

マイクロプラスチックは本当にあるのか!?

生物資源科学部 生物環境科学科

2年 三村 保翔

2年 渋谷 南

2年 加藤 紗英

指導教員 生物資源科学部 生物環境科学科

教授 木口 倫

助教 渡邊 俊介

【背景と目的】

近年、マイクロプラスチック (5mm以下のプラスチック、以下:MPs)の海洋汚染について、多くのメディアで目にする。MPsは、マイクロからナノメートルの微小サイズで生産されるプラスチックである一次MPsと、環境中に放出されたプラスチック製品が紫外線や風波等により分解や破砕されて微細化する二次MPsに分けられる。これらのMPsには環境中で有害物質を吸着するもの、成分として含有しているものもある。これらのMPsが陸域から河川を通じて海洋に流出し、人がMPsに汚染された生物を摂取することで人体への悪影響が危惧されている¹⁾。

私たちは、エコの環 (わ) サポーターズサークルのメンバーとして海岸清掃を通して、このようなMPsの流出原因である海岸ゴミの深刻さを実感した。しかし、身近なMPsによる健康被害のニュースを見聞きしたことがなく、自分の体への影響を感じる事ができないため、私たちが目にした海岸ゴミは、問題視されているMPsとして本当に存在しているのか疑問に思った。この疑問を明らかにしたいという思いから、身近な海辺にMPsがどのくらい存在しているのかを明らかにすることが、この疑問を解決する一歩になると考えた。本研究では、身近な出戸浜におけるMPsの実態を明らかにすることを目的に調査を行ったので報告する。

【方法】

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」に従って研究を進めた。

試料採取は、2023年7月21日(天気:快晴)に秋田市出戸浜の後浜(砂浜)地点(1:N 39.8046523, E 140.0339434, 2:N 39.8046523, E 140.0339434, 3:N 39.8043476, E 140.0341221)において浜砂試料を、前浜地点(N 39.8044457, E 140.0337305 付近)において海水と海泥試料を、それぞれ3箇所から採取した。海水試料は十分な試料量を確保するため、4箇所から採取した。

浜砂試料と海泥試料は5mmと2mmの清浄な篩にかけたあと、目開き0.1mmのネットを用いて濾過させたものを分析試料とした。なお、目視で確認できるものは清浄なステンレス製ピンセットで取り出し、実体顕微鏡で観察した。

海水試料は目開き0.1mmのプランクトンネットを用いて採取した。採取時の流量(m^3/sec)は地点1~4それぞれ0.0033、0.0031、0.0029、0.0030であった。採取後の海水試料をビーカーに移し、乾固しない程度に水分を除去した。乾燥後、30%過酸化水素を加えて有機物を

除去するための酸化処理を行った。なお、ガイドライン¹⁾では試料を酸化処理後、比重分離を推奨しているが、本実験では酸化処理後の残量が少ないため、比重分離は省略した。

海水と海泥試料の処理後、FT-IR(フーリエ変換赤外)分光光度計 (Thermo ScientificTM NicoletTM is 50 FTIR 分光光度計, サーモサイエンティフィック製) または MX 赤外顕微鏡 (Thermo ScientificTM NicoletTM iN10 MX 赤外顕微鏡, サーモサイエンティフィック製) を用いて試料中の MPs を同定した。FTIR によって得られた成分スペクトルは、装置付属のデータベースライブラリのスペクトルと照合させることで同定を行った。同定確度を示すヒット率は、文献^{2,3)}と FTIR を所有する秋田県産業技術センターの研究者の意見を参考に 80%以上を有効とした。



図1 砂浜での採取の様子



図2 目視で確認できた MPs

【結果及び考察】

各試料のFTIR分析、MX赤外顕微鏡による結果を表1～3にそれぞれ示す。

●浜砂試料

浜砂試料では、3箇所中、2箇所目と、3箇所目の2 mmの篩以外から29個の対象物質が得られた。約0.01 mm～3 mmと様々なサイズのもの、鮮やかな色(赤、緑、青等)のものが多く見られた(図2)。また、海泥試料と海水試料に比べ、目視でMPsと認識できるものが多く、特に、FTIR分析とMX赤外顕微鏡からポリエチレン(PE)やポリプロピレン(PP)が多く検出された。具体的な製品としては主成分がポリオレフィンである配管パテが確認された。ポリオレフィンとは内部に炭化水素の二重結合を持った樹脂の総称であり、PEやPPが含まれる。これらは毒性がなく、有害物質を出さないため、環境にやさしいと言われている⁴⁾。しかし、自然環境中での分解性が非常に低い⁵⁾。また、分子量の異なるPEであるPE(Mn6500)、PE(Mn1800)が確認された。MPsの多くは自然環境中で紫外線により分解され、分子量が小さくなる。特にPEは、高分子から低分子に達する時間は短い、低分子からさらに分解されるためには30年以上かかる⁵⁾。

