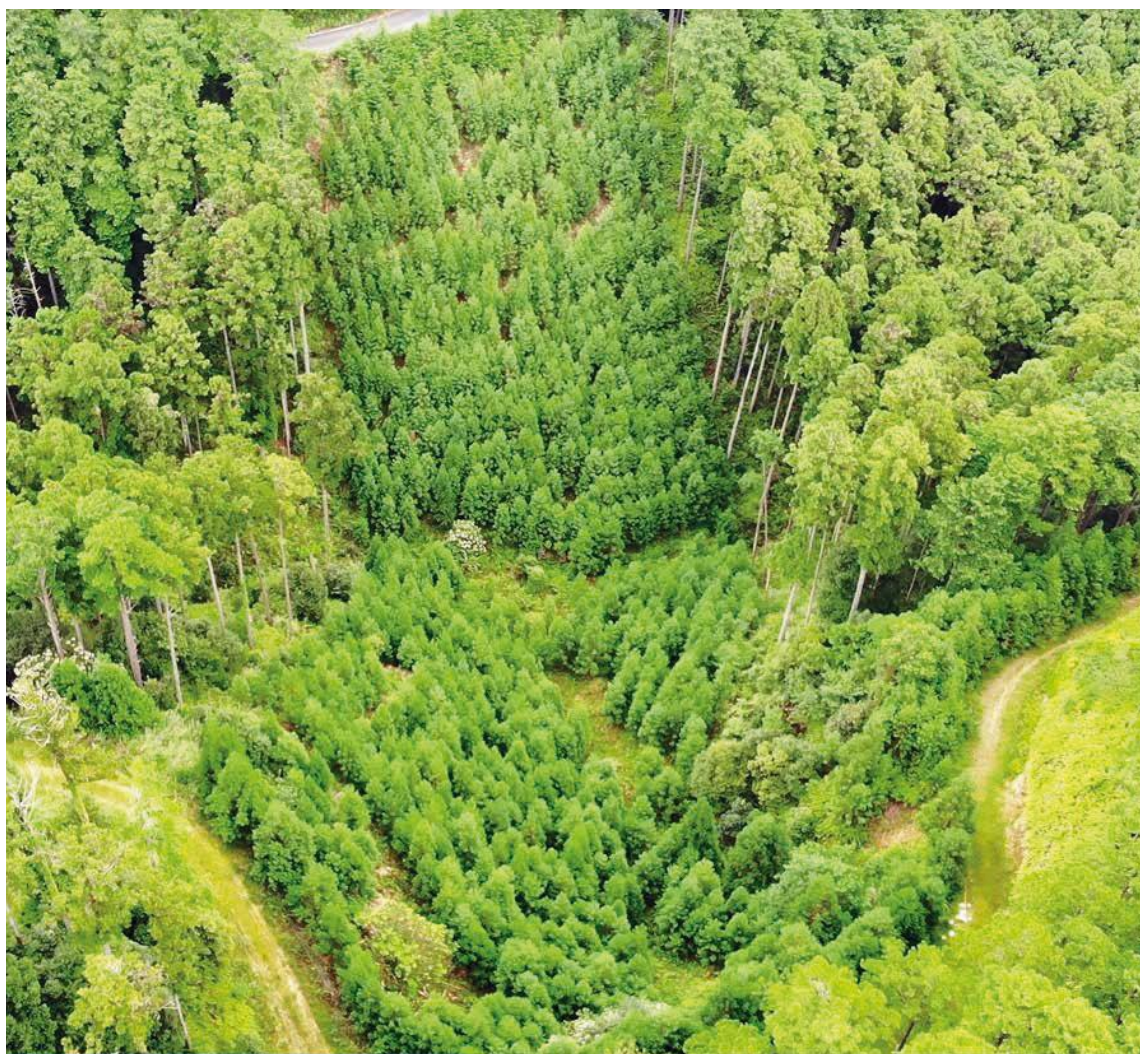


花粉症対策に朗報！ 無花粉スギ優良品種の開発



2023年3月

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター

表紙写真：空撮による無花粉スギ植栽地
浜松市天竜区両島、2016年4月植栽木を
2022年8月23日にドローンで撮影
(撮影 佐々木重樹、光本智加良)

