千曲川の出水時におけるマイクロプラスチック流出実態

中山　隆[1]・北原清志[2]・清水健志[1]

長野県千曲川において河川の流況変動に伴うマイクロプラスチック（MPs）の流出実態を把握するため，平水時と降雨に伴う出水時に MPs の粒径分布，個数密度，材質，形状，色を調査した．試料採取は千曲市千曲橋において 2023 年の平水時に季節ごと年 4 回，出水時は年 3 回行った．平水時，出水時共に MPs（長径 d：1≦d＜5 mm）が確認され，その平均個数密度は，平水時の 1.28 個/m^3（範囲：0.70 個/m^3～1.99 個/m^3）に対して出水時は 7.49 個/m^3（範囲：2.97 個/m^3～14.76 個/m^3）と 5.9 倍に増加した．出水時の個数密度の変動幅は平水時の変動幅よりも大きく，年間流出量（個数）に対する出水時の寄与率の試算結果は，76%と大きかった．

キーワード： 粒径分布，個数密度，材質

1　はじめに

海洋に流出したプラスチックごみは，船舶航行の障害，漁業や観光への影響，不適切に廃棄された漁網のイルカやウミガメへの巻き付きや海鳥によるプラスチック製品の誤食等さまざまな問題を引き起こしている[1)]．海洋に流出するプラスチックごみは，アジア地域を主とする 20 河川からの流出が世界全体の流出の 67%を占めていると推定されている[2)]．また，日本周辺の東アジア海域で船舶を用いた現地調査を行った結果，浮遊性 MPs 粒子の総数は世界の他の海域で観測される量より 1 桁多いことが報告されている[3)]．

本県は太平洋や日本海に流れ込む河川の上流に位置し，これらの海洋プラスチックごみ問題に対応するため，2019 年度からプラスチックと賢く付き合う「信州プラスチックスマート運動」への取り組みを始めている．このような状況下，県内の河川における MPs の分布実態を明らかにするため，県内の主要河川において MPs 実態調査が実施された[4)～5)]．その結果，多くの地点で MPs が確認され，それら材質は国内生産量が多いポリエチレン（PE），ポリプロピレン（PP），ポリエチレンテレフタレート（PET）が多いことが明らかとなった．しかし，これらの調査のうち河川における調査についてはいずれも 12 月から 1 月にかけての冬季平水時に限られている．一方，季節変動や降雨に伴う流況変化について，工藤ら[6)]は江戸川における MPs 年間輸送量を個数密度から推定し，出水時の寄与率は 73.5%と大きく，ごみの輸送特性と類似していることを報告している．そこで，本稿では，降雨に伴う出水時の MPs 流出実態を把握するため，千曲川中流地点において季節を通じた調査を行い，出水時と平水時の流出実態を比較した．

2　調査地点と方法

試料採取及び分析は，河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン[7)]に基づいて実施した．試料採取地点は，調査実績があり，概ね 0.3 m/s 以上の流速及び 50 ㎝以上の水深が確保できる千曲川の千曲橋（36° 31′ 56″ N, 138° 6′ 40″ E）を選定した．出水時の河川流量及び降水量は，国土交通省の水文水質データベース[8)]を活用した．河川流量は千曲橋から約 200 m 下流に位置する杭瀬下水位観測所（36° 31′ 58″ N, 138° 6′ 43″ E），降水量は千曲橋から約 6 ㎞上流に位置する八王子雨量観測所（36° 29′ 08″ N, 138° 8′ 33″ E）のデータを使用した．

試料採取は，平水時（試料採取日前の 7 日間は比較的晴天が続き水位が安定している状態）は 2023 年 4 月 4 日，7 月 31 日，10 月 18 日，12 月 6 日に，出水時（降雨により水位がピークに達する前の上昇期）は 6 月 22 日，10 月 4 日，11 月 7 日に流域雨量指数[9)]により水位変化を予測して現地にて実施した．

試料は，橋梁からロープを使ってろ水計（General Oceanics Inc., GO-2030R6C 型）を装着したプランクトンネット（（株）離合社製，北原式表面プランク

