

海洋プラスチックと有害物質の吸着～硫酸銅（Ⅱ）水溶液とヨウ素溶液を用いて～

愛媛県立松山南高等学校 SSH プラスチック班

堀田駿 高岡勇翔 土居拓久斗 大政玲空 指導教諭 兵頭英樹

1. はじめに

『マイクロプラスチック汚染の現状、国際動向と対策』（高田, 2018）および『マイクロプラスチックに吸着した有害物質の分析』（SHIMAZU）では酸化防止剤や難燃剤等の添加剤に由来する有害化学物質や周辺海水から吸着してきた疎水性の有害化学物質がプラスチックに吸着していること、また、海洋生物が食べることで生物の体内に有害物質が蓄積し生物濃縮が起こること、さらにその海洋生物を人間が食べて、被害が出る恐れがあるということが報告されている（図1）。

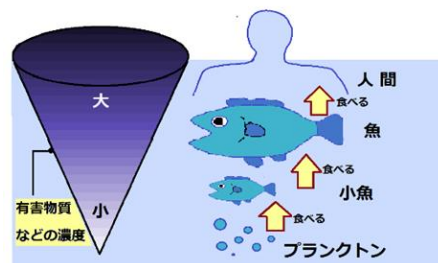


図1 汚染物質の蓄積

本研究では、極大吸収波長での吸光度が溶液の濃度に比例することを利用して吸光度の変化から濃度の変化を見ることで、その変化から、海洋プラスチックに有害物質がどのくらい、またどのように吸着するのかを調べ、この結果からプラスチックの危険性を明らかにすることにした。また、生分解性プラスチックへの有害物質の吸着も調べて、生物への影響が少ないのかを調べることにした。

2. 研究項目・方法

(1) 実験1：硫酸銅（Ⅱ）水溶液を用いた実験

ポリスチレン（以下、PS）、ポリエチレンテレフタレート（以下、PET）、生分解性プラスチック（ポリ乳酸）の三種類のプラスチックを用いた。表面積による吸着度の違いを無くすためにできる限り同じ大きさに切断した。0.05 mol/L の硫酸銅（Ⅱ）水溶液 10mL にプラスチックを浸し、劣化させるために紫外線を当てながらマグネチックスターラーを用いてかく拌した（図2）。10分、30分と時間を変えて実験を行った。吸光度計を用いて実験後の溶液の吸光度を計測した。



図2 実験の様子

(2) 実験2：ヨウ素溶液を用いた実験

水と、少量のエタノールを混ぜたものにヨウ素を溶かし、 1.6×10^{-3} mol/L のヨウ素溶液を作った。そして実験1と同じPSをこのヨウ素溶液 10mL に浸し、実験①と同様に実験を行い、分光光度計で実験後の溶液の吸光度を計測した。また、実験②の後のPSについては愛媛大学教育学部に協力をお願いし、電子顕微鏡でPS表面を観察した。

3. 結果

(1) 実験1：硫酸銅（Ⅱ）水溶液を用いた実験

実験後は吸光度が低くなるという仮説のもと実験を行うと、PS, PET, 生分解性プラスチックを浸した3つの水溶液とも極大吸収波長(810nm)での吸光度は原液よりも高くなるという結果になった（図3）。この実験で得られたデータをもとにグラフを作成したが、3つとも同じグラフになったので、PSを使ったもののグラフのみを載せている。この結果から、吸光度が上がった原因を突き止めるために追加の実験を行った。

(ア) 追加実験①

実験1で吸光度が上がったのは、硫酸銅(Ⅱ)水溶液は紫外線を当てると濃度が大きくなってしまい吸光度が上がってしまったのではないのかと考え、硫酸銅(Ⅱ)水溶液に直接紫外線を10分間当てながらマグネチックスターラーで回転させ、紫外線を当てず回転もさせてもいない原液の吸光度と比較した(図4)。図4より、吸光度が上がっていることがわかる。

(イ) 追加実験②

精製水にそのまま紫外線を照射するとオゾンが発生し吸光度が上がったのではと考え、精製水に直接紫外線を10分間当て、無処理の精製水と吸光度を比較した(図5)。図5より、吸光度に差はないことがわかる。

(ウ) 追加実験③(硫酸銅(Ⅱ)・五水和物の固体に着目)

