

カラマツLVLの水に対する性質(6)

誌名	林産試験場報
ISSN	0913140X
著者	北村, 維朗 真田, 康弘 森泉, 周
巻/号	5巻3号
掲載ページ	p. 7-16
発行年月	1991年5月

カラマツ L V L の水に対する性質 (第 6 報)

— 吸・放湿特性と水分拡散係数 —

北 村 維 朗*¹ 真 田 康 弘*²
森 泉 周*³

Moisture-Concerned Properties of Karamatsu LVL (VI)

— Moisture Diffusion Coefficients Calculated from
Adsorption and Desorption Data —

Tadao KITAMURA Yasuhiro SANADA
Shuu MORIIZUMI

Experiments were made on the adsorption and desorption properties of Karamatsu, *Larix leptolepis*, and other hardwood species LVL in mild atmospheric conditions where the temperature was 20 degrees Celsius and the R.H. was 85 percent or 65 percent, and average diffusion coefficients, D_s [cm^2/sec], were obtained from applying moisture-content changing rates, $dw/d\theta$ [1/sec], of both adsorption and desorption to equation (A-1):

Where b is diffusion depth [cm], θ is time [sec], W is moisture content of a specimen [-], and W_e is equilibrium moisture content [-].

The results indicate that in both adsorption and desorption there are two stages in the moisture content changing process: the change is by far greater in the earlier stage than in the later stage. The rate, however, changes linearly in both of the stages. The rate difference between the two stages is much greater for Karamatsu than for hardwood.

The average diffusion coefficients varies according to not only the moisture content and the density but also the dimension.

The longitudinal diffusion coefficients obtained from data on the earlier stage of both adsorption and desorption are in the magnitude level of $10^{-(5-6)}$ [cm^2/sec], whereas the transversal diffusion coefficients are in the level of $10^{-(9-11)}$ [cm^2/sec].

The moisture diffusion coefficients obtained from the later stage are much smaller than those from the earlier stage, and the magnitude of the former is one-tenth or one-hundredth of that of the latter. The dominator, $dw/d\theta$, is so small that it is difficult to estimate the characteristics of the moisture diffusion in ending period of adsorption and desorption.

カラマツ辺・心材と、比較対象としての広葉樹のLVL (単板積層材) を使って、比較的穏やかな環境(20℃, 85%および65%R.H.)下での吸・放湿速度の変化状況を観測した。また、こうして求めた吸・放湿速度($\pm dw/d\theta$)を次式に適用して吸・放湿の平均水分拡散係数 (D_s)を求めた。

$$\pm(dw/d\theta) = \pm(\pi^2 D_s / b^2)(W - W_e) \dots\dots\dots (A-1)$$

ここに b は試料の厚さ (=最大拡散距離), W, W_e はそれぞれ θ 時間後の試料含水率と平衡含水率である。

- (1) 吸湿の場合も放湿の場合も含水率変化の速度は試料含水率に対して一次関数的に変化する2本の直線式で表された。いずれも初段では急速に速度を低下させ、後続の段階では速度低下は著しく緩慢になった。カラマツは広葉樹に比べて初段と後段の差が著しい。
- (2) 吸・放湿速度から求めた平均水分拡散係数は含水率、比重(辺材と心材)によって変化し、試験片の寸法によっても変化した。
- (3) 吸・放湿第1段階のデータから計算で求めた繊維方向の水分拡散係数は $10^{-(5-6)}$ [cm^2/sec] のオーダーの値で、小片試験による既往の文献値の多くと符合している。
- (4) 接線方向と半径方向は区分しなかったが、横断方向の水分拡散係数は繊維方向のその 10^{-3} 程度の値だった。
- (5) 吸・放湿第2段で求めた水分拡散係数は第1段階で求めたその 10^{-1} から 10^{-2} の値だったが、吸・放湿とも、その終末期での動きについては確度の高い推論は難しい。

1. はじめに

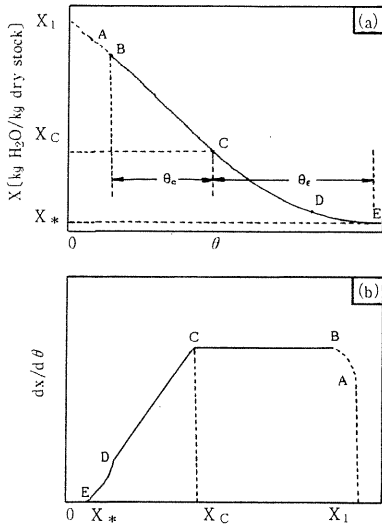
木材の性質の多くは、木材が保有する水分とこれを取り巻く環境の温・湿度条件に影響される。したがって、木材と木材製品に対しては、生産、加工、流通から利用に至るすべての局面で、水分の影響を正確に把握することによって初めて合理的な対処が可能になる。木材と水分との関係は、古くから木材乾燥技術との関連で研究が行われて来ているが、近年になって、木材製品の寸法と形状を長期間安定的に維持させるという利用上の必要性からも研究が行われるようになってきている¹⁾。乾燥技術との関連では、対象となる温度範囲は30℃から100℃、含水率の範囲は生材から全乾まで、専ら放湿過程のみが問題となる。一方、製品寸法との関連では、温度範囲は30℃以下、含水率範囲は平衡含水率以下、放湿過程と吸湿過程の両方が対象となる。

