

10. 環境（A）環境保全

■ 2026年8月26日(水) 9:00～17:20 | 会場 部門10 (メインアリーナ)

[P-10] 環境保全（ポスター発表）

【関連する口頭発表のセッション】

環境保全①バイオマスの利用と評価：[8-26(P)], [8-27(P)], [8-28(P)]

環境保全②農業農村における動植物の利用と管理：[8-34(P)], [8-35(P)]

環境保全③環境把握における技術開発と活用：[8-40(P)], [8-41(P)]

9:00～17:20

[8-26(P)] 水田からのメタン放出に水深と攪乱が及ぼす影響

*山仲 悠真¹、伊藤 健吾¹ (1. 岐阜大学大学院自然科学技術研究科)

9:00～17:20

[8-27(P)] 集乳パターンに基づく酪農地域の搾乳関連電力需要の推定

*中村 真人¹、日高 平²、松田 周¹、折立 文子¹、藤田 睦¹ (1. 農研機構、2. 京都大学)

9:00～17:20

[8-28(P)] 堆肥の地域内資源循環のLCA分析

*橋詰 朋弥¹、小笠原 渉²、鈴木 義之²、長野 宇規¹ (1. 神戸大学大学院農学研究科、2. 長岡技術科学大学大学院工学研究科)

9:00～17:20

[8-34(P)] 農業農村地域における農業外事業者による水環境保全活動の実態

*谷口 智之¹、齋藤 大喜²、岩田 幸良¹ (1. 九州大学大学院農学研究院、2. 九州大学農学部)

9:00～17:20

[8-35(P)] 大規模畑作地帯における土地生産性に対する緑肥導入の効果について

*鈴木 天音¹、柏木 淳一²、井上 京²、辰野 宇大²、濱本 昌一郎² (1. 北海道大学大学院国際食資源学院、2. 北海道大学大学院農学研究院)

9:00～17:20

[8-40(P)] 水稲用一発型肥料を連用した小規模試験田における被膜プラスチック流出量の経年変化

菊地 涼介¹、*廣住 豊一¹、大八木 麻希¹ (1. 四日市大学環境情報学部)

9:00～17:20

[8-41(P)] 農業集落排水処理水を灌漑利用した水田におけるPFAS蓄積の実態と特徴

*大野 萌稀¹、橋寺 泰河²、久米 崇¹、治多 伸介¹ (1. 愛媛大学大学院農学研究科、2. 中央開発株式会社)

水田からのメタン放出に水深と攪乱が及ぼす影響

The effects of water depth and disturbance on methane emissions from rice paddies

○山仲悠真*, 伊藤健吾*

○YAMANAKA Yuma* and ITO Kengo*

1. はじめに

温室効果ガスの一つであるメタンは、還元化した水田土壌中で嫌気性のメタン生成菌によって生成され、大気中に放出されることが広く知られている。そのため、土壌中の酸素供給量を高めるために中干し期間を延長し、土壌還元化の改善を推奨している。しかし、水田の非湛水期間が長くなると、収量の低下だけでなく、水生生物へ悪影響を及ぼすため、生態系保全とメタン抑制を両立した手法の開発が望まれる。一方、水田と類似した還元環境を有する湖沼においては、魚類を導入することで食物連鎖を介した生態系の維持を図りつつ、メタン酸化細菌の働きによりメタン排出を抑制できることが報告されている。そこで、この手法の水田への適用可能性について検討が行ったが、同様の効果は確認されなかった。この要因として、水田と湖沼における好気性のメタン酸化細菌の生息環境の違いが挙げられる。湖沼では比較的水深が深く、水中にもメタン酸化細菌が存在するため、発生したメタンが水中を通過する過程で酸化されやすい。一方、水田は水深が浅いことに加え、メタン酸化細菌は土壌表面に多く生息していることから水中におけるメタン酸化細菌の存在量が限定的であり、土壌中で生成されたメタンが大気へ放出される過程で十分に酸化されない可能性がある。

以上を踏まえ、本研究では、水田においてメタンとメタン酸化細菌の接触機会を増加させ、効率的なメタン酸化を促進する手法の検討を目的とする。

2. 方法

2025 年に岐阜大学の実験室内において、2つの実験を行った。

実験1では、2つの異なる水深によるメタン発生量の違いを計測した。実験2では実験1同様、異なる水深の水槽を定期的に攪乱し、その影響によるメタンの発生量を計測した。

2.1. 実験1

縦30cm、横20cm、高さ60cmのプラスチック容器に10cm厚で水田土壌を敷き詰め、水深30cmに満たした実験水槽を3つ、水深5cmに満たした実験水槽を3つ設定した。各水槽の水温を30℃で常に統一するためにアウターバス内に設置した後、3か月間静置した。その後、11月30日から12月30日にかけて、週1回の頻度でメタン濃度を測定した。測定にはクロードチャンバー法を用い、チャンバーをかぶせて0分後、15分後、30分後、45分後、60分後の気体を収集し、ガスクロマトグラフィーによりメタン濃度を分析した。また、気体採取後、それぞれの水深の真ん中で溶存酸素量、PH、水温、電気伝導度、透視度を計測し、土壌中の酸化還元電位も計測した。

2.2. 実験2

実験1が終了後、週に1回、土壌表面から1cmの深さの土壌を30秒間に7.5往復の強度で攪乱し、攪乱3日後に気体を採集した。期間は1月4日から2月11日とした。各種分析、測定方法は実験1と同様の手法を用いて行った。

3. 結果と考察

3.1. 実験1

水深30cm区および5cm区におけるメタン発生量をFig.1に示した。

*岐阜大学大学院自然科学技術研究科 Graduate School of Natural Science and Technology, Gifu University

キーワード：温室効果ガス、メタン酸化細菌、水深、攪乱

水深 5 cm 区と比較して、水深 30cm 区の方がメタン発生量は低い傾向を示した。水深 5 cm 区と比較して、水深 30cm 区の方がメタン発生量は低い傾向を示した。この結果より、水深の違いがメタン発生量に影響を及ぼすことが示唆された。また、水深 5 cm 区では発生量の変動が比較的大きく、特定の測定時において高い値を示す傾向が見られたのに対し、水深 30 cm 区では発生量が低い水準で推移し、比較的安定した傾向が認められた。実験期間中の酸化還元電位は、水深 30 cm 区で-17~-75 の間で変動し、水深 5 cm 区で-8~-70 の間で変動しており、ともに還元状態を示し実験区間で差はなかった。

3.2.実験 2

水深 30 cm および 5 cm における攪乱前後のメタン発生量を Fig.2, Fig.3 に示した。1 月 21 日から 2 月 4 日の間の測定については、実施できなかったため、翌週から実験を再開しデータを得た。攪乱前後のメタン発生量を比較したところ、水深 30 cm 区および 5 cm 区の攪乱後の値が攪乱前の値を上回る傾向が認められ、攪乱がメタン放出を促進する要因として作用している可能性が示唆された。

また、水深間で比較すると、実験 1 の結果と同様メタン発生量は一貫して水深 30cm 区の方が水深 5 cm 区よりも低い値を示した。このことから、水深が深い条件ではメタンの大気中への放出量が抑制されやすい環境であることが示された。