目 次



1. はじめに	1
2. 無花粉スギのつくり方	2
3. 無花粉スギの確認	4
4. 無花粉スギの品種開発	5
5. 新たな無花粉スギの作出	10
6. 無花粉スギの試験地	11
7. 引用文献	12
8. おわりに	13
9. 謝辞	13



スギ花粉の飛散

70万個の雄花が着いているスギの成木もあります¹²⁾。雄花1粒に20万～40万個の花粉が入っているため、その飛散量は莫大な数となります。



1. はじめに

国民の約4割が罹患していると言われ⁸⁾、大きな社会問題となっている花粉症の林業的側面からの対策として、花粉多産木を伐採しての少花粉木の植栽や樹種転換などが挙げられますが、無花粉（雄性不稔）スギの植栽も効果的であり、究極の花粉症対策として注目されています¹¹⁾。そのため、研究や事業への取り組みが全国的に行われており、今後の苗木生産や植栽本数の増加が見込まれます。一方、スギは林業における重要な造林樹種であり、将来の木材としての利用を考えれば、無花粉であるばかりでなく成長や材質といった重要な性質を備えていることも重要です^{10,13)}。そのため、優良な性質を保持している精英樹系の無花粉スギの作出と品種化が必要となっています^{10,11)}。

これまでに無花粉遺伝子を保有するスギ精英樹の探索が全国的に行われ、それらを親として交配することで無花粉スギの作出が進められています。静岡県でも2008年から無花粉スギの研究開発に着手し、無花粉の遺伝子をヘテロで有する系統どうしの交配により多数の無花粉スギを作出し、造林木としての特性評価を行ってきました^{1,2,3,4,5)}。その結果、選抜した優良クローンが花粉症対策品種として評価され^{7,9)}、新聞やテレビを通じて県民からの注目を集めています。また、将来の形質評価や遺伝的に多様なより優れた品種の開発に備えて、無花粉スギを県内各地に植栽し管理を続けています⁶⁾。

このような無花粉スギの研究について、多くの皆様に理解していただくため、品種開発や将来に向けて整備を進めている植栽地等について紹介します。



2. 無花粉スギのつくり方

通常のスギは花粉をつくる正常な遺伝子を持っていますが、突然変異により無花粉の遺伝子を持っているスギがあります。これを探して交配することにより、無花粉スギを作ることができます^{10,11)}。

A : 有花粉の遺伝子 顕性(優性)

a : 無花粉の遺伝子 潜性(劣性)

通常のスギ
遺伝子型 **AA**

突然変異のスギもある
遺伝子型 **Aa**、遺伝子型 **aa**

A:有花粉の遺伝子 と **a**:無花粉の遺伝子の交配組合せにより、**aa** の場合に無花粉になります。

交配 ♀AA × ♂AA

♀ \ ♂	A	A
A	AA 花粉あり	AA 花粉あり
A	AA 花粉あり	AA 花粉あり

全個体 花粉あり

交配 ♀Aa × ♂AA

♀ \ ♂	A	A
A	AA 花粉あり	AA 花粉あり
a	Aa 花粉あり	Aa 花粉あり

全個体 花粉あり

交配 ♀Aa × ♂Aa

♀ \ ♂	A	a
A	AA 花粉あり	Aa 花粉あり
a	Aa 花粉あり	aa 花粉なし

1/4の個体 花粉なし

交配 ♀aa × ♂Aa

♀ \ ♂	A	a
a	Aa 花粉あり	aa 花粉なし
a	Aa 花粉あり	aa 花粉なし

1/2の個体 花粉なし



無花粉の遺伝子をヘテロで有する静岡県の精英樹 (Aa) と神奈川県の精英樹 (Aa) で交配苗をつくり、雄花内に花粉がないことを確認して無花粉スギ (aa) を選びました⁹⁾。

