

関西育種基本区におけるスギ雄性不稔遺伝子保有個体の探索

関西育種場 育種課 磯田圭哉 河合慶恵 山口和穂 久保田正裕
北海道育種場 育種課 山田浩雄

1 はじめに

無花粉(雄性不稔)スギは1992年に発見²⁾されて以来、20個体以上見つっている。関西育種場に保存されている育種素材の中からも、三重不稔(関西)1号が発見された⁴⁾。また、雄性不稔遺伝子をヘテロで保有する花粉を生産するスギが精英樹の中に見つかったことから¹⁾、それらを交配母材料とすることにより、成長等の優れた無花粉スギの作出も行われている。最近では、富山県で開発された「立山森の輝き」が大きな話題となった。このような交雑育種により優れた特性を保有する無花粉スギを作出することは、花粉症対策と森林林業の活性化の両面に効果があることから、今後も多くの品種が求められると予想される。多くの品種を開発するためには、育種母材料となる雄性不稔遺伝子を保有する個体が多様である方が望ましい³⁾。よって、林木育種センター関西育種場では、前中期計画(平成18年度～平成22年度)および今中期計画(平成23年度～平成27年度)において、関西育種基本区内の精英樹を対象に雄性不稔遺伝子の保有状況調査を行った。今回、雄性不稔遺伝子を保有する個体が検出されたので報告する。

2 材料と方法

(1) 雄性不稔遺伝子保有個体の探索

平成17年から平成20年にかけて、毎年7月上旬に関西育種場、四国増殖保存園、山陰増殖保存園に保存されている精英樹等に対し、ジベレリン液剤(100ppm)を葉面散布し、雄花の着花誘導を行った。また、7月下旬から8月上旬に関西育種場内および温室に保存されている三重不稔(関西)1号に対し、ジベレリン散布による雌花の着花誘導を行った。精英樹等から採取した花粉を袋掛けした三重不稔(関西)1号の雌花に吹きつけ、人工交配を実施した。10月に採種し、翌年4月に播種した。播種の翌年7月に2年生苗に対しジベレリンを葉面散布し、雄花の着花誘導を行い、翌年の2月に花粉飛散の有無を調査した。着花しなかった個体については、もう一

度、着花誘導処理と花粉飛散調査を行った。

花粉飛散調査は開花期に1個体ずつ棒でたたき、花粉飛散の有無を調べた。花粉飛散が認められた個体は根元から切り落とし、認められなかった個体については翌週再び調査し、同様に処理した。最後まで花粉飛散が見られなかった個体については翌年もう一度調査した。

(2) 特性調査

雄性不稔遺伝子保有個体の特性を評価するため、四国増殖保存園の不寒冬山事業地にある育種素材保存園に平成14年に植栽された4個体の樹高、胸高直径、根元曲り、幹曲り、ファコップ値(ヤング率の指標)、ピロディン値(密度の指標)を調査した。その際、同時に植栽された精英樹25クローンについても各3個体ずつ調査し、比較した。

3 結果および考察

(1) 雄性不稔遺伝子保有個体の探索

人工交配家系に対するジベレリン処理による着花誘導の結果、花粉生産が確認された個体数を表1に示した。調査した57家系のうち、56家系で全ての個体から花粉飛散が確認された。ただし、5家系についてはサンプルサイズが4以下と少なかったため、判定保留とした。唯一、三重不稔(関西)1号×上浮穴16号の交配家系において、18個体中10個体で、花粉飛散が見られなかった。これらの個体は、雄花は多数着生していたが、花粉は全く飛散させなかった。実態顕微鏡および電子顕微鏡で観察したところ、三重不稔(関西)1号と同様に、葯の中には粒状の花粉は全く見られなかった(図1)。花粉を生産しなかった個体については、翌年、もう一度ジベレリン処理を行い、花粉生産の有無を調査し、無花粉であることを確認した。

