

## 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

橋 詰 隼 人

(鳥取大学農学部造林学研究室)

### Fundamental Studies on Mating in Forest Trees VII

The Mechanism of Flowering and Pollination and the Determination of Favourable Time for Controlled pollination in *Chamaecyparis obtusa*

Hayato HASHIZUME

(Department of Silviculture, Faculty of Agriculture, Tottori University)

The process of flowering of female flowers was divided into seven stages as shown in Table 1. The female flowers started to flower during the period from late March to early April. The period of flowering of female flowers was about a month. The beginning of flowering of male flowers was about 10 days later than that of female flowers. The time and process of flowering varied according to the year, individual trees, bagging, etc. The flowering began when the mean air temperature of 10 days rose to 9~10°C.

The secretion of pollination drops under natural conditions began a few days after the exposure of ovules, and it continued for 14~17 days. In general, the secretion was abundant on the day of higher temperature and higher moisture. Regarding diurnal changes, it reached a maximum at 8 a.m. and decreased in the afternoon. The amount of secretion was increased by covering with a pollination bag. It was known that a pollination drop serves for catching pollen grains and transferring them to the pollen chamber.

Although the micropyle had opened before flowering, it began to close rapidly after pollination. The period of the opening of micropyle in the bagging was about 25 days. The ratio of ovules pollinated and the number of pollen grains in the pollen chamber were increased by controlled pollination. The pollen grains transferred to the pollen chamber cast off the pollen exine at once and began to germinate at the time of flower shutting. The cells of the nucellus-top degenerated at the time of flower shutting.

As a result of controlled pollination, it was known that the receptive period of female flowers is from the stage of beginning of flower opening to the stage of beginning of flower shutting—about 20 days. The development of cones and seeds was better in pollinations during the period from about 5 days before full bloom to the early stage of full bloom. On the other hand, seed fertility was higher in pollinations during the period of each 5 days before and after full bloom. From these results, it may be concluded that a period from about 5 days before full bloom (the stage of exposure of ovules)

to the early stage of full bloom is the most favourable time for controlled pollination. Judging from seed fertility, however, a period of about 10 days before and after full bloom seems to be the favourable time for controlled pollination.

ま え が き

人工交配を行なう場合には、その基礎となる林木の生殖に関するさまざまな現象をよく研究して理解していなければならぬ。わが国における林木育種の研究は始められてから日が浅く、個々の樹種の生殖現象については不明な点が多い。とくに育種学的観点から林木の生殖を研究した報告は極めて少ない。筆者は前報<sup>8-9)</sup>においてスギの開花と受粉の現象ならびに人工受粉の適期の決定について報告したが、その後ヒノキについて同様の研究を行なったので報告する。

材 料 と 方 法

鳥取大学農学部樹木園内の10~15年生ヒノキを用いて1968年から1973年の間に野外調査、室内実験および人工交配の試験を行なった。野外調査では、開花と受粉の状況を調べた。各個体から雌花を5個ずつ選び出し、毎日観察して記録した。調査は午前9時から10時の間に行なった。受粉液の分泌量は次の方法により測定した。すなわち、マイクロピペットを雌花にあてて受粉液を吸いとり、これを東洋ろ紙No.50に円形に吸収させてその輪郭を描いた。ついで既知量の2%蔗糖液を同様にろ紙に吸収させて円の大きさをもとにして検量線をつくり、これと対比して分泌量を算出した。

室内実験では、時期別に雌花を採取して実体顕微鏡で開花と受粉の状況を調査した。さらに試料をファーマー氏液で24時間固定して70%アルコール液に貯蔵し、縦断切片をつくって受粉の機構や胚珠組織の受粉後の変化などを顕微鏡でくわしく調べた。

人工受粉試験は1970年と1972年に行なった。雌花の開花の経過に従って約5日隔で受粉し、交配の適期を決定した。袋掛は東洋理光器製の交配袋(ヒノキ用)を用い、雌花の開花開始の直前に行なった。交配に用いた花粉は当年採取の混合花粉で、発芽率は95%以上であった。花粉飛散の直前に枝を切りとり、室内で水挿して採取した。人工受粉は午前9時から10時に1回行なった。除袋は珠孔の閉鎖後行なった。10月に球果を採取して、結果および結実の状況を調べた。

結 果

I. 開花と受粉の機構

1. 開花の様式と経過

野外観察の結果は表-1の如くである。また開花の状況を写真-1に示す。雌花の開花の過程は次の7期に分けることができる。

- (1) 開花開始期……りん片が開き始める時期。
- (2) 胚珠露出期……胚珠が外部から見えるようになる時期。
- (3) 受粉液分泌開始期……受粉液の分泌が始まる時期。
- (4) 満開期……胚珠をつけたりん片が全部開き、胚珠が外部からよく見える時期。
- (5) 閉花開始期……りん片の内側が盛り上り、珠孔が閉じ始める時期。
- (6) 受粉液分泌停止期……受粉液の分泌がとまる時期。
- (7) 閉花完了期……胚珠がりん片で完全におおわれ、外部から見えなくなる時期。

自然状態における開花の経過についてみると、雌花は1969年と1972年には3月下旬に、1970年には4月上旬に開花を開始した。まずりん片がふくらみ、りん片間にすき間ができて、2~3日でその基部に付着した胚珠が外部から見えるようになる。その後間もなく珠孔から受粉液が液滴となって分泌する。雌花は7~8対のりん片からなるが、胚珠は花の中部の3~4対のりん片に着生している。外側と内側のりん片には胚珠がない。開花の順序は花の中ほどのりん片(内側から4~5番目)が最も早く、先端部のりん片が最も遅い。開花開始から8~12日後には胚珠をもった全部のりん片が開き、いわゆる満開となる。満開の時期は年によって多少ちがう。1969年と1972年は4月上旬、1970年は4月中旬であった。満開の状態は約10日続く。満開期には受粉液が盛んに分泌して花粉を捕える。受粉後りん片の内側が盛り上り、珠孔が閉じ始める。このような閉花の徴候は満開後約10日で現われる。間もなく受粉液の分泌がとまり、りん片は益々肥厚して胚珠を完全に包み込み、閉花が完了する。

雄花の開花についてみると、花粉の飛散開始期は雌花

表一 1. ヒノキの開花状況\*

Table 1. Circumstances of flowering in *Ch. obtusa*\*

開花の経過と所要日数 Process of flowering and days required		1969年	1970年		1972年		
		自然 Natural conditions	自然 Natural conditions	袋掛 Bagging	自然 Natural conditions	袋掛 Bagging	
経過 Process	雌花 (♀)	1. 開花開始 Beginning of flower opening	Mar. 27	Apr. 8	Apr. 7	Mar. 27	Mar. 26
		2. 胚珠露出 Exposure of ovules	Mar. 31	Apr. 10	Apr. 9	Mar. 30	Mar. 29
		3. 受粉液分泌開始 Beginning of secretion of pollination drops	Apr. 5	Apr. 10	Apr. 10	Apr. 1	Apr. 1
		4. 満開 Full bloom	Apr. 8	Apr. 16	Apr. 15	Apr. 5	Apr. 3
		5. 閉花開始 Beginning of flower shutting	Apr. 19	Apr. 23	Apr. 24	Apr. 13	Apr. 14
		6. 受粉液分泌停止 End of secretion of pollination drops	Apr. 22	Apr. 27	Apr. 29	Apr. 15	Apr. 19
		7. 閉花完了 End of flower shutting	Apr. 26	May 2	May 7	Apr. 21	Apr. 22
	雄花 (♂)	1. 花粉飛散開始 Beginning of pollen dispersion	—	Apr. 19	—	Apr. 6	—
		2. 花粉飛散盛期 Active period of pollen dispersion	—	Apr. 20-22	—	Apr. 10-12	—
		3. 花粉飛散停止 End of pollen dispersion	—	Apr. 26	—	Apr. 18	—
所要日数 Days required	開花開始から満開まで From beginning of flower opening to full bloom	12	8	8	9	8	
	胚珠露出から満開まで From exposure of ovules to full bloom	8	6	6	6	5	
	受粉液分泌開始から満開まで From beginning of secretion of pollination drops to full bloom	3	6	5	4	2	
	満開から閉花開始まで From full bloom to beginning of flower shutting	11	7	9	8	11	
	満開から受粉液分泌停止まで From full bloom to end of secretion of pollination drops	14	11	14	10	16	
	満開から閉花完了まで From full bloom to end of flower shutting	18	16	22	16	19	
	受粉液分泌期間 Period of secretion of pollination drops	17	17	19	14	18	
	胚珠露出期間 Period of exposure of ovules	26	22	29	22	24	
	開花期間 period of flowering	30	24	30	25	27	
	花粉飛散期間 Period of pollen dispersion	—	7	—	12	—	
備考 Remarks	雄花の着生少ない ♂ flowers small	雄花の着生多い ♂ flowers abundant	雄花の着生多い ♂ flowers abundant	雄花の着生多い ♂ flowers abundant	雄花の着生多い ♂ flowers abundant		

\* 4個体の平均 Average of 4 trees.

