

南九州産スギ材の材質Ⅱ[†] —オビスギ品種の材質特性—

雉子谷 佳 男* 北 原 龍 士*

Wood Properties of *Cryptomeria japonica* in Southern Kyusyu II — Characteristics of Obi-sugi Cultivars —

by

Yoshio KIJIDANI* and Ryushi KITAHARA*

The information on wood properties of sugi cultivars (*Cryptomeria japonica*) is very important for efficient use of sugi wood. Obi-sugi is a major group of sugi cultivars planted in Southern Kyusyu. However, the wood properties of Obi-sugi still have remained unclear. Therefore, the wood properties of 33-year-old Obi-sugi (15 cultivars) grown at one stand were determined. Mechanical properties were investigated by dynamic testing method for logs and compression test parallel to the grain for small clear specimens. In addition, basic density, latewood tracheid length and microfibril angle of middle layer in secondary wall (S₂) in both earlywood and latewood tracheid were examined

There were differences in the mechanical and anatomical properties of Obi-sugi among cultivars. The maximum and minimum values of static modulus of elasticity (Es) of the mature wood among the cultivars were 13.0 Gpa and 6.6 Gpa respectively. The patterns of radial variation in Es of the wood from pith to bark were also characterized by the cultivars. It was suggested that these revealed characteristics of the cultivars are quite essential information to decide the suitable end use of Obi-sugi.

Both the basic density and the S₂ microfibril angle affected the mechanical properties of Obi-sugi. Higher basic density and/or lower S₂ microfibril angle were the cause of the higher mechanical performance of mature wood of the cultivars. S₂ microfibril angle was also the most effective factor in both mature and juvenile wood.

Key words: *Cryptomeria japonica*, Obi-sugi, Mechanical properties, Basic density, Microfibril angle

1 ま え が き

スギ材には数多くの品種が存在し、その品種によって木材材質が著しく異なる。しかし、実際の木材市場では、品種はほとんど考慮されず、その地域で産出された品種不明のスギ丸太材が集荷されている。このために、品質バラツキが多く、工業向け材料としての安定した地位が確立されていない。これらのことが、スギ材利用の促進をさらに難しくしている。この一連の研究¹⁾では、スギ材を木材工業向けの材料として、その品質を的確に適合させるために、品質のバラツキの要因になっている品種間の木材材質の違いを明らかにすることを目的としている。

南九州地域は、温暖・多雨な気候のために国内でも有数の豊富な森林資源を有している。スギ品種の中でも、とりわけオビスギ群は成長が速いことで知られている。かつては、オビスギは弁甲材（船舶用材）として利用されてきた。しかし、現在ではおもに建築用材として使われているが、その需要は衰退の一途をたどっている。その要因は、原木価格というよりもむしろその品質にあると考えられる。それゆえ、木材の価値判断基準を従来の化粧的あるいは感性的な面に偏りすぎていた評価から、

将来的に科学的な性能あるいは品質を重視する評価へ移行させることが必要と考えられる。

ところで、オビスギ品種の木材材質については、これまでもいくつかの報告^{2)~5)}がなされてきたが、対象となるオビスギ品種の林分や試験木に制限があった。すなわち、オビスギ15品種のすべてが、同一林分内そして同一樹齢で、しかも同一環境条件のもとで生育したものか、また、対象となる林分が、未成熟期を過ぎて成熟期に入った林齢に達しているかが課題となった。従来の研究では、これらすべての条件を満たし、しかもオビスギ15品種の木材の力学的性質と組織・構造的な指標との関係性を、総合的に究明したものは見当たらない。

そこで、この研究では、オビスギ15品種の木材性質の主要を知るために、それらの組織・構造的な指標と力学的性質を調べるとともに、オビスギ品種材の力学的性質への組織・構造的な指標の関与の仕方を解明する。