(2) 上浮穴16号の選抜時特性

上浮穴16号は、1972年に愛媛県上浮穴郡久万町の民有林の53年生スギ人工林で愛媛県によって選抜された精英樹である。

表1 三重不稔(関西)1号との人工交配家系による雄性不稔遺伝子保有調査結果一覧

花粉親として使用した クローン名	選抜育種区	選抜地	種苗配 布区域	調査 年度	調査 個体数	花粉 あり	花粉 なし	備考
石動1号	日本海岸東部	富山	Ⅱ区	H21	6	6	0	
石川1号	日本海岸東部	石川	Ⅱ区	H22	5	5	0	
かきり石川41号	日本海岸東部	石川	Ⅱ区	H22	32	32	0	
金沢署1号	日本海岸東部	石川	Ⅱ区	H23	4	4	0	個体数が少ないため保留
今立1号	日本海岸東部	福井	Ⅱ区	H22	4	4	0	個体数が少ないため保留
敦賀署1号	日本海岸東部	福井	Ⅱ区	H23	11	11	0	
福井署1号	日本海岸東部	福井	Ⅱ区	H23	3	3	0	個体数が少ないため保留
伊香3号	日本海岸東部	滋賀	Ⅴ区	H22	32	32	0	
かきり耐雪滋賀3号	日本海岸東部	滋賀	Ⅴ区	H22	32	32	0	
福知山2号	日本海岸西部	京都	Ⅳ区	H22	27	27	0	
綾部1号	日本海岸西部	京都	Ⅳ区	H22	32	32	0	
朝来5号	日本海岸西部	兵庫	Ⅳ区	H22	32	32	0	
美方4号	日本海岸西部	兵庫	Ⅳ区	H23	14	14	0	
八頭5号	日本海岸西部	鳥取	Ⅳ区	H23	9	9	0	
松江署2号	日本海岸西部	島根	Ⅳ区	H22	34	34	0	
飯石1号	日本海岸西部	島根	Ⅳ区	H22	44	44	0	
隠岐5号	日本海岸西部	島根	Ⅳ区	H23	14	14	0	
浜田2号	日本海岸西部	島根	Ⅳ区	H23	7	7	0	
松江署2号	日本海岸西部	島根	Ⅳ区	H23	4	4	0	個体数が少ないため保留
多可15号	瀬戸内海	兵庫	Ⅴ区	H22	32	32	0	
飾磨6号	瀬戸内海	兵庫	Ⅴ区	H22	10	10	0	
神崎7号	瀬戸内海	兵庫	Ⅴ区	H22	7	7	0	
神崎15号	瀬戸内海	兵庫	Ⅴ区	H22	32	32	0	
津山署4号	瀬戸内海	岡山	Ⅳ区	H21	6	6	0	
苫田19号	瀬戸内海	岡山	Ⅳ区	H22	28	28	0	
真庭14号	瀬戸内海	岡山	Ⅳ区	H22	32	32	0	
真庭33号	瀬戸内海	岡山	Ⅳ区	H22	31	31	0	
和氣1号	瀬戸内海	岡山	Ⅴ区	H23	16	16	0	
佐伯2号	瀬戸内海	広島	Ⅴ区	H23	11	11	0	
豊浦3号	瀬戸内海	山口	Ⅴ区	H21	3	3	0	個体数が少ないため保留
甲賀3号	近畿	滋賀	Ⅴ区	H23	29	29	0	
甲賀5号	近畿	滋賀	Ⅴ区	H22	8	8	0	
飯南5号	近畿	三重	Ⅴ区	H22	24	24	0	
飯南7号	近畿	三重	Ⅴ区	H22	21	21	0	
鈴鹿4号	近畿	三重	Ⅴ区	H22	7	7	0	
阿山1号	近畿	三重	Ⅴ区	H23	11	11	0	
吉野20号	近畿	奈良	Ⅴ区	H22	32	32	0	
吉野70号	近畿	奈良	Ⅴ区	H22	7	7	0	
宇陀24号	近畿	奈良	Ⅴ区	H23	17	17	0	
宇陀37号	近畿	奈良	Ⅴ区	H23	25	25	0	
伊都3号	近畿	和歌山	Ⅴ区	H22	32	32	0	
有田1号	近畿	和歌山	Ⅴ区	H23	11	11	0	
かきり愛媛27号	四国北部	愛媛	Ⅴ区	H22	32	32	0	
上浮穴16号*	四国北部	愛媛	Ⅴ区	H23	18	8	10	1個体はH24年度の再調査で花粉確認
上浮穴17号*	四国北部	愛媛	Ⅴ区	H23	27	27	0	
宇和島3号	四国北部	愛媛	Ⅴ区	H23	13	13	0	
越智5号	四国北部	愛媛	Ⅴ区	H23	23	23	0	
喜多1号	四国北部	愛媛	Ⅴ区	H23	24	24	0	
三好1号*	四国南部	徳島	Ⅴ区	H23	18	18	0	
那賀21号	四国南部	徳島	Ⅴ区	H23	15	15	0	
安芸(民)1号*	四国南部	高知	Ⅴ区	H23	29	29	0	
大正署4号*	四国南部	高知	Ⅴ区	H23	7	7	0	
大正署5号*	四国南部	高知	Ⅴ区	H23	30	30	0	
香美5号	四国南部	高知	Ⅴ区	H23	24	24	0	
魚梁瀬111号	四国南部	高知	Ⅴ区	H23	22	22	0	
魚梁瀬3号	四国南部	高知	Ⅴ区	H23	17	17	0	
高岡2号	四国南部	高知	Ⅴ区	H23	10	10	0	

