

# 寺山産有用樹木の生長と材質について

## 広葉樹〔I〕

松 田 健 一

(1981年10月15日 受理)

### The Properties of the Important Woods Grown at Terayama District

On the Quality of Broadleaf Tree (I)

Ken-i-chi MATSUDA

#### I は じ め に

寺山自然教育研究施設では、この自然環境を活かした各種の利用・研究が行われている。本研究は前報の針葉樹〔I〕で述べたように森林利用に関する基礎的研究の一環として施設内に生育する有用樹木の生長、材質等の解析を目的として針葉樹、広葉樹についての一連の研究に着手しているが、その内の広葉樹を対象としてとりあげたものである。今回は各種にわたる広葉樹の中から ICHIGASHI と TABU の両樹種を選び出しその両樹種の生長過程、理学的性質を明らかにし、さらにこれら樹木に熱処理、冷凍処理、薬品処理、注水処理を施したときの基礎的材質の変化についても究明した。

#### II 実 験 方 法

施設内の山林から、樹令34年、樹高14.72m、胸高直径22cmの ICHIGASHI (*Quercus gilvoblume*) と、樹令34年、樹高13.15m、胸高直径24cmの TABU (*Machilus thunbergii* Sie et Zucc) を調査木として選木し、7月中旬に伐採した。前報の針葉樹〔I〕の Fig. 2で示したように、各樹高方向に0.2m、1.2m、3.2m、5.2m、13.2mのところで円盤をとり、樹幹解析法を適用して生長過程を解析し、残りの樹幹部を理学的性質用(含水率、比重、収縮率、晩材率、年輪巾)、(曲げ、圧縮、剪断の各強度、衝撃吸収エネルギー、硬度)の試験片にあてJIS規格を適用して基礎的材質に関する測定を行った。また応用実験として樹木への注水処理、熱処理、冷凍処理、薬品処理による材質の変化を強度の面から実験し、走査型電子顕微鏡(S-405型日立製)を用いて各因子による試験片の細胞組織の破壊の形態を観察し撮影した。

応用実験については次の項目と因子で実験した。

(1) 含水率変化による材質の変化…両樹種の含水率を2%、15%、30%、100%に調湿して、そのときの強度変化について。

(2) 熱処理による材質の変化…処理温度を 70°C, 105°C の二段階に分け, 処理時間を 10 時間, 50 時間, 100 時間かけて温度処理したときの強度 (加熱処理後, 材の含水率を気乾状態にもどしてから実験に供した)。

(3) 冷凍処理による材質の変化…両樹種の含水率を 0%, 15%, 30%, 100% に調湿し, これを -38°C の冷凍室に設置して凍結させ, その強度変化をみた。

(4) 薬品処理による材質の変化…木材の漂白, 精練と云った前処理に使用される薬品処理による材質変化をみるために酸・アルカリ液による実験を行った。HCl 5%, NaOH 5% 溶液, 液温 70°C 中に 1 時間, 10 時間, 20 時間, 30 時間浸漬処理したときの強度変化について。

### III 実験結果・考察

#### I 樹木の成長

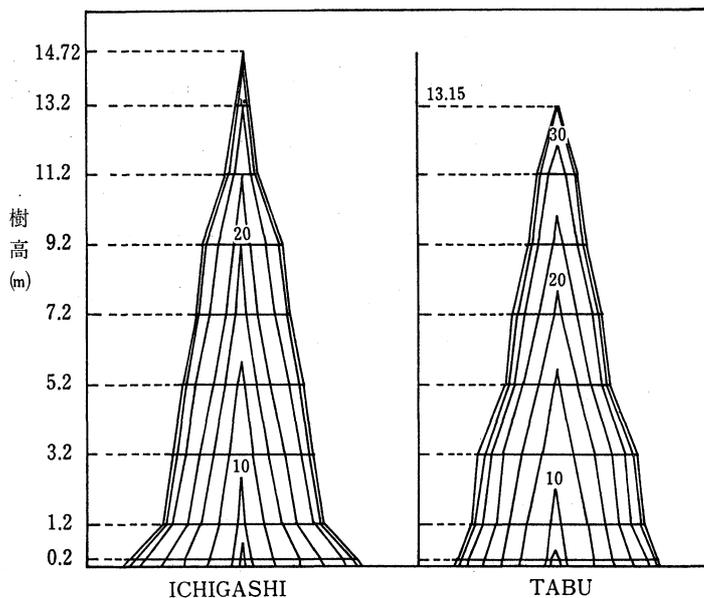


Fig. 1 樹幹断面図

Fig. 1 は ICHIGASHI と TABU を樹幹解析し, 樹幹断面図としてあらわしたものである。この図から両樹種ともに肥大, 伸長の 2 因子によって生長し大きくなってゆく過程を得たが, 樹幹の形態をみると, 針葉樹のごとく完満でなく, ある樹高あたりから細くなって梢殺な樹形をなすことが判る。とくに ICHIGASHI は樹令 20 年, 樹高 9.2 m までは比較的完満な肥大生長であるが, それ以上になると急激に減少する傾向を呈している。TABU の場合は

