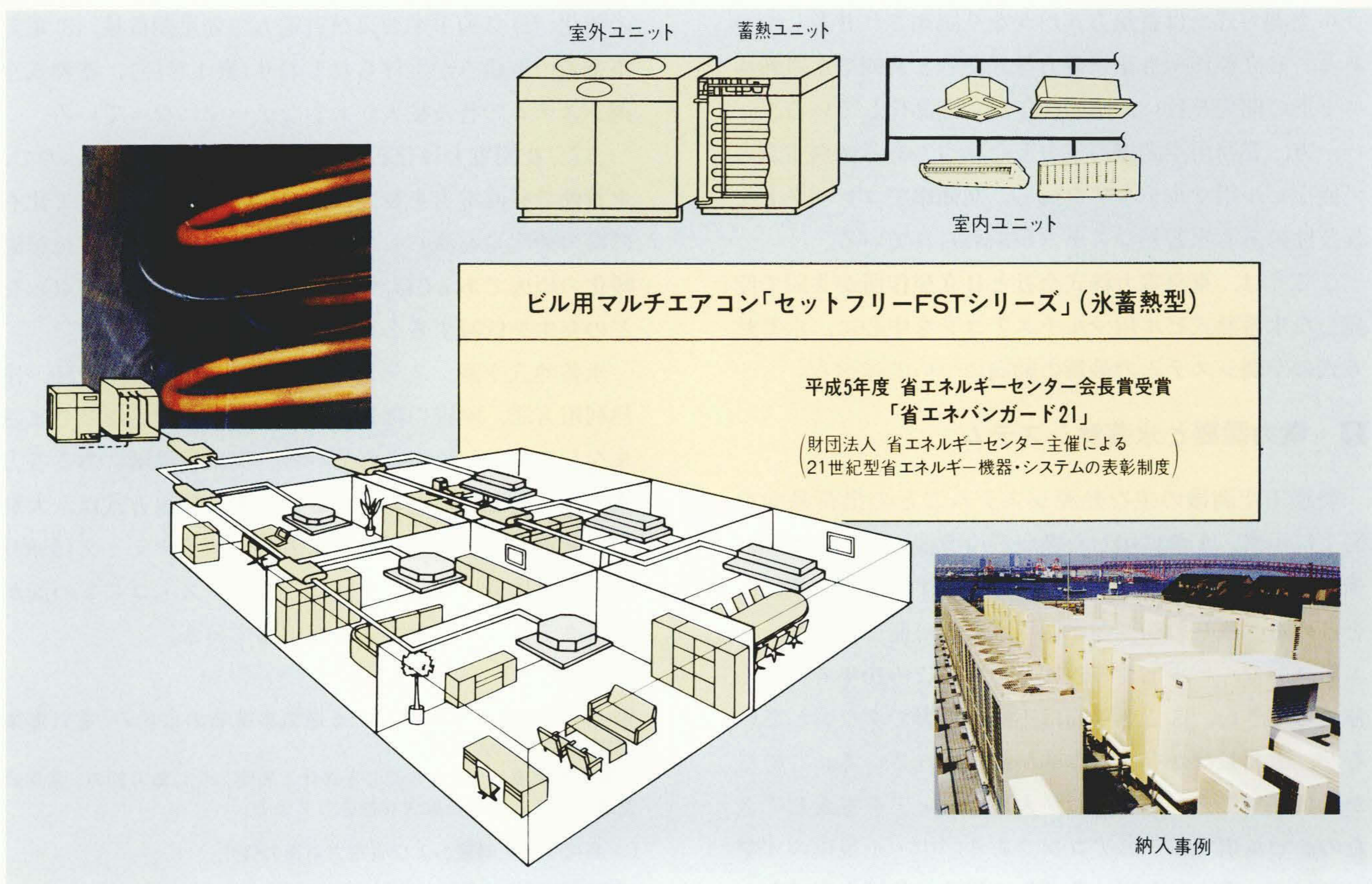


氷蓄熱システムを利用したビル用マルチエアコン

Ice Thermal Storage Type Air Conditioning System to Cope with Peak Power Demand

田中俊彦* *Toshihiko Tanaka* 福島敏彦*** *Toshihiko Fukushima*

亀井孝一** *Kôichi Kamei* 勝又直登** *Naoto Katsumata*



氷蓄熱式ビル用マルチエアコン

氷蓄熱システムを利用したビル用マルチエアコンは、割安でCO₂、NO_xの発生が少ない夜間電力を利用して蓄熱を行い、昼間の消費電力を約25%低減し、低ランニングコストを実現する。

作業環境改善やOA機器の普及によって夏季の昼間の電力需要量はピークを生じており、発電所の効率的利用の面から昼間と夜間の電力需要の平準化が望まれている。氷蓄熱システムは、熱源機器と蓄熱ユニットを組み合わせることにより、夜間の割安な電力を利用して冷熱を蓄熱ユニットに蓄え、昼間に空調用として利用することで電力平準化を図るものである。また、夜間電力は化石燃料による発電比率が低く、夜間に蓄熱運転を行って、昼間電力を低減することにより、CO₂、NO_xの発生を少なくすることができる。一方、中・小規模ビルの空調機器に、

個別空調方式の可能なパッケージエアコン(エアコンディショナー)としてビル用マルチエアコンが普及している。

このたび、東京電力株式会社と日立製作所は共同研究を実施し、ビル用マルチエアコンに対応した氷蓄熱システムを製品化した。このシステムでは昼間の消費電力を25%低減し、高断熱性を図ったコンパクトな蓄熱ユニットを採用することにより、非蓄熱システムと同様な設計自由度・省工事性を確保している。蓄熱ユニットを含む空調機器の投資回収は約3年となっており、十分な経済性も持っている。

* 東京電力株式会社 営業開発部 工学博士 ** 日立製作所 空調システム事業部 *** 日立製作所 機械研究所 工学博士

1 はじめに

真夏の電力負荷の平準化，なかでも業務用空調機のピークシフトは積年の課題であり，冷水を使用するセントラル空調方式では蓄熱方式がかなり認知され普及しつつある。日立製作所も東京電力株式会社と共同で氷蓄熱ユニットの開発を行い，昭和60年から商品化している。

一方，業務用空調機の主力となりつつある個別空調の可能なビル用マルチエアコンも，高効率でコンパクトな普及性のある氷蓄熱システムが求められている。

ここでは，東京電力株式会社と日立製作所が共同で開発した氷蓄熱式ビル用マルチエアコンを中心に，氷蓄熱方式の空調システムの最新の動向について述べる。

2 電力需要と氷蓄熱システム

業務用空調機の主な熱源システムごとの出荷動向を図1に示す。上部に示した吸収式冷凍機・ターボ冷凍機・チラーユニットの部分がセントラル空調で，全体の約20%を占める。残りの80%強が個別空調の可能なパッケージエアコンで，ビル需要の進展とともにこの10年で大きく伸長してきた。ここ3年間は不況の影響でダウンしているが，需要量はかなりの水準が維持されている。このなかで1986年ごろから登場し，大きくシェアを拡大してきたのがビル用マルチエアコンである。中・小規模のオフィスビル，テナントビルを主体に用途が急拡大してきたもので，設備設計の簡略さ，個別空調のフレキシビリティ，取り扱いの容易さなどが大きく受け入れられた要因と思われる。

