

## 伐期に達したスギ精英樹の総合評価 — 高隈演習林六演習林スギ品種第V試験地の結果から —

寺岡行雄<sup>1)</sup>

寺岡行雄：伐期に達したスギ精英樹の総合評価—高隈演習林六演習林スギ品種第V試験地の結果から— 九州森林研究 68：31—34, 2015 鹿児島大学高隈演習林における伐期に達した九州産スギ精英樹 25 クロンの遺伝的特性を明らかにし、成長特性、材質特性を総合的に評価することを目的とした。第V試験地は1971年3月に二重格子法で設定され、伐期を超える42年生となった。樹高、胸高直径、樹冠長および立木幹材積をもとに各測定項目の二重格子法による分散分析と多重比較を行い、各クロンのランク分けを行った。さらに、成長特性と材質特性とで総合的に評価するために、樹高、胸高直径、立木幹材積、形状比、30年生時の動的ヤング率を用いてクラスター分析と主成分分析を行い、精英樹クロンの類型化を行った。最後に、品種と精英樹クロンとの関係を検討した。

キーワード：スギ精英樹クロン、現地適用試験、遺伝的特性、スギ在来品種

### I. はじめに

我が国のスギの林木育種事業は集団選抜法で進められ、選抜した精英樹（優良個体木）クロンで構成された採種園から造林用の種苗が供給されている。この精英樹選抜育種事業は、昭和30年代前半から始まった。精英樹の選抜は、主として昭和32～33年度に行われ、採種園の造成は昭和30年代～昭和40年代前半にかけて進められてきた。

一方、九州地方では温暖な気候と豊かな降水量を利用して、古くからスギのさし木による造林が盛んに行われてきている。さし木による造林は、遺伝子型がそのまま後代に受け継がれるため、選抜効果は実生のものに比べて高くなることから、高品質のスギ材生産のためにきわめて重要な造林技術とされている（宮島, 1989）。

しかし、精英樹に関する遺伝特性、育種学的研究の歴史は浅く、選抜された精英樹の中には環境の影響などにより偶然優れた性質を示したものが混じっている可能性などもあることから、1968年から六演習林共同スギ品種地域特性試験（以下、スギ品種試験）が開始された。

本研究は、1971年3月に植栽された鹿児島大学高隈演習林スギ品種試験地の各精英樹クロンが、スギの標準伐期齢である40年を超えたことから、スギ精英樹研究の基礎資料を提供することを目的として、これまでの継続測定データと共に成長と材質の面で総合評価を試みた。

### II. 六演習林共同スギ品種地域特性試験

この試験は九州産のスギ在来品種および精英樹クロンの特性と地域環境適応性を明らかにするため、九州大学宮崎演習林および粕屋（現福岡）演習林、愛媛大学米野々演習林、日田林工高校三花演習林、宮崎大学田野演習林、鹿児島大学高隈演習林の各演習林が共同で1968年から1971年にかけて設定したものである。九州の代表的なスギ挿し木在来品種の遺伝的特性とその立地環境

に対する適応性の差異を実験計画的に実証研究することを目指したものである（木梨ら, 1973）。各演習林にはそれぞれ第I～第Vまでの5つの試験地が設定されており、その供試材料は、第I～第IV試験地に九州産スギ在来6品種が、そして第V試験地には九州産スギ精英樹の25クロンが植栽された。本試験は1968年の開始後40年以上を経過するが、この間に共同研究体制が解消され、調査研究の実施は各演習林のスギ品種試験地として引き継がれ、現在に至っている。

本研究は、鹿児島大学高隈演習林（鹿児島県垂水市所在）のスギ品種試験地第V試験地（以下、第V試験地）を対象とした。第V試験地には、九州産スギ精英樹25クロンが1971年3月に植栽された。試験に用いられた九州産スギ精英樹は、当時九州林木育種場クロン集植地内に植栽されていた286クロンのうちから、次の方針にしたがって選定された。

