプの利用により期待できる省エネルギー効果は、たいへん大きい。ヒートポンプの成績係数（COP：Coefficient of Performance）は、大型の冷凍機で4～5、小型のもので2.5～3.5となっている。成績係数は、高温で捨てる熱と、仕事との比で算出される。

日本の例で見ると、民生用で消費される全エネルギーの30%が給湯需要となっており、給湯用のヒートポンプを導入すると、同時に冷房用の冷水も得ることができメリットが非常に大きく40%程度の省エネ効果を得ることもできる。

ヒートポンプは現在世界中で約5,500万台普及しているとみられる。そのうちの大部分は電動コンプレッサーにより駆動するタイプであり、また、150万台程度が寒冷地用の暖房専用タイプである推計されている。

ヒートポンプの種類としては、以下の3種類がある。

- (a) 蒸気圧縮式ヒートポンプ
- (b) 吸収式ヒートポンプ
- (c) ケミカル・ヒートポンプ

上記の3方式につき、動力として電気あるいは熱が用いられている。

空調用には電動ヒートポンプが多く用いられており、熱駆動ヒートポンプである吸収式は工場等に多く用いられている。また、駆動源にエンジンを用いるエンジン式は、空調と工場用の両方に用いられている。

(a) 蒸気圧縮式ヒートポンプは、従来CFC、HCFCなどのフロンを冷媒に使用してきたが、CFCは1995年までに廃止され、HCFCは2030年までに生産を廃止することになっており、冷媒はHFC（Hydrogenerated Fluoro Carbon）に代替されつつある。

(b) 吸収式ヒートポンプは、日本で開発された技術で1976年から始められたムーンライト計画により排熱利用技術の成果として生み出されたものである。原理的には、沸点上昇と蒸気圧降下を利用している。吸収式冷凍機の導入拡大により、熱を高効率に利用することが可能となり、省エネルギー性は増大している。

(c) ケミカル・ヒートポンプも熱駆動される。

上記のほか、ヒートポンプの分類としては、井水ヒートポンプ、空気熱源ヒートポンプ、ガスエンジン・ヒートポンプ、井水還元ヒートポンプ等という分類がなされることもある。

ヒートポンプは、他の熱源から熱を汲み上げることが可能なので、100のエネルギーを投入した時の熱利用効率が100を上回ることが可能であり、たいへんに効率が良い機器である。エンジンを用いるヒートポンプでは、エンジン排熱を回収するために、さらにヒートポンプのエネルギー効率は上昇する。

大型ヒートポンプでは、オン・オフ運転を繰り返すことは望ましくなく、長期運転を続ける方が効率が良い。できれば年間を通じて稼働させることができることが望ましく、冷房にも利用できることと事業性が向上する。コンピューターセンターが入った事務所ビルであると、冬期であっても冷熱需要があるために、ヒートポンプの特徴を生かせる。ヒートポンプのオン・オフを回避するために、アキュムレーターを設置して、出力をあらかじめ選択して、熱負荷に対応した運転を行っている例がある。

排熱は、その温度レベルに応じて、適切に使い分けする必要がある。その際には、エクセルギー（有効エネルギー）の観点から検討する必要がある。まず、高温排熱はヒートポンプの駆動用、あるいは、発電機の駆動用に用いる。次に、中温排熱は直接暖房・給湯熱源として利用する。最後に、低温の排熱はヒートポンプのヒートソースあるいはヒートシンクとして活用するという使い分けが重要となる。

日本では COP = 8 という高性能の SHP（スーパーヒートポンプ）の開発が進められており、その前段階としての汎用機である NHP（ニューヒートポンプ）の実用化が目指されている。

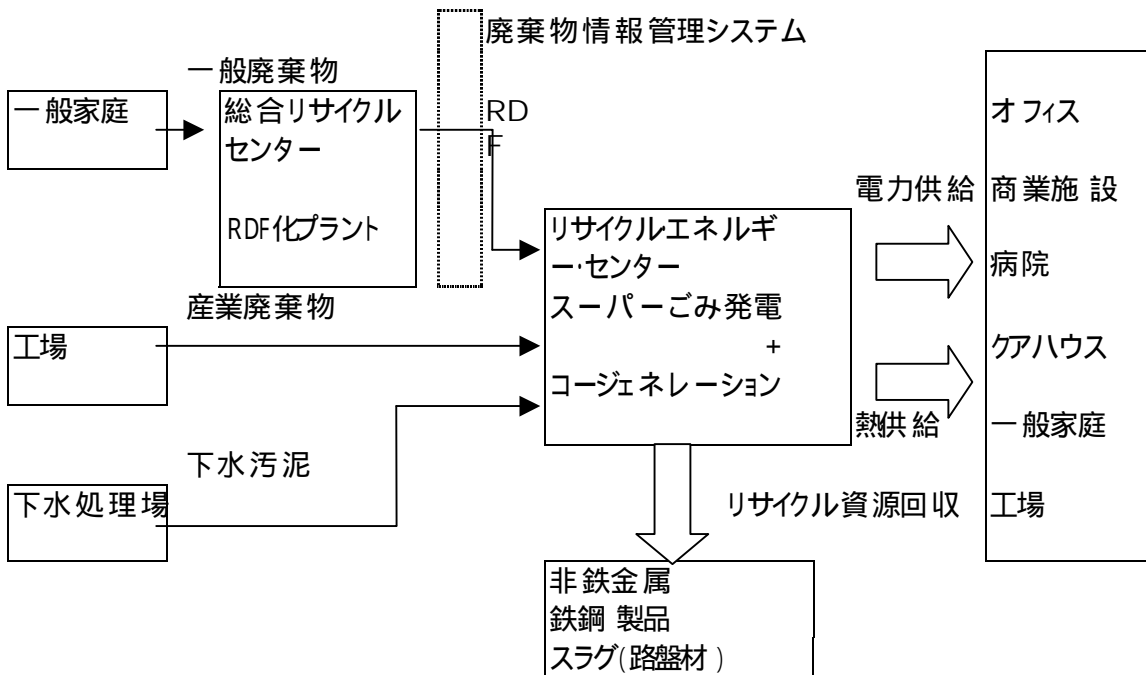
ヒートポンプの効率がさらに改善され、しかも、徐々に利用が進んでいる海水、河川水、湖沼水等を熱源水、冷却水として利用することができると、効率はいっそう向上する。ただし、日本では都市部での地下水利用は地盤沈下を生じさせるために規制されている。

#### ごみ発電

ごみも資源であることを理解することが必要である。ごみ発電と地域熱供給の組み合わせで発電するとともに、熱供給を行う施設を都市内、あるいは都市近傍の熱需要がある場所に設置する必要があるようになってきている。また、ダイオキシン対策のためには、ごみ焼却場に関しては、ある程度の規模（100 トン/日、あるいは 200 トン/日程度）の施設とする必要がある。

日本では、北海道札幌市の厚別地区に、1971 年に初めて、ごみ焼却場の排熱を利用した地域熱供給が導入されている。同地区の大型団地に向けて熱供給が行われており、熱源に対するごみ焼却熱依存率は 80% に達している。その他、札幌市の都心地区でもごみ固形燃料（RDF：RDF は廃棄物固形燃料：Refuse Derived Fuel のことで、一般廃棄物である都市ごみと産業廃棄物を分別・乾燥して圧縮固化した燃料）を熱源とした地域熱供給を、1991 年より開始している。

図表 5 0 スーパーごみ発電によるエネルギー供給システム



(資料) 新エネ財団 1998 および (資料) 柏木ほか、1996 p.222 より作成

スーパーごみ発電は、ごみを燃焼させて出た排熱でスチームタービンによる発電を行い、その後、排熱を再度加熱してガスタービンによる発電を行う施設である。一般家庭からのごみは、総合リサイクルセンターに運んで固化(RDF化)させ、次いで、スーパーごみ発電を行うリサイクル・エネルギー・センターへ運び、ここで、工場等からの産業廃棄物、および、下水処理場からの下水汚泥と合わせて焼却する。リサイクル・エネルギー・センターではコージェネで発電するとともに、熱需要が大きい、オフィス、商業施設、病院、ケアハウス、一般家庭、工場等へ電力とともに供給する。

リサイクル・エネルギー・センターで発電を行った後に残る焼却残のうち、リサイクルが可能なものは、非鉄金属・鉄鋼製品・スラグ(路盤材)等として回収し、再利用を図る。

以上が、スーパーごみ発電によるエネルギーの効率的な利用を図るシステムの概要である。

日本では、96年以降、3カ所で稼働済みであり、さらに1カ所で建設が進められている。

世界のスーパーごみ発電の導入実績も9カ所に止まっており、デンマークが5カ所で最も多くなっている。今後は、2000年にあと1カ所、イタリアでスーパーごみ発電が導入される予定である。

