

木材の調湿効果に及ぼす換気の影響

大釜敏正*, 上野 崇*, 則元 京**

Effect of Ventilation on Humidity Conditions by Wood

Toshimasa OHGAMA*, Takashi UENO* and Misato NORIMOTO**

(平成7年8月31日受理)

The relative humidity and temperature in the steel box lined with wood which had two ventilating pipes (exhaust and inhalant pipes) on its upside were measured during ventilation at constant intervals when its ambient temperature was periodically changed in the range from 15°C to 25°C for 24 hours. The changes of relative humidity with the changes of temperature outside of the box were estimated by assuming a constant absolute humidity. The logarithm of relative humidity in the box was approximately represented by a linear equation of temperature. The extent of humidity conditions by wood in the box was evaluated by the slope B of the equation. The relationship between the B-value and the ratio of area lined with wood (A) to volume (V) of the box (A/V) or the number of air changes was investigated. With increasing the number of air changes the B-value decreased and the effect of A/V on the B-value reduced. It was estimated that the amount of moisture absorption and desorption of wood increased with decreasing A/V and with increasing the number of air changes.

概 要

木材を内装した鋼製の箱の上面に設けた吸排気口を通して一定間隔で換気を行いながら箱の外周部温度を変化させた時の箱内の温度と相対湿度を測定した。箱の外周部の温度変化は15°C～25°Cの範囲とし、相対湿度の変化は温度が20°Cのときの相対湿度を65%とし、絶対湿度が一定とみなして求めた。相対湿度の対数を温度の一次式で近似し、その勾配Bによって木材による箱内の調湿の程度を評価した。B値、気積率および換気回数との関係を測定した結果、B値は換気回数が増すとともに小さくなり、B値に及ぼす気積率の影響は少なくなった。また、材料表面からの吸放湿量は、気積率が小さく、換気回数が増すほど多くなることが類推された。

* 千葉大学教育学部 (Faculty of Education, Chiba University, Chiba)

** 物性制御分野 (Laboratory of Property Enhancement)

Key words: Humidity conditions, Ventilation, Relative humidity, Temperature

1. はじめに

木材を含む種々の内装材料の調湿効果を相対湿度の変動が温度変動に起因する場合について調べてきた^{1,2)}。その結果、密閉空間に限定すると、①実空間における材料による調湿効果は、温度変化の周期および気積率（材料の内装面積 $A\text{m}^2$ に対する気積 $V\text{m}^3$ の比 $A/V\text{m}^{-1}$ ）を考慮すれば、 $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 30\text{cm}$ の鋼製の箱を用いた簡便な測定によって、相対湿度の対数と温度の関係を直線で近似し、その勾配の値（B 値）を用いて評価できること、②複数の材料で内装された空間の調湿効果は、各内装材料の調湿効果を木材のそれに換算して予測できること、などが明らかになった。

B 値は、住空間を構成する材料が潜在的に有する調湿能力を測る指標として用いることができる。しかし、それは密閉空間を基本においた一つの指標であるため、外部空間の空気が流入した場合どの程度の影響を受けるかについては不明である。

B 値は、相対湿度が炊事等で発生する蒸気に起因するような急激に変化する場合には適用できないが、温度と相対湿度が緩やかに変化する場合には適用できるものと考えられる。本研究では、木材の調湿効果に及ぼす換気の影響を調べることによって、密閉系に限定されていた調湿効果の指標 B 値を、より実用的な量とすることを目的とした。

2. 実験

供試材料には、天然木化粧合板（ナラ、無塗装）を用いた。試料の寸法は、6 畳間の室空間を想定し、天井（あるいは床）および壁の各面、さらには全内面に対する気積率が、それぞれ 0.42 、 1.16 および 1.99m^{-1} となるため、それらの値に相当する $7.1\text{cm} \times 7.1\text{cm}$ 、 $19.8\text{cm} \times 19.8\text{cm}$ および $15.5\text{cm} \times 15.5\text{cm}$ とした。ただし、壁面に入出口と窓に相当する開口部が 2 箇所あるとし、それらは調湿効果になんら影響を及ぼさないと仮定して算出した。また、B 値と気積率の関係をより詳しく調べるために、 0.2m^{-1} に相当する $4.9\text{cm} \times 4.9\text{cm}$ の大きさのものも供試した。

