

大阪湾におけるマイクロプラスチック汚染の現況把握と 魚介類への影響に関する研究

田中周平

京都大学大学院 地球環境学堂 准教授

高田秀重

東京農工大学 農学部 環境資源科学科 教授

1. 研究の背景および目的

プラスチックには、酸化防止剤や難燃剤などの添加剤に由来する化学物質が含まれている。さらに疎水性のため、多くの疎水性有機化学物質を吸着し、水環境中における移送に寄与する。また、魚の消化器からも mm サイズのプラスチックが検出されている (Springer, 1997)。2014 年 9 月にアメリカのカリフォルニア州でプラスチック製の買い物袋の使用を禁止する法律が成立した。EU でも 2025 年末までに年間使用量を 40 枚/人まで減らすことを求める法案に承認することが合意されている。日本では依然として、年間 300 枚/人の使用が報告されている (地球温暖化白書) が、大阪湾におけるマイクロプラスチックの漂流密度、魚介類からのマイクロプラスチックの測定事例はない。本研究では、大阪湾におけるマイクロプラスチック汚染の現況把握と魚介類への影響の検討を主目的とする。具体的には、研究期間内に 1)~4) に取り組む。1) 大阪湾における汚染現況の把握、2) 部分分解型生分解性プラスチックの環境中での分解特性の把握、3) 分解生成物への多種類の化学物質の吸着特性の検討、4) 魚類の胃を想定した pH, 酵素, 温度条件での化学物質の脱着特性の検討を行う予定である。

2. 調査および分析の方法

研究初年度は、マイクロプラスチックの採取、計測、成分同定方法の検討を行った。続けてリファレンスデータとして琵琶湖表層水 6 サンプル、底泥 21 サンプルの採取を行い、採取-前処理-計測-成分同定の一連の流れを確認した。その後、大阪湾の表層水 5 サンプル、底泥 8 サンプルを採取し、計測、同定を行った。さらに、大阪湾で採取したマイクロプラスチックから発がん性、神経毒性等が強く疑われる微量化学物質であるペルフルオロ化合物類 (PFCs) の溶出試験を行い、微量化学物質の吸着の現状を調査した。大阪湾でのプランクトンネットによる採取時の様子を **図 1** に示す。プランクトンネットは目開き 315 μm を使用し、デジタルろ水計を設置して水量を計算した。12 月 21 日は大阪府所有の調査船で移動し、エッグマンバージ採泥器で底泥試料を採取した。大阪湾における表層水と底泥の採取地点を **図 2** に示す。沿岸部は、甲子園浜 (SO1)、武庫川河口 (SO2)、神崎川河口 (SO3)、淀川河口 (SO4)、大和川河口 (SO5) の計 5 地点、大阪湾沖域は、大阪湾-1 (SO6)、大阪湾-2 (SO7)、大阪湾-3 (SO8) の計 3 地点の合計 8 地点で、エッグマンバージによる採泥を行った。泥については、ORP、電気伝導度を現場で分析した。

環境試料には、砂や礫、藻や植物残骸、プランクトンや魚卵などの夾雑物が存在するため、それらとマイクロプラスチックを分離するための前処理が必要となる。315 μm 以上、5 mm 未満の粒子を分離後、デシケーター内で 24 時間乾燥させ、乾燥試料に過酸化水素水 (H_2O_2 , 30%, 和光純薬) を 150 mL 加え、1 週間静置した。さらに、比重によるマイクロプラスチックの分離を行った後、2,000 rpm で 10 分間遠心分離を行った。

夾雑物の分解、比重による分離等を行った乾燥サンプルを対象に、顕微鏡による計測を行った。マイクロプラスチックの成分同定には、フーリエ変換赤外分光光度計 (FTIR, Agilent Cary 630)