- 集植地における樹高の単純平均による順位付けを行い、上位から等間隔に9グループに分け、その奇数順位の各グループに属するクロンの中からそれぞれ5クロンずつ選定された。
- 選定されるクロンは、各グループに属するもののなかで、可能な限り実生系精英樹のクロンであることとされたが、そのうち少なくとも1クロンは、当時すでにある地域に植栽され、その品種としての特性もある程度明らかとなったさし木系の品種から選ばれたものである。
- 選定されるクロンは、さし木の発根性がすぐれ、1クロンにつき300本以上の苗木が得られ、かつ分譲可能なものとされた。
- 九州全域から選定するため、北部地区（福岡・佐賀・長崎）、中部（大分・熊本）、南部（宮崎・鹿児島）に分けて、それぞれほぼ同数に近いクロンが含まれるようにつとめた。
- 比較対照のために、選定される在来品種が、分布範囲の広いヤブクグリ（九州北部一帯）、メアサ（九州南西部）、オビアカ（九州南東部）がそれぞれ複数クロン選ばれた。

以上の手順により、第V試験地用として供試された25クロンの番号とクロン名（精英樹名）を表-1に示す。

<sup>1)</sup> 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065.

表-1. 供試クローン

クローン番号	クローン名	在来品種名	DNA マーカーの遺伝子型※1	備考※2
1	東臼杵12号	トサアカ		花粉の少ないスギ品種
2	県大分5号	不明		20年次推奨品種(成長)
3	県薩摩5号	ハアラ		花粉の少ないスギ品種
4	福岡署1号	アカバ	アカバ型	
5	県始良6号	トサアカ	T型	
6	県始良26号	メアサ	P型	
7	県東臼杵4号	トサアカ		
8	県始良25号	メアサ	メアサ型	
9	県鹿児島1号	メアサ	メアサ型	花粉の少ないスギ品種
10	県竹田4号	ヤブクグリ	AA型	
11	県竹田6号	ヤブクグリ	AA型	
12	県長崎1号	不明		
13	県藤津14号	アヤスギ	アヤスギ型	花粉の少ないスギ品種
14	都城署5号	オビアカ	オビアカ型(注1)	
15	県竹田9号	ヤブクグリ	ヤブクグリ型	
16	県始良15号	メアサ		
17	県竹田12号	イボアカ	イボアカ型(注2)	
18	県阿蘇1号	アヤスギ	アヤスギ型	花粉の少ないスギ品種
19	県始良21号	不明	I型	
20	県佐賀3号	フジスギ	イワオ型	花粉の少ないスギ品種
21	綾署1号	不明		花粉の少ないスギ品種
22	大根占署1号	オビアカ	オビアカ型(注1)	
23	宮崎署4号	オビアカ	N型	
24	県浮羽11号	不明		
25	大口署2号	ヤブクグリ	ヤブクグリ型	

※1 出典：久枝ら (2003)

※2 出典：材木育種センター (2006)

### Ⅲ. 第V試験地の設定方法

第V試験地では、スギ精英樹25クローンの比較検討を行うため、二重格子法の原理を用いた試験配置が行われた。具体的な植栽方法は試験地設定時の報告(木梨ら, 1973)を参照いただきたい。鹿児島大学高限演習林内に設置された第V試験地の配置は図-1の通りである。図中の1マスはプロットを、数字はクローン番号を表している。このプロット(クローン)の実験配置は演習林によって異なっているが、同じ基準に従って無作為化が図られて設定されている。ここで、1クローン当たり12本(等高線方向に4本、等高線に直角方向に3列、植栽間隔は縦・横ともに2m)を基本単位とし、1反復に25クローンで1つの試験区を編成して



図-1. 高限演習林第V試験地の試験配置図

いる。ここではX群、Y群の2回繰り返しとし、計4反復とされている。したがって、植栽時点の本数は1,200本(12本×25クローン×4反復)となっていた。

### Ⅳ. 調査および分析方法

現地調査は42年生時の2012年10月と11月に、第V試験地内のスギ精英樹クローンの樹高、胸高直径、枝下高の毎木測定を行った。

また、材質指標の一つとして動的ヤング率を取り上げ、30年生時の2001年12月に測定した。各プロット(12本)から、平均的サイズの個体2本を選び、胸高部位を含むように3mの丸太を採取した。材長、元口および末口径、重量の測定後、縦振動法によって動的ヤング率を測定した。

