

木質内装住宅の湿度調節*

牧 福美**・則元 京***・山田 正***

Humidity Conditions in the House Lined with Wood Based Materials*

Fukumi MAKI**, Misato NORIMOTO*** and Tadashi YAMADA***

(昭和60年9月19日受理)

Measurements were made of the relative humidity $H(T)$ and temperature T in closed boxes and a prefabricated wooden house lined with different combinations of plywood and vinyl film or galvanized steel. The logarithm of relative humidity $\log_{10} H(T)$ was a linear function of temperature T and the extent of humidity conditions caused by lined materials was estimated by the slope B of $\log_{10} H(T)$ - T curve. The value B in the boxes and the house lined with different combinations of plywood and vinyl film or galvanized steel was increased nonlinearly with increasing fraction of lined area of plywood δ_1 . From the results, the nomograph for predicting the humidity range ΔH in a closed house at temperature range ΔT and plywood lining fraction δ_1 was made.

概 要

気積の異なる三種類の箱および小型住宅を用い、その内面を合板と非吸放湿性の二種類の材料で、相互の割合を変化させて内装し、密閉状態における温度と相対湿度の経時変化を測定した。

得られた結果から、合板内装面積率 δ_1 、日平均相対湿度 $H(T_0)$ および温度の日較差 ΔT が既知の場合、相対湿度の日較差 ΔH を求めるノモグラフを作成した。

1. 緒 言

前報では、市販の多くの内装材料について、調湿性能の観点からグループ分けを行ない、木質系材料が調湿性能に優れている材料であることを明らかにした^{1,2)}。

さらに、実寸小型住宅を二種類の調湿性能の異なる材料、すなわち、厚さ 5 mm の合板とビニルシートを用い、内装面積率を変えて内装した時の住宅内の温度と相対湿度を測定し、合板の内装面積率が小さくなるにつれて、その単位表面積から吸放湿される水分量が著しく大きくなるという興味ある結果について報告した³⁾。

* 第35回日本木材学会大会 (1985年4月, 東京) および住宅気候談話会 (1985年6月, 京都) において発表した。

** 京都市立伏見工業高等学校インテリア科 (Interior Course, Fushimi Technical High School, Kyoto)

*** 木材物理部門 (Research Section of Wood Physics)

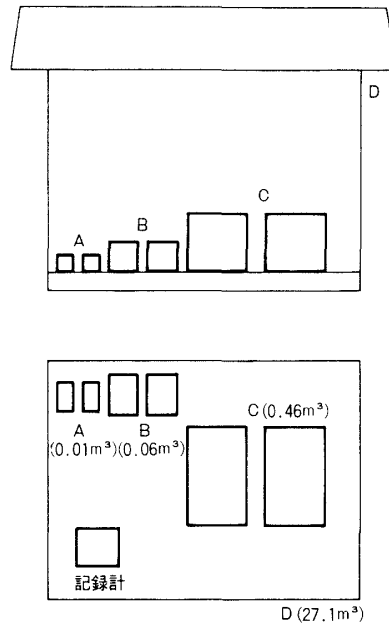


Fig. 1. 実験箱と供試住宅の平面および立面図

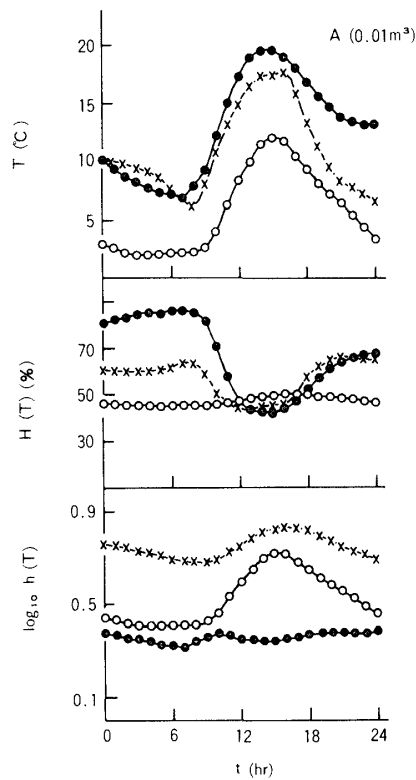


Fig. 2. 実験箱A内の T , $H(T)$ および $\log_{10} h(T)$ の経時変化
 (● : $\delta_1=0$, × : 0.01, ○ : 1)

