

研究ノート

吸湿性多孔体の開発

山口敏弘^{*1}、小林弘明^{*1}、水野 金儀^{*2}

Development of Hygroscopic Porous Materials

Toshihiro YAMAGUCHI^{*1}, Hiroaki KOBAYASHI^{*1} and Kaneyoshi MIZUNO^{*2}Industrial Technology Division, AITEC ^{*1*2}

膨潤性層状粘土を出発原料とし、高塩基性塩化アルミニウムを架橋成分として反応させ、吸湿を目的としたアルミナ架橋粘土多孔体を合成した。原料粘土の種類によって細孔分布や比表面積などの細孔特性に違いがあり、水蒸気の凝縮に適した細孔を主とする多孔体を得た。その多孔体の水蒸気吸着量は対自重で40~57%となり、一般的な無機吸着材と比較して十分な吸湿量があることが分かった。

1. はじめに

2~50 nm の細孔を有するメソポーラス材料は、エネルギーを使わずに物質を分離することができるため、低環境負荷な材料として注目されている。メソポーラス材料の応用分野として、住環境、食品工業等が挙げられる¹⁾。その中でも特に住環境分野におけるデシカント空調への応用が期待されている。

デシカント空調とは、ハニカム等の部材に担持させた吸着材、または吸着材そのものによる構造体で吸湿/放湿する空調で、省エネ性が高く、室内空気環境の向上にも効果があるとされている²⁾。しかし、現状のデシカント空調に用いられている吸着材には、水蒸気吸着容量が小さい、加熱再生サイクルにおける劣化といった問題が残されている。

また本研究所では、膨潤性層状粘土を出発原料として、10 nm 程度の細孔からなる多孔体の開発を行い³⁾、たんぱく質吸着材としての効果を確認した。この多孔体は、層状粘土の層間に架橋材を挿入することで空間を形成させた、化学的に安定な無機質の多孔体である。

本研究では、デシカント空調に適した多孔体の開発を目的として、既開発多孔体の吸湿/放湿特性の確認と、原料粘土を変更して合成した多孔体の細孔特性および吸湿/放湿特性の確認を行った。

2. 実験方法

2.1 多孔体の作製

原料粘土として、既開発品ではスメクタイト系の合成粘土 NHT-70B (トピー工業製) を用いた。本研究では、合成サポナイトのスメクトン (クミネ工業製) と、スメクタイト系の化合物であるルーセンタイト SWN (コ

ーペケミカル製) を用いて細孔径の調節を図った。架橋材の高塩基性塩化アルミニウム (Alumina 換算) と原料粘土 (Clay) の重量比 (以下 A/C) は 1.0 とし、その他の合成条件は既報³⁾と同様とした。

以下、既開発品である合成粘土 NHT-70B を用いた多孔体を NHT-p、スメクトンを原料とした多孔体を SM-p、SWN を原料とした多孔体を SWN-p とする。

2.2 アルミナ架橋粘土多孔体の特性評価

得られた多孔体について、既報と同様に窒素吸脱着等温線を測定し、細孔分布の解析と特性評価を行った。

既開発品については、「JIS A 1475 建築材料の平衡含水率測定方法」、「同 付属書 1 (参考) デシケータ法による各種測定装置」、「同 付属書 3 (参考) 各種の塩飽和水溶液の相対湿度」を参考に、11、33、43、53、75、85、95%の各相対湿度における水蒸気吸着量の測定を行った。さらに、吸湿と放湿の繰り返しによる水蒸気吸着量の変化を測定した。また、原料粘土を変更した多孔体については、中~高湿度域 (相対湿度 43~95%) での水蒸気吸着量を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 各多孔体の細孔特性

図 1 に、NHT-p、SM-p、および SWN-p の細孔分布測定結果を示す。また、表 1 に各多孔体の比表面積および細孔容積の解析結果を示す。図 1 より、細孔径 10 nm にピークを示す NHT-p に対し、SM-p と SWN-p の細孔分布のピーク位置は共に 4~6 nm であり、細孔容積に相当するピーク高さも既開発品より高かった。表 1 の比表面積・細孔容積の値からもそれが確認できる。スメクタイト系粘土の全ての粘土層が単層分離した場合、

*1 工業技術部 加工技術室 *2 工業技術部 加工技術室 (現工業技術部 応用技術室)

その比表面積は $800\sim 900\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ と計算される。NHT-p の比表面積 ($223\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$) との差は、単層分離していない層の存在によるものと推察される。

一方、スメクトンと SWN は、NHT-70B と比較して層の分離状態を保ちやすく、その層間に架橋材が挿入固定化されることでより大きな比表面積になると考えられる。また、スメクトンと SWN は、NHT-70B と比較して層間にポリカチオンが均一に挿入されやすく、より小さな細孔が生成する粘土であると推察される。

