九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

海洋環境を模したプラスチック微細化装置の製作

油布, 圭
九州大学応用力学研究所

https://doi.org/10.15017/2329122

出版情報：九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 1, pp.32-34, 2019-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University
バージョン：
権利関係：

九州大学応用力学研究所 技術室
技術室報告 Vol. 1, 32-34

海洋環境を模したプラスチック微細化装置の製作

油布　圭

要　旨

海岸漂着するプラスチックの微細化（マイクロプラスチック化）を検証する実験装置を製作した。具体的には、自作した容器内に、砂・水・加速劣化させたプラスチック片を封入して容器ごと長時間回転させ、プラスチック片が砂や水と衝突する衝撃によって、微細化する様子を観察する装置である。ブラシレスモータやベアリングを用いて、長時間の運転に耐えられるように装置の設計および製作を行った。

キーワード

マイクロプラスチック　海洋プラスチック汚染　微細化　装置　製作

1．はじめに

海洋力学分野の磯辺教授が進める海洋プラスチック汚染研究に関連して、海岸におけるプラスチック片の微細化（マイクロプラスチック化）を検証するために、実験装置の製作を依頼された。

海洋に流れ出たプラスチック片は自然の中で紫外線、熱、物理的衝撃などを要因とした劣化によって数 mm 以下に微細化しマイクロプラスチックとなるらしいが、その過程や時間スケールに関しては未解明な部分が多く、研究例も殆どない。そのため、この過程を明らかにすることは、海洋プラスチック汚染の研究を進める上で重要な意味を持つ。

今回、海岸付近で起こると考えられるプラスチックの微細化を調べるために、プラスチックが砂や水と衝突（物理的衝撃）する環境を模擬した装置を製作した。紫外線照射によるプラスチックの劣化実験を別に実施して、加速劣化させたプラスチック片を当該装置に用いる。

2．装置の概要

依頼された装置の要件は、海岸付近でプラスチックごみが砕波に伴って砂や水と一緒に攪拌される状況を模擬する装置ということであった。協議を重ねた末、容器内に砂・水・プラスチックシート（5cm 角）を封入し、日本南岸の平均的な波周期の 5 秒、および平均波高と同じストローク長 50cm で、数～数十時間容器内を攪拌できる装置を設計した。

まず、容器は外径 120mm（内径 110mm）、長さ 50cm の円筒形にし、ストローク長が 50cm であるため容器の長さを 50cm にした。5cm 角のプラスチックシートが入る大きさで、且つ取り扱いに苦慮しない径である。外径 150mm の円筒も用意したが、砂と水を入れると重くて扱いづらかったので採用しなかった。

装置は、数十時間連続運転できる能力が必要であったので、モータを使用することにした。しかし、周期 5 秒という低速回転と、ある程度のトルクが必要であったため、減速比が大きいギアドモータの使用を検討した。設計を考え始めた当初は、シーソーのように容器を運動させることを考えたが、容器ごと回転させた方がよく攪拌され、また、構造も単純になることから、容器をモータで回転させる仕組みを採用した（図 1）。

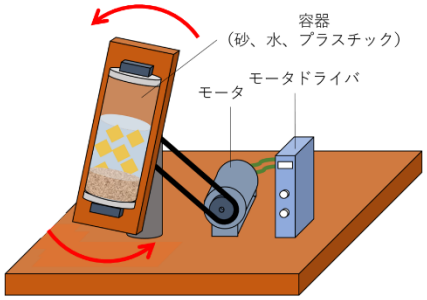

図 1　装置の概略図

３．装置の設計・製作

製作した実験装置を図 2 に示す。装置は、大別して容器、モータ部、フレーム部、土台で構成される。回転周期 5 秒で実験を行うため、速度調整つまみの中央値付近が 5 秒となるように調整している。土台には、容器の回転で動かないように 20kg 分の錘を載せた。