本報では、住宅の気積、木材の内装面積率および前報⁴⁾で定義した調湿性能の度合を示す定数の三者の関係を明らかにすることを目的として、気積の異なる三種類の密閉箱および実寸小型住宅内で、合板の内装面積率を変化させた時の温度と相対湿度を測定し、合板内装面積率、日平均相対湿度および温度日較差が既知

の場合の相対湿度日較差を予測するノモグラフを作成した。

2. 実験方法

気積の異なる三種類の実験箱A, B, Cをそれぞれ二個と実寸小型住宅一戸を実験に用いた。実験箱A, B, Cの気積 V は、それぞれ、 $0.01, 0.06, 0.46 \text{ m}^3$ である。実験箱は木製であるが、内側の全面に亜鉛鉄板(0.5 mm)が内装してある。箱内の亜鉛鉄板の上に厚さ 5 mm の合板を所定の面積だけ内装し、温湿度測定用受感部を箱内部に挿入後密閉し、それらを Fig. 1 に示すように小型住宅内に設置して、箱内の温度と相対湿度を測定した。

小型住宅Dは、一室平屋建六畳($3.06 \times 4.06 \text{ m}^2$)で、基礎は鉄筋コンクリート、屋根は不燃材料にカラーベスト葺き、壁は発泡スチロール入り不燃パネル張り、天井および床は合板張りである。北および東側にアルミサッシ腰高窓($1.12 \times 1.86 \text{ m}^2$)、北側に枠材、面材ともにアルミニウム製のフラッシュドア($0.86 \times 2.23 \text{ m}^2$)がある。

住宅の気積は 27.1 m^3 で、窓およびドアを除く内面積は 49.2 m^2 である。内面に 5 mm 合板とビニルシート(0.1 mm)の二種類の組合せで内装し、密閉状態で住宅内の相対湿度と温度を測定した。温度と相対湿度の測定には、アース研究所製温湿度記録装置 AR-YBL 型を用いた。

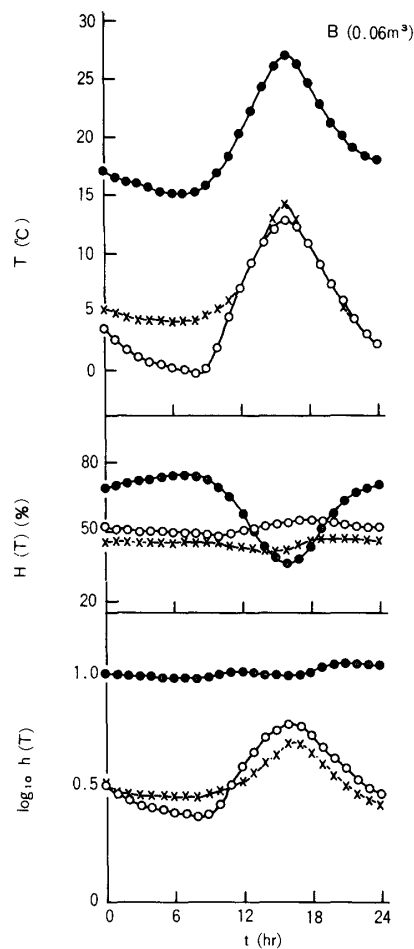


Fig. 3. 実験箱B内の $T, H(T)$ および $\log_{10} h(T)$ の経時変化
(● : $\delta_1=0$, × : 0.3 , ○ : 1)

3. 結果と考察

実験結果の一例として、Fig. 2 に実験箱A ($V=0.01 \text{ m}^3$) 内の温度 T 、相対湿度 $H(T)$ 、絶対湿度の対数 $\log_{10} h(T)$ の経時変化を示す。図中、●印は合板内装面積率 $\delta_1=0$ 、×印は $\delta_1=0.01$ 、○印は $\delta_1=1$ の結果を示す。 $\delta_1=0$ 、すなわち、全内面を亜鉛鉄板で内装した場合、内装面からの吸放湿がほとんどないため、箱内の $\log_{10} h(T)$ は温度の変化に対してほぼ一定になる。したがって、相対湿度は大きく変動し、相対湿度較差 ΔH は約36% RH となる。しかし、内面のわずか1%に厚さ5mmの合板を内装した実験箱では、相対湿度較差は約15% RH となり、温度変動時に合板壁面からの吸放湿が認められる。全内面に合板を内装した実験箱の場合、合板からの吸放湿量が大きいため、箱内の相対湿度はほとんど変化しないが、わずかながら温度上昇時に相対湿度の上昇が、温度降下時に相対湿度の降下が見られる。

