

## 二重床空調方式の熱特性に関する研究

その1 スラブの熱容量を用いた空調負荷制御運転の効果について

正会員○ 羽山 広文\*  
同 木下 学\*  
同 西岡 真稔\*\*

二重床、熱容量、負荷制御運転

## 1. はじめに

二重床をチャンバーとして用いた空調方式はクリーンルームや高発熱の電算機室のみならず、OA化により発熱密度が増加したオフィスなどに用いられている。この空調方式は空調機からの吹出し気流が二重床内を通過する際スラブとの熱交換を行うため、スラブの熱容量が利用しやすい方式である。これまで、室温変動の緩和効果の検討<sup>1)</sup>、建物の熱性能評価の検討<sup>2)</sup>、ソーラーハウスの蓄熱体としての有効熱容量の検討<sup>3),4)</sup>が行われている。本報では、発熱密度が比較的高く連続空調を実施している機械室を対象に、建物躯体の熱容量の有効利用に着目し、空調機の負荷制御運転を実施した場合の室温変化、躯体の蓄熱効率、空調負荷率の関係を明らかにし、空調負荷制御運転の効果について検討したので報告する。

## 2. 検討モデル

**2.1 空調方式：** 空調機から吹出された空調気流はスラブと熱交換した後、二重床から室内に吹出され、室内の発熱により温度上昇し空調機へ戻る(図1)。

**2.2 制御方法：** 連続的に発生する内部発熱 $H_0$ を負荷制御運転時 $H_1$ と蓄熱運転時 $H_2$ の冷却能力(24時間周期)で処理する制御方法とする。

**2.3 計算モデルと計算方法：** 検討するモデルは同一条件で空調を行っている室が上下方向に連続していることとした。各部の温度はスラブ、二重床内、二重床、室内、空調機の吹出しの各点について1次元の熱平衡式を導き差分法により求めた。なお、スラブの熱移動に着目するため、外壁の熱貫流、二重床および空気の熱容量は考慮していない。

**2.4 評価方法：** 負荷制御運転中の空調負荷率 $H_r=H_1/H_0$ は、躯体の変動温度差 $\Delta T_s$ を用いて表わすと次式になる。

$$H_r = 1 - Q \Delta T_s / (H_0 T_x) \quad (1)$$

室温変化に対する有効熱量を求めるため蓄熱効率 $\eta =$

$\Delta T_s / \Delta T_r$  を(1)式に代入すると次式になる。

$$H_r = 1 - \eta Q \Delta T_r / (H_0 T_x) \quad (2)$$

一方、蓄熱運転時の空調負荷率 $H_a = H_2/H_0$ は同様に次式で表わされる。

$$H_a = 1 - \eta Q \Delta T_r / \{H_0 (24 - T_x)\} \quad (3)$$

したがって、前記の計算結果から(2)、(3)式で定義した蓄熱効率 $\eta$ を求めることにより空調負荷制御および蓄熱運転時の空調負荷率が求められる。

## 3. 検討結果

**3.1 室温変化パターン：** 表2に示す計算条件で空調負荷制御運転時および蓄熱運転時の室温変化

表1 記号表

$H_r$ ：空調負荷率(負荷制御運転)	$\eta$ ：蓄熱効率
$H_a$ ：空調負荷率(蓄熱運転)	$Q$ ：躯体の熱容量(W h/°C)
$H_0$ ：通常空調負荷(内部発熱)(W)	$\Delta T_r$ ：室内の変動温度差(°C)
$H_1$ ：負荷制御運転時空調負荷(W)	$\Delta T_s$ ：躯体の変動温度差(°C)
$H_2$ ：蓄熱運転時空調負荷(W)	$T_x$ ：負荷制御時間(h)

