

研究課題番号 **1-1908**

研究課題名

研究用マイクロプラスチックの調整とBio-MEMS技術による免疫学的検証

重点課題

【重点課題③】 環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用

【重点課題⑮】 大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び
評価・解明に関する研究

行政要請研究テーマ（行政ニーズ）

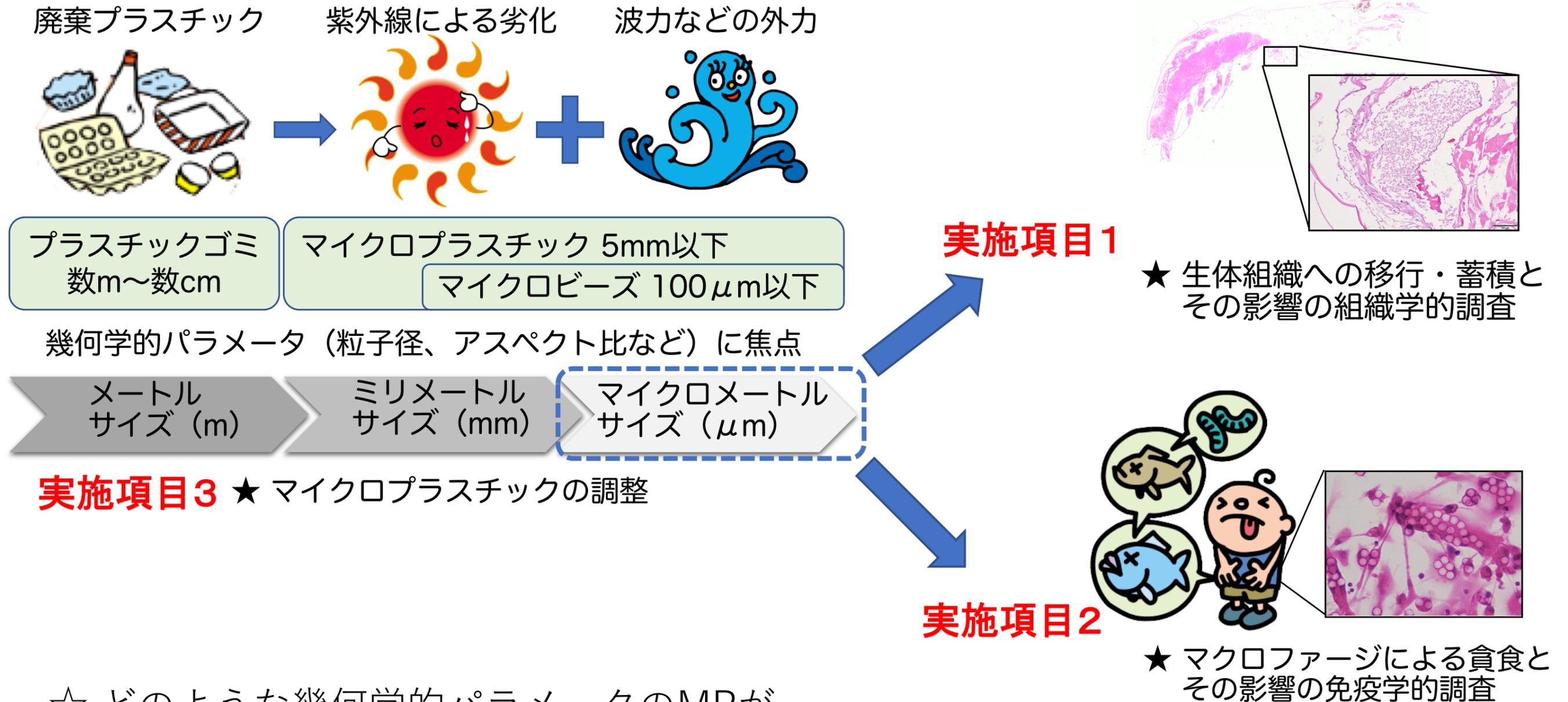
（3-5） 循環型社会形成に資する環境・経済・社会の統合的取組に関わる
新たな評価指標体系及び経済効果等の評価基盤の構築

研究代表機関名 **熊本大学**

研究代表者名 **中西義孝**

研究実施期間 **令和元年度～令和3年度**

2. 研究開発目的

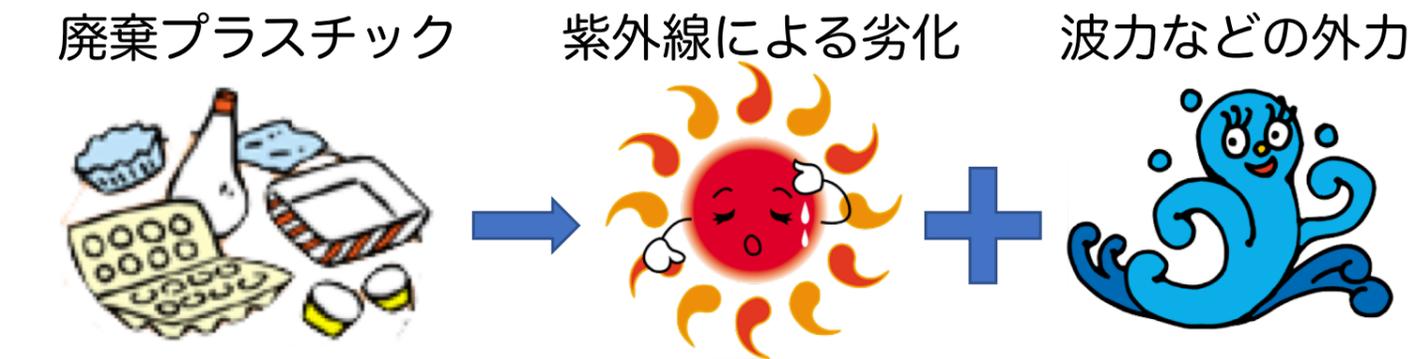


☆ どのような幾何学的パラメータのMPが

- ・ 生体内にどのように移行・蓄積するか？
- ・ 生体内に移行・蓄積したMPが免疫にどのような影響を及ぼすのか？

を調査する。

3. 研究目標（実施項目1）



プラスチックゴミ
数m～数cm

マイクロプラスチック 5mm以下

マイクロビーズ 100 μ m以下

幾何学的パラメータ（粒子径、アスペクト比など）に焦点

メートル
サイズ (m)

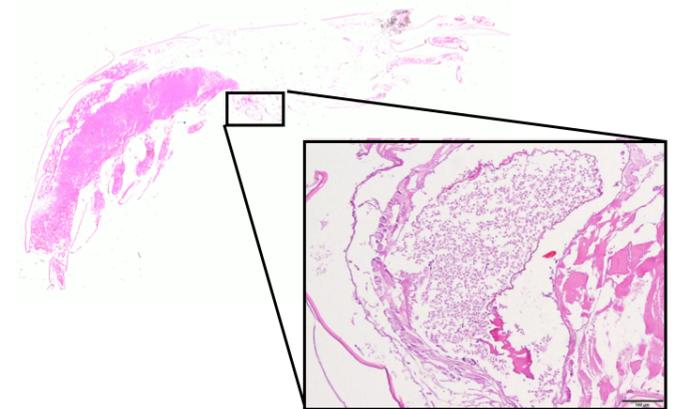
ミリメートル
サイズ (mm)

マイクロメートル
サイズ (μ m)

実施項目3 ★ マイクロプラスチックの調整

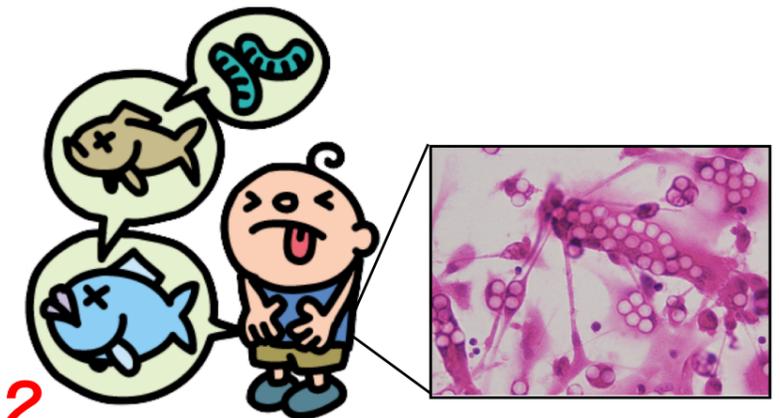
実施項目1

★ 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査



実施項目2

★ マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査

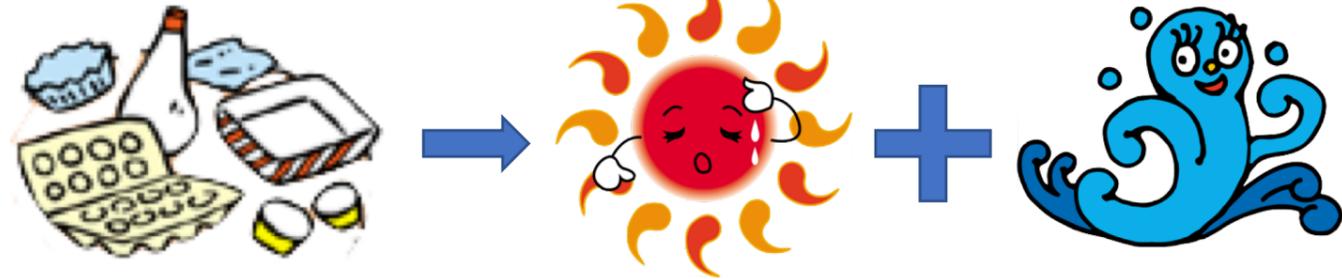


☆ 節足動物 2 種以上、魚類 1 種以上、ほ乳類 1 種以上の生体に、材質 4 種以上と幾何学的パラメータ（粒子径、アスペクト比、ポーラス比）を調整した研究用マイクロプラスチックを曝露する。

☆ どのような幾何学的パラメータのMPが生体組織に移行・蓄積し、どのような組織学的な影響を及ぼすかを明らかにする。

3. 研究目標（実施項目2）

廃棄プラスチック 紫外線による劣化 波力などの外力



プラスチックゴミ
数m～数cm

マイクロプラスチック 5mm以下

マイクロビーズ 100μm以下

幾何学的パラメータ（粒子径、アスペクト比など）に焦点

メートル
サイズ (m)

ミリメートル
サイズ (mm)

マイクロメートル
サイズ (μm)

実施項目3 ★ マイクロプラスチックの調整

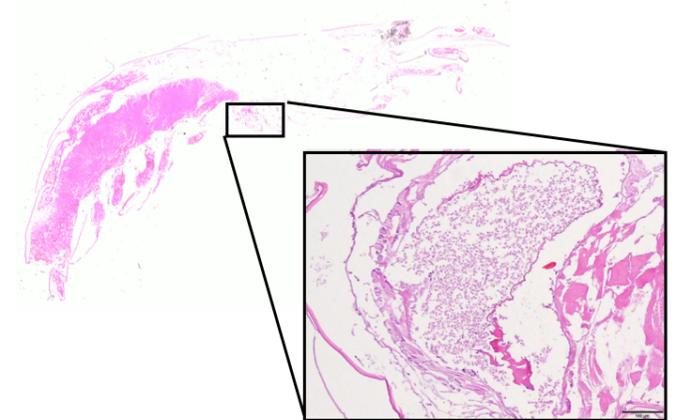
☆ マイクロプラスチック（MP）が免疫に与える影響をヒト末梢血由来単球マクロファージにより明らかにする。

☆ 生体内へ移行・蓄積されたMPとHMDMの環境を生体内に近づけるため、バイオ微小電気機械システム（Bio-MEMS: Micro Electro Mechanical Systems）技術を取り入れた試験培養環境を開発・運用する。

