



Title	潜熱蓄熱と躯体蓄熱の併用による床吹出し空調に関する研究
Author(s)	武田, 清香; 長野, 克則; 持田, 徹 他
Description	第10回衛生工学シンポジウム (平成14年10月31日 (木) -11月1日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 建築環境・エネルギー利用 . P3-10
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 10, 85-88
Issue Date	2002-10-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7107">https://hdl.handle.net/2115/7107</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	10-3-10_p85-88.pdf



### 3-10 潜熱蓄熱と躯体蓄熱の併用による床吹出し空調に関する研究

武田清香(北海道大学)、長野克則(北海道大学)、持田徹(北海道大学)、嶋倉一實(北海道大学)

#### 1 はじめに

近年、コンクリートスラブや梁などの建物躯体を蓄熱体として利用する躯体蓄熱空調システムの採用が増加している。躯体蓄熱は、午前中の空調負荷低減に効果を示すものの、負荷ピーク時の放熱量が小さいことが指摘されている。そこで本研究では、相変化材料 (Phase Change Materials、以下 PCM と略) の融解、凝固時の潜熱を活用した、新しい躯体蓄熱床吹出し空調システムを提案する。本論文においては、実際の室空間を模擬した実験システムの構築を行い、オフィス空調相当の蓄放熱実験を行う。また、室内気温や各蓄熱体温度の測定により、本システムの電力負荷平準化に対する効果についての評価を行う。

#### 2 システムの概要

図1の上図は、二重床を利用した躯体蓄熱と全面床吹出し空調の概念図を示し、下図は粒径数 mm の粒状の PCM(粒状 PCM)を層状に敷設(PCM 充填層と呼ぶ)した後の床下空間を表す。躯体蓄熱は、夜間電力帯に冷凍機を稼働させ、コンクリートスラブなどの躯体に冷気を吹き付けて蓄熱する方法である。本システム

ではスラブだけでなく、床吹出し空調用のセメント製 OA フLOORにも蓄熱が可能となるため、蓄熱容量は通常と比べ約 30%増加する。一般に躯体蓄熱による蓄熱量のみでは、昼間の最大負荷を賄うことが難しく、空調機の運転が不可欠となっている。そこで、潜熱蓄熱を併用することは、蓄熱量の不足分を補う方法として有効であると考えられる。例えば、潜熱量 45 J/g の粒状 PCM を、かさ密度 0.8 g/cm<sup>3</sup> で 3cm 充填する場合、相変化温度を挟み  $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$  で蓄熱する場合の合計蓄熱量は、120mm 厚コンクリートと 23mm 厚 OA フLOORに対する蓄熱量に相当する。一方、夜間蓄えた冷熱は昼間、室内へ放熱される。全面床吹出し空調システムの特徴としては、1) 室内へ低風速かつ均一に通風されるため、不快なドラフト感がないこと、2) 呼気や粉塵などの汚染空気が均一な上昇気流により、自然に押し上げられること、3) 吹出しが床全面から行われるため、レイアウト変更時にも吹出し口

