

木毛材の熱伝導特性について

小林 定教¹⁾, 寺久保 匡志²⁾

¹⁾島根大学総合理工学部 材料プロセス工学科

²⁾大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻

Thermal conduction characteristics of excelsior

Sadanori KOBAYASHI¹⁾ and Masayuki TERAOKUBO²⁾

¹⁾ Department of Natural Resources Process Engineering,

Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

²⁾ Department of Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University

Abstract

Because wood possesses a relatively low thermal conductivity as well as moisture properties, an assembly of fine wood chips fully capable of serving as a thermal insulation. In order to study the possible utilization of wood as a recyclable thermal insulating material, tests were performed on the thermal conductivity of excelsior, which is an aggregate form of plywood that is cut into ribbon shapes.

The results of this study revealed that excelsior provides a relatively low thermal conductivity inspite of its cross-sectional area that is larger than that of fiber materials such as glass wool. In order to utilize excelsior as a thermal insulating materials, further studies must be conducted on construction methods, including appropriate excelsior dimension and countermeasures against its flammable properties.

1. はじめに

木材は、熱伝導率が比較的小さく、かつ調湿能力を有する建築材料である。その細小木片の集合体は、断熱材としての可能性を十分持っており、環境循環型の断熱材としての活用が考えられる。本研究の目的は、木毛材系の熱・湿気特性を活かした断熱材の開発と、その特性の測定法の開発にある。本研究では、木毛材として、極く薄い板をリボン状に切断した木毛片の集合体を用い、その熱伝導特性について実験・検討したところを報告する。

2. 木毛材について

木毛材は、極く薄い板をリボン状に切断した木毛片の無秩序な集合体である。本研究では極く薄い板として市販のうす板と経木を採用した。

- a)うす板：表面が滑らかなスライドベニアで地松を繊維方向に沿って厚さ0.17mmに削ったもの
- b)経木：表面がやや粗いロータリーベニアで赤松の丸

太を回転させながら厚さ0.3mmに削ったもの
木毛材の寸法は下記の5種類である。

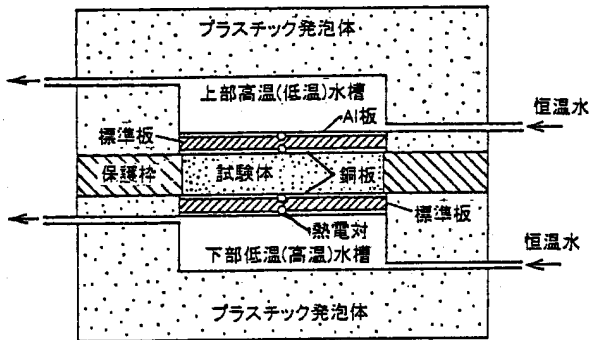
- a)うす板木毛(3種類：ヨコ×タテ×長さ)
0.3 (0.5, 1.0) mm × 0.17mm × 50mm
- b)経木木毛(2種類)
0.5 (1.0) mm × 0.3mm × 50mm

3. 実験装置、実験方法ならびに試験体

3.1 実験装置、実験方法

建築材料の熱伝導率の測定法としては、一般に、JISに規定されている平板直接法(二枚法)、平板比較法をはじめ、較正熱箱法(CHB法)などが採用されている。

実験装置は、図1のように、平板比較法(標準板2枚型)を採用した。標準板は厚さ10.48mm(30cm × 30cm)のシリコン板($\lambda = 0.000023 \theta + 0.220659W/m \cdot K$, θ は標準板平均温度)を用い、試験体の上下に設置している。各表面温度は熱電対(Tタイプ 0.05mm ϕ)を用い、



その起電力をミリボルト計(TR6841,分解能 $0.1 \mu\text{V}$)により測定した。

なお、上記標準板の熱伝導率は、平板直接法(二枚法)により測定した値である。

実験に際しては、実験室内気温を 25°C に制御し、上下面の水槽温度は、恒温水槽から上部、下部の水槽(図1)に恒温水(高温・低温)を送水することにより制御する。

3.2 試験体ならびにその表面温度

試験体は、プラスチック発泡板(厚さ 32mm)を削り貫いて作製した保護枠(内法 $296\text{mm} \times 296\text{mm}$)の中に木毛材を入れ、その上下を銅板(厚さ 2mm)で挟んだものである。