樹令 10~15 年, 樹高 5.2 m あたりまでは, 肥大生長がよくて年輪による肥大生長の差はみられなかった。Fig. 2~Fig. 5 は両樹種の樹幹解析による結果を項目毎にあらわしたものである。即ち, 樹高, 胸高直径, 胸高断面積, 樹幹材積の各生長量, および, それぞれの平均, 連年生長量について示し, 又 Fig. 6 にそれらの生長率をまとめた。これらの図から樹令 34 年の両樹種とも伸長量は同じような傾向を示している。すなわち, 樹令 10 年までは伸長が 2 m 前後なのに対し, 樹令 10~20 年にかけては 6 m と急速に伸びている。連年, 平均的生長の点からみても, 樹種間に差はあるが樹令 20 年にかけての生長が早く, 生長率 30~40% を測定したそれ以後は年数が経つと伸長はにぶる現象が認められる。肥大生長の尺度となる胸高直径, 胸高断面積, 樹幹材積の生長量の点から検討すると, 樹令 10~15 年にかけては顕著な生長現象をみせているが, その後は減少して

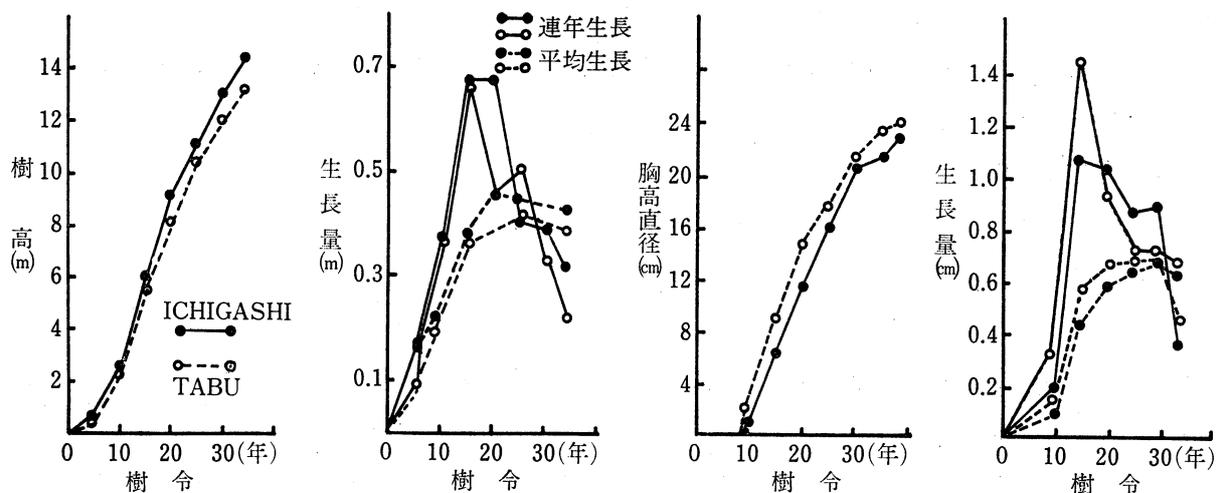


Fig. 2 (1)樹高曲線 (2)連年・平均樹高生長曲線 Fig. 3 (1)胸高直径曲線 (2)連年・平均胸高直径生長曲線

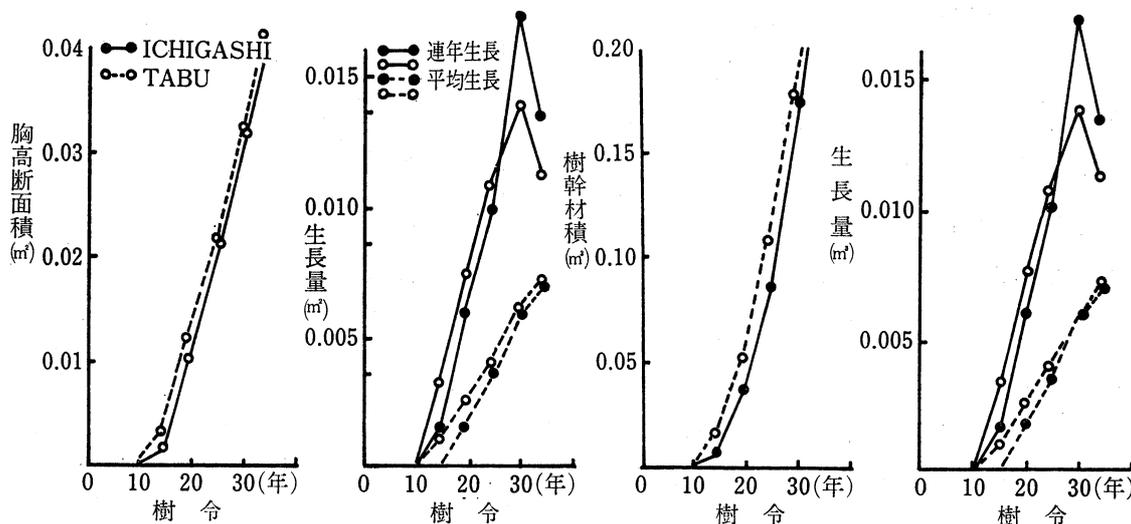


Fig. 4 (1)胸高断面積曲線 (2)連年・平均胸高断面積生長曲線 Fig. 5 (1)樹幹材積曲線 (2)連年・平均材積生長曲線

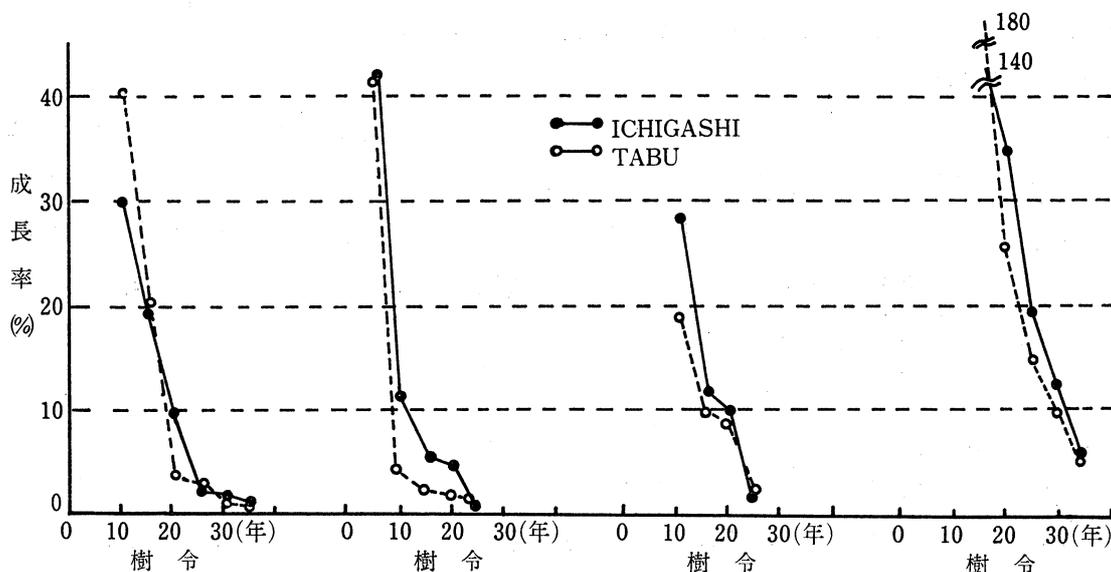


Fig. 6 樹高生長率 胸高直径生長率 胸高断面積生長率 樹幹材積生長率

いる。すなわち、肥大生長も樹令 20 年あたりまでは著しい。このことは Fig. 1 から読みとることができるように樹令 20 年頃まではいくぶん完満な樹幹形をなしている。それから先は梢殺の樹幹形となることも一致する。