1　長野県諏訪湖環境研究センター　〒394-0081　岡谷市長地権現町 4-11-51
2　長野県環境部資源循環推進課　〒380-8570　長野市大字南長野字幅下 692-2

トンネット No.5511 - 網地 No.NMG58, 口径 30 cm, 目開き 0.3 mm）を河川流心に全没させ，ろ水量が 10 m^3 以上となるよう採取した．

採取した試料は試験室に持ち帰り，前述の調査ガイドラインに基づいて（詳細については北原ら[5]を参照），プラスチックの個数や材質等を記録した．粒径の測定及び形状，色の判別にはデジタルマイクロスコープ（ライカマイクロシステムズ（株）製，Emspira3）を，プラスチック材質の同定には FT-IR（日本分光（株）製，FT/IR-4X＋ATR PRO ONE VIEW）を用いた．

粒径の測定方法は，漂流マイクロプラスチックのモニタリング手法調和ガイドライン ver.1.2[10] に基づいて測定した．なお，繊維状の MPs の長径は繊維に沿って測定した長さを長径とした．粒子の長径（d）が 1 mm 以上 5 mm 未満（1≦d<5 mm）を分析の対象サイズとして集計し，長径が 1 mm 未満（d<1 mm）の MPs 及び長径が 5 mm 以上（5 mm≦d）のプラスチック粒子(以下メソプラスチックという)は参考値とした．

3 結果及び考察

試料採取記録，個数密度を表 1 に示す．平水時の MPs（1≦d＜5 mm）個数密度は 0.70 個/m^3（10 月）～1.99 個/m^3（4 月）の範囲で，平均値は 1.28 個/m^3 であった．4 月は 10 月に比べ 2.8 倍高かった．10 月の平水時は，環境省が 10 月に実施した信濃川（千曲川）平成大橋の調査結果[11] の 2.79 個/m^3 と比べると，個数密度は 0.25 倍と低かった．出水時の MPs（1≦d＜5 mm）個数密度は，2.97 個/m^3～14.76 個/m^3 の範囲で，平均値は 7.49 個/m^3 であった．11 月は 6 月に比べ 5.0 倍高く，個数密度の変動幅は平水時よりも出水時が大きかった．11 月の出水時の個数密度は全てのサイズ区分で最も高かった．原因としては，11 月の出水時の採取は他の出水時の採取に比べて降雨開始前流量が最も少ない上に試料採取前の 24 時間累積雨量が最も多いことから，降雨の影響を最も強く受けたためと考えられる．なお，出水時の 10 月，11 月は試料採取時にプランクトンネットが目詰まりしたことによりろ水量は 10 m^3 を下回ったが，10 月，11 月のプラスチック粒子は 92 個，114 個と多数確認されているため解析に用いた．

平水時の調査で確認されたプラスチック粒子の個数一覧表を表 2 に示す．平水時 4 回の調査で確認された MPs（1≦d＜5 mm）は 79 個，MPs（d＜1 mm）は 84 個，メソプラスチックは 10 個であった．

出水時の調査で確認されたプラスチック粒子の個数一覧表を表 3 に示す．出水時 3 回の調査で確認された MPs（1≦d＜5 mm）は 135 個，MPs（d＜1 mm）は 156 個，メソプラスチックは 4 個であった．

全てのサイズ区分における平水時と出水時の平均個数密度を図 1 に示す．MPs（1≦d<5 mm）の平均個数密度は，出水時は平水時の 5.9 倍，MPs(d＜ 1 mm）は 7.2 倍，メソプラスチックは 1.1 倍であった．

