

本邦産キリ材の吸湿・吸水性に就て

梶 田 茂・中 戸 莞 二

(木材物理第1研究室)

On the Hygroscopicity of "Kiri" - (*Paulownia tomentosa* Steud.) Wood
by Shigeru KADITA and Kanji NAKATO

目 次

緒 言

実験方法

1. 供試材

a) キリ材

b) 比較材

2. 実験の種類と方法

a) 吸湿性に関する実験

- (1) 吸湿極限值及飽湿下に於ける吸湿経過
- (2) 吸湿による膨脹
- (3) 吸湿性と繊維方向
- (4) 恒温下で外気湿度の變化による材の含水量の變化
- (5) 恒湿下で外気温度の變化による材の含水量の變化

b) 吸水性に関する実験

- (1) 吸水極限值及浸水による吸水経過
- (2) 吸水性と繊維方向

c) 木材の吸湿性と構造に関する実験

- (1) 吸湿極限值と比重及空隙率
- (2) 吸湿性と構成要素の體積率

実験結果及考察

a) 吸 湿 性

- (1) 吸湿極限值
- (2) 飽湿下に於ける吸湿経過
- (3) 最大膨脹率
- (4) 吸湿膨脹係數
- (5) 吸湿性と吸湿面の繊維方向との關係
- (6) 恒温下で外気湿度の變化による含水量の變化
- (7) 恒湿下の外気温度の變化による含水量の變化

b) 吸水性

- (1) 吸水極限值
- (2) 浸水による吸水経過
- (3) 吸水性と吸水面の繊維方向との関係

c) 吸湿性と木材構造

- (1) 吸湿極限值と比重及空隙率との関係
- (2) 吸湿性と構成要素の体積率との関係

摘 要
文 献

緒 言

本邦産のキリ (*Paulownia tomentosa* Steud.) とゴマノハグサ科 (*Scrophulariaceae*) のキリ属 (*Paulownia*) に属し、朝鮮鬱陵島の原産と云はれ本邦全土に分布し同属の植物は約8種で日本及中華民國に産してゐる。

キリは短期間に多額の収益を挙げ得る有用樹種であつてその材は 1) 外觀が雅致に富み高尚である。2) 本邦産の木材中で最も軽く且つ最も軟い。3) 吸湿性が低い。4) 燃え難い。5) 音響性が優れてゐる。6) 加工が容易である。7) 糊着性が高い。8) 昆虫や菌類に侵蝕され難い、等の特性をもつてゐる。之等の特性を活かしてキリ材は下駄材として又箆筒、長持、火鉢其の他の和風家具類や琴、三味線、琵琶其の他の和楽器として、その外經木、假面彫刻、建具等に珍重され特用されてゐる。就中キリ材が従來箆筒材として重用されたのは吸湿性が低く虫害に侵されない特性に因るものであり、又金庫の内箱として特用されるのも主として吸湿性が低く燃え難いことに基くものであり、下駄材として愛用されるのはその吸水性が低く磨耗し難く軽いことに因るものである。

斯様にキリ材は吸湿、吸水性が他材に較べて著しく低いとされその爲に各種の用途に特用されてゐる場合が多い。此のキリ材の吸湿・吸水性に就いて諸種の實驗を行ひ、その性能を検討して特性を明かにし、更にその特性の因つて來たるところを些かでも究め様とするのが本研究の目的である。

本研究は文部省科學研究費の一部を以つて行つたものである。尙試験材入手に關して種々御盡力下さつた當時の京都地木社北村勝三郎氏に深甚の謝意を表する。

實 驗 方 法

1. 供 試 材

a) キ リ 材

本實驗に供したキリ材は京都市上京區京都師範學校敷地内に産したもので、その立地は稍瘠悪ではあるが排水は良好で且列狀に疎植されてゐて受光關係は極めて良好であつた。樹齡約20年、樹高6.5m、枝下高4.4m、胸高直徑26cmで幹の頂點で徑約15cmの2枝に分岐してゐる健全木である。之を昭和21年1月26日に伐採し幹材は約2m、枝材は約0.5mに玉切り室内で乾燥したものである。

キリ材は其の産地により著しく材質を異にするものであり、概して寒地産のものは暖地産のものに比べて材質が緻密で年輪が狭く木理が鮮明で色澤が良好であるとされ南部・會津桐が最も優秀とされ

てゐるが、當時敗戦後日尙淺く諸事意の如くならず結局上記普通木を試料としたのである。

b) 比較材

本實驗の比較材として京都大學芦生演習林産のブナ、ナラ、カツラ、スギの4樹種を用いた。

2. 實驗の種類と方法

a) 吸濕性に関する實驗

(1) 吸濕極限值及飽濕下に於ける吸濕經過

試片は標準 30mm×30mm×30mm の二方柱木取りで表面を鉋削仕上げとして各樹毎に5個宛用いた。試片の基礎條件は第1表の通りである。

第1表 吸濕實驗用試片の基礎條件

實驗の種類	樹 種	平均年輪幅 (mm)	比重 × 100	
			絶 乾	氣 乾
(1) 及 (2)	キ リ 幹 材	2.9	22.3	24.5
	キ リ 枝 條 材	2.7	24.5	26.9
	ブ ナ	1.4	61.5	66.1
	ナ ラ	1.0	57.6	62.1
	カ ツ ラ	1.0	43.0	46.6
	ス ギ	3.4	28.9	35.2
(3)	キ リ 幹 材	3.1	22.2	24.2
	キ リ 枝 條 材	2.7	24.5	26.8
	ブ ナ	1.3	62.6	66.8
	ナ ラ	0.8	56.6	60.8
	カ ツ ラ	1.0	42.6	46.3
	ス ギ	3.5	31.0	35.2
(4) 及 (5)	キ リ 幹 材	3.0	22.0	24.4
	キ リ 枝 條 材	2.7	24.5	26.6
	ブ ナ	1.3	62.0	66.4
	ナ ラ	0.9	57.1	61.0
	カ ツ ラ	1.0	42.8	47.2
	ス ギ	3.4	29.5	36.2

底に清水を入れて器内に飽濕状態に保つたデシケーター中の金網上に絶乾状態にした上記試片を並置し、之を常溫の實驗室に放置して吸濕せしめ 1,3,6,12,24時間後、2,4,6,10日後、更に其の後は1週間毎に秤量して殆ど重量の變化なきに至り(實驗開始後162日)試片は充分飽濕したものと見做した。

(2) 吸濕による膨脹

吸濕の經過に関する實驗に於てその秤量と同時に各方向(繊維・切線・放射方向)の長さを $\frac{1}{20}$ mm迄可讀のバーニヤ付キャリパーで測定した。

本實驗で膨脹率は測定時と絶乾時との長さ若くは體積の差を絶乾時の長さ若くは體積で以て除したものの百分率である。又含水率 0 → m% の平均膨脹係數は含水率 m% のときの膨脹率を m で除したものである。

(3) 吸濕性と纖維方向

試片は標準 3 cm 立方の二方柱木取で表面を鉋仕上げし、之を緩徐に絶乾状態に導いた後吸濕面以

外はパラフィンを塗布して 1) 木口面吸湿試片(木口2面を露出) 2) 柃目面吸湿試片(柃目2面を露出) 3) 板目面吸湿試片(板目2面を露出)の3種の試片をつくつた。その基礎条件は第1表の通りである。

上記の試片を前実験と同様の方法で約90日間秤量を繼續して吸湿速度を検討した。

(4) 恒温下で外氣湿度の變化による材の含水量の變化⁵⁾

恒温下で外氣湿度の單位量(1mmHg 又は1%)の變化による試片の單位絶乾重量當りの含水量の變化量を $C(C')$ とすると

$$(イ) \text{ 湿壓 } (P(\text{mmHg.})) \text{ で示す場合 } C = \frac{1}{G_0} \left(\frac{\partial Q}{\partial P} \right)_\theta = \left(\frac{\partial m}{\partial P} \right)_\theta$$

$$(ロ) \text{ 關係湿度 } (H(\%)) \text{ で示す場合 } C' = \frac{1}{G_0} \left(\frac{\partial Q}{\partial H} \right)_\theta = \left(\frac{\partial m}{\partial H} \right)_\theta \text{ であつて,}$$

ここに G_0 : 絶乾重量 Q : 含有水分
 m : 含水率 θ : 外氣の溫度

更に試片の單位容積當りの含水量の變化量を $C_v(C'_v)$ とすると,

$$(イ) \text{ 湿壓 } (P(\text{mmHg.})) \text{ で示す場合 } C_v = \rho_0 \frac{1}{1 + \gamma m} \doteq \rho_0 C$$

$$(ロ) \text{ 關係湿度 } (H(\%)) \text{ で示す場合 同様に } C'_v \doteq \rho_0 C' \text{ である。}$$