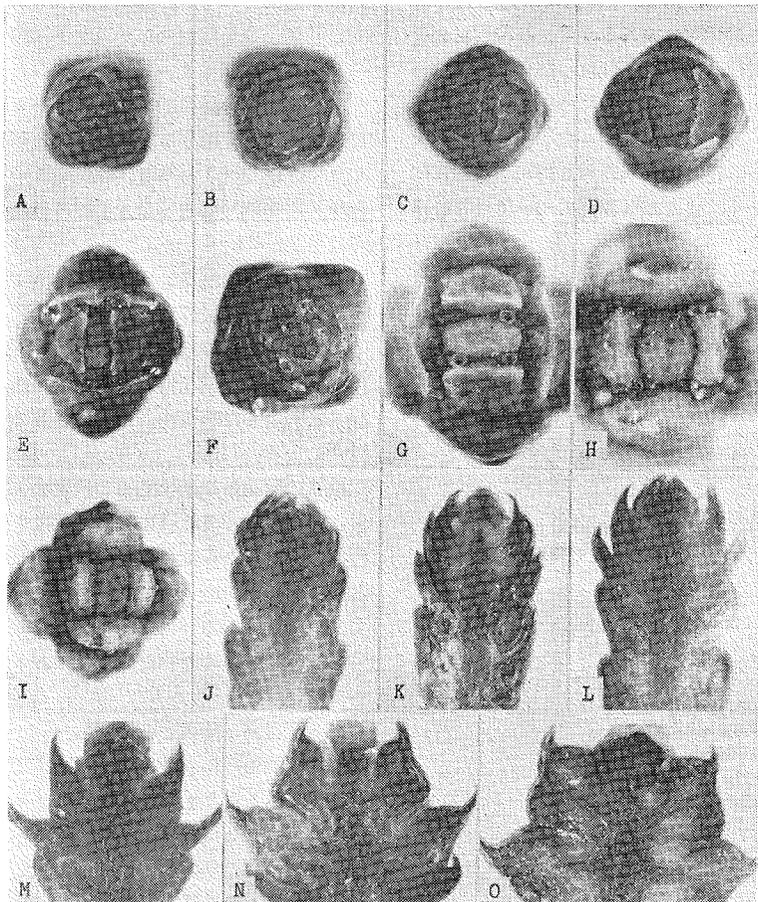


写真-1. ヒノキの雌花の開花状況

Photo. 1. Flowering process of female flowers in *Chamaecyparis obtusa*

A, B, J : 開花直前の花と珠孔の状態。珠孔は開花の前にすでに開いている。C, K : 開花開始期。D, L : 受粉液分泌開始期。E, F, M : 満開期。受粉液は液滴となって認められる。G : 受粉液分泌停止期。H, N : 閉花開始期。珠孔が閉じ始める。I, O : 閉花完了期。

A, B, J : Female flowers and the state of micropyle immediately before flowering. The micropyle has opened before flower opening. C, K : Stage of starting of flower opening. D, L : Stage of starting of pollination-drop secretion. E, F, M : Stage of full bloom. Pollination drops are observed on the micropyle. G : Stage of ending of pollination-drop secretion. H, N : Stage of starting of flower shutting. The closure of micropyle occurs. I, O : Stage of ending of flower shutting.

の開花開始期よりも約10日おそかった。花粉の飛散は雌花の満開の直前から初期に始まり、受粉液分泌停止期の頃まで7~12日間続いた。花粉飛散の盛期は雌花の満開の初期ないし中期で、期間は短く3日位であった。以上の如く雄花の開花開始期は雌花のそれよりもおそく、ヒノキの開花は雌花先熟 metandry であるといえる。

主要過程の所要日数についてみると、自然状態では雌

花は開花開始から満開まで8~12日、満開から閉花完了まで16~18日を要した。したがって、開花期間は24~30日であった。花粉の飛散期間は7~12日で、雌花の開花期間よりも短かった。

## 2. 開花期および開花経過の変化

開花期および開花の経過は年度、個体、袋掛などによって多少変化するようである。

年変化についてみると、雌花の開花開始期は1969年と1972年が3月27日、1970年は4月8日で、0~12日の差異がみられる。満開期、閉花完了期についても最大10日のちがいがあがる。しかし、開花期間については著しい年変化がみられない。開花開始から閉花完了までの所要日数は24~30日である。花粉の飛散時期は1970年が1972年よりも平均13日おそく、また飛散期間については5日程度の差異がみられる。

個体および袋掛による開花期のちがいは図-1の如くである。個体変異についてみると、1970年の調査では著しい個体差がみられない。1972年の調査では、雌花の開

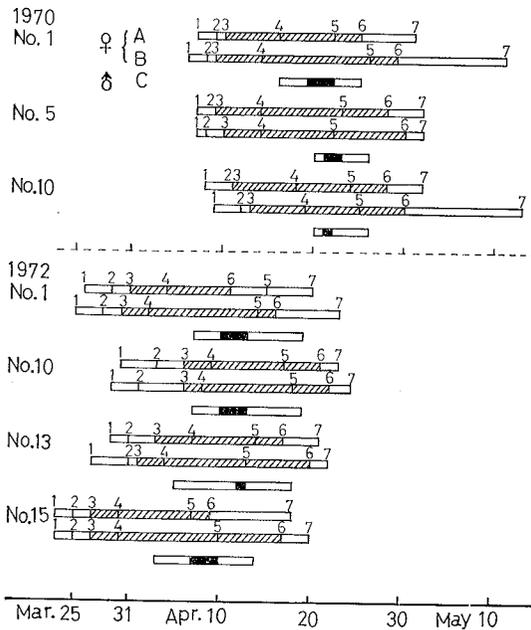


図-1. 個体および袋掛による開花期のちがひ

Fig. 1. Differences of flowering time according to individual trees and bagging

A 自然状態における雌花の開花経過 Flowering course of female flowers under natural conditions

B 袋掛の場合の雌花の開花経過 Flowering course of female flowers covered with pollination bags

数字は開花の過程を示す(表一参照)。斜線の部分は受粉液分泌期を示す。The numbers show the process of flowering (see Table 1). The part of oblique lines shows the time of secretion of pollination drops.

C 花粉飛散期 Time of pollen dispersion

黒くぬりつぶした部分は飛散盛期を示す。The black-painted part shows the active period of pollen dispersion.

花開始期に1~7日、満開期に2~10日の差異がみられた。花粉の飛散期についてみると、飛散開始期に1~4日、飛散停止期に1~5日のちがいがあがる。すなわち、ヒノキの雌花の開花期の個体差は最大10日、花粉飛散期のそれは5日位のものである。開花期間の個体差は著しくなく、雌花で1~3日、雄花で1~4日である。林分全体の開花期間は個々の木の開花期間よりも1週間位長くなる。

袋掛は雌花の開花に影響をおよぼすようである(表一、図-1)。袋掛によって満開期が多少早く到来する。また袋掛は受粉を妨げるから満開から閉花までの期間が長くなる。開花期間は自然受粉に比べて2~6日延長された。また袋掛によって受粉液の分泌期間が長くなった。

雌花の開花の経過は受粉の状況によってかなり変化する。受粉によって珠孔の閉鎖が促進され、閉花が早く進行する。したがって、雄花の着生の程度、天候、風向など条件のちがいによって同一林分でも年度や個体によって開花の状況がちがってくるようである。

一般にヒノキの開花期の変化はスギに比べて小さいようである。

### 3. 開花期と気候との関係

筆者は前報<sup>8)</sup>においてスギの開花は気温の変化と密接な関係があることを報告した。ヒノキの開花期は前述のように年によって10日前後の早晚がみられるが、付近の鳥取地方気象台の観測資料に基づいて開花期と気温との関係を検討してみると表-2の如くである。

