

静岡県産スギ精英樹挿し木系統の動的ヤング率

池田潔彦・山本茂弘・袴田哲司・山田晋也

農林技術研究所森林・林業研究センター

Dynamic modules of elasticity of sugi plus-tree clones in Shizuoka prefecture

Kiyohiko Ikeda, Shigehiro Yamamoto, Tetsuji Hakamata and Shinya Yamada

Forestry and Forest Product Research center / Shizuoka Res. Inst. of Agric. and For.

Abstract

Dynamic modules of elasticity of sugi (*Cryptomeria Japonica* D.don) plus-tree fifty-five clones in Shizuoka prefecture were assessed at various test stands to develop a local race of high Young's modulus by tree breeding. Dynamic modules of elasticity (Es) of clone number of Fuji-No1 and Temyu-No5 tree were shown to be 8 kN/mm². Especially, the Es of Fuji-No1 clone tree was confirmed to be higher than other clones in the young age stands of less than ten years where the whole trunk is formed out of juvenile wood. As for the standing tree Es, a significant difference was found among clones in any test stand and a correlation was observed among the different test stands. As for repeatability of the clone, standing tree Es was high compared with the DBH and height in some test stands. It was suggested that the genetic variation of dynamic modules of elasticity of clones is high with different growing environments.

キーワード：スギ, 精英樹, ヤング率, 挿し木, 立木

I 緒 言

静岡県では、生長形質の優れた林木個体を選抜増殖し、優良品種育成と森林資源の収穫増進を目的とした「精英樹選抜育種事業」が 1955 年に開始され、精英樹 51 系統が選抜された。その後、次代検定林における生長形質等の特性評価等に基づき⁸⁾、県内の民有林等に植栽される苗木は 1995 年以降、ほぼ 100%がスギ・ヒノキとも精英樹系種苗となっている²⁰⁾。近年では、花粉症対策に向けてスギやヒノキ精英樹系統より少花粉系統が選抜され、雄花着花性等の検定・評価等の結果を踏まえて¹⁰⁾、少花粉種苗の供給が進められている。

精英樹の材質については、1988～1989 年に林野庁事業により材質評価手法の検討を目的として、次代検定林で挿し木系統の伐倒木による材質調査が実施された結果、スギ挿し木ではヤング率等が生長形質と比べて遺伝率が高いことや、一定数のサンプルで材質の系統間差が評価できる情報が得られた²⁰⁾。また、ほぼ同時期に筆者らが静岡県産精英樹の挿し木や実生家系の材質と強度性能に

ついて⁹⁾、近藤が心材色や樹幹の心材率・真円率について^{9,10)}、伐採木の調査により系統特性や系統間差等を評価した。その後、林木育種センターは、各地域の精英樹次代検定林等における材質調査の結果を踏まえて、「スギ精英樹特性表」¹⁹⁾や「林木の材質検定法」¹⁷⁾を作成している。

しかし、伐採木調査では搬出運搬に多大な労働作業や経費と時間を伴うと共に、次代検定林保持の点からサンプル数や選木に制約がある。また、苗木植栽後から樹幹外周の成熟材形成に至るまで多くの年月を要することから次世代育種を進める上で問題である。更に、県内 24 箇所を設定されている次代検定林は、植栽面積に限度があるため、全ての挿し木 51 系統が植栽されていない。また、同一生育環境下で生育したヤング率の挿し木系統間差や、挿し木系統と同一の半兄弟実生家系が同じ検定林内に植栽されている次代検定林も少ないため、両者の差異についての解明が十分行われていない。このため、これまで筆者らは応力波伝播法により立木ヤング率を評価する手

法の有用性について若齢期を含めた様々な林分等で検証してきた⁶⁷⁾。

一方、針葉樹の林木育種による品種開発は、従来の生長形質や耐病性に加えて、各種木材利用用途に適した材質を有する品種、前述した花粉症対策に向けた少花粉系統に加えて無花粉、少アレルゲンの品種、及び二酸化炭素吸収性の高い炭素含有率の大きな品種の作出など、多様化、高度化している¹⁸⁾。更に、従来の生長形質と各特性を併せ持った品種開発も同時に進める必要がある。

スギは、大半が住宅等の建築用材として利用されているが、海外から輸入され用途が競合する樹種と比べて、ヤング率や密度が小さいこと、心材含水率が高く乾燥性が悪いことなど、材質面での問題点が顕在化しており、林木育種による改善が必要である。特に、ヤング率は、柱や梁などの構造材として利用する際の重要な強度性能の評価指標である。更に、優れた材質特徴を有した品種の作出は、将来、特徴を有した木材産地としてブランド化や差別化に繋がる点でも重要な課題である。また、ヤング率は、他の材質や生長形質と比べて遺伝率がが高く、特にクローンでは大きな遺伝獲得量を得られる可能性が高いことから¹³⁾、²⁰⁾、精英樹より高ヤング率の系統を選抜し、それらの交配家系等を作成し第2世代の精英樹品種の作出を行う必要がある。