☆ ヒト免疫に影響を与えるMPの素材、幾何学的パラメータおよび濃度を明らかにする。

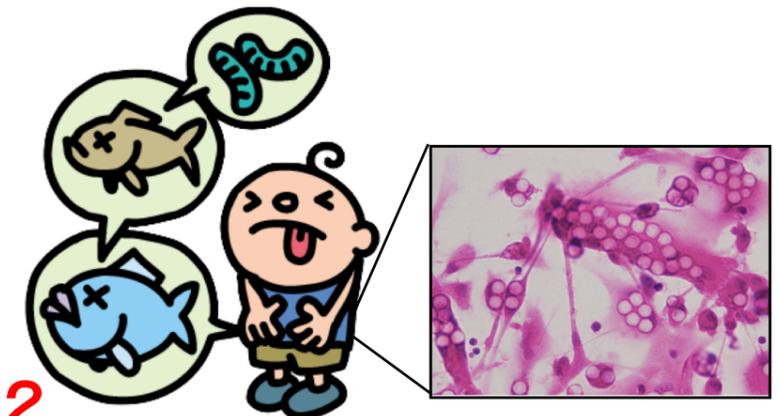
実施項目1

★ 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査



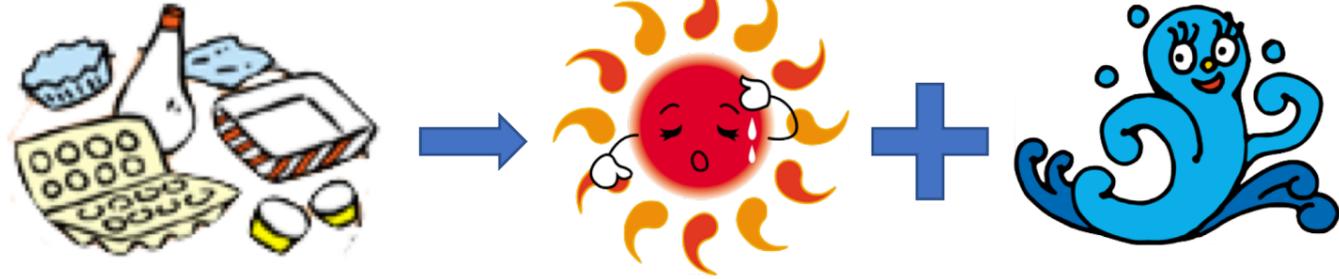
実施項目2

★ マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査



3. 研究目標（実施項目3）

廃棄プラスチック 紫外線による劣化 波力などの外力



プラスチックゴミ
数m～数cm

マイクロプラスチック 5mm以下

マイクロビーズ 100 μ m以下

幾何学的パラメータ（粒子径、アスペクト比など）に焦点

メートル
サイズ (m)

ミリメートル
サイズ (mm)

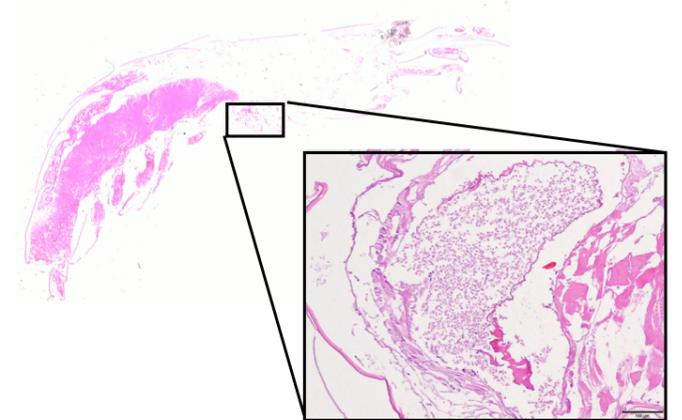
マイクロメートル
サイズ (μ m)

実施項目3 ★ マイクロプラスチックの調整

- ☆ ポリスチレン (PS)
- ポリエチレン (PE)
- ポリ塩化ビニル (PVC)
- ポリエチレンテレフタレート (PET)
- ポリプロピレン (PP)

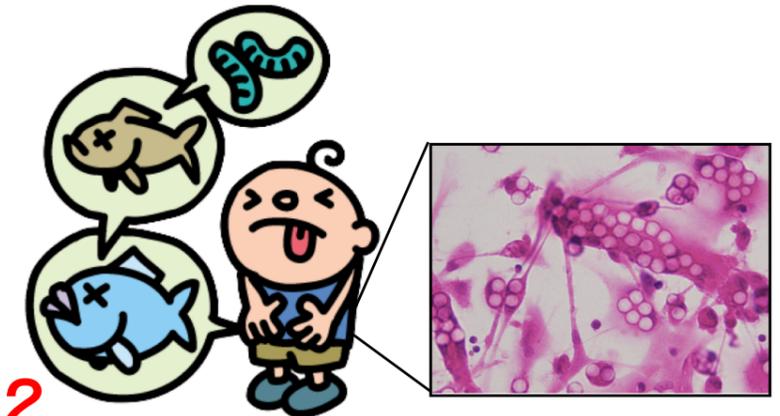
実施項目1

★ 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査



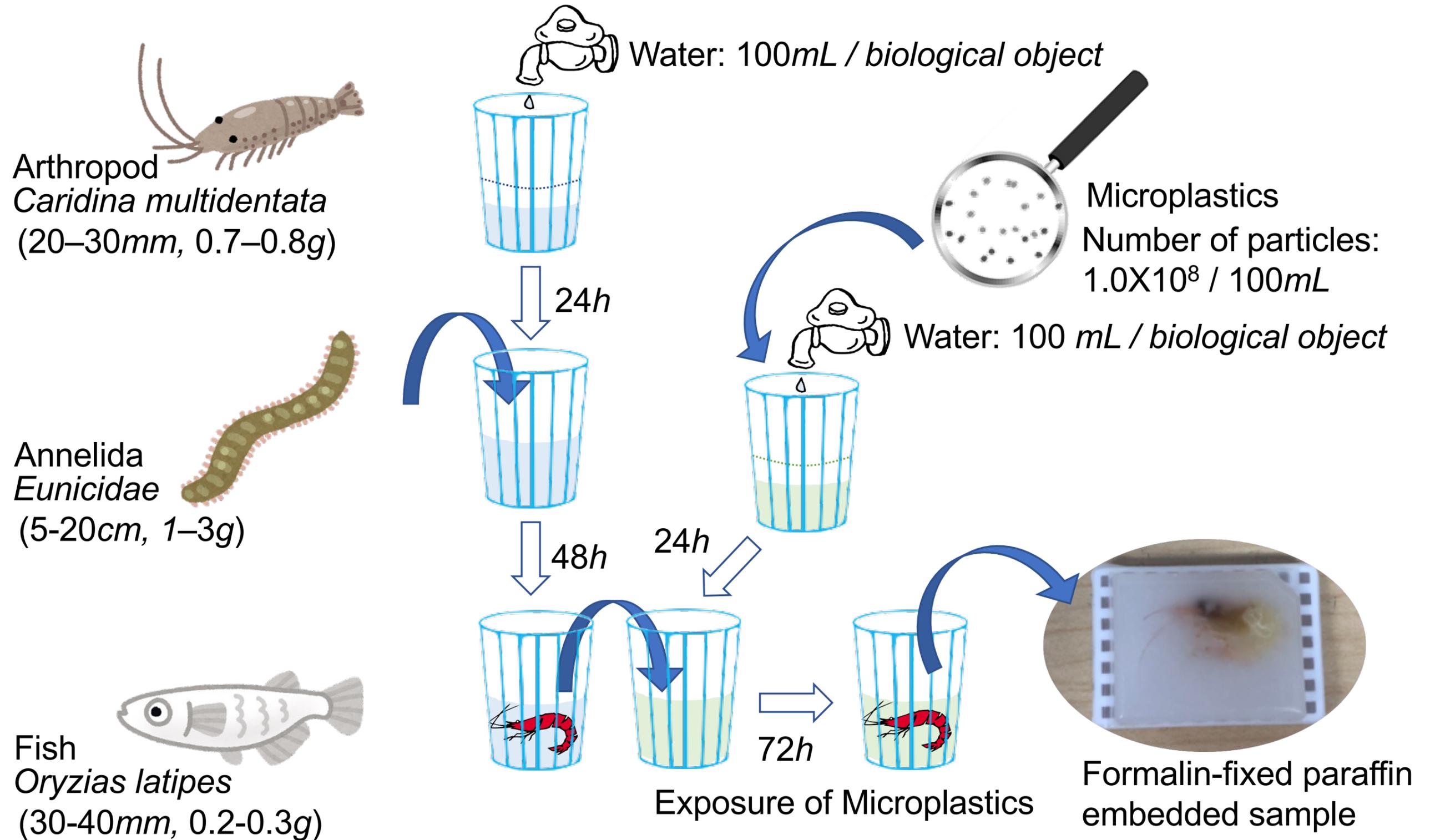
実施項目2

★ マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査



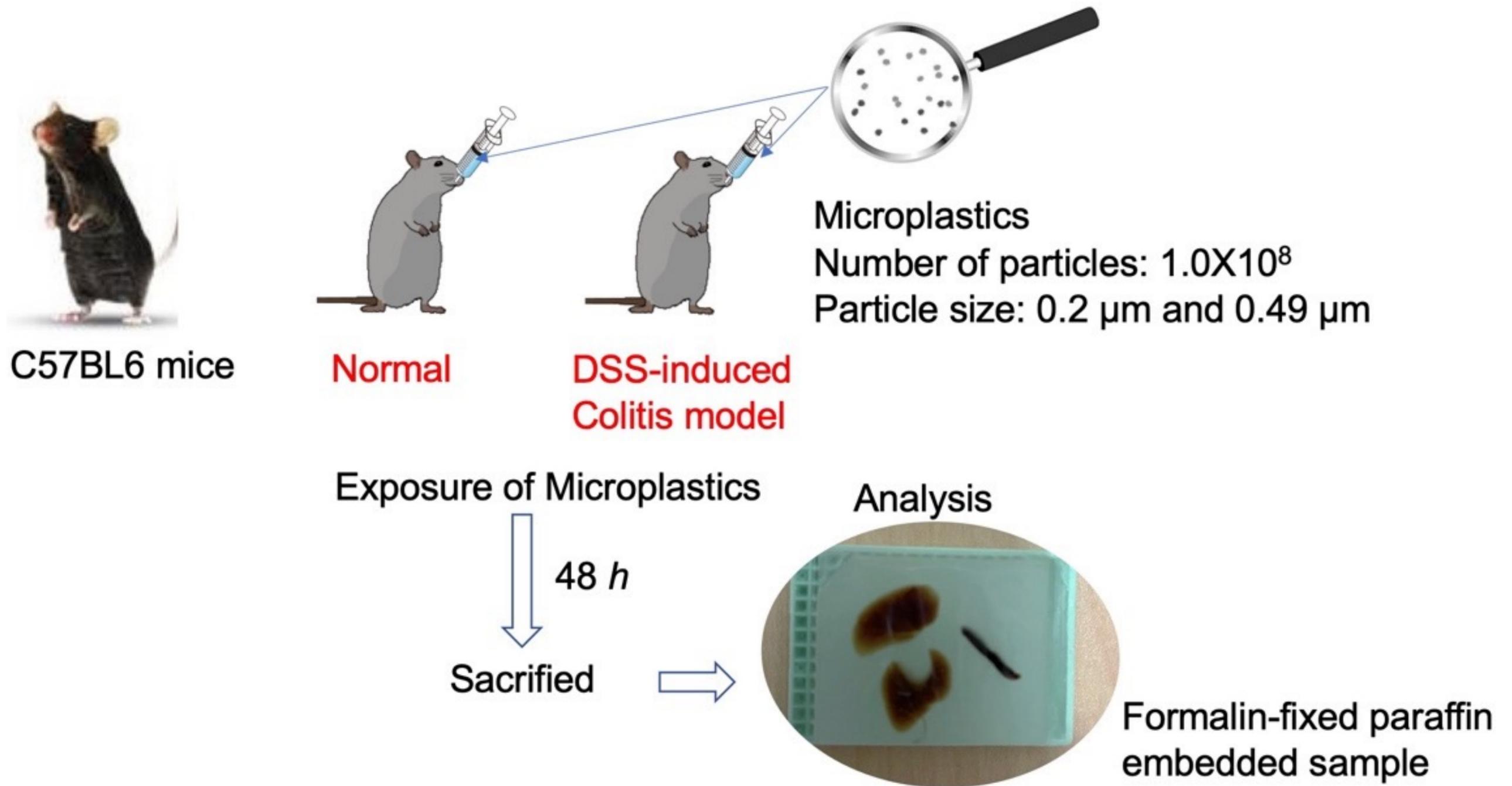
のような利用量の多いプラスチック4種以上の素材に対して、研究用マイクロプラスチックとして調整・生産したものを実施項目1～2に活用できる体制を整える。