鋼製の箱（ $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 30\text{cm}$ ）の低面に、温度 20°C および相対湿度 65% の恒温恒湿室において十分に調整した上記の寸法の各材料を内装したものを供試体とした。材料の固定および封入にはパラフィンを用いた。換気は、図 1 に示すように、供試体の上面に開けた 2 箇所の穴を通して行った。すなわち、温湿度センサー（宝工業社製、タカラ PF 温湿度計）を中心とした対角 2 箇所のうち、低面近くまで塩化ビニル製のチューブ（内径 9mm ）が伸びた側から吸気、ポンプに接続した側から排気を行った。温湿度センサーの受感部は箱の中央部に位置するように上蓋に固定した。

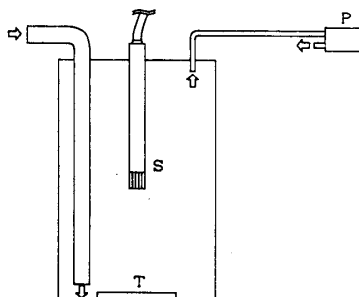


図 1 供試体と換気方法
S：温湿度センサー、
T：試験片、
P：ポンプ

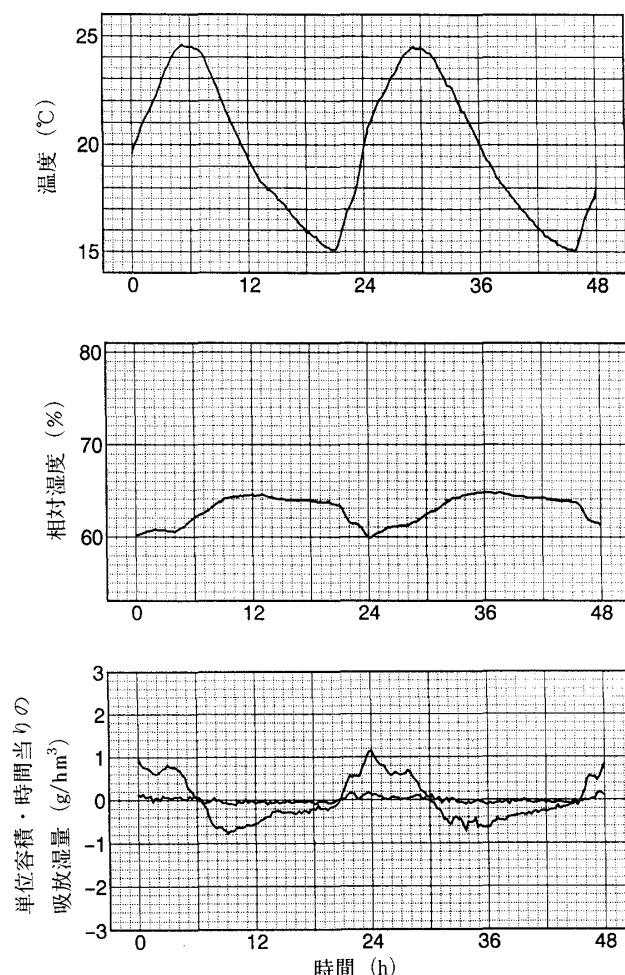


図2 無換気（密閉）のときの温度，相対湿度および単位容積・時間当りの吸放湿量の時間変化（木材の気積率 1.99m^{-1} ）

換気を行うにあたって，外気に相当する供試体外周部の温度と相対湿度の変化は，外気の絶対湿度の日変動がほぼ一定とみなせることから³⁾，つぎのように設定した。温度変化は前報²⁾と同じパターン（平均： 20°C ，較差： 10°C ，および24時間周期）を採用し，相対湿度の変動は絶対湿度を一定とみなし，平均温度 20°C のときの相対湿度を65%として算出した。換気回数は，0（密閉系），0.5，1および2回/時とした。換気用ポンプには，柴田科学器械工業株式会社製パーソナルミニポンプPMO-025Dおよび-05Dを用いた。換気回数の校正は，J&W Scientific社製 Model ADM1000 インテリジェントフローメーターを用いて行った。

