

南九州地域に生育する広葉樹材の利用開発*

VI. アベマキ材の樹幹内における材質変動(2)**

藤田 晋 輔

(森林利用学研究室)

昭和60年8月8日 受理

Available Utilization on Hardwoods growing in Southern Kyushu*

VI. Some Variations of Specific Gravity and Mechanical Properties in the Stem of Abemaki-Wood (*Quercus variabilis* Blume) (2)**

Shinsuke FUJITA

(Laboratory of Wood Utilization)

緒 言

南九州地域に生育している有用広葉樹材の基礎的材質に関するデータは非常に少ない。これからの広葉樹材の利用を考えるうえで、広葉樹材が構造用材として利用されないかぎり、機械的性質をもとめること自体必要でないかも知れない。しかし、今後の広葉樹林の施業における樹種の決定、育林技術の改良等施業方法にかかわる検討や広葉樹材の利用・用途開発のために、材質その他の樹木が持つ特徴を把握しておくことは必要であろう。

以上の理由から、本研究は南九州に生育する広葉樹を順次とりあげ、それぞれの広葉樹材の組織および物理的性質、機械的性質の基礎データバンクを集積している^{1,2)}。本報は前報³⁾のアベマキの組織および物理的性質について、アベマキの樹幹内の機械的性質の横断面内水平(半径)方向および垂直(樹軸)方向の変動(分布)を検討した。

材料と実験方法

アベマキ(*Quercus variabilis* BLUME)の機械的性質を求めるために供した試験材料は、前報³⁾で樹幹解析および繊維長測定に供試した円板(厚さ20cm, 伐倒高0.2m それ以上2.0m ごとに鋸断)の間材(1.8m)である。この供試用丸太材(長さ1.8m)から樹心(髓心)を通る厚さ3cmの正まさ目板を製材後、約6カ月屋外に放置し、天然乾燥を行った。その後、

以下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カ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応する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さらに3カ月間実験室内の通風の良い場所に保存・調湿(平均含水率11~14%)したあと実験に供した。JIS規格にもと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(髓)より両樹皮側へ向かって半径方向に連続して採取した。

なお、使用した試験機はオートグラフDSS-5000(島津製作所製)で、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(JIS・Z2113-1977): 曲げ強さ, 曲げ弾性係数
2. 衝撃曲げ試験(JIS・Z2113-1977): 衝撃曲げ吸収エネルギー
3. 圧縮試験(JIS・Z2113-1977): 縦圧縮強さ
4. せん断試験(JIS・Z2113-1977): 板目およびまさ目面のせん断強さ
5. 割裂試験(JIS・Z2113-1977): 板目およびまさ目面の割裂抵抗

実験結果と考察

南九州もしくは国内の他の地域に生育しているアベマキの機械的性質に関するデータの報告はみあたらない。したがって、本実験で得られた諸機械的性質をこの地域に生育もしくは植栽されたアベマキのデータと比較できない。ゆえに、本報では他の地域に生育もし

* 前報: 鹿大農演報第14号(投稿中)(1985)

** 本報告は、第35回日本木材学会大会(1985.4: 東京大学)において発表した。

くは植栽されている同属のシラカン、アカガシ、ミズナラおよびこれまで類似した利用がなされているクヌギに得られている諸機械的性質（以下、既往値という⁴⁾）と比較しながら、アベマキの機械的性質の特徴を明らかにする。

1. アベマキの比重と機械的性質の樹幹内横断面半径方向の変動について

Fig. 1~5 はアベマキの比重、平均年輪幅および機械的性質の横断面内水平（半径）方向の樹幹内変動を示した。それぞれの図の各プロットは供試木3本の地上高 0.2~2.0m (○印) および 2.0~4.0m (●印) に

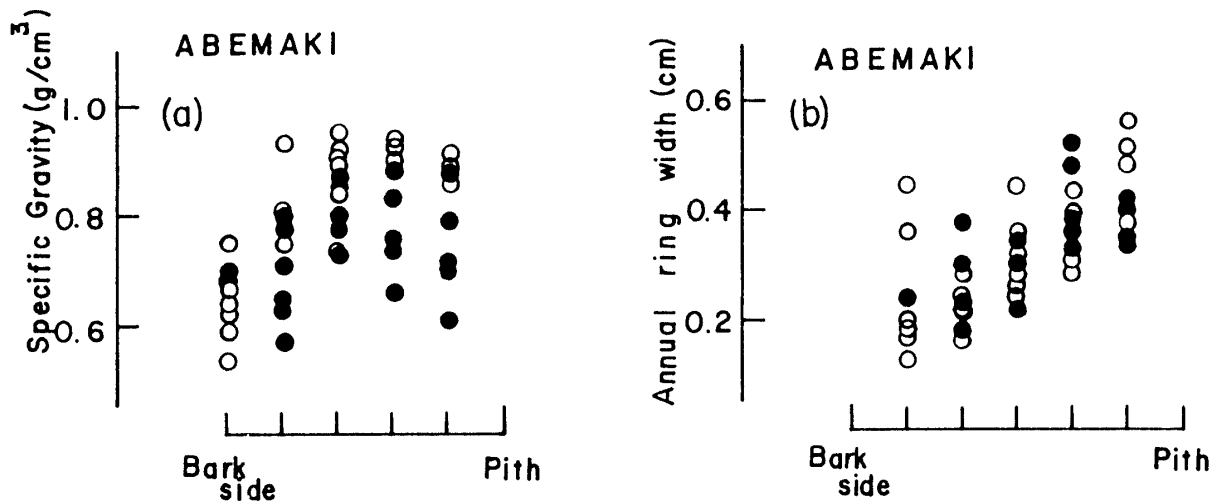


Fig. 1-a. Variation of specific gravity along the stem-radius from pith to bark.

Fig. 1-b. Variation of annual ring width along the stem-radius from pith to bark.

