

江戸川におけるマイクロプラスチック濃度の横断・鉛直分布特性と MP 輸送量評価

東京理科大学 正会員 ○片岡 智哉
 元東京理科大学 非会員 北浦 郁弥
 東京理科大学 正会員 二瓶 泰雄
 元東京理科大学 学生会員 工藤 功貴

1. 目的

マイクロプラスチック (Microplastic; 以下, MP) と呼称される 0.3-5 mm の大きさをもつプラスチック¹⁾は、海洋中における有害な化学物質の輸送媒体と認知され、海洋生物の体内に取り込まれることで将来的に海洋生態系の食物連鎖に悪影響を及ぼす汚染因子として危惧されている²⁾。これら MP の海洋への流出過程において河川における MP の時空間的な輸送特性の解明が重要であるが、研究例が少ない。最近、工藤ら³⁾は、江戸川で出水時における MP 濃度の時間変動特性を調べ、MP 輸送量 (単位時間あたりに輸送される個数や質量) が河川流量に応じて時間的に大きく変動することを示した。しかしながら、工藤ら³⁾の MP 輸送量評価は、表層 1 点もしくは数点の調査結果のみであり、MP の河川横断面における横断・鉛直分布を考慮しておらず、MP 輸送量の精緻な評価には至っていない。本研究では、河川横断面における MP 濃度の横断・鉛直分布を計測し、MP 輸送量評価への影響を明らかにする。

2. 研究手法

(1) MP 採取方法

観測サイトは東京湾に注ぐ江戸川・野田橋 (河口から 39km, 図-1) である。野田橋は複断面河道であり、低水路幅は約 90m, 堤間幅は約 400m である。観測は平常時を対象とし、横断分布観測を 3 回 (2017/5/31, 7/26, 9/15) と鉛直分布観測を 1 回 (2017/6/22) 実施した。横断・鉛直観測共に MP 採取には、口径 30cm, 目合い 0.35mm のプランクトンネット (No.5512-C 簡易プランクトンネット, 離合社製) を用い、これらのネットを橋上から垂らし、河川内に 300 秒間放置した。横断分布観測では水表面の 8 点、鉛直分布観測で流心 ($x=40\text{m}$) にて 5 層で MP を同時採取した (図-2)。ネットに取り付けた濾水計 (2030R6, GENERAL OCEANS 製) で、ネットを通過した水量 (以下、濾水量) を計測した。また、MP 採取と同時に、超音波ドップラー流速計 (ADCP, Teledyne, RDI 製) を用いて流速分布も実施した。

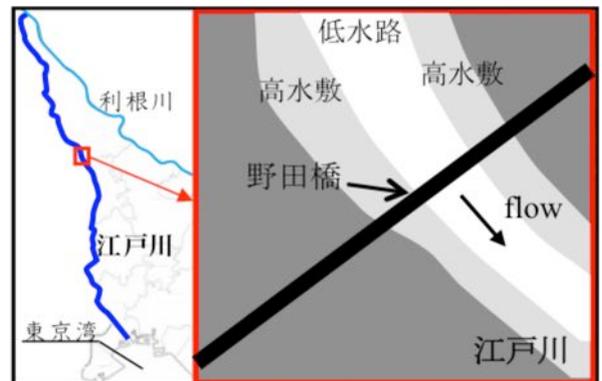


図-1 観測サイト

(2) MP 分析手法

ネットに採取された試料を 60°C 設定にした恒温器 (Fine, 東京硝子器械(株)製) で乾燥させ、試料から MP 候補物を抽出した。ウルトラマイクロ天秤 (XPR2UV, METTLER TOLEDO 製) で質量を計測し、CCD カメラ (HDCE-20C, AS ONE 製) 付電子顕微鏡 (SZX7, Olympus 製) サイズ計測を行った。最後にフーリエ変換赤外分光光度計 (IRAffinity-1S, 株式会社島津製作所 製) により、MP の同定及び材質判定を行った。

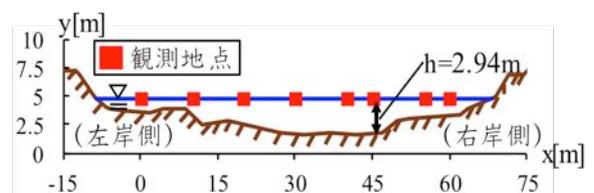


図-2 横断面内の観測位置 (2017/7/26)

キーワード マイクロプラスチック, 鉛直分布, 横断分布, 輸送量, 江戸川

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科 TEL: 04-7124-1501 (4072)

3. 結果と考察

(1) 江戸川の MP 濃度横断・鉛直分布特性

単位濾水量当たりの MP 個数 (以下, MP 数密度) は, 水深が深くなるにつれて指数関数的に減少していた (図-3). ここでは, 浮遊砂量の評価式の一つである Lane-Kalinske の式に基づき, MP 濃度の鉛直一次元拡散方程式を次式でモデル化した.

$$\frac{C_N(y)}{C_N(0)} = \exp\left(6Z \frac{-y}{h}\right) \quad (1)$$

$$Z = \frac{w_{MP}}{\kappa u_*} \quad (2)$$

$$u_* = \sqrt{gn^2/h^{1/3} \bar{U}} \quad (3)$$

ここで, y は水深 [m], $C_N(y)$ は水深 y における MP 数密度 [個/m³], h は最大水深 [m], w_{MP} は MP の上昇速度 [m/s], κ はカルマン定数 (= 0.4), u_* は摩擦速度 [m/s], g は重力加速度 [m/s²], n はマンニングの粗度係数 [m^{-1/3} s], \bar{U} は水深方向平均流速 [m/s] である. MP 数密度の鉛直分布及び ADCP で計測した流速データを用いて w_{MP} を決定した.

