

クロマツ雌球花の開花と受粉の適期

斎藤 幹夫⁽¹⁾・山本 千秋⁽²⁾・萩原 訓⁽³⁾河野 耕蔵⁽⁴⁾・下平 勝三⁽⁵⁾

Mikio SAITO, Chiaki YAMAMOTO, Satoshi HAGIWARA, KOOZOO KOONO
and Katuzoo SIMODAIRA: The Developmental Stages of Female
Strobili and the Appropriate Period for Controlled Pollination
in *Pinus thunbergii* PARL.

要 旨: クロマツの自然受粉の雌球花について、開花を開始してから鱗片が閉じるまでの期間における種鱗、苞鱗の発達、珠孔の発達、閉鎖の状態、受粉液、珠孔内の花粉の有無などを解剖学的観察も加えて調査した。これらの観察結果から開花を5つのステージに分けた。開花ステージ別に受粉したところ、開花ステージⅢで内容の充実したタネが最も多くとれたので、このステージを受粉適期とみなした。ステージⅢは約半数の鱗片が露出した後、ほとんどの鱗片が露出するまでの時期であり、供試木のクローネ中部に着生した一つの雌球花について見た場合、開花開始後、6日目から11日目までの6日間がその期間であった。ステージⅢの雌球花の特徴は次のとおりである。種鱗は苞鱗よりも大きく、鱗片間の間隔は最大である。珠孔の腕は十分に発達し、常に湿潤な状態にある。花粉をかけると、珠孔の腕や入口付近によく付着する。一方、交配袋をかけ、無受粉に保った雌球花がこのステージに達したとき、受粉液が観察された。透明な受粉液が珠孔の腕を支えとして、球状に分泌した。この状態の雌球花に受粉すると受粉液に付着した花粉は、受粉液の引き込みにより珠孔内部に移動した。

I は じ め に

従来、針葉樹の多くの人工交雑試験の結果によると、種間交雑はもちろん、種内交雑においても球果あたりの内容の充実したタネ(以下、充実粒)の割合や発芽率がかなり低いことが明らかにされている。したがって、人工交配を効率的に進めるためには、雌球花から球果への歩止りをたかめると同時に、球果あたりの充実粒の数を増やすことが重要である。そのためには、気象害、病虫害などから球果を保護することはもちろん、活力を低下させない花粉の採取・貯蔵法、交配袋の改善、花粉密度や受粉適期などが明らかにされねばならない。針葉樹の受粉適期およびこれに関連した開花時期、開花期間、受粉可能期間などについては、スキ⁸⁾⁽¹¹⁾⁽¹³⁾⁽²⁰⁾、ヒノキ¹⁰⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁹⁾、カラマツ¹⁾⁽²⁵⁾⁽²⁸⁾⁽³⁴⁾、*Pseudotsuga menziesii*²⁾、マツ属^{3)(6)(9)(17)(18)(21)(22)(26)(29)~(31)}などで比較的詳細に調べられている。しかし、わが国のアカマツ、クロマツに関しては、わずかに、雌球花の发育経過を写真で記録し、发育経過の段階区分を提唱したものや⁹⁾、雌球花の色の变化と受粉を組み合わせた実験¹⁷⁾⁽¹⁸⁾、また、開花開始後の发育経過や経過日数別の受粉²⁹⁾⁽³¹⁾などによって、受粉適期の推定が試みられたにすぎない。

筆者らはクロマツの開花開始から鱗片(種鱗と苞鱗を一对としたもの)を閉じるまでの雌球花につい

1978年9月22日受理

造 林—23 Silviculture—23

(1)(2) 造 林 部

(3) 関東林木育種場(現菊池営林署)

(4) " (現北海道林木育種場)

(5) " (現岐阜市在住)

て、種鱗、苞鱗の発達、鱗片間の間隔の変化、珠孔の発達、閉鎖の状態、受粉液、珠孔内の花粉の有無などを外部形態の肉眼的観察だけでなく、解剖学的手法を加えて観察し、この結果に基づいて開花を5つのステージに区分した。そして、ステージ別の受粉によって、充実粒が最も多くとれるステージを確認し、受粉適期を判定することを試みた。これらの結果について報告する。

II 材 料 と 方 法

A. 開花ステージ区分

この実験は、関東林木育種場構内に植栽されているクロマツのうち、精英樹瑞浪7号(MN-7)クローンの数個体(樹高、3~3.5m)を使って、1969年の4~5月に行った。

開花過程を観察した結果に基づいて開花ステージの区分を次のように行った。すなわち、芽鱗(球花の柄の鱗片)が球花全体をおおっているつぼみの時期から球花の先端が露出し始めるときまでを開花ステージⅠとし、種鱗が肥厚して各鱗片の間げきが認められなくなる時期を開花ステージⅤとして、この間を3つに分け、全体を5つのステージに区分した。

各ステージの代表的な雌球花を、適宜採取し、実体顕微鏡下で観察した。また、解剖学的観察もあわせて行った。解剖用試料としての各ステージの代表的な雌球花については、FAA液(アルコール、氷酢酸、ホルマリン、容量比、90:5:5)で固定した後、パラフィン切片法によって、厚さ10~12 μ の連続切片をつくり、サフラニンとファーストグリーンで二重染色を行った。珠孔閉鎖の観察には、胚珠の縦断切片を用いた。

B. 受 粉 液

クロマツの受粉液については、1969年以降、1970年、1971年にも、それぞれ、つぎのような材料を用いて調査を行った。

1969年：関東林木育種場構内植栽のクロマツ精英樹1クローン(クローン名不明、樹高、3~3.5m)および林試構内(目黒)植栽のクロマツミショウ木(MG-3、約15年生)を供試木とし、花粉飛散前に交配袋をかぶせた雌球花について観察した。

1970年：林試構内植栽のクロマツミショウ木(MG-4、約15年生)の交配袋内の雌球花を用いて樹上で夜間に観察した。

1971年：鉢植えしたクロマツミショウ木(約5年生)を実験室に移動し、雌球花に小さなセロハン袋をかぶせ、随時、セロハン袋の外から、実体顕微鏡下で受粉液の分泌の状態を観察した。

C. 開 花 の 経 過

1969年、前記瑞浪7号木のクローネを上・中・下に3区分し、着生位置別に雌球花の開花の経過を観察、記録した。

D. 開花ステージ別の受粉と充実粒の生産

この実験は、関東林木育種場構内に植栽されている、クロマツ精英樹3クローン(瑞浪7号:MN-7、片浦8号:KU-8、北相馬1号:KS-1)のそれぞれ10個体ずつを使った。1970年4月23、24日の両日に交配袋をかけ、5月4~28日に受粉を行った。受粉の時期およびタイプはTable 1に示す。以後、それぞれの時期およびタイプに付した番号も併記して示す。交配袋は二重袋(外袋:白色パーチメント、内袋:セロハン)を使った。交配用花粉は、実験を行った場所に自然に飛来する花粉の種類を考慮して、ク