Fig. 3 に、実験箱 B (0.06 m^3) における T 、 $H(T)$ 、 $\log_{10} h(T)$ の経時変化を示す。図中、●印は $\delta_1=0$ 、×印は $\delta_1=0.3$ 、○印は $\delta_1=1$ の結果を示す。実験箱Aの場合と同様に、合板内装面積率が増加すると、相対湿度較差は減少する。

Fig. 4 に、実験箱 C (0.46 m^3) における T 、 $H(T)$ 、 $\log_{10} h(T)$ の経時変化を示す。図中、●印は $\delta_1=0$ 、×印は $\delta_1=0.3$ 、○印は $\delta_1=1$ の結果を示す。実験箱A、Bの場合と同様の結果が見られる。

Fig. 5 に供試住宅 (27.1 m^3) における T 、 $H(T)$ 、 $\log_{10} h(T)$ の経時変化を示す。図中、●印は $\delta_1=0.2$ 、×印は $\delta_1=0.54$ 、○印は $\delta_1=0.89$ の結果を示す。実験箱と同様の結果が見られる。

Fig. 6 に、実験箱A (0.01 m^3) について求めた $\log_{10} h(T)$ と T の関係を示す。 $\delta_1=0$ の場合、亜鉛鉄板壁面からの吸放湿はほとんどないので、実験箱内の絶対湿度は温度の変化に対して一定となるべきであるが、若干の変動が認められる。全内面のわずか1%に合板を内装した場合、壁面からの吸放湿によって、温

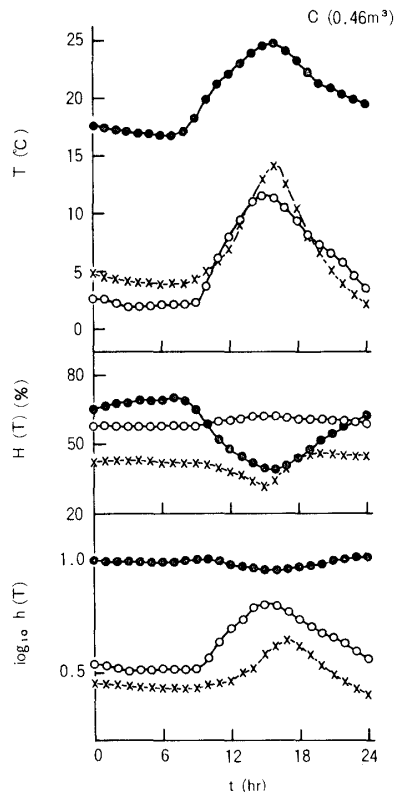


Fig. 4. 実験箱C内の T 、 $H(T)$ および $\log_{10} h(T)$ の経時変化 (●: $\delta_1=0$, ×: 0.3 , ○: 1)

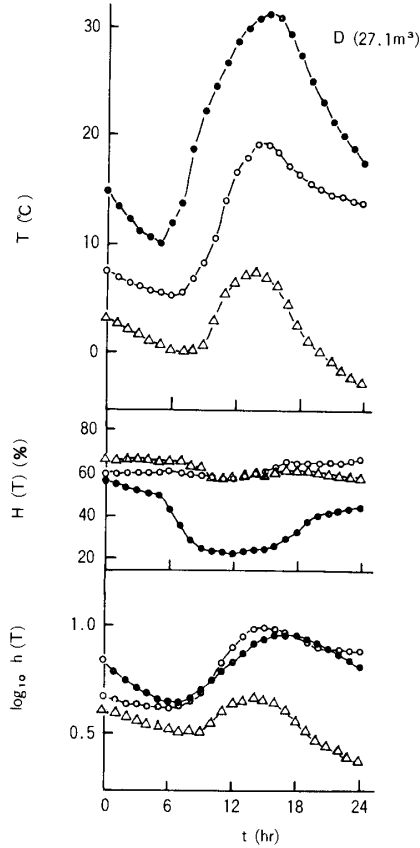


Fig. 5. 実寸小型住宅内の T , $H(T)$ および $\log_{10} h(T)$ の経時変化
(● : $\delta_1=0.2$, ○ : 0.54 , △ : 0.89)

