

アカマツにおける種内交配作業の功程と 貯蔵した交配種子の苗木生産

野口 常 介⁽¹⁾・川村 忠 士⁽²⁾・板 鼻 直 栄⁽³⁾

**Tsunesuke NOGUCHI, Tadashi KAWAMURA and Naoei ITAHANA: Efficiency
of Mating Work on Intraspecific Crossing of Clone in Japanese Red
Pine, *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. and Productivity
of Seedlings by Stored Artificially Pollinated Seed of Them.**

要 旨：アカマツ育種集団林の造成を目的に、アカマツ精英樹クローンとその他の育種材料を用いて、1979～1985年まで、規模の大きい種内交配を実行した。交配様式は6クローンを1交配セットとした、21交配セットからなる分断ダイヤレルで、交配組合せの総数は315である。また、この交配では1組合せ当たりの目標種子生産量を1,500粒とした。交配作業では、交配袋は長さ13cm×幅7cmの大きさの小形二重交配袋（外側：パラフィン紙、内側：セロファン紙）を使用し、自作した花粉銃を用いて雌花の開花期間中に2回の受粉を行った。実行した交配規模の総計は、交配袋数38,616枚、供試雌花数65,221個で、31,125個の球果を生産し、7.876kgの種子を生産した。この交配による球果と種子の生産性は平均で、結果率49.0%、1球果当たり種子数24.5粒、生産した種子の1,000粒重10.1gであった。年度ごとの交配では1979年の結果が、結果率34.9%、種子生産がない組合せ数20、種子生産した組合せの中での1球果当たり種子数13.1粒などと、その成績が特に悪かった。しかし、その他の年度の成績には大きな違いはなかった。7年間の交配で目標とした種子量を生産できなかった組合せが4組合せ、また目標種子量の生産に5年（交配回数で5回）以上を要した組合せが11組合せあった。これらの組合せでは総じて球果や種子の生産が悪く、これは雌親クローンの種子生産性の低さと、剪定・整枝による採種木の着花量の減少などが大きく影響していた。この交配における1人1日当たりの作業功程は、交配袋掛け作業では交配袋数にして103～233枚、受粉作業では131～323枚、除袋・ラベル付け作業では132～228枚、そして球果採取作業では球果数にして129～326個であった。この各作業の功程は交配規模が大きくなるほど能率が向上した。ただし、受粉作業では、1人当たりで1日300枚の作業量、1人が担当する受粉規模は1,000枚前後が限度となった。この交配で生産した種子は1987年まで冷蔵庫（2℃～4℃）に貯蔵した。貯蔵した交配種子の細地発芽率は35.4～44.2%と低く、しかも、播き付け年ごとに発芽率が低下した。この結果から求めた帰帰式から、貯蔵期間1年につき約10%ずつ発芽率が減少する傾向が示された。しかし、この発芽率の低下はどの生産年の種子でも同様ではなく、比較的低下の度合いが緩やかな生産年の種子があった。種子生産年ごとの播き付け年の発芽状況や、苗木の枯損と成長などの調査から、貯蔵による生産年ごとの種子の活力低下の違いは貯蔵種子の取扱・播き付け床の管理など、育苗技術による影響が大きいと判断された。

I は じ め に

我が国の林木育事業は精英樹選抜育種を中心に展開されており、育種の効果を将来にわたって持続させるためには、生産集団と育種集団とに分離する必要があるといわれている¹⁾。次期精英樹の選抜対象となる育種集団林木の造成には近親交配の弊害を避け、集団の遺伝的変異の多様性を保持することが必要であり、そのた

(1), (2), (3) 東北林木育種場

めには豊富な育種母材を準備し、適切な交配計画を組立て、多くの交配家系を育成しなければならない²⁰⁾。

東北林木育種場では1980年度より「交雑育種事業化プロジェクト」⁹⁾が着手されたのを機に、アカマツを対象とした育種集団林の造成を目的とした、大規模なアカマツ種内交配を試みた。この試みでは、当初、東北東部育種区選出の精英樹を主体に交配計画を組立てたが、実行の途中から育種集団林の遺伝的異変の拡大と、次世代精英樹の選抜効果の向上を狙って、交配母材を追加し計画の変更を行い、交配規模の拡大を図った。

育種集団林は一定量の種子が生産され次第造成する予定であったが、東北地方のマツの材線虫被害の増大と、森林資源整備に関する長期計画の見直し等から、アカマツ造林量の低下・天然更新への切替が急速に進み、集団林の造成が困難となった。このため、生産された交配種子は、'84年に実生採種園¹¹⁾造成用としてその一部が利用された以外は、'87年まで冷蔵庫に貯蔵されてきた。近年になって集団林造成のための諸条件が整い、これまでに保管されてきた交配種子が播き付け・養苗されるようになった。

本報告は、事業規模で実行された交配結果をもとに、交配作業の工期と交配種子の貯蔵による発芽と苗木生産への影響について検討したものである。

なお、本報告の取りまとめに当たっては、この交配の計画立案に携わった森林総合研究所機能開発部長三上進博士（元東北林木育種場育種課長）に厚く感謝を申し上げる。

II 材料と方法

'79年の当初計画では、東北林木育種場でそれまでに収集済で、かつ場内のアカマツ採種園に定植されている東北東部育種区選出の精英樹の中から、着花性と次代検定林における調査結果で成長が特に不良なものを除いた84クローンを供試した(付表1)。交配様式は4クローンを1交配セットとした、21の交配セットからなる分断ダイアレル (Blocked Disconnected Diallel) を採用した(付表2の中の○印)。この計画では、交配セットを同一検定区の精英樹で構成したが、同一林分から選抜された精英樹及び精英樹台帳の記録から種子の由来が同一産地の精英樹など、遺伝的に近縁と思われる材料は別の交配セットに配置した。

'82年には供試材料を追加し上記の交配設計の変更を行った。追加した材料は北海道南西部育種区の1クローンを含む、東北西部育種区の選出精英樹など26クローンと、東北東部育種区の精英樹以外の育種材料16クローンの、合計42クローンである。これらの材料のうち東北西部の精英樹クローンはアカマツ採種園に定植されているが、北海道南西部育種区選出の精英樹と東北東部のD級及び精英樹以外の育種材料は、クローン集植所に定植されているものである。クローン集植所に定植されている材料については、着花性と交配作業の難易を考慮して、出来るだけ雌花の使用を少なく、花粉親としての使用頻度を多くするように努めた。この結果、交配設計は当初の交配セットをくずさずに、各セットに追加した材料2クローンづつ加えて、6クローンを1交配セットとする、21交配セットからなる分断ダイアレルに改められた(付表2の中の◎印を追加)。従って、交配組合せ数は1交配セットにつき15組合せ、全体で315組合せとなった。

この交配では1組合せ当たり1,000本の1年生苗の生産を目標にした。従って、交配作業では、交配種子での1年生苗の生産割合を65%と算出して、1組合せ当たり種子生産量を1,500粒とした。交配作業は1,500粒の種子が生産された組合せから順に終えたが、全体の作業は'85年の交配で終了した(付表3)。

交配作業は東北林木育種場場内に'50年に設定されたアカマツ精英樹採種園で実行した。この採種園は面積3.00ha、東北東部育種区精英樹103クローンと西部精英樹29クローンによる49型配置で、交配時の採種木の大きさは樹高4m、胸高径20~30cmである。

交配の実行には7人の職員が従事し、1人当たり3交配セットを担当した。交配作業種ごとの実行時期はTable 1に示すとおりであるが、これらの作業の中で、特に交配袋掛け作業及び受粉作業は気象条件に左右され、早い年で5月上旬～5月下旬、遅い年では5月下旬～6月中旬までに及んだ。なお、この交配作業では、長さ13cm、幅7cmの小形の二重交配袋（外側：パラフィン紙、内側：セロファン紙）を用いており、春伸びた新梢の先端に袋掛けを行う方式で作業を行った（Photo. 1, 2）。

Table 1. 交配年ごと交配作業の実施時期
Working term of mating in each year

交配年 mating years	交配袋 掛け作業 Bagging	受粉作業 Pollinating	除袋・ラベル 表示作業 Removing bags and labelling	球果 採取作業 Cone collecting
1979	May 21~29	Jun. 2~9	Jul. 3~14	'80 Sept.25~30
1980	May 20~28	May 30~Jun. 5	Jul.3~17	'81 Sept.21~28
1981	May 18~28	Jun. 4~12	Jul. 2~20	'82 Sept.21~29
1982	May 12~20	May 23~31	Jul. 6~21	'83 Sept.30~Oct. 8
1983	May 10~19	May 22~31	Jun.27~Jul.22	'84 Sept.28~Oct.10
1984	May 24~29	Jun. 5~11	Jun.27~Jul.20	'85 Sept.27~Oct.12
1985	May 14~21	May 24~31	Jun.25~Jul.16	'86 Sept.22~Oct. 3



Photo. 1. 小形の交配袋による交配状況
Bagging work using small duplicate bags. Each bag encloses a single female flower shoot.

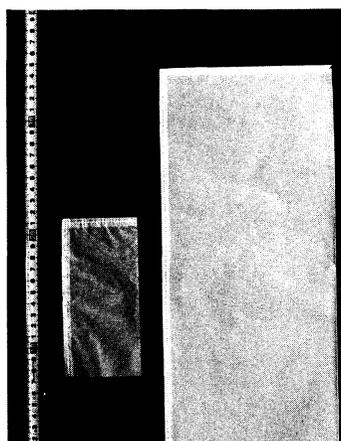


Photo. 2. 小形交配袋と従来の交配袋との
大きさの比較
Comparison between small
size of duplicate bag and com-
mon size of pollination bag.

受粉作業はいずれの年も開花期間中に2回の受粉を行った。1回目の受粉には前年採集の貯蔵花粉を、2回目の受粉には当年採集の新鮮花粉を使用した。雄花採取と花粉採集の方法は斉藤らの方法¹⁰⁾に従って、市販の交配袋の内袋（グラシン紙）を用い、貯蔵には冷凍庫（-20℃）を用いた。また、受粉に使用する花粉銃は、注射器、注射針、ゴムスポイト、及び自作した攪拌管などで組立て、花粉親の数だけ用意した。なお、花粉銃の組立てに使用した材料は、殺菌済の皮下注射器（20ml）、ルーペニシリン注射針（#17）、外径54mm

のゴムスポイト (30ml), そして, 長さ85~90mmのポリエステルチューブの先端を加熱・押圧して折曲げ, 攪拌のため空気の吹き出し口をもうけたJの字形をした管である (photo. 3, 4)。

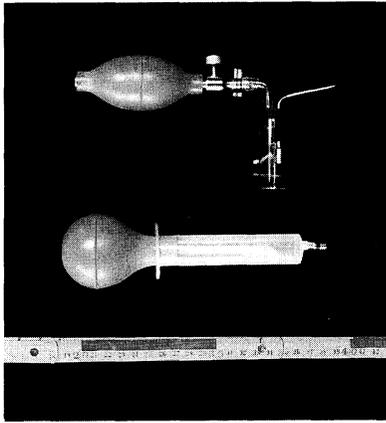
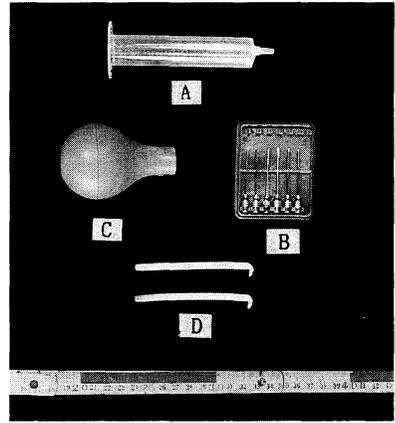


Photo. 3. 自作した花粉銃と従来の花粉銃
Pollen gun of one's own making and ordinary type of pollen gun.



A: 滅菌済注射器 B: 注射針
Hypodermic syringe Needle
C: ゴムスポイド D: 攪拌管
Rubber bulb Agitator

Photo. 4. 花粉銃作成のための材料
Materials for making out pollen gun of one's own making

受粉終了後に行う除袋作業では, 交配袋の除去と同時にその位置に, 交配組合せ等を記録したラベル (12mm×50mmのダイモテープ) を取り付けたほか, '80年以降の作業では球果の見落とし防止と採取作業を容易にするため, 幼球果着生位置に幅11mm×長さ400mmのビニールテープを取り付けた。

球果の採取は翌年秋に行い, 組合せごとに球果を採取し個数・重量を測定した後, 組合せごと容器 (網カゴが付いた二重の「水切り籠」) に入れ, ガラス室に置いて球果を乾燥させ, 鱗片の開きを促し, 容器を揺すって種子の脱粒を図った。得られた種子は種翅や大きな夾雑物は人手で, 小さなゴミは4mmと1.19mmメッシュの2個の篩でそれぞれ取除いた。

精選作業を行った後, 組合せごとに種子重量・粒数・1,000粒重の測定を行った。種子の重量測定には, 調査にさきだちシイナ粒を肉眼で判別・除去した上で, 1組合せ当たり5g (5g未満の場合は全量) を抽出して, 粒数・重量を測定し, それぞれ換算して種子の総粒数と1,000粒重を求めた。球果採取後, 種子の貯蔵までの各作業の実施時期は各年ともほぼ同じで, 種子の脱粒作業は10月中旬~11月上旬, 種子の精選作業は11月中旬~12月中旬, 種子の品質調査は翌年1月~2月に行った。重量など品質調査を終えた交配種子は組合せごと, 組合せ名・種子生産年・種子量などを記載したラベルを添付した蓋付のプラスチック製容器 (140ml) に入れ, 播き付けまで冷蔵庫 (貯蔵温度2°C~4°C) に保管した。

交配種子の発芽調査は'87~'89年までの播き付け分を対象にし, 得られた苗の成長調査は'87年と'88年播き付け分を対象にした。また, 播き付けでは1組合せ当たり180本の1年生苗の生産を予定し, '87年は1組合せ当たり250粒を, '88年は275粒を, また, '89年は2集団林の造成を予定したため, 1組合せ当たり600粒をそれぞれ播き付けた。なお, 上記の種子粒を揃えるに当たって, 同じ組合せで異なる年度の種子を含む場合があるので, 播き付けには生産年度が異なるごとに1つのロットとして取扱った。

