

# マイクロプラスチック(MPs)の 2段階濾過濃縮システム

芝浦工業大学 工学部

機械工学課程基幹機械コース

教授 二井 信行

# 背景：マイクロプラスチックス

- プラスチックは年間数100万トン以上が海域へ流出，海域で水流や紫外線などの作業で細片化される
- 粒径により，マイクロプラスチック（以下MPs；粒径< 5 mm），スーパーMPs（以下SMPs:粒径<350  $\mu\text{m}$ ）と呼ばれる。
- 特にSMPsは，海洋生態系への悪影響（発育阻害，内分泌攪乱，抗生物質や有害物質の生体濃縮）を及ぼすことが懸念されている。

プラスチックはMPsに，MPsはSMPsになっていく・・・

# 海洋MPsの採取方法

(神鷹丸:東京海洋大学練習船)



ニューストーンネット



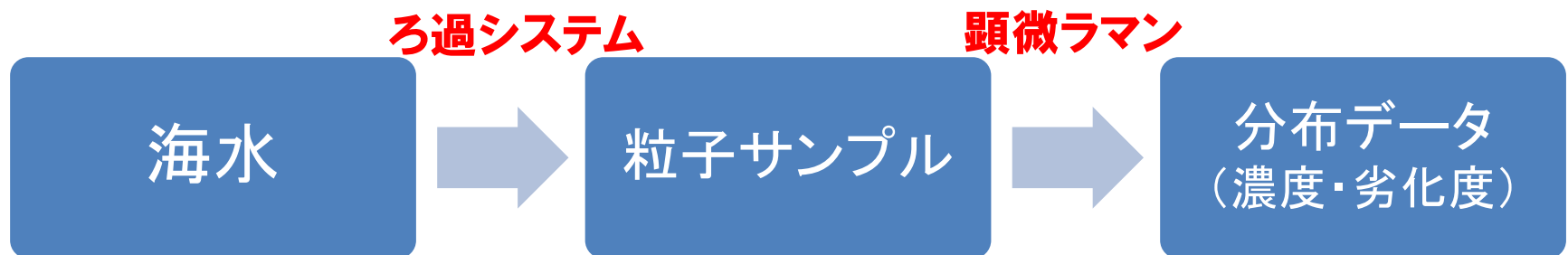
ニスキン採水器

# 背景：MPs/SMPsの調査

- MPsの生体影響が明らかになり，SMPsの分布や挙動の把握のため，効率的で統一された計測手法の開発が急務となっている。
- 従前からのMPs捕獲方法：目開き350  $\mu\text{m}$ 程度の網（Neuston netなど）を曳航する。
  - SMPsの濃度情報はほとんど得られない。
- 従前からのMPs分析方法：赤外分光(FT-IR).
  - 水分・夾雑物の影響を受けやすく，前処理が煩雑  
→大量のMPsの計測が困難

# 目的: MPs/SMPsの効率的な調査

- 特に粒径10~350  $\mu\text{m}$ のSMPsを1000Lオーダーの海水から捕獲する
- 捕獲した粒子をフローセルに導入し、顕微ラマン分光法でプラスチックの種類と劣化度を自動的にかつ定量的に計測する