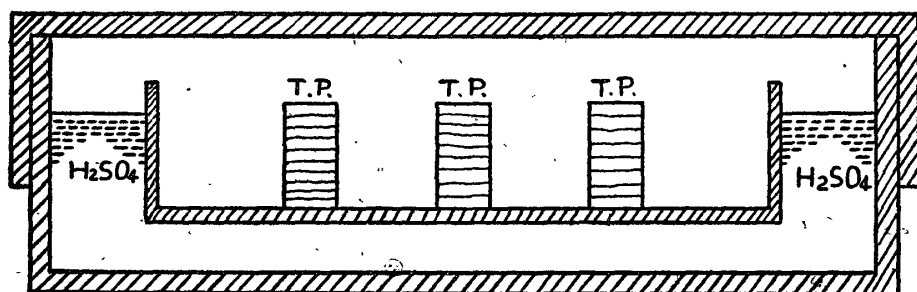
ρ_0 : 絶乾比重

γ : 含水率 $m\%$ のときの體積膨脹係數

本實驗の試片は標準 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 5\text{mm}$ の大いさで $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 面を木口面とし表面を鉋仕上げとした。其の基礎条件は第1表の通りである。

實驗方法——恒湿器：第1圖に示す如く蓋付き中型シャーレに所定の濃度の硫酸を入れて器内の湿度を一定としその中に試片を並置した小型シャーレを浮べた。

第1圖 恒 湿 器



此の恒湿器を溫度 30°C の恒温器中に入れて各湿度段階 ($95 \rightarrow 70 \rightarrow 45 \rightarrow 20 \rightarrow 5\%$) に於ける材の平衡重量を秤つた。

(5) 恒湿下で外氣溫度の變化による材の含水量の變化⁵⁾

恒湿下で外氣溫度 1°C の變化による試片の單位絶乾重量當りの含水量, 即含水率の變化を $k(k')$ とすると $k = \left(\frac{\partial m}{\partial \theta} \right)_P$, $k' = \left(\frac{\partial m}{\partial \theta} \right)_H$ 又單位容積當りの含水量の變化の度合は $k_v \doteq \rho_0 k$, $k'_v \doteq \rho_0 k'$

である。

前實驗と同様の試片と方法で關係濕度 45% での各溫度段階に於ける材の平衡重量を求めた。

b) 吸水性に関する實驗

(1) 吸水極限值及浸水による吸水經過

吸濕性に関する實驗と同様に標準 30mm×30mm×30mm の二方柱木取りで鉋仕上げをした試片各 5 個宛を緩徐に乾燥して絶乾となし試片全體を水中に浸漬して常溫の實驗室内に放置し吸濕實驗と同様の經過時間後に秤量して重量の變化殆どなきに至り該材は吸水極限值にあるものと見做した。

(2) 吸水性と纖維方向

吸濕性の實驗と同様の試片及方法で實驗した。

第 2 表 吸水實驗用試片の基礎條件

實驗の種類	樹 種	平均年輪幅 (mm)	比重 × 100	
			絶 乾	氣 乾
(1) 及び (2)	キ リ 幹 材	3.4	20.2	23.0
	キ リ 枝 條 材	2.7	25.0	28.1
	ブ ナ	1.4	62.0	67.1
	ナ ラ	1.1	58.2	63.2
	カ ツ ラ	1.0	42.8	46.4
	ス ギ	4.3	38.4	44.2

c) 木材の吸濕性と構造に関する實驗

(1) 吸濕極限值と比重及空隙率

供試樹種：前實驗に用いたキリ材及ブナ、ナラ、カツラ、スギの 5 樹種の外に本邦産有用樹種 15 種 (サハラ、アカマツ、クロマツ、ヒノキ、ネズコ、ヒバ、カウヤマキ、カラマツ、モミ、エゾマツ、ツガ、ハリギリ、クリ、ケヤキ、アベマキ) を用いた。供試材の絶乾比重はキリの 0.25 g/cm³ からアベマキの 0.75 g/cm³ の範圍である。

試験片：二方柱木取りの 10mm 立方體試片を用いた。その基礎條件は第 3 表の通りである。

吸濕極限値の測定：前記吸濕實驗と同様に試片を飽濕デシケーターの中に入れて比較的濕度變化の

第 3 表 試片の基礎條件

樹 種	平均年輪幅 (mm)	含 水 率 (%)	氣乾比重 ×100	樹 種	平均年輪幅 (mm)	含 水 率 (%)	氣乾比重 ×100
サ ハ ラ	4.5	10.4	36.8	カ マ ツ	4.0	11.6	56.2
ス ギ	5.3	12.5	37.0	ヒ バ	0.7	10.9	56.6
モ ミ	3.7	10.7	40.2	キ リ	3.4	9.6	27.2
カウヤマキ	4.5	11.8	40.6	カ ツ ラ	1.9	10.1	48.4
ク ロ マ ツ	3.6	10.5	41.2	ハ リ ギ リ	1.9	11.3	60.9
ア カ マ ツ	5.6	12.7	41.3	ブ ナ	3.3	10.8	64.6
ヒ ノ キ	1.8	10.5	45.7	ケ ヤ キ	3.3	10.2	70.4
エ ゾ マ ツ	7.1	12.3	47.5	ク リ	3.0	11.3	70.7
ツ ガ	2.3	10.8	49.2	コ ナ ラ	2.2	11.6	74.9
ネ ズ コ	0.3	10.0	50.6	ア ベ マ キ	0.8	11.0	78.4

少ない室内に放置し、略々恒量に達したと見做しうる2ヶ月後の水分密度をもつて吸湿極限值とした。

絶乾比重の計算：100~105°Cの恒温器中で絶乾状態にした試片を、重量は化学天秤で秤量し容積は $\frac{1}{20}$ mm 迄可讀のキャリパーで3方向の長さを測定して材の比重を計算した。

空隙率の計算：材の空隙率Pは $P = \left(1 - \frac{\rho_0}{r}\right) \times 100(\%)$

但し ρ_0 ：材の絶乾比重 (g/cm^3)、 r ：材の眞比重= 1.56 g/cm^3 で計算した。

(2) 材の吸湿性と構成要素の體積率

構成要素の體積率の測定：供試木材の垂直構成要素（木繊維、導管、柔細胞）は横断面での面積百分率（組織の放射軸に對して 45° の傾斜をもつ數本の平行線上での各細胞の直徑を測定して求めた）に依り、水平構成要素（射出線）は切線断面上の面積百分率（硫酸紙にトレースしてその重量比による）に依り兩者を總合して各構成要素の容積百分率を求めた。

實驗結果及考察

木材の含有水分を示すものとして 1. 含水量 (g) 2. 含水率 (%) 3. 水分密度 (g/cm^3) があるが含水量は材の容積若くは絶乾重量を考慮せずに與へられた材の水分の總量を示すのみで其の度合を示すものではなく、含水率は材の單位絶乾重量當りの水分量の百分率であり水分密度は單位容積當りの水分量である。今比重の異なる等容積の材を比較するとき同一の含水率でも比重の大きい材程多量の水分をもち、水分密度が同じでも比重の大なる材程含水率が低いことになる。然るに木材の吸湿性の大小とは木材が外氣條件と濕氣的平衡を保つ爲に吸収する水分の多少であるから、比重の異なる木材の吸湿性を比較検討するには材の單位絶乾重量當りの吸収水分量を示す含水率よりも單位容積當りの水分量を示す水分密度に依るのがより合理的であると考へ、本實驗結果は主として水分密度に依つて比較検討することとした。

a) 吸 湿 性

(1) 吸湿極限值

結果は第3表に示す如くキリ幹材は 0.058 g/cm^3 であつて他材に較べて最も小さくその割合キリ幹材1に對して枝條材は稍高く1.1で、ブナ3.3、ナラ2.7、カツラ1.6、スギ1.4である。之を吸湿率で示すときは樹種による差は少ない。斯様に吸湿極限值を水分密度で表すときには樹種によつて大差があり吸湿率で示すときには差が小さいと云ふ事は樹種による吸湿極限值の相違は主として材の比重の相違、從つて細胞の大きさ細胞膜の厚さ等に因るものであると考へられる。

第3表 吸湿極限值及び各測定時の水分密度 (g/cm^3)

