

スギ精英樹の自然交配家系から得られた次世代 多交配集団の幼齡期の成長特性*

田淵 和夫**

Kazuo TABUCHI **

Growth characteristics of seven years old seedlings obtained from an improved sugi (*Cryptomeria japonica*) seedling seed stand

要旨：スギ精英樹の14年生自然交配集団について形質優良木125本を早期選抜し、間伐淘汰による第2世代のモデル実生採種林へ誘導した。選抜差は樹高2.77m、胸高直径3.5cmである。そこから多交配と自然交配により生産された第3世代の苗木の幼齡期の成長形質を比較した。選抜木から得た9家系実生3年生苗の平均苗高は多交配で低い値を示したが、同時に養成した第2世代の対照家系に比較すると自然交配で19.6%、多交配で12.1%の高い値になった。造林初期4年生における平均樹高は自然交配で317cm、多交配325cmを示し、年平均成長量は多交配集団の方が6.3%大きかった。しかし、分散分析の結果は有意ではなかった。元親の対照家系に比較すると樹高で両交配とも30%以上良好で、特に肥大成長の効果が著しく世代の繰返しによる効果が示唆された。

1 はじめに

精英樹選抜による育種事業は集団選抜の手法により進められている。採種園で生産された種苗は、育種目標とする形質の次代検定結果に基づいて構成クローンを変更することにより、採種園の改良が進められている。一方、人工交配等により、成長形質、幹の通直性、諸害に対する抵抗性などの複合形質に優れた系統を創出することが期待されている³⁾。

スギ精英樹の自然交配家系で幼齡期に寒風害の被害を受けた集団から形質優良木を選定し、間伐、淘汰による第2世代のモデル実生採種林に誘導して、そこから生産された第3世代の苗木の初期成長について育種効果の推定を試みた。

* 本研究の一部は第106回日本林学会大会（1996年4月）で口頭発表した。

** 林木育種センター西表熱帯林育種技術園

〒907-1433 沖縄県八重山郡竹富町南風見仲36-5

Iriomote Tropical Tree Breeding Technical Garden, Forest Tree Breeding Center
36-5 Haeminaka, Taketomi, Yaeyama, Okinawa 907-1433 Japan

2 材料と方法

林木育種センター内のスギ精英樹実験採穂園72クローンに着花促進としてジベレリン処理を行い、得苗率の高い自然交配種子から養成した36家系の苗を1972年4月中旬に、耐凍性検定の実験園に1家系、1反復あたり16本植栽した。反復数は4で、単純格子型配列により合計2,304本の苗を植栽した。林齢3年生時の1974年春季に梢端部に著しい寒風害の被害が発生して、平均57.7%の個体の当年生伸長部の枯損が認められた。その後は枝打ち、間伐など特別の施業は行っていないが、優勢木は萌芽や枝の立上りで回復し、劣勢木は被圧、枯損するなど家系間競争が著しかった⁸⁾。

林齢14年生に達した1985年5月上旬に、成長形質に基づいて個体選抜を行った。選抜基準は植栽した各家系のプロット16本4反復のうち、樹高、胸高直径とも上位にあり、単幹通直の個体を条件とした。したがって、36家系×4反復で1本ずつ全プロットから個体選抜すると144個体になるが、枯損や被圧木、スギカミキリの被害木を除く附表1に示した125本を選抜木として残した。選抜個体は幹を中心とした根張りの根系1/3、約30~40cmの位置で根を切断し、種子採取の作業効率を考慮して鉛直方向から約20°傾斜させた。倒木防止のため支柱を立てた。樹冠の高さは3~5mである。

1986年7月上旬に、ジベレリン（果粒5mgを樹幹の地際部分の3ヶ所の形成層に埋込むこと）による着花促進を行った。

1987年3月に、北関東育種区のスギ精英樹のうち、切枝による人工凍結実験で耐凍性が上位にランクされ²⁾、花粉飛散期がほぼ同時期である11クローンから花粉を採取し、これらを等量ずつ混合して、前記の36家系の母樹に対して個体当たり5袋平均の人工交配を行った。なお、花粉を採種した11クロンの精英樹と交配母樹の36家系との