上記のような温湿度条件でプログラム運転されている恒温恒湿器（タバイエスベック社製，PR-2G）内に供試体を入れ，供試体内および恒温恒湿器内の温度と相対湿度を経時的（15分刻み）にパーソナルコンピュータに出力した。

B値は，2および3周期の測定値から求めた。以下に示すB値は 10^4 倍した値である。ただし，B値は，供試体中央部における温度と相対湿度から求めた値である。換気によって供試体内部における温度と相対湿度の分布がどのようになっているかは不明である。本報告では，供試体中央部のそれらを代表値とみなすことにした。

換気方法として本実験では排気側にポンプを接続したが，吸気側に接続する場合も考えられる。このような換気方法がB値に及ぼす影響について，材料が内装されていない鋼製の箱を用いて調べたところ，い

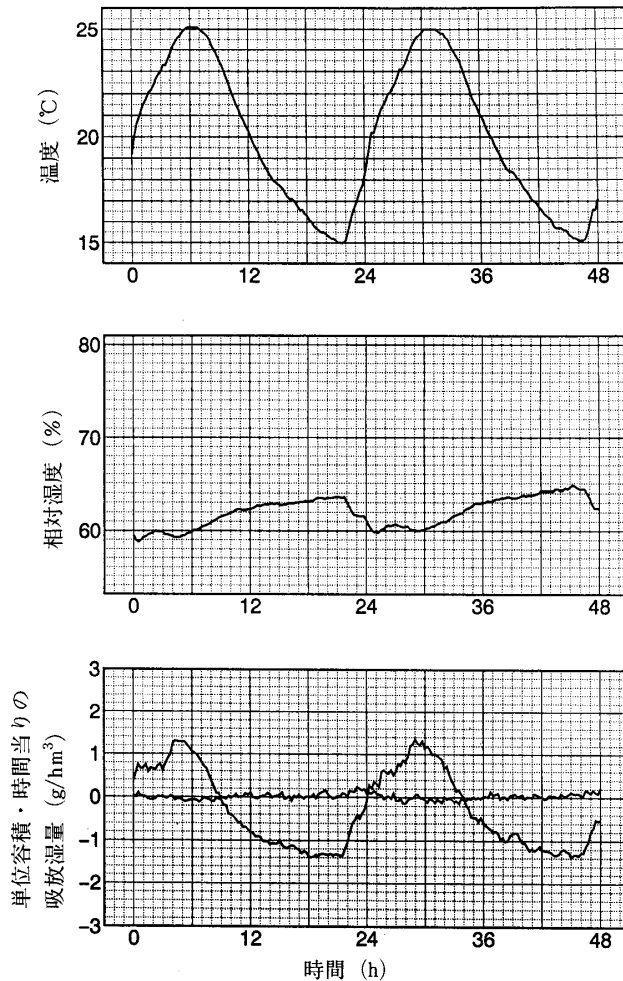


図3 換気回数0.5回/時のときの温度，相対湿度および単位容積・時間当りの吸放湿量の時間変化（木材の気積率 1.99m^{-1} ）

ずれの換気回数の場合も差のないことが確かめられた。また，外気を供試体内部にできる限り全体的に行き渡るように取り込むためには，対角2箇所から吸入し，残る2箇所から排気した方が望ましいと考えられる。これについて予備的に調べた結果，本報の方法との間で差は認められなかった。

3. 結果と考察

3.1. 換気回数とB値

測定結果の一例として，気積率 1.99m^{-1} （床，壁および天井の全面が木材で内装されている場合に相当）のときの供試体内部の温度と相対湿度の経時変化を示したのが図2～図5である。図2が無換気（密閉）のときの結果であり，図3から図5それぞれ換気回数0.5，1および2回/時の結果である。最下段の図は後述する単位容積・時間当りの吸放湿量を推定した結果を示す。

