

研究トピックス

農耕地から発生する亜酸化窒素の排出係数の推定と発生削減技術の開発

企画戦略室 秋山 博子 物質循環研究領域 八木 一行

はじめに

亜酸化窒素 (N₂O) は、二酸化炭素の約300倍という強力な温室効果をもち、産業革命以降急速に増加していることが知られています。また、N₂Oは京都議定書において規制対象となる温室効果ガスのひとつでもあります。農耕地土壌からのN₂Oの発生量は、地球全体の人為的発生量の24%を占めると推定されており、その発生量の正確な評価と、発生削減技術の開発は重要な課題となっています。

世界の水田からの亜酸化窒素の排出係数の算定

京都議定書の削減目標の達成度をはかるためには、まず規制対象となっている温室効果ガスの発生量を正確に算定することが必要となります。日本を含む条約加盟国は、国別の温室効果ガス排出・吸収目録（インベントリー）を報告する義務があります。このインベントリーは、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のガイドラインに従って算出することとなっています。現在用いられている国別温室効果ガスインベントリーガイドライン（IPCCガイドライン）では、各排出源の算出方法についてはどの程度データの入手が可能かに応じていくつかの段階（Tier, ティア）が設定されており、各国の状況に応じて算出方法を選べるようになっています。すなわち、データがないまたは充分でない場合には、IPCCがデフォルト値として定めた排出係数を用いて排出量を算出します（Tier 1）。また各国の状況に応じた独自のデータや算出方法がある場合には、それらを利用して報告することができます（Tier 2または3）。

このIPCCガイドラインの算定方法は、2006年に改訂が予定されています。そのため、農耕地からの温室効果ガスの排出係数の見直しが急務となっていました。そのなかでも、データが十分でない場合（Tier 1）にも適用できる基本の排出係数（IPCCデフォルト値）は、多くの国で温室効果ガス排出量の算定に用いられており、この数値が変わることはグローバルな温室効果ガスの管理に非常に重要な意味を持ちます。現在の算定方法では、水田から直接発生する亜酸化窒素（N₂O）の排出係数（EF_{1-RICE}）は畑や草地の排出係数（EF₁）と同じとされています。しかし、湛水条件でのN₂Oの発生量は畑条件とは大きく異なると考えられることから、このデフォルト値の精度向上に寄与することを目的として研究を行いました。

世界の水田から直接発生するN₂Oの実測データ（29地点、149測定）を収集し、これらのデータのうち、化学肥料または有機物肥料を施用した水田について解析した結果、常時湛水した水田よりも中干しを行った水田のほうがN₂O発生量は大きい傾向にありました。しかし、このうち排出係数が計算可能なデータについて解析した結果、N₂O排出係数には水管理の違いによる統計的な差はみられませんでした。すなわち、排出係数（EF_{1-RICE}）の平均値（±標準偏差）は施肥窒素量の0.31（±0.31）%であり、現在のIPCCのデフォルト値（1.25%）よりも著しく低いことがあきらかになりました（表1）。本成果は、2006年に改訂されたIPCCガイドラインに採用されたことから、世界各国の温室効果ガス排出量の改訂に寄与しました。

表1. 化学肥料または有機物肥料を施用した水田からの耕作期間における亜酸化窒素（N₂O）の排出

| 水管理 | 平均 | 標準偏差 | 中央値 | データ数 | 最大値 | 最小値 |
|--|-------------|------|------|------|------|-------|
| N ₂ O-N 排出係数 [‡] (%) | | | | | | |
| 常時湛水 | 0.22a* | 0.24 | 0.10 | 16 | 0.69 | 0.003 |
| 中干しあり | 0.37a | 0.35 | 0.28 | 23 | 1.16 | 0.02 |
| すべての水管理 | 0.31 | 0.31 | 0.16 | 39 | 1.16 | 0.003 |
| 参考：IPCCデフォルト値 [§] | 1.25 | | | | | |

[‡] 窒素施用区のN₂O発生量から窒素無施用区のN₂O発生量を差し引いた場合の、施用窒素量あたりのN₂O-N発生率を表す。

* 統計的検定の結果、有意差はみられなかった。

§ 改定前のデフォルト値。

農耕地からの亜酸化窒素の発生削減技術の開発

わが国の畑土壌の約50%は、黒ボク土と呼ばれる火山灰に由来する土壌によって占められています。この黒ボク土畑は一般的にきわめて好氣的（土壌中の酸素が不足しにくい）であることが知られています。アンモニア態または尿素態の窒素肥料を施用した土壌においては、微生物による二つの過程—脱窒（嫌氣的な過程）と硝化（好氣的な過程）—から N_2O の発生が発生することが知られています。好氣的な黒ボク土畑のような条件では硝化の過程がより重要であると考えられますので、硝酸態の窒素肥料を施用すれば硝化はおこらず、脱窒の過程のみからしか N_2O が発生せず、 N_2O の発生を減らすことができるはずですが、しかし、硝酸態の肥料は降雨により流れやすいため日本での利用は多くはありません。この欠点は硝酸流亡の起こりにくい被覆肥料を用いることで解決可能であると考え、長期自動連続測定装置（写真1）を用いて、被覆硝酸肥料と一般的な尿素肥料との比較を行いました。その結果、好氣的な黒ボク土畑のような条件では、被覆硝酸肥料を用いることで硝酸の流亡を起こさずに N_2O の発生を抑制できる可能性が示されました（図1）。

これらの結果は、日本の温室効果ガス排出量の削減や、環境保全型農業を推進するための施策決定に貢献することが期待されます。



写真1 農耕地からの温室効果ガス発生量の自動連続測定装置

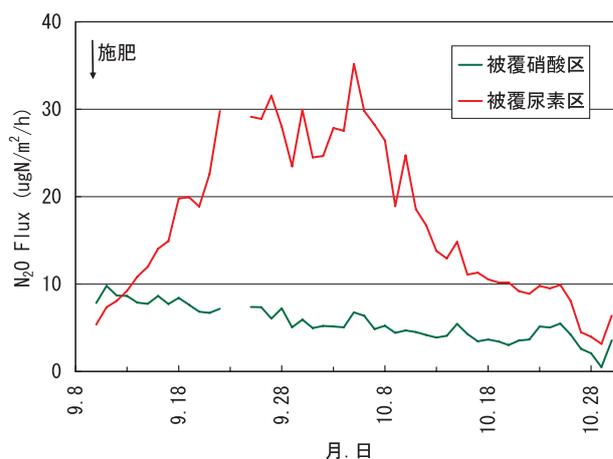


図1 硝酸肥料、被覆硝酸肥料、および被覆尿素肥料を施用した黒ボク土畑からの N_2O 排出量の比較

被覆硝酸肥料の使用により、一般的な肥料である尿素系の肥料に比べて発生量が削減された。

* なお、本成果の一部は環境省地球環境総合推進費の研究資金により得られたものです。また本成果により、研究担当者の秋山博子が平成18年度文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞しました。

【用語解説】

気候変動に関する政府間パネル (IPCC ; Intergovernmental Panel on Climate Change) は、人為的な気候変動に関する最新の科学的・技術的・社会経済的な知見をとりまとめて評価し、各国政府に助言と情報を提供することを目的とした政府間機構。

IPCC 国別温室効果ガスインベントリーガイドライン (IPCC ガイドライン) : 気候変動枠組み条約締約国が、温室効果ガスの国別報告書の作成にあたり、排出/吸収量を計算するための手法を示すためのガイドライン。

被覆硝酸肥料 : 硝酸カルシウムを有機合成フィルム (膜) でつつむことにより、成分がゆっくりと放出される肥料。