

熱で海岸をきれいにするプロジェクト

代表者名 上遠野 巧、牧野 綜太

所属 大島商船高等専門学校 (川原・山口研究室)

1. はじめに

近年、日本を含めた東アジア周辺各国の産業発展に伴い、各地から流出したゴミが海洋を漂流し、日本の海岸に大量に漂着する問題が起きている。これらは「越境ゴミ」と呼ばれ、海岸に漂着後、分解されることなく破片となって堆積し、海岸環境を汚染し続けている。またこれらの存在は、野生生物はもとより人間の経済活動にも影響を与えることから、国際的な環境問題の一つとされている。日本の海岸に一年間に漂着するゴミの量は70万トンにも達すると推定されている。特に、冬場には北西風の季節風により、日本海側の海岸には大量のゴミが漂着する。中でも、地理的条件から長崎県対馬市の海岸では、砂浜が全く見えなくなるほど大量のごみで埋まってしまうところも見られる。図1に長崎県対馬市の場所を示す。

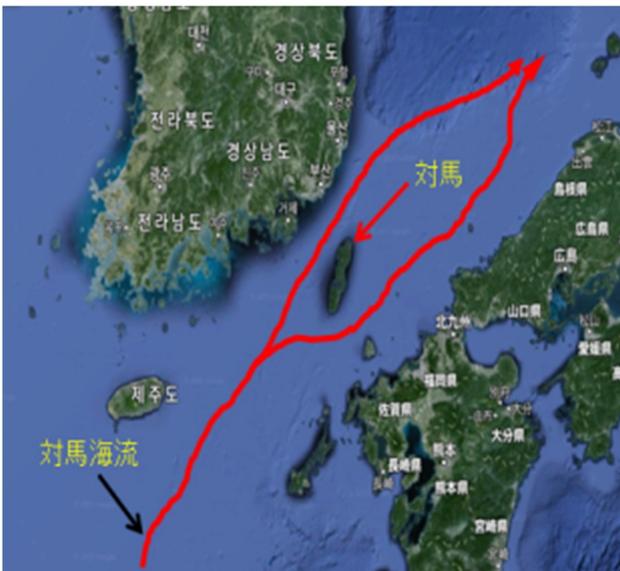


図1 長崎県対馬市の位置

海岸に漂着するゴミの多くは生活用品であるが、それ以外にも漁業系の廃棄物や医療系・工業系の廃棄物もたくさん漂着する。そのほとんどはプラスチック類であり、その中でも特に大きな発泡スチロール製のフロートは目をひく存在である。図2に対馬市に漂着したゴミを示す。



図2 漂着ゴミ

大島商船高専のある周防大島の海岸にもカキ養殖や船の防舷材に使用される発泡スチロール製のフロートが目立つ。当初、この漂着発泡スチロールを回収し、油に戻して燃料にしようと考えていたが、調査を行っていくと、発泡スチロールの容積の大きさが問題となり、保管場所や輸送コストの問題が生じていることがわかった。発泡スチロールは原料ビーズに蒸気をかけて約50倍に発泡させたもので、体積の成分割合は空気が全体の98%を占めており原料はほんのわずか2%である。そこで、熱を利用して中の空気を追い出し、小さくすることで、保管場所の問題解決や輸送コストを削減でき

ると考えた。容積が 50 倍に膨らんでいるものが 1/50 になれば、短絡的ではあるが、輸送に必要なトラックが 1/50 となり、輸送コストも 1/50 になると考えられる。本研究では加温した廃天ぷら油を利用した漂着発泡スチロールの減容化装置を開発し、海岸美化活動を行いたいと考えた。

2. 発泡スチロール減容化基礎実験²⁾

2.1 実験装置及び試料

実用装置を製作するための必要な設計データを得るため、加温した廃油による発泡スチロールの減容化特性について調査を行った。図 3 は実験装置の外観写真を示す。使用した減容化槽は直径 200mm、高さ 150mm の鍋を利用した。天ぷら油の量は容器の底から 110mm の高さまで入れ、温度は投げ込みヒータを使って 140~200℃になるように温度調節を行っている。試料である発泡スチロールの大きさは 縦 40mm×横 50mm×高さ 100mm の直方体に切って試験片を作成した。試料の質量は電子天秤を、体積はメスシリンダーを用いて計測した。試験片を天ぷら油で揚げて減容積にかかる時間を計測した。



図 3 実験装置の外観

2.2 実験条件

試料のサイズは、上述したように縦 40mm×横 50mm×高さ 100mm の直方体である。天ぷら油の温度は、140℃、150℃、160℃、180℃、210℃、250℃の 6 個の温度条件で実験を行なった。試験片を鍋に投入した時間を開始時間、目視にて泡立ちがなくなり、これ以上減容化できないと判断した時間を終了時間とした。減容化後の試料は内径 28mm のメスシリンダーに入る程度に箸で簡単に成形した。減容化前後の様子を図 4 に示す。



