

2024年2月26日

新潟大学
新潟県森林研究所

新たな無花粉スギの花粉崩壊過程を解明

－スギ雄性不稔遺伝子 *MS5* に起因する
無花粉スギの顕微鏡観察－

新潟大学農学部の森口喜成准教授、同大学大学院自然科学研究科博士前期課程の釣崎恵里子氏（研究当時）、同大学医学部の行田正晃技術専門職員、同大学大学院医歯学総合研究科の芝田晋介教授・大橋瑠子准教授、同大学農学部の大谷真広助教・4年の松村奈々氏らの研究グループは、新潟県森林研究所の岩井淳治専門研究員・伊藤由紀子主任研究員、平山聡子主任林業普及指導員（現所属：新潟県新潟地域振興局）と共同研究を行い、新たなスギ雄性不稔遺伝子 *MS5* に起因する雄性不稔スギ（無花粉スギ^{注1}）について、花粉形成に異常が生じる過程（花粉崩壊過程）の顕微鏡観察を行いました。研究の結果、*MS5* に起因する無花粉スギの花粉崩壊過程は、これまでに報告されていたスギ雄性不稔遺伝子 *MS1*～*MS4* に起因する無花粉スギとは明確に異なることが明らかになりました。本研究で得られた知見は、今後のスギ雄性不稔遺伝子の特定や無花粉スギの効率的な品種改良に貢献することが期待されます。本研究成果は、2023年12月23日に、科学誌「Journal of Plant Biology」のオンライン版に掲載されました。

【本研究成果のポイント】

- *MS5* に起因する無花粉スギでは、四分子期から始まり、異常な四分子や不揃いな小胞子の維持、異常な花粉壁の形成、核の消失と二核小胞子期における核の中央配置、無定形物質の出現などの特徴が見られました。
- *MS5* に起因する無花粉スギの花粉崩壊過程は、これまでに報告されていた *MS1*～*MS4* に起因する無花粉スギとは明らかに異なっていました。
- 本研究で得られた知見は、今後のスギ雄性不稔遺伝子の特定や無花粉スギの効率的な品種改良に貢献することが期待されます。

1. 研究の背景

スギは針葉樹における雄性不稔研究のモデル植物です。様々な無花粉スギを用いた交配試験の結果、5つの雄性不稔遺伝子（無花粉スギの原因遺伝子）、すなわち *MS1*～*MS5* の存在が指摘されています。これらの遺伝子座の少なくとも1つが潜性（劣性）の変異型対立遺伝子のホ

モ接合体である場合、無花粉スギとなります。これまで *MS1*~*MS4* に起因する無花粉スギについては花粉崩壊過程の顕微鏡観察が行われていましたが、最近発見された *MS5* に起因する無花粉スギについてはそのような研究は行われていませんでした。

II. 研究の概要

MS1~*MS4* に起因する無花粉スギの花粉崩壊過程を報告した論文のほとんどは和文誌で発表されていたため、本研究ではこれらについて再度詳細な顕微鏡観察を行い、*MS5* に起因する無花粉スギと比較してまとめました。

III. 研究の成果

MS1 に起因する無花粉スギでは、四分子の維持、細胞内容物の漏出、無定形物質の出現、オービクル^(注2)の欠如、花粉壁の形成異常が見られました(表1)。*MS2* に起因する無花粉スギでは、小孢子^(注3)の高密度化、カロース^(注4)の欠如、核の消失、花粉のう^(注5)ごとに異なる表現型といった特徴が見られました。*MS3* に起因する無花粉スギでは、細胞内容物の漏出、無定形物質の出現、未発達な花粉壁、オービクルの欠如、核の消失、大きさが異なる小孢子といった特徴が見られました。*MS4* に起因する無花粉スギでは、細胞内容物の漏出、未発達な花粉壁、無定形物質の存在、オービクルの欠如、核の消失、大きさが異なる小孢子、二核小孢子期における核の中央配置といった特徴が見られました。*MS5* に起因する無花粉スギでは、異常な四分子や不揃いな小孢子の維持(図1)、異常な花粉壁の形成(図2)、核の消失と二核小孢子期における核の中央配置(図3)、無定形物質の出現(図4)などの特徴が見られ、これらの特徴は *MS1*~*MS4* に起因する無花粉スギとは明らかに異なっていました。

