

## 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3報) \*<sup>1</sup>

クモトオシスギ材の機械的性質と比重の関係\*<sup>2</sup>

藤田 晋 輔

(森林利用学研究室)

## Quality and Utilization of Sugi-Wood grown in Takakuma University Forest (III) \*<sup>1</sup>

The relations between Specific Gravity and Mechanical  
Properties of Kumotohshi-Sugi-Wood \*<sup>2</sup>

Shinsuke FUJITA

(Laboratory of Wood Utilization)

### はじめに

わが国のスギ (*Cryptomeria japonica*) はこれまで造林樹種として重要な位置を占めてきている。特に九州地方では多数の在来品種と意識的な選抜などにより、多くのさし木品種が成立し、各地方、地域、時に改良者の氏名等により呼称されている。スギは少なくとも1000年以上も昔からさし木に移されている<sup>7)</sup>。これまで無性繁殖が繰り返されている系統 (メアサ系) から新しい系統までもいれると、品種の数は30を越える<sup>10)</sup>。特に第2次世界大戦後篤林家によりスギ実生林から成長、形態、各種の抵抗性などの点から優れた個体が選抜され、さし木苗が生産され、その後個体群を増加させている。

これまでわが国のスギ造林木の材質に関する研究は多い (たとえば、<sup>1-5,6,8,11</sup>)。これらの研究成果から見ると、品種として固定されたグループのさし木による植栽のため、スギは固有の性質が継承され、同一樹種でも品種間で成長量、材質の差異はかなり大きいことが明らかになっている。

本学高隈演習林では林班毎に試験林として植林されているスギ数品種を、九州、四国6演習林の共同研究により林業サイドからのデータを約25年にわたった蓄積中であるが、これらのスギの材質 (組織学的、物理的および機械的性質) のデータ集積は全然行われていない。したがって、今後本学演習林の事業計画の中における造林樹種としてのスギのおかれた位置、さらにスギ造林の品種決定のためにも、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。

このような観点からスギに関する一連の研究を実施しているが、本報告では前報に続いてクモトオシスギの成長経過と主として JIS 規格に基づいた機械的性質と比重の関係を中心にとりまとめた。

クモトオシスギとは、武藤品雄氏 (熊本県菊池市水源) がヨシノスギの中から育成した新品种<sup>7)</sup>で、スギ実生林から選抜育苗されたさし木苗により個体群を増加させてきた品種である。これは「クローン品種」と呼ばれ、九州におけるスギの代表の一品種となっている。この樹冠、葉形状の特徴はややとがった葉を持ち、葉色は冬期には暗紫赤色を示し、枝はやや太く、不規則に出て、樹冠の幅は広く、枝は他のスギ品種に比べて落ちやすく、また、この品種は湿り気の強い肥沃地を好むと

\*<sup>1</sup> (第2報) 鹿児島大学農学部演習林報告, 第13号, 123-133(1985)

\*<sup>2</sup> 本報告は第36回日本木材学会大会 (静岡:1986) で発表した。

されている。

なお、組織学的特徴ならびに物理的性質（収縮率など）は別に報告する。

## 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7林班（ほ小班）に植林（昭和28年植栽）されたクモトオシスギである。この林分内において標準的樹形をもつ供試木3本を伐採した。（供試木伐採日：昭和57年11月9日，小雨）

この林分の地位および林況は次のとおりである（昭和57年10月調査）。

- 地況 ○地位 : 2 (3)  
 ○方位傾斜：N (中)  
 ○基岩，深度：粘板岩，砂壤土  
 ○土性結合度：湿，浅，粗
- 林況 ○haあたりの蓄積量 70m<sup>3</sup>  
 ○連年成長量14.2m<sup>3</sup>  
 (成長率 4.0%)

それぞれの供試木は地上高0.2mの位置で伐採した。その後の試験片への採材等，実験に供するまでの処理は前報<sup>4)</sup>と同様である。

### 2. 実験方法

クモトオシスギの機械的性質を求める強度試験はJIS規格に準拠した。強度試験機は島津製作所製DSS-5000Dを，荷重の検出は5,000kgおよび500kgのロードセルを使用した。

試験項目および本報告でとりまとめた各機械的性質は次の通りである。

1. 曲げ試験：JIS-Z2113-1977（曲げ強さ，曲げ弾性係数）
2. 圧縮試験：JIS-Z2111-1977（縦圧縮強さ）
3. 衝撃曲げ試験：JIS-Z2116-1977（衝撃曲げ吸収エネルギー）
4. せん断試験：JIS-Z2114-1977（柾目面および板目面のせん断強さ）
5. 割裂試験：JIS-Z2115-1977（柾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

クモトオシスギの樹幹の概要はTable 1に示す。供試木は胸高直径21~22cm，樹高14.4~16.2m，完満度（H/D×100%）は64.9~75.7をとり，やや完満な樹体を示している。樹齢は地上高20cmの

Table 1 Characteristics of sugi-sample tree handled, called "Kumotohshi - Sugi"  
 (*Cryptomeria japonica*)

Number of Specimen	Age (years)	Height (m)	D. B. H. (cm)	H/D (%)	Clear length (cm)	Heart wood (cm)	Sap wood (cm)	Ave. (cm)
No. 1	29	16.2	21.4	75.7	13.0	0.54	0.45	0.50
No. 2	29	14.4	21.7	66.4	12.0	0.62	0.30	0.46
No. 3	29	14.4	22.2	64.9	12.0	0.46	0.34	0.40

