

スギ精英樹からの異常苗の分離

大庭喜八郎⁽¹⁾・百瀬行男⁽²⁾・前田武彦⁽³⁾Kihachiro OHBA, Yukio MOMOSE and Takehiko MAEDA: Segregation of
Mutant Forms from Sugi Plus Tree Clones, *Cryptomeria japonica* D. DON

要 旨：スギ精英樹 236 クローンについて、ジベレリン処理により花の着生を促し、自殖および精英樹間の自然交雑を行なった。これらの種子をまきつけ、母樹にかくしもたれている劣性遺伝子を調査した。異常苗は白子苗、黄子苗、淡緑色苗、白（初生）葉苗、ワックスレス苗、ミドリスギ苗および形態異常苗の7種類に分類した。219 クローンの後代について発芽後、約半年の観察をした結果、118 クローンから異常苗の分離が確認された。

淡緑色苗を生ずる劣性遺伝子をヘテロでもつクローンの頻度をもっとも高く、白（初生）葉苗や形態異常苗を生ずる劣性遺伝子をもつクローンの頻度も相当に高い。二重ヘテロ、あるいは三重ヘテロのクローンもあり、調査した 219 クローンのうちの 91 クローン（41.6%）は、少なくとも 1 個以上の劣性遺伝子をヘテロでもっていると考えられる。もし、未確認の異常苗をもつクローンも含めると、141 クローン（64.4%）が 1 個以上の劣性遺伝子をかくし持つものと思われる。床替苗の調査では淡緑色苗、白葉苗および形態異常苗を分離したクローン数が急増した。調査した 97 クローンのうち 80 クローン（82.5%）は、1 個～4 個の劣性遺伝子をもつものと推測される。自殖弱勢の程度はクローンにより大きなばらつきをしめし、自殖区の 2 年生苗の苗高の頻度分布には（+）の歪度が多かった。

1. はじめに

放射線育種場においてスギの葉緑素、あるいは形態異常に関する体細胞突然変異の誘起と、その母樹の遺伝的組成（遺伝子型）との関係を調査するため、ガンマー線照射に供する系統あるいは個体については自殖を行ない簡単に判別できる劣性遺伝子の検出をつづけてきた。それと同時に、スギの体細胞突然変異体の遺伝的解析に利用する標識遺伝子の探さくも行なってきた。そして、それぞれ 1 個の劣性遺伝子により、白子苗や黄子苗のような致死性の葉緑素異常苗のほか、わい性苗や針葉形態異常苗などが分離してくることが明らかにされた。

さらに、照射試験に供するために入手したスギの精英樹についても自殖を行ない、異常苗の分離調査を行なったので、その結果を報告する。

2. 材料と方法

Table 1 にしめたように、各国立林木育種場から精英樹の苗木、あるいはさしほ（各クローンあたり 5～10 本）の分譲を受けた。苗木は直径 30cm の素焼鉢に 1～2 本ずつ植え、ただちに交配作業にかかれるようにした。さしほで入手したものは、水仮植したのち、ほづくりし、関東ローム性の赤土をつめたさしき床にさしつけた。

1972年7月3日受理

(1) 九州支場 (2) 木曾分場 (3) 本場

Table 1. 国立林木育種場から放射線育種場へのスギ精英樹クローンの導入
Collection of sugi plus tree clones at the National Institute of Radiation
Breeding from respective National Forest Tree Breeding Stations

林木育種場名 Name of Forest Tree Breeding Station (F.T.B.S.)	クローン数 Number of clone	苗またはさし ほの本数 Number of plant or scion	苗またはさし ほ Plant or scion	導入年 Year of collection	供試クローン 数 Number of clone tested
東北林木育種場 Tohoku F.T.B.S.	11	110	scion	1966	9
関東林木育種場 Kanto F.T.B.S.	62	111	plant	1966	36
関西林木育種場 Kansai F.T.B.S.					
山陰支場 San-in Branch S.	83	415	scion	1966	60
四国支場 Shikoku Branch S.	102	510	plant	1966	85
九州林木育種場 Kyushu F.T.B.S.	150	750	scion	1966*	
	150	750	scion	1967	37
合計 Total					236

* The scions were damaged by decay during transportation and poor rooting was resulted.

第1回交配試験：苗木として入手した関東林木育種場および関西林木育種場四国支場のクローンについては、1968年の春に自殖を行なった。交配のための作業の概略はつぎのとおりである。1967年7月29日から8月7日までの期間に100ppmのジベレリン水溶液を3回散布し、花芽の分化を促した。交配作業はすべてガラス室内で行ない、自殖は交配袋内に雌花と雄花とを同封し、ときどきゆさぶることにより受粉させた。1968年3月1日から3月22日の期間に、毎日あるいは数日おきに交配袋をゆさぶった。こうして、交配袋をかけない雌花については精英樹間交配（他殖と呼ぶ）になっている。交配終了後、苗木を素焼鉢から抜き、クローン集植所に定植した。この時期における苗高は50~150cmの範囲内であった。

1968年10月に成熟した球果を採集した。天日乾燥後、種子をはたきだし、小粒、扁平粒をとり除いた残りを実粒とした。1969年5月17日に播種した。まず、32×62×8 (cm³) の木箱に約5cmの深さまで混土堆肥をつめ、その上にふるった関東ローム性の赤土を約3cmの厚さにつめた。播種溝の長さは30cmで、その間隔は6cmとし、1箱に10播種溝を設けた。播種前に800倍のウスプルン水溶液を2l/m²の割合で散布した。播種は1播種溝あたり200粒とし、原則として4回の反復を設けた。6月4日ころから発芽が始まり、4日ごと発芽数と異常苗の頻度とを調査した。7月5日でこれらの調査を打ち切った。

第2回交配試験：さしほを導入したクローンについては、1966年または1967年にさしきをし、発根した苗を1回または2回床替えした後、前回と同じく直径30cmの素焼鉢に1~2木ずつ植えこんだ。1969年7月19日から同じく27日の期間に、100ppmのジベレリン水溶液を3回散布し、花芽の着生を促した。交配作業はファイロン室で行ない、交配終了後、鉢から抜いて畑に定植した。自殖の方法および球果採集、種子選別の方法は第1回交配試験の場合とほぼ同じである。これらの種子は1971年5月10日にファイロン室内で播種した。播種床にはふるった関東ローム性の赤土をつめたプラントベット(45×35×5(cm³))を用いた。なお、基肥として硫加磷安12号(N:13,P:17,K:12)を50g/m²の割合で施した。土壤消毒のため有機水銀剤(液用)を2l/m²の割合で散布した。播種は播種溝あたり200粒とし、原則として5回の反復

を散けた。5月26日ころから発芽が始まったので、4～7日の間隔を置いて発芽数と異常苗の数とを調査した。7月21日で発芽調査を打ち切ったが、異常苗の分離調査はその後も随時行なった。

発芽当年に異常苗と認定したのは発芽初期に検出できる白子苗 (al と略記)、黄子苗 (xa)、淡緑色苗 (lg)、白 (初生) 葉苗 (wl)、ワックス苗 (wax) および形態異常苗 (mor) の6種類であり、いずれも劣性遺伝子によるものと推測される。

自然条件のもとでは白子苗、黄子苗は致死である。淡緑色苗も生存力は弱いと考えられるが、淡緑色苗と分類した中にはクローンにより苗全体が淡緑色のもの、子葉だけが淡緑色を示すもの、あるいは発芽当初は子葉、初生葉とも淡緑色であるが、しだいに正常な緑色にもどるものがあり、さらに、淡緑色という中にはいろいろ色調に違いがある場合もあったが、ここでは、便宜上、淡緑色苗 (lg) として1群にまとめた。白 (初生) 葉苗は発芽直後に生じた初生葉が黄白色を示すもの、あるいは夏期に新葉が黄白色に変色する異常苗である。ワックス苗は緑色組織表面のロウ物質の被ふく量が減少したと考えられる異常苗で、生育期間中は鮮緑色を示す。また、冬期には黄橙緑色に変色するようである。播種床での形態異常苗は子葉は正常形であるが、初生葉が異常肥厚を示すもので、将来わい性苗や形態異常苗などになるものと推測される。

第1回の交配試験により得られた種子の一部を関東林木育種場において通常の方法にしたがい播種、育苗し、また、床替えた。1970年10月に1回床替苗の苗高を測定した。異常苗の調査は自殖区に限り、1970年10月29日と1971年1月21日の2回行なった。同じく第1回交配分について放射線育種場において発芽調査、異常苗の分離調査を行なった苗も床替えし、2年生苗での異常苗の検出と成長調査とを行なった。この床替え本数はクローンによりまちまちであり、数本のものから100本を越すものまでであった。植付は株間20cm、列間40cmで各系統苗を列植えとした。異常苗の調査は6月、9月および12月の3回を主とし、その他の期間にも随時、異常苗には標識をつけた。

床替苗についても各クローンでの異常苗の分離の有無の判定は、原則として一家系内に同じ型とみられる異常苗が2本以上あることを基準としたが、調査苗数の少ない区では変異形質が確かと考えられる場合は、1本しか出現しなくても有と判定した。床替苗での調査の際、色変り苗と形態異常苗とに大別した。「淡緑色・白葉苗」と分類した中には黄緑色苗、淡緑色苗、白葉苗あるいはこれらが複合したような色調を持った苗を含めた。「ミドリスギ苗」は冬期間にも赤変せず、緑色を保つ苗であるが、この試験で検出したミドリスギ苗は千葉⁹⁾のいう、いわゆるミドリスギとは明らかに区別される緑褐色を示すものもあった。

