

(研究資料)

## 東京都における雄性不稔スギの育種研究 (2018～2020年交配)

宮下智人・畑 尚子・奈良雅代・中村健一

東京都農林総合研究センター

### 摘 要

スギの雄性不稔品種は花粉症対策効果が高いと期待できるため、東京都では2007年から交配育種を開始した。富山県の不稔個体など他県の育種素材を利用して2007～2015年に交配を行い、ヘテロ型個体および不稔個体を各々約700個体作出した。しかし、多摩地域への適応性や材質の優れる品種を開発するためには、東京都および関東育種基本区の精英樹のゲノム構成率をより高めていくことが望ましい。そこで、新たにヘテロ型であることが確認された東京都産精英樹の「西多摩8号」も活用して2018～2020年に新たな交配を行い、多数の不稔個体を作出した。これらの個体はいずれもゲノム構成率が東京都50～75%、関東100%と高いことから、これまでに作出した個体よりも適応性や材質等が向上している可能性がある。

キーワード：スギ花粉症，花粉症対策，交配育種，関東育種基本区

簡略表題 東京都における雄性不稔スギの育種研究

東京都農林総合研究センター研究報告 19 : 59-65, 2024

---

\* 著者連絡先：宮下智人 Email : c-miyashita@tdfaff.com

## 1. はじめに

スギ・ヒノキの花粉症患者は増加の一途をたどり、2016年度調査では都内のスギ花粉症の推定有病率が48.8%に上る（東京都福祉保健局，2017）など大きな社会問題となっている。その対策として、東京都は2006年から花粉症発生源対策事業を開始し、

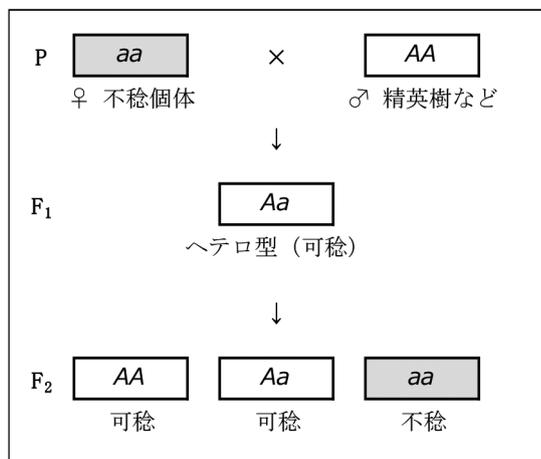


図1 スギの雄性不稔性の遺伝様式

雄性不稔性の遺伝子 ( $ms-1$ ) を  $a$ 、可稔性の遺伝子を  $A$  で示す。 $aa$  の個体は不稔となり、 $AA$  およびヘテロ型の  $Aa$  は可稔となる。

2015年からは森林循環促進事業を実施して、現在のスギ・ヒノキ林を伐採した後に花粉症対策品種を植栽することにより花粉飛散量の低減化を図っている。花粉症対策品種には、着花量の少ない少花粉スギ・ヒノキと、花粉を生産しない雄性不稔（無花粉）スギがある。少花粉スギは多摩地域の環境に適した品種がすでに開発され、花粉症発生源対策事業により普及が進んでいる。一方、雄性不稔スギは、2007年時点ではまだ研究段階にあったが、将来的に花粉飛散量を減少させる効果の高い品種の一つとして有用と考えられた。そこで、東京都農林総合研究センターでは、多摩地域に適する雄性不稔スギの開発を目的として、2007年に交配育種を開始した（宮下ら，2014）。雄性不稔スギの育種法としては、不稔遺伝子 ( $ms-1$ ) をホモ型  $aa$  で持つ不稔個体と各地域の不稔遺伝子を持たないホモ型  $AA$  の精英樹を交配し、ヘテロ型  $Aa$  の  $F_1$  からさらに  $F_2$  世代を展開して不稔個体を選抜する方法を用いた（図1）。雄性不稔の育種素材には、富山県の不稔個体（Taira et al, 1999）に加えて、不稔遺伝子をヘテロ型で保有する関東育種基本区の精英樹（以下、関東精英樹）であ

