

湿度調節剤に関する研究(第1報)

(省エネルギーの為の湿度調節剤について)

見 城 敏 子

1. はじめに

最近、殆どの博物館の展示場は空調設備が完備しているので、ケース内の温度は比較的一定に保たれており、湿度調節剤の使用によって、ケース内の湿度を一定に保つことが比較的容易である。しかし、将来、省エネルギーの為に空調の運転が中止された場合、外気温が急激に変化する時、ケース内の温度も急激に変動することになる。このような環境下で、通常の湿度調節剤(ニッカペレット、シリカゲル等)はその吸放湿速度が小さく、温度変動に起因する湿度の変化を緩衝するのにかなりの時間を要し、ケース内展示物の材質への影響が懸念される。

密閉器内の湿度調節について種々の研究がなされているが^{①②③}、これらは何れも平衡な条件下における基礎理論を基にして論じられている。実際問題として、密閉器内の温度変化に伴う湿度の変動を考える時、平衡状態に達する迄にどのような経過をたどるかということも考慮されねばならない。例えば極めて優秀な湿度調節剤で、平衡に達した後は温度変化前とほとんど変わらない湿度を与えるものであっても、平衡に達する迄に異常な湿度変動を起こしたりしたのでは、湿度変動に極めて敏感な美術品の保護の為の湿度調節剤として失格である。

今回は急激な温度変化に対する密閉器内の湿度変動とその場合の湿度調節剤の挙動について実験を行った。我が国では和紙等の包装材料が美術品の梱包に使用されているが、これらの材料がクッション性を有すると共に感湿性で、しかも表面積が大きい為、湿度変動に対する応答性がよいものと考えられる。そこで、薄葉紙、和紙を選び調節剤との湿度応答性の比較を行った。また紙と調節剤の組合せで実験を行った。

2. 実験方法

内容積10 lのデシケータを用い、気密性は内部を真空にし、20°C±1°Cの室内で、その圧力が1昼夜変化しないことによって確めた。

このデシケータ内に温度計および湿度計のセンサーを設置し、これを自動温度調節室内に入れ、約2時間で10°C→40°Cまたは40°C→10°Cの温度変化を行い、デシケータ内の温度および相対湿度を自動記録する。

実験はニッカペレット、薄葉紙、和紙、ニッカペレット混和紙等それぞれ10 g(乾燥重量)秤量し、上記のデシケータに入れ、少なくとも2昼夜放置して、ほぼ平衡に達した後、上記温度プログラムに従って温度を変化させ、湿度変化を測定した。

3. 結果および考察

デシケータ内に何も入れない(湿度調節剤なし)場合の温度変化プログラムと湿度変化は図-1の通りである。

また湿度計の湿度応答性を調べるために、予め相対湿度(以下RHと略称する)43%, 55%, 75%にそれぞれ調湿した3個のデシケータを用意し湿度センサーを交互に入れた時の湿度変動