本報では、林木育種による高ヤング率のスギ品種作出に向けて、静岡県産スギ精英樹挿し木51系統のヤング率の特性を様々な林分の立木や伐採した丸太で評価した。

II 試験体及び試験方法

1 試験林と試験木

(1) 立木調査

スギ精英樹挿し木系統の調査林分を表1に示す。挿し木51系統が植栽されている静岡県森林・林業研究センター内の採穂園(以下、センター採穂園)、県立浜北森林公園内の精英樹見本林(以下、浜北見本林)及び富士育種場内の精英樹集植林(以下、富士集植林)を試験林とした。いずれの調査林も、系統毎に列状植栽されているが、調査時には間伐や枯損等により各系統間で残存本数が異なっており、残存する全立木を試験木とした。立木調査本数は1系統当たり3~10本である。

次代検定林では関静8号、21号、22号の3林分(林齢28年生以上)で調査を行った。各検定林ともに3反復区(ブロック)が設定され、植栽系統と植栽本数は異なっており⁹⁾、各林分で挿し木5~8系統について正常に生育している立木全てを調査対象とした。また、関静8号については、挿し木系統と同じ半兄弟実生家系(以下、半兄弟家系)も調べた。

若齢期(林齢10年生未満)の調査林では、センター内の苗畑に列状植栽された挿し木4系統、ミニチュア採穂園造成用の挿し木13系統及び西部育種場内の採穂園に植栽された挿し木7系統の立木毎木を測定対象とした。

(2) 伐採木調査

9箇所の次代検定林に植栽されている挿し木系統について、1系統当たり3ブロックより3本ずつ合計9本を伐採し、材質計測に供した。

2 立木の動的ヤング率と胸高直径の測定方法

供試立木は胸高直径と応力波伝播法による動的ヤング率(以下、立木Es)を測定した⁹⁾。胸高直径は輪尺を用い2方向で計測した。立木Esの測定にはFAKKOP(富士物産(株))を用いた。その際、立木の山側面で根元から約30cmに受信センサーを、同130cmの位置に発信センサーを立木に対し約45度の角度で取付け、繊維方向の伝播速度を計測し、有効密度900kg/m³一定値とし、(1)式から立木Esを求めた。

$$Es = V_p^2 \times \rho_{eff} \quad (1)$$

Es: 応力波伝播法によるヤング率(kN/mm²)

V_p: 繊維方向の応力波伝播速度(km/sec)

ρ_{eff}: 有効密度(kg/m³)

3 伐採木の動的ヤング率、材質の測定方法

9箇所の次代検定林で挿し木系統各9本を間伐後、根元高50cm部位付近より材長2mの丸太を採材した。丸太は、材積と重量によるみかけの密度、年輪幅及びタッピング法による動的ヤング率(以下、丸太E_{eff})を計測した。その後、丸太末口より約50cmの部位より厚さ3cmの円板試片を採材し、それらを心材と辺材に分割した直方体試片を採材し、全乾状態にして含水率と容積密度数(以下、密度)を測定した。

表1 スギ精英樹挿し木系統の調査林分概要

調査対象	調査林分	調査時 林齢	調査系統当り 系統数	調査本数
立木	センター採穂園	27	50	5~10
	浜北見本林	32	49	3~10
	富士集植林	37	49	5~10
	関静8号	34	5	12~18
	関静21号	28	7	12~18
	関静22号	28	8	30~40
	センター苗畑	4	4	10~25
	センター採穂園	6	13	7
	西部育種場採穂園	10	7	25~45
	伐採木	関静1号	31	7
関静4号		29	10	9
関静5号		30	8	9
関静8号		29	8	9
関静13号		27	9	9
関静16号		28	8	9
関静17号		28	8	9
関静18号		27	9	9
関静20号		25	7	9

Ⅲ 結 果

1 採穂園・集植林等における挿し木 51 系統の立木 Es

表 2 に精英樹挿し木 51 系統の立木 Es について 3 試験林で計測した結果を示す。試験林毎に分散分析を行った結果、系統間に有意差が認められた。また、各試験林における立木 Es 全系統の平均値は浜北見本林>富士集植林>採穂園の順に大きく、分散分析の結果、3 試験林間にも有意差が認められた。

表2 スギ精英樹挿し木51系統の立木ヤング率 (Es)

