

サワラ雌花の開花過程からみた受粉適期の推定

河野耕蔵⁽¹⁾・横山周一⁽²⁾

Koozoo KOONO and Shuiti YOKOYAMA : Developmental Stages of
Female Strobili of *Chamaecyparis pisifera* SIEB. et ZUCC.
and the Appropriate Time for Controlled Pollination

要 旨：サワラ (*Chamaecyparis pisifera* SIEB. et ZUCC.) の雌花の開花を5つのステージに分け、開花の経過を調査した。開花期間および受粉液分泌期間は、それぞれ、27.3日、17.5日であった。最初の雌花が開花を開始してから、ほぼ3.5日で、受粉液の分泌が観察されはじめた。しかし、多くの雌花で受粉液の分泌が認められるようになるには、その後さらに、4~5日を要する。したがって、サワラの受粉適期は、早い雌花が開花を開始してから8~9日経過後と推定される。いいかえると、最初に受粉液の分泌が観察された日から4~5日後が受粉の適期であると推定される。また、受粉液の分泌は午前中に多く、午後からは減少し、夜間にもっとも少なかった。このため、受粉は午前中に実行すべきであると判断する。

はじめに

材木の育種事業の進展に伴って、いろいろな樹種で各種の交配が進められている。人工交配を効率的に進めるには、対象樹種の花粉受容性の高い時期に受粉し、かぎられた雌花から、できるだけ多くの充実した種子を生産することが重要である。これまで、スギ、ヒノキ、カラマツ、マツ類などで受粉適期の判定に関する基礎的な調査研究が行われているが、いまだ、未解明の樹種も多い。そこで、著者らは、サワラについて、雌花の開花過程を区分し、その区分にもとづく開花の経過を調べ、さらに、受粉液分泌の日変化を観察した。これらの結果から受粉適期の推定を行ったので、とりまとめ、報告する。

材 料 と 方 法

1968年には、関東林木育種場構内に植栽されているサワラの雌花について、観察材料を特定しないで観察し、ヒノキ³⁾、スギ⁹⁾などの例を参考にして、雌花の発育に伴う外部形態的な特徴を基に開花過程を5段階(ステージ)に区分した。1969年には、開花過程の経過をくわしく調べるため、材料を特定して、観察を開始したが、多くの雌花が寒害をうけ、調査不可能となり、中断に至った。1970年には、同場構内のサワラ4クローン(大子(D)1・2・3、王滝(O)102)のつぎ木個体のなかから、クローンごとに雌花の着生したものを3個体、計12個体(樹高3.0~4.0m)選出し、3月~4月にわたって観察をおこなった。

供試木の地上高約2.0mの位置にある枝をそれぞれ1本ずつ選び、枝の先端から、およそ20cmのところにはラベルを付けた。ラベルを付した部位から、枝先までに着生する雌花(着花数は、一枝当たり、およそ70~120個、したがって、クローン当たりの観察雌花数は、およそ、その3倍になる)を対象とし、

毎日 9 時～10 時の間に観察した。

受粉液分泌の日変化を観察するために、鉢植えしたつぎ木 4 個体（大子 (D) 1・2, 王滝 (O) 102, 北勢 (H) 2 いずれも 4 年生, 樹高およそ 1 m）を用いた。雌花にセロハン袋をかぶせ、花粉から隔離したのち、3 日間にわたり、2 時間間隔で調査した。ただし、第 2, 第 3 日には夜間の観察を省略した。観察雌花数は 1 個体当たり 5 個で、珠孔の先端に球状に受粉液の分泌している胚珠の数を実体顕微鏡下で数え、5 個の雌花の平均をもって、そのクローンの受粉液分泌胚珠数とした。なお、各クローンの 1 雌花当たりの全胚珠数²⁾に対する受粉液分泌胚珠数をもって受粉液分泌率とした。供試木は、観察時だけ屋外から受験室内に移動した。

調 査 結 果

1. 開花ステージ区分

鱗片が少しゆるむが、珠孔はまだ外部から見えない時期を開花ステージ 1 とし、鱗片が肥厚して、珠孔が外部から全く見えなくなった時期を開花ステージ 5 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。その要約は Table 1 に示す。それぞれのステージの特徴はつぎのとおりである。

