

県内の環境中に排出される廃プラスチック類に関する調査 (第1報)

化学部

神野憲一、佐藤敬士、岸秀憲¹、高橋稔、小池静司

(1 現環境森林部環境保全課)

企画情報部

小林有見子

1 はじめに

プラスチックごみ(廃プラスチック類)による海洋汚染が、国際的に大きな問題となっている。日本近海で浮遊する廃プラスチック類の主な発生源として、周辺国からの流出のほか、国内からの流出も考えられる。しかしながら、陸域における廃プラスチック類の発生や流出等の詳細については、解明が進んでいない状況である。

そこで、県内の環境中(主に河川)に排出される廃プラスチック類の実態を把握し、発生抑制対策や普及啓発、環境学習等への活用方法を検討する基礎資料を得ることを目的として、調査を行うこととした。

令和元(2019)年度は、環境省や神奈川県の方法を参考に、県内河川の水質・底質(河川敷等)の試料を採取・分析するとともに、調査方法を検討したので報告する。

2 調査方法

2.1 調査実施日及び調査地点

宇都宮市の市街地を流下する田川を調査対象とした。調査方法を検討するため、目視で漂着物が多い地点を選定した。調査地点を図1に示した。横山橋は、中心市街地の上流に位置し、周囲に水田や畑、山林が広がる。給分地区頭首工下流は、中心市街地の下流に位置し、周囲に住宅のほか水田や畑が広がる。

令和元(2019)年7月25日(木) 田川 給分地区頭首工下流

令和2(2020)年1月14日(火) 田川 横山橋、給分地区頭首工下流

2.2 試料採取方法

2.2.1 水質試料

環境省が海洋で実施している方法に準じ、採取した。河川水中にプランクトンネット(目合い0.3mm)を10分間浸漬し、河川の表層を流れる廃プラスチック類を採取した。流心、右岸、左岸で試料を採取した。採取の間、電磁流速計により流速を測定し、ろ過水量を算出した。

2.2.2 底質(河川敷等)試料

神奈川県の方法¹⁾を参考に採取した。河川敷において、漂着物の多い箇所を目視で選び、そこに40cm四方の採取区画を設定し、表面の土壌を約3cmすくい取り、5mmメッシュのふるいでふるい分けしたものを試料とした。

2.3 分離方法及び定性方法

採取した試料は、水洗、ふるい分け、比重分離を行い、廃プラスチック類を分離した。水質試料の調査フローは図2、底質試料の調査フローは図3に示した。

分離した廃プラスチック類は、実体顕微鏡(オリンパス製SD-ILK)で1個ずつ検鏡して、形状と色を分類後、長軸長さを計測した。

材質の定性は、フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR; 島津製作所製IR-Prestage-21)を用いて、全反射測定法(ATR法)により行い、サイズが小さい廃プラスチック類の場合には、同装置に赤外顕微鏡(島津製作所製AIM-8800)を装着した顕微反射法により行った。併せて、熱分解-GC/MS(熱分解部; フロンティアラボ製EGA/PY-3030D、GC/MS; 島津製作所製QP2010U1tra)を用いて、表1に示す条件により測定した。得られたマススペクトルについて、ライブラリ検索(NIST及びF-search)を行った。

