

# 平成 27 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：室内環境

研究期間：H27 ～ H28 [平成 27 年度で終了]

課題番号：153004

研究課題名（和文）： 調湿建材による放射冷房システムの表面結露防止の効果に関する研究

研究課題名（英文）： Study on the preventing condensation effect under radiative cooling system by using hygroscopic materials

研究代表者： 張 会波

交付決定額（当該年度）： 250, 000 円

※平成 27 年度で終了となる研究課題は最終成果報告書となりますので、下記項目について詳細な報告をお願いします。

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用させていただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

## 1. 研究の目的

躯体放射冷房システムは、従来の強制対流空気システムに対して均一な室内温熱環境とドラフト感の改善などにより、省エネかつ快適な室内環境を実現できるため、近年建築における利用が増えている傾向である。放射冷房は一般的にデシカントシステムと併用され、顕熱のみを処理するという形であるが、在室者による開口部から多湿な外気の大量侵入などにより、表面に結露してしまうことが多発し、躯体放射冷房システムの利用を制限される重要な原因の一つである。

一方、調湿建材は表面における水蒸気の吸着・脱着により室内湿度の変動を抑える効果があるため、それに関する開発が多く行われている。したがって、調湿建材と躯体放射冷房システムとの併用を提案し、これによって結露リスクを下げる効果が期待される。申請者はこれまで、ゼオライト系、火山灰系の調湿建材を用い、試料負荷率、室内加湿量、換気回数等のパラメータを変化して、調湿建材が実住宅への適用効果の評価指標を提案し、空間内の湿度分布を考察した。しかし、異なる材料の吸放湿容量と湿度応答スピードの差があり、どの程度表面結露を防げるのか疑惑が残っている。

以上の状況を鑑みて、調湿建材と躯体放射冷房システムを併用することでどの程度結露防止できるのか、定量的に検討する必要がある。そのため、まず各材料の吸放湿量及び吸放湿速度を実験で明らかにする。今後、調湿建材と躯体放射冷房システムと併用する効果を数値計算で検討するとき、必要なデータの蓄積となる。

## 2. 研究の方法

本研究では調湿性能が優れる建材の三種類（無機の鉱物質、珪藻土、生物質系）のサンプルを用い、小型チャンバーの中で、各材料の吸放湿性能を実験で明らかにする。図 1 に実験対象の三種類調湿建材の写真を示している。各建材ともに 180 mm×180 mmのサンプルを作って、実際建築内装材として応用するときの厚さを用いた。また、材料の底面や厚さに沿って図 2 のように断湿処理をして、表面からだけは周囲空気と吸放湿する。

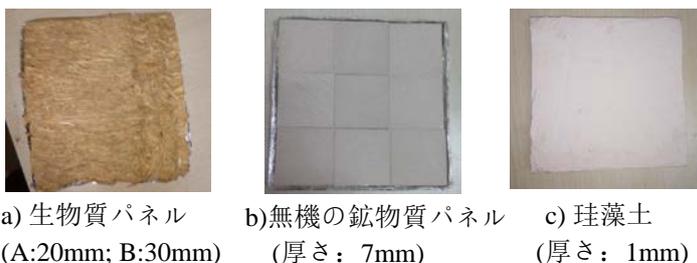
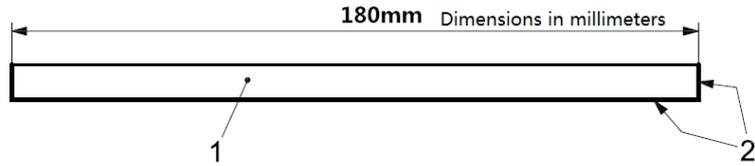


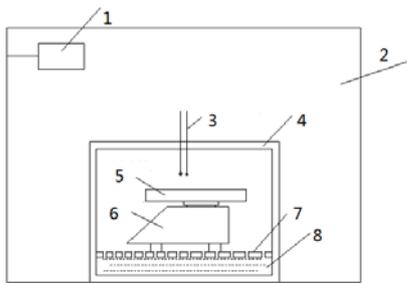
図 - 1 実験対象の三種類調湿建材



1 specimen 2 moisture barrier (aluminum foil)