切り株で29年輪を数えた。心材の平均年輪幅は0.46~0.56cm (平均値0.54cm), 辺材のそれは0.30~0.45cm (平均値0.36cm), 辺材, 心材を含めた全平均年輪幅0.40~0.50cm (平均値0.45cm) であった。この品種の成長は比較的遅い品種に属すると考えられる。比重の全平均値は0.38 (最大値0.59, 最小値0.25) で, これを標準値<sup>8)</sup> (0.32~0.39~0.56) と比較すれば, 比重はほぼ並みのスギであるといえる。

## 2. クオトオシスギの機械的性質と比重の関係について

Table 2 は本実験に供した3本の全試験片の平均年輪幅, 平均比重, 試験時の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した。また, Fig. 1~6 は供試木クモトオシスギ3本に得たそれぞれの機械的性質と比重の関係を示し, 得られた機械的性質の特徴について検討する。

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

Item		Average	Max.	Min.	S. D.	C. V. (%)
Average ring width (cm)		0.82	3.06	0.14	0.49	59.8
Specific Gravity (g/cm <sup>3</sup> )		0.38	0.59	0.25	0.04	10.5
Moisture Content (%)		15.6	18.7	10.5	0.79	5.1
Modulus of Rupture in Bending (kg/cm <sup>2</sup> )		439	654	325	72.4	16.5
Modulus of elasticity in Bending ( $\times 10^3$ kg/cm <sup>2</sup> )		52	76	23	11.7	22.5
Absorbed energy in Impact Bending (kg · m/cm <sup>2</sup> )		0.79	132	0.36	0.21	26.6
Crushing Strength (kg/cm <sup>2</sup> )		273	382	196	36.9	13.7
Shearing Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Plane - cut	92	144	60	14.4	15.6
	Quarter - cut	77	145	36	20.3	26.4
Cleavage Resistance (kg/cm)	Plane - cut	15	35	6	5	23.3
	Quarter - cut	16	34	9	3	20.0

### 1) 曲げ試験 (曲げ破壊係数, 曲げ弾性係数)

曲げ試験に供した試験片の個数は113個である。全試験片の平均年輪幅は0.89cm, 平均含水率は17.4%であった。比重の平均値は0.38 (最大値0.50, 最小値0.30) を示し, スギの比重の標準値<sup>8)</sup> (平均値0.39) とほぼ類似した範囲にある。一方, 曲げ破壊係数は325~439~655kg/cm<sup>2</sup>の範囲にある。この平均値は藤崎<sup>2)</sup>により得られた同一品種の曲げ破壊係数 (555kg/cm<sup>2</sup>) より小さいが, 本実験により得られた値との差 (100kg/cm<sup>2</sup>) は, 試験片の含水率が13%と17%の差によるものと考えにくい。また一方, この値をスギ標準値 (350~470~600kg/cm<sup>2</sup>, 404~512~667kg/cm<sup>2</sup>) と比較すれば, 最

大値は標準値の範囲にあるが、平均値はやや低い値（標準値の85～93%）を示した。本実験で得た曲げ弾性係数の平均値は $52 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ （最小値 $23 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ ，最大値 $76 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ ）を示し，標準値<sup>9)</sup>（ $57 \sim 91 \sim 114 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ ），藤崎<sup>2)</sup>により得られた値（平均値 $66 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ ）より低い値を示した。

一般に大隅地方，特に高隈演習林付近より産出されるスギ材は，“オカベスギ（豆腐の意）”と称され，他の地域のスギ材に比較して，材質が柔らかいと言われている。この言葉が実際のデータとしてとらえられたのかも知れない。これが正しければ，この原因はクモトオシスギが植栽されている土壌条件の影響が十分に考えられる。土壌条件とスギの材質の関係については未確認であるが，これは今後林業サイドの応援を得て検討する必要がある。

Fig. 1は供試木3本について得た(a)比重と曲げ破壊係数，(b)比重と曲げ弾性係数および(c)曲げ破壊係数と曲げ弾性係数の関係を示した。これらの図から明らかなように，比重と曲げ破壊係数の間には，相関係数 $r=0.38$ とかなり低いのが，従来の結果と同様に概略的には比重の増大に伴って曲げ破壊係数は増大している。一方，(b)比重と曲げ弾性係数の関係をみると，バラツキが大きく，集団状をなし，明らかな一定の傾向はつかめられない。(c)曲げ弾性係数と曲げ破壊係数は，相関係数 $r=0.53$ とやや高い相関を示し，曲げ破壊係数が増大すれば，曲げ弾性係数も増大するほぼ直線的な関係（ $E_b = 161\sigma_b + 8.0$ ）が得られた。