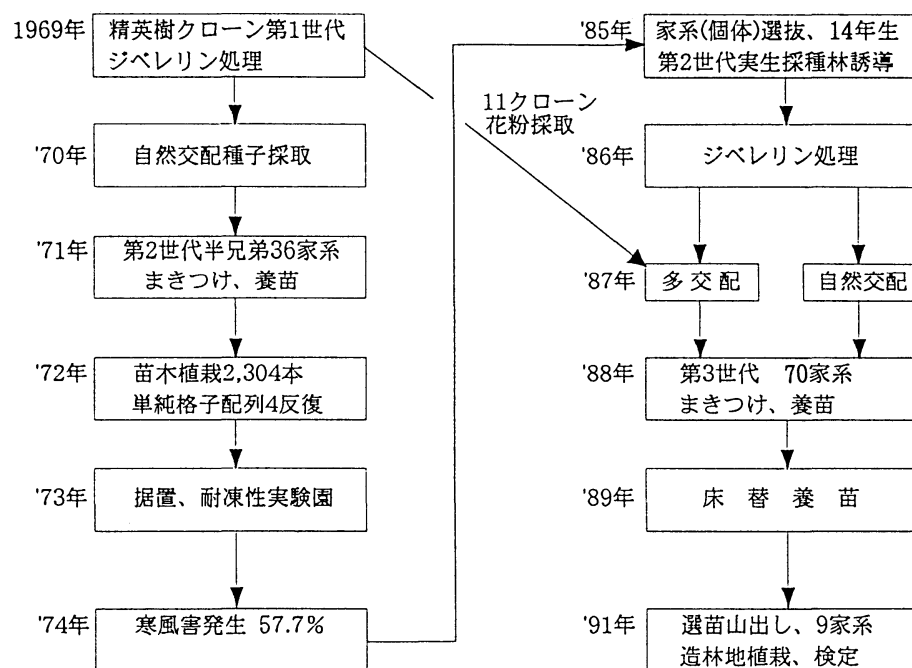


図1. 第2世代のモデル実生採種林から得た第3世代の養成経過

間には血縁関係はない。秋には多交配種子（人工交配種子）とともに、選抜木の個体ごとに自然交配種子も採種した。これらの選抜木から個体ごとに種子生産した多交配、自然交配による種子生産量を附表1の右側に示した。

交配種子は1988年4月上旬に、多交配、自然交配とも原則として1.5g以上の種子を1対として、26家系に由来する、それぞれ1～3個体、計35個体、70の組み合わせ家系別（附表1参照）に苗畑にまきつけ、選苗床替は通常の施業で行った。多交配、自然交配とも1991年5月上旬の3年生苗からそれぞれ対にした養苗本数60本以上の9家系、すなわち、前集団2,304本に対する母樹の本数率で0.4%を選び、さらに、家系内の苗高上位から24本を選苗した。そして、列間1m×苗間0.6mで林木育種センター内の造林地に多交配、自然交配それぞれ12本×9家系×2反復=216本、計432本を植栽した。全体の実験計画を図1に示した。成長量の調査は養苗期及び林齢4年生までの樹高と胸高直径について行った。

3 結果と考察

3.1 採種木の選定

実生採種林の造成においては家系内にあっても優劣が発生するため、数本のプロット植栽などにより次代検定を兼ね、数回の間伐淘汰を繰返した後に樹型誘導、地表管理、着花量の調整と花粉管理など種子の生産効率を高める集約的な施業が重要になる。1972年設定し実生採種林に誘導した本実験のプロットは密植で個体間の競争が著しいが、同じ家系は隣接しないようランダムに4反復で設計されている。樹高、胸高直径とも各プロット（家系）内で上位にあること、単幹で幹が通直であること、スギカミキリの被害を受けていないことなどを考慮してプロット当たり1個体を選抜した。全て枯損したプロットも認められたが、各家系2～4本の形質優良木125本（5.4%）の選抜を行い、他の生存木は伐採した。その結果、モデル的に選木した第2世代の実生採種母樹の樹高は、6.4m～11.7m、平均 9.50 ± 1.05 m、間伐木261本のそれは1.5m～10.9m、平均 6.73 ± 2.31 mであった。家系込みによる樹高の頻度分布を図2に示した。

間伐木の生存個体は平均値を中心として頻度は低くなっているが、原因としては樹冠の閉鎖に伴う被圧、枯損によるものと推定された。また、選抜木の胸高直径は3.9cm～17.7cm、平均 9.15 ± 2.61 cm、間伐木の胸高直径は0.3