図 - 2 材料サンプルの断湿処理

実験設置として、各材料のサンプルは電子天秤の上に置いて、自製の密閉ガラス箱の中に入れ、また、恒温槽の中に置いて、密閉ガラス箱内の温湿度変動によって、調湿建材の重量変化を経時的に計測する。図3は実験設置のイメージ、図4は実際の写真を示している。自製の密閉ガラス箱の下に飽和塩溶液を十分入っている。調湿建材の平衡含水率を ISO 12571-2013 に従って測定する。恒温槽は23℃に設定し、表1に各塩溶液は飽和状態になるときの相対湿度を示している。異なる飽和塩溶液を変わるによって、密閉ガラス箱内0-100%空間に5点の相対湿度を選んで、各材料は等温状態の平衡含水率曲線を実験で得る。含水率 $\mu$ は下式で計算できる： $\mu = (m - m_0) / m_0$ 、このうち、 $m$ は安定した材料の質量； $m_0$ は乾絶状態材料の質量。



1 hygrometer  
2 temperature conditioning chamber  
3 temperature and humidity sensor  
4 moisture-proof box  
5 specimen  
6 electronic balance  
7 perforated shelves  
8 saturated salt solutions



図 - 4 実際の写真

図 - 3 実験設置のイメージ

表 - 1 各塩溶液は飽和状態における相対湿度

| Temperature<br>(°C) | RH (%)     |                                      |                                   |            |                                |
|---------------------|------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------|--------------------------------|
|                     | KOH        | MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O | Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | NaCl       | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| 23                  | 08.23±0.72 | 32.90±0.17                           | 53.49±0.22                        | 75.36±0.13 | 97.42±0.47                     |

### 3. 研究成果

以上のように実験を設置し、三種類材料の平衡含水率曲線を得て、図5と図6を示す。図5は質量基準として平衡含水率曲線を表す。図から相対湿度が高くなると生物系パネルの含水率も明らかに高くなっている。単位質量各材料の吸放湿能力の比較：生物質パネル>珪藻土>無機の鉱物質パネル。また、各材料は密度が違うため、図6は体積基準として平衡含水率曲線を表す。単位体積各材料の吸放湿能力の比較：生物質パネル>無機の鉱物質パネル。珪藻土は低湿域で最も優れるが、雰囲気湿度が高くなると共に、性能が落ちる。

調湿建材は内装材として、表面積で室内空気と吸放湿する。故に、図7には中湿域各材料単位面積の吸湿量(55%-75%)の比較結果とする。単位面積当たり各材料の吸湿量の比較：生物質パネル>無機の鉱物質パネル>珪藻土。しかも、生物質パネルの吸湿速度も明らかに他の材料よ

り速い。この結果から生物質パネルは一時的に大量の湿度上昇があるとき、効果良く緩和できると考えられる。

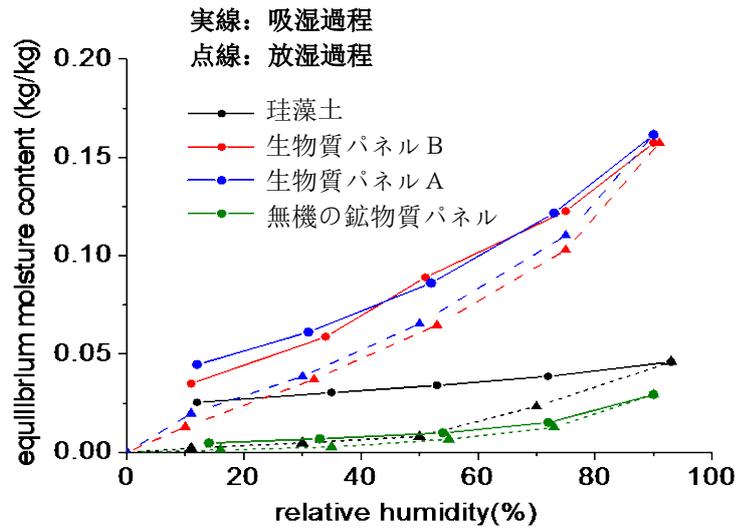


図 - 5 三種類材料の平衡含水率曲線の比較 (質量基準)

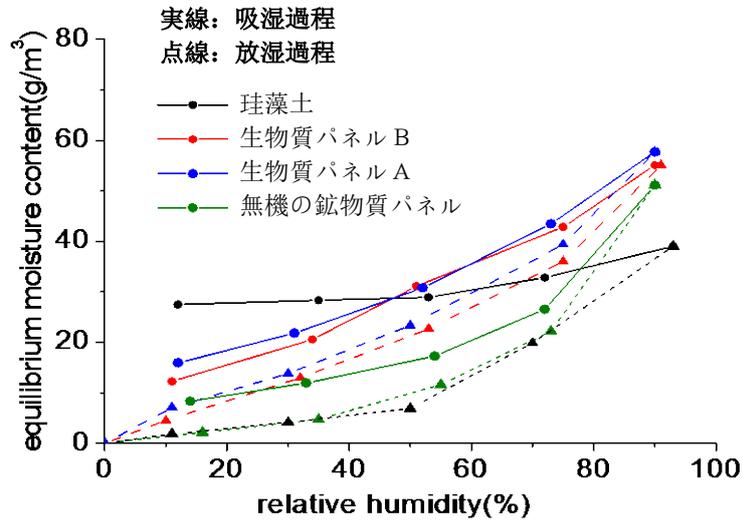


図 - 6 三種類材料の平衡含水率曲線の比較 (体積基準)

