

吸放湿試験

田坂 太一*

1. はじめに

室内湿度環境をコントロールすることは、建物内の結露の発生やカビ・ダニなどによる室内の空気汚染を抑制するために非常に重要である。室内の湿度は、エアコン等の機械設備により一定に保つことも可能であるが、近年、健康で快適な住環境をつくるために、自然材料を利用して室内の湿度環境を調整する方法が注目されている。これは材料の吸放湿性を利用した湿度調整方法で、美術館や博物館など湿度変動が嫌われる場所では以前から行なわれていた。吸放湿性とは、雰囲気の温湿度状態が変化することで材料が湿気を吸収あるいは放出する性質のことであるが、建築材料は多孔質材が多いので吸放湿に優れたものが多い。その中でも吸放湿性が高く、室内の湿度環境をコントロールすることを目的として建物の内装材に使用する材料を調湿建材と呼んでいる。調湿建材には、室内の湿度を一定に保つ、あるいは急激な湿度変動を緩和する効果以外にも、壁体内部に侵入する湿気の一時的なバッファとしての結露防止やホルムアルデヒド、VOC等の室内汚染物質の吸着などの効果も期待されている。

調湿建材の吸放湿性の測定は、以前から行なわれていたが、試験方法として統一されたものがなかった。そのため、これまでは各自が独自の試験方法及び条件で評価していたため、エンドユーザーには性能がわかりにくく、材料の相互比較をす

ることも困難であった。

そこで当センターでは、平成10年に調湿建材の吸放湿性能評価法検討委員会を設置し、調湿建材の吸放湿性の評価方法の検討、設計、計算法の検討を行なっている。その成果は、平成14年にJIS A 1470（調湿建材の吸放湿性試験方法）として調湿建材の吸放湿性試験方法が標準化されるに至った。

調湿建材の吸放湿性は、温度と湿度が影響するため、JIS A 1470は温度一定で湿度の変動に対する測定を行なう第1部の湿度応答法と、温度変動に対する測定を行なう第2部の密閉箱法の2部構成となっている。

本報では、このJIS A 1470のみどころおさえどころについて解説する。

2. JIS A 1470-1（調湿建材の吸放湿試験方法 第1部：湿度応答法）

湿度応答法は、温度一定条件下で雰囲気の相対湿度が変化した時に、試料がどの程度吸放湿するかを試料の質量変化を測定することにより評価する試験方法である。

2.1 測定装置

試験は、雰囲気の相対湿度をステップ的に変化させ、そのときの試料の質量変化を測定する。従って、測定装置は、雰囲気の温湿度を制御する装置と電子天秤、温湿度測定器である。

*（財）建材試験センター中央試験所 品質性能部環境グループ

表1 飽和塩類の相対湿度

塩類	相対湿度
MgCl ₂ ·6H ₂ O	33%
K ₂ CO ₃	43%
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	53%
KI	69%
NaCl	75%
KCl	85%
KNO ₃	93%

雰囲気相対湿度を制御する方法はいくつかあるが、恒温恒湿槽などを用いた機械設備による制御方法が一般的である。機械式の場合、温湿度制御装置は、温度±0.5℃、相対湿度±3%の精度で制御でき、10分以内に設定湿度に到達できる装置とする。ただし、超音波加湿器や円心分離型加湿器などの水滴を噴霧するタイプの加湿器は、水滴が試料や電子天秤に付着する恐れがあるので使用は避ける。

JISでは、試験条件を塩飽和水溶液の相対湿度(表1)と同条件に設定しており、塩飽和水溶液を用いて湿度制御することも可能である。この場合はデシケータを2種類用意し、吸湿過程、放湿過程終了時に試料を所定の相対湿度のデシケータに入れ換える必要があり若干手間がかかる。

測定時における試料の質量変化は、吸放湿量が多い材料であっても10g程度と小さいので、電子天秤は0.01gの精度で測定できるものとする。ただし、この精度を持つ電子天秤で測定できる最大質量は6kg程度であるので、これを超える試料の場合は0.1gの精度の電子天秤を使用してもよい。なお、電子天秤の種類によっては、湿度変化の影響を受けるものがあり、注意が必要である。

