

## ヒートポンプ式空調機器開発の歴史(2)

エネルギー応用研究所 お客さま技術G 空調・熱供給T

前回は、火や氷を使った空調に始まり、蓄熱式ヒートポンプシステムにいたるまでの空調の歴史と、フロンを中心とした冷媒の歴史についてまとめました。今回は当社が至近年に取り組んでいるヒートポンプ式空調機器の開発についてまとめます。

### 1 当社の空調機器開発への取り組み

冷房は夏季の昼間帯に集中的に用いられるため、典型的なピーク負荷になっています。このピーク負荷に合わせて電力設備を建設するため、年平均負荷に対しては電力設備が過剰となり、設備の稼働率が低下します。電力会社にとっては、季節間、昼夜間の電力需要の格差を縮小し、設備の稼働率を向上すること、つまり電力の負荷平準化が電気料金の低廉化を図るための至上命題となっています。

蓄熱式空調システムは蓄熱槽を備えた空調システムです。電力ピーク形成の主要因である空調負荷を、割安な夜間電力を用いて、氷や冷水、温水などの熱エネルギーの形で蓄熱槽に貯蔵し、昼間にこの熱を放出して賄うシステムです。このシステムの導入により夏季の昼夜間の電力需要格差を縮小できます。また、ランニングコストの低減、空調設備容量の縮小、基本料金の軽減を実現します。当社では電力の負荷平準化に向けた研究開発の一環として、蓄熱式空調システムの開発を進めてきました。「エコアイス」や「エコアイスmini」などがその成果としてあげられます。

また、機器が高効率になれば消費電力が低減し、経済性が向上するだけでなく、省エネ性も向上します。お客さまに電気式空調機器をより安価にご利用いただくため、当社では高効率な空調機器の開発を進めてきました。そうした取り組みの成果として「新冷媒対応高効率パッケージエアコン」や「ウルトラハイエフ」などがあげられます。

一方、地球環境保全への対応策としては、これまでオゾン層を破壊しないHFCなどの新冷媒を採用した機器の開発を進めてきました。さらに現在は地球温暖化係数も小さい炭化水素、CO<sub>2</sub>などの自然冷媒を採用した機器の開発も進めています。そうした取り組みの成果として「CO<sub>2</sub>冷媒空調・給湯ヒートポンプ」や「プロパン冷媒ユニット型エコアイス」があげられます。

### 2 ヒートポンプ式空調機器の効率

ヒートポンプは温度の低いところから高いところへ熱を汲み上げるもの(第1図)で、空調機器のように高温側と低温側の温度差が小さい場合には、投入エネルギーより大きな熱を汲み上げることができます。



第1図 ヒートポンプの熱収支

ヒートポンプ式空調機器のエネルギー効率を表す指標の一つとして成績係数(COP: Coefficient of Performance)があります。

COPとは、空調機器を運転するために必要な投入エネルギーに対して何倍の冷房能力あるいは暖房能力を得られるかを示す無次元の数値で、下式のように定義されます。

$$\text{冷房のCOP} = \frac{\text{冷房能力}(Q_L)}{\text{投入エネルギー}(Q_I)} \quad \text{暖房のCOP} = \frac{\text{暖房能力}(Q_H)}{\text{投入エネルギー}(Q_I)}$$

また、蓄熱式空調システムでは、熱の生産と消費が同時に行われないため1日単位での効率を考え、冷房能力は日量冷房効率(=1日の冷房能力積算値÷1日の消費エネルギー量)を用います。