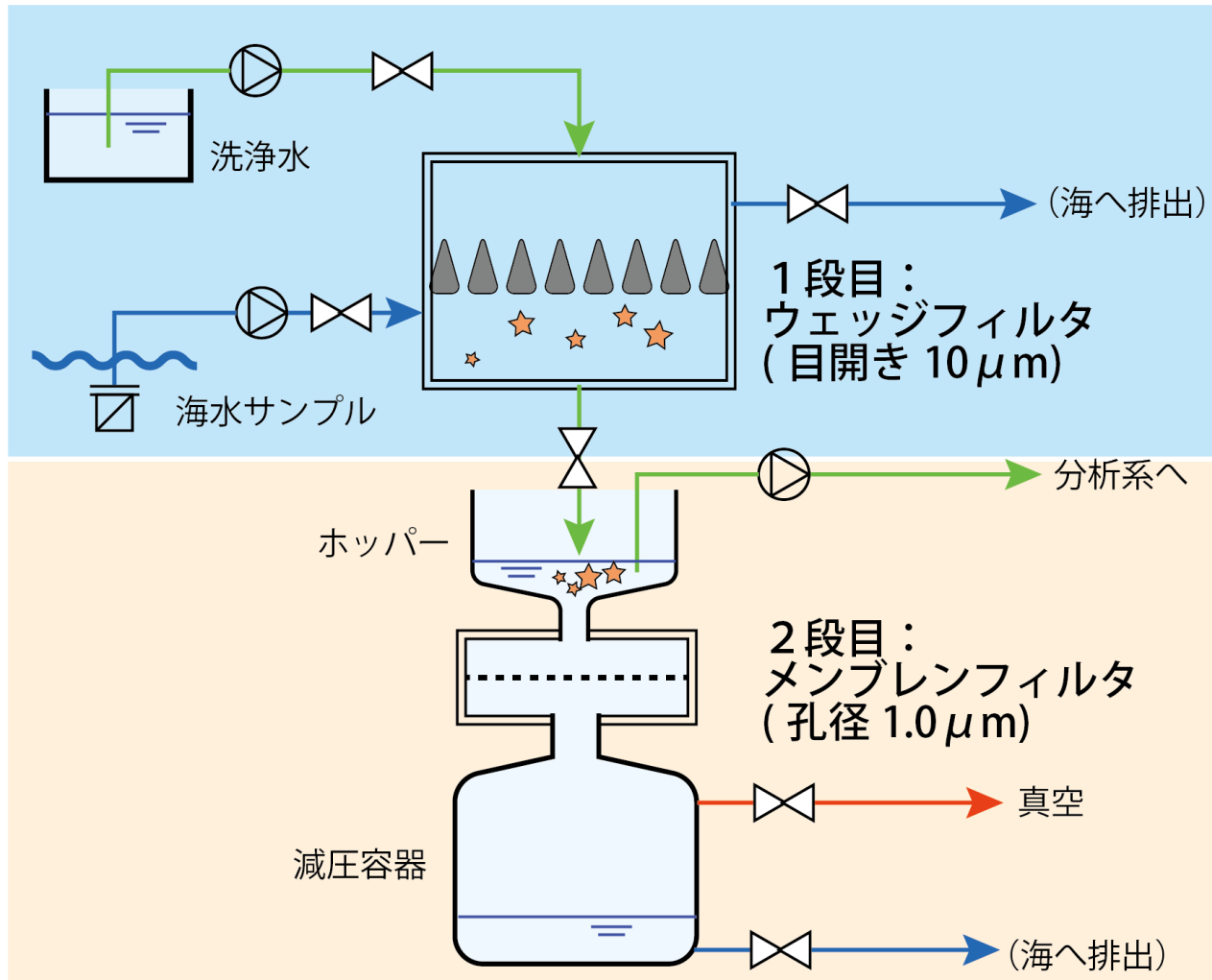


# 新技術の特徴・従来技術との比較

- 海洋MPsの捕集に，曳航も大型タンクも必要なくなった
  - 大型船舶不要．小型船用のバッテリー駆動のビルジポンプでも捕集可能
  - 測定地点数を増やせる→分布がわかる
- 海水を船上に引き込み，連続的にSMPsの濃度，種類，劣化度を測定できる
  - 自動化できる。煩雑な前処理・ラボ操作不要