以上の結果より、水深はメタン発生量の水準に強く影響を及ぼし、攪乱は水深に関わらずメタン放出を増加させることが示された。

3.3.今後の展望

本実験の仮説である、メタン酸化細菌とメタンを接触させる機会を増やすことでメタン発生を抑制する手法として、水深を深くすることと攪乱による手法を検討したが、本実験で認められた効果は、水深を深くすることによることでメタンの抑制が確認された。しかし、それらの影響がメタン酸化細菌によるものか、まだ明確になっていない。そのため、今後は、水中におけるメタン酸化細菌数を調べることで、それらがメタン抑制や促進に関与していたかを詳細に調べていくことが必要だ。

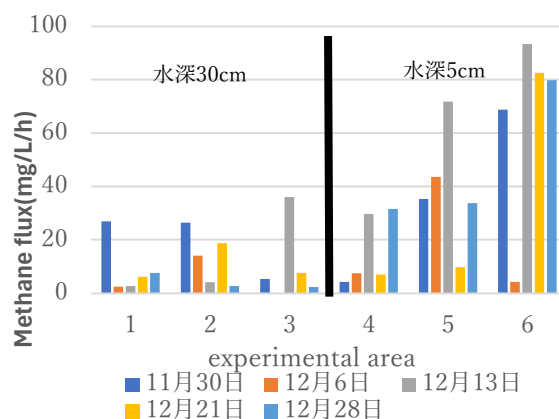


Fig.1 水深の違いによるメタンの発生量

Methane production amount varies depending on water depth

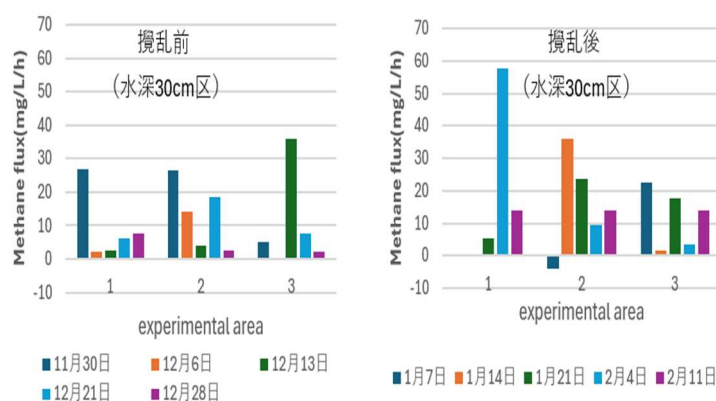


Fig.2 攪乱前後のメタン発生量（水深 30cm 区）

Methane production amount varies depending on water depth

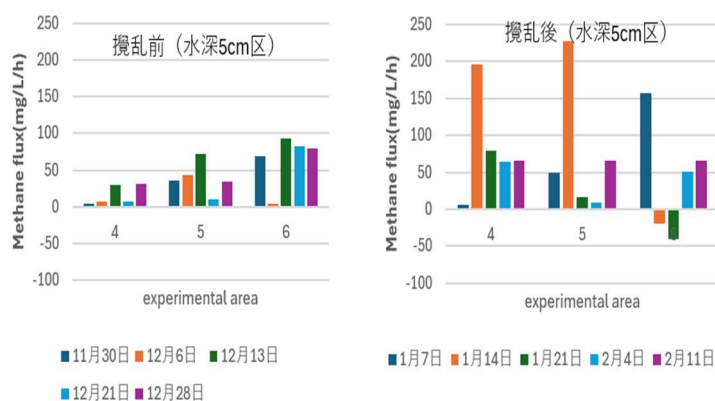


Fig.3 攪乱前後のメタン発生量（水深 5cm 区）

Methane production amount varies depending on water depth

集乳パターンに基づく酪農地域の搾乳関連電力需要の推定

Estimating Milking-Related Electricity Demand in a Dairy Farming Region Based on Milk Collection Patterns

○中村 真人* 日高 平** 松田 周* 折立 文子* 藤田 睦*
NAKAMURA Masato HIDAKA Taira MATSUDA Shuh ORITATE Fumiko FUJITA Mutsumi

1. はじめに

地域における電力の地産地消を達成するためには、地域内の電力需要を把握することが重要である。酪農は農業関連施設の中でも電力消費量が多く、酪農が盛んな地域では、地域の電力需要に占める酪農由来の割合が高い。また、酪農関連の電力需要のうち搾乳関連機器は電力消費量が多く、1日に2回のピークがあるという特徴的な電力需要パターンを示す。しかし、個々の農家で搾乳時刻が異なるため、地域全体の搾乳関連の電力需要パターンは把握できていない。そこで、搾乳作業と関連する生乳の集乳作業に着目し、集乳の実態から酪農地域における搾乳関連の電力需要の把握を試みた。

2. 方法

集乳は、牛乳や乳製品の原材料である生乳を集荷するプロセスである(図1)。集乳ローリー車が酪農家を巡回して生乳を集荷し、クーラーステーションに搬入した後、乳業工場へ送乳される。本研究では、本州の酪農地帯Aにおいて集乳を行っている代表的な業者2社に対してヒアリング調査を実施し、集乳作業の時間的分布を把握した。

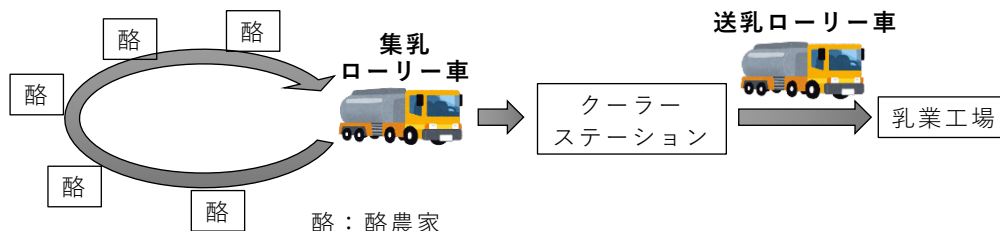


図1 集乳プロセス

Fig.1 Milk Collection Process

3. 結果及び考察

酪農地帯Aにおいては、積載量5.5t、同7.5t、同8t、同10tの集乳ローリー、それぞれ1、3、4、3台の11台体制で集乳作業が実施されていた。1日あたりの集乳箇所は239、集乳量は503t(乳牛約21,000頭分)であった。なお、集乳回数は1日あたり1回の酪農家が多いが、複数回集乳している場合もあるため、農家数とは一致しない。

時間帯別の集乳量を図2に示す。集乳作業は1時から17時までの間に行われ、特に、未明から昼頃にかけて集乳量が多かった。14時以降の集乳量が少ないのは、クーラーステーションの納入時間が15時までと決まっているためである。酪農家へのヒアリングによると、1日2回搾乳するケースが多く、集乳時刻に合わせて搾乳作業(その

* 農研機構(National Agriculture and Food Research Organization)

** 京都大学(Kyoto University)

日 1 回目の搾乳）が行われているとのことであった。そのため、1 回目の搾乳に伴う搾乳用真空ポンプおよび生乳を冷却するバルククーラー等の搾乳関連機器は、集乳時刻直前の 2 時間程度に稼働し、それらによる電力需要が生じていると推察された。つまり、酪農地帯 A では未明から昼前にかけて、特に 7～8 時台に 1 回目の搾乳に伴う電力負荷が大きい現状が示された。個々の酪農家単位では搾乳関連の電力需要が、関連機器が稼働する 2 時間程度に集中する一方、地域全体でみるとそれが平準化されていることが示唆された。