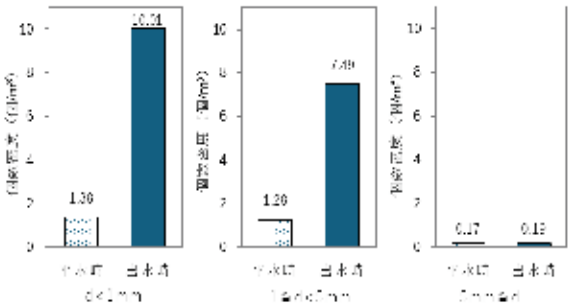


図 1　平水時と出水時の平均個数密度

表 1　試料採取記録，長径(d)ごとの個数密度

調査目的	調査年月日	調査時刻	天候	降水量* (mm)	流量 (m^3/s)	降雨開始前流量 (m^3/s)	流速 (m/s)	ろ水量 (m^3)	個数密度 d＜1 (個/m^3)	個数密度 1≦d＜5 (個/m^3)	個数密度 5≦d (個/m^3)
平水時	2023/4/4	9:45	晴	0	45.11	—	1.01	17.6	1.76	1.99	0.28
平水時	2023/7/31	10:20	晴	0	33.53	—	1.27	13.3	1.13	1.05	0.15
平水時	2023/10/18	9:44	晴	0	41.25	—	1.54	18.7	0.86	0.70	0.00
平水時	2023/12/6	9:50	晴	0	32.32	—	1.31	12.3	1.79	1.38	0.24
出水時	2023/6/22	13:50	雨	13	78.22	54.32	1.56	16.8	2.20	2.97	0.12
出水時	2023/10/4	10:00	曇	17	64.03	38.59	1.15	8.2	6.34	4.75	0.12
出水時	2023/11/7	13:45	曇	25	51.26	33.53	1.23	3.1	21.49	14.76	0.32

*試料採取前の24時間累積雨量

表 2　平水時個数一覧表　（単位：個）

材質	長径(mm)	合計	形状						色										
		個数	破片	膜,ｼｰﾄ状	発泡	円柱,球	繊維状	その他	透明	白	赤	ｵﾚﾝｼﾞ	黄	緑	青	紫	黒	複合	その他
	d＜1	75	64	10	0	0	1	0	6	36	0	0	0	3	7	0	22	0	1
PE	1≦d＜5	40	24	16	0	0	0	0	9	24	0	0	0	1	0	0	6	0	0
	5≦d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	7	3	2	0	1	1	0	1	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0
PP	1≦d＜5	21	3	8	3	0	7	0	3	14	0	0	0	2	0	0	2	0	0
	5≦d	4	0	1	0	0	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	d＜1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS	1≦d＜5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5≦d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PET	1≦d＜5	14	0	0	0	0	14	0	3	7	0	0	0	0	0	0	4	0	0
	5≦d	5	0	0	0	0	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	d＜1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	1≦d＜5	4	2	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	5≦d	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	84	68	12	0	1	3	0	7	42	0	0	0	4	8	0	22	0	1
合計	1≦d＜5	79	29	25	3	0	21	1	15	48	0	0	0	3	1	0	12	0	0
	5≦d	10	0	2	0	0	8	0	2	5	0	0	0	0	0	0	2	1	0

表 3　出水時個数一覧　（単位：個）

材質	長径(mm)	合計	形状						色										
		個数	破片	膜,ｼｰﾄ状	発泡	円柱,球	繊維状	その他	透明	白	赤	ｵﾚﾝｼﾞ	黄	緑	青	紫	黒	複合	その他
	d＜1	118	96	19	1	1	1	0	13	35	0	2	2	9	24	1	27	4	1
PE	1≦d＜5	58	33	16	2	0	7	0	12	23	0	1	0	5	5	0	10	2	0
	5≦d	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	27	16	7	3	0	1	0	7	11	0	0	0	1	0	1	6	1	0
PP	1≦d＜5	48	10	16	0	0	21	1	13	21	1	0	0	4	3	0	5	0	1
	5≦d	2	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS	1≦d＜5	5	4	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5≦d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	5	1	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1
PET	1≦d＜5	19	2	0	0	0	17	0	3	9	0	0	0	2	0	0	4	1	0
	5≦d	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	d＜1	5	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0
その他	1≦d＜5	5	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
	5≦d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	d＜1	156	119	26	4	1	5	1	20	50	0	2	2	12	25	2	36	5	2
合計	1≦d＜5	135	53	32	3	0	46	1	30	57	1	1	0	11	8	0	22	4	1
	5≦d	4	1	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0

全てのサイズ区分における平水時と出水時の粒径分布を図 2 に示す. プラスチック粒子数は, 平水時, 出水時共に粒径が小さいほど検出個数が多い傾向が見られた．なお，MPs（d＜0.5 mm）は試料採取時に用いたプランクトンネットの目開きが 0.3 mm のため十分に補捉されておらず過小評価となっている.