樹 種	1 日	10 日	90 日	162 日 (吸湿極限值) (含水率%)
キ リ 幹 材	0.020	0.033	0.054	0.058 (25.4)
キ リ 枝 條 材	0.023	0.036	0.058	0.062 (25.2)
ブ ナ	0.059	0.104	0.174	0.192 (31.0)
ナ ラ	0.049	0.087	0.149	0.155 (26.8)
カ ツ ラ	0.037	0.060	0.090	0.090 (20.8)
ス ギ	0.034	0.054	0.080	0.080 (24.0)

第4表 吸濕極限值に對する各測定時の水分密度の比 (%)

樹 種	1 時 間	1 日	10 日
キ リ 幹 材	10.3	34.7	51.9
キ リ 枝 條 材	11.3	33.9	58.1
ブ ナ	11.3	30.7	54.2
ナ ラ	10.3	31.6	56.1
カ ツ ラ	13.3	41.1	66.7
ス ギ	13.8	42.5	67.5
平 均	11.7	35.8	55.8

(2) 飽濕下に於ける吸濕經過

飽濕下に於ける吸濕經過に就いては森三郎⁶⁾氏は 10mm×50mm×50mm の試片を用ひて實驗した結果「材の吸濕の順位は試験開始後50日以内に明らかになり以後吸濕速度は漸減し150~200日で極限に近い」と。又 30mm×30mm×30mm の試片を用ひた濱野氏は「最初の4~5日間に最も多く吸濕し15~16日後頃迄は相當の吸濕を續け以後漸減する」と。兩氏共に絶乾材の吸濕は含水率の低い實驗開始當初に於て極めて高い事を認めてゐるが、本實驗でも又同様に第4表に示す如く一時間後に極限値の約1割を、1日後で約4割を、10日後で既に半ば以上を吸濕してゐる。

飽濕下で吸濕極限值に達する速さは第2圖及第4表に示す如くスギ、カツラが最も速く、吸濕極限値の大きいブナ、ナラは最も遅い。

(3) 最大膨脹率

第5表に示す如くいずれの最大膨脹率に於ても供試材中でカツラの纖維長膨脹率を除いてキリ幹材が最も小さく、比較材はキリ材の體積膨脹率では1.5~2.8倍、切線長のそれでは1.5~3.0倍、放射長のそれでは1.8~2.6倍、纖維長のそれでは1.1~1.3倍である。

第5表 最大膨脹率 (%)

樹 種	體 積	切 線 長	放 射 長	纖 維 長
キ リ 幹 材	6.3	3.6	1.8	0.8
キ リ 枝 條 材	6.5	3.7	1.4	0.7
ブ ナ	17.7	11.2	4.7	1.2
ナ ラ	12.0	5.7	4.1	1.0
カ ツ ラ	9.6	5.6	3.4	0.7
ス ギ	10.3	6.4	3.2	0.9

¹³⁾ 田丸節郎氏は各方向別のマツチ軸木狀試片を用ひての實驗によつて狂ひ易い材程切線方向の膨脹が著しく11.0%にも及びスギ、キリ等の如く狂ひ難い材では比較的小さく4~5%

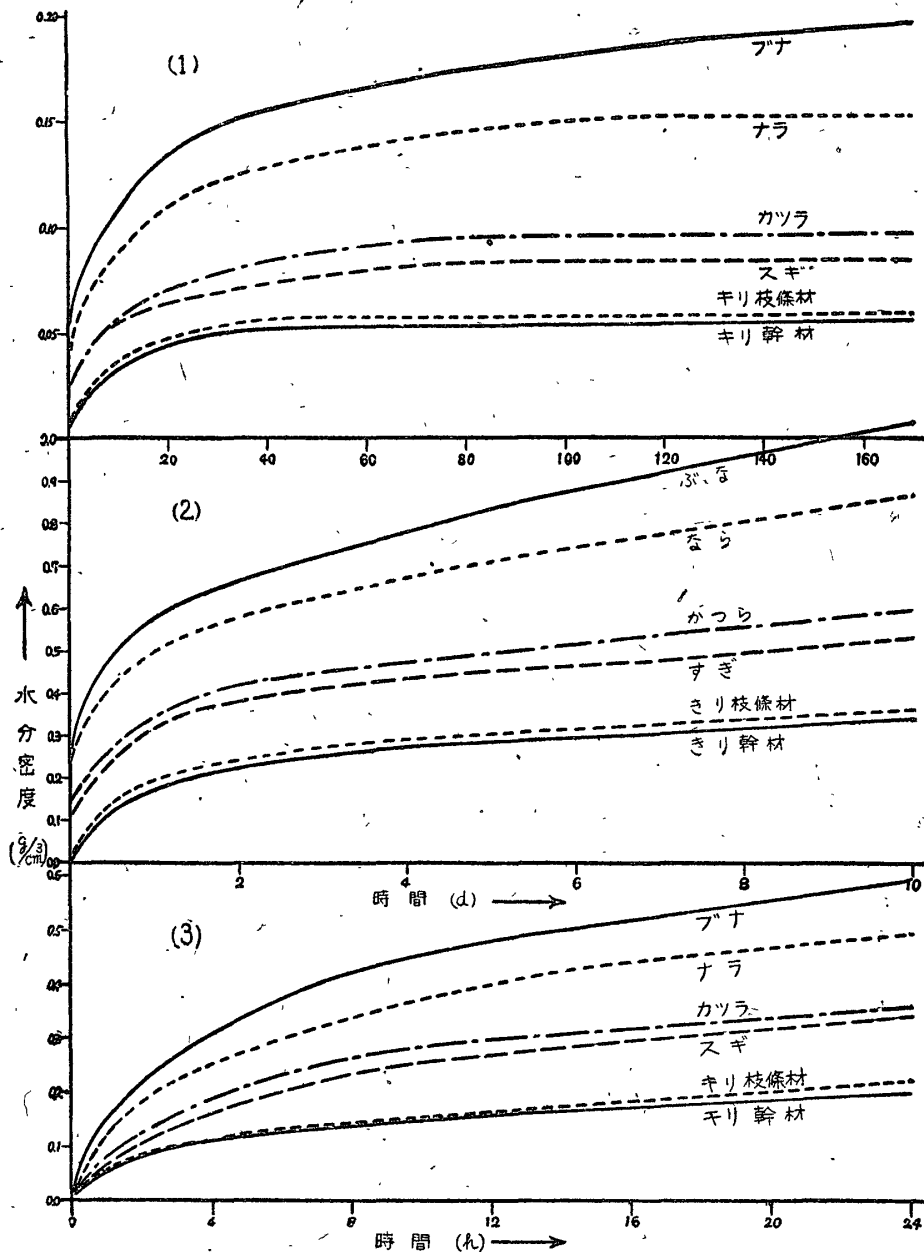
であると報告されてゐるが 30mm×30mm×30mm の木塊試片を用ひた本實驗に於ても同様の結果が認められる。即ち切線長の最大膨脹率はキリ材は3.6%で他材よりも極めて小さい値を示し、最高のブナは11.2%で實にキリ材の3倍以上であり、切線方向の最大膨脹率と纖維方向のそれとの比を見ると、キリ幹材 4.6、キリ枝條材 5.1、ブナ 9.0、ナラ 5.6、カツラ 8.3、スギ 7.0 でキリ材が方向による膨脹の差が最も少なく従つて狂ひの少ない材であると云へる。

(4) 吸濕膨脹係數

最大膨脹時に於ける吸濕膨脹係數は第6表に示す如くキリ材は他材よりもいずれの膨脹係數も小さく、體積膨脹係數ではブナは最高でキリの2.3倍、他材は1.7~1.8倍である。

(5) 吸濕性と吸濕面の纖維方向との關係

第2圖 吸湿経過



本実験は前述の如く吸湿の2面のみを残して他の4面にパラフィンを塗布した木口面、柁目面、板目面吸湿試片の吸湿性を比較検討したのであるが第7表及第3圖に示す如く90日経過後では本ナ、ナラ以外は何れも略同様の値に達するものである。

斯様な吸湿面による吸湿性の相違を比較検討する爲に各面の吸湿速度の變化を示すと第4圖の如く

第6表 吸湿膨脹係數

樹種	體積	切線長	放射長	纖維長
キリ幹材	0.29	0.17	0.08	0.04
キリ枝條材	0.29	0.17	0.07	0.03
本ナ	0.66	0.41	0.17	0.05
ナラ	0.51	0.24	0.18	0.04
カツラ	0.49	0.29	0.17	0.04
スギ	0.48	0.29	0.14	0.04

吸湿速度は吸湿開始當初に於ては木口面が最も大で、板目面は柁目面よりも稍大きいが各樹種共2~4日(木口面試片の含水率が9~11%)以後は板目及柁目面が木口面よりも大となる。含水率15%以上及以下並に全吸湿期間の各面の平均吸湿速度を