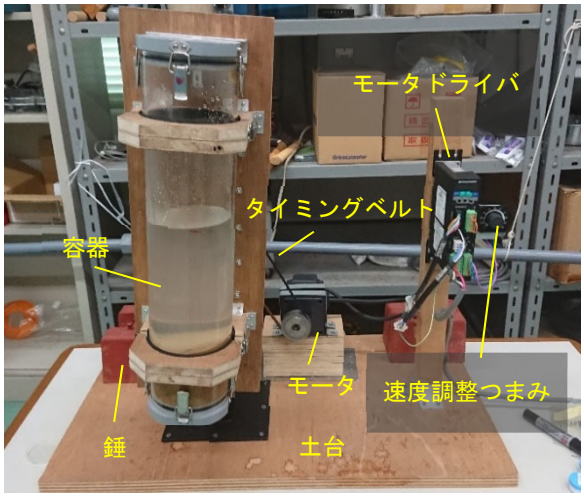

図２　製作した実験装置

容器

容器は、長さ 500mm、外径 120mm、厚さ 5mm の既製品のアクリルパイプを使用し、両端の蓋は塩ビ板を旋盤およびフライスで加工した（図 3）。

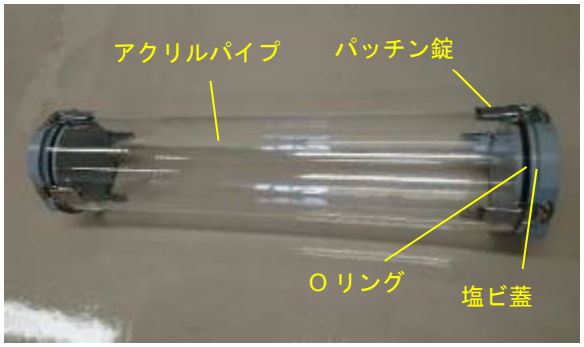

図３　砂・水・プラスチック片を入れる容器

容器内の様子を観察できるように、透明なパイプを選んでいる。パイプと蓋が接する部分は、線径 5.7mm の O リングとシリコングリスで止水した。また、蓋の開閉は学生でも行いやすいようにパッチン錠を用いた。アクリルや塩ビもプラスチックの一種であるが、容器内に封入するプラスチックにはポリエチレンを用いるため、万が一、破片が混入しても分別可能である。

モータおよび周辺機器

モータは、Oriental Motor 社製のブラシレスモータ（BXS460CM-100S）とそのモータドライバ（BXSD60-C）、外部速度設定用可変抵抗器（PAVR-20KZ）を用いた。手元にある機器を有効利用し、費用を抑える目的でこのモータおよび周辺機器を使用した。ギアヘッド（減速比 100）付きでトルクが大きく、ブラシレスで長時間の運転に向いていることも都合がよかった。三相もしくは単相 200V で使用可能である。モータの固定は専用金具の SOL4M6 を用いてもよかったが、手元になかったので、金属板を加工して土台の木材にねじ止めした。また、トルクの更なる向上とモータの故障防止のために、タイミングプーリとタイミングベルトを使用した（図 4）。

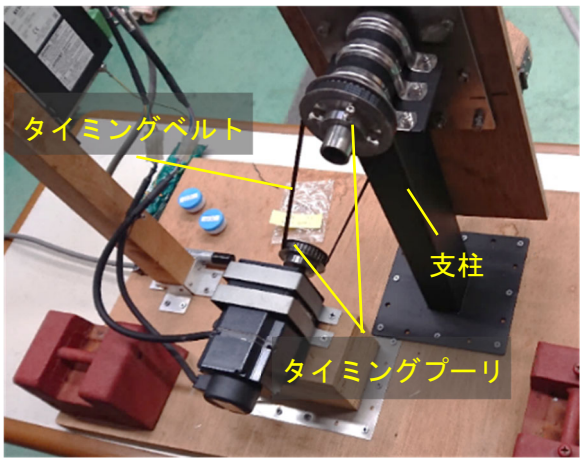

図４　タイミングプーリとタイミングベルト

タイミングプーリは三ツ星ベルト社製の 32XL037BMC7（モータ側）と 44XL037BME6（容器側）、タイミングベルトは 300-XL-037 を使用した。歯数が 32 と 44 であるので、減速比が約 1.4 となり、多少トルクを上げている。前述したように、周期 5 秒がつまみの中央値付近に来るように、減速比を調整した。トルクが足りなければ減速比を可能な範囲で大きくするつもりであったが、特に調整する必要はなかった。

フレームおよび回転軸部分

容器を固定するフレームには、木材と金属を用いた。加工のしやすさと扱いやすさを重視して可能なところは木材を用いるようにしたが、強度が

必要な支柱部分（図 4）などは鉄やステンレス鋼（SUS）を用いた。支柱の上に SUS パイプで作った回転軸を自転車部品のボトムブラケットに入れて、ゴム板とサドルバンドで挟み込んで固定した（図 5）。ボトムブラケットの内径が 24mm であったため、SUS パイプが 24mm となるように旋盤で加工している。また、SUS パイプの一端に SUS 板を溶接し、木材フレームにねじ止めすることによって、モータの回転が容器に伝わる仕組みとなっているが、溶接部に最も回転の負荷がかかるため、SUS 板に SUS パイプと同径の穴を開けて挿入し、表と裏から念入りに溶接した。SUS パイプのもう一端は、24mm 径の穴を開けたプーリを通してねじ止めした。

