

正会員 奥山博康

正会員 大西由哲

1. はじめに

昨年度は、天カセによる躯体蓄熱の熱負荷平準化効果を、NETSを用いて検討した結果について報告した¹⁾。しかしこうした躯体蓄熱は確かに真の省エネとは言えない。そこで自然換気を利用した夜間蓄冷の方法を考案した。

これは中高層建物における換気と冷房負荷に関して、煙突効果という自然の力を最大限に利用することで、送風機容量と消費エネルギーを低減し、さらに夜間の冷気により躯体を冷やすことで、冷房負荷の低減をも狙った自然換気と躯体蓄冷のシステムである。そして夜間蓄冷の効果について、熱・換気回路網モデル計算プログラムNETSを用いて検討したので、これらの概要を報告する。

2. 本煙突効果利用システムの概要

本システムは、建物の上下を貫く給気筒と排気筒、またこれらに各階で天井裏と接続する箇所および各階の天井裏と外気が接続する箇所に設けられた気流方向制御箱等の三種の要素を用いて構成することで、自然換気と躯体蓄冷を行うものである。本システムのうち、給気筒は、給気しようとする階に、途中の階で汚されたり暖められることなく到達せしめるためのものであり、また排気筒は、排気する階で汚されたり暖められた外気が、その後他の階を通過せずに直接外気に排出されるようにするためのものである。給気筒と排気筒に各階で接続するところでは、こうした適切な流れが実現するように気流方向制御箱のダンパによる制御がなされるものとする。夜間の自然換気的な躯体蓄冷を行う時には、天井内を冷気が通過し、昼間の換気を行う時には居室内を通過するように、気流制御箱のダンパが制御する。また外気による躯体蓄冷が期待

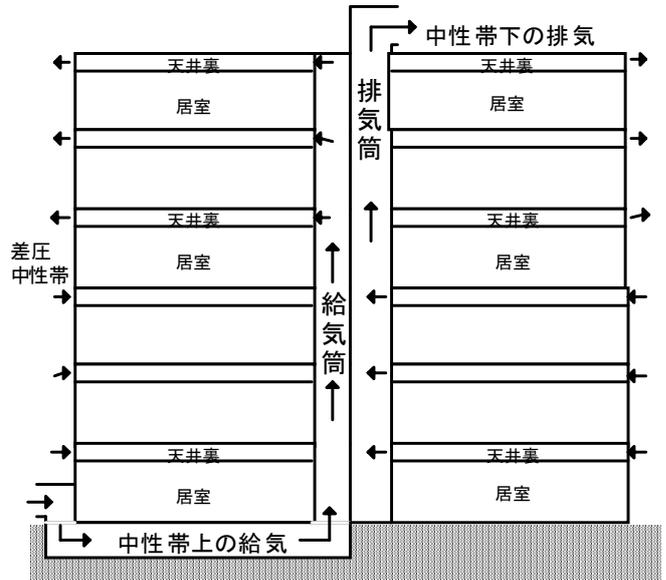


図-1 自然換気と夜間蓄冷のシステム



図-2 上層階の夜間蓄冷状態



図-3 上層階の自然換気状態



図-4 下層階の夜間蓄冷状態



図-5 下層階の自然換気状態

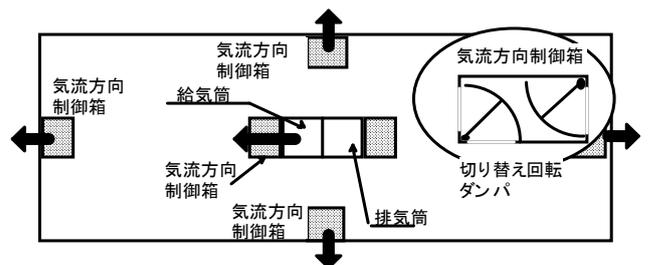


図-6 天井裏平面図と気流方向制御箱断面図

できない場合には、冷暖房システムにより天井裏を冷やすことにより、機械的な躯体蓄熱を行うことも可能である。

ここでは機械的な蓄熱法として、天井カセットエアコン(略して天カセ)を改良したものをを用いると想定した。この天カセの模式図を図8に示す。これは一方向吹き出しの天カセの吸い込み側と吹き出し側に、気流を室内と天井裏に切り替えるダンパが付いているものである。それぞれのダンパの位置で、蓄熱、蓄熱温存、放熱そして放射冷暖房の合計2×2=4通りのモードが実現できる。

