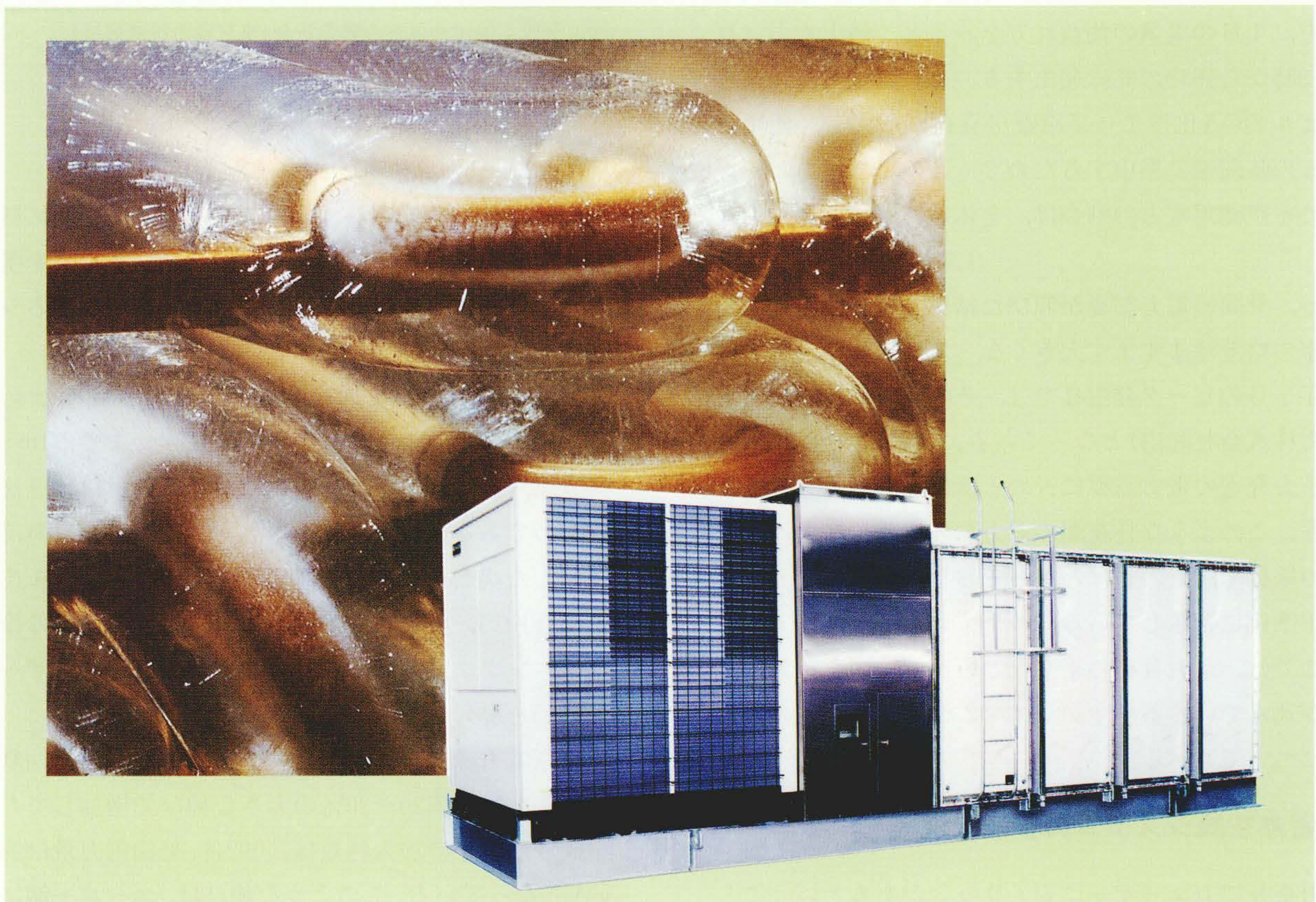


夜間電力を活用する蓄熱空調システム

Thermal Storage Air Conditioning System Using Nighttime Electric Power

坪田 祐二* *Yūji Tsubota*
江原 勝也** *Katsuya Ebara*
小野田利介*** *Risuke Onoda*
青山 貢**** *Mitsugu Aoyama*



ヒートポンプ式氷蓄熱ユニット“HiT2000B” HiT-Bシリーズの中で空調面積2,000 m²に適した氷蓄熱ユニットの外観を示す。

ここ数年高い伸びで推移してきた電力需要は、景気が調整局面を迎えたことで、増勢に鈍化は見られるものの、冷暖房需要の増加など生活・業務関連需要を中心に、今後着実な増勢が予想されている。

