

東京都における雄性不稔スギの育種研究 (2007~2010 年交配)

宮下千枝子*・澁澤直恵^a・西澤敦彦^b・中村健一・奈良雅代

東京都農林総合研究センター

キーワード：スギ，花粉症，雄性不稔，交配育種

東京都農林総合研究センター研究報告 9: 23-30, 2014

2013 年 9 月 30 日受付，2013 年 12 月 26 日受理

緒言

近年のスギ花粉症患者急増への対策として，東京都は 2006 年から花粉症発生源対策事業を実施し，スギ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や，花粉を生産しない雄性不稔(無花粉)スギなどがある。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。

スギの雄性不稔個体は 1992 年に富山県で初めて発見され，その不稔性の遺伝様式は一对の核内劣性遺伝子によることが解明されている (Taira et al, 1999)。このことから，優良な雄性不稔スギの育種法としては，不稔遺伝子をホモ型 *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がとられている (図 1)。その後，不稔遺伝子をヘテロ型で保有する精英樹の探索が全国的に進み，関東育種区では神奈川県と静岡県で各 1 品種が発見され (斎藤，2008)，不稔スギの育種素材として新たに精英樹が加わる

こととなった。一方で，雄性不稔個体の選抜方法についても研究が進んだ。スギの着花には通常 20 年以上かかるが，ジベレリン処理で発芽 1 年目の実生苗でも強制的に着花させ，雄花の花粉の有無を判定できるようになり，不稔個体の早期選抜法も確立されている (本間ら，2006)。

これらの知見を踏まえて本研究では，まず東京都精英樹と富山県等の雄性不稔スギを交配してヘテロ型個体を作成し，次にこの F_1 個体と関東のヘテロ型精英樹とを交配して得られる F_2 個体の集団から，ジベレリン処理により若苗の段階で不稔個体を選抜した。また，関東のヘテロ型精英樹 2 品種を正逆交配し， F_1 個体から同様に不稔個体を早期選抜した。本研究で作出した不稔個体は，成長や材質の優れる個体を選抜するために 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た。これらの個体は特性評価を経て，将来的には多摩地域に適した雄性不稔品種や新たな育種素材として利用できると考える。また，作出したヘテロ型個体は，将来的に雄性不稔スギの採種園を造成する際には花粉親としても利用できる。

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，2007~2010 年の交配個体の作出・選抜の記録を資料としてまとめた。

なお，本研究の一部は，農林水産省の新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業「スギ雄花形成の機構解明と抑制技術の高度化に関する研究」(2006~2008 年)の補助を受けた。

*著者連絡先：E-Mail c-miyashita@tdfaff.com

^a現 東京都家畜保健衛生所

^b現 東京都産業労働局農林水産部

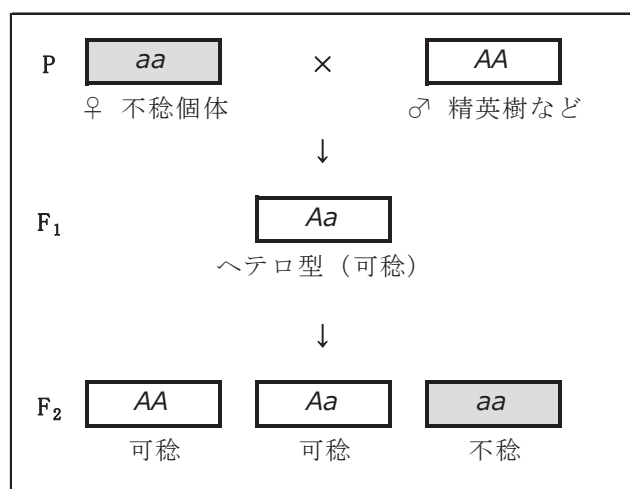


図1 スギの雄性不稔性の遺伝様式

雄性不稔性の遺伝子を 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。

1. 育種素材

雄性不稔スギとして、富山県の「富 MS212, 富 219, 富 308MS」の3個体、新潟県の「新大不稔1号, 新大不稔3号, 新大不稔5号, 新大不稔8号」の4個体、計7個体を供試した(表1)。なお、富山県の3個体については、記録上区別しやすいように個体名の頭に「富」を付して表記している。これらの雄性不稔スギ7個体は、劣性の不稔遺伝子4種類 a, b, c, d のいずれかをホモ型で

