

特集

ヒートポンプ

エネルギー問題におけるヒートポンプ

—スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムの研究開発—

Heat Pump, a Solution to Energy Problem

— R & D of Super Heat Pump • Energy Accumulation System

武松敏弉*

Toshiichi Takematsu

1. はじめに

昭和55年5月、IEA(国際エネルギー機関)は、「エネルギー研究開発および実証に関する戦略的見解」と題するレポートを発表し、エネルギー関連研究開発のうちで、ヒートポンプの技術開発を最も優先すべきであると強調した。又、57年12月にも、「ヒートポンプシステム——技術評価」¹⁾という論文を発表し、IEA加盟各国の政府、産業界および公益事業者に対して、ヒートポンプ普及促進のための勧告を行った。オイルショックを機に、石油問題に対処するために、OECD(経済開発協力機構)内に設立され、国際的なエネルギー計画を遂行する強力な権限をもった機関であるIEAが、このような勧告を行ったことは、ヒートポンプ史上画期的なできごとであり、省資源、省エネルギーにはたすヒートポンプの役割が、世界的にいかに期待されているかを示したものと注目される。

2. 省エネルギー機器としてのヒートポンプ

IEAの勧告に謳われた熱供給機器としてのヒートポンプの省エネルギー性は、古くから着目されてはいたが、設備費や設置スペース等の点で従来の暖房器、加熱器等と競合し得るまでに到らなかった。したがってその普及は極めて遅々としたものであったが、オイルショック以後、メーカーおよびユーザーの省エネルギーについての認識の向上と機器性能の向上およびコンパクト化、特に補助熱源を必要としない冷暖兼用器の開発により、55年度以後急激に普及が進んだ。表1に最近9年間のルームエアコンおよびパッケージエアコンの国内出荷台数に占めるヒートポンプの割合を示す。

ヒートポンプは、既にパッケージエアコンの主流に

表1 ルームエアコンおよびパッケージエアコンの国内出荷台数とヒートポンプの占める割合(単位千台)

冷凍年度	ルームエアコン			パッケージエアコン		
	総数(A)	ヒートポンプ(B)	B/A(%)	総数(A)	ヒートポンプ(B)	B/A(%)
昭和50	1,979	348	17.6	175	35	20.0
51	2,222	343	15.4	221	61	27.5
52	2,443	361	14.8	229	77	33.7
53	3,116	407	13.1	280	113	40.5
54	3,411	539	15.8	350	159	45.4
55	2,463	514	20.9	318	171	53.8
56	2,434	553	22.7	307	173	56.3
57	2,021	768	38.0	316	190	60.1
58	2,427	1,160	47.8	350	232	66.2

(社)日本冷凍空調工業会調べ

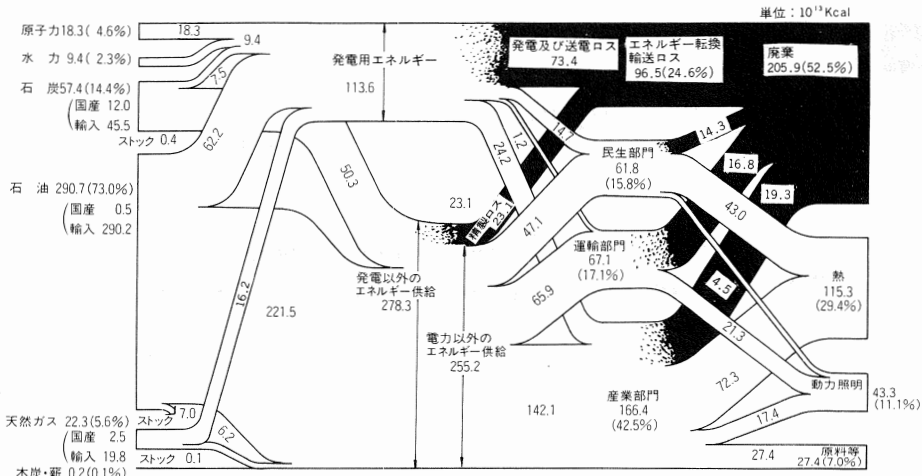
なっており、ルームエアコンについても、本年度は確実に50%を突破し、60%に近づくものと予想され、ヒートポンプが家庭用冷暖兼用器の主流になりつつあることを示している。