4. 研究開発内容 (実施項目 1 : 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査)



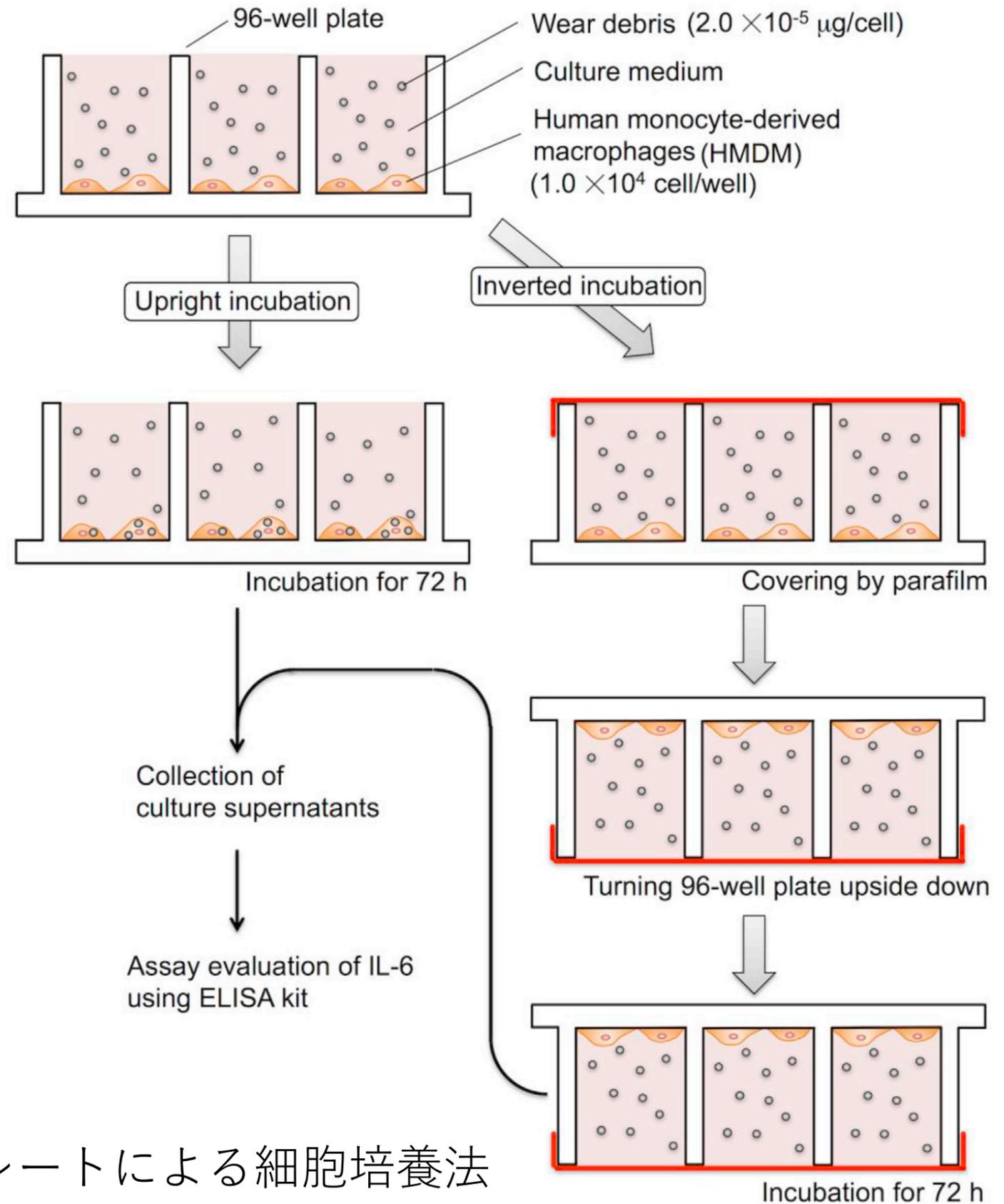
☆ MPを節足動物、環形動物および魚類に急性曝露する方法

4. 研究開発内容 (実施項目 1 : 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査)



☆ MPを哺乳類に急性曝露する方法

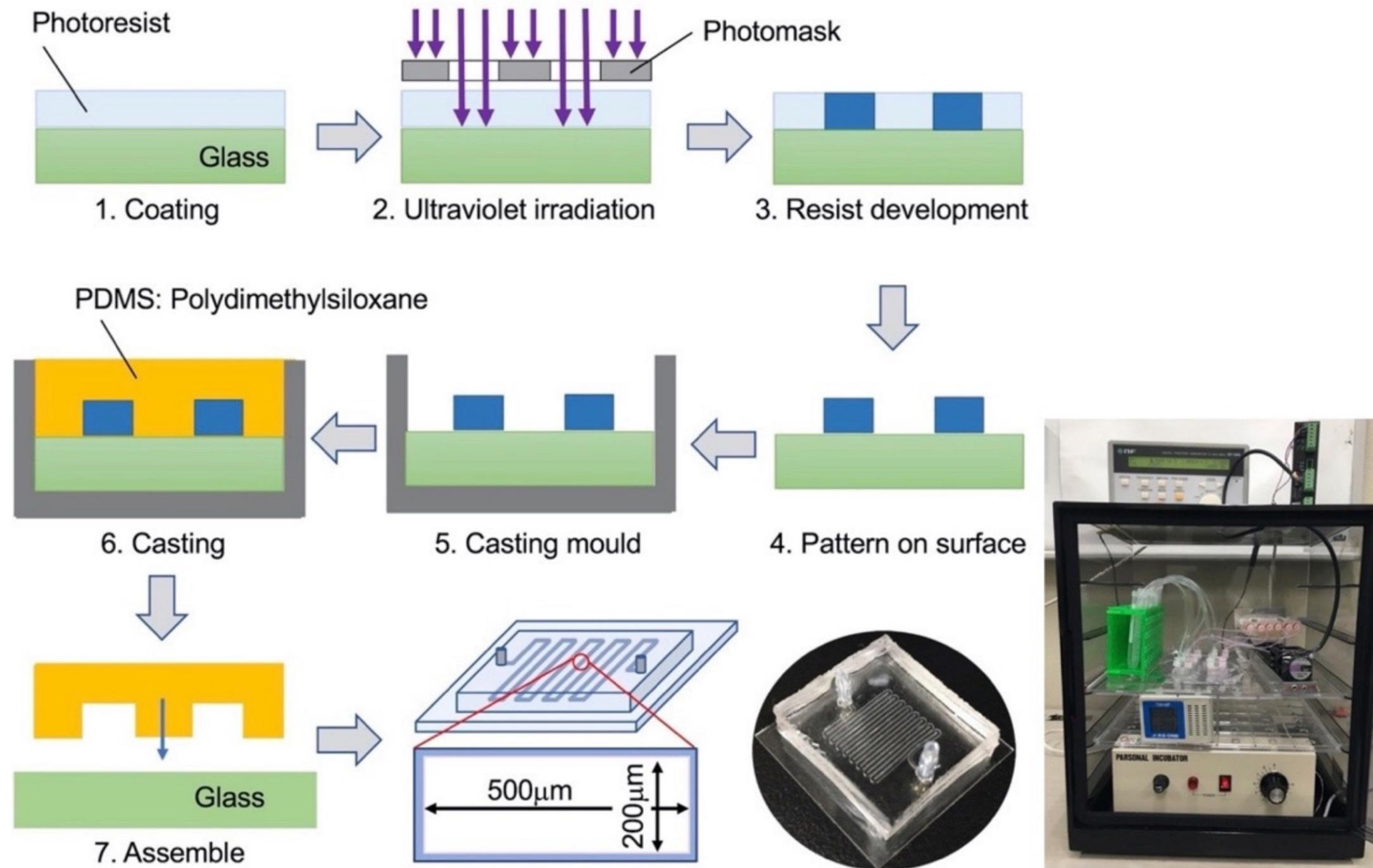
4. 研究開発内容 (実施項目 2 : マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査)



Y.Nakanishi, Y.Nakashima, Y.Fujiwara,
Y.Komohara, M.Takeya, H.Miura, H.Higaki:
Tribology International 118 (2018) 538–546

☆ 一般的に利用されているウェルプレートによる細胞培養法

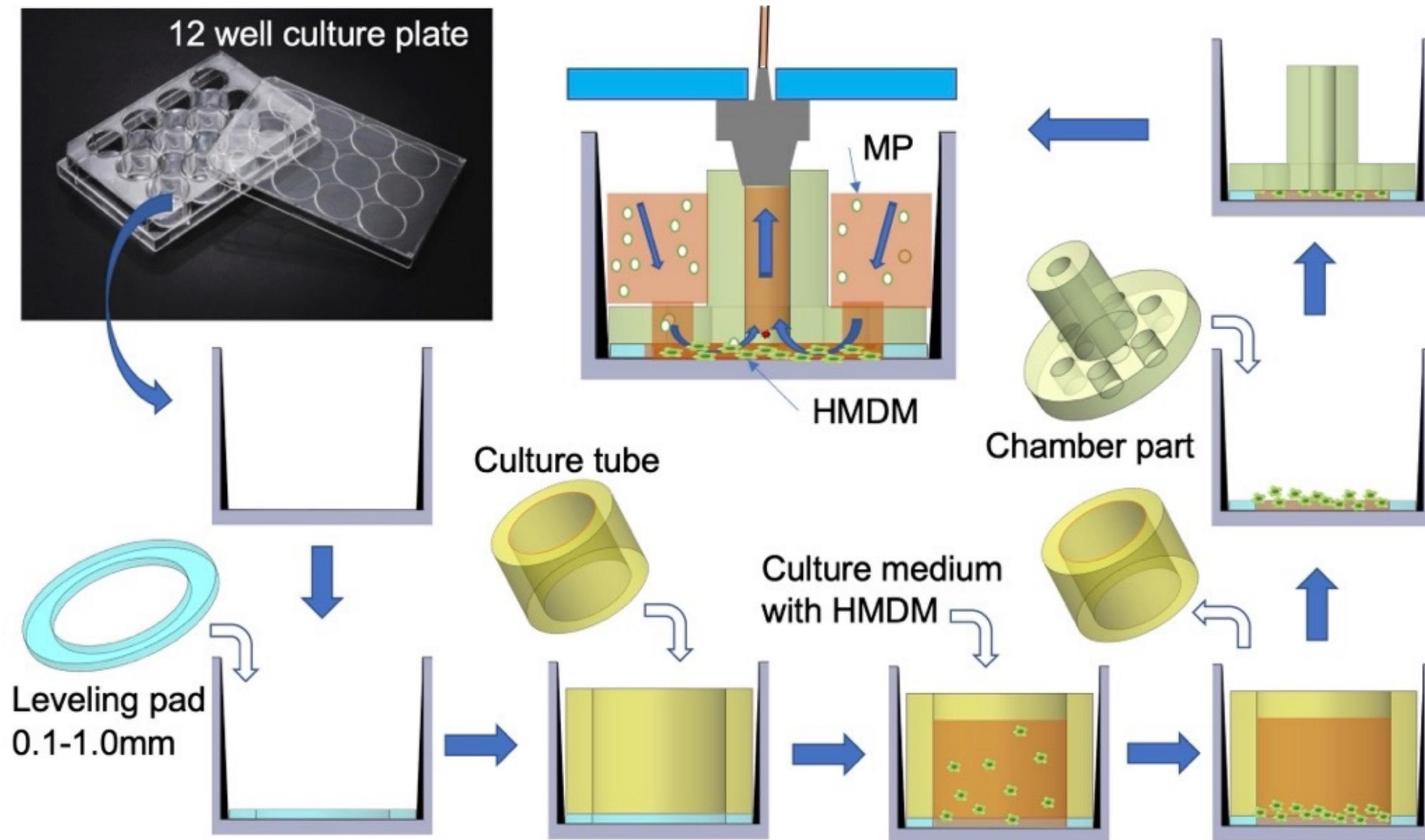
4. 研究開発内容 (実施項目2: マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査)



