陸域からのプラスチックごみ排出と海域流出
―その実態と課題―

環境研究総合推進費S-19-3

藤原拓（京都大）、中島典之（東京大）、二瓶泰雄（東京理科大）

田中周平、大下和徹、高岡昌輝（京都大）、中田晴彦（熊本大）、鈴木裕識（岐阜大）、鈴木剛（国環研）、大野順通、TAN SHIH WEI（いであ㈱）、飛野智宏、イ・ソヨン（東京大）、井上隆信、横田久里子（豊橋技術科学大）、須戸幹（滋賀県立大）、田中衛、柏田仁（東京理科大）、片岡智哉、日向博文（愛媛大）、吉田拓司、後藤早苗、山本菜月、緒方 陸(八千代エンジニヤリング㈱)

研究体制

[サブテーマ3-1]
点源からのマイクロプラスチック排出量の評価と流出抑制技術の開発

サブテーマリーダー：
藤原拓（京都大学）

メンバー：
田中周平、大下和徹、高岡昌輝（京都大学）、中田晴彦（熊本大学）、鈴木裕識（岐阜大学）
鈴木剛（国立環境研究所）

大野順通、TAN SHIH WEI（いであ㈱）

[サブテーマ3-2]
面源からのプラスチックごみ排出量の評価

サブテーマリーダー：
中島典之（東京大学）

メンバー：
飛野智宏、イ・ソヨン（東京大学）
井上隆信、横田久里子（豊橋技術科学大学）
須戸幹（滋賀県立大学）

[サブテーマ3-3]
河川および海岸からのプラスチックごみ流出量の評価

サブテーマリーダー：
二瓶泰雄（東京理科大学）

メンバー：
田中衛、柏田仁（東京理科大学）
片岡智哉、日向博文（愛媛大学）、吉田拓司、後藤早苗、山本菜月、緒方 陸(八千代エンジニヤリング㈱)

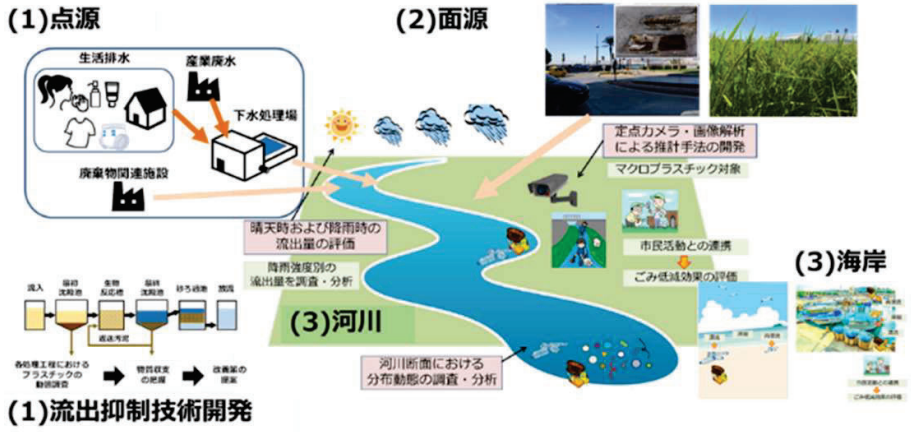
研究目標

研究目標（全体目標）

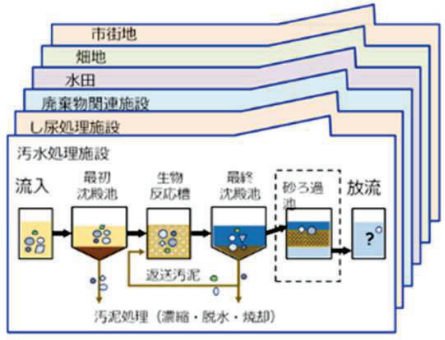
「海洋プラスチックごみによる汚染防止のための科学的情報と政策パッケージの提示」への貢献を目標

- 1mm 以上のマイクロプラスチックを含むプラスチックごみの**排出インベントリを作成・評価する手法を確立**し、「環境中のマイクロプラスチック**調査マニュアル**（案）」として取りまとめるとともに、**陸域からの排出インベントリを作成**する。
- **河川及び海岸からのプラスチックごみ流出量の評価**を行うことにより、**プラスチックごみに係る科学的情報のデータベース構築に貢献**する。
- 海洋プラスチックごみによる汚染防止の観点からは、サブテーマ1において**点源からの流出抑制技術の開発**を行うとともに、サブテーマ3において**市民のプラスチックごみ拾いによるプラスチックごみ流出量の低減効果を評価**する。

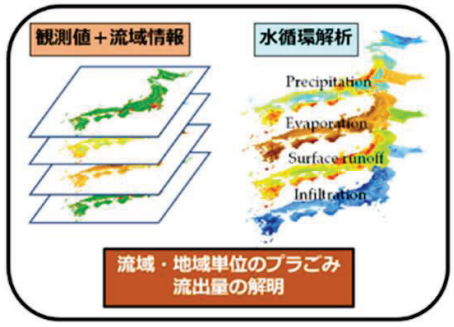
サブテーマ構成：
(1): 点源からのマイクロプラスチック排出量の評価と流出抑制技術の開発
(2): 面源からのプラスチックごみ排出量の評価
(3): 河川および海岸からのプラスチックごみ流出量の評価



【環境政策への貢献】



陸域からの排出インベントリ作成



日本全国における高分解能プラごみ総排出量マップの作製

作図：田中周平、二瓶泰雄、藤原拓

ST1. 成果詳細 ＜①環境中のマイクロプラスチック調査マニュアル（案）の作成＞ ＜② マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリの開発＞

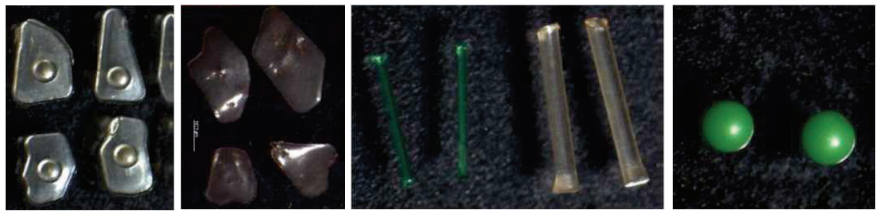
■ 研究概要

いであ、京大田中G・藤原G・高岡大下G、岐阜大、熊本大

- MPs調査方法を整理し、 標準試料を用いたブラインド試験により精度低下の要因とその対応策を提示
- 点源・面源の両面からMPs排出実態を把握するための標準的な現地調査手法を取りまとめ
- 全国の下水処理工程の情報から12系統を選定し、25施設において詳細なMPs調査を実施
- 合計で、全国の下水処理場の年間処理水量の87.7%をカバー
- 流入水、放流水中のMPs個数密度、重量密度を算出し、年間放流量をインベントリとして取りまとめ

ブラインド試験

精度低下要因	対応策
1）粒径が小さく、透明や白色などの視認しにくい粒子の拾い出し漏れ	・粒径が1mm以上5mm未満とは分けて結果を報告 ・ろ過フィルターへの残存、容器壁面や天然粒子等への付着がないかを入念に確認 ・粒子の拾い出しは、色調及び明度が異なる複数の背景色で確認
2）重量が、高めに測定	・入念な洗浄と乾燥
3）粒径の誤測定	・長さが既知のものを同時に測定
4）材質の誤判定	・ホルマリンなど分光機器に妨害が生じる物質の添加は極力行わない ・目視において同一と見なせる粒子であっても、材質の測定は省略せずに極力行う
5）形状及び色の判定の不一致	・予め分類の定義を設けておく ・機関間でその結果に差異が生じていることに留意して比較する。



粒径1～5 mmの粒子状マイクロプラスチックの点源からの排出インベントリ（晴天時）

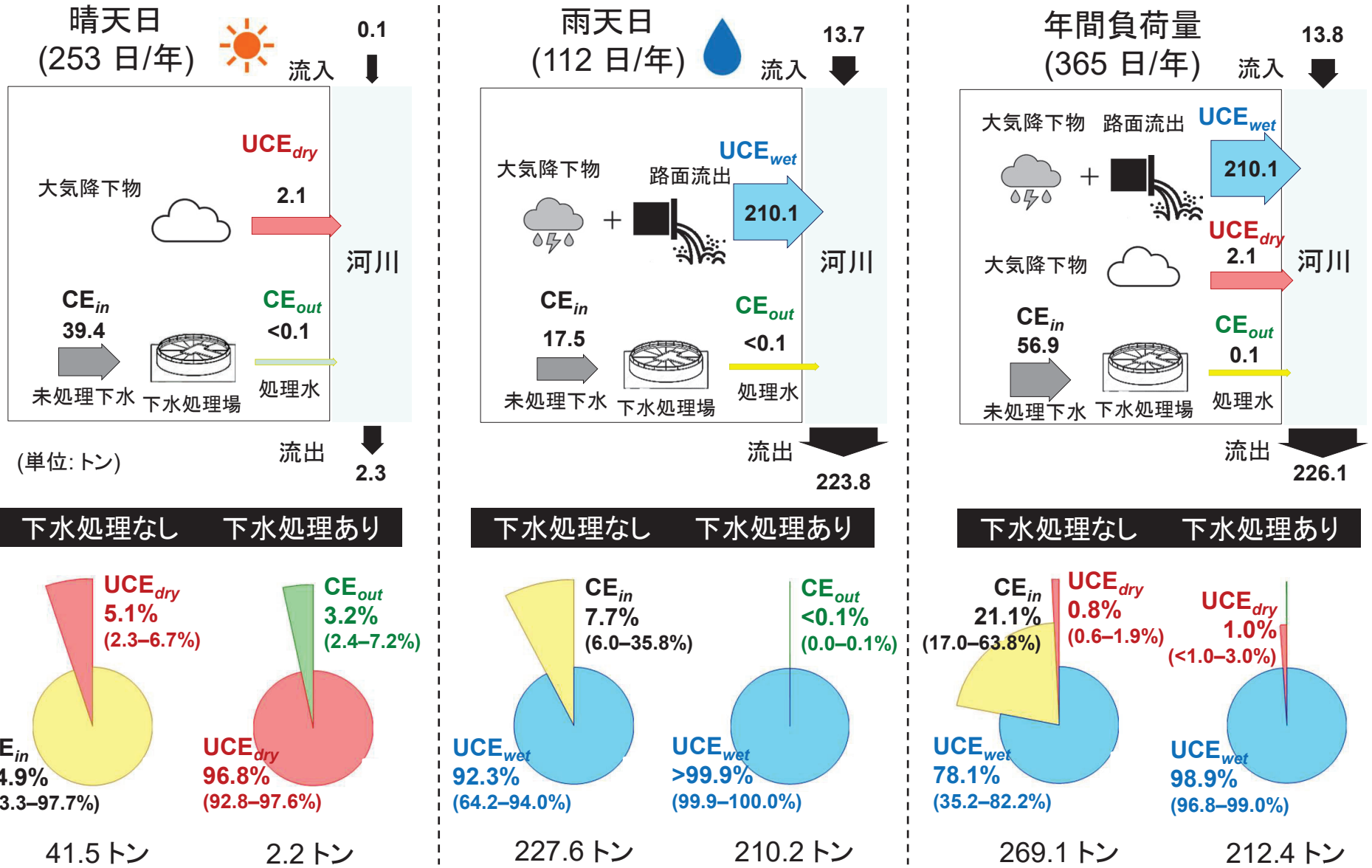
汚水処理施設	放流量(億個/年)	割合(%)	放流量(トン/年)	割合(%)
下水道	931	78.8	6.82	66.6
浄化槽	199.2	16.9	2.6	25.7
農業集落排水施設	48.0	4.1	0.6	6.2
コミュニティープラント	2.5	0.2	0.0	0.3
廃棄物焼却施設	0.0087～0.0634	0.0	0.00249～0.1153	1.1
管理型埋立処分場	0～0.332	0.0	0～0.000916	0.0
合計	1181		10.2	

