



## スギに花粉を作らなくさせる遺伝子の位置を特定 —DNAによる無花粉スギ識別の道が拓ける—

### ポイント

- ・スギに花粉を作らなくさせる遺伝子（雄性不稔遺伝子）が、遺伝子地図のどの位置にあるかを明らかにしました。
- ・この遺伝子の近くの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、花粉を作らないスギ（無花粉スギ）を識別することができました。

### 概要

森林総合研究所は、スギに花粉を作らなくさせる遺伝子（雄性不稔遺伝子）が遺伝子地図（連鎖地図）のどこにあるかを明らかにしました。最初に、当所がこれまでに収集してきたスギの遺伝子情報を利用して、2,431遺伝子からなるスギの遺伝子地図を作製しました。これは針葉樹の遺伝子地図としては、世界で最も多くの遺伝子からなるものです。この地図情報を用いて、雄性不稔遺伝子が第9番目の連鎖群に存在することと、その地図上の位置を明らかにしました。この遺伝子の近くの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できました。これにより、花を咲かせるまでわからなかった無花粉スギの実生段階での識別の道が拓かれました。

予算：林野庁受託事業

「遺伝子組換えによる花粉発生制御技術等の開発事業」  
生物系特定産業技術研究支援センター 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」

### 問い合わせ先など

独立行政法人 森林総合研究所 理事長 鈴木 和夫  
研究推進責任者：森林総合研究所 研究コーディネータ 篠原 健司  
研究担当者：森林総合研究所 森林遺伝研究領域  
樹木遺伝研究室 非常勤特別研究員 森口 喜成  
森林遺伝研究領域長 津村 義彦  
広報担当者：森林総合研究所 企画部 研究情報科長 秦野 恭典  
Tel：029-829-8130 Fax：029-873-0844

本資料は、林政記者クラブ、農林記者会、農政クラブ、筑波研究学園都市記者会に配付しています。

## 背景

スギ花粉症は昭和39年、日光市で初めて報告されました。その後、花粉症の発症率は全国的に増加し、現在では国民の4人に1人が花粉症と言われ、我が国の大きな社会問題の一つになっています。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、森林総合研究所は、都市部に影響を及ぼす花粉発生源の特定、薬剤や森林管理による花粉抑制技術の開発、花粉の少ないスギ精英樹の選抜、無花粉スギを利用した新品種の作出等に取り組んできました。

無花粉スギ(図1)は1993年に初めて富山県で発見されてから、日本各地で選抜され、その利用に向けた研究が進められています。無花粉スギの実生苗を生産する際、自家交配や血縁個体間の交配で生産される種子では、発芽率が低くなったり、成長が著しく悪くなったりします。そのため、それぞれの地域に適した優良な生育や形質を持つ無花粉スギの実生苗を効率的に生産するためには、無花粉化を可能とする遺伝子組換えによる花粉発生制御技術を開発することが必要です。このため、森林総合研究所では、遺伝子組換え樹木の開発に必要な遺伝子の単離やその発現機構の解明、スギの花芽形成や雄花の発達に関連する遺伝子の発現を制御する技術など、多方面から研究・開発を進めてきました。

## 成果

スギに花粉を作らなくさせる遺伝子、すなわち無花粉スギの原因となる遺伝子(雄性不稔遺伝子)は*ms1*と名付けられており、その存在は知られていましたが、遺伝子地図(連鎖地図)のどこにあるのかは今まで明らかされていませんでした。今回、その位置を明らかにし、交配した家系の中で無花粉スギを識別する方法を開発しました。それを可能にしたのは、これまで大規模に収集してきたスギの発現遺伝子の情報を利用して作られた、2,431遺伝子からなるスギの連鎖地図です。これは針葉樹の連鎖地図としては世界で最も多くの遺伝子から構成されるもので、非常に有用な情報を持っています。この地図情報から、*ms1*が第9番目の連鎖群に存在することを明らかにし、さらに無花粉スギの家系を用いて*ms1*を含む領域の連鎖地図を作製しました(図2)。これによって、雄性不稔遺伝子*ms1*のすぐ近くにあってその目印として使えるDNAマーカーを明らかにすることができました。このDNAマーカーを用いることにより、解析に使用した交配家系では96%の精度で無花粉スギの識別に成功しました。

