

令和4年度 環境研究総合推進費  
事後評価ヒアリング（2022年7月21日）

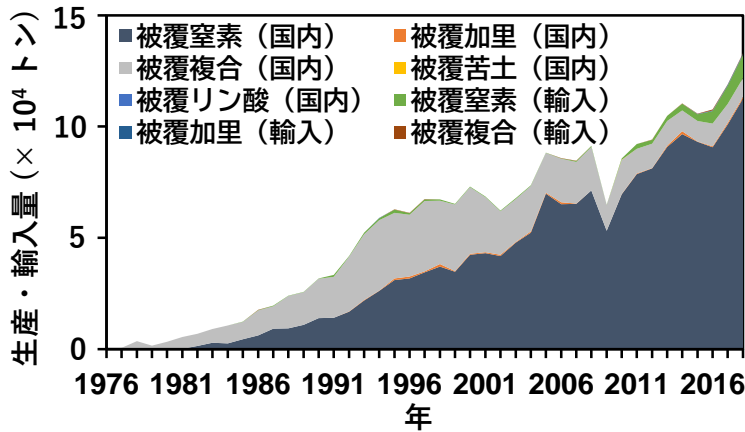
# 農耕地におけるマイクロプラスチックの発生と 海域への移行に関する研究

研究領域 : 統合領域  
重点課題 : グローバルな課題の解決に貢献する研究・技術開発  
課題番号 : 1RF-2001  
体系的番号 : JPMEERF20201R01  
実施期間 : 令和2年度～3年度（2年間）  
区分 : 革新型研究開発（若手枠）

研究代表機関名 : 石川県立大学  
研究代表者名 : 勝見尚也



# はじめに：農地におけるプラスチック



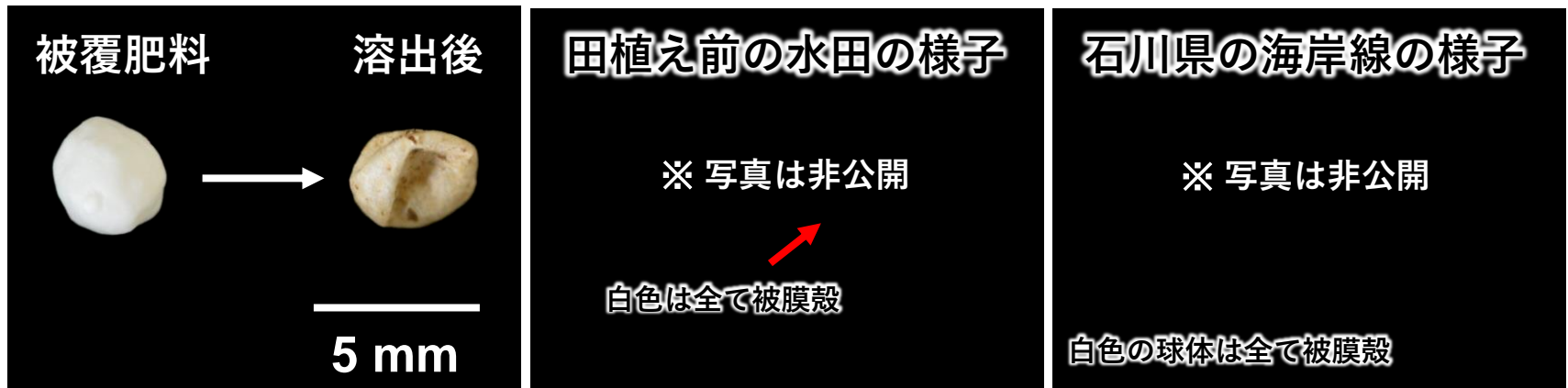
肥料成分の利用効率向上と農業の省力化を目的にプラスチックでコーティングした被覆肥料が製造・販売

