

## 環境研究用マイクロプラスチックの生産とその応用事例

Production of Microplastics for Environmental Research and Their Applications

熊本大・工（正）\*中西 義孝 熊本大・工（非）中島 雄太 熊本大・医（非）藤原 章雄

Yoshitaka Nakanishi\*, Yuta Nakashima\*, Yukio Fujiwara\*

\*Kumamoto University

### 1. はじめに

環境問題の1つとしてマイクロプラスチック（ナノプラスチックも含む）の発生と拡散が挙げられる。環境影響研究を実施するにあたっては、環境中で発生しているものと同じ幾何学形状で、組成やサイズなどが既知となっている研究用マイクロプラスチックを多量に準備する必要がある。

本研究では紫外線によるプラスチック素材の劣化と、その劣化層の繰り返し変形による疲労破壊に着目した発生法を提案する。また、この研究用マイクロプラスチックの応用事例を報告する。

### 2. 実験および方法

研究用マイクロプラスチックの発生方法を図1に示す<sup>1-3)</sup>。プラスチック素材をピン形状に加工し、石英ガラスディスクに接触させた。ピンとディスクの接触界面に人工海水を介在させるとともに、紫外線を照射し、プラスチック素材の劣化を促した。ガラスディスク表面にはテクスチャリングを施した。接触界面を相対運動させることで、プラスチック素材劣化層の疲労破壊を促した。

人工海水中に含まれる研究用マイクロプラスチックはフィルトレーションによる回収と幾何学的形状分析を行った。アルコールによる洗浄後、各種の研究に応用されている<sup>4,5)</sup>。

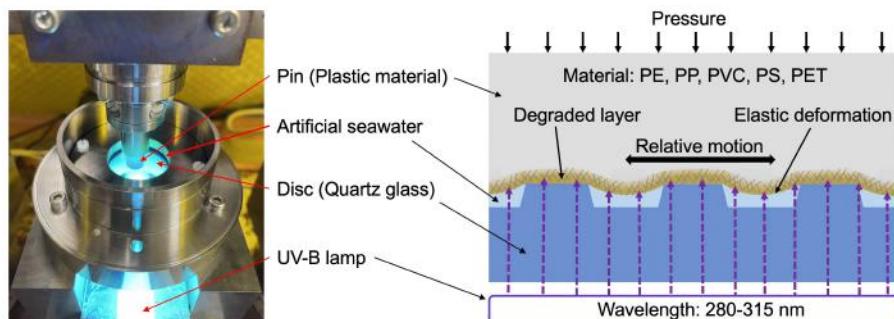


Fig.1 Generation mechanism of microplastics

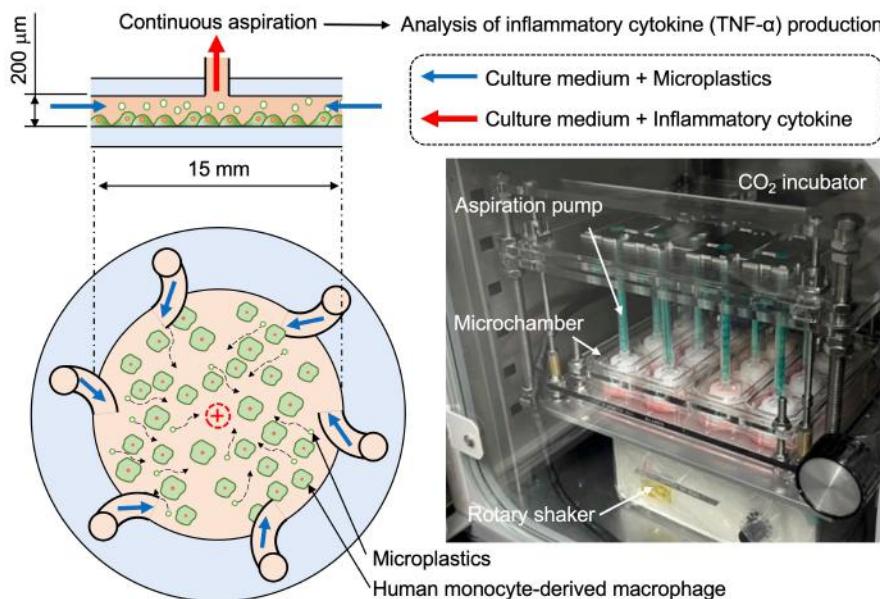


Fig.2 Method for exposing microplastics to macrophages

研究用マイクロプラスチックの応用事例を図2に示す<sup>2)</sup>。マイクロプラスチックがヒト免疫に及ぼす影響を推測することを目的に、ヒト末梢血由来単球由来マクロファージにマイクロプラスチックを継続的に曝露する実験とした。マクロファージがマイクロプラスチックを貪食し、炎症性サイトカイン（TNF- $\alpha$ ）を産生する状況を定量的・経時的に分析できる実験系とした。

### 3. 結果および考察

図1の装置で発生させたマイクロプラスチックの幾何学的形状は破片状（Fragments）形状であった。環境中で発見されたマイクロプラスチックと比較した場合、ほぼ同等のアスペクト比や表面複雑度を有しており、研究用プラスチックとして望ましい状況であると判断できた<sup>1,2)</sup>。