LVLは吸・放湿に関して、他の木質材料と特に異なる性質を持つものとは考えにくい、試料として試験目的にあった均質なものが得やすい点と、半径方向、

接線方向、繊維方向など木材組織の異方性を比較的正確に代表できるという点で、試験材料としては好適なものと思われる。

2. 吸・放湿理論

吸湿と放湿のうち、放湿に関する理論は乾燥技術との関連で、化学工学の領域で一定の完成を見ている^{2,3)}。第1図の(a)は初期含水率 X_1 を持つ材料の θ 時間後の含水率経過を類型化したものである。乾燥の初段では、ほぼ一定の速度で含水率を低下させていくが、 θ_c 時間を経過すると、低下速度は鈍化を始め、平衡含水率 X_* に至って放湿を停止する。(b)図のように含水率の低下速度を含水率に対して表示すると、明りょうに二つまたは三つの領域に区分されることがわかる。破線で表したAからBまでは材料の温度が環境温度と平衡するまでの区間で、これ以降Cまでは乾燥速度は一定を保つ。この領域は恒率乾燥期間と呼ばれ、材料表面からの水分の蒸発速度と材料内部の水分が表面まで移動する速度とが釣り合っている状態に対



第1図 典型的な乾燥速度曲線
Fig. 1 Typical drying-rate curves.

応する。限界含水率 X_c を過ぎると乾燥速度は低下を始める (減率乾燥期間)。減率乾燥の様態は材料の質と形態によって様相を異にするが、一般にいくつかの段階に区分される。減率乾燥第一段階 (C~D) は全表面が乾いてしまうまでの段階と解釈され、蒸発表面を次第に減少して行く状況が想定される。さらにこれ以降は、表面からの蒸発は全く無くなり、蒸発は専ら材料内部で発生し、水蒸気の形で表面に達し、乾燥速度は著しく低下する。この段階 (D~E) を減率乾燥第二段と呼んで区別している。

恒率乾燥速度は水の自由表面からの蒸発速度に等しいと考えても良く、これに影響を与える支配的要因は対流または輻射による熱の移動で、材料内部の水分拡散の寄与は少ない。

減率乾燥期では内部水分の拡散が乾燥速度に何等かの関わりを持っており、とくに減率乾燥第二段では材料内部の水分の拡散が支配的であると考えることができる。

木材中の水分の拡散については、旧くから多くの研究がなされてきているが、その基礎になっているのは Fick の拡散方程式：

$$F = -D \frac{\partial C}{\partial x} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \dots\dots\dots(2)$$

で F は拡散速度、 $\frac{\partial C}{\partial x}$ は水分の濃度傾斜、 $\frac{\partial C}{\partial t}$ は濃度変化の速度、 D がいわゆる拡散係数と定義されている。

この微分方程式については、いくつかの改良⁸⁻¹⁰⁾も提案されているが、基本的にはこの方程式が一般的に利用されている^{5,7,11,12}など)。この方程式の解法については多くの研究者が試験手法と共に各種の提案を行っているが、多くの場合実験片内の空間的位置と含水率との関係を、時間的に追跡することによって求めている。

一方、いわゆる減率乾燥第二段といわれる段階が、固体内部の水分の拡散によって起こるものと考えるとき、この場合の θ 時間後の平均自由含水率 ($W - W_e$) と初期のそれ ($W_1 - W_e$) との比は $D_s \pi^2 \theta / t^2$ の指数関数の無限級数の和として表される。時間が十分に長いものとして、第二項以下を省略すると、

$$(W - W_e) / (W_1 - W_e) = (8 / \pi^2) \exp(-D_s \pi^2 \theta / t^2)$$

ここでは t は固体の厚さ、 D_s は固体内の水の拡散係数である。これから乾燥速度 $-dw/d\theta$ を求めると、

$$-dw/d\theta = (\pi^2 D_s / t^2) (W - W_e) \dots\dots\dots(3)$$

となる²⁾。上式は D_s を一定として導いたものであるが、実際は D_s そのものは温度や湿度によって異なるばかりでなく固体の含水率状態によっても異なることが知られている。しかし、仮に乾燥の前後の拡散係数の平均値を D_{av} として一定と考えると、第1図 (b) のような乾燥速度曲線が得られれば、減率乾燥期の直線のこう配から図上でこれを求めることが可能となる。平均水分拡散係数 D_{av} が求められるならば、これより含水率が W_1 から W_2 になるまでの時間は、以下の式で求められる。

$$\theta_1 = (t^2 / \pi^2 D_{av}) \ln \{ (W_1 - W_e) / (W_2 - W_e) \} \dots\dots(4)$$