播き付けはいずれの年も4月中旬に, 東北林木育種場場内の苗畑で行い, 6月にはロットごとに発芽本数

を調査し畑地発芽率を求めた。播き付け当年の秋10月には成立本数を調査し、同時にロット当たり50本（50本未満の場合は全数）を抽出して苗高を測定した。播き付け翌年の春には床替を行い、秋には前年と同様50本を抽出して苗高を測定した。なお、播き付け・床替では、反復を設けなかったほか、播き付け翌年の床替には種子生産年ごとのロットを解消し、組合せごとにまとめて床替した。また、播き付け、床替方法及び育苗に当たっての施肥、除草などの苗畑作業は通常の作業に従った。

III 調査結果

1 交配結果について

Table 2 には'79年～'85年までに実行した、各年度の交配規模とその結果を示した。

交配規模の総計は、使用した交配袋38,616枚、供試雌花数65,211個で、31,125個の球果から7.876kgの種子が生産された。この交配による球果や種子の生産性は、供試雌花数に対する生産球果数の割合（以下結果率という）が49.0%、1球果当たりの生産種子数は24.5粒、生産種子の1,000粒重は10.1gであった。

年度ごとの交配結果では最初の交配である'79年が悪く、結果率34.9%で、交配を実行した126組合せのうち20組合せからは種子が生産されなかった。種子を生産した106組合せでの1球果当たり種子数は13.1粒で、実行期間中最も悪い成績であった。その他の年度ではそれほど大きな相違はないが、交配規模が大きかった1982年は、生産された種子の1,000粒重が8.5gと軽かった。

Fig. 1, 2, 3 には年度別に組合せごとの結果率・1球果当たり種子数・種子1,000粒重の度数分布を示した。

球果の生産はいずれの年度も10%以下から80%、或いは90%台の結果率を示し、その変異域は大変に広がった。'79年の結果は他の年度と異なった分布を示し、結果率20%以下の組合せが全体の約25%を占めていた。種子生産でも球果と同様の傾向が見られ、'79年の交配結果の悪さが顕著に表れた。

一方、種子1,000粒重では'82年の交配で生産された種子が、その他の年度の種子より総じて軽かった。これは、この年の交配で多くの組合せから種子が得られ、種子精選作業、特にシイナ粒の選別作業が粗雑になったためである。'82年を除いた残りの年度の生産種子は、1球果当たり種子数の多少にかかわらず、1,000粒

Table 2. 年度ごとの交配規模とその結果
Total number mating and it's result in each year

交配年 mating year	交配規模 Total number of mating			球果生産 Production of cone			種子の生産 Production of seed			
	組合せ数 Number of cross combinations	交配袋数 Number of bags	雌花数 Female flowers	組合せ数 Number of cross combinations	球果数 Number of cones	結果率 Cone yield percentage	組合せ数 Number of cross combinations	種子重量 Seed volume	粒数/球果 Number of sound seed pre cone	1,000粒重 Weight of 1,000 seeds
1979	126	6,052	11,501	126	3,915	34.9	106	493.3	13.1	10.3
1980	117	3,760	5,806	115	2,847	50.9	114	817.8	29.4	9.7
1981	119	6,493	10,536	118	4,911	47.7	118	1,492.2	29.9	10.5
1982	230	8,446	15,357	229	9,360	61.6	229	2,060.0	25.4	8.5
1983	186	8,600	13,000	186	6,177	48.9	186	2,028.0	27.8	10.5
1984	121	4,211	7,074	120	2,920	42.2	120	663.7	22.4	10.6
1985	27	1,054	1,947	27	995	56.9	26	322.0	23.4	10.5
計・平均 Total or mean		38,616*	65,221*		31,125*	49.0**		7,876.0*	24.5**	10.1**

Note : * indicate total and ** indicate mean

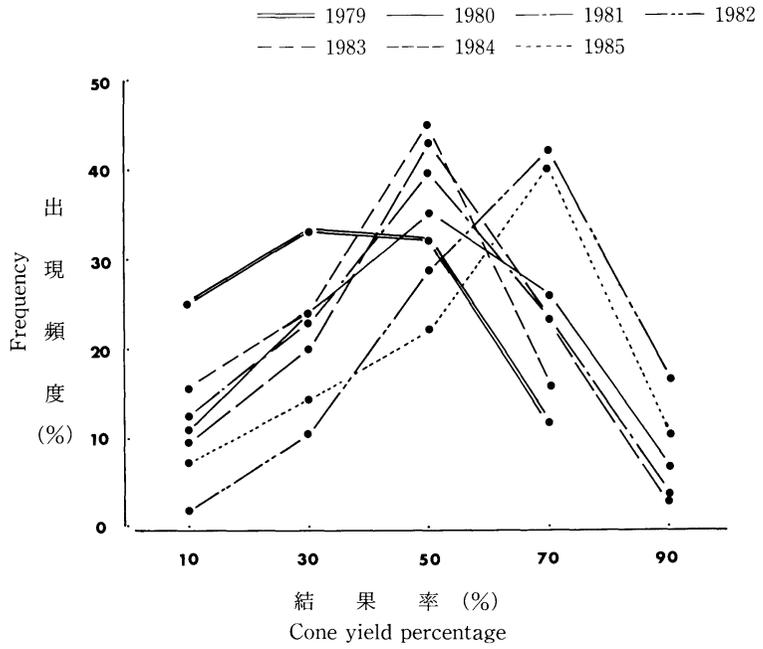


Fig. 1. 交配実行年ごと結果率の度数分布
 Frequency distribution of cone yield percentage in each year

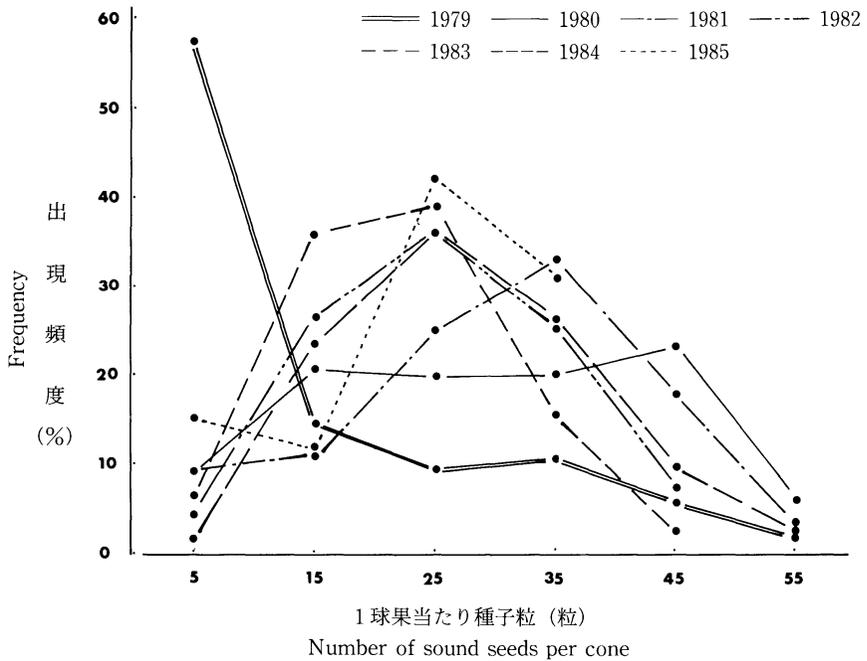


Fig. 2. 交配実行年ごと1球果当り種子粒の度数分布
 Frequency distribution of number of sound seeds per cone in each year

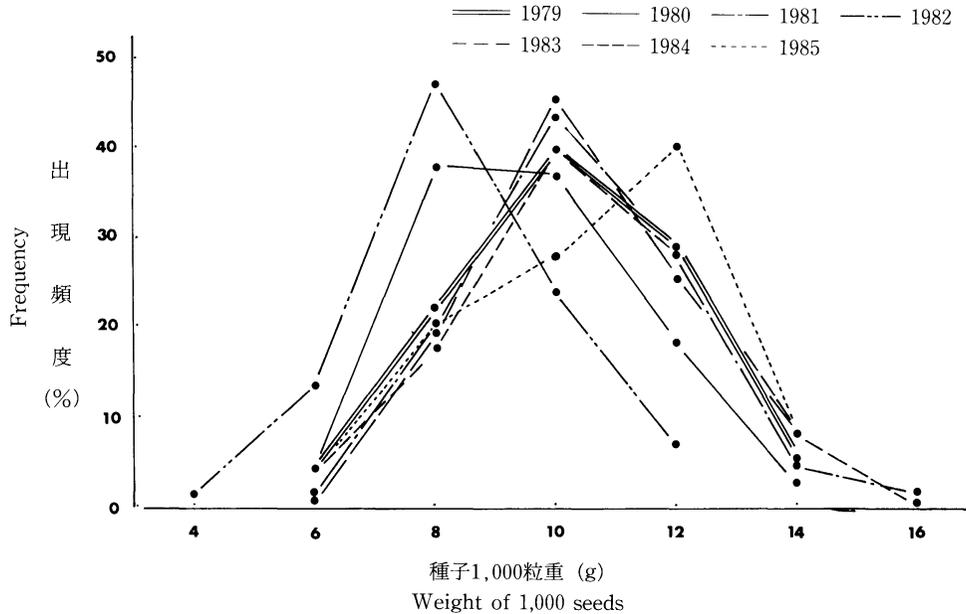


Fig. 3. 交配実行年ごと種子1,000粒重の度数分布
Frequency distribution of weight of 1,000 seeds in each year

重には大きな相違が見られなかった。

人工交配における球果や種子の生産性は交雑親和性に支配され、目標種子生産量を達成するまでの交配回数は母樹や組合せによって異なる。交配回数の多少は交配作業工期に大きく影響する重要な因子である。

Table 3 には当初計画分の125組合せと計画変更で追加された190組合せについて、目標種子生産量(1,500粒)の達成状況を示した。交配作業期間は'79年から'85年までであり、最大交配回数は、当初計画分で7回、追加分は5回である。

交配期間中の1組合せ当たりの交配回数は、当初計画分では平均3.4回、追加分は平均2.6回である。これに対し1,500粒が達成された時点までの交配回数は、当初計画分の125組合せでは3.0回、追加分の190組合せは2.0回であった。交配期間中の交配回数や1,500粒達成までの交配回数は、当初計画分の組合せが追加分の

Table 3. 目標生産量(1組合せ当たり1,500粒)の達成状況
Achievement of target seed production 1,500 seeds per cross combination

	達成までの交配回数 Number of times pollination until target achieved							未達成 Unaccomplishment	合計組合せ数 Total number of cross combinations
	1	2	3	4	5	6	7		
当初計画分 First plan from 1979	(8.0) 10	(17.6) 22	(52.0) 65	(13.6) 47	(1.9) 6	(1.6) 2	(1.6) 2	(0.8) 1	125
追加計画分 Addendum plan from 1982	(27.9) 53	(45.8) 87	(19.5) 37	(4.7) 9	(0.5) 1			(1.6) 3	190
合計 Sum	(20.0) 63	(34.6) 109	(32.4) 102	(8.3) 26	(1.9) 7	(0.6) 2	(0.6) 2	(1.3) 4	315

注) 上段括弧書きは合計組合せ数に対する割合である。

Note: The parentheses are percentages against totals.

ものより平均で1回、すなわち1年多くを要した。

目標を達成できなかった組合せは、仙台2×北蒲原6, 野辺地3×岩船1, 野辺地3×乙供105, 野辺地3×西置賜3の4組合せで、それぞれの種子生産数は記載順に791粒, 885粒, 1,202粒及び1,357粒であった。これらの中で、仙台2×北蒲原6と野辺地3×西置賜3の2組合せでは、交配期間内に2回しか交配しておらず、交配回数の不足が未達成の原因と思われる。また、1,500粒の種子を生産したが、そのために5回以上の交配を要したものが、九戸105×上閉伊101, 九戸105×雫石1（以上7回）、野辺地1×乙供104, 九戸106×岩手102（以上6回）及び、乙供102×上北103, 九戸107×岩泉101, 九戸105×岩手104, 一関10×水沢104, 水沢104×宮古4, 中新田102×栗原101, 北蒲原4×大船渡高田2（以上5回）の11組合せであった。なお、5回以上の交配回数を要した組合せは北蒲原4×大船渡高田2を除き、当初計画からの組合せのものであった。

Fig. 4, 5には目標を達成できなかった組合せと、達成までに5回以上の交配を要した組合せについて、交配1回当たりの供試雌花数と球果・種子の生産状況を示した。いずれの組合せでも1交配当たりの供試雌花数は平均或いはそれ以上と多いが、結果率と1球果当たり種子数は平均以下の数値であった。また、結果率や1球果当たり種子数の年度ごとの変動はかなり大きく、球果や種子が予定どおり生産されないため、交配作業は長期に及んだ。

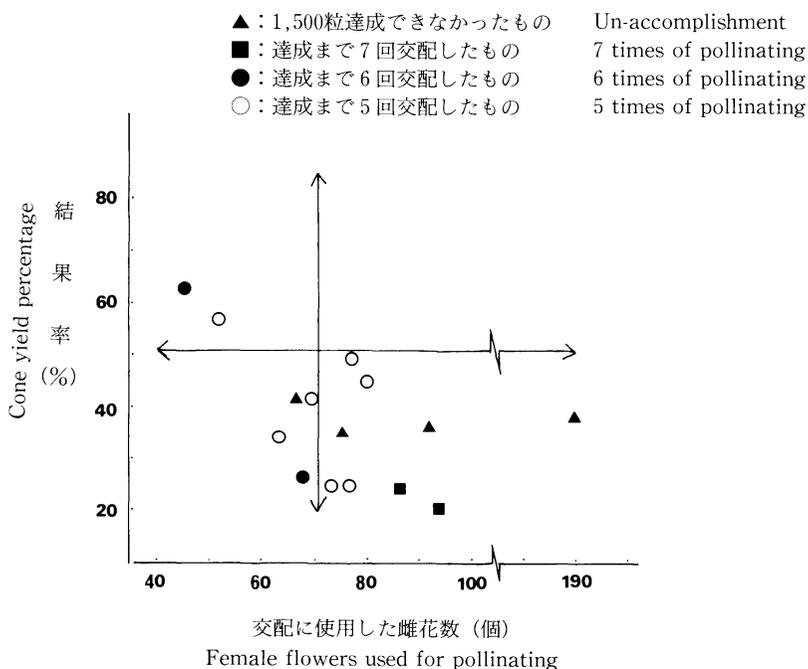


Fig. 4. 目標が達成出来なかった組合せと達成までに多くの交配を要した組合せにおける、供試雌花と結果率の関係

Relationship between female flowers used in mating and cone yield percentage on the crossing combination which were not achieved purpose for 1,500 seeds and in necessary many times of pollinating for 1,500 seeds

註) 横線と縦線はそれぞれ雌花数と結果率の範囲を示し、両者の交点は平均値を示す

Note : A horizontal line and vertical line indicate range of number of female flowers and yield percentage. And further, an intersection of each line indicates means respectively.