図2の実験系で得られた結果例を図3に示す。マクロファージの活性化を促すリポ多糖（LPS）を連続的に曝露させた場合、炎症性サイトカイン（TNF- $\alpha$ ）の産生量が増加し、ピークに達した後、減少していくことが確認できた。マイクロチャンバー内でマクロファージが機能していること、かつ経時的な分析が可能となっていることを示していた。マイクロプラスチックを混合せず培地のみを利用した場合、サイトカイン産生量は僅少であった。この分析系を利用してマイクロプラスチックの影響のみを分析できることが明らかになった。本曝露条件では、ポリ塩化ビニル（PVC）とポリエチレンテレフタレート（PET）で炎症性サイトカインが継続的に多く産生されていることが示された。同じ等価円直径、アスペクト比、表面複雑度のマイクロプラスチックでも、プラスチック素材毎に免疫への影響に差が発現することが指摘できた。

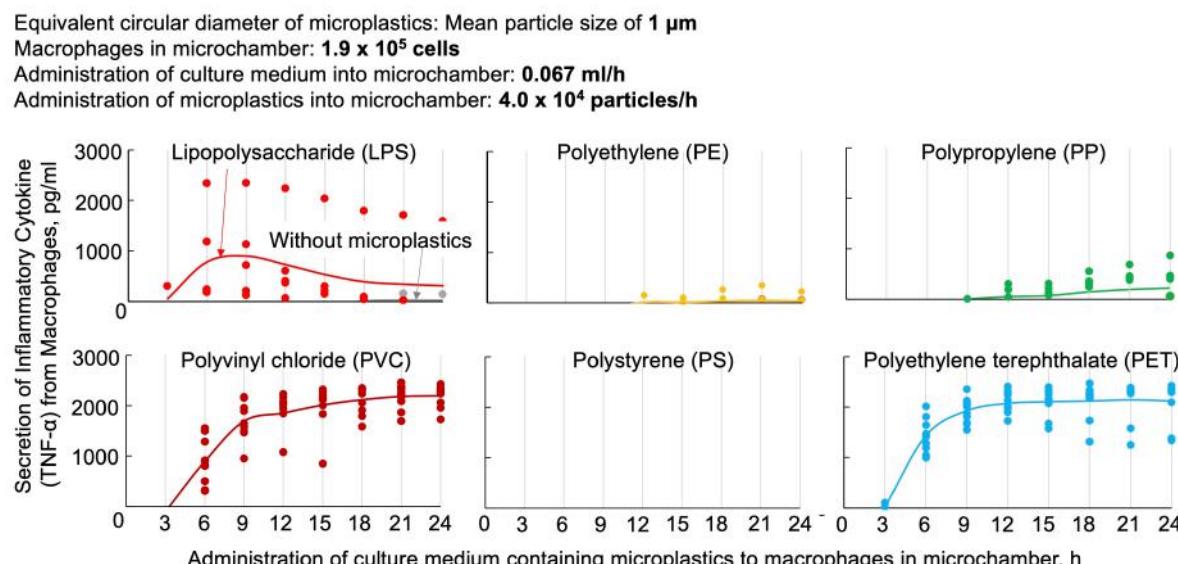


Fig.3 Time-dependent secretion of inflammatory cytokines upon continuous exposure of macrophages to microplastics

### 4. おわりに

幾何学的形状が破片状である研究用マイクロプラスチックが生産できている。等価円直径に着目した区画化や生産速度について、改善の余地があり、研究を継続している。ヒト免疫に及ぼす影響を推測するための装置は、目的を達成するに十分な分析能力を有している。マイクロチャンバー形状が最適化されているかの検証が十分でなく、完全自動化のシステムに至っていないため、研究を継続している。

本研究は科研費国際共同研究加速基金（国際共同研究強化（B）19KK0096）と熊本大学産業ナノマテリアル研究所の助成を受け実施したことを付記する。

### 文献

- 1) R. Tashiro, K. Miyamoto, Y. Kume, R. Sukuki, Y. Fujiwara, Y. Komohara, Y. Nakashima & Y. Nakanishi: In vitro generation of micro/nano-plastics for biological tests, J. Biomechanical Science and Engineering, 19, 4 (2024) 24-00040.
- 2) Y. Nakanishi, Y. Fujiwara & Y. Nakashima: Generation of Nano/Microplastics for Immunological Assessments, Biotribology, 33–34 (2023) 100235.
- 3) Y. Nakanishi, H. Yamaguchi, Y. Hirata, Y. Nakashima & Y. Fujiwara: Micro-abrasive glass surface for producing microplastics for biological tests, Wear 477 (2021) 203816.
- 4) A. Harusato, W. Seo, H. Abo, Y. Nakanishi, H. Nishikawa & Y. Itoh: Protocol for acquiring samples to assess the impact of microplastics on immune microenvironments in the mouse intestine, STAR Protocols, 4, 4 (2023) 102648.
- 5) A. Harusato, W. Seo, H. Abo, Y. Nakanishi, H. Nishikawa & Y. Ito: Impact of particulate microplastics generated from polyethylene terephthalate on gut pathology and immune microenvironments, iScience, 26, 4 (2023) 106474.