挿し木系統	採穂園		富士集植林		浜北見本林		3林分系統 平均値 (kN/mm ²)
	平均値 (kN/mm ²)	CV (%)	平均値 (kN/mm ²)	CV (%)	平均値 (kN/mm ²)	CV (%)	
伊豆1号	5.3	17	7.8	16	6.7	12	6.6
伊豆2号	5.2	6	6.3	6	8.1	10	6.5
伊豆3号	6.1	4	6.9	14	8.0	14	7.0
伊豆4号	4.0	8	4.7	7	6.6	12	5.1
伊豆5号	4.9	6	5.9	8	6.6	14	5.8
伊豆6号	5.5	13	6.7	4	7.3	15	6.5
伊豆7号	5.0	5	7.3	13	7.6	14	6.6
伊豆8号	5.9	7	7.6	8	欠測		6.7
伊豆9号	7.0	8	7.1	8	7.3	16	7.1
伊豆10号	5.2	9	6.4	11	8.5	7	6.7
伊豆11号	6.0	15	7.3	12	8.1	15	7.2
富士1号	10.2	11	8.5	9	9.3	5	9.3
富士2号	4.9	12	7.1	8	8.2	13	6.7
富士3号	5.3	8	6.2	13	7.2	10	6.2
富士4号	4.8	5	5.9	8	7.9	10	6.2
安倍1号	5.0	16	6.1	11	7.8	10	6.3
安倍2号	3.9	11	6.5	10	6.6	13	5.7
安倍3号	欠測		6.8	15	6.7	8	6.7
安倍4号	4.5	11	6.1	9	7.7	8	6.1
安倍5号	4.7	8	4.8	7	6.6	15	5.4
安倍6号	7.1	18	7.2	13	欠測		7.1
大井1号	6.0	5	5.4	10	7.1	8	6.2
大井2号	6.1	8	6.8	10	8.0	7	7.0
大井3号	6.4	17	5.9	11	7.4	6	6.6
大井4号	8.0	10	6.5	10	7.8	18	7.4
大井5号	6.1	15	4.6	6	5.8	7	5.5
大井6号	5.5	13	6.3	8	7.2	16	6.3
大井7号	4.3	8	欠測		6.2	12	5.3
大井8号	5.7	13	5.8	8	6.4	10	6.0
大井9号	5.8	9	6.5	13	7.8	12	6.7
大井10号	5.9	6	6.2	10	8.5	12	6.9
大井11号	6.2	8	7.0	12	7.7	8	6.9
天竜1号	6.9	9	6.9	8	8.0	15	7.3
天竜2号	5.6	12	5.6	12	8.5	6	6.6
天竜3号	5.0	7	5.0	12	6.8	15	5.6
天竜4号	5.8	11	欠測		6.8	12	6.3
天竜5号	8.1	4	8.1	10	9.1	7	8.5
天竜6号	6.3	22	6.3	9	7.3	5	6.6
天竜7号	5.2	19	5.2	5	6.7	11	5.7
天竜8号	6.6	14	6.6	6	8.3	15	7.2
天竜9号	6.9	10	6.9	14	6.8	12	6.9
天竜10号	5.4	3	5.4	15	6.3	9	5.7
天竜11号	7.5	12	6.5	6	7.9	7	7.3
天竜12号	7.8	10	7.0	5	7.9	16	7.6
天竜13号	4.7	6	5.6	11	7.9	11	6.1
天竜14号	5.1	7	5.4	8	6.1	10	5.5
天竜15号	5.5	8	5.9	5	6.9	12	6.1
天竜16号	5.5	15	5.4	13	7.9	9	6.3
天竜17号	6.2	13	6.6	6	8.1	5	7.0
天竜18号	5.2	9	5.9	16	7.0	15	6.0
天竜19号	4.7	10	5.6	14	7.3	18	5.9
全系統平均	5.8	10	6.3	10	7.4	11	6.5
分散分析	**		**		**		
反復率	0.78		0.59		0.61		

CV: 変動係数, **: 危険率1%で有意差有り。

各系統の変動係数は各試験林ともに 5~15%であり、各林分の全系統平均値はいずれも 10%前後であった。

3 試験林の立木 Es 平均値について、JAS 構造用製材の機械等級におけるヤング率基準で区分すると、E90(ヤング率: 7.9kN/mm²以上)に相当するのが富士1号と天竜5号の2系統、E70(ヤング率: 5.9kN/mm²以上)が40系統、E50(ヤング率: 5.9kN/mm²未満)が9系統であった。遺伝的支配の強さを表す指標である反復率(広義の遺伝率)¹⁵⁾は、立木 Es が 0.59~0.78 であり胸高直径(0.31~0.42)と比べて高い値を示した。

図 1 に 51 系統の立木 Es 平均値について採穂園の立木 Es と集植林と見本林との関係を示した。挿し木系統の立木 Es は、採穂園と集植林と見本林の相互の林分間、同様に集植林と見本林の林分間(相関係数 0.59)にも有意な相関関係が認められた。