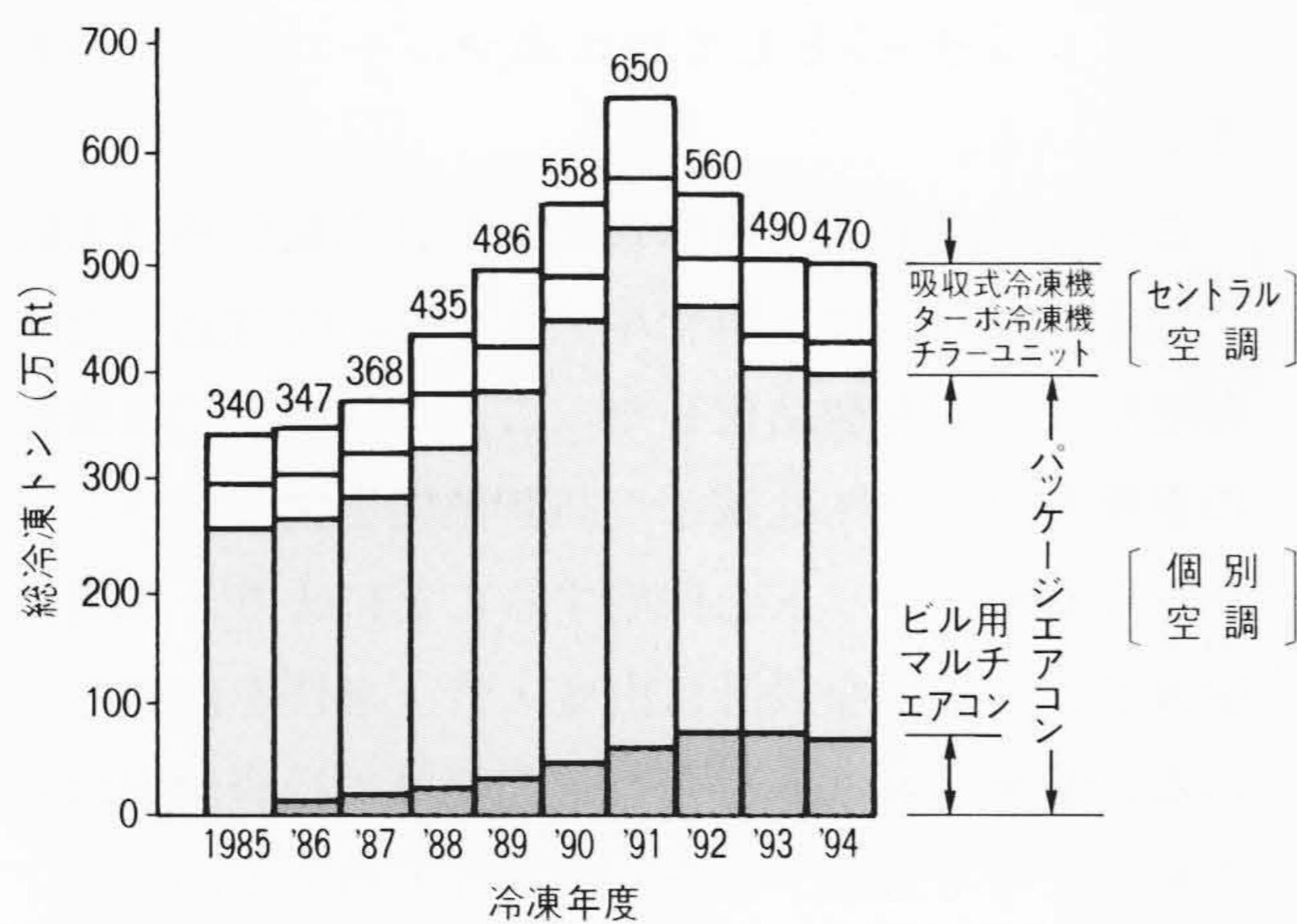


図1 業務用空調機の主な熱源別国内出荷動向(日立製作所の試算)
ビル用マルチエアコンがシェアを拡大している。

一方，夏場の冷房による電力需要を考えると，この電力需要のピークは業務用空調機がかなりの部分を占めている。この電力需要に対し，1994年6月の電気事業審議会需給部会報告で，(1) 負荷平準化対策および省電力対策の強化，(2) 負荷平準および省電力の効果期待量，(3) 電気事業者の取組みが上げられており(表1参照)，蓄熱式空調システムの普及拡大が大きなテーマになっている。

また，夜間電力は化石燃料による発電比率が低いので，氷蓄熱で昼間電力を夜間にシフトすることによって化石燃料の使用量を減らし(図2参照)，これによって地球温暖化の原因であるCO₂や，大気汚染の原因になるNO_xなどの発生を低減することができる。

氷蓄熱式空調システムでは，氷の形態，製氷方法，冷熱利用方法，熱媒の種類，分離配置への対応などさまざまなシステムが提案されている。実用化段階にある各方式の代表的なシステムを表2に示す。製氷方式は，大別してスタティック(静的)製氷方式とダイナミック(動的)製氷方式に分けられ，今回は，スペース・コストの面からスタティック製氷方式を採用している。

表1 電力需要問題に対する電気事業者の取組み(電気事業審議会需給部会報告)

電気事業者は，電力負荷の平準化と省電力化に取り組み，蓄熱式空調システムの普及拡大を推進している。

(a) 負荷平準化対策および省電力対策の強化

負荷平準化策の強化	蓄熱式空調システムの導入が効果的
	●水，氷蓄熱空調(大規模ビル) ●氷蓄熱パッケージエアコン(中・小規模ビル)
省電力対策の強化	普及促進策としての検討事項
	●低圧電源の蓄熱契約の整備 ●蓄熱受託事業，蓄熱リース事業の拡大 ●政府による導入支援策
	●省電力技術開発の推進 ●住宅，ビルの高気密，高断熱化の推進

(b) 負荷平準および省電力の効果期待量

	2000年度	2010年度
蓄熱式空調システムの普及拡大	55万kW	120万kW
住宅，ビルの省エネルギー化	65万kW	120万kW
個別機器・システムの効率改善	70万kW	130万kW
合計(累計)	190万kW	370万kW

