

<報 文>

新潟県内の河川水中マイクロプラスチック調査*

高橋 修平**・茨木 剛**・武 直子**

キーワード ①マイクロプラスチック ②河川 ③汚濁負荷量

要 旨

新潟県内の河川水中マイクロプラスチック（以下「MPs」という。）の分布実態を把握するため、2022年7月に新潟県内の7河川で調査を行った。その結果、阿賀野川のMPs個数密度が最も大きかったことから、山間部から河口付近にかけて3地点を選定し、2023年6月から8月に詳細調査を行った。阿賀野川のMPs個数密度と流域の汚濁負荷量等を比較したところ、流域面積や自然系負荷量等との相関は見られなかった一方、流域人口や生活系排水負荷量等と正の相関があることが示唆された。

1. はじめに

プラスチックは、現代の私たちの生活になくてはならないものとなっており、世界のプラスチック生産量は年々増加している。その一方で、全世界で少なくとも年間800万トンのプラスチックごみが海洋へ流出しているとの報告¹⁾もあり、海洋汚染問題が深刻化している。中でも直径5mm以下の微細なプラスチック片であるMPsが生態系に及ぼす影響が懸念されており、環境中に排出されると回収が困難であることから、MPsに対する取り組みが世界的に進められている。

国内では、海洋のMPsについては2018年から毎年、河川及び湖沼のMPsについては2021年度及び2022年度に、環境省が実態調査を実施している。2018年の海洋の調査報告書²⁾では、日本周辺海域のうち北陸から東北沖の日本海北部や山陰西部沖、九州・四国の太平洋岸といった海域においてMPsの個数密度が比較的高いと報告されている。このような海洋のMPsの主な流入源は河川であるとされており、2021年度の河川の調査報告書³⁾では、信濃川を含む全国10河川で調査した結果、関東、北陸、中部、近畿地方でMPsの個数密度が高い傾向があり（平均個数密度2.62～9.19個/m³）、信濃川平成大橋は2.79個/m³（左岸、流心、右岸の平均）と報告されている。

一方、信濃川以外の新潟県内の河川においてはMPsの調査実績があまりなく、分布実態が明らかとなっていなかったことから、本調査では、新潟県内の代表的な河川を

対象にMPsの分布実態を調査した。その結果、阿賀野川が最もMPs個数密度が大きい結果となった。阿賀野川は福島県及び群馬県を源流とし、新潟県の平野部を経て日本海に注ぐ流域面積7,710km²の一級河川であり、水量は年平均で352m³/s（満願寺観測所、2022年）⁴⁾と日本でも最大級である。新潟県内では山間部から平野部にかけて変化に富んだ広い流域を持つことから山間部、平野部及び河口付近の3地点を選定し、阿賀野川の詳細調査を実施した。またMPsの排出プロセスは様々に考えられ、環境省が2021年度に公表した「河川マイクロプラスチック調査ガイドライン」⁵⁾（以下「ガイドライン」という。）⁵⁾ではMPs個数密度と人口密度等との相関が示されていることから、新潟県が2021年度に実施した汚濁負荷量調査結果⁶⁾にある流域区分ごとの面積、人口及び各種負荷量等の統計データとMPs個数密度を比較した。

2. 調査及び実験方法

2.1 調査の概要

2.1.1 全県調査

調査地点を図1に示す。新潟県内の代表的な7つの河川のそれぞれ河口に近い橋又はその付近の岸を調査地点とし、2022年7月に試料採取を行い、新潟県内全域の大まかな分布実態を把握した。

*Survey of microplastics in river water in Niigata Prefecture

**Shuhei TAKAHASHI, Tsuyoshi IBARAKI, Naoko TAKE（新潟県保健環境科学研究所）Niigata Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

2.1.2 阿賀野川詳細調査

調査地点を図2に示す。調査は、全県調査においてMPs個数密度が最も大きい結果となった阿賀野川を対象とし、山間部の五十島橋、平野部の阿賀浦橋、河口付近の松浜橋を調査地点とし、2023年6月から8月まで月一回試料の採取を実施した。なお、8月の松浜橋においては水量が著しく少なかったことから流速が得られなかったため試料採取を断念した。

