



Title	冷媒循環型熱利用システム
Author(s)	頭島, 康博; 杉浦, 匠; 加藤, 浩二
Description	第6回衛生工学シンポジウム (平成10年11月5日 (木) -6日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 計画・システム . 3-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 6, 95-98
Issue Date	1998-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7328
Type	departmental bulletin paper
File Information	6-3-4_p95-98.pdf



3-4

冷媒循環型熱利用システム

頭島康博, 杉浦 匠, 加藤浩二 (日立プラント建設)

1. はじめに

近年、地球環境保護の観点から空調分野においても消費エネルギーの削減が強く要求されている。特に半導体産業では生産設備の増大により装置発熱が増加しており、この冷却動力の削減が急務になっている。そこで筆者らは熱搬送動力が不要な冷媒自然循環を利用し、冷熱源として低温外気を用いることで空調動力を削減できる冷房システムの開発に取り組んだ¹⁾²⁾。本報では、その基礎特性の検討と実規模実験装置での検証結果を報告する。

2. 冷媒自然循環式冷房システムの概要

低温外気を冷熱源に利用した冷媒自然循環式冷房システムの概要を図1に示す。このシステムは上部に設置した凝縮器と下部に設置した蒸発器、それらを結ぶ冷媒配管で構成され、この密閉系内に冷媒を充填した簡単な構造である。凝縮器には低温外気が送風され、外気冷熱により冷媒が凝縮した後自重で蒸発器側へ落下し、蒸発器で蒸発する際に室内還気を冷却する。冷媒は系内で蒸発・凝縮をくり返し気液の密度差により自然循環する。

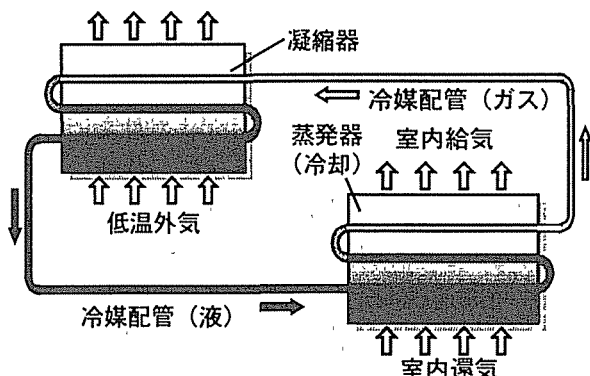


図1 冷媒自然循環式冷房システム

3. 基礎実験

本システムに使用する冷媒及びその充填量を検討するため、机上検討及び基礎実験を行った。

3.1 冷媒の選定

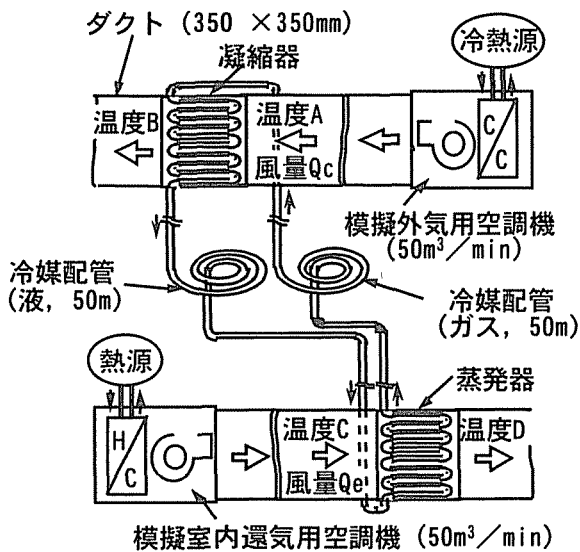
本システムの熱搬送に用いる冷媒を選定するため、各種冷媒の物性を調査した。選定にあたっては、①地球環境保護の観点からオゾン破壊係数が0であること、②安全性の観点から可燃性がないこと、などを考慮して机上検討を行った。その結果を表1に示す。ここで、システムの冷却能力は冷媒が相変化する時の蒸発潜熱の大きさに依存するので、能力を最大限発揮するには潜熱の大きい冷媒がよい。そこで、本システムでは冷媒としてHFC134aを選定した。