ST1. 成果詳細 <② マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリの開発>

京都大：田中周平

晴天日と雨天日別の年間マイクロプラスチック負荷

鴨川流域



CE: Controlled emissions
UCE: Uncontrolled emissions

Sachithra, Tanaka, *et al.*, Journal of Environmental Management, 2024

ST1. 成果詳細 ＜③ 汚水処理施設、し尿処理施設の排出原単位の算定＞ ＜④ 汚水処理施設におけるプラスチック及び化学物質態評価＞

岐阜大：鈴木裕識

■ 研究概要

- 主に洗濯由来で発生する**繊維状MP**の排出原単位把握のため、下水処理施設、浄化槽、し尿処理施設で**実測調査**を実施。
- **曝気処理過程中**の繊維状MPの**微細化**を**室内実験**により検討。

■ 研究手法

- 下水処理施設：標準活性汚泥法・変法（以下、標準法）5件、膜分離活性汚泥法（以下、MBR）2件で調査。
- 浄化槽：100人槽までの規模5件、100人槽以上の規模2件で調査。また、100人槽以上の浄化槽1件では、**通日調査**を実施。
- し尿処理施設：浄化槽汚泥を固液分離型で処理する施設で調査。
- ポリエステル100％製タオル由来の繊維状MPを三角フラスコ内で一定時間曝気し、前後の繊維状MP本数と重量を計測。
- 繊維状MP（100 μm-5 mm）を既報の分析マニュアル（京都大学、土木研究所、2022）に準じて分析。

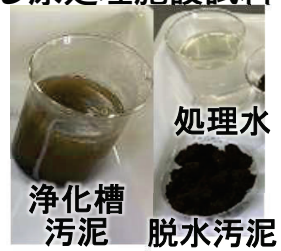
■ 主な成果（100 μm-5 mmで集計）

- 長さ分布：**長さ1mm未満の存在割合が高い**ことを確認。
- 除去率：下水処理施設-標準法97.9% 、下水処理施設- MBR 99.8%、浄化槽94.2%、し尿処理施設 99.8%
- 処理水中の平均個数密度、処理水量・人口から**平均一人一日排出量(本/人/日)を算出**： 下水処理施設-標準法319、下水処理施設-MBR 45、浄化槽 1,350(通日調査)、し尿処理施設 72
- 重量での存在実態評価が容易でない繊維状MPに対し、汚水処理過程中の曝気に伴う微細化実験データを基に**本数（本）⇔重量（mg）の変換係数を算出**。
- 既往の流出量推計値350トン/年（環境省,2023）に加え、繊維の実測と水中の挙動を踏まえた**推計値47.9トン/年**を提示。また、将来に向けた複数の**削減シナリオを提示**。

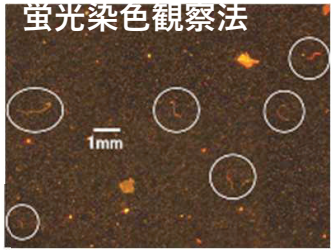
浄化槽通日調査



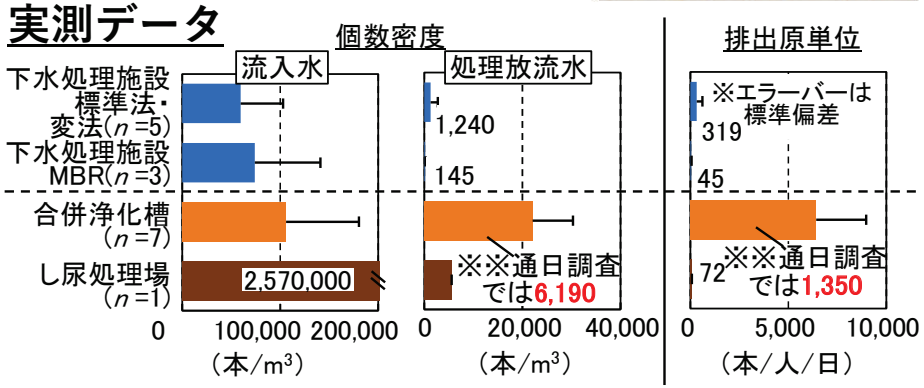
し尿処理施設試料



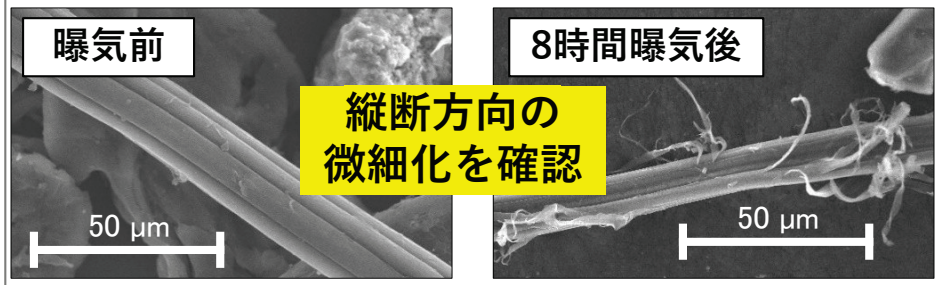
繊維状MP観察画像



実測データ



曝気による微細化実験前後の繊維画像



繊維状MPの日本から海洋への年間流出量推計

	下水処理施設	合併浄化槽	し尿処理施設	未処理	全国合計
個数密度ベース（兆本/年）	17.7	7.41	0.07	74.2	99.3
重量ベース（トン/年）	6.5	2.6	0.04	38.8	**47.9**
【環境省(2023)】既往推計値(トン/年)					350

ST1. 成果詳細＜④汚水処理施設におけるプラスチック及び化学物質の動態評価＞

熊本大：中田晴彦

■ 研究概要（課題）

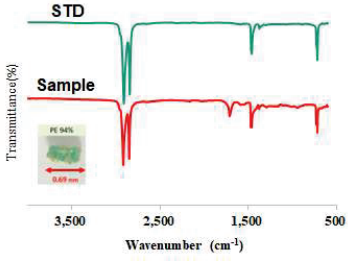
- 汚水処理施設のマイクロプラスチック (MP)除去効率調査のCase Studyと雨天時のMP流入・流出特性の把握
- 汚水処理試料中のプラスチック添加剤汚染の実態把握および老朽化下水管の早期発見に資するMPsの指標性評価

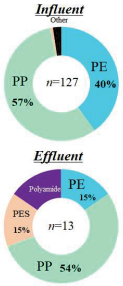
■ 研究手法

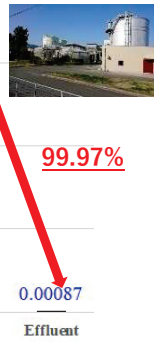
- 汚水処理施設と地下水の両試料中MPと添加剤等を測定し、密度と濃度データを基に上記課題をそれぞれ解析する。

主な成果

① MP除去効率（@熊本）







活性汚泥法により流入水中MPの99.97%が除去

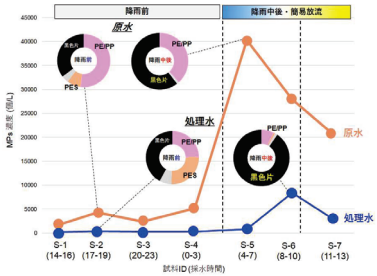
② 豪雨時の処理施設へのMP流入・流出特性

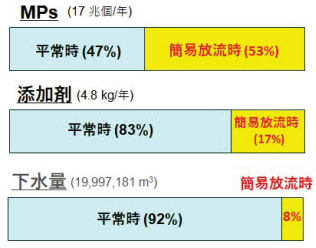




キャンピングカーによる
24時間サンプリングの様子

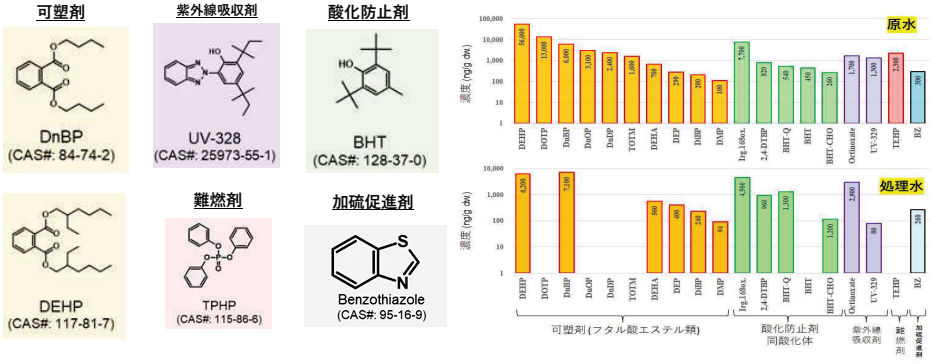






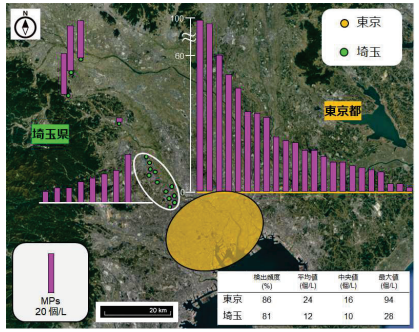
豪雨後にタイヤ摩耗片を含むMPの大量流入と環境流出

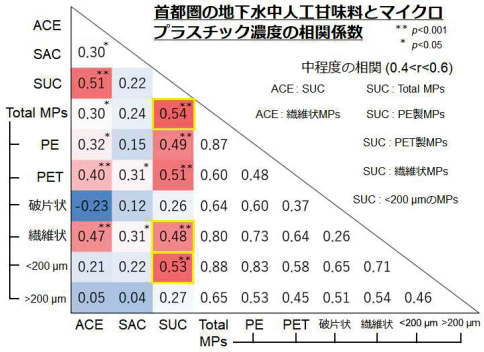
③ 有機系プラスチック添加剤の濃度値（汚泥：～56,000 ng/g）



MP由来の高有害性プラスチック添加剤を検出

④ 地下水汚染におけるMPの指標性評価（首都圏調査）





MPsは下水管破損の新規マーカーとして有用

ST1. 成果詳細＜④汚水処理施設におけるプラスチック及び化学物質の動態評価＞

京都大：藤原拓、TAN SHIH WEI

■ 研究概要

- 全国汚水処理施設の調査結果を合わせて処理プロセス内でのマイクロプラスチックの挙動を把握
- 効果的にMPが除去される処理工程を解明すると共に、MP流出制御技術開発に向けて重点化すべき工程を解析