'79年～'85年までの交配実行結果から算出した交配作業工期を、Table 4, Fig. 6 に示した。

それぞれの作業種ごとの1人1人日当たりの作業能率は、交配袋掛け作業では雌花数にして185～408個（袋数では103～233袋、以下括弧内数値は袋数当たり）、受粉作業では雌花数にして242～529個（131～323袋）、開花終了後の除袋・ラベル付け作業では幼球果数にして215～406個（132～228袋）となり、翌年の球果採取作業では球果数にして129～326個であった。これら各交配作業の工期は交配規模と比例しており、規模の増加に応じて能率が向上した。ただし、受粉作業では開花期間が限定されるため、一人当りの交配規模が袋数にして1,000枚前後で能率が伸びなやむ傾向が見られた。また、除袋・ラベル付け作業では'79年と'80年以降とで作業仕組を多少変えたので、この年を境に作業能率が変った。これは1980年以降の作業で球果採取作業を容易にするために、幼球果着生位置にビニールテープの取り付け作業を加えたためである。

2 貯蔵種子の発芽と苗木生産について

'87年～'89年に播き付けた人工交配種子の発芽状況をTable 5, 6, 7 に示した。

この期間の播き付けでは、いくつかの組合せで生産年度が異なる複数の種子を播き付けたものがあるので、いずれの年も播き付けた家系の合計は組合せ数315より多くなった。交配種子の畑地発芽率（以下発芽率と言う）は'87年では $44.2 \pm 33.9\%$ 、'88年では $36.9 \pm 29.9\%$ 、そして'89年では $35.2 \pm 27.5\%$ と、総じて悪く、しかも、年ごとに低下した。一方、生産年別種子の発芽状況は生産年の古い種子ほど、また、播き付け年が

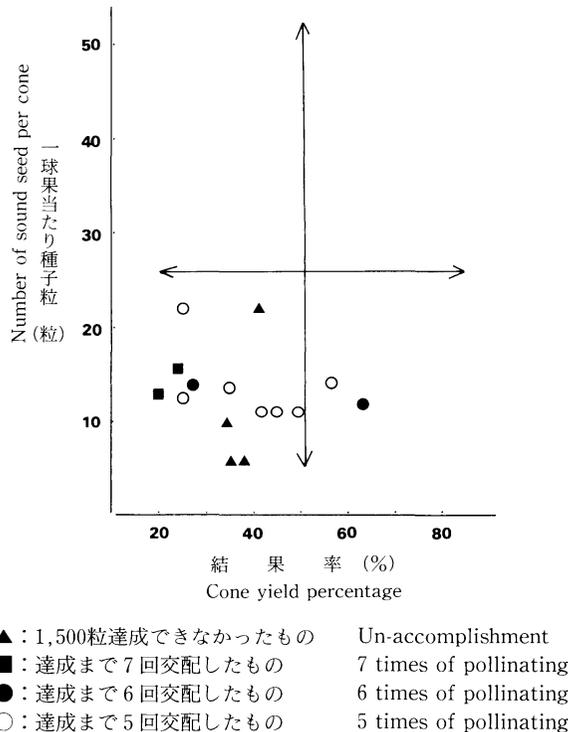
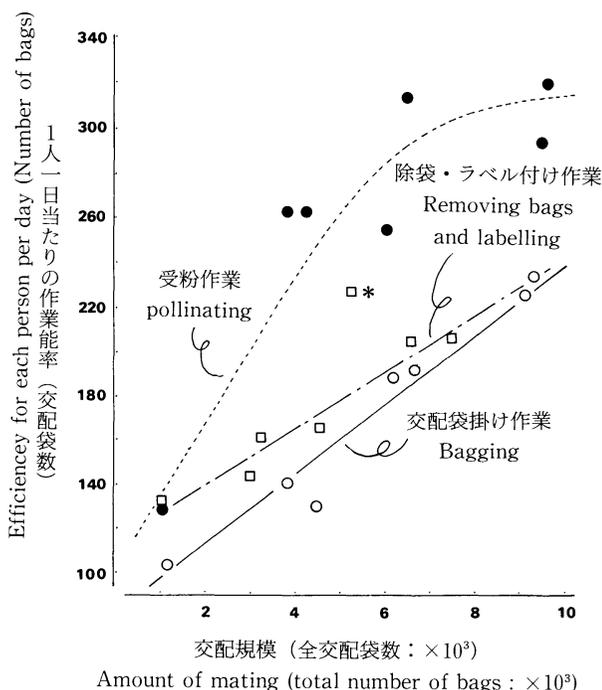


Fig. 5. 目標が達成出来なかった組合せと達成までの多くの交配を要した組合せにおける、結果率と種子生産との関係
Relationship between cone yield percentage and production of the crossing combination which were not achieved a purpose for 1,500 seeds and in necessary many times of pollinating for 1,500 seeds

Table 4. 交配実行ごとと交配作業種別の功程
Efficiency of mating work in each year

交配年 mating year	交配袋掛け作業 Bagging				受粉作業 Pollinating				除袋・ラベル付け作業 Removing bags and labeling				球果採取作業 Cone collecting			
	1人当たり		作業 能率	()	1人当たり		作業 能率	()	1人当たり		作業 能率	()	1人当たり		作業 能率	()
	総数	交配袋数 雌花数			総数	交配袋数 雌花数			総数	交配袋数 雌花数			総数	球果数		
Amount	Number of bags Number of femals	days	working efficiency	Amount	Number of bags Number of femals	days	working efficiency	Amount	Number of bags Number of femals	days	working efficiency	Amount	Number of cones	days	working efficiency	
1979	(6,205)	(886)	(189)	(6,052)	(864)	(254)	(5,272)	(753)	(228)							
	11,690	1,670	4.7	355	11,501	1,643	6.8	483	9,374	1,339	3.3	406				
1980	(3,829)	(547)	(140)	(3,760)	(537)	(262)	(3,032)	(433)	(144)							
	5,958	851	3.9	218	5,806	829	4.1	405	4,524	646	3.0	215	3,915	559	2.1	261
1981	(6,738)	(963)	(193)	(6,493)	(927)	(314)	(4,654)	(665)	(166)							
	10,801	1,543	5.0	309	10,536	1,505	5.9	501	6,690	956	4.0	239	2,847	407	2.1	194
1982	(9,154)	(1,308)	(225)	(8,446)	(1,206)	(294)	(7,376)	(1,054)	(206)							
	16,577	2,368	5.8	408	15,357	2,194	8.3	529	12,797	1,828	5.1	358	4,911	702	3.2	219
1983	(9,300)	(1,329)	(233)	(8,600)	(1,229)	(323)	(6,592)	(942)	(204)							
	13,642	1,949	5.7	342	13,000	1,857	7.6	489	9,160	1,309	4.6	284	9,360	1,337	4.1	326
1984	(4,430)	(633)	(129)	(4,211)	(602)	(262)	(3,266)	(467)	(161)							
	7,376	1,054	4.9	215	7,074	1,011	4.6	439	5,013	716	2.9	247	7,177	882	3.8	232
1985	(1,155)	(165)	(103)	(1,054)	(151)	(131)	(1,013)	(145)	(132)							
	2,075	296	1.6	185	1,947	278	2.3	242	1,846	264	1.1	240	2,920	417	2.4	173
1986													995	142	1.1	129



- * は1979年交配によるデータで、作業内容が他の年度と異なる。
- * indicate datum of mating in 1979 and differs from other years working specifications because of it's data was ruled out.

Fig. 6. 交配規模 (全交配袋数) と交配作業能率との関係
Relationship between amount of mating and efficiency for each person

Table 5. 1987年に播き付けた貯蔵種子の発芽状況
Germination percentages of stored seed sown in 1987

発芽率の区分 Classification of germination percentage	種子生産年ごとの家系数 Number of families for year of seed yield						合 計 Total
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
0 (%)	13	9		2			24
1~10	29	12	5	24	1		71
11~30	6	17	4	24			51
31~50		18	3	28	3		52
51~70		8	4	24	3		39
71~90		1	12	64	7	6	90
91~			4	9	3	12	28
合 計 Total	48	65	32	175	17	18	355
平均発芽率 mean and stand- erd deviation	3.1 ±5.8	26.0 ±20.1	56.9 ±32.6	52.9 ±31.1	67.2 ±23.3	92.3 ±5.8	44.2 ±33.9

Table 6. 1988年に播き付けた貯蔵種子の発芽状況
Germination percentages of stored seed sown in 1988

発芽率の区分 Classification of germination percentage	種子生産年ごとの家系数 Number of families for year of seed yield						合 計 Total
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
0 (%)	1	6		6			13
1~10	23	21	2	30	3		79
11~30	8	21	3	38	6		76
31~50	6	6	5	19	5		41
51~70		4	9	35	8		56
71~90			11	29	12	3	55
91~			1	4	3		8
合 計 Total	38	58	31	161	37	3	328
平均発芽率 mean and stand- erd deviation	13.0 ±13.9	16.4 ±17.0	57.3 ±25.2	40.6 ±29.6	54.8 ±27.8	84.0 ±6.4	36.9 ±29.9

Table 7. 1989年に播き付けた貯蔵種子の発芽状況
Germination percentages of stored seed sown in 1989

発芽率の区分 Classification of germination percentage	種子生産年ごとの家系数 Number of families for year of seed yield							合 計 Total
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	
0 (%)	1	7		8	1			17
1~10	13	28	9	27	19		2	98
11~30	8	16	12	41	15	1	1	94
31~50	2	2	13	27	26	4		74
51~70		1	27	20	27	8	1	84
71~90			13	12	16	16	1	58
91~			1					1
合 計 Total	24	54	75	135	104	29	5	426
平均発芽率 mean and stand- erd deviation	11.8 ±12.7	10.0 ±12.4	48.0 ±26.1	30.0 ±24.6	42.2 ±25.2	67.7 ±14.6	35.3 ±32.6	35.2 ±27.5

遅くなるほど、発芽率が低くなった。中でも、貯蔵期間が長い'80年と'81年の生産種子では、発芽力の減退が顕著であった。しかし、'82年生産種子ではその低下の度合いがやや緩やかであった。なおデータ数は少ないが、生産年が新しく貯蔵期間も短い'86年生産種子の発芽成績は良好ではなかった。

Table 8, 9, 10には播き付け年度ごとに、当年生苗の枯損状況を示した。

播き付け当年の発芽後、秋までの枯損率は0～100%まで広い範囲に見られたが、多くは20%以下で、いずれの年も枯損率の低い家系が多いL型分布を示した。40%以上の高率の枯損を示すものは発芽率が低い組合せに多かった。播き付け年ごとの平均枯損率は'87年では4.5±5.8%、'88年では7.7±10.7%、'89年では8.2±7.7%とわずかながら年ごとに増加した。しかし、生産年ごとの種子の枯損状況は発芽力が衰えた'80年、'81年の種子でやや少ない傾向が見えるが、その違いはそれほど大きくなかった。

Fig. 7, 8には'84年に実生採種園用に播き付けした種子の発芽データ¹⁰⁾を加えて、交配種子の貯蔵期間の長さとの関係を示した。なお、この図では貯蔵期間の長さを、球果採取の翌年春に播き付けた場合を0年として算出した。

Table 8. 1987年に播き付け当年生苗の枯損状況
Mortality percentage of seedlings in 1st year antumu sown in 1987

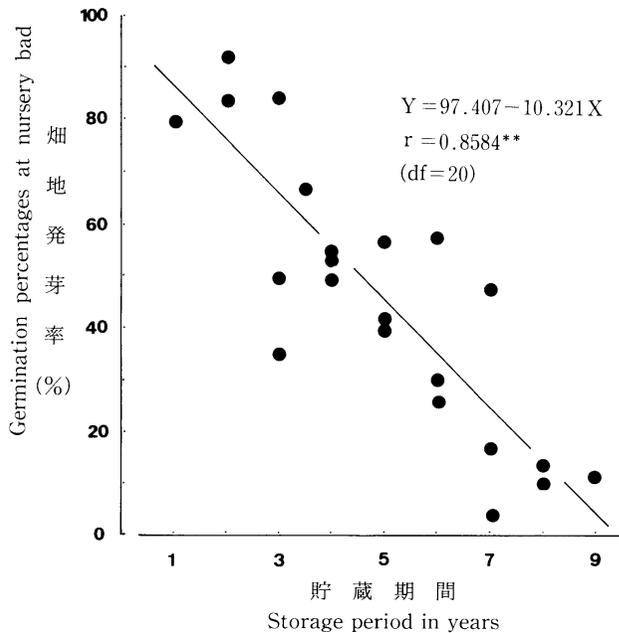
枯損率の区分 Classification of mortality percentage	種子生産年ごとの家系数 Number of families for year of seed yield						合計 Total
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
0 (%)	28	18	14	54	8	11	133
1～10	3	29	15	94	7	7	155
11～20	3	8	3	23	2		39
21～30	1			1			2
31～50		1		1			2
51～70							
71～							
合計 Total	35	54	32	173	17	18	331
平均枯損率 mean and stand- ard deviation	2.7 ±6.3	5.1 ±7.1	4.2 ±4.6	5.0 ±5.6	3.3 ±4.4	2.0 ±2.9	4.5 ±5.8

