

【報文】利根川における河川水中マイクロプラスチックの調査

宇野悠介 田子博 梅澤真一*

Survey of River Surface Microplastics in Tone River

Yusuke UNO, Hiroshi TAGO, Shinichi UMEZAWA*

新たな環境問題として、近年、世界中で関心を集めているマイクロプラスチック（MP）について、群馬県における実態を把握するために、利根川の3地点（上流・中流・下流）で夏季と冬季に調査を行った。その結果、全ての調査においてMPが検出され、群馬県内にも一定程度のMPが存在することが確認された。また、上流から下流に向かうにつれてMP数密度（1 m³あたりのMPの数）が増大する傾向があることや、夏季の方が冬季よりもMP数密度が高くなる傾向があることが確認された。

キーワード：マイクロプラスチック microplastics, 利根川 Tone River, 数密度 number density, 季節変化 seasonal change, 堰 weir

1.はじめに

近年、海洋プラスチックごみ問題が大きく取り上げられる中で、特に5 mm未満の微細なプラスチックを指すマイクロプラスチック（以下「MP」という。）が世界中で関心を集めている。海洋ごみの概ね60~80%はプラスチックであり（Derraik, 2002）、それらの多くは陸上で発生し、河川を経由して海洋に流出すると考えられる（Jambeck et al., 2015, Lebreton et al., 2017）。その過程または海洋到達後に、プラスチックが物理的な破壊や紫外線による劣化などで細分化し、5 mm未満の大きさになったものがMP（二次MP）である。一方で、プラスチックの成形原料であるペレットや洗顔料に含まれるマイクロビーズのように、元々5 mm未満の大きさで製造されたものを一次MPと呼ぶ。環境中に流れ出た一次MPも、河川を経由して最終的には海洋へと運ばれると考えられる。

また、海洋中のMPには、製造時に添加、あるいは海洋漂流中に吸着された化学物質が含まれている場合がある。海洋生物によるMPの摂食事例（Browne et al., 2008, Watts et al., 2014）や、プラスチック由来の化学物質が生体内に移

行した事例（Tanaka et al., 2013）は既に報告されていることから、食物連鎖を通じて化学物質が濃縮されることで、将来的に人間を含む生態系全体に影響を及ぼすことが懸念されている（Nava et al., 2021）。

群馬県においても、2019年の「ぐんま5つのゼロ宣言」で「プラスチックごみゼロ」が掲げられ、2022年には海岸漂着物処理推進法に基づく群馬県海岸漂着物対策推進地域計画が策定されるなど、MPを含むプラスチックごみの削減に向けた動きが高まっている。これに関連して、今回、群馬県内のMPの実態把握を目的とした、利根川の河川水中のMPに関する調査を行ったので、その結果を報告する。

2.方法

2.1.調査地点及び調査時期

調査地点は、利根川の上流・中流・下流区間から1地点ずつ、計3地点を選定した（図1）。

上流区間の月夜野橋（利根郡みなかみ町）は、JR後閑駅の北西約500 mにあり、周辺には住宅や店舗が、上流には複数の温泉施設や宿泊施設が存在している。中流区間の利根橋（前橋市）は、群馬県庁舎の南側約800 m、市街地の中心

* 環境保全課

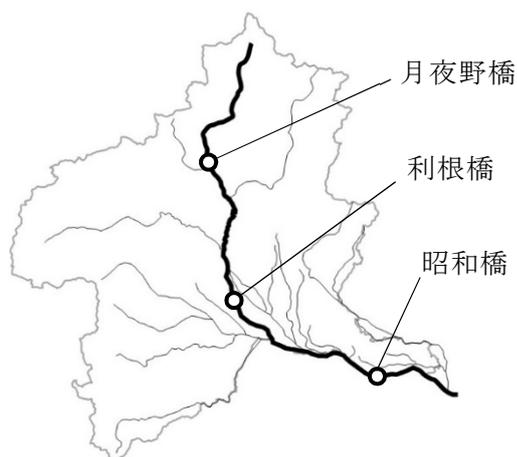


図 1 調査地点

部にある。下流区間の昭和橋（邑楽郡明和町）は、埼玉県との県境にあり、周辺には農地や住宅が多く、数 km 圏内には大規模な工場やショッピングモールなどが見られる。利根橋～昭和橋間では多くの都市河川が合流しており、また、昭和橋の上流約 3.5 km のところには、利根川の水を取水し、埼玉県や東京都へと供給するための利根大堰が存在している。

