

木材のカタサと圧縮強度との関係 (第 1 報)

沢 田 稔⁽¹⁾

辻 完 司⁽²⁾

近 藤 孝 一⁽³⁾

ま え が き

木材のカタサを知る目的は、一般にこれによつて他の主要なキカイ的性質を推定し、品質上の仕分けをおこなう手掛りをうることである。したがつて、カタサそのものが、あくまで材のキカイ的性質と直接にむすびついているかどうかをたしかめなければ、上のような目的でカタサ試験をおこなう意義がない。

金属材料などでは、この意味で、カタサと引張強度との関係がほぼ明らかにされていて、品質検査の最も主要な実際的方法としてカタサ試験がおこなわれている。

しかるに、木材については、とくにわが国において、そのような実際の試験はいうまでもなく、カタサ試験のデータそれ自体がきわめて少ない。この原因は、主として、いままでのカタサの規格試験方法が、ややハン雑な手続を必要とし、かつ、その測定に長時間を要したということから、カタサをしらべるよりはむしろ直接に、圧縮試験でもおこなつた方がかえつて簡単であると考えられていたためではないかと思う。

そこで、われわれは、できるかぎり、簡単に、短時間にいくつものカタサ試験ができるように今までとちがつた方法を考え、これによつてえられた結果が、上述の目的に沿うかどうかをたしかめてみた。その結果、木材の最も基準的な独立強度とかがえられている縦圧縮強度と木口面平均カタサとの間に直線比例的な関係が認められたので、一応、カタサ試験としての目的が達せられる公算は大きいと思う。

この報告では、数樹種の気乾材についてとり扱つたが、多湿材については第 2 報にのべる予定である。また、この方法によるカタサ試験は、これがはじめてであるので、試験値の資料的な意味をかんがえて、個々のデータを第 7, 8 表としてかかげておいたから御検討ねがいたい。さらに、この方法が、JIS の改正規格にとり入れられることになつているので、今後機会あるごとに、各種の独立強度とカタサとの関係をもとめてゆく考えである。

なお、この研究をおこなうにあつて、たえず御指導と御便宜をあたえられた斎藤木材部長ならびに小倉材料科長に対し、またつねに有益な助言と協力をあたえられた強度研究室山井良三郎技官、試片作成を担当された田中為吉氏に対し心から感謝する。

1. 試 験 方 法

おこなつた試験は、同一の試料から隣接してカタサおよび縦圧縮試験体を木取つて仕上げたもの(スギ、エゾマツ、アカマツおよびブナ)と、カタサ試験体によつて試験直後縦圧縮試験に供したもの(ミズナラ

(1) 木材部材料科強度研究室長 (2)(3) 木材部材料科強度研究室員

およびニセアカシア) に対し、平均年輪巾、含水率および比重を測定した。また、針葉樹材については、秋材率を測定した。測定の順序でいえば、試験体の寸度、平均年輪巾、秋材率、カタサおよび縦圧縮試験（この間各試験体ごとに、荷重速度、局所的気温および関係湿度を測定している）の直後の重量および絶乾処理による絶乾重量を測定した。この場合、各樹種ごとに、その年輪巾の大小と辺心材とによつてそれぞれ試験群を分類している。

1.1. 試 料

使用せる樹種別試料の記号および産地については第 1 表に示すとおりである。なお、これらの試料は、すべて、伐採後室内において自然乾燥を行つたものである。また、この試料には肉眼的なキズは全くみとめられない。

試験群に対する分類記号としては、同一の樹種内で年輪巾の大なるものを I、中なるものを II、小なるものを III としたほか、心材部を K、辺材部を S であらわした。したがつて、この分類はあくまで便宜的なもので、何等、樹種に共通の基準によつたものではない。

Table 1. 試 料
Test Woods.

樹 種 Wood species (botanical name)	記 号 Mark	産 地 Place of growth of material tested	乾 燥 度 Moisture condition	備 考 Remarks
アキタスギ Sugi, AKITA (<i>Cryptomeria japonica</i>)	SA	秋 田 県 仁 鮎 Nibuna, Akita, Japan	気 乾 Air dry	人 工 林 Artificial forest
オビスギ Sugi, OBI ()	SO	宮 崎 県 飫 肥 Obi, Miyazaki, Japan	同 do	同 do
アカマツ Aka-matsu (<i>Pinus densiflora</i>)	PD	鹿 児 島 県 Kagoshima, Japan	同 do	天 然 林 Natural forest
エゾマツ Yezo-matsu (<i>Picea jezoensis</i>)	PA	北 海 道 大 夕 張 Öyubari, Hokkaido, Japan	同 do	同 do
ブ ナ Buna (<i>Fagus crenata</i>)	BA	群 馬 県 沼 田 Numata, Gunma, Japan	同 do	同 do
ミズナラ Mizu-nara (<i>Quercus crispula</i>)	MA	同 上 do	同 do	同 do
ニセアカシア Locust, black (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	LA	秋 田 県 大 曲 Ömagari, Akita, Japan	同 do	人 工 林 Artificial forest

1.2. カ タ サ 試 験

カタサ試験は、従来、いろいろの方法で行われているが、材を圧潰せしめないこと、測定が容易で 1 回の試験（圧入）に要する時間が短いなどの理由でつぎのような方法を用いた。

i. 試験体の形状および寸法

第 1 図に示すごとく二方柱木取の立方体である。ニセアカシア材のみ $a=50\text{ mm}$ で他はすべて 40 mm とした。

ii. 鋼球とその圧入位置

使用した鋼球は 10 mm 直径、その圧入位置は第 1 図に示すような 10 mm 間隔を原則としたが、と

くに年輪巾の広いものでは、春材部のみのカタサを測定するために、この部分について試験したものもある(木口面、柾目面)。

この場合、一面上の圧入回数は、木口面で4~9、柾目面で4~5、板目面で4~5とした。また、年輪巾の広いものの木口面、および柾目面についての平均カタサの表現方法はつぎのようにしてもめた。

今、半径方向にそつて凹痕を連続的に配列したとすると、凹痕径は一定であるから(後出)、平均年輪巾がわかれば、春材部分のみの凹痕数と秋材部分を含む凹痕数との比が定まる。平均のカタサは全部の凹痕についてのカタサの算術平均であたえられるから、春材部のカタサと秋材を含む部分のカタサをこの比に配分して平均値をもとめることができる。

すなわち、

n = 連続した年輪数

= 秋材を含む部分の凹痕数

b = 平均年輪巾 r = 凹痕の直径 H_f = 春材部のカタサ H_s = 秋材を含む部分のカタサ

とすれば、

凹痕総数 = $n \cdot b / r$

春材部のみの凹痕数 = $\frac{n \cdot b}{r} - n$

ゆえに、

平均カタサを $\bar{H}$ とすれば、

$$\begin{aligned} \bar{H} &= \frac{n \cdot H_s + \left(\frac{n \cdot b}{r} - n \right) \cdot H_f}{\frac{n \cdot b}{r}} \\ &= \frac{1}{b} [r \cdot H_s + (b - r) H_f] \dots\dots\dots 12. 1 \end{aligned}$$

iii. 鋼球圧入の深さ

圧入の深さは、カタサの計算を簡単にするためと、圧入によるツブレ(圧潰)をふせぐ目的から $1/\pi$ mm とした。

iv. 圧入の速さ: 毎分約 0.5 mm とした。

v. 試験装置

使用した試験機はアムスラー型ユニバーサル材料試験機で能力は 400 kg, これに、ダイヤルゲージ 1/100 mm, 10 mm ストロークをもつたブリネル装置をとりつけて測定した(第5図)。

vi. カタサ(H)の表現

カタサの表わし方はブリネル方式にしたがい、次式によつてもとめた。

$$H = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot h} \text{ kg/mm}^2 \dots\dots\dots 12. 2$$

ただし、 P = 荷重 (kg) D = 鋼球の直径 (mm) = 10 mm h = 圧入深さ (mm) = $\frac{1}{\pi}$ mm

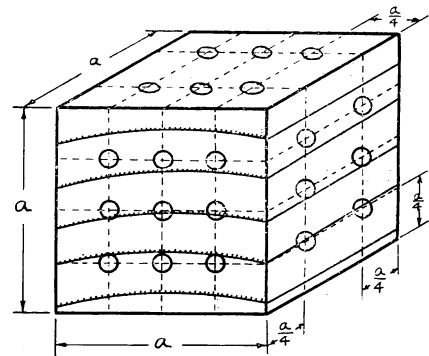


Fig. 1 カタサ試験体の形状と寸法
Form and Dimensions of specimen
for hardness test.