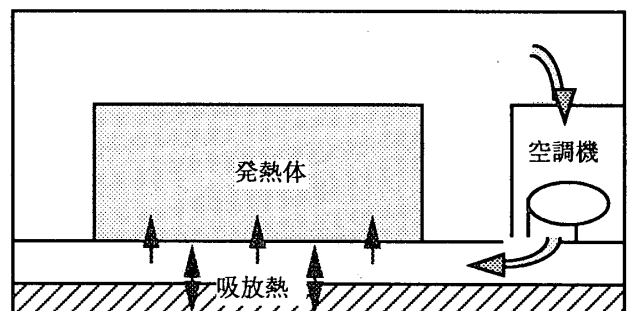


図1 空調方式の概要

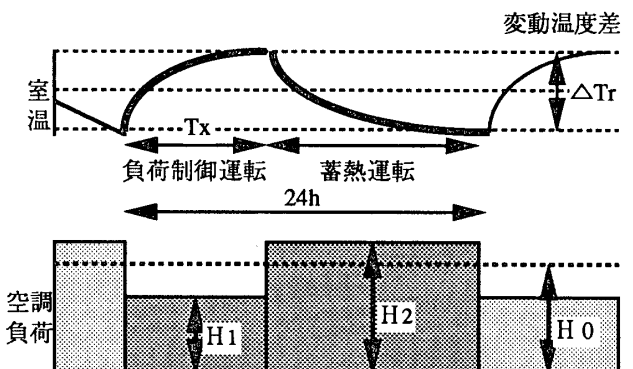


図2 空調制御方法の概要

を求め図3に示す。この結果、負荷制御時間の増加に伴い変動温度差が増加する。

**3.2 蓄熱効率：** 負荷制御時間をパラメータに各時刻における室温、平均スラブ温度を用い蓄熱効率 $\eta$ を求め図4に示す。この結果、負荷制御時間の増加に伴い蓄熱効率は増加し、12(h)で最大となり再び減少する。蓄熱効率は蓄熱体の熱伝導率、表面熱伝達率により異なる。この結果を指数関数1項に近似すると次式となる。なお、この近似式の誤差を図5に示す。

$$\eta = 0.52 (1 - e^{-0.36 T_x}), \{0 \leq T_x \leq 12\} \quad (4)$$

$$\eta = 0.52 (1 - e^{-0.36 (24 - T_x)}), \{12 \leq T_x \leq 24\} \quad (5)$$

**3.3 空調負荷率：** 負荷制御運転時間は12(h)より短いこととし、(4)式を(2)、(3)式に代入すると、空調負荷率は次式で表わされる。

$$H_r = 1 - \frac{0.52 (1 - e^{-0.36 T_x}) Q \Delta T_r}{H_0 T_x} \quad (6)$$

$$H_a = 1 - \frac{0.52 (1 - e^{-0.36 T_x}) Q \Delta T_r}{H_0 (24 - T_x)} \quad (7)$$

(6)、(7)式から内部発熱量 $H_0$ 、スラブの熱容量 $Q$ 、許容し得る室内の変動温度差 $\Delta T_r$ を定めることにより、負荷制御時間と空調負荷率の関係が求められる。図6に負荷制御時間と(6)式の空調負荷率の関係を示す。

**4. まとめ**

本手法は建物躯体の熱容量を利用するため、発熱密度が大きくなると十分な効果は期待できないが、電力需要の平準化のため空調用電力ピークカットに貢献できると考えられる。

**■参考文献**

- 1)赤木 他「熱容量の室温変動緩和効果に関する基礎的検討(その10)」日本建築学会大会梗概集, p.615 1988年10月
- 2)松尾 他「測定にもとづく室温予測および暖房性能の評価法(その2)」, 日本建築学会大会梗概集, p.405 1977年10月
- 3)須永 他「有効熱容量の熱的厚壁への適用について」日本建築学会大会梗概集, p.759 1989年10月
- 4)須永 他「ダクトシステムにおける熱容量と期間補助暖房量に関する実験的研究(その1、その2)」, 日本建築学会計画系論文報告集, p.1-8, 1987年7月, p.38-47, 1989年3月

