

# 平成 29 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：平成 29 年度  
課題番号：173006  
研究課題名（和文）： 潜熱蓄熱調湿建材の性能評価に関する研究  
研究課題名（英文）： Research on performance of hygroscopic phase change materials  
研究代表者：張 会波  
交付決定額（当該年度）： 200, 000 円

※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。

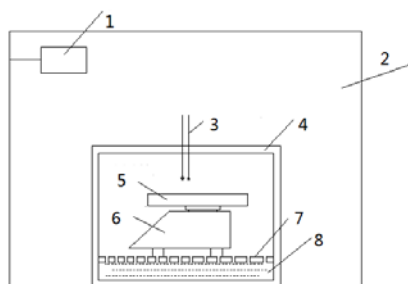
## 1. 研究の目的

- ❖ パシップハウスは NZEB 目標を実現する基本である。建物の恒温恒湿性を求めるため、PCM や調湿建材など温度・湿度を自立で調整できる建築材料が実建築への応用しつつある。
- ❖ 実際の外気条件と室内温熱条件において、調湿建材と PCM を併用することでどの程度日間温度と湿度の変化を抑制できるのかに対して、PCM 調湿材の性能評価が必要となる。
- ❖ 本研究では、一定の温度で環境の湿度変化に対する応答を調湿建材の評価指標として決められ、環境の温度・湿度を同時に変化して潜熱蓄熱調湿建材の調温・調湿指標を提案し、調温調湿の性能評価とする。

## 2. 研究の方法

本研究では、まず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、各材料の吸放湿変動特徴を実験で明らかにする。

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 1 は実験設置のイメージ、図 2 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。



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

図 - 1 実験設置のイメージ



図 - 2 実際の写真

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； $m_0$  は絶乾状態材料の質量。

表 - 1 各塩溶液は飽和状態における相対湿度

Temperature (°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

次に、材料の調湿指標 MBV を提案し、吸湿放湿実験データより各材料の調湿性能を比較する。各材料は日周期の最大吸湿量や放湿量を図3のように示す、NORDTEST で提出した MBV 指標を参照で、本実験で各材料の調湿建材の評価指標を下の式で定義する。

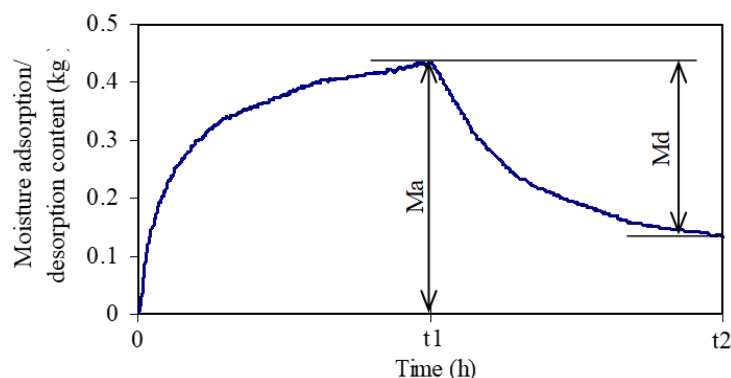


図 - 3 日周期の最大吸湿量・放湿量

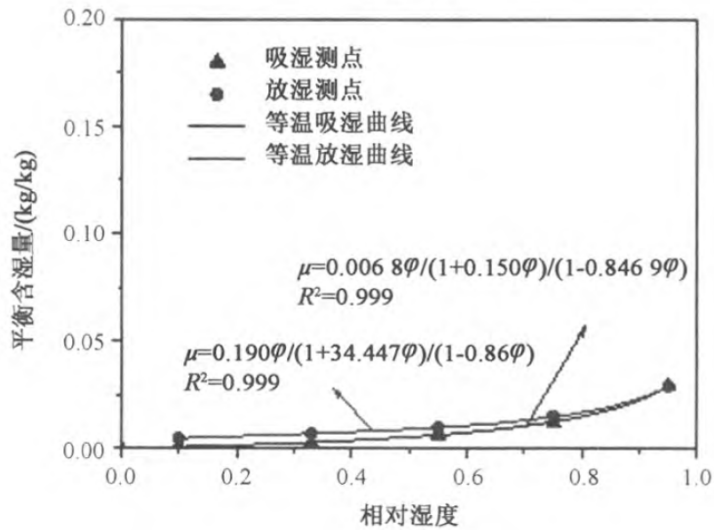
$$MBV_{8h} = \frac{\max(Ma, Md)}{A \cdot (\varphi_{high} - \varphi_{low})} \quad (kg / m^2 / \% RH)$$

