

Statistical Analysis on Variation in Modulus of Elasticity in Bending within Pieces of Small Lumber from Young Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don)

又木, 義博

松本, 治郎

<https://doi.org/10.15017/10830>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 57, pp.229-243, 1987-03-30. Research Institution of University Forests, Faculty of Agriculture, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :



スギ若齢木からの平割材における曲げ弾性係数の 材内分布に関する統計的解析

又 木 義 博・松 本 治 郎

Statistical Analysis on Variation in Modulus of Elasticity
in Bending within Pieces of Small Lumber
from Young Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don)

Yoshihiro MATAKI and Jiro MATSUMOTO

要 旨

九州大学粕屋演習林産の20年生および30年生若齢スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don, 品種: アヤスギ)の樹幹各部位から挽かれ, 断面 25×50 , 35×50 と $45 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$, 長さ 3.2 m の生状態ならびにそれらを気乾状態にした実大寸法の平割材について, その材長方向にわたる曲げ弾性係数 (MOE) 分布を部分測定スパン 20 cm , 測点間隔 10 cm の部分中間たわみ測定法によって求めた. ならびに, MOE に直接関与する力学的指標としての断面二次モーメントについて, 各部分測定スパン内の全断面に対する節などの欠点部の比, すなわち欠点断面二次モーメント率 (ROI) の材長方向分布を求めた.

そして, それらの MOE と ROI の材長方向分布を統計処理し, それぞれの標準偏差 (SD_E, SD_I), および変動係数 (CV_E, CV_I) を求め, 樹幹各部位から木取られた実大寸法の平割材の諸条件下における曲げ弾性係数の材長方向分布について検討した.

研究結果を要約するとつぎの通りである.

(1) 樹幹半径方向中央部(髄側)からの材では, MOE は材長方向に低い値で分布し, ROI が材長方向に比較的均等に分布するために SD_E および CV_E は小さい. 一方, 樹幹半径方向外周部(樹皮側)からの材では, MOE は高い値で材長方向に分布し, ROI が材長方向に不連続的に分布して SD_E および CV_E は大きい.

(2) 一番玉丸太の外周部からの材の根元寄りにおいて MOE が ROI の大小にかかわらず必ず低い値をとる. それ以外では欠点断面二次モーメント率 (ROI) の材長方向分布に対応して, MOE が変動する.

(3) とくに, 大きな節やあて材部での著大な ROI 値に対応して, 材長方向の同一部位で MOE の異常に激しい低減が認められる.

(4) 実用場面でも起こりうる生状態から気乾状態 (ここでは含水率 14%) への移行によって, 多くの場合に SD_E, CV_E とも増大する.

(5) 構造設計上の現場施工における材の取付け型式として, 断面に対する荷重方向が flatwise (長幅荷重: ここでは板目面荷重) と edgewise (短幅荷重: ここでは柁目面荷重) とでは, 後者の方が一概に SD_E, CV_E とも大きいことが認められる.

1. 緒 言

日本国内の主要な産地からのスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) の材質に対し多く検討が加えられ、製材用原木としてのスギ造林木の品質に関して一連の研究が既に行われている。とくに、樹幹各部位における節の出現頻度、さらには製材木取りされた正角材における節出現などについて、保育形式との関連を明らかにしている (加納ら, 1966)。また、九州地方の在来6品種について、その生長量と各種材質指標との関連も明らかにされつつある (小野ら, 1985) (見尾ら, 1985)。

外国産主要針葉樹を含め、国産針葉樹からの有節製材の強度推定に関する研究 (畑山, 1984) において、節周辺における繊維走向の乱れと木材の弾性定数との基本的関連式を適用して、弾性定数の分布を解析して、有節材の弾性定数と強さが推定されている。

製材品の材長方向の曲げ剛性分布を求める部分中間たわみ測定法に関し、その適用を試み、測定条件の設定とその精度、分布の変動を基にした測定スパンの決定などについて検討されている (KASS, 1975)。すでに、その測定法を用いて、ヘムロック Dimension Lumber の材長方向に分布する部分たわみの極大値と曲げ強度との高い相関々係を求め、非破壊試験への適用が言及されている (CORDER, 1965)。

さて、間伐材などのスギ若齢木は樹幹内の材質変動が大きく、節が多く存在する。今後とも、それらから製材される平割材を根太、たる木などの構造部材、あるいは構造用集成材のラミナなどとして利用することが増えてきつつある。しかし、強度が低いうえに、実用場面における実寸法では、材間の差異のみならず材内の性質のむらがひどく、加工利用上の障害となっている。

この研究においては、20年生および30年生の九州産スギの樹幹各部位から木取られた実寸法の平割材について、それらを構造用部材として利用する際、重要な強度指標の一つである曲げ弾性係数、ならびに、それに係わる欠点断面二次モーメント率の両者の材長方向分布を求め、変動を定量的に解析した。そして、スギ若齢木からの平割材の製材木取りや強度設計に関する若干の基礎的資料を得た。

2. 研究 方 法

2.1. 供 試 材

九州大学農学部附属粕屋演習林産のスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) の20年生と30年生、品種アヤスギを計15本 (表1)、地際から約20 cmのところから伐採し、その直

表1 供試木 (スギ若齢木, 品種: アヤスギ)
Table 1 Sample trees (Young-growth Sugi; Cultivar AYASUGI)

樹 齢 Tree age (year old)	胸 高 直 径 D. B. H. (cm)	樹 高 Height of tree (m)	本 数 Number of sample trees
20	16-19	12-13	9
30	20-24	15-16	6

表2 スギ若齢木の樹幹各部位から木取られた供試平割材(断面 25×50, 35×50, 40 mm×50 mm : 材長 3.2 m)

Table 2 Lumber prepared for measuring both variations of MOE and ROI throughout length within their pieces

Notes; MOE; Modulus of elasticity in bending.

ROI; Ratio of cross-sectional moment of inertia of defect to that of entire section within each measuring span.