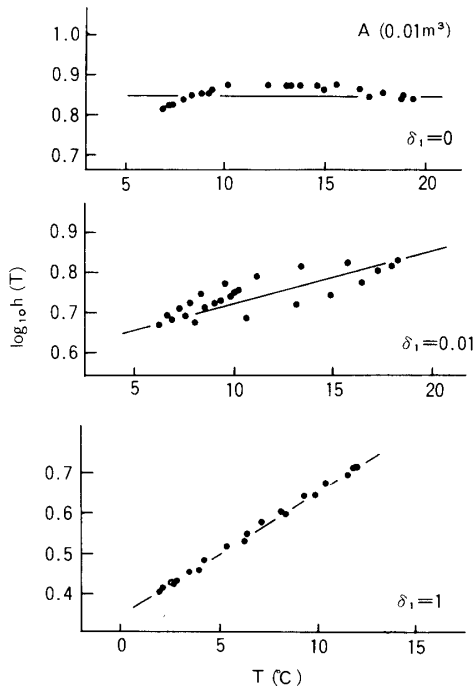


Fig. 6. 実験箱A内の $\log_{10} h(T)$ と T の関係
($\delta_1 : 0, 0.01, 1$)

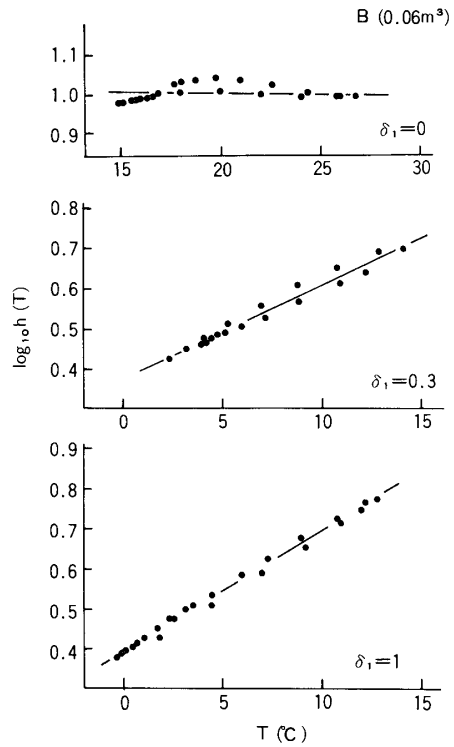


Fig. 7. 実験箱B内の $\log_{10} h(T)$ と T の関係
($\delta_1 : 0, 0.3, 1$)

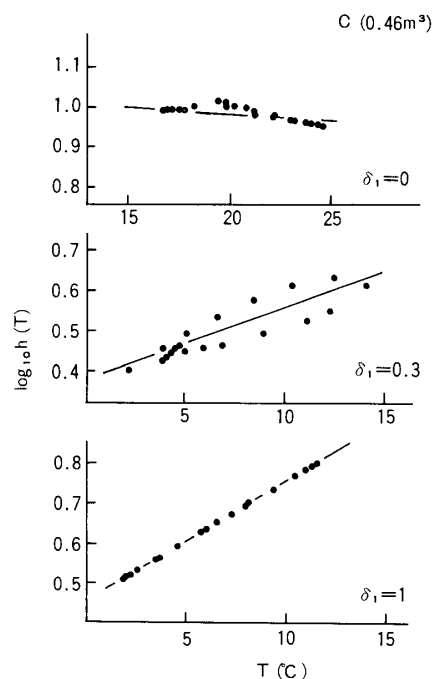


Fig. 8. 実験箱C内の $\log_{10} h(T)$ と T の関係
($\delta_1 : 0, 0.3, 1$)