これらの測定値から求めたB値と気積率および換気回数の関係を示したのが図6である。図中，上から換気回数0（□），0.5（◇），1（△）および2（○）回/時の結果である。図から明らかのように，B値は気積率および換気回数に大きく依存する。すなわち，気積率の小さい領域ほどB値の変化は著しく，気積率が大きくなるにしたがって緩やかになる。この傾向は，換気回数が少ないほど強い。一方，換気回数が増すと，B値は急激に減少し，B値への気積率の影響も小さくなる。

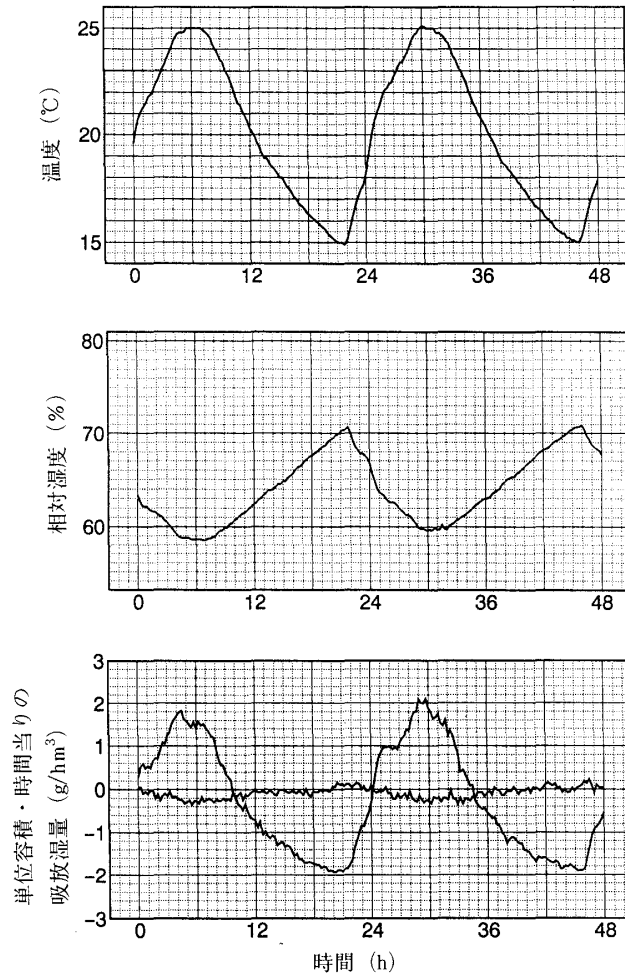


図4 換気回数1回/時のときの温度、相対湿度および単位容積・時間当りの吸放湿量の時間変化 (木材の気積率 1.99m^{-1})

換気が調湿効果に及ぼす影響を密閉系（無換気）を基準にして表したのが図7である。これは、B値が同じであれば調湿効果も同じであることから、等しいB値となる気積率の関係を密閉系を基準にして求めた結果である。横軸上側が密閉系における木材の気積率を、下側が対応するB値である。縦軸が各換気回数に対応する気積率である。この図から、例えば、気積率 1.99m^{-1} の空間において換気が毎時1回の割合で行われているとき、その空間の調湿効果はつぎのような手順で密閉系のそれをもとに求めることができる。まず、縦軸の 1.99m^{-1} を通して横軸に平行な直線と換気回数1回/時の曲線との交点を求める。その交点から横軸に垂線を下ろし交わった点が等しいB値となる密閉系の気積率となる。この例の場合、 0.6m^{-1} となる。この気積率に対応するB値として $-80 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$ が得られる。このことから、床、壁および天井の全面に木材が内装された空間でも、1回/時の換気が行われると、調湿効果は密閉系のときの内装面積に換算して、約1/3にまで減少することが図から読み取れる。この図を用いると、簡便でしかも精度の高い測定値が得られる密閉系を基準にして木材の調湿効果を予測できる。