☆ マイクロ流路型細胞培養デバイスの設計・製作工程

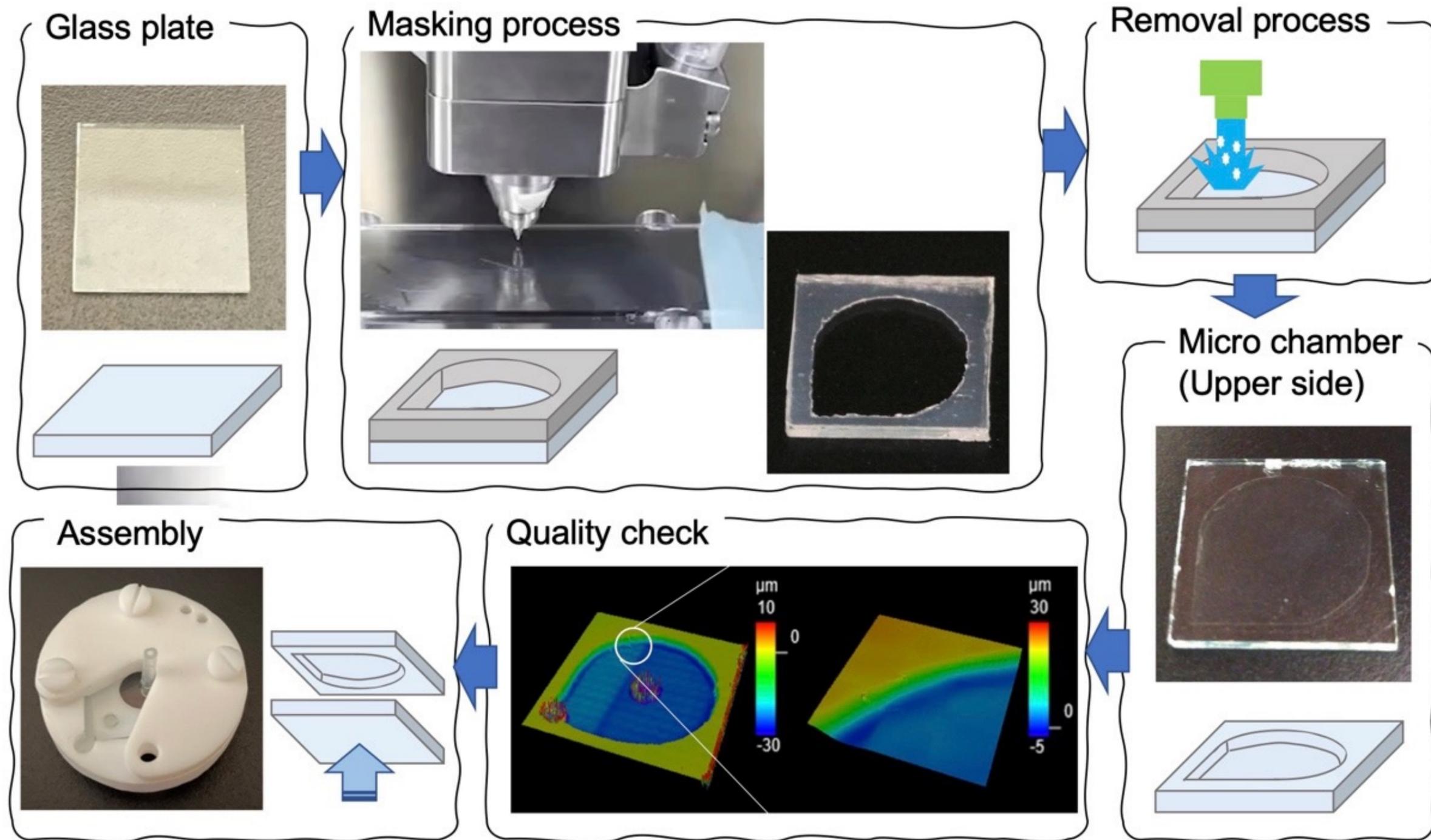
- ・ 曝露するMPのほぼ全量がマクロファージ近傍を通過、貪食可能な環境を実現
- ・ 定量的/経時的な結果を得られる仕組み

4. 研究開発内容 (実施項目2: マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査)



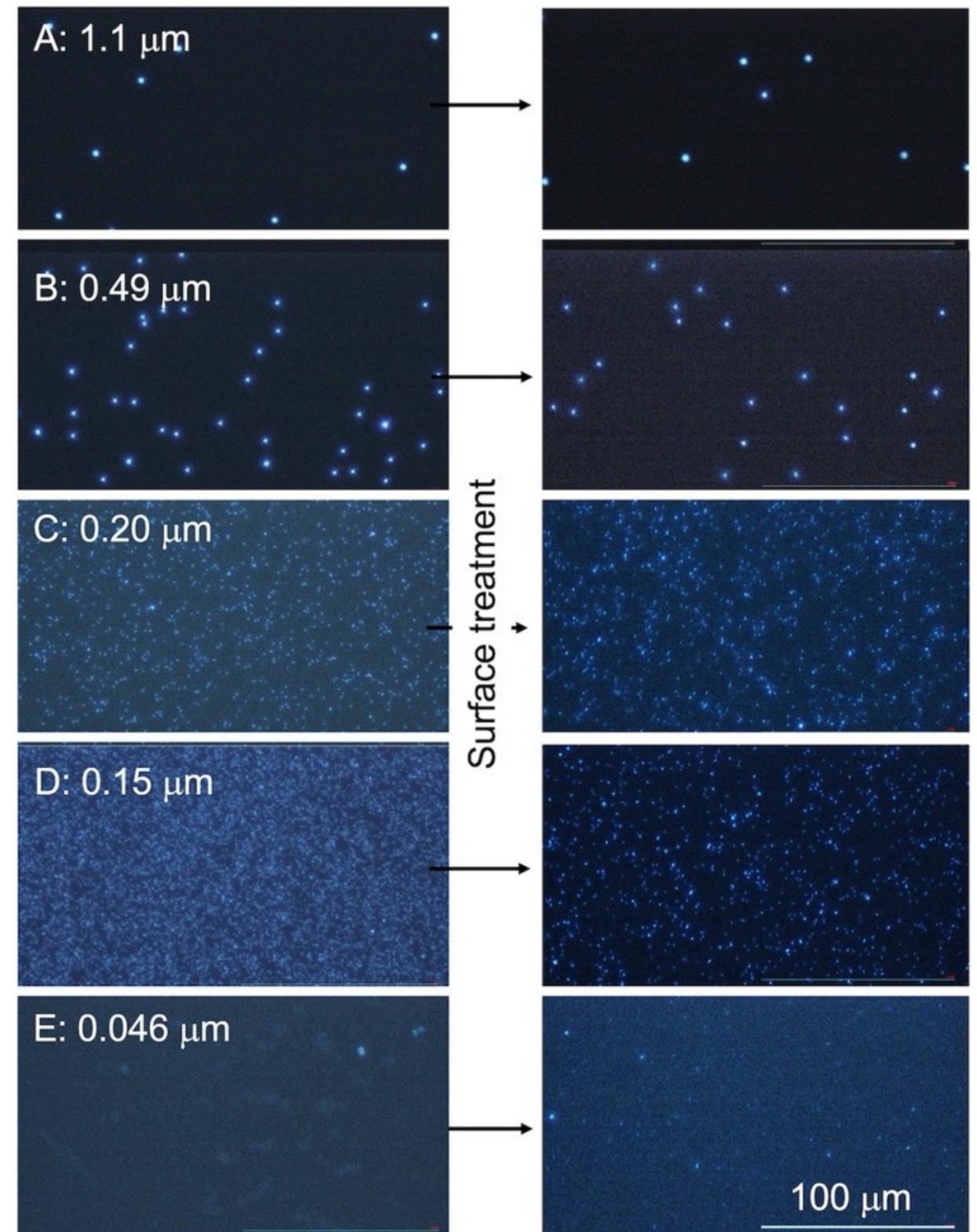
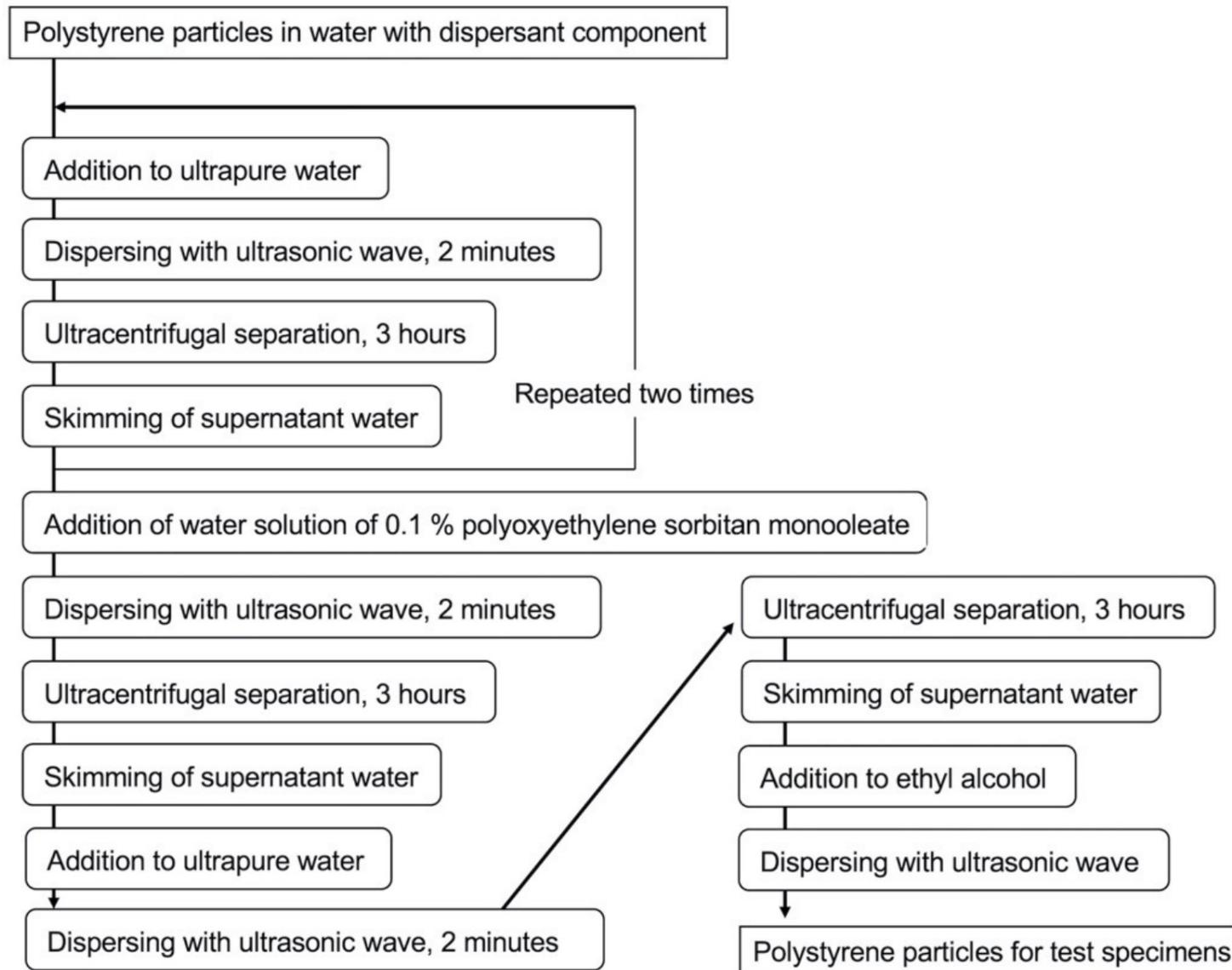
- ☆ マイクロチャンバー型細胞培養デバイスの設計・組立工程
 - ・ 曝露するMPのほぼ全量がマクロファージ近傍を通過、貪食可能な環境を実現
 - ・ 定量的/経時的な結果を得られる仕組み

