

資料

木材の調湿・断熱性能評価

永井 智

Satoshi NAGAI

Assessments of humidity-control effect and thermal insulation performance of wood

キーワード：断熱、調湿、木材

I はじめに

木材は調湿性や断熱性、温かみ、柔らかさなどのほか、ストレスの解消や疲労の軽減など、心身の健康を保つ特性を有している。また、木材は循環利用されることで炭素を長期間貯蔵し、地球温暖化防止に寄与する人と地球環境に優しい資源である(1、2、3)。木材、ひいては県産木材を利用することは、人と地球環境に優しい木材の循環再生利用を促進するとともに、県下の森林の健全な育成にもつながることから、本県では現在、「公共施設等木造・木質化 50%作戦」をはじめ、県産木材の利用を積極的に推進する施策を展開している(4)。

このように県産木材利用の気運が高まる中、当センターでは、木材の調湿性能や断熱性能等の数値的データを蓄積し、今後の木材利用促進に向けての一層の普及啓発に役立てることを目的に、兵庫県木材利用技術研究会から表題の研究を委託された。そこで本研究では、県産木材を含む木材十数種、およびいくつかの他の材料を用いて、身近な環境(温湿度)条件下において4項目の試験を設定、実施した。その内訳は、

1. デシケータ内における木材の存否と温湿度変動の関係
2. 環境の湿度変動に伴う木材の吸・脱湿性
3. 木材の熱伝導率
4. 木材容器内の温湿度変動

である。4項目を設定した理由は、1. は室内を想定した際、そこに木材が存在するか否かで温湿度変動にどのような差異が認められるのか、2. は木材が置かれた環境の湿度が変動した際、どの程度の水分量を吸着・放出できるのか、3. は各種他材料との比較も含め、木材の断熱性がどの程度のレベルにあるのか、4. は木材に囲まれた室内を想定した際、その温湿度に室外の温湿度変動がどの程度影響しているのか、について検討するためである。以下、項目ごとにとりまとめて報告する。

なお、本試験を実施するにあたり、各種木材試験体を上述の研究会会員(ヨドプレ(株)および東亜林業(株))

より提供頂いた。ここに記して深謝する。

II 試験

1. デシケータ内における木材の存否と温湿度変動の関係

(1) 概要と目的

温度および相対湿度(以下湿度と略記)の制御が可能な環境試験室内にデシケータを設置し、デシケータ周囲(環境試験室)の温度を変動させる。この時、デシケータ内の温度が変動することによって湿度も変動する。そこで、吸脱湿材料である木材をデシケータ内に設置した場合、温湿度がどのように変動するか、また樹種ごとに変動傾向に差異が認められるかについて比較検討を行った。

(2) 材料と方法

デシケータ(内寸法：幅224×奥行200×高さ170mm)の内部を開放し、20℃・65%RHの環境試験室内に設置した。次いで、デシケータ内開放のまま試験体を設置し、20℃・65%RH環境下で調湿した。試験体は、表裏面(板目面)を露出させ、側面(木口面およびまさ目面)をシリコンゴムにより密封処理した、長さ20cm×幅10cm×厚さ2cmの樹種9体(スギ、ヒノキ、ホワイトウッド、ベイヒバ、ベイマツ(天然乾燥材・人工乾燥材)、レッドウッド、豪州ヒノキ、トチノキ)である。試験体の重量が平衡に達した後、デシケータを密閉し、試験を開始した(写真1)。なお、比較のために、試験体なし、および鋼材(長さ15cm×幅12cm×厚さ4.8cm)を設置したデシケータも設けた。



写真1 試験 II.1 風景

環境試験室内の温度制御条件については、春夏秋冬の気温を便宜的に想定し、24hr 周期 (20°C → (6hr 温度傾斜) → 35°C → (6hr 温度傾斜) → 20°C → (6hr 温度傾斜) → 5°C → (6hr 温度傾斜) → 20°C ···) で 5.5 日間繰り返した。なお、湿度は試験期間を通じて一定 (65%RH) に制御した。

デシケータ内外の温湿度は温湿度センサー (TR-72U、(株) ティアンドデイ) を用いて測定した。デシケータ上面に施したせん孔部からセンサーを挿入し、挿入部をシリコーンゴムにより密封処理している。