一方, MP 数密度は, 河川横断方向において両岸で高く, 流芯付近で極小値をとるように分布し (図-4(a)), 水深平均流速と逆相関の関係にあった (図-4(b)). 流速が大きな流芯付近では MP が鉛直混合するため, 相対的に水表面における MP 数密度が小さくなったと推察される.

(2) MP 輸送量評価における横断・鉛直分布の影響

MP 濃度の横断・鉛直分布による MP 輸送量評価への影響を調べるため, MP 横断分布計測結果に基づき, 3つのケース (表層1点, 表層3点, 鉛直平均) で MP 輸送量を評価・比較した (図-5). 表層1点 (表層3点) のケース

では, 横断方向 8 点の内, 任意 1 点での MP 数密度 (任意 3 点での MP 数密度の平均値) を, 鉛直平均のケースでは, 任意 1 点での MP 数密度 ($C_N(0)$ に相当) から式(1)で計算した鉛直平均値を用い, それらに河川流量を乗じて MP 輸送量を評価した. また, 各点での MP 数密度から式(1)で計算した鉛直分布と ADCP 計測の流速分布の積を河川横断面で面積分することで計算した MP 輸送量を真値 (図-5 中の赤破線) として各ケースの MP 輸送量と比較した. 表層1点及び3点のケースでは, MP 数密度が水深方向に指数関数的に減少する鉛直分布 (図-3) を考慮できていないため, 軒並み過大評価された. 一方, 鉛直平均のケースでは, 横断方向における採取点の選択により誤差が生じることがあるが, MP 輸送量の評価誤差が相対的に小さい. このことから, MP 輸送量評価において MP 鉛直分布を考慮することが重要であることが示唆された.

4. 結論

江戸川・野田橋において MP 濃度の横断・鉛直分布を計測し, MP 輸送量評価への影響を把握した. その結果, MP 濃度の横断分布と比較して鉛直分布を考慮することが重要であることが示唆された.

参考文献

1) Kershaw and Rochman, 2016. Report Study 93, 216p, 2) Thompson et al., 2004. Science 304, 3) 工藤ら 2018. 土木学会論文集 B1(水工学) 74(4), I_529-I-534.

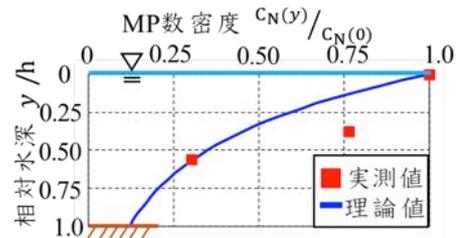


図-3 鉛直分布観測結果

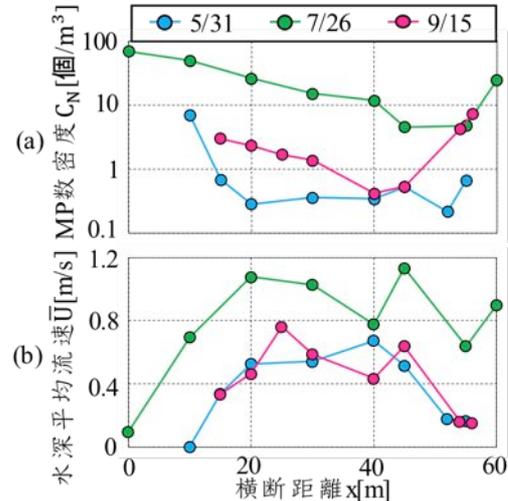


図-4 MP 数密度(a)と水深平均流速(b)の横断分布

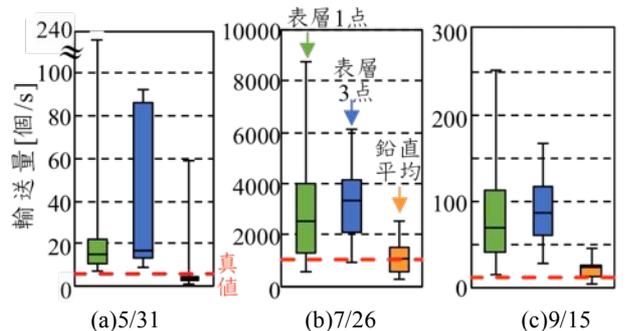


図-5 MP 輸送量の比較