

空気調和設備の最近の動向

Developement and Market Trend of Air Conditioning Industry

生活環境の高度化、各種ビルの増加に伴って急速に量的拡大を続けていた空気調和産業も、エネルギー節約時代、安定成長経済を迎え、質的な転換を求められることになった。機器そのものの高効率化、熱の有効利用を図ったヒートポンプ、ダブルバンドルコンデンサ利用、水資源節約のための空冷化や排水再利用、更に排熱利用など、少ない資源でより快適な環境を実現させる努力が続けられている。

本論文では、空気調和を取り巻く種々の社会的、経済的背景について述べるとともに、これらの機器の開発・製品化の動向と今後取り組んでいくべき事項について述べる。

立花慶二* Tachibana Keiji

細羽雅雄** Hosoba Masao

1 緒言

我が国の空気調和設備は、生活環境の快適化への要求が高度化するとともに、著しい普及をみてきた。また世界的にも、開発途上国の環境改善への欲求の高度化と、空調なしでは存在できない産業、あるいは公共施設の拡張発展のため、極めて急速に単位規模の大形化と量的拡大を続けてきた。ところが、昭和48年ごろに端を発する、いわゆる石油ショックと、それに引き続くエネルギー節約時代、減速経済への突入とともに、エネルギー多消費形商品への反省、建設開発業界の低迷などを背景として大きく落ち込み、その後も従来のような空調用機器の急激な量的拡大は望めない環境となっている。幸いにも空調産業の昭和49～50年の不況からの回復は、国民総生産の伸びを上回り、比較的順調に推移しているといえるので、より快適な生活環境の要求は依然として強いものがあり、これと、エネルギー節約、資源節減の社会的要請をより高度なレベルで両立させることが、これからの課題といえる。

本論文では、空調産業のうち、ビルあるいは中規模店舗など、比較的大規模な用途に用いられる冷熱源機器を主な対象として、最近の市場動向と、これに対応する製品の改良、開発などの動向について述べる。なお、ここに取り上げたもののほか、機種あるいは業種としては、いわゆる設備と呼ばれる部分、規模としては住宅あるいは小規模設備を対象としたもの、車両を対象としたものなどがあり、これらの中にはむしろここに取り上げたものに比べ空調産業のより大きな部分を占めるものもあるが、別の機会に譲ることとする。

2 空気調和産業の市場構成

市場規模とその推移を冷凍空調機器の出荷統計から見ると次のようである。

我が国では、昭和50年度の不況を底として空調産業でも回復の兆しが見え始めた。昭和51冷凍年度(昭和50年10月～同51年9月)の冷凍空調業界の総生産額は、約9,900億円で前年度に対し約13%増、同じく総出荷額は、約9,600億円で前年度に対し約20%増になったと推定される。しかし、安定成長時代の特色として、大形設備投資は多くなく全般的に中・小形機種が中心で伸び始めていることが挙げられる。図1、2は主な機種の出荷台数の推移を示すものであるが、いずれの機種も昭和51年度は前年度に比べて伸びを示している。中・小

容量の領域では空冷式あるいは空冷ヒートポンプ式が増加していることも注目される。

大形のパッケージ空気調和機及び往復動式チラーユニット、ターボ冷凍機、吸収式冷凍機などの用途は中形～大形のビル空調用がほとんどであり、昭和49年以来の建築着工の減退の影響が大きかったことが分かる。

アメリカでは、屋上に空調用機器をパッケージとして集約するタイプ、いわゆるルーフトップタイプのユニタリーエアコン(パッケージエアコン)が著しく伸びているのが注目される。

我が国のビル空調用大形冷凍機では、吸収式冷凍機が急激に増加しており、ついに昭和51年度はターボ冷凍機を超える台数になっている。これは大気汚染公害を抑えるため、重油からガスあるいは灯油へと燃料の転換が図られるとともに、夏、冬の動力源を一元化した直焚き吸収式冷温水ユニットが著しい普及を見たことによる。

各機種を集計した全台数の推移は図3のようであって、昭和51年度はマンション建築増加を反映して、中・小形往復動式チラーは増加しているが、大形機についてはあまり伸びが見られない。

アメリカでは、図4に示すように日本とは反対に吸収式冷凍機が、数年前に比べて著しく減少している。これは燃料、電力などのエネルギー供給体制、同使用制限、公害規制などの社会的事情が異なることなど、国情の相違に基づくもので興味ある問題である。

3 空調用冷熱源機器に対する社会的要請

3.1 省エネルギー

エネルギー有効利用の問題は世界的な今日の課題であり、我が国の将来を賭けた問題であるといえよう。特にこのことは、直接「熱」を取り扱う冷凍空調技術にとって、重要な課題である。すなわち、冷凍、空調を取り巻くエネルギー消費を上げると、電力需要が、空調の普及とともに夏ピーク形となったのは、昭和37年ごろであり、これを契機に冷凍関連技術は、既にエネルギー問題が根源的なテーマとなっていたといえる。