高いCOPもしくは日量冷房効率であるほど省エネルギー機器であるといえます。

### 3 ヒートポンプ式空調機器の特徴

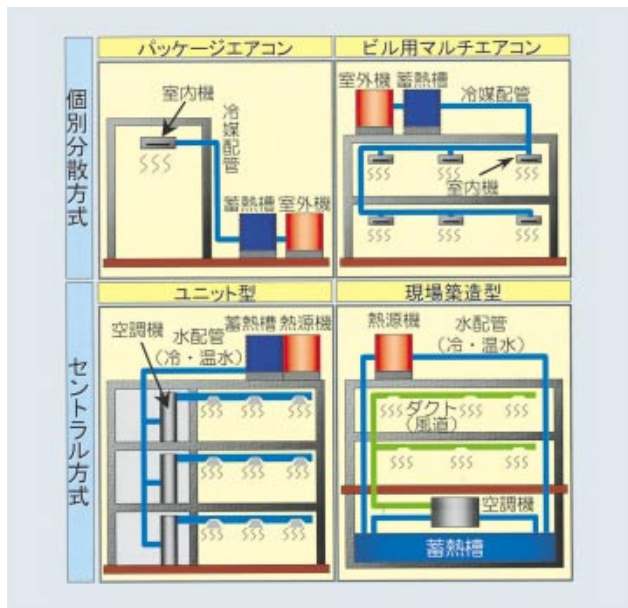
ヒートポンプ式空調機器はエネルギー効率が高いため、省エネルギー時代にふさわしい空調システムです。さらに、電気式ヒートポンプは燃焼装置を必要としないため、火災や爆発の恐れがなく、大気を汚染する排気ガスも発生しません。また、保守管理も容易です。以上のことから、電気式ヒートポンプは省エネルギーに貢献し、地球環境保全への対応策として非常に優れた機器であるといえます。

## 4 空調システムの構造上の分類

空調システムは、中小ビル向けの個別分散方式、および延床面積5,000m<sup>2</sup>以上の大規模ビルで主流のセントラル方式に大別されます。

個別分散方式空調システムは、室外機と室内機が冷媒配管で結合されてヒートポンプサイクルが構成されたものです。1台の室外機に対し室内機が1台のパッケージエアコンと、1台の室外機に対し複数の室内機が接続されフロアごと、スペースごとの制御が可能なビル用マルチエアコンとがあります。

セントラル方式空調システムは、機械室などで集中的に熱をつくり、それを冷水や温水として水配管で建物内に設置された空調機まで搬送し、各部屋の冷暖房を行う空調システムです。熱源機や蓄熱槽をユニット化して設置するもの(ユニット型)と、建物の基礎部分(地下二重スラブ)などを利用して現場で蓄熱槽を築造するもの(現場築造型)とがあります(第2図)。



第2図 個別分散方式とセントラル方式

## 5 個別分散方式空調機器の開発

### (1) 氷蓄熱式ビル用マルチエアコン「エコアイス」

平成6年度から、個別分散方式氷蓄熱式空調システムが「エコアイス」としてメーカー各社から発売されました。当社はこれらの製品の基本性能試験や年間の熱負荷試験を実施し、個別分散方式エコアイスの性能を把握すると共に、メーカーに改善指導を行ってきました。

その後も、より電気料金を安くしたい、より環境に優しい機器を使いたいとのお客さまの声にお応えするために、電力2社(東京、関西)、ダイキン工業、日立空

調システム、三菱電機、三菱重工業と共同でエコアイスの効率向上(日量冷房効率2.3)とオゾン層を破壊しない新冷媒への対応(R407Cの採用)に成功し、商品化しました。さらに、電力2社(東京、関西)、ダイキン工業と共同で日量冷房効率を3.0まで向上させたエコアイスを商品化しました(第3図)。



第3図 新冷媒対応高効率エコアイス

### (2) 氷蓄熱式パッケージエアコン「エコアイスmini」

業務用空調機器容量の約80%を占める個別分散方式のうち、1/3が空調能力14~20kWクラス(空調面積80~200m<sup>2</sup>程度)です。このクラスについても氷蓄熱式空調機器を提供するために、小型氷蓄熱式パッケージエアコン「エコアイスmini」を、北海道電力を除く電力8社、ダイキン工業、日立製作所、三菱電機、三菱重工業と共同で開発し、商品化しました(第4図)。

### (3) 新冷媒対応高効率パッケージエアコン

空調能力14kW以上を対象とした大規模・中規模の空調分野では、電力の負荷平準化策として氷蓄熱システムが一般的になっています。しかし、空調能力14kW未満のパッケージエアコンやルームエアコンでは蓄熱槽が割高なため、エコアイスがなかなか採用されない状況にあります。また、ルームエアコンは高効率化が進んでいましたが、パッケージエアコンの効率向上は遅れていました。

そこで、電力ピークカットに貢献でき、地球環境にも優しい高効率のパッケージエアコンを電力4社(東北、東京、関西、九州)、東芝キヤリア、三菱重工業と共同で開発し、商品化しました(第5図)。



