

木造モデルハウスにおける室内調湿機能に関する研究

則 元 京*・山 田 正*

Effect of Interior Boards on Indoor Humidity of Prefabricated Wooden House

Misato NORIMOTO* and Tadashi YAMADA*

I 緒 言

温熱環境に対する人体の快・不快感に影響するものは、第一には乾球温度であるが、関係湿度も無関係ではない。YAGLOU 等は、温度、関係湿度、風速と人体の温熱感覚との関係を調べ、有効温度を提唱した¹⁾。これは、種々の温度に調節された関係湿度 100% の無風状態にある部屋 a から、種々の所定温度、関係湿度、風速に調節された b 部屋に移動した時、b 室と等温に感じる a 室温度と定義される。その後、壁体からの放射熱に対し修正が加えられ、それが人体の温熱感覚に対する指標として広く使用されている。Fig. 1 は ASHRAE で作成された乾・湿球温度と有効温度の関係を示す図であるが²⁾、人体の温熱感覚に関係湿度がかなり影響することが認められる。しかし、同一環境に長時間滞在している場合の人体の温熱感覚は、有効温度によって予測されるものと異なってくる。Koch の実験結果によると²⁾、Fig. 1 の 3~6 で示すように、温度が比較的低い場合には関係湿度の影響は認められないが、高い温度領域で顕著に現われ、等温熱感覚を与える温度は高湿度領域において低湿度側に移行する。これは発汗と関係するためである²⁾。なお、発汗とは別に、われわれは不感蒸泄により体液水分を皮膚と気管より 1 日 700~900 ml 蒸発させ、体温調節を行っているが、蒸発水分量は皮膚表面湿度と環境湿度差に比例するので、関係湿度は皮膚を通じた新陳代謝にも大きな影響を及ぼしていると言える³⁾。因に、人体の快適気候は、夏は 20°C 70%, 22°C 40%, 27.5°C 40%, 25.5°C 70% を結ぶ範囲、春夏秋冬は、18°C 70%, 19°C 40%, 26°C 40%, 24°C 70% を結ぶ範囲内にあると考えられている。

一方、関係湿度は快・不快感の外に、材料の耐久性にも深い関係がある。例えば、住宅内湿度変動が著しい場合には、収縮、膨張の繰返しによって、そり、狂い、剥がれ、割れ発生の原因となるので、美術工芸品、家財道具類の保存、各種絶縁材料の劣化の観点から、住宅内湿度変動は著しくないことが望ましい。さらに、住宅内湿度が極端に高い場合には、カビ、虫の発生や結露の原因になる。Fig. 2 に示す斉藤の気候図⁴⁾によると、我国の夏の平均気温は腐朽菌の発育限界線上にあるので、気温の僅かの低下によって、湿カビが著しく発生し易くなる。また、最近、木質系材料にかわり、コンクリート、ガラス、合成高分子、金属等の内装材料が多量に使用されるに至り、住宅内の湿度調節作用が失われ、従来の木造家屋には認められなかった結露による湿害が増加し、大きな問題となってきている。この外、関係湿度は空中の浮遊菌の生存等衛生面にも関係がある。例えば、菌は湿度 50% 前後において数分以内に大半が死滅するが、高湿度や低湿度では、2 時間以上生存を続ける事実が明らかにされている¹⁾。以上のことから、住宅内における関係湿度は、居住性の観点から極めて重要な問題と考えられる。

* 木材物理部門 (Division of Wood Physics)

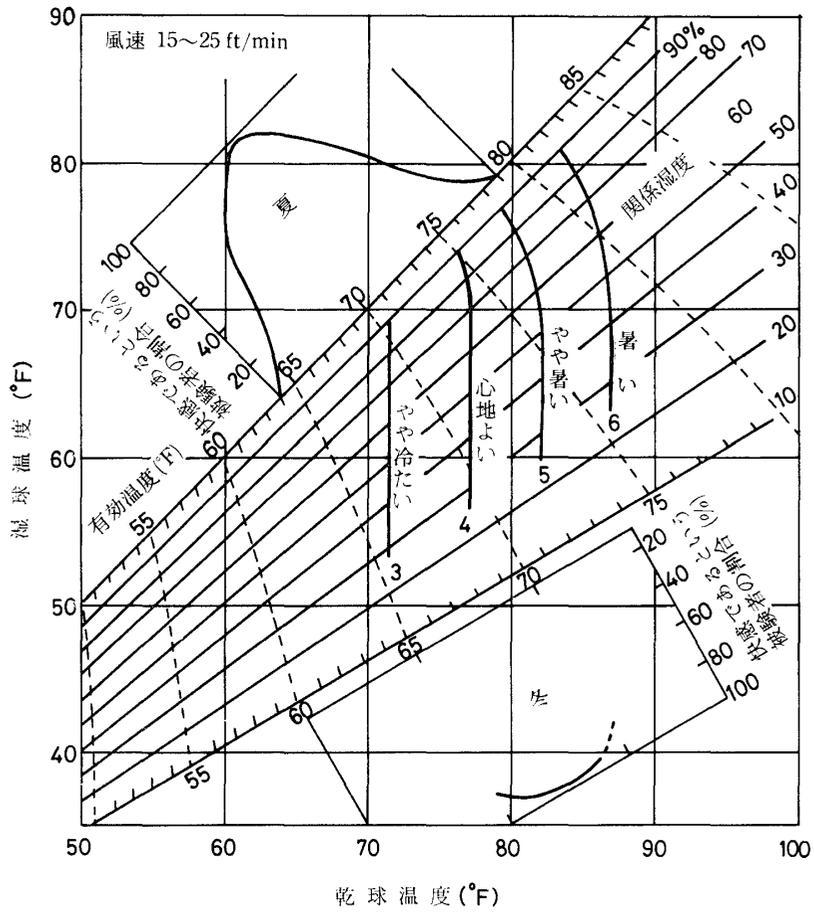


Fig. 1 修正 ASHRAE 快感図¹⁾

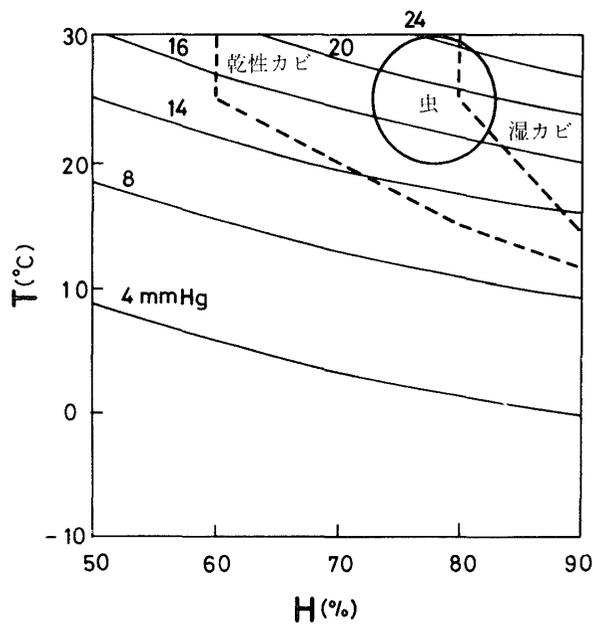


Fig. 2 等水蒸気張力線を有する気候図^{1,4)}

木材は吸湿性に極めて富む多孔性材料であって、水分吸収能を量的に表わす吸着等温線は BRUNAUER 等の分類によれば II 型に属し、親水性高分子に特有の逆 S 字型を示す。水分子が単分子層により覆うことのできる木材の内部表面積は、約 $2\sim 3 \times 10^2 \text{ m}^2/\text{g}$ (顕微鏡可視の細胞内腔表面：比重 0.4 で $0.2 \text{ m}^2/\text{g}$) にも及び、木材は最大約 30% の結合水を吸収した後、毛管凝縮により例えば木材の比重が 0.4 の場合でさらに 150% もの水を吸収できる。他材料との比較のために、Fig. 3 に各種材料の 20°C における吸着等温線を示している⁴⁾。木材等天然高分子材料は、ゴム、ガラス、コンクリート、合成高分子材料に比較して、水分保有量が極めて大である。このことから、木質系材料が住居の内装に多量に使用されている場合、温度の変動に伴うそれらの吸放湿作用は、住居内湿度変動を緩和するものと思われる。実際、木材がこのような機能を有する事実を示すいくつかの報告がなされている。例えば、西藤等は木造家屋について湿度を測定し、外気に比較して屋内湿度変動が小さい結果を得ている⁵⁾。永田は奈良の古寺堂・倉蔵内の気候を調査し、鉄筋収蔵庫に比べて木造の寺堂倉蔵における湿度日変化が小さく、この現象は木造の日本建築内に共通して認められることを^{6,7)}、また、青木は正倉院新宝庫内の気象観測で、同様の現象の認められることを報告している⁸⁾。上村は木製および鋼製戸棚内の湿度変化を観測し、木製戸棚内湿度変動が小さいことを示している⁹⁾。著者等はさきに内装材料による湿度調節機能を量的に評価するために、真空系を用いた装置によって、木質系・非木質系材料 16 種について湿度調節能を測定し、材料による湿度調節過程は 4 つのタイプに分類でき、木質系材料は一般に合成高分子材料、無機材料に比較し、湿度調節機能に優れていることを、また、木材表面に樹脂加工が施されると、木材に比較し吸放湿過程に遅延現象の認められることを明らかにした¹⁰⁾。

本報では、実際の居住空間において、壁材料の違いにより湿度調節がどの程度異なるのかを明確にすることを目的として、実寸小型住宅を用い、種々の材料で内装した場合の関係湿度観測結果を報告する。なお、住宅内湿度変動の原因としては、湿気の窓、換気口等開口部からの通過、換気扇や除湿機による排出、壁体からの定常的な透過、壁材料の吸放湿、炊事や暖房による水蒸気の発生、風呂場からの水蒸気の流入等多くのものが考えられる。しかし、ここでは壁材料の吸放湿に基づく湿度調節の度合を評価することが第一の目的であるため、室内湿度変動として、壁体の吸放湿に基づくものを主体的に取り扱っている。堀江も言及しているように¹¹⁾、実際の室内温・湿度変動状態は、換気のある場合でも換気による水蒸気排出の計算に合わず、むしろ壁体から多量の吸放湿のある場合の密閉箱の状態に類似するので、湿度変動は温度変動に伴うものが基本であって、換気、水蒸気発生は付加の変動を与えるものと考えてよいであろう。