ロマツ精英樹，7 クローン，アカマツ精英樹，1 クローンの花粉をクローン単位に等量混合したものを用いた。これらの花粉はいずれも，シリカゲル入りデシケーター内，0°C 下で1年間貯蔵したものである。実験の前と後の花粉の発芽率はそれぞれ 60.8%（5月4日調べ）および 51.8%（5月29日調べ）という値を示し，実験期間中における花粉の発芽率には実用上差異は認められなと判断された。雌球花の各ステージの確認は二重袋の外袋をはずし，内袋（セロハン紙）の外から行った。同一袋内にあるいくつかの雌球花に開花ステージの差異がある場合には，あらかじめ付けておいた雌球花ごとの小番号札によって，それぞれの雌球花の開花ステージを確認，記録し，所定のステージに合致しないものは除外した。しかし，他のステージに格づけできるものはそのまま利用した。袋内に注入した花粉によって，その後，所定の開花ステージで受粉が起こることを避けるため，

受粉の翌日にそれぞれ新しい交配袋にとりかえた（Table 1, No. 1～5）。また，受粉後，交配袋をとりにかえない区（Table 1, No. 6）も設けた。花粉飛散期をすぎた6月18日に除袋した。

交配袋を使ったステージ別の受粉のほかに，交配袋をかけていない自然状態の雌球花にたいして，ステージⅡ～Ⅳの間に5回，前記の混合花粉を人為的に追加してふりかけた区（人工媒助）をもうけ，自然受粉区との比較を行った（Table 1, No. 7, 8）。

図（Fig. 2）に示したそれぞれの時期に幼球果の着生状況を調査し，さらに球果を採集（1971年10月）して個数調査を行った。風乾後，球果ごとにタネをぬきとった。充実粒は軟X線写真によって判定した。処理間の比較は球果ごとに調べた充実粒数の平均値について行った。充実粒数についての統計的な検定は $\sqrt{x+1}$ 変換値について行った。

Ⅲ 調 査 結 果

A. 雌球花の開花の概要

クロマツの雌球花には，苞鱗と種鱗が一对になったおよそ90個の鱗片が，花軸上に8列のラセン状に配置されている²³⁾。これらの鱗片は開花時，花軸の伸長に伴い，芽鱗を破り，上部鱗片から逐次露出する。そして，花軸や鱗片の柄の伸長と苞鱗，種鱗の発達により，鱗片の間隔はいっそう開き，ほとんどの鱗片が露出する。

種鱗は苞鱗の上側（向軸側）に位置しており（Plate 2-B 3, 6-H），その向軸面基部近くに2個の胚珠を持っている（Plate 4-D 4）。開花最盛期を迎えた雌球花の胚珠では，花軸側に比較的大きな珠孔が観察される（Plate 2-B 3, 5-E 3, 6-H）。胚珠の上面，下面にあたる珠孔先端の2か所では，珠皮の一部が他の部分よりもさらに伸長し，細長い2本の腕が形成される（Plate 2-B 3, 3-C 3, 5-E 2～3）。珠孔の腕は内側にゆるくわん曲しており，花軸側がいくぶん長い（Plate 2-B 3）。胚珠は直立する花軸から斜上方に

Table 1. 受粉の時期とタイプ
Pollination at different stages
and pollination type

Number	Developmental stage				
	I	II	III	IV	V
1	○Ⅱ				
2		○Ⅱ			
3			○Ⅱ		
4				○Ⅱ	
5					○Ⅱ
6	○				
7	人工媒助 Supplementary pollination				
8	自然受粉 Open pollination				

○：このステージで1回受粉した

The controlled pollination was carried out once during the stage.

Ⅱ：受粉の翌日に新しい交配袋にとりかえた。
Isolation bags were renewed on the next day after pollination.

伸びる種鱗上に位置しているが、その珠孔はほぼ真下を向いている (Plate 2-B 3)。

雌球花が閉じるのは、花軸に対して鱗片の角度が変化することによるのではなく、種鱗が肥厚して、その間げきを埋めるためである (Plate 2)。大部分の鱗片が露出後、種鱗は急速に肥厚を開始し、鱗片の間げきを埋め始める。この時期には珠孔の腕は萎縮を始め (Plate 3-C 4)、珠孔も閉鎖を開始する (Plate 5-E 4)。種鱗はさらに伸長、肥厚し、その間げきを埋めていく。それとともに、個体による时期的なズレはあるが、苞鱗は種鱗の間にかくれて見えなくなる。最後に鱗片間の間げきがまったくなくなりいわゆる閉花状態となる (Plate 2-B 5)。この時期には、珠孔の腕はさらに萎縮、褐変し (Plate 3-C 5)、珠孔もまた完全に閉鎖する (Plate 5-E 5)。

Table 2. 開花ステージ別クロマツ
The morphological and anatomical features of each

Stage	I	II
苞鱗、種鱗の発達。 Developmental process of bract scales and ovuliferous scales.	雌球花の先端の鱗片*1が露出しはじめるか、またはそれ以前のもの。苞鱗は種鱗よりも大きい。 The cone scales are not visible, or a part of cone scales of apical portion of female strobile become just visible. The bract scales are larger than ovuliferous scales.	約半数の鱗片 (3～8 段)*2 が球花の柄の鱗片より露出する。苞鱗、種鱗の大きさ、ほぼ同大。苞鱗の成長、停止する。各鱗片の間隔は次第に増す。 About half of cone scales become visible. The bract scales and ovuliferous scales equal in size. The growth of bract scales stops. The spaces between cone scales become wider.
珠 孔 Micropyle	珠孔分化するも未発達。 Micropyles have differentiated, but are undeveloped.	珠孔、発達するが不十分である。 Micropyles are developing.
雌球花の受容性*3 Receptivity	な し Non	増 加 Increasing
開花開始後、各ステージに到達するまでに要する日数*4 Days from bud opening to each developmental stage in the female strobili	0	2
期 間*4 Period of each developmental stage		3

注 *1：鱗片は種鱗と苞鱗を 1 対としたものをいう。

*2：鱗片段数はラセン状に配置する 1 ラセン列の上部鱗片よりの段数とする。

*3：ステージ II の始まりからステージ IV の終わりまでを雌球花の受容期間と規定し、雌球花の受容性とは物理的に花粉が雌球花の内部に入ることのできる程度とした。

*4：日数はクロネ中部に着生した 1 つの雌球花での観察結果を示す。

珠孔は閉鎖組織ができて閉鎖する。すなわち、珠孔壁は3～5層の細胞で形成されており、閉鎖時には珠孔壁内層の細胞が壁に対して、ほぼ直角方向に伸長成長し、珠孔内壁が相接することによって閉鎖する。この場合、珠孔最内壁の1層と外壁の1～2層は伸長しない (Plate 5-E5)。

B. 開花ステージ区分

各開花ステージの代表的な雌球花で、種鱗、苞鱗の発達、鱗片間の間隔、珠孔の発達、閉鎖の状態、受粉液、珠孔内の花粉の有無などについて、肉眼的、解剖的観察を行った。その結果は要約して Table 2 に示す。それぞれのステージの特徴は次のとおりである。