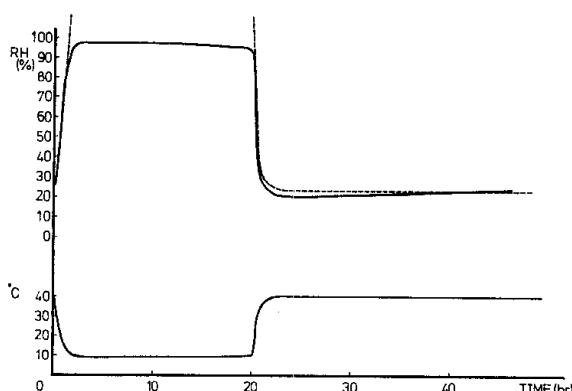


図-1 濡度調節剤のない場合の密閉器内の温湿度変化

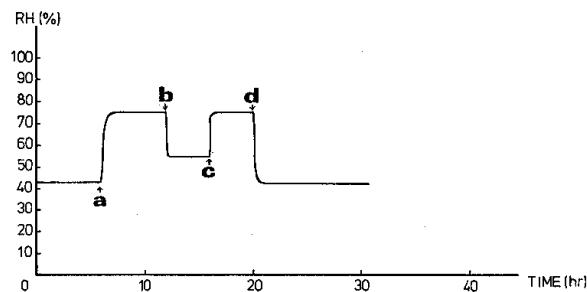


図-2 濡度計センサーの湿度応答曲線

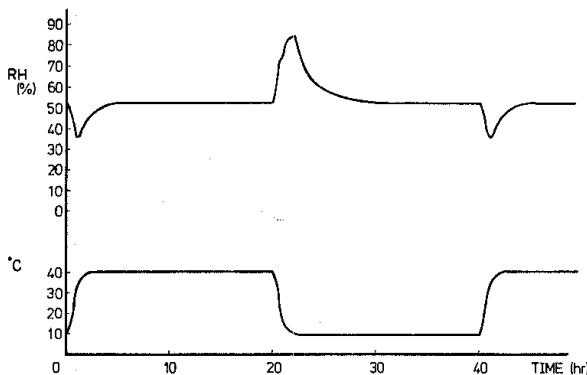


図-3 ニッカペレットが入っている場合の密閉器内の温湿度変化

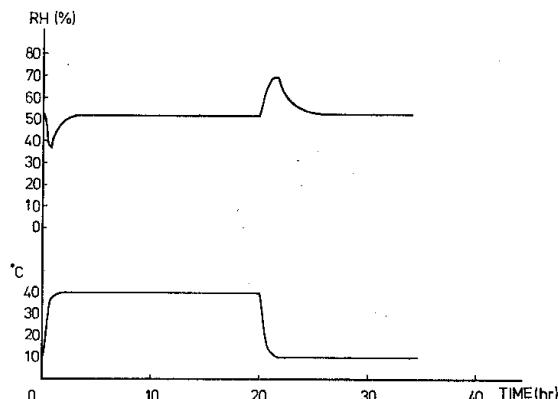


図-4 粉状ニッカペレットが入っている場合の密閉器内の温湿度変化

の様子を図-2に示す。図からわかるように $43\% \text{RH} \leftrightarrow 75\% \text{RH}$ の変化には約30分を要するが、 $75\% \text{RH} \leftrightarrow 55\% \text{RH}$ の変化には約15分で応答するので、センサーは用いた温度変動プログラム（2時間）に対して十分使用可能な応答速度であると判断される。また図-1で温度上昇および温度下降の初めの1時間以内の湿度の計算値（図-1中点線で示す）が実測値とあまり変わらぬ点からも湿度計センサーの応答性はかなりよいものと考える。図-1において湿度85%RH以上では計算値と実測値に大きな差が見られるが、これは使用した湿度計が85%RH以上では正確な値を示さないためと思われる。

ニッカペレットでは図-3に示すように温度上昇に伴い、相対湿度は一旦低下し、最低を経て約5時間で元の値に戻るが、温度下降の場合にはかなり湿度上昇があり、約12時間経過しないと元の値に戻らない。この湿度応答は図に示すように完全に反復される。次にニッカペレットを粉末にすると（図-4）、昇温時、降温時共に平衡到達時間（それぞれ3時間および6時間）も一時的な湿度変動も小さくなり、感湿剤の表面積を大きくすることが、湿度調節に重要であることがわかる。何れにしてもニッカペレットは温度が $10^\circ \rightarrow 40^\circ \text{C}$ と変化しても、平衡後の相対湿度変化（以下 $10^\circ / 40^\circ \text{C}$ 平衡湿度差と称す）が1%以下であり、湿度調節剤として優れている。しかし唯一の欠点は吸放湿速度が遅く、急激な温度変化についていけない点である。この欠点は図-3、4からもわかる様に表面積を大きくすることによってある程度軽減されるが、昇降温時にはかなりの一時的な湿度変動があり、粉末は飛散しやすく取扱いが難しい。

薄葉紙の場合、初期の相対湿度が50%RH（図-5）の場合、温度上昇時に一時的に湿度上

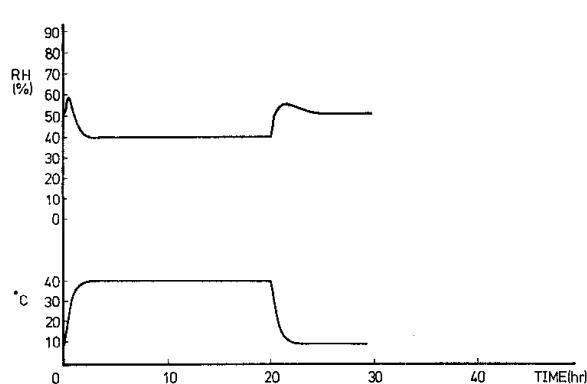


図-5 薄葉紙が入っている場合の密閉器内の温湿度変化

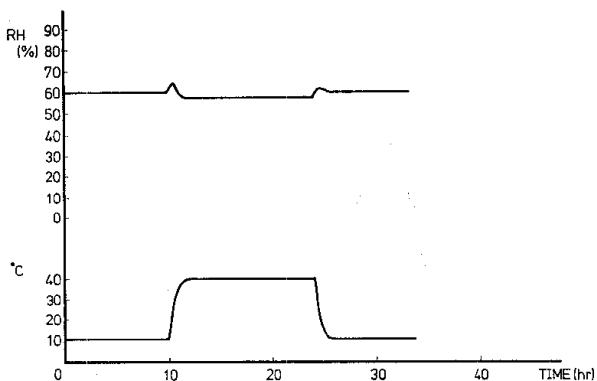


図-6 粉状ニッカペレットを塗布した和紙が入っている場合の密閉器内の温湿度変化

昇ピークが見られる。これは温度が上ると雰囲気の飽和水蒸気圧が増加するため必然的に相対湿度が減少することから考えると、不可解な挙動であるが、湿度変化の応答速度は大きく、温度変化の終了と共に一定（平衡）湿度に達する。降温時には湿度が上昇する通常の挙動を示し、最高値を経て、約4時間後に一定（平衡）値になる。ニッカペレットに比べて、応答性はよいが $40^{\circ}/10^{\circ}$ 平衡湿度差は11%である。湿度応答が昇温時、降温時共にニッカペレット（図-3）より速かなのは薄葉紙の面積（約 $17,240\text{cm}^2/10\text{g}$ ）がニッカペレット（約 $310.5\text{cm}^2/10\text{g}$ ）よりもかなり大きいため、水分の吸放出が速かに行われると解釈される。しかし図-4からわかるように、ニッカペレットを単に粉状にしたのでは見かけの表面積は大きくなるが（約 $3,300\text{cm}^3/10\text{g}$ ）吸放湿速度の点で紙に及ばないことがわかる。

