

環境省
令和5年度環境技術実証事業

環境測定技術領域

実証報告書

令和6年3月

実証機関 : 一般社団法人埼玉県環境検査研究協会
実証対象技術名 : マイクロプラスチック自動前処理装置
実証申請者 : 株式会社島津製作所
実証番号 : 140-2305



本実証報告書の著作権は、環境省に属します。

目次

全体概要	1
1. 実証対象技術の概要	1
2. 実証の概要	2
3. 実証結果と考察	2
4. 参考情報	4
本編	5
1. 本事業の概要	5
1.1 目的	5
1.2 実証の定義	5
1.3 実証報告書の概要	5
2. 実証体制と実証参加者の責任分掌	6
3. 実証対象技術の概要及び仕様	8
3.1 実証対象技術の原理	8
3.2 実証対象技術の構成と特徴	10
3.3 実証対象技術の仕様	12
3.4 実証対象装置の稼働・維持管理に必要な作業項目、使用者の技能	13
3.5 実証対象装置が必要とする条件の制御、注意事項	13
4. 実証（試験）方法	14
4.1 実証の全日程	14
4.2 試験実施場所の情報	14
4.3 監視項目	14
4.4 実証項目、実証する性能及び参考項目	15
4.5 実証方法	16
4.6 環境影響、運転及び維持管理項目	19
5. 試験結果及び考察	20
5.1 監視項目	20
5.2 実証項目	24
5.3 参考項目	25
5.4 環境影響、運転及び維持管理項目	32
6. 所見（実証結果のまとめ）	35
付録	36
1. 専門用語集	36
2. 品質管理に関する事項等の情報	38
2.1 データの品質管理	38
2.2 品質管理システムの監査	38
資料編	39
1. MPs 試料採取風景	39
2. 採取試料の様子	39
3. 自動前処理の様子	41
4. MPs の分取・同定の様子	43
5. 分取した MPs と同定結果	44
6. 騒音測定の様子	45
7. 自動前処理装置稼働状況	46
8. 気象条件の詳細	47

全体概要

実証対象技術	マイクロプラスチック自動前処理装置
実証申請者 所在地	株式会社 島津製作所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1
実証機関 所在地	一般社団法人埼玉県環境検査研究協会 埼玉県さいたま市大宮区上小町1450番地11
実証期間	令和5（2023）年8月29日～12月28日
技術の目的	実証対象技術は、マイクロプラスチック調査※に示す前処理（酸化処理・比重分離）を自動化することで、人為的な誤差を小さくし、再現性の良い処理を目的としている。

※「河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン 令和5年3月 環境省水・大気環境局水環境課」

1. 実証対象技術の概要

1.1 原理及び技術の目的（環境保全効果）、特徴

実証対象技術は、「酸化処理」と「比重分離」を1つの反応容器内で行う自動前処理装置である（下図）。本技術を利用して自動前処理を行うことで、作業者の技量により測定結果が左右されることなく、再現性の良い処理ができる。さらには、マイクロプラスチック（以下、「MPs」と表記する）の発生源・分布の研究及び環境政策判断に用いられる測定データの精度を向上させ、今後のMPs対策の推進に貢献することが期待される。このことから、環境保全に有用な技術であるといえる。

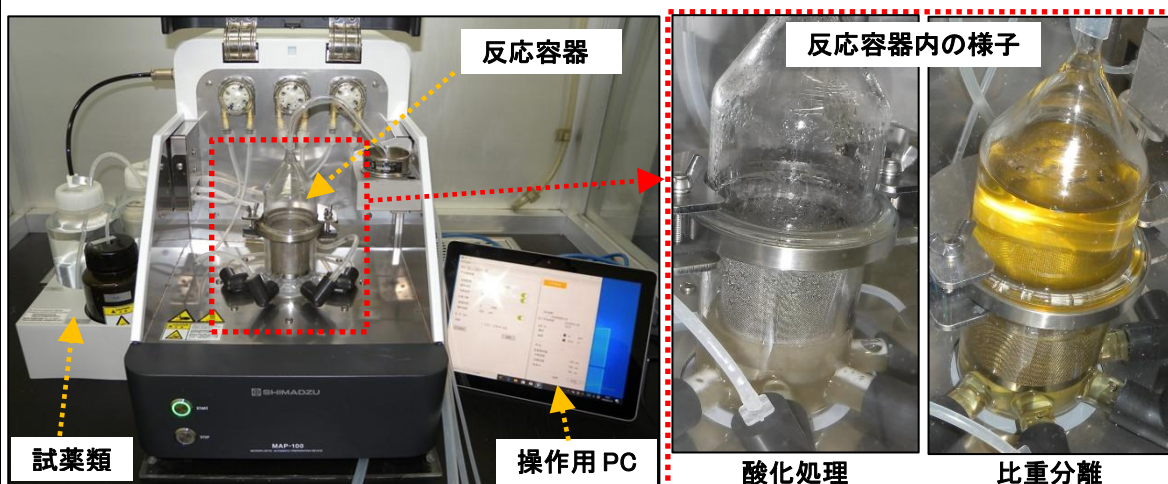


図 実証対象装置（写真左）と反応容器内の様子（写真右）

1.2 機器の仕様、適用範囲（詳細は本編12頁参照）

サイズ（mm）	300（W）×550（D）×400（H）（突起物を除く）
重量	約25 kg
電源	AC100 V ± 10 %、50/60 Hz、850 VA
周囲温度	室温 15～30 °C
対象抽出粒子	サイズ：0.3～5.0 mm（長径：長い部分の長さ）のもの 比重：1.5 g/cm ³ 以下のもの
抽出処理方式	オーバーフロー処理による抽出 （比重分離処理で上澄みに分離したMPs候補粒子を溶液と共に反応容器上部からくみ上げ、抽出する方式）
使用する試薬	・洗浄等：純水 ・分解処理：過酸化水素水（濃度30 %（W/W）以下） ・分離処理：ヨウ化ナトリウム水溶液（濃度5.3 mol/L）

2. 実証の概要

2.1 実証の目的

実証対象装置による試料中の MPs を回収する精度と再現性を確認するために、添加回収試験として市販のプラスチック標準粒子（サイズ：500～600 μm）を実試料※1 に添加後、自動前処理を実施し、回収した粒子個数から回収率を求めることで、装置の性能を評価した（詳細は本編 15 頁参照）。

※1 採取した試料をネット目開き 0.1 mm でろ過後、5 mm 以上の夾雑物除去し、60 °C 乾燥処理したもの

2.2 性能を示す項目及びその定量的値（実証項目及び実証する性能値）

添加回収試験は、河川試料を用いて実施した。

実証項目	実証する性能（値）
添加回収試験	自動前処理装置による添加したプラスチック標準粒子の回収率※2 80 % 以上

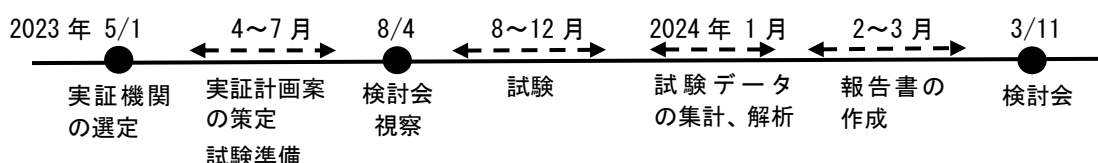
※2 標準粒子の回収率とは、河川で採取した実試料に添加した粒子個数（比重 1.00 g/cm³ と 1.35 g/cm³ をそれぞれ 25 個）に対する装置で回収した粒子個数の比率（%）であり、以下の式で求めた。

$$\text{標準粒子の回収率（\%）} = \frac{\text{装置で回収したプラスチック標準粒子の個数}}{\text{添加したプラスチック標準粒子の個数}} \times 100$$

2.3 試験実施場所

試験実施場所	一般社団法人埼玉県環境検査研究協会（本館）試験室
所在地	埼玉県さいたま市大宮区上小町 1450 番地 11

2.4 実証期間（スケジュール）



3. 実証結果と考察

3.1 監視項目（詳細は本編 20～23 頁参照）

(1) 採取時の状況

自動前処理を実施した期間中（2023 年 8 月 29 日～12 月 1 日）の実験室の環境条件は、室温 22.1～23.8 °C、湿度 20.0～68.0 % であり、装置の稼働に影響は無かった。

MPs 採取時の現場（河川）の状況を表 1 に示す。採取日は降雨等により河川が濁っていない日を選択し、採取地点 3 カ所で、それぞれ MPs を 3 回採取した（計 9 試料）。

表 1 MPs 採取時の状況

河川名	A 河川			B 河川			C 河川		
採取地点	①地点			②地点			③地点		
採取日	2023 年 9 月 19 日			2023 年 9 月 28 日			2023 年 9 月 28 日		
天候	晴			曇			晴		
気温（°C）	30.5			27.0			30.0		
流速（m/s）	0.26			0.20			0.45		
水深（cm）	45			48			32		
MPs 採取	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
実試料名	①-1	①-2	①-3	②-1	②-2	②-3	③-1	③-2	③-3
ろ水時間（分）	10	12	8	15	15	15	10	15	15
ろ水量（m ³ ）	8.4	9.3	6.8	7.3	10.5	8.5	13.0	18.0	15.0

(2)水質等の状況

採取地点 3 ヲ所における各河川の濁度、浮遊物質量、全有機炭素は、それぞれ 2～5 度、3～10 mg/L、1.2～2.9 mg/L であった。各地点で川底が見える状況であった。ろ過捕集し、60℃乾燥処理した実試料重量は、3.67～10.2 g であった。

3.2 実証項目及び参考項目（本編 24～31 頁参照）

実証項目の結果を表 2 に示す。なお、実試料②-1、②-3 の酸化処理では、有機物が十分に分解されるように分解試薬の入れ替え機能を用いた。比重 1.00 と 1.35 のプラスチック標準粒子の回収率は、それぞれ 92～100 %（変動係数 4.1 %）と 96～100 %（変動係数 2.0 %）となり、実証する性能（回収率 80 %以上）を満たした。

表 2 実証項目（実証対象装置による添加回収試験）の結果

採取地点		①地点			②地点			③地点		
実試料名		①-1	①-2	①-3	②-1	②-2	②-3	③-1	③-2	③-3
比重 1.00	回収した個数	23	25	23	25	23	23	24	25	23
	標準粒子の回収率(%)	92	100	92	100	92	92	96	100	92
比重 1.35	回収した個数	25	25	25	25	24	24	25	24	25
	標準粒子の回収率(%)	100	100	100	100	96	96	100	96	100

参考項目の結果を表 3 に示す。採取地点 3 箇所それぞれ 3 回採取した河川における実試料由来の MPs（1 mm 以上）の回収率は、82～100 %（変動係数 5.6 %）であった。回収された MPs の種類は、ポリプロピレンとポリエチレンが多く、各実試料で全体の 70 %以上を占めていた。

表 3 参考項目（実証対象装置による実試料回収試験）の結果

採取地点		①地点			②地点			③地点		
実試料名		①-1	①-2	①-3	②-1	②-2	②-3	③-1	③-2	③-3
回収した個数		11	25	24	30	49	44	47	103	78
未回収の個数		0	2	3	4	6	7	10	16	12
実試料の回収率(%)※1		100	93	89	88	89	86	82	87	87

※1 実試料の回収率とは、実試料由来の MPs（1 mm 以上）について、「装置で回収した個数」と「装置で未回収だった個数」の合計個数に対する「装置で回収した個数」の比率(%)であり、以下の式で求めた。

$$\text{実試料の回収率(}\%) = \frac{\text{装置で回収した実試料由来 MPs の個数}}{\text{装置で回収した実試料由来 MPs の個数} + \text{装置で未回収だった実試料由来 MPs の個数}} \times 100$$

3.3 所見（詳細は本編 35 頁参照）

項目	所 見
技術 全体	実証対象装置は、1つの反応容器内で前処理（酸化処理、比重分離）の工程がすべて自動で行われることが特徴であり、作業者の技量に左右されることがないため、MPs の回収のばらつきを減らすことができる。河川試料におけるプラスチック標準粒子を用いた添加回収試験の標準粒子の回収率は 80 %以上となり、実証する性能を満たした。また、実試料由来の MPs（1 mm 以上）の回収率も 80 %以上となった。本装置は、MPs の調査・研究における測定データの精度を向上させ、今後の MPs 対策の推進に貢献することが期待され環境保全に有用な技術であると考えられる。
その他	実証対象装置は、酸化処理の工程途中で有機物が多く残り、過酸化水素水の活性が落ちていく際に、分解試薬の入れ替え機能を活用することで、有機物の分解を促進することが出来る。本機能により、藻類等の有機物を多く含有する実試料（約 10 g）でも実試料由来の MPs の回収率が 80 %以上となり、機能の有効性が示された。また、実試料由来の MPs の個数が 120 個程度であれば、回収率が 80 %以上となることが確認された。

4. 参考情報

注意： このページに示された情報は、技術広報のために全て実証申請者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

4.1 製品データ

項 目		実証申請者又は開発者 記入欄			
製品名・型番		マイクロプラスチック自動前処理装置 MAP-100			
製造(販売)企業名		株式会社 島津製作所			
連絡先	TEL/FAX	075-823-1635			
	Web アドレス	https://www.shimadzu.co.jp/			
	E-mail	ikezawa@shimadzu.co.jp			
設置・導入条件		室温 15～30℃以内で室温変化が小さい室内			
必要なメンテナンス		定期点検、保守部品の交換			
耐候性と製品寿命等		設計標準使用期間：10 年			
コスト		項目	単価	数量	計
コスト概算 (条件：都度見積)		イニシャルコスト			
		本体価格	2,000,000 円/式	一式	2,000,000 円
		据付費用	都度見積		
		その他	都度見積		
		メンテナンスコスト			
		メンテナンスや部品交換の頻度は装置の使用状況により異なります。 詳細はメーカーにお問い合わせください。			

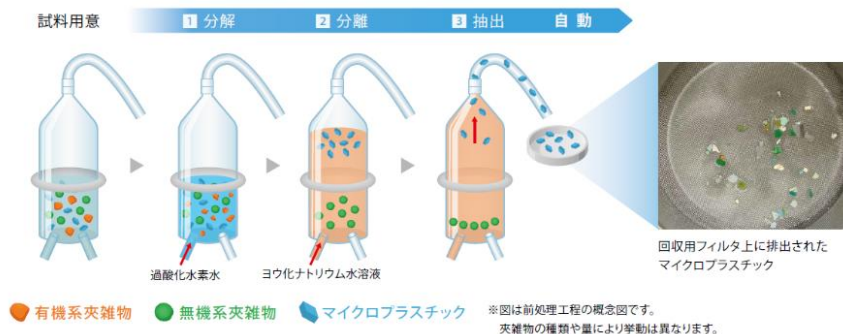
4.2 その他メーカーからの情報

【自動処理工程】

1. 有機物の分解
2. 無機物との分離
3. 抽出と回収



マイクロプラスチック自動前処理装置
MAP-100



省力化

・複雑な前処理工程を自動化することで、作業工数を大幅に削減することができます。

再現性

・自動化により再現性の高い前処理が可能となり、データ比較する際の精度向上に貢献します。

安全性

・作業による試薬の取り扱いが簡素化されます。

本編

1. 本事業の概要

1.1 目的

環境技術実証事業（以下「実証事業」という。）は、既に実用化された先進的環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響、その他、環境の観点から重要な性能（以下「環境保全効果等」という。）を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の利用者による技術の購入、導入等に当たり、環境保全効果等を容易に比較・検討し、適正な選択を可能にすることにより、環境技術の普及を促進し、環境保全に寄与し、中小企業の育成も含めた環境産業の発展に資することを目的とする。

実証事業は、国際規格であるISO 14034:2016 [Environmental management -- Environmental technology verification (ETV) : 環境マネジメントー環境技術検証 (ETV)] に準拠しており、国際的に統一された枠組みで実証事業を運用している。

1.2 実証の定義

本実証事業において「実証」とは、環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果等を試験等に基づき客観的なデータとして示すことをいう。なお、環境技術とは環境改善効果又は環境保全効果をもたらす先進的技術並びに環境に関する先進的な測定技術と定義する。「実証」は、一定の判断基準を設けて、この基準に対する適合性を判定する「認証」とは異なる。

1.3 実証報告書の概要

本報告書は、環境技術実証事業実施要領〔環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室：令和5年11月16日〕（以下「実施要領」という。）の「別紙4 実証報告書及び実証報告書概要版に記載する事項」及び「別紙5 実証報告書作成要領 Ver. 3.2」に基づき、作成されたものである。

本実証では、実施要領に基づいて実証対象技術として選定された「マイクロプラスチック自動前処理装置」について、以下に示す装置の性能等を客観的に実証した。

また、本報告書は、専門家で構成される技術実証検討会において、実証結果に基づき、実証対象技術の環境改善効果等について検討を行った。本報告書はその実証結果を取りまとめたものである。

- ・実証申請者が定める技術仕様の範囲での、実際の使用状況下における装置の性能
- ・使用に必要なエネルギー、物資、廃棄物量
- ・適正な運用が可能となるための使用環境
- ・使用及び維持管理にかかる労力