* 林木育種センターのジーンバンクで保存されている花粉を使用

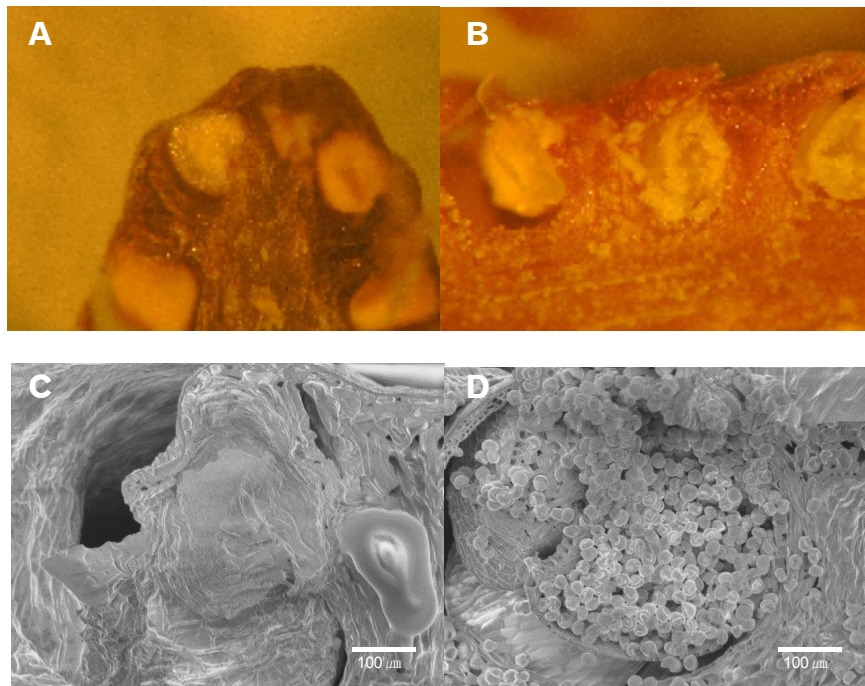


図1 三重不稔（関西）1号×上浮穴16号の交配家系で見られた雄性不稔個体（AおよびC）と可稔個体（BおよびD）。

AおよびB：実態顕微鏡写真，CおよびD：電子顕微鏡写真

選抜地の海拔は700mで、気象害抵抗性選抜事業での選抜が行われた。選抜方法は、通常の精英樹選抜と同様に行われており、後に精英樹として取り扱うことになった。こうした経緯があるため、高標高地の気象害を受けやすい場所における適性が期待される。選抜時の樹高は24m、胸高直径は44cmで周囲3大木（樹高22m、22m、22.5m、胸高直径30cm、28cm、30.5cm）よりも特に肥大生長が良いと記録されている。ただし、原木には曲りがあることも指摘されている。

(3) 特性調査

雄性不稔遺伝子を保有していることが明らかとなった精英樹、上浮穴16号は育種素材として期待される。そのため、原木の形状だけでなく、試験地におけるクローン特性を明らかにする必要がある。上浮穴16号は一般次代検定林においては検定されていなかったため、四国増殖保存園不寒冬事業地内に造成された育種素材保存園における11年次の成長等形質等を、四国で選抜されたスギ精英樹25クローンとともに調査した。対照とした精英樹の一部については、実生もしくはさし木検定林における特

性データが得られているため、合わせて表2に示した。育種素材保存園における精英樹の成長は、平均樹高6.6m、平均直径11.3cmと肥大生長が大きい傾向にあった。検定林で評価されているクローンについて、評価値と比較すると、きわめて高い相関があり、今回の育種素材保存園での調査結果はクローン特性を表していると考えられた（図2）。

