

水管理と施肥管理による水田からのメタンと亜酸化窒素の発生抑制

地球環境部温室効果ガスチーム 西村 誠一・秋山 博子・須藤 重人・八木 一行

はじめに

湛水状態の水田からは、温室効果ガスであるメタン (CH_4) が発生している。 CH_4 は、湛水状態が続いて酸素供給が制限された還元状態の発達した土壤中で生成されるので、その発生を抑制するためには、一時的に排水を行って土壤に酸素を供給する水管理が有効と考えられる。 実際、これまでの研究により、水稻生育後期の CH_4 の発生量は、中干しとそれに引き続く間断灌漑によって大幅に削減されることが示されてきた。

一方、別の重要な温室効果ガスである亜酸化窒素 (N_2O) は、農耕地の中では主に畑において発生することが知られている。 N_2O は湛水条件下ではほとんど発生しない。 しかし、最近のいくつかの研究により、水田からの N_2O 発生も無視できないことが明らかになってきた。 特に、 CH_4 の発生を抑制する効果のある栽培管理技術である「中干し・間断灌漑」は、一時的に湛水状態を解消するため、これに伴って N_2O の発生が促進される可能性が指摘されている。

本研究では、 CH_4 および N_2O を同時に自動連続測定することにより、わが国の水田で慣行となっている水管理および施肥管理が、これらの温室効果ガスの総発生量に及ぼす影響を評価した。

CH_4 および N_2O 自動モニタリング施設

試験は、農環研内の温室効果ガス発生制御施設において行った。 この施設は、自動開閉チャンバーを備えた圃場 (図1)、および CH_4 、 N_2O 測定用のガスクロマトグラフ (GC) を備えた分析棟とで構成される。 一定時間毎にチャンバーの蓋が閉じられ、チャンバー内部の空気をポンプで GC に導入することにより、 CH_4 、 N_2O の発生量が同時に自動連続測定される。

栽培期間における水田からの CH_4 および N_2O 発生

CH_4 発生は水稻生育前期の常時湛水期間に顕著に増加したが、その後、中干し・間断灌漑に伴って大幅に減少した (図2)。 これは、これまでの研究結果と同様であり、わが国の水田における慣行水管理 (中干し・間断灌漑) が水稻生育後期の CH_4 発生の削減に有効であることを確認した。

一方、水稻栽培期間における N_2O 発生は、代かき直後、間断灌漑中の追肥直後、および最終落水後 (水稻収穫直前) に一時的に観測されただけであった。 施肥後の水田土壤には N_2O の前駆体のひとつであるアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) が高い濃度で存在していたにもかかわらず、顕著な N_2O 発生はなかった。

水稻栽培期間の CH_4 および N_2O の総発生量は、それぞれ、 $3180 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2}$ および $26 \text{ mg N}_2\text{O-N m}^{-2}$ だった。 本研究で得られた水稻栽培期間の N_2O 発生量は、これまで報告された世界の水田での研究例の中でも最も少ないレベルである。 多量の

