

潜熱蓄熱壁体による躯体蓄熱システムに関する研究

潜熱蓄熱ボードの性能把握および適用効果の検討

RESEARCH ON THE THERMAL STORAGE OF PCM (PHASE CHANGE MATERIAL)
WALLBOARD

The measurements of the thermal behavior and the effect of application as room side wall

近藤 武士*, 射場本 忠彦**, 坪田 祐二***, 鎌田 元康****

Takeshi KONDO, Tadahiko IBAMOTO, Yuji TSUBOTA
and Motoyasu KAMATA

A large thermal capacity is effective in keeping heat load more flat, and making the heating and cooling equipment small. In this study, it shows about the effects on applying the PCM (Phase Change Material)-wallboard, which is the plasterboard with PCM pellets, and the melting point of the PCM is approximately the room temperature. This melting point of the PCM is helpful to keep the space temperature and heat load more flat all the year around. By using the PCM-wallboard to a wooden house, it makes the space temperature and heat load more flat, as that of concrete house, by the latent heat thermal storage.

This paper shows about the measurement for the thermal behavior of the PCM-wallboard as a basic ability, the field experiments using experimental model houses, and the study on the simulation program, to examine the possibility of keeping the space temperature and heat load more flat and also the possibility of the peak-cut control.

Keywords : Latent heat thermal storage, Building thermal storage, Phase change material
潜熱蓄熱, 躯体蓄熱, 相変化物質

1. はじめに

近年, 建築躯体を蓄熱体とした躯体蓄熱の研究が盛んに行われている。これは, エネルギー供給からくる蓄熱システムの必要性と, 蓄熱体として既存のコンクリート床スラブなどを使用できることの経済性に起因するものと思われる。しかし, 既存建築躯体を利用した躯体蓄熱は顕熱のみの利用しかできないため, 熱容量を増加させるためにはコンクリートなどの容積を増加させなければならず, 一般に困難である。

一方, これ以外のものでは, 潜熱蓄熱材が蓄熱体として多く利用されている。これらは主に, 蓄熱空調システムや蓄熱式床暖房などに使用されているものであるが, 木造など熱容量の小さい建物への建築躯体としての適用も可能である。また, 躯体蓄熱システムを適用する建物は, 蓄熱用空調機器によるアクティブな蓄熱によらなくとも建築躯体の熱容量の大きさから, そのパッシブ的な蓄熱効果も期待できる。主要な効果として, 壁面温度変動, 室内空気温度変動の平滑化効果および熱負荷変動の平滑化効果などがある。当然のことながら, 木造のような熱容量の小さい建物においては, その効果は期待できない。

そこで, 本論文は, 潜熱蓄熱材を使用した内壁材(以降, 潜熱蓄熱壁体)を作製し, 木造など熱容量の小さい建物での利用を念頭に置き, 熱容量を付加することによる室内温熱環境改善および熱負荷平滑化効果に関する検討を行った。また, 蓄熱効果をより有効にするためには, 潜熱蓄熱壁体の熱的特性および敷設量などが重要となるため, 潜熱蓄熱壁体の物性に関する検討も行った。

2. 潜熱蓄熱壁体の検討・開発

2.1 潜熱蓄熱材の現状

蓄熱空調システムなどに使用されている潜熱蓄熱材は, 潜熱蓄熱材の長所である融解熱または凝固熱(以降, 潜熱)を利用するという観点から, 通常, 暖房または冷房のいずれかに限定して使用されている。そのため融点が概ね暖房用では30℃以上, 冷房用では10℃以下のものがほとんどである。

一方, 融点が室温レベル¹⁾(20~30℃)の潜熱蓄熱材を使用することによって, 冷房時・暖房時共に潜熱蓄熱材の潜熱量を利用することが期待できる。そこで, 本論文では, 融点が室温レベルの潜熱蓄熱材を対象とした。主要なものとして, 表1に示す無機系水和物

* 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 博士(工学)

** 東京電機大学工学部建築学科 教授・工博

*** 東京電力㈱電力技術研究所

**** 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授・工博

Dept. of Architecture, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Denki University, Dr. Eng.

Power Engineering R&D Center, Tokyo Electric Power Company

Prof., Dept. of Architecture, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, Dr. Eng.

の硫酸ナトリウム十水和物、塩化カルシウム六水和物および有機系のパラフィンなどがある。これらの潜熱蓄熱材を壁体と一体化して熱容量の小さい建物に適用し、熱容量を増加させた場合の効果を検討した。なお、蓄熱用冷暖房機器による積極的な潜熱蓄熱材への蓄熱は行わず、通常の冷暖房状況下における室内温熱環境改善および熱負荷平準化効果の検討を行った。

2.2 潜熱蓄熱ボードの試作

潜熱量、融点などの視点から、本研究の目的に適合した潜熱蓄熱材としては、表1に示したものが考えられる。その中で過冷却現象を無視し得る点、繰り返しの相変化にも耐え得る点などを考慮して単一化合物のn-オクタデカンを主要な潜熱蓄熱材として選出し、潜熱蓄熱壁体を試作した。

融点を25℃に調整するため、n-オクタデカン(95wt%)にn-ヘキサデカン(5wt%)を混入したものを潜熱蓄熱材として使用した。潜熱蓄熱材は蓄熱時に融解し液状化を伴うため、そのまま壁体として使用することは困難である。一般的な対処法としては、潜熱蓄熱材を金属、プラスチックなどの容器に封入する方法、または他の物質に含浸させる方法などがある。米国では後者の手法にて潜熱蓄熱材を石膏ボード等に含浸させ壁体を作製した研究^{7),8)}が行われたが、潜熱蓄熱材の液状化または揮発による流出の問題が残されている。そこで本研究では潜熱蓄熱材を高密度ポリエチレンに含浸させて米粒状の潜熱蓄熱ペレットを作製し、潜熱蓄熱材の流出を抑制した。その潜熱蓄熱ペレットを石膏ボード内に混入し、潜熱蓄熱壁体を試作した(図1)。この試作した潜熱蓄熱壁体(以降、潜熱蓄熱ボード)をフィールド実験および数値シミュレーション手法の検討における検証用潜熱蓄熱壁体として使用した。