さらに、スペクトルの波形(図3)から、ピークの出現が-OH基の存在を示す3600～3200 cm⁻¹領域と、C=O基の存在を示す1800～1600 cm⁻¹領域に確認できる。これは環境中でプラスチックの酸化による劣化が進み、-OH基やC=O基が分子鎖の中に導入されたためと考えられる。

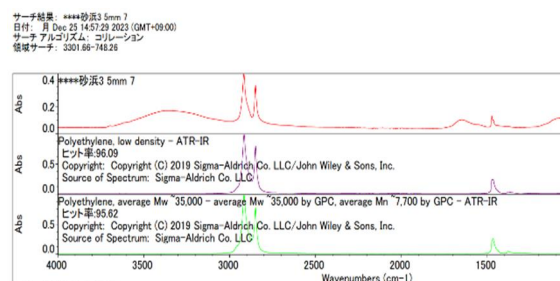


図3 対象物質のスペクトル

以上のことから、出戸浜にはMPsが実際に存在していることが明らかとなった。それらは

環境中に流出して時間が経過しているものであり、特に PE は自然環境中で難分解性であることが示唆された。

MPs 以外として、人の皮膚、オイルやワックスのアピエゾン、直鎖アルカンのトリアコンタン、接着剤を含むテープやマスキングテープなどに含まれる物質が検出された。

これらの物質の多くは油や炭化水素基を多く持つ有機化合物といった疎水性物質である。同様に、MPs も多くの炭化水素基を持つため、疎水性である。このことから、検出された MPs 以外の物質は直接的に MPs になりうることは少ないが、疎水性同士で結合し、生物体内に吸収される恐れがある。また、具体的な成分は特定できなかったが、接着剤が検出されたことから、接着剤に含まれる難分解性の揮発性有機化合物 (VOCs) が海洋中に流出する可能性も考えられる⁶⁾。

●海泥試料

海泥では、3 箇所中、2 箇所目の 5 mm の篩と 3 箇所目の 2 mm の篩以外から、9 個の対象物質が得られた。サイズが約 0.07~0.4 mm と小さめのもの、白色のものが多く得られた。海泥試料中の物質はヒット率が低いものが多く、MPs は少なかったが、浜砂試料で多く検出された PE が確認された。

波の影響の他に、水より比重が軽い PE が何らかの物質を吸着し、比重が大きくなったことで、海泥に含まれるようになった可能性が考えられる。しかし、本研究だけではデータが足りないため、さらに研究が必要である。

●海水試料

海水では、砂浜と海泥試料に比べて非常に小さな対象物質 61 個が得られた。3 月の MX 赤外顕微鏡による分析では、全体的にヒット率が低かったため、ヒット率が高い上位 10 個を抽

表 3 砂浜中の対象物質の FTIR 分析結果

地点	サーチ結果	ヒット率
1 5mm	POLYETHYLENE KR 16	95.85
	POLY(ETHYLENE), LOW DENSITY	97.18
	POLY(ETHYLENE), LOW DENSITY	96.18
	POLY(PROPYLENE), ATACTIC	97.32
	Hand Cream, Dried, Advanced Healing, Lotion, Sav-on	85.36
1 2mm	Duct tape (Back side)	98.03
	POLY(ETHYLENE), LOW DENSITY	97.99
	TRIACONTANE, 99%	91.83
	POLYEHTYLENE (Mn 6500)	98.14
	POLY(ETHYLENE), LOW DENSITY	97.76
3 5mm	Polypropylene, atactic	96.69
	Tape, Adhesive, Double Sided, Acrylate, Terrifically Tacky T	92.85
	Polyethylene, chlorinated 25 wt%	91.7
	POLYEHTYLENE (Mn 6500)	99.3
	Polyethylene, high density	97.62
	Human skin (live)	89.42
	Polyethylene, low density - ATR-IR	96.09
	Plumber's Putty	83.51
	Polyethylene, high density	97.93
	Plumber's Putty	79.49
	POLY(ETHYLENE), LOW DENSITY	97.78
	APIEZON M	94.82
	POLYEHTYLENE (Mn 6500)	99.23
	Castor Bean	75.47
	Masking Tape, Backing, Yellow, PP, Unk	92.77
	Polypropylene, atactic	97.63
POLYEHTYLENE (Mn 6500)	99.07	
POLYEHTYLENE (Mn 1800)	98.5	
Polypropylene, atactic	97.75	