← 1976年から2018年までに200万トン以上が生産・輸入され、国内の水田では幅広く使用

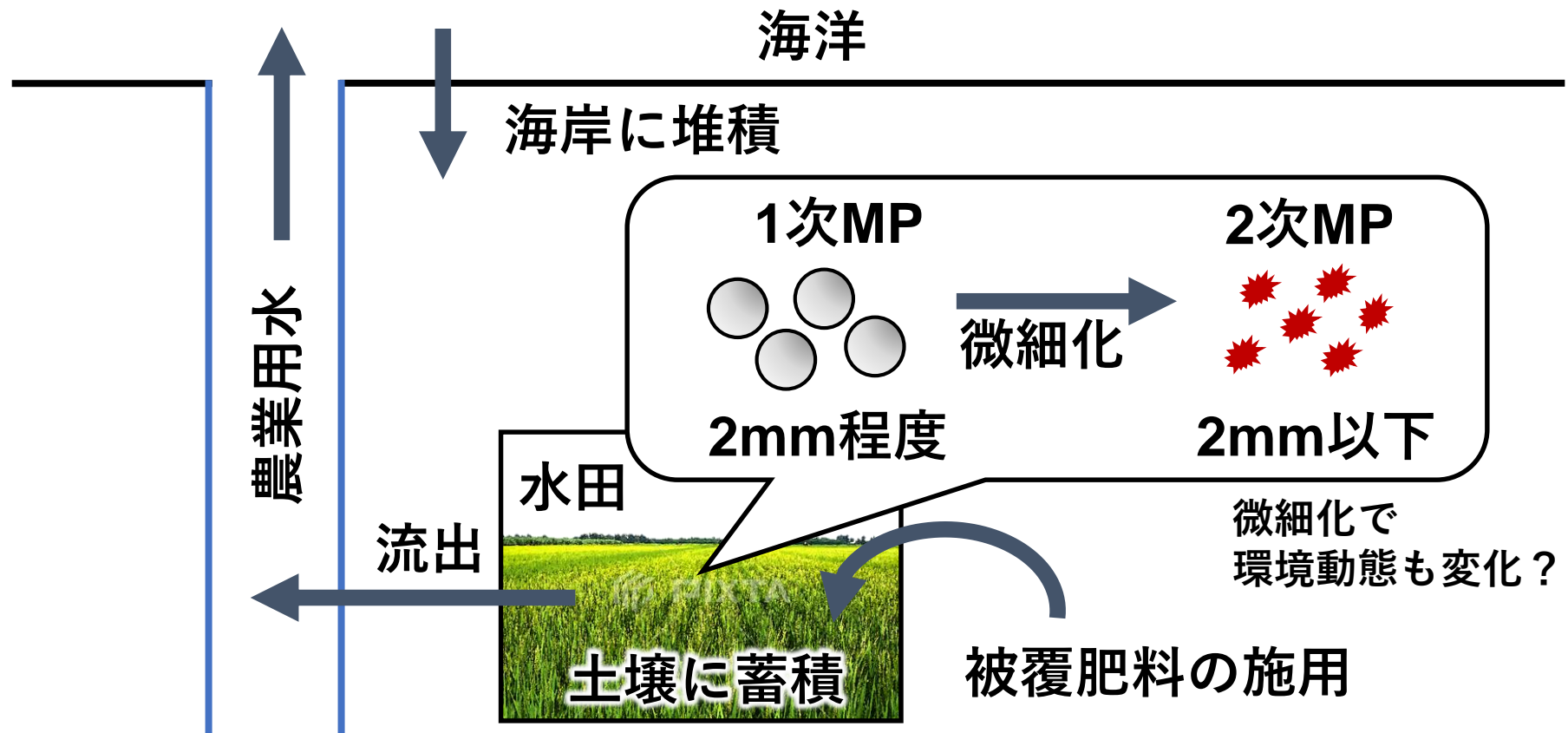
## 問題点

- 使用後、マイクロカプセル (以降、被膜殻と略す)は回収されない  
→ 環境中の一次マイクロプラスチック (MP) に相当
- 水田は農業用水で海洋と繋がっているため海洋MPの発生源の可能性

しかし、陸域における動態や海洋での実態はほぼ不明



# 研究開発目的：被膜殻の実態把握



**最終目標：観測に基づき各矢印の大きさを定量化**

課題① 水田における被膜殻の流出・蓄積・微細化

課題② 農業用水を通じた海洋への移行プロセスの評価

課題③ 海岸における実態調査

# 研究目標

## 課題1. 水田における被膜殻の蓄積・変質・流出量の評価

- 水田における被膜殻の滞留時間や流出時期とその規定要因
- 微細化による二次マイクロプラスチックの発生の有無

## 課題2. 農業用水を介した海洋への移行プロセスの評価

- 被膜殻の輸送量の季節変化や河川流量との関係性
- 落差工などの用水路設備が海域への移行に与える影響

## 課題3. 海岸線におけるマイクロプラスチックの実態調査

- 定点モニタリングと広域調査の結果をふまえ、海岸における被覆肥料由来のマイクロプラスチックの実態を把握

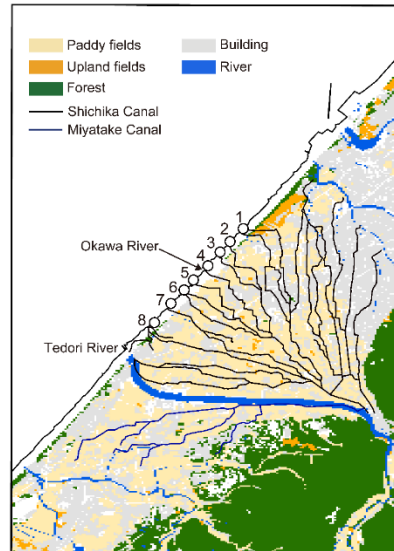
※ 写真は非公開

水田からの流出実態

河川のモニタリング

海岸での調査

# 研究開発内容：海岸における実態調査



## 内容

海岸における汚染の実態把握  
特に、季節変動&被膜殻の寄与

## 調査項目

- 定点調査 (1~2回/月)  
地点4において堆積量を調査
- 広域調査 (2回/年)  
地点1~8において堆積量を調査

## 被膜殻の計測方法

篩と $H_2O_2$ により夾雑物を除去

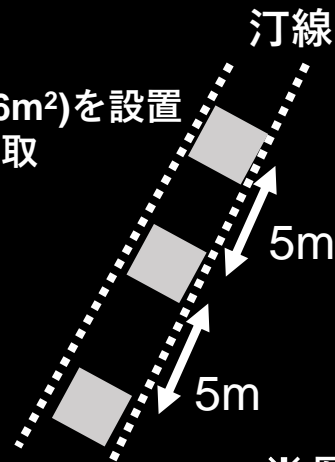
目視で被膜殻を取り出し、画像撮影

Image J Fijiで粒子数計測

FT-IRによる素材判定

## 試料の採取方法

コドラート(0.16m<sup>2</sup>)を設置  
深度5cmまで採取  
室内で乾燥



※ 写真は非公開

# 研究開発内容：水田からの流出と蓄積

## 水田からの被膜殻の流出量

内容：流出過程の把握 & 原単位の算出



### 方法

1. 水田の排水口に網を設置・試料回収
2. 篩と $H_2O_2$ により夾雑物を除去
3. 被膜殻数を計測

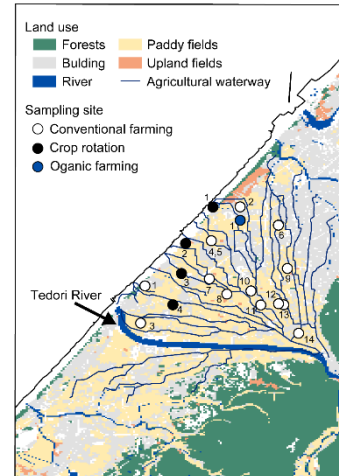
調査水田数：14

水田面積：396～3534 m<sup>2</sup>

県立大の水田では着色した被覆肥料を施用し、回収した被膜殻の施用年代を推定

## 水田土壌への被膜殻の蓄積

内容：水田土壌への蓄積状況を把握



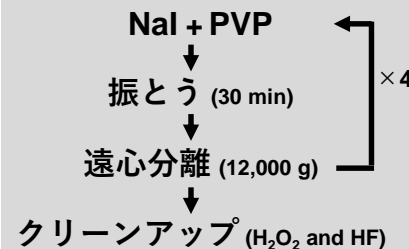
調査地：手取川扇状地  
慣行栽培：14地点  
輪作：4地点  
有機栽培：1地点