第 7 表 90 日 後 の 吸 濕 量

樹 種	木 口		板 目		柱 目	
	水 分 密 度 (g/cm ³)	単位面積當り 吸濕量 (g/cm ²)	水 分 密 度 (g/cm ³)	単位面積當り 吸濕量 (g/cm ²)	水 分 密 度 (g/cm ³)	単位面積當り 吸濕量 (g/cm ²)
キーリ 幹 材	0.050	0.39	0.051	0.39	0.049	0.40
キリ 枝 條 材	0.049	0.43	0.053	0.43	0.053	0.42
ブ ナ	0.172	1.07	0.166	1.09	0.166	1.14
ナ ラ	0.144	1.03	0.133	0.95	0.136	0.97
カ ツ ラ	0.087	0.71	0.092	0.71	0.090	0.72
ス ギ	0.080	0.56	0.083	0.54	0.081	0.57

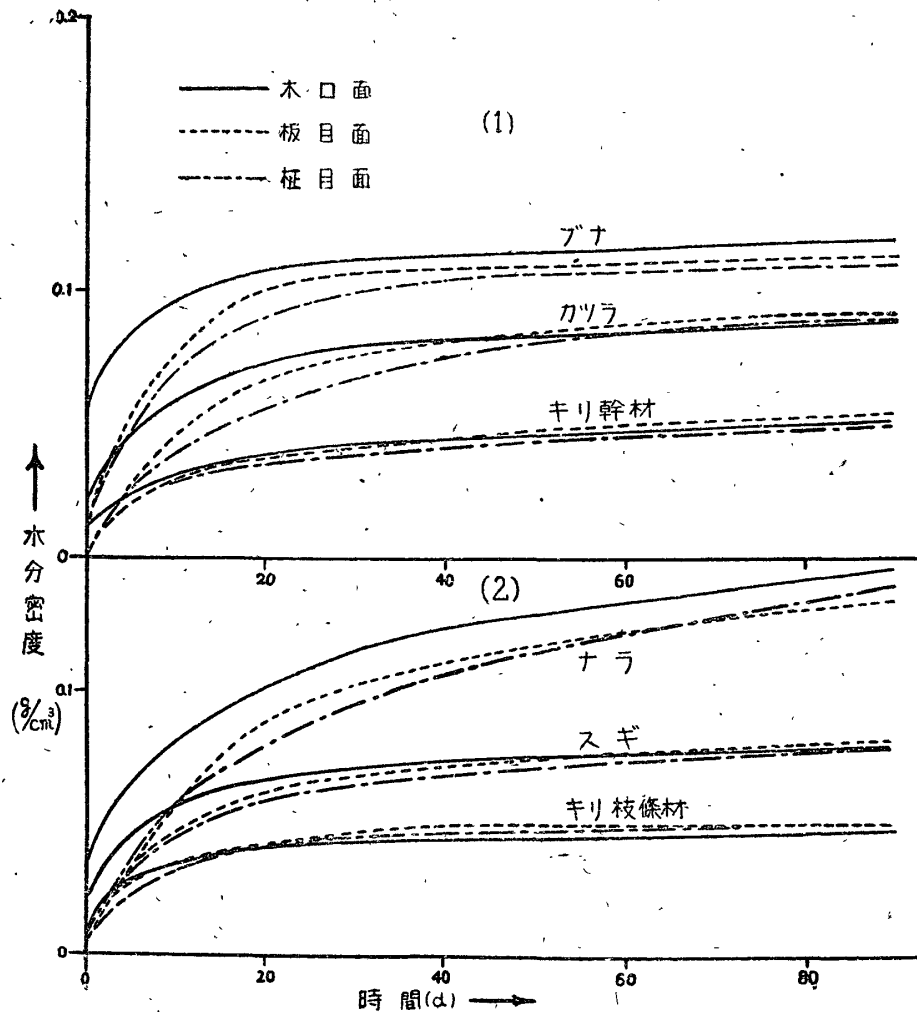
示すと第8表の如くキリ材は幹・枝材共断面別による吸濕の相違は供試材中最も小さい。

(6) 恒溫下で外氣濕度の變化による材の含水量の變化

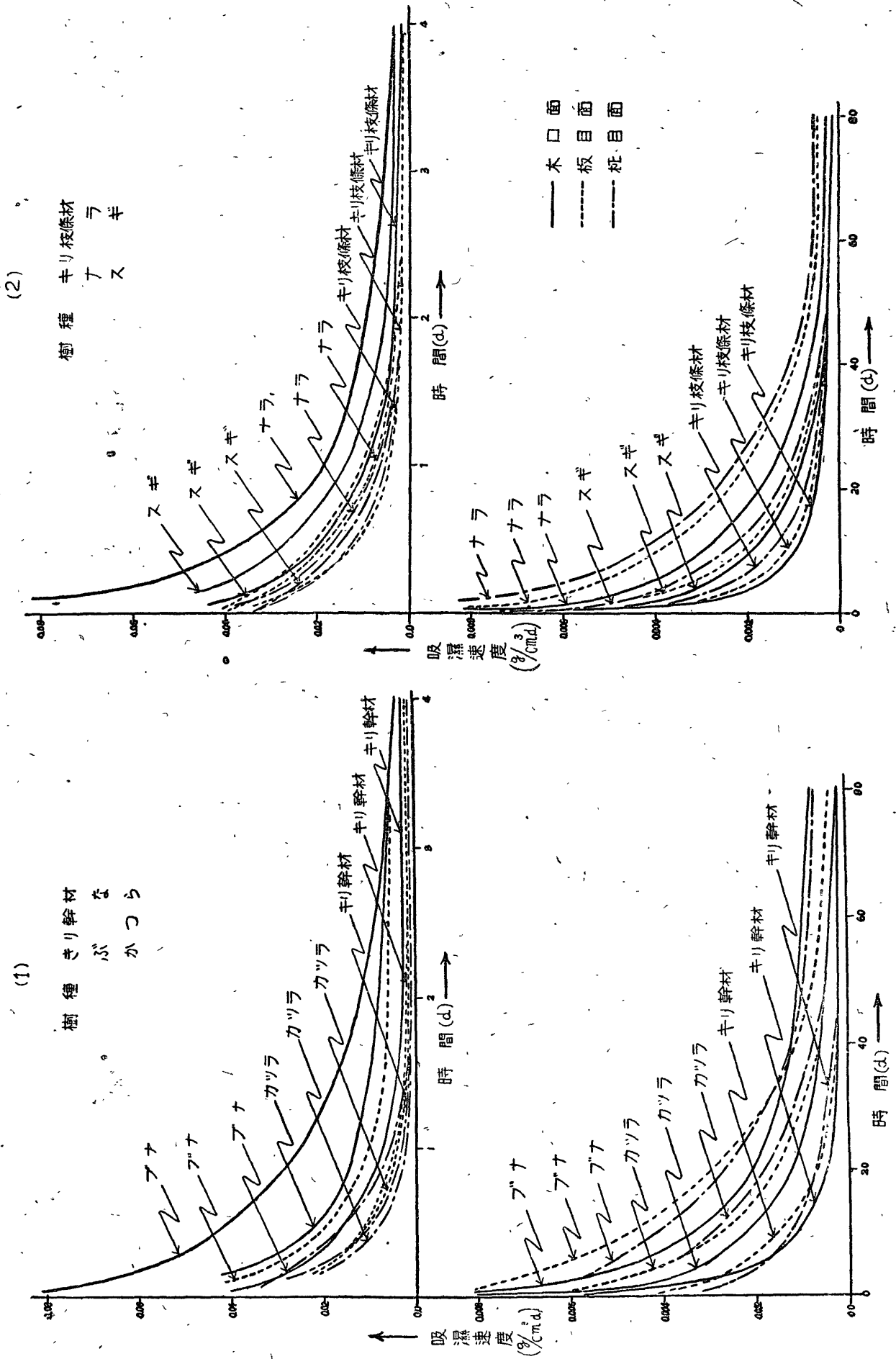
絶乾重量當りで示す場合 (C')

30°C の等溫下で外氣の關係濕度の1%の變化による試片の含水率の變化は第5圖に示す如く外氣の濕度が30%以上では樹種による差は極めて小さく略同様であるが、30%以下の低濕度では樹種による差が大きく、キリ幹・枝材は著しく、カツラは緩徐に變化量が増加し、ブナ、ナラ、スギはいずれも稍減少する。

