

速報

スギ雌花の開花フェノロジーと気温の関連性について*1

栗田 学*2・平岡裕一郎*3・花岡 創*3・高橋 誠*3・渡辺敦史*4

栗田 学・平岡裕一郎・花岡 創・高橋 誠・渡辺敦史：スギ雌花の開花フェノロジーと気温の関連性について 九州森林研究 69：107－109, 2016 気温がスギの雌花の開花フェノロジーに及ぼす影響を調査するために、気温の異なる2つの条件下でスギクローン苗を育成し、気温と雌花開花の関連性について解析を行った。供試材料には関東育種基本区由来の1系統と東北育種基本区由来の1系統を用いた。各系統2個体を準備し、1月末に各系統1個体を温室内に、もう1個体を屋外に配置した。温室内に配置した個体は1月末から3月末まで、屋外に配置した個体は2月上旬から3月末まで雌花の状況を断続的に写真撮影し、各個体の開花開始期、開花期を決定した。それらの開花フェノロジーと温室内外の気温データを統合し、開花フェノロジーに及ぼす気温の影響について解析した。その結果、異なる環境下でも開花に至る積算気温の閾値はクローンで類似しており、スギ雌花の開花が気温に支配されている可能性が示された。また、その閾値は系統間で異なったことから、系統間の開花フェノロジーに差のあることが示唆された。

キーワード：スギ、雌花、開花フェノロジー、気温

I. はじめに

採種園の経営において、構成クローンが種子に対して均等に寄与することが重要な項目の一つであり (Weeler *et al.*, 1992), 開花フェノロジーのズレが、交配のランダム性に影響する一因であると考えられる。スギの開花に影響する環境要因として気温の関与について報告がある (橋詰, 1973; 平, 1993; 平ほか, 1994; 小笠原ほか, 1997; 金指ほか, 2002)。スギにおいては雄花の開花と気温に関する研究が進められており、スギの雄花が開花に至るまでに要する有効積算気温の推定 (金指ほか, 2002) や、雄花の開花に必要な有効積算気温にはクローン間差があることが報告されている (平, 1993)。一方、雄花だけでなく雌花の開花フェノロジーも環境の影響を受けることが考えられることから (橋詰, 1973), より良い採種園経営を考える上では雌花の開花フェノロジーに影響する環境要因についても理解を深めておく必要がある。雌花の開花に影響を及ぼす環境要因については、気温との関連性が示唆されているが (橋詰, 1973), 開花フェノロジーが雄花同様、クローン特有の性質を示すかどうか明らかにされていない。そこで、2品種の鉢植え苗木を野外と温室内という気温条件の異なる環境下に設置し、雌花の開花フェノロジーのクローン特性について解析を行った。

II. 材料と方法

1. 雌花の開花フェノロジーの解析

野外環境下 (茨城県日立市, 森林総合研究所林木育種センター敷地内) で育成し、雌花形成が確認された鉢植え苗木4個体を準備した。4個体の内訳は関東育種基本区由来の1クローン (スギ

林育2-93: クローンKとする) 2個体と、東北育種基本区由来の1クローン (出羽の雪1号: クローンTとする) 2個体であった。2013年1月29日にクローンK及びクローンT各1個体を温室内に移動した。残りのクローンK及びクローンT各1個体は引き続き野外に据え置いた。雌花の開花状況は以下のように撮影した画像を解析することによって判別した。①温室内: 対象とする各個体の中で標準的なサイズ及び形態の雌花を1つ選択し、デジタルカメラを用いて定点撮影 (1時間に1回撮影) を行った。②野外: 温室内と同様の基準で解析対象の雌花を選択し、デジタルカメラを用いて1日に1回程度の頻度で撮影を行った。雌花の開花フェノロジーを解析するにあたり、4つのステージ (未開花, 開花開始, 開花, 珠孔液分泌) を設定し (図-1), 各ステージが認められた日を決定した。各ステージの判断基準については表-1に示す。