## 2. 樹木の材質

### i 物理的性質

#### (a) 含水率分布

Fig. 7 は両樹種の伐採直後の樹幹内の水分分布を模式的にあらわした図である。ICHIGASHI の場合、比重との関係から材の含みうる最大含水率は 107 % を計算値で得たが、実際の調査木の測定値は 80 % 以下であった。TABU の方は計算値で 180 % であったが調査木は 200 % に達する部分もあった。これは樹木の生育している立地条件や気象、または伐採の時期が影響することが考えられる。ICHIGASHI の水分分布の状態をみると、年輪方向においては、総体的に心材部が低く、心材と辺材部の中間が 50~60 % とさらに低くなり、そして辺材部にはいると 70 % と高くなっている。樹高方向には樹高 9.2 m 以上になると含水率が低くなるようである。ICHIGASHI の場合、樹幹内の分布に一定の傾向をとらせることができなかった。TABU については年輪方向の水分分布は樹心部でかなり高く、樹心から 3~4 cm の位置で急に含水率が落ちている。そして辺材部で含水率は高くなっているのが判る。樹高方向では 9.2 m あたりまでは高含水率を測定したが、それ以上の樹高部分で低くなった。これは比重と密接な関係にあることを次の Fig. 8 から知ることができる。

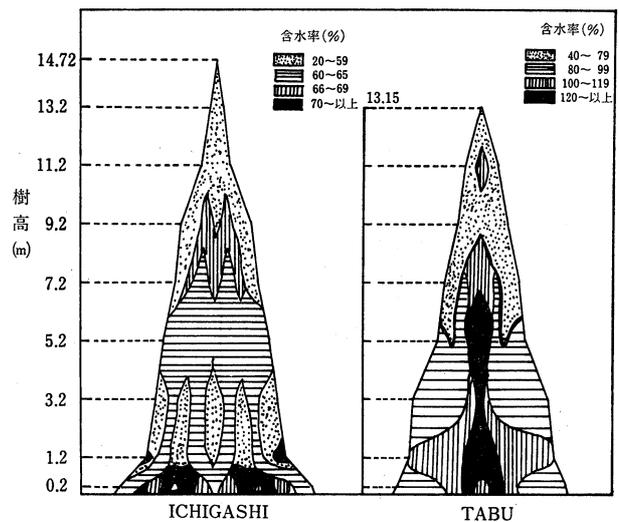


Fig. 7 含水率分布図

(b) 比重分布

Fig. 8 は両樹種の全幹比重を樹幹断面に分布図として描いたものである。ICHIGASHI は樹高 5.2 m あたりまでは樹心の比重が 0.7 以上と高く、さらに樹高が高くなると樹心部の比重が小さくなり、9.2 m 以上では心材、辺材部の比重がかわらなくなっている。TABU の場合は心材部の比重が小さく、次いで移行材部で大きくなっている。これは Fig. 7 の含水率分布と照合してみると比重と含水率との密接な関係をもとめることができる。

