

油によるマイクロプラスチックの回収の最良条件

2年4組 伊藤 倫 2年4組 善家 陽菜 2年4組 高山 華怜
2年4組 西田 なるみ 2年3組 須田 風咲
指導者 窪地 育哉

1 課題設定の理由

マイクロプラスチック（以下MP）は、一般に5.0mm以下のプラスチックと定義されている。海洋汚染の原因には、家庭排水に含まれていたMPが微小なために下水処理場を通過したことも挙げられる。家庭排水には、洗顔料や歯磨き粉などに使用されるMPの一種であるマイクロビーズや、洗濯の際に合成繊維から発生するマイクロファイバーなどが含まれる。

伊藤ら（2021）は、宇和島市の海岸で海洋ゴミの種類について調査し、塩水中で浮くものと沈むものが混在していることを報告している。また、各種食用油、有機溶媒に対するMP粉末の吸着性について調べ、オリーブオイルを用いたMP粉末回収装置を考案し、その性能について、肉眼で見えるMP粉末のほとんどを回収することができたと報告している。一方で、肉眼で確認しづらい微小粉末の確認が不十分であることから、回収率の算出ができていないことや、回収に効果的な油の量について検討が必要であることなど、課題が多く残されている。我々は、マイクロプラスチックの回収について、その詳細について確認し、より効果的な回収方法の確立を図ることを目的に本研究を行った。

2 原理と本研究の目的

プラスチック成分が油脂に吸着しやすいという性質を利用し、食用油を用いてMPを回収する。本研究では、光学顕微鏡を用いてMP微小粉末の回収状況について調べることにする。また、回収に最適な油の量、油の種類の実験も併せて行うものとする。

3 実験の方法

実験材料となるプラスチック粉末は、実験器具製作会社から頂いた、ポリアクリロニトリル、ポリ塩化ビニル、ポリエチレンテレフタラートの混合物を用いた。

(1) 回収装置の改良

伊藤らによって製作が行われたマイクロプラスチック回収装置油吸着式 [Microplastic Recovery Device Oil adsorption type (以下 MrDoat)] の改良を行い、MrDoat II を考案した。

(2) 回収方法に関する実験

MrDoat II に MP 0.25 g と水、油を入れ、5分間攪拌した。その後、容器の栓を抜き下層の水を取る。下層の水に含まれる微小粉末について以下の二つの方法で計測を行った。

(2)ーア 細胞計数盤を用いたMP微小粉末の計測

細胞計数盤の概略を図1に示す。細胞注入口よりMP微小粉末の混ざった水を注入し、係数室格子線内のMP微小粉末数をカウントした。

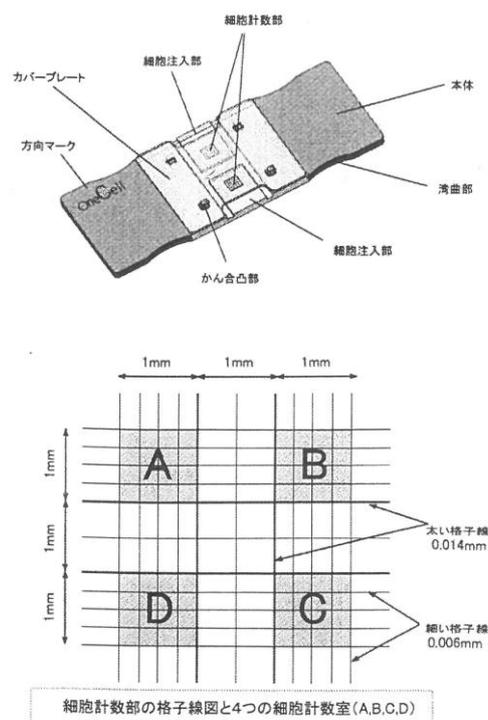


図1 細胞計数盤の概略と計数室模式図

(2)ーイ スライドガラスおよびカバーガラスを用いた MP 微小粉末の計測

MP 微小粉末の混ざった水をスライドガラス状に滴下し、カバーガラスで覆う。カバーガラスの隅にある MP 微小粉末数をカウントした。

4 結果

(1) 回収装置の改良

図2に、MrDoat を、図3に MrDoatII を示した。MrDoat では材質にプラスチックを使用している。使用していくにつれてプラスチック壁面への食用油の付着が顕著となり、MP 粉末をうまく回収できなくなっていったため、材質をガラスに変えることとした。以降、本研究における実験は、MrDoatIIを用いて行っている。

