

【研究報告】

花粉の少ないスギの育種

(県単課題 平成13～17年)

五十嵐 正徳
渡邊 次郎
斎藤 寛
小澤 創
斎藤 直彦
古川 成治
石井 洋二

目 次

要 旨	1
はじめに	2
実験方法	2
1 雄性不稔スギの作出	2
2 雄性不稔スギの探索	3
結果と考察	5
1 雄性不稔スギの作出	5
2 雄性不稔スギの探索	6
おわりに	8
謝辞	9
引用文献	9

要 旨

現在、育種面から最も効果的にスギ林の花粉飛散を減少させる対策として期待されるものに雄性不稔スギがある。本県においては、富山県林業技術センター林業試験場の協力と、雄性不稔スギ研究の第一人者である新潟大学大学院の平英彰教授から直接指導を受け、全国で最初に富山県で発見された雄性不稔スギを育種母材として、本県の精英樹花粉を交配し、遺伝的に花粉を飛散しない性質をもつスギの品種改良を図った。

また、本県においてもスギ林の中に遺伝的要因により生ずる雄性不稔個体が存在しているものと考え、探索方法を検討し調査地を選定した。調査の結果、雄性不稔スギを3個体発見した。

受理日 平成18年3月13日

現相双農林事務所

はじめに

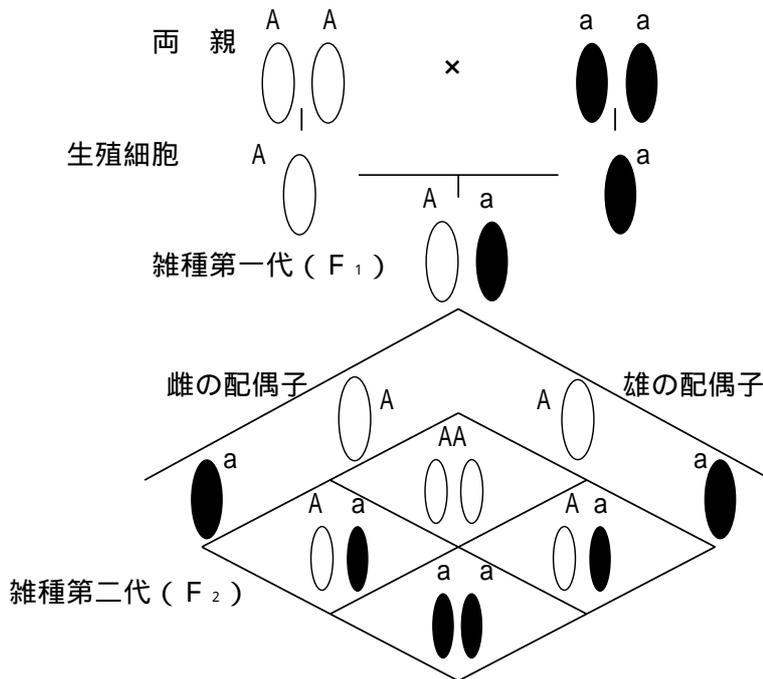
スギは、温暖で降雨量の多い日本の気候に適し、成長が良く、建築材はもとより、すっきり通った木目、軽やかな肌触りが日本人の美意識にかなない、材の美しさと加工のし易さから幅広い用途に利用され、身近な材として古くから親しまれている。北海道南部から九州に至るまで、全国各地に植林されてきた日本を代表する造林樹種である。

しかし、今日では、スギが生産する花粉は、人間にとって大変迷惑な存在と化しており、国民の2割に達する人々がスギ花粉症に悩まされ¹⁾、花粉症にかかわる年間医療費は2,860億円にものぼると推定されており、深刻な社会問題となっている²⁾。その根源となっているスギ造林地からの花粉飛散を抑制することが、林業に対する最も重要な国民のニーズであり、喫緊の課題である。即効性のある対策を見いだすことが求められ、雄花の着生量が多いスギの除伐、間伐、枝打ち等の施業が行われているが、育種面からの対応として、遺伝的に花粉を全く生産しない性質を持つスギの品種改良に期待が寄せられている。