図表 5 1 世界のスーパーごみ発電実施状況

国名	都市名	方式	完成/予定時期
スウェーデン	カールスコガ	ガスタービン併置蒸気結合同型	1990年
スウェーデン	ルンチェピング	ガスタービン複合方式	1995年3月
デンマーク	ホルセンス	ガスタービン併置蒸気結合同型	1992年
デンマーク	ヘルステボ	追い焚き方式	1993年1月
デンマーク	ヘルニング	追い焚き方式	1994年12月
デンマーク	ネスティベッド	ガスタービン併置蒸気結合同型	1995年12月
デンマーク	ゾンデルボルグ	ガスタービン併置蒸気結合同型	1996年3月
オランダ	モ - アダイク	ガスタービン複合方式	1997年2月
ドイツ	マンハイム	追い焚き方式	1997年3月
イタリア	ベローナ	ガスタービン複合方式	2000年

(資料)(財)エネルギー総合工学研究所ほか

### 蓄熱

電力会社が導入に力を入れている分野が蓄熱であり、深夜の余剰電力の利用が可能なケースでは、ヒートポンプにより夜間に、温熱、冷熱を大量に蓄熱槽に蓄えておき、日中の冷暖房に利用することができる。日本のように深夜電力と日中の電力料金との較差が大きい国では、昼夜間の電力バランスをとり、均衡を目指すために、有効なシステムとなっている。

蓄熱式ヒートポンプシステムは、燃焼による排ガス等の排出物がないという利点がある。また、夜間蓄熱運転を行うと、省エネルギーと負荷平化が同時に実現できるというメリットがある。

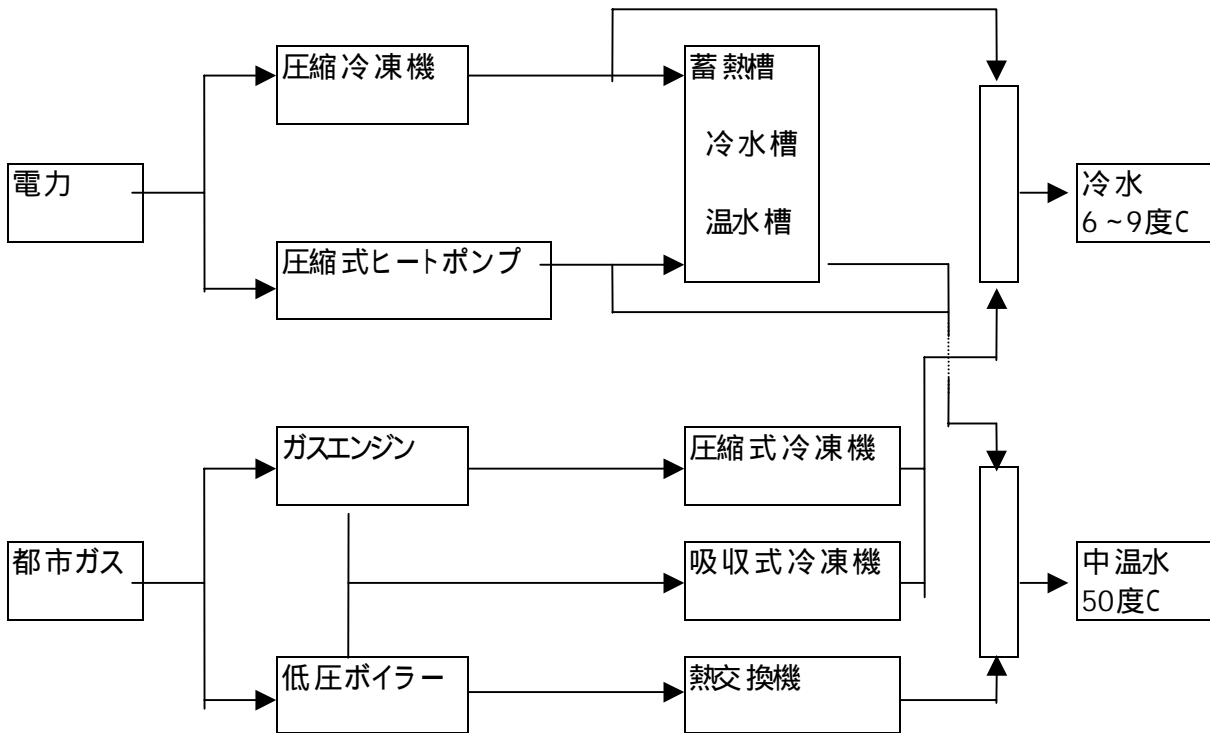
氷蓄熱は、水蓄熱に比べ、容積あたり5倍の蓄熱能力があり、蓄熱密度がたいへん高くなっている。氷蓄熱から得られる低温冷水を利用した低温冷風による空調システムは、日本が最初に取り入れている。

以下の図は、電力と都市ガスの両方を用いて暖房と冷房を実施するシステムの概念図である。このシステムでは、都市ガスを用いてボイラーで中温水を作るとともに、ガスエンジンから出る排気を利用して、圧縮式冷凍機と吸収式冷凍機で冷水を作っている。

一方、電力からは、モーターを駆動させて圧縮冷凍機をまわすとともに、圧縮式のヒートポンプを用いて中温水を供給している。冷水と中温水の供給にあたっては、蓄熱槽が設置されており、冷水と温水の双方が作られて、供給されている。

冷暖房の電力ピークに対する負荷は、蓄熱システムを組み合わせることで平準化を図ることができる。昼と夜の熱需要に差が大きい時、ヒートポンプにかかる負荷を調整することができると、効率性が上昇し、容量の小さなヒートポンプを採用できて経済的である。こうした目的にも蓄熱システムを併用することは有益である。

図表 5 2 電力・都市ガス複合利用エネルギー供給システム



(資料) 柏木ほか、1996 p.209

さらに、季節間蓄熱と呼ぶ夏期の排熱と冬期の熱需要とを半年後とに利用するシステムの導入も行われている。付近に住宅地などの大量の冬期の熱需要がある場合に、大深度地下などを利用して大規模蓄熱を行っておき、夏期の排熱との間で季節間蓄熱を行うことができる。

また、広域分配と呼ばれる冬期の余剰排熱および季節間蓄熱の余剰熱は、排熱幹線に放出し、郊外などの熱不足地域へ分配することも行われている。

氷蓄熱量(トン hours)で比較した世界の氷蓄熱システムを上位7位まであげると、以下のようになっている。米国で多くのシステムが導入されている。

図表 5 3 世界の氷蓄熱システムの比較(上位7システム)

国名	都市名	企業名	氷蓄熱量 トン hours	発電能力 kWh
米国	シカゴ	Unicom Thermal Technologies	66,000	232,300
日本	大阪	コスモスクエア	29,300	103,000
米国	サンアントニオ	San Antonio City Water Board	19,300	62,288
米国	Irwindale(加州)	Homesavings of America	13,600	47,872
米国	ボルチモア	Johns Hopkins University	11,200	39,420
フランス	リヨン	Chauffage Urbain Prodith	8,530	30,053
米国	Laurel(メーランド)	Johns Hopkins Applied Physics. Lab	8,400	29,568

(資料) Baltimore Air Coil、W.D.McCloskey



蓄熱材としては、水のほかに、氷、その他有機物の利用も行われている。氷蓄熱にはスタティック型とダイナミック型があり、シャーベット状の氷が蓄熱槽内に形成されるものが効率が良くなっており、日本でも導入が進んでいる。

さらに、最近、クラスレートと呼ばれる包接水和物という化合物を用いて高効率な蓄熱を可能とする物質を水や氷の代わりに利用し、配管を通じて搬送も可能なことが確認されており、商業化のための実験が行われていて、近い将来導入が進むとみられる。

なお、日本ではエコ・アイスとの名称で導入が進められている蓄熱式空調は、エネルギー変換時に生じるロスのみでエネルギー消費量は増大する可能性があり、こうした点から見ると、地球温暖化対策としては抜本的な対策とはならない。ただし、電力会社のエネルギー消費効率の向上には役立つシステムである。

