

調湿建材の動向と効果について

Trends and effects of moisture-conditioning building materials.

大建工業株式会社
Daiken Corporation
佐藤 友紀
Yuki SATO

キーワード 調湿建材 (moisture-conditioning building materials)
カビ抑制 (Mold inhibition), 結露軽減 (Dew condensation mitigation)
冷房負荷削減 (Cooling-load reduction)

1. はじめに

住宅の室内環境は近年大きく変化し、断熱・気密化および暖房機器の性能向上により冬季温度環境は飛躍的に改善されている。一方、湿度環境に関する調査¹⁾によると、居住者の72%が結露・カビ被害を経験しており、発生箇所も水廻りに限らずLDや北側居室にも多く確認されている。また、寒冷地では室内外温度差、開放型暖房機の使用制限等により相対湿度が低下し、ドライ・アイ、喉の痛み、内装材の反り・すきの発生が報告されている。このように、冬季は結露も乾燥も起こり易く、ウィルス・ダニ・カビの繁殖し易い環境であり、居住者の健康被害、建物耐久性の低下が懸念されている。

このような建物構造の変化、暖冷房機器の性能変化による湿度環境悪化を改善するために、調湿性能を持った内装材が開発・販売されており、今年度は経済産業省の支援事業である、「次世代省エネ建材支援事業²⁾」の対象建材として選定されている。

また、調湿建材普及のため、一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会³⁾では、調湿建材に客観的な評価を行い、一定以上の性能を有する製品に「調湿建材認定マーク」を表示する制度を運用している。

本報告では、前半に調湿建材に関する国策および業界動向を説明し、後半は調湿建材の効果について実測した結果および空調負荷削減効果を数値計算により検討した結果について報告する。

2. 調湿建材普及に関する国策、業界動向

2.1 次世代省エネ建材支援事業

今年度より新設された支援事業であり、「既存住宅等の省エネルギーを図るため、既存住宅の改修に対し、一定の省エネルギー性能を有する次世代省エネ建材の導入を支援し、市場の拡大と価格低減による高性能建材の自立的な普及拡大を図る」ことを目的に創設されたものである。調湿建材は「任意製品」として認められており、必須製品である「断熱パネル」または「潜熱蓄熱建材」のいずれかと組み合わせることで施工されることが、必須条件となっている。事業規模は一次公募:約3億円、二次公募:約4億円となっている。補助率は1/2、上限額は戸建住宅:200万円/戸、集合住宅:125万円/戸である。図1に本事業の概要を、表1に登録製品一覧を示す。

断熱リノベ		次世代建材	
事業名	二層仕居間壁・天井・床・外壁・屋根の断熱改修補助金 (※※※		

図1 平成30年度「次世代省エネ建材支援事業」概要

表 1 平成 30 年度「次世代省エネ建材支援事業」補助対象製品(調湿建材)一覧(2018.10.1 時点)

メーカー名	シリーズ名又は製品名	代表サイズ W(mm)	代表サイズ H(mm)	厚さ (mm)	使用可能な 部位
アイカ工業(株)	モイス NT 内装材	910	2420	6	天井・壁
	モイス NT 内装材	910	2420	9.5	壁
	モイス NT 天井材 素地タイプ	303	606	6	天井
	モイス NT 小口梱包出荷品	910	2420	6	天井・壁
	モイス NT 小口梱包出荷品	910	2420	9.5	壁
朝日ウッドテック(株)	クールジャパン スクエアタイプ	444	444	36	壁
(株)エーアンドエー マテリアル	カラリッチ	910	1820	6	天井・壁
	カラリッチ D コート	910	1820	6	天井
大建工業(株)	さらりあへと ナチュラルグリッド	606	606	6	壁
	さらりあへと シンプルクリーン	303	606	6	壁
	さらりあへと セレクタッチ	303	303	6	壁
	ダイロートン健康快適天井材 クリアトーン 12SII	303	606	12	天井
	ダイロートン健康快適天井材 クリアトーン 12SII ラインアート	303	606	12	天井
	ダイロートン健康快適天井材 クリアトーン 12S	303	606	12	天井
	ダイロートン健康快適天井材 クリアトーン 12S ラインアート	303	606	12	天井
	ダイロートン健康快適天井材 クリアトーン 12S トイレ天井	303	910	12	天井
	さらりあ・収納壁材 押入ボード	910	1820	9	壁
	さらりあ・収納壁材 収納ボード	910	1820	9	壁
	さらりあへと ブライムパレット	303	606	9	壁
	さらりあへと シンプルパレット	303	606	9	壁
	さらりあへと テキスタイル	455	2420	9	壁
	ダイケンボード 木質調湿天井材 しずか W	303	606	12	天井
ニッコー(株)	多機能内装材 ムッシュ シリーズ	303	303	5.5	壁
吉野石膏(株)	タイガーハイクリンスカット押入ボード・タイプ S	910	1820	12.5	天井・壁
	タイガーハイクリンスカット押入ボード・タイプ S	910	2420	9.5	天井・壁
(株)LIXIL	モイス	910	1820	6	天井・壁
	エコカラット	303	303	5.5	壁
	エコカラットプラス	303	303	5.5	壁

