

吸放湿材料による室内湿気環境の制御の可能性と最新の技術動向

Potentiality and latest technology trends of indoor humidity control by hygroscopic materials

大和ハウス工業株式会社 総合技術研究所

Daiwa House Industry Co., Ltd. Central Research Laboratory

今仲 雅之

Masayuki IMANAKA

キーワード：吸放湿材料 (Hygroscopic materials)、省エネ住宅 (Energy efficient houses)

熱水蒸気同時移動 (Simultaneous heat and moisture transfer)

結露 (Condensation)、換気 (Ventilation)

1. はじめに

ガラスや金属等の例外を除く多くの建築材料は内部に空隙を持った多孔質材料で、その空隙特性に応じて大なり小なり水蒸気を吸湿あるいは放湿させる性質がある。この性質を生かして、内装などに用いて結露などの湿気の問題を解決するために利用される材料を吸放湿材料という。身近な吸放湿材料としては土、木材があり、土蔵や桐箆筒のように宝物や衣類などの長期保存を目的とした場合には、古くから経験的に用いられてきた。

近年の珪藻土ブーム以降、こうした吸放湿性能の高い天然の材料を混ぜ、吸放湿性を付加した新製品が「自然」「安心・安全」「健康」「エコ」など流行のキーワードで多数市販されるようになるなど、注目度、認知度は急速に高くなったと思われる。

このような背景から、2002年にJIS²⁾が制定され、材料ベースで吸放湿性能を評価する統一した試験ルールができた。そして最近では、吸放湿材料の中でも、湿度を中湿（概ね相対湿度40~60%）に維持させる一定の性能を持った建材を「調湿建材」という新しい呼び方で認定する制度³⁾がはじまるなど、一層の整備、格付けが進み、既に吸放湿材料の空間評価についても確立したようにも見える。

しかし、そもそも住宅などの建物空間の湿気環境は、断熱・気密性能や機械換気の有無などの建物性能、それに外気湿度、水蒸気発生量、発生スケジュールなどの時々刻々変化するファクターが複雑に関連して形成されており、実際の建物空間で吸放湿材料の実力やその影響を知るためには、材料試験だけでは不十分である。このような建物内の複雑な条件下での吸放湿効果の評価は、シミュレーションが有効であり、これまで多くの研究が行われてきた。本発表においても、シミュレーションを用いて吸放湿効果の定量評価を行う。

まず吸放湿材料で室内湿気環境の制御の可能性を探るには、室内湿気環境の形成要因や住宅性能と湿気環境の関係を定量的に把握することが重要であると考えられる。そこで4章では冬季の戸建住宅内の湿気環境の形成要因及び断熱性能と湿気環境の関係を把握する。5章では、これまでの研究により明らかになっている吸放湿材料の特性を戸建住宅に当てはめて整理し、吸放湿材料による室内湿気環境の制御の可能性を探りたい。6章では4、5章から得られた知見から、最新の技術動向として、目的に応じた効果的、効率的な吸放湿材料の使用法と更に吸放湿効果を高めるための仕様の一例を紹介する。

表1 調湿建材製品¹⁾と厚み

No	商品名	材質	厚み[mm]	社名
1	エアスマイル	ケイ酸カルシウム系	6, 9.5	大建工業
2	たたみボード	木質繊維系	10, 15	大建工業
3	挿入れボードQ	ケイ酸カルシウム系	9	大建工業
4	ハーモナイト	セラミック系(ALC)	8	クリオン
5	ヒューミライト	ケイ酸カルシウム系	12, 15, 20, 25, 35, 50	日本インシュレーション
6	カバライト	セラミック系		ヨーケン
7	さわやか石膏ボード	珪藻土系	9.5, 12.5	チヨダウーテ
8	エコカラット	セラミック系	5.5	INAX
9	やさしい壁	珪藻土系	6, 9.5, 12	ウベボード
10	ブレスボード	ゼオライト系	6	新東北化学工業
11	モイス	ケイ酸系パーミユライト	6, 9.5	三菱商事建材
12	ストロングボード	木質系	25, 50	神戸不燃板工業
13	スカットボード	土質系石膏系	9.5, 12.5	吉野石膏
14	リラクセント	珪藻土系		松下電工
15	しつど番	珪藻土系	9.5, 12.5	松下電工
16	調湿彫り天井	珪藻土系	9, 12, 19	松下電工
17	ディリーウォールK	珪藻土系	5	日光化成
18	さわやかII	粘土系漆喰系	6	クラボウ
19	息吹	漆喰系		トクヤマ
20	豊ヘルス	珪藻土系		鈴木産業

2. 吸放湿効果と利用の目的

吸放湿材料を内装に用いた場合、室内の温度上昇あるいは湿度の低下がある場合は、吸放湿材料の中の水蒸気が室内へ放湿され、逆に温度の低下あるいは湿度上昇がある場合には室内の水蒸気が吸放湿材料に吸湿される。つまり、吸放湿材料は室内の相対湿度の変化が小さくなるように作用する。これを吸放湿効果という。

この効果を様々な目的で利用する取り組みが行われている。表2に湿度域と吸放湿材料の利用目的を分類した。高湿や低湿域では、結露や過乾燥などによる湿害防止のように、どちらかと言えば消極的な利用目的になるのに対し、中湿域では快適空間を維持したり、室内除湿や熱負荷削減など付加価値をつける利用になり、最近の研究で取り込まれている。

表2 湿度域と吸放湿材料の利用目的

湿度域	利用目的	
高湿	結露防止	アレルギーの防止 かびの生育防止 耐久性の維持
中湿	室内調湿 (快適空間維持)	パッシブ除湿 熱負荷削減(省エネ) 長期保存
低湿	過乾燥防止	材料収縮防止 インフルエンザ感染防止 肌荒れ、静電気防止

3. シミュレーションについて

3.1 建物概要

戸建住宅は図1に示す熱負荷計算プログラム用の標準計算モデル⁴⁾を用いる。図中の①～⑫に示す居室と、主寝室に設置された天井点検口と接続する小屋裏空間を加えた合計13室の多数室で取り扱う。

品確法では新築住宅の断熱性能は、4つの省エネ等級に分類されている。また2003年建築基準法の改正以来、24時間換気扇の設置が義務付けされた。このような現在の制度下の新築物件を想定し、住宅は表3に示す次世代基準、新省エネ基準に相当する2住宅を設定する。ここで開口部の隙間については、サッシの気密等級に合致する有効開口面積を与え、更に建物全体が20℃、外気0℃、外部風が無い場合の建物全体の自然換気量が0.4回/h程度になるように、外壁-2階天井の接合部及び外壁-1階床の接合部に隙間を設ける。その結果、気密性能C値は2.67 cm³/m²である。2住戸には建築基準法で要求される0.5回/hの機械換気設備を設けている。1、2階トイレ及び洗面室の3箇所から排気する第3種換気方式で、居室にはFL+2100の位置に給気口を設ける。