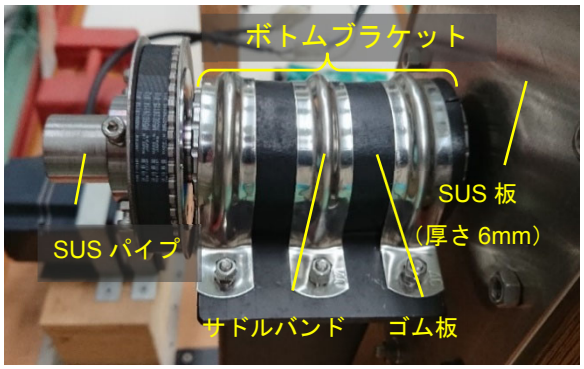

図 5　容器の回転軸周り

回転軸の部分には、工数削減と費用軽減のため、手元にあった自転車部品であるボトムブラケットを流用した。ボトムブラケットは、自転車のクランク部分に使用される部品であり、ベアリングが付いている。もとより数十キロある人間の体重を支え、長時間の使用にも耐えられる仕様であって、当該装置への利用は費用対効果を勘案して有益であった。

4．試験運転

装置完成後に試験運転を行った。容器が回転する様子を図 6 に示す。今後の実験状況で割合は変わるかもしれないが、砂を容器の 2 割程度、水を容器の 6 割程度入れて試験を行った。回転中にうまく容器内が攪拌されずに、砂が塊になって落ちるようなことがあれば、修正を加えるつもりであったがそのような問題は起こらなかった。また、容器の水漏れも起こらなかった。運用当初は、何時間か運転するとタイミングベルトが緩んだので、モータの位置を再調整して木ねじで下の土台に固定した。その後ベルトは緩んでいない。十数時間にわたって試験運転をしたが、その他の不具合等は発生しなかったので、試験運転を終了した。

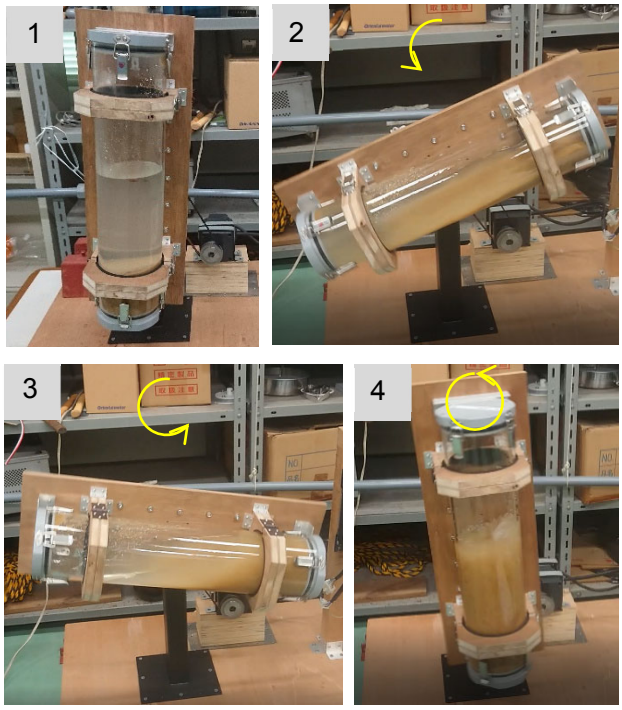

図 6　容器が一回転する様子

5．さいごに

この装置を使った実験が開始されて 2 か月以上（運転時間 100 時間以上）経過したが、今のところ大きな故障もなく稼働している。容器内に砂を入れているので、容器を何度も開閉すると O リング部の周辺が傷ついて水漏れを起こす懸念があったが、その際は O リングや容器の交換を行えば、支障なく実験を遂行できると考えている。今のところ問題はないが、今後、長時間運転することによって不具合が出るかもしれないので、都度対処したい。

謝辞

装置設計および製作の機会を与えて頂いた磯辺篤彦教授に深く感謝いたします。また、モータを提供して頂いた技術職員の石井大輔氏、自転車の部品提供と部品に関する情報提供をして頂いた海洋モデリング分野の髙山勝巳研究員、容器製作にご協力頂いた技術職員の酒見亮佑氏に御礼申し上げます。