水中篩別により被膜殻を分離し、粒子数計測

## 二次MPの評価

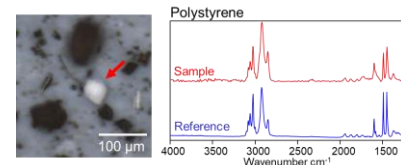
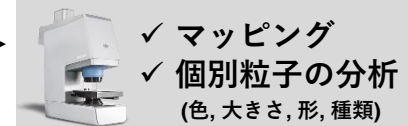
内容：土壌に蓄積した二次MPを評価

### Part 1. 密度分離



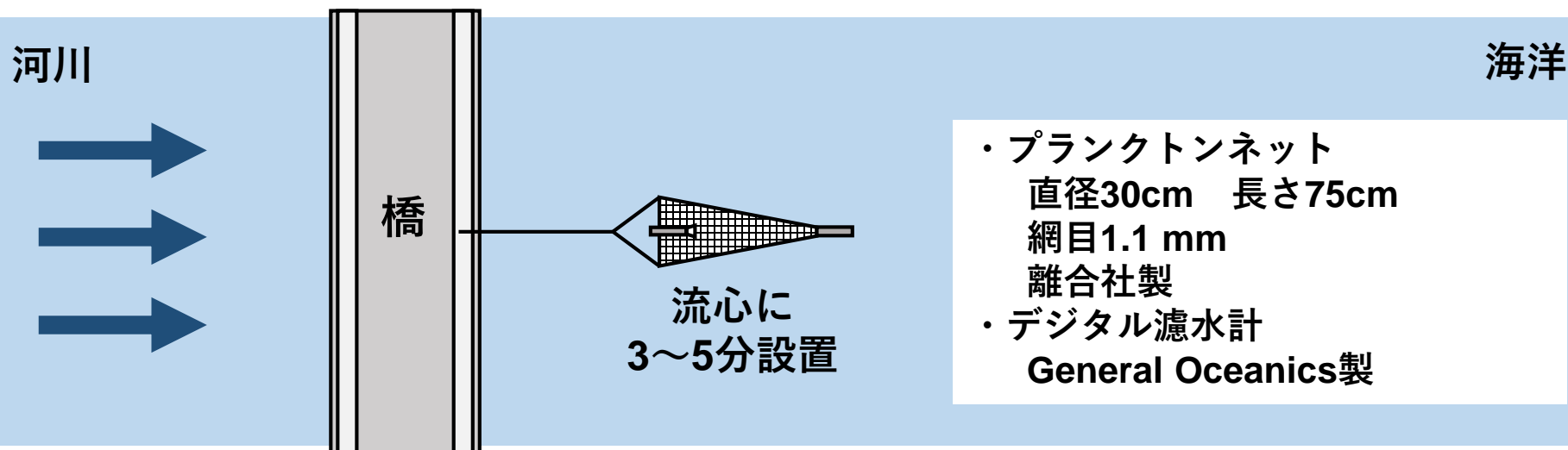
本手法の回収率 > 90%

### Part 2. 顕微FT-IR



# 研究開発内容：海洋への移行プロセス

内容：手取川七か用水（大川）の河口にて被膜殻の流入状況を把握



## 定期観測

期間：2021.4.16～9.29 (11～12時)

頻度：4.16～6.9は3日に1度

それ以降は2週間に1度

1回のサンプリングで5試料採取

## 集中観測

期間：2021.4.24～26 (計56時間)