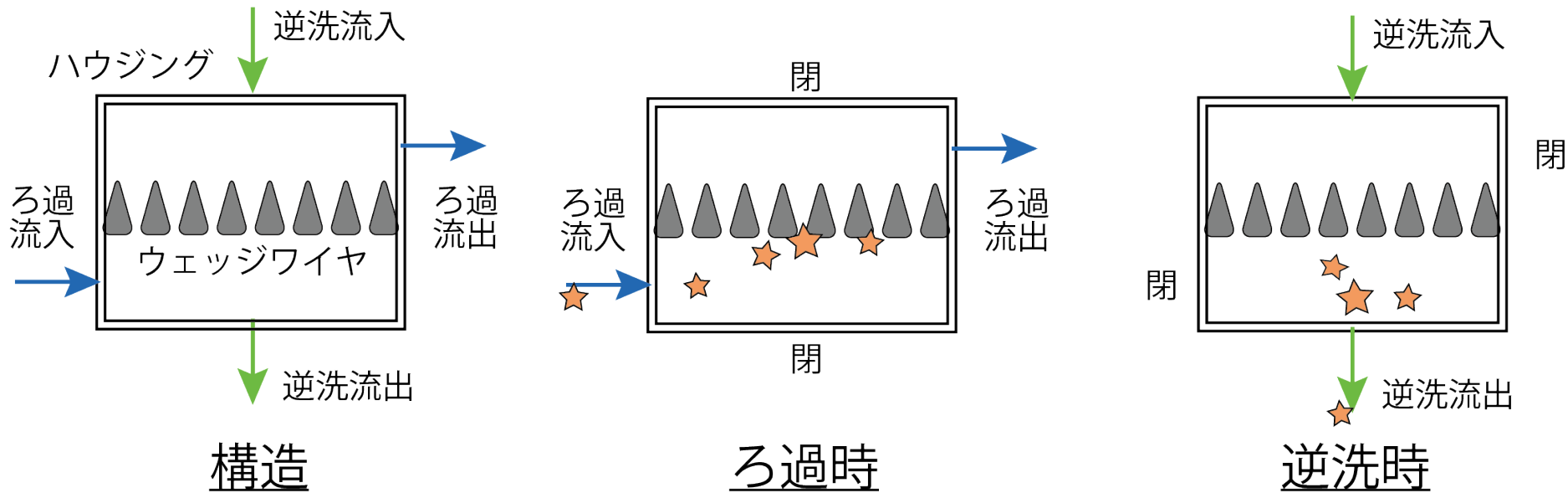
サブテーマ2目標その1: 連続的に、大量の海水から粒子が得られるようにする

# ① 2段濾過濃縮システムの開発



# ウェッジ(ワイヤ)フィルタ

固体を多く含む水の水処理に用いられている





# 海洋SMPs採取用ウェッジフィルタ



ハウジング  
外観

逆洗流入  
ろ過流出



リデューサ

ファイン  
ウェッジ  
ストレーナ



異径  
チーズ

ろ過  
流入

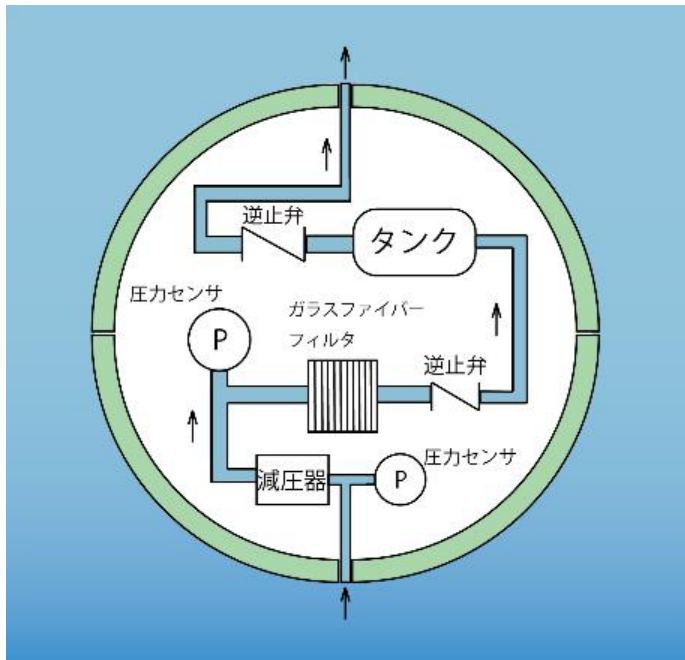