2 実験材料および方法

2・1 供試材

宮崎県北郷町に設定された「オビスギ品種別展示林」（17品種、33年生）に生育するスギ人工造林木を供試木とした。オビスギ15品種のほかに、対照スギ品種として

† 原稿受理 平成14年7月10日 Received July 10, 2002

* 正 会 員 宮崎大学農学部森林科学講座 〒889-2192 宮崎市学園木花台西, Dept. of Forest Sci., Miyazaki Univ., Cakuen Kibanadai Nishi, Miyazaki, 889-2192

ヤブクグリとクモトオシの2品種、計17品種の林木を用いた。これらは同一林分内、同一樹齢、しかも同一環境条件のもとで、正常な生育をしたものである。この林分で毎木調査を行い、品種ごとに標準的な成長をした林木を、供試木として1品種につき2～3本を選び出した。供試木を伐倒したのち、各試験木の地上高1.2mの部位から幹軸上方に長さ60cmの丸太材と、地上高1.8mの部位から上方に長さ20cmの円板、さらに地上高2mの部位から上方に長さ2mの丸太材を切り出した。これらの円板と丸太材は、それぞれ静的縦圧縮試験、組織・構造指標の測定、そして動的縦ヤング率の測定に供された。

2・2 組織・構造的な材質指標の測定

上述の組織・構造指標測定用の円板を、さらに2個の円板に分割した。これらの円板のうち1個は容積密度数の測定に、残りは早・晩材部の仮道管二次壁中層(S₂層)のマイクロフィブリル傾角、そして晩材部仮道管長さの測定に用いた。

容積密度数測定用の円板から、髄を中心として両側に、髄から木部最外層に至る放射方向へ連続して木材小片を採取した。これらの木材小片に、メタノールによる抽出および水での煮沸処理をほどこして、容積密度数に与える木材抽出成分の影響を取り除いた。また、木材小片の容積を水置換法で測定し、さらにその値の全乾重量に対する比から容積密度数を算出した。

早・晩材部仮道管S₂層マイクロフィブリル傾角および晩材部仮道管長さの測定では、円板の髄から木部最外層に至る放射方向の各部位から試料を切り出し、仮道管長さは解繊処理後、そして仮道管S₂層マイクロフィブリル傾角はヨウ素法によって、それぞれの値を求めた。

2・3 力学試験

動的縦ヤング率は、上述の丸太材(地上高2m～4m部位、長さ2m)を5ヶ月間の天然乾燥後、FFTアナライザーを用いた打撃法によって測定した。また、縦圧縮

試験のために、試料として前述の丸太材(地上高1.2m～1.8m部位、長さ60cm)を用い、組織・構造指標を測定するための試料の採取位置に対応させて、髄から木部の両最外層に至る放射方向の各部位から2方まき目面の角棒を作製した。この角棒1本から、5～6個の縦圧縮試験片(放射方向:接線方向:繊維方向=2×2×8cm)を連続して採取した。

縦圧縮試験では、オルセン型強度試験機を使い、変形速度0.5mm/minで、気乾材試験片の繊維方向へ平行に荷重を加えた。また、ひずみ測定には、ストレングージを用いた。なお、縦圧縮試験は気乾状態ですべて温度20℃、相対湿度65%の恒温・恒湿室で行った。

3 結果と考察

3・1 オビスギ品種材の組織・構造的な特徴

オビスギ15品種材と対照品種のクモトオシ材およびヤブクグリ材の各種材質指標一覧を、Table Iに示す。Table I中、未成熟材部とは仮道管長さを基準にしてその長さがほぼ一定となるまでの形成層齢、すなわち髄から放射方向に9年輪目まで、一方、成熟材部とは10年輪目から木部最外層に至るまでの部位を示す。そこで、まず成熟材部での組織・構造的な指標値を比べると、Table Iに示すように、各品種間で明らかに差異が認められた。すなわち、容積密度数をみると、チリメンドサ材、エダナガ材、ゲンベエ材、対照品種のクモトオシ材で大きな値を示した。他方、トサアカ材、クロ材、カラツキ材、対照品種のヤブクグリ材では、容積密度数が小さかった。つぎに、S₂層マイクロフィブリル傾角をみると、チリメンドサ材とハアラ材ではその値が小さく、ヒダリマキ材、オビアカ材、クロ材、タノアカ材では大きかった。さらに、晩材仮道管長さは、ミゾロギ材、そして対照品種のヤブクグリ材とクモトオシ材で長く、他方ゲンベエ材、オビアカ材、ヒダリマキ材で短かった。

