

広島湾・安芸灘におけるマイクロプラスチックの動態推定

愛媛大学大学院 学生会員 ○佐川奈緒

愛媛大学大学院 正会員 日向博文

1. はじめに

2010年に海洋環境に流出したプラスチックの総量は480万～1,270万トンと見積もられた(Jambeck et al., 2015). 海洋環境に流出したプラスチックは、海面あるいは海中を漂流、海岸に漂着・再漂流、海底に沈降する。特に海岸に漂着したプラスチックは紫外線、熱や酸素により微細化する(Andrady, 2011). そのうち0.3-5mmの大きさのものをマイクロプラスチック(以下、MP)という。MPは残留性有機汚染化学物質などの有害物質を吸着し海洋を漂流する。それらを海洋生物が誤飲・誤食することで有害物質が生物体内に蓄積されるなど、生態系への影響が懸念されている(Hirai et al., 2011). 一般に、沿岸域では植物プランクトンが豊富であることから生態系が豊かであり、MPが生態系に入り込む危険性は外洋に比べて高いと考えられる。近年、沿岸域におけるMPの分布に関する研究がなされており、Matsuguma et al. (2017)によると、東京湾海底のMPの数密度は海面に比べて 1×10^4 倍大きかった。ゆえに沿岸域においてMPは海底に多く存在しており、沈降過程はMPの動態解明において重要なプロセスであり、今後の研究では沈降過程を明らかにしていく必要があることが示唆された。

本研究では、広島湾・安芸灘において海岸、海面、海底でのMP採取を行い、各地点での数密度を把握するのに加え、ポリマーの種類やサイズに着目し各地点に存在するMPの特徴を述べる。また海岸及び海底に存在していたMPの形状に着目し、X線CT画像を用いて内部を観察しMPの沈降要因についても推察する。

2. 研究方法

2.1 調査地点

海岸6地点、海面4地点、海底6地点で調査を行った(図1)。広島湾奥部では多数の牡蠣養殖筏が存在し、養殖生簀の浮きとして使用されている大量の発泡スチロール製フロートがMPの発生源となっている(Fujieda and Sasaki, 2005). また、広島湾奥部から周防大島に向かって南下する表層残差流、周防大島から広島湾奥部に向かって北上する底層残差流が存在する(川西, 1999; 柳, 2008). 以上から広島湾奥部及び周防大島に向かって南下した位置に調査地点を配置することで、牡蠣養殖筏を発生源とする湾内のMP分布を把握できると考えた。

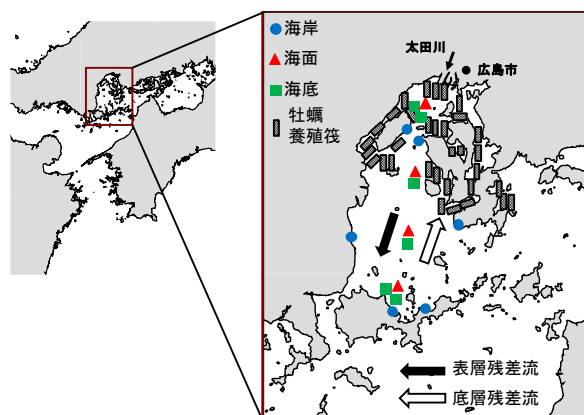


図1 調査地点

2.2 採取方法

海岸では、ゴミが漂着することで汀線と平行に形成される帯状の漂着ゴミ堆積帯に着目した。水準測量により観測日の満潮の漂着ゴミ堆積帯を決定し、堆積帯の5地点で40cm×40cmの方形枠を用い、表層1cmの砂を採取した。海面では開口部が0.75m×0.75m、全長3m、目合い0.35mmのニューストンネット(5552; RIGO Co., Ltd)を用いて、1-2ノットで10-15分曳網を行った。海底については、スミス・マッキンタイヤ式採泥器(RIGO Co., Ltd)を用いて約4.2Lの泥を採取した。

2.3 MPの抽出方法、サイズ計測、種類判別、MPの形状の観察方法

海岸及び海底で得た採取物からのMPの抽出は比重分離法で行った。比重分離法とは、代表的なプラスチックである発泡スチロール(FPS: 比重0.02-0.03)、ポリエチレン(PE: 比重0.89-0.97)、ポリプロピレン(PP: 比重0.89-0.91)よりも十分に比重が大きい溶液を用いることで、採取物からMPを浮上させる方法である。具体的には、海岸[海底]で採取した砂[泥]に比重1.14[比重1.7]の飽和塩化ナトリウム溶液[ヨウ化ナトリウム溶液]を200ml

加え、30 秒[2 分間]攪拌、2 分間[1 時間]静置した。その後、上澄み液をふるいで濾し、蒸留水で洗浄後、収集・吸引ろ過を行い、目視で MP の抽出を行った。海底に存在する MP は、生物の付着等により比重が増加していることが考えられるため、用いる溶液の比重を大きくし、攪拌及び静置時間を長くした。