調査は、夏季（8～9 月）と冬季（12 月）にそれぞれ 1 回ずつ行った。なお、いずれの調査日も、調査日前 5 日間程度はまとまった雨や雪が降らなかった日を選定した。

2.2. 調査方法

令和 3 年 6 月に環境省から公開された河川マイクロプラスチック調査ガイドライン（以下「ガイドライン」という。）を参考に行った。

2.2.1. 試料採取

試料の採取には、目開き 0.3 mm (300 μm)、口径 30 cm、側長 75 cm のプランクトンネット（株離合社）を用いた。開口部全体が浸水するようにネットを沈め、自然通水によって河川水を一定時間ろ過し、その間にネットに捕集された固形物を試料とした。ろ水時間は、事前に計測した流速をもとに、ろ水量が 13～14 m³程度となるように地点ごとに設定した。各地点におけるろ水量を表 1 に示す。なお、最初に調査を行った夏季の昭和橋のみ、10 m³となるようにろ水時間を設定していたため、他の地点と比較してろ水量が少ないが、結果を考察する上では影響が生じない程度の差であると考えている。

表 1 採取概要

調査地点	採取日	採取位置	ろ水量(m ³)
月夜野橋	2021/9/16	流心	13.2
	2021/12/23	流心	12.7
利根橋	2021/9/16	右岸	13.2
	2021/12/23	右岸	13.1
昭和橋	2021/8/26	左岸	8.9
	2021/12/27	左岸	12.7

また、いずれの地点でも水深が 50 cm 以上ある場所を採取地点とし、月夜野橋では橋上からロープでネットを吊り下げて、利根橋及び昭和橋では河川内に直接立ち入って採取を行った。

採取後、河川水を別にろ過して用意した洗いでネットを洗い、試料をネット下部に集めた後、取り出し口から目開き 0.1 mm のナイロンメッシュに取り出し、メッシュごとガラス瓶に入れて持ち帰った。

2.2.2. 前処理

採取した試料には植物片や土砂等の夾雑物が含まれており、そのままでは MP の観察が困難だったため、夾雑物を除去するための前処理を行った。

まず、植物片等の有機物を分解するために、30%過酸化水素溶液による酸化処理を施した。持ち帰った試料を 1 L のビーカーに移し、過酸化水素溶液を加えて、55℃の恒温槽で 3 日間程度静置した。反応を促進するために時々ビーカーを振り混ぜるとともに、活性が低くなった場合は適量の過酸化水素溶液を追加した。

次に、土粒子等の無機物を除去するために、5.3M ヨウ化ナトリウム溶液（比重 1.5）による比重分離を施した。酸化処理後の試料を目開き 0.1 mm のナイロンメッシュでろ過し、別のビーカーに移した後、ヨウ化ナトリウム溶液を加えて分離装置（図 2）に移した。3 時間程度静置した後、上層を回収して試料とした。なお、下層も別に回収して目視で観察し、プラスチック様の粒子があればピンセットで取り出して上層と合わせて試料とした。



図2 比重分離装置

2.2.3.MP 候補粒子の分取と同定

前処理後の試料をシャーレに移し、実体顕微鏡で観察しながらプラスチック様の粒子をピンセットで別のシャーレに分取した。分取したMP 候補粒子の画像データをPCに取り込み、粒子の長径、形状、色を記録した後、フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR、(株)島津製作所) を用いて粒子の材質を同定した。

3.結果と考察

3.1.調査結果 (長径別)

今回、調査を行った全ての地点でMP が検出された。各地点で検出されたMP を1 mm 間隔の長径別に分類した結果を図3に示す。元々検出数が少なかった月夜野橋は別として、全体として長径が短いほど検出数が多くなる傾向が見られた。しかし、1 mm 未満と1~2 mm を比較すると、利根橋ではほぼ同等、昭和橋では1 mm 未満の方が明らかに少ない結果となった。この理由として、①目開き0.3 mm のネットで採取しているため、0.3 mm 未満の粒子がほとんど捕集されないこと、②MP 候補粒子を分取する際、1 mm 未満の微細な粒子を漏れなく分