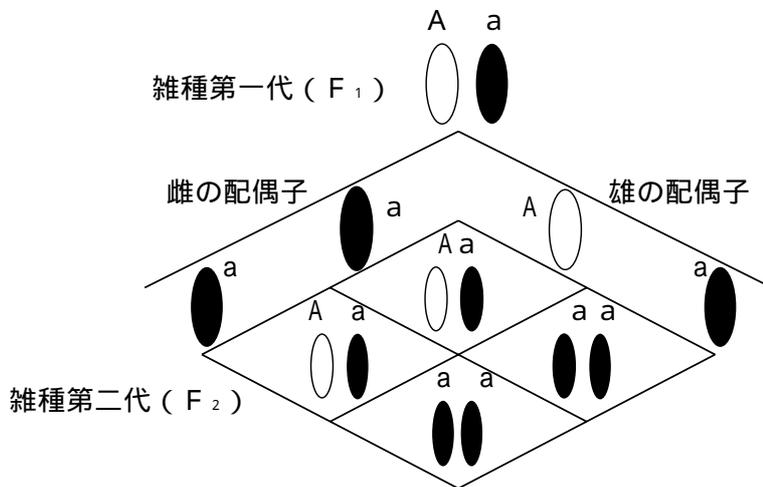
実験方法

1 雄性不稔スギの作出

スギは雌雄同株であるが、雌花の生殖機能は正常であるものの、雄花に何らかの原因があって花粉がつくられないか、または形成された花粉が飛散しない形質を雄性不稔スギといい、1992年に全国で最初に富山県で前述のタイプの雄性不稔個体が発見された。この雄性不稔スギは、一对の劣性遺伝子に支配される核遺伝子型雄性不稔であり、花粉ができない形質はメンデル遺伝によることが明らかにされている³⁾。不稔対可稔の割合は戻し交配で1:1、雑種第一代(F₁)同士の交配で1:3で出現する(図-1-a、b)。当センターは、富山県林業技術センター林業試験場の協力と、雄性不稔スギ研究の第一人者である新潟大学大学院平英彰教授から直接指導を受け、この雄性不稔スギを育種母材として本県の精英樹花粉を交配し、精英樹系統に花粉をつくらない形質を付加したスギの品種改良を行った。



(図 - 1 - a) 雄性不稔雑種第一代 (F₁) 及び雑種第二代 (F₂) の作出方法
可稔 (花粉を飛散させる) の形質を支配する遺伝子を A (優性の形質は大文字で現す)、不稔の形質を支配する遺伝子を a (劣性の形質は小文字で現す)。可稔と不稔が 3 : 1 の割合で得られる。



(図 - 1 - b) 戻し交配による雑種第二代 (F₂) の作出方法
雑種第一代 (F₁) を雄性不稔母樹と戻し交配すると 1 : 1 の割合で可稔と不稔が得らる。

2 雄性不稔スギの探索

(1) 探索地の選定

雄性不稔スギは富山県で発見されて以来、2002年までに新潟県でも10個体が発見されており⁴⁾、極めて稀有ではあるが出現することが確認されている。雄性不稔スギは、スギ花粉症の原因となる花粉を全く飛散させないことから、スギ花粉飛散の抑制に有効な育種母材となることが期待される。このことから、雄性不稔スギの遺伝的多様性を図るため、

本県においてもスギ林の中に遺伝的要因により生じる雄性不稔個体が存在していると考え、雄性不稔の探索地の選定を行った。雄性不稔スギの発見頻度は非常に低いことから、調査を効率的に行うため以下のように調査地の条件を考慮した。

