

わかってきた 食品のマイクロプラスチック汚染

東海大学海洋学部水産学科 清水 宗茂



駿河湾を航行する実習船（望星丸）

はじめに

世界におけるプラスチックの生産および使用量は、その高い有用性から増加の一途を辿っており、年間生産量は世界全体で約4億トンにのぼる。プラスチックは自然分解されずに半永久的に残るといった特徴があることから、ポイ捨てやごみ処理施設へ輸送される過程で環境中に出てしまった使用済プラスチックは、雨等で流され最終的に海に流れ着く。プラスチックごみのなかでも大きさが5mm以下のプラスチックはマイクロプラスチック（MP）と呼ばれ、環境に対する影響の観点から特に問題視されている。

MPは、「一次MP」と「二次MP」の2種類に分類される。一次MPは、洗顔料・歯磨き粉といったスクラブ剤などに利用される微小なプラスチックのことで、主に家庭の排水溝などから下水処理を通り、海へと流出される。国内で販売している製品を対象としたMPの存在に関する調査報告では、一部の洗顔料やボディソープにMPが存在したことが明らかになっている。

一方で二次MPは、捨てられたポリビニール袋やペットボトル、タバコのフィルターといったプラスチック製品が側溝などから川を伝って海へ流出した後、紫外線による劣化や波の作用などにより破碎されて、マイクロサイズになったプラスチックのことを指す。

さらに、近年ではプラスチックの微細化は陸上でも進行し、陸域で微細化したMPが、河川や海域に輸送されることも明らかとなっている。

わかってきた食品のMP汚染

最近では、分析技術の向上とともに、MP粒子による環境汚染はヒトが日常的に摂取する食材や食品にも影響が及んでいることが明らかになってきた。

なかでも、貝や魚などの水産資源においては、海洋におけるMP汚染に関する知見が広まるなか、さまざまな種類のMPが存在することが報告されている。

高田らは、東京湾に生息するカタクチイワシを用いて、消化管中に存在するMPについて分析を行った結果、およそ8割のカタクチイワシの消化管にMPが存在したことを報告している。

海外では、魚介類に限らず、食塩やペットボトル飲料、缶詰などの加工食品に至るまで、我々が日常的に摂取している食品にもMPが存在することが明らかにされ、その対応についてさまざまな取り組みが進められている。一方、国内に目を向けてみると、食とMPに関する研究は上述のカタクチイワシでの報告に限られており、不明なことがほとんどと言える。

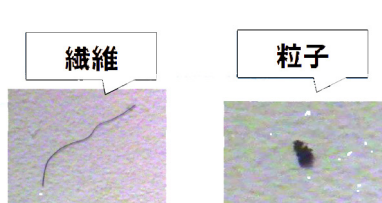
そこで、当研究室では、はじめに駿河湾産の魚（マアジとカマス）を用いて、消化管中に存在するMPについて分析を行った。

その後、さまざまな料理に用いられ、海外では多くのMPの存在が報告されている食塩について、異なる産地の製品を入手し、MPの存在について検討を行った。

さらに、コロナ禍を通じて、需要がさらに高まることとなったプラスチック容器について、プラスチックの組成が異なる代表的な容器を入手し、それらの表面に存在するMPについて分析を行った。

駿河湾産の魚を用いたMP分析

市場にて駿河湾産のマアジおよびカマスを10尾ずつ購入し、消化管を採取した。消化管をアルカリ処理することで有機物を分解し、ろ紙上にMPを回収し、顕微鏡およびフーリエ変換赤外分光光度計（FTIR）を用いて消化管中に存在するMPの大きさや種類について明らかにした。



その結果、マアジからは10尾中2尾にMPが存在しており、粒状が1つ、繊維状が1つ、大

検体番号	形状	大きさ(μm)	種類
マアジ3	粒	約3000	過ヨウ素酸カリウム
マアジ5	繊維	約1000	ポリビニール
マアジ7	粒	約100	フッ素樹脂
カマス13	繊維	約100	アクリル繊維
カマス17	繊維	約100	アクリル繊維
カマス18	繊維	約100	ビニル樹脂