第4図 エコアイスmini



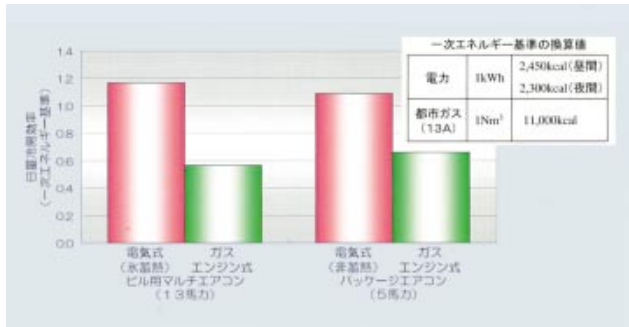
第5図 新冷媒対応高効率パッケージエアコン

開発した商品のCOPは冷房3.8、暖房4.0と、従来市販品(2.6程度)を大きく上回るものとなり、改正省エネ法の省エネ基準値3.12(平成19年度より適用)をいち早く上回っています。

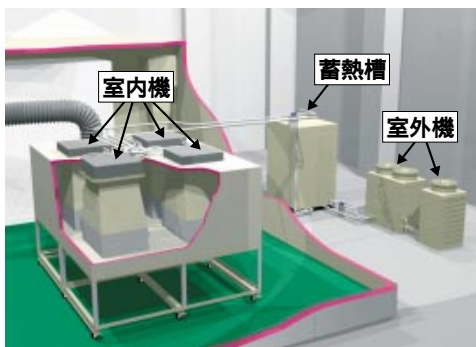
また、オゾン層を破壊しない新冷媒(R410A)を採用しています。

#### (4)ガスエンジン式ヒートポンプとの性能比較

様々な気象条件を季節に関係なく再現できる世界最高水準の環境試験室である当社所有の「全天候環境実験棟」「空調システム評価ラボ(第7図)および「空調システム解析ラボ」の機能を用いて、電気式ヒートポンプとガスエンジン式ヒートポンプの基本性能比較を行い、電気式ヒートポンプはガス式に比べて一次エネルギー基準の日量冷房効率が高いことを実証しました(第6図)。



第6図 日量冷房効率の比較



第7図 空調システム評価ラボ

## 6

### セントラル方式空調機器の開発

#### (1)超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」

当社は平成10年度に地域熱供給や大規模ビル空調を対象として、超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」を商品化しました(第8図)。理論効率の優れた新冷媒サイクル(ローレンツサイクル)を世界で初めて実用化し、従来のスクリーヒートポンプに比べCOPが50%向上しました。冷却水温度が15℃まで下がるとCOPは10を超えます。冷媒はオゾン層を破壊しない

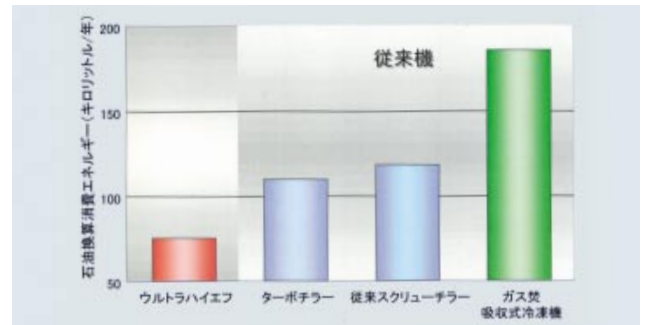
HFCを採用し、高効率化による省エネルギーで地球温暖化抑制にも貢献できます。

延床面積10,000m<sup>2</sup>のインテリジェントビルで従来の大型ヒートポンプと比べて石油換算で35~110キロリットル/年の省エネルギーを達成しています(第9図)。

ウルトラハイエフはその技術的革新性、省エネルギー性および環境保全性が高く評価され、平成11年度の日本機械学会賞と省エネ大賞、平成13年度の中日産業技術賞と優秀省エネルギー機器表彰を受賞しました。



第8図 超高効率ヒートポンプ「ウルトラハイエフ」



第9図 消費エネルギー比較(10,000m<sup>2</sup>ビルを想定)