# メンブレン濾過システム



メンブレンフィルタとして  
φ90mm・ポリカーボネート・孔径1μm  
(GVS 1215153)  
を使用

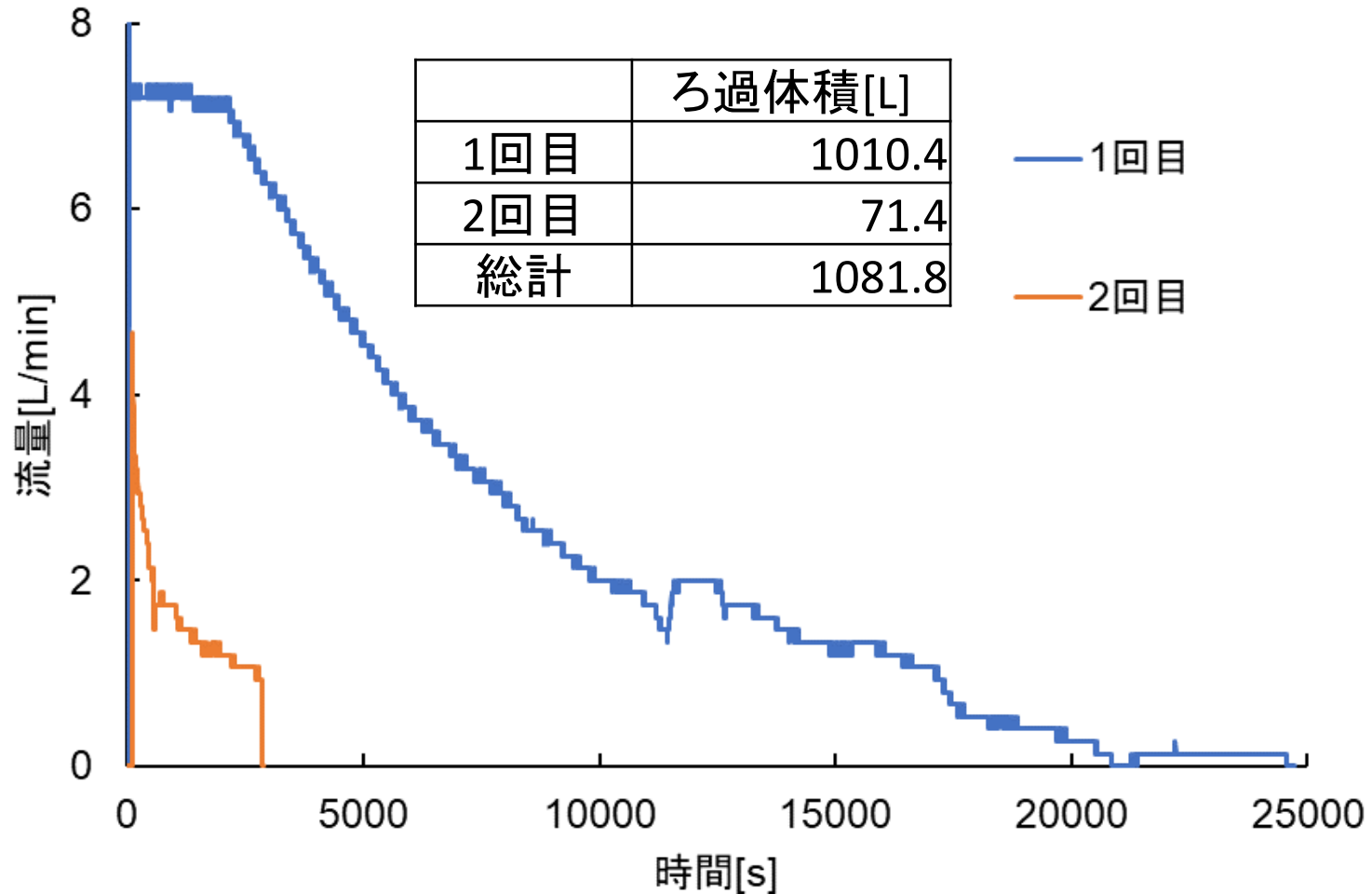
# ガラス球水中探査機への フィルタ搭載



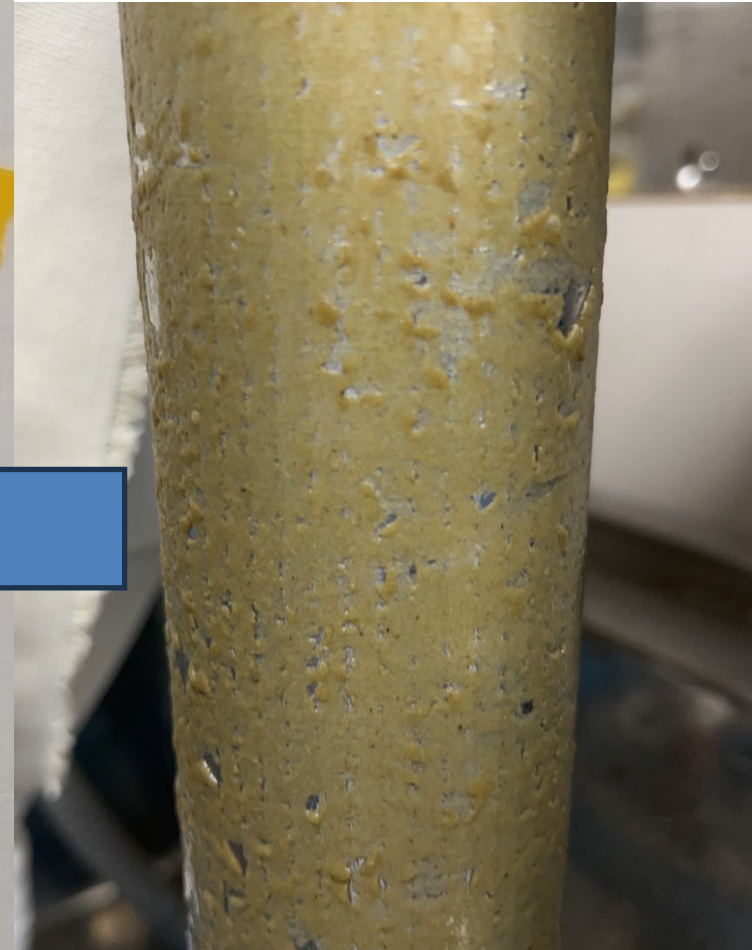
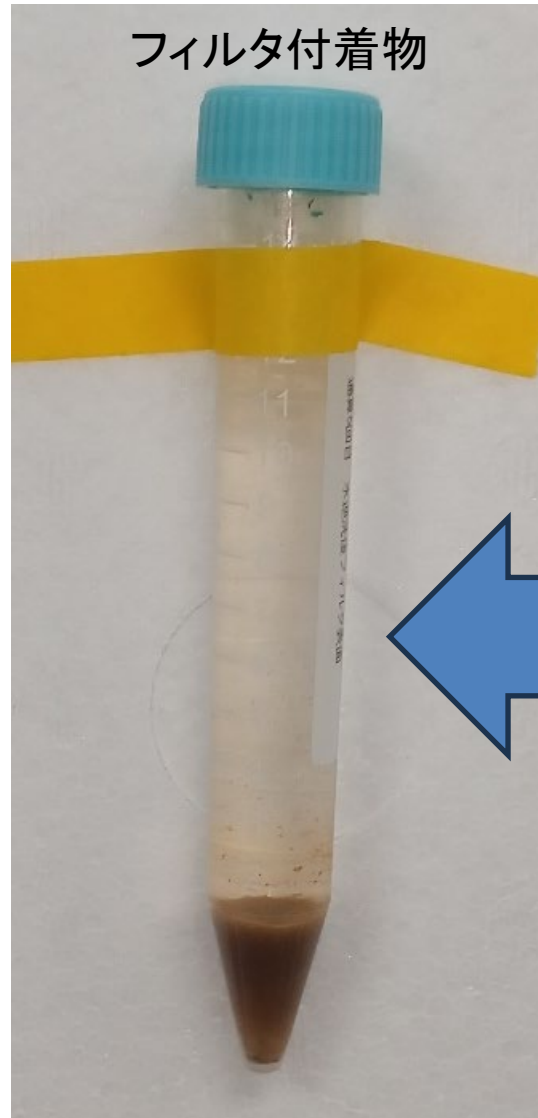
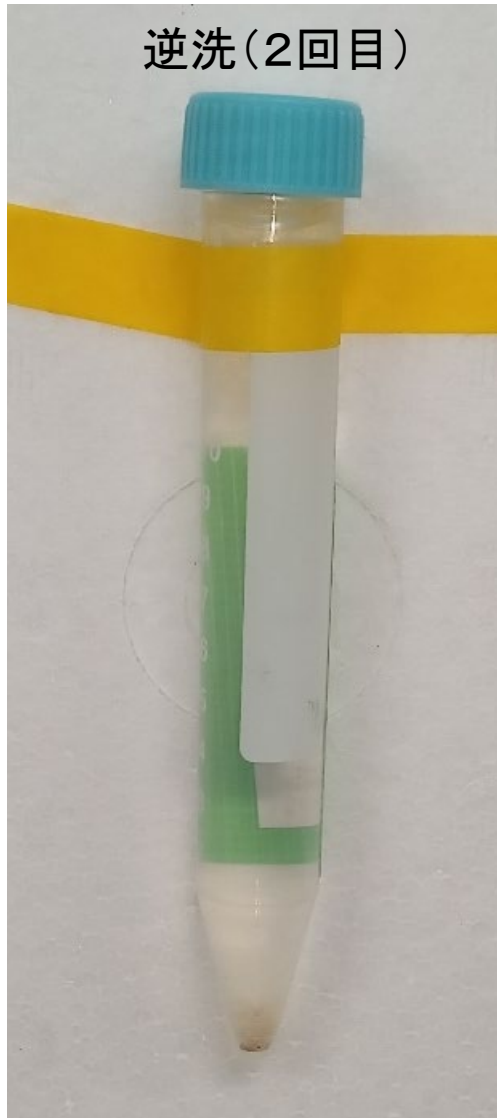
ポンプを使わずに海水を捕獲＝深海に対応！