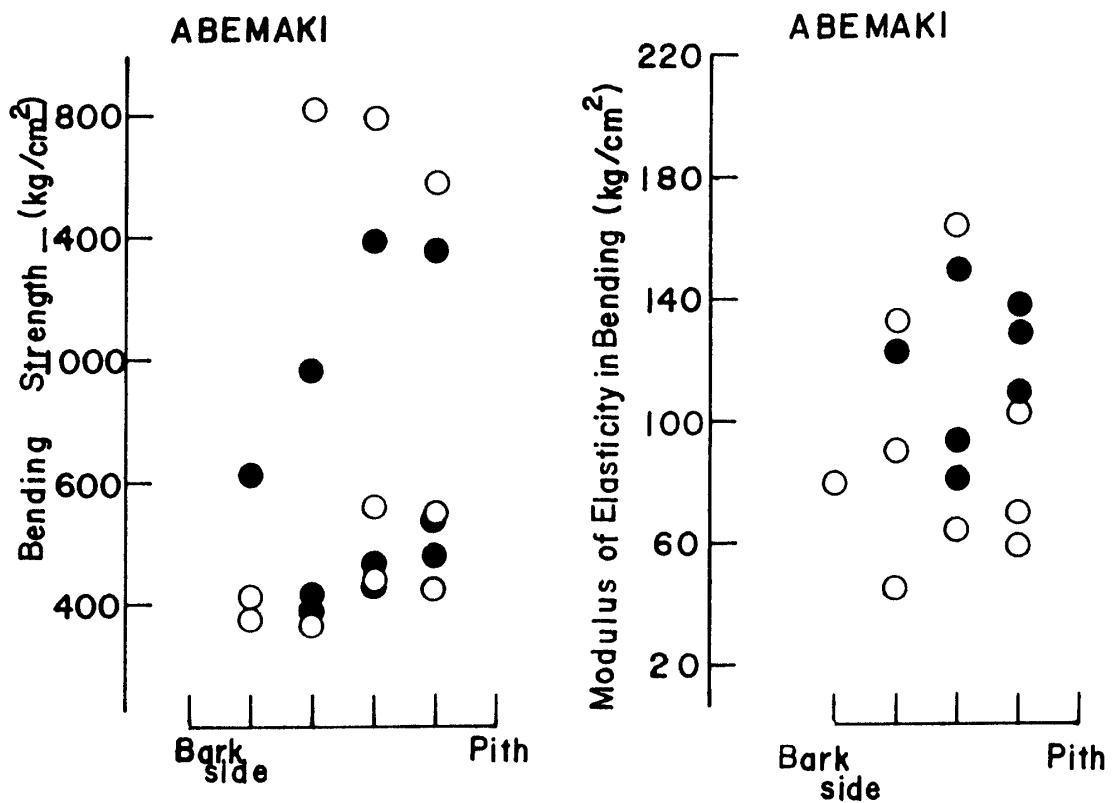


Fig. 2. Variation of bending strength and modulus of elasticity in bending along the stem-radius from pith to bark.

得られた値である。Fig. 1-a は樹心（髓）から樹皮側へ向かっての横断面内水平（半径）方向の比重の変動を示す。この図にみられるように比重は樹心からの同じ測点（距離）でもバラツキが大きい。全体的にみると、樹心から外方（樹皮側）へ向かって比重は増大し、樹心から数えて25～30年付近でピークをとり、再び樹皮側へ向かって低下する。一方、年輪幅は樹心に近接する部分で広く、樹皮側へ向かって直線的に減少する (Fig. 1-b)。これはどの供試木、地上高でも類似した傾向を示す。Fig. 2～5 はそれぞれの機械的性質の樹心より樹皮側へ向かって、横断面内水平（半径）方向の変動を示した。曲げ強さおよび曲げ弾性係数 (Fig. 2)、衝撃曲げ吸収エネルギー (Fig. 3-a)、せん断強さ (Fig. 4) および割裂抵抗 (Fig. 5) は樹心部分で高い値を示し、樹皮側へ向かって直線的に減少する。一方、縦圧縮強さ (Fig. 3-b) はバラツキが非常に大きい。樹心部分でやや低く、外方（樹皮側）へ向かうにしたがって増大したあと、樹心から数えて25～30年輪付近より樹皮側へ向かって減少する傾向を示す。

以上のようにそれぞれの試験結果のうち、縦圧縮強

さを除く、機械的性質の横断面内水平（半径）方向の変動は樹心部分で高い値をとり、外方（樹皮側）へ向かって直線的に低下するパターンを示すことが多い。

2. アベマキの機械的性質と比重の関係について

(1) 曲げ試験（曲げ強さおよび曲げ弾性係数）

曲げ試験に供した試験片数は78個、これらの平均年輪幅は 0.32 cm、平均含水率は11%であった。比重は 0.42～1.16 (平均値 0.79) の範囲にあり、既往値 0.98⁴⁾ より低い平均値を示した。Table 1 に明らかなように曲げ強さおよび曲げ弾性係数の平均値は、それぞれ 934 kg/cm² (最小値 252, 最大値 1829), 108×10³ kg/cm² (最小値 34×10³, 最大値 202×10³ kg/cm²) を示した⁴⁾。これらの値はシラカシ、アカガシのそれぞれの既往値, 1200, 140×10³ kg/cm² より低い値を、シズナラの既往値 1000, 100×10³ kg/cm² よりやや高い値を、他方、これまでアベマキと類似した利用がなされているクヌギの既往値 610, 64×10³ kg/cm² より高い値を示した⁴⁾。曲げ強さと地上高との関係は Table 1 の平均値をみるかぎり、地上高 6.0～8.0 m が最も低い値を示すが、Fig. 6 のプロットのバラツキか