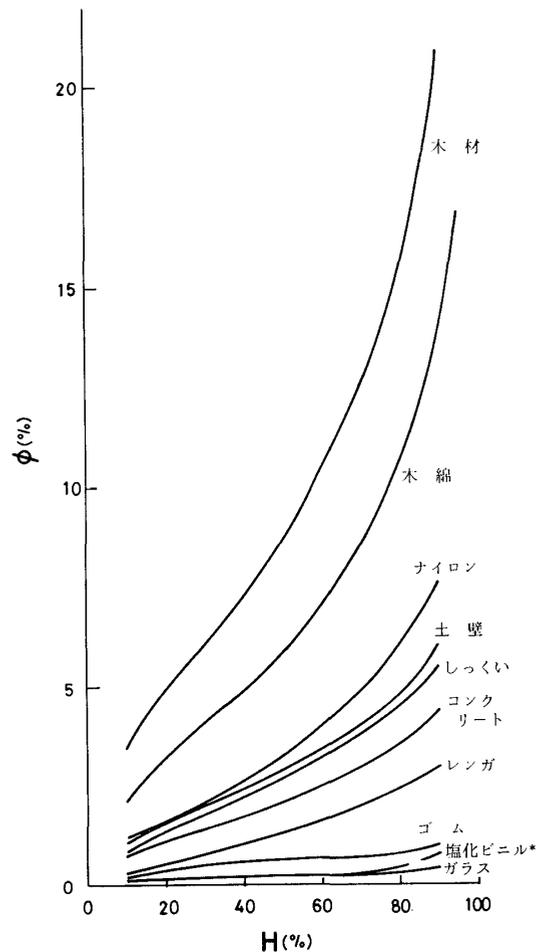


Fig. 3 材料の吸着等温線 (20°C)
* 30°C

II 実 験

供試住宅は1室平家建6畳(2.7m×3.6m)で、基礎はコンクリートブロック2段積、屋根はグラスウール入り木質パネルにアスファルトシングル葺き、壁はグラスウール入り木質パネル、天井および床は合板である。また、東、西および北側にアルミサッシ腰高窓(0.9m×1.8m)、北側にアルミ枠フラッシュドアー(0.744m×1.732m)がある。Photo 1に供試住宅を、Fig. 4にそれらと百葉箱の平面配置図を示す。住宅の周辺には当初(1973年)特に建造物や樹木等は存在しなかったが、その後住宅Aの北側約3.5mの位置にコノデガシワとヒムロが、東側約4mの位置にスギが植樹され、現在樹高約2~4mに生長している。2戸の住宅の東側窓とドアを除く全内壁面に、住宅Aに5mm合板を、Bに種々の内装材料を張り、住宅と百葉箱内の温・湿度を観測した。なお、床については内装材と素地間に0.1mm厚さのビニルシートを

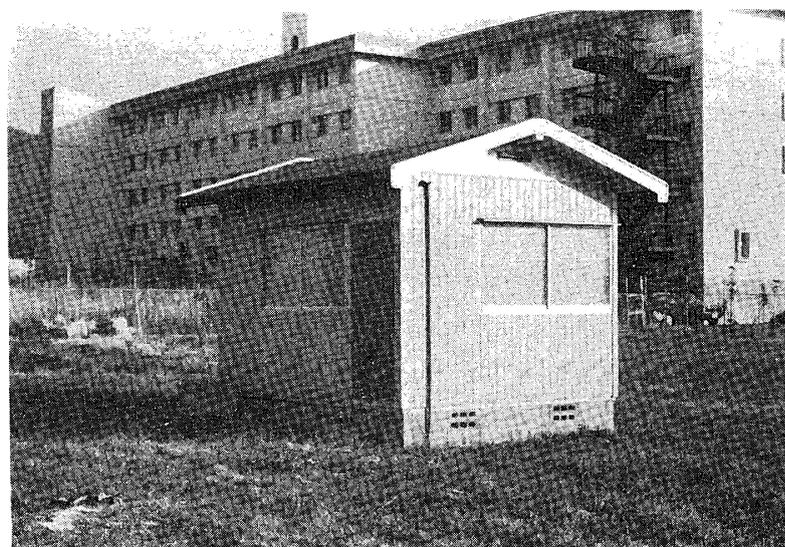
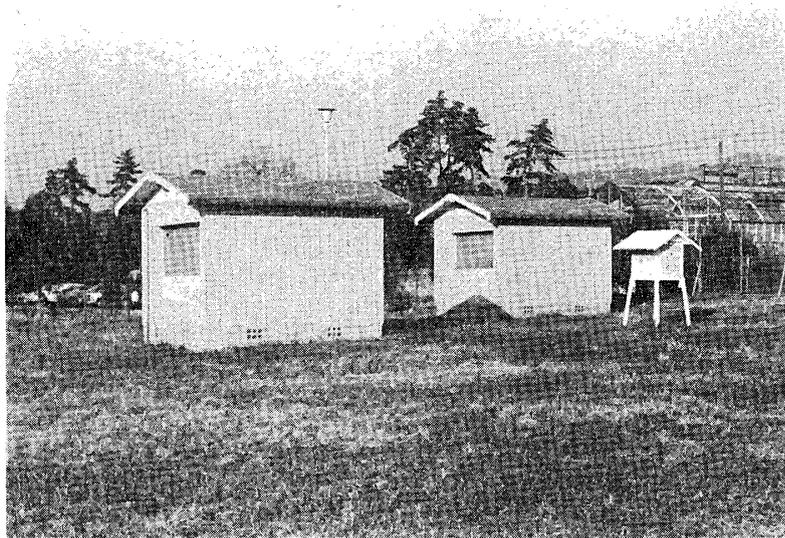


Photo 1 供試小型住宅

上：南西方向より見た住宅B(左)、住宅A(右)と百葉箱

下：南西方向より見た住宅B

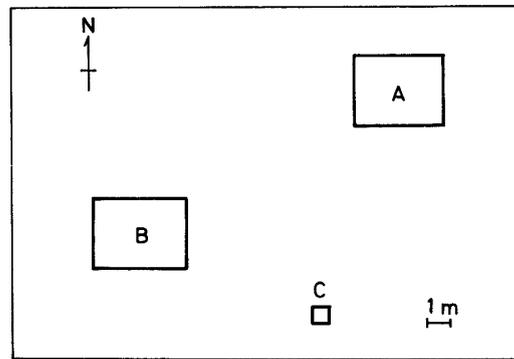


Fig. 4 供試住宅と百葉箱の平面配置図

挿入し、床下からの湿気の透過を防止した。内装した時の室内気積は 21.0 m^3 である。温・湿度の測定には、金属製自記温度計と自記毛髪湿度計（アスマン湿度計で補正）を用いた。住宅内の測定器位置は中央床上 90 m （座姿呼吸線）である。また、冷房にはクーラー（サンヨー 2200型）を、暖房にはパネルヒーター（ナショナル、 1.2 KW ）および電熱器（ 600 W ）を用いた。なお、水蒸気の発生は電熱器上で湯を沸かして行なった。内装材料には、インシュレーションボード（ 9 mm ）、合板（ 5 mm ）、珪酸カルシウム板（ 6 mm ）、フェノール・メラミン樹脂板（ 1.5 mm ）、メラミン美粧合板（ 3 mm ）、ビニルシート（ 0.1 mm ）、塩ビタイル（ 2 mm ）、ロックウール（ 12 mm ）を使用した。

III 結 果

Fig. 5~18 は、住宅 A, B 内および百葉箱で観測した温・湿度を 1 図に転写したものである。図中太線は合板内装、点線は他材料内装、細線は百葉箱の結果を示す。Fig. 5 は珪酸カルシウム板内装の結果である。住宅内温度は外気に比較し日中かなり高いが、夜間はほぼ等しい。住宅内日中平均温度、温度日較差が外気より常に大であることについては、東によって日射に基づくものとして理論的に説明されている¹²⁾。一方、外気湿度は 1 日周期で著しく変動し、温度上昇時に低下し、下降時に上昇するのに対して、合板および珪酸カルシウム板内装住宅内の湿度は、温度変化が外気より著しいにもかかわらず、変化せずほぼ 60% になる。また、珪酸カルシウム板内装の場合が合板に比べ、湿度変動は小さいように思われる。Fig. 6 は同様の観測結果であるが、雨天時に窓を開放して水蒸気を室内に流入せしめ、窓閉鎖後の湿度変化を調べたものである。図中 * 印は窓閉鎖時点を示す。窓閉鎖後湿度は急激に減衰し 55~60% となるが、珪酸カルシウム板の方が合板に比較し、湿度減衰速度は大きい。

Fig. 7 はビニルシート内装の結果である。矢印の時点（雨天）で窓を開放して水蒸気を流入させ、* 印の時点で窓を閉鎖した後の温・湿度変化を示したものである。なお、ビニルシートの場合に限り全内壁面を内装した。窓開放時には合板内装の場合湿度が 89% 達し、窓閉鎖後急激に減衰して約 1 日後に 55~60% のほぼ一定値に達する。一方、ビニルシート内装の場合湿度は窓開放時に 91% に達し、窓閉鎖後温度変動に対応して、百葉箱内の結果に類似の著しい変動を示し、時には夜間 90% 以上に、日中 25% 以下になる場合も観測される。Fig. 8 は同様にビニルシート内装の結果であるが、窓は終始閉鎖状態である。温度を比較すると、ビニルシート内装で日中かなり高い日が認められるが、ビニルシートが極めて薄いために合板と断熱効果が異なるためであろう。しかし、ほぼ同様の温度変化を示す日について比較しても、湿度変動はビニルシート内装の場合やはり著しい。

Fig. 9 はフェノール・メラミン樹脂板内装の結果である。矢印および * 印はそれぞれ窓開放（雨天）および閉鎖時点を示す。フェノール・メラミン樹脂板内装の場合合板内装に比較し湿度変動は大きい、ビニル

