

地球環境問題と空調システムの技術動向

Environmental Issues and Technical Trends in Air Conditioning Systems

高木啓史*

Hiroshi Takagi

小国研作*

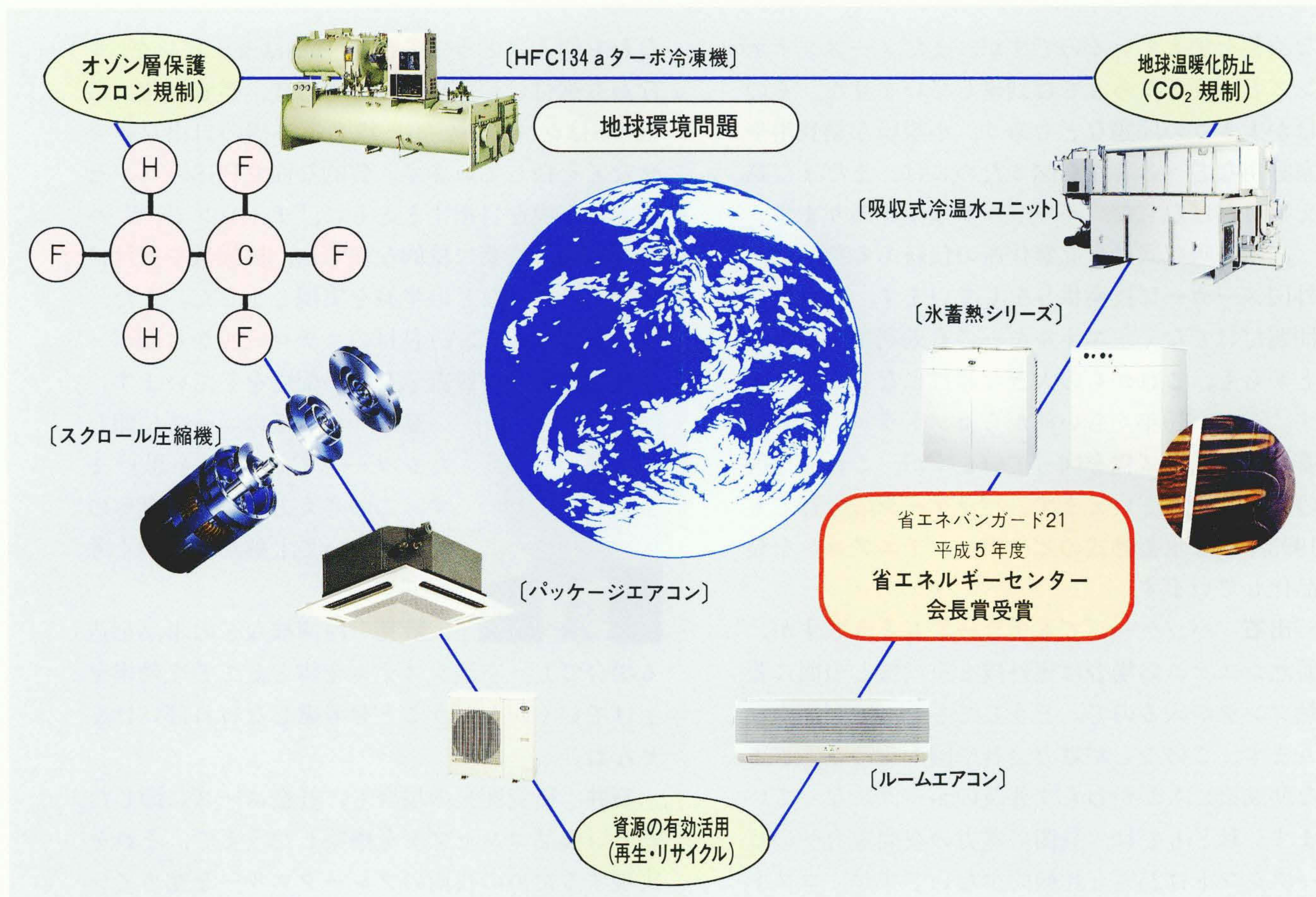
Kensaku Oguni

相沢道彦**

Michihiko Aizawa

稲田信敬***

Nobutaka Inada



空調システムの分野における地球環境問題に関する課題

地球環境を考えると、(1)オゾン層保護(フロン規制)、(2)地球温暖化防止(CO₂規制)、(3)資源の有効活用(再生・リサイクル)の課題がある。

空調システムの分野で21世紀にかけてのここ当面の課題は、環境問題と、それに密接に関連したエネルギー問題への対応である。中でもフロン規制への対応は、業務用空調機器の80%を占めるパッケージエアコン(エアコンディショナー)が対象となり、社会的影響も大きい。HCFC(Hydrochlorofluorocarbon)系冷媒からHFC(Hydrofluorocarbon)系冷媒への切り替えは、各種HFC系冷媒への最終評価がまだ出ていないが、ほぼR-407CとR-410Aに絞り込まれ、この新冷媒への技術的対応が最大の課題である。

CO₂規制については、エネルギーの有効利用と省エネルギーの問題に行き着き、熱源エネルギーの転換とシステムとしての高効率化の問題となり、未利用エネルギーの活用、蓄熱システムなどが今後の重要課題である。

