

## 木質ボードの伝熱特性値に及ぼす温度および含水率の影響

誌名	岩手大学農学部報告 = Journal of the Faculty of Agriculture, Iwate University
ISSN	05792746
巻/号	194
掲載ページ	p. 307-317
発行年月	1990年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 木質ボードの伝熱特性値に及ぼす温度および含水率の影響

関野 登・八木沢 直久

(平成元年10月16日受理)

### I. 緒言

木質ボードの伝熱特性値, 特に熱伝導率に関する報告は多数 (1, 4, 6, 10, 11, 12, 13) あるが, 温度・含水率を系統的に変化させた測定例は少ない. 多孔質材料の伝熱特性が温度・含水率に依存することは周知の事実であり, 建築物の熱的設計に当たってはこれらを考慮した設計値を求め, 使用する必要がある.

本研究では, 最近開発された低比重パーティクルボードを含む3種類の木質ボードおよび比較材料としての石膏ボードについて, 平板比較法 (2) により種々の材料温度・含水率での熱伝導率を測定し, 熱伝導率の温度依存性・含水率依存性を調べた. 含水率依存度は木質ボードの種類によって異なったが, その要因をボードを構成する各要素の体積の吸湿による変化の試算および熱伝導モデルを用いた理論計算から検討した. また, 熱的設計の基礎データとして, 供試した木質ボードの熱伝導抵抗をボード含水率より推定する実験式と相対湿度—平衡含水率関係の実験式を求めた.

### II. 材料および方法

#### 1. 供試ボードおよび試験片の採取

Table 1 に示す木質ボード3種および石膏ボード1種類 (いずれも市販製品, 掲載順にそれぞれ, LDPB, VPB, PLY, GB と略す) を供試した. ボード原板 (1820mm×910mm) より200mm×200mmの熱伝導率測定試片を多数採取し, ボード1種類につき密度の近接 (有効数字2けたまで一致) した4試片を選定した.

Table 1. Tested commercial wood-based boards.

Board	Thickness (mm)	Specific gravity	Reference
Low-density particleboard (LDPB)	25	0.45	Lauan particle, isocyanete compound resin, one-layer construction.
Veneer-overlaid particleboard (VPB)	15	0.79	Lauan particle and veneer, both side overlaid with 1mm-thick veneer.
Plywood (PLY)	12	0.64	JAS* concrete-form, 5-ply.
Gypsum board (GB)	12	0.74	JIS** second class slow burning, both side overlaid with 0.8mm-thick paper.

\*JAS : Japanese Agricultural Standard. \*\*JIS : Japanese Industrial Standard.

## 2. 熱伝導率測定方法および試片温度・含水率の設定

測定方法は JIS A1412「平板比較法による保温材の熱伝導率測定方法」に準拠した。同規定に基づいて作製した装置は、断熱箱（内寸：60 cm×60 cm×70 cm）内に設置された高温板および低温板（ステンレス製：200 mm×200 mm×40 mm）と高・低温板の温度を制御する二組の恒温水循環装置からなり、両板の間に測定試片と熱伝導率既知の標準板（シリコンゴム板；英弘精機産業製，200 mm×200 mm×20 mm）を重ねてセットする（原則として標準板が低温側）。高温板からの熱は試片，標準板を貫いて低温板に伝導していくが，このときの試片高温面温度（ $\theta_1$ ），試片低温面温度（＝標準板高温面温度， $\theta_2$ ），標準板低温面温度（ $\theta_3$ ）を直径0.2 mm の T 熱電対（旧記号 CC）で測定し，多点デジタル温度記録計（千野製作所；プロコス VII）で10分ごとに記録した。試片の熱伝導率（ $\lambda$ ）は，熱流が定常状態に達した時の  $\theta_1$ ， $\theta_2$ ， $\theta_3$ （℃），試片の厚さ（ $d$ ；m），標準板の厚さ（ $d_{sp}$ ；m）および標準板の熱伝導率（ $\lambda_{sp}$ ； $\lambda_{sp}=0.212-0.0002 \times (\theta_2+\theta_3) / 2$ ）より次式で算出される。

$$\lambda = \lambda_{sp} \times (d/d_{sp}) \times (\theta_2 - \theta_3) / (\theta_1 - \theta_2) \quad (\text{kcal/mh}^\circ\text{C})$$