すなわち、調湿指標は日周期空間中サイクル湿度の変化において、単位面積の材料の最大吸湿・放湿量が周囲相対湿度の差を除く。

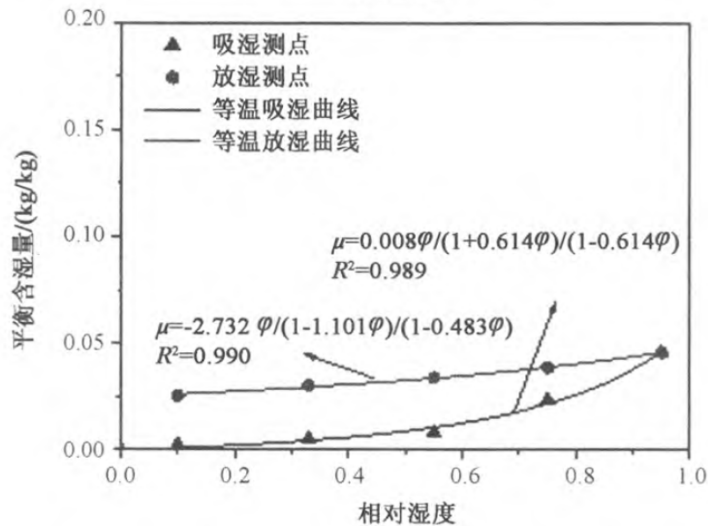
また、PCM 調湿材料：パラフィン（相変化温度：45℃～48℃）や十二アルコール（相変化温度：20℃～24℃）のマイクロカプセルを真空で調湿材料表面から吸着や注入し、PCM 調湿材のサンプルを作成する。材料の蓄熱放熱性能を調べるため、調湿指標のように、実験や分析を進む計画がある。

### 3. 研究成果

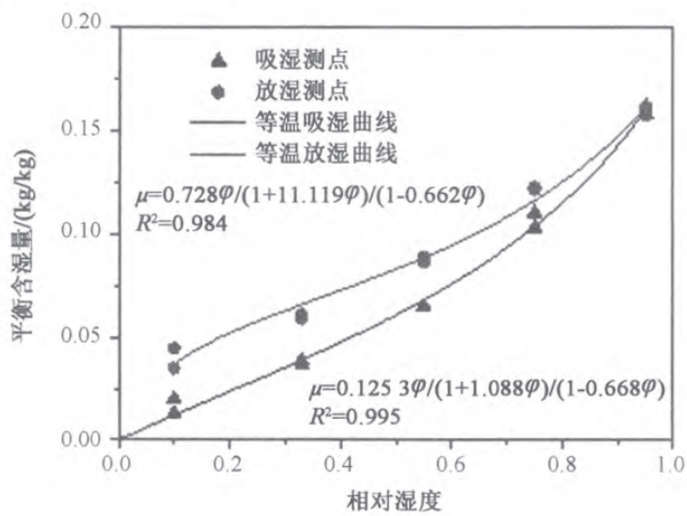
実験結果として、図4に各材料の平衡含水率曲線を示す。無機の鉱物質パネルの吸湿と放湿は各湿度範囲ともほぼ同じに対して、珪藻土と生物質系パネルの放湿は吸湿より明らかに遅れている。また、生物質系パネルの湿容量は明らかにほかの二種類材料より高くなっており、良い蓄湿性能を期待できる。



a) 無機の鉱物質



b) 珪藻土



c) 生物質系パネル

図 - 4 各材料の平衡含水率曲線

図5に中湿域(55%-75%)各材料単位面積の吸湿量を示す。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。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。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。

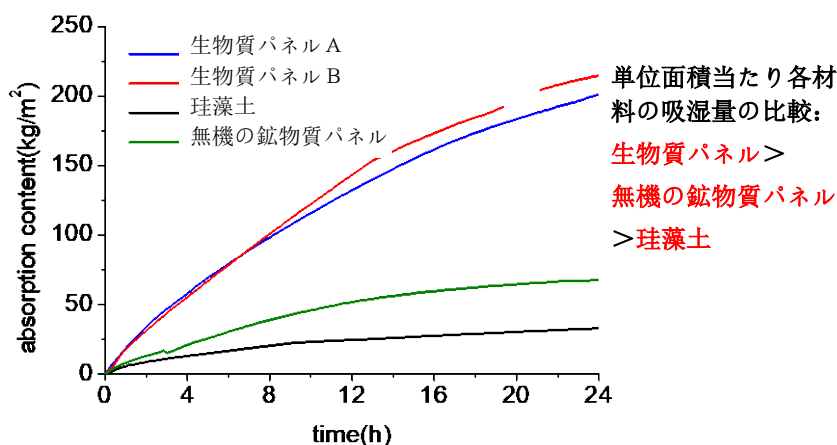


図 - 5 中湿域各材料単位面積の吸湿量(55%-75%)

上記の実験による MBV 値を算出し、下記に示す。

MBV (生物質パネル) : 1005 (kg/m<sup>2</sup>/%RH)  
 MBV (無機の鉱物質パネル) : 350 (kg/m<sup>2</sup>/%RH)  
 MBV (珪藻土) : 175 (kg/m<sup>2</sup>/%RH)