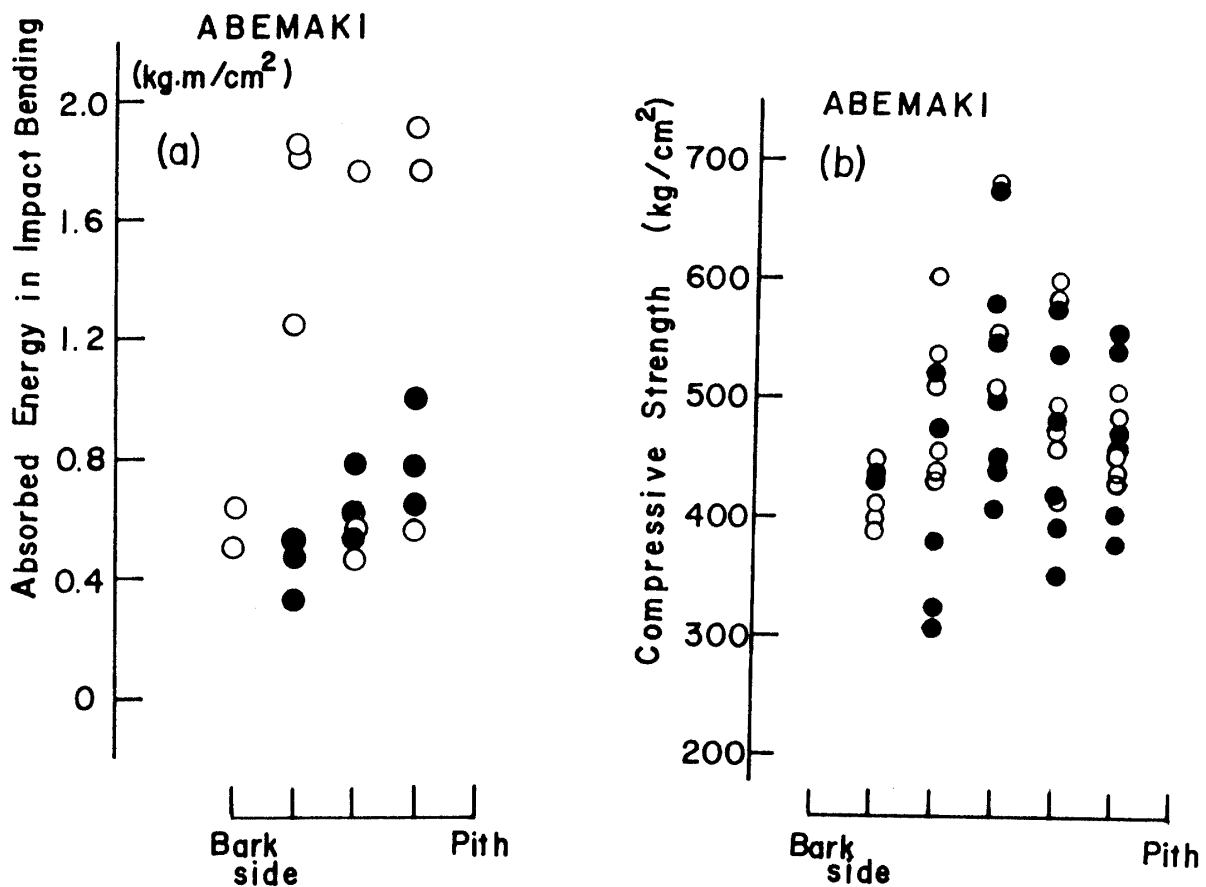


Fig. 3-a. Variation of absorbed energy in impact bending along the stem-radius from pith to bark.
 Fig. 3-b. Variation of compressive strength along the stem-radius from pith to bark.

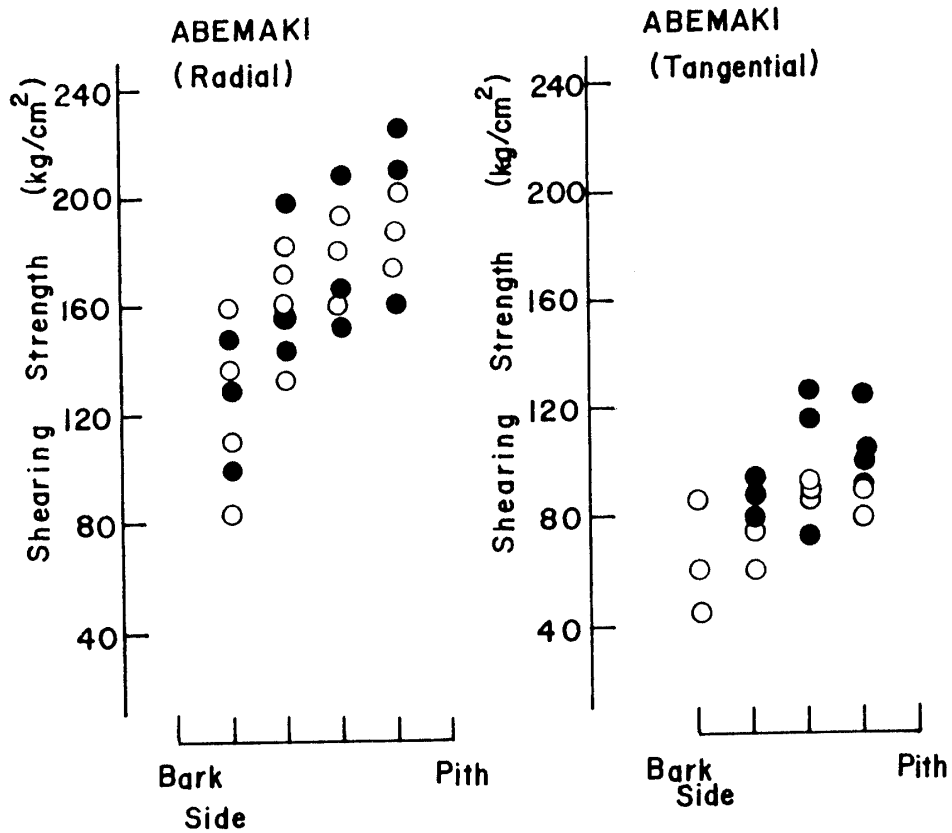


Fig. 4. Variation of shearing strength in tangential and radial planes along the stem-radius from pith to bark.