(c) 電気事業者の取組み

電力需給を巡る情報提供・省電力にかかわる普及啓発
負荷平準化に資する蓄熱式空調システムの普及拡大事業の取組み

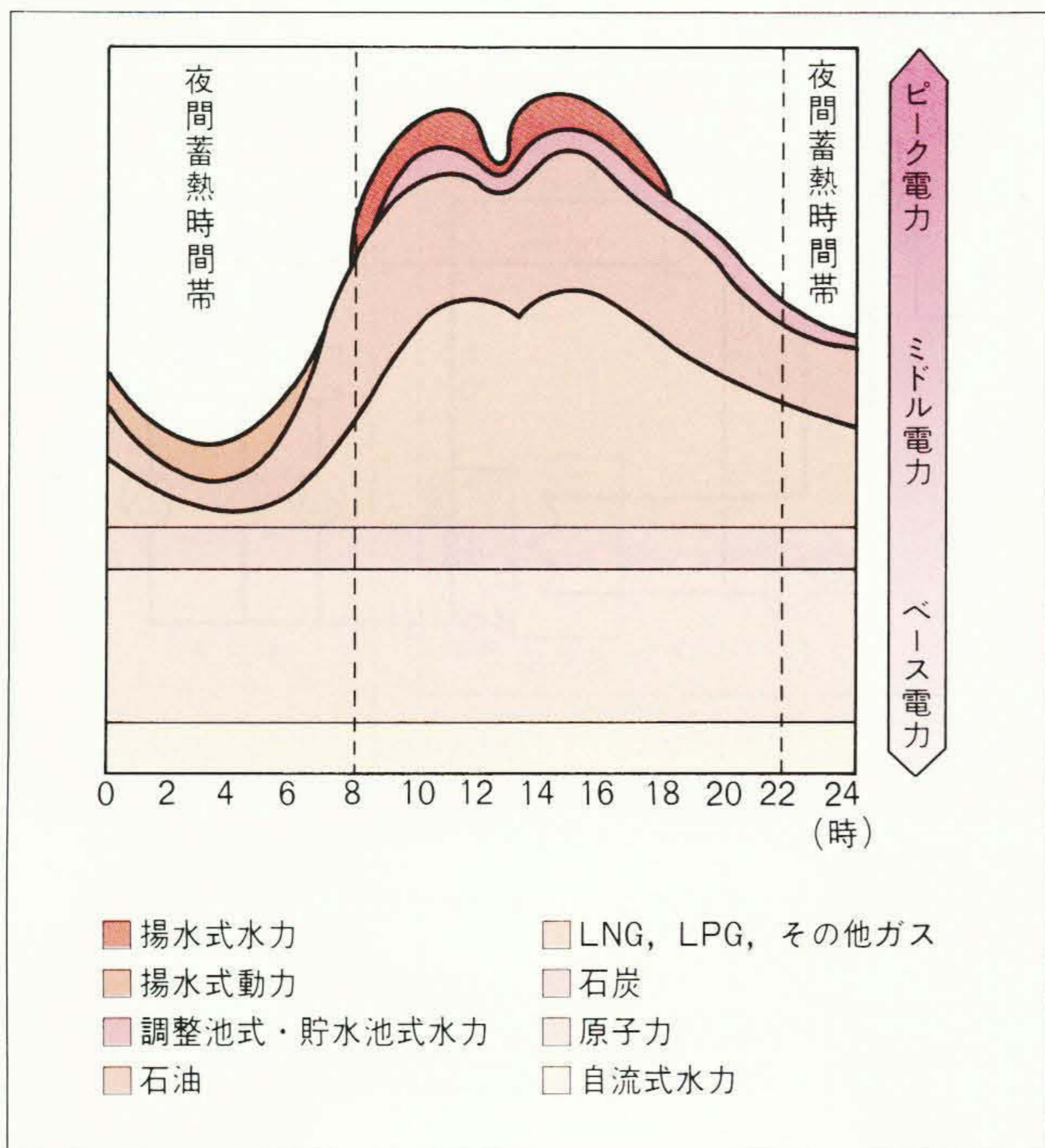


図2 一日の時間帯別発電(資料提供:東京電力株式会社)
 夜間電力は化石燃料の使用比率が低く、蓄熱式空調システムによる昼間電力の夜間へのシフトはCO₂の発生を低減する。

3 氷蓄熱式ビル用マルチエアコンのシステムの概要と特徴

(1) システムの構成

個別空調の氷蓄熱式ビル用マルチエアコンと、セントラル空調の氷蓄熱ユニットのシステム構成比較を図3に示す。

セントラル空調の氷蓄熱ユニットが夜間に蓄熱された氷をそのまま解かしながら使用するのに対し、個別空調の氷蓄熱式ビル用マルチエアコンでは、夜間蓄熱された氷を昼間の冷房運転時の過冷却を大きくして使用することにより、消費電力の低減を図っている。蓄熱ユニットと各室内ユニット間は冷媒配管と分岐管で結ばれ、室外ユニット(蓄熱ユニット)1台に対して組み合わせられる室内ユニットは最大12台までであり、標準のビル用マルチエアコンで接続可能な室内ユニットはすべて組合せ可能である。

(2) 蓄熱のサイクルとピークシフトの仕組み

蓄熱サイクルの構成と冷媒のフローを図4に示す。夜間の製氷時は蓄熱ユニットのコイル内で冷媒を蒸発させ、コイルの周りに氷を着けていく。昼間の冷房運転時には電磁弁で冷媒の流れを切り替え、蓄熱ユニットのコイル内には冷媒の液をそのまま通し、周りの氷で冷却(過

