国内河川におけるマイクロプラスチックの数密度分布特性

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻　学生員　○ 工藤　功貴
東京理科大学理工学部土木工学科　正会員　片岡　智哉
東京理科大学理工学部土木工学科　正会員　二瓶　泰雄
愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻環境建設工学コース　正会員　日向　博文

１．序論

現在世界中の海洋でマイクロプラスチック（microplastics，以下 MP）と呼ばれる直径 5mm 以下の微細なプラスチック片が発見されている．MP には，スクラブや合成繊維，レジンペレット等元から小さいプラスチックが流出した一次発生 MP[1)]，大きなプラスチックゴミが紫外線・温度変化により劣化し，環境中で破砕・微細化して生じる二次発生 MP[2)]がある．MP は海洋環境への影響が懸念され，海洋中の残留性有機汚染物質を吸着・運搬しうること[3)]や，汚染された MP を海洋生物が誤食することで生物の体組織に汚染物質が移行すること[4)]等が指摘されているため，海洋では盛んに研究が行われている．例えば，南・北太平洋，南・北大西洋，インド洋，地中海での集積量の平均値は 6.3 万個/km^2 である一方[5)]，日本近海では 172 万個/km^2 であることが報告され[6)]，日本は MP のホットスポットである可能性がある．しかし，空間分布が明らかになりつつある海洋に対し，河川での MP 調査は限定的[7)]で，MP 汚染の実態は不明であり，調査手法も未統一である．そこで著者らは，河川における MP 調査手法を検討し，日本全国の 18 河川で調査を行い，河川での MP 数密度は海洋より 1 オーダー小さく，河川毎に材質が異なり，サイズは 2mm 以下が主である事を明らかにした（工藤ら，2017[8)]，以下前報）．本論文では MP 数密度算定法の再検討・再計算を行い，新たに九州地方の一級河川で行った MP 調査の結果を加え，河川における MP の数密度，材質等の諸特性について改めて検討する．

２．MP 採取方法

(1) 観測サイト：前報に加え，新たに鹿児島県川内川，熊本県球磨川・緑川・白川・菊池川において MP 調査を行った（総計 23 河川，後述の**図２**）．対象河川は黒川，宮良川を除き流域に市街地を持つ．各河川における観測点として，河口に近く感潮域でない水位観測所付近の橋梁を選択している．また，本研究では平常時を対象として調査を行っている．新たに行った観測は 2016 年 9 月～2017 年 2 月に実施した．

(2) 観測手法： MP 採取のため，口径 30cm，目合い 0.1mm または 0.35mm のプランクトンネット（5512-C 簡易プランクトンネット，㈱離合社製）を河川の流心で橋上から下ろし，ネットを水表面に来るように固定した状態で所定の時間（5~30 分）設置する．その後，ネットを引き上げ，ネット内の付着物を水で洗い流し，採水容器に移す．また，ネットの開口部には，濾水計（5571B または 5572（低流速用羽），㈱離合社製）を取り付け，プロペラの回転数よりネット開口部における濾水量を算出する．ただし，流速が 0.3m/s 以下の際に濾水計の計測精度が悪化するため，電磁流速計（AEM1-D，JFE アドバンテック㈱製）または電波流速計（RYUKAN, 横河電子機器㈱製）も用いた．現地観測で採取したサンプル水は，飽和食塩水（比重 1.2）に投入し，水表面に浮遊した人工物を MP 候補物として取り分ける．それら候補物はサイズ測定の後，プラスチックであることを確認するため，フーリエ変換赤外分光高度計（Fourier Transform Infrared Spectroscopy，FTIR：「ALPHA」，Bruker 社製または「IRAffinity-1S」，島津製作所㈱製）を用いて赤外吸収スペクトルを取得し，既知の材質のスペクトルと比較することで材質同定を行った．白川に関しては候補物数が多かったため，全ての候補物の材質同定を行わず，1mm 毎のサイズ帯に分けた上でサイズ分布が変わらないようにランダムに 50 個を抽出し，材質同定を行った後，抽出した候補物中の MP の割合を全候補物数に乗じることで全 MP 数とした．以上により得られた MP 個数を，観測により得られた流速，設置時間，ネット断面積を乗じた濾水量で割ることにより，MP 数密度を算出した．

