

鹿児島大学農学部高隈演習林に植林された スギ材の材質と利用(第2報)*¹

サツマメアサスギ材の機械的性質と比重の関係*²

藤 田 晋 輔・池 田 俊 士*³

Quality and Utilization of the plantation grown Sugi-wood in Takakuma University Forests (Ⅱ)*¹

The relations between Specific and Mechanical Properties of Satsumameasa-Sugi-Wood*²

Shinsuke FUJITA and Takashi IKEDA*³

(Laboratory of Wood Utilization)

緒 言

スギ(*Cryptomeria japonica*)はわが国ならびに中国(?)にわたって生育する東洋特産の樹種である¹⁾。わが国では北海道南部から九州屋久島まで広い地域に分布している²⁾。スギの造林の歴史は古く300～500年ほど前からといわれている林業地も多い³⁾。近年では第二次世界大戦後の山地荒廃に伴う植林, さらに拡大造林の名のもとに相当面積のスギ造林地が造成され, 各地方, 地域にそれぞれ特徴を持つスギ材が生産されている。そして近年の育林技術の展開により, 改良者の氏名や地方名, 地域名を名付け, 呼称されているものまで入ると相当数の品種に及ぶ。このように林業上の品種は多く, さし木で人工造林を繰り返しているものでは固有の品質を継承しているが, 品種間の生長量⁴⁾, 材質⁵⁾⁶⁾の差異はかなり大きいとされている。また, これまでのわが国のスギ造林木の材質に関する研究は多く報告⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾されており, これらの報告から推定できることは同一品種でも植林された地方, 地域の気象および土壌条件などにより材質が異なることである。

本学高隈演習林では種々のスギ品種を林班ごとの試験林とし, 林業サイドから各種のデータを蓄積中であるが, 基礎材質に関するデータはこれまで得られておらず, 今後の演習林の経営計画に伴うスギ品種決定を行うためにも, 現在植林されているスギ品種の材質を明らかにしておく必要がある。したがって, これからの各品種のスギ材の材質と利用の調査研究の成果は, 将来にわたる演習林の造林計画における品種決定の一助となることを願うものである。本報告では, サツマメアサスギの生長経過と機械的性質, 主としてJIS規格に基づく機械的性質と比重の関係をまとめたものである。

本報告で取りあげたサツマメアサスギはメアサ系の一品種で, 九州におけるさし木品種のうちでもっとも古く, しかも広く分布しており, 主として九州南部一帯(鹿児島県, 宮崎県西南部)の火山灰地帯の砂質土壌のところに適している品種とされている。この品種は乾燥土壌に耐える性質を持ち, 材は黄桃色で心材が多く, 木理は精である。やや晩年型といわれ, 一般に60～70年頃から伐期にはいるとされている¹¹⁾。このメアサ系¹²⁾にはアオスギ(大分県, 県南ではナオミアオ, 県北ではア

* 1 (第1報)鹿児島大学農学部演習林報告, 第12号, 57-66(1983)

* 2 本報告の一部は第32回日本木材学会大会(福岡1982)で発表した。

* 3 鹿児島大学大学院生

オバ), ヒゴメアサ (熊本県, 天草地区ではアマクサメアサ), ジスギ, ニシウスキアオ (宮崎県北西部, 県南ではサツマメアサ), サツマメアサ (鹿児島県) などがあり, 各地に 200 ~ 500 年あるいは 700 年以上の古木が残っている。

材料および実験方法

1. 供試木の選定と採材

供試木は鹿児島大学農学部高隈演習林 (鹿児島県垂水市海潟) の 8 林班 (か小班) に植林 (昭和 30 年植栽) されたサツマメアサスギである。この林分内の標準的樹形をもつ供試木 3 本を伐倒した (昭和 56 年 11 月 5 日, 小雨)。この林分の地況および林況は次のとおりである。

(地況) ○ 地 位: 2

○ 方 位: 北 (中)

○ 土 質: 砂岩, 砂壤土

○ 結合度: 適中軟

(林況) ○ ha あたり蓄積量: 68m^3

○ 連年生長量: 2.0m^3 (成長率 3.3%)

(昭和 57 年 10 月調査)

それぞれの供試材は地上高 0.2m の位置で伐採した。樹幹解析, 平均年輪幅, 生材含水率, 繊維長および比重などの測定用円板 (厚さ 2.5cm) を伐倒高および 2m ごとに得た。この 2.5cm 円板間の残り 2m の各地上高位置にある幹材から樹心を通る厚さ 3cm の正まさ目板を採取した。この正まさ目板は約 3 ヶ月間屋外の雨のあたらない場所で天然乾燥したあと 2. に示す機械的性質を求める 5 項目の試験片を JIS 規格に基づいて採取した。このそれぞれの試験片はさらに約 3 ヶ月間実験室内の通風の良い場所に放置・調湿後, それぞれの試験項目に適する JIS 規格に準じた形状・寸法に仕上げた。この仕上げられたそれぞれの試験片は更に 3 ヶ月間実験室内の通風の良い場所に保存・調湿したあと実験に供した。なお, JIS 規格に基づく機械的性質を求める試験片は各地上高の横断面で樹心 (髄) より両樹皮側に向って半径方向に連続して採取した。

2. 実 験 方 法

機械的性質を求める強度試験は JIS 規格に準拠して行い, 島津製作所製 DSS-5000 を使用した。強度試験における荷重量検出はロードセル 5000kg および 500kg を使用した。試験はつぎの 5 項目である。

1. 曲げ試験 (曲げ強さ, 曲げ弾性係数)
2. 衝撃曲げ試験 (衝撃曲げ吸収エネルギー)
3. 圧縮試験 (縦圧縮強さ)
4. せん断試験 (まさ目面および板目面のせん断強さ)
5. 割裂試験 (まさ目面および板目面の割裂抵抗)