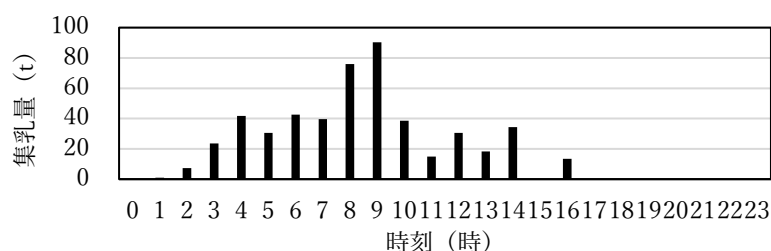
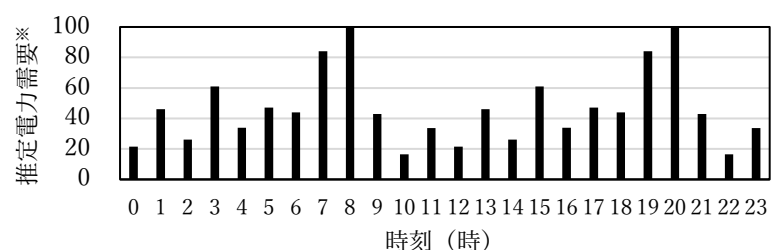


図 2 時間別の集乳量

Fig.2 Hourly milk collection weight



※ピークを 100 とした場合の相対値

図 3 酪農地帯における搾乳由来の推定電力需要

Fig.3 Estimated electricity demand attributable to milking in a dairy farming region

また、2 回目の搾乳作業が 1 回目の 12 時間後に行われ、さらに集乳時刻と搾乳に伴う電力需要のピークが 1 時間ずれると仮定し、1 日における搾乳由来の想定電力需要（ピークを 100 とした場合の相対値）を推定した（図 3）。2 回目の搾乳に伴う電力需要のピークは 19～20 時台となり、全体として朝夕になだらかなピークを持つ電力需要パターンとなった。

地域に賦存する再生可能エネルギーの地産地消の観点からは、再生可能エネルギー由来電力の発電パターンに適合した電力需要パターンであることが望ましい。今回の調査で推定された酪農地域における搾乳由来の電力需要は、太陽光発電の発電パターンとは一致しない。そのため、太陽光発電由来電力の地産地消率を高めるには、搾乳の自動化技術等を活用しつつ搾乳時刻を調整することも、一つの選択肢と考えられる。

4. おわりに

集乳業者によると、各酪農家の集乳時刻は基本的に各酪農家の事情により決定され、集乳業者はそれに合わせて集乳作業を行っている。このため、集乳ルートや配車（時間・車両）について最適化の余地がある。この点は農林水産省の部会においても指摘され、効率的な集送乳路線の構築について議論が行われてきた¹⁾。近年、再生可能エネルギーの導入拡大が強く求められている現状を踏まえると、集乳作業の効率化と地域におけるエネルギーマネジメントの最適化を統合したシステム設計が望まれる。

謝辞：本研究は、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」JPJ012207（研究推進法人：JST）の成果である。

参考文献

1) 農林水産省食品・農業・農村政策審議会 畜産部会（2004）：「集送乳路線の現状と今後の望ましい姿について」

堆肥の地域内資源循環の LCA 分析

Life Cycle Assessment (LCA) of regional compost-based resource circulation

○橋詰 朋弥¹⁾小笠原 渉²⁾鈴木 義之²⁾長野 宇規¹⁾

Hashizume Tomoya

Wataru Ogasawara

Yoshiyuki Suzuki

Takanori Nagano

1. はじめに 日本の農業は化学肥料原料を海外に依存し、製造・輸送に伴い域外での温室効果ガス（GHG）排出を生じている。一方、家畜ふん尿などの未利用資源を活用した地域内資源循環により、域外依存と域外排出の低減が期待されるが、総 GHG 排出量への影響は十分に定量化されていない。本研究は、堆肥生産から水稻圃場への施用までを対象としたライフサイクルアセスメント（LCA）により、堆肥利用体系と慣行体系を比較し、GHG 排出量および排出構造、削減効果を定量的に評価することを目的とする。研究対象地域としては、稲作と畜産がともに盛んであり、地域内で発生する家畜ふん尿の堆肥利用を推進している新潟県新発田市とした。

2. 研究方法

Table 1 農家 G における肥料施用量

(1) 分析対象・比較シナリオ

Fertilizer application rates of Farmer G

の設定 化学肥料および堆

肥の生産から水稻圃場への

施用までを対象とした LCA

により GHG 排出量を推計し、

水田 10 a 当たりの水稻作を

前提に、堆肥利用体系と化

学肥料のみを施用する慣行

体系の 2 つを比較した。両

体系は水管理条件および栽

培期間を同一とし、肥料の

施用量および有機物投入量

のみが異なる栽培条件とし

た。なお、Table 1 には聞

き取り調査を実施した 4 軒（G～I）のうち農家 G の施肥条件を例示した。分析は農家ごとに実施した。一方、農業機械の製造や施肥や有機物投入以外の農作業に伴う GHG 排出などは、堆肥利用の有無により大きく変動しないと仮定し、分析対象外とした。また、生物由来の CO₂ はカーボンニュートラルが成立するとして推計対象外とした。

(2) 使用データ LCA 分析に必要なデータを収集するために実施した聞き取り調査の調査項目を Table 2 に示す。また、農業機械の燃料消費量や化学肥料の製造段階、輸送段階など現地で収集できないデータは、既存の環境データベースおよび既往研究を採用した。各工程において CO₂、CH₄、N₂O の排出原単位を適用して排出量を算定した。

	窒素投入量	P ₂ O ₅ 投入量	K ₂ O投入量	堆肥施肥量
慣行	7.0 kg/10a	8.0 kg/10a	7.0 kg/10a	無し
堆肥利用	3.5 kg/10a	2.4 kg/10a	5.4 kg/10a	1.0 t/10a

Table 2 聞き取り調査の調査項目

Contents of interview survey

工程区分	調査項目	主な内容	データ取得方法
堆肥生産段階	家畜ふん尿搬入条件	1回搬入量(t), 搬入車両	センター利用農家ヒアリング
	生ごみ搬入条件	1回搬入量(t), 搬入車両	センター記録データ, 職員ヒアリング
	家畜ふん尿・生ごみ搬入量	年搬入量(t)	センター記録データ
	電力消費量	月別・年別電力消費量(kWh)	センター記録データ
	軽油消費量	3センター合計月別・年別消費量(ℓ)	センター記録データ
	堆肥生産量	年生産量(t)	センター記録データ
水田段階	施肥量	化学肥料および堆肥の施用量(kg/10a)	堆肥利用農家ヒアリング
	農業機械	施肥作業で使用機械	堆肥利用農家ヒアリング
	農作業内容	施肥、耕起、すきこみ等の作業工程	堆肥利用農家ヒアリング

¹⁾ 神戸大学大学院農学研究科 / Graduate School of Agricultural Science, Kobe University²⁾ 長岡技術科学大学大学院工学研究科 / Graduate School of Engineering, Nagaoka University of Technology