試験体は固体(木毛材)と空気の混合体であり、嵩比重も位置により異なることが予測されるため、本研究では銅板表面温度を試験体表面温度とする。木毛材の見掛けの密度 0.03174g/cm^3 は各試験体とも同一で、その見掛けの空隙率はうす板の場合 92% 、経木の場合 93.3% である。なお、試験体は下記の実験毎に木毛材を詰め替えたが、詰め替えによる熱伝導率への顕著な影響はみられなかった。

3.3 熱流方向ならびに温度条件

実験は、上向き熱流時、下向き熱流時とも、高温面および低温面の恒温水槽の温度差を 20°C とし、高温、低温面温度をそれぞれ 5°C 間隔で5段階に変化させて行った。低温面の最低温度は、表面結露を危惧して 15°C とした。

3.4 実験条件

前述したように、木毛材は木毛と空気の混合体であるため、熱伝導率を構成する伝熱因子は、伝導・対流・放射の全てを包含している。その熱伝導率は、木毛材の配列とその接触面積の大小によっても当然異なるが、本試料は主に水平方向に無秩序に配置されたものである。

実験は、試験体を挟んだ銅板内表面の放射条件と熱流方向の組み合わせ4通りについて行った。

実験1：上下面共黒色塗装($\epsilon \approx 0.95$)仕上げ

実験1a：上向き熱流時

実験1b：下向き熱流時

実験2：上下面共Al箔($\epsilon \approx 0.05$)仕上げ

実験2a：上向き熱流時

実験2b：下向き熱流時

なお、試験体は 50°C の環境下において6時間以上乾燥させたものを用いた。

4. 実験結果とその検討

図2～5に試験体の平均温度と熱伝導率の関係を示す。この熱伝導率は、試験体上下面に設置したそれぞれの標準板の伝導熱流から算出した値の平均値である。熱伝導率はうす板の方が小さく温度の上昇に伴い増大するが、実験1(両面黒色)の熱伝導率は、実験2(両面Al箔)に比べうす板と経木の差が大きくなる傾向を示す。

試験体内部の熱移動は、1)試験体上下面と木毛との放射熱授受、2)木毛相互の伝導熱流、3)対流熱流、4)木毛相互間の放射熱授受により行われる。

4.1a 実験1a(上向き熱流時：上下面共黒色)

図2は実験1aの上向き熱流時の試験体平均温度と熱伝導率の関係を示したものである。熱伝導率は、 20°C においてうす板では $0.055\text{W/m}\cdot\text{K}$ 、経木では約 $0.065\text{W/m}\cdot\text{K}$ となり、うす板の方が約 $0.01\text{W/m}\cdot\text{K}$ 小さい値を示す。この場合は上記1)～4)の熱移動があり、熱伝導率は4ケースのうち最も大きい。

4.1b 実験1b(下向き熱流時：上下面共黒色)

図3は実験1bの下向き熱流時の測定結果を示したものである。上面から木毛へ、木毛から下面への放射熱授受はあるが、上昇する対流熱流がないため、熱伝導率は上向き熱流時のうす板、経木よりそれぞれ $0.001 \sim 0.002\text{W/m}\cdot\text{K}$ 小さい値となっている。

4.2a 実験2a(上向き熱流時：上下面共Al箔)