表2 氷蓄熱式空調システムの分類

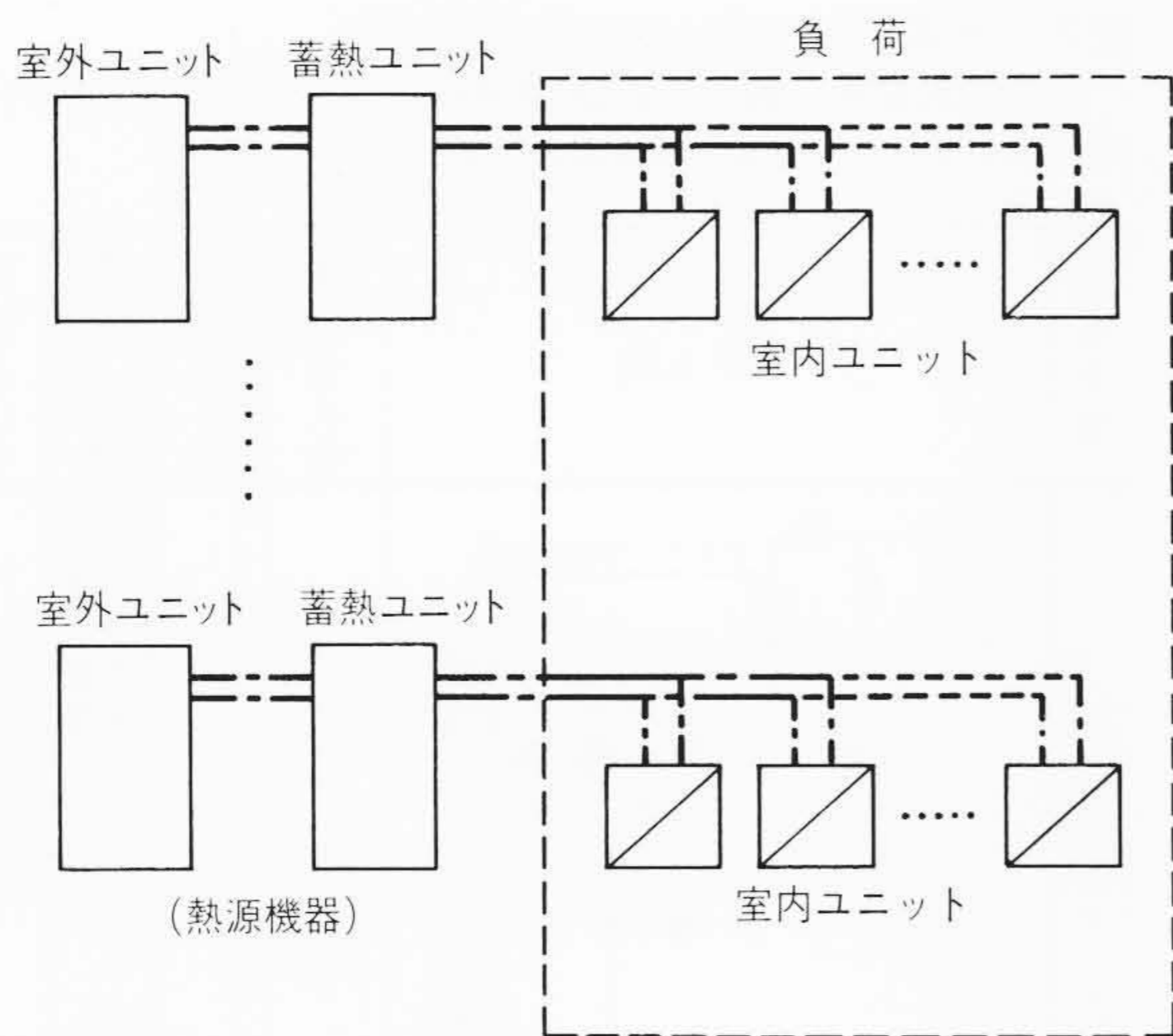
氷蓄熱式空調の製氷方式は、大別してスタティック(静的)製氷方式とダイナミック(動的)製氷方式に分けられる。

製氷形態	システム例	装置のタイプ		製氷熱媒	融解方法	冷熱を取り出す熱媒
		ユニット型	セパレート型			
スタティック(静的)製氷		○	○	冷媒(直膨)またはブライリン	外融式	冷水
		○	○	ブライリン	内融式	ブライリン
		○	×	冷媒(直膨)		冷媒
ダイナミック(動的)製氷		○	○	冷媒またはブライリン	表面散布または直接熱交換	ブライリン
		○	○	冷媒またはブライリン		冷水

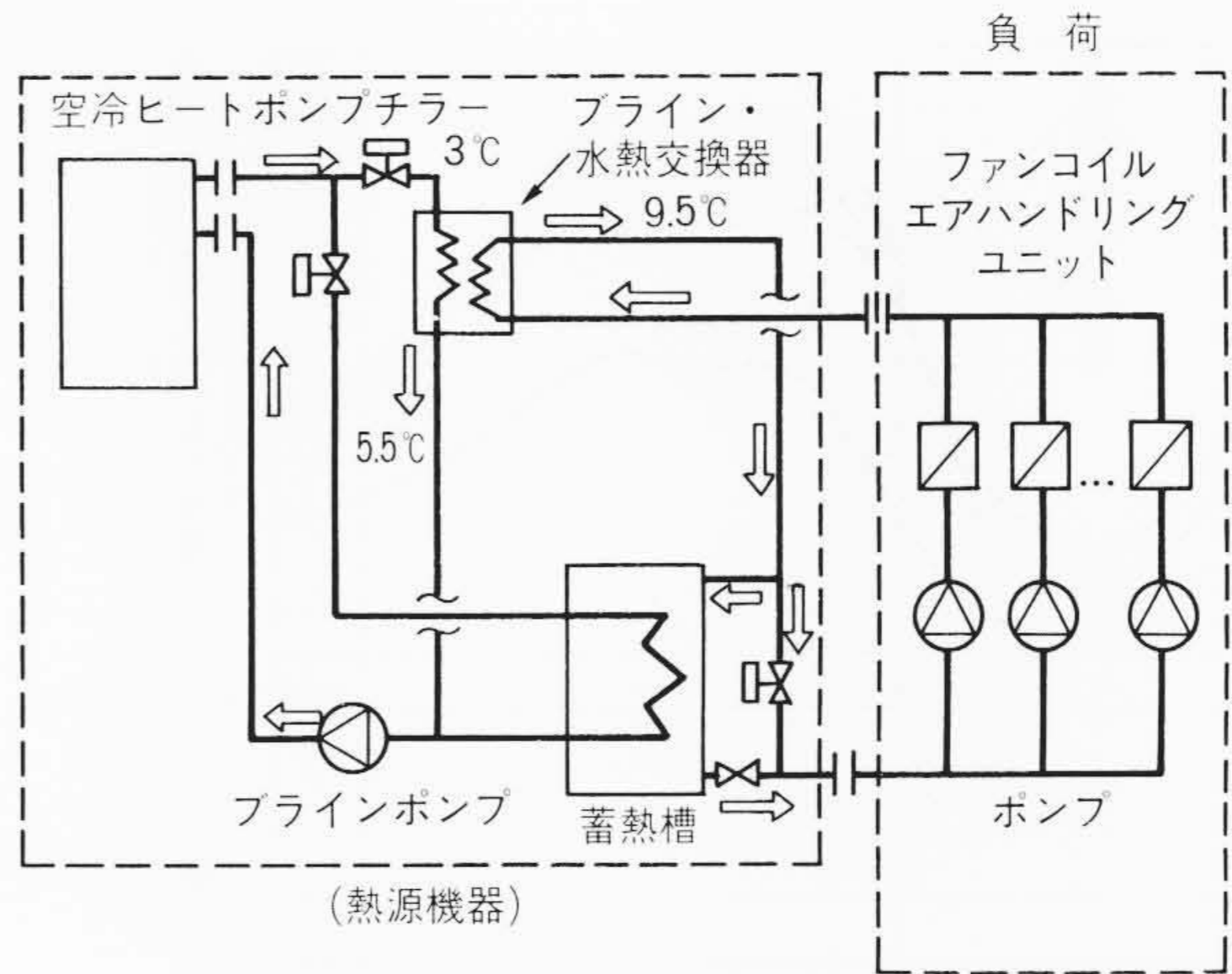
注: ○(可), ×(不可)

冷却)する。そして室内ユニットに取り付けた電子膨張弁で減圧し、室内ユニットの熱交換器内で蒸発して冷房を行う。簡単なモリエル線図を図5に示す。この過冷却の部分が同図(a)の部分であり、冷却能力の増加につながる。また一方、(b)に示す部分は、昼間の冷房運転時に氷に蓄えた冷熱を使い、凝縮器内の高圧圧力(圧縮機吐出圧力)を下げ消費電力を低減させており、昼間の消費電力を25%以上低減することができる。