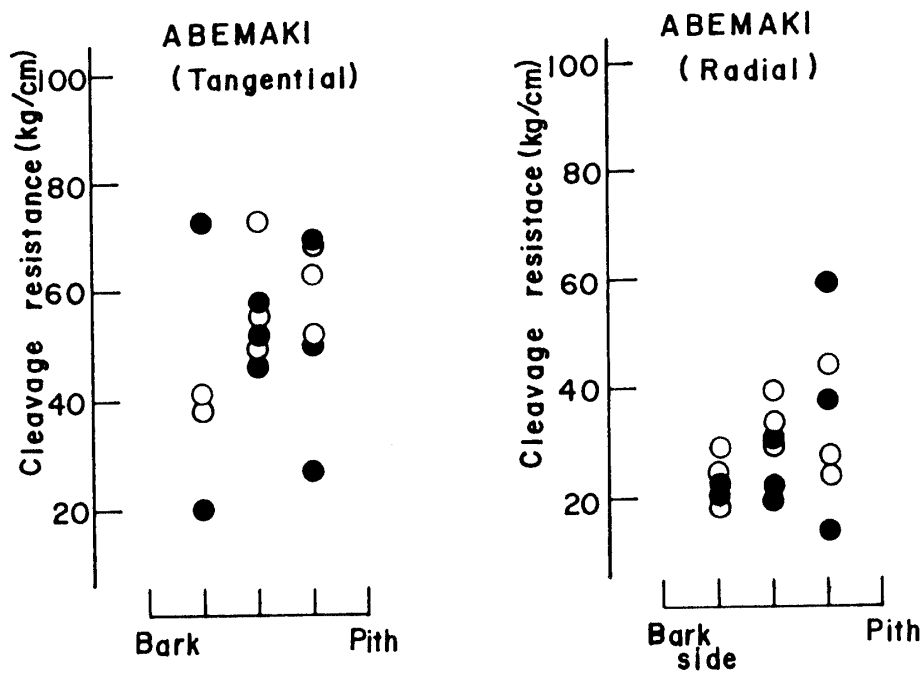


Fig. 5. Variation of cleavage resistance in tangential and radial planes along the stem-radius from pith to bark.

Table 1. Variation of specific gravity and other mechanical properties.

Item specimen		Specific Gravity (g/cm ³)	Static Bending		Compressive Strength (kg/cm ²)	Absorbed Energy of Impact bending (kg·m/cm)	Shearing Strength (kg/cm ²)		Cleavage Resistance (kg/cm ²)		Annual ring Width (cm)	Moisture Content (%)
			Bending Strength (kg/cm ²)	Young's Modulus (×10 ³ kg/cm ²)			Tangential Plane	Radial Plane	Tangential Plane	Radial Plane		
Ave. of All the Specimen		0.76	934	108	737	0.787	155	172	47	29	0.341	12.8
Tree Number	1	0.82	1209	129	779	0.922	134	163	51	35	0.407	12.9
	2	0.81	917	113	731	0.836	111	157	49	19	0.314	12.7
	3	0.77	728	86	700	0.592	94	145	41	28	0.360	11.8
Height above the ground (m)	0.2-2.0	0.82	-	-	709	-	128	131	50	30	0.316	13.5
	2.0-4.0	0.79	1024	124	692	1.087	113	160	48	30	0.310	13.4
	4.0-6.0	0.80	865	100	796	0.656	110	148	49	31	0.297	12.9
	6.0-8.0	0.80	845	99	762	0.720	115	169	47	31	0.333	12.8
	8.0-10.0	0.80	975	111	673	0.603	108	165	45	30	0.309	12.9
	10.0-12.0	0.81	1082	120	841	0.611	98	146	42	22	0.270	12.6

らみると、曲げ強さと地上高の間にはほとんど関係がないと考えられる。

Fig. 6, 7 は比重と曲げ強さおよび曲げ弾性係数の関係を示した。Fig. 6 にみられるように比重と曲げ強さの間には相関係数 $r=0.47$ とやや低いが、正の相関を示し、直線式 $\sigma_b=1442r-205$ が得られ、曲げ強さは比重の増加とともに増大する。つぎに比重と曲げ弾性係数は Fig. 7 にみられるように相関係数 $r=0.38$ と非常に低いが、正の相関を示し、直線式 $E_b=(103 \times 10^3)r+(27 \times 10^3)$ を示す。一方、曲げ弾性係数と地上高との関係を見る。Table 1 にみられるように樹幹基部 (0.2m) から梢端部 (12m) までのそれぞれの地上高に得られた曲げ弾性係数の平均値は、99~124×10³ kg/cm² の範囲にあり、地上高 6.0~8.0m に得られた曲げ弾性係数の平均値が最も低い値を示したが、Fig. 7 のプロットのバラツキからみて、曲げ弾性係数におよぼす地上高の影響はほとんどないと考ええる。