3. 潜熱蓄熱壁体の基本熱性能把握

3.1 熱流計を用いた簡易熱容量測定法

潜熱蓄熱ボードの基本熱性能、特に潜熱量の測定は重要である。潜熱量は比熱測定結果より算出が可能であるが、既存の比熱測定法は測定精度が高い反面、測定作業が複雑、装置の規模が大きい、また相変化を伴う場合、塊状の試料などの測定に制限を有するものが多い^{15),16)}。そこで、本論文では、図2に示す比熱測定法(以降、簡易熱容量測定法)により潜熱量および比熱の測定を行った。

この方法は、面状ヒーターにより潜熱蓄熱壁体を下部より加熱し、加熱に伴う潜熱蓄熱壁体への流入出熱流量を、壁体下部、上部に設置した熱流計にて測定する。測定した流入出熱量の差が、壁体への蓄熱量となる。潜熱量および比熱の算出は、先ず固相域および液相域の測定における蓄熱量から、各相状態における比熱を算出する。次に、固液共存域の測定より算出した蓄熱量から、固相域および液相域での比熱を引いたものを潜熱量とする。

3.2 潜熱蓄熱ボードの熱容量測定

簡易熱容量測定法で、潜熱蓄熱ボードの潜熱量および比熱測定を行った。各相状態での測定における潜熱蓄熱ボード表面温度変動を図3に示す。潜熱蓄熱材の融点が25℃であるため、固液共存域での測定は初期温度20℃、ヒーター設定温度30℃で行った。また、固相域での測定は初期温度10℃、ヒーター設定温度20℃、液相域での測定は初期温度30℃、ヒーター設定温度40℃で行った。

固液共存域での測定における流入出熱流量変動を図4に示し、測

表1 主要な潜熱蓄熱材

分類	物質名	融解熱* [kJ/kg]	融点 [℃]
無機系(水和塩)	硫酸ナトリウム十水和物	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	227.3
	塩化カルシウム六水和物	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	141.7
	硝酸リチウム三水和物	$\text{LiNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	240.1
有機系	n-オクタデカン	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	240.4
	n-ヘキサデカン	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	235.1

測定機器：比熱測定装置SH-3000(真空理工(株))
* 物質温度毎に測定された比熱より算出

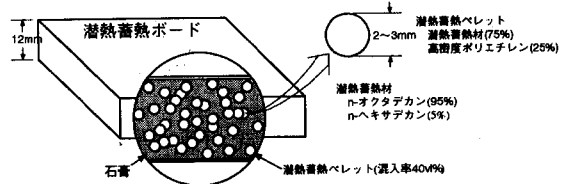


図1 潜熱蓄熱ボード概念図

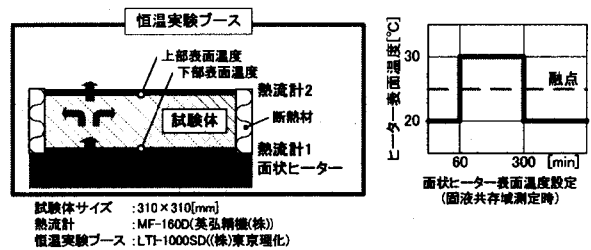


図2 簡易熱容量測定法概念図

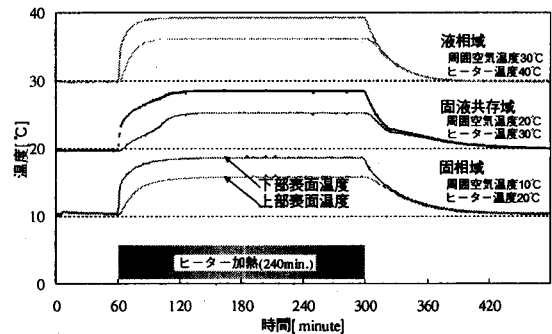


図3 潜熱蓄熱ボード表面温度変動

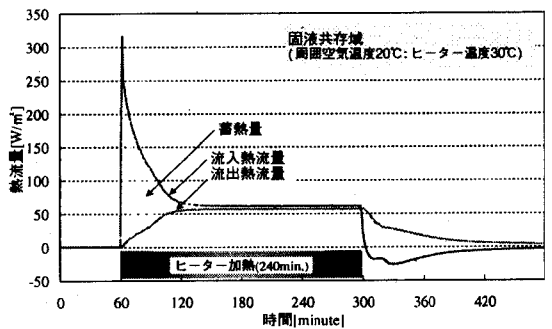


図4 流入出熱流量変動(固液共存域測定時)

表2 熱容量測定結果

	比重 [kg/m ³]	比熱		潜熱量 [kJ/kg]	容積比熱 [MJ/(m ³ ·K)]	容積潜熱量 [MJ/m ³]
		熱伝導率 [W/(m·K)]	[kJ/(kg·K)]			
潜熱蓄熱ボード	固相	0.43	2.54	17.55	2.39	16.50
	液相	0.33	1.77			
石膏ボード	720	0.21	0.95	-	0.68	-