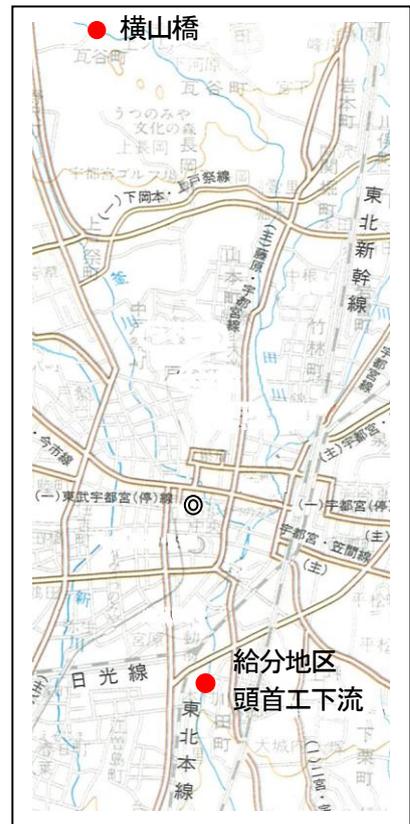


図1 調査地点図

出典：国土地理院発行5万分の1地形図を加工して作成。

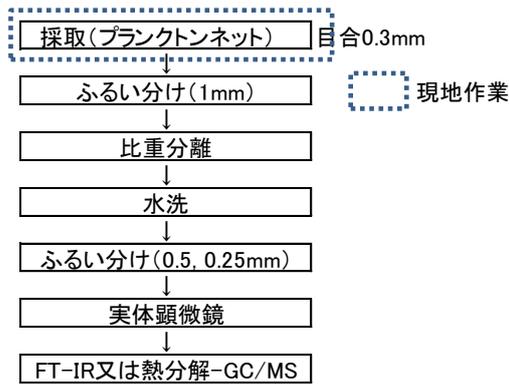


図2 水質試料の調査フロー

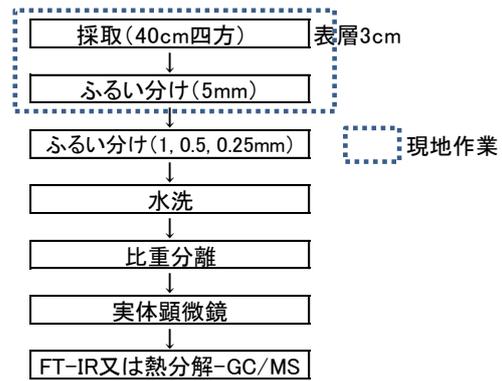


図3 底質(河川敷等)試料の調査フロー

表1 熱分解-GC/MSの測定条件

熱分解	温度	600(°C)
GC	カラム	Ultra-ALLOY 5 (30m×0.25mm, 0.25 μ m)
	注入モード	スプリット
	スプリット比	100
	ガス	He
	流量	2.35 (mL/min)
	昇温	40°C (3min)→10°C/min→300°C (30min)
MS	モード	scan

2.4 河川敷等におけるごみ調査

河川敷等において漂着物の多い範囲を目視で選び、散乱しているごみの種類と個数を集計した。ごみの集計には、環境省が定めたガイドライン²⁾の漂着ごみデータシートを使用した。また、調査範囲の面積を記録し、単位面積当たりの個数を算出した。

3 結果及び考察

3.1 分離方法及び定性方法の検討

採取した廃プラスチック類をFT-IRで分析したが、標準品から得られたスペクトルと一致するものが少なかった。その原因の一つとして、水洗では汚れを十分除去できなかったことが考えられた。そこで、洗浄方法を検討することとした。

pH10に調整した水酸化ナトリウム水溶液に廃プラスチック類を入れて、10分から1時間、煮沸することにより洗浄した。

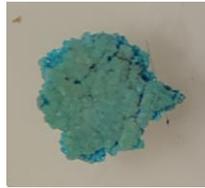
アルカリ洗浄前後の写真を写真1に、FT-IRスペクトルの比較を図4に示した。廃プラスチック類表面に付着した汚れが除去されており、FT-IRスペクトルにおいても、円で囲んだ部分に見られるように、汚れ由来のピークが低減し、材質特有のスペクトルが明瞭となったことを確認できた。