4. 研究開発内容 (実施項目2: マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査)



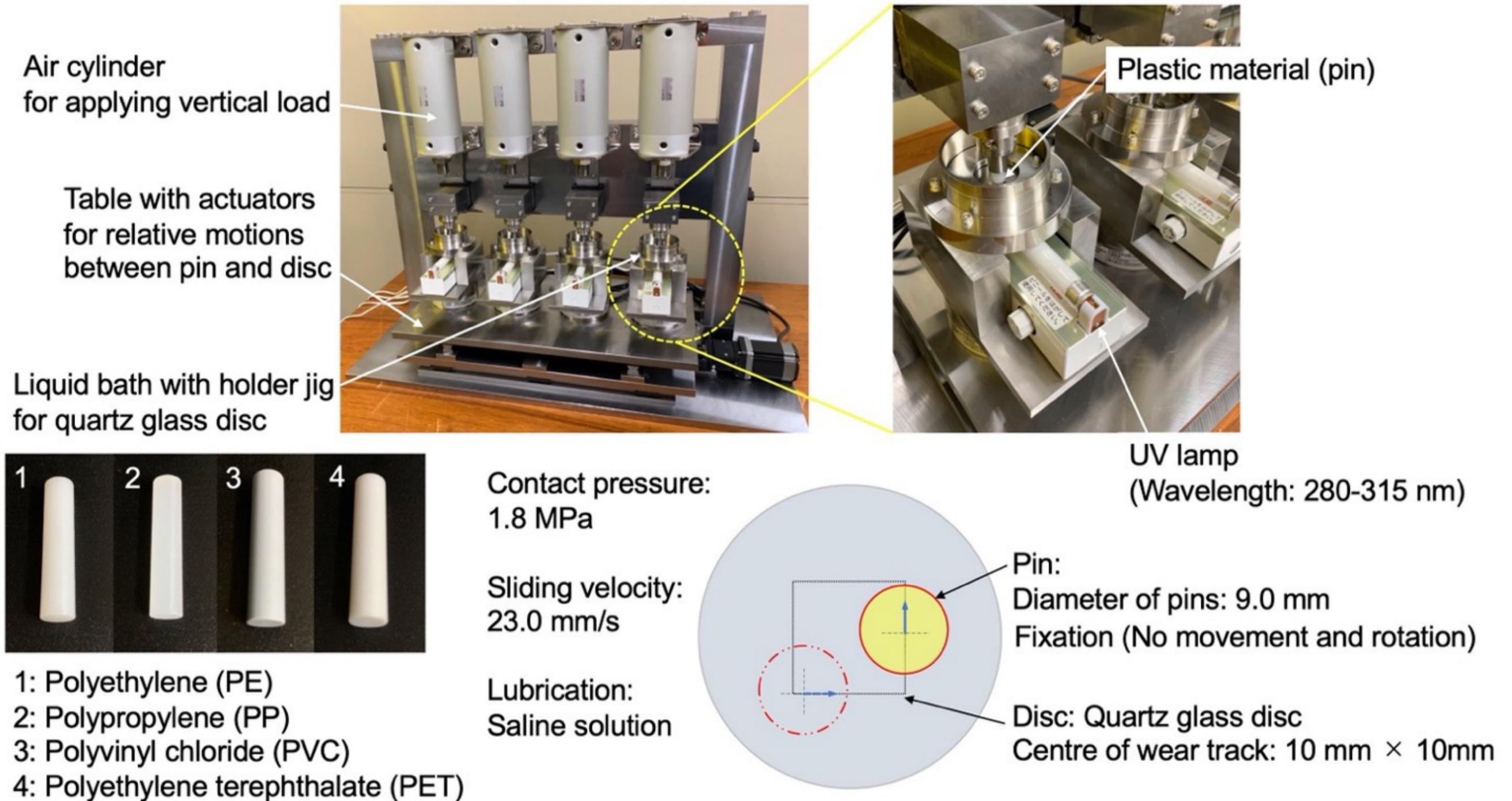
- ☆ マイクロチャンバー型細胞培養デバイスの設計・組立工程
- ・ 洗浄・滅菌により再利用が可能な (ディスプレイザブル品の削減につながる)
- MP研究環境への移行

4. 研究開発内容（実施項目3：マイクロプラスチックの調整）



☆ 結果の“見える化”を容易にするための
研究用PS製蛍光MP

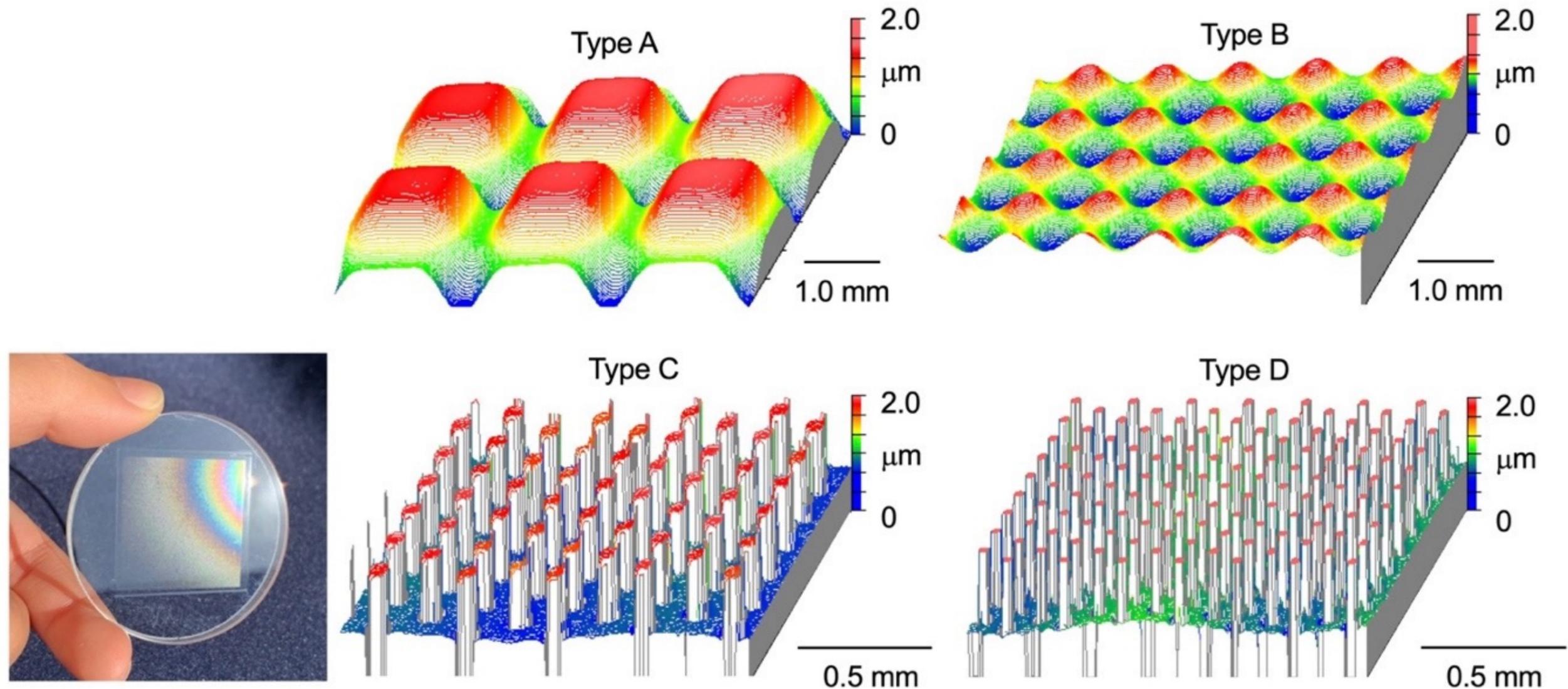
4. 研究開発内容 (実施項目3: マイクロプラスチックの調整)



☆ 開発した研究用MP調整システム

- ・ 石英ガラス底面より紫外線を照射し、プラスチック劣化を促進

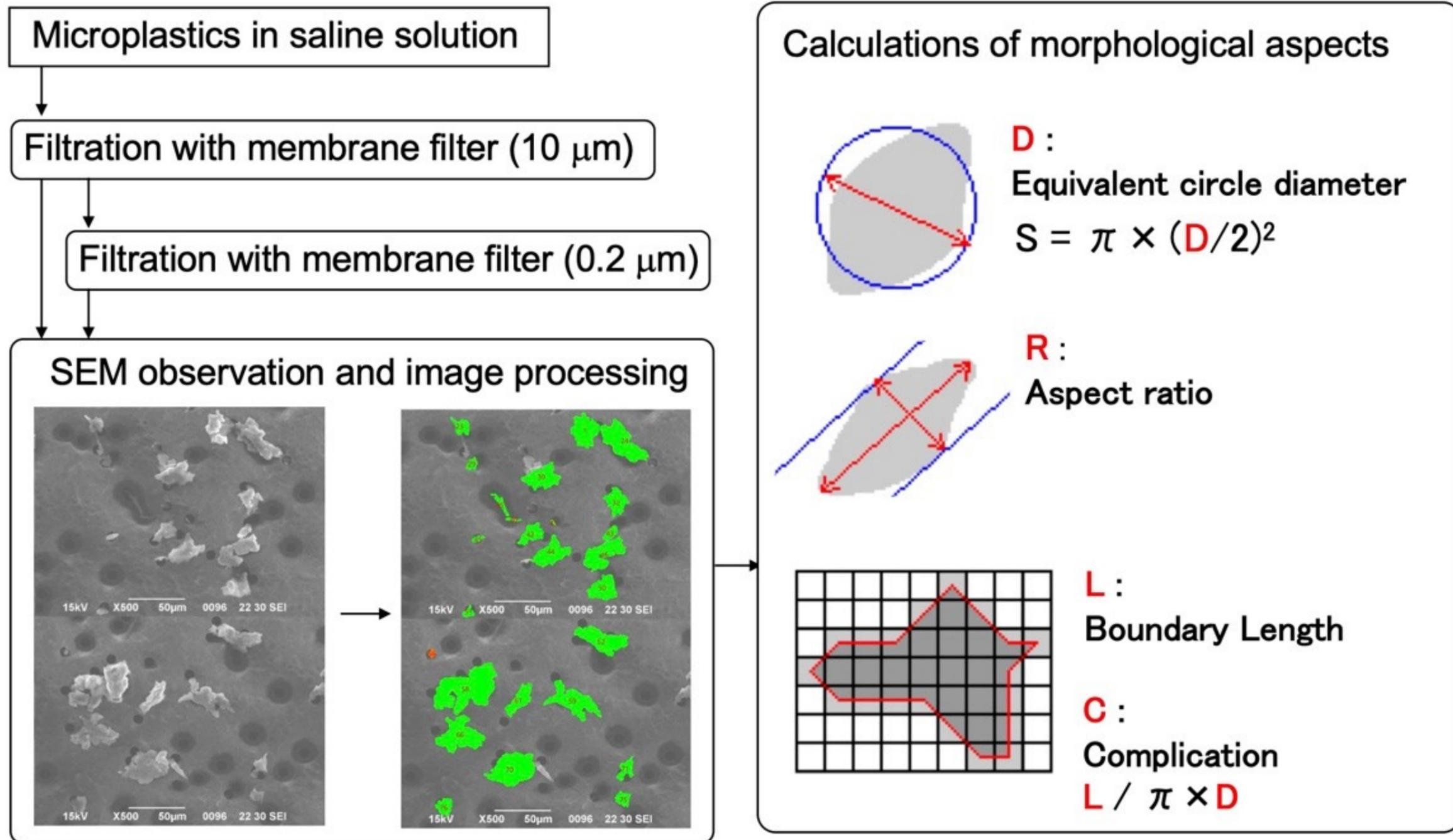
4. 研究開発内容 (実施項目3: マイクロプラスチックの調整)