毛管凝縮に関する Kelvin 式より、中～高湿度域で水蒸気を凝縮吸着させるには $4\sim 8\text{ nm}$ の細孔が適しているため、スメクトンと SWN はより適した粘土といえる。

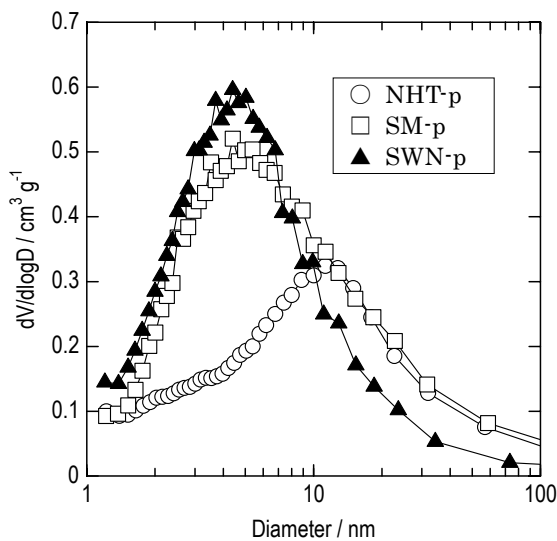


図1 各多孔体の細孔分布

表1 各多孔体の細孔特性

原料粘土	比表面積 $\text{m}^2\text{ g}^{-1}$	細孔容積 cc g^{-1}
NHT-p	223	0.32
SM-p	374	0.51
SWN-p	414	0.47

3.2 粘土層と架橋成分による細孔形成の確認

図2に、NHT-p、SM-p、SWN-pの各湿度における水蒸気吸着量を示す。NHT-pの吸湿1回目において、相対湿度95%で対自重40%の吸着量となった。

また、相対湿度95%におけるSM-pとSWN-pの吸着量(放湿1回目の初期値)はそれぞれ57%と47%となり、中～高湿度域でもNHT-pより高い値を示した。一般的な無機質吸着材であるゼオライトの吸着量(20～30%)と比較して、NHT-pでもこれを上回る吸着量となったが、水蒸気の凝縮に適した細孔径と、より大きな比表面積と細孔容積からなるSM-pとSWN-pは、より

適した多孔体であると推測される。

また、NHT-pについて繰り返し吸放湿を行っても各湿度における吸着量には大きな変化は無く、安定した吸放湿能を有していることが分かった。

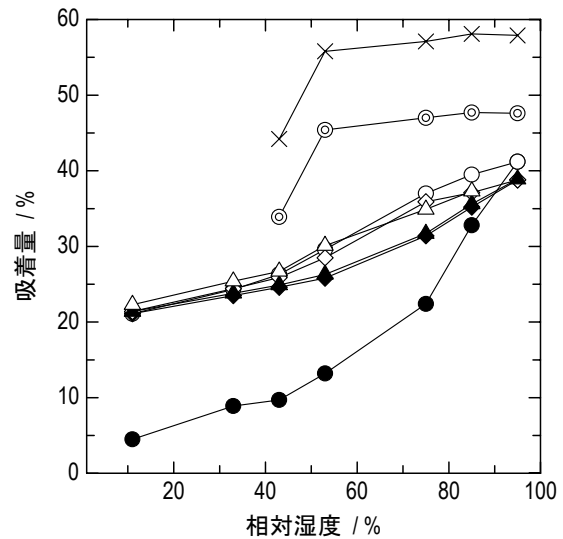


図2 各多孔体の水蒸気吸着量

< NHT-p >

● : 吸湿 1 回目 ○ : 放湿 1 回目

◆ : 吸湿 2 回目 ◇ : 放湿 2 回目

▲ : 吸湿 3 回目 △ : 放湿 3 回目

<原料粘土変更>

× : SM-p 放湿 1 回目

◎ : SWN-p 放湿 1 回目

4. 結び

デシカント空調に適した多孔体の開発を目的として、スメクタイト系合成粘土を用いた既開発品の吸湿/放湿特性の確認と、原料粘土を変更して合成した多孔体の細孔特性および吸湿/放湿特性の確認を行った。その結果、既開発品でも市販品と比較して十分な吸湿量があることが分かった。また、原料粘土を合成サポナイト等に変更することで、 $4\sim 6\text{ nm}$ の細孔径を主とし、約50%の吸湿能を有する多孔体を作製することができた。

文献

- 1) 特集 メソポーラス物質の新展開：セラミックス，**36**(12)，902(2001)
- 2) 桑原，平岡，大塚：加湿と除湿(6)除湿の応用—デシカント空調，空気調和・衛生工学，**76**(11)，1157(2002)
- 3) 山口敏弘，中尾俊章：愛知県産業技術研究所研究報告，**5**，2(2006)