

札幌市の下水処理施設におけるマイクロプラスチック実態調査

1. 目的

マイクロプラスチック（MP）は、生態系に及ぼす影響が大きいことから、環境汚染源の一つとして近年注目されている。河川、海域についての実態調査が進められているが、下水処理過程における報告例は少なく、札幌市内下水処理施設における調査事例はない。

そこで、本調査は札幌市の下水処理施設へ流入したマイクロプラスチックについて、処理過程における挙動及び放流先河川への負荷について調査、把握することを目的とした。

2. 調査内容

札幌市内の水再生プラザ（下水処理場）の流入水や放流水等を採取して、マイクロプラスチックの粒径・種別・個数密度（個/m³）の分析を行った。

2.1 調査対象施設

調査の対象施設は札幌市の代表的な下水処理場で、高度処理施設を有している創成川水再生プラザとした。

創成川水再生プラザ（合流式下水処理場）第1処理施設

所在地：札幌市北区麻生町8丁目1-15

高級処理水量：104,700m³/日（令和3年度実績）

2.2 採取日

検体の採取日は、雨水や融雪水の影響を受けない日を選定した。なお、気象データを表-1に示す。

採取日：令和5年1月16日（月）から17日（火）の2日間

表-1 気象データ

年 月 日	気温 (°C)	最高 (°C)	最低 (°C)	備 考
令和5年1月15日	-4.7	-2.8	-6.4	採取前日
令和5年1月16日	-4.6	-2.4	-6.4	採取開始日
令和5年1月17日	-5.5	-2.2	-9.6	採取終了日

※気象庁ホームページより

2.3 調査対象及び調査項目

調査対象は、表-2及び図-1に示すとおり、流入水、初沈出水、終沈出水及び放流水各1検体とした。また、対象とするマイクロプラスチックの粒径は100μm（0.1mm）～5mmとし、

検体中のマイクロプラスチックの平均粒径、種別の同定及び個数密度の測定を行った。また、採取した検体が通常と同程度の水質であるかを判断するため浮遊物質（SS）の分析を行った。

表-2 調査対象及び調査項目

対象施設	対象試料	検体数	MPの粒径	MP以外の調査項目
創成川水再生プラザ	流入水	1	100 μ m (0.1mm) ～ 5 mm	浮遊物質(SS)
	初沈出水 (最初沈殿池出水)	1		
	終沈出水 (最終沈殿池出水)	1		
	放流水	1		
計		4		

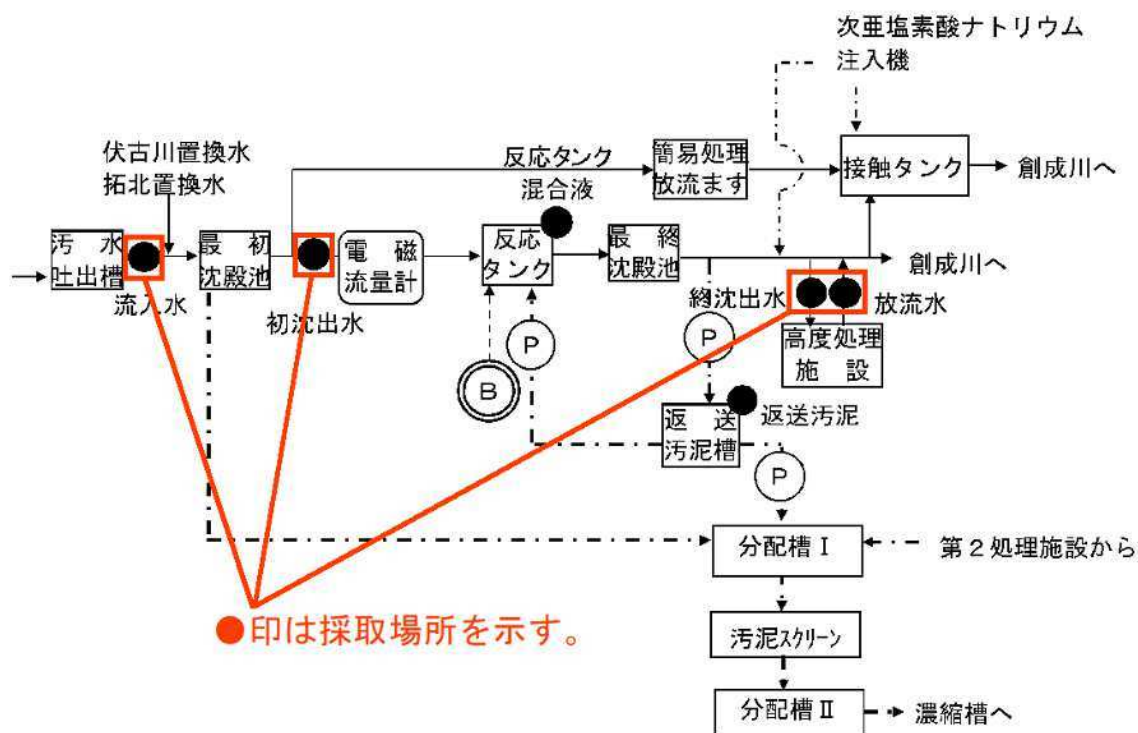


図-1 創成川水再生プラザ（第1処理施設）処理フローシート及び採取場所

3. 測定分析方法

3.1 試料採取方法

本調査における試料採取は、作業の安全も考慮し下記の方法により行った。

3.1.1 流入水、初沈出水

流入水及び初沈出水の試料採取方法は、水再生プラザに設置されているオートサンプラー（自

動採取器)を用いて1時間ごとに24時間採取し、採取した試料をコンポジット(混合)してそれぞれ1検体とした。使用したオートサンプラーの仕様を表-3に、設置状況を写真-2に示す。

表-3 オートサンプラー仕様

製造メーカー	採取ロストレーナー直径	採取量
ISCO社製 型番6712FR	5mm	1L/回



写真-2 既設オートサンプラー設置状況

3.1.2 終沈出水、放流水

試料採取方法は、終沈出水及び放流水をいったん貯留する各水槽からの計測機器(濁度計)用に布設されている既設配管から分岐された蛇口を利用して、目開き0.1mmのプランクトンネットを設置し、水量メーターで流量を計測しながらろ過することにより、終沈出水及び放流水に含まれる粒子を24時間連続採取し、それぞれ1検体とした。

使用した採取機器の仕様を表-4に、設置状況を写真-3、4に示す。

表-4 終沈出水及び放流水の採取機器の仕様

	製造メーカー	サイズ	目開き
プランクトン ネット	株式会社離合社製	開口直径20cm 測定長50cm	100 μ m (0.1mm)
	製造メーカー	安定流量範囲	
水量メーター	GARDENA社製 ウォータースマートフロー (型番:271710)	3~20L/min	