2. 実証体制と実証参加者の責任分掌

実証に参加する組織及び実施体制を図2-1に示した。また、実証参加者と責任分掌を表2-1に示した。

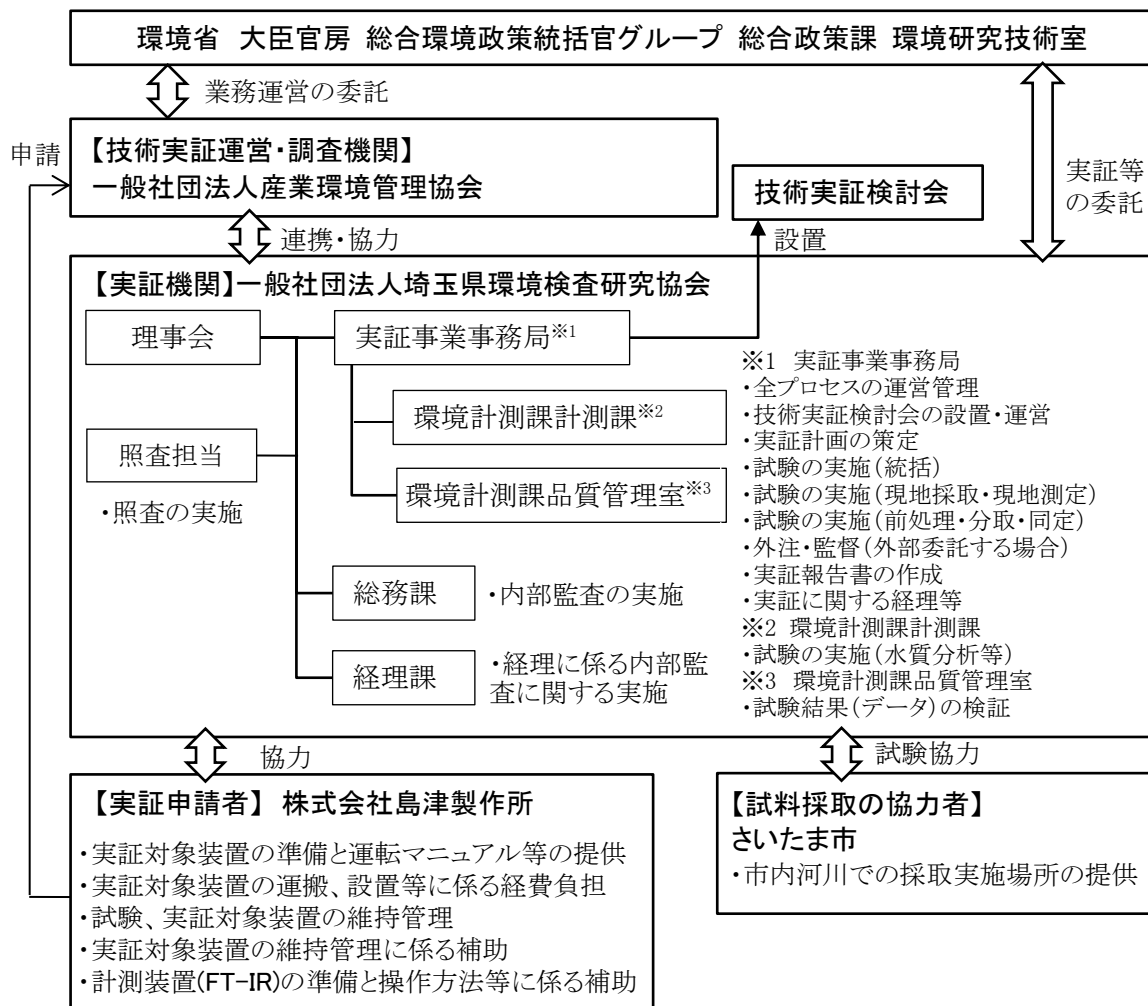


図2-1 実証に参加する組織及び実施体制

表2-1 実証参加者と責任分掌

区 分	実証参加機関	責 任 分 掌	参 加 者
実証機関	一般 社団法人 埼玉県環 境検査研 究協会	実証事業の全プロセスの運営管理	実証事業事務局 山岸 知彦 長濱 一幸 大塚 俊彦 岸田 直裕
		技術実証検討会の設置・運営	
		統括・計画管理	
		実証計画の策定	
		試験の実施（統括）	
		実証報告書の作成	
		外注・監督（外部委託する場合）	
		採取	環境計測課長 高橋 広士
		測定	
		分析	環境計測課品質管 理室長 三戸 克則
		データの検証	総務課 ISO 担当 小倉 智
		内部監査	実証事業事務局 岸田 直裕
		経理	財務本部長 浅川 進
実証 申請者	株式会社 島津製作所	既存データと試験機関の情報の提供	分析計測事業部 環境ビジネスユニ ット 池澤 由雄
		試験費用負担	
		実証対象装置の準備と運転マニュアル等の提供	
		実証対象装置の運搬、設置、撤去に係る経費負担	
		実証対象装置の維持管理に要する費用負担	
		必要に応じて実証対象装置の維持管理に係る補助	
		フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)の準備及び操作等に係る補助	
試料採取 の協力者	さいたま市	市内河川での採取実施場所の提供	さいたま市 環境局環境共生部 環境対策課

3. 実証対象技術の概要及び仕様

3.1 実証対象技術の原理

(1) 原理と効果

本実証対象技術は、「河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン 令和5年3月 環境省水・大気環境局水環境課」（以下、調査ガイドラインと表記する）の前処理方法（図3-1）である、①酸化処理、②比重分離を自動化（図3-2）することで、人為的な誤差を小さくし、再現性の良い処理ができる、マイクロプラスチック（以下、「MPs」と表記する）調査のための「自動前処理装置」である。

調査ガイドラインにおける前処理工程には、作業者の技量により測定結果が左右されるところが多いという課題がある。しかし、本技術は、MPsの発生源・分布の研究及び環境政策判断に用いられる測定データの精度を向上させられることから、今後のMPs対策の推進に貢献することが期待される。このことから、本実証対象技術は、環境保全に有用な技術であるといえる。

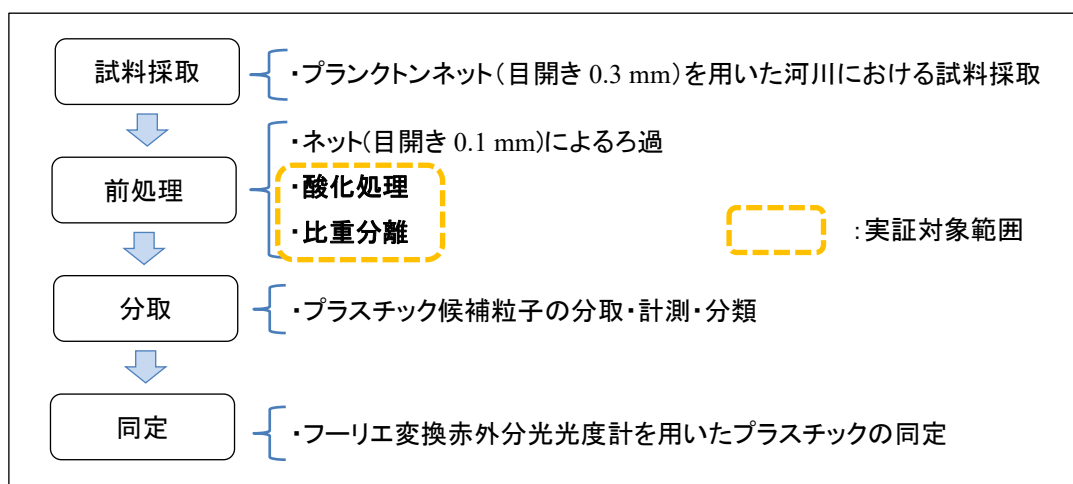


図3-1 「河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン」の調査フロー

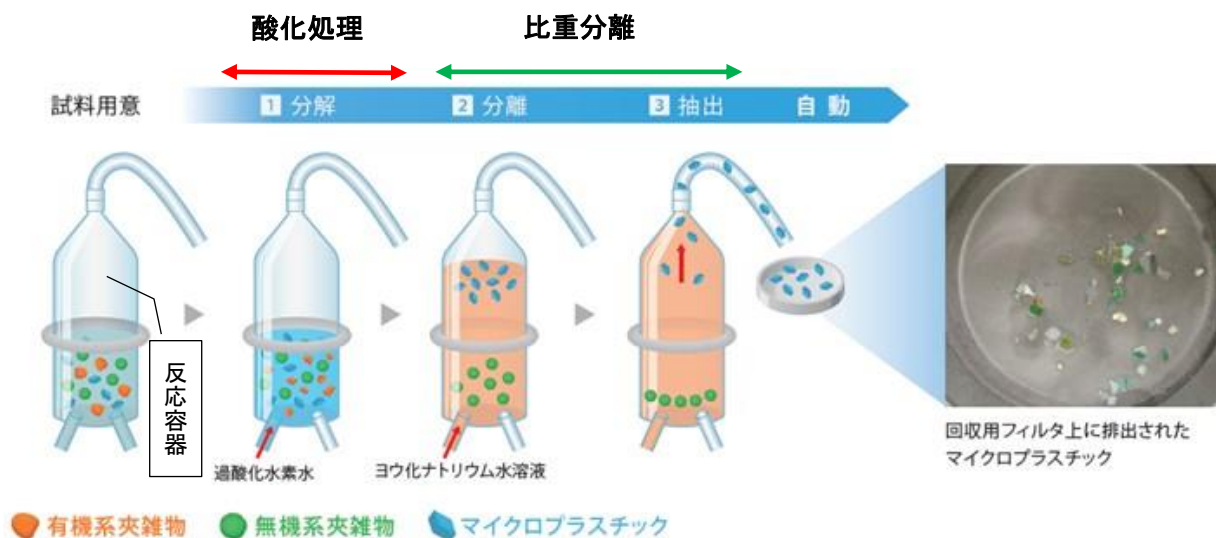


図3-2 反応容器内における自動化処理工程フロー図

(2) 実証対象装置による前処理操作手順

調査ガイドラインと実証対象装置の前処理操作手順を表3-1に示す。実証対象装置では1つの反応容器内で前処理がすべて行われる（図3-2）。写真は参考文献①より引用した。

表3-1 調査ガイドラインと実証対象装置の前処理操作手順

工程	操作名		調査ガイドライン	実証対象装置		
前処理	酸化処理		【概要】酸化剤で試料中の有機物を除去			
				ウォーターバスで静置の様子	【操作】 ・乾燥器 (60 °C) でろ過試料の水分除去 ・30 %過酸化水素溶液を加え、ウォーターバス (55 °C) で 3 日間静置 ・ネットでろ過後、ろ過試料を回収	【自動操作内容】 ➡※1 ろ過試料の固形物をストレーナで回収し、反応容器に設置 ⇒反応容器に 30 %過酸化水素水を注入し、加熱・攪拌しながら 72 時間処理 ⇒ストレーナで固形試料を回収
	比重分離		【概要】試料からプラスチック類を分離			
				静置の様子	【操作】 ・ろ過試料に 5.3 mol/L ヨウ化ナトリウム水溶液を加え、3 時間程度静置	【自動操作内容】 ⇒反応容器に 5.3 mol/L ヨウ化ナトリウム水溶液を注入し、攪拌処理後、3 時間静置
			【概要】分離したプラスチック類を回収			
				水溶液上層部分の回収の様子	【操作】 ・水溶液下層部分を流し、上層部分を回収 ・ネットでろ過後、ろ過試料を回収	【自動操作内容】 ⇒反応容器上部からオーバーフローさせ上層部分の MPs 候補粒子を抽出 ⇒オーバーフロー溶液中の固形試料を回収用フィルタで回収
備考: 試薬類の準備が別途必要						

※1 本操作のみ手作業

【参考文献】

① 「河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン

令和5年3月 環境省水・大気環境局水環境課」

3.2 実証対象技術の構成と特徴

実証対象装置の構成と写真を図3-3と図3-4に示す。

実証対象装置の構成は、反応容器、ホットスターラー、試薬ボトル（2本）、洗浄水ボトル（1個）、過酸化水素水・純水注入ポンプ、ヨウ化ナトリウム水溶液・純水注入ポンプ、試薬・洗浄水切り替え用電磁弁（バルブ）（2個）、廃液・排水用ポンプ、廃液切り替え電磁弁（バルブ）、廃液回収ボトル（2個）、回収用フィルタ、チューブ（シリコン製（接続部はフッ素系樹脂））、操作用PC及び外装箱から構成される。なお、プラスチックの使用は試薬ボトル及びチューブと電磁弁の接手（ポリプロピレン製）のみである。

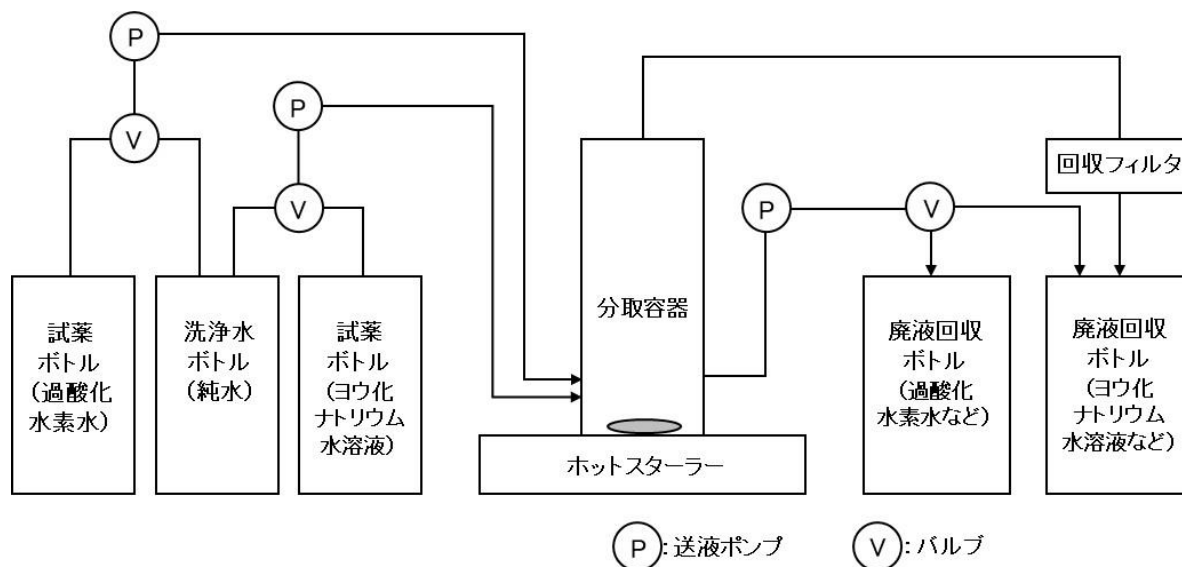


図3-3 実証対象装置の構成

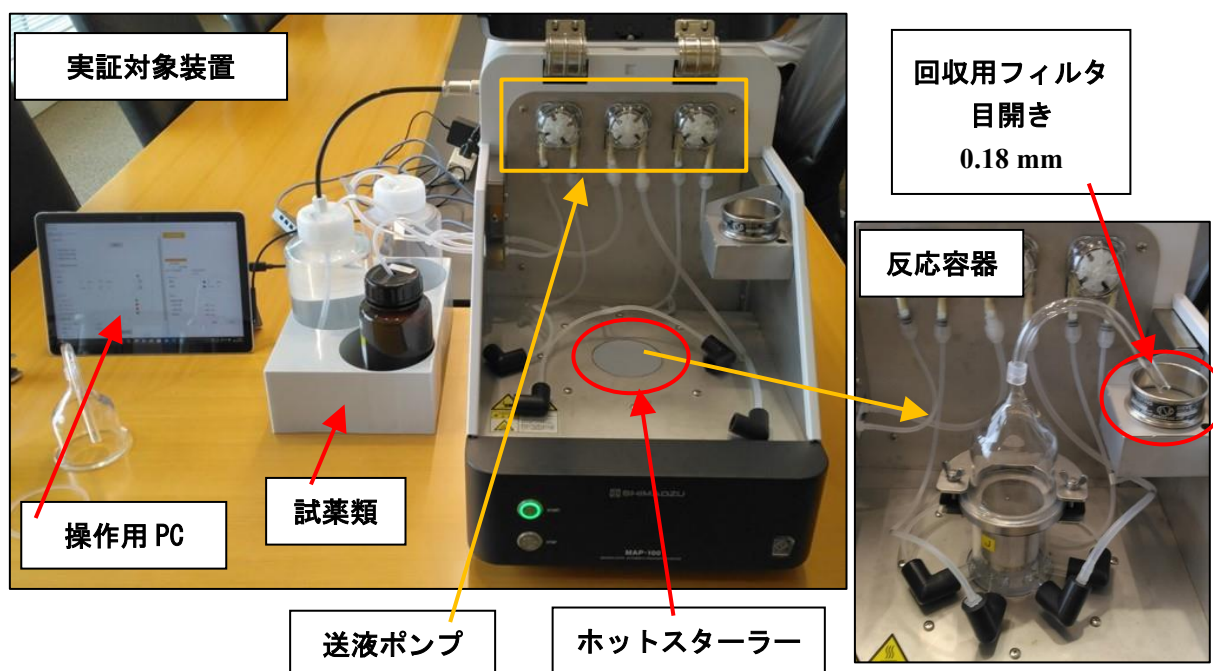


図3-4 実証対象装置の写真

本装置の特徴は、1つの反応容器内で前処理の工程がすべて自動で行われることであり（表3-1）、処理作業が省力化されることでMPsの未回収を減らし、再現性の良い処理ができる。一方、調査ガイドラインの前処理（表3-1）では、①酸化処理、②比重分離の各操作において、ガラス器具等を用いた処理やネットによるろ過といった各操作を作業者が行うため、作業者の技量によってMPsの回収がばらつく恐れがあり、測定結果に影響するといった課題がある。

