

研究課題名「マイクロプラスチックの蓄積と海底地形について」 逗子開成中学校・高等学校

1. 背景（研究の動機、前年度までの成果）

近年 SDGs でよく取り扱われている環境問題、その中で海洋汚染がよく取り上げられる。環境汚染は主に人工物の廃棄による弊害であり、私たちは生きるためにそれらの環境問題に積極的に対処する必要がある。逗子開成中学校・高等学校は海に近い学校として海洋教育が充実している。そこで、海を一つのテーマに、私たちはこれまで有志で海に関する研究グループに参加してきた。今回は環境問題の一つ、海洋汚染について調べることにした。

2. 目的

深海にプラスチックごみが存在することがわかってきた。しかし、採取技術が確立されておらず、どうしてそれが深海にあるのかが分かっていないために採取が難しいという問題がある。私たちはどのようにしてプラスチックが深海に沈み、どの辺りに分布しているかを調べることを研究の目的（出発点）とした。

3. 活動の内容

3.1 出前講義（オンライン参加）

①日時：2020年12月18日（金）17時45分～19時00分

場所：自宅（オンライントーク）

講義題目：海 × 東大 オンライントーク

～海洋マイクロプラスチックとは何か、その実像に迫る～

講師：小川展弘 先生（東京大学 大気海洋研究所）

3.2 見学

該当なし

3.3 その他の活動

該当なし

4. 研究の成果

① プラスチックが沈む要因の検証実験

はじめに、厚さ 0.01 mm のレジ袋（ポリエチレン）を 1.0 cm×1.0 cm にカットしたもの（以下、「サンプル」とよぶ）を用意した。

一般的なポリエチレンの密度を 0.91 g/cm^3 とすると、このカットしたレジ袋にはたらく重力の大きさは $9.1 \times 10^{-7} \text{ N}$ となる。一方、水の密度を 1.0 g/cm^3 、重力加速度を 10 m/s^2 とすると、このレジ袋にはたらく浮力の大きさ $1.0 \times 10^{-6} \text{ N}$ と計算できる。つまり、浮力と重力の差分である $9.0 \times 10^{-8} \text{ N}$ を外力が与えなければ、ポリエチレンは水中に沈むことはでき



サンプルを水面に浮かせたようす

ないと私たちは考えた。その外的な要因を調べるために、次に示す実験をおこなった。プラスチックごみが沈み込む原因としては、水面での波、鉛直方向の対流、生物誤飲、不純物付着（何かと合わさって重くなる）などが考えられる。私たちのグループではこれまで水槽を用いた簡易的な海洋モデル実験をせい精力的におこなってきた。本研究では、グループ内部でおこなわれた別視点の研究において、熱塩循環による水の移動に伴い、水槽内の水の温度分布に変化が生じるという研究成果が得られたこと（*）から、「水面での波」と「鉛直方向の対流」に注目して実験をおこなった。

1-1. 水面での波による要因

はじめ、水槽（60 cm×30 cm×20 cm）に十分な量の水を入れ、水面にサンプルを浮かべた。この水槽を台車に載せ、台車を前後に動かすことで水槽内に波を再現し、サンプルの沈み込みを調べた。波の模擬としては、1 m 幅の間隔をストップウォッチを用いておよそ 1 m/s の速さで 1 分間（30 往復）揺らし続けた。結果として、サンプルの沈み込みは確認できなかった。

1-2. 水の鉛直方向の対流による要因

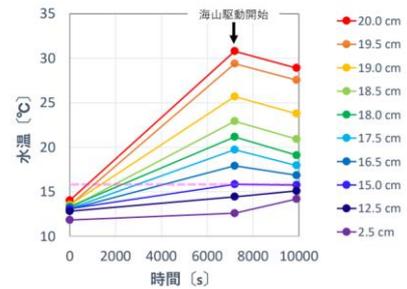
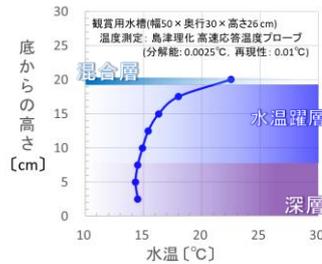
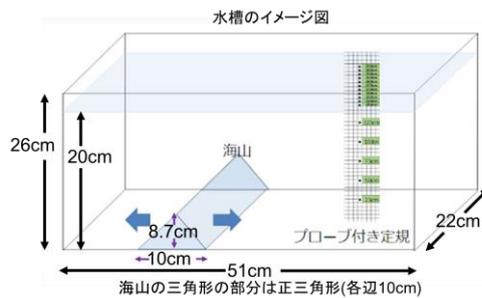
水槽内の水面上で、直線距離にして約 50 cm の両端に、空き缶に入れた氷（周囲の水温 5°C 程度）とヒーター（周囲の水温 30°C 程度）を設置し、温度差をつけた。このとき水槽内に生じる対流によって、水面に浮かべたサンプルが水の沈みこみとともに沈むかどうかを検証したが、結果として、サンプルの沈み込みは観測できなかった。