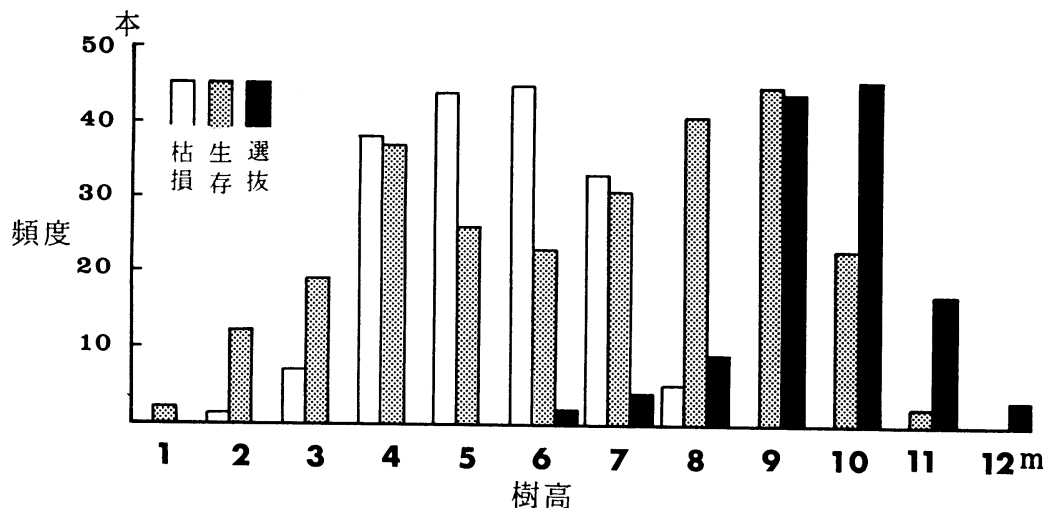


図2. スギ精英樹の自然交配家系14年生の選抜木

cm～20.6cm, 平均 5.63 ± 2.94 cmであった。選抜差は樹高で2.77m, 胸高直径で3.52cmであった。採種木の選定に当たっては, 樹高の家系間差がみられるが, 選抜木は成長形質だけでなく通直性やスギカミキリの被害程度も考慮し, 遺伝的多様性の確保による偏りのない個体選抜に重点をおいてモデル的に進める必要があった。また, 選抜木は次世代の種子生産に影響を与える雌雄花の着花性の差異, 枯れ上がり著しいため採種枝となる樹冠が少量で種子生産が懸念されたが, 附表1の右欄に採種結果を示した。

3.2 養苗期の生育

採種木で花芽分化の認められなかった個体, 着果量の少ないもの及び前年発生した冠雪害による折損木を除いた26クローンに由来する35個体70組み合わせから自然交配の第3世代, 多交配の苗を養成した。この中から多交配, 自然交配ともそれぞれ3年生苗で60本以上の養苗本数の多い9家系の平均苗高を図3の左側に示した。

なお, 多交配によって得られた苗木については, 本報告では便宜的に第3世代の苗と呼ぶことにする。

図3では, 自然交配(O: Open Pollination)の平均苗高の上位の家系から順に多交配(P: Polycross)と対にして, 最下部には自然交配によって得た第2世代の対照在来(鱒ヶ沢スギ(O))を配列し, 平均苗高, 標準偏差, 苗高範囲を示した。多交配は共通の精英樹混合花粉によって生産した苗であるため半兄弟家系である。多交配, 自