ゆえに、

$$H = \frac{P}{10} \text{ kg/mm}^2 \dots\dots\dots 12.3$$

したがって、約 0.32 mm だけ圧入したときの荷重の 1/10 がもとめるカタサである。

1.3. 縦圧縮試験

ここでこなつた縦圧縮試験は、カタサとの関係をもとめるのが目的である。したがって、その試験体は、カタサ試験体とつづいた（上下または左右に）ところから木取つたものである。また、この試験は、カタサ試験とほとんど同時または直後におこなつているので、含水率はこの縦圧縮試験体でもとめた。なお、ミズナラおよびニセアカシア材では、カタサを測定したものを直ちに縦圧縮試験に供した。

i. 試験体の寸法： 20×20 mm² の正二方形の断面、長さ 40 mm。ただし、ミズナラは40×40×40 mm³、ニセアカシアは 25×25×50mm³（カタサ試験体の四ツ割）。

ii. 縮みの測定： 鏡式エツキステンソメーターを用いた。規長（gage length）は 20 mm とし、

Table 2. カタサ
Results of

Wood species			Width of annual rings		Summer wood	Moisture content	Specific gravity			
			b (mm)		S (%)	u (%)	r _s (g/cm ³)		H _t (kg/mm ²)	
Name	Mark	Group	M	±△%	M	M	M	±△%	M	±△%
Sugi, AKITA	S A	I	8.1	3.5	8	18.0	0.27	3.8	1.6	4.4
		II	6.1	3.3	5	15.5	0.29	1.0	2.0	3.0
		III	3.9	1.5	12	14.5	0.28	0.7	2.0	8.0
Sugi, OBI	S O	I	9.9	4.0	17	17.0	0.32	2.0	2.0	8.5
		II	4.6	2.4	17	16.5	0.38	2.0	2.9	7.6
		III	4.7	6.6	14	15.5	0.34	2.4	2.5	6.8
Aka-matsu	P D	I	3.3	11.8	28	16.0	0.46	2.2	3.6	6.9
		II	1.9	1.3	27	16.0	0.47	1.8	3.3	5.8
		III	1.4	1.6	18	15.0	0.41	0.9	2.9	4.4
Yezo-matsu (Japanese spruce)	P A	I	3.9	7.7	10	18.5	0.47	2.2	3.6	9.2
		II	1.5	12.0	12	16.0	0.43	4.7	3.3	8.8
Buna (Japanese beech)	B A	I	1.8	6.1		16.5	0.64	0.9	4.6	4.6
		II	1.2	2.2		16.5	0.69	2.5	5.0	3.5
		III	1.8	5.3		16.5	0.58	0.3	4.0	2.9
		IV	1.3	5.1		16.5	0.64	1.1	4.3	3.8
Mizu-nara (Japanese oak)	M A	I	3.3	3.6		16.0	0.78	0.4	5.8	3.6
		II	1.2	1.8		15.5	0.62	2.8	4.8	3.4
Locust, black	L A	I	9.3	6.7		17.0	0.75	4.0	5.7	12.2
		II	6.9	12.8		16.5	0.78	7.2	5.9	15.9
		III	4.3	13.9		16.0	0.79	9.8	6.7	8.6

K=heart wood;

S=sap wood,

K*=false heart wood.

試験体中央柱目面の両面にとりつけ、倍率は 1000 倍 (10^{-3} mm)。

iii. 使用せる試験機: 油圧、電動式アムスラー型ユニバーサル材料試験機で、能力2トンまたは5トンのものを用いた。

iv. 荷重速度: 荷重速度は約 $100 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{min.}$ を標準としたが、個々の試験体について測定した (第5表)。

v. 試験時の温度および湿度: これも各試験体ごとに測定した (第5表)。

2. 試験結果

2.1. カタサ試験結果

この方法による試験結果としては、おそらく、本報告が最初とおもわれるので、とくに各試験群別、各試験体別の結果を第7および第8表にかかげておいた。

試験結果

hardness tests.

Hardness				$\frac{H_t}{H_l}$	$\frac{H_r}{H_l}$	$\frac{H_p}{H_l}$	Temperature	Relative humidity	Specimens	Remarks
H_t (kg/mm^2)		H_r (ag/mm^2)								
M	$\pm \Delta\%$	M	$\pm \Delta\%$	a	b	c	$\sim^\circ\text{C}$	H_R (%)	n	
0.5	8.0	0.5	20.0	0.31	0.31	1.00	18	88	10	K
0.5	10.0	0.7	7.0	0.25	0.35	1.40	19	87	10	K
0.6	6.7	0.5	12.0	0.30	0.25	0.83	21	85	10	S
0.5	9.8	0.7	18.6	0.25	0.35	1.40	24	90	10	K
0.9	12.2	1.0	15.0	0.31	0.34	1.11	24	90	10	K
0.8	15.0	0.8	13.8	0.32	0.32	1.00	24	90	10	S
1.0	11.8	1.0	22.1	0.28	0.28	1.00	25	81	10	K
1.2	14.4	0.9	12.2	0.36	0.27	0.74	23	90	10	K
0.8	11.8	0.7	9.0	0.28	0.24	0.88	25	81	10	K
1.2	10.8	1.2	20.0	0.33	0.33	1.00	20	84	10	K
0.8	10.0	0.7	7.1	0.24	0.21	0.88	21	85	10	K
1.3	5.4	1.7	4.7	0.28	0.37	1.31	21	84	10	K*
1.6	5.9	1.9	4.7	0.32	0.38	1.19	22	90	10	K*
1.2	1.2	1.7	1.7	0.30	0.42	1.42	23	90	10	S
1.3	5.8	1.6	4.1	0.30	0.37	1.23	24	85	10	S
2.0	6.3	2.8	15.5	0.34	0.48	1.40	17	78	10	K
1.5	14.9	2.1	13.3	0.31	0.44	1.40	17	78	10	K
							9	84	14	K
							10	83	39	K
							10	84	23	K

M=Arithmetical average value.

$$\Delta\% = \frac{\text{Standard deviation}}{M} \times 100\%$$

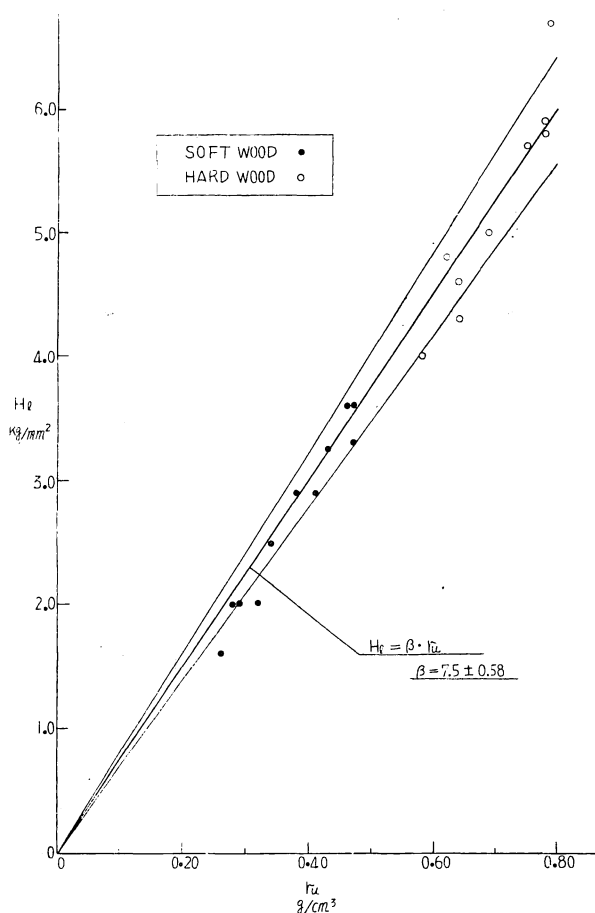


Fig. 2 木口面カタサ (H_L) と比重 (r_u) との関係
Hardness, end (H_L)-specific gravity (r_u)
relationship.

つうに出現するとかんがえられる大部分にわたっているものとおもう。なお、第2図からもみられるように、この両者の関係をさらに密にあらわすものは、原点からの直線でない別の直線関係か、または $H_L = \beta' \cdot r_u^n$ のようにして、 $n=1.25$ 程度で β' を定めた方がよいとおもわれるが、実用的な取り扱いをかんがえれば、多少誤差はあつても上述の直線式によつたものの方が便利であろう。

なお、 β の数値を実用的に概略値でしめすと、7.5 となり、その変化係数は約 8% となる。

したがつて、

$$H_L = 7.5 \cdot r_u \dots\dots\dots 21.2$$

を用いて、 H_L を推定することができるようにおもわれる。

21. 2. カタサと年輪巾との関係

カタサと年輪巾との関係はいうまでもなく樹種によつて特性的である。ごく大ザツバに云えば、年輪巾が比重におよぼす関係によつて樹種別に傾向があらわれてくる。すなわち、第2表でわかるように、この試験では、年輪巾の大きくなるにしたがつてカタサの値がどうなるかを示すと、

21. 1. カタサと比重との関係

従来から、木材のカタサと比重とが、ほぼ直線の関係にあるものとされているが、この試験でも、第6表および第2図にしめすような直線の傾向がみとめられた。

今、この両者の関係を次の式であらわす。

$$H_L = \beta \cdot r_u \dots\dots\dots 21.1$$

ただし、

H_L = 木口面カタサ (kg/mm^2)

r_u = 試験時の比重—気乾—

(g/cm^3)

β = 実験定数

このばあい、 β がどの程度樹種および材質（ここでは年輪巾や比重を主とする）によつて変るかをみると、試験をおこなつた 20 群について、平均が 7.3、最大 8.5、最小 6.0 で標準偏差は ± 0.55 となり変化係数は 7.6% である（第6表）。これは、比較的まとまつた値とみることができるとおもわれる。第2表からもわかるように、この試験の比重のハニイは、約 0.27 から約 0.79 にいたるものであつて、ふ

- i. 年輪巾が大きくなると、カタサがへつてゆく傾向をしめすもの。

() 内は年輪巾の概略のハンイ。

アキタスギ (4~8)	アカマツ (2~3.5)
オビスギ (4.5~10)	ニセアカシア (4~9)
ブナ (1~2)	