図 2 に「スギ精英樹特性表」¹⁹⁾で示されたヤング率の評価指数と各試験林の立木 Es との関係を示す。評価指数

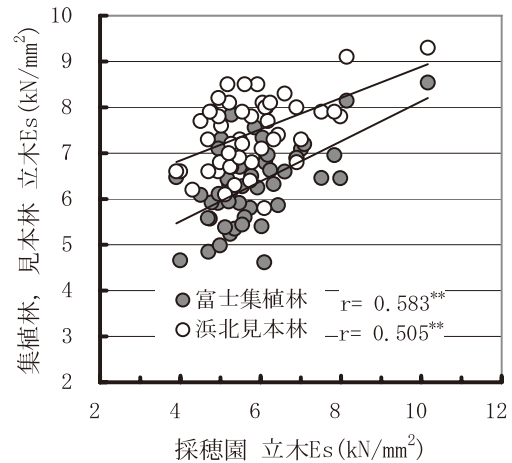


図1 挿し木系統立木Esの採穂園と集植林、見本林との関係
*: 相関係数が危険率1%で有意。

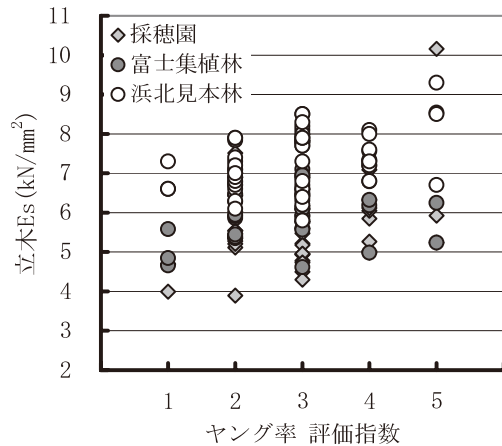


図2 挿し木系統立木Esとヤング率評価指数*との比較
*: 「スギ精英樹特性表: 文献¹⁹⁾」偏差値による5段階指数。

2~4では系統間の差異が明確でないが、指数1と同5では立木Esに差異がみられた。富士1号は、前年度までの次代検定林等における調査でも他系統と比べて大きなことが確認されている。なお、「スギ精英樹特性表」では、ヤング率が最も高い評価指数5(E90相当)の系統として富士1号以外に大井10号と天竜7号が示されているが、両系統の立木Esは3調査林の平均値ではE70相当の値であった。

2 検定林における挿し木系統等の立木Esと形質

2箇所の次代検定林で調査した挿し木系統等の立木Esと胸高直径を表3に示す。分散分析の結果、各系統間の立木Esに有意差が認められ、富士1号と天竜5号は、いずれも他系統と比べて大きな値を示した。反復率は、2箇所の次代検定林ともに前項の結果と同様、立木Esが0.63、0.51となり胸高直径の0.47、0.07と比べて高い。

挿し木系統と半兄弟家系が植栽されている関静8号の次代検定林の立木Esと胸高直径及び樹高を表4に示す。富士1号は挿し木系統、半兄弟家系ともに他の系統と比

べて大きな値を示した。また、その他挿し木系統の立木Esは各検定林ともにE70(5.9 kN/mm²)以上の値を示した。分散分析の結果、挿し木系統、半兄弟家系間の立木Esと樹高に有意差が認められ、胸高直径では挿し木系統のみ有意差が認められた。反復率は、立木Esが0.57と、胸高直径及び樹高ともに挿し木系統が半兄弟家系と比べて大きく、立木Esでは樹高や胸高直径よりも高い。立木Esの平均値は、挿し木系統が半兄弟家系と比べてやや高い反面、樹高や胸高直径では半兄弟家系が挿し木系統よりも大きな傾向がみられた。挿し木系統の立木Esの変動係数は同じ系統の実生家系のそれと比べてやや小さな値を示した。一方、胸高直径や樹高の変動係数は両者間に差異が顕著でなかった。

浜北見本林、富士集植林及び3箇所の次代検定林における、挿し木系統の立木Esと胸高直径の各平均値の関係を図3に示す。立木Esと胸高直径との間には、浜北見本林のみ負の弱い相関関係が認められたが、富士集植林と次代検定林では相関関係が認められなかった。

図4に同じ挿し木5系統が植栽された5試験林の立木

検定林	挿し木系統	立木Es		胸高直径	
		(kN/mm ²)	CV(%)	(cm)	CV(%)
関静 21号	富士1号	9.9	6	19.5	11
	大井1号	7.2	10	19.4	9
	大井3号	8.1	11	20.0	9
	天竜5号	8.7	11	24.9	18
	天竜8号	8.4	9	25.6	16
	天竜9号	7.0	10	28.5	11
	天竜11号	7.9	10	23.1	13
分散分析		**		**	
反復率		0.63		0.46	
関静 22号	伊豆4号	6.9	7	16.9	14
	伊豆8号	8.1	6	16.7	25
	富士1号	9.3	6	16.0	18
	富士3号	7.8	6	15.0	16
	大井1号	6.8	13	17.7	18
	天竜5号	9.1	7	16.0	20
	天竜8号	8.0	7	17.9	16
	天竜9号	7.2	7	19.4	18
分散分析		**		**	
反復率		0.51		0.07	

