アロフェン系調湿建材に関する研究

—試験棟における調湿性能評価—

STUDY ON A NEW HUMIDITY CONTROLLING MATERIAL USING POROUS SOIL "ALLOPHANE"

Evaluation of humidity controlling performance in test houses

福水浩史 —*1 横山 茂 —*2

Hiroshi FUKUMIZU —*1 Shigeru YOKOYAMA —*2

キーワード:

アロフェン, 調湿材, 湿気特性, モデルハウス実験

Keywords:

Allophane, Humidity controlling material, Moisture Properties, Field Test

We have developed a new humidity controlling material using porous soil "allophane". It was found that the rate of moisture adsorption of this material was about higher than that of wood and this material has good performance of humidity control in the small chamber experiment. Effects of this material in the living space were examined by using two test houses for one year. One is putting this material on the wall. The other is putting popular vinyl wallcovering. It was cleared that this building material could decrease humidity change and the amount of dew condensation in the living space.

1. はじめに

現代の住宅は高断熱化、高気密化、個室化などが進み、吸放湿性の乏しい人工素材が多用されるために、高湿度あるいは過乾燥といった湿度環境に陥りやすく、結露の発生やアレルギー疾患の原因といわれるカビ、ダニの発生などの問題がクローズアップされてきている。我々はこのような問題を解決する手法として、アロフェンという多くの微細な孔をもつ火山灰起源の粘土鉱物を用いた調湿建材の開発を行っている。試作した建材の吸放湿特性評価を行い、木材以上の優れた性能を持つことを確認し、このような建材を住空間に使用した場合の効果を試験棟での模擬実験により、ほぼ1年にわたって評価してきた。特に冬期の窓面結露ならびに夏期の高湿度抑制に関する評価を行い、調湿建材を使用した場合の効果が明らかになってきている¹⁾。本報ではこれら建材の吸放湿特性ならびに試験棟での評価結果について報告する。

図1 アロフェンの電子顕微鏡写真
(工業技術院 名古屋工業技術研究所 提供)

2. アロフェン系調湿建材について

主要原料として使用したアロフェンは、火山灰土壌にしばしば含まれ、 Si-O-Al 結合が不規則に配列している非晶質粘土鉱物である。形態は微小中空状の単位粒子が多数集合したものであり、ナノメートルサイズの微細な細孔を多く持っている(図1)²⁾。アロフェンを多く含む「鹿沼土」(栃木県鹿沼市周辺で産出する)と陶磁器原料として一般に使用される粘土などを調合・成形し、900℃程度の低温で焼成することによって得られた調湿建材を試験サンプルとした。なおサンプル厚さは5mmとした。

3. 材料特性評価

3-1. 実験方法

吸放湿の速度、容量特性を評価するために、それぞれ24時間サイクル吸放湿実験、平衡吸湿量測定を行うとともに、材料の吸放湿作用に基づいて得られる調湿効果を評価するために、密閉容器(ガラスデシケーター)を用いた調湿実験を行った。実験において試験サンプルと形状、厚さが同一である木材(杉)を比較サンプルとして使用した。

*1 INAX 建材技術研究所
(〒479-0002 愛知県常滑市久米字鎗場36)

*2 INAX 建材技術研究所

*1 Technical Research Laboratory for Building Materials, INAX

*2 Technical Research Laboratory for Building Materials, INAX

24時間サイクル吸放湿実験は次のようにして行った。サンプルを25℃、R.H. 50%の恒温恒湿槽中で平衡にさせた後、このサンプルを25℃、R.H. 90%の恒温恒湿槽に入れて、吸湿量を24時間に渡って測定、続いて25℃、R.H. 50%の恒温恒湿槽に入れて放湿量を測定した。これら吸放湿量はサンプルの重量変化により求めた。またサンプルを60℃で乾燥後、所定の相対湿度にされた恒温恒湿槽中に入れて、重量が平衡に達した値を平衡吸湿量として求めた。なおこの平衡吸湿量の測定は吸湿過程で行った。これら24時間サイクルの吸放湿量、平衡吸湿量はサンプルの単位表面積当たりの量(g/m^2)で表した。