実験結果と考察

1. 供試木の概要

供試木サツマメアサスギの樹幹の概要は Table 1 に示す。供試木 No.1 ~ 3 はともに樹齢 27 年生であり、胸高直径 20.8 ~ 23.6cm, 樹高 13.9 ~ 16.3m, 完満度 ($H/D \times 100\%$) は 60.3 ~ 71.8 をとり、やや完満の樹体をとっている。

樹齢は地上高 20cm の切株上で 27 年生であるが、心材の平均年輪幅は 0.56 ~ 0.58cm (平均 0.57cm), 辺材のそれは、0.36 ~ 0.45cm (平均 0.41cm), 全平均年輪幅 0.44 ~ 0.50cm (平均 0.48cm) であった。これらの値を同一演習林内に植林されているヤクスギと比較すると、心材の平均年輪幅はほぼ同一値をとり、辺材のそれはヤクスギの約 2 倍を示した。しかし、またサツマメアサスギの髓から樹皮までの全平均年輪幅 (0.48cm) とヤクスギ造林木のその値 (0.42cm) を比較すると、この両者には顕著な差がみられない。

Table 1 Characteristics of sample tree (*Cryptomeria japonica*)

Specimen	Tree No.	Age (years)	Height (m)	D.B.H. (cm)	H/D $\times 100$	Clear length (m)	Annual ring width at D.B.H.(cm)		
							Heart wood	Sap wood	Average
SATSUMAMEASA -SUGI	1	27	16.3	22.8	71.8	14.0	0.576	0.422	0.497
	2	27	14.3	23.6	60.3	12.0	0.568	0.453	0.514
	3	27	13.9	20.8	66.9	12.0	0.576	0.361	0.439

Table 2 Summary of investigation of mechanical properties for plantation-grown Satsumameasa-sugi-wood at Takakuma experimental field in Kagoshima Univ. Forests.

Items		Average	Max.	Min.	S.D.	C.V. (%)
Average ring width Rw (cm)		0.858	2.560	0.292	0.462	53.87
Specific Gravity R (g/cm^3)		0.38	0.70	0.25	0.042	11.05
Moisture content u (%)		13.44	16.04	9.78	1.088	8.09
Modulus of rupture in bending (kg/cm^2)		489	957	201	108.15	22.09
Modulus of elasticity in bending ($\times 10^3 kg/cm^2$)		45.0	80.0	26.0	12.58	27.97
Absorbed energy in impact bending ($kg \cdot m/cm^2$)		0.70	1.74	0.21	0.454	65.04
Crushing strength (kg/cm^2)		292	588	232	42.94	14.84
Shearing strength (kg/cm^2)	Plain-cut figure	70.2	164.1	42.2	22.97	29.07
	Quarter-cut figure	66.2	144.5	38.7	26.88	40.71
Cleavage resistance (kg/cm)	Plain-cut figure	18.3	51.5	7.2	6.89	37.67
	Quarter-cut figure	14.8	36.7	8.7	3.38	22.78

2. 機械的性質と比重の関係について

サツマメアサスギは南九州地方における赤心の品種として好まれ、植林面積は非常に大きい。これは建築用材、特に柱、梁などを目的として供給されている品種である。Table 2 には本実験に供試した3本の全試験片の平均年輪幅、比重、含水率およびそれぞれの機械的性質の平均値、最大値、最小値、標準偏差および変動係数を示す。Fig. 1～6は供試木3本について得たそれぞれの機械的性質と比重の関係をプロットしたものである。

1) 曲げ試験

曲げ試験に供した試験片の個数は97個、また曲げ試験に供した全試験片の平均年輪幅は0.878cm、含水率は13.59%を示す。比重は0.31～0.48の範囲にあり、スギ標準値0.33～0.38～0.44¹³⁾、0.32～0.39～0.56¹⁰⁾とほとんど同一範囲にある。

曲げ強さは201～489～957kg/cm²を示し、標準値350～470～600kg/cm²¹³⁾や404～512～667kg/cm²¹⁰⁾と比較すると、平均値はほぼ類似の値を示しているが、最小値が標準値の約半分の値を示した。曲げヤング係数は平均値45×10³kg/cm²を示すが、これと標準値57～79～114×10³kg/cm²¹³⁾、29.3～53.5～72.8×10³kg/cm²¹⁰⁾と比較すると、おおよそ半分の値を示した。これは地上高0.2～2.2mの樹幹心材部より採取した試験片の内30×10³kg/cm²以下の値が得られたことに原因している。すなわち、この部分から採取した試験片の平均年輪幅が0.839と大きく、ここでの年輪