表1 育種素材に用いた都県精英樹

稔性	遺伝子型 <sup>a</sup>	都県	品種・個体名	少花粉 <sup>b</sup>
可稔 (ヘテロ)	$Aa$	静岡	大井7号	
		神奈川	中4号	○
		東京	西多摩8号 <sup>c</sup>	
可稔	$AA$	東京	西多摩1号	
			西多摩2号	○
			西多摩3号	○
			西多摩5号	
			西多摩6号	
			西多摩9号	
			西多摩13号	
			西多摩16号	
			西多摩17号	
			西多摩22号	
可稔	$AA$	東京	西多摩24号	
			南多摩2号	
			南多摩3号	
可稔	$AA$	東京	南多摩5号	

a) 遺伝子座  $ms-1$ 。 b) 「中4号」は神奈川県が選抜した少花粉品種であり、それ以外は林木育種センターと東京都の連携で開発した少花粉品種である。 c) 2018年交配までの時点では  $AA$  型と考えられていたが、その後  $Aa$  型であることが判明した（三嶋ら，2020）。

る「大井7号」(静岡県)および「中4号」(神奈川県)の2品種(斎藤, 2008)を用いた(表1)。そしてF<sub>2</sub>集団を作出し、ジベレリン処理で若い実生苗に強制着花させて花粉の有無を判定する方法(本間ら, 2006)により、不稔個体を早期選抜した。

この一連の育種研究により、2015年までにヘテロ型および不稔個体を各々約700個体作出し、さらに本資料で述べる追加の作出を行った。これらの個体をタイプ別に表2に示す。2007~2010年に実施した交配では(宮下ら, 2014)、まず東京都精英樹と富山県の雄性不稔個体を交配してヘテロ型個体(AaIタイプ)を作出し、次いでAaI個体とヘテロ型の関東精英樹とを交配して不稔個体(aaIタイプ)を作出した。また、ヘテロ型の関東精英樹2品種を正逆

交配し、不稔個体(aaIVタイプ)を作出した。aaI個体については、2013年3月に農林総合研究センター日の出試験林内に植栽し、成長や材質の優れた個体の選抜により雄性不稔の優良品種「心晴れ不稔1号、心晴れ不稔2号、心晴れ不稔3号、心晴れ不稔4号」を育成しており(中村・袴田, 2021; 畑ら, 2024)、将来的に雄性不稔採種園の母樹としての利用が期待される。このaaIタイプについて、ゲノムに占める東京都精英樹由来の遺伝子の割合(以下、ゲノム構成率)の理論値をみると、25%に留まる。関東精英樹の割合は75%と高いものの、100%には達しない。これは、富山県の不稔個体を育種素材に用いたためである。多摩地域への適応性や材質の優れた個体を作出するためには、東京都および関東精

表2 作出したヘテロ型および雄性不稔個体とその種類

タイプ <sup>a</sup>	交配組合せ <sup>b</sup> (♀×♂)	ゲノム構成率 (理論値) <sup>c</sup>			交配年	日の出試験林 植栽 <sup>d</sup>	
		東京 (%)	関東 (%)	有望度		系統数	年
ヘテロ型 (Aa)							
Aa I	富山×東京	50	50	○	2007~2009	-	-
Aa II	aaIV×東京	50	100	◎	2012, 2014	14	2017
雄性不稔 (aa)							
aa I	Aa I × 静岡 Aa I × 神奈川	25	75	○	2010	22	2013
aa II	Aa I × Aa II	50	75	◎	2015	6	2018
aa III	Aa II × Aa II	50	100	◎	2015, 2018~2019	19	2018, 2021~2022
aa IV	静岡×神奈川 神奈川×静岡	0	100	○	2008	-	-
aa V	Aa II × 東京 東京×Aa II	75	100	◎	2019~2020	4	2022~2023

a) 本資料では、交配組合せ別にヘテロ型を2タイプ、雄性不稔を5タイプに分けて示した。b) 各品種・個体名は省略し、各々の都県名で示した(表1参照)。c) 東京都精英樹(東京)および関東育種基本区の精英樹(関東)に由来する遺伝子のゲノム構成率について、交配組合せから期待される理論値を示した。各タイプの有望度は、東京および関東のゲノム構成率の高さをもとに、非常に有望(◎)、有望(○)と評価した。d) 有望系統・個体の選抜を行うため、試験林に植栽した。ただし、AaI・aaIVタイプは育種素材としての利用に限定されるため植栽なし。