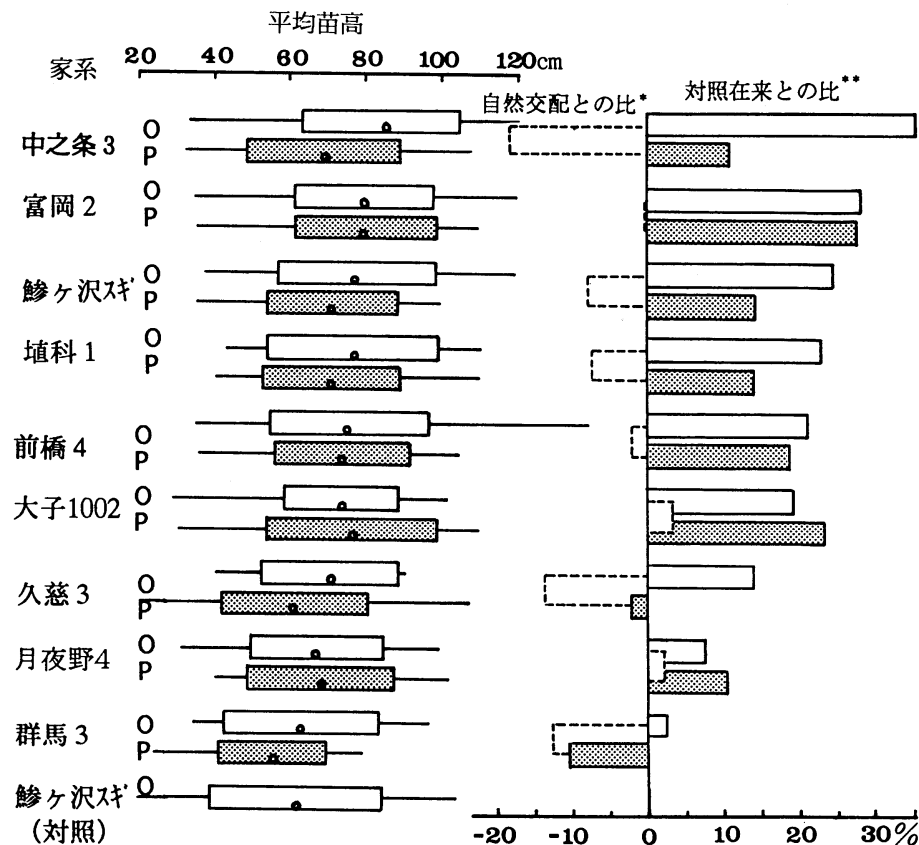


図3. スギ自然交配家系14年生の選抜木から得た第3世代3年生苗の自然交配と多交配の比較

* 印スケールは多交配および自然交配の平均苗高との差を自然交配の平均苗高で示す比率とした。

** 印スケールは多交配および自然交配の平均苗高との差を対照家系(鱒ヶ沢スギ)の平均苗高に対する比率とした。

然交配とも選択受精がない限りランダムに受粉されるものとした。

多交配の平均苗高と自然交配の平均苗高との差の自然交配の平均苗高に対する比を図3の右側に破線で示した。これによると、家系別には大子1002、月夜野4を除くと自然交配の苗高の方が多交配の苗高よりも高くなり、自然交配の家系平均74.3cmに対して多交配の家系平均は69.6cmであった。多交配の苗高は自然交配の苗高に比較すると6.3%低下している。しかし、第2世代の対照在来（鱈ヶ沢スギ）の62.1cmに比べると図3の右側の実線で示したように自然交配で平均19.6%、多交配では平均12.1%高くなっている。また、同じ母樹に由来する上位3番目の鱈ヶ沢スギの選抜木から得られた自然交配第3世代の苗高は第2世代に比較して24.6%、多交配では14.3%高くなり、選抜改良効果が養苗時においても期待される。

3.3 造林初期の成長量

林齢1年生から4年生まで反復を込みにした第3世代の平均樹高を表1に示した。樹高は、植栽時から2年生までは自然交配が高く、3年生以降は多交配が高くなっている。年平均成長量は多交配が自然交配に対し6.3%高くなっている。

養苗期に苗高が自然交配に比較して多交配で低くなっている原因としては、ジベレリン処理による強制的な着花促進のため球果、種子胚乳が小さくなっていることが影響していると考えられるが、今までの養苗期における育種苗の実験例では苗高の差は処理要因よりも家系間に有意であり、ジベレリン処理による着花促進で生産された苗木と自然着花で生産された苗木では、造林後10年生の成長形質に差がないことが判明している⁷⁾。表1の下段に示した在来スギの家系をみると、植栽時から林齢2年生までは自然交配に比較して多交配が低い傾向にある。また、鱈ヶ沢スギの同一個体に由来する第2世代と選抜木から得た第3世代の自然交配家系との樹高を比較してみると、第3世代は第2世代に比べ、4年生時には31%、年平均成長量も36%高い値であった。このように世代の繰り返しと選抜による改良効果が示唆された。

表1. 自然交配と多交配によるスギ第3世代の林齢別平均樹高

(単位: cm)

家系	植栽時	1年生	2年生	3年生	4年生	年平均 成長量
自然交配(O)	79.4	92.4	143.6	223.1	317.2	74.9
多交配(P)	74.0	85.9	142.3	231.2	324.7	79.6
比率(P/O)(%)	-6.8	-7.0	-0.9	+3.6	+2.4	+6.3
在来スギ						
自然交配(O)	83.7	100.5	152.5	226.5	310.3	69.9
多交配(P)	72.8	87.8	151.9	229.0	316.6	76.3
比率(P/O)(%)	-13.0	-12.6	-4.8	+1.1	+2.0	+9.2
元親対照(C)	68.5	82.2	127.2	170.3	236.8	51.5
比率(O/C)(%)	+22.2	+22.3	+19.9	+33.0	+31.0	+35.7

注) 植栽は春期で、1年生から4年生までの樹高測定は秋季から冬季にかけて行った。

林齢4年生時における家系別の平均樹高を図4の左側に示した。この中では中之条3と群馬3を除いては苗畑時の養苗期と異なり、自然交配よりも多交配が上位にある。また、変動係数の大きい家系もみられるが、対照に用い