開花ステージ 1：鱗片が少しゆるむが、珠孔はまだ外部からは見えない。このステージの雌花を縦断し、実体顕微鏡下で観察すると、鱗片間には花粉粒が十分に通過できる程度の間隙が認められる。この頃の胚珠はまだ小さいが珠孔は開口している。すでに飛来した花粉が鱗片間に付着しているのが観察された (Plate 2, A1, B1, C1)。

開花ステージ 2：鱗片間の間隙はさらに開き、鱗片の基部にある珠孔は外部から、よく見える。珠孔は大きく開口し、珠孔溝は花粉が内部に十分入ることができる大きさである。飛来した花粉は珠孔の入口付近にも付着しているのが観察された (Plate 2, A2, B2, C2)。

開花ステージ 3：鱗片間の間隙は最大となり、開口した珠孔上には、球状に受粉液が分泌する。このステージの中でも受粉液を分泌する胚珠数が最大になるときが、花粉受容性の最も高い時期だと想定され

Table 1. サワラ雌花の開花ステージ区分
Criteria for flowering stage of female strobili in *Chamaecyparis pisifera*

開 花 ス テ ー ジ Stage	雌 花 の 外 観 External features of female strobili
1 (開 花 開 始 期)	雌花の鱗片が少しゆるむ、珠孔は、まだ外部からはみえない。 Scales become loose
2 (珠 孔 露 出 期)	珠孔が外部から認められる。 Tips of ovules become visible
3 (受 粉 液 分 泌 期)	受粉液の分泌が認められる。 Pollination drops are observed
4 (受粉液分泌停止期)	受粉液の分泌が停止する。珠孔は、まだ外部から認められる。 Secretion of pollination drops ends, but micropyles are still observed
5 (開 花 終 了)	鱗片が肥厚し、珠孔がみえなくなる。 Micropyles are hidden by scales

る。飛来した花粉は受粉液の表面に付着した後、受粉液に引きこまれ珠孔内に移動する。このステージの遅い時期になると受粉液の分泌している胚珠の数は少なくなり、鱗片の肥厚がはじまる (Plate 2, A3, B3, C3)。

開花ステージ 4：受粉液の分泌は停止する。この時期から鱗片は急速に肥厚するが、珠孔は、まだ外部から見える (Plate 2, A4, B4, C4)。

開花ステージ 5：鱗片は、さらに肥厚し、珠孔は外部から見えなくなり、雌花の形態から幼球果の形態に移行していく。このステージに達した雌花は、開花期間が完了したとみなされる (Plate 2, A5, B5, C5)。したがって、ステージ 1 からステージ 4 の末までが開花期間となる。

2. 開 花 の 経 過

各開花ステージの期間は、クローンごとの全雌花のうち、もっとも早い 1 つがそのステージに達したときを期間の始めとし、もっとも遅い 1 つがそのステージを終了したときをその期間の終りとした。したがって、開花ステージ 5 については終了期がない。

供試した各クローンの開花の経過は Fig. 1 および Table 2 に示す。供試 4 クローンの雌花のうち、最も早いものは 3 月 23 日に開花し始め(ス

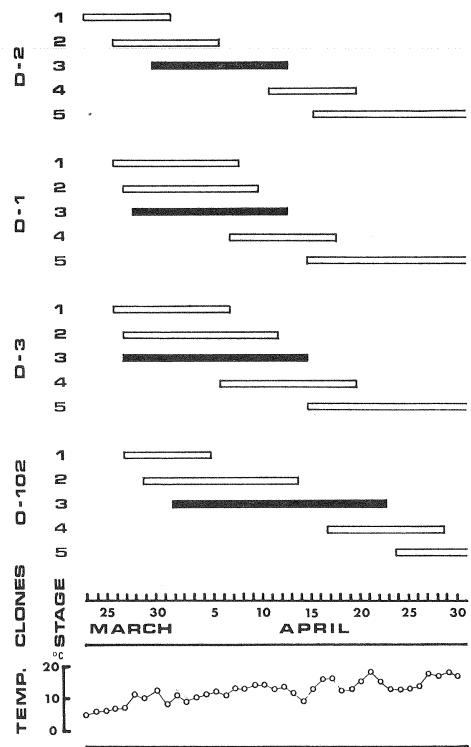


Fig. 1 各クローンの開花ステージごとの時期と期間

Beginning and duration of each stage in flowering period by four clones in *Chamaecyparis pisifera*.

