

スギ精英樹の生長と形態的特性

丹原 哲夫

Cryptomeria Pluss—Tree Clonnal Valiation
of Growth and the Form Characteristics
Tetsuo TANBARA

スギ精英樹次代検定林の5生長期と一部10生長期の生長調査、ならびに8～11生長期の形態調査の結果をもとに、精英樹クローンの生長、落枝性、枝張り、完満性、根曲がりの程度、枝密度に関する特性を明らかにした。また、それらの環境に対する反応性を検討した。

生長、落枝性、枝張り、完満性、枝密度にはクローンによる違いが見られた。根曲がりについてはクローンによる違いが見られなかった。

生長は検定林の設定地や、植栽されている斜面位置、斜面方位等の立地環境によって異なる。また、検定林とクローンとの交互作用が見られたが、交互作用を肥沃度等の生育環境に対するクローンの反応性と地域等のマクロな立地環境に対する適応性として把握した。

調査対象クローンの約 $\frac{2}{3}$ の精英樹クローンが、在来品種（遠藤スギ）と同等以上の生長を示した。

精英樹クローンには、次のタイプの異なるクローンがあった。①5生長期と10生長期での生長順位（生長）。②肥沃度等の生育環境に対する反応性。③地域等のマクロな立地環境に対しての適応性。

5生長期の生長、一部のクローンでの生長の適応性、および8～11生長期の根曲がりの出現状況について考察した結果、岡山県の立地環境は次の2つの地域に区分できた。年平均降水量を主要因として①年平均降水量1,800 mm以上の県北部地域。②年平均降水量1,800 mm未満の県中部地域。

8～11生長期の完満性、枝張り、力枝の上部付近での枝密度は、林分の生立密度と密接な関係があった。スギ精英樹クローンは、生長量、落枝性、枝張り、完満性、枝密度の特性により、3グループに分類でき、さらに7グループに小分類できた。

キーワード

スギ 精英樹 生長 形態的特性

1. はじめに

1956年に林木育種事業指針¹⁾が制定され、国と都道府県が精英樹選抜育種事業に着手した。1969年からは、精英樹の遺伝的特性と地域環境に対する適応性を明らかにするために、次代検定林の設定を行なってきた²⁾。そして1975年頃より精英樹の遺伝的特性と環境適応性に関し、主に生育性を対象に多くの報告がされてい^{3)～7)}等。また、形態的特性についても、関西林木育種場⁸⁾、九州林木育種場⁹⁾および佐々木ら等¹⁰⁾により報告されている。さらに関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会においては、近年の林木の質的形質に対する要請に対応し、精英樹の形態等の特性を早期に把握し、その適正円滑な普及を図ろうとしている¹¹⁾。

林木育種は、造林という地域的活動に直接かかわりのある科学と事業である。現在、次代検定林の多く

は生育の初期段階であるが、精英樹の遺伝的特性と地域環境に対する適応性を把握することは、その適正な普及を図るために、また、今後多様な育種を展開するにあたって、その進め方の指針を得るうえで重要である。

本研究は、岡山県の民有林に設定したスギ精英樹次代検定林（以下検定林という）の定期調査（生長調査）の結果、および1979～1983年に関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会¹²⁾の共同研究の一部として実施した精英樹の形態調査の結果をもとに、スギ精英樹クローンの生長と形態的特性およびそれらの環境に対する反応性について検討したものである。

この報告のとりまとめに際しては、林業試験場関西支場育林部長大山浪雄博士および関西林木育種場研究室長佐々木研氏、同育種場研究員千葉幸弘氏には懇切なるご校閲とご助言をいただき衷心よりお礼申し上げます。また、次代検定林等の調査資料は、岡山県農林部の歴代関係者と岡山県林業公社および各森林組合等のご努力、ご協力によったものでありお礼申し上げます。さらに調査ならびにとりまとめにご助言、ご協力をいただいた岡山県林業試験場の関係各位ならびに岡山県津山地方振興局技師中島嘉彦氏に謝意を表す。

2. 生長調査

2.1 材料と方法

2.1.1 検定林の位置と環境

Fig. 1, Table. 1に示す14か所の検定林を解析の対象とした。

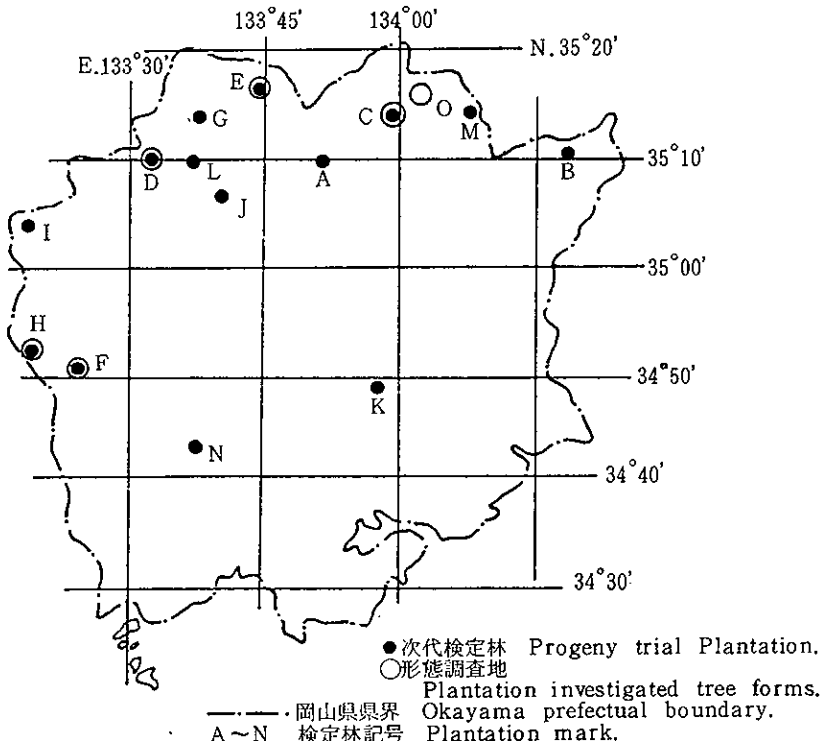


Fig. 1 次代検定林等の位置 Location of progeny trial plantations.
Location of progeny trial plantations.

Table. 1 次代検定林の概況
Progeny trial plantations analyzed.

検定林記号 Plantation mark	検定林名 Name of Plantation	所 在 地 Location	緯 度 Latitude (N)	経 度 Longitude (E)	設定年月 Year & Month Established	供試クローン数 Number of clones tested
A	W. O. 1	苫田郡 富村 Tomata-gun Tomi-son	35°10'	133°52'	1969. 11	20
B	W. O. 3	英田郡 西栗倉村 Aida-gun Nishiwakura-son	35°11'	134°19'	1970. 12	27
C	W. O. 5	苫田郡 鏡野町 Tomata-gun Kagamiro-chyo	33°14'	133°59'	1971. 11	30
D	W. O. 8	真庭郡 新庄村 Maniwa-gun Shinjo-son	35°10'	133°33'	1973. 3	35
E	W. O. 9	真庭郡 八束村 Maniwa-gun Yatsuka-son	35°15'	133°44'	1972. 12	40
F	W. O. 13	川上郡 備中町 Kawakami-gun Bichu-chyo	34°51'	133°25'	1974. 3	39
G	W. O. 14	真庭郡 湯原町 Maniwa-gun Yubara-chyo	35°13'	133°38'	1974. 3	50
H	W. O. 18	阿哲郡 哲西町 Atetsu-gun Tessei-chyo	34°52'	133°20'	1975. 3	42
I	W. O. 19	阿哲郡 神郷町 Atetsu-gun Shingo-chyo	35°04'	133°18'	1975. 3	36
J	W. O. 22	真庭郡 勝山町 Maniwa-gun Katsuyama-chyo	35°07'	133°42'	1976. 3	41
K	W. O. 23	御津郡 御津町 Mitsu-gun Mitsu-chyo	34°49'	133°56'	1976. 2	39
L	W. O. 27	真庭郡 美甘村 Maniwa-gun Mikamo-son	35°10'	133°15'	1977. 3	42
M	W. O. 31	苫田郡 阿波村 Tomata-gun Aba-son	35°14'	134°08'	1978. 3	38
N	W. O. 35	総社市 Soja-city	34°43'	133°36'	1979. 3	41
O	S. O. 201	苫田郡 加茂町 Tomata-gun Kamo-chyo	35°16'	134°03'	1968. 11	25

注 1. 全て岡山県内に設定されている。

Note 1. All plantations are established in Okayama prefecture.

注 2. O.: 採種園で形態調査のみに供する。

Note 2. Seed orchard, examined in tree forms only.

検定林設定地の立地環境をTable.2に示す。このうち年平均気温は、1生長期から5生長期までの最寄りの気象観測所の資料をもとにして、緯度と標高の關係式により推定した。年平均降水量は気象台資料を用いた。

Table. 2 次代検定林の環境

Geographical and climatological data of plantations.

検定林記号 Plantation mark	標高 Altitude(m)	斜面方位 Exposure	斜面傾斜度 Slope gradient(°)	基岩 Underlying rock	土壌型 Soil type	年平均気温 Annual mean temp. (°C)	年平均降水量 Annual mean precip.(mm)
A	530	S	35	花崗岩 Granite	BD~BD(d)	10	2,200
B	540	N	30	花崗岩 Granite	BD~BD(d)	11	2,000
C	730	N	30	花崗岩 Granite	BLD~BLD(d)	10	2,200
D	760	S	40	安山岩 Andesite	BLD(m)	10	2,200
E	480	E	25	花崗岩 Granite	BD~BD(d)	11	2,100
F	620	E	45	堆積岩 Sedimentary	BD~BD(d)	10	1,500
G	640	E	25	花崗岩 Granite	BLD~BD(d)	11	2,200
H	560	NW	25	安山岩 Andesite	BD~BD(d)	12	1,700
I	750	NW	15	花崗岩 Granite	BLD~BLD(d)	10	2,000
J	440	N	40	花崗岩 Granite	BD	12	1,800
K	120	N	15	堆積岩 Sedimentary	BD~BD(d)	14	1,300
L	600	S	30	花崗岩 Granite	BD~BD(d)	10	1,900
M	720	SW	15	花崗岩 Granite	BD~BD(d)	9	2,300
N	280	S	20	堆積岩 Sedimentary	BD~BD(d)	13	1,400
O	650	SE	10	花崗岩 Granite	BLD~BLD(d)	10	2,100

注 O: 採種園で形態調査にのみ供す。

Note Seed orchard, examined in tree forms only.

2.1.2 植栽材料

岡山県林業試験場で養成した、1回床替2年生のさし木苗を、14か所の検定林に全部で78クローン植栽した。それぞれの検定林には分割して20~50クローンを植栽した。このうち3か所以上の検定林に重複して植栽しているクローンをTable 3に示す。

して養成していた在来品種を対照品種として植栽した。

2.1.4 検定林の施業

植栽密度の基準を3,300本/haとして植栽した。ただしF検定林は6,300本/haとした。

補植は1生長期経過後に、同一クローンの2回床替3年生苗(同一樹齢)を用い1回行なった。

下刈りは各検定林とも6生長期頃まで実施したが、雪起こし、除伐、間伐等の特別な施業は行なわなかった。

2.1.5 調査方法

A~Gの7か所の検定林では、5生長期および10生長期において、また、H~Nの7か所の検定林では10生長期において樹高を調査した。調査は毎木調査とし、測定単位はcmとした。なお、解析の対象にはプロット平均値を使用した。

2.2 結果と考察

2.2.1 調査結果

調査結果をTable. 4に示す。

Table. 4 調査結果の概要

Mean, standard deviation, and coefficient of variation of height at each plantation.