供試木 (樹齢)	平割材の木取り部位		平割材の性質 (樹幹の各部位ごとの平均値)			
	Position of lumber in stem		Average value of lumber's properties			
	樹高方向位置 (Height in tree (m))	半径方向位置 Pith side(H) Bark side(S)	気乾比重 Specific gravity in air dry	平均年輪幅 Average width of growth ring (mm)	含水率 Moisture content (%)	
Sample tree (Tree age)				生状態 (g) Green (g)	気乾状態 (d) Air dry (d)	
アヤスギ (20年生) AYASUGI (20-year-old)	1 番玉 B. 1	H	0.43	6 - 8	109	15.1
	(0.2-3.4)	S	0.37	3 - 6	176	14.2
	2 番玉 B. 2	H	0.42	6 - 8	97	14.8
	(3.4-6.6)	S	0.39	2 - 5	161	14.4
アヤスギ (30年生) AYASUGI (30-year-old)	3 番玉 B. 3	H	0.42	3 - 7	118	14.6
	(6.6-9.8)					
	1 番玉 B. 1	H	0.44	5 - 7	113	14.9
	(0.2-3.4)	S	0.42	3 - 7	152	14.5
アヤスギ (30年生) AYASUGI (30-year-old)	2 番玉 B. 2	H	0.45	5 - 8	89	14.1
	(3.4-6.6)	S	0.42	2 - 4	140	13.8
	3 番玉	H	0.44	4 - 8	95	14.4
	(6.6-9.8)	S	0.41	3 - 5	143	13.9
アヤスギ (30年生) AYASUGI (30-year-old)	4 番玉 B. 4	H	0.43	5 - 7	114	14.2
	(9.8-13.0)					

後にそれぞれ根元側から梢端側へ向けて 3.2 m の長さに玉切りした。

そして、1 から 4 番玉の丸太の半径方向の外周部 (S) からと中心部 (H) から、材長 3.2 m で断面寸法 25×50, 3.5×50 と 40 mm×50 mm の平割材を約 150 本製材木取りした。それらの平割材の樹齢、樹幹部位ごとの平均の気乾比重、平均年輪幅および試験時の含水率を調べた (表 2)。

2.2. 曲げ弾性係数 (MOE) と欠点断面二次モーメント率 (ROI) の測定とその変動の統計処理

2.2.1. 部分中間たわみ量測定による弾性係数 MOE の材長方向分布の算出

偶力負荷の均等モーメントによる部分中間たわみ測定装置を作製し、つぎのような手順で曲げ弾性係数の分布を求めた。

図 1 の 1-1 で、材両端 A, A' に材長方向に直角に長さ a のアームを取付ける。両アームの他端 B, B' に材長方向に平行に内側へ向けて水平力 F を作用させる。この偶力 F によって、A と A' にはモーメント $M_0 = a \cdot F$ が作用し、材長方向のすべての位置の断面に M_0 に等しい曲げモーメント M が与えられ、材は湾曲する。すなわち、

$$M = M_0 = a \cdot F \tag{1}$$

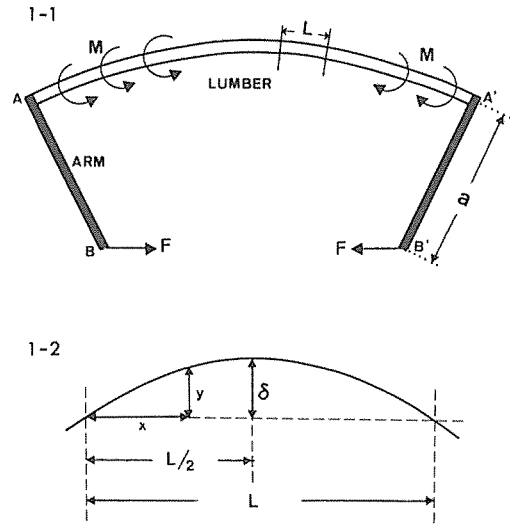


Fig. 1 Sketches of middle ordinate method for measuring MOE localized throughout the length of the piece of lumber subjected to uniform bending moment (M) exerted by a couple of forces (F) (1-1), and determination of a middle ordinate (δ) within a measuring span (L) (1-2).

図1 偶力 (F) による均等曲げモーメント (M) を受けた平割材の長さ方向の弾性係数分布を求める中間たわみ測定法 (1-1), およびその部分測定スパン (L) における中間たわみ (δ),

つぎに, このような状態の材の任意の部分測定スパン L をとって, その弾性曲線について考える. L の左端から水平方向の距離を x , その位置における材のたわみを y とすると (図1, 1-2), 曲げの基本式から,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M}{Eg \cdot I} \quad (2)$$

ここで, Eg は部分測定スパン L 内の部分弾性係数, I は L 部分の断面二次モーメントである.

(2) 式を積分して, 各境界条件について解くと,

$$y = -\frac{M}{Eg \cdot I} \left(\frac{x^2}{2} - \frac{l}{2} \cdot x \right) \quad (3)$$

これにおいて, 部分測定スパン L の中央のたわみ δ は,

$$\delta = \frac{M \cdot L^2}{8 \cdot Eg \cdot I} \quad (4)$$

この (4) 式を (1) 式に代入すると, δ を実験的に測定して部分弾性係数 Eg を算出する式は,

$$Eg = \frac{3 \cdot a \cdot F \cdot L^2}{2 \cdot \delta \cdot b \cdot h^2} \quad (5)$$

ここで, b は材幅, h は材厚である.