キーワード：社会計画、農村振興、環境影響評価

(3)温室効果ガス（GHG）

排出量の評価方法 算定した各温室効果ガス（CO₂，CH₄，N₂O）は、IPCC AR6に基づく100年地球温暖化係数を用いてCO₂等量に換算し、総排出量として評価した。

3. 結果と考察

(1)総 GHG 排出量 聞き取り調査を実施した4軒（G～I）の農家を対象として、堆肥利用水稻栽培体系および慣行水稻栽培体系の総 GHG 排出量を推計した。Fig.1 より、堆肥利用体系の10 a当たりのGHG排出量は慣行体系を上回った。インベントリデータによる推計では、両栽培体系において有機物のすきこみによるCH₄排出が総 GHG 排出量の大部分を占める結果となった。

今回の結果は、地域特性や詳細な水管理を反映しておらず、実際のCH₄排出量より過大に評価している可能性が高い。

(2)排出構造の分析 総 GHG 排出量の増加要因は、主に2点である。第1は、有機物投入量の増加に起因する水田からのCH₄排出の増加である。第2は、市内3か所の堆肥化施設（J～L）における堆肥生産工程由来の排出である。堆肥化施設Jの結果であるFig.2に示すとおり、発酵分解過程が最大の排出源であり、この傾向は全施設に共通して確認された。これらは、堆肥製造工程におけるメタン発酵処理の導入などの処理方法の高度化、中干し期間の延長といったCH₄排出抑制型農法の導入により、削減可能である。化学肥料施用量の削減により、肥料製造由来のGHG排出量は慣行比で約40～60%低減した。したがって、堆肥の地域内資源循環は地域外排出である化学肥料由来のGHG排出削減効果を有することが示された。

4. 結論 堆肥の地域内資源循環は、有機物投入の増加に伴う水田由来のメタン排出の増加と堆肥製造工程の排出により、総 GHG 排出量は増加する傾向を示した。また、堆肥の地域内資源循環のGHG排出削減には、堆肥製造工程における発酵分解に伴うGHG排出量の削減と水田からのCH₄排出抑制が不可欠であることがわかった。

参考文献 [1] 稲葉敦（編） 2023 基礎から学ぶLCA—LCAの実施と活用— 一般社団法人日本LCA推進機構

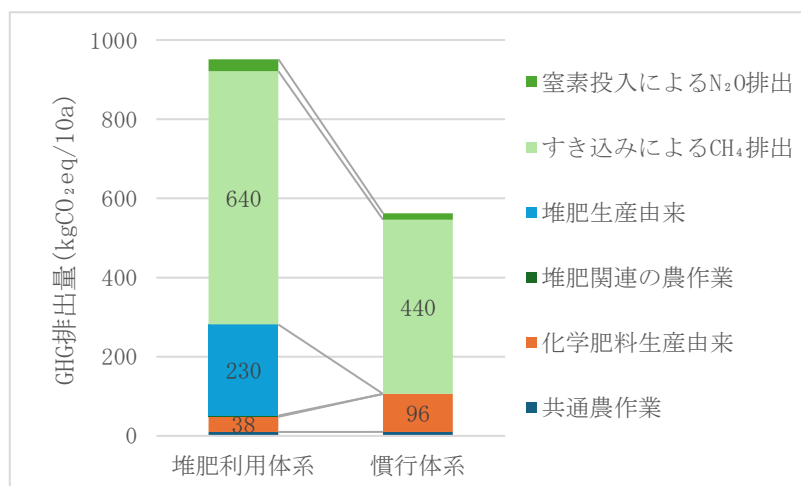


Fig.1 農家 G における総 GHG 排出量の比較
Comparison of total GHG emissions of Farmer G

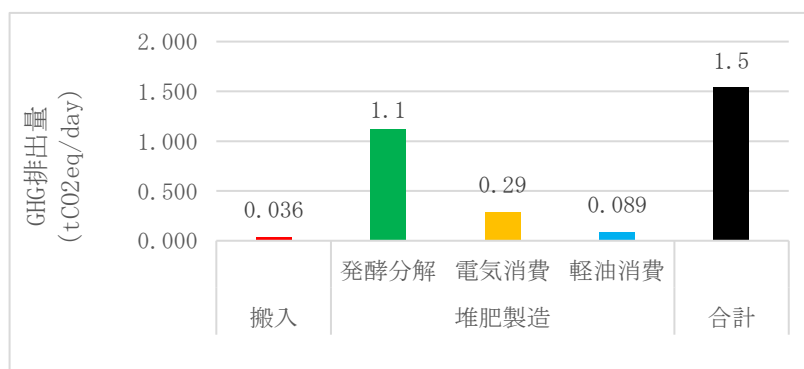


Fig.2 堆肥化施設 J における堆肥生産工程の GHG 排出量
GHG emissions from the compost production process at Facility J

農業農村地域における農業外事業者による水環境保全活動の実態

Activities of Water Environment Conservation by Non-agricultural Enterprises in Rural Areas

○谷口 智之*
TANIGUCHI Tomoyuki

齋藤 大喜**
SAITO Daiki

岩田 幸良*
IWATA Yuki Yoshi

1. はじめに

国内の水田地域の水環境は、営農者による日常の営農作業を通じて維持管理されてきた。しかし近年、低平地域での畑地化や中山間地域での耕作放棄地の拡大が進み、農業農村地域では水環境の変化や水辺の喪失が生じている。例えば、福岡県朝倉市の黄金川はスイゼンジノリ（ラン藻類）が自然条件下で生息する世界で唯一の河川であるが、近年の圃場整備や畑地化に伴う地下水位の低下により流量が減少し、スイゼンジノリは環境省レッドリスト絶滅危惧Ⅰ類に指定されている（今田ら、2018）。

一方、農業以外の事業者が農業農村地域の水環境保全に取り組む事例もある。本研究では、上記のスイゼンジノリの養殖業者である A 社と、熊本県の菊池川流域で伝統的な酒造りを通じて流域の自然環境保全に取り組む日本酒蔵 B 社の 2 事業者を対象に取り組みの実態を調査し、農業農村地域における保全活動の課題について検討した。

2. スイゼンジノリの保全活動

黄金川では地元有志の「黄金川を守る会」、朝倉市、福岡県が連携して保全協議会を設立し、保全活動に取り組んでいる。しかし、近年の気候変動による地下水位のさらなる低下により、ポンプでの揚水もできない期間が増加している。

黄金川を守る会は、保全活動の一環として毎年 5 月に黄金川周辺で竹灯籠ホタルまつりを開催している。竹灯籠ホタルまつり参加者（n=45、すべて地元住民）を対象に、スイゼンジノリの希少性の認知度をアンケート調査したところ、50 代以上がほぼ 100%、40 代以下が約 70%であった（表 1）。黄金川への来訪頻度も高齢層（約 70%）に対して若年層（約 40%）で低い傾向があり、スイゼンジノリの生産量減少に伴ってスイゼンジノリに触れる（食する）機会が減少している若年層の関心が低いことが示唆された。また、地元住民の多くは本イベントを地域の祭りと認識しており、保全活動の協力者の拡大に繋がっていない状況が明らかになった。