スギ精英樹^{*}の中にも、Aa がありました^{10, 11)}。

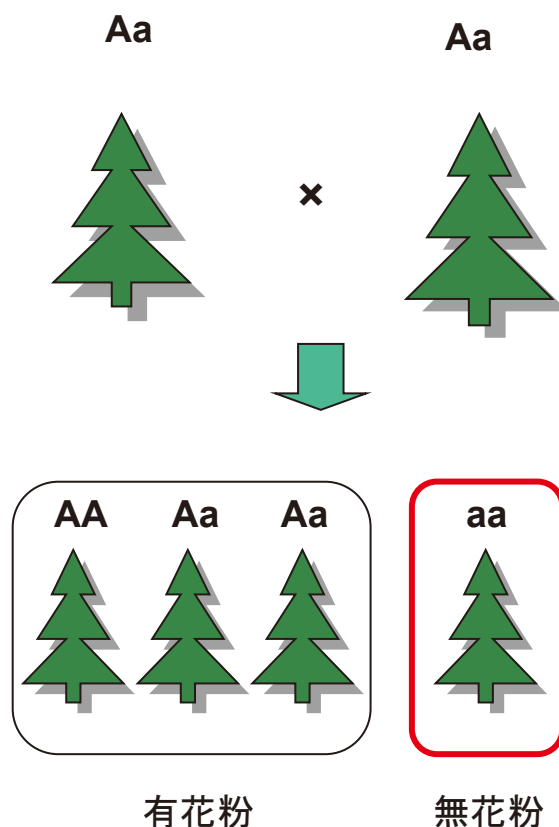
Aa と Aa で交配すると 1 / 4 の確率で無花粉 aa が出現します。

雄花の調査により、有花粉と無花粉を区別します。

※精英樹

造林木の中で、特に優れた性質を持つ個体

静岡県 大井7号 神奈川県 中4号

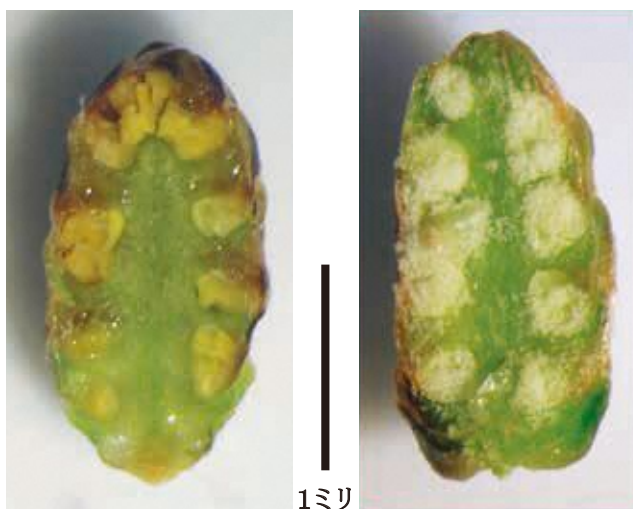


3. 無花粉スギの確認

スギの雄花を切断して顕微鏡で観察することにより、花粉の有無を確認することができます。



通常のスギ雄花1粒には、20万～40万個の花粉が入っています。

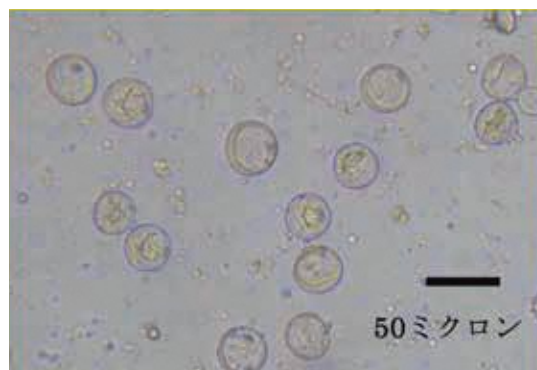
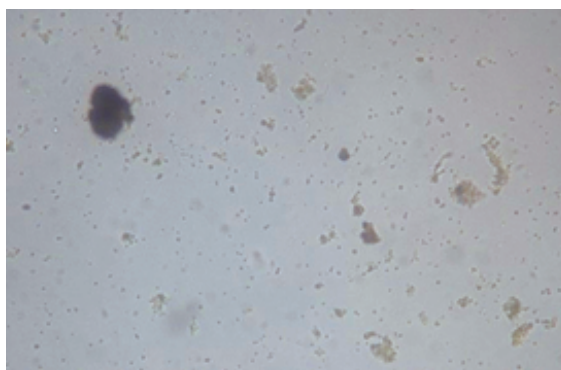