頻度：1回/30 min

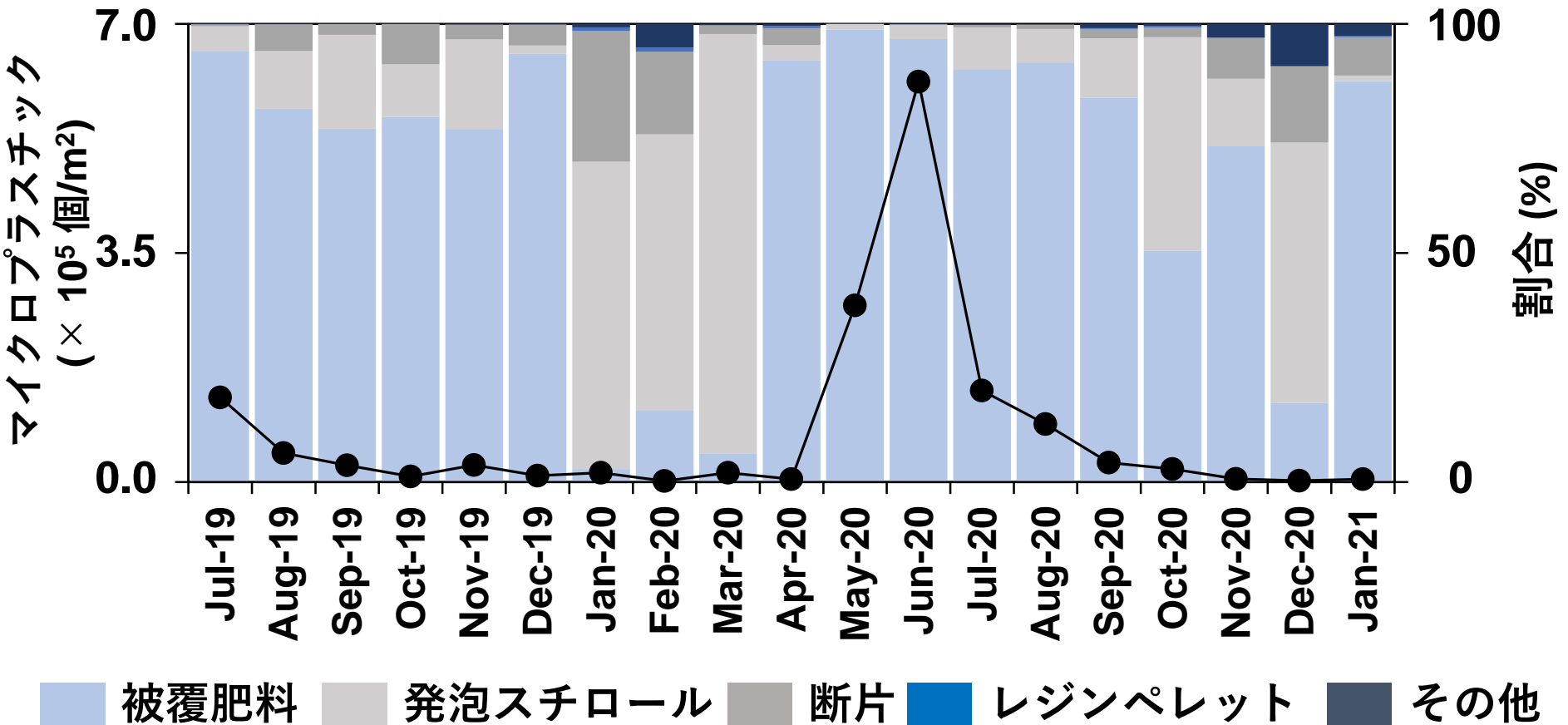
欠測：24日 21:30 25日 10:00

26日 14:30, 16:30

試料の処理：篩と $H_2O_2$ により夾雑物を除去した後、被膜殻数を計測

集中観測の際、着色した被膜殻（トレーサー）を3.8km上流から放流し、流下速度を算出（4/25：赤色のトレーサー 4/26：黄色のトレーサー）

# 成果の概要：海岸における調査結果

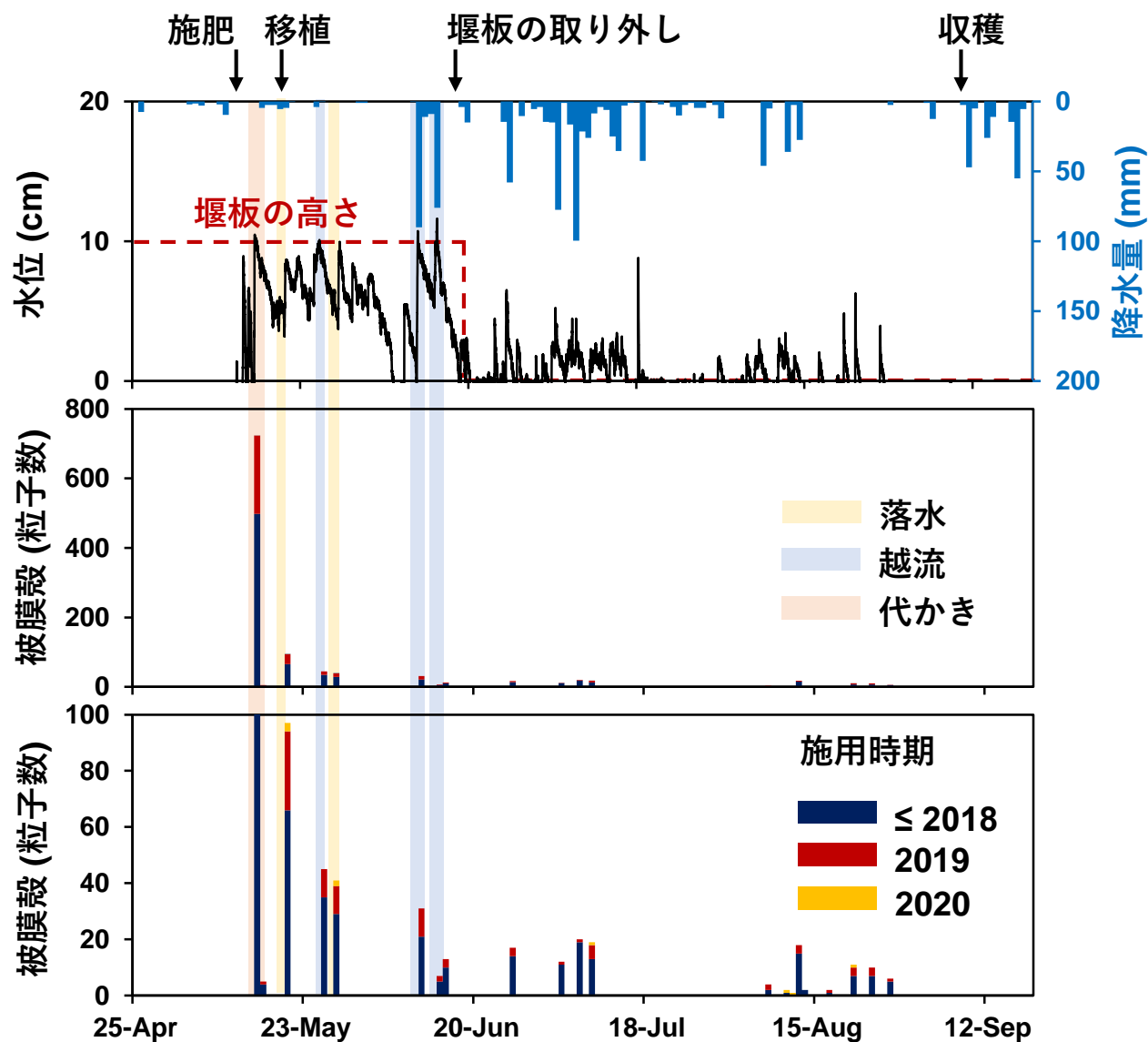


- MPの密度：明瞭な季節変動 灌漑期 ↑ (特に5、6月) 非灌漑期 ↓
- 割合：灌漑期 7~9割が被膜殻 非灌漑期 被膜殻の寄与率低下
- 広域調査においても同様な結果が得られた