(3) 結果と考察

デシケータ内の温度は、試験体の有無および種類に関わらず、周囲(環境試験室)の温度変動に追随しており、試験体間での差異もほとんど認められなかった(図1上)。

一方、デシケータ内の湿度(図1下)は、鋼材設置および試験体なしの場合と木材を設置した場合で、明らかな違いが認められた。すなわち、木材を設置していない場合、デシケータ内の温度上昇に伴って湿度は低下し、デシケータ内の温度下降に伴って湿度は上昇した(図1上下)。すなわち、きわめて振幅の大きい湿度変動が認められた。これに対して、木材を設置した場合における湿度の挙動はやや異なり、温度の上昇、下降の時期と湿度の低下、上昇の時期にはずれが認められた。たとえば、デシケータ内の温度が上昇している時、鋼材および試験体なしでは湿度は低下し続けているが、木材を設置した場合の湿度は最初低下、その後漸増傾向にあることが見てとれる(図1下矢印1)。同様に、デシケータ内の温度が下降している時、鋼材および試験体なしでは湿度は上昇し続けているが、木材を設置した場合の湿度は最初上昇、その後漸減傾向にある(図1下矢印2)。これらのずれについては、以下のような理由が考えられる。すなわち、(相対)湿度とは、1) 大気中に実際に含まれている水蒸気量 (m) と、その大気その温度で含み得る最大限の水蒸気量 (m_0) との比 (m/m_0)、あるいは 2) 水蒸気圧 (p) と飽和水蒸気圧 (p_0) との比 (p/p_0)、を百分率で表したもの(5, 6)であることから、鋼材および試験体なしの場合、容器内に存在する水蒸気量がほぼ一定であるため、温度が変動すれば m_0 および p_0 が変動することによって、湿度も単純変動を繰り返していることが推察される。木材試験体を設置した場合も、たとえば周囲の温度が上昇している際の初期段階における湿度低下には、デシケータ内の温度上昇に伴う飽和水蒸気量 (m_0) の増大が関与しているものと考えられる。しかし、デシケータ内のさらなる温度上昇に伴って試験体の温度も徐々に上昇し、試験体から結合水が水蒸気となって徐々に放出され(すなわち m が増加し)、湿度が上昇に転じていることが推察される。また、デシケータ内の温度下降時も、

初期段階は飽和水蒸気量 (m_0) が減少することによって湿度は上昇するが、その後試験体の温度が徐々に低下し、デシケータ内の水蒸気が試験体に吸着され結合水となって(すなわち m が減少し)、湿度が低下に転じていることが推察される。

木材試験体の調湿性について樹種間での差異を見てみると、豪州ヒノキの湿度が他の樹種よりもやや高い位置で変動しているうえ、日ごとに最低・最高値も微増していることが見てとれる(図1下)。豪州ヒノキ(サイプレス、*Callitris* 属)は、シロアリや木材腐朽菌に対する高い忌避活性・生育阻害活性成分を備えているとされ(7, 8, 9, 10, 11)、調湿後においても独特の匂いを発散させていた。推測の域を出ないが、試験体の温度変動により、それらの成分が徐々にデシケータ内に揮発、充満していった結果、湿度もわずかながら高い位置へと推移していったのではなかろうか。その他の樹種については、試験前の湿度(65%RH)をベースに狭い範囲で変動を繰り返しており、概ね同様の傾向が認められた(図1下)。これらの結果、樹種間で多少の差異はあるものの、木材試験体の存在によりデシケータ内の湿度は良好に調整されていたと結論づけられる。

2. 環境の湿度変動に伴う木材の吸・脱湿性

(1) 概要と目的

たとえば生材を大気中に放置すると、水分を放出するので質量は減少するが、やがて一定値に達する。その状態では吸湿量と脱湿量とが等しいので、木材は水分平衡状態にあるといい、その時の含水率を平衡含水率と呼ぶ。木材の平衡含水率は周囲の温湿度によって定まり、材の種類にはよらない(12)。ただし、同一の平衡含水率状態にある木材でも、それぞれの含有水分量は大きく異なる。そこで、温湿度の制御が可能な恒温恒湿器内に木材を設置し、湿度を変動させた際における重量の経時変化を追跡し、経過期間と吸・脱湿重量の関係や、密度と吸・脱湿重量の関係について検討を行った。