スギの雄花は個体差や豊凶の差はあるが、林齢が10数年から徐々に増加し、30年生を
超える頃から著しく増加する⁵⁾ため、調査対象の林齢を15年生以上とする。

植栽面積が5 ha以上の林分であること。

ほとんどの個体で雄花が着生している林分であること。

立木本数密度が疎で枝下高が低く雄花の観察が容易であること。

林内が灌木や下草で歩きにくいこと。

調査地に至るアクセスが良く、調査の時間帯を多くとれること。

以上の選定条件を踏まえ、調査時に残雪が深く、成長が抑制されている会津地方の豪雪地域及び多雪地域^{6,7)}の造林地を優先して候補地の選定を行った。会津地方からの選定は、会津地域森林計画内の森林簿において林齢が15年生以上、植栽面積が5 ha以上の林分を抽出し、森林計画基本図を参考に現地と照合した。

また、これまでに雄性不稔スギの発見は日本海側の地域に偏っていることから、本県は日本海岸気候の会津地方と太平洋岸気候の中通り、浜通りに気候区分される特異な地理にあるため、太平洋側の地域からも選定条件に倣い探索候補地の選定を行った。その結果、日本海側の会津地方においては耶麻郡西会津町の公社造林3カ所(西会津1、2、3)91.2ha、太平洋側は、西白河郡西郷村の独立行政法人家畜改良センター本部地区、及び芝原地区の平坦な牧場の内陸スギ防風林帯を調査地(西郷1、2)に選定した(図-2、表-1)。

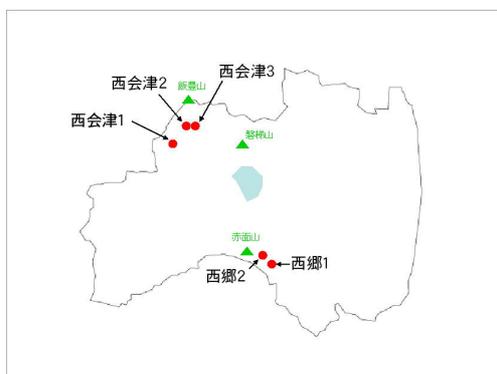


図 - 2 写真上：調査位置図 写真下左：西会津1 写真下右：西郷2

表 - 1 調査地の概要

調 査 地	西会津 1	西会津 2	西会津 3	西郷 1 (本部地区)	西郷 2 (芝原地区)
造林面積 (ha)	59.3	4.73	27.2	3,960(m)	1,210(m)
林齢 (年:調査時)	16~22	14~15	15~18	(推定)80年以上	(推定)80年以上
標高 (m)	350~550	500~550	530~580	390~450	510~540
成立本数密度 (本/ha)	450~500	440	600	1本 /2m	1本/2m

印は防風林帯の調査対象林縁部総延長

(2) 調査方法

耶麻郡西会津町における探索は、調査地面積が広大なため、2002年3月29日から4月4日、2003年4月2日から4月4日、2004年4月6日から4月7日、2005年4月14日から4月15日の4年間にわたり実施した。西白河郡西郷村における探索は、2005年3月31日から4月1日に防風林帯の林縁木のみを調査対象として実施した。造林地全体が花粉飛散の同調するピーク時に合わせ、一樹体各々測棒で雄花を叩いて花粉が飛散するのを目視観測によって調査した。雄性不稔個体発見時の場所の特定のため、全ての調査個体の樹幹に一連のナンバーテープを付した。そして、花粉を飛散しない個体の雄花を採取し、カミソリ刃で縦に切断して花粉の有無を確認した。花粉が確認されない個体は雄花を持ち帰り実体顕微鏡及び光学顕微鏡で雄花の葯を観察した。