上浮穴16号およびその他精英樹の成長形質と材質形質の分布を図3に示した。詳細データについては表2に示した。上浮穴16号は、樹高、直径とも調査した精英樹の中で下位に位置していた。材質形質については、ヤング率の指標であるファコップで計測した音速は下位に位置したが、密度の指標であるピロディン値は上位に位置した。密度は直径との相関が高いので、その効果であると考えられる。このように、上浮穴16号の成長や材質は精英樹の中ではあまり優れていないことから、すぐに無花粉品種開発の母材料に利用するのではなく、成長や材質の優れた精英樹や第2世代精英樹との交配・選抜を行った上で利用するなどの工夫が必要である。

表2 育種素材保存園における上浮穴16号およびその他精英樹の11年次特性調査結果

精英樹名	調査 本数	樹高 (m)	直径 (cm)	根曲り (指数)	幹曲り (指数)	ファコップ 音速(m/s)	ピロディン (mm)	検定林における10年次特性			
								樹高 (実生)	直径 (実生)	樹高 (さし木)	直径 (さし木)
上浮穴16号	4	5.4	8.3	4.8	5.0	2423.4	25.4				
喜多7号	3	5.8	10.1	4.0	5.0	2718.2	28.7			3	3
宇摩7号	3	6.1	10.3	4.7	5.0	2565.0	28.1				
宇摩8号	3	6.3	10.1	4.7	5.0	2522.4	28.0				
宇摩9号	3	7.0	11.7	5.0	5.0	2637.6	32.3				
上浮穴12号	3	9.4	17.4	5.0	5.0	2652.9	27.7				
上浮穴13号	3	8.0	11.4	5.0	5.0	2728.9	27.1				
上浮穴14号	3	7.9	14.5	5.0	5.0	2600.9	27.3				
上浮穴15号	3	5.3	7.6	4.0	4.7	2766.3	27.7				
上浮穴17号	3	8.3	15.3	5.0	5.0	2640.5	27.4				
上浮穴18号	3	6.6	12.4	4.7	5.0	2713.4	28.4				
周桑23号	3	7.7	12.4	4.3	5.0	2811.3	35.3				
周桑24号	3	6.5	9.0	4.7	5.0	2726.0	30.1				
勝浦6号	3	6.1	10.2	4.7	4.7	2333.8	26.5	3	2		
那賀47号	3	5.7	8.6	4.0	5.0	2695.9	23.8				
美馬9号	3	7.2	12.2	5.0	5.0	2566.2	30.3				
美馬11号	3	6.6	11.5	4.3	4.7	2314.1	34.3				
三好13号	3	7.5	15.9	5.0	5.0	2710.0	26.4	4	5		
三好14号	3	5.2	8.0	2.7	4.7	2345.2	24.5	2	2		
魚梁瀬115号	3	7.4	15.5	5.0	5.0	2778.1	24.9	3	3		
魚梁瀬116号	3	4.9	7.2	3.7	5.0	2776.3	27.0	1	1		
魚梁瀬117号	3	5.2	10.4	5.0	5.0	2650.0	29.8				
魚梁瀬120号	3	5.0	9.7	5.0	5.0	2447.3	25.8	2	2		
魚梁瀬121号	3	6.8	11.8	4.7	5.0	2549.9	27.8				
魚梁瀬122号	3	6.0	10.1	5.0	5.0	2528.8	30.3	3	2		
魚梁瀬123号	3	6.5	12.4	4.7	5.0	2695.3	25.8				
平均		6.6	11.3	4.6	4.9	2611.4	28.1				