また、朝倉市に聞き取り調査したところ、ふるさと納税やイベントなどの商品としてスイゼンジノリを扱いたい意向はあるものの、生産量の不安定性がそれらの制限要因となっていた。また、2025 年 3 月に作成された地域計画に関して黄金川やスイゼンジノリの保全は考慮されておらず、営農の大規模化や効率化との両立に苦心している状況も判明した。保全対象そのものが商品の場合、生産量の安定が保全活動の継続・拡大に不可欠であり、減少が深刻化すると対策の選択肢が狭まることが明らかになった。

*九州大学大学院農学研究院（Faculty of Agriculture, Kyushu University）

**九州大学農学部（School of Agriculture, Kyushu University）

スイゼンジノリ、産土、地域計画、酒米

3. 「産土」による環境保全活動

B社は菊池川流域の酒米のみを使った酒造り（「産土（うぶすな）」）に取り組んでおり、田植え、収穫体験や「早乙女祭」、「早苗食祭」、「もぐら打ち」など農耕儀礼を通じて水田を維持し、流域の水環境保全を目指している。

各種イベント参加者へのアンケート（酒蔵祭 n=199, 田植え n=25 枚, 収穫祭 n=27）によると、産土の取り組みを全く知らない参加者の割合は大型イベント（酒蔵祭）が 29%, 体験型イベント（田植え）が 4%であった（図 1）。また、酒蔵祭参加者の 63%が限定酒の購入に関心を示す一方で、田植え参加者の 56%は産土の取り組み自体に関心が高く、大型イベントが認知の拡大、体験型イベントが保全活動の協力者の獲得に繋がっていることが示唆された。

また、2023 年時点で契約農家から酒米を 60 kg あたり 3 万円以上（当時の食用米価格の 2 倍以上）で買い取っており、2025 年度の酒米価格高騰時も契約農家が食用米へ転換しなかったため、経営への影響はほとんどなかった。今後も農耕儀礼を行なった水田で栽培された酒米をさらに高価格で買い取ることを検討するなど、B 社では強固な経営基盤を背景に、農家に対して経営安定と保全活動へのインセンティブを与えることで、営農と環境保全の両立を実現している。

4. まとめ

希少生物の保全活動では、保全対象の安定性が低下すると地域内外に認知を広げる対策が制限されるため、協力者の獲得がますます困難になる。保全対象が復元困難な状況になる前に、各地域でその土地が有する資源の文化的・歴史的な価値を整理・共有し、速やかに保全活動を開始できる体制づくりが求められる。また、農業農村地域での保全活動を継続的に行うためには、営農者の経済的インセンティブも重要である。

参考文献 今田舜介, 谷口智之, 凌祥之 (2018) スイゼンジノリの保全対策としての農地排水の導入の可能性, 農業農村工学会誌, 86(2), 7-10, 2018

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24H00928 の助成を受けて実施しました。

表 1 スイゼンジノリの希少性の認知度と黄金川への来訪頻度

Fig.1 Awareness of Suizenji-nori's rarity and the frequency of visits to the Kogane River

	40 代以下		50 代以上	
スイゼンジノリの希少性	知っている	66.7%	知っている	95.5%
	知らない	33.3%	知らない	4.5%
黄金川への来訪頻度	しばしば来る	40.7%	しばしば来る	72.7%
	滅多に来ない	59.3%	滅多に来ない	22.3%
			無回答	4.5%

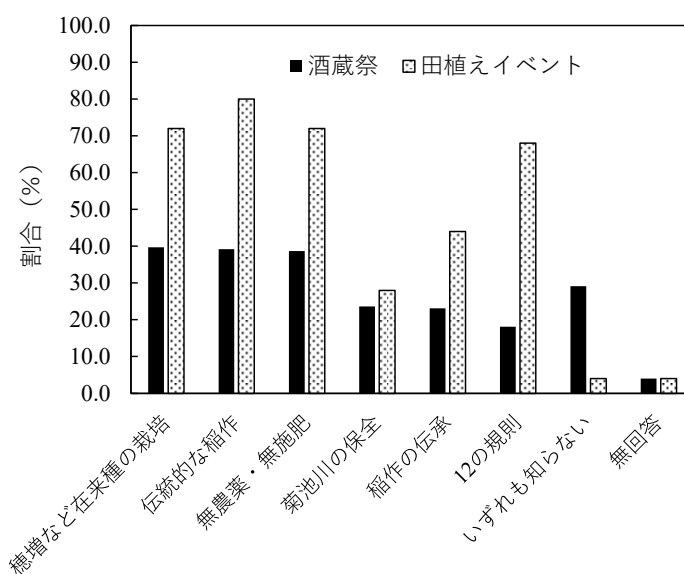


図 1 産土の取り組みの認知度

Fig.1 Awareness of Ubusuna's activities

大規模畑作地帯における土地生産性に対する緑肥導入の効果について

Effects of green manure introduction on land productivity in large-scale arable farming regions

○鈴木 天音*, 柏木 淳一**, 井上 京**, 辰野 宇大**, 濱本 昌一郎**

○SUZUKI Amame, KASHIWAGI Junichi, INOUE Takashi, TATSUNO Takahiro
and HAMAMOTO Shoichiro

1.はじめに

ボリビアのサンタクルス県オキナワ村では、大規模な畑作が実施されているが、近年、地力の低下が顕在化している。およそ70年前に開墾してから、十分な肥料を用いておらず、地力に依存した収奪型の耕作体系を行ってきたためである。本地域は畑作に加えて、放牧を主とした畜産も盛んであることから牛糞堆肥を用いた施肥試験を実施しているが、技術普及において課題が指摘されている。対象となる圃場規模が大きいため散布量を供給するための堆肥製造が十分ではないこと、更にはマニュアルスプレッダーが普及していないといった解決すべき問題が障害となっている。対象地区では、数十年にわたり不耕起栽培を実践しており、一部の圃場では緑肥を導入した環境再生農法が取り入れられている。そこで、土地生産性の維持と回復のために緑肥を導入した試験区を設定し、土壌の問題点の解明と緑肥の効果を高めるため、リモートセンシング等を活用しての検証実験を実施している。

2.方法

ボリビアのアマゾン川の源流部の標高300m以下の低平部に位置し主要な穀倉地帯を形成する、サンタクルス県、オキナワ村において、16ha（長辺1000m、短辺160m）の畑圃場を調査区に設定した（図1）。土壌は周辺を環流するリオグランデ川の氾濫堆積物を母材とする沖積土壌で、場所ごとに土性などが大きく異なっている。年平均気温は24.1℃で、年降水量は1200mm、サバナ気候に属し湿潤な夏季と乾燥した冬季により構成されている。一般に夏作としてダイズやトウモロコシ、冬作として小麦やソルガムを栽培する2期作が行われており、土壌水分が不足しやすい冬季間においても灌漑は行われていない。

