

河川のマイクロプラスチック (MP) 濃度鉛直分布の詳細観測と MP 上昇・沈降試験

東京理科大学大学院 学生会員 ○小林 俊介
東京理科大学 正会員 二瓶 泰雄, 片岡 智哉

1. 序論

近年, 5mm 以下の微細なプラスチック片 (マイクロプラスチック, MP) が海洋に流出し, 海洋生態系に物理的・化学的な悪影響を与えており, 海洋の MP 汚染は, グローバルな環境問題として認識されている. そのため, MP の発生源と考えられている陸域から河川を経由し, 海域へどのくらいの MP が流入しているかをモニタリングすることは急務となっている. 河川における MP モニタリングの事例に限られる中, Kataokaetal.¹⁾ は, 国内29河川36地点における MP 調査を行い, 河川の MP 汚染状況の特徴を明示している.

MP の比重は 1 より小さく, 河川水中にて浮遊しているものと考えられているため, 河川対象地点における MP 採取位置は, 流心部の表層とするのが一般的である. しかしながら, 横断面内で MP 濃度が一樣とは考えづらい. また, 海洋における MP 鉛直分布調査では, 水表面でピークとなり, 水深と共に指数関数的に減少する鉛直分布の存在が指摘されている²⁾. このことを念頭として, 著者らはこれまでに江戸川における MP 濃度の横断・鉛直分布観測に挑み, 詳細な横断分布構造は捉えたものの, 鉛直分布観測では水深方向に表層付近の 3 点でしか計測できておらず, 十分な観測データを取得できていない. また, MP は比重が 1 以下のもの (PE や PP) と 1 以上のもの (PS や PET 等) があり, 水中で浮くものと沈むものが混在する珍しい物質であるため, 水深が浅い河川では表層のみに濃度ピークが現れる MP 鉛直分布は不自然と考えられる.

そこで本研究では, 河川の MP 鉛直分布特性, 特に濃度ピークの出現位置を明らかにするために, 表層から底層にわたり 8 つの鉛直高さにおける MP 鉛直分布の詳細観測を実施した. また, 採取した MP の一部を用いて, 静水中における MP の上昇・沈降速度試験を実施すると共に, 比重の推定などを行った.

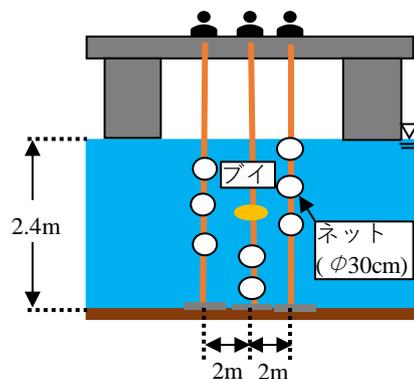


図-1 MP 鉛直分布観測の概要

2. 研究手法

(1) MP 鉛直分布詳細観測

MP の観測サイトは江戸川・野田橋とする. 8 つの高さにおける MP 鉛直分布を計測するために, 図-1 に示すように, 3 本のロープに計 8 個のプランクトンネット (口径 30cm, 目合い 0.35mm) を付けて水中に設置した. その際, 表層用 2 本にそれぞれ 3 個のネット, 計 6 個を水面から 0, 25, 50, 75, 100, 125cm を目標に設置し, ロープ先端に 20kg の重りを付けた. また, 底層用ロープには, 底面からの高さを概ね固定するためにブイを立ち上げてその下にネットを底面から 25, 75 cm を目標に設置した. 実際にはネット高さを厳密に固定できないため, ネット入り口にメモリ式小型水位計 (U-20, Onset 社製) を取り付けて, ネット高さを計測した. 同時に, ADCP (Workhorse1200kHz, Teledyne RDI 製) による流速鉛直分布, 多項目水質計 (Compact-STD, JFEアドバンテック(株)製) により濁度鉛直分布をそれぞれ測定した. 計測日は 2018/10/30 (水位: 3.79[Y.P.m]) と 11/29 (水位: 3.61[Y.P.m]) であり, いずれも平常時である. なお, その他の観測・分析方法は, 既報¹⁾ と同一である.

(2) MP 上昇・沈降試験方法

河川の MP 鉛直分布特性を考える上で, MP の上昇・沈降速度が必要となる. そのため, ビーカー (直径 18m,

キーワード: マイクロプラスチック (MP), 川ゴミ, 鉛直分布, 上昇速度, 沈降速度

連絡先: 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 5 号館 3 階水理研究室 Tel 04-7124-1501(内線 4069)

高さ28cm, 図省略)に水をため、沈降試験時にはMPを水面付近に置き、複数の基準高さを通る時刻を目視で計測した。同様に上昇試験時では、底面に固定された小ビーカー(直径3cm, 高さ4cm)内にピペット等を用いてMPを入れて蓋をし、流れを乱さないように注意しながらゆっくりと蓋を開けてMPを浮上させ、同様に目視計測した。上昇・沈降試験共に、各サンプル三回ずつ測定した。サンプルは10/30の表層と底層のMP候補物質であり、本試験後にサイズや材質判定を行った。