CV：変動係数，**：危険率1%で有意差有り。

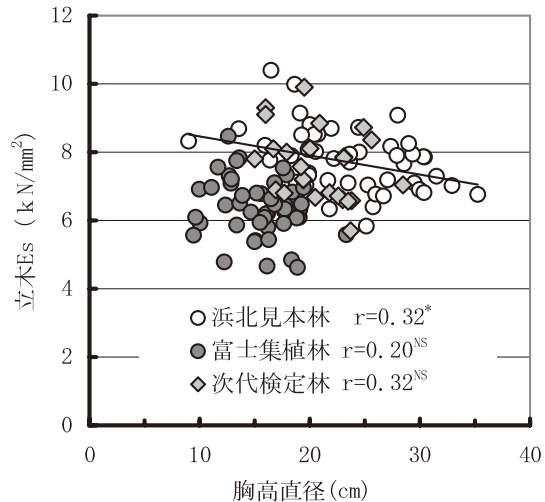


図3 挿し木系統の立木Esと胸高直径との関係

図中のプロットは各挿し木系統の平均値

*：相関係数が危険率5%で有意，NS：相関係数が有意でない

表4 挿し木系統と半兄弟家系との立木Es、生長形質の比較（次代検定林：関静8号）

精英樹	立木Es (kN/mm ²)					胸高直径 (cm)					樹高 (m)				
	挿し木系統	半兄弟家系	分散	平均	CV(%)	挿し木系統	半兄弟家系	分散	平均	CV(%)	挿し木系統	半兄弟家系	分散	平均	CV(%)
安倍3号	6.8	5.7	23	6.8	17	21.8	23.7	16	21.8	19	16.4	16.1	12	16.4	13
富士1号	8.8	7.8	19	8.8	11	20.9	23.1	14	20.9	11	15.4	16.4	11	15.4	7
天竜1号	6.6	6.6	19	6.6	12	23.0	23.8	19	23.0	19	15.0	16.6	8	15.0	13
天竜11号	6.7	6.7	15	6.7	14	20.5	22.6	13	20.5	15	14.0	16.1	9	14.0	12
天竜12号	7.6	6.6	18	7.6	13	19.2	23.5	11	19.2	21	14.7	17.2	10	14.7	14
分散分析		**	**	**		NS		**	**	*					
反復率		0.57		0.10		0.20		0.01		0.35		0.04			

分散分析：行は挿し木系統と半兄弟家系間，列は系統内または半兄弟家系内

**：危険率1%で有意，*危険率5%で有意，NS：有意差無し

Es を比較した結果を示す。富士 1 号と天竜 5 号は各試験林ともに立木 Es が大きな値を示し、伊豆 4 号のそれは各試験林とも小さな値を示した。分散分析の結果、挿し木 5 系統間の立木 Es に有意差が認められた反面、試験林間の立木 Es には有意差が認められなかった。

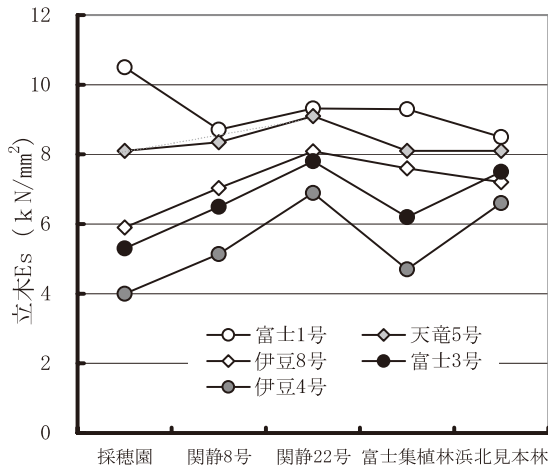


図4 挿し木5系統の各調査林における立木Es

3 若齢期林分の挿し木系統の立木 Es

挿し木系統の立木 Es について、若齢期 4~10 年生の各林分と表 1 に示した林齢 30 年生以上の 3 林分平均値を比較した結果を図 5 に示す。10 年生の西部育種場採徳林と 4 年生の苗畑試験林では有意な相関関係が認められた。一方、7 年生のミニチュア採種園では相関関係は認められなかった。また、若齢期林分の各挿し木系統の立木 Es と「スギ精英樹特性表」¹⁹⁾のヤング率評価指数との関係を図 6 に示す。ヤング率の評価指数が大きな系統は若齢期でも立木 Es が大きな傾向にある。両者の関係は明確でないが、富士 1 号は若齢期のいずれの林分でも他系統と比

