

スギ在来品種中径材の強度測定試験 (I)

— 応力波伝播速度法による立木の材質評価 —

杉山正典

目 次	
はじめに	21
1 試験の方法	22
1.1 供試立木	22
1.2 供試立木のヤング係数測定	22
1.3 供試原木	23
1.4 供試材	23
1.4.1 製材方法	23
1.4.2 乾燥と曲げ強度測定	23
2 結果と考察	24
2.1 立木のヤング係数	24
2.2 供試原木	24
2.2.1 供試原木の性状	24
2.2.2 供試原木のヤング係数	25
2.3 製材品	25
2.4 乾燥材	25
2.4.1 乾燥材の含水率・容積密度	25
2.4.2 ヤング係数MOE-L	25
2.4.3 ヤング係数の経時変化	26
2.4.4 曲げ強度	26
2.5 各因子間の相関関係	26
2.5.1 曲げ強度と各因子間の関係	26
2.5.2 節径比と曲げ強度の関係	27
2.5.3 元玉と2番玉の曲げ強度の関係	27
2.6 立木のヤング係数と各因子間の関係	28
2.6.1 立木のヤング係数と各種ヤング係数の関係	28
2.6.2 立木と元玉のヤング係数の関係	29
2.6.3 立木と2番玉のヤング係数の関係	29
2.6.4 立木と製材品のヤング係数の関係	29
2.6.5 立木と乾燥材のヤング係数の関係	29
乾燥材の曲げ強度の関係	
2.7 応力波伝播速度と各因子の関係	30
2.7.1 応力波伝播速度と各種ヤング係数の関係	30
2.7.2 応力波伝播速度と製材品のヤング係数との関係	30
2.8 品種別強度測定結果	30
2.8.1 乾燥材の品種別ヤング係数	30
2.8.2 乾燥材の品種別曲げ強度	31
2.8.3 立木の品種別応力波伝播速度	31
2.8.4 立木の品種別ヤング係数	31
まとめ	32
引用文献	32

はじめに

戦後、積極的に造林されたスギ材は、伐期を迎えつつあり、これらのスギ材の需要拡大を図ることが、最重要課題である。しかし、スギ材は、品種や生育状況等の違いにより強度等材質のばらつきが大きい(13)(14)。このため、スギ材を大断面集成材等の構造用部材として用いる場合、原木あるいは立木の段階で強度等級区分を行い、効率的な利用を目指す必要がある(5)(10)(11)。また、立木を非破壊的に強度推定することが可能であれば、従来形態の特徴により行われてきた精英樹選抜が材質面においても選抜が可能となる(2)(3)(4)(6)(7)。

そこで、立木の材質評価における非破壊的材質評価方法としての応力波伝播速度測定法の有効性について検討するため、立木から原木、乾燥材まで図-1に示す加工経過においてヤング係数を継続的に測定し、曲げ強度との関係を検証した。また、応力波伝播速度測定法の品種間の材質評価への有効性についても検討したので、その結果についてもあわせて報告する。

なお、この報告の一部は第45回および第46回日本木材学会大会で発表したものである(8)(9)。試験木の提供と選定、伐採にあたり、中川産業(株)に格別のご協力を頂いた。

本調査に、ご協力いただいた沖田英輔(現林政部本巣県事務所)をはじめ、中嶋守(現林政部武儀

県事務所)、高井哲郎(現林政部揖斐県事務所)、高井峰好(現林政部林産振興課)、古川邦明、富田守泰、長谷川良一、野中隆雄、井戸好美の各氏に感謝いたします。

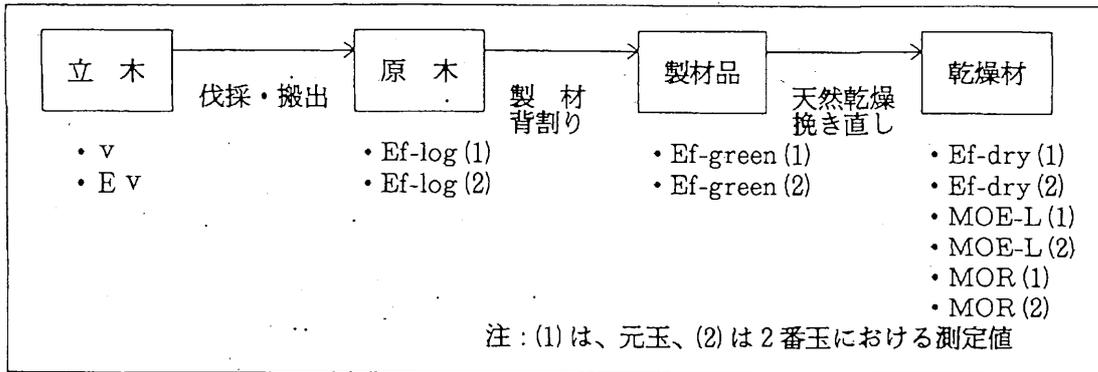


図-1 スギ材における加工経過と強度測定項目

本報告で用いたヤング係数等の記号は、次のとおりである。

- 応力波伝播速度測定法によるヤング係数
 - E v : 応力波伝播速度と、容積密度から算出したヤング係数
- 基本振動周波数測定による動的ヤング係数
 - Ef : 基本振動周波数と容積密度から算出した動的ヤング係数
 - Ef-log : 原木の動的ヤング係数
 - Ef-log(1) : 元玉の動的ヤング係数
 - Ef-log(2) : 2番玉の動的ヤング係数
 - Ef-green : 製材品の動的ヤング係数
 - Ef-dry : 乾燥材の動的ヤング係数
- 強度試験機による曲げヤング係数
 - MOE-L : 全スパンに対応した曲げヤング係数
 - MOR : 曲げ強度

1 試験の方法

1.1 供試立木

岐阜県郡上郡高鷲村のスギ在来品種比較試験地において胸高直径21cm~29cmの曲り等の欠点が少ない、凍裂等の損傷のないスギ立木30本を選木した。選木を行った試験地は、昭和41年に設置されたもので、樹齢25年生、品種系統の違いを検討するため、それぞれ2回くり返して0.1haづつ植栽されている。試験地の標高は1,100m、地形は山腹の緩斜面で土壌型はB1D(a)である。