### ii 機械的性質

#### (a) 基礎的材質

Fig. 9~11 は ICHIGASHI と TABU の各機械的性質の実験結果と木材因子との関係をまとめたものである。両樹種の樹高と年輪方向における圧縮強さと圧縮ヤング係数との関係は Fig. 9 に

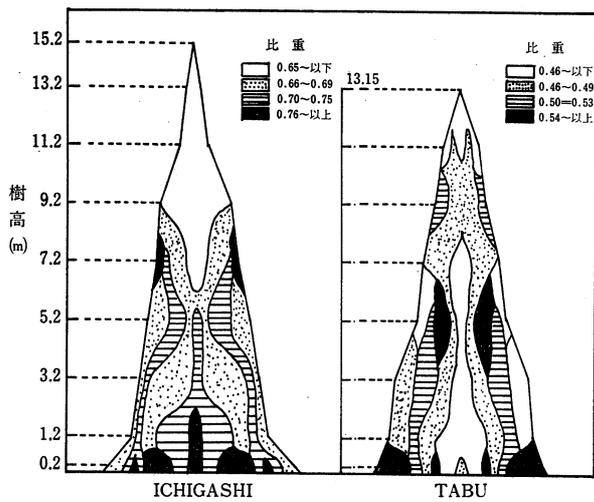


Fig. 8 全乾比重分布図

示すとおりである。Fig. 10 は樹高と年輪方向の剪断強さと、さらに晩材率との関係について測定した結果である。これは試験片の寸法形状の都合で最外側、すなわち、樹皮に近い辺材部の試験片をとることができず、樹心より 9 cm の距離までしか測定できなかったが、この位置の晩材率について整理すると、剪断強さ  $Y\sigma_s$ 、晩材率  $L$ 、相関係数  $r$  とすると次の関係式が成立する。

$$\text{ICHIGASHI } Y\sigma_s = 2.03L + 129.4$$

$$(r = 0.55)$$

$$\text{TABU } Y\sigma_s = 0.06L + 131.9 \quad (r = 0.51)$$

また曲げ強さ  $Y\sigma_b$ 、圧縮強さ  $Y\sigma_c$  と晩材率  $L$  との間には次の関係がある。

$$\text{ICHIGASHI } Y\sigma_b = 14.58L + 598.5 \quad (r = 0.49)$$

$$\text{TABU } Y\sigma_b = 1500L + 781 \quad (r = 0.2)$$

$$\text{ICHIGASHI } Y\sigma_c = 0.43L + 412.5 \quad (r = 0.085)$$

$$\text{TABU } Y\sigma_c = 1.38L + 317.9 \quad (r = 0.65)$$

Fig. 11 は両樹種の樹高、年輪方向の衝撃吸収エネルギーと比重との関係をあらわした。両樹種とも年輪方向には比重との間に相関関係がみられる。樹高方向には ICHIGASHI は樹高の高いところでは値が低下しているが、これは ICHIGASHI のその部分の比重が小さいことに帰因するものである。衝撃吸収エネルギー  $Y\sigma_i$  と比重  $G$  との間には