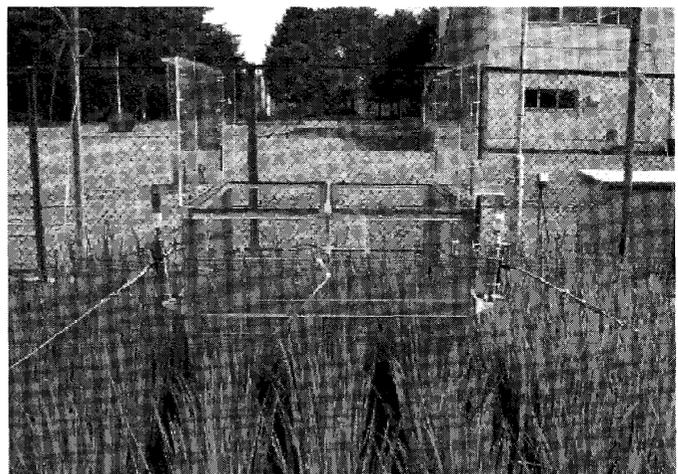


図1 CH_4 ・ N_2O フラックス自動連続測定システム

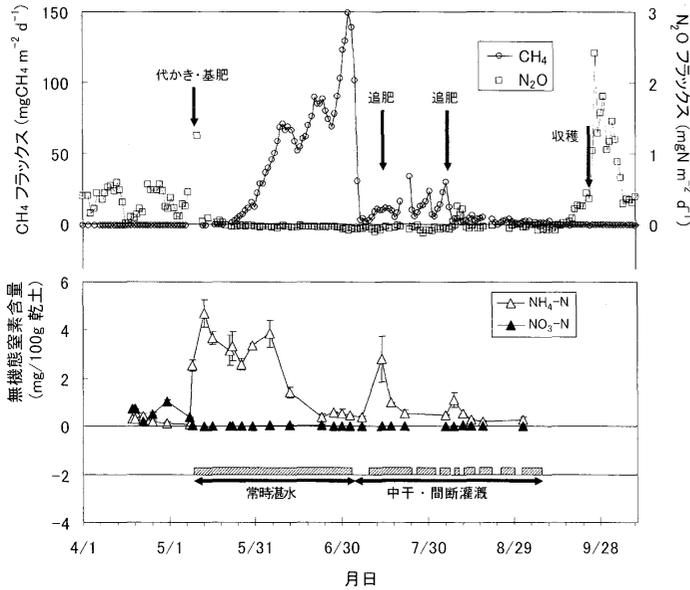


図2 水田からのメタン (CH_4)・亜酸化窒素 (N_2O) フラックス (発生量) の経日変化 (上段), および, 土壌中のアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)・硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の経日変化 (下段). 斜線部は湛水期間を示す.

(1992年)に基づくわが国の温室効果ガス排出・吸収目録の基礎データとして, その改訂に寄与するものである. 特に, 水田からの N_2O 発生量については, 詳細な調査データがきわめて限られていたため, この部分での数値の精緻化に貢献するものである.

また, 本研究の結果, 特別な費用・労力を要する措置を施さなくても, 適切な栽培管理 (水管理および施肥管理) を行うことによって, 水田からの温室効果ガス発生量を相当量削減できることが明らかになった. わが国およびアジア諸国においては, 広い面積の水田で水稻栽培が行われている. このような適切な栽培管理技術を適用・普及させることにより, わが国およびアジア諸国における温室効果ガス総発生量を削減できるものと期待される.

N_2O 発生が報告されている中国やフィリピンでの試験では, 比較的長期間 (7日以上) の中干しや, 本試験よりはるかに多量の窒素施肥が行われており, これらのことが高い N_2O 発生 of 要因になったものと推察される (表1).

これらの結果から, わが国で慣行となっている水田の中干しおよびそれに引き続く間断灌漑と 90 kg N ha^{-1} 程度の窒素施肥 (基肥および追肥) は, CH_4 発生量を大幅に減少させるだけでなく, 危惧されていた N_2O 発生の促進もほとんどなく, 温室効果ガス総発生量の削減技術として有効であることが実証された.

おわりに

本研究結果は, 「気候変動枠組み条約」

表1 水稻栽培期間 (移植~収穫) における水田からの亜酸化窒素 (N_2O) 発生に関する世界の研究報告

試験地 (国名)	土壌タイプ (FAO/Unesco)	窒素施肥量 (kg N ha^{-1})	N_2O 発生量 (g N ha^{-1})	排出係数 $\text{N}_2\text{O-N/}$ 施肥 N (%)	計測頻度	水管理	文献
封丘 (中国)	フェオゼム	365	1,720 - 4,460	0.47 - 1.22	ほぼ5日おき	最大7日間の 中干し4回	1)
南京 (中国)	ルビソル	300	480 - 840	0.16 - 0.28	ほぼ5日おき	最大10日間の 中干し4回	2)
ロスバニョス (フィリピン)	ルビソル	200	89 - 638	0.04 - 0.32	自動連続	15日程度の 中干し1回	3)
南京 (中国)	ルビソル	100	33 - 38	0.03 - 0.04	ほぼ5日おき	最大10日間の 中干し4回	2)
竜ヶ崎 (日本)	フルビソル	90	65*	0.07	ほぼ週1回	慣行水管理**	4)
農環研 (日本)	フルビソル	90	26	0.03	自動連続	慣行水管理**	本研究

* 発生はほとんどが最終落水後であり, 中干し期間の発生は検出限界以下であった.

** 水稻移植後40 - 50日の常時湛水後, 5 - 7日間の中干し. その後, 3湛2落程度の間断灌漑サイクル. 収穫の20 - 30日前に最終落水.

1) Cai *et al.* (1999) : Soil Sci. Plant Nutr., 45, 1

2) Cai *et al.* (1997) : Plant Soil, 196, 7

3) Bronson *et al.* (1997) : Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 981

4) Yagi *et al.* (1996) : Global Biogeochem. Cycles, 10, 255

発表論文

- 1) 西村誠一・須藤重人・秋山博子・澤本卓治・米村正一郎・八木一行（2003）：第50回日本生態学会講演要旨集,つくば.
- 2) Yagi, K., Nishimura, S., Sawamoto, T., Akiyama, H., and Sudo, S. (2003) : Nitrous oxide emissions from rice fields as affected by water and fertilizer management. ILEAPS : Integrated Land Ecosystem - Atmosphere Processes Study International Open Science Conference, Helsinki.

2004年1月