供試木は、タテヤマスギ、アジマノスギ、タカラスギ、ニューカワスギおよびイトシロスギの5品種各6本とした。

1.2 供試立木のヤング係数の測定

応力波伝播時間の測定方法を図-2に示す。地上高1mの高さに、A&D社製加速度ピックアップAD1222をネジにより立木に密着させ、50cm上方においてA&D社製加速度計付きインパルスハ

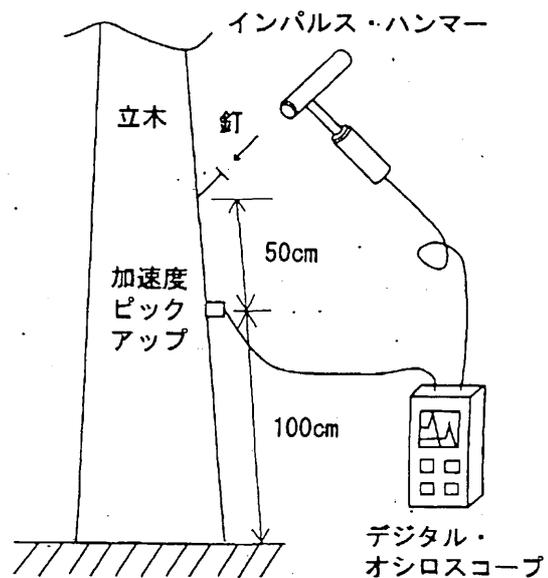


図-2 立木のヤング係数測定方法 (応力波伝播時間測定方法)

ンマで釘を打ち込み、日立電子製デジタル・オシロスコープVC-5430により得られた2つの波形の立ち上がりの時間差を測定する方法により行った。なお、この測定は、斜面谷側、山側の2方向から実施した(写真-1)が、斜面谷側の測定の場合は、地際から高さ1mにおいて樹皮の上からネジによりセンサーを固定した。斜面山側の測定は、地際から高さ1mにおいてセンサー取付部分(直径2cm)を剥皮した状態で固定した。測定に使用したオシロスコープは、2チャンネルの波形の記憶が可能で、カーソル移動により任意の2点間の時間を測定した。また、内部電源あるいは外部バッテリーによる駆動が可能である。

立木におけるヤング係数 E_v の算出は、次式により算出した

$$E_v = v^2 \times \rho \dots \dots \dots (式1)$$

ただし、 v : 応力の伝播速度, ρ : 容積密度

容積密度の値としては、伐採後の原木(地際から樹高3.5mの高さで玉切り)の重量を末口自乗法により得られた材積で割って得られた数値とした。



写真-1 立木における応力波伝播速度測定

1.3 供試原木

供試木は、応力波伝播速度の測定を行った後伐採し、各供試木より材長3.5mの試験原木を樹高方向に2本採材した。以後、地際部に近い原木からそれぞれ元玉、2番玉と言う。伝播速度の測定は11月中旬、伐採は12月初旬に実施した。供試原木は、元玉、2番玉共に末口径、重量等の測定を行い、同時に打撃による基本振動周波数も測定した。測定器はA & D社製AD3524を用い、容積密度は末口自乗法により求め、下記式により動的ヤング係数を算出した。

$$E_f \cdot \log = 4 L^2 \times \rho \times f^2 \dots \dots \dots (式2)$$

$E_f \cdot \log$: 原木の動的ヤング係数 (Pa)

L : 材長 (m)、 ρ : 容積密度 (kg/cm³)

f : 基本振動周波数 (Hz, 1/s)

1.4 供試材

1.4.1 製材方法

元玉については、製材を行い、仕上がり寸法12cm正角材8本、10.5cm正角材22本を採材し背割りを施した後供試材とした。2番玉については仕上がり寸法12cm正角材を7本、10.5cm正角材23本を採材し背割りをを行った。

供試材の断面寸法、重量を測定し、打撃による動的曲げヤング係数を求めた。

1.4.2 乾燥と曲げ強度測定

製材品は、室内で約1年間天然乾燥を行った後、挽き直しを行った。その後、節径比・年輪幅・重量・断面寸法等の測定を行い、動的ヤング係数 E_f を求めた。続いて、曲げ破壊試験を実施し、曲げヤング係数 $MOE-L$ 、曲げ強度 MOR を測定した。曲げ破壊試験は、下部スパン270cm、ロードスパン60cmとし背割りを施した面から荷重を行った。

破壊試験後、破壊された試験体より約3cm厚の小試験体を採取し、年輪幅および重量を測定後、全乾により含水率を算出した。

2 結果と考察

2.1 立木のヤング係数

供試木の平均胸高直径は22.3cmであった。斜面山側における地上高1m~1.5m間の平均応力波伝播速度 v は、3.41km/secであり、式1により算出したヤング係数 E_v の平均値は、8.4GPaであった(表-1)。

表-1 スギ立木における応力波伝播速度およびヤング係数(高鷲村)

斜面山側および谷側において測定した立木のヤング係数 E_v の測定結果の分布を図-3に示す。

項目	測定(本数)	胸高直径(cm)	応力波伝播速度(km/sec)	ヤング係数(GPa)
平均値	30	22.3	3.41	8.4
最小値~最大値		20~28	2.66~3.90	4.4~11.7

斜面谷側より測定した立木のヤング係数 E_v の平均値は7.1GPaであり、山側において測定したヤング係数 E_v の平均値8.4GPaと比較して、2割程度低い値となった。

谷側測定値と山側測定値に差が出た原因は谷側測定の場合、供試立木の根曲がり部分を測定した材もあり、偏心生長の部分の伝播速度を測定した可能性があること。また、樹皮の上から測定した場合は、剥皮を行って測定した場合と比較してセンサー側の第2波形の応力波の立ち

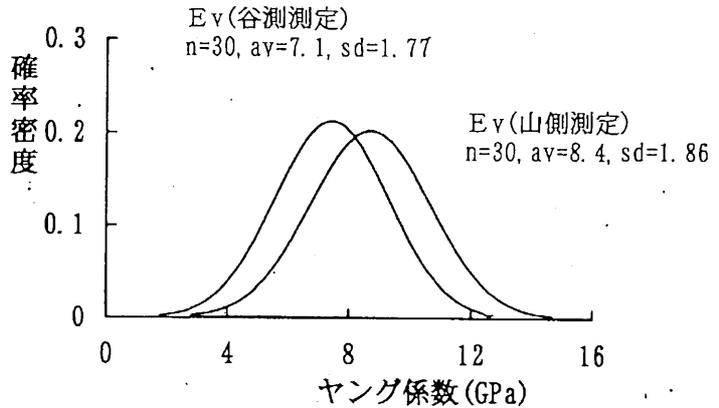


図-3 立木のヤング係数の分布(谷側と山側測定結果の比較)