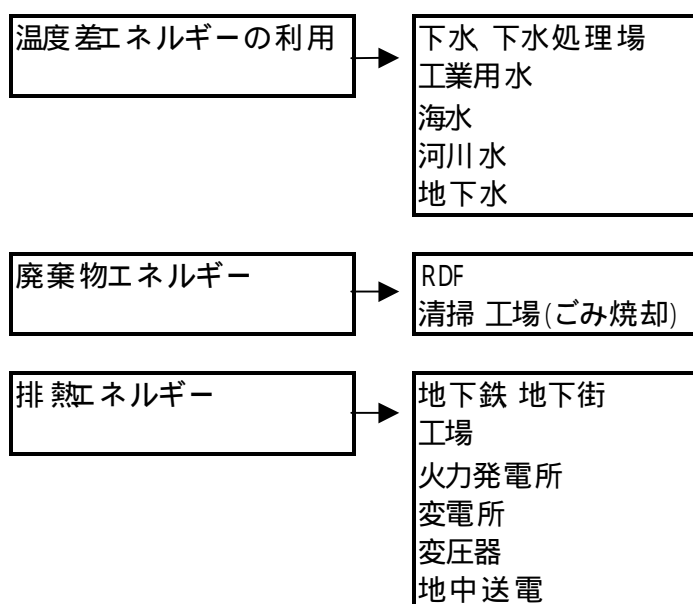
#### 未利用エネルギーの利用

日本の一次エネルギーの約3分の2が熱として捨てられてしまっているが、地球環境問題、エネルギー問題への対応策として、未利用エネルギーを利用することで生み出すことができる省エネルギー性は極めて大きい。

日本で既に利用されている未利用エネルギーとしては、ごみ固形化燃料、ごみ焼却排熱、変電所排熱、変圧器排熱、地下鉄排熱、工場排熱、ビル排熱、中水、地下水、下水、雑排水、河川水、海水がある。1998年末までに、33地点で未利用エネルギーが導入されている（資料：(社)日本熱供給事業協会）

特に、未利用エネルギーをヒートポンプの熱源とし、温度差エネルギーとして、例えば、安定的な温度を保つ河川水と、ヒートポンプを組み合わせて利用することができれば効果は大きい。しかも、従来は、各機器、要素技術を対象に省エネルギー対策が推進されてきた傾向が強いが、現在では、これら各種機器を有機的に結合して、省エネルギーをシステムとして機能させるべき時期に至っている。エネルギーの効率的利用の観点から見て、エネルギーの利用形態を合理化し、熱利用、動力回収などを含め、エクセルギー（有効エネルギー）活用のシステムを構築する必要性が生じている。こうした中、未利用エネルギーを活用するシステムは社会性が高く、導入の意義は大きい。しかも、未利用エネルギーは、賦存量が極めて大きいという特徴も持つ。

図表 5 4 未利用エネルギーの利用



(資料) 新エネ財団 1998

日本では、昼間の冷房熱源の回収により、給湯用熱源に利用するという利用の仕方も実用化されている。その他、日本における河川水の利用は、箱崎地区で初めて導入されている。また、下水処理水の利用、変電所やビルの排熱の利用、地下水の利用等各種の熱利用が実用化されている。蓄熱槽は、火災時の消防用水にも利用されており、地震等の災害時の生活用水としての利用も可能となっている場合がある。

低温域のエネルギーを利用する計画は、フランス等でも実施されてきているが、システムの運用上、例えば配管が目詰まりを起こす等の種々の問題が生じて、運転を停止する例が多くなっている(パリの地下水利用のプロジェクト、日本の地下鉄の排熱利用プロジェクト等)。

リサイクル・エネルギーとして、ごみ処理排熱、高圧送電線排熱、変電所排熱、地中送電線排熱、ビル排熱、地下鉄排熱、下水・下水処理水排熱(低温排熱)をあげることができる。これらの排熱は、発電・冷房・給湯(含む公衆浴場) 暖房等に利用されている。

実施例としては、福島県小名浜市でコークス工場の排熱を 80 ヘクタールにわたる地域への温水供給のために利用している例がある。また、大阪市森之宮地区では、ごみ焼却場の排熱利用の例があり、その他、地下鉄排熱の利用の例としては、札幌駅北口、および新宿南口がある。

温度差エネルギーの利用拡大も可能性が大きい。地域熱供給プラントあるいはコージェネ・プラントの近くに、河川・海水などの大量水資源があればこれをヒートシンクとして利用できる可能性がある。

ただし、日本では、従来から、河川行政が縦割りであるとの批判があり、また、電力行政、砂防行政に関しても多くの規制が存在してきた。未利用エネルギーである河川、湖沼、海水との温度差を利用した熱回収システムの導入が事業として採算性が成り立つためには、地域開発計画が策定されてお

り、安定した熱需要が存在することが前提となる。

温度差エネルギーの利用が実施された例としては、大阪ツイン 21 ビルがあり、このビルは、電気事業法の規制緩和を受けた第一号で、特定供給の緩和が図られた。

なお、大規模ビルは、非常用の電源として、二時間分の燃料を備蓄する必要がある。この規制に関し、東京都では液体燃料の保有を義務づけたが、大阪市（消防局）ではボンベで二時間分の圧縮ガスを備蓄することで許可した。大阪ツイン 21 ビルでは、この制度緩和により施設の簡略化を達成している。

以上の未利用エネルギーに加えて、発電所・工場等の産業部門からの排熱の利用も図られる必要がある。ただし、都市近傍の発電所あるいは工業団地で操業する工場が、その発電所あるいは工場の周辺に位置する事務所ビル、団地、商業施設、あるいは学校等に向けて熱供給を実施できる場合でないと有効利用は難しくなっている。周辺地域の建物規模が大きい、しかも、集積度が高いという条件がないと安定した熱需要が期待できず、事業性に問題が生じるからである。

発電所の蒸気タービンからの抽気を利用した暖房・給湯、冷房用冷水の供給プロジェクトは、日本では 1994 年稼働の和歌山マリーナシティが最初である。今後は、多くの動揺のプロジェクトが立ち上がっていくことが必要となっている。

日本の産業における省エネルギー率の向上は世界をリードする面があり、例えば、鉄鋼業の高炉炉頂圧発電導入率、ソーダ工業のイオン交換膜法導入率、製紙業の高温高圧回収ボイラー導入率、セメント工業の高効率焼成窯の普及率、電気事業の火力発電所の熱効率においては、高いエネルギー効率を示している。

コージェネの導入を考えた場合に、小規模の事務所ビルや商業ビルは熱電比（電力量に対する排熱量の比率）は小さくとどまざるを得ない。このため、コージェネの導入は困難な場合が多い。ただし、コンピューターを多数導入したインテリジェント・ビルにおいては、このコンピューターから出される排熱の利用も検討されるべきである。

#### LNG 冷熱の利用

LNG 冷熱利用の分野では、日本が LNG の世界一の輸入国 / 消費国であるために大きく進んでいる。LNG はマイナス 162 度であるが、ガスの再気化の過程で出る冷熱の低温カスケード利用が行われている。この LNG 冷熱のにより、エクセルギーとしては標準状態で高位発熱量の 1.7% に相当する 0.9 kJ/g が得られている。

LNG 冷熱発電も重要な技術で、LNG は常温にもどすと容積が 600 倍になるが、この力を利用して、日本では東京電力扇島で冷熱発電が行われている。1 キログラムの LNG から蒸発潜熱・顕熱として 320 キロ・カロリーが得られている。

その他、空気の液化分離を行うことで、液化されたアルゴン、酸素、窒素を取り出して、冷凍食品、凍結乾燥、低温粉碎、廃棄物処理、低温医療等に用いられている。また、冷凍倉庫、ドライアイス製造も LNG 冷熱で実施されている。LNG 気化工場の近傍であれば、地域冷房に利用することは可能で

ある。

現在、LNG 環境コンビナートを建設して、ガス処理、上水処理、下水処理、排水処理、有害物質の処理を行う計画が立てられている。特に、上水処理に関しては、現状の塩素処理では発ガン物質のトリハロメタンが発生しており、この発生を避けるためには、LNG 冷熱を利用した処理が有功とされる。

#### 適正なエネルギー資源の選択

地域に豊富にあるエネルギーを有効に利用することが必要である。従来、前近代化性の代名詞として言われてきたような、薪、薪炭、その他バイオマス資源の利用が、技術の向上とともに、都市エネルギーとして、望ましい技術とすることができる可能性が拡大してきている。

米国エネルギー省（DOE）は、同国内で石炭に利用による地域冷暖房が行われている実績を元に、米国企業との協調を図りつつ、中国、東欧諸国に向けて、流動床燃焼技術のようなクリーンコール・テクノロジーを用いた地冷プラントの技術移転を進めている。その他、北欧のフィンランドのヘルシンキにおける地域熱供給のエネルギー源は石炭であり、市のほとんど全域に熱供給を行っている。石炭資源に恵まれた土地では、豊富にある石炭を環境負荷をできるだけ減らすように技術を導入しながら、上手に利用していくことが重要となる。従って、例えば、石炭の埋蔵量が豊富な中国を考えた時には、石炭の効率的かつ環境負荷が少ない方法での利用を進めることは、是非とも必要であり、大きな効果が期待できる。各国それぞれのエネルギー事情にあったエネルギー資源の利用を進めることが必要であり、日本にも、日本の気候と資源量に最も合ったエネルギー資源の有効利用を図る必要がある。