ただし，熱流の定常状態の判定は規定に基づき， $\theta_1$ ， $\theta_2$ ， $\theta_3$ が，

$$-0.02 \leq \{(\theta_1 - \theta_2) \text{ の 1 時間当りの変化量} \} / (\theta_1 - \theta_2) \leq 0.02$$

$$-0.02 \leq \{(\theta_2 - \theta_3) \text{ の 1 時間当りの変化量} \} / (\theta_2 - \theta_3) \leq 0.02$$

の両方を満たした時とした。本実験では定常状態に達するのに要した時間は100～180分の範囲にあった。

熱伝導率測定に先だてて，試片含水率が0，10，15，20％になることを目標として，それぞれ，全乾，気乾，30℃・92％RH・20日間（調湿A），20℃・98％RH・20日間（調湿B）の条件で乾燥あるいは調湿した。ただし，各ボード4試片のうち，2試片は全乾用，残り2試片は全乾以外の試片として共用した。各含水率レベルで，高・低温板の温度をそれぞれ20～40℃，0～20℃の範囲で5℃ごとに変化（高・低温板の温度差は20℃一定；一組の温度設定に対し，試片と標準板の挿入位置を入れ替え，二通りの試片温度を得た）させ，試片温度0～40℃における熱伝導率を測定した。ここで，熱源である高温板，低温板の温度は設定温度 $\pm 0.1$ ℃以内に安定しており，測定中の試片含水率は試片を0.01 mm 厚の塩化ビニリデンフィルムで包むことにより一定（質量変化0.2 g 以内）に保たれた。また，試験時の試片寸法を1/20 mm 精度で測定した。

ただし，石膏ボード（GB）では上記の全乾に相当する条件として，JIS A6901に準拠し40℃で恒量に達するまで乾燥した。また，気乾と調湿Aでの含水率差は0.5～1.0％と僅少であったため，調湿Aを省いた。

## 3. 平衡含水率の測定

各木質ボード原板より，厚さ約0.5 mm にスライスした小片（寸法；ボード厚さ×10 cm×0.5 mm）を約20 g 採取し，所定の相対湿度（RH）に設定した恒温恒湿器（温度は25℃一定）中で恒量になるまで調湿（5～10日間）した。まず小片をRH30％より90％（10％ごとに変化）まで吸湿させ，続いてRH90％から30％（10％ごとに変化）まで脱湿させた。各時点での質量変化および小片近傍（約2 cm）の相対湿度を，恒温恒湿器内に設置された電子天秤（1/100 g 精度），静電容量変化型湿度センサー（RH 2％精度）を用いて測定し，後に全乾法により平衡含水率を算出した。

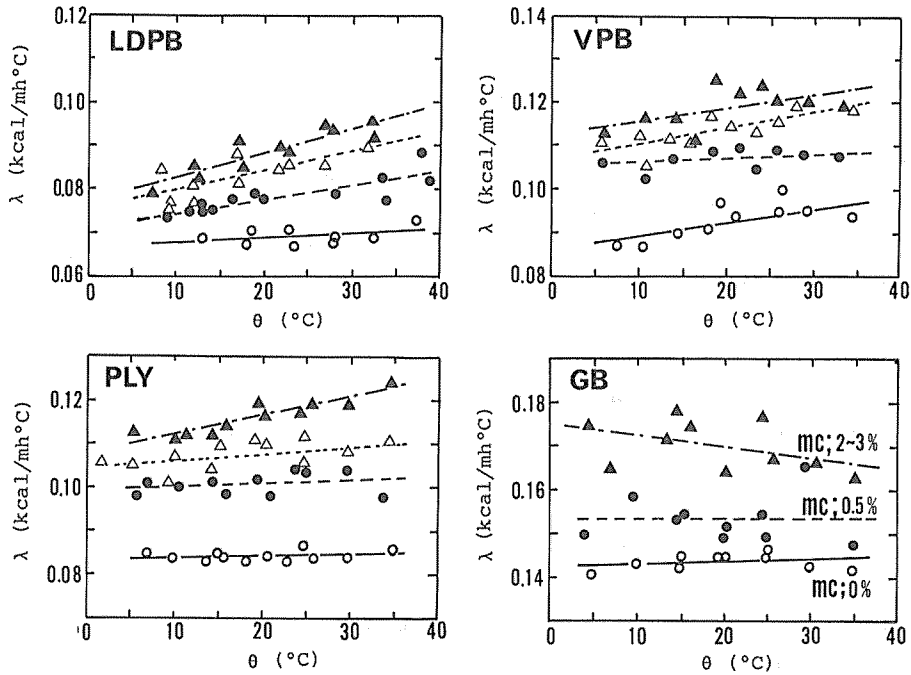


Fig. 1. Relationships between thermal conductivity ( $\lambda$ ) and temperature of boards ( $\theta$ ) at various moisture content ( $mc$ ).