未成熟材部の組織・構造的な指標値においても、

Table I. Wood properties of Obi-sugi cultivars.

Cultivars name	DBH (cm)	Ed (GPa)	Mature wood						Juvenile wood						
			CS (MPa)	Es (GPa)	W (kg×cm/cm ²)	R (kg/m ³)	TL (mm)	MFA(degree)		CS (MPa)	Es (GPa)	R (kg/m ³)	TL (mm)	MFA(degree)	
								E	L					E	L
Chirimendosa	18.6	9.92	44.3	13.0	111	356	2.98	12.5	9.7	31.4	5.94	297	2.21	21.6	16.9
Haara	22.5	9.09	35.1	11.2	62	328	3.08	9.9	9.7	26.1	4.19	318	2.19	22.3	20.9
Ganbe	21.5	8.38	36.5	10.3	106	335	2.53	18.1	14.2	28.1	3.92	342	2.14	27.6	22.6
Tanoaka	28.0	8.78	32.6	9.8	73	328	3.15	15.6	14.9	25.2	3.75	324	2.14	25.7	23.6
Edanaga	25.1	9.45	31.4	8.6	106	338	3.11	17.7	12.6	30.3	6.12	331	2.34	22.5	19.5
Mizorogi	25.3	7.68	29.1	8.3	75	304	3.35	18.7	11.1	27.5	4.47	312	2.24	24.4	19.9
Garin	27.1	7.23	31.9	8.3	99	296	2.88	20.4	13.5	27.9	5.10	313	2.21	25.1	22.0
Obiaka	23.8	6.99	29.4	7.9	99	320	2.73	21.7	15.8	26.0	4.15	306	2.08	27.6	23.1
Arakawa	22.3	6.92	30.9	7.7	98	298	2.98	18.3	13.8	28.3	4.64	327	2.33	25.1	21.1
Tosaguro	25.5	7.65	29.0	7.6	113	310	3.22	18.7	14.7	31.0	5.15	335	2.39	25.2	22.9
Hiki	26.6	8.02	30.1	7.6	92	308	2.87	18.5	11.9	29.1	4.41	340	1.97	24.5	21.2
Hidarimaki	25.7	7.37	28.7	7.3	101	299	2.79	20.1	17.4	26.6	3.64	332	2.07	24.7	22.3
Karatsuki	23.6	7.10	25.3	7.0	94	292	2.80	17.2	13.3	25.7	4.17	321	2.07	25.4	22.1
Tosaka	26.8	6.92	26.7	6.7	107	285	2.93	18.8	13.8	25.5	3.78	341	2.18	26.1	21.2
Kuro	29.1	6.94	28.0	6.6	127	291	3.06	18.0	15.0	28.9	4.81	321	2.12	25.7	22.7
Kumotoshi	24.4	9.64	33.3	9.7	83	345	3.39	13.2	11.2	30.6	5.50	318	2.36	20.9	19.3
Yabukuguri	29.0	8.13	29.0	9.3	73	283	3.44	15.8	10.3	28.8	5.47	337	2.13	25.7	21.5

DBH: diameter at 1.2m above ground, Ed: dynamic modulus of elasticity of logs, CS: compressive strength, Es: static modulus of elasticity,

W: work to maximum stress per unit area, R: basic density, TL: latewood tracheid length, MFA: microfibril angle of S₂ layer in secondary wall in tracheid, L: latewood, E: earlywood

Note: The order of cultivars name is decided according to Es ranking. Kumotoshi and Yabukuguri are not cultivars in Obi-sugi.

