

## スギ雄性不稔遺伝子に連鎖する DNA マーカーの開発 —DNA による無花粉スギ識別の道が拓ける—

森林遺伝研究領域

森口 喜成、伊原 徳子、内山 憲太郎、  
上野 真義、松本 麻子、津村 義彦

生物工学研究領域  
研究コーディネータ

二村 典宏  
篠原 健司

### 要 旨

スギ花粉症対策として、無花粉スギ（雄性不稔スギ）\* の利用に向けた取り組みが各地で進められています。無花粉スギの選抜や新品種の作出には、膨大な労力と時間がかかるため、DNA 解析による簡便な識別手法の開発が期待されています。本研究では、針葉樹で最も多くの遺伝子（2,431 遺伝子）で構成されるスギ連鎖地図\* を作製し、雄性不稔遺伝子（*ms1*）が第 9 連鎖群に存在することを明らかにしました。また、*ms1* に近接した DNA マーカー\* を明らかにしたことで、解析に使用した交配家系では 96% の精度で無花粉スギを正しく識別することができました。

### 研究の背景

近年、スギ花粉症は我が国の大きな社会問題になっています。林業分野におけるスギ花粉症対策の基本は、花粉発生源を減少させることです。そのため、無花粉スギ（雄性不稔スギ）（図 1）の利用に向けた研究が各地で進められてきました。優良な無花粉スギの実生苗を効率的に生産するには、より多くの無花粉スギや雄性不稔遺伝子をヘテロ接合体\* で持つ個体（この場合、雄性不稔遺伝子を持っていても片親の正常遺伝子があるため、無花粉スギにならない）が必要となります。しかし、無花粉スギは雄花が着生しないと識別ができませんし、雄性不稔遺伝子をヘテロ接合体で持つ個体は人工交配で作った子供を育て、花粉を確認してようやく識別できるため、それらの選抜には膨大な労力と時間がかかります。また、実生苗での無花粉スギの識別は 3 年生になるまで確実にはできません。そのため、選抜効率を高める DNA 解析による識別手法の開発が望まれていました。

### スギ高密度連鎖地図の作製

これまでに大規模収集してきたスギの発現遺伝子の塩基配列情報を利用して、今後のスギのゲノム研究の基盤となる 2,431 遺伝子から成る高密度連鎖地図を作製しました（表 1）。これは、針葉樹で最も多くの遺伝子で構成される連鎖地図で、非常に有用な情報を持っており、無花粉スギだけでなく、他の有用形質を持つスギについても、DNA 情報を利用した選抜手法を開発するための足が

かりになります。

### 雄性不稔遺伝子の位置を連鎖地図上に特定

スギ高密度連鎖地図の情報から、雄性不稔遺伝子（*ms1*）が第 9 連鎖群にあることを明らかにしました（図 2）。一般的に、遺伝子と DNA マーカーは近いほど一緒に子供に遺伝します。*ms1* の近くの DNA マーカーを用いることで、解析に使用した交配家系では 96% の精度で無花粉スギを正しく識別することができました。今回開発した DNA マーカーは、*ms1* をヘテロ接合体で持つ個体の家系内選抜も同程度の確率で行うことができると期待されます。これにより、無花粉スギの選抜や新品種の作出にかかる労力や時間を大幅に削減し、花粉症対策品種の育種の加速化が期待できます。今後は、雄性不稔遺伝子 *ms1* の実体を解明する予定です。

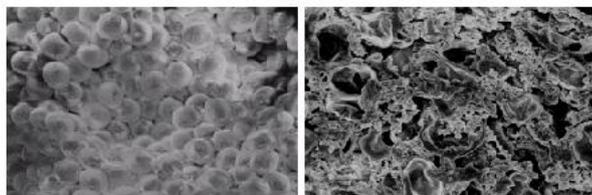
本研究は、富山森林研の斎藤真己主任研究員、国際農研の谷尚樹主任研究員、元新潟大の平英彰教授との共同研究です。また、本研究は、林野庁事業「遺伝子組換えによる花粉発生制御技術等の開発事業」、及び生研センターイノベーション創出基礎的研究推進事業「スギ優良個体の選抜のためのゲノムワイドアソシエーション研究」による成果です。