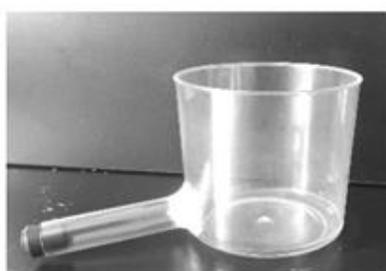


図2 MrDoat

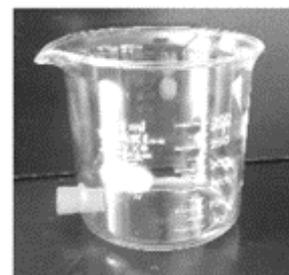


図3 MrDoat II

(2)ーア 細胞計数盤を用いた MP 微小粉末の計測

細胞計数盤の注入口より、MrDoat II で攪拌後の水を注入したところ、MP 粉末の多くが注入口付近にたまる様子が観察された。細胞計数盤の本体とカバープレートの間が 0.10 mm で、MP 微小粉末の多くが、この隙間を通過できなかったことが原因の一つである【図4】。よって、細胞計数盤を用いた MP 微小粉末の計測は不適当と判断した。

MP粉末が計数室まで入らない

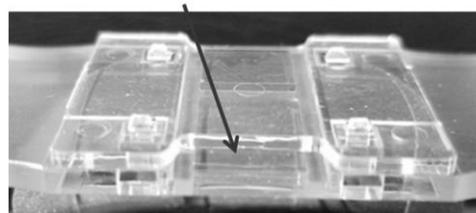


図4 細胞計数盤の注入口付近

(2)ーイ スライドガラスおよびカバーガラスを用いた MP 微小粉末の計測

MrDoat II で攪拌後の水を滴下してカバーガラスをかけたところ、MP 粉末の多くがカバーガラスの隅にたまる様子が観察された【図5】。カバーガラスの4隅を顕微鏡で拡大し、100 μm × 100 μm の枠内にある MP 粉末の個数をカウントし、回収の分析を行うこととした。行った実験の条件は以下のとおりである。実験 No ごとに、カバーガラスの4隅について 10 回ずつ計数を行い、平均したものを MP 粉末の個数とした。

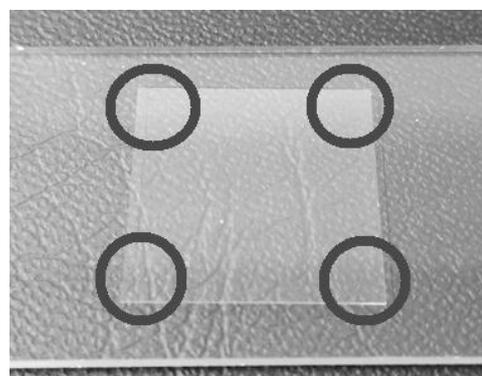


図5 カバーガラスの4隅

《オリーブオイルを用いた実験》 室温で行った

実験 No	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
油の量(mL)	10	20	30	30	30	30	40	50	60	70
水の量(mL)	250	250	150	200	250	300	250	250	250	250

《オリーブオイルを用いた実験》 水の温度を変えて行った

実験 No	⑪	⑫	⑬	⑭
油の量(mL)	30	30	30	30
水の量(mL)	250 (20℃)	250 (30℃)	250 (40℃)	250 (50℃)

《廃棄油を用いた実験》 室温で行った

実験 No	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑
油の量(mL)	10	20	30	40	50	60	70
水の量(mL)	250	250	250	250	250	250	250