## 成果の活用

本研究により、目的とする雄性不稔遺伝子*ms1*の連鎖地図上の位置が明らかになりました。また、無花粉スギをより確実に識別できるDNAマーカーを開発しました。すなわち、今回開発したDNAマーカーを使えば、わざわざ人工交配により子供を確認しなくても、雄性不稔遺伝子*ms1*を持つ個体を効率良く選抜することが期待できます。今後は、雄性不稔遺伝子の実体を解明し、花粉をつくらぬ遺伝子組換えスギの開発に利用し、それぞれの地域に適した無花粉スギを開発したいと考えています。また、作製した連鎖地図情報から、様々な有用形質と連鎖するDNAマーカーの開発に取り組む予定です。

なお、本研究は、林野庁「遺伝子組換えによる花粉発生制御技術等の開発事業」及び生物系特定産業技術研究支援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」により実施したものです。

## 用語の解説

---

### 無花粉スギ

花粉を全く飛散させない無花粉スギは1993年に初めて富山県で発見されました。その後日本各地で選抜され、現在までに4種類の原因遺伝子 (*ms1*、*ms2*、*ms3*、*ms4*) を保有する個体が発見されていますが、選抜された無花粉スギの多くは*ms1*を保有しています。図1に示すように、通常のスギと雄花の外部形態に差異は認められませんが、正常な花粉や雄花の発達は起こらず、花粉を飛散させることはありません。

### DNAマーカー

品種や個体間の遺伝的な違いを調べるために使用するDNA配列。

### 連鎖地図

DNAマーカーの染色体上の順番や間隔を示す地図（遺伝子地図）。

### 雄性不稔遺伝子

花粉が正常に発育しない現象(雄性不稔)を引き起こす原因遺伝子。この遺伝子は劣性であるため、父親と母親の双方から受け継がないかぎり子供は無花粉（雄性不稔）スギとなりません。しかし、今回開発した原因遺伝子のDNAマーカーを使えば、片親からだけ原因遺伝子を受け継いだ個体でも識別できます。

## 本成果の掲載論文

---

タイトル : The construction of a high-density linkage map for identifying SNP markers that are tightly linked to a nuclear-recessive major gene for male sterility in *Cryptomeria japonica* D. Don (スギの雄性不稔性を支配する核内劣性主働遺伝子に密に連鎖するSNPマーカー検出のための高密度連鎖地図の構築)

著 者 : Yoshinari Moriguchi, Tokuko Ujino-Ihara, Kentaro Uchiyama, Norihiro Futamura, Maki Saito, Saneyoshi Ueno, Asako Matsumoto, Naoki Tani, Hideaki Taira, Kenji Shinohara, Yoshihiko Tsumura

掲 載 誌 : BMC Genomics (BMCゲノミクス) 、13巻95 (2012年)