写真-3 プランクトンネット設置状況



写真-4 水量メーター設置状況

3.2 分析方法

3.2.1 全体フロー

本調査におけるマイクロプラスチックの分析フローを図-2に示す。

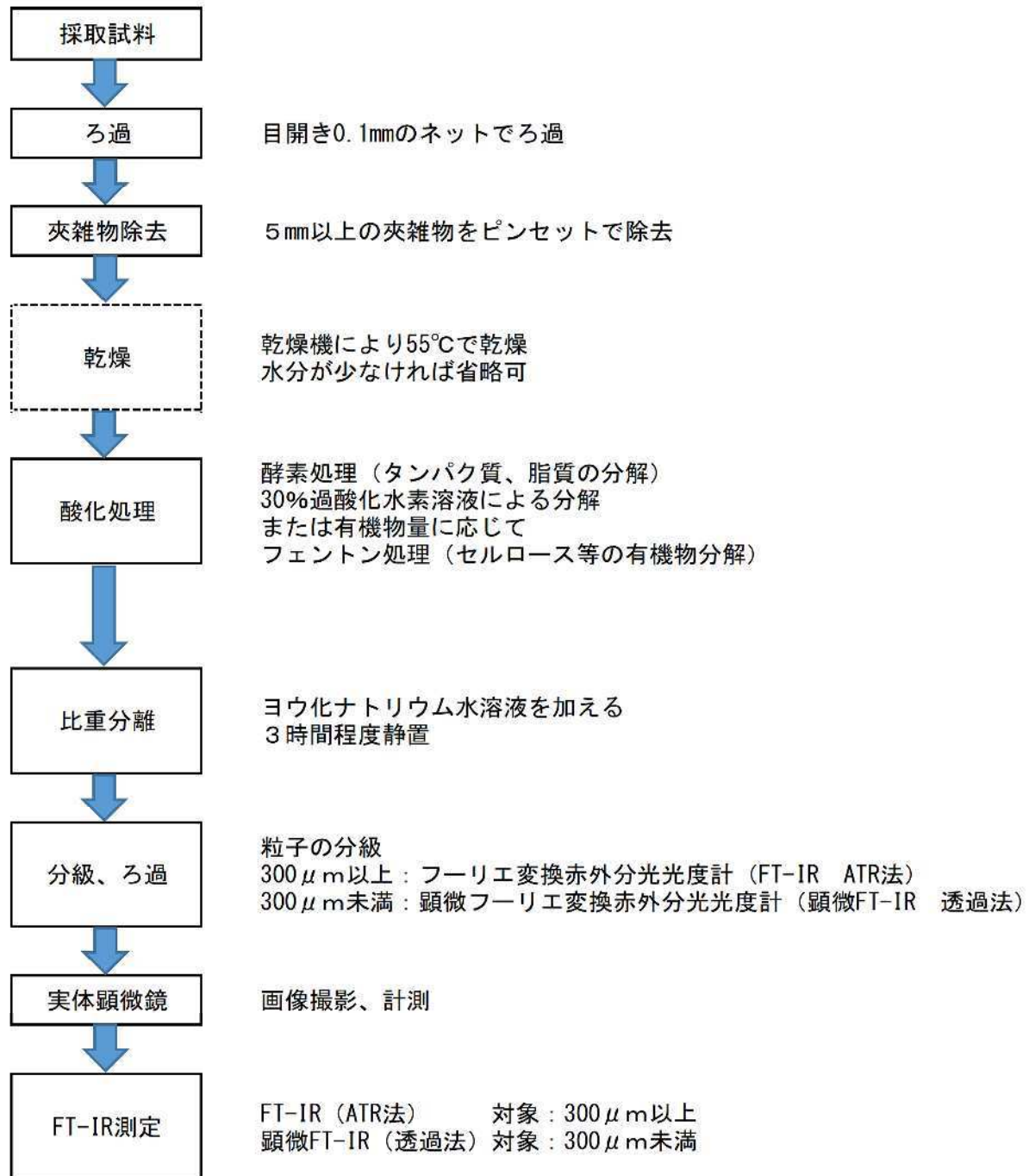


図-2 分析フロー

3.2.2 ろ過

流入水及び初沈出水は試料を目開き0.1mmのネットに流してろ過を行った。

また、終沈出水及び放流水はネットに精製水を流し、底管から試料を回収した。



写真－5 ろ過状況（流入水、初沈出水）

3.2.3 夾雑物除去

試料のうち放流水に夾雑物が確認されたため、ピンセットにより除去を行った。

3.2.4 酸化処理

(1) 酵素処理

FT-IR測定では食品残渣などに由来するタンパク質や脂質が測定の妨げとなるため、酵素処理を行った。純水で20%に調整した酵素洗浄剤を試料に加え、55℃の乾燥機内に静置することでタンパク質と脂質を分解した。添加後は55℃の乾燥機内で2日間放置したのち、追加処理として放流水は過酸化水素処理を、流入水、初沈出水及び終沈出水はフェントン処理をそれぞれ行った。



写真－6 酵素処理後の試料

(2) 過酸化水素処理（追加処理）

放流水のみ、試料に30%過酸化水素溶液を加え、55℃のウォーターバスで加温しながら3日間ほど静置し、有機物を分解する過酸化水素処理を追加で実施した。処理はマイクロプラスチックが変性しないよう、60℃以下の加温で処理を行った。



写真－7 過酸化水素処理

(3) フェントン処理（追加処理）

有機物が多量であると過酸化水素処理では2日間では分解しきれず、処理に長期間を要する。また、過酸化水素は不活性になる度入れ替える必要があり、入替えとろ過の操作による試料ロスの可能性もある。また、過酸化水素処理ではトイレトーパーなどに代表されるセルロース系の有機物の分解が困難である。これらを解消するため、流入水、初沈出水及び終沈出水については、下水中マイクロプラスチックの前処理に広く用いられているフェントン処理を追加で実施した。

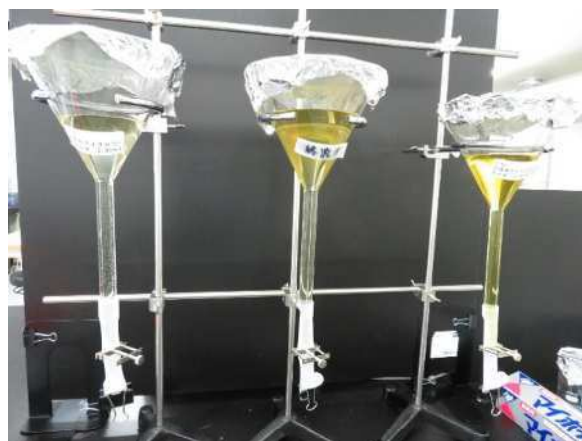
フェントン処理とは、過酸化水素 (H_2O_2) に硫酸鉄 ($FeSO_4$) を添加し反応させる加熱分解法（フェントン反応）である。試料に、30%過酸化水素10mLに0.5mol/Lに調整した硫酸鉄を100 μ L加え、反応が収まった後、55°Cの乾燥機で1時間加熱して反応を促した。反応液を吸引ろ過し、まだ残渣が多い場合は、再び試料に30%過酸化水素10mLに0.5mol/Lに調整した硫酸鉄を100 μ L加え、乾燥機で加熱反応させた。このサイクルを流入水は4回、初沈出水及び終沈出水は3回繰り返して夾雑物を分解した。



写真－8 フェントン処理中

3.2.5 比重分離

マイクロプラスチックの分離は試料にヨウ化ナトリウム水溶液を加えて3時間程度静置し、比重差によりプラスチックを上層に浮かせ、プラスチック以外の重い粒子と分離した。



写真－9 比重分離

3.2.6 分級、ろ過

比重分離後、上層に浮いた粒子を分級し、300 μ m以上の粒子はフーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR ATR法）で、300 μ m未満の粒子は顕微フーリエ変換赤外分光光度計（顕微FT-IR 透過法）でそれぞれ測定した。

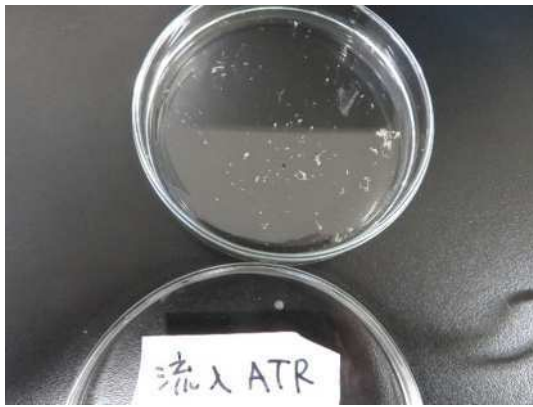


写真-10 FT-IR (ATR法) 測定用



写真-11 顕微FT-IR (透過法) 測定用

3.2.7 実体顕微鏡による画像撮影

300 μ m以上の粒子は、実体顕微鏡で画像を撮影し、粒径解析ソフトを用いて面積、長径、短径を計測した。

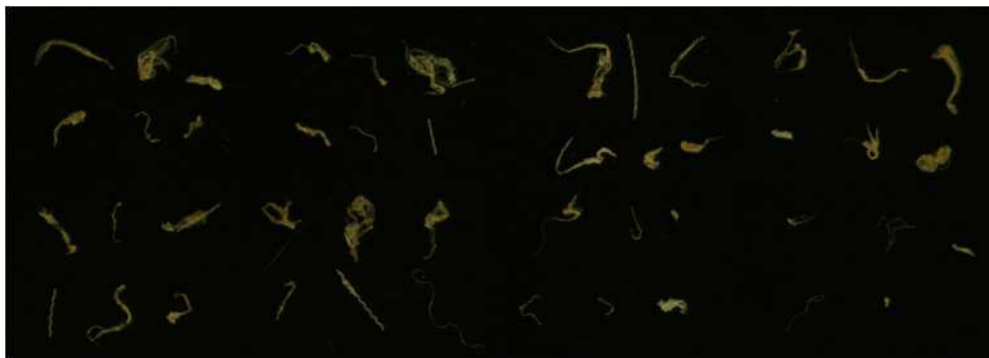


写真-12 実体顕微鏡撮影画像と粒径解

3.2.8 フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) 測定

(1) FT-IR測定 (ATR法)

ATR法 (全反射測定法) は試料粒子を装置のクリスタル上に挟み圧着し、赤外光を反射させ、その吸光度から試料固有の赤外スペクトルを得るものである。

300 μ m以上の粒子は1粒ずつFT-IR (ATR法) で測定し、装置ソフトに収録された赤外スペクトルデータ集 (ライブラリ) との類似度からプラスチック種類を判別した。

FT-IR (ATR法) の測定に使用した機器を**写真-13**に、測定状況を**写真-14**に示す。



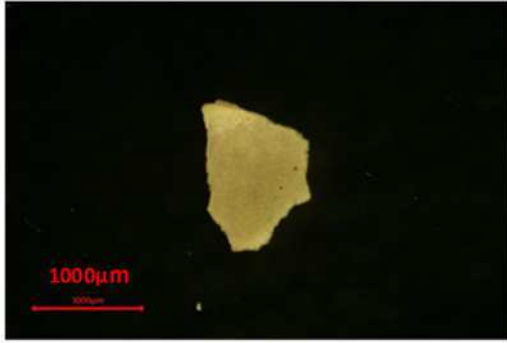
写真-13 FT-IR (ATR法)



写真-14 ATR法による測定状況

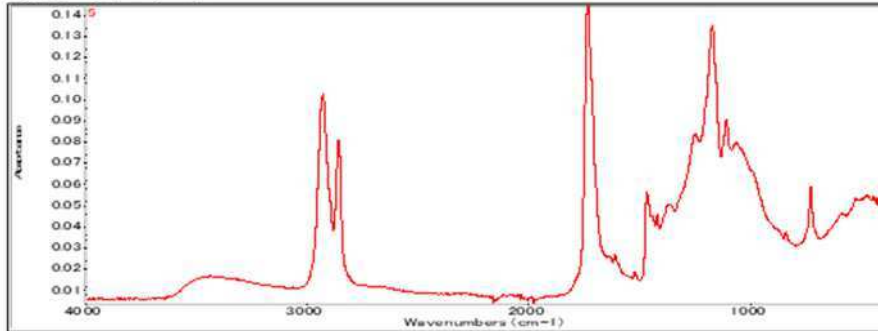
測定で得られた赤外スペクトルをライブラリデータと比較し、最も類似度の高いスペクトルデータを検索した。検索結果及び試料粒子の色や形状からプラスチック種類を同定した。同定方法及び代表的なプラスチックであるポリエチレン (PE) の画像とスペクトルデータを**図-3**に示す。