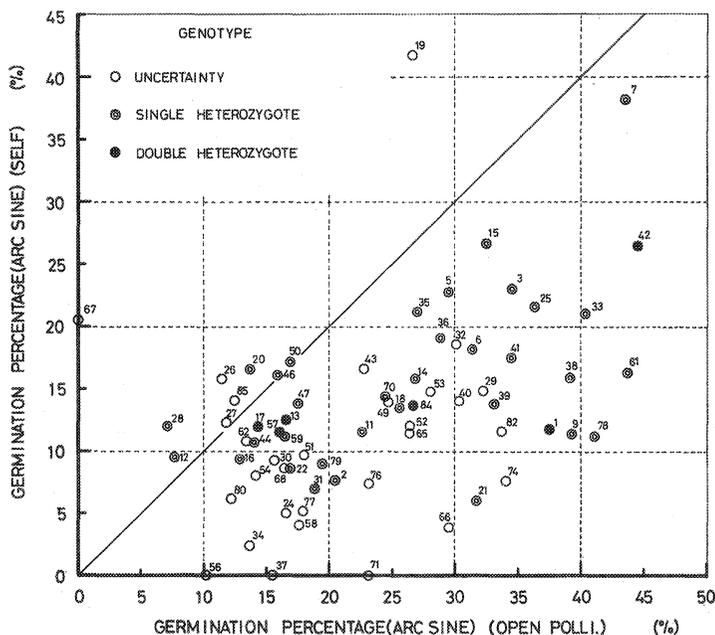
形態異常苗についてはわい性苗と異常苗とに区分したが、これは非常にばくぜんとした分類である。わい性苗自身それぞれ異なった形態異常をもっており、現在のところ適確な分類、特徴の表記がむずかしいので、便宜上、一まとめにしたものである。異常苗としたのは厚葉 (太葉) 苗、エンコウスギ型苗、4倍体状苗、てんぐ巣病状苗など比較的異常形質を表記しやすいものである。

関東林木育種場においては10月に、放射線育種場では12月に、それぞれ床替苗の苗高を測定し、各系統別に平均値、分散、苗高分布の歪度および尖鋭度を計算した。なお、これらの計算は農林研究計算センターの電子計算機を利用して行なった。

3. 結 果

Fig. 1(1), 1(2), 1(3) に各クローンの自殖と他殖における発芽率(アークサイン変換)の相関を示した。変換しない発芽率の最高値は、ほぼ、他殖区で50%、自殖区では40%であった。他殖区の発芽率を横軸に、自殖区の発芽率を縦軸にとったFig. 1(1), 1(2), 1(3)において、大多数のクローンは対角線の下側に、ほぼランダムにプロットされている。Fig. 1(1), 1(2) については発芽当年に検出された異常苗により各クローンのヘテロ性をしめしたが、このヘテロ性は発芽率の高いクローンで検出されやすい傾向があった。Table 2 (1), 2 (2) と 2 (3) に、同じく発芽当年に異常苗を分離したクローンの頻度を異常苗の種類別にかかげた。Appendix 1 にまとめたように、これらの異常苗はそれぞれ1個の劣性遺伝子によるものと考えられ、各母樹にヘテロで保有されているので自殖をした場合、正常苗と異常苗とが、ほぼ3:1の割合、あるいは二重ヘテロの場合は正常苗とそれぞれの異常苗とが9:3:3:1や、9:4:3などの分離比になることが期待される。ただし、一家系内に同じ型とみられる異常苗が2本以上生じた場合は、上記の分離比に適合しなくても、そのクローンは、その劣性遺伝子をかくしもっているもの——確認——と分類した(Appendix 1, 2参照)。このほかに異常苗が1本しか分離しなかった場合、あるいは異常形質が時間の経過とともに正常型へもどった場合、とくに、淡緑色苗と白(初生)葉苗については——未確認——と分類した(Appendix 2参照)。Appendix 1 には発芽当年に異常苗の分離を確認したクローンについてのみ記載し、それぞれの分離比について χ^2 -検定をした。

Table 2 (1), 2 (2)および2(3)に示したように、各林木育種場のクローンについて、淡緑色苗を分離したクローンの頻度をもっとも高く、ついで白(初生)葉苗と形態異常苗であり、黄子苗、白子苗の順で異常



Correlation of germination percentages between open- and self-pollinated seeds of sugi plus trees being introduced to the Institute of Radiation Breeding from the Shikoku Branch Station of Kansai Forest Tree Breeding Station. The result of the first crossing in 1968 is presented.

Figures for each mark indicate indexes of the plus trees (see, Table 2 in appendix).

Fig. 1 (1). スギ精英樹の他殖および自殖による種子の発芽率の相関
 精英樹は関西林木育種場四国支場より放射線育種場へ導入した。1968年、第1回交配の結果をしめした。
 各標点の数字は精英樹の整理番号である (Appendix—2参照)。

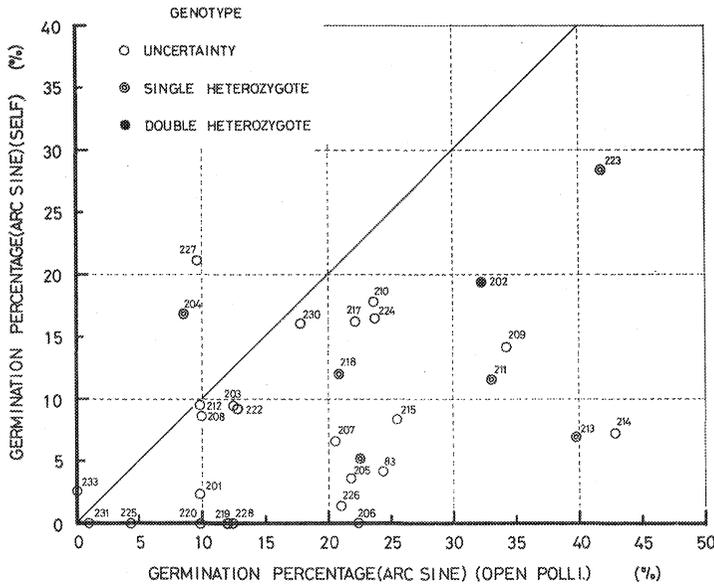


Fig. 1 (2). スギ精英樹の他殖および自殖による種子の発芽率の相関
 精英樹は関東林木育種場より導入した。1968年、第1回交配の結果をしめた。各標点の数字は精英樹の整理番号である (Appendix—2 参照)。

苗を分離したクローンの頻度が高かった。また、2種類以上の異常苗を分類したクローンもあった。育種場別の劣性遺伝子保有クローン率は、それぞれ東北林木育種場：50.0%，関西林木育種場四国支場：47.6% (第1回交配) と 44.4% (第2回交配)，関西林木育種場山陰支場 51.8%，九州林木育種場：41.4%お

Correlation of germination percentages between open- and self-pollinated seeds of sugi plus trees being introduced to the Institute of Radiation Breeding from the Kanto Forest Tree Breeding Station. The result of the first crossing in 1968 is presented. Figures for each mark indicate indexes of the plus trees (see, Table 2 in appendix).

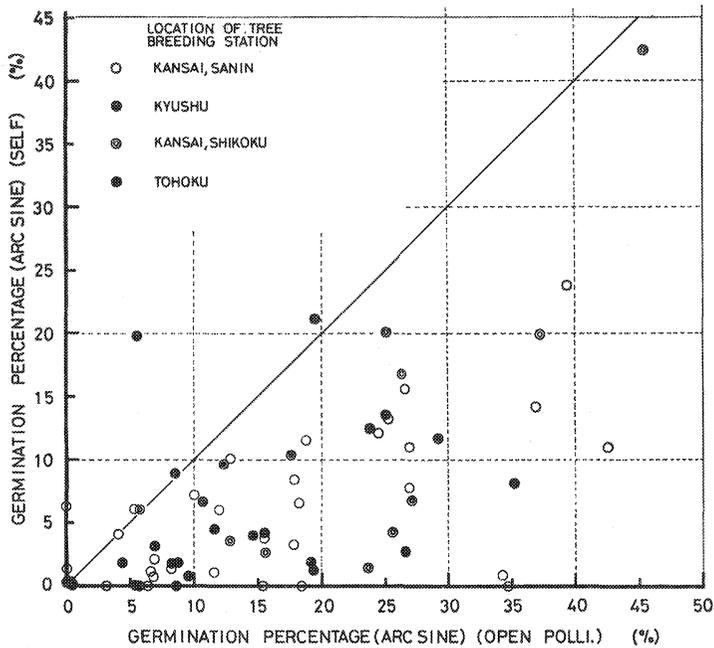


Fig. 1 (3). スギ精英樹の他殖および自殖による種子の発芽率の相関
 精英樹は東北林木育種場，関西林木育種場山陰支場，同じく四国支場および九州林木育種場より導入した。1970年、第2回交配結果をしめた。

Correlation of germination percentages between open- and self-pollinated seeds of sugi plus trees being introduced to the Institute of Radiation Breeding from the respective Forest Tree Breeding Stations such as Tohoku, San-in, Shikoku and Kyushu. The result of the second crossing in 1970 is presented.

Table 2 (1) スギ精英樹の後代における異常苗の検出 (第 1 回交配の結果, Appendix—1, 2参照)

Detection of variants in progenies of sugi plus trees (result of the 1st crossing, ref. Tables 1 and 2 in appendix)

林木育種場名 Name of F.T.B.S.	関西林木育種場・四国支場 Kansai F.T.B.S. Shikoku Branch S.				関東林木育種場 Kanto F.T.B.S.				
調査クローン数 Number of clone examined	82				36				
異常苗の検出 Detection of variant	確 認 Confirmed		含 未 確 認 Include with unconfirmed		確 認 Confirmed		含 未 確 認 Include with unconfirmed		
異常苗の種類 Kind of variant	(Clone)	(%)	(Clone)	(%)	(Clone)	(%)	(Clone)	(%)	
白 子 苗 Albino	2	4.4	3	4.3	0	0.0	0	0.0	
黄 子 苗 Xantha	3	6.7	3	4.3	1	11.1	1	7.1	
淡 緑 色 苗 Light green seedling (LG)	29	64.5	46	66.9	7	77.8	10	71.5	
白 (初 生) 葉 苗 Seedling with white primary leaves (WPL)	8	17.8	13	18.8	1	11.1	2	14.3	
ワ ッ ク ス レ ス 苗 Waxless seedling (waxless)	2	4.4	3	4.3	0	0.0	0	0.0	
ミ ド リ ス ギ 苗 Seedling with winter green (Winter green)	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
形 態 異 常 苗 Seedling with morphological variation (MOR)	1	2.2	1	1.4	0	0.0	0	0.0	
合 計 Total	45	100.0	69	100.0	9	100.0	14	100.0	
クローン頻度 Clone frequency	一重ヘテロ Single hetero.	33		53		7		12	
	二重ヘテロ Double hetero.	6		8		1		1	
	合 計 Total	39		61		8		13	
劣性遺伝子保有クローン率 Rate of clone with recessive gene(s) (%)	47.6		74.4		22.2		36.1		

観察は発芽後、約半年で終えた。

The observation was terminated by about a half year after germination.