この運転パターンを図6に示す。夜間の22時から朝の8時までの間に製氷し、それを昼間の冷房運転に使うもので、氷が1日の冷房運転で不足することがないようなシステムにしている。今回の氷蓄熱式ビル用マルチエア



(a) 氷蓄熱式ビル用マルチエアコン(個別空調)



注：---(冷媒配管)，—(水配管)

(b) 氷蓄熱ユニット(セントラル空調)

図3 氷蓄熱式ビル用マルチエアコンと氷蓄熱ユニットのシステム構成比較

氷蓄熱ユニット(セントラル空調)では、夜間製氷された氷を昼間解かしてそのまま使用するが、氷蓄熱式ビル用マルチエアコン(個別空調)では、昼間の冷房運転時の過冷却度を大きくして使用することにより、消費電力の低減を図る。

コンでは常に25%程度のピークシフトを行うことを前提に開発している。チラーユニットを利用したセントラル方式の氷蓄熱ユニットでは、50%程度のピークシフトを行えるが、氷蓄熱式ビル用マルチエアコンは、ピークシフト率を上げるよりも、むしろシステムのコストアップを最小限に抑えることを重視したものである。

(3) 蓄熱ユニットの製氷方式

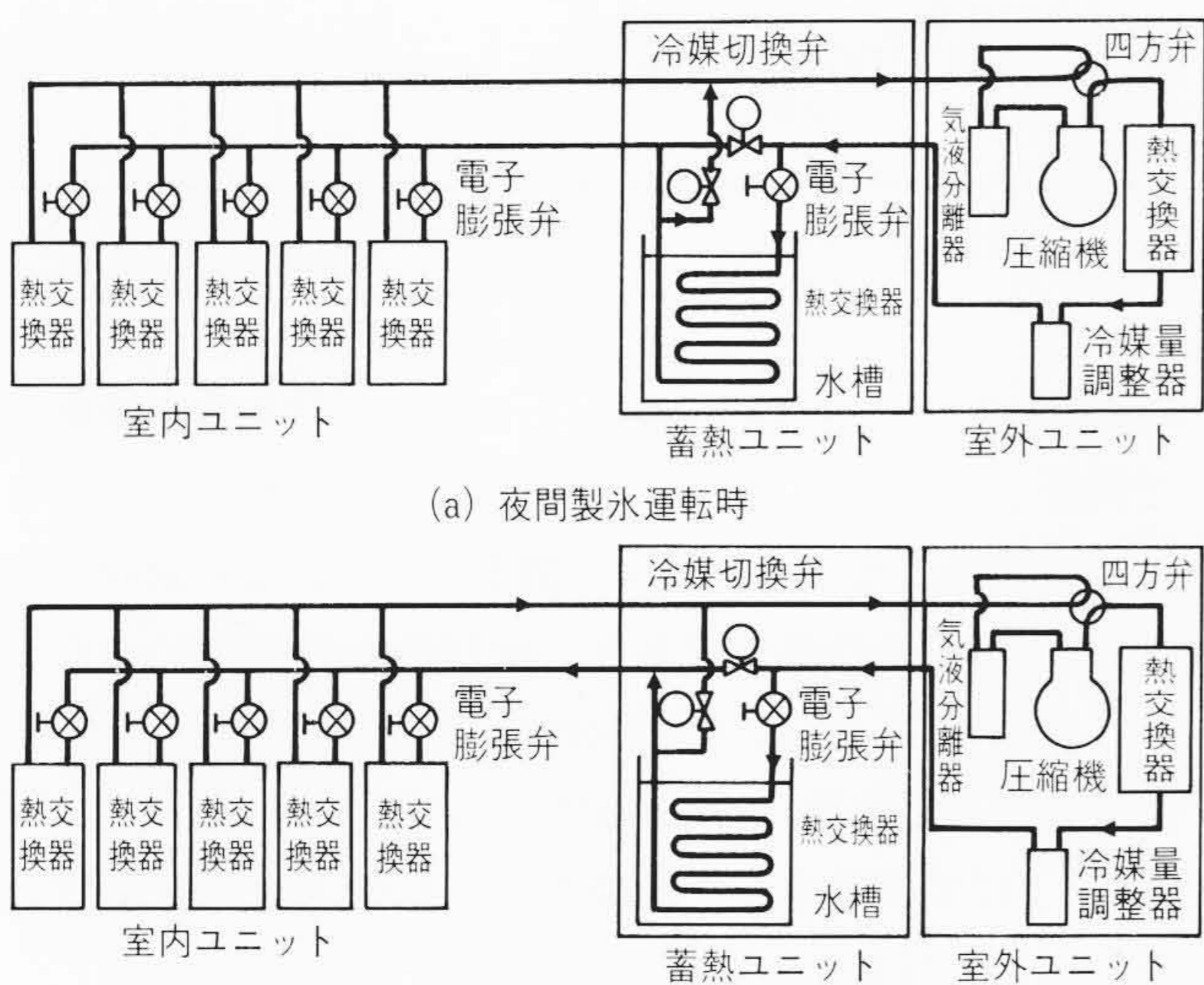
今回の氷蓄熱システムに取り入れた製氷方式は表2に

示すスタティック製氷方式である。これは図7に示すように熱交換器の周りに氷を着けていく製氷方式である。

今回のものはコイルの中に冷媒を流して内側から解かす方式であり、氷蓄熱式ビル用マルチエアコンでは、IPF (Ice Packing Factor：氷充てん率)をダイナミック製氷方式の40~50%に対して65%まで高めることができた。これにより、蓄熱ユニットのコンパクト化を実現している。

4 氷蓄熱式ビル用マルチエアコンの主な仕様

氷蓄熱式ビル用マルチエアコンの室外ユニットと蓄熱ユニットの仕様を表3に示す。室外ユニットは2機種である。8馬力相当と10馬力相当でそれぞれ蓄熱ユニットを組み合わせることにより、1ランク上の10馬力相当と