2.2 調湿建材登録・表示制度⁴⁾

この制度は一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会により平成 19 年に制定されたものであり、所定の調湿性を有する調湿建材を認定する制度である。認定ための判定基準は吸放湿量(JIS A 1470-1:2014, 中湿域), 平衡含水率(JIS A 1475:2004)の 2 つであり, 表 2, 3 に各判定基準を, 図 2 に調湿建材認定マークを示す。2018 年 10 月 1 日現在, 15 社 27 製品が登録⁵⁾されており, 良質な調湿建材を判断する一指標として, 使用者から好評を得ている制度である。

表 2 吸放湿量の判定基準

	3 時間後	6 時間後	12 時間後
吸湿量[g/m ²]	15 以上	20 以上	29 以上
放湿量[g/m ²]	—	—	12 時間後の吸湿量の 70%

表 3 平衡含水率の判定基準

含水率勾配 $\Delta\phi$ [kg/m ³ /%] (35%, 55%, 75%)	平均平衡含水率 ϕm [kg/m ³] (35%, 55%, 75%)
0.12 以上	5 以上



図 2 調湿建材認定マーク

3. 屋外実験棟での冬季実測評価⁶⁾

3.1 実験棟概要

実験棟の概要を表4および図3に示す。2棟の実験棟は東西方向に並べて建設されており、東側を調湿棟、西側を非調湿棟と呼ぶ。調湿棟は天井と壁全面に調湿建材を施工している。10畳の主室を暖房室、6畳の副室を非暖房室と設定し、非暖房室の隅角部には木製収納を設置した。断熱性能はH4省エネルギー基準相当であるが、開口部のみH11省エネルギー基準相当である。

表4 屋外実験棟概要

		調湿棟	非調湿棟
所在地		岡山県岡山市	
断熱性能		H4省エネ基準相当（開口部：H11省エネ基準相当）	
気密性能		2.2 [c m ² /m ²]	
換気回数		0.5 [回/h]（第1種機械換気）	
内装仕上	天井	調湿天井材	ビニルクロス
	内壁	調湿壁材	ビニルクロス
	床	断湿	断湿

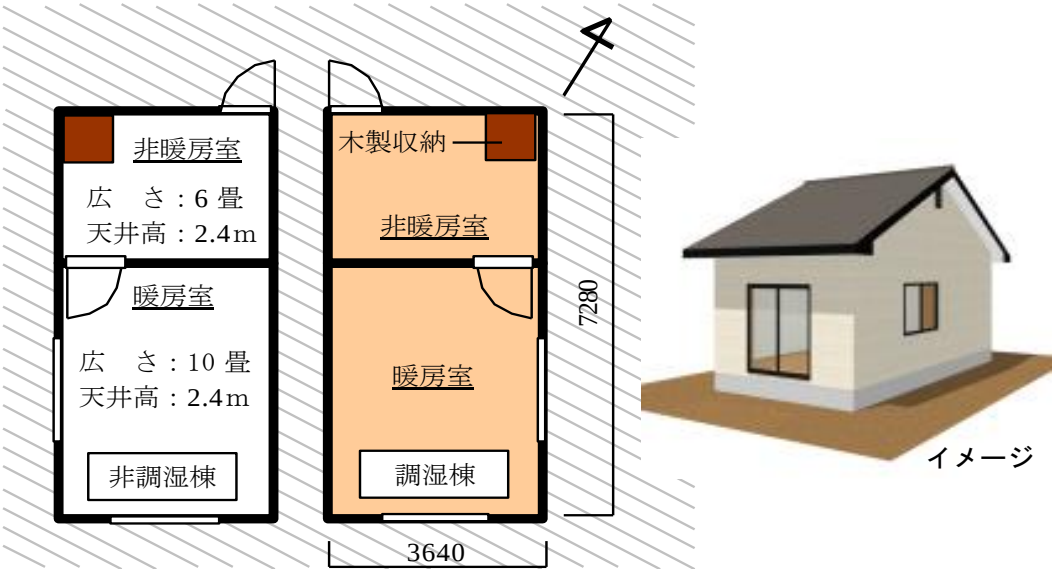


図3 屋外実験棟平面図とイメージ図

3.2 非暖房室開口部表面結露性状比較

暖房室で暖房・水分発生を行い、非暖房室の開口部での結露性状を比較した。表5に暖房・水分発生スケジュールを、図4に非暖房室の相対湿度を示す。朝夕の暖房・加湿併用時の相対湿度上昇が顕著で、このとき非調湿棟においては開口面に結露が確認されたが、調湿棟では室中央の相対湿度が20%程度低く保たれ、開口面への結露も殆ど見られなかった。表6に結露水を拭取り、重量を測定した結果を示す。非調湿棟では2/2～4の48時間で95gであったのに対し、調湿棟では0.1gであった。今回の実験では調湿棟の暖房室、非暖房室の双方に調湿建材を施工しており、暖房室にて発生水分の一部を吸湿して非暖房室への流入を抑え、非暖房室においても吸湿することで、開口部の表面結露を抑えることができたと考えられる。

表5 暖房・水分発生スケジュール

Case1 2005/2/1～4	加湿	200g/h	600g/h	600g/h
	暖房	22℃	22℃	
		0	6 7 8 9	18 20 23 (時)

