独立行政法人 環境再生保全機構 ERCA Environmental Restoration and Conservation Agency　環境研究総合推進費 Environment Research and Technology Development Fund

令和７年度　終了研究成果サマリー

研究課題番号	1RF-2202
研究領域名	統合領域
研究課題名	環境にやさしい材料設計に向けた高分子及び分解産物の生物影響の解析
研究代表者名（所属機関名）	宮川　一志（宇都宮大学）
研究実施期間	2022年度～2024年度
研究キーワード	海洋プラスチック問題、生物影響、高分子分解産物、オオミジンコ、Adverse outcome pathway

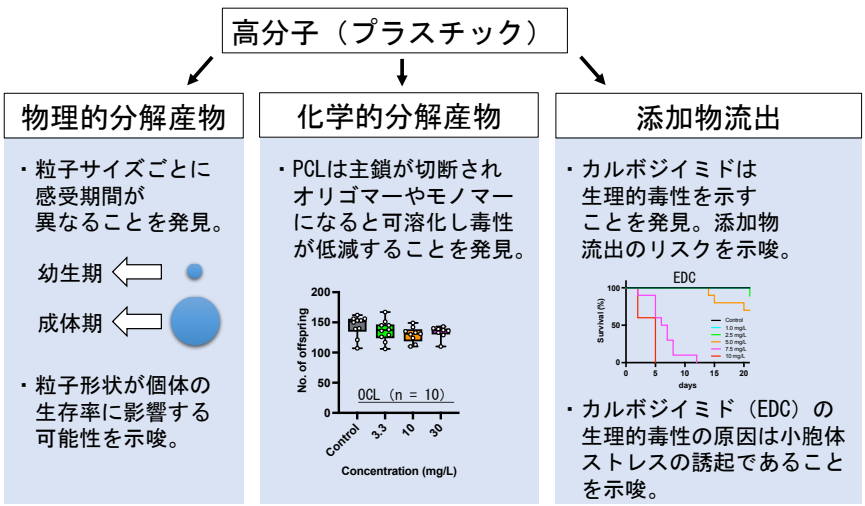
研究概要、研究成果等

高分子材料は包装、繊維、農業資材、医療用途など多様な分野で利用され、現代社会に不可欠な素材である。しかし、使用後や環境中での経時変化により、分解や物理的破砕を通じて微粒子（マイクロプラスチック）として自然環境中に広く存在するようになっている。これらの粒子は水域を中心とする生態系に暴露され、動植物にさまざまな生物影響を及ぼす可能性がある。

本研究では、高分子の生物毒性の理解を深め、信頼性の高い毒性試験法や材料設計指針を見出すことを目指し、ポリカプロラクトン（PCL）などの高分子を対象として分解で生成される化学物質がオオミジンコに与える影響とその機構を解明する実験を行った。さらに、信頼性の高い不溶性分子の毒性試験法を確立し、実験結果より物理的分解、化学的分解、および添加物流出を考慮した統合的な毒性発揮機構のモデルを構築した。

物理的分解を想定した、サイズの異なるポリスチレンマイクロビーズを用いた毒性試験では、発生段階によって体内に取り込まれやすい粒子サイズが変化することが明らかになった。また、粒子の形状も毒性に影響することが示唆された。化学的分解を想定した、PCLポリマー、オリゴマー、モノマーの物性および毒性比較では、ポリマーは不溶で消化管に蓄積し毒性を示したが、可溶なオリゴマーやモノマーは体内に蓄積せず毒性も低いことがわかった。さらに添加物であるカルボジイミドの毒性評価では、遺伝子発現解析により小胞体ストレスの誘起が示され、カルボジイミドの高い反応性がタンパク質を架橋し細胞に負荷をかけている可能性が考えられた。

これらの知見は、マイクロプラスチックのリスク評価において、物質の種類だけでなく、粒径、比重、分散状態、生物の生活史など多角的な視点から評価を行う必要性を示唆している。また、従来の標準毒性試験がすべての影響を捉えきれていないことが明らかになり、本研究の成果は新たな毒性指標を組み込んだ試験法の確立などを通じて環境にやさしい高分子材料設計に貢献すると期待される。



本研究で明らかとなった高分子の分解に伴う毒性の変化とその発揮機構のまとめ

環境政策等への貢献

- 化審法におけるポリマー規制の見直し、及び新たな環境省ガイドライン策定に向けた科学的根拠の提供
- OECD試験ガイドラインの改訂・保管手法開発に対するエビデンス提供
- UNEA、INCを通じて進行中の「国際プラスチック条約交渉」における、科学的助言とマイクロプラスチック影響評価の根拠提供