実験では, 部分測定スパン長を 20 cm, 測定間隔を 10 cm にとり, 1/100 mm 精度のダイ

ヤルゲージを取付けた測定治具で一連の部分中間たわみ δ を実測し、それらをコンピュータプログラミングした (7) 式に代入して平割材長さ方向の曲げ弾性係数 Eg すなわち MOE の分布を求めた。

なお、この測定における主要な精度条件である部分測定スパン L と偶力によるモーメント M の設定について、予備実験で検討して求めた適正条件をすべての実験に採用した。

2.2.2. 欠点断面二次モーメント率 ROI の材長方向分布測定

中立軸を平割材断面高さの中央とみなし、節などの欠点について各部分測定スパン内ごとの欠点断面二次モーメントを集計し、その断面全体に対する比を欠点断面二次モーメント率 ROI として、その材長方向分布を求めた。

2.2.3. MOE と ROI の材長方向分布の統計処理

以上の測定で求めた MOE および ROI の材長方向分布について、それらの変動の絶対量

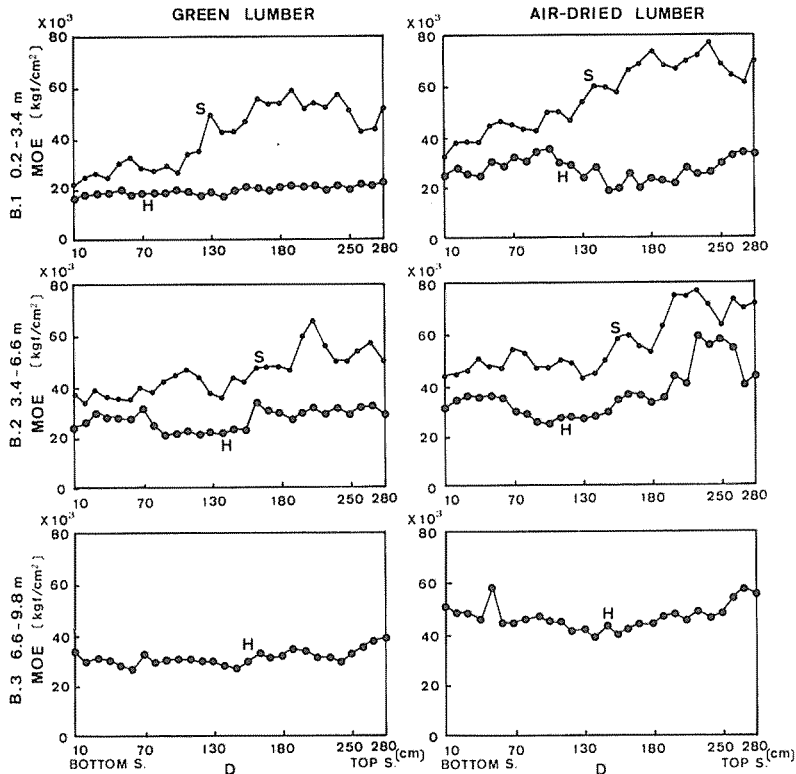


Fig. 2 Variations in MOE with distance from the bottom side to the top side (D) within each piece of green and air-dried lumbers from various positions of 20-year-old Sugi stem.

Notes; B. 1, B. 2, and B. 3; 0.2~3.4 m, 3.4~6.6 m, and 6.6~9.8 m in height in tree, respectively.

S, and H; Lumbers from bark-side part and pith-side part of stem, respectively.

図2 20年生スギ樹幹各部位から木取られた生状態および気乾状態の平割材における樹高方向根元側から梢端側への距離 (D) に対する弾性係数 (MOE) の変動

を表わす標準偏差 SD_E と SD_I , 相対的変動量を表わす変動係数 CV_E と CV_I を統計処理によって算出した。

3. 結果と考察

3.1. 樹幹木取り部位に関する基本的傾向

まず、平割材の曲げ弾性係数の材長方向分布とその変動をもっとも直接的に決定づける樹幹木取り部位について基本的関係を調べた。

図2と図3は典型的な例であるが、曲げ弾性係数 MOE の材長方向分布をみると、いずれの樹高位置においても樹幹半径方向中心部からの材 (H) では低い値で平坦である。これに対して、外周部からの材 (S) では高い値をとるが、分布の変動が激しく、とくに1番玉 (樹高位置 0.2~3.9 m の丸太) の根元寄りの部分で急に低くなる変動を示す。

一方、曲げ弾性係数 MOE の値を低減させる要因の力学的指標である欠点断面二次モーメント率 ROI は、図4のように、樹幹内の節の存在形態からして、樹幹半径方向の中心部

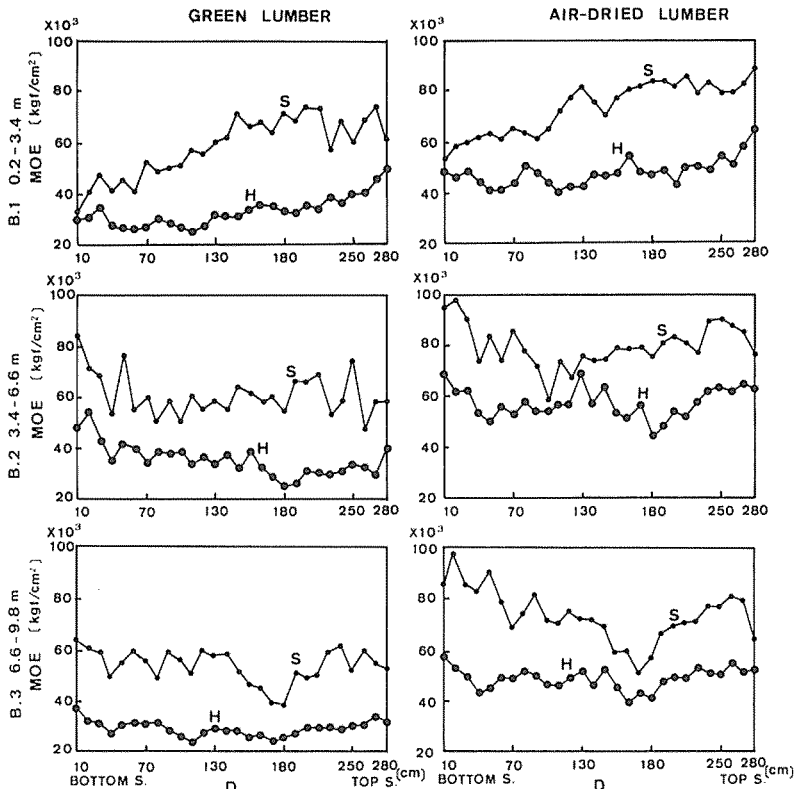


Fig. 3 Variation in localized MOE with D within each piece of green and air-dried lumbars from various positions of 30-year-old Sugi stem.

Notes; MOE, D , S, and H; The same symbols as shown in Table 2 and Fig. 2.

