

河川におけるマイクロプラスチック輸送量評価に向けて

東京理科大学工学部土木工学科 助教 ○片岡 智哉
東京理科大学工学部土木工学科 教授 二瓶 泰雄
東京理科大学工学研究科土木工学専攻 修士1年 小林 俊介

1. はじめに

海洋におけるプラスチックごみの環境汚染は、5mm以下のマイクロプラスチック（MP）の発生により深刻化する。筆者らは、全国各地の河川のMP汚染状況を調査し、9割の調査河川でMPが発見され、人為的影響により水質が悪化している河川でMP汚染が進行していることを指摘した¹⁾。これは陸域でMPが発生していることを有意に示唆している。日本近海は世界の海洋における平均MP濃度の27倍であることが指摘されており²⁾、我が国の陸域から海域へのMP輸送量の評価が急務である。これまで筆者らは、全国河川から海域へのMP輸送量評価を最終目標に据えて、河川におけるMP濃度の①横断面分布調査、②出水時調査、③全国河川調査を実施してきた。そこで、本講演では、これらの結果について紹介するとともに、MP輸送量の評価のための課題点について述べる。

2. 研究手法

(1)横断面分布調査の概要：観測サイトは、東京湾に注ぐ江戸川・野田橋である。観測は平常時を対象とし、横断分布観測を3回（2017/5/31, 2017/7/26, 2017/9/15）と鉛直分布観測を2回（2018/10/30, 2018/11/29）実施した。横断分布観測では水表面の8点、鉛直分布観測で流心にて8層でMPを採取した。

(2)出水時調査の概要：観測サイトは江戸川・野田橋であり、2017/9/17-18と2017/10/23-25の2回実施した。いずれの出水時も流芯の水表面においてMP濃度を計測した。1回目の出水観測は最大流量が674m³/sであり、2回目のそれは1107m³/sであり、1回目比べて2回目の出水規模が大きかった。

(3)全国河川調査の概要：国内29河川36地点を対象に、平常時に水表面のMP濃度を計測した。計測したMP濃度を観測点から上流域の流域特性（流域面積、人口密度、市街地率、農地率）や観測点近傍の水質（pH, BOD, SS, DO, TN, TP）と比較して国内河川におけるMP汚染実態を把握した。

(4)MP採取方法：いずれの調査も共通して口径30cm、目合い0.335mm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）を用いてMPを採取してきた。このネットを橋上から垂らし、河川水表面に一定時間静置した。ネット開口部にはデジタル濾水計（2030R6, GENERAL OCEANS 製）を取り付け、静置時間にネットを通過した水量（以下、濾水量）を計測した。ネットの水表面での静置時間は、5分間を基本として流況に応じて調整し、流速が早い出水時は3分間、流速が遅い時は10分間静置した。なお、自然通水のため、流況に応じて変動するが、平均ろ水量は15m³であり、十分なる水量を確保できていることを確認した。横断面分布調査では、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。また、出水時調査では、MP濃度と濁度との関係を見るために、多項目水質計（Compact-CTD, JFEアドバンテック社製）を用いて濁度を測定した。

(5)MP分析方法：採取されたサンプルを実験室に持ち帰り、目合い0.1mmのフィルターで濾過し、フィルターの上に残った試料を乾燥させる。乾燥試料からMPの候補物質を目視で抽出し、ウルトラマイクロ天秤（XPR2UV, METTLER TOLEDO 製）を用いて質量計測し、CCDカメラ（HDCE-20C, ASONE 製）付電子顕微鏡（SZX7, Olympus 製）によるサイズ計測を行った。そして、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）を用いて、MP同定及び材質測定を行った。同定されたMP個数とMP質量を採取時に計測したろ水量で除すことで、単位水量あたりのMP個数（MP数密度、単位：個/m³）とMP質量（MP質量濃度、

キーワード マイクロプラスチック、濃度、横断面分布、流域特性、水質、輸送量

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

単位：mg/m³) を評価した。

3. 結果と考察

(1) **横断面分布調査**：2018/10/30 及び 2018/11/29 に江戸川野田橋で計測した MP 数密度の鉛直分布を図-1 に示す。水表面と河床の近傍で MP 数密度が高い。10/30 は両者が同オーダーであるが、11/29 は水表面に比べて河床の MP 数密度が 1 オーダー高い。ここでは示さないが、MP 質量濃度も水表面と河床の近傍で高く、MP 数密度と類似した鉛直分布となっていた。水表面から河床までの MP の材質割合の鉛直分布を調べると、水表面は比重が 1 以下の材質（ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)）及びポリスチレン (PS) の割合が高く、河床は比重が 1 以上の材質の割合が高かった。このことは、河川内の鉛直混合下であっても比重が 1 より大きな MP が底面に堆積していることが示唆され、MP 輸送量を評価する上で、河床における MP 濃度を調べることの重要性を指摘する。