顕微鏡撮影画像



検出試料	流入水
プラスチック種別	PE
長径	1510 μm
短径	1051 μm
平均粒径	1281 μm
面積	1105000 μm ²
形状	破片

赤外スペクトルデータ



比較

ライブラリで最も類似度の高い赤外スペクトル

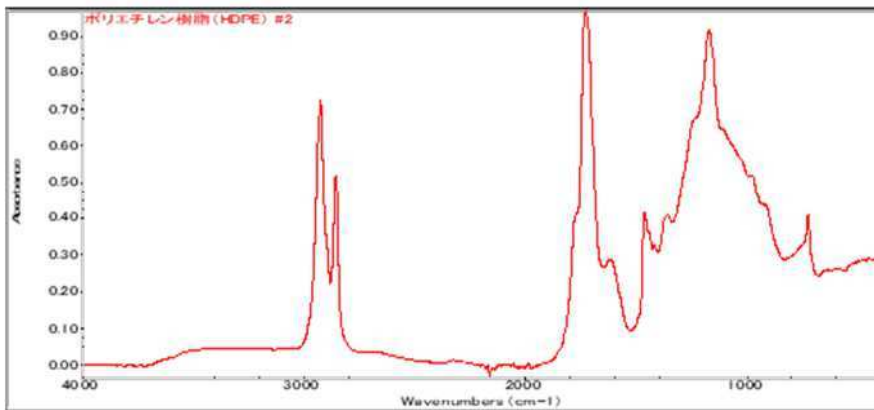


図-3 ポリエチレン (PE) のライブラリ検索による同定

(2) 顕微FT-IR測定（透過法）

300 μ m未満の粒子は目視での視認やピンセットによる分別が難しくなるため、より細かい領域の測定が可能な顕微FT-IR（透過法）で測定を実施した。

FT-IR（ATR法）は試料粒子1粒ずつに赤外光を反射させ赤外スペクトルを得るが、顕微FT-IR（透過法）では、50 μ m \times 50 μ mの面範囲に赤外光を照射しその透過率から赤外スペクトルを取得する。フィルタ全体を連続測定することで全面の赤外スペクトルが得られる測定法である。

顕微FT-IR（透過法）の測定に使用した機器を写真-15に、測定に使用した試料を写真-16に、測定画像を写真-17に示す。

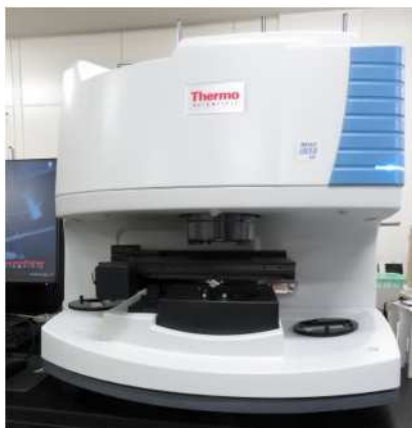
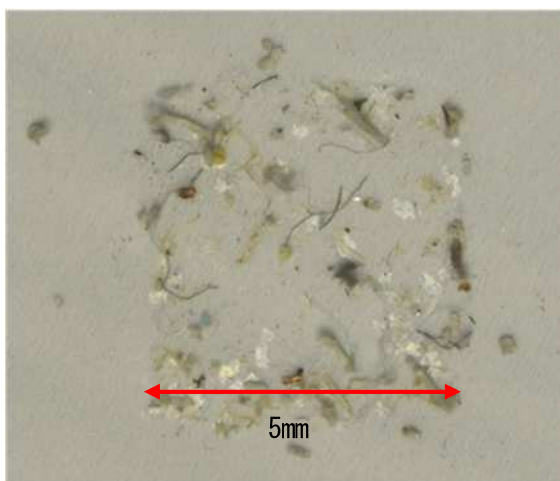


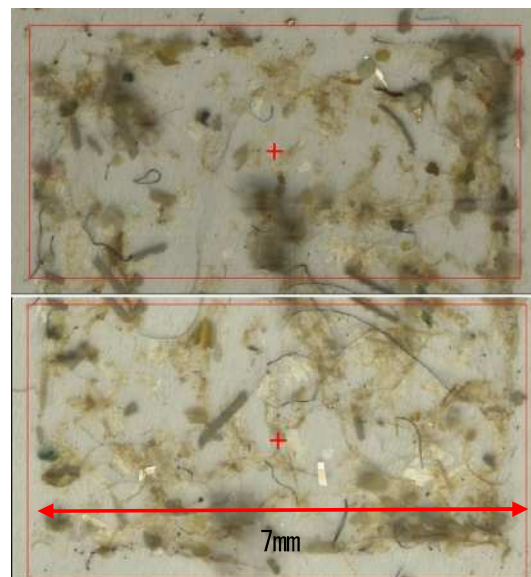
写真-15 顕微FT-IR（透過法）



写真-16 フィルタにろ過した試料



放流水



終沈出水

写真-17 顕微FT-IR（透過法）測定画像

測定データは同定解析ソフト「YCALOS」により解析した。YCALOSでは測定データからプラスチック種類の同定及び種類ごとに色付けされた図(コンター図)を取得することができる。YCALOS

にて作成された放流水と初沈出水のコンター図を図-4に示す。

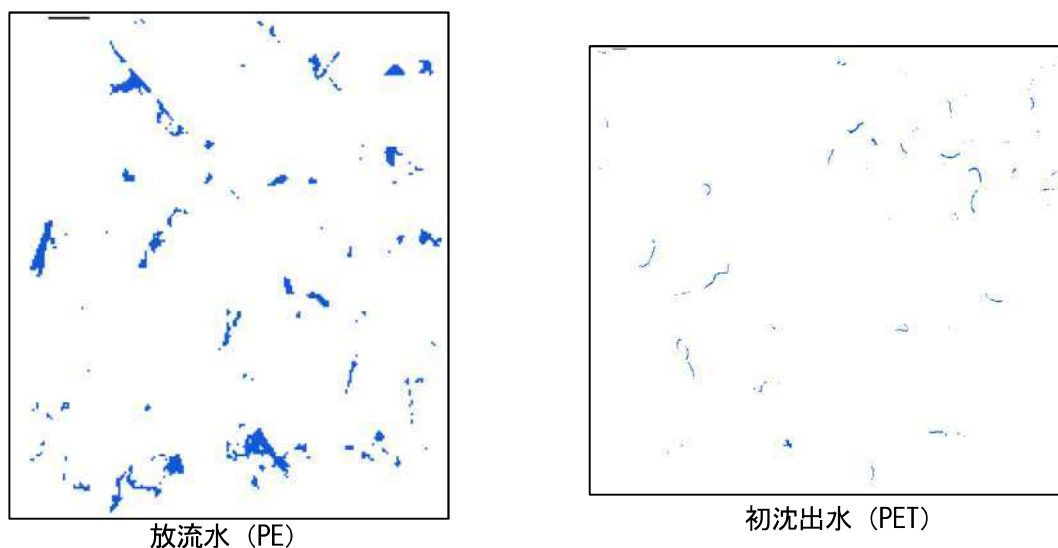


図-4 コンター図（放流水、初沈出水）

3.2.9 マイクロプラスチック以外の分析項目

マイクロプラスチック以外の分析項目として、採取した各検体の浮遊物質（SS）を分析した。浮遊物質（SS）の分析方法は下記による。

下水試験方法 上巻2012年版 第5編 第1章 第9節 浮遊物質

4. 測定結果

4.1 長径、短径、面積、平均粒径

同定解析ソフトで取得したコンター図から粒径解析ソフト「イメージJ」を用いて長径、短径、面積を計測した。イメージJでは面積はピクセル数によって算出され、フェレー径で長径及び短径を計測した。

フェレー径とは、粒子の外周の任意の2点を結ぶ直線のうち最も長いものを長径とし、長径と平行かつ外周に接する線との垂線を短径とする計測方法である。フェレー径計測のイメージを図-4に、各試料における計測結果を図-5～8に示す。