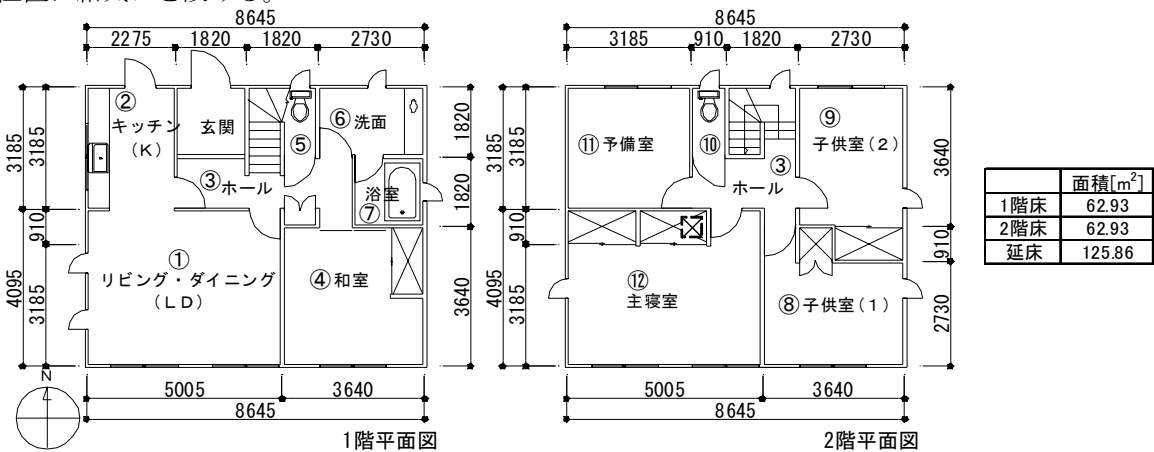


図1 検討に用いた住宅モデル(○内数値は部屋番号)

表3 検討に用いた住宅モデルの断熱・気密・換気性能

性能	部位	次世代省エネ仕様	新省エネ仕様
K値 [W/m ² K]	天井	0.25	0.47
	外壁	0.39	0.58
	床	0.39	0.71
	畳床	0.33	0.67
	開口部 ドア	3.49 (複層ガラス+断熱サッシ)	6.51 (単板ガラス+アルミサッシ)
サッシ気密等級		A-4	
熱損失係数 Q値 [W/m ² K]		2.17	3.35
気密性能 C値 [cm ³ /m ²]		2.67	
外気0℃-室内20℃の自然換気量 [回/h]		0.4	

3.2 計算方法

計算は多数室換気を考慮した室内温湿度と熱水蒸気同時移動の変化方程式により材料内の熱水蒸気の状況を練成予測できるプログラムを用いている。解法は有限差分法 Crank・Nicholson 型（重み 1/2）で、差分時間は 1/50[h] である。吸放湿材料を用いない場合の部位は全て表面断湿として取り扱う。なお開口部及び表面断湿面で発生した表面結露のふき取りは行わず、乾燥蒸発を考慮して取り扱う。外気は東京の標準気象データを用い、屋根、外壁、サッシには夜間放射を考慮する。外部風は考慮していない（風速 0）。

4. 住宅内の湿気環境の形成要因

4.1 検討条件

ここでは吸放湿材料を使用しない状態で、冬季の戸建住宅内の湿気環境の形成要因を把握する。加熱加湿スケジュール等の検討条件を図 2 に示す。加熱加湿時間は建物内の水蒸気の流れを把握するため、1 日 18 時間 20°C の①LD における単純な間欠暖房とする。水蒸気発生量は 300g/h である。これは次世代基準仕様の扉全閉で 24 時間換気を行った場合（No3）に暖房室の平均相対湿度が 60% 程度になる発生量である。

換気方式の影響を検討するため、自然換気と 24 時間換気（第 3 種換気）の 2 ケースを想定する。更に内部扉開閉の影響を検討するため、扉全閉の場合と、各階の代表 4 居室（①LD、④和室、⑨子供室 2、⑫主寝室）の扉を常時開放した場合を想定する。計算期間は 11 月 21 日～12 月 31 日の 42 日間で考察は 12 月 1 日からとする。

図2 住宅内の湿気環境の形成要因を検討するための計算条件

計算 No	断熱性能	換気方式	内部扉開閉条件	加熱加湿スケジュール
1	次世代省エネ	自然換気	全閉	
2			①④⑨⑫扉開	
3		24時間換気 (第3種換気)	全閉	
4			①④⑨⑫扉開	
5	新省エネ	自然換気	全閉	
6			①④⑨⑫扉開	
7		24時間換気 (第3種換気)	全閉	
8			①④⑨⑫扉開	

4.2 24時間換気及び室内扉の開閉が各室相対湿度に与える影響

図 3 に計算 No1～4 の 12 月の各室平均相対湿度を示す。部屋によって 24 時間換気の効果に違いがある。扉全閉条件（No1 と No3 の比較）では 2 階の居室（⑧子供室 1、⑨子供室 2、⑪予備室、⑫主寝室）で、また扉開放条件（No2 と No4 の比較）では、扉を閉めている部屋（⑧子供室 1、⑪予備室）で相対湿度は 20% 以上低下している。

一方、1 階の非暖房室である④和室は、全閉の場合（No1 と No3 の比較）では換気扇の使用による相対湿度変化はほとんどなく、扉を開放した場合（No2 と No4 の比較）に、換気扇の使用により 10% 程度の低下がある。このような 24 時間換気の効果の違いを空気の流れで見るため、図 4、5 に自然換気（No1）と 24 時間換気（No3）の 12 月 17 日 0 時の各開口部の換気量を示した。図 4 で自然換気状態では⑨子供室 2 では③玄関ホールから 16.3 m³/h 流入し、外に同量が流出する経路が主流で、外気が全く入らないのに対し、24 時間換気を行うと、図 5 のように外気が 17.1 m³/h 流入し、③玄関ホールに同量流出する経路になっている。

