

# 雨天時における下水道流入物質の実態

濱田知幸・中村裕美・岡安祐司

## 1. はじめに

プラスチックは我々の生活に浸透し、利便性と恩恵をもたらしている。一方、世界全体で年約800万トンのプラスチックごみが海洋に流出しているという試算や、2050年には海洋中のプラスチックごみの重量が魚の重量を超えるという試算もある<sup>1)</sup>。こうした地球規模での資源・廃棄物制約への対応は、SDGs（持続可能な開発のための2030 アジェンダ）でも求められている<sup>2)</sup>。

下水道施設においても、洗濯排水中の化学繊維や路面排水等に由来するプラスチックが流入していることが予想されるが、これらについての調査事例は少なく、特に雨水排水中の実態については殆ど調査が行われていない。雨水排水中に含まれるプラスチック片は、そのまま雨水ポンプ場等から公共用水域へ放出される可能性がある。そこで、雨水ポンプ場において、雨天時に流入するプラスチック片の数、種類、大きさについて調査した。

## 2. 調査内容

### 2.1 調査対象施設

雨水排水中に含まれるプラスチック片の数、種類、大きさを把握するため、人口15万人程度の中規模都市において、分流式下水道の雨水ポンプ場2カ所、合流式下水道ポンプ場1カ所で採水調査を行った。本研究では、0.3mm以上のプラスチック片を対象とした。

#### (1) Aポンプ場

分流式下水道の雨水ポンプ場で、集水区域は105haで様々な用途地域(商業地域、近隣商業地域、中高層住居専用地域)、市街化調整区域を持つ。H31.1.31（日合計降水量15.0mm、1時間最大降水量4.5mm）に流入口において、採水した。採水日以前の降雨はH30.12.23(日合計降水量0.5mm)であり、採水日までの先行無降雨日数は39日だった。

#### (2) Bポンプ場

合流式下水道の污水ポンプ場で、集水区域は、116haで駅を中心とする主要部（商業地域）の排水を受け持っている。R1.10.12（日合計降水量135.0mm）にスクリーン手前（以後「流入口」という。）とスクリーンを通過後のマンホール（以後「放流口」という。）にて採水した。なお、採水前日に日合計降水量21mmの降雨があったが、採水前の流況は踏査時と変わらず、前日降雨の影響は小さいものと推察される。

Bポンプ場の運転方法は、時間最大汚水量の2倍を超えたとき、雨水滞水池に一時貯留を開始し、後日下水処理場に送水している。なお、雨水滞水池への貯留が困難になったときには放流を開始している。スクリーン幅は25mmであり、自動除塵機で除渣している。

#### (3) Cポンプ場

分流式下水道の雨水ポンプ場で、集水区域は147haで主に低層住居専用地域、近隣商業地域を用途地域に持つ。R1.10.12（日合計降水量135.0mm）に吸水槽ゲートの直上マンホール流入口（以後「流入口」という。）と吐出槽（以後「放流口」という。）にて採水した。Bポンプ場と同日に調査を行った。

Cポンプ場は降雨量が少ないときは自然流下で排水される構造となっており、雨水ポンプが稼働したタイミングで採水した。スクリーン幅は50mmであり、自動除塵機で除渣している。

## 2.2 対象降雨及び採水方法

### (1) Aポンプ場

調査時の降水量<sup>3)</sup>と採水時刻の関係を図-1に示す。採水のタイミングは、前回降雨時に流入したと考えられる溜水を1回（採水①）、調査日の降り始め時に1回（採水②）、降水量ピーク頃の3回（採水③、④、⑤）の計5回（1回180L、計900L）とした。採水所要時間は10～20分程度/回だった。