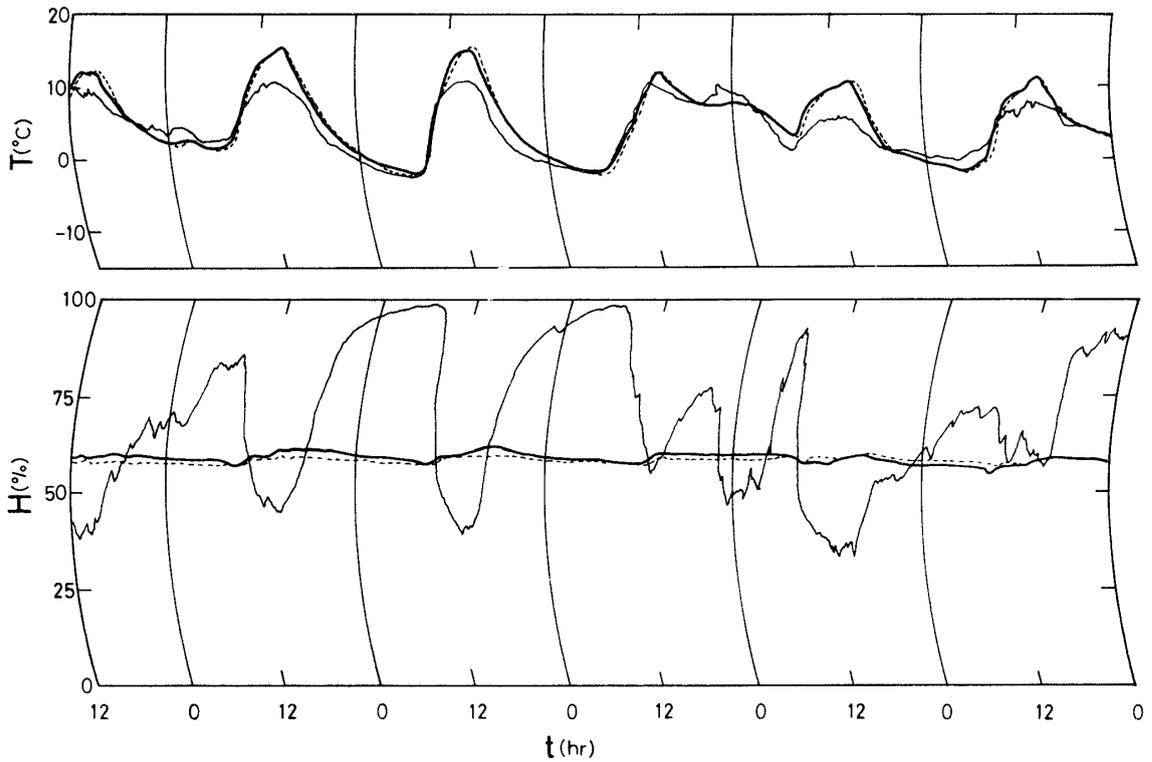


Fig. 5 住宅内気候の経時変化 (1973年12月18日～23日)
太線：合板内装，点線：珪酸カルシウム板内装，細線：百葉箱

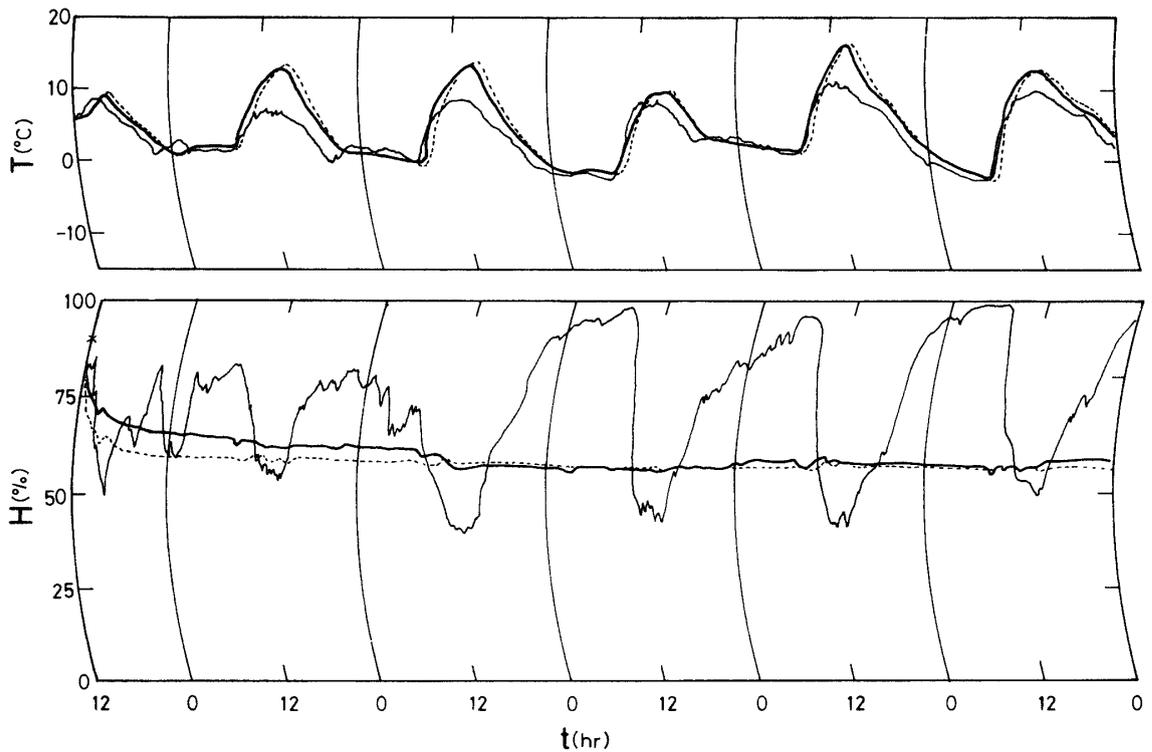


Fig. 6 住宅内気候の経時変化 (1973年12月28日～1974年1月2日)
太線：合板内装，点線：珪酸カルシウム板内装，細線：百葉箱

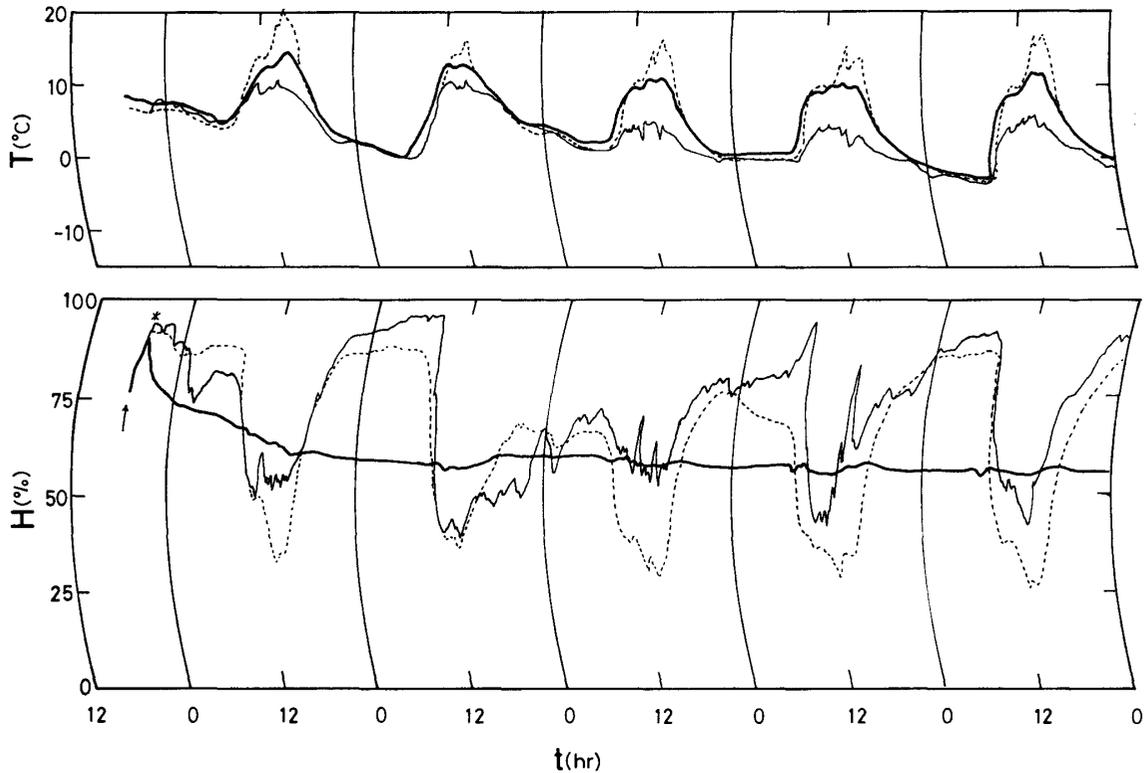


Fig. 7 住宅内気候の経時変化 (1974年1月21日～26日)
太線：合板内装，点線：ビニルシート内装，細線：百葉箱

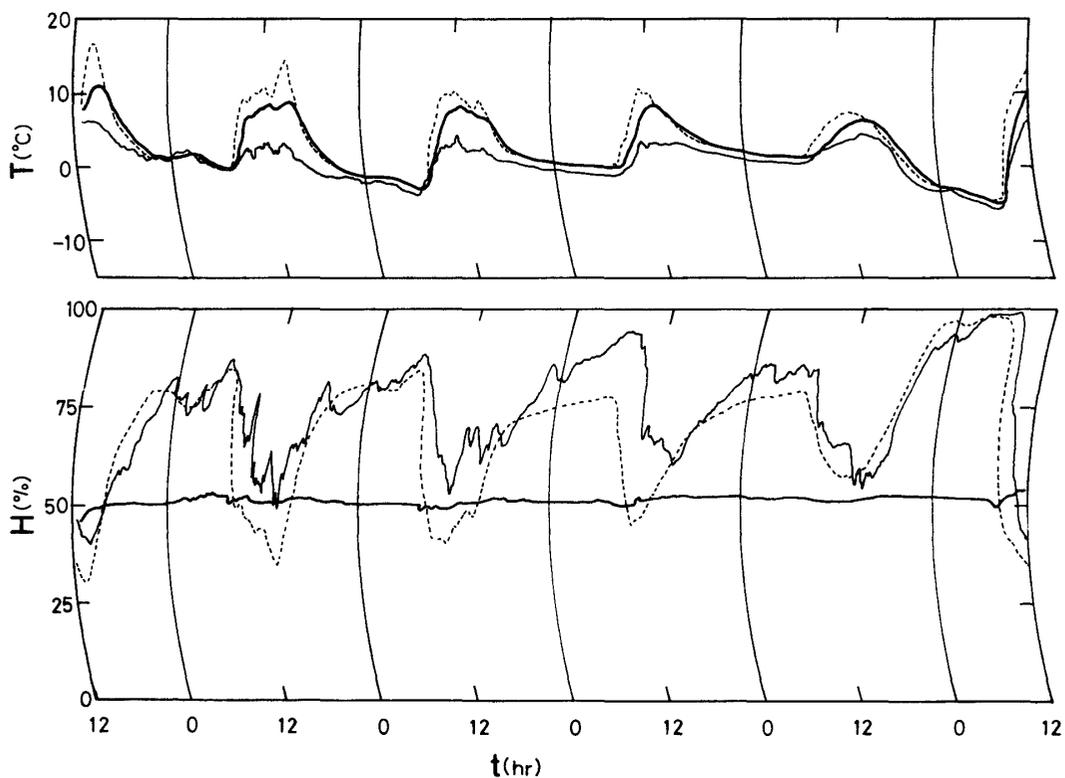


Fig. 8 住宅内気候の経時変化 (1974年1月27日～2月1日)
太線：合板内装，点線：ビニルシート内装，細線：百葉箱

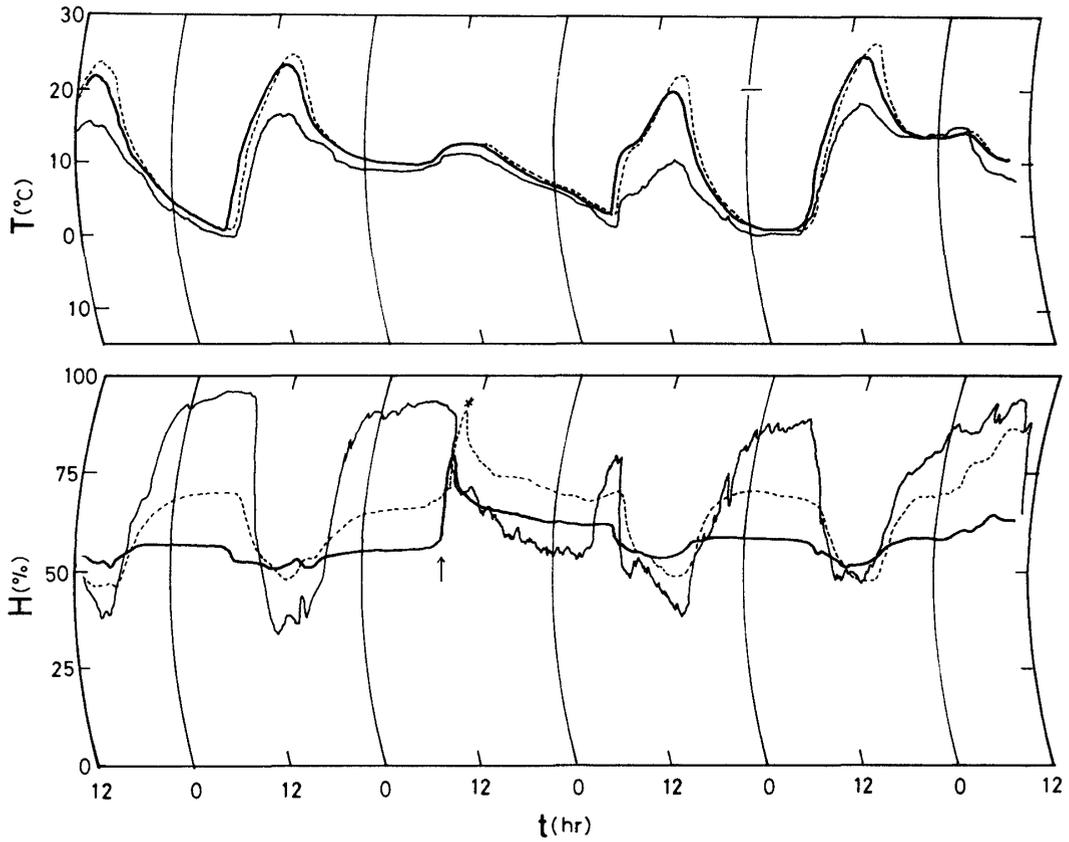


Fig. 9 住宅内気候の経時変化 (1974年2月18日~23日)
太線：合板内装，点線：フェノール・メラミン樹脂板内装，細線：百葉箱