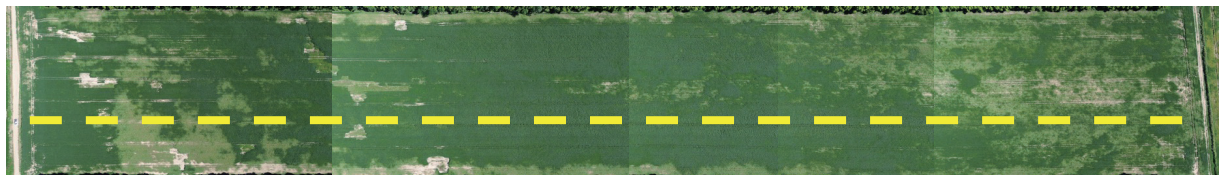
2025年冬作に試験圃場の南側の1/3の区画に緑肥を播種し、北側には作物であるソルガムを栽培した（図1）。緑肥はローラで押し倒して土壌表面を地上部残渣で被覆し、作物区はソルガム収穫後の残渣を放置した。2025年から2026年にかけての夏作では、残存する植生を除草剤により処理した後にダイズを播種した。緑肥は4種混合で、通常の播種機で播種したが、種子の形状等が異なることが原因となり均一播種が不能となり、生育状況が場所により異なった（北側；ミレットとブラキアリアが主体、南側；ダイコンとクロタリヤが主体）。

冬作期間にLAIの測定、地上部乾物重の測定、夏作期間にダイズ地上部乾物重の測

*北海道大学大学院国際食資源学院(Hokkaido University Graduate School of GFR),**北海道大学大学院農学研究科(Hokkaido University Research Faculty of Agriculture),キーワード: 再生農業, 天水畑作, 土地被覆

定と収量調査を実施した。その際、ドローンによる可視画像を撮影し、 Sentinel-2 による衛星画像を取得した。ダイズの生育状況を勘案して、土壌断面調査と土壌試料の採取を行い、夏作栽培期間における土壌の制限要因について検討した。

図 1 調査圃場の概要（播種 90 日後のダイズ（2026 年夏作）の生育状況）
Fig.1 Description of the study site and field conditions



波線の下側が緑肥区（2025 年冬作）
ドローンにより作成したトゥルー画像

3.結果と考察

現地における土壌および植生調査 緑肥区における LAI は、主体となる緑肥品種の違いを反映して大きく異なっていた。北側のイネ科の緑肥では地上部最大期において LAI が大きく一様であったのに対して、南側では LAI が小さくそのバラツキが大きい傾向を示した（表 1）。しかし押し倒し時期（7 月後半）では、LAI の標本平均値とその変動係数においては両区画間において差が見られなかった。地上部乾物重においては、北側の方が有意に大きいことが確認された。後作のダイズ収量に関しては、ソルガム区、緑肥区（イネ科）、緑肥区（マメ科）の順に、332, 274, 234 kg/10a と減少していた。圃場での観察やドローン画像から、前作の緑肥導入の効果よりも元々の土壌肥沃度を反映した結果であると判断した。

土壌断面調査から、東側では土性が埴壌土/壤質砂土（作土/下層土）であるのに対して、西側では壤土/砂土と大きく異なることが確認された。ダイズの生育調査時においても、生育が劣る箇所ほど葉がやや萎れており、砂質土壌となっていることを確認し、土壌の保水性が作物生育の制限要因となっていることが推察された。

表 1 圃場での緑肥の LAI 測定結果
Table.1 The result of green manure LAI

2025/7/2	北側	南側
Aberage	3.89	2.98
Min.	2.88	1.03
Max.	5.07	4.48
C.V.	0.16	0.39
2025/7/28	北側	南側
Aberage	2.43	2.49
Min.	1.72	1.24
Max.	3.24	3.81
C.V.	0.22	0.29

4.結論

緑肥の導入は土地生産性の維持に対して効果があることが数多く報告されている。しかし圃場の管理方法や条件によっては改良効果を期待することは出来ない。本調査地では、土壌の保水性が制限要因となっており、Zhang（2023）が指摘するように適正な緑肥の選定や栽培期間の設定が重要である。リモートセンシング活用の有益性を検証し、今後も適正な緑肥の導入とその効果を継続する予定である。

引用文献

Zhang, H. et al., (2023). Cover cropping impacts on soil water and carbon in dryland., PLOS ONE.

水稲用一発型肥料を連用した小規模試験田における被膜プラスチック流出量の経年変化 Annual Changes in Runoff of Coating-Plastic from Small-Scale Test Paddies Treated with One-Shot Fertilizers

菊地 涼介¹・○廣住 豊一¹・大八木 麻希¹
KIKUCHI Ryosuke¹, HIROZUMI Toyokazu¹, and OYAGI Maki¹

I. はじめに

陸域から排出されるプラスチックによる海洋汚染は世界規模の環境問題である。四日市大学が実施した三重県四日市市域の海岸でのマイクロプラスチック堆積状況調査において、その大部分を水稲用一発型肥料の被膜プラスチックが占めていることが明らかになった^{1,2)}。水稲作において省力化のために広く利用されている一発型肥料は、基肥として作用する速効性肥料顆粒と、追肥として作用する緩効性肥料顆粒が配合されている。緩効性肥料顆粒は肥効をゆるやかにするため、プラスチックで被膜されていることが多い。

四日市大学では、2022 年より、四日市大学構内にある実験ほ場に造成した標準区画の 1/20 の小規模試験田において、水稲用一発型肥料を用いて水稲作を実施し、水稲用一発型肥料に用いられている被膜プラスチックの流出量変化を複数年にわたり継続的な調査を進めている^{3,4)}。これまでの調査で、1 作目の灌漑期には、ほとんどの被膜プラスチックが水田土壌中に残留し、系外への流出はみられなかったこと³⁾、1 作目に施用された被膜プラスチックの流出は2年目以降に始まること⁴⁾、代かき前に施肥を実施した場合、1 作目の灌漑期であっても被膜プラスチックの流出量が著しく増加すること⁴⁾を明らかにした。

本報では、2022 年より実施している本調査においてこれまでに得られた結果をもとに、水稲用一発型肥料被膜プラスチック流出量の経年変化について報告する。

II. 材料と方法

四日市大学構内の実験圃場に造成した標準区画(幅 30 m×奥行 100 m)の 1/20 に相当する幅 1.5 m×奥行 5.0 m の試験田 4 面において、2022 年から 2025 年にかけて、水稲用一発型肥料を用いた水稲作を実施した。4 面の試験田のうち 2 面は 2022 年に、

残りの 2 面は 2023 年にそれぞれ造成された。各試験田には落水口として短辺中央部に孔径 100 mm の塩ビパイプが接続された。塩化ビニルパイプの先端部には、排水に含まれる被覆樹脂を採取するために目開き 0.335 mm のプランクトンネットを取り付けた。

栽培に使用する水稲用一発型肥料には、東海地方の A 県で一般に利用されている「肥料 A」および B 県で一般に利用されている「肥料 B」を用いた。各肥料に含まれるプラスチック被膜顆粒数は、肥料 A で 8.78×10^3 個 kg^{-1} 、肥料 B で 6.12×10^3 個 kg^{-1} であった³⁾。

各水田において施用する肥料および時期を変えた。2022 年に造成した水田では代かき・排水後に(以下、この水田を「代かき後施肥田」とする)、2023 年に造成した小型水田では代かきを実施する直前に(以下、この水田を「代かき前施肥田」とする)、それぞれ施肥を実施した。代かき後施肥田および代かき前施肥田のいずれも 2 面のうち 1 面に肥料 A を、もう 1 面に肥料 B を、それぞれ施用した。施用量はいずれ水田でも 1 面あたり 0.45 kg とした。