(a) 夜間製氷運転時

(b) 昼間冷房運転時

注：矢印は冷媒のフローを示す。

図4 蓄熱サイクルの構成と冷媒のフロー

夜間に製氷運転を行い、昼間の冷房運転時には氷で液冷媒を過冷却する方式により、安価なシステムが提供できる。

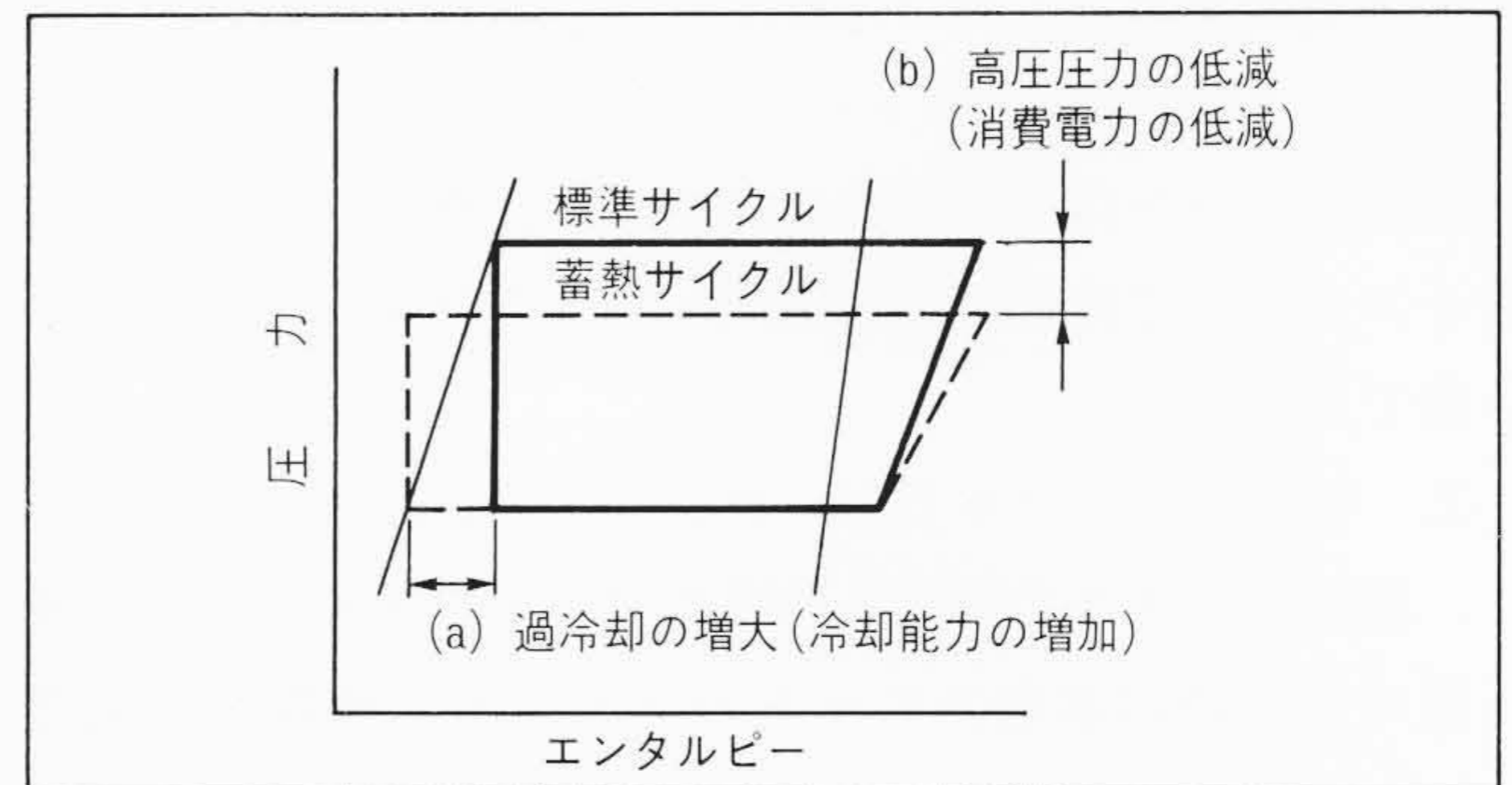


図5 昼間冷房運転時のモリエル線図

過冷却の増大と高圧圧力の低減により、昼間の消費電力を25%低減した。

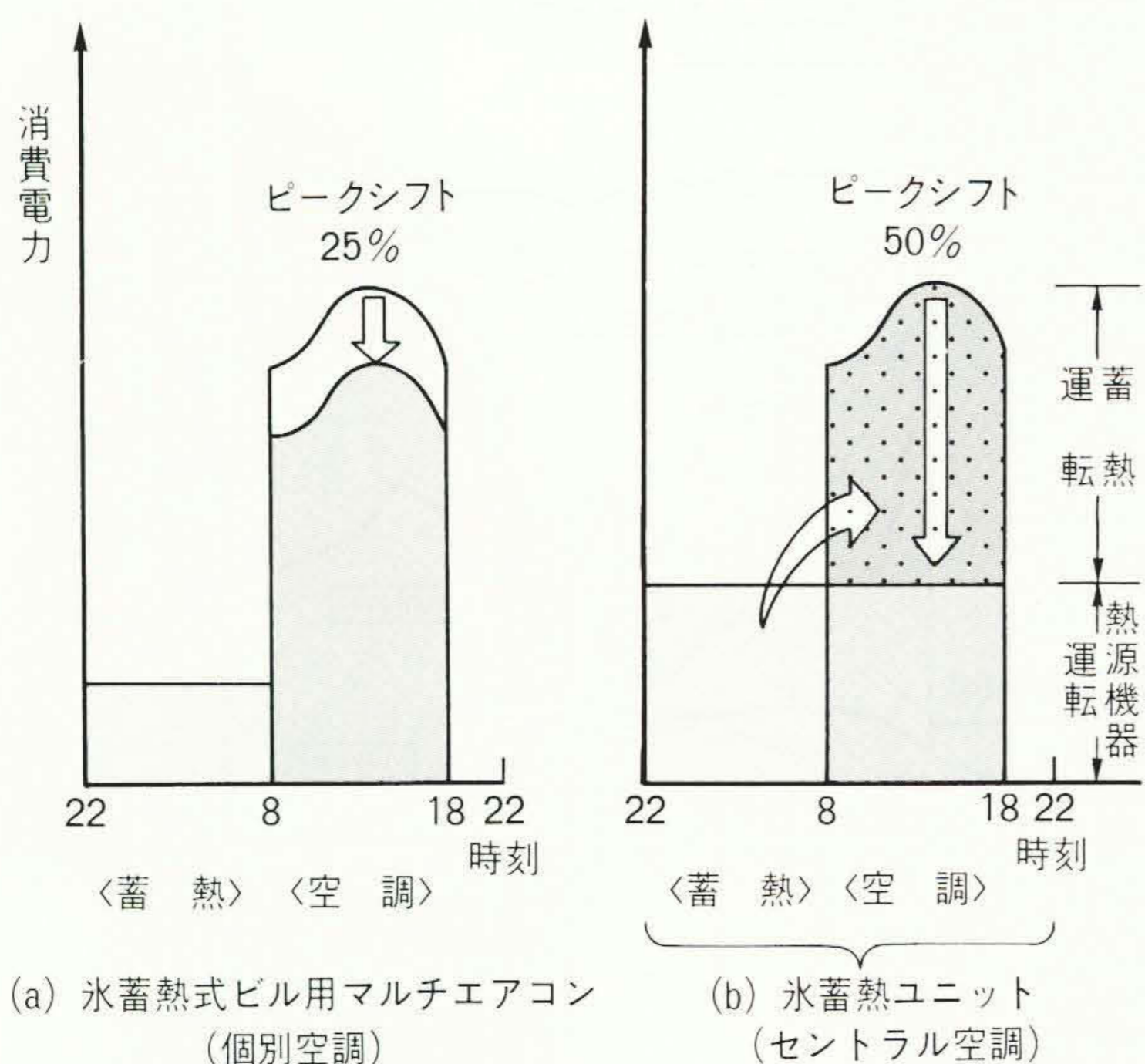


図6 氷蓄熱式ビル用マルチエアコンと氷蓄熱ユニットの運転パターン例

氷蓄熱式ビル用マルチエアコンは、約25%のピークシフトでシステムのコストを抑えることをねらったものである。

13馬力相当の冷房能力を発揮することができる。

室外ユニットで最も配慮したのが騒音である。低騒音スクロール圧縮機やIPM(Intelligent Power Module)インバータの採用によって13馬力相当で55 dB(A)まで低騒音化した。また、夜間の蓄熱運転時には、周囲への迷惑にならないように、ナイトシフト運転(外気温30℃以下)によって通常の冷房時より5 dB(A)低減する静音運転を実現した。室外ユニットと蓄熱ユニットはデザインも統一し、並べて配置したときの美観にも配慮している。