- ii. 年輪巾が大きくなると、カタサがふえてゆく傾向をしめすもの。

アカマツ (1.5~2)	ミズナラ (1~3.5)
エゾマツ (1.5~4)	

ここで、アカマツは、年輪巾約2を境にして両方の傾向を示しているが、その絶対値が2であるかどうかは別として、とにかく、このような一つの山があることは一般に知られていること(比重などに関して)であつて問題はないとおもう。エゾマツは、一般には、(i)のグループに入つてよい年輪巾のハンイであつたが、年輪巾の広い方(4mm)にヤヤあてが入つているような外観を呈し、比重をみても分るように、若干不正常と見なければならぬようにおもわれる。したがつて、針葉樹材ではごく年輪巾の小さい部分を除けば、大体(i)のグループに入るものと推定される。さらに、ニセアカシアのような環孔材が(i)のグループに入つたことについては、現在のところその原因は明らかでないが、この材の年輪巾の広いものの原木には、若干初期腐朽がみとめられたことを記しておく。

21. 3. 春材部カタサ (H_f) と年輪巾との関係 (針葉樹材)

針葉樹材のうちで、その年輪巾が約4mmをこえる程度のものについては、とくに、春材部のカタサをもとめたが、その結果は第3表のとおりである。樹種はアキタスギ(SA)、オビスギ(SO)とエゾマツ(PA)である。

Table 3. 春材部のカタサ (針葉樹材)
Hardness of spring wood (Soft wood).

Test Group	b		H_{tf}		H_{lf}		H_{rf}		$\frac{H_{tf}}{H_{lf}}$	$\frac{H_{rf}}{H_{lf}}$	$\frac{H_{rf}}{H_{tf}}$
	M	$\pm\Delta\%$	M	$\pm\Delta\%$	M	$\pm\Delta\%$	M	$\pm\Delta\%$			
SA—I	8.1	3.5	1.2	8.3	0.3	13.3	0.4	12.5	0.25	0.33	1.3
SA—II	6.1	3.3	1.6	5.7	0.4	11.5	0.6	6.7	0.25	0.37	1.5
SA—III	3.9	1.5	1.4	7.9	0.4	11.5	0.4	16.7	0.29	0.29	1.0
SO—I	9.9	4.0	1.4	11.1	0.3	13.3	0.7	11.9	0.21	0.50	2.3
SO—II	4.6	2.4	1.9	11.1	0.5	13.4	0.6	16.3	0.26	0.32	1.2
SO—III	4.7	6.6	1.6	3.1	0.4	18.7	0.6	19.8	0.25	0.38	1.5
PA—I	3.9	7.7	2.7	7.8	0.8	8.8	0.9	5.6	0.30	0.33	1.1
M									0.26	0.36	1.4
$\pm\Delta\%$									10.6	17.7	27.1
$M'\pm\Delta\%$									0.25 $\pm$ 12	0.35 $\pm$ 18	1.5 $\pm$ 33

この結果、スギの心材部では、年輪巾が広くなると、カタサは減少する傾向を示していることが分る。そのほか、木口面カタサ (H_{tf})、柃目面カタサ (H_{lf}) および板目面カタサ (H_{rf}) の間には次のような関係がみとめられた。

すなわち、

$$\frac{H_{tf}}{H_{lf}} = H_{tlf}; \quad \frac{H_{rf}}{H_{lf}} = H_{rlf}; \quad \frac{H_{rf}}{H_{tf}} = H_{rtf}$$

として、算術平均値をとれば

$$H_{tlf} = 0.26 \pm 0.0276 \quad (\pm 10.6\%)$$

$$H_{rlf} = 0.36 \pm 0.0635 \quad (\pm 17.7\%)$$

$$H_{rtf} = 1.4 \pm 0.379 \quad (\pm 27.1\%)$$

となるが、その概略値でしめせば、

$$H_{tlf} = 0.25 \pm 0.030 \quad (\pm 12\%)$$

$$H_{rlf} = 0.35 \pm 0.063 \quad (\pm 18\%)$$

$$H_{rtf} = 1.5 \pm 0.495 \quad (\pm 33\%)$$

となる。これらのうちで、比較的安定した比率を示すものは H_{tlf} のみのようである。

しかし、上の関係は樹種個有のものであるかも知れないから、一般的にどうだというようなことはかんがえていない。ただ、このような結果になったことを報告しておく。

さらに、表中、SA および SO の III は辺材部であるが、いずれも、その年輪巾の割に、カタサが低く出ていることが注目される。

このような傾向は、平均のカタサについてもみとめられることであるが、その原因についてはわからない。

21. 4. 春材部カタサ (H_f) と秋材を含む部分のカタサ (H_s) との関係

この関係を表示すれば第 4 表のようになるが、大よその見当では、 H_f は H_s の 60% 程度とみられる。しかし、この関係は、かなり分散も大きく、かつ、樹種的にも甚だかたよつてゐるから、全く一実験例として記しておくにとどめる。

Table 4. 春材部カタサと秋材を含む部分のカタサとの関係
Relation of Hardness of Spring wood to hardness of part containing summer wood.

Test Group	H_l					H_t					H_r					Remarks
	H_{lf}		H_{ls}			H_{tf}		H_{ts}			H_{rf}		H_{rs}			
	M	$\pm \Delta\%$	M	$\pm \Delta\%$	$\frac{H_{lf}}{H_{ls}}$	M	$\pm \Delta\%$	M	$\pm \Delta\%$	$\frac{H_{tf}}{H_{ts}}$	M	$\pm \Delta\%$	M	$\pm \Delta\%$	$\frac{H_{rf}}{H_{rs}}$	
SA—I	1.2	8.3	2.1	7.1	0.57	0.3	13.3	0.7	5.7	0.43	0.4	12.5	0.9	11.1	0.44	K
SA—II	1.6	5.7	2.2	2.2	0.73	0.4	11.5	0.7	9.2	0.57	0.6	6.7	0.8	0	0.75	K
SA—III	1.4	7.9	2.1	6.7	0.67	0.4	11.5	0.6	0	0.67	0.4	16.7	0.6	6.7	0.67	S
SO—I	1.4	11.1	3.0	12.6	0.47	0.3	13.3	0.9	8.3	0.33	0.7	11.9	1.0	0	0.70	K
SO—II	1.9	11.1	3.1	8.2	0.61	0.5	13.4	1.0	18.8	0.50	0.6	16.3	1.4	3.5	0.43	K
SO—III	1.6	3.1	2.7	7.4	0.56	0.4	18.7	0.8	23.7	0.50	0.6	19.8	1.1	10.9	0.55	S
PA—I	2.7	7.8	3.7	8.1	0.73	0.8	8.8	1.2	11.6	0.67	0.9	5.6	1.3	16.9	0.69	K
M					0.62					0.52					0.60	
$\pm \Delta\%$					13.8					22.1					20.2	
M' $\pm \Delta\%$					0.60 ± 16					0.50 ± 20					0.60 ± 18	

21. 5. 木口面カタサ (H_t) と柃目面カタサ (H_l) または板目面カタサ (H_r) との関係

平均面カタサによつてこれらの関係をみると、第2表および第6表にしめすように、

$$\frac{H_r}{H_t} = a = 0.30 \pm 0.0315 \quad (\pm 10.5\%)$$

$$\frac{H_r}{H_l} = b = 0.34 \pm 0.0705 \quad (\pm 20.7\%)$$

となる。 H_r はバラツキが大きいので、大体の見当をつける程度であるが、 H_t はかなりよくまとまっている。概略の言い方をすれば、柃目面のカタサは木口面のカタサの約3割、板目面のカタサは約3割5分程度とみて大きな誤りはないとおもう。

21. 6. 鋼球圧入による凹コンの形態

この方法では、一定深さだけ圧入するためその回復をはかつていないが、第6図にみるように、全く、圧潰するようなことはなかつた。柃目および板目面における凹コンの形は実験後において楕円形を示すことはよく知られているとおりである。

2.2. 縦圧縮試験結果

縦圧縮試験結果については、各試験群別平均値による総括表を第5表としてかかげたのでこれによつて、次の2つの関係をしらべてみよう。

22. 1. 縦圧縮強度と比重との関係

これについては、今日まで数多くの研究結果から、すでに、部分的には直線的に、また、原点からは指数曲線式となることが知られている。すなわち

$$\sigma_c = a + b \cdot r_u \quad \dots\dots\dots 22.1$$

$$\sigma_c = a' r_u^n \quad \dots\dots\dots 22.2$$

ただし、 σ_c = 縦圧縮強度

r_u = 比重

a, a', b, n は実験定数

この場合とくに n については、1.25 または、1.5 があたえられているようである。

この実験でも、上の式を用いた方が、その関係はよくでるとおもわれるが、できるだけ簡単にしたいと思い、次のような原点を通る直線式としてその実験定数をもとめてみた。

$$\sigma_c = \gamma \cdot r_u \quad \dots\dots\dots 22.3$$

この γ の値は、各試験群ごとに求めたものの平均値であらわすことにし

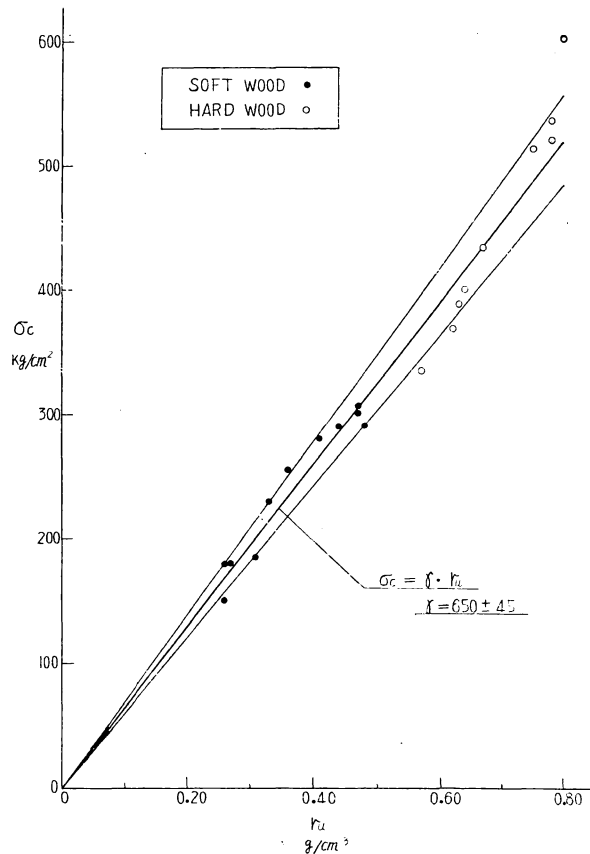


Fig. 3 縦圧縮強度と比重との関係
Specific gravity-crushing strength relation.