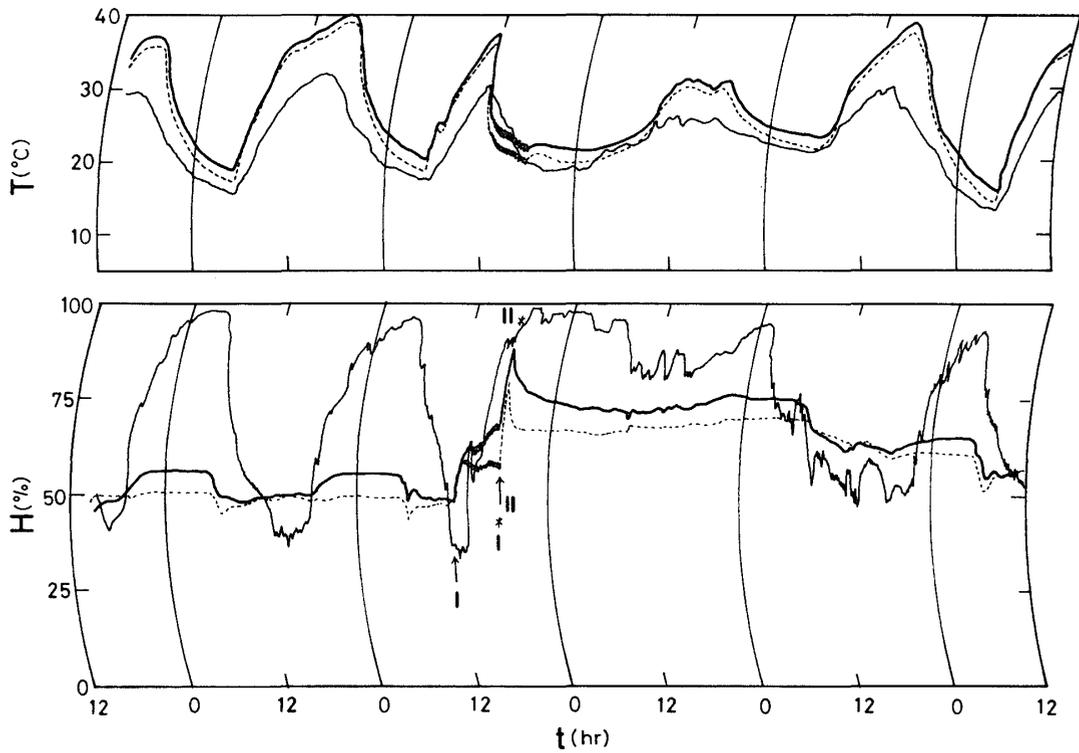


Fig. 10 住宅内気候の経時変化 (1974年6月15日~20日)
太線：合板内装，点線：インシュレーションボード内装，細線：百葉箱

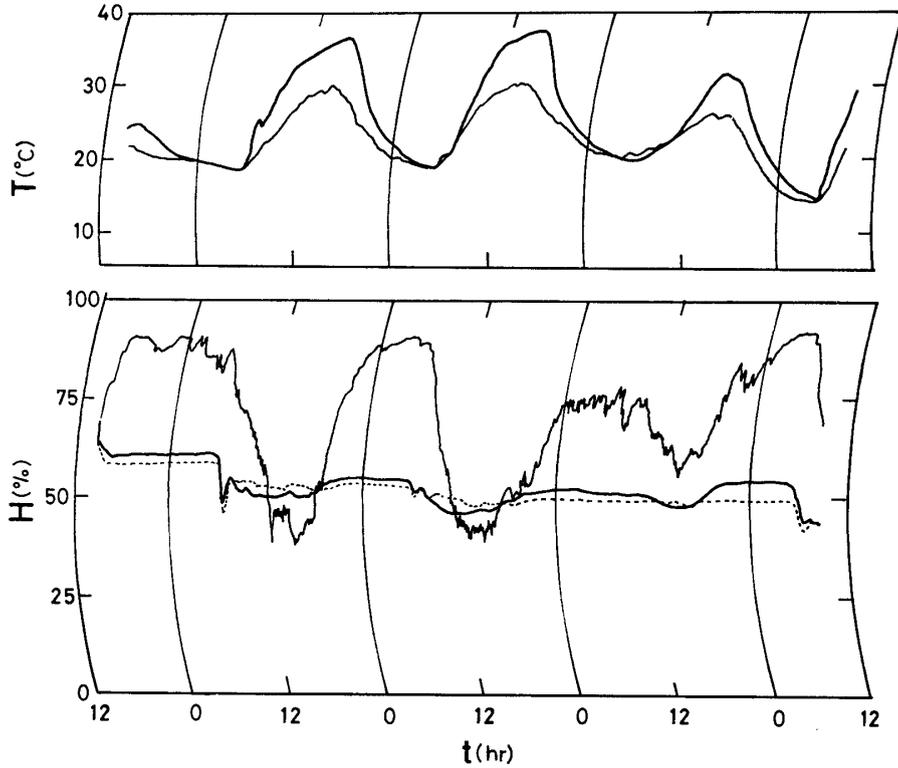


Fig. 11 住宅内気候の経時変化 (1974年6月11日～15日)
 太線：合板内装，点線：インシュレーションボード内装，細線：百葉箱

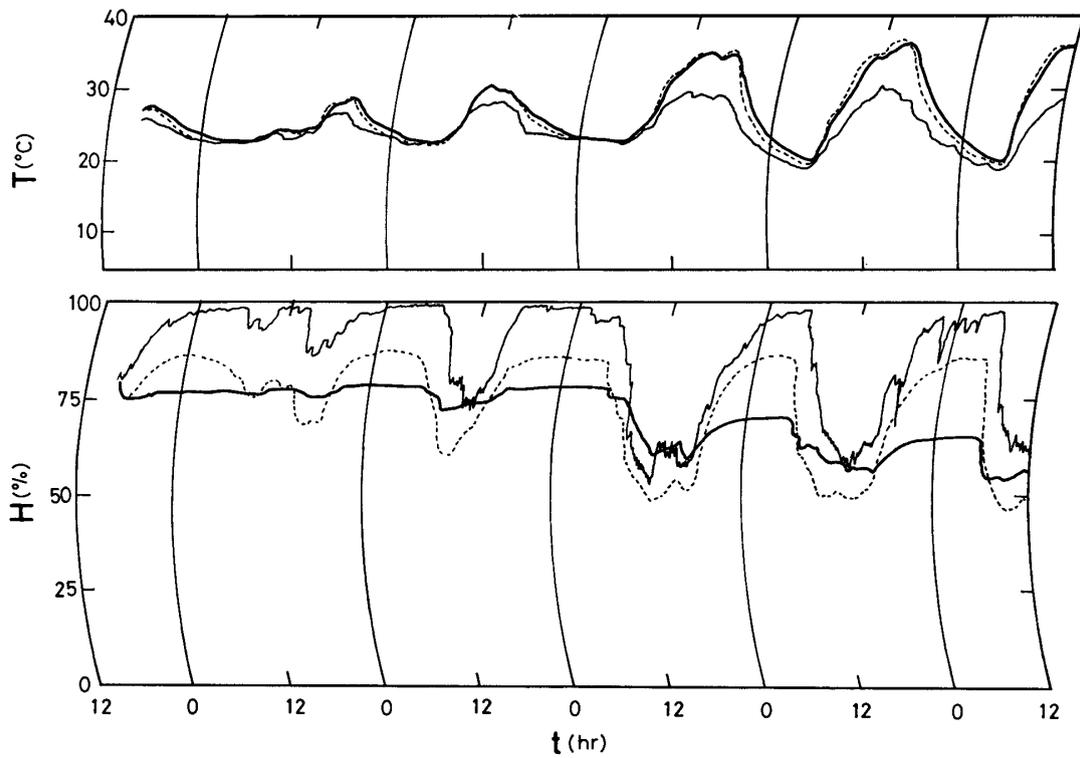


Fig. 12 住宅内気候の経時変化 (1974年7月17日～22日)
 太線：合板内装，点線：メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱

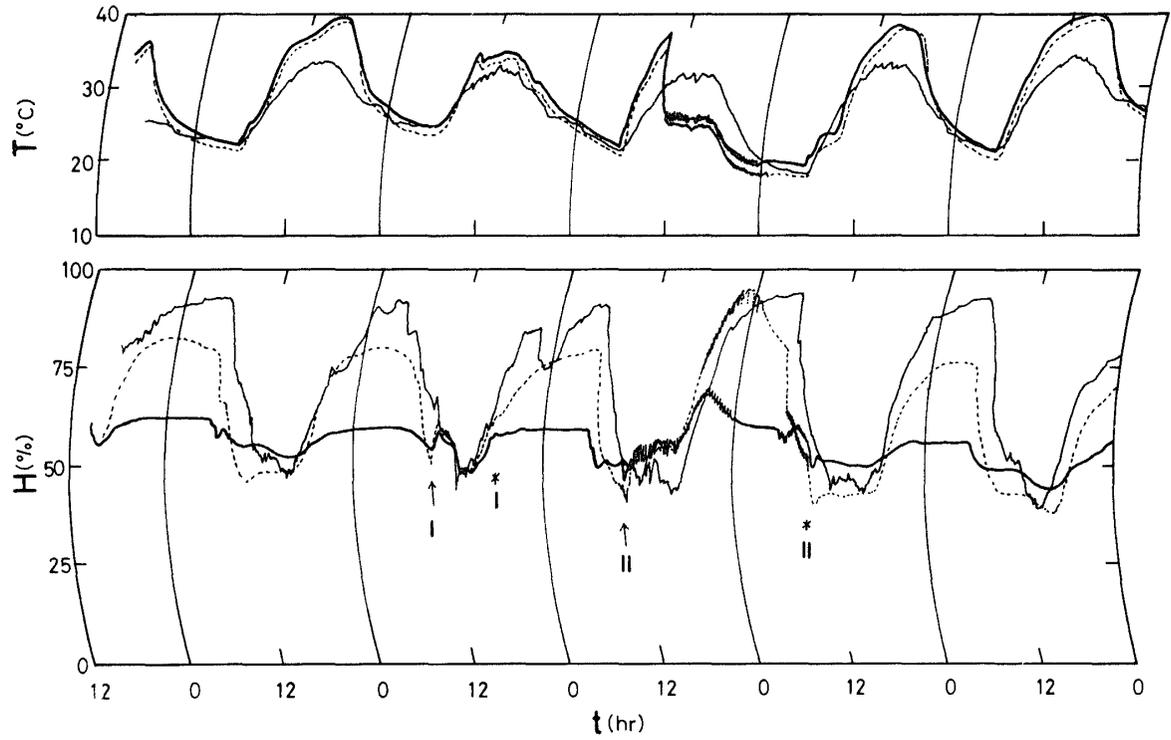


Fig. 13 住宅内気候の経時変化 (1974年8月5日~10日)
 太線：合板内装，点線：メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱

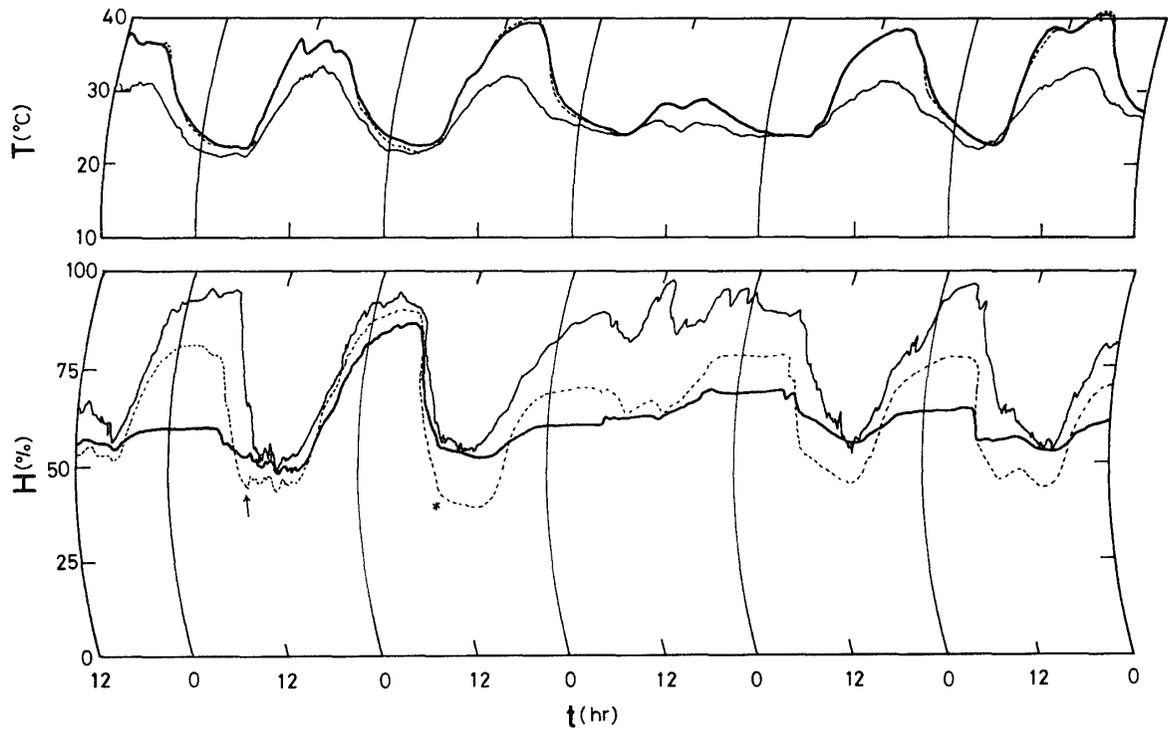


Fig. 14 住宅内気候の経時変化 (1974年8月14日~19日)
 太線：合板内装，点線：メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱

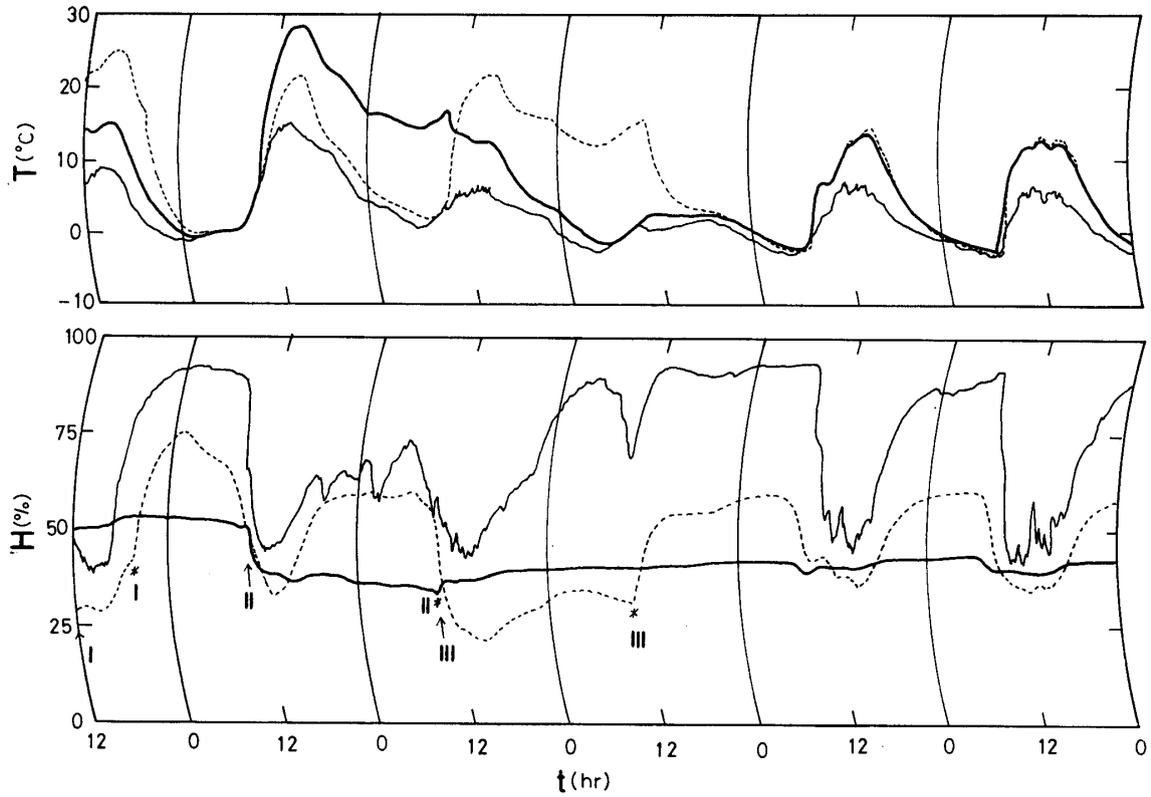


Fig. 15 住宅内気候の経時変化 (1975年2月24日～3月1日)
 太線：合板内装，点線：メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱

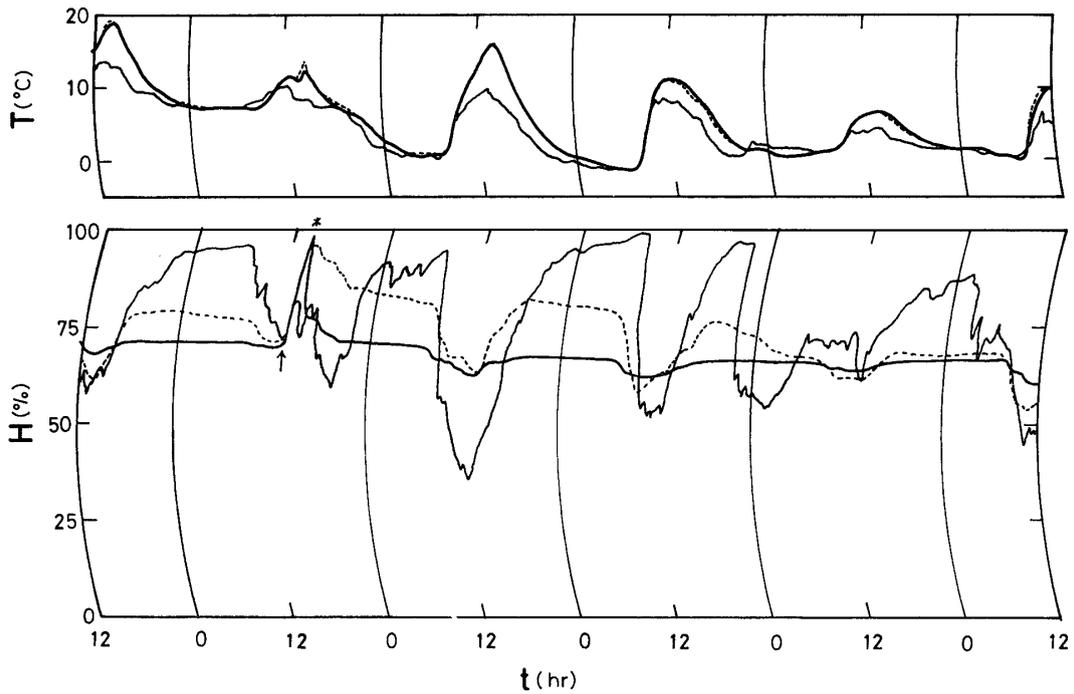


Fig. 16 住宅内気候の経時変化 (1975年12月8日～13日)
 太線：合板内装，点線：メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱

シート内装の結果に比較すると小さい。フェノール・メラミン樹脂板は紙に樹脂を含ま浸圧縮したもので、樹脂自体の未反応水酸基と紙の親水基の存在によって幾分吸湿性を有していると考えられる。

Fig. 10, 11 はインシュレーションボード内装の結果を示す。図中矢印および*印Iは冷房開始および停止時点を示し、また、矢印および*印IIは窓開放(雨天)および閉鎖時点を示す。インシュレーションボード内装の場合合板内装に比較し湿動変動はさらに小さく、それは冷房時についても言える。水蒸気流入停止後の減衰速度もインシュレーションボード内装の場合には極めて速く、2時間以内で一定値に達する。

Fig. 12~17 はメラミン美粧合板内装の結果である。Fig. 12 は終始窓閉鎖状態の結果であるが、メラミン美粧合板内装の場合かなり大きな湿度変動が認められる。Fig. 13 の矢印、*印Iはそれぞれ窓開放、閉鎖時点を、またIIはそれぞれ冷房開始、停止時点を示す。冷房時には温度変動に差が認められないのに対し、湿度変動はメラミン美粧合板内装の場合合板内装に比べて著しい。Fig. 14 の矢印、*印はそれぞれ窓開放、閉鎖時点を示すが、1昼夜の窓開放状態においても、湿度変動はメラミン美粧合板内装の場合若干大きいようである。また、Fig. 15 の矢印、*印IおよびIIIはメラミン美粧合板内装の住宅内のみをパネルヒーターによって暖房した場合の開始および停止時点を、IIは合板内装の住宅内のみを暖房した場合の開始および停止時点を示す。暖房の場合もメラミン美粧合板内装の場合の湿度変動はかなり大きい。さらに、Fig. 16, 17 の矢印、*印は共にそれぞれ住宅内で多量の水蒸気を発生および停止させた時点を示す。水蒸気発生後急激に湿度は上昇するが、水蒸気停止後の湿度減衰は合板内装の場合著しい。一方、メラミン美粧合板内装の場合湿度減衰が非常に緩慢であり、例えば、Fig. 17 から明らかなように、夜間室温が低下した時、

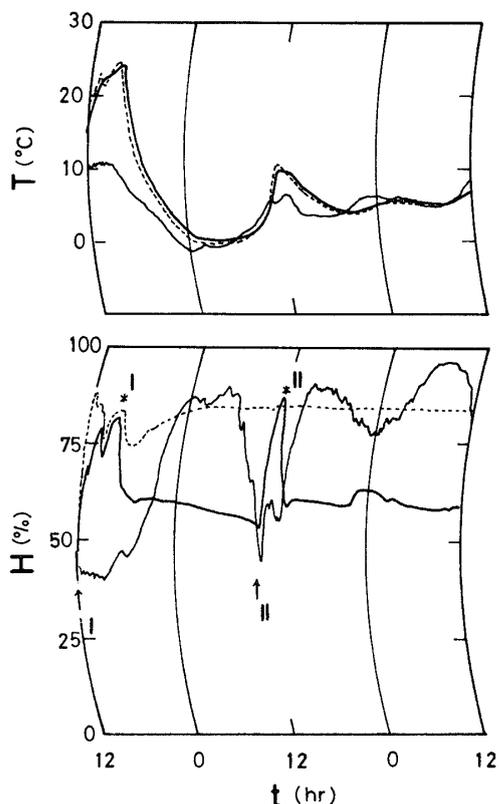


Fig. 17 住宅内気候の経時変化
(1975年3月4日~6日)
太線: 合板内装, 点線: メラミン美粧合板内装, 細線: 百葉箱

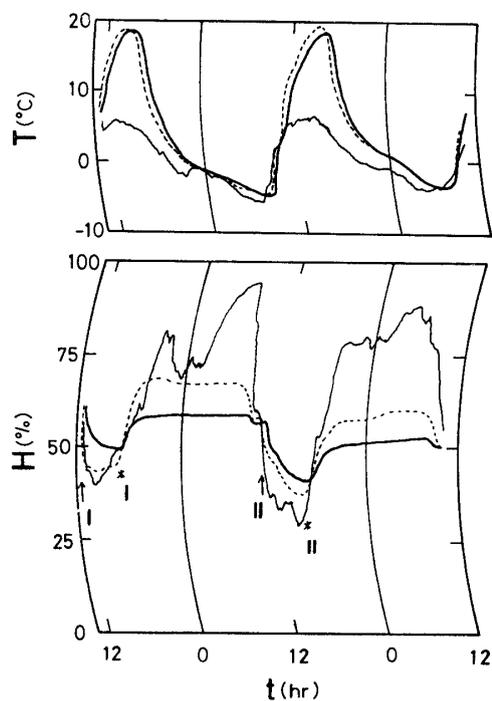


Fig. 18 住宅内気候の経時変化
(1975年12月15日~17日)
太線: 合板内装, 点線: 床ビニールタイル, 天井ロックウール, 壁メラミン美粧合板内装, 細線: 百葉箱