度上昇時に絶対湿度の上昇が、温度降下時に絶対湿度の降下が認められ、 $\log_{10} h(T)$ と T の関係はループを描く。

全内面に合板を内装した場合、 $\log_{10} h(T)$ と T の関係は近似的に正の勾配を持つ直線で表わすことができる。

なお、合板内装面積率 δ_1 が 0 および 0.01 の場合にも、 $\log_{10} h(T)$ と T の間に近似的に直線関係を仮定すると、 δ_1 の減少とともにその勾配は小さくなる。

Fig. 7 に、実験箱 B (0.06 m^3) の結果を示す。実験箱 A と同様の結果が見られる。

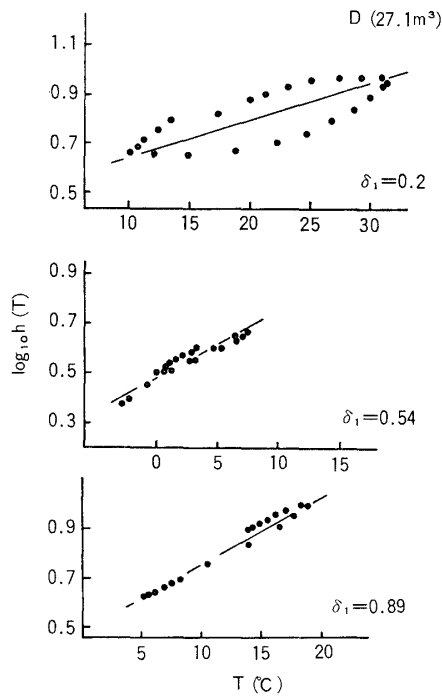


Fig. 9. 実寸小型住宅内の $\log_{10} h(T)$ と T の関係 ($\delta_1 : 0.2, 0.54, 0.89$)

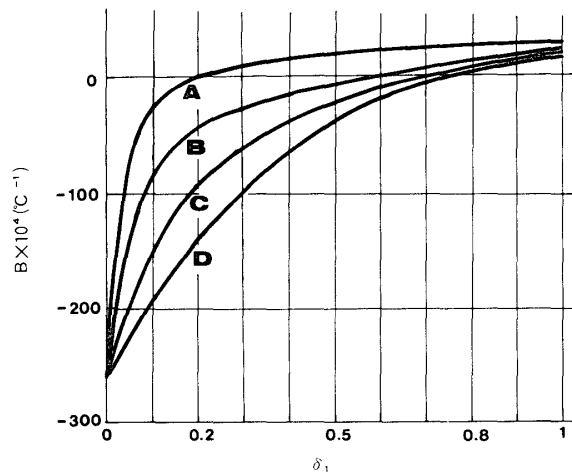


Fig. 10. B 値と δ_1 の関係 (V : A=0.01, B=0.06, C=0.46, D=27.1 m^3)

Fig. 8 に示す実験箱 C (0.46 m³) および Fig. 9 に示す供試住宅 (27.1 m³) の場合にも、実験箱 A, B と同様の結果が見られる。

これらの実験結果について、絶対湿度の対数 $\log_{10} h(T)$ と温度 T の関係を $\log_{10} h(T) = \log_{10} h(0) + bT$ の直線式で近似し、その勾配を b とすると、飽和絶対湿度 $h_s(T)$ と温度 T の関係は近似的に、 $h_s(T) = 4.98 \times 10^{0.0269T}$ で表わされるので⁵⁾、相対湿度の対数 $\log_{10} H(T)$ と温度 T の関係は、 $\log_{10} H(T) = \log_{10} 20.1 h(0) + (b - 0.0269) T$ の一次式で表わされる。その勾配 $b - 0.0269$ を B 値と定義する。壁面からの吸放湿が全くない場合は、絶対湿度 $h(T)$ は温度変動とは無関係に一定となるので、 $b = 0$ となり、この場合、 $|B| \times 10^4 = 269$ である。一方、内装壁面からの吸放湿がある場合、 $b > 0$ となり $|B| \times 10^4$ 値は 269 より小さく