蓄熱空調システムは夜間に安価な電力を利用して熱を蓄え、昼間に冷暖房の熱源として蓄えた熱を用いるシステムであり、電力負荷平準化の切り札として、また設備費や運転コストの低減などユーザーメリットも大きいシステムとして最近急速に需要が伸びている。

東京電力株式会社は日立製作所と共同で、中・小ビルに適したヒートポンプ式氷蓄熱ユニットを業界に先駆けて開発し商品化した。すでに約140件、200ユニットを納入し、この分野で最多の実績を持っている。このほかにも、これらの実績とノウハウをベースに、ターボ冷凍機と築造形の氷蓄熱槽を組み合わせた氷蓄熱システムや、大温度差水温用チラーユニットなど、蓄熱空調システムのニーズに対応した製品を開発している。

* 東京電力株式会社 技術研究所構造研究室 ** 日立製作所 空調システム事業部 工学博士 *** 日立製作所 土浦工場
**** 日立製作所 清水工場

1 はじめに

電力需要は図1に示すように、販売電力量および最大電力ともに4～6%の増加率で増大している。今後は若干伸び率は下がるものの、いずれも3%弱の伸びが予想されている。

一方、1日の電気の使われ方をみると、最大電力は夏季の13時から16時の間に発生する。これは生活の快適志向やビルのOA化によって冷暖房負荷が増大し、使用時間がこの時間帯に集中するため、このとき電力ピークに占める空調用電力の割合は、全体電力量の38%にも達する。

一方、昼間の電力需要が伸びた結果、昼夜間の電力需要比率の格差はますます大きくなってきており、例えば1991年7月のピーク発生日では、その比率が100対43(東京電力株式会社管内)となっている。

原子力発電の電力需要に占める構成比が高くなってきた現在、このような昼夜間の電力需要格差の増大は発電設備の稼働率向上の妨げとなっており、電力各社とも負荷の平準化に苦慮している。