		次 代 検 定 林 Progeny trial plantations														平均 Mean
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
5 生長期 5-Periodic growth years	平均 (cm) Mean	145	154	147	189	170	241	148	297	164	185	232	257	244	251	202
	標準偏差 (cm) S · D	25	24	18	26	26	39	21	43	22	37	36	49	34	47	32
	変動係数 (%) C · V	17	16	13	14	15	16	16	15	13	20	15	19	14	19	16
10 生長期 10-Periodic growth years	平均 (cm) Mean	296	318	309	563	378	557	348								395
	標準偏差 (cm) S · D	64	55	52	82	77	78	60								67
	変動係数 (%) C · V	22	17	17	15	20	14	17								17

検定林の生長(樹高)を植栽クローンの平均値で見れば、5生長期で202(145~297)cm、10生長期で395(296~563)cmであった。また、クローンの違いによる変動を、クローン平均値の変動係数で見れば、5生長期で16(13~20)%, 10生長期で17(14~22)%であった。

2.2.2 共通クローンでの分散分析

A~Nの14か所の検定林とA~Gの7か所の検定林に共通に植栽している、9および13クローン(以下共通クローンという)を抽出し、14か所の検定林の5生長期、7か所の検定林の5および10生長期のデー

14)
 タにより分散分析した結果をTable.5に示す。また、分散の期待成分からみた変動要因の分散割合をFig. 2に示す。ここで対照品種として植栽した在来品種（遠藤スギ）は、外見形態の観察から単一クローンと判断し共通クローンの1つとして取り扱った。

Table. 5 共通クローンによる分散分析

Analysis of variance for five and ten periodic growth years height of common clones.

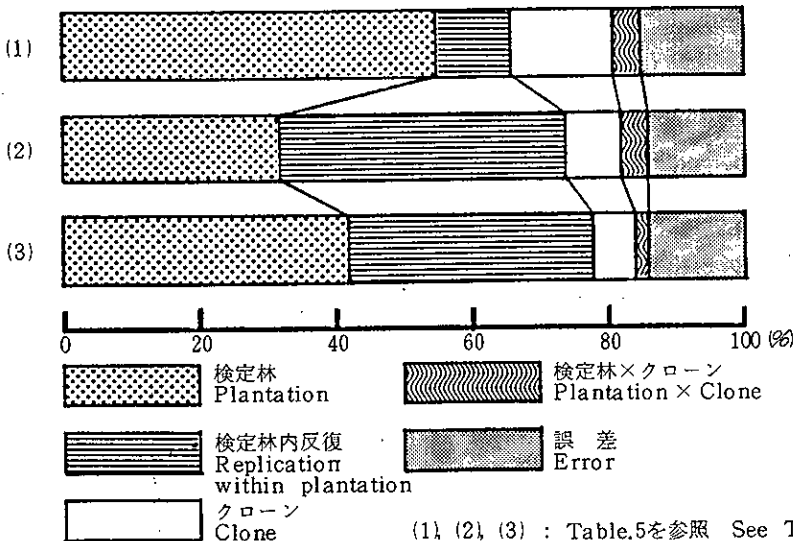
変動要因 Source	5 生 長 期 5-Periodic growth years						10 生 長 期 10-Periodic growth years		
	(1) A~N検定林 Plantations			(2) A~G検定林 Plantations			(3) A~G検定林 Plantations		
	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R
検 定 林 Plantation	13	68,288	31.77 ^{**}	6	50,197	9.87 ^{**}	6	563,171	14.47 ^{**}
検 定 林 内 反 復 Replication within plantation	28	2,149	3.05 ^{**}	14	5,088	9.49 ^{**}	14	38,925	8.63 ^{**}
ク ロ ー ン Clone	8	29,700	24.14 ^{**}	12	6,931	7.30 ^{**}	12	42,902	6.78 ^{**}
検定林×クローン Plantation×Clone	104	1,230	1.74 ^{**}	72	950	1.77 ^{**}	72	6,331	1.40 [*]
誤 差 Error	224	706		168	536		168	4,513	
全 体 Total	377			272			272		

**： 1%水準で有意差あり

*： 5%水準で有意差あり

Significant at 1% level.

Significant at 5% level.



(1), (2), (3) : Table.5を参照 See Table. 5

Fig.2 変動要因の分散分析

Proportion of variance components to the total variance.

5 生長期, 10 生長期ともに検定林と検定林内反復およびクローンの主効果にそれぞれ 1%水準で有意差が認められた。また, 検定林とクローンの交互作用にも 5 生長期で 1%水準, 10 生長期で 5%水準で有意差が認められた。

14検定林での分散分析(1)と7検定林での分散分析(2)および(3)とを比較したとき, 検定林, 検定林内反復およびクローンによる分散割合が大きく異なる。これは7検定林での分散分析(2)と(3)において, 検定林内反復による分散割合が大きいためであり, 主に検定林の抽出誤差による影響とみられる。したがって分散割合の通常の推定値としては, 14検定林での分散分析(1)で得られた数値が妥当な値であろう。すなわち生長は検定林設定地のマクロな環境条件によって大きく左右されるとともに, 植栽されている斜面位置や斜面方位等によって異なることが分かった。また, 同一林分においては植栽されるクローンによって生長が異なるとともに, 一部のクローンは特定の検定林で特異な生長を示す場合もあることが分かった。10生長期になれば検定林内反復による分散割合が減少して, 検定林設定地のマクロな立地環境の影響が大きくなる傾向にあった。また, 交互作用による分散は減少する傾向にあった。

2.2.3 検定林の生長

検定林と生長との関係をFig.3に示す。

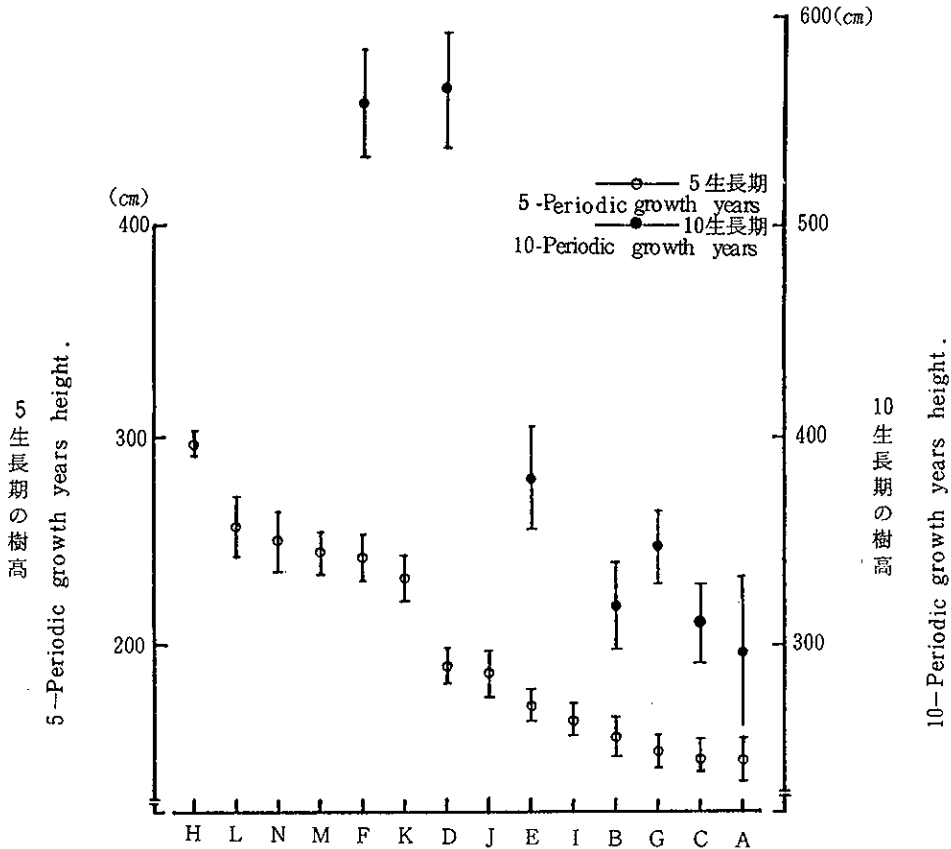


Fig.3 検定林平均値と母平均の区間推定(5%水準)

Mean and interval estimation of population mean by progeny tested clone means at each plantation.(at 5% level).

検定林により大きな生長の違いがみられる。そこで検定林の生長と環境要因の関係を把握するために、14検定林での共通クローン平均値（5生長期）を目的変数とし、年平均気温、年平均降水量および基岩を説明変数として数量化I類を適用した。その結果をTable.6に示す。

Table. 6 5生長期の樹高に影響する環境要因の比較（数量化I類による）
Comparison environment factor effect upon 5-periodic growth years height.(in quantification I analysis.)

アイテム Item	年平均気温 Annual mean temp.		年平均降水量 Annual mean precip.		基岩 Underlying rock	
	11℃未満 Under 11℃	11℃以上 Above 11℃	1,800 mm未満 Under 1,800 mm	1,800 mm以上 Above 1,800 mm	堆積岩類 Sedimentary rocks	火成岩類 Eruptive rocks
カテゴリー Category						
スコア Score	248	232	0	-122	0	61
レンジ Range	16		122		61	
偏相関係数 Partial correlation coefficient	0.20		0.65		0.38	

重相関係数 $r = 0.71$

Multiple correlation coefficient.

5生長期の生長は、年平均降水量と最も大きな関係がみられ、降水量の多い地域では遅い傾向にあった。一方、岡山県適地適木調査事業の結果にもとづき、地域、土壌型別に地位指数を比較したところ、¹³⁾適潤から湿性型土壌においては、降水量の比較的多い県北部地域と比較的少ない県中部地域の地位指数に差が認められない。ここで生長に差が認められたのは、年平均降水量がほぼ1,800 mm以上の地域では50~100 cm以上の最大積雪深を示し、¹⁵⁾積雪による苗木の倒伏等が5生長期の生長に影響していると推測した。10生長期のデータでの数量化I類による検討は、調査した検定林が少ないため困難である。しかし5生長期と10生長期では検定林間の生長順位（生長）に変動があることから、植栽クローンは、5生長期から10生長期にかけて積雪による影響等から脱して、その土地での本来の生長を示してきていると推測した。

2.2.4 クローンの生長

(1) クローンの比較：検定林とクローンに交互作用が認められたことから、複数検定林のデータにもとづきクローンの比較を行なった。また、多くの検定林で調査している5生長期のデータを使用した。検定林によって立地環境および植栽クローンが異なるため、検定林ごとにデータを標準化（偏差値： $\frac{x - \bar{x}}{\sigma} \times 10 + 50$ ）¹⁶⁾し、3か所以上の検定林に重複して植栽した60クローンの比較をFig.4に示す。

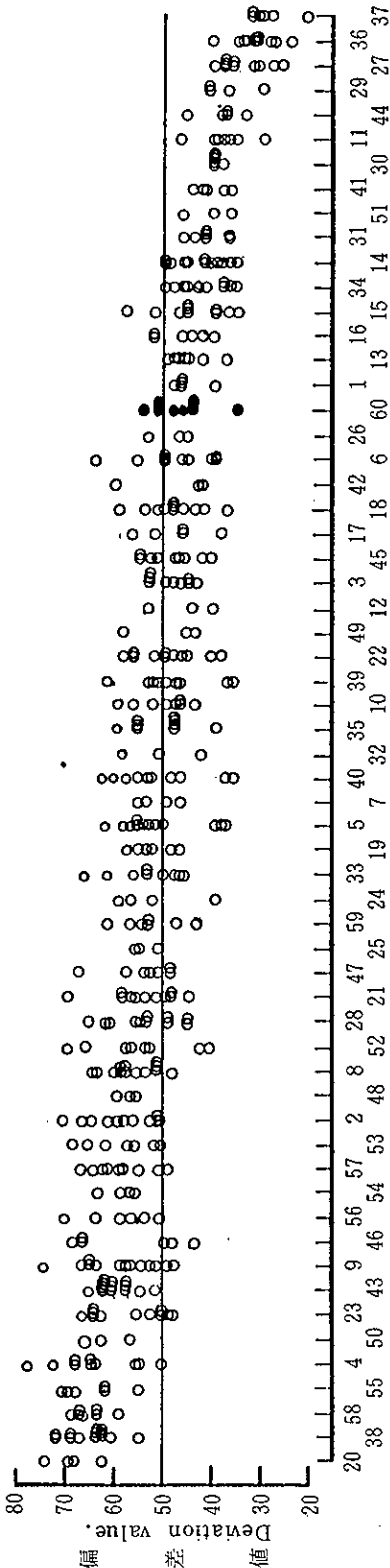


Fig. 4 5生長期における樹高の偏差値
5-Periodic growth years height deviation values of clones.