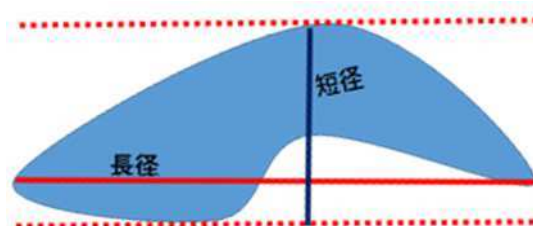


図-4 フェレー径計測のイメージ

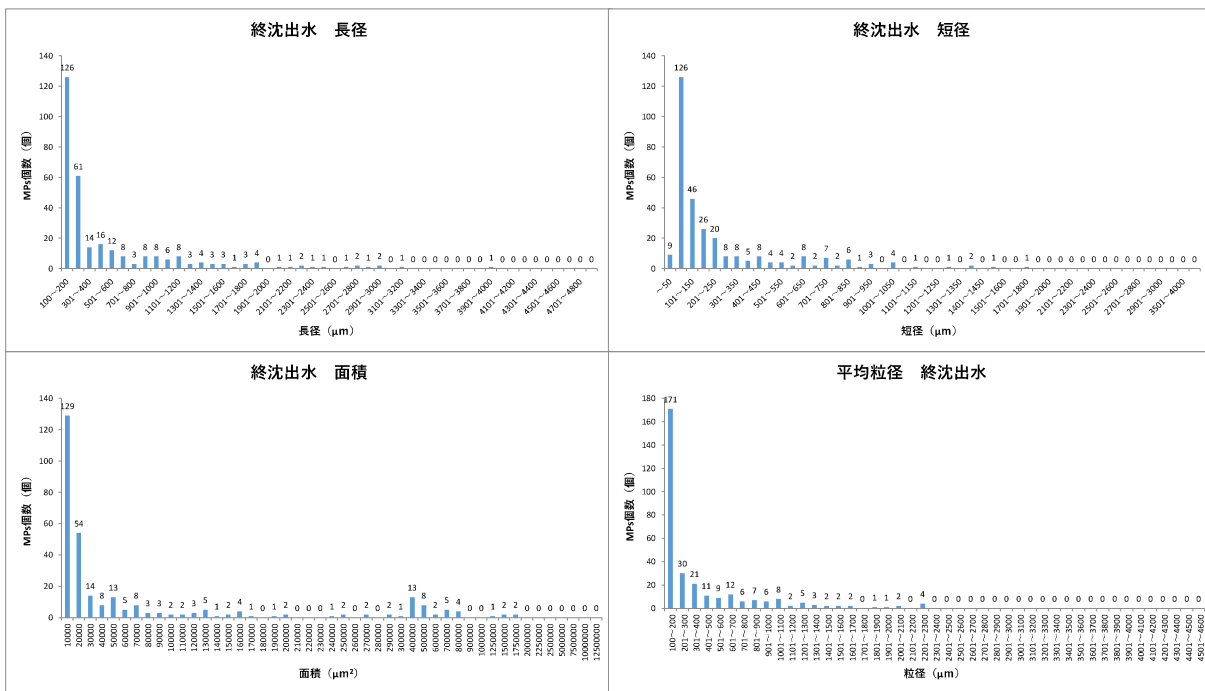
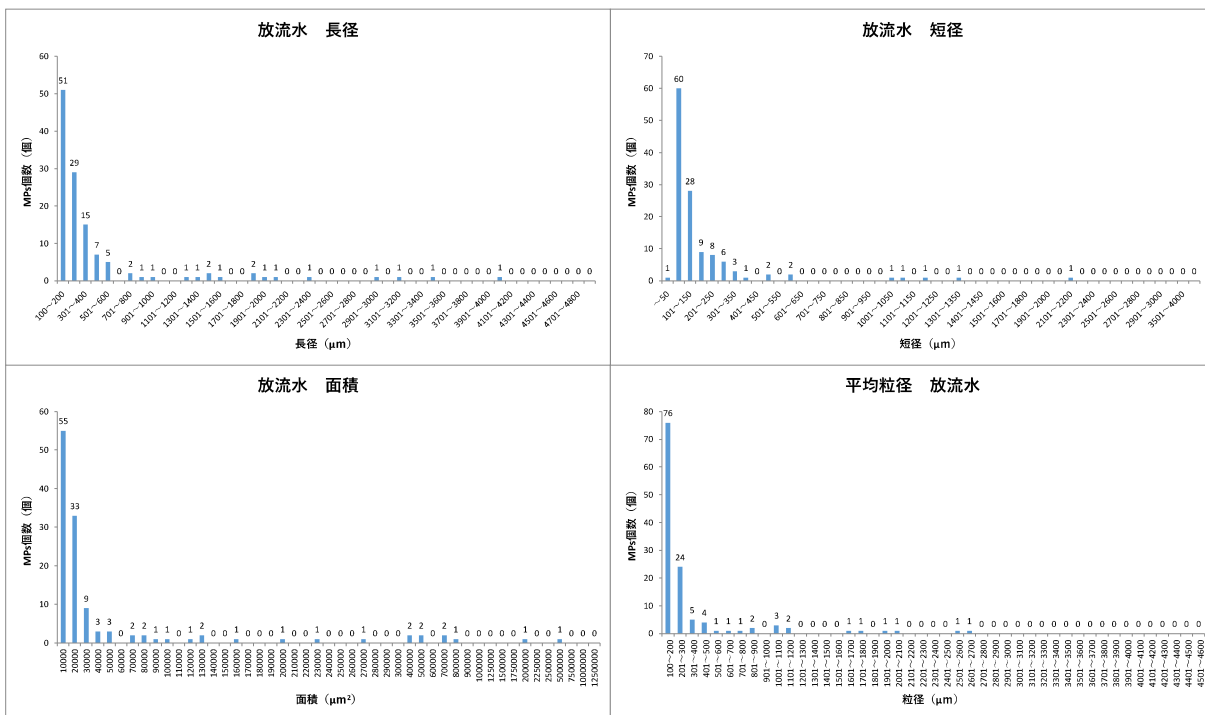


図-7 フェレー径計測結果（終沈出水）



面積についても $10,000\mu\text{m}^2$ までの最小範囲で個数が最大となり、面積が大きくなるほど個数は減少する傾向にあった。これらのことから、粒径が細かいマイクロプラスチックが多く存在することが確認された。

各粒子の平均粒径は4検体とも $100\sim 200\mu\text{m}$ の範囲で最も多く、径が大きくなるほど個数は減少する傾向であり、全粒子の平均粒径は $295\mu\text{m}\sim 381\mu\text{m}$ であった。長径及び短径から算出した全粒子の平均粒径を表-5に示す。

表-5 各試料の全粒子平均粒径

対象試料	流入水	初沈出水	終沈出水	放流水
平均粒径 (μm)	330	295	381	326

4.2 形状構成

目視確認が可能な $300\mu\text{m}$ 以上の粒子の形状分類を行った。各処理工程における形状構成を図-9に示す。各処理工程における形状構成は、破碎状の粒子が74%~88%と最も多く、次に繊維状が11%~13%検出された。

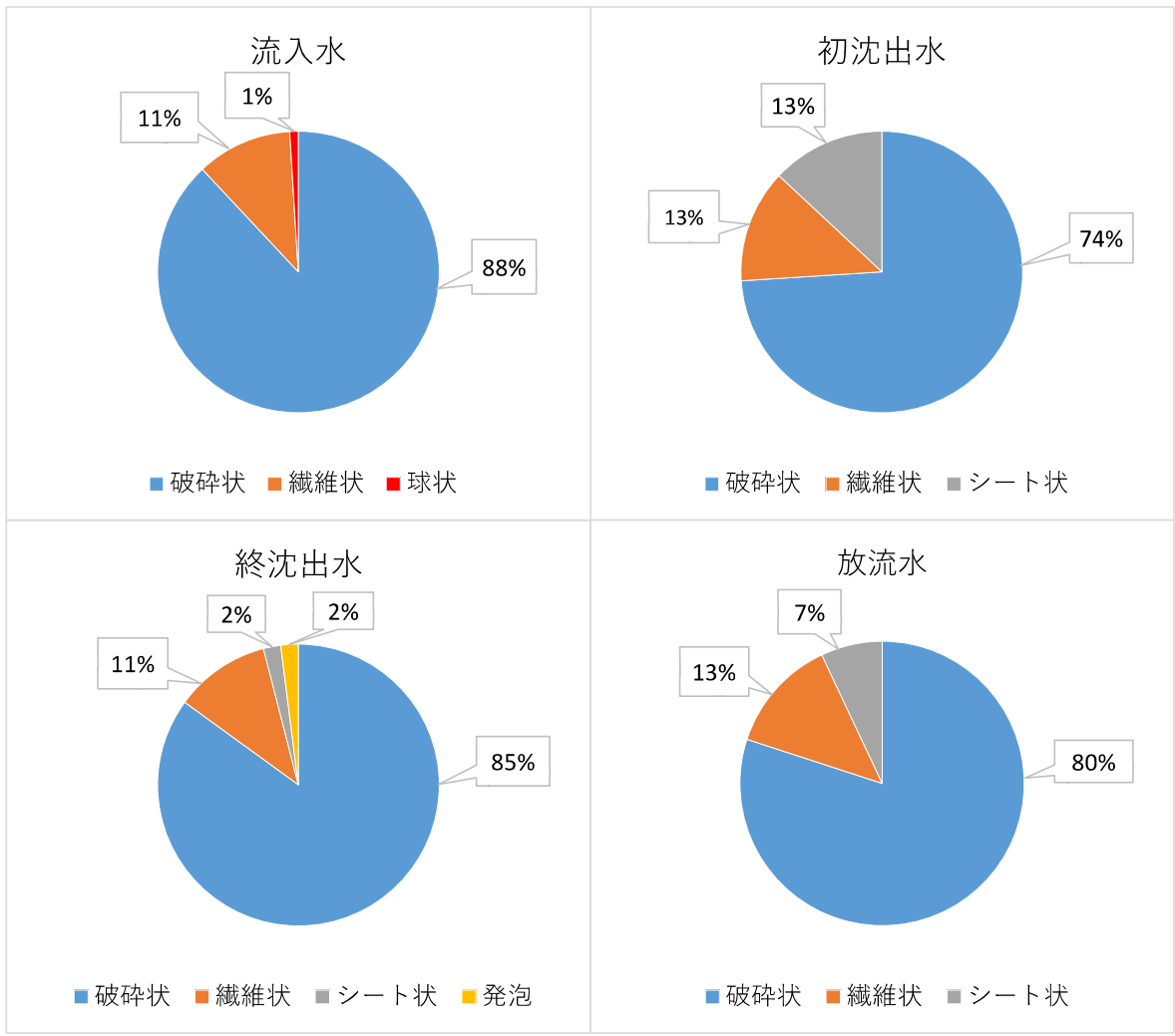


図-9 各試料における形状構成

また、破砕状、繊維状の形状構成をプラスチック種類別に図-10に示す。粒子が多く検出された破砕状、繊維状の形状構成について、破砕状はポリエチレン (PE) が84%と大半を占め、繊維状はポリエチレンテレフタレート (PET) が67%と最も多かった。

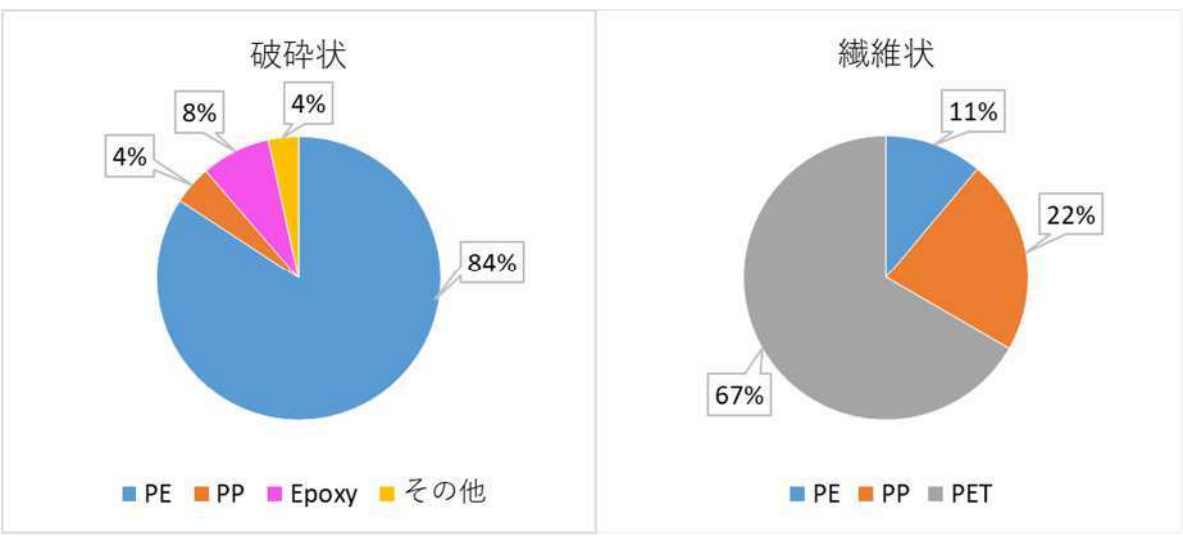


図-10 形状構成 (プラスチック種類別)