ヒノキの雌花の開花開始期は普通3月下旬であるが、1970年は4月上旬であった。平均気温との関係を見ると、1970年を除き3月下旬に旬間平均気温がほぼ9℃に達する。1970年は3月中、下旬がやや寒く、4月上旬にはじめて9℃に達している。すなわち、旬間平均気温がほぼ9℃になれば雌花は開花を開始するようである。開花開始期の最高気温は平均13.6℃、最低気温は4.5℃である。満開期の旬間平均気温は10.3℃、閉花完了期のそれは14.7℃である。

花粉の飛散との関係についてみると、飛散開始期の平均気温は10.5℃、飛散完了期のそれは13.4℃である。

ヒノキは旬間平均気温が9~10℃に達すれば開花するといえそうである。

### 4. 受粉液の分泌と役割

#### (1) 受粉液の分泌

受粉液分泌の時期的変化は図-2の如くである。自然状態では、受粉液の分泌は胚珠露出後1~5日が始ま

表一 2. 開花期の気温  
Table 2. Air temperature at flowering time

		年 度 Year			
		1968	1969	1970	1972
雌花の開花 Flowering of female flowers	開 花 開 始 Beginning of flower opening	Mar. 27	Mar. 27	Apr. 8	Mar. 27
	満 開 Full bloom	Apr. 4	Apr. 8	Apr. 16	Apr. 5
	閉 花 完 了 End of flower shutting	Apr. 26	Apr. 26	May 2	Apr. 21
花粉の飛散 Pollen dispersion	開 始 Beginning	—	—	Apr. 19	Apr. 6
	完 了 End	—	—	Apr. 26	Apr. 18
平均気温 (°C) Mean air temperature	3月中旬 mid Mar.	7.3	5.5	3.4	8.7
	3月下旬 late Mar.	9.2	8.8	5.4	10.6
	4月上旬 early Apr.	11.3	8.7	9.4	9.3
	4月中旬 mid Apr.	12.2	13.1	11.7	14.6
	4月下旬 late Apr.	12.9	15.2	12.1	14.1
	5月上旬 early May	14.9	18.4	16.5	16.5
最高気温 (°C) Maximum air temperature	3月中旬 mid Mar.	13.1	9.5	7.4	13.4
	3月下旬 late Mar.	13.4	13.6	10.7	15.7
	4月上旬 early Apr.	17.6	13.7	14.4	12.9
	4月中旬 mid Apr.	16.4	18.7	15.5	20.4
	4月下旬 late Apr.	17.3	20.0	15.7	19.4
	5月上旬 early May	19.3	24.9	20.2	21.5
最低気温 (°C) Minimum air temperature	3月中旬 mid Mar.	1.9	1.6	0.2	3.9
	3月下旬 late Mar.	4.7	4.3	0.9	4.8
	4月上旬 early Apr.	5.6	3.6	4.1	5.4
	4月中旬 mid Apr.	8.1	7.3	8.4	8.6
	4月下旬 late Apr.	8.4	10.0	8.4	8.8
	5月上旬 early May	9.8	11.3	13.4	11.5

り、14~17日間続いた。しかし、分泌の最も盛んな時期は満開の直前から満開後1週間ぐらいまでの約10日間である。受粉液の分泌は袋掛によって促進された。また袋掛によって分泌期間および分泌盛期の期間が多少長くなった。受粉液の分泌と気象条件との関係についてみると、一般に分泌は気温と湿度が共に高い日に盛んである。雨の日やその翌朝などには雌花の全面に液滴が分泌しているのがみられる。

日中の変化についてみると(図-3)、分泌量は午前8時頃最大で、漸次減少し午後3時頃最低となり、夕方再び増加する。一般に分泌は午前が多く、午後少ないようである。前述のように分泌量は袋掛によって増加するが、その日の天候の影響を強く受け、晴天の日と雨天の日

とで分泌量および分泌の経過が著しく異なる。また個体によって分泌の時期、期間、量などに多少差異がみられる。分泌量の多い木、少ない木があるようである。

色々な条件の下で分泌量(珠孔上に露出している量)を測定した結果は表-3の如くである。満開期の雌花1個当たりの自然状態における分泌量は、晴天の日で平均0.09 $\mu$ l、雨天の日で0.29 $\mu$ lである。袋掛の場合は、晴天の日で0.19 $\mu$ l、雨天の日で0.54 $\mu$ lで、自然状態に比べて分泌量は約2倍増加している。分泌量は晴天自然<晴天袋掛<雨天自然<雨天袋掛の順に多い。

(2) 受粉液の役割

人工受粉の状況を写真-2に示す。ヒノキの珠孔は管状珠孔で、受粉液は液滴となって珠孔上に露出してい

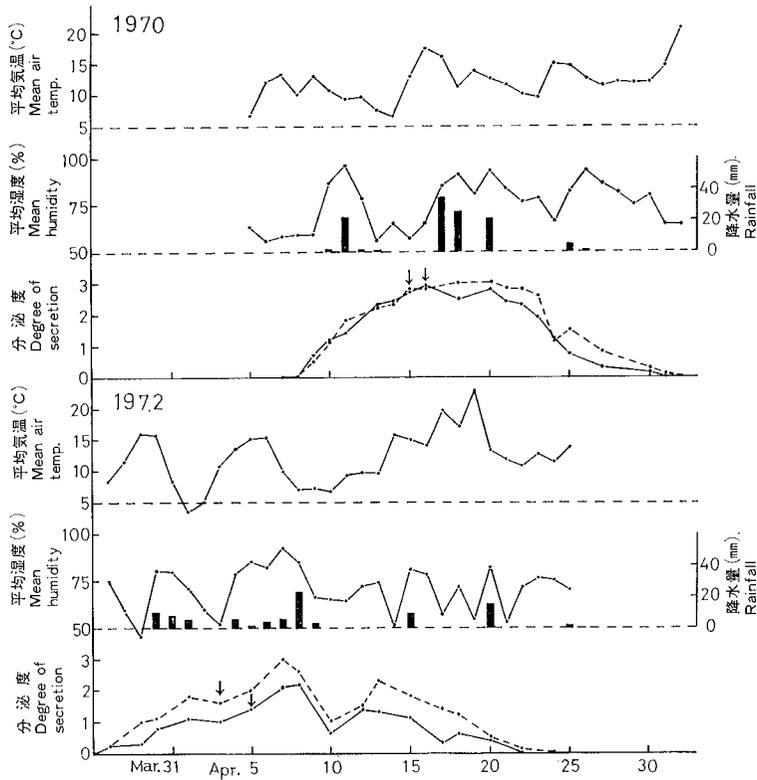
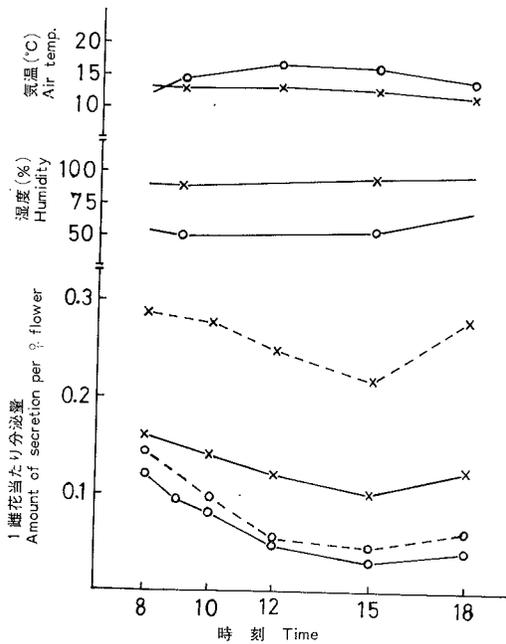


図-2. 受粉液分泌の時期的変化  
Fig. 2. Seasonal courses of secretion of pollination drops

分泌度 Degree of secretion  
 0 分泌なし No secretion  
 1 分泌少ない (受粉液が雌花の二、三の鱗片に認められる) Small secretion: Pollination drops are observed in some scales of one female flower  
 2 分泌中程度 (受粉液が雌花の約半分の鱗片に認められる) Mediate secretion: Pollination drops are observed in about a half scale of one female flower  
 3 分泌多い (受粉液が雌花のほぼ全部の鱗片に認められる) Copious secretion: Pollination drops are observed in almost all scales of one female flower

● 自然における分泌 Secretion under natural conditions  
 ● 袋掛の場合の分泌 Secretion in bagging  
 矢印は満開日を示す Arrows indicate the time of full bloom.  
 受粉液は午前9時に測定した Pollination drops were measured at 9 a.m.