開花ステージ I : このステージは、雌球花の先端のごく一部が、芽鱗から露出しはじめるか (Plate 1-

雌球花の外部形態的、解剖学的特徴

developmental stage of female strobili in *P. thunbergii*

III	IV	V
大部分の鱗片 (10～全段) が露出する。種鱗の発達さかん。苞鱗は球花軸側からは種鱗にかくれて見えない。各鱗片の間隔が最大となる。 Most of cone scales are exposed. Ovuliferous scales are growing vigorously, and they become larger than bract scales. The spaces between cone scales become widest.	大部分の鱗片が露出した後、2～4日。種鱗、肥厚。鱗片の間隔が狭くなり始める。 2～4 days after stage III. The spaces between cone scales are beginning to close by thickening of the ovuliferous scales.	大部分の鱗片が露出した後、6～10日。種鱗さらに肥厚、鱗片閉じる。 6～10 days after stage III. Ovuliferous scales are more thickening and spaces between cone scales are closed.
珠孔が十分に発達し、湿潤になる。無受粉の雌球花で受粉液が認められた。 Micropyles have fully developed, and become wet. Pollination drops are observed in female strobili isolated by bags.	珠孔の腕は萎縮しはじめる。珠孔、閉じはじめる。 Micropyles begin to close with withering of the arms of them.	珠孔の腕は、さらに萎縮し褐変する。珠孔、閉鎖する。 Micropyles are closed.
最大 Maximum	減少 Decreasing	なし Non
6	13	17
6	3	5

Note *1 : A pair of ovuliferous and bract scales is termed as a cone scale.

*2 : Number of stairs of cone scales is counted from the top on a given spiral line.

*3 : A female strobile was considered to be receptive to pollen during the period from stage II to stage IV, as spaces between cone scales were wide enough to pass a pollen grain.

*4 : Days after bud opening in the female strobile are estimated from the external feature of a female strobile in the middle part of crown.

A 1), またはそれ以前の状態である。したがって、花粉はまだ、雌球花の内部に入ることができない。雌球花の解剖結果によると種鱗上の胚珠には、花軸側に珠孔が分化しているが、未発達である (Plate 5-E 1)。

開花ステージⅡ：このステージでは約半数の鱗片 (ラセン列の上部鱗片より 8 段目付近まで) が芽鱗から露出する。ラセン列の上部 3 段程度の鱗片が露出するとき (このステージの早い時期), 雌球花の鱗片の間には、すでに花粉が内部に自由に入ることのできる間隔が認められる。種鱗は発達して、苞鱗とほぼ同じ程度の大きさになる (Plate 3-C 2, 4-D 2)。苞鱗はこのステージで成長をほぼ停止する。

珠孔の腕はしだいに発達するが、このステージでは、まだ十分に発達していない (Plate 3-C 2)。

開花ステージⅢ：このステージではおおむね雌球花の全鱗片が芽鱗より露出する (Plate 1-A 3)。種鱗は発達が著しく、苞鱗よりも、その大きさを増し、苞鱗は花軸側からは、種鱗にかくれて見えなくなる (Plate 4-D 3)。このステージでは、鱗片間の間隔は最大となり、雌球花の外側から、下方を向いた珠孔が見られる (Plate 6-G)。珠孔の腕は十分に発達し、常に湿潤な状態を示す。このステージの雌球花に花粉をかけると、珠孔の腕や入口付近に多くの花粉粒が付着するのが観察される。

交配袋をかけ、無受粉に保ったこのステージの終わりに近い雌球花で、夜間に観察した結果、受粉液の分泌しているのが認められた (Plate 6-G, H, I, J)。透明な受粉液は、珠孔の腕を支えとして、球状に分泌する。この雌球花のついた新梢を切り取り、実体顕微鏡下で花粉をかけてやると、花粉が付着した受粉液は、早いものでは 10 秒前後で珠孔の内部へ引き込まれ、それに伴い花粉もまた、胚珠内部に移動した (1969 年, MG-3)。樹上の同じ状態に保った雌球花について、数日、夜間に観察 (1970 年, MG-4) した結果では、同一珠孔かどうかは、はっきりしないが、同一雌球花で連夜、たくさんの受粉液が観察された。なお、気温の低い夜には、あまり豊富な受粉液は見られなかった。また、鉢付きのミシウ木を実験室内 (1971 年) に移動し、着生した雌球花に小さなセロハン袋をかけ、花粉をしゃ断し、実体顕微鏡下で観察した。その結果、このステージの早期の雌球花で一部の珠孔から受粉液の分泌が開始し、やがて、有効鱗片上²⁸⁾の多くの珠孔で受粉液が観察された。1 度分泌した受粉液は昼夜を問わず、分泌したままの状態であった。このステージの終わりに近い頃、袋の中に花粉銃を使って、花粉を注入すると、花粉は受粉液および珠孔の腕や入口付近によく付着した。受粉液は前記の実験 (1969 年, MG-3) の場合とは異なり、ゆっくりと引き込まれ、1～2 時間後には、すべての受粉液が珠孔内に引き込まれた。さらに数時間後には湿潤状態にあった腕は乾燥状態に変化した。

袋をかけない自然状態の珠孔では、腕の湿った状態は認められるが、豊富な受粉液を観察することはできない。

解剖の結果、このステージの雌球花の珠孔内部、珠心近くには数個の花粉が認められた (Plate 5-E 3, 右側)。

開花ステージⅣ：このステージには大部分の鱗片が露出後、2～4 日経過した雌球花が含まれる (Plate 1-A 4)。種鱗は急速に肥厚して、鱗片の間隔をせばめていく。しかし、このステージでは、まだ、花粉が鱗片の間げきを通して雌球花の内部に入るとは十分可能である。また、ほとんどの珠孔の腕は乾燥、萎縮し始める (Plate 3-C 4)。解剖の結果、このステージでは、珠孔の閉鎖が開始するが (Plate 5-E 4)、花粉はまだ珠孔を通過することが可能であると判断された。

開花ステージⅤ：このステージには大部分の鱗片が露出後、6～10 日経過した雌球花が含まれる (Plate

1-A 5)。種鱗はさらに肥厚する。そして、このステージの前半で認められた各鱗片の間げきは、後半では次第に認められなくなる。花粉は雌球花の内部に入ることはできない。苞鱗は肥厚した種鱗にはさまれ、次第に見えなくなる (Plate 1-A 5)。また、珠孔の腕は、さらに萎縮し、褐変する (Plate 3-C 5)。珠孔の閉鎖組織はさらに発達する。このステージの前半では、珠孔は開口しているが、花粉は通過不可能である。後半で珠孔は完全に閉鎖する (Plate 5-E 5)。このステージでは、珠心上の花粉が発芽し、花粉管は珠心の細胞 2～3 層内まで伸長している状態が観察される (Plate 5-E 5)。

雌球花の鱗片の間隔、珠孔の発達、閉鎖の状態、受粉液および珠孔内の花粉の有無などから、雌球花の花粉を受容する能力が最大となる（受粉適期）のは、開花ステージⅢの段階であると推定される。

C. 供試木での開花の経過

瑞浪 7 号のクロマツの雌球花の着生位置によって上、中、下に区分して開花の経過を調査した結果は Fig. 1 に示す。

クロマツの上部に着生する雌球花は開花日が早く、また、わずかではあるが、開花速度も早い。雌球花の鱗片の露出速度を見ると (Fig. 1), 5 段程度の鱗片が露出するまでは 1 日にほぼ 1 段露出する。その