農業が盛んな地域では水田がMPの主要な発生源となりうる



# 成果の概要：水田からの被膜殻の流出挙動



試験地

石川県立大学附属農場

被膜殻の流出タイミング

□ 代かき

□ 落水

□ 田面水が堰板を越流

最大流出時：代かき

全流出量の7割以上

→ この時期の流出を抑えることが重要

施用時期

□ 2年以上前：74%

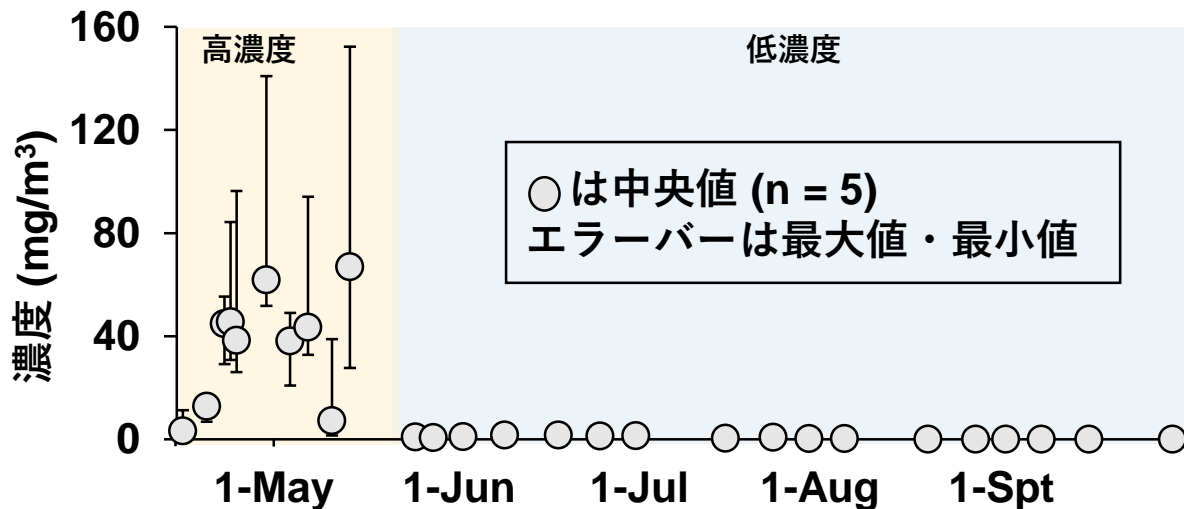
□ 昨年：25%

□ 本年度：1%

→ 土壌に2年以上蓄積してから流出