有し、富山県の3個体の遺伝子型は全て aa 、新潟県の4個体は aa, bb, cc, dd である。また、精英樹として、東京都の「南多摩2号, 南多摩5号, 西多摩13号, 西多摩14号, 西多摩21号, 西多摩22号, 西多摩24号」の7品種、静岡県「大井7号」、神奈川県「中4号」、計9品種を供試した(表2)。「大井7号」と「中4号」は、雄性不稔遺伝子 a をヘテロ型 Aa で保有する。

表1 交配に用いたスギ雄性不稔個体

県	個体名	遺伝子型 ^b	遺伝子座	発現時期
富山 ^a	富MS212	aa	$ms-1$	四分子期
	富219	aa	$ms-1$	四分子期
	富308MS	aa	$ms-1$	四分子期
新潟	新大不稔1号	bb	$ms-2$	一核期(前期)
	新大不稔3号	aa	$ms-1$	四分子期
	新大不稔5号	cc	$ms-3$	一核期(後期)
	新大不稔8号	dd	$ms-4$	成熟期

a) 富山県での個体名は各々MS212, 219, 308MSであるが、本資料では区別性を高めるために各個体名の頭に「富」を付して表記する。b) 全て一対の核内劣性遺伝子支配であり、メンデル遺伝する。

表2 交配に用いたスギ精英樹

都県	品種名	雄性不稔遺伝子
東京	南多摩2号	無し
	南多摩5号	無し
	西多摩13号	無し
	西多摩14号 ^a	無し
	西多摩21号	無し
	西多摩22号	無し
	西多摩24号	無し
静岡	大井7号	ヘテロ型 (<i>Aa</i>)
神奈川	中4号 ^b	ヘテロ型 (<i>Aa</i>)

a) 林野庁が選抜した花粉の少ないスギ。 b) 神奈川県が選抜した花粉の少ないスギ。

2. 東京都精英樹由来のヘテロ型個体の作出

富山県および新潟県の雄性不稔7個体を種子親とし、東京都精英樹7品種を花粉親として、2007~2009年の3~4月に交配を行い、 F_1 を29系統作出した(表3)。内訳は、ヘテロ型の *Aa* が「富 MS212×西多摩21号」など9系統、*Bb* が「新大不稔1号×南多摩2号」など7系統、*Cc* が「新大不稔5号×南多摩2号」など6系統、*Dd* が「新大不稔8号×南多摩2号」など7系統である。各々の系統内で生育不良な個体を除外し、2013年3月までに計267株を選抜した。このうち、富山不稔個体を種子親とするヘテロ型 *Aa* の4系統55個体を、 F_2 作出の交配親として使用した。

表3 東京都精英樹由来のヘテロ型個体(2007~2009年交配)