生長の早いクローンは、いずれの検定林でも比較的早い傾向を示し、生長の遅いクローンは、いずれの検定林でも遅い傾向を示した。

59の精英樹クローンのうち43クローンが、在来品種（クローン番号60）に比べて同等以上の生長を示した。

クローンによっては偏差値に大きな変動があり、交互作用の存在がうかがえた。

(2) 生長期による比較：5生長期と10生長期でのクローンの生長には比較的高い相関があった。(A～Gの検定林平均 $r = 0.88^{**}$)。クローンによる違いを検討するため、A～Gの検定林において、3か所以上の検定林に重複して植栽した36クローンの5生長期と10生長期での平均偏差値の関係をFig. 5に示す。

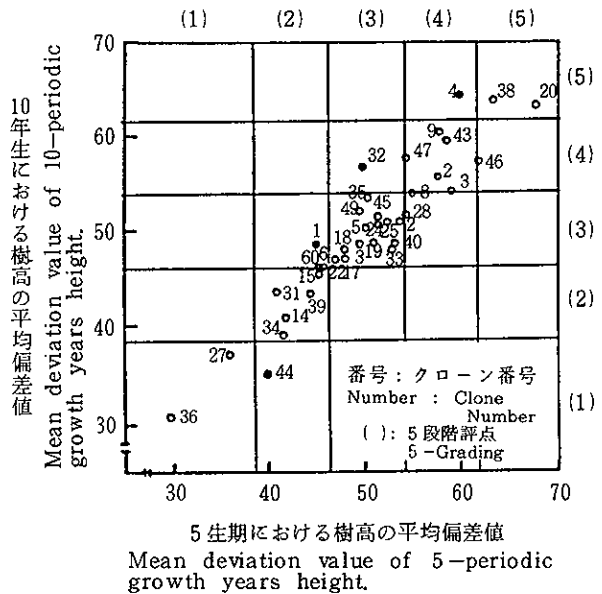


Fig.5 5生長期と10生長期の樹高の偏差値の比較
Relationship of height deviation value between 5 years and 10 years.

Fig.5を5段階評点法により区分したとき、クローン番号4, 32, 1は5生長期では4, 3, 2にランクされるのに対し、10生長期では5, 4, 3にランクされた。また、クローン番号44は5生長期では

2にランクされるのに対し10生長期では1にランクされた。

¹⁸⁾ 岡田が一般に林木では、15~20年ぐらいまでは順位変動があると報告しているように、4クローンについて順位変動を認めた。

2.2.5 検定林とクローンの交互作用

Finlay と Wilkinson は品種の適応性の評価にあたり、次のようなモデルを設定した。¹⁹⁾

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + r_i \beta_j + \xi_{ij}$$

$$\sum \alpha_i = \sum \beta_j = \sum r_i = 0$$

X_{ij} : i クローン, j 検定林の測定値

μ : 一般平均 α_i : i クローンの主効果 β_j : j 検定林の主効果 $r_i \beta_j$: i クローンと j 検定林の交互作用 ξ_{ij} : 誤差

すなわち交互作用項の規則的な部分が検定林の主効果に比例し、クローンの主効果とは異なる特性であるとした。そして r_i をクローンの環境適応性を表わす回帰係数とよび、 $1 + r_i$ の推定値は X_{ij} (i クローン, j 検定林の測定値) の \bar{X}_j (j 検定林の全クローン平均) に対する回帰係数によって与えられるとした。そこでクローンごとに、クローンの示す樹高と検定林の平均樹高の回帰式を求め、Table.5の分散分析(1)の交互作用を、クローンの回帰係数の違いによる分散と残差分散に分割した。さらに検定林を变量、共通クローンをサンプルと考えて、交互作用項の推定値を次のとおりとして主成分分析を適用した。¹⁹⁾

$$U_{ij} = \bar{X}_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}$$

U_{ij} : i クローン, j 検定林の交互作用項の推定値

X_{ij} : i クローン, j 検定林の測定値 \bar{X}_i : i クローンの全検定林平均 \bar{X}_j : j 検定林の全クローン平均 \bar{X} : 全平均

そして交互作用を第1, 第2, 第3主成分による分散と残余分散に分割した。

交互作用をこの2通りの方法で分割したときの分散分析をTable. 7に示す。

Table. 7 交互作用項の分割と寄与年

Divide the interaction term and contribution ratio of principal component.

変 動 要 因 Source	自 由 度 D · F	平 均 平 方 M · S	分 散 比 V · R	寄 与 率(%) C · R	
検定林 × クローン Plantation × Clone	104	1,230	1.74**		
回帰係数のクローン関差 Difference in clone regression coefficient	8	3,475	3.33**		
残 差 Residual	96	1,043			
主 成 分 Principal component	Z ₁	20	2,117	4.04**	33
	Z ₂	18	1,808	3.45**	25
	Z ₃	16	1,680	3.21**	21
残 余 Remnant	50	524			

** 1%レベルで有意差あり Significant at 1% level.

(1) 回帰係数による検討：クローンの回帰係数の違いをあらわす分散は、この回帰からの残差分散で検定すると1%水準で有意差が認められた。すなわち肥沃度等の生育環境の違いに対し、クローンによって生長の反応が異なることが明らかになった。多くのクローンについて比較するため、5か所以上の検定林に重複して植栽した47クローンについて回帰係数を検討した。5生長期の樹高の平均偏差値、回帰係数および回帰直線からの残差標準偏差をTable.8に示す。

Table.8 精英樹の生長特性

Plus-tree growth characteristics.

クローン番号 Clone number	平均偏差値 Mean deviation value	回帰係数 Regression coefficient	残差標準偏差 S·D of residuals	クローン番号 Clone number	平均偏差値 Mean deviation value	回帰係数 Regression coefficient	残差標準偏差 S·D of residuals
1	46	0.95	8.8	31	42	0.88	9.5
2	58	1.17	18.9	32	50	—	—
3	49	0.87	11.3	33	52	1.05	24.8
4	62	1.17	38.5	34	42	0.91	18.6
5	51	1.06	21.1	35	50	0.86	13.2
6	47	1.12	19.5	36	32	0.71	13.4
7	51	—	—	37	29	0.70	10.0
8	56	1.21	15.4	38	65	1.44	4.0
9	59	1.17	22.9	39	50	1.09	28.2
10	50	0.97	21.9	40	51	0.86	29.7
11	38	0.56	11.5	41	40	0.69	10.9
12	49	—	—	42	48	—	—
13	46	0.96	14.7	43	59	1.13	15.3
14	41	0.80	15.4	44	38	0.68	12.8
15	44	0.80	20.5	45	49	0.94	13.8
16	45	0.97	18.1	46	58	0.77	27.7
17	48	1.10	16.5	47	53	1.00	15.4
18	48	1.13	18.3	48	57	—	—
19	52	1.03	13.6	49	49	—	—
20	68	—	—	50	61	—	—
21	53	0.96	15.7	51	41	—	—
22	49	1.10	19.4	52	54	1.35	35.2
23	59	1.11	19.4	53	58	0.89	30.2
24	52	0.82	23.5	54	58	—	—
25	52	—	—	55	64	1.05	21.3
26	47	—	—	56	58	1.43	26.8
27	35	0.60	11.1	57	58	0.97	24.7
28	54	0.88	19.1	58	64	1.12	14.2
29	37	—	—	59	52	1.12	24.4
30	40	0.73	8.2	60	47	1.01	13.0

注 1. 平均偏差値は3か所以上の検定林での5生長期の樹高による。

Note 1. Mean deviation values are calculated with 5 periodic growth years heights at more than three plantations.

注 2. 回帰係数は5か所以上の検定林による検定林平均値とクローンの樹高の回帰係数である。

Note 2. Regression coefficients are calculated between plantation mean height and clone height of each plantation at more than five plantations.

注 3. 残差標準偏差は、回帰直線よりの残差標準偏差を示す。

Note 3. S·D of residuals are shows standard deviation of residuals from regression line.

5 生長期の樹高の平均偏差値と回帰係数の関係をFig. 6 に示す。

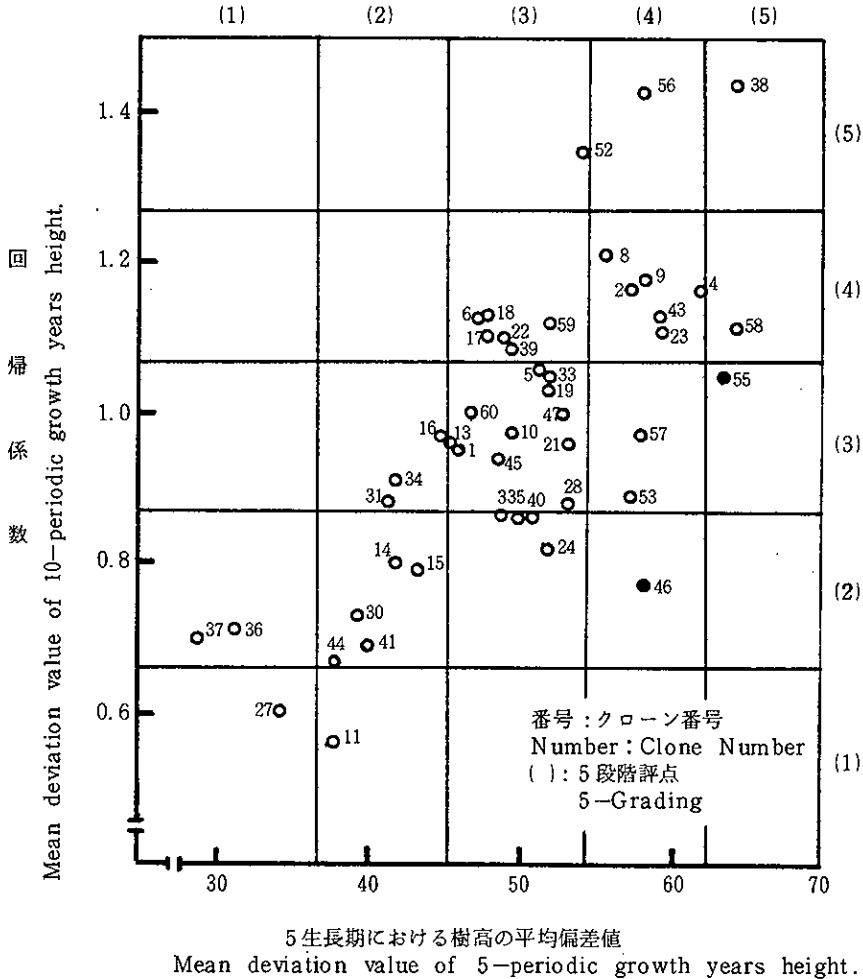


Fig. 6 生長と回帰係数の関係

Relationship between growth and regression coefficient.

4) 6) 野口、植木の報告のとおり、生長の早いクローンほど回帰係数は大きな値を示し ($r = 0.76^{**}$)、土地の肥沃度等の生育環境の変化に対して敏感な反応を示した。すなわち生長の早いクローンほど、生育環境の良い所では生長の増加が著しく、生育環境の悪い所では生長が大きく低下する。また、生長の遅いクローンは、生育環境が良い所でも生長の増加が小さいといえる。

また、Fig. 6を5段階評点法により区分したとき、クローン番号55、46は樹高の偏差値が5、4にランクされるのに対し、回帰係数は3、2にランクされ、生長が比較的早く、かつ生育環境の悪い所でも生長の低下が比較的小さいクローンといえる。

(2) 主成分分析による検討 : 交互作用項に主成分分析を適用した。第1、第2、第3主成分の分散は、残余分散で検定するとそれぞれ1%水準で有意差が認められた。また、第1～第3主成分において、交互

作用のもつ情報の80%が吸収されていた。ここで主成分スコアと平均樹高および回帰係数との相関係数をTable.9に示す。

第1主成分は、ほぼ回帰係数の違いを表わしていた。そこで14か所の検定林の第2、第3主成分の因子負荷量の分布をFig.7に示す。

第2、第3主成分の因子負荷量の分布から、14か所の検定林をN、H、F検定林とその他の検定林に分類した。N、H、F検定林は年平均降水量1,800 mm未満の地域に設定されて

いる。一方、K検定林を除くその他の検定林は年平均降水量1,800 mm以上の地域に設定されている。したがって、岡山県の立地環境は、クローンの生長の反応性、すなわち生長の適応性において、年平均降水量を主要因として、年平均降水量が1,800 mm以上の県北部地域と1,800 mm未満の県中部地域とに区分できることが示唆された。

Table.9 主成分スコアと平均樹高・回帰係数との相関
Correlation coefficients among principal component score, mean height and regression coefficient.