図1 大阪湾の表層水中のマイクロプラスチックの採取の様子

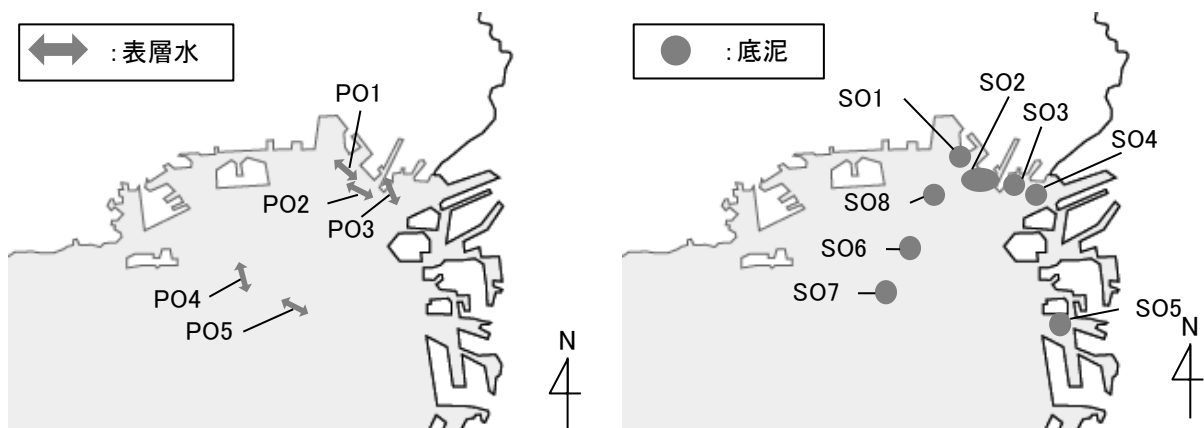


図2 大阪湾におけるマイクロプラスチックの調査地点

を用いた。微細用ピンセットでマイクロプラスチックをセットし、すべてのマイクロプラスチックの成分を同定した。さらに PFCs を対象に、マイクロプラスチックからのメタノールによる溶出試験を行った。採取したマイクロプラスチックを 100 rpm で 30 分間メタノール振とうし、抽出液をシリンジフィルター (0.2 μm) でクリーンアップし、分析に供した。分析対象は、炭素数 4 ~14,16 の 12 種のペルフルオロカルボン酸類 (PFCA) と炭素数 4,6,8 の 3 種のペルフルオロスルホン酸類 (PFAS) の計 15 種類とした。

3. 結果および考察

3.1. 大阪湾の表層水中のマイクロプラスチック汚染の現況

大阪湾表層水中から検出されたマイクロプラスチックを **図 3** に示す。ポリエチレン (93 個)、ポリスチレン (47 個)、ポリプロピレン (36 個)、ポリヘキサデシルメタクリレート (2 個)、ポリビニルステアレート (2 個)、ポリ塩化ビニリデン (1 個)、ポリビニルアセテート (1 個)



図3 大阪湾表層水中のマイクロプラスチック

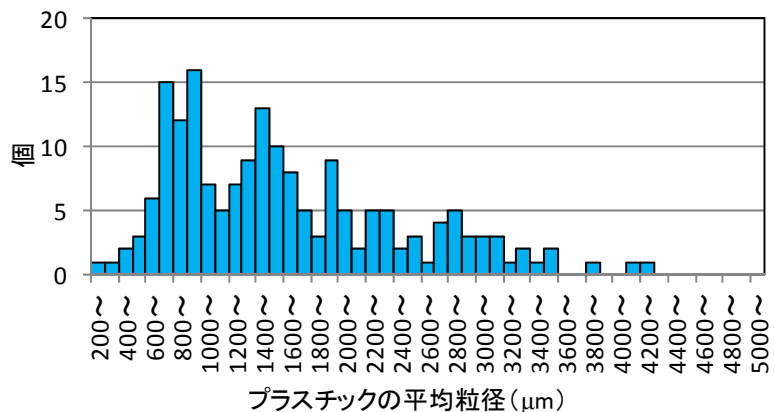
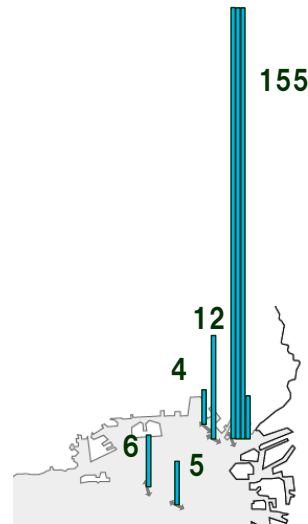


図4 地点別粒径別の表層水中のマイクロプラスチック

の7種類のプラスチック計 182 個が検出された。場所別の検出数と平均粒径（（長軸径+短軸径）/2）分布を図4に示す。甲子園浜沖（PO1）で4個（0.08個/m³）、武庫川河口（PO2）で12個（0.32個/m³）、神崎川河口（PO3）で155個（3.98個/m³）、大阪湾中央南（PO4）で5個（0.14個/m³）、大阪湾中央北（PO5）で6個（0.16個/m³）であった。平均粒径は1,622 μmであり、最大は4,275 μm、最小は283 μm、標準偏差は838 μmであった。琵琶湖の表層水中の平均粒径は1,597 μm、標準偏差は1,219 μmであり、*t*検定の結果、有意な差は見られなかった。