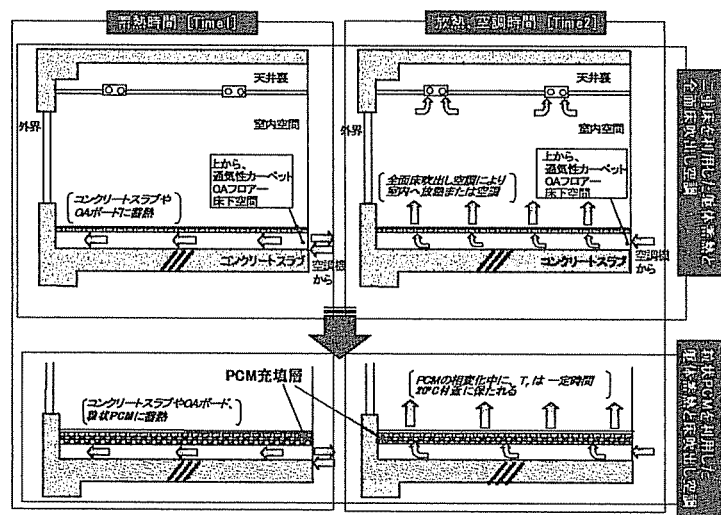


図1 システム概念図

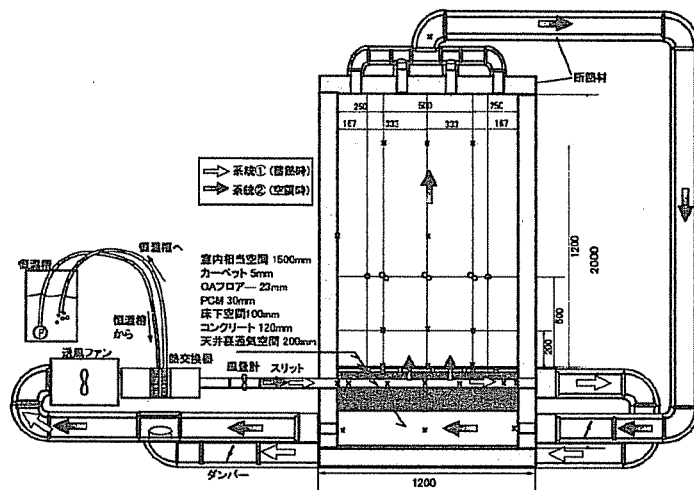


図2 装置断面図



を行い、図4に示す温度とエンタルピーの関係を得た。主たる相変化温度域は約15~22℃であり、そのときの比エンタルピー変化量は36 J/g、その内潜熱量は約27 J/gであった。内部のPCMが完全に融解したときの比熱は1.3 J/g/Kであった。またPCM充填層のかさ密度は0.61 g/cm<sup>3</sup>であった。

**3.3 実験条件** 実際のオフィス空調を模擬した一日単位の蓄放熱実験を行う。送風は、夜間の蓄熱時には図2中の系統①で、昼間の放熱、空調時には系統②で行われ、それぞれの時間をTime1、Time2とおく。Time2は8:00~20:00の12hとし、Time1は12h以下において変更できる。Time2では、はじめに室内への放熱を行い、室温が設定値を越えた場合に、空調機の運転を行う。また、Time3は非空調時間を示し、この間、送風は行われない。

実験装置の室内相当空間では、夏季冷房時の負荷相当の発熱が行われた。図5は、単位時間、装置床面積当たりの発熱量( $q_{load}$ とする)を示す。機器(パソコン、照明)発熱、人体発熱、日射による熱取得、貫流負荷を考慮した。発熱体は、5系統に分けられ、1時間ごとにON-OFF制御される。昼間の最大負荷は40 W/0.5m<sup>2</sup>とした。

実験条件Exp.1~4を表1のように設定する。Exp.1,2は躯体蓄熱のみの場合であり、Exp.3,4はPCM充填層を設置した場合である。全条件において、Time2における冷房設定温度は26℃とする。蓄熱時間はExp.1~4でそれぞれ、3, 7, 8, 10hとした。

#### 4 実験結果および考察

図6の上図は各実験条件における各温度変化を表し、下図は空調負荷( $q_{ac}$  W/m<sup>2</sup>とする)と冷房負荷  $q_{load}$  の時間変化を示す。ここで、 $q_{ac}$  を24時間積算した全空調負荷を  $Q_{ac-e}$  MJ/m<sup>2</sup> とし、そのうちTime1, Time2における値をそれぞれ、 $Q_{ac-1}$ ,  $Q_{ac-2}$  とする。図7は各条件における  $Q_{ac-1}$  と  $Q_{ac-2}$  を示す。夜間移行率  $r_s$  は負荷平準化を表す指標として式(1)で表され、各条件における  $r_s$  を図8において比較する。