一方では、空気調和用冷熱源は、負荷率、運転時間が小さ

* 日立製作所土浦工場 ** 日立製作所機電事業本部

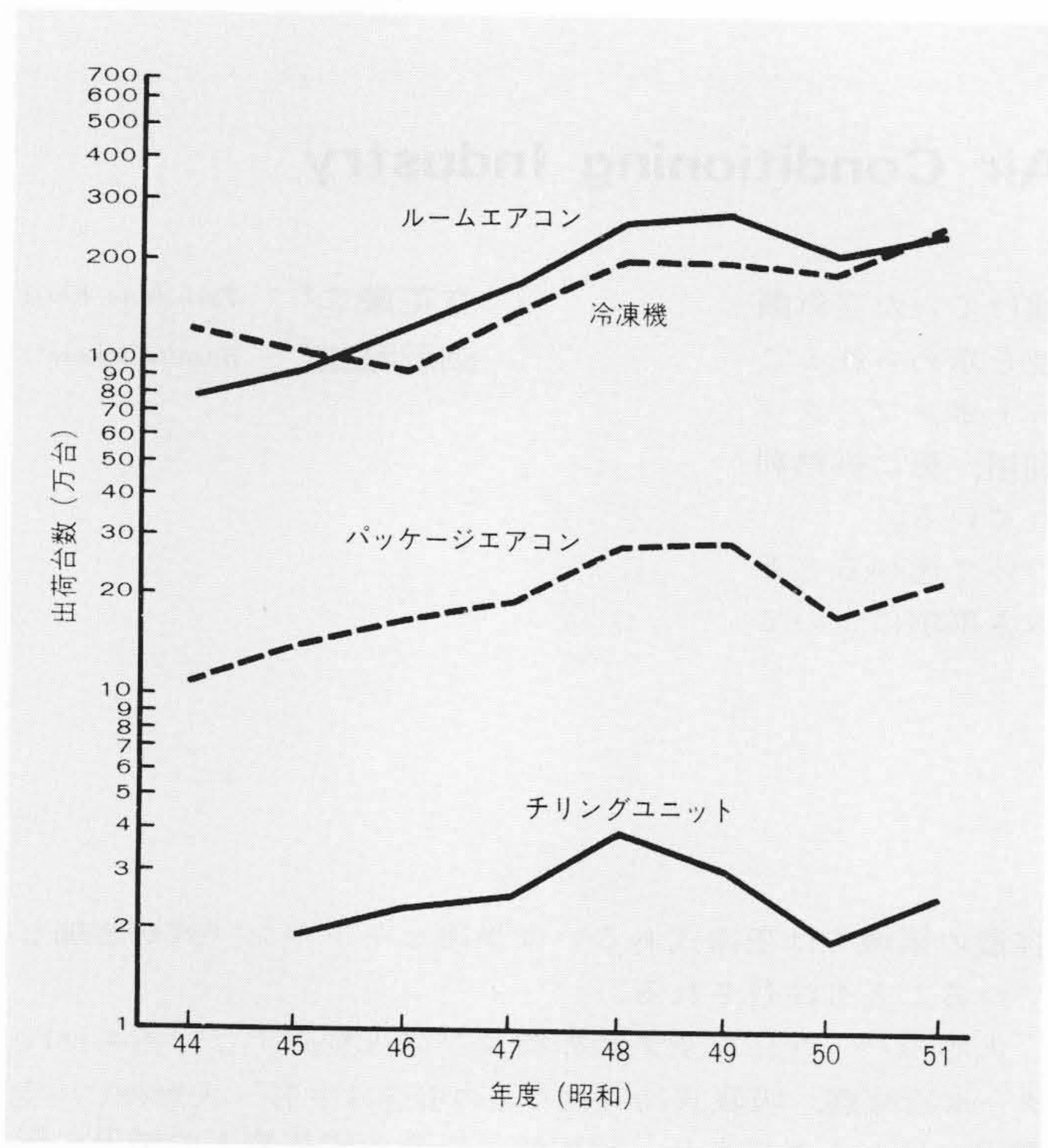


図1 冷凍空調機器の出荷推移(日本) 全体的に昭和50年度を底とし、昭和51年度は増加の傾向にある。

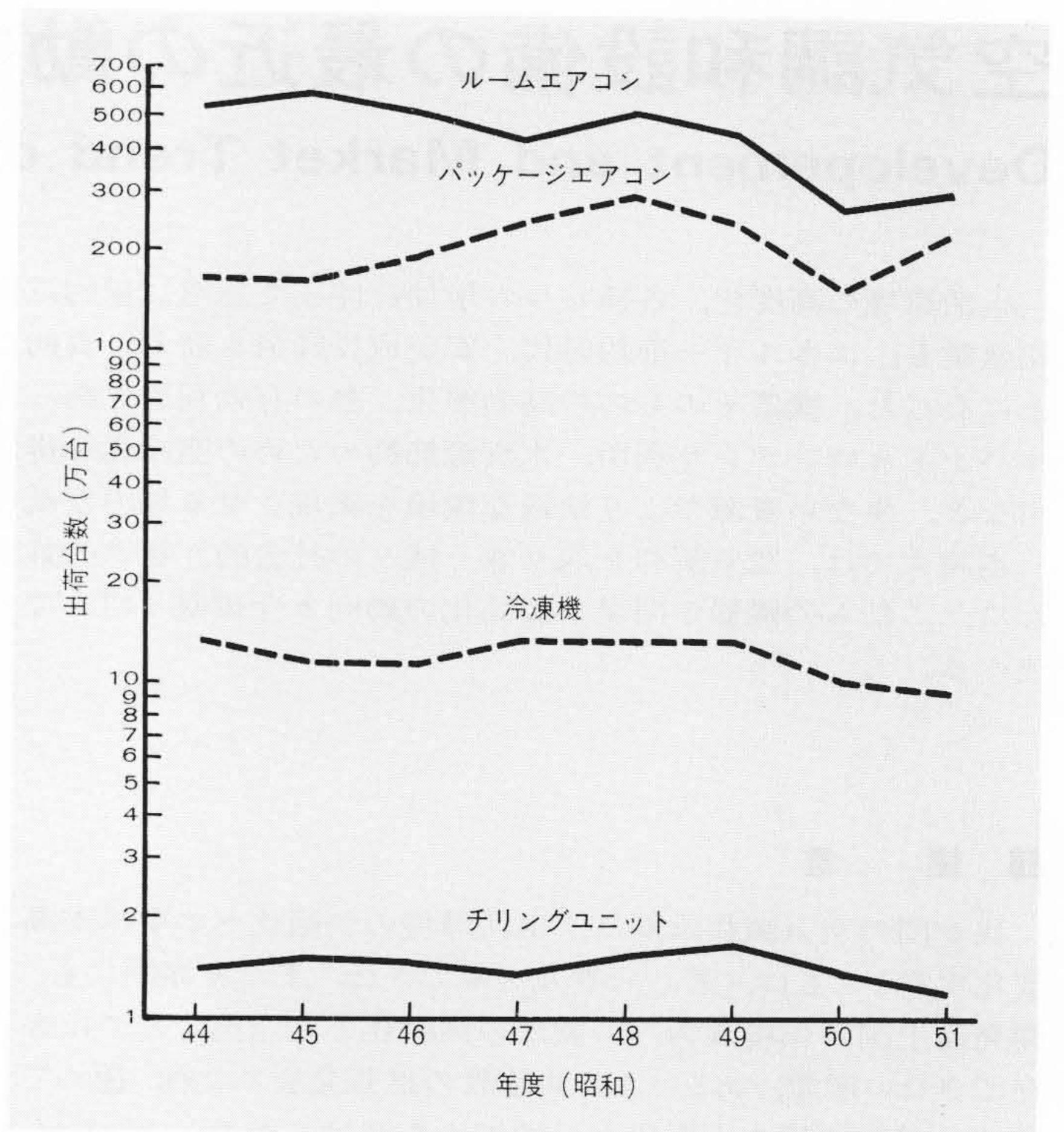


図2 冷凍空調機器の出荷推移(アメリカ) 昭和50年度を境として、やや上昇を見せ始めている。

く、実消費エネルギーあるいはその需要家が負担するエネルギーコストとしては、それほど大きいものではなかったということから、省エネルギー投資が行なわれにくい環境にあった。空気調和用冷源の年間負荷率を表わすものとして、全負荷相当運転時間(年間エネルギー消費量/全負荷単位時間エネ

ルギー消費量)は事務所ビルで約600¹⁾時間前後となる。一般産業機械では、年間運転時間3,000～8,000時間の水準で運転エネルギー費が検討されるのに比べると、エネルギーコストが、初期投資に比べて重視されなかったのも理解できる。ところが、エネルギー消費、特に電力需要などでは、