(2) 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70個、これらの平

均年輪幅は 0.32cm、含水率は11%、比重は 0.57~0.78~0.95 の範囲であった。Table 1 にみられるように衝撃曲げ吸収エネルギーの平均値は 0.78kg·m/cm² (最小値 0.32, 最大値 2.07kg·m/cm²) を示した。アベマキの衝撃曲げ吸収エネルギーの平均値はシラカシ、アカガシ、ミズナラ (それぞれ 1.3, 1.4, 0.9kg·m/cm²) より低く、クヌギの平均値 (0.70kg·m/cm²) より高い。Fig. 8 は比重と衝撃曲げ吸収エネルギーの関係を示す。この図より比重と衝撃曲げ吸収エネルギーの関係は、 $r=0.55$ とやや低い正の相関関係を示し、直線式 ($u=2.54r-1.21$) を得た。つぎに衝撃曲げ吸収エネルギーと地上高との関係を見ると、地上高 2.0~4.0m の間の衝撃曲げ吸収エネルギーは、他の地上高のそれより高い値を示した。これは地上高 2.0~4.0m より採取した試験片が目切れないクリアーなそれであったことによると考える。これを考慮に入れ、回帰曲線 (指数曲線) を求めると、相関係数 $r=0.56$ 、指数曲線 $u=1.18r^{2.2}$ が得られる。これまでの報告⁵⁾ にもみられるように、比重と衝撃曲げ吸収エネルギー

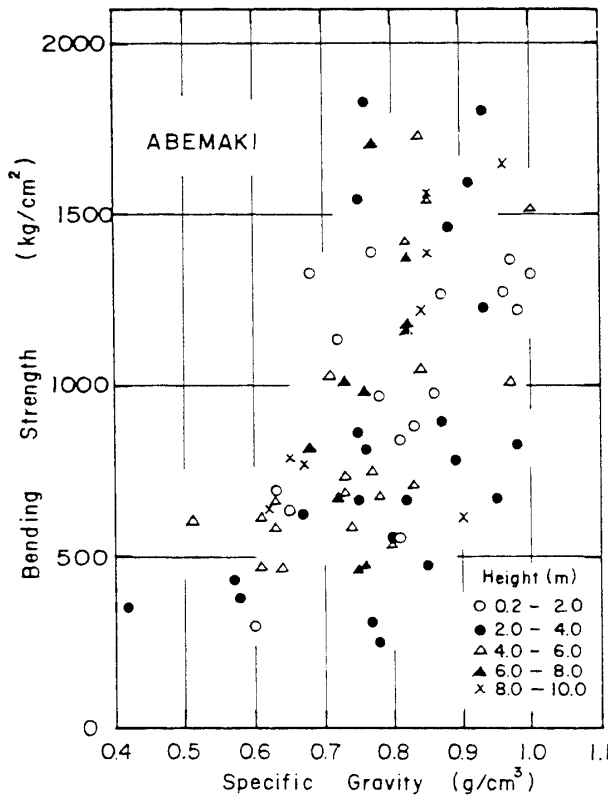


Fig. 6. Relation between specific gravity and bending strength in stem at each height above the ground.

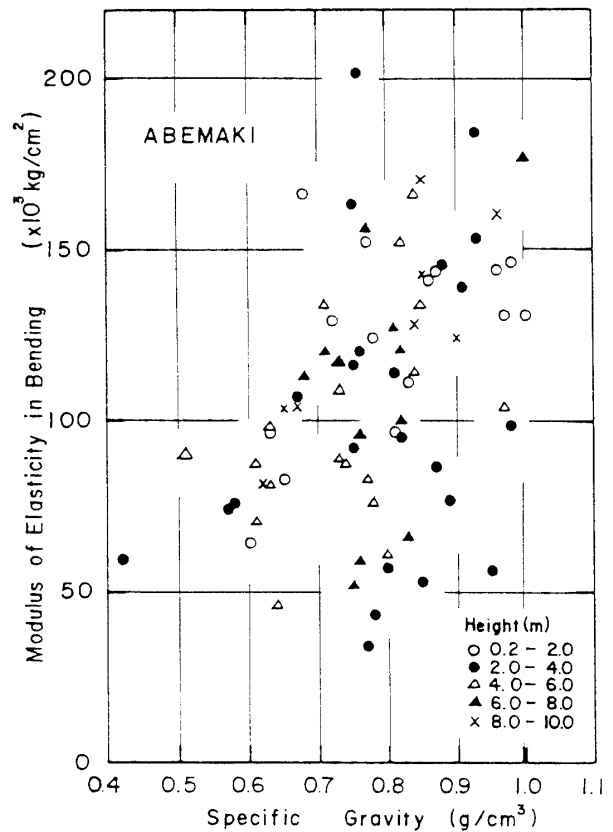


Fig. 7. Relation between specific gravity and modulus of elasticity in bending in stem at each height above the ground.

の関係は直線式より指数式が良く合致すること多いことから、本実験結果の回帰式も指数式が良く適合すると考えたい。

(3) 縦圧縮試験 (縦圧縮強さ)

縦圧縮試験に供した試験片は116個、これらに得られた平均年輪幅は 0.56 cm, 含水率11.3%, 比重は 0.57~0.79~0.95 の範囲を示した。Table 1 にみられるように縦圧縮強さの平均値は 737 kg/cm² (最小値 165 kg/cm², 最大値 808 kg/cm²) を示した。この平均値はクスギの既往値⁶⁾ (560 kg/cm²) より高く、またシラカシ、アカガシ、ミズナラの既往値⁴⁾ (それぞれの値は 600, 550, 450 kg/cm²) よりも高い値を示す。Fig. 9 は比重と縦圧縮強さの関係を示した。この図にみられるように相関係数 $r=0.70$ と比較的高い正の相関を示し、縦圧縮強さは比重の増加とともに高くなり、直線式 ($\sigma_c=1300r-54$) を示した。つぎに地上高と縦圧縮強さの関係をみると、Fig. 9 にみられるように地上高 0.2~2.0m の範囲で、縦圧縮強さはやや低い値を示すが、他の地上高に得た縦圧縮強さはほとんど全体にわたって分散しており、地上高による縦圧縮強さの差はほとんどないと考えてよいであろう。

(4) セン断試験 (板目およびまさ目面のせん断強さ)