Table I に示すように、品種ごとの特徴が認められた。しかし、容積密度数については、成熟材部と未成熟材部の値に著しい差異が認められたチリメンドサ材を除いて、品種による違いが成熟材部ほど顕著ではなかった。この要因として、オビスギ材では、品種にかかわらず、未成熟材部に偽年輪が多く含まれるために、容積密度数が比較的高くなることが推定された。また、 S_2 層マイクロフィブリル傾角の値をみると、チリメンドサ材、エダナガ材、対照品種のクモトオシ材ではその値が小さく、タノアカ材やオビアカ材では大きかった。このように、オビスギ群の代表的なアカ系統と呼ばれている品種で、 S_2 層マイクロフィブリル傾角が大きな値を示す傾向がみられた。

3・2 オビスギ品種材の力学的性質

オビスギ 15 品種材ならびに対照品種のクモトオシ材とヤブクグリ材の各種力学的指標を、Table I に縦圧縮ヤング率の大きい順に示している。前述のオビスギ 15 品種材成熟材での組織・構造的な特徴と同様に、オビスギ材の成熟材部での力学的な指標値も、各品種間で明瞭な違いが認められた。とくに、縦圧縮ヤング率を例にあげると、最大値 (13.0GPa) を示したチリメンドサ材と最小値 (6.6GPa) を示したクロ材との間には、約 2 倍の開きがあった。Table I 中、上位 3 品種材の縦圧縮ヤング率は、10 GPa の値を超えている。とりわけ、チリメンドサ材は、オビスギ 15 品種中、縦圧縮ヤング率、縦圧縮強さおよび動的縦ヤング率が最も大きな値を示した。しかし、その肥大成長速度は極めて遅かった。宮崎県南部地方で多く生産されているオビアカ材は、15 品種中、中程度の値の縦圧縮ヤング率であり、オビアカと同じアカ系統に分類されるタノアカ材は比較的高い値を示した。また、縦圧縮強さにおいても、オビスギ 15 品種全体で縦圧縮ヤング率と縦圧縮強さとの間には高い相関関係が認められ ($r=0.92$)、縦圧縮ヤング率の大きな品種材は縦圧縮強さも大きかった。縦圧縮ヤング率が最小値を示したクロ材では、オビスギ 15 品種のなかで、仕事量が最も大きかった。対照 2 品種材に比べると、オビスギ品種は仕事量が大きい傾向にあった。

つぎに、オビスギ 15 品種材の未成熟材部での力学的指標値 (Table I) をみると、エダナガ材とチリメンドサ材の未成熟材部の縦圧縮ヤング率は 6.1GPa と 5.9GPa の値を示し、これはクロ材の成熟材部の縦圧縮ヤング率 (6.6GPa) に近い値であった。その一方で、ゲンベエ材、タノアカ材は成熟材部での縦圧縮ヤング率の順位が上位に位置づけられていたにもかかわらず、未成熟材部ではその順位が下位になった。とくに、タノアカ材については、成熟材部 (9.8GPa) と未成熟材部 (3.8GPa) の縦圧縮ヤング率の差が大きく開いた。このように、未成熟材部では、成熟材部とは異なる品種特性が認められた。

そこで、タノアカ材、エダナガ材およびチリメンドサ材の縦圧縮ヤング率について、髄から木部最外層に至る放射方向での変動パターンを、髄からの距離との関係で Fig. 1 に示す。タノアカ材は、未成熟材部の値が著しく小さいものの肥大成長が速いために、早い時期に縦圧縮