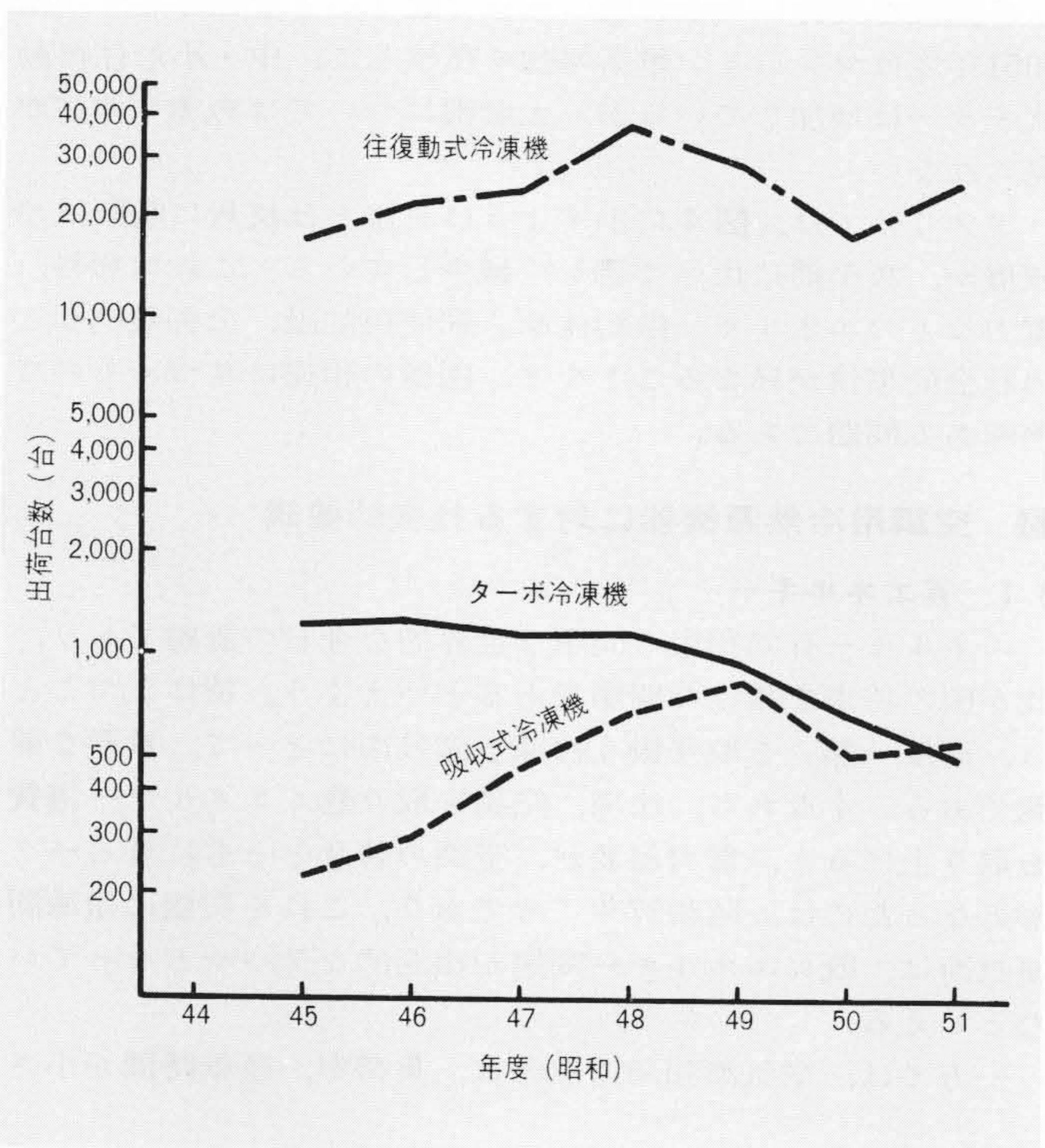


図3 チリングユニットの出荷推移(日本) 吸収式冷凍機の比率が増加している。

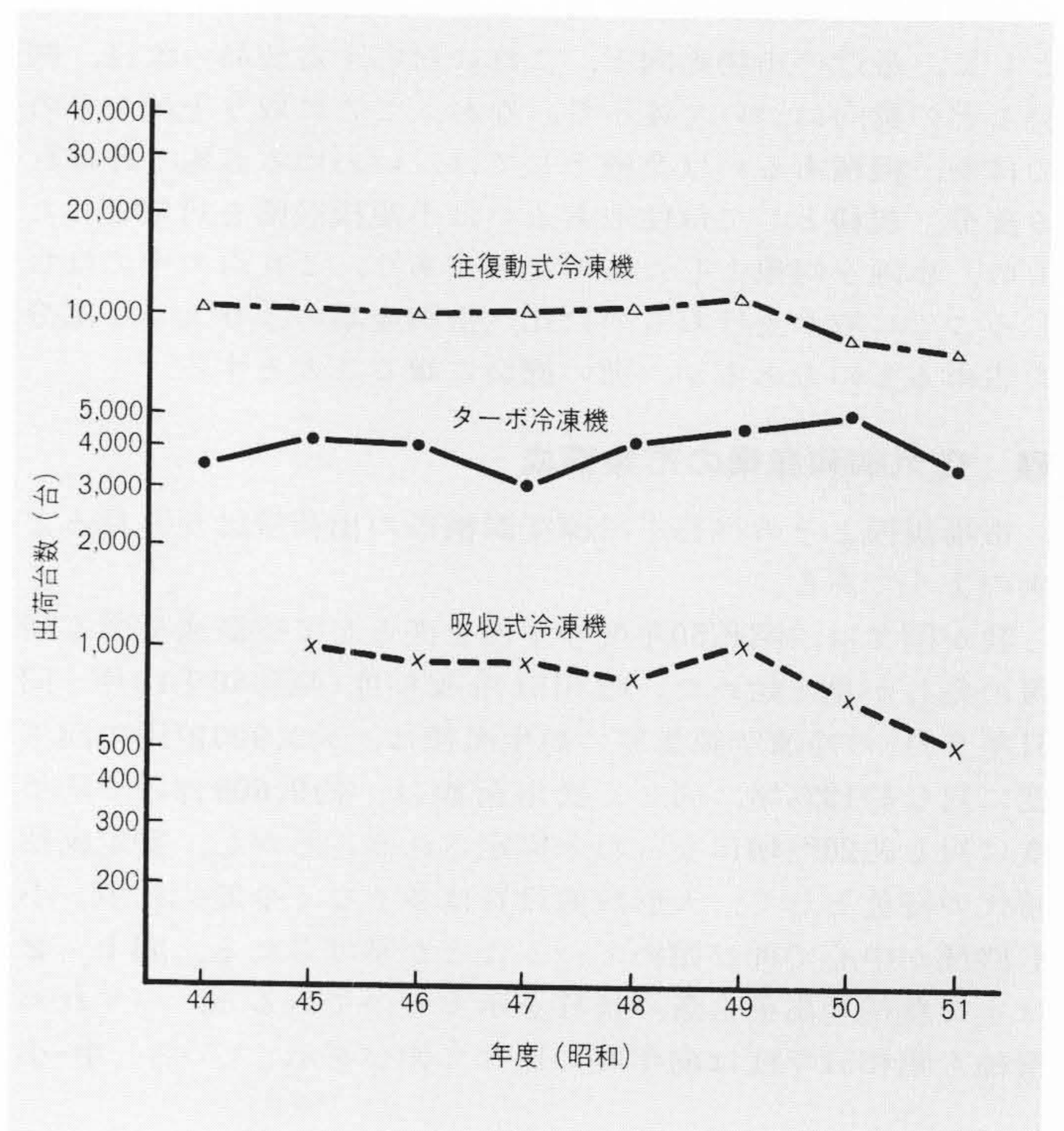


図4 チリングユニットの出荷推移(アメリカ) 我が国に比べて、ターボ冷凍機の比率が高いのが目立つ。

- (1) 冷房空調が主導する夏ピーク形となったこと。
- (2) 家庭、商業、レジャー、公共用などの需要が産業用を超え、特に空調用が、その基本を占めるようになってきたこと。
- (3) 前項までの理由のため、例えば電力については総電力量に比べ、最大電力がより増大の傾向にあり、設備の稼働率が低下している。また、総電力需要が伸びなやんでいるにもかかわらず、電力需要増加に対応する設備投資が必要となっていること。
- (4) 同じ理由で、昼夜間のエネルギー需要の格差が更に大きくなっていること。