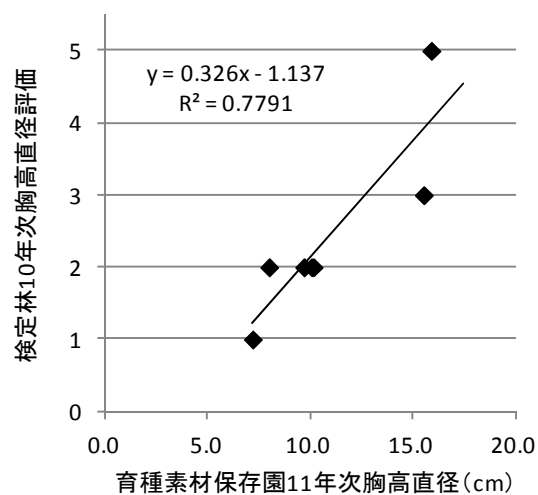
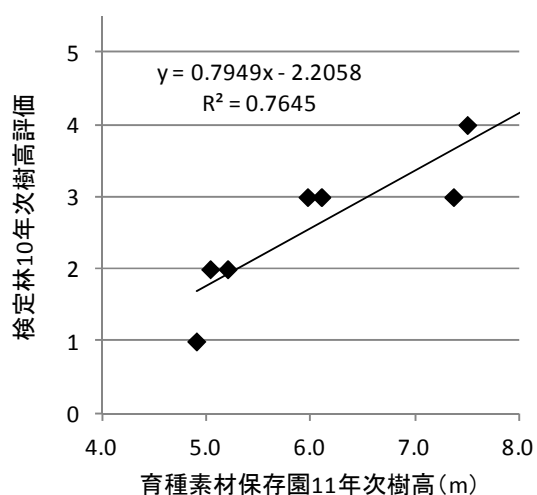


図2 育種素材保存園に保存されている精英樹の11年次樹高(左)および直径(右)と検定林における10年次評価値の比較

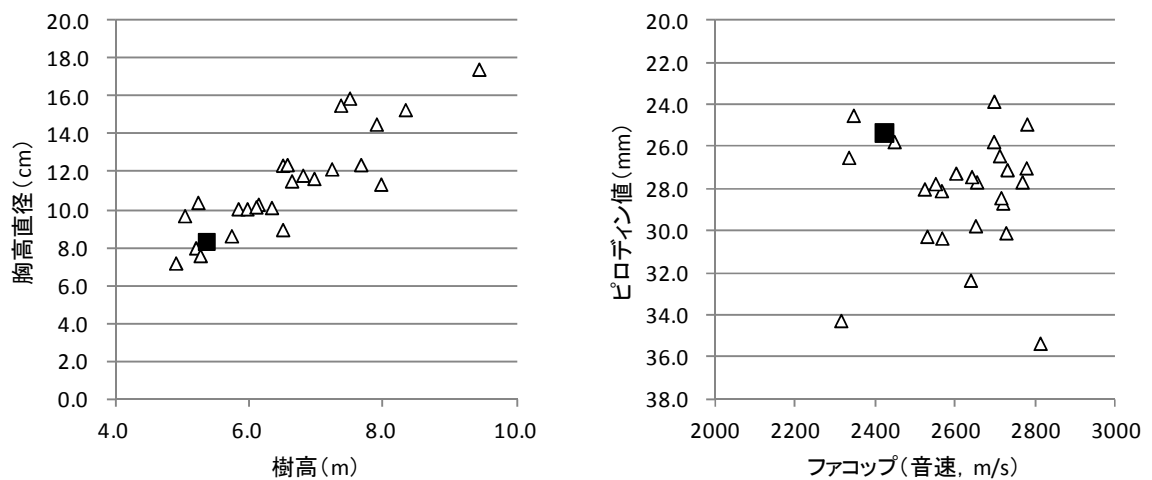


図3 育種素材保存園に保存されている上浮穴 16 号と精英樹 25 クローンの 11 年成長形質（左）と材質形質（右）
 ■：上浮穴 16 号，△：精英樹 25 クローン

4 おわりに

これまで四国では無花粉スギも雄性不稔遺伝子をヘテロで保有した個体も見つかっていなかったため、他の地域由来の雄性不稔遺伝子保有個体を母材料として無花粉スギ作出を実施せざるを得なかった。今回、四国において初めての雄性不稔遺伝子を保有した精英樹が発見されたことから、四国での無花粉スギ開発に新たな選択肢が増えたと言える。

関西育種場では、より多様な無花粉スギ開発が行えるよう、今後も関西育種基本区内の精英樹等について、雄性不稔遺伝子をヘテロで保有する個体の探索を行っていく予定である。

5 参考文献

- 1) Saito, M., and Taira, H. (2005) Plus tree of *Cryptomeria japonica* D. Don. with a heterozygous male sterility gene. J. For. Res. 10, 391-394.
- 2) 平英彰・寺西秀豊・剣田幸子 (1993) スギの雄性不稔個体について. 日本林学会誌 75, 377-379.
- 3) 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. 林育研報

23, 11-36.

- 4) 山田浩雄・山口和穂 (2009) 関西育種基本区におけるスギクローンの雄性不稔の調査結果と発見された雄性不稔クローンの特性. 森林応用研究 18, 33-36.