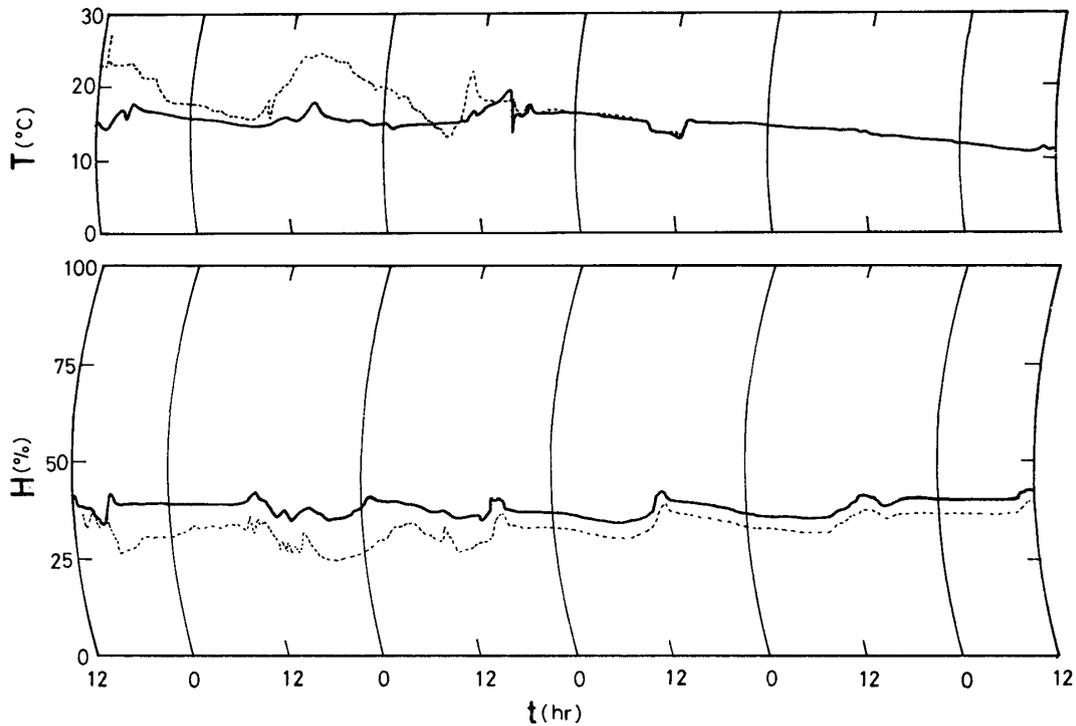


Fig. 19 研究所実験室（太線），研究室（点線）内気候の経時変化（1975年2月18日～23日）

湿度は再び上昇して長時間高湿度状態に保たれる。

Fig. 18 は床をビニルタイル，天井をロックウール，壁をメラミン美粧合板で内装した住宅の結果である。図中矢印，*印ⅠおよびⅡは共に電熱器による暖房開始および停止時点を示すが，合板内装の場合湿度変動はかなり小さい。

以上は小型住宅の結果であるが，内壁がコンクリートの場合の湿度変化を知るため，京都大学宇治構内の5階建鉄筋コンクリート3階南側研究室（点線）と北側実験室（太線）内の温・湿度について観測した結果を Fig. 19 に示す。小型住宅に比べ断熱保温が良好で温度日変化は非常に小さいが，その割には湿度変動が認められるようである。また，この時期において湿度は極めて低く，南向の研究室で湿度25%以下の異常乾燥状態となっている。因に，研究室，実験室共床はビニルタイル，壁はコンクリート（塗装有り），天井は無機材料で内装されていて，室内に木製の机，椅子，戸棚類が置かれている。

IV 考 察

上に示した種々の材料で内装した住宅の温・湿度観測結果の中から代表的なものを選び，1日における温度と湿度の関係を示す図を作成し，内装材料に基づく湿度調節について考察する。

Fig. 20 にビニルシート内装住宅内の湿度と温度の関係を示す。時刻と共に矢印に従い湿度と温度の関係は変化しループを形成するが，温度上昇時が下降時に比べて湿度は常に低い。いま，2時間毎に測定した湿度と温度の関係がほぼ直線関係にあると見做せるので，回帰直線の勾配 a （温度 1°C の変化に伴う湿度の変化量）を求めると $-3.42\%RH/^{\circ}\text{C}$ であった。また，Fig. 21 はビニルシート内装（白三角，点線），合板内装（白丸，太線）住宅内および百葉箱の湿度と温度の関係を比較したものである。丸・三角印は2時間毎の測定値，太線および点線は回帰直線であり，また，細い折線は百葉箱の結果である。ビニルシート内装住宅の湿度は百葉箱のそれと類似し，温度上昇に伴って右下りの大きい勾配をもつ変化を示すが，合板の場合温度変化に対し等関係湿度となる。湿度較差は合板で3%，ビニルシートで52%，百葉箱で56%である。Fig. 22

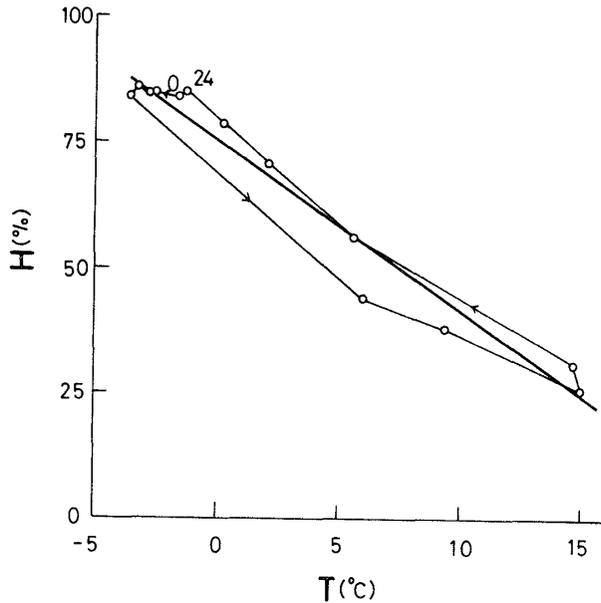


Fig. 20 湿度・温度の日変化(1974年1月26日)
 ビニルシート内装, 白丸: 2時間毎の
 観測値, 太線: 回帰直線($H = -3.42T$
 $+ 75.6, r = -0.980$)

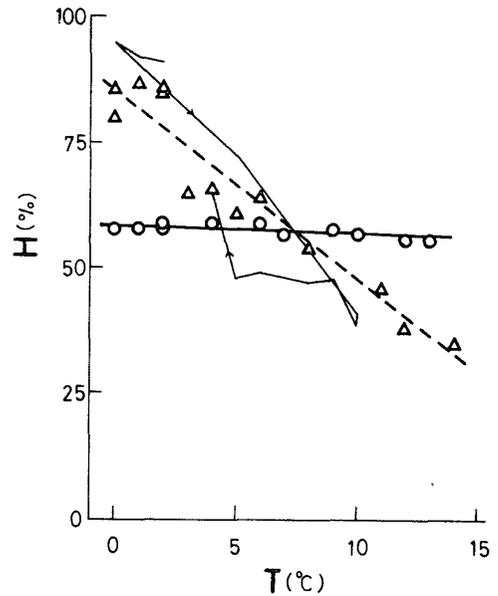


Fig. 21 湿度・温度の日変化(1974年1月23日)
 白丸: 合板内装, 三角: ビニルシート
 内装, 細線: 百葉箱

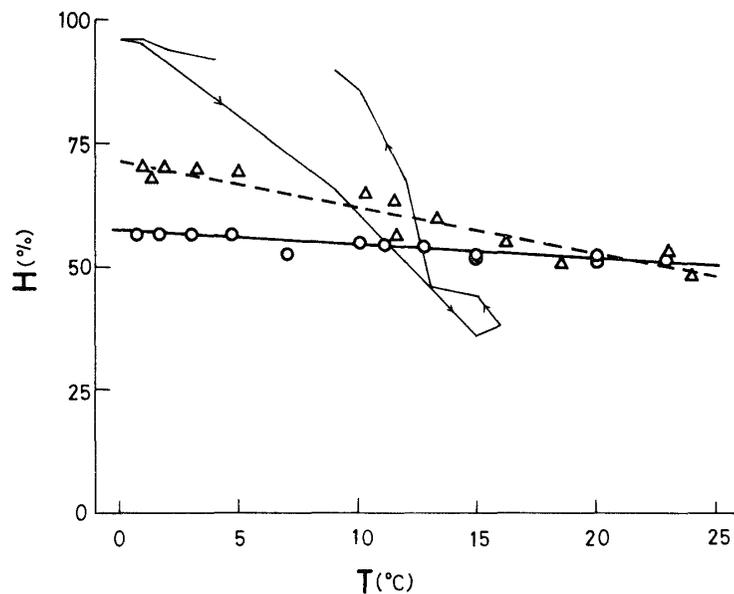


Fig. 22 湿度・温度の日変化 (1974年2月19日)
 白丸: 合板内装, 三角: フェノール・メラミン樹脂板内装, 細線: 百葉箱

はフェノール・メラミン樹脂板と合板内装の結果である。フェノール・メラミン樹脂板内装の |a| および湿度較差はそれぞれ $0.94\%RH/^{\circ}C$, 19% であって、合板の $0.29\%RH/^{\circ}C$, 6% に比較し共に大きい。Fig. 23 はインシュレーションボードと合板内装の結果である。インシュレーションボード内装住宅の湿度変化はほとんどなく、湿度較差は 3% で合板の 8% に比較し小さい。Fig. 24 は珪酸カルシウム板と合板内装の結果である。珪酸カルシウム板内装住宅の湿度変動は合板内装より小さい。鈴木による材料の吸湿量についての結果では¹³⁾、関係湿度 27% で調湿した材料を関係湿度下 93% に置いた場合の 10 時間後の吸湿量は、インシュレ