上述のことは、乾燥または放湿に関する現象について述べたものであるが、吸湿についても同様な吸湿速度線が描かれ、減率乾燥段階のような直線領域が存在するならば、吸湿についても放湿と同様な取扱いができることになろう。

3. 試験

3.1 試料

カラマツのLVLは剥きだし厚さ4mmのロータリー単板から辺材と心材を別々に分けて調製した。広葉樹のLVLも同様に厚さ4mmのロータリー単板によったが、これらは辺心材の区別を行っていない。カラマツLVLは、後述するように、繊維方向と接線または放射方向別の水分拡散係数を求める手段として、試験片の長さを90, 60, 30cmの3段階に設定した。各試験片の形状等については、第1表および第2表に示す。

木材は異方性物質であるので、水分の拡散についても、主要三方向(繊維軸方向, 接線方向)ごとに異なる値を示すはずであり、多くの基礎的研究では多くの場合、試験対象でない表面を樹脂でコーティングするなどして拡散方向を限定して実験を行っている。

本実験では試験片は吸・放湿条件下に自由に放置されており、木口表面からも、板・まさ目表面からも同時に吸・放湿が進行している。この状態での吸・放湿

データから、それぞれ木口面(繊維方向の水分移動)と板・まさ目表面(放射・接線方向の水分移動)の寄与を分離するために以下のような手段によった。

いずれも $d \times t$ (cm²)の等しい方形断面を持つ長さ l_1 (cm)と l_2 (cm)の2本の柱状試験片1と2を仮定する。

第2表 LVL試験片の有効吸/放湿表面積
Table 2 Available drying/wetting surface area for the LVL specimens.

試験片 Specimen	A' 木口表面積 Total end-grained surface (10 ⁻² m ²)	A'' 柁目および板目表面積 Sum of edge-grained and flat-grained surfaces (10 ⁻² m ²)
1	0.280	13.306
2	0.280	8.974
3	0.280	4.492
4	0.285	13.586
5	0.286	9.072
6	0.285	4.531
7	0.361	5.334
8	0.341	5.185
9	0.204	3.100
10	0.206	3.107

第1表 供試LVL試験片
Table 1 LVL specimens for the tests.

試験片 Specimen	樹種 Species	辺/心材別 Sap-/Heart-wood	試片長 Specimen length cm	厚さ*1 Depth mm	幅*2 Width mm	重量 Weight g	含水率 Moisture content kg/kg
1	カラマツ karamatsu	辺材 sapwood	90	36.9	37.9	618	0.123
2	カラマツ karamatsu	辺材 sapwood	60	36.9	37.9	471	0.121
3	カラマツ karamatsu	辺材 sapwood	30	37.0	37.9	232	0.124
4	カラマツ karamatsu	心材 heartwood	90	37.6	37.9	638	0.108
5	カラマツ karamatsu	心材 heartwood	60	37.7	37.8	486	0.105
6	カラマツ karamatsu	心材 heartwood	30	37.7	37.8	251	0.107
7	カラマツ karamatsu	辺材 sapwood	31	43.5	41.4	310	0.105
8	カラマツ karamatsu	心材 heartwood	31	41.1	41.5	294	0.096
9	ミズナラ mizunara	区別なし undistinguished	22	49.3	20.7	173	0.069
10	カバ kaba	区別なし undistinguished	22	49.4	20.9	140	0.063

注：寸度、重量および含水率は試験直前の気乾状態での値。

Note : Dimension, weight and moisture contents are those in air-dry just before the testings.

*1厚さ：積層方向の寸度(放射方向)

Depth : Dimension of a specimen in the direction of the depth of veneer-layers.(anatomically radial)

*2幅：積層に対して直交方向の寸度。

Width : Dimension of a specimen in the direction rectangular to depth of the veneer-layers.(anatomically tangential)

これらが全く同じ材質であれば、それぞれの端面(木口面)と側面(板目面とまさ目面, 両面の吸・放湿特性は等価と仮定する)別に単位面積当たりの吸・放湿特性 ($g/cm^2 \cdot sec$) は等しいと仮定すると, 両試験片の吸・放湿速度 (g/sec) はそれぞれ, 木口面からのものと板・まさ目面からのものとの合計と考えられるから,

$$V_1 = 2l_1V_s(d+t) + 2dtv_e \dots\dots\dots(5)$$

$$V_2 = 2l_2V_s(d+t) + 2dtv_e \dots\dots\dots(6)$$

$$V_1 - V_2 = 2V_s(d+t)(l_1 - l_2) \dots\dots\dots(7)$$

(7) 式より

$$V_s = (V_1 - V_2) / 2(d+t)(l_1 - l_2) \dots\dots\dots(8)$$

(5) 式より

$$V_e = |V_1 - 2l_1(d+t)V_s| / 2dt \dots\dots\dots(9)$$

(8)と(9)によって木口面と板・まさ目面からの吸・放湿特性を別々に求める事ができる。

ここで,

d : 木口長方形断面の辺長 (cm)

t : 同上

l_1 : 試験片 1 の長さ (cm; 繊維方向)

l_2 : 試験片 2 の長さ (cm; 繊維方向)

v_1 : 試験片 1 の吸・放湿速さ (g/sec)

v_2 : 試験片 2 の吸・放湿速さ (g/sec)

v_e : 木口からの単位面積当たりの吸・放湿速度 ($g/cm^2 \cdot sec$)

v_s : 板目またはまさ目面からの単位面積当たりの吸・放湿速度 ($g/cm^2 \cdot sec$)