	Z ₁	Z ₂	Z ₃
平均樹高 Mean height	0.62	0.20	0.49
回帰係数 Regression coefficient	0.80*	0.26	0.49

* :5%水準で有意
Significant at 5% level.

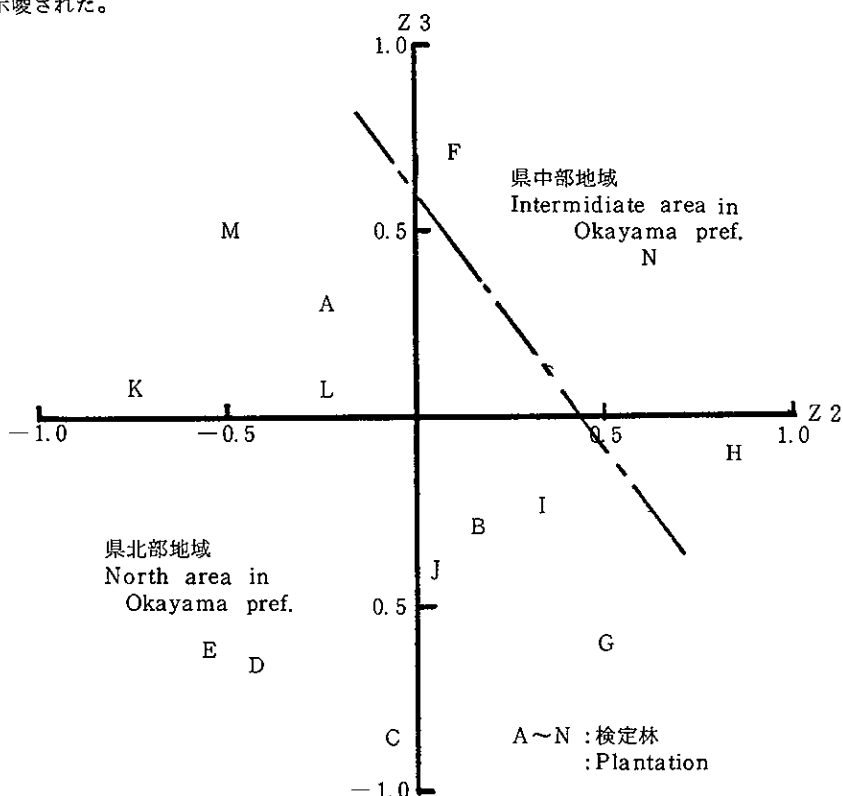


Fig.7 第2、第3主成分の因子負荷量による検定林の分類

Classification of plantations according to their principal component loading, Z₂ and Z₃.

そこでTable.8において比較的大きな残差標準偏差を示した、クローン番号4, 39, 40, 46, 52, 53, 56について検討した。Fig.8に示すように、検定林により変動があるが、クローン番号40, 46は県中部地域に比べて県北部地区での生長が良好である。クローン番号53, 56は県北部地域に比べて県中部地域での生長が良好である。

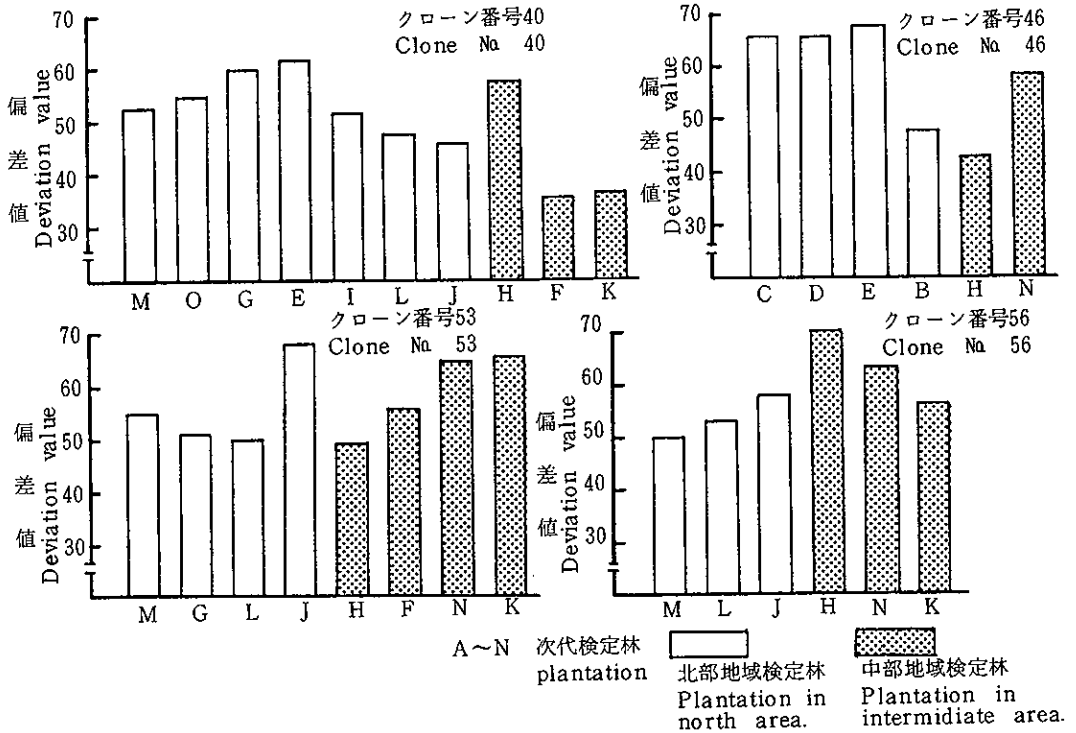


Fig.8 地域間で生長の違いがみられるクローンの検定林ごとの偏差値

Clonal deviation values of five periodic growth at each plantation recognized the different growth between area.

クローン番号46は2.2.5(1)細項で生長が比較的小さいことが示したが、ここで県中部地域に植栽したとき、県北部地域に比べて生長が低下することが分かった。

クローン番号39は野兎の被害に対して感受性クローンであることが確認されており、その被害木が調査木に混入していることが推測された。しかしクローン番号4, 52等の生長の変動に対し、生態的解釈を加えることができなかった。これには以下の4つの原因が考えられた。①検定林が岡山県の北部地域に偏在し十分な地域区分ができなかった。②主成分分析を適用するにあたり、サンプル数が少なく十分な主成分の抽出ができなかった。③解析の対象が5生長期であり、植栽されている立地環境に対するクローンの遺伝的な発現能力を十分発揮していない。④植栽プロットの設定位置により変動がある。

交互作用を肥沃度等の生育環境に対するクローンの反応性の違いと、地域等のマクロな立地環境に対す

るクローンの適応性の違いとして把握した。精英樹の普及にあたって、より重要なのは後者の地域に対するクローンの適応性の違いである。5生長期の段階において、4クローンについて地域に対する生長の適応性の違いを確認した。しかしほとんどのクローンでは適応性の違いが認められなかった。

3. 形態調査

3.1 材料と方法

3.1.1 調査林分の概況

Fig.1, Table.1に示す, C, D, E, F, Hの5か所の検定林とO採種園において調査した。この採種園は接ぎ木2年生苗により造成されている25型配置の設計である。継続的に下刈りを実施している他は、断幹、剪定等の特別な施業は実施していない。

調査地の概況をTable.10に示す。

Table.10 調査林分の概況
General description of the stands.

調査林分 Stand	林 齢 Age	生立密度(本/ha) Density at planting(Noha)	う っ 閉 状 況 Crown closure
C	10	3,000	う っ 閉 初 期 Slightly crown closed
D	10	3,300	う っ 閉 初 期 Slightly crown closed
E	9	3,700	う っ 閉 初 期 Slightly crown closed
F	9	6,300	う っ 閉 Crown closed
H	8	3,400	う っ 閉 初 期 Slightly crown closed
O	11	1,600	う っ 閉 して いない Not crown closed

3.1.2 調査対象クローン

1調査地当たり25~37クローンを調査したが、調査地により調査対象クローンは異なる。3か所以上の調査地で重複して調査したクローンは、Table.3に示した36クローンである。

3.1.3 調査方法

調査項目および調査方法は次のとおりである。なお1クローン当たり5~10本を調査し、クローンの平均値を解析の対象とした。

- (1) 樹高(H)：測定単位はcmとした。
- (2) 1/2部直径(D_{0.5})：樹高の1/2の高さにおける幹の長径、短径を測定し平均した。測定単位はmmとした。
- (3) 1/10部直径(D_{0.1})：樹高の1/10の高さにおける幹の長径、短径を測定し平均した。測定単位はmmとした。

(4) 胸高直径 (D・B・H) : 地上高 1.2 m部の幹の長径, 短径を測定し平均した。測定単位はmmとした。

(5) 根元移動長 (B・B) : 植栽地点から根曲がりがおつた点までの水平距離を測定した。測定単位はcmとした。

(6) 樹冠幅 (C・W) : クローネの最大幅とそれに直交する幅を測定し平均した。測定単位はcmとした。

(7) 枝密度 (D・B) : C, E, O調査地では力枝上部 1 mの範囲の枝数を測定した。D, F, H調査地では樹幹の中央部付近の高さにおける 1 m範囲の枝数を測定した。

(8) 力枝直径 (D・L・B) : 力枝群について測定し平均した。測定単位はmmとした。C, E, O調査地のみ調査した。

(9) 力枝高 (H・L・B) : 力枝の地上高を測定した。測定単位はcmとした。

3.1.4 解析方法

樹木の形態は、樹高、幹の直径、樹冠幅等が相互に相関をもちながら形成されており、単一の形質（調査項目）だけでは複合的な形態の表現が困難な場合がある。そこでまず形態に關与する形質を検討した。次に主成分分析を適用して因子負荷量により形態的特性を分類するとともに、形態的特性に適合する形状指標を検討した。そして形態的特性の遺伝的発現能力を確認し、形態的特性による精英樹クローンの分類を行なった。

3.2 結果と考察

3.2.1 調査結果

調査結果をTable. 11に示す。

Table. 11 調査結果

Mean and standard deviation of the traits at each stands.

形 質 Trait		調 査 地 Stand					
		C	D	E	F	H	O
樹 高 (cm) H	平 均 Mean	425	589	367	523	544	616
	標準偏差 S・D	83	78	71	86	90	68
1/2部直径 (cm) D0.5	平 均 Mean	4.3	5.8	3.8	4.7	5.1	6.4
	標準偏差 S・D	0.6	0.8	0.7	0.8	1.0	0.7
1/10部直径 (cm) D0.1	平 均 Mean	7.4	10.5	6.4	7.5	8.5	12.4
	標準偏差 S・D	1.1	1.3	1.3	1.1	1.5	1.4
胸高直径 (cm) D・B・H	平 均 Mean	5.9	9.2	4.9	6.4	7.3	10.4
	標準偏差 S・D	1.3	1.3	1.4	1.1	1.7	1.4
根元移動長 (cm) B・B	平 均 Mean	7.2	5.6	5.4	1.5	0.6	3.9
	標準偏差 S・D	3.3	3.0	3.8	1.4	0.6	3.1

形 質 Trait		調 査 地 Stand					
		C	D	E	F	H	O
樹 冠 幅(cm) C・W	平 均 Mean	176	206	157	166	182	232
	標準偏差 S・D	27	27	25	22	29	34
枝 密 度 D・B	平 均 Mean	12	18	13	16	16	16
	標準偏差 S・D	3	4	2	4	4	2
力枝直径 (cm) D・L・B	平 均 Mean	1.7		1.5			2.1
	標準偏差 S・D	0.2		0.3			0.3
力 枝 高(cm) H・L・B	平 均 Mean	104	105	104	128	125	139
	標準偏差 S・D	18	22	19	32	20	21

注 1

Note 1 H : Height of tree. D0.5 : Diameter of stem at 1/2 height above ground.

