

木材の吸湿熱

Heat of sorption of wood

大野亮*・高橋佑季*・田村沙織**・松本年史**

Ryo OHNO, Yuki TAKAHASI, Saori TAMURA and Tosifumi MATSUMOTO

要旨

ブナ、さわら、けやき、チークの 4 種の木材を試料として絶乾状態からの吸湿発熱現象を測定した。木材表面近傍は吸湿箱全体の湿度より 20%RH 小さく、木材の吸湿による湿度勾配が生じた。吸湿による温度上昇はブナ 3.3℃、チーク 2.3℃であり、この温度はほぼ発熱量に比例しているとみられる。また、木材の温度上昇に比べ、綿繊維のそれは 12.5℃と大きいのが、両者の化学成分の違い、即ち親水性基の量に依存するとみられる。

1 目 的

木材は大気温湿度の変動を受けて吸放湿する。吸湿は、木材を構成するセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどの分子にある水酸基-OH などの親水性基と水が結合する化学反応であり、反応熱を発生する。放湿はそれとは反対の吸熱反応である。

繊維ではヒートテックのような吸湿発熱素材が話題となっているが、木材は燃料としての発熱量¹⁾は検討されているが、吸湿熱のような微小な量は未だに検討されていない。繊維や木材のほかに畳材、紙類なども吸湿発熱する素材であり、快適な生活環境を形成するには吸湿熱のような微小な変化も知っておく必要がある。

綿セルロースの吸湿熱の研究²⁾に続き、本研究は木材の吸湿発熱現象を明らかにする目的で行った。

2 実 験

2-1 試料

木材試料は表札用などの市販品で、樹種はブナ、さわら、けやき、チークの 4 種を購入して使用した。樹種の選定は特別の意味はなく、今後も多数の樹種で実験を継続する予定である。吸湿熱の測定には乾燥試料が必要なため、真空恒温乾燥機で室温から 1 日に 10℃の速度で 7 日間昇温したのち、100℃で 1 週間以上真空乾燥して絶乾（あるいは全乾）試料とした。木材の大きさは幅 5cmX 長さ 20cmX 厚さ 5mm であった。厚さが問題であり、厚いと表面の発熱しか測定できないので 5mm とした。

2-2 測定

測定は温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $40 \pm 3\% \text{RH}$ に制御された恒温恒湿室で行った。

装置は綿セルロースに用いたものと基本的に同じで、図 1 に示した。たて 25cm、よこ 45cm、奥行き 30cm の吸湿箱の底に 1cm の深さで水を張った。そこに高さ 15cm の棚を設け、さらに高さ 2cm の針状の台を置いた。この状態で 3 日以上放置すると、吸湿箱内は 23℃、

*家政学部被服学科

**家政学部建築・デザイン学科

95%RH (誤差 $\pm 5\%$ RH) の定常状態となった。箱内の温湿度は、木材と同じ高さで佐藤計量器 MFG の MODEL PC-500B で測定した。

絶乾木材の重量を測定したのち、ビニール袋に封入して湿気を遮断した状態で約 20 分間放置して恒温恒湿室の温度と同じにした。そののち、試料をビニール袋から取り出し、調湿された吸湿箱に静置して温湿度の変化を測定した。試料温度は 2 枚の重ねた木材の間と表面の 2 か所で測定した。2 枚の木材間の温度 (これを材間温度と呼ぶ) は安立計器 (株) 製熱電対温度計 AM-8010E³⁾ で測定し、誤差は $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ であった。木材表面の温湿度は KN ラボラトリーズ社のボタン型温湿度ロガー-ハイグロクロン⁴⁾ で測定し、温度の精度 0.1°C 、湿度の精度 1% RH、測定間隔 10 秒であった。ハイグロクロンは木材上に置かれ、温度は木材の表面温度を示す (これを表面温度と呼ぶ)。湿度はセンサー部が約 5mm 上にあって、木材表面から 5mm 付近の湿度を示している。結果から判断すると温度は熱電対温度計が正確で、湿度はハイグロクロンが正確であった。