Note: LDPB, VPB, PLY, and GB; see Table 1.

Legend:  $\circ$ — $\circ$ —  $mc=0\%$ ,  $\bullet$ — $\bullet$ —  $mc=10\%$ ,  $\triangle$ — $\triangle$ —  $mc=15\%$ ,  $\blacktriangle$ — $\blacktriangle$ —  $mc=20\%$  (except GB)

### III. 結果および考察

#### 1. 熱伝導率に及ぼす温度および含水率の影響

Fig. 1 に材料温度 ( $\theta$ ) と熱伝導率 ( $\lambda$ ) の関係を、含水率 ( $mc$ ) 別にプロットを変えて示した。ただし、 $\theta$  は材料の高・低温面温度の算術平均値である。木質ボード 3 種を見た場合、ばらつきはあるが、正の温度特性が認められる傾向にあり、木材・木質材料の  $\lambda$  が  $\theta$  と直線関係にあると言う従来の報告例 (6, 11) とほぼ一致した結果を示した。

プロットのばらつきに関して、ここでの一般的な要因を列記すれば、①試片密度のばらつき、②測定中の含水率変化、③試片の含水率傾斜、④試片と標準板の位置の入れ替え、⑤温度計測の精度、となる。このうち、①と②は II. 1 および II. 2 で示したように十分に規制されており、主要因とは考えにくい。④に関し、JIS では標準板と試片の入れ替えを差し支えないとしており、本実験で測定された熱伝導率は試片の挿入位置とは無関係なばらつきを示した。⑤に関し、使用した 3 対の熱電対は 0 ~ 60 $^{\circ}$ C の温度範囲で 3 対の熱電対の温度指示の最大、最小の差が 0.2 $^{\circ}$ C 以内となるものが選ばれた。さて、③に関して、本実験では試片の含水率傾斜を測定していないが、浦上 (9) は含水率傾斜をもつ場合の熱伝導率 ( $\lambda$ ) を熱伝導率の異なる薄層 (2  $n$  個) が熱流方向に直列に重ねられたものと取扱い、次式のように誘導した。

$$\lambda = n\lambda_m / \sum_{i=1}^n \{1 - (b\Delta u_i)^2\}^{-1}$$

ここで,  $\lambda_m$  : 平均含水率  $u_m$  (%) 時の熱伝導率

$b$  : 含水率 1 % 当りの熱伝導率の変化

$\Delta u_i$  : 中心から  $i$  番目の層の含水率と  $u_m$  の差

ただし, 熱伝導率と含水率は直線関係にあり, 水分傾斜も直線と仮定している. 上式より, 常に  $\lambda < \lambda_m$  となるが, その比  $\lambda/\lambda_m$  を本実験の条件に合わせて試算してみる.  $\lambda/\lambda_m$  が最小となる条件として,  $u_m = 20\%$  (高, 低温面の含水率をそれぞれ 0%・40%とした),  $b = 0.02$  (次節(4)式の  $b$  値),  $n = 100$  とすれば,  $\lambda/\lambda_m = 0.94$  となった.  $u_m = 10\%$  (高, 低温面の含水率をそれぞれ 0%, 20%とした) では 0.99 となった. したがって, 試片間で含水率傾斜のばらつきがあったとしても, 測定される熱伝導率のばらつきは数%以内である. このように見るとばらつきの主要因を特定することは難しく, 要因①から⑤までが複雑に関与したものと考えられる.

以上のようにばらつきのある測定結果ではあるが, 本実験の  $\theta$ ,  $mc$  の範囲では含水率依存性の方が温度依存性よりも大きいことが Fig. 1 より分かる. これを定量的に把握するため重回帰分析を行い, 以下に示す回帰式と Table 2 に示す結果を得た. ただし,  $\lambda$  は kcal/mh°C で表示した.

$$\text{LDPB} : \lambda(mc, \theta) = 0.0598 + 0.00108 mc + 0.000386 \theta \quad R = 0.930$$

$$\text{VPB} : \lambda(mc, \theta) = 0.0867 + 0.00144 mc + 0.000284 \theta \quad R = 0.954$$

$$\text{PLY} : \lambda(mc, \theta) = 0.0798 + 0.00168 mc + 0.000203 \theta \quad R = 0.969$$

$$\text{GB} : \lambda(mc, \theta) = 0.147 + 0.0105 mc + 0.000043 \theta \quad R = 0.896$$