* 熱伝導率は京都電子工業(株)製 迅速熱伝導率計 Kemtherm QTM-D3にて測定

定した蓄熱量より算出した潜熱量および比熱を表2に示す。また、石膏ボードの測定結果も併記する。潜熱蓄熱ボードの融点を跨ぐ温度差10℃当たりの蓄熱量は39.1[kJ/kg]となり、石膏ボードの約4.1倍であった。建築分野では、容積当たりの熱量も重要であるため、容積比熱および単位容積当たりの潜熱量（以降、容積潜熱量）も示した。

4. 基本性能比較フィールド実験

潜熱蓄熱ボードの効果を確認するために、潜熱蓄熱ボードを敷設した実験棟でのフィールド実験を行った。まず、表3および写真1に示す実験棟を建築し、自然状態にて室内空気温度および壁表面温度などの測定を行い、両棟とも同等の温熱性能を持つことを確認した。次に、一方の実験棟（以降、PCM棟）の壁および天井の室内側表面に潜熱蓄熱ボードを敷設し、他方（以降、PB棟）に石膏ボードを敷設し実験を行った。実験は、自然状態実験、室内空気温度一定制御実験および冷房ピークカット運転実験を行った。これらの実験を両実験棟において同時に行い、その差異を比較検討した。

4.1 自然状態実験

自然状態における室内温熱環境の測定実験を行った。実験は3月、6月、8月に行ったが、一例として、3月における室内空気温度変動を図5に示す。PB棟に比べPCM棟の温度上昇が10℃程度抑制されていることが分かる。しかし、8月では、室内空気温度変動が、常に潜熱蓄熱材の融点以上であったため、その効果は少ない結果となった。室内空気温度の標準偏差およびPB棟に対するPCM棟の標準偏差の比を図6に示す。すべての実験期間において、室内空気温度の標準偏差が、PB棟に比べ、約40%～80%程度に減少しており、潜熱蓄熱ボードによる室内空気温度平滑化効果が確認できた。

4.2 室内空気温度一定制御実験

室内空気温度一定制御実験では、室内温熱環境および供給熱量の測定などを行った。これによって、熱負荷平準化効果を把握した。実験は、潜熱蓄熱材の融点25℃を考慮して、室内空気温度設定値を22℃、25℃、26℃の3ケース行った。潜熱蓄熱材の潜熱域を積極的に使用するため、1日の中で冷房および暖房が共に必要となる期間で行った。

一例として、室内空気温度設定26℃における処理熱量変動を図7に示す。PCM棟において、処理熱量にピークが10～30%程度減少しており、ピーク負荷の抑制効果が確認できた。各ケースにおける日積算処理熱量を図8に示す。全てのケースでPCM棟の日積算処理熱量がPB棟に比べ、約88%～94%程度まで減少しており、本実験期間においては省エネルギー効果も得られた。

4.3 冷房ピークカット運転実験

夏期の冷房ピークカット運転における潜熱蓄熱ボードの効果を把握するために、冷房ピークカット運転を想定した実験を行った。その効果をより明確にするため冷房設定温度を実際より低く22℃、冷房停止時間も長く10:00～16:00の6時間とし実験を行った。

図9に室内空気温度変動を示す。冷房停止時間帯にPB棟では、8℃程度の室内空気温度上昇であるのに対して、PCM棟では5℃程度の上昇に抑制されている。よって、潜熱蓄熱壁体の適用は、ピークカット運転において、室内空気温度上昇抑制に効果的である。

表3 実験棟概要

共通	場所	千葉県 印旛郡 印西町
	床面積	9.72[m ²]
	サイズ	W3600×D2700×H2600[mm](外寸)
		W3354×D2454×H2354[mm](内寸)
開口部	W2710×H1970[mm](南面)	
PCM棟	内壁:潜熱蓄熱ボード	
	融点	25[℃]
	厚さ	12[mm]
	敷設率	69.5[%](壁・天井に敷設)
PB棟	内壁:石膏ボード(JIS A6901)	
	厚さ	12[mm]
	敷設率	69.5[%](壁・天井に敷設)

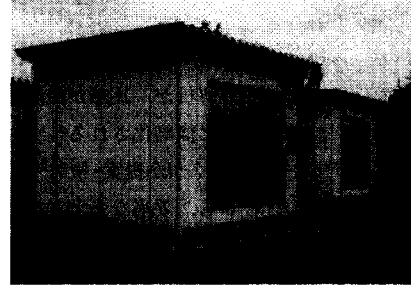


写真1 実験棟外観 (PB棟:手前, PCM棟:奥)

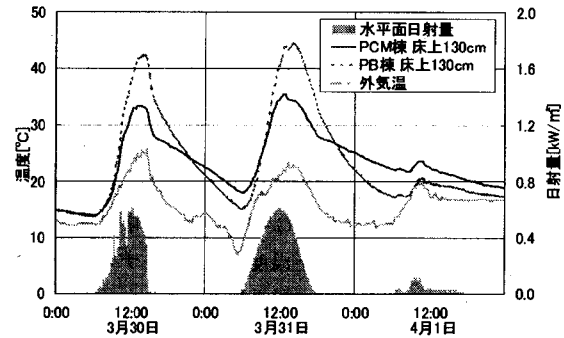


図5 室内空気温度変動 (自然状態 3月)

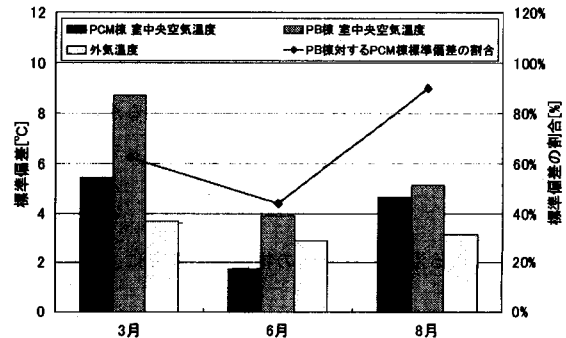


図6 室内空気温度標準偏差 (自然状態)