分泌量 Amount of secretion  
 — 自然 Natural condition  
 - - - 袋掛 Bagging  
 ○ 4月14日と4月16日の平均, 晴 The mean of April 14 and April 16, fine weather  
 × 4月20日, 雨 April 20, rainy weather

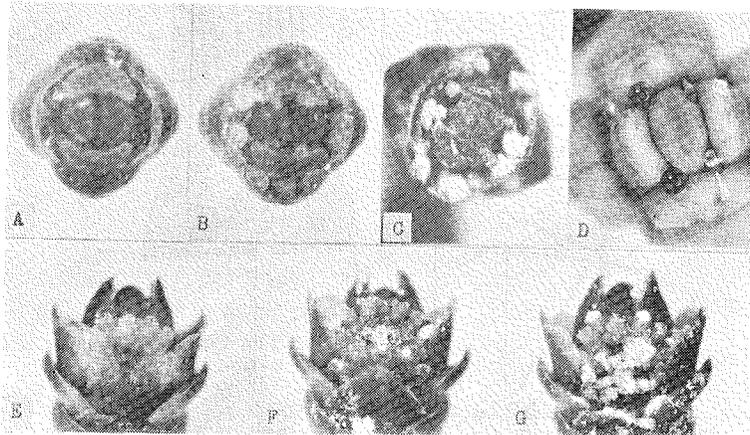
図-3. 受粉液分泌の日中変化  
Fig. 3. Diurnal courses of secretion of pollination drops

表一 3. 受粉液の分泌量

Table 3. Amounts of secretion of pollination drops

個 体 Individual	天 候 Weather	測 定 月 日 Date	自 然 Natural conditions $\mu\text{l}/\text{♀ flower}$	袋 掛 Bagging $\mu\text{l}/\text{♀ flower}$
No. 1	晴 Clear	Apr. 16	0.14	0.16
No. 2		Apr. 23	0.05	0.10
No. 3		Apr. 23	0.05	0.33
No. 4		Apr. 16	0.10	0.16
平 均 Mean	—	—	0.09	0.19
No. 1	雨 Rainy	Apr. 20	0.16	0.29
No. 2			0.25	0.64
No. 3			0.30	0.56
No. 4			0.46	0.66
平 均 Mean	—	—	0.29	0.54

注 午前9時測定 Measured at 9 a.m.



写真一 2. 人工受粉の状況

Photo. 2. Controlled pollination in *Chamazecypris obtusa*

A, E : 満開期の雌花。受粉前。 B, F : 比較的少量の花粉を受粉した場合。 C, G : 多量の花粉を受粉した場合。珠孔入口に花粉が塊状に付着する。 D : 受粉による液滴の消滅。左側, 対照 (無受粉)。右側矢印, 液滴がつぶれないように少量の花粉を受粉する。液滴は内部に吸収され, 以後受粉液の分泌がとまる。

A, E : Female flowers of full bloom stage. Before pollination. B, F : Cases in which relatively small quantity of pollen was pollinated. C, G : Cases in which a large quantity of pollen was pollinated. Pollen grains adhere to the entrance of micropyle in a group. D : Disappearance of pollination drops by pollination. Left (two pollination drops) ; unpollinated control. Right (arrow) ; after a small quantity of pollen was pollinated to drops. The drops are absorbed in the micropyle after pollination and thereafter the secretion of micropylar fluid stops.

る。液滴に少量の花粉をかけると、花粉は液滴の中にとけ込むが、大量の花粉をかけると液滴はつぶれ、花粉は胚珠の頂部に塊状に付着する。珠孔の口に液滴がみられない場合でも、満開期の胚珠の珠孔入口周辺部は受粉液でうるおっているから花粉はよく付着する。満開期に雌花の着生した枝を切りとり室内で水挿して、液滴がつぶれないように少量の花粉をかけて観察すると、受粉した液滴のみ内部に吸収されて消滅する。開花期の雌花は下向あるいは横向に着いているから、液滴に捕えられた花粉粒は自ら沈下するのではなく、液の引き込みにつれられて珠孔の中へ運ばれるものと考えられる。これらのことから、受粉液は花粉を捕捉し、それを花粉室に運搬する役目を持っていると考えてよい。

5. 珠孔の開口および閉鎖

珠孔の開口と閉鎖の状況は図-4~5および表-4の如くである。珠孔は開花の前から開いており、胚珠が外部に露出するようになると花の上面から開口した珠孔がみられる。珠孔溝はやや扁平な管状の通路である。胚珠を縦断して珠孔溝の最狭部の幅を測定すると、珠孔溝の

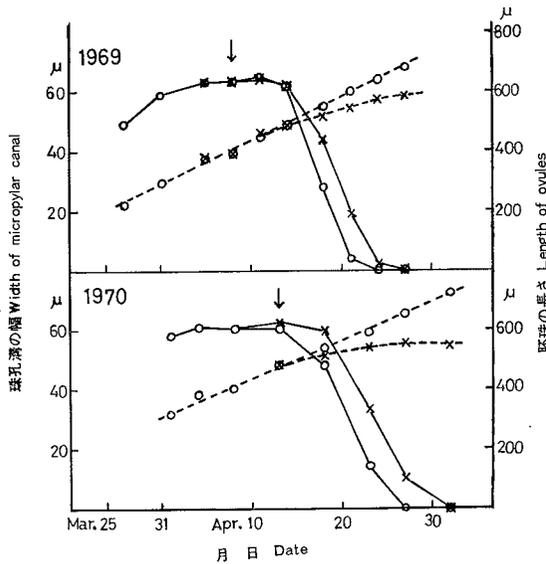


図-4. 胚珠の生長と珠孔の閉鎖状況  
 Fig. 4. Growth of ovules and closure of micropyle  
 胚珠の長さ Length of ovules  
 ○---○ 自然受粉 Open pollination  
 ×---× 無受粉 Non-pollination  
 珠孔溝の幅 Width of micropylar canal  
 ○---○ 自然受粉 Open pollination  
 ×---× 無受粉 Non-pollination  
 矢印は満開日を示す Arrows indicate the time of full bloom.

大きさは胚珠の生長に伴って増大し、満開期の頃には最大になる。満開期の珠孔溝は、長径(幅)が70~75μ、短径(厚さ)が50~55μで、平均60~65μである。珠孔は受粉後急速に閉じ始める。珠孔の閉鎖は珠孔溝の内壁に

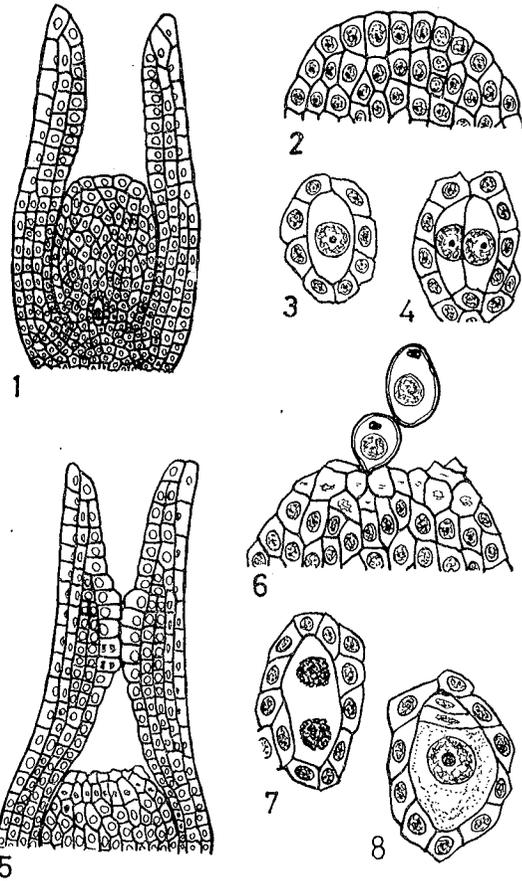


図-5. 受粉後の胚珠組織の変化  
 Fig. 5. The Change of ovular tissue after pollination

1~4: 満開期。珠孔は開口している。珠孔の中に1~2個の胚のう母細胞が認められる(4月8~14日)。5~7: 閉花開始期。珠孔溝の閉鎖と珠孔頂部の細胞の退化が起こる。胚のう母細胞の減数分裂がみられる(4月20~24日)。8: 閉花完了期。胚のう細胞が認められる。  
 1~4: Full bloom stage. The micropyle opens and the embryo sac mother cell is observed in the nucellus (April 8~14). 5~7: Stage of starting of flower shutting. The closure of micropylar canal and the degeneration of cells at the top of nucellus occur. The meiosis of embryo sac mother cells is observed (April 20~24). 8: Stage of ending of flower shutting. The formation of embryo sac cell (megaspore) is observed (April 27).