よび関東林木育種場：22.2%であった。未確認も含めるとこの割合は36.1%から100%の範囲に高まった。Table 3に発芽当年に異常苗を分離したクローンを各育種場分を総合して示した。調査した219クローンから6種類、118系統の異常苗が確認され、未確認も含めると189系統の異常苗が検出されたことになる。クローン単位でみると一重ヘテロ、二重ヘテロあるいは三重ヘテロと推測されるクローンがあり、219クローンのうち91クローン、41.6%から異常苗の分離が確認された。

発芽当年および床替苗における異常苗の分離結果をとりまとめ、Table 4に示した。調査した97クローンについて、やはり淡緑色苗あるいは白葉苗を分離したクローンがもっとも多く、ついで形態異常苗を分離したクローン頻度が高く、白子苗、黄子苗あるいはミドリスギ苗を分離したクローンの頻度は低かっ

Table 2 (2) スギ精英樹の後代における異常苗の検出 (第2回交配の結果, Appendix—1参照)。

Detection of variants in progenies of sugi plus trees
(result of the 2nd crossing, ref. Table 1 in appendix)

林木育種場名 Name of F.T.B.S.	関西林木育種場・山陰支場 Kansai F.T.B.S. San-in Branch S.				九州林木育種場 Kyushu F.T.B.S.			
調査クローン数 Number of clone examined	55				29			
異常苗の検出 Detection of variant	確認 Confirmed		含未確認 Include with unconfirmed		確認 Confirmed		含未確認 Include with unconfirmed	
異常苗の種類 Kind of variant	(Clone)	(%)	(Clone)	(%)	(Clone)	(%)	(Clone)	(%)
白子苗 Albino	0	0.0	1	1.9	0	0.0	1	3.2
黄子苗 Xantha	4	11.1	4	7.4	1	5.9	1	3.2
淡緑色苗 LG	19	52.7	21	38.8	7	41.2	10	32.3
白(初生)葉苗 WPL	6	16.7	15	27.8	2	11.8	3	9.7
ワックスレス苗 Waxless	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
ミドリスギ苗 Winter green	1	2.8	1	1.9	3	17.6	3	9.7
形態異常苗 MOR	6	16.7	12	22.2	4	23.5	13	41.9
合計 Total	36	100.0	54	100.0	17	100.0	31	100.0
クローン頻度 Clone frequency	一重ヘテロ Single hetero.	13	17	7	12			
	二重ヘテロ Double hetero.	10	8	5	8			
	三重ヘテロ Triple hetero.	1	7	0	1			
	合計 Total	24	32	12	21			
劣性遺伝子保有クローン率 Rate of clone with recessive gene(s) (%)	43.6		58.1		41.4		72.4	

観察は発芽後、約半年で終えた。

The observation was terminated by about a half year after germination.

た。関西林木育種場四国支場のクローンから白子苗やワックスレス苗が分離したが、関東林木育種場のクローンからはこれらの異常苗は検出されなかった。1クローンから2種類以上の異常苗を生じたクローンが、調査したクローン数の約半数をしめ、これらの異常苗を生じたクローン数を単純に合計すると、調査クローン数を上回る結果になった。そして、二重ヘテロのクローン頻度がかつとも高く、ついで一重ヘテロ、三重ヘテロの順であり、四重ヘテロクローンも1クローンあるものと推測された。こうして、クローン単位で見ると、約80%のスギ精英樹クローンは、これらの異常苗を生ずる劣性遺伝子を1個以上かくし持っているものと考えられた。

Fig. 2 (1)に各クローンの他殖区(横軸)および自殖区(縦軸)の平均苗高の相関をしめした。関東林木育種場における床替えは慣行の育苗法にしたがい施肥、根切りをした。放射線育種場の苗畑は新しく造成

Table 2 (3) スギ精英樹の後代における異常苗の検出 (第 2 回交配の結果, Appendix—1 参照)
 Detection of variants in progenies of sugi plus trees
 (result of the 2nd crossing, ref. Table 1 in appendix)

林木育種場名 Name of F.T.B.S.		関西林木育種場・四国支場 Kansai F.T.B.S. Shikoku Branch S.				東北林木育種場 Tohoku F.T.B.S.			
調査クローン数 Number of clone examined		9				8			
異常苗の検出 Detection of variant		確認 Confirmed		含未確認 Include with unconfirmed		確認 Confirmed		含未確認 Include with unconfirmed	
異常苗の種類 Kind of variant		(Clone)	(%)	(Clone)	(%)	(Clone)	(%)	(Clone)	(%)
白子苗 Albino		0	0.0	1	6.7	0	0.0	1	16.7
黄子苗 Xantha		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
淡緑色苗 LG		1	14.3	7	46.7	3	75.0	4	66.6
白(初生)葉苗 WPL		2	28.6	2	13.3	0	0.0	0	0.0
ワックスレス苗 Waxless		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
ミドリスギ苗 Winter green		0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
形態異常苗 MOR		4	57.1	5	33.3	1	25.0	1	16.7
合計 Total		7	100.0	15	100.0	4	100.0	6	100.0
クローン頻度 Clone frequency	一重ヘテロ Single hetero.	1		5		4		4	
	二重ヘテロ Double hetero.	3		2		0		1	
	三重ヘテロ Triple hetero.	0		2		0		0	
	合計 Total	4		9		4		5	
劣性遺伝子保有クローン率 Rate of clone with recessive gene(s) (%)			44.4		100.0		50.0		62.5

観察は発芽後、約半年で終えた。

The observation was terminated by about a half year after germination.

した畑であり、肥料も十分に施し、また、根切りをしなかったため苗の伸びがよかった。図中の*印は家系内苗数が30本以下である場合があることを示す。両苗畑において多くの場合、自殖区の平均苗高は他殖区の平均苗高より低く、Fig. 2 (1)の相関図では対角線の下側にプロットされたクローンが多かった。また、両苗畑それぞれにおける精英樹クローン間で、自殖区と他殖区との平均苗高の間に有意な相関はないようである。

自殖および他殖による、各家系内の苗高の頻度分布の歪度の相関をFig. 2 (2)に示した。自殖区(縦軸)の歪度は他殖区(横軸)のそれより数値が大きくなり、Fig. 2 (2)において対角線の上側にプロットされたクローンの頻度が高かった。これは自殖による家系の苗高の頻度分布は、他殖区のそれより苗高の低い左側にモードが片寄っていることを意味するものである。

Table 3. スギ精英樹の後代における異常苗の検出
Detection of variants in progenies of sugi trees

調査クローン数 Number of clone examined		219			
異常苗の検出 Detection of variant		確認 Confirmed		含まれていない Include with unconfirmed	
		(Clone)	(%)	(Clone)	(%)
異常苗の種類 Kind of variant					
白子苗 Albino		2	1.7	7	3.7
黄子苗 Xantha		9	7.6	9	4.8
淡緑色苗 LG		66	55.9	98	51.9
白(初生)葉苗 WPL		19	16.1	35	18.5
ワックスレス苗 Waxless		2	1.7	4	2.1
ドリルスギ苗 Winter green		4	3.4	4	2.1
形態異常苗 MOR		16	13.6	32	16.9
合計 Total		118	100.0	189	100.0
クローン頻度 Clone frequency	一重ヘテロ Single hetero.	65		103	
	二重ヘテロ Double hetero.	25		29	
	三重ヘテロ Triple hetero.	1		8	
	合計 Total	91		141	
劣性遺伝子保有クローン率 Rate of clone with recessive gene(s)(%)		41.6		64.4	

第1回および第2回の交配の結果をまとめ表示した (Table—2 (1)~2 (3)参照).

The results of the 1st and 2nd crossings are pooled (ref. Tables 2 (1)~2 (3)).

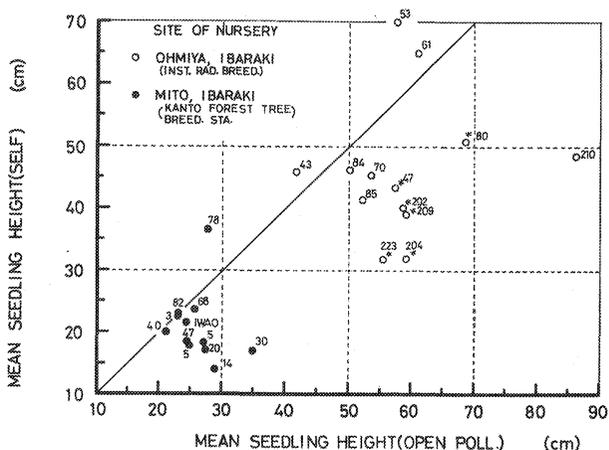


Fig. 2 (1) スギ精英樹の他殖および自殖に由来する後代の平均苗高の相関

この苗は2年生であり、水戸と大宮(茨城)の2か所で育苗された。比較のためイワオスギの結果もプロットした。星印は調査個体数が30本以下の場合があることをしめす。

Correlation of mean seedling heights between open- and self-pollinated progenies from sugi plus trees. The seedlings were two-year-old and they were grown at two different sites as Mito and Ohmiya (Ibaraki) respectively. In comparison, a result of Iwao-sugi, a clonal cultivar, is also plotted. Star mark indicates that number of seedlings examined may less than 30.

Table 4. スギ精英樹の後代における異常苗の検出
Detection of variants in progenies of sugi plus trees

林木育種場名 Name of F.T.B.S.		関西林木育種場・四国支場 Kansai F.T.B.S. Shikoku Branch S.	関東林木育種場 Kanto F.T.B.S.	合計 Total
調査クローン数 Number of clone examined		(Clone) 71	(Clone) 26	(Clone) 97
異常苗の種類 Kind of variant				
白子苗 Albino		2	0	2
黄子苗 Xantha		3	1	4
淡緑色苗, 白葉苗 LG, WPL, White leaves		56	15	71
ワックスレス苗 Waxless		7	0	7
ミドリスギ苗 Winter green		3	1	4
形態異常苗 MOR				
わい性苗 Dwarf		30	13	43
奇形苗 Deformity		11	2	13
		} 41		56
		} 15		
合計 Total		112	32	144
クローン頻度 Clone frequency	一重ヘテロ Single hetero.	22	8	30
	二重ヘテロ Double hetero.	28	9	37
	三重ヘテロ Triple hetero.	10	2	12
	四重ヘテロ Quadruple hetero.	1	0	1
	合計 Total	61	19	80
劣性遺伝子保有クローン率 Rate of clone with recessive gene(s) (%)		85.9	73.1	82.5

発芽当年および1回代替した年に異常苗の分離が確認されたクローン頻度をしめした (Appendix-2 参照)。

Frequency of clones which were confirmed on their segregation of variants by the observation in the first (germination)- and second (after transplantation) years are presented (ref. Table 2 in appendix).