ここでは、電力負荷の平準化というニーズを背景に、普及が進んでいる蓄熱空調システムの現状と今後の技術動向について述べる。

2 蓄熱空調システムの普及状況

電力会社にもユーザーにもメリットがあるということで、蓄熱調整契約制度を活用した蓄熱空調システムの採

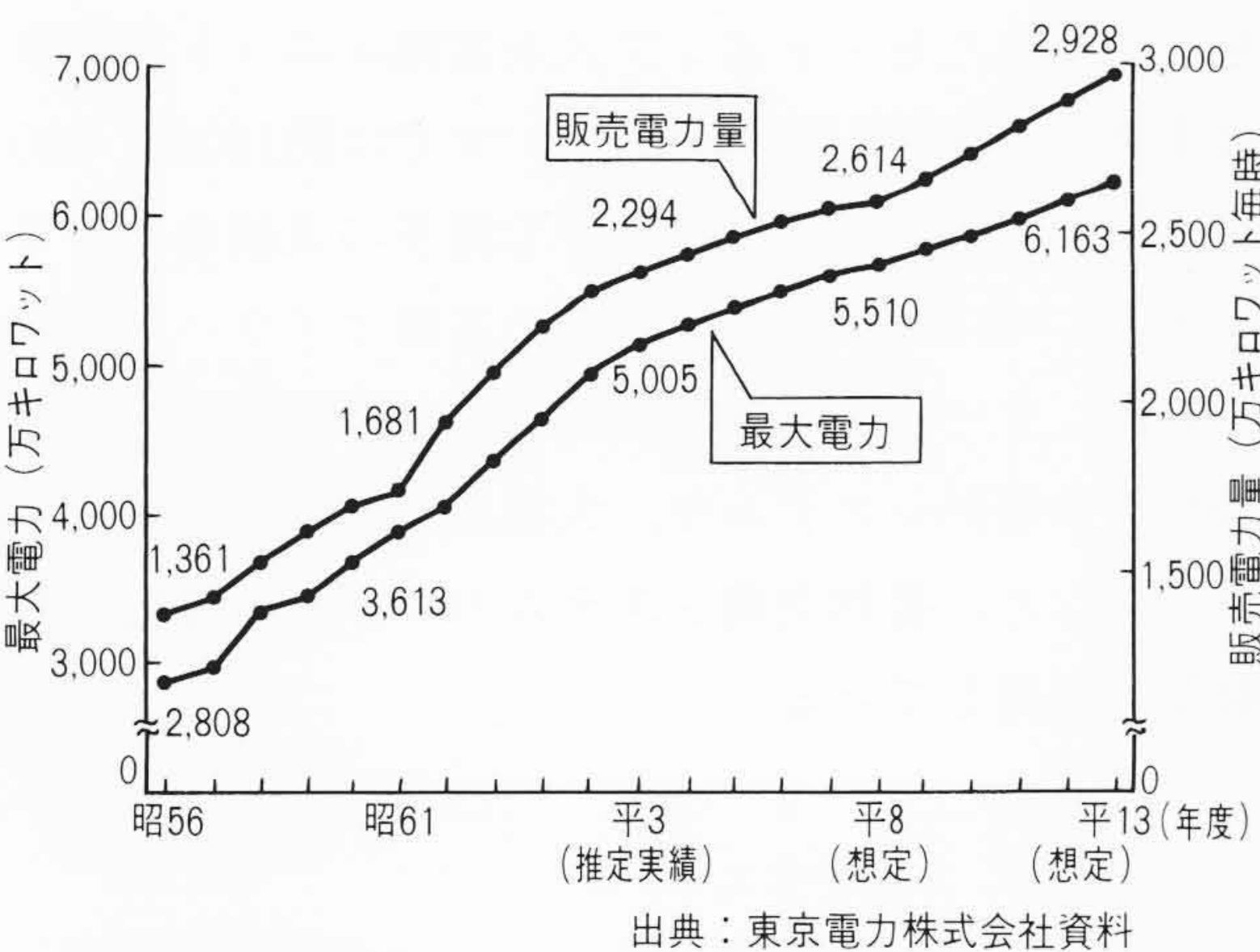


図1 販売電力量、最大電力の年度別推移(東京電力株式会社管内) 販売電力量、最大電力ともに着実に増大することが想定されている。

表1 業務用蓄熱調整契約による電気料金(6kV受電で新設) 料金は各電力会社で異なるが、経済的評価ではほぼ同程度となる。

区 分	昼間(8時～22時)	夜間(22時～翌8時)
夏 季 (7～9月)	17.84円/kWh	4.55円/kWh
その他の季節 (10～6月)	16.22円/kWh	4.54円/kWh

注：平成4年10月現在の電気料金(東京電力株式会社)

用が普及してきている。このシステムは、夜間に料金の安価な電力を利用して顕熱または潜熱の形で熱を蓄えておき、昼間に空調用熱源としてその熱を使用するシステムである。

業務用蓄熱調整契約は昭和59年に料金制度が見直され、表1に示すように22時から翌朝8時までの10時間を対象に、蓄熱運転を行う設備に対して割引料金を適用するものである。また、夏季のピーク時間帯の電力消費を抑制した場合のピーク時間調整契約(東京電力株式会社の場合)もあり、これらの制度によって蓄熱設備の投資をランニングコストで回収することができ、ユーザーも蓄熱設備を導入しやすくなった。

東京電力株式会社管内での業務用蓄熱調整契約制度の加入者数は年率20～30%の大きな伸びで増加しており、平成3年度末の加入件数は1,092件、契約電力量は約26万kWとなっている。このような伸びは、ユーザー側に蓄熱システムに対する受入れ体制ができてきたことを示している。その構成を見ると、潜熱の形で熱を蓄える氷蓄熱ユニットが20～30%であり、顕熱の形で熱を蓄える築造形の水蓄熱システムが70～80%となっている。

3 蓄熱空調システムの技術動向

蓄熱システムは図2に示すように分類できる。水の顕熱を利用したシステムは古くから採用されているが、設備費と運転コストが経済的に見合うケースが少ないために、蓄熱調整契約制度が設定されるまでは建設件数も少なかった。水蓄熱システムは、一般にビルの二重スラブを利用して蓄熱槽の建設費を節約させている。この分野の技術開発は従来の12～7℃の蓄熱から、17～7℃または22～7℃の大温度差蓄熱へと向かっている。蓄熱槽単位容積当たりの蓄熱量を増やすことによって、コストパフォーマンスを改善しようとする傾向である。