再生・リサイクルについては、リサイクルを積極的に進めるシステムづくり、すなわち機器の分解性、分解後の分別性、リサイクル可能率の見地からの製品づくりが進められており、今後も再資源化を強力に推進する必要がある。

* 日立製作所 空調システム事業部

** 日立製作所 土浦工場

*** 日立冷熱株式会社

1 はじめに

1994年12月に閣議決定された環境基本計画は、21世紀を視野にとらえ、持続的成長を確保しながら社会経済の活動様式を変更し、環境負荷の少ない経済社会の実現を目指している。

空調システムの視点から環境問題を考えた場合、フロンによるオゾン層破壊の問題、CO₂による地球温暖化の問題、SO_x (硫黄酸化物)、NO_x (窒素酸化物)による酸性雨の問題、さらには産業廃棄物の問題などがあげられる。これらの環境問題での共通の根底にあるのはエネルギー問題、すなわちエネルギーの有効利用と省エネルギーであり、環境問題への対応は、個別のテーマに対する対応策と同時にエネルギー問題への対応策を提示することが必要となる。

ここでは、空調システム固有の問題として、フロン規制、CO₂規制とエネルギーの有効利用および省エネルギー、さらには再生リサイクルについての日立製作所の取り組みについて述べる。

2 オゾン属保護(フロン規制への対応)

2.1 フロン規制の動向とその対応

いわゆるフロン冷媒(フルオロカーボン)には、特定フロンと呼ばれるCFC(Chlorofluorocarbon)系と指定フロンと呼ばれるHCFC系、さらに塩素をまったく含まない、代替冷媒と呼ばれるHFC系の3種の冷媒が存在する。CFC系については、1992年11月にコペンハーゲンで開かれたモントリオール議定書締約国会合で1996年全廃

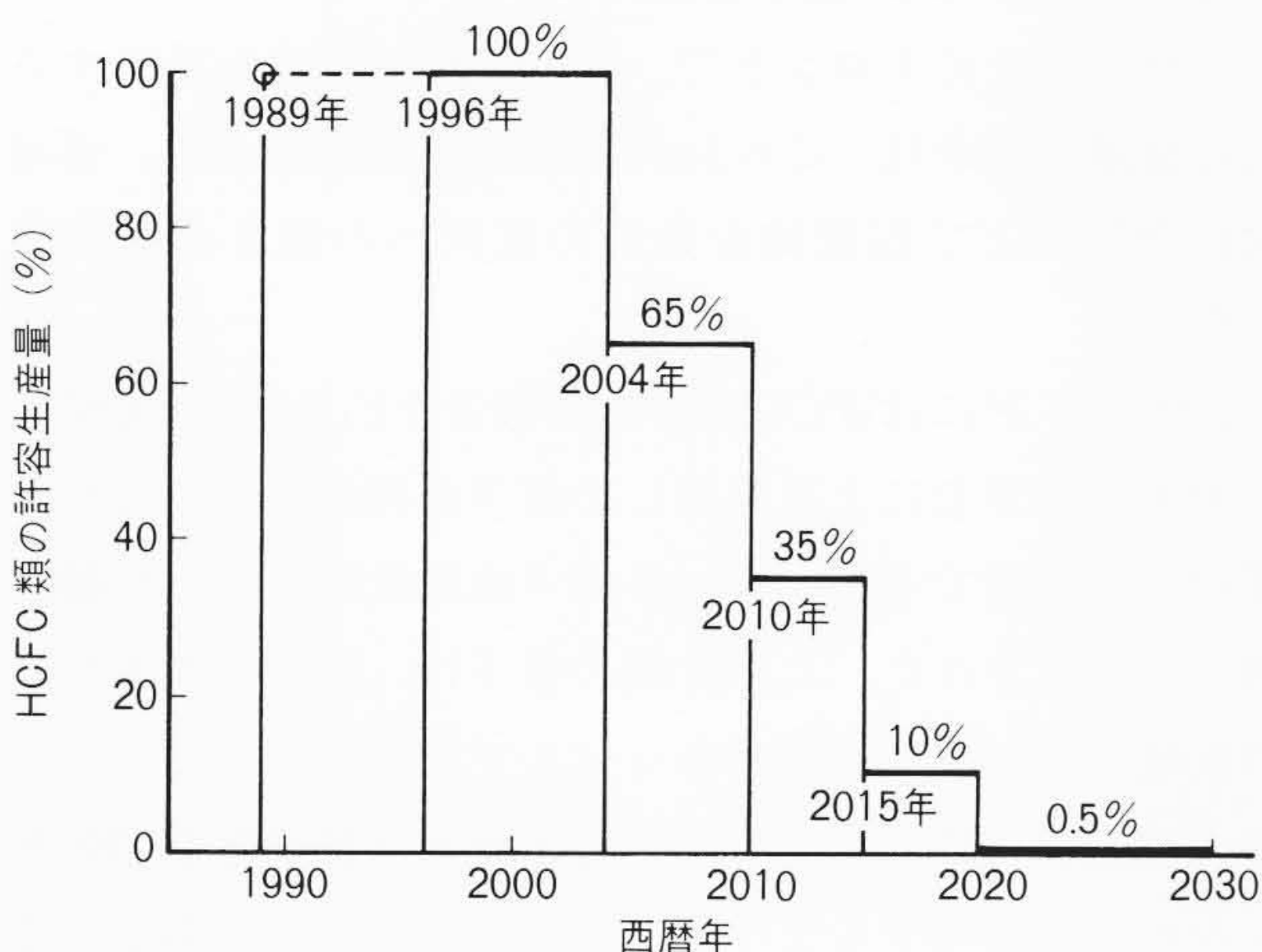


図1 HCFC類の規制

図中のパーセント値は、1989年のHCFC類の生産量を100%としている。1996年から総量規制(1989年の生産量を超えない)が開始され、以降段階的に生産量が規制される。