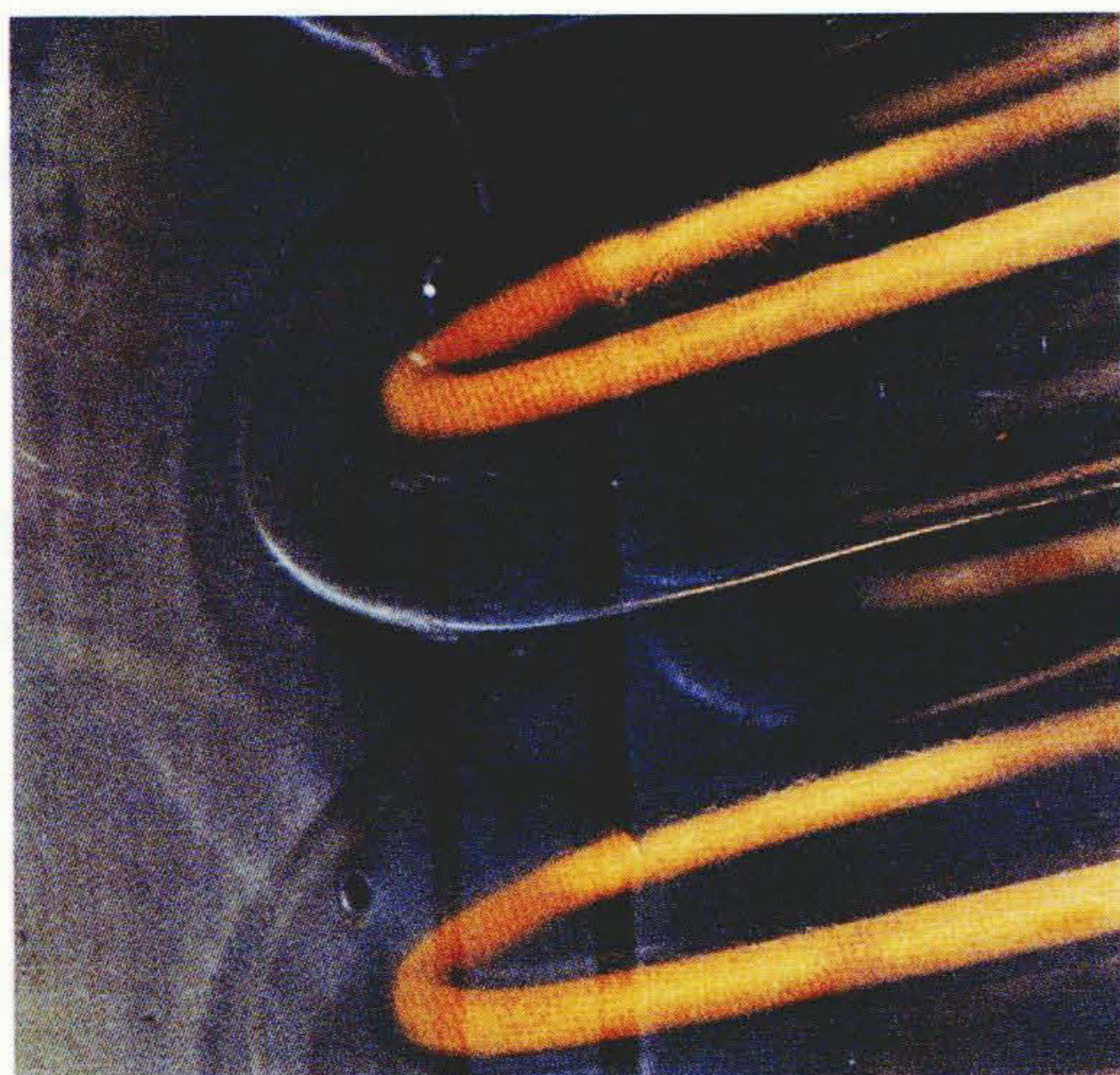


図7 氷蓄熱式ビル用マルチエアコンの製氷状態
スタティック式(静的)製氷方式の製氷状態を示す。冷媒配管の周囲に氷が付着している。

5 氷蓄熱システムの性能と経済性

昼間の冷房運転時の消費電力とCOP(Coefficient of Performance: 成績係数)を355型(13馬力相当)で非蓄熱式のビル用マルチエアコンと比較したのが表4である。氷に蓄えた冷熱の利用により、COPを2.47から3.35にアップするように設計している。これは吐出圧力を1.8 MPaから1.6 MPaに下げることができたことと、過冷却度は通常7℃程度であるのが、氷蓄熱式ビル用マルチエアコンでは36℃まで確保することができ、冷房能力を向上させることができたためである。

次に経済性であるが、蓄熱システムの最大の難点はイニシャルコストの上昇である。今回は蓄熱ユニットのコストを極力抑えるように努め、ランニングコストの低減による回収をできるだけ早めるように考慮した。地上4階建、延べ床面積4,000 m²程度のビルで試算すると3.3年での回収となっている。ただし、事例によってこの年数はかなり異なってくる。また、この氷蓄熱システムでは、税制金融上の優遇措置、および電力会社からの助成などを受けることができるため、イニシャルコストの短期間での回収が可能である。

6 納入事例とフィールドでの評価

現在、事務所ビルや公共施設を主体に氷蓄熱システム

表3 室外ユニットと蓄熱ユニットの仕様
氷蓄熱式ビル用マルチエアコンの氷蓄熱シリーズは、2機種(J280型, J355型)の品ぞろえである。

項目		内容		
室外 ユニ ット	型名(システム呼称)	R-J280	R-J355	
	機種名	RAS-J224FST	RAS-J280FST	
	外形寸法(幅×奥行き×高さ)	1,400×785×1,645(mm)		
	冷房能力	28.0 kW	35.5 kW	
	暖房能力	標準	28.0 kW	35.5 kW
		低温	21.3 kW	27.7 kW
	電気消費 特性電力	冷房	8.8 kW	10.6 kW
		暖房	8.9 kW	11.2 kW
	圧縮機電動機出力	3.0 kW×1+3.0 kW×1	3.0 kW×1+3.75 kW×1	
	風量	130 m ³ /min	170 m ³ /min	
騒音	強	53 dB(A)	55 dB(A)	
	弱(ナイトシフト)	48 dB(A)	50 dB(A)	
質量	305 kg	310 kg		
蓄熱 ユニ ット	機種名	RT-J75		
	外形寸法(幅×奥行き×高さ)	1,200×1,200×1,550(mm)		
	有効蓄熱量(冷房)	224 MJ	280 MJ	
	製品質量	270 kg		
	運転質量	1,300 kg		
	水張量	1,030 kg		