SITE OF NURSERY

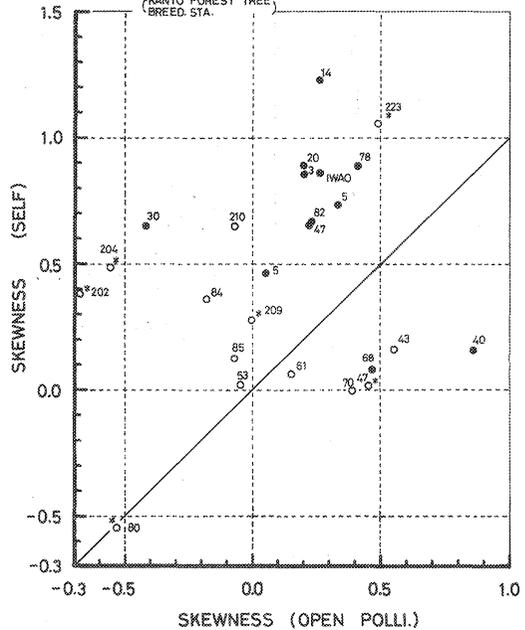
○ OHMIYA, IBARAKI (INST. RAD. BREED)

● MITO, IBARAKI (KANTO FOREST TREE BREED. STA.)

Fig. 2 (2) スギ精英樹の他殖および自殖に由来する後代の苗高頻度分布の歪度の相関

この苗は2年生であり、水戸と大宮(茨城)の2か所で育苗された。比較のためイワオスギの結果もプロットした。星印は調査個体数が30本以下の場合であることをしめす。

Correlation of skewness in seedling height distribution between open- and self-pollinated progenies from sugi plus trees. The seedlings were two-year-old and they were grown at two different sites as Mito and Ohmiya (Ibaraki) respectively. In comparison, a result of Iwao-sugi, a clonal cultivar, is also plotted. Star mark indicates that number of seedlings examined may less than 30.



4. 結果の検討

SNYDER ら²⁸⁾は *Pinus elliottii* の天然分布区域内の各地の 712 個体から、自然受粉種子を集め、発芽試験をした結果、95 個体 (21%) からそれぞれ 1 個の劣性遺伝子によると考えられる、葉緑素変異などの異常苗の分離を認めている。さらに、同じ樹種について 45 個体を自殖し、8 個体に葉緑素異常を生ずる劣性遺伝子がかくしもたれていることを明らかにした。また同じような表現型の異常苗を生ずる 18 個体について、相互の交配をおこない、共通の遺伝子は隣接した 2 個体にのみ含まれていて、他はそれぞれ遺伝子が違うことをみつけた。

FRANKLIN¹⁰⁾は *Pinus taeda*, 119 個体の自殖を行ない、30 本 (29%) から 22 種類の表現型の異なる葉緑素異常苗、あるいは形態異常苗などを生ずる劣性遺伝子を検出し、この集団中には劣悪遺伝子が割合に高い頻度で保持されていると述べている。日本アカマツおよびスギについても白子苗、黄子苗あるいは白初生葉苗を生ずる劣性遺伝子の報告がある¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾。大庭ら²⁰⁾はアカマツの母樹別の自然受粉種子 (320 個体分) の発芽試験により、22 個体 (6.9%) に葉緑素異常苗を分離する劣性遺伝子がヘテロで含まれており、これは低目の推定値であろうと述べている。こうしてみると、林木集団には発芽の初期致死をもたらすような劣悪遺伝子だけに限っても、割合に高頻度に保持されているものと考えてよい。また、大庭²¹⁾²²⁾はクモトオンに、ヘテロで含まれているわい性苗を生ずる劣性遺伝子と相同の遺伝子が、オキノヤマスギ、ボカスギおよびマサヤマスギの中の一部の個体にもヘテロでかくしもたれていること、さらに、ミドリスギを生ずる劣性遺伝子についても、同じ遺伝子がメアサ、キリシマメアサおよびアオスギの中の一部の個体にヘテロでもたれているものと推測している。このように、集団内 (または品種内) あるいは集団間における相同遺伝子の頻度を知ること、林木の集団遺伝学的な見地から、また、品種分化の筋道を追う上から、さらに、集団選抜による育種における近親交配のへい害の発生の予測上、重要と考えられる。

この報告で明らかにしたように、スギの精英樹の大多数に、異常苗を生ずる劣悪遺伝子が 1 個以上かくしもたれているものと考えられ、これらの劣悪遺伝子が、前述のように近親交配の程度が高まってきた場合に、どのような悪影響をもたらす可能性があるかどうかを検討しておく必要がある。まず、問題になるのは、精英樹の各クローン内および全精英樹を樹種別にまとめた場合の、劣悪遺伝子の頻度であろう。SNYDER ら²⁸⁾は自殖よりも自然受粉種子からの方が、より効率的に異常苗を検出できると述べているが、一般的に考えられるように自殖発芽率が高ければ、特殊な致死遺伝子と問題とする異常苗を生ずる劣性遺伝子とが固く連鎖していない限り、効率よく劣性遺伝子を検出することができよう。すなわち、Fig. 1(1), 1(2)に示したように発芽率の低いクローンには、これらの劣性遺伝子の保有が不明なものが多い。また、Table 4 に発芽当年と 1 回床替苗についての調査を総合し、劣性遺伝子の保有状況をまとめたところ形態異常苗を分離したクローンの頻度が非常に高くなった。これは第 1 回目の交配試験において、調査に不慣れのため初生葉から異常が発現することが多い形態異常苗を見逃したことが一因と考えられる。これは第 2 回交配試験においては、発芽当年でも相当数のクローンから形態異常苗が検出されていることでも明らかである。このように、われわれの経験の浅さ、また、調査が発芽後 1~2 年の期間しかなされていないことを考え合わせると、この試験で推定した劣性遺伝子保有クローン数、あるいは同クローン率は決して高すぎる値ではないと考えられる。そして今後の育種の進め方を検討する場合、スギの精英樹にこのような一見、劣悪と考えられる劣性遺伝子がかくしもたれている理由を知る必要がある。

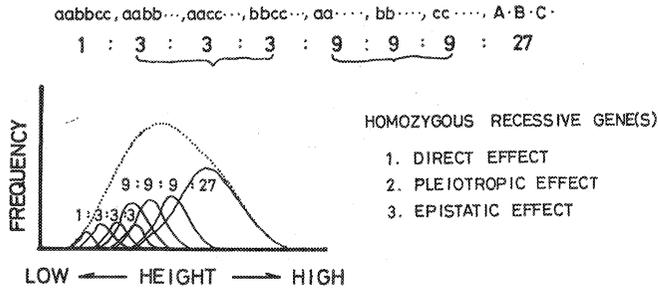


Fig. 3 苗高を低下させる効果をもつそれぞれ異なる3個の劣性遺伝子についてヘテロ接合型の1母樹の自殖により生じた後代の苗高分布の模式図

A schematic representation of plant height distribution of selfed progeny from a mother tree being heterozygous for 3 different recessive genes which have reducing effects on the plant height.

大庭ら¹⁸⁾はイワオスギには夏期に針葉を白化させる劣性遺伝子がヘテロで含まれており、自殖をすると後代には正常苗と白葉苗とが、ほぼ3:1の割合で分離し、白葉苗群の平均苗高は正常苗のそれより明らかに低いことをしめした。たとえば、3個の異なる劣性遺伝子をヘテロでもつ個体を自殖すれば、正常苗と劣性遺伝子ホモ個体群とが27:9:9:9:3:3:3:1(連鎖していない場合)の割合で生ずる。そして、いずれの遺伝子型の苗も生存力があり、かつ、それぞれの劣性遺伝子の悪影響で苗高を低くする作用があると仮定すれば、苗高の頻度分布はFig. 3のように略記されるであろう。すなわち、正常苗群に比較し、平均苗高の低いいくつかの劣性遺伝子ホモ型の小集団群が混在しているはずである。

Fig. 3に表示した考えに基づき、精英樹の自殖および他殖それぞれによる苗の平均苗高、分散、分布の歪度を比較すれば、個々の精英樹クローンの遺伝的組成の一端をうかがえるものと考えられる。まず、Fig. 2(1)において、もしも精英樹に多数の相加的な遺伝子が集積されているとすれば、各クローンの他殖区および自殖区の平均苗高の相関は図の対角線沿いに分布するはずである。関東林木育種場および放射線育種場における1回床替苗(2年生)の調査では、自殖区の平均苗高は他殖区の平均苗高より明らかに低いクローンの頻度が多く、かつ、両者の間に一定の相関関係がみられない。これは自殖区において各クローンに固有の遺伝的な弱勢が発現したものと考えられる。また、Fig. 3に模式的に示したような現象が、スギの精英樹の自殖による集団中に内在するものとすれば、苗高の頻度分布にひずみが生ずるはずである。そして、このひずみは集団全体の苗高の範囲が狭い場合はモードは左側へ、また、劣性遺伝子ホモ個体群の成長と正常苗群の成長の違いが極端に大きくなった場合には、モードは右側への片寄りが出る。Fig. 2(2)に示したように自殖区の歪度は他殖区の歪度より大きく、ある程度自然淘汰(劣性ホモ個体の致死)が働いたのちでも苗高分布は歪度は正值となり、左側へひずんでいた。これは、まだ平均苗高の低い小群が自殖発生集団中に内在することを示し、精英樹にはさらに、相当量の劣悪遺伝子がかくしもたれていることを暗示するものであろう。