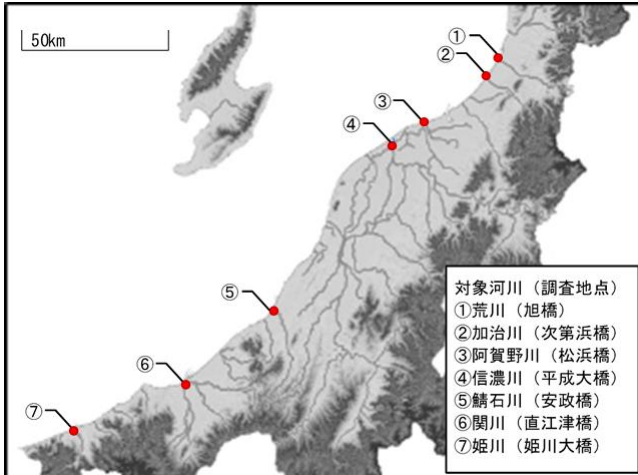


図1 全県調査の地点

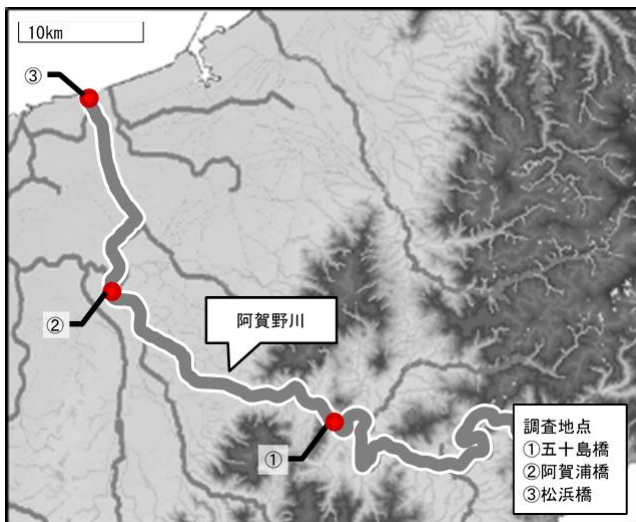


図2 阿賀野川詳細調査の地点

2.2 MPs試料の採取方法

ガイドライン⁵⁾を参考に実施した。河川の流心において橋梁からプランクトンネット（北原式表面プランクトンネット（編地: NMG52, 目開き: 0.335mm）, 離合社）をロープで投下し、河川水を通水して浮遊物を採取した。橋梁からの降下が困難な場合は、橋梁付近の岸からプランクトンネットを投下した。投下したプランクトンネットを図3に示す。

プランクトンネットには、通水量を測定するための濾

水計（デジタル濾水計2030, General Oceanics Co.製）を金属製治具（特注品, ㈱共栄科学製）で固定した。また、プランクトンネットの上端が水面の高さとなるようにおもりと浮きを取り付けた。なお、濾水量は、あらかじめ濾水計のみを降下して求めた流速を参考に、プランクトンネットによる抵抗や目詰まりによる濾水速度の低下を考慮して、10m³程度となるように調整した。

また、河口付近では流況等により逆流した海水に由来するMPsが混入する可能性が考えられたため、河川水の電気伝導率（以下「EC」という。）を測定した。

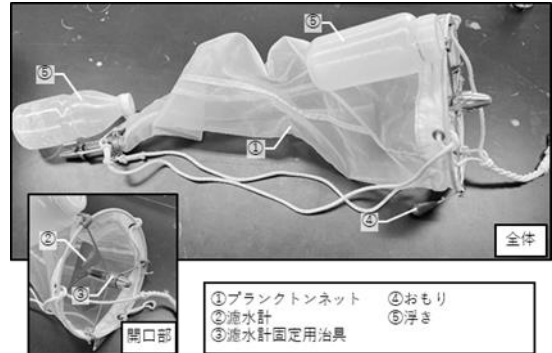


図3 MPs試料採取に使用したプランクトンネット

2.3 MPs試料の前処理と測定方法

MPs試料の前処理も試料採取方法と同様にガイドライン⁵⁾を参考に実施した。前処理の手順を図4に示す。

プランクトンネットで捕集した浮遊物をビーカーに洗い出し、ナイロン製ネット（編地: NXX13, 目開き: 0.100mm）, ㈱離合社製）及びメンブレンフィルター（φ0.45μm, Merck Co. 製）（以下「ネット等」という。）を用いて水分を除去した。その後、過酸化水素水（30%）を加え、恒温槽で55℃に加熱して水草等の自然由来の有機物を分解した。加熱は安全上の都合から日中のみとし、3日間で分解が完了しない場合は過酸化水素を追加してさらに分解を進めた。自然由来の有機物を十分に分解した後、ネット等を用いて過酸化水素水を除去した。また、分解後の残渣や底質が多く含まれている場合は、よう化ナトリウム水溶液（5.3mol/L, 比重1.50）を用いて比重分離を行った。以上の操作により残ったMPs候補粒子をシャーレに広げ、実体顕微鏡を用いてピックアップし、写真等により記録した。写真記録の例を図5に示す。