反応容器の写真を図3-5に示す。反応容器の容量は約400 mLでありガラス製である。容器は上部と下部に分けることができ、クランプで固定する構造となっている。前処理の際には、容器下部にセットしたストレーナ上に実試料（採取した試料を目開き0.1 mmのネットでろ過後、5 mm以上の夾雑物を除去したもの）を注ぐことで、固形物と水溶液を分離する。

酸化処理では、容器下部の注入口より過酸化水素水（100 mL）を注入し、ホットスターラーにより加熱・攪拌しながら、試料中の有機物を分解する（72時間）。なお、酸化処理の途中で、試料中の分解すべき有機物が多く残り、過酸化水素水の活性が落ちている場合には、「分解試薬の入れ替え機能」により、分解処理条件を手動で途中変更することができる。本機能は、酸化処理の途中で反応容器内の過酸化水素水を排液し、新しい過酸化水素水（100 mL）を反応容器内に注入する機能であり、有機物の分解を促進することができる。処理後の分解液は、容器下部の排出口から過酸化水素水用の廃液回収ボトルに廃棄される。

比重分離では、容器下部の注入口よりヨウ化ナトリウム水溶液を注入・攪拌し、3時間静置後、ヨウ化ナトリウム水溶液の上層に分離されたMPs候補粒子を容器上部のノズルからオーバーフローさせ抽出し、回収用フィルタで回収する。処理後の溶液は、容器下部の排出口からヨウ化ナトリウム水溶液用の廃液回収ボトルに廃棄される。

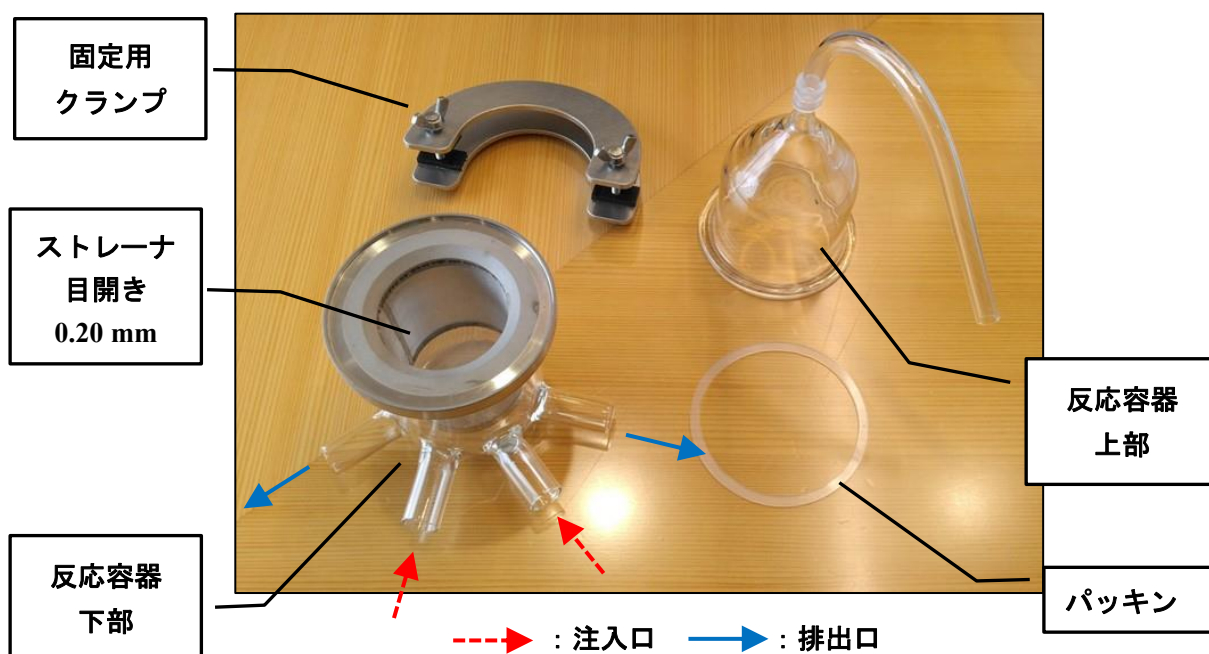


図3-5 反応容器内の写真

また、本装置は、「前処理工程に使用する試薬の反応容器への注入」と「発生する廃液の廃液ボトルへの排出・回収」を自動で行うため、前処理操作時における作業者への有害物質のばく露等が回避され、労働安全衛生上のリスク対策にもなる。

3.3 実証対象技術の仕様

(1) 仕様

実証対象装置の仕様を表3-2に示す。

表3-2 実証対象装置の仕様

サイズ (mm)	300 (W) × 550 (D) × 400 (H) (突起物を除く)
重量	約 25 kg
電源	AC100 V ± 10 %、50/60 Hz、850 VA
設定温度範囲※1	30～100 °C (室温以下の温調は不可)
周囲温度	室温 15～30 °C
対象試料	河川、湖沼、海洋などの環境表層水からサンプリングされた試料
抽出粒子サイズ	MPs のサイズが 0.3～5.0 mm (長径) のものを対象とする。
抽出粒子比重	MPs の比重が 1.5 g/cm ³ 以下のものを対象とする。
抽出処理方式	オーバーフロー処理による抽出 (比重分離処理で上澄みに分離した MPs 候補粒子を溶液と共に反応容器上部からくみ上げ、抽出する方式)
使用する試薬	・洗浄等：純水 ・分解処理：過酸化水素水（濃度 30 % (W/W) 以下） ・分離処理：ヨウ化ナトリウム水溶液（濃度 5.3 mol/L）

※1 ソフトウェア上のホットスターラーの設定温度であり、設定温度と反応容器内の液温には差がある（ホットスターラー単体を動作させて温度調節する機能あり）。

(2) 消耗品、消耗材、消費電力量

消耗品等は表3-3に示すとおりである。

表3-3 1回の処理（82時間）における消費エネルギー及び消耗品

項 目		単位	使用量等
消費電力量		kWh	69.7
薬品・薬剤 使用量	純水	mL	1,000
	30 %過酸化水素水	mL	100～200※2
	5.3 mol/L ヨウ化ナトリウム水溶液	mL	700※3

※2 通常は 100 mL を使用するが、試料中の有機物が多い場合には、さらに 100 mL を使用する（計 200 mL）。

※3 オーバーフローでの抽出工程による MPs 分離の溶液量も含む（1 回当たり 150 mL を使用し 3 回分の操作が可能）。

(3) 回収物及び廃棄物とその取扱い

回収物及び廃棄物とその取扱いを表3-4に示す。

表3-4 回収物、廃棄物とその取扱い

項 目	取 扱 い
過酸化水素水廃液	法令に従い適正な廃棄処理を実施する。
ヨウ化ナトリウム水溶液廃液	

3.4 実証対象装置の稼働・維持管理に必要な作業項目、使用者の技能

推奨している日常的・定期的な管理は、表3-5に示すとおりである。

また、使用者は労働安全衛生法の化学物質規制に基づく化学物質の取り扱い及び廃棄処理等について、教育訓練等により理解しておく必要がある。

表3-5 維持管理項目

項目	担当者	作業項目	頻度
日常点検	使用者	・配管等から漏れが無いこと ・装置内及び周辺に試薬が付着していないこと	毎日
定期点検	使用者 または 技術開発者	・装置内のチューブの交換 ・吸気口のエアフィルタの交換	年1回

3.5 実証対象装置が必要とする条件の制御、注意事項

安全上の注意事項

- ・腐食性試薬を扱うので、保護メガネ、保護手袋を着用する。
- ・処理中の装置内部は高温となるので注意（ラベル表示有り）する。
- ・指定した試薬以外は使用しない。
- ・廃液回収ボトルは廃液の種類毎に分ける（混合しない）。
- ・その他取扱説明書に記載された安全上の注意事項を遵守する必要がある。

4. 実証（試験）方法

実証対象本装置は、前処理工程を自動化し、1つの反応容器内で行うことで、MPsの未回収を減らし、安定した測定ができる。本装置による前処理の有効性を確認するために、河川試料を用いた①「市販のプラスチック標準粒子を用いた添加回収試験」と、②「①で用いる河川試料に含まれるMPsの回収試験」により、装置の性能を評価した。

4.1 実証の全日程

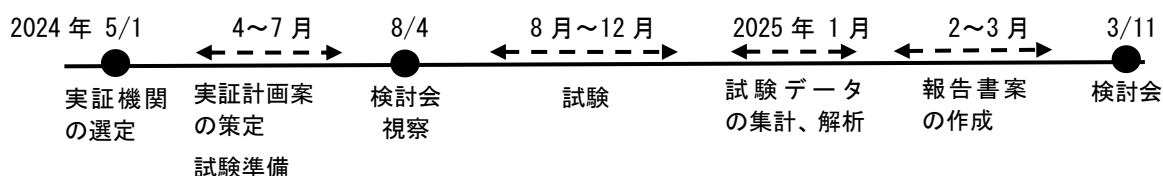


図4-1 実証の全日程

4.2 試験実施場所の情報

試験実施場所の情報を表4-1に示す。

表4-1 試験実施場所の情報

名称	一般社団法人埼玉県環境検査研究協会（本館）試験室
所在地	埼玉県さいたま市大宮上小町1450番地11
試験	採取した河川試料の自動前処理・MPs同定までの試験、水質分析
主な設備	化学試験室、ドラフト設備、純水装置、排水処理装置、電子天秤、濁度計、乾燥器、自動前処理装置、実体顕微鏡（デジタルカメラ付き）、FT-IR（フーリエ変換赤外分光光度計）

4.3 監視項目

監視項目は表4-2のとおりとし、試験結果に影響を及ぼすと予想される項目を監視した。

表4-2 監視項目

監視項目	内容
試験室の環境条件	室温、湿度
試料採取時の状況	気象データ、流速、水深、ろ水時間、ろ水量
河川試料の水質	外観、臭気、濁度、浮遊物質、全有機炭素
実試料※の状態	外観、重量（60℃乾燥処理）

※ プランクトンネットで採取した河川試料をネット（目開き0.1mm）でろ過後、5mm以上の夾雑物を除去し、乾燥処理（プラスチックの変質を防止するため乾燥器により60℃以下で加熱）し、乾固しない程度（傾けても湿潤試料が流動しない状態）に水分を除去したもの

4.4 実証項目、実証する性能及び参考項目

実証項目及び実証する性能、参考項目は、表4-3、表4-4に示すとおりとした。実証項目である河川試料を用いた添加回収試験は、「河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン 令和5年3月 環境省水・大気環境局水環境課」の「別添 河川マイクロプラスチック調査ガイドラインにおける前処理の自動化に関する標準的仕様」を参考に実施した（付録40頁参照）。並行して河川試料に含まれるMPsの回収試験も行い、参考とした。なお、試験を開始する前には、自動前処理装置からのMPs汚染を調査するために、操作ブランク試験（操作BL）を実施して装置からの汚染が無いことを確認した。

表4-3 実証項目及び実証する性能

実証項目	実証する性能
添加回収試験	自動前処理装置による添加したプラスチック標準粒子の回収率※1 80 %以上

※1 標準粒子の回収率

$$\frac{\text{装置で回収したプラスチック標準粒子の個数}}{\text{添加したプラスチック標準粒子の個数}} \times 100 = \text{標準粒子の回収率 (\%)}$$

表4-4 参考項目

参考項目	概要
実試料回収試験	自動前処理装置による河川試料中のMPs (1 mm 以上) の回収率 (%) ※2 による性能試験

※2 実試料の回収率

$$\frac{\text{装置で回収した実試料由来 MPs の個数}}{\text{装置で回収した実試料由来 MPs の個数} + \text{装置で未回収だった実試料由来 MPs の個数} \text{ ※3}} \times 100 = \text{実試料の回収率 (\%)}$$

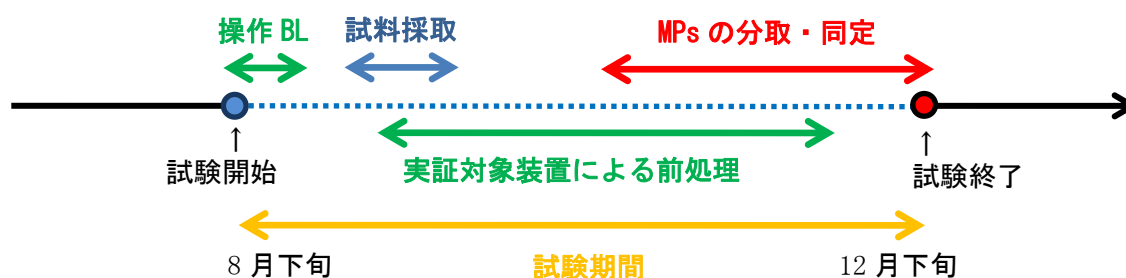
※3 装置で未回収だった実試料由来 MPs の個数：

前処理後に反応容器内に残留していた実試料由来 MPs の数
(オーバーフローでの抽出工程により回収用フィルタで回収できなかった実試料由来 MPs の数)

4.5 実証方法

(1) 試験スケジュール

図4-2に示すスケジュールで採取・試験を行った。



※ 試料採取時は、天候等の現場情報を記録した。

図4-2 試験のスケジュール

(2) 試験の内容

採取・試験の内容を表4-5に示す。表中の「操作ブランク試験」と「前処理」以外の試験については、調査ガイドラインに従って実施した。

表4-5 各試験の内容

試験名	試験内容	試験期間
操作 ブランク試験	実証対象装置からの MPs 汚染を調査した。	8月29日
試料採取	回収試験及び水質分析用の試料をそれぞれ採取した。	9月19日～9月28日
前処理	採取した実試料を用いて実証対象装置による自動前処理を実施した。	9月25日～12月1日
MPs の 分取・同定	実体顕微鏡を用いて MPs 候補粒子を分取し、FT-IR を用いて同定した。	11月下旬～12月下旬

(3) 試料採取地点

試料採取は、埼玉県さいたま市において、水質常時監視が実施されている表4-6に示す3地点で実施した。

表4-6 試料採取地点

河川名	採取地点	上流域の用途
A 河川	①地点	農地・多目的広場（緑地）・住宅街
B 河川	②地点	住宅街・工場・物流倉庫等
C 河川	③地点	公園（緑地）・住宅街

(4) 試料採取方法

試料の採取方法を表4-7に示す。

表4-7 試料の採取方法

試料	採取方法
回収試験用	・直接河川に入りプランクトンネット（口径30cm、目開き0.3mm）を河川に沈め、ろ水量※1が6.8～18m³になるまで河川表層部（水面下0～30cm）で保持した。必要な時間保持した後、引き上げたネットを洗い水※2で洗浄し、ネット内の試料を底管（コードエンド）に集め、ガラス容器に移した。 ・採取は採取地点3ヵ所で、それぞれ3回行い、計9試料を試験に使用した。
水質分析用	・直接河川に入り河川表層部（水面下0～30cm）で採水し、ポリ容器に移した。 ・回収試験用の試料の採取地点3ヵ所で、それぞれ3回行い、各地点で混合試料とし、計3試料を分析に供した。