表6 非暖房室開口部結露水量

測定日時	結露水量[g]	
	調湿棟	非調湿棟
2/3 14:40	0.0	36.4
2/4 13:30	0.1	58.5

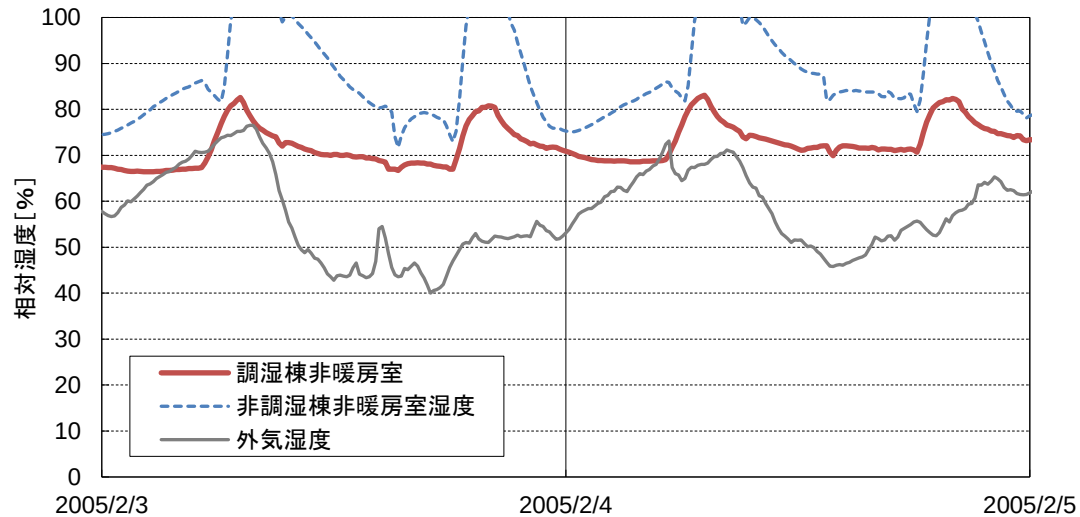


図 4 非暖房室相対湿度

3.3 カビ発育性状比較

調湿建材によるカビ抑制効果についてカビセンサーを用いて実験した。カビセンサーはカビ指数(fungal index)の測定に用いられる(写真 1)。内部にセンサー菌として、好乾性のユーロチウム(かわきこうじかび)と好湿性のアルタナリア(すすかび)の 2 種の胞子が封入されており、それらの応答・生育具合よりカビ指数を測定する。設置場所は非暖房室開口部近傍と収納裏で、測定期間は 2005/01/24～02/07 である。暖房室では表 5 に示す条件で暖房・水分発生を行った。測定結果を表 7 に示す。カビ指数が 10 では 2 週間、5 では 4 週間でカビの発育が目視できる。写真 2 にはカビ発育の様子を示す。非調湿棟ではカビの成長により菌糸が確認できる。調湿棟は非調湿棟と比較して暖房室での水分発生時の相対湿度が 15～20%程度低く推移しており、カビが発育し難い環境であったといえる。

写真 1 カビセンサー



表 7 カビ指数判定結果

場所	調湿棟	平均温度	非調湿棟	平均温度
開口部近傍	発芽なし (3.5 未満)	11.3℃	8.4	11.8℃
収納裏	発芽なし (3.5 未満)	10.3℃	5.7	9.7℃

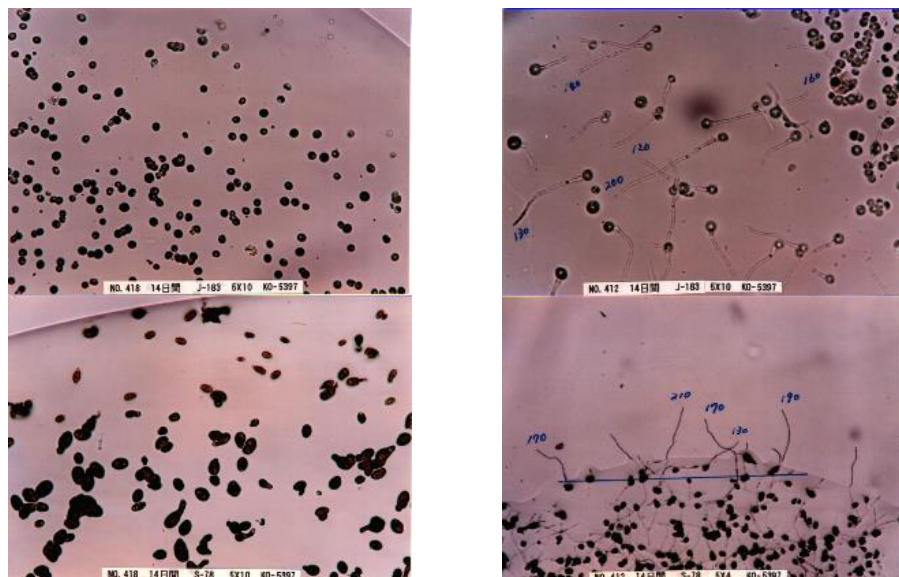


写真 2 カビ発育状況(左:調湿棟非暖房室ドア近傍 右:非調湿棟非暖房室ドア近傍)

4. 寒冷地実住宅での実測評価⁷⁾

4.1 建物概要

測定対象住宅は帯広市に建設された高断熱高気密住宅である。図 5 に平面図を示す。断熱性能は次世代省エネ基準相当で気密性能は $0.34\text{cm}^2/\text{m}^2$ である。暖房は深夜電力により夜間蓄熱、日中放熱する暖房器により 24 時間全室暖房を行っている。換気設備は第 3 種機械換気で換気回数は実測値で 0.39 回/h である。調湿建材は 1 階 LDK の壁と天井、2 階主寝室の壁と天井に施工され、その他の室は石膏ボード+ビニルクロスで仕上っている。

