

学位論文要旨

学位授与申請者

佐藤 友紀

題目：調湿性能と蓄熱性能を有する機能性建材が建築熱環境と暖冷房負荷に及ぼす影響

近年の住宅は、室内熱環境の改善および暖冷房負荷の低減を目的として断熱気密化される傾向にあり、施工の簡便性および精度の確実性を重視して、土壁による伝統的な湿式構法から窯業系サイディングやせっこうボードなどの工業建材を使用した乾式構法に変化している。また、「エネルギーの使用の合理化に関する法律」および「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の施行により断熱気密はますます強化されており、それに付随して住宅熱性能は従来の定性的な説明から数値による定量的な評価が求められている。これにより、断熱気密性能は格段に進歩しているが、性能表示は「仕様基準」あるいは「熱損失係数」によることが多く、日射熱取得、換気（通風）、躯体の蓄熱・調湿など、気象条件や生活行為が関係するダイナミックな伝熱現象は反映していない。つまり、太陽熱などの自然エネルギー利用や建物の温湿度特性に影響する構法固有の特徴は勘案されず、一辺倒な断熱気密化（乾式構法）に拍車をかけている。そこで、本研究では、土壁に代わる蓄熱・調湿性能を有する機能性建材を開発してその効果を実証すること、乾式構法にパッシブ・ヒーティング&クーリング技術を適用することを目的としている。

本論文は5章より構成される。以下に、各章で得られた知見を記述する。

第1章 序論

第1章では、本研究の背景と目的について記した。調湿および蓄熱に関する従来の研究および開発状況について述べ、本研究の位置づけを行った。

第2章 室内の恒湿性に及ぼす調湿建材の効果

第2章では、省エネルギー基準6地域（東京と金沢）に建設された既存の集合住宅を対象として、数値シミュレーションにより、内付け断熱窓で改修した後の冬季の温湿度環境の改善効果および調湿建材による結露の防止効果について検討した。窓を断熱改修すると室温および内表面温度が高くなるため、窓の表面結露は著しく減少するものの、室内の絶対湿度と相対湿度は却って上昇した。特に、金沢では相対湿度の上昇が顕著で、非暖房空間（低温箇所）で湿害を生じる危険性が高いことを明らかにした。居室やクローゼットに調湿建材を使用することで高湿域の頻度を低減し湿度環境を改善できるが、玄関については調湿建材の効果が少なく、玄

関ドアを断熱しない限り、窓の断熱改修により表面結露量が増加することを示した。

窓の断熱改修は既築住宅の代表的な省エネルギー対策であるが、湿度環境については反対に悪化させる可能性があること、調湿建材の施工により非暖房室でも湿度環境を改善できるが、常時温度の低い玄関は高温状態が続き調湿の効果を期待できないため、玄関ドアを断熱するなどの熱環境の改善を要することなど、断熱改修には気象条件と建築仕様に応じた事前の温湿度環境予測が重要なことを示唆した。

第3章 恒温性と暖房負荷に及ぼす潜熱蓄熱建材の効果

第3章では、模型箱実験、屋外試験家屋実験および数値シミュレーションにより、PCM 建材（潜熱蓄熱建材）の材料特性、室内熱環境への影響、暖房負荷の削減効果について検討した。模型箱実験により PCM 建材の基本的な恒温性能について解析し、PCM の厚みを増して熱容量を多くするよりも面積を増加させる方が、吸放熱が促進されて恒温性能が向上することを明らかにした。

屋外試験家屋では、PCM 建材を床面に施工し冬季の暖房用消費電力量の削減効果について検証した。日射量の日積算値と暖房用消費電力には負の相関が見られ、日積算消費電力量は最大で9.6%削減された。また、日射量の多い日は、暖房時の室内水平温度分布も改善できることを示した。一方で、日射量の少ない日は、暖房しても PCM が吸熱するため、却って暖房負荷が増加することを示した。

さらに、省エネルギー基準の標準住宅プランを対象として、6 地域（岡山）で数値シミュレーションを行い、その結果に重回帰分析を適用して暖房負荷に影響する要因について解析した。影響度の大きい順に、PCM ピーク融点、ガラスの日射侵入率、日照面の PCM 容量となり、特に PCM ピーク融点は暖房設定温度に近づける必要があることを示唆した。また、偏回帰係数を用いて、建物断熱性能、空調条件、PCM 容量、暖房負荷削減率の関係を算定した。PCM 建材を効果的に使用するには、1999 年度省エネルギー基準以上の断熱性能を有し、連続暖房運転とする住まい方が望ましいことを推奨している。

第4章 調湿・潜熱蓄熱建材が建築熱環境と暖冷房負荷に及ぼす影響

第4章では、調湿と潜熱蓄熱の機能を有する建材を開発し、省エネルギーの観点から最適な使用方法について検討した。6 地域（岡山）を対象とした暖冷房負荷のパラメトリック感度解析を基に設計施工指針を提案し、その指針を基準として 1~7 地域において暖冷房負荷の削減効果を算定した。基本指針を PCM 融点 18~22℃、PCM 容量 0.35MJ/m³ とし、床および外気に接する部位に PCM 建材を、床以外の部位に調湿建材を施工すると、年間暖冷房負荷が最低となり、中間期には自然状態でも室内温湿度を快適環境に長時間維持できることを示した。ただし、各地の期間暖冷房負荷の削減効果にはばらつきが見られる。2 地域（岩見沢）の削減量は 636MJ（4%）程度であるが、5 地域（宇都宮）では 2,506MJ（28%）にも達した。そこで、東

西南鉛直面への入射日射量と暖房負荷削減量には高い相関関係があること、PCM 建材による暖房負荷の削減効果は冷房負荷に比べて極めて大きいことから、暖房負荷に特化して日射量から PCM の最適容量を推定できることも提示した。

第 5 章 総括結論

第 5 章では、各章で得られた知見をまとめて総括とした。