※1 プランクトンネットに固定したろ水計を使用し河川の流速を計測し、流速と保持時間によりろ水量を算出した。

※2 目開き0.1mmのネットでろ過した河川水

MPs 試料の採取に使用したプランクトンネット・ろ水計等を図4-3に示す。



図4-3 プランクトンネット（写真左）と ろ水計及び低流速用ローター（写真右）

(5) 回収試験方法

本実証では、実証対象装置による前処理の再現性の性能を評価するために河川試料を用いて回収試験を実施した。回収試験方法を表4-8に示す。

表4-8 回収試験方法

分析項目	試 験 方 法																										
添加 回収試験	市販のプラスチック標準粒子を実試料（計 9 試料）に添加し※1、自動前処理装置により前処理を行い、回収されたプラスチック標準粒子の個数について実体顕微鏡を用いて計数し、回収率を求めた。																										
	【使用したプラスチック標準粒子】																										
	<table><tr><th>形式</th><th>材質</th><th>比重 g/cm³</th><th>サイズ μm</th><th>形状</th><th>色</th></tr><tr><td>PNKPMS-1.00</td><td>ポリエチレン</td><td>1.00</td><td>500-600</td><td>球状</td><td>ピンク</td></tr><tr><td>WPMS-1.35</td><td>ポリエチレン (酸化チタン内臓)</td><td>1.35</td><td>500-600</td><td>球状</td><td>白</td></tr></table>	形式	材質	比重 g/cm ³	サイズ μm	形状	色	PNKPMS-1.00	ポリエチレン	1.00	500-600	球状	ピンク	WPMS-1.35	ポリエチレン (酸化チタン内臓)	1.35	500-600	球状	白								
	形式	材質	比重 g/cm ³	サイズ μm	形状	色																					
	PNKPMS-1.00	ポリエチレン	1.00	500-600	球状	ピンク																					
	WPMS-1.35	ポリエチレン (酸化チタン内臓)	1.35	500-600	球状	白																					
	【自動前処理装置の設定条件】																										
	<table><tr><th>工程</th><th>項目</th><th>設定条件</th></tr><tr><td rowspan="5">酸化 処理</td><td>酸化処理用試薬</td><td>過酸化水素水：濃度 30 %</td></tr><tr><td>使用量</td><td>100 mL※2</td></tr><tr><td>酸化処理時間</td><td>3 日間（72 時間※4）</td></tr><tr><td>加熱温度</td><td>溶液温度約 55 ℃</td></tr><tr><td>攪拌速度</td><td>200 rpm</td></tr><tr><td rowspan="4">比重 分離</td><td>比重分離用試薬</td><td>ヨウ化ナトリウム水溶液：濃度 5.3 mol/L</td></tr><tr><td>使用量</td><td>150 mL（オーバーフローでの抽出工程 1 回 当たり）</td></tr><tr><td>攪拌速度</td><td>500 rpm</td></tr><tr><td>比重分離静置時間</td><td>3 時間</td></tr><tr><td>回収</td><td>オーバーフロー回数</td><td>3 回</td></tr></table>	工程	項目	設定条件	酸化 処理	酸化処理用試薬	過酸化水素水：濃度 30 %	使用量	100 mL※2	酸化処理時間	3 日間（72 時間※4）	加熱温度	溶液温度約 55 ℃	攪拌速度	200 rpm	比重 分離	比重分離用試薬	ヨウ化ナトリウム水溶液：濃度 5.3 mol/L	使用量	150 mL（オーバーフローでの抽出工程 1 回 当たり）	攪拌速度	500 rpm	比重分離静置時間	3 時間	回収	オーバーフロー回数	3 回
	工程	項目	設定条件																								
	酸化 処理	酸化処理用試薬	過酸化水素水：濃度 30 %																								
使用量		100 mL※2																									
酸化処理時間		3 日間（72 時間※4）																									
加熱温度		溶液温度約 55 ℃																									
攪拌速度		200 rpm																									
比重 分離	比重分離用試薬	ヨウ化ナトリウム水溶液：濃度 5.3 mol/L																									
	使用量	150 mL（オーバーフローでの抽出工程 1 回 当たり）																									
	攪拌速度	500 rpm																									
	比重分離静置時間	3 時間																									
回収	オーバーフロー回数	3 回																									
※1 標準粒子の添加数：比重 1.00 及び 1.35 の粒子を 25 個ずつ計 50 個																											
※2 実試料②-1、②-3 の酸化処理では、有機物が十分に分解されるように分解試薬の入れ替え機能※3を用いて、計 200 mL 使用した。																											
※3 反応容器内から過酸化水素水（100 mL）を排出し、新しい過酸化水素水（100 mL）を導入する機能。																											
※4 ②-1 の酸化処理時間は 44 時間（資料編 46 頁参照）																											
実試料 回収試験	添加回収試験で回収された実試料由来 MPs※5の個数と反応容器内に残留していた実試料由来 MPs の個数について実体顕微鏡を用いて同定・計数し、回収率を求めた。																										
	※5 FT-IR によるプラスチックの種類の同定も行った。																										

(6) 分析方法

以下の監視項目の分析方法を表4-9に示す。

表4-9 分析方法

項目	分 析 方 法
濁度	JIS K 0101 9.4 積分球式濁度計
浮遊物質（SS）	昭和46年環告第59号付表9重量法
全有機炭素（TOC）	平成15年厚生労働省告示第261号 全有機炭素計測定法

(7) 操作及び維持管理

試験においては、取扱説明書に従い、実証機関が実証対象装置の操作及び維持管理を実施した。

4.6 環境影響、運転及び維持管理項目

環境影響項目、運転及び維持管理項目を表4-10に示す。

表4-10 環境影響項目、運転及び維持管理項目

分類	項目	内容・測定方法等
環境影響項目	電気使用量	実証対象装置が前処理実施中に消費する電力量を計測した。
	騒音※	前処理実施中の騒音の測定を3回（液体排出用ポンプ稼働時、ヨウ化ナトリウム水溶液導入用ポンプ稼働時、過酸化水素水導入用ポンプ稼働時）行った。
運転及び維持管理項目	実証対象装置で前処理が可能な水質	濁度、SS、TOCと回収率の関係を評価した。
	実証対象装置の運転及び維持管理に必要な技能	操作手順ごとの作業時間（人・日）、管理の専門性や困難さを記録した。
	実証対象装置の信頼性	異常発生時の原因を調査した。
	トラブルからの復帰方法	異常発生後の復帰操作の容易さ、課題を評価した。
	運転及び維持管理マニュアルの評価	運転及び維持管理マニュアルの読みやすさ、理解しやすさ、課題を評価した。

※ 実証対象装置からは、ポンプ稼働時にポンプの稼働音が発生する。

5. 試験結果及び考察

5.1 監視項目

5.1.1 試験室の環境条件

実証対象装置は、室温を 23℃ に設定した試験室のドラフト内に設置した。自動前処理を実施した期間における試験室の環境条件を表 5-1 に示す。

実施期間中の室温と湿度は、22.1～23.8℃ と 20.0～68.0 % であった。装置の設置条件である室温については、23℃ 前後で安定しており特に装置の稼働に影響は無かった。

表 5-1 試験室の環境条件

自動前処理実施期間	室温 (℃)	湿度 (%)
2023 年 8 月 29 日～2023 年 12 月 1 日	22.1～23.8	20.0～68.0

5.1.2 試料採取時の状況

(1) 気象データ

試料採取場所近傍の気象条件を図 5-1 示す（詳細は資料編 47 頁参照）。試料採取日は、降雨等の影響により採取地点の河川が濁っていない日を選定し（2023 年 9 月 19 日、9 月 28 日）、試料採取を実施した。

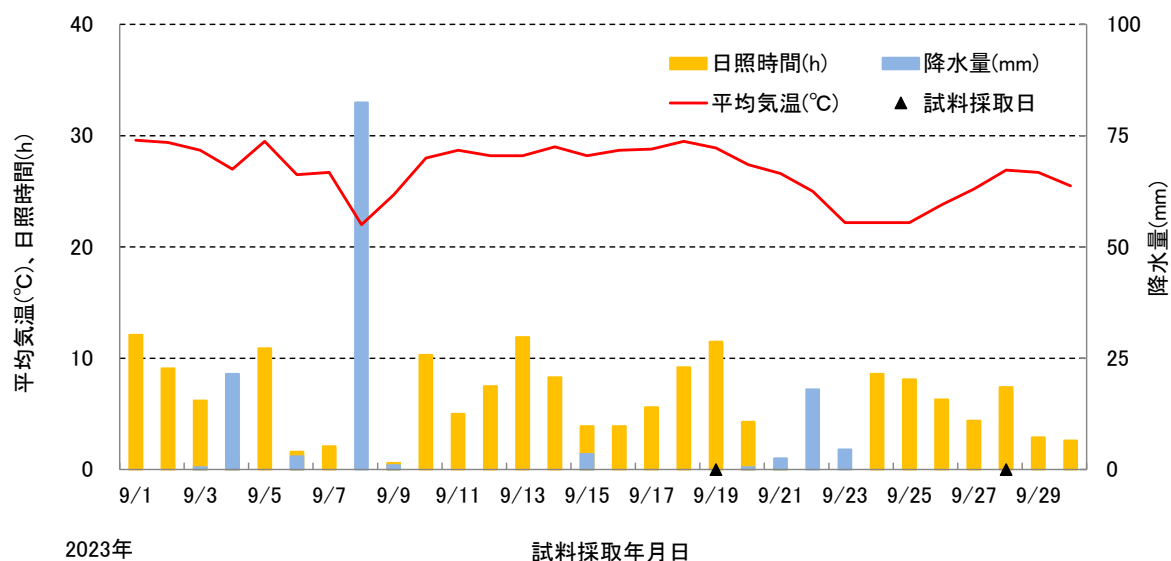


図 5-1 試料採取場所近傍の気象条件（さいたま観測所）

(2) 流速、水深、ろ水時間、ろ水量等

試料採取時の流速、水深、ろ水時間、ろ水量等の現場の状況について表 5-2 に示す。

採取地点 3 箇所の流速と水深は、それぞれ 0.20～0.45 m/s と 32～48 cm であり、直接河川に立ち入って試料採取を実施した。プランクトンネットを用いた採取では、ネットの開口部を河川表層付近に全没させ、河床に堆積した粒子の混入を避けて採取した。ろ水時間とろ水量は、8～15 分と 6.8～18.0 m³ であった。なお、ろ水時間については、採取時の流速と必要なるろ水量 (10m³ 以上) からろ水時間を求め、ろ水計に取り付けたローターの回転数の様子とネット内の浮遊物質による目詰まりの状況に応じて調整した。

表5-2 試料採取時の状況

河川	A 河川			B 河川			C 河川		
採取地点	①地点			②地点			③地点		
採取日	2023 年 9 月 19 日			2023 年 9 月 28 日			2023 年 9 月 28 日		
採取開始時刻	10:40			9:50			11:40		
天候	晴			曇			晴		
流向	順流			順流			順流		
気温（℃）	30.5			27.0			30.0		
水温（℃）	25.4			26.5			24.3		
流速（m/s）	0.26			0.20			0.45		
水深（cm）	45			48			32		
透視度（cm）	74			70			100 以上		
MPs 採取	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目
実試料名	①-1	①-2	①-3	②-1	②-2	②-3	③-1	② -2	③ -3
ろ水時間（分）	10	12	8	15	15	15	10	15	15
ろ水量（m ³ ）	8.4	9.3	6.8	7.3	10.5	8.5	13.0	18.0	15.0

5.1.3 河川試料の水質

試料採取時の河川試料の水質結果について表5-3に示す。

試料採取は直接河川に立ち入って実施した。採取地点3箇所の濁度、浮遊物質濃度、全有機炭素は、それぞれ2～5 度、3～10mg/L、1.2～2.9mg/L となり、各採取地点で池底が見える状況であった。なお、各採取地点の河川は、さいたま市内の住宅街を流れる河川のため、若干濁りがあり、腐敗臭であった。

表5-3 河川試料の水質

河川	A 河川	B 河川	C 河川
採取地点	①地点	②地点	③地点
外観	淡白黄濁	淡灰黄濁	淡白濁
臭気	弱腐敗臭	弱腐敗臭	弱腐敗臭
濁度(度)	3	5	2
浮遊物質濃度（mg/L）	6	10	3
全有機炭素（mg/L）	1.5	2.9	1.2

5.1.4 実試料の状態

実試料※1の状態の結果について表5-4に示す。

※1 プランクトンネットで採取した河川試料をネット（目開き 0.1mm）でろ過後、5mm 以上の夾雑物を除去し、乾燥処理（プラスチックの変質を防止するため乾燥器により 60℃以下で加熱）し、乾固しない程度（傾けても湿潤試料が流動しない状態）に水分を除去したもの

表5-4 実試料の状態

採取地点	実試料名	外観	実試料重量(g)	ろ過後	乾燥処理後
①地点	①-1	黒褐色	4.38		
	①-2	黒褐色	3.67		
	①-3	黒褐色	6.72		
②地点	②-1	黒褐色	10.2		
	②-2	黒褐色	9.88		
	②-3	黒褐色	8.51		
③地点	③-1	黒褐色	5.27		
	③-2	黒褐色	9.36		
	③-3	黒褐色	6.70		

表5-4より、実試料の外観はすべて黒褐色であり、実試料重量（60℃乾燥処理）は、①地点が3.67～6.72 g、②地点が8.51～10.2 g、③地点が5.27～9.36 gであった。

なお、採取時のろ水量が各実試料で異なったため、ろ水量（m³）に対する実試料重量（g）から実試料の濃度（g/m³）を算出した（表5-5）。

表5-5 実試料の濃度（g/m³）

採取地点	①地点			②地点			③地点		
実試料名	①-1	①-2	①-3	②-1	②-2	②-3	③-1	③-2	③-3
濃度（g/m ³ ）	0.52	0.40	0.98	1.4	0.94	1.0	0.41	0.52	0.45

表5-5より、各地点の濃度は、①地点が0.40～0.98 g/m³、②地点が0.94～1.4 g/m³、③地点が0.41～0.52 g/m³であった。なお、比較的濃度の高かった②地点の実試料（②-1、②-3）には、糸状性藻類（アオミドロ等）の断片等が多く混在していた（資料編40頁参照）。

自動前処理終了後のストレーナ内には比重分離で沈降した残渣が残っていた（資料編42頁参照）。残渣の主な成分は砂であり、その他に過酸化水素水では十分に分解されなかった植物由来の繊維状物質、糸くず等が混在していた。

そこで、前処理終了後のストレーナ内の残渣重量を求めるために、残渣を乾燥器により105℃で2時間乾燥した後の残渣重量を測定した（表5-6）。

表5-6 ストレーナ内の残渣重量

採取地点	①地点			②地点			③地点		
実試料名	①-1	①-2	①-3	②-1	②-2	②-3	③-1	③-2	③-3
残渣重量（g）	0.13	0.01	0.24	0.42	0.03	0.48	0.04	0.09	0.03

表5-6より、残渣重量（105℃乾燥処理）については、特に実試料②-1（0.42 g）と②-3（0.48 g）が大きく、他の実試料と比べると砂の量も多かった。本地点上流では複数の大型のコイが遊泳しているのが確認されており、採取時にコイが底泥を巻き上げていた可能性が考えられた。

5.2 実証項目

実証項目である添加回収試験の結果について表5-7に示す。

添加したプラスチック標準粒子の回収率は92～100 %となり、すべての実試料で、実証する性能である「回収率80 %以上」を満たした。プラスチック標準粒子の種類別でみると、比重1.00の回収率が100 %となった割合は33 %（9試料中3試料）、比重1.35は67 %（9試料中6試料）となり、比重が大きい方が回収されやすい傾向がみられた。なお、未回収のプラスチック標準粒子は、反応容器上部及びノズル内壁面に残渣と共に付着していた。

表5-7 添加回収試験の結果

実試料名	実試料重量 (g)	プラスチック標準粒子の種類	添加した個数	回収した個数	未回収の個数	回収率
			(個)			(%)
①-1	4.38	比重1.00	25	23	2	92
		比重1.35	25	25	0	100
①-2	3.67	比重1.00	25	25	0	100
		比重1.35	25	25	0	100
①-3	6.72	比重1.00	25	23	2	92
		比重1.35	25	25	0	100
②-1※3	10.2	比重1.00	25	25	0	100
		比重1.35	25	25	0	100
②-2	9.88	比重1.00	25	23	2	92
		比重1.35	25	24	1	96
②-3※3	8.51	比重1.00	25	23	2	92
		比重1.35	25	24	1	96
③-1	5.27	比重1.00	25	24	1	96
		比重1.35	25	25	0	100
③-2	9.36	比重1.00	25	25	0	100
		比重1.35	25	24	1	96
③-3	6.70	比重1.00	25	23	2	92
		比重1.35	25	25	0	100

※3 分解試薬の入れ替え実施

また、実試料※4（②-1、②-3）の酸化処理では、有機物が十分に分解されるように酸化処理の途中で分解試薬の入れ替えを実施し、有機物の分解を促進したことで、92～100 %の回収率となった。

※4 酸化処理が24時間以上経過しても反応容器内に褐色又は白色の浮遊物や懸濁物が多く存在し、過酸化水素水との反応（発泡）が確認されなかった実試料

回収率の再現性を評価するために回収率の平均値と標準偏差から変動係数を求めた。結果を表5-8に示す。

表5-8 添加回収試験における回収率の統計量（n=9）

比重 (g/cm ³)	最大値 (%)	最小値 (%)	平均値 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
1.00	100	92	95.1	3.9	4.1
1.35	100	96	98.7	2.0	2.0

ばらつきの指標である変動係数は、比重 1.00 が 4.1 %、比重 1.35 が 2.0 %となり、5 %以内であった。また、比重が大きい方が再現性が良いことが確認された。