全てのサイズ区分における材質別，形状別，色別の個数割合を図 3 に示す．プラスチック粒子の材質別個数割合は，平水時，出水時共に PE，PP，PET が高く, この 3 種類で各サイズ共に 90%以上を占めていた．いずれもプラスチック原材料として多く生産されている材質である[12]．また，材質別個数割合は，粒径が大きくなるほど PE の割合は低下，PP 及び PET の割合は上昇した. 形状別個数割合は，平水時，出水時共に粒径が小さくなるほど破片の割合は上昇した．色別個数割合は，平水時，出水時共に白

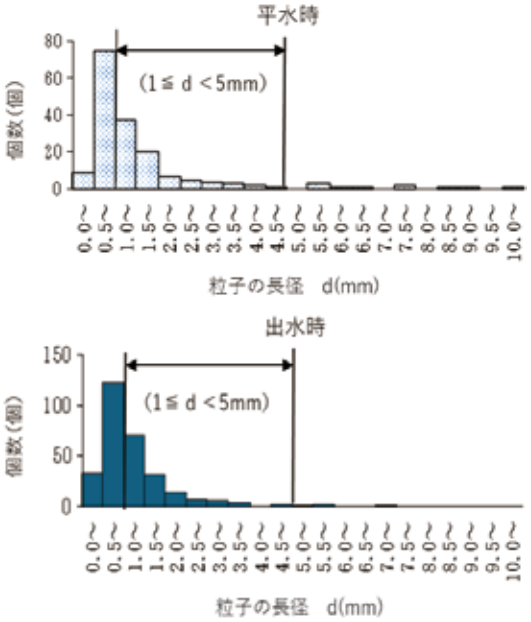


図 2　平水時と出水時の粒径分布

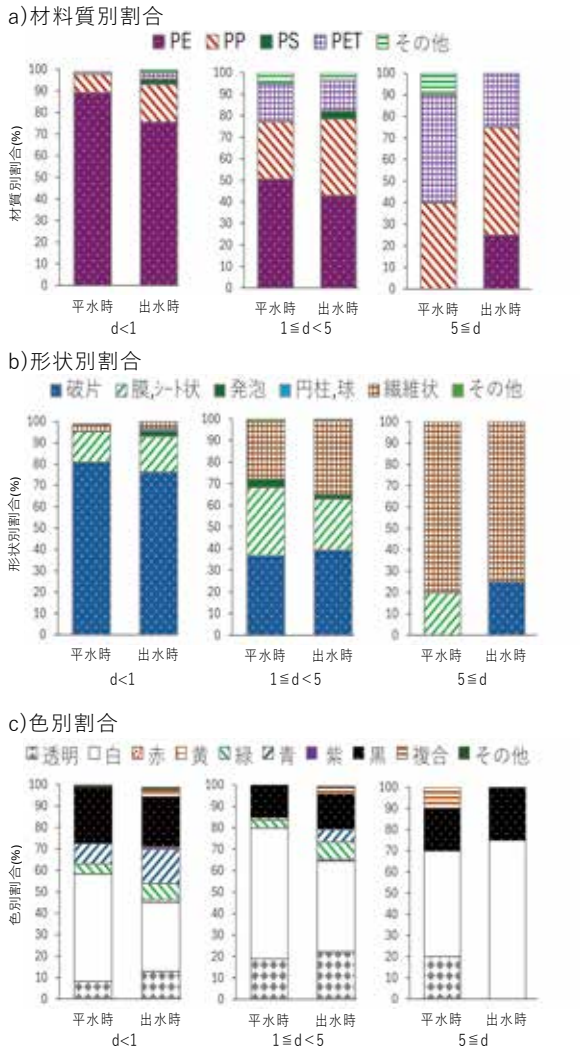


図３　材質別，形状別，色別の個数割合

色，透明，黒色が多く，各サイズ共この３色で 68% 以上を占めていた．出水時は平水時と比べ，多種類の色のプラスチック粒子が確認された．

MPs（1≦d＜5 mm）における平水時と出水時の材質別の粒径分布を図４に示す．材質別の粒径中央値及び粒径分布範囲幅は，平水時，出水時共に PE＜PP＜PET の順であった．

工藤らの報告 [6]を参考に出水時と平水時の年間流出個数から出水時の寄与率を試算した．出水時と平水時の閾値を豊水流量 [13]（川で観測した 365 日分の流量データを，大きい順に並べて，95 番目の流量）とした．なお，2023 年の杭瀬下水位観測所における豊水流量は 51.12 m^3/s [8]であった．