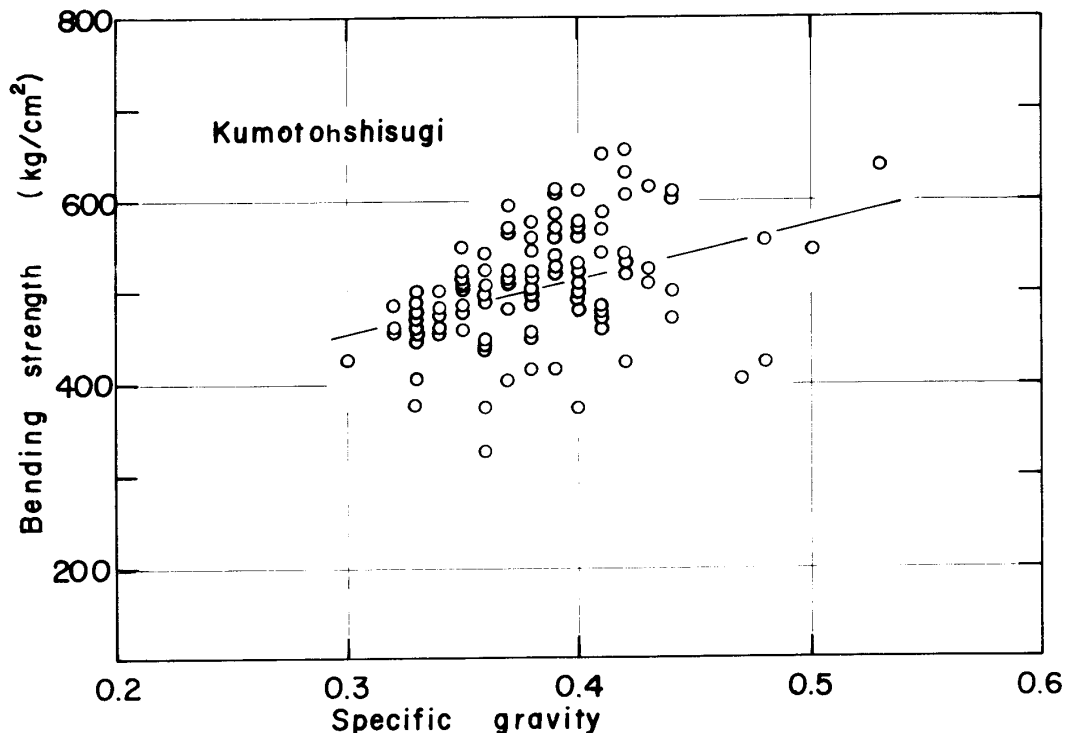


Fig. 1-a Relations between specific gravity and bending strength in Kumotohshi-sugi-wood.

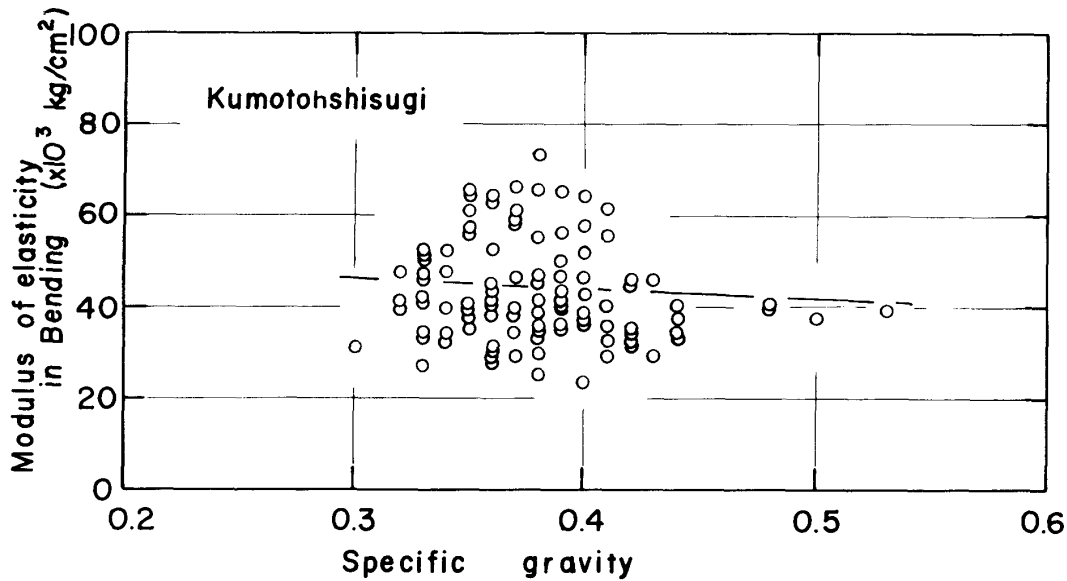


Fig. 1-b Relations between specific gravity and modulus of elasticity in bending in Kumotohshi-sugi-wood.