表1 各種冷媒の特性

	HFC		PFC	
	125	134a	PF5050	PF5060
化学式	CHF ₂ CF ₃	CH ₂ FCF ₃	C ₃ F ₁₂	C ₆ F ₁₄
オゾン破壊係数	0	0	0	0
可燃性	無	無	無	無
蒸発潜熱(kcal/kg)	26.3	42.6	21.0	21.0
蒸気圧(kg/cm ²)	14.1	6.8	0.8	0.3

3.2 基礎実験装置

基礎実験装置を図2に示す。凝縮器は上部ダクト内に、蒸発器は下部ダクト内に設置し、その間を片道50mの冷媒配管で接続した。両熱交換器のヘッド差は約5mとした。各熱交換器には任意に温度を設定した同量の空気を送風し、熱交換器通過前後の空気温度を測定し熱利用率Φを算出した。



熱利用率 ϕ

$$\phi = \frac{\rho \cdot (D - C) \cdot Q_e}{\rho \cdot (A - C) \cdot Q_c + \rho \cdot Q_e} \times 100$$

(ρ : 空気 の 比熱)

図 2 実験装置

実験は系内に封入する冷媒の充填率を変化させて行い、各充填率での熱利用率を検討した。

3. 3 冷媒の充填率

冷媒の充填率と熱利用率の関係を図 3 に示す。充填率とは、熱交換器及び配管の全容積に対する冷媒液の割合である。充填率を 20% から大きくするに従い、熱利用率も大きくなり、55% で最大となる。さらに大きくすると熱利用率は低下した。これは、冷媒充填率が 20% から 55% に増加する場合には、液管において冷媒の液柱ができ冷媒液のヘッドが大きくなり駆動力が増加するためであり、充填率が 55% 以上になるとガス管に占める冷媒液の割合が増え、液管とガス管の冷媒液のヘッド差が減少し駆動力が低下するためであると考えられる。このことより冷媒の充填率は 55% 程度が適正であると考えられる。

条件・コイル列数：6列×2台
・配管長さ：50m

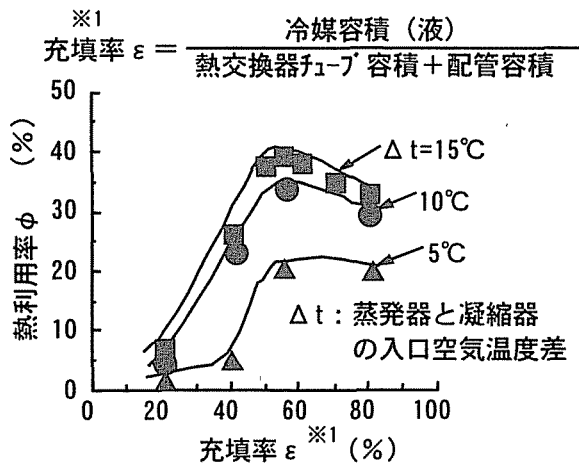


図 3 冷媒充填率と熱利用率

4. 実規模実験

基礎実験で得られた知見をもとに実規模実験装置を製作し、制御方式の検討及び年間連続運転での実証実験を行った。

4. 1 実規模実験装置

実験装置の概要を図 4 に示す。本システムの構成は基礎実験装置と同様であり、使用した熱交換器のサイズは凝縮器、蒸発器とも 800W×764H×190L とした。凝縮器はファンと共にユニット化して屋上に設置し、蒸発器は既設の室内用空調機に組み込んだ。風量はいずれも 140m³/min とした。両熱交換器間のヘッド差は約 14 m、配管全長は約 80m である。被冷却室の容積は約 100m³、熱負荷は照明、ファン等の発熱で 4000~5000kcal/h である。系内を循環する冷媒は R134a を用いた。

実験は 1997 年 3 月から 1998 年 2 月までの一年間、北海道地区で行った。各熱交換器入出の空気温度及び室内還気温度は T 型熱電対を用いて測定した。データは 24 時間連続測定し、測定値から除去熱量を算出した。室内温湿度の連続測定には、サーミスタ及び高分子抵抗型の温湿度計を用いた。室温制御は凝縮器側フ