# 成果の概要：河川におけるモニタリング

## 定期観測

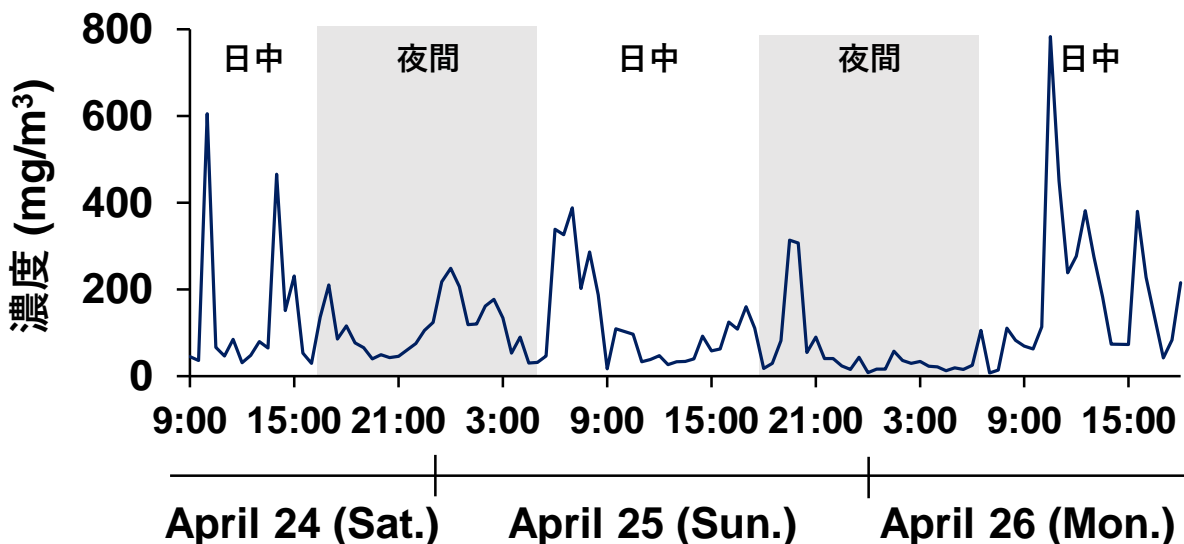


## 定期観測

明瞭な季節変動あり  
高濃度：4月～5月  
低濃度：6月以降

海洋への移行時期  
≡ 水田からの流出時期

## 集中観測

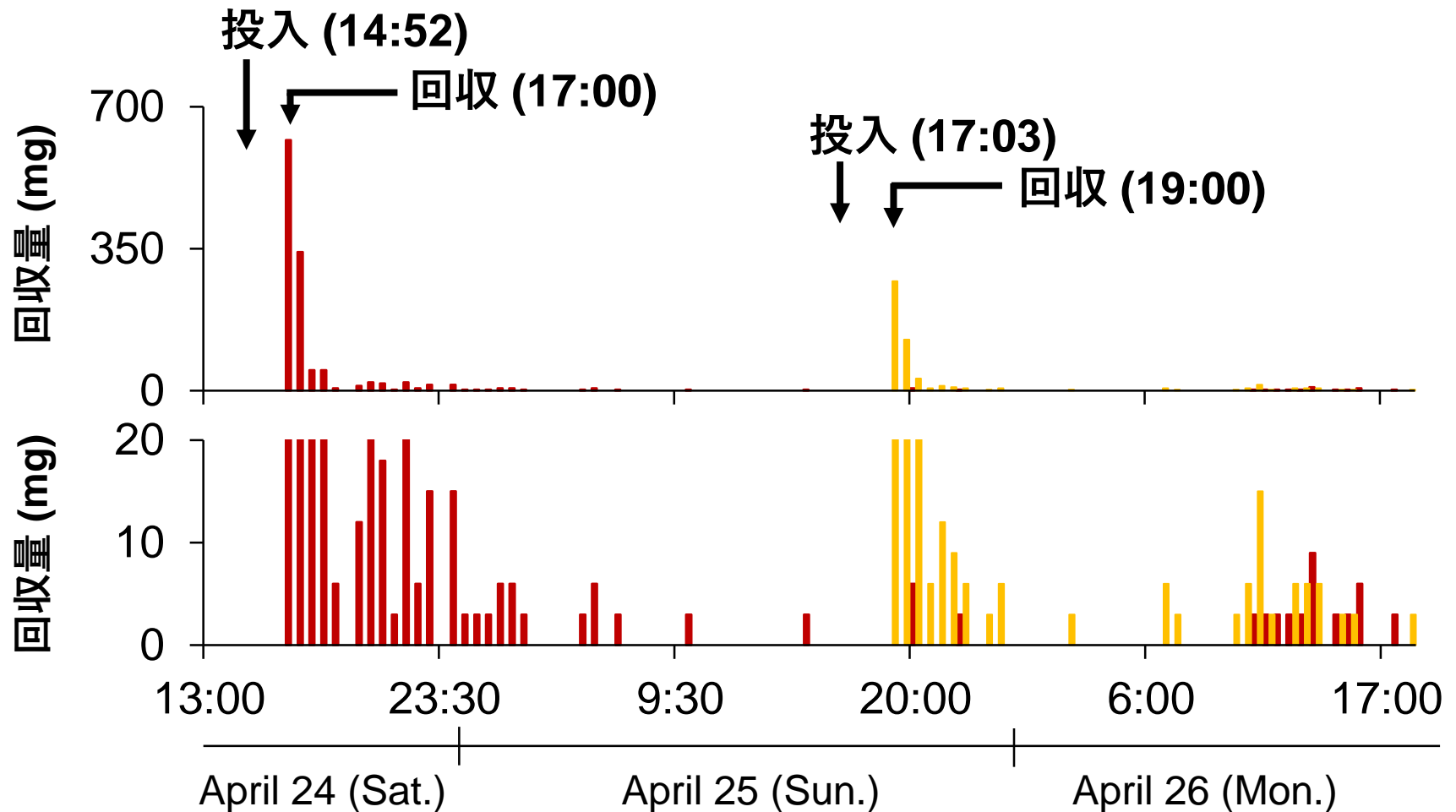


## 集中観測

□ 時間変動が大きい  
□ 濃度比較：日中 > 夜間

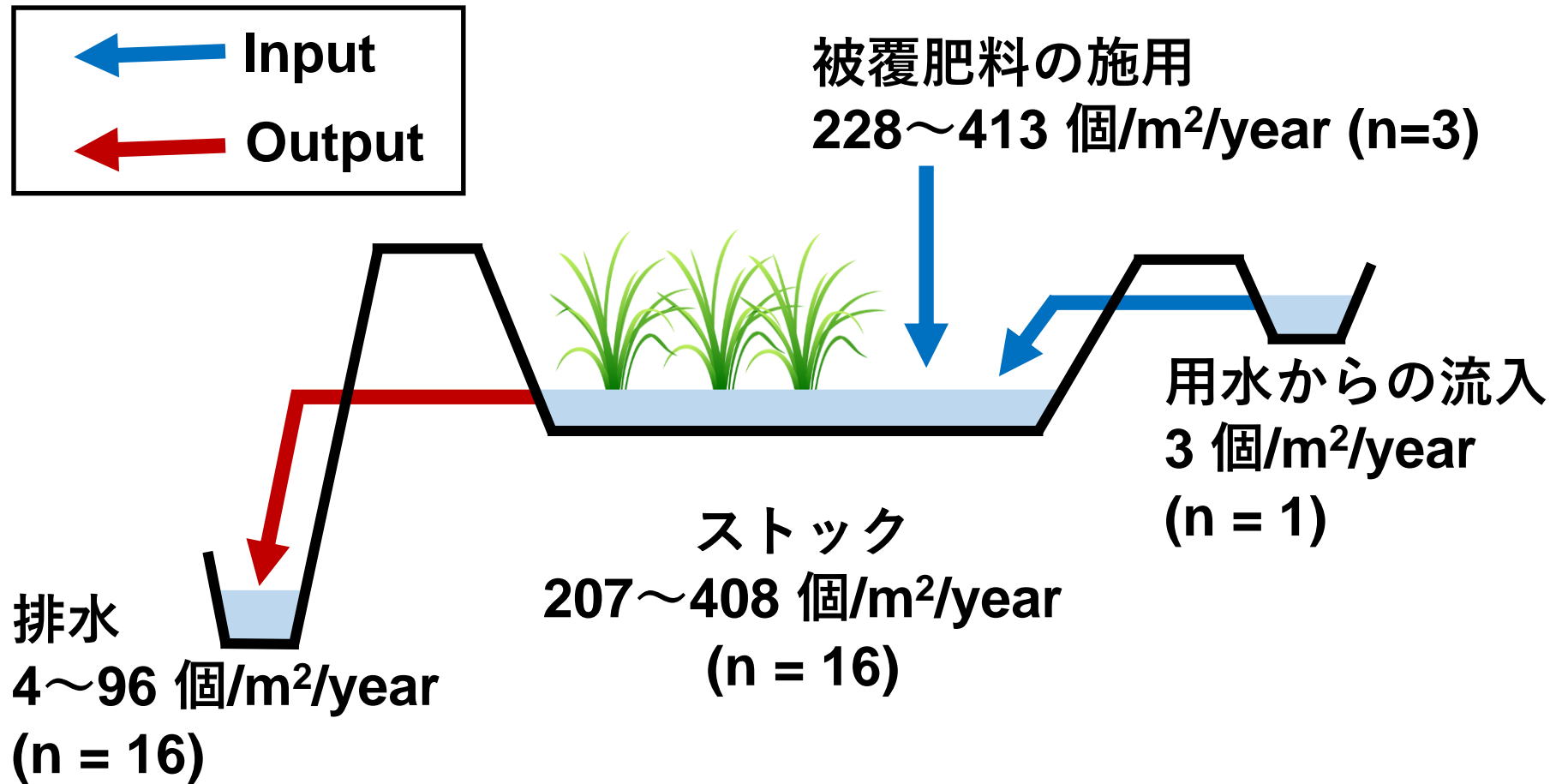
※ 夜間でも高濃度の場合あり (24～25日にかけて)  
➔ 時間をかけて流下 & 夜間も水田から流出