今後の精英樹選抜育種による採種園の遺伝的管理という見地から、検討すべき問題としてつぎのような事項がある。

(1) 精英樹の遺伝的組成

- 1) 悪影響の大きい劣悪遺伝子の多少(発芽力, 生存力, 成長)。
- 2) 悪影響の小さい, または, 形質発現の時期が遅い劣悪遺伝子の多少。

- 3) 相加的遺伝子の多少。
- (2) 精英樹に劣悪遺伝子が保持されている理由
 - 1) ヘテロシス効果による。
 - 2) 他の優良遺伝子との連鎖による。
 - 3) 他殖性のため保持されやすい。
- (3) 現在の精英樹選抜による採種園方式を反復した場合、近親交配による障害の発生する可能性の有無
 - 1) 混植クローン数の多少。
 - 2) 採種園における各クローンの次世代への遺伝的寄与の多少。
 - 着花性 (♂, ♀)
 - 種子生産量
 - 発芽率
 - 得苗率, 山出率
 - 精英樹再選抜率など
 - 3) 関与する劣悪遺伝子の頻度の高低。
 - 個体内 各精英樹クローン
 - 集団内 それぞれの採種園内, 自然集団あるいは人工集団内。

林木について自家受精あるいは同系交配をした場合、種子生産量、種子発芽率、苗の成長に障害が現われることは、すでに多くの報告がある¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾¹²⁾¹⁵⁾¹⁶⁾²⁴⁾²⁵⁾。しかし、その障害の強さは、まちまちで、STERN²⁷⁾は *Betula verrucosa*, FOWLER⁶⁾⁷⁾⁸⁾は *Pinus resinosa* で、苗の成長に対する自殖弱勢はそれほどひどくないと述べている。また、FOWLER⁹⁾は breeding group が大きければ集団内の遺伝変異量——劣悪遺伝子も含めて——が大きく、*Pinus resinosa* は breeding group が小さいため集団から劣悪遺伝子が除去されやすく、自殖弱勢の程度が低いと述べている。そして、調査事例として集団内の遺伝変異量は *Pinus banksiana* > *Pinus strobus* > *Pinus resinosa* の順に少ないと報告している。大庭ら¹⁸⁾は、劣悪遺伝子が自殖によりホモ型となって発現する遺伝的な弱勢を、イワオスギの自殖苗集団について確認したが、DIEKERT⁴⁾の報告でも自殖苗の苗高頻度分布は苗高の低い左側へひずみを示している。また、小林ら¹³⁾¹⁴⁾、原¹¹⁾および戸田ら²⁹⁾は精英樹クローン間に組合せ能力に違いがあること、そして、自殖による苗の成長は悪く、かつ、自殖弱勢の程度はクローンにより違う場合があることを認めている。

STERN²⁶⁾は遺伝的に完全な混合が行なわれれば、約 20 クローンの混植による採種園方式を反復しても近親交配による障害が発生する恐れはなく、また、40クローン程度を混植してあれば、ある程度片寄った交配がおこなわれたとしても近親交配の心配はないと述べている。現在のところ、スギの精英樹には葉緑素異常苗あるいは形態異常苗を生ずる劣性遺伝子のほかに、苗高の頻度分布のひずみから予測されるように、他の劣悪遺伝子がヘテロでかくもたれているものと考えた方がよい。また、スギ精英樹の自殖種子の発芽率が低いことは、FOWLER⁹⁾が述べているような生存力の弱い劣悪遺伝子ホモ型の種子の不発芽とともに、致死遺伝子の存在の有無も検討する必要がある。また、スギの在来のさし木品種が多い九州においては、同じ品種が異なる精英樹名あるいは異なる精英樹番号をつけられて、1つの採種園に混植される恐れがある。

このように、問題になる劣悪遺伝子の集団内 (1採種園内) の頻度の高低、また、クローンによる雌花

および雄花の着生量の多少、開花時期のずれ、種子生産量と発芽率の違い、得苗率の違いなどにより、採種園から得られた種子で育苗された苗集団は、もともと採種園に混植されていたクローン群の遺伝子組成とは異なり、片寄った遺伝子組成になる場合がある。さらに、次代の精英樹の再選抜時期における各精英樹の後代の系統による生存率、成長の違いなどを総合し、各クローンの次世代への遺伝的寄与率を検討し、今後の採種園経営における近親交配による障害の発生の恐れの有無を調査しなければならない。

すでに、長浜ら¹⁷⁾、山手ら⁸⁸⁾および大庭(未発表)はそれぞれ、ヒノキとスギの精英樹についてクローン別の採種母樹間の苗生産量に大きな違いがあることを認めている。また、山田ら⁸²⁾、竹花²⁸⁾およびその他¹¹⁾¹⁴⁾²⁹⁾⁸⁰⁾の報告者たちが述べているように、精英樹の自然受粉による実生後代、あるいは精英樹間交配による実生後代において、系統間の成長に大きな差があれば、単木的な精英樹の再選抜の際、成長のよい上位の少数の系統群の子孫が多く選ばれることになり、選抜世代の進行の途中、一時的に劣悪遺伝子の頻度が高まることも考えられる。現在、スギ精英樹に劣悪遺伝子が保有されている原因が解明されているわけではないが、もし、ヘテロシス効果によるものであれば、精英樹選抜による育種方法は効率の悪いものになる。これは Wright⁸¹⁾が指摘しているように、単純に精英樹の再選抜を反復していくと、ヘテロシスを生ずる遺伝子型をもった個体の頻度は減少し、子供集団の平均値はもとの親集団のそれよりも低くなる。また、他殖性ということが主因でスギ精英樹に劣悪遺伝子がかくしもたれている場合には、山田(1970年、農林省育種研修会)が述べたように、初期の選抜集団中に劣悪遺伝子ヘテロ個体が多数混在していると、精英樹の再選抜をくり返し、世代を進めていく途中において、集団の平均値が一時的に低下(遺伝力が負になる)する恐れがある。この場合は、集団から劣悪遺伝子の大多数を除去し終れば、また、集団の平均値は上昇し始める。

こうして、世代の進行にともない集団の平均値が一時的に低下するという谷の深さ(負の育種効果)と、その谷から抜け出すのに要する選抜世代数は、精英樹のヘテロ性の大きさにより決るものと考えられる。すなわち、劣性の劣悪遺伝子をかくしもつ精英樹の再選抜がくり返され、近親交配の度合が高くなると真の遺伝獲得量が非常に小さくなる時期がくる恐れがある。もちろん、実際上は選苗により不良苗を除去し、木材生産上の害はさけることができるが、そのような集団での遺伝力の推定値は真の値よりも過大なものになるであろう。

もし、以上のような考えが正しければ、今後の精英樹選抜育種方法として、

- ① 近親交配をさけ、劣悪遺伝子の発現を抑える方法
- ② 劣悪遺伝子を集団から除去する方法

についてそれぞれ検討する必要がある。このような観点から、スギ精英樹においてクローン内あるいはクローン間にどの程度劣悪遺伝子が保有されているか、また、その保有されている原因は何か、そして、現在考えられているような精英樹の再選抜をおこなう採種園方式をくり返した場合、近親交配の程度はどのような高まり具合を示すかの3点について正確な情報を早急につかむ必要がある。

この試験を行なうにあたり、いろいろご指導とご援助をいただいた放射線育種場、河原 清元場長、龍野得三前場長、仮谷 桂場長、西田光夫放射線育種法第二研究室長、関東林木育種場、岩田重夫前場長、小田許久場長、また、スギ精英樹クローンの入手についてご高配をいただいた林野庁育種班、日野幸敏技官、林業試験場九州支場、岸 善一主任研究官 および 東北林木育種場、関東林木育種場、関西林木育種

場, 同山陰支場, 同四国支場ならびに九州林木育種場の各位に心からお礼を申し上げます。

また, 原稿のとりまとめに際し, いろいろご検討, ご意見をいただいた国立遺伝学研究所, 酒井寛一応用遺伝部長, 九州林木育種場, 大西 孝前場長, 林業試験場, 岩川盈夫造林部長, 戸田良吉遺伝育種科長および岡田幸郎遺伝育種第二研究室長に深謝いたします。

文 献

- 1) ANDERSSON, E.: Cone and seed studies in Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) Studia Forestalia Suecica 23, 1~214, (1965)
- 2) BINGHAM R. T. and A.E. SQUILLACE: Self-compatibility and effects of self-fertility in western white pine. For. Sci., 1, 121~129, (1955)
- 3) 千葉 茂: スギ針葉の冬期における変色の遺伝 (第1報) 針葉の変色の観察及びアカスギ, ミドリスギの交雑, 日林誌, 35, 286~289, (1953)
- 4) DIEKERT, H.: Einige Untersuchungen zur Selbst-sterilität und Inzucht bei Fichte und Lärche. Silv. Genet., 13, 77~86, (1964)
- 5) EHRENBORG, C., Å. GUSTAFSSON, C. PLYM FORSHELL, and M. SIMAK: Seed quality and the principles of forest genetics. Hereditas, 41, 291~336, (1955)
- 6) FOWLER, D. P.: Effects of inbreeding in red pine, *Pinus resinosa* Ait. Silv. Genet. 13, 170~177, (1964)
- 7) —————: Effects of inbreeding in red pine, *Pinus resinosa* Ait. II. Pollination studies. Silv. Genet., 14, 12~23, (1965)
- 8) —————: Effects of inbreeding in red pine, *Pinus resinosa* Ait. IV. Comparison with other northern pine species. Silv. Genet., 14, 76~81, (1965)
- 9) —————: pre-germination selection against a deleterious mutant in red pine. For. Sci., 10, 335~336, (1964)
- 10) FRANKLIN, E.C.: Mutant forms found by self-pollination in Loblolly pine. J. Heredity, 6, 315~320, (1969)
- 11) 原 信義: スギ精英樹間の交雑による稚苗の生育について, 日林九支講, 21, 27~28, (1967)
- 12) JOHNSON, L. P. V. : Reduced vigour, chlorophyll deficiency, and other effects of self-fertilization in *Pinus*. Can J. Res., 23 (C), 5, 145~149, (1945)
- 13) 小林 隆・今井元政・阿部正博・鈴木正平: スギ精英樹間交雑試験 第1報 1956~1961年の交雑経過及び採取球果種子の特性と交雑雑性について, 新潟県林試研報, 8, 1~21, (1962)
- 14) 小林 隆・今井元政・鈴木正平: スギの精英樹間交雑試験 第2報 F₁ 苗木の養苗及び山地植栽後の成長経過について, 新潟県林試研報, 8, 22~34, (1962)
- 15) KRAUS, J. F. and A. E. SQUILLACE: Selfing vs. outcrossing under artificial conditions in *Pinus elliottii* ENGELM. Silv. Genet., 13, 72~76, (1964)
- 16) LANGLET, O. : Om utvecklingen av granar ur frö efter självbefruktning och efter fri vindpollinering. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt, 32, 1, 1~22, (1940)
- 17) 長浜三治治・加藤岩男: ヒノキの育種に関する研究 (1) 精英樹クローンの種子量及び発芽率について, 日林九州支講 20, 63~64, (1966)
- 18) 大庭喜八郎・村井正文: イワオスギの自殖および他殖実生における葉緑素変異苗の発生と苗木高生長について, 日林誌, 51, 118~124, (1969)
- 19) 大庭喜八郎・村井正文: スギの白子苗および淡緑色苗を生ずる劣性遺伝子, 日林誌, 53, 177~180, (1971)
- 20) 大庭喜八郎・岩川盈夫・岡田幸郎・村井正文: アカマツの葉緑素変異苗の発生ひん度による自然自殖率の推定および葉緑素変異苗の遺伝, 日林誌, 53, 272~333, (1971)

