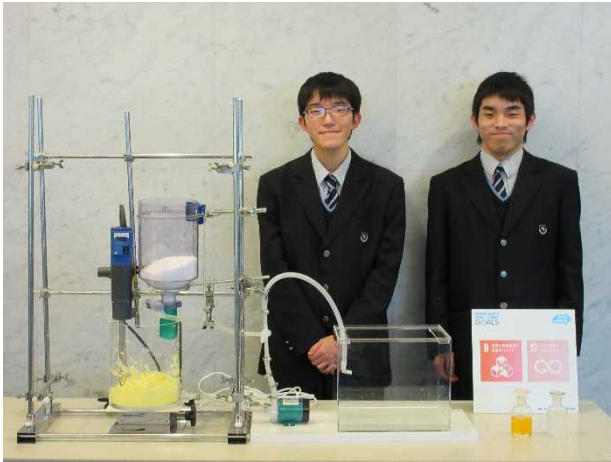


海洋プラスチックを利活用した水処理技術に関する研究

富山県立魚津工業高等学校 環境科学部



1. 研究背景

プラスチックは種類によりさまざまな特徴があり、それを生かして多方面で使われている。プラスチックは私たちの暮らしに定着し、様々な生活分野や産業分野に貢献している。

しかし、使用済み製品の不適切な廃棄や、不十分な廃棄物管理等により、使用済みのプラスチックが陸域から河川を通じて海洋に流出するプラスチックは、年間少なくとも800万トンで、これはジャンボジェット機の機体の重さに換算すると、1年間に5万機分の重さのごみを海に捨てていることになる。流出したプラスチックは、波や紫外線などによって5mm以下の細かい破片“マイクロプラスチック”となり、海洋生物の食物連鎖を通じて人や生態系に悪影響を与える懸念が指摘されている。

一方、廃プラスチックのリサイクルは、長年の技術開発によって、多くの手法が実用化されており、大きく分けると以下の三つになる。(1) マテリアルリサイクル(再生利用)(2) ケミカルリサイクル(原料・モノマー化、高炉還元剤、コークス炉化学原料化、ガス化、油化など)(3) サーマルリサイクル(熱回収)(固形燃料/セメント原・燃料化、ごみ発電、RPF、RDF、ガス化、油化)である。日本では、パリ協定に掲げられた努力目標の

実現にも貢献するため、2050年までに温室効果ガスの実質ゼロという長期的目標を掲げている。したがって、日本のリサイクルのうち有効利用な廃プラ84%のうち、56%がサーマルリサイクルによるものとなり、CO₂排出抑制に繋がらないことになる。そこで、これからはサーマルリサイクルの現状を見直す必要がでてくると考えられる。

2. 研究目的

そこで、本研究は、プラスチックをサーマルリサイクルするのではなく、プラスチックの特性を生かし吸着剤としてリサイクルし、汚れた水をきれいにする水処理技術を提案することを目的とした。廃プラスチックのモデルとして、市販のプラスチック商品を粉碎し、マイクロプラスチックにする。このマイクロプラスチックと界面活性剤を混合して凝集剤とし、この表面に汚染物質を吸着させ凝集沈降し、汚染物を除去することを試みた。廃プラスチックや海洋プラスチックを直接利用することを想定し、土砂成分の混入も考えられることから、土砂成分のベントナイトを凝集剤とした吸着実験も同様に検討した。本校、環境科学部は、とやま環境フェアに毎年参加し、環境に配慮した取組みについて情報提供を行ってきた。コロナ禍のなか、これまで以上にプラスチックは私たちの生活に密着した材料となっている。これからは使用と排出を考えたwithプラスチックの生活様式を考えていく必要がある。そこで、本研究の成果をプラスチックゴミ排出抑制の啓発活動につなげるために、プラスチックゴミを利用した水処理装置を開発し、環境教育の材料として活用したい。

3. 研究計画

身近な地域でのプラスチックゴミの現状を知り、廃プラスチックを吸着剤としてリサイクルする技術を可能にするため、以下に示した研究計画の基に研究を進めた。

(1) 経田海岸で海洋プラスチックならびにマイクロプラスチック漂着調査を行う。

(2) 廃プラスチックとマイクロプラスチックの影響を調べるため、魚津市のプラスチック処理と下水道処理の現状について調査する。

(3) 土砂成分であるベントナイトを用いた染色排水の水処理について検討する。ベントナイトを吸着材のモデルとして得られた知見を各種プラスチックに置き換えて検討する。

(4) 汎用性プラスチックの粉碎手法と粒子径を調べる。

(5) 各種プラスチックを用いた染色排水の水処理を検討する。

(6) 使用する界面活性剤の種類を検討する。

(7) 環境教育に用いる排水処理装置を開発する。
今回は、研究成果の一部を紹介する。

4. 実験操作

界面活性剤水溶液とベントナイトまたはプラスチック材料を、質量比 10 : 0~0 : 10 まで混合し、マグネチックスターラーまたは攪拌機で 5 分攪拌した。これに、等量のメチルオレンジ水溶液を加え、さらに 5 分攪拌後、ろ過した。ろ液の吸光度を測定し、特性吸収波長の吸光度からメチルオレンジの除去率を算出した。