代かきの際には水閘を閉め 20~30 mm 湛水した状態で手押し式の耕耘機を用いて水田ごとに 10 往復した。代かき後の排水は落水口に取り付けたプランクトンネットで受けた。排水完了後、水閘を閉め、プランクトンネットを交換した。田植えの条間は 300 mm、株間は 180 mm、定植本数は 1 株あたり 3~4 本とし、条数 4 条×1 条あたり 25 株の合計 100 株を定植した。田植え後は水深 70~100 mm の湛水を維持した。中干し時の排水は、代かき時と同様に落水口に取り付けたプランクトンネットで受けた。中干し期間中は水閘を開放したままとした。中干し終了時にプランクトンネットを交換した後、湛水を再開した。稲刈り時の排水は、代かき時および中干し時と同様に落水口に取り付けたプランクトンネットで受けた。

代かき・中干し・稲刈りの各落水時にプランクトンネ

¹ 四日市大学環境情報学部, Faculty of Environmental and Information Sciences, Yokkaichi University

キーワード : 環境保全, 水環境, 地球環境

ットで採取した排水中の残留物は目視で選別し、排水中に含まれる被膜プラスチックの個数を調べた。

III. 結果と考察

各年各管理工程における排水中に含まれる被膜プラスチック量を表 1 に示す。

被膜プラスチックの流出は、代かき後施肥田では 1 作目の灌漑期には確認できず、1 作目の非灌漑期以降に始まった(表 1)。これに対して、代かき前施肥田では、1 作目の灌漑期から被膜プラスチックの流出が確認された(表 1)。これらのことから、被膜プラスチックの流出は 1 作目より後に始まるが、代かき前に施肥を実施することで 1 作目から被膜プラスチックの流出を引き起こすことがわかった。

代かき後施肥田 1 作目の灌漑期を除き、いずれの水田および肥料においても、被膜プラスチックの流出は、大部分が代かき時に集中し、中干し時・稲刈り時・非灌漑期には少なかった(表 1)。とくに代かき前施肥田においては、代かき時の被膜プラスチック流出量は、それ以外の管理工程における流出量の 100 倍以上になることもあった(表 1)。代かき時は、排水中に多量の土砂が含まれ、この土砂とともに被膜プラスチックが流出していることが確認された。

代かき前施肥田では、被膜プラスチック流出量は 96～283 個で年ごとにばらつきが大きかった(表 1)。これに対して、代かき後施肥田では、被膜プラスチック流出量は年を追って増加した(表 1)。とくに 2025 年には、被膜プラスチック流出量が急激に増加し、肥料 A は 285 個に、肥料 B は 148 個になった(表 1)。2025 年における被膜プラスチック流出量は、肥料 A では前年の 10 倍以上、肥料 B では前年のおよそ 3 倍に相当した。

以上のことから、水稲用一発型肥料を代かき前に施用することで 1 作目から被膜プラスチックの流出がみられるようになること、代かき後施用であっても水稲用一発型肥料の使用年数とともに被膜プラスチックの流出量が増加し、使用開始 3 年後には代かき前施用と同程度の被膜プラスチックの流出量となることが明らかになった。

IV. おわりに

本報では、2022 年より実施している四日市大学構内の小型試験田での水稲用一発型肥料における被

膜プラスチックの流出量調査について報告した。その結果、代かき前の施肥により被膜プラスチック流出量が増加すること、代かき後の施肥であっても水稲用一発型肥料を連用することで被膜プラスチック流出量は年々増加していくことが明らかになった。

参考文献

1) 浅井雄大, 張徳偉, 千葉賢:四日市市楠町吉崎海岸のマイクロプラスチック分布の現地調査, 四日市大学論集 31(1), pp.125～135 (2018)

2) 大八木麻希:高松干潟におけるマイクロプラスチック定量のための予備調査報告, 四日市大学論集 31(2), pp.301～305 (2019)

3) 吉田祥希・大井佑介・廣住豊一・大八木麻希:緩効性肥料被覆樹脂の試験田からの流出量および土壌への残留量, 2023 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.547～548 (2023)

4) 荒木寛・廣住豊一・大八木麻希:施用タイミングの違いによる水稲用一発型肥料被覆樹脂の小型水田からの流出量変化, 2024 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.381～382 (2024)

表 1 各年各管理工程における被膜プラスチック流出量

流出時期		被膜プラスチック流出量(個)			
年	管理工程	代かき後施肥田		代かき前施肥田	
		肥料	肥料	肥料	肥料
		A	B	A	B
2022	代かき時	0	0	—	—
	中干し時	0	0	—	—
	稲刈り時	0	0	—	—
——	非灌漑期	3	0	—	—
2023	代かき時	23	17	283	111
	中干し時	2	2	3	3
	稲刈り時	2	1	0	0
——	非灌漑期	0	0	0	0
2024	代かき時	23	50	104	96
	中干し時	1	2	3	0
	稲刈り時	0	0	0	0
——	非灌漑期	2	0	0	0
2025	代かき時	285	148	193	231
	中干し時	28	5	4	2
	稲刈り時	22	6	4	4

農業集落排水処理水を灌漑利用した水田における PFAS 蓄積の実態と特徴

Characteristics of PFAS Accumulation in Paddy Soil
Applied with Treated Wastewater from Rural Sewage○大野萌稀*
ONO Moeki*橋寺泰河**
HASITERA Taiga**久米 崇*
KUME Takashi*治多伸介*
HARUTA Shinsuke*

1. はじめに

農業集落排水処理水の灌漑利用は、水不足対策の有力な一手段として、近年、その利用を推進する重要性が益々高まってきている。一方、農業集落排水処理水の灌漑利用には、地域住民などから処理水の安全性に懸念が持たれる場合がある。また、あらたな水質汚染物質として最近特に注目が高まっている PFAS に対しては、都市の公共下水道処理水に混入すること¹⁾は明らかにされているものの、農業集落排水処理水や、その処理水を利用した農地、また、その農地で生育した農作物への混入実態は未だ明らかとされていない。そこで、本研究では、農業集落排水施設の処理水を灌漑利用した水田における PFAS 蓄積の実態と特徴を明らかにすることを目的として、実際稼働中の農業集落排水施設の処理水を、2000 年から毎年継続して無希釈で利用している水田で調査を行った。

2. 研究方法

本研究では、愛媛県にある農業集落排水処理施設(N, P 除去型 OD 方式)の処理水を利用している水田で、田植え前の令和 7 年 6 月 1 日に、図 1 の×で示す水田の処理水入口付近、中央、流出口付近の 3 か所で作土を採取した。また、比較対照として、その水田に隣接し、河川水を灌漑利用している 2 つの水田からも流入口付近の作土を採取した。令和 7 年度には処理水と河川水も複数回採取した。そして、その土壌と水につ

