

水蓄熱ビル空調システムの効率向上

蓄熱容量の増大と搬送動力の低減

Improvements in the Thermal Efficiency of a Water-heat Storage Air Conditioner

Increase of heat storage capacity and reduction of drive power requirement

(電気利用技術研究所 第三研究室)

夜間電力を利用した蓄熱空調システムには、水、氷、その他蓄電材を利用した方式があり、それぞれの特徴を生かして目的、用途に合った方式が各所へ導入されている。今回、水蓄熱空調方式において、エネルギーの効率向上策として水の利用温度巾を拡大し、蓄熱容量の増大と冷温水搬送動力の低減を図り、経済的に優位な空調システムを開発した。

Electrotechnology Application Research & Development Center,
Research Section No. 3

Heat-storage air conditioners utilizing the electricity during the night work on various storage media; water, ice, latent heat storing materials, etc., and facilities of different types have been installed in various buildings to take advantage of the respective types' features, depending on the application. We have developed an economically superior air conditioning system of the water-heat storage type. This was achieved by extending the applicable water temperature range to improve the energy efficiency, increasing the heat storage capacity and reducing the power requirement for pumping the water.

1

利用温度巾を2倍に拡大

従来の水蓄熱空調方式は、ヒートポンプの夜間運転により昼間の冷暖房に利用できる温度域まで水を冷却または加熱し、その熱を温度差5℃（冷房時7℃→12℃、暖房時45℃→40℃）利用しているが、利用熱量が少ないこともあり、蓄熱槽が大きくなるなどの課題があった。

そこで、今回の開発システムは

- 冷房時は夜間に1℃の冷水を蓄え、その温度差10℃（1℃→11℃）利用する。
- 暖房時は夜間に55℃の温水を蓄え、その温度差10℃（55℃→45℃）利用することとし、しかも従来よりも総合効率を向上させることを基本に研究を進めた。

2

ヒートポンプシステムの開発・改良

(1) 蒸発器の改良

水を1℃冷却するには、熱交換器内部での局部氷着を防ぐ必要があり、そのため蒸発器（シェルアンドチューブ型）の熱伝達性能の向上を図らなければならない。

このため、

- ①チューブに内面溝付管を用い、管内熱伝達を2.5倍に向上させるとともに、冷媒と冷水の温度差を小さくし、氷着を防いだ。
- ②シェル側のバフフル枚数を増し、乱流熱伝達の促進により管外熱伝達を1.2倍に向上させた。（第1図）（第1表）

(2) 運転制御システムの開発

運転制御はマイコンの能力を生かし、冷温水系とヒ

ートポンプ系の諸計測（温度、流量、圧力、電力量等）を行いデータを保管するとともに、運転状況を常に監視しており、万一システムに異常（温度・圧力上昇低下、油量不足、過負荷、断水等）が発生した場合には、停止させたり警報を出す。なお、対応についてはガイドメッセージにより、その対策を指示するシステムとした。

3

システムの特徴

(1) 蓄熱槽を1/2に縮小

蓄熱した冷温水の利用温度域の拡大により利用可能エネルギー量が従来の2倍となり、空調負荷を同一とした場合蓄熱槽容量を1/2に縮小できる。

(2) 総合効率の向上

ヒートポンプの成績係数は、冷温水の冷却・加熱温度巾を拡大して運転するため、蒸発温度の低下に伴い7～8%低下し、これにより消費電力は10%程度増加する。

しかし、空調機（ファンコイルユニット、エアハンドリングユニット）に循環する冷温水の利用温度巾を従来の2倍の範囲内で運転するため

- 循環水量を1/2に減少できるため搬送動力は1/2に低減する。
 - 機器内および配管内の水頭圧損失が減少し搬送動力が更に低減できる。
- などの効果が期待できる。

この効果を試験により確認した結果（第2表）、一般の空調機と組合せて運転しても、支障なく運転可能で十分な冷暖房能力が得られる。

また、循環水量は約1/2に、水頭圧損失は約1/3に低

減することができる。これを消費電力で見ると約20%の節減となりエネルギーの有効利用が図れる。

(3) 万一の凍結に備えて

通常の運転では、冷水が凍結することはないが膨張弁の故障、冷媒通路の閉塞、冷媒不足などによって凍結する恐れがある。

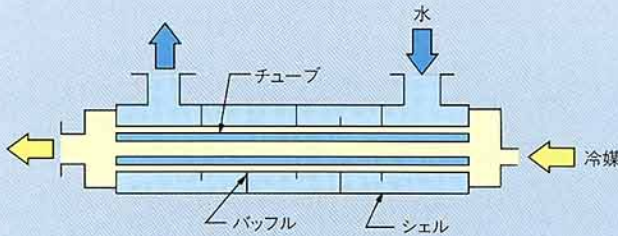
このため、従来の冷水温度、蒸発圧力の監視に加えて凍結によって水頭損失が増大することに着目し、冷水の蒸発器出口、入口の圧力差を監視して、凍結検出精度の向上を図った。(第2図)