第 3 圖 断 面 別 吸 湿



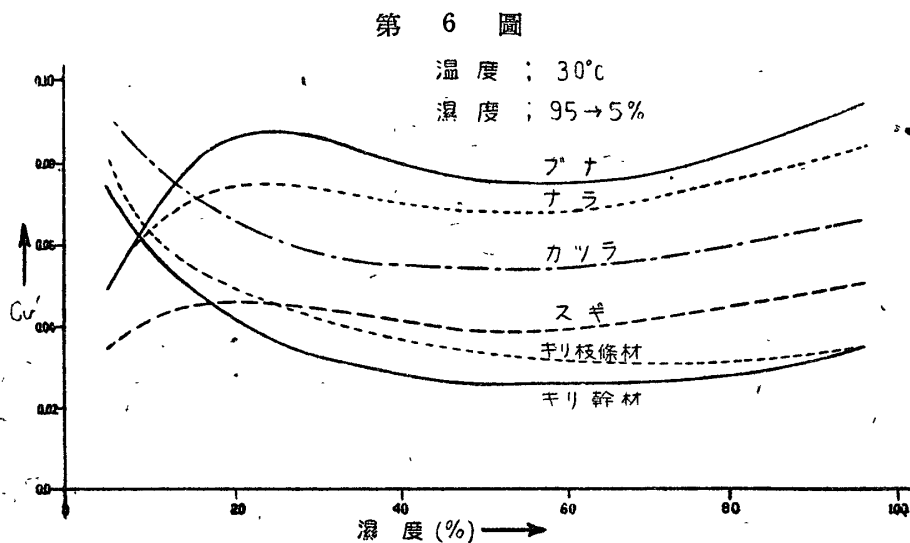
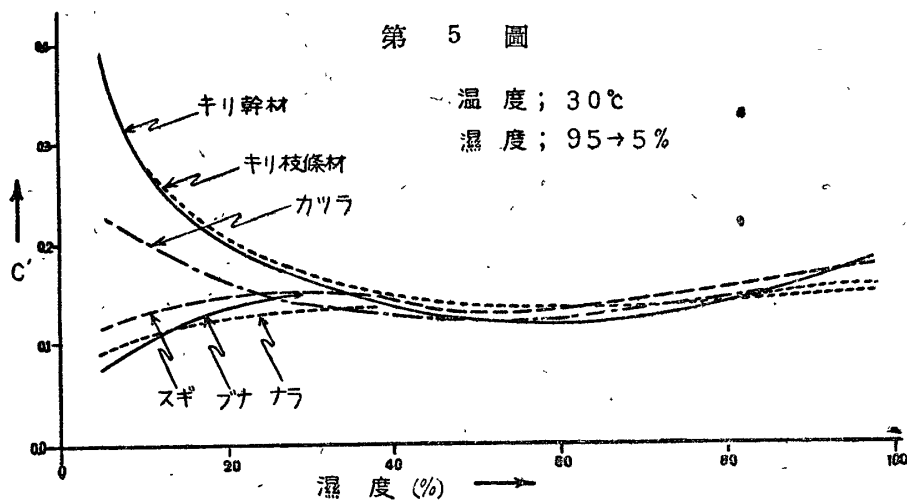
第 4 圖 斷面別吸濕速度



第8表 断面別平均吸濕速度の比

樹 種	吸 濕 面	含 水 率 15% 以下	含 水 率 15% 以上	全 期 間
キ リ 幹 材	木 口	1.0	1.0	1.0
	板 目	0.8	1.2	1.0
	枳 目	0.7	1.2	1.0
キ リ 枝 條 材	木 口	1.0	1.0	1.0
	板 目	0.9	1.0	1.0
	枳 目	0.8	1.1	1.0
ブ ナ	木 口	1.0	1.0	1.0
	板 目	0.6	1.1	0.9
	枳 目	0.4	1.3	0.8
ナ ラ	木 口	1.0	1.0	1.0
	板 目	0.7	1.2	0.9
	枳 目	0.6	1.4	0.8
カ ツ ラ	木 口	1.0	1.0	1.0
	板 目	0.8	1.5	1.0
	枳 目	0.6	1.8	0.9
ス ギ	木 口	1.0	1.0	1.0
	板 目	0.7	1.3	1.0
	枳 目	0.5	1.4	0.9

上記の變化量を材の容積1cc 當りで示す (C_v') は第6圖に示す如く外氣の關係濕度が20%以上では各樹種共 C_v' の變化は略同様でその範圍に於ける含水量の變化量の平均値はキリ幹材1に對してブナ 2.7, ナラ 2.4, カツラ 2.0, スギ 1.4, キリ枝條材 1.2 で供試材中キリ幹材が最も低くキリ枝條材は幹材より稍高い。20%以下の低濕度ではキリ幹・枝材及カツラは著しく増大するがブナ, ナラ, スギは減少する。此の範圍の平均値はキリ幹材1に對してカツラ 1.3, キリ枝條材 1.1, ナラ 0.7, ブナ 0.6, スギ 0.5 で供試材中キリ幹

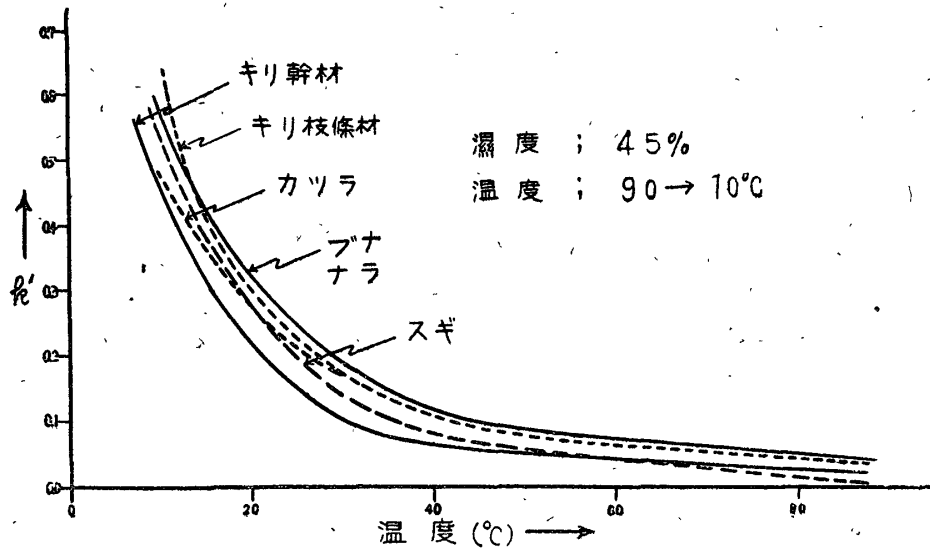


材は最低のスギの約2倍でキリ枝條材は幹材よりも稍高い。

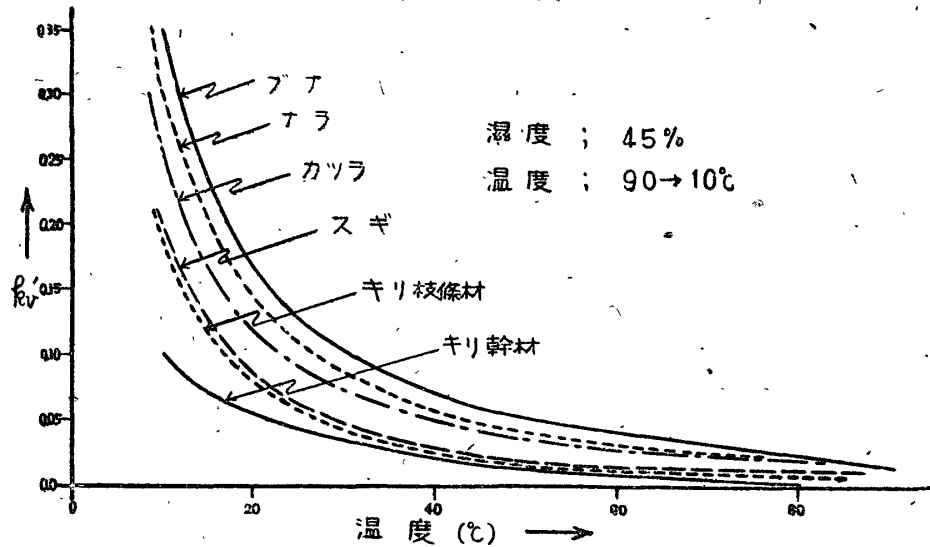
(7) 恒湿下の外気温度の變化による材の含水量の變化

45%の等湿度下で温度 1°C の變化による試片の絶乾 1g 又は 1cc 當りの含水量の變化量(k' , kv')は第7・8圖に示す如く供試材全部が略同様の傾向、即略 35°C を境として急變し、それ以下では低温度程温度の降下による k' 又は kv' の増加は大きく 35°C 以上ではその減少の度は小さい。