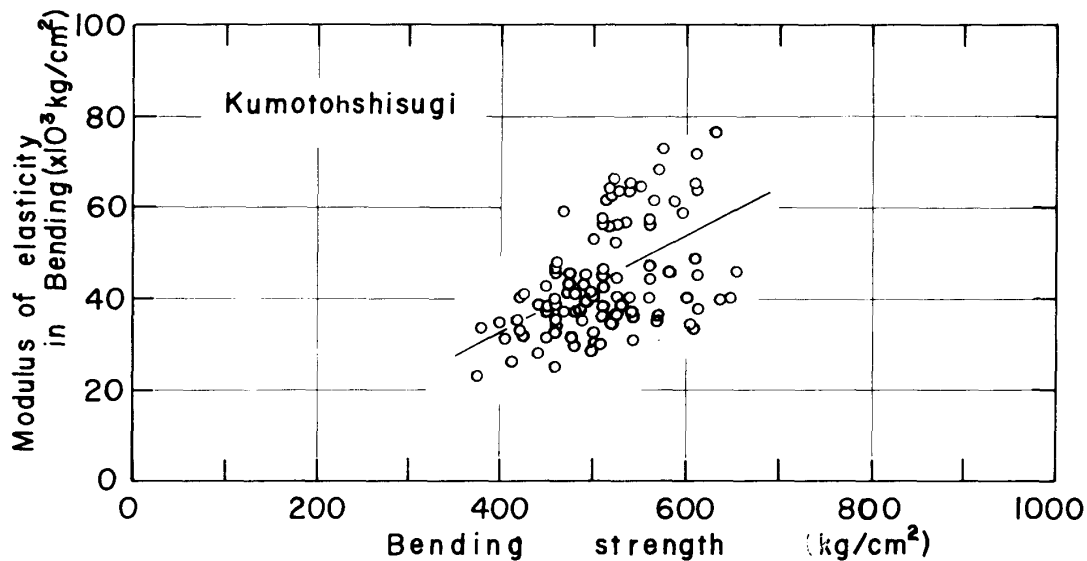


Fig. 1-c Relations between bending strength and modulus of elasticity in bending in Kumotohshi-sugi-wood.

## 2) 縦圧縮試験 (縦圧縮強さ)

縦圧縮試験に供した試験片数は178個, これに供した全試験片の平均年輪幅は0.46cm, 含水率は16.5%を示した。Table 2に示すように縦圧縮強さの平均値は273kg/cm<sup>2</sup>(最大値383kg/cm<sup>2</sup>, 最小値191kg/cm<sup>2</sup>)を示し, 標準値の平均値<sup>8)</sup>(350kg/cm<sup>2</sup>)の約79%を, 最小値も標準値のその約69%とかなり低い値を示した。Fig. 2は比重と縦圧縮強さとの関係を示した。この図から明らかのように, 比重の増大とともに, 縦圧縮強さは増大傾向にあるが, 比重と縦圧縮強さの間の回帰直線式 $\sigma_c = 211\rho + 191$ が得られたが, 相関係数は $r = 0.27$ と, 非常に弱い相関を示した。

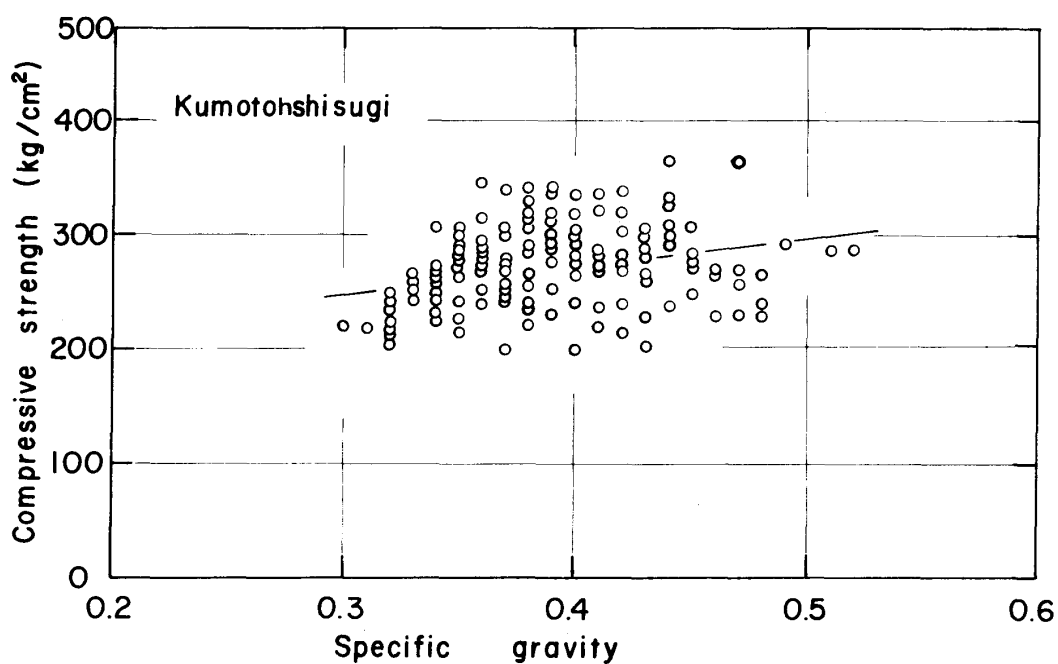


Fig. 2 Relations between specific gravity and compressive strength in Kumotohshi-sugi-wood.