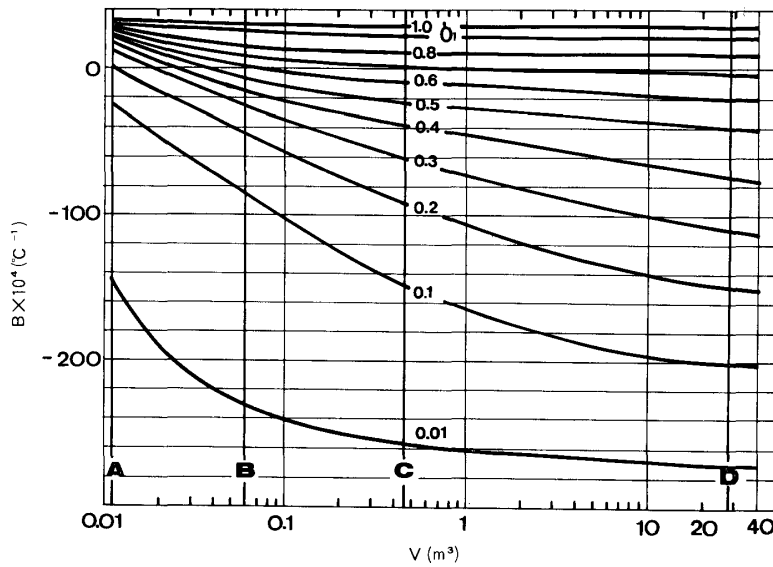


Fig. 11 (a) B 値と V の関係

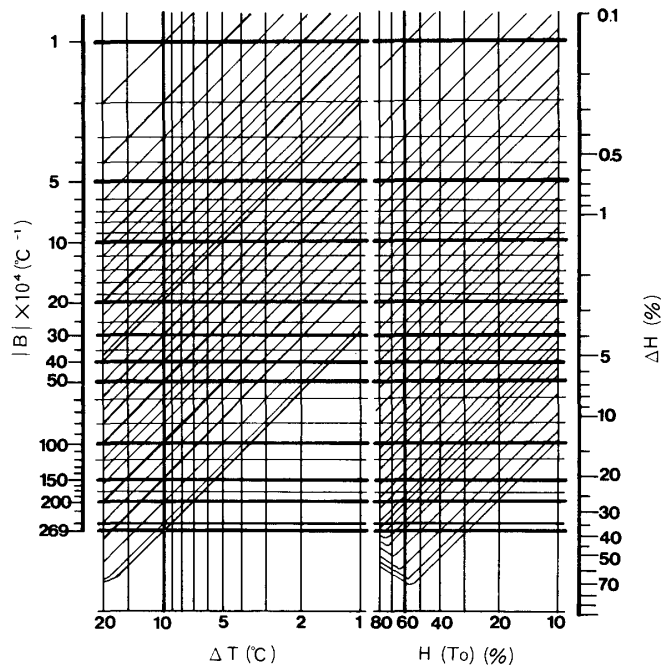


Fig. 11 (b) B 値, ΔT , $H(T_0)$ から ΔH を予測するノモグラフ

なる。

温度較差 ΔT , 平均相対湿度を $H(T_0)$ とすると, 湿度日較差 ΔH は次式で表わすことができる。

$$\Delta H = H(T_0) \cdot 10^{B\Delta T/2} (10^{-B\Delta T} - 1)$$

Fig. 10 に, 実験箱 A, B, C および住宅について求めた B 値と合板内装面積率 δ_1 の関係を示す。図から明かなように, δ_1 が増加すると, B 値は曲線的に増加するが, その度合は気積が小さくなるとともに大きくなる。これは, 気積が小さい箱では, 気積に対する合板内装面積率が大きいからである。しかし, 全壁面に合板が内装されている場合は, 気積の大小と無関係に $B \times 10^4 = 10$ となる。

Fig. 11 (a) は, 各 δ_1 における B 値と気積 V の関係を示したものである。Fig. 11 (a) から, 合板内装面積率 δ_1 が 0.01~1.0 の場合の B 値を知ることができる。例えば, 合板内装面積率が 20% の場合, 実験箱 A (0.01 m^3) では, $B \times 10^4 = 0$ となり, 箱内の調湿効果が十分に認められるが, 実験箱 B (0.06 m^3) および実験箱 C (0.46 m^3) では, それぞれ, $B \times 10^4$ 値が -42, -90 となり, 気積が増加するとその調湿効果は低下する。V が 40 m^3 の空間では, $B \times 10^4 = -150$ となり, 全内面の 20% に合板を内装してもほとんど調湿効果がない。十分な調湿効果を期待するためには, 全内面の 70% 程度を合板で内装する必要がある。

