

水田からのメタンの排出と AWD による抑制 Mitigation of Methane Emissions from Paddy Fields through AWD

西脇 淳子*
NISHIWAKI Junko*

1. はじめに

水田は世界の作物栽培地の約 11% を占め、主要なメタン (CH_4) 排出源として地球温暖化に大きく影響している。このため、水田管理は気候変動緩和策として重要視されており、持続可能な農業を実現する技術開発が求められている。

水田からのメタン放出に関する研究は、1970～1990 年代の温室効果ガス (GHG) に対する国際的関心の高まりの中で進展し、嫌気性環境下であるためにメタン生成菌により大量の CH_4 を放出することが明らかとなった (Neue, 1993 ; Conrad, 2007)。1980 年代には米国でチャンバー法を用いた定量調査が導入され、1990 年代には日本やアジア諸国で応用されるようになった (Yagi & Minami, 1990)。さらに、衛星観測との統合により地球規模でのメタン収支への影響も評価されるようになった (Matthews et al., 1991 ; Wassmann et al., 2000)。

1990 年代には、IPCC が GHG インベントリの国際ガイドラインを整備し (IPCC, 1997)、農業分野の GHG 排出量報告が制度化された。さらに、UNFCCC (1992 年) や京都議定書 (1997 年) の発効により、農業部門における GHG 削減の必要性が世界的に認識され、排出削減技術の開発が加速した (Wassmann et al., 2000)。

2010 年以降は、気候変動対応型農業 (CSA) の概念が注目され、とくに水管理技術による CH_4 削減が重要視されてきた (FAO, 2013)。その中で、AWD (Alternate Wetting and Drying) は、水田の湛水・非湛水状態を交互に管理することで土壌の酸化還元状態を調整し、メタン生成を抑制する技術として高い効果が報告されている (IRRI, 2014)。AWD は簡易な構造で導入可能だが、現地の労力的・制度的課題や圃場特性の多様性が普及の障壁となっている (Lampayan et al., 2015)。

本発表では、こうした研究史を踏まえ、AWD の科学的背景とその普及に向けた展望について、最新の知見を交えて報告する。

2. AWD の概要と現在の課題

AWD (間断灌漑) は、水田におけるメタン (CH_4) 排出を 30～70% 削減可能な有効な水管理技術であり (IRRI, 2014 ; Sander et al., 2017)、稲の生育に影響しない範囲で一時的に水田を乾燥させることで、嫌気的なメタン生成を抑制する (Conrad, 2007 ; Wassmann et al., 2000)。この技術は節水やコスト削減の効果もあり、CSA の実践例として国際的にも注目されている (FAO, 2013)。

一方、普及には課題も多く、特に開発途上国では、水管理技術やモニタリング体制の不足、インフラの未整備 (Lampayan et al., 2015)、非湛水時の N_2O 排出増 (Linguist et al., 2012)、そして経済的メリットの不明瞭さが障壁となっている。図 1 は著者が行った AWD 試験での CH_4 、 N_2O 排出量の変化である。この試験では N_2O の過剰放出は認められなかった。

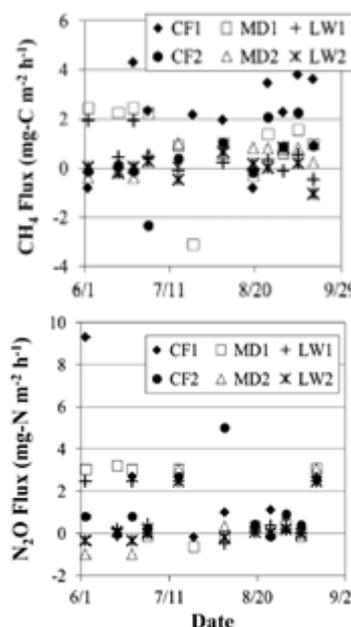


図 1 AWD での GHG 放出
(Nishiwaki et al., 2015)