つまり, 断面が共通で長さのみ異なる 2 本の試験片の吸・放湿速度を求め, その差をとれば(7)式のように, 木口面からの吸・放湿は消去され, この差は板・まさ目表面積の差に基づくことになる。式(8)によって, 板・まさ目表面積の単位面積あたりの, 吸・放湿速度が求められる事になり, これを(9)式に代入することによって, 木口表面からの吸・放湿速度を求めることができる。

3. 2 吸湿試験

カラマツ LVL の試験片 (No. 1 から 6) と, 広葉樹 LVL 試験片 (No. 9 と 10) は 20°C, 85% R.H. に調整さ

れた恒温恒湿室内に置き, 180日間毎日 1 回, 1/100g精度で重量を測定し, 吸湿重量を求めた。

カラマツ LVL 試験片 No. 7 と 8 は, 極めて温和な条件下での吸湿性状を求めるために, 20°C, 65% R.H. の恒温恒湿室内に置き, 同様に 130日間吸湿状況を観測した。

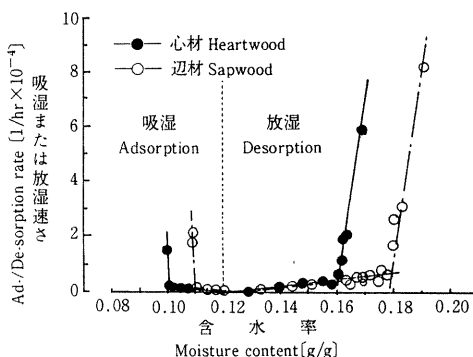
3. 3 放湿試験

カラマツ LVL 試験片 No. 1 から No. 6 は, 吸湿試験を終了したのち, 20°C, 65% R.H. の恒温恒湿室内に置き, 150日間放湿状況を観測した。

4. 結果と考察

4. 1 吸・放湿速度曲線

カラマツの辺材と心材の 20°C, 65% R.H. における, 吸湿と放湿の際の, 含水率の変化速度を試料の含水率に対してプロットすると, 第 2 図のような, いずれも 2 本の直線からなるグラフが得られる。放湿過程の速度経過を一般に知られている乾燥速度曲線と比較すると, 恒率乾燥領域と呼ばれる速度一定の領域を欠いた形になっている。これは, 吸・放湿いずれの場合も試験片は周辺環境の温・湿度と平衡状態にあったものであり, 自由水分を保有しない状態にあったからである。したがって 2 本の直線分で構成される領域は乾燥速度のところで述べた減率乾燥領域に相当する領域であるが, 自由水分を保有する状態から始まる乾燥速度曲線



第 2 図 20°C, 65% R.H. での, カラマツ LVL の吸湿速度と放湿速度

Fig. 2 Adsorption-rates and desorption-rates for Karamatsu heartwood and sapwood LVL's in the condition of 20°C, 65% R. H. .

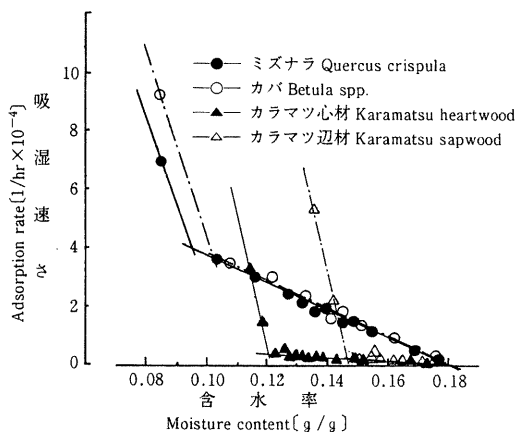
の減率一段、第二段と同一のメカニズムとはいえないと思われる。

放湿における減率第一段と二段はそのこう配が著しく異なる。つまり、放湿開始と共に放湿速度は急速に低下し、ある一定の臨界状態に達した後は、速度低下は著しく遅くなる。

吸湿速度も放湿速度と同様に2本の減率直線で経過する。ただし、減率第一段は放湿の場合よりもはるかに急速に終息し、直ちに、極めて緩慢な減率第二段に移行する傾向が認められる。

辺材と心材を比較すると、吸湿の場合も放湿の場合もともに、両者はほぼ同様なパターンを持っており、第一段、第二段それぞれに同じこう配を持っており、両者の違いは、第一段から第二段への臨界含水率だけである。第一段で比較すると、同じ含水率では、吸湿の時は辺材の方が吸湿速度が速く、放湿の時は、心材の方が放湿速度が速い。ただし、吸・放湿どちらの場合も、第二段ではほとんどその差を認めることができない。第二段への移行は吸湿の場合は、心材の方が速く、放湿の場合は辺材の方が速く始まる。

第3図は、20℃、85% R.H.における吸湿速度(含水率の増加速度)を針葉樹と広葉樹で比較したものである。広葉樹LVLの吸湿速度曲線はカラマツLVLの



第3図 20℃、85% R.H.での、広葉樹およびカラマツLVLの吸湿速さ

Fig. 3 Adsorption-rates for four LVL specimens made of different sets of wood-sorts in a damp condition. (20℃, 85% R.H.)