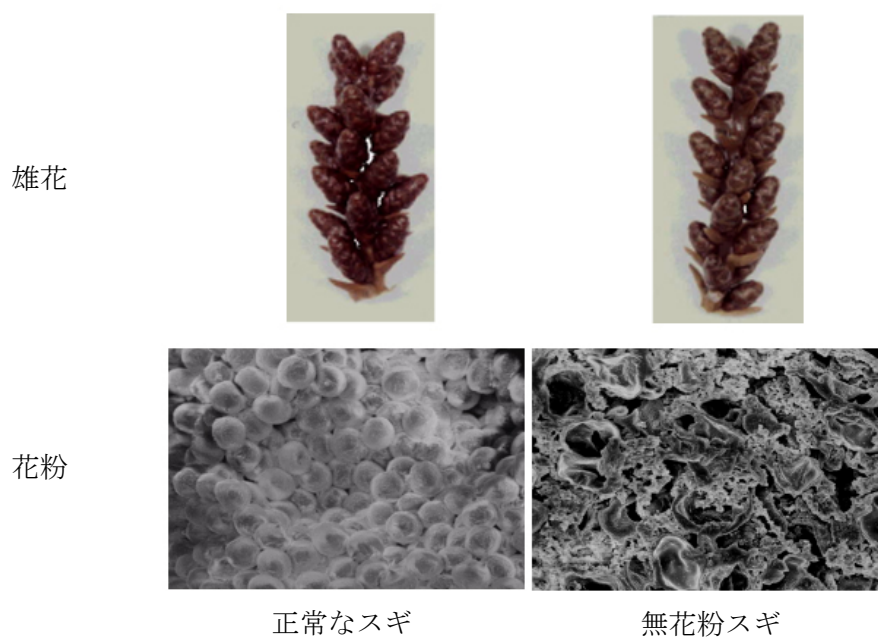


図1 スギの雄花と電子顕微鏡写真

左は花粉が正常に発達している通常のスギで、丸い粒子は花粉、大きさは直径が約 $30\mu\text{m}$ 。右は無花粉スギで、花粉は正常に発達せず、完全に退化しています。

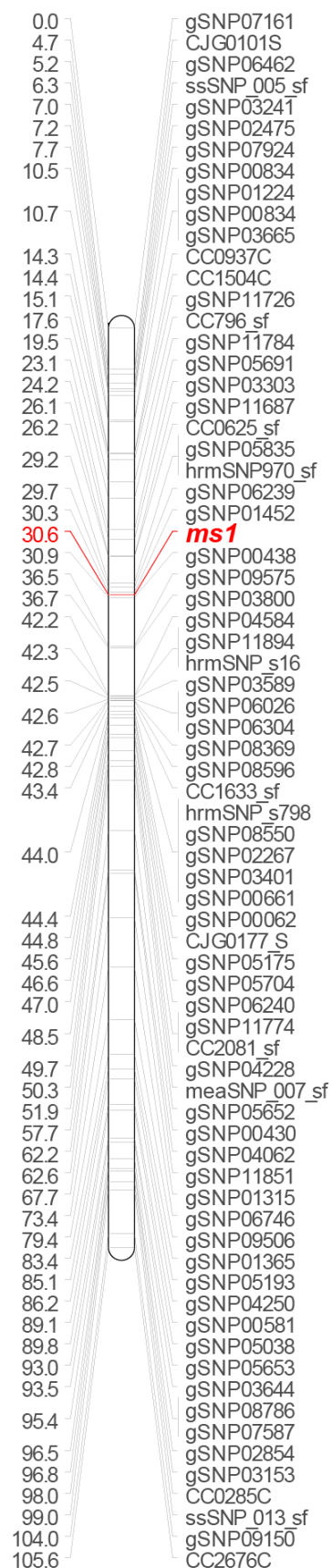
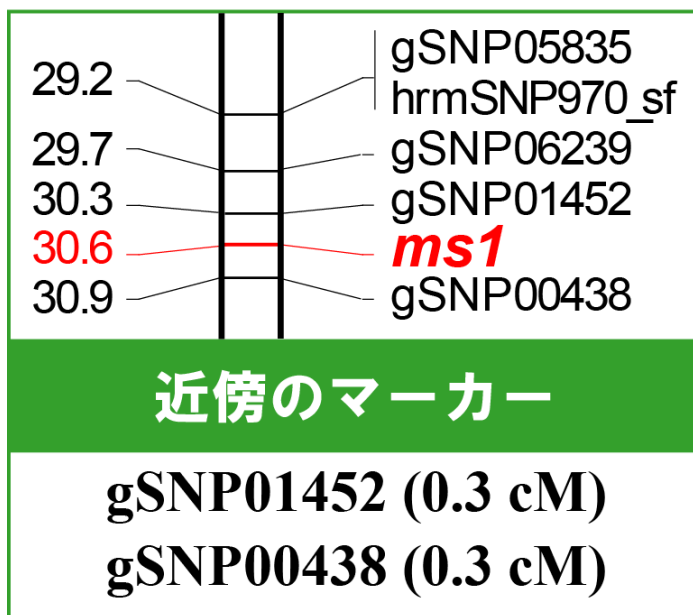


図2 無花粉スギの原因遺伝子（雄性不稔遺伝子）を含む領域の連鎖地図  
 第9番目の連鎖群を示しています。縦線の右側はDNAマーカーの名前。左側は各DNAマーカー間の間隔。赤で示したのが無花粉スギの原因遺伝子（雄性不稔遺伝子、*ms1*）。左上はその近傍の拡大図。cMは遺伝子地図上の長さを表す単位（センチモルガン）