4.3 同定結果と個数密度

マイクロプラスチック種類の同定と個数密度の算出結果を表-6に、本調査にて検出されたマイクロプラスチックの種類とその主な用途を表-7に示す。今回の測定では全体で14種類のマイクロプラスチックが検出された。各工程ともポリエチレン (PE) が最も多く、次にポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリプロピレン (PP) が多い結果となった。ポリウレタン (PU) は初沈出水のみ数が多く、Epoxy樹脂については流入水及び初沈出水では検出されていないが、終沈出水では20個、放流水では14個検出された。個数密度は処理工程ごとに減少する結果となった。

表-6 同定種と個数密度

対象試料		流入水		初沈出水		終沈出水		放流水	
ろ水量 (m ³)		0.0216		0.0216		0.2765		8.1741	
同定種と 粒子数(個)と 個数密度 (個/m ³)	同定種	粒子数 (個)	個数密度 (個/m ³)	粒子数 (個)	個数密度 (個/m ³)	粒子数 (個)	個数密度 (個/m ³)	粒子数 (個)	個数密度 (個/m ³)
	ABS	0	0	3	139	1	4	0	0
	AS	21	972	5	231	1	4	0	0
	Epoxy	0	0	0	0	20	72	14	1.7
	PA	5	231	1	46	6	22	4	0.5
	PE	565	26,157	187	8,657	197	712	49	6
	PET	81	3,750	38	1,759	36	130	33	4
	PF	0	0	0	0	1	4	0	0
	PMMA	1	46	0	0	2	7	1	0.1
	PP	74	3,426	80	3,704	34	123	17	2.1
	PS	1	46	0	0	1	4	0	0
	PU	5	231	24	1,111	2	7	1	0.1
	PVAc	52	2,407	28	1,296	4	14	0	0
	PVC	6	278	1	46	0	0	6	0.7
	SI	0	0	1	46	0	0	0	0
合計		811	-	368	-	305	-	125	-
全体個数密度(個/m ³)		37,546		17,037		1,103		15	

表-7 マイクロプラスチック種類と主な用途

プラスチック種類			主な用途	比重
1	ABS	アクリロニトリルブタジエンスチレン樹脂	電気製品、自動車部品、家電他	1.03~1.07
2	AS	アセトニトリル・スチレン樹脂	家具家電、文房具他	1.07
3	Epoxy	エポキシ樹脂	防錆塗料、接着剤、電気電子分野他	1.2~1.8
4	PA	ポリアミド (ナイロン)	自動車関係、電気電子分野、衣類他	1.03~1.13
5	PE	ポリエチレン	容器、包装フィルム、ケーブル被覆他	0.91~0.93
6	PE ⁺	ポリエチレンテレフタレート	繊維、フィルム、ボトル他	1.38~1.40
7	PF	フェノール樹脂	電気電子分野、機械関係、自動車関係他	1.37~1.65
8	PMMA	アクリル樹脂	自動車関係、家電、ガラス代替他	1.19
9	PP	ポリプロピレン	包装、容器、自動車部品、繊維他	0.90~0.91
10	PS	ポリスチレン	発泡スチロール、食品容器、電気機器部品他	1.04~1.07
11	PU	ポリウレタン	衣類、断熱、防音材、接着剤、自動車関係他	1.7
12	PVAc	ポリ酢酸ビニル	接着剤 (ボンド)、ガム、化粧品他	1.2
13	PVC	ポリ塩化ビニル	建材、農業用、電気関係、ホース類他	1.23~1.45
14	SI	シリコン	自動車関係、電気電子分野、調理器具他	1.21~1.86

出典：日本プラスチック工業連盟

検出された主要なプラスチックの種類別個数密度を図-11に示す。全体の個数密度と同様に各マイクロプラスチックは処理を経るごとに個数密度が減少することが確認された。

ポリプロピレン（PP）のみ流入水に対して初沈出水の個数密度が高くなっており、その原因は不明だが、測定回数が1回と少ないことも要因の一つと思われる。

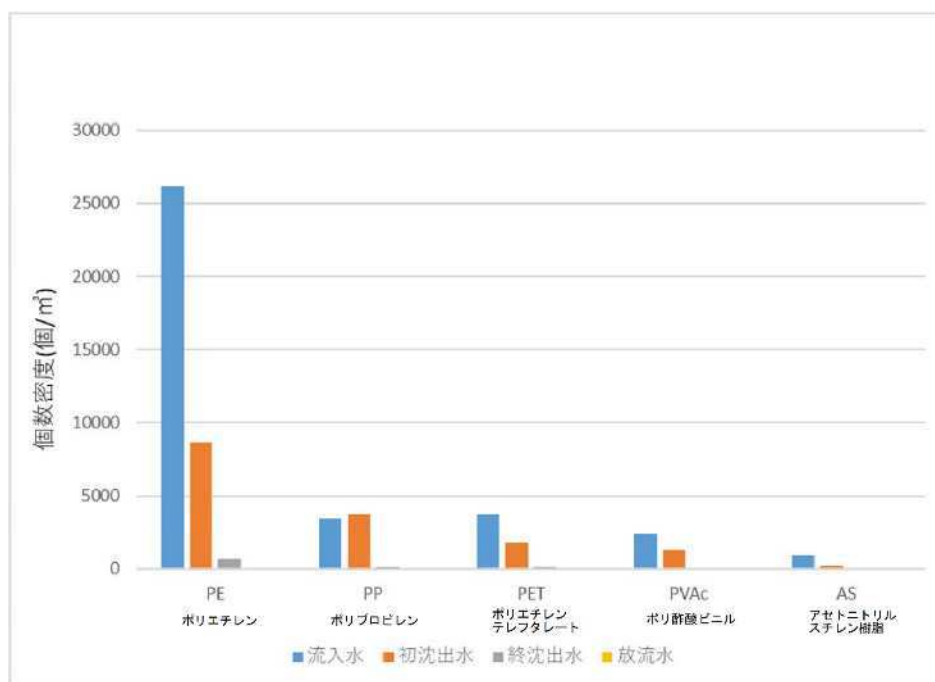


図-11 種別個数密度の推移

4.4 マイクロプラスチック除去率

各工程におけるマイクロプラスチック除去率と算出方法を表-8に示す。処理工程が進むにつれてマイクロプラスチックは減少し、放流水では99.96%と高効率で除去されていることが確認された。

表-8 各工程のマイクロプラスチック除去率と算出方法

	流入水	初沈出水	終沈出水	放流水
MP 個数密度 (個/m³)	37,546	17,037	1,103	15
除去率 (%)	-	54.62%	97.06%	99.96%

除去率の算出方法

$$R = \frac{(P - P_a)}{P} \times 100$$

R : 除去率 P : 流入水個数密度 P_a : 各工程の個数密度

4.5 種類別の割合

本調査で検出されたマイクロプラスチック個数密度に対する種類別の割合を図-12に示す。

検出された14種類のうち、ポリエチレン (PE) の割合が最も多く、次にポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリプロピレン (PP) が多く検出された。各試料とも、この3種で約8割を占める結果であった。