が決議され、日立製作所はいち早くターボ冷凍機、家庭用冷蔵庫などの分野で代替フロン(HFC-134a)化を実施した。

一方、1992年の前述の会合で2030年全廃が打ち出されたHCFC系の規制(図1参照)については、CFC系が主としてカーエアコン、ショーケース、家庭用の冷蔵庫などに使用されていたのに対し、HCFC-22は、家庭用ルームエアコン、あるいは業務用パッケージエアコンに使用され、その使用量からも社会的影響はCFC系とは比較にならないほど大きく、HCFC規制への対応技術を速やかに開発することが空調事業での最大の課題となっている。

この課題は、2.2項以下に述べるように技術的にも難度が高く、また社会的影響も大きいため、わが国や米国、カナダの関連業界でHFC冷媒の評価プログラム(AREP: Alternative Refrigerant Evaluation Program)が共同で推進されており、日立製作所もその一員として参加している。この内容も含め、HCFC-22の代替冷媒の評価について以下に述べる。

2.2 HCFC-22の代替冷媒の開発状況

現在、一般的にHCFC-22の代替冷媒と考えられている候補冷媒のうち、自然冷媒系(NH₃, プロパン, 空気など)を除くHFC系の代替冷媒候補は20種類を超える。そのうちの代表例と冷媒特性を表1と図2に示す。代替冷媒候補については、日米欧加の冷凍空調機器メーカー、冷媒・潤滑油メーカー、民間、国立研究機関、大学などによって評価されてきている。現在代替冷媒として考えられているのは、HFC-32・125・134aの3種混合冷媒であるR-407C、およびHFC-32・125の2種混合冷媒であるR-410Aの二つの選択肢である。R-407Cは、圧力、温度とも

表1 代替冷媒候補とその特性

代替候補冷媒の物性値、および断熱圧縮効率=100とした場合の性能を示す。

冷媒名	R-22	R-407C	R-410A	R-507	備考
構成冷媒名	—	R32・125・134a	R32・125	R125・143a	—
組成比(%)	—	23・25・58	50・50	50・50	質量比
GWP	1,700	1,610	1,890	3,800	CO ₂ 基準
燃焼性	不燃	同左	同左	同左	—
臨界温度(°C)	96	87	72	71	—
冷房能力(%)	100	99	143	96	凝縮温度 =50°C 蒸発温度 =5°C
成績係数(%)	100	96	92	85	
凝縮圧力(MPa)	1.94	2.09	3.06	2.35	

注：略語説明

GWP(Global Warming Potential；地球温暖化係数)

