

プラスチック材料の実験室内海洋生分解度評価方法の改良

環境衛生科学研究所 ○神谷 貴文、綿野 哲寛、瀧井 美樹

【はじめに】

海洋プラスチック問題の対策として生分解性プラスチックの活用が注目されているが、海洋での生分解が確認されている素材は少ない。また、海底砂泥面におけるプラスチック材料の生分解度を評価する室内試験方法（例えばISO 19679）は、得られる生分解度のデータがばらつき、結果の信頼性が確保できないという問題が認識されている。

現在、環境衛生科学研究所では、県内（三保、浜名湖、弓ヶ浜）の海底砂泥、海水を用いた海洋生分解度評価試験を実施しており、プラスチック生分解度のばらつきに影響を与える因子（栄養塩類、菌数・菌叢等）を明確にし、結果の再現性を良くするための前処理方法の改良等に取り組んでいる。本発表では、浜名湖で採取した海底砂泥の前処理による試験結果の安定性への影響について報告する。なお本研究は、NEDOプロジェクト「海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業／海洋生分解性に係る評価手法の確立（2020年度～2024年度）」において実施するものである。

【試験方法】

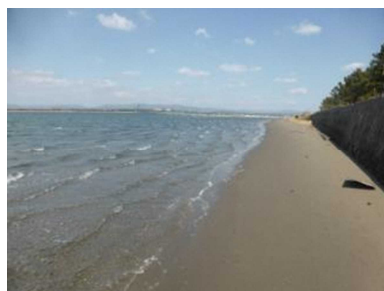
ISO19679法は、海底砂泥と海水の2相系でプラスチックの生分解度を評価する試験である。

（1）現地試料採取

この試験で使用する海底砂泥と海水は2021年及び2022年の夏期に浜名湖で採取した。なお、浜名湖は三保と比較して細粒分に富む砂泥であり、試験結果のバラつきが大きいことがわかっている。

- ・ **海底砂泥の採取**：干潮時、水面下60cm程度の海底から砂泥を採取し、2mm目合いのふるいにより礫や貝殻等を除去した。2021年はこの状態の砂泥を試験に使用したが、2022年はここからお米を研ぐ要領で浮遊してくる有機物やシルト質等細粒分を除去し、0.25～2mmに粒径を揃えた海底砂泥を試験に使用した。
- ・ **海水の採取**：現地の海水を0.25mm目合いのふるいを通して採取し、持ち帰った後に20 μ mフィルターでろ過して「原海水」として使用した。2022年は原海水以外に、砂泥洗浄時に発生する有機物やシルト質等細粒分を含んだ海水を持ち帰り、20 μ mフィルターでろ過して「砂泥洗浄海水」を作成した。

以上のようにして採取した海底砂泥及び海水は、1週間程エアレーションして海水・砂泥の状態を安定させた後、生分解度評価試験に供した。



2mm篩により礫や貝殻等を除去

【2022年】

米を研ぐ要領で浮遊してくる有機物やシルト質等細粒分を除去（×5回程度）

※1回目洗浄時の濁った水をろ過して「砂泥洗浄海水」として使用

図1 浜名湖における海底砂泥の採取

(2) 試験樹脂

試験樹脂フィルムとしてPHBH（株式会社カネカ製）、PBSA（三菱ケミカル株式会社製）を使用した。厚さ100 μmの樹脂を一辺17.5mm程度の正方形に切り取り、炭素量が20mgとなるように重量を調節した。対照物質としてろ紙（cellulose）を使用し、炭素量を樹脂にそろえた。

(3) 試験装置及び方法

ISO 19679では微生物によるプラスチックの生分解に伴って発生する二酸化炭素量から生分解度を得る。本試験では、NDIR法により二酸化炭素濃度を測定する生分解度評価試験装置（八幡物産株式会社製、図2）を用いた。