- ❖ 上記の調湿指標によって、生物質パネルの調湿性能は珪藻土の約7倍であり、無機の鉱物質パネルは珪藻土の2倍となる。
- ❖ PCM 材料の調湿性能も上記のような指標を提案しようと計画である。
- ❖ 調湿材料とマイクロカプセルを混ぜて、PCM 調湿材の調湿性能を期待している。

#### 4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)  
 [雑誌論文] (計 10 件)

1. Huibo Zhang\*, Hiroshi Yoshino, Kenichi Hasegawa, Jing Liu, Weirong Zhang, Huang Xuan. Practical moisture buffering effect of three hygroscopic materials in real-world conditions. *Energy and Buildings*, 2017, 139(3):214-223.
2. Huibo Zhang\*, Jing Liu, Chunan Li, Zhiwei Lian. Long-term investigation of moisture environment in underground civil air defence work. *Indoor and Built Environment*, 2017 26(7): 744-757.
3. Huibo Zhang, Chunyu Du\*, Jianyun Huang, Lingjun Jin. Investigation of indoor environment and energy consumption for rural residential houses in Northern Zhejiang Province, China. *Procedia Engineering*, 2017, 205, 3206-3213.
4. Xia Wu, Huibo Zhang\*, Hiroshi Yoshino, U Yanagi, Kenichi Hasegawa, Naoki Kagi, Tomonobu Goto. Study on Association between Cardiovascular Disease and Old People's Living Environment in Rural Shanghai in Winter. *Procedia Engineering*, 2017, 205, 2847-2854.
5. Jing Xiong, Zhiwei Lian, Huibo Zhang, Hiroshi Yoshino. Correlation between health discomforts and temperature steps in winter of China. *Building and Environment*, 2017, 114(3): 387-396.
6. Jing Xiong, Zhiwei Lian, Huibo Zhang. Physiological response to typical temperature step-changes

- in winter of China. *Energy and Buildings*, 2017, 138 (3):687–694.
7. Shi Luyang, Liu Jing, **Zhang Huibo**. Experiments for Comparing the Hygroscopicity of Straw Panel with Other Hygroscopic Building Materials, *Building Science*, 2017, 33(2):42-46
  8. Jing Xiong, Zhiwei Lian\*, **Huibo Zhang**. Investigation of the elderly's response to winter temperature steps in severe cold area of China. *Procedia Engineering*, 2017, 205, 309-313.
  9. Jinhua Hu, Nianping Li, Yang Lv, Jing Liu, Jingchao Xie, **Huibo Zhang**. Investigation on Indoor Air Pollution and Childhood Allergies in Households in Six Chinese Cities by Subjective Survey and Field Measurements. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14(9), 979.
  10. Yuhua Tao, Jingchao Xie, Jiaping Liu, Xiaoyi Gao, **Huibo Zhang**. Study on water use model of urban residential kitchen based on human behavior. *Water & Wastewater Engineering*, 2017, 43 (6): 130-136.

## 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

1. 張偉榮 (東京工芸大学・工学部・准教授)
2. 熊静 (上海交通大学・船建学院・大学院生)
3. 戴昌志 (上海交通大学・船建学院・大学院生)

## 6. 要約(abstract)

研究課題名 潜熱蓄熱調湿建材の性能評価に関する研究

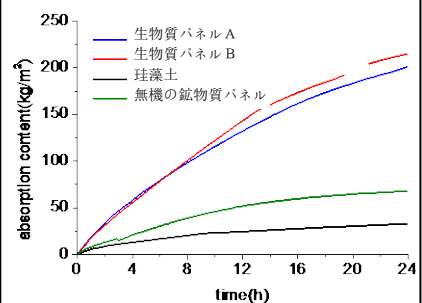
研究代表者名 張会波 (上海交通大学)

要約(700 文字以内)・図

パシブハウスは NZEB 目標を実現する基本である。建物の恒温恒湿性を求めるため、PCM や調湿建材など温度・湿度を自立で調整できる建築材料が実建築への応用しつつある。本研究では、一定の温度で環境の湿度変化に対する応答を調湿建材の評価指標として決められ、環境の温度・湿度を変化して潜熱蓄熱調湿建材の調湿・調湿指標を提案し、PCM 調湿材の調湿調湿性能の評価を目的とする。

まず、三種類調湿材（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吸放湿実験を行った。実験に基づいて、調湿指標 MBV を用い、各材料の日周期の調湿性能を比較した。また、PCM 調湿材料：パラフィンや十二アルコールのマイクロカプセルを真空で調湿材料表面から吸着や注入し、PCM 調湿材のサンプルを作成した。材料の蓄熱放熱性能を調べるため、調湿指標のように、これから実験や分析を進む計画がある。

今までの結果として、調湿指標 MBV の結果より、**生物質パネルの調湿性能は珪藻土の約 7 倍であり、無機の鉱物質パネルは珪藻土の 2 倍となることが分かった。調湿材料とマイクロカプセルを混ぜて、PCM 調湿材の調湿調湿性能を期待している。**



中湿域各材料単位面積の吸湿量 (55%-75%)