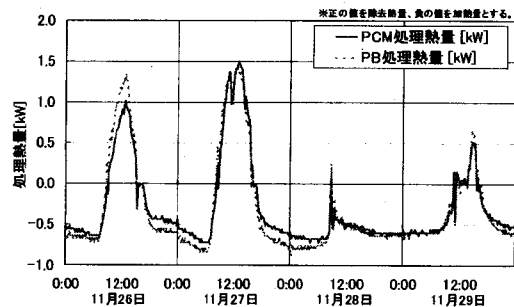


図7 処理熱量変動 (室内空気温度26℃一定制御)

5. 数値シミュレーション手法の検討および実験データによる検証

5.1 潜熱量のモデル化

潜熱蓄熱材の温度変化と蓄熱量の概念図を図10に示す。相変態状態において、理想的には潜熱蓄熱材の温度は融点にて変動しない。しかし、実状は潜熱蓄熱材が単一物質でない場合など理想的な温度変動を呈さない。潜熱蓄熱材に何らかの加工を施している潜熱蓄熱壁体においては、その傾向がより大きい。そこで、数値計算における潜熱蓄熱壁体の潜熱量決定において、潜熱量を本来の比熱に加えた“みかけの比熱”を用いたモデル化を適用した。みかけの比熱を用いた潜熱量のモデル化を使用した研究⁹⁾⁻¹²⁾は、本研究¹⁾⁻⁹⁾を含め多く行われている。みかけの比熱を用いることにより、移動境界値問題として扱わなければならない解析が、比熱が温度により変化する熱伝導問題となり、計算が非常に簡略化される⁹⁾。

見かけの比熱のモデル^{2),3),13)}をいくつか提案・検討⁶⁾した中で、潜熱蓄熱ボードでの実験値との比較から、妥当なモデルとして潜熱量変化型モデルを採用した。潜熱量変化型モデルは、潜熱蓄熱壁体の潜熱量、比熱および相変態温度域を入力することでモデル化が可能である。図11に潜熱蓄熱ボードの潜熱量変化型モデルを示す。潜熱量および比熱は、3.2項で測定した値を適用した。

5.2 “室シミュレーション”の作成

潜熱量変化型モデルを適用し、住宅の一室をモデルとした数値計算プログラム（以降、室シミュレーション）を作成した。計算モデル室の壁体および室内空気を、図13に示すように上下4分割計算を行った。壁体温度は一次元前進差分法により壁体毎に独立に温度分布を計算、壁体間の放射伝熱はGebhartの放射吸収係数を使用した。室内空気温度は戸河里の上下温度分布計算モデル¹⁴⁾を用いた。

作成した室シミュレーションの妥当性検証を、フィールド実験の測定結果を用いて行った。図12の室中央空気温度設定値に示すように、室中央空気温度を24時間周期で17℃から30℃の範囲で矩形的に設定し実験および計算を行った。室中央付近のブロック2および3の室内空気温度計算値、床上550mmおよび天井550mmの室内空気温度実測値を図12に示す。実験棟の換気性能等が正確に計算に反映されていないためか、高温時に多少の誤差があるが、概ね温度変動を再現できている。よって、室シミュレーションを以降の検討に用いることとした。

6. 数値計算による潜熱蓄熱壁体の物性値の差異による検討

6.1 計算概要

作成した室シミュレーションを使用し、潜熱蓄熱壁体の物性値の差異による影響の把握を行った。検討したモデル室を図13、モデル室の壁面構成を図14、計算モデルを表4に示す。検討モデルは、まず潜熱蓄熱壁体を木造住宅に適用した場合の効果の把握するために①工法の差異による検討として、RC造、木造および木造に潜熱蓄熱壁体を敷設した木造PCM貼りの検討を行った。次に、潜熱蓄熱壁体の各物性値の差異による影響を把握するため表4に示す潜熱蓄熱壁体の②潜熱量、③熱伝導率、④融点、⑤材厚、⑥敷設率の何れかの物性値のみを変化させたモデルにて検討した。各モデルにおいて変化させた物性値以外は、表4の基本モデルに示す値を使用した。計算は標準気象データ（東京）を外界条件として一年間行い、表5に示す評価指標に基づき、室内空気温度平滑化および熱負荷平滑化の