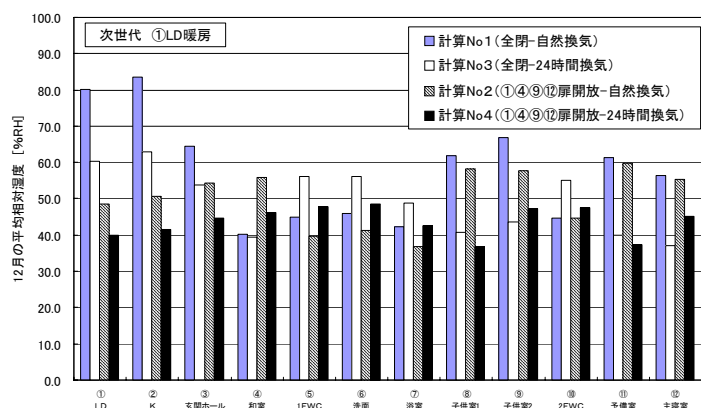


図3 ①LD暖房時の各室平均相対湿度の比較（計算No1～No4）

つまり自然換気と24時間換気とで空気の流る方向が異なり、違いが明確になっている。

④和室は自然換気の場合(図4)、外気が11 m³/h 流入し、③玄関ホールに同量出る経路であり、24時間換気(図5)を行っても、この経路に変化はなく外気流入量が22.8 m³/hに増加するだけである。つまり自然換気でも24時間換気でも、扉閉では①LDから水蒸気の流入は殆ど無い状況である。

扉を開放した場合の換気量を図6に示すが、④和室にも、自然換気の状態(No2)で③玄関ホールからの流入がある。24時間換気(No4)を行うと、図7に示すように外気流入が14.5 m³/hから25.7 m³/hに増える分、換気の効果は大きくなっている。

以上のことから、自然換気の場合に、暖房室から水蒸気が流入している部屋では、相対湿度が高くなり、強制換気による湿度低減効果は水蒸気流入の無い部屋に比べてより大きくなる特徴がある。

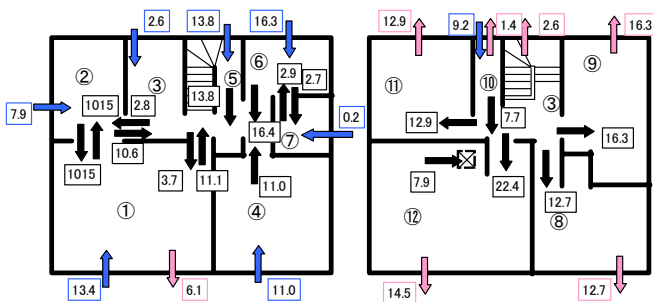


図4 自然換気-扉全閉(計算No1)の換気量分布(12月17日0:00)

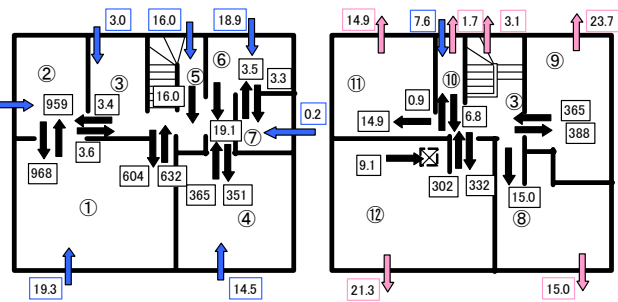


図6 自然換気-①④⑨⑫扉開(計算No2)の換気量分布(12月17日0:00)

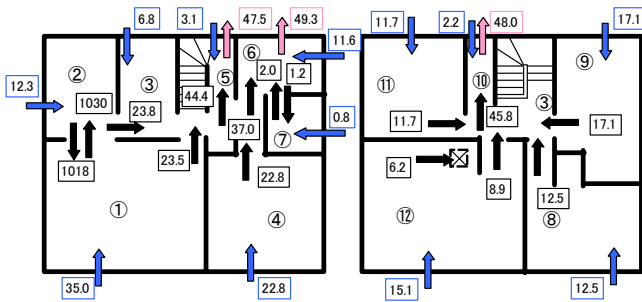


図5 24時間換気-扉全閉(計算No3)の換気量分布(12月17日0:00)

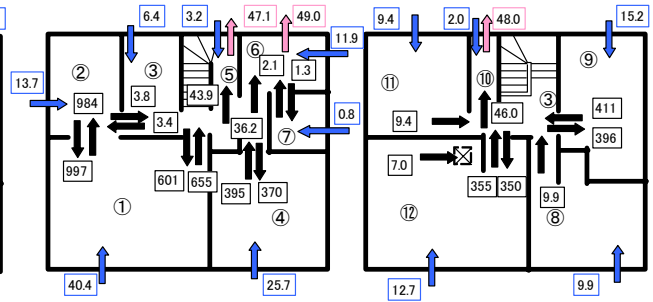


図7 24時間換気-①④⑨⑫扉開(計算No4)の換気量分布(12月17日0:00)

4.3 建物断熱性能が室内湿度性状に与える影響

図8に次世代基準仕様(No1~4)と新省エネ基準仕様(No5~8)の平均相対湿度を比較する。大半の部屋で、新省エネ基準仕様の方が、次世代基準仕様と比べて5~10%高くなっている。このような相対湿度上昇の原因は新省エネ基準仕様は次世代基準仕様よりも断熱性能が悪く、これによる室温低下によるものである。

しかし、自然換気の扉閉時(No5)の①LD及び②Kにおいては逆に新省エネ基準仕様の方が相対湿度は低下している。これは新省エネ基準仕様は、単板ガラスで、そこに結露が多く発生し、除湿効果で室内絶対湿度が低下したことによる。

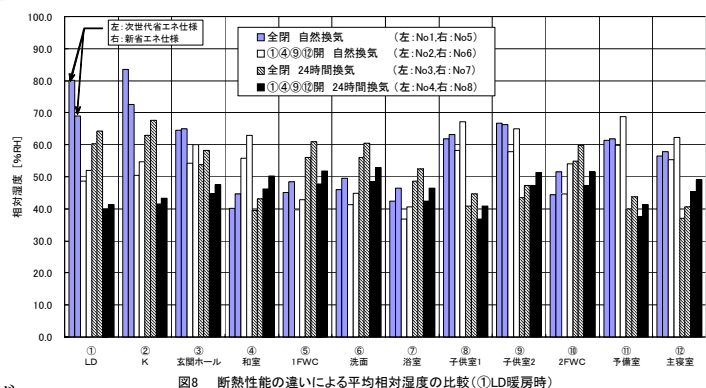


図8 断熱性能の違いによる平均相対湿度の比較(①LD暖房時)

5. 吸放湿効果

吸放湿材料の使用法と効果については、これまで多数論文があり、ある程度一般化されている部分がある。ここではこれまでの研究でわかっている吸放湿効果について、戸建住宅を例にして示す。

①LDの外壁、天井、間仕切りに吸放湿材料を使用した場合で検討する。

5.1 吸放湿材料の種類の違いによる効果の違い

計算 No2 において木質系の吸放湿材料として軟質繊維板（厚 6mm）と石質系の吸放湿材料として ALC（厚 8mm）を①LD に用いた場合及び吸放湿材料なしの場合の相対湿度（12/6～12/8）を図 9 に比較した。