■ 研究手法

- **汚水処理施設を対象とした調査結果に基づき、(個数と重量)密度・日負荷量双方の観点からMP動態を評価**



ST1. 成果詳細＜⑤ 布ろ過による下水中の微小MPs除去パイロット試験＞

京都大：
田中周平

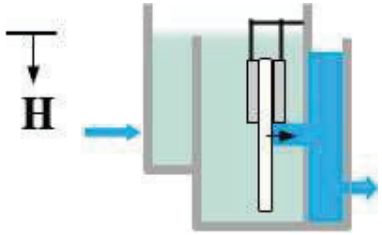
研究概要　300μm未満のMPsを除去するための布膜ろ過技術を実下水二次処理水に導入

研究手法　下水処理場にパイロットプラントを設置し重力膜ろ過を実施、その後LDIRでMPsを同定定量

方法



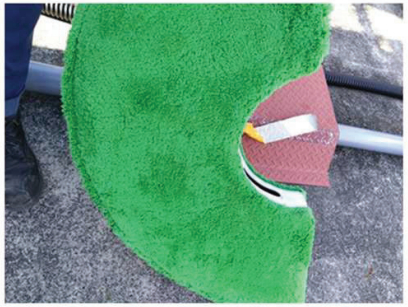
300,000 L/day



断面図



ろ布の設置状況



試験に使用したろ布

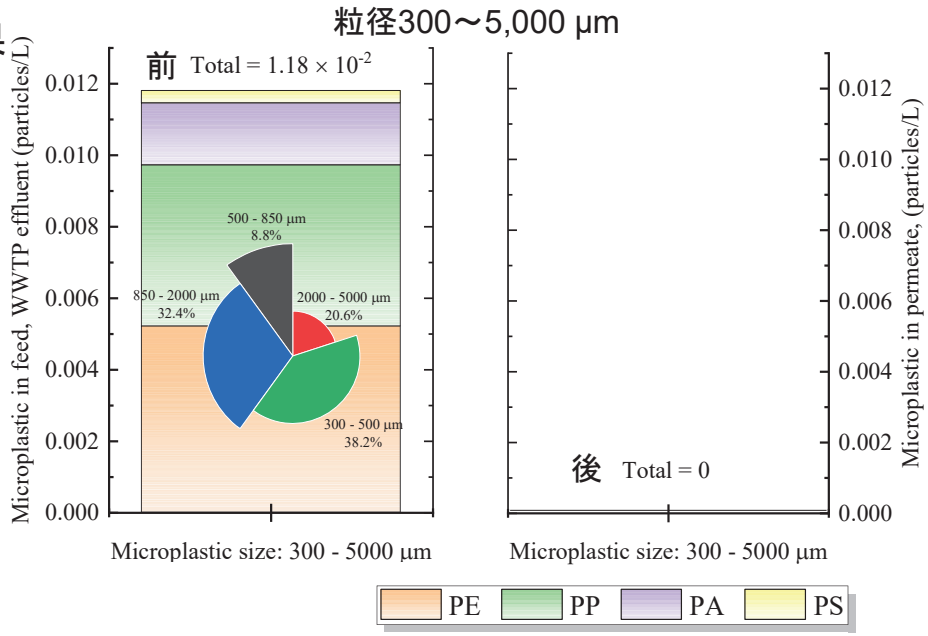


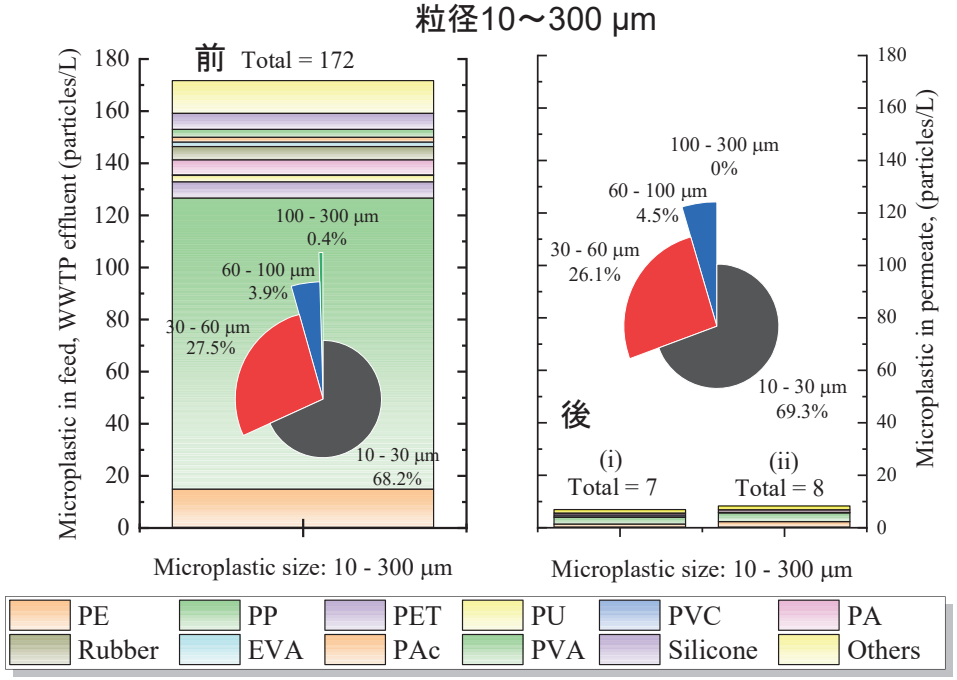
重力ろ過実験の様子

	粒径
除去率 (%) 100	300～5,000 μm
96	10～300 μm

処理性能　550,000 L/m²h･bar

結果





Ibukun, Tanaka, *et al.*, Journal of Environmental Management, 2024

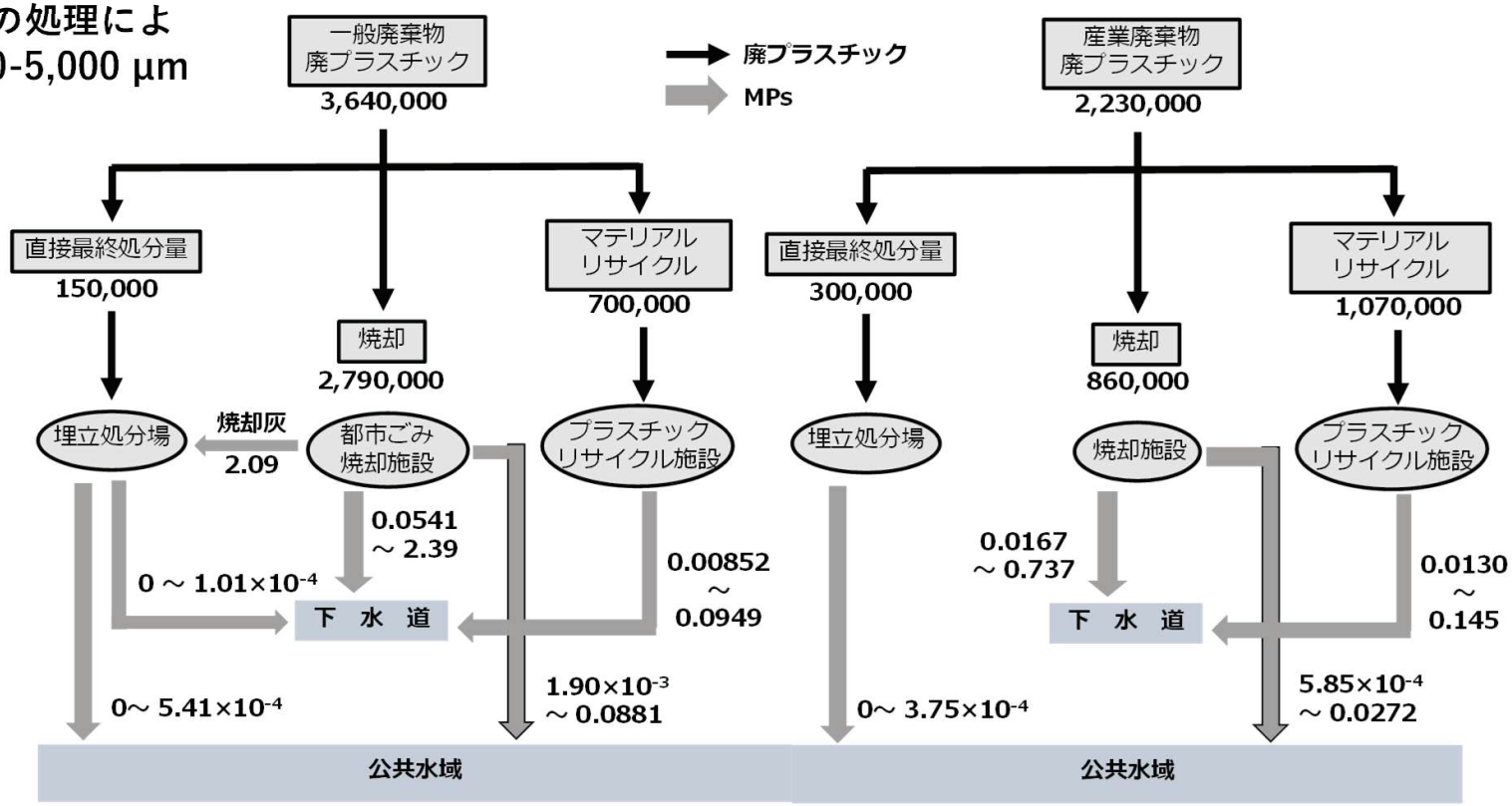
ST1. 成果詳細＜⑥ 廃棄物関連施設の排出原単位の算定＞

京都大：高岡昌輝、大下和徹

■ 研究概要
- 一般廃棄物・産業廃棄物の中間処理施設および最終処分場におけるMP排出状況を把握し、排出インベントリ作成と更なる精緻化に向けた基礎データを取得。

■ 研究手法
- 都市ごみ焼却施設（4+7）・埋立処分場(4)、プラスチックリサイクル施設(2)を主とした一般廃棄物処理施設での調査に基づき排水、灰経由でのMP排出状況を評価。
- 都市ごみに含まれる廃プラスチックのフローとあわせて全体のフロー図を作成。
- 廃プラスチックのフローは(一社)プラスチック循環利用協会のデータを使用し、ケミカルリサイクル、固形燃料/セメント原燃料を除く。産業廃棄物焼却施設の焼却灰から埋立処分場へのフローは考慮していない。

プラスチック廃棄物の処理により発生する粒径1,000-5,000 μmのMPフロー



- 多くの廃プラは焼却、リサイクル製品へ
- MPとなって排出される量は下水道への負荷、および公共水域への負荷を含め軽微である
- 今後、廃棄物処理施設にて、排水処理を経由しないMP排出の調査が必要

