

建築熱性能解析のための BEST シミュレーション
 (第1報) 躯体蓄熱空調の運転特性の基本的解析

Simulations for Analysis of Building Thermal Performance by Using the BEST
 (Part 1) Basic Analysis of Operating Characteristics of Building Storage Systems

正会員 郡 公子 (宇都宮大学) 正会員 石野 久彌 (首都大学東京名誉教授)
 学生会員 ○文 昴鍾 (宇都宮大学大学院)

Kimiko KOHRI*¹ Hisaya ISHINO*² Kyungjong MOON*¹
 *¹Utsunomiya University *²Tokyo Metropolitan University

This paper analyzed the operating characteristics of building thermal storage systems by using the BEST and clarified the space thermal environment and the equipment load. The effects of the window performance and the operating hours for thermal injection on the system performance and the space environments were compared and analyzed.

1. 序

BESTは自由なモジュール接続により多様な空調方式のシミュレーションが可能である。それを利用し、夏期と冬期に躯体蓄熱空調を行う、東京のオフィスビルでの室内熱環境、空調システム特性を明らかにしようとした。また、建物の窓性能及び蓄熱時間による空調システム特性への影響を比較・解析するとともに、BESTの有用性を確認した。

2. 躯体蓄熱空調方式と計算条件

図1に対象オフィスの基準階平面図と断面図を示した。夏期に関しては南室4ゾーン、冬期に関しては北室4ゾーンについて、解析結果を示した。表1に、基準計算条件を示す。図3に示すように、外調機を併用する床スラブ吹付け方式の躯体蓄熱空調である。蓄熱時には、定量定温の空気を供給する。計算上は、各ゾーンの天井裏を均一に空調するものと仮定した。空調時(昼間)に、リターン空気が天井裏を通る際に蓄熱分を回収する。夏期は全ゾーン蓄熱5時間、冬期は、北・東・西ゾーンのみ蓄熱3時間とした。使用したモジュールはゾーンと空調装置のモジュール2種で、図4のような空気ループを構成する。窓は、基準条件のlow-ε複層ガラスに対して透明単板ガラスに変更したケースも計算した。

3. 室内熱環境・負荷の時刻変動特性

3.1 夏期代表一週間 図5に、南室4ゾーンの熱環

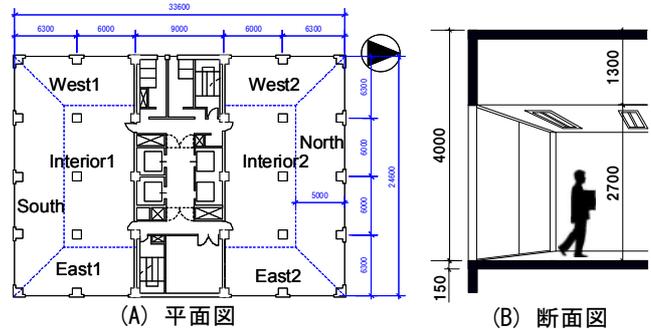


図1 標準オフィスの基準階

表1 建物・空調システムの基準計算条件

気象	東京2006年実データ(1分間隔)	
室	南北室床面積:303㎡、ペリメータ奥行き:5m、天井高:2.7m、窓高:2.7m、窓面積率68%	
躯体材料 (単位: mm)	外壁	吹付け硬質ウレタン(フロン発泡)25、普通コンクリート150、モルタル20、タイル80
	内壁	モルタル25、普通コンクリート150、モルタル25
	床	カーペット類6、普通コンクリート22、非密閉空気層、普通コンクリート150、非密閉空気層、石膏板9、岩綿吸収音板12
	窓	Low-eグリーン(銀2層)+透明、ガラス厚8、空気層6、中間色ブラインド
ゾーン換気量	200CMH/m(インテリアペリメータ間)	
内部発熱 (最大値)	照明:20W/㎡、人体:0.15人/㎡、1.2met、0.6clo(夏)、0.7clo(中間期)、機器:15W/㎡(顕熱)	
空調条件	空調時間:8:00~22:00、蓄熱時間:夏(6-9月)3:00~8:00、冬(12-1月)5:00~8:00、室内設定温湿度:夏26℃、中間期24℃、冬期22℃50%、空調方式:外調機併用カセット型空調方式、風量:AHU15回/h(室容積基準)、外気量:3.8CMH/㎡、躯体蓄熱時AHU吹出し温度:夏12℃、冬30℃、除湿時吹出し湿度90%、蓄熱ゾーン:夏-全ゾーン、冬-東、西、北ゾーン、外調機送風温度:外調機送風温度:夏・冬:16℃、冷温水供給:(インテリア)夏は冷水、冬は冷温水、(ペリメータ)夏は冷水、冬は温水	