#### (2)CO<sub>2</sub>冷媒空調・給湯ヒートポンプ

オゾン層を全く破壊しない冷媒の採用に加え、一層の地球環境保全性、省エネルギー性、経済性の向上が強く求められています。こうしたニーズに応え、当社ではCO<sub>2</sub>を冷媒に用いた、「CO<sub>2</sub>冷媒業務用・産業用空調・給湯ヒートポンプ」を平成13年度に前川製作所と共同で開発しました(第10図)。

CO<sub>2</sub>はオゾン層を破壊しない上に、地球温暖化係数が従来用いられていたHCFC22の1700分の1です。その上、従来のフロン系冷媒では最高50℃程度のお湯しか取り出せませんでした。CO<sub>2</sub>冷媒を採用することにより85℃という高温給湯が可能となりました。また、同時に製氷もできる「優れもの」で、世界で初めて商品化の目処をつけました。

冷熱・温熱同時取りだし時の効率は、夏季で4.0、冬季で5.2と高いCOPを達成しています。

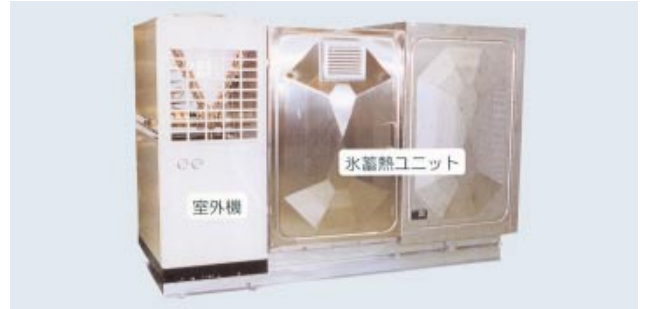
第10図 CO<sub>2</sub>冷媒空調・給湯ヒートポンプ

### (3)プロパン冷媒ユニット型エコアイス

プロパンは可燃性の問題がありますが、オゾン層破壊係数が0で、地球温暖化係数も0に近いという特長があります。また、既存の設備にも対応することが可能であり、毒性がありません。そこで、防爆等の安全対策を施した、プロパン冷媒ユニット型エコアイスゼネラルヒートポンプ工業と共同で開発しました(第11図)。

当社、技術開発本部にて実施した実証試験において、氷蓄熱運転時のCOPが3.0を達成し、暖房運転時も同等のCOPを達成しました。同時に安全性、信頼性も確認しました。

脱フロン、自然冷媒指定のニーズに対応できる空調機器です。



第11図 プロパン冷媒ユニット型エコアイス

## 7 おわりに

お客様の様々なニーズに応え、省エネルギーの推進、地球温暖化防止に貢献するために、今後も電気利用空調熱供給機器の研究開発に取り組んで参ります。

第1表 当社のヒートポンプ式空調機器の開発履歴

年度	動向	当社の空調機器開発の経緯		
		個別分散方式		セントラル方式
		パッケージエアコン	ビル用マルチエアコン	
	昭和45年 蓄熱システム向け電気料金割引制度開始			昭和55～63年 ユニット型氷蓄熱式空調システム
平成6	気候変動枠組条約発効		個別分散方式氷蓄熱空調機器「エコアイス」	
平成7	エコアイス本格的に発売「エコアイス普及元年」			平成5～7年 スーパーヒートポンプの実証研究
平成8	先進国においてCFC冷媒生産全廃			
平成9	地球温暖化防止京都議定書			
平成10	改正省エネ法公布	エコアイスmini	高効率エコアイス (日量冷房効率1.9)	ウルトラハイエフ (COP7～10)
平成11	トップランナー方式採用	新冷媒対応高効率パッケージエアコン (COP3.7)		
平成12			新冷媒(HFC)対応高効率エコアイス (日量冷房効率2.3)	
平成13			新冷媒対応高効率エコアイス (日量冷房効率3.0)	プロパン冷媒ユニット型エコアイス (COP 3.0) CO <sub>2</sub> 冷媒空調給湯ヒートポンプ (COP 4.0)
平成14		新冷媒対応高効率エコアイスmini (日量冷房効率3.2)		
平成22	HCFC全廃予定			



執筆者/林 大介  
Hayashi.Daisuke@chuden.co.jp