3.2. 大阪湾の底泥中のマイクロプラスチック汚染の現況

大阪湾底泥中から検出されたマイクロプラスチックを図5に示す。ポリエチレン（39個）、ポリヘキサデシルアクリレート（11個）、ポリビニルステアレート（3個）、ポリスチレン（2個）、ポリヘキサデシルメタクリレート（2個）、ポリプロピレン（1個）、その他（6種7個）の12種類のプラスチック計65個が検出された。場所別の検出数と平均粒径（（長軸径+短軸径）/2）分布を図6に示す。神崎川河口で最も多く19個/10g・dryであり、次いで武庫川河口で15個/10g・dry、淀川河口で13個/10g・dry、大和川河口で11個/10g・dryと沿岸域から多く検出された。平均粒径は1,004 μmであり、最大は3,269 μm、最小は384 μm、標準偏差は559 μmであった。琵琶湖の底泥中の平均粒径は1,824 μm、標準偏差は1,673 μmであり、*t*検定の結果、両者の分布に有意な差が見られた。大阪湾の底泥中のマイクロプラスチックの粒径の方が小さい傾向が示されたことから、海水と淡水において分解特性に差がある可能性が示唆された。



図5 大阪湾底泥中のマイクロプラスチック

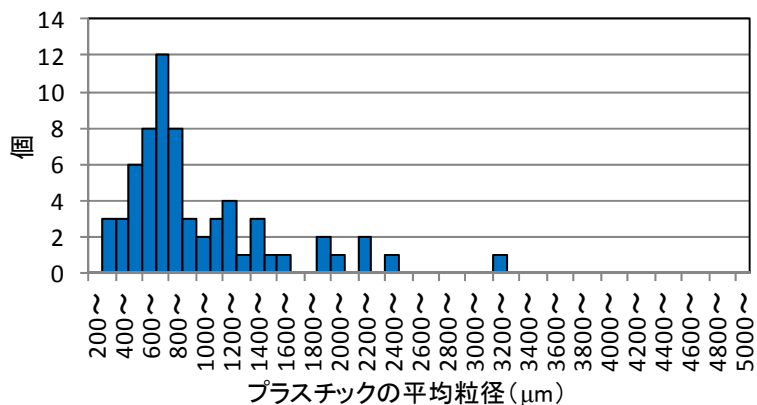
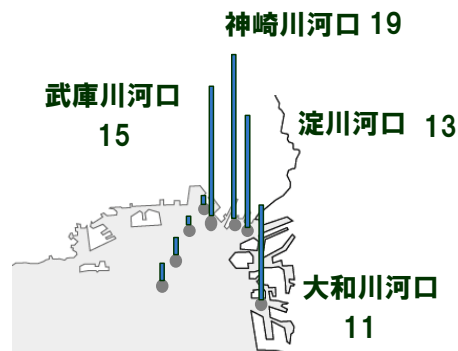


図6 地点別粒径別の底泥中のマイクロプラスチック

3.3. 神崎川河口表層水中のマイクロプラスチックへの有機フッ素化合物類の吸着

メタノールによる振とう抽出の結果、検出した PFCs を表 1 に示す。もっとも多く PFCs を溶出したのは、PO3-C であり、11 種の PFCs を検出した。最大含有率は PFHxA の 1,853 ng/g-dry であった。これは撥水系の化粧品などに含まれている有機フッ素化合物類と同程度の含有率であり、マイクロプラスチックが高含有率の微量化学物質を吸着していることが示された。

4. 結論と今後の課題

研究初年度は、マイクロプラスチックの採取、計測、成分同定方法の検討を行った。続けてリファレンスデータとして琵琶湖表層水 6 サンプル、底泥 21 サンプルの採取を行い、採取前処理-計測-成分同定の一連の流れを確認した。その後、大阪湾の表層水 5 サンプル、底泥 8 サンプルを採取し、計測、同定を行った。さらに、大阪湾で採取したマイクロプラスチックから PFCs の溶出試験を行い、微量化学物質の吸着の現状を調査した。

研究 2 年目以降は、さらに大阪湾における汚染現況の把握を進めるとともに、部分分解型生分解性プラスチックの環境中での分解特性の把握、分解生成物への多種類の化学物質の吸着特性の検討、魚類の胃を想定した pH, 酵素, 温度条件での化学物質の脱着特性の検討を行う予定である。

表1 マイクロプラスチックから溶出したPFCs

ID	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA
PO3-A	15	31	4	7
PO3-B	60	185	22	28
PO3-C	324	1853	243	200
PO3-D	59	192	21	24
PO3-E	14	35	8	11
ID	PFDoDA	PFTeDA	PFOS	単位: ng/g-dry
PO3-A	3	3	5	
PO3-B	18	16	14	
PO3-C	93	91	210	
PO3-D	15	13	20	
PO3-E	3	3	3	