5.3 参考項目

5.3.1 回収率

参考項目である実試料回収試験の結果について表5-9に示す。

実試料由来の MPs（1 mm 以上）の回収率は 82～100 %となった。

表5-9 実試料回収試験（1mm 以上の MPs）の結果

実試料名	実試料重量	ストレーナ内残渣重量	回収した個数(A)	未回収の個数(B)	実試料由来のMPs (A) + (B)	回収率
	(g)	(g)	(個)			(%)
①-1	4.38	0.13	11	0	11	100
①-2	3.67	0.01	25	2	27	93
①-3	6.72	0.24	24	3	27	89
②-1※5	10.2	0.42	30	4	34	88
②-2	9.88	0.03	49	6	55	89
②-3※5	8.51	0.48	44	7	53	86
③-1	5.27	0.04	47	10	57	82
③-2	9.36	0.09	103	16	119	87
③-3	6.70	0.03	78	12	90	87

※5 分解試薬の入れ替え実施

なお、未回収の MPs の多くは、プラスチック標準粒子と同様に反応容器上部及びノズル内壁面に残渣と共に付着していた。

回収率の再現性を評価するために回収率の平均値と標準偏差から変動係数を求めた。結果を表5-10に示す。

実試料重量及び藻類等の有機物含有量がそれぞれ異なった試料であったが、変動係数は5.6 %となり、10 %以内であった。

表5-10 実試料回収試験の回収率の統計量 (n=9)

最大値 (%)	最小値 (%)	平均値 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
100	82	89.0	5.0	5.6

5.3.2 実試料重量と回収率の関係

実試料重量と回収率について図5-2に示す。

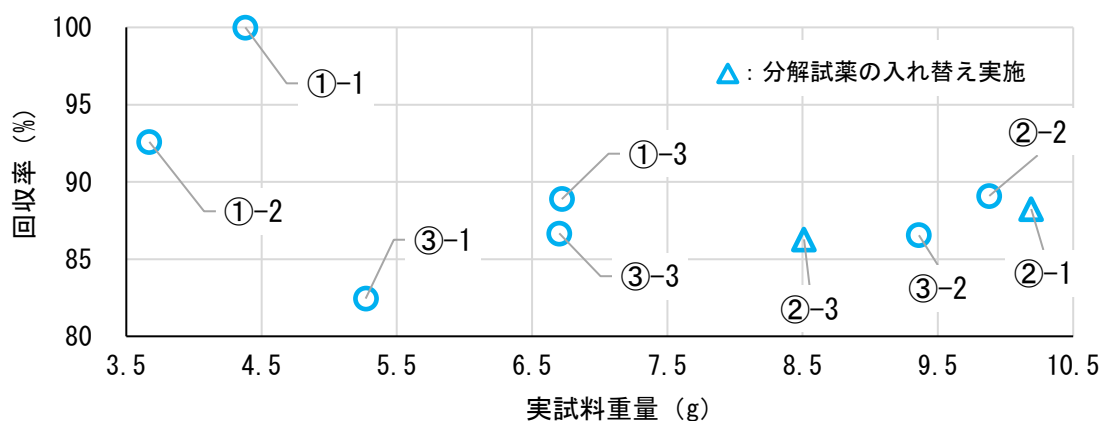


図5-2 実試料重量と回収率

図5-2より、実試料重量が4.5 gを超えると回収率が90 %以下となる傾向がみられた。一方、重量が8.51~10.2 gと大きく、糸状性藻類の断片等が混在した②地点の実試料（②-1、②-3）については、過酸化水素水の入れ替え操作を実施することで、86~89 %の回収率が得られた。このことから実試料重量が10 g程度までは藻類等の有機物が多く含まれていても80 %以上の回収率が得られることが確認された。

5.3.3 ストレーナ内残渣重量と回収率の関係

ストレーナ内残渣重量と回収率について図5-3に示す。

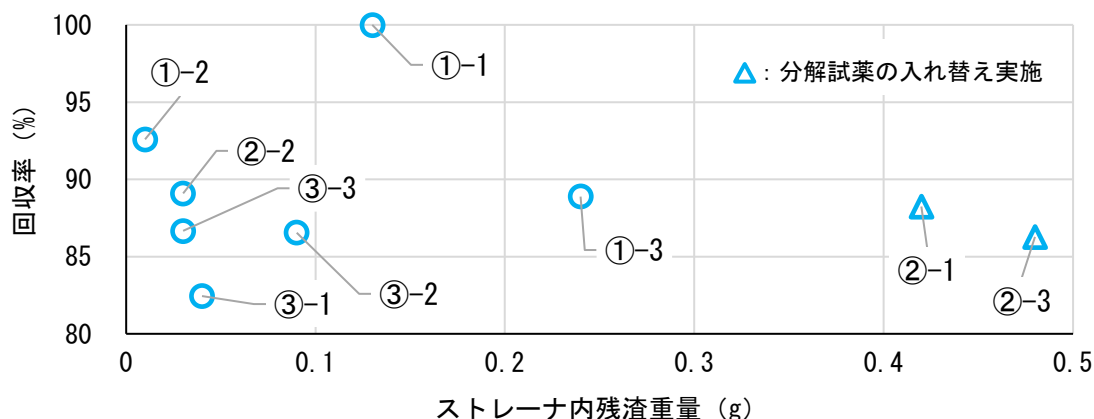


図5-3 ストレーナ内残渣重量と回収率

図5-3より、砂が多く残渣重量が大きかった実試料②-1と②-3については、88 %と86 %の回収率が得られた。一方、砂が少なく残渣重量が小さかった実試料③-1の回収率は82 %と最も低い回収率となった。残渣重量と回収率に関係性はみられなかったが、砂の含有量が0.5 g以下の試料については80 %以上の回収率が得られることが確認された。

5.3.4 実試料由来のMPs 個数と回収率の関係

実試料由来のMPs 個数と回収率について図5-4に示す。

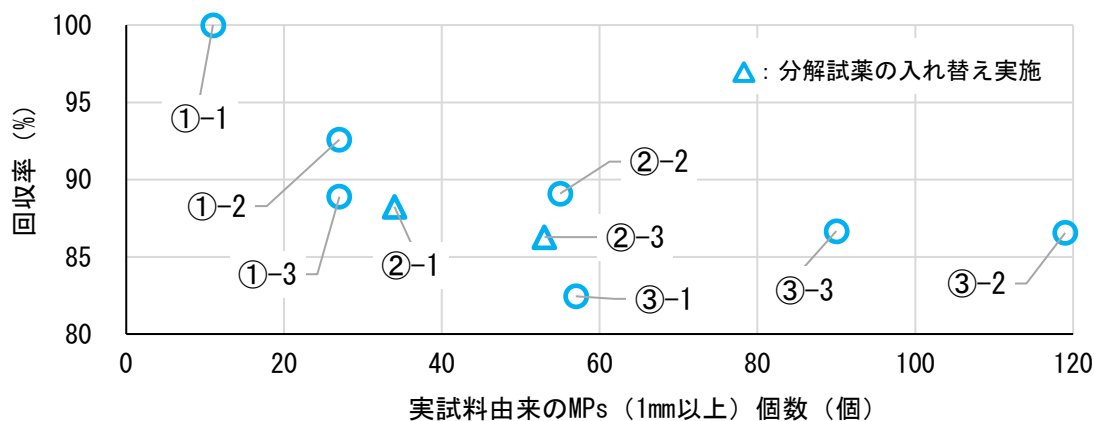


図5-4 実試料由来のMPs 個数と回収率

図5-4より、MPs 個数が多くなると回収率が低くなる傾向がみられたが、90～120 個程度であれば80 %以上の回収率が得られることが確認された。

5.3.4 FT-IR によるプラスチックの種類の同定

自動前処理終了後の回収用フィルタから分取した MPs 候補粒子について、FT-IR によるプラスチックの種類の同定を行った。各採取地点における同定結果について図 5-5～図 5-7 に示す。

回収された MPs の種類は、ポリスチレン（PS）、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレン（PE）、エチレンビニルアセテート（EVA）、ABS 樹脂（ABS）、ポリエチレンテレフタレート（PET）の 6 種類であった。特に PP と PE は各実試料で確認され、全体の 70 % 以上を占めていた。次に多く確認されたのは EVA で、実試料①-1 を除く 8 試料で 6.4～22.4 % を占めていた。

なお、未回収の MPs の種類は、PP、PE、EVA の 3 種類であり、特に未回収の個数が 10 個以上と多かった③地点（図 5-7）では、PP が 75.0～87.5 % を占め、回収した MPs と同様な傾向を示した。

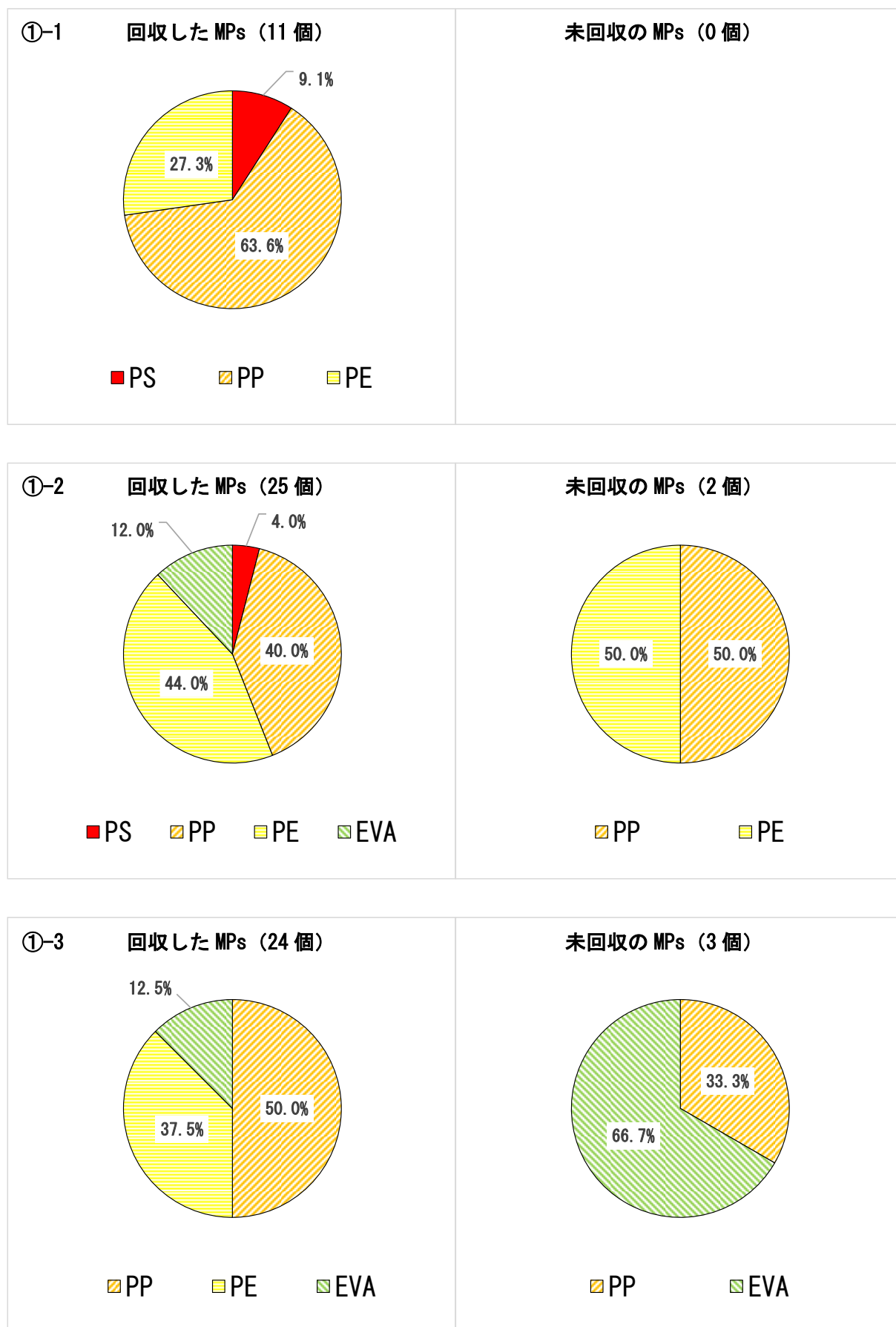


図5-5 MPsの種類と割合（①地点）

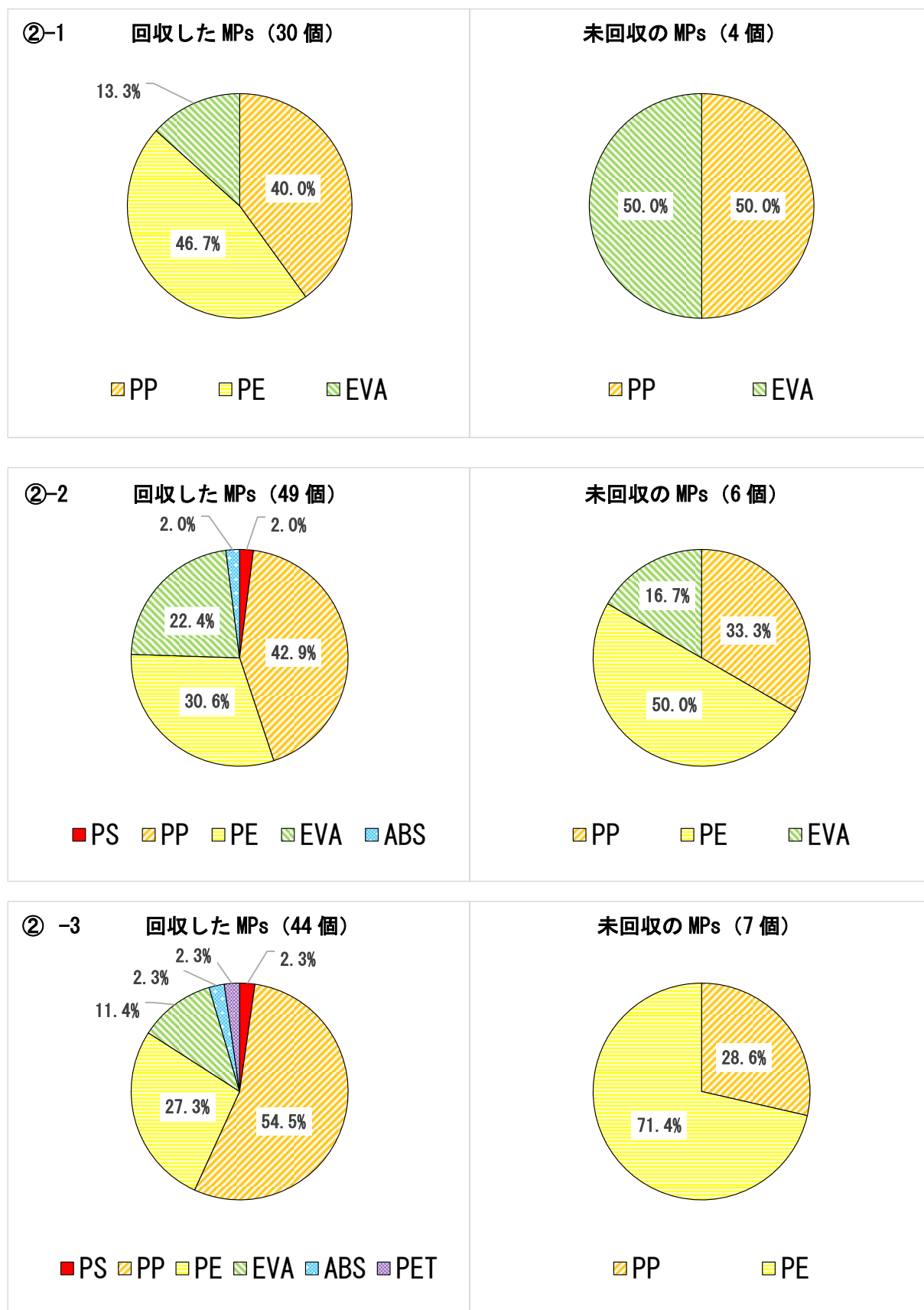


図 5 - 6 MPs の種類と割合 (②地点)