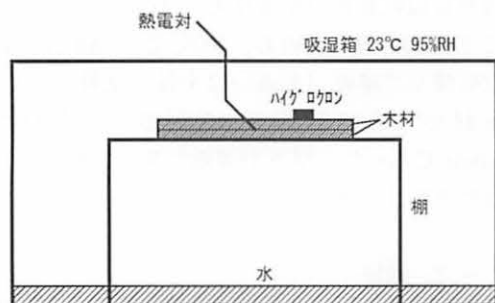


図1 測定設備

3 結果と検討

図2にブナの温湿度変化の全体像を、図3に温度のみを拡大表示した。

図2の結果は上の曲線がハイグロクロンによる湿度で、1500秒 (=25分) 以前は測定前で恒温恒湿室の湿度を示している。この部屋の湿

度は40%RHに制御されているが、ハイグロクロンは43～45%RHを示し、場所によって均一ではないとみられる。この変動は実験結果に影響を与えないため重要ではない。1500秒以後に木材試料が調湿箱に入れられて、木材表面の湿度は70%RHまで急増し、一旦68%RHまで減少したのち、76%RHまで単調に増加している。この間吸湿箱の温湿度は 23°C 、95%RHと一定である。吸湿箱全体と木材表面の湿度の差は、木材が吸湿して表面の湿度が減少しても、湿気の補給は自然蒸発によるため、また箱内の気流がないため約20%RHの湿度差、いかえると表面付近の湿度勾配が生まれたと考えられる。

図3は太線がブナの表面温度で、細線が材間温度である。吸湿する前の表面温度は 22.6°C 、材間温度は 22.3°C で、 0.3°C の差がある。両者の差が測定部位あるいは温度センサーによる違いなのか、部屋温度と同じにする放置時間の影響なのか不明である。吸湿すると材間温度は急激に上昇して約290秒後に 25.6°C の最高温度に達したのち、ゆっくり放冷して 24.2°C に至る。表面温度はそれよりゆっくり上昇して約700秒後に 25.6°C の最高温度に達したのち、ゆっくり放冷して 24.4°C に至る。到達最高温度は材間、表面ともに 25.6°C と同じであった。このような温湿度の変化は4つの樹種に共通してみられた。

材間温度と表面温度の差は、本来は水分子が浸透する時間によって表面が先に吸湿発熱して昇温するはずであるが、結果は逆である。温度センサーの熱容量などの影響を受けたと考えられる。即ち、材間温度の熱電対センサーは熱容量が小さいため、温度変化を精確にとらえるが、表面温度のハイグロクロンは熱容量が大きいため時間遅れが大きく不正確とみられる。