分析として、残存率を算出し、斜面上部と下部それぞれ測定した枝下高の平均値をとり、樹高と枝下高の差から樹冠長を算出した。さらに、樹高と胸高直径から立木幹材積を算出した。これらの数値をもとに、動的ヤング率を除く各測定項目について二重格子法による分散分析を行った。また、多重比較(Tukey法)を行い、検出された平均値の差にもとづいて各クローンのランク分けを行った。さらに、スギ精英樹クローンを成長特性と材質特性とで総合的に評価するために、クローンごとの樹高、胸高直径、立木幹材積および形状比の平均値と30年生時の動的ヤング率を使ってクラスター分析と主成分分析によりクローンを分類した。さらに、分類した精英樹クローンと在来品種との関係を検討した。

### Ⅴ. 結果および考察

#### 1. クローン別成長特性と分散分析

クローン別の成長に関する測定結果を表-2に示す。なお、2012年の林分調査データは公表されている(寺岡ほか, 2014)。

樹高は最大が22.0mで最低が10.8mとなり、大きな差となっていた。胸高直径では15.0cmから34.6cmの範囲にあった。樹冠長は3.2mから7.4mの範囲で、立木幹材積では0.129m<sup>3</sup>から0.842m<sup>3</sup>までの範囲で、クローン間の差がより大きくなっていた。丸太の動的ヤング率は最低が3.38GPaで最大が7.81GPaとなっていたが、多くは4GPaから6GPaの範囲であった。形状比は63.7から90.1の範囲内で、被圧の影響が示唆された。残存率は33.3%から81.3%の範囲であったが、21の綾署1号と15の県竹田9号を除けば、残存率は60%を超えていた。

次に、伐期に達したスギ精英樹クローンの分散分析の結果を示す。樹高、胸高直径、立木幹材積および樹冠長全ての項目において、クローン間には著しい有意差が認められた(表-3)。なお、ここで成分(a)は、X群、Y群における反復の交互作用を、成分(b)はクローン効果を除いたブロック効果を表している。

スギ精英樹を多重比較によって樹高、胸高直径を平均値の大きいものから順にランク分けしたものを表-4に示す。まず、樹高ランク表は、4つのランクに分かれ、ランクIとIVは1クローンのみであった。

胸高直径は8つのランクに分かれた。樹高に比べランク数が多

表-2. クロウン別の林分値、動的ヤング率および残存率

クロウン No	樹高 (m)	直径 (cm)	林積 (m <sup>3</sup> )	樹冠長 (m)	MOE (Gpa)	形状比	残存率 (%)
1	18.7	24.3	0.488	5.5	5.18	77.2	81.3
2	16.6	22.7	0.350	3.9	6.15	73.1	75.0
3	19.7	29.4	0.644	6.2	4.48	66.9	81.3
4	16.6	19.6	0.277	4.5	4.94	84.6	75.0
5	22.0	34.6	0.842	7.4	5.07	63.7	81.3
6	13.3	16.2	0.174	3.7	4.17	81.9	60.4
7	18.9	27.0	0.485	4.8	5.34	70.1	77.1
8	15.4	19.7	0.231	3.2	5.26	78.0	70.8
9	14.3	17.7	0.201	3.4	3.38	81.1	66.7
10	18.5	22.3	0.310	5.5	3.86	83.3	68.8
11	16.4	20.7	0.342	5.1	3.63	79.4	70.8
12	19.3	21.5	0.388	4.9	7.81	90.1	72.9
13	16.6	19.7	0.283	4.8	4.74	84.6	72.9
14	20.9	29.9	0.767	5.4	4.69	69.8	75.0
15	14.5	18.2	0.218	4.2	3.70	79.8	54.2
16	18.2	25.6	0.514	5.2	4.95	71.2	77.1
17	20.6	31.7	0.690	5.0	4.51	65.0	81.3
18	15.9	18.9	0.242	3.8	4.76	84.3	70.8
19	18.3	24.2	0.454	4.0	4.71	75.7	79.2
20	16.7	23.1	0.333	4.9	5.17	72.3	77.1
21	10.8	15.0	0.129	3.8	4.11	72.2	33.3
22	19.5	28.0	0.574	5.0	4.48	69.5	77.1
23	20.6	27.3	0.568	5.9	6.08	75.4	81.3
24	20.3	26.2	0.564	5.7	6.05	77.4	72.9
25	16.4	20.6	0.247	4.4	3.45	79.7	75.0