# 濾過性能(神鷹丸・日本海)

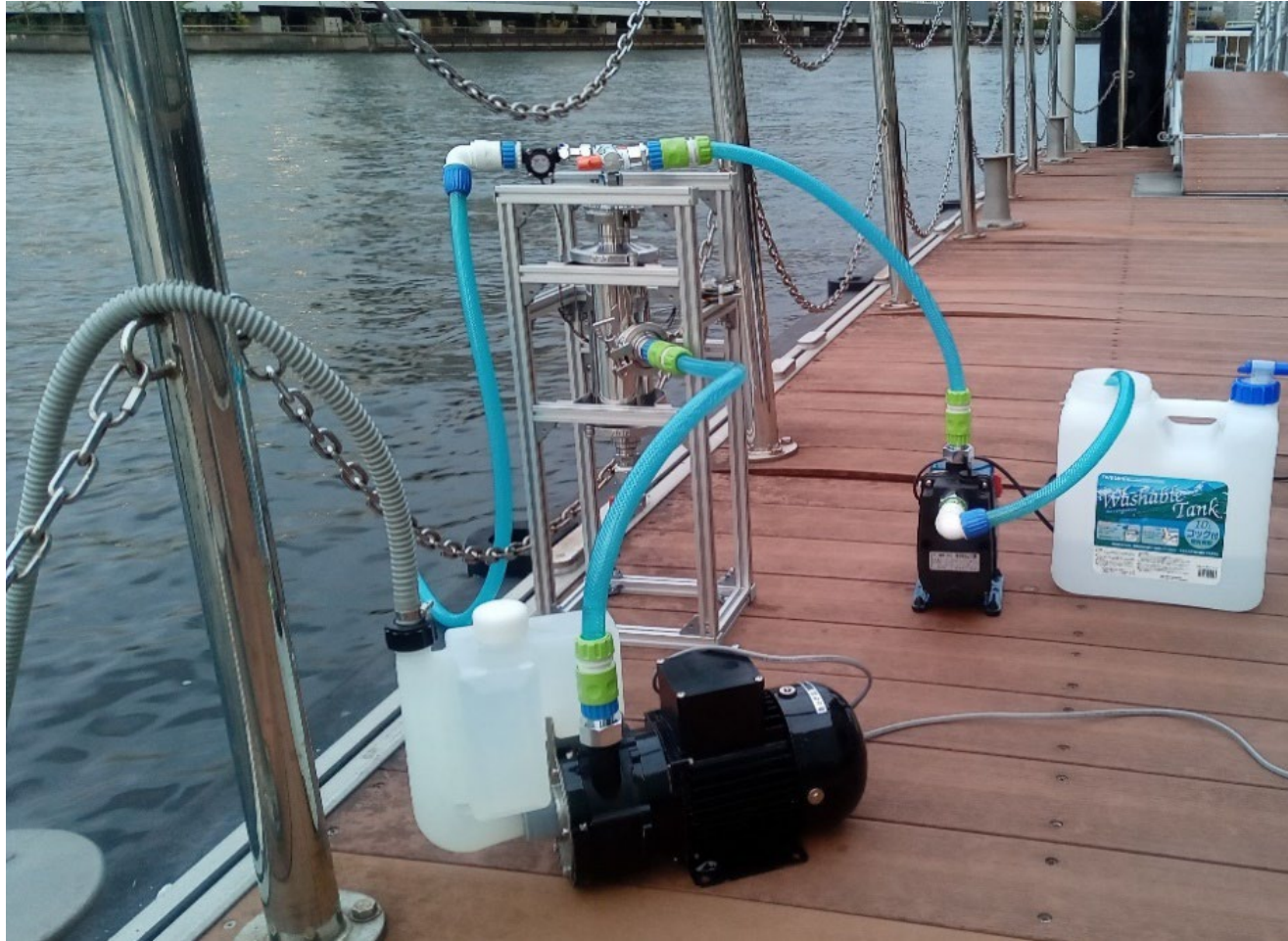
2023/7/27 14:49~21:37



# 逆洗とフィルタ表面で回収された粒子

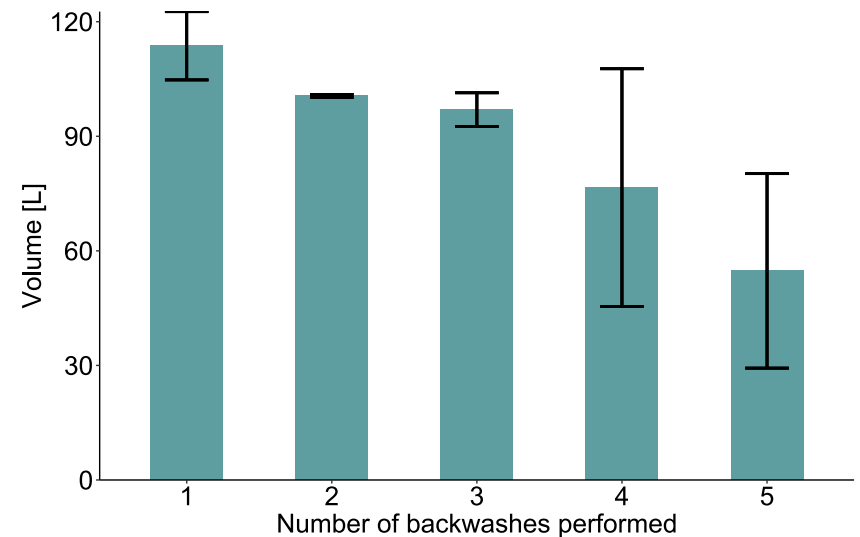
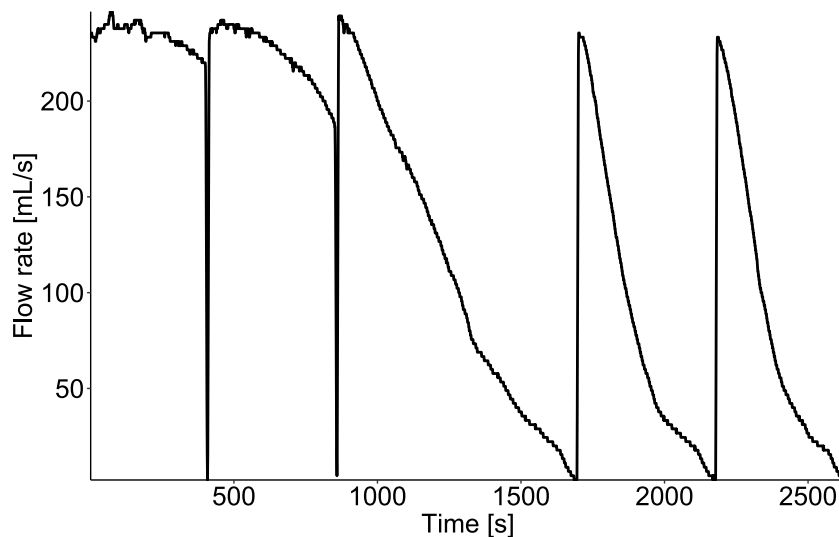