D0.1 : Diameter of stem at 1/10 height above ground.

D・B・H : Diameter of stem at breast height. B・B : Basal bending.

C・W : Crown width. D・B : Density of branch.

D・L・B : Diameter of largest spreading branch. H・L・B : Height of largest spreading branch above ground.

注 2 平均, 標準偏差はクローン平均値による。

Note 2 Mean & S・D are calculated with clone means.

3.2.2 形態的特性に關与する形質の分類

全調査項目について調査したC・E・O調査地での形質間の相関行列をTable. 12に示す。

Table.12 C・E・O調査地における調査項目間の相関行列

Correlation coefficients among investigated traits at C・E and O stands.

調査地 Stand		H	D・B・H	D0.5	D0.1	B・B	C・W	D・L・B	D・B	H・L・B
C	H		0.90	0.83	0.74	0.10	0.66	0.34	-0.46	0.60
	D・B・H	**		0.94	0.90	0.17	0.76	0.49	-0.17	0.48
	D0.5	**	**		0.94	0.12	0.69	0.44	-0.10	0.41
	D0.1	**	**	**		0.21	0.74	0.62	0.04	0.29
	B・B	**	**	**	**		0.26	0.52	-0.03	0.31
	C・W	**	**	**	**	**		0.74	-0.04	0.32
	D・L・B	**	**	*	**	**	**		0.17	0.13
	D・B	**	**	*	**	**	**	**		-0.51
	H・L・B	**	**	*	**	**	**	**	**	
E	H		0.95	0.91	0.89	0.04	0.82	0.66	-0.23	0.67
	D・B・H	**		0.98	0.95	-0.03	0.82	0.75	-0.04	0.61
	D0.5	**	**		0.95	-0.03	0.80	0.73	-0.03	0.57
	D0.1	**	**	**		-0.01	0.81	0.75	0.04	0.45
	B・B	**	**	**	**		0.16	-0.10	-0.10	-0.05
	C・W	**	**	**	**	**		0.81	-0.11	0.41
	D・L・B	**	**	**	**	**	**		-0.02	0.18
	D・B	**	**	**	**	**	**	**		-0.19
	H・L・B	**	**	**	**	**	*	**	**	

調査地 Stand		H	D・B・H	D0.5	D0.1	B・B	C・W	D・L・B	D・B	H・L・B
O	H		0.80	0.69	0.65	-0.34	0.77	0.66	-0.49	0.66
	D・B・H	**		0.95	0.96	-0.29	0.84	0.86	-0.24	0.36
	D0.5	**	**		0.91	-0.20	0.72	0.74	-0.07	0.31
	D0.1	**	**	**		-0.20	0.80	0.87	-0.15	0.23
	B・B	**	**	**	**		-0.20	-0.27	0.31	-0.06
	C・W	**	**	**	**	**		0.92	-0.28	0.35
	D・L・B	**	**	**	**	**	**		-0.22	0.16
	D・B	**	**	**	**	**	**	**		-0.53
H・L・B	**							**		

** : 1%水準で有意

* : 5%水準で有意

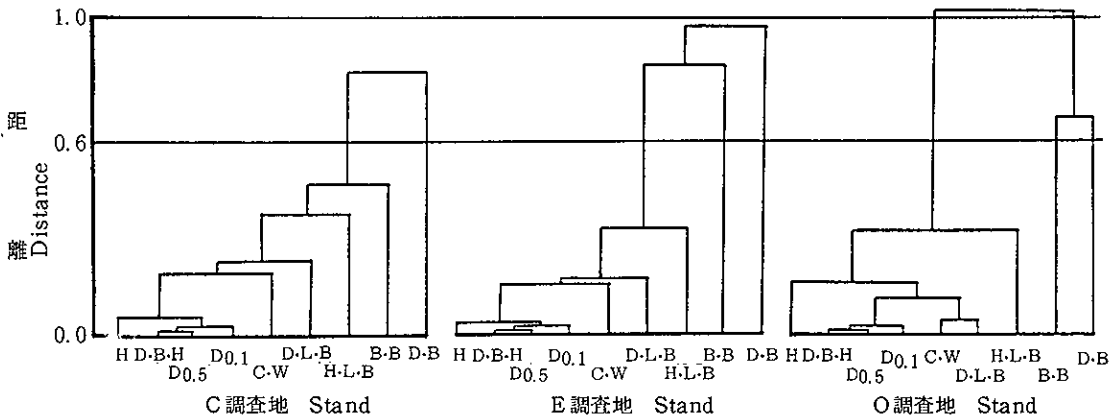
Significant at 1% level.

Significant at 5% level.

注 Note 1 H, D・B・H, D0.5, D0.1, B・B, C・W, D・L・B, D・B, H・L・B : Table.11参照 See Table.11

樹高、胸高直径、1/2部直径、1/10部直径、樹冠幅、力枝直径には相互に高い相関がある。また、力枝高と樹高との間にも比較的高い相関がある。しかし根元移動長は他の形質とほとんど相関がない。また、枝密度は樹高と相関のある調査地もあるがその値は概して低い。

次に形質間の類似度によりクラスター分析（最長距離法）をしたデンドログラムをFig.9に示す。



H, D・B・H, D0.5, D0.1, C・W, D・L・B, H・L・B, B・B, D・B Table, 11参照 See Table, 11

Fig.9 C・E・O調査地における調査項目のデンドログラム（最長距離法）

Dendrogram of investigated traits in C, E and O stands.

(Complete Linkage method.)

枝密度は3調査地とも、他の形質とのクラスター間の距離が0.6以上である。また、根元移動長はE、O調査地で他の形質とのクラスター間の距離が0.6以上であり、9形質のうち枝密度と根元移動長は異なる形質と認められた。胸高直径と1/2部直径および1/10部直径の3つの形質は類似性が高い。また樹冠幅と力枝直径の2つの形質も類似性が高い。胸高直径と1/2部直径および1/10部直径は、利用目的である樹幹の形態

に直接かかわる形質である。

これらを検討した結果、形態的特性を把握するための主成分分析の変量として、樹高、胸高直径、 $\frac{1}{2}$ 部直径、 $\frac{1}{10}$ 部直径、樹冠幅、力枝高を使用することにした。また、枝密度、根元移動長はそれ単独で形態的特性を表現するものとして解析することにした。

3.2.3 形態的特性の分類と形状指標の検討

樹高、胸高直径、 $\frac{1}{2}$ 部直径、 $\frac{1}{10}$ 部直径、樹冠幅、力枝高を変量として、6調査地の10共通クローンのデータに主成分分析を適用した結果をTable.13 に示す。また、形状指標と主成分スコアーおよび形質との相関係数をTable. 14 に示す。

Table.13 形態的特性分類のための主成分分析

Principal component analysis for classification of tree form characteristics.

形 質 Trait	因 子 負 荷 量 Component loading				
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
H	0.91	0.15	-0.04	0.38	-0.03
D・B・H	0.98	-0.12	-0.10	-0.03	-0.06
D _{0.5}	0.96	-0.13	-0.16	-0.04	0.17
D _{0.1}	0.95	-0.20	-0.12	-0.17	-0.10
C・W	0.89	-0.21	0.41	-0.02	0.02
H・L・B	0.69	0.71	0.05	-0.14	0.00
固 有 値 Eigen value	4.9	0.6	0.2	0.2	0.0
寄 与 率 (%) Ratio of contribution	81	11	4	3	1

注 Note H, D・B・H, D_{0.5}, D_{0.1}, C・W, H・L・B : Table.11 参照. See Table.11.

Table.14 形状指標と主成分スコアー、形質との相関

Correlation coefficients between form index and principal component scores, traits.

形 状 指 標 Form index	主 成 分 ス コ ア ー Principal component score					形 質 Trait					
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	H	D・B・H	D _{0.5}	D _{0.1}	C・W	H・L・B
力 枝 高 率 Largest spreading branch height ratio	-0.34	0.60	0.17	-0.59	0.04	-0.45	-0.41	-0.40	-0.37	-0.34	0.29
枝 張 度 Degree of crown slenderness	0.42	-0.22	0.86	0.02	0.06	0.32	0.34	0.31	0.33	0.77	0.17
形 状 高 Form height	-0.17	0.52	0.15	0.78	0.12	0.20	-0.26	-0.27	-0.43	-0.22	0.15
直 径 率 Diameter of stem ratio	-0.40	0.28	-0.02	0.37	0.72	-0.21	-0.46	-0.31	-0.58	-0.42	-0.12

1%水準 : 0.33 1%level : 33 5%水準 : 0.25 5%level : 0.25

注 Note H, D・B・H, D_{0.5}, D_{0.1}, C・W, H・L・B, : Table.11参照 See Table.11.

(1) 生長量：第1主成分は全形質の因子負荷量が大きな値を示し、全体の大きさ、すなわち全体の生長量を表わしている。2章で生長を樹高により評価して、生長は立地環境の影響とともにそれとの交互作用も認められることを示した。全体の大きさは生長と大きく関係するので、生長量は2章で検討した生長(樹高)の評価によることにした。

ここで第1主成分の寄与率が81%を占めている。通常80%の分散が吸収されれば、解析の目的はほぼ達せられる。しかしここでは形態的特性の分類を目的とするため以下の主成分についても検討した。

(2) 落枝性：第2主成分の因子負荷量は、力枝高の絶対値が大きい正の値で、力枝高を表わしている。力枝高率(力枝高/樹高×100)を形状指標とした。なお力枝高率と第2主成分の相関は0.60であった。

(3) 枝張り：第3主成分の因子負荷量は、樹冠幅の絶対値が比較的大きい正の値で、枝張り特性を表わしている。枝張度(樹冠幅/胸高直径+12)²¹⁾を形状指標とした。枝張度と第3主成分との相関は0.86であった。

(4) 完満性：第4主成分の因子負荷量は、樹高の絶対値が比較的大きい正の値で、伸長の程度を表わしている。一般に育林技術や材質研究の分野で樹幹の完満性の指標として形状比(樹高/胸高直径)が使用される。²²⁾そこで第4主成分を完満性として把握し、形状高(樹高/1/4部直径)を形状指標とした。形状高と第4主成分の相関は0.78であった。

一方、第5主成分の因子負荷量は、1/2部直径と1/4部直径の絶対値が比較的大きく、符号が正と負である。最もよく材として利用される樹幹の中央部より下部の完満性を直接的に表わしており、直径率(1/2部直径/1/4部直径×100)を形状指標とした。直径率と第5主成分との相関は0.72であった。ここで直径率は形状高と相関がみられ(r=0.64)、これらの形状指標がそれぞれの主成分を十分抽出していないことが分かるが、これらの形状指標はともに完満性を表わす形状指標である。さらに3・2・4項で述べるように、直径率にはクローン間に有意差が認められないことから、形状高を完満性の形状指標とした。

3.2.4 クローンの形態的特性と環境に対する反応性

形状指標の調査結果をTable.15に示す。

Table. 15 形状指標の調査結果
Mean and standard deviation of form index at each stands.

形 状 指 標 Form index		調 査 地 Stand					
		C	D	E	F	H	O
力 枝 高 率 Largest spreading branch height ratio	平 均 Mean	24.9	17.9	28.5	24.3	23.3	22.6
	標準偏差 S・D	4.0	3.0	4.5	4.0	3.9	2.5
枝 張 度 Degree of crown slenderness	平 均 Mean	9.8	9.7	9.2	9.0	9.4	10.3
	標準偏差 S・D	1.1	0.8	0.9	1.0	0.9	1.0
形 状 高 Form height	平 均 Mean	57.2	56.4	57.4	70.2	64.3	50.0
	標準偏差 S・D	7.9	5.2	5.4	7.8	7.6	4.6
直 径 率 Diameter of stem ratio	平 均 Mean	58.3	55.7	59.5	62.9	59.6	51.8
	標準偏差 S・D	3.2	3.8	4.2	4.2	4.1	2.5

注 平均、標準偏差はクローン平均値による
Note Mean & S.D are calculated with clone means.

共通クローンによる形状指標の分散分析をTable. 16 に示す。

Table.16 形状指標の分散分析
Analysis of variance for form index.