#### 環境エンジニアリング技術の普及

環境エンジニアリング産業の重要性はますます高まってきている。大気汚染防止、水質汚濁防止、ごみ処理など、同産業の対象分野は拡大しており、受注額も増大傾向を示している。ごみ処理装置は、RDF 化やガス化溶融炉などの新技術に対する需要が増大しており、ダイオキシン問題の発生に対処するために、地方自治体でごみ処理装置の導入が増加しつつある。ごみ処理を RDF 化する際には、ある程度集中化した処理場の建設が行われるため、コージェネの導入、地域熱供給の実施がこれからますます計画されていくと見られる。

ただし、大気汚染防止装置は日本国内では需要はこれからはそれほど増大しないと見られる。電力業界向け集じん装置、排煙脱硫装置などは、かなり普及してしまっているためである。今後は、海外に向けた、温暖化ガス削減プロジェクトが増大するとみられており、環境エンジニアリング事業も海外展開を本格化させる時代に入ると考えられる。

今までの環境エンジニアリングとしてどのような仕事が行われてきたかを見ると、従来、日本等の先進国で環境問題に対処するために導入されたエネルギー技術は、以下のようなものであった。（４項目は、大阪大学 水野稔教授 『熱供給』1999 pp.03-05 による）

(a) 高煙突化、(b) 電力化、(c) 排ガス浄化、(d) 燃料転換である。

これらの技術の特徴としては、経済の高度成長を上回る勢いで増大するエネルギー需要をカバーす

るべく、発電所のタービンはできるだけ稼働率を上げ、煙突は高くして排気ガスを遠くへ飛ばし拡散させる（技術 (a)）。より使いやすいエネルギーである電気を、湯を沸かす、給湯に使うといった 100 度 C 以下の温度で利用する場合であっても、再度、電熱器、あるいは給湯機で電気を使って温水を作ることでも厭わず使用する（技術 (b)）。排気ガス浄化も、タービンそのものの構造を変えることには限界があるとして、付加的な装置を設置して何とか浄化しようとの技術を導入する（技術 (c)）。さらに、燃料を変えて、少しでもクリーンな排気を実現できれば、それで善しとする燃料転換を実施する（技術 (d)）。以上の方策は、いずれも抜本的な技術でなかったことは明白であると言わざるを得ない。

上記の各項の他、都市熱の総合的な計画の一環としては、透水性舗道の普及促進、ビル屋上および側面の緑化、植樹等も熱利用関連の技術ということができ、環境負荷の低減のために一定の効果が期待できる。

以上の技術面からの検討から明らかなように、今後、地域熱供給事業が各国で普及していくためには、技術面でのサポート以上に、制度面での整備が重要となる。つまり、地域熱供給の導入が可能となるような環境の整備が極めて重要であると考えられる。

## （２）制度整備の重要性

### 地域熱供給導入に向けた制度の整備

高効率なエネルギー利用を達成できる新たな有望技術が生まれたとしても、その技術を実際に導入できるかどうかに関しては、各国あるいは各地域の制度全体の枠組みの中でその新たに生み出された技術をどう位置づけシステムとして導入できるかという点が重要となる。現代においては、新技術の導入が進むためには、エネルギー・システムとしてどのように位置づけることができるかという点がいへん重要である。

今後、地域熱供給事業普及における課題としては、産業用と民生用を複合化させたエネルギー利用の推進、あるいは、エネルギー利用を地域全体で行うというように、複数のエネルギー供給事業を合わせて実施したり、制御を統合化する等の工夫を凝らすことが課題となっている。

先進国では、より一層の効率性、快適度、環境負荷の低減を目指したエネルギー源の選択と、トータルに考えたエネルギー供給システムの完成度の向上が図られる必要が生じている。特に、都市部においては、各種インフラ整備の不足は、即座に魅力がない都市であるとされて人材も離れていき、停滞に陥るとともに、他の都市に発展が移ってしまいう可能性がある。しかも、一番使いやすいエネルギーである電力を豊富に都市に提供することが最適な選択だとされて、「規模の経済」の考え方に基づき、大規模発電施設を都市部から遠く離れた所に作り、そこから、長距離を送電して供給する従来の方式には、問題があり、採算性も劣る場合が多いことが明らかとなってきている。従来は、資源が充分にあり、自然の回復力が充分に強いとされてきたために、遠隔地の大規模エネルギー供給シス

テムから都市向けにエネルギーを送り、都市ではそのエネルギーを一方向的に消費するのみで済ますことが可能であると考えられてきたのである。しかし、現在では、そうした電力供給システムに対しては、持続可能なシステムであるかどうかに関して、疑問が提示されるようになってきている。

既に、欧米の先進国では、都市の発展とともに、その果たすべき機能がより高度化して、「情報をいかに発信するか」という点に力点が置かれるようになってきている。

エネルギー利用の観点からも、いかに快適さを演出するか、環境負荷を低減できるかという点が重視されるようになってきており、エネルギーのインプットが都市のエネルギーシステムにおいて、できるだけ使い尽くされ、アウトプットとしての排熱が少なくなることが必要である。都市内に持ち込まれるエネルギーが不十分に利用されるときには、排熱が高温となる可能性が高く、ということは、都市の高熱化、つまりヒートアイランド現象を引き起こすことになる。排熱の処理は、ごみの処理と同じように、後に残すものを最少化することが重要であり、利用できるエネルギーは、すべて利用し尽くす技術の導入が期待されるようになってきている。

一方、従来のように、遠距離で大規模な発電所を建設し、熱の利用効率が悪い施設を放置することは、都市を高熱化させるわけではないが、地球全体としてみると、エネルギーの不完全利用を行っているわけであり、効率の点で問題があると考えられるようになってきているのが現状である。

#### 電力関連の制度改革

先にもふれたが、日本においても、電力事業の自由化・規制緩和が進むことが地域熱供給増大のために必要であると考えられる。電力供給における競争条件の整備が進むと、電力供給部門における競争が活発化し、消費者側が電力供給者を選択できる可能性も拡大する。

しかしながら、発電及び配送電は多額の設備費を要する事業であり、新規参入により二重に投資が行われることは社会的な損失が発生することを意味してしまう。もし、既存の送電施設を活用することが可能になれば、電力供給分野への新規参入が容易になる。こうして導入されたのが、託送という制度で、電力会社は、送電線を開放し、発電者により電力の託送を求められた場合には、一般需要家への電力供給に支障を来すという明確な理由がない限り、この要請に応じる必要がある。託送制度を導入するにあたっては公正さを維持できるように手続きを定める必要がある。また、電力会社が定める託送料金も適正な料金となるように検討され、監視される必要がある。

分散型発電の実施にともない、余った電力を販売できるシステムが必要となる。日本も世界の潮流を先取りできるような思い切った電力の規制緩和に踏み切る必要がある。

電力料金および熱料金についても検討が必要である。米国では、事業者間の競争が激しいために、顧客との交渉により変動する価格を設定するしかなくなっており、料金は個別交渉に依存する部分が大きくなっている。基本的には、電力料金および熱料金はメニュー方式で選択できるようにすることが望ましい。

現在、価格設定に関しては、最適化を目指すためのアルゴリズムを開発することが必要となってきた。ただし、熱料金が低いことは、必ずしも効率がいいことを保障しない。環境面から見てトータルな効率がよくなることを目指して、そうしたシステムが導入されるインセンティブが働くように、

価格設定が行われているかどうかを検討していくことが必要である。

高効率のシステムが導入されている場合には、そのシステムを表彰したり、大きく報道して支援していくことも必要であり、場合によっては、税制度上での優遇措置といった制度の支援を行っていくことも必要となる。そもそも高効率のシステムが導入されるように、先進的・先導的なシステムの導入に対する補助制度を設定することが導入の初期においては有効である場合がある。

### 熱配管網の整備

日本では配管代とその敷設代金がたいへん高くなっている点が問題である。広い地域に分布する低層の建物に熱を供給するよりも、熱密度が高い中高層ビルに熱を供給する方が、配管敷設代金は安くすむが、熱配管の整備には、敷設を始めとして多くの時間と資金を要する。許認可の簡略化を図ることが大切であることはもちろん、配管敷設後も地域熱供給事業者の地域独占を防ぎ、新規参入の可能性を残す制度としておく必要がある。

また、熱配管の整備に際しては、ローカル熱収支の徹底を図るとその効果は大きい。例えば、熱供給地区内の排熱・自然エネルギーが持つ特性をできるだけ利用することになると、熱収支のバランスがとりやすくなり、排熱の利用が拡大できたり、未利用エネルギー幹線の容量を低減することが可能となる場合がある。

共同溝掘削とその設置のための技術も重要である。現在では、排熱のための幹線として、共同溝・下水道・工業用水道・ケーブル洞道のほか、地下鉄網なども利用されるようになってきている。これらの排熱幹線の中継しながら、放熱および採熱をしつつ、ヒートバランスの保持が目指されている。