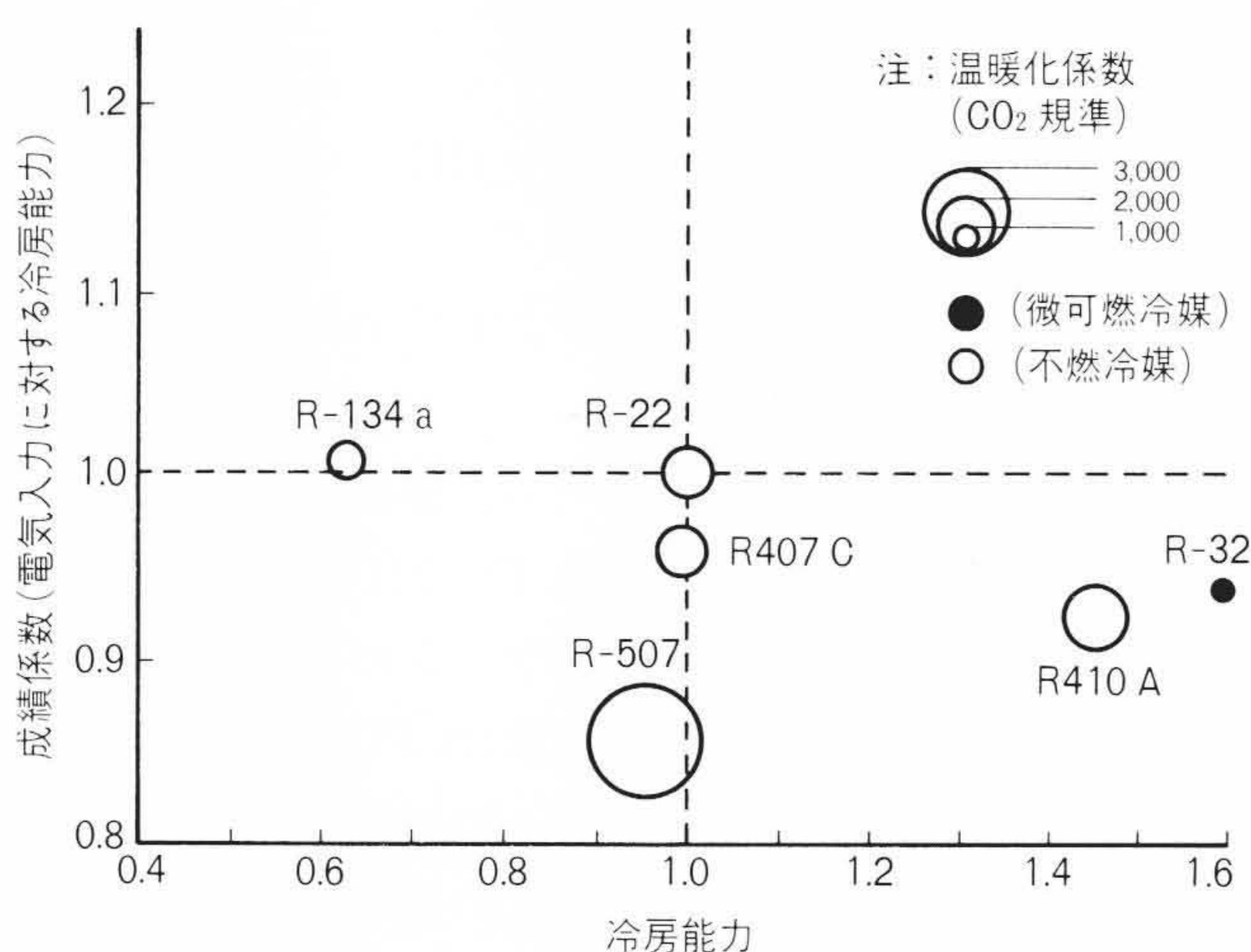


図2 HCFC-22代替候補冷媒の理論上の冷凍サイクル性能
冷房能力、成績係数は、R-22(HCFC-22)の値を1とした場合のHCFC系冷媒の数値を示す。

にHCFC-22並みであるが、効率はHCFC-22より若干落ちる特性を持っており、この冷媒特性による効率の低下に対する機器側による改善が今後の大きな課題である。また、この冷媒は混合されている3種の冷媒が独立な挙動をするいわゆる非共沸冷媒であり、機器の運転時またはフィールドでの冷媒封入時などに起きる冷媒の組成変動をいかにうまくコントロールするかという課題がある。

一方R-410Aは、擬似共沸冷媒で単一冷媒に近い特性を示すが、高圧圧力がHCFC-22に比べて約1.6倍と高く、効率向上のほかに機器の高耐圧化が必要となる。この二つの代替冷媒候補については、上記の冷媒物性からの評価に加え、実際の機器の運転時でのエネルギー消費効率(成績係数)、寿命、信頼性、フィールドでのサービス性などの項目を評価するとともに、機器のコスト上昇、海外展開を含めた設備投資効率にも検討を加え、今年度中に最終評価が完了する予定である。

代替冷媒には、上記のように幾つかの解決すべき技術課題があるが、日立製作所は、スクロール圧縮機、高効率熱交換器、および電子膨張弁を用いた冷凍サイクル制御技術により、これらの課題を解決していく計画である。

2.3 フロン回収

1992年11月の第4回モントリオール議定書締約国会合で、2.1で述べたCFCなどの供給規制に加え、大気への放出を防止するため、再利用または破壊を目的とした回収を促進すべきことが決議された。一般に、空調機器の耐用年数は10～15年と言われているが、機器の廃却時、または空調機器の修理・点検時にフロンの大気中への放出

を防止することが必要であり、このため機器からのフロン回収と回収したフロンの再生、再利用が重要となる。

日立製作所は、1992年からターボ冷凍機のリプレース、または保守時に、フロンが大気中に放出されることを防止するため、フロン回収装置を用いて既納品のターボ冷凍機からのフロン回収を実施している。

また、回収したフロンを高純度に精製するため、1994年に社団法人日本冷凍空調工業会、および社団法人日本冷凍空調設備連合会の共同事業として埼玉県栗橋町に冷媒フロン再生センターが設立された。

現在の回収、再利用は、使用者側、または保守側(一部行政側)で自発的に推進され、その緒についたばかりであるが、今後はフロンの破壊も含め、需要の増大が見込まれている。

3 地球温暖化防止(CO₂規制への対応)