無花粉スギ雄花内には、花粉が入っていません。

雄花断面（実体顕微鏡での観察）

左：無花粉 右：有花粉

雄花の切断面で、無花粉個体は花粉の粒が認められません。



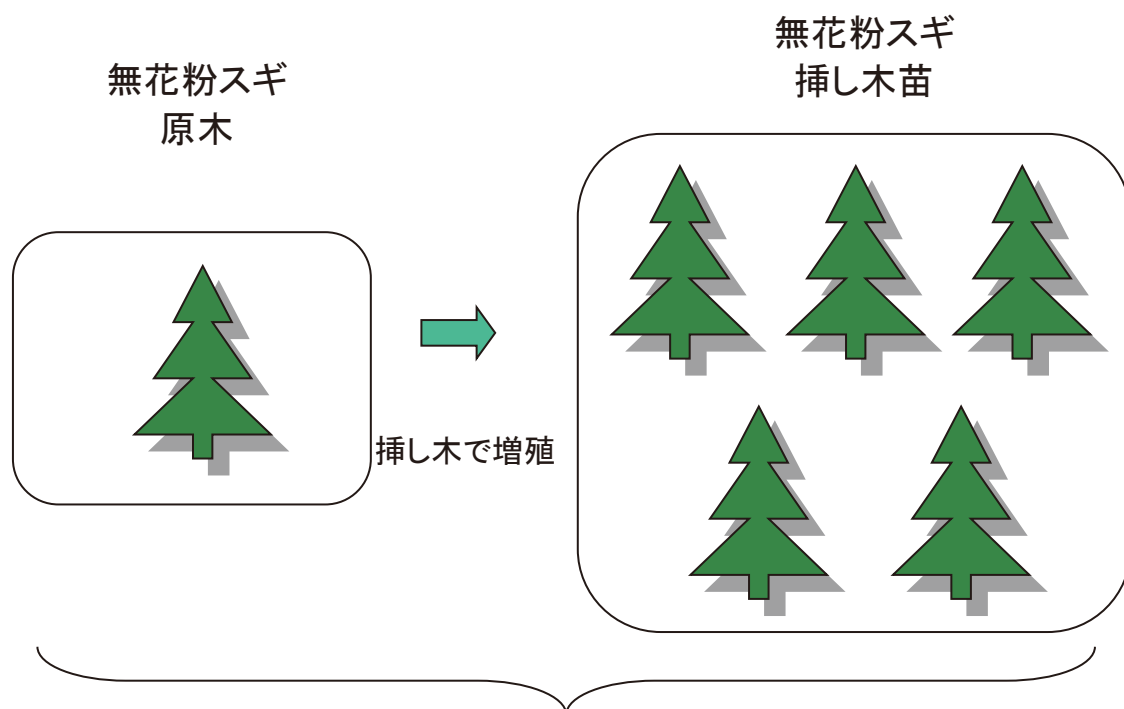
雄花断面（光学顕微鏡での観察）

左：無花粉 右：有花粉



4. 無花粉スギの品種開発

交配苗から選んだ無花粉スギの「原木」から採穂して「挿し木苗」を作り、成長や材質などを調査し、評価基準を満たしたものが「花粉症対策品種」となります。



評価項目

- ・雄花内の花粉の有無
- ・成長（樹高、根元径または胸高直径）
- ・材質（応力波伝搬速度）
- ・通直性
- ・挿し木発根性

国立研究開発法人

森林総合研究所林木育種センターが設置する

優良品種・技術評価委員会

で評価

静神不稔 1号



通知日：2018年2月15日

交配親：♀大井7号 × ♂中4号
(Aa) (Aa)

