

重点研究分野の概要

(進捗・成果等の報告)

重点研究分野とは

「福島での課題解決」に結びつく研究を重点研究分野「foRプロジェクト」に指定しました。震災や原発事故による深刻な地域課題の解決に向け、研究が加速することが期待されま

ず。

(1) foR-F プロジェクト※

福島県の地域課題の解決に必要な研究であるとともに、国策としても重要な研究など、特に地域・社会ニーズが高いと認知されている、将来的に大学の価値を高める（大学の特色となる）ことが見込まれると学長が判断した研究を行うプロジェクト

(2) foR-A プロジェクト※

福島県の地域課題の解決に必要な研究を行うプロジェクト

※RはResearch、FはFuture、AはAreaの頭文字。

農地や生活圏での流路内浸透・貯留工法による

ノンポイント汚濁削減技術の地域実装

(実施期間：令和4年4月19日～令和5年3月31日)

代表者 食農学類 教授 原田 茂樹

○研究の進捗状況

研究目的としたこと：

研究者がもつ研究シーズの基礎的研究による高度化が地域の問題解決につながるものが、福島大学でのプロジェクト研究に求められる性格と考えた。

そこで、代表者が保持する研究シーズである「ポーラスコンクリート(細骨材を極端に減らしたコンクリートであり、堅くて丈夫だが水をはじくという弱点をなくし、環境制御、循環型社会構築、農地環境整備などの分野へ展開している素材)を用いた環境改善技術」を農地・農村の計画に応用することを図った。中心課題として、進行している「被覆肥料プラスチックカプセルによるマイクロプラスチック問題」をおいた。被覆肥料カプセルは海へと流出するマイクロプラスチックの15%を占める(原因物質として人工芝についで多い)と言われており、早急な動態解明と対策が求められている。

研究計画等：

上述した素材(ポーラスコンクリート)を用いた制御技術開発を対策の軸とすることに目標をおき、その先に「研究シーズを高度化・最適化し、そして実用化させる過程そのものを地域・農村の住民と共有すること」をおいた。

研究対象や活動領域が異なる食農学類教員4名による連携を通じ、その目標のカバーを図るため以下のように研究を推進した：

- ① 調査対象地域の探索(協力者募集)
- ② 福島県内2地域と宮城県内1地域を調査対象地域として選定(他に福島県内の1地域を参考調査対象地域として選定)
- ③ 代掻き・田植え期を中心とした集中的観測とモニタリング
- ④ サンプルの分画(大きさの違うバイオマス、形状の違う被覆肥料カプセルの手作業による分画)の実施
- ⑤ 各種分析(密度、炭素・窒素安定同位体比分析、FTIR分析、等)

- ⑥ 協力者への情報フィードバックと調査課題の整理
- ⑦ 制御技術案の整理と、室内実験を通じた検討
- ⑧ 調査対象地域での制御技術装置の試行
- ⑨ 制御技術装置の改良
- ⑩ 施肥・代掻き(場所によっては代掻き後、田植え時に施肥)時の浮遊物採取
- ⑪ 同時期の水田土壌内カプセル存在状態調査
- ⑫ 代掻き後落水時における改良後制御装置の設置と効果検証
- ⑬ 中干期流出の調査

上記のうち、①～④は本来、⑦～⑨を実施する上での実験材料取得を目的としたものだが、作業として先行させる必要があった。また完了には非常に長い時間を要した。その過程で、水田での被覆肥料プラスチック流出動態についてのこれまでに報告されていない点も含む多くの知見を得た。また⑥を通じ、⑩～⑬の調査や制御技術開発へのヒントを得た。

得られた成果：

以下に内容ごとに分割して示す：

- ・水稲作におけるプラスチックカプセル流出は、水田土壌から水田内への浮遊、水田から水田近傍への流出、水田近傍から海域までの流出の3段階にわけられるが、本年度行った福島県内と宮城県内の4つの地区での流出動態把握調査では、前二者のほとんどは代掻き時に起こっていた。施肥方法や時期、代掻き後落水時の水位管理など重要な因子が明確となった。
- ・ただし、未使用の被覆肥料の密度は約 1.3g/cm^3 であり、代掻き後にも流出せず水田土壌内5-15cm深に存在することを3か所の水田で確認した。
- ・カプセルは既往文献にもあるように、複数年にかけて水田内に滞留していることが明らかになった。緩効性肥料として効果発現遅延の機能は果たしているが、適正遅延時間となっているか、適正施肥量になっているかを水田

