

# 海洋生分解性プラスチックの評価法の開発 (ムーンショット型研究開発プロジェクト)

発表者：菊地 貴子 (東京事業所高分子技術部)  
共同研究者：田口 浩然 (東京事業所高分子技術部)  
尾坂 奈生 (東京事業所高分子技術部)

## 1. はじめに

近年、気候変動、海洋プラスチック問題、さらにはマイクロプラスチック問題など、地球規模の環境課題が深刻化している。これらの課題解決には従来技術の延長線上では不十分であり、革新的な研究開発が求められている。このような背景のもと、2020 年に「科学技術基本法」は「科学技術・イノベーション基本法」へと改正され、社会課題の解決と新たな価値創出を志向する政策へと転換された。その代表的な取り組みとして、ムーンショット型研究開発事業がある。

本機構は、目標 4「2050 年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環の実現」Cool Earth 及び Clean Earth のうち、Clean Earth 領域の「非可食性バイオマスを原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオポリマーの研究開発」のプロジェクトの一つに参画している。本プロジェクトでは、最先端ポリマー技術を活用し、農業用資材、漁業用資材、さらにはタイヤ摩耗粉など、環境中への流出が避けられず回収が困難なプラスチックを対象として、分解性と耐久性を両立する材料設計を目指している。本機構は本プロジェクトにおいて、海洋生分解性プラスチックの評価法の開発を担当している。

## 2. 海洋生分解性プラスチックの加速試験法の開発

既存の海洋生分解性試験 (ISO 23977、ISO 19679、ISO 18830、ISO 22404 など) は、天然海水、天然堆積物などを植種源として用いるため、採取場所、時期による微生物叢の差異に起因するばらつきが大きく、再現性が低い。また、試験期間が 6 か月から 24 か月と長期間を要することが課題である。

そこで、堆積物中の豊富な微生物を海水中に抽出した「抽出海水」を用い、さらに窒素源 ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 及びリン源 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) を添加する加速試験法を開発した。この方法により、簡便な操作で迅速に試験液を調製でき、生分解速度の向上が確認された。

国内 16 地点及び海外 2 地点 (イギリス海峡、タイ湾) の植種源を用い、生分解性プラスチックであるポリカプロラクトン (PCL) を試料とし、ISO 23977-1 法との比較を行った結果、分解が遅い地点において試験期間の短縮が可能となり、地点間のばらつきも低減した。本手法は再現性良く材料の海洋生分解性を評価できる手法であることを確認

した<sup>1)</sup>。本成果は、日本提案により国際標準化を進めている (ISO/DIS 18957)。

### 3. ナイロン (ポリアミド : PA) の海洋生分解性

本プロジェクトでは、新たに PA6 と PA6/66 共重合体が海洋生分解性を有することを見出した<sup>2)</sup>。PA6 及び PA6/66 共重合体について、開発した加速試験法を用いて評価した結果、PA6 では相対生分解度 91%、PA6/66 (95/5) では生分解度 97%を示し、本質的生分解性を有することを確認した。さらに、PA6 系オリゴマー (モノマー、ダイマー、トリマー) についても海洋生分解性を示し、海洋微生物による分解が進行することが示唆された<sup>3)</sup>。

PA6 の分解メカニズムを明らかにするため、高分解能 LC/MS (LC-LTQ Orbitrap XL) を用いて分解中間体の構造解析を行った。海洋生分解試験中の PA6 試料からバイオフィルムごとサンプルを取り出し、メタノールに浸漬して得られたメタノール抽出液を分析に用いた。高分解能 LC/MS の測定の結果、複雑な混合物であったため、マススペクトルから検出された物質の全体像を把握する目的で、Kendrick Mass Defect (KMD) 解析を行った。KMD 解析の結果、海洋生分解過程の PA6 サンプルから直鎖オリゴマー (1~3 量体) を検出した。一方、比較のために実施した人工海水浸漬試験及び未処理試料からは直鎖オリゴマーは検出されなかった。このことから、PA6 の主鎖切断は単純な加水分解ではなく、海洋微生物による解重合によって進行していることが示唆された。

### 4. まとめ

本研究では、海洋生分解性プラスチックの加速試験法を開発し、現在 ISO 規格化を進めている。また、ポリアミドに海洋生分解性を有することを明らかにし、海洋生分解過程の PA6 から分解中間体として直鎖状のオリゴマーを検出した。今後は、分解メカニズムの詳細説明を進め、海洋生分解プラスチックの社会実装への貢献を目指す。

### 5. 謝辞

本研究は、NEDO のムーンショット型研究開発事業の「非可食性バイオマスを原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオリマーの研究開発」により実施した。

### 6. 参考文献

- 1) Taguchi, H. et al. Science of The Total Environment. 2025, 1002, 180597.
- 2) Ando, S. et al. ChemRxiv. 2025.
- 3) Kubo, T. et al. Macromolecules. 2025, 58 (16), 8649-8657.