

根粒菌による温室効果ガスの削減 (生物による初めての N₂O 発生削減)

<概要>

東北大学大学院生命科学研究所の南澤 究教授（地圏共生遺伝生態分野）は、農業環境技術研究所の秋山博子主任研究員、早津雅仁上席研究員との共同研究で、一酸化二窒素 (N₂O) 還元酵素活性を強化したダイズ根粒菌を進化加速によって作出し、温暖化ガスとオゾン層破壊ガスである N₂O の土壌からの発生を抑制できることを実験室と野外圃場の両方で証明しました。

この結果は、現在有効な N₂O 発生削減策がない中で、共生微生物を利用した初めての生物学的 N₂O 発生削減法として注目されています。本研究成果は、英国科学誌「Nature Climate Change」に受理され、2012 年 11 月 11 日発行のオンライン版に発表されました。

研究の概要

温室効果ガス一酸化二窒素 (N₂O) の除去能力を強化したダイズ根粒菌を進化加速法により作出し、この根粒菌によって N₂O の発生を抑制することを実験室レベルで証明しました。さらにこのダイズ根粒菌を用いて、圃場レベルでもダイズ収穫期前後の N₂O 発生量を大幅に削減することを実証しました。開発した N₂O 削減法は、微生物を利用した初めての生物学的 N₂O 発生削減法として注目され、Nature Climate Change の 11 月 11 日のオンライン版に掲載されます。

研究の社会的背景

二酸化炭素の 300 倍の温室効果を有する一酸化二窒素 (N₂O) は増加し続けています。また、N₂O は深刻な地球環境問題であるオゾン層の破壊の原因物質でもあります。一方、N₂O の主要な発生源は農耕地で、日本の人為発生源の 26%、世界では 60% を占めています。このため農耕地から発生する N₂O を削減する技術の開発が切望されています。

研究の経緯

われわれは N₂O 発生源の一つとして知られるダイズ畑を対象として、微生物による N₂O 削減技術の開発に取り組みました。ダイズには細菌の一種である根粒菌が共生し、根に根粒という共生組織を形成して、空気中の窒素を植物が利用できる形態に変換します。

東北大学では、これまでの研究で、この根粒菌の中には N₂O を窒素ガス (N₂) に還元する酵素 (N₂O 還元酵素) を持つものと持たないものがあることを明らかにしました。さらに N₂O 還元酵素を持つ根粒菌が共生する根粒が N₂O を除去することも発見しました。これらの研究過程で、N₂O 還元酵素活性を強化することにより N₂O の発生を抑制する技術を開発できるという着想を得ました(図 A)。

一方、農業環境技術研究所では、温室効果ガスの自動モニタリング装置を世界に先駆けて開発し、フィールドレベルで N_2O の精密な測定を連続して行う技術を確立し、さらに環境中の微生物をDNAレベルで追跡する手法の開発でも成果を得てきました。

微生物による N_2O 削減技術の開発には、細胞レベルで起こる現象をフィールドで評価する必要があります。即ちゲノムサイエンスからフィールドサイエンスに至る広範囲な研究手法を統合的に展開する必要があります。そこで東北大学と農業環境技術研究所が一体となり、 N_2O 還元酵素活性を強化したダイズ根粒菌（*nos*強化株）による N_2O 削減技術の開発に取り組みました。

研究の内容

ダイズ根粒菌の N_2O 還元酵素活性を高めることにより、 N_2O 除去能力が高まることを室内実験系で証明しました。フィールドでの利用を目指して、進化加速法により、ダイズ根粒菌の N_2O 還元酵素活性が元株の7-11倍に上昇した*nos*強化株の作出に成功しました（図A）。この*nos*強化株を用いて、実験室レベルでダイズを栽培し N_2O 削減効果を持つことを明らかにしました。さらにゲノム情報に基づく改良株の検出法を考案しました。

*nos*強化株の高い*nos*活性を利用した N_2O 削減能力の評価と実証のために、目的の根粒菌が形成した根粒かどうかを確認するためのゲノム情報による検定法を開発し、さらに圃場での試験を行うための根粒菌の培養法と接種法を確立しました。これらを用いて、まずパイロットスケールで N_2O 削減能力を評価し、*nos*活性を欠いた土着ダイズ根粒菌が大多数を占める黒ボク試験区では、収穫後の N_2O 発生を43%削減することを示しました。次に圃場レベル規模の圃場で*nos*強化株を用いた試験を実施し、収穫後の N_2O 発生を47%削減することに成功しました（図B）。