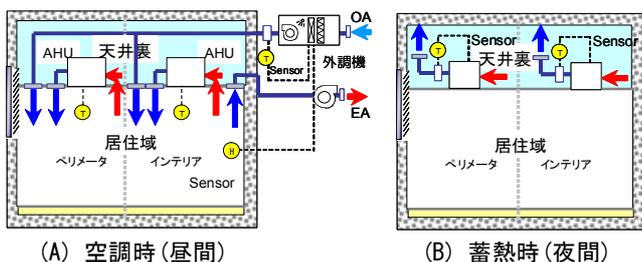


図3 躯体蓄熱空調方式のシステム図

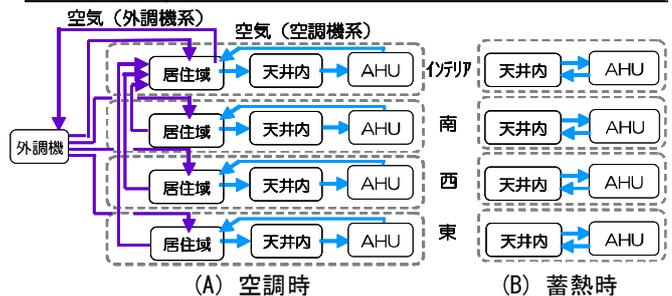


図4 空気ループ説明図(南側4ゾーン)