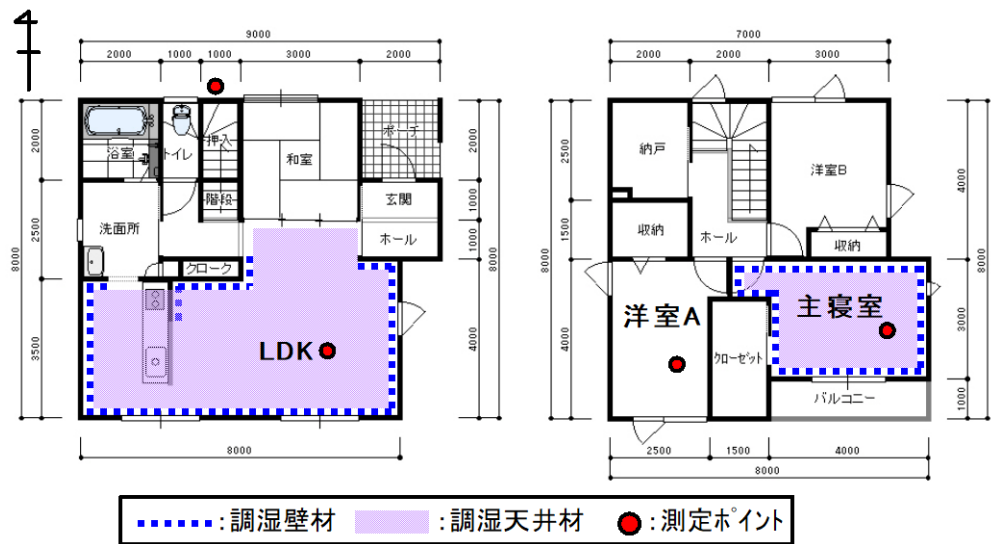


図 5 測定対象建物平面図と測定ポイント

4.2 発湿スケジュール

測定対象住宅はモデルハウスで居住者が居ない為、発湿条件を SCHEDULE Ver.2.0 で作成し、加湿器により生活で発生する水分を与えた。図 6 に 4 人家族(勤め人, 家庭婦人, 高校生, 中学生)を想定した発湿条件を示す。加えて、加湿器による夜間加湿を行うことで調湿建材に水分を蓄え、日中に放湿することで乾燥を防止する効果を明らかにするために、表 8 に示す条件で夜間加湿を行った。主寝室・洋室 A では床面積当たりの加湿量が等しくなるように一定量の加湿を行った。

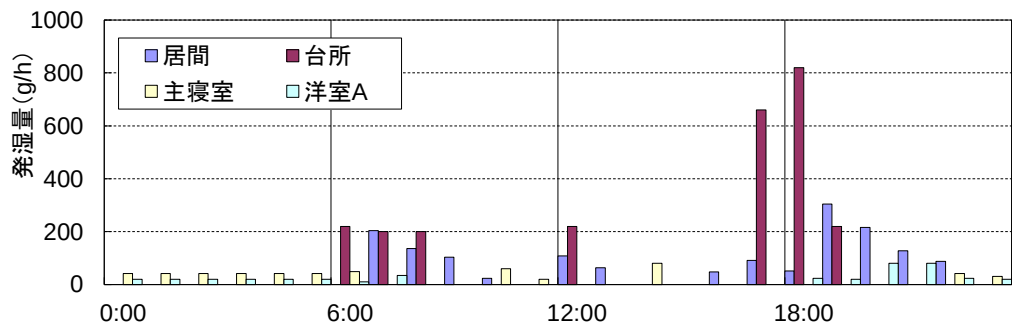


図 6 各室発湿スケジュール

表 8 夜間加湿スケジュール(主寝室, 洋室 A)

日付	加湿時間	加湿量	
		主寝室	洋室 A
2005/01/31～02/01	19:00～ 5:00(10h)	500g/h	410g/h
2005/02/02	19:00～10:00(15h)	185g/h	155g/h

4.3 2 階居室温湿度変動状況

図 7 に温湿度変動を示す。主寝室には調湿建材が施工されており、夜間加湿時には洋室 A の相対湿度上昇が顕著で、主寝室と比較して 1 日目で約 25%, 2・3 日目で約 15% 高くなっている。逆に加湿停止後は主寝室で高く推移しており、調湿建材の効果が顕著に現れている。図 8 には(窓表面温度)-(窓表面露点温度)の計算結果を示す。この数値が 0℃を下回ると結露する。夜間加湿時には洋室 A で高湿化するために約 8 時間結露する結果となるが、主寝室では 2 日目の極僅かな期間しか結露しない計算結果となった。目視でも確認したが、明確な結露量の差が確認できた。図 9 には相対湿度の出現頻度を示す。主寝室では相対湿度が中湿域に分布しているが、洋室 A では低湿域から高湿域まで幅広く分布していることが分かる。

