

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：22303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04459

研究課題名(和文) 調湿性能評価における新たな湿流束の概念導入と換気カプセル法による計測手法の開発

研究課題名(英文) Introduction of new concept of moisture flux in evaluation of humidity control performance and development of measurement technique by ventilation capsule method

研究代表者

三田村 輝章 (Mitamura, Teruaki)

前橋工科大学・工学部・准教授

研究者番号：10406027

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、換気カプセル法の原理を適用した調湿性能評価装置を開発し、模型実験による装置の基礎的な検討を行った。また、開発した装置を用いて実住宅における壁面での吸放湿量を測定し、測定位置や内装仕上げの違いによる吸放湿量の比較を行った。模型実験では、最も測定精度が高くなるカプセルの寸法とカプセル内の換気回数について試算した。実住宅における現場測定では、1日あたりの吸放湿量は、床高さの低い位置の方が吸湿量は大きく、放湿量は小さいことを明らかにした。また、内装仕上げの違いについては、ビニールクロスは吸湿と放湿を繰り返している様子を捉えたのに対して、珪藻土は常に吸湿し、その量も多いことを把握した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実建物における周壁からの吸放湿量を扱った研究事例は少なく、本研究で開発した調湿性能評価装置により、これまで困難であった居住住宅での周壁からの吸放湿の変化量や吸湿・放湿の向きを直接計測することが可能となり、実環境下での吸放湿の状況を詳細に把握することができるようになるため、今後の住宅居室における調湿性能評価の研究発展や室内環境の設計手法に寄与するところが大きい。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed the device that applies the principle of the ventilation capsule method to evaluate moisture buffering effect and conducted a basic study of the device by model experiments. In addition, we measured the amount of moisture absorbed and desorbed on the wall surface of the house using the developed device and compared the amount of moisture absorbed and desorbed depending on the measurement position and interior finish. In the model experiment, the size of the capsule with the highest measurement accuracy and the ventilation rate inside the capsule were calculated. Measurements in the house revealed that the amount of moisture absorbed and desorbed per day was larger and the amount of moisture desorbed was smaller at a position with a lower floor height. Regarding the difference in interior finish, it was found that vinyl cloth repeatedly absorbs and desorbs moisture, whereas diatomaceous earth constantly absorbs moisture, and the amount was large.

研究分野：建築環境工学

キーワード：調湿性能 換気カプセル法 湿流束 模型実験 現場測定

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

室内湿度は高過ぎても、低過ぎても、健康に影響を及ぼすほか、建物の劣化へとつながるため、室内環境の計画に、室内湿度を適切なレベルに維持する手法が重要となっている。そのため、最近では広く普及したビニル壁紙に替わり、調湿性能に優れた珪藻土などの自然素材のほか、ゼオライトなどの多孔質鉱物を混合した調湿建材が商品化されるなど、内装仕上げ材の調湿機能への期待が高まっている。建材の調湿性能評価については、JIS A 1470「調湿建材の吸放湿性試験方法」が提案されている。この方法は中湿域(50~75%RH)における湿度のステップ変化に対する経過時間3, 6, 12時間後の試験体の吸放湿量を評価するもので、例えば、(一社)日本建材・住宅設備産業協会では6時間後の放湿量が20g/m²以上のものを調湿建材として登録できるなど、統一された評価基準として普及しつつある。しかしながら、この評価は建材の調湿性能の大きさを比較する目安としては有効であるが、そもそも住宅などの室内湿度は、機械換気の有無や室内で時々刻々変化する水蒸気発生量などにより複雑に形成されるため、より実用的な調湿性能評価を行うためには、周壁からの吸放湿の変化量や吸湿・放湿の向きまで含めた状況の把握が不可欠であり、上記のような材料試験だけでは不十分である。

2. 研究の目的

本研究では、これまで発汗計に用いられてきた換気カプセル法の原理に着目し、実環境下における周壁での吸放湿量を直接測定する方法を開発する。換気カプセル法とは、皮膚表面にカプセルを装着し、カプセル内への流入前後の空気の絶対湿度差から発汗量を測定するものである。本研究においては皮膚表面を周壁表面と置き換えることにより、周壁での吸放湿量を直接測定することで、周壁からの単位面積あたりの吸放湿の変化量や吸湿・放湿の向きまで把握するための測定方法を確立する。

3. 研究の方法

本研究では、まず、装置開発の基礎的な検討として、模型実験により改変型発汗計を用いてカプセル寸法について検討する。次に、自作装置を製作して、カプセル内への空気流量について検討し、最適な装置の仕様を決定する。最終的には、模型実験の結果を踏まえた上で、自作装置を用いて実住宅における周壁の吸放湿量を測定し、測定位置や壁の内装仕上げ材による違いについて明らかにする。