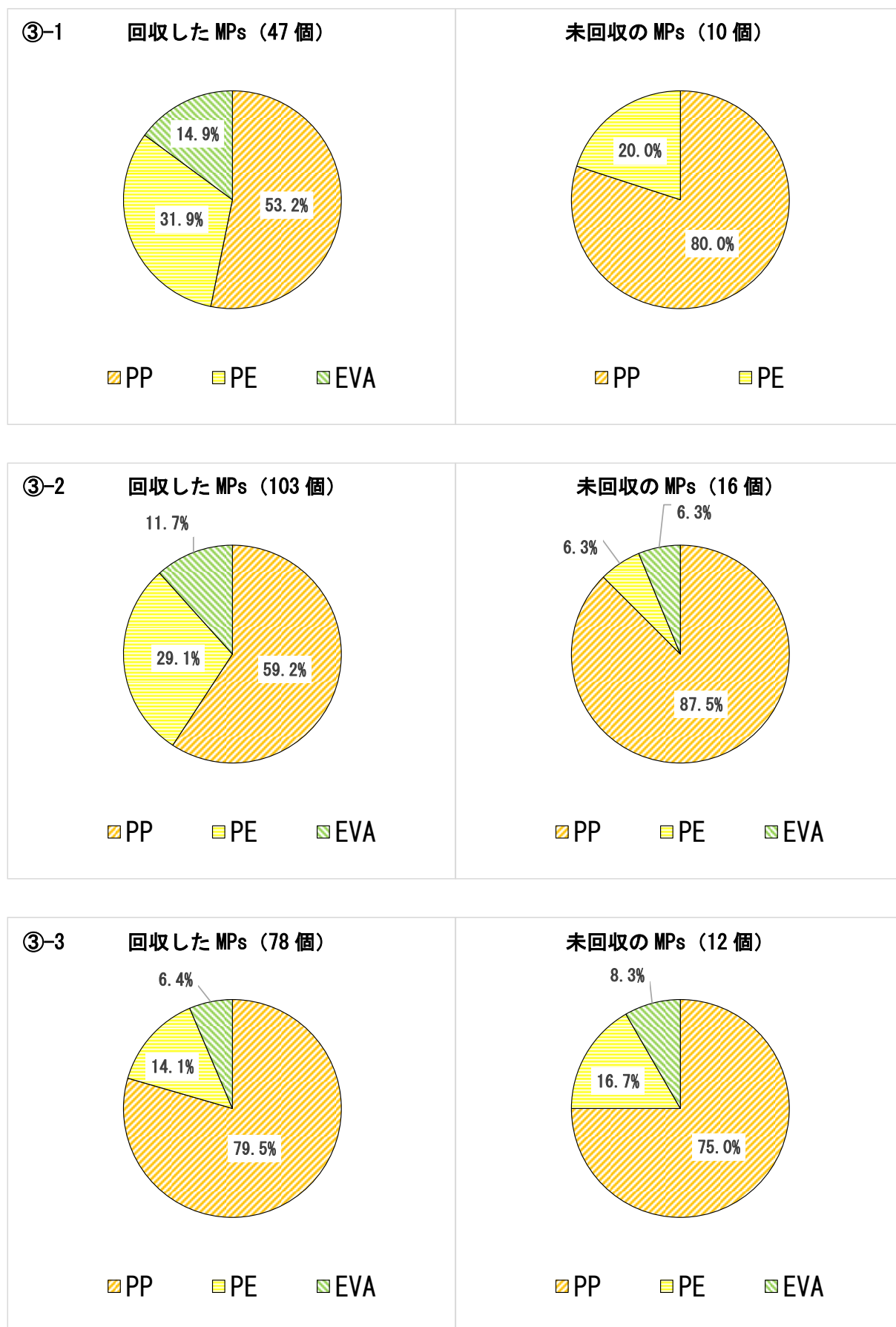


図5-7 MPsの種類と割合（③地点）

5.4 環境影響、運転及び維持管理項目

表 5-11 環境影響項目、運転及び維持管理項目

分類	項目	結果
環境影響項目	電気使用量	実証対象装置が前処理実施中（約 82 時間）に消費する電力量は約 4.2 kWh（平均値）であった。
	騒音	測定結果を図 5-8 に示す。
	廃液量	本実証の自動前処理装置の設定条件下で発生した廃液量（洗浄水含む）は以下の通りであった。 ・過酸化水素水廃液：約 520 mL （分解試薬の入れ替え実施：約 620 mL） ・ヨウ化ナトリウム水溶液廃液：約 770 mL
運転及び維持管理項目	実証対象装置で前処理が可能な水質	測定結果を図 5-9 に示す。
	実証対象装置の運転及び維持管理に必要な技能	使用者は労働安全衛生法の化学物質規制に基づく化学物質の取り扱い及び廃棄処理等について、教育訓練等により理解しておく必要がある。 自動前処理開始のための作業時間（試薬類のセット、反応容器への実試料の移し、組立等）は 1 名で約 15 分であり、モニター操作も容易である。
	実証対象装置の信頼性	・自動前処理開始時に洗浄水ボトル内に空隙があると、操作パネルのモニター画面で[not Ready]が表示され前処理が開始されなかった ・自動前処理装置が稼働中に本体カバーを開けた状態にしておくとブザーが鳴った。
	トラブルからの復帰方法	・洗浄水ボトル内を純水で満水にすることで、モニター画面は[Ready]の表示になり、前処理が開始された。 ・本体カバーを閉じて、本体正面の stop ボタンを押しブザーを停止させ、モニター画面から稼働を再開した。
	分解試薬の入れ替え機能	・本機能は、自動ではなく手動であるが、1 分程度の容易な操作で起動できる。 ・有機物が十分に分解されるように酸化処理の途中で分解試薬の入れ替えを 1 回実施することで、藻類等の有機物を多く含有する実試料（約 10 g）の分解を促進させ、80 %以上の回収率となった。 ・実試料が 10 g 以上でも本機能を複数回実施することで、有機物の分解が促進され、80 %以上の回収率となる可能性がある。
	運転及び維持管理マニュアルの評価	マニュアルには、装置図面及びモニター画面等が掲載されているため読みやすく、運転及び維持管理を容易に理解できた。

5.4.1 騒音

前処理実施中の騒音の測定結果を図5-8に示す。装置稼働前の騒音（ドラフトからの音）と比べるとポンプ稼働時は、約3 dB 高い値となった。なお、連続してポンプが稼働している時間は約4分であり、1回の前処理（約82時間）でポンプが稼働している時間の合計は1時間程度のため、騒音を発生している時間帯はわずかであった。

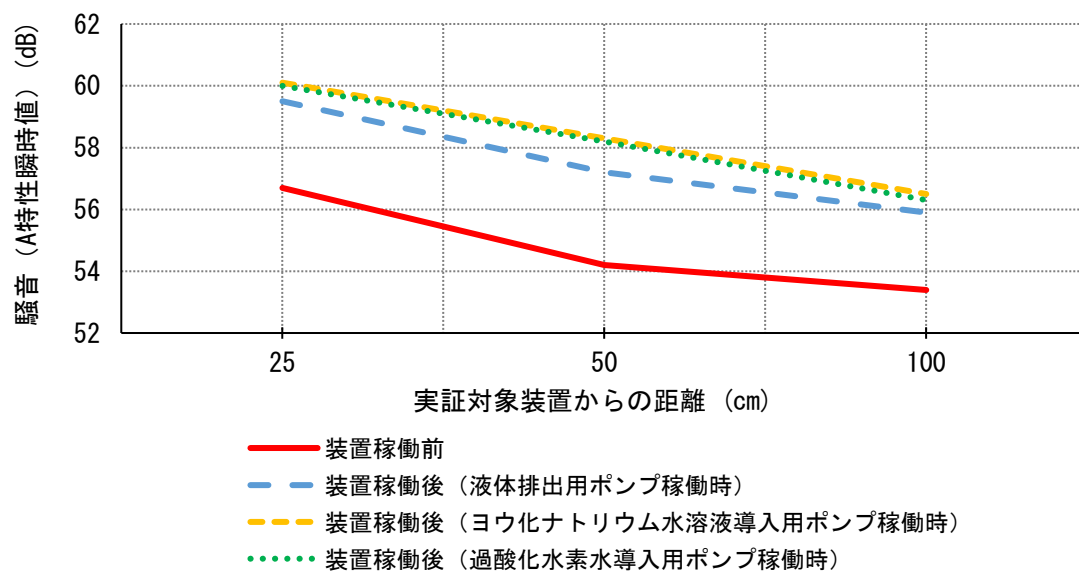


図5-8 騒音測定結果（実証対象装置からの距離と騒音）

5.4.2 実証対象装置で前処理が可能な水質

水質（濁度、SS、TOC）と実試料由来の MPs（1mm 以上）の回収率を図5-9に示す。

各項目の数値と回収率について、特に関係性はみられなかったが、濁度（5 度）、SS（10mg/L）、TOC（2.9mg/L）が高い水質においては、酸化処理の工程で分解試薬の入れ替えを実施することで回収率が 80 %以上を満たすことが確認された。

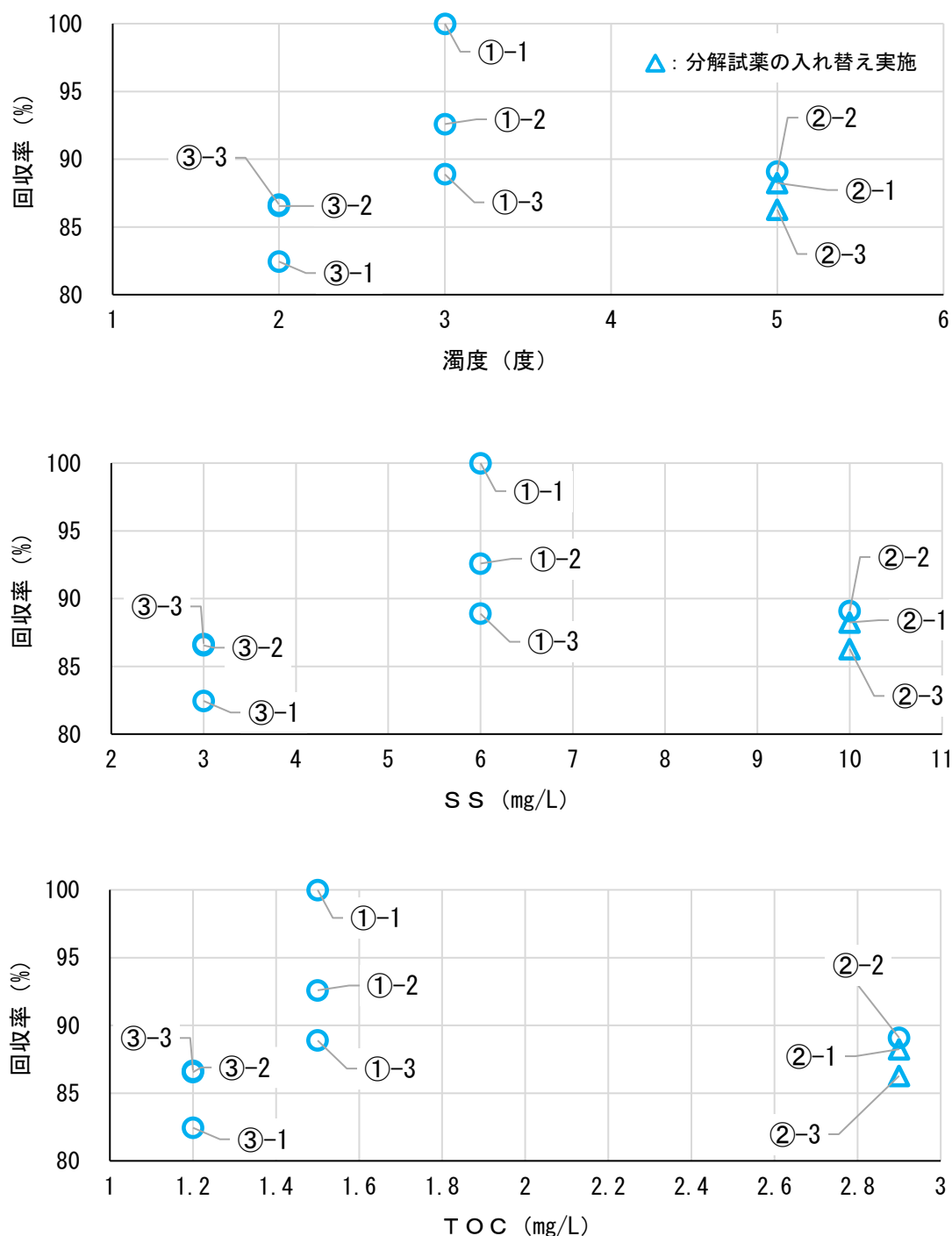


図5-9 水質（濁度・SS・TOC）と実試料由来の MPs 回収率

6. 所見（実証結果のまとめ）

総括として、実証結果から見た実証対象技術の特徴について、次のとおりまとめた。

（1）技術全体

実証対象装置は、1つの反応容器内で前処理（酸化処理、比重分離）の工程がすべて自動で行われることが特徴であり、作業者の技量に左右されることがないため、MPsの回収のばらつきを減らすことができる。プラスチック標準粒子（比重1.00、比重1.35）を用いた河川試料における添加回収試験では、3.67～10.2gの実試料（9試料）において標準粒子の回収率92～100%（変動係数5%以内）となり、実証する性能（80%以上）を満たした。また、実試料由来のMPs（1mm以上）の回収率についても82～100%（変動係数5.6%）となり、80%以上となった。

本装置は、MPsの調査・研究における測定データの精度を向上させ、今後のMPs対策の推進に貢献することが期待される。このことから本装置は環境保全に有用な技術であると考えられる。

（2）その他

実証対象装置は、酸化処理の工程途中で有機物が多く残り、過酸化水素水の活性が落ちている際に、途中で分解試薬の入れ替えができる機能を有している。本機能を活用することで、容易に新しい過酸化水素水を導入し、有機物の分解を促進することが可能であり、藻類等の有機物を多く含有する実試料（約10g：浮遊物質10mg/Lの河川水のろ水量が約10m³の場合）でも実試料由来のMPsの回収率が80%以上となり、有効な機能であることが示された。

また、実試料由来のMPsの個数が120個程度であれば、回収率が80%以上となることが確認された。

付録

1. 専門用語集

(1) 実証に関する用語

用語	内容
実証対象技術	実証の対象となる技術を指す。
実証対象装置	実証対象技術を機器・装置として具現化したもののうち、試験で実際に使用したものを指す。
実証項目	実証対象技術の性能や効果を測るための試験項目を指す。
参考項目	実証対象技術の性能や効果を測る上で参考となる項目を指す。
監視項目	試験状況を監視するための項目を指す。

(2) 水質に関する用語

用語	内容
濁度	水の濁りの指標
浮遊物質量（SS）	水中に浮遊又は懸濁している直径 2mm 以下の粒子状物質
全有機炭素（TOC）	水中に含まれる有機物の指標で、全炭素量で表したもの

(3) プラスチックに関する用語

用語	内容
マイクロプラスチック（MPs）	プラスチックゴミのうち、大きさが 5mm より小さいサイズのもの
ポリスチレン（PS）	スチレンの重合体であり、特に加工しやすく、発泡スチロール等の梱包材や食品包装材、電気製品等に使用されるプラスチック
ポリプロピレン（PP）	エチレンの重合体であり、特に変形や破壊に耐えられるほど強度が高く、自動車部品、家電製品、医療器具、食品容器等の用途に用いられているプラスチック
ポリエチレン（PE）	エチレンの重合体であり、特に加工しやすく、包装材、容器、パイプ、ポリ袋、ラップ等を使用されるプラスチック
エチレンビニルアセテート（EVA）	エチレンと酢酸ビニルの共重合体であり、耐久性にすぐれ、防護材、各種緩衝材、看板用ボード等を使用されるプラスチック
ABS 樹脂（ABS）	アクリロニトリル（A）、ブタジエン（B）、スチレン（S）の共重合体であり、耐衝撃性・耐熱性・耐寒性が強く、光沢性・着色性にもすぐれているため、日用品、自動車部品、電化製品等の様々な用途に用いられるプラスチック
ポリエチレンテレフタレート（PET）	エチレングリコールとテレフタル酸、又はエチレングリコールとテレフタル酸ジメチルの共重合体であり、圧力・薬品に強く、ペットボトル、フィルム、衣料用繊維等を使用されるプラスチック

(4) マイクロプラスチック調査に関する用語

用語	内容
河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン 令和5年3月 環境省水・大気環境局水環境課	【対象者】 河川・湖沼中の MPs の分布実態の把握を実施する地方公共団体等やそれに協力する研究者・機関、事業者等 【調査対象とする MPs】 河川・湖沼中の 5 mm 未満の MPs 片・繊維 【前処理の自動化に関する標準的仕様】 本調査ガイドラインには、別添として「河川マイクロプラスチック調査ガイドラインにおける前処理の自動化に関する標準的仕様」が記載されている。本仕様には、酸化処理と比重分離を自動化する装置の性能試験方法として、市販のプラスチック標準粒子（比重 1.00 及び比重 1.35 程度、サイズ 500～600 μm の 2 種類）を用いた添加回収試験（添加数：2 種類の標準粒子を 25 個ずつ計 50 個）が記載されており、回収率が 80% 以上であることを判定基準としている。
30 %過酸化水素水	毒物及び劇物取締法劇物で劇物に分類され、労働安全衛生法では名称等を表示し、又は通知すべき危険物及び有害物 本調査では、有機物の分解除去のための酸化処理に用いる弱酸性の水溶液
5.3 mol/L ヨウ化ナトリウム水溶液	労働安全衛生法で名称等を表示し、又は通知すべき危険物及び有害物 本調査では、土粒子等の無機物とプラスチックを分離するための比重分離に用いる比重 1.5 g/cm^3 の水溶液
フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR)	測定対象試料に赤外線（波数 4000～500 cm^{-1}）を照射し、透過又は反射した光量を測定するもの 赤外線は、分子の振動や回転運動のエネルギーとして吸収されるため、分子構造の違いによる試料特有の赤外線吸収スペクトル (IR スペクトル) を得ることができ、プラスチックの種類が同定できる。