などがクロースアップされてきた。このような背景のもとで、エネルギーコストの負担のより大きな部分を、例えば、最大電力すなわち設備容量に比例して負担させる傾向にあり、エネルギーの生産、変換供給のために、大きな投資を必要とする電力、都市ガスでは、既に設備容量に比例する部分が、直接エネルギー消費量に比例して負担する部分より、はるかに大きくなっている。例えば、全負荷相当運転に対する、単位エネルギー費は図5に示すようになり、設備容量で決まる部分が最も大きい部分を占めることが分かる。

このため、空調用のように運転時間や負荷率の小さい用途にあっても、(一般的なエネルギー費の上昇よりもはるかに高い比率で)エネルギー費の重要性が著しく高まってきた。

単体、あるいはこれに準ずるレベルのシステムとしての効率の向上については、それらを適用した商品が既に実用域に入っており、引き続いて排熱回収利用など総合的なシステムについても、実用的な経済検討の対象として取り上げられつつある。

すなわち、研究、開発、製品化の大きな方向として、

- (1) エコノマイザ(中間冷却)、過冷却、2段圧縮、高性能伝熱面、流体効率向上、機械効率向上などによる高効率機械の開発
- (2) ヒートポンプなどの熱有効利用のための機器、及びシステムの開発
- (3) 排熱利用のヒートポンプシステムの利用分野の拡大と排熱利用への吸収式の応用

などが推進されている。また、既に述べたエネルギー料金体系の変化に伴い、最大エネルギー消費量を低減する(いわゆるピークカット)ことも、省エネルギーの最も重要なテーマであり、蓄熱などによるピーク時の追加能力の発生方法が研究されている。