### 3) 衝撃曲げ試験 (衝撃曲げ吸収エネルギー)

衝撃曲げ試験に供した試験片数は110個, 全試験片の平均年輪幅は0.86cm, 平均含水率は17.1%,

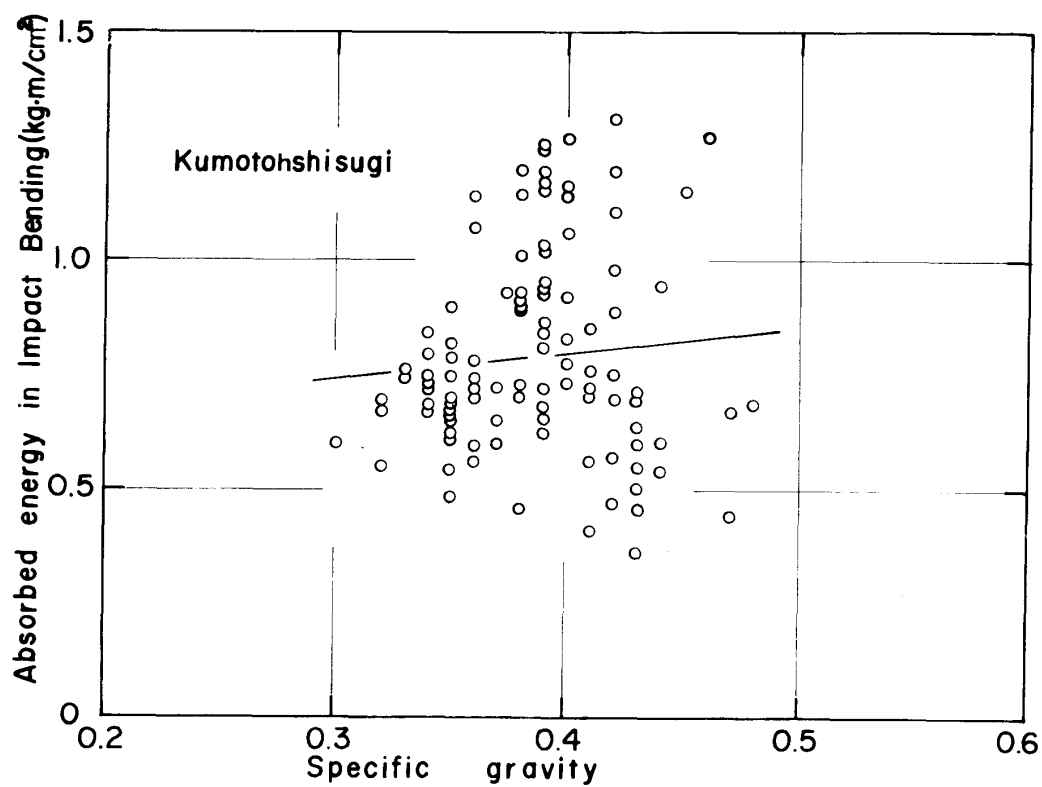


Fig. 3 Relations between specific gravity and absorbed energy in impact bending in Kumotohshi-sugi-wood.

気乾比重は0.30~0.38~0.48の範囲にあった。Table2に見られるように衝撃曲げ吸収エネルギーの値は0.36~0.76~1.32kg・m/cm<sup>2</sup>の範囲にあり、衝撃曲げ吸収エネルギーの標準値<sup>8)</sup>(平均値0.39kg・m/cm<sup>2</sup>)の約2倍を越える値を得た。またクモトオシスギの衝撃曲げ吸収エネルギーの平均値をメアサスギのそれ(0.69kg・m/cm<sup>2</sup>)と比較すれば、約1.1倍となり、最低値も標準値<sup>8)</sup>(0.2kg・m/cm<sup>2</sup>)より約1.8倍と高い値を示した。このことからクモトオシスギは衝撃曲げ吸収エネルギーに関して言えば、他の品種よりも良いことになる。Fig. 3に見られるように衝撃曲げ吸収エネルギーと比重の関係は、バラツキも大きく、相関係数を求めても弱い相関係数 $r=0.38$ を示し、直線式 $a=0.57\rho+0.57$ が得られたが、全体的には集団状を示した。

#### 4) せん断試験(柁目面および板目面のせん断強さ)

柁目面および板目面のせん断強さに供した試験片の個数はそれぞれ213個である。これらの平均年輪幅はそれぞれ0.97, 0.92cm, 含水率は15.2%である。また、気乾比重はそれぞれ0.38(最大値