ヒートポンプを応用した冷暖房システムは、家庭用ばかりではなく、事務所ビル等の空調、地域冷暖房・給湯等にも利用されており、各種産業の加熱、乾燥、濃縮、蒸留等の工程にも最近急速に利用され始めている。

ヒートポンプの最近のこのような目覚ましい普及の原因はその省エネルギー性にあるが、これは、ヒートポンプが大気、井水等の熱を冷暖房等に必要な温度にまで昇温あるいは冷却し、消費エネルギー(電気、ガス等の駆動用エネルギー)の数倍のエネルギーとして取り出すことができるところにある。ヒートポンプの熱源は、前述のもの以外に河川水、湖水、海水等の天然水や下水、ビルの廃気、工場の廃ガスや冷却水等あらゆるところに求められるが、温度が高い程駆動エネ

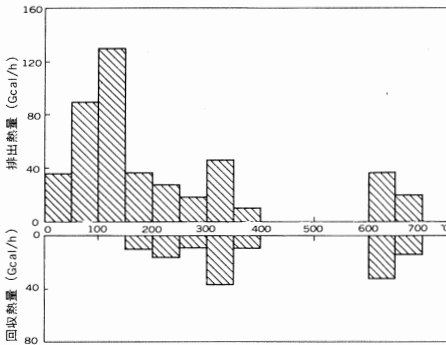
*工業技術院ムーンライト計画推進室総括研究開発官付

〒100 東京都千代田区霞ヶ関1-3-1



注 (1) 原子力、水力の発電効率は各々33、78%とする。
 (2) 運輸部門には輸出分を含む。
 (3) 原料等にはその他石油製品を含む。
 (4) 総合エネルギー統計等の資料より作成。

図-1 我が国のエネルギー供給・消費フロー図(1979年度)



(エンジニアリング振興協会編「エネルギー貯蔵システム」(58年3月)より)

図-2 排出熱量と回収熱量(200,000 BPSD)

ルギーは少なくすむ。したがって比較的に温度の高い工場等の廃熱はヒートポンプ用熱源として大きな価値をもつと云える。

少々古いデータではあるが、図-1に政府機関が作成した1979年度の日本のエネルギーフロー図を示す。この図は、有効に使用されないで廃棄されているエネルギーがいかに多いかを示したものである。最近、各工場、廃熱の有効利用が計られてはいるが、現在でもこの図の約50%の廃棄エネルギーの比率に基本的な変化はない。又図-2に示すように、石油精製工場においては150℃以下の廃熱は全く利用されないでそのまま捨てられている。このような傾向は、製鉄等の他の業種についても同じである。これら低品位の廃棄エネルギーを回収し、高品位化して再利用することができれば、エネルギー資源の有効利用と節約に大きく寄与することができる。そしてこれを行うのにヒートポン

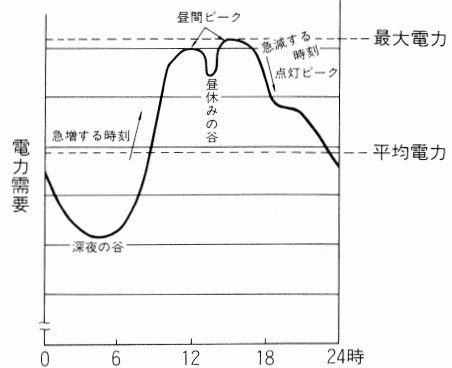


図-3 夏季における電力需要の日変動

プが活用されるべきである。

電気駆動ヒートポンプの省エネルギー機器としてのもう一つの重要な役割は、夜間の余剰電力を冷暖房用等の熱に変換し、冷温水等の形で貯蔵し、昼間の必要時にここから熱を取り出すことにより、昼間の電力需要を低減化することである。これにより、原子力を主たる電源とするベース電力の有効利用と負荷調整用電源である石油の節約を計ることができる。

図-3に夏季における一日の電力需要の変化をモデル化して示す。昨年および今年のように酷暑の続いた夏は、昼間のピーク時の電力需要と深夜の谷のそれとの比は3:1にもなる。発電設備は最大需要に合わせて設けられるため、深夜は%の設備をあそばせておくことになる。最近のルームクーラーやルームエアコンの普及は、夏季の電力需要を急速に大きくし、昼間と深夜の需要の差を益々大きくしており、発電負荷率(設備の稼働率に相当)は年々確実に低下している。発電