変動要因 Source	力枝高率 Largest spreading branch height ratio			枝張度 Degree of crown slenderness			形状高 Form height		
	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R
クローン Clone	9	28.76	2.71**	9	4.25	9.40***	9	210.03	11.08***
調査地 Stand	5	68.70	6.49***	5	1.82	4.03***	5	725.37	38.27***
誤差 Error	45	10.59		45	0.45		45	18.95	
計 Total	59			59			59		

変動要因 Source	直径率 Diameter of stem ratio			根元移動 Basal bending			枝密度 Density of branch		
	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R	自由度 D・F	平均平方 M・S	分散比 V・R
クローン Clone	9	17.93	1.36	9	3.82	0.95	9	25.36	3.45***
調査地 Stand	5	167.51	12.73***	3	90.19	22.56***	5	43.21	5.88***
誤差 Error	45	13.16		27	3.99		45	7.34	
計 Total	59			39			59		

** : 1%水準に有意差あり
Significant at 1% level.

* : 5%水準に有意差あり
Significant at 5% level.

(1) 力枝高率: クローン間では5%水準で, 調査地間では1%水準で有意差が認められた。偏差値によるクローンの比較をFig. 10 に示す。調査地により違いが認められたが, 力枝高率と関係の認められる環境要因は明らかにできなかった。

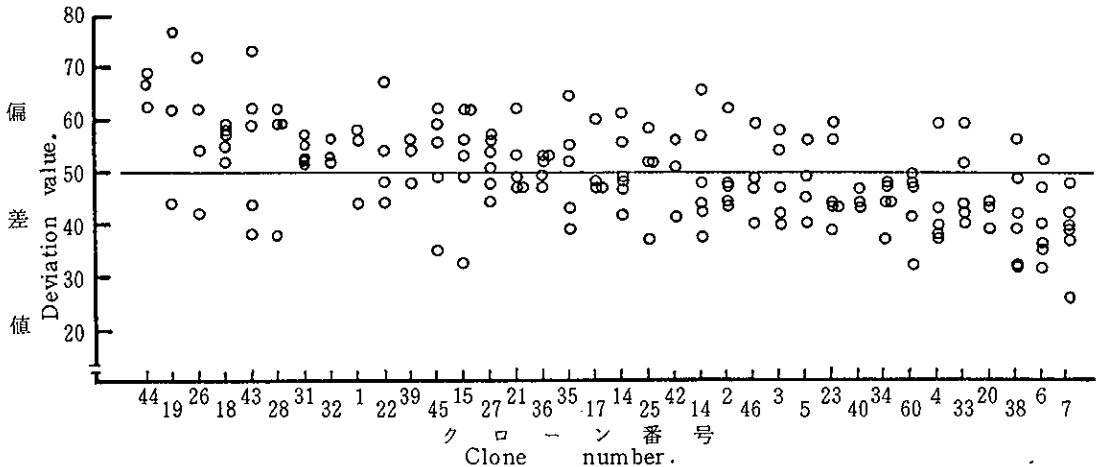


Fig.10 力枝高率の偏差値
Largest spreading branch height ratio deviation values of clones.

(2) 枝張度: クローンおよび調査地間に、それぞれ1%水準で有意差が認められた。偏差値によるクローンの比較をFig.11 に示す。また、林分の生立密度と枝張度の関係をFig.12 に示す。

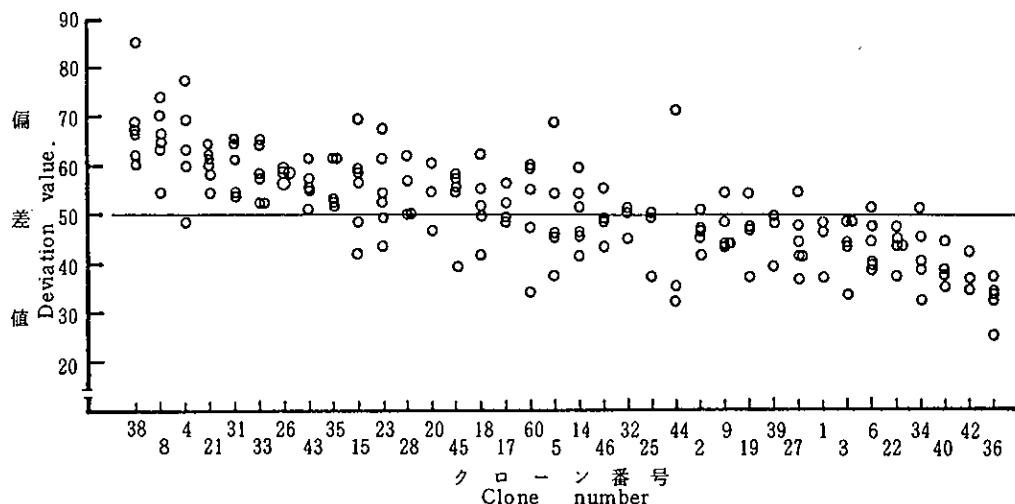


Fig.11 枝張度の偏差値
Degree of crown slenderness deviation values of clones.

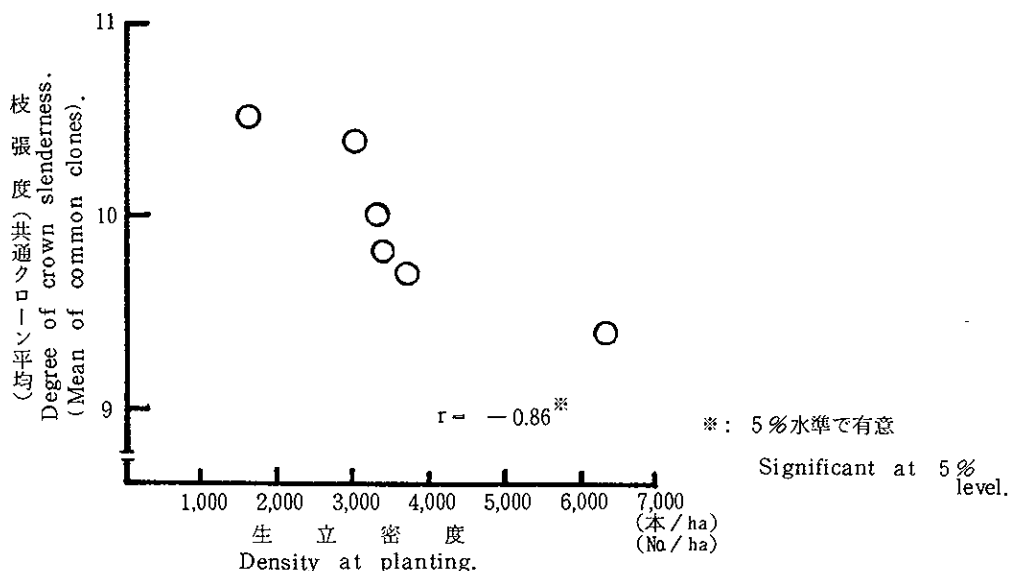


fig.12 生立密度と枝張度の関係
Relationship between density at planting and degree of crown slenderness.

²³⁾ 有田は、枝張度のクローンの集団平均は、年齢、地位にかかわらず一定の値を示すと報告している。当調査においても、他の形態的特性に比べて調査地による変動が最も小さいことが確認できた。しかし10生長期頃の林分で、生立密度が大きく異なるときは、密度が高くなるほど枝張度が小さくなった。

(3) 形状高: クローンおよび調査地間にそれぞれ1%水準で有意差が認められた。偏差地によるクローンの比較をFig.13に示す。また、林分の生立密度と形状高の関係をFig.14に示す。

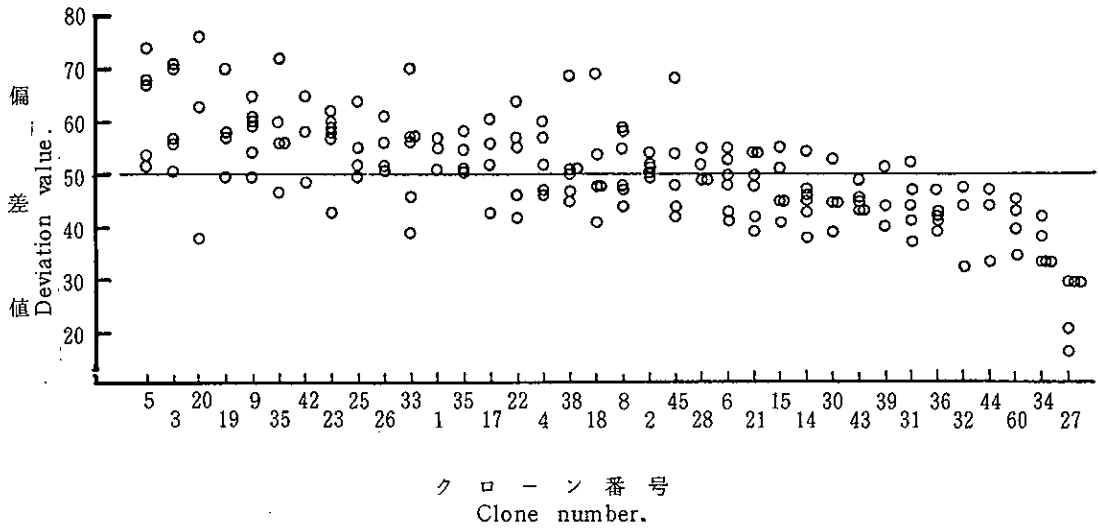


Fig.13 形状高の偏差値
Form height deviation values of clones.

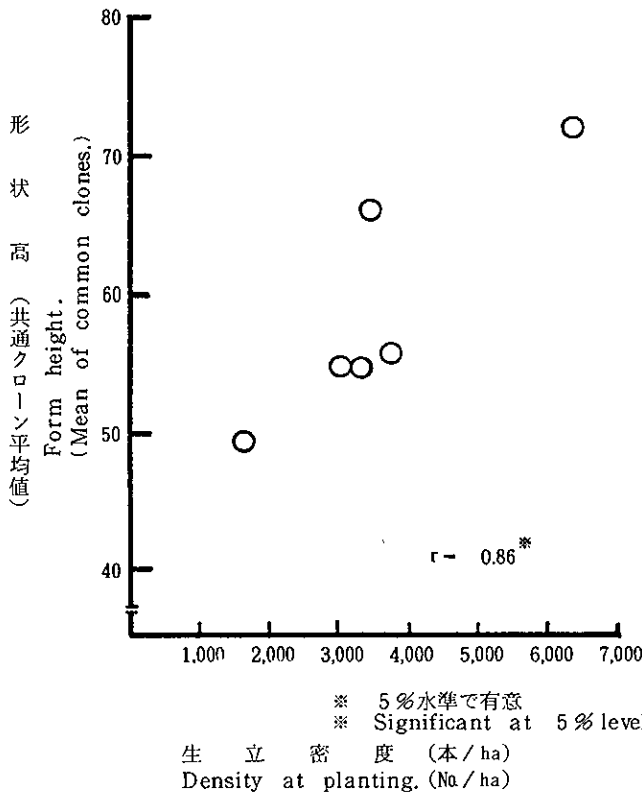


Fig. 14 生立密度と形状高の関係
Relationship between density at planting and form height.