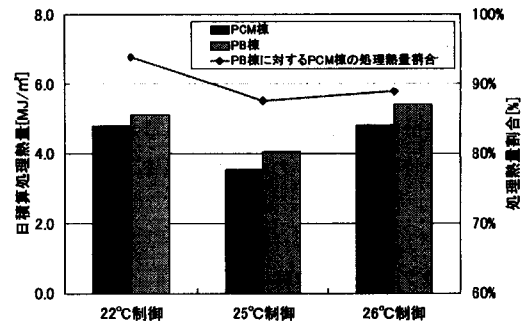


図8 日積算処理熱量（室内空気温度一定制御）

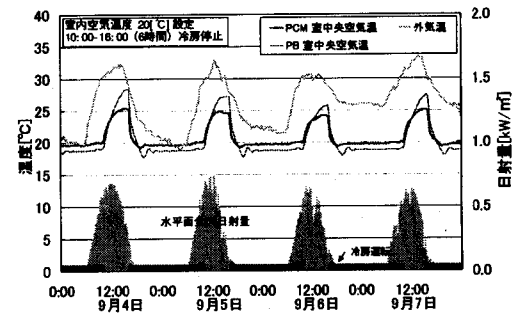


図9 室内空気温度変動（冷房ピークカット運転）

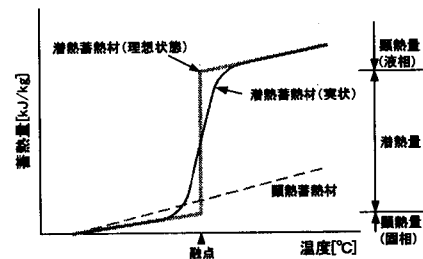


図10 蓄熱量変動概念図

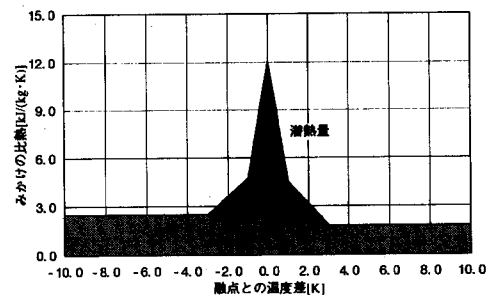


図11 潜熱蓄熱ボードの潜熱量変化型モデルによる見かけの比熱

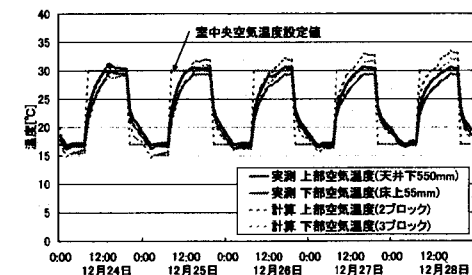


図12 計算値と実測値の比較（室内空気温度）

効果について評価した。評価期間は表6に示すように、年間を通しての評価に加えて夏期、冬期、中間期の各10日間を選出して詳細評価期間とした。冷暖房運転パターンは実際の住宅を想定した間欠冷暖房運転とし、7:00~22:00に室内空気温度25℃設定で冷暖房を行った。

6.2 室内空気温度平滑化および熱負荷準化効果の検討

各モデルにおける室内空気温度偏差比を、評価期間毎に図15に示す。いずれの評価期間においても、工法の差異による影響は大きく、潜熱蓄熱壁体を使用した木造PCM貼りモデルは、RC造に近い、またはそれ以上の室内空気温度偏差比の減少効果が得られた。これより木造に潜熱蓄熱壁体を適用することによる、室内空気温度平滑化の効果が高いことが確認できた。潜熱蓄熱材壁体の物性値の差異では、融点の影響が最も大きい。特に中間期においては、融点25℃のモデルで室内空気温度偏差比が最小となり、室内空気温度平滑化の効果が高かった。一方、冬期では融点が高いモデルほど室内空気温度偏差比が小さい結果となった。

各モデルにおける供給熱量較差を、評価期間毎に図16に示す。供給熱量較差においても、工法の差異、融点の差異による影響が大きい結果となった。木造PCM貼りは中間期には、概ねRC造と同等の熱負荷準化効果が得られた。また、融点の差異からは26℃のモデルの供給熱量較差が最小となっており、融点の選定を適切にすることによって、RC造と同等またはそれ以上の効果が期待できる。

潜熱蓄熱壁体の融点の決定においては、対象室が冷房または暖房主流の室であるかが重要となる。これには室の使用状況なども加味した内部発熱が大きく影響し、冷房主流の室は高い融点の潜熱蓄熱壁体を、暖房主流の室は低い融点の潜熱蓄熱壁体を適用することによって、より高い効果が得られると考えられる。

6.3 工法の差異による冷房ピークカット運転の検討

フィールド実験の結果より、潜熱蓄熱壁体を適用した建物における冷房ピークカット運転による可能性および木造建物への潜熱蓄熱壁体適用の効果が大きいことを確認した。その効果をより詳細に検討するため、工法の差異による冷房ピークカット運転の数値計算を行った。計算条件を表7に示す。計算モデルは木造、RC造および木造PCM貼りモデルで、材厚の異なる計7モデルである。

図17に各モデルの室内空気温度変動、図18に東壁表面温度変動、図19に処理熱量変動を示す。木造に潜熱蓄熱壁体を適用することで、ピークカット時における室内空気温度の上昇が、木造PCM貼り24mmで、RC造160mmとほぼ同等の1.5℃以下に抑制された。また、木造PCM貼りの最大処理熱量が木造の約70%に抑制でき、RC造と概ね同等のレベルとなった。

7. まとめ

本論文では、一般的な潜熱蓄熱材の中から、n-オクタデカンを主な潜熱蓄熱材として潜熱蓄熱壁体（潜熱蓄熱ボード）を試作し、潜熱測定およびフィールド実験を行った。その結果を基に潜熱蓄熱材の潜熱量を“見かけの比熱”を用いてモデル化し、潜熱蓄熱壁体を適用した室モデルの数値シミュレーションプログラムを作成した。作成したプログラムを使用して、潜熱蓄熱壁体の物性値の差異による影響を検討した。その結果、以下の示唆が得られた。