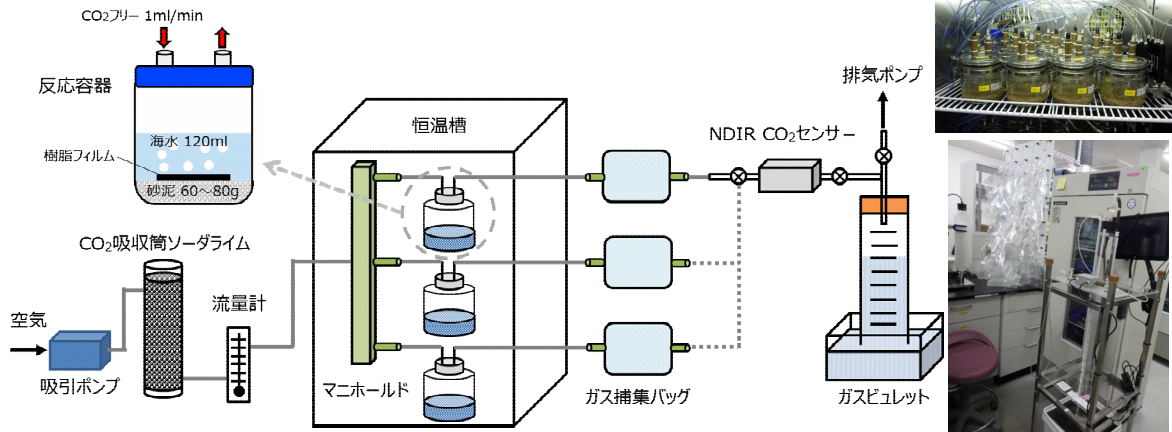


図2 生分解度評価装置模式図

海底砂泥と海水を入れた反応容器に供試する樹脂フィルムやセルロースを沈め（4～6反復）、25℃に設定した恒温槽に設置したのち、二酸化炭素を除去した空気を1ml/minの流量で容器内に送り込んだ。ブランク容器も含め、容器内から発生する二酸化炭素を含んだガスを捕集バッグに集め、3～4日毎に二酸化炭素発生量を測定し、下記の式から生分解度を算出した。試験期間は130～180日とした。

$$\text{生分解度 (\%)} = \frac{\text{累積CO}_2\text{発生量 (試料)} - \text{累積CO}_2\text{発生量 (ブランク)}}{\text{理論的CO}_2\text{発生量}} \times 100$$

【結果及び考察】

図3に2021年の試験結果を、図4、図5に2022年の試験結果を示す。

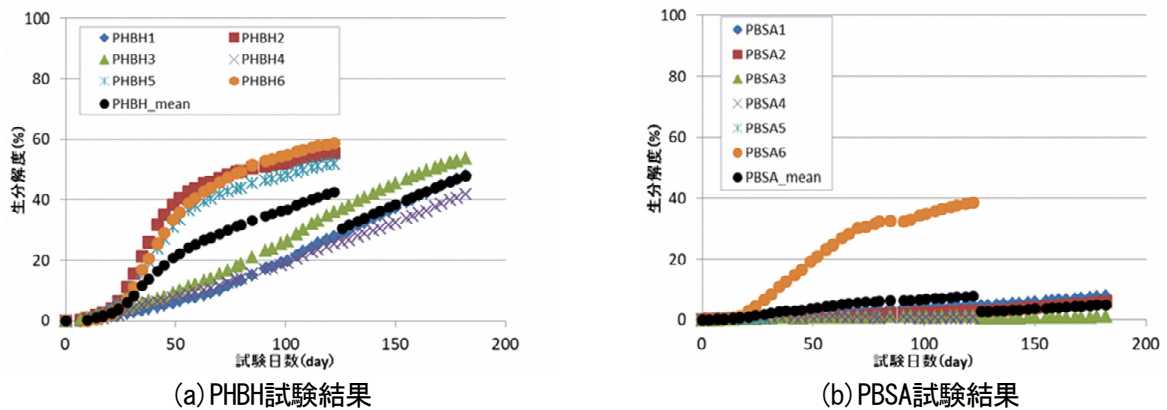
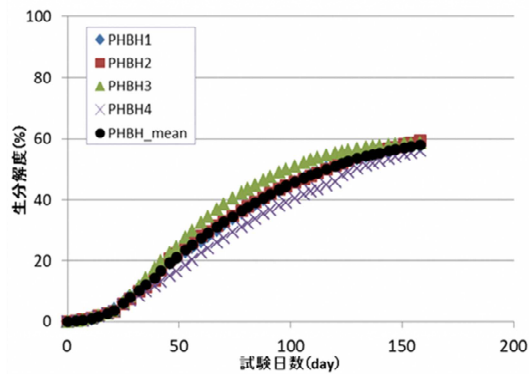
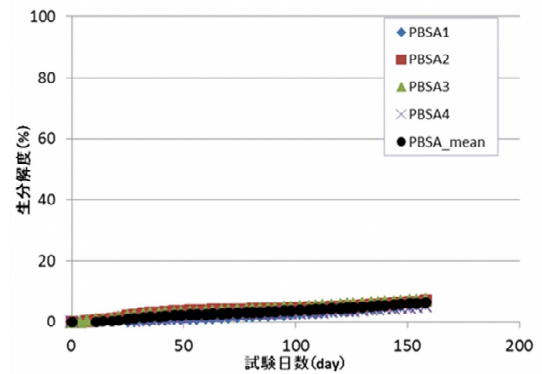