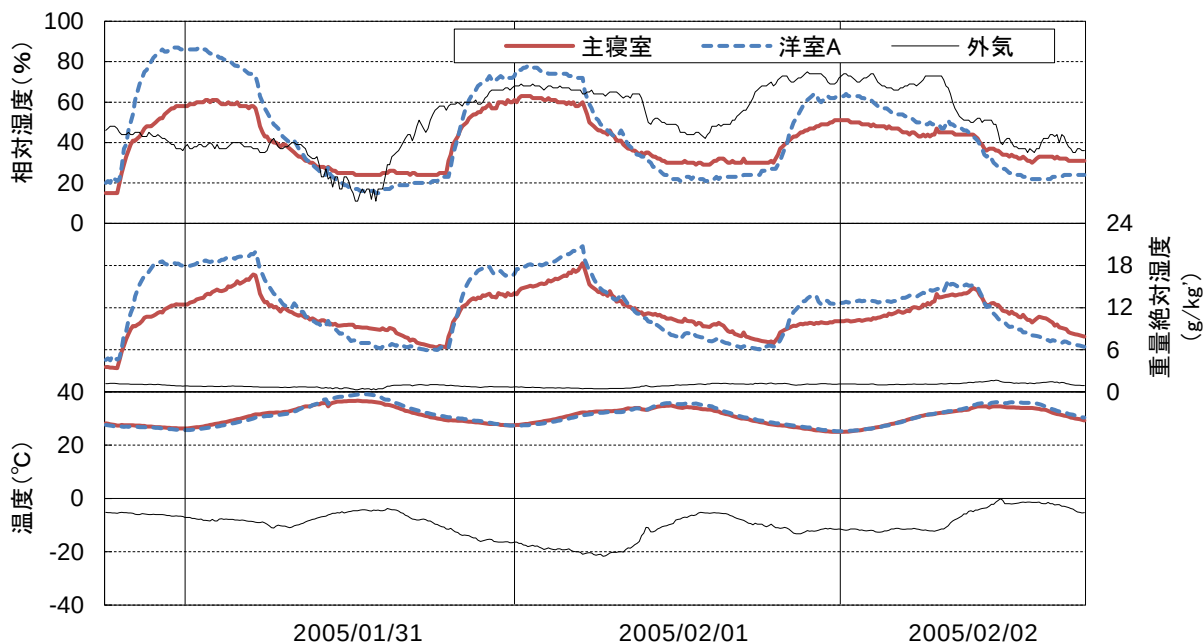


図 7 2 階居室温湿度変動状況

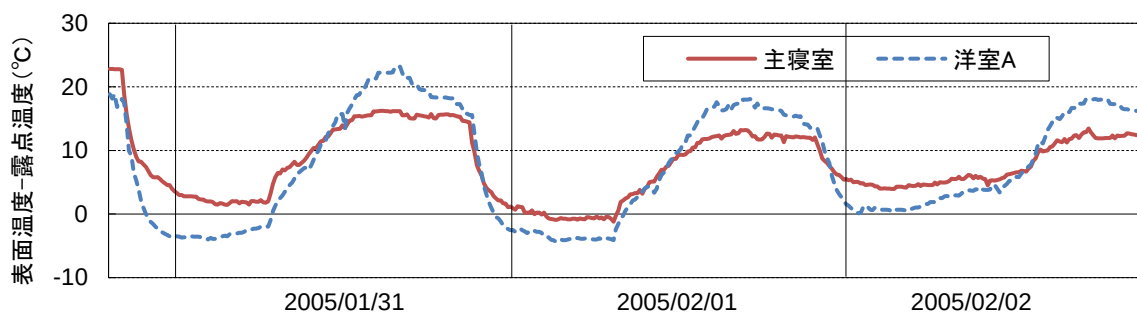


図 8 2 階居室窓表面結露計算結果

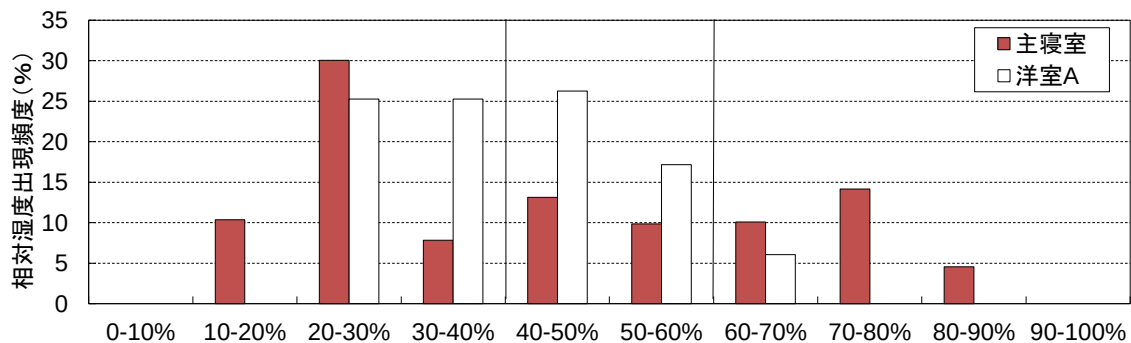


図 9 2 階居室相対湿度出現頻度分布

4.4 各室湿度環境改善効果

表 9 には 0～40％(乾燥域), 40～60％(快適域), 60～100％(窓面結露域)の出現頻度を示す. 調湿建材の有無に関係なく夜間加湿が無い場合は乾燥域に 100%出現し, 夜間加湿を行うことで乾燥域の出現頻度は低下するが, 調湿建材の施工されていない洋室 A では窓面結露域に多く出現する. 一方, 調湿建材が施工されている居間・主寝室では結露域にはほとんど出現せず, 快適域に出現頻度が高くなる. これら結果より, 調湿建材と夜間加湿を組み合わせることで乾燥を防ぎ, 且つ結露も起こり難い環境が実現できることが明らかとなった.