上がりか緩やかになったため、誤差が生じたものと考えられる。山側ではく皮を行い測定すれば、谷側ではく皮しない場合と比較してより精度良く測定が可能であると考えられる。

以後、斜面山側において測定した値を立木のヤング係数とし、以下単に立木のヤング係数 E_v と言う。

2.2 供試原木

2.2.1 供試原木の性状

供試材より得られた元玉、2番玉の性状測定結果を表-2に示す。元玉の平均末口径は、18.5cm、

表-2 原木性状測定結果

項目	末口径(cm)	心材径(%)	完満度(%)	年輪巾(mm)	偏心度(%)	曲り(%)	容積密度(g/cm ³)	ヤング係数(Ef-log:Gpa)
元玉	本数	30	30	30	30	30	30	30
	平均値	18.5	56.2	84	4.5	1.1	9.0	0.71
	標準偏差	0.90	5.27	5.46	0.31	0.09	4.88	0.074
	変動係数	4.7	9.4	6.5	6.9	8.3	54.3	10.5
	最小値	17	44.4	75	3.9	1.0	2.6	0.58
最大値	21	70.6	95	5.0	1.3	23.8	0.92	
2番玉	本数	30	30	30	30	30	30	30
	平均値	15.3	44.7	82.7	4.9	3.5	10.6	0.76
	標準偏差	1.12	8.3	4.05	0.48	2.6	2.65	0.069
	変動係数	7.3	18.5	4.9	9.9	75	24.9	9.1
	最小値	14	32.1	75	4.1	0	3.6	0.57
最大値	19	73.3	95	5.8	10	16.7	0.88	

曲り: 曲り量/末口径

最小値は、17cm、最大値は21cmであり、ばらつきは少なかった。2番玉の平均末口径は15.3cm、最小値は14cm、最大値は19cmであり元玉と同様ばらつきは少なかった。平均年輪巾は、元玉4.5mm、2番玉4.9mmであり、元玉、2番玉共にすべて6mm未満であった。元玉の容積密度は0.71g/cm³であった。2番玉の容積密度は0.76g/cm³と元玉より大きな値となった。

2.2.2 供試原木のヤング係数

立木のヤング係数 E_v 、元玉のヤング係数 $E_{f-log(1)}$ 、2番玉のヤング係数 $E_{f-log(2)}$ の分布を図-4に示す。元玉のヤング係数 $E_{f-log(1)}$ の平均値は、6.1GPaであった。2番玉のヤング係数 $E_{f-log(2)}$ の平均値は7.3GPaであった。2番玉は容積密度の影響を受けたこともあり、元玉の2割増し程度の値となり、ばらつきが若干大きくなった。元玉のヤング係数 $E_{f-log(1)}$ の測定値は、立木のヤング係数 E_v と比較して平均値が低く、ばらつきも少なくなった。

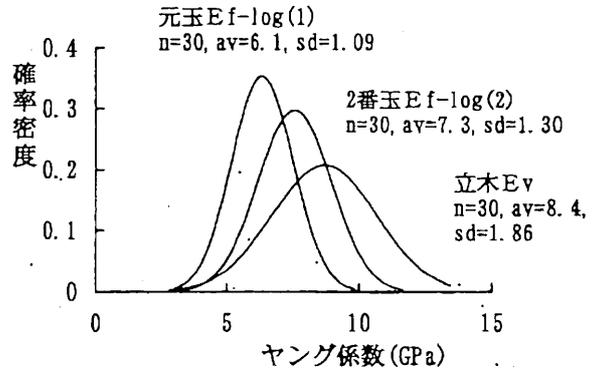


図-4 立木と原木のヤング係数の分布

この原因として応力波伝播速度測定法は材の表面から深さ1~2cmにおけるヤング係数を測定するため、打撃音法より得られた原木のヤング係数より高い値になったと考えられる。

2.3 製材品

元玉より得られた製材品のヤング係数 $E_{f-green(1)}$ の平均値は、5.3GPa、 $E_{f-green(2)}$ の平均値は、6.2GPaであった(図-5)。原木のヤング係数と比較して1割程度低い値となったが、ばらつきについてはほぼ同様の結果となった。製材によりヤング係数が低くなった原因としては、比較的強度の強い辺材部を製材により除いてしまうためと考えられる。

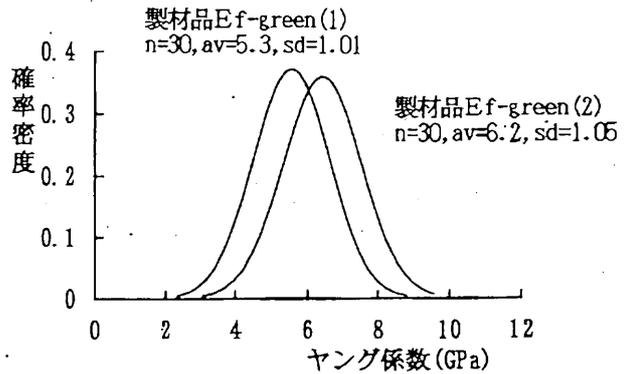


図-5 製材品のヤング係数の分布

2.4 乾燥材

2.4.1 乾燥材の含水率・容積密度

元玉と2番玉の天然乾燥材の含水率測定結果を図-6に示す。元玉の平均含水率は、15.3%、2番玉の平均含水率は14.4%であり、共に気乾状態といえる。

2.4.2 ヤング係数

元玉と2番玉各々30本のヤング係数 $MOE-L$ の測定結果を図-7に示す。元玉のヤング係数 $MOE-L$ の平均値は6.3GPa、2番玉の平均値は7.3GPaであった。元玉のヤング係数 $MOE-L$ のピークは、6~7GPa、2番玉のピークは、7~8GPaであり、元