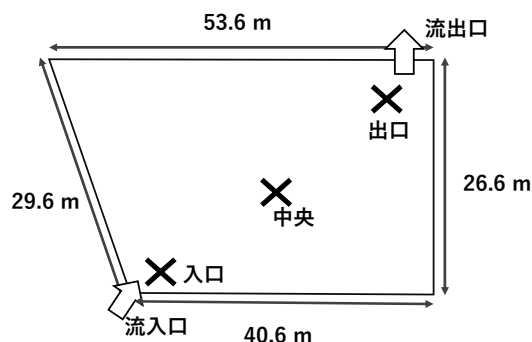


図 1 処理水利用水田の概要
Outline of Investigated Paddy

いて、米国 EPA の PFAS 分析メソッドでの重点対象である 29 種類の PFAS (PFCAs : 12 種類, PFSA : 6 種類, 前駆体 : 7 種類, 代替物質 : 4 種類) を分析した。土壌からの PFAS 抽出は QuEChERS 法(図 2)で行い、水中の PFAS 濃縮とクリーンアップは Waters 社製 WAX 固相抽出カラムを利用し、PFAS の定量は、標準添加法で LC-MS/MS (Waters 社製 ACQUITY システム) を用いて行った。

3. 結果と考察

(1) 検出された PFAS 数と総濃度

各土壌で検出(定量下限 : 約 1 ng/100g)

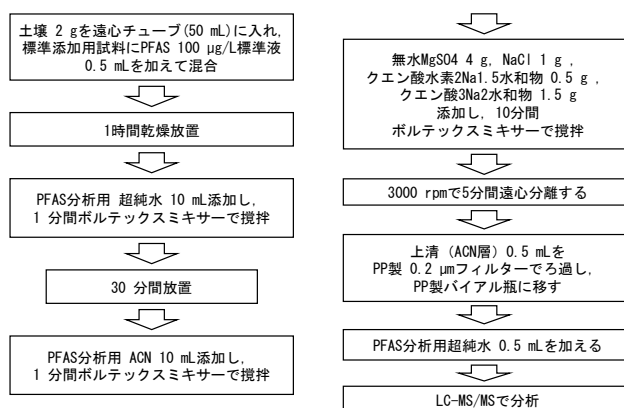


図 2 水田土壌への QuEChERS 法の適用
Fig. 2 QuEChERS Method for Paddy Soil

*愛媛大学大学院農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Ehime University)

**中央開発株式会社 (Chuo Kaihatsu Corporation) キーワード: 農業集落排水, 処理水再利用, PFAS

できた PFAS は、処理水田、対照水田ともに 10 種類程度であった(図 3)。また、各土壌の PFAS 総濃度は、処理水田で 246.7~399.1 ng/100g, 対照水田で 204.0~358.8 ng/100g で、主体の PFAS 区分は両水田ともに PFCAs であった。以上のように、種類数、総濃度、主体の PFAS 区分では、両水田で、顕著な差はなかった。

(2) 検出された PFAS の種類別濃度

代表的 PFAS である PFOS は定量下限以下で、PFOA は、処理水田では 15.5~21.3 ng/100g, 対照水田で 10.1~15.6 ng/100g であった。農林水産省は、これらより高濃度の水田(PFOA 440 ng/100g, PFOS 370 ng/100g)で収穫した玄米の PFAS 濃度は低く、健康リスクは極めて小さいことを示している²⁾。従って、今回調査した水田で生育した玄米についても PFOA, PFOS の健康リスクは極めて小さいと考えられた。一方、PFSA s では、PFOS 以外で 2 種類が検出され、両水田ともに PFDS が高濃度であった(図 5)。PFCAs は、PFOA 以外で 11 種類が検出され、処理水田と対象水田ともに、PFHxA などが PFOA よりも高濃度であった(図 6)。

(3) 処理水・河川水と土壌で検出された PFAS の関係

処理水と河川水では、15 種類の PFAS が検出され、それらの平均濃度は処理水で 0.4~9.5 ng/L, 河川水で 0.1~1.4 ng/L で、殆どの PFAS で河川水の濃度が低かった。PFOS, PFOA は、処理水の平均値の合計が 3.9 ng/L で、水道水質基準 50 ng/L を大きく下回り、土壌での蓄積が少ない理由の一つと考えられた。一方、処理水、河川水の両方で検出された 4 種類の前駆体は、土壌からは検出されず、水田での変質が示唆された。前駆体以外の PFAS の殆どは、土壌でも検出された。

4. まとめ

処理水を利用した水田土壌での PFAS 濃度は、河川水を利用した水田と同程度で、処理水利用の安全性は高いと考えられた。ただし、PFHxA, PFDS などは PFOA, PFOS よりも高濃度で、他施設の処理水を利用した水田では、それらも含めた調査を進めていくことが重要と考えられた。

引用文献：1) Yang et al., 2026, Water Res., 293, 125167. 2) 農林水産省, 2025, 農業環境中の PFOS, PFOA のコメへの移行、蓄積性について, <https://www.maff.go.jp/j/press/syoutan/seisaku/attach/pdf/250828-1.pdf>

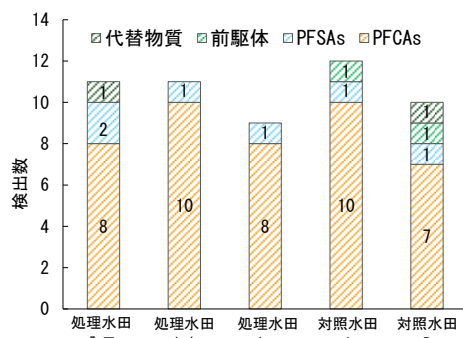


図 3 PFAS 検出成分数
Fig. 3 Detected Number of PFAS

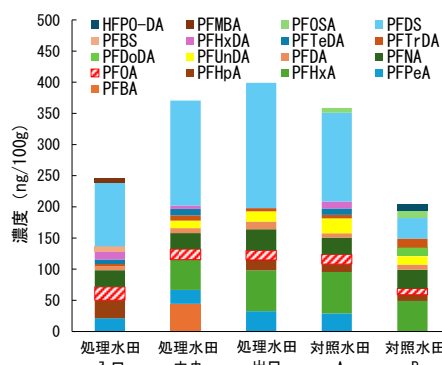


図 4 PFAS 濃度
Fig. 4 Detected PFAS Concentrations

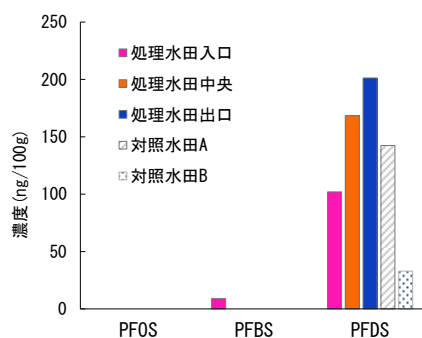


図 5 PFSA s 濃度
Fig. 5 PFSA s Concentrations

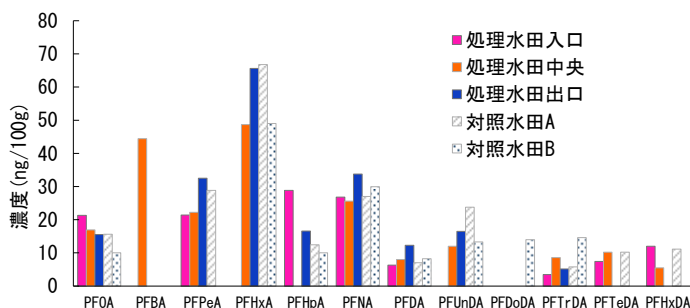


図 6 PFCAs 濃度
Fig. 6 PFCAs Concentrations