$$\text{ICHIGASHI } Y\sigma_i = 1.04G - 0.27$$

$$(r = 0.72)$$

$$\text{TABU } Y\sigma_i = 0.77G + 0.15$$

$$(r = 0.50)$$

また曲げ強さ  $Y\sigma_b$ 、圧縮強さ  $Y\sigma_c$  との間にも

$$\text{ICHIGASHI } Y\sigma_b = 1829.5G - 469.4$$

$$(r = 0.68)$$

$$\text{TABU } Y\sigma_b = 1540.3G - 82.5$$

$$(r = 0.72)$$

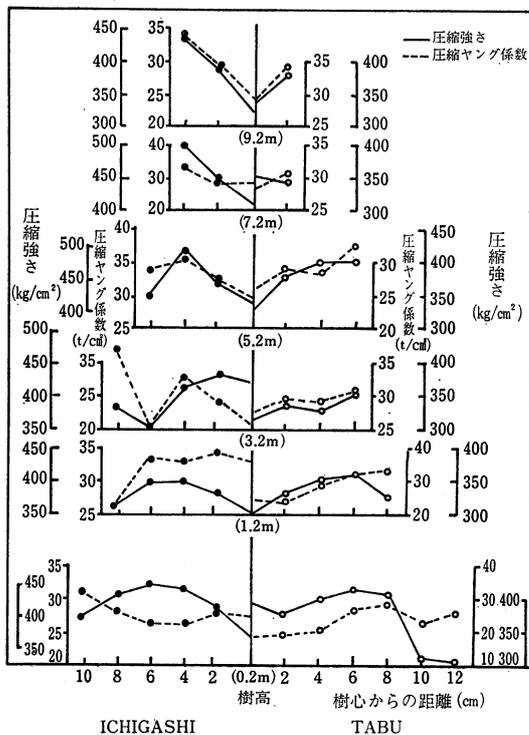


Fig. 9 樹高・年輪方向における圧縮強さ

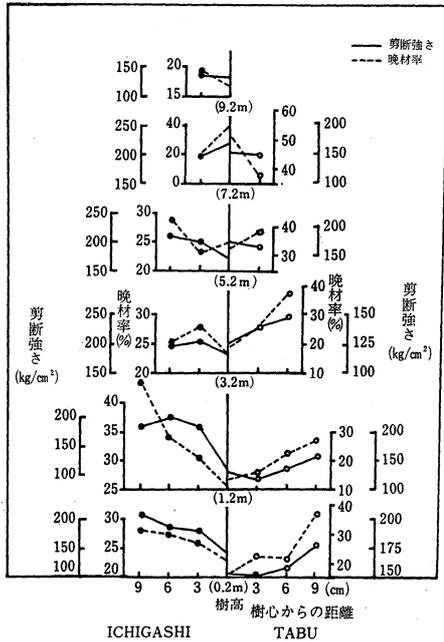


Fig. 10 樹高、年輪方向における剪断強さと晩材率との関係

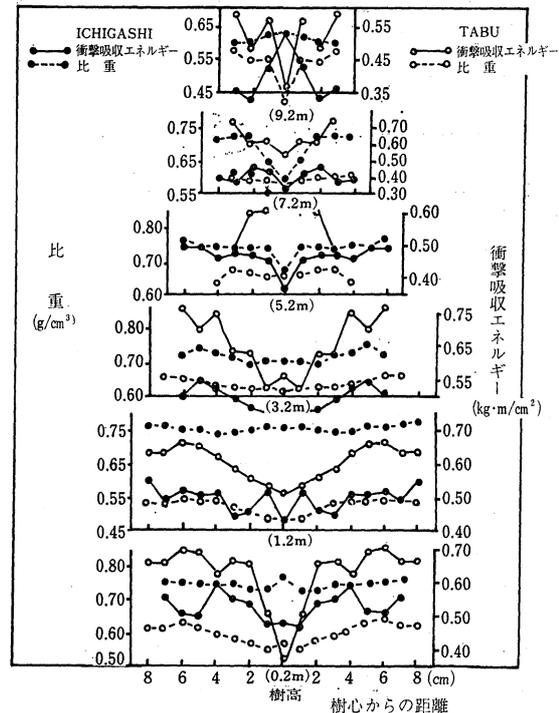


Fig. 11 樹高、年輪方向における衝撃吸収エネルギーと比重の関係

$$\text{ICHIGASHI } Y\sigma_c = 52.3G + 381.8 \quad (r = 0.082)$$

$$\text{TABU } Y\sigma_c = 400.3G + 131.6 \quad (r = 0.84)$$

なる関係式が成立する実験結果をえた。

Table 1 には両樹種の胸高部 (1.2 m) の強度に対する樹高別の強度比をあらわした。すなわち、胸高部の強度を 0 として、これを基準にして、その強度に対する変動を変動係数としたものである。この変動係数を出すことによって、胸高部の強度を測定すれば、その樹木の大体の樹幹内の強度の傾向を推定することが出来る。樹高別、年輪方向における両樹種の平均的な曲げ強さは、ICHIGASHI, TABU とも樹高 3.2 m まではそれほどの強度変化はないが、5.2 m から 10~20 %の変動のあることを知る。また圧縮強さでは ICHIGASHI は全般的に平均した強さであるが、TABU でも 5.2 m 付近で少し強くなっているがあとは 10 %以内の変動であった。ただ一部に樹端部の強度が著しく変動があるが、これは広葉樹特有のうらごけのため試験片数が少くて、平均的なデータをとりえなかったためと考えられる。

(b) 応用的材質

Fig. 12~17 までは、針葉樹、広葉樹材にそれぞれ外的な因子が加えられた場合の材質的な変化を示した。Fig. 12 は 4 樹種 (ICHIGASHI, TABU, HINOKI, OBISUGI) の含水率を全乾、気乾、繊維飽和点、飽水の 4 つの含水状態に調湿し、水分が木材の硬度、強度に与える変化を示した。

Fig. 13 は調査木の含水率を Fig. 12 に示したものと同一状態に調湿し、この材を -38°C 冷凍

Table 1. 胸高部の強度に対する樹高別の強度比

( ) は変動係数

樹種	樹高 m	曲げ強さ kg/cm <sup>2</sup>	曲げヤング 係数 t/cm <sup>2</sup>	圧縮強さ kg/cm <sup>2</sup>	圧縮ヤング 係数 t/cm <sup>2</sup>	剪断強さ kg/cm <sup>2</sup>	衝撃吸収 エネルギー kg・m/cm <sup>2</sup>
ICHIGASHI	0.2	903.5(- 3.5)	103.8( 1.7)	407.2(- 3.6)	29.2( 3.2)	179.7(- 4.8)	0.529( 6.2)
	1.2	936.5( 0 )	102.1( 0 )	422.3( 0 )	28.3( 0 )	188.8( 0 )	0.498( 0 )
	3.2	947.4( 1.2)	97.7(- 4.3)	400.8(- 5.1)	25.3(-10.6)	193.8( 2.6)	0.495(- 0.6)
	5.2	833.5(-11.0)	98.0(- 4.0)	454.6( 7.6)	32.1( 13.4)	193.7( 2.6)	0.464(- 6.8)
	7.2	740.8(-21.1)	79.5(-22.1)	453.7( 7.4)	30.5( 7.8)	206.0( 9.1)	0.397(-20.3)
	9.2	748.0(-20.1)	69.0(-32.4)	390.3(- 7.6)	28.3( 0 )	136.5(-27.7)	0.398(-21.9)
TABU	0.2	824.1( 10.1)	76.5( 4.2)	369.9( 7.2)	25.2(- 7.4)	159.0( 10.3)	0.613( 2.2)
	1.2	748.6( 0 )	73.4( 0 )	345.2( 0 )	27.2( 0 )	144.1( 0 )	0.600( 0 )
	3.2	812.2( 8.5)	71.7(- 2.3)	346.4( 0.3)	29.0( 6.6)	136.5(- 5.3)	0.647( 7.8)
	5.2	924.4( 23.5)	84.5( 15.1)	390.0( 13.0)	27.8( 2.2)	168.5( 16.9)	0.556(- 7.3)
	7.2	846.5( 13.1)	78.5( 6.9)	347.5( 0.7)	29.8( 9.6)	150.0( 4.1)	0.619( 3.2)
	9.2	735 (- 1.8)	59.0(-19.6)	362.5( 5.0)	30.5( 12.1)	—	0.498(-17.0)