図3 2021年生分解度評価試験結果（細粒分除去なし、原海水）

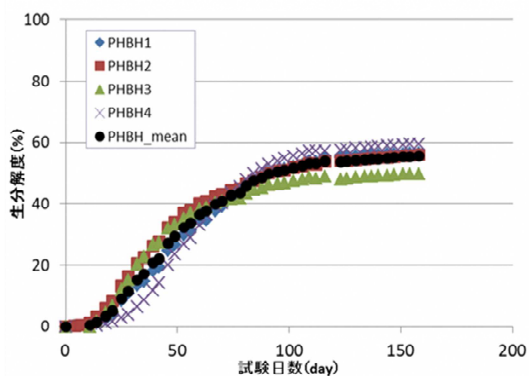


(a) PHBH試験結果

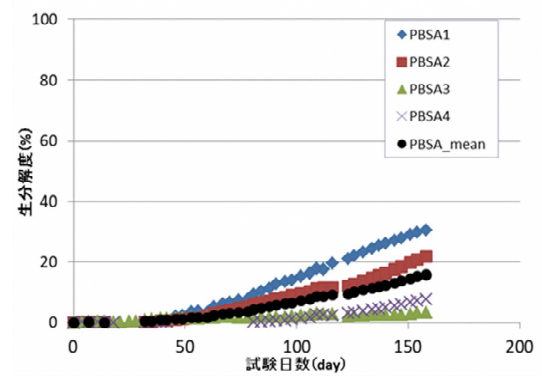


(b) PBSA試験結果

図4 2022年生分解度評価試験結果（細粒分除去あり、原海水）



(a) PHBH試験結果



(b) PBSA試験結果

図5 2022年生分解度評価試験結果（細粒分除去あり、砂泥洗淨海水）

PHBHが植物油などを原料に微生物により生産された樹脂であるのに対し、PBSAはアジピン酸と1,4-ブタンジオールからの重合によってつくられる化学合成系の樹脂であり、PBSAの分解速度は比較的遅い傾向がみられた。

(1) 細粒分を除去したことによる効果

図3(a)と図4(a)の比較により、原海水中のPHBHの分解において砂泥の細粒分除去による結果のバラつき低減効果が顕著にみられた。この効果は、細粒分の除去により砂泥内の均一性や間隙の確保による透水性が確保され、砂泥が好気的な状態に保たれるといった、物理的性状の優位性によるものと考えられた。一方、PBSAでは細粒分の除去により結果が安定するものの（図3(b)と図4(b)の比較）、細粒分に付着しやすい分解菌の多くが欠落することになり、PBSAの分解機能を持つ菌が樹脂にヒットする確率が小さくなることから、図3(b)のように分解が進む容器（PBSA6）も見られなくなった。

(2) 砂泥洗淨海水を使うことによる効果

砂泥洗淨海水には細粒分除去にともない分離された栄養塩や分解菌が含まれており、これを使用することにより、PHBHでは生分解曲線の立ち上がりが早くなるなど分解が促進される傾向がみられた（図4(a)と図5(a)の比較）。また、原海水では難分解性を示していたPBSAについても、分解が促進される可能性が示唆された（図4(b)と図5(b)の比較）。

【今後の予定】

今回の処理方法に加え、栄養塩を添加する方法も実施することで、結果のバラつきの低減とともに試験期間の短縮を目指して評価方法の改良を進めていく。