開発機関：

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

形質データ

形質\系統	静神不稔1号 ⁷⁾	対照
	原木 ^{a)}	
雄性不稔性	不稔(無花粉)	—
樹高(cm)	458 ^{d)}	434 ^{e)}
胸高直径(cm)	5.9 ^{d)}	5.9 ^{e)}
応力波伝搬速度(m/s) ^{c)}	1936 ^{d)}	1731 ^{e)}
挿し木発根率(%)	100 ^{f)}	88 ^{g)}
	挿し木苗 ^{b)}	
雄性不稔性	不稔(無花粉)	—
樹高(cm)	210 ^{h)}	195 ⁱ⁾
胸高直径(cm)	1.3 ^{h)}	1.3 ⁱ⁾
応力波伝搬速度(m/s) ^{c)}	1931 ^{d)}	1791 ⁱ⁾

- a) 交配により作出した原木（オリジナル個体）
- b) 原木から挿し木増殖した個体
- c) 材質を評価する指標の一つ
- d) 3年生時測定
- e) 原木の対照として、同所、同時期に植栽した♀大井7号×♂中4号の交配家系有花粉木24本の平均
- f) 静神不稔1号の原木から採穂して調査
- g) 推奨品種の富士1号から採穂して調査
- h) 2年生時測定
- g) 挿し木苗の対照として、同所、同時期に植栽した精英樹筑波1号8本の平均
- i) 原木と同所、同時期に植栽した♀大井7号×♂中4号の交配家系無花粉木23本（静神不稔1号を含む）の平均



三月晴不稔 1 号



通知日：2019年2月6日

交配親：♀大井7号 × ♂中4号
(Aa) (Aa)

開発機関：

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
東京都農林総合研究センター
神奈川県自然環境保全センター
富山県農林水産総合技術センター森林研究所
森林総合研究所林木育種センター

形質データ

形質\系統	三月晴不稔 1号 ⁷⁾	対照
	原木	
雄性不稔性	不稔(無花粉)	—
樹高(cm)	443	434
胸高直径(cm)	6.1	5.9
応力波伝搬速度(m/s)	1859	1731
挿し木発根率(%)	85 ^{a)} 95 ^{a)}	46 ^{b)} 67 ^{c)} 81 ^{d)} 90 ^{e)}
	挿し木苗	
雄性不稔性	不稔(無花粉)	—
樹高(cm)	219	195
根元直径(cm)	3.6	3.5
応力波伝搬速度(m/s)	—	—

a) 三月晴不稔 1号の原木から採穂して2ヶ所で調査

b) 第一世代精英樹の西多摩14号から採穂して調査

c) 第一世代精英樹の南多摩3号から採穂して調査

d) 推奨品種の富士1号から採穂して調査

e) 少花粉品種の天竜8号から採穂して調査

その他は静神不稔1号に準ずる

三月晴不稔2号



通知日：2019年11月19日

交配親：♀大井7号 × ♂中4号
(Aa) (Aa)

開発機関：

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
東京都農林総合研究センター
神奈川県自然環境保全センター
富山県農林水産総合技術センター森林研究所
森林総合研究所林木育種センター

形質データ

形質\系統	三月晴不稔2号 ⁷⁾	対照
	原木	
雄性不稔性	不稔(無花粉)	—
樹高(cm)	446	434
胸高直径(cm)	6.1	5.9
応力波伝搬速度(m/s)	1854	1731
挿し木発根率(%)	86 ^{a)} 100 ^{a)}	46 67 81 90
	挿し木苗	
雄性不稔性	不稔(無花粉)	—
樹高(cm)	211	195
根元直径(cm)	3.4	3.5
応力波伝搬速度(m/s)	—	—

a) 三月晴不稔2号の原木から採穂して2ヶ所で調査
その他は三月晴不稔1号に準ずる



三月晴不稔3号



通知日：2022年11月7日

交配親：♀中4号×♂大井7号
(Aa) (Aa)

開発機関：

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
東京都農林総合研究センター
神奈川県自然環境保全センター
富山県農林水産総合技術センター森林研究所
森林総合研究所林木育種センター