* Duration of each stage was investigated on all female strobili on a twig.

Table 2. クローンごとの受粉液分泌、珠孔露出および開花の期間
Period of secretion of pollination drops, exposure of ovules and flowering in *Chamaecyparis pisifera*

Stage \ Clones	D-1	D-2	D-3	O-102	平均 Average
受粉液分泌期間 〔ステージ 3 の期間〕 Secretion of pollination drops 〔Stage 3〕	days 16 (Mar. 28～)	days 13 (Mar. 30～)	days 19 (Mar. 27～)	days 22 (Apr. 1～)	days 17.5 (64.1%)
珠孔露出期間 〔ステージ 2 + 3 + 4 の期間〕 Exposure of ovules 〔Stage 2 + 3 + 4〕	22 (Apr. 7～)	25 (Apr. 11～)	24 (Apr. 6～)	31 (Apr. 17～)	25.5 (93.4%)
開 花 期 間 〔ステージ 1 + 2 + 3 + 4 の期間〕 Flowering period 〔Stage 1 + 2 + 3 + 4〕	23 (Apr. 15～)	28 (Apr. 16～)	25 (Apr. 15～)	33 (Apr. 24～)	27.3 (100%)

テージ 1 の開始), 最も遅い雌花は 4 月 29 日に開花 (ステージ 4 の終了) した。珠孔が外部から見えるようになったのは 3 月 26 日, 見えなくなったのは 4 月 29 日, 受粉液が分泌しはじめたのは 3 月 27 日, 分泌が停止したのは 4 月 23 日であった。

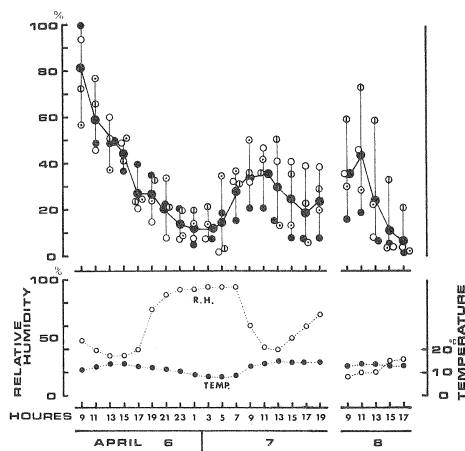
クローンごとの開花経過をみると, 各ステージが重複している (Fig. 1)。2 クローンでは 3 つのステージ (ステージ 1・2・3) の雌花が, また, 他の 2 クローンでは短い期間ではあるが, 4 つのステージ (ステージ 1・2・3・4) の雌花が, それぞれ混在していた。これは, 1 つの雌花についての観察ではなく, 雌花の集団についての観察結果なので当然である。

ここで, 調査した開花期間は調査対象の小枝を限定したことから, 必ずしも個体の全雌花の開花期間を示すものではない。しかし, 調査対象の小枝は, 一般に, われわれが交配時に袋がけをする位置である。したがって, 交配実行者がもっとも知りたい各ステージごとの期間をしめしているといえる。

供試 4 クローンの平均でみた場合, ステージ 1~4 のそれぞれの期間は 10.8 日, 14.3 日, 17.5 日, 11.5 日であった。そして, 開花期間は 27.3 日にわたり, 珠孔露出期間が 25.5 日, 受粉液分泌期間が 17.5 日とそれぞれ長い期間であった (Table 2)。

かりに, あるステージにもっとも早く適した雌花が, つぎのステージにもっとも早く移行するものと考ええると, ある各ステージの開始と, つぎのステージの開始の日数差は, 1 つの雌花が, つぎのステージに進むのに要する日数ということができる。この点から見た場合, ステージ 1 から 2 に, また, 2 から 3 に進むのに要する日数は, ステージ 3 から 4 に, また, 4 から 5 に進むのに要する日数に比較すると大変短く, 供試 4 クローンの平均では, ステージ 1 から 2 は, 1.5 日, ステージ 2 から 3 になるのには, 2.0 日である。いいかえると, サワラの雌花は, 開花を開始してから, わずか数日 (3.5 日) で受粉液を分泌する状態になるということである。また, ステージ 3 から 4 に, 4 から 5 に進むのに要する日数は, それぞれ 12 日, 7.2 日である。

Fig. 1 のステージ 3 の期間内で, ステージ 2 と 4 のいずれも重複しない期間は, 全体の雌花が受粉液



○: D-1, ●: D-2, □: D-102, ⊙: H-2

Fig. 2 受粉液分泌の経時変化

Diurnal changes of percentage of ovules with pollination drops per female strobili.