(1) 改変型発汗計を用いた模型実験

実験装置は、温湿度制御装置、厚さ6mmの亚克力板で製作された容積1m³の実験用チャンバーと容積0.5m³の予備チャンバーから構成され、温湿度制御装置から25・50%RHに制御された空気が予備チャンバーに給気された後、電動ポンプによって実験チャンバー下部に給気され、上部から排気される。実験チャンバー内にはパネル状の吸放湿体(300×300×5mm)2枚と加熱式加湿器を電子天秤の上に設置する。チャンバー内において3時間の加湿と3時間の減衰を1サイクルとする湿度励振を繰り返し、チャンバー内の湿度を変動させることで吸放湿体を吸放湿させる。吸放湿体の重量変化から単位面積当たりの吸放湿量を算出し、これを吸放湿量の真値とする(以下、「重量変化法」と呼ぶ)。加湿器の重量変化からは、1サイクルあたりの平均加湿量を算出する。また、同時に吸放湿体の表面には発汗計の換気カプセルを装着し、吸放湿量を測定する(以下、「換気カプセル法」と呼ぶ)。両者の吸放湿量を比較することで、その精度について検証する。実験は、装着するカプセルの寸法である直径と厚みを組み合わせた6パターンについて行う。

(2) 自作装置を用いた模型実験

前述の改変型発汗計は、カプセル内への空気流量が30mL/minで固定されているため、カプセル内に供給する空気流量も変更できるように温湿度センサーと定流量制御ポンプを組み合わせた装置を自作し、最も精度が高くなるカプセル内への空気流量の最適値について検討する。本装置をチャンバー内に設置し、(1)と同様に3時間ごとの加湿・減衰を1サイクルとする湿度励振を繰り返し、チャンバー内の湿度を変動させることで吸放湿体を吸放湿させる。カプセルは直径が50mmと100mmの2種類を用い、厚みは5mmとする。また、定流量制御ポンプの流量を変化させ、カプセル内の換気回数が吸放湿量へ与える影響を検証する。カプセルへの空気流量は2種類のカプセルで50~400mL/minで実験を行うほか、両カプセル内の換気回数を揃えるため、直径100mmのカプセルでは、直径50mmのカプセルにおける換気回数20.4回/minと40.8回/minに相当する800mL/minと1600mL/minについても実験を行う。

(3) 実住宅における実験

(2)で製作した自作装置を用い、実環境下における周壁の吸放湿量を測定する。カプセルは、縁に厚みと弾力性のある粘着テープを用い、カプセルからの漏気が無いように壁体表面に取り付ける。また、カプセルの大きさは模型実験の結果から直径50mm、厚み5mmとし、流量制御ポンプの流量は226mL/minとする。実験は群馬県内の戸建て住宅3件で実施し、一日を通して湿度の変動が見込める位置に装置を設置する。また、自作装置を2セット用意し、各住宅で2箇

所について測定する。測定条件は、I 邸と M 邸はビニールクロス仕上げの一般的な壁紙であるため、床面からの高さを変えて測定を行う。I 邸では高さ 500 mm と 1500 mm、M 邸では 300 mm と 1500 mm の 2 箇所にカプセルを取り付けて測定を行った。O 邸では壁の仕上げ材による吸放湿量の違いを検証するため、ビニールクロス仕上げの壁面と珪藻土仕上げの壁面で測定を行った。

4. 研究成果

(1) 改変型発汗計を用いた模型実験

図 1 に各ケースにおける重量変化法と換気カプセル法の吸放湿量の差を平均値で示す。両者の差が正の場合、重量変化法に対して換気カプセル法による測定値が小さく、負の場合は換気カプセル法による測定値が大きいことを表す。重量変化法との差の絶対値が最も大きいのは直径 10 mm、厚み 5 mm の Case 1-A であり、次いで直径 10 mm、厚み 10 mm の Case 1-B が大きく、他のケースと比較して直径 10 mm のカプセルは重量変化法との差が著しく大きいことがわかる。重量変化法との差が最も小さい条件は、直径 50 mm で厚み 5 mm の Case 1-C である。