林分の生立密度の増加にともない形状高は大きくなった。

(4) 直径率：調査地間に1%水準で有意差が認められたが、クローン間には有意差が認められなかった。直径率は完満性の直接的な指標であるが、クローンの比較においては精度的に疑わしい指標といえる。

(5) 根元移動長：Table.11に示したようにF、H調査地ではほとんど根曲がり認められなかった。C、D、E、O調査地のデータを分散分析に供した。調査地間には1%水準で有意差が認められたが、クローン間には有意差が認められなかった。根原²⁴⁾は、根曲がりの品種間差は、場所を変えると認められなくなる例もあるとし、林木、積雪、地形等の諸要因に違いのある条件下での比較はみかけの品種間差にすぎないという疑いが残るとしている。今後、調査方法立地修正の面からの検討が必要と考える。

年平均降水量および斜面傾斜度と根元移動長の関係をFig.15に示す。

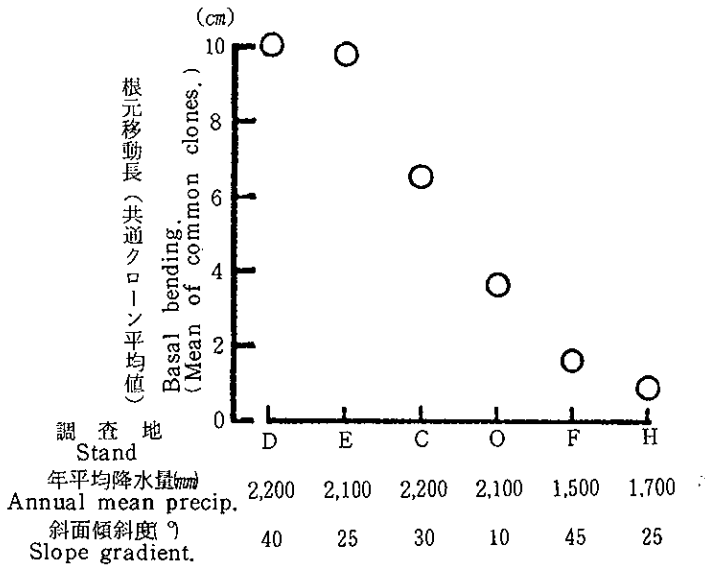


Fig.15 年平均降水量、斜面傾斜度と根元移動長の関係
Relationship between basal bending and annual mean precipitation, slope gradient.

根曲がり、積雪が多い場所ほど、また立木位置から上方の傾斜度が大きいほど大きくなるとされている。²⁴⁾ D、E、C、O調査地は最大積雪深が50~100cm以上の地域であり(2.2.3項参照)、斜面傾斜度の大きい調査地ほど根元移動長は大きくなっている。斜面傾斜度が大きくても、最大積雪深が50cm未満のF、H調査地では根曲がりはほとんど認められなかった。

(6) 枝密度：3.1.3項で述べたように、C、E、O調査地とD、F、H調査地とで測定位置が異なるが一括して分散分析した。クローンおよび調査地間にそれぞれ1%水準で有意差が認められた。

偏差値によるクローンの比較をFig.16に示す。また林分の生立密度と枝密度の関係をFig.17に示す。

樹幹の中央部付近での枝密度は、林分の生立密度による違いが認められないが、力枝の上部付近での枝密度は生立密度の増加にともない枝密度が減少している。しかし林分の生立密度が1,600本/haであれば力枝上部付近の枝密度でも、樹幹の中央部付近で測定した調査地の枝密度との違いが認められない。したがって10生長期頃の林分において、クローン本来の枝密度は樹幹の中央部付近で発現される。しかし林分の生立密度が1,600本/ha以下であれば、力枝の上部付近においても発現されることが分かった。しかし

全調査地をこみにした分散分析において、クローン間に有意差が認められたため、クローンの比較に全調査地のデータを使用した。

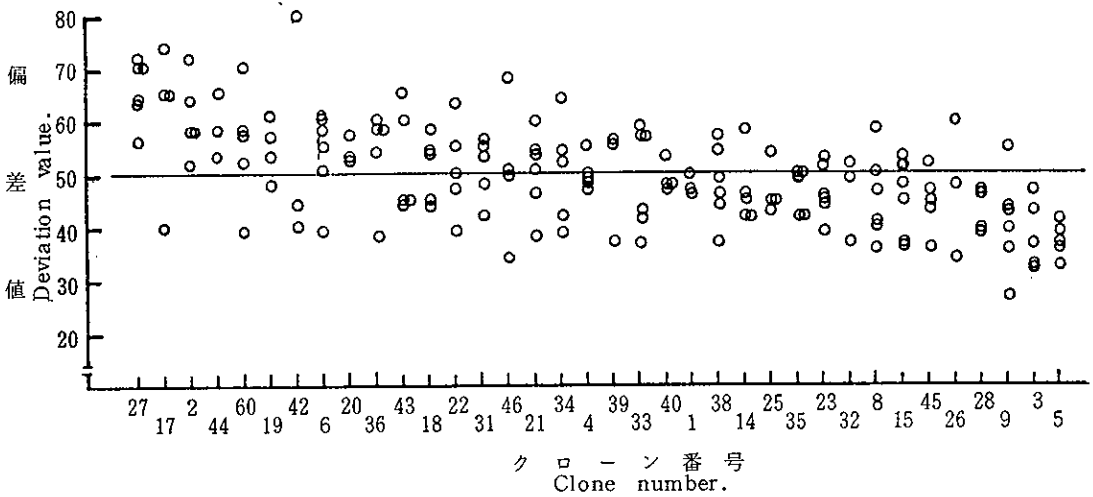
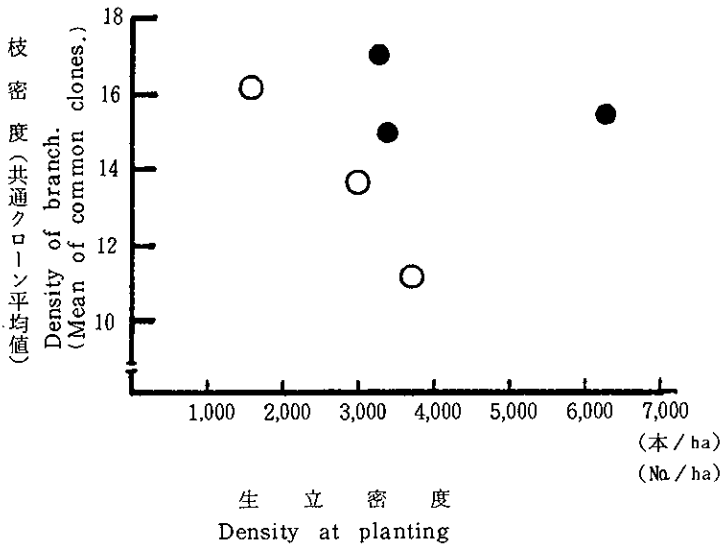


Fig.16 枝密度の偏差値
Branch density deviation values of clones.



- 力枝上部において測定する。
Surveying point is upper part of largest spreading branch.
- 樹幹中央部において測定する。
Surveying point is the middle of stem.

Fig.17 生立密度と枝密度の関係
Relationship between density at planting and branch density.

各特性のクローン間の比較で、この調査には反復がないため交互作用としては検出できないが、クローンによっては偏差値に大きな変動がある。力枝高率、枝密度については、枝の選択における調査者の恣意性が考えられる。また林²⁵⁾らは、6～7年生を過ぎれば隣接木と競争が起きることを確認している。力枝高率、枝張り度、形状高、枝密度については、調査木と隣接木や周囲の植生との位置的關係および競争状況が、クローンやラメートにより異なることが考えられる。

3.2.5 形態的特性による精英樹の分類

精英樹クローンの生長量、落枝性、枝張り、完満性、枝密度を形状指標の平均偏差値であらわし、これら5特性を平等に評価してクローンを分類した。ここで生長量は交互作用による影響が少なくなるように、多くの検定林で調査した5生長期のデータを使用した。

クローン相互間の類似度によりクラスター分析(ワード法)をしたデンドログラムをFig.18に示す。

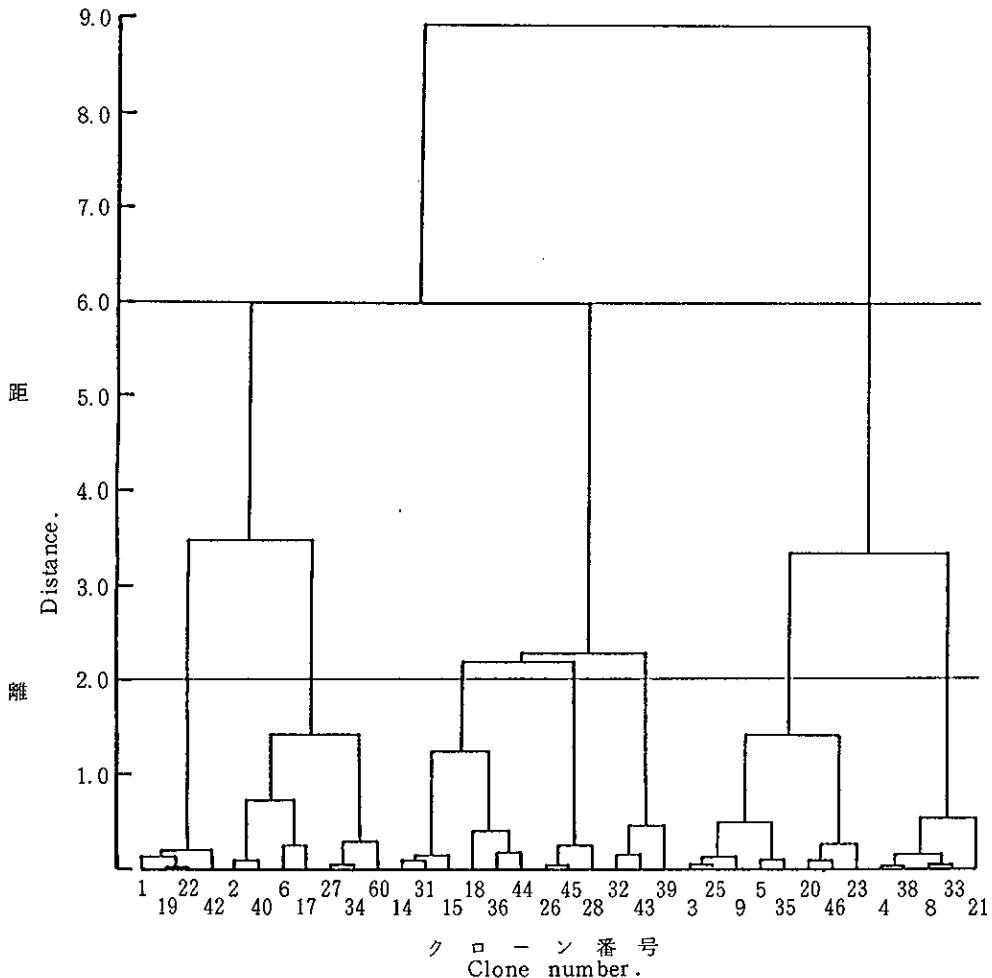


Fig.18 形態的特性を用いたクラスター分析(ワード法)による精英樹の分類
 Classification of plus-trees by a cluster analysis(ward method) of the tree form characteristics.

36クローンは、クラスター間の距離6.0で3グループに分類できた。またクラスター間の距離2.0で7グループに分類できた。

クローン間の相似性にもとづくクローンの形態的特性一覧表をTable17に示す。また分類ごとの形態の特徴をTable18に示す。

Table. 17 精英樹の形態的特性一覧表
 pluss-trees and form index deviation values
 arranged on the similarity.