# 豊洲運河（東京都江東区）に おけるろ過・逆洗系のセットアップ



# 逆洗最適化の効果（豊洲運河）

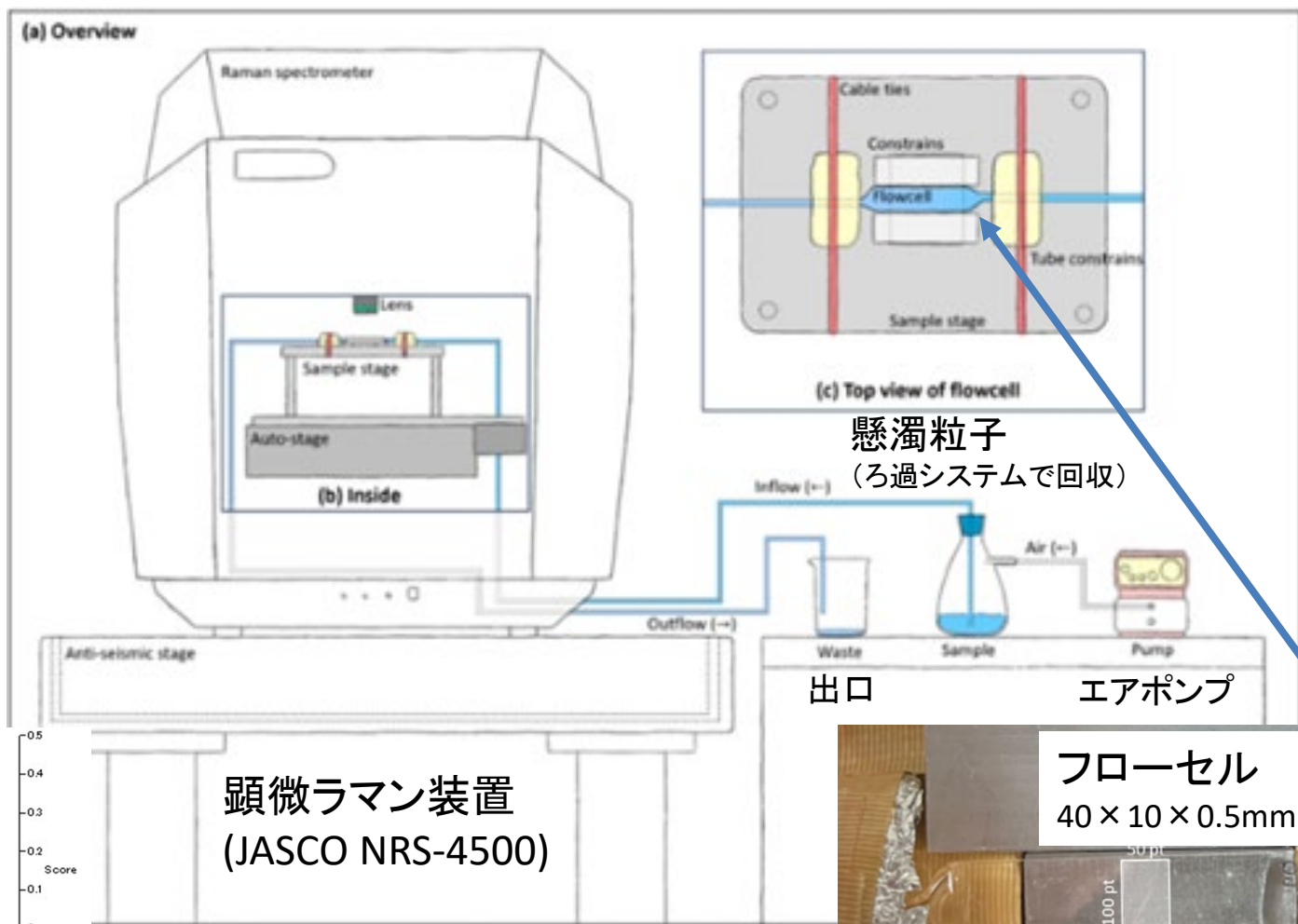
- 豊洲運河（東京都江東区）の水からの粒子の濾過抽出を試みた
- 約10分の駆動を5回繰り返すことで、400Lの採水あたり1.6Lの粒子懸濁液を取得できた。
- この懸濁液は、メンブレンフィルタろ過の適用により10mL以下になる。



ろ過装置を通過した海水の流量の時間変化

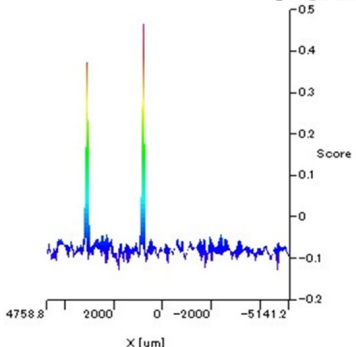
逆洗実施毎の濾過積算流量

# 顕微ラマン分光連続イメージング



懸濁粒子  
(ろ過システムで回収)

顕微ラマン装置  
(JASCO NRS-4500)