そこで5gのニッカペレット粉末を含む0.6%ポリビニールアルコール（日本合成製、ゴーセノールEG30）水溶液50gを4gの和紙に塗布し、その上に1gの薄葉紙を貼り、乾燥して湿度調節剤を作成し、湿度変化を測定した。図-6にみられるように昇温時、降温時ともに湿度応答は速く、1~1.5時間で平衡値に達し、 $10^{\circ}/40^{\circ}$ 平衡湿度差と $40^{\circ}/10^{\circ}$ 平衡湿度差が、いずれも小さい（約2.0%）点で、湿度調節能力は極めて優れている。

4. 文化財への利用

この混合調節剤の利用として、図-7のようにパルプで作ったハニカムに粉状のニッカペレットをつめて、両面に和紙を貼ったパネルをケースの中に図-8のように配置するとケース内に収納される文化財のすぐ近くに調節剤が置かれることになるので、大きなケースに有効と考えられる。

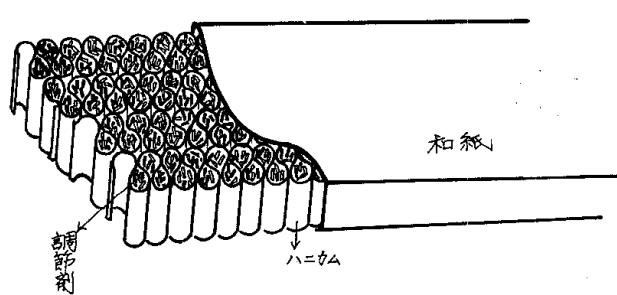


図-7 ハニカム状調湿剤パネル模型

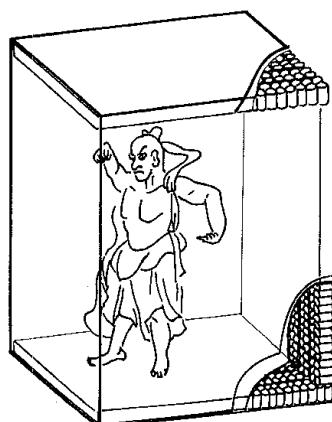


図-8 ハニカム状調湿剤パネルのケース内への応用例

また薄葉紙に粉状の湿度調節剤（ニッカペレット、シリカゲル等）を含むポリビニールアルコール水溶液を塗って、更に薄葉紙を貼った混合調節剤は包装紙として使用する事もでき、梱包や美術品の移動に便利である。

和紙の吸放湿速度がニッカペレットよりも大きい事は屏風の様にほとんど和紙で出来たものであれば、これ自体が調節剤になってしまふ恐れがある。屏風が吸放湿する前に調節剤の方が先に湿度をコントロールする様に和紙と調節剤を選ばなければならないと考える。現在、このような考え方から和紙および調節剤の種類について研究中である。

文 献

- 1) Kenzo TOISHI : Humidity Control in a Closed package, Studies in Conservation, Vol. 4, 81~87 (1959)
- 2) Nathan STOLOW : Fundamental Case Design for Humidity Sensitive Museum Collections, Museum News, Technical Supplement, No. 11 (1966)
- 3) Garry THOMSON : Relative Humidity-Variation With Temperature in a Case Containing Wood, Studies in Conservation, Vol. 9, 153~169 (1964)

Studies on Humidity Buffering Agents [I]

Humidity buffering Agents Required for Saving Energy

Toshiko KENJO

The temperature in a display case which is placed in a well air-conditioned room is kept relatively constant. If the air conditioner, however, is stopped for the sake of saving energy, an abrupt change in the outside temperature can also cause an abrupt change in humidity inside the case. Under such a circumstance, conventional humidity controlling agents (Nikka pellet, silica gel, etc.), which have a slow rate of moisture absorption and desorption, require a relatively long time to buffer the humidity change caused by the temperature change, thereby exhibits placed in the case under these conditions may possibly be adversely affected.

The author studied the buffering effect of some humidity controlling agents and moisture sensitive materials on the humidity in a sealed vessel which is subjected to a rapid change in temperature.

It was found that the drawback of a conventional humidity controlling agent such as Nikka pellet, which has a slow moisture absorbing and desorbing response time, can be successfully overcome by combining it with Japanese paper. Since the paper has a large surface area and is moisture sensitive, it can serve as an excellent rapid response humidity buffering material when used in conjunction with a regular buffering material such as Nikka pellet.