室に長時間入れて冷凍し、凍結材となったときの材質の変化をみたものである。4つの含水状態で凍結した材は前図に示した材中の水分状態の強度と同様の傾向を示した。すなわち含水率の変化と木材の圧縮強さは飽和含水率から繊維飽和点まではあまり変化がない。しかし繊維飽和点以下になると急激に上昇する。ただ相対的に凍結材の強さが増加することがみとめられた。Fig. 14 は加熱された場合の材質の変化をみたものであるが、今回の実験では 75°C, 105°C という温度設定で、比

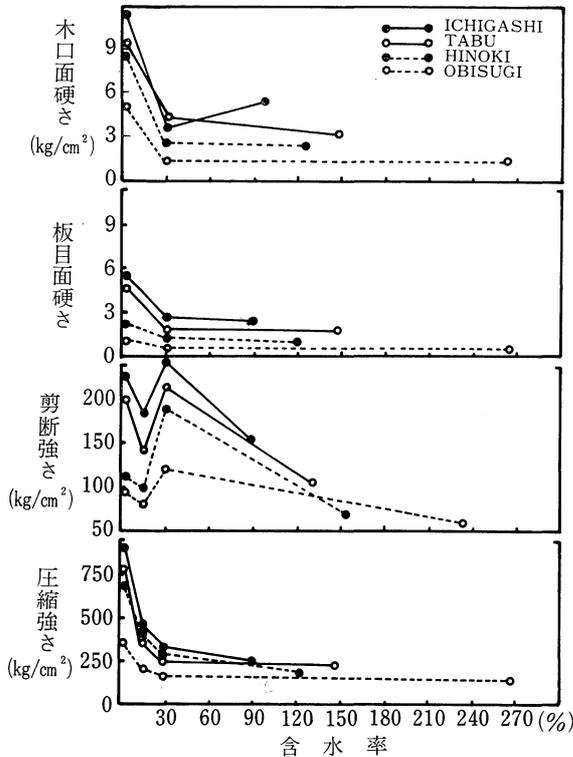


Fig. 12 含水率による材質の変化

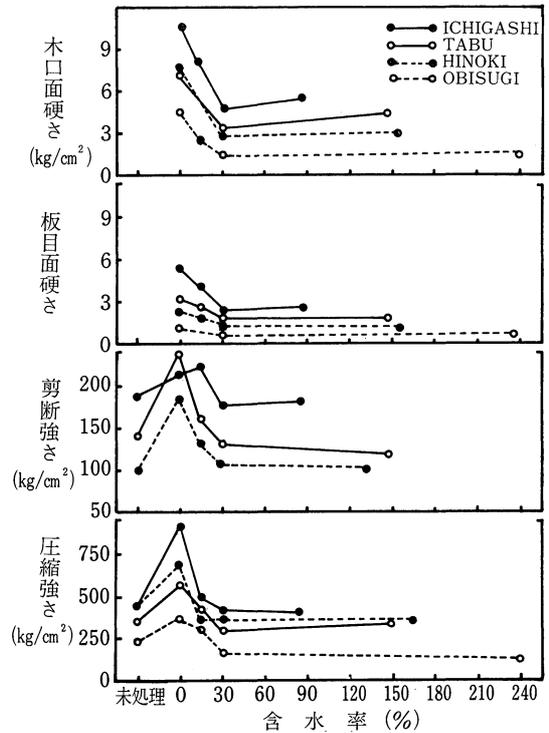


Fig. 13 冷凍処理による材質の変化

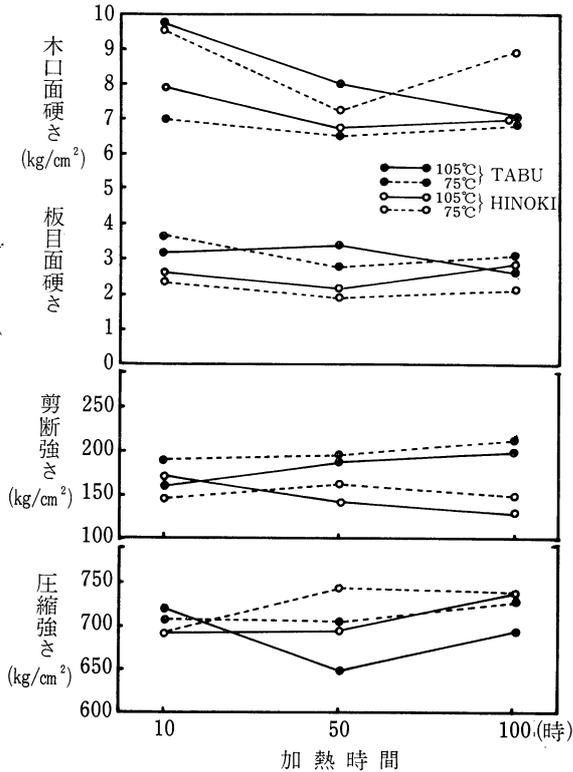


Fig. 14 熱処理による材質の変化

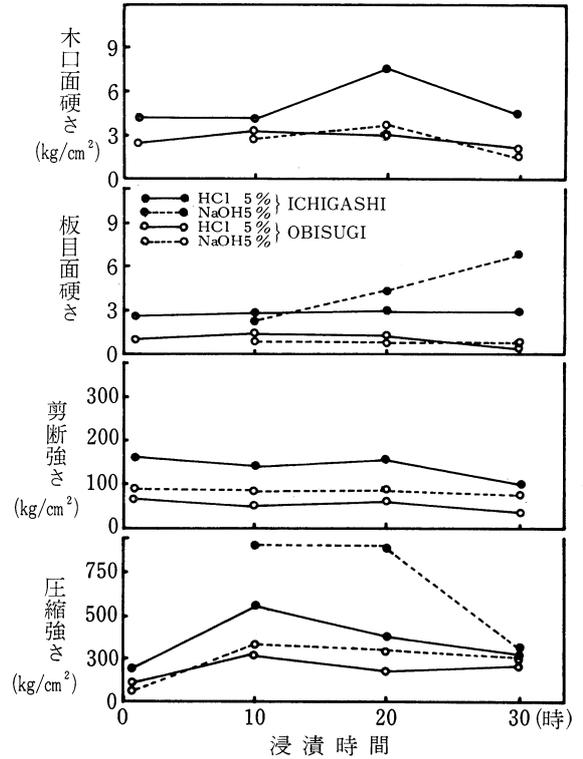


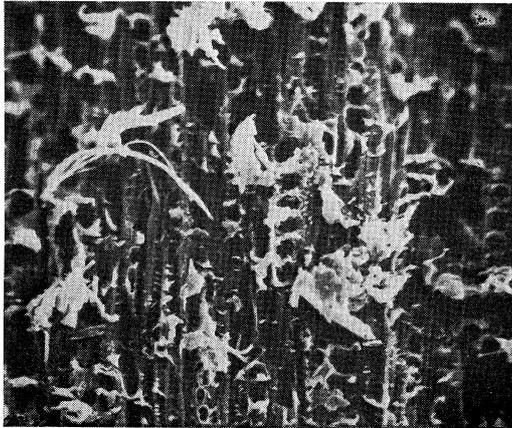
Fig. 15 薬品処理による材質の変化

較的低い温度だったために、熱処理による機械的性質の顕著な変化をとらえることができなかった。ただ硬さについてみると、105°Cで加熱したとき処理時間が長くなると木口、板目面とも硬さが低下している。75°Cと105°C処理材との硬さ変化を比較すると105°C処理材の方が硬さを増している。