さらに調湿実験は、25℃、R.H. 60%で平衡にさせたサンプル(面積0.0056 m^2)を内容積0.011 m^3 のガラスデシケーターに入れて、密閉状態にし、その後デシケーターに所定の温度変動を与えて、デシケーター内の相対湿度を測定し評価した。温度変動は5～25℃の変動幅で1℃/hで昇降温させた。この実験の概要を図2に示す。

図2 調湿実験概要

3-2. 実験結果

24時間サイクル吸放湿実験の結果を図3に示す。アロフェン系調湿建材の吸放湿量は木材の約2倍であり、吸放湿の応答性に優れることがわかる。また24時間サイクルの中で、木材が吸湿量の約1/3を蓄湿するのに対して、アロフェン系調湿建材はほとんど蓄湿していない。調湿建材として使用する場合に蓄湿量が少ないということは、必要な特性の一つであり、蓄湿量の観点からも木材と比較して優位な特性を持っていると言える。一方、平衡吸湿量については、住環境で重要と考えられる中湿度～高湿度領域での平衡吸湿量の差が木材に比べて大きい。具体的にはR.H. 50%と90%の平衡吸湿量の差がアロフェン系調湿建材、木材でそれぞれ330、230 g/m^2 であった(図4)。アロフェン系調湿建材は吸放湿の容量特性にも優れていると言える。図5に調湿実験結果を示す。アロフェン系調湿建材は、木材に比べて相対湿度の変動を抑制しており、優れた調湿性能を持つことがわかる。このような1日レベルの短周期の湿度変動に対応するためには、アロフェン系調湿建材のような吸放湿の応答性に優れた材料がより有効であると考えられる。

図3 各サンプルの吸放湿特性
(25℃、50%R.H.→90%R.H.→50%R.H. 24時間サイクル)

図4 各サンプルの平衡吸湿量

図5 調湿実験結果

4. 試験棟での評価

4-1. 試験棟の概要

試験棟の建物仕様を図6に示す。木造6畳(容積約20 m³)で南側に掃き出し窓とドア、北側に中窓を設け、エアコンと換気扇を設置している。外装材は木質系サイディングを使用、断熱・気密性を考慮して各部位に断熱材(グラスウール)ならびに気密シートを施工した³⁾。内装仕様は床がフローリング、天井は化粧石膏ボードとし、アロフェン系調湿建材を腰壁(約8 m²、気積比0.4)に施工、残りの壁をビニールクロスで施工した試験棟(以下調湿建材棟とする)とビニールクロスを壁全面に施工した試験棟(以下ビニールクロス棟とする)を使用した。なお調湿建材やビニールクロスを施工する前のブランク状態で両試験棟の室内温湿度に差がないことを確認している。

図6 試験棟の概要

4-2. 実験方法

冬期は室内外の温度差が大きいことやファンヒーターなど暖房器の使用で水蒸気発生量が多いことから、結露が発生しやすい。特に気密な住宅であるほど、一旦発生した水蒸気が逃げにくく、結露などを引き起こしやすい状態になっている。このような場面を想定して冬期の実験を行った。夕方から朝まで人が在室すると想定して、17:30～翌8:30まで加湿器で加湿を行い、室内の温湿度状況ならびに朝8:30時点での窓面結露状況を測定した。結露量は窓面の結露水をタオルで拭き取り、拭き取ったタオルの重量増から求めた。なお結露量は掃き出し窓と中窓の合計量である。温度は成り行きで、1998年1/28～2/26に21日間測定した。一方、夏期については、寝室で就寝時にエアコンをOFFした後の湿度環境に与える影響について評価した。9:00～21:00はエアコンON(27℃設定)、就寝時として21:00～翌9:00はエアコンをOFFした状態で加湿を行い、温湿度の測定を行った。測定期間は1998年8月の約1ヶ月間である。さらに梅雨期の湿度環境に与える影響について、加湿をせず、温度は成り行きの状態で6月中旬から7月中旬の約1ヶ月間に渡り評価を行った。なお、いずれの場合も室内の温湿度は測定間隔10分でデータ取りを行った。冬期、夏期および梅雨期それぞれの実験条件を表1に示す。