① 数値計算およびフィールド実験による室内空気温度変動の比較

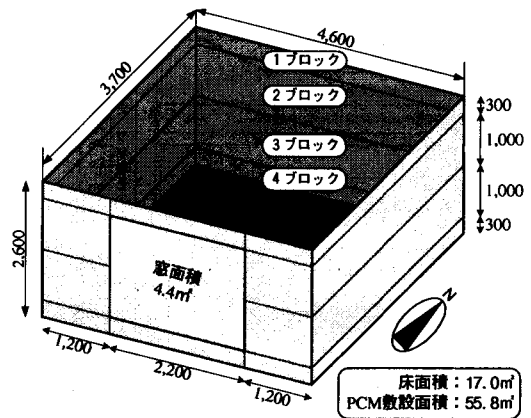


図13 数値計算モデル室

断面図 壁仕様	木造PCM貼り						RC造				木造						
	①	②	③	④	⑤	⑥	①	②	③	④	①	②	③	④	⑤	⑥	
構成部材	①サイディング	②空気層	③合板	④断熱材	⑤合板	⑥潜熱蓄熱壁体	①サイディング	②断熱材	③コンクリート	④石膏ボード	①サイディング	②空気層	③合板	④断熱材	⑤合板	⑥石膏ボード	
	9mm	30mm	12mm	30mm	12mm	12mm	9mm	30mm	100mm	(150,200mm)	12mm	9mm	30mm	12mm	30mm	12mm	12mm

図14 モデル室壁面構成

表4 数値計算検討モデル

① 工法の差異による検討	基本モデル
木造PCM貼り、RC造100mm、RC造150mm、RC造200mm、木造	工法：木造PCM貼り
② 潜熱量の差異による検討	潜熱容量：150 [kJ/kg]
25, 50, 100, 150, 200, 250, 300[kJ/kg]	熱伝導率：0.3 [W/(m·K)]
③ 熱伝導率の差異による検討	融点：25 [°C]
0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.50[W/(m·K)]	材厚：0.012 [m]
④ 融点の差異による検討	敷設率：72%(窓・床以外)
22.0, 24.0, 25.0, 26.0, 27.0, 28.0, 30.0[°C]	
⑤ 材厚の差異による検討	
0.005, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06[m]	
⑥ 敷設率の差異による検討	
94%(窓以外)、72%(窓・床以外)、50%(壁面のみ)、25%(壁面上部)、25%(壁面下部)	

表5 評価指標

$$\text{室内空気温度偏差比[\%]} = \frac{\text{評価期間における室内空気温度の標準偏差}[\text{°C}]}{\text{評価期間における外気温度の標準偏差}[\text{°C}]} \times 100$$

$$\text{供給熱量較差}[\text{W/m}^2] = \text{評価期間における最大供給熱量}[\text{W/m}^2] - \text{最小供給熱量}[\text{W/m}^2]$$

表6 評価期間

期間	日数	外気温度				日積算水平面 全天日射量平均 [MJ/m²]	
		平均温度 [°C]	最高温度 [°C]	最低温度 [°C]	標準偏差 [°C]		
年間	1月1日 - 12月31日	365日間	15.6	35.3	-2.0	8.1	115.9
冬期	2月5日 - 2月14日	10日間	6.0	12.8	-0.1	3.0	103.0
夏期	8月1日 - 8月10日	10日間	28.0	35.3	23.8	2.7	175.0
中間期	9月10日 - 9月19日	10日間	24.9	30.6	19.5	2.7	127.4

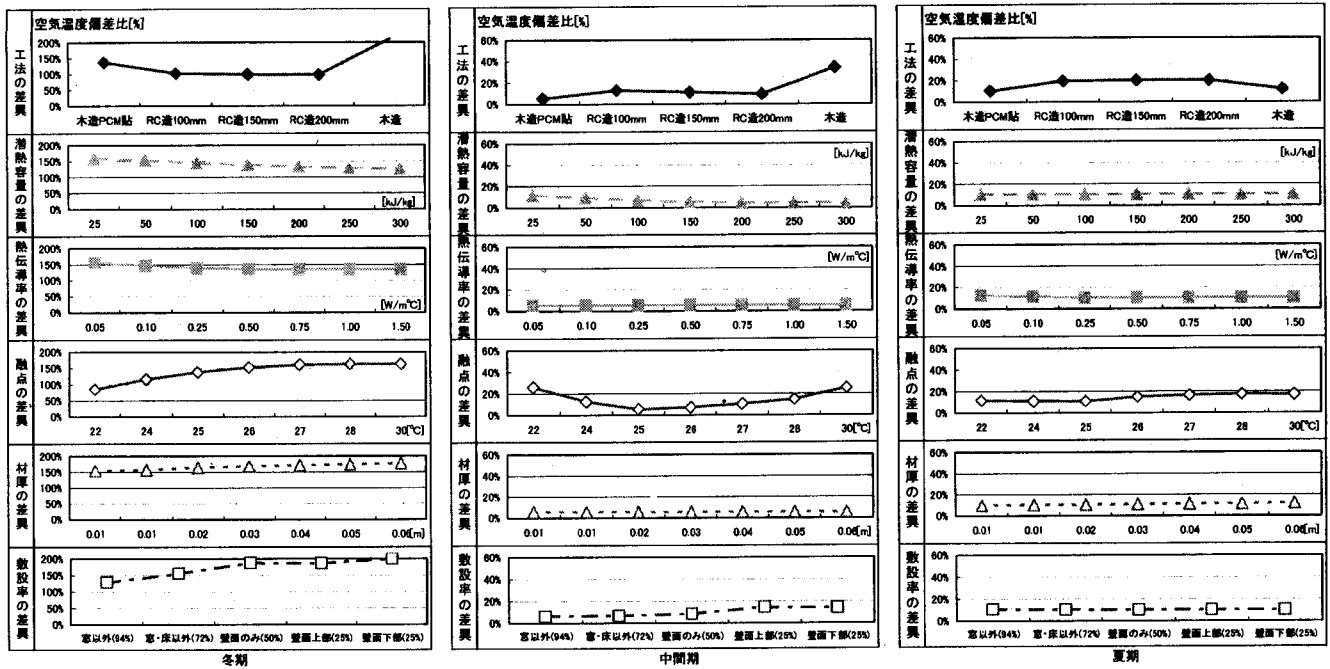


図15 室内空気温度偏差比 (左より冬期, 中間期, 夏期)