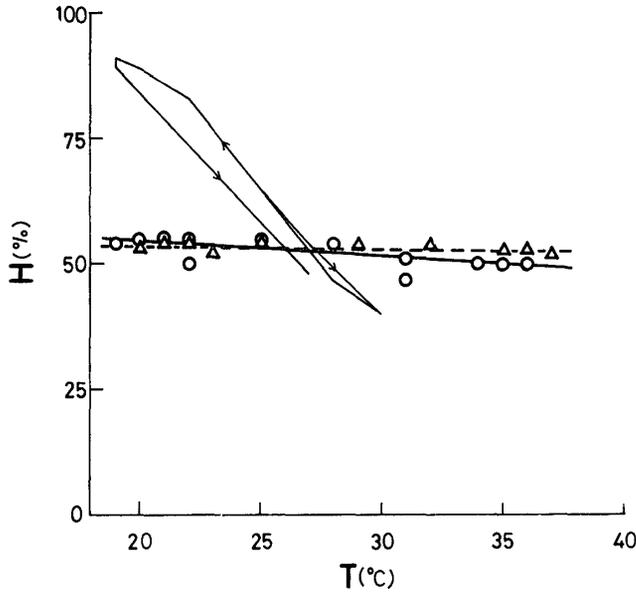


Fig. 23 湿度・温度の日変化(1974年6月12日)
白丸：合板内装，三角：インシュレーションボード内装，細線：百葉箱

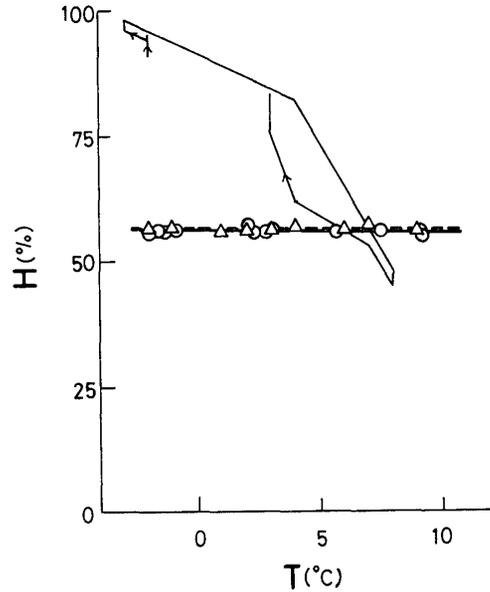


Fig. 24 湿度・温度の日変化(1973年12月31日)
白丸：合板内装，三角：珪酸カルシウム板内装，細線：百葉箱

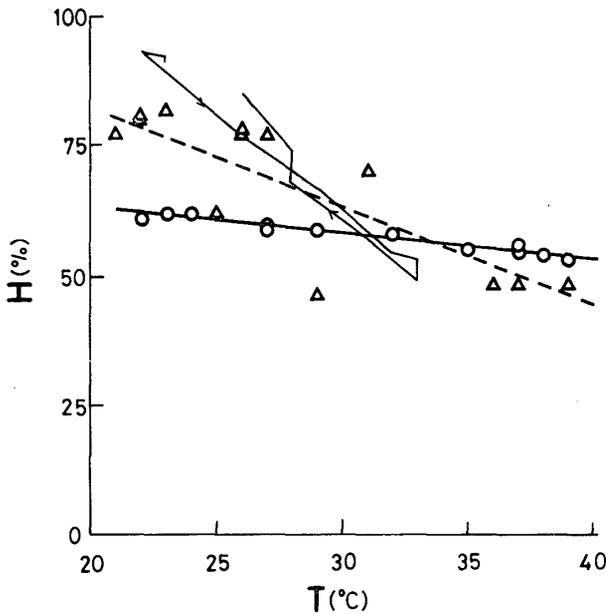


Fig. 25 湿度・温度の日変化(1974年8月6日)
白丸：合板内装，三角：メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱

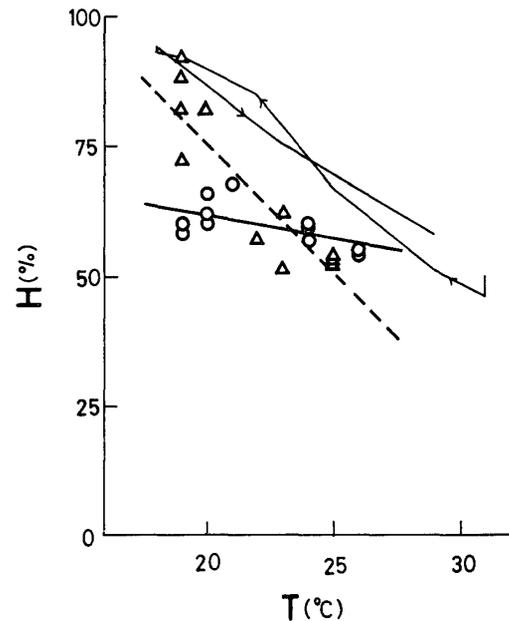


Fig. 25 湿度・温度の日変化(1974年8月8日)
白丸：合板内装，三角：メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱，冷房時

ーションボード (厚さ 9.0 mm), パーライト・アスベスト (5.8 mm), 合板 (5.7 mm) でそれぞれで 221.24, 196.50, 101.46 g/m² あり, 前者は合板に比べて吸湿量が大きい。珪酸カルシウム板は吸湿性に富む多量のアスベストを含むため, 湿度調節に優れていると思われる。Fig. 25 はメラミン美粧合板と合板内装の結果である。メラミン美粧合板内装住宅の湿度変動は, フェノール・メラミン樹脂板内装の場合より大きく, ループ幅も大きい。Fig. 26 は同様メラミン美粧合板と合板内装についての冷房時の結果である。メラミン

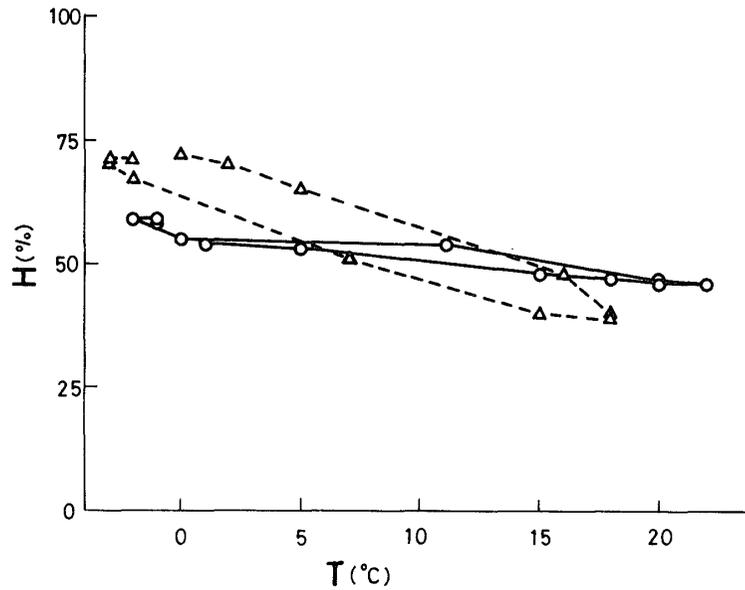


Fig. 27 湿度・温度の日変化 (1975年2月17日)
白丸：合板内装，三角：メラミン美粧合板内装，一時期暖房

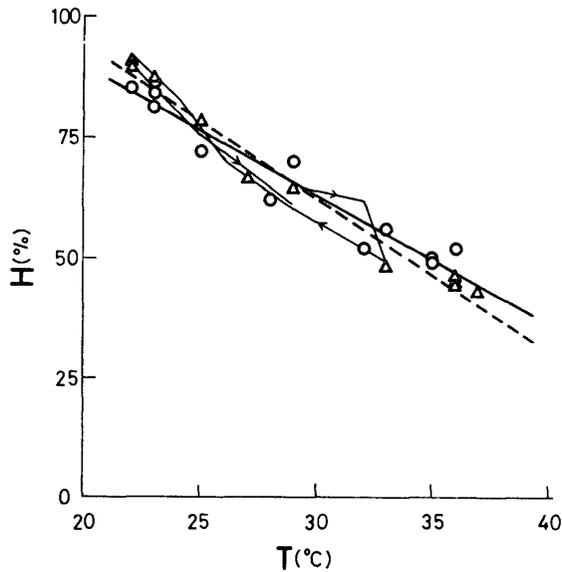


Fig. 28 湿度・温度の日変化(1974年8月15日)
白丸：合板内装，三角：メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱，窓開放

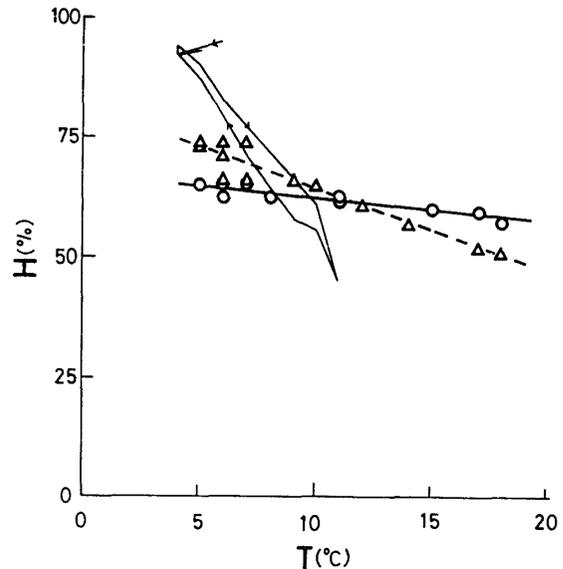


Fig. 29 湿度・温度の日変化(1975年11月30日)
白丸：合板内装，三角：天井ロックウール，床ビニルタイル，壁メラミン美粧合板内装，細線：百葉箱

美粧合板および合板内装の湿度較差はそれぞれ41%と16%であり、冷房時でも同様の結果が認められる。Fig. 27 は一時期暖房した例であり、図中の実線は2時間毎の測定値を結んだものである。この場合も同様の傾向が認められる。一方、Fig. 28 は窓開放状態におけるメラミン美粧合板と合板内装の結果である。|a| および湿度較差は合板およびメラミン美粧合板内装でそれぞれ 2.7%RH/°C, 39% および 3.2%RH/°C, 47% であって、合板内装の場合の湿度変動が僅かであるが小さい。Fig. 29 は天井をロックウール、床をビニルタイル、壁をメラミン美粧合板で内装した住宅と合板内装住宅の結果であるが、合板内装の場合湿度変動は

Table 1. 住宅内の湿度較差と a 値

図番号	A (合板)		B		百葉箱	
	湿度較差 (%)	a (%RH/°C)	湿度較差 (%)	a (%RH/°C)	湿度較差 (%)	a (%RH/°C)
20			60	-3.4		
21	3	-0.17	52	-3.8	56	-5.6
22	6	-0.29	19	-0.94	60	-3.7
23	8	-0.30	3	-0.044	51	-4.7
24	2	-0.075	1	-0.050	53	-4.4
25	9	-0.51	36	-1.9	44	-4.0
26	16	-0.93	41	-5.0	48	-3.7
28	39	-2.7	47	-3.2	43	-3.9
29	7	-0.46	23	-1.7	50	-6.7

小さい。

以上のように、1日の関係湿度と温度の関係を近似的に直線と見做して求めた勾配 a は、湿度日較差と共に内装材による室内湿度調節の度合を示す指標と考えられ、 a の絶対値および湿度日較差の値が小さいほど湿度調節に優れていると判断できる。Table 1 に Fig. 20~29 から求めた a および湿度日較差の値を示す。窓閉鎖状態では材料による $|a|$ 、湿度日較差の値の大小関係は、インシュレーションボード \approx 珪酸カルシウム板 $<$ 合板 $<$ フェノール・メラミン樹脂板 $<$ メラミン美粧合板 $<$ ビニルシートとなっていて、さきに示した材料の湿度調節機能に関する評価結果と全く一致した¹⁰⁾。また、木材はメラミン美粧合板に比較して、窓開放状態、冷・暖房時においても住宅内の湿度調節に優れていると言える。

窓閉鎖状態では、開口部からの湿気の通過はなく、また、鈴木¹⁴⁾の湿気の透過に関する結果から判断して、日変化の場合湿気¹⁴⁾の材料内部への浸透深さは非常に小さく、従って、十分な厚さを有する壁体の内外面における吸放湿変動は直接連携を持たないと思われる。このことから、住宅内の1日周期で起こる湿気変動原因の主体として、室内温度変化による内壁面からの吸放湿が考えられる。