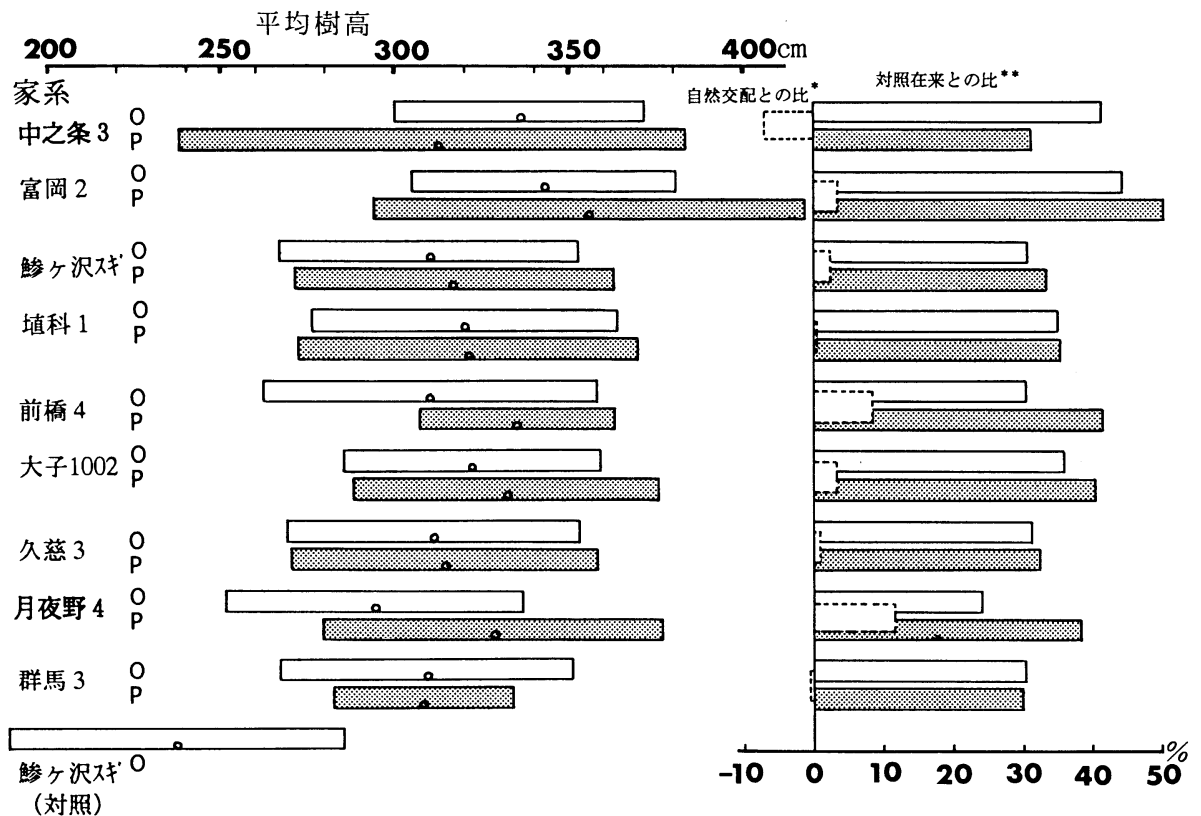


図4. スギ第3世代の林齢4年生における家系別平均樹高の比較

* 印スケールは多交配および自然交配の平均苗高との差を自然交配の平均苗高で示す比率とした。

** 印スケールは多交配および自然交配の平均苗高との差を対照家系（鯉ヶ沢スギ）の平均苗高に対する比率とした。

た在来鯉ヶ沢スギの元親個体から養成した第2世代家系の237cmに比較すると、図4の右側のように家系平均で自然交配が34%、多交配が37%の高い値を示している。

これらのことから、胸高直径についても林齢別に表2に示した。両交配の家系平均の比較では、多交配の方が林齢2年生で5.4%、4年生で4.2%優れており、元親対照の4年生の胸高直径1.75cmに比較すると自然交配で39.4%、多交配で41.9%もの大きな値を示している。また、下段に示した同じ母樹に由来する鯉ヶ沢在来スギでは、第2世代に比べて第3世代が自然交配で27.7%、多交配で27.4%も高い値を示し、今後の観察は必要であ

表2. 自然交配と多交配によるスギ第3世代の林齢別平均胸高直径

(単位: cm)

家系	2年生	3年生	4年生	年平均成長量
自然交配(O)	1.12	1.52	2.89	0.89
多交配(P)	1.18	1.57	3.01	0.90
比率(P/O)(%)	+5.4	+3.3	+4.2	+1.1
在来スギ				
自然交配(O)	1.18	1.51	2.42	0.62
多交配(P)	1.15	1.63	2.41	0.63
比率(P/O)(%)	-2.5	+7.9	-0.4	+1.6
元親対照	0.81	1.28	1.75	0.47