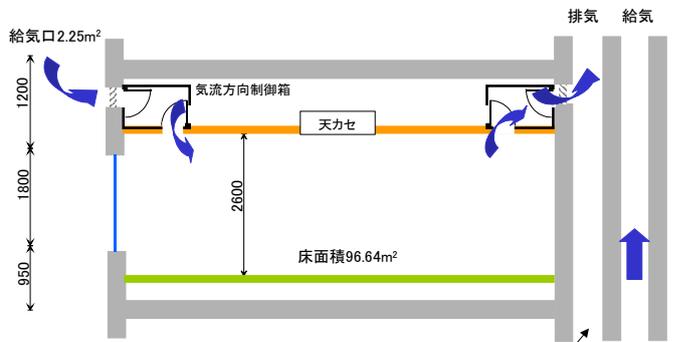
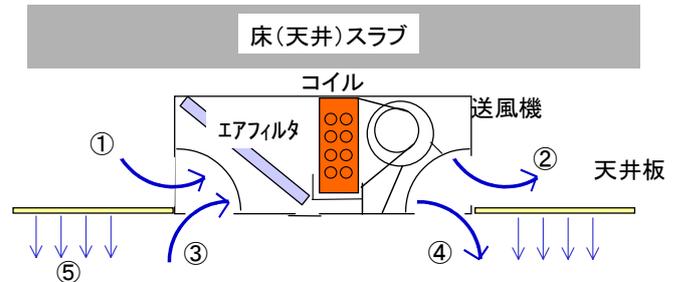


図-7 一層分のモデル 断面積1.5×1.5=2.25m²



①→②:蓄熱モード, ③→④:蓄熱温存モード(通常冷暖房)
①→④:放熱モード, ③→②→⑤:放射冷暖房モード

図-8 多機能天カセ模式図

3. 熱・換気回路網計算NETSシステム

NETSシステムは、本熱・換気回路網の数学モデルの一般性により、設計・開発者が考案した新規な工夫であっても、自由にモデル化できる特長と、その数値解法の安定性により実用性が高い等の特長、さらに駆動条件は気象条件以外に、人為与条件と呼ぶ各種の入力値を自在に変化させることができる他、モード変化と呼ぶモデルの構造的な変化を、状態フィードバック制御(線形制御とPID制御)やスケジュール制御で実施していくことができる特長も持つ。またNETSシステムは、お絵かき感覚でモデル作成を行うNETSGENと計算結果の図形表示を行うNETSOUTの前後処理プログラム²⁾を持ち、ここ数年の開発で大分使えるようになった。

4. 計算モデル

本件で作成したモデルは、昨年度発表¹⁾の天カセ利用躯体蓄熱システムのモデルを6層分に拡張したものである。一層分についてのモデルの模式図を図7に示す。各種のスケジュールや室内発熱など主な計算条件を表1に示す。特に外気温度や日射量などの気象条件のグラフは図9に示す。

6層の建物全体にわたってモデルを作成する場合には、1層分を部品化しておいて、これを6層分つなぎ合わせて構成することができる。こうした部品ライブラリの機能によって全体

表-1 計算諸条件

計算期間		6月3日～6月7日(助走期間3日間)	
室内発熱	在室者	0.1人/m ²	空調スケジューリング
	人体発熱	70 W/人	
	機器発熱	17 W/m ²	
	照明発熱	23 W/m ²	天井裏 30% 室内 20% 床表面 50%
外気導入量	5 m ³ /m ² h	蓄熱時間	22:00～8:00
		予冷時間	8:00～9:00
		空調時間	9:00～20:00 (12:00～13:00は発熱量50%)
		停止	20:00～22:00