表 1. *MS1*~*MS5* に起因する無花粉スギの花粉形成過程で見られる異常

	<i>MS1</i>	<i>MS2</i>	<i>MS3</i>	<i>MS4</i>	<i>MS5</i>
異常な四分子	-	-	-	-	○
四分子の維持	○	-	-	-	-
細胞内容物の漏出	○	-	○	○	-
小孢子の高密度化	-	○	-	-	-
カロースの欠如	-	○	-	-	-
無定形物質の有無	○	-	○	○	○
オービクルの欠如	○	-	○	○	-
花粉壁の形成異常	○	-	○	○	○
大きさが異なる小孢子	-	-	○	○	○
核の消失	-	○	○	○	○
二核小孢子期における核の中央配置	-	-	-	○	○
花粉のうの癒着	○	△※	○	-	-

※ 花粉のうごとに表現型が異なる

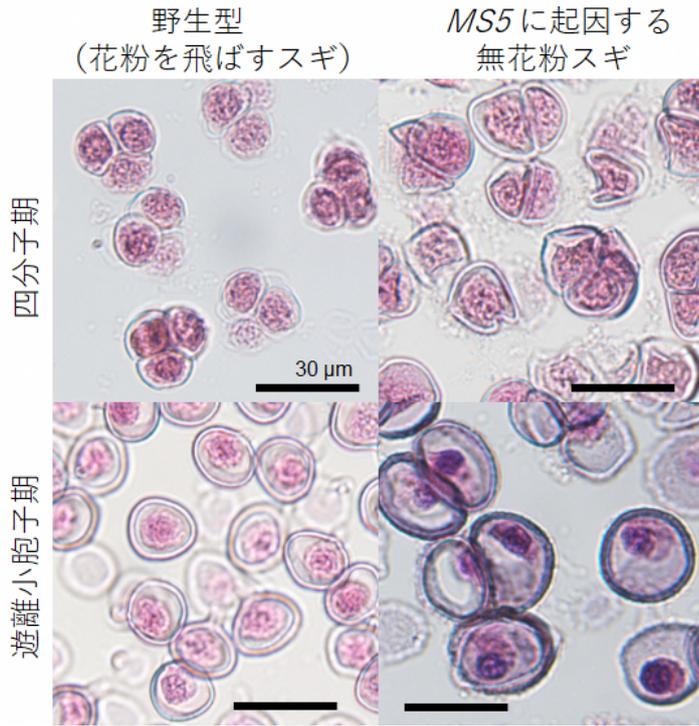


図 1. 野生型（花粉を飛ばすスギ）と *MS5* に起因する無花粉スギの四分時期と遊離小胞子期の光学顕微鏡画像

スケールバー：30 μ m

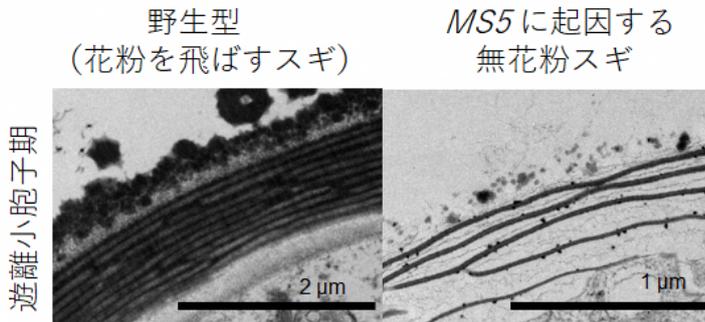


図 2. 野生型（花粉を飛ばすスギ）と *MS5* に起因する無花粉スギの遊離小胞子期の透過電子顕微鏡画像

スケールバー：左 2 μ m、右 1 μ m

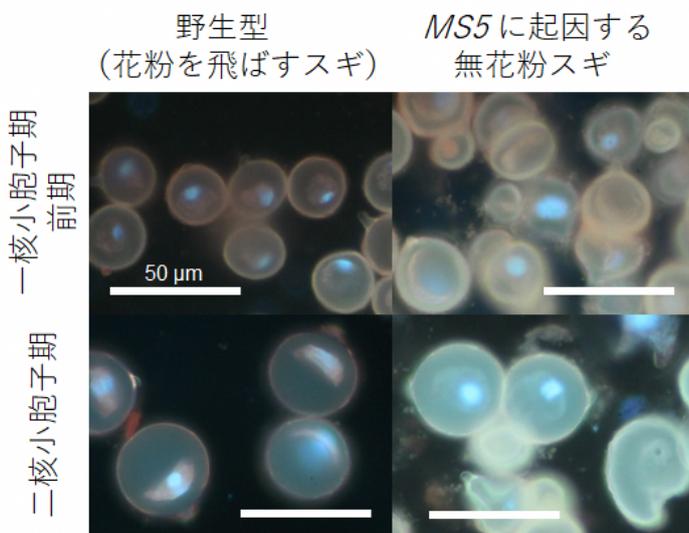


図 3. 野生型（花粉を飛ばすスギ）と *MS5* に起因する無花粉スギの一核小胞子期前期および二核小胞子期の蛍光顕微鏡画像

スケールバー：50 μ m

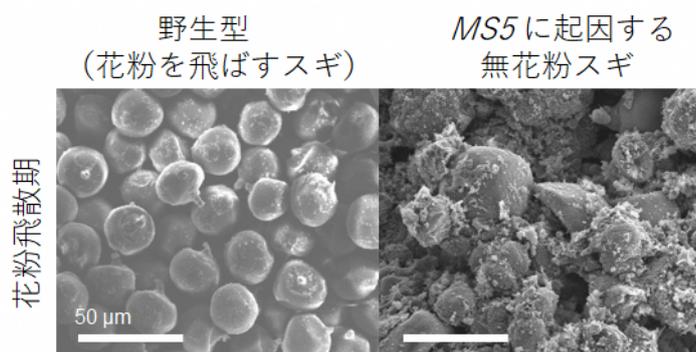


図 4. 野生型（花粉を飛ばすスギ）と *MS5* に起因する無花粉スギの花
粉飛散期の走査電子顕微鏡画像

スケールバー：50μm

IV. 今後の展開

近年、スギ雄性不稔遺伝子 *MS1* と *MS4* が特定され、*MS1* については DNA 解析による育種素材の探索も行われています。しかし、*MS2*、*MS3*、*MS5* はまだ特定されていません。今後は、まだ特定されていない雄性不稔遺伝子の同定や無花粉スギの効率的な品種改良に貢献することを目指します。

V. 研究成果の公表

本研究成果は、2023 年 12 月 23 日、科学誌「Journal of Plant Biology」のオンライン版に掲載されました。

論文タイトル：Cytological Analysis of Male-Sterile *MS5* Japanese Cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) and Comparison with Other Male-Sterile Mutants