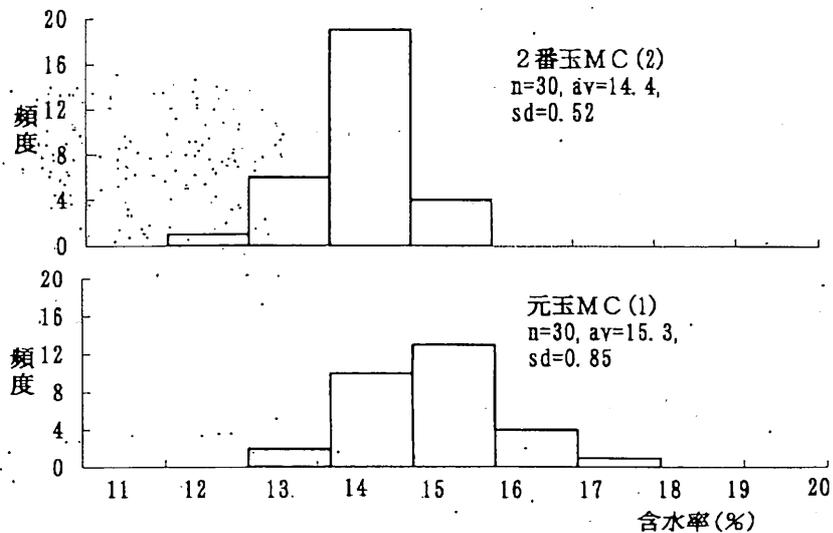


図-6 乾燥材(元玉と2番玉)の仕上り含水率の頻度分布

玉と比較して約 1 GPa 高い値を示した。また、分布についても 2 番玉は元玉より約 1 GPa 高い値を示した。

2.4.3 ヤング係数の経時変化

各測定時におけるヤング係数測定値の平均値を図-8に示す。立木のヤング係数は、樹皮下 5 mm ~ 1 cm 程度の表層部分の測定を行った結果であり、心材を含めた平均的なヤング係数を測定するその

他のヤング係数と比較して 2.5 GPa 程度低い値を示した。原木時と生材時の比較では、製材により約 1 GPa 程度減少し、その後、乾燥によりヤング係数が上昇した。元玉と 2 番玉の比較では、2 番玉が元玉より約 1 GPa 程度高い値で推移した。

2.4.4 曲げ強度

曲げ強度測定状況を写真-2に示す。元玉と 2 番玉の曲げ強度 MOR の頻度分布を図-9に示す。元玉の MOR の平均値は 38.0 MPa、2 番玉の MOR の平均値は 37.8 MPa であり、ほぼ同じであった。元玉については、本来ならばピークを示すと推定される 35~40 MPa の区間が落ち込んだ分布となった。2 番玉は、正規分布に近い分布となった。元玉と 2 番玉について 35~40 MPa の区間を除けばほぼ同様と考えられる。

2.5 各因子と曲げ強度の関係

2.5.1 曲げヤング係数と曲げ強度の関係

元玉および 2 番玉における各因子間の相関関係をそれぞれ表-3、4に示す。元玉および 2 番玉のヤング係数と MOR 間には、1%水準で有意な相関関係が得られた。また、容積密度と MOR については、元玉および 2 番玉共に 1%水準で有意な相関が得られた。年輪巾については、低い相関係数しか得られなかった。スギ正角材においては、年輪巾による強度の推定は難しいと思われる。(1) (11)

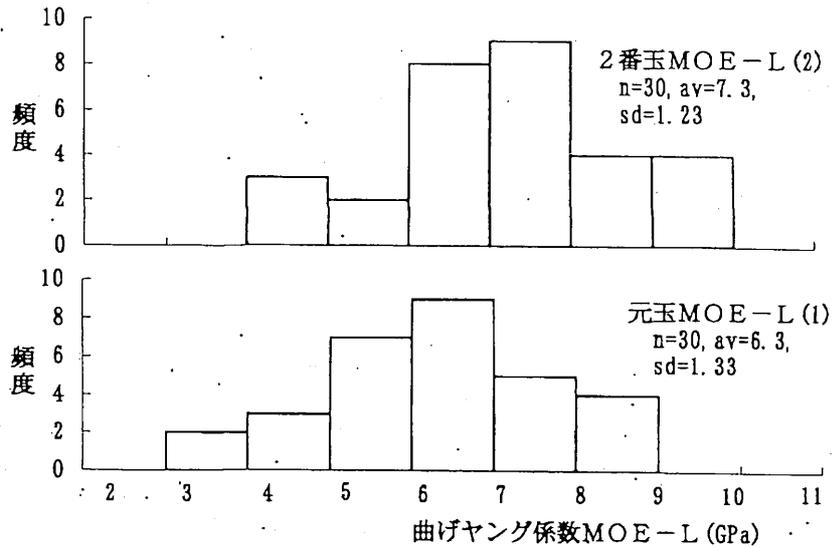


図-7 元玉と 2 番玉の曲げヤング係数の頻度分布

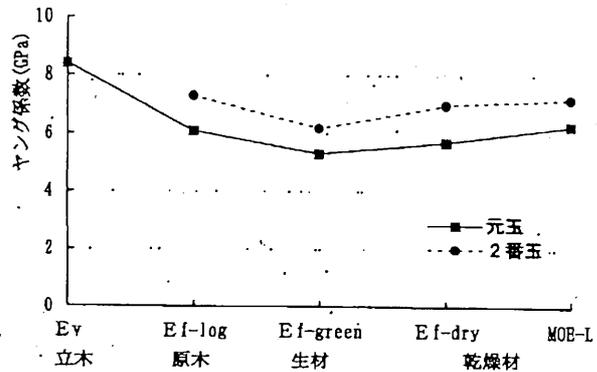


図-8 各測定時におけるヤング係数 (平均値)

