

マイクロプラスチックへの汚染物質吸着性の評価

日大生産工 ○高橋 龍一 日大生産工(院) 木村 悠二

1. 緒言

近年のマイクロプラスチックによる環境汚染が問題視されている。不適切に管理されたプラスチック廃棄物は、紫外線や衝撃などの原因で微細化され、直径が5mm以下のマイクロプラスチック(MPs)と言われるプラスチック片になる。ポリマーを代謝できる微生物も環境中にはほとんど存在しないため、半永久的に自然環境に残留すると予想されている。その小ささゆえに、水生生物がマイクロプラスチックを誤飲することによって受ける影響として物理的に水生生物の消化管の閉塞や内部損傷を引き起こす。そして、マイクロプラスチックに吸着した有機汚染物質の生物への曝露が懸念されている。プラスチックは炭化水素で構成されているため疎水性が高く、疎水性の有機汚染物質がマイクロプラスチックに吸着すると考えられている。様々な研究が自然環境から採取したマイクロプラスチックからは、ポリ塩化ビフェニル(PCBs)、有機塩素系殺虫剤、多環式芳香族炭化水素(PAHs)などの残留性有機汚染物質(POPs)が発見されている。実際に去年の研究では船橋市の海や河川から図1の様なマイクロプラスチックが採取された。

その中で、多環式芳香族炭化水素は、発がん性や変異原性が高く、環境中に長く残留する。そして、多環式芳香族炭化水素は生分解性が悪く、生物濃縮する危険性があることから、環境への影響が懸念されている。本研究では多環式芳香族炭化水素を対象とし、異なる溶液濃度や異なるプラスチックの種類での吸着実験と吸着特性の検討をすることを主目的とした。



図1 船橋市の海から採取した汚染された一部のMPs

2. 実験

本研究では、ポリエチレン(PE)、ポリスチレン(PS)、ポリプロピレン(PP)とポリ塩化ビニル(PVC)の4種類のプラスチックを用いて吸着試験を行った。

MPs表面の劣化が吸着挙動にどのような影響を与えるかを調べるために、新品のプラスチック板を直径5mmにカットしたものと超促進耐光性試験機を用いて耐光性試験を行い紫外線劣化したプラスチック板を直径5mmにカットしたものを用いて吸着試験を行った。耐光性試験により、室外暴露3年分の紫外線を浴びさせた。

吸着試験は多環式芳香族炭化水素(PAHs)であるナフタレンとフェナントレンを用いて行った。ナフタレンとフェナントレンはアセトンで溶かし水を加えた。3種の濃度(50ppm, 100ppm, 150ppm)の水溶液を調製した後、図2の様にバイアル内に調製した水溶液10mL、カットしたMPs六つと攪拌石を入れ、常温状態で24時間攪拌しPAHsを吸着させた。

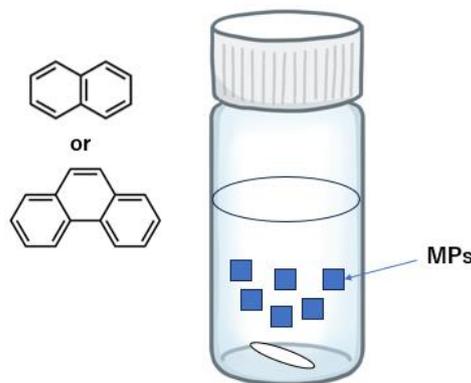


図2 バイアル内での攪拌作業

24時間の攪拌作業が終わった後、MPsを回収し、自然乾燥させた。乾燥したMPsをジクロロメタン100mL入りビーカーに入れ一時間超音波振動を与え、超音波抽出をした。PAHsがジクロロメタンに溶けて、この溶液をガスクロマトグラフィーで分析した。

分析で得たデータを事前に作った検量線を用いて溶液のPAHs濃度と質量を計算した。ガスクロマトグラフィーの分析条件を表1に示す。

表1 ガスクロマトグラフィーの分析条件	
使用機器	ジーエルサイエンス株式会社
使用カラム	DB-5(30m,0.25mm,0.25μm)
注入口温度	200°C
注入量	5μL
キャリアガス	N
昇温条件	60°C(3min)→30°C/min→300°C(2min)
検出器	水素炎イオン化検出器