2. 育成環境データの取得

開花フェノロジーとの関連性解析をおこなうために、野外と温室内の気温データを収集した。気温データはおんどとり (T & D社, 日本) を用いて1時間に1回収集した。データの収集は2013年1月29日 (実験開始日: 同一環境下で育成していた苗木4個体を温室と野外の異なる二つの環境下に設置した日) から3月20日 (実験終了日: 4個体の開花を確認した日) まで行った。また統計解析ソフト (R Ver. 2.15.3, R Development Core Team, 2005) を用いて、実験期間中の日最高気温、日最低気温の抽出、日平均気温及び積算気温の算出を行った。積算気温は1時間ごとの気温データから算出される日平均気温について、0℃以上の気温を積算し算出した。

これら各個体の雌花の開花状況と気温データを合わせることに

*1 Kurita, M., Hiraoka, Y., Hanaoka, S., Takahashi, M. and Watanabe A.: Relationship between phenology of female strobilus of *Cryptomeria japonica* and air temperature.

*2 森林総合研究所林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breeding Office, Forest Tree Breed. Ctr, For. & Forest Prod. Res. Inst., Koshi, Kumamoto 861-1102, Japan.

*3 森林総合研究所林木育種センター Forest Tree Breed. Ctr, For. & Forest Prod. Res. Inst., Hitachi, Ibaraki 319-1301, Japan.

*4 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581, Japan.

よって、開花フェノロジーに及ぼす気温の影響をクローン別に解析した。

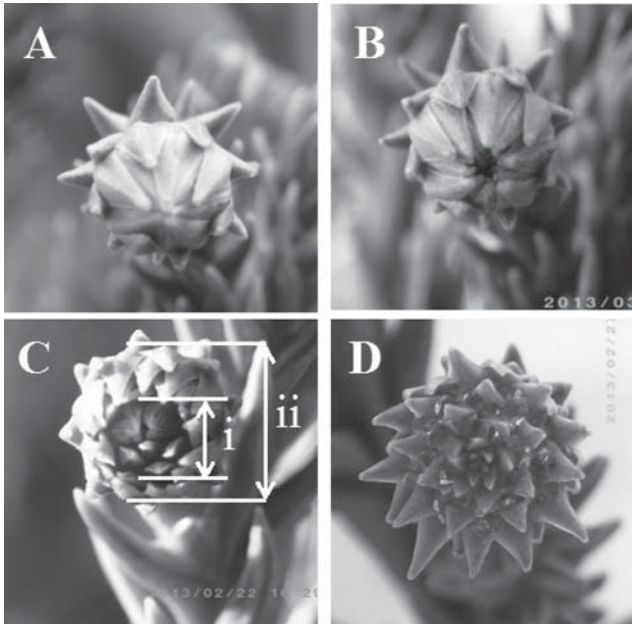


図-1. 雌花の開花ステージ
A. 未開花, B. 開花開始, C. 開花, D. 珠孔液分泌, i. 鱗片先端部で作られる円の直径, ii. 雌花の直径

表-1. 各ステージの指標となる雌花の表現型

ステージ	指標
未開花	鱗片の先がしっかりと閉じている状態
開花開始	鱗片が開き始めた状態
開花	開いた鱗片の先端部で作られる円の直径(図-1 C-i)が、雌花の直径(図-1 C-ii)の1/2に達した時
珠孔液分泌	珠孔液の分泌が確認される状態

Ⅲ. 結果と考察

1. 野外環境下における気温と雌花の開花フェノロジーのクローン間差

関東育種基本区由来のクローン K 及び東北育種基本区由来のクローン T において、2013年2月7日から3月25日までの期間にわたり、1日1回程度の雌花の撮影をおこない、得られた画像から各クローンの開花フェノロジーの解析を行った(表-2)。その結果、クローン K では「開花開始」は2月7日以前に行われ、「開花」は2月22日に確認された。一方クローン T の「開花開始」は3月9日に確認され、「開花」は3月16日に確認された。クローン K はクローン T と比較して22日早く「開花」した。