Table 9. 1988年に播き付け当年生苗の枯損状況
Mortality percentage of seedlings in 1st year antumu sown in 1988

枯損率の区分 Classification of mortality percentage	種子生産年ごとの家系数 Number of families for year of seed yield						合計 Total
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
0 (%)	20	19	6	46	12		103
1～10	9	21	20	65	14	1	130
11～20	7	9	5	30	9	2	62
21～30				7	2		9
31～50	1	2		5			8
51～70				2			2
71～		1					1
合計 Total	37	52	31	155	37	3	315
平均枯損率 mean and stand- ard deviation	5.4 ±9.1	8.5 ±15.7	5.5 ±4.9	8.4 ±10.3	7.7 ±7.5	10.0 ±5.0	7.7 ±10.7

Table 10. 1989年に播き付け当年生苗の枯損状況
Mortality percentage of seedlings in 1st year antumu sown in 1989

枯損率の区分 Classification of mortality percentage	種子生産年ごとの家系数 Number of families for year of seed yield							合計 Total
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	
0 (%)	10	25	10	32	16	2	3	98
1~10	8	11	41	63	47	16	1	187
11~20	3	9	17	23	30	7	1	90
21~30	2	1	6	7	8	3		27
31~50		1	1	2	2	1		7
51~70								
71~								
合計 Total	23	47	75	127	103	29	5	409
平均枯損率 mean and stand- erd deviation	5.8 ±7.1	5.7 ±8.0	9.3 ±7.2	7.6 ±7.2	9.7 ±8.0	9.6 ±8.9	8.3 ±4.8	8.2 ±7.7



註) **は1%レベルで有意差あり

Note: ** indicate significance at the $\alpha = 0.01$ level

Fig. 7. 種子貯蔵による発芽率の変化

Change of germination percentages at unrsery bed by stord seeds

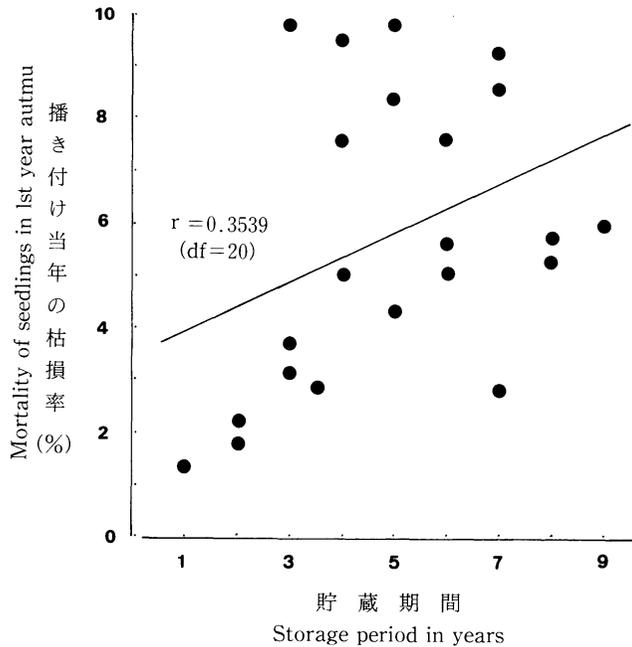


Fig. 8. 種子貯蔵による当年生苗の枯損率の変化
Change of mortality of seedlings in 1st year autumn by stored seeds

貯蔵種子の発芽率は貯蔵間もない1～2年後では80%以上を示したが、4～5年を経過したものでは60～40%、8～9年後では約10%と、貯蔵期間の長さに応じ低下した。両者の間には相関係数 $r = -0.8584^{**}$ と極めて有意な相関関係が認められ、回帰式 $Y = 97.407 - 10.321X$ が得られた。一方、播き付け当年の枯損率では相関図上の各点の散布範囲が広く(相関係数 $r = 0.3539$)、貯蔵期間と枯損率の間には相関関係が認められなかった。

Table 11は'87年から'89年までの播き付けで、いずれかの年の発芽が0%であった家系と、その家系のその他の年における発芽状況を示した。

いずれかの播き付け年で発芽率が0%を示したものは18交配セットの43家系で見られた。家系数に重複があるが、播き付け年度ごとには、'87年では25家系、'88年では13家系、'89年では17家系であり、播き付け家系数に対するそれぞれの割合は、年度順に6.8%、4.0%、4.0%であった。この中で、1交配セットあたり3家系以上の家系が発芽率0%であった交配セットは9セットあり、それぞれのセット内では雌親クローンが共通するものが多かった。しかし、これらの家系のその他の播き付け年、或いはその他の生産年の種子の発芽状況はTable 5, 6, 7と同様に、'80年、'81年産種子のほとんどが0%に近い発芽率であり、その他の種子では発芽率が比較的高率となっている例が多かった。'87～'89年までの播き付け結果の中で、いずれの場合でも10%以下の発芽率を示した家系は、乙供1×八戸103、水沢102×乙供-乙供1、一関10×一関7、東南置

賜6×新発田102, 一関9×村上1のわずか5組合せにすぎなかった。

'87年と'88年の播き付けで得られた当年生苗の苗高はFig. 9に, 1年生の苗高はFig.10に示した。

'87播き付けの当年生苗の高さは平均8.5cm, その範囲は4.0~12.9cm, '88年のそれは平均8.7cm, 範囲は3.0~15.1cmで, 両年とも良く似た成長を示した。この試験には対照苗がないが, この当年生苗の成長は当場におけるこれまでの一般苗の成績とほとんど同じであった。一方, 1年生苗の苗高は, '87年播き付けでは平均21.2cm, 範囲は13.9~29.1cm, これに対して'88年のそれは, 平均17.9cm, 範囲は10.7~28.6cmとなり, '88年播き付け苗の'89年の成長が悪かった。苗木の高さについての年度間相関は当年生苗では $r = 0.6513^{**}$ (d

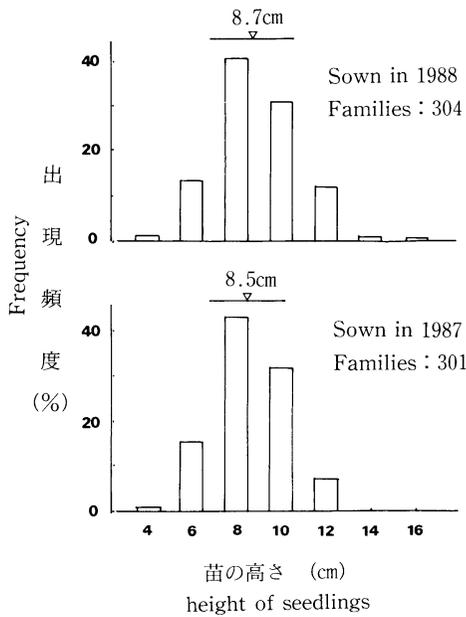
Table 11. いずれかの播き付け年で発芽率0%を示した家系と, その家系のその他の年度における発芽状況 Families's germination percentage indicatde at 0% in any years, and germination of it's famslies in another years

交配 セット Number of pollina- tion set	交配 組合せ Cross combination		種子の生産年 Years of seed yield in																		
			1980 播き付け年 Years of sown in			1981 播き付け年 Ditto			1982 播き付け年 Ditto			1983 播き付け年 Ditto			1984 播き付け年 Ditto		1985	1986			
			'87	'88	'89	'87	'88	'89	'87	'88	'89	'87	'88	'89	'88	'89	'89	'89			
1	三本木	3上北	101	0.0						88.1	80.0	85.2									
2	むつ	2乙供	101				0.0			59.2	38.5			1.5							
2	むつ	2三戸	104				0.0			72.4	43.6			6.5							
2	三戸	104三本木	4	1.2	0.0							54.3									
3	乙供	102むつ	1	0.0						65.5	54.0										
3	乙供	102上北	103	0.0						17.2			3.3	1.5			76.4				
3	むつ	1上北	103				0.0			80.5	64.7	68.0									
4	東南置賜	1上北	105										14.8	1.8	0.0		45.0				
6	野辺地	3乙供	105				0.0			1.5			1.1			44.0	35.5	0.7			
6	野辺地	3久慈	101				0.0	2.5				12.7									
7	野辺地	2岩手北上	山3										0.0	0.0		7.2		72.7			
8	乙供	1八戸	103	0.0				0.7	2.2												
8	乙供	1久慈	103	0.0	0.0							56.5									
8	八戸	103久慈	103	0.0			28.6					26.6	15.3								
8	三戸	112乙供千曳	1										1.6	0.4	0.0			49.3			
9	泉岩手	101八戸	102	0.0				0.7	0.3			23.7									
9	岩手	101八戸	102				0.0	14.6				53.2									
9	八戸	102三島	4										11.2	0.0	0.2			42.7			
9	八戸	102西置賜	1										1.6	0.0	0.0			5.2	61.2		
9	三島	4西置賜	1										2.8	0.4	0.0				42.5		
10	岩手	102北蒲原	2										37.2	8.4	0.0				83.6		
12	岩手	3岩泉	101	0.0			31.4							45.1	36.5						
12	西蒲原	1岩手松森	山1										74.0	48.0	25.5				0.0		
14	九戸	105磐石	1					0.0		13.3			7.6	37.1					38.4	79.6	
14	九戸	105岩手	104	0.0			17.9			22.2				25.8	10.5						
14	磐石	1岩手	104	0.0	0.0																
15	盛岡	103上閉伊	102					0.0		96.4			60.2								
15	盛岡	103水沢	102					0.7	0.0				92.8								
15	上閉伊	102乙供乙供	1										0.4	0.0					47.8		
15	水沢	102乙供乙供	1										10.0	3.3	0.0						
16	一関	10一関	7	1.6				0.4	0.3				6.9								
16	一関	10宮古	4				0.0	0.0	0.0				10.5								
16	水沢	104宮古	4					0.0	0.0	27.6			11.0							14.3	
17	東南置賜	6新発田	102							0.4	0.6									0.0	0.2
18	一関	9一関	101		3.3	0.0				3.2		0.4									32.1
18	一関	9村上	1										0.4	0.0							0.2
18	一関	9仙台大沢	3										0.0	0.0			20.0				1.2
19	東磐井	103白石	9					0.0			92.3	89.1	52.5								
20	中新田	102栗原	101	0.0								55.0		9.6							79.3
20	中新田	102仙台	4	0.0				0.0				80.7	60.2								
20	中新田	102仙台	1	0.0				0.4	0.0				69.4								
20	仙台	4仙台	1	0.0						91.8	89.5	50.0									
21	白石	10仙台	3				3.2	1.1	0.0				51.3								
家系数 Number of families			43	16	4	1	13	12	10	13	12	20	15	17	17	3	13	5	1		
平均発芽率 (%) Mean of germination percentage				0.18	0.83	0.00	6.24	1.76	0.28	49.92	54.25	42.25	17.03	10.78	7.56	23.73	30.12	73.84	0.70		

f = 291), 1年生苗では $r = 0.2566^{**}$ (df=163) と、ともに極めて有意な相関が認められた。しかし、苗高についての2元分類の分散分析結果から求めた家系変動の寄与率は (Table 12), 当年生苗では64%と大きく、1年生苗では僅かに18%と小さかった。'89年の成長期は気温が高く、かつ、降水量が少ない乾燥した気象条件であった。このため伸長量が少なく、1年生苗の高さが小さくなったものと考えられる。

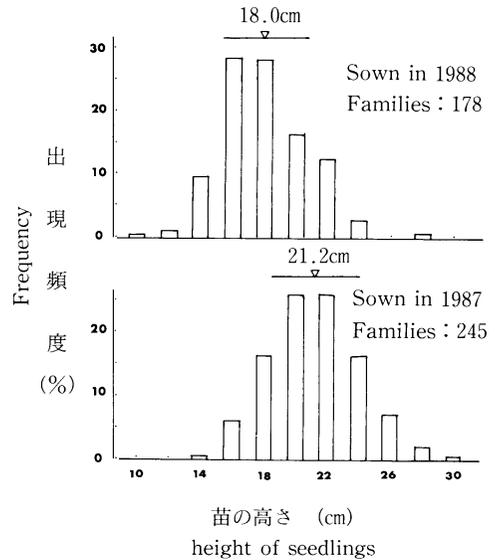
Table 13には播き付けた種子の重さと得られた当年生苗の苗高との相関を示した。

これによると'80年と'85年の生産種子、及び'88年播き付けの'84年生産種子では、有意な相関が認められなかった。また、有意な相関が認められたその他の年度の種子では、得られた相関係数の値が総じて小さく、'81年と'84年の生産種子では5%レベルの下限に近い小さな値であった。当年生苗の高さと種子の重さ間の相関関係は、種子貯蔵による生産年ごとの種子発芽力低下と傾向が似ており、この事から、貯蔵期間が長い種子では両者の相関関係は弱くなるものでないかと思われる。



註) ∇ は平均値と標準偏差の範囲を示す。
 Note : ∇ indicate mean and range of standard deviation

Fig. 9. 当年生苗の高さの度数分布
 Frequency distribution of height of seedlings in 1st year antum in each year



註) 凡例はFig. 9. と同じである。
 Note : The remarks in this figure are similarity in figure 9.

