

【様式1】

概要書

研究名	蓄熱・調湿壁紙を適用したパッシブ・ウェルネス住宅に関する研究
民間機関等 (相手方)の名称	室内気候研究所

研究の概要	<p>1. はじめに</p> <p>近年、断熱性に優れた住宅が増えている中で、熱容量を考慮した住宅は少なく、冬季間の日射による過昇温と過乾燥が生じている。熱容量の低い住宅で生じる過度な室温変動を抑制する手段として潜熱蓄熱材（Phase Change Material：以下 PCM）がある。PCM は、融解と凝固に伴い、吸熱と放熱を繰り返し、一定温度での熱授受が可能であるなどの特徴がある。PCM を内装材に混和することで、室に熱容量が付加され、室温変動やヒートショックの抑制、日射エネルギーの利用による暖房負荷の軽減が期待できる。一方、SARS-CoV-2 感染症の拡大が世界的に続いており、室内に持ち込まれるウイルスを不活化させる方策が必要となっている。既往の研究により、室温 24[°C]においてステンレスやプラスチック(ABS)、ニトリル手袋などの表面に沈着した SARS-CoV-2 ウイルスの半減期を比較した結果、20[%]RH と相対湿度が低い場合には、高い場合(60[%]RH、80[%]RH)に比べて安定し、半減期が長くなることが報告されている。また、実験装置にインフルエンザウイルスを浮遊させ、温度や湿度を変えてウイルス活性率の推移を見た結果、室温 21-23[°C]、湿度 40-60[%]RH でインフルエンザ等のウイルスが不活化し、人間の至適快適環境（室内の快適な温・湿度環境は、21-26[°C]、40-60[%]RH）とされている。）とも重なることが分かっている。既往の研究では、塗料に PCM と珪藻土を混和した蓄熱・調湿塗料を開発し、基本的熱性能と水蒸気の吸放湿性能を定量化し、実験棟での日射利用によるパッシブ蓄熱・調湿による環境改善効果を報告した。そこで本研究ではさらに施工性の向上を目指し、不織布に PCM と珪藻土を含侵定着させた蓄熱・調湿壁紙を新たに開発し、乾式施工による施工性の評価と、実験棟での環境改善効果を検討した。</p> <p>2. 蓄熱調湿壁紙の試作</p>
-------	--

2.1 試作の概要

蓄熱調湿壁紙の開発に先立ち、試験体の試作を行った。試作は14回行い、ひび割れ、ムラ、剥落、和紙と不織布の付着力不足、PCM量の不足、柔軟性などの課題が見られた。そこで、ベース材に薄い不織布（ペーパーシート）を採用し、でん粉系糊に潜熱蓄熱材(PCM)と調湿材(珪藻土)を混和したペースト状のバインダーを塗布し、上から和紙を張り付ける三層構造とすることで課題の解決を図った。

2.2 バインダーの調合

ベース材の不織布と表紙の和紙を接着するバインダーは、でん粉系糊を使用し、蓄熱性能を付与する目的でマイクロカプセルPCM、調湿性能を付与する目的で珪藻土(稚内層珪藻真岩)を混和した。配合は重量比で（でん粉系糊：PCM：珪藻土：水=1：0.8：0.2：0.7）とした。壁紙一枚の大きさは500[mm]角とするため、和紙と不織布を550[mm]角に切り、バインダーを不織布の内側500[mm]角の範囲にヘラを使って均一に塗布した。その上に和紙を置き、シワや空気が入らないように、撫で刷毛を使用し貼り付けた。乾燥後、規格寸法の500[mm]角の大きさに裁断した。厚さは平均1.8[mm]だった。

2.3 壁紙施工

実験棟(ウエルネス棟)の北面、東面、南面に製作した蓄熱調湿壁紙を施工した。500[mm]角の壁紙を馬目地で張り付けた。壁紙に壁紙用のでん粉系糊を塗布した後、事前に墨出しした割付け墨に合わせて、貼り付けを行った。

3. 調湿・蓄熱壁紙の蓄熱性能

3.1 壁紙の蓄熱性能評価

でん粉系壁紙のりを主剤として作った壁紙(DP)を蓄熱性能評価するため、蓄熱試験を行った。DPの比エンタルピと見かけの比熱を算出した。降温時に20[°C]付近で積算エンタルピが急激に増加し、見かけの比熱のピークも20[°C]付近になった。