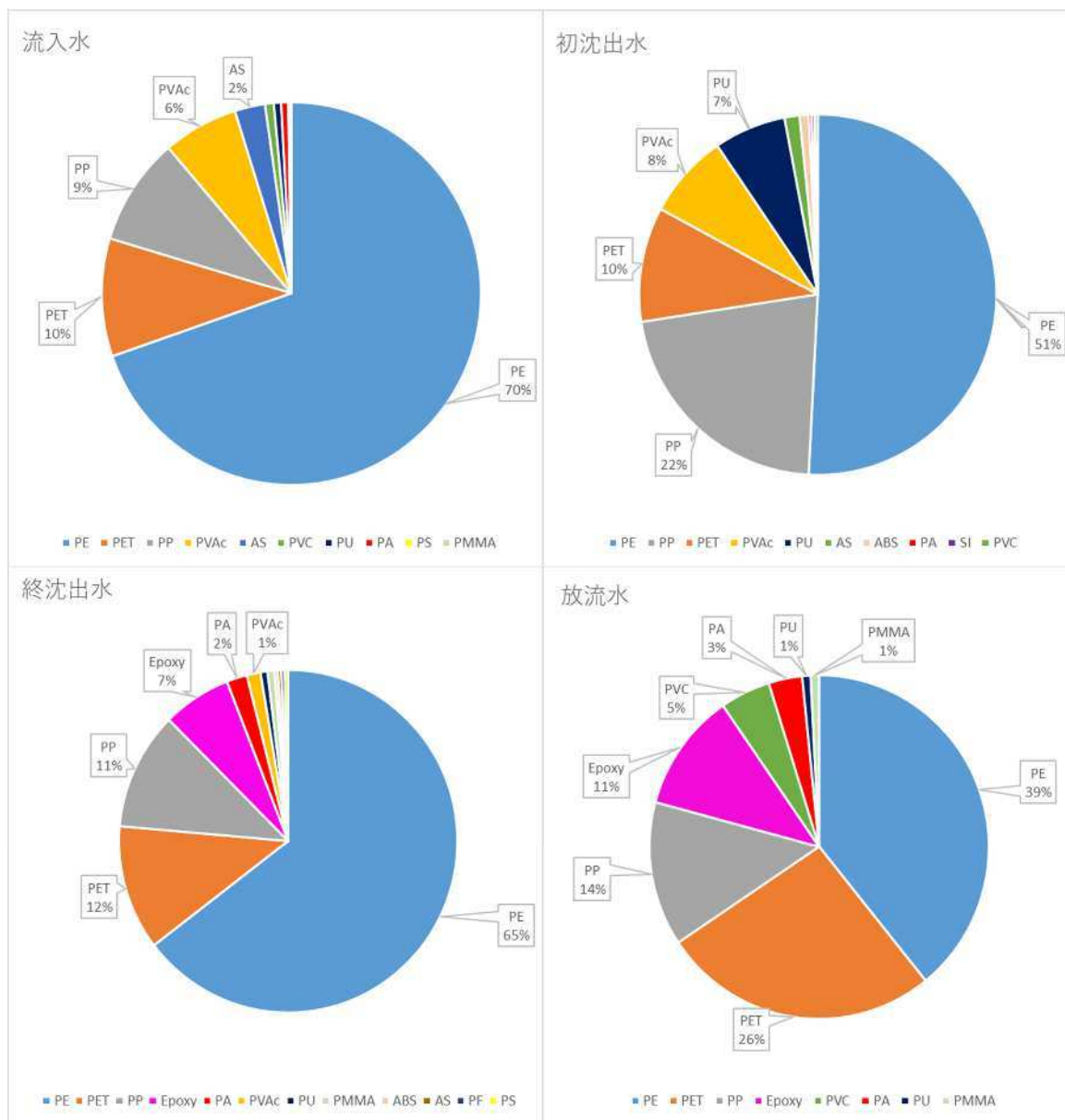


図-12 種類別の割合 (マイクロプラスチック個数密度比)

4.6 分級別マイクロプラスチック個数

各試料における長径の分級別マイクロプラスチック個数を図-13、14に示す。

長径の種類別の割合において、上位3種のポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP) 及びポリ

エチレンテレフタレート (PET) はどの試料でも概ね全ての分級範囲に分布し、長径全体の粒径分布同様、粒径が大きくなるにつれて粒子数は減少する傾向であった。

プラスチック種による特徴は見られなかった。

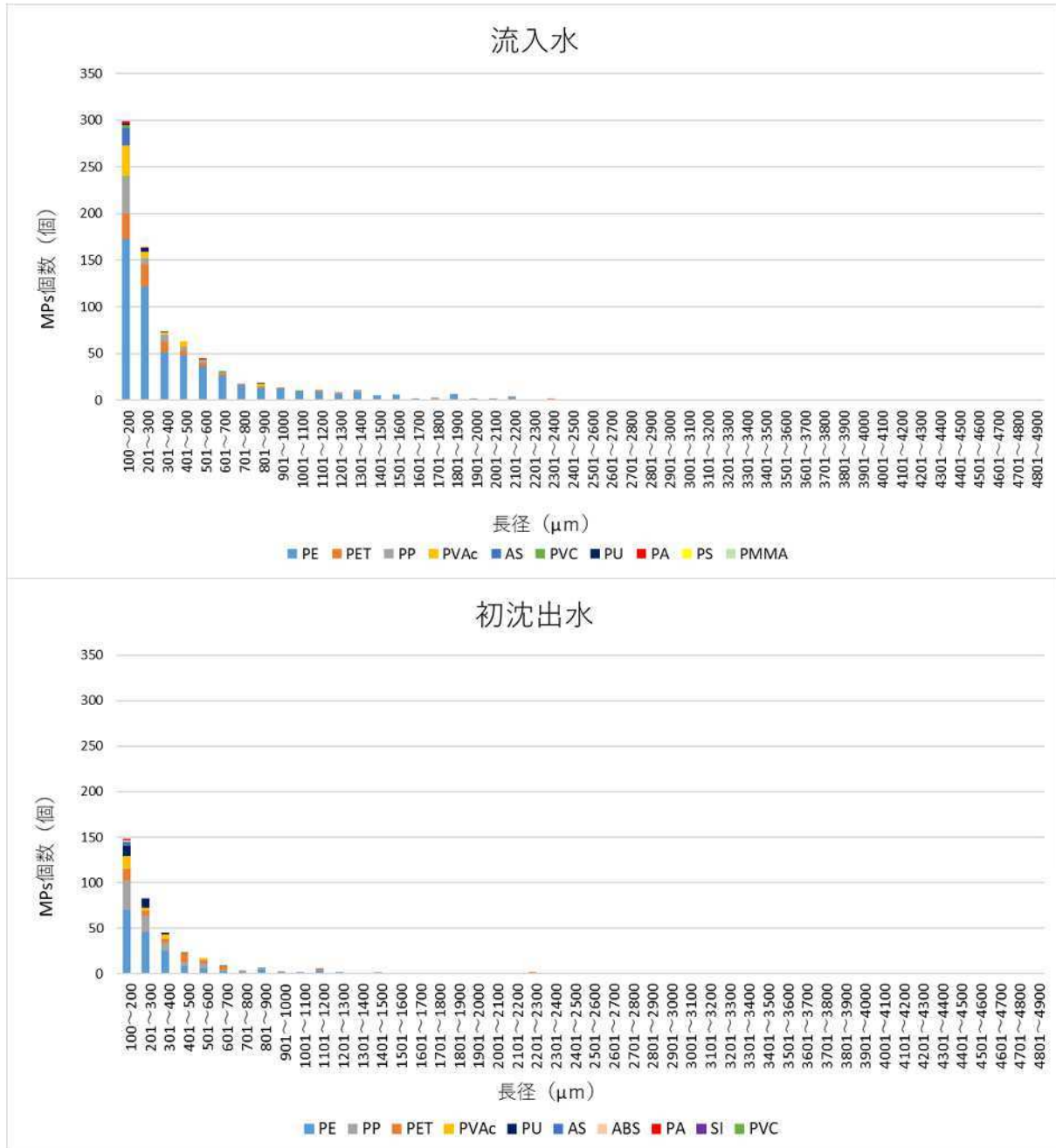


図-13 分級別マイクロプラスチック個数 (流入水、初沈出水)

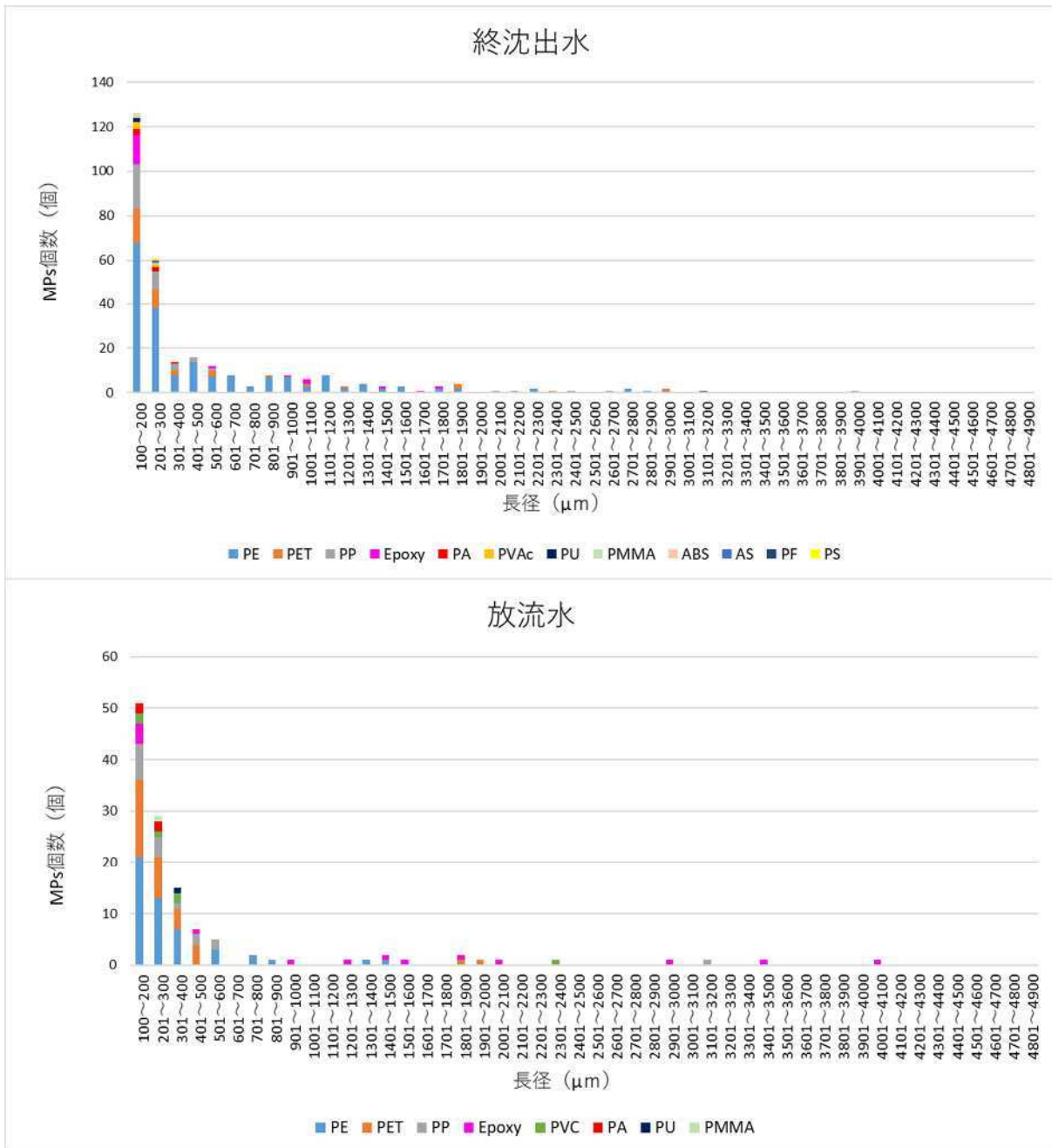


図-14 分級別マイクロプラスチック個数（終沈出水、放流水）

4.7 浮遊物質（SS）測定結果

マイクロプラスチック以外の分析項目として、採取した各検体の浮遊物質（SS）の測定結果と補助データを表-9に示す。

参考までに、1月18日（水）に水再生プラザにて採取した検体（1月17日10時～1月18日8時における第1処理施設オートサンプラーによるコンポジット採取）の浮遊物質（SS）の測定値は、流入水が100mg/L、初沈出水が57mg/Lであり、本調査は若干低めの測定値であった。