さらに、拡張未利用エネルギー幹線として、排熱の幹線以外に、河川や地下鉄・ケーブル洞道などを有効に活用して拡張概念の未利用エネルギー幹線を設けることも行われている。例えば河川はヒートシンクおよびヒートソースを兼ねた自然のバッファの幹線として考え、また、地下鉄洞道は地中蓄熱や空気を通しての熱輸送を可能とする幹線と考えることができる。

### エネルギー管理

エネルギー管理面で日本が従来から導入してきた手法には、規制的手法と誘導的手法がある。誘導的手法はさらに、補助金、融資、税制上の優遇措置といった経済的助成措置と、炭素税、排出量取引等の経済的負担措置とに分類できる。

日本では、99年4月より省エネルギー法の改正を受けて、業務用ビルに対する規制が開始される。この新制度により、エネルギー使用第二種管理指定工場(原油換算1,500kl、あるいは電力600万kWh以上)が新たに制定され、業務用ビルにも適用される。業務用ビルでは、延床面積の増大につれて、エネルギー消費量は増大しているが、ただし、エネルギー消費原単位は横ばいとなっている。対象となるのは、第一種3,500工場を除く、9,000工場を想定しているが、延べ床面積が37,000m<sup>3</sup>以上あると第二種に該当すると推定されるため百貨店、自治体庁舎等はほとんど全てが該当する。改正省エネルギー法の内容は、(a) エネルギー管理員の選任、(b) エネルギー使用状況の記録義務、(c) 定期の省エネルギー講習受講義務、(d) 報告徴収・立入検査で判断基準に照らして著しく不十分な場合は勧告

を受ける。以上の4点である。根拠法は、「エネルギー使用の合理化に関する法律」である。

省エネルギー法は、民生用機器について、トップランナー方式による省エネルギー基準（現行基準より更に8～30%の基準強化に相当）を採用しており、省エネ率トップのメーカーの基準に合わせることを各メーカーは促されている。さらに、省エネルギー機器の技術開発の促進も、各メーカーは求められており、同法施行の効果が期待されている。

その他、省エネルギー基準の整備も重要である。熱供給を受ける建物の気密性が高まらないと効率は向上しないからである。日本では、住宅・建築物の省エネルギー性能向上のため、省エネルギー法に基づく省エネルギー基準の強化（現行基準と比較し、住宅では約20%、住宅以外の建築物では約10%の省エネルギーに相当）などを講じている。

#### 外部費用に関する考慮

発電および熱供給プラント導入に際しては、従来から行われてきた採算計算に加えて、今後は、環境面を考慮に入れた経済性の測定（外部性の算入と呼ぶ）が行われて、その結果に基づきプロジェクトが選定されていくようになると判断される。こうした環境コストまで含めた場合には、地域熱供給、あるいはコージェネを導入することによる、プロジェクトの評価は向上する。

また、都市エネルギーシステムとして、どのようなシステムを選択するかに関しても、どの資源をどれだけ消費するシステムであるかという点を、環境に対する負担の大小という面から考えることが重要な判断基準となる。再生可能な資源を利用する技術で、しかも環境負荷が小さいシステムがあるときには、そのシステムを一番に導入すべきであるとされる可能性が高い。

化石燃料を用いるエネルギーシステムの経済性は、環境コストを計算に折込まない時には高い。ただし、環境コストを考慮した計算を行うと、地域熱供給設備のように初期投資が大きい設備であっても、熱利用効率が高いために競争力が出てくる。また、再生可能資源を利用したシステムの経済性も高く評価されることになる。

#### 公益事業としての位置づけ

日本では、熱供給事業は、電力あるいはガス事業と同じ意味での公益事業には含まれない。このため、共同溝内に、電線あるいはガス・パイプラインと同じようには熱パイプラインを敷設することはできない。熱供給事業とされるための基準も21GJ/h以上の熱供給設備能力を有することとされており、大都市地域でないと、この多量な熱需要を満たすことができないために、中小都市にまで地域熱供給事業を拡大させることは困難となっている。ただし、この21GJ/hという基準の引き下げが現在検討されており、将来的には、熱供給事業者は、ガス供給事業者、電力会社とともに、どのエネルギー源がより環境負荷が少なく、効率性が高いかを、従来の業界の枠を超えて競争することになると考えられる。

将来的には、ガス事業者が熱供給事業を実施したり、電力事業者が熱供給事業を担うケースが当然出てくると考えられる。

公益事業として熱供給事業を位置づけ、都市計画の中で活かしていく手法が確立される必要がある。



コージェネの導入、ごみ廃熱の利用等、地域熱供給事業の収益性を改善し、エネルギー効率を向上させ、さらに環境に対する負荷を低減させる手法はいくつも存在している。ただし、地域熱供給施設を設置するためには、導管をはじめとしてどうしても初期投資額が増大する傾向があり、固定費の回収が事業者の最大の課題となる。

導管等の初期投資に対しては、都市インフラの整備事業として、道路整備と同じように、自治体が積極的に支援するしくみ作りが望まれる。日本最初の地域冷暖房施設は、万国博が開催された千里中央地区に導入されたが、この千里中央地区の施設を設計に際して手本とされたのが米国コネチカット州ハートフォード市の地域冷暖房施設であった。同市では、すでにできあがっていた地域冷暖房施設に隣接して、大規模コージェネレーション施設が建設されており、両施設が一体としてエネルギー供給事業として運転されており、採算性と効率を大きく向上させている。

都市のエネルギー供給は、エネルギー問題であるとともに、経済問題、環境問題でもある。運輸・交通政策、住宅・建築政策などにも密接に関連をする。したがって、各自治体が担うべき課題は、産業、運輸、民生の各部門において、広範な政策分野にわたっており、各施策の整合的かつ有機的な連携を保つ必要がある。

#### 地域熱供給産業の育成

地域熱供給事業は、ビル管理、防災、情報提供の役割を果たす産業として役割を拡大していく可能性がある。アーバンマネージメント産業としての地域熱供給産業の育成を図るためには、成熟した都市での経験を積んだ企業が大きな役割を果たすことになる。

例えば、情報技術の進歩により、現在、複数のプラントを一括して管理することが充分可能となっている。また、日本においてもすでに、熱供給事業者が特定電気事業を行うことが可能となっており、さらに、電力会社の送電線を利用して託送を行ったり、別の施設で受電する振替供給も将来的には採算性のとれる事業となる可能性がある。将来的には、既存の地域熱供給事業者が、総合エネルギー産業として業務分野を拡大して、電気も熱も水も提供し、その先には、さらに情報インフラと情報そのものまで提供するの総合サービス産業として、育っていく可能性がある。

現在までの日本の状況を見ると、ガス会社と電力会社がそれぞれ個別に存在して、ガス会社がガスを導入しガス湯沸かし器を設置して給湯する、また、電力会社が配電して、その電気で冷房するというように、個別の企業がそれぞれエネルギー供給を実施してきた（熱の供給と冷熱の供給と言う逆のことを別々の会社が同時に実施する場合も多かった）。しかし、現在は、欧米を中心にして、総合エネルギー企業がたくさん活動を開始しており、エネルギーに加えて情報通信も提供している例も出てきている。

今後は、各エネルギーを環境負荷の点から考えて、最適のところで使うように、一次エネルギー源から、二次エネルギーとしての電力を作り、さらに、最終エネルギーとしての熱の利用を図るというように、段階を踏んでエネルギーの効率的な利用を図る必要がある。

冷房は電気で、暖房はガスでといったように、日本を含めた先進国ではすでにエネルギー源ごとに用途に対する先入観が形成されてしまっている面が強い。ただし、新しい技術に基づき、新しい機器

が用いられるようになると、新しいシステムの導入が一気に進む可能性も存在している。しかも、地域熱供給においては、単体の機器ではなく、様々な機器の組み合わせが行われていくことになる。ということは、機器にはそれぞれ寿命があるために、取り替え時期ごとに様々な構成を検討して、その中から最善の選択を行うことが必要となる。

将来のエネルギー産業の業務内容は次のようになると考えられる。従来の電力、ガス、石油のエネルギー構成枠組みは大変動し、ガス会社は天然ガスを供給するが、需要者ごとの需要パターンの違いによる使い分けを行い、水素の直接供給も実施し、また、パイプラインの管理、温度差管理のテクノロジー提供、環境管理型の管理テクノロジーの提供を主業務として行っていくと考えられる。電力会社は、発電、送電、配電の3分野に分割されて、電力の相互融通の仲介役を果たすと考えられる。また、石油会社は、燃料電池が多用されるために、その燃料としてのメタノール供給を行っていくと考えられる。