ST1. 成果詳細＜⑦ 廃棄物関連施設からのマイクロプラスチック流出制御技術開発＞

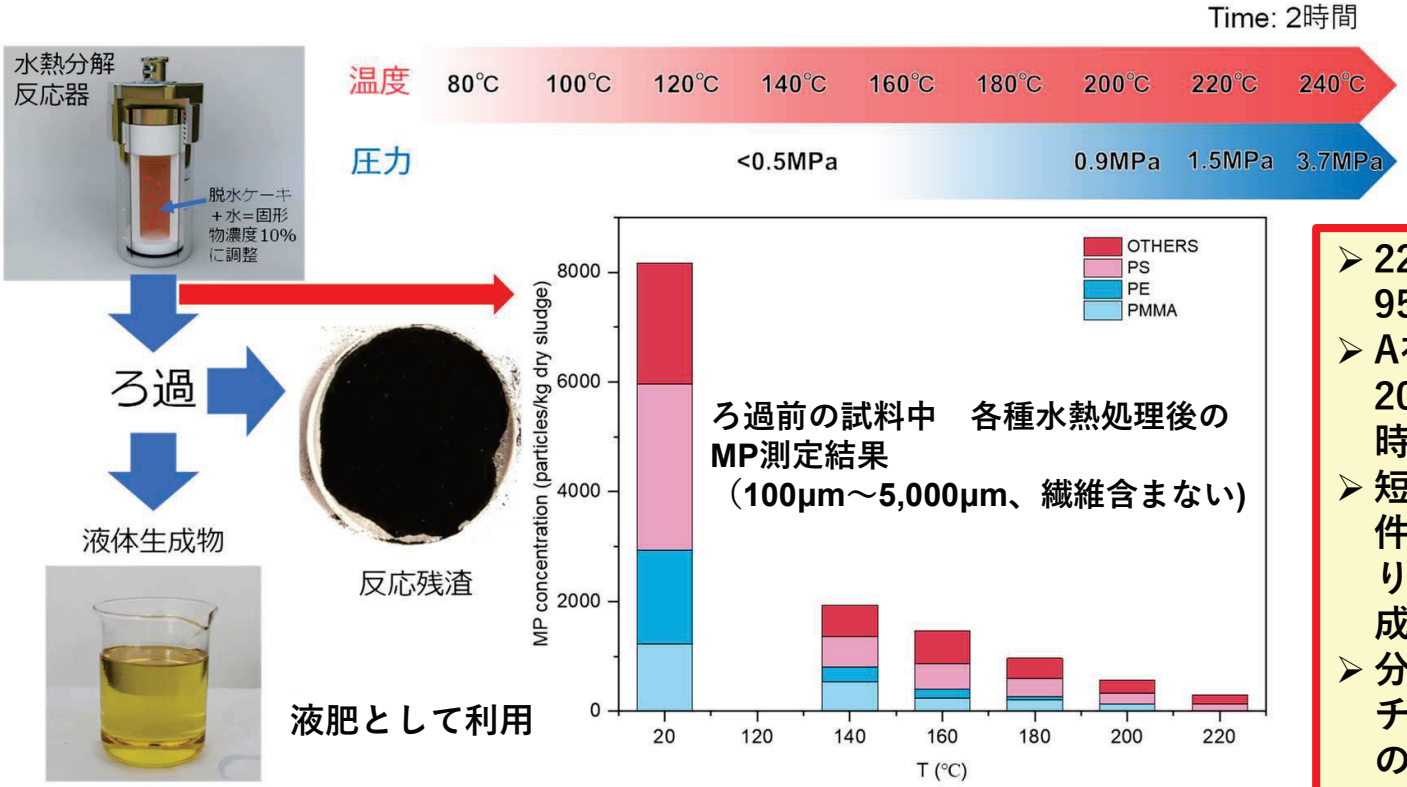
京都大：高岡昌輝、大下和徹

■ 研究概要

- 廃棄物処理施設からのMP流出制御技術開発として、固体経由での排出を抑制する技術を実験的に検討。

■ 研究手法

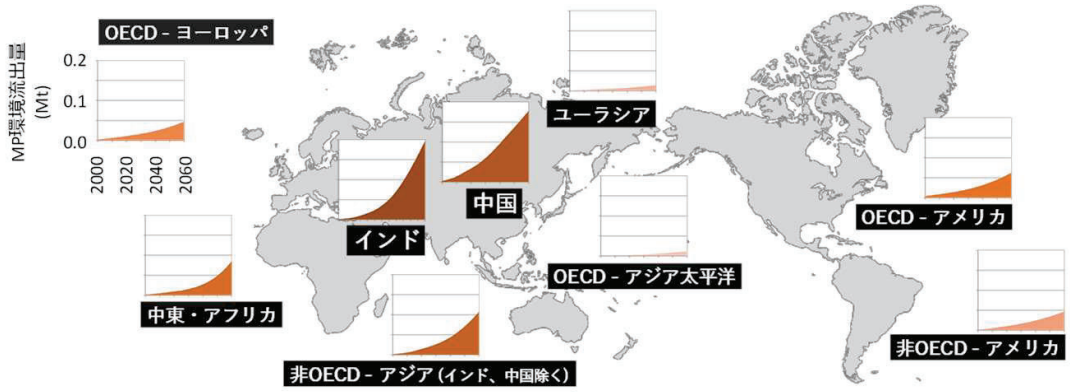
- 対象とする廃棄物として、有機性廃棄物（特に下水汚泥を選定）、肥料化による農地へのMPインプット抑制を目標。
- 下水汚泥脱水ケーキのMPの分析方法を確立。
- 下水汚泥脱水ケーキ中のMPの基礎組成を把握。
- 水熱処理によりMPを分解することを目指す。



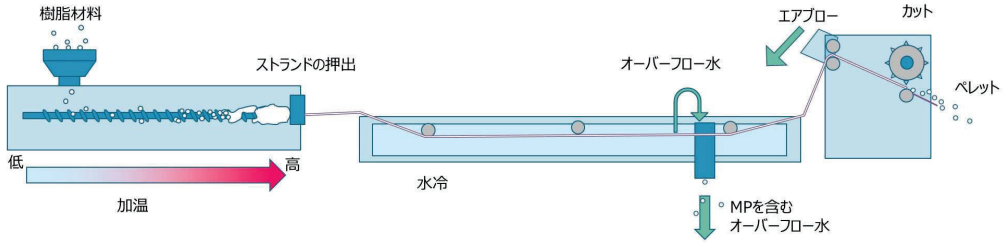
- 220℃条件(1.5 MPa)2時間では95%以上の分解率。
- A社ヒアリング:160℃ 0.6 MPa 20-30 minでは分解しない→、時間が重要
- 短時間でもう少しマイルドな条件でも、対象物の流動性が高まり、ろ過によってMPsが液体生成物に移行しない可能性がある。
- 分解生成物、マイクロプラスチックのナノ化については今後の課題

ST1. 成果詳細＜⑧ プラ微細化プロセスと化学物質の溶出性・吸着性との関連性評価＞

国立環境研究所：鈴木剛



MR（破砕工程）のMP環境流出量の地域別将来推計



■ <u>研究概要</u>

- **プラ微細化プロセスとして、マテリアルリサイクル（MR）の破砕工程**における**MPの生成・排出挙動**を評価し、**排出源**としての**寄与を定量。**

■ <u>主な成果</u>

- **MRの破砕工程はMPインベントリで監視すべき発生源。アジア（非OECD）の流出量が将来増加**するため、**流出回避**に向け**予防的対策が必要。**
- **0.3 mm未満の微細MPは生態リスクも懸念。**

→ **流出インベントリの発生源・品目の提示。**

- **プラスチックの生産量が将来的に増加**（**2017年：4.5億トン、2040年：9億トン**）しても、**ペレット化工程**については、10 μm以上5 mm未満のMPの**点源としての重大性は低い**見込み。

- 溶融プラスチックの冷却水において、マイクロ・ナノプラ濃度を2桁程度上回る濃度で**添加剤由来化学物質**を検出
- ペレット化に関連する環境リスクの特徴として、**溶出化学物質の重要性**を示唆。



ST2. 成果詳細＜市街地評価　①晴天時調査＞

東京大学：中島典之、飛野智宏、イ・ソヨン









■ 研究概要

➢ 晴天時試料を採取し、市街地由来プラスチック負荷を推定する。採取した粒子中のサイズ別のプラスチック量を分析し、それをもとに、既存の市街地SS負荷原単位に関する知見からプラスチック負荷量を推定する。

■ 研究手法



➢ 試料採取

- 路面清掃車により平均的な塵埃を採取（2023/2；高速道路 4 路線 7.3 km, 24.8 km, 14.3 km, 58.7 km）
- マイクロ（<0.3mm, 0.3-2mm, 2-5mm）、メソ(5-50mm)、マクロ(>50mm)の計 5 画分に分取し、重量を測定。

➢ 材質分析

- メソおよびマイクロ（0.3-2mm）を対象。
- 前処理：メソは前処理なし（全粒子分析）。 マイクロは酵素分解(手法検討成果2編が学術誌掲載)＋密度分離。
- 材質同定：ATR-FTIR。Polymerを含む4つのライブラリと、タイヤゴムに特化したライブラリ（山本・古米(2022)）を参照（約1000データ）。分類結果をもとに、PP、PE等のOrdinary plastic、タイヤ他のゴム素材（Elastomer）、その他Other plasticに分類した。

ST2. 成果詳細＜市街地評価　②雨天時調査／排出量推定＞

東京大学：中島典之、飛野智宏、イ・ソヨン

■ 研究概要

- 雨天時市街地流出水（調整池試料；水および堆積物）を採取し、50mm以下のプラスチックの材質別重量比を分析。
  （比較のため集水域の道路塵埃も採取・分析）

■ 研究手法

- 調整池試料の採取（計3回　2023年11月26日、2024年12月8日、2025年4月29日）
  - 堆積物試料：Van Veen型グラブ採泥器を用いて池内の底泥約1Lを採取。
- 集水域道路塵埃の採取（2025年6月21日6地点で採取し、面積当たり堆積重量に比例して混合）
  - 天然素材の刷毛を用いて路肩より採取。
- 材質分析
  - 晴天時調査と同様

- 排出量推定（国内市街地面源由来MP）
  - 流出水中の浮遊物質(SS)濃度の降雨イベント流量平均加重濃度(EMC)（尾崎ら, 2017）に基づいて、日本全体の市街地面源由来MP排出量を推定。





左：調整池（市街地雨天時流出）

右：調整池堆積物

[redacted]

ST2. 成果詳細＜農地評価　①畑地　マクロプラスチック＞

豊橋技術科学大学：
井上隆信、横田久里子

マクロプラスチック

■ 研究概要

畑地(露地栽培)から流出するマクロプラスチックについて，多くのプラスチックごみが漂着し畑地の割合が56.9%と最も高い農地河川である浜田川(愛知県豊橋市)を対象とし，実測データにより取得した。

■ 研究手法

1.　河川水降雨後河川敷に漂着するマルチシート調査

- 定点調査：2023年8回、2024年8回、2025年7回
  左岸斜面に沿う縦2.5m×横10mを調査範囲として設定し、降雨以前の調査範囲内に存在しているごみはないとして漂着しているプラスチックを採取
- 河川に敷漂したタバコ畑由来マルチシート量の算出

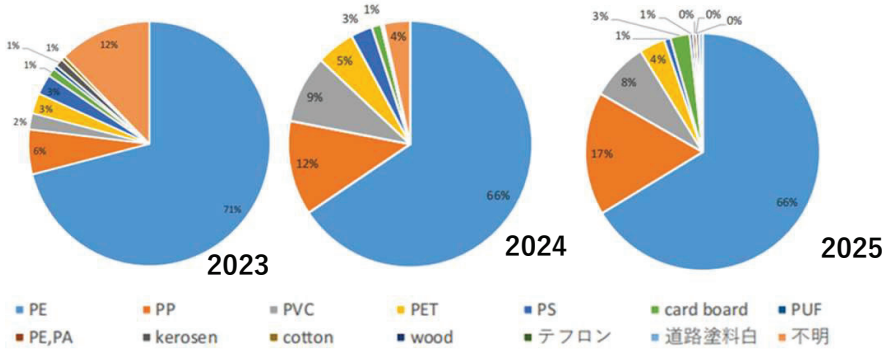
2.　流域内踏査調査

- 2023-2025年に葉タバコのマルチシート使用量調査
- 2025年は、流域のマルチシート使用量の全調査
- 葉タバコの管理カードから総マルチシート面積算出