3. 実験結果

ナフタレンがガスクロマトグラフィーの分析の際どの時間に応答信号を発するかを特定するために、ジクロロメタンでナフタレンを溶かし1%ナフタレン溶液を調製した。図3の中のように、10分から11分の間にナフタレンの応答信号が強く示されている。そして、ナフタレン100ppm水溶液の中で吸着試験を行い、マイクロプラスチックから抽出したナフタレン溶液も同様にガスクロマトグラフィー分析を行った。結果として、10分から11分の間にナフタレンが示す小さな応答信号が検出された。その応答信号の部分を拡大したものが図4である。この結果から、マイクロプラスチックへのPAHsの吸着と吸着したPAHsの抽出に成功したと示唆される。今後はこの方法を用いてデータを集めていくことで吸着挙動がわかっていく。

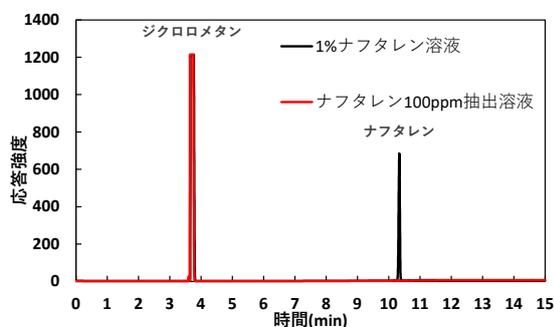


図3 ジクロロメタンに溶解したナフタレンが示す応答結果

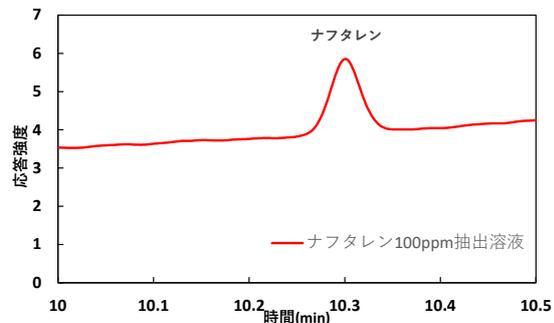


図4 ナフタレン100ppm抽出溶液が示す応答結果

まとめ

紫外線や衝撃など物理・化学的作用によりMPsの表面が劣化で比表面積が大きくなり、化学物質の吸着量への影響が予想される。

現在は純水の環境下で吸着試験を行っているが、今後は人工海水を作り、海水の環境でPHAsのプラスチックへの吸着挙動にどのような影響を与えるかも検証しうくと考えている。そして、粒径の異なるMPsを粒径・成分ごとに分け、PHAsの単位重量当たりの吸着量を測定していくと考えている。

参考文献

- 鍋谷佳希, 田中周平, 鈴木裕識, 雪岡聖, 藤井滋穂, & 高田秀重. (2017). 琵琶湖・大阪湾におけるマイクロプラスチックへのペルフルオロ化合物類および多環芳香族炭化水素類の吸着特性. 土木学会論文集 G (環境), 73(7), III_1-III_8.
- 雪岡聖, 田中周平, 鍋谷佳希, 鈴木裕識, 藤井滋穂, & 高田秀重. (2018) 水環境中におけるマイクロプラスチックの粒径に着目した微量有機汚染物質の吸着特性. 土木学会論文集 G (環境), 54(7), III_527-III-535
- Hongrui Z, Ileana F, Marco V, Annalaura C. (2023) Organic Pollutants Associated with Plastic Debris in Marine Environment: A Systematic Review of Analytical Methods, Occurrence, and Characteristics. Int. J. Environ. Res. Public Health 2023, 20(6), 4892
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. Environmental science & technology, 47(12), 6646-6655.
- Rainieri, S., Conlledo, N., Larsen, B. K., Granby, K., & Barranco, A. (2018). Combined effects of microplastics and chemical contaminants on the organ toxicity of zebrafish (Danio rerio). Environmental research, 162, 135-143.
- Mastral, A. M., & Callen, M. S. (2000). A review on polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) emissions from energy generation. Environmental Science & Technology, 34(15), 3051-3057.