5. 結果と考察

5.1 海洋ゴミの漂着物調査

漂着物調査は、公益財団法人環日本海環境協力センターが実施する手法を参考に行った。以下の方法で調査した。

調査日時：7月下旬～8月上旬

調査場所：魚津市経田海岸周辺(片貝川河口付近)

調査方法：調査区画の設定

- (1) 海岸全体の漂着物の状態が把握できるように、調査範囲を設定し、波打ち際から陸地方向へ連続的に縦横 10 m の調査区画を設定した。
- (2) 調査区画は、1 列 3 区画とした。
- (3) 調査範囲が判るように四隅に杭を打ち、その間をナイロン紐で分けした。

(4) 漂着物を区画毎に次の 8 種類の大分類に区分し、重量及び個数を測定した。

漂着物調査の結果を Fig. 1 に示す。回収した海洋ゴミを 8 種類に分類し、排出国の確認と個数、重量測定を行った。Table 1 は、漂着物調査の全個数を示す。内訳は「その他人工物」の木材が最も多く、次いで「プラスチック類」、「紙類」、「発泡スチロール類」となった。片貝川河口付近ということもあり、河川から流入した木材の漂着が多いと考えられる。海岸で回収したゴミの中には、漂着したものではないゴミも多数確認した。今回の調査では、海岸で回収したゴミはすべて海洋ゴミとして調査を行った。また、海上でたくさん存在していると考えられている漁網も漂着していることが確認できた。近年、漁網の不法投棄が問題になっている。

Table 1 漂着物の分類

分類	個数/ 個
プラスチック類	20
ゴム類	4
発泡スチロール類	10
紙類	17
布類	3
ガラス・陶磁器類	2
金属類	3
その他人工物	58



Fig. 1 漂着物調査の結果

マイクロプラスチックは 5 mm 以下のプラスチック

クであり、今回の調査では全体で4個のみ確認できた。調査範囲は広いので1区画100m²全てを調査していないことから、少ない結果になったと考えられる。採取できた範囲は波打ち際であることから、摩擦や紫外線により分解して小さくなったプラスチックが海洋より漂着するため多く存在したと考えられる。

5.2 汚染物質吸着実験

水溶液中でプラスの電位を持つカチオン性界面活性剤（補助剤）CTABと廃プラスチック（凝集剤）ポリスチレンPSを所定量混合し、そこへ汚れモデルの染料メチルオレンジを添加した。5分間攪拌後、上澄み液の色の濃さ（吸光度）を分光光度計で測定した。全量400mLで処理実験を行った。図中のCTAB:PSはそれぞれの濃度の溶液を質量比で混合させたことを示す。

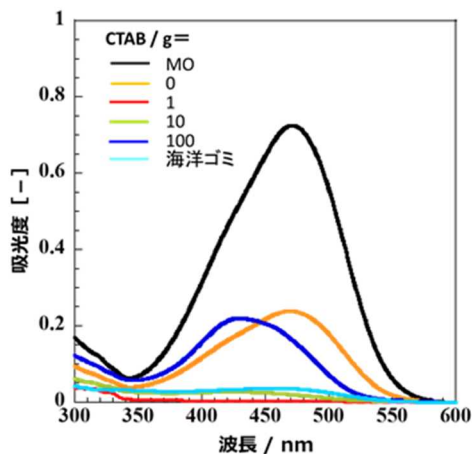


Fig.2 CTABの添加量が異なるMOの吸光度

Fig.2に示すように1w/v%CTABが1gで、ろ液が透明になり、凝集剤PSにMOが吸着除去されてPSの色が白色から黄色に変化することが分かった。

また、最適条件で海洋ゴミを使用して処理実験を行ったところ、Fig.2に示すようにMOをほぼ処理できることが明らかとなった。

5.3 吸着処理メカニズム

ベントナイトとマイクロプラスチックに粉碎したPS、PP、PETは凝集剤として染料を吸着除去できることが分かった。そこで、凝集剤と補助剤

により染料が吸着除去できるメカニズムを以下のように検討した。吸着メカニズムをFig.3に示す。MOを吸着させると、CTAB:ベントナイトの混合比が3:7~7:3で凝集が生じて、ろ過後のろ液も無色透明になった。凝集が生じた範囲は、ゼータ電位の値がゼロに近く電位が小さいことからMOを含んで凝集沈降したため、ろ液が無色透明になったと考えられる (Fig.3 (b))。

CTAB:ベントナイトの混合比が0:10~1:9は、ベントナイトに対して補助剤が存在しないか不足するために、凝集体が形成できない。ベントナイトが単分散していることからMOが除去できないと考えられる (Fig.3 (a))。

また、CTAB:ベントナイトの混合比が9:1~10:0では、凝集剤のベントナイトが不足または存在しないことから、MOを含んだ凝集体が形成できなかったと考えられる。(Fig.3 (c))。