３．数密度算定方法の再検討

現地観測で測定した濾水計の回転速度からネット開口部における流速を得るため，**図 1** に示す相関式を用いた．**図 1** は幅 1m，長さ 20m，高さ 1.8m の矩形断面を持つ開水路において，濾水計と電磁流速計

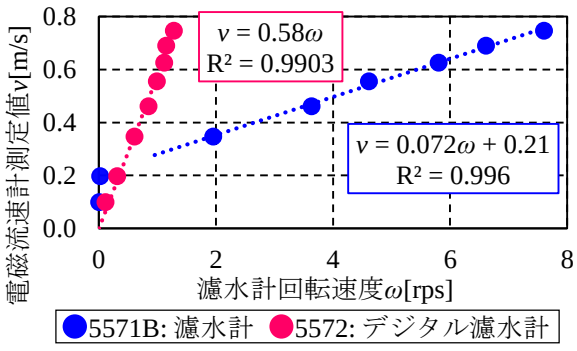

図 1　濾水計の回転速度と流速の相関

キーワード：マイクロプラスチック，川ゴミ，海ゴミ，汚染，数密度
連絡先：〒278-8510　千葉県野田市山崎 2641　Tel：04-7124-1501（内線 4069）　Fax：04-7123-9766

を設置し，徐々に流速を増加させながら水を流した際の濾水計回転速度と流速の相関関係を記したものである．前報 [8]ではネットに濾水計を取り付けた状態での濾水計回転速度とネット外部流速の関係を示したが，ネット目詰まりにより開口部の流速が減少しネット外部より小さくなった．そのため，今回はネットが無い状態で相関式を再度作成した．図中の相関式を用いて流速を再換算し，濾水計を適用した河川について数密度を再計算した所，前報 [8]までの数密度は 0.5 倍程度の過小評価であった．再算定後の数密度と新たな観測点の数密度をまとめて**図 2** に示す．ネットの目詰まりによるネット開口部の流速低下のため，ネット外部の流速を流入流速として考えると，流速の過大評価となる．

4．観測結果

(1) MP 数密度：これまでの全ての観測により得られた MP の数密度をまとめたものを**図 2** に示す．これより，MP 数密度は，最大 5.5 個/m^3，最小 0.017 個/m^3，中央値 0.22 個/m^3，平均値 0.63 個/m^3 である．最大値の白川では 2016 年熊本地震による土砂崩れの影響で大量に土砂が流入しており，MP 採取時にもネットに多量の土砂の流入が見られた．土砂にプラスチックが含まれている可能性も考えられるが，より詳しい調査が必要である．また，前報と比べ，平均値は約 2.7 倍，中央値は 1.8 倍となったが，オーダーは変化していない．

(2) 材質：全 MP の材質の割合を示したものを**図 3** に示す．日本近海での調査結果 [9]では全体の約 3 割の発泡スチロール片が発見されているのに対し，河川での PS の割合は 6%と小さい．これより，河川から流入する MP は PE・PP が卓越し，PS は海洋において多く微細化している事が示唆された．

(3) サイズ：これまでに採取した MP のサイズを分析時に撮影した写真より詳細に測定し直し，0.1mm 毎の積算個数でまとめたものを**図 4** に示す．サイズ分布は 1mm 程度をピークとしてそれ以下のサイズは徐々に個数が減っていく傾向にあり，日本近海での調査結果 [9]と同様の傾向が見られる．1mm 以下の MP に関しては植生や泥に混じると判別が難しく，見逃している可能性もある．顕微鏡を用いて MP を取り出す等，今後分析方法を検討する必要がある．

5．まとめ

ネット開口部で目詰まりによる流入流速の減少が見られるため，ネットの影響を受けていない状態で濾水計回転速度と流速の相関式を再同定し，数密度の再計算を行った所，数密度は 0.017～5.5 個/m^3 程度であり，前報 [8]は過小評価であったが，同オーダーとなった．材質は日本近海 [9]と比較して PS が少なく，PS は海洋で多く発生していることが示唆された．サイズ分布は日本近海 [9]と同様の傾向を示した．