表－9 浮遊物質（SS）及び補助データ

項目	測定値等			
	流入水	初沈出水	終沈出水	放流水
採取日時	R5. 1. 17 9:24	R5. 1. 17 9:50	R5. 1. 17 10:46	R5. 1. 17 10:42
水温（℃）	13.8	13.9	15.3	15.5
透視度（度）	5.0	5.5	30以上	30以上
外観（色・濁り・臭気）	白褐色、下水臭	淡黄色、下水臭	無色透明、無臭	無色透明、無臭
測定結果（mg/L）	66	35	2	<1

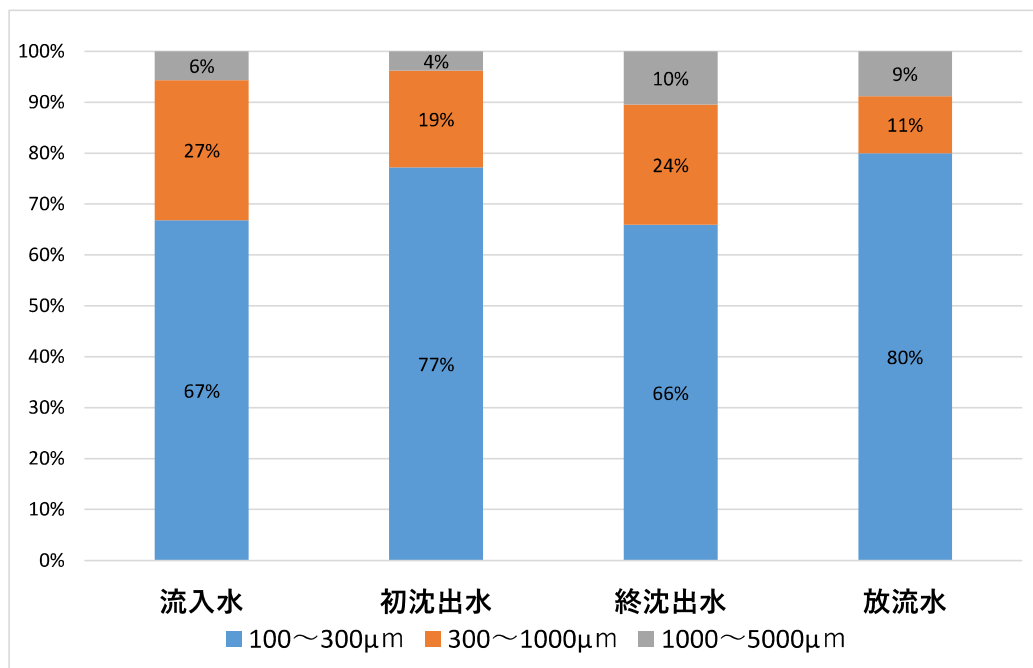
※表中の「<」は定量下限値未満を示す。

5. 考察

5.1 平均粒径

各工程におけるマイクロプラスチックの大きさは、下水道研究発表会の文献¹⁾では流入水の平均粒径が $88.2 \pm 89.7 \mu\text{m}$ 、放流水は $68.6 \pm 38.5 \mu\text{m}$ と処理工程が進むにつれて平均粒径は小さくなる傾向が示されているが、本調査では同様の傾向は認められなかった。

平均粒径に加えて下水道新技術研究所の文献²⁾と同様の分級範囲での分布図を図－15に示した。



図－15 平均粒径の構成比

文献値では1000 μ m未満のマイクロプラスチックは47～68%だったのに対し、本調査では90～96%であった。100～300 μ mのマイクロプラスチックは文献値で12～26%、本調査では66～80%を占めた。

本調査で100～300 μ mのマイクロプラスチックの占める割合が高い要因として、測定に顕微FT-IR（透過法）を用いていることが考えられる。目視判断が困難な細かい粒子を検出することが可能なため、文献値よりも100～300 μ m範囲のマイクロプラスチックが高い割合を占める結果となったと考えられる。

5.2 個数密度

流入水の個数密度について、文献²⁾と比較を行ったところ、文献値では合流式施設での流入水の個数密度は晴天時で数千個/ m^3 、雨天時で数千～数万個/ m^3 であり、今回の調査結果である37,546個/ m^3 は、文献中では雨天時の降雨初期並の個数密度に相当した。個数密度が大きくなった原因として、下記の測定装置条件の違いが考えられる。

比較した文献ではFT-IR（ATR法）を用いて分析されていた。本調査ではFT-IR（ATR法）に加えて顕微FT-IR（透過法）も用いているため、人力での分取が困難となる100 μ m付近の細かな粒子や、目視で見落とす恐れのある透明な粒子なども検出されたことにより、粒子数が多くなったと考えられる。

初沈出水は、文献での個数密度が数十～数百個/ m^3 （晴天時）に対し17,037個/ m^3 と上回る結果であった。これも流入水同様の要因が考えられる。

放流水は、文献での晴天時個数密度が数個～数百個/ m^3 に対し15個/ m^3 であり、文献の中央値に近い値であった。

5.3 分級別マイクロプラスチック個数

主要な3種について種類別にそれぞれの分級別個数を確認した。主要3種の分級別個数を図16～18に示す。ポリエチレン（PE）及びポリプロピレン（PP）は概ね粒径が大きくなるにつれ個数が減少する結果であったが、ポリエチレンテレフタレート（PET）のみを分級別個数で示したところ、ややばらつきがあることが分かった。サンプル数が少ない点は留意が必要であるが、これも下水に流入するポリエチレンテレフタレート（PET）は繊維状の形状が多いという特徴によるものと考えられる。

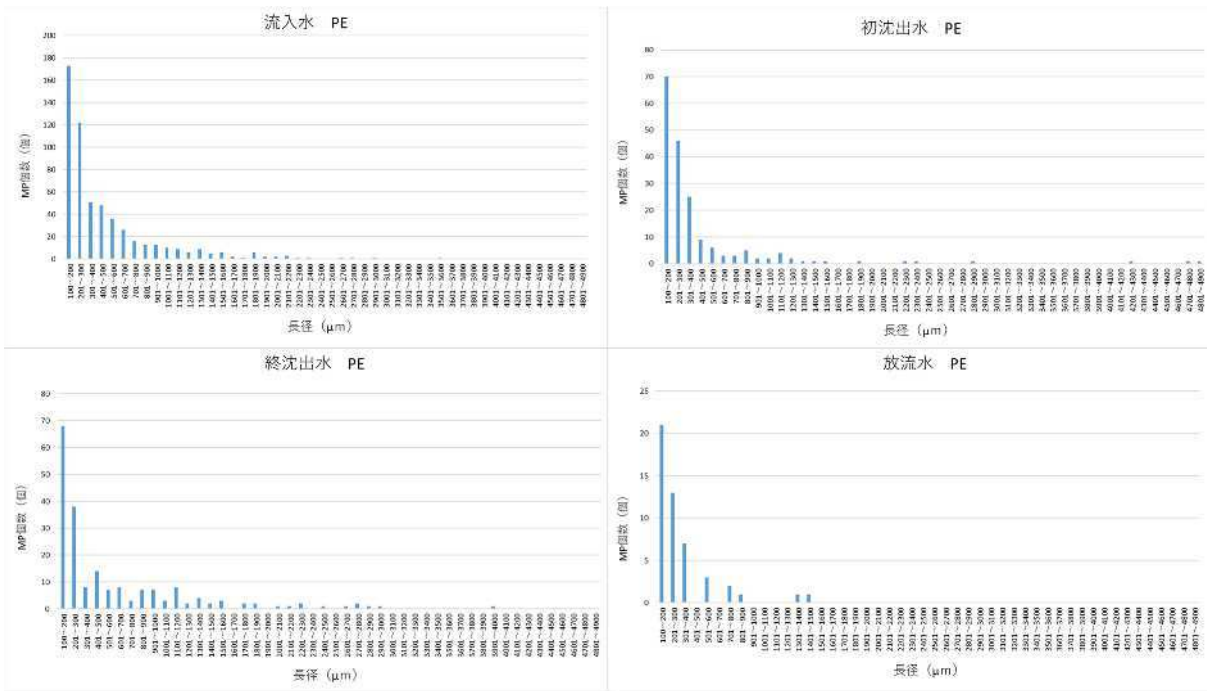


図-16 分級別個数 (ポリエチレン)

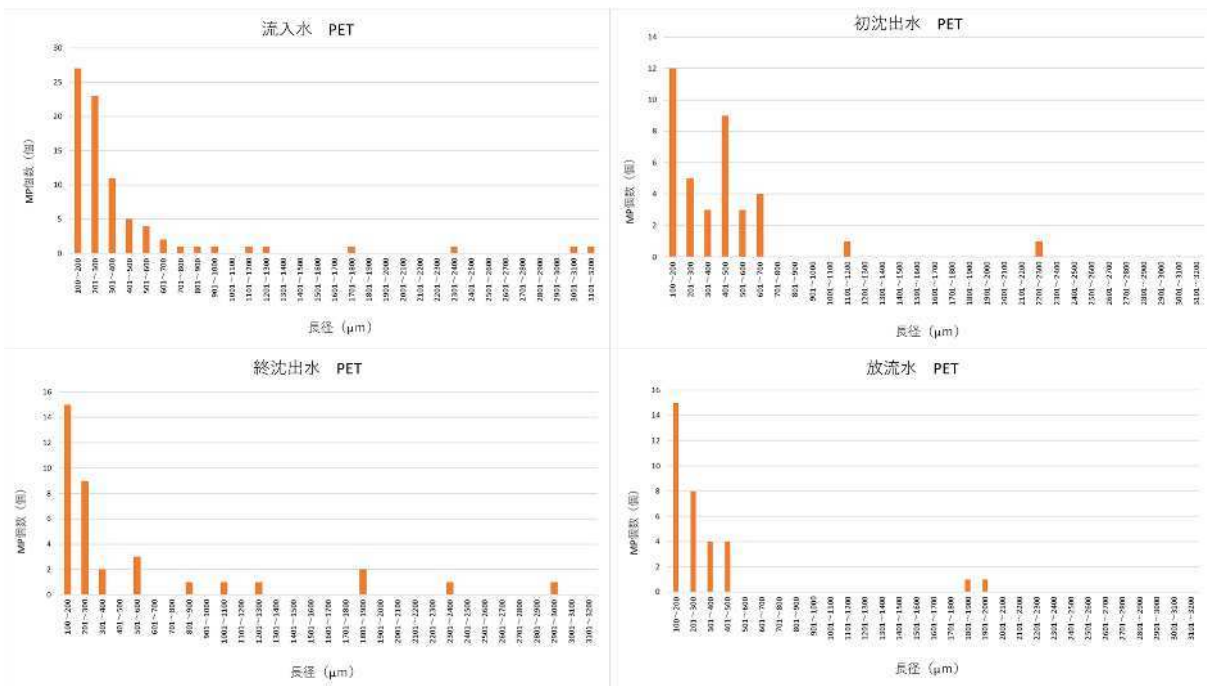


図-17 分級別個数 (ポリエチレンテレフタレート)