側での、深夜電力を利用した揚水による電力貯蔵、需要側での深夜電力温水器等による熱貯蔵等が計られ、昼間の電力需要をいくらかでも低減化させる努力がなされているが、発電負荷率の低下傾向を基本的に改善するところまではしていない。

最近大口需要者向けに夜間蓄熱契約が特別料金で行える制度ができ、表2で示すように契約件数、電力量

表2 深夜電力業務用蓄熱調整契約（9電力合計）

年 度	55	56	57	58
契 約 件 数	285	318	370	402
契約電力(MW)	349	377	401	421

(東京電力調べ)

とも着実に増加している。これはビル等の地下に大きな水槽を設け、深夜の安い電力を用い、ヒートポンプ等により冷水又は温水を造り、昼間の冷暖房に使おうとするものである。最近では、さらに熱容量の大きい氷蓄熱の実用化も試みられようとしている。

このようなさまざまな努力は、いずれも昼間の電力需要を低減させ、その分を夜間にシフトさせる、いわゆる電力負荷平準化のための施策である。これは、発電単価の安い原子力によるベース電力を増加させ、エネルギーコストの高い石油火力の比率を低下させようとする試みでもある。

超高性能、大容量の蓄熱式ヒートポンプが出現し、普及すれば、深夜電力を用い、今まで無駄に捨てられていた低品位の廃熱を、効率良く回収し、高密度に貯蔵し、民生用、産業用等の熱源として有効に利用することができ、エネルギーの有効利用と電力負荷の平準化に大きく寄与することができると期待される。

3. 「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム」の研究開発計画

以上のような日本のエネルギーおよび電力消費の現状を改善するため、又ヒートポンプ技術開発についてのIEAの要請に応えるために、工業技術院は59年度より、「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム」の研究開発計画をスタートさせた。以下本計画の内容について紹介する。

3.1 研究開発基本計画

研究開発期間 昭和59年度から8年間

研究開発費総額 約100億円

研究開発の目標及び方式

(1) 研究開発目標

夜間余剰電力を用い、エネルギーを高効率・高密度に増倍貯蔵して、昼間のエネルギー必要時に温熱あるいは冷熱として取り出すことにより、大型ビル空調、大規模地域冷暖房、各種産業プロセス加熱等の大規模熱源として利用し、電力の負荷平準化に資することのできるスーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムを開発する。

このため、超高性能圧縮式ヒートポンプ及びケミカル蓄熱の各要素技術の研究開発を行い、これらの成果を統合した最適なトータルシステムの開発及び運転研究を行う。

基本的な目標は別表(表3)のとおりとする。

(2) 研究開発の方式

(イ) 要素機器、媒体、材料等スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムの構成要素の研究を行うとともに、高効率及び高温出力型圧縮式ヒートポンプ技術並びに化学反応を用いた温熱用及び冷熱用ケミカル蓄熱技術について研究開発を行う。

(ロ) これらの成果を踏まえ超高性能圧縮式ヒートポンプ技術とケミカル蓄熱技術を統合したスーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムの試作及び運転研究を行う。また、システムの最適構成及び制御技術等の研究を行うとともに、各種熱利用系を対象とした、3万kw級のスーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムの概念設計を行い、実用化への目途をつける。

(ハ) (イ)、(ロ)の研究開発は、開発の節目ごとに的確な評価を行いつつ実施する。

(ニ) (イ)(ロ)の研究開発を支援するために、各種熱利用系、熱源系の調査研究、電力負荷平準化効果の研究等トータルシステムの構成、運用についての研究を行う。

(ホ) 以上の成果について、技術的、経済的及び社会的観点から総合評価を行う。

以上が本年9月に制定された基本計画の全文である。ここに示されているように、本計画の目標としているシステムは、超高性能の圧縮式ヒートポンプと化学反応を利用した蓄熱装置とを組合わせた、(深夜)電力を駆動源とするエネルギー(空気、廃熱等の熱)の増倍昇温・冷却貯蔵システムであり、経済性、適用性等の点で現状の如何なるシステムよりも優れたものでなければならない。又目標とする実プラントの規模は、出力熱量3万kw級であり、1台で5000戸規模の住宅団地や霞ヶ関ビル2～3個分の大きさの超大型ビルの冷暖房を行うことができる大容量のものであるが、これは概念設計まで行うことになっており、実際に研究開発を

