

審査の結果の要旨

氏名 草間 友花

潜熱蓄熱材（Phase Change Material、以下 PCM）は、その融点で大きな熱容量を有する。よって、室温近傍で融点を持つ PCM を住宅の壁・床等に適用した場合、昼間のダイレクトヒートゲインを夜間の暖房に有効利用することや、断熱・気密化に伴う室温の過昇温を抑制することなど、暖房負荷削減効果や室温変動緩和効果が期待できる。これまでも PCM を住宅に適用する多くの研究がなされてきたが、樹脂容器の内部に PCM を含ませたペレットやマイクロカプセルを建材ボード等に混入させることが多かった。したがって、建材自体の熱抵抗や壁体構成などが原因となって PCM の熱的効果が制限されてしまうという課題があった。

本論文は「潜熱蓄熱（PCM）建材を適用した住宅の環境設計に関する研究」と題し、PCM 層を室内側表面に施工でき、施工面積を広くとることが可能な手法として、PCM を湿式左官内装材に混和する PCM 内装左官材やペアガラスの間に PCM を封入する PCM 窓などを考案し、その建材の熱物性をはじめ、住宅に適用した際の省エネ性や室温安定性を実験室試験、実験棟実測、シミュレーションにより明らかにしたものである。本論文は 10 章で構成され、各章をまとめると以下の通りとなる。

第 1 章では、本研究の背景と目的について述べた。

第 2 章では、PCM 内装左官材の熱性能を実験室試験により明らかにした。PCM 内装左官材の固相・液相域の比熱や潜熱量を測定するための昇温速度を PCM 含有率等の諸条件に応じて検討し、その測定値を基に多峰性を有する PCM 内装左官材の見かけの比熱を調和解析法によって定式化した。

第 3 章ではまず、PCM 内装左官材の蓄放熱に寄与する有効熱容量を箱型の試験体を使った実験室試験により求めた。次に、PCM 内装左官材による冬季の省エネ効果や室温安定性について実験棟実測により検討した。PCM 内装左官材は昼間の過昇温や日最低気温の低下を抑制できることや、PCM を内装材下地後背部に施工する場合よりも有効熱容量が大きくなり、暖房負荷を小さくすることなどを明らかにしている。

第 4 章では、夏季には日中の日射熱を蓄熱し夜間に放熱するという PCM の欠点を緩和するための実験棟実測を行った。高耐候性不織布による日射遮蔽と外

気冷房を併用することで、日最高外気温度が 30°C を超える真夏日では PCM 内装左官材で仕上げた室が PCM 内装左官材なしの室よりも日最高室温が低く抑えられることなどを示した。

第 5 章では、PCM 内装左官材と毛細管暖冷房マットを組み合わせたハイブリッド壁暖冷房システムを開発し、その基本的な熱性能を実験室試験によって明らかにした。また、実験棟実測により太陽熱を利用したハイブリッド壁暖冷房システムが期間積算暖房負荷を半減させることなどを示した。

第 6 章では、住宅の開口部に蓄熱性能を付与する PCM 窓及び PCM ブラインドを提案し、その熱的・光学的な性能を実験室試験により把握した。実験棟実測により PCM 窓を設置した室の方が PCM 窓なしの場合よりも暖房時間を短縮できることなどを示した。

第 7 章では、簡易熱箱モデルを対象に札幌・東京・那覇の 3 地域における非定常熱負荷計算を行い、PCM 内装左官材の PCM 融解幅・融点や壁体の断熱性能、連続・間欠空調の違いによる熱負荷削減効果を検討している。PCM 融点については暖房負荷が支配的な札幌・東京では暖房時の設定室温に、冷房負荷が支配的な那覇では冷房時の設定室温に近いほど効果が高く、それらの PCM 融点下では 10~30% 程度の年間熱負荷削減効果が得られることなどを示した。

第 8 章では、第 7 章と同様な計算によって PCM 窓による熱負荷削減効果を検討した。ここではペアガラスの二重窓のうち片方を PCM 窓とするもので、PCM 窓の外付けと内付けによる違いを検討した結果、内付けの場合が PCM の融解・凝固の挙動が顕著にみられ熱負荷削減効果も高いことなどを示した。

第 9 章では、実際の居住状態に近い内部発熱、スケジュール、換気などの条件を反映した標準住宅モデルにおけるリビング及び寝室の各室を対象に、PCM 内装左官材及び PCM 窓の熱負荷削減効果について検討を加えた。その結果、第 7 章や第 8 章と同様な効果が必ずしも得られない場合があること、効果を得るには室に余剰熱が存在することが重要な要件の一つであることなどを指摘した。

第 10 章では、本論文で得られた知見と今後の課題をまとめ、総括とした。

以上、要するに、本論文は、住宅における PCM の適用手法について、PCM 内装左官材や PCM 窓などの独自の手法を考案し、実験室試験、実験棟実測、シミュレーションを積み重ねてその省エネ性や室温安定性を定量的に明らかにしたもので、住宅の環境設計に有用な技術的知見を示したものであり、建築環境工学に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。