図3 30年生スギ樹幹各部位から木取られた生状態および気幹状態の平割材における樹高方向根元側から梢端側への距離 (D) に対する弾性係数 (MOE) の変動

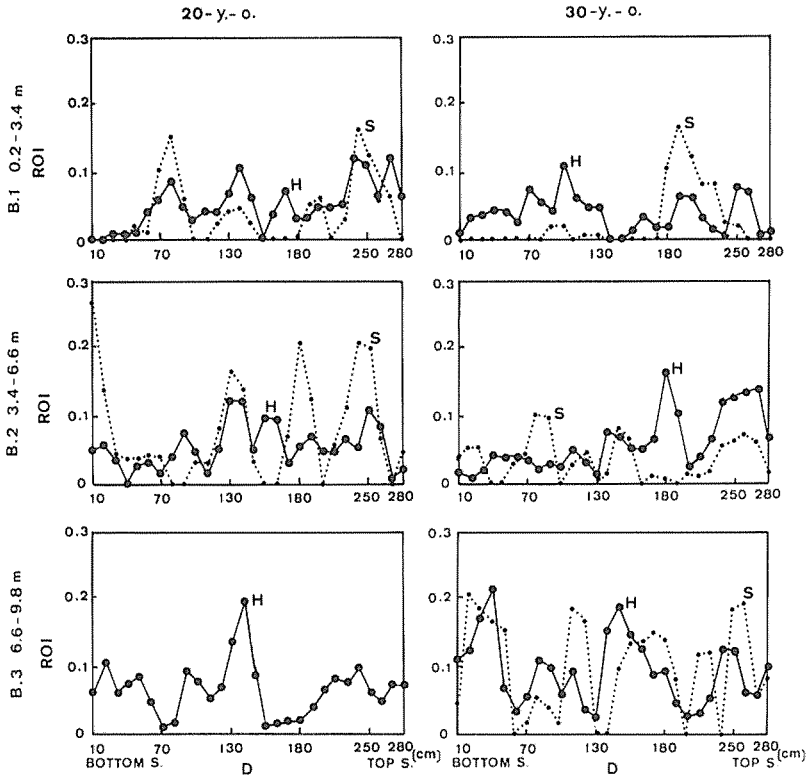


Fig. 4 Variation in localized ROI with D within each piece of lumbers from various positions of 20- and 30-year-old (y. o.) Sugi stems.

Notes; ROI, D, S, and H; The same symbols as shown in Table 2 and Fig. 2.

図4 20年生と30年生スギ樹幹各部位から木取られた平割材の樹高方向根元側から梢端側への距離(D)に伴う欠点断面二次モーメント率(ROI)の変動

からの材では長さ方向にわたってほぼ連続的に分布するが、外周部からの材では比較的断続的な分布をとる。

したがって、20年生と30年生若齢木の樹高位置根元より梢へ1, 2, 3, および4番玉において、それらの中心部(H)と外周部(S)の平割材について、MOEの材長方向分布の変動の絶対量である標準偏差 SD_E と変動の相対量を示す変動係数 CV_E の傾向をみると(図5)、 SD_E 、 CV_E ともに、いずれの樹高位置においても、樹幹中心部からの材(H)では小さく、外周部からの材(S)では大きい。とくに、樹高方向の根元に近い位置からの丸太での外周部材(S)ほどMOEの材長方向分布の変動は著しい。

3.2. 欠点の存在と曲げ弾性係数 MOE の材長方向分布との関係

スギ若齢木は小径であり、節が多く、とくに最近、利用を余儀なくされている枝打ち不良の間伐材などでは、大きな節やあて、製材の丸身などの出現が多くなっており、樹幹内の基本的材質変動とともに、それらの欠点、とくに節の存在が個々の材の材長方向の曲げ弾性係数むらに係わる重大な要因となっている。