図4は4種の材間温度をまとめて表示した。吸湿で温度が急上昇し、最高温に達した後、ゆっくりと放冷する変化は4種とも類似し、最

木材の吸湿熱

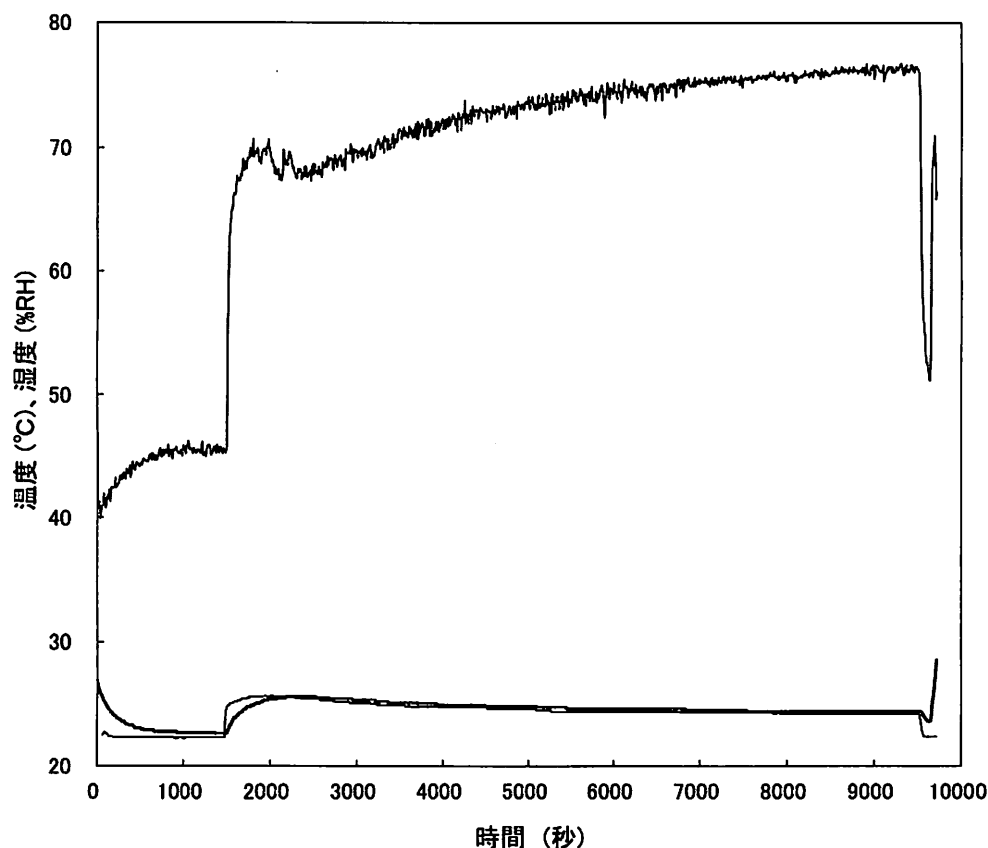


図 2 絶乾状態のブナ材を 95%RH 環境下に静置したときの温度・湿度の変化

上の曲線：木材表面から 5mm の湿度 %RH

下の曲線：木材表面温度（太線）と木材間温度（細線）

高温が異なるだけである。吸湿前の温度と最高温の差はブナ 3.3℃、さわら 3.0℃、けやき 2.6℃、チーク 2.3℃であった。絶乾木材の比熱¹⁾は樹種によらず 293° K で 1.210J/g であることから、この上昇温度はほぼ発熱量に比例しているといえる。もちろん、正しい発熱量は断熱熱量計による測定、あるいは今回の実験では発熱と放熱の数量的な検討によらなければならず、上昇した温度は二次的な指標である。しかし、発熱繊維では吸湿水分量（および発熱量）と上昇温度が正比例する⁵⁾ことが確認されているため、上昇温度の順に発熱量が大きいといえ

る。含水率を測定して検討すればよいが、今回はそこまで測定できなかった。

以上の結果を綿セルロースと較べると、約 2.5 時間の測定では木材の吸湿発熱は綿より著しく小さい。ブナの場合、含水率（＝水分率、吸湿前後の重量変化から求めた）にして 0.56% 吸湿して 3℃の昇温である。綿は含水率 6.64% 吸湿して 12.5℃の昇温であった。比熱をみると木材は 1.210J/g、綿は 1.45J/g であり、両者は大きく違わないため、比熱が原因ではない。原因の一つは、化学成分の違いによるとみられる。

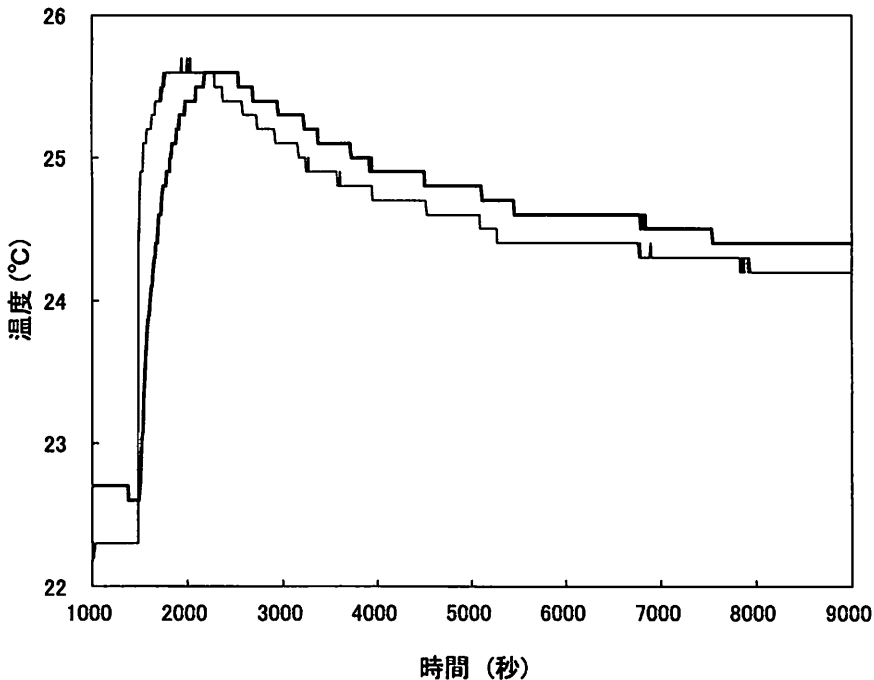


図 3 ブナ材の吸湿による温度変化 太線：表面温度、細線：木材間温度

綿セルロースはセルロース 100% であるのに対して、木材はセルロース・ヘミセルロース・リグニンその他の複合体⁶⁾である。それらに含まれる水酸基の量は精製セルロースが最も多いとみられる。二つは、微細な綿繊維と細胞膜の集合体である乾燥木材では水の浸透・拡散の仕方が全く異なることである。これらの数量的な検討を行えば、水酸基の数に基づく統一的な説明が可能になるとみられる。