3.　流出率と原単位の推計

- 流出率は、シルバーと黒のマルチシートで推計
- 原単位は葉タバコに使用されるシルバーを対象
- 葉タバコの使用面積と漂着量から原単位の推計

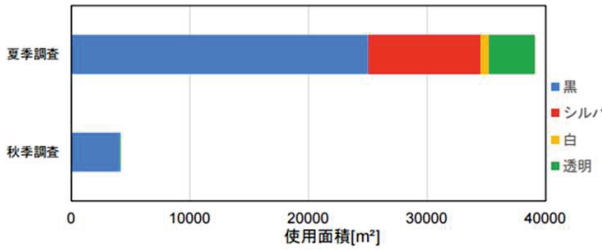
1.　河川水降雨後河川敷に漂着するマルチシート調査



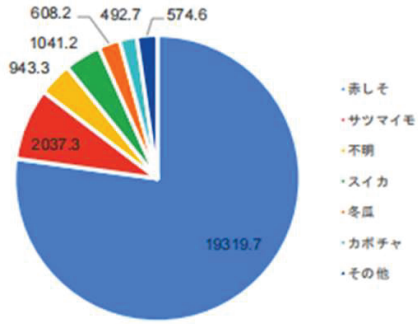
漂着物の組成

マルチシート組成のポリエチレンの漂着物が最多

2.　流域内踏査調査



マルチシート使用量



黒色マルチシートの作物別比率

黒色の使用比率が多く、黒色は赤しそ、シルバーは葉タバコで使用

2.　流出率と原単位の推計

マルチシート流出率と原単位

色	年	使用質量(kg)	漂着質量(kg)	流出率(%)	葉タバコ畑使用面積(m^2)	原単位($g/m^2/year$)
シルバー	2023	207	0.47	0.23	11135	0.042
	2024	166	0.54	0.32	8920	0.061
	2025	177	0.51	0.29	9395	0.054
黒	2025	495	0.38	0.08		

流出率はシルバーは0.3%、黒は0.08%、シルバーの原単位は0.05g/m²/year

ST2. 成果詳細＜農地評価　②畑地　マイクロプラスチック＞

豊橋技術科学大学：
井上隆信、横田久里子

マイクロプラスチック

■ 研究概要

- 農地河川に流出するマイクロプラスチックのインベントリを流域に畑地が広がる梅田川（流域における畑地の割合51%）と浜田川上流（流域における畑地の割合83%）、浜田川下流（流域における畑地の割合56.9%）を対象とした実測データにより取得した。

■ 研究手法

1.　河川水採取方法の検討

- プランクトンネット法、バケツ法、ポンプ法の比較
- 3河川の3地点で3回実施
- 統計解析により、有意差検定
  バケツ法により晴天時と降雨時（降雨量36mm、1時間最大雨量 9mm/h）に試料を採取し、表面積（mm^2）から負荷量（mg/s）を算出

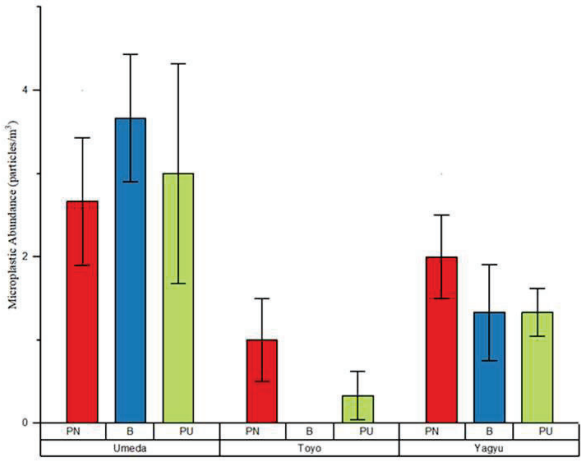
2.　降雨時の流出量調査

- 2河川の3地点で実施
- 降雨前から降雨後まで、各地点計6回の採水
- 流出濃度と流出負荷量の算出

2.　降雨時の流出特性評価

- L-Q式を用いた推計
- 懸濁物質の流出特性と比較
- 流出型で

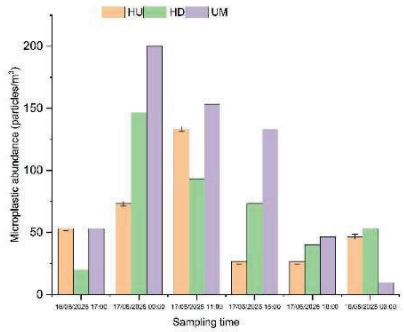
1. 河川水採取方法の検討



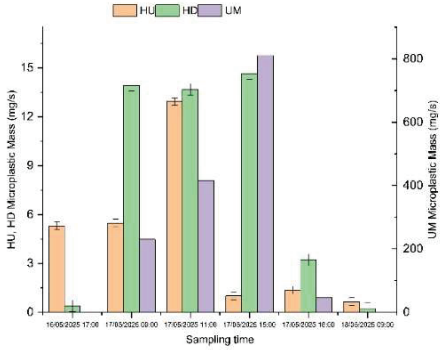
各河川のマイクロプラスチック個数

各河川間には有意差あり
各手法間では有意差なし
↓
3つの手法で採取したデータ間の比較検討が可能

2. 降雨時の流出調査



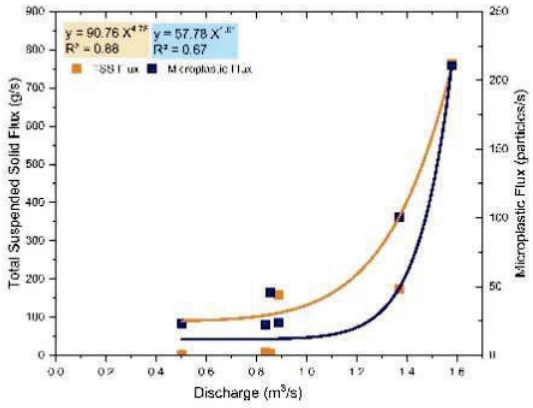
単位体積当たりの個数の変化



流出負荷量の変化

降雨に伴う流量増大時に
濃度、負荷量とも増加

3. 降雨時の流出特性評価



L=aQⁿ式で近似可能
nの値は、1以上で流出型
懸濁物質と比較してnの値は小さい
↓
流量の年変化を推計できればマイクロプラスチックの年間負荷量の推計が可能

ST2. 成果詳細＜農地評価　③水田　被覆性肥料カプセル＞

滋賀県立大学：須戸幹

■ 研究概要

➢　水田流域から流出するマイクロプラスチックのうち、被覆性肥料由来マイクロカプセル（MC, 2～5 mm）のインベントリを、さまざまな規模のフィールド（一筆水田、水田群）で実測により取得した。期間別インベントリの解析から、営農作業や水管理、降雨の影響の検討した。また汎用化に伴う一筆転作田でも同様の調査を行った。

■ 研究手法

1．被覆性肥料カプセル（MC）インベントリ

➢ **一筆水田**（滋賀県大圃場施設、６筆、5.4～9.4a）
- 2022～23年[年間、4～5月または5月～9月に３回/週～1回/月]
- 一筆水田の排水口に捕集網を設置し、流出物を全量捕集してインベントリを評価

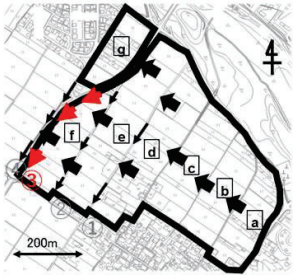
➢ **用排兼用地区排水路**（K水田流域(74筆)、13.8ha）
- 2023年[4～9月、３回/週～1回/月]
- 排水路断面の一部に捕集ネットを一定時間固定し、水路全体と採取ネットを通過した流量比、固定時間をもとにインベントリを評価

➢ **用排分離地区排水路**（H水田流域(57筆)、17.3ha）
- 2024年[4～9月、３回/週～1回/月]
- K水田群と同様の方法で実施

➢ **転作田**（K転作田、２筆）
- 2025年[1～12月、1回/月程度]
- 一筆水田の調査方法に準じて実施

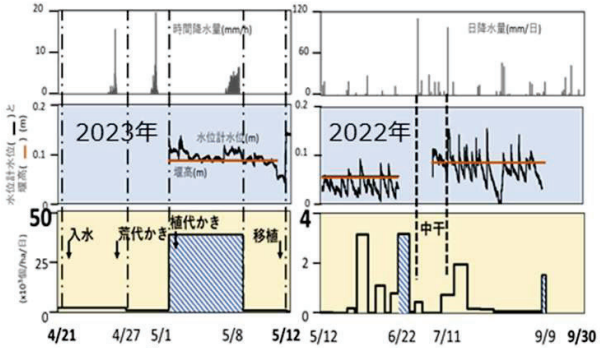


一筆水田排水口調査地点
(2022,23年,ﾊﾟｲﾌﾟ径15cm)

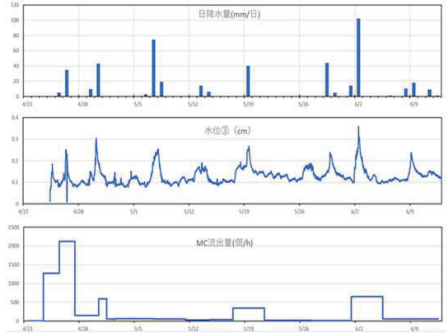




水田群調査地点(左:K水田群、右:H水田群)と水の流れ



一筆水田(D圃場)からのMCの流出量



K水田群からのMCの流出量(2023年)

時期別MC流出量のまとめ（2022～2025年）

調査地点		時期別MC流出量(x10³個/ha) 代かき～移植	移植以降	合計
一筆圃場	圃場C	68.5	5.0	73.5
	圃場D	308	14.0	322
	圃場E	77.3	—	—
	圃場F	517	—	—
	圃場A～C	—	3.1～10.5	—
	圃場D	—	76.4	—
水田群	K水田群(用排兼用地区)	19.5	8.3	27.8
	H水田群(用排分離地区)	319	64	383
転作田	転作田A	—	—	0.38
	転作田B	—	—	3.3

流出の大部分は代かき～移植時期

MCｲﾝﾍﾞﾝﾄﾘは30～500x10³個/ha

転作田流出量はごくわずか

ST2. 成果詳細＜農地評価　④水田　マイクロプラスチック＞

滋賀県立大学：須戸幹

■ **研究概要**

水田に留置されている肥料袋、土嚢袋などのプラスチック製品に由来すると考えられるマイクロプラスチック（MP，0.3～5 mm）のインベントリを、水田群での実測データから取得した。また、水田流域からのMP流出ポテンシャルを評価するために、流域内に放置または止水目的などで留置されている農業由来プラスチック製品（肥料袋、土嚢袋）を踏査により計数した。さらに農業資材（肥料袋）のフロースストック調査を行った。