たが、第 6 表のように、

$$\gamma = 654 \pm 47.5 (\pm 7.3\%)$$

となり、 γ の最大値は、763 で最小値は 578 であつた。したがつて、その値は比較的安定したものとみとめられるので、このような表現方法をとつてもそれほど大きな誤りとはならないとおもわれる。

なお、第 3 図にこの関係をしめしておいた。また、実用的な意味で概略値をとれば、

$$\sigma_c \approx 650 r_n \dots\dots\dots 22.4$$

としてもよいとおもう。この場合 γ の分散は、 $\gamma = 650 \pm 7.3\%$ となつてほとんどかわりがない。

22. 2. 年輪巾と縦圧縮強度との関係

この両者の関係は、全く、カタサと年輪巾との関係に一致する。したがつて、特にのべるべきこともない (第 5 表を参照されたい)。

Table 5. 縦 圧 縮
Results of compression

Wood species			Width of annual rings		Summer wood	Moisture content		Specific gravity			
			b (mm)		S (%)	u %		r_n (g/cm ³)		r_0 (g/cm ³)	
Name	Mark	Group	M	$\pm \Delta\%$	M	M	$\pm \Delta\%$	M	$\pm \Delta\%$	M	$\pm \Delta\%$
Sugi, AKITA	SA	I	8.3	7.9	11	18.0	3.4	0.26	3.8	0.22	3.2
		II	5.7	6.6	16	15.5	11.5	0.27	5.2	0.24	4.2
		III	4.5	19.1	8	14.5	4.8	0.27	2.2	0.23	2.4
Sugi, OBT	SO	I	11.4	12.3	24	17.0	3.1	0.31	5.7	0.27	5.1
		II	5.1	16.4	9	16.5	4.7	0.36	5.6	0.32	4.7
		III	5.4	19.8	14	15.5	5.0	0.33	4.7	0.29	4.5
Aka-matsu	PD	I	3.2	14.7	27	16.0	4.2	0.47	5.5	0.40	5.3
		II	2.1	16.0	26	16.0	3.1	0.47	3.1	0.40	3.4
		III	1.3	21.6	20	15.0	3.3	0.41	4.4	0.35	5.2
Yezo-mats (Japanese spruce)	PA	I	3.5	7.4	15	18.5	2.5	0.48	2.0	0.40	2.2
		J	1.7	11.0	12	16.0	4.1	0.44	3.2	0.37	3.8
Buna (Japanese beech)	BA	I	2.0	12.5		16.5	9.1	0.64	2.4	0.55	2.4
		II	1.4	13.8		16.5	1.9	0.67	1.9	0.57	1.7
		III	1.7	10.0		16.5	2.9	0.57	2.5	0.50	1.5
		IV	1.2	10.0		16.5	2.9	0.63	3.5	0.52	5.3
Mizu-nara (Japanese oak)	MA	I	3.3	3.6		16.0	2.4	0.78	1.1	0.68	1.0
		II	1.2	5.8		15.5	2.3	0.62	3.5	0.54	3.6
Locust, black	LA	I	9.3	6.7		17.0	4.1	0.75	4.0	0.64	3.8
		II	6.9	12.8		16.5	8.0	0.78	7.2	0.67	6.8
		III	4.3	13.9		16.0	8.6	0.79	9.8	0.69	9.3

K=heart wood

*K: false heart wood.

S=sap wood

2.3. 木口面カタサと縦圧縮強度との関係

これまでにのべてきた、カタサおよび縦圧縮強度のそれぞれの関係から本報告の主目的であるカタサと縦圧縮強度との関係をもとめると第4図のごとくなる。

すなわち、木口面の平均カタサ (H_t) と縦圧縮強度 (σ_c) との間には、実験的に直線比例的関係が存在する。これを式であらわすと、

$$\sigma_c = \alpha \cdot H_t \dots\dots\dots 23.1$$

となり、20 実験群の個々の値から平均的に α はもとめられる。 α の値は、最大値 97 で最小値 77, 平均 89, その標準偏差は、 ± 4.6 ($\pm 5.2\%$) である。したがって、かなり安定した比例関係にあるとみることができる。

試 験 結 果

parallel to grain tests.

Compressive strength		Modulus of elasticity		Loading speed		Temperature		Relative Humidity		Specimens	Remarks
σ_c (kg/cm ²)		E_c (kg/cm ²)		L_v (kg/cm ² ·min.)		~°C		H_R (%)		n	
M	$\pm\Delta\%$	M	$\pm\Delta\%$	M	$\pm\Delta\%$	M	$\pm\Delta\%$	M	$\pm\Delta\%$		
150	4.2	57,500	19.0	58	28.8	21	6.3	80	10.0	20	K
180	6.0	51,500	5.4	81	16.0	21	5.8	78	4.4	20	K
190	4.5	59,000	8.4	97	24.2	18	7.7	85	4.8	20	S
185	6.4	27,500	9.3	88	18.2	19	3.9	85	3.2	20	K
255	5.4	62,500	10.0	100	10.5	21	5.3	80	0.6	20	K
230	9.1	62,500	9.7	90	8.3	20	7.5	80	2.0	20	S
300	5.2	74,000	16.8	93	8.2	18	5.6	85	4.7	20	K
305	3.1	70,500	3.0	92	11.1	18	5.5	85	8.2	20	K
280	4.6	79,000	5.2	94	9.8	17	5.9	88	5.6	22	K
290	3.2	—		92	4.4	24	12.5	86	8.1	20	K
290	5.9	—		98	7.4	25	8.8	84	11.9	20	K
400	3.9	118,000	9.6	99	6.7	22	9.9	80	6.6	20	K*
435	2.8	133,000	8.6	100	4.2	19	2.6	80	5.1	20	K*
335	3.6	87,000	4.8	95	8.1	22	12.0	75	9.3	20	S
390	5.0	91,000	10.8	96	3.3	17	0.0	88	0.0	20	S
520	1.8	—		87	5.0	17	0.0	78	0.0	10	K
370	5.6	—		90	6.0	17	0.0	78	0.0	10	K
515	5.8	—		165	8.4	9	19.8	84	3.1	14	K
535	6.6	—		163	11.3	10	17.6	83	6.4	39	K
605	8.2	—		170	12.6	10	10.7	84	1.8	23	K

M=Arithmetical average value

$$\Delta\% = \frac{\text{Standard deviation}}{M} \times 100\%$$

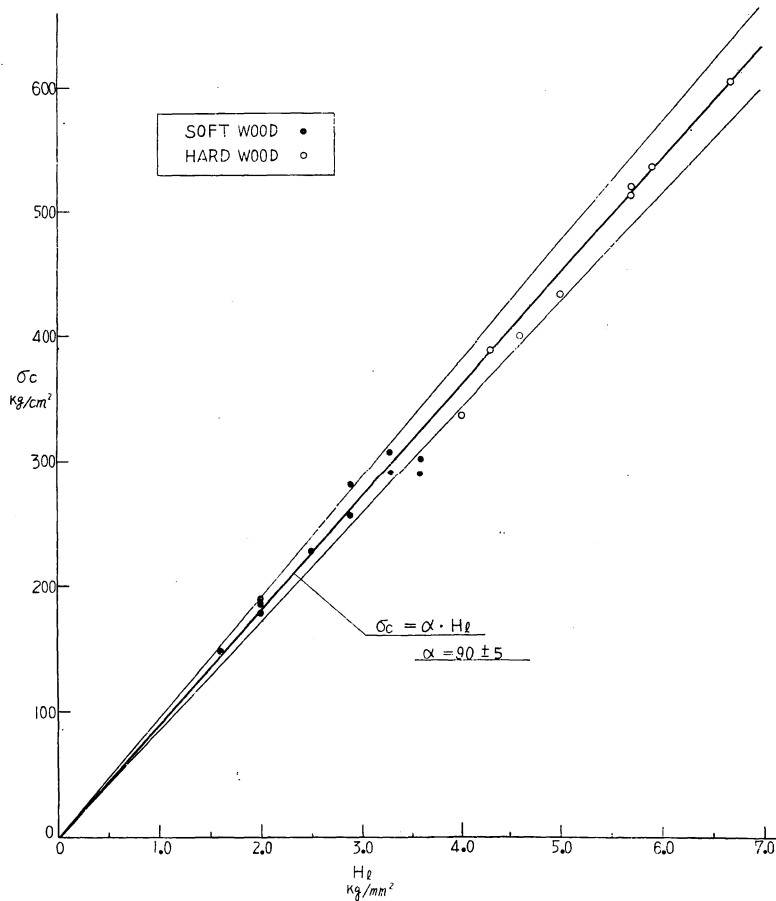


Fig. 4 木口面カタサと縦圧縮強度との関係
End hardness-crushing strength relation.