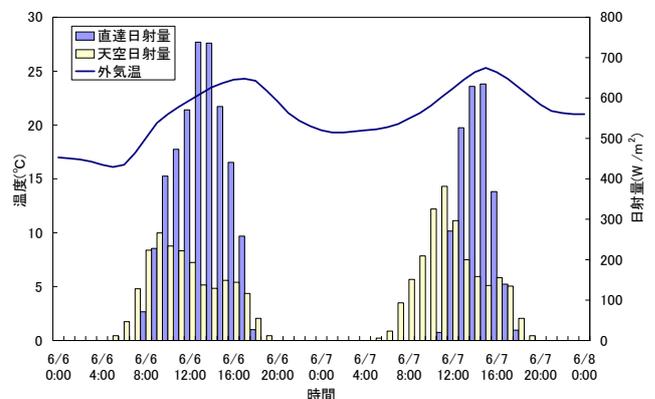


図-9 気象条件(助走期間は除く)

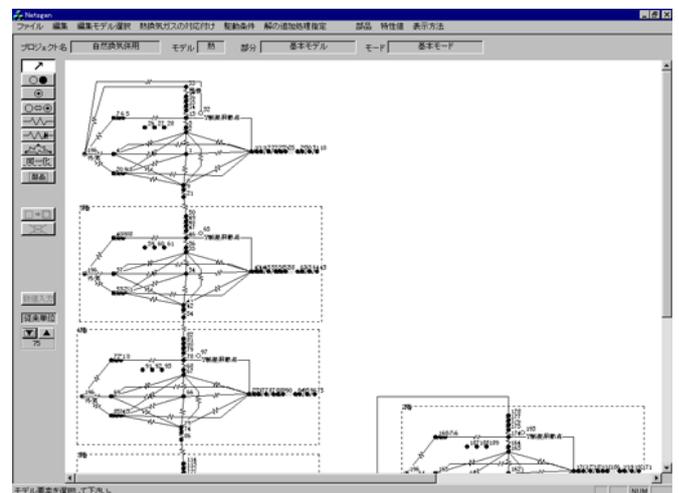


図-10 熱回路網モデル作成画面

モデル構成を効率的に行うことができる。

熱回路網モデルの作成画面は図10に示す。また換気回路網のモデル作成画面は図11に示す。

熱回路網モデルは、一般化熱コンダクタンスと呼ぶモデル要素と、一般化熱容量と呼ぶモデル要素によって構成される。一般化熱コンダクタンスとは、伝導、移流、放射、貫流などの様々な伝熱形態を一種類のパラメータ c_{ij} で表示していることによる。

また換気回路網モデルは、ゾーン、流路と送風機等のモデル要素によって構成される。流路は単純な開口だけではなく、ダクトのようなものも含まれる。ゾーンは通常は同様な温度と見なせる空間領域であるが、ダクトの分岐点などもゾーンと見なすことによって、建築換気系だけでなく、ダクトを持つ機械換気系を伴っていても、ゾーンと流路と送風機だけで表現することが可能となる。

モード変化は、天カセにおける気流方向の切り替えに関する他に、夜間の外気温が低い場合(23)には自然換気の躯体冷却になり、外気温が高い場合には天カセによる冷却になる等の切り替えを模擬するために用いられている。

計算期間は表1に示すように中間期を選び、7日間とし、その内助走期間が3日とした。計算結果として示しているのは最後の2日間である。

5. 計算結果について

中間期の日6月7日について、冷房負荷を比較した一覧表が表1である。「通常空調」というのは、現状の多くの建物がそうであるように、夜間の躯体蓄熱を利用しないで、昼間の冷房のみの場合である。「天カセによる蓄熱」というのは、本方式の様に自然の躯体蓄冷ではなく、エネルギーを用いて機械的な躯体蓄冷を行った場合である。「給・排気筒夜間蓄冷」というのは、本方式による自然換気の夜間蓄冷を行った場合である。「単一換気筒夜間蓄冷」というのは、換気筒一本のみの方式である。普通の建物の日積算冷房負荷が1033.06MJに対して、本方式の特別な自然換気システムを持つ建