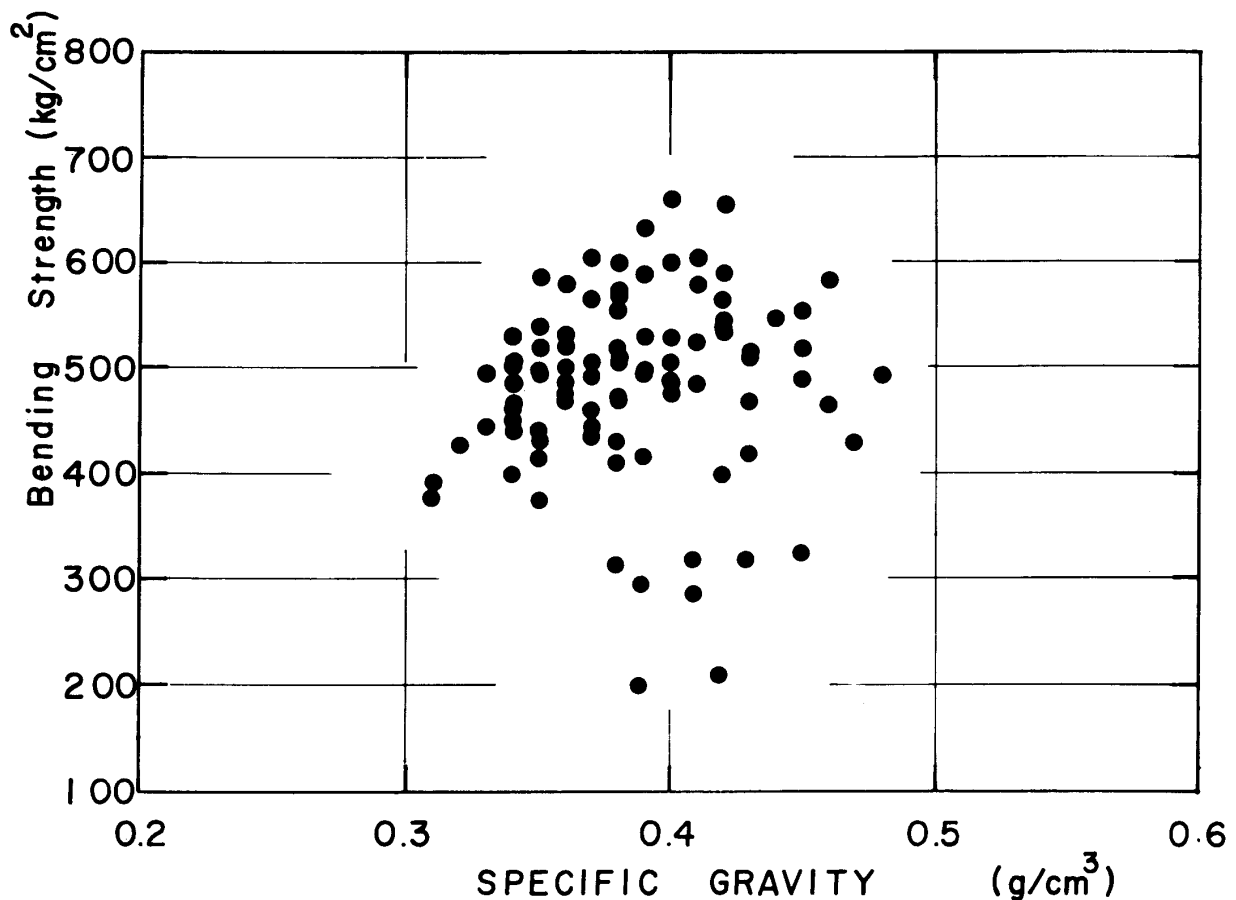


Fig. 1. Relations between specific gravity and bending strength in Satsumameasa-sugi-wood.

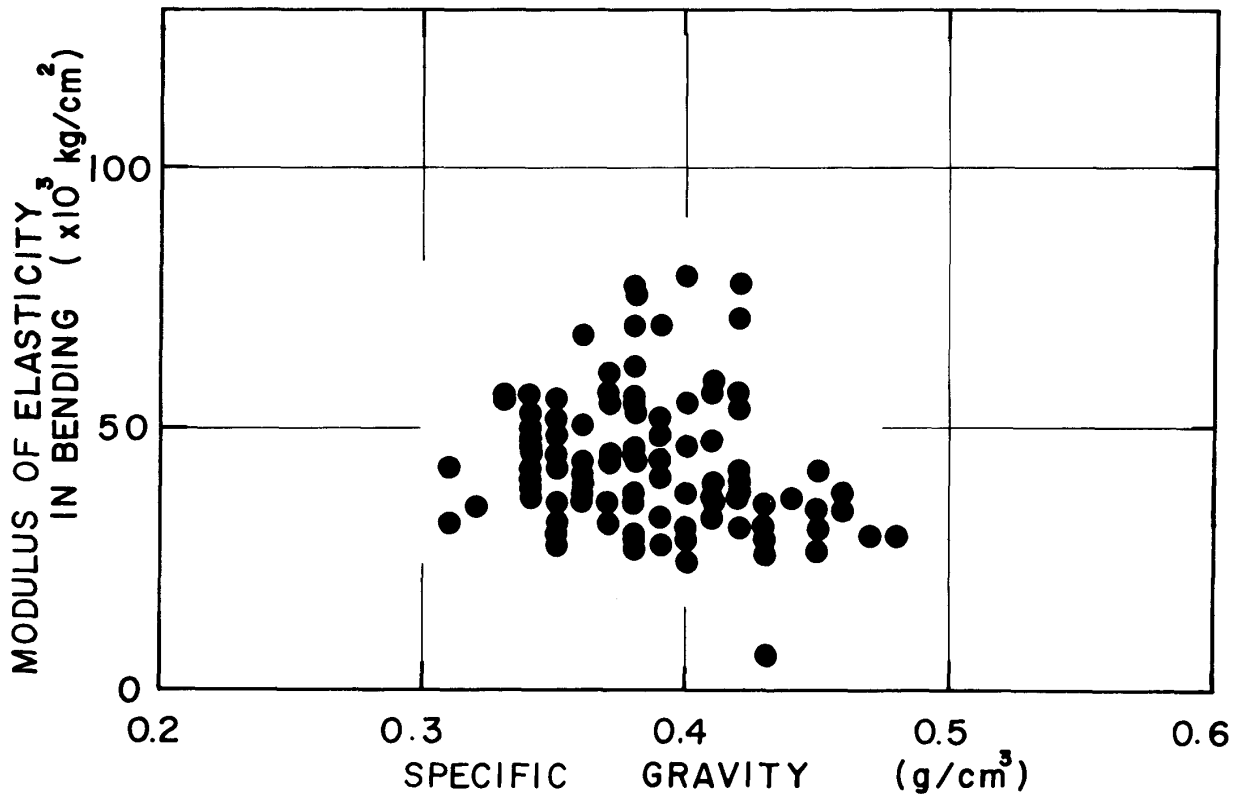


Fig. 2. Relations between specific gravity and Young's modulus in bending in Satsumameasa-sugi-wood.