※ 廃棄油は、飲食店から頂いた、酸価数 3.0 のブレンド油を用いた。

《酸化したオリーブ油を用いた実験》 室温で行った

実験 No	㉒	㉓	㉔	㉕
油の量(mL)	10	30	50	70
水の量(mL)	250	250	250	250

※ 酸化したオリーブオイルについては、オリーブオイルを 30 分間約 220℃で熱し、酸化を促したものを用いた。

図 6～図 9 に実験結果を示した。

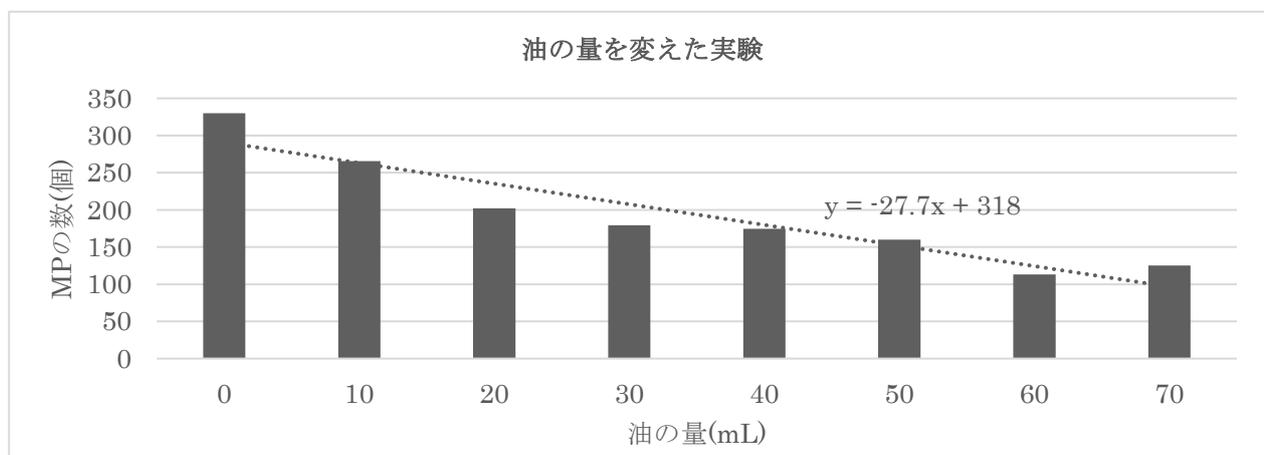


図 6 実験 No①②⑤⑦⑧⑨⑩の結果

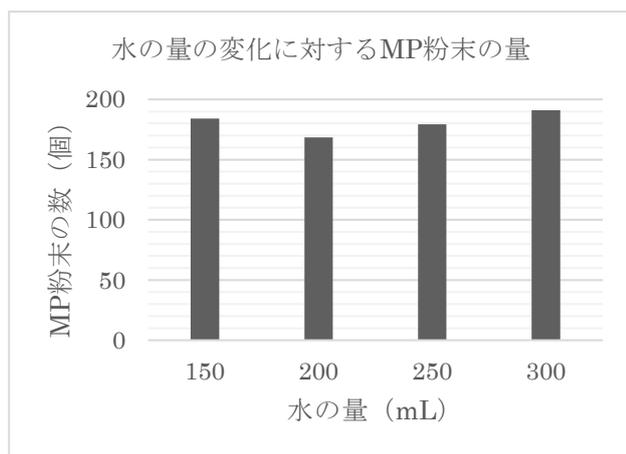


図 7 実験 No③④⑤⑥の結果

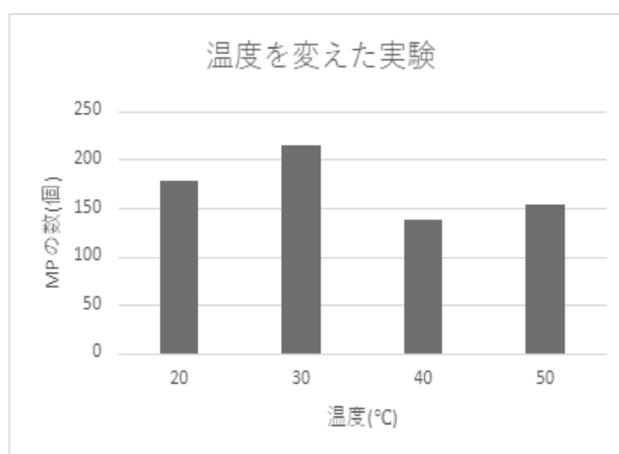


図 8 実験 No⑪⑫⑬⑭の結果

MrDoat II での操作後に取り出した水に残った MP の数を数えているため、グラフの値が減少するほど、回収できたといえる。また、油の量が多いと回収できる MP の量が増えた。図 7 より、水の量を変えても、MP の回収量に変化は見られず、図 8 より、温度を変えることによる、回収率向上の効果は不明となった。近似式の値から考えて、115 mL のオリーブオイルを入れると、微小粉末の 100 % が回収できることが示唆されている。