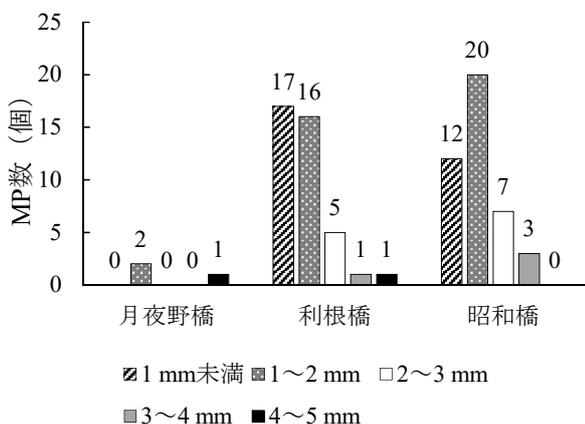


図3 長径別のMP数

取するのが非常に困難であること等が考えられる。ガイドラインにおいても、「目開き0.3 mm 程度のネットによる採取方法を用いていることから、1 mm 未満のマイクロプラスチックに関する測定値等は参考値とする」とされていることから、以降では、ガイドラインに従い、1 mm 未満の測定値は参考値とし、考察には用いないこととする。

3.2.調査結果 (MP 数密度)

各地点におけるMP 数密度 (検出されたMP 数をろ水量で除した値) を図4に示す。調査全体では0.1~1.8 個/m³となり、調査条件が異なるため単純に比較することはできないが、神奈川県 (0.064~8.9 個/m³) や栃木県 (0.08~1.54 個/m³) が行った調査と同程度の結果が得られた。

図4から、夏季冬季ともに、上流から下流に向かうにつれてMP 数密度が増加する傾向が見られた。この理由として、①風雨等により、河川敷を含む陸上からMP が河川に直接流入したこと、②河川を流れるプラごみ等が流下中に細分化され、新たなMP が発生したこと、③利根川本川よりMP 数密度の高い支川が合流したこと等が考えられる。

また、夏季と冬季のMP 数密度を比較すると、全ての調査地点で夏季>冬季となっており、工藤ら (2018) の報告と同様に、MP 濃度の季節変化が生じたことが示唆された。なお、利根川の過去の水質調査の結果から、BOD 等の汚染指標は河川水量の少ない冬季に高くなる傾向があるが、MP 数密度については夏季の方が高い傾向を示した。今回の調査結果だけでは結論付

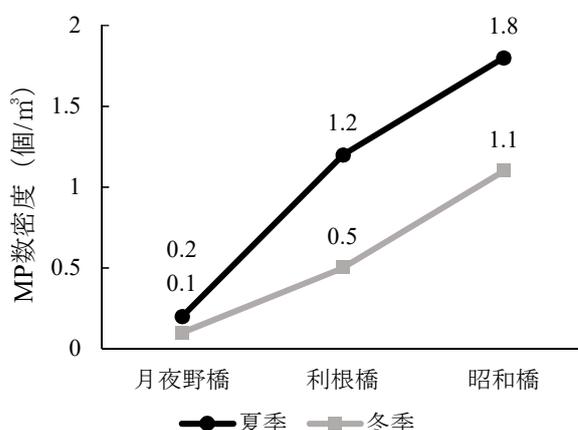


図4 各地点におけるMP数密度

けることはできないが、夏季の台風や大雨による河川敷等からの MP 流入量増加の方が、冬季の河川水量の減少よりも MP 数密度に強く影響を与えると考えられる。

3.3. 調査結果（種類別）

利根橋及び昭和橋で検出された MP をプラスチックの種類別に分類した結果を図 5 に示す。なお、月夜野橋では、夏季冬季合わせて PE（ポリエチレン）、PP（ポリプロピレン）及び PS（ポリスチレン）が 1 個ずつ検出されたただけだったため、図には載せていない。いずれの地点でも、PE、PP、PS、PET（ポリエチレンテレフタレート）など、日常でよく目にするプラスチックが大半を占めていた。また、利根橋では夏季冬季ともに PE が最も多く検出された一方で、昭和橋では PP が最も多く検出された。この傾向は夏季と冬季で同様に見られることから、利根橋～昭和橋の区間で、大量の PP が継続的に利根川に負荷されている可能性がある。