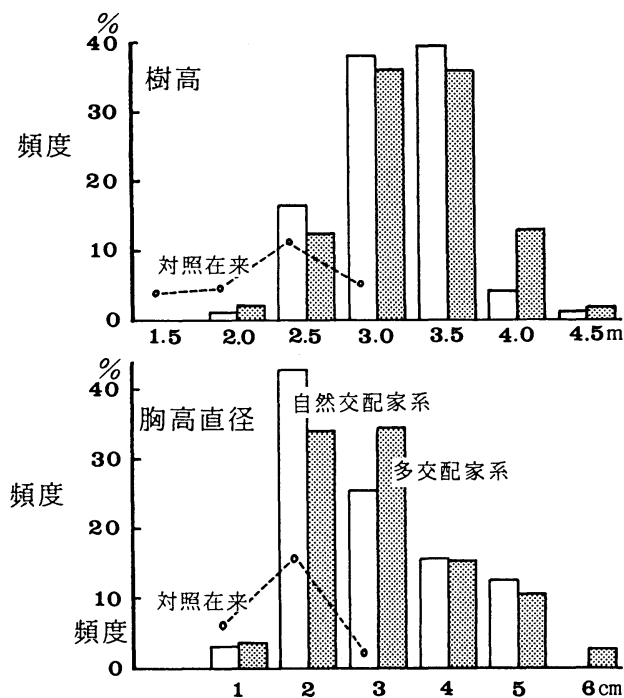


図5. スギ第3世代の林齡4年生における樹高と胸高直径の頻度分布

るが世代の繰返しによる育種効果が期待された。これらの4年生における家系を込みにした場合を図5に示した。

林齡別の家系平均値を用いた分散分析の結果は、表3及び表4のとおりである。林齡1年生では自然交配、多交配の交配様式と家系及びその交互作用に有意差が認められたが、2年生になると交配様式には差がなくなり、2年生の胸高直径を含む3年生以降ではいずれの要因にも有意差は認められなかった。このことから、自然交配、多交配とも半兄弟家系であり、選苗による山出しの結果、造林後の根系の発達により養苗期の影響が少なくなっており、両者とも特定花粉による受粉ではなく、任意交配が適正に行われているものと推定した。

林木のような他植性植物はヘテロ性が高く、自家受粉の場合の次代家系は自殖弱勢が発生し、種子稔性や発芽率の低下、奇形、色素異常苗の発生頻度も高く、造林後の成長量も他花受粉に比較して年々隔差の大きくなることが判明している⁶⁾。

表3. 平均樹高の分散分析表

要因	自由度	1年生		2年生		3年生		4年生	
		平均平方	分散比	平均平方	分散比	平均平方	分散比	平均平方	分散比
反復	1	0.0032	1.24	0.0002	0.01	0.0476	0.78	0.1381	1.14
交配様式	1	0.0456	17.63**	0.0034	0.29	0.0283	0.46	0.0156	0.12
家系	8	0.0286	11.09**	0.0550	4.82**	0.0533	0.87	0.0572	0.47
交配×家系	8	0.0081	3.15*	0.0320	2.81*	0.0332	0.54	0.0405	0.33
誤差	17	0.0025		0.0114		0.0607		0.1207	

注) **1%水準で有意, *5%水準で有意

表 4. 平均胸高直径の分散分析表

要因	自由度	2 年生		3 年生		4 年生	
		平均平方	分散比	平均平方	分散比	平均平方	分散比
反復	1	0.0016	0.02	0.0498	0.95	0.0380	0.02
交配様式	1	0.0169	0.27	0.0087	0.16	0.0017	0.00
家系	8	0.0485	0.78	0.0856	1.64	0.8978	0.68
交配×家系	8	0.0156	0.25	0.0147	0.28	0.2768	0.21
誤差	17	0.0615		0.0521		1.3153	

本実験の実生採種林で取扱った自然交配36家系の第2世代選抜母集団は、今までの研究結果から25%前後の自然自殖率が認められているが、自殖種子は発芽や養苗期に淘汰されるのが通常であり、自殖苗の成長が良好で選抜母樹に選ばれることは少ないと考えている。しかし、実際には第2世代の採種木が異なっても共通の花粉親で近縁性の高い母樹が選ばれている可能性もある。そのため次世代を生産する採種木の育成には、近親交配を抑えるために片面、分断ダイアレル交配などの交配デザインを用いて、次世代精英樹選抜の育種集団林が計画的に進められている^{1, 4)}。