Fig. 10. 1年生苗の高さの度数分布
 Frequency distribution of height in 1-year-old seedlings in each year

Table 12. 交配家系における苗高の分散分析
Analysis of variance of height in crossing seedlings

1. 播き付け当年生苗の分析結果

Result of seedlings in 1st year autumn

変動因 Source of variance	自由度 D.F.	平方和 S.S.	平均平方 M.S.	分散比 F	寄与率 Rete of contribution in variation
年 度 間 Years	1	13.215	13.215	11.761**	0.65
家 系 間 Families	292	1523.994	5.236	4.660**	64.20
誤 差 Error	292	328.095	1.124		
全 体 Total	585	1870.304			

2. 1年生苗の分析結果

Result of 1-years-old seedlings

変動因 Source of variance	自由度 D.F.	平方和 S.S.	平均平方 M.S.	分散比 F	寄与率 Rete of contribution in variation
年 度 間 Years	1	1009.925	1009.925	178.613**	28.65
家 系 間 Families	164	1567.488	9.558	1.690**	18.26
誤 差 Error	164	927.300	5.654		
全 体 Total	329	3504.713			

註) **: 1%レベルで有意差あり

Note: ** indicates significance at the $\alpha=0.01$ level

Table 13. 生産年別種子の1,000粒重の当年生苗の高さの相関
Correlation between height of seedlings and weight of 1,000
seeds in each year

種子の生産年 Year of seed yield	播き付け年 Year of sowing in			
	1987		1988	
	家系数 Number of families	相関係数 Correlation coefficient	家系数 Number of families	相関係数 Correlation coefficient
1980	26	0.2455	32	0.3213
1981	44	0.2975*	48	0.2946*
1982	28	0.3905*	28	0.7159**
1983	149	0.3698**	142	0.3637**
1984	15	0.4815*	35	0.2788
1985	15	0.3756	3	

註) *, ** 5%及び1%レベルで有意差あり。

Note: * and ** indicates significance at the $\alpha=0.05$ and 0.01 level, respectively

Ⅳ 考 察

1 交配作業工程について

採種園や交雑園などの野外で実行した交配作業の工程を検討した報告は、この「交雑育種事業化プロジェクト」における成果として、スギ^{6,7,8,9)}とヒノキ^{7,14)}に見られるが、アカマツでは本報告の初年度分についての検討¹⁰⁾があるだけである。

本交配の計画に際し、その規模の算定には結果率を75%、1球果当たり種子数を30粒として進めた。しかし、7年間の実行結果では球果や種子の生産性はともにその範囲が大きく、平均値で結果率は49%、1球果当たり種子数は24.5粒と、予定の基礎数値をそれぞれ36%、18%下回った。この基礎数値は、'69～'71年まで3年間にわたって実行したアカマツ精英樹クローンの交配結果²¹⁾を参照としたものであるが、この交配の実行規模は必ずしも小さくはなく、球果や種子の生産状況は本交配の実行結果とほとんど同様であった。

ちなみに、交配結果から求めた球果と種子の生産状況をもとに、315組合せから目標の1,500粒を得るための最少の交配規模を算出すると、交配袋数23,985枚、供試雌花数は40,431個、生産すべき球果数は19,286個、生産すべき種子量は4.772kgとなる。実行結果とこの数値を比較すると、必要規模の約1.6倍の交配を実行したことになる。この違いの主な原因はアカマツでは球果の生産が翌年に及ぶため、前年の成果が交配年の春にはまだ不明で、秋の成果を予想して交配計画をたてたこと、さらに安全を見積もって交配を実行したためである。

種間交雑では、韓国におけるリギテータマツ (× *Pinus rigitaeda*) の例が詳細に報告されている¹⁷⁾。この交配では、雌親として交配に供した材料は樹齢8～14年生のリギダマツ (*Pinus rigida* MILL) 造林地の植栽木であり、交配袋は20cm×50cmの大きさで、受粉回数は2～3回、受粉用の花粉(テータマツ: *Pinus taeda* L.) は国内(全羅南道林試構内)とアメリカ合衆国(カルフォルニア州Eddy樹木園及びその他のテータマツ原産地)から採集し、交配作業には中高等学校の生徒が従事した。その作業能率を交配袋10,000枚当りに換算すると、袋掛け作業には100人が、受粉作業には67人が、除袋作業には100人がそれぞれ必要であった。

本交配の実行結果から算出した作業工程とリギテータマツの場合と比較するとTable 14のようになる。小形の交配袋を使用した本報告では、それぞれの作業の上限の数字が交配規模として、袋数10,000枚に相当す

Table 14. アカマツ種内交配とリギテータマツ種間交雑における交配作業の能率比較
Comparisons of efficiency of mating work between intraspecific crossing of Japanese red pine and intraspecific crossing of ×*Pinus rigiteda*

交配作業種 Mating work	1人1日当りの作業量 (交配袋数) Day's work per each person (number of bags)	
	アカマツ種内交配 Japaness red pine	リギテータマツ × <i>Pinus rigiteda</i>
交配袋掛け作業 Bagging	103 ~ 233	100
受粉作業 Pollinating	131 ~ 323	149
除袋・ラベル付け作業 Removing bag and labeling	132 ~ 228	100

る。交配の仕組が異なるので比較は難しいが、小形の交配袋での作業はリギテータマツの約2倍の能率であった。我国ではマツ類の交配にはリギテータマツほどではないが、大きな交配袋（マツ用交配、内側：グラシン紙、外側：白色パーチメント紙、大きさ：15cm×30cm）を用いており、その作業能率はこの結果とは異なるものと推定される。

小形交配袋は新梢の先端に雌花を確認した上で作業を開始し、1つの新梢に1枚の袋を掛けるので、袋掛け作業の期間が短く、1袋当たりの雌花数が少ない。小形交配袋で早い時期に袋掛けを行うと、新梢の旺盛な伸びで袋が破損し、せっかく隔離した雌花も飛来花粉の汚染により交配の用に役立てる事が出来なくなる。市販の交配袋を用いた場合の1袋当たりの雌花数は、渡辺ら²²⁾によると、アカマツ（7年生）で3.0～5.5個、クロマツ（7年生）では2.9～3.8個であった。また、古越ら⁴⁾の交配結果（7～10年生、アカマツ精英樹クローン）では、1袋当たり2.6～7.7個、平均4.6個であった。このように大きい袋では1つの袋の中に多くの新梢が入るため1袋当たりの雌花数は多くなり、同じ規模の交配では袋数が少なくてすむことになる。小形の袋を用いた本交配結果では、1交配袋当たり1.7個、年ごとの平均値の範囲は1.5～1.9個で、大きな袋の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ の量であった。小さな袋で行う交配袋掛け作業は、交配規模が大きくなるほど厳しいものとなり、次に述べる受粉作業に次いで交配作業を制する因子となるようだ。

人工交配では開花期間中の受粉回数を多くすることで、充実種子粒の増加を期待できる¹²⁾が、回数増加は一方では作業量の増大につながり、これが交配作業全体を左右する主要な作業因子となる。2回受粉した本交配作業の結果では、袋の枚数として1日当たり300枚が、そして1人が担当する受粉規模は交配袋1,000枚前後が限度となった。

また、小形交配袋では、袋掛け後受粉までの間の気象条件、特に風雨などのため落下・破損が伴う。本交配作業を実行するに当たっては、各年度ともその損失量として約10%を見込んで実行したが、実行結果では年による変動があり、1.8%～8.6%の損失量であった。

なお、雄花採取及び花粉採集作業については工期を把握しなかった。しかし、供試母材の雄花の開花期に違いがある²³⁾ことと、当年受粉用と明年受粉用の花粉の採集があるため、その作業期間は袋掛け作業の後半から受粉作業の終了までの長期におよび、能率的には作業強度の大きい工期となっていたと思われる。

人工交配において母樹や組合せによる球果や種子の生産性は交雑親和性に支配されるが、この報告の実行結果においても、多くの交配回数を要した組合せでは、総じて球果や種子の生産が悪くそれを裏付けている。中でも、九戸105号・九戸107号を雌親に用いた組合せでは結果が特に悪かった¹³⁾。また、1,500粒の種子生産が達成出来ない組合せの中で、交配回数がわずか2回のものが見られた。この組合せの未達成の原因は交配回数の不足にあるが、これは年による着花量の変動が影響したものであり、クローンの着花特性と剪定整枝による樹形管理の双方から、必要とする雌花量を維持できなかったことと思われる、このようなことから人工交配には球果や種子の生産性の高い母本の選定が必要となるので、採種園で交配を実行する場合は母本の着花性を乱さぬような樹形誘導を心掛けることが必要と思われる。

2 貯蔵交配種子の苗木生産について

主要造林樹種の中で、スギ・ヒノキの種子は、放置すれば翌年の夏までには発芽力を失う短命な種子であると言われている。これに対し、アカマツ・クロマツは採種後、同じように放置しておいても発芽力を失うまでには数年を要すると言われており、気乾状態の種子をガラス瓶に密封し、涼しい部屋に置くだけで貯蔵5年後にも、なお10%の発芽力を持っていた¹⁵⁾。

温度2～4℃の冷蔵庫で貯蔵した人工交配種子の発芽状況を調査した本報告の結果では、貯蔵期間の長さ

に応じ発芽力が遞減し、得られた回帰式からは貯蔵期間1年につき約10%ずつ発芽率が低下した。しかし、この発芽率の低下はどの生産年の種子も一様ではなく、比較的低下の度合いが緩やかな年度の種子があった。また、この調査で発芽率0%を示した家系が43家系見られた。これらの家系でも種子の生産年によっては高率な発芽率を示しているものも多く見られ、いずれの年度も発芽率が悪い家系は少なかった。

さらに、クロマツ・アカマツ等では重い種子ほど苗木の成長が良いと報告されている¹³⁾が、本報告では貯蔵期間の長い種子で両者の間に有意な相関が認められなかった。これは発芽率の低下と似た傾向が見られる事から、貯蔵による影響と考えられる。

貯蔵種子の発芽力低下は貯蔵時の種子の乾燥程度と関係する¹⁵⁾といわれる。また、スギ・ヒノキ・アカマツを用いた種子の長期貯蔵の結果では、貯蔵後6年目で貯蔵温度2°Cでは33%、-20°Cでは53%の発芽力があり、これを播き付け前に冷温処理を行うと、いずれも80~90%の発芽率を示した²⁾。

本報告では播き付けに際しては従来の水浸法に従って実行した。このため、貯蔵種子の発芽力を十分に引出せず、このような結果になったと考える。また、貯蔵までの種子の取扱に関しては、球果採取以降種子貯蔵までの期間が長く、必ずしも各年度とも同じ条件下で作業が実行された訳ではないと思われる。これらのことから、貯蔵種子の生産年による活力低下の違いは貯蔵期間の長さに加え、貯蔵されるまでと播き付け時の種子の取扱、播き付け床の管理などが相互に影響しあった結果と思われる。

一方、発芽後播き付け当年秋までの枯損率は、播き付け年ごとに増加する傾向が見られたが、貯蔵による影響よりは、播き付け床の管理による影響が大きいと考えられる。

育種集団はその中から次期の精英樹を選び出して、次代の生産集団を構成するためのものである。このために適切な交配設計が立てられ、多くの家系が播き付けられるが、種子の取扱や育苗管理で特定の家系が失われないようにする事が肝要である。

本報告でも、発芽不良、播き付け苗の枯損などにより苗木が得られない家系があり、交配設計で割当てられたセットを維持できないものも多く見られた。集団林用種子は計画にしたがって直ちに播き付けする事が当然であるが、欠失する家系の種子生産を待って止むを得ず貯蔵する場合は、その取扱は充分な注意が必要となろう。

最後に育苗の段階では、家系数不足による交配セットの欠落、或いは家系内本数の減少などは避けられない問題である。次世代の精英樹選抜に必要な充分な情報を引き出せるよう、これらの問題を処理できる手法と手段の開発を進めなければならない。

V 引用文献

- 1) 明石孝輝：クロマツのタネが苗木の大きさに及ぼす影響，日林誌，**48**，176~179，1966
- 2) S. ASAKAWA：Further report on seed storage of three coniferous species, Proc. 2nd Internatl. Symp. IUFRO
S2 01 06, 1-7, 1976
- 3) 栄花茂：アカマツ・トドマツ・アカエゾマツのタネの形質が苗木の生育に及ぼす影響，日林東北支誌，**28**，142~144，1976
- 4) 古越隆信・大谷賢二・河野耕蔵：アカマツの2クローン交配による球果・種子の形態及び初期生長における組合わせ能力，関東林木育種場年報，**11**，67~106，1975

- 5) 古越隆信：将来世代の林木育種に備えて—交雑育種事業化プロジェクトの現状と展望—，林木の育種，**133**，20～23，1984
- 6) 半田孝俊：交雑育種事業化プロジェクトの第1回交雑作業工程と得られた種子の性質，関東林木育種場年報，**16**，179～194，1984
- 7) 半田孝俊：交雑育種事業化プロジェクトのスギ第2回及びヒノキ第1回交配作業工程と得られた種子の性質，関東林木育種場年報，**17**，9～26，1985
- 8) 半田孝俊：交雑育種事業化プロジェクトで1983年春実行したスギの交配作業工程と得られた種子の性質，関東林木育種場年報，**18**，77～94，1986
- 6) 半田孝俊・大谷賢二・河崎久男：交雑育種事業化プロジェクトで1984年春実行したスギの交配作業工程と得られた種子の性質，関東林木育種場年報，**19**，20～31，1987
- 10) 井上幹博：アカマツにおける分断ダイアレルクロスの交配作業工期，林木の育種(80年特別号)，34～37，1981
- 11) 川村忠士：アカマツ精英樹の分断ダイアレルによるみしょう採種園の設定と樹高の組合せ能力の推定，林育研報，**9**，93～111，1991
- 12) 中井勇・藤本博次・伊佐義朗：マツ類の種間交雑に関する研究—受粉時期及びその回数と種子生産性の関係—，林業技術，**229**，25～27，1967
- 13) 野口常介：アカマツ種内交配における小形シイナ率と種子生産，94回日林論，277～278，1983
- 14) 大谷賢二・河崎久男・半田孝俊：交雑育種事業化プロジェクトで1985年春実行したヒノキの交配作業工程と得られた種子の性質，関東林木育種場年報，**20**，55～64，1988
- 15) 小沢準二郎：林木種子の保存法，山林，**994**，37～44，1967
- 16) 齊藤幹夫・小野豊：セロハン袋によるマツ・スギの花粉採集法，日林誌，**50**，388～389，1968
- 17) Sin-Kyu HYUN & Kun-Yong AHN：Mass production of pitch-loblolly hybrid Pine (\times Pinus rigitaeda) seed, Research Report of the Institute of Forest Genetics (Korea), **1**，1～24，1959
- 18) 東北林木育種場：アカマツ交雑育種事業化プロジェクト，東北林木育種場年報，**16**，33～37，1985
- 19) 戸田良吉：育種集団林の必要性和その種類，林木の育種，**111**，1～4，1979
- 20) 戸田良吉：今日の林木育種，農林出版KK，pp. 231，1979
- 21) 茶屋場盛・野口常介：アカマツ精英樹クローン間交配におけるタネのでき方と1,000粒重について，東北林木育種場年報，**5**，107～119，1975
- 22) 渡辺操・岩川盈夫：マツ類の人工受粉技術ならびに種間交雑について，林試研報，**224**，125～146，1969
- 23) 吉村研介・三上進・野口常介：アカマツ精英樹の選抜地とクローンの開花特性，日林東北支誌，**35**，161～163，1983