表3 開発目標

項 目			目 標			
			出力 温度		成 績 係 数	
要 素 技 術	超高性能圧縮式 ヒートポンプ	高効率型	温熱専用	85℃		8
			冷温兼用	(温) 45℃ (冷) 7℃	6 7	
		高温出力型	低温熱源用	～150℃		3以上
			高温熱源用	～300℃		3以上
ケミカル 蓄熱技術			出力温度	蓄熱能力	熱回収率	
	高温蓄熱機能		～200℃	50kcal/kg(媒体)以上	75%以上	
	冷熱蓄熱機能		10℃以下	30kcal/kg(媒体)以上	75%以上	
トータルシステム	このスーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムは、将来の実用システムにおいて、経済性、適用性、負荷平準化効果等の点において、現状のどのシステムよりも優位性があることを前提とする。 パイロットシステムでの目標は次のとおりとする。					
	適用対象		出力温度	エネルギー効率		
	事務所ビル空調		(温) 45℃ (冷) 7℃	4.5 5.3		
	地域冷暖房・給湯		(温) 45℃ (冷) 7℃ 85℃	4.5 5.3 6		
	産業プロセス加熱		150～300℃	2.3 以上		

行うプラント(パイロットシステム)は、1,000kw級までである。しかし、パイロット規模でも充分実用的な大きさであり、この規模での実用化も可能である。

3.2 開発スケジュール

表4にスーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムの研究開発スケジュールを示す。一本線が一般会計で行われる研究を表わし、二重線が特別会計(電源多様化勘定)で行われる研究を示している。一般会計

分の一部、「媒体、材料等の研究・評価」は、工業技術院の化学技術研究所等の4国立研究機関により本年10月より研究が開始されている。「システム化研究」および「トータルシステムの研究」については、民間企業に委託され、年内に研究が開始される予定である。60年度以後は、一般会計による研究は国立研究所のみにより行われ、特別会計は新エネルギー総合開発機構(NEDO)に補助金として支出され、NEDOが複数の

表4 スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムの研究開発計画

項 目	年 度	59	60	61	62	63	64	65	66
1. 媒体、材料等の研究・評価	作動媒体、	化学反応系、	機構、材料等の研究・評価	寒冷地用等システムの研究・評価、	総合評価				
2. システム試作運転研究			システム最適化研究、	制御技術の研究				3万kw級実規模	プラント概念設計
(1) システム化研究									
(2) 要素技術の研究									
(イ) 超高性能圧縮式ヒートポンプ			要素機器・媒体等の研究		ベンチプラント試作運転研究(100kw級)				
						中間評価			
(ロ) ケミカル蓄熱技術			要素機器・材料等の研究		ベンチプラント試作運転研究(10,000kcal級)				
(3) パイロットシステムの試作運転研究								パイロットシステムの試作	設計研究 運転研究(1,000kw級)
3. トータルシステムの研究					熱利用系・熱源系、	負荷平準化効果等の研究			

民間企業に研究開発を委託することになる。

3.3 研究開発の内容

表3に示したように、本計画では、さまざまな用途に適したさまざまな要素技術を開発する。一方国立研究所は、これら要素技術の開発を支援するため、圧縮式ヒートポンプ用動作媒体、ケミカル蓄熱用化学反応系、圧縮機回転部材料、圧縮方式等に関する基礎的研究および寒冷地用ヒートポンプについての研究を行う。

ここでは要素技術の研究開発内容について主に紹介することにし、基礎研究についても必要に応じてふれることにする。

3.3.1 超高性能圧縮式ヒートポンプ

開発を予定している圧縮式ヒートポンプは、出力温度が現状の冷暖房、給湯用と同程度で、効率(成績係数=COP)が現状の機器の2倍を目標とした高効率型および効率は現状の最高レベルに維持し、出力温度を現状より40~190℃高くすることができる高温出力型に大別される。