板目面およびまさ目面のせん断試験に供した試験片数はそれぞれ166, 170個、これらに得られた平均年輪幅はそれぞれ 0.30, 0.34 cm, 含水率は14.1%である。一方、比重はそれぞれ0.55~0.81~0.98, 0.59~0.81~1.04 の範囲を示した。Table 1 より板目面およびまさ目面のせん断強さの平均値は 155 kg/cm² (最小値 34 kg/cm², 最大値 255 kg/cm²), 172 kg/cm² (最小値 31 kg/cm², 最大値 274 kg/cm²) を示す。それぞれの面の平均値はアカガシ、シラカシ、ミズナラの平均値⁴⁾ (それぞれ 150, 180, 110 kg/cm²) と同程度もしくは高い値を示している。従来からいわれているように⁷⁾ 本供試材でも板目面せん断強さがまさ目面のそれより高い値を示している。Fig. 10, 11 は比重と板目面およびまさ目面のせん断強さとの関係を示した。これらの関係はそれぞれ相関係数 $r=0.67, 0.49$ と正の相関を示し、それぞれ直線式 $\tau_1=287r-110, \tau_2=353r-140$ が成立する。これまでの多くの報告と同様に板目面、まさ目面ともにせん断強さは比重の増大と

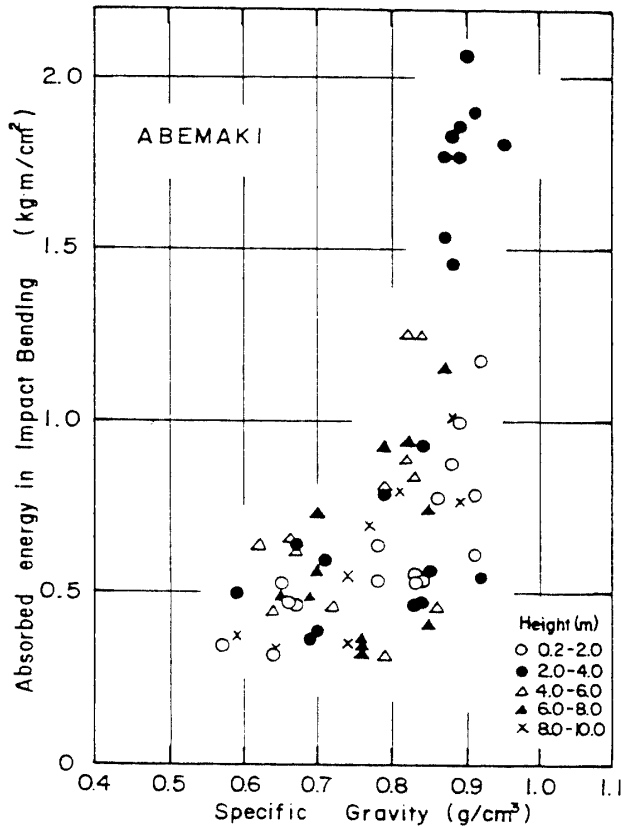


Fig. 8. Relation between specific gravity and absorbed energy in impact bending in stem at each height above the ground.

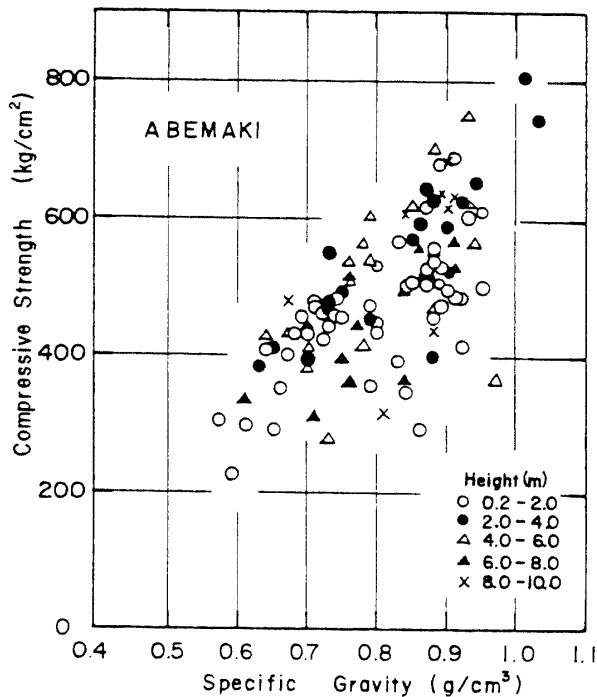


Fig. 9. Relation between specific gravity and compressive strength in stem at each height above the ground.

もに直線的に増大する。つぎにせん断強さにおよぼす地上高の影響をみる。Table 1 にみられるようにそれぞれの断面で、せん断強さが高い平均値を示す地上高は、板目面で 0.2~2.0m, まさ目面で 6.0~8.0m の範囲にあるが、Fig.10, 11 にみられるように両断面ともにせん断強さは地上高に関係なく一様な分散をしている。このことから板目面およびまさ目面ともに地上高によるせん断強さの差は見られない。

(5) 割裂試験 (板目面およびまさ目面の割裂抵抗)

割裂試験に供した試験片個数は板目面62個, まさ目面72個, これらに得られたそれぞれの面の平均年輪幅は 0.3cm, 含水率は 11.2, 12.1%であった。比重はそれぞれ 0.56~0.86~0.98 の範囲を示した。Table 1 より板目面, まさ目面の割裂抵抗の平均値はそれぞれ 47 kg/cm² (最小値 6 kg/cm², 最大値 81 kg/cm²), 29 kg/cm² (最小値 5 kg/cm², 最大値 95 kg/cm²) を示した。Fig. 12 は板目面, まさ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割裂抵抗は比重の増大とともに直線的に増大している。いま、それぞれの面の比重と割裂抵抗の間の相関関係を求めると、直線式 $P_t = 81.3r - 35.1$ ($r = 0.52$), $P_r = 119.1r - 47.9$ ($r = 0.52$) を示した。つぎにそれぞれの面の地上高と割裂抵抗の関係をみると、Fig. 12 にみられるように梢頭部に近い 8.0~10.0m の範囲でやや低い値を示したが、割裂抵抗におよぼす地上高の影響はほとんどないと考えられる。