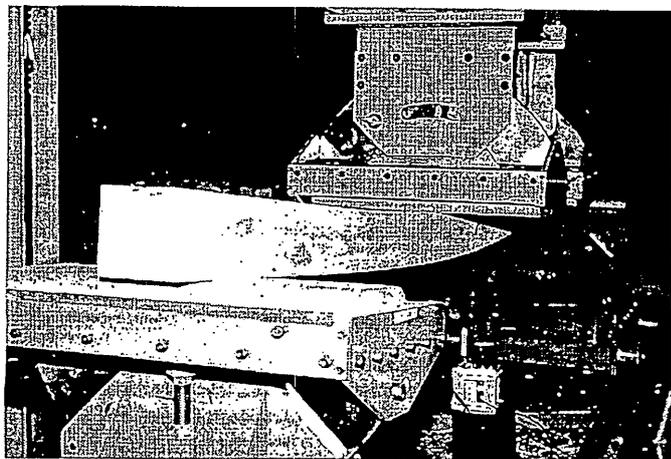


写真-2 曲げ強度測定状況

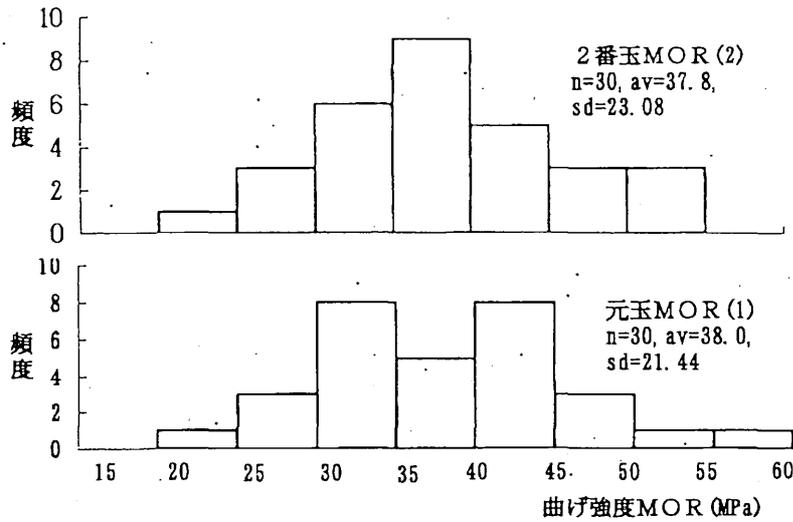


図-9 元玉と2番玉の曲げ強度の頻度分布

表-3 元玉における各因子間の相関関係（順位相関係数）（高鷲村）

因子	原木	生材	乾燥材			
	Ef-log (1) (元玉)	Ef-green (1) (元玉)	Ef-dry (1) (元玉)	MOE-L (1) (元玉)	年輪巾 (元玉)	容積密度 (元玉)
MOE-L (1) (元玉)	0.88*	0.89*	0.94*	-	-0.17	0.41**
MOR (1) (元玉)	0.72*	0.72*	0.73*	0.75*	-0.18	0.55*

備考) * 1%水準で有意、** 5%水準で有意

表-4 2番玉における各因子間の相関関係（順位相関係数）（高鷲村）

因子	原木	生材	乾燥材			
	Ef-log (2) (2番玉)	Ef-green (2) (2番玉)	Ef-dry (2) (2番玉)	MOE-L (2) (2番玉)	年輪巾 (2番玉)	容積密度 (2番玉)
MOE-L (2) (2番玉)	0.81*	0.89*	0.92*	-	-0.31	0.41**
MOR (2) (2番玉)	0.73*	0.78*	0.78*	0.73*	-0.44**	0.62*

備考) * 1%水準で有意、** 5%水準で有意

2.5.2 節径比と曲げ強度の関係

各節径比と曲げ強度MORの関係を表-5に示す。各節径比は、4材面における最大の値である。元玉および2番玉共に、破壊に影響した節が少なかったこともあり、低い相関しか得られなかった。スギ正角材においては、節による強度の評価は困難と思われる。(1)(11)

2.5.3 元玉と2番玉の曲げ強度の関係

元玉の曲げ強度と2番玉の曲げ強度の関係を図-10に示す。相関係数0.84が得られ、元玉が強いものは2番玉も強いという結果が得られた。

表-5 節径比とMORの相関関係(順位相関係数)(高鷲村)

因子	材 縁 部				材 巾 中 央 部				全 材 面
	最大節径比		最大集中節径比		最大単独節径比		最大集中節径比		最大集中節径比
	1/3	全区間	1/3	全区間	1/3	全区間	1/3	全区間	
	eSKDC	eKDL	eSKDC	eSKDL	cKDC	cKDL	cSKDC	cSKDL	SKDL
MOR (1) (元玉)	-0.21	-0.24	-0.03	-0.23	0.14	0.35	0.12	-0.23	-0.05
MOR (2) (2番玉)	-0.14	-0.15	-0.14	-0.29	-0.29	-0.28	-0.12	-0.08	-0.27

備考) * 1%水準で有意、** 5%水準で有意

2.6 立木のヤング係数と各因子との関係
2.6.1 立木のヤング係数と各種ヤング係数の関係

立木のヤング係数E_vと各種ヤング係数および曲げ強度MORとの関係を表-6に示す。元玉において立木のヤング係数E_vと原木および製材品の関係は、徐々に低い値になるが、立木のヤング係数により製材品のヤング係数E_{f-green}(1)を推定することができる。2番玉についても元玉よりは低い相関係数であるが曲げヤング係数MOE-L(2)までは1%水準で有意な相関が得られた。また、曲げ強度MOR(2)との関係では5%水準で有意な相関が得られた。

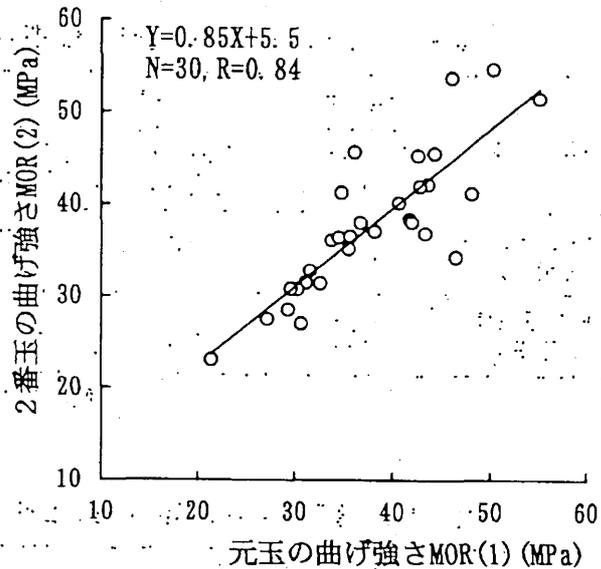


図-10 元玉(乾燥材)の曲げ強さと2番玉(乾燥材)の曲げ強さの関係

表-6 立木のヤング係数と各因子の相関関係(順位相関係数)(高鷲村)

因子	原 木	生 材	乾 燥 材	
	E _{f-log} (1) (元玉)	E _{f-green} (1) (元玉)	MOE-L(1) (元玉)	MOR(1) (元玉)
E _v	0.78*	0.69*	0.66*	0.56*
因子	原 木	生 材	乾 燥 材	
	E _{f-log} (2) (2番玉)	E _{f-green} (2) (2番玉)	MOE-L(2) (2番玉)	MOR(2) (2番玉)
	0.66*	0.54*	0.51*	0.43**