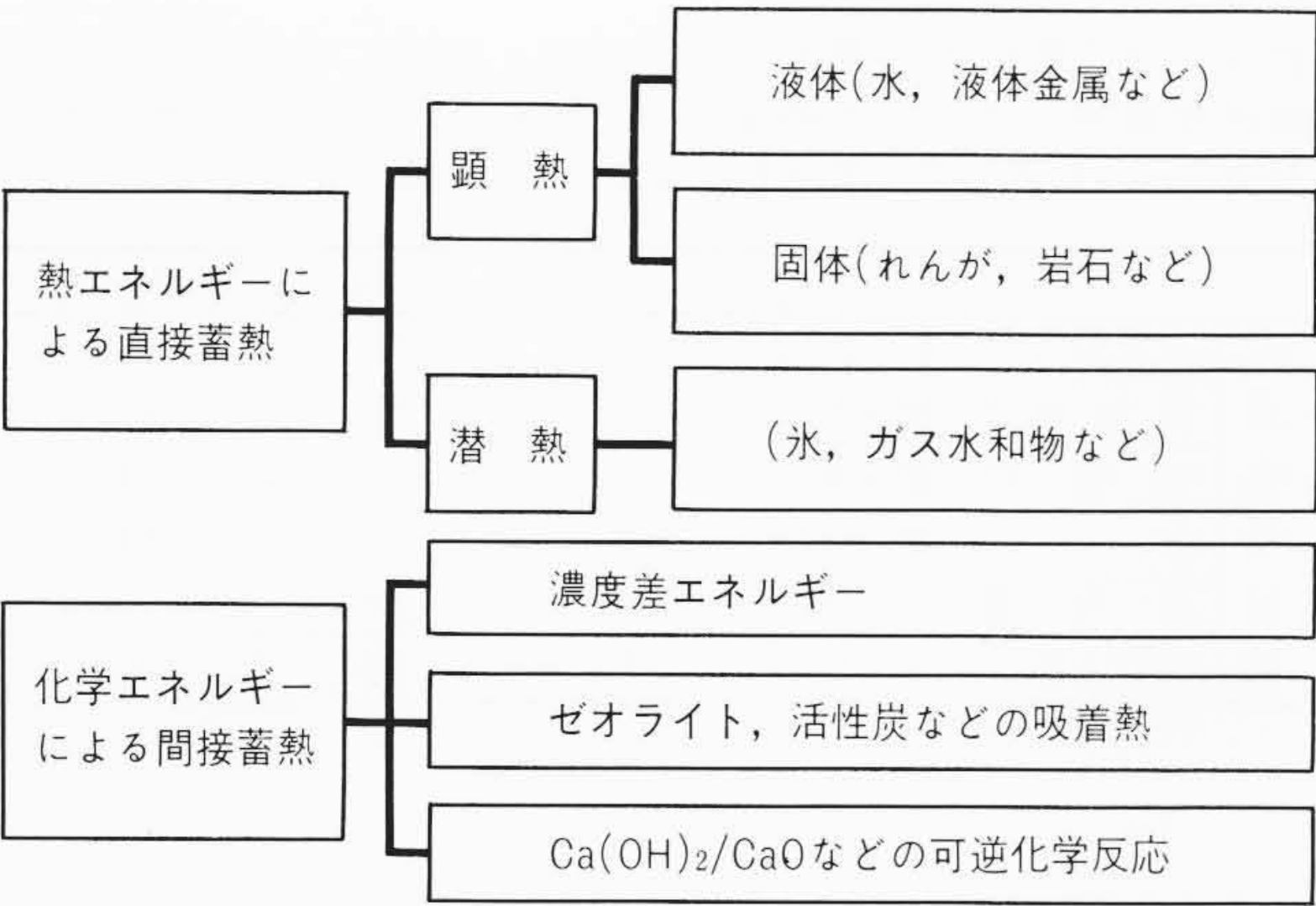


図2 蓄熱システムの分類 顕熱や潜熱を利用した蓄熱システムは実用化の域にあるが、化学システムは開発中のものが多い。

表2 氷蓄熱システムの分類 日立製作所はスタティックタイプの伝熱管外表面着氷・不凍液循環方式を採用している。

分類方法	製氷方式	製氷方法	特 徴
着氷方法に注目した分類	スタティックタイプ (氷を伝熱面に固着させる。)	外表面着氷	氷充てん率大、運転容易
		内表面着氷	不凍液搬送動力低
		カプセル	カプセルの大量生産が可能
	ダイナミックタイプ (氷を固着させない。)	ハーベスト	システム複雑
冷却方法に注目した分類	不凍液循環タイプ	スラリー	製氷効率が低い 氷充てん率小
		直接膨張タイプ	運転、制御が容易 蓄熱槽内に製氷熱交換器が不要