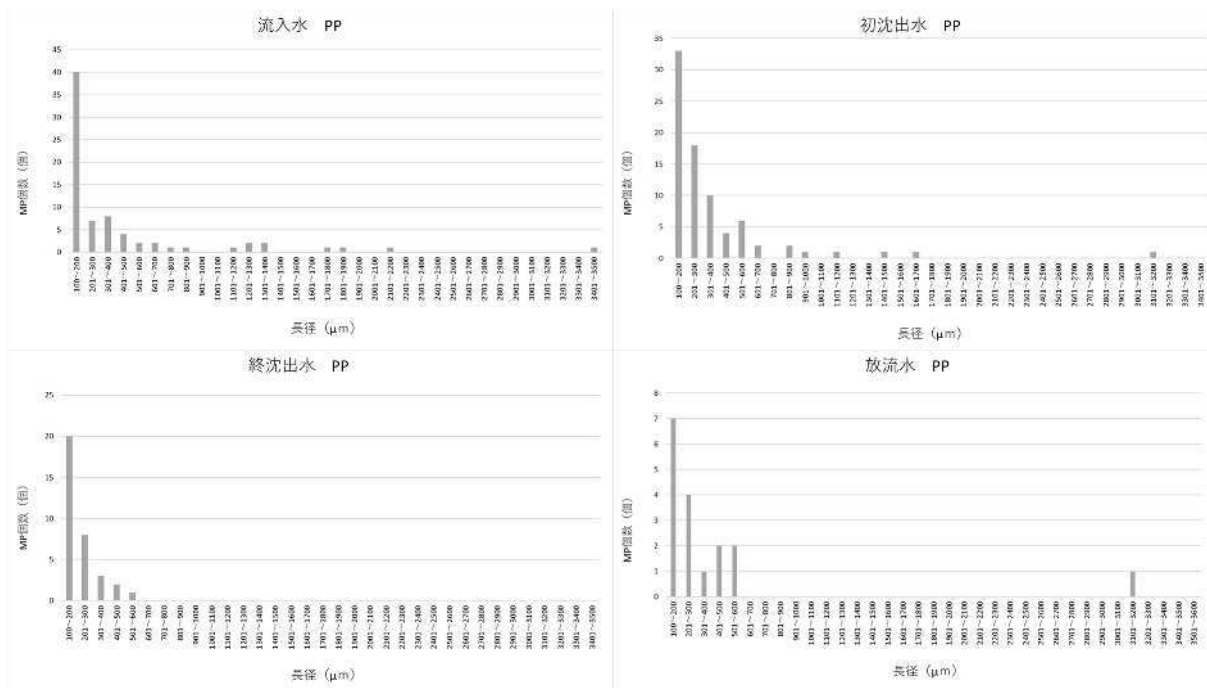


図-18 分級別個数 (ポリプロピレン)

5.4 種類別の割合

本調査で検出されたマイクロプラスチックの種類について、2016年（平成28年）～2021年（令和3年）におけるプラスチック流通量を表-10に示す。表からポリエチレン（PE）及びポリプロピレン（PP）は流通量が突出している点や、包装や容器など日用品にも多く使用されていることが、全試料で約8割を占める一因と考えられる。また、ポリエチレン（PE）及びポリプロピレン（PP）は比重が低く水に浮きやすいことも大きな要因と考えられる。ポリエチレンテレフタレート（PET）はポリエチレン（PE）やポリプロピレン（PP）に比べて流通量は少なく、前述の表-7より比重が1.38程度であるが、衣類等に使用されることから家庭排水からの流入が多く、繊維状の形状が多いことで他の粒子に絡まって残存するなど多くの割合を占める結果になったと考えられる。

表-10 プラスチック流通量

単位：トン

プラスチック種類	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
ABS	360,069	395,001	381,491	338,571	279,204	348,575
AS	69,555	73,169	71,696	65,879	54,164	—
E p o x y	115,201	124,938	132,081	115,682	107,728	129,863
PA	216,896	238,241	235,744	200,054	178,549	229,543
PE	2,568,979	2,654,815	2,466,620	2,447,909	2,246,009	2,451,642
PET	418,370	423,960	393,202	365,286	342,495	353,626
PF	288,578	301,939	302,164	288,752	258,409	295,795
PMMA	144,949	154,919	151,603	142,949	129,345	138,994
PP	2,466,311	2,505,540	2,357,807	2,439,862	2,246,815	2,463,136
PS	753,640	772,643	783,728	768,130	723,848	1,202,093
PU	187,721	199,414	206,867	200,288	174,916	178,109
PVAc	215,421	230,760	212,753	207,828	177,940	199,445
PVC	1,650,883	1,705,921	1,690,288	1,732,545	1,626,549	1,625,347

S Iはデータなし

出典：日本プラスチック工業連盟

ポリエチレン（PE）の由来については、 $300\mu\text{m}$ 以上の粒子では袋、包装材が由来と考えられる透明なシート状や、洗顔料等が由来と考えられる球状のポリエチレン（PE）が確認された。形状構成で約8割を占めた破碎状のポリエチレン（PE）については用途が多種多様であり、色や形から由来を推定することは困難であった。

文献³⁾のマイクロプラスチック発生源の推定では、衣服の洗濯時に発生したと推定されるマイクロプラスチックについて記載されており、一般家庭排水からのマイクロプラスチックについては衣服の洗濯由来の可能性が考えられる。

5.5 マイクロプラスチック除去率について

本調査において、マイクロプラスチックは処理工程が進むにつれて減少しており、放流水の除去率は99.96%と高い結果となった。

流入水中のマイクロプラスチックは汚泥への移行及び最初沈殿池で除去され、マイクロプラスチック量は約半分が除去されたと考えられる。その後、反応タンク、最終沈殿池での処理工程でも汚泥への移行や沈殿除去により、マイクロプラスチック量は99.96%が除去されたと考えられる。

文献では、マイクロプラスチックの多くが汚泥に移行されていると考えられているほか、最初沈殿池で発生したスカム等にも一部移行していることが示唆されている。また、返流水のマイクロプラスチックについても調査を行っていることから、返流水についてもマイクロプラスチックが移行しているものと推察される。

本調査対象施設である創成川水再生プラザは、処理方式に高度処理施設による急速砂ろ過を採用しているため、多くの固形異物や懸濁物質とともにマイクロプラスチックが除去されたことにより、放流水では高い除去率になったと考えられる。

6. 結果

札幌市の下水処理施設において、流入水や放流水に含まれるマイクロプラスチックの実態調査を行った。調査の対象施設は高度処理施設を有している創成川水再生プラザとし、流入水、初沈出水、終沈出水及び放流水各1検体とした。採取日は雨水や融雪水の影響を受けない日を選定した。

本調査の結果は以下のとおりである。

- (1) マイクロプラスチックの各粒子の平均粒径は4検体とも100～200 μm を細かい粒子の範囲が最も多く、径が大きくなるほど個数は減少する傾向であり、全粒子の平均粒径は295 μm ～381 μm であった。
- (2) 今回の測定で種別は、全体で14種類のマイクロプラスチックが検出された。各工程ともポリエチレン (PE) が最も多く、次にポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリプロピレン (PP) が多い結果となり、この3種類で約8割を占めた。
- (3) マイクロプラスチックは処理工程が進むにつれて減少しており、各工程における除去率は初沈出水で54.62%、終沈出水で97.06%、放流水では99.96%と高い結果となった。これは、流入水中のマイクロプラスチックは最初沈殿池で約半分が除去されるとともに、処理工程が進むにつれて汚泥側へ移行していると考えられる。また、創成川水再生プラザは、処理方式に高度処理施設による急速砂ろ過を採用しているため、多くの固形異物や懸濁物質とともにマイクロプラスチックが除去されたことにより、放流水では高い除去率となった。

以上のことから、冬期間の創成川水再生プラザへの流入水に含まれるマイクロプラスチックについては、下水処理工程によってほぼ100%が除去されており、放流河川水域への環境負荷が低減されていることが確認できた。

【参考文献】

1. 下水処理場に流入するマイクロプラスチックの挙動解析 (第3報)
令和3年 第58回下水道研究発表会
大阪市立環境科学研究センター 中尾賢志ほか
2. 下水道におけるマイクロプラスチックに関する調査
2019年度 下水道新技術研究所年報
公益財団法人 日本下水道新技術機構 小川文章ほか
3. 下水処理場流入原水中のマイクロプラスチック濃度とポリマー別流入負荷量特性

令和3年 第58回下水道研究発表会

千葉工業大学 亀田ほか

謝 辞

本調査を行うにあたって、札幌市下水道河川局事業推進部創成川水処理センター職員の皆さまのご理解とご協力を得ながら実施できたことに対し、ここに謝意を表します。