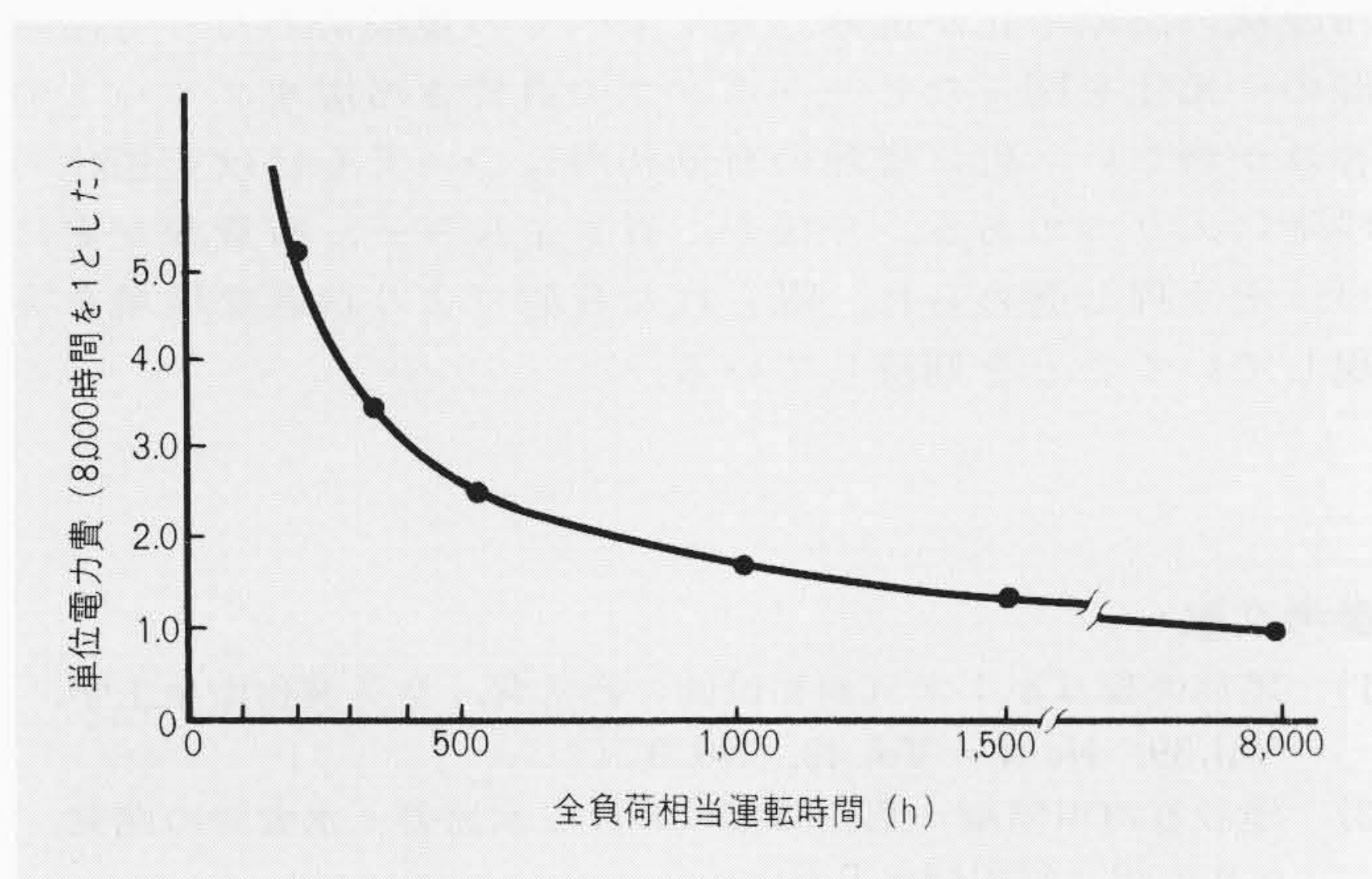


図5 負荷率による単位電力費の変化 基本料金の占める比率が大きくなったので、負荷率の低い用途では電力単価が高くなる。

また、排熱の形態の観点から整理すると、排ガス、排蒸気、温排水及び太陽熱の四つに区分できる。このうち、比較的温度レベルの高い排ガス、排蒸気及び温排水については、吸収式冷凍機の熱源として利用することはそれほど困難ではない。また直接、排熱を冷凍機に導入できるような場合には、ほとんどの場合、経済的にも十分成り立つ段階に達したといえる。

低温度レベルの排熱(太陽熱を含む)については、採集方法、熱媒体変換の可否と方法、低温度の熱源を利用する冷凍サイクルの開発など、基本技術の開発が進められている段階にある。

3.2 熱源の一元化

熱源の一元化は、冷房期と暖房期の冷熱源を1台の冷凍機(ヒートポンプ)、あるいは熱源機器を内蔵した冷凍機を利用し、設備コストの低減及び設置スペースの縮減を図ろうとする発想であった。その後、社会環境からの規制が強まり、また、エネルギー料金体系が設備容量に比例して、負担する部分が大きくなるとともに、

- (1) よりクリーンとみなされるエネルギーによって冷房—暖房の熱源を統一すること。すなわち、電力によるヒートポンプ方式の採用、あるいは灯油、都市ガスによる吸収式冷凍機の採用
- (2) 冷房—暖房のエネルギー源を共通とすることによって、エネルギー費のうち、設備容量に比例する部分の節減を図ること。

が、更に重要な要因として加わってきた。その結果、比較的小容量範囲では、空気熱源ヒートポンプ、大容量範囲では、都市ガス、灯油による直焚き吸収式冷凍機が大きい割合を占めるようになってきている。

3.3 水資源の不足と空冷化、中水再利用

我が国が豊水国であるというイメージに反して、最近では水不足が報道されることが多くなっている。降水量は多いが、人口密度が高く、また一人当たりの水消費量も多いこと、また降雨の偏在や、時期的な集中、流域面積や流路長が小さいため、水の滞留期間が短いなど、利用可能な水量を減少させる要因が多い。

水需要の長期予想では昭和45年から60年までに新しく465億 m^3 が必要とされている²⁾。これに依りて新しく開発される水資源は条件が悪く、また開発費の高騰もあって、造水コストが高くなるのはやむをえない。既に、特に水価の高い場所では、冷却水の費用が、電力、ガスなどのエネルギー費の従量部分に匹敵するレベルになっている。このような背景から、小容量機(パッケージエアコン、チラーユニット)の領域では、空冷化が進んでいる。ターボ冷凍機、吸収式冷凍機などの大形機を用いるプラントでは、水不足、水道料金上昇、排水汚濁防止規制、公共排水処理の能力不足などから、排水処理設備を設置し、排水の再利用(中水利用)が実用化されつつある。

3.4 製品の小型、軽量化

空調用熱源機器は、高層階に設置されたり、また高価なスペースを占有することになるため、特に小型・軽量化の要求が強い。これにこたえて、熱交換器の伝熱性能向上と小型化、圧縮機の高速・小型化が進められてきた。小型化を表わす代表的な指標として、蒸発器の熱通過率の向上と、ターボ圧縮機用羽根車の小型化の経過の一例を図6、7に示す。図7によると、最も著しい例では、ここ十年で2.5倍となっており、この方面にいかに技術的努力が払われてきたかが分かる。