3. 結果と考察

(1) MP鉛直分布特性

図-2はMP数密度とMP質量濃度の鉛直分布を示す。ここでは、10/30の結果を表示している(以下も全て同一日の結果を採用)。これより、MP数密度は、最表層と最底層において濃度ピークが生じている。同様に、MP質量濃度に関しても、最表層と底層(底面から25cm)においてピークとなっている。これより、比重が1より軽いものと重いものが混在するMPは上昇・沈降するため、水表面付近と底面付近でピークを持つ濃度分布となることが実証された。この鉛直分布特性を理解するために、MPの材質割合の鉛直分布を図-3に示す。これより、比重が1より小さいPE(ポリエチレン)やPP(ポリプロピレン)は全層に存在し、特に、底層付近の3層ではPE+PPの割合は相対的に高くなっている。これより、プラスチック本来の比重による分級効果は有意ではない。

(2) 静水中におけるMPの上昇・沈降速度

MP上昇・沈降試験により得られたMPの上昇・沈降速度とMPの等価直径(平面面積より換算)の相関図を図-4に示す。ここでは、MPの材質によりマークを変えて表示している。これより、同一サイズでも、MPの上昇速度よりも沈降速度の方が数倍も大きいことが分かる。また、上昇速度はMPサイズに対する傾向は見られないが、沈降速度はサイズと共に増加している様子が分かる。これらの点を考察するために、ストークスの沈降速度式からMPの比重を推定した結果を図-5に示す。ここでは、MPの材質別に整理し、各材質の標準的な比重も示す。これより、上昇したPEやPPの比重推定値は0.93~0.99と1未満となり、また、標準値よりも若干大きい。沈降したother(PE, PP, PS以外)の比重は1.03~1.25となり、標準値内に入る。

以上より、MPの水中比重(=比重-1)の絶対値は、上昇したMPよりも沈降したMPの方が大きく、これが上昇速度と沈降速度の差を引き起こしている。このような上昇・沈降速度差は、底層の方が表層よりも濃度ピークが大きくなる可能性を示唆しており、実際、11/29の観測値では、表層<底層となった。

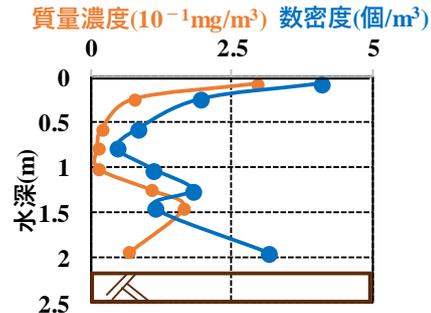


図-2 MP数密度・質量濃度の鉛直分布(10/30)

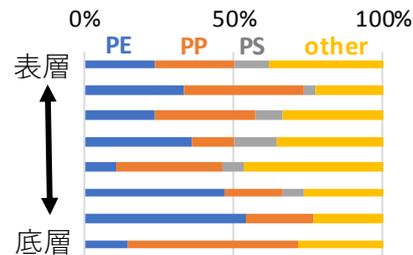


図-3 MP個数の材質割合の鉛直分布(10/30)

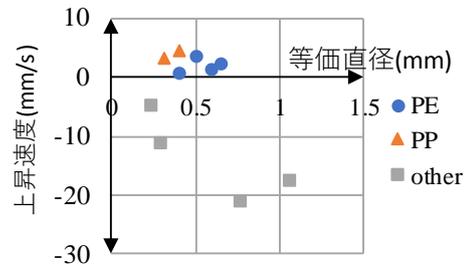


図-4 MPの上昇・沈降速度とサイズ(等価直径)の相関図

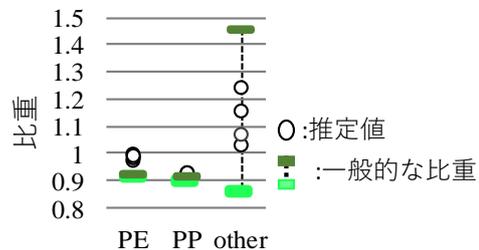


図-5 上昇・沈降試験に基づく材質別のMP比重の推定結果

4. まとめ

本研究では江戸川野田橋において8点の高さの観測により河川におけるMP鉛直分布の把握を試みた。MP濃度鉛直分布は河川の表層及び底層においてピークが存在し、河川中をMPが比重により浮遊、沈降していることが明らかになった。またMPの上昇、沈降試験により、MPの沈降速度が上昇速度より大きく、これはMPの水中の比重が大きさが要因であることが分かった。

参考文献

- 1) Kataoka et al., Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan, *Environmental Pollution*, Vol.244, 2019.
- 2) Reisser et al., The vertical distribution of buoyant plastics at sea: an observational study in the North Atlantic Gyre, *Biogeosciences*, Vol.12, 2015.