写真2 試験 II.2 風景

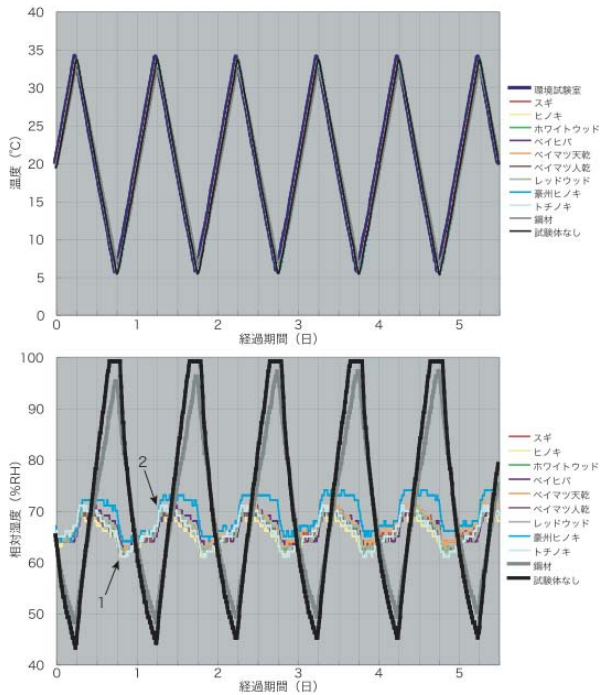


図1 デシケーター内の温湿度変動
上：温度、下：湿度。

(2) 材料と方法

恒温恒湿器内に木材試験体を設置（写真2）し、20℃・65%RH（木材の平衡含水率12%）環境下で調湿した。設置した木材試験体は、表裏面（板目面）を露出させ、側面（木口面およびまさ目面）をシリコンゴムにより密

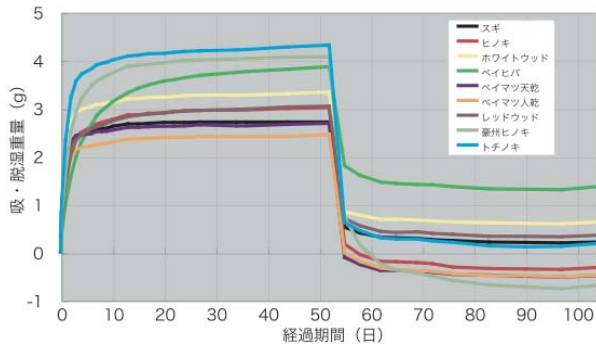


図2 吸・脱湿重量変化（10cm×10cm×1cm厚）

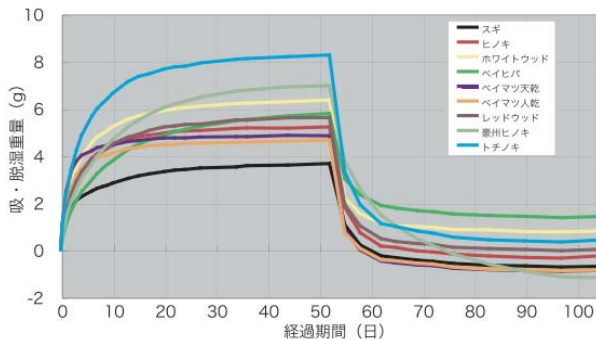


図3 吸・脱湿重量変化（10cm×10cm×2cm厚）

封処理した長さ10cm×幅10cm×厚さ1cmないし2cmの8樹種18体（スギ、ヒノキ、ホワイトウッド、ベイヒバ、ベイマツ（天然乾燥材・人工乾燥材）、レッドウッド、豪州ヒノキ、トチノキ）である。

試験体の重量が平衡に達した際、気乾密度を求めた後、器内の制御値を20℃・92%RH（木材の平衡含水率22%）に変更し、吸湿重量の経時変化を測定した。52日後、器内の制御値を20℃・65%RHに変更し、試験体の脱湿重量の経時変化を測定した（52日間）。

(3) 結果と考察

恒温恒湿器内の湿度を65%RHから92%RHに変更した直後から、各試験体の重量はすみやかに増加する傾向にあった（図2、3）。同様に、湿度を92%RHから65%RHに変更した直後から、各試験体の重量はすみやかに減少