表1に、これらの製品改良、開発の方向を整理して示した。

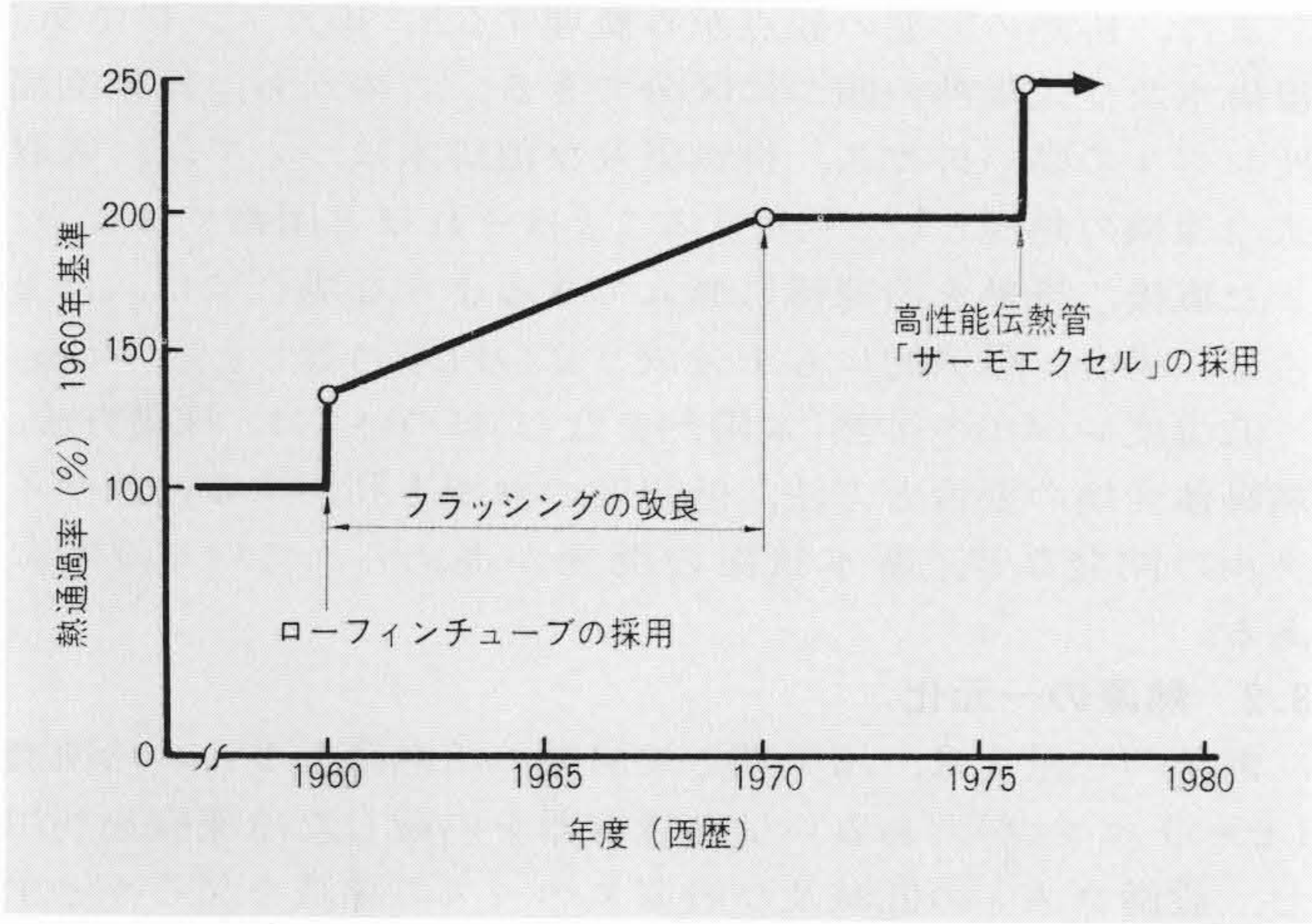


図6 熱交換の小形化のための努力(蒸発器熱通過率の向上)
冷凍機器の大きさを支配する熱交換器の小形化のための研究も大きな成果を挙げた。「サーモエクスセル」については本特集の別稿を参照されたい。