(1) 高効率型圧縮式ヒートポンプ

本型式に属する圧縮式ヒートポンプには、地域暖房・給湯等民生用に適した温熱専用型と事務所ビルの空調等に適した冷温兼用型の2種類がある。温熱専用型のCOPは現状の2倍、冷温兼用型は1.5~2倍を目標にしている。この高効率化に最も重要な役割をはたすのが熱交換器の高性能化である。小温度差向流多段熱交換器や器壁上に凝縮した媒体を高圧電流により剥ぎとるEHD(電磁流体力学)効果を利用した高伝熱熱交換器等の開発を行い、COPの値を30%程度向上させることができると期待している。又液インジェクションによる等温圧縮への接近、圧縮過程の多段化等圧縮方式の改善;モーターを内蔵型にすることによる廃熱の回収;スラスト荷重の低減、最適菌型の選定による媒体の洩れ量の低減化などメカニカルロスの低減化等による圧縮機の性能向上を計る(COP 25~30%向上)。さらに、温熱専用型については、高圧媒体を低圧に戻すときの圧力差を二相流動力回収タービンなどで回収し圧縮機駆動源の一部にすることも考えられる。これらの外にも改善すべき点は多々あるが、その中で最も重要な課題は最適媒体の選定である。

従来のヒートポンプでは、単一媒体又は共沸系の混合媒体が用いられてきたが、本計画では、高効率型圧縮式ヒートポンプには、R-12とR-114、R-11と炭化水素等の組合わせに代表されるような非共沸系混合媒体を用いる。そしてその用途に最も適した組合わせ

と混合比を選定する。この種の混合媒体についての研究は、IEAの改良型ヒートポンプシステムに関する実施協定のAnnex VI²⁾でもとりあげられ、世界的に大きな関心を集めている。この媒体は、熱交換器の温度勾配に対応して、媒体が順次均一に蒸発あるいは凝縮するような組成を持つため、効率良く外部と熱の授受を行うことができ、ヒートポンプの性能向上を行う上で極めて重要な要素になる。この種の媒体の選定に当たっては、混合物が全組成に亘って共沸混合物を形成しないこと、沸点温度差の適当な媒体を混合すること、蒸発潜熱が大きいこと、比容積が小さいことなどについて十分考慮することが必要である。

(2) 高温出力型圧縮式ヒートポンプ

COP値を現状の最高値より下げることなく、150℃および300℃程度の高温出力を得ることのできる2種類のヒートポンプを開発するのが本型式の課題である。

一般に用いられているフロン系媒体は高温域で不安定であり、昇温巾30~50℃、最高出力温度約110℃がその能力の限界であると言われている。したがって、本型式のヒートポンプには、200℃程度までは安定に使用できると云われる、フッ素系85に代表されるフッ化アルコール系媒体又はパーフルオロオクタンなどの高沸点媒体を用いることが必要となる。出力温度300℃の高温熱源用の媒体には水が最も適していると考えられる。

低温熱源用の場合は、熱源温度を50℃と考えており昇温巾は100℃である。これを従来の一機の圧縮機で行うことは非常に困難であり、同軸多段圧縮機の開発等、圧縮機の多段化が必要である。媒体の洩れを低減化するためのローターの最適化、高性能熱交換器の開発等は高効率型の場合と共通の課題である。高温出力型の場合、圧縮比が性能に結びつく重要な要素になるため、圧縮容積可変機構の開発も必要である。又大きな圧力差を利用した動力回収機構の開発も、性能向上にとって必要な要素となる。

この種の高温出力型ヒートポンプは、主として産業用に用いられ、産業廃熱を熱源として、プロセスの加熱に必要な高温のスチーム等を製造するものである。

3.3.2 ケミカル蓄熱技術

化学反応を利用した蓄熱技術、あるいはケミカルヒートポンプ技術は、スウェーデンのNa₂S-水系の化学反応を用いたTEPIDUS計画、アメリカのロケット研究所における硫酸の水による希釈熱を利用したシステム等の研究例はあるが、いまだ世界で実用化された経

験はない。これは従来の顕熱あるいは潜熱蓄熱と異り、化学反応熱を出力として取り出すもので、比較的低温の熱を加えることにより、高い温度の熱を取り出すことができる蓄熱方式である。従って、従来の顕熱蓄熱に比べて、蓄熱密度は10倍以上であり、潜熱蓄熱に比べても、入出力の温度差（潜熱蓄熱は、出力温度の方が入力温度より低い）を考慮すれば、はるかに高い蓄熱密度をもつと云える。これは、ケミカル蓄熱方式が、従来の方式に比べ、大きなスペースを必要としないため、ビル等への適用性が大きく、将来最も有望な蓄熱方式と考えることができる。