4 まとめ

衣料の吸湿発熱繊維が話題をよんでいるが、親水性基をもつ素材は多かれ少なかれ吸湿発熱する。そこでブナ、さわら、けやき、チークの 4 種の木材を試料として絶乾状態から 95%RH の環境に置いたときの吸湿発熱を測定し、その量を検討した。

①水分の補給が自然蒸発のみで、気流のないときは、木材表面から 5mm の位置の湿度は吸湿箱全体の湿度より 20%RH 減少して湿度勾配が生じた。

②吸湿による温度上昇はブナが最大で 3.3℃、チークが最小で 2.3℃であった。木材の比熱は樹種によらないため、この上昇温度はほぼ発熱量に比例しているとみられる。

③ブナの温度上昇は 3.3℃、綿のそれは 12.5℃であるが、両者の化学成分の違い、即ち親水性基の量に依存しているとみられる。

引用文献

- 1) 高橋徹、中山義男編：「木材科学講座 3 物理 第 2 版」、海青社、1995、p.45.
- 2) 田中由里子、大野亮：家政学部紀要、58, 45 (2012)

木材の吸湿熱

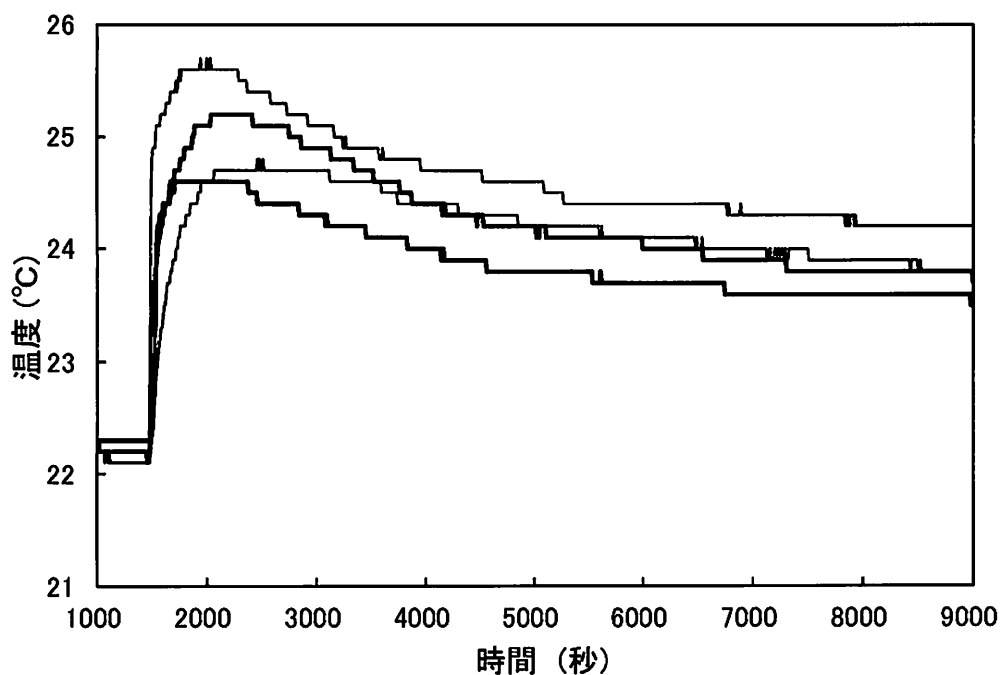


図 4 4 種の木材の吸湿による木材間温度の変化

上から 1 細線：ぶな、2 太線：さわら、3 細線：けやき、4 太線：チーク

3) 「温度計測器総合カタログ」、安立計器(株)、2011、p.125.

4) 「温湿度ロガー ハイグロクロン」説明書、KN ラボラトリーズ。

5) W.E.Morton and J.W.S.Hearle: "Physical

Properties of Textile Fibers", The Textile Institute, Heinemann, London, 1975, p.182.

6) 城代進、鮫島一彦編：「木材科学講座 4 化学」、海青社、1993、p.33.