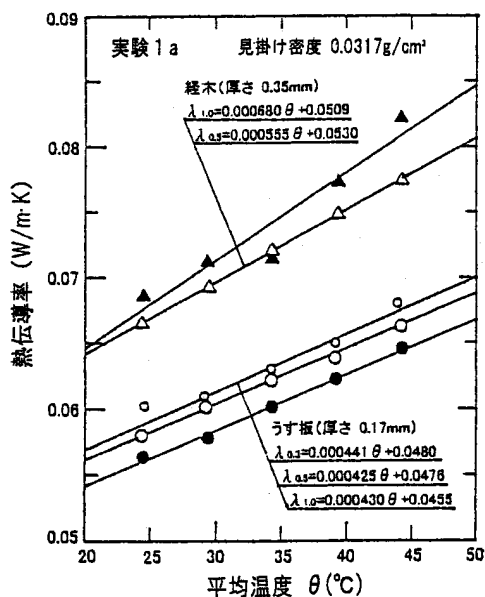


図2 木毛材の温度と熱伝導率の関係 (上向き熱流: 上下面黒色)

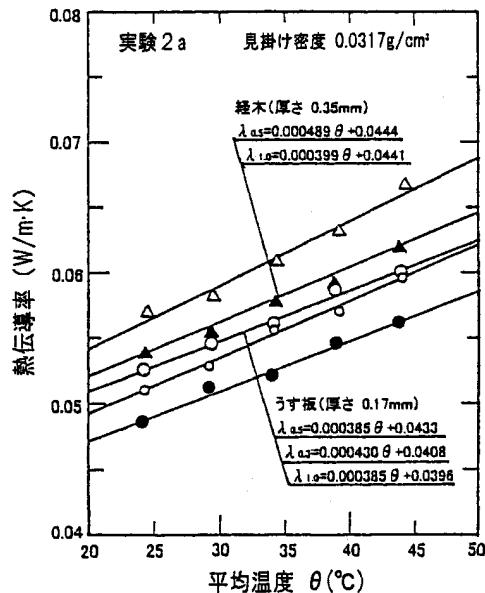


図4 木毛材の温度と熱伝導率の関係 (上向き熱流: 上下面 Al 箔)

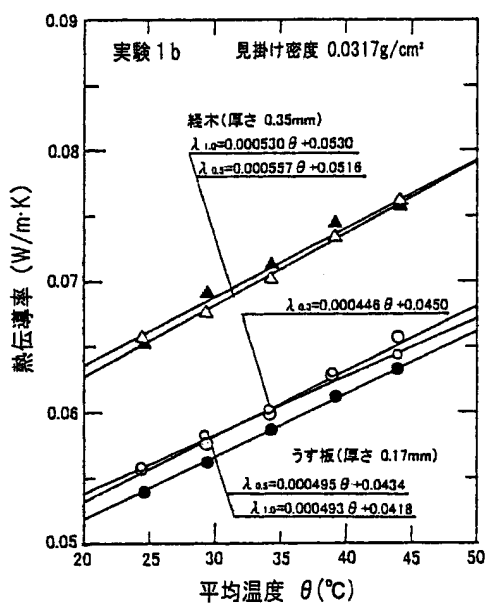


図3 木毛材の温度と熱伝導率の関係 (下向き熱流: 上下面黒色)

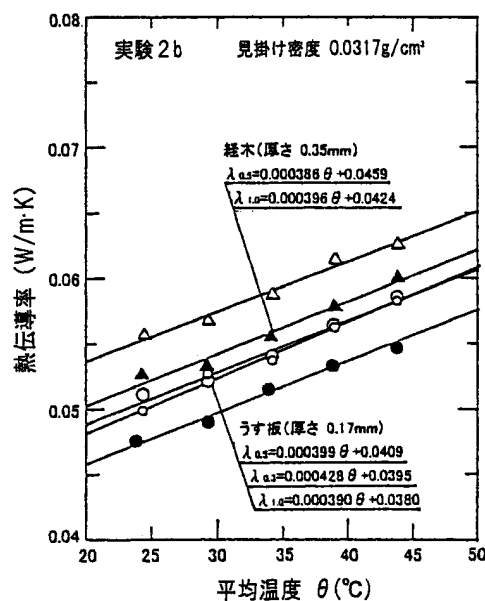


図5 木毛材の温度と熱伝導率の関係 (下向き熱流: 上下面 Al 箔)