ここで，１年間の 95 日を出水時，270 日を平水時と仮定した．試算に当たり，各調査時の全てのサイズ区分の個数密度合計と日流量 [8]を乗じてそれぞれ日流出個数を求めた．次に，出水時(3 回)と平水時(4 回)の日流出個数の平均値を求め，それぞれ 95 日，270 日を乗じた値の和を年間流出個数とした．このうち出水時の流出個数が占める割合から年間流出量（個数）に対する出水時の寄与率を試算した．その結果，年間流出量（個数）に対する出水時の寄与率は 76%と大きかった．工藤ら [6]の報告値 73.5%（個数）と同程度の寄与率であった．

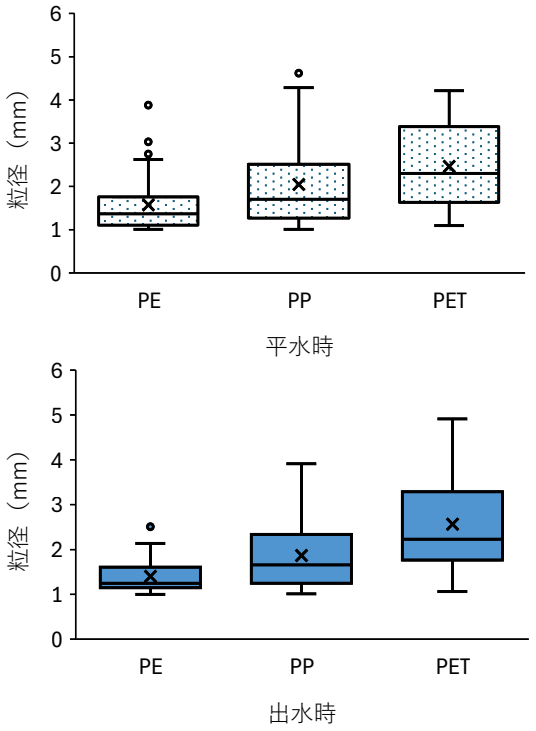


図４　平水時と出水時の材質別粒径分布
（MPs（1≦d<5mm））

４　おわりに

二瓶ら [14]は，洪水時河川の浮遊ごみ輸送量を調査し，洪水規模が大きいほどごみ輸送量は顕著になると報告している．また，藤山ら [15]は，河川におけるプラスチックごみ堆積分布特性と劣化状況を調査し，河岸で長期的に堆積することでプラスチックごみの微細化が進行していることを報告している．今回，千曲川千曲橋において平水時と出水時における MPs の流出実態を調査した結果，年間流出量（個数）に対する出水時の寄与率は 76%と大きいことが示唆された．これらのことから，降雨前の周辺点検，降雨後河岸や湖岸等へ流出したプラスチックごみの微細化前の回収は，淡水域（河川・湖沼）や海洋等