ここで,  $R$  は重相関係数を示す. 分散分析の結果, どのボードの場合も  $R$  は危険率 1% で有意であり, これらの重回帰式は  $\lambda$  の推定に役立つと言える. さて,  $\lambda$  に及ぼす  $mc$ ,  $\theta$  の影響の大きさはデータを標準化して得た標準回帰係数で比較できる (14). Table 2 に示された標準回帰係数について,  $mc/\theta$  の比をとれば, LDPB, VPB, PLY でそれぞれ, 2.2, 4.3, 6.9 となり, いずれも  $mc$  の影響が  $\theta$  に比べて大きいことが分かる. また, GB の  $\theta$  項の標準回帰係数は -0.032 と著しく小さく,  $\theta$  依存性がほとんどないことが確認できた.

Table 2. Results of the multiple regression analysis.

Board (Number of data)	Explanatory variable*	Standard regression coefficient	Partial correlation coefficient
LDPB (44)	$mc$	0.937	0.927
	$\theta$	0.435	0.753
VPB (43)	$mc$	0.969	0.954
	$\theta$	0.227	0.569
PLY (43)	$mc$	0.970	0.968
	$\theta$	0.140	0.508
GB (30)	$mc$	0.893	0.895
	$\theta$	-0.032	-0.073

\* $mc$ ; moisture content.  $\theta$ ; board temperature.

2. 木質ボードの種類による含水率依存性の差異に関する検討

ある温度での  $mc$  (%) と  $\lambda$  (kcal/mh°C) の関係を (1) 式のように表すと、 $mc$  項の係数  $b$  は含水率依存度の指標となり得る (7)。ただし、 $\lambda_d$  は全乾時熱伝導率である。

$$\lambda = \lambda_d (1 + b \cdot mc) \tag{1}$$

いま、 $\theta = 20^\circ\text{C}$  とし、前節の重回帰式 (GBを除く) を (1) 式の形にすれば、

$$\text{LDPB} : \lambda = 0.0675(1 + 0.0159 mc) \tag{2}$$

$$[= 0.0785(1 + 0.0159 mc)]$$

$$\text{VPB} : \lambda = 0.0924(1 + 0.0156 mc) \tag{3}$$

$$[= 0.1075(1 + 0.0156 mc)]$$

$$\text{PLY} : \lambda = 0.0839(1 + 0.0200 mc) \tag{4}$$

$$[= 0.0976(1 + 0.0200 mc)]$$

となる。ただし、[ ] 内は SI 単位 (W/mK) に換算した式である。ボード間での  $b$  値は  $\text{LDPB} \approx \text{VPB} < \text{PLY}$  なる関係にあった。一般に複合材料の熱伝導率は、それを構成する要素の熱伝導率とその構成割合に支配される。また、吸湿によって構成要素それぞれの体積は材料の構造上の特性により様々に変化する。そこでいま、ボードを構成する要素の体積の吸湿による変化を調べ、 $b$  との関係を検討してみる。

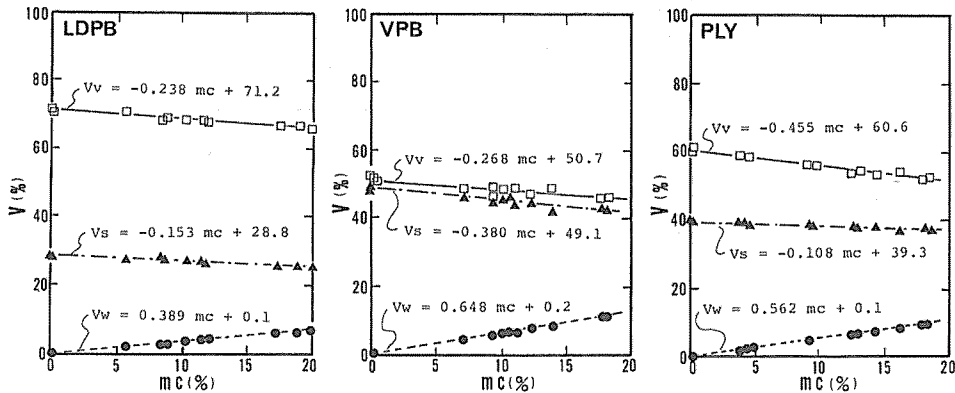


Fig. 2. Relationships between moisture content of board ( $mc$ ) and the percentage of element volume ( $V$ ) to whole volume of board.