表-3. 分散分析の結果

樹高					胸高直径				
要因	自由度	平方和	分散	F 値	要因	自由度	平方和	分散	F 値
反復	3	73.464	24.488	8.98	反復	3	245.233	81.744	68.51
クロウン	24	759.077	31.628	11.59**	クロウン	24	2413.852	100.577	71.99**
ブロック	16	104.068	6.504	2.38	ブロック	16	133.884	8.368	5.99
成分(a)	8	46.112	5.764	2.11	成分(A)	8	90.147	11.268	8.07
成分(b)	8	57.956	7.245	2.66	成分(B)	8	43.737	5.467	3.91
誤差	56	152.772	2.728		誤差	56	78.233	1.397	
計	99	1089.382			計	99	2871.202		

樹冠長					立木幹材積				
要因	自由度	平方和	分散	F 値	要因	自由度	平方和	分散	F 値
反復	3	1.777	0.592	1.18	反復	3	0.143	0.196	24.62
クロウン	24	89.336	3.722	7.42**	クロウン	24	3.692	0.120	15.04**
ブロック	16	10.561	0.660	1.32	ブロック	16	0.203	0.013	1.59
成分(a)	8	6.654	0.832	1.66	成分(a)	8	0.110	0.014	1.72
成分(b)	8	3.907	0.488	0.97	成分(b)	8	0.094	0.012	1.47
誤差	56	28.092	0.502		誤差	56	0.446	0.008	
計	99	129.766			計	99	4.484		

\*\*は1%水準での有意差あり

F 値 &gt; (24, 72, 0.01) = 2.03

くなった要因として、比較的高い密度管理下にあったため、クロウン同士の競合が激しくなり、樹高成長の良い精英樹クロウンに被圧されたためと考えられる。

立木幹材積では3つのランクに分けられ、樹冠長では4つのランクに分けられた。

県始良6号は全ての成長項目において、最も優れた成長を示した。樹高で上位にランクされた都城署5号、宮崎署4号、県竹田12号などは多少の順位変動はあるものの、いずれの成長項目においても上位にランクされていた。一方、樹高で下位にランクされた県始良25号、県竹田9号、県鹿児島1号、県始良26号などは外の成長要因においても下位にランクされていた。樹高、胸高直径、樹冠長および立木幹材積のすべての項目で上位グループと下位グループは、ほぼ同じクロウンであり、クロウンによるスキの成長特性の再現性が確認された。伐期を迎える林齢においても、

表-4. 多重比較によるクロウンのランク分け

樹高				胸高直径			
ランク	No.	クロウン名	平均値 (m)	ランク	No.	クロウン名	平均値 (cm)
I	5	県始良6号	22.0	I	5	県始良6号	34.6
	14	都城署5号	20.9		17	県竹田12号	31.7
II	23	宮崎署4号	20.6	III	14	都城署5号	29.9
	17	県竹田12号	20.6		3	県薩摩5号	29.4
III	24	県浮羽11号	20.3	IV	22	大根占署1号	28.0
	3	県薩摩5号	19.7		23	宮崎署4号	27.3
IV	22	大根占署1号	19.5	V	7	県東臼杵4号	27.0
	12	県長崎1号	19.3		24	県浮羽11号	26.2
V	7	県東臼杵4号	18.9	VI	16	県始良15号	25.6
	1	県東臼杵12号	18.7		19	県始良21号	24.2
VI	10	県竹田4号	18.5	VII	1	県東臼杵12号	24.3
	19	県始良21号	18.3		20	県佐賀3号	23.1
VII	16	県始良15号	18.2	VIII	2	県大分5号	22.7
	20	県佐賀3号	16.7		10	県竹田4号	22.3
VIII	13	県藤津14号	16.6	IX	12	県長崎1号	21.5
	2	県大分5号	16.6		11	県竹田6号	20.7
IX	4	福岡署1号	16.6	X	25	大口署2号	20.6
	11	県竹田6号	16.4		8	県始良25号	19.7
X	25	大口署2号	16.4	XI	13	県藤津14号	19.7
	18	県阿蘇1号	15.9		4	福岡署1号	19.6
XI	8	県始良25号	15.4	XII	18	県阿蘇1号	18.9
	15	県竹田9号	14.5		15	県竹田9号	18.2
XII	9	県鹿児島1号	14.3	XIII	9	県鹿児島1号	17.7
	6	県始良26号	13.3		6	県始良26号	16.2
XIII	21	綾署1号	10.8	XIV	21	綾署1号	15.0