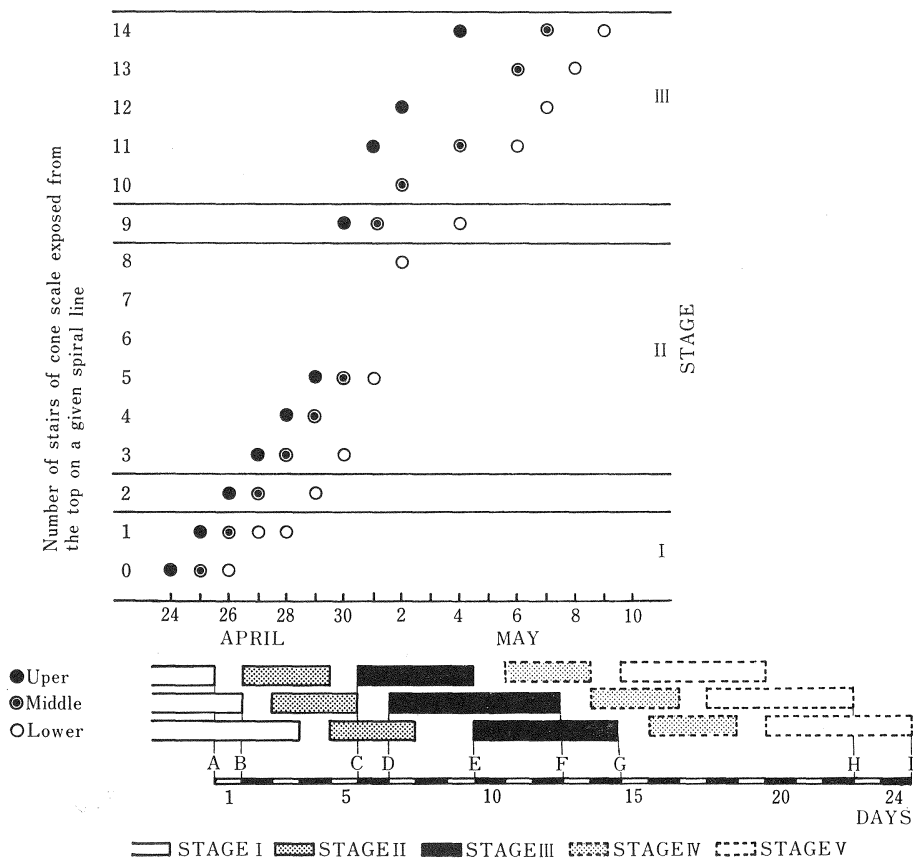


Fig. 1 クロマツの着生位置別雌球花の開花経過
Difference of the developmental process of female strobili
in the different parts of crown in *Pinus thunbergii*.

Table 3. 結 果 率
Cone yield percentage

Clones	Number*	Number of female strobili pollinated	Number of cones matured	Cone yield percentage
MN-7	1	25	0	0
	2	35	3	8.6
	3	30	2	6.7
	4	28	5	17.9
	5	38	2	5.3
	6	22	0	0
	Average	(178)	(12)	6.9
	7	32	7	21.9
	8	24	2	8.3
	Average	(56)	(9)	16.1
KS-1	1	22	13	59.1
	2	29	19	65.5
	3	28	15	53.6
	4	26	14	53.9
	5	24	19	79.2
	6	22	16	72.7
	Average	(151)	(96)	63.6
	7	27	13	48.1
	8	29	19	65.5
	Average	(56)	(32)	57.1
KU-8	1	26	14	53.8
	2	24	9	37.5
	3	27	8	29.6
	4	24	6	25.0
	5	22	8	36.4
	6	20	13	65.0
	Average	(143)	(58)	40.6
	7	25	16	64.0
	8	25	14	56.0
	Average	(50)	(30)	60.0
Grand average	Average	(193)	(88)	45.6
	Grand average	(634)	(237)	37.4

* : Refer to the number of Table 1.
() : Total number.

後、急に露出速度を増し、1日に3～4段の鱗片が露出する。そして、9～10段の鱗片が露出した後は再び1日、ほぼ1～2段が露出ようになる。このことは、開花ステージⅡの後半からⅢに進む時が開花の速度が最も速いことを示している。

Fig. 1 に示したとおり、クローネ中部に着生した一つの雌球花に着目した場合の開花期間（開花開始から閉花まで）はおおよそ21日（B～H）である。また、開花し始めてから、開花最盛期になるのには約5日間（B～D）を要し、開花最盛期の状態にある期間は6日間（D～F）であった。しかし、供試木全体の雌球花について見た場合、開花の早いクローネ上部の雌球花が開花し始めてから、開花の遅いクローネ下部の雌球花が閉花するまでに要する開花期間（A～I）はおおよそ24日であった。また、供試木の最も早い雌球花が開花し始めてから開花最盛期になるまでに要する日数は、開花の早いもので5日（A～C）、遅いものでは9日間（A～E）を要した。供試木に開花最盛期の雌球花が着生する期間（この期間を供試木の開花最盛期間と呼ぶ）はおおよそ9日間（C～G）であった。

D. 開花ステージ別の受粉と充実粒の生産

結 果 率：各クローンの受粉の時期とタイプ別の最終結果率は Table 3 に示す。供試クローンによって結果率に相当の差異が見られた。落果の多い MN-7 では、2区（No. 1, 6）で球果が得られず、他の区でも得られた球果は5個以下である。また、落果の比較的少ない KS-1 でも、13ないし19個の球果が得られたにすぎず、当初予定した球果数を得ることができず不満足な結果に終わった。

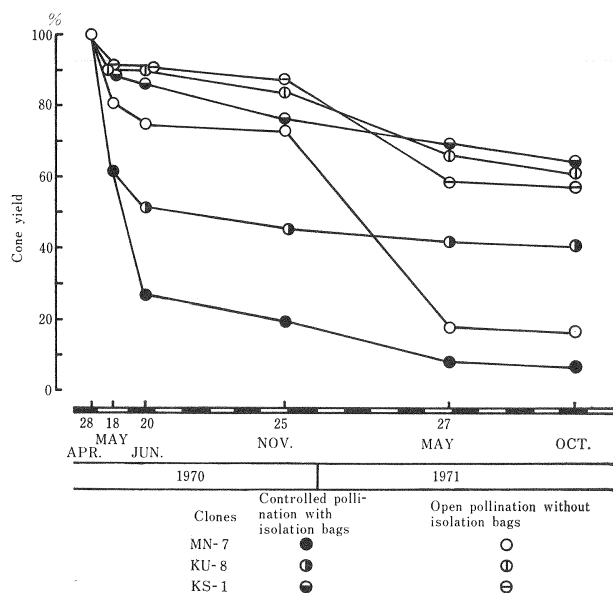


Fig. 2 交配袋をかけたときとかけないときの結果率の違い

Difference of cone yield percentage between the pollinations with and without isolation.

Fig. 3 自然受粉および人工媒助をしたときの球果あたりの充実粒

Number of full seeds per cone in open and supplementary pollination.