$$r_s = \frac{Q_{ac-1}}{Q_{ac-e}} \quad [-] \quad (1)$$

まず、PCM充填層を用いない条件である、

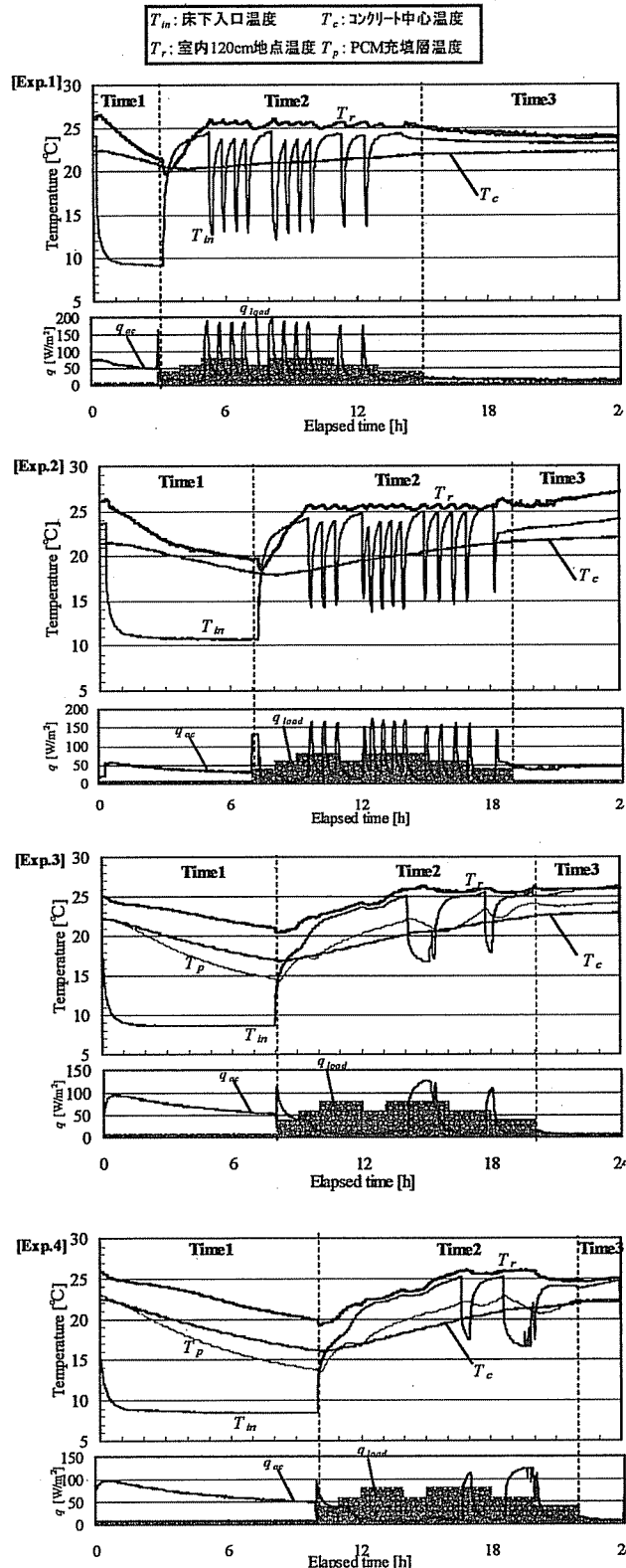


図6 各温度と  $q_{ac}$ ,  $q_{load}$  の変化

Exp.1 と 2 を比較する。両条件において、Time1 終了時の  $T_r$  は  $20^{\circ}\text{C}$  付近であった。 $Q_{ac-1}$  はそれぞれ  $0.65, 0.98 \text{ MJ/m}^2$  であった。その後 Time2 に入り冷房負荷が上昇するに従い、 $T_r$  も上昇した。冷房設定温度  $26^{\circ}\text{C}$  まで上昇し、初めて空調機の運転が行われるまでの時間はそれぞれ、 $2.1, 2.4 \text{ h}$  であった。図より、空調負荷はその後断続的に発生し、そのとき  $q_{ac}$  は約  $150 \text{ W/m}^2$  に達した。結果として  $Q_{ac-2}$  はそれぞれ、 $2.39, 2.73 \text{ MJ/m}^2$  であった。したがって、蓄熱時間を長くした場合にも PCM 充填層を用いない時には、Time1 で蓄えた冷熱は負荷ピーク時まで保持できないことが確認された。

