

2024 年度年次報告書

分解・劣化・安定化の精密材料科学

2021 年度採択研究代表者

山本 雅哉

東北大学 大学院工学研究科  
教授

生命循環と共生する分解・劣化ナノ材料の統合理解

主たる共同研究者:

木村 剛 (東洋大学 生命科学部 教授)

田邊 匡生 (芝浦工業大学 デザイン工学部 教授)

## 研究成果の概要

本研究では、分解・劣化モデルナノ材料に対する表面分析ならびに有機化合物の吸着挙動の材料科学的理解と、生体組織を模倣した体外モデル内でナノ材料の浸透性や免疫反応を含めた様々な生物学的理解とを両輪とする統合理解を推進している。そこで、令和 6 年度には、低密度ポリエチレン(LDPE)、ポリエチレンテレフタレート(PET)ならびにポリ乳酸(PLA)を用いて、分解・劣化ナノ材料の作製を行った。LDPE フィルムに対して、紫外線照射(UV)と超音波照射(US)とを組み合わせた分解・劣化により分解・劣化モデルナノ材料(UVUS-NP)を作製した。得られたUVUS-NP と LDPE に対するレーザーアブレーションにより得られた分解・劣化モデルナノ材料(Laser-NP)とを原子間力顕微鏡を利用した赤外分光法(AFM-IR)により赤外スペクトルを取得した(論文 2・プレス発表)。分解・劣化の手法によって、得られる赤外スペクトルが異なることがわかった(論文 3)。一方、分解・劣化モデルマイクロ材料(MP)を利用して、以下の検討を行った。すなわち、UV 照射と US 照射とを組み合わせた分解・劣化により得た PET-MP と、PLA をリン酸緩衝液中で加水分解後、US 照射により作製した PLA-MP とを利用して、それぞれに対するマクロファージの炎症反応について検討した。インターロイキン(IL)-1 $\beta$  の分泌量を評価したところ、PET-MP と比較して、PLA-MP が有意に炎症反応を誘導することがわかった。

生物学的理解のために、脱細胞化マトリックスとヒト細胞とを組み合わせヒト細胞からなる血液脳関門モデルならびに腸管モデルを、それぞれ作製した。細胞培養でよく利用されるコラーゲンに対して、ブタ腸、大動脈、脳組織を脱細胞化して得られた脱細胞化マトリックス(dECM)を混合することによって、いずれのモデルにおいても、細胞間密着結合(TJ)を構成するタンパク質の発現量が上昇するとともに、バリアモデルの経上皮電気抵抗(TEER)が高くなることがわかった(論文投稿準備中)。このことは、dECM 添加により細胞機能が高められていることを示唆している。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Yoshizumi, T., Iwasaki, K., Fujii, S., Kimura, T., Yamamoto, M., Manago, G., Yu, J., Tanabe, T. Extraction of Terahertz Wave Parameters that Characterize Woolen Clothes. *Textile Research Journal*, **95**, 399-403 (2024).  
DOI: 10.1177/00405175241268786
- 2) Kanehara, I., Nagasaka, T., Seki, H., Fujii, S., Kimura, T., Yamamoto, M., Tanabe, T. Local Infrared Spectral Measurement System for the inspection of Independent Nano-plastic Particles in Water-based Solutions. *Environmental Science: Nano*, **12**, 1107-1115 (2024).  
DOI: 10.1039/d4en00379a
- 3) Kanehara, I., Washihira, N., Nagasaka, T., Seki, H., Fujii, S., Kimura, T., Yamamoto, M., Tanabe, T. Infrared Spectroscopic Characterization by Atomic Force Microscopy of Two Model Nano-Samples of Low-Density Polyethylene Designed by Laser Ablation and Ultraviolet/Ultrasound. *Materials & Design*, **252**, 113804 (2025).  
DOI: 10.1016/j.matdes.2025.113804