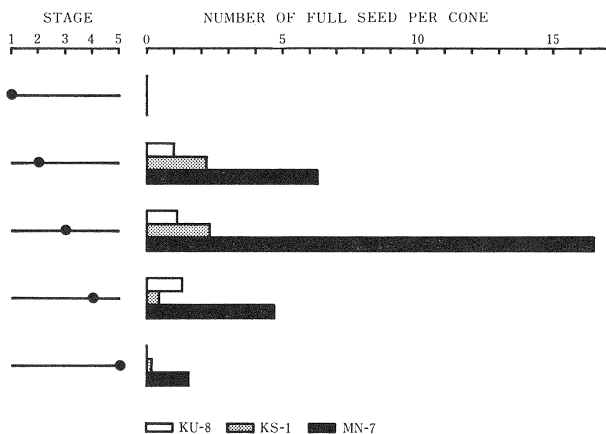
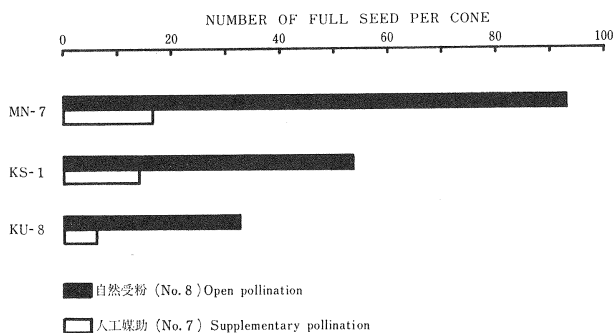


Fig. 4 開花ステージ別に受粉したときの球果あたりの充実粒

Number of full seeds per cone when pollinated at different stages.

各クロンの交配袋をかけた区 (Table 1, No.1~6), かけない区 (Table 1, No. 7, 8) の時期別の結果率は Fig. 2 に示す。

袋かけによって早期落果が増加するクロン (MN-7, KU-8) とそうした傾向の認められないクロン (KS-1) があった。また, MN-7 では, 袋がかけられていないにもかかわらず, 1 年目の秋から 2 年目の春にかけて, 大量の落果があるなど, 落果のパターンにさまざまな違いが見られた。

充 実 粒: 各クロン, 各処理の球果あたりの充実粒は Fig. 3, 4, Table 4 に示す。

これらによると, 各クロンの自然受粉の球果あたりの充実粒はおよそ 30 粒 (KU-8), 50 粒 (KS-1), 90 粒 (MN-7) であった。しかし人工媒助では, およそ 5 粒 (KU-8), 15 粒 (KS-1, MN-7) であり, 開花ステージ別の受粉では, もっとも良いものでおよそ 1 粒 (KU-8), 2 粒 (KS-1), 17 粒 (MN-7) で, 自然受粉に比べて球果あたりの充実粒が大変少なくなっている。これは, 人工媒助や交配袋をかけることが充実粒の生産を減少させていることになるが, その原因については, いまのところ明らかでない。

供試クロンで交配袋をかけた時のそれぞれの結果率は 6.9% (MN-7), 40.6% (KU-8), 63.6% (KS-1) であるが, ステージⅢで受粉した球果あたりの充実粒はおよそ 17 粒 (MN-7), 1 粒 (KU-8), 2 粒 (KS-1) で結果率の低いものは充実粒も少ないということにはならず, 結果率と球果あたりの充実粒との間に特定の関係は認められなかった。

供試各クロンの結果率が低く, また, とくに開花ステージ別受粉の球果あたりの充実粒が少ないので, 開花ステージ別の受粉と充実粒の生産については厳密な比較は困難である。しかし, Fig. 4 と Table 4 から明らかなように, 開花ステージⅢで受粉を行なったものが充実粒が最も多くとれた。雌球花を形態的, 解剖学的に観察した結果から, ステージⅢを受粉適期と推定したが, 実際にステージ別に人工受粉した結果からも, ステージⅢが受粉適期であることがうづけられた。

開花ステージⅠの期間内で受粉し, その翌日, 新しい交配袋にとりかけた区 (Table 1, No. 1) はもちろん, 新しい袋にとりかえない区 (Table 1, No. 6) でさえ, 充実粒が得られなかった (Table 4)。これは, 受粉適期のおよそ 8~13 日前に交配袋内に注入された花粉では, 充実粒の生産に有効な役割をはたし得なかったことを意味している。その理由としては, 受粉適期を迎える前に注入された花粉が活力を失なったとも考えられるが, マツの花粉は比較的長命なので注入された花粉は, 注入時を除いては袋内を活

Table 4. 開花ステージ別に受粉したときの球果あたりの充実粒
Number of full seeds per cone in the pollination at different stages

Number*	KS-1		KU-8		MN-7
	充 実 粒 Number of full seeds	有意差の認め られない範囲 Range, not significant	充 実 粒 Number of full seeds	有意差の認め られない範囲 Range, not significant	充 実 粒 Number of full seeds
3	2.3	]	1.1	]	16.5
2	2.2		1.0		6.3
4	0.4		1.2		4.6
5	0.1	]	0	]	1.5
1	0		0		—
6	0		0		—

*: Refer to the number of Table 1.

発に浮遊移動しなかったと考えるのが適当であろう。

開花ステージⅤで受粉したとき（Table 1, No. 5），2 クローン（KS-1, MN-7）でわずかながら充実粒が得られた（Fig. 4, Table 4）。自然受粉の雌球花について行った形態観察や解剖結果で見ると、開花ステージⅤでは鱗片は肥厚して閉じ、珠孔の腕は乾燥萎縮、褐変し、また、珠孔は閉鎖が進行し、花粉が珠孔を通過することは不可能であり、充実粒の生産は考えられない。自然受粉の雌球花と交配袋をかけ、花粉から隔離した雌球花（無受粉）とでは、鱗片や珠孔の閉鎖速度に多少の差異があるのかも知れない。

IV 考 察

針葉樹の受粉は珠孔の周辺に付着した花粉が受粉液によって、珠孔内に運ばれ、珠心上に到達することと理解されている¹³⁾¹⁴⁾。したがって、スギやヒノキ、サワラなどのような胚珠（珠孔が球花の外側に向く）を持つ種では、珠孔が外部に露出することが必要であり、マツ属のような胚珠（珠孔が球花の内側に向く）を持つ種では、花粉が十分通過できる間隔に鱗片間が開くこと、さらに受粉液をささえるために、珠孔の腕が十分発達することが必要である。そして、両種の場合とも、花粉の運び役としての受粉液が分泌され、さらに、珠孔は花粉が十分通過できる大きさに開口していることが必要である。針葉樹の雌球花では、これらの条件が満足される時期を受粉適期といえることができる。クロマツでは、これらの条件を満足する開花ステージⅢを受粉適期とみなすことができる。このステージでは鱗片の間隔がもっとも大きく、珠孔は十分に開口しており、その腕もまた十分に発達する。無受粉のこのステージの雌球花で受粉液が確認された。また、ステージ別の受粉でも、このステージで最も多くの充実粒が得られた。

観察の結果、ステージⅡの前半に露出した鱗片の間には間げきが見られ、花粉はその間げきを通り珠孔に到達することができる。また、花粉はステージⅣの後半までは珠孔を通過可能であるが、ステージⅤでは不可能と判断された。したがって、花粉が鱗片の間げきを通して珠孔に到達し、さらに、受粉液さえあれば、珠孔を通過して珠心に達することのできる期間すなわち受粉可能期間はステージⅡのはじめからステージⅣの後半までである。