これを強度面とあわせて検討すると、加熱時間による強度の大きな変化はみとめることはできなかったが加熱温度間には、はっきりした差が生じている。すなわち、105°C処理材の強さは、75°Cのそれよりも落ちている。このことは高温度で処理すると材の劣化があらわれてくることが判る。

Fig. 15は濃度5%のHCl, NaOHの70°C液中に4樹種を浸漬して、酸、アルカリが材質におよぼす影響を調べたものである。両液で30時間浸漬した場合、木口面の硬さが20時間のHCl処理のところで少し高く処理後10時間が長くなると強度低下の現象がみられた。この傾向はHCl, NaOH処理材ともに認められるが、強さの減少はHCl処理の方が著しかった。

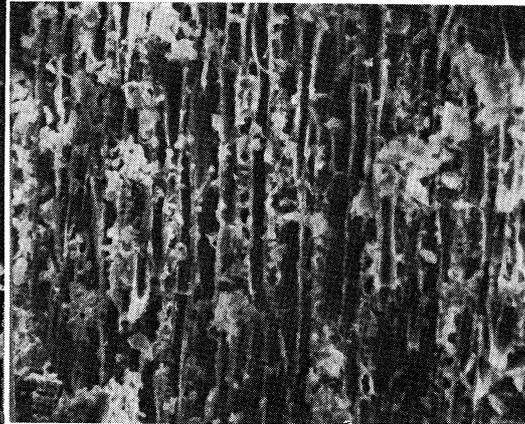
Photo 1, 12はICHIGASHIの未処理材とHCl処理材(30時間処理)の板目面の剪断破壊面の電子顕微鏡写真である。これから薬品処理した木材の組織破壊の様相を知ることが出来る。

Fig. 16, 17は未処理材の曲げ強さ、衝撃吸収エネルギーと冷凍処理、薬品処理材のそれとの強度比をあらわしたものである。冷凍処理の場合、曲げ強さは全乾材、飽水材を冷凍して凍結した材は、未処理よりもつよくなり、TABUの全乾材で77%、HINOKIで40%、飽水材でもTABUで36%も増加している。このことにより材の含有水分の状態が異っても、冷凍することによって