ヤング率が急激に増大し、安定した品質の成熟材部を多く形成する。未成熟材部の縦圧縮ヤング率が大きなエダナガ材は、未成熟材部から成熟材部へと緩やかに縦圧縮ヤング率が増大する。また、チリメンドサ材では、縦圧縮ヤング率が髄から木部最外層に至る放射方向で急激に増大する。チリメンドサ材の縦圧縮ヤング率は、未成熟材部、成熟材部ともに極めて高いものの、肥大成長速度が小さく、品質の安定した成熟材部が著しく少ない。なお、縦圧縮強さの放射方向における変動パターンにも縦圧縮ヤング率と同じような傾向が認められた。したがって、オビスギ 15 品種材の縦圧縮ヤング率および縦圧縮強さの放射方向変動パターンをつぎの 3 つのタイプに分類することができた。すなわち、1) 未成熟材部の縦圧縮ヤング率と縦圧縮強さが、成熟材部に向かうにつれて急激に増大するタイプ (チリメンドサ、ハアラ、ゲンベエ、タノアカ)、2) 縦圧縮ヤング率と縦圧縮強さが、髄から木部最外層に至る放射方向でゆるやかに増大するタイプ (ミゾロギ、ガリン、オビアカ、アラカワ、ヒキ、ヒダリマキ、カラツキ、トサアカ)、そして 3) 縦圧縮ヤング率と縦圧縮強さが成熟材部と未成熟材部との間で、顕著な違いがみられないタイプ (エダナガ、トサグロ、クロ) である。これらのさまざまな材質変動パターンをふまえ、オビスギ材の品種特性を勘案することによって、それらの用途をさぐるが必要かもしれない。

ところで、オビスギ 15 品種材と対照 2 品種材を総合的にみると、丸太の動的縦ヤング率と成熟材部の縦圧縮ヤング率との間には、高い相関関係 ($r=0.83$) が認められ

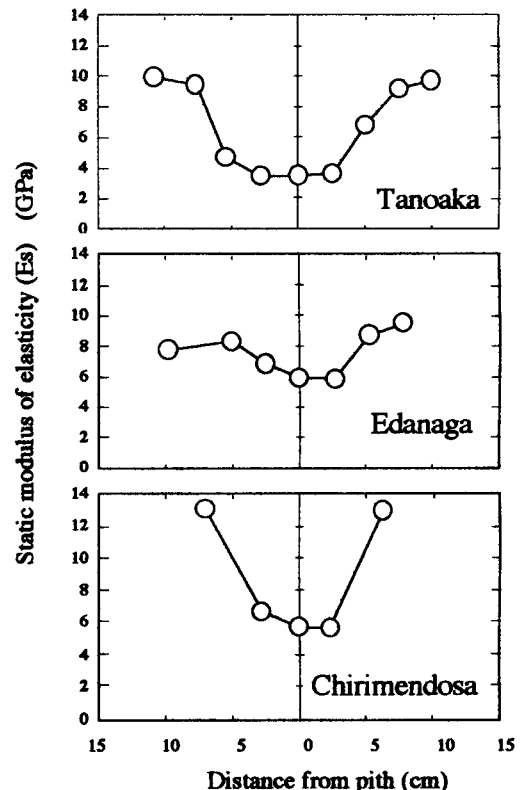


Fig. 1. Radial variation of static modulus of elasticity (Es) of Obi-sugi woods from pith to bark.

た。さらに、髓を中心に両側に、髓から木部最外層に至る放射方向の各部位における未成熟材部と成熟材部すべての試験片について、縦圧縮ヤング率の平均値を求め、この平均値と丸太の動的縦ヤング率との関係を調べた。すると、より密接な相関関係 ($r=0.89$) が得られた。これらのことから、丸太の動的縦ヤング率は、未成熟材部と成熟材部を含む丸太の平均的な剛性を示す力学的指標であると考えられた。たとえば、Table I からわかるように、エダナガ材では、成熟材部の縦圧縮ヤング率がそれほど大きな値ではなかったにもかかわらず、丸太の動的縦ヤング率が極めて大きな値を示した。これは、エダナガ材の未成熟材部の縦圧縮ヤング率が大きかったことに起因している。