実用上、受粉適期や受粉可能期間は、雌球花の外観上の形態変化によって把握するのが好都合である。クロマツでは、約半数の鱗片が露出し終えてから大部分の鱗片の露出が完了するまでの約 6 日間ぐらいの期間が受粉適期であり、ラセン列の上部 3 段程度の鱗片が露出しはじめてから、大部分の鱗片が露出後、4 日目ころまでの約 14 日間が受粉可能期間である。なお、ほとんどの有効鱗片²³⁾はステージⅡの終わりころで露出を終了する。

針葉樹類の雌球花の開花期間および受粉可能期間、受粉に最適な期間、開花開始から受粉適期までに要する日数などについての既往の調査データを Table 5 に示す。これらの日数は調査方法の精粗によっても差異があり、また、一つの採種園（林分）で見ると、個々の母樹、あるいは一つの雌球花で見ると、さらには、調査年度、植栽位置、母樹の大きさ、採種園（林分）の構成クローン数（成立本数）などによって差異があるのは当然であるが、筆者らの一つの雌球花について見た場合の日数と既往のマツ属のデータとを比較すると、筆者らのクロマツの開花期間はいく分長く、受粉可能期間はほぼ一致している。また、クロマツの受粉に最適な期間は既往の結果よりも 2～3 日長く、開花開始から受粉適期になるまでに要する日数はほぼ一致している。

Table 5. 各形質についての既往の調査値
Estimates of the characters on the appropriate period
for pollination in coniferous trees

形 質 Characters	樹 種 Species	摘 要 Number and ages of plants used	文 献 Reference
開 花 期 間 (日) 54~57	<i>Cryptomeria japonica</i>	10個体, 5~10年生	11)
30	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4個体, 10年生	10)
Flowering period (Days) 5~7	<i>Larix leptolepis</i>	3個体, 18年生	28)
10	<i>Pinus thunbergii</i>	15個体, 8年生	31)
10	<i>Pinus densiflora</i>	16個体, 8年生	31)
9.5	<i>Pinus monticola</i>	林 分	3)
受 粉 可 能 期 間 (日) 40	<i>Cryptomeria japonica</i>	4個体, 7年生	13)
19	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4個体, 10~15年生	14)
Receptive period (Days) 14	<i>Larix decidua</i>	1個体,	1)
14	<i>Larix leptolepis</i>	1個体,	1)
14~21	<i>Larix leptolepis</i>	5個体,	25)
12~14	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1個体, つぎき17年生	2)
10	<i>Pinus thunbergii</i>	1個体,	17)
14	<i>Pinus radiata</i>	—	22)
受粉に最適な期間 (日) 17	<i>Cryptomeria japonica</i>	52個体, 植栽後7年	8)
20	<i>Cryptomeria japonica</i>	4個体, 7年生	13)
Appropriate period for 9, 27	<i>Cryptomeria japonica</i>	21個体, 多分 2~3年生	20)
pollination (Days) 10	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4個体, 10~15年生	14)
5*	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	1個体,	19)
7	<i>Larix leptolepis</i>	5個体,	25)
7	<i>Larix leptolepis</i>	1個体, 樹高2m	34)
2~3	<i>Pinus thunbergii</i>	1個体,	17)
開花開始から受粉適期にな るまでに要する日数 (日) 4~7	<i>Pinus thunbergii</i>	—	29)
Days required from the 5	<i>Pinus thunbergii</i>	53個体, 7年生	31)
beginning of the appropri- 3~5	<i>Pinus densiflora</i>	35個体, 4年生	31)
ate period for pollination (Days)			

* 原著者の表から判断したおよその日数である。

The period was estimated from the Table 53 of original report by NOHARA (1944).

クロマツおよび外国産マツ属で種鱗と苞鱗がほぼ同じ大きさに達した頃が受粉適期と判定された例¹⁸⁾³²⁾がある。そのうちのクロマツの例¹⁸⁾では、実際に受粉を行った結果、適期と判定した日の数日後の受粉でタネがより多く生産されたとの記載があるが、この時期には種鱗は苞鱗よりも大きくなっているはずである。すなわち、この例で適期と判定した日は、筆者らの区分でいうステージⅡの段階であり、それから数日後のタネがより多く生産された受粉の日が、筆者らのステージⅢに相当していたものと考えられる。また、*Pinus kesiya*²¹⁾では胚珠の解剖を加えて、受粉適期が判定されている。*P. kesiya*で区分されたステージは筆者らのステージとほぼ同様であるが、詳細に見ると、ステージ4と5が筆者らのステージⅣ・Ⅴよりも時間的に早い時期になっている。しかし、*P. kesiya*では、解剖の結果から、このステージ4と5は時間的に遅らせる必要があると述べられている。この修正された各ステージは、筆者らの各ステージに

一致する。

マツ属の胚珠、受粉液などについての外国における既往の記載を見ると、胚珠の詳細な図は1872年頃に、はじめて発表²⁷⁾されたようであり、珠孔の腕に付着した花粉は、腕によって直接、珠心上に移送⁷⁾（イソギンチャクの腕のような働きにより）されると考えられたこともある。その後、無受粉の雌球花で受粉液が確認⁴⁾⁵⁾¹⁵⁾¹⁶⁾され、受粉に重要な働きをしていることが明らかにされた。一方、わが国では、珠孔が下方を向いているマツ属のような種の受粉液については長い間、本格的な観察がされず、その存在は未確認のままであった。したがって、クロマツの受粉液は本実験の1969年春における観察で確認されたのが最初である。また、筆者らは同年春、アカマツの受粉液についてもその存在を確認した⁸³⁾。さらに、外国における既往の記載のなかには、珠孔の腕や受粉液に付着した花粉が珠心上に運ばれる方法については2つの考え方が示されている。1つは花粉が気のうを持っているため、下向きに開口している珠孔の受粉液内を浮揚して珠心上に到達するという考え方であり、もう1つは、花粉が、受粉液の引き込みによって、珠心上まで運ばれるとする考え方である。この問題について詳細な追試を行ったわけではないが、無受粉状態で、珠孔の腕にかかえられるようにして溢れていた受粉液が、花粉をかけてやることによって、短時間で珠孔の中へ引き込まれていく（その際、花粉をかけなければ、引き込みはない）という観察結果から、筆者らは後者の考え方を支持したい。既往の研究や筆者らの観察でも、マツ属の豊富な受粉液は無受粉の雌球花でのみ観察され、自然受粉の雌球花では観察されていない。したがって、自然受粉の雌球花での受粉液の分泌時期、分泌量、花粉の付着量と引き込みとの関係などについては、いまのところ明らかでない。なお、*Pinus nigra* および *P. elliotii* の受粉液を分析した結果、sucrose, d-glucose, d-fructose などが含まれていること、しかし、*P. nigra* の糖の合計濃度は1.25%で、それ程高いものでないこと、アミノ酸や有機酸は検出されないこと¹⁵⁾、また、*P. nigra* の受粉液の中で、同種と *P. resinosa* の花粉を発芽させることに失敗したことなどから、受粉液は胚珠内での花粉発芽を助けるものではなく、一時的な花粉の運び役であることが記載¹⁶⁾されている。