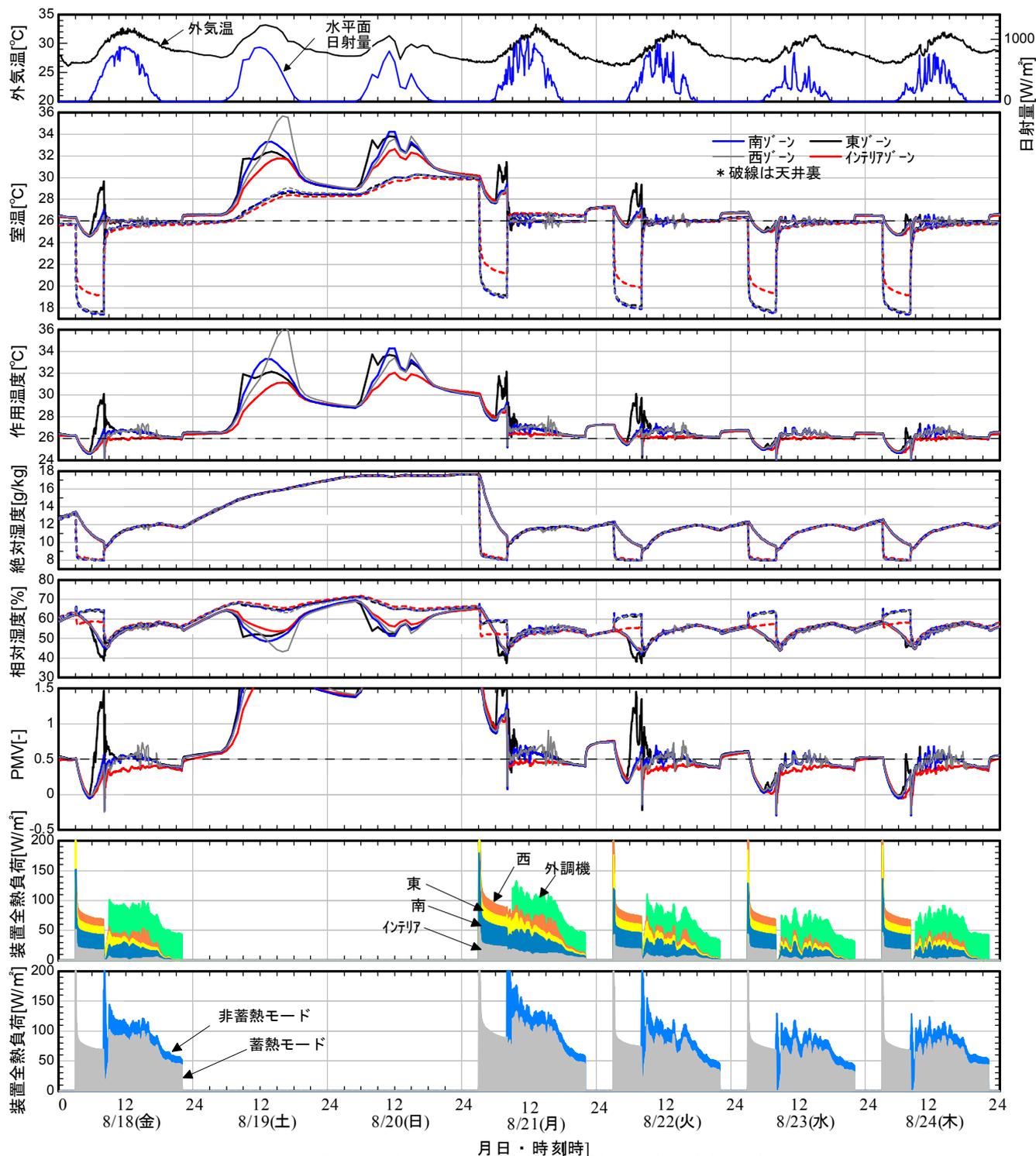


図5 夏季代表一週間室内熱環境時刻変動(南室)

境、装置負荷の時刻変動を示す。装置負荷に関しては、非蓄熱モードとの比較も示した。蓄熱時間は3時から5時間、送風温度は12℃である。天井裏の室温は、蓄熱開始前の26～27℃から18℃程度まで下がることが分かった。またその影響で居住域室温も2K程室下がった。月曜日(8/21)は、前の週の金曜日に比べ、居住域室温が蓄熱開始時に4Kほど、空調開始時に3K高い。また、蓄熱・空調日を重ねるにつれ、非空調時間帯の居住域と天井裏の室温が、月曜日に比べて1K程下がる傾向が確認できた。8/23(水)

は、非蓄熱時負荷が4000[kJ/㎡日]で、1週間中最も低かったが、夜間移行率30%、ピークシフト率31%と最も高かった。これに対して、8/21(月)は、非蓄熱時負荷が6000[kJ/㎡日]で最も高く、夜間移行率、ピークシフト率は、それぞれ26%、25%で最も低かった。しかし負荷増加率は両方とも6%と同じだった。

3.2 冬期代表三日 図6に、北室4ゾーンの熱環境、装置負荷の時刻変動を示す。夏期と同様に、月曜日に関しては土日の室温下降の影響で他の曜日と比べて室温が2～4K程低くなっていることが分かった。