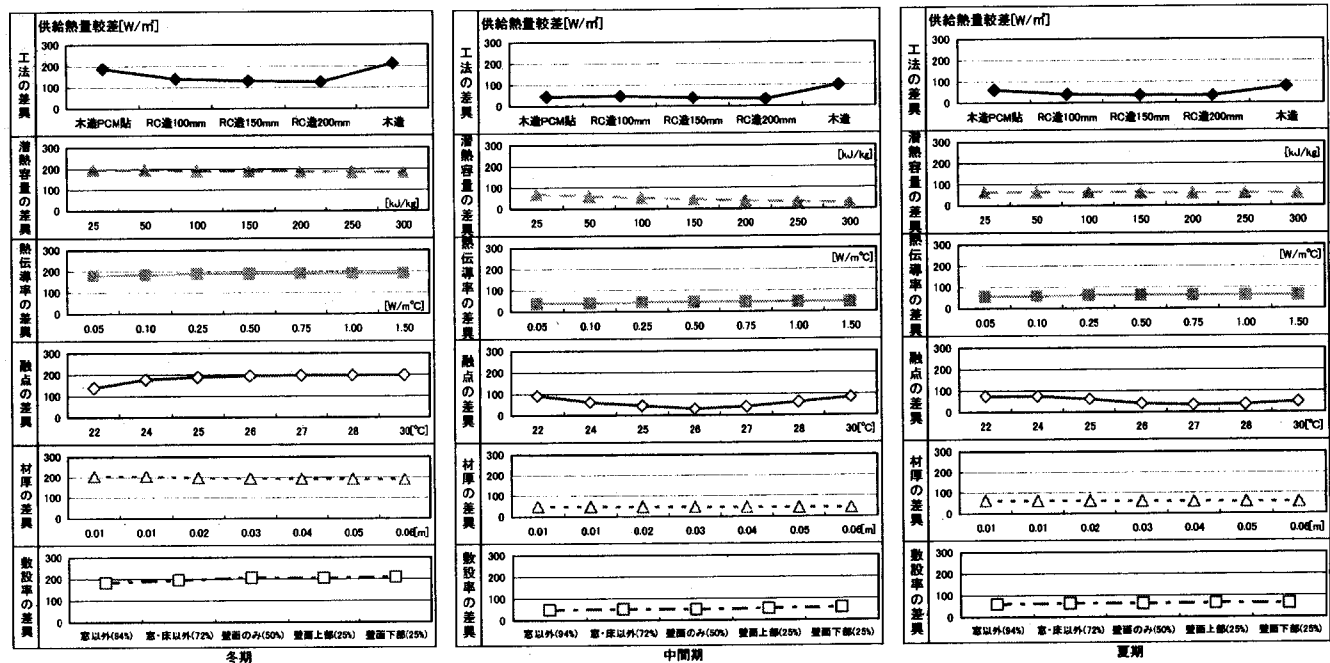


図16 供給熱量較差 (左より冬期, 中間期, 夏期)

より, 簡易熱容量測定法による潜熱量測定および見かけの比熱を用いた潜熱量モデルは, 簡易かつ必要とされる精度を満たした手法であることが確認できた。

- ② フィールド実験より, 自然状態において室内空気温度の標準偏差が約40%~80%に減少し, 室内空気温度平滑化効果が確認できた。ピークカット運転においては, ピークカット時の室内空気温度上昇が, PB棟の8℃に対し, 5℃に抑制された。
- ③ 数値シミュレーションの結果より, 木造PCM貼りの室内空気温度偏差比および供給熱量較差は, RC造のそれらに近いまたはそれ以下であった。これより, 木造住宅に潜熱蓄熱壁体を適用す

ることにより, RC造と概ね同等以上の室内空気温度平滑化効果および熱負荷平準化効果が得られることが確認できた。

- ④ 潜熱蓄熱材の決定においては潜熱蓄熱材の融点の決定は重要なポイントであり, 特に中間期にその影響が大きい。融点の決定方法については, 本論文では具体的に示すことはできなかったが, 対象室が冷房あるいは暖房が主流の室であるかが判断のポイントで, これは対象室の断熱性能や内部発熱等に左右される。概略的には潜熱蓄熱壁体を敷設しないケースにおける外壁・室内側表面温度変動の平均値を潜熱蓄熱材の融点とするのが適当と考えている。