表 9 湿度域別出現頻度

単位：(%)	居間		主寝室		洋室 A	
夜間加湿	無	有	無	有	無	有
0～40％ (乾燥域)	100	64	100	51	100	48
40～60％ (快適域)	0	33	0	43	0	23
60～100％ (結露域)	0	3	0	6	0	29

5. 数値計算による調湿建材の空調負荷削減効果

5.1 計算概要

計算には, 多数室を対象とした室内温湿度計算プログラム THERB for HAM⁸⁾を使用した. THERB に適用された熱・水分複合移動モデル(P-model)は, エネルギーと水分の保存則から成る非平衡熱力学モデルであり, 水分流の駆動力として応力の影響を考慮した熱力学エネルギー(水分ポテンシャル)を用いることに特徴がある⁹⁾. 水分容量については, 容積含水率 ϕ と不飽和水分ポテンシャル μ の傾きを使用した.

5.2 計算モデル

計算条件と計算対象平面図を表 10, 図 10 に示す. 計算は夏期(7/1～8/31)とし, 1 カ月間の助走期間を設けた. 調湿建材は LD の壁 1 面と天井への施工を想定した. 調湿建材の物性値は表 1 の通りである. 今回の計算では PMV が+0.5 となるように冷房温度制御を行い, 湿度はなりゆきとした. また空調時には別途実験により確認した 100g/h の除湿量を与えた.

表 10 計算条件

要因	与条件
家族人数	4 人(夫婦+子 2 人)
住宅の属性	木造住宅, 延べ床面積:120.07[m ²]
在宅在室時間帯	生活時間帯調査を基にスケジュールを作成
冷房時間帯	部分間欠冷房, 在室時間帯に基づいて設定
冷房設定	PMV+0.5 となるように温度制御, 湿度はなりゆき
PMV 計算条件	着衣量:0.5[clo], 代謝量:1.0[met], 風速:0.1[m/s]
冷房時除湿量	100[g/h]
内部発熱発湿	自立循環プロジェクトにおける実験値を基に作成
外界条件	アメダス気象データ東京標準年
計算期間	7/1～9/30(助走期間 30 日)
断熱水準	旧省エネ基準相当
換気回数	1.5[回/h]
開口比率	26.8[%]
冷房機器 COP	3.0

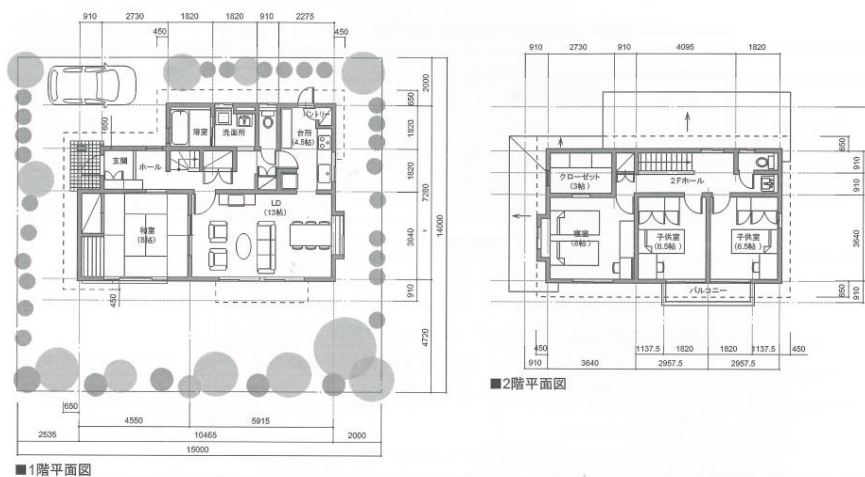


図 10 計算対象平面図¹⁰⁾

5.3 室内温湿度計算結果

図 11 に LD の温湿度計算結果を示す. 空調時には調湿建材を施工した場合に 10～20%相対湿度が低く推移する結果となった. その影響により, 調湿建材を施工した場合は, PMV+0.5 となるための温度が高くなっている. 図 12 には PMV 計算結果を示す. 空調時には PMV+0.5 で制御されており, 空調運転していない時間帯でも調湿建材を施工した場合に PMV が小さく推移し, 調湿建材施工により夏期快適性が向上する結果となった.

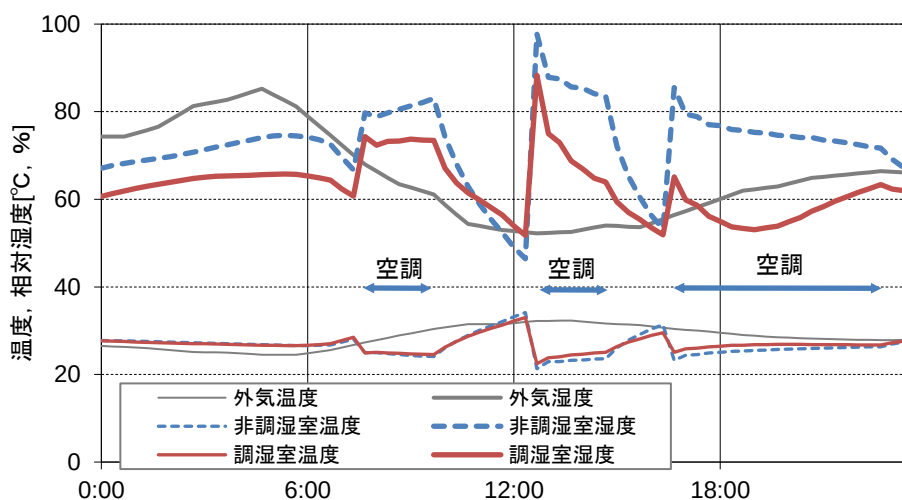


図 11 LD 温湿度計算結果(9/5)