α の実用値としては 90 をとつて

$$\sigma_c = 90 \cdot H_E \dots\dots\dots 23.2$$

としても、その変化係数は $\pm 5.3\%$ でほとんどかわりがない。

3. 考 察

以上の試験結果から、木材のカタサが、どの程度まで、その目的とする材質（強度的にみた）の判断を可能ならしめるかについて考えてみたい。

まず、木材が、その年輪巾の大小によつて適当に区分されるならば、比重は、かなりよくまとまつた値におちついてくるように考えられる。このことは第2表および第5表の結果から判断できるとおもふ。そして、このような分類をおこなつたものの、木口面平均カタサの数値も、その変化係数 $\pm 10\%$ にみたないかなり安定したものとしてもとめられるようである。また、このことは、縦圧縮強度についても同様にみとめられる傾向であり、かつ、この両者間（木口面平均カタサと縦圧縮強度）の相関は、その各々と比重とにおける相関に比して、劣るとはかんがえられないほど密接であると思われる。

Table 6. 比重とカタサまたは縦圧縮強度, および縦圧縮強度とカタサとの関係
Specific gravity (γ_n)—Hardness (H_I) or Crushing
Strength (σ_c), and H_I — σ_c Relations.

Test Group	$\frac{H_I}{\gamma_n}$	$\frac{\sigma_c}{\gamma_n}$	$\frac{\sigma_c}{H_I}$	$\frac{H_I}{H_I}$	$\frac{H_c}{H_I}$	Specimens
	β	γ	α	a	b	n
SA—I	6.0	578	93	0.31	0.31	10
SA—II	6.9	656	90	0.25	0.35	10
SA—III	7.2	708	94	0.30	0.25	10
SO—I	6.3	593	93	0.25	0.35	10
SO—II	7.7	709	88	0.31	0.34	10
SO—III	7.3	694	91	0.32	0.32	10
PD—I	7.8	644	84	0.28	0.28	10
PD—II	7.1	660	93	0.36	0.27	10
PD—III	7.1	690	97	0.28	0.24	10
PA—I	7.6	606	80	0.33	0.33	10
PA—II	7.8	663	88	0.24	0.21	10
BA—I	7.2	630	87	0.28	0.37	10
BA—II	7.3	648	87	0.32	0.38	10
BA—III	6.9	587	84	0.30	0.42	10
BA—IV	6.7	620	90	0.30	0.37	10
MA—I	7.4	665	90	0.34	0.48	10
MA—II	7.7	594	77	0.31	0.44	10
LA—I	7.6	684	90	—	—	—
LA—II	7.6	686	91	—	—	—
LA—III	8.5	754	90	—	—	—
M	7.3	654	89	0.30	0.34	
$\pm\Delta\%$	7.6	7.3	5.2	10.5	20.7	
$M'\pm\Delta\%$	7.5 ± 7.8	650 ± 7.3	90 ± 5.3	0.30 ± 10.5	0.35 ± 20.7	

M=Arithmetical average value

$$\Delta\% = \frac{\text{Standard deviation}}{M} \times 100\%$$

M'=Approximate value of M

したがって、木材の場合も、他の材料と同様、カタサによる強度性能の推定と、これによる品質区分の可能性が存在するものと思う。もとより、この1回の試験で、上記両者の比 σ_c/H_I の値 α を数値的に決定したと論ずる考えはないが、 α を実験的に定めようとする試みが無駄ではないことだけはたしかであるとおもう。こんご、この種の試験が数多くおこなわれてより安定した分散域をもつ α の値が決定されることをわれわれは期待している。

また、ここでわれわれのおこなったカタサ試験方法は、今までのものもちがつているが、そのカタサ試験の一般的な目的に対しては、満足すべきものの一つであるとかんがえている。

さらに、この報告の目的ではなかつたが、えられた試験結果から一言つけ加えておきたいことは、表によつても明らかなように、アキタスギとオビスギにおける材質上の相違である。これらは、ともに約50年生の人工林から、われわれが採集したものであるが、その同等年輪巾のものについては、気乾比重、

カタサ、および縦圧縮強度のいずれもオビスギの方が大きくなっていることは注目に値するとおもう。このことは、オビスギのよく発達した樹脂細胞列の分布にもよることとおもわれるが、さらに生物学的な特性も考えられ、こんごの研究が期待される（この材質上の差異は、とくに、カタサについてみると、春材部のカタサ、および秋材を含む部分のカタサについても同様にオビスギの方が大きくなっている）。

む す び

この研究の目的であるカタサによるキカイ的性質の推定が可能であるかどうかについて、樹種別、年輪巾別、および辺心材別に分類された気乾材の 6 樹種 20 試験群に対し、カタサおよび縦圧縮試験を並行しておこなった結果、つぎのことがらをたしかめえた。

1. この試験における比重の範囲は、アキタスギの 0.26 からニセアカシアの 0.79 までであつたが、その縦圧縮強度 (σ_c) と木口面平均カタサ (H_t) との間に、 $\sigma_c = \alpha \cdot H_t \dots \dots$ なる関係がみつめられ、この場合、係数 α の値は、平均 90 でその分散は $\pm 5.3\%$ をしめした。したがつて、かなり安定した関係にあるものと判断される。このことから、カタサをもつて木材の強度的な材質区分をおこなうさいの目安としてこの α を定めることが有効とかがえられる。

2. カタサ試験の一般的な目的に対して、ここに用いたわれわれの方法は適当なものの一つとかがえてさしつかえないと判断される。

3. この試験によりもとめられた他の点について若干ふれると、

i. 平均カタサについては、木口>板目>柾目の関係がみつめられ、かつ、その平均値の比較では、木口：板目：柾目 = 1.0 : 0.34 : 0.30 であつた。

ii. スギおよびエゾマツ材についてもとめた春材部のカタサにおいても 木口>板目>柾目 の関係がみられ、その比率では、木口：板目：柾目 = 1 : 0.36 : 0.26 であつた。

また、この場合、春材部のカタサの秋材を含む部分のカタサに対する比では、木口面で 0.62、板目面で 0.60、柾目面で 0.52 の平均値をしめした。

iii. 比重、カタサおよび縦圧縮強度のいずれについても、オビスギの方が、これと同等な年輪のアキタスギより大であつたことは注目される。また、これらは、いずれも人工林のスギであるが、一般に評価されている天然林のスギ材の比重、強度に比して著しく低いこともその年輪巾によることながら注意すべき点であろう。

iv. スギおよびブナ材では、その比重、カタサおよび縦圧縮強度のいずれも、心材の方が辺材より大きい傾向をしめした。

なお、この報告は、この研究に対するわれわれの第 1 回目の資料的な意味の試験として提出するかがえであるが、大体において、その傾向をつかまえることができたとおもっている。

Table 7. カタサ試験結果 (面平均値)
Results of hardness test (average value of each surface).

Sugi, AKITA: SA—I u=18.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	8.2	8.6	8.3	8.3	8.0	7.5	8.2	7.8	8.2	8.1	8.1	3.5
S (%)	9	8	9	8	10	11	7	6	6	8	8	
r _n (g/cm ³)	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.27	0.26	0.26	0.27	0.27	3.8
H _l (kg/mm ²)	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.6	1.6	4.4
H _t (")	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	8.0
H _r (")	0.5	0.5	0.4	0.6	0.4	0.7	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	20.0

Sugi, AKITA: SA—II u=15.5%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	6.9	6.2	6.4	6.1	6.6	6.3	6.2	6.3	6.1	6.2	6.1	3.3
S (%)	6	4	3	3	3	6	5	3	3	6	5	
r _n (g/cm ³)	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.29	1.0
H _l (kg/mm ²)	2.0	2.1	2.0	2.1	1.9	2.0	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	3.0
H _t (")	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	10.0
H _r (")	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	7.0

Sugi, AKITA: SA—III u=14.5%; S

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	3.9	3.9	3.9	4.0	3.9	3.9	3.8	4.0	3.9	4.0	3.9	1.5
S (%)	10	10	15	13	13	11	13	10	13	13	12	
r _n (g/cm ³)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.28	0.72
H _l (kg/mm ²)	1.9	2.0	1.9	2.1	2.0	1.9	2.0	2.2	1.9	2.3	2.0	8.0
H _t (")	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	6.7
H _r (")	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5	0.5	12.0

Sugi, OBI: SO—I u=17.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	9.1	9.5	9.7	10.3	10.3	10.0	9.7	10.1	9.9	10.3	9.9	4.0
S (%)	18	12	22	22	16	18	14	20	15	10	17	
r _n (g/cm ³)	0.33	0.31	0.32	0.31	0.33	0.32	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32	2.0
H _l (kg/mm ²)	2.0	1.8	2.1	1.9	2.0	1.8	1.8	1.9	2.2	2.3	2.0	8.5
H _t (")	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	9.8
H _r (")	0.5	1.0	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	18.6