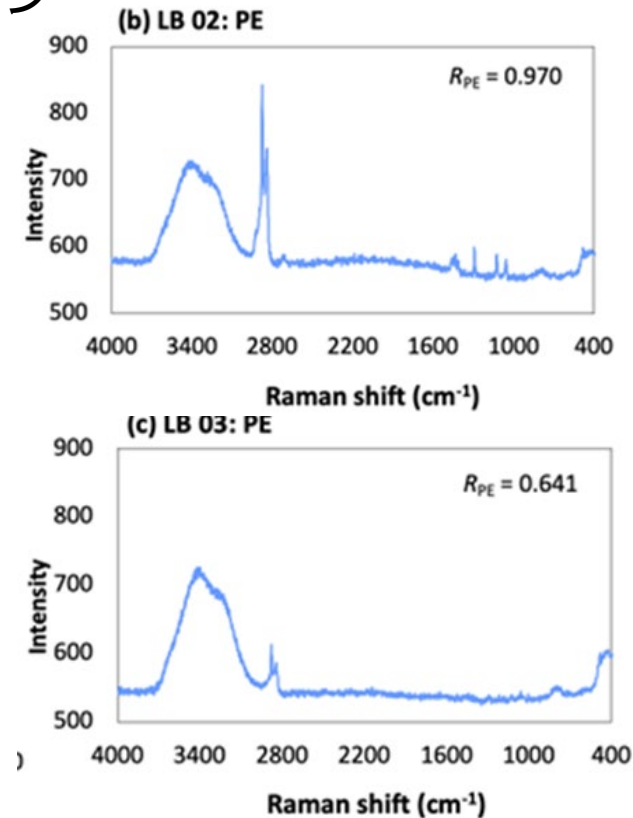




# ポリエチレン粒子回収試験

粒子約14,000個(推定) 100Lの水に懸濁→ろ過→ラマン

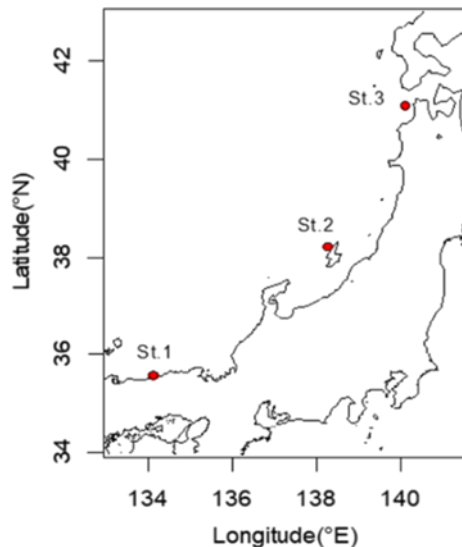
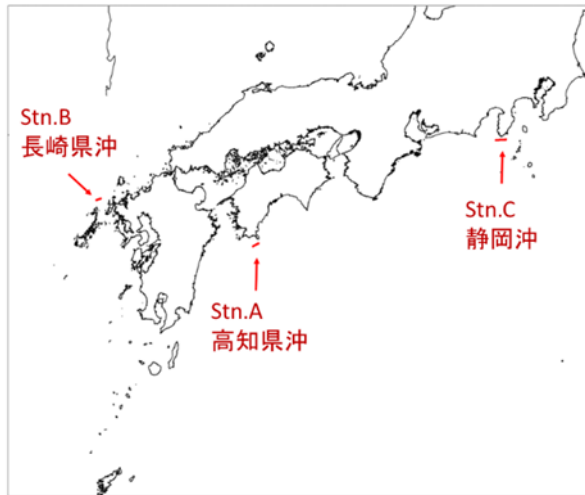
実施例	ポリエチレン (PE)	回収率 (%)
1-1	250 $\mu$ m~300 $\mu$ m赤色着色	100.9 $\pm$ 20.4
1-2	250 $\mu$ m~300 $\mu$ m赤色着色	81.7 $\pm$ 22.1
1-3	250 $\mu$ m~300 $\mu$ m赤色着色	110.5 $\pm$ 19.2
1-4	250 $\mu$ m~300 $\mu$ m赤色着色	110.5 $\pm$ 28.0
1-5	250 $\mu$ m~300 $\mu$ m赤色着色	100.9 $\pm$ 7.2
2-1	90 $\mu$ m~106 $\mu$ m無着色	88.1 $\pm$ 10.9
2-2	90 $\mu$ m~106 $\mu$ m無着色	117.5 $\pm$ 9.9
2-3	90 $\mu$ m~106 $\mu$ m無着色	78.9 $\pm$ 10.3
3-1	300 $\mu$ m~355 $\mu$ m無着色	80.7 $\pm$ 20.7
3-2	300 $\mu$ m~355 $\mu$ m無着色	99.7 $\pm$ 15.9
3-3	300 $\mu$ m~355 $\mu$ m無着色	109.2 $\pm$ 12.6



- ・2段階濃縮システムから顕微ラマン光度計の検出までで、100  $\mu$ mおよび350  $\mu$ mの粒子は80-100%の回収率があり、確実に計測できることが分かった。
- ・PE粒子の $Cl_{Raman}$ は0.77-2.73の範囲内であった