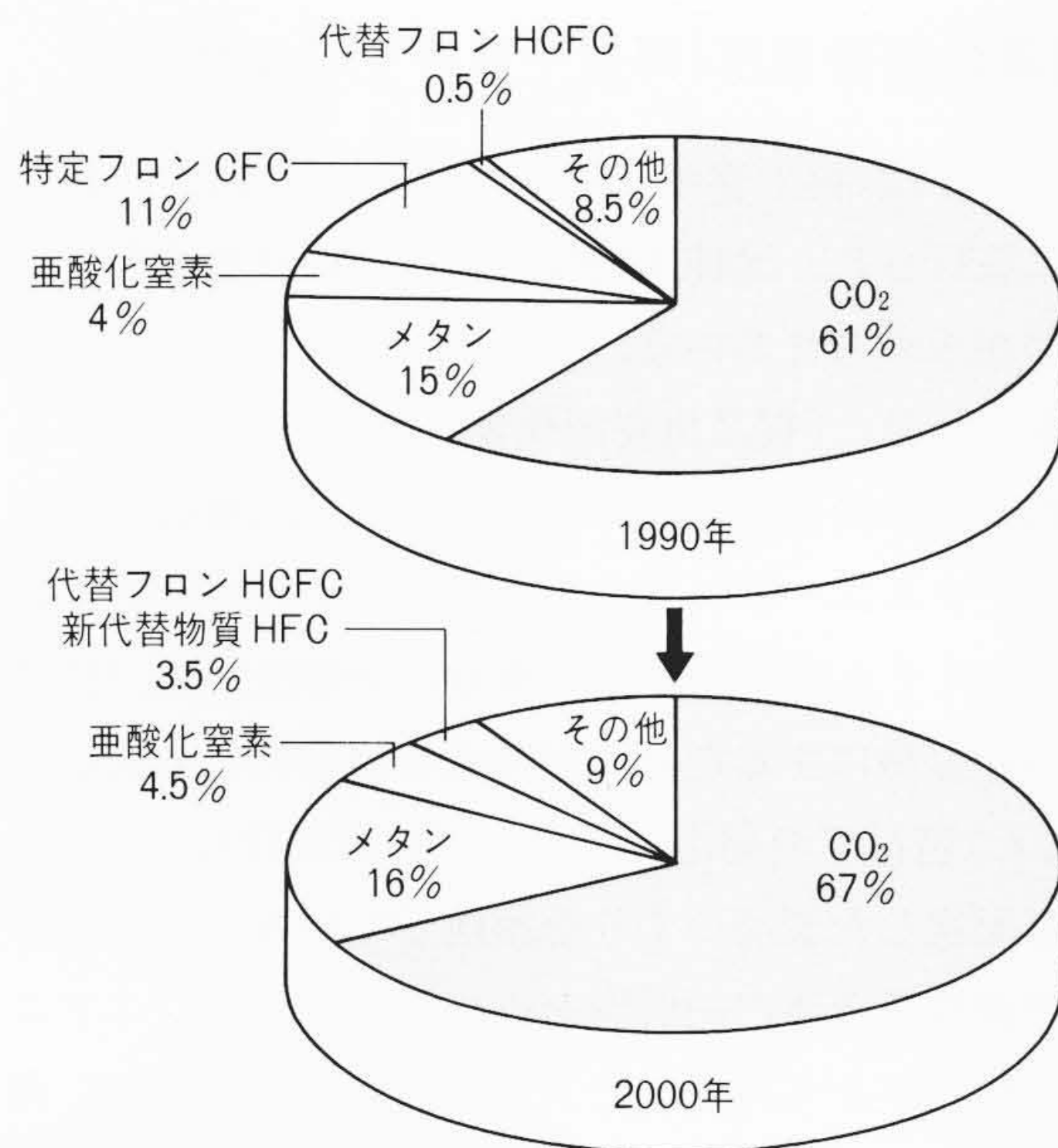
3.1 規制の動向

環境問題の中で、オゾン層破壊問題の次に取り組むべき課題に位置づけられているのが地球温暖化の問題である。

地球温暖化に影響を及ぼす温室効果ガスと呼ばれているガスの種類と排出量の割合を図3に示す。現在のベースでCO₂をはじめとする温室効果ガスの排出が続けば、地球温暖化の方向へ向かうであろうという点では、気象学者の意見が一致している。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の報告によると、30年後の2025年には、地球の平均温度は約1℃上昇し、海面が約20 cm上昇するとみられ、陸地の水沿いや気象の変動、生態系への大きな影響が予想される(図4参照)。

1988年6月にトロントで、CO₂の20%削減を提案する国際会議が開かれ、これ以降各地で環境首脳会議、環境大臣会議などで国際的な条約の採択への動きが活発化した。

1990年8月にはIPCCが第1次報告を出し、地球温暖化に対する科学者による見通しの数字が発表され、これを受けてわが国でも1990年10月に「地球温暖化防止行動計画」が策定された。この計画の骨子は、年間1人当たりの炭酸ガス排出量を1990年レベルで安定化することと、さらに上位目標として年間の総炭酸ガス排出量を1990年レベルで安定化するように努めることの2点である。これを実現するために、炭酸ガスの排出の少ない、生産構造の実現と都市地域構造の構築などの具体的な対策が示されている。