表1 測定条件

冬期	8:30～17:30:加湿なし、温度成り行き 17:30～翌8:30:加湿60g/h、温度成り行き
夏期	9:00～21:00:エアコンON(27℃設定)、加湿なし 21:00～翌9:00:エアコンOFF、加湿60g/h、温度成り行き
梅雨期	加湿なし、温度成り行き

4-3. 冬期の評価試験結果

冬期の温湿度状況を図7に示す。いずれの試験棟でも、日没後の温度低下ならびに人の在室に相当した量の加湿により、夕方から朝方にかけて相対湿度が上昇している。このような時間帯でビニールクロス棟では相対湿度が90%を越えるレベルであるのに対して、調湿建材棟では、10%程度相対湿度が低くなっていることがわかる。調湿建材の効果により、湿度上昇が抑制されたと考えられる。また約1ヶ月に渡り、実験を継続したが、このような湿度調節効果は持続されていた。

図7 冬期の温湿度環境

図8に窓面の結露状況結果を示す。ビニールクロス棟では、測定した21日間のうち17日間結露が発生していた。またばらつきはあるものの1日当たりおおよそ30～40 g結露し、測定期間中の累積量は約500 gであった。これに対して、調湿建材棟では、結露日数はわずか2日間、また結露していた場合でも結露量は減少しており、累積量も約30 gと大幅に結露が抑制されたことがわかる。調湿建材を用いた場合に、湿度抑制が抑制され、窓面結露も軽減されたと考えられる。

図8 冬期の窓面結露状況

4-4. 夏期の評価試験結果

図9にエアコンOFF後の温湿度状況の典型例を示す。両方の試験棟ともエアコンOFF後に相対湿度が上昇しているが、ビニールクロス棟と比べて、調湿建材棟では相対湿度が10%程度低く抑えられている。冬期の場合と同様に調湿建材の効果が働いていると言える。このように湿度環境を改善することから、不快感が軽減され寝苦しさを緩和する効果が期待される。一方、エアコンが稼働している間については、温度と相対湿度とも両方の試験棟で差が見られない。これは機械設備であるエアコンの能力が調湿建材の効果に比べて、非常に大きいためであると考えられる。

図9 エアコンOFF後の温湿度環境

4-5. 梅雨期の評価試験結果

図10に梅雨期において高湿度状態（相対湿度80%以上）となった時間の割合を示す。ビニールクロス棟で高湿度出現割合が約60%であるのに対して、調湿建材棟では約10%になっており、このような場面でも高湿度を抑制する効果が確認された。高温多湿の梅雨期は、ジメジメ感などにより人に不快感を与え、カビの発生などを起こしやすい季節であるが、調湿建材の効果により、このような不快感の低減やカビの発生の抑制の効果が期待される。

図10 梅雨期の湿度環境

5. まとめ

火山灰起源の粘土鉱物であるアロフェン用い、低温焼成することにより、木材と同等以上の吸放湿特性を持つ調湿建材が得られることを確認し、材料の特性評価に続いて行った試験棟での評価により、開発した調湿建材を使用することによって、冬期の窓面結露を軽減できること、夏期および梅雨期の高湿度を抑制できることが明らかになった。今後、今回の試験で評価できなかった冬期の過乾燥状態に対する影響などを検証するとともに、これら試験棟でのデータを調湿設計シミュレーション構築のための基礎データとして利用していく。また現在、結露など湿度の害が生じている住宅を主な対象とした評価試験を行っており、実住宅での効果を解析していく予定である。

謝辞

開発に際し、材料開発分野で技術指導を受けた工業技術院名古屋工業技術研究所をはじめ、御協力を頂いた関係各位にここに改めて感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 福水浩史, 横山茂: アロフェン系調湿建材に関する研究(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集D 2, pp. 255~256, 1999
- 2) 逸見彰男: 非晶質粘土研究の考え方と方法論, 粘土科学, Vol. 31, No. 2, pp. 75~81, 1991
- 3) 住宅・建築省エネルギー機構: 住宅の省エネルギー基準と指針, 1996

[1999年10月15日原稿受理 2000年2月2日採用決定]