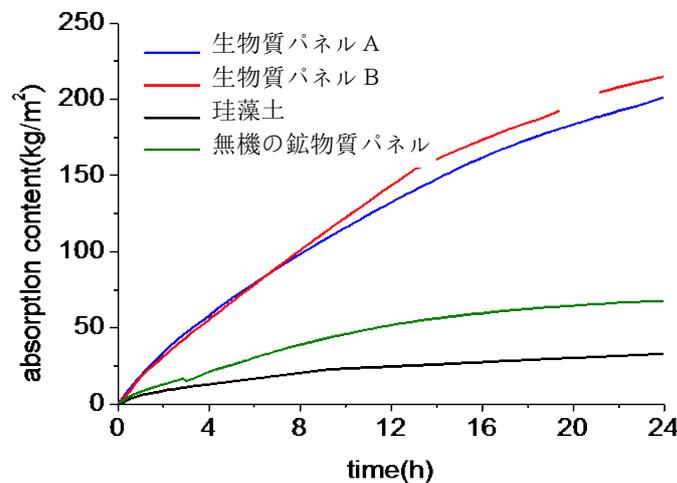


図 - 7 中湿域各材料単位面積の吸湿量(55%-75%)

研究成果としての総括：

- 1) 珪藻土はある程度吸放湿性能を持つから中国で健康内装材として盛んでいるが、実際塗った1mmの厚さでわずかの吸放湿性能が現れた。
- 2) 無機の鉱物質パネルとした実験ではINA Xの製品エコカラットを用い、日本では調湿機能を持つ建材として認定されるが、7mmの厚さでは約珪藻土の2倍の吸湿量を得た。
- 3) 生物質パネルは農産廃棄物として、近年断熱材で使われてきたが、吸放湿性能が注目されていない。今回の実験で、実際の厚さ(50mm)の半分でも無機の鉱物質パネルの約4倍の吸湿量を得た。非常に優れる調湿性能をもつ生物質パネルは今後の建築中でサステナブルな建材として活用することが期待できる。

#### 4. 主な発表論文等

- (1) Huibo Zhang, Jing Liu, Chunan Li, Zhiwei Lian. Long-term Investigation of Moisture Environment in Underground Civil Air Defense Works, Indoor and Built Environment, 2016, DOI: 10.1177/1420326X16637658
- (2) Huibo Zhang, Hiroshi Yoshino, Iwamae Atsushi, Kenichi Hasegawa. Investigating Simultaneous Transport of Heat and Moisture in Hygroscopic Materials By a Semi-Conjugate CFD-coupled Approach, Building and Environment, 2015, 90(8): 125-135.
- (3) Huibo Zhang, Jingchao Xie, Hiroshi Yoshino, U Yanagi, Kenichi Hasegawa, Naoki Kagi, Zhiwei Lian. Thermal and environmental conditions in Shanghai households: risk factors for childhood health, Building and Environment, (under review)
- (4) Huibo Zhang, Hiroshi Yoshino, U Yanagi, Kenichi Hasegawa, Zhenhai Li, Jingchao Xie, Jing Liu, Yang Lv, Nianping Li and Shengwei Zhu. The Relationship between Indoor and Outdoor Temperature, Relative Humidity, and Absolute Humidity in Six Chinese Cities, 14th international conference on indoor air quality and climate, paper No.479, July 3-8, 2016, Ghent, Belgium.
- (5) Luyang Shi, Jing Liu, Huibo Zhang. Experiments for comparing the hygroscopicity of straw panel with other hygroscopic building materials, 14th international conference on indoor air quality and climate, July 3-8, 2016, Ghent, Belgium.

[雑誌論文] (計 3 件)

[学会発表] (計 2 件)

[図書] (計 1 件)

[その他]

産業財産権、ホームページ等

#### 5. 研究組織

##### (1) 研究代表者

張会波 (上海交通大学)

##### (2) 研究分担者

張偉榮 (東京工芸大学・工学部・准教授)

劉京 (ハルビン工業大学・教授)

史路陽 (ハルビン工業大学・大学院生)

楊自力 (上海交通大学・船建学院・大学院生)

戴昌志 (上海交通大学・船建学院・大学院生)

熊静 (上海交通大学・船建学院・大学院生)