クロマツでは、受粉適期（ステージⅢ）の終わりから珠孔が閉鎖を完了するまでに要する日数はおよそ10日間であったが、*P. silvestris* では花粉飛散最盛期後、5～7日であったという²⁴⁾。マツ属での珠孔の閉鎖は短期間のうちに進行、完了することがわかる。*P. nigra*, *P. elliotii*¹⁵⁾ および *P. kesiya*²¹⁾ などでの珠孔閉鎖は、珠孔壁の内層細胞の急速な伸長と分裂の両者によって行われることが知られているが、クロマツの珠孔では、閉鎖はこの部分の細胞の伸長によるだけで分裂は確認できなかった。*P. silvestris* では、珠孔の珠心に極めて近い部位で細胞の伸長と分裂が起こり、くびれて閉鎖する状態が図示されている²⁴⁾。クロマツでは閉鎖する部位は、これに比較すると、さらに広域にわたるようである。スギ¹²⁾⁸⁵⁾やヒノキ¹⁴⁾では珠孔壁の内層細胞ではなく、珠孔内壁表面の細胞層（ほとんどの場合、1層だけ）が内側に向かって伸長して珠孔を閉鎖する。また、カラマツ¹⁾⁸⁴⁾や *Pseudotsuga menziesii*²⁾ では珠孔先端部の柱頭状の珠皮が珠孔の内側に巻き込み、もう一方の側の珠皮と押しつけ合うかたちで珠孔の入口を閉じる。このように針葉樹の珠孔の閉鎖様式は種によっても違いが見られる。

自然受粉の雌球花にくらべて、袋かけをした雌球花は一般に色が明るく、「中心軸」（本報では花軸と呼んだ）がわずかに長いこと²⁶⁾、また、袋（褐色）をかけた雌球花は、おそくまで着色せず、「苞鱗」（「種鱗」の誤りと思われる）は肥厚せず緑色のまま成長しており、外見的には、後者の方が遅くまで受粉可能のように見受けられた⁸¹⁾、などの記載がある。さらにスギ¹²⁾やヒノキ¹⁴⁾の無受粉の雌球花では人工受粉の

それよりも珠孔の閉鎖が遅れ、花粉粒が珠孔溝を通過できる期間が長くなることも報告されている。筆者らがステージ別に人工受粉をした結果、充実粒の生産が不可能であるはずのステージⅤの受粉で充実粒がとれた理由も、おそらく、自然受粉の雌球花と異なり、無受粉の球花であるため、珠孔の閉鎖が遅れ、わずかな鱗片の間げきから球花内部に入った花粉が、珠孔を通過して受粉が起こったものと思われる。

受粉適期以前に交配袋内に注入した花粉がその後、袋内で浮遊移動し、随時、雌球花に到達して受粉が起こるかどうかは、実用上重要な意味をもっている。筆者らが、開花直前に受粉した結果では、カラマツの受粉可能期以前の受粉²⁵⁾、アカマツの半開時の受粉³¹⁾などの例と同様、充実粒は得られなかった。このことは、注入時以後、交配袋に残った花粉が、あらためて受粉にあずかることは、ほとんどないというこれまでの考えを再確認したものといえよう。

この研究は、関東林木育種場原種課と林業試験場造林部遺伝育種第3研究室との共同で行ったものであるが、計画、現地での調査、採取した材料の解剖などの中心となった斎藤がとりまとめにあたった。当時、関東林木育種場原種課長であった故百瀬行男氏には研究を進めるために多くの便宜をはかっていただいた。特に記して感謝の意をささげたい。

なお、この研究は、「主要針葉樹の交配技術の改善に関する研究」という課題で、関東林木育種場長野支場、林業試験場造林部種子研究室をも含めた共同研究として、スギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツ、クロマツを対象に計画されていたもの（のちに中止）の一部である。

文 献

- 1) BARNER, H. and H. CHRISTIANSEN : The formation of pollen, the pollination mechanism, and the determination of the most favourable time for controlled pollination in *Larix*, *Silvae Genet.*, **9**, 1~11, (1960)
- 2) ——— and ——— : The formation of pollen, the pollination mechanism, and the determination of the most favourable time for controlled pollination in *Pseudotsuga menziesii*, *Silvae Genet.*, **11**, 89~102, (1962)
- 3) BINGHAM, R. T. and A. E. SQUILLACE : Phenology and other features of the flowering of pines, with special reference to *Pinus monticola* DOUGL., N. Region & Intermount. For. Range Expt. Sta., Res. Paper 53, 26 pp., (1957)
- 4) DOYLE, J. and M. O'LEARY : Pollination in *Pinus*, *Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.*, **21**, 181~191, (1935)
- 5) ——— : Development lines in pollination mechanisms in the Coniferales, *Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.*, **24**, 43~62, (1945) (文献 No. 15 による)
- 6) EHRENBURG, C. E. and M. SIMAK : Flowering and pollination in Scots pine (*Pinus silvestris* L.), *Medd. Fr. Stat. Skogsforsknings-inst.*, **46**, 1~23, (1956)
- 7) FERGUSON, M. C. : Contribution to the knowledge of the life history of *Pinus* with special reference to sporogenesis, the development of the gametophytes and fertilization, *Proc. Washington Academy of Sciences*, **6**, 1~202, (1904)
- 8) 福田知明 : スギの交雑育種に関する研究, 埼玉県林試業報, **13**, 9~21, (1970)
- 9) 萩行治義・河野耕蔵・田淵和夫 : アカマツ雌雄花芽の外部形態の変化, 昭和46年度林木育種研究発表講, 64~67, (1973)
- 10) 橋詰隼人・岡田泰久 : ヒノキの開花と受粉の機構ならびに人工受粉の適期について, 日林関西支講, **19**, 120~122, (1968)