ものと明らかに異なるパターンを示している。減率第二段のこう配は極めて大である。第一段のこう配はカラマツよりも若干低く、第一段と第二段のこう配の差はカラマツの場合ほど著しくない。つまり、広葉樹の場合は、減率第二段に入ってから、かなりの速さで吸湿を続ける。ミズナラとカバの吸湿特性の違いはあまり大きいものではない。

4. 2 試験片長の差による結果

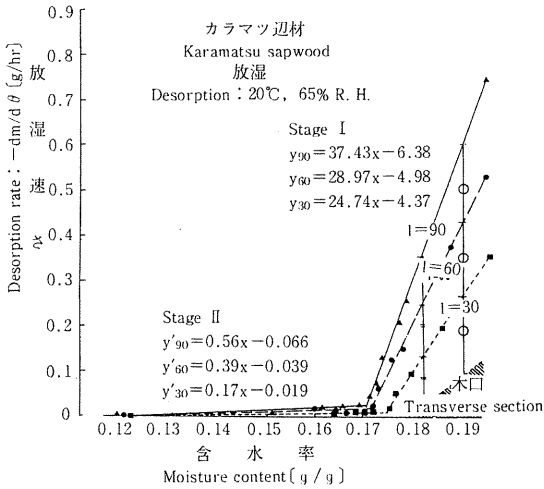
木口断面はほぼ等しく、長さのみ異なる3本の長柱状カラマツLVL試験片2組 (No. 1~3とNo. 4~6) を同じ温・湿度環境 (20℃, 65% R.H.と20℃, 85% R.H.) に置いて、それらの放湿と吸湿の状況を観測した。ここでは、吸・放湿速度として、1時間当りにそれぞれの試験片が獲得もしくは失う、水分の重量で示してある。第4図および第5図にそれぞれカラマツ心材と辺材の20℃, 65% R.H.での放湿速度の変化を示している。図に見られるとおり、長さ90cmの試験片と長さ60cmの試験片の放湿速度の差は、60cmと30cmのもの放湿速度の差にはほぼ等しい。この二つの組合せは板・まさ目表面の面積の差がほぼ等しいから、この放湿速度の差は2本の試験片の板・まさ目表面の差に基づくと考えられるだろう。なお、これらの差がデータ上で認められるのは、減率第一段の領域であり第二段では放湿または吸湿速度は極めて小さく、試験片長に基づく差は明確に認めがたい。

これらのグラフ上で試料の含水率と吸・放湿速度との関係を、各試験片ごとに2本の(第一段と第二段)一次関数にあてはめ、図に併記した。

第6図および第7図には、20℃, 85% R.H.での吸湿の状況を示すが、放湿の場合と同様な事が観察される。

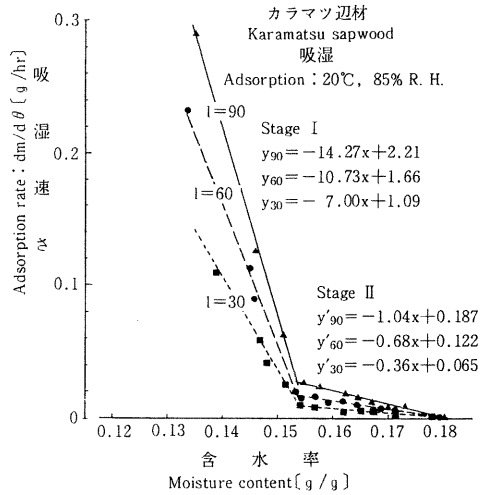
4. 3 木口面と板・まさ目表面の吸・放湿速度

前節で試験片の長さ別に求めた吸・放湿速度は、その差を取ると、両試験片の板まさ目表面の面積の差に由来すると考えられるので、これから板・まさ目表面からの吸・放湿速度、つまり放射または接線方向の水分移動速度を求めることができる。またこれが求められれば、3. 1の(9)式によって、木口表面の吸・放湿速



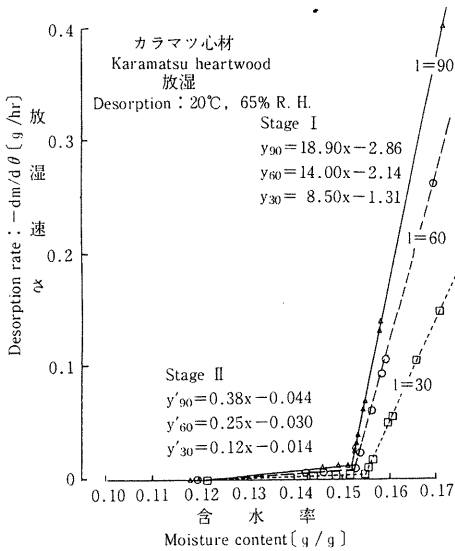
第 4 図 カラマツ辺材 LVL の 20°C, 65% R.H. での放湿速度と含水率との関係

Fig. 4 Desorption rate at the condition of 20°C, 65% R. H. for karamatsu sapwood LVL's.