数が1～2年輪であったこと、試験片スパン内の引張側に節が存在した試験片のデータを算入したことなどに原因している。Fig.1,2は供試木3本について得た比重と曲げ強さおよび比重と曲げヤング係数の関係を示す。これらの図の中における明らかに欠点と考えられる節の存在した試験片で得られた値を除去して考えると、得られた比重がやや狭い範囲であっても従来からいわれているようにそれぞれの値は比重の増加とともに増加している。

2) 衝撃曲げ試験

衝撃曲げ試験に供した試験片個数は98個、衝撃曲げ試験全供試片の平均年輪幅は0.858cm、含水率は14.86%である。Table 2にみられるように衝撃曲げ吸収エネルギーの平均値は $0.69 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ (最大値1.741, 最小値 $0.210 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$)を示した。標準平均値 $0.35 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ ¹⁴⁾より高く、最小値は標準最小値 $0.2 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ とほとんど変わらない。比重と衝撃曲げ吸収エネルギーの関係をFig.3に示す。この図より比重0.4～0.5の間でやや低い値を示す点は衝撃面に節が存在していたためと考えられる。今これらのポイントを含めて相関を求めると $r = 0.65$ と比較的高い値を得た。ヤクスギ造林木の比重と衝撃曲げ吸収エネルギーの関係が集団状を示し、相関係数 $r = 0.13$ と低かったのに対し、サツマメアサスギは比較的高い相関係数を示し、比重と衝撃曲げ吸収エネルギーの関係は直線式($y = 0.176x + 0.023$)を得た。しかも衝撃曲げ吸収エネルギーの平均値は造林木ヤクスギのその約2.4倍の値を示した。

3) 縦圧縮試験

縦圧縮試験に供した試験片の個数は97個、これの全供試片の平均年輪幅は0.884cm、含水率は13.78%を示す。Table 2に示すように縦圧縮強さの平均値は $292 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (最大値 $588 \text{ kg}/\text{cm}^2$, 最小

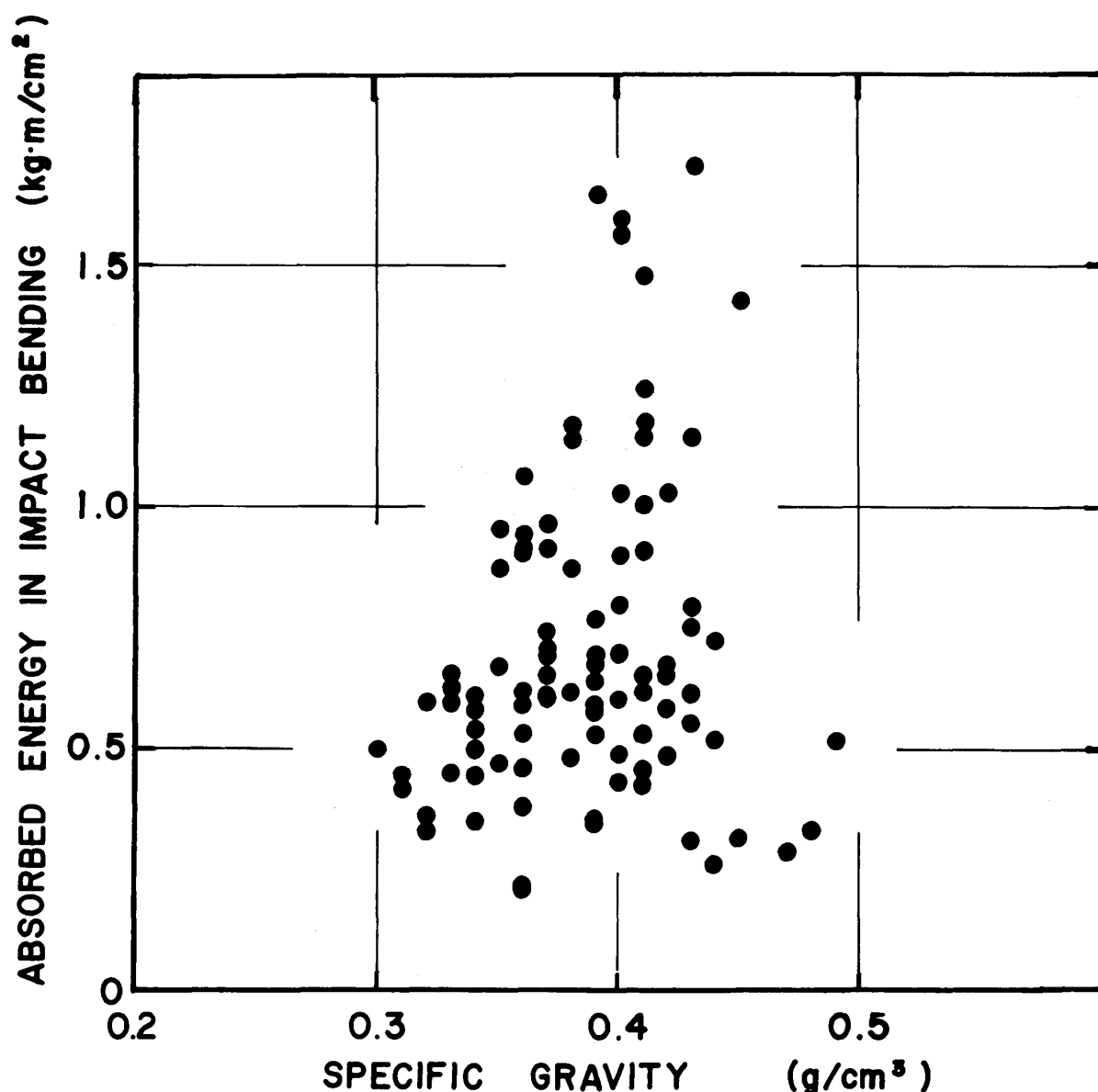


Fig. 3. Relations between specific gravity and absorbed energy in impact bending in Satsumameasa-sugi-wood.