住宅内日平均温度を T_0 とすれば、日平均関係湿度 $H(T_0)$ は次式で示される。

$$H(T_0) = \frac{100h}{h_s(T_0)} \quad \dots\dots\dots ①$$

ここに、 h は壁体より吸放湿がない場合の絶対湿度 (g/m^3)、 $h_s(T_0)$ は温度 T_0 における飽和絶対湿度 (g/m^3) である。また、Fig. 30 に示すように、 $h_s(T)$ の対数を温度 T に対して目盛った場合、 $0\sim 40^\circ\text{C}$ の範囲において直線関係が見られるので、 $h_s(T) = 4.98 \times 10^{0.0269T}$ と表わすことができる。従って、壁体より吸放湿がない場合、 $T = T_0 + T'$ における関係湿度 $H^*(T)$ は次式で計算できる。

$$H^*(T) = \frac{100h}{h_s(T)} = H^*(T_0) \cdot 10^{-0.0269T'} \quad \dots\dots\dots ②$$

$$\approx H^*(T_0) (1 - 0.0620T'), \quad |T'| < \text{Ca. } 7^\circ\text{C} \quad \dots\dots\dots ②'$$

②、②'式の妥当性を調べるため、吸放湿性がほとんどないと思われる Fig. 21 に示すビニルシート内装の実験結果より、 $T_0 = 7.0^\circ\text{C}$ 、 $H(T_0) = 61.0\%$ 、 $T_{\max} - T_{\min} = 14.0^\circ\text{C}$ と置き、湿度を計算したのが Fig. 31 である¹⁵⁾。点線で示す温度変化があった時の $H(T)$ の実測値が白丸印で、計算値が実線である。 a と湿度日較差の実測値は Table 1 に示すようにそれぞれ、 $-3.79\% \text{RH}/^\circ\text{C}$ 、 52% であるのに対し、②'式より計算した値は $-3.78\% \text{RH}/^\circ\text{C}$ 、 53% である。また、Fig. 20 に示す実験結果では a は $-3.42\% \text{RH}/^\circ\text{C}$ 、湿度日較差は 60% であり、計算値はそれぞれ $-3.44\% \text{RH}/^\circ\text{C}$ 、 64% であって、いずれも計算値と実測値はよく一

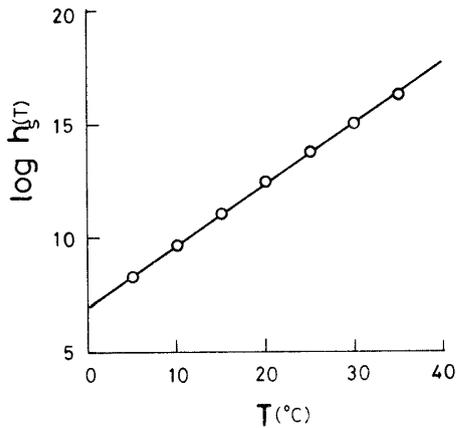


Fig. 30 飽和絶対湿度と温度の関係
 $\log h_s(T) = \log 4.983 + 0.0269T$,
 $r = 0.9997$

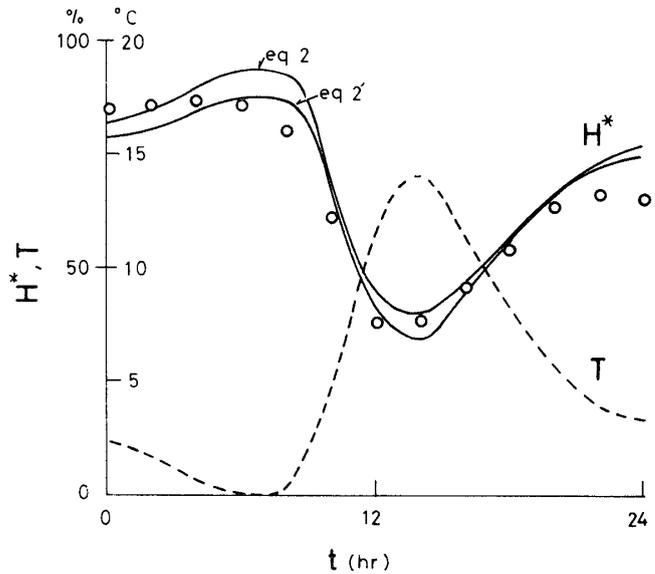


Fig. 31 ビニルシート内装住宅内湿度の日変化
 (1974年1月23日)
 白丸：観測値，実線：計算値(式②，
 ②'参照)，点線：温度

致する。

一方、壁体より吸放湿があった場合の関係湿度 $H(T)$ は次式で示すことができるであろう。

$$H(T) = \frac{h + h'(T)}{h_s(T)} \times 100 = H^*(T) + \frac{100h'(T)}{h_s(T)} \quad \text{.....③}$$

ここに、 $h'(T)$ は壁体からの吸放湿が原因の絶対湿度の増減分である。吸放湿にあずかる壁面積を $A(\text{m}^2)$ 、室内気積を $V(\text{m}^3)$ 、 1 m^2 の壁体より吸放湿される水蒸気量を $\omega(\text{g}/\text{m}^2)$ とすれば、 $h'(T) = \omega A/V$ である。 $T = T_0 + T'$ の $h'(T)$ は、温度および湿度変化に基づいて吸放湿される水分和によって求められる。

堀江は密閉箱内における空気のと湿度の相対関係を、空気と材料間における水分の動的平衡として厳密に捕え、温度変化 ΔT が与えられた時、動的平衡状態における材料の単位表面当りの吸湿量 $\omega(\text{g}/\text{m}^2)$ は ξ を関係湿度 1% の増加に対する吸湿量 ($\text{g}/\text{m}^2 \% \text{RH}$)、 ν を温度 1°C の降下に対する吸湿量 ($\text{g}/\text{m}^2 (-^\circ\text{C})$)、 ΔH を関係湿度変化量とすれば、次式で与えられることを報告している^{11,16)}。

$$\omega = \xi \cdot \Delta H - \nu \cdot \Delta T \quad \text{.....⑥}$$

ここに、 ξ, ν は日常遭遇するような温度変動速度では一定値と見做すことができる。この場合 $H(T)$ は次式で計算できる¹¹⁾。

$$H(T) = \frac{100 \nu A (T - T_0) + H(T_0) (100 \xi A + V h_s(T_0))}{100 \xi A + V h_s(T)} \quad \text{.....⑦}$$

いま、Fig. 23 に示す合板内装の結果について、 $T_0 = 27.8^\circ\text{C}$ 、 $H(T_0) = 51.0\%$ 、 $V = 21.0 \text{ m}^3$ 、 $A = 43.6 \text{ m}^2$ (窓ガラス、ドアへの吸放湿量は合板に比べて非常に小さいと考えられるので無視した) と置き、 $\xi = 0.394 (\text{g}/\text{m}^2 \% \text{RH})$ 、 $\nu = 0.425^{11)}$ (4 mm ラウン合板) を用いて、 $H(T)$ を計算すると Fig. 32 の実線となる。また、Fig. 23 に示すインシュレーションボード内装の結果について、 $T_0 = 28.3^\circ\text{C}$ 、 $H(T_0) = 52.8\%$ 、 $\xi = 1.150 (\text{g}/\text{m}^2 \% \text{RH})$ 、 $\nu = 0.184^{11)}$ (12 mm インシュレーションボード) を用いて計算した結果が Fig. 33 の実線である。いずれも白丸印で示す実測値とほぼ一致し、24時間を周期とする温度変化では、各温度で動的平衡がほぼ達成されるものと考えられる。一方、他材料で内装した結果については、 ξ, ν 値が求められていないため、実測値と計算値の比較は検討できないが、住宅内の適切な湿度設計を行なうためには、是非とも多く

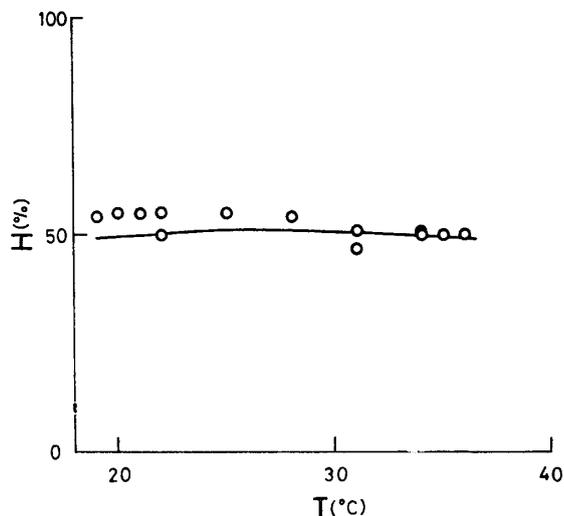


Fig. 32 湿度・温度の日変化(1974年6月12日)
白丸：合板内装(観測値)，実線：計算値

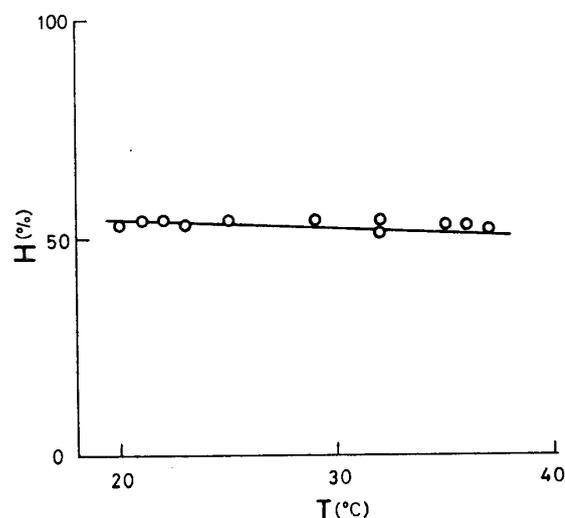


Fig. 33 湿度・温度の日変化(1974年6月12日)
白丸：インシュレーションボード内装(観測値)，実線：計算値

の材料についてのそれらの値を正確に決定しておく必要がある。

以上、窓閉鎖状態において住宅内の湿度変化は大よそ予測され得ることが示されたが、住宅内に水蒸気発生源がある場合や、開口部あるいは壁体から湿気が定期的に通過してくることも考慮した一般的な場合についても同様に扱うことが可能となるであろう。

謝 辞

本研究は昭和48～50年度京都大学特殊研究費(木造モデルハウスにおける室内調湿機能に関する研究)によって行なったものである。実験を始めるに当り種々有益な御助言を賜りました大建工業株式会社齊藤義則氏、伊藤謙喜氏に、また、結果の考察に対し有益な御助言を賜りました京都府立大学家政学部東 修三教授に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 齊藤平藏, 建築気候, 共立出版, 174 (1975).
- 2) ASHRAE, Handbook of Fundamentals, 111 (1967).
- 3) 阿部達生, 京都新聞, 第33655号 (1975).
- 4) 日本建築学会編, 建築学便覧, 丸善 (1956).
- 5) 西藤一郎, 宮野秋彦, 日本建築学会論文集, No. 44, 73 (1952).
- 6) 永田四郎, 古文化財教育研究報告(奈良教育大), 第1号, 17 (1972).
- 7) 永田四郎, 同上, 第2号, 13 (1973).
- 8) 青木滋一, 正倉院新宝庫の気象観測調査報告, 奈良測候所, (1956).
- 9) 上村 武, 木材工業, 25, 29 (1970).
- 10) 則元 京, 山田正, 木材工業, 29, 301 (1974).
- 11) 堀江悟郎, 北大工学部研究報告, No. 28, 79 (1962).
- 12) 東 修三, 京府大学術報告, No. 20, B 15 (1969).
- 13) 鈴木正治, 木材工業, 25, 393 (1970).
- 14) 鈴木正治, 林試研報, No. 257, 1 (1973).
- 15) 則元 京, 山田 正, 木材工業, 32, 160 (1977).
- 16) 堀江悟郎, 建築雑誌, 81, 327 (1966).