Notes : LDPB, VPB, and PLY : See Table 1.  $V_s$ ,  $V_w$ ,  $V_v$  represent the volume percentage of solid substance of the wood includes adhesive, absorbed water, and air in voids to whole volume of board, respectively.

木質ボードの構成要素は木材実質、接着剤、水分、空隙 (空気) の4要素に分けられるが、ここでは供試ボードの接着剤の正確な密度および含脂率が不明なため、実質 (木材実質+接着剤)、水分、空気、の3要素を考え、密度をそれぞれ、1.5, 1.0, 0 g/cm<sup>3</sup> と仮定した。各要素の体積は、測定されたある含水率のボード体積  $V$  (= 実質体積  $V_s$  + 水分体積  $V_w$  + 空隙体積  $V_v$ ) を仮定した密度を用いて順次、水分、空隙、実質の体積に分割することにより求められた。

続いて、ボード全体の体積に対する各要素の体積の割合を算出し、含水率増加に伴うそれらの変化を Fig. 2 に示した。空気（静止，20℃），水（20℃），木材実質（繊維直角方向）の熱伝導率はそれぞれ， $\lambda_a=0.022$ ， $\lambda_w=0.50$ ， $\lambda_s=0.35$  (kcal/mh℃)であること (7, 4) を考慮すれば，前述の  $b$  値が大きくなる条件とは，水分の体積割合の増加が大きく，かつ空隙の体積割合の減少が大きく，かつ実質の体積割合の減少が小さいことである。Fig. 2 より，ボード間での各要素の体積割合の変化の程度を回帰直線の  $mc$  項の係数で比較すれば，

水分の体積割合の増加：LDPB < PLY < VPB

空隙の体積割合の減少：LDPB  $\approx$  VPB < PLY

実質の体積割合の減少：PLY < LDPB < VPB

となった。これは PLY の  $b$  値が他のボードのそれよりも大きくなることを示唆し，実測の結果と一致している。すなわち， $b$  値はボードを構成する要素の体積の吸湿による変化に依存すると考えられる。

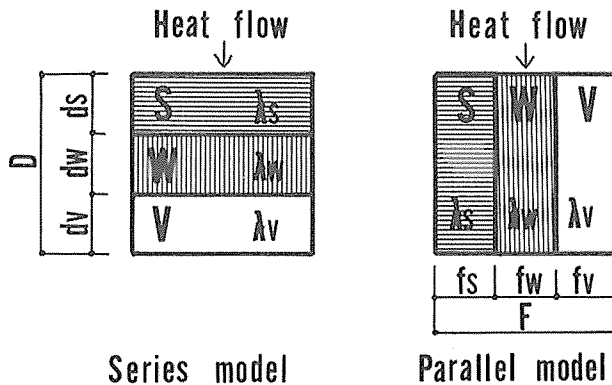


Fig. 3. Series and parallel models of three elements consisted of wood-based boards.

Notes :  $S$ ,  $W$ , and  $V$  represent solid substance of the wood includes adhesive, absorbed water, and air in voids, respectively.

$\lambda$ ,  $d$ , and  $f$  represent the thermal conductivity, the thickness, and the width of each element, respectively.

次に，Fig. 2 に示した関係を用いて，各ボードの  $\lambda$  を熱伝導モデルによる理論計算から求め，実測値と比較する。信田 (12) は Kollmann (4) の方法を拡張し，前述の 4 要素の直列，並列モデルよりパーティクルボードの熱伝導率を誘導したが，ここでは Fig. 3 に示す 3 要素モデルとした。熱伝導率は直列モデルで最小 ( $\lambda_{min}$ )，並列モデルで最大 ( $\lambda_{max}$ ) となり，それぞれ (5)，(6) 式で誘導される。並列モデルの混合比を  $Z$  ( $0 \leq Z \leq 1$ ) とすれば，ボードの熱伝導率  $\lambda$  は (7) 式で示し得る。

$$\lambda_{min} = D / \Sigma (d/\lambda)$$

$$= V / (V_w / \lambda_w + V_s / \lambda_s + V_v / \lambda_v) \quad (5)$$

$$\lambda_{max} = \Sigma (\lambda \cdot f) / F$$

$$= (V_w \cdot \lambda_w + V_s \cdot \lambda_s + V_v \cdot \lambda_v) / V \quad (6)$$

$$\lambda = Z \cdot \lambda_{max} + (1-Z) \cdot \lambda_{min} \quad (7)$$

いま、Fig. 2 で得られた各要素の体積割合と  $mc$  との関係式および前述の  $\lambda_v$ ,  $\lambda_w$ ,  $\lambda_s$  の値を (5), (6) 式に代入し, (7) 式を導き, (8), (9), (10) 式を得た ( $\lambda$ : kcal/mh $^{\circ}$ C).