3.3 力学的性質への組織・構造的指標の影響

オビスギ品種の成熟材部では、容積密度数が縦圧縮ヤング率と縦圧縮強さの両者と高い相関関係 (1%水準 ($p < 0.01$)) にあり、極めて重要な材質指標であった。さらに、早・晩材部の S_2 層マイクロフィブリル傾角は、縦圧縮ヤング率との間 ($p < 0.01$) そして縦圧縮強さとの間 ($p < 0.05$) に、密接な関係が認められた。その一方で、晩材部仮道管長さは、いずれの力学的指標とも密接な関係が認められなかった。

オビスギ品種成熟材部の縦圧縮ヤング率への容積密度数と仮道管 S_2 層マイクロフィブリル傾角の影響を、Fig. 2 と Fig. 3 にそれぞれ示す。縦圧縮ヤング率に与えるそれら2つの指標の関与のしかたには、品種によって興味深い特徴が認められた。すなわち、大きな容積密度数と小さなマイクロフィブリル傾角を備えたチリメンドサ材は、2つの指標の相乗効果が現れたためか、最も大きな縦圧縮ヤング率の値を示した。これと類似した傾向を示したのが、対照品種のクモトオシ材であった。ハアラ材は、容積密度数はそれほど大きくないが、 S_2 層マイクロフィブリル傾角が小さいために、縦圧縮ヤング率が増大した。容積密度数が著しく小さなヤブクグリ材 (対照品種) も、小さな S_2 層マイクロフィブリル傾角をもつために、比較的

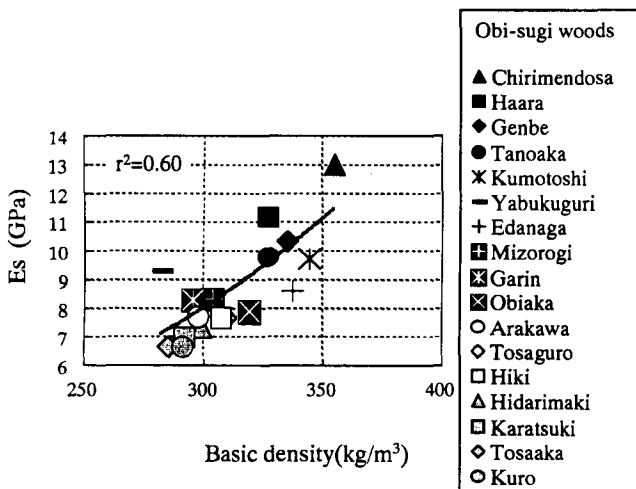


Fig. 2. Relationship between Es and Basic density for Obi-sugi mature wood.

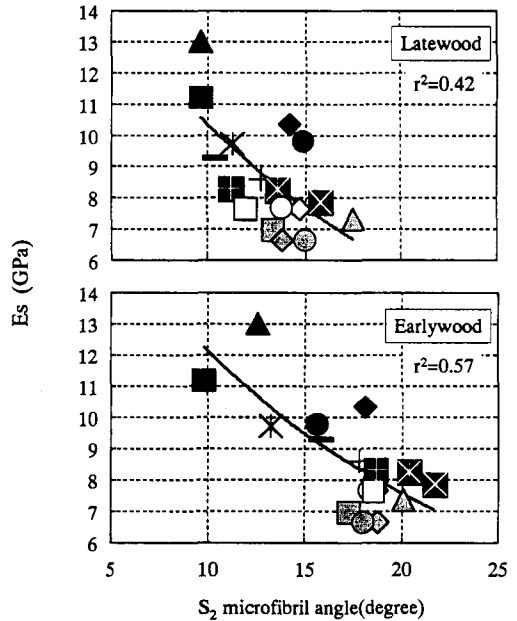


Fig. 3. Relationship between Es and S_2 microfibril angle for Obi-sugi mature wood.