# 成果の概要：トレーサーの回収



両日とも多くが約2時間後に回収 → 流下速度 2 km/h  
ただし、放流して2日後に回収されるマーカも存在  
→ 落差工や植生にトラップされ、遅延した可能性  
ただし、量としては僅かであり、大部分はトラップされずに流下

# 成果の概要：水田における被膜殻の収支



収支 : 流入量 >> 流出量

→ 被覆肥料の施用により被膜殻は土壤に蓄積

流出率：年間流入量の1~26% (中央値 7.1%)

# 成果の概要：総流出量と総蓄積量の推計

## (1) 被膜殻の年間総流出量 \*

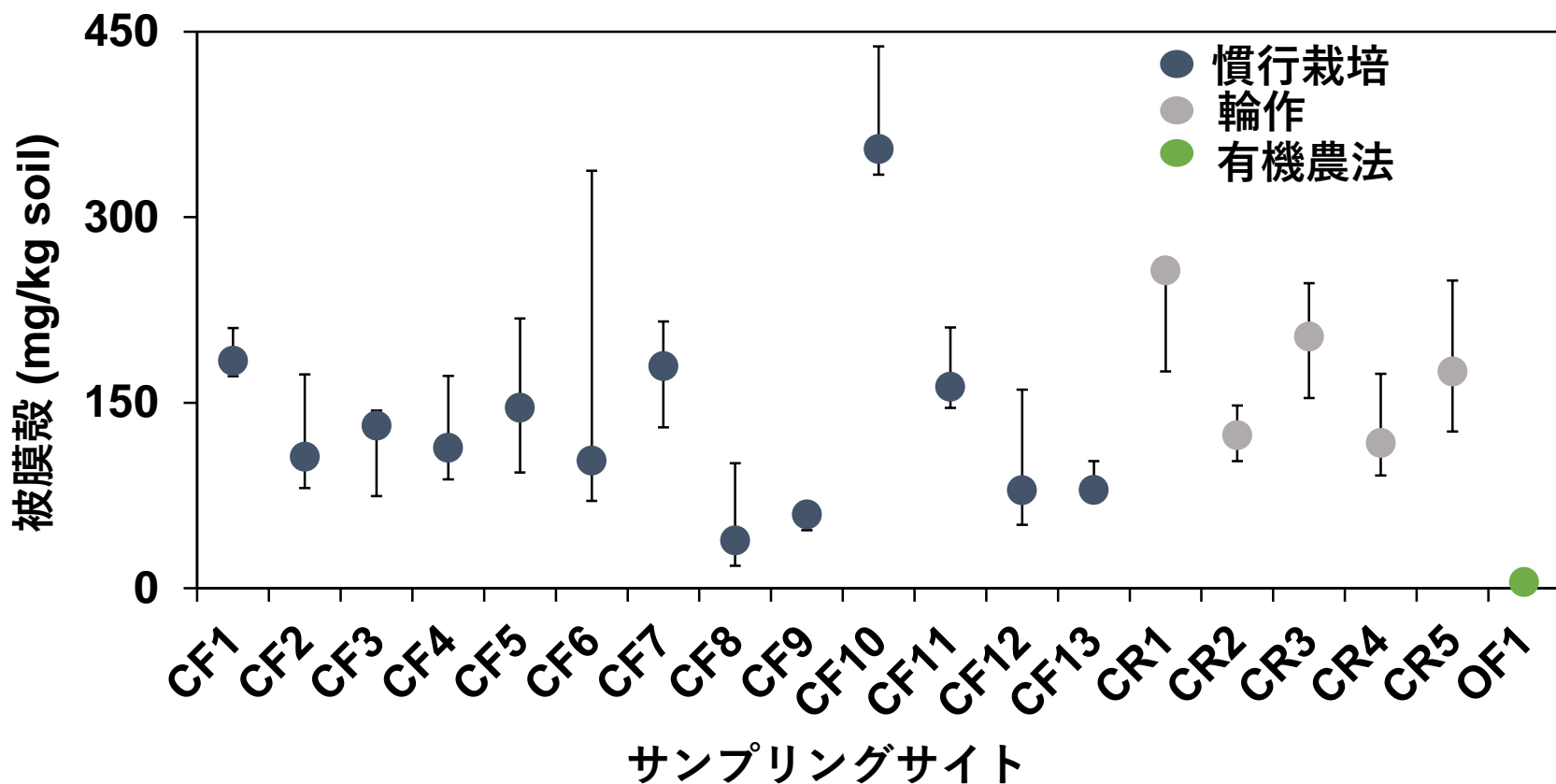
$$= \text{年間生産・輸入量} \times \text{水田使用割合 (\%)} \times \text{被膜殻 (\%)} \times \text{流出率 (\%)}$$