潜熱量は昇温と降温の平均で77[kJ/m²]、蓄熱量[15-35°C]は103[kJ/m²]が得られた。

3.2 室温降下シミュレーション

7[m]×7[m]の二層の住宅を想定して室温降下シミュレーションを行った。内装や断熱材などは実験棟を参考とし、石膏ボード350[m²]、蓄熱壁紙250[m²]を使用したと仮定し、DPの見かけの比熱からモデル住宅の熱容量を算出し、外気温5[°C]室温22[°C]で暖房停止から6時間後の室温シミュレーションを行った。HEAT20のG2、G3基準は達成できた。また、室温が見かけの比熱のピーク温度を下回らなかったため、PCMの効果が6時間以上持続した。またU_A値をG2基準である0.25[(W/m²・K)]としたため、蓄熱壁紙を使用した時と使用していないときでの温度差は5[°C]程度あることが確認できた。

3.3 断熱性能と熱容量

計算モデルにおける熱容量 C と相当 U_A 値および断熱材厚さ d [mm] の関係を求めた。相当 U_A 値は、温度降下の時定数から求めた。一般の壁紙を施工した計算モデルの熱容量は 6.7 [MJ/K] であり、必要な断熱材(GW16k)の厚みに換算すると約 170[mm] となる。一方、蓄熱調湿壁紙を施工した場合は、15.3[MJ/K] となり、必要な断熱材の厚みの換算すると約 70[mm] となり、付加断熱なしの充填断熱でも同等の熱性能が得られることが示唆された。

4. 調湿性能評価

4.1 吸放湿試験

JIS A 6909 「建築用仕上げ塗材の吸放湿性試験」に準拠して、試験体の吸放湿性試験を恒温恒湿槽(チャンバー)で行った。なお、チャンバー内の気流の影響を避けるため試験体周囲には風防を設けた。チャンバー内の温度 θ_i を 23[°C] に保ちながら相対湿度 ϕ_i を変化(45-90[%]RH)させ、試験体重量を 5 分間隔で測定した。測定開始までの養生期間は 48[h] とした。

蓄熱調湿壁紙(DP)試験体では吸湿量が 70[g/m²]以上が得られ、調湿建材判定基準を満たした。また、ヒステリシスロスもなく、吸放湿時の安定性が確認できた。一方で、市販のビニールクロスの VC 試験体では、約 30 [g/m²] となり、また、ヒステリシスロスが見られた。

5. 実験棟による蓄熱調湿壁紙の性能評価 (冬期)

5.1 測定概要

暖房には 400[W] のハロゲンヒーターを使用し、18[°C] で暖房が入り 22[°C] で切れるように室温を制御した。暖房量の測定はクランプメーターを使用し、暖房時の電流値から暖房量に換算した。室温及びグローブ温度は T 型電対を用いて測定した。

5.2 無暖房時間の比較

1月23日午前6時から24日午前8時までウェルネス棟とブランク棟との温度の比較すると、無暖房時間が2時間延長した。また、ブランク棟に比べウェルネス棟では過昇温が見られるもの、最高温度抑制できており、2.5[°C] の差が確認できた。

5.3 過昇温による不快時間の比較

ウェルネス棟と、ブランク棟の過昇温による不快温度帯の抑制効果の比較した。室内の温度が 26[°C] を超える時間を積算し、不快デグリーアワー D_h として定義した。ウェルネス棟では、日射による過昇温が生じる日の不快時間が減少した。

5. まとめ

本研究により得られた知見を総括して以下に示す。

- | | |
|--|--|
| | <ol style="list-style-type: none">1. 既往の蓄熱・調湿塗料の仕上がりや施工量が施工者の熟練度により左右されるなどの開発を改善すべく新たに蓄熱調湿壁紙を開発し、より簡易に乾式施工できる工法を確立した。蓄熱材や調湿材の施工量が定格化でき、工期の短縮が可能となった。2. 蓄熱調湿壁紙の潜熱特性試験を行い、熱流密度、比エンタルピ、見かけの比熱、潜熱量、蓄熱量を求めた。3. モデル住宅の室温降下シミュレーションを行った結果、蓄熱調湿壁紙を適用することで、室温降下の抑制できた。4. 室温降下シミュレーションから相当 U_A 値と熱容量 C の関係进行评估し、熱容量を向上することの優位性が示唆された。5. 蓄熱調湿壁紙のが得られ、調湿建材判定基準である吸・放湿量は $70[\text{g}/\text{m}^2]$ を満たした。6. 蓄熱調湿壁紙を施工したウェルネス棟とブランク棟とで無暖房時間が2時間延長した。 |
|--|--|