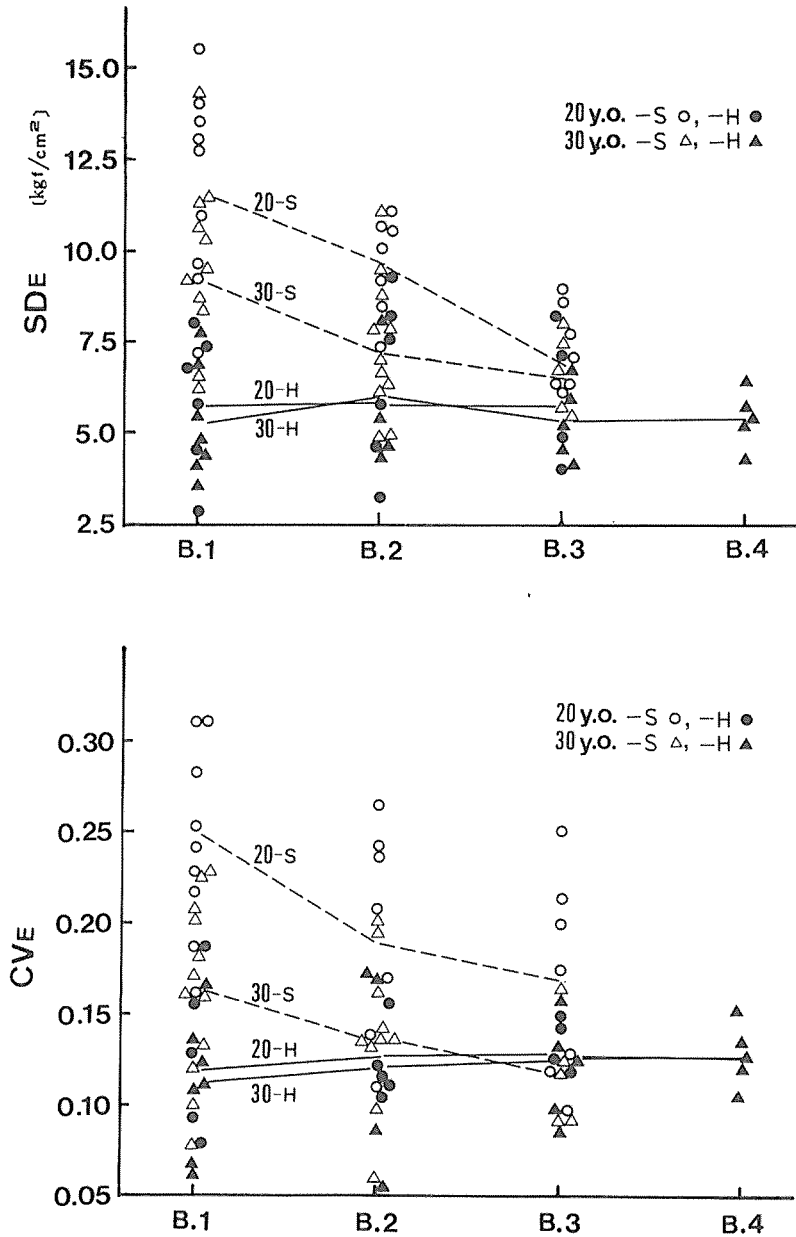


Fig. 5 Standard deviation (SD_E) and coefficient of variation (CV_E) of average of localized MOE in flatwise bending and edgewise one within each piece of lumbers from various positions of 20- and 30-year-old Sugi stems.

Notes; MOE, B.1, B.2, and B.3; The same symbols as shown in Table 2 and Fig. 2. Additionally B.4; 9.8-13.0 m in height in tree.

20-S, 30-S, 20-H, and 30-H; Lumbers from bark-side part (20-S, 30-S) and pith-side part (20-H, 30-H) of 20- and 30-year-old Sugi stems, respectively.

図5 20年生と30年生スギ樹幹各部位から木取られた平割材の長幅曲げ (f) と短幅曲げ (e) との平均 MOE 分布の標準偏差 (SD_E) と変動係数 (CV_E)

さて、図6に示すように、通常の欠点（主に節）が散在する平割材の長さ方向における欠点断面二次モーメント率ROIの分布と曲げ弾性係数MOEの分布を突き合わせて長さ方向にたどって比較してみると、ROIの山がMOEの谷、ROIの谷がMOEの山といった

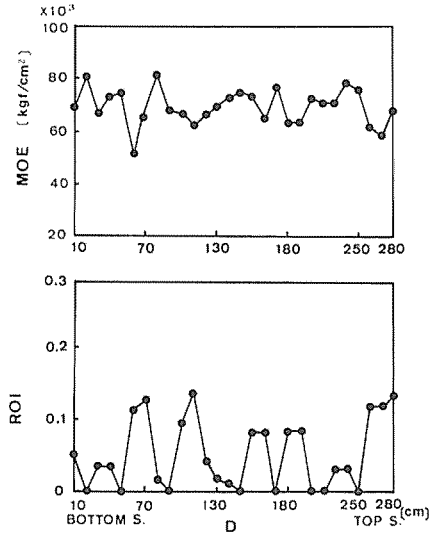


Fig. 6 Correspondence of variation in MOE to that in ROI throughout the length of the piece of lumber from 20-year-old Sugi stem.

Notes; MOE, ROI, and D; The same symbols as shown in Table 2 and Fig. 2.

図6 平割材の材長方向の根元側から梢端側への距離(D)に伴うMOEとROIの両変動の対応の一例

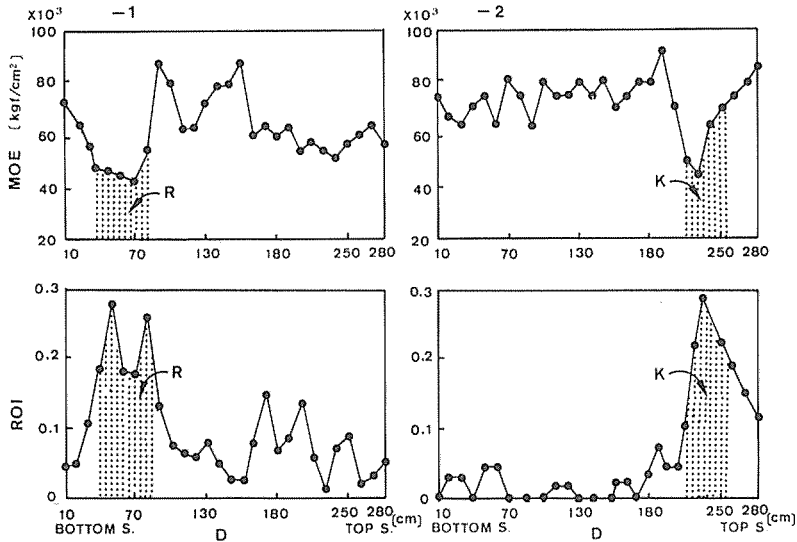


Fig. 7 Marked correspondence of variation in MOE to that in ROI throughout the length of each piece of lumbers having an excessive reaction-wood part (R) and large knot (K).

Notes; MOE, ROI, and D; The same symbols as shown in Table 2 and Fig. 2.

図7 局部的にひどいあて材部(R)および大きな節部(K)をもつ平割材におけるMOEとROIの材長方向変動の典型的な対応の例

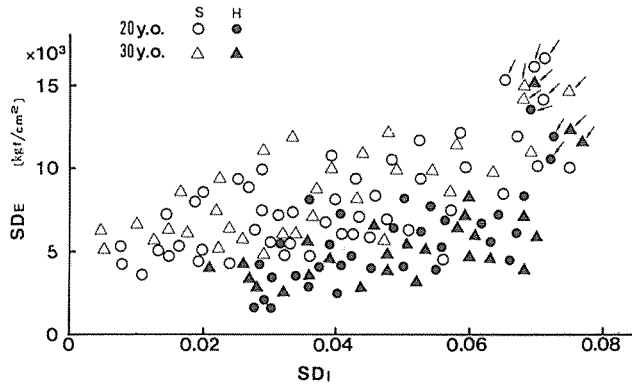


Fig. 8 Relation of standard deviation of average of localized MOE in flatwise bending and edgewise one (SD_E) to that of localized ROI (SD_I) throughout the length of each piece of lumbers from various positions of 20- and 30-year-old (y. o.) Sugi stems.