Sugi, Obr: SO—II

u=16.5%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	4.7	4.5	4.7	4.7	4.6	4.4	4.5	4.5	4.5	4.8	4.6	2.4
S (%)	20	18	17	13	18	20	20	14	17	12	17	
r_u (g/cm ³)	0.37	0.37	0.37	0.39	0.37	0.37	0.38	0.39	0.37	0.39	0.38	2.0
H_t (kg/mm ²)	2.7	3.4	3.1	2.7	3.0	2.9	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	7.6
H_t (")	0.9	1.0	0.7	1.0	1.0	0.9	1.0	0.7	0.9	0.8	0.9	12.2
H_r (")	1.0	0.8	0.7	0.9	0.6	1.0	1.0	0.9	1.0	1.1	1.0	15.0

Sugi, Obr: SO—III

u=15.5%; S

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	5.0	4.7	4.4	4.0	4.5	4.6	4.7	4.5	5.2	4.7	4.7	6.6
S (%)	11	11	12	19	13	18	13	18	14	15	14	
r_u (g/cm ³)	0.35	0.35	0.33	0.33	0.34	0.35	0.36	0.33	0.34	0.34	0.34	2.4
H_t (kg/mm ²)	2.1	2.5	2.6	2.4	2.3	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	6.8
H_t (")	0.7	0.7	0.6	0.8	1.0	0.9	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	15.0
H_r (")	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.6	0.8	0.9	0.8	0.6	0.8	13.8

Aka-matsu: PD—I

u=16.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	3.6	3.7	3.6	2.8	2.8	2.9	3.5	3.8	2.9	3.0	3.3	11.8
S (%)	25	26	25	30	30	32	26	24	30	29	28	
r_u (g/cm ³)	0.45	0.45	0.46	0.47	0.47	0.47	0.45	0.46	0.47	0.47	0.46	2.2
H_t (kg/mm ²)	3.4	3.3	3.4	3.6	3.3	3.6	3.7	4.1	3.6	3.9	3.6	6.9
H_t (")	0.7	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	11.8
H_r (")	1.2	0.9	0.9	1.5	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	22.1

Aka-matsu: PD—II

u=16.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	1.9	2.0	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	1.3
S (%)	30	29	25	25	25	30	27	29	25	25	27	
r_u (g/cm ³)	0.48	0.48	0.46	0.46	0.46	0.47	0.48	0.47	0.46	0.46	0.47	1.8
H_t (kg/mm ²)	3.4	3.3	3.2	3.3	3.0	3.3	3.7	3.6	3.4	3.3	3.3	5.8
H_t (")	1.3	1.1	1.0	1.1	1.0	1.4	1.5	1.1	1.0	1.1	1.2	14.4
H_r (")	1.0	0.9	0.7	0.8	0.7	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	12.2

Aka-matsu: PD—III u=15.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6
S (%)	20	19	20	18	17	19	17	17	19	18	18	
r _n (g/cm ³)	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.41	0.9
H _l (kg/mm ²)	3.0	3.0	3.1	2.7	2.9	2.7	2.9	2.9	2.8	2.8	2.9	4.4
H _t (")	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	11.8
H _r (")	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	9.0

Yezo-matsu [Japanese spruce]: PA—I u=18.5%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	4.2	4.2	4.2	4.1	3.9	4.0	3.5	3.5	3.4	3.7	3.9	7.7
S (%)	7	9	9	10	10	8	10	10	12	10	10	
r _n (g/cm ³)	0.46	0.46	0.47	0.45	0.47	0.46	0.47	0.50	0.50	0.48	0.47	2.2
H _l (kg/mm ²)	2.9	3.3	3.4	3.7	3.8	3.5	3.8	3.8	3.9	4.1	3.6	9.2
H _t (")	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.0	1.1	1.4	1.2	1.4	1.2	10.8
H _r (")	1.2	1.1	1.6	1.2	1.5	1.2	0.9	1.2	1.4	1.0	1.2	20.0

Yezo-matsu: PA—II u=16.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	1.7	1.6	1.4	1.8	1.6	1.3	1.5	1.4	1.7	1.2	1.5	12.0
S (%)	15	9	13	10	11	11	13	12	14	8	12	
r _n (g/cm ³)	0.44	0.42	0.44	0.42	0.43	0.38	0.44	0.44	0.45	0.40	0.43	4.7
H _l (kg/mm ²)	3.5	3.4	3.5	3.3	3.2	2.5	3.5	3.5	3.4	3.1	3.3	8.8
H _t (")	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.8	10.0
H _r (")	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	7.1

Buna [Japanese beech]: BA—I u=16.5%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	1.9	1.8	1.9	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.7	1.7	1.8	6.1
r _n (g/cm ³)	0.63	0.64	0.64	0.63	0.64	0.65	0.63	0.64	0.65	0.64	0.64	0.9
H _l (kg/mm ²)	4.7	4.9	4.6	4.6	4.7	4.6	4.8	4.4	4.3	4.2	4.6	4.6
H _t (")	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2	1.4	1.3	1.3	1.3	5.4
H _r (")	1.8	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.6	1.7	1.7	1.6	1.7	4.7

Buna: BA—II u=16.5%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	2.2
r _n (g/cm ³)	0.69	0.70	0.72	0.69	0.70	0.66	0.68	0.68	0.66	0.69	0.69	2.5
H _l (kg/mm ²)	5.1	5.0	5.4	4.9	4.9	5.0	4.9	4.7	5.1	4.9	5.0	3.5
H _t (")	1.8	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.5	1.6	1.7	1.6	5.9
H _r (")	2.0	1.8	2.0	1.9	2.0	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.9	4.7

Buna: BA—III u=16.5%; S

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	1.8	1.8	1.7	1.8	1.7	1.9	1.7	1.6	1.7	1.8	1.8	5.3
r _n (g/cm ³)	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.3
H _l (kg/mm ²)	4.1	4.1	3.8	3.9	4.2	4.0	4.0	4.0	3.9	4.1	4.0	2.9
H _t (")	1.2	1.1	1.1	1.1	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
H _r (")	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	2.0	1.7	1.7	1.7	1.7

Buna: BA—IV u=16.5%; S

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	—	1.3	5.1
r _n (g/cm ³)	0.63	0.65	0.64	0.64	0.65	0.64	0.64	0.65	0.65	—	0.64	1.1
H _l (kg/mm ²)	4.2	4.4	4.3	4.3	4.4	4.1	4.0	4.6	4.4	—	4.3	3.8
H _t (")	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2	1.4	1.2	1.3	—	1.3	5.8
H _r (")	1.5	1.5	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	—	1.6	4.1

Mizu-nara [Japanese oak]: MA—I u=16.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	3.4	3.0	3.4	3.4	3.3	3.3	3.4	3.4	3.3	3.4	3.3	3.6
r _n (g/cm ³)	0.77	0.78	0.79	0.79	0.79	0.78	0.79	0.77	0.79	0.79	0.78	0.4
H _l (kg/mm ²)	5.6	6.3	5.7	5.7	5.7	5.7	5.9	5.7	5.8	6.1	5.8	3.6
H _t (")	1.9	1.9	2.1	1.9	2.0	2.1	2.0	1.9	2.1	2.3	2.0	6.3
H _r (")	3.5	3.0	3.2	2.1	2.5	3.2	2.8	2.2	2.5	2.9	2.8	15.5

Mizu-nara: MA—II u=15.5%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b (mm)	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.8
r _n (g/cm ³)	0.64	0.63	0.64	0.63	0.59	0.59	0.59	0.64	0.60	0.63	0.62	2.8
H _l (kg/mm ²)	4.9	4.6	4.8	5.0	4.6	4.7	4.9	5.1	4.7	4.9	4.8	3.4
H _t (")	1.6	1.3	1.7	1.5	1.2	1.4	1.3	1.6	1.4	2.0	1.5	14.9
H _r (")	2.0	1.9	2.1	2.0	1.9	2.0	2.2	2.0	2.9	2.0	2.1	13.3

Locust, black: LA—I u=17.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	M	±△%
b (mm)	9.2	10.9	9.2	9.7	9.3	8.8	8.9	10.0	10.0	9.1	8.6	8.9	8.5	9.4	9.3	6.7
r _n (g/cm ³)	0.81	0.82	0.74	0.74	0.72	0.74	0.73	0.73	0.74	0.72	0.75	0.78	0.75	0.73	0.75	4.0
H _l (kg/mm ²)	4.8	5.0	6.4	6.0	4.7	4.8	6.2	6.2	6.6	5.1	6.2	6.6	6.0	5.2	5.7	12.2

Locust, black: LA—II

u=16.5%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b (mm)	6.1	6.1	7.5	8.0	6.5	8.3	5.6	7.8	5.9	6.4
r_n (g/cm ³)	0.83	0.77	0.81	0.81	0.82	0.80	0.83	0.83	0.82	0.80
H_t (kg/mm ²)	6.5	6.2	4.6	5.5	6.8	5.2	5.0	4.2	6.2	4.8

P. No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
b (mm)	7.4	8.3	8.2	5.9	8.4	7.9	6.0	7.0	7.7	7.7
r_n (g/cm ³)	0.82	0.81	0.71	0.70	0.72	0.71	0.77	0.75	0.76	0.76
H_t (kg/mm ²)	4.8	5.1	4.7	4.9	6.7	4.6	7.7	6.8	6.8	5.0