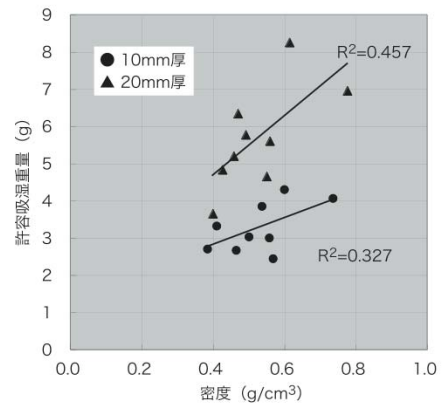


図4 気乾密度と許容吸湿重量の関係

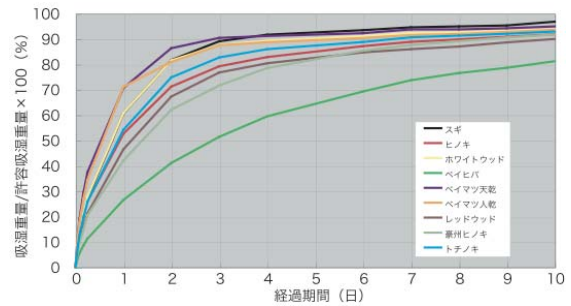


図5 許容吸湿重量に対する吸湿重量の割合（10cm×10cm×1cm厚）

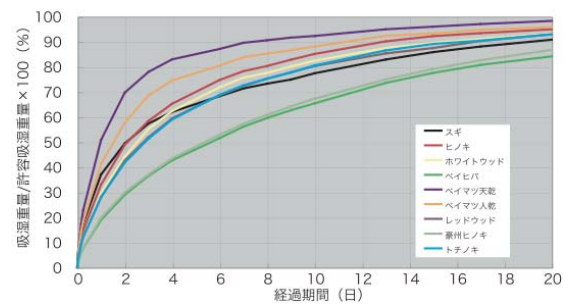


図6 許容吸湿重量に対する吸湿重量の割合（10cm×10cm×2cm厚）

する傾向にあった（図 2、3）。つまり、いずれの木材試験体も周囲の湿度変動に敏感に反応し、表層においてはすみやかに水分が吸着・放出されていることがうかがえた。湿度を変更してから数日後以降の吸・脱湿重量には個体差が認められるが、これは主として細胞壁実質量が多いほど、すなわち密度あるいは厚みが多いほど、吸着・放出される水分量も増加するためであると考えられる。92%RH に湿度を変更してから 52 日後、すなわちほぼ平衡含水率状態に達した際の吸湿重量（以下許容吸湿重量と略記）と気乾密度の関係を図 4 に示す。両者の間には正の相関関係が認められ、また、厚みの大きい木材ほど許容吸湿重量も大きい傾向にある。なお、吸・脱湿重量の個体差には、上述のほか、試験体の製材木取り（たとえば露出面の相違による透湿率の違い⁽¹³⁾）や組織構造的な種間差も関与しているものと推察される。

許容吸湿重量に対して、経過期間ごとにどの程度の割合で吸湿重量が増加していたかについて見ると、1cm 厚の試験体（図 5）では、1 体（ベイヒバ）を除いて、2～5 日が経過した段階で吸湿重量が許容吸湿重量の 80% を超え、ほぼ収束に向かっていることがうかがえた。また、2cm 厚の試験体（図 6）では、2 体（ベイヒバおよび豪州ヒノキ）を除いて、4～12 日が経過した段階で同じく 80% を超え、収束に向かっていることがうかがえた。既往の知見では、調湿に有効な木材の厚さとして、表 1 のような結果が報告されている⁽¹⁴⁾。表裏面を露出させた 1cm 厚の試験体では、両面からそれぞれ 5mm 内部までを有効な厚さと考えると、3 日程度で厚さ 5.2mm までが吸・脱湿に有効に機能するという知見（表 1）と今回の結果（図 5）は概ね一致している。同様に、2cm 厚の試験体では、両面からそれぞれ 1cm 内部までを有効な厚さと考えると、10 日程度で厚さ 9.5mm までが吸・脱湿に有効に機能するという知見（表 1）と今回の結果（図 6）は概ね一致している。なお、ベイヒバ 2 体および豪州ヒノキ 1 体において、吸湿重量が他と比較して緩やかに増加していたことについては、樹種特性によるものか、その他の原因によるものか、詳細は明らかでない。

平衡含水率が 10% 高くなる（12%→22%）環境下において、許容吸湿重量は 10×10×1cm 厚の試験体で 2.4～4.3g、10×10×2cm 厚の試験体で 3.7～8.3g の範囲にあつ

た（図 2、3）。この結果から、たとえば 6 帖一間（2.7×3.6m）に高さ 1m の腰壁を設置した場合、その木材露出面積は 12.6m² であるため、含水率が 12% から 22% に平衡しようとする際、1cm 厚で約 3.0～5.4kg、2cm 厚で 4.7～10.5kg の水分が吸着可能と試算された。

既往の知見によると、日変動レベルではごく表層のみが調湿に寄与するとされ（表 1）、今回の試験の結果、樹種間で多少の差異は認められるものの、吸・脱湿は湿度変更直後から比較的すみやかに行われていることがわかった（図 2、3）。したがって、湿度の日変動や急激な湿度変動の抑制には、薄板を大量に使用（面的に多用）した方が、厚板を少量使用するよりも効果的であると考えられた。一方、梅雨期や夏の多湿期など、長期間にわたって湿度の上昇を抑制する必要がある場合には、密度が大きく、かつ厚みのある木材ほどキャパシティ（すなわち許容吸湿重量）が大となり、より効果的であると考えられた。