ファンのインバータを PID コントローラーを用いて操作する方式と冷媒液管に取り付けた電動バルブを操作する方式の 2 方式に関して検討した。

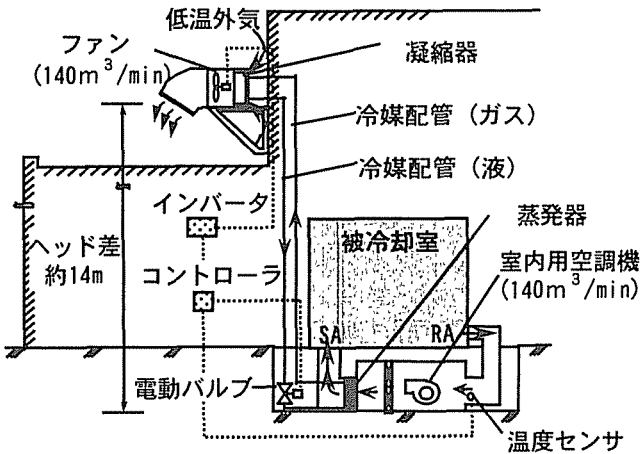


図 4 実験装置概要

4. 2 室温制御実験

電動バルブによる室温制御結果を図 5 に示す。室温は電動バルブの開度変化に伴い周期的に変化しているが、外気温度の変動による影響はなく設定値 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 以内に制御されている。

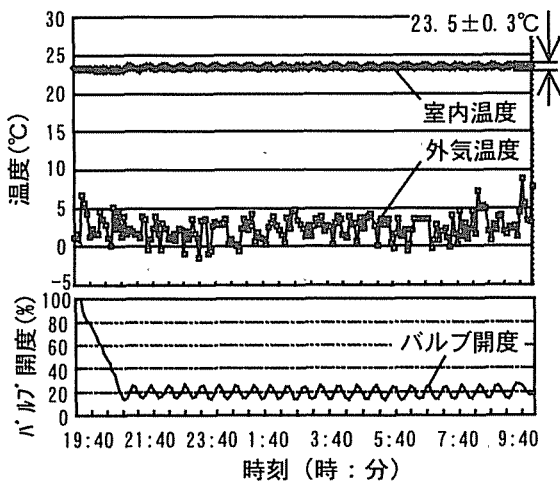


図 5 電動バルブによる室温制御

ファンによる室温制御結果を図 6 に示す。室温は電動バルブによる制御と比較して周期的な変動も見られず、設定値 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以

内に精度よく制御できた。このことからいずれの制御方式も良好な結果が得られ、両方式とも十分に実用性があることを確認した。なお連続運転時の制御として今回はファンによる方式を採用した。

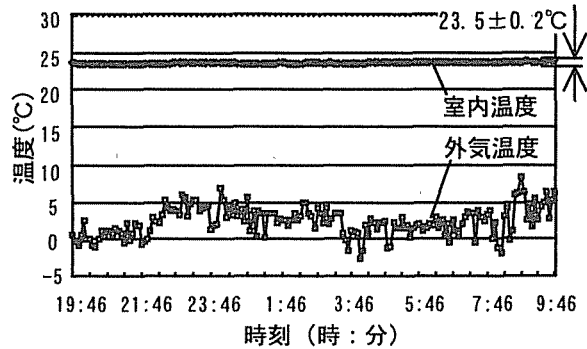


図 6 ファンによる室温制御

4. 3 年間連続運転実験

年間連続運転時の冬期（室温制御あり）の室温及び除去熱量の変化を図 7 に示す。冬期には、外気温度が低下しても室内温度は設定値 23°C 付近に安定しており、連続運転時にも凝縮器側ファンをコントロールすることで室温を良好に制御する事ができ、除去熱量も室内熱負荷に対応して適正に推移していることを確認した。

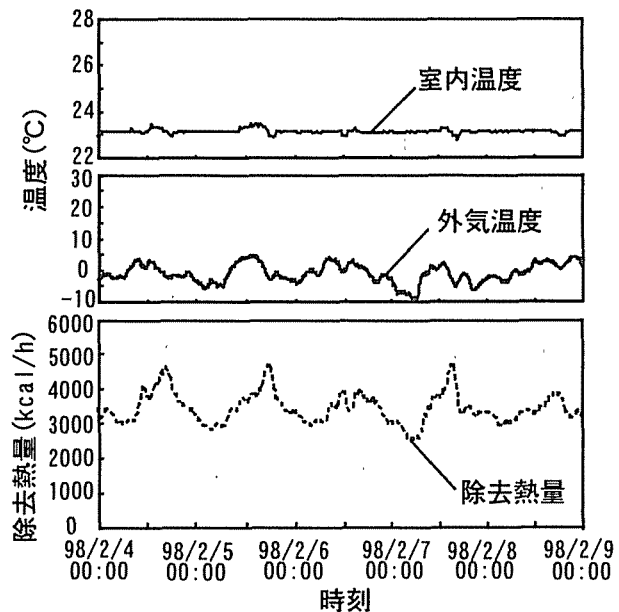


図 7 室温と除去熱量の経時変化(冬期)