$$\text{LDPB} : \lambda = Z \cdot (0.00136 \cdot mc + 0.117) + (1-Z) / (-0.105 \cdot mc + 33.2) \quad (8)$$

$$\text{VPB} : \lambda = Z \cdot (0.00185 \cdot mc + 0.184) + (1-Z) / (-0.120 \cdot mc + 24.5) \quad (9)$$

$$\text{PLY} : \lambda = Z \cdot (0.00233 \cdot mc + 0.151) + (1-Z) / (-0.199 \cdot mc + 28.7) \quad (10)$$

信田 (12) は,  $Z$  がボード含水率に依らず一定値で, ボードの構造特性と関係する定数であることを示した. そこでいま,  $Z$  は含水率に依らず一定と仮定し, (8)~(10) 式が (2)~(4) 式のそれぞれに適合するような  $Z$  を最小二乗法により決定すると,  $Z = 0.479$  (LDPB),  $0.402$  (VPB),  $0.464$  (PLY) となった. このときの  $mc$ - $\lambda$  関係を Fig. 4 (実測値は実線, 理論値は破線) に示した. Fig. 4 より (8)~(10) 式は  $mc = 0 \sim 20\%$  の範囲ではほぼ直線と見なせるため,  $mc = 0, 20\%$  の 2 点から直線を決定し, Fig. 4 中に (1) 式の形で示した. ここで得られた  $b$  値は LDPB  $\approx$  VPB  $<$  PLY なる関係にあり, 実測値のそれと一致した. この結果からも,  $b$  値はボードを構成する要素の体積の吸湿による変化に依存すると考えられる.

Fig. 4 についてさらに言及すれば, 実測の直線勾配と計算値のそれとは若干異なった. その要因として, モデルでは吸着水の熱伝導率を水のそれとして扱ったことや,  $Z$  が含水率に依存しないと仮定したことが考えられるが, 要因の追求は今後の検討を要する.

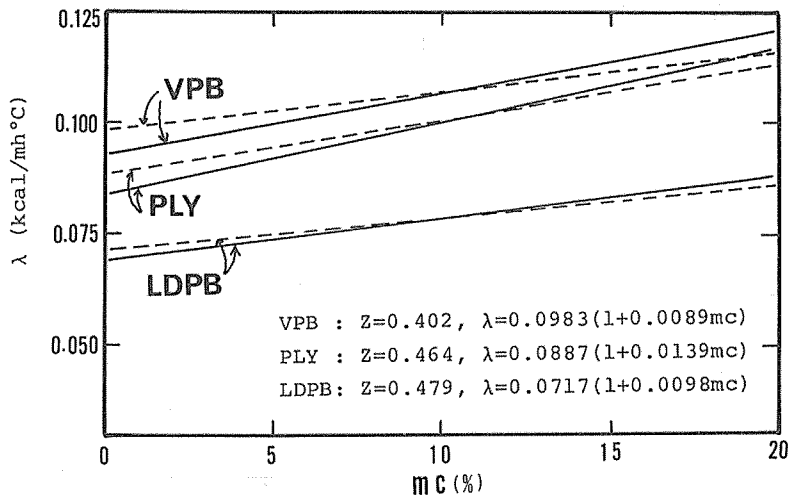


Fig. 4. Relationships between moisture content ( $mc$ ) and thermal conductivity ( $\lambda$ ) calculated by equations (8)–(10).

Notes: LDPB, VPB, and PLY: See Table 1.

$Z$  shows the ratio of parallel models to the sum of parallel and series models in wood-based boards (see equation (7)).

—: Experimentally measured relation.



3. 木質ボードの熱的設計値

3種類の木質ボードの  $mc$  と  $\lambda$  の関係を (2)~(4) 式で示したが、ここでは熱的設計値として、ボード厚さ ( $d$ ) を考慮した熱伝導抵抗 ( $d/\lambda : m^2h^\circ C/kcal$ ) と  $mc$  の関係を検討する。実測した  $mc-d/\lambda$  関係より (11)~(13) に示す回帰式を得た。ただし、 $r$  は相関係数、[ ] 内は SI 単位 ( $m^2K/W$ ) に換算した式である。