潜熱を利用した蓄熱システムの代表的なシステムとして、氷蓄熱方式がある。原理的には蓄熱密度での優位性などで、水蓄熱方式に比べて優れていることがわかっているが、設備費とランニングコストの面で実用化に至っていなかった。東京電力株式会社と日立製作所は、設備費と現地工事費を大幅に低減できる氷蓄熱ユニットのコンセプトを立案し、ヒートポンプで氷蓄熱ユニット(Hitシリーズ)の開発を共同で行い商用化に成功した。現在、表2に示すようにいくつかの氷蓄熱システムが提案されているが、設備の信頼性、運転のしやすさおよび設備費の面で、Hitシリーズ(スタティックタイプの伝熱管外表面着氷・不凍液循環方式)が優位性を保っている。

氷蓄熱システムでの今後の技術開発は、氷充てん率^{※)}についてはすでに60%を超えているので、設備費の低減

※) 蓄熱槽に占める氷の体積割合

および制御方法面からのランニングコストの改善が課題となる。一方、化学蓄熱の技術は、これから本格的な研究が必要とされる分野であり、現在普及している水蓄熱システムや氷蓄熱ユニットに比べて経済性をどこまで改善できるかが課題である。NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)からの受託で日立製作所が開発している水和反応による化学蓄熱システムは、この分野の最先端をいく研究であり、現在経済性に関する評価を行っている。