実験 2a(2b)は、放射熱授受が小さい場合で、試験体の熱伝導率は全体に小さくなるが、その傾向が強いのは経木である。

図4は実験 2a の試験体平均温度と熱伝導率の関係を示したものである。熱伝導率が最も小さいのは幅 1.0mm のうす板で、幅が狭くなるに従い増大する。この傾向は経木の場合にもみられる。これは、同一体積のうす板、経木を細く切断したため木毛材相互の接触面積が増大

し、対流は阻止されるものの伝導熱流が増加するためと考えられる。

4.2b 実験 2b (下向き熱流時: 上下面共 Al 箔)

図5は実験 2b の下向き熱流時における試験体平均温度と熱伝導率の関係を示したものである。これは対流熱流が小さい場合で、熱伝導率は4ケースの内最も小さい

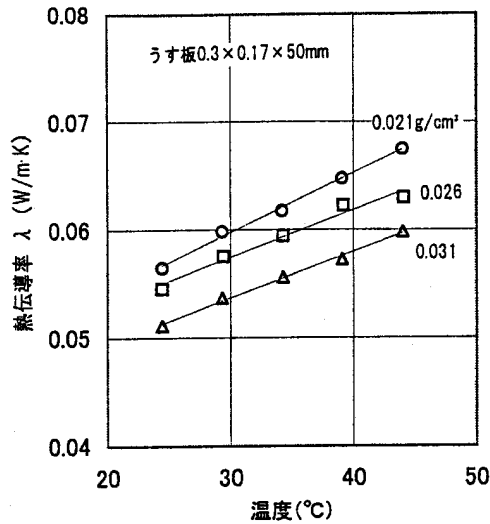


図6 木毛材の温度と熱伝導率の関係 (上向き熱流: 上下面 Al 箔)

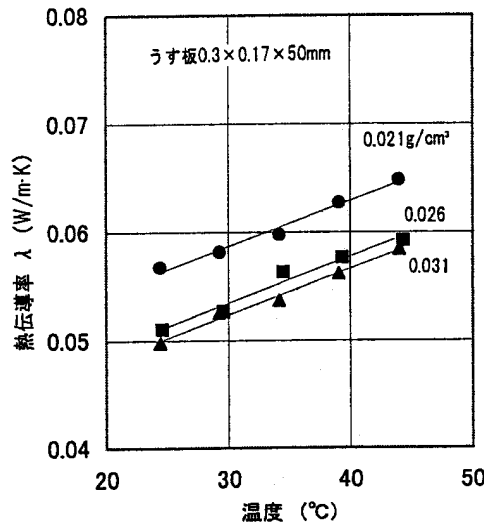


図7 木毛材の温度と熱伝導率の関係 (下向き熱流: 上下面 Al 箔)