付表1. 育種集団林造成のための人工交配に用いた材料一覧表

Materials used for artificial pollination

種 類	供試材料			選 抜 地 域		
	Materials			Localities of selected materials		
Item	クローン名		基本区	所有形態	所 在 地	
	Clone		Breeding district	Proprietor	Location	
精英樹	大	間	2	東北東部	国有林	青森県下北郡大間町奥戸
Plus tree	Ooma			Touhoku-eastern	National forest	Aomori Prefecture Simokita-Gun Ooma-Mati Okoppe
〃	む	つ	1	〃	〃	青森県下北郡東通村入口
〃	Mutu			〃	〃	Aomori Prefecture Simokita-Gun Higasidouri-Mura Irikuti
〃	む	つ	2	〃	〃	〃
〃	Mutu			〃	〃	〃
〃	む	つ	3	〃	〃	〃
〃	Mutu			〃	〃	〃
〃	む	つ	4	〃	〃	〃
〃	Mutu			〃	〃	〃
〃	野 辺	地	1	〃	〃	青森県上北郡東北町横沢
〃	Noheji			〃	〃	Aomori Prefecture Kamikita-Gun Tohoku-Mati Yokosawa
〃	野 辺	地	2	〃	〃	〃
〃	Noheji			〃	〃	〃
〃	野 辺	地	3	〃	〃	〃
〃	Noheji			〃	〃	〃
〃	乙 供		1	〃	〃	青森県上北郡東北町野田頭山
〃	Ottomo			〃	〃	Aomori Prefecture Kamikita-Gun Tohoku-Mati Nodagasirayama
〃	乙 供		101	〃	〃	青森県上北郡東町塔の沢
〃	Ottomo			〃	〃	Aomori Prefecture Kamikita-Gun Tohoku-Mati Tounosawa
〃	乙 供		102	〃	〃	〃
〃	Ottomo			〃	〃	〃
〃	乙 供		103	〃	〃	〃
〃	Ottomo			〃	〃	〃
〃	乙 供		104	〃	〃	〃
〃	Ottomo			〃	〃	〃
〃	乙 供		105	〃	〃	〃
〃	Ottomo			〃	〃	〃
〃	三 本 木		3	〃	〃	青森県三本木市切田
〃	Sanbongi			〃	〃	Aomori Prefecture Sanbongi-Si Setta
〃	三 本 木		4	〃	〃	青森県三本木深持
〃	Sanbongi			〃	〃	Aomori Prefecture Sanbongi-Si Hukamoti
〃	三 本 木		5	〃	〃	青森県三本木市法量
〃	Sanbongi			〃	〃	Aomori Prefecture Sanbongi-Si Houryou
〃	三 本 木		6	〃	〃	〃
〃	Sanbongi			〃	〃	〃
〃	上 北		101	〃	民有林	青森県上北郡東北町湯沢
〃	Kamikika			Community and private forest	〃	Aomori Prefecture Kamikita-Gun Tohoku-Mati Yusawa
〃	上 北		103	〃	〃	〃
〃	Kamikita			〃	〃	〃
〃	上 北		105	〃	〃	〃
〃	Kamikita			〃	〃	〃
〃	三 戸		102	〃	〃	青森県三戸郡南郷村市沢
〃	Sannohe			〃	〃	Aomori Prefecture Sannohe-Gun Nangou-Mura Itinosawa
〃	三 戸		103	〃	〃	〃
〃	Sannohe			〃	〃	〃
〃	三 戸		104	〃	〃	青森県三戸郡五戸町扇田
〃	Sannohe			〃	〃	Aomori Prefecture Sannohe-Gun Gonohe-Mati Oogida
〃	三 戸		105	〃	〃	青森県三戸郡五戸町浅水
〃	Sannohe			〃	〃	Aomori Prefecture Sannohe-Gun Gonohe-Mati Asamizu
〃	三 戸		109	〃	〃	青森県三戸郡階上町晴沢山
〃	Sannohe			〃	〃	Aomori Prefecture Sannohe-Gun Hasikami-Mati Haresawayama
〃	三 戸		111	〃	〃	青森県三戸郡階上町道仏
〃	Sannohe			〃	〃	Aomori Prefecture Sannohe-Gun Hasikami-Mati Mitibotoke
〃	三 戸		112	〃	〃	青森県三戸郡南郷村島守
〃	Sannohe			〃	〃	Aomori Prefecture Sannohe-Gun Nangou-Mura Simamori

種類	供試材料 Materials		選 抜 地 域 Localities of selected materials		
	クローン名		基本区 Breeding district	所有形態 Proprietor	所 在 地 Location
Item	Clone				
plus tree	三 戸 Sannohe	113	東北東部 Tohoku- eastrn	民有林 Community and private forest	青森県三戸郡南郷村島守 Aomori Prefecture Sannohe-Gun Nangou-Mura Simamori
〃	三 戸 Sannohe	114	〃	〃	青森県三戸郡南郷村泥障作 Aomori Prefecture Sannohe-Gun Nangou-Mura Aozukuri
〃	三 戸 Sannohe	115	〃	〃	〃
〃	八 戸 Hatinohe	101	〃	〃	青森県八戸市大久保 Aomori Prefecture Hatinohe-Si Ookubo
〃	八 戸 Hatinohe	102	〃	〃	〃
〃	八 戸 Hatinohe	103	〃	〃	青森県八戸市河原木 Aomori Prefecture Hatinohe-Si Kawaragi
〃	八 戸 Hatinohe	104	〃	〃	〃
〃	岩 手 Iwate	2	〃	国有林 National forest	岩手県岩手郡岩手町江刈内 Iwate Prefecture Iwate-Gun Iwate-Mati Ekarinai
〃	岩 手 Iwate	3	〃	〃	〃
〃	岩 手 Iwate	101	〃	〃	岩手県岩手郡松尾町松尾 Iwate Prefecture Iwate-Gun Matuo-Mati Matuo
〃	岩 手 Iwate	102	〃	〃	〃
〃	岩 手 Iwate	103	〃	〃	岩手県岩手郡岩手町御堂 Iwate Prefecture Iwate-Gun Iwate-Mati Midou
〃	岩 手 Iwate	104	〃	〃	〃
〃	盛 岡 Morioka	101	〃	〃	岩手県紫波郡志和町山王海 Iwate Prefecture Iwate-Gun Siwa-Mati Sannoukai
〃	盛 岡 Morioka	103	〃	〃	〃
〃	盛 岡 Morioka	104	〃	〃	岩手県岩手郡玉山村玉山 Iwate Prefecture Iwate-Gun Tamayama-Muma Tamayama
〃	雫 石 Sizukuisi	1	〃	〃	岩手県盛岡市繫 Iwate Prefecture Morioka-Si Tunagi
〃	水 沢 Mizusawa	102	〃	〃	岩手県水沢市正法寺 Iwate Prefecture Mizusawa-Si Syohouji
〃	水 沢 Mizusawa	103	〃	〃	岩手県江刺市藤里 Iwate Prefecture Esasi-Si Fujisato
〃	水 沢 Mizusawa	104	〃	〃	〃
〃	水 沢 Mizusawa	105	〃	〃	〃
〃	一 関 Itinoseki	6	〃	〃	岩手県一関市巖美 Iwate Prefecture Itinoseki-Si Genbi
〃	一 関 Itinoseki	7	〃	〃	岩手県東磐井郡大東町大原 Iwate Prefecture Higasiwai-Gun Daito-Mati Oohara
〃	一 関 Itinoseki	8	〃	〃	〃
〃	一 関 Itinoseki	9	〃	〃	岩手県東磐井郡藤沢町黄海 Iwate Prefecture Higasiwai-Gun Fujisawa-Mati Kinomi
〃	一 関 Itinoseki	10	〃	〃	〃
〃	一 関 Itinoseki	101	〃	〃	岩手県西磐井郡平泉町平泉 Iwate Prefecture Nisiwai-Gun Hiraizumi-Mati Hiraizumi
〃	久 慈 Kuji	101	〃	〃	岩手県久慈市侍浜北野山 Iwate Prefecture Kuji-Si Samuraihama-Kitanoyama
〃	久 慈 Kuji	102	〃	〃	〃
〃	久 慈 Kuji	103	〃	〃	〃

供試材料 Materials			選 拔 地 域 Localities of selected materials		
種 類	クローン名		基本区	所有形態	所 在 地
Item	Clone		Breeding district	Proprietor	Location
plus tree	久 慈	104	東北東部 Touhoku-eastern	国有林 National forest	岩手県久慈市待浜北野山 Iwate Prefecture Kuji-Si Samurahiama-Kitanoyama
	Kuji				
	岩 泉	101	〃	〃	岩手県下閉井郡岩泉町釜津田 Iwate Prefecture Simohei-Gun Iwaizumi-Mati Kamatuda
	Iwaizumi				
	宮 古	4	〃	〃	岩手県下閉井郡山田町豊間根 Iwate Prefecture Simohei-Gun Yamada-Mati Toyomane
	Miyako				
	大 船 渡	5	〃	〃	岩手県気仙郡世田米町上有住 Iwate Prefecture Kesen-Gun Setamae-Mati Kamiarisu
	Oohunato				
	九 戸	101	〃	民有林 Community and Private forest	岩手県九戸郡種市町21地割
	Kunohe				
	九 戸	105	〃	〃	Iwate Prefecture Kunohe-Gun Taneiti-Mati Tiwari-21 岩手県久慈市夏井袖畑
	Kunohe				
	九 戸	106	〃	〃	〃
	Kunohe				
	九 戸	107	〃	〃	岩手県久慈市夏井麦生 Iwate Prefecture Kuji-Si Natui-Mugiu
	Kunohe				
	二 戸	102	〃	〃	岩手県二戸郡一戸町小繋 Iwate Prefecture Ninohe-Gun Itinohe-Mati Kotunagi
	Ninohe				
	岩 手 県	101	〃	〃	岩手県岩手郡岩手町久保 Iwate Prefecture Iwate-Gun Iwate-Mati Kubo
	Iwateken				
	上 閉 伊	101	〃	〃	岩手県遠野市青笹 Iwate Prefecture Tono-Si Aosasa
	Kamihei				
	上 閉 伊	102	〃	〃	〃
	Kamihei				
	東 磐 井	101	〃	〃	岩手県東磐井郡千厩町熊の沢 Iwate Prefecture Higasiwai-Gun Senmaya-Mati Kumanosawa
	Higasiwai				
	東 磐 井	103	〃	〃	岩手県東磐井郡川崎村薄衣 Iwate Prefecture Higasiwai-Gun Kwasaki-Muma Usuki
	Higasiwai				
	中 新 田	102	〃	国有林 National forest	宮城県黒川郡大和町宮床 Miyagi Prefecture Kurokawa-Gun Daiwa-Mati Miyatoko
	Nakaniida				
	仙 台	1	〃	〃	宮城県仙台市芋沢 Miyagi Prefecture Sendai-Si Imosawa
	Sendai				
	仙 台	2	〃	〃	宮城県仙台市愛子 Miyagi Prefecture Sendai-Si Ayasi
	Sendai				
	仙 台	3	〃	〃	宮城県柴田郡川崎町支倉 Miyagi Prefecture Sibata-Gun Kawasaki-Mati Hasekura
	Sendai				
	仙 台	4	〃	〃	宮城県柴田郡村田町足立 Miyagi Prefecture Sibata-Gun Murata-Mati Adati
	Sendai				
	白 石	9	〃	〃	宮城県白石市福阿蔵本 Miyagi Prefecture Siraisi-Si Hukuoka-kuramoto
	Siraisi				
	白 石	10	〃	〃	〃
	Siraisi				
	栗 原	101	〃	民有林 Communit and Private Forest	宮城県栗原郡金成町有馬
	Kurihara				
	栗 原	102	〃	〃	Miyagi Prefecture Kurihara-Gun Kannari-Mati Arima 宮城県栗原郡栗駒町岩ヶ塚
	Kurihara				
	牡 鹿	101	〃	〃	Miyagi Prefecture Kurihara-Gun Kurikoma-Mati Iwagasakai
	Osika				
	宮 城	101	〃	〃	宮城県石巻市沢田折立山 Miyagi Prefecture Isinomaki-Si Sawada-Oritateyama
	Miyagi				
	柴 田	101	〃	〃	宮城県宮城郡利府町春日 Miyagi Prefecture Miyagi-Gun Rihu-Mati Kasuga
	Sibata				
	苦 小 牧	2	北海道 Hokkaidou	〃	宮城県柴田郡村田町小泉 Miyagi Prefecture Sibata-Gun Murata-Mati Koizumi
	Tomakomai				
	北 秋 田	2	東北西部 Touhoku-western	〃	北海道苫小牧市錦岡 Hokkaidou Tomakomai-Si Nisikioka
	Kitaakita				
					秋田県北秋田郡阿仁町三枝 Akita Prefecture Kitaakita-Gun Ani-Mati Sanmai