ケミカル蓄熱には、以上のような高温蓄熱と化学物質を冷熱として貯える冷熱蓄熱とがあり、本計画ではこの両方式の研究開発を並行して進める予定である。

(1) 高温蓄熱

高温蓄熱とは化学反応により生じた高温の熱を高温のまま貯えておくという意味ではなく、化合すると発熱をする化学物質を、いつでも化学反応を起せる状態にして別々に貯えておくことである。例を、ゼオライトへの水の吸着にとると、乾燥ゼオライトとスチームが別々の容器に貯えてあるのが蓄熱であり、熱が必要なときは、バルブを開けて、スチームをゼオライトに通すと吸着熱を発生する。水を吸着したゼオライトは熱を発生させる能力が低下あるいは消滅しているので脱水し、ゼオライトと水を別々にしてやる必要がある。これが再生の過程であり、深夜電力を用いた蓄熱とは、この再生を深夜電力を用いて行うということである。勿論この場合、電力をヒートポンプにより熱に変えて、その熱で再生反応を起こさせるという意味である。

ゼオライト-水系の外に、ケミカル蓄熱に適した反

応系として、オレフィンのメタセシス反応、アンミン錯体の生成反応、臭化カルシウムの水和反応、硫酸の水による希釈等の有機および無機の反応系が考えられている。これらの反応はいずれも高い発熱をとまなう可逆反応であるが、反応系を選定するに当たっては、この条件の外に、①副反応があまりないこと、②腐蝕性が小さいこと、③毒性が少ないこと、④取り扱いが容易であること等を考慮する必要がある。

(2) 冷熱蓄熱

夏季昼間の電力需要の $\frac{1}{3}$ 以上は冷房需要であると云われる程、最近冷房による電力需要が増加した。従って、夜間電力を用いた冷熱蓄熱は、電力負荷平準化の最も有効な手段である。

現在考えられている冷熱蓄熱用化学反応で最も有望なものは、気体の水和水反応を利用したものである。これは化学技術研究所で見出されたもので、現在基礎的な研究が行われている。原理は極めて簡単で、加圧状態のフロン等の液化ガスを水槽の中に吹き込むと、フロンの蒸発とともに、フロン水合物の微粒の水状結晶が生成する。この結晶は、条件により異なるが、 $5\sim 14^{\circ}\text{C}$ で生成するため、氷を生成させる程大きな電力を必要としない。又水とフロンの直接接触であるから熱交換効率は非常に高いこと、結晶は非常に微粒であり、会合してブロック状にならないため、水に対して50%ぐらい結晶が生成しても、充分流動性があり、しかも、氷と同じ大きさの融解潜熱をもつと等非常に優れた特徴をもっている。この反応については、化学技術研究所において、もうしばらく、水和水物の生成条件などについての基礎的な研究がなされた後に、民間企業により実用化のための研究が行われる予定である。

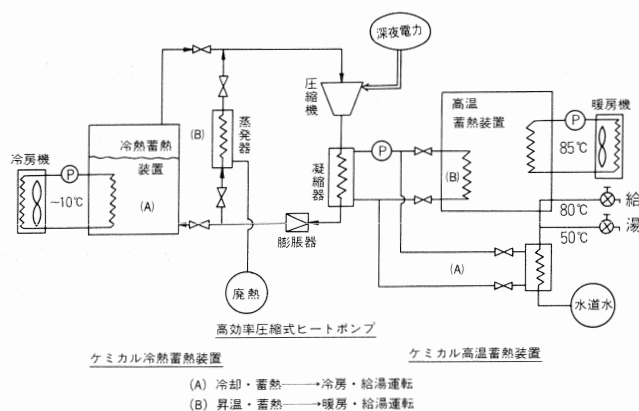


図-4 深夜電力を用いた昇温（冷却）蓄熱システム——（民生用の一例）

4. むすびにかえて——統合システム

最後に、圧縮式ヒートポンプとケミカル蓄熱を組み合わせた統合システムの一つのモデルを示す(図-4)。

このシステムは、深夜電力により圧縮式ヒートポンプを作動させ、冷熱あるいは高温蓄熱を行い、昼間冷暖房、給湯を行う民生用(住宅団地等)への一適用例である。

(A) 冷却モード運転

圧縮機—凝縮器—膨張器—冷熱蓄熱装置のサイクルにフロンを循環させ、蓄熱装置内にフロン水和物を生成させ冷房に用いる。一方蓄熱装置から奪った熱は、圧縮機により昇温され、凝縮器で放出、水道水を暖めて給湯に用いる。