☆ 透明石英ガラスディスク表面に施したマイクロ・ナノ構造の例

- ・ ガラス表面上の凸部分をMP素材が繰り返し変形しながら移動することで海洋中での微小繰り返し変形による疲労破壊を模擬

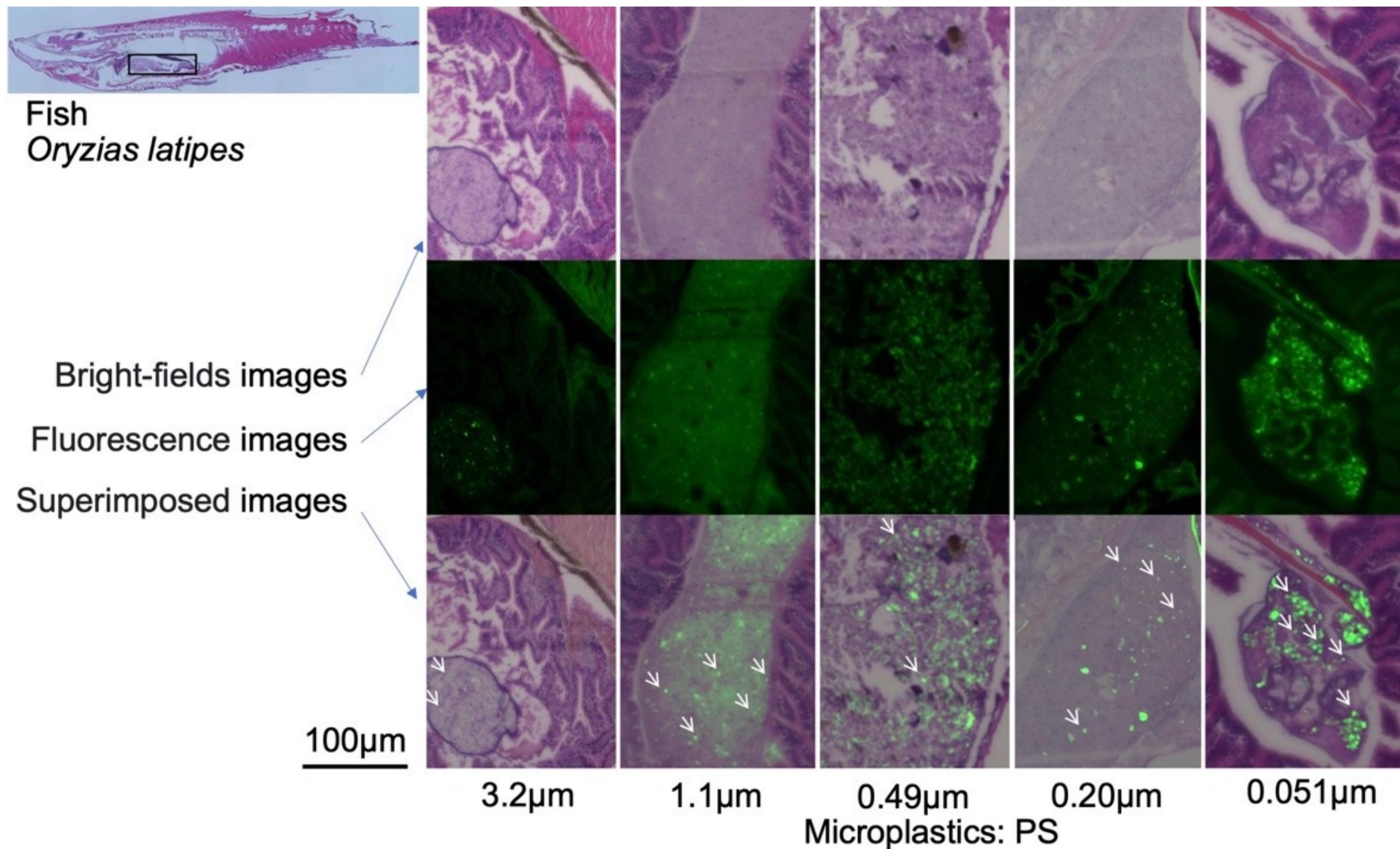
4. 研究開発内容 (実施項目3: マイクロプラスチックの調整)



☆ 幾何学的パラメータ分析

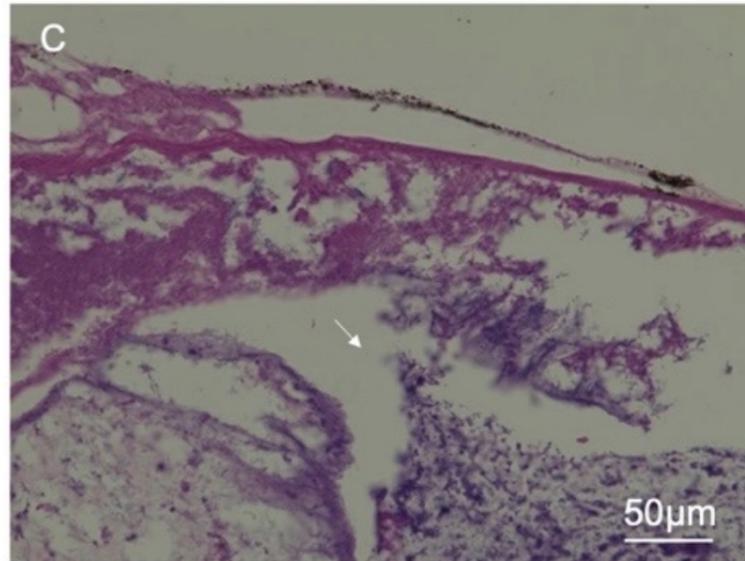
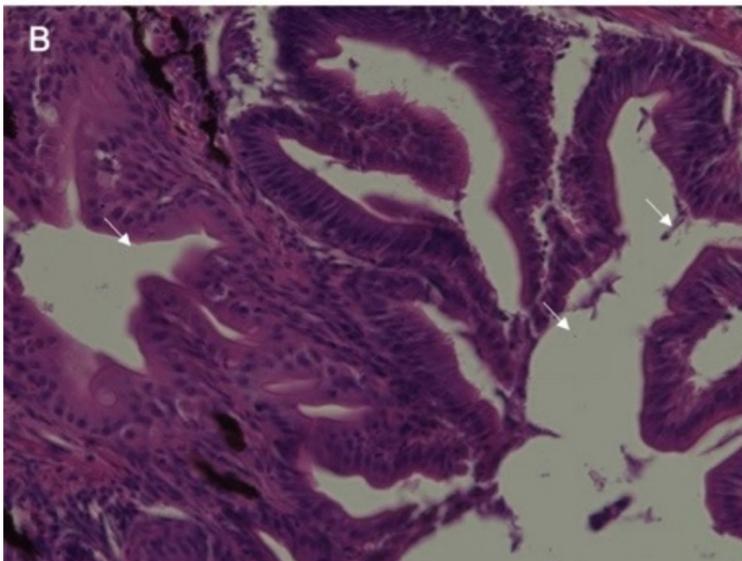
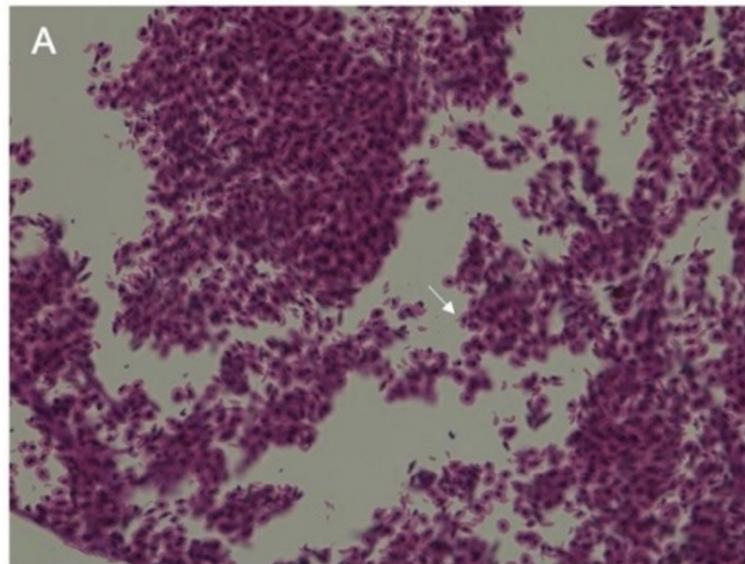
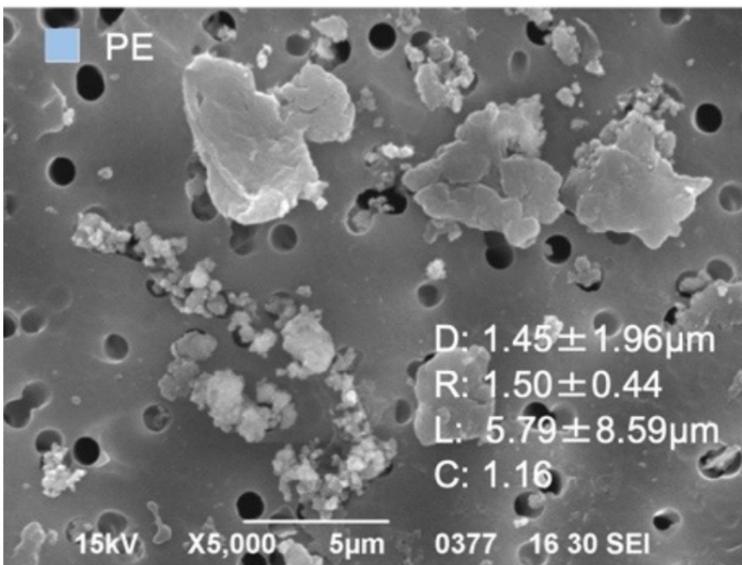
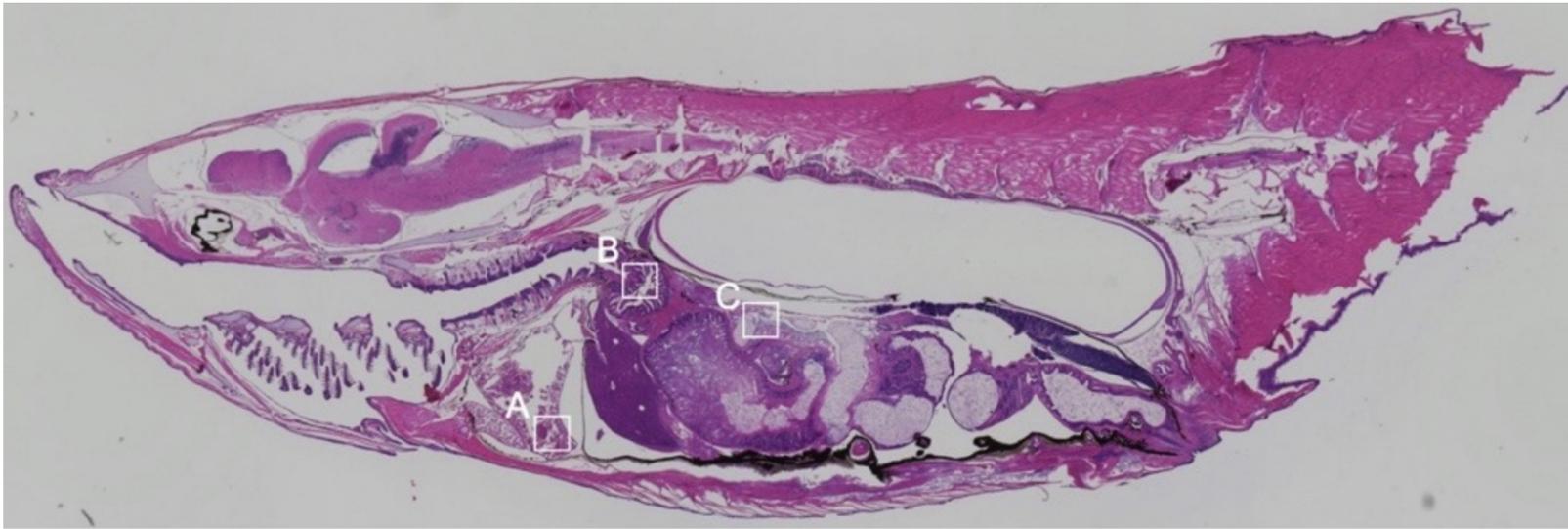
- ・ サイズ調整のためフィルトレーション作業
- ・ SEM観察像の処理により、幾何学的パラメータ情報とともに各種実験へ供給