また、廃プラスチック類の分解が進み、FT-IRのスペクトルが変化することも、廃プラスチック類の定性が難しくなる原因と考えられた。そこで、FT-IRと併せて、熱分解-GC/MSにより、廃プラスチック類の材質や添加剤に関するデータを収集した。熱分解-GC/MSによるトータルイオンクロマトグラム(TIC)の一例を、図5に示した。この破片状の廃プラスチック類については、FT-IRスペクトルでは特徴的なピークが得られず、材質の定性が難しかったが、熱分解-GC/MSによるマススペクトルから、熱硬化性樹脂の一種である、ビスマレイミドトリアジン樹脂(BT-レジン)と推察された(F-searchによる一致率90%)。

FT-IRと熱分解-GC/MSを併用することにより、廃プラスチック類のデータを蓄積し、分解が進んだものの定性にも活用することとした。



水洗浄のみ

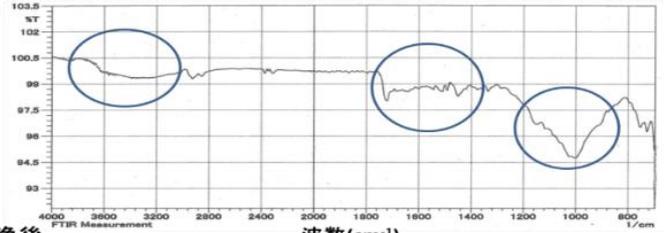


アルカリ洗浄後

ポリエチレン

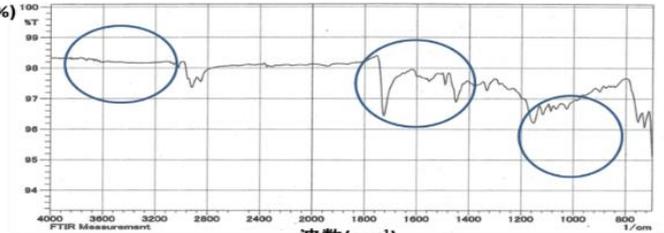
水洗浄のみ

透過率(%)



アルカリ洗浄後

透過率(%)



ポリメタクリル酸2-ヒドロキシプロピル

写真1 アルカリ洗浄前後の写真

図4 アルカリ洗浄前後のFT-IR スペクトルの比較

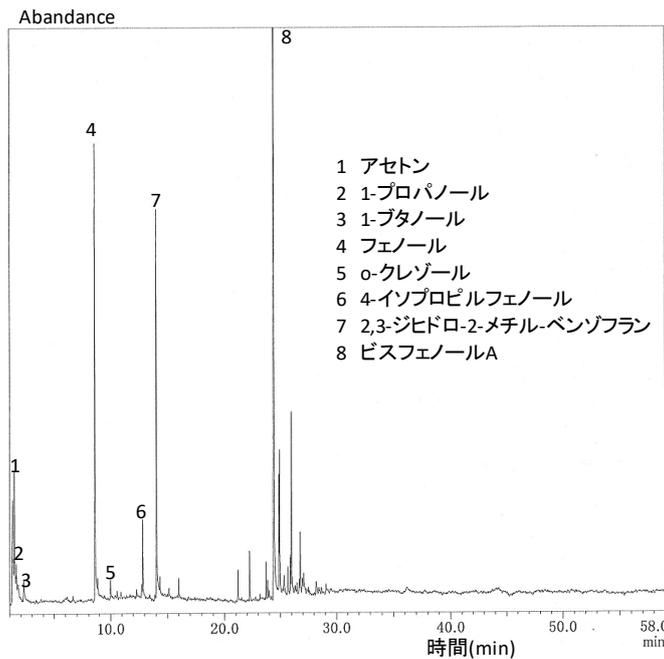


図5 熱分解 - GC/MSによるトータルイオンクロマトグラム (TIC)

3.2 調査結果

3.2.1 水質試料

水質試料中の廃プラスチック類の種類別個数を表2に、長軸長さ別個数を表3に、形態別割合を図6に示した。PE (ポリエチレン)、PP (ポリプロピレン) 等が確認された。上流側の横山橋と下流側の給分地区頭首工下流、いずれも1 (個/m³) 未満であった。形態別割合は、繊維状が最も高く、次いで、破片状、フィルム状であった。

