

社会経済指標等を用いた河川のマイクロプラスチック量推定手法についての検討

東京都立大学 都市環境学部 学生会員 ○大貫 駿太
 東京都立大学 都市環境科学研究科 正会員 今村 能之
 東京都立大学 都市環境科学研究科 正会員 天口 英雄

1. はじめに

5mm 以下の微細なプラスチック類が国内及び海外の河川、海洋環境で観測されている。これらはマイクロプラスチック（以下 micP とする）と呼ばれており、生態系への影響が特に問題視されている¹⁾。このように問題点が指摘される micP は既往研究では国内河川から年間 223 トン排出されているとの予測結果もあり²⁾micP を減らすことは海洋を含む水域の環境保全にとって喫緊の課題であるといえる。そこで本研究では日本国内の 43 河川を対象に流域内の社会経済及び環境の特徴を表す指標が河川中の micP とどのように関係性があるかを調べ、重回帰分析を用いて指標から micP 量の推定手法を検討することを目的とした。

2. 研究手法の説明

図-1 に研究フローを示す。河川中の micP を流域の特性を表す指標（人口など）を用いて重回帰分析を行うことで推定式を作成する。表-1 に示す 14 個のうちどの指標が河川中のマイクロプラスチック量の因子となるのかを特定する。

（手順 1）今回の研究で用いる河川中の micP 観測データは東京理科大学の二瓶らが行った既往研究^{2),3)}で観測したデータを頂いて使用した。

（手順 2）流域の特性を表す指標を作成する。今回は既往研究で用いられていた流域指標をまず候補として取り入れ、加えていくつかの指標を独自に取り入れた。表-1 に示すように、これらの指標を三つのグループに分けた。多くの研究では人口を主な micP 発生源として活用しているが、本研究では世界銀行提供の国別のごみ管理データと GDP の関係性をもとに GIS 人口密度データを用いた未管理のごみ（いわゆるポイ捨てなど）の GIS データである MPW

（Mismanaged Plastic Waste）⁴⁾を活用した。具体的にはごみの発生量と GDP には正の相関、ごみの管理率とは負の相関がある。この二つの関係性から GDP に応じた一人当たりのごみの排出量と管理率を推定して一人当たりの MPW を求め、人口の GIS データにその値をかけることで推定されたデータである。分解指標について、既往研究で micP 観測値と BOD の間に相関があったもののあまり多くの研究で推定に用いられていなかった。本研究では BOD に加えて、micP がプラスチックから生成されるのに長い時間かかることからごみが集積しやすいと思われる地形・施設をいくつか指標に取り入れた。

（手順 3）本研究で推定に用いるデータ数（n=43）に対して指標の数が多すぎると判断し、指標の数を減らした。まず各指標の多重共線性の有無を調べるために VIF を計算し、10 以上の時にその指標を除いた。次に変数減少法を行った。初めにすべての指標を使って重回帰分析を行い、p 値の高い指標を取り除き再び重回帰分析を行う。これを決定係数 R² が減少に転

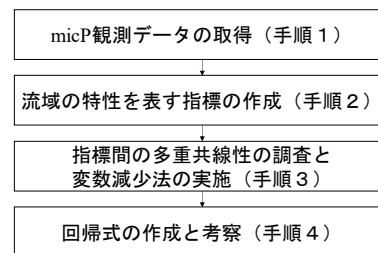


図-1 研究フロー重回帰分析に用いた指標と説明

表-1 重回帰分析に用いた指標と説明

指標	既往研究	本研究	観測値との相関		使用しない理由		本研究の指標の説明		
			個数	質量	個数	質量			
社会経済指標 (Key/val)	MPW	人口 (mpw r = 0.99)	使用					一人当たりプラスチック排出量 × プラごみ未回収率(2%) × 人口密度GIS	
		GDP	使用	0.38	0.29	使用	使用		
		国別ごみ管理	使用						
	人口以外の発生源	都市面積比 (%)	使用	使用	0.30	0.30	VIF>10	VIF>10	都市面積 ÷ 流域面積
		工業地面積比 (%)		使用	0.15	0.36	6 p=0.46	使用	工業用地 ÷ 流域面積
環境指標	流域特性	観光資源数 (km ²)		使用	0.26	0.14	4 p=0.74	3 p=0.82	観光地数 ÷ 流域面積
		廃棄物処理施設数 (/km ²)		使用	0.23	0.26	7 p=0.45	4 p=0.70	廃棄物処理施設数 ÷ 流域面積
		比流量 (m ³ /s/km ²)	使用	使用	0.03	0.01	使用	使用	micP観測日の流量 ÷ 流域面積
分解指標 (mm/L)	堆積・滞留	ダム・ため池等数 (/km ²)		使用	-0.16	-0.14	8 p=0.42	5 p=0.56	ダムやため池
		湖沼面積 (%)		使用	-0.08	-0.11	1 p=0.92	7 p=0.47	流域内湖沼面積 ÷ 流域面積
	BOD	平地面積比 (%)		使用	0.14	0.20	VIF>10	VIF>10	流域内低位地帯面積 ÷ 流域面積
		年平均値	使用		-	-	75%使用	75%使用	BOD年間平均値
		75%	使用		0.13	0.10	2 p=0.85	6 p=0.49	BOD75%値 (環境基準に使用)