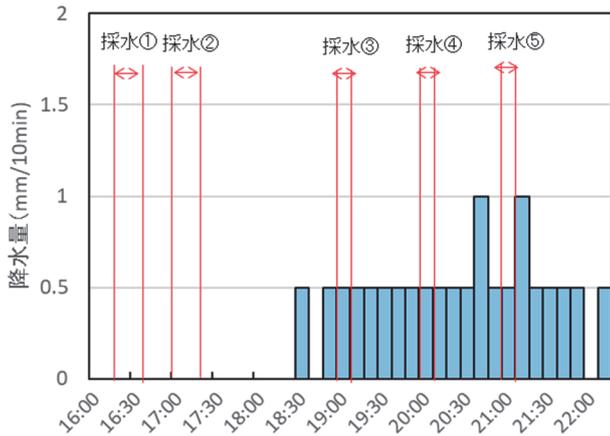


図-1 Aポンプ場近傍の降水量と採水状況

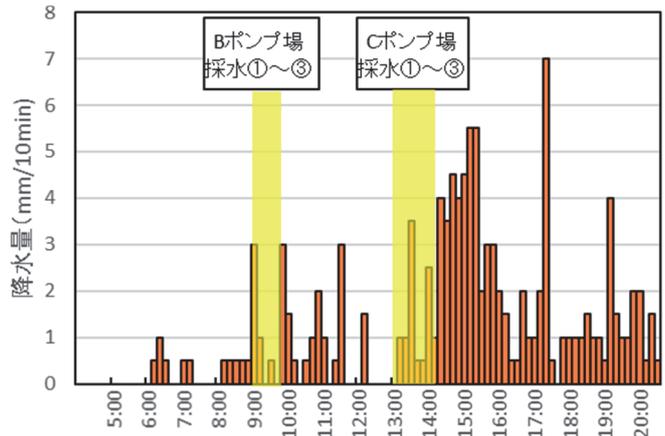


図-2 B、Cポンプ場近傍の降水量と採水状況

(2) Bポンプ場・Cポンプ場

調査時の降水量<sup>3)</sup>と採水時刻の関係を図-2に示す。Bポンプ場はポンプ場内への流入が確認されたR1.10.12の9:00から「流入口」、「放流口」で採水を開始し、9:50まで3回採水を行った。ポンプ場への流入と並行して、貯留槽への一時貯留も行われていた。

Cポンプ場は、ポンプが稼働し始めたR1.10.12の13:00から14:10まで3回採水を行った。

(3) 採水方法

試料採取方法の概要を図-3に示す。

- ① Aポンプ場：10Lステンレスバケツを用いて、表層水を180L採水する。  
B、Cポンプ場：水中ポンプ(取込み異物径8mm)を用い、1m<sup>3</sup>採水する。
- ② ステンレスバケツ中の水全量を2.0mmメッシュ、0.3mmメッシュのふるいでろ過する。
- ③ 各ふるい上の残渣を1Lアルミ容器に水道水で流し入れる。作業を繰り返し、Aポンプ場については180L分の残渣から、B、Cポンプ場については1m<sup>3</sup>採水分の残渣から試料1つを作成する。

2.3 プラスチックの同定方法

採取した試料に含まれる物質について、以下の処理を行い、プラスチック種類を同定した。

- ① 物質を0.1mmメッシュ上のふるいに移し、30%過酸化水素水および硫酸鉄(Ⅱ)を加え、80℃程度まで温度上昇させて酸化処理をする。
- ② 酸化処理後の試料について5.3mol/Lヨウ化ナトリウム水溶液を用いて比重分離する(攪拌後1日静置)。

- ③ 比重分離後、上澄試料および沈降試料の中でプラスチックである可能性がある物質をピンセットで拾い出す。
- ④ 画像解析ソフト(ImageJ Ver.1.51)により粒子の長軸径、短軸径を調べる。
- ⑤ FT-IR(フューラー・オプティクス株式会社 ALPHA)とIR高分子データベースを用いて、プラスチック種類を同定する。

3. 調査結果

3.1 流入口(A~Cポンプ場)

検出されたプラスチックの一例を写真-1に示す。粒子状のもの、破片のようなもの、繊維のようなものなど様々な形状のプラスチック片が確認された。プラスチック片の個数を採水量で割り算出した数密度を図-4に示す。Aポンプ場の数密度について、採水①が0.11個/Lで最も高く、最も低かったのは採水②で0.03個/Lだった。Bポンプ場の数密度について、最も高かったのは採水①で0.12個/L、最も低かったのは採水③で0.05個/Lだった。Cポンプ場の数密度について、最も高かったのは採水①で0.31個/L、最も低かったのは採水②で0.06個/Lだった。

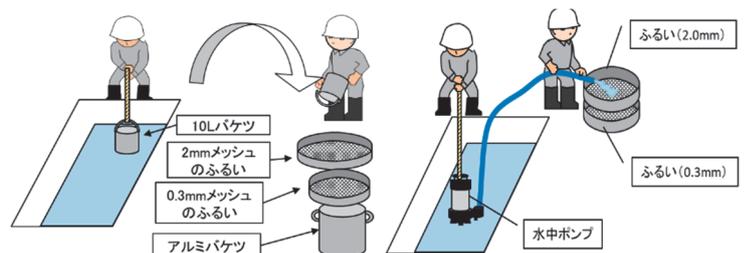
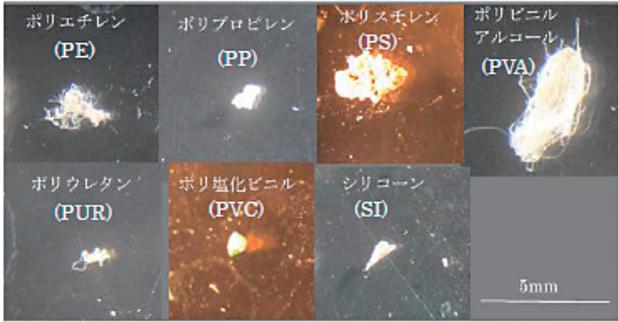