一方、PCM 充填層を設置した Exp.3, 4 では、蓄熱時間が長いこと、 $T_m$  を低く設定したことにより、 $Q_{ac-1}$  は Exp.1, 2 の 2 倍以上となった。PCM 充填層を用いない場合に比べ、Time2 における  $T_r$  の上昇速度は小さいことがわかる。これは、PCM の融解による効果と考えられる。また、 $q_{load}$  が  $80 \text{ W/m}^2$  となる負荷ピーク時にも、 $q_{ac}$  は非常に低く推移していることがわかる。Time2 において、最初に空調機の運転が行われるまでの時間はそれぞれ、 $6.1, 6.9 \text{ h}$  であり、蓄熱保持時間は、PCM 無しの条件に比べ約  $4 \text{ h}$  長くなった。どちらの条件においても Time1 終了時に  $T_p$  は  $15^{\circ}\text{C}$  以下まで下降した。今回実験で用いた PCM の相変化温度は約  $15\sim 22^{\circ}\text{C}$  であるため、Time1 において PCM への蓄熱が充分に行われたことにより、Exp.1, 2 に比べ  $Q_{ac-2}$  は半分近くまで抑えることができたといえる。

PCM 充填層を設置した Exp.3, 4 では Exp.1, 2 に比べ、 $r_t$  は 2 倍以上となり高い値を示した。全条件を比較すると  $r_t$  は、蓄熱時間を  $10 \text{ h}$  とした Exp.4 において最も高く、 $0.632$  であった。粒状 PCM 中の PCM 含浸率が高くなる場合には、 $r_t$  は更に上昇することが期待できる。

## 5 まとめ

- 1) 孔あき OA ボードと粒状 PCM 充填層を組み合わせた蓄熱型床吹出し空調システムを提案し、実際の室空間を模擬した実験システムを構築した。実験装置の床面積は  $0.5\text{m}^2$  であり、蓄熱体として、スラブ相当のコンクリートと床吹出し空調用 OA フロアー、PCM 充填層を設置した。
- 2) 実験に使用した PCM は 2 種類のパラフィンを混合して融点が約  $20^{\circ}\text{C}$  になるように調合された。これを発泡ガラスビーズに真空吸引して担持させ、表面を樹脂コーティングしたものを粒状 PCM として用いた。粒状 PCM の相変化温度は約  $15\sim 22^{\circ}\text{C}$ 、潜熱量は約  $27 \text{ J/g}$  であった。
- 3) 実際のオフィス空調を模擬した一日単位の蓄放熱実験を行った。躯体蓄熱のみの実験条件では、昼間の空調時間帯の空調負荷が  $2.39\sim 2.73 \text{ MJ/m}^2$  であったのに対し、PCM 充填層を設置した条件では、 $1.37\sim 1.44 \text{ MJ/m}^2$  となり、夜間移行率は約  $60\%$  まで上昇した。また、負荷ピーク時間帯まで蓄熱を保持できる可能性が示され、今後、粒状 PCM の改良により、更に高いピークシフト、ピークカット効果が期待できるといえる。

参考文献: 1) 長野, 武田他: 粒状潜熱蓄熱材と空気の直接熱交換に関する実験的検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, D-45, pp.1501~1504, 2001.9

2) 長野, 武田他: 粒状潜熱蓄熱材と空気との直接熱交換特性に関する基礎的研究, 日本建築学会計画系論文報告集, pp55~61, 第 556 号, 2002

3) 長野他: 粒状潜熱蓄熱材を混入させた種々の建材の熱性能の検討, 空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集, pp45~48, 2002.3

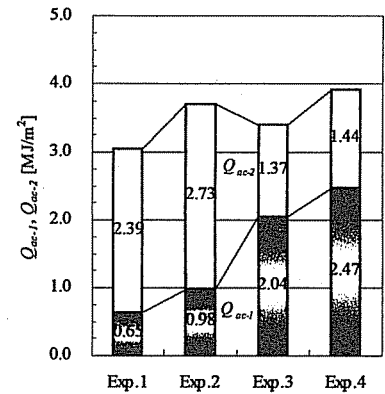


図 7 各条件における  $Q_{ac-1}, Q_{ac-2}$

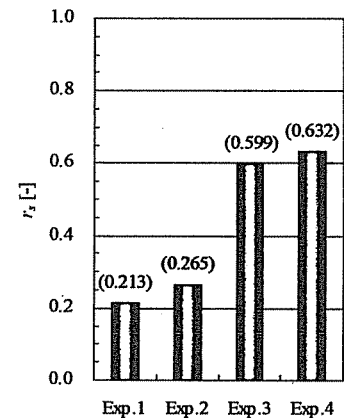


図 8 夜間移行率