3. 木材の熱伝導率

(1) 概要と目的

物質内に温度差があると温度の高い部分から低い部分へ熱移動がおこる。熱伝導率とは、厚さ 1m の板の両面に 1K の温度差がある時、その板の面積 1m² の面を通して 1s の間に流れる熱量のこと⁽¹⁵⁾であり、熱移動のおこりやすさを表す係数である。すなわち図 7 において、面 A

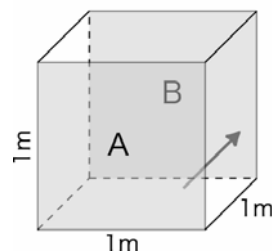


図 7 熱伝導率模式



写真 3 試験 II.3 風景

表 1 調湿に有効な木材の厚さ⁽¹⁴⁾

温湿度変化の周期	有効な木材の厚さ
1日	3mm
3日	5.2mm
10日	9.5mm
1ヶ月	16.4mm
1年	57.3mm

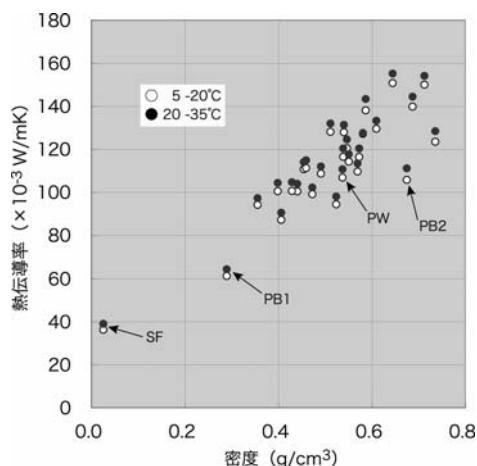


図8 気乾密度と熱伝導率の関係

SF：スタイロフォーム、PB1・2：パーティクルボード、PW：合板、その他は無垢材15樹種24個体。

と面Bの温度差が1°C (1K) の時、1s間に1m移動する(A→B)熱量が熱伝導率である。熱伝導率が大きいほど、熱が伝わりやすく、断熱性が低い。逆に熱伝導率が小さいほど、熱が伝わりにくく、断熱性が高い。

本項目では、木材ほか十数種の熱伝導率を測定し、樹種間での比較、および他の素材との比較を行った。

(2) 材料と方法

20°C・65%RH環境下で平衡重量に達した試験体について、気乾密度を求めた後、熱伝導率測定装置(HC-074、英弘精機(株)、写真3)に設置し、上面温度5°C-下面温度20°C、および上面温度20°C-下面温度35°Cに設定した時の熱伝導率を測定した。

試験体は、すべての面を露出させた長さ(軸方向)20cm×幅(接線方向)20cm×厚さ(半径方向)1~3cmの木材

表2 物質の熱伝導率(15)

銀	428000
銅	403000
金	319000
アルミニウム	236000
鉄	83500
白金	72000
水晶	9300
コンクリート	1000
ガラス(ソーダ)	550-750
水	561
ポリスチレン	80-120
紙	60
羊毛	40
ガラスウール	40
空気	24.1

(×10⁻³・W/mK)

ほか18種28個体(無垢材15樹種(スギ、ヒノキ、ホウイットウッド、ベイヒバ、ベイマツ(天然乾燥材・人工乾燥材)、レッドウッド、豪州ヒノキ、トチノキ、ハックベリー、シカモア、ウォルナット、ブナ、ホワイットアッシュ、ミズナラ、クリ)24個体、ラワン合板1個体、パーティクルボード(密度小・大各1個体)、スタイロフォーム1個体)とした。

(3) 結果と考察

測定結果を気乾密度と熱伝導率の関係とし、一括して図8に示す。これによれば、種類を問わず、密度の大きい試験体ほど熱伝導率が大きい傾向にあった。すなわち、密度の大きい試験体ほど断熱性が低いということになる。なお、すべての試験体について、上下面の温度設定が高い条件(20°C-35°C、図8の●)の方が低い条件(5°C-20°C、図8の○)よりも熱伝導率がやや大きかった。したがって、同じ素材であれば、たとえば夏季の環境(室外35°C-室内20°C)の方が冬季の環境(室外5°C-室内20°C)よりも断熱性が幾分低いことが推察される。