P. No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
b (mm)	7.9	5.9	6.4	6.2	6.6	7.9	7.6	6.5	7.0	7.3
r_n (g/cm ³)	0.77	0.75	0.74	0.86	0.86	0.70	0.69	0.68	0.70	0.71
H_t (kg/mm ²)	4.9	7.0	7.2	6.6	6.4	6.2	5.8	4.2	4.7	6.2

P. No.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	M	±△%
b (mm)	8.2	5.9	5.8	5.9	5.9	6.0	6.5	6.4	6.3	6.9	12.8
r_n (g/cm ³)	0.69	0.83	0.85	0.78	0.85	0.83	0.84	0.83	0.85	0.78	7.2
H_t (kg/mm ²)	5.4	7.0	7.0	6.2	6.2	7.0	6.4	5.8	5.9	5.9	15.9

Locust, black: LA—III

u=16.0%; K

P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
b (mm)	5.0	4.7	5.3	5.3	4.6	4.9	5.2	4.1	4.3
r_n (g/cm ³)	0.83	0.85	0.84	0.83	0.85	0.84	0.76	0.84	0.85
H_t (kg/mm ²)	5.6	6.6	6.2	5.8	7.2	7.4	7.5	6.8	7.3

P. No.	10	11	12	13	14	15	16	17	18
b (mm)	3.2	3.6	3.2	3.5	3.7	3.9	4.3	4.3	4.2
r_n (g/cm ³)	0.67	0.66	0.64	0.66	0.66	0.69	0.84	0.85	0.83
H_t (kg/mm ²)	6.4	6.2	7.1	5.9	5.8	6.1	6.6	6.3	7.0

P. No.	19	20	21	22	23	M	±△%
b (mm)	4.0	4.0	4.4	4.4	4.0	4.3	13.9
r_n (g/cm ³)	0.81	0.85	0.84	0.83	0.84	0.79	9.8
H_t (kg/mm ²)	7.3	6.9	6.9	6.9	7.4	6.7	8.6

Table 8. 春材部カタサ試験結果
Results of hardness tests for spring wood.

SA—I K u=18.0%												
P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b [mm]	8.2	8.6	8.3	8.3	8.0	7.5	8.2	7.8	8.2	8.1	8.1	3.5
H _{tf} [kg/mm ²]	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	8.3
H _{lf} [kg/mm ²]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	13.3
H _{rf} [kg/mm ²]	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	12.5
SA—II K u=15.5%												
P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b [mm]	6.9	6.2	6.4	6.1	6.6	6.3	6.2	6.3	6.1	6.2	6.1	3.3
H _{tf} [kg/mm ²]	1.7	1.6	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.7	1.6	5.7
H _{lf} [kg/mm ²]	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	11.5
H _{rf} [kg/mm ²]	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	6.7
SA—III S u=14.5%												
P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b [mm]	3.9	3.9	3.9	4.0	3.9	3.9	3.8	4.0	3.9	4.0	3.9	1.5
H _{tf} [kg/mm ²]	1.2	1.5	1.4	1.4	1.6	1.3	1.6	1.4	1.4	1.5	1.4	7.9
H _{lf} [kg/mm ²]	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	11.5
H _{rf} [kg/mm ²]	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	16.7
SO—I K u=17.0%												
P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b [mm]	9.1	9.5	9.7	10.3	10.3	10.0	9.7	10.0	9.9	10.3	9.9	4.0
H _{tf} [kg/mm ²]	1.3	1.3	1.6	1.3	1.5	1.1	1.1	1.5	1.4	1.4	1.4	11.1
H _{lf} [kg/mm ²]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	13.3
H _{rf} [kg/mm ²]	0.5	—	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	11.9
SO—II K u=16.5%												
P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b [mm]	4.7	4.5	4.7	4.7	4.6	4.4	4.5	4.5	4.5	4.8	4.6	2.4
H _{tf} [kg/mm ²]	1.4	2.1	1.9	1.8	2.0	2.1	1.8	2.0	1.8	1.6	1.9	11.1
H _{lf} [kg/mm ²]	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.5	0.6	0.5	13.4
H _{rf} [kg/mm ²]	0.7	0.8	0.7	0.5	0.6	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	16.3
SO—III S u=15.5%												
P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b [mm]	5.0	4.7	4.4	4.0	4.5	4.6	4.7	4.5	5.2	4.7	4.7	6.6
H _{tf} [kg/mm ²]	1.4	2.0	1.4	1.6	1.6	1.6	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	3.1
H _{lf} [kg/mm ²]	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	18.7
H _{rf} [kg/mm ²]	0.4	0.7	0.6	0.8	0.7	0.6	0.6	0.8	0.5	0.6	0.6	19.8
PA—I K u=18.5%												
P. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	±△%
b [mm]	4.2	4.2	4.2	4.1	3.9	4.0	3.5	3.5	3.4	3.7	3.9	7.7
H _{tf} [kg/mm ²]	2.4	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	3.1	—	—	3.0	2.7	7.8
H _{lf} [kg/mm ²]	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	8.8
H _{rf} [kg/mm ²]	0.8	0.9	—	—	—	0.9	0.8	0.8	0.9	—	0.9	5.6

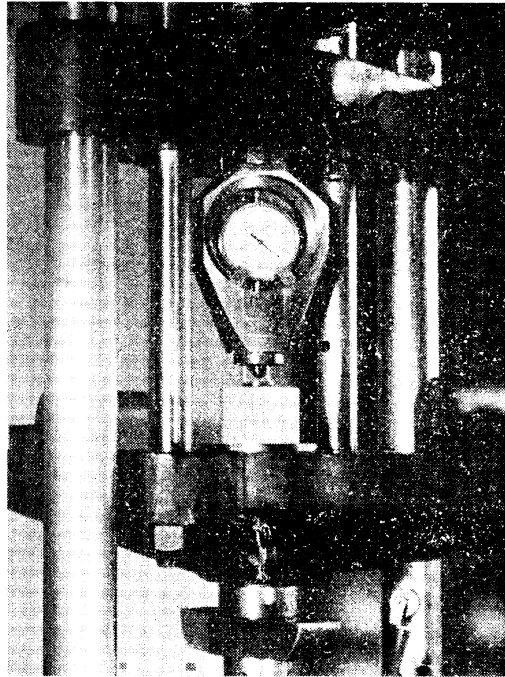
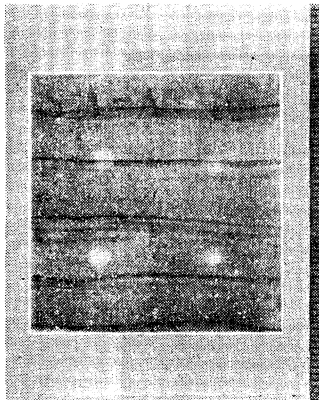
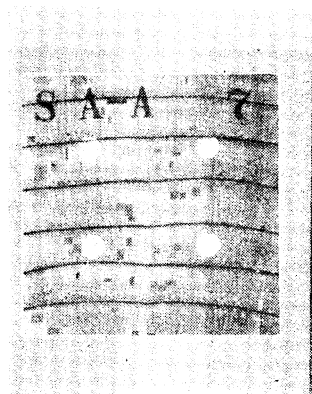


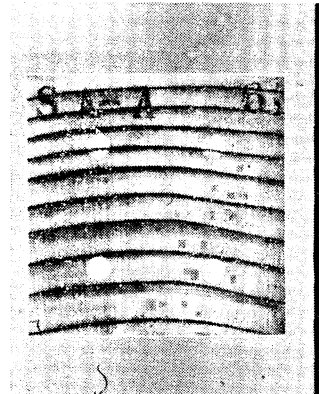
Fig. 5 カタサ試験装置
Set-up for hardness test.



SA—I



SA—II



SA—III

Fig. 6 カタサ試験体の木口面
End-surfaces of hardness test specimens.