ある空間の合板内装面積率 δ_1 がわかり, さらに, 温度日較差 ΔT および日平均相対湿度 $H(T_0)$ が既知の時, 湿度日較差 ΔH が Fig. 11 (b) に示すノモグラフによって予測できる。このノモグラフは, ΔT が 10°C , $H(T_0)$ が 60% RH を基準にとってある。

例えば, $\delta_1 = 0.3$ で V が 10 m^3 の密閉空間では, Fig. 11 (a) から, $B \times 10^4 = -100$ となる。 $\Delta T = 10^\circ\text{C}$, $H(T_0) = 60\%$ RH の時, Fig. 11 (b) において, $|B| \times 10^4 = 100$ の所を水平移動し, ΔH 軸の目盛を読めば, ΔH として約 13% RH の値が求められる。 $\Delta T = 5^\circ\text{C}$, $H(T_0) = 40\%$ RH の場合, まず, $|B| \times 10^4$ が 100 の所を ΔT が 10°C の所まで水平移動し, その点から斜上に向かう線に沿って ΔT が 5°C となる所まで移動する。次に, $H(T_0)$ が 60% RH の所まで水平移動し, その点から斜上に向かう線に沿って $H(T_0)$ が 40% RH となる所まで移動し, そこから水平に移動して ΔH 軸の目盛を読めば, ΔH として約 4.7% RH の値が求められる。

一方, 逆に, V が 40 m^3 の空間において, $\Delta T = 10^\circ\text{C}$, $H(T_0) = 60\%$ RH の時, ΔH を約 5% に抑えたい場合, Fig. 11 (b) のノモグラフの ΔH 軸で 5% の所を水平に左に移動し, $|B| \times 10^4$ 軸の値を読むと 37 となり, Fig. 11 (a) から δ_1 が約 0.5 と求められ, この場合, 全内面の約半分を合板で内装すればよい。また, $\Delta T = 5^\circ\text{C}$, $H(T_0) = 40\%$ RH の場合, 空間内の ΔH を約 5% に抑えるには, Fig. 11 (b) の ΔH 軸で 5% の所を $H(T_0)$ が 40% RH の所まで左に移動し, その点から斜めの線に沿って $H(T_0)$ が 60% RH の所まで移動する。次に, その点から, ΔT が 5°C の所まで左に移動し, その点から斜めの線に沿って, ΔT が 10°C の所まで移動した後, さらに, 水平に左に移動し, $|B| \times 10^4$ 値を読むと 105 の値が得られる。従って, Fig. 11 (a) より $\delta_1 = 0.35$ と求められ, この場合, 全内面の約 35% を合板で内装すればよいことがわかる。

以上の結果から, 密閉された空間が吸放湿性に富む木材で内装されている場合, 上述の手順で住宅の気積に対する吸放湿面積の割合の違いによる湿度変動幅を知ることができる。また, 予想される温度日較差に対して, 住宅内の相対湿度日較差を希望する範囲内に抑えるために必要な木材の内装面積が計算できる。なお, 本実験では, 厚さ 5 mm の合板を用いたが, 前報¹⁾の結果より, 合板の厚さが 3 mm 以上なら, ほぼ類似の結果が得られるものと予測される。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり, 御協力いただいた京都市立伏見工業高等学校計算室および京都市コンピュータ教育センターの関係者各位に感謝いたします。

また, 本研究は文部省科学研究費補助金(総合研究 A「木材の居住性」: 課題番号 59360020: 代表者 京

都大学研究所教授山田 正) によったものである。

文 献

- 1) 牧 福美, 則元 京, 山田 正: 木材研究資料, No. 14, 77 (1979)
- 2) 牧 福美, 則元 京, 青木 務, 山田 正: 木材工業, **36**, 476 (1981)
- 3) 牧 福美, 則元 京, 山田 正: 木材学会誌, **26**, 767 (1980)
- 4) 牧 福美, 則元 京, 山田 正: 木材学会誌, **24**, 797 (1978)
- 5) 則元 京, 山田 正: 木材研究資料, No. 11, 17 (1977)