温湿度測定器は、温度±0.1℃、相対湿度±2%の精度で測定できるものとする。

2.2 試料

試料の寸法は、第2部との整合性もあり、原則として250×250mmとしている。これより小さくてもよいが、試料が小さいと吸放湿量が少なく測定精度が悪くなるので、最低でも100×100mm以上の大きさは必要である。また、試料の厚さは測定結果に影響するため製品厚さとする。

2.3 試料表面の気流の設定

試料から雰囲気への湿気の吸放湿量は、吸放湿面の湿気伝達率が大きく影響する。このため、試料表面が一定の湿気伝達率になるように、表面の気流を調整することが必要となる。JISでは、湿気伝達抵抗が $(4.8 \pm 0.48) \times 10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$ と定められており、試験前に校正試料を用いて湿気伝達抵抗が規定値になるように表面の気流を調整する。

なお、吸放湿面の湿気伝達率は、直接測定することができないので、同一の材料で厚さが異なる2種類の校正試料(図1)の湿気貫流抵抗を測定し、両者の差から算出する。校正試料は、透湿抵抗が $2.4 \times 10^{-5} \sim 9.6 \times 10^{-5} \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$ と小さく、表面が平滑な材料を用いる。この条件に合う材料であればなんでもよいが、入手しやすく扱いも簡単である材料として、厚さ0.2~0.3mmのケント紙がある。ケント紙を校正試料として使用する場合は、ケント紙が1枚の場合と、2枚の場合の湿気貫流抵抗を測定すればよい。

校正試料の湿気貫流抵抗の測定は、JIS A 1324(建築材料の透湿性試験方法)のカップ法とほぼ同じ方法で行なうが、通常のカップ法と異なる所は、試料表面の気流が一樣になるようにカップの縁を試料面と同じ高さにする点と、吸放湿面のみ湿気伝達抵抗を測定するために校正試料の裏面は塩化カルシウムを密着させる点である。測定時の温湿度条件は、23℃、53%とする。

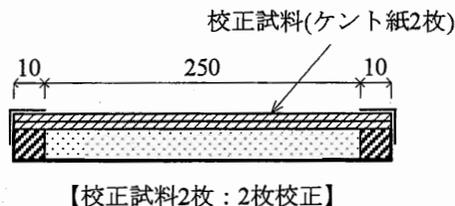
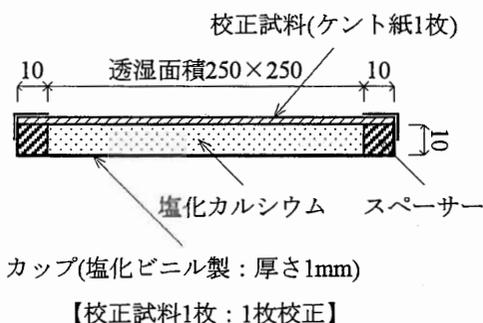


図1 校正試料

[単位：mm]

2.4 試料の養生

試料は、試験前に所定の温湿度条件下で質量が一定になるまで養生を行なう。なお、材料の平衡含水率は、吸湿過程と放湿過程で異なるため、同一の試験条件で測定を行なうために、試料を乾燥させてから養生する。養生を十分に行なわないと、測定結果に影響するため注意が必要である。

2.5 試験方法

湿度応答法の中でも試験方法が2種類あり、24時間の吸湿過程と24時間の放湿過程の計48時間を1サイクルとする吸放湿試験と、1サイクルの吸放湿試験を4サイクル繰り返す周期定常時吸放湿試験である。いずれの試験方法も相対湿度条件が3種類(表2, 表3)あるが、これは、材料の種類により低湿域で性能を発揮するものや中湿域、高湿域で性能を発揮するものがあるためである。測定はどの湿度域で行なってもよいが、通常の居室での使用を目的とした材料であれば、中湿域で測定することが多い。