でのカプセル分解挙動と併せて検討する必要がある。また形状変化(変型や崩れ)を経ながら水田内に滞留する間の炭素・窒素安定同位体比変化から、カプセルの形状変化がカプセルの分解あるいはカプセルからの肥料成分溶出度合いの違いを表していることが推察された。カプセルの分解に伴う変質はFTIR分析によっても確認された。

- ・被覆肥料から化成肥料に変えた場合と変えない場合の代掻き時流出物を、それ以外の条件は同じに保ったまま比較した。変えてから1年目にはカプセル流出量に差はみられなかったが2年目には差がみられはじめた。水田内のカプセル貯留時間は複数年であるとして最も短い場合で2年程度である可能性があることが確認された。
- ・田面水の水質成分を「農業用水の環境基準値」を参考に分析した。主に有機物や重金属濃度を計測し、カプセル動態とともに水質成分変化も追うことができた。
- ・「様々な形態の流出バイオマス・カプセルのサンプルを取得」に成功し、制御技術開発のための室内水理実験を行った。密度計測(施肥前はカプセルの比重は >1.0 だが、水田内で分解し <1.0 になる)から沈降のみならず浮力を活かした分離の有効性も確認された。
- ・現場実験により、多様なメニューを得た。落水時のネットによる捕捉、落水時以外の雨天時流出のネットでの捕捉、水尻でのスクリーンとポーラスコンクリート設置濾過器の結合法、落水分の浸透型一時滞留池(底面にポーラスコンクリートを使用)による捕捉などである。ポーラスコンクリート設置濾過器によるバイオマス・カプセルなどの捕捉については現場での試行の後構造を改良しその有効性が確認された。
- ・文献調査により、生分解性素材の利用などの動きの加速を確認し、それらが効力を発揮するかについての評価の手法についてもヒントを得た。
- ・制御技術開発以外にも、農家自身が実施できるソフト的対策がある。一例としては水位の管理によるカプセル流出量の管理があり、水田での水位のモニタリングの共同実施、その他の対策についての農家の経験の吸収などの必要がある。農家との連携も一部実施した。

OfoR プロジェクトにおける支援を受けて

福島県内で3地点、宮城県内で1地点の協力があつたが、いずれも福島大学の学長裁量経費による研究、すなわち「福島大学が重要だと考

えている研究」であるということが協力者に対しての説明力を増した。またJAなどへの聞き取りにおいても協力が得られた。(JA、あるいは地域・地区、との連携の可能性も見えてきた)。

さらに、同じ時期に採択されたプラスチックの微生物学的分解技術研究チーム(理工学類杉森チーム)とのコラボレーションも進み、処理技術としてはもとより、現場でのプラスチックカプセルの動態についての意見交換や研究アイデアの交換が進んだ。

研究費は財政的に大きな支援額といえ、この研究に一年間精力的に取り組むことができた。研究補助者にとっても、大学のプロジェクトに参加するという満足感とモチベーションが得られていた。

○今後の課題

現在、問題の大きさの認知が進み、また対策の緊急性が理解され、被覆肥料から生分解性肥料への変更、または従来のカプセルなし緩効性肥料への変更が実施されはじめている。この点についての支援となる研究調査の継続が必要である。一例として、本研究で得られた、「被覆肥料から化成肥料への切り替えの影響が2年たってから出始めた」ということは、生分解性肥料などへの切り替え後にも最低その程度のタイムラグがあり効果が出始めることを示唆している。そのタイムラグを意識した肥料素材変更などを考慮していくべきであろう。そのためには、今後さらに素材変更後の流出形態変化調査を継続し、現実社会での動きと素材変更をすり合わせていく必要がある。

なお、生分解性素材への変更を行った場合、環境中で現実に分解が進んでいるかを確認する必要がある。

また、現在は流出総量はわかるがそのカプセルの年齢は判別できない。安定同位体比分析他の化学分析技術と流出形態モデルを組み合わせた評価により、様々な条件が「総流出量」にあたる影響のみならず、「流出固体性状」にあたる影響を評価するためのしくみづくりが必要である。

