

# 水田水管理を例とした温暖化緩和策の社会実装に向けた方法論開発

南川和則（農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター）

minakazu@affrc.go.jp

## はじめに

水田は、米を主食とするアジア地域での人口増加や、温暖化に伴う正のフィードバックのため、今後も温室効果ガスであるメタンの主要な人為的排出源であると予測される。我が国は、1980年代から開始された緩和策研究において先導的な役割を果たし、水管理や有機物管理といった普遍的な削減効果を期待できる技術<sup>1)</sup>を確立してきた。しかし、温暖化緩和の観点からの啓発的な技術普及には限界がある。

このような現状に対し、緩和策の実施を、本来の目的以外にも様々なインセンティブを創出する活動として捉え直すことが社会実装（生産者への普及や行政施策への反映）への糸口の一つとなると、受賞者は提案してきた。そして、社会実装を進めるためには、その取組方法の整理、具体的な道筋の提示、科学的基盤の構築が必要であると考え、水田水管理を対象として一連の方法論開発に取り組んだ。

## 社会実装のための取組方法の類型化

インセンティブの種類に応じて、取組方法を3つに類型化した<sup>2)</sup>。すなわち、水稻生産性への共通便益や気候変動適応策との相乗効果を通じた「自発的取組」、補助金やエコラベル等による付加価値付けを介した「半制度的取組」、そして排出権取引や炭素市場等の行政施策を介した「制度的取組」である。特に制度的取組については、2015年に合意されたパリ協定（第6条2項）において市場メカニズムの活用が明記されており、排出削減の絶対量が重視される。これは、MRV（Measurement 測定・Reporting 報告・Verification 検証）と呼ぶ一連のプロセスを通じて、正確性や信頼性が確保される。

	自発的取組	半制度的取組	制度的取組
説明	成育向上策や適応策の実施が、同時に緩和策としても有効（コベネフィット）	国内での補助金制度や認証システム	国際・国内の排出権取引やカーボンプライシング
利点	<ul style="list-style-type: none"><li>追加的コストが不要</li><li>改善生産物からの間接的な経済的利益</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>経済的利益</li><li>比較的容易な報告作業</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>経済的利益</li><li>GHGインベントリ報告書への記載</li></ul>
欠点	<ul style="list-style-type: none"><li>限られた削減可能量</li><li>限られた技術オプション</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>補助金総額の上限</li><li>認証排出権の購入者の不在</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>複雑な報告・検証作業</li><li>低い炭素価格</li></ul>
事例	<ul style="list-style-type: none"><li>土壌炭素貯留（地力維持・増進）</li><li>早生品種の導入</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>環境保全型農業直接支払交付金</li><li>エコラベリング</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>CDM</li><li>二国間クレジット制度（JCM）</li><li>炭素税</li></ul>

## 科学的基盤の構築とガイドライン開発

制度的取組を実施するための科学的知見を集積するために、水管理によるメタン削減効果の頑強性（気象等の環境条件の違いを越えて技術が持つ有効性）を、数理モデル DNDC-Rice を用いた長期推定によって国内およびタイ中部を対象として検証するとともに<sup>5,8)</sup>、国内の水田温室効果ガス排出の測定データを集めたメタ解析によって実証した<sup>1)</sup>。

そして、研究者が経験的に確立してきた温室効果ガス排出量の測定法を国際的に標準化するために、我が国を中心とする測定研究のノウハウを統合的に解析し<sup>9)</sup>、チャンバー法によるメタンおよび一酸化二窒素排出の測定ガイドラインを開発した<sup>7)</sup>。これは、政府間合意に基づく国際研究ネットワーク（農業分野の温室効果ガスに関するグローバル・リサーチ・アライアンス、GRA）のウェブサイト等を通じて無償で公開され、広く利用されている。

### ガス測定ガイドラインの開発：チャンバー法による測定法の標準化を達成

科学的知見の集積

メタン排出の日変化

龍ヶ崎  
つくば

日平均

時刻

GRA水田グループへの参加国やパートナー機関からの情報収集

掲載内容

推奨される方法（要約）

現状の問題点（要約）

1. はじめに
2. 実験設計
3. チャンバーの設計
4. ガスの採取
5. ガス濃度の分析
6. データの解析
7. 補足的な測定項目

2015年8月からオンライン公開・全76ページ

観測の準備段階から終了後のデータ解析までを網羅的にカバー

NIAES MIRSA

GRAや国際稲研究所IRRIとの国際連携、水田MRVを実施するための活用を期待

さらに、アジアにおける水管理の実施の現状<sup>3,4)</sup>を加味しつつ、水田水管理によるメタン排出削減の制度的普及の基盤形成を目的として、MRV 実施入門書を作成した<sup>2)</sup>（ウェブ公開準備中）。この中では、農業に関する MRV の関係者を対象として基礎的な情報や問題点を紹介するとともに、厳密な MRV 方法論の開発にも対応できる科学的・定量的な記述を行っている。

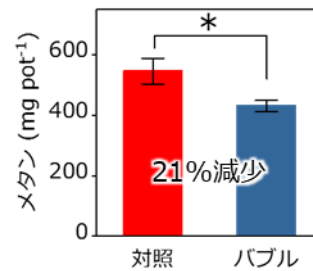
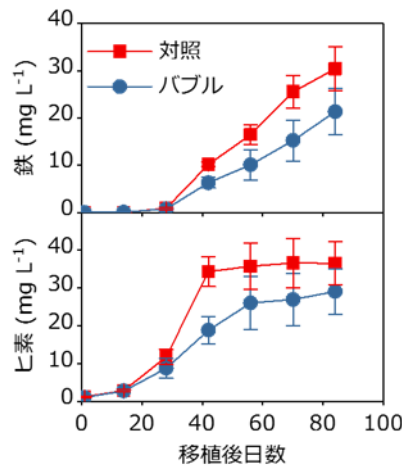
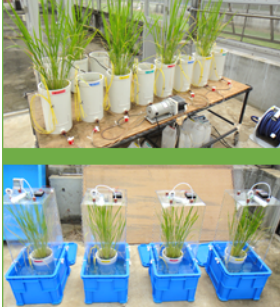
## 自発的取組へのイノベーション！？：ナノバブル水の灌漑

