

湿度調節剤に関する研究 (第2報)

(高湿度下における湿度調節剤について)

見 城 敏 子

1. はじめに

美術品を保存するには湿度が重要な要素の1つである。そのために展示ケース内、収納箱に美術品を保管する場合、外気温度が変化しても、内部の湿度が常に一定になるように湿度調節剤を入れる。

文化財の保存のための湿度調節剤としては、一般にニッカペレットやニッカペレットと和紙とを組み合わせた調湿紙⁽¹⁾⁽²⁾が用いられており、保存される文化財の材質によるが、湿度は、通常50~60%に保たれることが多い。

一方、出土遺物は水分が飽和した状態で、出土されるため、出土直後の漆器、木製品は一般に100% RH 付近の湿度で保存される。この場合、外気温度が変化すると、収納箱内に結露が起こり、黴や変色等が生じて、遺物を損うおそれがある。

すなわち、一定の高湿度を保持しながら、結露を起こさない湿度調節剤が望まれるわけである。

通常用いられているニッカペレットは80% RH 以上になると、水分を含み、ペレットの形状がくずれ、扱いにくく、調湿紙は水分を含むとやぶれ易くなる欠点がある。

そこで、これらの湿度調節剤の代わりに用いられる湿度調節作用のある種々の木質繊維を調べた結果、麻の木質が高湿度において、湿度調節能力のあることがわかった。しかし、麻木質は吸放湿速度が遅いため、麻木質と吸放湿速度の大きい和紙との組み合わせを検討した。

2. 実験方法と試料

内容積10l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かめた。

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。試料は表-1の三島製紙より提供された麻木質、薄葉紙を単独で、または組み合わせて、それぞれ所定量(乾燥重量)をデシケータに入れ、所定の温度変化プログラムに従って温度を変化させ、湿度を測定した。

表-1 麻の木質の組成
Table-1 Chemical properties of flax xylem (%)

Klason lignin	28.2
Holocellulose	73.6
Glucose	34.8
Galactose	6.9
Mannose	12.2
Xylose	27.5
Arabinose	6.5
Pectin	1.27
Ash	1.3
1% NaOH Snl.	25.2
E _t -OH, C ₆ H ₆ Sol.	1.8

3. 結果および考察

麻木質 10g をデシケータ器内に入れ、 10°C の一定温度で20時間以上放置して平衡に達した後、器内温度を約2時間で 40°C へ上昇させ、器内湿度を測定し、湿度が一定値に達した後、再び温度を 40°C から 10°C へ約2時間で下降させ、以後 10°C に保ったときの器内湿度の変化を温度プログラムと共に図-1に示す。図-1において、昇温時には、デシケータ内の相対湿度 (RH) は 10°C における平衡湿度 (以下これを R_{10} と称す) 60% から初め低下し、最低湿度53%を経て上昇し、4時間で平衡湿度 (以下これを R_{40} と称す) 60%に達する。降温時には、RHは初め上昇して最高湿度78%に達し、以後下降して約12時間で平衡湿度(R_{10}) 60%に戻る。図-1からわかるように、麻木質は密閉器内において、RH 60% 付近で使用するとき、温度が 10°C から 40°C へ変化しても、器内平衡湿度差 ($R_{10}-R_{40}$, これを以下 Δ と称す) は $60\% - 60\% = 0$ となり、優れた湿度調節能を示す。しかし、昇温時に、 $53\% - 60\%$ (R_{10}) = -7% の一時的湿度低下を来たし、また、降温時に $78\% - 60\%$ (R_{40}) = $+18\%$ の一時的湿度上昇を伴うこと、および温度変化に際して新たに平衡に達するまでの時間が、昇温時4時間、降温時12時間と、昇降温時間 (2 hr) に比べて遅れがあり、特に降温時には著しい遅れが見られる。

このように、湿度調節剤の機能は、平衡温度 R_{10} , R_{40} , 両平衡湿度の差 $\Delta (=R_{10}-R_{40})$, 昇温時の一時的最低湿度と平衡湿度 (R_{10}) との差 (以下これを Δ_a と称す), 降温時の一時的最高湿度と平衡湿度 (R_{40}) との差 (以下これを Δ_b と称す), および昇温時, 降温時において平衡湿度に達するまでの時間 t_a , t_b によって判断することができる。これらの値を表-2に示す。表-2には図-2以下の R_{10} , R_{40} , Δ , Δ_a , Δ_b , t_a , t_b も纏めて示してある。

麻木質 10g で、RH 70% 付近での湿度変化は図-2のようになる。表-2から、 Δ は -4% であり、湿度調節能は RH 60% 付近 ($\Delta=0$) より悪くなる。従って、RH 80% 以上の高湿度の湿度調節のためには 10g の麻木質では不足と思われた。

そこで、20g の麻木質を用い、RH 80% 付近での湿度変化を調べた (図-3)。表-2からわかるように、湿度調節作用は極めて良い ($\Delta=0$) が、降温時に、一時的ではあるが、RH が 100% を越える (図-3) ため結露の恐れがある。また降温時の平衡到達が遅い ($t_b=8\text{ hr}$) の