もし、凍結した場合はホットガスバイパス方式により解凍するのが一般的であり、従来スクリーヒートポンプチラーの場合の注入は蒸発器入口に注入していたが、蒸発器出口に注入しホットガスを逆流させる方

法が効果的であることが分りシステム化を図った。(第3図)(第3表)

4 年経費12%軽減

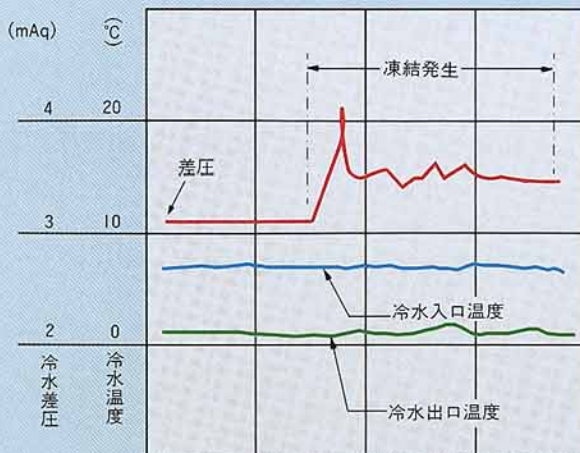
中小規模ビル(空調床面積2,000m²)を対象に経済性を試算した結果、従来の水蓄熱方式に比べ、蓄熱槽の小型化と、搬送動力の低減によりエネルギー効率の向上を図って年経費が約12%軽減できることを確認した。(第4表)



第1図 シェルアンドチューブ概図

第1表 蒸発器の伝熱比較

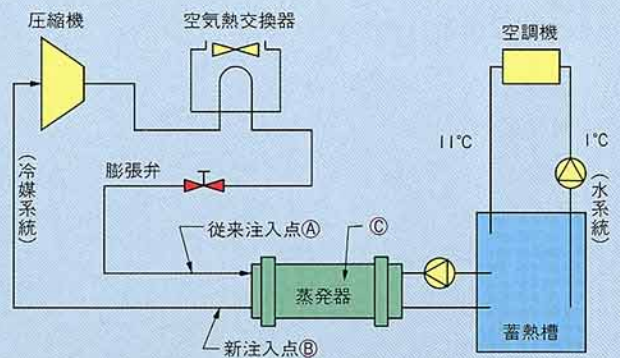
	開発機	従来機
伝熱管種別	内面溝付き管	ベアータューブ
管内熱伝達率比	2.5	1.0
バッフル枚数	21	15
管外熱伝達率比	1.2	1.0
伝熱壁面温度(°C)	-0.5	-1.2



第2図 凍結(冷媒不足)と差圧の関係

第2表 循環流量と冷暖房能力

	空調機器 使用形態	ファンコイルユニット1.5RT		エアハンドリングユニット10RT	
		標準	拡大	標準	拡大
冷房	入口温度(°C)	7	1	7	1
	流量(ℓ/min)	15	8.2	100	57
	能力(kcal/h)	4,500	4,450	30,000	30,700
	水頭損失(mAq)	2.4	0.8	2.4	0.8
暖房	入口温度(°C)	45	55	45	55
	流量(ℓ/min)	15	8.2	100	57
	能力(kcal/h)	4,620	4,820	28,000	33,150
	水頭損失(mAq)	2.0	0.7	2.1	0.7



第3図 ホットガスの注入場所

第3表 ホットガス注入場所と解凍時間

注入場所	所要時間
A点 蒸発器入口	25分
B点 蒸発器出口	15分
C点 蒸発器内部	20~25分

第4表 経済比較 (百万円)

設備費	開発方式		従来方式		
	年経費(A)	24.6	2.7	28.5	3.1
運転費(B)	エネルギー費	2.3	1.8	2.6	2.1
年経費	(A) + (B)	5.0		5.7	
成績係数	ヒートポンプ	3.3~3.0		3.5~3.2	
	総合	2.8~2.6		2.6~2.4	

(注)年間負荷:冷房49.7Gcal、暖房59.1Gcal