

農業と気候変動－緩和策としての生物的硝化抑制

Climate Change and Agriculture – Biological Nitrification Inhibition as a Mitigation Option

飛田 哲

(日本大学生物資源科学部国際共生学科 教授・国際農林水産業研究センター 特定研究主査)

農業は気候変動の被害者であるとともに加害者としての側面も持っており、人為発生源からの温室効果ガスの24%は農業活動由来であり、そのうちメタン (CH₄) や亜酸化窒素 (N₂O) の排出量に占める農業発生源の割合は高い。

「地球の限界」は、地球の窒素循環がすでに不安定な領域を越えていると警告している。その原因の一つは、現代の農業があまりにも化学肥料窒素に依存している現状と、投入された窒素のうち作物が利用する窒素が5割程度であること (窒素利用効率 NUE が50%程度) である。NUEが低い理由は、土壌中の硝化 (アンモニア態から硝酸態への窒素の酸化反応、微生物とそれらがもつ酵素によって進行する) がとても速いため、肥料として与えられた窒素がアンモニア態として土壌に留まる時間が短く、作物が吸収する前に硝酸態窒素になってしまうからである。硝酸態窒素は土壌に留まらずに水の動きとともに流れ出し、地下水や流域の水圏を汚染する。また硝化の過程や硝酸が土壌中で還元される脱窒の過程で亜酸化窒素が発生し、地球の温暖化を加速する。よって、土壌中の硝化を抑制することは、系外に失われる窒素を減らし、21世紀の地球規模の課題である窒素汚染と気候変動の緩和に、また食料の効率的生産にもつながる。

生物的硝化抑制 (BNI) は、植物が分泌する BNI 物質が硝化に関わる微生物の活動を抑え土壌中の硝化の進行を抑制する機能で、これまでブラキアリア牧草、ソルガムなどでその BNI 能の遺伝的変異や BNI 物質について研究が進められてきた。コムギについては、これまで BNI 能の高い品種や系統は見つかっていないが、コムギの近縁野生種であるオオハマニンニクのもつ高い BNI 能をコムギ栽培種に導入することができた。この BNI 強化コムギシステムを用いた技術が、とりわけ窒素を多量に施用するインドのヒンドゥスタン平原において行われており、NUEの改善を通じた環境並びに社会・経済へのインパクトが期待されている。

The earth cycle of reactive nitrogen, one of the “planetary boundaries,” is pointed out that it has been already beyond its limit. Too heavy dependency on chemical N fertilizer and small ratio of nitrogen use efficiency (NUE) in the modern agriculture, assumed to be 50%, are attributed chiefly to this N crisis. Nitrification process in the soil goes rapidly, which governs the chemical transformation from ammonium-N to nitrate-N through nitrifying microorganisms and their enzymatic activities. A certain amount of input N are lost out of the agricultural systems as nitrate-N, which contaminates groundwater and aquatic systems in the environment, as well as nitrous oxide gas (N₂O), a strong GHG, is generated through the nitrification process and emitted to the air. Therefore, it is imperative to inhibit nitrification to be slower for the improvement of NUE, which leads to more effective use of nitrogen for the food production system (SDG 2) and less emission of nitrous oxide to mitigate the climate change (SDG 13), both are our great challenges in the 21st century.

BNI, biological nitrification inhibition, is an ability of plants, which can inhibit the nitrification process through their excretion of certain chemical compounds to block the nitrification enzymes. The function of BNI is described to show the BNI technology is established as crop varieties with high BNI ability and expected to improve NUE of the agricultural systems in more rational and practical way. The BNI-abled crop varieties are actually developed, bread wheat for example, and its deployment in the Indo-Gangetic Plain is discussed.

■ S D G s の分類 (番号と目標)

13: 気候変動に具体的な対策を

2: 飢餓をゼロに

(15: 陸の豊かさを守ろう)

■ ご略歴

2021年4月～現在：日本大学生物資源科学部 教授

2016年4月～2021年3月：国立研究開発法人国際農林水産業研究センター プログラムディレクター

2013年4月～2016年3月：同 生産環境・畜産領域長

1996年4月～2013年3月：同 生産環境領域 主任研究員（この間、西アフリカ稲作開発協会、ブラジル農牧研究公社などの派遣研究員、プロサバンナプロジェクト副チーフアドバイザーなど歴任）

1992年10月～1996年3月：熱帯農業センター沖縄支所 研究員

1990年10月～1992年9月：国際半乾燥熱帯作物研究所（インド） 博士研究員