第 7 圖



第 8 圖



単位絶乾重量當り(k')で示すときは(第7圖)樹種による差異は小さいが単位容積當り(kv')(第8圖)では差は大きくブナ>ナラ>カツラ>スギ>キリ枝條材>キリ幹材の順でその差は温度の降下に従つて増大する。キリ枝條材は幹材よりも常に稍高い。

b) 吸 水 性

(1) 吸水極限值

浸水後162日後の重量をもつて吸水の極限值と見做したが第9表に示す如く供試材の全てが略同程度でキリ幹材100に對して枝條材は92, ブナ97, ナラ92, カツラ96, スギ108である。之を含水率

第9表 吸水極限值及び各測定時の水分密度 (g/cm³)

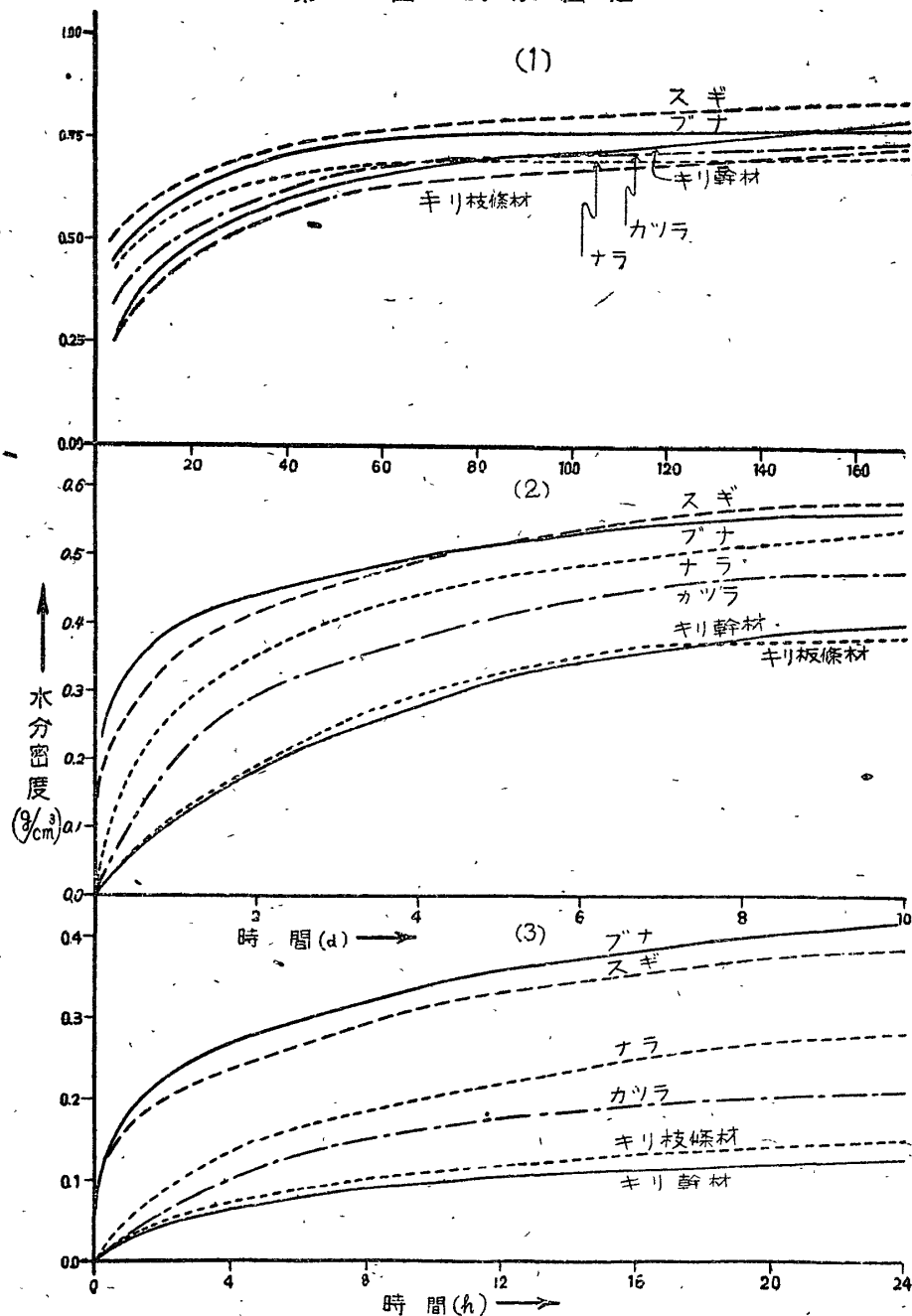
樹 種	1 日	10 日	80 日	162 日 吸水極限值 (含水率%)
キ リ 幹 材	0.120	0.405	0.701	0.789 (385.4)
キ リ 枝 條 材	0.128	0.390	0.660	0.732 (290.9)
ブ ナ	0.403	0.575	0.765	0.767 (124.4)
ナ ラ	0.267	0.535	0.695	0.728 (125.9)
カ ツ ラ	0.206	0.473	0.705	0.753 (174.8)
ス ギ	0.370	0.580	0.801	0.851 (213.7)

で示すとキリ幹材 100 に對してブナ 32, ナラ 33, カツラ 46, スギ 56 でキリ幹材が最も大きい。

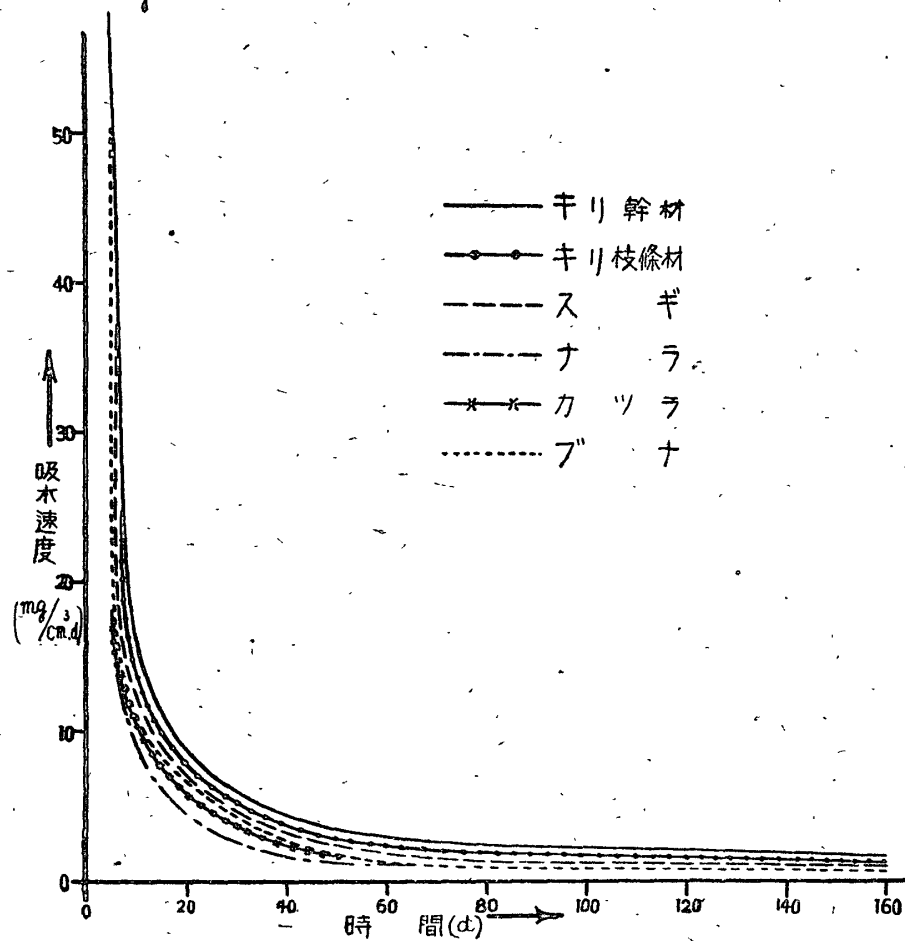
(2) 浸水による吸水経過

浸水による吸水経過は第9圖に示す如くキリ幹・枝材は他材に較べて浸水當初の吸水量は少ないが

第 9 圖 吸 水 経 過



第10圖 吸水速度



長期に亘つて大きな速度で吸水し162日後では同等或ひはそれ以上に達する。

第10圖は吸水速度を示し、第10表は平均吸水速度をキリ幹材に對する比で示したものである。

キリ幹材が他材に較べて吸水速度の小さい(浸水當初)範圍の含水率は0~60%であつて、從來キリ材は吸水性が低いとして下駄材等に珍重されたのも此の意味に於ては云ひ得る事であると考へる。含水率60%以上のキリ材の吸水速度は他材に較べて著しく大きい。