値 232kg/cm^2) を示す。これを標準値¹³⁾ (平均値 350 , 最小値 250kg/cm^2) と比較すると, 本実験で得た平均値は標準値の 83% , 最小値は 93% であった。サツマメアサの縦圧縮強さは造林木ヤクスギの約 80% の値しかない。スギの縦圧縮強さは年輪が小さければ高い値を示す。(たとえば供試木 No.2 の最大値 588kg/cm^2 のとき平均年輪幅は 0.336cm , 造林木ヤクスギ¹⁵⁾ の縦圧縮強さの最大値 369kg/cm^2 のとき平均年輪幅は 0.635cm)。これらのことから縦圧縮強さは平均年輪幅の影響が大きいと考えられる。Fig.4 には比重と縦圧縮強さの関係を示す。この図より縦圧縮強さは比重が高くなるにしたがって高い値を示す。相関係数は $r = 0.37$ と低いが, 直線式 $y = 353.55x + 158.14$ が得られる。この図中, 比重が平均値 (0.37) に近いにもかかわらず, 非常に高い縦圧縮強さを示す 2 点 ($588, 472\text{kg/cm}^2$) はそれぞれの試験片の平均年輪幅が $0.336, 0.288\text{cm}$ と小さいことによると考えられる。

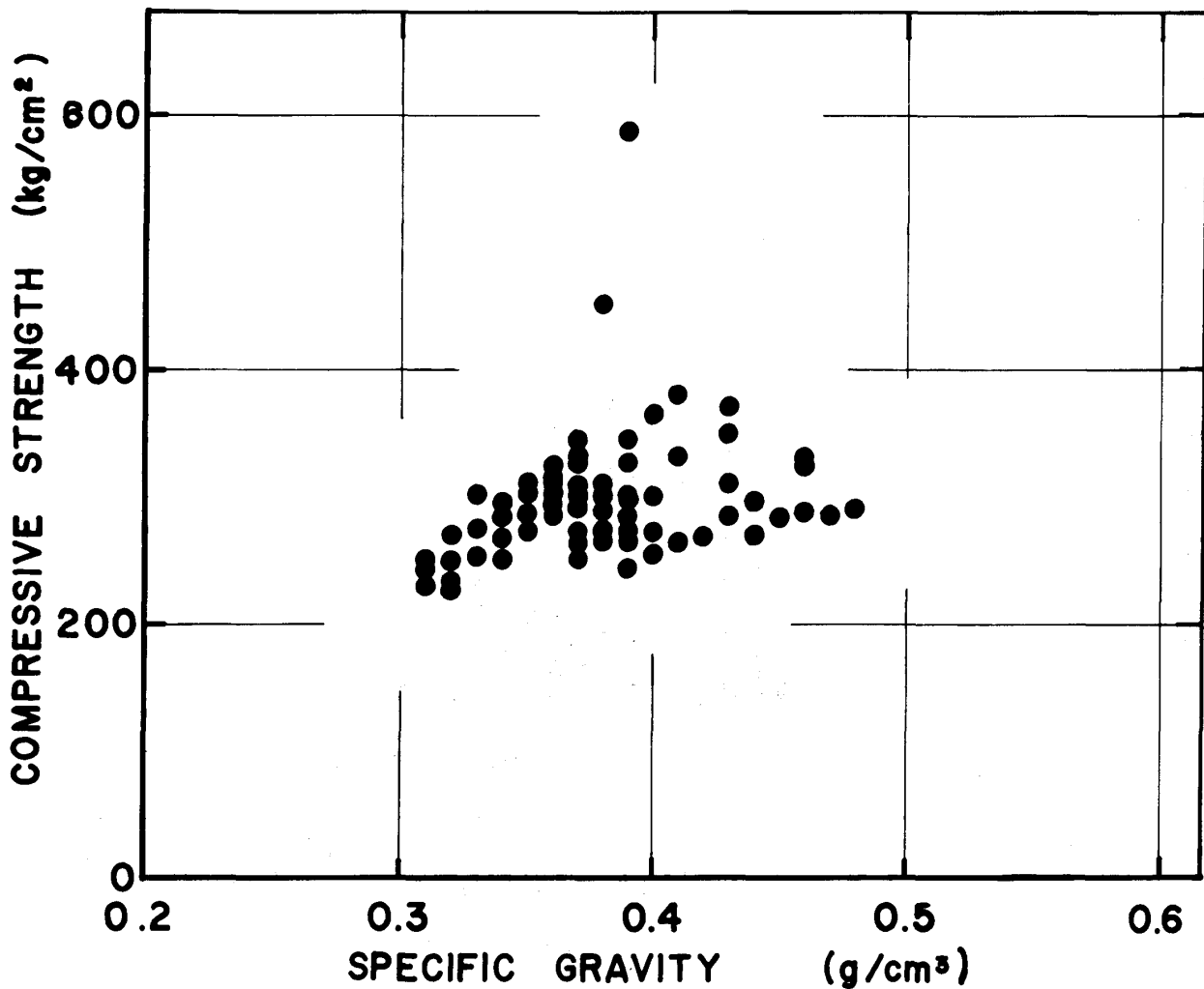


Fig. 4. Relations between specific gravity and compressive strength in Satsumameasa-sugi-wood.