表-2. 野外及び温室に設置したクローンの開花時期

設置箇所	クローン名	開花開始	開花	珠孔液開始	珠孔液終了
温室	K	1/31以前	2/4	2/18以前	3/17
温室	T	2/15	2/22	2/24	3/10
野外	K	2/7以前	2/22	3/2	-
野外	T	3/9	3/16	-	-

2. 温室内における気温と雌花の開花フェノロジーのクローン間差

クローン K とクローン T について雌花の開花フェノロジーの調査を行った期間の日最高気温、日最低気温、平均気温の移り変わりを図-2に示す。期間全体の平均気温は野外で5.5℃、温室内が11.1℃となり、その差は5.6℃であった。温室内における雌花の開花フェノロジーの解析を行った結果、クローン K では「開花開始」は1月31日以前に、「開花」が2月4日に確認された。クローン K の「開花」時期を野外と温室内で比較すると、温室内の方が18日早く「開花」した。一方クローン T の「開花開始」は2月15日、そして「開花」は2月22日と確認され、野外と比較して22日早く開花が確認された。またクローン間の開花時期を比較すると、温室内においても野外環境下と同様、クローン K が早く開花していたが開花時期の差は18日で野外と比較して4日短かった。

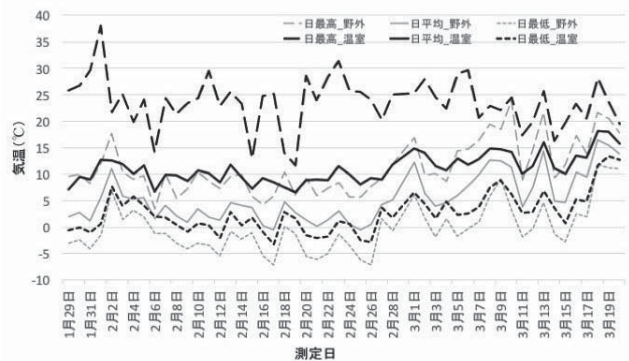


図-2. フェノロジー調査期間中の野外及び温室内の気温

3. 珠孔液の分泌

野外環境下において「珠孔液の分泌」は3月2日のクローン K でのみ確認された。珠孔液の分泌は吸水が盛んで蒸散が抑制される環境下で盛んであるなど、外圍の条件によって変化する可能性や、花粉粒の付着により急速に珠孔内に引き込まれる現象等が示されており(横山, 1975)、花粉が飛び交う野外環境下で1日1回の撮影では、珠孔液の分泌をうまく捉えられなかった可能性がある。一方、温室内においては各個体とも珠孔液の分泌期間を追うことができた。温室内の個体は1日1回の自動灌水が行われており、十分に吸水できる環境条件であったこと、また、閉鎖空間であるため空間内の空気の流れが非常に弱いことが予想され、受粉が起こりにくく珠孔液の引き込みが起こらなかったために珠孔液の観察を行うことができたと推察される。クローン K においては「珠孔液の分泌」が2月18日以前から始まり3月17日まで3週間以上確認された。また、クローン T では「珠孔液の分泌」が2月24日に確認され、3月10日まで約2週間続いた。これらは珠孔液の分泌期間の記録として17日間、27日間(分泌の最も盛んな期間)、31~36日間(分泌の盛んな期間は約20日間)とする過去の知見(横山, 1975)と同等の結果であった。