図-3 試料採取方法(左:Aポンプ場、右:B、Cポンプ場)



- 写真-1 試料中のプラスチック片
- Siシリコン
  - PVAホリビニルアルコール
  - PURホリウレタン
  - PPホリプロピレン
  - PETホリエチレンテレフタレート
  - PAホリアミド
  - PVCホリ塩化ビニル
  - PVAcホリ酢酸ビニル
  - PSホリスチレン
  - PMMAアクリル樹脂
  - PEホリエチレン
  - EVAエチレン酢酸ビニル

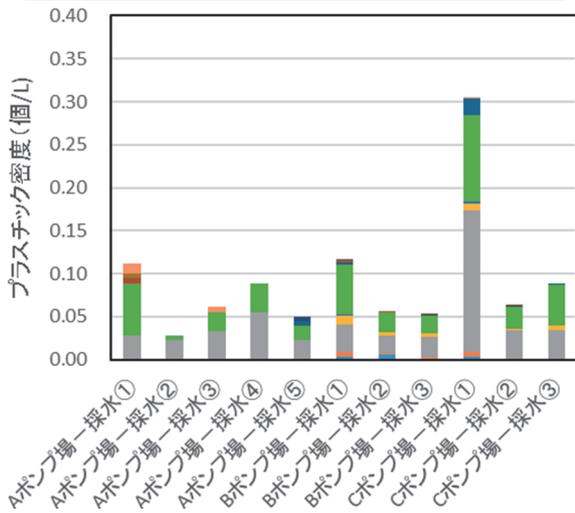


図-4 流入口における試料中のプラスチック数密度

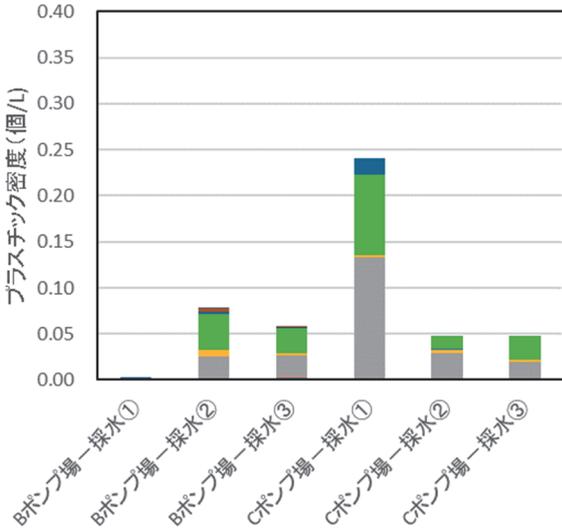


図-5 放流口における試料中のプラスチック数密度

### 3.2 放流口（Bポンプ場、Cポンプ場）

Bポンプ場の数密度を図-5に示す。採水②が0.08個/Lで最も高く、採水①が0.003個/Lで最も低かった。Cポンプ場の数密度は、採水①が0.24個/Lで最も高く、採水②が0.05個/Lで最も低かった。

### 3.3 プラスチック数密度の影響因子の整理

#### ① 降雨期間中のプラスチック数密度の変化

Aポンプ場の流入口において、長期滞留水していた高密度から始まり（採水①）、場内に雨水が流れ込んでくると希釈により一旦密度が下がり（採水②）、雨水流入とともに数密度が上がった。一方でBポンプ場とCポンプ場の流入口においては、採水初期の数密度が高くなった。しかし、降雨開始のタイミングと採水のタイミングが一致していないため、ファーストフラッシュによるものは判断できなかった。本調査では雨水流入期間における数密度変化の傾向を十分に把握できなかったため、今後も連続的な調査データを充実させつつ継続的にモニタリングすることが重要であることが示唆された。

#### ② 調査条件（ポンプ場）

流入口における平均値は、Aポンプ場の平均数密度0.07個/Lに対して、Bポンプ場、Cポンプ場は0.08個/L、0.15個/Lであった。本調査においては、市街化調整地域を含むAポンプ場が低かった。用途地域等の人口密度の他、先行無降雨日数、降雨強度などにより数密度が変わるものと考えられ、諸条件によるトレンドを把握するために、同一サイトにおいて継続的にモニタリングすることが重要であることが示唆された。