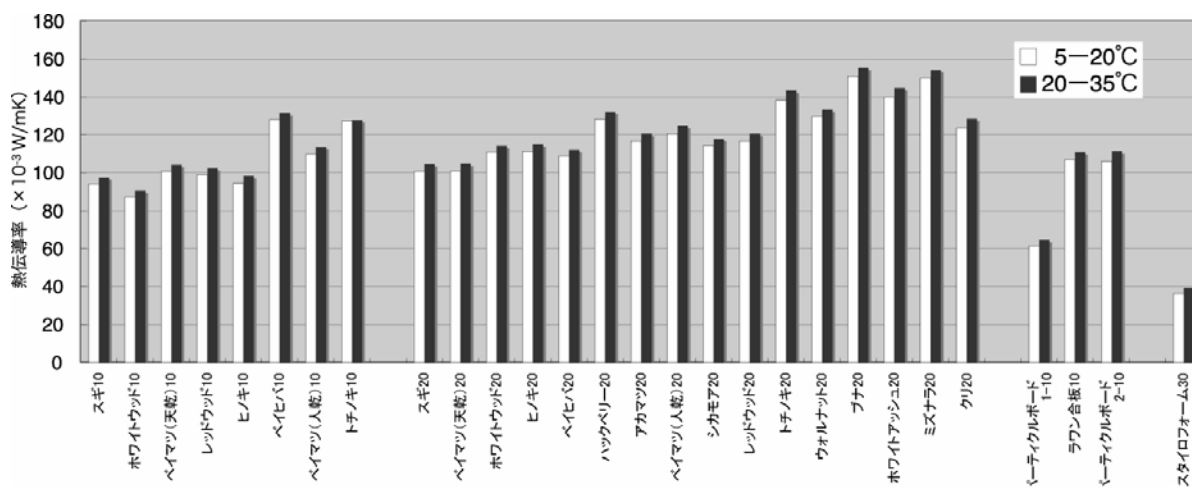


図9 熱伝導率

試験体名(図のX軸)の○○10、△△20といった数値は試験体の厚さ(mm)を示している。10mm厚8種、20mm厚16種、パーティクルボード・ラワン合板3種のそれぞれについては、図の左から右へと密度小から密度大の順に列記した。

試験体ごとの熱伝導率測定結果を図9に示す。無垢材15樹種24個体の熱伝導率は約90~160 ($\times 10^{-3} \cdot \text{W/mK}$)の範囲にあり、ラワン合板も約110 ($\times 10^{-3} \cdot \text{W/mK}$)とその範囲内にあった。パーティクルボードは密度の大小で熱伝導率が明らかに異なっており(図8、9)、密度を制御すれば、目標とする熱伝導率を備えた製品の製造が可能であることがうかがえた。

これらの結果をもとに、木材の断熱性について樹種間で比較すると、熱伝導率の小さい、すなわち密度の小さい樹種の方が断熱性が高い傾向にあることになる。ただし、一般的な物質の熱伝導率(表2(15))と比較した場合、木材試験体の熱伝導率(図8、9)は金属材料やコンクリートなどよりもきわめて小さい。熱伝導率が小さいということは、たとえば人が触れた際、急激な熱移動が起こりにくいため、木材は触感を快適に保つための環境づくりに有効な材料であるといえる。

なお、実際の物体の熱しにくさ、冷めにくさを評価する際には熱容量が用いられる(16)。熱容量は、ある物質の温度を1°C(1K)上げるのに要する熱量(5、16)のことであり、熱容量(J/K) = 比熱(J/gK) × 密度(g/cm³) × 体積(cm³)で求められる(ここで比熱とはある物質1gの温度を1°C(1K)だけ高めるのに要する熱量(5、16))。木材は金属やコンクリートよりも熱伝導率が小さく、比熱が大きい材料である一方、金属やコンクリートよりも密度が明らかに小さく、その結果、熱容量としてはコンクリート造の1/7~1/10程度であるとされている(3)。したがって、実際に壁材料や床材料として木材の熱容量、いわゆる蓄熱能力を高める(熱しにくく、冷めにくくする)ためには、体積を増して利用すること、すなわち厚み的な多用が有効であると考えられる。

4. 木材容器内の温湿度変動

(1) 概要と目的

温湿度の制御が可能な環境試験室内に異なる素材からなる試験体(ボックス)を設置し、ボックス周囲(環境試験室)の温湿度を変動させた時、ボックス内の温湿度がどのように変動するかについて比較検討した。

(2) 材料と方法

環境試験室内にボックスを設置し、内部を開放した状態で、20°C・65%RH環境下で調湿した(写真4上)。設置したボックスは、デシケータ(プラスチック製)、スギ2体(厚み30mm)、スタイロフォーム(厚み30mm)の計4個体である。すべての内寸法はデシケータの内寸法、すなわち幅224mm×奥行200mm×高さ170mmに統一した。ボックス内外の温湿度測定には温湿度センサー(TR-72U、(株)ティアンドデイ)を用いた。ボックス内へのセンサーの挿入方法はII.1と同様である。スギ2体の重量が平衡状態に達した後、すべてのボックスの蓋を閉じ(写