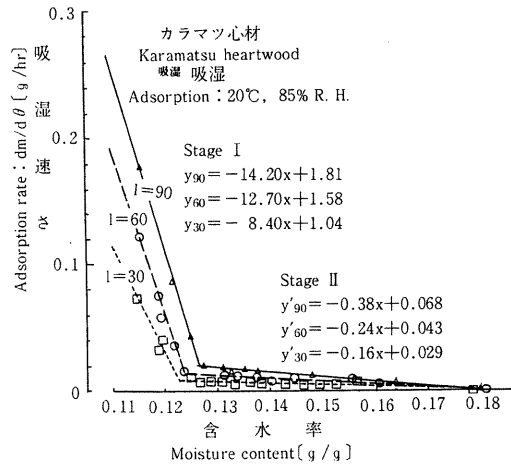
第 6 図 カラマツ辺材 LVL の 20°C, 85% R.H. での吸湿速度と含水率との関係

Fig. 6 Adsorption rate at the condition of 20°C, 85% R. H. for karamatsu sapwood LVL's.



第 5 図 カラマツ心材 LVL の 20°C, 65% R.H. での放湿速度と含水率との関係

Fig. 5 Desorption rate at the condition of 20°C, 65% R. H. for karamatsu heartwood LVL's.



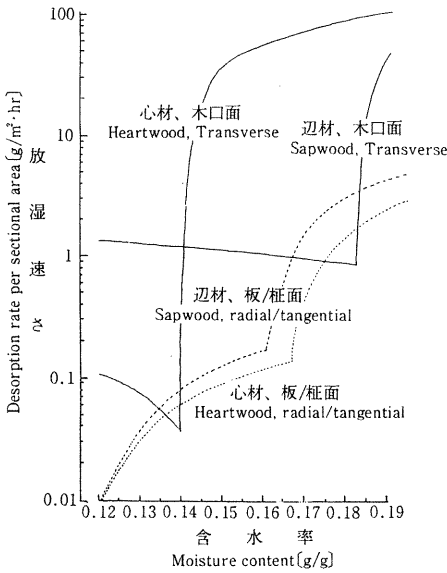
第 7 図 カラマツ心材 LVL の 20°C, 85% R.H. での吸湿速度と含水率との関係

Fig. 7 Adsorption rate at the condition of 20°C, 85% R. H. for karamatsu heartwood LVL's.

度, つまり繊維方向の水分移動速度を求めることができる。

第 8 図および第 9 図は, このようにして求めた, 木口面からと板・まさ目面からの放湿速度を単位面積当たりで示したものである。吸・放湿ともに減率第二段

の領域では, 数値が極めて小さいので精度に乏しいが, 減率第一段領域と比較すると, 吸湿段階では木口面からの吸湿速度は, 板・まさ目表面からのそれに比べて, 辺材では約 15 倍, 心材では約 10 倍, 放湿では木口からの速度は板まさ目表面からの, 辺材で約 10 倍, 心材では



第8図 カラマツ LVL の木口面と板/柎目面からの単位面積あたりの放湿速さ (20℃, 65% R. H.)

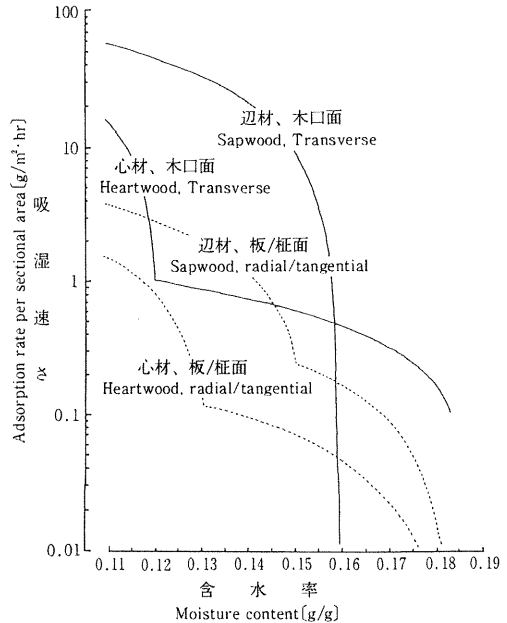
Fig. 8 Moisture releasing rate through the transverse and radial/tangential sectional surfaces of karamatsu LVL's. (20℃, 65% R. H.)