4. 積算気温と雌花の開花フェノロジーの関係とそのクローン間差

スギの雌花の開花に必要な積算気温の環境条件あるいはクロー

ンによる差異を調べるために、同一環境下で育成していた苗木4個体を温室と野外の異なる二つの環境下に設置して、実験を開始した1月29日以降のそれぞれの環境下における日平均気温の積算値を算出し、クローンK及びクローンTの開花時期までの積算気温を求めた(図-3)。その結果、クローンKの開花時までの積算気温は野外の個体が78.6℃・日、温室内の個体が72.7℃・日であった。また、クローンTの「開花開始」時までの積算気温は野外で168.2℃・日、温室内で177.0℃・日、「開花」時までの積算気温は野外で225.3℃・日、温室内で235.3℃・日であった。野外、温室内外異なる環境下であっても各々の系統が「開花開始」あるいは「開花」に至る積算気温の閾値は同様であった。開花時期と気温の関連性について、橋詰(1973)は最高気温の積算値が開花時期と密接な関係にあると報告している。今回、我々は、最高気温の積算値との関連性についても検討を行ったが、日平均気温の積算値がより高い関連性を示した。金指ほか(2002)は、スギの休眠打破と発育再開の様式が、低温期間が長くなるとともに休眠が徐々に弱まり、それとともに少しずつ発育能力が高まるというモデルで説明できると報告しており、スギは休眠が完全に打破される以前でも、暖かい日には成長速度は遅いもののわずかながら発育する可能性を示唆している。言い換えると、休眠が打破されている程度の違いによって、同

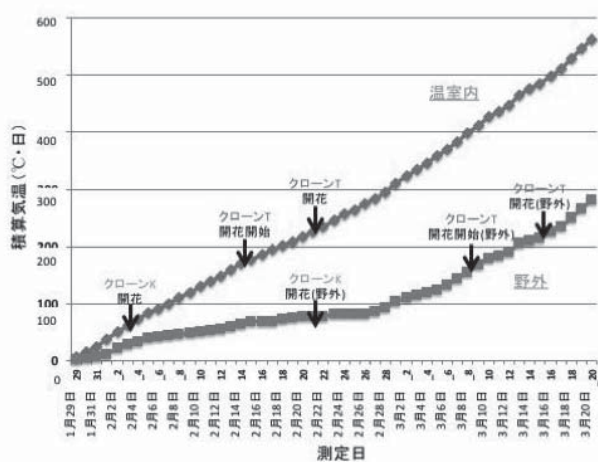


図-3. 積算気温の推移と各クローンの開花時期

じ気温条件で育成させても発達の進み方は異なると考えられる。スギの雌花の開花フェノロジーと気温の関係性をより正確に表現するためには、単に平均気温や最高気温を積算した指標を用いるのではなく、どのような環境条件でどの程度休眠が打破され、また、休眠打破の程度によって異なることが推測される気温と生育速度の関係性についても情報を蓄積する必要があると考えられる。

IV. おわりに

今回、我々はスギ雌花の開花が気温に支配されている可能性を示すと同時に、開花に至るために必要とされる積算気温の閾値がクローンごとに遺伝的に決まっている可能性を示した。今後、先に示したように開花フェノロジーと気温との関連性について、解析に用いるデータ数を追加してより詳細な解析を行うとともに、雌花の開花フェノロジーの特性を採種圃構成クローンの選定にも活用できるようデータの蓄積を進めていきたいと考えている。

謝辞

試験材料の育成・管理に関った林木育種センターの関係者の皆様に深く感謝する。本研究は農林水産技術会議委託プロジェクト研究「森林資源を最適利用するための技術開発」の「新世代林業種苗を短期間で作出する技術の開発」の下で実施した。

引用文献

- 橋詰隼人 (1973) 鳥取大学農学部研究報告 XXV: 81 - 96.
 金指達郎ほか (2002) 日本花粉学会誌 48 (2) : 95 - 102.
 小笠原寛ほか (1997) 日本花粉学会誌 43 (1) : 37 - 40.
 R Development Core Team (2005) URL <http://www.R-project.org>
 平英彰 (1993) 富山県林業技術センター研究報告 7号 : 18 - 21.
 平英彰ほか (1994) J Jpn For Soc 76 (2) : 126 - 131.
 Wheeler, N.C. and Jech, K.S. (1992) New Forests 6: 311 - 328.
 横山敏孝 (1975) Bull Gov For Exp Sta 277: 1 - 20.
 (2015年10月26日受付; 2016年1月25日受理)