を分泌している期間ということができる。しかし, 供試 4 クローンでは, この期間がないか, あるいは, あってもわずかであった。なお, 観察の結果では, 最初に受粉液の分泌が観察されてから, 4~5 日経過後に, 多くの雌花の多くの胚珠で受粉液が分泌する傾向が認められた。

3. 受粉液分泌の日変化

受粉液の分泌が時刻によって, どのように変化するかを観察した結果は Fig. 2 に示す。調査期間中における, それぞれのクローンの最高分泌率は 70% 以上であった。なかでも供試木 D-1 と D-2 は 94%, 100% で高い分泌率を示した。すなわち, D-1 と D-2 では, ある観察時点では, 全胚珠数の 94% および 100% の胚珠が受粉液を分泌していたことになる。

調査期間は3日間であり、1日目は晴天であったが、2日目からは本曇り、3日目は薄曇りであった。同じような条件で繰り返されることがなかったので、この結果だけから、天候の状態と受粉液分泌率との関係を論議することはできない。しかし、3日間の結果でみるかぎり、あるクローン（D-2）では、最高分泌率の山が日をおうごとに低くなっている。また、別のクローン（O-102）は3日目になっても最初の分泌率とかわらない高い値を示した。

全体を眺めると、午前中に分泌が多く、午後には減少しはじめ、夜間にもっとも分泌が少なくなる傾向が認められた。

考 察

針葉樹における個体（クローン）の雌花の開花期間、花粉の受容期間などは、カラマツ¹⁰⁾¹²⁾、*Pseudotsuga*¹⁾、マツ類⁸⁾¹¹⁾、スギ²⁾⁴⁾⁵⁾⁹⁾、ヒノキ³⁾⁶⁾などでしらべられている。これをみると、開花期間あるいは花粉の受容期間の決め方は、樹種により、また、研究者により異なっているが、著者らは、雌花の鱗片がゆるみ始めてから、鱗片が肥厚し、珠孔がふたたび見えなくなるまでの期間を開花期間とし、受粉液の分泌している期間を花粉の受容期間とした。これは、橋詰がヒノキ⁶⁾、およびスギ⁵⁾で決めたものと大筋で一致する。

著者らの観察結果では、サワラの開花期間は、およそ1か月であり、また、花粉受容期間は、およそ18日であった。これらの期間はヒノキ⁶⁾とほぼ一致するが、スギ⁵⁾に比べると短い。

サワラの開花の開始は、一般にスギよりも遅く、ヒノキよりも早い。サワラは開花を開始してから受粉液を分泌する状態になるまでが非常に早く、わずか数日（3.5日）であり、クローンによっては、開花開始後1日でステージ2や3に進むものがみられた（Fig. 1, D-3）。ヒノキ⁶⁾でも、年によっては同じ傾向がみられていることから、サワラやヒノキでは、これらのステージ間の進む速度が非常に早いと理解してよいように思われる。

サワラの珠孔は、スギやヒノキと同じく、管状珠孔であり、開花最盛期には球状の受粉液が珠孔上に露出する。スギ⁴⁾やヒノキ⁶⁾では、ある期間分泌がつづいた後、珠孔溝の内壁の細胞が横に伸長して珠孔をふさぐ。この細胞の伸長は、ヒノキ⁶⁾では、受粉液の分泌が観察されなくなるおよそ3日位前から始まることが知られている。ヒノキの人工受粉の適期は受粉液分泌の最盛期と大体一致するが、受粉液の分泌が認められても、受粉時期がおくれると交配種子の稔性が著しく悪くなることが報告されている⁶⁾。しかし、サワラについてはこの点に関する観察はない。