(2) **出水時調査**：MP 濃度 C と流量 Q の相関関係を図-2 に示す。流量が大きくなると、MP 濃度のばらつきが大きくなるが、MP 濃度が流量に依存して増加する正の関係があった。そこで、汚濁物質の輸送特性と同様に、次式で近似した。

$$C = aQ^b \quad (1)$$

ここで、係数 a 及び b は最小二乗法で決定し、得られた結果を図-2 の上部に示す。MP 数密度と MP 質量濃度のいずれも統計学的に有意な関係が得られた。特に、近似式の傾きに相当する係数 b が同オーダーであることは興味深い。MP の比重や大きさの違いにより MP 数密度と MP 質量濃度にばらつきが生じるが、両者が同様の割合で流量に依存して増加することを示唆する。なお、図-2 は水表面における MP 濃度のため、今後上記(1)の鉛直分布を考慮して河川での MP 輸送量を評価していく予定である。

(3) **全国河川調査**：全国 29 河川 36 観測点で計測した MP 濃度と観測点から上流域の市街地率を比較したところ、両者に統計学的に有意な相関関係があった (図-3)。同様に人口密度とも比較しても有意な関係が得られ、人口が集中する市街地を流下する河川で MP 濃度が高いことが明らかとなった。また、MP 観測点近傍の水質観測所の水質階級別の平均 MP 濃度を算出したところ、MP 濃度が清涼な河川 (階級 AA) で低く、汚濁河川 (階級 D) で有意に高かった (図-4)。これは、汚濁河川で MP 汚染が進行していることを示唆する。今後、更に観測点数を増やしてこれらの流域特性から MP 濃度の違いを考慮して日本全国河川から海域への MP 輸送量の評価を試みる予定である。

参考文献 1) Kataoka et al., *Environmental Pollution*, Vol.244, pp.958-965, 2019., 2) Isobe et al., *Marine Pollution Bulletin*, Vol.101(2), pp.618-623, 2015.

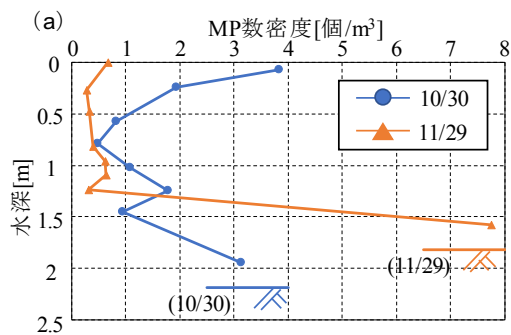


図-1 MP 数密度の鉛直分布

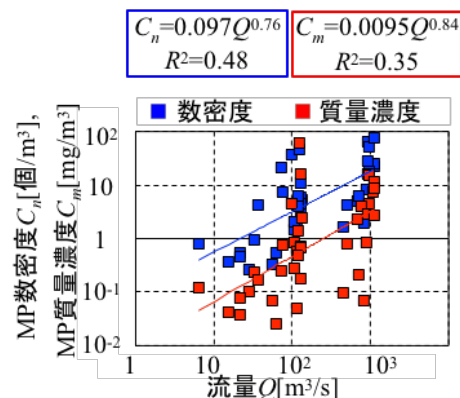


図-2 MP 濃度と流量の相関関係

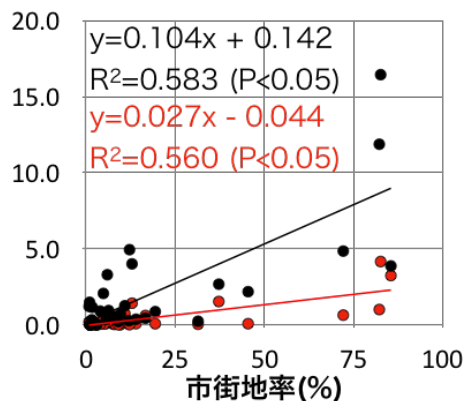


図-3 MP 数密度(黒)及び質量濃度(赤)と市街地率の相関関係

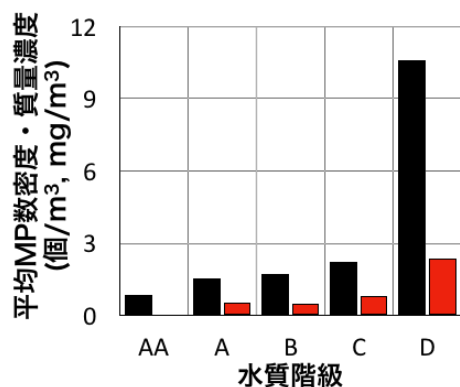


図-4 MP 濃度と水質階級の関係