- 21) 大庭喜八郎：クモトオシから分離したわい性苗の遺伝，82日林講，136～138，(1971)
- 22) 大庭喜八郎：メアサ，キリシマメアサおよびアオスギのミドリスギ劣性遺伝子，日林誌，54，1～5，(1972)
- 23) SNYDER, E. B., A. E. SQUILLACE, and J. M. HAMAKER :Pigment inheritance in slash pine seedlings. Proc. Eight Southern Conference on Forest Tree Improvement, 77～85, (1966)
- 24) SNYDER, E. B.:Seed yield and nursery performance of self pollinated Slash pines. For. Sci., 14, 68～74, (1968)
- 25) SQUILLACE, A. E. and J. F. KRAUS:Effects of inbreeding on seed yield, germination, rate of germination and seedling growth. Proc. For. Genetics Workshop, Macon, Georgia, (1962)
- 26) STERN, K.:Der Inzuchtgrad in Nachkommenschaften von Samenplantagen. Silv. Genet. 8, 37～42, (1959)
- 27) —————:Versuch über die selbststerilität bei der Birke. Silv. Genet. 12, 80～82,(1963)
- 28) 竹花修次：ヒノキ精英樹系統の造林成績，林木の育種，61，2～6，(1970)
- 29) 戸田忠雄・西村慶二：スギ精英樹間の交配稔性とF₁苗の生長，27日林九州支大会，(1971)
- 30) 外山三郎・黒木嘉久：スギ精英樹のF₁検定(3)，宮大教育学部紀要(自然科学)，24，65～76，(1968)
- 31) WRIGHT, J. W. : Genetics of Forest Tree Improvement. FAO Forestry and Forest Products Studies. 16, 1～391, (1962)
- 32) 山田義三郎・佐藤文男：奥羽地方に造林されたスギ精英樹系造林木の成績(中間報告)，林木の育種，60, 4～6, (1970)
- 33) 山手広太・灰塚敏郎：ヒノキ採種圃の結実特性，25日林九州支大会(1971)

Appendix—1

スギ精英樹の自殖または他殖による異常苗の分離。第1回交配(1968年)および第2回交配(1970年)により異常苗の分離が確認されたクローン。

① 異常苗の種類

a1: 白子苗

xa: 黄子苗

lg: 淡緑色苗，苗全体が淡緑色のもののほか，一部，子葉だけが，淡緑色のもの，または，発芽当初だけ淡緑色のものも含む。

w1: 白(初生)葉苗

wax: ワックスレス苗，緑色組織の表面のロウ物質の被ふくが少ないと考えられる苗。

mor: 形態異常苗，わい性苗，細葉苗など形態に異常がみられる苗。

vi: 冬期針葉が赤変しないもの(ミドリスギ)。

② 同一家系において同じ種類の異常苗が2本以上分離した場合，その母樹クローンには異常苗を生ずる劣性遺伝子がヘテロで含まれているものと推測した。

③ 分離比の χ^2 -検定は各クローンごとの異常苗の分離状況により3:1，9:3:3:1あるいは9:4:3の分離比について検定した。

なお，検定の結果を

* 5%の危険率で有意(0.05>P>0.01) ** 1%の危険率で有意(0.01>P)と表示した。

④ 第2回交配分についてミドリスギを分離したクローンがあったが，これについては分類の有無を記録したのみで，分離比の検定はおこなわなかった。

第1回交配分

番号	精 英 樹	異常苗 の種類	自 殖 苗				他 殖 苗			その他
			合 計 (本)	正 常 (本)	異 常 (本)	χ^2 - 検 定	合 計 (本)	正 常 (本)	異 常 (本)	
関西林木・四国支場										
1	那 珂	4	lg,wl	21	19	2	2.68	294	284	5, 5
2	" "	7	wl	33	23	10	0.49	170	165	5
3	" "	13	lg	123	102	21	4.12*	261	257	4
4	" "	16	lg					141	124	17
5	" "	17	lg	149	115	34	0.42	172	170	2
6	" "	21	lg	25	22	3	2.25	204	191	13
7	" "	22	lg	308	288	20	56.25**	180	176	4
9	" "	38	lg	15	10	5	0.56	117	115	2
11	周 桑	2	lg	34	26	8	0.03	119	116	3
12	" "	6	xa	23	16	7	0.36	12	9	3
13	" "	7	lg,wl	38	27	8, 3	4.11	25	24	1
14	" "	8	lg	62	52	10	2.60	164	158	6
15	" "	14	lg	159	124	35	0.76	232	230	2
16	" "	16	lg	22	19	3	1.52	46	41	5
17	" "	18	al,mor	44	31	5, 8	4.86	65	39	8, 18
18	" "	20	lg	14	10	4	0.09	19	18	1
20	宇 和 島	2	lg	45	40	5	4.63*	67	65	2
21	" "	3	lg	8	6	2	0.00	222	218	4
25	" "	7	xa	111	99	12	11.92**	280	272	8
28	" "	10	lg	36	29	7	0.59	6	5	1
31	宇 摩	3	lg	12	9	3	0.00	45	43	2
33	" "	5	lg	104	83	21	1.28	335	335	0
35	高 岡	7	lg	106	82	24	0.32	166	150	16
36	" "	17	lg	36	32	4	3.71	187	182	5
38	須 崎	2	wl	14	12	2	0.85	320	319	1
39	" "	3	lg	46	34	12	0.03	239	238	1
41	大 正	3	lg	73	63	10	4.97*	240	240	0
42	" "	5	lg,wl	30	17	7, 6	0.09	393	392	1, 0
45	川 崎	5	lg					132	123	9
46	" "	6	xa	8	8	0		50	46	4
47	海 部	4	lg	47	32	15	1.20	73	66	7
50	" "	12	lg	34	28	6	0.99	13	12	1
57	三 好	5	al,wl	24	19	2, 3	5.41	10	10	0
59	" "	9	lg	32	26	6	0.67	66	59	7
61	上 浮 穴	1	wax	65	52	13	0.87	382	382	0
70	小 川	1	wl	50	40	10	0.67	55	55	0
78	越 智	1	wax	30	24	6	0.40	347	347	0
79	" "	3	lg	21	15	6	0.14	27	27	0
84	野 根	1	lg,wl	45	33	7, 5	5.35	162	156	6, 0
関東林木育種場										
202	下 高 井	13	lg,wl	89	57	19, 12, 1	6.34*	32	32	0

第 1 回交配分

番号	精 英 樹	異常苗 の種類	自 殖 苗				他 殖 苗			その他	
			合 計 (本)	正 常 (本)	異 常 (本)	χ^2 - 検 定	合 計 (本)	正 常 (本)	異 常 (本)		
204	下 高 井	19	lg	68	59	9	5.01*	18	18	0	
211	長 水	6	lg	32	29	3	4.07*	239	239	0	
213	喜 多 方	1	xa	13	11	2	0.64	71	71	0	
217	若 松	5	lg	64	50	14	0.33	56	50	6	
218	笠 間	1	lg	36	29	7	0.59	33	33	0	
221	秩 父 署	4	lg	5	3	2	0.60	118	118	0	
223	稲 敷	1	lg	184	139	45	0.03	355	351	4	

第 2 回交配分

番号	精 英 樹	異常苗 の種類	自 殖 苗				他 殖 苗			その他
			合 計 (本)	正 常 (本)	異 常 (本)	χ^2 - 検 定	合 計 (本)	正 常 (本)	異 常 (本)	

関西林木・山陰支場

6-2	輪 島	4	lg	17	13	4	0.02	21	19	2	
6-8	石 川	4	xa	89	85	4	19.96**				
6-9	" "	7	lg,wl	22	13	5, 2, 2	1.59				
6-11	" "	11	xa	37	37	0		459	457	2	
6-12	" "	12	lg,wl	9	6	2, 1, 0	5.63*				
6-13	日 野	5	lg	8	6	2	0.00				
6-14	" "	9	lg,mor	87	50	13, 21, 3	3.13	126	124	0, 2	
6-15	" "	10	lg,mor	11	7	2, 2	0.30	24	24	0	
6-16	" "	12	lg,mor	55	37	15, 3	6.48*	127	123	0, 4	
6-21	關 部	3	lg,wl	82	66	9, 6, 1	20.17**	108	99	3, 6	vi
6-24	河 北	1	xa,mor	23	13	4, 6	1.19				
6-25	" "	3	mor	18	16	2	1.85				
6-26	" "	4	lg	7	5	2	0.05	29	29	0	
6-28	鳳 至	8	xa					26	23	3	
6-35	金 沢	2	lg	53	50	3	10.57**	482	481	1	
6-38	小 松	6	lg,mor	5	4	1, 0	0.07	31	18	2, 11	
6-43	美 方	3	lg,wl	3	3	0		24	12	9, 2, 1	
6-44	大 田	3	lg,wl	44	32	11, 1	8.49*				
6-45	" "	4	lg	23	17	6	0.01	145	141	4	
6-46	東 伯	4	lg	22	12	10	4.91*	1	1	0	
6-47	小 浜	1	lg	46	29	17	3.51	30	30	0	
6-50	鹿 島	4	lg,wl	12	7	3, 1, 1	1.03				
6-52	敦 賀 署	2	lg	7	4	3	1.29				
6-58	足 羽	2	lg	74	66	8	7.95**				

九州林木育種場

8-3	県 佐 賀	3	wl,mor	95	66	28, 1	19.58**	22	16	5, 1	
8-5	県 伊 万 里	2	lg,mor	56	39	6, 8, 3	3.63	84	79	1, 4	
8-6	県 唐 津	8	wl	25	21	4	1.08	5	5	0	
8-11	県 日 田	2	lg,mor	49	31	14, 3, 1	8.50*	82	82	0	