Notes; S and H; The same symbols as shown in Fig. 2.

Arrow sign; Lumbers having the excessive, large defect.

図8 20年生と30年生スギ樹幹各部位、とくに半径方向の外周側(S)と中心側(H)からの平割材における長幅面曲げ(f)と短幅面曲げ(e)との平均の材長方向ROIとMOEの両標準偏差(SD_E と SD_I)の関係

具合に、かなりの良い対応が認められる。

さらに、図7のように、とくにひどいあて材部や大きな節が集中して存在する平割材では、欠点断面二次モーメント率ROIが局部的に大きく変動し、材長方向のほぼそれと同一領域で曲げ弾性係数MOEが急落するといったように、ROIとMOEの材長方向分布の対応が顕著に認められる。

前述したが、一概に、樹幹半径方向中心部からの材(H)では、ROIが大きいにもかかわらず、比較的全長にわたって分布することから、MOEの変動が小さい。一方、外周部からの材(S)では、欠点が長さ方向に不連続的に現われることが多いこと、および1番玉丸太からの外周材(S)ではROIが非常に小さいにもかかわらず、根元寄りの部分でMOEが急に低減した分布をとることなどから、MOEの材長方向むらが比較的大きい(図2, 3および4)。以上を一括して図8に示す。

3.3. 断面に対する負荷方向による差異

木構造部などの部材の取付けとか、パネル枠材や集成材ラミナの配置、積層など、実用場面において重要である断面に対する負荷方向について検討を行なった。

曲げの負荷を長幅面(f)(主に板目面)と短幅面(e)(主に柁目面)にとる場合の個々の材の長さ方向に分布するMOEならびにROIを比較してみると、樹幹のいずれの部位からの平割材においても、ROIはほぼ同じ分布を示す。MOEは、短幅曲げ(e)の方が SD_E 、 CV_E ともに大きく、著しくむらのある分布を示す(図9, 10および11と12)。

3.4. 生状態から気乾状態へ至る変化

実際の根太やたる木などとしての平割材の利用では、高含水の生状態から比較的低含水の気乾状態に至る幅広い状態で利用される場合が多いことから、生から気乾になる結果、

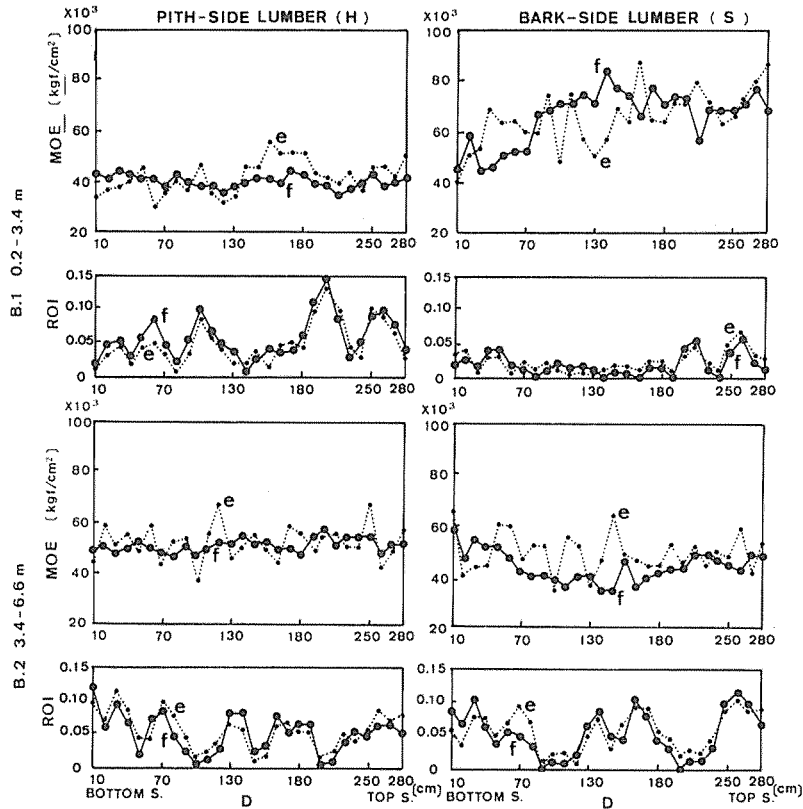


Fig. 9 Comparison of edgewise bending (e) with flatwise one (f) in MOE and ROI throughout the length of each piece of lumbers from various positions of 30-year-old Sugi stem.

Notes; D, S, and H; The same symbols as shown in Fig. 2.

図9 30年生スギ樹幹各部位から木取られた平割材におけるMOEとROIの材長方向分布に関する長幅面曲げ(f)と短幅面曲げ(e)との比較

曲げ弾性係数の材長方向分布とその変動量がどの程度変移するかを調べる必要がある。

高含水の生状態から約14~15%の気乾状態になると(表2), 平割材の曲げ弾性係数は当然大きくなる。そして, 図13に示すように, 生状態(g)に対する気乾状態(d)におけるMOE材長方向分布の標準偏差の比 SD_{Ed}/SD_{Eg} および変動係数の比 CV_{Ed}/CV_{Eg} は, ともに, いずれの樹高木取り位置においても, 樹幹半径方向中心部からの材(H)では1より相当大きい場合が多く, 外周部からの材(S)では一概に1よりやや大きい程度になる場合が多い。

4. 結 語

スギ若齢木の樹幹半径方向中央部からの平割材の曲げ弾性係数は低く, 欠点断面二次モーメント率が材長方向に連続的に比較的均等な分布をとるため, 曲げ弾性係数は平坦に分布する。一方, 外周部からの平割材では, 曲げ弾性係数は高く, 欠点断面二次モーメント