■ **研究手法**

2．マイクロプラスチック（MP）インベントリ

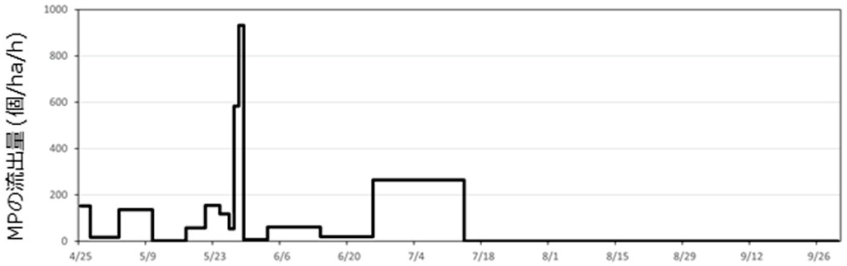
- **用排兼用地区排水路**（K水田流域(74筆)、13.8ha）
- **用排分離地区排水路**（H水田流域(57筆)、17.3ha）
  - ・試料採取はいずれもMC調査と同時に実施
  - ・ふるい分け･過酸化水素処理･比重分離後、実体顕微鏡でピックアップし、一部をFTIRで同定

3．農業由来プラ製品留置数の踏査（2021～24年）

- 地区全体を踏査し、留置されている肥料袋、土嚢袋を計数
  - ・16地区（2.2～67.0ha，農業農村整備事業未実施9地区、実施済み7地区で2021～24年に実施

4．農業資材の発生源調査（フロースストック調査）

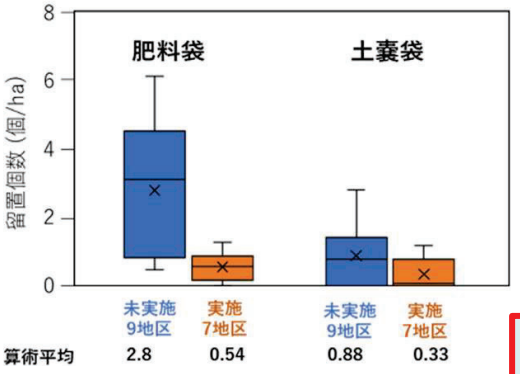
- 地区での肥料袋購入数の聞き取りと年2回のプラごみ集団回収時の回収量を集計
  - ・2021～2024年に2地区、計4回実施



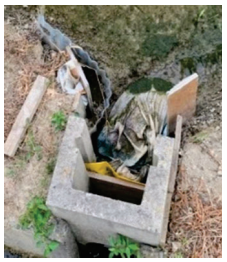
水田群からのMCおよびMPの流出量(個数、4月～9月)

水田群	MC (x10³個/ha)	MP (x10³個/ha)	MC (g/ha)	MP (g/ha)	MP/MC 重量比
K（2023年）	28	10.5	49.7	2.4	0.048
H（2024年）	383	12.9	701	15.8	0.023

流出質量の大部分はMC



肥料袋、土嚢袋の流域内留置数





留置されている肥料袋、土嚢袋

肥料袋の平均留置数:1.8個/ha
（未実施地区＞実施地区）

肥料袋のフロースストック分析

調査地区	調査年月	回収枚数	購入枚数	回収率(%)
I地区	2021	578	851	67.9
K地区	2021	2213	2668	82.9
K地区	2022	1509	2210	68.3
K地区	2024	1588	1981	80.2



プラごみ集団回収場所の肥料袋等

肥料袋の回収率は
75%程度

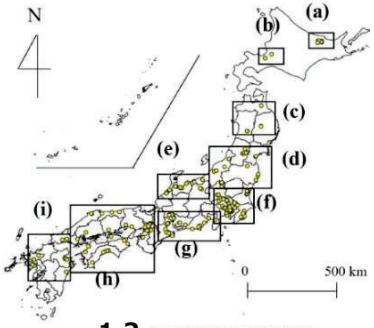
ST3. 成果詳細 <①河川マイクロプラスチック調査法の確立>

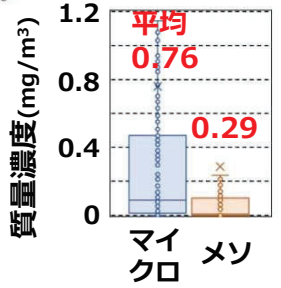
東京理科大学：二瓶泰雄、
田中衛、柏田仁

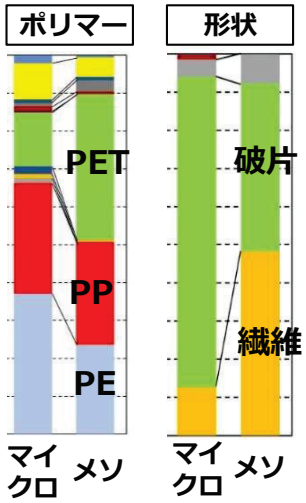
■ 研究概要
- 国内河川におけるメソプラスチック(5~25mm)の濃度，性状，マイクロプラとの割合を把握する．

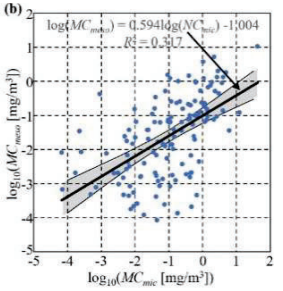
■ 研究手法
- 一級水系を中心とした147河川，185地点における表層観測を実施（2018~2022年）．

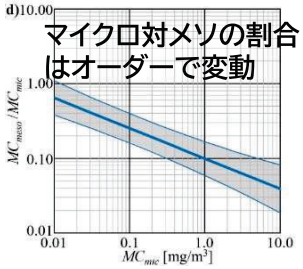
■ 研究成果
- マイクロ対メソの割合はオーダーで変動．
- マイクロ：PE＆破片，メソ：PET＆繊維が卓越．
- マイクロ濃度：メソ濃度＝3:1（平均）．マイクロ質量濃度に依存してオーダー0.01から1程度の変動を確認．







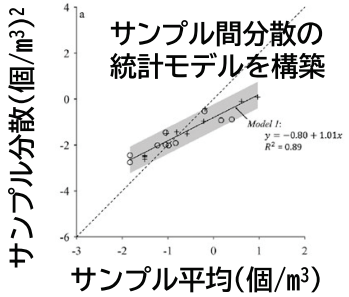


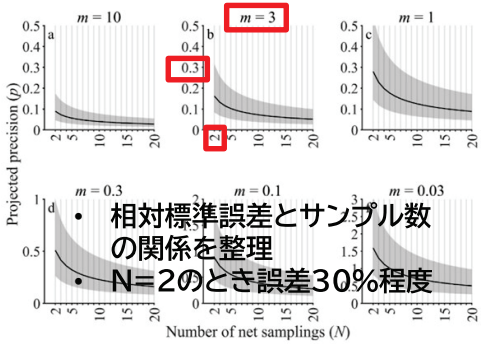


■ 研究概要
- 河川マイクロプラ観測におけるサンプル間ばらつき評価と誤差評価手法の提案

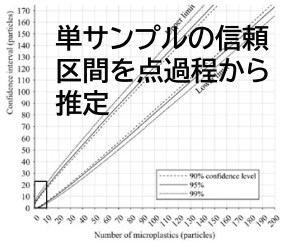
■ 研究手法
- ２河川におけるマイクロプラ濃度の連続10回観測，及びデータ間分散に関する統計解析

■ 研究成果
- データ間分散を予測する統計モデルを構築．
- 都市河川(<3 mg/m³)に対して2つのサンプル(*N*=2)によって相対標準誤差30%未満になることを確認．
- *N*=1の場合はプラ粒子30個以上が含まれるとき，信頼区間が33%程度に抑えられることを確認．

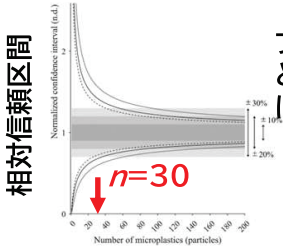




- 相対標準誤差とサンプル数の関係を整理
- N=2のとき誤差30%程度



サンプルに含まれる個数



プラ粒子数30のとき相対信頼区間は33%程度

サンプルに含まれる個数

ST3. 成果詳細＜①河川マイクロプラスチック調査法の確立＞

愛媛大（片岡）

愛媛大学：片岡智哉

■ **研究概要**

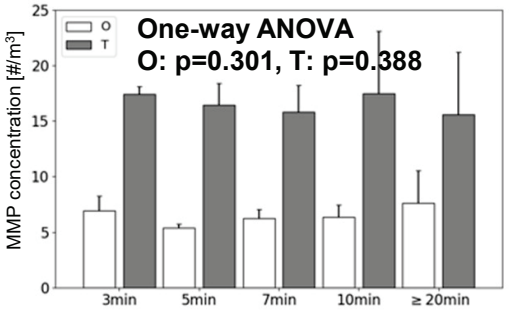
- ネットサンプリング時の目詰まりによる**メソ及びマイクロプラスチック（MMP）濃度計測への影響**を詳察する.

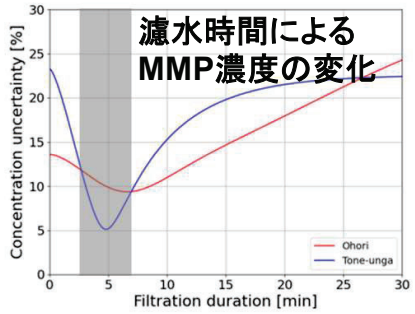
■ **研究方法**

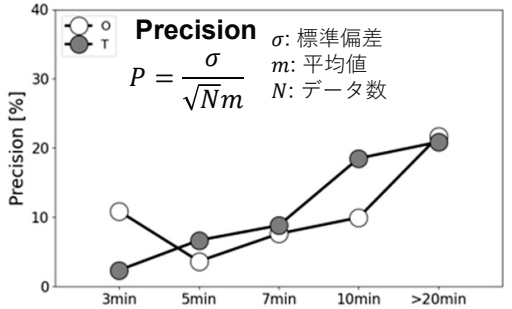
- 大堀川(O)と利根運河(T)で**異なる5つの濾水時間(3, 5, 7, 10, ≧20分)**で3回ずつMMP観測を実施し，MMP濃度の不確実性(Precision)を評価する.

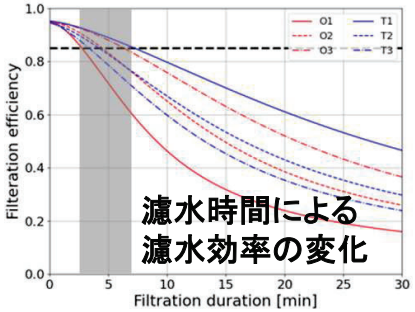
■ **研究成果**

- 濾水時間を長くすると，**MMP濃度の不確実性が増大**する.
- MMP濃度及び濾水効率を**Weibull分布の信頼度関数**でモデル化した.
- **濾水効率が0.85以上を確保できる濾水時間**（2.6分～7.1分）でMMP濃度の不確実性が低い.









■ **研究概要**

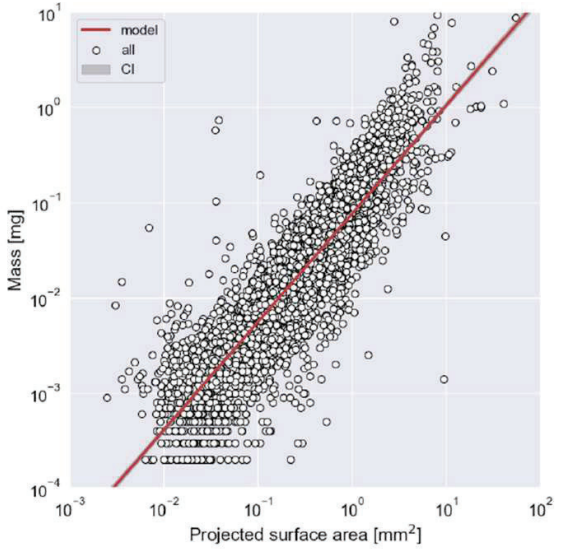
- 河川で採取した**MP粒子質量の直接計測結果**を用いて，新たな推計手法を開発する.