表2 検討条件

スラブの厚さ	: 150 [mm]	空気 の 比重	: 1.2 [kg/m <sup>3</sup> ]
スラブの熱伝導率	: 1.6 [W/m <sup>2</sup> ℃]	空気 の 比熱	: 0.28 [Wh/kg℃]
二重床の	: 1.6 [W/m <sup>2</sup> ℃]	スラブ 比重	: 2200 [kg/m <sup>3</sup> ]
室内側熱伝達率	: 7 [W/m <sup>2</sup> ℃]	スラブ の 比熱	: 0.24 [Wh/kg℃]
二重床内熱伝達率	: 7 [W/m <sup>2</sup> ℃]		
空調機の吹出・吸込温度差	: 7 [℃]		

\*NTTファシリティーズ 研究開発部、 \*\*東京大学

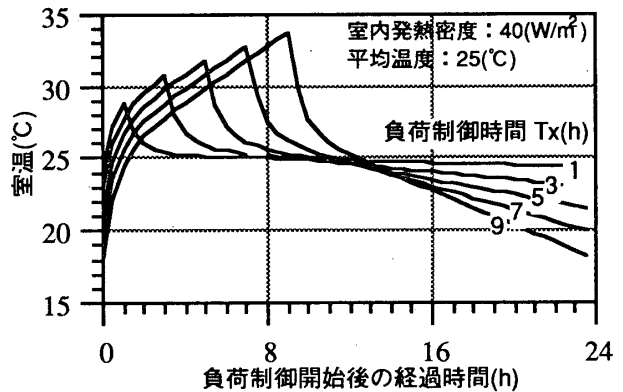


図3 負荷制御開始後の室温の変化

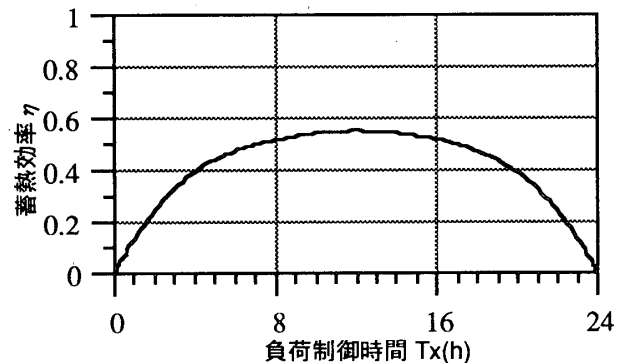


図4 負荷制御時間と蓄熱効率の関係

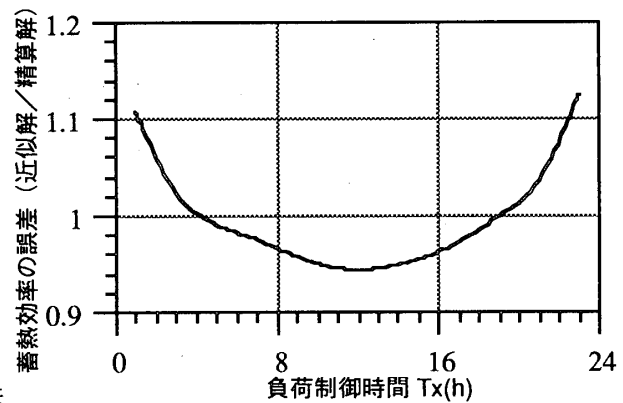


図5 蓄熱効率の近似誤差

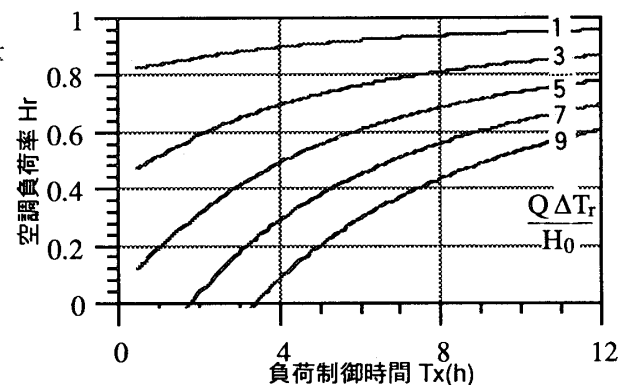


図6 負荷制御時間と空調負荷率の関係