参考として、埼玉県とさいたま市が実施した埼玉県内河川の調査結果と比較した^{3),4)}。埼玉県とさいたま市の調査では、最高20.2 (個/m³)、最低2.2 (個/m³) の廃プラスチック類が確認されたが、この最低値より本調査結果は低かった。廃プラスチック類の種類については、本調査結果と同様、主にPEとPPが確認されていた。

表2 水質試料（河川水中）の種類別個数

調査地点	年月日	採取位置	採取量(個)	ろ過水量(m ³)	種類別個数(個)			
					PE (<1) *	PP (<1) *	PET (1.4) *	その他
横山橋	R2.1.14	右岸	3(0.44個/m ³)	6.8	2	1		
		流心	3(0.33個/m ³)	9.2	1	1		1
		左岸	5(0.60個/m ³)	8.3	1	1		3
給分地区 頭首工下流	R1.7.25	右岸**	7(0.49個/m ³)	14.4	2	1		4
	R2.1.14	右岸	2(0.18個/m ³)	11.2	1			1
		流心	2(0.19個/m ³)	10.4	1	1		
		左岸	2(0.26個/m ³)	7.7	1	1		

*括弧内の数値は、比重の一般的な値。

**調査時、河川の水量が多かったため、流心と左岸は欠測。

表3 水質試料（河川水中）の長軸長さ別個数

調査地点	年月日	採取位置	採取量(個)	長軸長さ別個数(個)					
				<1.0mm	1.0mm~	2.0mm~	3.0mm~	4.0mm~	5.0mm~
横山橋	R2.1.14	右岸	3(0.44個/m ³)	1		1	1		
		流心	3(0.33個/m ³)	1	1				1
		左岸	5(0.60個/m ³)	5					
給分地区 頭首工下流	R1.7.25	右岸*	7(0.49個/m ³)	1	1		3		2
	R2.1.14	右岸	2(0.18個/m ³)		1		1		
		流心	2(0.19個/m ³)	1			1		
		左岸	2(0.26個/m ³)	2					

*調査時、河川の水量が多かったため、流心と左岸は欠測。

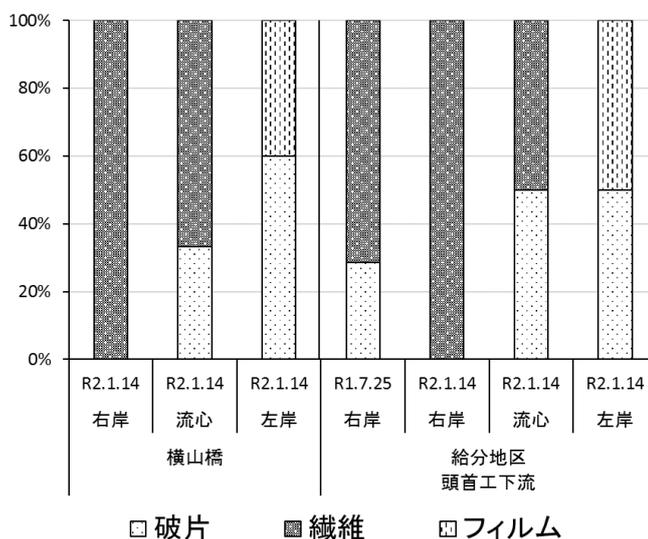


図6 形態別割合（水質）

3.2.2 底質試料

底質試料0.16m²当たりの廃プラスチック類の種類別個数を表4に、長軸長さ別個数を表5に、形態別割合を図7に示した。1m²当たりの個数に換算すると、横山橋で19(個/m²)、給分地区頭首工下流で7月に388(個/m²)、1月に50(個/m²)の廃プラスチック類が確認された。廃プラスチック類の種類については、水質試料で確認されたPEとPPのほか、給分地区頭首工下流でEVAC(エチレン酢酸ビニル)が確認された。形態別割合は、給分地区頭首工下流では中空球状が最も高く、破片状、繊維状等が確認された。