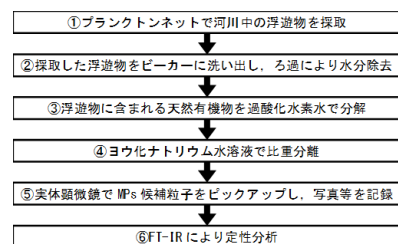


図4 MPs試料の前処理方法

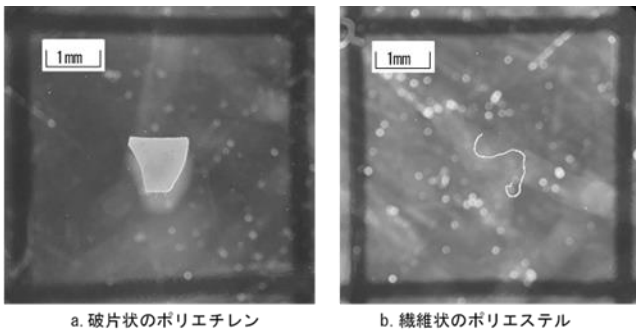


図5 MP試料の写真記録例

MPs候補粒子には未分解の天然有機物、分解により生じた残渣及び底質等のMPsではない粒子も含まれていることから、これらの粒子一つ一つについてフーリエ変換赤外分光光度計 (FT/IR-4600, 日本分光(株)製) により定性分析を行った。全県調査の粒子状MPs候補粒子はKBr錠剤にMPs候補粒子を封入して行う透過法により測定したが、繊維状MPs候補粒子の測定では十分な感度を得ることができず定性分析が困難であった。このことから、全県調査の繊維状MPs候補粒子及び阿賀野川詳細調査のすべての候補粒子は、FT/IR-4600に付属品 (ATR PRO ONE, 日本分光(株)製) を取り付け、全反射測定法 (ATR法) により定性分析した。

また河川水試料のECはCOND METER (DS-71, 榊堀場製作所製) により測定した。

3. 結果と考察

3.1 全県調査の結果

調査結果の概要を表1に示す。なお、MPsの個数及び個数密度は、長径が1mm以上5mm未満のMPsについてまとめた結果である。

すべての地点でECは5~77mS/mと低く、一般的な海水のEC (約4,000mS/m) と比較して十分に小さいことから、海水の影響は無視できると考えた。

全県調査のMPs試料からは3~42本とばらつきはあるものの多数のポリエステル (以下「PET」という。) 繊維が見つかった。分析作業環境からの汚染を確認するため2.3

の前処理方法によりブランク試料を作製したところ、多数のPET繊維が見つかり分析作業環境中からの混入が疑われたため、全県調査結果のMPs個数密度の合計からPET繊維の個数密度は除いた。

MPs個数密度と形状について図6にまとめた。形状は繊維状MPsとそれ以外のフィルム状や破片状等のMPs (以下「小片状MPs」という。) に分類した。また、図中の円グラフの面積は各結果の個数密度に対応している。阿賀野川 (松浜橋) が1.6個/m³と最も大きく、阿賀野川に次いで、加治川 (次第浜橋) が0.90個/m³、信濃川 (平成大橋) が0.87個/m³となった。

MPsの形状は、荒川 (旭橋) や加治川 (次第浜橋) 及び姫川 (姫川大橋) では繊維状MPsが過半数を占めた一方、阿賀野川 (松浜橋) や信濃川 (平成大橋) では小片状MPsが過半数を占めた。