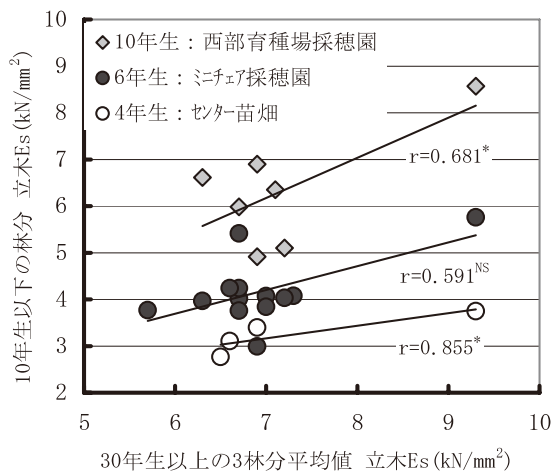


図5 挿し木系統立木Esの若齢期（10年生以下）と成熟期（30年生以上）の林分間における比較

※：相関係数が危険率5%で有意，NS：相関係数が有意でない。

べて大きな値を示した。

挿し木系統の立木 Es の反復率は、4 年生の苗畑試験林では 0.67、7 年生ミニチュア採種園では 0.70、10 年生西部育種場では 0.80 であった。

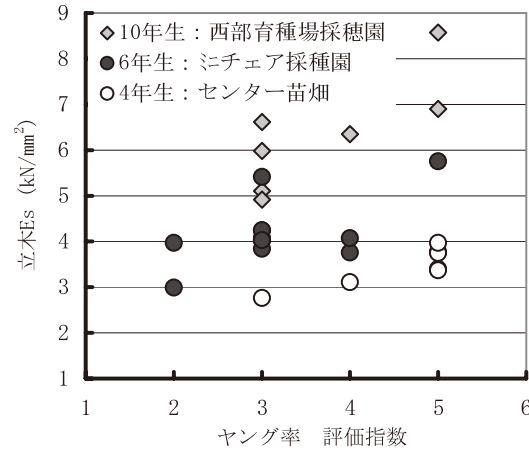


図6 挿し木系統立木Esとヤング率評価指数*との比較
*：「スギ精英樹特性表：文献¹⁹⁾」偏差値による5段階指数。

4 検定林伐採木による挿し木系統の材質

表 5 に各検定林で伐採した丸太等で調査した結果を示す。調査した丸太 Efb の全調査系統の平均値は 6.1kN/mm²、変動係数が 19%であった。平川らによる関東行育種区で調査した精英樹挿し木既往の結果⁹⁾と比べてほぼ同値であった。系統別では富士 1 号のみが 2 検定林ともに E90 以上を示したが、それ以外の系統は E70、E50 であった。

密度や平均年輪幅の平均値もほぼそれと同値であった。丸太 Efb と密度とは正の、年輪幅とは負の相関関係が認められ、富士 1 号の密度は他の系統と比べて大きい。製材品の乾燥性能に大きく影響する含水率は、心材が 160%、辺材が 261%と、平川らの値と比べていずれもやや高い値を示した。

各材質の反復率は、丸太 Efb が 0.82 と最も高く、心材含水率 0.56、辺材含水率 0.45、密度 0.53、平均年輪幅 0.42 であった。

IV 考 察

1 挿し木系統間のヤング率

スギ精英樹挿し木 51 系統が植栽された県内 3 試験林の立木 Es は、富士 1 号と天竜 5 号の 2 系統のみが E90 相当以上の大きな値を示した。また、2 検定林で伐採した丸太 Efb は富士 1 号のみが E90 以上を示した。更に、両系統の立木 Es は、その他の検定林等や樹幹全体が未成熟材で形成される 10 年生以下の若齢期の段階でも他の系統と比べて大きな値を示したことから、高ヤング率の特性を

表5 伐採木調査による挿し木系統の材質

挿し木系統	試験林 関静No.	丸太Efr* (kN/mm ²)	全乾密度 (kg/m ³)	年輪幅 (mm)	含水率(%)**	
					心材	辺材
伊豆2号	5	6.3	329	2.9	134	238
伊豆4号	4	3.8	260	4.5	171	308
伊豆4号	5	3.6	254	3.8	138	334
伊豆5号	4	4.6	265	4.5	256	298
伊豆6号	1	7.8	333	3.8	114	226
伊豆10号	4	6.2	319	4.5	94	241
伊豆10号	16	7.5	333	2.9	83	210
富士1号	1	8.2	334	3.6	96	231
富士1号	16	9.2	346	2.7	139	212
富士2号	17	7.8	301	3.3	141	232
富士3号	8	5.8	315	3.7	189	263
富士3号	4	5.7	301	3.7	194	257
富士3号	5	6.1	316	3.2	176	260
富士3号	13	5.7	288	4.8	190	241
富士4号	18	7.7	280	3.5	114	246
安倍2号	13	5.1	263	4.8	201	287
安倍3号	8	5.7	300	3.8	138	266
安倍4号	18	5.7	294	4.4	165	296
安倍5号	8	4.7	303	4.0	178	268
安倍6号	17	7.2	287	3.4	106	250
大井1号	13	5.2	263	4.5	231	296
大井1号	16	5.9	297	2.6	164	265
大井2号	13	6.6	286	4.7	165	238
大井2号	17	7.8	328	2.8	108	201
大井3号	20	6.4	313	3.9	131	260
大井4号	17	7.4	326	2.7	126	216
大井5号	13	4.6	272	5.6	183	299
大井6号	18	6.9	286	3.9	128	262
大井6号	17	6.7	302	3.3	118	241
大井7号	13	4.7	260	4.9	213	323
大井8号	17	7.2	307	3.1	173	210
大井9号	13	5.5	252	4.0	225	329
天童1号	13	5.7	278	4.7	225	271
天童1号	4	5.4	298	4.6	214	252
天童1号	5	6.1	318	3.5	174	226
天童1号	13	6.6	284	4.7	183	276
天童5号	20	7.8	307	4.5	117	267
天童7号	16	6.9	304	2.9	148	233
天童8号	13	6.6	299	4.3	77	246
天童8号	20	5.6	297	4.3	108	215
天童9号	20	5.5	303	4.7	191	261
天童11号	13	7.1	291	3.8	102	237
天童11号	20	6.0	280	4.0	148	278
天童11号	8	5.3	286	4.0	182	278
天童15号	20	6.2	299	3.7	177	272
平均値		6.1	293	4.0	160	261
CV(%)		19	8	18	27	12
反復率		0.82	0.53	0.42	0.56	0.45