■ **研究方法**

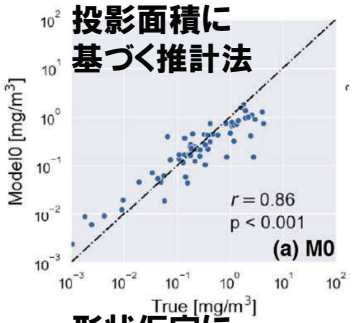
- 17河川35地点（関東：4河川18地点，四国：13河川17地点）で採取したMP粒子質量を**ウルトラミクロ天秤で計測，投影面積と比較**する.

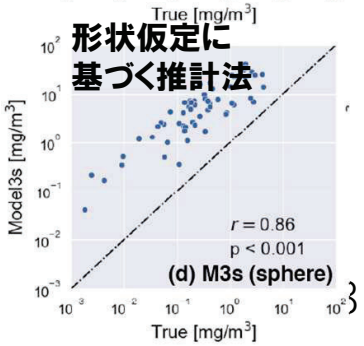
■ **研究成果**

- MP粒子質量は，投影面積との幾何学的関係を用いることで，**形状仮定に基づく推計法よりも高精度に推計可能**である.
- 島津製作所が販売を開始した**粒子解析ソフトウェアに本推計手法が実装**された.



投影面積と質量の幾何学的関係





ST3. 成果詳細＜②河川マクロプラスチック輸送量計測法の確立＞

愛媛大（片岡）・八千代

愛媛大学：片岡智哉
八千代エンジニヤリング

■ 研究概要

- 多点で高時間分解能で計測可能なマクロプラスチック(>25mm: MacP)の定量化手法が必要

→ MacPを定量するための**深層学習モデル**を開発

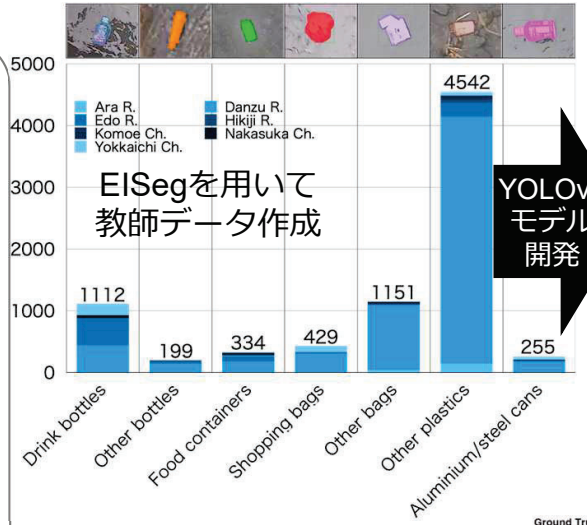
- **Instance Segmentation**が実装されているUltralyticsのYOLOv8 Segmentモデルを深層学習アーキテクチャとして採用
- オブジェクト検出（OD）と画素検出（IS）の2つのアプローチで**プラごみ検出精度**と**プラごみ分類精度**を定量的に評価

■ 研究手法

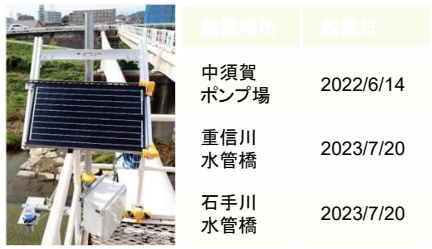
- 八千代エンジニヤリング株式会社様と協働でElsegを用いたアノテーションを実施した.
- パラメタ数が異なる**5つのYOLOv8 Segmentモデル**（n, s, m, l, x）を学習した.
- 愛媛県3地点に**超音波水位計連動カメラシステムを設置**し，検証用の画像データを取得した.
- 検証データに深層学習モデルを適用し，ODとISの精度をAverage Precision(AP)で定量評価した.

■ 研究成果

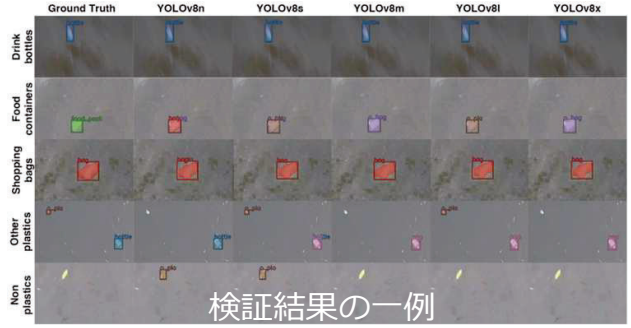
- パラメタが多いモデルほど精度が向上し，未学習データに適用してもプラごみ検出精度は高い.
- **YOLOv8l**のプラごみ検出精度とプラごみ分類精度が最もよい.
- 本深層学習モデルを実装した輸送量評価プログラムを開発し，**計算負荷の軽減，2成分の流速計測を高精度化**した.
- 新たな輸送量評価プログラムを基に，八千代エンジニヤリング株式会社と「**Plastic Runoff Identification, Monitoring & Observation System (PRIMOS)**」を共同開発した.



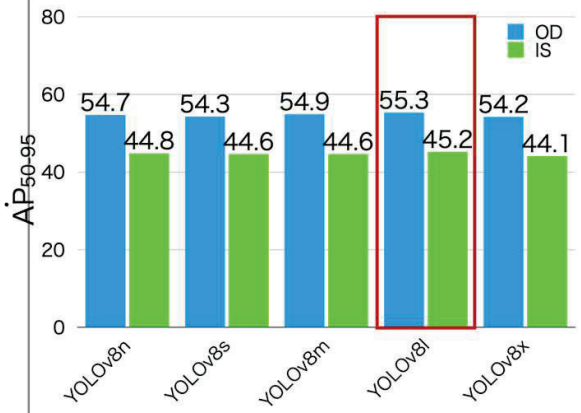
Models	Param (Million)	OD	IS
YOLOv8n	3.4	60.2	47.1
YOLOv8s	11.8	66.1	52.6
YOLOv8m	27.3	68.6	53.8
YOLOv8l	46.0	68.6	54.1
YOLOv8x	71.8	69.4	55.0



超音波水位計連動カメラシステムを用いた検証データの取得



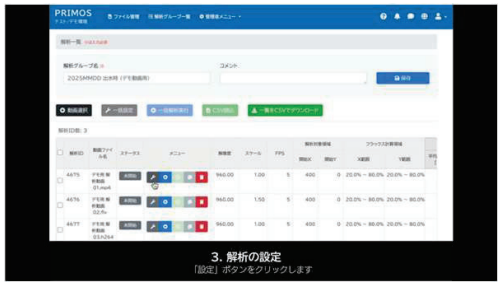
検証結果の一例



検証データを用いたプラごみ検出精度



PRIMOS
Solutions for Plastic-Free Rivers



ST3. 成果詳細 <④市民のごみ拾いによるプラごみ流出量低減効果の把握>

理科大

東京理科大学：二瓶泰雄、
田中衛、柏田仁

■ 研究概要

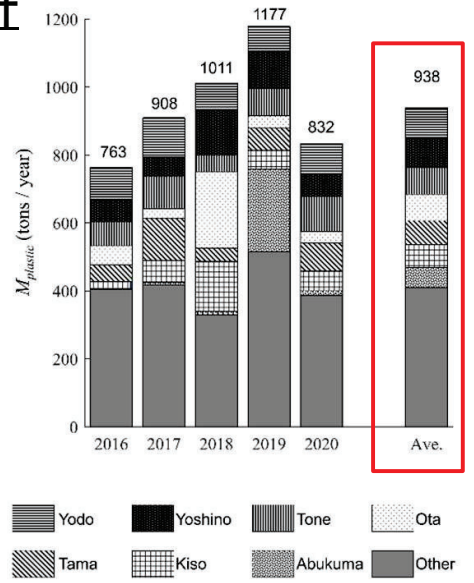
- プラ流出量の評価に注目が集まる一方，投棄されたプラごみがどの程度回収されるかを調査した事例は世界的に皆無.
- 国内では河川管理者主導のごみ回収事業が一級水系を中心に展開されている.
- 市民団体や地域企業によるボランティアの河川敷清掃活動が全国に普及している.
- このような産官民によるごみ回収データは散在しており，統一的な手法で取りまとめた事例はこれまで無かった.
- そこで全国のごみ回収データを取りまとめることでごみ拾いによる日本のプラごみ流出抑制の効果を検討した.

■ 研究手法

- ごみ回収データ
  - 国交省から全国のごみ回収データを提供頂いた.
  - 管理区間を対象に全国109の一級水系毎に2016–2020の年毎に集計.
- 現地調査
  - 提供データのごみ回収量は体積(m^3)として記録.
  - 質量(kg)への換算係数を得るために，市民団体のごみ拾い活動に参加．実際に回収されたごみから係数を算出.

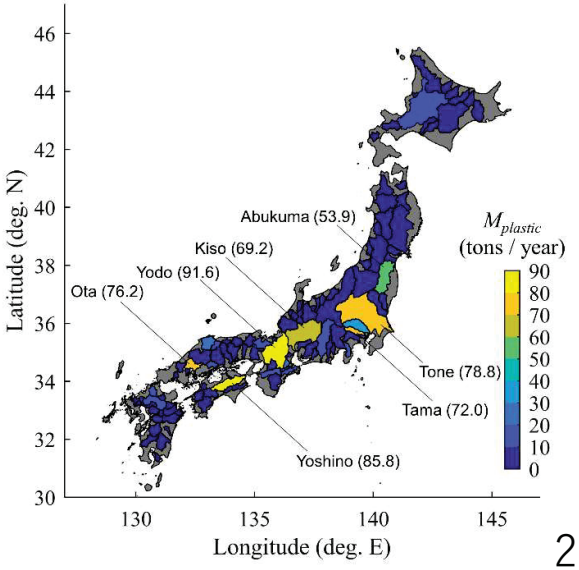
☆結果１：５年間の全国集計

- 調査対象期間において平均938トン／年のプラごみが回収されていた.
- ７つの水系において全体の約半分のプラごみが回収されていた．(淀川，吉野川，利根川，太田川，多摩川，木曽川，阿武隈川)



☆結果２　全国マッピング

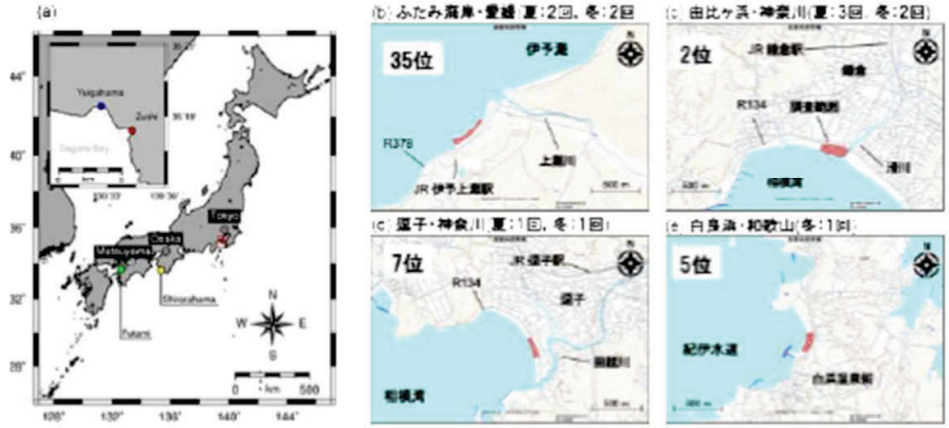
- 流域の回収量に影響を及ぼす要因を事例毎に分析.
  集水域 = 利根川，淀川
  人口密度 = 多摩川
  産官民組織による清掃 = 吉野川
  異常気象(水害) = 太田川，阿武隈川，木曽川
- プラごみ回収量は流域人口（R^2=0.40）に比例しつつも全国に広く分散.