写真4 試験II.4風景
左からデシケータ、スギ1、スギ2、スタイロフォーム。

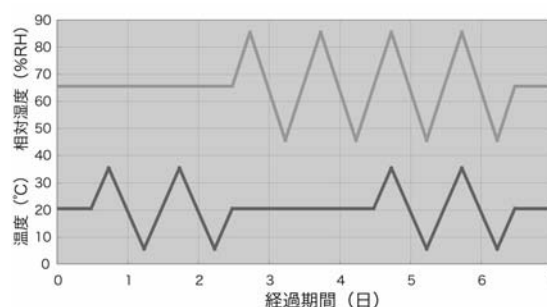


図10 環境試験室の温湿度設定条件

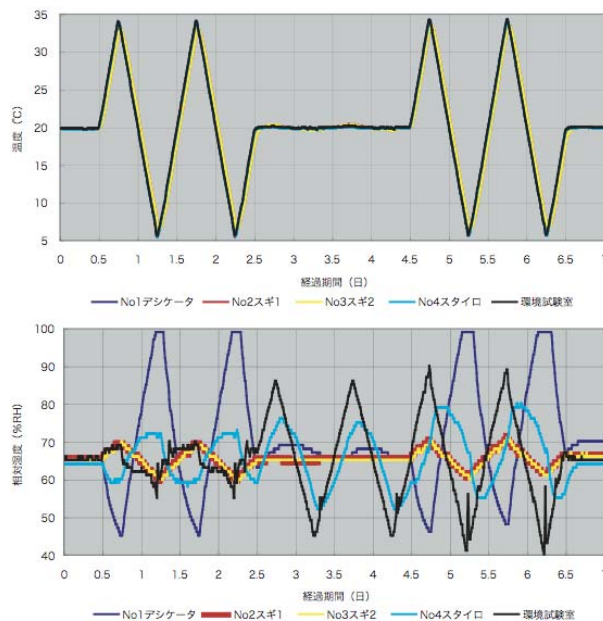


図11 各種ボックス内外の温湿度変動

表3 ボックス試験まとめ(湿度)

	デシケータ	スギ1	スギ2	スタイロフォーム	環境試験室
平均(%RH)	71.0	64.8	65.0	65.9	65.1
標準偏差(%RH)	14.9	2.3	2.3	7.5	10.6
変動係数(%)	21.0	3.6	3.6	11.4	16.3

真4下)、スギおよびスタイロフォームについてはすべての接合部に表面からシリコンゴムを塗布し、密封処理を施した。

環境試験室の温湿度設定スケジュールを図10に示す。湿度一定で温度変動(0.5~2.5日)、温度一定で湿度変動(2.5~4.5日)、そして温度、湿度ともに変動(4.5~6.5日)の期間を設定することにより、さまざまな温湿度環境下におかれたボックス内における温湿度の経時変化を追跡した。

(3) 結果と考察

ボックス内外における温湿度の変動結果を図11に示す。

本試験ではスギおよびスタイロフォームのボックス壁厚を30mmとしたが、温度については、ボックス周囲(環境試験室)の温度に追従するように各ボックス内の温度も変動しており、ボックス間での差異はほとんど認められなかった(図11上)。したがって、ボックス内における温度変動を抑制するためには、II.3で考察したように、熱容量をより高める必要があること、すなわち壁厚をさらに増す必要があることが推察された。

一方、湿度については、デシケータが周囲の温度変動に伴ってきわめて大きく変動しており(その考察はII.1参照)、次いでスタイロフォームの変動が大きいようになりうかがえた(図11下)。これに対し、スギ1、2の湿度は明らかにわずかな挙動範囲にあり(図11下)、とくに温度一定で周囲の湿度のみを変動させた際には、ほとんどその影響を受けていなかった(図11の2.5~4.5日)。これは、スギ材の表層のみが水分を吸着・放出し、湿気がボックス内部まで及んでいないこと、すなわち日変動レベルではごく表層のみが吸・脱湿に寄与する(表1)ことを裏付けている。

試験期間中(図11の0.5~6.5日)の平均湿度、標準偏差および変動係数を表3に示す。スギ1、2のばらつきが他のボックスと比較して著しく小さく、高い調湿機能を発揮していたことが明らかとなった。

III おわりに

木材の調湿性能や断熱性能等の数値的データを蓄積し、今後の木材利用促進に向けての一層の普及啓発に役立てることを目的に、4項目の試験を設定、実施した。得られた結果を項目ごとに要約すると以下ようになる。

1. デシケータ周囲(環境試験室)において、春夏秋冬の気温を便宜的に24hr周期で再現させ、デシケータ内の温湿度変動を追跡した。デシケータ内に試験体を設置しなかった場合および鋼材を設置した場合、湿度が大きく変動したのに対し、木材を設置した場合は、樹種間で多少の差異は認められたものの、60%RH強~70%