詳しくは Moriguchi et al. (2012) BMC Genomics 13: 95 をご覧ください。

雄花



花粉



正常なスギ

無花粉スギ

図1 無花粉スギの雄花と電子顕微鏡写真  
左は花粉が正常に発達している通常のスギ、右は無花粉スギ。無花粉スギでは花粉粒は見られません。

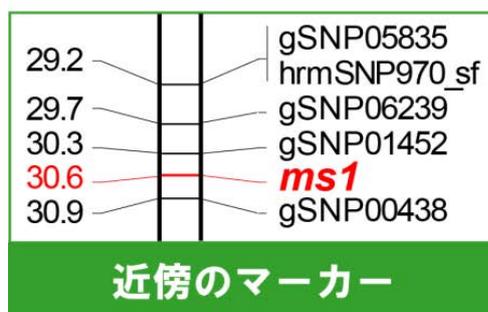


図2 無花粉スギの原因遺伝子（雄性不稔遺伝子）を含む領域の連鎖地図  
第9番目の連鎖群を示しています。図の右側はDNAマーカーの名前。左側は各DNAマーカー間の間隔。赤で示したのが雄性不稔遺伝子 (*ms1*) の位置。  
*ms1* の最も近くに位置するマーカーが gSNP01452 及び gSNP00438 です。

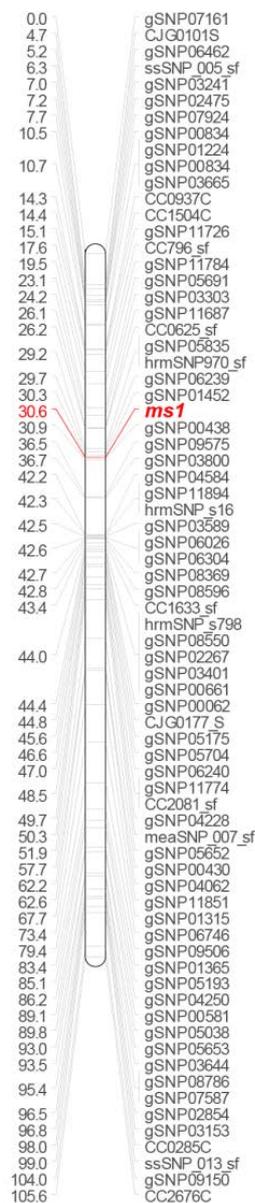


表1 針葉樹でこれまでに作製された連鎖地図の情報

樹種	マーカー数	連鎖群数	総地図距離 (cM)	平均マーカー間距離 (cM)	引用文献
フランスカイガンショウ ( <i>Pinus pinaster</i> )	1,182	12	1,994	1.7	Ritter et al. 2002
クロトウヒ × アカトウヒの交雑 Species complex ( <i>P. mariana</i> × <i>P. rubens</i> )	1,124	12	1,845	1.6	Pelgas et al. 2005
クロトウヒ ( <i>Picea mariana</i> )	1,111	12	1,914	1.7	Kang et al. 2010
クロトウヒ × F <sub>1</sub> (クロトウヒ × アカトウヒ) ( <i>P. mariana</i> × ( <i>P. mariana</i> × <i>P. rubens</i> ))	1,216	12	1,865	1.5	Kang et al. 2011
スギ ( <i>Cryptomeria japonica</i> )	2,431 (1,261)	11 (11)	1,392 (1,405)	0.6 (1.1)	<b>最新データ</b> (Moriguchi et al. 2012)

\* については、巻末の用語解説をご覧ください。