供試材料 Materials		選 抜 地 域 Localities of selected materials		
種 類	クローン名	基本区 Breeding district	所有形態 Proprietor	所 在 地 Location
Item	Clone			
plus tree	由 利 101	東北西部 Touhoku- western	民有林 Community and Private forest	秋田県本庄市親川西大台 Akita Prefecture Honjyo-Si Tikagawa-Nisioodai
	Yuri			
〃	西 村 山 1 Nisimurayama	〃	〃	山形県西村山郡朝日町大谷 Yamagata Prefecture Nisimurayama-Gun Asahi-Mati Ootani
〃	東 南 置 賜 1 Touanokitama	〃	〃	山形県米沢市吹屋敷沼平 Yamagata Prefecture Yonesawa-Si Hukiyasaki-Numahira
〃	東 南 置 賜 2 Touanokitama	〃	〃	山形県米沢市吹屋敷植の沢 Yamagata Prefecture Yonesawa-Si Hukiyasaki-Uenosawa
〃	東 南 置 賜 3 Touanokitama	〃	〃	山形県米沢市梁沢 Yamagata Prefecture Yonesawa-Si Yanasawa
〃	東 南 置 賜 4 Touanokitama	〃	〃	山形県米沢市館山御成山 Yamagata Prefecture Yonesawa-Si Tateyama-Onariyama
〃	東 南 置 賜 5 Touanokitama	〃	〃	山形県米沢市赤芸小山 Yamagata Prefecture Yonesawa-Si Akagei Oyama
〃	東 南 置 賜 6 Touanokitama	〃	〃	山形県米沢市田沢大明神 Yamagata Prefecture Yonesawa-Ss Tasawa-Daimyoujin
〃	西 置 賜 1 Nisiokitama	〃	〃	山形県西置賜郡白鷹町細見坂 Yamagata Prefecture Nisiokitama-Gun Sirataka-Mati Hosomisaka
〃	西 置 賜 2 Nisiokitama	〃	〃	〃
〃	西 置 賜 3 Nisiokitama	〃	〃	〃
〃	西 置 賜 4 Nisiokitama	〃	〃	〃
〃	新 発 田 101 Sibata	〃	国有林 National forest	新潟県新発田市金谷 Nigata Prefecture Sibata-Si Kanaya
〃	新 発 田 102 Sibata	〃	〃	〃
〃	村 上 1 Murakami	〃	〃	新潟県岩船郡荒川町荒島 Nigata Prefecture Iwahune-Gun Arakawa-Mati Arasima
〃	村 上 2 Murakami	〃	〃	〃
〃	岩 船 1 Iwahune	〃	民有林 Community and Private forest	新潟県岩船郡朝日村鶴渡路 Nigata Prefecture Iwahune-Gun Asahi-Muma Unotoro
〃	北 蒲 原 2 Kitakanbara	〃	〃	新潟県北蒲原郡笹神村笹岡 Nigata Prefecture Kitakanbara-Gun Sasakami-Mura Sasaoka
〃	北 蒲 原 4 Kikakanbara	〃	〃	〃
〃	北 蒲 原 6 Kikakanbara	〃	〃	新潟県北蒲原郡中条町羽黒 Nigata Prefecture Kitakanbara-Gun Nakajyou-Mati Haguro
〃	西 蒲 原 1 Nisikanbara	〃	〃	新潟県西蒲原郡巻町福井 Nigata Prefecture Nisikanbara-Gun Maki-Mati Hukui
〃	西 蒲 原 2 Nisikanbara	〃	〃	新潟県西蒲原郡弥彦村弥彦 Nigata Prefecture Nisikanbara-Gun Yahiko-Mura Yahiko
〃	三 島 4 Santou	〃	〃	新潟県三島郡泊町年友 Nigata Prefecture Santou-Gun Tomari-Mati Tositomo
〃	刈 羽 102 Kariwa	〃	〃	新潟県刈羽郡西山町坂田 Nigata Prefecture Kariwa-Gun Nisiyama-Mati Sakata
D級 D-class	三 戸 101 Sannohe	東北東部 Touhoku- eastern	国有林 National forest	青森県三戸郡倉石村名久保 Aomori Prefecture Sannohe-Gun Kuraisi-Mura Ookubo
〃	佐 渡 4 Sado	東北西部 Tohoku- western	民有林 Community and Private forest	新潟県佐渡郡真野町四日町 Nigata Prefecture Sdo-Gun mano-Mati Yokkamati
その他	金 木 七 和 1	東北東部 Touhoku- eastern	国有林 National forest	青森県五所川原市金木 Aomori Prefecture Gosyogawara-Si kanagi
Others	Kanagi-nanawa			

クローン 番号 Number of clone	雌 親 Seed parent	花 粉 親 Pollen parent																	
		交配セット NO.13 Pollination set 13						交配セット NO.14 Pollination set 14						交配セット NO.15 Pollination set 15					
		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
73	盛岡	101	○	○	◎	◎	○												
74	岩手	103		○	◎	◎	○												
75	久慈	104			◎	◎	○												
76	新発田	101				◎	◎												
77	東南置賜	5					◎												
78	三戸	105																	
79	九戸	105						○	○	○	◎	◎							
80	上閉伊	101							○	○	◎	◎							
81	禰石	1								○	◎	◎							
82	岩手	104									◎	◎							
83	西置賜	4										◎							
84	大船渡	8																	
85	盛岡	103												○	○	◎	◎		
86	一関	6													○	◎	◎		
87	上閉伊	102														◎	◎		
88	西蒲原	2															◎	◎	
89	水沢	102														*		◎	
90	乙供	1																◎	

クローン 番号 Number of clone	雌 親 Seed parent	花 粉 親 Pollen parent																	
		交配セット NO.16 Pollination set 16						交配セット NO.17 Pollination set 17						交配セット NO.18 Pollination set 18					
		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
91	一関	10	○	○	○	◎	◎												
92	一関	7		○	○	◎	◎												
93	水沢	104			○	◎	◎												
94	宮古	4				◎	◎												
95	北蒲原	4					◎												
96	大船渡	高田 2																	
97	一関	8						○	○	○	◎	◎							
98	東磐井	101							○	○	◎	◎							
99	水沢	103								○	◎	◎							
100	宮城	101									◎	◎							
101	東南置賜	6										◎							
102	新発田	102																	
103	水沢	105												○	○	◎	◎		
104	一関	9													○	◎	◎		
105	一関	101														◎	◎		
106	大船渡	5															◎	◎	
107	村上	1																◎	
108	仙台	大沢 3																◎	

クローン 番号 Number of clone	雌 親 Seed parent	花 粉 親 Pollen parent																	
		交配セット NO.19 Pollination set 19						交配セット NO.20 Pollination set 20						交配セット NO.21 Pollination set 21					
		109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
109	仙台	2	○	○	○	◎	◎												
110	東磐井	103		○	○	◎	◎												
111	白石	9			○	◎	◎												
112	社鹿	101				◎	◎												
113	北蒲原	6					◎												
114	一関	一関 2																	
115	中新田	102						○	○	◎	◎	◎							
116	栗原	101							○	◎	◎	◎							
117	仙台	4								◎	◎	◎							
118	村上	2									◎	◎							
119	仙台	1										◎							
120	北上村崎野	6											◎						
121	白石	10												○	○	◎	◎		
122	栗原	102													○	◎	◎		
123	仙台	3														◎	◎		
124	刈羽	102															◎	◎	
125	柴田	101																◎	
126	盛岡	玉山 7																◎	

注：○印は1979年当初からの組合せであり，◎印は1982年に追加された組合せである。
 *印は1982年の計画変更により取止めとなった組合せである。
 Note : ○ indicates cross combinations started from 1979, in 1st plan,
 and ◎ indicate cross combinations added from 1982, in addendum plan.
 * indicates cross combinations called off from 1983.

付表3. 交配組合せ別実行経過表

Progress of mating for cross combination

交配セット Number of Pollina- tion set	交配組合せ Cross combination				交配実行経過 Progress of mating							
	♀ parent		♂ parent		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	
	Seed		Pollen									
1	三本木	3	大間	2	○	○						
	三本木	3	大北秋	2				○	○			
	三本木	3	上北	101	○	○	○	○				
	三本木	3	むむ	3	○	○						
	三本木	3	苦小	2				○	○	○		
	三本木	3	北秋	2				○	○			
	大大間	2	上北	101	○	○	○	○				
	大大間	2	むむ	3	○	○	○					
	大大間	2	苦小	2				○	○	○		
	北秋田	2	上北	101				○	○	○		
	北秋田	2	むむ	3				○	○	○		
	北秋田	2	苦小	2				○	○			
	北上	101	むむ	3	○	○	○					
	上北	101	苦小	2				○	○	○		
	むむ	3	苦小	2				○	○		○	
	2	むむ	2	乙供	101	○	○	○	○		○	
むむ		2	由三	101				○	○	○		
むむ		2	三本	104	○	○	○	○		○		
むむ		2	三本	4	○	○	○			○		
むむ		2	大間	4				○	○	○		
乙供		101	由三	101				○	○			
乙供		101	三本	104	○	○	○	○		○		
乙供		101	三本	4				○	○			
乙由		101	大間	4				○	○	○		
乙由		101	三本	104				○	○	○		
乙由		101	三本	4				○	○	○		
乙由		101	大間	4				○	○	○		
乙由		101	三本	104	○	○	○	○		○		
乙由		101	三本	4				○	○	○		
乙由		101	大間	4				○	○	○		
三本		4	大大	4				○	○	○		
3	乙供	102	むむ	1	○	○	○	○				
	乙供	102	西置	2				○	○	○		
	乙供	102	上北	103	○	○	○	○		○		
	乙供	102	三本	5	○	○	○					
	乙供	102	三本	101				○	○	○		
	むむ	1	西置	2				○	○	○		
	むむ	1	上北	103	○	○	○					
	むむ	1	三本	5				○	○	○		
	むむ	1	三本	101				○	○	○		
	西置	2	上北	103				○	○	○		
	西置	2	三本	5				○	○	○		
	西置	2	三本	101				○	○	○		
	北上	103	三本	5	○	○	○					
	北上	103	三本	101				○	○	○		
	三本	5	三本	101				○	○	○		
	4	乙供	103	三本	6	○	○	○				
乙供		103	むむ	4	○	○	○					
乙供		103	東南	1				○	○	○		
乙供		103	上北	105	○	○	○					
乙三本		6	金む	4	○	○	○					
三本		6	東南	1				○	○	○		
三本		6	上北	105	○	○	○					
三本		6	金木	1				○	○	○		
三本		6	東南	1				○	○	○		
むむ		4	上北	105	○	○	○					
むむ		4	上北	105				○	○	○		
むむ		4	上北	105				○	○	○		
東南		1	上北	105				○	○	○		
東南		1	上北	105				○	○	○		
東南		105	上北	1				○	○	○		
5		東南	2	三野	102				○	○	○	○
	東南	2	三野	109				○	○	○		
	東南	2	三野	1				○	○	○		
	東南	2	三野	1				○	○	○		

交配セット Number of Pollination set	交配組合せ Cross combination				交配実行経過 Progress of mating								
	♀ Seed parent		♂ Pollen parent		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986		
	Seed	parent	Pollen	parent									
5	東南	置賜	2	乙供	104				○	○	○	○	
	東南	置賜	2	岩手試験林	109	○			○	○	○	○	
	三三	戸	102	野辺地	1	○	○	○					
	三三	戸	102	乙供	104	○	○		○				
	三三	戸	102	岩手試験林	109	○			○	○			
	三三	戸	109	野辺地	104	○	○	○					
	三三	戸	109	乙供	104	○	○						
	三三	戸	109	岩手試験林	104	○			○				
	野野	辺地	1	乙供	104	○	○	○			○	○	
	野野	辺地	1	岩手試験林	104				○	○			
	乙	供	104	岩手試験林	104				○	○			
	6	野野	辺地	3	乙供	105	○	○	○	○			○
		野野	辺地	3	乙供	103	○	○	○	○			
		野野	辺地	3	西置賜	3				○		○	
野野		辺地	3	岩船	101	○	○	○	○		○	○	
野野		辺地	3	岩船	101	○	○	○	○		○	○	
乙		供	105	三西	103	○		○	○				
乙		供	105	西置賜	3				○				
乙		供	105	岩船	1				○				
乙		供	105	久慈	101	○	○	○	○				
三三		戸	103	西置賜	3			○	○				
三三		戸	103	岩船	1	○	○	○	○				
三三		戸	103	久慈	101	○	○	○	○				
西		置賜	3	岩船	1				○		○		
西		置賜	3	久慈	101				○		○		
岩	船	1	久慈	101			○	○					
7	久久	慈	102	八戸	101	○	○	○					
	久久	慈	102	東南	3				○				
	久久	慈	102	三戸	111	○	○	○					
	久久	慈	102	野辺地	2	○	○	○					
	八八	戸	101	野北	3				○		○		
	八八	戸	101	東南	3				○				
	八八	戸	101	三戸	111	○	○	○					
	八八	戸	101	野辺地	2	○	○	○					
	八八	戸	101	岩手北	3	○	○	○					
	東南	置賜	3	三戸	111				○		○		
	東南	置賜	3	野辺地	2				○		○		
	東南	置賜	3	岩手北	3				○		○		
	三三	戸	111	野辺地	2	○	○	○					
	三三	戸	111	岩手北	3				○		○		
野	辺地	2	岩手北	3				○		○			
8	乙	供	1	八戸	103	○	○	○					
	乙	供	1	三戸	112	○	○	○					
	乙	供	1	久慈	103	○	○	○					
	乙	供	1	東南	4				○		○		
	乙	供	1	南置賜	1				○		○		
	八八	戸	103	乙供	112	○	○	○					
	八八	戸	103	三久	103	○	○	○					
	八八	戸	103	東南	4				○		○		
	八八	戸	103	乙供	1				○		○		
	八三	三	112	久慈	103	○	○	○					
	三三	三	112	東南	4				○		○		
	三三	三	112	乙供	1				○		○		
	久久	慈	103	東乙	4				○		○		
	東	南	置賜	4	乙供	1			○		○		
9	岩手	手	101	岩手	101	○	○						
	岩手	手	101	三八	113	○	○						
	岩手	手	101	八戸	102	○	○	○					
	岩手	手	101	三島	4				○		○		
	岩手	手	101	西置賜	1				○		○		
	岩手	手	101	三戸	113	○	○						
	岩手	手	101	三八	102	○	○	○					
	岩手	手	101	三島	4				○		○		
	岩手	手	101	西置賜	1				○		○		
	岩手	手	101	西置賜	1				○		○		