RH強の湿度が維持されていた。

2. 木材試験体を20°C・65%RH環境下(平衡含水率12%)から20°C・92%RH環境下(平衡含水率22%)に置換し、52日間経過させた後、20°C・65%RH環境下に再度置換し、52日間経過させ、吸・脱湿重量の経時変化を追跡した。湿度を上昇・低下させた直後から、各試験体の重量はすみやかに増加・減少する傾向にあった。密度と吸湿重量の間には正の相関関係が認められた。平衡含水率が10%増加する環境下において、10×10×1cm厚の試験体で2.4~4.3g、10×10×2cm厚の試験体で3.7~8.3gの吸湿重量を認めた。この結果から、たとえば6帖一間の周囲に高さ1mの腰壁を設置した場合、厚み1cmで約3.0~5.4kg、厚み2cmで4.7~10.5kgの水分が吸着可能と試算された。

3. 無垢材15樹種24個体の熱伝導率は約90~160($\times 10^{-3} \cdot W/mK$)の範囲にあった。熱伝導率は密度と正の相関関係にあり、密度の小さい樹種の方が断熱性が高い傾向にあった。

4. 環境試験室内にボックス(デシケータ、スギ、スタイロフォーム)を設置し、周囲の温湿度を変動させた時の、ボックス内における温湿度の経時変化を追跡した。ボックスの種類を問わず、内部の温度は周囲の温度変動に概ね追従していた。一方、ボックス内の湿度は、スギのみ試験期間を通じてわずかな挙動範囲にあり、きわめて高い調湿機能を発揮していることが確認された。

以上、4項目をさらにまとめると、

- ① 木材表面の露出面積が大きいほど、湿度の日変動や急激な湿度変動の抑制に効果がある。
- ② 梅雨期や夏の多湿期など、長期間にわたって湿度の上昇を抑制する必要がある場合には、密度が大きく、かつ厚みのある木材ほど許容できる吸湿重量が増加する。
- ③ 厚みのある木材を使うほど、熱容量、ひいては断熱効果が高まる。
- ④ 木材を面積的にも体積的にも多用することは、より快適な温湿度環境を保つことにつながる。

引用文献

- (1) 岡野 健ほか8名編(1995)“木材居住環境ハンドブック”, 朝倉書店, 東京, 488pp.
- (2) 有馬孝禮編著(1998)“木材は環境と健康を守る”, 産調出版, 東京, 209pp.
- (3) 日本木材学会編(1999)“解説木と健康・解説地球環境問題と木材-木材利用推進マニュアル”, (財)日本木材総合情報センター, 東京, 41pp.
- (4) 兵庫県, ひょうごの木造・木質化作戦, <http://we>

- b.pref.hyogo.jp/af13/af13_000000015.html (2007/10/24) .
- (5) 新村 出編 (1991) “広辞苑第四版”, 岩波書店, 東京, 2858pp.
- (6) 久保亮五ほか3名編 (1987) “岩波理化学辞典第4版”, 岩波書店, 東京, 1629pp.
- (7) 平林沙智子ほか4名 (2002) 第52回日本木材学会大会研究発表要旨集, 岐阜, p. 377 (P30945) .
- (8) 渡辺泰高, 光永 徹, 吉村 剛 (2003) 第53回日本木材学会大会研究発表要旨集, 福岡, p. 394 (P231000) .
- (9) 村雲 功, 光永 徹 (2003) 第53回日本木材学会大会研究発表要旨集, 福岡, p. 395 (P231015) .
- (10) 渡辺泰高, 光永 徹, 吉村 剛 (2004) 第54回日本木材学会大会研究発表要旨集, 札幌, p. 353 (P31530) .
- (11) 渡辺泰高 (2005) “ホワイトサイプレス (*Callitris glaucophylla*) 心材抽出物の生物活性”, 三重大学大学院生物資源学研究科学位 (博士) 論文題目・要旨 (pdf), <http://www.bio.mie-u.ac.jp/database/dthesis-list.html> (2007/10/24) .
- (12) 岡野 健 (1985) “木材の物理”, 伏谷賢美ほか8名共著, 文永堂出版, 東京, pp. 21-27.
- (13) 土川忠浩 (2004) ウッドヘッド16, 10-13.
- (14) 岡野 健 (1987) “木質環境の科学”, 山田 正編, 海青社, 大津, pp. 295-312.
- (15) 国立天文台編 (2005) “理科年表平成18年 (机上版)”, 丸善, 東京, 1022pp.
- (16) 都筑卓司 (1993) “なっとくする熱力学”, 講談社, 東京, 281pp.