Notes : Symbols are the same as Fig. 2.

きな縦圧縮ヤング率の値を示した。また、ゲンベエ材とタノアカ材は、 S_2 層マイクロフィブリル傾角は小さくはないが、容積密度数が大きいために、縦圧縮ヤング率の値も大きかった。オビスギ群の代表的な品種であるオビアカ材は、大きな S_2 層マイクロフィブリル傾角をもっているが、容積密度数がそれほど小さくないので、15品種中、中程度の縦圧縮ヤング率の値を示した。

その一方で、小さな容積密度数と大きな S_2 層マイクロフィブリル傾角をもつクロ材、トサアカ材、ヒダリマキ材などは、縦圧縮ヤング率の値が著しく低かった。また、カラツキ材は、 S_2 層マイクロフィブリル傾角の値はそれほど大きくないが、容積密度数が小さいために、縦圧縮ヤング率の値もかなり小さかった。これらの結果から、オビスギ品種の縦圧縮ヤング率は、容積密度数が大きいか、もしくはマイクロフィブリル傾角が小さいとき増大し、さらに両者を兼ね備えたときにその値が著しく増大することが明らかになった。このような傾向は、屋久島スギ材についての報告¹⁾においても同様に認められた。

他方、未成熟材部では、成熟材部と異なる結果が得られた。すなわち、容積密度数は、未成熟材部の縦圧縮ヤング率および縦圧縮強さとの間に密接な関係が認められなかった。その一方で、 S_2 層マイクロフィブリル傾角は、縦圧縮強さとの間 ($p < 0.05$) そして縦圧縮ヤング率との間 ($p < 0.01$) に相関関係が認められた。オビスギ品種未成熟材部の縦圧縮ヤング率への S_2 層マイクロフィブリル傾角の影響を Fig. 4 に示す。エダナガ材、チリメンドサ材および対照品種のクモトオシ材では、Fig. 4 に示すように、 S_2 層マイクロフィブリル傾角が小さいために、未成熟材部の縦圧縮ヤング率が大きな値を示した。その一方で、タノアカ材、オビアカ材およびトサアカ材のアカ系統では、 S_2 層マイクロフィブリル傾角が大きいために縦圧縮ヤ

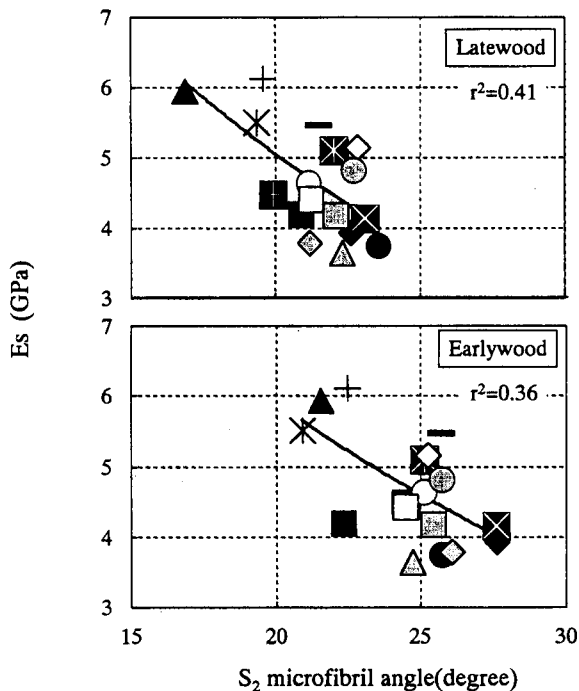


Fig. 4. Relationship between E_s and S_2 microfibril angle for Obi-sugi juvenile wood.

Notes : Symbols are the same as Fig. 2.