出典：IPCC 報告書

図3 温室効果ガスの種類と排出量の割合

温室効果ガスのCO₂は、1990年で61%、2000年で67%に増える見込みである。

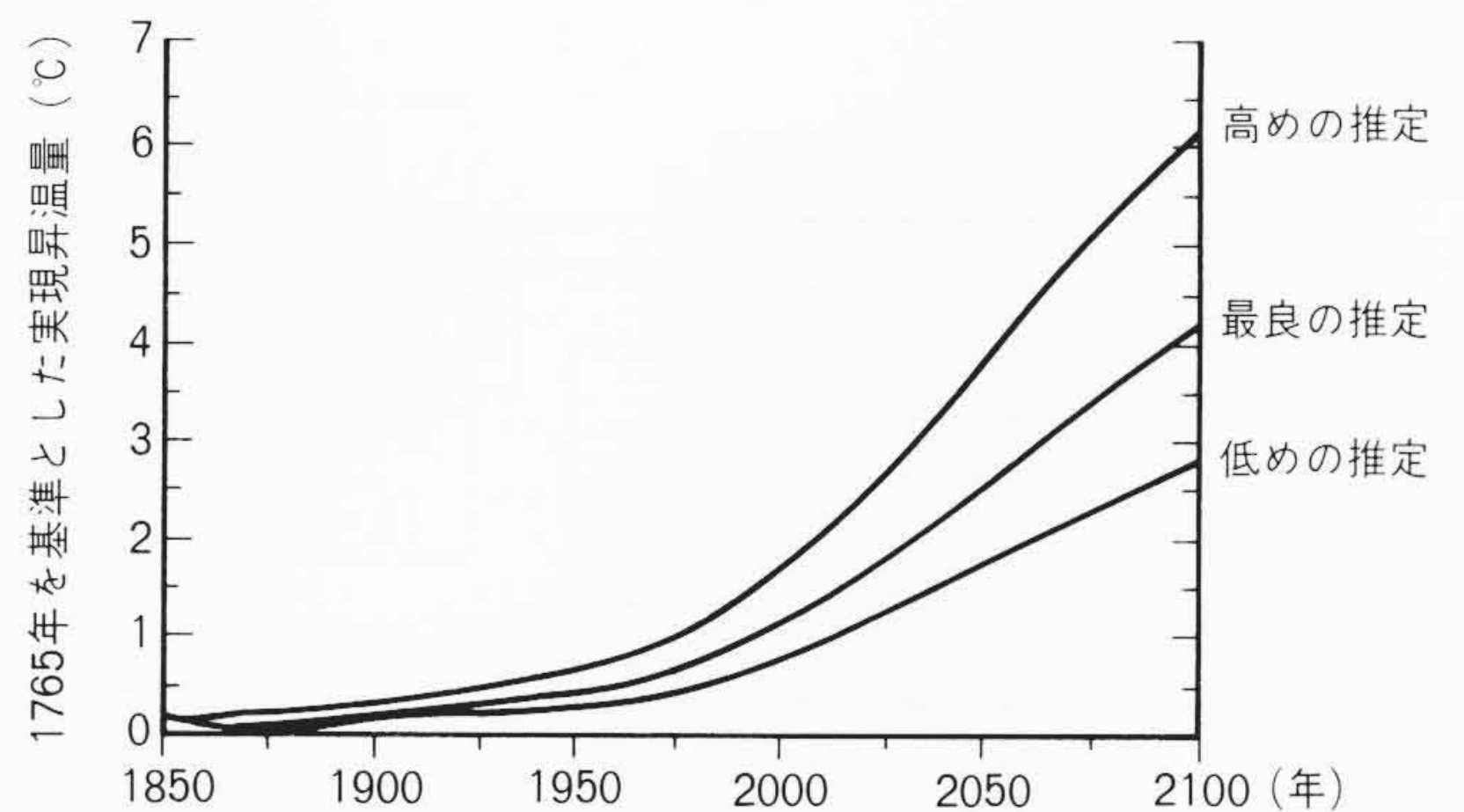
1992年6月にリオ・デ・ジャネイロで開催された地球サミットでは「気候変動枠組み条約」がわが国をはじめとする155か国によって署名され、国内ではこの成果を受けて1993年11月に「環境基本法」が成立した。

また、これに先立つ1993年3月には、エネルギー使用の合理化に関する法律(いわゆる省エネルギー法)が改定され、工場、建築物、機械器具のそれぞれについて、省エネルギーのために守るべき基準、判断基準などが策定、公表されている。さらに、これらの規制と並行してエネルギー需給構造改革投資促進税制(エネ革税制)の対象設備の拡大が図られ、各種空調関連設備がこの対象として取り上げられている。

地球温暖化防止行動計画の目標の実現のためには相当な努力が必要であり、次章で述べるような具体的かつ地道な対策がいつそう要求されてくることは容易に想定できる。

3.2 エネルギーの有効利用と省エネルギー

空調システムでの炭酸ガス排出量抑制のための具体策としては、大別すると次の3項目がある。その一つは電力を含めた熱源エネルギーの種類を転換し、炭酸ガス発生が少ない燃料を使用することである。第二はシステムとしての見直しを行い、従来単純加熱していたものをヒートポンプ暖房とすることによって成績係数(COP)を大幅に改善し、一次エネルギー消費量を減らすことであ



出典：IPCC 報告書

図4 21世紀末までの温度上昇予測

30年後の2025年には、地球の平均温度は約1°C上昇し、海面が約20 cm上昇すると予想される。

る。第三は補機を含めた熱源機自体の省エネルギーを図ることである。

第一の熱源エネルギーの転換については、ガス吸収式冷温水機では近年都市ガスの天然ガス化が普及し、従来の石炭系ガスや、プロパンまたは油などと比較して、炭酸ガスの発生量が著しく低減している。

第二のシステム的な対応の具体的技術としては、この特集号の別論文で述べているコジェネレーションシステム(図5参照)、さらには近年注目されている未利用エネルギーの有効活用システムがある。未利用エネルギー活用システムとは、河川水、下水道水、海水などの未利用熱を活用するものである。その一例として生下水未利用エネルギー活用システムを図6に示す。

地球温暖化への評価を考えた場合、従来はGWPによって温室効果ガスを評価してきたが、近年、空調機器の耐用期間内の運転に必要な電力、ガスなどのエネルギーを作り出す際に生じるCO₂量、あるいはフロンなどの漏えい分のCO₂換算量など、地球温暖化への間接的な影響も考えたTEWI(Total Equivalent Warming Impact)という概念がAFEAS(代替フロンの環境への影響に関する

