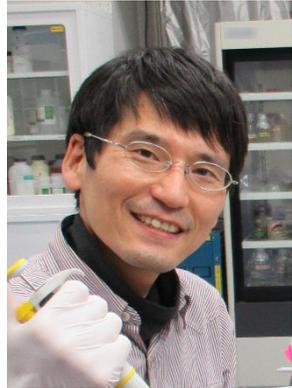




動植物に共通する精子形成メカニズムの発見

細胞レベルから個体レベルの生物学
およびその関連分野



研究者所属・職名 : 工学部・准教授

ふりがな たまだ ようすけ

氏名 : 玉田 洋介

主な採択課題 :

- [基盤研究\(B\)「多細胞生物を貫く幹細胞化原理の解明」\(2021-2023\)](#)
- [学術変革領域研究\(A\)「生きた細胞や組織における散乱・揺らぎ計測と制御」\(2020-2024\)](#)

分野 : 植物分子科学、生物物理学

キーワード : 精子、細胞核、受精、植物、3次元イメージング、3次元画像解析

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

コケ植物やシダ植物などの非種子植物では、動物と同様に精子が形成される。精子は液体中を泳いで卵細胞に到達し、受精が行われることで次世代の生命が誕生する。精子が形成される過程で細胞核が収縮し、精子の頭部・胴体部が泳ぐのに適したコンパクトな形になることも動植物で共通している。私たちは、コケ植物ヒメツリガネゴケを用いて植物の精子が形成されるメカニズムを明らかにするとともに、動植物に共通する精子形成メカニズムを発見することを目的に研究を行った。
(論文情報 : <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.17983>)

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

ヒメツリガネゴケでは、精子を作る器官である造精器の内部で、細胞分裂と細胞核の収縮によって200から300の精子が形成される。造精器の内部で起こる細胞分裂と細胞核収縮の過程を解明するためには、細胞核の3次元構造を正確に計測し、定量することが必要不可欠である。そのために、植物組織を薬剤により透明化し、共焦点顕微鏡を用いて細胞核の光学切片像を取得した。さらに、光学切片像から3次元像を再構成し(図1)、定量解析を行った。

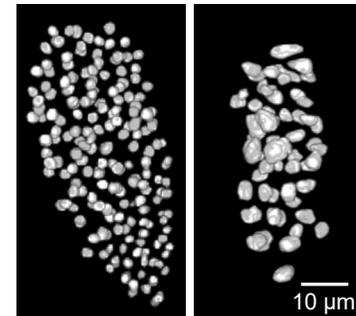


図1 ヒメツリガネゴケ野生株(左)とTOP1a遺伝子を壊した株(右)の造精器におけるひも状に収縮する前の精細胞核の3次元像



動植物に共通する精子形成メカニズムの発見

細胞レベルから個体レベルの生物学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

DNAのひずみをほく酵素であるDNAトポイソメラーゼ1 (DNA Topoisomerase 1; TOP1) の遺伝子は、ヒメツリガネゴケゲノムに2つ存在する。このうち、TOP1aと名付けた遺伝子を壊したところ、受精の結果形成される胞子体 (図2、矢印) がごくわずかしか形成されなくなることがわかった。さらに、掛け合わせ実験によって、TOP1a遺伝子を壊した株では精子に異常があることを明らかにした。ヒメツリガネゴケ野生株では、造精器の内部で、精子のもととなる細胞が活発に細胞分裂を行う。その過程で、細胞核は円形のまま同調的に収縮し、200~300の精細胞が形成される。その後、細胞核は同調的にさらにひも状に収縮し、精子が形成される。TOP1a遺伝子を壊した株を透明化し、造精器を詳細に観察したところ、細胞分裂が遅れ、さらに同調的な細胞核収縮が起きないことがわかった。その結果、成熟した造精器においても、多様な大きさの細胞核が混在した状態となり、ひも状に収縮した細胞核を持つ精子はわずかしか形成されないことがわかった (図3、矢印)。そのため、TOP1a遺伝子を壊した株では受精がうまくいかず、胞子体が形成されなくなことを解明した。

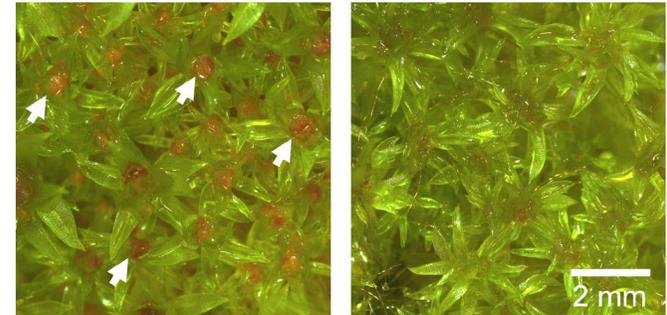


図2 受精を誘導した後のヒメツリガネゴケ野生株 (左) とTOP1a遺伝子を壊した株 (右)。矢印は胞子体

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

従来の研究で、TOP1は動物の精子形成の過程でも精細胞核の収縮に機能することが示唆されていた。しかし、TOP1は細胞の基本的な活動に必要不可欠であり、TOP1の機能を弱めると精子だけでなく多面的な表現型が観察されるため、はっきりとした結論は得られていなかった。私たちは、ヒメツリガネゴケがTOP1遺伝子を2つ持つこと、そのうちTOP1a遺伝子だけが精子形成に機能することを利用し、TOP1が精細胞の分裂と同調的な細胞核収縮に機能することを明らかにすることで、動植物に共通する精子形成機構を解明した。この成果は、植物の雄性不稔・動物の雄性不妊メカニズム解明に貢献することが期待される。

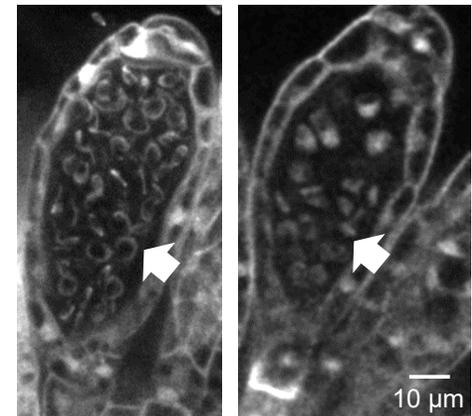


図3 ヒメツリガネゴケ野生株 (左) とTOP1a遺伝子を壊した株 (右) の成熟した造精器における精子細胞核