結果と考察

1 雄性不稔スギの作出

(1) 雑種第一代 (F_1) の作出

富山県で発見された雄性不稔スギを育種母材として、2000年から2002年の各年に本県の精英樹花粉を人工交配に供した(表-2)。2000年の人工交配で得られた種子は、2001年3月末まで冷蔵庫(5℃以下)に保存し、4月上旬に一晩水道水に浸漬して休眠打破を図り、苗畑の播種床に播種した。2001年以降の人工交配で得られた種子は、育種年限の短縮手法(平ら、2004)を応用し育苗した。冷蔵庫(5℃)に2週間置き、低温処理による発芽促進を図り、シャーレにろ紙を敷いてベンレート500倍液をろ紙が湿る程度に注入して播種した。恒温器(20~25℃)で発芽させ、1cm程度に発芽した種子を、水苔を詰めた10.5cmサイズのポリポットに5~10本ずつ移植した。移植後種皮が剥皮し、幼葉が展開する頃から液肥ハイポネックス500倍液を1週間間隔で与え成長の促進を図った。屋内(昼間のみ暖房)で4月上旬まで養苗し、4月上旬に全てミストハウスに移し、スギ赤枯れ病の未然防止のため、ボルドー液(4-4式)を噴霧した。1つのポリポットに数本ずつ生育した苗はそのまま分離せず、水苔のついたままテラポット直径19cm、高さ17cmに移植した。その結果、22家系の雑種第一代(F_1)(以下 F_1 という。)を作出した(表-3)。

表 - 2 人工交配に用いた精英樹花粉

	2000年交配	2001年交配	2002年交配
精英樹名	石城2号 南会津2号 南会津5号 南会津11号 双葉2号 岩瀬2号 東白川4号 東白川9号 東白川10号 西白河1号 西白河3号 西白河4号	安達1号 信夫1号 岩瀬1号 耶麻1号 東白川6号 南会津1号 南会津3号 南会津7号 飯豊	田村1号 石川1号 相馬2号 耶麻2号 喜多方1号* 若松3号*

*印は国有林選抜

表 - 3 作出した雑種第一代 (F₁) 家系

母樹	精英樹名
富山雄性不稔スギ	西白河3号、東白川6号、東白川9号、耶麻1号、飯豊、喜多方1号、南会津1号、南会津3号、南会津7号、相馬2号
富山F ₂ 167	南会津5号
富山F ₂ 185	東白川10号
富山F ₂ B179	安達1号、岩瀬1号、南会津3号、石城1号
富山F ₂ B306	岩瀬1号
富山F ₂ B308	安達1号、耶麻1号、南会津3号、相馬5号、石城1号

(2) 雑種第二代 (F₂) の作出

F₁に、2004年7月上旬と中旬の2回に分け、ジベレリン100ppm濃度液を葉面散布し着花促進処理を行った。2005年春に、外来花粉の受粉を防ぐためにパイプハウス内でF₁同士の自然交配を行い、雑種第二代 (F₂) を作出した。同年10月中旬に球果を採取し、室内で自然乾燥して脱粒し得られた種子をF₁の作出手法に倣って播種した。

2 雄性不稔スギの探索

(1) 雄性不稔個体の発見

耶麻郡西会津町内の公社造林における4年間の調査面積は約31.6ha、調査本数は約14,700本であった。また、西白河郡西郷村の内陸スギ防風林における調査本数は約1,300本であった(表-4)。2003年に西会津町の公社造林から花粉を放出しなかった雄性不稔候補木を2個体、2004年に1個体を発見した。雄花を縦に半割りにして実体顕微鏡で観察する

と、正常個体では、葯から裂開した無数の花粉粒が確認された。しかし、3個体の候補木は、表面が光沢を帯び滑らかで花粉粒が明瞭に確認されなかった(図-3)。スライドグラスにアセトカルミン溶液を1滴垂らし、縦に半割にした雄花をピンセットではさんで、切り口面をアセトカルミン溶液に浸すように数回叩いて花粉を落とし、光学顕微鏡で観察すると、正常個体では花粉粒が観察できるのに対し、3個体の候補木は花粉が崩壊し、周囲と融合したような状況になっていた(図-4)。さらに、3個体の雄花をマイクロスライサーで10数 μm 厚の切片にして光学顕微鏡で観察した結果、小孢子が形成されていない(福島・新大1号、福島・新大2号)ものと、小孢子の痕跡は認められるが、花粉粒の原形を留めていない(福島・新大3号)ものが確認された(図-5)。したがって、これらの候補木を雄性不稔個体と判断した(図-6)。今回、雄性不稔個体を探索した総本数と、発見した不稔個体の比率から計算すると、発見頻度は5,300本に1本で、0.018%となった。