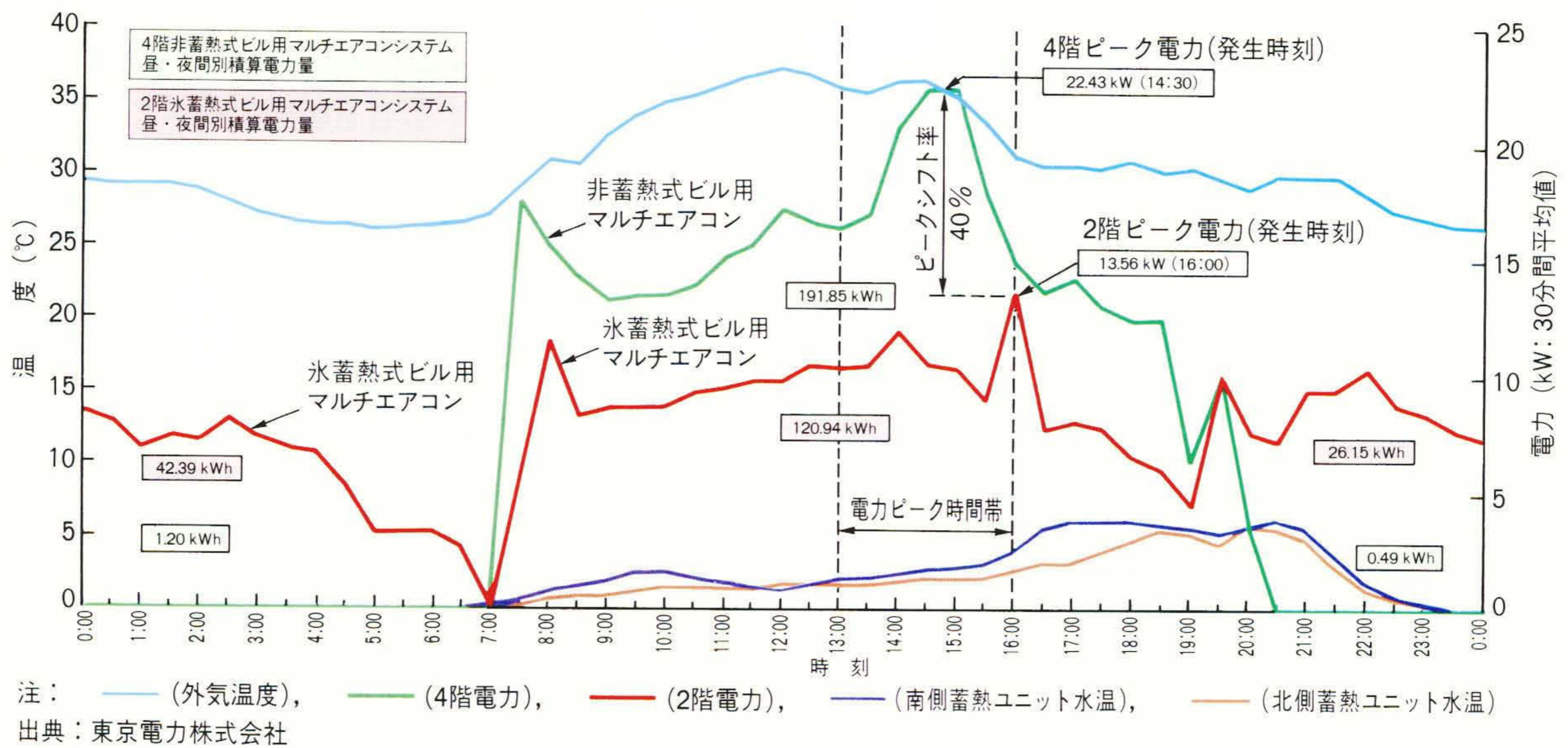


図8 氷蓄熱システムと非蓄熱システムの相対評価結果(1994年8月4日)
ピークシフト率40%と氷蓄熱システムの有効性が検証できた。

表4 昼間の冷房運転時の性能比較

標準のビル用マルチエアコンと比較し、消費電力を約26%低減した。

項目	氷蓄熱式ビル用マルチエアコン(セットフリーFSTシリーズ:13馬力相当)	非蓄熱式ビル用マルチエアコン(セットフリーFSシリーズ:13馬力)
冷房能力	35.5 kW	同左
消費電力	10.6 kW	14.4 kW
COP	3.35	2.47
運転状態		
吸込圧力	0.4 MPa	同左
吐出圧力	1.6 MPa	1.8 MPa
過冷却度	36℃	7℃

注：試験条件 [外気温度35℃, 室内温度乾球温度(DB)27℃, 湿球温度(WB)19℃]

$10.6 \div 14.4 = 0.74 \Rightarrow 26\% \text{低減}$

の有効性が認められ、全面的に採用される事例も出てきている。

1994年8月に、茨城県内のある事務所で氷蓄熱システムと非蓄熱システムの相対評価を実証した結果を図8に示す。この実証試験は、2階の事務所に氷蓄熱式ビル用マルチエアコンを、4階の事務所に非蓄熱式のビル用マ

ルチエアコンを設置したものである(正確には負荷条件など必ずしも同一ではない)。非蓄熱システムでは14時ごろに電力の大きなピークが生じているが、氷蓄熱システムではこのピークが低く抑えられており、氷蓄熱システムの有効性が検証できた。このケースでは、猛暑の影響もあって昼間の外気温度は37℃と高く、これが蓄熱の効果をさらに増大させることになり、ピークシフト率が40%と大幅に高く、また電力夜間移行率も36%と想定値よりも大幅に高い結果となっている。

7 おわりに

ここでは、氷蓄熱式ビル用マルチエアコンの概要と特徴について述べた。夜間電力を利用した氷蓄熱によって昼間の消費電力を25%低減するこのシステムは、夏季の冷房用電力のピークシフトへの強いニーズや優遇税制、金融上の助成措置などの助成策により、これからの普及が期待できる。

今後も共同開発による暖房蓄熱機能も備えた店舗用の氷蓄熱式パッケージエアコン製品の開発も含め、技術革新を図ってゆく考えである。

参考文献

- 1) 国分：マルチ型蓄熱式パッケージエアコンの開発, ヒートポンプによる冷暖房, 電力空調研究会, No.51(1994-8)
- 2) 射場本：氷蓄熱システムの分類, 空気調和・衛生工学, 64-6(1990-6)