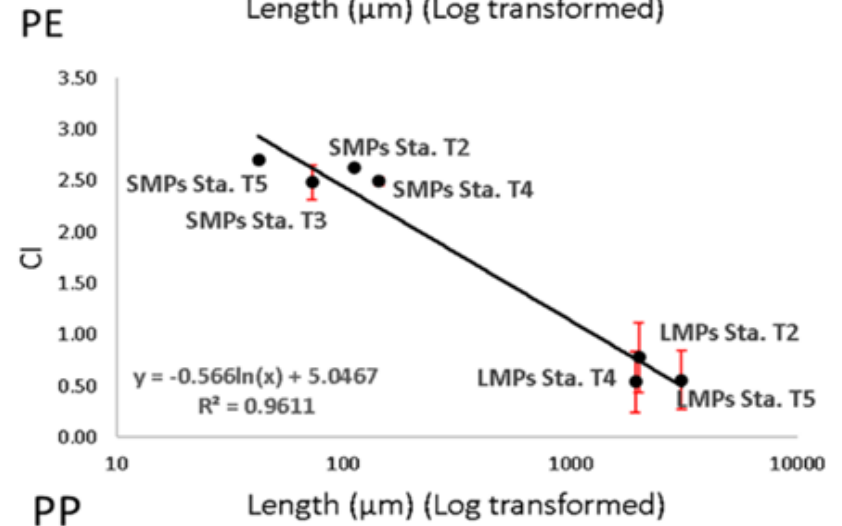
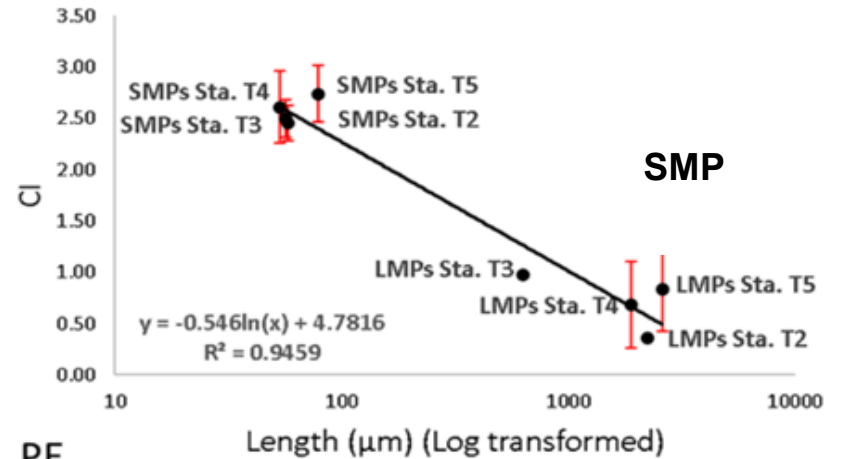
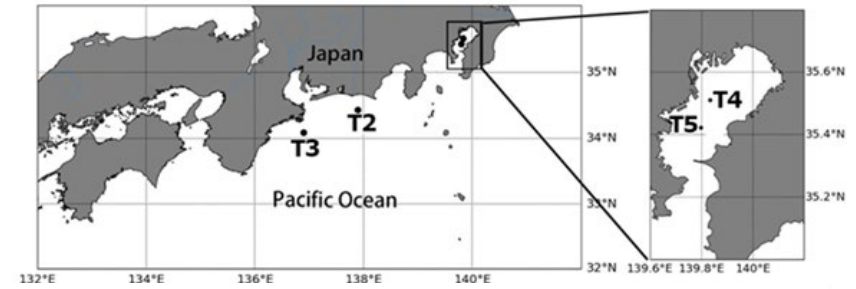
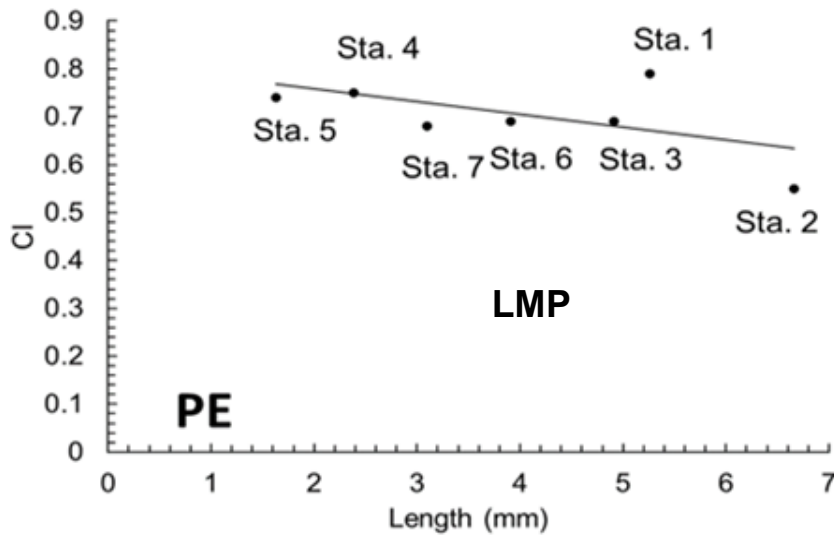
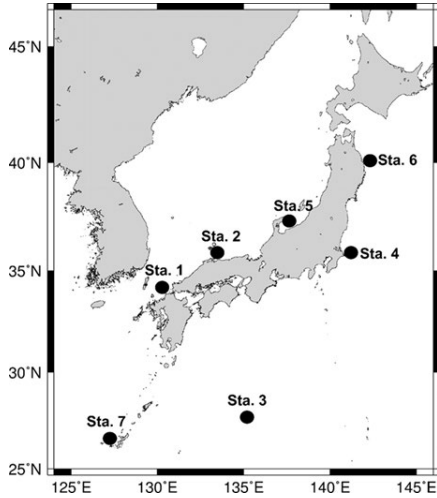
# 計測例1: 日本近海のMPs濃度

・研究室海水に含まれる主なMPsの種類はPE。



Station	Sea area	MPs concentration (pieces m <sup>-3</sup> )		
		> 45 μm	> 100 μm	> 350 μm
Sta. A	高知沖	61	39	0
Sta. B	宮崎沖	244	72	0
Sta. C	長崎沖	305	356	2
		> 30 μm	> 100 μm	> 350 μm
Sta. 1	鳥取沖	1273 ± 379.0	57.1	0
Sta. 2	佐渡沖	2779 ± 720.9	373.3 ± 229.4	0
Sta. 3	津軽半島沖	3633 ± 1796	733.3 ± 660.0	0

# 計測例2: SMPサイズとCIの関係



# 実用化に向けた課題

- 2段ろ過システムからフローセルへの懸濁液の自動送液の実装
- ろ過・逆洗操作の自動化
- 粘着性の高い藻類の効率的な逆洗除去
- ラマン分光によるCIの測定結果の蓄積と標準法としての確立

# 企業への期待

- 10um以下の目開きで内巻きのウェッジフィルタが存在すれば, さらに装置がシンプルになる.
- 自動送液の実装には, 海水耐性がありかつ圧力損失の低い電磁弁が求められる。
- 深海探査機への対応のためには, 高圧(~1MPa)対応かつなるべく大流量のポンプが必要
- 低価格の顕微ラマンイメージング装置を実現するための技術革新が望まれる.

# 企業への貢献、PRポイント

- 本技術は、SMPsをはじめとした水環境汚染物質の調査や、同物質の回収除去に寄与
  - プラスチックを排出する企業のみならず、水環境に責任をもつことが利益になる企業・団体の活動に貢献できる、
- 本技術で得られる粒子は、技術・産業の観点から、身近な水環境に関心をもつきっかけを与える。
  - 実は研究用の試料としても有用(ある意味、資源)。
- 水環境の粒子を常時回収、常時モニタリングしていけば、現時点では未知の脅威の早期検出につながる。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：マイクロプラスチック含有水濃縮装置およびマイクロプラスチック含有水濃縮方法、マイクロプラスチック濃度測定装置およびマイクロプラスチック濃度測定方法
- 出願番号：特願2024-028646
- 出願人：芝浦工業大学、東京海洋大学
- 発明者：二井信行，小池義和（芝浦工大）  
荒川久幸，楊子江，永島滉也（海洋大）

# お問い合わせ先

芝浦工業大学 研究推進部 研究企画課

- [sangaku@ow.shibaura-it.ac.jp](mailto:sangaku@ow.shibaura-it.ac.jp)
- 03-5859-7180

東京海洋大学 海の研究戦略マネジメント機構

- [olcr-soudan@m.kaiyodai.ac.jp](mailto:olcr-soudan@m.kaiyodai.ac.jp)
- 03-5463-0859