じたところで終了した。通常は全ての指標の p 値が基準値(0.05)未満になることが重回帰分析終了の基準だが、できるだけ多くの指標との関連性を確認するため決定係数を基準に行った。指標が選ばれなかった理由は表-1の「使用しない理由」で説明しており、p 値の手前の番号は変数減少法で除いた順番である。

(手順4) 観測値と残った指標を用いて重回帰分析を行い、その結果をもとに考察を行った。

3. 結果と考察

表-2には本研究で選択した指標の係数と、それを補正した標準化係数及びp値を示した。図-2, 3はマイクロプラスチックの観測結果と重回帰分析による推定結果の関係性をグラフにプロットしたものである。

重相関については、micP 個数・質量推定値はどちらも 0.5 弱の値を示した。また補正決定係数 R² は 0.1 よりも高い値を示した。この結果からこれらのモデル式は正確な micP の推定値を計算できたとはいえない。

次に各指標の p 値を見ると、0.05 を下回ったのは micP 個数の MPW と切片のみであった。推定には MPW のみを用いる指標として有意であるといえる。また、micP 質量に関して、工業地面積は MPW に比べて 0.05 は上回ったものの低い値を示した。ここから河川中の micP を推定するには工業地面積が MPW に比べて有用ではないかと推察できる。

最後に標準化係数に着目すると、比流量は micP 個数・質量両方でマイナスの値を示した。つまり比流量が多くなるほど河川中の micP 量の密度が少なるためと推察される。

4. 結論

河川中の micP 量と複数の流域の指標を表すデータを用いて重回帰分析を行い、どの指標と関係性があるかを調べた。指標間の独立性及び micP への関係性の有無を考慮して、河川中のマイクロプラスチック個数と MPW に関係性があることが示された。また、micP の観測個数と質量での推定結果を比較して、観測個数の方が重相関・グラフ等から高い相関が見られた。一方で十分な精度で推定をおこなうことができたとはいえず、今後の改善が必要と考えられる

5. 謝辞

micP の観測値を提供して頂いた東京理科大学の二瓶教授と八千代エンジニアリングの吉田様に深く感謝の意を示します。

参考文献

- 1) 環境・循環型社会・生物多様性白書 状況第一部第三章第一節 プラスチックを取り巻く国内外の状況と国際動向, 環境省, 2019
- 2) Yasuo Nihei, Takushi Yoshida, Tomoya Kataoka, Riku Ogata : MDPI High-Resolution Mapping of Japanese Microplastic and Macroplastic Emissions from the Land into the Sea, MBPI, pp.3~23, 2020
- 3) Tomoya Kataoka, Yasuo Nihei, Kouki Kudou, Hirofumi Hinata : Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan, Environmental Pollution, pp958~964, 2019
- 4) Laurent Lebretton, Anthony ANdrady : Future scenarios of global plastic waste generation and disposal, Palgrave Communications, pp5~10, 2019

表-2 重回帰分析の各指標の係数

		MPW	工業地面積比	比流量	流域面積	流域平均幅	切片
観測個数	係数	3.6E-03		-2.2E+00	2.6E-04	-0.01748	1.9E+00
	標準化係数	0.46		-0.18	0.21	-0.26	
	p値	0.007		0.281	0.249	0.156	0.006
観測質量	係数	5.7E-04	5.0E-01	-7.8E-01			2.6E-01
	標準化係数	0.22	0.31	-0.19			
	p値	0.219	0.068	0.259			0.159

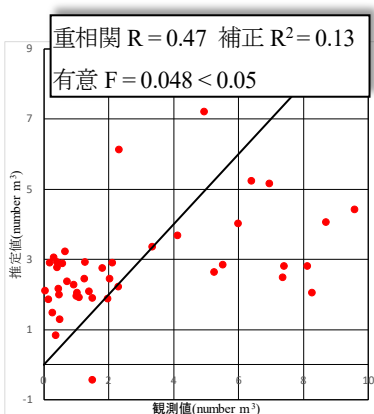


図-2 マイクロプラスチック個数 観測・推定値比較

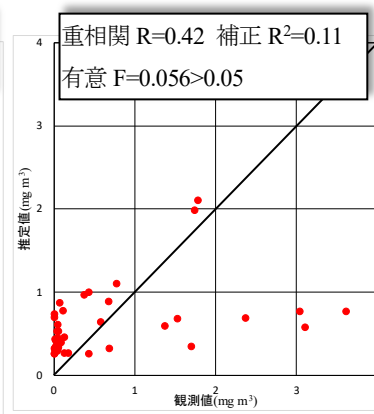


図-3 マイクロプラスチック質量 観測・推定値比較