*丸太Efr：タッピング法による動的ヤング率

**含水率：全乾法による含水率

有した系統と思われた。その他大半の挿し木系統の立木Esは、通常の生育をしている見本林や検定林では、「しずおか優良木材製品の品質基準」におけるE70(ヤング率5.9kN/mm²以上)を上回る値を示した。一方、数系統の立木EsはE50相当で成熟期以降でも林齢増に伴うヤング率の向上しないことが示唆された。

E90相当以上の高ヤング率系統は2系統と少なかったのは、精英樹の母樹を選抜した当初、指標に材質が無か

ったことが一因と考えられる。このため、ミニチュア採種園等で高ヤング率系統同士を交配し実生家系を作出するには、本県産のみでは系統数が少ないため、関東育種区内の国有林産や他県産の挿し木系統の導入が必要である。また、精英樹系統を交配した第2世代の家系が植栽された林分にて高ヤング率の立木個体を探索し、それらとの交配を進める必要がある。更に、静岡県産の丸太や柱や梁製材品の実大材強度試験データ⁹⁾によると、全国平均値¹³⁾の5.9kN/mm²(JAS構造用製材機械等級:E70)と比べて9.9kN/mm²(同E110)以上の大きなヤング率を示す個体がみられる。このため、精英樹系統以外の地スギが植栽された高齢林分等で高ヤング率の立木を探索し、新たな材質品種作出に向けた育種材料として活用する必要がある。

林齢10年生以下の若齢期の試験林においても各系統間の立木Esに有意差が認められた。また、筆者らの既往の研究でも5~10年生の若齢期の段階で立木個体間のEsに差異が認められ、若齢期と成熟期とのヤング率に相関関係が認められている⁷⁾。このため、若齢期の立木Es計測し系統間差の評価を行うことで、次世代の品種作出を効率良く進められると考えられた。近年ではDNAマーカー連鎖地図作成に基づいた材質関連遺伝子のQTL解析によりヤング率の遺伝的要因についての検討が進められている¹²⁾。今後、高ヤング率系統が多く選抜され、解析されることで要因解明がより進むものと思われる。

2 挿し木系統と半兄弟家系との比較

同一次代検定林分内に植栽された挿し木系統と同じ実生家系の立木を比較した結果、挿し木系統は、立木Esが半兄弟家系と比べてやや大きい。若しくは同等である反面、胸高直径や樹高では半兄弟家系と比べて小さい傾向にあった。同じ検定林内に植栽されている挿し木系統と実生家系の調べた既報²⁹⁾では本調査と同様に挿し木系統が実生家系と比べて丸太Efrが小さく、胸高直径は逆に大きい結果が得られている¹⁵⁾。このため、現時点では挿し木と半兄弟家系の生長形質やヤング率等の違いについて結論付けができず、今後更なる検討が必要と思われる。挿し木系統は半兄弟家系と比べて、立木Es、胸高直径、樹高いずれも、系統内の分散比が大きく、変動係数が小さいが、立木Esについては既報でも同様な傾向にあり同一遺伝子型であることが顕著に表れたためと考えられる。

3 立木Esと生育環境、肥大成長との関係

立木Esの全系統平均値は、見本林と比べて採種園と富士集植林の値が小さかったが、これは採種園では幹頂部の断幹、集植林では植栽間隔が狭いことが影響し、生長形質とも関連して劣ったと推察される。しかし、挿し木

立木 Es については、同様の林分でも系統間差が認められ、林分間相互にも有意な相関関係が認められた。更に、5 系統を生育環境の異なる 5 つの林分で比較した結果でも、系統間の立木 Es に有意差が認められ、同値の高低も異なる林分でほとんど変わらなかった。また、次代検定林では、立木 Es の系統とプロットとの交互作用は有意差が認められなかった。藤澤らは、スギクローンではヤング率の広義の遺伝率は胸高直径のそれと比べて高く、また、ヤング率は検定林相互間の寄与率が高いため、クローンと検定林との交互作用が小さいと推察している¹²⁾。これらの結果等から、立木 Es の生育環境と遺伝性との交互作用は小さいことが示唆された。

本試験では立木 Es と胸高直径との関係は、負の相関係数が有意で無い林分や、それが有意な林分でも相関係数が小さく、両者間には密接な相互関連性がないことが示唆されており、藤澤らも同様の結果を報告している^{13,14)}。以上のことを踏まえると、挿し木系統のヤング率は、生育環境の違いによる変動が小さいものと考えられた。

4 挿し木系統ヤング率の遺伝性

遺伝的支配の強さを表す指標である反復率(広義の遺伝率)¹⁵⁾は、林齢に係わらず各試験林ともに挿し木系統の立木 Es が 0.50 以上の高い値を示した。同値は、半兄弟家系の立木 Es や、生長形質(胸高直径・樹高)と比べて高い値を示した。更に、丸太 Efr の反復率も密度、年輪幅、含水率等の同値と比較して高いことから、ヤング率は遺伝率が高く育種による大きな改良効果が期待できるものと考えられた。