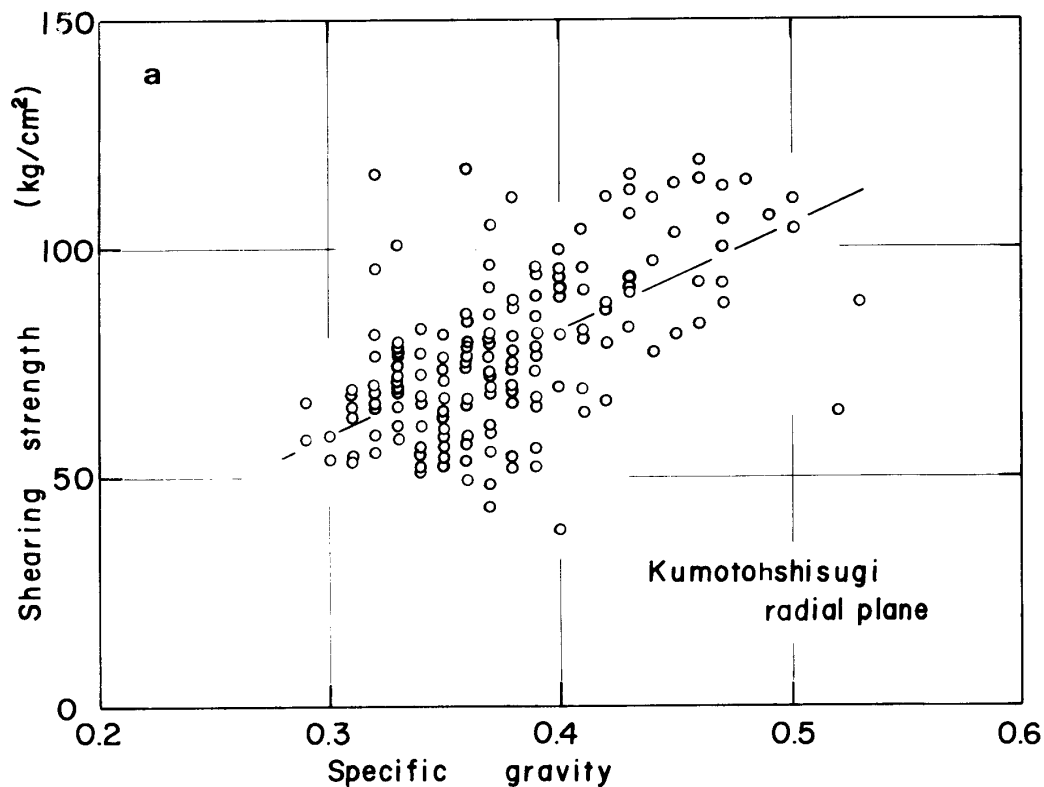


Fig. 4-a Relations between specific gravity and shearing strength in radial plane in Kumotohshi-sugi-wood.

0.53, 最小値0.25)を得た。Table 2に示したように、柁目面および板目面のせん断強さの平均値はそれぞれ78, 93kg/cm<sup>2</sup>を示すが、これらの内、柁目面は標準値<sup>8)</sup>(65kg/cm<sup>2</sup>)より高い値を示し、板目面のそれは標準値<sup>8)</sup>(75kg/cm<sup>2</sup>)とほとんど変わらない値を示した。しかし、せん断面の差による平均のせん断強さを比較すると、柁目面のせん断強さは板目面のそれよりも低い値を示す。Fig. 4-a, 4-bには柁目面および板目面のせん断強さと比重の関係を示した。それぞれの面のせん断強さは、ともにこれまでの多くの報告と同様に比重の増大に伴って増大し、比較的高い相関を示し、柁目面 $r=0.70$ , 板目面 $r=0.74$ を示し、回帰直線はそれぞれ $\tau_t=212\rho+13$ ,  $\tau_r=236\rho+49$ が得られた。

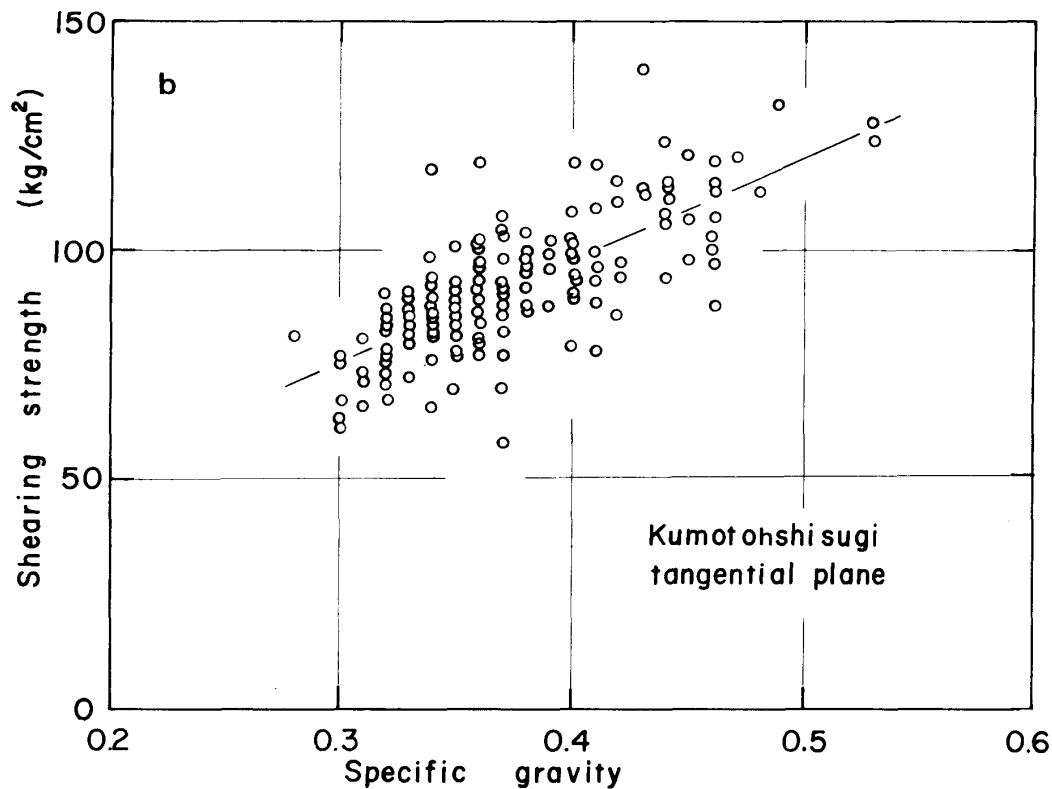


Fig. 4 - b Relations between specific gravity and shearing strength in tangential plane in Kumotohshi-sugi-wood.