$$\begin{aligned} \text{LDPB} : d/\lambda &= 0.361 - 0.00230 \cdot mc & r &= -0.66 & (11) \\ &= 0.361(1 - 0.0064 \cdot mc) \\ &[= 0.310(1 - 0.0064 \cdot mc)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VPB} : d/\lambda &= 0.162 - 0.00098 \cdot mc & r &= -0.78 & (12) \\ &= 0.162(1 - 0.0061 \cdot mc) \\ &[= 0.139(1 - 0.0061 \cdot mc)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PLY} : d/\lambda &= 0.138 - 0.0018 \cdot mc & r &= -0.95 & (13) \\ &= 0.138(1 - 0.0130 \cdot mc) \\ &[= 0.119(1 - 0.0130 \cdot mc)] \end{aligned}$$

ここで得られた各ボードの  $b$  値は (2)~(4) 式のそれより小さく  $d/\lambda$  の含水率依存性は  $\lambda$  のそれに比べて小さくなった。たとえば、 $mc=0\%$  より  $20\%$  に変化したとき  $\lambda$  の増加率は、 $32\%$  (LDPB)、 $31\%$  (VPB)、 $40\%$  (PLY) であるが、 $d/\lambda$  の減少率はそれぞれ  $13\%$ 、 $12\%$ 、 $26\%$  と算出される。これは吸湿により  $d$  が増したためである。熱的設計のための木質ボードの伝熱特性値として、 $\lambda$  のみが示される場合が多いが、より正確な設計値として吸湿による厚さ

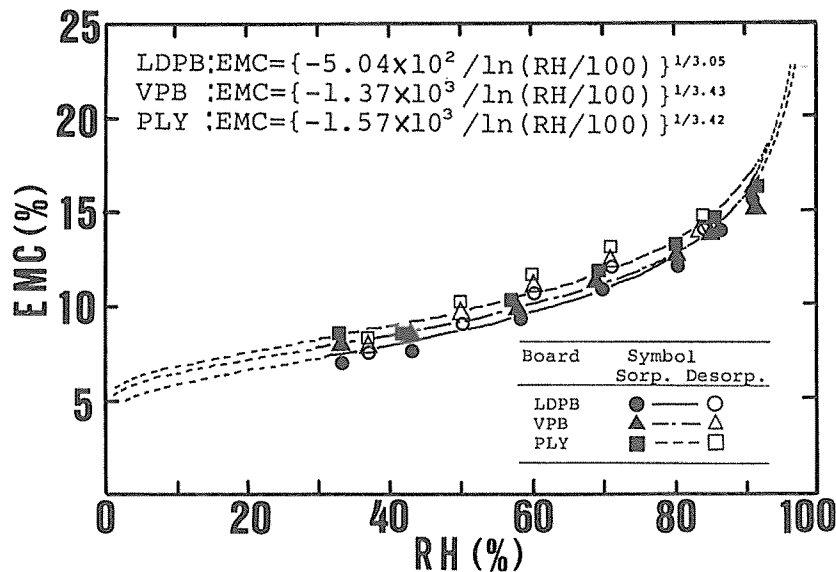


Fig. 5. Relationships between relative humidity (RH) and equilibrium moisture content (EMC) of tested wood-based boards.  
 Note : LDPB, VPB, and PLY : See Table 1.

の変化を考慮した  $d/\lambda$  が示されるべきと考える。

#### 4. 平衡含水率

建築物の熱的設計のうち壁体等の結露防止設計の分野では、相対湿度 (RH) と材料の平衡含水率 (EMC) との関係式が解析理論の境界条件等のデータとして用いられている (8, 15)。前節で得た  $mc-d/\lambda$  関係を熱的設計に活用する際には RH-EMC 関係の把握が必要と考える。

Fig. 5 には本実験で得られた RH-EMC 関係を示した。いま、EMC と RH の関係として、Halsey 式 (3) を適用した実験式を求め、Fig. 5 中に示した。実験式は吸脱湿両過程での全プロットを用いて最小二乗法により決定した。これは、実際使用下での含水率が Fig. 5 中に見られる取着ヒステレンスのループ内にあると考えられるためである。ただし、式の適用範囲は RH 32% より 92% までとする。この実験式は (11)~(13) 式とともに熱的設計の際の基礎データとして使用できる。

一方、供試した木質ボードの EMC は木材素材 (スプールス, 25℃) と比較して (5), RH 60% 以上では 2~4% 低くなった。これはボード製造時の加熱による吸湿能の低下および接着剤その他の添加物に起因するものと考えられる。