×200

Photo. 1  
ICHIGASHI の未処理材の  
剪断破壊面（板目面）



×200

Photo. 2  
ICHIGASHI の HCl の処理材の  
剪断破壊面（板目面）

強度は増えてゆくようである。薬品処理材の機械的性質は強度比から検討すると Fig. 15 でのべた圧縮、剪断強さは大きな変化はみられなかったが、曲げ強さや衝撃吸収エネルギーは、未処理材よりも落ちている。すなわち、曲げ強さについてみると TABU と SUGI の両樹種とも NaOH 処理で、SUGI で 11% 減、TABU で 41% の減少している。また HCl 処理した材は強度の低下の著しく、SUGI で 48%、TABU で 61% も材質が劣化している。衝撃吸収エネルギーも同様の結果を得た。このことは、木材を有効かつ合理的に、そして付加価値をたかめるために行う。接着、染色加工を施すために、前処理として精練漂白をするがその際に使用する酸、アルカリ処理の木材質の変化を十分に理解しておくことが大事である。

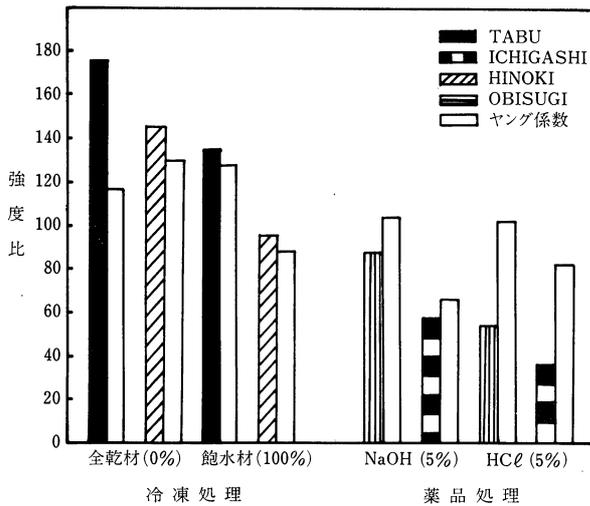


Fig. 16 未処理材を 100 としたときの各処理材の曲げ強さ、曲げヤング係数の変化

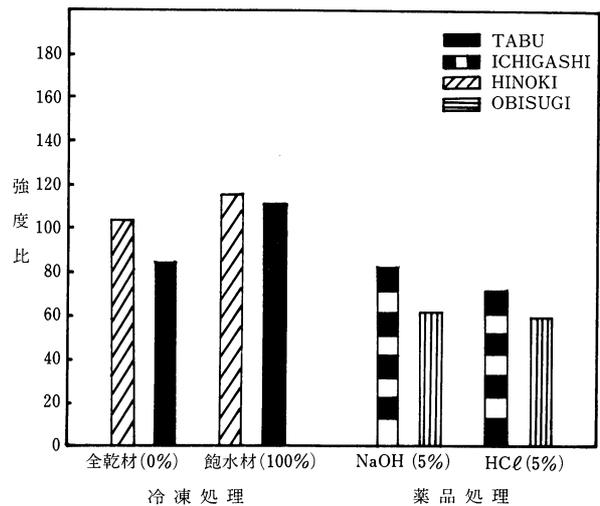


Fig. 17 未処理材を 100 としたときの各処理材の衝撃吸収エネルギーの変化

## IV 結 論

施設の事情により、供試材の本数に制限があり、今回の実験で施設内に生育する樹木を通して林分生長を解析することはできなかったが、一本一本の針葉樹、広葉樹の生長や材質については、十分に解析しえた。この結果をまとめると次の通りである。

広葉樹の生長は、樹令 10~20 年頃がもっとも勢いがよく、この時期の肥大生長が顕著であり、それから伸長生長に比して肥大生長に衰えがみえ、梢殺の樹形を形成する。これらの樹木の立木時の含水率は ICHIGASHI で 20~80 %、TABU で 40~200 %と、同樹幹内でも樹高と年輪方向によって、生長の度合によって異り、比重分布と密接な関係がある。

機械的性質については、一本の樹木の樹高方向、年輪方向の機械的性質で測定し、その結果を胸高部のそれを基準にして、各部の強度を変動係数としてあらわすことによって胸高部の機械的性質に対する各部のそれを推測できる。今回、調査木では樹高 3.2 m~5.2 m あたりまでは、材質に大きな変動はみられず、10 %前後の強度差であった。

応用的性質としては、木材は冷凍した場合、材の含有水分の状態は異っても冷凍することによって機械的性質は増加している。

薬品処理では、酸やアルカリ液で処理すると材質の劣化が生じるので処理濃度、処理時間を十分に留意することが肝要である。

## 献 文 考 参

- 1) 山田茂夫, 村松保男: 例解測樹の実務, 地球出版
- 2) 渡辺治人: 木材理学総論, 農林出版
- 3) 小野和雄: 木材物理実験書, 農業図書
- 4) 北原覚一: 木材物理, 森北出版
- 5) 田中正実: 蒲生産針葉樹の生長と材質 (未発表) 54 年度卒論