図 4 減容化前後の様子

2.3 実験結果

減容化に関する実験結果として図 5 に温度と減容化にかかる時間の関係を、図 6 に温度と容積比の関係を記す。

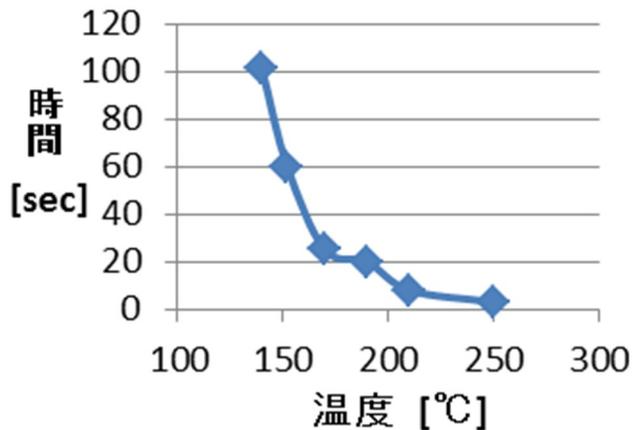


図5 減容化における温度と時間の関係

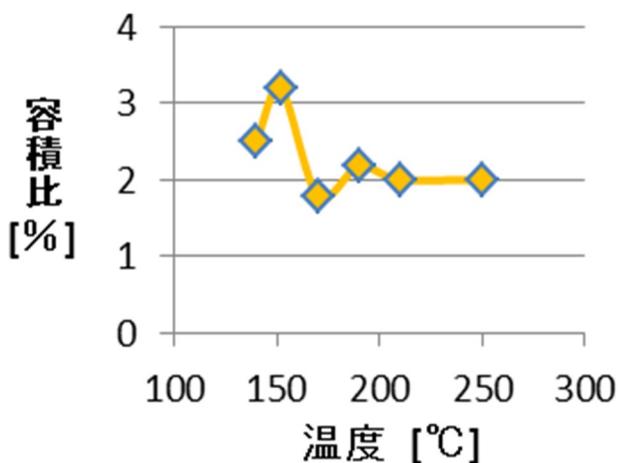


図6 減容化における容積比と温度の関係

図5の温度と時間の関係より、天ぷら油温度が高いほど、減容積にかかる時間は短くなった。図6の温度 - 容積比曲線より、容積比は平均して約2[%]となった。このことから約50倍の発泡率の分だけ容積が減じられた。その他の気づきとして、減容積直後、試験片が餅のように伸びた。また、実験中匂いはしなかった。天ぷら油温度が高すぎると、発泡スチロールが溶解して回収が困難だった。以上の結果から、減容化には160°Cが最適であると決定した。

3. 減容化装置の製作

3.1 試作機による実験

当初ドラム缶の使用を考えていたが、海岸までの持ち運びを考えて、20リットルのペール缶を使って試作機を作製した。ヒータは油用電熱ヒータとして八光電機SAB1111(100V、1kW)を、減容化液として本校の学寮食堂で廃棄された天ぷら油を15リットル使用した。図7に試作機の外観を示す。



図7 試作機の外観

基礎実験の結果から160°Cに設定をして行った。実験開始前の油の温度は27°Cで160°Cに達するまでに2時間ほどかかった。160°Cにおける溶解時間について、今回は減容化することだけを目的としたため、計測までは行わなかったが、長いとは感じられなかった。大型の発泡スチロールフロートをペール缶に入るサイズに切断する間に、減容化は終了していた。図8は溶解前のフロートと溶解後に成形した状態である。基礎実験の結果から50分の1の大きさになると想定したが、実際には約25分の1程度になった。これは、発泡スチロール自体の密度の違いや、溶解後の押し固め方に違いがあったことによるものであると考えられる。



図 8 溶解前のフロートと溶解後に成形した状態

3.2 減容化装置の製作³⁾

清掃活動に参加することや、沈殿したゴミの回収を目的に底がホッパー状になったステンレス製の40リットル容器を購入して減容化槽に用いた。ヒータは試作機と同じく(株)八光電機 SA1111 (100V、1kW)を使用した。減容化槽内の温度や塩分濃度の時間変化を捉えるために熱電対および塩分濃度系が取り付けられるよう、側面を改造した。図9にホッパーの図面を、図10に製作した減容化装置の外観を示す。

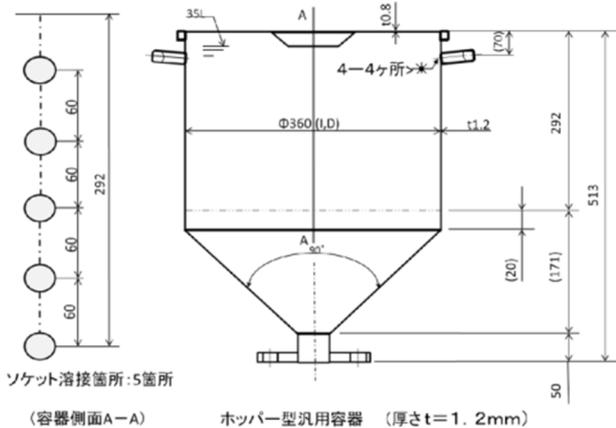


図 9 ホッパーの図面
(日東金属工業(株)製)