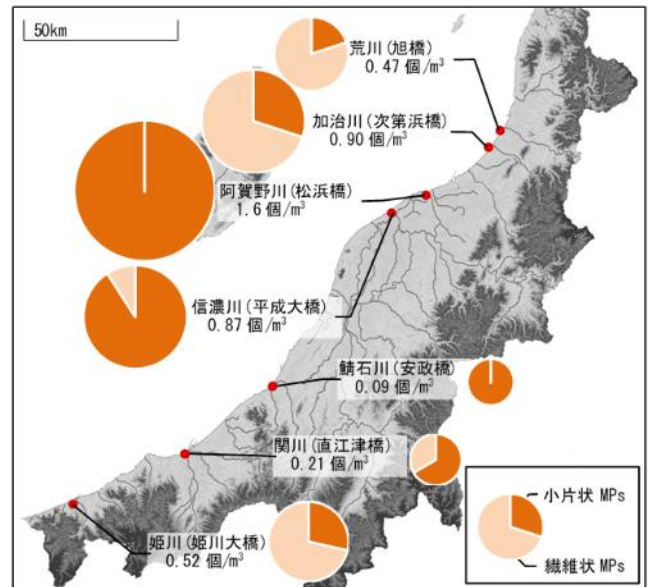


図6 全県調査結果 (形状別)

MPsの成分について図7にまとめた。成分は密度及び形状により凡例のとおり分類した。すべての地点においてポリエチレン (以下「PE」という。) やポリプロピレン (以下「PP」という。) といった水よりも軽い成分が大

表1 全県調査結果

採取日	河川名	地点名	濾水量 (m ³)	EC (mS/m)	流速 (cm/sec)	透視度 (cm)	個数				MPs 個数密度			
							小片状 a (個)	繊維		合計 c ^{*1} (個)	小片状 (個/m ³)	繊維		合計 (個/m ³)
								PET (参考)	PET 以外			PET 以外	合計	
2022/7/25	荒川	旭橋	10.57	5	48	>50	1	19	4	5	0.09	0.38	0.47	
2022/7/25	加治川	次第浜	11.15	6	18	>50	3	42	7	10	0.27	0.63	0.90	
2022/7/25	阿賀野川	松浜橋	8.63	20	26	>50	14	10	0	14	1.62	0.00	1.62	
2022/7/27	信濃川	平成大橋	12.67	13	80	>50	10	24	1	11	0.79	0.08	0.87	
2022/7/27	鯖石川	安政橋	11.22	22	6	>50	2	3	0	2	0.18	0.00	0.18	
2022/7/29	関川	直江津橋	13.97	77	7	37.8	2	6	1	3	0.14	0.07	0.21	
2022/7/29	姫川	姫川大橋	13.43	- ^{*2}	94	>50	2	19	5	7	0.15	0.37	0.52	

*1 c = a + b

*2 欠測

半を占めた。この特徴は、他の調査³⁾で報告されている傾向と一致する。また、PEやPP以外のMPsとして、ポリスチレン、ナイロン、アクリル及びポリウレタンが見つかった。

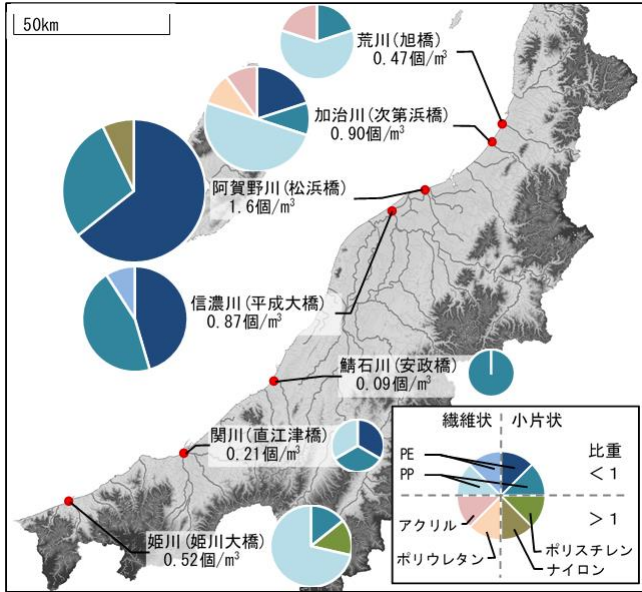


図7 全県調査結果 (成分別)