表 4. 珠孔の開口の状況  
Table 4. The state of opening of micropyle

年度 Year	個体 Individual	胚珠露出期間 Period of exposure of ovules		珠孔開口期間 Period of opening of micropyle		花粉の珠孔溝通過可能期間 Period at which pollen grains are able to pass micropylar canal					
		無受粉 Non-pollination	受粉 Pollination	無受粉 Non-pollination	受粉 Pollination	無受粉 Non-pollination			受粉 Pollination		
						満開前 Before full bloom	満開後 After full bloom	合計 Total	満開前 Before full bloom	満開後 After full bloom	合計 Total
1969	No. 1	30日	27日	30日	24日	8日	14日	22日	8日	13日	21日
	No. 3	28	28	28	25	10	12	22	10	11	21
	No. 4	22	22	22	17	8	7	15	8	5	13
	No. 5	31	28	25	25	10	12	22	10	10	20
1970	No. 1	33	22	24	20	6	10	16	7	7	14
	No. 15	23	22	23	18	5	9	14	5	6	11
平均	Mean	27.8	24.8	25.3	21.5	7.8	10.7	18.5	8.0	8.7	16.7

閉鎖細胞が形成されることによって起こる。閉鎖細胞は分裂しながら横に発達して珠孔をふさぐ。閉鎖組織は最初珠孔溝の中部に形成され、順次上下両方向へ形成が進み、閉花完了期には珠孔を完全にふさぐ。満開後期から閉花初期に上前から珠孔を見ると、珠孔は開口しているように見える。しかし、内部にすでに閉鎖組織が形成されて、花粉の通過が困難な場合が多い。人工受粉がおくれた場合、花粉は花粉室に達することができず、閉鎖組織の上部で停滞している場合がよく見られる。

珠孔の閉鎖は無受粉でも起こるから、この現象は自動的なものである。しかし、受粉によって閉鎖は促進される。表-4によると、ヒノキの胚珠露出期間は無受粉(袋掛)では平均28日、受粉(自然状態)では25日である。また珠孔開口期間は無受粉では平均25日、受粉では22日である。ヒノキの花粉粒の直径は30 $\mu$ 前後であるから、花粉粒が珠孔溝を通過できる期間(珠孔溝の幅が30 $\mu$ より大きい期間)は無受粉では約19日、受粉では17日である。袋掛の場合は、胚珠露出から満開までの8日間と満開後の11日間が人工受粉の可能な期間となる。

6. 花粉室内の花粉粒の数、受粉後の花粉の行動および珠孔組織の変化

花粉室内に存在する花粉粒の数を1970年の試料で測定した(図-6)。自然受粉では1胚珠当たり0~4個、

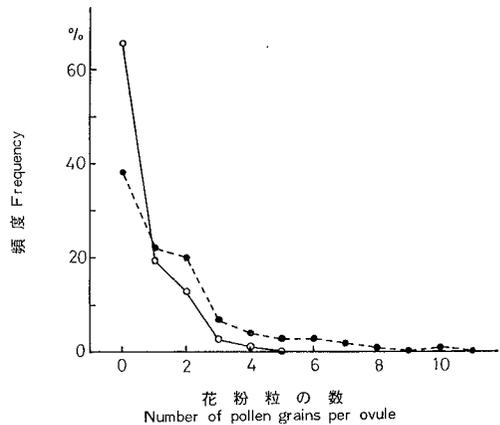


図-6. 花粉室内に存在する花粉粒の数  
Fig. 6. Number of pollen grains present in pollen chamber

○—○ 自然受粉 Open pollination  
●---● 人工受粉 Controlled pollination

平均0.5個、人工受粉では0~10個、平均1.5個の花粉粒が認められた。花粉粒の存在しない胚珠は、自然受粉で65%、人工受粉で39%あり、受粉率は自然受粉が35%

人工受粉が61%であった。すなわち、人工受粉によって胚珠の受粉率および花粉室内の花粉粒の数が増加した。花粉室内の花粉粒の数は個体によってかなり差があるようであるが、本調査では受粉した胚珠の大部分でわずかに1~2個の花粉粒しか認められず、花粉室内には意外に花粉が少なかった。

珠孔を通して花粉室に入った花粉粒は短期間のうちに外膜を脱皮し、珠孔閉鎖組織の形成によって内部に押し込まれ、一部は珠心頂部に着生する(図一5)。脱皮した花粉は吸水によって原形質がやや膨脹する。そして、4月20日頃から花粉室内あるいは珠心の頂部で発芽を始める。最初の頃は花粉管の伸長は緩慢で、いわゆる前発芽の状態である。閉花完了後、球果が急速に生長を始める頃(4月の終わりから5月の始め)に花粉管は伸長して珠心に侵入する。

次に珠心組織の変化について述べる(図一5)。満開期の珠心頂部の細胞には原形質が充満しているが、満開後期から閉花開始期になると原形質が死滅して細胞は空胞化する。閉花完了期、すなわち花粉管が伸び始める頃には原形質は殆ど認められず、細胞は萎縮して変形してくる。頂部細胞の退化時期は個体によって多少差がある。また頂部細胞の退化は無受粉でも起こるから、自動的なもので受粉の直接の結果ではない。しかし、この現象は花粉管の珠心への侵入と関係があるように思われる。頂部細胞の退化時期は花粉の発芽時期と一致する。この細胞の退化はおそらく花粉管の珠心への侵入を容易

にするためであって、一種の誘導組織として機能しているものと思われる。

満開期の雌花の珠心の基部には周囲の細胞よりも大形で、縦に長い胚の母細胞が1~2個認められる。胚の母細胞は満開後期から閉花開始期(4月20日前後)に減数分裂を行って、胚の細胞になる。胚の細胞は1個のみ生存し、他は退化する。閉花完了期(4月下旬の後半)には大きく生長し、中に1個の胚の核をもった胚の細胞(大孢子)がみられる。胚の内の遊離核分裂は5月上旬より始まる。

## II. 人工受粉の適期の決定

1970年と1972年に雌花の開花過程別に人工受粉を行なった結果は表一5および図一7~12に示す通りである。

### 1. 受粉時期と球果の生産および発育との関係

受粉時期と結果率との関係についてみると(図一7)、満開の8日前(開花開始期)から満開初期までの受粉で100%結果したが、満開後平均5日目の受粉から結果率が低下をはじめ、満開後20日目の受粉ではほぼ0となった。無受粉の結果率は0、自然受粉の結果率は99%であった。すなわち、自然受粉と同程度の結果率を示す受粉時期は満開の8日前(開花開始期)から満開の約5日後(満開中期)までの受粉で、閉花開始期以降の受粉では結果率が急激に低下する。なお無受粉の結果率は0であり、ヒノキの雌花は受粉しなければ球果に発育しないことがわかった。しかし、別の実験によるとヒノキの死

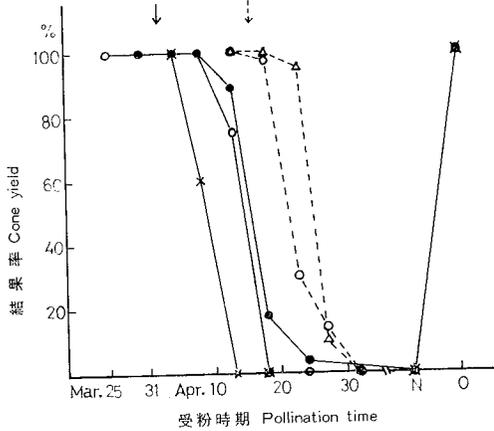
表一5. 開花過程別人工受粉の結果\*

Table 5. Results of controlled pollination in different flowering processes\*

受粉** 時期 pollination time (days)	雌花の開花過程 of female flowers in bagging	受粉液の 分泌 Secretion of pollination drops	交配雌 花数 No. of female flowers pollin- ated	結果率 Cone set (%)	球果の大きさ Cone size		1個当 り球果 の重量 Average cone weight (mg)	1球果 当り種 子数 No. of seeds /cone	1球果 当り種 子重量 Seed weight /cone (mg)	種子の 長さ Seed length (mm)	1,000粒 重 1,000- seed- weight (g)	発芽率 (21日間) Seed germi- nation for 21 days (%)
					長さ Length (mm)	直 径 Dia- meter (mm)						
-8	開 花 開 始 期	—	10	100	9.7	11.0	625	34.4	71	3.3	2.05	12.7
-5 ± 2	胚珠露出期~ 受粉液分泌開始期	— ~ 卅	47	100	10.5	11.4	730	35.8	77	3.5	2.16	31.1
0 ± 2	満開直前~満開初期	卅 ~ 卅	114	100	10.0	11.1	695	36.6	76	3.4	2.08	27.3
+5 ± 2	満開中期~満開後期	卅 ~ 卅	125	98	9.8	11.0	654	33.8	71	3.4	2.09	32.0
+10 ± 2	満開後期~閉花初期	+ ~ 卅	146	53	8.4	9.2	414	33.5	46	3.0	1.34	14.1
+15 ± 2	閉花初期~閉花後期	- ~ +	115	6	4.5	4.7	92	10.3	11	1.1	0.42	2.9
+20 ± 2	閉花中期~閉花完了 期	—	95	1	3.5	3.5	17	1.0	1	0.6	0.25	0
無 受 粉 Non-poll.	—	—	98	0	3.3	3.2	17	0	0	0	0	0
自然受粉 Open-poll.	—	—	95	99	9.6	10.9	640	33.2	61	3.3	1.81	16.6