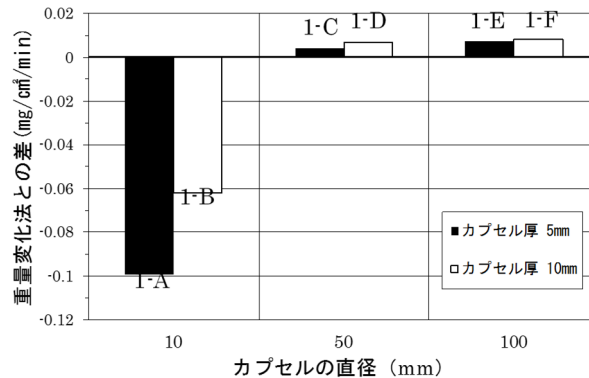


図 1: 各ケースにおける重量変化法と換気カプセル法の吸放湿量の差

(2) 自作装置を用いた模型実験

図 2 にカプセル内の換気回数と重量変化法および換気カプセル法の吸放湿量の差の関係を示す。全体的に換気回数が小さい条件では正の値を示し、重量変化法より換気カプセル法の測定値が小さくなっている。また、換気回数が大きい条件では負の値を示し、換気カプセル法の測定値が大きくなっており、重量変化法との差も大きくなっていることがわかる。重量変化法との差が最も小さい条件は、直径 50 mm で換気回数が 20.4 回/min の Case 2-C である。また、直径 50 mm と直径 100 mm のカプセルで換気回数が同じ条件で比較をすると、どの条件でも直径が 50 mm の方が重量変化法との差が小さくなっており、回帰直線の傾きも直径 50 mm の方が小さい。回帰直線の式から重量変化法との差が 0 となるカプセル内の換気回数をカプセルの直径ごとに算出すると、直径 50 mm で 23.0 回/min、100 mm で 13.4 回/min となる。

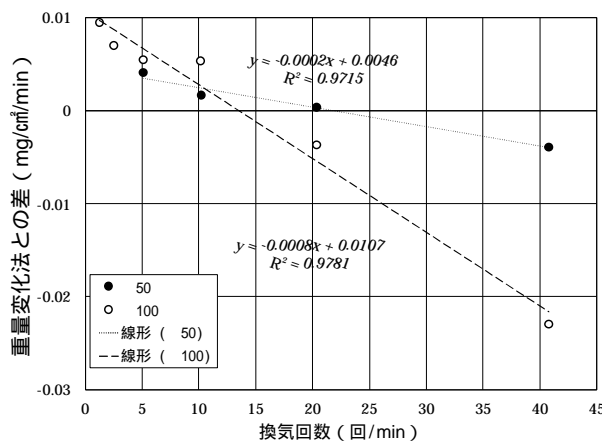


図 2: カプセル内の換気回数と重量変化法および換気カプセル法の吸放湿量の差の関係

(3) 実住宅における実験

図 3 に各住宅における 1 日あたりの吸放湿量の比較を示す。床面からの高さの比較を行った I 邸と M 邸では、どちらも低い位置の方が吸湿量は大きく、放湿量は小さい。これは床面に近いほど温度が低く、相対湿度が高くなっていたためと考えられる。壁の仕上げ材の違いによる比較を行った O 邸では、ビニールクロスが吸湿と放湿を繰り返している様子を捉えたのに対して、珪藻土は常に吸湿し、その量も多いことがわかる。以上より、同じ空間の 2 箇所の吸放湿量を測定することで測定位置や壁の仕上げ材による吸放湿量を相対的に比較することができた。

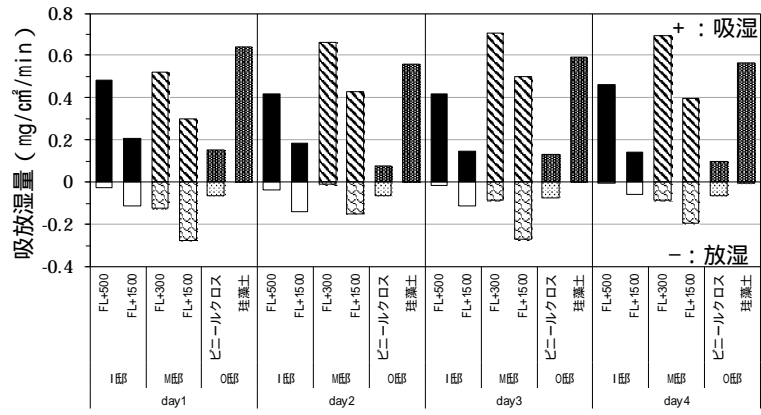


図3：各住宅における1日あたりの吸放湿量の比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 今井亮太, 三田村輝章
2. 発表標題 換気カプセル法による建材の調湿性能評価装置の開発 自作装置を用いた測定精度の検証
3. 学会等名 人間-生活環境系学会大会 第44回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今井亮太, 三田村輝章
2. 発表標題 換気カプセル法による吸放湿量の計測手法の開発（その1）カプセルの寸法による影響について
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演梗概集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今井亮太, 三田村輝章
2. 発表標題 換気カプセル法による建材の調湿性能評価装置の開発 改変型発汗計を用いたカプセルの最適寸法の検討
3. 学会等名 人間-生活環境系学会大会 第43回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今井亮太, 三田村輝章
2. 発表標題 換気カプセル法による建材の調湿性能評価装置の開発 改変型発汗計を用いたカプセル寸法に関する小型チャンバー実験
3. 学会等名 日本環境管理学会大会2020 学術講演梗概集 - 第32回研究発表会 -
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------