また、エネルギー産業は、発電燃料の多様化にも取り組む必要がある。石炭から、石油、天然ガス、LPG、さらに、再生可能資源であるピート、藁くず、木材、森林間伐により生産されるウッドチップ等のバイオマス資源等も利用される可能性を検討していく必要がある。

今後は、地域熱供給事業のネットワーク化が図られる必要がある。余剰の電力、熱、冷水は、縦横に張り巡らされた送電網、配管というチャンネルを通じて売買されるのが将来像である。こうして、コスト削減、大気汚染物質の排出量削減、環境負荷低減を図ることが可能となる。以上のような新しい産業の型を早く確立し、世界の産業界をリードすることができると、日本のエネルギー産業が世界をリードし、地域熱事業者も海外企業よりも一歩先を行くことが可能となる。

#### 環境税・炭素税導入と税収の還元手法の確立

経済合理性に基づいて自由な市場の中で選択が行われ、しかも、環境負荷の少ないエネルギーシステムが選択されることが望ましい。そうした望ましい選択が実施されるためには、今後、環境税、あるいは炭素税の導入が各国ともに検討されていくことにならざるを得ない。日本でも、近い将来、環境税、あるいは炭素税の導入がより具体的に議論されることになると考えられる。環境税、あるいは炭素税が導入された場合、それらの税収の還元が大きな話題となる。環境負荷の小さい分野に手厚く課税額を還流させる必要が生じるが、当然、地域熱供給事業に対しては、優遇措置が設定される必要がある。どのような資金還流を実施すべきであるか、また、補助および税額控除等との関係を総合的に整理して議論していく必要がある。

#### 地域自立性

昨今、地域持続性という考え方が重視されるようになってきている。分散型の技術の有用性と経済性、さらに、環境負荷の低さが理解されるとともに、地域自立型、および災害時に自立して機能するエネルギーシステムの導入が目指されている。

例えば、阪神・淡路大震災後、神戸市を対象に大規模な地域熱供給構想が作成されており、防災性の向上のために、燃料としては石油を主とした、独立型のコージェネを多数導入し、防災拠点として

の役割を、市役所、病院、学校等に持たせる計画を進めている。従来は、政府の各省庁の法令や規制が入り組んでいたためあって、地域全体で見るとコージェネの普及はあまり進んでいなかった。今後は、自家発電を基本とする個別分散型電源を多数導入し、地域自立性を高める方針が出されている。

地域自立性を考えた時には、最終的には経済的に成り立つ事業が長期的には存続することになることは明白である。しかも、地域持続性は測定できると言われるようになってきており、シアトル市の計測事例が紹介されている（（社）日本熱供給事業協会発行資料）。

地域自立性の確立のためには、調査、積み上げ、指針作り、信頼形成、アイデア事例紹介等のミーティング、継続的な広報活動、ローカルメディアの重視といった各種の方策をエネルギーシステムの運用事業者が採用して、積極的に進めていくことが必要である。

#### 都市計画への盛り込み

現在では、都市計画の策定の際に、資源とエネルギー利用の両面からの高度化および最適化が目指されており、そのための技術手法の開発が進められている。ただし、都市への熱供給システム導入を検討する際には、個別技術の問題とは別に、どのようなコンセプトで都市を考え、その実態を把握し、さらに、エネルギー供給の問題としてどうアプローチしていくべきかという検討が必要となる。したがって、どのような目的を持って都市作りをしていくのかというコンセプトが重要となる。以下の、4項目は、その一例である。

- (a) ゼロエミッション・タイプ（廃棄物の発生をゼロに押え込む）
  - (b) メガリサイクルセンター・タイプ（資源の徹底的なリサイクルを試みる）
  - (c) 新エネルギー供給タイプ（再生可能・未利用エネルギー活用重視）
  - (d) エネルギー・カスケード利用タイプ（コージェネと地域熱供給：エネルギー有効活用）
- （項目名は、地域振興整備公団『新エネルギーの導入および環境関連産業の育成による新たな地域振興整備方策に関する研究会報告書』1996年より）

以上4項目のどの部分を重点的に考えるかで、都市の開発手法は異なってくる。ただし、都市内の市街地で整備計画を策定する際、あるいは再開発計画を策定する場合に、開発単位を設定し、省エネルギー性の向上と事業性の向上を図るのは、今ではどの都市においても当然実施されている事項である。その際のキーとなるエネルギーシステムは地域熱供給である。ただし、こうした省エネルギー性の向上と事業性の向上を図るために最も重要なのは、開発単位をどこまでの範囲として設定するかという点である。導入対象の地区が設定された後には、地区の面積、容積率、街区の構成、共同溝の設置計画、配管導管の敷設可能性が検討されなくてはならない。

さらに、事業性の向上のためには、エネルギー消費パターンが異なる複数の建物用途が含まれるように、市街地整備計画あるいは都市再開発計画を策定することが望まれる。こうして、省エネルギーの効果も高まり、コージェネあるいは地域熱供給事業を導入した際の採算性の向上に大きく貢献することになる。

将来的には、より先端的な都市作り計画である「エコ・エネ都市プロジェクト（広域都市エネルギー利用ネットワークシステムの研究開発）」に見られるような、メタノールを一酸化炭素と水素に分解

してパイプラインで運んだり、ローグレードなエネルギーの利用を拡大し、低熱発電により排熱から電力を起こす（80度C程度からでも可能）等を実施していくことが望まれる。

また、都市問題と地球温暖化対策とを融合させて解決策を探り、その成果を日本以外の諸国に移転していくことも必要である。地球温暖化問題は、人類の活動により排出されるCO<sub>2</sub>等の温室効果ガスにより引き起こされる問題であることから、その解決のためには世界一体となった取り組みが不可欠だからである。このため、日本が持つ都市における熱利用技術、および知見を、各国に技術移転し、世界全体としてのCO<sub>2</sub>削減に貢献することが重要である。具体的には、デンヴァーサミットで我が国が提案した「グリーンイニシアティブ」(地球温暖化防止総合戦略)の下、先進国が有する省エネルギー技術、革新的なエネルギー環境技術といった「グリーンテクノロジー」を、ODA・民間協力、人材育成、社会・経済・制度整備、情報提供などからなる「グリーンエイド」として各国へ移転することが期待される。また、今後は、CDM (Clean Development Mechanism) あるいは JI (Joint Implementation) のスキームを活用して地球全体の環境負荷の低減に貢献していくことが可能となるとみられ、地域熱供給システムへの広範な期待が寄せられる状況が生まれている。

( 参照文献 )

- ( 財 ) エネルギー総合工学研究所 ( 1993 ) 『 2050 年への挑戦、21 世紀の技術とエネルギービジョン 』  
電力新報社
- 尾島俊雄 ( 1994 ) 『 地域冷暖房 』 早稲田大学出版部
- 尾島俊雄・田中俊雄 ( 1999 ) 『 DSM の時代 』 早稲田大学出版部
- 海外電力調査会 ( 1993 ) 『 海外諸国の電気事業 』
- 海外電力調査会 ( 1998 ) 『 海外諸国の電気事業 』 第 1 編
- 柏木孝夫 ( 1992 ) 『 未利用エネルギーの活用技術とその課題 』 エネルギー・資源 Vol.13 NO.2
- 柏木孝夫、岡本洋三、二階勲 ( 1996 ) 『 エネルギーシステムの法則 』 産調出版
- 慶応義塾大学 ( 1994 ) 『 二酸化炭素問題を考える 』 日本工業新聞社
- 建設省建築研究所 ( 1997 ) 『 省資源・省エネルギー型市街地計画ガイドライン 』 ( 財 ) 国土開発技術研究センター
- ( 財 ) 新エネルギー財団 ( 1998 ) 『 地域エネルギーの普及促進に関する調査 』 平成 10 年 3 月
- 末次克彦 ( 1994 ) 『 エネルギー改革 』 電力新報社
- 地域振興整備公団 ( 1996 ) 『 新エネルギーの導入および環境関連産業の育成による新たな地域振興整備方策に関する研究会報告書 』 1996 年
- 武智久典 ( 1995 ) 『 電気事業者の DSM プログラムをめぐる動向 ( 米国 ) 』 海外電力 1995 年 11 月号
- 田頭直人、内山洋司 ( 1997 ) 『 都市インフラストラクチャー整備のライフサイクル分析 』 電力中央研究所研究調査資料 Y96005、( 財 ) 電力中央研究所
- 電力中央研究所 ( 1994 ) 『 世界のエネルギー資源 : 資源量、需給、経済性と関連技術動向 』 調査報告 :

Y94001

中原信夫 (1995) 『我が国の未利用エネルギー活用の現状と課題』未利用エネルギー高度活用負荷平準化冷暖房技術発表会 9 5 基調講演、NEDO・(財)ヒートポンプ技術開発センター主催  
二階勲 1995 『これからのエネルギー変換利用システムと技術 ~ 』クリーンエネルギー 1995.1  
~ 3