#### ③ 流入口と放流口の比較

放流口の採水を行ったBポンプ場、Cポンプ場について、流入口と放流口の数密度平均値を比較すると、Bポンプ場は流入口0.08個/L、放流口0.05個/L、Cポンプ場は流入口0.15個/L、放流口0.11個/Lとなり、本調査においては放流口の平均数密度が若干低くなった。現段階では、データが少ないため、沈砂、スクリーンし渣を含めたポンプ場内のマスバランスを明らかにするには、より詳細な調査が必要だと考えられる。

表-1 流入口と放流口のプラスチック密度比較

		平均プラスチック密度 (個/L)
流入口	Aポンプ場※	0.07
	Bポンプ場	0.08
	Cポンプ場	0.15
放流口	Bポンプ場	0.05
	Cポンプ場	0.11

※Aポンプ場について降雨時(採水③～⑤)の3回採水の平均値

### 3.4 プラスチックの種類と寸法

#### ① プラスチックの種類

プラスチック片の種類については、試料全てにポリエチレン（PE）とポリプロピレン（PP）が検出された。プラスチック片のうちポリエチレンの比率は、流入口において、Aポンプ場47.5%、Bポンプ場34.1%、Cポンプ場51.4%であった。放流口において、Bポンプ場34.8%、Cポンプ場52.8%であった。また、プラスチック片のうちポリプロピレンの比率は、流入口において、Aポンプ場41.0%、Bポンプ場45.6%、Cポンプ場37.9%であった。放流口において、Bポンプ場48.6%、Cポンプ場38.0%であった。

採水ポンプ場や採水箇所によらず、ポリエチレンとポリプロピレンの合計で、採取したプラスチック片の概ね80%以上を占めており、雨水ポンプ場においてはこれらのプラスチック片の流入が多いことが示唆された。また、流入口と放流口におけるプラスチック片の種類傾向に差は見られなかった。

#### ② 寸法

流入口、放流口におけるポンプ場毎のプラスチックの寸法を示す。Bポンプ場、Cポンプ場の寸法は平均で長軸径2.6～3.0mm、短軸径1.1～1.3mmであり、流入口と放流口で殆ど変わらなかった。

### 4. まとめ

雨天時の合流汚水ポンプ場、分流雨水ポンプ場の流入口、放流口で採水し、0.3mmふるいでろ過して採取したプラスチック片の数、寸法、種類の調査を行った。プラスチックの種類はポリエチレンとポリプロピレンで8割以上を占めており、流入口は0.07～0.15個/L、放流口は0.05～0.11個/Lであり、放流口のプラスチック数密度が若干低かった。

表-2 プラスチックの寸法

		長軸径 (mm)		短軸径 (mm)		プラスチック数 (個)
		平均値	中央値	平均値	中央値	
流入口	Aポンプ場	1.9	0.8	0.9	0.5	61
	Bポンプ場	2.8	2.3	1.3	1.0	314
	Cポンプ場	2.7	1.8	1.1	0.8	517
放流口	Bポンプ場	2.6	2.1	1.2	0.9	194
	Cポンプ場	3.0	2.2	1.2	0.9	370

一方で、降雨期間中のプラスチック数密度や降雨条件や先行無降雨日数による傾向を見出すことができなかった。降雨期間中の継続的な採水の他、既存の路面負荷対策調査<sup>4)</sup>にあるように水質センサーによる計測による他の指標との相関関係を調査するなどモニタリング手法を確立する必要がある。また、ポンプ場において除去されるし渣及び沈砂の分析などを通じ、ポンプ場におけるプラスチック収支について、詳細な調査を引続き実施する必要があると考えられる。

### 謝 辞

本研究の遂行にあたり、調査計画の立案やとりまとめについて丁寧にご助言いただいた岐阜大学（研究当時 土木研究所水環境研究グループ水質チーム）の鈴木裕識准教授に謝意を表す。また、採水にご協力いただいた地方公共団体の担当者に謝意を表す。

### 参考文献

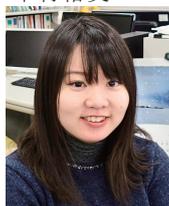
- 1) 環境省：令和元年度 環境・循環型社会・生物多様性白書、2019
- 2) 国際連合：The 2030 Agenda for Sustainable Development、2015
- 3) 気象庁HP
- 4) 藤生和也他：雨天時における路面排水負荷対策に関する調査、国土技術政策総合研究所資料、No.323、2006

濱田知幸



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 研究官  
HAMADA Tomoyuki

中村裕美



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 研究官  
NAKAMURA Yumi

岡安祐司



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室室長、博士（工学）  
Dr. OKAYASU Yuji