12 月 6 日の 19 時において相対湿度上昇が軟質繊維板では 8.6%、ALC は 6% 抑えられ、どちらの材料も吸放湿効果が確認できる。しかし、軟質繊維板の方が相対湿度の上昇を緩和させる効果大きい。この理由としては、図 10 に軟質繊維板と ALC の平衡含湿率特性を示したが、含湿率曲線の勾配が相対湿度 70% 付近では軟質繊維板の方が大きく、吸放湿がよく起こる材料であるためである。この平衡含湿率の特性は材料内部の空隙の大きさの分布で決まる材料固有のものである。吸放湿材を利用する場合は、材料特性を知り、吸放湿材の利用の目的に合ったものを選定する必要がある。吸放湿材料を供給する側は、空隙の分布を変えることができれば、新しい吸放湿材料を生み出す可能性がある。

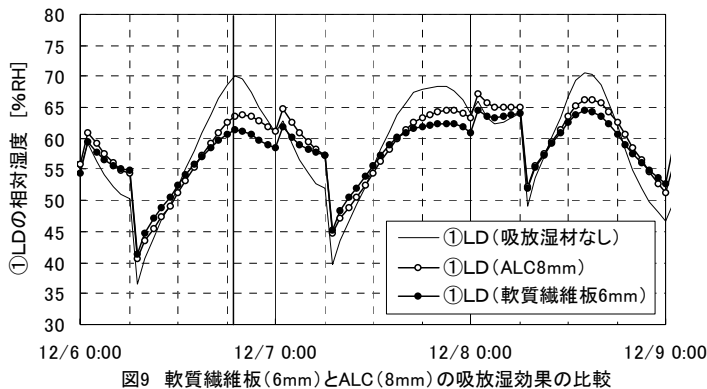


図9 軟質繊維板(6mm)とALC(8mm)の吸放湿効果の比較

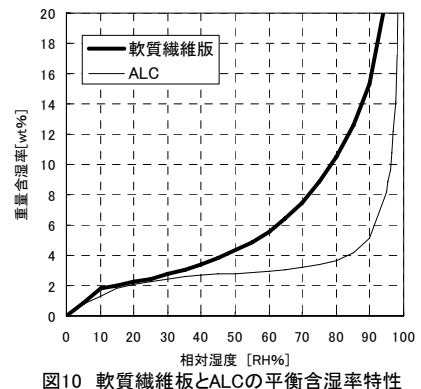


図10 軟質繊維板とALCの平衡含湿率特性

5.2 吸放湿材料の厚みと効果の関係

図 11 に計算 No2 において、①LD に軟質繊維板 6mm と 12mm を各々用いた場合と吸放湿材料なしの場合で相対湿度（12/6～12/8）を比較した。12 月 6 日の 19 時において 6mm では 8.6%、12mm では 9.3% の湿度緩和で、厚みを 2 倍にしても効果は大きく変わっていない。この理由としては図 12 に軟質繊維板の内部の相対湿度の分布を示したが、どちらも材料内部の相対湿度の大きな変化、つまり吸放湿の起こっている部分が、室内側からの厚さ 6mm 程度の範囲であることによる。表 1 には調湿建材製品の厚みも示しているが、ある程度の厚みがあれば、それ以上、厚みを増やしても吸放湿効果としては大きく変わらないということが知られている。

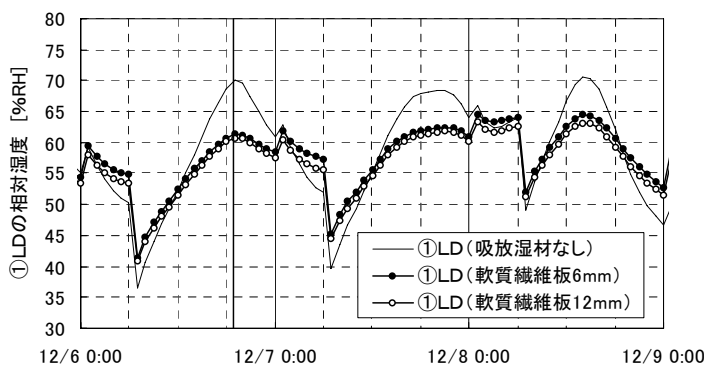


図11 軟質繊維板6mmと12mmの吸放湿効果の比較

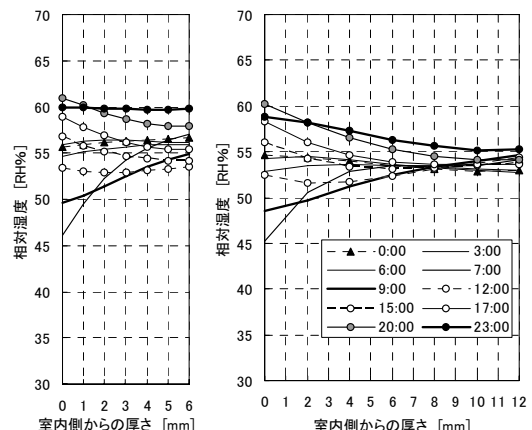


図12 ①LD南外壁の軟質繊維板内部の相対湿度の変化(12月6日)

5.3 吸放湿材料の使用面積と効果の関係

図 13 に計算 No2 において①LD に軟質繊維板 6mm の使用面積を変えた場合の相対湿度（12/6～12/8）を、吸放湿材料を用いない場合で比較した。面積を増やせば、相対湿度変化の緩和量は増えている。

図 14 には 12 月の 1 ヶ月間の相対湿度変動の緩和量を部屋毎に示した。貼付面積が増えると相対湿度の緩和量は大きくなるが、直線的では無いことがわかる。このことは吸放湿材料の最適な使用面積があることを示すものである。また①LD に使用した吸放湿材料が他の部屋でも相対湿度変化が緩和されており、内部