4) せん断試験

まさ目および板目面のせん断試験に供した試験片の個数はそれぞれ 150 個, 供試した全試験片の平均年輪幅はそれぞれ 0.900, 0.878cm, 含水率は 13.0, 13.1% である。比重はそれぞれ 0.39 である。

まさ目面および板目面のせん断強さの平均値はそれぞれ 66.0, 79.0 kg/cm^2 の値を示す (Table 2) が, これらの値は標準値 (まさ目面 65 kg/cm^2 , 板目面 75 kg/cm^2)¹⁶⁾ とほとんど変わらず, ヤクスギ造林木 (まさ目面 71.20 kg/cm^2 , 板目面 84.14 kg/cm^2)¹⁷⁾ より低い。今, 供試木 3 本のせん断強さの平均値をみると, まさ目面では 59.57 (No.1), 68.59 (No.2), 66.02 (No.3) kg/cm^2 を, 板目面では 74.83 (No.1), 81.06 (No.2), 83.60 (No.3) kg/cm^2 を示し, まさ目面では供試木 No.2, 板目面では供試木 No.3 がせん断強さの平均値は大きい。しかし, それぞれの断面ともにせん断強さの最小値は最大値の約 $\frac{1}{4}$ の値を示す。

これは供試試験片のせん断部分に微小な節の存在がせん断強さに大きな影響を与えたと考えられる。一方, 断面の差による平均のせん断強さをみると, Table 2 に見られるようにまさ目面せん断強さは板目面のその 83.5 % となり, 前述の標準値とほとんど同じ割合を示している。Fig.5 は比重

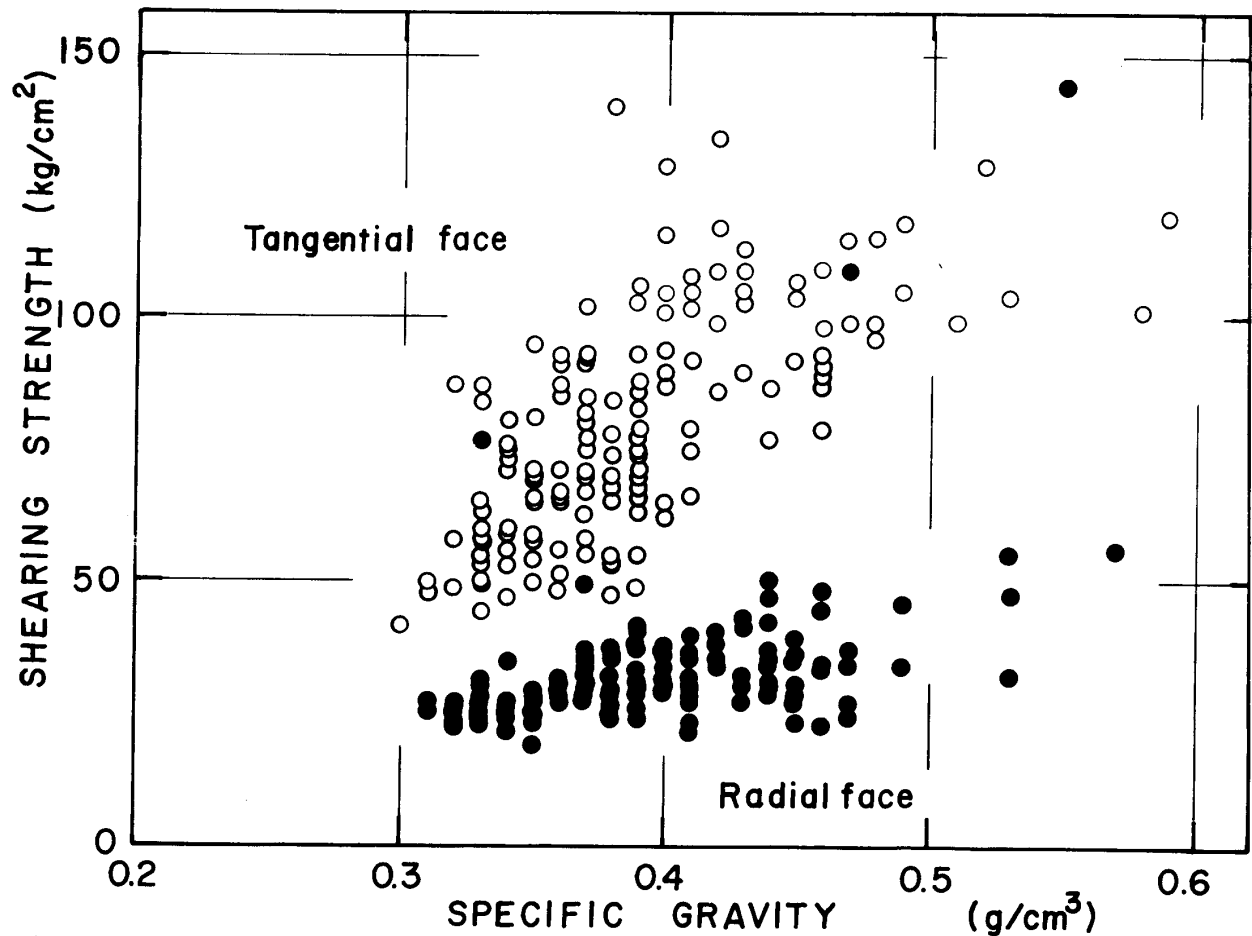


Fig. 5. Relations between specific gravity and shearing strength in Satsumameasa-sugi-wood.