交配組合せ(♀×♂)	遺伝子型	交配年	個体数 ^a	個体番号 ^b					
富MS212 × 西多摩21号	Aa	2007	31	*72	*76	*82	*84	85	*86
				*87	*88	*90	*92	*97	*99
				*102	*104	*110	*112	*113	*114
				*115	*121	*127	*128	*130	136
				141	*143	147	*149	*154	*155
				156					
富219 × 西多摩13号	Aa	2007	1	*77					
富219 × 西多摩14号	Aa	2007	11	299	300	301	302	303	304
				305	306	307	308	309	
富308MS × 南多摩2号	Aa	2007	5	98	106	133	148	150	
富308MS × 南多摩5号	Aa	2007	24	*70	*71	*75	*81	*91	96
				*100	103	*105	*107	*108	*109
				*111	*117	*119	*122	*124	129
				*131	*132	*134	*135	*139	*140
富308MS × 西多摩24号	Aa	2007	13	*73	79	*83	94	*116	*118
				*120	*123	125	126	142	*144
				145					
新大不稔1号 × 南多摩2号	Bb	2008	23	1	14	19	20	39	44
				47	49	283	284	285	286
				287	288	289	290	291	292
				293	295	296	297	298	
新大不稔1号 × 南多摩5号	Bb	2008	27	3	7	10	15	23	29
				37	55	57	59	63	267
				268	269	270	271	272	273
				274	275	276	277	278	279
				280	281	282			
新大不稔1号 × 西多摩13号	Bb	2009	2	265	266				
新大不稔1号 × 西多摩14号	Bb	2008	8	6	11	13	21	30	45
				46	50				
新大不稔1号 × 西多摩21号	Bb	2009	23	184	189	192	198	200	204
				206	208	210	212	216	218
				221	222	223	224	225	227
				229	230	262	263	264	
新大不稔1号 × 西多摩22号	Bb	2009	12	161	163	165	166	167	171
				173	175	257	258	259	260
新大不稔1号 × 西多摩24号	Bb	2009	15	240	241	242	244	245	246
				247	248	249	250	251	252
				253	254	255			
新大不稔3号 × 南多摩5号	Aa	2009	11	326	327	328	329	330	331
				332	333	334	335	336	
新大不稔3号 × 西多摩13号	Aa	2009	5	310	311	312	313	314	
新大不稔3号 × 西多摩21号	Aa	2009	11	315	316	317	318	319	320
				321	322	323	324	325	

表 3 (続き)

交配組合せ (♀×♂)	遺伝子型	交配年	個体数 ^a	個体番号 ^b			
新大不稔 5 号 × 南多摩 2 号	<i>Cc</i>	2009	2	410	411		
新大不稔 5 号 × 南多摩 5 号	<i>Cc</i>	2009	4	412	413	414	415
新大不稔 5 号 × 西多摩 13 号	<i>Cc</i>	2009	2	337	338		
新大不稔 5 号 × 西多摩 14 号	<i>Cc</i>	2009	4	339	400	401	402
新大不稔 5 号 × 西多摩 21 号	<i>Cc</i>	2009	2	403	404		
新大不稔 5 号 × 西多摩 24 号	<i>Cc</i>	2009	4	406	407	408	409
新大不稔 8 号 × 南多摩 2 号	<i>Dd</i>	2009	3	436	437	439	
新大不稔 8 号 × 南多摩 5 号	<i>Dd</i>	2009	4	440	441	442	443
新大不稔 8 号 × 西多摩 13 号	<i>Dd</i>	2009	4	416	417	418	419
新大不稔 8 号 × 西多摩 14 号	<i>Dd</i>	2009	4	420	421	422	423
新大不稔 8 号 × 西多摩 21 号	<i>Dd</i>	2009	4	424	425	426	427
新大不稔 8 号 × 西多摩 22 号	<i>Dd</i>	2009	4	428	429	430	431
新大不稔 8 号 × 西多摩 24 号	<i>Dd</i>	2009	4	432	433	434	435
合計			267				

a) 2013年3月時点で維持している個体数。 b) *はF₂交配に使用した個体。

3. 東京都精英樹由来の雄性不稔個体の作出

富山不稔個体×東京都精英樹のF₁ 4系統55個体(Aa)を種子親とし、ヘテロ型精英樹(Aa)の「大井7号, 中4号」を花粉親として、2010年3~4月に交配を行い、F₂個体を作成した。F₂苗にジベレリン処理をして花芽分化を誘導し、2011年12月~2012年3月および2012年12月~2013年3月に雄花の稔性検定を行い、ホモ型aa

の不稔個体を選抜した。不稔個体からさらに生育や通直性の劣る個体を除外した結果、2013年3月までに、8つの交配組合せで、77系統、507株の不稔個体が選抜できた(表4)。このうちの22系統335株については、特性評価のため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、残りは遺伝資源として同センター立川圃場内で維持している。

表4 東京都精英樹由来の雄性不稔個体(2010年交配)