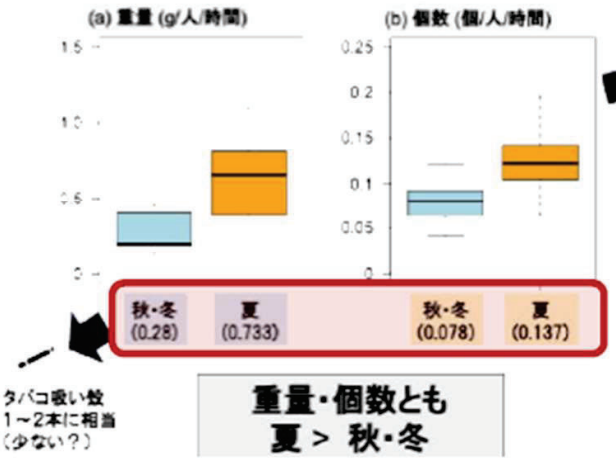
ST3. 成果詳細＜⑤海岸経由の陸域由来プラごみ発生・流出量調査・評価＞

愛媛大学：日向博文

異なるタイプの人気海岸で調査
2021年10月～2023年12月



プラごみ発生量原単位×重量・個数×季節



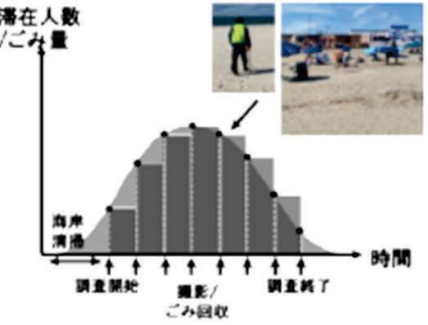


1人あたりどのくらいプラごみを出している？
ープラごみ発生量原単位ー

ある海岸のプラごみ発生量
＝プラごみ発生量原単位 (g/人/時間)×滞在人数時間 (人・時間)

50人が1時間滞在＝25人が2時間滞在

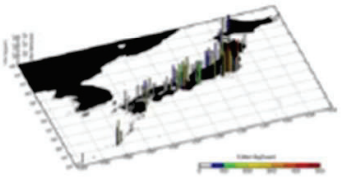
滞在人数時間～面積



プラごみ発生量原単位
＝日中に出たプラごみ総量/日中の滞在人数時間
・プラごみ総量
1時間毎にごみを回収
総量(重量・数)を計測
・滞在人数時間
5分/1時間毎に海岸を撮影
滞在人数に撮影間隔時間を掛けることで算出



携帯ビッグデータを使って
全国の海岸利用人数時間を推



全国海水浴場*利用者数←環境省

MOE Ranking	Beach	City
1	片瀬西浜・腰越	神奈川県藤沢市
2	由比ガ浜	神奈川県鎌倉市
3	片瀬東浜	神奈川県藤沢市
4	三浦海岸	神奈川県三浦市
5	白良浜	和歌山県白浜町
6	須磨	兵庫県神戸市
7	逗子	神奈川県逗子市
8	静波	静岡県牧之原市
9	内海	愛知県南知多町
10	磯の浦	和歌山県和歌山市
11	白浜大浜	静岡県下田市
12	竹野浜	兵庫県豊岡市
13	リゾンシーパーク	沖縄県恩納村
14	湯野浜	山形県鶴岡市
15	守谷	千葉県勝浦市
16	アジュール舞子	兵庫県神戸市
17	大洗サンビーチ	茨城県大洗町
18	青島	宮崎県宮崎市
19	エメラルドビーチ	沖縄県本部町
20	右地	静岡県松崎市

*2019年度は772海岸

770海岸利用者の滞在人数時間
携帯ビッグデータ(KDDI Location Analyzer)
を使って推計*

← プロ野球・サッカー試合で補正

2022年12月～2023年11月の滞在人数時間

	秋・冬	春	夏	年間
人数時間 (人・時間)	10,557,143	7,228,571	11,871,429	32,265,714

← ×原単位(季節別)

770海岸からの年間発生量

	秋・冬	春	夏	年間
重量(トン)	2.96	2.67	6.83	12.46
個数	824,286	602,857	1,370,000	2,800,000

1/5は湘南の海岸から

ST3. 成果詳細＜⑥日本全国における高分解能プラごみ総排出量マップの作製＞

理科大

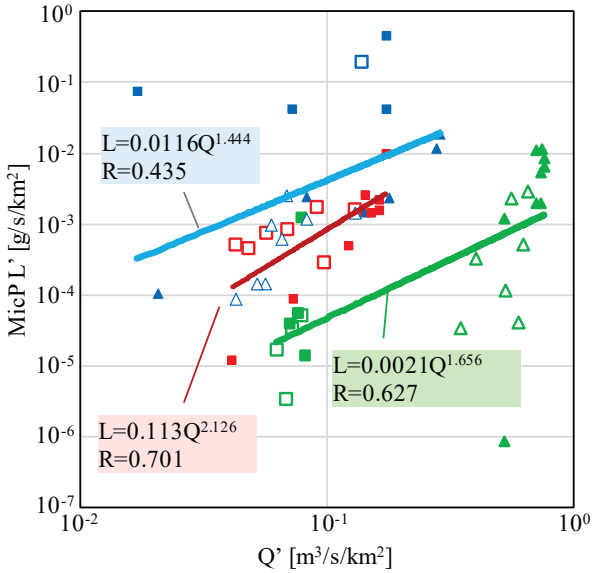
■ 研究概要
- 日本全域から海域へのプラスチック総流出量を算定

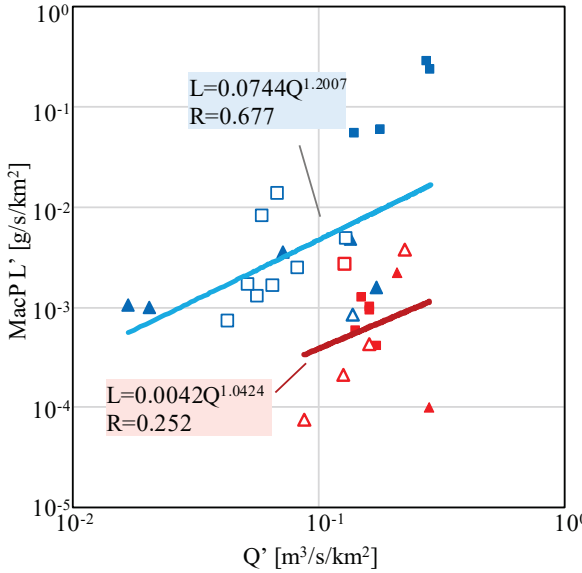
■ 研究手法
- 複数河川で出水時のMicPおよびMacPの観測を実施し、流量Qとプラスチック流出量Lの関係式L-Q式を構築
- 構築したL-Q式と、2016～2020年の全国109水系（一級水系）の時間流量データを用いて、各水系の年間流出量を算定
- 109水系の流出量に、109水系の流域面積と日本全域の面積の比率（1.575）を乗じて、日本全土からの総流出量を算定

■ 研究成果
- 洪水時にはプラスチック流出量が爆発的に増加することが立証
- MicP流出量：平均 12,358トン（最小186トン～最大38,182トン）
- MacP流出量：平均 13,723トン（最小1,633トン～最大33,207トン）
- 総流出量（MicP + MacP）：平均 26,082トン（最小 1,819トン ～ 最大 71,389トン）
- Jambeck et al. (2015) が算定した2.1×10^4～5.7×10^4トンと同程度の流出量
- 河川経由のプラスチック流出量は海岸からの流出合計量（12.5トン/年）よりも3桁大

八千代エンジニヤリング・吉田拓司
東京理科大学：二瓶泰雄

	Obs.		Approximate curve
Edo R.	■ Rising stage 2019.9.18 □ Falling stage 2019.9.18~19	▲ Rising stage 2017.10.23 △ Falling stage 2017.10.24~25	
Tama R.	■ Rising stage 2021.2.15 □ Falling stage 2021.2.15	▲ Rising stage 2021.9.18 △ Falling stage 2021.9.18	
Tsurumi R.	■ Rising stage 2021.7.27 □ Falling stage 2021.7.27	▲ Rising stage 2021.10.26 △ Falling stage 2021.10.26	





まとめ

①MPsを含むプラスチックごみの排出インベントリを作成・評価する**標準的な現地調査手法をとりまとめ**た。**点源**については**MPsの調査手法と下水道統計を組み合わせた手法**を開発した。面源**市街地**については、**浮遊物質の負荷推定に合わせる形で整理**し、**市街地面源粒子のプラスチック含有率をもとにプラスチック年間流出量を推定する手法を開発**した。**畑地**に関しては、**マルチシートに焦点**を当て、流域の使用量の踏査調査と河川敷漂着物量調査から、**流出率と単位面積当たりの原単位を推計する手法を開発**した。**水田**に関しては、**被覆性肥料カプセルの流出量を実態調査する手法**を開発した。以上により、**各排出源からの調査手法と排出インベントリを提示**した。

②**計測精度を大幅に改善しうる河川MPs調査法手法を提示**した。自然系ごみとの識別やプラごみの種類判定を可能とする河川浮遊マクロプラごみの**深層学習モデルを開発・検証**した。河川から**海域へのプラごみ流出量**を**日本全国1kmメッシュ毎に評価**し、日本全国の総流出量（MicP + MacP）は平均 26,082トン（最小 1,819トン ～ 最大 71,389トン）と推計され、Jambeck et al. (2015) が算定した2.1×10^4～5.7×10^4トンと同程度の流出量で、流出量は海岸からの流出合計量（12.5トン/年）よりも3桁大きいと推定された。**メソプラスチックやサイズスペクトル、MPサイズと質量の関係を明らかに**した。**海岸利用者によるごみ発生量原単位を求める手法を確立**し、**全国海岸からの年間ごみ発生量を推定**した。

③**重力駆動型布膜システムによる10～300μmのMPsの除去性を**下水処理場で**パイロット実証**した。**下水汚泥脱水ケーキを水熱処理することにより汚泥中の既含有MPsを95%以上除去**する技術を開発した。**市民のごみ拾いによるプラごみ流出量低減効果**に関しては、**全国109の全ての一級水系における年間プラごみ回収量を算定**した。さらに、日本全国における**高分解能プラごみ総排出量マップを作製**し、**海岸経由との比較を通して、河川経由のプラごみ流出量が主**であることを明らかにした。