サワラでは、最初に受粉液の分泌が認められてから、4～5日経過後に受粉液を分泌する雌花数が最大となる傾向が認められた。このことから、サワラの受粉の適期は、もっとも早い雌花で、受粉液の分泌が始まって、4～5日経過後と推定される。しかし、個々の雌花の開花ステージは変動があるので、受粉は1回限りでなく、最適期を中心に数回繰り返し実行するのがよい。特に、開花期間の中央を受粉期と考えると間違いであって、実際の適期はずっと早い時期にある。

受粉液分泌の日変化については、従来スギ、ヒノキについて知られているのと同様な結果を得た。スギやヒノキでは、受粉液の分泌量が朝方多く、午後、減少し、また、分泌量は天候によって左右され、一般に気温、湿度がともに高いとき、あるいは、雨の日やその翌朝などには、分泌量が増加することが知られている⁴⁾⁶⁾。したがって、人工受粉は午前中に実行したほうがよいと判断される。

文 献

- 1) BARNER, H. and CHRISTIANSEN, H. : The formation of pollen, the pollination mechanism, and the determination of the most favourable time for controlled pollination in *Pseudotsuga menziesii*. Silv. Genet. 11, 4, 89~102, (1962)
- 2) 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)
- 3) 橋詰隼人・岡田泰久：ヒノキの開花と受粉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)
- 4) ————：材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)
- 5) ————：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)
- 6) ————：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)
- 7) 河野耕蔵：（未発表）
- 8) 中井 勇・藤本博次・伊佐義郎：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)
- 9) 大田 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)
- 10) 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，日林北支講，10，9~12，(1961)
- 11) 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)
- 12) 横山敏孝・金子寅吉・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)

図 版 説 明

Explanation of plates

- Plate 1. サワラの雌花と胚珠
Female strobili and ovules in *Chamaecyparis pisifera*.
- A 開花ステージ 3 の後半の雌花
Female strobili at later half of stage 3.
 - B 開花ステージ 3 の受粉液を分泌している雌花
Ovule with a pollination drop at stage 3.
 - C 開花ステージ 4 の受粉液を分泌していない胚珠
Ovule without a pollination drop at stage 4.
- Plats 2. サワラ雌花の開花経過
Flowering stages of female strobili in *Chamaecyparis pisifera*.
- A 上方からみた雌花
Female strobili as seen in upper side view.
 - B 側面からみた雌花
Female strobili as seen in side view.
 - C 雌花の縦断面
Longitudinal sections of female strobili.
1~5 までの数字はステージ 1~5 を示す。
Numerical figures 1~5 show stages 1~5.

**Developmental Stages of Female Strobili of
Chamaecyparis pisifera SIEB. et ZUCC. and
the Appropriate Time for Controlled Pollination**

KOOZOO KOONO⁽¹⁾ and Shuiti YOKOYAMA⁽²⁾

Summary

The flowering process of female strobili was classified into five stages in order to determine the appropriate time for controlled pollination. Stages were classified on the base of various external features as described below :

Stage 1; Scales become loose

Stage 2; Tips of ovules become visible

Stage 3; Pollination drops are observed

Stage 4; Secretion of pollination drops ends, but micropyles are still visible

Stage 5; Micropyles are hidden by scales

Flowering ends at the initiation of stage 5. It was observed that the flowering period (stage 1~4) was 27.3 days. Ovules were exposed to the open air for 25.5 days (stage 2~4), and pollination drops secreted from a micropyle for 17.5 days (stage 3). A pollination drop catches pollen grains and transfers them into a micropyle, therefore, it is necessary for the obtaining of maximum yield of seeds that controlled pollination be carried out during the period when the maximum number of ovules secrete pollination drops. The secretion of pollination drops could be observed on the 3.5 th day after the beginning of flowering. The maximum number of receptive female strobili with pollination drops was reached in 4~5 days after the earliest observation of drop secretion among all the strobili on the same twig. The secretion of pollination drops was abundant in the morning and less abundant in the afternoon. This suggests that operation of artificial pollination should be made before noon.

It was concluded that controlled pollination should be carried out on the 4 th or 5 th day after the first observation of drop secretion. Since the strobili on a single twig do not coincide with each other in their flowering stages, it is recommended that pollination should be operated several times during the period of secretion (stage 3).

Received March 11, 1977

(1) Silviculture Division

(2) Kanto Forest Tree Breeding Station (Present address : Ueda District Forestry Office)