## IV. 摘 要

最近開発された低比重パーティクルボードを含む 3 種類の木質ボードについて、平板比較法により材料温度 0~40℃, 含水率 0~20% の範囲での熱伝導率を測定し、熱伝導率の温度・含水率依存性を検討した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 熱伝導率の温度依存性は含水率依存性に比べて格段に小さく、また、含水率依存度は木質ボードの種類によって異なった。
- 2) 木質ボードを構成する各要素の体積の試算および熱伝導モデルを用いた理論計算から、含水率依存度はボードを構成する各要素の体積の吸湿による変化に依存すると判断された。
- 3) 熱的設計値として重要な熱伝導抵抗の含水率依存度は吸湿によるボード厚さの増加のために熱伝導率のそれよりも小さくなった。
- 4) 熱的設計の基礎データとして、供試した木質ボードの熱伝導抵抗をボード含水率より推定する実験式、および相対湿度—平衡含水率関係の実験式を得た。

最後に、本研究を行うにあたり、貴重な御助言を頂いた東京大学農学部信田 聡氏、岩手大学農学部鈴木 寧 (元) 教授、沢辺 攻助教授に対し厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

1. CAMMER, W. F. (1970) Wärmeleitfähigkeit und Diffusionswiderstand von Holzwerkstoffen. Holz Roh Werkst. 28 : 420-423.
2. JIS A1412 (1977) 保温材の熱伝導率測定方法 (平板比較法).
3. 慶伊富長 (1972) 共立全書 吸着 (第 1 版) 共立出版 : 32.
4. KOLLMANN, F. and MALQUIST, L. (1956) Über die Wärmeleitfähigkeit von Holz und Holzwerkstoffen. Holz Roh Werkst. 14 : 201-204.

5. KOLLMANN, F. (1968) Principles of Wood Science and Technology. I. Solid Wood (1st ed.). Springer-Verlag, Berlin : 192.
6. KULLMANN, G. (1962) Untersuchung der thermischen Eigenschaften von Holz und Spanplatten in Abhängigkeit von Feuchtigkeit und Temperatur im hygroskopischen Bereich. Holz Roh Werkst. 20 : 259-270.
7. 宮野秋彦 (1983) 建物の断熱と防湿 (第1版) 学芸出版社 : 14, 19, 27.
8. 水畑雅行, 西脇里志 (1988) 高湿時の壁体の結露性状 日本建築学会学術講演概要集(環境工学) : 541-542.
9. 中戸莞二編著 (1985) 新編木材工学 (第1版) 養賢堂 : 177.
10. 斉藤藤市, 鈴木敏郎, 縄巻正夫 (1976) パーティクルボードの熱伝導率 木材学会誌 22 : 297-302.
11. 信田 聡, 大熊幹章 (1980) 木質材料の熱伝導率の温度及び含水率依存性 木材学会誌 26 : 112-117.
12. 信田 聡, 大熊幹章 (1981) パーティクルボードの熱伝導率に及ぼす密度の影響 木材学会誌 27 : 775-781.
13. 鈴木正治 (1980) 熱伝導率の新しい測定 木材工業 35 : 162-165.
14. 田中 豊, 垂水共之, 脇本和昌 (1985) パソコン統計解析ハンドブック 共立出版 : 4.
15. 土屋喬雄 (1988) 木造外壁内部結露防止のための室内側, 外気側透湿抵抗の目安について 日本建築学会学術講演概要集 (環境工学) : 529-530.

## THE EFFECTS OF TEMPERATURE AND MOISTURE CONTENT ON THERMAL CONDUCTIVITY OF WOOD-BASED BOARDS

Noboru SEKINO and Naohisa YAGISAWA

### Summary

This study describes the effect of temperature and moisture content on the thermal conductivity and resistance of three types of wood-based boards (red lauan plywood, veneer-overlaid particleboard, and newly developed low-density particleboard). The thermal conductivity was measured by means of comparison with a standard plate of known conductivity (JIS A1412) in the range of material temperature 0–40°C and of moisture content 0–20 percent.

It was confirmed that the thermal conductivity of these boards was much more dependent on moisture content than temperature by the multiple regression analysis. The degree of its dependency on moisture content differed among three kinds of board construction. This was caused by the different degree of volume changes in each elements of the board, namely, solid substance of the wood includes adhesive, absorbed water, and air in voids, considering the calculated thermal conductivity on the basis of F. Kollmann's heat conduction model.

The relationships between relative humidity and equilibrium moisture content of these boards were also measured in this study. Relational equations of these and between moisture content and the thermal resistance were shown for better heat planning of buildings.