新田義孝、内山洋司 (1993) 『破局からの脱出：人類いま選択のとき』

(社)日本エネルギー学会編 (1998) 『天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル '98』  
月刊「クリーンエネルギー」別冊号 日本工業出版 1998.3

日本工業新聞社 (1975) 『世界の地域冷暖房』

(社)日本地域冷暖房協会 (社)日本熱供給事業協会 (1997) 『第 28 回 UNICHAL 国際会議出席及  
び欧州地域冷暖房視察報告書』1997 年 11 月、同テクニカル・セッション資料 (翻訳)

(社)日本地域冷暖房協会、(社)日本熱供給事業協会 (1996) 『第 87 回 IDEA 年次総会出席と米国  
地域冷暖房視察団報告書』1996 年 12 月

(社)日本地域冷暖房協会、(社)日本熱供給事業協会 (1995) 『第 86 回 IDEA 年次総会出席と米国  
地域冷暖房視察団報告書』1995 年 12 月

(社)日本地域冷暖房協会、(社)日本熱供給事業協会 (1994) 『北米地域冷暖房調査団報告書』1994  
年 10 月

(社)日本地域冷暖房協会 (1992) 『地域冷暖房手引書』改訂版

(社)日本地域冷暖房協会 (1988) 『北米地域冷暖房システム研究調査団報告書』

(社)日本熱供給事業協会 (1999) 『平成 10 年度欧州熱供給調査団報告』『熱供給』1999 年 vol.34  
pp.26-27

(社)日本熱供給事業協会 (1998) 『熱供給事業便覧』平成 10 年版 1998.12

(社)日本熱供給事業協会 『熱供給』各号

ノードハウス (1996) 『原子力と環境の経済学 - スウェーデンのジレンマ』電力新報社

(原題 “The Swedish Nuclear Dilemma – Energy and Environment”)

(財)ヒートポンプ技術開発センター (1996) 『1996 欧州未利用エネルギー活用地域冷暖房技術交流団  
調査報告書』1996 年 9 月

平田賢 (1994) 『省エネルギー論』オーム社

ルイス・J・パール(1994) 『アメリカの電力産業の規制緩和』エネルギー経済、第 21 巻第 4 号

松井賢一 (1994) 『エネルギーデータの読み方』電力新報社

J.モース (1994) 『電力の大変動 - 加州電気事業者のリスストラクチャリング』海外電力調査会

山地憲治、藤井康正 (1995) 『グローバルエネルギー戦略』地球環境時代の 21 世紀シナリオ 電力新  
報社

California Public Utilities Commission (1994) “ Order Instituting Rulemaking And Order  
Instituting Investigation”, I.94-04-32, (1994.4)

California Public Utilities Commission / Presentation Material (1996)

Jarvenpaa, Teemu, IVO Power Generation, FINLAND, Makela, Tero, Salonsaari-Posti, Anu, FINLAND and Koivisto, Heikki, Finnish District Heating Association, FINLAND, 1998, "Cogeneration in Finland; District Heating and Industrial Perspectives", World Energy Congress, 1998 Houston, USA

地域熱供給関連ホームページ

地域熱供給事業協会（日本）

<http://www.jdhc.or.jp/index.html>

同上関連リンク

<http://www.jdhc.or.jp/link/link.html>

熱供給事業協会加盟会社（地域熱供給会社、電力・ガス会社、官公所、その他関係団体）

CADDET Energy Efficiency Newsletter（NEDO 経由）

<http://www.nedo.go.jp/nedo-info/caddet/>

日本コージェネレーションセンター

<http://cgc.webcity.ne.jp/>

-----  
国際エネルギー機関・地域熱供給部門（IEA District Heating programme）

<http://www.iea-dhc.org/dhc.htm>

IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme (ECBCS)

<http://www.ecbcs.org>

the Energy Conservation in Buildings and Community Systems Program in the IEA

<http://hybvent.civil.auc.dk>

IEA CADDET Energy Efficiency Links

<http://www.caddet-ee.org/links.htm>

ロチェスター大学（District Energy Virtual Library）

<http://www.energy.rochester.edu/dh/>

COGEN Europe（The European Association for the Promotion of Cogeneration）

[http://www.energy.rochester.edu/cogen\\_europe/](http://www.energy.rochester.edu/cogen_europe/)

Cogeneration, District Heating and Cooling in the EU ENERGY POLICY

<http://europa.eu.int/en/comm/dg17/s97002c2.htm>

UK Combined Heat and Power Association

<http://www.energy.rochester.edu/uk/chpa/>

添付図表1 地域熱供給関連北米向け調査実施状況

団体名	地熱協会	地冷協会・地熱協会	熱協会以外?	地冷協会・地熱協会	地冷協会・地熱協会	日本ガス協会	地冷協会・地熱協会	地熱協会		日本生産性本部	都市設備研究会他
実施時期	97.9.15-9.27	96.6.7-6.20	95.9	95.5.28-6.10	94.6.17-6.29	92.10.25-10.31	90.6.7 -6.21	87.9.22-10.7	80.6.14-6.29	71.4.12-5.5	67.11
調査国	米国	米国	米国・カナダ	米国	米国	米国	米国・カナダ	米国・カナダ	米国	米国・カナダ	米国・欧州
ワシントン											
ハートフォード											
ニューヨーク											
ボルチモア											
シアトル											
サンアントニオ											
ダラス											
セントルイス											
インディアナポリス											
ロサンゼルス											
サンフランシスコ											
タルサ											
アトランタ											
オーランド											
ミネアポリス											
シカゴ											
ホケブシチニ											
ミッドランド											
ハリファックス											
モントリオール											
オタワ											
トロント											
ロンドン(カナダ)											

添付図表2 地域熱供給関連北米向け調査団報告書名

団体名	期間	調査団(報告書)名
地熱協会	97.9.15-9.27	平成9年度米国熱供給事業調査報告書(団長丸山征一郎 千葉熱供給)
地冷協会・地熱協会	96.6.7-6.20	北米地域冷暖房調査団報告書7回DHCA総会出席
熱協会以外?	95.9	?
地冷協会・地熱協会	95.5.28-6.10	北米地域冷暖房調査団報告書6回DHCA総会出席
地冷協会・地熱協会	94.6.17-6.29	北米地域冷暖房調査団報告書5回DHCA総会出席(団長我孫子義彦 地冷協会専務)
日本ガス協会	92.10.25-10.31	未利用エネルギー活用研究会米国調査報告書
地冷協会・地熱協会	90.6.7 -6.21	米国カナダ熱供給事業調査団報告書(団長清家静 丸の内熱供給)
地熱協会	87.9.22-10.7	米加熱供給事業の料金制度並びに経営問題に関する海外調査
	80.6.14-6.29	米国地域冷暖房・省エネルギーシステム調査団(団長早川一也 東工大教授)
日本生産性本部	71.4.12-5.5	渡米熱供給事業視察団
都市設備研究会 日本産業開発センター	67.11	欧米の地域暖房視察団(団長木村宏 関東学院大学教授)



添付 図表3 地域熱供給関連欧州向け調査実施 状況

欧州向け

団体名	エネルギー総工研	地熱協会	コージェネセンター	地冷・地熱協会	地熱協会	ヒートポンプセンター	地熱協会	地熱協会	地熱協会	地冷・地熱協会	地冷・地熱協会	地熱協会	地熱協会	生産性本部	日本建築センター	都市設備研他
実施時期	98.12.14-12.21	98.9.15-9.26	98年度	97.6.7-6.21	96.10.24-11.7	96.6.30-7.1	95.8.20-8.30	94.9.22-10.5	92.9.17-10.1	91.10.17-10.31	87.10.30-11.11	86.10.1-10.16	79.10.5-10.21	73.5.2-5.18	72.2.3-2.24	67.11
デンマーク																
スウェーデン																
フィンランド																
オランダ																
ドイツ																
スイス																
フランス																
英国																
ベルギー																
イタリア																
スペイン																
オーストリア																
ルウエー																
チェコ																
ソ連																
ハンガリー																