交配セット Number of Pollination set	交配組合せ Cross combination				交配実行経過 Progress of mating						
	♀ Seed parent		♂ Pollen parent		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
	Seed	parent	Pollen	parent							
9	三	戸	113	八	戸	102	○	○	○		
	三	戸	113	三	島	4			○	○	
	三	戸	113	西	置	1			○	○	
	八	戸	102	三	島	4			○	○	
	八	戸	102	西	置	1			○	○	○
	三	島	4	西	置	1			○	○	○
10	九	戸	106	岩	手	102	○	○	○	○	○
	九	戸	106	三	戸	115	○	○	○	○	
	九	戸	106	八	戸	104	○	○	○	○	
	九	戸	106	北	蒲	2			○	○	○
	九	戸	106	佐	渡	4			○	○	○
	岩	手	102	三	戸	115	○	○	○	○	
	岩	手	102	八	戸	104	○	○	○	○	
	岩	手	102	北	蒲	2			○	○	
	岩	手	102	佐	渡	4			○	○	
	岩	手	115	八	戸	104	○	○	○	○	
	三	戸	115	北	蒲	2			○	○	
	三	戸	115	佐	渡	4			○	○	○
	三	戸	104	北	蒲	2			○	○	○
	八	戸	104	佐	渡	4			○	○	
	北	蒲	2	佐	渡	4			○	○	
	11	二	戸	102	九	戸	101	○	○	○	○
二		戸	102	岩	手	2	○	○			
二		戸	102	西	村	1			○	○	
二		戸	102	三	戸	114	○	○	○	○	
二		戸	102	盛	岡	6			○	○	
九		戸	101	岩	手	2	○	○	○	○	○
九		戸	101	西	村	1			○	○	
九		戸	101	三	戸	114	○	○	○	○	
九		戸	101	盛	岡	6			○	○	○
岩		手	2	西	村	1	○	○	○	○	○
岩		手	2	三	戸	114			○	○	
岩		手	2	盛	岡	6			○	○	
西		村	1	盛	岡	6			○	○	
西		村	1	盛	岡	6			○	○	
三	戸	114	盛	岡	6			○	○		
12	九	戸	107	岩	手	3	○	○	○	○	
	九	戸	107	岩	泉	101	○	○	○	○	○
	九	戸	107	盛	岡	104	○	○	○	○	○
	九	戸	107	西	蒲	1			○	○	○
	九	戸	107	岩	手	1			○	○	○
	岩	手	3	岩	泉	101	○	○	○	○	○
	岩	手	3	盛	岡	104	○	○	○	○	○
	岩	手	3	西	蒲	1			○	○	○
	岩	手	3	岩	手	1			○	○	○
	岩	泉	101	盛	岡	104	○	○	○	○	○
	岩	泉	101	西	蒲	1			○	○	○
	岩	泉	101	岩	手	1			○	○	○
	盛	岡	104	西	蒲	1			○	○	○
	盛	岡	104	岩	手	1			○	○	○
西	蒲	1	岩	手	1			○	○	○	
13	盛	岡	101	岩	手	103	○		○	○	
	盛	岡	101	久	慈	104	○	○	○	○	
	盛	岡	101	新	発	101			○	○	○
	盛	岡	101	東	南	5			○	○	○
	盛	岡	101	三	久	105	○	○	○	○	
	岩	手	103	新	久	104	○	○	○	○	
	岩	手	103	新	久	101			○	○	○
	岩	手	103	東	南	5			○	○	○
	岩	手	103	東	南	105	○	○	○	○	
	岩	手	103	三	久	105			○	○	○
	久	慈	104	新	久	101			○	○	○
	久	慈	104	東	南	5			○	○	○
	久	慈	104	東	南	105	○	○	○	○	
	新	南	5	東	南	105			○	○	○

交配セット Number of Pollina- tion set	交配組合せ Cross combination				交配実行経過 Progress of mating								
	♀ Seed parent		♂ Pollen parent		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986		
	Seed	parent	Pollen	parent									
14	九	戸	105	上	閉	伊	101	○	○	○	○	○	○
	九	戸	105	上	零	石	1	○	○	○	○	○	○
	九	戸	105	岩	手	賜	4	○	○	○	○	○	○
	九	戸	105	大	置	大	8						
	九	戸	105	大	槌	大	8						
	上	閉	伊	101	上	零	石	1	○				
	上	閉	伊	101	上	零	石	104	○	○	○	○	○
	上	閉	伊	101	上	零	石	104	○	○	○	○	○
	上	閉	伊	101	上	零	石	1	○				
	上	閉	伊	101	上	零	石	1	○				
	上	閉	伊	101	上	零	石	1	○				
	上	閉	伊	101	上	零	石	1	○				
	上	閉	伊	101	上	零	石	1	○				
	15	盛	岡	103	一	關	伊	6	○				
盛		岡	103	上	閉	伊	102	○	○	○	○	○	○
盛		岡	103	上	西	蒲	原	2	○				
盛		岡	103	上	西	水	102	○	○	○	○	○	○
盛		岡	103	乙	供	乙	供	1	○				
一		關	6	上	閉	伊	102	○	○	○	○	○	○
一		關	6	上	西	置	賜	2	○				
一		關	6	上	西	水	102	○	○	○	○	○	○
一		關	6	上	乙	供	乙	供	1	○			
上		閉	伊	102	上	西	水	102	○				
上		閉	伊	102	上	西	水	102	○				
上		閉	伊	102	上	西	水	102	○				
上		閉	伊	102	上	西	水	102	○				
上		閉	伊	102	上	西	水	102	○				
16	一	關	10	一	關	伊	7	○	○	○	○	○	○
	一	關	10	一	水	沢	104	○	○	○	○	○	○
	一	關	10	一	宮	古	4	○	○	○	○	○	○
	一	關	10	一	北	蒲	原	4	○				
	一	關	10	一	大	船	渡	高	2	○			
	一	關	10	一	大	水	沢	104	○	○	○	○	○
	一	關	7	一	宮	古	4	○	○	○	○	○	○
	一	關	7	一	北	蒲	原	4	○				
	一	關	7	一	大	船	渡	高	2	○			
	一	關	7	一	大	船	渡	高	2	○			
	水	沢	104	一	宮	古	4	○	○	○	○	○	○
	水	沢	104	一	北	蒲	原	4	○				
	水	沢	104	一	大	船	渡	高	2	○			
	水	宮	古	4	一	北	蒲	原	4	○			
17	一	關	8	東	磐	井	101	○	○	○	○	○	○
	一	關	8	東	水	沢	103	○	○	○	○	○	○
	一	關	8	東	宮	城	101	○	○	○	○	○	○
	一	關	8	東	南	置	賜	6	○				
	一	關	8	東	新	登	田	102	○				
	東	磐	井	101	東	水	沢	103	○	○	○	○	○
	東	磐	井	101	東	宮	城	101	○	○	○	○	○
	東	磐	井	101	東	南	置	賜	6	○			
	東	磐	井	101	東	新	登	田	102	○			
	水	沢	103	東	新	宮	城	101	○				
	水	沢	103	東	南	置	賜	6	○				
	水	宮	城	101	東	新	登	田	102	○			
	宮	城	101	東	南	置	賜	6	○				
	東	南	置	賜	6	東	新	登	田	102	○		
18	水	沢	105	一	關	伊	9	○	○	○	○	○	○
	水	沢	105	一	關	伊	101	○	○	○	○	○	○
	水	沢	105	大	船	渡	5	○	○	○	○	○	○
	水	沢	105	上	村	台	1						
	水	沢	105	仙	台	大	沢	3	○				

交配セット Number of Pollina- tion set	交配組合せ Cross combination				交配実行経過 Progress of mating							
	♀ Seed parent		♂ Pollen parent		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	
	Seed	parent	Pollen	parent								
	一	関	9	一	関	101	○	○	○			
	一	関	9	大	船	渡	5	○	○	○		
	一	関	9	村	上		1			○		
	一	関	9	仙	台	大	沢	3			○	○
	一	関	101	大	船	渡	5	○	○			
	一	関	101	村	上		1			○		
	一	関	101	仙	台	大	沢	3			○	
	大	船	渡	5	村	上		1			○	
	大	船	渡	5	仙	台	大	沢	3			○
	大	上		1	仙	台	大	沢	3			○
19	仙	台	2	東	磐	井	103	○	○	○		
	仙	台	2	白	石		9	○	○	○		
	仙	台	2	北	鹿		101	○	○	○		
	仙	台	2	北	蒲	原	6			○		
	仙	台	2	一	関	一	関	2			○	
	東	磐	井	103	白	石		9	○	○	○	
	東	磐	井	103	北	鹿		101	○	○	○	
	東	磐	井	103	北	蒲	原	6			○	
	東	磐	井	103	一	関	一	関	2			○
	白	石	9	一	鹿		101	○	○	○		
	白	石	9	北	蒲	原	6			○		
	白	石	9	一	関	一	関	2			○	
	白	鹿	101	北	蒲	原	6			○		
	白	鹿	101	一	関	一	関	2			○	
白	鹿	101	一	関	一	関	2			○		
20	中	新	田	102	栗	原	101	○	○	○		
	中	新	田	102	仙	台	4	○	○	○		
	中	新	田	102	村	上	2			○		
	中	新	田	102	仙	台	1	○	○	○		
	中	新	田	102	北	上	村	崎	野	6		
	栗	原	101	仙	台		4	○	○	○		
	栗	原	101	村	上		2			○		
	栗	原	101	仙	台		1	○	○	○		
	栗	原	101	北	上	村	崎	野	6			
	仙	台	4	村	上		2			○		
	仙	台	4	仙	台		1	○	○	○		
	仙	台	4	北	上	村	崎	野	6			
	村	上	2	仙	台		1			○		
	村	上	2	北	上	村	崎	野	6			
仙	台	1	北	上	村	崎	野	6				
21	白	石	10	栗	原	102	○	○	○			
	白	石	10	仙	台	3	○	○	○			
	白	石	10	刘	羽	102			○		○	
	白	石	10	柴	田	101	○	○	○			
	白	石	10	盛	岡	玉	山	7			○	
	栗	原	102	仙	台	3	○	○	○			
	栗	原	102	刘	羽	102			○		○	
	栗	原	102	柴	田	101	○	○	○			
	栗	原	102	盛	岡	玉	山	7			○	
	仙	台	3	刘	羽	102			○		○	
	仙	台	3	柴	田	101	○	○	○			
	仙	台	3	盛	岡	玉	山	7			○	
	刘	羽	102	柴	田	101			○		○	
	刘	羽	102	盛	岡	玉	山	7			○	
柴	田	101	盛	岡	玉	山	7			○		

注 ○印は交配を実行した組合せである。

*印は1982年計画変更により取止めとなった組合せである。

Note: ○ indicate cross combinations pollinated.

* indicate cross combinations called off form 1982.

**Efficency of Mating work on Intraspecific Crossing of
Clone in Japaness Red pine, *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.
and productivity of Seedlings by Stored
Artificially pollinated Seed of Them**

Tsunesuke NOGUCHI⁽¹⁾, Tadashi KAWAMURA⁽²⁾ and Naoei ITAHANA⁽³⁾

Summary

We carried out a large scale intraspecific crossing seven times in 1979-85 among clones of plus trees and others in *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. to make populaion for tree breeding.

Design of crossing was blocked disconnected diallel consist of 21 set. Each set consisted of 6 clones. Total number of crossing combinations was 315. Planed production of seed was 1500 in each combination.

The isolation bags were used 13cm long and 7cm wide and consisted of outer bags made of paraffin paper and inner bags made of cellophan paper. We gave pollen two times in duration of female flowering season with pollen gun of one's own making.

The outline of this crossing was that we used 38,616 bags and 65,221 female flowers and we obtained 31,125 cones and 7.876kg seeds. The cone yield as percent of female flowers was 49.0% and the number of seeds per cone was 24.5, weight of 1,000 seeds was 10.1g.

The result of crossing in 1979 was worst in productity of seeds. The rate of cone yield was 34.9% and in 20 combinations seeds was not produced, in combinations produced seeds the number of seeds per cone was 13.1. It was no difference among other years crossing.

In 4 combions, we couldn't obtain 1,500 seeds, and in 11 combinations, we needed more five crossing season to obtain 1,500 seeds. In these 15 combinations, productivity of cone and seeds was low. These seed parents produced short female flowers and they decreased by training and pruning.

The efficiency of crossing work per one man in a day was that number of bags put on female flowers was 103-233, giving pollen 132-323, removing bags and put on labels 132-228, collecting cones 129-326. The more number of crossing scale increase, the more work efficiency increased, but limit of giving pollen work was 1,000 bags per one man, 300 per one man in a day.

Produced seeds was stored in refrigerator controlled temperature 2-4°C untill 1987. Germination percent in nuresery of these seeds was 35.4-44.2%. It was fall down every year.

We estimated regression equation between stored length and germination percentage. It showed that germination percentage fall about 10% per one stored year. But this fall speed in not fixed among

(1), (2), (3) Tohoku Forest Tree Breeding Institute

produced year.

We investigated germination in nursery and death and growth of seedlings, it showed difference of fall vitality of annual seeds depended on technique of nursery practice, how to handle stored seed, management of sowing bed.