3.2 阿賀野川詳細調査の結果

3.2.1 MPsの個数密度と成分について

調査結果を表2に示す。MPsの個数及び個数密度は、全県調査の結果と同様に長径が1mm以上5mm未満のMPsについてまとめた結果である。

松浜橋(河口付近)のECは6月が41mS/m、7月が36mS/mといずれも低く、全県調査時と同様に、海水の影響は無視できると考えた。

PET繊維については、綿製の作業着を着用することや粘着テープにより衣服に付着する繊維を除去すること等の汚染対策を徹底したところ、ブランク試料からPET繊維はほとんど検出されなくなったことから、本調査の結果にはPET繊維を含めた。

MPsの長径の度数分布は図8のとおりとなり、いずれの地点も小さなMPsほど多い傾向が見られた。また、ガイドライン⁵⁾では参考値とされる1mm未満のMPsも多数見つ

っており、1mm以上のMPsでは見られなかったタイヤくずと思われる黒色の合成ゴム片も見つかった。

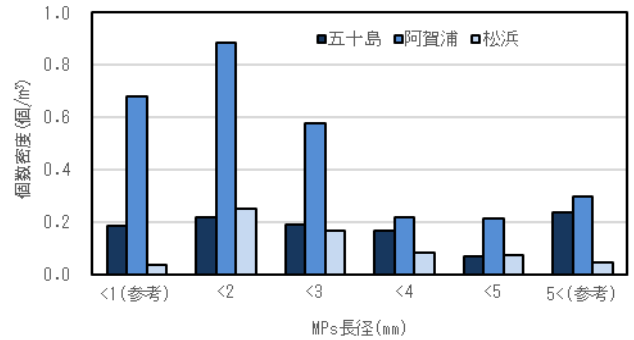


図8 阿賀野川詳細調査結果 (長径度数分布)

MPs個数密度を地点ごとの平均値と比較すると、図9のとおり五十島橋(山間部)が0.64個/m³であるのに対して、阿賀浦橋(平野部)は1.89個/m³と比較的大きい結果となった。これは8月の個数密度が3.85個/m³と他の月に比べて大きかったためである。松浜橋(河口付近)では0.58個/m³と、阿賀浦橋(平野部)よりも小さく、五十島橋(山間部)と同程度の結果になった。近藤らの報告⁷⁾では、流速が小さい下流で徐々にMPsが沈降すること等によりMPs個数密度が小さくなる可能性があるとして示されている。これと同様に、阿賀浦橋(平野部)と比較して松浜橋(河口付近)では流速が低下していることから、一部のMPsが沈降等により河川内に滞留していることが考えられる。このような事例は二瓶らの河川調査結果⁸⁾でも見られ、山形県の最上川のうち中流に位置する此の木橋では1.48個/m³であったのに対して河口に近い庄内大橋では0.36個/m³と報告されている。

形状で分類すると人口密集地が周辺にある平野部及び河口付近の2地点の小片状MPsの割合は山間部と比較して大きく、この特徴は全県調査で見られた傾向と類似していた。

MPsの成分を図10に示す。小片状MPsは全県調査と同様に水よりも軽い成分が大部分を占めた。また、繊維状MPsは水よりも軽いPP製の繊維の他、水よりも重いアクリルやPETの繊維も多数見られたが、これは、形状が繊維状である方が河川水の流れに乗りやすく、沈降しにくいため

表2 阿賀野川詳細調査結果

採取日	地点名	濾水量 (m ³)	EC (mS/m)	流速 (cm/sec)	透視度 (cm)	個数 (個)			MPs 個数密度 (個/m ³)		
						小片状	繊維	合計	小片状	繊維	合計
2023/6/13	五十島橋	25.65	8	115	>50	0	7	7	0.00	0.27	0.27
2023/7/24	五十島橋	13.10	7	120	>50	0	13	13	0.00	0.99	0.99
2023/8/29	五十島橋	17.78	9	155	>50	1	10	11	0.06	0.56	0.62
2023/6/13	阿賀浦橋	17.63	7	70	>50	7	12	19	0.40	0.68	1.08
2023/7/24	阿賀浦橋	12.11	7	57	>50	4	5	9	0.33	0.41	0.74
2023/8/29	阿賀浦橋	11.17	9	70	>50	7	36	43	0.63	3.22	3.85
2023/6/13	松浜橋	13.52	41	35	>50	3	5	8	0.22	0.37	0.59
2023/7/24	松浜橋	10.70	36	38	>50	2	4	6	0.19	0.37	0.56