図9に非加熱オリーブオイル、加熱オリーブオイル、廃棄ブレンド油を用いたMP回収状況についての結果を示した。

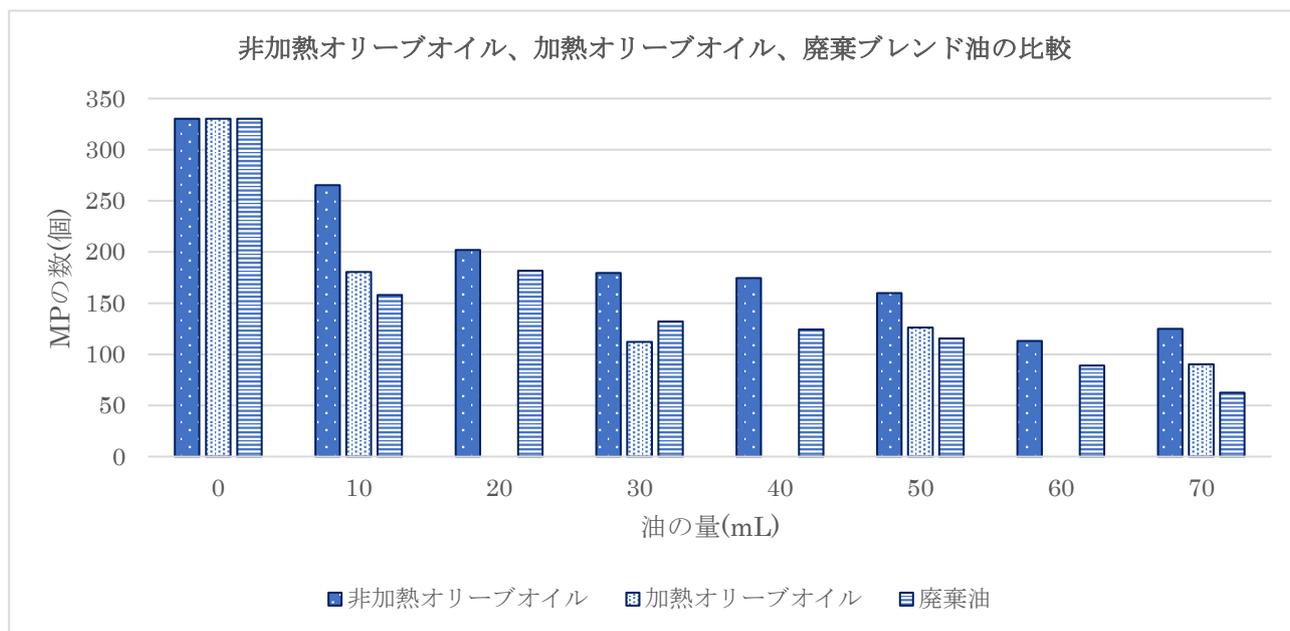


図9 実験 No.15-25の結果

廃棄油、加熱オリーブオイルの方が、非加熱のオリーブオイルよりも回収率が高いという結果が得られた。加熱オリーブオイルと廃棄油では、MrDoat IIで攪拌する際に、油滴のサイズが小さいことが確認された。食用油の変質・劣化を示す値に酸価という値があり、これは遊離脂肪酸の数が大きく関係している。酸価が大きくなるに伴って油脂の粘性などの物性に大きく違いが生まれ、結果的に回収の違いとして表れてきたのではないかと考えている。

5 まとめと今後の課題

油によるMPの回収において、顕微鏡を用いてMP粉末を数えることで、回収量について数値化して示すことができた。

MP粉末回収に用いる油については、酸価の高い廃棄油が有効であり、実験では、微小粉末のうち80%以上を回収することができた。オリーブオイルについても、非加熱よりも加熱したもののほうが回収量は多く、微小粉末のうちの75%を回収することができた。酸価数が大きい廃棄油を用いることで、オリーブオイルよりも多くのMPを回収することができた。

得られた実験結果によると、油と水との割合をおよそ1:2以上とすることで目視で確認できるサイズのものから、顕微鏡で確認しないと分かりづらい微小なものまですべてを回収することが可能ではないかということが示唆された。100%回収に向け、さらに測定を行っていきたいと考えている。

参考文献

- ・伊藤ら(2020)「マイクロプラスチックの回収方法」令和2年度SSH生徒課題研究論文集
- ・三小田憲史、西口大貴(2019)「水環境汚染の評価に向けた海洋マイクロプラスチックの分析,J-STAGE,分子化学,68巻11号,853-857」
- ・健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会(2020)「マイクロプラスチックによる水環境汚染の生態・健康影響研究の必要性とプラスチックのガバナンス,J-STAGE,学術の動向,25巻5号,92-93」