5 - 1. 成果の概要 (実施項目 1 : 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査)



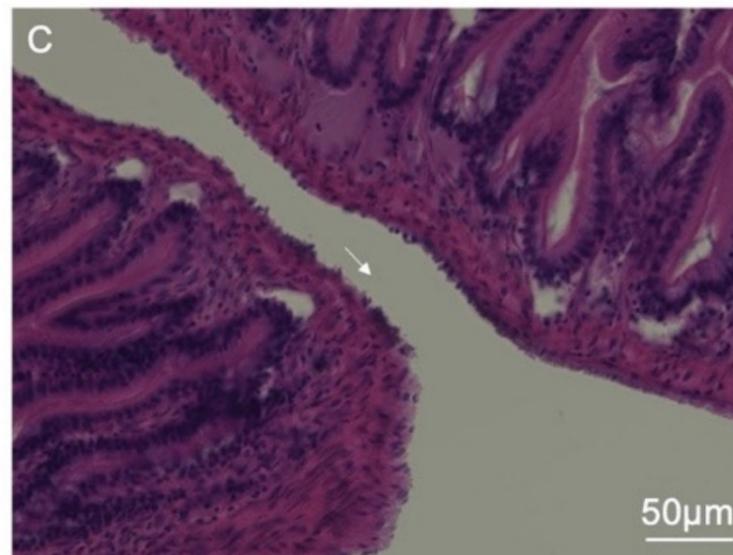
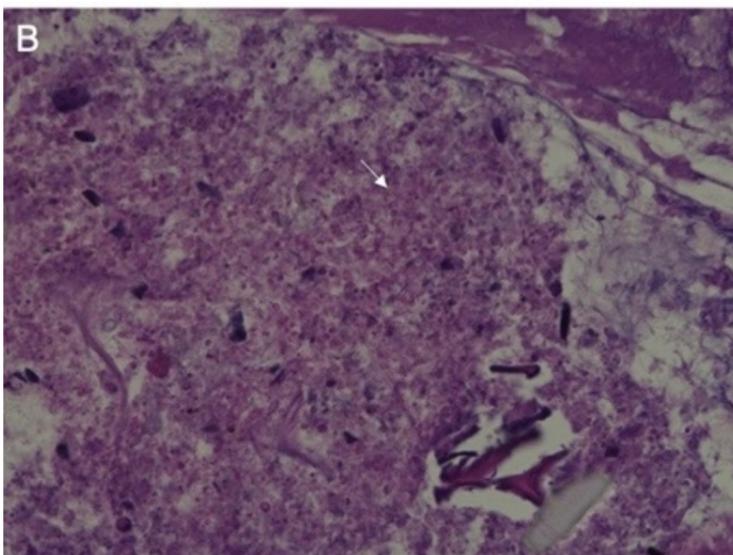
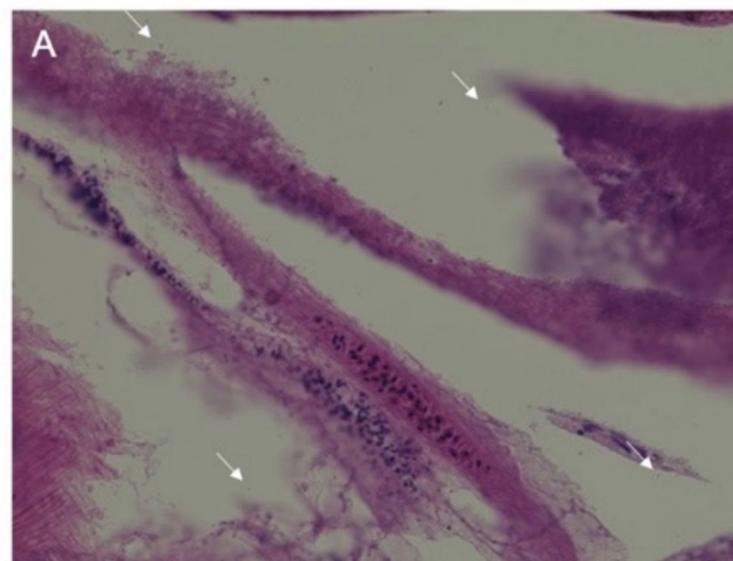
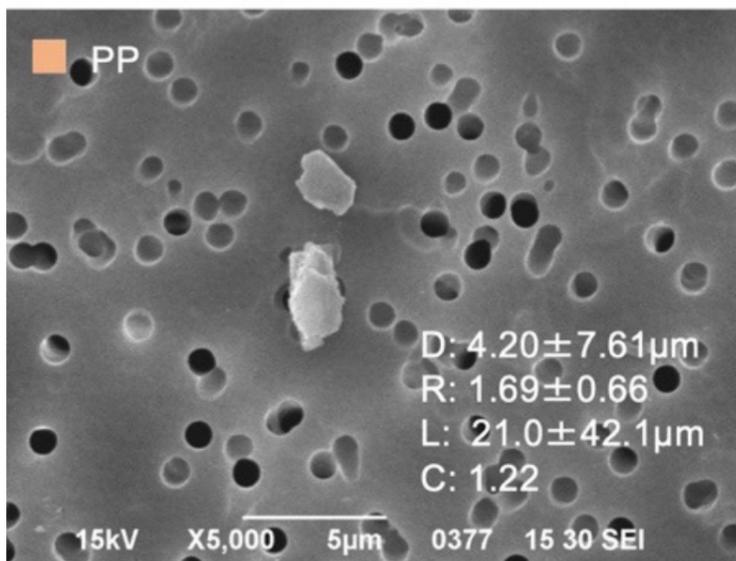
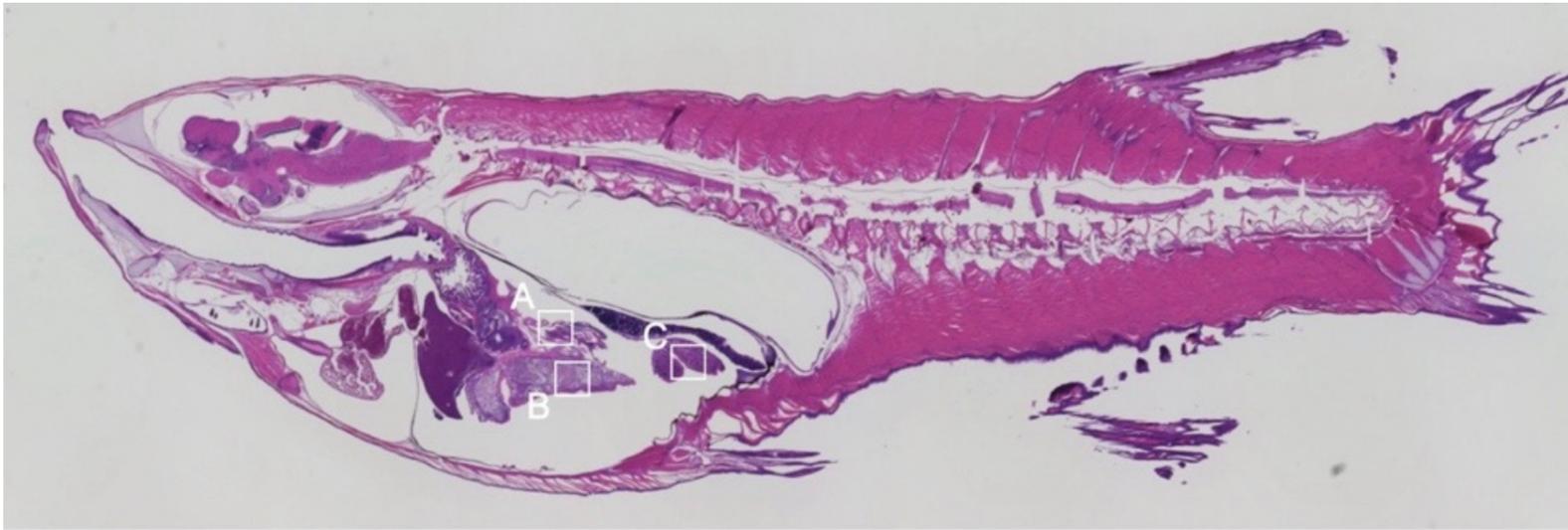
☆ PS製蛍光MPをヒメダカに急性曝露させた観察例

5-1. 成果の概要 (実施項目1: 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査)