実生採種林の造成においては、検定による最終的な残存木の設計を念頭におき、近縁関係のない組み合わせ家系を数本ずつプロット単位で配置し、優良家系の選択と劣性木の淘汰による手法も実験されている⁵⁾。本実験では、2世代目の集団で気象害や虫害、着花不良、種子稔性の低下などの原因によって生産される次代家系に減少が認められることから、特定の家系に偏らないよう選抜個体は多く確保することが必要になった。また、半兄弟家系の採種母樹は幼齢期に発生した気象害（寒風害）で淘汰をうけ、表現型の成長形質で選抜している。多交配に用いた精英樹クローンの混合花粉は冬季間に切枝の人工凍結実験で上位にランクされたクローンであるため、養成したそれぞれの家系は初代の無選抜集団よりも耐凍性が獲得されていると予想される。多形質の同時選抜がさらに重要性を増すが、今後は自殖種子の可能性を全く含まないこれらの多交配の材料を用い、切枝による人工凍結実験で耐凍性の家系間差も明らかにする必要があると考えている。

本実験を進めるに当たり実験計画のご指導と助言を頂いた古越隆信博士（当時、関東林木育種場原種課長）及び論文の作成に際して助言、校閲を頂いた林木育種センター育種課長 宮田増男博士に厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 栄花 茂：交雑育種事業化プロジェクト実施報告，林育研報9，1～14（1991）
- 2) 藤澤義武・田淵和夫：切枝の凍結処理によるスギクローンの耐凍性の評価（1），関東林育年報19，54～66（1987）
- 3) 古越隆信：交雑育種事業の技術開発に関する研究計画，林木の育種117，17～20（1980）
- 4) 栗延 晋：第2期交雑育種事業化プロジェクトについて，林木の育種156，27～28（1990）
- 5) 栗延 晋：関東林木育種場構内のスギ，ヒノキ実生採種林の設計，関東林育年報22，41～48（1990）
- 6) 田淵和夫・古越隆信：スギの遺伝的異常個体の出現とその消長，関東林育年報15，195～214（1983）
- 7) 田淵和夫：ジベレリン処理によって得られたスギ種苗の造林成績，林木の育種特別号，16～18（1985）
- 8) 田淵和夫：スギ精英樹の自然交雑苗における寒風害抵抗性と15年生の家系間差，関東林育年報21，37～44（1989）