給分地区頭首工下流において、1月の個数は7月の個数の約1/8であったが、原因の一つとして、令和元年10月の台風19号による田川氾濫等の影響が考えられた。

参考として、神奈川県が実施した相模湾沿岸（海岸）の調査結果と比較した^{5),6)}。神奈川県での調査では、最高1,900（個/m²）、最低190（個/m²）の廃プラスチック類が確認されたが、この結果より本調査結果は概ね低かった。種類の別には、PE、PP、PS（ポリスチレン）と本県同様EVACが確認されている。

表4 底質（河川敷等）試料の種類別個数（0.16m²当たり）

調査地点	年月日	採取量(個)	種類別個数(個)				
			PE (<1) *	EVAC (<1) *	PP (<1) *	PET (1.4) *	その他
横山橋	R2.1.14	3(19個/m ²)	1			1	1
給分地区 頭首工下流	R1.7.25	62(388個/m ²)	8	30	5	1	18
	R2.1.14	8(50個/m ²)	1	3			4

*括弧内の数値は、比重の一般的な値。

表5 底質（河川敷等）試料の長軸長さ別個数（0.16m²当たり）

調査地点	年月日	採取量(個)	長軸長さ別個数(個)					
			<1.0mm	1.0mm～	2.0mm～	3.0mm～	4.0mm～	5.0mm～
横山橋	R2.1.14	3(19個/m ²)			1		1	1
給分地区 頭首工下流	R1.7.25	62(388個/m ²)	26			32	1	3
	R2.1.14	8(50個/m ²)			1	2	2	3

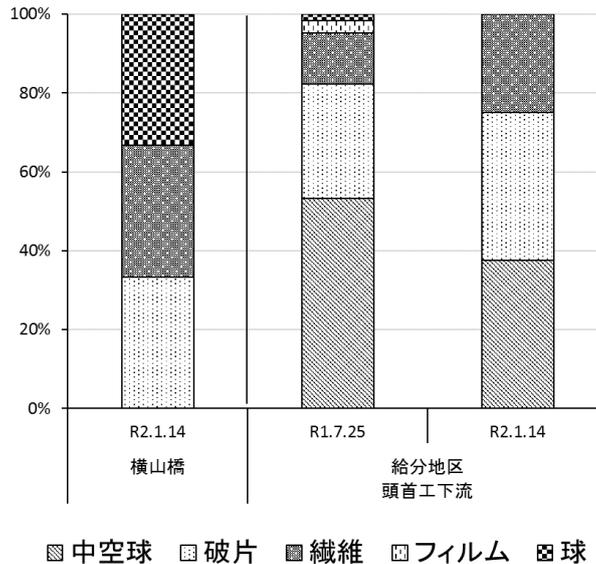


図7 形態別割合（底質）

3.2.3 河川敷等におけるごみ調査

ごみの種類別個数を表6に示した。大分類別で見ると、いずれの地点でもプラスチックが最も多かった。プラスチックの内訳は、ペットボトルや食品容器等の生活ごみと推察されるものが最も多かった。また、単位面積（100m²）当たりの大分類別の個数を図8に示した。給分地区頭首工下流において、1月は7月より少なかったが、これについても底質試料同様、昨年10月の台風19号による田川氾濫等の影響が考えられた。