4. 4 月別除去熱量

月別の除去熱量の実測値を図8に示す。外気温度が低下する冬期に能力が大きく、除去熱量は約2500Mcal/月となった。また、夏期や中間期でも、外気温の上昇に伴い能力は低下するが、夜から明け方にかけて外気温度が低くなるとある程度の能力が発揮されることを確認した。今回の実験で得られた年間を通じた積算除去熱量は 20.7×10^3 Mcal であったが、本システムを室温制御をせず冷却能力を最大限発揮するように運転することで更に大きな除去熱量が得られると考える。

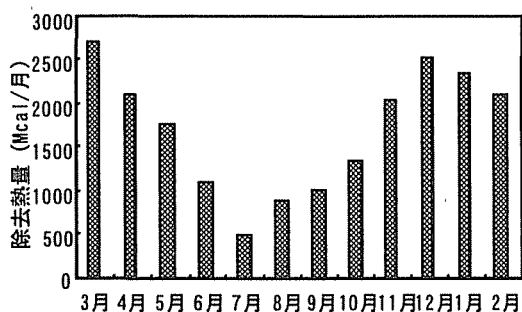


図8 月別除去熱量

5. エネルギー試算

本システムを通常クリーンルームの顕熱処理システムに併設した場合の、年間消費電力量を試算し、エネルギー削減率を検討した。

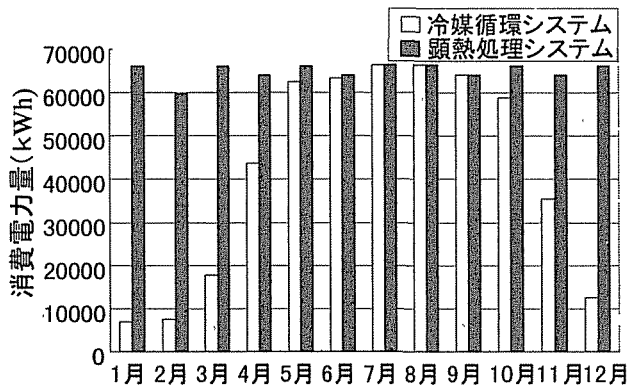
5. 1 試算概要

適用する室内は熱負荷 200,000kcal/h、室内設定温度は 23℃とした。外気条件は札幌とし、HASP 標準気象データを使用した。顕熱処理システムの冷水製造には空冷チラーを使用し、冷水循環システムのポンプ動力も考慮した。冷媒循環システムではファン動力も考慮して試算を行った。

5. 2 試算結果

月別消費電力量とエネルギー試算結果を図9に示す。外気温度が低下する冬期には冷媒循環システムの能力が発揮され、冷凍機の運転時間が削減されるため消費電力量が大幅に低減されている。また中間期にお

いてもある程度の能力が発揮される見通しを得た。今回の試算でエネルギー削減量は 2.74×10^5 kWh となり、削減率は 35% であった。



エネルギー削減量	2.74×10^5 (Kwh)
エネルギー削減率	35%

図9 エネルギー試算

6. まとめ

外気を熱源とした冷媒自然循環式冷房システムに関する基礎実験及び実規模実験装置の年間連続運転を行い、以下の知見を得た。

- (1) 冷媒として、HFC134a を選定した。
- (2) 冷媒の充填率は50~55%が適当である。
- (3) 電動バルブ及び凝縮器ファンをコントロールすることで、室温を設定値 ± 0.3 ℃以内に制御できる。
- (4) 年間を通じた積算除去熱量は 20.7×10^3 Mcal であった。

(5) 札幌を対象としてエネルギー試算を行った結果、顕熱処理システムと比較した場合のエネルギー削減率は35%である。

7. 参考文献

- 1) 加藤浩二, 頭島康博, 栗林卓: 冷媒循環型熱利用システムに関する研究: 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, pp. 193-196 (1997)
- 2) 頭島康博, 栗林卓, 加藤浩二: 冷媒循環型熱利用システムにおける熱搬送量の制御方式の検討: 日本建築学会大会学術講演梗概集, PP. 885-886 (1997)