海面での採取物からの MP の抽出は、元々海水に浮いていることから比重分離法は用いず、目視で行った。全ての採取物から抽出された MP は、光学顕微鏡(Leica S9 D; Leica Microsystems)によりサイズ計測を、フーリエ変換赤外分光光度計(小型 FTIR ALPHA ; BrukerOptics 社製)により種類判別を行った。

MP の形状特徴を把握するために、デジタルマイクロスコープ(Leica DVM6; Leica Microsystems)を用いて 3D 画像を得た。さらに、X 線 CT 画像(TDM1000; Yamato Scientific)を用いて MP の内部を詳細に観察した。X 線 CT 画像は各サンプルを 2.3 μm でスライスして得られた画像で、相対的に密度が大きい部分は白く、反対に密度が小さい部分は黒く表示される。

3. 結果と考察

表 1 に各地点の平均 MP 密度及びポリマーの種類の内訳を示した。ポリマーは FPS, PE, PP 以外の種

表 1 各地点の平均 MP 密度とポリマーの種類の内訳

	密度 (個/ m^2)	FPS	PE	PP	other
海岸	5,647	90%	5%	3%	2%
海底	3,806	79%	13%	6%	2%
海面	0.17	21%	43%	23%	13%

類を other とした。表 1 から MP 密度は海岸及び海底が海面の 1×10^5 倍多く、Matsuguma et al. (2017)と同様に、沿岸域における MP 動態を解明する上で沈降過程が重要であることを示している。また、海岸及び海底では FPS が支配的であった。よって牡蠣養殖筏を発生源とする FPS 汚染が広島湾・安芸灘において、海岸だけでなく海底にまで拡大していることが明らかとなった。反対に海面では PE 及び PP が FPS よりも支配的であった。これは、各ポリマーの比重の違いが原因であると考えられる。他のポリマーよりも比重がはるかに小さい FPS は風や表層残差流、ストークスドリフトなどに相対的に影響を受けやすいことが考えられ、海面を漂流する時間は短く、速やかに海岸に漂着し、一旦漂着すると再漂流しにくいことが考えられる (Hinata et al., 2017)。

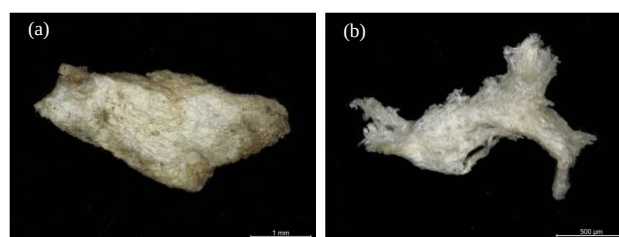


図 1 3D 画像 (a)海岸, (b)海底

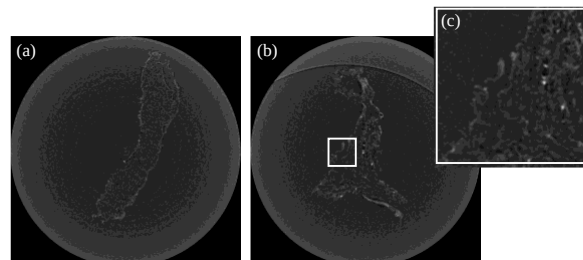


図 2 X 線 CT 画像 (a)海岸, (b)海底, (c)海底の一部拡大

図 1 に海岸及び海底に存在した FPS の 3D 画像を示した。海岸の FPS は気泡を含み丸いのに対し、海底の FPS は潰れていて複雑な形状であることがわかる。図 2 に X 線 CT 画像を示したが、気泡は密度が相対的に小さく黒く表示される。図 2 より海岸の FPS は気泡が内部全体に点在しているのに対し、海底の FPS は気泡が連なり細長くなっている。また海底の FPS は外側から内側に向かって連なり、内部まで海水が入り込むことが考えられる(図 2(c))。以上から、海底の FPS は海岸に比べて形状が複雑で比表面積がかなり大きいことが考えられる。また、気泡が連なることで内部にまで海水が入り込むことが考えられる。ゆえに土粒子やバイオフィームの影響を相対的に受けやすく、それらが沈降要因であると推察される。

4. まとめ

広島湾・安芸灘では牡蠣養殖筏を発生源とする FPS 汚染が海岸だけでなく海底にまで拡大していた。海底に沈降した FPS は形状が複雑で、内部の気泡は連結していた。ゆえに比表面積が相対的に大きくなり、土粒子やバイオフィームの影響を受けやすいと考えられる。気泡構造の変化及びそれに伴う比表面積の増加、土粒子やバイオフィームの混入が沈降要因であると推察する。

謝辞 本研究は環境省環境研究総合推進費(課題番号 4-1502, 代表：磯辺篤彦)の支援を受け実施した。