以上のことから、マイクロプラスチックが海底に沈む要因として、水面での波や鉛直方向の対流による影響は小さいと考えた。

（*）

今回の研究にあたり、「波」と「鉛直方向の対流」に着目したことには理由がある。これまで私たちの研究グループでは、何年かにわたって「深層海流による熱輸送と流れの可視化」について研究をしてきた経緯がある。海洋深層に存在する深層熱塩循環は、大量の熱を表層から深層へ輸送することで、地球環境を維持している。熱輸送の一部には海山と潮汐流が生み出す乱流が担っているという研究もあり、水槽を用いて擬似的な海を作ることで乱流のメカニズムを探ってきた。温度の測定には、鉛直方向に設置された高感度の温度センサ（島津理化製、高速応答温度プローブ：分解能 0.0025°C、再現性 0.01°C、サンプリングレート 1 Hz）を用いて連続的に水温を測定し、温度の変化を熱の輸送が原因と捉え研究を繰り返してきた。たとえば、上記「1-2. 水の鉛直方向の対流による実験」において、水面の両端に十分に温度差をつけた状態で色付き油性インクを少量滴下したところ、インクが鉛直方向で対流する（乱流も観測できる）ことが確認できた。また、底にはプラスチック下敷きで作成した簡易的な海山模型を用い、それをわずかに揺らす（1 cm/s 程度）ことで、水槽内の水温分布が変化することがわかった。実験では、海山模型の小さな振動が熱輸送に影響を与えることで、水面付近の水の温度は下降（熱が温度の低いところへ移動）する一方、深層の水の温度は上昇する結果が得られた。この成果が今回の研究のモチベーションの一つにもなっており、熱輸送のメカニズムとマイクロプラスチックの移動との関連性も含めて研究を継続することには十分な価値があると感じている。



今回の研究とは別となる、過去の研究成果の一部

5. 研究成果の発表

①応募期間：2020年7月1日（水）～9月1日（水）

発表の場：海の宝アカデミックコンテスト 2020 全国大会

発表題目：「どうして海底にプラスチックが存在するの？」

発表形態：ポスター発表

発表者名：中川友真（高校2年）、

鎌田睦希（高校2年）、

西川仁己（高校2年）

※関東・中部ブロックにおいて、マリン・ラーニング賞を受賞しました。



②日時：2020年10月24日（土）8時30分～13時00分

発表の場：学園祭

発表題目：「どうして海底にプラスチックが存在するの？」

発表形態：ポスター発表

発表者名：中川友真（高校2年）、

鎌田睦希（高校2年）、

西川仁己（高校2年）

6. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

環境安全を考えることは私たちの生活に直結するものだと改めて感じた。十年百年後の地球環境のことを想像はできても身近なものとは考えられないが、海のごみという観点で考えると、魚を食べたり海で遊んだり、私たちが海と密接な関わりをもつ以上、これからも個人個人が考えていく必要があると思う。そのため私は環境の問題を考えるにあたって必要なのは、未来の危機よりも今私たち自身にどのような影響が生じるかを考える方が自分自身のリスクを感じられ、他人事から自分事になり、環境安全を考える理由になるのではと感じた。

今日の私たちの豊かな生活は科学技術に支えられていると言っても過言ではない。しかしながらそれには常にリスクが伴っていることを忘れてはならない。今回の私たちの研究テーマでもある海洋プラスチックの問題は普段の生活ではその影響を目にすることは中々ない。というのも、マイクロプラスチックは微小で汚染されている様子を肉眼で見ることが難しいからだ。レジ袋の有料化で一時は注目を浴びたが、具体的な問題に関してはこの研究に取り組むまで知らなかった。この研究から海が身近になっただけでなく、海の将来に関心を持ち、問題に取り組む姿勢の重要性を実感した。大切な海を守るためには技術だけでなく我々の意識を変える必要もある。綺麗な海を汚すのか、それとも残すのか、最終的な判断は我々に委ねられているのだから。

7. 今後の課題

中嶋亮太氏（JAMSTEC 研究員）の著書『海洋プラスチック汚染 - 「プラなし」博士,ごみを語る-』（岩波科学ライブラリー）によると、中性浮力のプラスチックが海水の沈み込みによって動いて沈んでいるという。このことから、マイクロプラスチックが何らかの不純物と合わさり、重くなって沈み込みが起きていると私たちは考えた。そこで私たちは、より研究の内容を試行錯誤し、水の流れによってマイクロプラスチックがどのように移動し、長い時を経てどこに行きつくのかを調べていきたい。

今後、東京大学大気海洋研究所のマルチプルコアラーのアイデアを模倣し、水槽内での深層循環の再現と合わせて、引き続きマイクロプラスチックが堆積する要因や、溜まりやすい場所について研究を重ねていく。

8. まとめ

私たちはこの活動を通じて研究の意義や醍醐味を肌で感じる事ができた。はじめてテーマを設定したときに、どのような実験をすれば検証できるか試行錯誤の毎日であった。現在の研究テーマは当時とは異なるものであったが、検証方法を考える日々を過ごすうちに、そもそもプラスチックは海底に沈むのかという疑問が生じ、この事業に応募することになった。研究をすることは、疑問への答えや好奇心を満たすために必要なものであるとはじめて感じる事ができた。今まで学校の授業でも実験や研究課題をおこなったことはあったが、どれも結果が知られているもので、心から楽しんでおこなえなかったことが多い。貴重な経験をしている最中であると感じている。

創意工夫した点としては、これまで日本地球惑星科学連合大会 JpGU や、毎年東京大学で開催されている全国海洋教育サミットの発表を通して先輩たちが築き上げてきた研究活動の成果を参考に、コミュニケーションを大切に仲間とアイデアを深めてきた点である。また、オンラインツールを積極的に利用し、他の研究テーマを進めているグループとの交流もおこなってきた。実験活動はできていないが、アイデア作りには時間を割いたと考えている。今年度は新型コロナウイルス感染症対策の影響によって思うように活動することができなかったが、実験活動を再開できた際には、先述した熱輸送のメカニズムやインクの移動の様子との関連性も含めて研究をおこなっていきたい。