形質データ

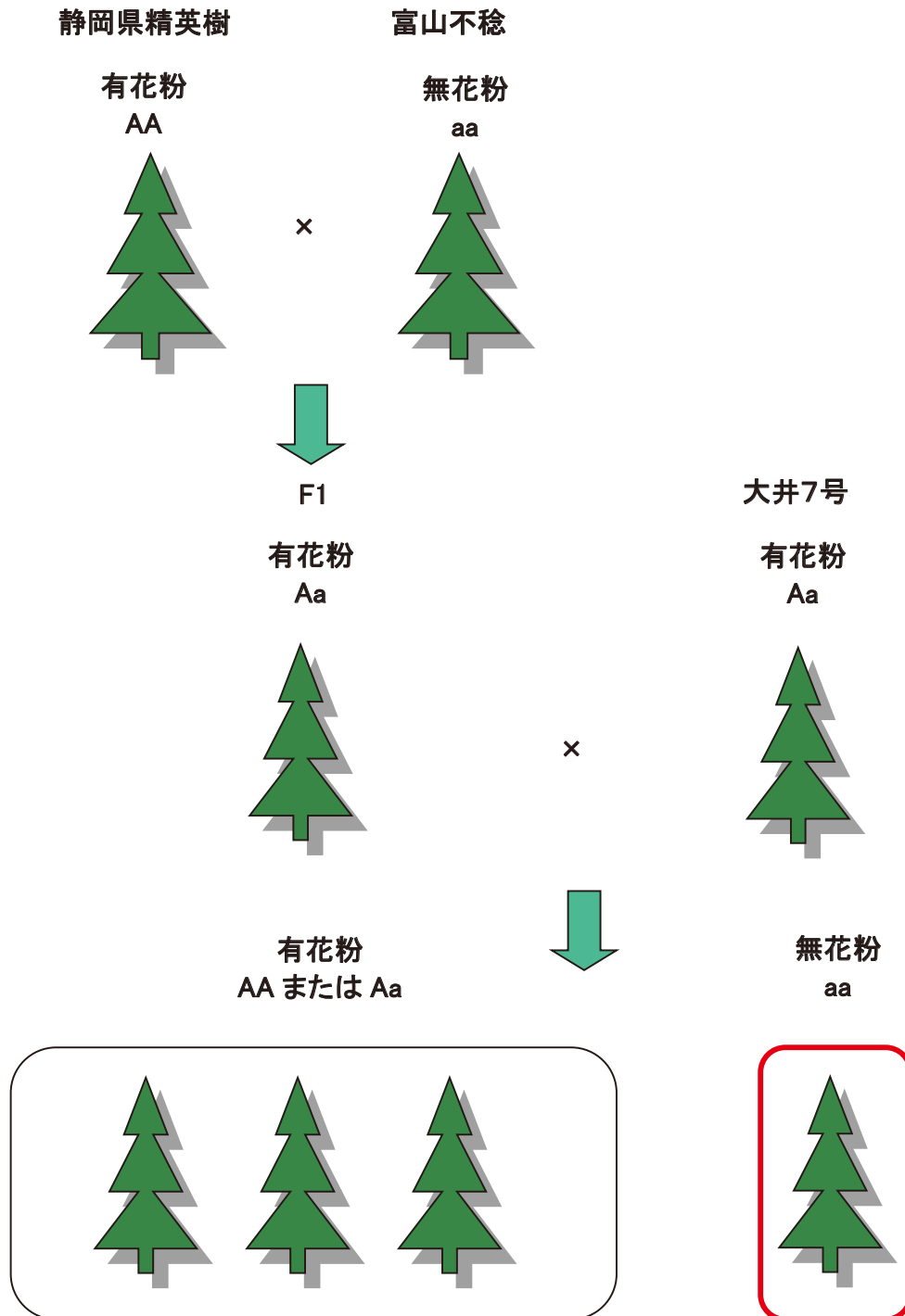
形質\系統	三月晴不稔3号	対照
	原木	
雄性不稔性	不稔(無花粉)	—
樹高(cm)	514	467 ^{a)}
胸高直径(cm)	6.9	5.8 ^{a)}
応力波伝搬速度(m/s)	2142	2051 ^{b)}
挿し木発根率(%)	100 ^{c)}	93 ^{d)} 100 ^{e)}
	挿し木苗	
雄性不稔性	不稔(無花粉)	—
樹高(cm)	450 ^{f)}	396 ^{g)} 455 ^{h)}
胸高直径(cm)	5.8 ^{f)}	4.3 ^{g)} 5.0 ^{h)}
応力波伝搬速度(m/s)	2504 ^{f)}	2370 ^{g)} 2152 ^{h)}