英樹のゲノム構成率を可能な限り高めていくことが望ましい。また、採種園を造成し、無花粉品種の種苗を安定的に生産するためには、花粉樹となる優れたヘテロ型個体が必要である。しかし、2010年までに作出した AaI 個体をみると、東京都および関東精英樹のゲノム構成率はともに50%に留まる。

そこで、2012～2015年に実施した交配では（宮下ら、2019）、まず aaIV タイプの不稔個体と東京都精英樹を交配して AaII タイプのヘテロ型個体作出了。次いで AaI × AaII および AaII × AaII の交配を行い、各々 aaII, aaIII タイプの不稔個体作出了。これらのゲノム構成率は、東京都が50%、関東が75%以上と高い。特に aaIII は関東100%と高く有望であるが、樹齢3年とまだ若い AaII 個体を種子親に用いた交配であったため採種性が低く、日の出試験林に植栽できた不稔個体は1系統9個体のみと著しく少なかった。また、これまで東京都精英樹はいずれも AA 型と考えられていたが、「西多摩8号」がヘテロ型であることが2018年に判明し（三嶋ら、2020）、これを育種素材に利用することで東京都のゲノム構成率をより高めた不稔個体の作出が可能となった。

そこで、この「西多摩8号」も活用して2018～2020年に新たな交配を行った。まず AaII × AaII の交配を行い、aaIII タイプの不稔個体を多数作出了。また AaII と「西多摩8号」の交配を行い、新たに aaV タイプの不稔個体作出了。これらの

ゲノム構成率は、東京都が50～75%、関東が100%と高いことから、2007～2015年に交配、作出した個体よりも材質や多摩地域への適応性等が向上していることが期待される。

本研究は実用品種開発の途上にあるが、スギ育種は長期間を要するので、今後の育種および遺伝資源管理を円滑に進めるために、2018～2020年の交配個体の作出・選抜の記録を本資料としてまとめた。

## 2. 育種素材

交配には、2012年および2014年交配で作出された26個体（AaII タイプ）および「西多摩8号」を供試した。なお、26個体の交配母本となった精英樹は、静岡県「大井7号」、神奈川県「中4号」、東京都「西多摩1号」など15品種である（表1）。このうち「大井7号」、「中4号」および「西多摩8号」はヘテロ型（Aa）であり、「中4号」、「西多摩2号」および「西多摩3号」は少花粉品種である。また、AaII タイプの26個体のうち1205-1 および1205-2 については、花粉親の「西多摩8号」がヘテロ型であることが後に判明したため、両個体の稔性調査を行ったところ、1205-1 はヘテロ型、1205-2 は不稔（aa）であることが確認された。

## 3. 雄性不稔個体（aaIII・aaV）の作出

aaIII および aaV タイプの不稔個体を作成するため、2018～2020年にヘテロ型個体間で交配を行っ

表3 東京都精英樹由来の雄性不稔個体（タイプ aa III ; 2018年交配）

タイプ	交配組合せ <sup>a</sup>				系統名	個体数 <sup>c</sup>
	♀ (Aa, aa)		♂ (Aa)			
	個体番号	(交配組合せ)	個体番号	(交配組合せ)		
aaIII	1203-6	(大・中-53×西多摩6号)	× 1201-3	(大・中-31×西多摩1号)	1808	24
	1203-6	(大・中-53×西多摩6号)	× 1430-17	(大・中-120×南多摩3号)	1809	12
	1203-1	(大・中-53×西多摩6号)	× 1416-18	(大・中-135×西多摩13号)	1824	3
	1205-2 <sup>b</sup>	(大・中-77×西多摩8号)	× 1222-3	(大・中-28×西多摩3号)	1826	24
	1208-2	(大・中-25×西多摩17号)	× 1202-9	(大・中-49×西多摩5号)	1827	9
	1222-2	(大・中-28×西多摩3号)	× 1416-17	(大・中-135×西多摩13号)	1829	5
	1431-16	(大・中-126×南多摩5号)	× 1202-3	(大・中-49×西多摩5号)	1841	24
合計						101