要 約

アベマキ (*Quercus variabilis* BLUME) は関西~中国地域に生育し、九州北部にわずかに植栽されているだけで、九州の他の地域に生育・植栽されていない。

本研究では鹿児島大学農学部高隈演習林内に植栽されている59年生のアベマキの基礎的材質を調査した。

試験供試木個体数は3本で、それぞれの個体の地上高における横断面で樹心(髓)を通り、樹皮まで樹幹内水平(半径)方向に連続的に試験片を採取した。各地上高における比重、平均年輪幅および機械的性質(曲げ強さ、曲げ弾性係数、衝撃曲げ吸収エネルギー、縦圧縮強さ、せん断強さ(板目面およびまさ目面)および割裂抵抗(板目面およびまさ目面))を求め、これらの水平および垂直方向の変動について検討した。その結果、わずか3本の供試材料からの実験結果であるが、アベマキ樹幹内の材質変動がある程度明らかになった。

1. 樹幹基部から梢頭部への樹幹横断面の比重の平

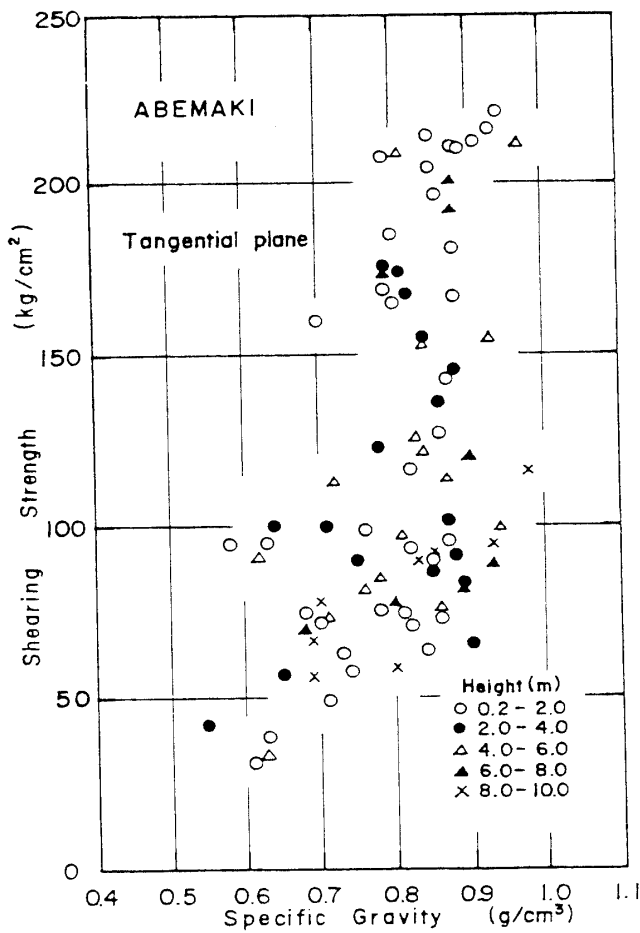


Fig. 10. Relation between specific gravity and shearing strength in tangential plane in stem at each height above the ground.

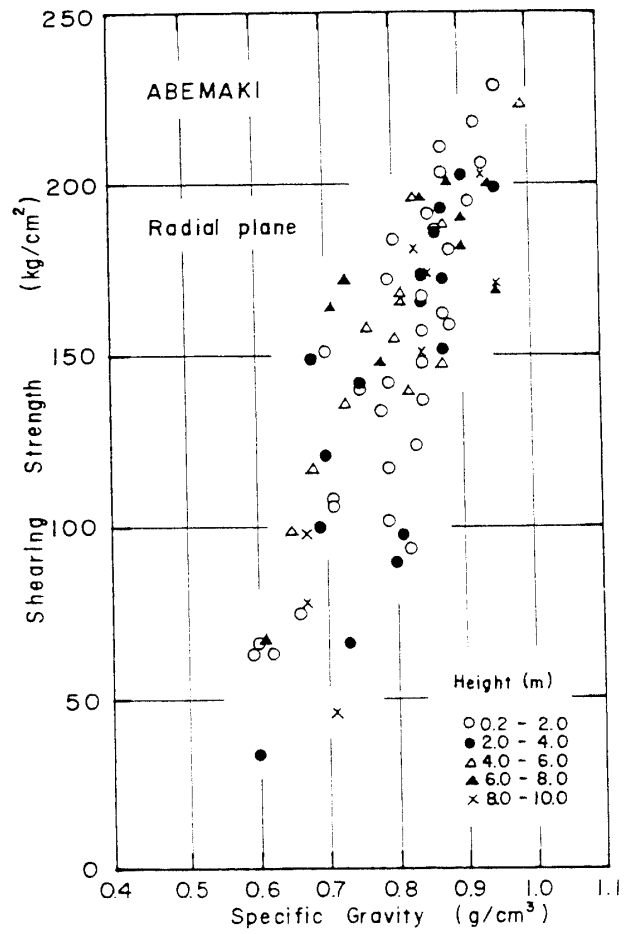


Fig. 11. Relation between specific gravity and shearing strength in radial plane in stem at each height above the ground.