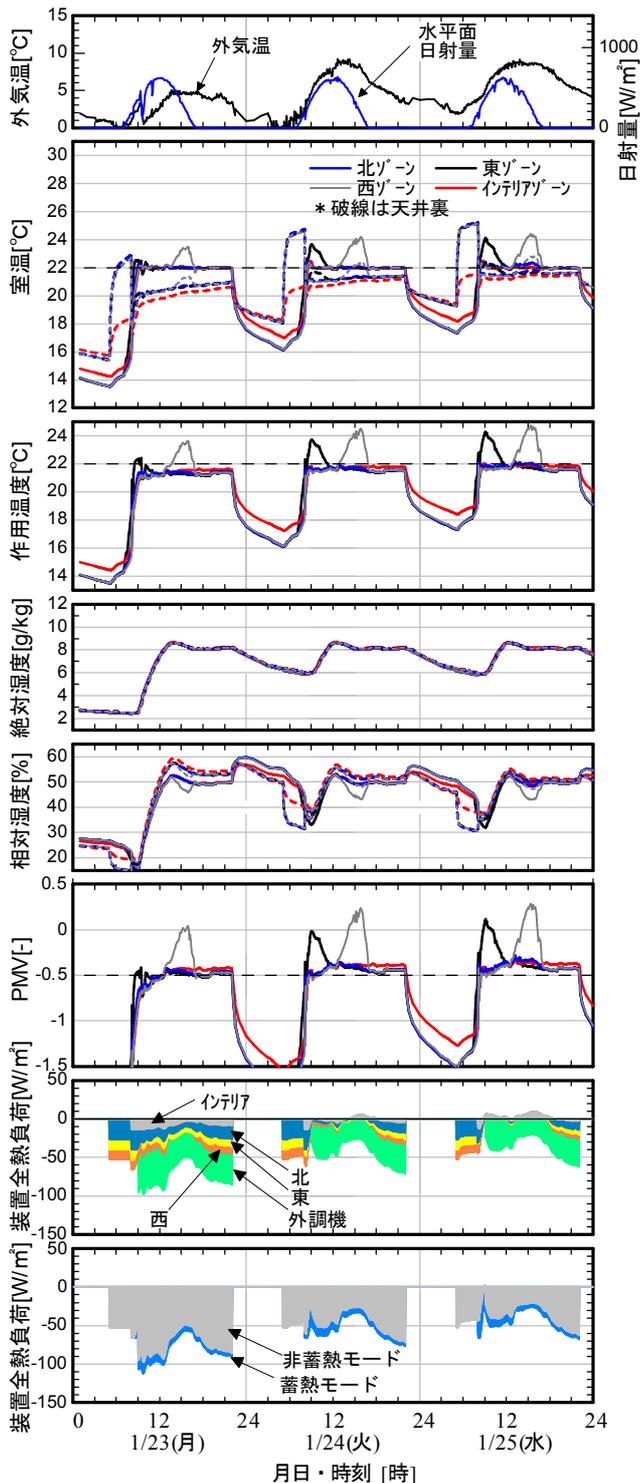


図6 冬季代表三日間室内熱環境時刻変動(北室)

[図9の注記] 夏季の室内環境は南室東ゾーンの空調開始時間帯9-12時の平均値で装置負荷は同ゾーンの空調時間帯9-22時の平均値で、冬季は北室北ゾーン。(空調日のみ算出)

[図10の注記] 各室全ゾーンを対象。夏季の装置負荷は南室4ゾーン、冬季は北室4ゾーンの蓄熱時装置負荷を除いた日積算値の結果。夏季は6-9月、冬季は12-3月を対象にし、躯体蓄熱空調システム特性値の計算は、次の式による。

- ・空調負荷増加率[%] = $((\text{躯体蓄熱日1日の空調機負荷積算値}) / (\text{非蓄熱日1日の空調機負荷積算値}) - 1) \times 100$
- ・夜間移行率[%] = $(1 - (\text{躯体蓄熱日の昼間の空調機負荷積算値}) / (\text{非蓄熱日の昼間の空調機負荷積算値})) \times 100$
- ・ピークシフト率[%] = $(1 - (\text{躯体蓄熱日の昼間空調機負荷ピーク値}) / (\text{非蓄熱日の昼間空調機負荷ピーク値})) \times 100$

[図11の注記] 夏季代表日8月4日(金曜日)を対象。空調システム特性値は南室を対象。室内環境は南室東ゾーンの9-12時平均値。高性能ガラス:「Low-εグリーン(銀2層)+透明」、低性能ガラス:「単板透明フロートガラス」。