扉が開放された部屋（③④⑨⑫）でその効果が大きい。このことは吸放湿材料の使用面積を減らせる可能性を示すものである。

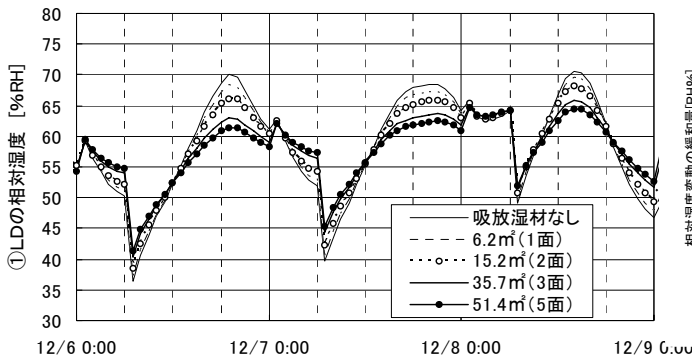


図13 軟質繊維板の使用面積と吸放湿効果の比較

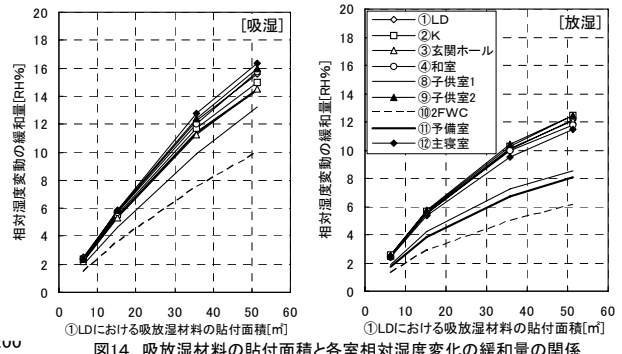


図14 吸放湿材料の貼付面積と各室相対湿度変化の緩和量の関係

5.4 貼付部位と吸放湿効果

図15に計算No2において①LDに軟質繊維板6mmを用いた場合の各部位の単位面積あたりの12/6~12/8の吸放湿量 $[g/m^2h]$ を示した。貼付部位に依らず吸湿、放湿の傾向は一致しており、部位の差は無いように見える。しかし、図16に貼付部位の平均温度と吸放湿量の関係を示したが、貼付部位の平均温度の低い方が、単位面積あたりの吸放湿量は共に大きい傾向がある。これは吸放湿量に材料の温度勾配が関係しているため、貼付部位の選択や吸放湿効果をより向上させる上では重要な特性であると思われる。

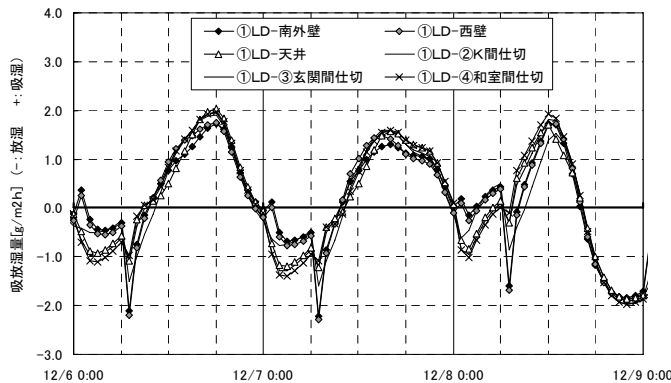


図15 吸放湿材料使用各部位の単位面積あたりの吸放湿量(計算No2:①LDに軟質繊維板貼付)

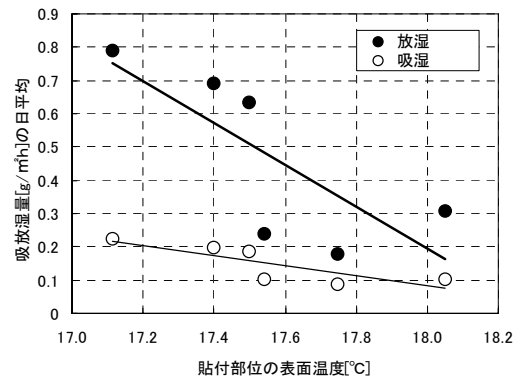


図16 吸放湿材料の貼付面温度と吸放湿量(12月平均)の関係

5.5 住宅断熱性能と吸放湿効果

図17に次世代省エネ住宅(計算No2)と新省エネ住宅(計算No6)で、それぞれ①LDに軟質繊維板6mmを用いた場合と用いない場合の12/6~12/8の①LDの相対湿度を示す。暖房停止時(0時~6時)に断熱性能の違いで相対湿度の変動緩和効果に差が出ている。図18に吸放湿量を比較したが、新省エネ住宅では、12/6と12/7の0時~6時に吸放湿がほとんど無くなっている。新省エネ住宅では窓ガラスに結露が起こっており、この結露水が0時~6時に室内に蒸発するためである。結果的には断熱性能の違いが、吸放湿効果にも影響を与えていることになる。

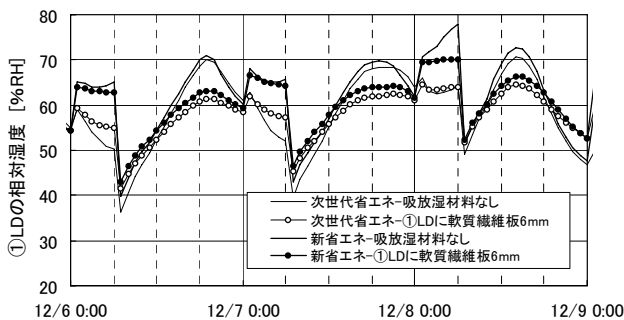


図17 住宅の断熱性能と吸放湿効果(計算No2とNo6)

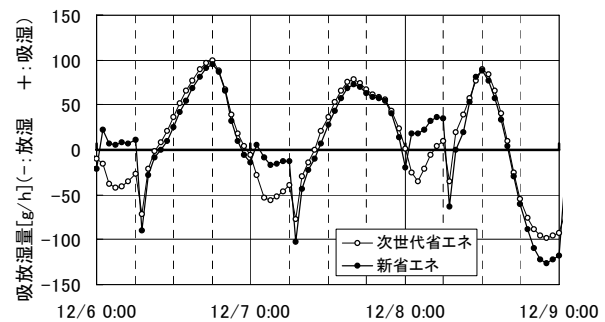


図18 断熱性能の違いによる吸放湿量の比較

6. 吸放湿材料の効果的な利用方法と、より効果を上げるための取り組み

6.1 24時間換気の効果と吸放湿効果

JISにおける調湿建材の湿度変動緩和効果の試験は密閉（換気0）の単室空間で行われており、最も吸放湿効果の現れやすい条件下で評価される。先にも述べたが、新築住宅やリフォーム住宅には24時間換気扇の設置が義務付けされており、換気方式と吸放湿効果について知っておく必要がある。そこで24時間換気がある場合の吸放湿効果の検討を行った。図19と図20に計算No2及びNo4において、①LDに軟質繊維板6mmを用いた場合と用いない場合の①LDと⑨子供室2の相対湿度をそれぞれ示した。

まず24時間換気が相対湿度上昇を抑える効果は、軟質繊維板が無い場合の計算No2及びNo4の比較において、最大①LDで20%、⑨子供室2で24%で、非常に高くなっている。