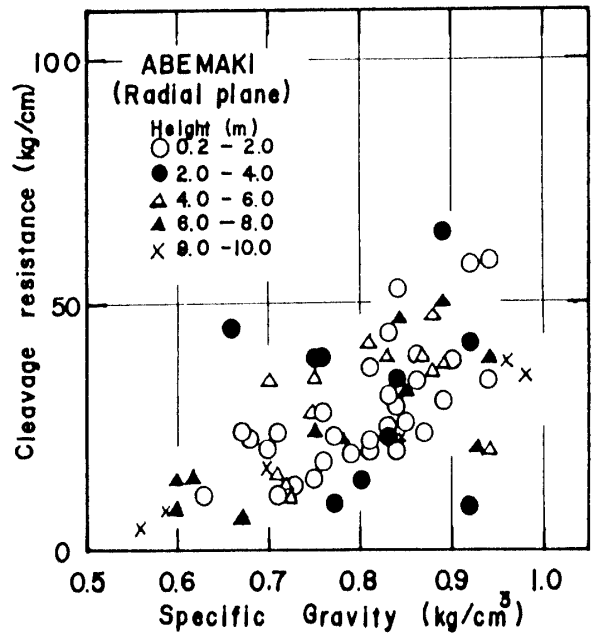
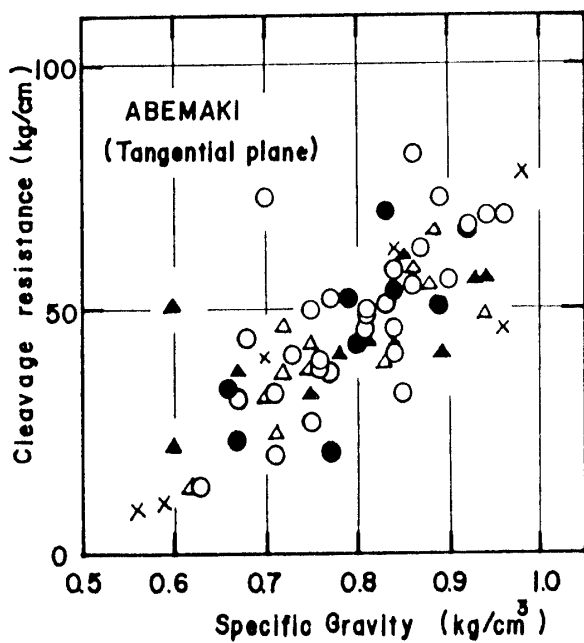


Fig. 12. Relation between specific gravity and cleavage resistance in tangential and radial planes in stem at each height above the ground.

均値の変動は、0.79~0.81の範囲にある。一方、樹幹内半径方向における比重の変動は樹心(髓)付近で小さく、外方へ向かってやや増大したのち、25~30年付近より樹皮側へ向かって減少する。

2. 樹幹横断面の平均年輪幅の半径方向の変動は、樹心(髓)付近で大きく、外方(樹皮側)へ向かうにしたがって減少する。一方、年輪幅の垂直方向への変動は梢頭部(10.0~12.0m)でやや低い値を示すが、樹幹基部(0.2~2.0m)より梢頭部へ向かってほとんど変化しない。

3. 諸機械的性質の平均値はシラカシ、アカガシ、ミズナラのそれに比較してやや低い値を示すが、これまで類似した利用がなされてきたクヌギより高い値を示す。横断面内水平(半径)方向の機械的性質の変動は、縦圧縮強さを除いて樹心(髓)付近で高い値をとり外方(樹皮側)へ向かって低下する傾向を示す。しかし、それらの垂直方向の顕著な変動はない。

4. アベマキは前報の結果(組織学的特徴)¹⁾および本報の結果(機械的性質)からみて、今後ミズナラに類似した利用が可能と考えられる。

謝辞 本研究を実施するにあたって鹿児島大学農学部付属

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中 勇の各技官、また従業員の各位には供試木の伐採、搬出、運搬など多岐にわたって御援助いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- 1) 藤田晋輔：南九州地域に生育する広葉樹材の利用開発(Ⅲ)。イタジ材の樹幹内における材質変動(1)。鹿大農演報, 第13号, 103-122 (1985)
- 2) 藤田晋輔：南九州地域に生育する広葉樹材の利用開発(Ⅳ)。イタジ材の樹幹内における材質変動(2)。鹿大農演報, 第35号, 195-204 (1985)
- 3) 藤田晋輔：南九州地域に生育する広葉樹材の利用開発(Ⅴ)。アベマキ材の樹幹内における材質変動(1)。鹿大農演報, 第14号, (投稿中)(1985)
- 4) 林業試験場監修：改訂3版 木材工業ハンドブック, p. 188-189, 丸善, 東京(1982)
- 5) 高橋 徹・藤田晋輔：木材誌, 15, 140-145 (1969)
- 6) 貴島恒夫・岡本省吾・林 昭三：原色木材大図鑑, p. 134, 保育社, 東京(1962)
- 7) 中戸莞二編著：新編木材工学, p. 206-227, 養賢堂, 東京(1985)
- 8) 藤田晋輔・岡崎 光・丸山則義：輸入木材の性質(第5報)。東南アジア産5樹種の丸太内の材質変動(1)。静大農研報, 29号, 25-34 (1979)

Summary

In this paper investigation was carried out on to a few fundamental properties of hardwood: Abemaki (*Quercus variabilis* BLUME). Three pieces of the stem, fixed at breastheight (59-year-old), being 24 to 26 cm in diameter were adopted as the samples to be used to ascertain the specific gravity and some mechanical properties.

The specimens were obtained successively in the stem at the respective heights above the ground, along the stem diameter, through pith from one sapwood to another. The following mechanical properties were examined in the handling:.....

1. Bending test (a test carried out to ascertain the bending strength and modulus of elasticity in bending).

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

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

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

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

The experimental results obtained about the mechanical properties are summarized in Table 1, and in Figs. 1-12.

1. As described in the previous report⁸⁾, basing on the discussions made on the variations in the respective mechanical properties, observable, at each height above the ground, along the radial direction from pith to bark, an existence of the 4 typed variations along the stem radius from pith to bark was ascertained.

2. Basing on the statistical discussions about the specific gravity and the mechanical properties

under the air dry condition, a relatively high degree of relationship was reasonable confirmed between the specific gravity and the bending strength, and between the specific gravity and the shearing strength in the tangential plane, with the added confirmation that the correlations between the specific gravity and other mechanical properties were not so high.