次に、利根橋及び昭和橋で検出された MP の詳細な種類とその比重を表 2 に示す。利根橋では多様な種類の MP が検出され、比重が 1 未満の MP の割合は 7 割程度であった。一方で、昭和橋では PE、PP、PET、EVA（エチレン酢酸ビニル）の 4 種類のみ検出され、比重が 1 未満の MP の割合は 9 割程度と、利根橋より高い値を示した。この理由として、昭和橋の上流約 3.5 km にある利根大堰が影響していることが考えられる。今回の調査結果だけでは判断することはできないが、

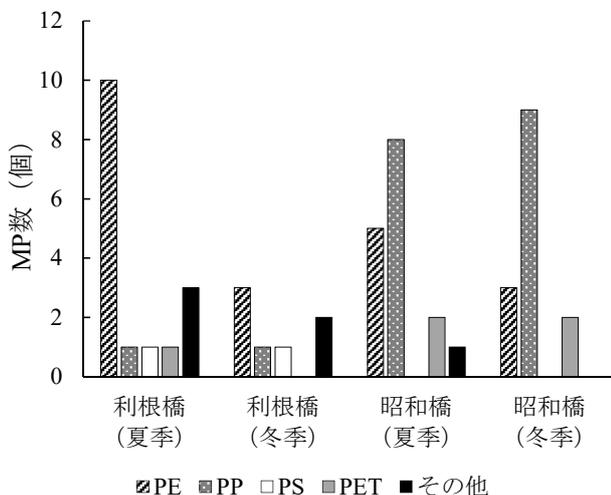


図 5 種類別の MP 数

表 2 利根橋及び昭和橋の MP の詳細

MP の種類	MP 数 (個)		比重
	利根橋	昭和橋	
PE	13	8	0.91~0.97
PP	2	17	0.90~0.91
PS	2	—	1.03~1.09
PET	1	4	1.29~1.40
ABS 樹脂	1	—	1.01~1.20
塩化ビニル・酢酸ビニル共重合体	1	—	1.25~1.32
メチルビニルエーテル・無水マレイン酸共重合体	1	—	不明
PVC	1	—	1.16~1.58
ナイロン	1	—	1.01~1.15
EVA	—	1	0.92~0.94

Wicaksono ら (2020) が報告したとおり、堰の上流側で MP が滞留し、比重の大きな MP が沈降した可能性がある。群馬県内の MP の正確な実態を把握するためにも、今後、利根川の MP 調査を行う際は、利根大堰の影響を受けない上流側での調査を検討する必要がある。

3.4. 調査結果（形状別）

各地点で検出された MP を形状別に分類した結果を図 6 に示す。最も多く検出されたのは破片であり、続いて、繊維状、膜・シート状が多く見られた。一方で、ビーズや円柱・球のように、一次

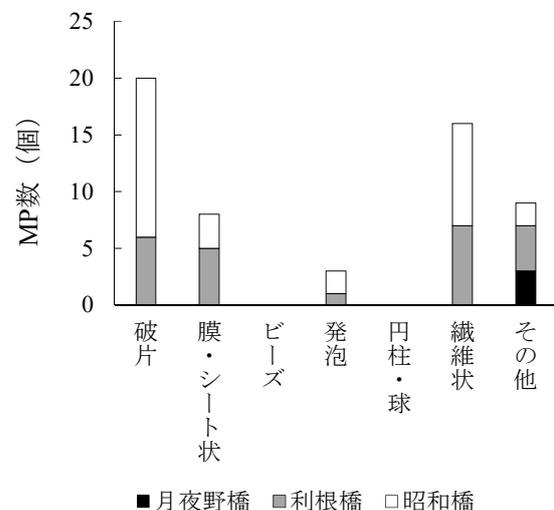


図 6 形状別の MP 数

MP に多いと予想される形状のものについては、今回の調査では確認されなかった。このことから、本県における MP 排出抑制対策としては、廃棄物適正処理の推進やプラスチック製品の使用量削減といった、特に二次 MP を対象とした施策がより有効であることが推察される。

3.5.調査結果（色別）

各地点で検出された MP を色別に分類した結果を図 7 に示す。最も多く検出されたのは透明と黒であり、次いで白が多かった。黒い粒子の形状は破片と繊維状が半々であり、利根橋で多く見られた。透明の粒子には繊維状と膜・シート状が多く、繊維状は昭和橋で、膜・シート状は利根橋で多く見られた。白い粒子には破片以外に発泡のものが多く、ほとんどが昭和橋で検出された。以上のように、明確な傾向とまでは言えないものの、形状と色の組み合わせと調査地点との間に一定の関係性が見られることから、継続調査によってデータを蓄積していくことで、排出源の特定に繋がる情報が得られることが期待される。