第2回交配分

番号	精 英 樹	異常苗 の種類	自 殖 苗				他 殖 苗			その他
			合 計 (本)	正 常 (本)	異 常 (本)	χ^2 - 検 定	合 計 (本)	正 常 (本)	異 常 (本)	
8-13	県 日 南 3	lg	14	12	2	0.85	38	36	2	vi vi vi
8-18	県 始 良 11	lg	5	3	2	0.60	23	23	0	
8-19	" " 15	lg	12	9	3	0.00	53	53	0	
8-21	県 肝 属 7	xa	11	9	2	0.27				
8-22	" " 9									
8-23	県 日 置 5	mor	8	6	2	0.00	25	25	0	
8-24	県 薩 摩 2	lg	26	20	6	0.05				
8-29	" " 14	lg					19	16	3	

関西林木・四国支場

7- 1	那 賀 3	wl,mor	114	101	9,4	48.67**				
7- 8	大 勝 3	lg,mor	86	60	21,5	10.48**				
7- 9	吾 川 2	wl,mor	134	108	24,2	38.10**				
7-10	馬 路 3	mor	5	3	2	0.50				

東北林木育種場

5- 5	青局宮古 3	lg	4	2	2	1.33				
5- 6	青局柴田 5	lg	35	32	3	5.03*				
5- 7	青局岩手 1	lg	76	48	28	5.68*				
5- 9	鶴 岡 1	mor	129	119	10	20.47**				

Appendix— 2

スギ精英樹の自殖または他殖による異常苗の分離。1969年の発芽当年苗および1970年の1回床替苗について調査した(第1回交配分)。

- ① 番号の () は1970年, 床替苗について調査したクローン。
- ② 各欄の丸印は異常苗の分離が確認されたことをしめす。
- ③ 異常苗の種類
 - 1) ローマ字記号は Appendix— 1 と同じ。
 - 2) 淡緑・白葉苗: 淡緑色苗と白葉苗との区別がむずかしい苗があったので便宜上一まとめにした。
 - 3) ミドリスギ: 冬期間に赤変しない苗である。これらは, いわゆるミドリスギとは明らかに区別される色調をしめし, 緑褐色のものが多かった。
 - 4) 形態異常苗: 現在のところ適確に異常形質を表現することがむずかしいので, 便宜上, このように大きな分類項を設けた。
 しかし, とくに苗高成長の劣るものをわい性苗とし, また, いくら形態的特徴を表現できるものについてはその他の項において特徴を略記した。
- ④ 各クローンごとの異常苗の種類数: 1960年の調査で lg または wl が検出され, 1970年の床替苗で淡緑・白葉苗が, 再度検出された場合は, まとめて1種類と数えた。
- ⑤ 大葉苗: クマスギについての調査結果, 大葉(または長葉)の性質は劣性遺伝子によるものと推測されている。大葉苗の分離がみられたクローンは「大葉苗」と記録した。

番号	精 英 樹	1969. 発芽苗 異 常 苗		1970. 床 替 苗					
		確 認	未確認	色 変 り 苗			形 態 異 常 苗		そ の 他
				淡緑・ 白 葉	ミドリ スギ	ワック スレス	わい性	その他	
関西林木・四国支場									
(1)	那 賀	4	lg,wl				○		
(2)	" "	7	wl		○		○		
(3)	" "	13	lg		○			○厚葉苗	大葉苗
(4)	" "	16	lg						
(5)	" "	17	lg		○		○	○厚葉苗	大葉苗
(6)	" "	21	lg						
(7)	" "	22	lg						大葉苗
8	" "	37							
(9)	" "	38	lg				○		
(10)	" "	44	lg,wl	○					
(11)	周 桑	2	lg				○		
(12)	" "	6	xa	lg	○		○		
(13)	" "	7	lg,wl		○				
(14)	" "	8	lg		○		○		
(15)	" "	14	lg		○			○エンコ ウスギ 型苗	
(16)	" "	16	lg		○				
(17)	" "	18	al,mor		○			○厚葉・ 倍数体 状苗	
(18)	" "	20	lg				○		
(19)	" "	21			○				
(20)	宇 和 島	2	lg		○				大葉苗
(21)	" "	3	lg		○				
(22)	" "	4	lg		○			○奇型・ 倍数体 状苗	
23	" "	5							
(24)	" "	6			○		○	○エンコ ウスギ 型苗	
(25)	" "	7	xa		○		○		
(26)	" "	8		lg	○		○		大葉苗
(27)	" "	9		lg	○		○		
(28)	" "	10	lg		○		○		大葉苗
(29)	宇 摩	1		lg	○		○		
(30)	" "	2		wl	○		○		
(31)	" "	3	lg		○				
(32)	" "	4		lg	○				
(33)	" "	5	lg		○				
(34)	高 岡	4		lg			○		
(35)	" "	7		lg	○		○		
(36)	" "	17		lg	○	○	○		
(37)	須 崎	1		wl	○			○倍数体 状苗	
(38)	" "	2	wl					○針葉奇 型(反 転)	

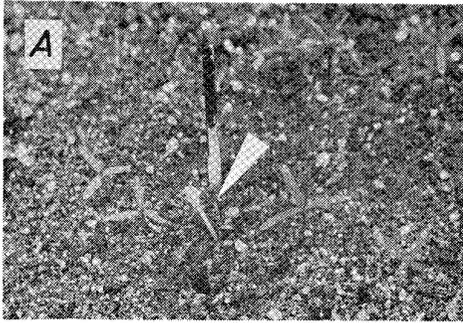
番号	精英樹		1969. 発芽苗異常苗		1970. 床替苗					その他
			確認	未確認	色変り苗			形態異常苗		
					淡緑・葉白	ミドリギ	フックスレス	わい性	その他	
(39)	須崎	3	lg	wl	○				○	
(40)	大正	2		lg	○					大葉苗
(41)	〃	3	lg		○				○	
42	〃	5	lg,wl							
(43)	川崎	2			○				○	○厚葉苗
(44)	〃	4		lg			○			
45	〃	5	lg							
(46)	〃	6	xa							
(47)	海部	4	lg		○				○	
(48)	〃	6								
(49)	〃	7		lg					○	
(50)	〃	12	lg							
(51)	吾川	1		lg	○					大葉苗
(52)	〃	3								
(53)	〃	4		lg					○	
(54)	中村	1		lg						
(55)	〃	2		lg	○					○厚葉・ 倍数体 状苗
(56)	〃	3								
(57)	三好	5	al,wl							
58	〃	6								
(59)	〃	9	lg		○				○	○厚葉・ 天狗果 病状苗
60	〃	10								
(61)	上浮穴	1	wax			○	○			
(62)	〃	2		wax	○				○	
63	〃	5								
64	〃	9		al						
(65)	幡多	7			○					
(66)	〃	10								
(67)	〃	21			○				○	
(68)	大栃	1		lg					○	
(69)	〃	4								
(70)	小川	1	wl		○				○	
(71)	〃	2								
(74)	木山	1								
75	〃	2								
(76)	宿毛	1								
(77)	〃	2								
(78)	越智	1	wax				○			
(79)	〃	3	lg		○					
(80)	新居	1		lg	○	○				
81	〃	2								
(82)	高松	1		wl					○	

番号	精 英 樹		1969. 発芽苗 異 常 苗		1970. 床 替 苗					
			確 認	未確認	色 変 り 苗			形 態 異 常 苗		そ の 他
					淡緑・ 白 葉	ミドリ ギ	ワックス スレス	わい性	その他	
(84)	野 根	1	lg,wl		○			○		
(85)	窪 川	2		lg	○			○		
関東林木育種場										
(201)	下 高 井	4								
(202)	" "	13	lg,wl		○					
(203)	" "	18		lg	○					
(204)	" "	19	lg		○			○		
(205)	" "	26								
206	久 慈	6								
(207)	" "	8								
(208)	" "	14			○			○		
(209)	" "	17			○			○	○	厚葉・ 天狗巢 病状苗
(210)	" "	18		lg	○			○		大葉苗
(211)	長 水	6	lg		○					
(212)	" "	7		wax				○		
(213)	喜 多 方	1	xa					○		
(214)	" "	2		lg						
(215)	児 玉	3			○			○		
(216)	若 松	4				○		○		大葉苗
(217)	" "	5	lg					○		
(218)	笠 間	1	lg					○	○	大葉・ 倍数体 状苗
(219)	河 沼	1								
220	耶 摩	2								
221	秩 父 署	4	lg							
(222)	片 瀬	6			○					
(223)	稲 敷	1	lg		○			○		
(224)	与 瀬	1			○					
(225)	筑 波	1			○					
226	双 葉	2								
(227)	飯 田	1								
228	多 賀	5								
(229)	北 会 津	1		wl						
(230)	南 会 津	9						○		
231	那 珂	1								
232	大 沼	2								
233	西 多 摩	8								
234	千 頭	2								
235	東 白 川	3								
(83)	周 南	1						○		

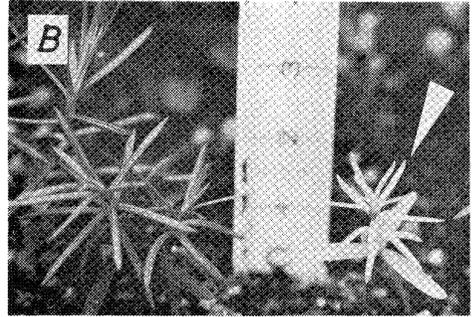
tion ratios of the mutant forms with respective recessive genes are made according to the situations such as single recessive segregation: 3:1, double recessive ones: 9:3:3:1 or 9:4:3 respectively.

Clone frequency which seems to be heterozygous for lg gene(s) is the highest, and those for wl and mor genes are comparatively high. There are clones with double- or triple heterozygotes and 91 clones (41.6%) out of 219 examined clones are thought to be heterozygous for at least more than one recessive gene. If we include clones with unconfirmed mutant forms, it reaches 141 clones (64.4%).