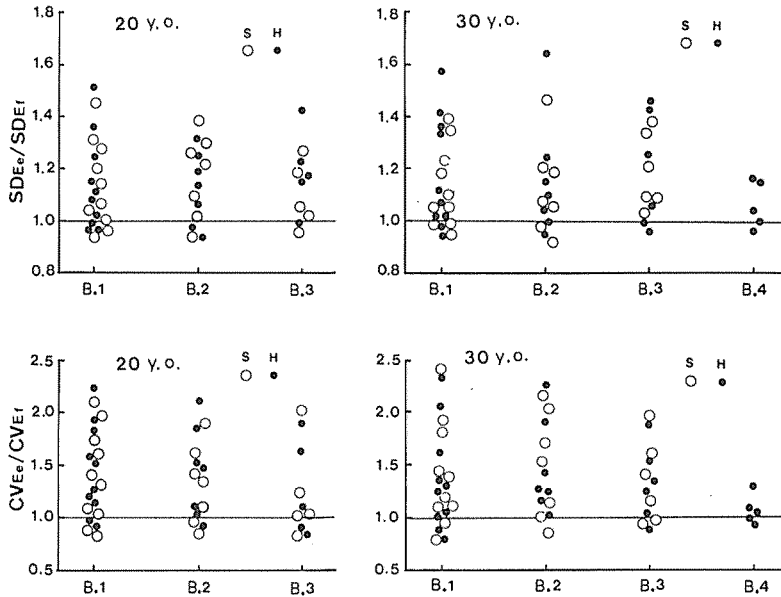


Fig. 10 Ratios of standard deviation and coefficient of variation of edgewise MOE to those of flatwise MOE (SD_{Ee}/SD_{Ef} and CV_{Ee}/CV_{Ef} , respectively) within each piece of lumbers from various positions of 20- and 30-year-old (y. o.) Sugi stems.

Notes; B. 1, B. 2, B. 3, B. 4, D, S, and H; The same symbols as shown in Fig. 2 and Fig. 5.

図10 20年生と30年生スギ樹幹各部位から木取られた平割材におけるMOEの材長方向変動の標準偏差(SD_E)と変動係数(CV_E)に関する長幅面曲げ(f)と短幅面曲げ(e)との比

ト率が材長方向に不連続的に分布するため、曲げ弾性係数の材長方向の変動は著しい。

つぎに、一番玉丸太の半径方向の外周部材における根元寄りの曲げ弾性係数が著しく低い部分を除いては、欠点断面二次モーメント率と曲げ弾性係数の材長方向分布はほぼ対応している。とくに、著しいあて材部や大きい節が材長方向に局部的に存在する場合の欠点断面二次モーメント率と曲げ弾性係数との対応は明確である。

さらに、実用上注目すべきことは、曲げ弾性係数の材長方向分布が生状態から気乾状態に至って変動を大きくし、また、平割材の断面に関する曲げの負荷が長幅面 (flatwise) より短幅面 (edgewise) の方が曲げ弾性係数は材長方向に比較的大きく変動することである。

引用文献

- CORDER, S. E. (1965): Localized Deflection Related to Bending Strength of Lumber, Proc. Nondistructive Testing of Wood. W. S. U.: 461~473
- 畑山穊男 (1984): 有節材の強度推定に関する研究. 林試研報 326: 69~167
- 加納 孟・枝松信之・蕪木自輔・斉藤久夫 (1966): 製材用原木としてのスギ造林木の品質 (第3報). 林試研報 185: 57~197
- KASS, A. J. (1975): Middle Ordinate Method Measures Stiffness Variation within Pieces of

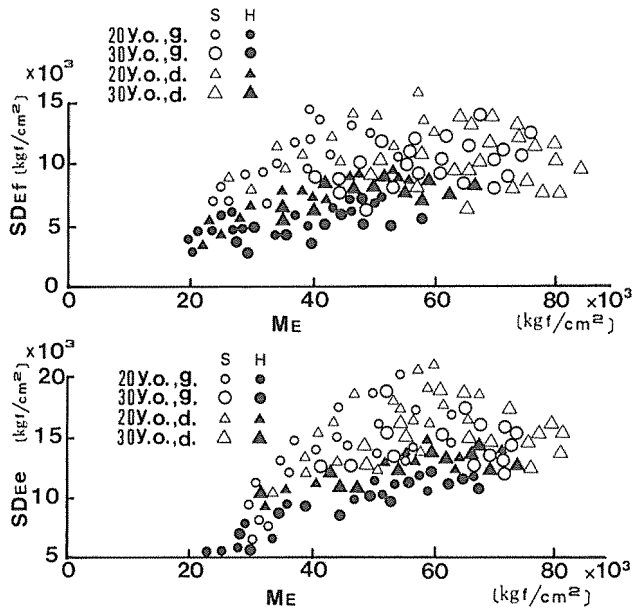


Fig. 11 Relations of standard deviations of flatwise MOE and edgewise one (SD_{Ef} and SD_{Ee} , respectively) to average MOE (M_E) within each piece of green (g) and air-dried (d) lumbers from various positions of 20- and 30-year-old (y. o.) Sugi stems.

Notes; MOE, S and H; The same symbols as shown in Table 2 and Fig. 2.

図 11 20年生と30年生スギ樹幹半径方向の外周側(S)と中心側(H)からの平割材における長幅面曲げ(f)と短幅面曲げ(e)の材長方向MOEの平均値(M_E)と標準偏差(SD_E)との関係

Lumber, F. P. J. 25 (3): 33~41

見尾貞治・松本 昴・堤 壽一 (1985): スギ品種の木材性質について, 九大演報 55: 187~199

小野和雄・石井利光 (1983): 日田スギ間伐材の品種別材質特性について, 日田林工高林産工学科研論

Summary

For each of 25 by 50, 30 by 50, and 45 mm by 50 mm green or air-dried lumbers 3.2 m long sawn from various positions of 20- and 30-year-old sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) logs which were grown in the Kasuya Forest of Kyushu University, the variation in localized modulus of elasticity in bending (MOE) along the length of the lumber was measured by a middle ordinate method using the gage length (the measuring span) of 20 cm at the intervals of 10 cm. In another measurement, the variation in localized ratios of cross-sectional moment of inertia of defect, mainly, knot to that of the entire cross section within each measuring span (ROI) was determined throughout the length of the lumber, regarding its magnitude as an important indicator relevant to the variation in the MOE localized within the piece of lumber.

