

## 窒素循環を担う環境微生物ネットワークと温室効果ガス削減

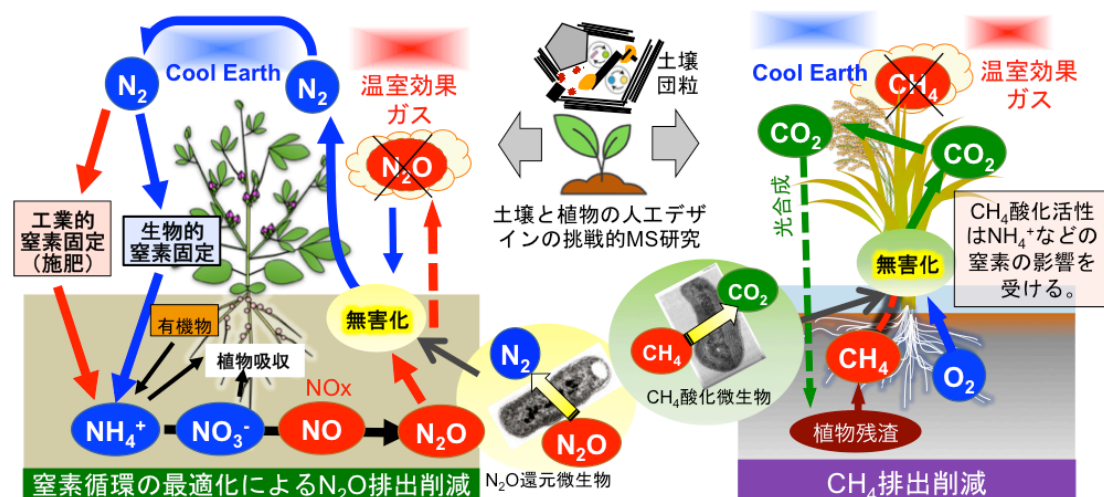
### 1. 東北大学 南澤 究<sup>1</sup>

自然界の窒素循環過程は様々な微生物による窒素固定・硝化（アンモニア酸化）・脱窒（異化的硝酸還元）・アナモックス・DNRA などにより起っている（図）。しかし、現在も新規の窒素循環微生物が発見され、環境条件によりそれらの活性は変化し、複数の微生物間の分泌中間体やエネルギーを巡るネットワークが形成されている(1)。したがって、それぞれの微生物の窒素循環過程の定量的評価は極めて難しい。古典的な脱窒を例にとっても、完全型 ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \uparrow \rightarrow \text{N}_2\text{O} \uparrow \rightarrow \text{N}_2 \uparrow$ ) と不完全型 ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \uparrow \rightarrow \text{N}_2\text{O} \uparrow$ ) があり、土壤には糸状菌も含めて不完全型の微生物が多い(2)。ちなみに  $\text{NO}$  は  $\text{NO}_x$  の一種であるが、 $\text{NO}$  に着目した研究は少ない。陸域表面を覆っている土壤では、窒素を含んだ有機物の無機化と逆反応の有機化が起っており、窒素循環系をさらに複雑にしている。

$\text{N}_2\text{O}$ （一酸化二窒素）は、 $\text{CO}_2$  の約 300 倍の温暖化係数を持つ長寿命型の温室効果ガス (GHG) であるが、人為的な GHG 全体に占める割合は 6% と低い。しかし、世界の平均気温を産業革命時から 1.5°C 未満に抑えるためには、 $\text{CO}_2$  だけでなく、 $\text{N}_2\text{O}$  と  $\text{CH}_4$  などの非  $\text{CO}_2$  温室効果ガスの排出削減が必須であり、農業から人為的に排出される  $\text{N}_2\text{O}$  の割合は 59% と高い (3)。

近年地球レベル  $\text{N}_2\text{O}$  収支の推定が緻密化され、人為的  $\text{N}_2\text{O}$  排出源だけでなく、土壤からの  $\text{N}_2\text{O}$  の自然起源の排出が高いことが報告されている (4)。 $\text{N}_2\text{O}$  はガス態であり、土壤や植物根圏からの発生が測定しやすく、陸域の窒素循環の実態を調べる「探り針」になると私は考えている。また、湛水土壤や畜産から発生する GHG である  $\text{CH}_4$  の消去はメタン酸化細菌が担っているが（図）、それらの活性や増殖はアンモニアデポジットや窒素施肥により促進され、窒素固定や窒素制御系といったメタン酸化細菌の生理が深く関わっている (5, 6)。

後半では、ムーンショット目標 4 の「資源循環の最適化による農地由来の温室効果ガスの排出削減」の研究開発の概要について紹介したい（図）。



#### 参考文献

- 1) Kuypers *et al.* 2018. The microbial nitrogen-cycling network. *Nat. Rev. Microbiol.* 16:263.
- 2) Hallin *et al.* 2018. Genomic and ecology of novel  $\text{N}_2\text{O}$ -reducing microorganisms. *Trends Microbiol.* 26:43.
- 3) NEDO 技術戦略レポート「温室効果ガス  $\text{N}_2\text{O}$  の抑制分野の技術戦略策定に向けて」2021年6月.
- 4) Tian *et al.* 2020. A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. *Nature* 586:248.
- 5) Minamisawa *et al.* 2016. Are symbiotic methanotrophs key microbes for N acquisition in paddy rice root? *Microbes Environ.* 31:4.
- 6) Bodelier *et al.* 2004. Nitrogen as a regulatory factor of methane oxidation in soil and sediments. *FEMS Microbiol. Ecol.* 47:265.