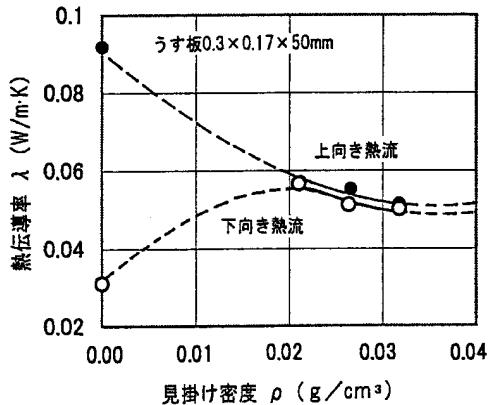


図8 木毛材の見掛け密度と上向き、下向き熱流時の熱伝導率

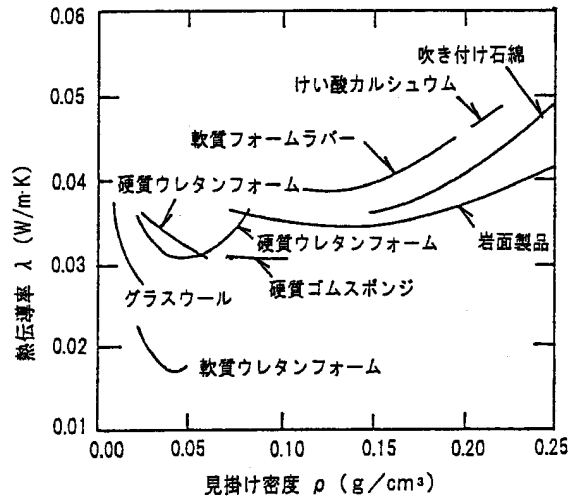


図9 各種保温材の見掛け密度と熱伝導率⁴⁾

値となる。

試験体平均温度と熱伝導率の関係は、実験 2a の結果を下方にスライドさせた分布となる。試験体の熱伝導率が最も小さいのは幅 1.0mm のうす板で、20 °Cにおいて約 0.046W/m·K となり、幅が狭くなるに従い大きくなる。その傾向は経木にもみられる。

また、平均温度に対する熱伝導率の増加率は、上下面 Al 箔の方が黒色面より小さい。

5 木毛板の見掛け密度と熱伝導率の関係

木毛材(うす板 0.3mm)の見掛け密度と熱伝導率の関係をみるため、試料の両面を Al 箔仕上げとし、うす板木毛(0.3mm × 50mm)の密度を3段階(0.0210, 0.0264, 0.0317g/cm³)に変化させて上向き、下向き熱流時について実験を行った。

図6(図7)は、上向き熱流時(下向き熱流時)の熱伝導率と試験体平均温度の関係を示したものである。

熱伝導率は、上向き、下向き熱流時とも見かけの密度が小さいほど大きく、試験体温度の上昇に伴い大きくなる傾向を示す。

図8は、平均温度 25 °Cにおける木毛材の見掛け密度と熱伝導率の関係を示したものである。今回は、試験体の見掛け密度の変化は3段階であるが、熱伝導率は上向き熱流では見掛け密度が小さいほど大きくなる。これは、図9の繊維系材料の熱伝導率特性からも推測できる。一方、下向き熱流については、木毛材の無い空気層の 25 °Cにおける見掛けの熱伝導率が 0.031W/m·K (上向き熱流時 0.0918W/m·K)であり、見掛けの密度が小さい場合には、熱伝導率は小さくなる傾向を示すと考える。

6. まとめ

木毛材の熱伝導率に関する実験・考察を行い下記の結果を得た。今後更に木毛材の形状寸法について検討を加え、水平方向の熱伝導特性、および調湿材としての性能を明らかにし、燃えやすい欠点への対応などについて工法も併せ考察する必要がある。

1) 木毛材は、グラスウールなどの繊維材料に比べ、断面積が大きいにもかかわらず比較的小さい熱伝導率が得られる。

2) うす板製木毛材の熱伝導率は、20℃で約 0.047 ~ 0.057(W/m・K)、経木製は約 0.050 ~ 0.065(W/m・K)で断熱材料として評価出来る。

3) 厚さ 0.3mm の経木製木毛は、うす板に比べ断熱性能が劣り、また、腰が強いため施工上も難点がある。

4) 同一体積のうす板を細く切断した場合、熱伝導率が最も小さいのは幅 1.0mm で、幅が狭くなるに従い増大する。これは木毛材相互の接触面積が増大し、対流は阻止されるものの伝導熱流が増加するためと考えられる。

5) 木毛材を挟む上下面を黒色塗装した場合は、熱流方向(上向き、下向き)によって熱伝導率に差が生じるが、上下面が Al 箔仕上げの場合はその差は小さい。

6) 木毛材の熱伝導率は、グラスウールと同様、密度により変化する。

参考文献

- 1) JIS A1412 熱絶縁材の熱伝導率及び熱抵抗の測定法、pp.412-420
- 2) 相川福寿 保温材の特性と応用、日刊工業新聞社
- 3) 渡辺要 建築計画原論Ⅱ 丸善株式会社
- 4) 日本建築学会環境工学委員会熱分科会、第4回熱シンポジウム予稿集(1974)