であると考えられる。

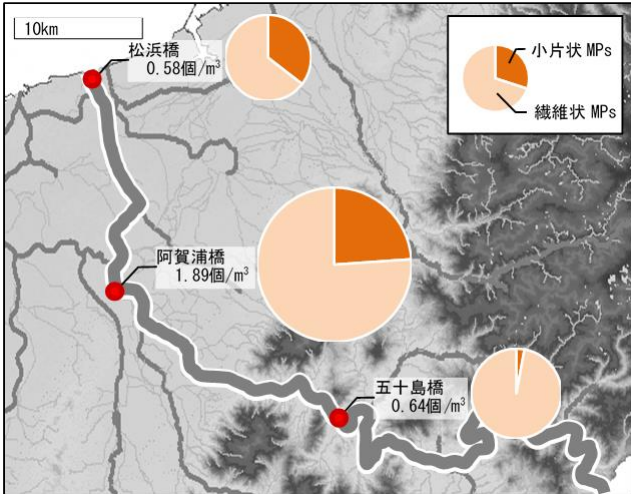


図9 阿賀野川詳細調査結果（形状別）

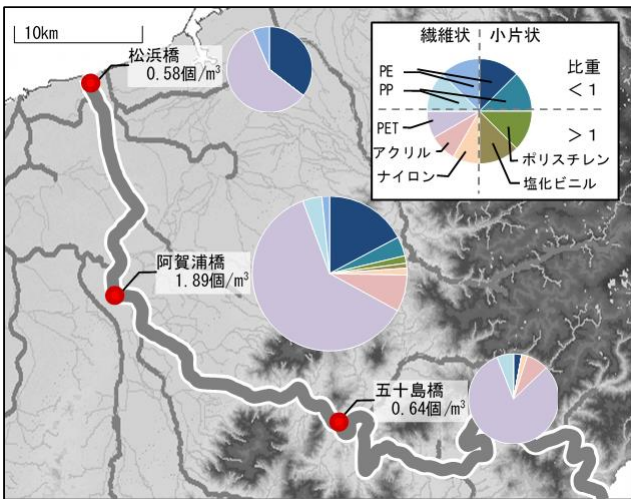


図10 阿賀野川詳細調査結果（成分別）

3.2.2 MPsと汚濁負荷量等との関連について

阿賀野川詳細調査結果と新潟県が2021年度に実施した汚濁負荷量調査結果⁶⁾に含まれる統計データを比較した。3.2.1で示したとおり、遠方で発生したMPsの一部が河川中に滞留等することが考えられ、各地点のMPsは近傍の支流の影響を受けることも考えられることから流域区分毎の統計データと比較した。なお、五十島橋及び阿賀浦橋は汚濁負荷量調査における流域区分の境界と一致しない

ため、支流の合流地点等を考慮し、下流側に位置する直近の流域区分を境界とした範囲（五十島橋：県境～馬下橋、阿賀浦：馬下橋～横雲橋、松浜橋：横雲橋～松浜橋）とした（図11）。

MPs個数密度と各流域区分範囲の統計データを比較した結果を表3に示す。流域面積、人口密度、事業系負荷量及び自然系負荷量とは相関がみられなかったが、流域人口、全負荷量、生活系負荷量及び畜産系負荷量とは正の相関があることが示唆された。

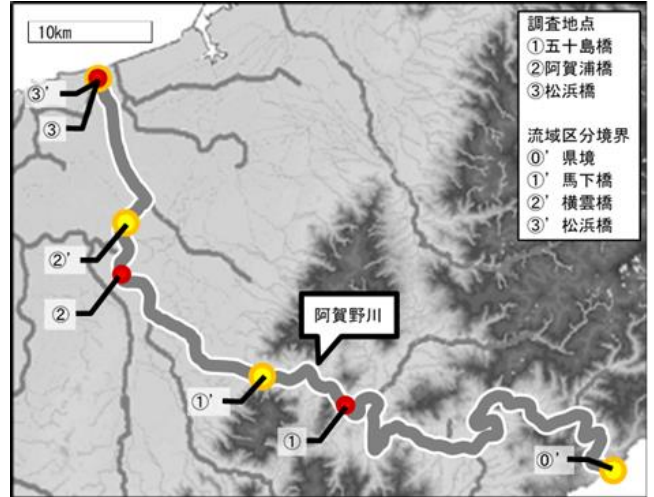


図11 MPs調査地点と流域区分境界について

4. まとめ

2022年度に全県調査を行い、新潟県内の河川におけるMPs分布実態を把握した。分析作業環境中からの混入が疑われたPET繊維以外のMPsについてまとめた結果、MPsの個数密度は阿賀野川、加治川及び信濃川といった河川で比較的大きいことがわかった。また、MPsの成分は全ての河川で水よりも軽い成分であるPE及びPPが大半を占め、それ以外では、ポリスチレン、ナイロン、アクリル及びポリウレタンが見つかった。