4 蓄熱システムの事例

4.1 中・小ビルの空調に最適な氷蓄熱ユニット

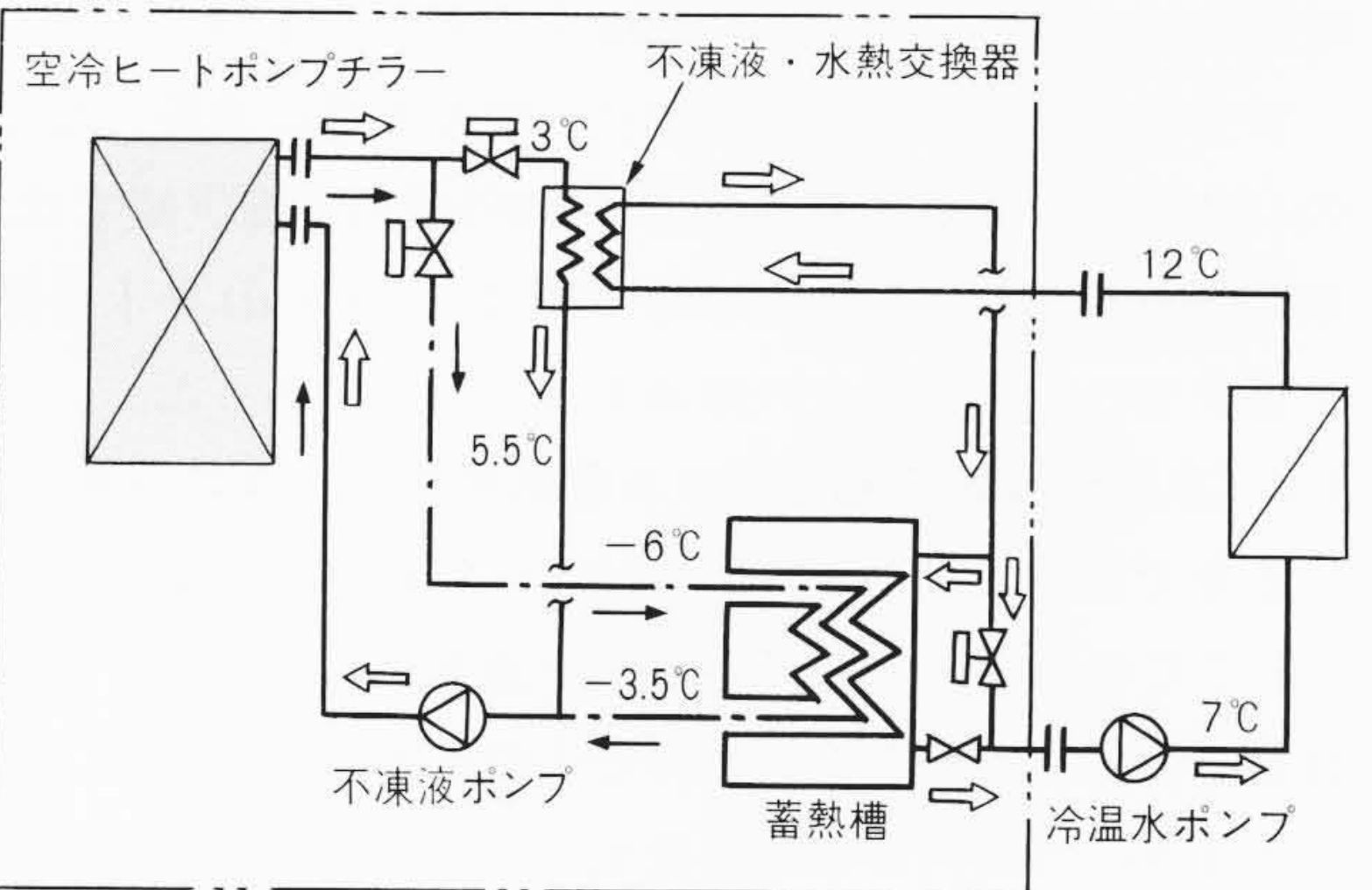
蓄熱システム採用の可否は、ほとんどの場合、設備費で決まるので、

- (1) 汎(はん)用チラーを用いて冷凍機部分のコストを下げる。
- (2) 工場でユニット化することにより、現地工事部分のコストを下げる。
- (3) 一体架台上に組み付けることでトラックによる輸送および搬入、据付けを容易にする。