大きさは0.1～1mmであった。カマスにおいては10尾中3尾にMPが存在しており、すべて繊維状、大きさは0.1mm程度であった。

それぞれについて、プラスチックの種類を調べたところ、アクリル繊維が最も多く、フッ素樹脂、ビニル樹脂などが存在していた。これより、東京湾のカタクチイワシでの結果と比べて、MPの存在割合は低いものの、駿河湾産の魚にも一定の比率で消化管中にMPが存在することが明らかとなった。

国産食塩を用いたMP分析

日本海域のうち、採取地の異なる市販食塩3種（沖縄県産、伊豆大島産、徳島県産）を各500g購入した。なお、沖縄県産および伊豆大島産は、海水を天日濃縮後、平釜にて結晶化することで作製、徳島県産は、海水をイオン膜にて濃縮後、密閉した立釜にて結晶化する製法にて製造されていた。

ビーカーに各試料30gを精秤し、30%過酸化水素水を添加後、ホットスターラーを用いて55℃で24時間攪拌した。その後、48時間にわたり常温にて静置した。さらに、超純水を添加し、試料が完全に溶解するまで室温にて1時間攪拌した後、ろ過することで、大きさが5μm以上の物質をメンブレン上に回収した。回

収後、メンブレンを分析用プレートに貼り付けて固定し、清潔なクリーンベンチ内にて乾燥、保管した。なお、試料を添加せずに、上記と同様の操作を行ったブランクも設定した。メンブレン上に回収した物質の成分を明らかにするため、顕微FT-IRを用いて測定した。

その結果、市販食塩30gに存在したMP数は、沖縄県産84±20個、伊豆大島産29±14個、徳島県産41±20個であり、試料により数の違いが認められた。また、沖縄県産および伊豆大島産において、ブランク（5±2個）と比べて、有意に高値を示した。一方で、徳島県産はブランクと比べて有意差は認められなかった。

大きさが20μm以上におけるMPの形状割合は、沖縄県産では99%が粒子状、1%が繊維状であり、伊豆大島産では86%が粒子状、14%が繊維状、徳島県産においてはすべてが粒子状であった。MPの大きさについて、20～50μm、51～100μm、101～200μm、201μm以上に分類した際の割合を円グラフにて示した（図1）。

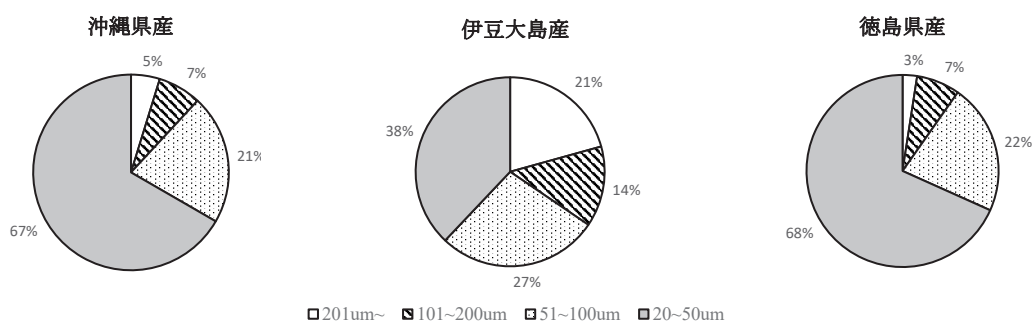
沖縄県産では、大きさが29～459μmのMPが存在し、そのうち20～50μmが全体の67%と高い割合を占めていた。伊豆大島産では、大きさが30～391μmにて存在し、大きさによる偏りは認められなかった。徳島県産では、大きさは30～267μmの範囲にあり、そのうち20～50μmが68%と最も高い割合を示した。

沖縄県産では、100検体の微小物質について分析および解析を行ったところ、84検体についてMPの種類を同定できた（表1）。

表1 食塩に存在したMPの種類

MPの種類	沖縄県産		伊豆大島産		徳島県産	
	個数	割合(%)	個数	割合(%)	個数	割合(%)
polypropylene (PP)	59	59.0	3	7.5	4	8.2
polyethylene (PE)	13	13.0	20	50.0	35	71.4
polyethylene terephthalate (PET)	4	4.0	4	10.0	0	0
poly vinyl chrolyde (PVC)	3	3.0	0	0	0	0
alkyd resin (AR)	2	2.0	2	5.0	2	4.1
nylon (NY)	2	2.0	0	0	0	0
polyacrylate styrene (PS)	1	1.0	0	0	0	0
未確定	16	16.0	11	27.5	8	16.3