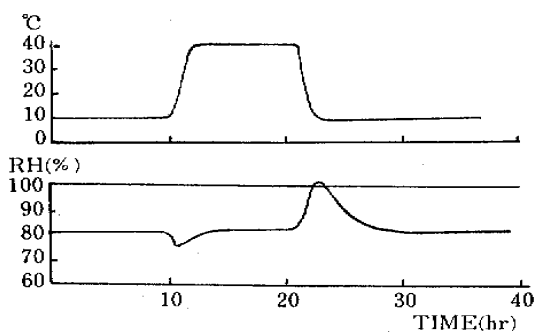


図-1 麻木質 10g の系の相対湿度 60% 付近における密閉ケース内の温湿度変化

Fig. 1 Change in humidity of the atmosphere in a sealed vessel containing 10g of flax xylem in the vicinity of RH 60%, which is caused by a programmed change in temperature of said atmosphere

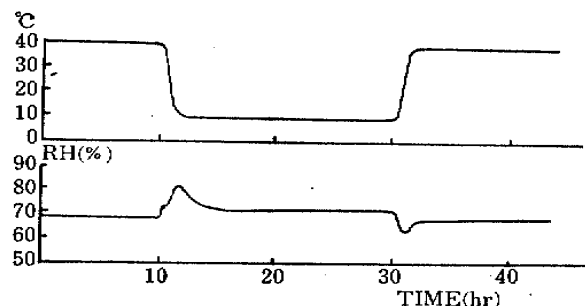


図-2 麻木質 10g の系の相対湿度 70% 付近における密閉ケース内の温湿度変化

Fig. 2 Change in humidity of the atmosphere in a sealed vessel containing 10g of flax xylem in the vicinity of RH 70%, which is caused by a programmed change in temperature of said atmosphere

表—2 湿度調節剤の種類及び量と湿度～時間曲線から得た各種特性値との関係
 Table—2 Relation between type and quantity of humidity controlling agents and various characteristic values obtained from humidity vers. time curves.

図	試 料 material		R ₁₀	R ₄₀	Δ	Δ _a	Δ _b	t _a	t _b
	麻木質 flax xylem	薄葉紙 tissue paper							
1	10 g		60%	60%	0	-7%	+18%	4 hr	12hr
2	10 g		72%	68%	+4%	-8%	+14%	4 hr	7 hr
3	20 g		81%	81%	0	-8%	+20%	4 hr	8 hr
4	20 g	5 g	80%	82%	-2%	-9%	+16%	4 hr	6 hr
5	20 g	10 g	82%	85%	-3%	-3%	+ 9%	3.5hr	4 hr

R₁₀: equilibrium relative humidity at 10°C

R₄₀: equilibrium relative humidity at 40°C

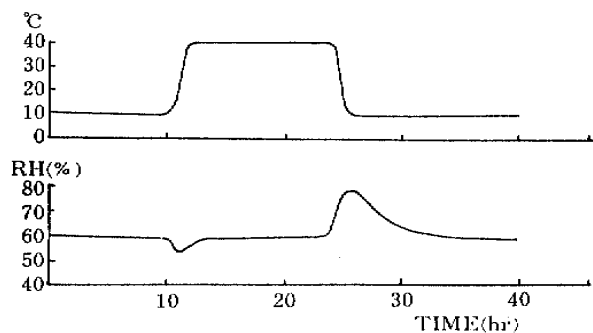
Δ=R₁₀-R₄₀

Δ_a: difference of minimum humidity from the beginning equilibrium humidity (R₁₀) upon elevating temperature

Δ_b: difference of maximum humidity from the beginning equilibrium humidity (R₄₀) upon lowering temperature

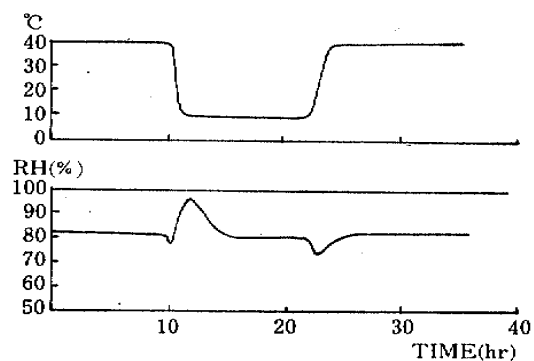
t_a: period of time required for regaining the new equilibrium relative humidity from the beginning upon elevating temperature

t_b: period of time required for regaining the new equilibrium relative humidity from the beginning upon lowering temperature



図—3 麻木質 20 g の系の相対湿度 80% 付近における密閉ケース内の温湿度変化

Fig. 3 Change in humidity of the atmosphere in a sealed vessel containing 20 g of flax xylem in the vicinity of RH 80%, which is caused a programmed change in temperature of said atmosphere