暖房の躯体蓄熱は不利となる場合もあり得るが、本ケースでは、非蓄熱モードと比べ、空調時装置負荷の低減が確認できた。

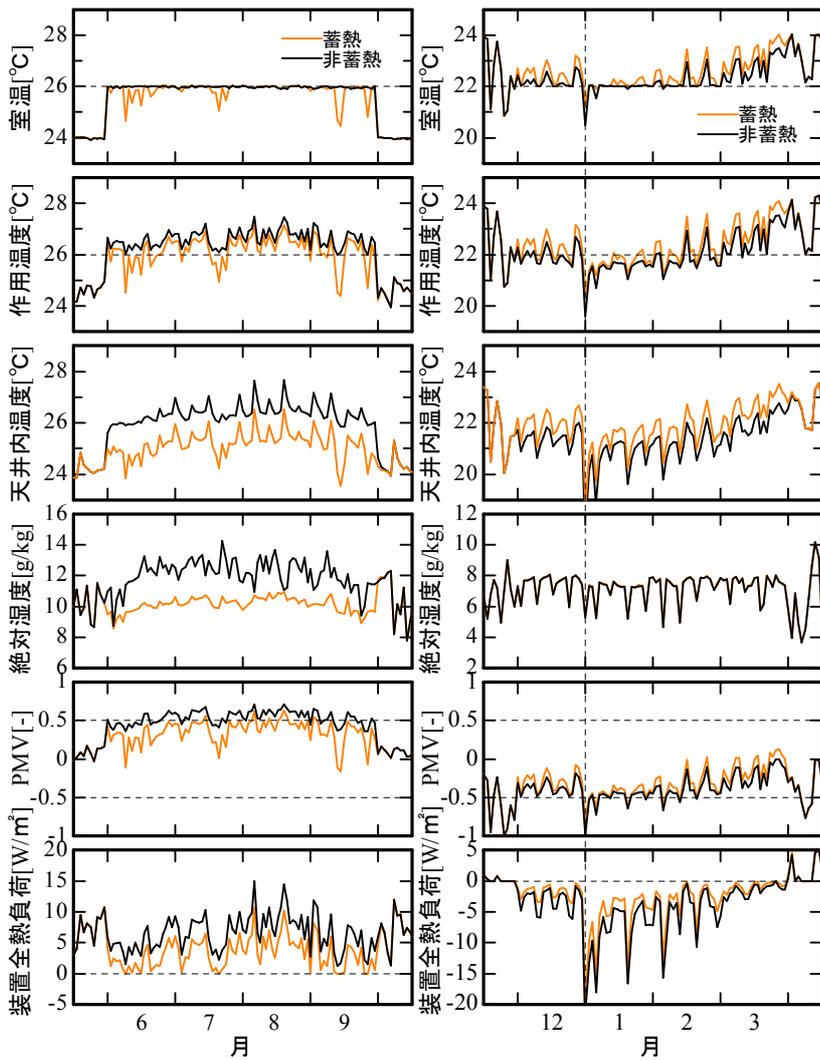
4. 夏季ゾーン別期間特性 図7に夏季PMV累積度数分布を示す。気象の影響の少ないインテリアゾーンが他のゾーンに比べて快適であるが、ペリメータゾーン間の差はあまりない。ペリメータ3ゾーンについてPMV+0.5以下となる割合は、蓄熱モードでは約85%、非蓄熱モードでは約65%となった。図8に夏季積算装置負荷を示す。躯体蓄熱を行うことで、約30MJ/m²期の装置負荷増加がある。

5. 室内環境・システム特性の季節変動 夏季は南室東ゾーン、冬季は北室北ゾーンの空調開始時間帯(9:00-12:00)の平均室内環境・平均装置負荷を日別に求めた結果を図9に示す。夏季では躯体蓄熱による過冷却が原因で午前中の室温が25°C前後まで低下する日がときどきある。非蓄熱モードに比べて蓄熱モードの午前中の平均作用温度は約0.3K、PMVは約0.2、装置全熱負荷は約4W/m²低下した。図10にシステム特性値を示す。夏季の夜間移行率は、盛夏期に30%程度、中間期に近い時期は60%程度、ピークシフト率は30%程度以上期待できる。空調負荷増加率は、盛夏期に10%以下であることが多いが、中間期に近いほど高くなり、ロスの比率が大きくなった。冬季に関しては、夜間移行率とピークシフト率が両方とも20%以下だった。負荷増加率は1月と2月は10%以下であることが多いが、3月は20%を超える日が多いなど夏季と類似した傾向が現れた。

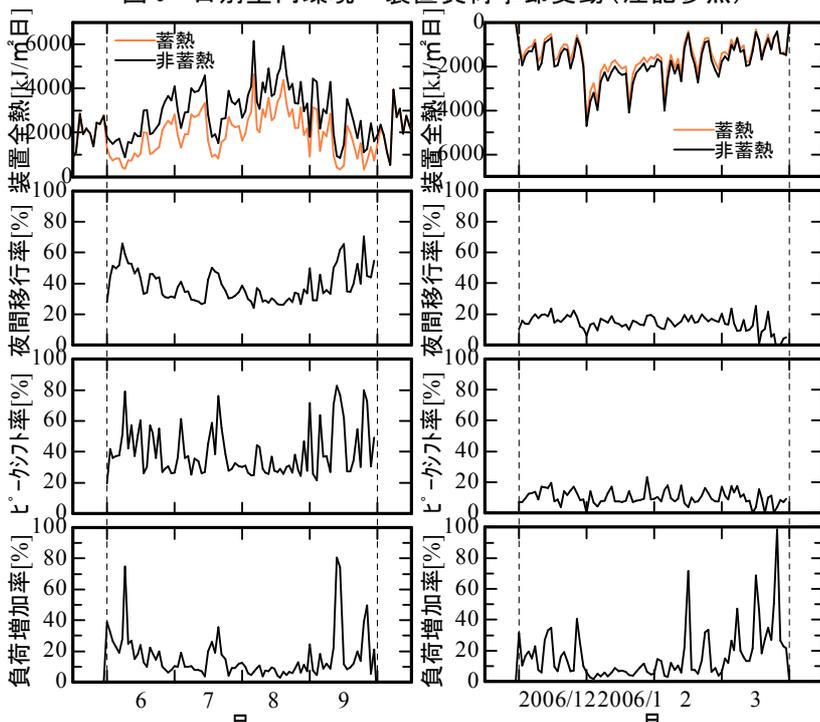
6. 窓性能・蓄熱時間によるシステム特性 代表日8/4の特性値での比較を、図11に示す。夜間移行率は高性能ガラスから低性能ガラスにした場合に20%程下がった。また、蓄熱時間を1時間ずつ増やすと5h蓄熱までは約20%ずつ大きく、6h蓄熱からは12%程度大きくなるのが分かった。ピークシフト率は高性能ガラスのほうが約1.5倍程大きかった。室内環境では高性能ガラスが作用温度で約0.8低く、PMVで0.1前後快適側となっている。