表 3 海泥中の対象物質の FTIR 分析結果

地点	化合物名	ヒット率
1 5mm	Castor Bean Pulp, Protein and Oil Extracted, w/ some absorbe	76.57
1 2mm	POLYEHTYLENE (Mn 6500)	97.89
2 2mm	Wood Flour	83.82
3 5mm	Wheat Gluten flour	85.04
	White Play Sand	58.16
	2-cycle Oil	41.4
	White Play Sand	57.51
	Aragonite, Natural Single Crystal from Solution, Orthorohmbi	29.18

表 3 海水中の対象物質の FTIR 分析結果

分析日	化合物名	ヒット率
12月7日	PHILLIPSITE	85.37
	Chipboard w/ 3.6% methylene bis(phenylisocyanate) OXIDE; ZINC(II)	81.44
	PVC ZINC, CALCIUM POWDER STABILIZER	40.36
		83.00
3月5日	3,5-DIMETHYLPHENOL, 99+%	35.12
	Sodium cyanoborohydride - Reagent grade, 95% - ATR-IR	71.29
	HYDROWOODWARDITE	66.34
	RAW MATERIAL FOR CERAMICS (Quartzite)	36.77
	3,5-DIMETHYLPHENOL, 99+%	34.33
	H2O Vapor	43.31
	GLAUCOCERINITE	62.94
	Trichlorofluoromethane	45.90
	3,5-DIMETHYLPHENOL, 99+%	37.62
	RAW MATERIAL FOR CERAMICS (Quartzite)	36.77

出した。MPs としては PVC が 1 個検出されたが、多くは S、Si など、地殻を構成する元素を含む鉱物系や水分であった。

海水試料において MPs の検出が少なかった要因は 2 つ考えられる。1 つは濾過後の試料の乾燥不足である。対象物質が非常に小さいため、物質中の水分の割合が大きくなると、調製や測定を妨害し、透過法による同定が困難になる。ヒット率を高くするために十分に乾燥させる、乾燥方法を変える等の工夫が必要である。もう 1 つは、採水地点が波の動きが多い前浜だったことである。風波が穏やかな場合、MPs は移動することが少ない。しかし、風波が激しく、多い場合、MPs は後浜（砂浜）に流されやすくなる。大きめの MPs が後浜で多く検出されたことからそういえる。

MPs 以外としては、イソシアネートや安定剤などが検出された。イソシアネートはプラスチックの接着剤など様々な物質に使用されるが、極めて微量でも有害性が高い⁷⁾。また、安定剤には様々な種類があり、中には自然環境には存在しないはずの物質もあるため、私たちの身の回りの製品から流出していることも考えられる。浜砂試料や海泥試料で検出された物質と同じく、MPs と共に取り込まれると人体への影響があることも推測される。

【まとめ】

MPsの実態を把握するため、出戸浜の浜砂、海泥、海水を採取し、FTIR分光光度計、MX赤外顕微鏡を用いてMPsの同定を行った。MPsは微小ながらも実際に環境中に存在していること、存在するMPsの数や種類が場所により異なることが明らかとなった。

また、MPsとして主にPE、PPが検出されたが、MPs以外の様々な物質も多く検出されたことから、人体への影響はMPsのみの問題ではないことが分かった。私たちの身の回りの製品から流出した物質は、MPsに吸着され、生物に取り込まれる危険性があることを実感した。

【謝辞】

FTIRとMX赤外顕微鏡の分析は、秋田県産業技術センター研究員の阿部禎也氏と職員の小林久美氏にご協力いただいた。また、同センター部長の工藤素氏には機器使用等にご配慮いただいた。ここに記して深く謝意を示す。

【参考文献】

- 1) 環境省水・大気環境局水環境課（2023）「河川・湖沼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>
- 2) 府川伊三郎（2020）「海洋マイクロプラスチック問題とプラスチック循環経済」https://www.jstage.jst.go.jp/article/jieenermix/99/1/99_2/_pdf/-char/ja
- 3) 中嶋亮太・山下麗（2020）「海洋マイクロプラスチックの採取・前処理・定量方法」https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaiyou/29/5/29_129/_pdf/-char/ja
- 4) REXtac（2018）「プラスチックの一種「ポリオレフィン」とは？」<https://www.rextac-asia.com/column/products/polyolefin/>
- 5) 府川伊三郎（2018）「浮遊するPE・PPマイクロプラスチックの生成と行方」https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1026.pdf
- 6) CEMEDINE Style（2022）「接着剤の基礎知識 | 接着剤と化学物質」

https://www.cemedine.co.jp/cemedine_reports/basic1-chemistry.html

- 7) 津谷裕子, 内田義之, 宮田幹夫 (2012) 「環境に広がるイソシアネートの有害性」
https://www.asahikawa-med.ac.jp/dept/mc/healthy/jsce/jjce21_1_82.pdf