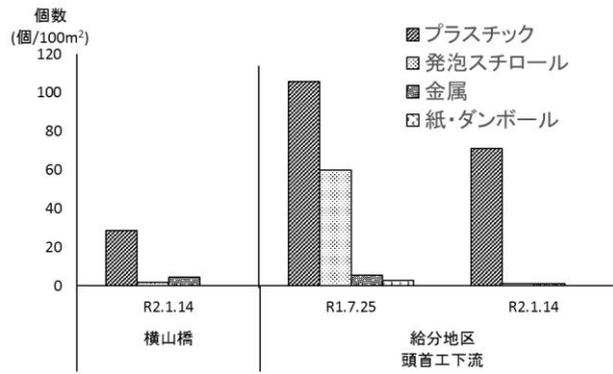


図8 単位面積 (100m²) 当たりの大分類別の個数

表6 河川敷におけるごみ調査結果

単位: 個

大分類	項目	横山橋	給分地区頭首工下流		
		R2.1.14	R1.7.25	R2.1.14	
		調査面積: 111m ²	調査面積: 35m ²	調査面積: 104m ²	
プラスチック	ボトルのキャップ、ふた	1			
	ボトル	飲料用(ペットボトル) < 1L	3	18	7
		その他のプラボトル < 1L		2	
		飲料用(ペットボトル) ≥ 1L		2	2
		その他のプラボトル類 ≥ 1L		2	
	ストロー	1			
	マドラー、フォーク、ナイフ、スプーン等				
	食品容器(ファーストフード、コップ、ランチボックス、それに類するもの)	1	5	10	
	ポリ袋(不透明、透明)	2	1	17	
	ライター				
	シリンジ、注射器				
	テープ(荷造りバンド、ビニールテープ)	4		4	
	シートや袋の破片	11		13	
	硬質プラスチック破片	5			
	ウレタン		1	3	
	菓子の包装	2		12	
	植木鉢の底			1	
	たばこの箱の包装			1	
	ボールペン			1	
	土嚢			1	
ボール		3	1		
その他	2	3	1		
合計		32	37	74	
発泡スチロール	コップ、食品包装	1	1		
	発泡スチロール製フロート、パイ				
	発泡スチロールの破片	1	20		
	発泡スチロール製包装材			1	
	その他				
合計		2	21	1	
ゴム	ゴム				
ガラス、陶器	ガラス、陶器				
金属	金属	5	2	1	
紙、ダンボール	紙、ダンボール		1		
天然繊維、革	天然繊維、革				
木(木材等)	木(木材等)				
電化製品、電子機器	電化製品、電子機器				
自然物	自然物				

4 まとめ

- ・ 採取した廃プラスチック類の汚れは、アルカリ洗浄により効果的に除去することができた。
- ・ FT-IR と熱分解-GC/MS を併用することにより、廃プラスチック類のデータを蓄積し、分解が進んだものの定性にも活用することができた。
- ・ 環境中の廃プラスチック類は、水質試料、底質試料とも他の自治体の調査結果に比べて概ね低い値（底質試料は海岸で採取した試料との比較）であった。
- ・ 今後、発生抑制対策を検討するため、モデル河川について廃プラスチック類の実態を更に調査する。

5 謝辞

本調査に際して、機器分析に関する操作研修や解析など御助言等をいただくとともに、機器利用に格別の御配慮をいただきました栃木県産業技術センターの皆様に深謝いたします。

6 参考文献

- 1) 池貝隆宏他、海岸漂着量の評価のためのマイクロプラスチック採取方法、全国環境研会誌、42(4)、54-59、2017.
- 2) 環境省、地方公共団体向け漂着ごみ組成調査ガイドライン、2019.
- 3) 埼玉県環境部水環境課、埼玉県内における河川マイクロプラスチックの状況、(<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0001/news/page/2019/0318-01.html>)、2020.
- 4) さいたま市環境局環境共生部環境対策課、公民学連携によるマイクロプラスチック問題への取組、(<https://www.city.saitama.jp/006/014/008/003/008/012/p071031.html>)、2020.
- 5) 池貝隆宏他、相模湾沿岸域のマイクロプラスチック漂着特性、神奈川県環境科学センター研究報告、41、1-10、2018.
- 6) 神奈川県環境科学センター調査研究部マイクロプラスチック研究チーム、相模湾漂着マイクロプラスチック(MP)の実態とその由来の推定<中間報告書>、2019.