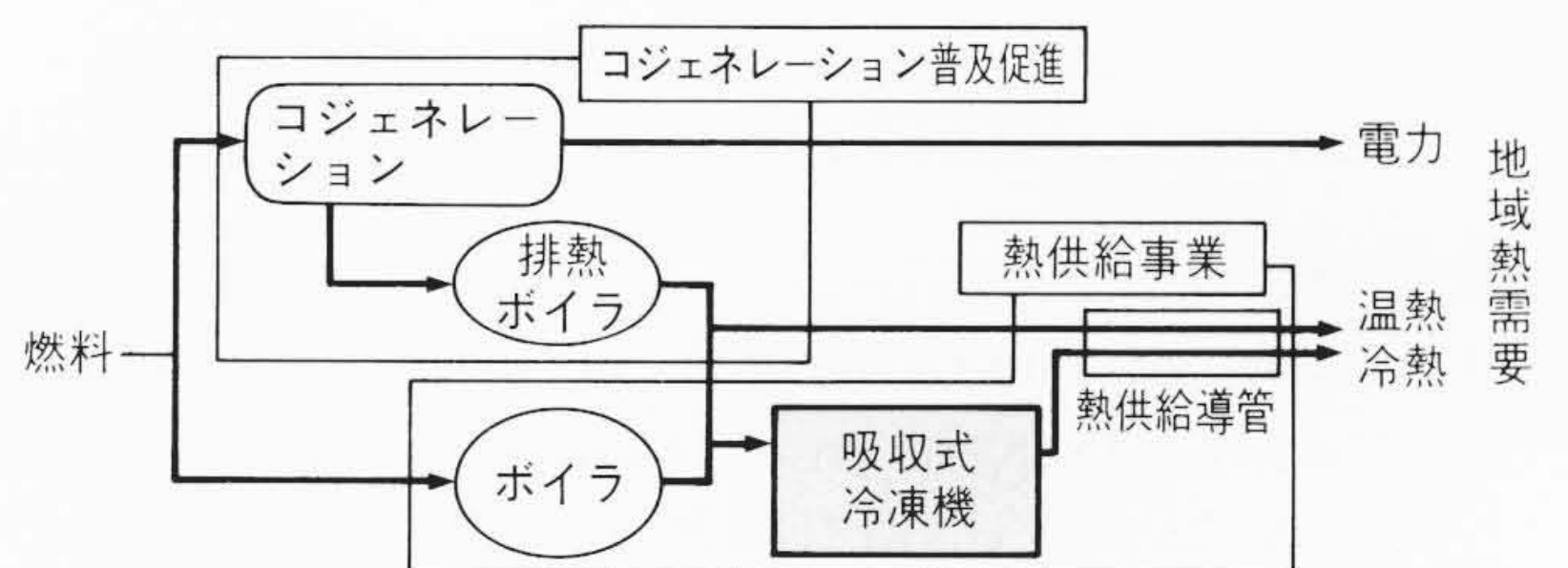


図5 コジェネレーションシステム

エネルギーの有効利用として、コジェネレーションシステムが注目されている。このシステムの熱利用を担う機器が吸収式冷凍機である。

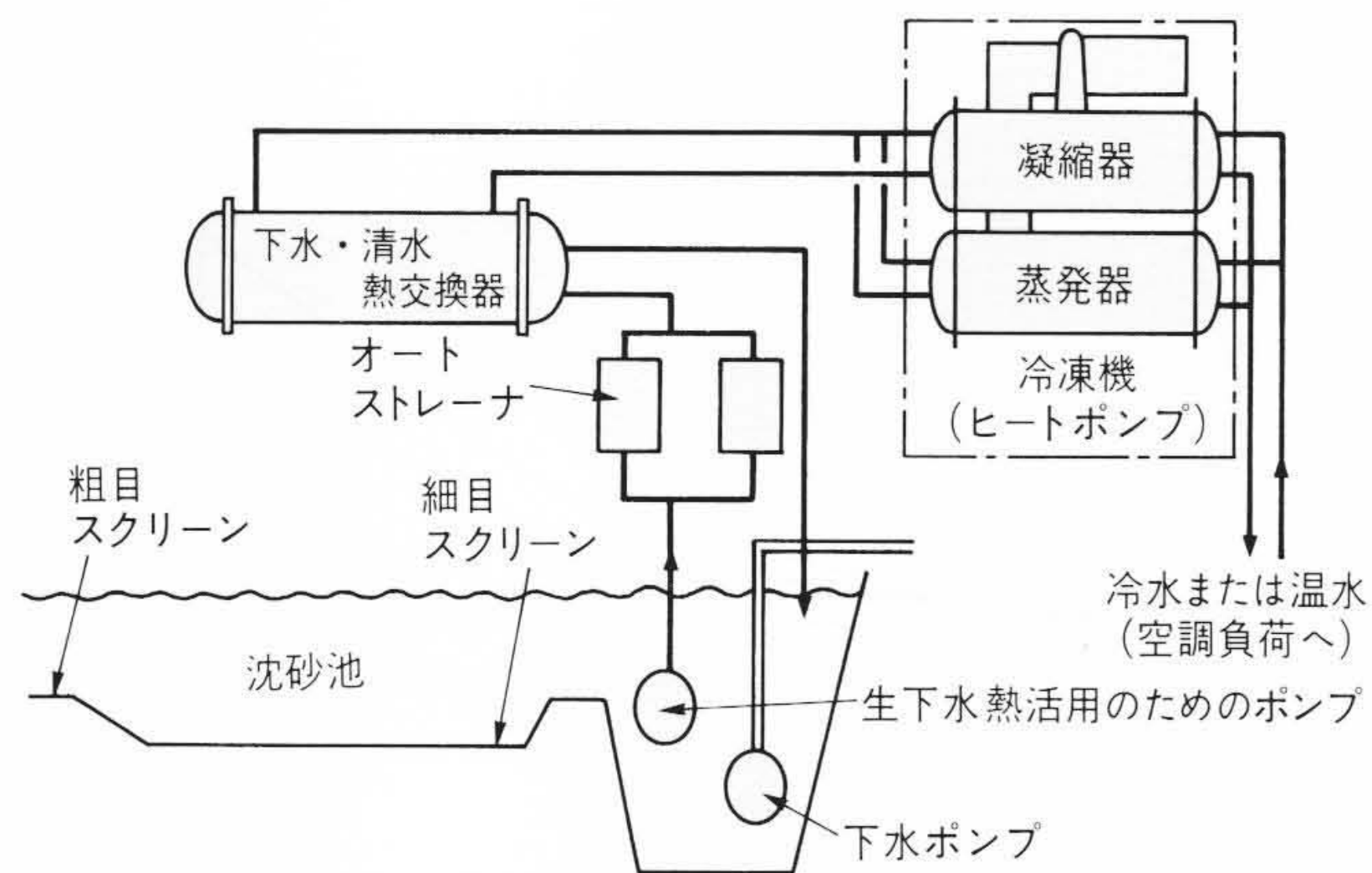


図6 未利用エネルギー活用システム

このシステムは、生下水を利用し、冷房時は冷却水として、暖房時はヒートポンプの熱源としてエネルギーの有効利用を図るものである。

調査研究)とDOE(米国エネルギー省)から提案されている。この考え方を基に、この特集号の別論文で取り上げている氷蓄熱システムを考えると、化石燃料での発電比率が低い夜間電力で蓄熱を行い、この蓄熱を昼間に空調用として利用することにより、化石燃料での発電比率が高い昼間電力の使用量を低減し、炭酸ガスの発生量を抑制することが可能である。

単品機器の効率改善は、これまで長い期間にわたって地道に努力が続けられてきており、さらにあと10パーセントの省エネルギーですら簡単にはできないところまできている。また、省エネルギーのための初期投資があまりにも大きくなると、それが短期間の省エネルギー効果によっては回収できなくなり、経済的に引き合わなくなることも生じてくる。これからは、上記のような周辺機器を含むシステム全体としてみた省エネルギーや、炭酸ガス排出量削減による地球温暖化防止に具体的に取り組んでいくことが、空調システム業界に課せられた義務であると思われる。

4 資源の有効活用(再生・リサイクル化)

リサイクル法(再生資源の利用に関する法律)が、1991年10月に施行され、地球環境保護のために資源を大切にする姿勢が求められている。

日立製作所は、「製品再資源化委員会」を設け、リサイクル法指定製品の枠を越えて、全家電品、OA機器を中心に、リサイクルニーズにこたえる製品づくりを進めている。空調システム機器でも、(1)機器の分解性向上、(2)リサイクルを容易にするための樹脂成型部品の材質表示、(3)梱(こん)包材での発泡スチロールの削減化など、リサイクルを配慮した製品づくりを推進している。