2. 品質管理に関する事項等の情報

2.1 データの品質管理

分析においては、JIS 等に基づいて作成した標準作業手順書の遵守の他、付表 1-1 に示すデータ管理・検証による精度管理を実施した。そのほかの項目については、JIS 等に基づき実施するほか、複数の測定ができるものは平均値などを用いた。

以上のことから、データの品質管理は適切に実施されていることが確認された。

付表 1-1 計測の信頼性確認方法

項目	精度管理方法
濁度 浮遊物質 全有機炭素	一部の試料に対し、二重測定を実施した。

※ 秤量に用いる天秤については、定期的に外部校正を行っている機器を使用した。

2.2 品質管理システムの監査

実証が適切に実施されていることを確認するために本実証で得られたデータの品質監査は、実証機関が定める品質マネジメントシステムに従い、実証期間中に1回本実証から独立している部門による内部監査を実施した。

その結果、実証はマニュアルに基づく品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていることが確認された。

内部監査の実施状況の概要を付表 1-2 に示す。

付表 1-2 内部監査の実施概要

内部監査実施日	2024年3月18日（月）
内部監査実施者	管理本部 総務課 ISO担当
被監査部署	実証に係る全部署
内部監査結果	品質管理システムの要求事項に適合し、適切に実施、維持されていた。

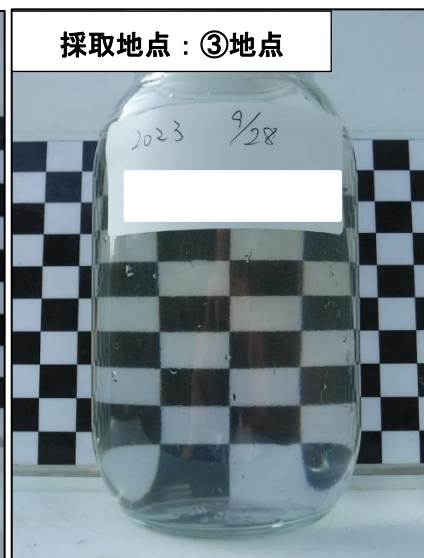
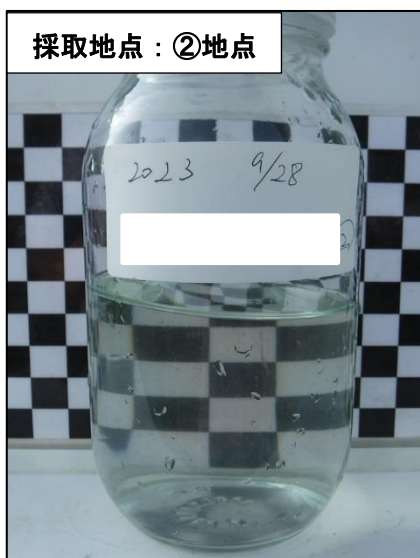
資料編

1. MPs 試料採取風景

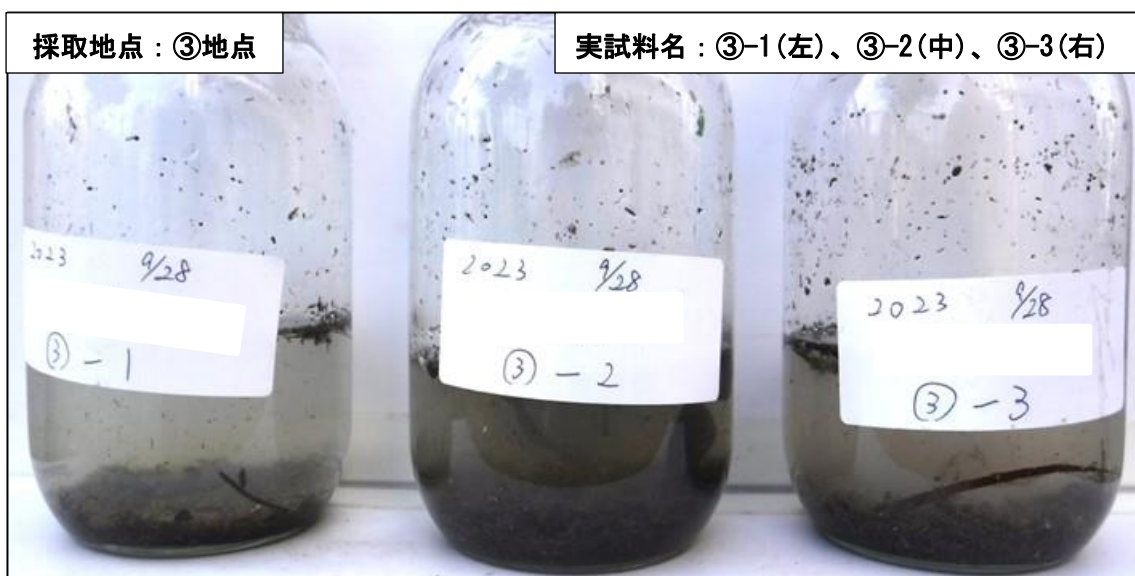
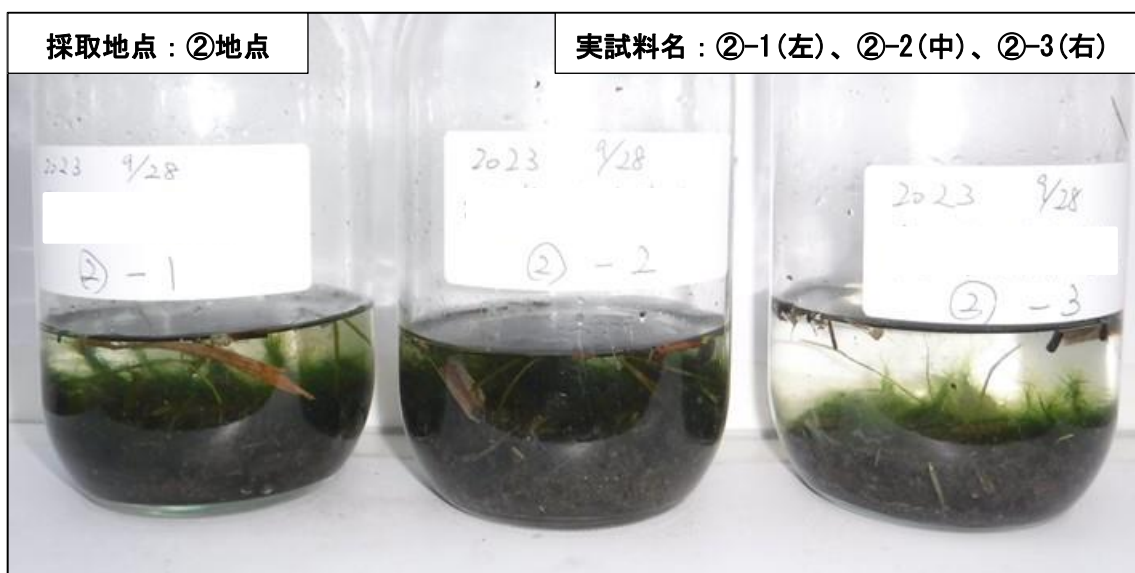
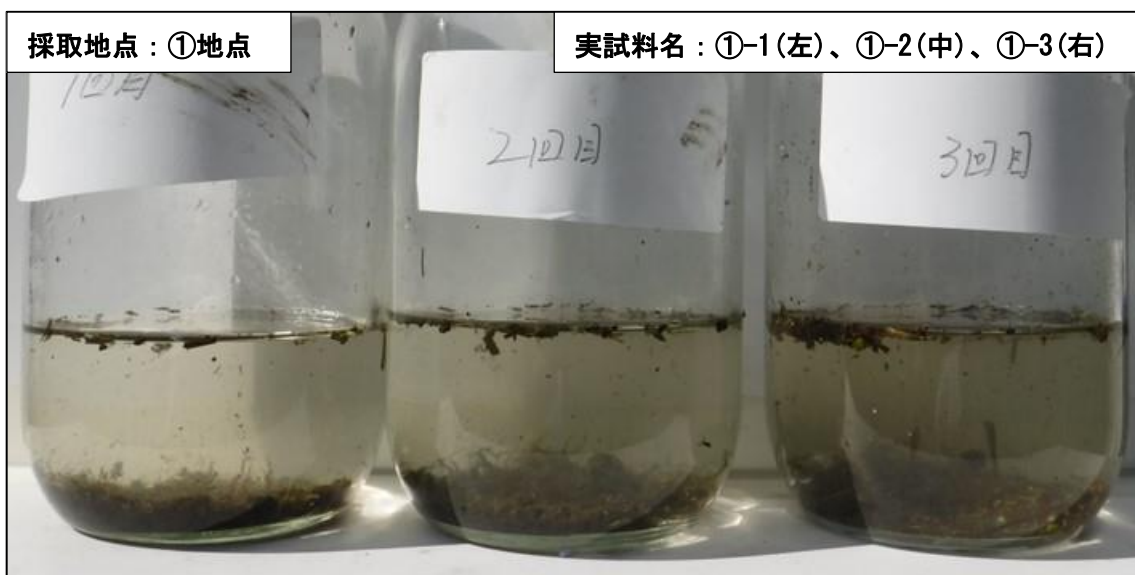


2. 採取試料の様子

(1) 水質分析用



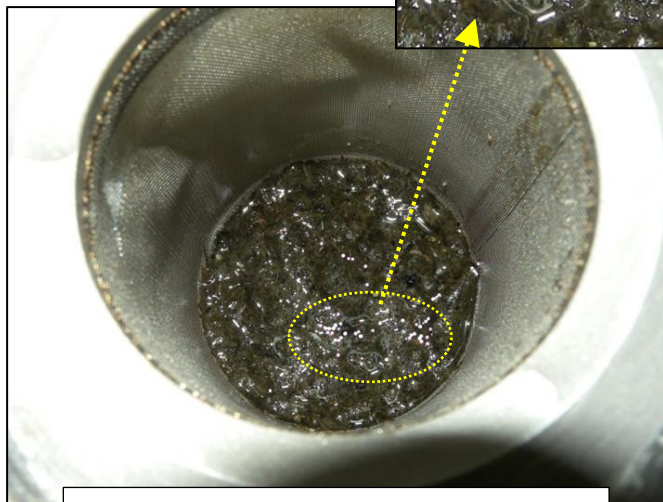
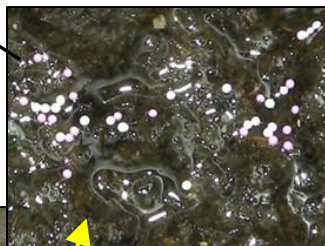
(2) 回収試験用



3. 自動前処理の様子

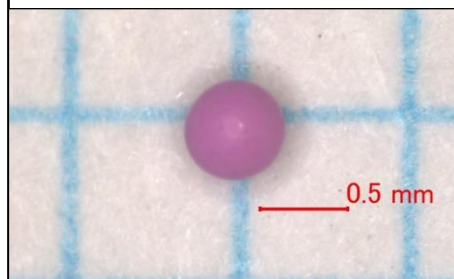
(1) プラスチック標準粒子の添加

添加したプラスチック
標準粒子の様子

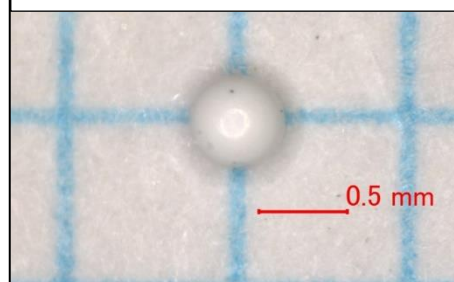


ストレーナに流し込んだ実試料の様子

プラスチック標準粒子 比重 1.00

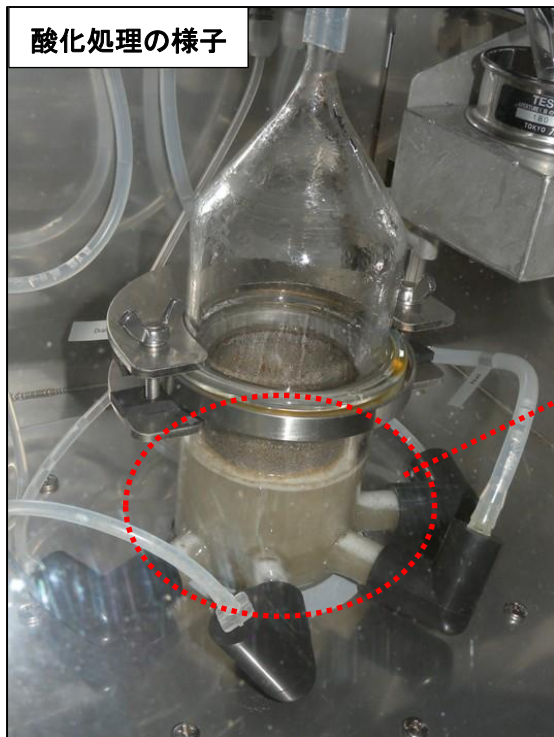


プラスチック標準粒子 比重 1.35



(2) 酸化処理の様子

酸化処理の様子

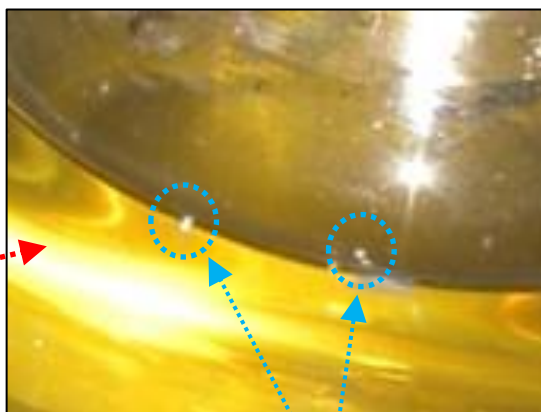


有機物が過酸化水素水と反応（発泡）している様子

(3) 比重分離の様子



比重分離の様子

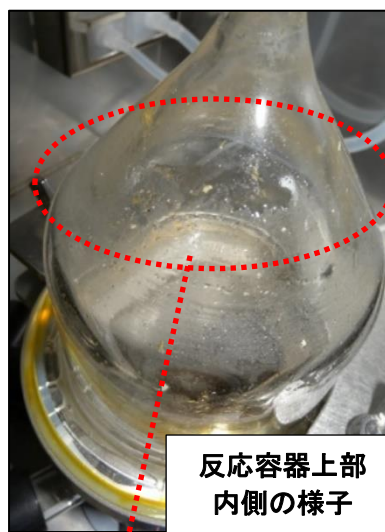


表層に分離したプラスチック標準粒子

(4) 回収の様子



オーバーフローにより抽出され、
回収用フィルタで回収された MPs 類



反応容器上部
内側の様子

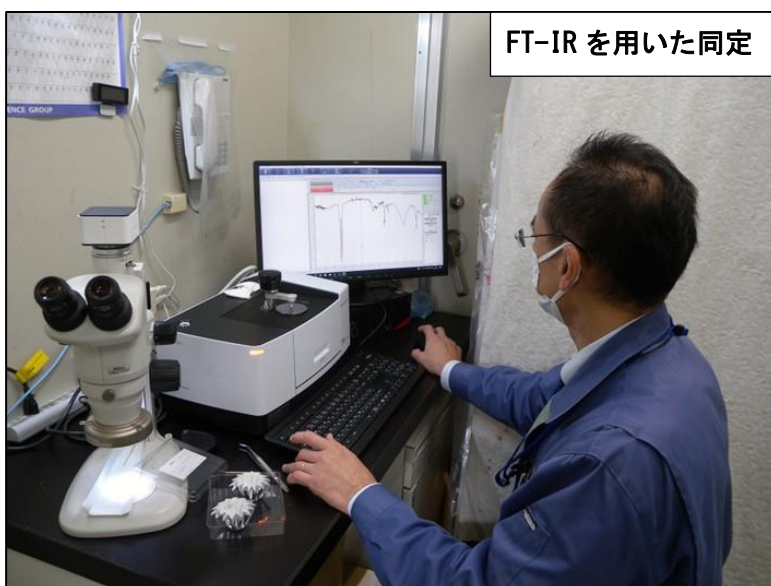
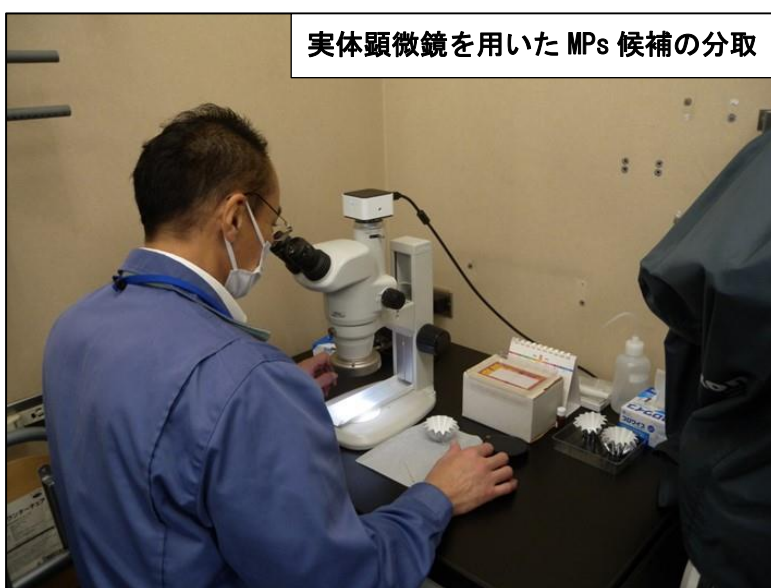