Furthermore, the standard deviations, SD_E and SD_I , and the coefficients of variation, CV_E and CV_I , were calculated by the statistical analysis for both variations in MOE and ROI, respectively.

The following results were obtained;

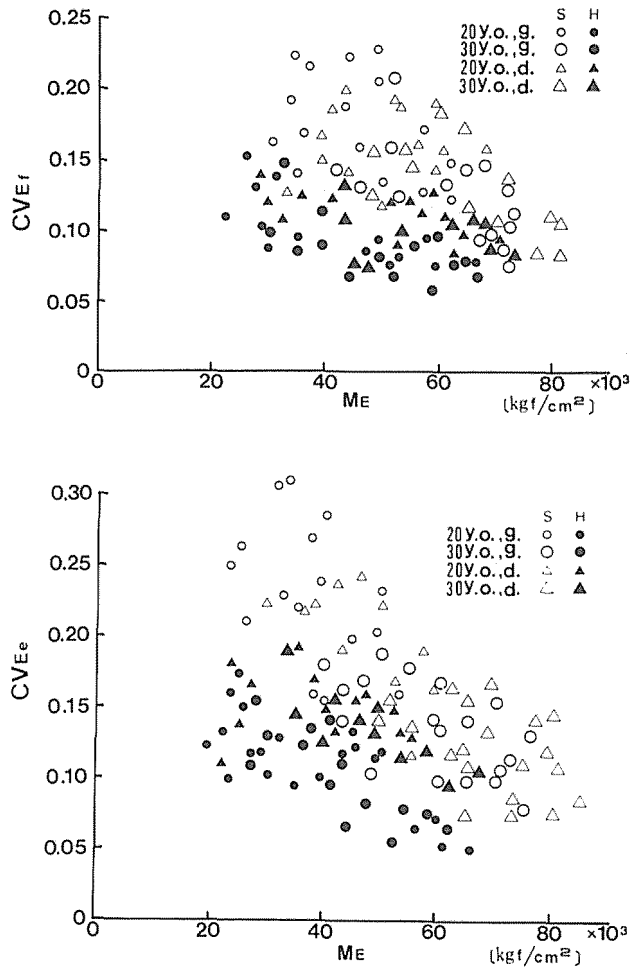


Fig. 12 Relations of coefficients of variation of flatwise MOE and edgewise one (CV_{Ef} and CV_{Ee} , respectively) to average MOE (M_E) within each piece of green (g) and air-dried (d) lumbers from various positions of 20- and 30-year-old (y. o.) Sugi stems.

Notes: MOE, S, and H: The same symbols as shown in Table 2 and Fig. 2.

図12 20年生と30年生スギ樹幹半径方向の外周側(S)と中心側(H)からの平割材における長幅面曲げ(f)と短幅面曲げ(e)の材長方向に分布するMOEの平均値(M_E)と標準偏差(SD_E)との関係

(1) For the lumbers from the central part (pith side) of log in the radial direction, the MOE varied at a low level throughout their lengths and both the SD_E and CV_E were small because of the uniform distribution of ROI, irrespective of presence of many knots. For the lumbers from outer part (bark side) of log in the radial direction, the MOE varied at a high level throughout their lengths and both the SD_E and CV_E were large because of the discrete distribution of ROI and a marked descent of MOE around the bottom of stem in the longitudinal direction, irrespective of presence of only a few knots.

(2) According to the variation in ROI within the piece of lumber, the MOE was distributed throughout the length, with the exception of the abrupt decrease in MOE within the piece of lumber from the bottom part of stem.

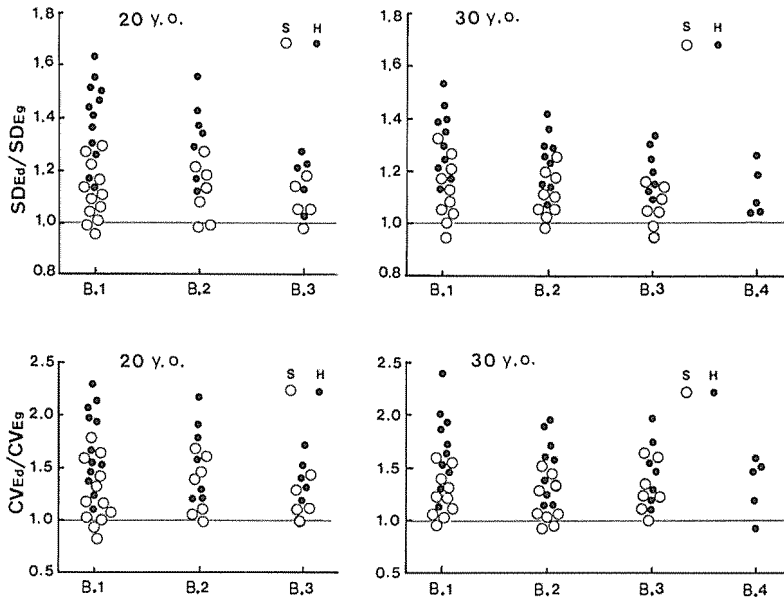


Fig. 13 Ratios of standard deviation and coefficient of variation of MOE for air-dried lumbars to those for green lumbars (SD_{Ed}/SD_{Eg} and CV_{Ed}/CV_{Eg} , respectively) from various positions of 20- and 30-year-old (y. o.) Sugi stems.

Notes: B. 1, B. 2, B. 3, B. 4, D, S, and H: The same symbols as shown in Fig. 2 and Fig. 5.

図 13 20 年生と 30 年生スギ樹幹各部位から木取られた平割材の MOE の材長方向変動の標準偏差 (SD_E) および変動係数 (CV_E) に関する生状態 (g) と気乾状態 (d) との比

(3) The infrequent, excessive enlargement of the localized ROI due to the presence of large knot and undue reaction wood reduced the MOE localized in the same zone to a very large extent.

(4) By air-drying green lumber to approximately 14% moisture content, both the SD_E and CV_E became explicitly larger for the lumbars from the central part (pith side) than for those from the outer part (bark side).

(5) In general, both the SD_E and CV_E were larger in the edgewise bending than in the flatwise one.