実験1、追加実験①で吸光度が上がったのは、硫酸銅(Ⅱ)・五水和物がそもそも紫外線によって変質するからなのではないのかと考えた。硫酸銅(Ⅱ)五水和物の固体に直接紫外線を10分間照射した。その後、精製水に溶かし実験1と同じ濃度にしたものと、無処理の硫酸銅(Ⅱ)・五水和物を用いて同じ濃度にしたものとの吸光度を比較した(図6)。図6より、吸光度に差はないことがわかる。

(2) 実験2: ヨウ素溶液を用いた実験

私たちは測定開始後に吸光度が下がるという仮説を立てていた。仮説の通り極大吸収波長での吸光度は下がるという結果になった(図7)。図7から、無処理のヨウ素溶液原液とPSを入れてかく拌したものを比べると、極大吸収波長(500nm)での吸光度はPSを入れてかく拌したもののの方が低くなっている。

また、実験後のプラスチックの表面を電子顕微鏡で観察すると紫外線照射後のプラスチック表面が滑らかになっていることだけが分かった。

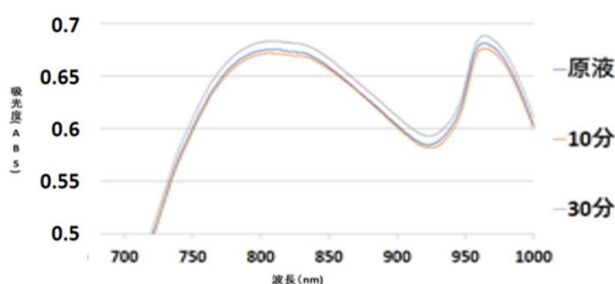


図3 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用いた実験結果

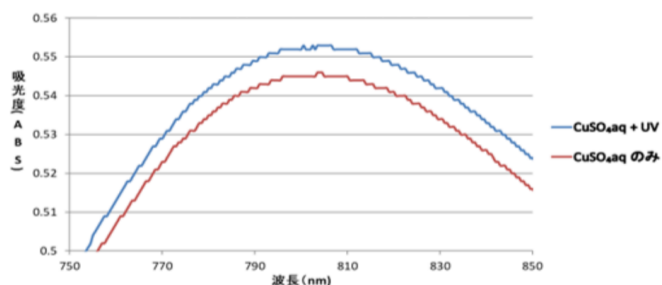


図4 硫酸銅(Ⅱ)水溶液に紫外線を照射した実験結果

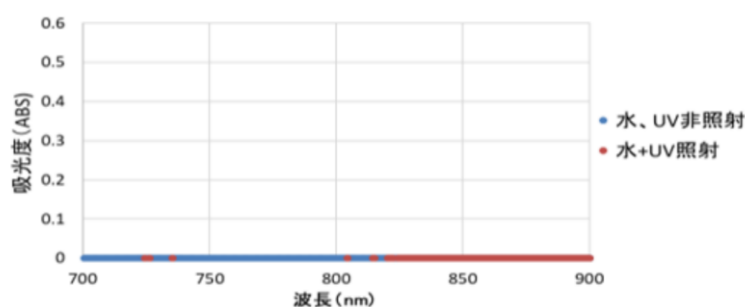


図5 紫外線を照射した精製水と非照射の精製水の吸光度の比較

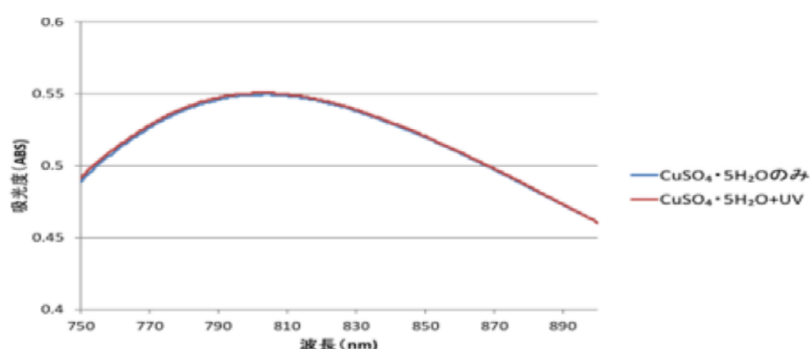


図6 溶解前の硫酸銅（Ⅱ）への紫外線照射の影響

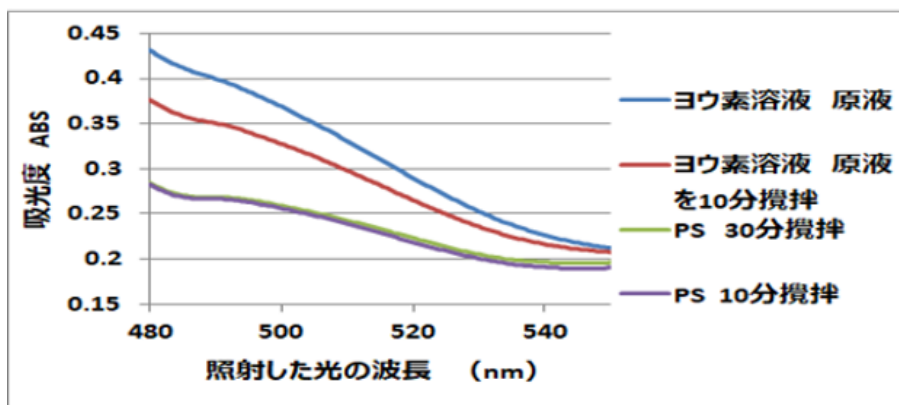


図7 ヨウ素溶液を用いた実験結果

4. 考察

(1) 実験1：硫酸銅（Ⅱ）水溶液を用いた実験について

実験1で吸光度が上がったのは溶媒の水や硫酸銅（Ⅱ）五水和物に紫外線を当てると変化して濃度が大きくなるからではないかという仮説を立てて追加実験②と③を行った。追加実験②と③において条件を変えても吸光度の値に差はみられなかった（図5、図6）。このことから実験1でプラスチックを入れた硫酸銅（Ⅱ）水溶液の吸光度が原液と比べて上がった原因は、溶媒の水でも硫酸銅（Ⅱ）五水和物でもないと考えられる。ただし追加実験②と③の前に行った追加実験①