とまさ目および板目面のせん断強さの関係を示した。両断面ともに比重とせん断強さの関係はこれまでの報告にもあるように比重の増大とともにそれぞれのせん断強さは増大する高い正の相関係数（まさ目面 $r = 0.97$ ，板目面 $r = 0.48$ ）が認められる。

5) 割裂試験

まさ目面および板目面の割裂試験に供試した試験片の個数はそれぞれ 95，104 個，割裂試験に供した全試験片の平均年輪幅は 0.811，0.874cm，比重はそれぞれ 0.37，平均含水率は 12.34, 12.78% を得た。今，Table 2 にみられるように板目面およびまさ目面の割裂抵抗の平均値はそれぞれ 18.29，14.84kg/cm を得る。今供試木ごとの平均値を見ると，板目面では No.1 : 17.22，No.2 : 17.11，No.3 : 21.29kg/cm，まさ目面では No.1 : 15.20，No.2 : 14.36，No.3 : 14.88kg/cm を得た。これらの値を比較すると供試木 No.2 が最も低い値を示した。一方，板目面の割裂抵抗とまさ目面のそれを比較すると，まさ目面割裂抵抗は板目面のその約 81% を示している。従来いわれているように板目面の割裂抵抗がまさ目面のそれよりやや大きい。サツマメアサスギにおいて得られた値はヤクスギ造林木のそれぞれ（20.55, 16.14kg/cm）の約 90% を示した。Fig.6 はまさ目面および板目面の割裂抵抗と比重の関係を示した。この図から明らかなように比重の増加とともに両面ともに割裂抵抗は高くなる。割裂抵抗は試験体の形状，試験片作製時のアーティファクトの影響も非常に大きい¹⁸⁾と考えられるが，比重と割裂抵抗の間の相関係数はまさ目面， $r = 0.41$ ，板目面， $r = 0.28$ とやや低い

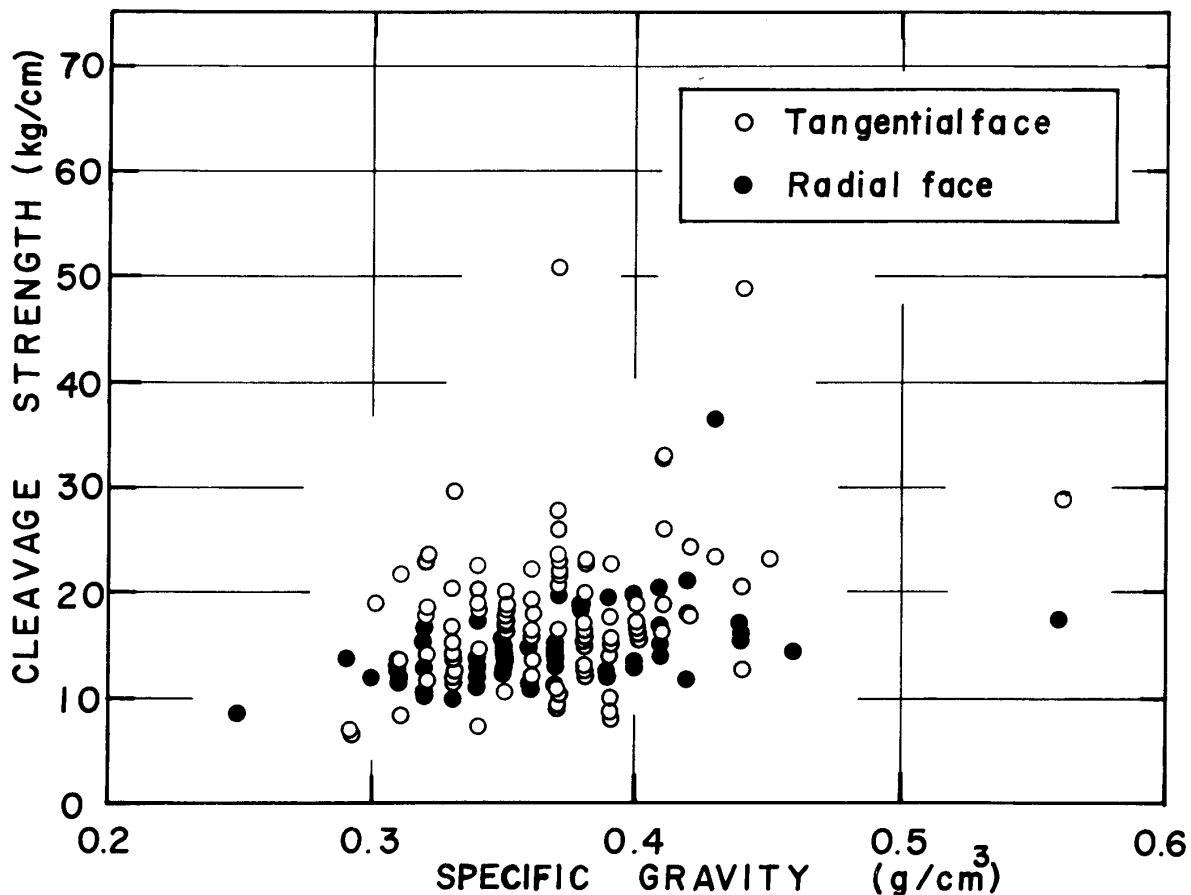


Fig. 6. Relations between specific gravity and cleavage strength in Satsumameasa-gugi-wood.