7. 結 BESTを利用し、躯体蓄熱空調システムの特性を明らかにするとともに、窓性能・蓄熱時間の違いによる影響を比較・解析することができた。

【文献】1) 石野・郡・小林・文・飯田: オフィスビルの熱性能解析のためのBESTシミュレーション(第1報)~(第3報)、空気調和・衛生工学会大会学術講演梗概集、pp.1919-1930、2008.8



(A) 夏の南室東ゾーン (B) 冬の北室北ゾーン
 図9 日別室内環境・装置負荷季節変動(注記参照)



(A) 夏の南室 (B) 冬の北室
 図10 空調システム特性値の季節変動(注記参照)

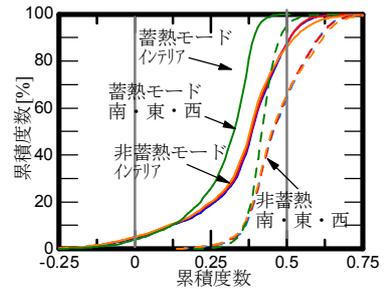


図7 夏期PMV累積度数分布(南室のみ)

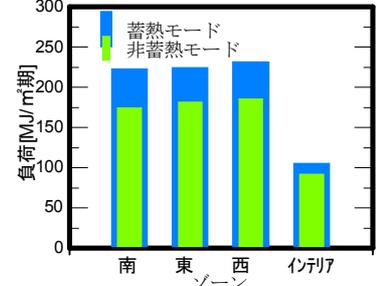


図8 夏期積算装置負荷(南室のみ)

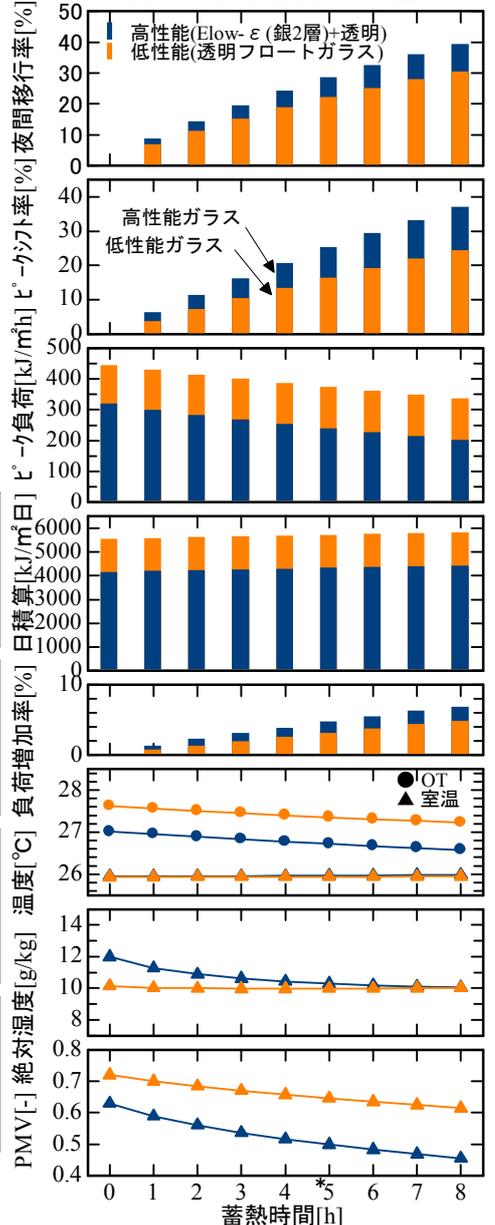


図11 窓性能と蓄熱時間(8/4、東ゾーン)