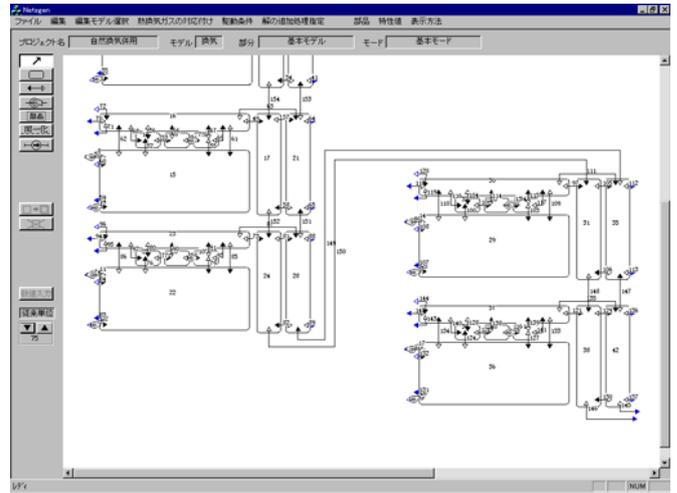


図-11 換気回路網モデル作成画面

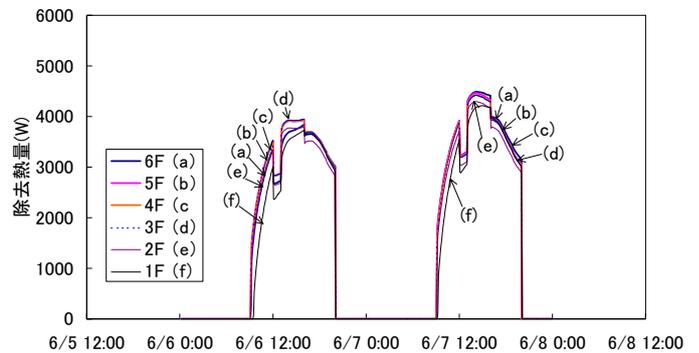


図-12 給排気筒の場合の各階の熱負荷

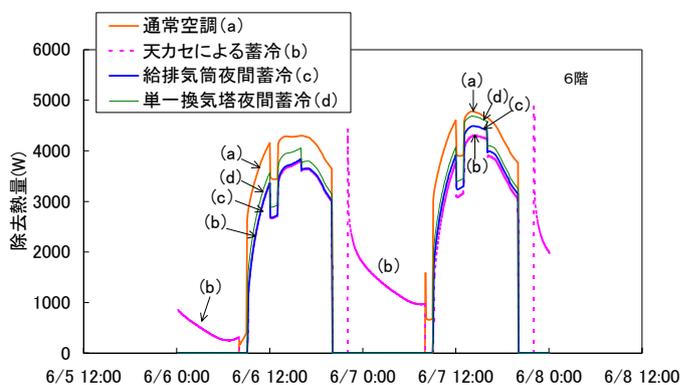


図-13 単一筒の場合の各階の熱負荷

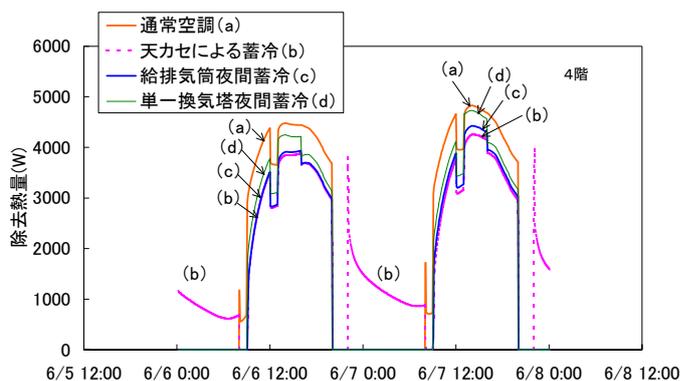


図-14 各方式の最上階での熱負荷比較

物では835.05MJであるから，約20%の省エネとなる．また熱効率の悪い単一換気筒方式では860.40MJであるから約3%だけ本方式よりも劣っている．この省エネ効果の両者の違いは小さいが，単一換気筒では換気の兼用は適当でないことから，換気に関する省資源・省エネ効果も考慮すれば違いは大きなものとなる．機械的にエネルギーを使って躯体蓄熱を行った場合の日積算冷房負荷は， $273.43 + 826.00 = 1099.43\text{MJ}$ であり，約6%のエネルギー浪費となるが，昼間の冷房負荷は $826.00/1033.06 = 0.80$ となり，約20%の昼間の電力負荷低減効果が期待できることになる．なお図8では各階の冷房負荷を示すが，中性帯付近の階は通風量が比較的小さいために，わずかに負荷が大きい．