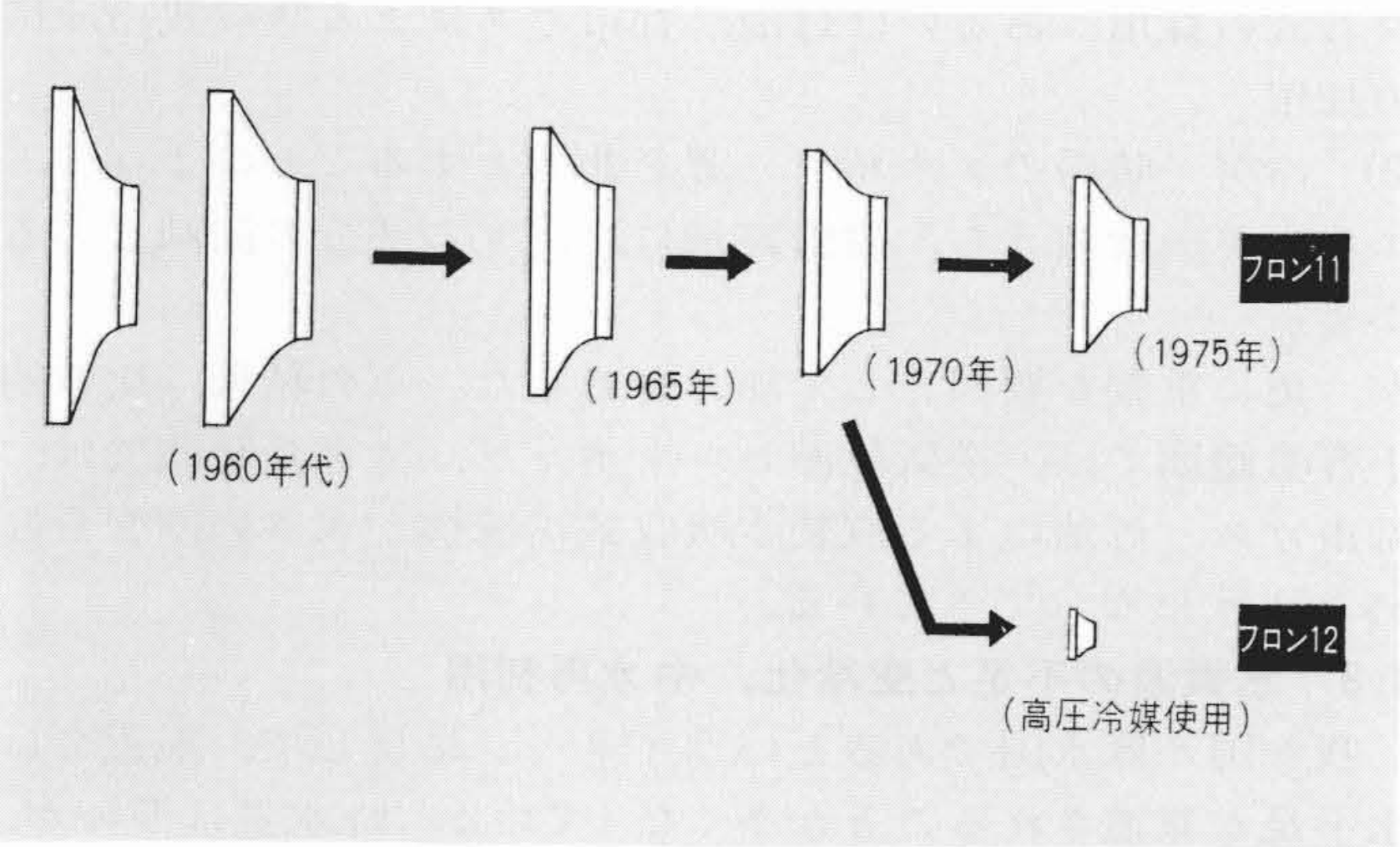


図7 日立製作所における圧縮機用羽根車の高速・小形化の推移
冷凍機用圧縮機の小形化のため、大きな努力が払われてきた。本図は日立製作所での遠心圧縮機用羽根車の小形化の跡をたどったものである。

表1 各種製品の動向 現時点でのいろいろな製品の動向を整理して示した。

項 目	大 容 量 機	中・小容量機	現在の局面
省 エ ネ ル ギ ー	省エネルギー形直焚き吸収式冷温水ユニット省エネルギー形ターボ冷凍機 (2段圧縮, エコノマイザサイクル)	—	大容量機の省エネルギー化は、標準となりつつある。
冷 熱 源 一 元 化	吸収式冷温水ユニット (スクルー, あ るいはターボヒ ートポンプ)	ヒートポンプパッケージエアコンディショナ ヒートポンプチラー ユニット	大容量機の吸収式冷温水ユニットの比率, 小容量機のヒートポンプの比率は著しく高まっている。
水 資 源 節 減	排水再利用 空冷ターボ冷凍機	空冷パッケージエアコン 空冷チラーユニット	小容量機の空冷化は著しく進んでいる。 大容量機の空冷化, 排水再利用は端緒にいたっている。
設 備 の 集 約 現場作業の節減	—	ルーフトップエアコンディショナ (アメリカ)	—
排 熱 利 用	排熱利用 吸収式冷凍機	低温熱源吸収式 冷凍機	排熱を直接, 冷凍機に受け入れ, また冷却能力をその場所で利用できるときは十分経済的である。

4 製品の動向

以上述べてきた動向のうち、具体的な技術開発、製品化として特筆すべきものを挙げると、

- (1) 単体の効率向上としては、ガス焚き吸収式冷凍機で、サイクルの改善によって、20%効率を改善されたタイプが一般化したこと。
- (2) 比較的大容量のターボ冷凍機で2段圧縮、エコノマイザサイクルなどにより、20%効率を向上させたタイプが普及し始めたこと。
- (3) 高性能伝熱管(伝熱面の微細構造の工夫によって、従来に比べて大幅な熱伝達率向上を図ったもの)が、実用化され始めたこと。
- (4) 内部熱源ヒートポンプ(空気熱源ヒートポンプとの結合を図ったシステムを含めて)について、いろいろなシステムが開発、実用化されたこと。
- (5) 空気熱源ヒートポンプが、特に比較的小容量の分野で著しく普及したこと。
- (6) 排熱が集中的に、また直接利用できる形態である場合には、排熱利用が経済的に十分有利な段階となったこと。
- (7) 空 冷 化

既に述べたように、中・小容量機種では空冷化、すなわち凝縮器を直接、大気で冷却することは一般に普及しており、ここで取り上げるまでもない。本質的に水利用の困難な中近東諸国、香港などを対象として、大容量のターボ冷凍機でも、空冷機種が標準化され始めている。

- (8) 排水処理後のいわゆる中水再利用
いわゆる中水に含まれる不純物質による伝熱管の汚染・腐食と、スケール付着による性能低下を考慮した冷凍機器を特別に用意している。
- (9) 熱源一元化

ヒートポンプの採用と吸収式冷温水ユニットの普及

5 結 言

より快適な生活環境への欲求と、ビル建築の急増に伴って、急速な量的拡大を続けてきた空調産業も、安定成長経済への転換及びエネルギー節減への指向に対応して、新しい局面に入った。生活環境改善への意欲はなお根強いものがあり、空調産業は今後ともかなりの伸びを期待できるが、この快適化への希望をエネルギー節減、資源節減と両立する形で満たしていくことが今後の課題といえる。既に、この要求にこたえて大容量機種では新しい技術に基づくターボ冷凍機、吸収式冷凍機の高効率化が進み、またすべての規模にわたって冷熱源の一元化を図ったヒートポンプや直焚き冷温水ユニットの普及が著しい。更に排熱の有効利用についてもほぼ実用化の段階に入りつつある。今後も、省エネルギー、省資源が更にいっそう押し進められ、限られた資源でより快適な環境を実現していくことを期待している。

参考文献

- 1) 尾島俊雄ほか：空気調和設備の経常費，空気調和衛生工学，Vol.39, No.4～Vol.43, No.3 ()
- 2) 建設省河川局編：昭和60年における水需要と水資源の開発，p.9～29 (昭和48年9月)
- 3) 小野田 実：51冷凍年度，冷凍空調機器の生産出荷動向，冷凍と空調，No.193 (1976-12)