添付 図表4 地域熱供給関連欧州向け調査団名

団体名	実施時期	調査団名
財エネルギー総合工研研究所	98.12.14-21	スーパーごみ発電
地熱協会	98.9.15-9.26	平成10年度欧州熱供給事業調査報告書
日本コージェネレーションセンター	98年度	
地冷協会・地熱協会	97.6.7-6.21	第28回 UNCHAL 国際会議出席及び欧州地域冷暖房視察報告書
地熱協会	96.10.24-11.7	平成8年度欧州熱供給事業調査報告書(団長向田長和 丸の内熱供給)
財ヒートポンプ技術開発センター	96.6.30-7.10	1996欧州未利用エネルギー活用地域冷暖房技術交流団調査報告書
地熱協会	95.8.20-8.30	平成7年度欧州熱供給事業調査報告書(団長大塚健雄 地域冷暖房千葉)
地熱協会	94.9.22-10.5	欧州熱供給事業調査報告書(団長大森徳治 関西都市センター)
地冷協会・地熱協会	92.9.17-10.1	欧州熱供給事情調査団報告書(団長山口堯 横浜ビジネスパーク熱供給)
地冷協会・地熱協会	91.10.17-10.31	未利用エネルギーと熱供給事情欧州調査団報告書(団長井上観光 西部ガス)
地熱協会	87.10.30-11.11	ヨーロッパ主要4カ国熱供給事業調査報告書
地熱協会	86.10.1-10.16	世界エネルギー会議出席及び欧州諸国の熱供給事業の実例調査
	79.10.5-10.21	東西ヨーロッパ省エネルギーミッション(団長平田賢東大教授)
日本生産性本部・日本地冷暖房協会	73.5.2-5.18	地域冷暖房視察調査団(団長亀崎忠夫 大阪ガス)
日本建築センター	72.2.3-2.24	地域冷暖房視察調査団(団長平山嵩)
都市設備研究会・日本産業開発センター	67.11	欧米の地域暖房視察団(団長木村宏関東学院大学教授)

添付 図表 北米地域冷暖房 調査団派遣実績

	90.6 地冷地熱	92.1 ガス協	94.6 地冷地熱	95.5-6 地冷地熱	95.9 地冷地熱?	96.6 地冷地熱	97.9 地熱協
ワシントン							
Dept.of Heating Operations(米国調達局地域熱供給部)							
National Institutes of Health							
ハートフォード							
Energy Networks, Inc. Energy Center ( ENI)							
Capitol District Energy Center							
Connecticut Natural Gas Corp.(CNG)							
John Brown Engineering Ltd.(O'Brien Cogeneration Inc.)							
ニューヨーク							
Co-op City(ブロンクス)							
ニューヨーク市住宅局(Brooklyn)							
Jacob Javits Convention Center							
American REF-Fuel社							
Consolidated Edison Co.(コンエジソン社)							
Reedy Creek Utility Co.							
Trenton District Energy Co.							
World Trade Center							
ボルチモア							
Trigen Baltimore Energy社							
Resco社							
シアトル							
Metro/Boeing Flight Simulation Center							
Seattle Steam Co.							
サンアントニオ							
サンアントニオ市水道局							
City Water Board, Central Plant							
セントルイス							
トライジェン社							
セントルイス市庁舎							
インディアナ ポリス							
Indianapolis Power & Light社							
Ogden-Martin Waste-to Energy Plant社							
Mid-American Energy Resources社							
ロサンゼルス							
セントラルプラント( Central Plants)社							
ロサンゼルス市庁舎							
Dept. of Water & Power, The City of L.A.							
ラスベガス							
Tresure Island Hotel							
タルサ							
トライジェン社							
アトランタ							
アトランタ市都市計画局							
コンヤース町(オリンピック施設)							
オーランド							
Reedy Creek Energy Services, Inc.							
Orlando Courthouse Bridge							
ミネアポリス							
ミネアポリスエネルギーセンター							

図 表5 続き	90.6 地冷地熱	92.1 ガス協	94.6 地冷地熱	95.5-6 地冷地熱	95.9 地冷地熱?	96.6 地冷地熱	97.9 地冷地熱協
シカゴ							
Unicom Thermal Technologies, Inc.							
Trigen People社							
John Hancock Center							
モントリオール							
Corporation du Chauffage de Montreal							
オタワ							
Public Works Canada							
トロント							
IDHCA総会 81st Annual Conference							
ハリファックス(カナダ)							
Saint Mary's 大学							
ロンドン(カナダ)							
Trygen -London 地域熱供給会社							

添付図表6 欧州地域冷暖房調査団派遣実績

	訪問先名	87.10 欧州 カ国	91.10 未利 用	92.9 地冷 地熱	94.9 欧州 熱供	95.8 H7 熱供	96.6 ヒート ポン プ	96.10 H8 熱供	97.6 地冷 地熱	98.9 H10 熱供	98.12 エネ 総研	98年度 ユージェ ネセン タ
デンマーク												
	CTR社											
	スカンジナビア電力アベドア発電所( 90稼動)											
	デンマーク工科大学											
	Vesrforbraendingごみ焼却熱供給施設											
	コペンハーゲン市内視察											
スウェーデン												
	イテボリエネルギー公社											
	イテボリ地域ごみ処理公社											
	アルファタバル社熱交換器工場(Alfa-Laval)											
	マルメ市エネルギー社(Malmo Emergi AB)											
	ウプサラエネルギー公社(Uppsala Energi)											
	ストックホルムエネルギー公社											
	クラロックシェルター( Garage under Klara Church)											
フィンランド												
	第5回地域暖房システム自動化国際会議(ヘルシンキ工科大学)											
	Vantaa電力(株)(バンタコンピュータ付加運転計画)											
	ヘルシンキエネルギー公社(HEB)											
オランダ												
	ENWアムステルダム会社											
	GASTECH社											
	モ - アダイク (97/2/1より稼動)											
	アムステルダムエネルギー公社(Energiebedrijf Amsterdam)											
ドイツ												訪問先?
	ミュンヘンエネルギー公社( Stadtwerke Munchen)											
	ドイツ地域暖房協会											
	フランクフルト空港エネルギーセンター											
	シュットガルト(Stadt Dizisau発電所)											
	Burgauごみ化発電所											
	Aalen PKA方式ごみガス化灰溶融発電所											
	ミュンヘン市営ごみ焼却熱供給発電所											
	ベルリン市地域熱供給施設											
	Stamberg市Waterpark熱供給施設											
	ケルン市ガス電力水供給公社( Gas and Elektrizitats werk)											
	Depogas GmbH(デポガス社ベルリン)											
	ベルリン電力(株)( Berline Kraft und Licht(BEWAG)AG)											
	ザールブリュッケンエネルギー供給(株)( Saarbruchken)											
	シュウェービッシュ・ハル熱供給公社(Schwabish Hall GmbH)											
	フライブルグエネルギー水道(株)( FEW)											
	ブルゲキルヘンごみ焼却場(ハイエル州 Burgkirchen)											
スイス												
	スイスヒートポンプ試験訓練センター											
	スイス工科大学河川水利用熱供給施設											
	チューリッヒ中央駅河川水利用熱供給施設											
	スイス信用銀行( SKA)熱回収HPシステム											
	ルツェルン中央駅未利用エネルギー活用エネルギーセンター											
	チューリッヒ工科大学( Federal Institute of Technology)											
	アウブルク熱供給プラント( Kraftwerk Aubrugg:HKW)											

	前ページより続き 訪問先名	87.10 欧州4 カ国	91.10 未利 用	92.9 地冷 地熱	94.9 欧州 熱供	95.8 H7 熱供	96.6 ヒートポン プ	96.10 H8 熱供	97.6 地冷 地熱	98.9 H10 熱供	98.12 エネ総 工研	98年度 ユージェネセンタ -
フランス	Adem(フランス版 NEDO)											
	La Villette( Cite des Sciences et de l'Insutrie)											
	カンチエド・クレティールモンメリ-発電センター											
	デファンス地区再開発(クlimaテフ社プラント: Climadef)											
	パリ地域暖房供給会社(PCU)											
	コメザ-ムごみ焼却場(Cometherm)コース											
英国												訪問先?
	Thetford Fibrothetford鶏糞焼却発電所											
	London Dockland Development(ドックランド開発公団)											
	Pimlico District Heating(ピムリコ熱供給社: PDHU)											
	The Center for Alternative Technology( CAT)(ウェールズ:マッキンリ-地区)											
ベルギー												訪問先?
イタリア												
	Alitalia航空本社ビル											
	イタリア地域暖房協会( AIRU)											
	ローマ市エネルギー-環境管理公社(ACEA)											
	トル・ティ・ヴァレコピナート(トリ)											
	ナポリカルダレッリ病院コ-ジェネプラント( Ospedale Cardarelli)											
	ミラノ市エネルギー-公社( AEM:Azienda Energitica Municipale)											
スペイン												
	世界エネルギー会議(第5回大会)											
	マドリッド市 ALCOBENDASプロジェクト											
	Puerta de Europa											
	チャマルティン駅											
オーストリア												
	Heizbetriebe Wien Ges mbH(ウィーン市暖房プラント社)											
	ウィーン熱供給公社(Fernwarme Wien Ges Mbh社)											
	シュピッテラウ地域熱供給プラント(Spittelau)											
ノルウェー												
	Energy Selskapet Askerof Baerum(EAB)バルムエネルギー公社											
	オスロエネルギー-公社(Oslo Energy)											
チェコ												
	Prazska Teplarenska社(地域暖房会社)											