の3点を設計コンセプトとして、1台の容量で500 m²から2,500 m²の空調面積に対応する氷蓄熱ユニット6モデルを開発し、すでに200台余りを納入している。

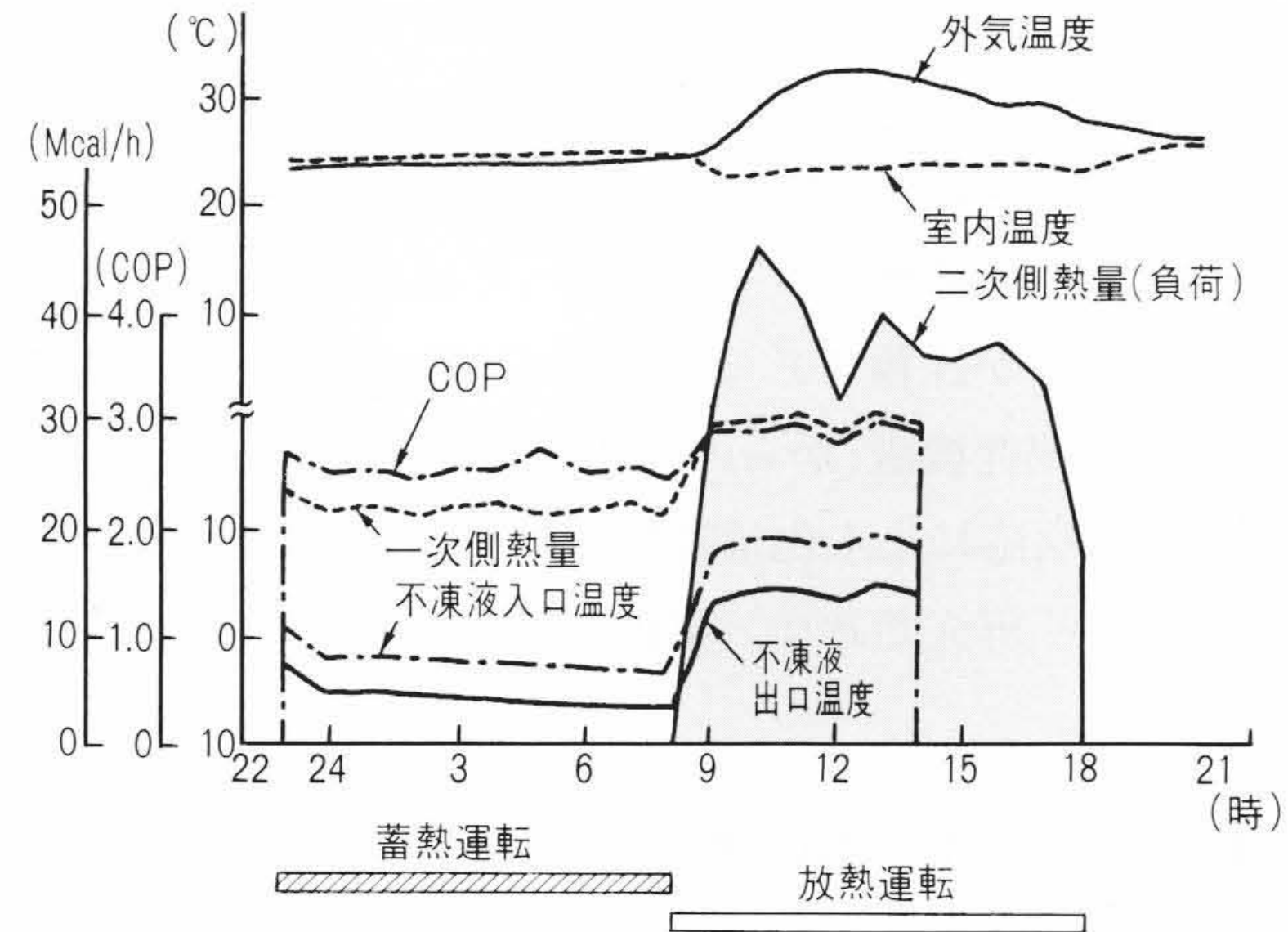
システムの構成を図3に示す。

蓄熱空調システムでは、使用する電力の昼間と夜間の割合を表す夜間移行率を一つの目安としている。夜間移行率は次式によって定義している。



注：→(蓄熱時), ⇨(放熱時)

図3 ヒートポンプ式氷蓄熱ユニットのシステム系統図(冷房サイクル) ユニットは蓄熱槽と空冷ヒートポンプチラーを中心にした簡単なシステム構成であり、1台で蓄熱式冷暖房ができる。



注：略語説明 COP (成績係数：出力熱量／入力熱量)
図4 ヒートポンプ式氷蓄熱ユニットの運転実績例 安価な夜間電力を用いる。電力量夜間移行率は、54.4%と昼間電力消費量を大幅に減らしている。

$$\text{夜間移行率} = \frac{\text{空調熱源用夜間電力量}}{\text{空調熱源用全電力量}}$$

中・小ビルの夏季での氷蓄熱ユニットの運転事例を図4に示す。マイクロコンピュータによる判断で蓄熱残量を計算し、午後1時30分以降は蓄熱だけの運転としている。

4.2 大形建物向け築造形蓄熱システム

氷蓄熱ユニットでは対応しにくい床面積1万m²以上の大形建物に蓄熱空調システムを導入する場合は、築造形の氷蓄熱システムか水蓄熱システムを採用する。両システムともそれぞれ一長一短があるが、短時間で大量の熱を取り出したい場合、またはセキュリティ上のニーズから、少ないスペースで大量の蓄熱を計画する場合などは築造形氷蓄熱システムを採用する事例が多い。

日立製作所の電子計算機組立・検査工場に設置したこのシステムの概要を表3に示す。1991年の運転実績では、年間総負荷量8,563 Gcalの49.5%(4,239 Gcal)を氷蓄熱でまかない、電力料金の節減率は12.3%であった。

4.3 水蓄熱運転の幅を広げる蓄熱用チラーユニット

3章で述べたように、一般に空調機側の温度設計は12～7℃の5℃差としているが、通常は17～7℃、部分負荷時は22～7℃となるような大温度差空調方式が、省エネルギーの観点から最近採用され始めている。このような大温度差空調方式に水蓄熱システムを採用する場合、汎用チラーユニットでは図5の点線に示すように三方弁を用いたチラー入口温度の一定制御を行わなければならないが、東京電力株式会社と日立製作所が開発した

表3 日立製作所の電子計算機組立・検査工場に設置した築造形氷蓄熱システムの概要 大容量の蓄熱槽内に複数の製氷熱交換器を設置して、製氷を効率よく行う設計としている。

		1号	2号	合計
冷凍機	冷凍能力(冷凍トン)	400	210	610
	電動機容量(kW)	450	260	710
	補機容量(kW)	141	102	243
蓄熱槽	容量(m ³)	360	180	540
	蓄熱量(Mcal/d)	9,600	5,350	14,950
	製氷率(%)	27	30	—