備考) * : 1%水準で有意、** : 5%水準で有意

2.6.2 立木と原木のヤング係数の関係

立木のヤング係数 E_v と原木（元玉）のヤング係数 $E_{f-\log(1)}$ の関係を図-11に示す。順位相関係数 0.78 が得られたので、立木の状態でヤング係数を測定すれば、原木のヤング係数を推定することができる。

2.6.3 立木と2番玉のヤング係数の関係

立木のヤング係数 E_v と原木（2番玉）のヤング係数 $E_{f-\log(2)}$ の関係を図-12に示す。両因子間には順位相関係数 0.66 が得られ、地上高 1m~1.5m において、応力波伝播速度を測定すれば、元玉と同様に立木のヤング係数により2番玉のヤング係数をほぼ推定することができる。

2.6.4 立木と製材品のヤング係数の関係

立木のヤング係数 E_v と製材品のヤング係数 $E_{f-green(1)}$ の関係を調査した結果を図-13に示す。順位相関係数 0.69 という値が得られ、立木と原木との関係と比較すると、相関係数で 0.1 程度低くなったが、立木のヤング係数 E_v により製材品のヤング係数 $E_{f-green(1)}$ を推定することができる。

2.6.5 立木と乾燥材のヤング係数の関係

立木のヤング係数 E_v と乾燥材（元玉）のヤング係数 $MOE-L(1)$ の関係を図-14に示す。順位相関係数 0.66 が得られ、立木のヤング係数 E_v により乾燥材のヤング係数 $MOE-L(1)$ が推定できる。

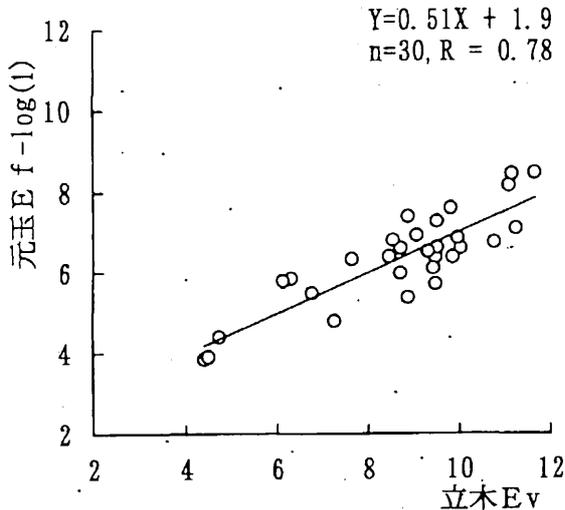


図-11 立木と原木のヤング係数の関係
(単位: Gpa)

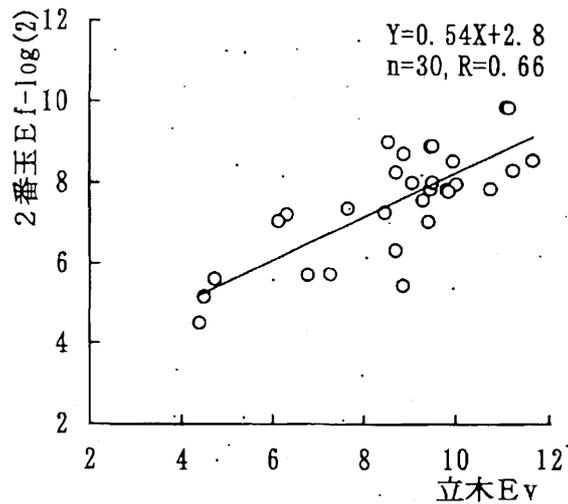


図-12 立木と2番玉(原木)のヤング係数の関係
(単位: Gpa)

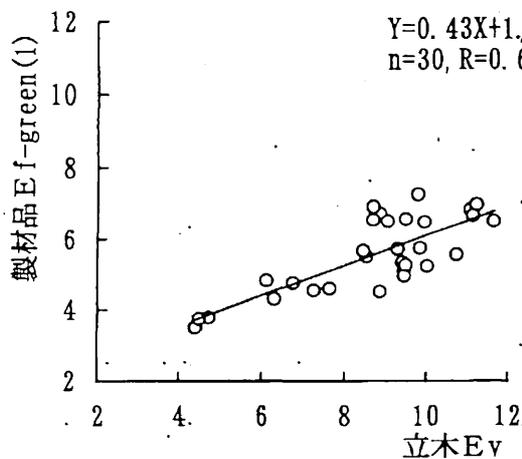


図-13 立木と製材品のヤング係数の関係
(単位: Gpa)

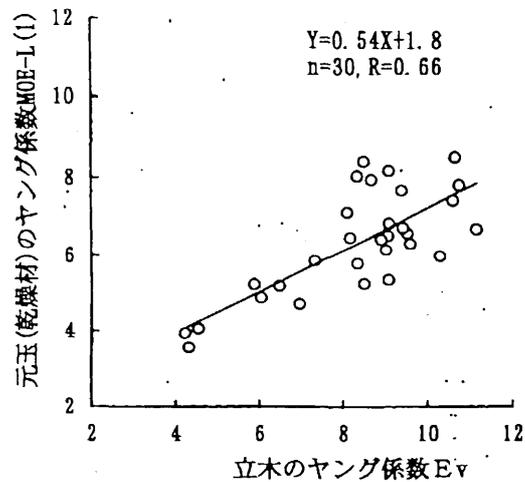


図-14 立木のヤング係数 E_v と元玉(乾燥材)のヤング係数 $MOE-L(1)$ の関係
(単位: Gpa)

2.7 応力波伝播速度と各因子の関係

2.7.1 応力波伝播速度と各種ヤング係数の関係

応力波伝播速度 v と各種ヤング係数の関係を表-7に示す。応力波伝播速度 v と $E_f\text{-green}(1)$ 、 $MOE-L(1)$ については1%水準で有意であった。その他の因子との相関係数は、5%水準で有意であった。

表-7 応力波伝播速度と各因子の関係(順位相関係数)(高鷲村)

因子	生 材	乾 燥 材	
	$E_f\text{-green}(1)$ (元玉)	$MOE-L(1)$ (元玉)	$MOR(1)$ (元玉)
v	0.68*	0.56*	0.39**