附表 1. スギ精英樹自然交配によって得た第 2 世代林齢 14 年生の選抜木の大きさと種子生産量

家系名	選抜木の樹高(m)				選抜木の胸高直径(cm)				交配種子の生産量(g)				まきつけ 個体数		
	反復1	2	3	4	平均	反復1	2	3	4	平均	反復1	2		3	4
豊岡2	9.63	10.50	9.06	10.32	9.88	6.5	10.2	9.8	13.6	10.0	8.1	0.3	0.3	3.0	2
上都賀5	11.30	8.63	10.63	9.08	9.91	8.5	6.3	9.6	13.0	9.4	未着花	枯損	雪折れ	3.0	1
上都賀6	11.06	10.72	10.86	9.51	10.54	13.5	9.8	11.2	9.0	10.9	寒害	枯損	雪折れ	23.3	1
上都賀8	—	9.61	—	8.51	9.06	—	8.1	—	6.6	7.4	—	—	—	寒害	
安藤1	10.10	9.10	8.76	10.03	9.50	11.4	6.5	10.4	12.7	10.3	未着花	雪折れ	未着花	1.2	2
矢板3	9.33	9.33	9.10	9.15	9.23	9.0	9.1	5.2	7.9	7.8	2.6	0.0	2.4	寒害	1
今市1	9.43	9.62	9.07	9.07	9.30	7.5	9.2	7.5	13.2	9.4	寒害	枯損	枯損	寒害	1
群馬3	9.60	9.52	9.73	8.87	9.43	9.3	9.0	11.3	11.4	10.3	未着花	未着花	6.2	2.7	3
月夜野4	8.85	10.35	10.08	9.29	9.64	11.8	10.2	8.5	13.7	11.1	0.1	0.3	2.6	20.2	2
中之条3	9.78	10.93	9.57	—	10.09	9.4	9.2	8.2	—	8.9	0.8	1.9	3.4	8.4	1
中之条4	9.05	10.10	9.34	—	9.50	6.3	7.8	17.7	—	10.6	0.1	0.1	11.9	10.6	1
中之条6	10.07	11.55	10.45	8.57	10.16	7.8	12.2	8.5	10.2	9.7	未着花	未着花	未着花	—	1
前橋4	11.68	10.34	10.20	10.54	10.69	13.4	8.0	11.7	11.3	11.1	寒害	寒害	未着花	2.3	1
那珂1	11.03	—	9.48	—	10.26	10.2	—	10.0	—	10.1	寒害	—	未着花	2.2	1
久慈3	9.65	8.85	9.45	11.24	9.80	9.9	7.0	8.0	11.3	9.1	0.6	2.0	9.2	1.7	1
久慈7	9.96	9.46	10.63	9.81	9.97	8.4	9.5	9.0	11.1	9.5	0.1	0.2	1.4	2.8	2
新治2	10.98	8.69	7.70	10.09	9.37	7.6	7.6	7.3	9.8	8.1	寒害	寒害	未着花	0.1	1
西川10	9.85	9.55	8.98	10.93	9.83	11.7	7.5	6.8	13.1	9.8	0.0	0.3	未着花	寒害	1
南多摩4	9.15	9.10	—	8.10	8.78	7.2	12.0	—	6.0	8.4	3.0	0.4	—	未着花	1
中2	10.10	9.95	9.97	6.42	9.11	8.9	14.2	7.0	4.5	8.7	1.0	1.3	0.4	未着花	1
足柄下8	10.63	9.92	10.75	7.72	9.76	17.4	9.2	9.8	5.2	10.4	6.6	14.1	0.7	未着花	1
足柄上5	8.16	10.04	—	9.33	9.18	7.3	12.5	—	11.3	10.4	0.0	0.0	—	未着花	1
丹沢4	10.12	—	—	—	10.12	11.3	—	—	—	11.3	0.8	1.7	—	15.4	1
箱根2	9.40	—	—	9.46	9.43	7.0	—	—	9.7	8.4	0.6	0.0	—	寒害	1
片浦1	11.64	10.55	8.06	7.41	9.42	9.1	9.0	8.3	12.7	9.8	未着花	—	0.2	1.1	1
鹽科1	10.33	—	—	8.55	9.44	13.7	—	—	9.5	11.6	2.0	2.1	—	1.0	1
下高井18	7.63	11.47	7.09	8.90	8.77	10.6	12.2	5.3	11.6	9.9	18.0	31.7	—	0.0	2
下高井26	9.96	—	9.95	—	9.96	8.5	—	7.8	—	8.2	0.4	0.1	未着花	2.8	1
北安曇3	7.02	11.42	8.32	9.10	8.97	3.9	8.9	11.0	8.0	8.0	0.0	0.0	2.4	3.2	2
武儀5	—	8.73	10.17	9.53	9.48	—	6.5	8.8	10.3	8.5	9.0	30.9	9.0	0.1	1
中津川1	9.57	9.85	9.84	—	9.75	7.5	10.7	8.8	—	8.2	1.9	0.0	1.9	4.0	1
大子1002	10.00	9.70	9.98	8.93	9.65	11.4	6.9	8.0	—	9.1	2.6	2.5	未着花	—	2
津久井1001	8.33	9.28	8.11	9.53	8.81	9.3	8.4	6.2	13.0	9.8	未着花	未着花	未着花	未着花	1
泰野1002	9.33	9.07	9.20	7.95	8.89	6.0	4.5	5.4	9.1	8.3	0.9	0.3	未着花	1.0	1
鎌倉スギ	9.76	9.68	7.48	8.67	8.90	9.9	6.9	6.7	5.1	5.3	未着花	未着花	0.3	0.1	1
桃河スギ	7.94	9.33	8.71	8.58	8.64	4.8	7.1	6.7	7.9	7.9	5.8	16.6	2.5	未着花	2
計36家系	34本	31本	30本	30本	30本	34本	31本	30本	30本	30本	(10)80.4	128.6	(6)61.7	88.2	(35)
125本															70幼齡木

注 1. 家系名の太字で示した反復別選抜個体は、多交配、自然交配とも次世代まきつけ養育過程で 3 年生時に 60 本以上の苗木を得た家系。

—印はプロット内で全て枯損または被圧木で選抜不可能であったもの。

2. 交配種子生産量で記入欄は左：多交配、右：自然交配を示す。その他、未着花：雌花の花芽分化しなかった個体、寒害：雌花が寒害により枯死。

3. 種子生産量の ~~~印は多交配、自然交配とも選抜木で 1 g 以上の種子生産があり、苗木にまきつけを行った 26 家系 35 個体による 70 組み合わせ。そのうち、太字の 9 家系、多交配、自然交配で 18 組み合わせは、苗齢 3 年生時に選苗山出しを行った家系である。