表 - 4 調査結果

調査地	西会津1	西会津2	西会津3	西郷1 (本部地区)	西郷2 (芝原地区)	計
調査年	2002 ~ 2005	2004	2004	2005	2005	2002~2005
調査面積 (ha)	59.3 (27.3)	4.73 (1.0)	27.2 (3.3)	3,960(m) (1,250)	1,210(m) (990)	91.23ha 5,170m (31.6) (2,240)
調査木本数 (本)	12,314	443	1,991	509	790	16,047
調査延人数 (人/日)	48/8.0	5/0.5	6/1.5	2/1.0	3/1.0	64/12.0
雄性不稔スギ* 発見数 (本)	2	0	1	0	0	3

印は防風林帯の調査対象林縁部総延長

調査面積下段 () 書き数字は、探索した面積及び調査延長で内数



図 - 3 雄花の実態顕微鏡写真
左：雄性不稔スギ 右：正常なスギ

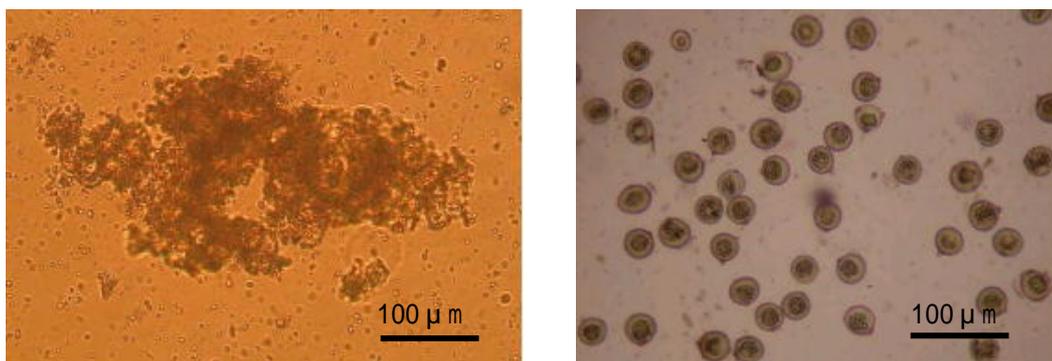


図 - 4 叩き落とした花粉の光学顕微鏡写真
左：雄性不稔スギ 右：正常なスギ

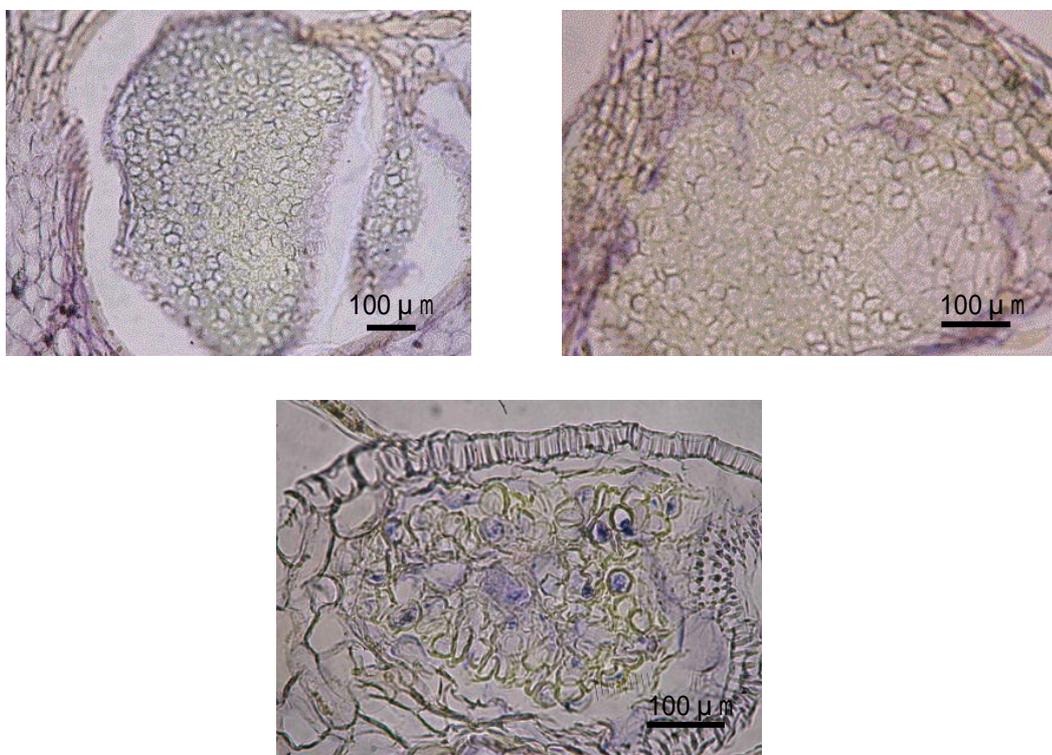


図 - 5 雄花切片の光学顕微鏡写真
写真上左：福島・新大1号 写真上右：福島・新大2号 写真下：福島・新大3号

おわりに

雄性不稔スギは、スギ花粉症の原因であるスギ花粉を全く飛散しないため、造林地からのスギ花粉飛散の抑制に最も実効性が高いことが期待される。造林に適するスギは、花粉を飛散しないものであると共に成長や材質が優良でなければならない。雄性不稔スギの作出は、本県では緒についたばかりであるが、育種期間の短縮方法を用いた作出技術を踏襲し、効率的に品種改良を推進して、造林に適した雄性不稔スギの供給システムを整備していきたい。

また、県内から選抜した雄性不稔スギは、これまで発見された他の雄性不稔スギと交配