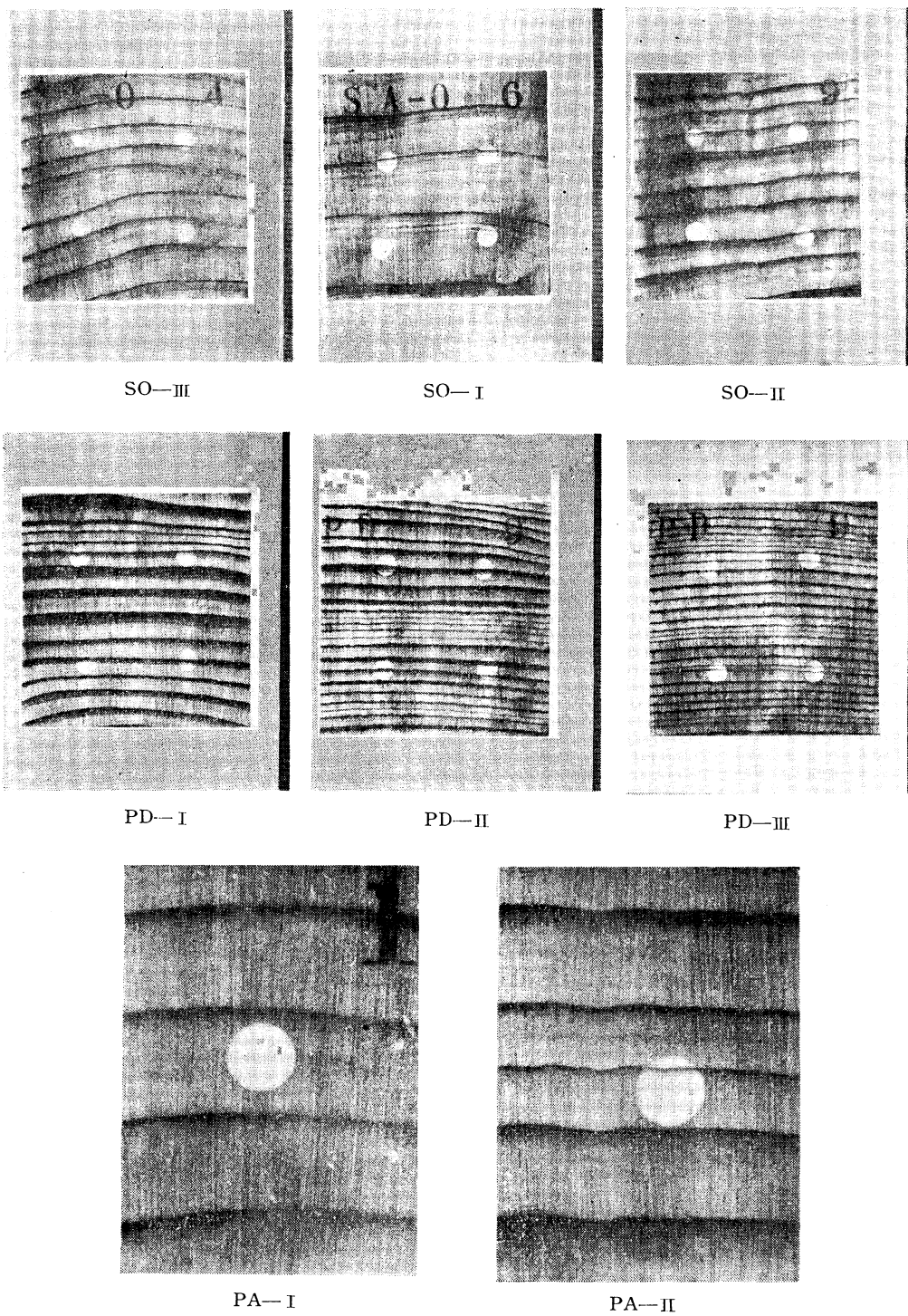
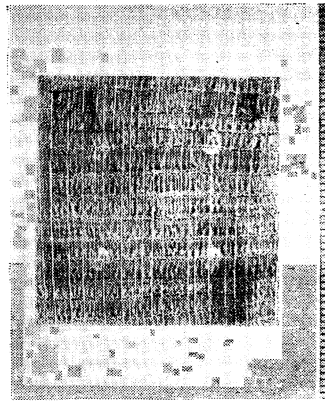
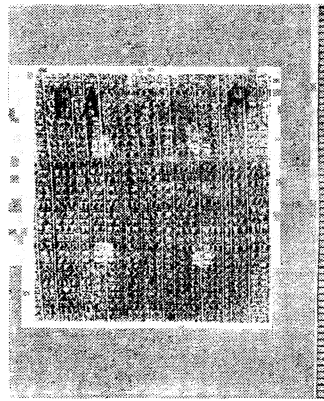


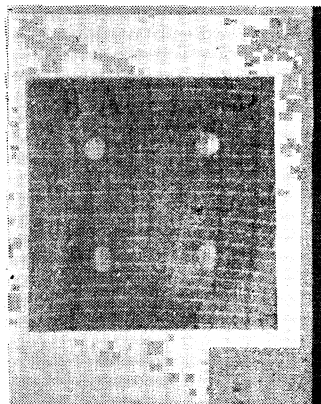
Fig. 6 カタサ試験体の木口面
End-surfaces of hardness test specimens.



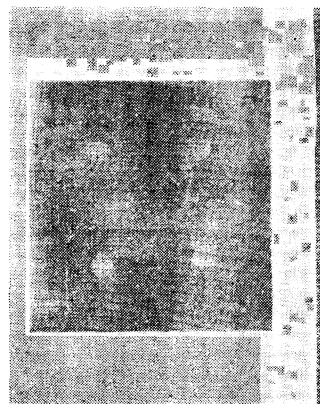
MA—I



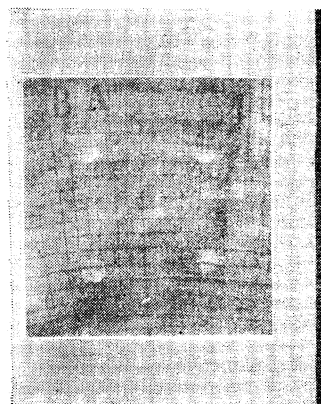
MA—II



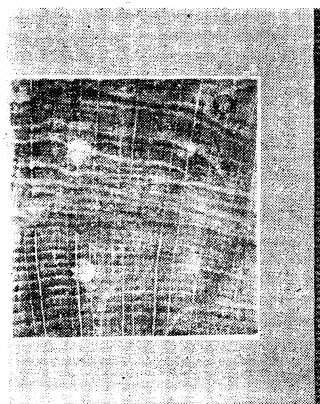
BA—III



BA—IV



BA—I



BA—II

Fig. 6 カタサ試験体の木口面
End-surfaces of hardness test specimens.

文 献

- 1) KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Zweite Auf. (1951).
- 2) MARKWARDT, L. J. and WILSON, T. R. C.: Strength and Related Properties of Woods grown in the United States. Dept. Agr. Tech. Bull. 479 (1935).
- 3) 北原覚一: 木材硬度試験法について 木材工業 2, No. 8, 11 号 (1947).
- 4) 関谷文彦: 木材強弱論 (1938).
- 5) 山田良之助: 材料試験法 (1933).
- 6) 三繩秀松: 試験及測定用機器 (1944).
- 7) 大沢正之, 宮島寛: 北海道産広葉樹材八種の硬度試験 北大演習林研報 15 巻 2 号 (1952).
- 8) 井口常雄: 木材試験法 (1935).
- 9) 沢田稔: トドマツあて材の剪断及び硬度試験 日林誌 33, 11 号 昭 26 (1951).
- 10) SEKIIYA, F.: Experimental Study on the Static Ball Indentation Test of Wood Miye Coll. Agr. For. Bull. 7 (1936).

Minoru SAWADA, Kanji TSUJI and Kōichi KONDO: Relation of
Hardness to Compressive Strength of Wood (Report 1).

Résumé

The Purpose of this report is to determine the relation of end hardness to maximum crushing strength parallel to grain of small, clear specimens under air-dried condition of several species grown in Japan (Table 1.).

Hardness tests are made on end, radial, and tangential surfaces as shown in Fig. 1. (Fig. 5, 6). The hardness value (H) is obtained using the following equation:

$$H = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot h} \dots \dots \dots (1)$$

where: H=hardness value (kg/mm²)
D=diameter of ball (mm)
h=embeded depth of ball into the wood (mm)
P=load required to embed (kg)

in this D=10 mm; h=1/π mm≈0.32 mm
equation (1) becomes:

$$H = \frac{P}{10} \dots \dots \dots (2)$$

The tenth accompanying load, therefore, is recorded as the hardness value. The rate of penetration of the ball is 0.5 millimeter per minute. The specimens for each series of tests (hardness & compression tests) were matched.

The obtained hardness values and the related properties are as shown in Table 2, 3, 4, 6, 7 and 8. And the crushing strength and related properties are as shown in Table 5 and 6.

From these results obtained:

1. End-hardness (H_t)—crushing strength (σ_c) relationship among species

The average end-hardness-crushing strength relations based on 6 species and 20 groups of hardwoods and softwoods show that crushing strength parallel to grain increase approximately in proportion to the increase in end-hardness value as shown in Fig. 4. From the relation, we obtain the following equation:

$$\sigma_c = \alpha \cdot H_t \dots\dots\dots (3)$$

where: $\alpha \approx 90 \pm 5.3\%$

2. Specific gravity (r_u)—crushing strength (σ_c), or end-hardness (H_t) relationship among species.

These relations are approximately determined using the following equations as shown Fig. 2, and 3.

$$H_t = \beta \cdot r_u \dots\dots\dots (4)$$

$$\sigma_c = \gamma \cdot r_u \dots\dots\dots (5)$$

where: $\beta \approx 7.5 \pm 7.6\%$

$\gamma \approx 650 \pm 7.3\%$

3. The end, radial, and tangential hardness.

These relations are as shown in Table 2, and 6. From the average values:

$$H_t : H_r : H_{\tau} = 1 : 0.30 : 0.34$$

where: H_t = hardness of radial surface

H_{τ} = hardness of tangential surface

4. The hardness of spring wood (H_f) for Sugi and Japanese spruce (Yezo-matsu).

These hardness values are as shown in Table 3.

From the average values:

$$H_{tf} : H_{rf} : H_{\tau f} = 1 : 0.26 : 0.36$$

5. The hardness of spring wood (H_f) and the hardness of the part containing summer wood (H_s).

The relations between these hardness values are as shown in Table 4, and 6.

From the average values:

end surface: $\frac{H_{te}}{H_{se}} \approx 0.62$

radial surface: $\frac{H_{rf}}{H_{sf}} \approx 0.52$

tangential surface: $\frac{H_{\tau f}}{H_{\tau s}} \approx 0.60$