- a) 原木の対照として、同所、同時期に植栽した♀大井7号×♂中4号の交配家系無花粉木7本と♀中4号×♂大井7号の交配家系無花粉木3本の平均
- b) 原木の対照として、同所、同時期に植栽した♀田原1号×♂大井7号、♀大井7号×♂中4号、♀中4号×♂大井7号の各交配家系無花粉木49本の平均
- c) 三月晴不稔3号の原木から採穂して2回の調査
- d) 花粉症対策品種の三月晴不稔1号の原木から採穂して調査
- e) 花粉症対策品種の三月晴不稔2号の原木から採穂して調査
- f) 5年生時測定
- g) 挿し木苗の対照として、同所、同時期に植栽した精英樹挿し木苗10本の平均
- h) 挿し木苗の対照として、同所、同時期に植栽した少花粉品種実生苗8本の平均



5. 新たな無花粉スギの作出

遺伝的に多様な無花粉スギを作出するため、大井7号×中4号以外の交配で新たな無花粉スギを作出しました³⁾。浜松市天竜区熊ほかの試験地で形質評価を進めています⁴⁾。



6. 無花粉スギの試験地

樹木の形質評価には多くの年月を要することから、長期間に渡り試験林を整備しておく必要があります。今後、成木での評価も必要になると想定されるため、他機関の協力を得て森林・林業研究センターで作出・育成した無花粉スギを静岡県内各地に植栽しました⁶⁾。今後数年の調査研究に加え、数十年先の評価を見据えて、これらの植栽地の整備を続けています。

設定時期	場所	系統と本数
2014年 5月	浜松市天竜区 龍山町瀬尻 (瀬尻国有林)	大井7号×中4号 (♀×♂) 無花粉129本 有花粉74本
2015年 4月	浜松市天竜区 熊	(富山不稔×静岡県精英樹)×大井7号 (♀×♂、♂×♀) 無花粉35本 有花粉146本 未確認39本
2015年 5月	富士市大淵 (市有林)	(富山不稔×静岡県精英樹)×大井7号 (♀×♂、♂×♀) 無花粉16本 有花粉61本 未確認27本
2016年 4月	浜松市天竜区 上野	(富山不稔×静岡県精英樹)×大井7号 (♀×♂、♂×♀) 無花粉24本 有花粉72本 未確認71本 大井7号×中4号 (♀×♂) 無花粉36本
2016年 4月	浜松市天竜区 両島	大井7号×中4号 (♀×♂、♂×♀) 無花粉276本 田原1号×大井7号 (♀×♂) 無花粉165本
2017年 3月	浜松市天竜区 佐久間町浦川 (白滝国有林)	大井7号×中4号 (♀×♂) 無花粉304本
2017年 5月	島田市大代 (大代国有林)	大井7号×中4号 (♀×♂、♂×♀) 無花粉212本 田原1号×大井7号 (♀×♂) 無花粉186本
2019年 7月	島田市大代 (大代国有林)	(富山不稔×東京都精英樹)×大井7号(♀×♂) 無花粉93本 大井7号×中4号 (♀×♂) 無花粉24本