3.2. 木材表面からの吸放湿量の推定

図2～5の下段に示した材料表面からの単位容積・時間当りの吸放湿量 W/V (g/hm^3) は次式から求めた。

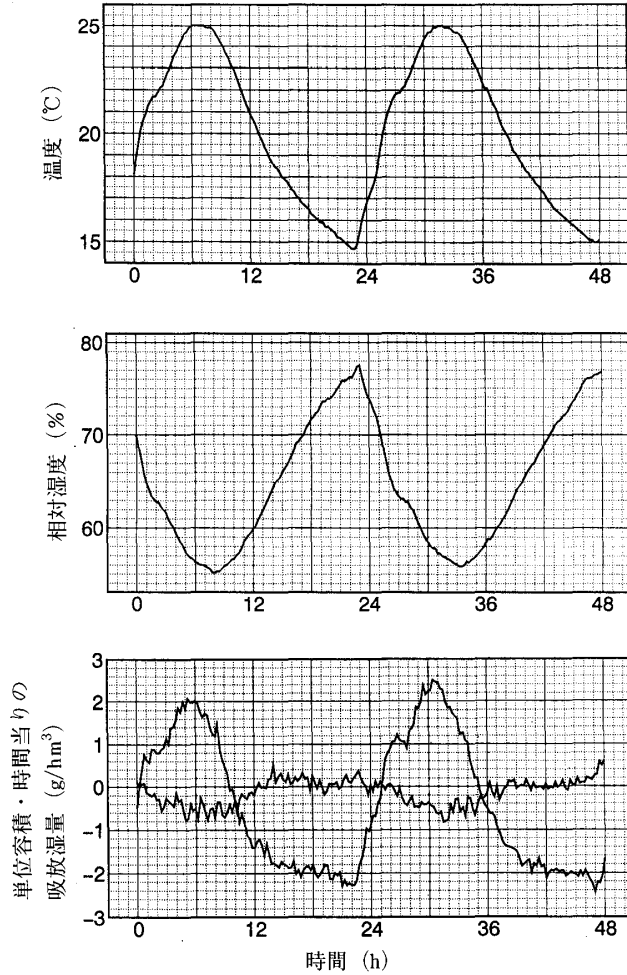


図5 換気回数2回/時のときの温度、相対湿度および単位容積・時間当りの吸放湿量の時間変化（木材の気積率 1.99m^{-1} ）

$$\frac{W}{V} = \frac{dh_i}{dt} - \frac{Q}{V} (h_0 - h_i) \quad (1)$$

ここで、 h_0 および h_i はそれぞれ供試体外部および内部の絶対湿度 (g/m^3)、 Q は換気量 (m^3/h)、 W は供試体内部で発生する水蒸気量 (g)、および V は供試体の容積 (m^3)である。

図において、振幅の大きい方が気積率 1.99m^{-1} の結果で、他方が気積率 0m^{-1} 、すなわち材料が内装されていない場合の結果である。換気回数0および0.5回/時の両場合、供試体内部での蒸気の発生がほぼ $0\text{g}/\text{hm}^3$ であることから、供試体中央部で測定した温度と相対湿度は、(1)式を適用するに当たって平均的な値であるとみなしても差し支えないであろう。一方、換気が毎時2回の場合には、蒸気を発生する材料がないにもかかわらず、振幅が大きくなり、しかもやや負側へシフトしている。すなわち、供試体内部の温湿度分布に及ぼす換気の影響が大きく、(1)式は適用できない。換気回数1回/時の結果は、やや振幅が大きいが、ここでは無視できるとして検討の対象に加えた。

図から明らかなように、換気回数の増加とともに変動幅が大きくなる。すなわち、換気回数が0のときの変動幅が $1.9\text{g}/\text{hm}^3$ であるのに対して、換気回数が0.5および1回/時になると、それぞれ 2.7 および $4\text{g}/\text{hm}^3$ と増大する。気積率が 1.99m^{-1} のときの結果であるので、換気回数が増加するにしたがって単位面積当りの吸放湿量が増大する。

そこで、換気回数および気積率が吸放湿量に及ぼす影響を調べるために、上記の結果を単位面積・時間当りの吸放湿量の変動幅に換算し整理したのが図8である。図中の記号は、図1と同じである。いずれの換気回数の場合も気積率が減少するにしたがって単位面積・時間当りの吸放湿量の変化幅は増加する。また、各気積率とも上述したように、換気回数の増加とともに増大する。