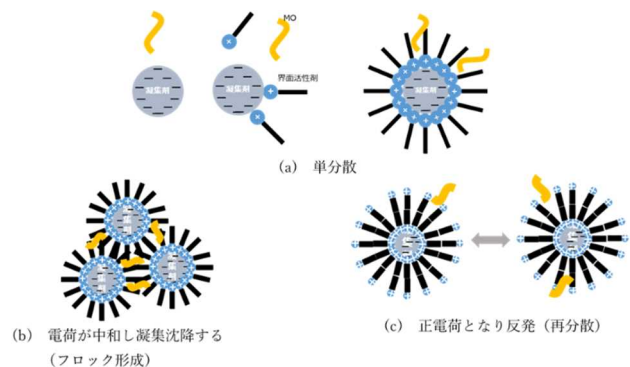


Fig.3 メチルオレンジの吸着除去メカニズム

5.4 環境教育に活用する廃プラスチックによる汚染水吸着実験装置の開発

本実験で得られた結果をもとに、これまでの10倍に相当する処理液4Lにスケールアップすることを試みた。スケールアップする際に、小中学生や一般の方々にも環境について興味関心を高めてもらうこと、さらに、現在問題になっている廃プラスチックと人間活動の関わり方について、改めて考える機会になるような装置の開発を考えた。

本校の生徒または保護者、とやま環境フェア

web 開催で廃プラスチックについてアンケート調査を行った。調査人数は 50 名である。回答していただいた内容から、開発する装置は「廃棄物処理方法を知ってもらうこと」、「廃棄物の新しい利用方法を考えてもらうこと」、「プラスチックと新しい生活様式との関係性」について考えるきっかけとなる装置を作ることにした。製作した装置の全体像を Fig. 4 に示す。本装置を含め、廃プラスチックを利用した水処理技術を Plastic・Earth・Protect の頭文字をとり「プラステクト」とした。この装置を用いて、環境イベントで一般の方や小中学生向けの出前授業で使用し、廃プラスチックの利用方法やリサイクルの大切さを伝えていきたい。また、小中学校と連携し、海洋ゴミプロジェクトを立ち上げ、環境問題の啓発活動に取り組みたい。

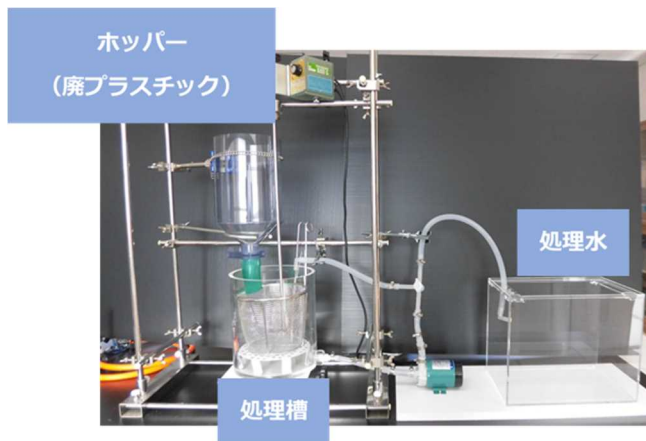


Fig. 4 製作した水処理装置

6. 結論

本研究を通して、以下のことが明らかとなった。

1. 漂着ゴミ調査を行い、経田海岸周辺で様々なゴミが漂着していることが分かった。マイクロプラスチックも確認することができた。
2. 凝集剤に廃プラスチック (PP、PS、PET) を用いて、MO の吸着除去を行えることが分かった。使用する廃プラスチックの粒子径によって必要な界面活性剤の濃度が変化することが示唆された。
3. 廃プラスチックを活用した水処理装置を製作することができた。水処理のスケールアップを図

るとともに、多くの方に水処理を体験していただき、SDGs の目標 つくる責任とつかう責任(12)や産業と技術革新の基盤をつくろう(9)にあてはめて、環境問題の啓発活動につなげる。

4. 本実験で明らかとなった、海洋プラスチックを含む廃プラスチックを活用した水処理技術を Plastic・Earth・Protect の頭文字をとり「プラステクト」とした。

7. 成果発表

- ・とやま環境フェア in web
- ・工業技術論文発表大会
- ・とやま環境賞
- ・埋没林博物館 まいはくカフェ
- ・環境講演会
- ・魚工展 (魚津工業高校 文化祭)

8. 謝辞

本論文の執筆にあたり、多くの方々にご支援いただきました。

本研究のために調査、測定、試料提供にご協力いただいた(株)魚津清掃公社、日本海環境サービス(株)、(株)ケー・テクノ、富山県産業技術研究開発センターものづくり研究開発センター、魚津市上下水道局、公益財団法人環日本海環境協力センターのみなさまに心から感謝いたします。また、東京大学 布浦鉄兵 准教授より、貴重なご助言を賜りました。感謝申し上げます。

今回の研究で得られたことを今後も多くの場で報告していきたいと思えます。

本研究は、日本海学研究グループ支援事業の助成を受けて行われました。ありがとうございました。