

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団
理事長 岡 崎 裕 夫 殿

報告日 2026 年 5 月 30 日

研究課題	食品パッケージから発生するマイクロ・ナノプラスチックの安全性評価	助成金額
		100 万円
助成名	特別長期研究助成・研究助成・若手研究助成	
ふりがな	はが ゆうや	研究助成申請年度
研究者氏名	芳賀優弥	2024 年度
所属機関	大阪大学大学院薬学研究科	研究期間
		2024 年 11月1日～2026 年 3月31日
役 職	助教	

下記の通り、研究成果を報告いたします。

記

1. 研究成果の概要

研究背景・目的

食品パッケージ分野では、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS)、ポリエチレンテレフタレート (PET) などの汎用プラスチックが広く使用されており、全体の約 9 割を占めている。これらは使用・廃棄過程を通じて環境中に放出され、紫外線や機械的摩耗等により徐々に破碎・劣化し、マイクロプラスチック (MPs; <5 mm) やナノプラスチック (NPs; <1 μm) といった微細粒子 (MNPs) へと変化することが知られている。さらに近年では、食品包装材の加熱過程においても MNPs が発生することが報告されており (Hussain et al., Environ. Sci. Technol., 2023)、日常生活におけるヒト曝露の可能性が示唆されている。

一方で、環境中の MNPs はサイズ、形状、表面化学状態などが極めて多様であり、これらは環境中での紫外線照射、酸化、機械的破碎などの影響を受けて変化する。しかしながら、従来の毒性評価研究の多くは、入手が容易なポリスチレン製の均一球状粒子などに依存しており、実環境に存在する多様な MNPs の物性を十分に反映できていない。また、食品包装材料として重要な PP 由来 MNPs に関するヒト健康影響評価も限定的である。

本研究では、食品パッケージ由来 MNPs の中でも特に汎用性の高いポリプロピレン (PP) に着目し、環境中での劣化状態を模倣した MNPs を作製し、その体内動態および毒性影響を明らかにすることを目的とした。これにより、実環境に近い物性を有する PP-MNPs のヒト健康影響評価基盤を構築することを目指した。

研究方法

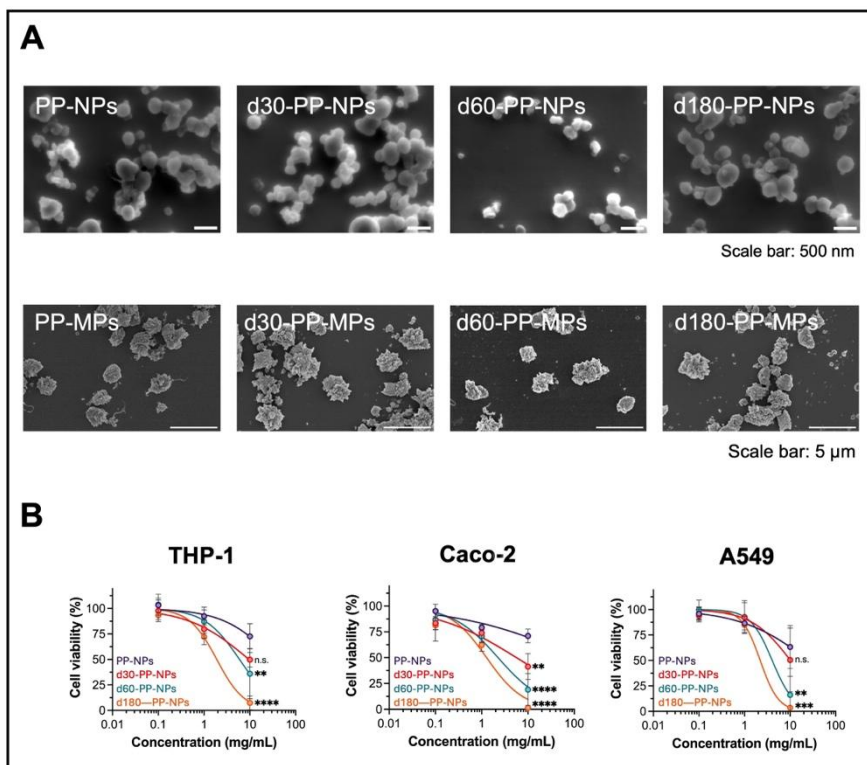
本研究では、まずポリプロピレン (PP) を原料として、マイクロプラスチック (MPs : 1 μm 以上 5 mm 以下) およびナノプラスチック (NPs : 1 μm 以下) を調製した。粒子形状については、環境中で実際に検出される不規則な形状を再現した。さらに、真空紫外光 (VUV) 照射により表面酸化劣化を誘導し、環境中における長期劣化状態を模擬した PP-MNPs を作製した。得られた粒子について、電子顕微鏡を用いて粒径および形状

を評価するとともに、ATR-FTIRにより表面化学構造（カルボニル基の形成等）を解析した。さらに、これらのPP-MNPsを用いて細胞試験を実施するのみならず、マウス経口曝露試験を実施し、毒性指標（体重変化、臓器重量、血球検査等）を評価した。

