

植物細胞の葉緑体やミトコンドリア中のゲノムの編集技術の開発に成功!

生産環境農学およびその関連分野

研究者所属・職名 :
大学院農学生命科学研究科・准教授

ふりがな ありむら しんいち

氏名 : 有村 慎一

主な採択課題 :

- [国際共同研究加速基金\(国際共同研究強化\(A\)\)「 mitoTALEN法を用いた植物ミトコンドリアゲノム修復と細胞質雄性不稔の解析」\(2020-2022\)](#)
- [基盤研究\(B\)「植物ミトコンドリアゲノムへの外来遺伝子導入技術開発と異種CMS移植の検討」\(2019-2021\)](#)
- [挑戦的研究\(萌芽\)「植物ミトコンドリアゲノム編集技術による雄性不稔細胞質の創出」\(2018-2021\)](#)

分野 : 遺伝育種科学、植物分子および生理科学

キーワード : ゲノム編集、オルガネラ、育種、葉緑体ゲノム、ミトコンドリアゲノム、細胞質雄性不稔

課題

●なぜこの研究をおこなったのか? (研究の背景・目的)

植物の細胞には、核の他に、葉緑体とミトコンドリアの中にも遺伝情報/ゲノムが存在する。葉緑体やミトコンドリアのゲノム(オルガネラゲノム)には光合成やエネルギー生産に関与する遺伝子群の他、食糧生産で重要なF₁育種のための細胞質雄性不稔遺伝子などもコードされている。葉緑体ゲノムの改変は既に開発されているが、困難かつ適用可能種が限られており、また植物ミトコンドリアゲノムの安定な改変は不可能だった。光合成の理解や、将来的な食糧増産や二酸化炭素吸収につなげることを目指し、最近進展した「ゲノム編集技術」を応用してこれらオルガネラゲノムの改変技術の開発を目指した。

●研究するにあたっての苦労や工夫 (研究の手法)

ゲノム編集で有名なCRISPR/Cas9法は、guide RNAを葉緑体やミトコンドリアに輸送させる技術がなく、適用不可能だった。技術的に一段古い、TALENなどのタンパク質型ゲノム編集酵素にオルガネラ局在配列をつなげることで、これらの改変に成功した。編集後のオルガネラゲノム配列は、核ゲノムと異なる予想外の変化(相同組換え修復とゲノム構造の大規模変化)等をもたらし、解析の苦労が伴ったが、驚きと新発見につながった。

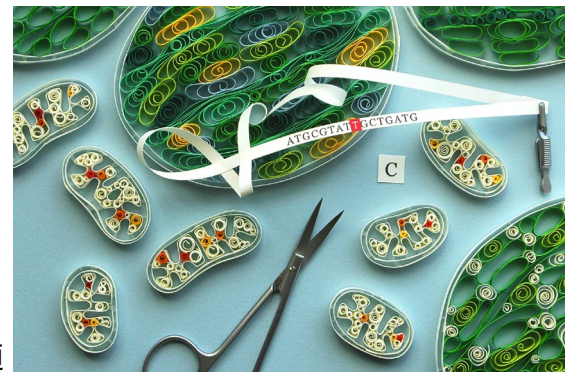


図1 葉緑体にあるDNAの一字ゲノム編集のイメージ図 ©ウチダヒロコ

植物細胞の葉緑体やミトコンドリア中のゲノムの編集技術の開発に成功！

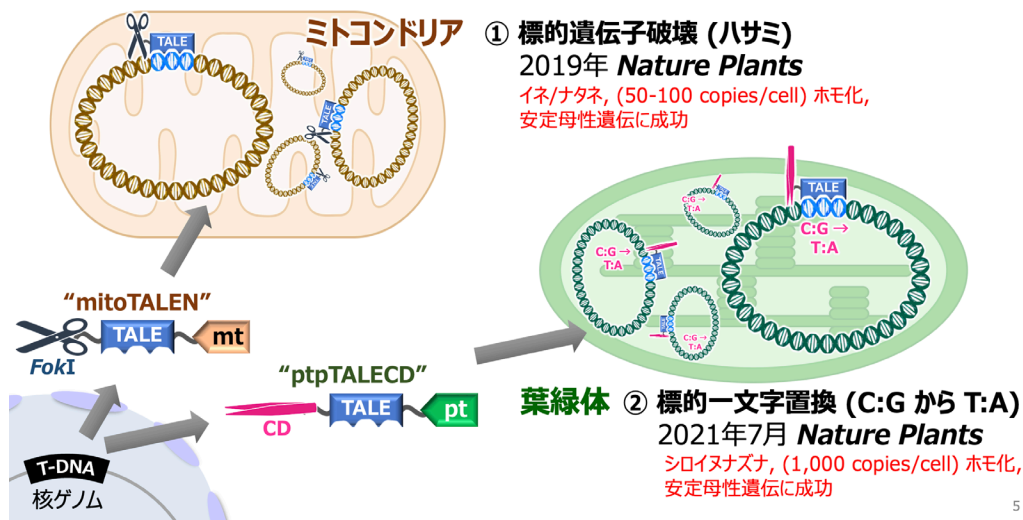
生産環境農学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

ゲノム編集酵素をコードする遺伝子を一旦、核ゲノムに形質転換した。ここから作られるTALEN（ゲノム編集切断酵素）やTALECD（一文字編集酵素）のそれぞれに、オルガネラ輸送配列を付加したことで、自動的に葉緑体とミトコンドリアへ運ばれた。ミトコンドリアゲノムに適用したTALENでは数百bpから数Kbの大きな欠失が起こり、相同組換え修復によるゲノム構造の大規模変化など、特徴的な変化が現れた。標的とした細胞質雄性不稔の候補遺伝子配列を欠失することに成功し、またその植物が雄性不稔を回復したことで、この標的配列が細胞質雄性不稔に関与することを証明することにも成功した。ptpTALECDを用いた実験では、葉緑体ゲノム数万文字の中の狙った1塩基のみを“c”から“t”に、また細胞内に数千個ある葉緑体ゲノムの全てで完全置換することに成功した。どちらの技術でも改変した配列は安定して次世代に遺伝することも確認された。

葉緑体とミトコンドリアのゲノム編集技術



今後の展望

●今後の展望・期待される効果

葉緑体と植物ミトコンドリアゲノムの改変技術は、長く望まれながら未達の技術であった。開発したmitoTALENやptpTALECDなどは、世界初で、精度もよく成功率も高い。数千コピーの完全変化、次世代への安定遺伝性など、今後のオルガネラゲノム解析を飛躍的に進展させることが期待される。標的を改変するための編集酵素を作る技術が少し難しく手間がかかるが、今後積極的に共同研究も受け入れ、世界中で行われている葉緑体やミトコンドリアの研究の進展に貢献し、二つのオルガネラの謎解き(基礎科学)と潜在能力の解放・改良(応用)の両方につなげていきたい。