なお、本研究は、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）の新技术・新分野創出のための基礎研究推進事業にて行われました。また、*nos*強化株はネオ・モルガン研究所との共同研究で作製されました。

今後の予定と期待

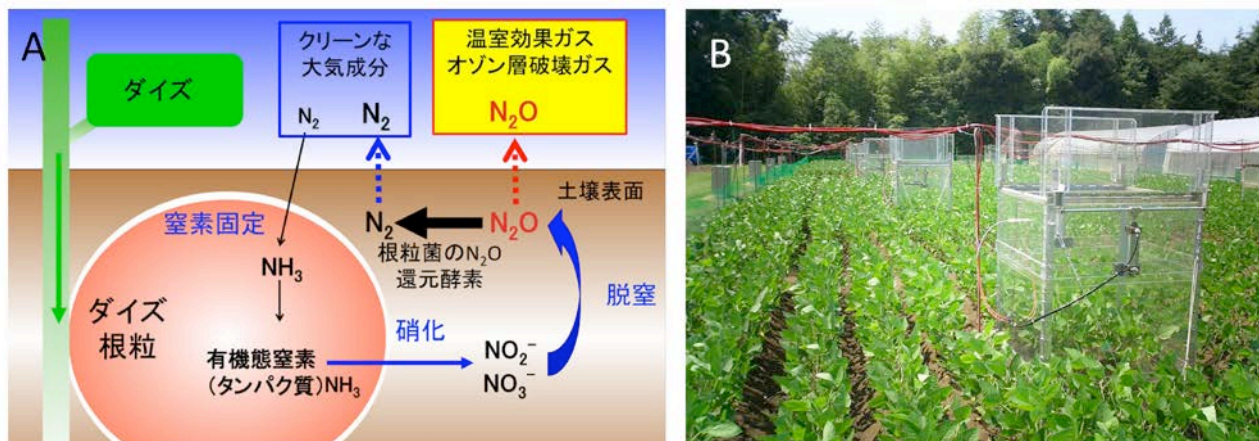
われわれが本研究に取り組んでいる間にも、ヨーロッパ諸国が N_2O 還元酵素を使った N_2O 削減の研究に着手するなど、世界的に N_2O 還元酵素利用の期待が高まっています。しかし N_2O 還元酵素を強化した根粒菌の育成や圃場規模での実証実験など、すべてにおいてわれわれのチームがリードしています。特に、*nos*強化株のゲノム解析による N_2O 還元酵素遺伝子の発現制御などの基礎学術的研究や世界の圃場で通用する実用化技術に向けた研究を早急に進めたいと考えています。

用語の解説

進化加速法：DNA複製時の校正機能を低下させることで突然変異率を高め、選択圧により有用な変異体を取得する手法である。東北大チームは本手法を初めて大腸菌以外のダイズ根粒菌に適用し、 N_2O 還元酵素活性を高めた*nos*強化株を取得するための方法を確立した。

根粒菌：マメ科植物の根に根粒と呼ばれる瘤（こぶ）を形成し、根粒中で大気中の窒素ガスを植物に利用可能なアンモニア態窒素に変換し、植物に供給する土壌微生物。根粒内には植物側から光合成産物が供給されることにより共生関係が成立していることから、このプロセスは共生的窒素固定と呼ばれている。

nos : N₂O 還元酵素遺伝子



図：ダイズ根粒菌接種による根粒根圏からのN₂O発生削減。

- A, 根粒が共生窒素固定で獲得した窒素は、根粒が老化すると硝化および脱窒過程でN₂Oガスとして一部大気中に放出される。しかし、ダイズ根粒菌 *nosZ+*株または *nos* 強化株は、その発生を実験室レベルで低下させることが分かった。
- B, 圃場レベルで *nos* 強化株を接種した場合も、そのN₂O発生削減の効果のあることが温室効果ガスの精密連続測定により明らかになった。

<プレス発表／取材に関する窓口>

国立大学法人 東北大学

大学院生命科学研究科・生態システム生命科学専攻・地圏共生遺伝生態分野
教授 南澤 究

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1

TEL : 022-217-5684 E-mail : kiwamu*ige.tohoku.ac.jp (*を@に変更ください)

独立行政法人 農業環境技術研究所

広報情報室 広報グループリーダー 小野寺 達也

〒305-8604 茨城県つくば市観音台3-1-3

TEL : 029-838-8191 FAX : 029-838-8299 E-mail : kouhou*niaes.affrc.go.jp (*を@に変更ください)