次に吸放湿材の利用方法として一般的に行われている暖房室①LDに軟質繊維板6mmを用いた場合、自然換気条件での相対湿度上昇の最大緩和量は①LDで8%、⑨子供室2で9%である。ここで注目すべきは2階の非暖房室でもLDに用いた吸放湿材料の効果が現れている点で、扉を開放した部屋で効果が大きくなる。吸放湿材料の効果も4.2で示した24時間換気の効果と同じように、水蒸気の流入の有無で差が出ている。すなわち住宅のような多数室で、目的に応じた吸放湿材料の効果的、効率的な利用を考える上では、建物内の水蒸気の流れを把握することが、非常に重要であると言える。

24時間換気がある場合に①LDに軟質繊維板を用いた場合の湿度上昇の緩和効果を見ると、①LDで4%、⑨子供室2で2%程度で、自然換気の場合よりも小さく、ごく僅かになってしまう。

しかし、軟質繊維板6mmを③玄関ホールに用いた場合の湿度上昇の緩和効果を同図中に示すが、⑨子供室2では6%になっており、非暖房室への効果が、①LDに用いる場合よりも向上している。

この理由としては、低温室で貼付部位の温度が低いことや、貼付面積が多いこと等が考えられる。

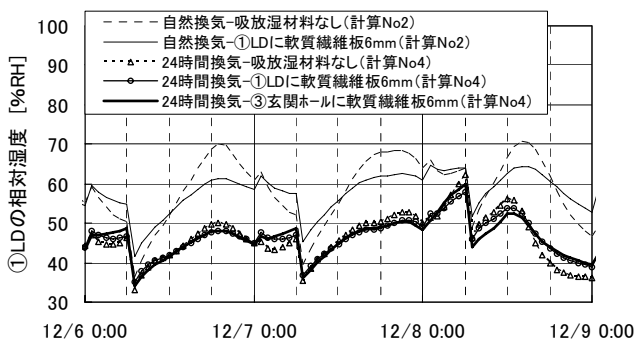


図19 24時間換気がある場合の吸放湿効果(①LD)

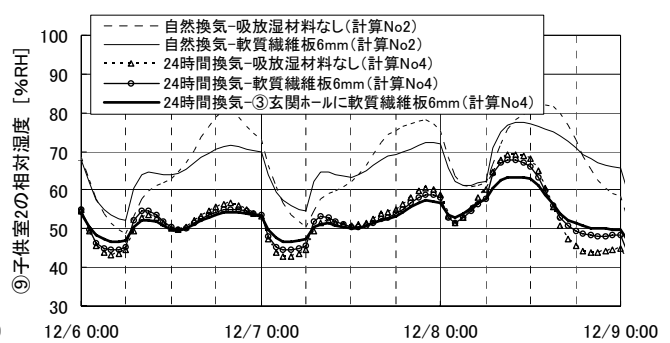


図20 24時間換気がある場合の吸放湿効果(⑨子供室2)

6.2 非暖房室の窓結露防止（玄関ホールへの吸放湿材料の使用）

断熱性能の高い住宅で、24時間換気の設置が義務付けられた今日においても、住宅内で冬季の窓結露の問題は依然多いのが実情である。24時間換気扇の未使用や石油やガスファンヒーターなどの開放型暖房器具の部分間欠的な使用、洗濯物の室内干し、加湿器の使用などが主な原因と思われる。このような生活を行った場合、暖房室よりも非暖房室の窓結露が問題になることがある。ここでは、こうした非暖房室の窓結露の対策を目的に吸放湿材の使用方法を新省エネ住宅において検討する。

非暖房室の結露は、1階の暖房室などから発生した水蒸気が玄関ホールを経由して室温の低い部屋に流れ込み起こる。この水蒸気の経路に着目し、③玄関ホールの床以外の全ての壁と天井に軟質繊維板6mmを使用した場合に非暖房室の相対湿度に与える効果を計算No2で検討する。③玄関ホールに吸放湿材を使用するメリットは、他にも「表面積が大きい。」「壁面に家具やエアコンなど吸放湿材料を阻害する可能性が少ない。」「玄関ホールは意匠的にコストをかけられる。」などがある。

図21、22に12/6～12/8の④和室と⑨子供室2の相対湿度を示した。図23に1ヶ月の窓面の蓄積結露量を示した。③玄関ホールに用いた方が、相対湿度変化量、結露量、結露頻度が最も軽減できている。

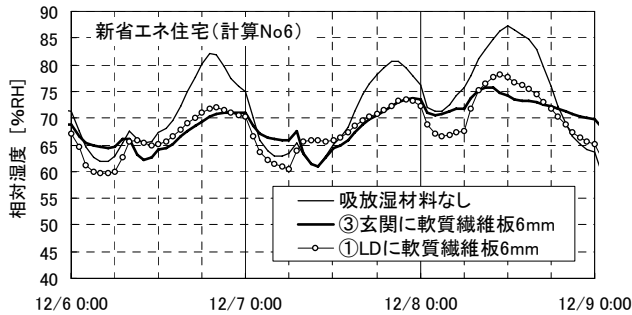


図21 ④和室の相対湿度比較

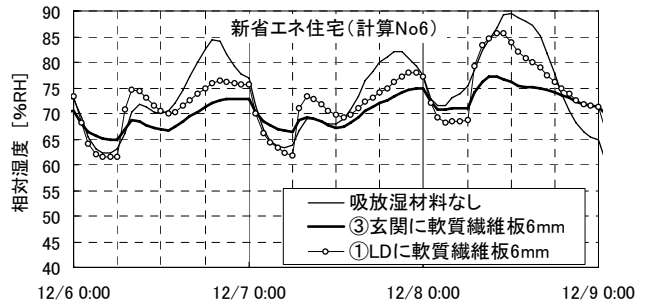


図22 ⑨子供室2の相対湿度比較

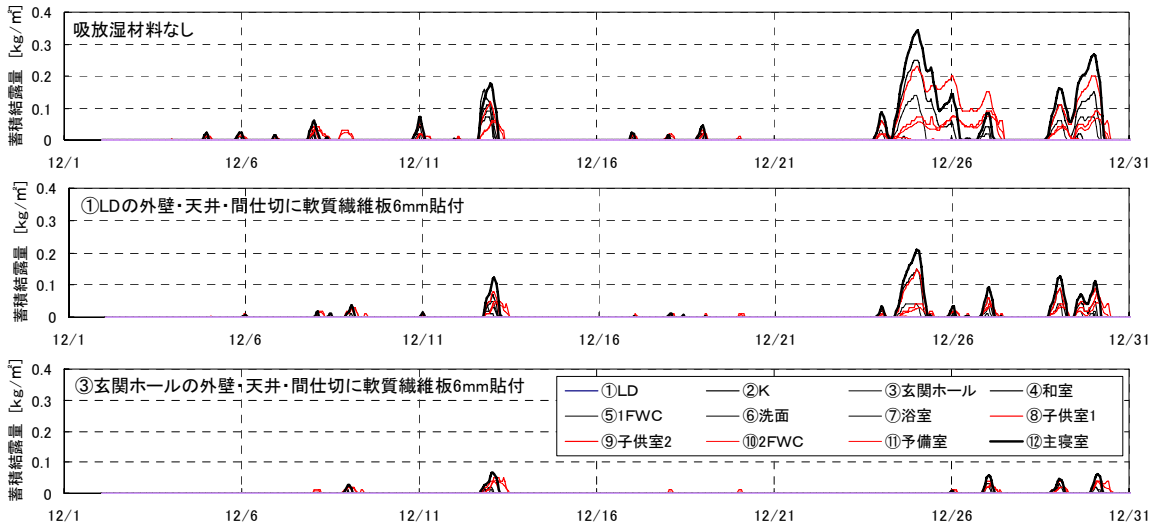


図23 軟質繊維板を使用する部屋による窓面の蓄積結露量の比較(新省エネ計算No6)