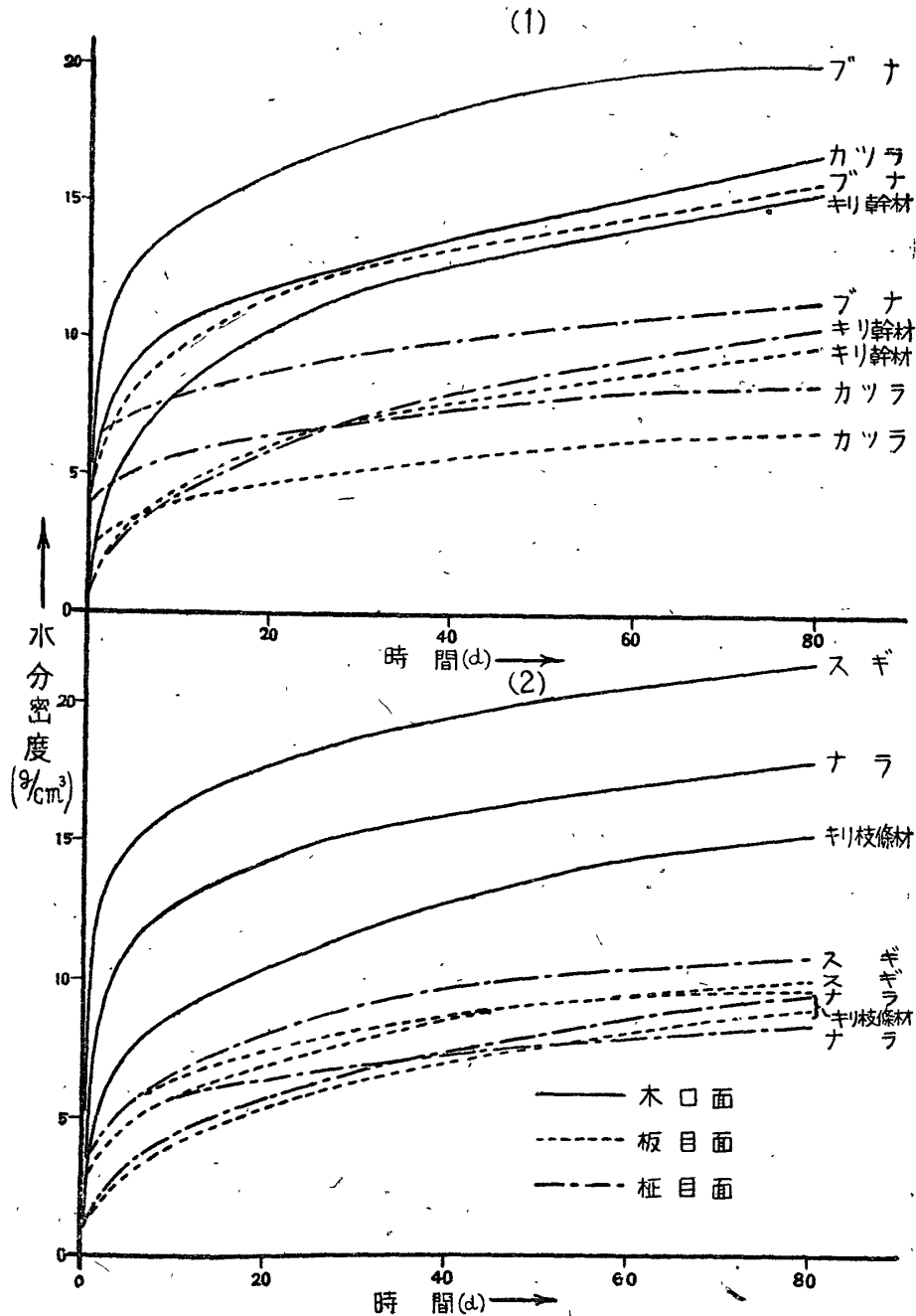
(3) 吸水性と吸水面の纖維方向との關係

吸湿性の場合と同様に2面を残して他の4面にパラフィンを塗布した木口面・柁目面・板目面試片を用ひて各面の吸水力を比較検討した。前記した各面の吸湿性は供試材全部が木口面>板目面>柁目面の順で且その差はいずれも僅少であつたが、吸水の場合は第11圖に示す如くブナ、ナラ材は板目面

第10表 平均吸水速度の比

樹 種	濕水後1時間	1~24時間	1~10日	11~80日	80~162日
キリ幹材	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
キリ枝條材	1.2	1.0	0.9	0.9	0.8
ブナ	4.0	3.1	0.6	0.6	0.0
ナラ	1.5	2.6	0.9	0.5	0.4
カツラ	1.5	1.9	0.9	0.8	0.5
スギ	3.8	2.7	0.7	0.7	0.6

第 11 圖 断面別吸水経過



の吸水速度は柁目面のそれよりも大きく、他の材は等しいか又は柁目面が僅かに大きい。板目面と柁目面の吸水量の差は小さく此の両面に較べて木口面の吸水量は大きく約2倍である。断面別の吸水力

第11表 断面別吸水力の比

樹 種	木 口 面	板 目 面	柁 目 面
キ リ 幹 材	1.0	0.6	0.6
キ リ 枝 條 材	"	0.6	0.6
ブ ナ	"	0.8	0.6
ナ ラ	"	0.6	0.5
カ ツ ラ	"	0.4	0.5
ス ギ	"	0.5	0.5

の比を浸水後80日の水分密度で比較すると第11表の通りである。

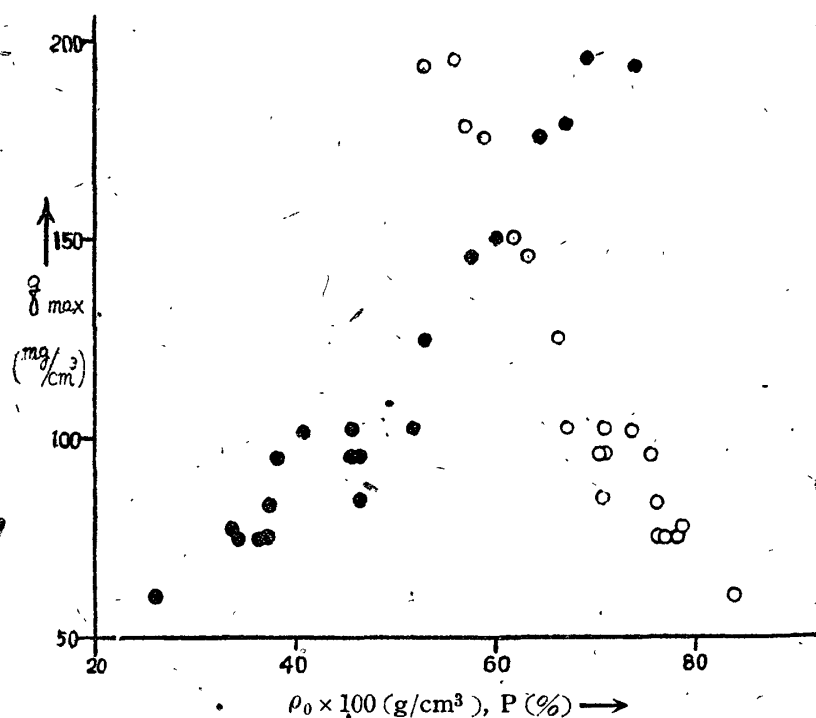
c) 吸湿性と木材構造

以上の実験の結果キリ材の吸湿性は供試材中で最も低く吸湿による膨脹も又小さく狂ひ難い材であり且つ外気の温度及湿度の増減による含水量の變化も(外氣20%以下の低湿度

を除いて) 最も少ない材であり、吸水性は其の極限值では他材よりも寧ろ稍高く此の点では吸水性の低い材とは云へないが含水率60%前後迄の吸水の初期に於てはその速度は他材よりも相當に低いと云ふ特性をもつてゐる事が明かとなつた。

斯様なキリ材の吸湿・吸水性に於ける特性は果しに何に基くものであるか、木材の吸湿性に影響する材自身の性質として木材の可視的構造、木材實質の化學的成分、木材細胞膜の微細構造等が考へら

第12圖 材の吸湿極限值($q_{\max}$)と絶乾比重(ρ_0)及空隙率(P)



れるが從來吸湿性の樹種による相違は或ひは材の比重に關係するとか或ひは空隙率に比例するとか何れも樹種に依り相違する材の解剖的性質と重大な關係があるとされてゐる。又木材の含水の程度を含水率で示すと近似してゐるに反して之を水分密度で示すと著しく異なる事からしても木材の吸湿性の相違は主として材の比重の相違、従つて細胞の大きさ、細胞膜の厚さ等に關係すると云へる。