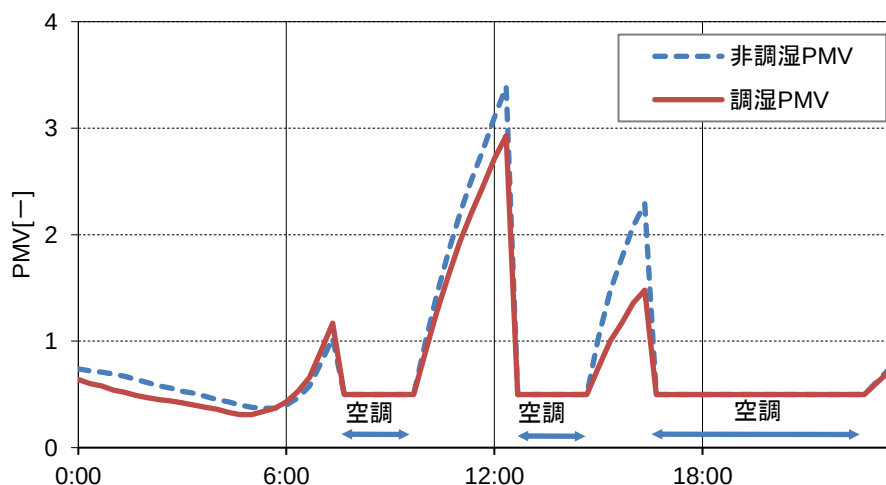


図 12 LD PMV 計算結果(9/5)

5.4 冷房消費電力計算結果

図 13～15 に各月別の消費電力量計算結果を示す。各月ともに調湿建材を施工することで、およそ 8.5% の冷房消費電力量削減が見込まれる結果となった。また 7 月は 3 日、8 月は 2 日、9 月は 1 日消費電力量が逆転する日も出現するが、いずれも消費電力量が小さい日であり、影響は小さい。図 16 には 1 日の特別冷房消費電力量計算結果を示す。この日は日積算消費電力量削減率では 9.7% と平均的な日である。特別にみると朝方の冷房消費電力量は大きな差はなく、立ち上がり時は調湿建材を施工することで消費電力量が大きくなっている。逆に 12:00～17:00 では調湿建材を施工することで削減率が大きくなっており、夏期消費電力量のピークカットに寄与できる結果である。

これら計算結果から、今回の計算条件では LD に調湿建材を施工することで、夏期冷房消費電力量削減と日中のピークカット効果が期待できる。

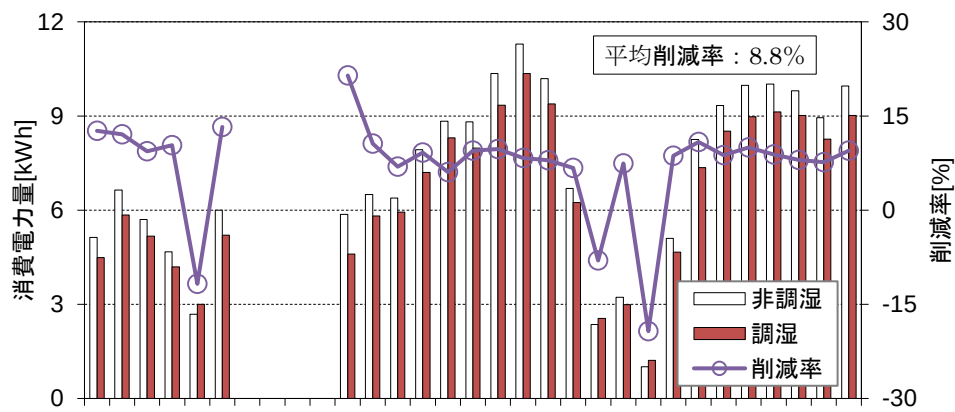


図 13 LD 消費電力量計算結果 (7 月)

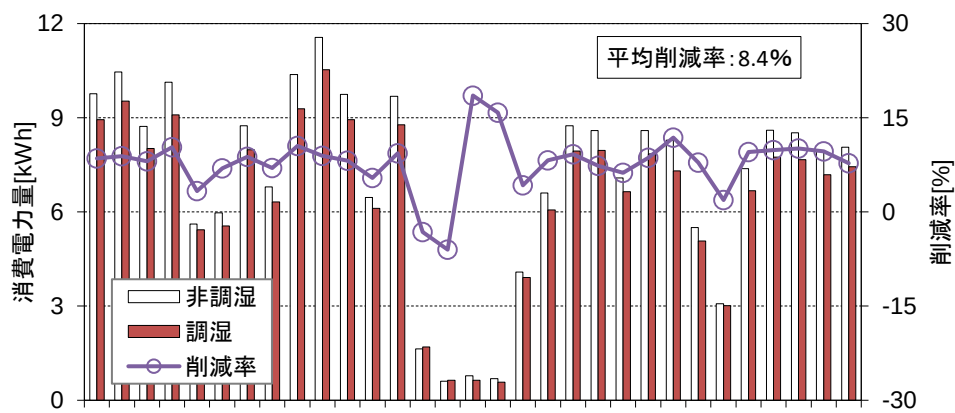


図 14 LD 消費電力量計算結果 (8 月)