静岡県における無花粉スギの植栽地のうち、主要な試験地を示しました。
本数は植栽時のもので、枯死や誤伐により現存本数はこれよりもやや少なくなっています。



7. 引用文献

- 1) 袴田哲司・山本茂弘・近藤 晃、2016. 各都道府県の林業・林産業と遺伝育種の関わり (4) 静岡県、森林遺伝育種、5巻、110-113.
- 2) 袴田哲司、2016. さし木増殖と苗の育成 –少花粉ヒノキ、無花粉スギ、抵抗性マツの研究事例–. 森林遺伝育種、5巻、197-202.
- 3) 袴田哲司・近藤晃・山本茂弘・斎藤真己、2017. 雄性不稔遺伝子保有系統で交配したスギのコンテナ苗としての成長、中部森林研究、65号、3-4.
- 4) 袴田哲司・近藤晃・山本茂弘・斎藤真己、2018. 雄性不稔遺伝子保有系統で交配したスギコンテナ苗の林地植栽後の初期成長. 中部森林研究、66号、11-12.
- 5) 袴田哲司・畑 尚子・齋藤央嗣、2020. 雄性不稔スギ挿し木コンテナ苗への追肥による育苗時と林地植栽後の効果. 中部森林研究、68号、5-6.
- 6) 袴田哲司、2021. 森林遺伝育種における研究材料の重要性. 森林遺伝育種、10巻、154.
- 7) (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター・(地独) 青森県産業技術センター林業研究所・山形県森林研究研修センター・(公財) 東京都農林水産振興財団東京都農林総合研究センター・神奈川県自然環境保全センター・富山県農林水産総合技術センター森林研究所・静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター、2020. 無花粉スギ苗木普及促進のための技術マニュアル. 95pp
- 8) 松原 篤・坂下雅文・後藤 穰・川島佳代子・松岡伴和・近藤 悟・山田武千代・竹野幸夫・竹内万彦・浦島充佳・藤枝重治・大久保公裕、2020. 鼻アレルギーの全国疫学調査2019 (1998年、2008年との比較) : 速報—耳鼻咽喉科医およびその家族を対象として. 日本耳鼻咽喉科学会会報、123巻、485-490.
- 9) 中村健一・袴田哲司、2020. 無花粉スギ優良系統の選抜と品種開発、森林遺伝育種、10巻、113-115.
- 10) 斎藤真己、2010. スギ花粉症対策品種の開発. 日本森林学会誌、92巻、316-323.
- 11) 斎藤真己・寺西秀豊、2014. 無花粉 (雄性不稔) スギ品種の開発. 日本花粉学会会誌、60巻、27-35.
- 12) 森林総合研究所林木育種センター、2018. 平成29年度 森林環境保全総合対策事業のうちスギ雄花着花特性検査の高度化事業報告書. 74pp.
- 13) 高橋 誠・岩泉正和・星 比呂志・久保田正裕・福田陽子・武津英太郎・近藤禎二 (2007) 関東育種基本区の精英樹等のスギクローンについての雄性不稔の調査結果と発見された雄性不稔2クローンの特性. 林木育種センター研究報告、23号、11-36.



8. おわりに

花粉が全く出ない無花粉スギに対する期待は大きく、2022年度にクラウドファンディングによる研究資金の募集により、92名（団体）の皆様から、総額964,900円の御支援や励ましの御言葉をいただきました。樹木の研究は長い期間を要することが多いのですが、このような御期待に応えるため、これまでに作出した無花粉スギの継続的な形質評価や新たな無花粉系統の作出を地道に進め、さらなる優良品種の開発を目指します。また、無花粉スギの植栽や動画配信、パンフレットの作成などの普及活動や広報も行い、林業の発展と花粉症の緩和に貢献していきたいと思っております。

9. 謝辞

無花粉スギの品種開発は、富山県農林水産総合技術センター森林研究所、神奈川県自然環境保全センター、東京都農林総合研究センター、森林総合研究所林木育種センターと共同で行いました。試験地の造成と管理において、天竜森林管理署、静岡新森管理署、伊豆森林管理署、天竜森林組合、㈱フジイチの皆様にご協力をいただいております。また、静岡県山林種苗協同組合連合会様、オールスタッフ株式会社様、海野真司様、石原久司様、松野公一様、Yukino Tsutsui様、加藤公彦様、波多野和子様、廣瀬裕一様、金原征子様、井出雄二様を始めとする92名の皆様からクラウドファンディングにより多大なる御支援をいただき、無花粉スギの研究開発を行っております。本稿の作成も含めて、厚く御礼申し上げます。

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター

森林資源利用科長 袴田 哲司

花粉症対策に朗報！
無花粉スギ優良品種の開発

2023年3月

編集・発行 静岡県農林技術研究所
森林・林業研究センター

浜松市浜北区根堅2542-8

電話 053-583-3121

FAX 053-583-1275



ふじのくに
森林の都
もりのみやこ
しずおか