樹冠長				立木幹材積			
ランク	No.	クロウン名	平均値 (m)	ランク	No.	クロウン名	平均値 (m <sup>3</sup> )
I	5	県始良6号	7.4	I	5	県始良6号	0.842
	3	県薩摩5号	6.2		14	都城署5号	0.767
II	23	宮崎署4号	5.9	II	17	県竹田12号	0.690
	24	県浮羽11号	5.7		3	県薩摩5号	0.644
III	1	県東臼杵12号	5.5	III	22	大根占署1号	0.574
	10	県竹田4号	5.5		23	宮崎署4号	0.568
IV	14	都城署5号	5.4	IV	24	県浮羽11号	0.564
	16	県始良15号	5.2		16	県始良15号	0.514
V	11	県竹田6号	5.1	V	1	県東臼杵12号	0.488
	17	県竹田12号	5.0		7	県東臼杵4号	0.485
VI	22	大根占署1号	5.0	VI	19	県始良21号	0.454
	20	県佐賀3号	4.9		12	県長崎1号	0.388
VII	12	県長崎1号	4.9	VII	2	県大分5号	0.350
	13	県藤津14号	4.8		11	県竹田6号	0.342
VIII	7	県東臼杵4号	4.8	VIII	20	県佐賀3号	0.333
	4	福岡署1号	4.5		10	県竹田4号	0.310
IX	25	大口署2号	4.4	IX	13	県藤津14号	0.283
	15	県竹田9号	4.2		4	福岡署1号	0.277
X	19	県始良21号	4.0	X	25	大口署2号	0.247
	2	県大分5号	3.9		18	県阿蘇1号	0.242
XI	18	県阿蘇1号	3.8	XI	8	県始良25号	0.231
	21	綾署1号	3.8		15	県竹田9号	0.218
XII	6	県始良26号	3.7	XII	9	県鹿児島1号	0.201
	9	県鹿児島1号	3.4		6	県始良26号	0.174
XIII	8	県始良25号	3.2	XIII	21	綾署1号	0.129

同一クロウンであれば同じ成長特性を示すことが明らかとなった。

2. クラスタ分析、主成分分析による精英樹クロウンの総合的評価

樹高、胸高直径、立木幹材積、形状比、動的ヤング率でクラスタ分析を行い、グループ分けし、主成分分析によって成長特性、材質特性を総合評価した結果を図-2に示した。第2主成分までの累積寄与率は92%であった。図中のAからFは、類似な特性を持つクロウングループを示している。また、マーカーの横の数字はクロウンナンバーを示している。第1主成分は、グループAにおける精英樹クロウンの樹高、胸高直径の平均値が大きいとい

う結果から、成長特性をあらわすものと解釈される。また、第2主成分は、グループDにおける精英樹クローンの動的ヤング率の測定値が高いという結果から、形状比、動的ヤング率が要因である材質特性をあらわすものと解釈される。グループA, Bは優れた成長特性を示すが、材質特性は悪い精英樹クローングループであった。グループCは成長特性、材質特性がバランス良く成長する精英樹クローングループであった。グループDは、材質特性に優れている精英樹クローンであった。グループE, Fは、成長特性と材質特性が共に悪いことを示した。また、同一クローンである県始良26号、県始良25号、県鹿児島1号は全てEグループに属した。この精英樹3クローンについて着目してみると、樹高、胸高直径のランク表でどちらとも下位であった。この結果から、同一クローンであれば同じ成長特性を持つことが再現されることが確認された。グループA, Bのように優れた成長特性を示すクローンは、成長が早いと細胞壁率が低くなり強度が低くなった結果、材質特性が悪くなったと考えられる。またグループFは、成長する過程でA, Bグループなどの成長の良いクローンに被圧され年輪幅が狭くなり晩材形成が少なくなったため材質特性が悪くなったと考えられる。