実験を行い、遺伝様式を解明していきたい。さらに、県内から雄性不稔スギを3個体発見したことに伴い、未調査地にも潜在する可能性が示唆されることから、雄性不稔スギの遺伝的な多様性を図るために、さらに新たな雄性不稔スギ個体を選抜して、育種母材として活用していきたいと考えている。



図 - 6 発見した雄性不稔スギ3個体

写真左：福島・新大1号 写真中央：福島・新大2号 写真右：福島・新大3号

謝辞

新潟大学大学院自然科学研究科の平英彰教授には、本研究の雄性不稔スギの作出、雄性不稔スギ個体の探索等において、丁寧なご指導と貴重な助言をいただいた。ここに、心より尊敬の念と、感謝の意を表します。

富山県林業技術センター林業試験場の斎藤真己研究員には、本県の精英樹花粉と雄性不稔母樹との交配にご協力、ご尽力いただいた。常に貴重な情報と助言をいただき厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 厚生労働省21世紀型医療開拓推進研究事業 [E B M分野] アレルギー性鼻炎ガイドライン班(2002)：鼻アレルギー診療ガイドラインダイジェスト . p3 .
- 2) 環境省(2004)花粉症保健指導マニュアル - 平成16年1月改訂版 - . 54pp .
- 3) 平 英彰・斎藤真己(2001)スギ雄性不稔の発現機構と遺伝様式 . 林木の育種 . 198:16-17 .
- 4) 高井大樹(2003)スギ雄性不稔性の発現に関わる植物ホルモンの研究 . 新潟大学修士論文 , 18pp .
- 5) 平 英彰(1994)スギ花粉症に対する林業からの対応 . 林木の育種 . 172:24 .
- 6) 日本林業調査会(2000)雪国の森林づくり - スギ造林の現状と広葉樹の活用 - . 積雪地帯区分 , 豪雪地帯林業技術開発協議会編 , 東京 , 31 .
- 7) 福島県農林水産部(1993)福島の林木育種 . 雪害(雪圧害)発生区分図平均最深積雪深 , 福島 , 25 .