周期定常時吸放湿試験は、吸放湿を繰り返すことで吸放湿性に変化がないかを見る目的で行なう。このため、吸放湿条件を4サイクル繰り返す。このとき、少しでも早く周期的定常状態になるように、養生条件の相対湿度は吸湿過程と放湿過程の中間で行なうことになっている。

表2 試験条件(吸放湿試験)

	養生	吸湿過程	放湿過程
低湿域	33%	53%	33%
中湿域	53%	75%	53%
高湿域	75%	93%	75%

表3 試験条件(周期定常時吸放湿試験)

	養生	吸湿過程	放湿過程
低湿域	43%	53%	33%
中湿域	69%	75%	53%
高湿域	85%	93%	75%

測定は、図3吸放湿面以外を断湿した試料(図2)を電子天秤に乗せ、所定の相対湿度条件で吸湿過程と放湿過程を1サイクルもしくは4サイクル行い、試料の質量変化を10分間隔で連続して計測する。

試験状況を写真1に示す。

2.6 結果の算出

吸湿過程終了時及び放湿過程終了時の試料の質量から、単位面積当たりの吸湿量、放湿量、吸放湿量差を求める。周期定常時吸放湿試験の場合は、4サイクル目の単位面積当たりの吸湿量、放湿量、吸放湿量差を求める。また、1時間ごとの吸放湿勾配を求めることで、非定常的な計算にも応用できる。



写真1 湿度応答法試験状況

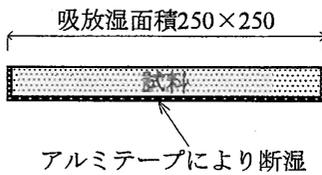


図2 試料の断湿

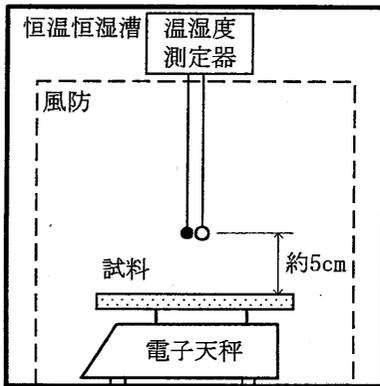


図3 湿度応答法試験概要

3. JIS A 1470-2 (調湿建材の吸放湿性試験方法 第2部: 密閉箱法)

密閉箱法は、断湿された密閉箱内に試料を入れ、温度を変動させた時に、試料がどの程度吸放湿するかを密閉箱内の温湿度を測定することにより評価する試験方法である。

3.1 測定装置

測定装置は、試料を設置する密閉箱、密閉箱外

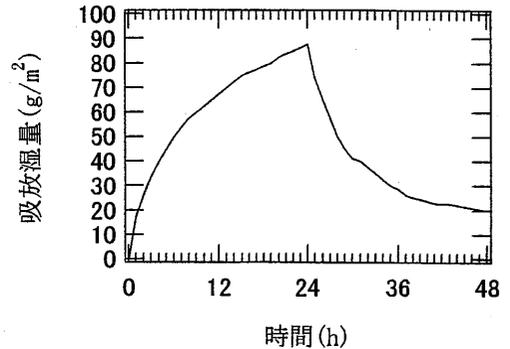


図4 吸放湿量の測定結果例 (吸放湿試験)

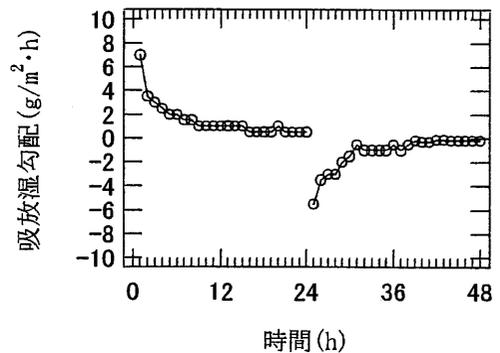


図5 吸放湿勾配の時間変化例 (吸放湿試験)