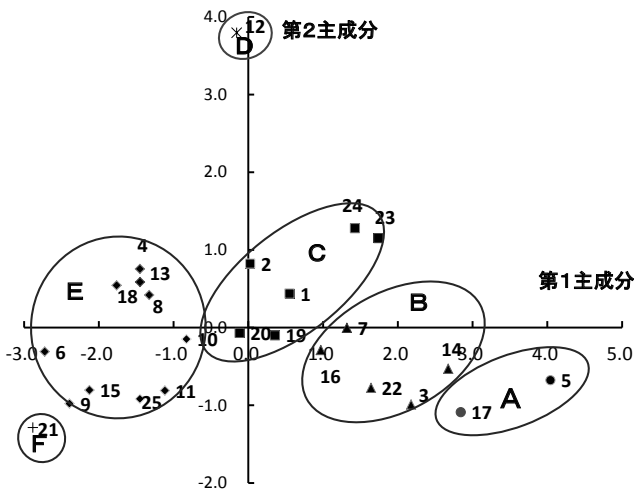


図-2. 主成分分析の結果（第一および第二主成分）とクローンの類型化

### 3. スギ品種とスギ精英樹クローンとの関係性

研究対象スギ精英樹25クローン中、20クローンの品種が明らかとされている（久枝ら, 2003）。その品種の中でも、複数個のクローンが含まれている5品種のクローンを表-5に示す。この5品種とクラスター分析によって分かれたグループにあてはめた結果、アヤスギ、ヤブクグリであるクローンは、全てグループDに属した。しかし、トサアカの3クローンは、グループA, B, Cに分かれ、オビアカの2クローンは、グループB, C、メアサの4クローンは、グループB, Eの2グループに分かれた。これは、クローン間に樹高、胸高直径などで著しい有意差が認められ、クローン間で成長にばらつきがあることから、同じ品種であっても異なるグループに分かれたと考えられる。

表-5 供試25クローンの中で複数クローンある品種

在来品種名	No.	グループ	クローン名
メアサ	6	E	県始良26号
	8	E	県始良25号
	9	E	県鹿児島1号
	16	B	県始良15号
ヤブクグリ	10	E	県竹田4号
	11	E	県竹田6号
	15	E	県竹田9号
	25	E	大口署2号
トサアカ	1	C	県東白杵12号
	5	A	県始良6号
	7	B	県東白杵4号
オビアカ	14	B	都城署5号
	22	B	大根占署1号
	23	C	宮崎署4号
アヤスギ	13	E	県藤津14号
	18	E	県阿蘇1号

## V. まとめ

高隈演習林における伐期に達した九州産スギ精英樹25クローンは、樹高、胸高直径、材積、樹冠長の全ての項目でクローン間に著しい有意差が認められた。

九州産スギ精英樹25クローン内には同一な品種であっても成長特性、材質特性とで総合的に評価すると異なった特性を持つクローンで構成されている品種もあった。今後九州にある633クローンをクローンの特性ごとにグループ化しなおすことが必要であるとされる。また、スギ精英樹には同一クローンが含まれている可能性があるため、精英樹の統廃合を行っていく必要もある。

木材生産の効率性を求める場合に単一クローンの有利性は明らかであるが、一方で病虫害や気象害への脆弱さも高まる。多様性のある森林を造成するために、成長と材質特性の類似したクローンでのグルーピングにより、遺伝的多様性を保ちつつ、効率的な林業生産をめざす新しいマルチクローン林業へ展開する可能性が示唆された。

## 謝辞

本試験地の設定から維持に従事された全ての皆様に感謝いたします。動的ヤング率の計測は、古賀信也博士、高田克彦博士、伊藤哲博士、小林修博士と共に実施したものである。本研究の現地調査に支援をいただいた鹿児島大学高隈演習林の職員各位および鹿児島大学森林計画学研究室の卒業生諸君に感謝申し上げます。

## 引用文献

久枝和彦ほか（2003）九大演報 84：59-71。  
 木梨謙吉ほか（1973）九大演報 47：21-76。  
 （独）林木育種センター（2006）九州育種基本区スギ精英樹特性表。  
 宮島寛（1989）九州のスギとヒノキ。九州大学出版会：275 p。  
 寺岡行雄ほか（2014）鹿大演研報 41：49-76。

（2014年12月1日受付；2015年1月8日受理）