約30倍であった。

4. 4 水分拡散係数

このようにして、木口面と板・まさ目表面別に求めた吸・放湿速度を前出の(3)式に代入することによって、カラマツ LVL の軸 (繊維) 方向と、横断 (放射・接線) 方向の水分拡散係数 D_s を求めた。この(3)式を適用する場合、試験片の厚さ t が問題になる。既往の研究^{5, 11, 12)}では、厚さ 5~20mm の試験片によって求めているのが一般的であるが、本実験では実用サイズの試験片を使っているため、これよりもはるかに大きいサイズになる。したがって、ここに求められた水分拡散係数は、本来、試験片内の局所ごとに異なっている値が試験片全体にわたって、平均化されたものとして得られたものと考えられる。

本実験では、試験片の拡散距離 t として軸方向の拡散に対しては試験片長さの1/2をあて、横断方向の拡



第9図 カラマツ LVL の木口面と板/柎目面からの単位面積あたりの吸湿速さ

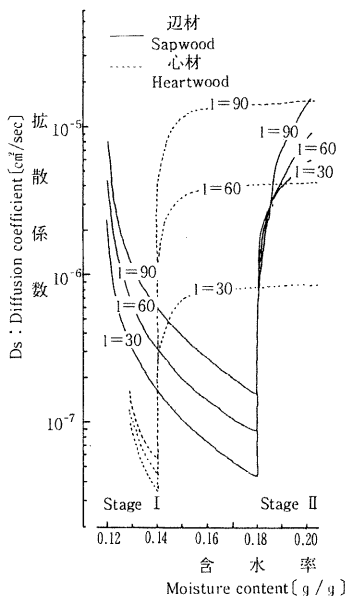
Fig. 9 Moisture absorbing rates through transverse and radial/tangential sectional surfaces of karamatsu LVL's.

散に対しては、木口の長方形における、四辺の中心からの距離の調和平均値を充当している。

こうして求めたカラマツ LVL の水分拡散係数を、20℃, 65% R.H.での放湿過程については、第10図および第11図に20℃, 85% R.H.での吸湿過程については、第12図および第13図に示す。各図とも含水率に対して指数関数的に変化しており、既往の研究と符合する。いずれの曲線も著しく不連続な二本の曲線から成っているが、これは既往の研究には認められない。これは吸・放湿速度が、著しくこう配の異なる2本の直線で表されるカラマツ LVL の速度経過の特徴によるものと思われる。

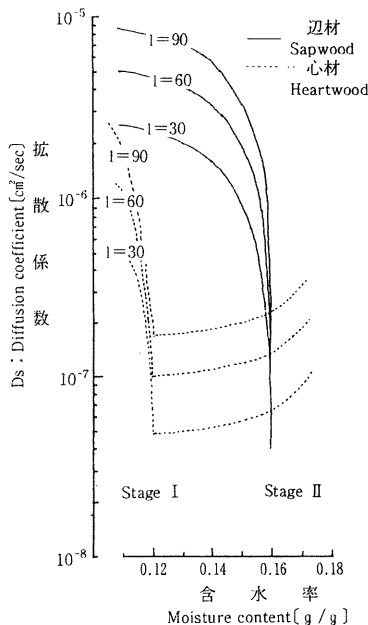
減率第一段階で求めた軸方向の水分拡散係数は、 $10^{-(5-6)} \text{cm}^2/\text{sec}$ のオーダーであり、極めて小型の試験片によって多くの既往の研究と一致している。

乾燥の理論では減率乾燥第一段は表面の一部に平衡



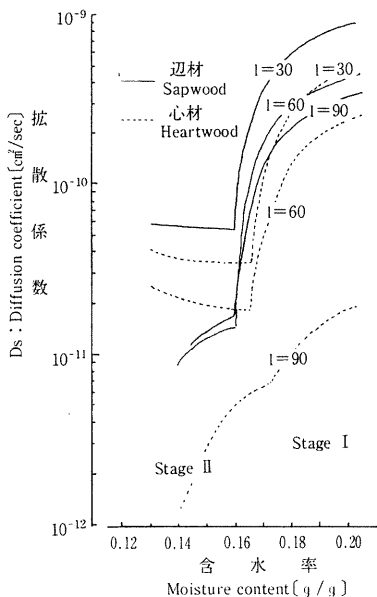
第10図 カラマツLVLの軸方向の放湿拡散係数 (20°C, 65% R. H.)

Fig. 10 Longitudinal diffusion coefficients for moisture desorption of karamatsu LVL's. (20°C, 65% R. H.)



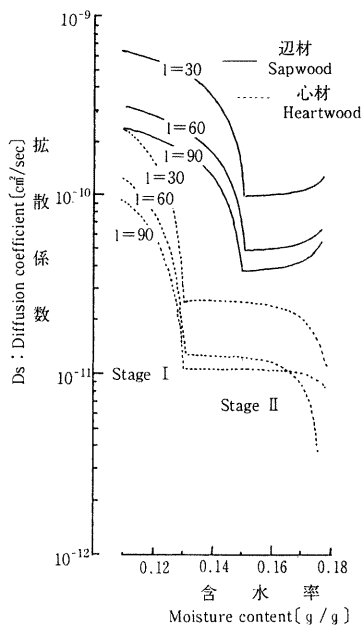
第12図 カラマツLVLの軸方向の吸湿拡散係数 (20°C, 85% R. H.)