分類	クローン番号	クローン名	樹高	力枝高率	枝張度	形状高	枝密度	
Classification	Clone No.	Clone name	Height	Largest spreading branch height ratio	Degree of crown slenderness	Form height	Branch density	
I	1	真庭 1 Maniwa	4 5.8	5 2.7	4 3.6	5 4.2	4 7.6	
		真庭 28 Maniwa	5 2.0	5 8.3	4 5.7	5 8.9	5 4.7	
		真庭 33 Maniwa	4 9.1	5 2.6	4 3.0	5 2.8	5 0.8	
		新見 1 Niimi	4 8.1	4 9.6	3 7.4	5 7.2	5 4.4	
	2	2	真庭 2 Maniwa	5 7.5	4 8.7	4 5.9	5 1.5	6 0.7
			阿哲 5 Atetsu	5 0.6	4 4.1	3 8.5	4 5.5	4 8.9
		6	真庭 10 Maniwa	4 7.4	4 0.3	4 3.0	4 8.3	5 4.2
			真庭 26 Maniwa	4 8.1	5 0.3	5 1.2	5 2.9	6 1.0
			苔田 4 Tomata	3 4.5	5 1.6	4 3.8	2 4.9	6 5.6
			川上 1 Kawakami	4 2.2	4 4.0	4 1.0	3 6.0	5 0.2
	60	遠藤スギ C.V. Endo	4 6.8	4 3.4	5 1.0	4 0.8	5 5.2	
	II	1	真庭 21 Maniwa	4 1.9	5 0.2	4 9.4	4 5.5	4 7.4
			苔田 20 Tomata	4 1.5	5 3.6	5 9.4	4 4.1	5 0.6
			真庭 24 Maniwa	4 3.6	5 2.2	5 5.2	4 6.2	4 5.0
真庭 27 Maniwa			4 8.1	5 6.3	5 1.7	5 2.0	5 0.8	
阿哲 1 Atetsu			3 1.6	5 1.0	3 2.0	4 2.6	5 3.5	
新見 3 Niimi			3 7.8	6 6.2	4 6.0	4 1.1	5 9.0	
2		26	苔田 3 Tomata	4 7.0	5 7.7	5 7.7	5 4.7	4 4.0
		45	新見 4 Niimi	4 8.7	5 2.3	5 2.4	5 1.2	4 4.6
		28	苔田 8 Tomata	5 3.6	5 4.6	5 3.7	5.1.0	4 2.9
3		32	和気 1 Wake	5 0.1	5 3.5	4 8.5	4 1.1	4 5.6
		43	新見 2 Niimi	5 9.3	5 5.1	5 5.4	4 5.2	5 1.9
		39	阿哲 4 Atetsu	4 9.5	5 2.6	4 5.2	4 5.0	4 9.5

分類	クローン番号 Clone No.	クローン名 Clone name	樹高 Height	力枝高率 Largest spreading branch height ratio	枝張度 Degree of crown slenderness	形状高 Form height	枝密度 Branch density
Ⅲ	1	真庭 3 Maniwa	4 8.7	4 8.0	4 3.2	6 1.0	3 8.4
		苔田 2 Tomata	5 2.4	4 9.6	4 7.2	5 5.3	4 7.0
		真庭 14 Maniwa	5 8.5	4 8.9	4 5.8	5 8.5	4 0.7
		真庭 9 Maniwa	5 1.3	4 7.9	5 0.0	6 2.9	3 7.2
		川上 2 Kawakami	5 0.1	5 0.9	5 5.3	5 8.4	4 6.7
		真庭 29 Maniwa	6 7.6	4 2.3	5 3.3	5 9.0	5 3.9
		新見 8 Niimi	5 8.3	4 8.7	4 8.8	5 3.7	5 0.5
		真庭 34 Maniwa	5 9.4	4 7.5	5 4.4	5 6.4	4 6.3
	2	真庭 5 Maniwa	6 1.9	4 3.2	6 3.4	5 2.4	4 9.8
		阿哲 3 Atetsu	6 4.7	4 1.4	6 8.0	5 2.3	4 7.6
		真庭 13 Maniwa	5 5.7	3 9.3	6 5.2	5 1.9	4 5.5
		後月 1 Shitsuki	5 2.1	4 3.0	5 8.0	5 4.3	4 9.0
		真庭 31 Maniwa	5 3.3	5 1.5	5 9.8	4 7.8	5 0.2

Table.18 クラスター分析により分類された精英樹の形態的特性

Plus-tree form characteristics classified by a cluster analysis.

大分類 Large groups	小分類 Small groups	(1) 生長量 Growth	(2) 落枝性 Die back	(3) 枝張り Crown slenderness	(4) 完満性 Non-taperness	(5) 枝密度 Branch density
I	1	△	△	○	○	△
	2	△	△	○	×	×
II	1	×	○	△	×	△
	2	△	○	×	△	○
	3	△	○	△	×	△
III	1	○	△	△	○	○
	2	○	×	×	△	△

- 注 Note
- (1) 生長量 : 良好=○, 不良=×
 - Growth : Big =○, Small =×
 - (2) 落枝性 : 良好=○, 不良=×
 - Die back : Good =○, Bad =×
 - (3) 枝張り性 : 小さい=○, 大きい=×
 - Crown slenderness : Small =○, Large =×
 - (4) 完満性 : 完満=○, うらごけ=×
 - Non-taperness : Non-taperness =○, taperness =×
 - (5) 枝密度 : 少ない=○, 多い=×
 - Branch density : Few =○, Many =×
- (1)~(5) : 中庸=△ Mean =△

36クロンの精英樹は、枝張りの大きいグループ（Ⅰ）、落枝性の良好なグループ（Ⅱ）、生長量の大きいグループ（Ⅲ）により3グループに分類できた。さらに（Ⅰ）は完満性と枝密度により2グループに分類できた。（Ⅱ）は生長量、枝張り、完満性、枝密度により3グループに分類できた。（Ⅲ）は落枝性、枝張り、完満性、枝密度により2グループに分類できた。

精英樹は生長特性を重点に、枝張り等の特性においても良好なものを選抜した。¹⁾しかしこの調査により各精英樹クロンはさまざまな形態的特性を有することが判明した。そこで精英樹を使用するにあたり、立地環境や経営目的を考慮したクロンの選択的な活用が考えられるとともに、今後の選抜において、多様な経営、多様な施業に対応した目的特性ごとの選抜も考えられる。

4. 結 論

林木の遺伝的特性は生育性、形態的特性をはじめ病虫害、気象害等に対する抵抗性、さらに材質的特性等多種多様である。この研究はスギ精英樹クロンについて、次代検定林の現在の生育段階で把握できる、生長と形態的特性およびそれらの環境に対する反応性を明らかにしたものである。

(1) スギ精英樹の生長は、検定林の設定地や植栽されている斜面位置、斜面方位等の立地環境により大きく異なる。

(2) 5生長期の生長は、年平均降水量1,800 mm以上の地域では主に積雪（最大積雪深50～100 cm以上）の影響により遅い傾向にある。しかし10生長期になれば積雪の影響が小さくなってくる。

(3) 5生長期において、調査対象クロンの約 $\frac{2}{3}$ の精英樹クロンが在来品種（遠藤スギ）と同等以上の生長を示した。

(4) 5生長期と10生長期で生長順位（生長）が異なるクロンが4クロンあった。

(5) クロンによっては特定の検定林で特異な生長を示すいわゆる交互作用が存在した。交互作用は、土地の肥沃度等の生育環境に対するクロンの反応性の違いと、地域等のマクロな立地環境に対するクロンの適応性の違いとして把握した。地域は年平均降水量を主要因として、年平均降水量1,800 mm以上の県北部地域と1,800 mm未満の県中部地域に区分できた。

(6) 生長の早いクロンほど、肥沃度等の生育環境の変動に対し敏感な反応を示し、生育環境の良い所で生長の増加が著しい。また生育環境の悪い所では生長が大きく低下する。生長の遅いクロンは生育環境の良い所でも生長の増加が小さい。しかし生長が早く、かつ生育環境が悪い所でも生長の低下が比較的小さいクロンが2クロンあった。

(7) 岡山県の中部地域に比べて北部地域での生長が良好なクロンが2クロン、逆に北部地域に比べて中部地域での生長が良好なクロンが2クロンあった。

(8) 8～11生長期でのスギ精英樹クロンの形態的特性を生長量、落枝性、枝張り、完満性、根曲がり、枝密度に分類した。

(9) 生長量は樹高を形状指標とし、落枝性は力枝高率（力枝高/樹高×100）、枝張りは枝張度（樹冠幅/（胸高直径+12））、完満性は形状高（樹高/1/10部直径）を形状指標として形態的特性を把握するのが適当であった。また根曲がり、枝密度は根元移動長、枝密度を形状指標とした。

(10) 生長量は生長特性として(1)～(7)項で述べた。落枝性、枝張り、完満性、枝密度にはクロンによる違いがあった。特に枝張りは形態的特性の中で調査地による変動が最も小さかった。また根曲がり特性にはクロンによる違いが見られなかった。

(1) 根曲がりの大きさは、積雪環境や斜面傾斜度と密接な関係があり、完満性、枝張りおよび力枝上部付近での枝密度は、林分の生立密度と密接な関係があった。

(2) スギ精英樹クローンは、生長量、落枝性、枝張り、完満性、枝密度の形態的特性により3グループに分類でき、さらに7グループに小分類できた。

1959年岡山県では、スギ在来品種の普及にあたり、岡山県を県北部地区とそれに連なる県中部地域および県南部地域に区分した。この研究でも地北部地域と県中部地域では、①幼齢期の生長 ②生長の適応性(一部のクローン)③根曲がりの出現状況において違いが認められ、地域区分が妥当であったことを示した。スギ精英樹の造林にあたって留意する必要がある地域区分をFig19に示す。



Fig.19 スギさし木造林における岡山県の地域区分

Section of area in Okayama for cryptomeria plantation establishment by means of cutting.

しかし、地域に対する適応性の違いが認められたクローンは、生長の特性において4クローンだけで、ほとんどのクローンでは、生長又は形態の特性において地域に対する適応性の違いを確認できなかった。

また、形態の特性による精英樹の分類は、精英樹の選択的活用にあたり概括的な資料を提供することが期待される。しかしそれと共に植栽地の立地環境や密度管理等の施業の重要性もあらためて指摘された。

精英樹の評価は、佐々木²⁶⁾が指摘しているように、岡田¹⁸⁾の早期検定による知見や早晚性の検討を行なって結論を出すべきであり、今後生育ステージごとに各種の遺伝的特性や環境に対する適応性を把握していく必要がある。

参考文献

- 1) 林野庁, 林木育種事業指針.(1956)
- 2) 林野庁, 林木次代検定事業実施要領.(1969)
- 3) 小林玲爾ら, 次代検定林の調査結果(Ⅱ), 林木の育種, №120, P.36~43 (1981)
- 4) 野口常介, 茶屋場盛, アカマツ次代検定林の初期生長からみた精英樹の環境適応性. 日本林学会大会講演集, №88, P.191~192 (1977)
- 5) 重松あや子ら, 幼齢期におけるアカマツ精英樹系統の立地反応, 林木の育種, 特別号, P.6~10 (1980)
- 6) 植木忠二ら, 次代検定におけるスギ精英樹クローンの立地反応, 日本林学会関西支部大会講演集, №31, P.201~204 (1980)
- 7) 栗延晋, カラマツ精英樹の次代検定に関する研究, 林木育種場研究報告, №2, P.1~60 (1984)
- 8) 関西林木育種場, 精英樹特性一覧表.(1976)
- 9) 九州林木育種場, スギ精英樹特性一覧表.(さし木造林用).(1976)
- 10) 佐々木正巨, 田辺絳毅, 優良材生産用スギさし木品種選定に関する調査, 広島県林業試験場研究報告, №12, P.1~12 (1977)
- 11) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会, スギ・ヒノキ精英樹特性調査共同試験報告書(第1次調査).(1983)
- 12) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会, 精英樹特性調査方法書.(1978)
- 13) 岡山県林業試験場, 岡山県の林野土壌.(1980)
- 14) 明石孝輝, 次代検定林のデータ処理と交配設計, 林木育種協会, P.27~31 (1978)
- 15) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会立地部会, 最大積雪深分布図.(1976)
- 16) 関西林木育種場, スギ次代検定林における初期生長の分析, 大阪, 林木育種推進近畿瀬戸内海四国地区協議会資料.(1982)
- 17) 石川栄助, 『主なる分布函数と母数』, 新統計学, 東京, 槇書店,(1983), P.111~139
- 18) 岡田幸郎, 林木における生長の早期検定, 育種学最近の進歩, №13, P.27~34 (1973)
- 19) 奥野忠一ら, 『主成分分析』, 多変量解析法, 東京, 日科技連出版社,(1974) P.159~258
- 20) 桑原勤, 丹原哲夫, 関西産スギ精英樹クローンと野兎害との関係, 日本林学会大会講演集, №34, P.213~216 (1983)
- 21) 有田学, スギの品種間における枝張りの差異について, 北海道大学演習林研究報告, VOL.21, №2, P.187~201 (1962)
- 22) 堂上龍雄, 林木の幹形変化の解析法に関する研究, 静岡大学演習林報告, №6, P.1~44 (1981)
- 23) 有田学, 枝張りの遺伝的性質に関する研究, 日本林学会誌, VOL.46, №3, P.77~82 (1964)
- 24) 塚原初男, 大谷博彌, 積雪地帯におけるスギの根元曲がりと品種, 林木の育種, №121, P.1~4 (1981)
- 25) 林重佐, 酒井寛一, スギの生長と個体間競争, 日本林学会誌, VOL.54, №7, P.218~225 (1972)
- 26) 佐々木研ら, ヒノキ精英樹の次代検定について, 日本林学会関西支部大会講演集, №31, P.205~208 (1980)