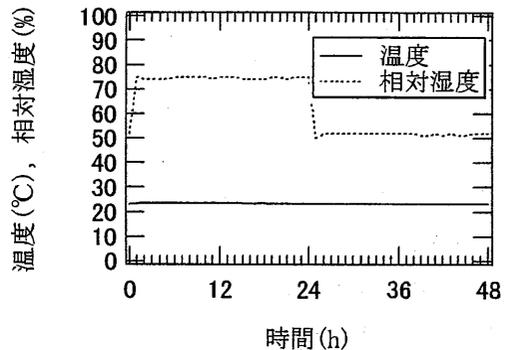


図6 温湿度測定結果例 (吸放湿試験)

の雰囲気温度を制御する恒温槽、温湿度測定器である。密閉箱は、試料を納める容器、ふた、気密を保つためのパッキン、容器とふたを固定するボルトで構成される。密閉箱内の温湿度の測定に影響がないよう、材質は吸放湿性のないものを使用する。JISでは、使用する材質及び寸法まで細

かく規定されており、容器とふたは、厚さ2mmのステンレス鋼板とし、パッキンは、吸放湿性、透湿性のない材料とする。鋼板の厚さが規定されているのは、密閉箱の熱容量が測定に影響するためである。

また、試料の吸放湿面積が変わると測定結果に影響があるため、密閉箱内の容積と試料の吸放湿面積の試料負荷率が一定値になるようにする。試料負荷率は、(密閉箱内の容積/試料の吸放湿面積 $\approx 2.7\text{m}^3/\text{m}^2$)とする。

3.2 試料

試料の寸法は、第1部の湿度応答法と同様に100×100mm～250×250mmの範囲とするが、原則として100×100mmとする。試料厚さは製品厚さとする。

3.3 試験方法

試料の養生は、低、中、高湿域の3種類の条件があり、第1部の湿度応答法の吸放湿試験(1サイクル)と同条件である。養生を行なう湿度域は任意に選ぶことができる。恒温槽内の温度は正弦波を模した表4に示す条件で変動させ、その温度周期は3、6、12、24時間のいずれかとし、これを4サイクル繰り返し、その時の密閉箱内の温湿度を10分間隔で連続して測定する。通常、湿度は、相対湿度として測定を行なうことが多い。1サイクル24時間の場合の温度変動を図7に示す。

なお、養生した試料は、吸放湿面以外をアルミテープで断湿し、吸放湿面以外の温度変化の影響を小さくするために、周囲は断熱材で囲む(図8)。JISでは、断熱材は押出法ポリスチレンフォーム2種bを使用することと定められているが、これは断熱材の断熱性能が異なると吸放湿面以外の温度の影響が変わるためである。

試料を密閉箱に設置する際、密閉箱内の温湿度

表4 恒温槽温度条件

設定時間				設定温度
3h	6h	12h	24h	
0.00	0.00	0.00	0.00	22.5
0.25	0.50	1.00	2.00	26.3
0.50	1.00	2.00	4.00	29.0
0.37	1.50	3.00	6.00	30.0
1.00	2.00	4.00	8.00	29.0
1.25	2.50	5.00	10.0	26.3
1.50	3.00	6.00	12.0	22.5
1.75	3.50	7.00	14.0	18.8
2.00	4.00	8.00	16.0	16.0
2.25	4.50	9.00	18.0	15.0
2.50	5.00	10.0	20.0	16.0
2.75	5.50	11.0	22.0	18.8
3.00	6.00	12.0	24.0	22.5