に流出するMPs削減に重要と考えられた．

今後更に河川等における MPs の実態や流出特性を調査し，MPsの発生抑制，流出抑制施策に繋げていく．

文　献

1) Moore, C.J.(2008): Synthetic polymers in the marine environment, a rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research, 108: 131-139.
2) Laurent C.M., L., Joost van der Z., Jan-Willem, D., Boyan, S., Anthony, A. and Julia, R. (2017): River plastic emissions to the world's oceans. Nature Communications, 8: 1-10.
3) Isobe, A., Uchida, K., Tokai, T. and Iwasaki, S. (2015): A hot spot of pelagic microplastics. Marine Pollution Bulletin, 101: 618-623.
4) 渡辺哲子・小口文子・安藤景子・中山隆・北原清志・清水健志・吉田富美雄・森下陽平（2022）長野県内の河川・湖沼におけるマイクロプラスチックの予備調査，長野県環境保全研究所研究報告，18：27-33.
5) 北原清志・小口文子・酒井文雄（2024）長野県内の河川におけるマイクロプラスチック実態調査（令和4年度），長野県環境保全研究所研究報告，20：7-15.
6) 工藤巧貴・片岡智哉・二瓶泰雄・北浦郁弥(2018) 平常時・出水時河川のマイクロプラスチック濃度の時間変動特性と年間輸送量評価，土木学会論文集 B1(水工学)，74(4)：529-534.
7) 環境省，河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン（令和5年3月）：https://www.env.go.jp/content/900543325.pdf （2026年2月確認）
8) 国土交通省，水文水質データベース：http://www1.river.go.jp/（2026年2月確認）
9) 気象庁，流域雨量指数：https://www.jma.go.jp/bosai/floodindex/ （2023年6月確認，2023年10月確認，2023年11月確認）
10) 環境省， Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods Version 1.2, May 2023：https://www.env.go.jp/content/000170493.pdf（2026年2月確認）
11) 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（2026年2月確認）
12) 日本プラスチック工業連盟，統計資料，年次資料，2025 年プラスチック原材料生産実績：https://www.jpif.gr.jp/statistics/（2026年2月確認）
13) 国土交通省国土技術政策総合研究所，河川用語集，川のことば：https://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/yougo/words/098/098.html (2026年2月確認)
14) 二瓶泰雄・若月宣人（2010）洪水時河川における浮遊ごみ輸送量，土木学会論文集 B，66(1): 19-24.
15) 藤山朋樹・吉田拓司・宮本颯太・村上依里子・岡本洋輔・片岡智哉・二瓶泰雄(2019)河川におけるサイズ別プラスチックごみの堆積分布特性と劣化状況の把握，土木学会論文集 B1(水工学)75(2): I433-I438.

Microplastics outflow during floods in the Chikuma River

Takashi NAKAYAMA[1], Kiyoshi KITAHARA[2], Takeyuki SHIMIZU[1]

1 *Research and Studies Department, Lake Suwa Environmental Research Center, 4-11-51 Gongen-Cho, Osachi, Okaya, Nagano 394-0081, Japan*

2 *Recycling and Waste Management Division, Environment Department, Nagano Prefectural Government, 692-2 Habashita, Minaminagano, Nagano 380-8570, Japan*

Key words： particle size distribution, number density, material

Abstract

In the Chikuma River, Nagano Prefecture, we investigated the particle size distribution, number density, material, shape, and color of microplastics (MPs) during normal flow and floods to clarify the actual outflow of MPs due to changes in flow conditions. Samples were collected at Chikuma Bridge in Chikuma City quarterly during normal flow and three times a year during floods in 2023. MPs (major axis d: $1 \leq d < 5$ mm) were detected during both normal and flood conditions and the number density during normal flow ranged from 0.70 pieces/m^3 to 1.99 pieces/m^3, with an average of 1.28 pieces/m^3. During floods, the range was 2.97 pieces/m^3 to 14.76 pieces/m^3, with an average of 7.49 pieces/m^3. The average value during flooding was 5.9 times that during normal flow. The range of fluctuation in number density during floods was larger than the seasonal fluctuation during normal flow, and the estimated contribution rate to the annual outflow (number) during floods was as high as 76%.