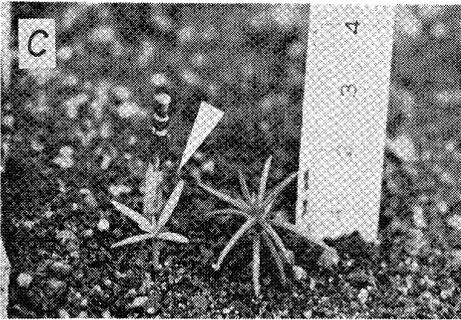
The seedlings produced by the crossing in 1968 were transplanted to continue further detection of the variants (cf. Table 4). There are marked increase in clone number which segregated seedlings with light green, white leaves and with morphological abnormalities. Simple sum of the clone number for respective mutant forms exceeded the examined clone numbers. Eighty clones (82.5%) out of 97 examined clones are expected to have more than one recessive gene(s) up to quadruple heterozygosity. Because of lower germination percentages of the selfed seeds and lesser number of plant in each progeny, the frequency of the clones expected to have recessive genes might be a lower estimate. As the causes of this heterozygosity, we may cite the following 3 factors: namely, (1) heterosis, (2) linkage with other superior genes, (3) outcrossing. It needs further studies to determine the major cause among the three mentioned above. Moreover, degrees of inbreeding depression showed larger variation among clones, and, in many clones, height frequency distribution of two-year-old seedlings after selfing skewed with plus value. In order to avoid inbreeding depression in seed orchards in the successive generations which might be composed of re-selected plus tree clones in the future, it is vital to study the genetical nature of sugi plus trees.



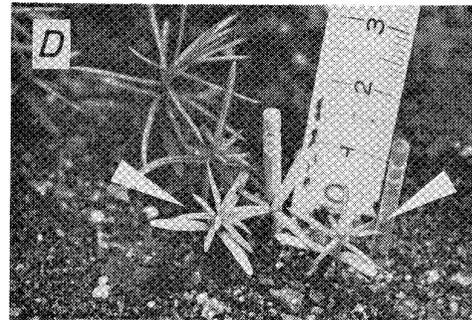
A. 17. 周 桑 18 白子苗
A. 17. Syuso-18 Albino.



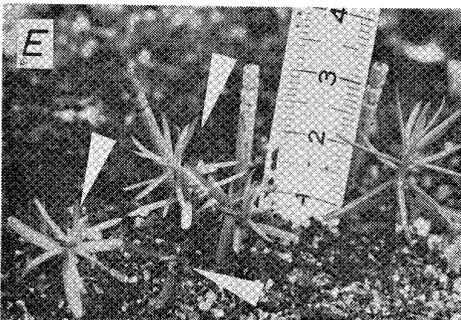
B. 6-28. 鳳 至 8 黄子苗
B. 6-28. Hoshi-8 Xantha.



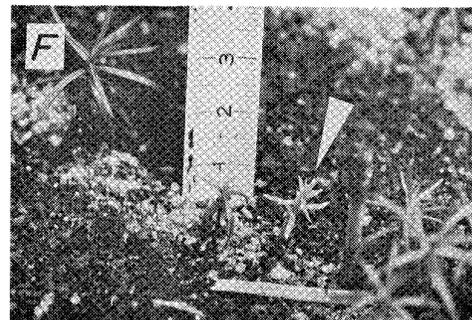
C. 8-21. 肝 属 7 黄子苗
C. 8-21. Kimotsuki-7 Xantha.



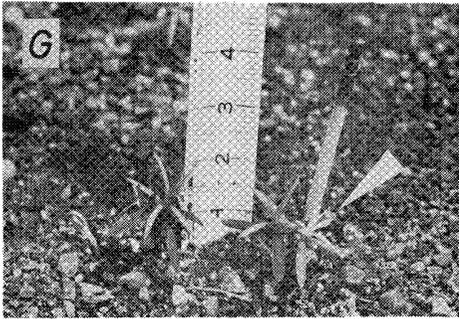
D. 6-44. 大 田 3 淡綠色苗
D. 6-44 Ôta-3 Light green seedlings (lg).



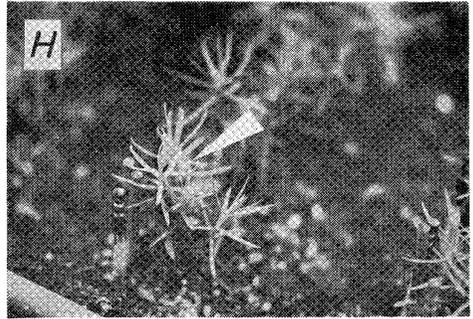
E. 6-43. 美 方 3 淡綠色苗
形態異常苗
E. 6-43. Mikata-3 Light green seedlings,
morphologically abnormal seedling
(mor).



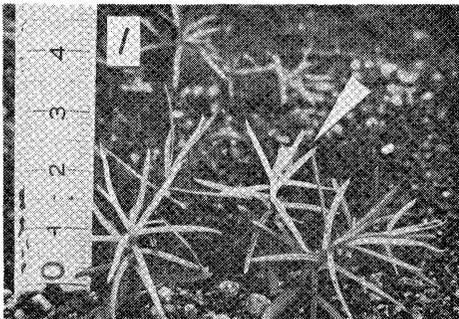
F. 6-21. 園 部 3 淡綠色苗
F. 6-21. Sonobe-3 lg.



G 6-47. 小 浜 1 淡綠色・白初生葉苗
G. 6-47. Ohama-1 lg, White primary leaved
seedling(wl).



H 7-9. 吾 川 2 白初生葉苗
H. 7-9. Agawa-2 wl(spring whitening).



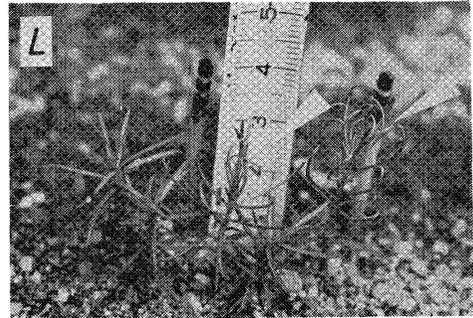
I 8-3. 佐 賀 3 白初生葉苗
I. 8-3. Saga-3 wl(summer whitening)



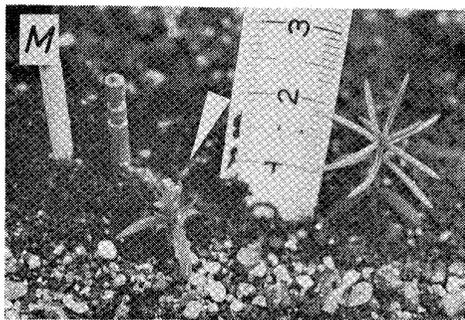
J 34. 野 根 1 白葉苗(1回床替苗)
J. 34. None-1 White leaved seedling (2-
year-od)(wl).



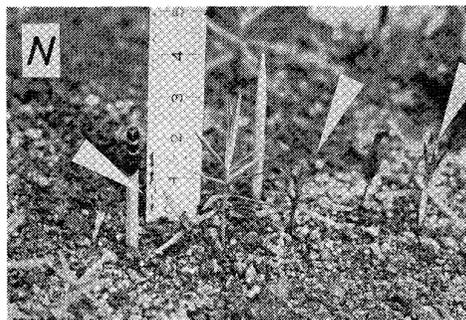
K 202. 下高井 13 淡綠色苗(1回床替苗)
K. 202. Shimotakai-13 Light green seedling
(2-year-old) (lg).



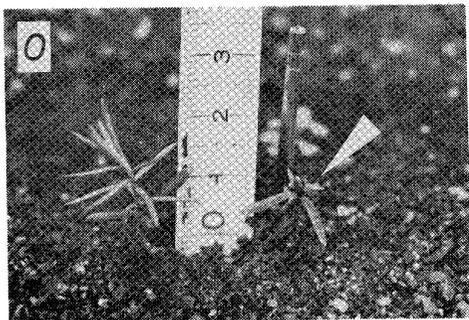
L 6-16. 日 野 12 形態異常苗
L. 6-16. Hino-12 Morphologically abnormal
seedling (mor).



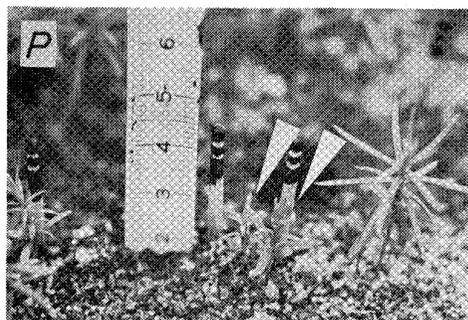
M 6-24. 河北 24 形態異常苗
M. 6-24. Kahoku-24 mor.



N 8-5. 伊万里 2 形態異常苗
N. 8-5. Imari-2 mor.



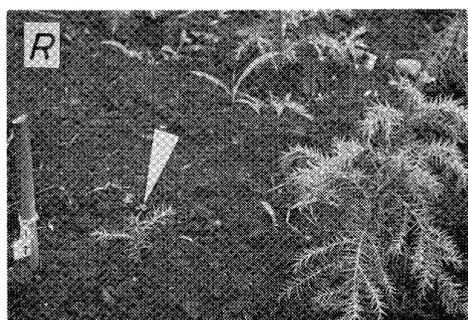
O 8-18. 始良 11 形態異常苗
O. 8-18. Aira-11 mor.



P 5-9. 鶴岡 1 形態異常苗
P. 5-9. Tsuruoka-1 mor.



Q 67. 幡多 21 わい性苗 (細葉)
(1 回床替苗)
Q. 67. Hata-21 mor.



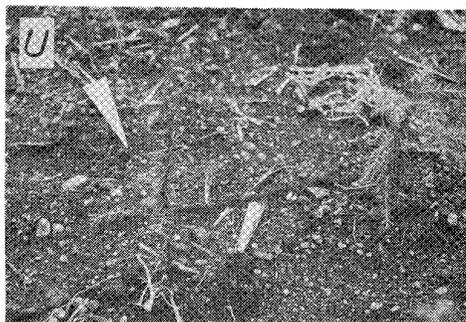
R 215. 児玉 3 わい性苗 (細葉)
(1 回床替苗)
R. 215. Kodama-3 mor.



S 213. 喜多方 1 わい性苗(1回床替苗)
S. 213. Kitagata-1 mor.



T 43. 川崎 2 わい性苗(1回床替苗)
T. 43. Kawasaki-2 mor.



U 15. 周 桑 14 エンコウスギ型苗(1回床替苗)
U. 15. Syuso-14 mor.



V 209. 久 慈 17 天狗巢病状苗(1回床替苗)
V. 209. Kuji-17 mor.