\* -8日を除いて5母樹の平均を示す。 Showed the average of 5 trees except -8 days.

\*\* 満開日を基準(0)にして、前(-)後(+)の日数で示す。 The time of pollination was shown on the basis of full-bloom day.



図一七. 受粉時期と結果率との関係  
Fig. 7. Relation between pollination time and cone yield

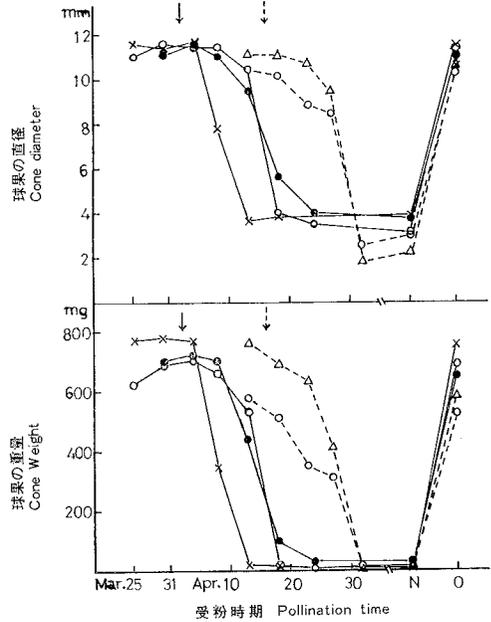
○—○ 1号木 No. 1 } N 無受粉 Non-pollination  
●—● 13号木 No. 13 } 1972年 O 自然受粉 Open pollination  
×—× 15号木 No. 15 }  
○---○ 1号木 No. 1 } 1970年  
△---△ 10号木 No. 10 }  
矢印は平均満開日を示す Arrows indicate the mean full bloom day in each year.

滅花粉の受粉で正常な球果が生産される。したがって、ヒノキは刺激的（他動的）単為結果をする植物であるといえる。

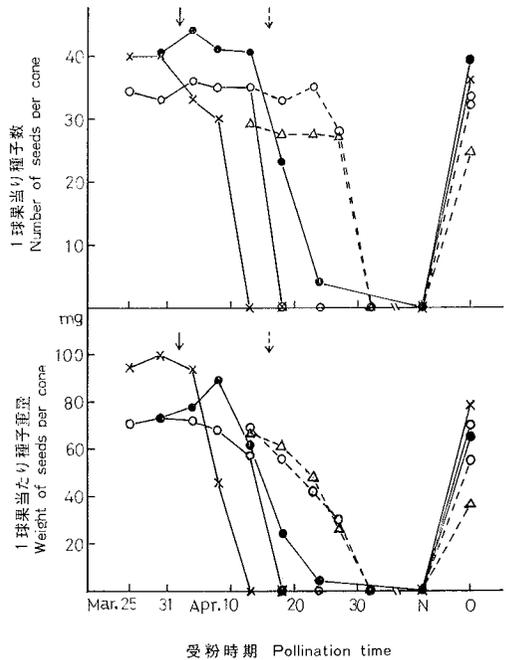
受粉時期と球果の発育との関係は図一八の通りである。球果の長さ、直径および生重量を測定した。球果の大きさは満開の8日前から満開後5日ぐらいまでの受粉が大きく、また球果の重量は満開の5日前から満開後5日目までの受粉が重い。満開後期以降の受粉では、受粉時期がおくれるに従って球果の発育が悪くなる。受粉時期と球果の発育との関係は球果の大きさよりも重量によりはっきり現われるようである。受粉時期と球果の発育との関係は個体によって多少異なるが、自然受粉よりも球果の発育がよい人工受粉の時期は、満開の5日前（胚珠露出期）から満開の5日後（満開中期）までの約10日間であるが、とくに満開の5日前から満開初期までの受粉で発育がよい。受粉時期が早すぎても遅すぎても球果の発育はよくない。

2. 受粉時期と種子の生産、発育および稔性との関係

受粉時期と種子の生産との関係を図一九に示す。1球果当たり種子数は満開の8日前から満開後10日ぐらいまでの受粉で多く、閉花初期以降の受粉では極度に減少し



図一八. 受粉時期と球果の発育との関係  
Fig. 8. Relation between pollination time and cone development

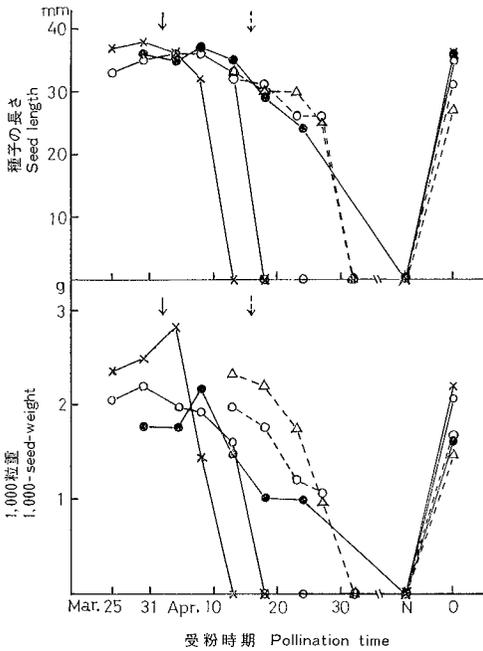


図一九. 受粉時期と種子の生産との関係  
Fig. 9. Relation between pollination time and seed production

た。種子数の最も多い受粉時期は満開の5日前（胚珠露出期）から満開初期までである。

1球果当たり種子重量は満開の8日前から満開後5日ぐらいまでの受粉で自然受粉よりも大であり、受粉時期が遅れると低下する。種子重量は満開の5日前（胚珠露出期）から満開初期までの受粉でとくに大である。

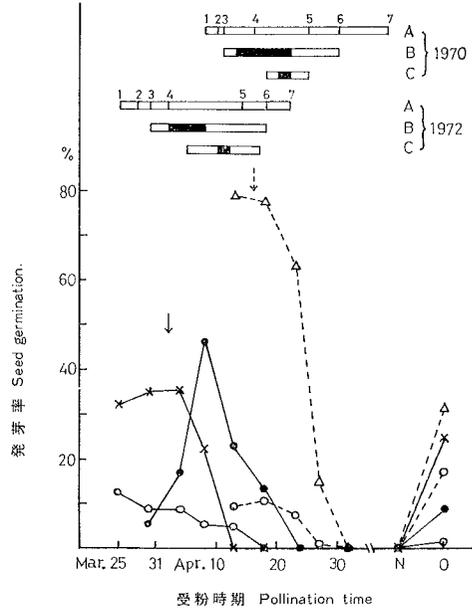
受粉時期と種子の発育との関係についてみると（図一10）、種子の長さおよび1,000粒重は満開の8日前から



図一10. 受粉時期と種子の発育との関係  
Fig. 10. Relation between pollination time and seed development

満開後5日ぐらいまでの受粉で自然受粉よりも大きくて、重い。閉花開始期（満開後約10日）以降の受粉では、受粉時期が遅れるに従って種子は小さくて、軽くなる。

受粉時期と種子の稔性との関係についてみると（図一11）、満開の8日前（開花開始期）から満開の約15日後（受粉液分泌停止期）までの受粉で稔性のある種子がえられた。しかし、発芽率は満開の約5日前（胚珠露出期）から満開の約5日後（満開中期）までの間の受粉でとくに高く、受粉時期が早すぎても遅すぎても低下した。とくに閉花開始期以降の受粉で発芽率の低下が目立った。種子の稔性が自然受粉よりも高い人工受粉の時期



図一11. 受粉時期と種子の稔性との関係  
Fig. 11. Relation between pollination time and seed fertility

- A 袋掛の場合の雌花の開花経過（数字は開花の過程を示す。表一参照）  
Flowering course of female flowers in bagging. The numbers show the process of flowering (see Table 1).
  - B 受粉液の分泌経過（黒くぬりつぶした部分は分泌盛期を示す）  
Course of secretion of pollinain drops. The black-painted part shows the active period of pollination-drop secretion.
  - C 花粉飛散の経過（黒くぬりつぶした部分は飛散盛期を示す）  
Course of pollen dispersion. The black-painted part shows the active period of pollen dispersion.
- 矢印は平均満開日を示す Arrows indicate the mean full bloom day in each year.