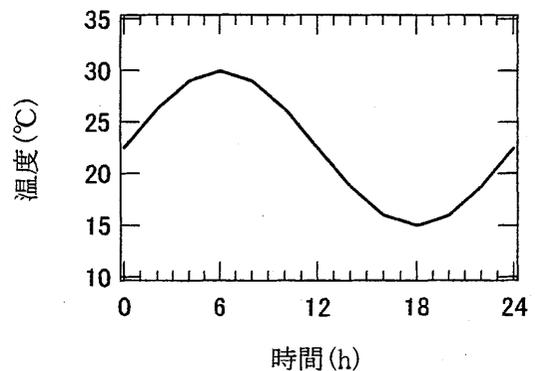


図7 1サイクル24時間の場合の温度変動

が試料の養生条件と同じ温湿度となるようにする。試験概要を図9に、試験状況を写真2に示す。

3.4 密閉箱の校正

密閉箱内表面への湿気の吸着や温湿度センサーの吸放湿、あるいは箱からの漏れが測定結果に影響するため、試料がない状態で密閉箱の校正を行なう。校正値が $0.06\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{°C}$ 以下にならないよう



写真2 密閉箱法試験状況

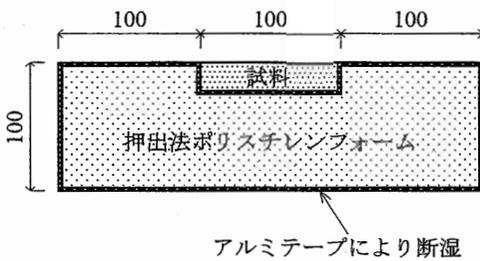


図8 試料の断熱・断湿

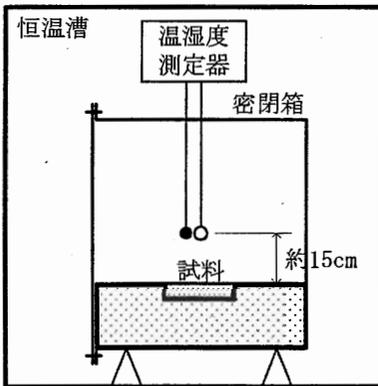


図9 密閉箱法試験概要

に、密閉箱からの漏れや材質への湿気の吸着を抑制する工夫が必要となる。

3.5 結果の算出

測定値を図10および図11に示す。

4サイクル目の密閉箱内の温度、相対湿度測定結果から容積絶対湿度を求め、各時刻の温度と容

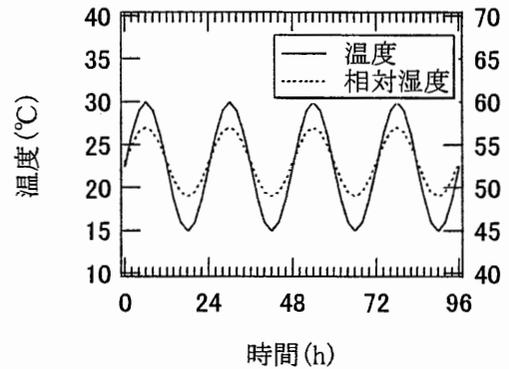


図10 密閉箱内の温湿度測定結果例

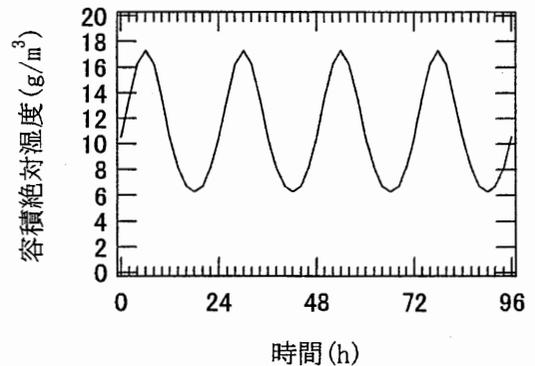


図11 密閉箱内の容積絶対湿度測定結果例

積絶対湿度のそれぞれの絶対値を積算し、これらの比をとることによって温度変化に対する吸放湿量を評価する。

4. おわりに

吸放湿性測定方法として、JIS A 1470のみどころおさえどころを紹介した。この規格により、これまでバラバラであった測定条件が統一され、異なる材料の比較が可能となった意義は大きい。前述した調湿建材の吸放湿性能評価法検討委員会において、現在、この測定法による測定結果を用いて室内の湿度を計算するための簡易計算法を検討中であり、今後、調湿建材を用いた室内の設計法へと発展させていく予定である。