### 5) 割裂試験 (割裂抵抗)

柁目面および板目面の割裂試験に供した試験片の個数はそれぞれ150個である。平均年輪幅はそれぞれ0.79, 0.80cm, 比重はそれぞれ0.39, 平均含水率は15.1, 17.6%を得た。Table 2に見られるように、柁目面および板目面の割裂抵抗の平均値はそれぞれ15.2, 15.7kg/cmを得ている。そこで、柁目面および板目面に得た割裂抵抗を比較すると、柁目面のそれは板目面の約97%となり、クモトオシギにおける割裂抵抗の割裂面に対する差は、従来から言われているような板目面の割裂抵抗が柁目面のそれよりやや高い値を示したが、それぞれの断面の値のバラツキから見ると、本実験に得られた割裂断面による割裂抵抗の差はほとんどないと考えて良いであろう。

Fig. 5-a, 5-bは柁目面および板目面の比重と割裂抵抗の関係を示した。この図からも明かなように、両断面ともに、割裂抵抗は比重の増加とともに高くなる。割裂抵抗の実験は試験体の形状、試験片作製時の欠陥発生の影響が非常に大きいため、得られた割裂抵抗そのものが相当バラツクものと考えられたが、クモトオシギのそれぞれの断面における相関係数を求めると、これらの間の相関係数は柁目面  $r=0.34$ , 板目面  $r=0.45$ を示し、それぞれの回帰直線は  $C1_r = 28\rho + 5$ ,  $C1_r = 58\rho - 7$ を得た。



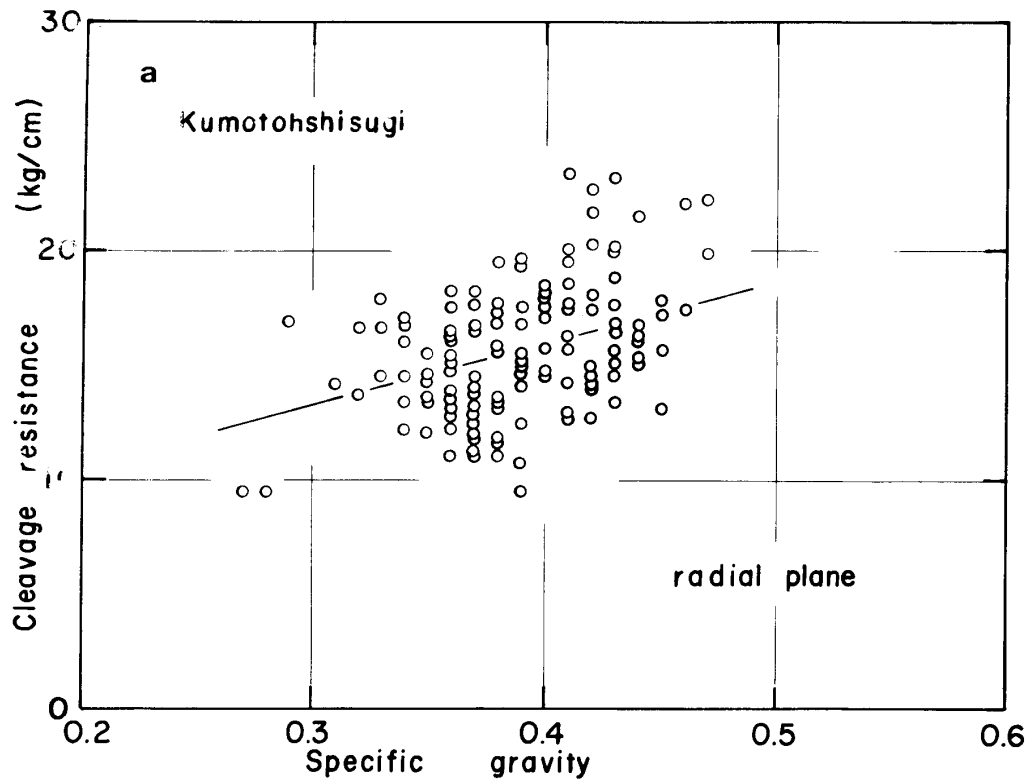


Fig. 5-a Relations between specific gravity and cleavage resistance in radial plane in Kumotohshi-sugi-wood.