V 摘 要

林木育種により高ヤング率品種を開発するため、静岡県産スギ精英樹挿し木系統の動的ヤング率を様々な林分で評価した。応力波伝播法による立木ヤング率(立木 Es)は、富士 1 号と天竜 5 号の挿し木 2 系統が、採種園や集植林及び次代検定林で 7.9kN/mm²(JAS 構造用製材機械等級: E90)以上の値を示した。特に、富士 1 号は、樹幹全体が未成熟材で形成される 10 年生未満の若齢期の立木や、次代検定林の伐採丸太でヤング率を評価した結果でも、他の挿し木系統と比べて大きな値を示したことから、高ヤング率の系統であることが確認された。挿し木系統の立木 Es はいずれの調査林でも系統間に有意差が認められた。挿し木系統の立木 Es や丸太 Efr は、反復率(広義の遺伝率)が成長形質と比べて各試験林ともに高く、また、挿し木系統の立木 Es は生育環境の異なる林分間で相関関係が認められ、ヤング率の遺伝性が高いことから、林木育種による材質改良による新たな品種作出の可能と考えられた。

謝 辞

本研究を実施する際、次代検定林、集植林、採種園を管理する農林事務所や育種場の関係各位より多大なご協力とご支援を頂いた。ここに謝意を表する。

引用文献

- 1) 藤澤義武・太田貞明・西村慶二・田島正啓(1991): スギの材質と遺伝-精英樹クローンにおけるヤング係数と直径成長のクローン間差と検定林間の相関関係-木材学会誌 38(7), 638-644.
- 2) 藤澤義武・倉本哲嗣・平岡裕一郎・柏木学・井上祐二郎(2004): 木材の用途に応じた精英樹クローンの区分の試み, 九州森林研究, 210-212
- 3) 平川泰彦・藤澤義武・中田了五・山下香奈(2003): 関東育種基本区から選抜されたスギ精英樹クローンの材質, 森林総研研報 41(2), 31-41.
- 4) 平川泰彦・藤澤義武(1995): 精英樹スギクローンにおける晩材仮導管 S2 層のマイクロフィブリル傾角と仮導管長との関係, 木材学会誌 41(2), 123-131.
- 5) 池田潔彦・大森昭壽・平井信之・鈴木滋彦・早村俊二・丸山則義(1993): 次代検定林におけるスギ精英樹の材質と曲げ強度性能, 静岡林技セ研報 21, 33-43.
- 6) 池田潔彦(2002): 応力波伝播速度による立木材質の評価と適用に関する研究, 静岡林技セ研報 29, 1-63.
- 7) 池田潔彦・山本茂弘・近藤 晃(2009): スギ, ヒノキの若齢期におけるヤング率の個体間差と樹幹放射方向におけるヤング率変動, 静岡農林技研研報, 2, 69-74.
- 8) 近藤晃・山本茂弘・井出雄二(1990): スギ精英樹次代検定林の成績, 静岡林技セ研報 18, 1-24.
- 9) 近藤晃(1994): 静岡県産スギ精英樹クローンの特性評価(I)心材色, 静岡林技セ研報 22, 1-7.
- 10) 近藤晃(1995): 静岡県産スギ精英樹クローンの特性評価(II)樹幹の心材率と真円性, 静岡林技セ研報 23, 1-5.
- 11) 近藤晃・袴田哲司(2007): 静岡県産スギ精英樹クローンの特性評価(IV)少花粉スギ選定を目的とした雄花重量の遺伝変異, 静岡林技セ研報 35, 7-11.
- 12) 倉本哲嗣・近藤禎二・藤澤義武・中田了五・林英司・後藤陽子・柴田洋(2002): スギのヤング率に関する QTL 解析, 林育研報 18, 69-80
- 13) 栗延晋(1991): 次代検定林における精英樹の材質について, 林木の育種 161, 28-32.
- 14) 強度性能研究会(1999)強度データベース・データ集 3, 森林総合研究所, 66p.

-
- 15) 大森昭壽・池田潔彦(1995)：スギ精英樹の材質と強度性能, 静岡林技セ研報 23, 21-36
 - 16) 大庭喜八郎・勝田柁編(1991)林木育種学, 文詠堂出版, 98-104.
 - 17) 林木育種協会(2001)：林木の材質検定法とその実際, 林木育種協会, pp93.
 - 18) 林木育種協会(2004)：林木育種のプロジェク_ト, 林木育種協会, pp129.
 - 19) 林木育種センター(1998)：関東育種基本区スギ精英樹特性表, 林木育種センター, pp 166-172.
 - 20) 林野庁(1992)：平成3年度林野庁事業精英樹の材質評価手法に関する調査報告書, pp115.
 - 21) 静岡県森林整備課(1996)：静岡県の林木育種, 51pp.
 - 22) 山本茂弘・池田潔彦(2002)：応力波伝播速度による精英樹立木の材質評価、中森研 50, 63-64..