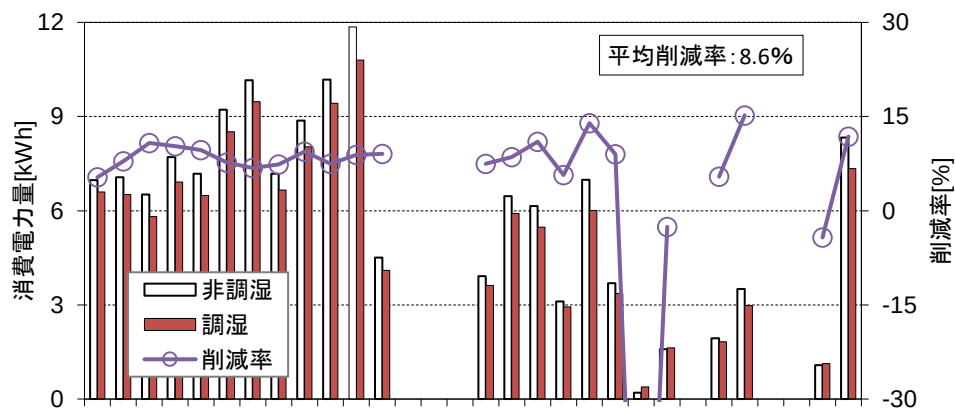


図 15 LD 消費電力量計算結果 (9 月)

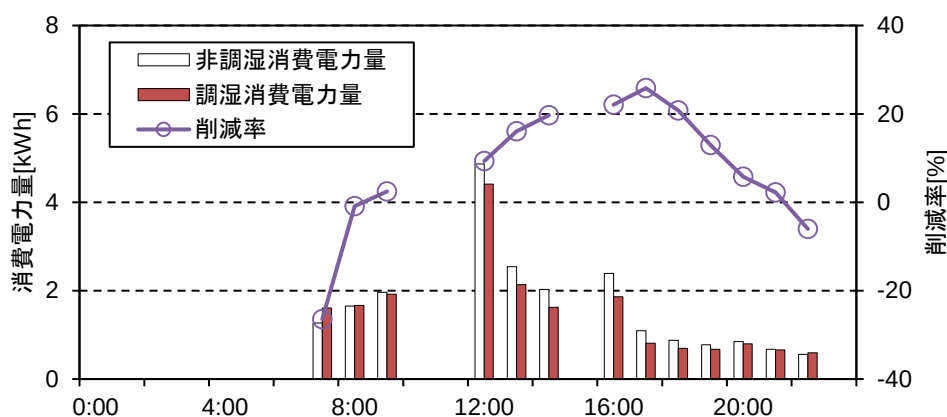


図 16 時別消費電力量計算結果(9/5)

6. まとめ

- ・ 今年度は経済産業省の支援事業の要件として調湿建材が選定され、今後ますますの普及が期待される。
- ・ 暖房室と非暖房室を持つ屋外実験棟での比較実験によると、冬季には非暖房室のカビ生育を大幅に軽減することを明らかにした。
- ・ 寒冷地の実大住宅での実験では、夜間加湿と調湿建材によって過乾燥と窓面結露の両方が緩和された。
- ・ 調湿建材の空調負荷削減効果を数値計算により検討した。結果、夏期冷房消費電力量を8.5%程度削減する効果と、日中のピークカットに有効であることを確認した。

7. おわりに

調湿建材について様々な角度から効果を検討し、一定の効果は確認できた。しかし空調負荷削減効果については限定された条件下での数値シミュレーションに過ぎず、多種多様な住まい方、地域性を考慮した検討、実測による検証については不十分であり、今後の課題である。

参考文献

- 1) 調湿建材に関するアンケート, 大建工業株式会社 社内資料
- 2) 平成 30 年度 次世代省エネ建材支援事業, https://sii.or.jp/meti_material30/
- 3) 一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会, <http://www.kensankyo.org/>
- 4) 調湿建材登録・表示制度, http://www.kensankyo.org/nintei/tyousitu/tyousitu_top.html
- 5) 調湿建材登録・表示製品一覧表,
http://www.kensankyo.org/nintei/tyousitu/tyousitutouroku1-100_rev.pdf
- 6) 林禎彦, 佐藤友紀, 田中秀和 調湿材の効果に関する研究 その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2005
- 7) 佐藤友紀, 田中秀和, 林禎彦 調湿材の効果に関する研究 その 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2005
- 8) 尾崎明仁, 渡辺俊行, 他: 熱・水分・空気連成を考慮した建築の温湿度・熱負荷計算, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2004
- 9) Ozaki A., Watanabe T., et al.: 'Systematic Analysis on Combined Heat and Water Transfer through Porous Materials Based on Thermodynamic Energy', An International Journal of Energy and Buildings, Vol. 33, No. 4, 341-350, 2001
- 10) 「住宅事業建築主基準の判断の基準ガイドブック」, (社)日本サステナブル・ビルディングコンソーシアム, 2009