ストレーナ内の残渣の様子



ガラス壁面に付着した残渣の様子

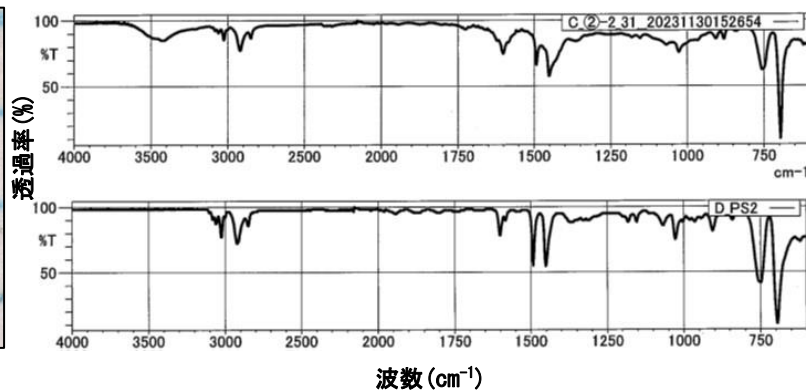
4. MPs の分取・同定の様子



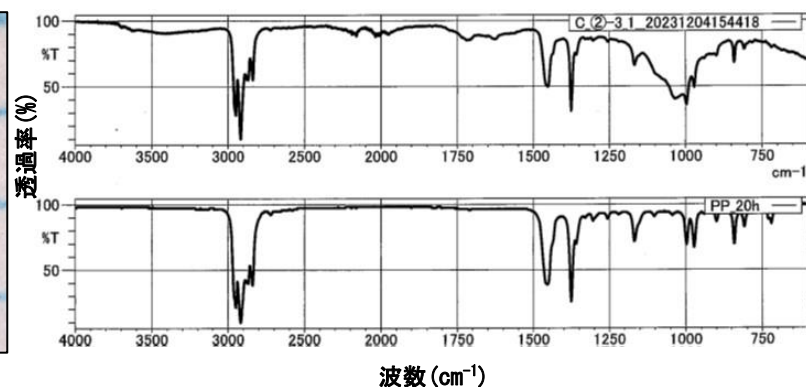
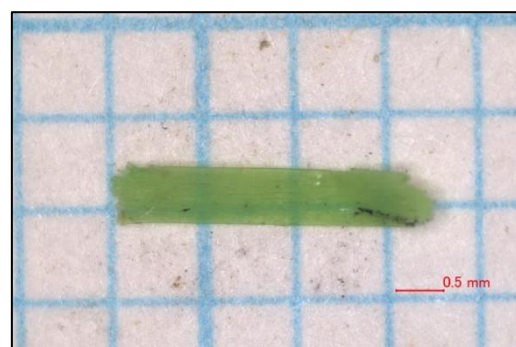
5. 分取した MPs と同定結果

代表的な MPs の実体顕微鏡写真（左）と IR スペクトル（測定試料（右上）、ライブラリ（右下））

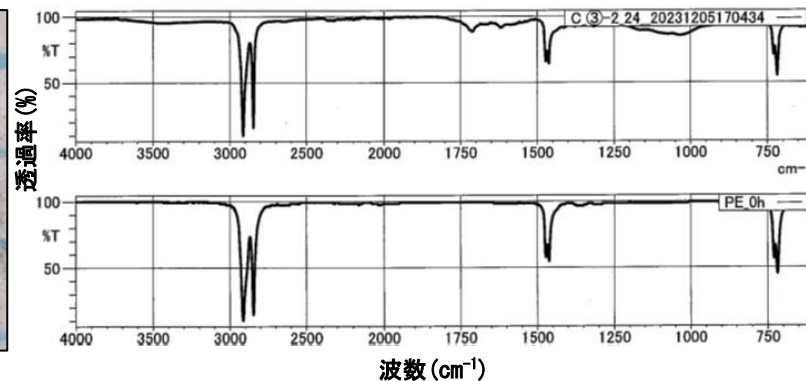
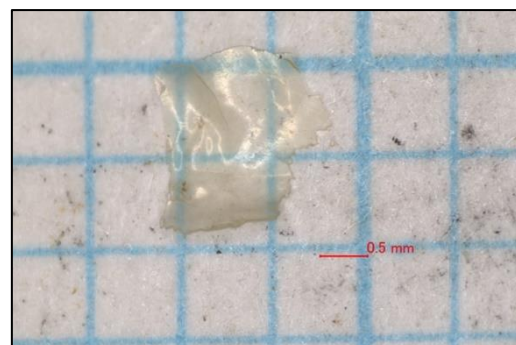
(1) ポリスチレン (PS) 形状：発泡



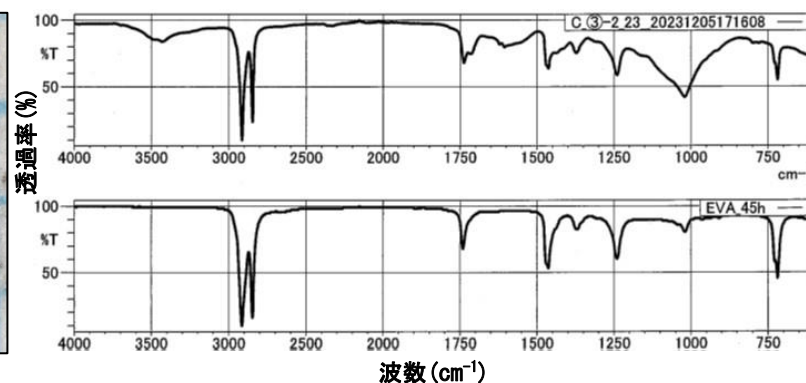
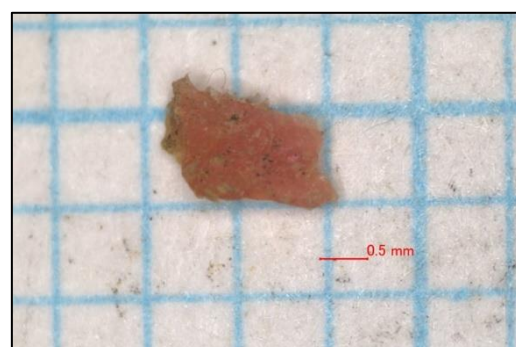
(2) ポリプロピレン (PP) 形状：破片



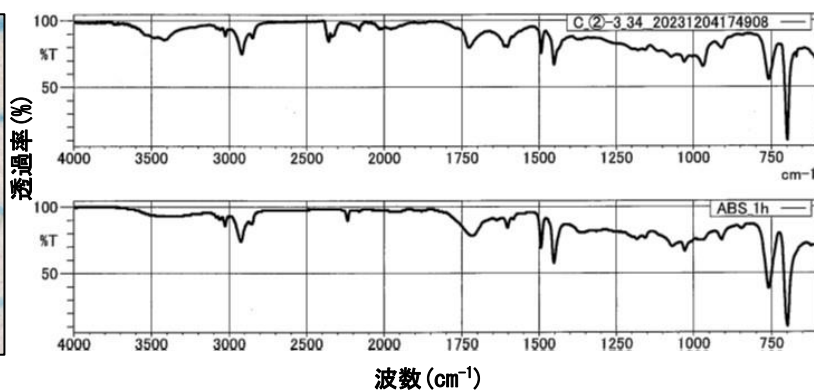
(3) ポリエチレン (PE) 形状：シート状



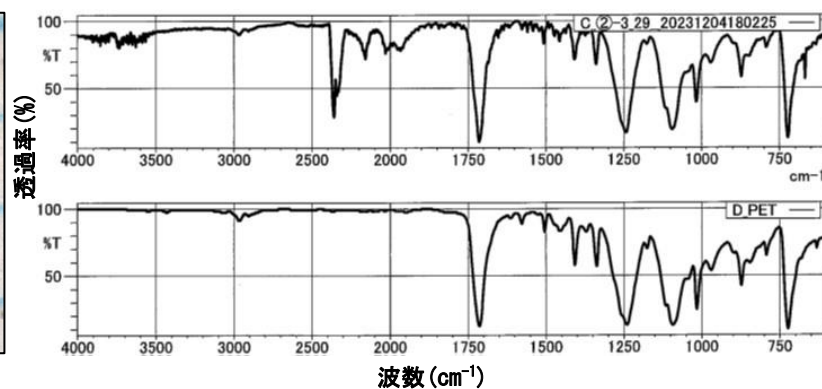
(4) エチレンビニルアセテート (EVA) 形状：破片



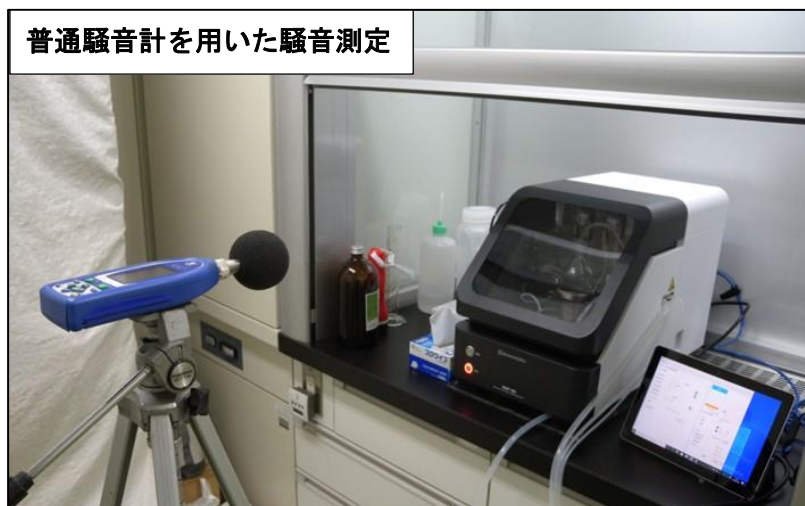
(5) ABS（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）樹脂（ABS） 形状：発泡



(6) ポリエチレンテレフタレート（PET） 形状：繊維状



6. 騒音測定の様子



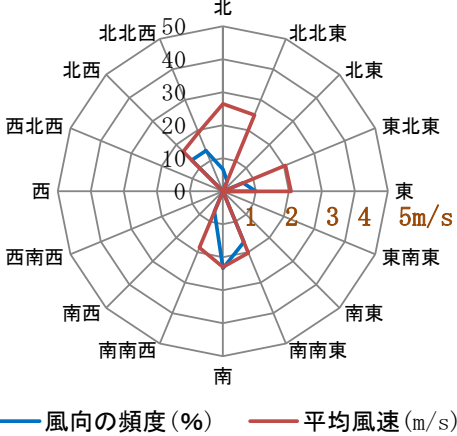
7. 自動前処理装置稼働状況

採取地点		—	①地点			②地点			③地点		
実試料名		操作 BL	①-1	①-2	①-3	②-1	②-2	②-3	③-1	③-2	③-3
稼働開始	開始日	8/29	9/25	10/2	10/23	10/16	11/6	11/13	10/12	11/27	11/20
	室温(℃)	23.5	23.3	22.7	22.7	22.1	22.9	23.0	22.6	22.5	23.3
	湿度(%)	68.0	58.0	41.0	34.0	46.0	67.0	21.0	46.0	31.0	26.0
稼働終了	終了日	9/1	9/29	10/5	10/26	10/18	11/9	11/17	10/16	12/1	11/23
	室温(℃)	23.1	23.1	22.8	22.5	23.0	22.5	22.7	23.8	23.0	22.4
	湿度(%)	62.0	57.5	62.0	35.0	50.0	41.0	42.0	43.0	20.0	36.0
稼働時間 (時間)		82	82	82	82	54	82	82	82	82	82
酸化処理時間 (時間)		72	72	72	72	44※	72	72	72	72	72
分解試薬の 入れ替え		—	—	—	—	実施	—	実施	—	—	—
消費電力量 (kWh)		4.61	4.41	4.45	4.45	2.72	4.38	4.41	4.47	4.43	4.47

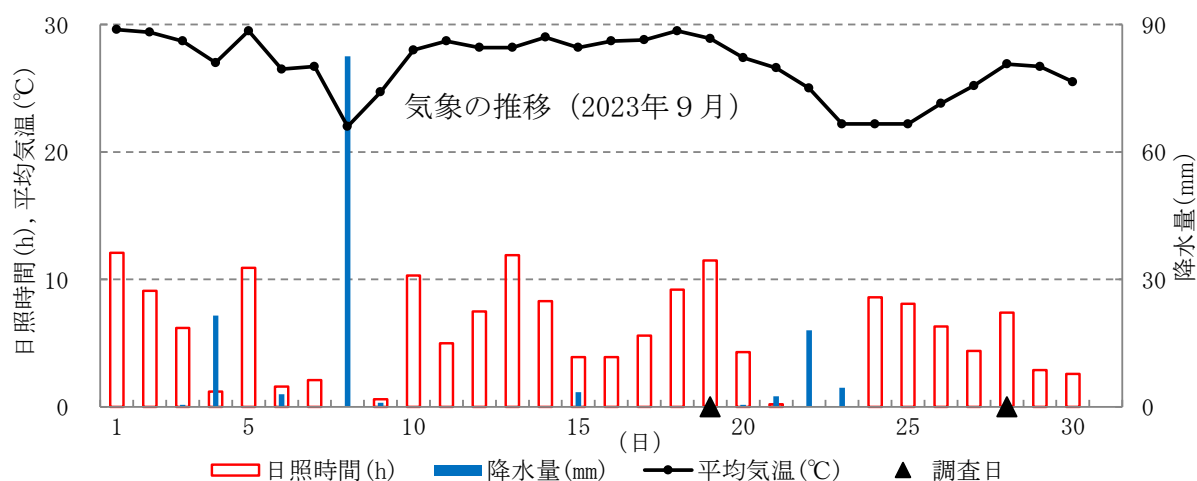
※ 装置をコントロールするためのソフトウェア（MAP-100）が最新版でなかったために（旧版：Ver.1.0.0）、分解試薬の入れ替え機能で設定した残りの処理時間（44 時間）が、酸化処理時間の総時間と誤認され処理を実施。申請者により最新版のソフトウェア（最新版：Ver.1.0.1）をインストールしてもらい、それ以降は正常に稼働することを確認。

8. 気象条件の詳細

試料採取場所近傍の気象データ及び風配図（■：調査日）アメダスさいたま（埼玉県）

2023年9月								
日	降水量 (mm)	平均気 温(℃)	日照時 間(h)	平均風 速(m/s)	最多 風向	風向	風向の頻度(%)	平均風速(m/s)
1	0.0	29.6	12.1	2.9	南	北	6.7	2.7
2	0.0	29.4	9.1	1.9	南南西	北北東	3.3	2.5
3	0.5	28.7	6.2	2.5	東北東	北東	0.0	0.0
4	21.5	27.0	1.2	2.4	北	東北東	6.7	2.1
5	0.0	29.5	10.9	2.3	南	東	10.0	2.1
6	3.0	26.5	1.6	1.6	北北西	東南東	0.0	0.0
7	0.0	26.7	2.1	2.3	東	南東	0.0	0.0
8	82.5	22.0	0.0	2.8	北北西	南南東	16.7	2.0
9	1.0	24.7	0.6	1.2	北北西	南	23.3	2.3
10	0.0	28.0	10.3	2.2	南	南南西	6.7	1.9
11	0.0	28.7	5.0	2.2	南南東	南西	0.0	0.0
12	0.0	28.2	7.5	1.8	南南西	西南西	0.0	0.0
13	0.0	28.2	11.9	1.7	南南東	西	0.0	0.0
14	0.0	29.0	8.3	1.8	南	西北西	0.0	0.0
15	3.5	28.2	3.9	1.6	北西	北西	13.3	1.7
16	0.0	28.7	3.9	1.6	南	北北西	13.3	1.9
17	0.0	28.8	5.6	2.2	南南東	風配図（2023年09月） 		
18	0.0	29.5	9.2	2.2	南			
19	0.0	28.9	11.5	1.9	南南東			
20	0.5	27.4	4.3	1.6	北西			
21	2.5	26.6	0.2	3.1	南			
22	18.0	25.0	0.0	2.2	東			
23	4.5	22.2	0.0	2.5	北北東			
24	0.0	22.2	8.6	2.9	北			
25	0.0	22.2	8.1	2.1	北北西			
26	0.0	23.8	6.3	1.6	北西			
27	0.0	25.2	4.4	2.0	北西			
28	0.0	26.9	7.4	1.6	東北東			
29	0.0	26.7	2.9	2.1	南南東			
30	0.0	25.5	2.6	1.7	東			

日照時間：直達日射量が120 W/m²以上である時間（直射光によって物体の影が認められる程度）



環境技術
実証事業



<http://www.env.go.jp/policy/etv/>