因子	生 材	乾 燥 材	
	$E_f\text{-green}(2)$ (2番玉)	$MOE-L(2)$ (2番玉)	$MOR(2)$ (2番玉)
v	0.41**	0.41**	0.37**

備考) * : 1%水準で有意、 ** : 5%水準で有意

2.7.2 応力波伝播速度と製材品のヤング係数との関係

容積密度の測定を省略した場合の可能性を検討するため、応力波伝播速度 v と製材品(元玉)のヤング係数 $E_f\text{-green}(1)$ の関係を図-15に示す。両因子の間には順位相関係数0.68の相関が得られ、ヤング係数 $E_f\text{-green}(1)$ と v と製材品のヤング係数 $E_f\text{-green}(1)$ との相関係数とほぼ同様の関係が得られた。応力波伝播速度 v により製材品のヤング係数 $E_f\text{-green}(1)$ を推定することができる。

このことより、今回調査・分析を行ったような、同一林分内の立木であれば応力波の伝播速度のみの測定でも製材品のヤング係数を推定することができる。

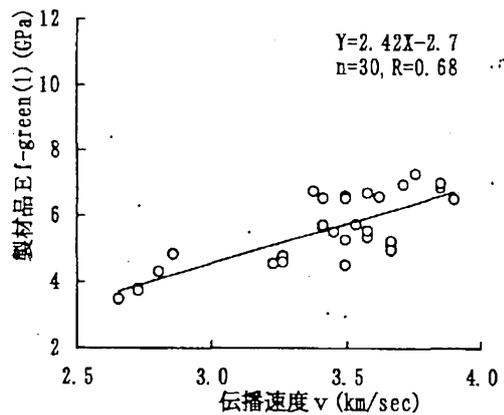


図-15 立木の応力波伝播速度 v と製材品(元玉)のヤング係数の関係

2.8 品種別強度測定結果

2.8.1 乾燥材の品種別ヤング係数

乾燥材(元玉)の曲げヤング係数 $MOE-L$ の品種別比較を行った結果を図-16、17に示す。

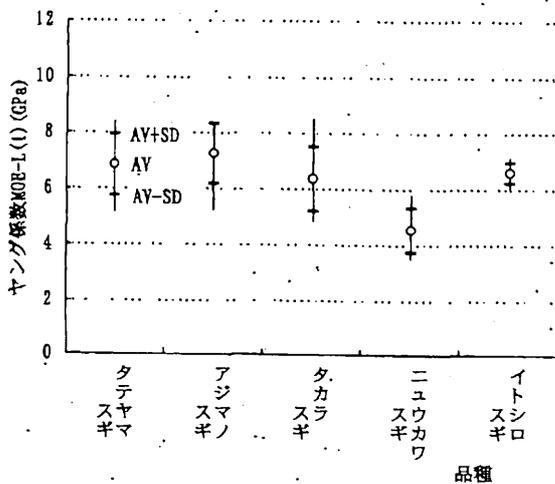


図-16 元玉(乾燥材)の品種別ヤング係数

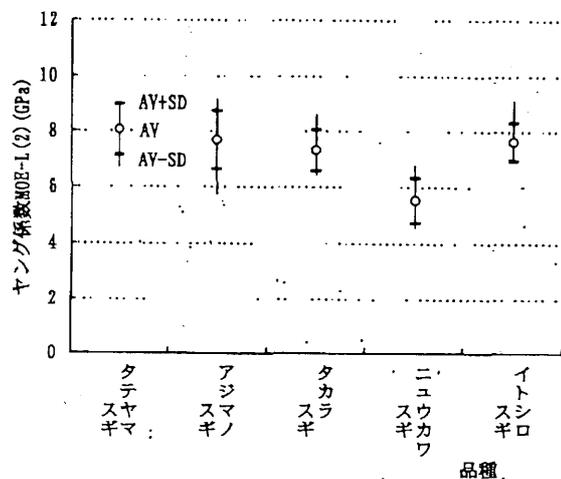


図-17 2番玉(乾燥材)の品種別ヤング係数

タテヤマスギ、アジマノスギ、タカラスギについては、若干の差はあるものの、ほぼ同様の曲げヤング係数といえる。ニューカワスギについては、他の品種と比較してヤング係数で1.5GPa程度低い値となった。イトシロスギについては、平均値は、タテヤマスギ等3品種と同程度であったが、ばらつきが非常に少なかった。

2.8.2 乾燥材の品種別曲げ強度

品種別曲げ強度を図-18、19に示す。タテヤマスギ、アジマノスギ、タカラスギ、イトシロスギのバラツキに差があるものの平均値から偏差値を減じた値は、30MPaを上回っていた。これに対してニューカワスギについては、平均値が30MPaであり、1品種のみ低い値を示した。

2.8.3 立木の品種別応力波伝播速度

品種別応力波伝播速度の測定結果を図-20に示す。曲げヤング係数および曲げ強度の結果と同様にニューカワスギのみ平均値が低くなった。

2.8.4 立木の品種別ヤング係数

ヤング係数 E_v の品種別分布を図-21に示す。先に示した関係と同様にニューカワスギのみ低い値を示し、同様の結果が得られた。また、バラツキは若干異なるものの平均値における品種間の傾向は応力波伝播速度と同じであった。