図—4 麻木質 20 g + 薄葉紙 5 g の系の相対湿度 80% 付近における密閉ケース内の温湿度変化

Fig. 4 Change in humidity of the atmosphere in a sealed vessel containing 20 g of flax xylem and 5 g of tissue paper, in the vicinity of RH 80%, which is caused by a programmed change in temperature of said atmosphere

も具合が悪い。

一方、薄葉紙は水分の吸放出が速やかである特徴があるので、次に、麻木質 20 g + 薄葉紙 5 g の系の湿度変化 (図—4、表—2) を見ると、麻木質のみ (図—3) に比べて湿度調節能はやや劣る (図—3 の Δ=0% に対し 図—4 では Δ=-2%) が、降温時平衡到達時間 t_b が 8 hr から 6 hr に短縮され、降温時の一時湿度変化 Δ_b も +20% から 16% へ減少し、RH 80%

付近での結露可能性は小さくなる。図-4には、降温時に極く一時的（約15分間）な湿度低下（-4%）があり、これは麻木質のみ（図-1～3）には見られない和紙共存時の特徴である。

和紙をさらに増量して麻木質20g + 和紙10gにすると（図-5、表-2）、 Δb （+9%）・図-4（+16%）よりさらに小さくなり、降温時の平衡到達も速く（ $t_b=4$ hr）なる。平衡湿度差 Δ （-3%）は麻木質のみの0%（図-3）、薄葉紙5g添加時の-2%（図-4）に比べてやや劣る。しかし、麻木質20g + 和紙10gを10lの密閉器内に入れておくと、器内の温度が

と10°Cと40°Cとの間で変化しても、密閉器内を平衡湿度82%~85%に保ち、一時的な湿度変化を9%以内にする事ができ、平衡到達時間も4時間以内であり、出土遺物を結露の恐れなく高湿度下に保存するための湿度調節剤として利用できる可能性は大である。目下RH90~90%のさらに高湿度下での無結露湿度調節の可能性について検討中である。

図-5には、昇温時に短時間（約15分）の湿度上昇（+4%）が見られ、降温時に短時間（約15分）の湿度低下（-5%）が見られる。これらの現象は、麻木質のみ（図-1～3）には見られない薄葉併用時の特異な現象であり、昇温時には雰囲気の見かけの乾燥化を緩和する以上に余分の水分の放出があり、かつ降温時には見かけの湿潤化を緩和する以上に余分の水分吸収があることを示すもので、過湿度調節とも言える興味ある現象であるが、その理論的機構は不明である。

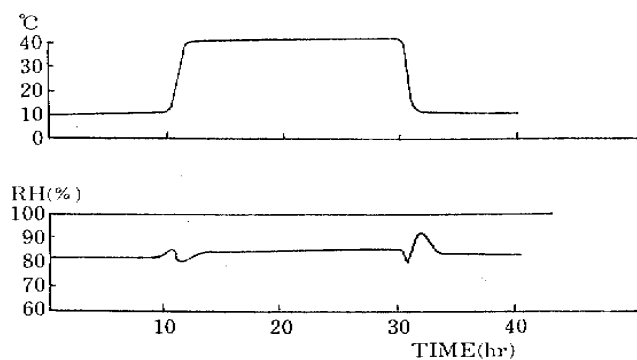


図-5 麻木質20g + 薄葉紙10gの系の相対湿度80%付近における密閉ケース内の温湿度変化

Fig. 5 Change in humidity of the atmosphere in a sealed vessel containing 20g of flax xylem and 10g of tissue paper, in the vicinity of RH 80%, which is caused by a programmed change in temperature of said atmosphere

文 献

- 1) 見城敏子; 湿度調節剤に関する研究(第1報), 保存科学, 1981, p. 1
- 2) T. Kenjo, A Rapid-Response Humidity Buffer Composed of NIKKA PELLETS and Japanese Tissue, Studies in Conservation, 1982, p. 19

(Part 2) Studies on Humidity Controlling Agents Suitable
for Use in Highly Humid Environment

Toshiko KENJO

Newly unearthed remains are generally kept in a closed, highly humid environment having a relative humidity of about 100% in order to maintain them in their original buried state. Under such environment, change in the outside temperature can form dew drops on the remains to stain them on one hand and dry them excessively to cause crackings therein on the other hand. So, use of an efficient humidity controlling agent is desirable. Under higher humidity, however, Nikka pellets, which are conventionally used as humidity controlling agent, absorb much water to tend to crumble, and humidity controlling paper comprising Nikka pellets blended in Japanese paper is apt to tear too easily to be handled.

The author found that flax xylem has excellent humidity controlling ability and keeps its integrity under higher humidity but that it fails to respond to rapid temperature change. So, the author tried to combine flax xylem with tissue paper which quickly responds to temperature change, and showed that the use of 20 g of flax xylem and 10 g of tissue paper made it possible to keep the relative humidity of a closed 10 l vessel between 82 and 85% with a very little humidity fluctuation only for a short period of time when the temperature was rapidly changed from 10°C to 40°C or from 40°C to 10°C.