a) 個体番号1200-0は2012年交配、1400-0は2014年交配により作出した個体。「西多摩8号」を花粉親とする一部の不稔個体を除き、全てヘテロ型個体である。b) 不稔個体。c) 作出した個体のうち、花粉の有無の調査により不稔と判定され、2021年3月に農林総合研究センター日の出試験林内に植栽した個体。

表 4 東京都精英樹由来の雄性不稔個体 (タイプ aa III, aa V ; 2019年交配)

タイプ	交配組合せ <sup>a</sup>				系統名	個体数 <sup>b</sup>
	♀ (Aa)		♂ (Aa)			
	個体番号	(交配組合せ)	個体番号	(交配組合せ)		
aa III	1203-4	(大・中-53×西多摩6号)	× 1202-3	(大・中-49×西多摩5号)	1914	6
	1401-16	(大・中-160×西多摩2号)	× 1431-18	(大・中-126×南多摩5号)	1925	18
	1413-16	(大・中-5×西多摩9号)	× 1202-3	(大・中-49×西多摩5号)	1930	11
	1413-17	(大・中-5×西多摩9号)	× 1423-17	(大・中-57×西多摩22号)	1932	9
	1413-17	(大・中-5×西多摩9号)	× 1429-17	(大・中-106×南多摩2号)	1933	25
	1423-17	(大・中-57×西多摩22号)	× 1413-17	(大・中-5×西多摩9号)	1939	24
	1423-17	(大・中-57×西多摩22号)	× 1416-17	(大・中-135×西多摩13号)	1940	36
	1423-18	(大・中-57×西多摩22号)	× 1405-18	(大・中-93×西多摩5号)	1941	27
	1423-18	(大・中-57×西多摩22号)	× 1208-2	(大・中-25×西多摩17号)	1942	20
	1429-18	(大・中-106×南多摩2号)	× 1426-17	(大・中-112×西多摩24号)	1948	4
	1431-18	(大・中-126×南多摩5号)	× 1205-1	(大・中-77×西多摩8号)	1949	21
			小計		201	
aa V	1203-4	(大・中-53×西多摩6号)	× 西多摩8号		1913	7
	1406-17	(大・中-95×西多摩5号)	× 西多摩8号		1929	17
				小計		24
			合計		225	

a) 表 3 脚注参照。b) 作出した個体のうち、花粉の有無の調査により不稔と判定され、2022年3月に農林総合研究センター日の出試験林内に植栽した個体。

表 5 東京都精英樹由来の雄性不稔個体 (タイプ aa V ; 2020年交配)

タイプ	交配組合せ <sup>a</sup>			系統名	個体数 <sup>b</sup>
	♀ (Aa)		♂ (Aa)		
	個体番号	(交配組合せ)	品種		
aa V	1203-4	(大・中-95×西多摩5号)	× 西多摩8号	2003	3
	1406-17	(大・中-128×西多摩16号)	× 西多摩8号	2005	9
			合計		12

a) 表 3 脚注参照。b) 作出した個体のうち、花粉の有無の調査により不稔と判定され、2023年4月に農林総合研究センター日の出試験林内に植栽した個体。

た。交配親には、2012年交配の1201-3など11個体(樹齢6~8年)、2014年交配の1401-16など15個体(樹齢4~6年)、および、「西多摩8号」を用いた。2018~2019年交配により作出された aa III タイプの不稔個体については、計18系統302個体を2021~2022年に日の出試験林に定植した(表3, 表4)。