は満開の約5日前から満開後約5日までの10日間である。なお種子の稔性は個体によって著しく異なり、最低10%の木（1号木）から最高79%の木（10号木）までであった。

### 3. 人工受粉の適期

前述の交配試験の結果から、ヒノキの雌花の受容期間と人工受粉の適期をとりまめると表一6の如くである。1970年と1972年の平均でみると、稔性のある種子がえられた人工受粉の時期は4月3日から4月19日までで、雌花の開花過程と対比すると胚珠露出期（4月2日）から閉花開始期（4月18日）に相当する。ヒノキは雌

表一 6. 雌花の受容期間と人工受粉の適期  
Table 6. Receptive period of female flowers and favourable time for controlled pollination

年度 Year	母樹 Female parent	雌花の開花過程 Flowering process of female flowers				稔性のある種子がえられた人工受粉の時期 Period of controlled pollination at which fertile seeds were obtained	受容期間 Receptive period of female flowers (日数 Days)			人工受粉の適期 Favourable time for controlled pollination (日数 Days)		
		開花開始期 Beginning of flower opening	胚珠露出期 Exposure of ovules	満開期 Full bloom	閉花開始期 Beginning of flower shutting		満開前 Before full bloom	満開後 After full bloom	合計 Total	満開前 Before full bloom	満開後 After full bloom	合計 Total
1970	No. 1	Apr. 6	Apr. 8	Apr. 14	Apr. 25	Apr. 13 ~ 27	*	13	21	—	9	—
	No. 10	Apr. 9	Apr. 12	Apr. 18	Apr. 25	Apr. 13 ~ 27	(8)	9	18	5	5	10
1972	No. 1	Mar. 25	Mar. 28	Apr. 2	Apr. 14	Mar. 25~Apr.13	8	11	19	8	2	10
	No. 13	Mar. 27	Mar. 31	Apr. 4	Apr. 14	Mar. 30~Apr.18	(8)	14	22	2	9	11
	No. 15	Mar. 23	Mar. 25	Mar. 30	Apr. 10	Mar. 25~Apr. 8	(7)	9	16	5	7	12
平均 Mean		Mar. 30	Apr. 2	Apr. 7	Apr. 18	Apr. 3~Apr. 19	8	11	19	5	6	11

\* ( ) 内は推定日数を示す。The number in parentheses shows estimated days.

花先熟で、花粉飛散開始の約10日前に雌花が咲き始める。1970年にはあらかじめ花粉を準備していなかったため人工受粉の開始時期がかなりおくれたが、1972年の実験によると母樹 No. 1 では開花開始期以降の受粉で稔性のある種子がえられた。開花開始期には胚珠は外部から見えないが、りん片はゆるみ花粉が内部にはいろいろ程度の隙間はできているようである。もちろん珠孔はすでに開口している。これらのことから、雌花の受容期間は胚珠露出期よりも早く、開花開始期から閉花開始期までであると考える。期間は満開前が平均8日間、満開後が平均11日間で、合計19日間である。種子の稔性が自然受粉にまさる人工受粉の時期は、満開の平均5日前から満開の平均6日後までの11日間である。しかし、球果の発育、種子の生産、発育などは満開の約5日前から満開初期までの間の受粉で最もよい。以上の如くヒノキの人工受粉は満開の約5日前(胚珠露出期)から満開初期にかけて行なうのが最もよい。しかし、種子の稔性からみれば、満開の約5日前(胚珠露出期)から満開の約5日後(満開中期)までの10日間が人工受粉の適期といえる。

人工受粉の適期は個体によって多少差があるから、それぞれの個体あるいはクローンの開花習性を十分調査して適期に交配することが大切である。人工受粉の適期は受粉液分泌の最盛期と大体一致する。それ故雌花のりん片が大部分開き、受粉液がほぼ全部のりん片に認められるようになれば人工受粉を行なえばよい。ただ注意しなければならないことは、受粉液の分泌が認められても受粉時期がおくれると成績が著しく悪くなることである。

満開期以降の受粉では結果および結実が急激に低下する。人工受粉はおそくならないように、むしろ早目に行なう方が安全である。花粉の飛散最盛期と人工受粉の適期とは一致しない(図—11)。これは雌花先熟であることと、袋掛によって雌花の開花が自然状態の場合よりも早く進行するためである。ヒノキの人工交配にあたっては、このことにも十分留意する必要がある。

### 考 察

針葉樹の開花および受粉の現象については、外国では McWilliam<sup>10)</sup> が二、三のマツで、 Ehrenberg<sup>4)</sup> が *Pinus silvestris* で、 Pattinson<sup>14)</sup> が *Pinus kesiyae* で、 Barner と Christiansen<sup>2~3)</sup> が *Larix* と *Pseudotsuga* で、 Allen<sup>1)</sup> が Douglas fir で研究している。わが国では、中井<sup>11)</sup> および渡辺<sup>16)</sup> がマツで、横山<sup>17)</sup> がカラマツで研究しているが、とくに萩行<sup>5~7)</sup> らは交配実行者の立場からスギ、ヒノキおよびマツの開花現象を観察記録している。これらの報告を通覧すると、外国産の *Pinus*, *Larix*, *Pseudotsuga* では開花や受粉の現象、機構が育種学的、形態的にかなりくわしく調査研究されているが、わが国産の樹種ではあまりくわしく研究されていない。

萩行<sup>5)</sup> はヒノキの開花現象を外部的に観察し、雌花および雄花の開花の順序をそれぞれ0(未開花)から4(りん片が肥厚して珠孔が見えなくなる。雄花が剥落する)の5期に分けている。筆者は前報<sup>9)</sup> でスギの開花と受粉の現象をくわしく調査し報告したが、ヒノキの開花の様式はスギと同様であって、雌花の開花過程は7期に

分けることができる。しかし、開花時期や開花期間はスギと著しく異なる。スギの開花期は針葉樹の中では最も早く、年によっては1月下旬に雌花が開花を開始する。また開花期間が長く、雌花の開花期間は2カ月におよぶことがある。ヒノキの雌花の開花開始期は3月下旬ないし4月上旬でスギよりも平均1カ月遅く、また開花期間は約1カ月でスギの約半分である。雌花と雄花の開花期の関係についてみると、スギの雌花の開花開始期は雄花のそれよりも平均25日早い。ヒノキの場合も約10日雌花が早く咲き始める。スギと同様に雌花先熟 *metandry* の現象がみられる。

葯からでた花粉が雌しべの柱頭につく現象を受粉と一般にしているが、針葉樹は被子植物と花の構造が異なるからこの定義をそのまま用いることはできない。針葉樹では花粉は最初胚珠の珠孔頂部や突起物に着生し、珠孔の内部に運搬されて発芽し、花粉管が珠心に侵入する。珠孔は受粉後閉鎖するから、花粉が珠孔の内部に運搬されなければ受精にあずかることができない。したがって、針葉樹では珠孔頂部に着生した花粉が珠孔内部あるいは花粉室に移送されて到達することを受粉といえることができる。Göbel<sup>13)</sup> は針葉樹の珠孔を管状、鉢状、柱頭状の3型に分類している。受粉の機構は樹種によりまた珠孔の型により異なる。ヒノキはスギと同様に管状珠孔で、開花期に受粉液が珠孔から分泌し、液滴となって珠孔上に露出している。花粉は液滴に捕えられて珠孔頂部に着生し、液の引き込みにつれられて珠孔内へ運搬されて花粉室に達して発芽する。受粉の機構は前に報告したスギの場合と同様である。