たとえば、業務用空調機器全体の約80%を占めるパッケージエアコンでは、1994年から発売した「システムフリー」で、発泡スチロールを削減するために、梱包の新しい形態を研究し、梱包材の全段ボール化を実現した。さらに製品本体も、電子膨張弁に機能を集約化して構造の簡素化による分解性の向上を図っている。

今後は、環境への影響度を事前に評価する独自の「環境影響性評価法」、「分解性評価法」などの手法を用いて環境負荷の低減へ寄与する製品を開発していく考えである。

5 おわりに

フロン規制、CO₂規制、再生・リサイクルの三つの視点から、空調システム分野での地球環境問題に対する日立製作所の取組みについて述べた。

地球環境問題への対応は、社会的コストを伴うものであり、今後はこれにいかに対応していくかが大きな課題である。いずれにしても、成熟事業分野である空調事業で、地球環境問題、特にエネルギー問題は21世紀にかけての最大の課題である。これからも、社会に貢献できる空調システム技術の革新をさらに進めていく考えである。

参考文献

- 1) Report of Fourth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer: UNEP/OzL.Pro.4/1525(1992-11)
- 2) 豊中: 冷媒フロン放出削減と代替技術, 日本冷凍協会(1994-3)
- 3) The International Symposium on R22 & R502 Alternative Refrigerants '94(1994)
- 4) 内田, 外: 水平管内面形状改善による非共沸混合冷媒の伝熱性能向上(2), 日本機械学会, 熱工学講演論文集(1994-11)
- 5) 小国: R-32/125/134a混合冷媒を用いた冷凍サイクルの特性, The International Symposium on R22 & R502 Alternative Refrigerants '94(1994)