謝 辞

松下電工(株)中央研究所には、潜熱蓄熱ボード試作に協力していただきました。アグネ技術センターには、潜熱蓄熱材の比熱測定に協力していただきました。

参考文献

- 参考文献1)~6)は本論文に関する既往論文である。
- 1) 岩城恵美子, 射場本忠彦, 坪田祐二他: 潜熱蓄熱ボードを用いた躯体蓄熱システムに関する研究(その2) 石膏ボード/蓄熱ボードによる基本性能比較実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, P1521-1522, 1992.8
 - 2) 坪田祐二, 射場本忠彦他: 潜熱蓄熱ボードを用いた躯体蓄熱システムに関する研究(その3) 温度制御による基本性能把握実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, P1683-1684, 1993.9
 - 3) 渡邊 聡, 射場本忠彦, 坪田祐二他: 潜熱壁体による躯体蓄熱システムに関する研究 上下温度分布低減の一考察, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, P1661-1664, 1994.10
 - 4) 渡邊 聡, 射場本忠彦, 坪田祐二, 近藤武士他: 潜熱壁体による躯体蓄熱システムに関する研究 住宅における冷房ピークカット運転の可能性の検討, 空地調和・衛生工学会学術講演会論文集, P993-996, 1995.10
 - 5) 細田 剛, 射場本忠彦, 坪田祐二他: 潜熱壁体による躯体蓄熱システムに関する研究 住宅モデルにおける冷房ピークカット運転の実験と数値シミュレーションによる検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, P693-696, 1997.8
 - 6) 近藤武士: 潜熱蓄熱壁体による温熱環境改善および熱負荷平準化に関する研究, 学位論文(東京大学), 2000.3
 - 7) Activities in Support of the Wax-Impregnated Wallboard Concept., R.J. Kedl and T.K. Stovall Engineering Technology Division Oak Ridge National Laboratory, Proceedings of the U.S. Department of Energy Thermal Energy Storage Research Activities Preview 1989
 - 8) Development of PCM Wallboard for Heating and Cooling of Residential Buildings., Ival O. Salyer and Anil K. Sircar The University of Dayton Research Institute, Proceedings of the U.S. Department of Energy Thermal Energy Storage Research Activities Preview 1989
 - 9) 黒木友裕, 銚井修一, 松本 衛: 室内温熱環境制御への潜熱蓄熱材の利用, 日本建築学会大会学術講演梗概集, P407-408, 1996.9
 - 10) 黒木友裕, 銚井修一, 松本 衛: 室内温熱環境制御への潜熱蓄熱材の利用(その2) 室温変動抑制効果と最適厚さの算定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, P443-444, 1997.9
 - 11) 斎藤宏昭, 土屋喬雄: 木造住宅における潜熱蓄熱材の適用に関する研究(その1) 潜熱蓄熱材の数値解析と比較実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, P669-670, 1994.9
 - 12) 松岡大介, 土屋喬雄, 斎藤宏昭: 木造住宅における潜熱蓄熱材の適用に関する研究(その2) 実大4室モデルによるシミュレーション実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, P671-672, 1994.9
 - 13) 山羽 基他: 小規模既存建物への潜熱蓄熱システムの適用に関する研究(その2) 蓄熱材の吸・放熱特性を考慮したシミュレーション, 日本建築学会大会学術講演梗概集, P1031-1032, 1998.9
 - 14) 戸河里敏: 大空間空調・熱環境計画手法の研究, 学位論文(東京大学), 1994.2
 - 15) 熱物性ハンドブック, 日本熱物性学会編, 養賢堂
 - 16) 斎藤安俊: 物質科学のための熱分析の基礎, 共立出版

注記

注1) 概略的な室内空気温度の範囲。本論文では20~30℃とする。

表7 計算条件

計算モデル	壁体
①木造PCM貼り12mm	潜熱蓄熱ボード 12[mm]
②木造PCM貼り24mm	潜熱蓄熱ボード 24[mm]
③木造PB12mm	石膏ボード 12[mm]
④木造PB24mm	石膏ボード 24[mm]
⑤RC造80mm	コンクリート壁 80[mm]
⑥RC造100mm	コンクリート壁 100[mm]
⑦RC造160mm	コンクリート壁 160[mm]

冷房条件
 設定温度 : 24[°C]
 冷房停止 : 13:00~15:00 (2時間)

外界条件
 標準気象データ(東京)真夏日

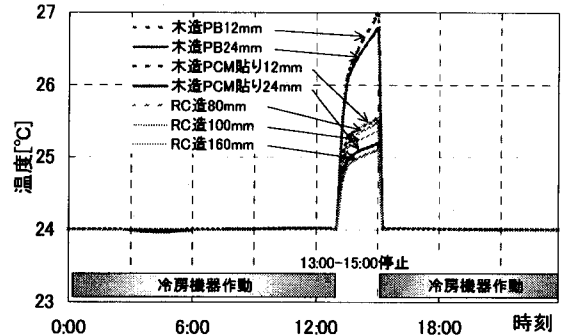


図17 室内空気温度変動(工法の差異, ピークカット運転)

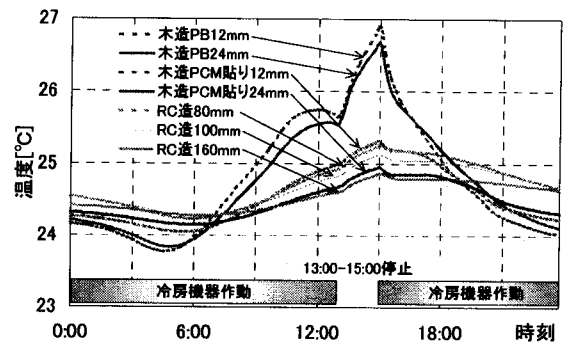


図18 東壁表面温度変動(工法の差異, ピークカット運転)

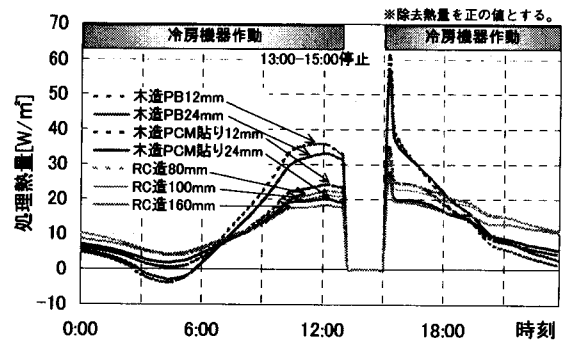


図19 処理熱量変動(工法の差異, ピークカット運転)

(2000年4月10日原稿受理, 2000年9月26日採用決定)