以上のことから、立木のヤング係数 E_v は、品種間の強度差を知る上で有効であると考えられる。

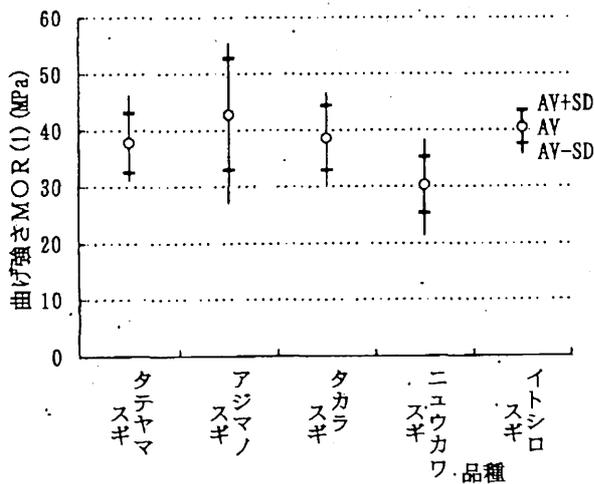


図-18 元玉(乾燥材)の品種別曲げ強さ

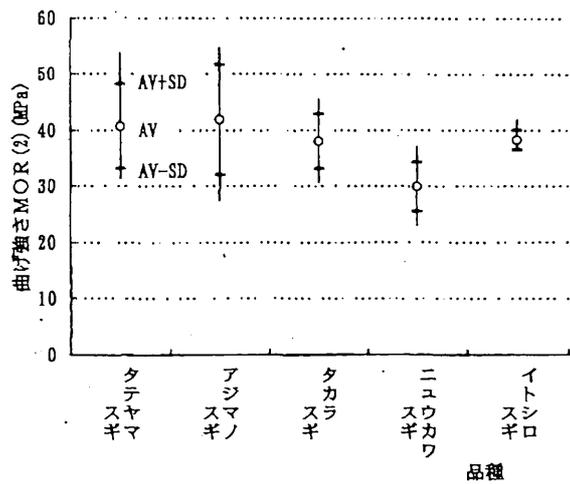


図-19 2番玉(乾燥材)の品種別曲げ強さ

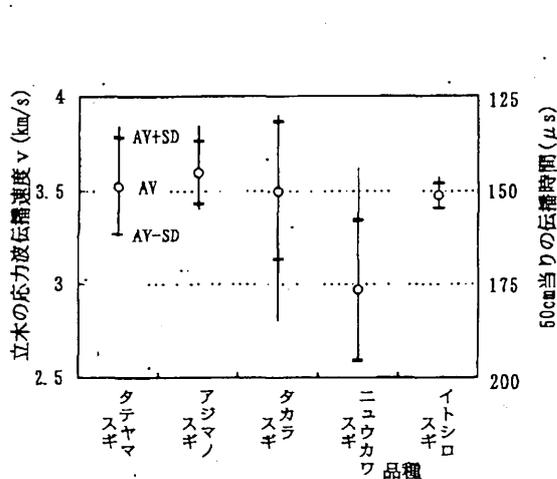


図-20 立木の品種別応力波伝播速度

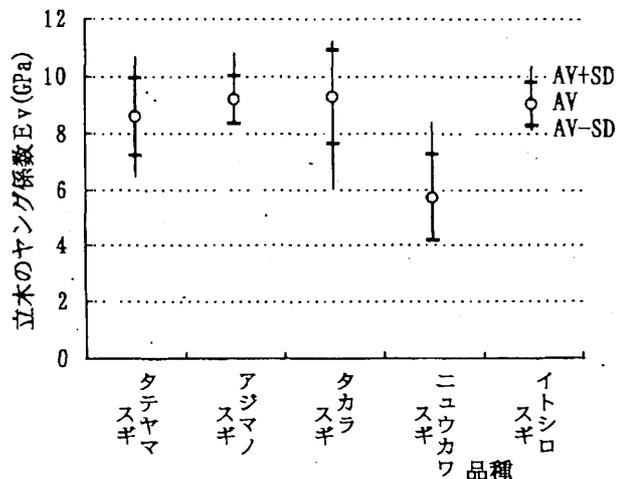


図-21 立木の品種別ヤング係数

ま と め

岐阜県産スギ中径材において立木から原木、製材品と継続的にヤング係数を測定し、分析を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

1. 応力波伝播速度の測定を行う場合は、山側においてはく皮を行えばより精度良く測定ができる。
2. 応力波伝播速度を測定し、得られた立木のヤング係数 E_v により、生材のヤング係数 $E_{f-green}$ および乾燥材の曲げヤング係数 $MOE-L$ を推定することができる。
3. 地上高1 m～1 m50cmにおいて、応力波伝播速度を測定し、得られた立木のヤング係数 E_v により2番玉の乾燥材の曲げヤング係数 $MOE-L$ を推定することができる。
4. 立木の応力波伝播速度 v を測定すれば、密度のパラメータを省いても、 v により生材のヤング係数 $E_{f-green}$ および乾燥材の曲げヤング係数 $MOE-L$ をおおよそ推定することができる。
5. 品種別の強度について検討した結果、バラツキは若干ことなるものの平均値における品種間に差があった。このことから、立木のヤング係数 E_v は、品種間の強度差を検討する上で有効であると考えられる。また、立木のヤング係数 E_v により、製材品の材質を推定することが可能で今後選抜育種に活用できるだろう。

引 用 文 献

- (1) 飯島泰男,(1988),曲げ強度性能,構造用木材-強度データの収集と分析,1~41
- (2) 池田潔彦ら,(1995),応力波伝播法による精英樹立木材質の評価手法,第40回日本木材学会大会研究発表要旨集,p128
- (3) 池田潔彦ら,(1992),応力伝播法を用いたスギ精英樹の強度予測,第42回日本木材学会大会研究発表要旨集,p145
- (4) 栗延晋(1992),次代検定林における精英樹の材質-所要調査量と選抜効果の試算-,第22回林木の育種 No164,17~20
- (5) 富田守泰ら,(1996),スギ構造用集成材製造のための原木とラミナの機械的等級区分法の評価,岐阜県林業センター研究報告第25号,39~54
- (6) 名波直道ら,(1992),応力波による立木の材質測定(第1報)測定方法と応力波の伝播経路,木材学会誌 Vol.38 No8,739~746
- (7) 名波直道ら,(1993),応力波による立木の材質測定(第3報)林分としての立木材質評価,木材学会誌 Vol.39 No8,903~909
- (8) 杉山正典ら(1995),岐阜県産スギ中径材の強度測定試験(II)-立木と原木のヤング係数-,第45回日本木材学会大会研究発表要旨集,p132
- (9) 杉山正典ら(1996),岐阜県産スギ中径材の強度測定試験(III)-立木のヤング係数と製材品の曲げ強さ-,第46回日本木材学会大会研究発表要旨集,p126
- (10) 祖父江信夫,(1995),ヤング率による立木・丸太・製材・木質材料のグレーディング,木質材料の性能評価と非破壊検査,41~61
- (11) 祖父江信夫,(1995),立木物性の非破壊検査,第40回日本木材学会大会研究発表要旨集,p546
- (12) 田中俊成ら,(1990),各種非破壊試験によるヒノキ正角の曲げ・縦引張り・縦圧縮強度の推定,第40回日本木材学会大会研究発表要旨集,p385
- (13) 長尾博文(1990),スギの強度性能-樹幹内高さ方向の変動と品種について-,1990年度秋期シンポジウム資料集,11~15
- (14) 見尾貞治(1990),スギの品種と木材材質,1990年度秋期シンポジウム資料集,5~10