また、2023年度の阿賀野川詳細調査により、阿賀野川流域における山間部から河口付近までのMPs分布実態を把握するとともに、それぞれの流域からの汚濁負荷量等との関係を求めた。なお、詳細調査においてPET繊維について対策を講じることで分析作業環境中からの混入を効

表3 MPs 個数密度と汚濁負荷量等との相関

阿賀野川詳細調査結果		2021年度汚濁負荷量調査統計データ											
採取地点	個数密度 平均値 (個/m³)	標準 偏差	流域区分範囲	流域面積 (km²)	流域人口 (人)	人口密度 (人/km²)	全負荷量 (kg/日)						
							生活系負荷量		事業系 負荷量	畜産系 負荷量	自然系 負荷量		
		し尿	雑排水										
五十島橋	0.64	0.34	県境～五十島	953	10585	11	476	129	30	98	130	120	97
阿賀浦橋	1.89	1.71	五十島～阿賀浦	322	24537	76	856	481	63	418	122	195	59
松浜橋	0.58	-	阿賀浦～松浜	70	10371	148	247	126	14	112	94	5	22
相関係数				-0.1980	0.9995	-0.0723	0.9437	0.9993	0.9571	0.9967	0.3438	0.8243	0.0309

果的に防ぐことができたため、PET繊維も含めた結果とした。MPsの個数密度は、五十島橋（山間部）よりも阿賀浦橋（平野部）で大きい一方、松浜橋（河口付近）は五十島橋と同程度であった。長径度数分布は全ての地点で小さいMPsほど多い結果となり、成分は小片状MPsではPEやPPが、繊維状MPsではPETが多い結果となった。また、汚濁負荷量等との関係では、流域区分で比較した結果、流域面積、人口密度、事業系負荷量及び自然系負荷量とは相関がみられなかったが、流域人口や生活系負荷量及び畜産系負荷量と正の相関があることが示唆された。

今回の調査ではMPs個数密度の変動が大きい地点があったことから、追加で採取した試料の分析を進めることで精度を高めたいと考えている。また、発生源の推定等を詳細に行うためには、浮遊物質量や流量等から流況を把握することや、頻度高く調査を行うことでMPs個数密度のデータ数を増やす必要があると考えている。

5. 引用文献

- 1) World Economic Forum : The New Plastics Economy Rethinking the future of plastics, Switzerland, p.14, 2016
- 2) 環境省：令和4年度沿岸海域におけるマイクロプラスチックを含む漂流ごみ実態把握調査業務報告書, <https://www.env.go.jp/content/000123031.pdf> (2024.4.8アクセス)
- 3) 環境省：令和3年度河川マイクロプラスチック調査結果, <https://www.env.go.jp/content/000075084.pdf> (2024.4.8アクセス)
- 4) 国土交通省水管理国土保全局：水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/> (2024.4.8アクセス)
- 5) 環境省：河川マイクロプラスチック調査ガイドライン, <https://www.env.go.jp/content/900543325.pdf> (2024.4.8アクセス)
- 6) 新潟県：令和3年度汚濁負荷量調査, <https://www.pref.niigata.lg.jp/site/opendata/1356864514439.html> (2024.4.8アクセス)
- 7) 近藤美麻, 相子伸之：大阪の河川水内に含まれるマイクロプラスチック, 第39回全国環境研究所交流シンポジウム予稿集, 国立研究開発法人国立環境研究所, p.5, 2024
- 8) Yasuo Nihei, Takushi Yoshida, Tomoya Kataoka, Riku Ogata : High-Resolution Mapping of Japanese Microplastic and Macroplastic Emissions from the Land into the Sea. *Water*, **12**, (4), 951, 2020

付記

本研究は新潟県保健環境科学研究所が行った特定研究「新潟県における環境中のマイクロプラスチック調査手法の基礎的検討」の一環で行ったものである。