**東京農工大学大学院農学研究院 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology 水田 メタン AWD

3. 今後の展望

AWD（間断灌漑）は、水田におけるメタン（CH₄）排出を削減できる有効な水管理技術であり、節水やコスト削減の利点も併せ持つことから、CSAの中核技術として国際的に高く評価されているが、その普及には多くの課題があり、とくに開発途上国では、導入の障壁が多い。これに対しては、IoTやセンサーを活用したスマート灌漑の導入（JIRCAS, 2021）、さらに現地農家への技術研修や普及員の育成といった支援策が有効である。また、AWDの非湛水期間にはN₂O（亜酸化窒素）排出が増加する可能性も指摘されており（Linguist et al., 2012）、CH₄とN₂Oの両面を考慮した温室効果ガス全体のバランス評価や、施肥・乾燥期間の最適管理が求められる。

普及促進のためには、AWDの環境・経済的効果の「見える化」、カーボンクレジット制度との連携、政策的インセンティブの設計も重要である（Richards & Sander, 2014）。AWDはJ-credit制度では明示されていないが、そのメタン放出削減の方法論が等しい中干期間の延長が盛り込まれている。また、フィリピンやタイなどでは二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism; JCM）を利用したAWDのプロジェクトが進行している。

筆者は、JSTのe-Asia共同研究「棚田域におけるメタン排出抑制と収量増加を実現するCSA」に参画し、土壌物理学分野からAWD条件下におけるメタン動態の解明や、収量を維持しつつ排出を抑える最適条件のモデル開発に取り組んでいる。本プロジェクトでは、科学的根拠に基づく技術開発に加え、地域社会のニーズや農家の実態を考慮した実証研究を進めており、環境適応型農業の総合的な実現を目指している。最初の研究対象はインドネシアの棚田地域であるが、このプロジェクトが成功すれば、他のアジア諸国への展開も期待できる。近年のメタアナリシス（Sander et al., 2017）やフィールド実証によりAWDの高い有効性が確認されており、リモートセンシングやLCAなどの技術進展もすさまじい。これまで得られなかったデータや統合的な評価技術が革新的に発達している昨今、AWDのより多様な現場への適用可能性が期待される。

謝辞：本研究は、JST SICORP、JPMJSC24E5の支援を受けて行っている。

引用文献：

- Conrad, R. (2007). Microbial ecology of methanogens and methanotrophs. *Advances in Agronomy*, 96, 1–63.
- FAO. (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- IPCC. (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IRRI. (2014). *Alternate Wetting and Drying: A water-saving technology for rice production*. International Rice Research Institute.
- JIRCAS (2021). [気候変動対応]気候変動に対応した開発途上地域の農業技術開発
- Lampayan, R. M., Rejesus, R. M., Singleton, G. R., & Bouman, B. A. M. (2015). Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice. *Field Crops Research*, 170, 95–108.
- Linguist, B. A., van Groenigen, K. J., Adviento-Borbe, M. A., Pittelkow, C., & van Kessel, C. (2012). An agronomic assessment of greenhouse gas emissions from major cereal crops. *Global Change Biology*, 18(1), 194–209.
- Matthews, E., Fung, I., & Lerner, J. (1991). Methane emission from rice cultivation: geographic and seasonal distribution of cultivated areas and emissions. *Global Biogeochemical Cycles*, 5(1), 3–24.
- Neue, H. U. (1993). Methane emission from rice fields. *Bioscience*, 43(7), 466–474.
- Nishiwaki, J., Noborio, K., & Mizoguchi, M. (1995). Greenhouse Gas Emissions from Paddy Fields with Different Organic Matter Application Rates and Water Management Practices. *J. Sustain. Agric.* 10: 1-6
- Richards, M., & Sander, B. O. (2014). Alternate wetting and drying in irrigated rice: Implementation guidance for policymakers and investors. CCAFS Info Note. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS).
- Sander, B. O., Wassmann, R., & Siopongco, J. D. L. C. (2017). Mitigating greenhouse gas emissions from rice production through water-saving techniques: Potential and current uptake in Asia. *Field Crops Research*, 202, 34-43.
- Wassmann, R., Hosen, Y., & Sumfleth, K. (2000). Reducing methane emissions from irrigated rice. *Biology and Fertility of Soils*, 31(5), 413–419.
- Yagi, K., & Minami, K. (1990). Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil Science and Plant Nutrition*, 36(4), 599–610.