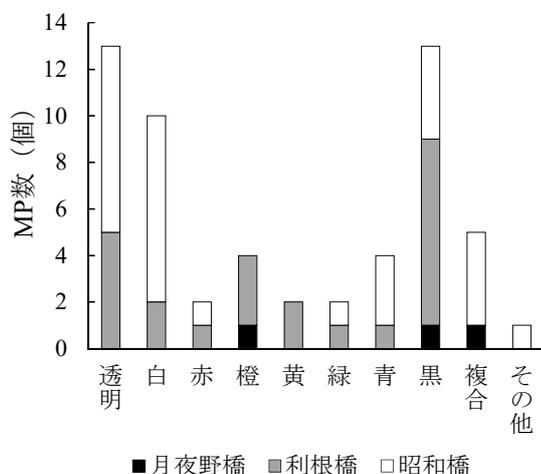


図 7 色別の MP 数

4.まとめ

利根川を流れる MP について調査を行った結果、下流に向かうにつれて MP 数密度が増大する傾向や、夏季の方が冬季よりも MP 数密度が高くなる傾向が確認された。しかし、単年度の調査だけではこれらの傾向が確実なものであるかを判断することは難しく、県内における MP の実態を明らかにできたとまではいえない。したがって、今後も調査を継続し、データを蓄積していく必要がある。

また、今回の調査によって、利根大堰の上流側で比重の大きな MP が沈降し、昭和橋での調査結果がその影響を受けた可能性があることが確認された。よって、次回の調査では、利根大堰の上流側で新たな調査地点を選定するとともに、昭和橋での調査も併行して実施し、その影響を確認することとする。

謝辞

本調査を行うにあたって採取器具をご提供いただきました国立環境研究所の関係者の皆様、FT-IR 測定にご協力いただきました群馬工業高等専門学校の関係者の皆様に感謝申し上げます。

文献

- Browne, Mark A., Awantha Dissanayake, Tamara S. Galloway, David M. Lowe, and Richard C. Thompson. 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis*(L.). *Environmental Science and Technology*, **42**(13): 5026-5031.
- Derraik, Jose G. B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, **44**: 842-852.
- Jambeck, Jenna R., Roland Geyer, Chris Wilcox, Theodore R. Siegler, Miriam Perryman, Anthony Andrady, Ramani Narayan, and Kara L. Law. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, **347**: 768-771.
- 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. 2019. 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> その1 漂着実態把握と吸着化学物質の測定. <https://www.pref.kanagawa.jp/documents/3464/2mprep20191.pdf> (最終閲覧 2022 年 8 月)
- 工藤功貴、片岡智哉、二瓶泰雄、北浦郁弥. 2018. 平常時・出水時河川のマイクロプラスチック濃度の時間変動特性と年間輸送量評価. *土木学会論文集 B1 (水工学)*, **74**(4): I_529-I_534.
- Lebreton, Laurent C. M., Joost van der Zwet, Jan-Willem Damsteeg, Boyan Slat, Anthony Andrady, and Julia Reisser. 2017. River plastic emissions to

- the world's oceans. *Nature Communications*, **8**: 15611.
- Nava, Veronica and Barbara Leoni. 2021. A critical review of interactions between microplastics, microalgae and aquatic ecosystem function. *Water Research*, **188**: 116476.
- Tanaka, Kosuke, Hideshige Takada, Rei Yamashita, Kaoruko Mizukawa, Masa-aki Fukuwaka, and Yutaka Watanuki. 2013. Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Marine Pollution Bulletin*, **69(1-2)**: 219-222.
- 栃木県保健環境センター化学部及び企画情報部. 2020. 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2報）. 栃木県保健環境センター年報, **26**: 54-63.
- Watts, Andrew J. R., Ceri Lewis, Rhys M. Goodhead, Stephen J. Beckett, Julian Moger, Charles R. Tyler, and Tamara Galloway. 2014. Uptake and retention of microplastics by the shore crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science and Technology*, **48(15)**: 8823-8830.
- Wicaksono, Ega A., Shinta Werorilangi, and Akbar Tahir. 2021. The influence of weirs on microplastic fate in the riverine environment (case study: Jeneberang River, Makassar City, Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **763**: 012054.