図 10 減容化装置

4. 減容化装置の実演

製作した減容化装置を用いて、2つの清掃活動へ参加、漂着発泡スチロールの減容化の実演を行った。

4.1 佐合島での清掃活動

平成28年10月2日に山口県熊毛郡平生町佐合島で開催された「佐合島2016ビーチクリーン」に参加し、減容化装置の実演を行った。全体で40リットルのゴミ袋で30袋程度のゴミを回収したが、発泡スチロールはそのうちの10袋程度であった。佐合島で回収した発泡スチロール片は後で述べる対馬のものより小さく、ほとんど切断する必要はなかった。時間の都合上10袋全部を減容化することはできなかったが、2時間で5袋程度処理することができた。減容化後の大きさは20リットルペール缶の3分の1程

度になった。図 11 に佐合島での減容化装置の実演の様子を示す。



図 11 佐合島での減容化装置実演状況

どい状況を目のあたりにした。図 12 に対馬の海岸の状況を示す。



図 12 対馬の海岸の状況

参加者からの声を以下にまとめる。

- 広島からの参加者

「広島湾には牡蠣筏用のフロートが海岸にたくさん打ち寄せられているため、減容化装置を活用してほしい。」

- 島民

「島内で出たごみは、小形の連絡船で搬送しているため、発泡スチロールは嵩張るので小さくできるのはありがたい。」

また、ビーチクリーン活動には多くの子供たちが参加しておりに発泡スチロールゴミの問題について興味、関心を持ってもらえることができた。

4.2 対馬での清掃活動

平成 28 年 10 月 23 日に長崎県対馬市美津島町赤島で開催された「第 4 回日韓海岸清掃フェスタ」に参加し、減容化装置の実演を行った。フェスタの前日に、これまで写真や話でしか知らなかった、対馬の海岸の漂着ゴミの状況について見学しに行った。実際に自分たちの目を見て、想像以上にひ

中でも発泡スチロールが一番目立っていた。発泡スチロールは大変軽いので、海岸から離れた山の中にも存在した。図 13 に内陸部の発泡スチロールゴミについて示す。



図 13 内陸部の発泡スチロールゴミ

清掃フェスタ当日は悪天候の為清掃活動は中止になってしまったが、漂着ゴミ問題について考えるシンポジウムにおいて減容化装置の実演をおこなった。図 14 にシンポジウム会場での実演の様子を示す。



図 4 対馬での減容化装置実演状況

シンポジウムには東京や福岡、韓国からの参加者もいて、漂着ゴミについて関心がつよく、発泡スチロール減容化装置についても多くの質問を寄せられた。下記に質問内容およびその回答について記す。

● 「なぜ廃天ぷら油を用いるのか」

回答：発泡スチロールに付着した塩分の除去と廃天ぷら油の有効利用を目的としている。

● 「油化との違いは何か」

回答：設備が簡易であること。その他、輸送コストの問題について説明をした。

● 「発泡スチロールだけなのか。塩ビは処理できないのか」

回答：発泡スチロールの減容化を目的としている。

● 「大型の減容化装置はできないのか」

回答：将来は作製したい。今回は海岸まで持ち運べる大きさとした。

● 「減容化後の発泡スチロールはどうするのか」

回答：現在は焼却処分をしているが、将来的にはペレット状にして燃料として使用したい。

上記の質問以外にも減容化装置に対して多くの好評をいただいた。

5. おわりに

本研究により以下のことがわかった。

- ① 発泡スチロールの減容化温度は 160°C が適当である。
- ② 実際の減容化率は $1/25$ 程度になった。
- ③ 多くの人たちが漂着発泡スチロールで困っている。
- ④ 減容化により離島における輸送の問題が解決できる。

今回、減容化装置を製作し、2つの清掃活動に参加することで、思っていた以上に海岸にはゴミがあり、中でも発泡スチロールが大変目立っていて厄介な存在であることを改めて感じた。島民の方や清掃活動に参加した人たちの声を聴いて今回作製した減容化装置が役に立つことが実感できた。

謝辞

本実験を行うに当たり、実験費用の助成していただいた株式会社八光電機のみなさま。ご指導ご助言をしていただいた山口先生、川原先生、三原先生にこの場をお借りして御礼申し上げます。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 川原他 オイルバスを利用した発泡スチロール廃棄物の減容化特性 H28 JIME
- [2] 横田 平成 25 年度大島商船高専卒業研究報告書
- [3] 福喜 平成 27 年度大島商船高専卒業研究報告書