6.3 熱容量の付加が吸放湿効果に与える影響

図 16 に示した貼付部位の温度と吸放湿量との関係に着目して、吸放湿材料を使用する部位に熱容量を付加することで、温度変化を少なくしてより吸放湿量を増すことができないかを検討した。計算 No2 において、③玄関ホールの間仕切をコンクリート仕様として熱容量を考慮した。その上に軟質繊維板 12mm を用いる。

図 24 に熱容量の有無で吸放湿量を比較した。熱容量の付加によって、吸湿量で最大 20%、放湿量で最大 40% 増加している。図 25、図 26 に軟質繊維板の有無及び間仕切に熱容量がある場合の①LD と⑨子供室 2 の 12/6~12/8 の相対湿度を示した。熱容量を付加することで、全体的に湿度が低下している。これは図 27 には⑨子供室 2 の温度変化も示したが、熱容量の影響で暖房時間中は、熱容量が無い場合に比べて温度も低下しており、相対湿度の緩和量としては見えにくくなっている。このような使い方、吸放湿効果を高めるためには、貼付部位の熱容量と吸放湿材料の厚みなどをうまくチューニングする必要がある。

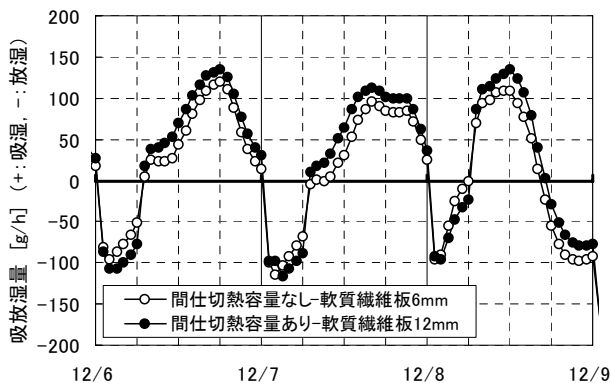


図24 熱容量の違いによる吸放湿量の比較(計算No2)

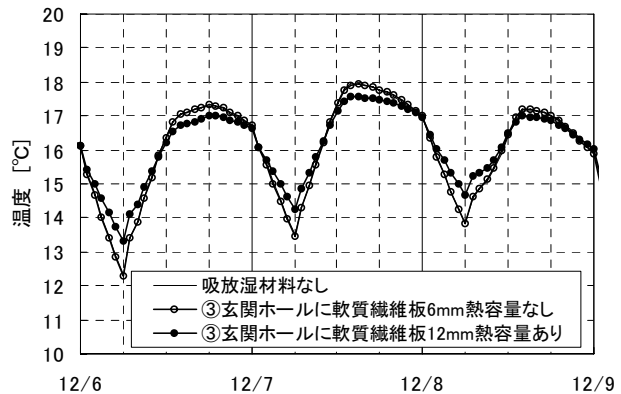


図27 ⑨子供室2の温度比較(計算No2)

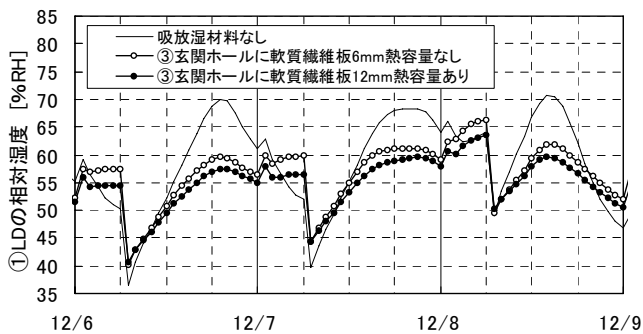


図25 ①LDの相対湿度比較(計算No2)

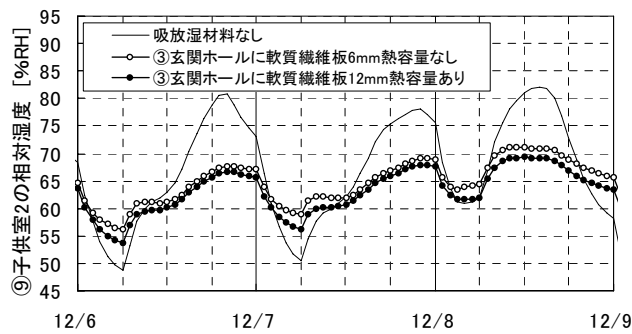


図26 ⑨子供室2の相対湿度比較(計算No2)

6.4 寝室の窓結露防止

窓結露は、6.1の非暖房室の他に、寝室で問題になるケースがある。室温の低下と呼気からの発湿によるものであるが、室温低下や騒音の影響で、就寝中に24時間換気を停めているケースも多いことが影響している。こうした短時間でかつ比較的少ない発湿量である場合には、吸放湿効果が有効であると考えられる。

ここでは次世代省エネ住宅で、寝室の窓結露防止が可能か検討する。図28に用いたスケジュールを示す。一般的に4人家族で用いられるものに近いものを想定する。扉は終日全閉とし、夜間21時～翌朝6時までは24時間換気は停止させる。主寝室の天井(20.5㎡)に軟質繊維板を6mm使用した場合で効果を検討した。図29に主寝室の12/6～12/8の相対湿度変動を示す。12月8日において吸放湿材料が無い場合、主寝室の相対湿度は84%まで上昇している。一方、吸放湿材料がある場合は同時刻において、65%程度に抑えられており、非常に吸放湿効果大きいことがわかる。図30に1ヶ月間の主寝室開口部の蓄積結露量を示した。吸放湿材が無い場合、1ヶ月のうち20日程度は結露していた。しかし吸放湿材を用いることで、主寝室で起こっていた窓ガラスとサッシの結露が完全に防止できている。このことから吸放湿材が寝室の結露防止で、24時間換気と同等に有効であることができる。