交配組合せ(♀×♂)	系統名	♀親の 個体番号	個体 数 ^a	個体数内訳	
				日の出 ^b	立川 ^c
	10-72大	72	14	14	
	10-76大	76	15	15	
	10-82大	82	1		1
	10-86大	86	3		3
	10-87大	87	1		1
	10-88大	88	1		1
	10-90大	90	3		3
	10-92大	92	24	18	6
	10-102大	102	1		1
	10-104大	104	16	16	
(富MS212 × 西多摩21号) × 大井7号	10-110大	110	19	17	2
	10-112大	112	1		1
	10-113大	113	1		1
	10-115大	115	4		4
	10-127大	127	4		4
	10-128大	128	1		1
	10-130大	130	20	17	3
	10-143大	143	5		5
	10-149大	149	17	17	
	10-154大	154	1		1
	10-155大	155	6		6
(富219 × 西多摩13号) × 大井7号	10-77大	77	2		2
	10-75大	75	38	18	20
	10-81大	81	3		3
	10-91大	91	3		3
	10-100大	100	1		1
	10-105大	105	5		5
	10-107大	107	4		4
	10-108大	108	14	14	
(富308MS × 南多摩5号) × 大井7号	10-111大	111	1		1
	10-117大	117	19	18	1
	10-119大	119	4		4
	10-131大	131	1		1
	10-132大	132	10	10	
	10-135大	135	3		3
	10-139大	139	1		1
	10-140大	140	6		6
	10-83大	83	1		1
(富308MS × 西多摩24号) × 大井7号	10-118大	118	2		2
	10-120大	120	2		2
	10-144大	144	1		1

表 4 (続き)

交配組合せ (♀×♂)	系統名	♀親の 個体番号	個体 数 ^a	個体数内訳	
				日の出 ^b	立川 ^c
(富MS212 × 西多摩21号) × 中4号	10-72中	72	18	18	
	10-76中	76	6		6
	10-82中	82	1		1
	10-84中	84	1		1
	10-86中	86	3		3
	10-90中	90	2		2
	10-92中	92	2		2
	10-97中	97	21	18	3
	10-99中	99	9	9	
	10-102中	102	2		2
	10-110中	110	11	11	
	10-114中	114	4		4
	10-115中	115	3		3
	10-121中	121	15	15	
10-143中	143	6		6	
(富219 × 西多摩13号) × 中4号	10-77中	77	1		1
	10-70中	70	1		1
	10-71中	71	5		5
	10-75中	75	1		1
	10-81中	81	1		1
	10-105中	105	23	18	5
	10-109中	109	3		3
	10-117中	117	14	14	
	10-119中	119	15	15	
	10-122中	122	1		1
	10-124中	124	11	11	
	10-131中	131	2		2
	10-132中	132	1		1
	10-134中	134	1		1
10-135中	135	2		2	
10-139中	139	2		2	
(富308MS × 南多摩5号) × 中4号	10-73中	73	1		1
	10-116中	116	1		1
	10-118中	118	2		2
	10-120中	120	14	14	
	10-123中	123	22	18	4
合計			507	335	172

a) 2013年3月時点での維持個体数。 b) 2013年3月に日の出試験林に植栽。 c) 農林総合研究センター立川圃場内で維持。

4. 静岡・神奈川県精英樹由来の雄性不稔個体の作出

ヘテロ型精英樹 (Aa) の「大井7号, 中4号」を供試して, 2008年3~4月に正逆交配を行った。2系統818株のF₁個体が得られた。2009年12月および2012年3月に, 雄花の稔性検定を行ってホモ型aaの不稔個体を選抜し, 2系統187株の不稔個体が得られた(表5)。これらの個体は, 遺伝資源として農林総合研究センター立川圃場内で維持している。なお, 静岡・神奈川県精英樹由来の不稔個体については, 両県が権利を保有しており, 東京都での使用は育種素材または採種園の母樹としての利用に限定される。

表5 大井7号と中4号の正逆交配で作出された雄性不稔個体(2008年交配)

交配組合せ(♀×♂)	系統名	個体数 ^a
大井7号×中4号	大・中	169
中4号×大井7号	中・大	18
合計		187

a) 2013年3月時点での維持個体数。

謝 辞

本研究の実施にあたり, 元新潟大学教授 平 英彰博士, 富山県, 神奈川県, 静岡県ならびに(独)森林総合研究所の研究員の皆様にご指導, 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, 栽培管理面でご協力を頂いた当所の園芸技術科, 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

- 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.
- 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.