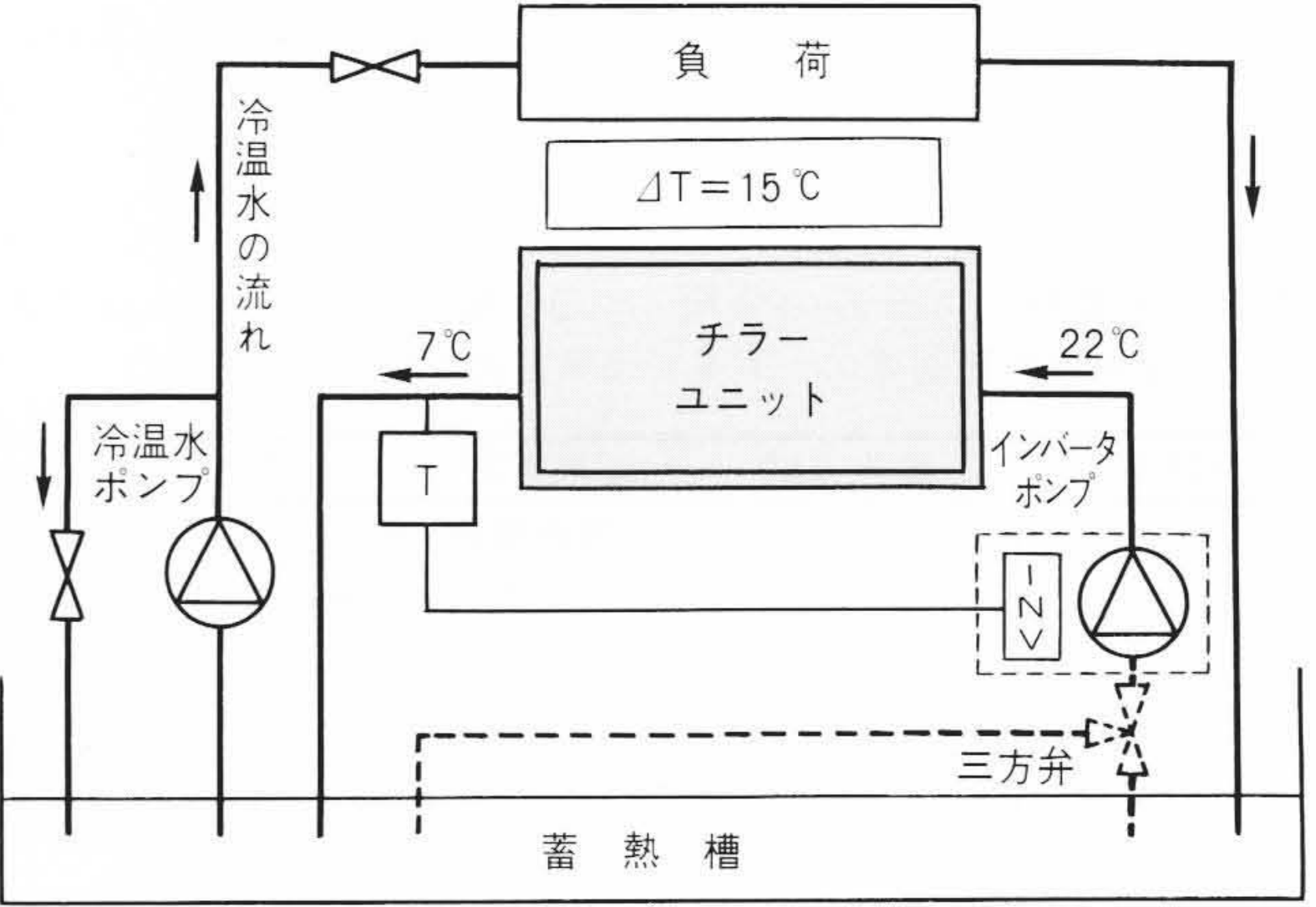


図5 大温度差水温用チラーユニットのシステム系統
一次側水系にインバータポンプを用いて、冷温水の温度差5～15 deg・℃を確保できるチラーユニットを開発した。

蓄熱用チラーユニットでは、同図の実線のようにインバータなどによる変流量制御を採用しているので、チラー入口水温(空調機からの戻り水温)の変動にかかわらず出口水温を一定にでき、大温度差空調方式の普及に役立つものと言える。

5 おわりに

以上、ここでは蓄熱空調システムの特徴と技術動向について述べた。

今後、電力立地が困難になっていく状況の中で、電力をより効率よく使うことが求められる上に、冷暖房空調用電力使用量が増大している現在を考えると、蓄熱空調システムの位置づけはますます重要となっている。蓄熱空調システムの設備費と運転コストの低減を図り、ユーザーの要求にこたえることができる製品の開発に力を注ぐ考えである。