研究成果

1. 環境中の実態を反映したサンプルの作製・整備

PP由来のNPsおよびMPsは、ポリマーの再粒子化原理を利用して調製した。具体的には、PPをキシレンに溶解した後、エタノールを添加することでNPsを得た。NPsおよびMPsの粒径は、エタノールの添加速度を制御することで調整した。粒子の物性評価にはATR-FTIRおよび走査型電子顕微鏡（SEM）を用いた。その結果、図Aに示すように、不規則な形状を有するNPsおよびMPsの作製に成功した。さらに、VUV照射により表面酸化劣化を誘導し、環境中における長期劣化状態を模擬したPP-MNPsを作製した。



2. PP-MNPsによる細胞影響評価

MNPsの主要な曝露経路を考慮し、腸管由来細胞株（Caco-2）、肺由来細胞株（A549）に加え、貪食能の高いマクロファージ様細胞株（THP-1）を用いて検討を行った。まず細胞障害性を評価したところ、未劣化のNPsおよびMPsでは顕著な影響は認められなかった。一方、表面劣化処理を施した粒子では細胞障害性の増強が認められた（図B）。さらに細胞増殖能への影響を評価した結果、細胞障害性と同様に、劣化MNPsにおいて顕著な増殖抑制効果が認められた。また、未劣化MNPsにおいても軽微ながら増殖抑制傾向が認められた。以上より、比較的高濃度条件下ではあるものの、表面劣化したMNPsが細胞障害性の増強および細胞増殖能の低下を誘導することが明らかとなった。

3. PP-NPsによる急性毒性試験

作製したPP-NPsを用いて、マウスにおける急性経口毒性試験を実施した。PP-NPsを高用量で単回経口投与し、14日間観察した後、体重変化、臓器重量、血液学的検査および血液生化学検査を実施した。その結果、本試験条件下では、いずれの評価項目においても顕著な変動は認められなかった。

以上の結果から、細胞レベルでは表面劣化PP-MNPsが顕著な生物学的応答を誘導することが示された。一方、動物レベルでは顕著な毒性影響は認められず、本試験条件下におけるPP-NPs曝露の急性毒性は限定的であることが示唆された。今後は長期曝露試験を実施し、ヒトの実環境曝露をより反映した条件下で検討を進めることで、食品パッケージ由来MNPsの健康影響をより詳細に評価できるものと考えられる。

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性

本研究では、食品包装材料として広く利用されているポリプロピレン（PP）由来のマイクロ・ナノプラスチック（MNPs）について、環境中での劣化状態を模擬した試験粒子を作製し、その生体影響を評価した。これにより、従来の均一球状粒子を用いた評価では十分に反映できなかった、実環境に近い条件での安全性評価基盤を構築することができた。

本成果は、食品容器や包装材から発生する MNPs のヒト健康影響を科学的に評価するための基礎データとして活用できる。特に、粒子の表面劣化状態が細胞応答に影響を及ぼすことを明らかにしたことは、今後の MNPs リスク評価において重要な知見となる。これにより、プラスチックごみの環境中での劣化過程とヒト健康影響との関係について、より精緻な理解が進むことが期待される。

さらに、本研究で得られた知見は、食品包装材料の設計・開発にも貢献する可能性がある。例えば、使用時や廃棄後に MNPs が発生しにくい材料設計や、劣化に伴う粒子発生を抑制する包装技術の開発に活用できると考えられる。加えて、包装材料の安全性評価手法の高度化や、今後の規制・ガイドライン整備に向けた科学的根拠の提供にも寄与することが期待される。

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績（現時点で未発表・未掲載・未出願のため、上記「1. 研究成果の概要」、「2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性」の当財団ホームページ上の公開の延期を希望される場合、その旨 記載してください。）

【論文掲載】

1. Hokaku M., Haga Y., Tanaka K., Tsujino H., Asahara H., Higashisaka K., Tsutsumi Y. : Development of a platform for quantum-dot-labeled polyethylene nanoplastics for dynamic analytical applications., *RSC Adv.*, 16, 18199-18209, 2026
2. Aung BBP., Haga Y., Manabe S., Idehara W., Hokaku M., Motoyama Y., Mori A., Higashisaka K., Tsutsumi Y. : Cytotoxic Potential of Environmentally Relevant PVC Micro- and Nanoplastics of Varied Size, Shape, and Surface Degradation., *Microplastics*, 5(2), 83., 2026

【学会発表】

1. 本山裕大, 芳賀優弥, 辻野博文, 真鍋颯太, 出原若葉, 實閣美依, Phyo Bo Bo Aung, 森 彩葉, 東阪和馬, 堤康央 : 実環境中での物性を反映したポリプロピレンナノプラスチックの作製と安全性評価に向けて., 第 52 回日本毒性学会学術年会., 沖縄（沖縄）, 2025 年 7 月.
2. Motoyama Y., Haga Y., Tsujino H., Manabe S., Idehara W., Hokaku M., Phyo BB.A., Mori A., Higashisaka K., Tsutsumi Y. : Preparation and characterization of environmentally relevant polypropylene nanoplastics for toxicity assessment., The XVIIth International Congress of Toxicology, Beijing (China), 15-18 October, 2025.
3. 本山裕大, 芳賀優弥, Phyo Bo Bo Aung, 實閣美依, 出原若葉, 森 彩葉, 溝田若葉, 東阪和馬, 堤 康央 : 環境中での物性を反映したポリプロピレンナノプラスチックの細胞応答評価., 日本薬学会第 146 年会., 吹田（大阪）, 2026 年 3 月.