ではプラスチックを硫酸銅(Ⅱ)水溶液に入れなくても紫外線を当てるだけで吸光度は原液と比べて上がっている(図4)、硫酸銅(Ⅱ)水溶液の中に原因があると考えられる。今後は温度やかく拌速度、水や硫酸銅(Ⅱ)・五水和物以外の条件についても調べていきたい。

(2) 実験2：ヨウ素溶液を用いた実験について

測定開始後にヨウ素溶液の極大吸収波長での吸光度が原液より低くなっていたことや実験後にヨウ素溶液中から取り出したPSが赤みがかかった黄色をしていたことから、ヨウ素はPSに吸着したと考えられる。今後は高性能の電子顕微鏡を用いてヨウ素がプラスチックに吸着している様子を確認し、撮影する。

5. まとめ

以上より、以下の3点が示唆された。今後は実験条件の改善を経て、試行回数を増やしプラスチックの危険性を明らかにしたい。

- (1) プラスチックに硫酸銅(Ⅱ)が吸着しているかは分からない。
- (2) 硫酸銅(Ⅱ)の吸光度が上がった理由として硫酸銅(Ⅱ)の水溶液の中に原因があると考えている。
- (3) ヨウ素の極大吸収波長での吸光度が原液よりも低くなっており、実験後のPSに色がついてることよりヨウ素がプラスチックに吸着していると考えている。

6. 参考文献

- ・青木 弘行, 吉田 旺弘, 鈴木 邁(1972)「プラスチックフィルムの劣化に関する速度論的考察」材料/21 巻 (1972) 223 号, p. 309-314
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsms1963/21/223/21_223_309/_pdf
- ・高田秀重(2018)「マイクロプラスチック 汚染の現状、対策、国際動向」廃棄物資源循環学会誌/29 巻 (2018) 4 号, p. 261-269
https://www.jstage.jst.go.jp/article/mcwmr/29/4/29_261/_pdf/-char/ja
- ・安部郁夫(2002)「吸着の化学」オレオサイエンス/2 巻 (2002) 5 号, p. 275-281
https://www.jstage.jst.go.jp/article/oleoscience/2/5/2_275/_article/-char/ja/