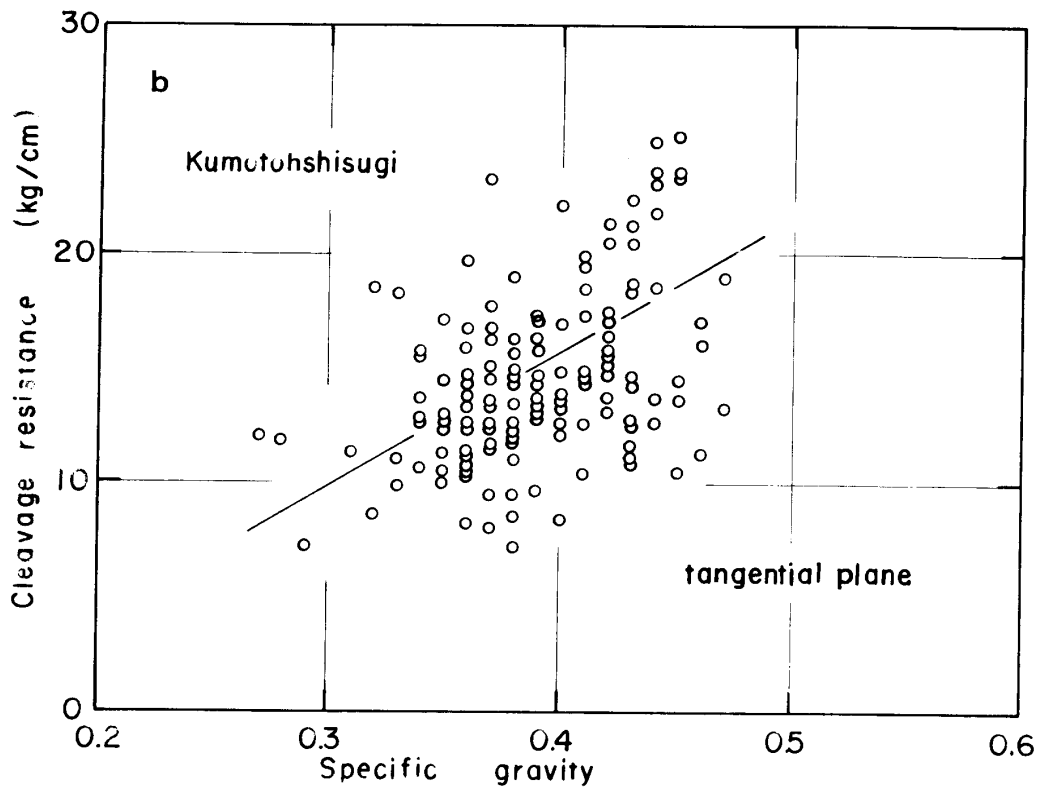


Fig. 5-b Relations between specific gravity and cleavage resistance in tangential plane in Kumotohshi-sugi-wood.

## 要 約

鹿児島大学農学部高隈演習林（鹿児島県垂水市海潟）に植林された樹齢29年生のクモトオシスギ3本の供試木（胸高直径21.4～22.2cm）を採材し、あらかじめ指定された位置から円盤を採取後、円盤間の各地上高の樹幹について、JIS規格に準拠した強度試験を行った。これらの実験結果はつぎのように要約される。

1. 供試木3本の気乾比重の平均値は0.38, 最大値0.59, 最小値0.25を示し、平均年輪幅は0.14～3.06（平均値0.82）, 含水率は13～18%（平均値15.4%）の範囲にあった。
2. 胸高直径における心材および辺材の平均年輪幅はそれぞれ0.54, 0.36cmを示し、これまで実験したヤクスギ, メアサスギのそれぞれの値（ヤクスギ0.57, 0.22, メアサスギ0.57, 0.41cm）と比較すれば、心材部はほとんど差が見られないが、辺材部はヤクスギとメアサスギのほぼ中間的な値を示した。
3. それぞれの機械的性質の平均値を標準値と比較すれば、曲げ破壊係数, 衝撃曲げ吸収エネルギーおよびせん断強さはほぼ近似した値をとるが、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。

## 謝 辞

本実験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中 勇の各技官, また従業員の各位に供試木の伐採, 搬出など多岐にわたり、御援助いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

## 引 用 文 献

- 1) 深沢和三：スギ樹幹内の材質変動に関する研究 岐阜大農研報 25, 47-127 (1967)
- 2) 藤崎謙次郎：スギ品種における組織構造と材質との関係(I), クモトウシ, ヤイチ, ヤブクグリおよびメアサについて 愛媛大農演報, No.23, 47-58 (1985)
- 3) 藤崎健次郎・渋谷正美：スギ品種における組織構造と材質との関係(II), ウラセバル, オビアカ, アヤスギおよびキジンについて 愛媛大農演報, No.24, 47-58 (1987)
- 4) 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2報)メアサスギ材の機械的性質と比重の関係 鹿大農演報, No.13, 123-133 (1984)
- 5) 石崎厚美：スギ品種目録, その性質-九州地方のさし木品種;最近の林業技術, No.15, 日本林業技術協会 (1968)
- 6) 見尾貞治・松本 昶・堤 寿一：スギ品種の木材材質について 九州産在来スギ品種による予備実験, 九大農演報No.56, 187-199 (1985)
- 7) 日本林業技術協会編：林業百科辞典 417-420 (東京) (1961)
- 8) 林業試験場編：木材工業ハンドブック p. 132, 丸善 (東京) (1980)
- 9) 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)
- 10) 島地 謙：図説 木材組織 p. 173, 地球出版 (東京) (1982)
- 11) 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)

### Summary

Sugi-wood(*Cryptomeria japonica*) has been one of the most important planting species in Japan. In Kyusu district especially, many clonal cultivator have been established by cutting. It was found in many previous reports that there were difference in the physical and mechanical properties of each sugi species.

In this paper, growth and basic wood properties of the plantation-growth "Kumotohshi-sugi-wood" were investigated. This species of stem having the length 21 to 22 cm in diameter fixed at breast-high (29 year-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 to sap-wood to another in 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 modulus of elasticity in bending).

2) Compressive strength (a test to ascertain the compressive strength parallel to the grain).

3) Impact bending test (a test to ascertain the absorbed energy in impact bending).

4) Shearing strength (a test to ascertain the shearing strength in tangential and radial faces).

5) Cleavage test (a test to ascertain the cleavage resistance in tangential and radial faces).

The experimental results concerning mechanical properties are summarized in Table 1, 2 and Figs. 1-9. The results obtained could be summarized as follows:

1) The specific gravity and average ring width ranged from 0.25 to 0.59 (ave. 0.38), from 0.14 cm to 3.06 cm (Ave. 0.82 cm), respectively.

2) Basing on the statistical discussions made about the specific gravity and mechanical properties under the air dry conditions, comparatively high relationship is reasonably ascertained between the specific gravity and compressive strength, and shearing strength, but coefficient on correlation between the specific gravity and other mechanical properties are not so high.