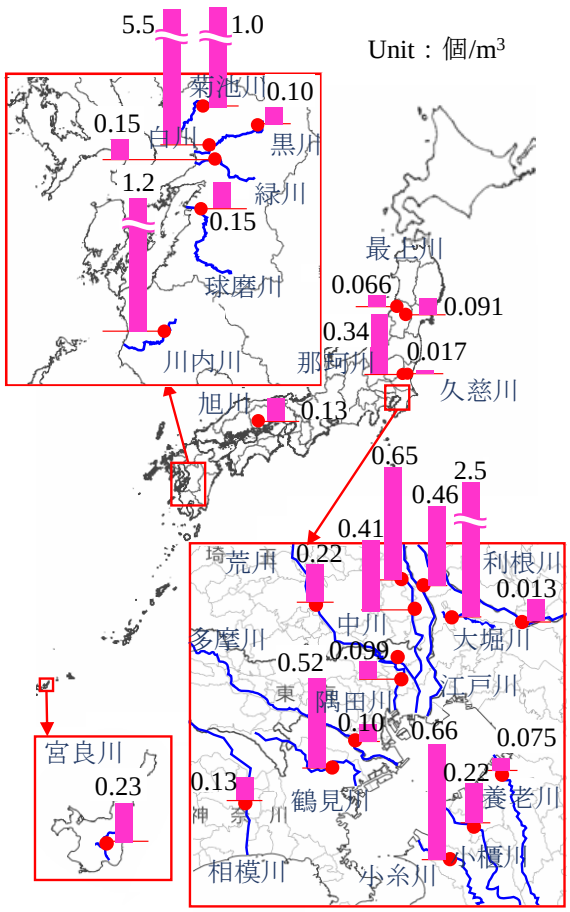

図 2　MP 数密度マップ

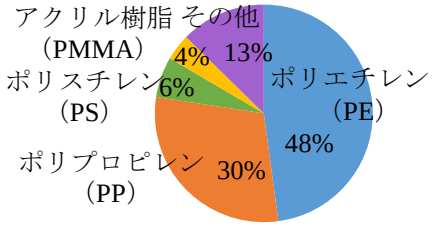

図 3　MP の材質の割合

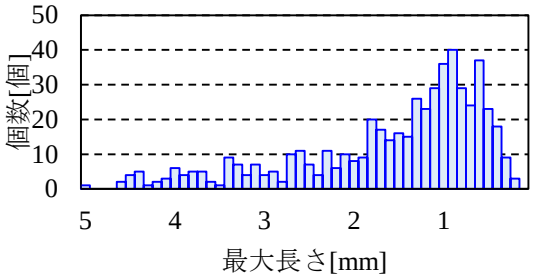

図 4　MP のサイズ分布

参考文献：1)Browne et.al., *Environmental Science & Technology*, Vol.45, pp.9175-9179, 2011，2) Andrady, A.L., *Marine Pollution Bulletin*, Vol.62, pp.1596-1605, 2011，3) Mato, Y. et al., *Environmental Science & Technology*, Vol.35, No.2, pp.318-324, 2001，4) Tanaka, K. et al., *Marine Pollution Bulletin*, Vol.69, Issue1-2, pp.219-222, 2013，5) Eriksen, M. et al., *PLOS ONE*, DOI:10.1371, journal.pone.0111913, 2014，6) Isobe, A. et al., *Marine Pollution Bulletin*, Vol.101, pp.618-623, 2015，7) Eerkes-Medrano, D. et al., *Water Research*, Vol.75, pp.63-82, 2015，8)工藤ら，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.73，No.4，pp.1225-1230，2017，9) 国立大学法人 東京海洋大学：平成 26 年度 環境省委託業務，平成 26 年度 沖合海域における漂流・海底ごみ実態調査委託業務報告書，https://www.env.go.jp/press/files/jp/26880.pdf（閲覧日：H29 年 3 月 27 日）．