落水を伴う既存の水管理は、イネの水需要時期や湛水保温（低温対応、フェーン対応）、大規模粗放化、アジアの深水や雨期等、実施が困難な環境や状況がある。そこで、受賞者は水田土壌の酸化還元調整に関する基礎研究の経験を生かし<sup>10,11,12)</sup>、既存の水管理の実施が困難な環境や状況でも適用でき、還元土壌環境の改善に伴う水稲生産性の向上によって自発的取組を見込めるシーズとして、水中での長期残存性能をもつナノバブル（ウルトラファインバブル、極微小気泡）を用いた排水を伴わない水管理を考案した。そして、純酸素を材料ガスとしたナノバブル水を常時湛水田に灌漑することで、土壌への酸素供給を促進でき、結果としてメタンの排出量を有意に削減できることをポットスケールで実証した<sup>6)</sup>。ナノ（ウルトラファイン）バブルは、産学官連携協議会「知の集積と活用の場」においても農林水産・食品産業における研究開発プラットフォームが設立されており、今後、様々な研究分野との協働が期待できる。

## ナノバブル水の灌漑：湛水したままでのメタンの排出削減に成功

市販装置による酸素  
ナノバブル水の作成

ポット観測実験



酸素バブル水の灌漑によって、鉄溶脱が減少したため、土壌の還元化が抑えられたと推測  
→ メタン排出ならびにヒ素溶脱の減少をもたらした

近年多分野で注目されている技術、自発的普及の選択肢としての期待

### おわりに

水田水管理を事例とした農業分野における温暖化緩和策の社会実装に向けた方法論開発は、研究側からの出口を見据えた技術開発、生産者側からの適切な技術選択、行政側からの気候変動対応の施策立案、そして実質的な温室効果ガス排出削減を可能にする。

### 謝辞

本受賞にあたり、一般社団法人日本土壌肥料学会よりご推薦いただきました。犬伏和之学会長、波多野隆介副会長をはじめ、関係者の皆様にご心より感謝申し上げます。本受賞に関わる研究は、農研機構・農業環境変動研究センター（旧農業環境技術研究所）において実施しました。研究を遂行するにあたり、八木一行博士から公私にわたり多大なご支援を頂きました。共同研究者ならびに同僚の皆様にも感謝申し上げます。

### 引用文献

1. Kajiura, M., K. Minamikawa, T. Tokida, Y. Shirato, R. Wagai (2018) Methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Japan: an assessment of factor using an intensive regional data set. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 252, 51-60.
2. Minamikawa, K., T. Yamaguchi, T. Tokida, S. Sudo, K. Yagi (2017) *Introduction to the implementation of measurement, reporting, and verification for a greenhouse gas mitigation project with water management in irrigated rice paddies (version zero)*. Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO, Tsukuba, Japan, 41p.
3. Yamaguchi, T., L.M. Tuan, K. Minamikawa, S. Yokoyama (2017) Compatibility of alternate wetting and drying irrigation with local agriculture in An Giang province, Mekong Delta, Vietnam. *Tropical Agriculture and Development*, 61(3), 117-127.
4. Yamaguchi, T., L.M. Tuan, K. Minamikawa, S. Yokoyama (2016) Alternate wetting and drying (AWD) Irrigation technology uptake in rice paddies of the Mekong Delta, Vietnam: relationship

- between local conditions and the practiced technology. *アジア・アフリカ地域研究*, 15, 234-256.
5. Minamikawa, K., T. Fumoto, T. Iizumi, N. Cha-un, U. Pimple, M. Nishimori, Y. Ishigooka, T. Kuwagata (2016) Prediction of future methane emission from irrigated rice paddies in central Thailand under different water management practices. *Science of the Total Environment*, 566-567, 641-651.
  6. Minamikawa, K., M. Takahashi, T. Makino, K. Tago, M. Hayatsu (2015) Irrigation with oxygen-nanobubble water can reduce methane emission and arsenic dissolution in a flooded rice paddy. *Environmental Research Letters*, 10, 084012.
  7. Minamikawa, K., T. Tokida, S. Sudo, A. Padre, K. Yagi (2015) *Guidelines for measuring CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from rice paddies by a manually operated closed chamber method*. National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Japan, 76p.
  8. Minamikawa, K., T. Fumoto, M. Itoh, M. Hayano, S. Sudo, K. Yagi (2014) Potential of prolonged midseason drainage for reducing methane emission from rice paddies in Japan: a long-term simulation using the DNDC-Rice model. *Biology and Fertility of Soils*, 50, 879-889.
  9. Minamikawa, K., K. Yagi, T. Tokida, B.O. Sander, R. Wassmann (2012) Appropriate frequency and time of day to measure methane emissions from an irrigated rice paddy in Japan using the manual closed chamber method. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, 2, 118-128.
  10. Minamikawa, K., N. Sakai (2007) Soil carbon budget in a single-cropping paddy field with rice straw application and water management based on soil redox potential. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53, 657-667.
  11. Minamikawa, K., N. Sakai (2006) The practical use of water management based on soil redox potential for decreasing methane emission from a paddy field in Japan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116, 181-188.
  12. Minamikawa, K., N. Sakai (2005) The effect of water management based on soil redox potential on methane emission from two kinds of paddy soils in Japan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107, 397-407.