- 11) 橋詰隼人：スギの開花と受粉，81回日林講，155～157，(1970)
- 12) ————：林木の交配に関する基礎的研究（V）スギの開花と受粉，鳥取大農研報，**25**，81～96，(1973)
- 13) ————：林木の交配に関する基礎的研究（VI）スギの人工受粉の適期の決定ならびに他家，自然および無受粉における結果，結実，鳥取大農研報，**25**，97～103，(1973)
- 14) ————：林木の交配に関する基礎的研究（VII）ヒノキの開花と受粉の機構ならびに人工受粉の適期の決定について，鳥取大農研報，**26**，70～85，(1974)
- 15) McWILLIAM, J. R. : The role of the micropyle in the pollination of *Pinus*, Bot. Gaz., **120**, 109～117, (1958)
- 16) ———— : Pollen germination of *Pinus* as affected by the environment, For. Sci., **6**, 27～39, (1960)
- 17) 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，受粉時期およびその回数と種子稔性の関係，林業技術，**299**，25～27，(1967)
- 18) ————・———・稲森幸雄・伊佐義朗・佐野宗一：マツ類の交雑育種に関する研究（1）クロマツの種内交雑ならびに他のマツ類数種との種間交雑の可能性，京大農演報，**39**，125～143，(1967)
- 19) 野原勇太：林木の一，二遺伝試験に就て（予報）（5），御料林，**187**，9～20，(1944)
- 20) 太田 昇・安食勝行：スギの開花，花粉飛散期について，日林東北支講，**17**，29～31，(1966)
- 21) PATTINSON, J. V., J. BURLEY and T. E. GEARY : Development of the ovulate strobilus in *Pinus kesiya* ROYLE ex GORDON (syn. *P. khasya* ROYLE) in relation to controlled pollination in Zambia, Silvae Genet., **18**, 108～111, (1969)
- 22) PAWSEY, C. K. : Hand pollination of Monterey pine, Leaf. For. Timb. Bur. Aust., **78**, 1～13, (1961) (文献 No. 32 による)
- 23) 斎藤幹夫・山本千秋：アカマツ・クロマツの球果における有効鱗片の位置とタネの生産，林試研報，**293**，89～103，(1977)
- 24) SARVAS, R. : Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*, Comm. Inst. For. Fenn., **53**(4), 1～198, (1962)
- 25) 佐々木忠兵衛・倉橋昭夫・浜谷稔夫：カラマツ受粉適期の判別，北海道の林木育種，**19**(2)，12～16，(1976)
- 26) SNOW, A. C. Jr., K. W. DORMAN and C. S. SCHOPMEYER : Developmental stages of female strobili in Slash pine, J. For., **41**, 922～923, (1943)
- 27) STRASBURGER, E. : Die Coniferen und die Gnetaceen, Hermann Dabis, Jena, (1872) (文献 No. 15 による)
- 28) 高橋延清・功力六郎：カラマツ類の品種改良に関する研究（第2報）カラマツ類の季節調査資料（予報），日林北支講，**10**，9～12，(1961)
- 29) 戸田良吉：林木育種，朝倉書店，東京，104 pp., (1955)
- 30) WAKELEY, P. C. and T. E. CAMPBELL : Some new pine pollination techniques, South. For. Exp. Sta., Occasional Paper 136, 13 pp., (1954)
- 31) 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**，126～146，(1969)
- 32) WRIGHT, J. W. and W. J. GABRIEL : Species hybridization in the hard pines, series *Sylvestres*, Silvae Genet., **7**, 109～115, (1958)
- 33) 山本千秋・斎藤幹夫：(未発表)
- 34) 横山敏孝・金子富吉・伊藤昌司・山崎 忍・浅川澄彦：カラマツの受粉適期と受粉回数，林試研報，**253**，39～53，(1973)
- 35) ————：スギにおける胚の形成と球果の成長，林試研報，**277**，1～20，(1975)

図 版 説 明
Explanation of plates

写真の数字 (1~5) はそれぞれの開花ステージを示す。

Number (1~5) of the photographs in plates indicates each developmental stage of female strobili in *P. thunbergii*.

Plate 1

開花ステージ別のクロマツ雌球花の外観。

External features of female strobili at various stages in *P. thunbergii*.

B : 苞鱗, OS : 種鱗。

B : bract scale, OS : ovuliferous scale.

注 : 目盛は 1 mm を示す。

Note : One scale on the rulers in the photographs shows 1 mm.

Plate 2

開花ステージ別のクロマツ雌球花の縦断。

Longitudinal sections of female strobili at various stages in *P. thunbergii*.

B : 苞鱗, OS : 種鱗, M : 珠孔, MA : 珠孔の腕。

B : bract scale, OS : ovuliferous scale, M : micropyle, MA : micropylar arms.

注 : B1~B5 : 同倍率。□ : 1 mm。

Note : B1~B5 are the same magnification. □ in plate shows 1 mm.

Plate 3

開花ステージ別, クロマツ雌球花の苞鱗側から見た鱗片 (ラセン列, 上部より 3 段目)。

Abaxial view of cone scales of female strobili at various stages in *P. thunbergii* (Cone scales of the 3rd stair from the top on a given spiral line).

B : 苞鱗, OS : 種鱗, M : 珠孔, MA : 珠孔の腕, P : 花粉。

B : bract scale, OS : ovuliferous scale, M : micropyle, MA : micropylar arms, P : pollen grain.

注 : C1~C5 : 同倍率。□ : 1 mm。

Note : C1~C5 are the same magnification. □ in plate shows 1 mm.

Plate 4

開花ステージ別, クロマツ雌球花の種鱗側から見た鱗片 (ラセン列, 上部より 3 段目)。

Adaxial view of cone scales of female strobili at various stages in *P. thunbergii* (Cone scales of the 3rd stair from the top on a given spiral line).

B : 苞鱗, OS : 種鱗, O : 胚珠, M : 珠孔, P : 花粉。

B : bract scale, OS : ovuliferous scale, O : ovule, M : micropyle, P : pollen grain.

注 : D1~D5 : 同倍率。□ : 1 mm。

Note : D1~D5 are the same magnification. □ in plate shows 1 mm.

Plate 5

開花ステージ別，クロマツ雌球花の胚珠縦断面。

Longitudinal sections of ovules of female strobili at various stages in *P. thunbergii*.

O : 胚珠, N : 珠心, I : 珠皮, M : 珠孔, MA : 珠孔の腕, P : 花粉, PT : 花粉管, EC : 伸長した細胞。

O : ovule, N : nucellus, I : integument, M : micropyle, MA : micropylar arms, P : pollen grain, PT : pollen tube, EC : elongated cells.

Plate 6

開花ステージⅢのクロマツ雌球花。

Female strobili at stage III in *P. thunbergii*.

F : 外観, G～J : 受粉液。

F : external feature, G～J : pollination drop.

B : 苞鱗, OS : 種鱗, M : 珠孔, MA : 珠孔の腕, PD : 受粉液。

B : bract scale, OS : ovuliferous scale, M : micropyle, MA : micropylar arms, PD : pollination drop.

**The Developmental Stages of Female Strobili and the Appropriate
Period for Controlled Pollination in *Pinus thunbergii* PARL.**

Mikio SAITO⁽¹⁾, Chiaki YAMAMOTO⁽²⁾, Satoshi HAGIWARA⁽³⁾,
Koozoo KOONO⁽⁴⁾ and Katuzoo SIMODAIRA⁽⁵⁾

Summary

Controlled pollination has to be done during the most receptive period of female strobili, in order to increase the yield of full seeds. The present investigation was carried out to determine the appropriate period for controlled pollination in *Pinus thunbergii* PARL.

Flowering period of female strobili was divided into five developmental stages based on their morphological and anatomical changes which take place since the bud opening till the bud closing with thickened cone scales (Plates 1~6).

Trial pollination, which was carried out once in a certain developmental stage, gave the highest yeild of full seeds when it was made in the stage III. This stage is thought to be the appropriate time for controlled pollination.

About half of cone scales become visible out of the bud scales at the end of the stage II and most of cone scales are exposed at the end of the stage III. The stage III was for six days from the 6th day to the 11th day from bud opening of the female strobili set in the middle part of crown. The morphological and anatomical features of female strobili at stage III were as follows : The ovuliferous scales were larger than bract scales, and the spaces between cone scales were widest. The micropylar arms were fully developed and were always moist. The pollen grains adhered to the arms or the rim of micropyle when female strobili were pollinated.

Under observation of the microscope, pollination drops were observed abundantly at the stage III in the unpollinated female strobili. Transparent pollination drops were seen clearly as droplets extending into the arms of the micropyle. When the female strobili were pollinated, the pollen grains on the pollen drop were transfered into the micropyle by withdrawing of the pollen drop.

Received September 22, 1978

(1) (2) Silviculture Division

(3) Kanto Forest Tree Breeding Station (Present address : Kikuti District Forestry Office)

(4) Kanto Forest Tree Breeding Station (Present address : Hokkaido Forest Tree Breeding Station)

(5) Kanto Forest Tree Breeding Station (Present address : Gihu city, Japan)