Fig. 12 Longitudinal diffusion coefficients for moisture desorption of karamatsu LVL's. (20°C, 85% R. H.)



第11図 カラマツLVLの横断方向放湿拡散係数 (20°C, 65% R. H.)

Fig. 11 Transversial diffusion coefficients for moisture desorption of karamatsu LVL's. (20°C, 65% R. H.)



第13図 カラマツLVLの横断方向吸湿拡散係数 (20°C, 85% R. H.)

Fig. 13 Transversial diffusion coefficients for moisture desorption of karamatsu LVL's. (20°C, 85% R. H.)

含水率に達していない部分を残している状態であり、第二段に至って初めて、固体内部の水分拡散による乾燥が支配的になるといわれている。しかし本実験では吸湿も放湿も気乾状態から始まっており、試験片の全表面は直ちに平衡含水率に達し、減率第一段から、水分拡散が支配的になっていると考えられる。既往の研究の多くも本実験と同じような含水率範囲で水分拡散係数の測定が行われている。いずれの図においても、比重の高い心材試料は比重の低い辺材試料に比べて拡散係数が低い傾向があり、本実験の結果も既往の研究と符合している。

横断方向の水分拡散係数は軸方向の 10^{-3} から 10^{-4} のオーダーであった。既往の研究で、軸方向を比較したものは少ないが、Choong⁵⁾のペーポメータ(カップ)法による実験では、横断方向の水分拡散係数は軸方向の、含水率に応じて、 10^{-3} から 10^{-1} であった。

減率第二段から求めた水分拡散係数は、拡散速度が極めて低いので、精度に乏しいきらいはあるが、吸湿または放湿の最終段階に近づくとき拡散係数が高くなる場合があることを示している。同様な事はComstock⁴⁾やChoong⁵⁾の報告にも認められる。

第10図～第13図に示した平均水分拡散係数は各図に見るとおり試験片サイズの影響が表れている。軸方向の拡散では試験片の長さが長いものほど拡散係数が大きく、横断方向の拡散係数では反対に短いものの方が大きかった。試験片内部の含水率が各部一様でなく、ある分布を持つ以上これは当然の事ではあるが、実用上不便であるので、今後試験片サイズに関する平均水分拡散係数の補正法を検討する必要がある。

5. まとめ

木質材料の寸度安定性を論じる場合、木質材料の吸・放湿特性は動的に考察されなければならない。

カラマツ等のLVLを使って、実用規模の寸法で吸・放湿特性を測定した。試料含水率と吸・放湿速度との関係は明確にこう配の異なる2本の一次関数で近似されるが、吸・放湿ともに初期のある含水率までは著しい早さで吸・放湿の速度を減じ、それ以降は速度低下が著しく遅くなる。

試料含水率と吸・放湿速度の関係から計算によって平均拡散係数を求めた。またこの際に、同じ木口断面で長さのみ異なる試験片で同時に試験することによって、繊維方向と横断方向の水分拡散を分離した。

こうして求めた水分拡散係数は、繊維方向に限って言えば、小型の試験片によっている多くの既往の研究報告と同じオーダーの数値であり、各試料の平均的な水分拡散特性を代表しているものと考えられる。また、このようにして求めた水分拡散係数は、含水率との関係、密度との関係においても既往の報告と同じ傾向を示した。

文 献

- 1) Vanek, M., Pommer, G.: *Holzforchung und Holzverwertung*, (1) 6-9 (1989)
- 2) 藤田重文: 化学工学 1, 岩波書店(1963)
- 3) Kirkpatrick, S. D., McCabe, W. L., Smith, J. C.: *Unit Operations of Chemical Engineering*, McGraw-Hill Book Company INC., (1956)
- 4) Comstock, G. L.: *For. Prod. Jour.* 13 (3) 97-103 (1963)
- 5) Choong, E. T.: *For. Prod. Jour.*, 15 (1) 21-27 (1965)
- 6) Kisseloff, P.: *Holz als Roh- und Werkstoff*, 27 (7) 246-253 (1969)
- 7) Martin, R. E., Moschler, W. W. Jr.: *Wood Science*, 2 (3) 186-192 (1970)
- 8) Bramhall, G.: *Wood Science*, 8 (3) 153-161 (1976)
- 9) Wengert, E. M.: *Wood Science*, 10 (1) 49-52 (1977)
- 10) Bramhall, G.: *Wood Science*, 12 (1) 3-13 (1979)
- 11) Koponen, H.: *Paperi ja Puu*, 12 740-745 (1984)
- 12) Vanek, M., Teischinger, A.: *Holzforchung und Holzverwertung*, (1) 3-7 (1989)

—*¹技術部長—

—*²北海道林務部治山課—

—*³性能部構造性能科—

(原稿受理 平 3.1.17)