受粉液は(1)花粉を捕捉すること、(2)それを珠孔の内部へ運搬すること、(3)花粉の発芽に必要な水分を花粉に保持させることの三つの役目を持っている。ヒノキの受粉液の分泌の状況はスギの場合とほぼ同様で、満開期に最も多く分泌する。1日の変化は朝方多く、午後減少する。また袋掛や天候によって分泌量が左右される。一般に湿度が高いと分泌量が増加する。受粉液の分泌には胚珠自身の内的要因と環境条件の両方が関係するようである。一般に分泌は吸水が盛んに行なわれて蒸散作用が抑制されたときに増加するので、一種の排水現象 *guttation* とも考えられる。

受粉後珠孔の閉鎖、珠心頂部の細胞の退化など胚珠組織の変化が起こる。珠孔閉鎖の機構は樹種によって異なる。スギやヒノキでは珠孔溝の内壁の細胞が分裂しながら横に伸長して閉鎖組織を形成し珠孔をふさぐが、閉鎖の様式はスギとヒノキとで多少ちがう。スギの場合は珠

孔溝の全前にほぼ同時に閉鎖組織が形成される。したがって、閉花期に上前から胚珠をみると珠孔の閉鎖がわかる。ヒノキでは最初珠孔溝の中部に閉鎖組織が形成され、順次上下両方向へ形成が進む。閉花初期に上面から珠孔をみると、珠孔は開口しているように見える。しかし、実際は内部に閉鎖組織がすでに形成されて花粉の通過が困難な場合が多い。ヒノキの人工受粉に際しては珠孔の閉鎖にとくに注意し、受粉時期がおそくならないようにすることが大切である。

次に人工受粉の適期についてみると、Pawsey<sup>14)</sup> は *Pinus radiata* の交配試験で雌花の受容期間は約2週あり、受粉の適期は雌花が完全に開いてから1週間以内が最もよいことを認めている。Ehrenberg<sup>15)</sup> は *Pinus silvestris* で3b期(雌花の先端が芽鱗の上に現われる時期)から4期(雌花が完全に開いた時期)の受粉でよい結果をえている。Barner<sup>16-18)</sup> の試験によると、*Larix* の雌花の受容期間は2~3週間と推定されるが、人工受粉の最適期は10日以下のものである。*Pseudotsuga* では受容期間は12~14日、受粉の最適期は5~6日のようである。渡辺<sup>16)</sup> はアカマツ、クロマツの雌花の受容期間は約2週間で、交配の最適時期は開花開始後5日目前後と思われると述べている。中井<sup>12)</sup> がクロマツで実験したところによると、最適交配時期は比較的短く、2~3日にすぎないという。筆者の研究<sup>9)</sup> によると、スギの雌花の受容期間は胚珠露出期から閉花開始期まで約40日間、人工受粉の適期は満開の前後約20日間である。本研究によると、ヒノキの受容期間は開花開始期から閉花開始期まで約20日間ある。しかし、人工受粉の適期は満開の約5日前(胚珠露出期)から満開後5日(満開中期)ぐらいまでの約10日間で、スギに比べて短い。

針葉樹の受粉の現象は前述のように珠孔頂部に着生した花粉粒が珠孔内部あるいは花粉室に移送されるまでの現象である。したがって、雌花のりん片の開閉および珠孔の開口の状況が受粉を左右することになる。ヒノキの珠孔は未開花のときから開いているから、雌花のりん片がふくらみ内部に花粉粒が入りうるようになれば受粉が可能である。珠孔は受粉後珠孔溝に閉鎖組織ができて閉じるが、珠孔溝の幅が花粉粒の大きさよりも大きければ花粉は珠孔を通して花粉室に達することができる。ヒノキの花粉の直径は30 $\mu$ 前後である。形態的調査によると、袋掛の場合珠孔の開口期間は約25日、珠孔溝の幅が30 $\mu$ 以上の期間は平均19日である。人工受粉の結果によると、雌花の受容期間は平均19日で、形態学的調査結果と一致する。珠孔から分泌される受粉液は花粉をとらえ

それを珠孔内部に運搬する役目を演じている。人工受粉に際しては、受粉液の分泌状況をよく調べ、適期に受粉することが大切である。

### 摘 要

1. 野外観察の結果、ヒノキの雌花の開花過程を7期に分けることができた。雌花は3月下旬～4月上旬に開花を開始し、4月上～中旬に満開となり、4月下旬～5月上旬に閉花した。個体の平均開花期間は約1カ月であった。雄花の開花開始期は雌花のそれよりも約10日おくれた。開花期および開花の経過は年度、個体、袋掛などによって変化した。年変化と個体変異は最大10日認められた。雌花の開花期間は袋掛によって数日延長された。ヒノキは旬間の平均気温が9～10℃のとき開花を始めた。

2. 自然状態における受粉液の分泌は、胚珠露出後数日で始まり、14～17日間続いた。受粉液の分泌は一般に気温と湿度が高い日に盛んであった。日中の変化は朝方多く、午後減少した。袋掛によって分泌量は増加した。満開期の雌花1個当たりの分泌量は、自然状態では0.1～0.3  $\mu$ l、袋掛では0.2～0.5  $\mu$ lであった。受粉液は花粉を捕え、それを珠孔の内部へ運搬する役目をしていることがわかった。花粉は受粉液に捕えられて珠孔頂部に着生し、液の引き込みにつれられて珠孔内へ運ばれて花粉室に達して発芽する。

3. 珠孔は開花の前から開いているが、受粉後急速に閉じ始めた。袋掛（無受粉）の場合の珠孔開口期間は平均25日、花粉粒の珠孔溝通過可能期間は約20日であった。

4. 人工受粉によって胚珠の受粉率および花粉室内の花粉粒の数が増加した。人工受粉では1胚珠当たり平均1.5個の花粉粒が認められた。花粉室内の花粉粒は短期間のうちに外膜を脱皮し、閉花期に発芽を始めた。また珠心の細胞は閉花期に退化して誘導組織に発達するようであった。

5. ヒノキの雌花の受容期間は開花開始期から閉花開始期まで、約20日間であった。球果および種子の発育は満開の約5日前から満開初期までの間の受粉で最もよか

った。種子の稔性は満開の約5日前から満開の約5日後までの間の受粉で最も高かった。これらの結果から、人工受粉は満開の約5日前（胚珠露出期）から満開初期にかけて行なうのが最もよい。しかし種子の稔性からみれば、満開の前後10日間（胚珠露出期から満開中期まで）が人工受粉の適期と思われる。

### 文 献

- 1) Allen, G. S. & Owens, J. N. : *The Life History of Douglas Fir*, 83～102, Canadian Forestry Service (1972)
- 2) Barner, H. & Christiansen, H. : *Silvae Gen.*, **9**, 1～11 (1960)
- 3) Barner, H. & Christiansen, H. : *Silvae Gen.*, **11**, 89～102 (1962)
- 4) Ehrenberg, C. E. & Simak, M. : *Medd. Stat. Skogsforskningsinst.*, **46**(12), 1～27 (1956)
- 5) 萩行治義ら：45年度林木育種研究発表会講演集, 53～55, 林木育種協会 (1971)
- 6) 萩行治義ら：46年度林木育種研究発表会講演集, 60～67, 林木育種協会 (1972)
- 7) 萩行治義ら：関東林木育種場年報, **7**, 89～98 (1971)
- 8) 橋詰隼人：鳥大農研報, **25**, 81～96 (1973)
- 9) 橋詰隼人：鳥大農研報, **25**, 97～103 (1973)
- 10) McWilliam, J. R. : *Bot. Gaz.*, **120**, 109～117 (1958)
- 11) 中井 勇ら：京大演報, **39**, 125～143 (1967)
- 12) 中井 勇ら：林業技術, **299**, 25～27 (1967)
- 13) 中野治房：クーゲレル花生態学, **14**, 広川書店 (1966)
- 14) Pattinson, J. V. et al. : *Silvae Gen.*, **18**, 108～111 (1969)
- 15) Pawsey, C. K. : *Leaflet, For. Timb. Bur. Aust.*, **78**, 1～13 (1961)
- 16) 渡辺 操・岩川盈夫：林試研報, **224**, 125～146 (1969)
- 17) 横山敏孝：日林誌, **51**, 134～135 (1969)

本研究は昭和48年度文部省科学研究費を使用して行なわれたものである。付記して感謝の意を表する。