図1 食塩に存在したMPの大きさ



内訳を見ると、ポリプロピレン (PP) が 59 個と最も多く、次いでポリエチレン (PE) が 13 個存在しており、合計で 7 種類の MP が確認された。

伊豆大島産では、40 検体のうち 29 検体について MP が同定された。内訳は、PE が 20 個と全体の半分を占め、次いでポリエチレンテレフタレート (PET) が 4 個存在しており、合計で 4 種の MP (PP、PE、PET、アルキド樹脂 (AR)) が存在していた。

徳島県産では、49 検体を分析した結果、41 検体について合計 3 種類 (PE:35 個、PP:4 個、AR:2 個) の MP が存在しており、PE が全体の 71% を占めていた。これより、国産食塩においても海域や製法による違いは認められるものの、肉眼では認識できない微小な MP が存在することが明らかとなった。

海外産の食塩に含まれる MP に関する報告と比べると、国産食塩に含まれる MP 数はかなり少ない結果ではあったものの、目視では確認できないレベルの MP が存在することが明らかとなった。

食品包装容器を用いた MP 分析

検体として、「レトルトパウチ容器:主材質ポリプロピレン (PP)」、「カップ麺容器:主材質ポリスチレン (PS)」、「マヨネーズ容器:主材質ポリエチレン (PE)」、「ドレッシング容器:主材質ポリエチレンテレフタレート (PET)」のプラスチック製食品容器 4 種とした。

各検体の内壁を超純水 60ml で洗浄した後、メンブレンにて吸引ろ過することで、大きさが 5 μm 以上の物質をメンブレン上に回収した。後日、メンブレン上の物質について、顕微 FT-IR 分析装置及び解析ソフトを用い

て MP の種類を同定し、MP の数、形状および大きさを測定した。

大きさが 20 μm 以上の物質同定を行った結果、すべての容器において、PE が検出された。

また、カップ麺容器、マヨネーズ容器、ドレッシング容器からは容器由来の主材質となる MP が検出され、その他にもアルキド樹脂、ナイロン、ポリ塩化ビニルなどが検出された。

MP 数についてはレトルトパウチ容器 (25 \pm 9 個)、カップ麺容器 (91 \pm 11 個)、マヨネーズ容器 (34 \pm 14 個)、ドレッシング容器 (29 \pm 21 個) であり、カップ麺容器で最も多く検出された。なお、MP の形状は粒子状が多く、繊維状は僅かであった。MP の大きさは、粒径 26~3026 μm と幅広く存在し、粒径 20~100 μm の微小な MP が多くを占めていた (表 2)。

これらより、日本国内で製造され、使用されている食品容器においても MP が存在すること、簡易的な洗浄でも食品容器から MP が流出することが明らかとなった。

食品容器の表面に MP が存在する理由として、成型時に付着する可能性や梱包までの間に混入する可能性などが考えられる。今回の検体について、製造方法の詳細は明らかにできていないことから、今後の課題と考えている。

おわりに

今回、国産の魚、食塩、プラスチック製食品容器を用いて、MP の存在に関する分析を行った。その結果、いずれの検体にも肉眼では認識できない微小な MP は存在することが明らかとなった。すでに海外での研究では同様の結果が得られていることから、日常的に摂取している食品には MP が存在していると認識する必要があると考えられた。

現在、MP 摂取と健康に関する研究が、世界中で進められている。それらの研究成果をもとに、人が健康で生活するために、食品をどのような形で摂取することが望ましいのか、具体的な対策が明らかになってゆくことを期待している。

表 2 食品包装容器に存在した MP の概要

	数 (個、平均 \pm SD)	大きさ (μm)	形状 (繊維:粒子)	種類 (多く検出されたMP)
レトルト容器 主材質:PP 副材質:PET	25 \pm 9	30~1608	1:9	PE/PET
カップ麺容器 主材質:PS 副材質:PE/PP	91 \pm 11	26~3026	0.5:9.5	PS/PE/PP
マヨネーズ容器 主材質:PE 副材質:PP	34 \pm 14	26~906	1:9	PE/PP
ドレッシング容器 主材質:PET	29 \pm 21	28~2044	1:9	PE/PET/PP