以上のことから、木材表面からの吸放湿量は、内装面積および換気量の影響を受けると考えてよいであろう。しかし、これらは換気回数が1回までの結果であり、どれくらいの換気量のときに限界が現れるのか、さらに単位面積当りの吸放湿量は具体的にどれくらいになるのかなどの問題については、今後の研究に待たねばならない。

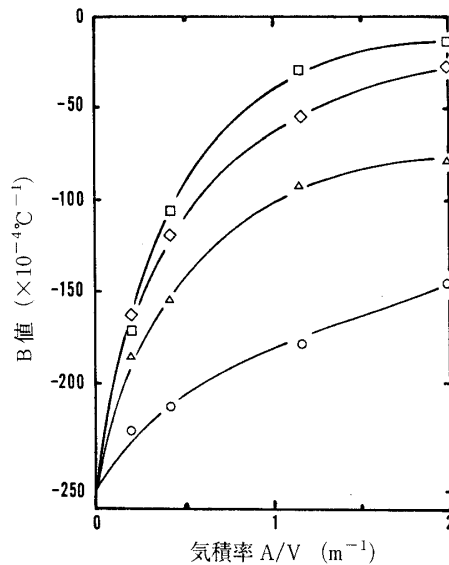


図6 B 値，気積率および換気回数の関係
換気回数 (回/時)

□ : 0, ◇ : 0.5, △ : 1, ○ : 2

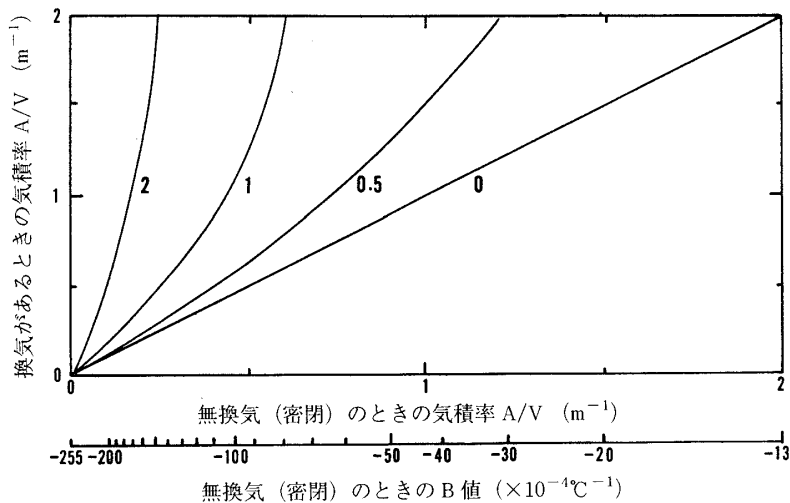


図7 等しいB 値となる無換気 (密閉) のときの気積率と換気があるときの気積率の関係

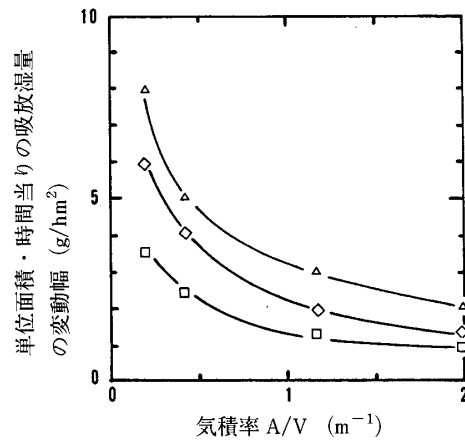


図8 単位面積・時間当りの吸放湿量の変動幅と気積率の関係

換気回数 (回/時)

□ : 0, ◇ : 0.5, △ : 1

文献

- 1) 則元 京, 大釜敏正, 山田 正: 木材学会誌, 36, 341 (1990)
- 2) 大釜敏正, 則元 京, 小原二郎: 木材研究・資料, 28, 48 (1992)
- 3) 齊藤平蔵: “築学大系22, 室内環境計画, 建築学大系編集委員会編”, 彰国社, 1971, p.586 (1971)
- 4) 坂本守正他 4名: “環境工学”, 朝倉書店, p.63 (1994)