著者：Eriko Tsurisaki¹, Masaaki Nameta², Shinsuke Shibata², Satoko Hirayama³, Junji Iwai⁴, Riuko Ohashi⁵, Masahiro Otani⁶, Yukiko Ito⁴, Nana Matsumura⁶, Yoshinari Moriguchi^{6,*}

1 Department of Environmental Science and Technology, Graduate School of Science and Technology, Niigata University

2 Division of Microscopic Anatomy, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University

3 Niigata Prefectural Government, Niigata Regional Promotion Bureau

4 Niigata Prefectural Forest Research Institute

5 Division of Molecular and Diagnostic Pathology, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University

6 Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Niigata University

*) Corresponding author

doi: 10.1007/s12374-023-09415-3

VI. 謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費助成事業（21K05666）および新潟大学 U-go グラントの支援を受けて行われました。

【用語解説】

- (注1) 無花粉スギ：学術的には雄性不稔スギと言います。雄花はつけますが正常な花粉を作りません。雌花は正常に種子を作ることができます。
- (注2) オービクル：花粉外壁を形成するうえで重要な役割を果たす微粒子。
- (注3) 小孢子：花粉母細胞が減数分裂を経て四分子となり、小孢子へと分化して、花粉になります。
- (注4) カロース：花粉四分子はカロースに包まれています。カロースが花粉発達に伴って分解されると、四分子が分割された小孢子が花粉のう内に放出されます。
- (注5) 花粉のう：雄花には花粉のうがあり、その中に花粉が作られます。

本件に関するお問い合わせ先

【研究に関すること】

新潟大学農学部

准教授 森口 喜成 (もりぐち よしなり)

E-mail : chimori@agr.niigata-u.ac.jp

新潟県森林研究所

専門研究員 岩井 淳治 (いわい じゅんじ)

【広報担当】

新潟大学広報事務室

TEL : 025-262-7000

E-mail : pr-office@adm.niigata-u.ac.jp

新潟県森林研究所