値を示した。

要 約

鹿兒島大学農学部高隈演習林（鹿兒島県垂水市海潟）に植林された樹齢 27 年生のサツマメアサスギ（胸高直径 20.8 ～ 23.6cm）3 本の供試木を伐採し、円板を採取後、円板間の各地上高の幹材について、JIS 規格に準ずる強度試験を行った。これらの結果はつぎのように要約される。

1) 供試木 3 本の比重は 0.25 ～ 0.70 の範囲（平均比重 0.38）にあり、平均年輪幅は 2.56 ～ 0.292cm（平均値 0.858cm）、平均含水率は 16.04 ～ 9.78%（平均値 13.44%）であった。

2) 胸高部における心材部、辺材部の平均年輪幅はそれぞれ 0.573, 0.412cm を示し、ヤクスギ造林木のそれぞれの値（0.565, 0.222cm）と比較すれば、心材部はほぼ類似した値を示すが、サツマメアサスギの辺材部の平均年輪幅はヤクスギ造林木の約 1.9 倍の値を示した。

3) それぞれの機械的性質を既往値、ヤクスギ造林木と比較すれば、曲げ強さ、衝撃曲げ吸収エネルギーおよびせん断強さは、ほぼ類似値を得たが、曲げヤング係数、縦圧縮強さ、割裂抵抗はやや低い値を示した。

以上のことから、高隈演習林に植林されたサツマメアサスギの材質はヤクスギ造林木、既往値と比較してやや劣ると考えられる。これは樹齢が低いこと、平均年輪幅がほぼ 2 倍という値を示したことに原因していると考えられる。

謝 辞

本研究を実施するにあたって鹿児島大学農学部附属演習林黒木晴輝助教授，高隈演習林主任馬田英隆助手に大変お世話になった。また，高隈演習林前田利盛，日高安美，港虎熊，岡山光秀ならびに田上勇の各技官，また従業員の各位に雨天の供試木の伐採，搬出，運搬など多岐にわたって御協力いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) 佐藤弥太郎監修：スギの研究，養賢堂（東京）（1950）。
- 2) 林弥栄：スギの天然分布と環境，植物と自然，14（No.14），4-8（1980）。
- 3) 四手井綱英：日本各地のスギ林とスギ林の特性，植物と自然，14（No.14），9-15（1980）。
- 4) 山内淳，山内孝平：スギ精英樹クロンの20年生林分について（成長量調査），日林九支研論集，No.35，51-52（1980）。
- 5) 遠矢良太郎：南九州産スギの材質試験，第29回日本木材学会大会（札幌）研究発表要旨，p.65（1979）。
- 6) 小野和雄：日田スギの材質について(Ⅶ)-10品種の力学的品質指標-日林九支研論集，No.35，247-248（1982）；同：日田スギの材質について(Ⅷ)-10品種の組織構造-，日林九支研論集，No.35，249-250（1983）。
- 7) 九州大学農学部附属演習林：六演習林共同試験資料（資料1 六演習林共同スギ品種地域特性（適応性）試験（1977））。
- 8) 深沢和三：スギ樹幹内の材質変動に関する研究，岐大農研報，No.25，47-128（1967）。
- 9) 藤原新二：天然ヤナセスギ材の組織・構造用材としての材質，高知大農紀要，No.40，1-58（1983）。
- 10) 佐々木光・角谷和男・瀧野真二郎：スギ36品種の力学的性質，木材研究資料，第17号，192-205（1983）。
- 11) 日本林業技術協会編：林業百科辞典，417-420（1961）。
- 12) 九州大学公開講座委員会：九州大学公開講座9 新しい林業・林産業，p.1，（宮島寛：九州産スギ品種の特性）九州大学出版会（福岡）（1983）。
- 13) 島地謙・伊東隆夫：図説 木材組織，p.173，地球出版（東京）（1982）。
- 14) 林業試験場編：木材工業ハンドブック p.132，189，丸善（東京）（1982）。
- 15) 未発表
- 16) 藤田晋輔：鹿児島大学農学部高隈演習林に植林されたスギ材の材質と利用（第1報）ヤクスギ材の機械的性質と利用，鹿大農演報 No.12，57-66（1983）。
- 17) 梶田茂：木材工学，p.204，養賢堂（東京）（1961）。
- 18) 大河平行雄：木材割裂試験体の形状係数に関する研究（第I報）JIS割裂試験体の形状係数，三重大農学術報告，No.36，23-62（1967）。

Summary

Growth and basic wood properties of the plantation-grown Satsumameasa-sugi(*Cryptomeria japonica*) trees were investigated. Three pieces of stem having the lengths counting 20.2 to 23.6cm in

diameter fixed at breast-height(27 years-old) were taken as the materials to be used for the ascertainment of the growth(containing analysis and average width of annual ring), specific gravity as well as the mechanical properties mentioned below. The specimens were obtained through the pith, along the stem—diameter successively from one sapwood to another in the stem, at the respective heights above the ground. The following mechanical properties were handled.

- 1) Bending test (a test carried out for the ascertainment of the bending—strength and the modulus of elasticity in bending).
- 2) Compressive test (the one for the compressive strength parallel to the grain).
- 3) Impact—bending test (the one for the absorbed energy in impact bending).
- 4) Shearing test (the one for the shearing—strength in the radial and tangential faces).
- 5) Cleavage test (the one for the cleavage—strength in the radial and tangential faces).

The experimental results concerning mechanical properties are summerized in Tables 1—2 and Figs. 1—6.

The main results obtained are as follows :

- 1) The average width of the annual rings measured on the sapwood for the disks provided for the stem analysis is somewhat brader than that the plantation—grown Yakusugi—wood at the Takakuma experimental fields, Kagoshima University Forests.
- 2) Basing on the statistical discussions made about the specific gravity and mechanical properties under the air dry condition, compratively high relationship is reasonably ascertained between the specific gravity and the compressive strength, between it and the shearing strength or the cleavage strenth, but the coeffients of correlation between the specific gravity and other mechanical properties are not so high.
- 3) The mechanical property or value of the plantation grown Satsumameasa—sugi—wood at the Takakuma experimental fields is not so good as that of the plantation—grown Yakusugi—wood in the same field, or as that of the standard value for sugi—wood obtainable in this country and having the similar specific gravity.