本研究で進めた制御技術開発は行われている例が非常に少ない。多くは流出を制御することと落水を遂行することがトレードオフ関係を生んでしまうことに原因がある。代表者のもつポーラスコンクリートを用いた技術シーズを活かし、制御技術の実用化を進める必要がある。

またカプセルの流出状況を瞬時に理解しやすくするために、カプセル量やカプセル性状な

などを分画よりも簡易な方法で示す技術（たとえば、ハイパースペクトルカメラによる評価）についての検討が必要である。

○関連する研究実績

[外部資金]

- 1) KC みやぎ産学共同研究会 シーズ共有型 220千円
- 2) 大学発イノベーション・ベンチャー創出事業 (ACF) 1000千円

[論文]

- 1) 原田茂樹 (2023) 令和4年度重点研究分野「foR プロジェクト」に指定された『農地や生活圏での流路内浸透・貯留工法によるノンポイント汚濁削減技術の地域実装』事業について, 福島大学地域創造, 34(2), 1-4
- 2) 飯沼龍雅・原田茂樹 (2023) : ポーラスコンクリートによるノンポイント重金属流出制御におけるエトリングサイトの役割についての研究, 応用水文, 35, 57-63
- 3) 及川瞳・原田茂樹 (2023) : 被覆肥料プラスチックカプセルの代掻き時流出動態調査結果の解析と制御法提案のための基礎的実験, 応用水文, 35, 65-73

- 4) Shigeki Harada (2023) Application of Porous Concrete Infiltration Techniques to Street Stormwater Inlets That Simultaneously Mitigate against Non-Point Heavy Metal Pollution and Stormwater Runoff Reduction in Urban Areas: Catchment-Scale Evaluation of the Potential of Discrete and Small-Scale Techniques, Water, 15(1), <https://doi.org/10.3390/w15111998>
- 5) 原田茂樹 (2023), ポーラスコンクリートの新たな活用戦略, 水循環 貯留と浸透, 129, 5-9

[学会発表]

- 1) 原田茂樹, 石井秀樹, 林 薫平, 窪田陽介 (2022) : 代かき時水田汚濁の流出モニタリング緩効性肥料プラスチックカプセルを中心に, 第25回日本水環境学会シンポジウム
- 2) 飯沼龍雅・原田茂樹 (2022) : ポーラスコンクリートによる重金属吸着におけるエトリングサイトの影響, 令和4年度農業農村工学会東北支部大会
- 3) 原田茂樹 (2022) : 被覆肥料プラスチックカプセルの代掻き時流出動態と制御手法についての研究, 令和4年度農業農村工学会東北支部大会

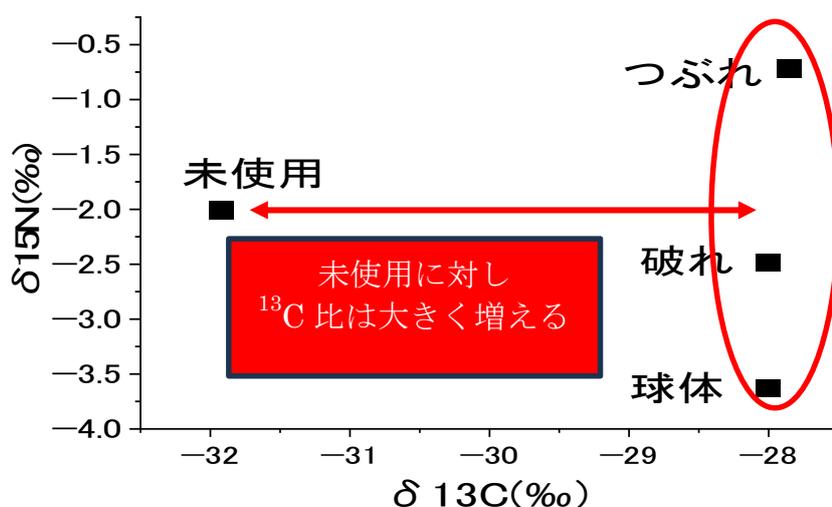


図 未使用および流出肥料カプセル（つぶれ・破れ・球体）の CN 安定同位体比マップ