また、2019~2020年交配により作出された aa V タイプの不稔個体については、計4系統36個体を2022~2023年に日の出試験林に定植した(表4, 表5)。なお、作出された不稔個体(aa III・aa V)のゲノム構成率は、東京都精英樹が50~75%、関東精英樹が100%である。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、神奈川県、静岡県ならびに国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林木育種センターの皆様にご指導、ご協力をいただきました。厚く御礼を申し上げます。また本研究を進めるにあたり、有益なご助言をくださった当所の緑化森林科 主任研究員 新井一司氏、栽培管理面でご協力をいただいた園芸技術科、緑化森林科の職員各位に深く御礼を申し上げます。

## 引用文献

- 畑 尚子・奈良雅代・宮下智人 (2024) 無花粉スギ「心晴れシリーズ」の開発. JATAFF ジャーナル 12 : 33-34.
- 本間莉恵・吉井エリ・平 英彰 (2006) スギ雄性不稔の検定期間の短縮. 日本森林学会誌88: 30-32.
- 三嶋賢太郎・平尾知士・坪村美代子 (2020) 遺伝的に多様で優良形質の無花粉スギ品種の開発に役立つリソースを構築. 森林総研 令和2年版 研究成果選集 : 42-43.
- 宮下千枝子・澁澤直恵・西澤敦彦・中村健一・奈良雅代 (2014) 東京都における雄性不稔スギの育種研究 (2007～2010年交配). 東京農総研研報 9 : 23-30.
- 宮下千枝子・畑 尚子・奈良雅代・中村健一 (2019) 東京都における雄性不稔スギの育種研究 (2012～2015年交配). 東京農総研研報 14 : 41-47.
- 中村健一・袴田哲司 (2021) 無花粉スギ優良系統の選抜と品種開発. 森林遺伝育種 10 : 113-115.
- 斎藤真己 (2008) 無花粉スギの開発状況と今後の展望. 森林科学 54: 17-20.
- Taira, H., M. Saito, and Y. Furuta (1999) Inheritance of the trait of male sterility in *Cryptomeria japonica*. *Journal of Forest Research*. 4: 271-273.
- 東京都福祉保健局 (2017) 花粉症患者実態調査報告書 (平成28年度). [https://www.tmiph.metro.tokyo.lg.jp/files/kj\\_kankyo/kafun/jittai/houkokusho.pdf](https://www.tmiph.metro.tokyo.lg.jp/files/kj_kankyo/kafun/jittai/houkokusho.pdf) (2023年10月20日確認)

## Breeding of Sugi (*Cryptomeria japonica*) with male-sterility in Tokyo since 2018

Chieto Miyashita<sup>\*</sup>, Shoko Hata, Masayo Nara, Kenichi Nakamura

Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

### Abstract

Male-sterile cultivars of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) are considered highly effective in preventing pollinosis. Therefore, the Tokyo Metropolitan Government began crossbreeding *C. japonica* in 2007. Using plus trees from Tokyo metropolis and breeding materials from other prefectures, including male-sterile individuals from Toyama Prefecture, crosses were made between 2007 and 2015, and approximately 700 each of male-sterile individuals and individuals with a heterozygous male-sterility gene were produced. However, further increasing the percentage of plus trees from the Tokyo metropolis and Kanto breeding region in genome constitution is needed to further develop cultivars with superior wood properties that can adapt to the Tama area in Tokyo. Therefore, by utilizing the ‘Nishitama 8’ of plus tree from the Tokyo metropolis, recently found to have a heterozygous male-sterility gene, new crosses were made between 2018 and 2020, and many male-sterile individuals were produced. All had a high percentage of plus trees from Tokyo (50–75 %) and Kanto (100 %) in their genome constitution. Therefore, these individuals are expected to have improved adaptability and wood properties compared with those produced in the past.

Keywords: cross breeding, Kanto breeding region, plus-tree, pollinosis preventive cultivar, sugi-pollinosis.

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 19: 59-65, 2024

\*Corresponding author: c-miyashita@tdfaff.com