\* その年に生産・輸入された肥料が全て出荷され、農耕地の施用された場合

## (2) 被膜殻の総蓄積量 \* = 総生産・輸入量 (1976-2018年) - 総流出量

\* 土壌中で分解が起こらないと仮定した場合の蓄積量

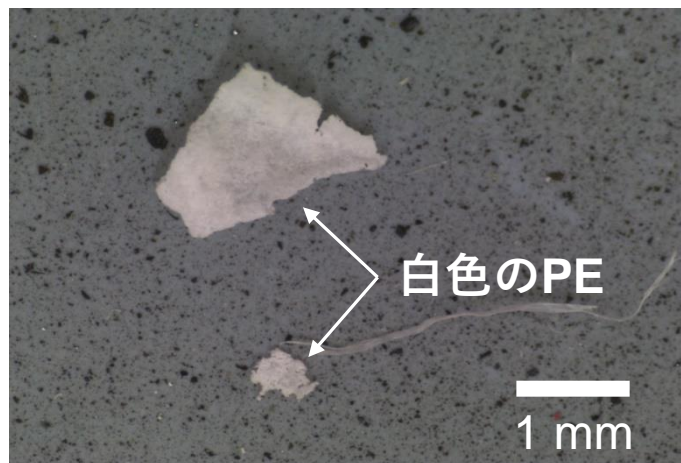
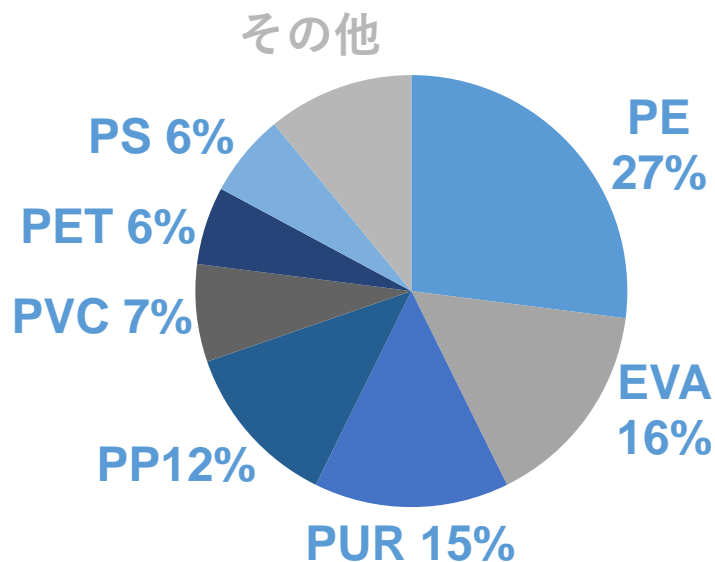
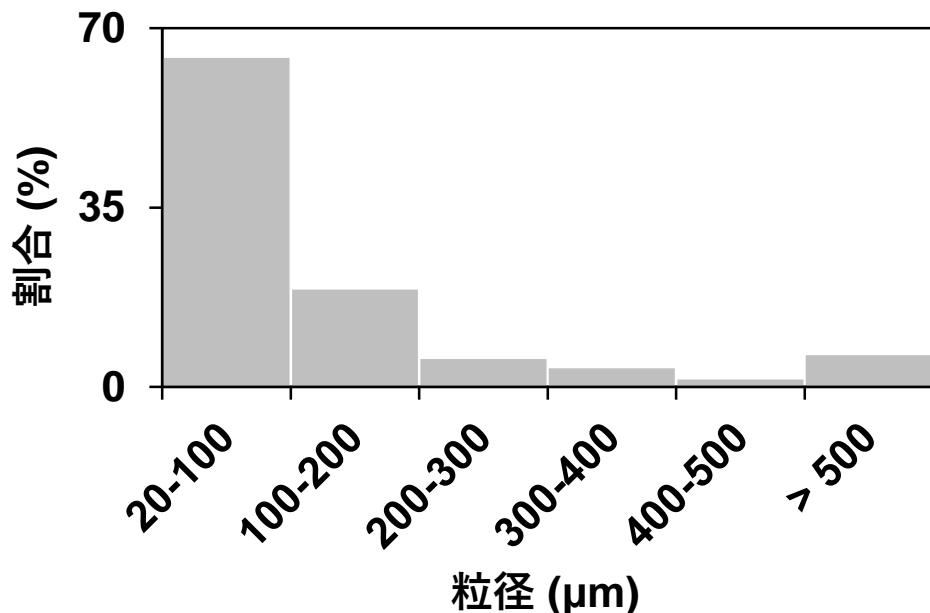
# 成果の概要：土壌中の被膜殻濃度



- 中央値：慣行 151 mg/kg 輪作 155 mg/kg 有機農法 6.2 mg/kg
- 慣行栽培と輪作の濃度比較：有意差なし ( $p = 0.442$ , U-test)
  - ➔ サンプルサイズの問題 or 輪作開始10年程度では差が出ないか
- 被覆肥料を使用しなかったことが無い圃場からも検出
  - ➔ 七か用水が用排水兼用の農業用水のため

# 成果の概要：土壌中の二次MP

## 二次MPの粒度分布と組成



粒径：100μm以下が全体の6割超  
材質：PE > EVA > PUR > PP

被膜殻に由来すると思われる白色のPEが確認されたが、全体から見たら僅かな量  
→ 被膜殻由来の二次MPはマイナーか

# 環境政策等への貢献

## < 行政が既に活用した成果 >

1. 環境省：プラスチックごみの海洋への流出実態把握等業務において、被膜殻の流出率について知見を提供し、インベントリ精度向上に貢献した
2. 農水省、大阪府、福井県：本研究の成果が被膜殻の流出対策の策定や農家の指導に活用された

## < 行政が活用することが見込まれる成果 >

1. 農用地から被膜殻の流出量と流出時期  
国内の水田から [ ] の被膜殻が流出し、これらの被膜殻は代かきから約1~2週間のうちにその大部分が流出する  
→ この期間に流出対策を講じることで海洋への流出を大幅に低減可能
2. 農用地における被膜殻の蓄積  
農用地には既に [ ] の被膜殻が蓄積している。慣行の水稲栽培を続ける限り、既に土壤に蓄積した被膜殻が長期にわたり流出し続ける  
→ 農用地から海洋への追加的な汚染を防ぐためには、既に水田に蓄積した被膜殻の流出抑制技術と除染技術の開発が必要



# 研究成果の発表状況

## 査読付き論文 受理3報（+ 投稿中1報 準備中2報）

1. **Katsumi, N.**, Kusube, T., Nagao, S., Okochi, H. (2021a) The input–output balance of microplastics derived from coated fertilizer in paddy fields and the timing of their discharge during the irrigation season. **Chemosphere** 279, 130574.
2. **Katsumi, N.**, Kusube, T., Nagao, S., Okochi, H. (2021b) Accumulation of microcapsules derived from coated fertilizer in paddy fields. **Chemosphere** 267, 129185.
3. **Katsumi, N.**, Kusube, T., Nagao, S., Okochi, H. (2020) The role of coated fertilizer used in paddy fields as a source of microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin** 161, 111727.

## 学会発表 6件（2021年度 2件 2022年度 4件）うち2件が受賞

2022年度 日本土壌肥料学会 若手優秀発表賞受賞（指導学生）

2021年度 日本土壌肥料学会中部支部 ベストポスター賞受賞（指導学生）

## 国民との科学・技術対話 10件（2021年度 2件 2022年度 8件）

令和2年度 海洋プラスチックごみ学術シンポジウム

農林水産省主催 被覆肥料の被膜殻の流出防止に向けた勉強会

金沢大学市民講演会「豊かな海を守るためには??」 など