茲に材の比重、空隙率及可視的構造との關係を更に多くの樹種に就いて検討することとした。

(1) 吸湿極限值と比重及空隙率との關係

供試材の吸湿極限值 $q_{\max}$ と絶乾比重 ρ_0 ($0.25 \sim 0.75 \text{ g/cm}^3$) は第12圖に示す如く略比例しその關係は $q_{\max} = -0.028 + 0.293 \rho_0$ であつて空隙率 P (55~85%) との關係は $q_{\max} = 0.408 - 0.004 P$ である。即材の空隙率が小さく従つて比重の大きい材程、換言すれば木材實質の多い材程、その吸湿極限值が大である、之は木材の空隙中に存在する水分の多少と吸湿極限値の大小は殆ど關係なく且等重量の木材實質の吸湿極限値は樹種に因る差が小さいものであつて木材の吸湿極限値に影響する主なる因子は木材實質の多少である事を意味するものと考へられる。

キリ材が他材に較べて吸湿極限値が極めて低いのはその細胞が大きく且細胞膜が薄く、従つて單位容積當りの木材實質が少ない事が最も大きな原因であると考へる。

第13表 構成要素の體積率(%)

樹種	木纖維又は假導管	導管	柔組織	髓線	樹脂細胞
キリ幹材	42.5	14.6	33.7	9.2	—
キリ枝條材	38.7	13.4	41.5	6.4	—
ブナ	45.4	33.1	5.4	16.1	—
ナラ	62.6	9.1	6.3	22.0	—
カツラ	35.7	46.3	—	18.0	—
スギ	94.1	—	—	5.1	0.8

(2) 吸濕性と構成要素の體積率との關係

前述の方法でキリ幹材及比較材4樹種の構成要素の體積率を求めた結果は第13表の通りである。但し各構成要素の體積率はいずれも細胞腔を含むものであつて各組織の細胞膜の體積率を表はしたものである。

材の吸濕性と構成要素の體積率との間には明らかな關係を見出し得なかつた。

摘 要

以上の結果を要約するにブナ、ナラ、カツラ、スギに比較して本邦産キリ材の吸濕性は

1. キリ幹材の吸濕極限值は供試材中最も小さくブナのその約 $\frac{1}{2}$ 以下である。
2. 飽濕下に於ける吸濕の経過はいずれの材も略類似してゐる。
3. キリ幹材の吸濕による體積最大膨脹率は6.3%で供試材の中で最小で、3方向の長さの膨脹率も小さく、且方向によるその差も最も少なく狂ひ難い材である。
4. 最大膨脹時に於ける吸濕膨脹係数はキリ材は最も小さく最高のブナ材のその約 $\frac{1}{2}$ 以下である。
5. 各樹種共低含水率の間は木口面の吸濕速度が他の2面に較べて著しく大きく、板目面の吸濕速度は柾目面のそれよりも稍大きい、含水率が9~11%になるに及んで木口面の吸濕速度は急に低下して他の2面のそれよりも小さくなり、又柾目面の吸濕速度は板目面のそれよりも大きくなつて3面よりの吸濕極限值は略同一値に達する。キリ材の吸濕面による吸濕力の相違は常に最も小さい。
6. 恒溫下(30°C)での外氣濕度の變化に因る材の含水量の變化は關係濕度20~100%の範圍ではキリ材は最も少く、低濕度(20%以下)ではスギ材が最も少い。
7. 恒濕下(45%)での外氣濕度の變化に因る材の含水量の變化量は ブナ>ナラ>カツラ>スギ>キリ枝條材>キリ幹材の順である。

吸水性に就ては、

8. 吸水極限值は吸濕の場合とは異なり供試材全部が略近似した値に達する。
9. 浸水による吸水経過はキリ材は他材に較べて吸水當初(含水率60%以下)では吸水速度は小さいがその後漸次大となり他材を凌駕するに到る。
10. 柾目面と板目面の吸水力の差は少ないが之等2面と木口面との差は大きく各樹種共前者は後者の略半である。

吸濕性と木材構造との關係は、

11. 材の吸濕極限值はその比重に比例する、キリ材の吸濕極限值が他材と較べて極めて低いのは主として輕材である事に因ると考へられる。
12. 吸濕性と材の構成要素の體積率との關係は見出し得なかつた。

Résumé

The hygroscopic characteristics of "Kiri" (*Paulownia tomentosa* Steud.) in comparison with 4 other species, i. e. "Buna" (*Fagus crenata* Blume), "Nara" (*Quercus serrata* Thunb.), "Katsura" (*Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc.) and "Sugi" (*Cryptomeria japonica* D. Don) are as follows;

a. The maximum absorbing capacity of moisture of "Kiri" is the lowest among these experimented species and about 1/3 of that of "Buna".

b. The course of absorption up to the maximum moisture content is generally alike about all species.

c. The percentage of swelling volume of "Kiri" owing to the moisture-absorption is 6.3%, the lowest among them, and about 1/3 of that of "Buna". The swellings to the three directions (cross-, radial- and tangential-directions) are also the lowest respectively.

d. The differences of the moisture quantities absorbed through each section are always small in the course of absorption up to the maximum moisture content and these differences in "Kiri" are also the smallest among the experimented species.

e. As to the variation of the moisture content owing to the change of the humidity at the constant temperature (30°C), "Kiri" is the smallest and about 1/3 of that of "Buna" at the humidity from 20 to 100%.

f. As to the variation of the moisture content owing to the change of the temperature at the constant humidity (45%), "Kiri" is also the smallest.

About the water-absorption of "Kiri" the results are as follows;

g. The maximum water-absorbing capacity of "Kiri" is more or less larger than that of the other experimented species.

h. The rate of water-absorption of "Kiri" is lower than that of the other experimented species at the moisture content from 0 to 60%.

The principal cause that the maximum hygroscopic capacity of "Kiri" is lower than the others, is supposed to be in the fact that this wood is lighter, or its cells are larger, its cellmembranes are thinner, and consequently the wood-mass is less than the others.

文 献

- 1) 農林省山林局(昭17) '桐に関する調査書'
- 2) 牧野富太郎(昭19) '牧野日本植物圖鑑'
- 3) 北川 魏(昭5) '桐造林法附南部桐'
- 4) 緑川 祿(昭11) '櫟, 竹, 桐, 杞柳の實際經營'
- 5) 宮部 宏(昭19) '材料の濕氣的性能' 早大理工學研究所報告, 1輯
- 6) 森 三郎(昭4) '木材の吸濕膨脹試験・第4回報告' 林業試験報告 29
- 7) 三好東一(昭4) '氣候的影響が同一樹種の材質に及ぶ關係調査' 帝室林野局林業試験報告 1・4
- 8) 河村牧司(大4) '木材吸濕試験' 林業試験報告 13
- 9) 泉 岩太(昭13) '本邦産並輸入主要樹種に於ける木材水分の纖維飽和點に就て' 林業試験報告 38
- 10) 田中文雄(昭10) '纖維飽和點に關する一考察' 日本林學會誌 17・7
- 11) 森 三郎(昭7) '木材の水分と比重及收縮との關係' 日本林學會誌 14・6
- 12) 田丸節郎・落合和男(昭6) '木材の濕氣に因る伸縮のヒステリシス及吸水量に就て' 日本化學會誌 52・6
- 13) ———・安藤 暹(昭6) '濕度による木材の各方向の膨脹' 日本化學會誌 52・8
- 14) 矢澤龜吉(昭16) 'トドマツ, エゾマツ枝條及側根の各種容積比重, 體積收縮率, 含水率及邊心材に就て' 日本林學會誌 23・9
- 15) ———(昭17) '樺太産主要木材の纖維飽和點, 收縮率及絶乾比重に就て' 日本林學會誌 24・10
- 16) 杉浦庸一(昭3) '木材の吸水性に關する實驗' 日本林學會誌 10・7

- 17) 田中勝吉 (大15) '木材の斷面方向と吸水率との關係' 日本林學會誌 38
- 18) 長澤武雄 (昭14) '木材粉末の眞比重に就いて' 九大農學部藝學雜誌 8
- 19) 關谷文彦・西田 保 (昭15) '桐材の工藝的性質に就て 第一報, 燃燒性の一考察' 日本林學會春季講演集 昭15
- 20) 田中勝吉 (昭4) '木材の空隙率に就て' 日本林學會誌 11・4
- 21) Kollmann, F. (1936) 'Technologie des Holzes': 38~55
- 22) ————— (") 'Esche und ihr Holz.'