ング率が小さな値となった。

以上のことがらを勘案して、オビスギ 15 品種の成熟材部の材質、とくに縦圧縮ヤング率、縦圧縮強さ、容積密度数そして S_2 層マイクロフィブリル傾角を取りあげてタイプ分けを行ったところ、つぎの 4 つのタイプに分けることができた。すなわち、1) 容積密度数が大きく、しかもマイクロフィブリル傾角が小さいために、縦圧縮ヤング率ならびに縦圧縮強さともに大きなタイプ (チリメンドサ、ハアラ)、2) マイクロフィブリル傾角は 1) のタイプほど小さくはないが、容積密度数が大きいために、縦圧縮ヤング率および縦圧縮強さが比較的大きなタイプ (ゲンベエ、エダナガ、タノアカ)、3) マイクロフィブリル傾角が大きいものの、容積密度数が 4) のタイプほど小さくないために、縦圧縮ヤング率と縦圧縮強さが 1)、2) と 4) との中間的な値を示すタイプ (ミゾログ、ガリン、オビアカ、アラカワ、トサグロ、ヒキ)、4) 容積密度数が小さく、しかもマイクロフィブリル傾角が大きいために、縦圧縮ヤング率および縦圧縮強さともに小さなタイプ (ヒダリマキ、カラツキ、トサアカ、クロ) である。なお、これらのオビスギ 15 品種材の材質タイプ分けを未成熟材部で試みたところ、明確な傾向をとらえることはできなかった。

4 結 論

この研究では、オビスギ 15 品種および対照 2 品種について、その力学的性質と組織・構造指標を調べるとともに、組織・構造指標が力学的性質に与える影響を明らかにした。そこで、得られた結果を要約すると、つぎのとおりである。

(1) オビスギ 15 品種の成熟材部および未成熟材部とともに、組織・構造的な指標のうち、とくに容積密度数と仮道管二次壁中層 (S_2 層) マイクロフィブリル傾角において、各品種間で明らかな差異が認められた。

(2) オビスギ 15 品種材の力学的性質は、成熟材部ならびに未成熟材部において、各品種間で特徴的な違いがみられた。たとえば、オビスギ品種成熟材部の縦圧縮ヤング率は、最大値 (13.0GPa) と最小値 (6.6GPa) の間に、約 2 倍の開きがあった。

(3) 各品種材の縦圧縮ヤング率について、髄から木部最外層に至る放射方向での変動を調べると、品種ごとに特徴あるパターンが認められ、オビスギ品種の用途を考慮する際の目安となることが示唆された。

(4) オビスギ品種材の縦圧縮ヤング率と、容積密度数および S_2 層マイクロフィブリル傾角の間には、密接な関係が存在した。つまり、容積密度数が大きいとき、 S_2 層マイクロフィブリル傾角が小さいとき、縦圧縮ヤング率は増大し、さらに両者を兼ね備えたときにその値が著しく増大した。とりわけ、 S_2 層マイクロフィブリル傾角は、未成熟材ならびに成熟材において極めて重要な指標であり、力学的性質への影響が大きかった。

(5) オビスギ 15 品種の成熟材部の材質、とくに縦圧縮ヤング率、縦圧縮強さ、容積密度数、そして S_2 層マイクロフィブリル傾角を取りあげてタイプ分けを行ったところ、4 つのタイプに大別することができた。ただ、これらのタイプ分けは、未成熟材部ではできなかった。

参 考 文 献

- 1) 雉子谷佳男, 北原龍士, 佐々木幸久, 小野田勝, 材料, **50**, 391 (2001).
- 2) 小田久人, 日本林学会九州支部研究論文集, **48**, 191 (1995).
- 3) 大塚 誠, 中村徳孫, 日本林学会九州支部研究論文集, **42**, 265 (1989).
- 4) 永富一之, 吉田勝彦, 番匠谷薫, 村瀬安英, 木材工業, **47**, 70 (1992).
- 5) 山下香菜, 平川泰彦, 藤澤義武, 中田了五, 木材学会誌, **46**, 510 (2000).