(B) 昇温モード運転

圧縮機—凝縮器—膨張器—蒸発器のサイクルにフロ

ンを循環させ、廃熱のもつ熱を昇温し高温蓄熱装置に放出し、再生反応を行わせ蓄熱する。暖房時には、装置内に廃熱を導入し、発熱反応を行わせ、その熱で暖房および給湯を行う。

事務所ビルの空調、さまざまな業種の産業用には、それぞれ異った最適なシステムがあるはずであり、これらは、「トータルシステムの研究」および「システム化研究」により調査、検討することになる。

以上が「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム」およびその研究開発計画のあらましである。

参考文献

- 1) 省エネルギー「ヒートポンプシステム—I E A 技術評価報告」(1983)(財)省エネルギーセンター
- 2) 菊田滋「ヒートポンプの技術開発と展望」OHM (1983) Vol.12, p.18

話の泉

成績係数についての注意

ヒートポンプや冷凍機の性能表示に良く使われている成績係数(略称C.O.P.)は

$$\text{成績係数} = \frac{\text{装置が送り出した熱(冷熱)}}{\text{装置へ投入したエネルギー}}$$

と定義されており、熱を投入して動力を得る熱機関に対する熱効率の定義

$$\text{熱効率} = \frac{\text{装置が発生した動力}}{\text{装置へ投入した熱}}$$

と完全に見合った形をしているが、実は熱効率ほどの普遍性を持った量ではない。そもそも、ヒートポンプや冷凍機は常温と異なる温度を作り出すのが目的であり、その温度が常温から離れている程、高い機能を持つと見られることもできる。したがって、成績係数が温度の因子を含まないことはそれが性能比較に使える範囲を制約する。たとえば、家庭用冷蔵庫とヘリウム液化用超低温発生装置を成績係数で比較すると前者の方が圧倒的に高いけれども性能が良いと言うとおかしなことになってしまう。成績係数による比較が意味を持つには、発生した熱(冷熱)の温度、またはその熱を利用する側が必要とする温度が同じであることがまず必要である。だから、同じ装置を温度を変化させて運転した場合の性能の向上を議論するのに成績係数を使うのは熱量が多ければ良いとする立場ならば悪くはないが熱の質(温度)も考慮せねばならない場合にはまずい可能性が出てくる。成績係数でのもう一つ問題が起きる点は、投入エネルギーであり、このエネルギーの種類が異なれば成績係数の比較はまったく無意味である。だから、圧縮式ヒートポンプと吸収式ヒートポンプを成績係数で優劣判定するのはナンセンスなのである。吸収式

ヒートポンプを取ってみても第1種と第2種とでは投入エネルギーの中身がまったく違う。特別の熱源から高温の熱を装置に供給して低温の熱をブーストアップする第1種ヒートポンプでは、投入エネルギーとして高温熱源から供給された熱のみを考えるが、この装置は高温熱と低温熱の和を出力として出すので成績係数は常に1より大きくなる。他方、特別の熱源を必要とせず低温の熱をその一部を利用してブーストアップする第2種ヒートポンプでは、投入エネルギーとして低温熱源からの熱全量を考えるので成績係数は常に1より小さい。したがって、第1種ヒートポンプの成績係数は第2種よりどんな場合でも大きい。これが優劣につながらないことは、第1種ヒートポンプでブーストアップすべき低温の熱をゼロとした場合(単なる加熱器)でも定義に従えば成績係数は1に等しい事実を考えれば容易に理解できるであろう。成績係数による比較が意味を持つにはさらに、投入エネルギーの種類(熱の場合は温度)も同一であることと、装置へのエネルギーの流れが一致することも必要である。

このように、成績係数は同一形式の機器間で、それを出入りするエネルギーの種類、質(温度)が同一であるというように極めて限定された場合にのみ性能比較に使える点に十分留意しておかないと大きな誤りを犯す恐れがある。ヒートポンプを省エネルギー機器として考える場合、それが採用されるシステムのエネルギー消費、経済性を総合的に検討することによって初めて、各種の形式のヒートポンプの優劣の客観的な議論が可能になるのである。

(中西重康)