時刻	0	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	
LDK	設定温度[°C]			20				20								20					
	水蒸気 [g/h]			300									200	400	300		100				
浴室	熱[w]																233				
	水蒸気 [g/h]																600				
主寝室	設定温度[°C]																				20
	発熱量[w]																				116
	水蒸気 [g/h]																				60(2人)
洋室1	設定温度[°C]																				20
	発熱量[w]																				29
	水蒸気 [g/h]																				15(1人)
洋室2	設定温度[°C]																				20
	発熱量[w]																				29
	水蒸気 [g/h]																				15(1人)
換気条件	24時間換気使用																				

図28 吸放湿材による寝室結露防止の検討に用いた生活スケジュール

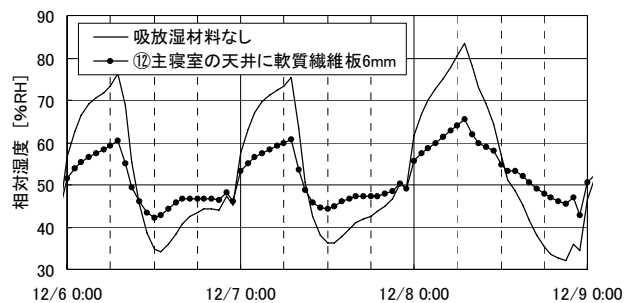


図29 ⑫主寝室の相対湿度比較(次世代省エネ住宅)

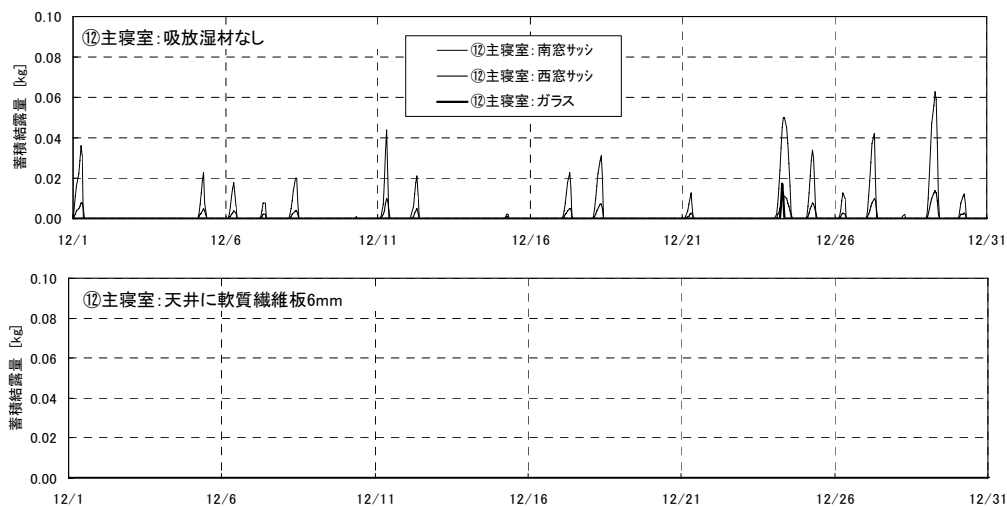


図30 主寝室開口部の蓄積結露量の比較

7. まとめ

- ・自然換気の空気の流れは、1階から外気が入り、2階から外部に出る流れになっている。
- ・24時間換気を行っていても、室内扉開放の際には、扉を挟む部屋間で空気の流入と流出がある。
- ・自然換気の場合に、加湿室から水蒸気が流入している部屋に対しては、24時間換気の効果が大きくなり室内相対湿度は平均で10～20%低下する。
- ・1階で発生した水蒸気が、他の部屋の相対湿度に与える影響は大きく、2階で発生する場合はそれよりも小さい。
- ・新省エネ住宅は、次世代省エネ住宅に比べて相対湿度が5～10%高くなる。
- ・吸放湿材を利用する場合は、材料特性を知り、目的に合ったものを選定する必要がある。
- ・吸放湿材はある程度の厚みがあれば、それ以上厚みを増やしても吸放湿効果としては大きく変わらない
- ・吸放湿材料の使用面積に対し、相対湿度の緩和量は大きくなるが、直線的では無く、吸放湿材料の最適な使用面積がある。
- ・吸放湿材料の貼付部位の温度の低い方が、単位面積あたりの吸放湿量は共に大きい傾向がある。
- ・24時間換気がある場合でも、吸放湿効果が得られる。
- ・建物の断熱性能によって吸放湿効果も異なる。
- ・玄関ホールのような吹き抜けに吸放湿材料を使用すれば、1階の加湿が原因である非暖房室の窓結露抑止に有効である。
- ・貼付部位の熱容量を上げれば、吸放湿量を増やすことが可能である。
- ・寝室において吸放湿材料を使用すれば、24時間換気を停めても就寝中の窓結露対策に有効である。

<参考文献>

- 1) 調湿性の測定方法と規格、建築技術 No660、黒木勝一、pp 131
- 2) JIS A 1470-1 調湿建材の吸放湿性試験方法—第1部：湿度応答法—湿度変動による吸放湿試験方法
JIS A1470-2 調湿建材の吸放湿性試験方法—第2部：密閉箱法—密閉箱の温度変動による吸放湿試験方法
- 3) 調湿建材登録・表示制度：(社)日本建材・住宅設備産業協会
http://www.kensankyo.org/kensan/nintei/tyousitu/tyousitu_top.html
- 4) 標準問題の提案 住宅用標準問題、第15回熱シンポジウム、PP23～33、宇田川光弘
- 5) 吸放湿材を普及させるための住宅メーカーからの提案、第35回熱シンポジウム、pp 117～125、今仲雅之、開原典子、中川浩、梅野徹也、松岡大介、2005.11
- 6) 住宅の室内温湿度に及ぼす吸放湿材の熱湿気特性の影響、第35回熱シンポジウム、pp95～102、金谷幸信、池田哲朗、2005.11
- 7) 吸放湿材貼付時の実大一戸建て住宅における室内温湿度予測、日本建築学会計画系論文報告集第464号、pp21～29、池田哲朗、小林康彦、土橋芳郎、今仲雅之、1994.10
- 8) 戸建住宅の寝室開口部の結露性状と吸放湿材を用いた結露防止、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp409、今仲雅之、池田哲朗、2006.9
- 9) 省エネ住宅における間欠暖房時の結露性状と結露防止に及ぼす吸放湿材貼付の効果、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp327、今仲雅之、池田哲朗、2007.8
- 10) 換気方式が異なる省エネ住宅の湿気性状と吸放湿材の貼付効果、日本建築学会近畿支部研究報告集、pp185～188、今仲雅之、池田哲朗、2008.6