5. まとめ

換気筒を給気筒と排気筒の二つにすれば，換気効率が良くなるだけでなく，夜間蓄冷の方法としても，より効率良く使える可能性を示した．またこうした検討にNETSシステムが適していることも示した．なお計算モデルには今後改良すべき点が残っている．

参考文献

- 1) 奥山，川島，中村，” 躯体蓄熱空調システムの有効性に関する研究(その2 計算プログラムNETSのいくつかの特徴) ”，空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集，99年9月，pp1557-1560(F-44)
- 2) Hiroyasu Okuyama, Thermal and Airflow Network Simulation Program NETS”, Proceedings of Sixth International IBPSA Conference (Building Simulation 99) Kyoto, pp1237-1244, September 1999
- 3) 奥山，川島，中村，” 躯体蓄熱を利用した空調システムの開発(その2 計算プログラムNETSの特長) ”，建築学会全国大会梗概集，99年9月，pp1011-1012 (41506)

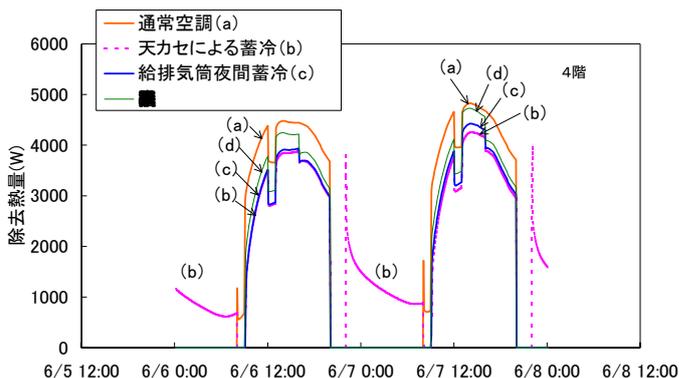


図-15 各方式の中間階での熱負荷比較

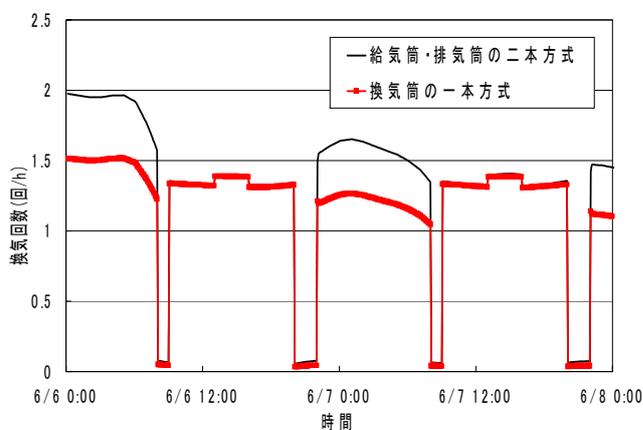


図-16 二方式の換気回数時間変化の比較

表-2 冷房負荷の比較

6月7日		MJ						
		6F	5F	4F	3F	2F	1F	合計
通常空調	夜間	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	昼間	171.08	171.24	172.23	172.71	172.55	173.25	1033.06
天カセによる蓄熱	夜間	51.81	43.40	44.20	44.38	44.36	45.27	273.43
	昼間	137.47	135.82	136.15	136.04	135.88	144.63	826.00
給排気筒夜間蓄冷	夜間	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	昼間	143.99	142.74	141.36	140.92	135.41	130.64	835.05
単一換気筒夜間蓄冷	夜間	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	昼間	150.77	150.94	151.28	142.39	130.65	134.37	860.40

<謝辞> NETSシステムの前後処理プログラムは通商産業省「生活価値創造住宅開発プロジェクト」の補助を受け開発しました．ここに記して謝意を表します．