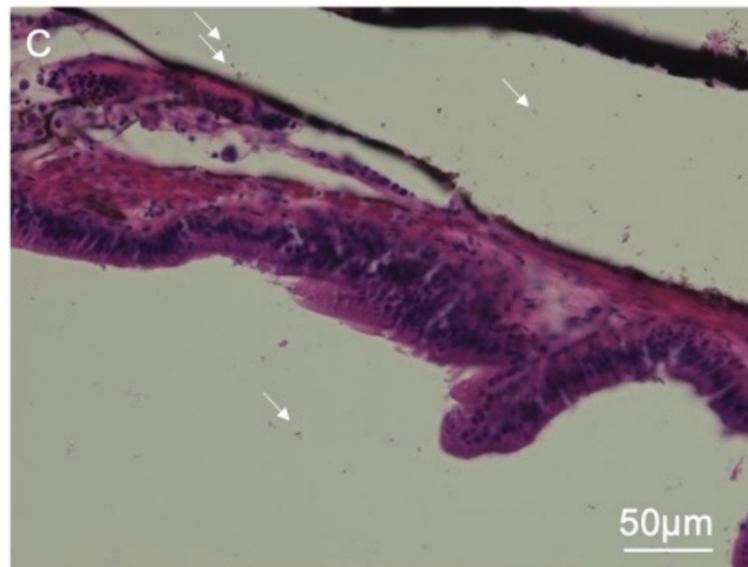
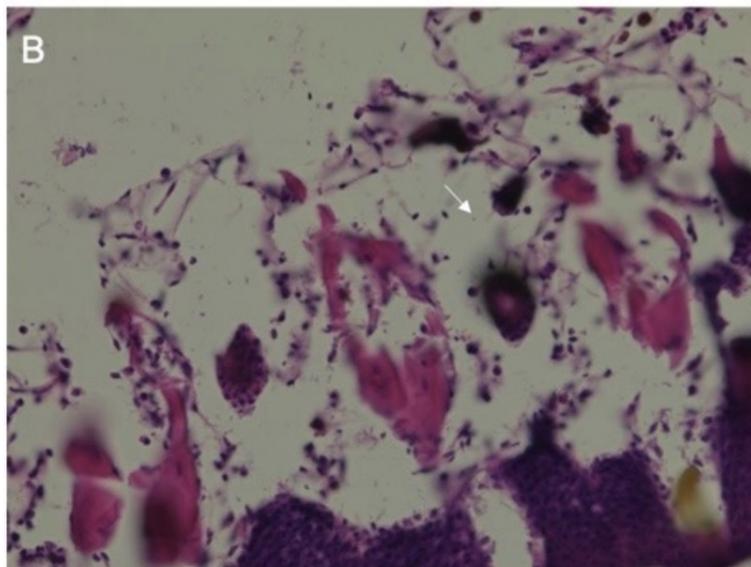
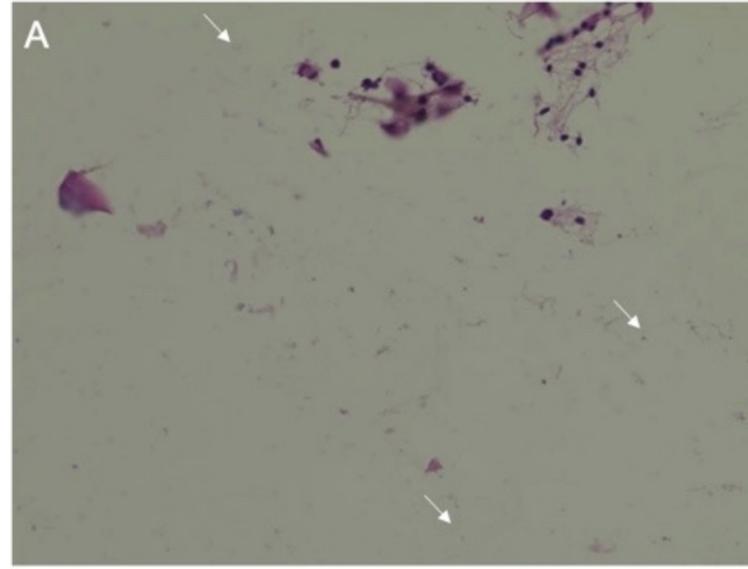
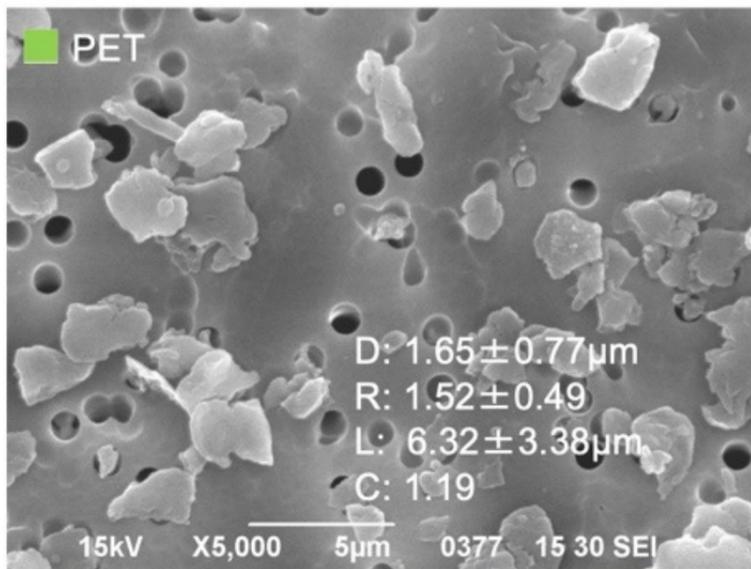
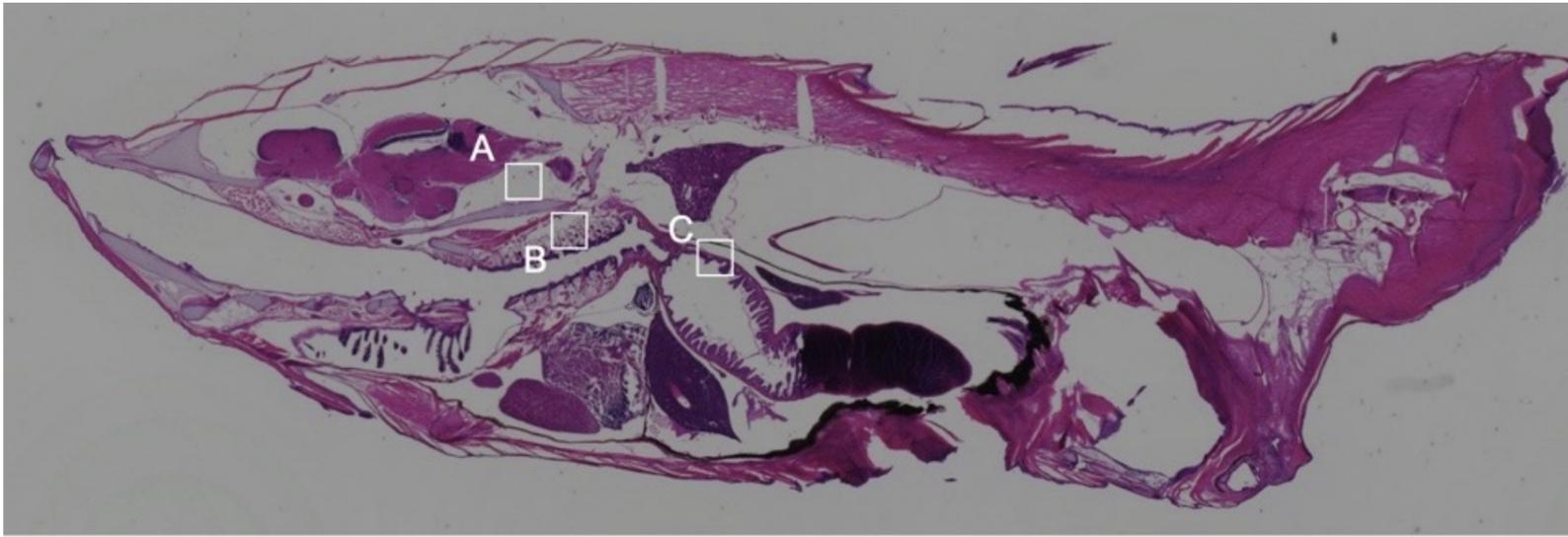
☆ PE製MPをヒメダカに急性曝露させた観察例

5-1. 成果の概要 (実施項目1: 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査)



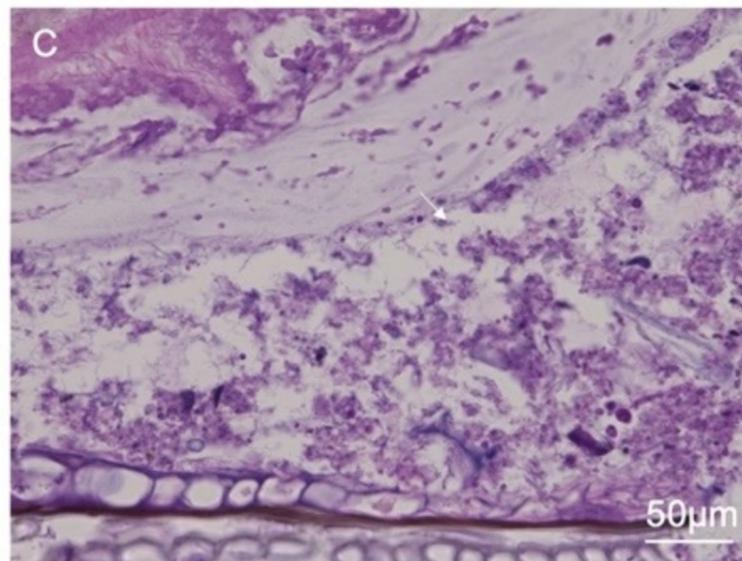
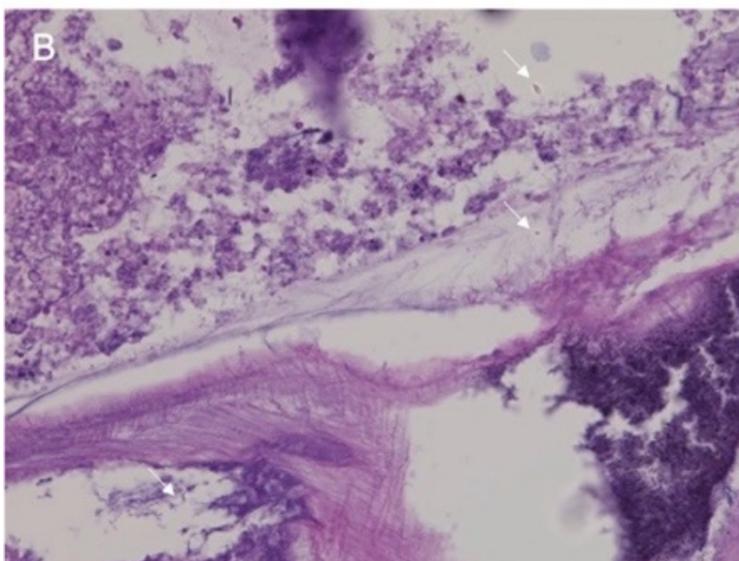
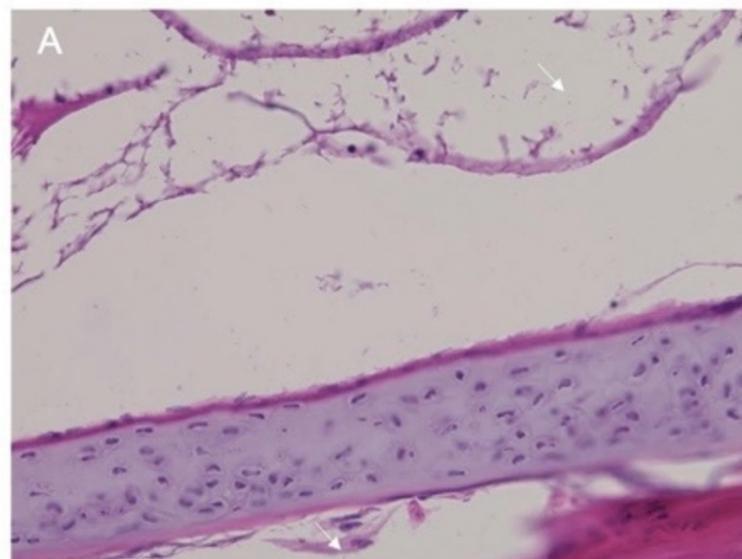
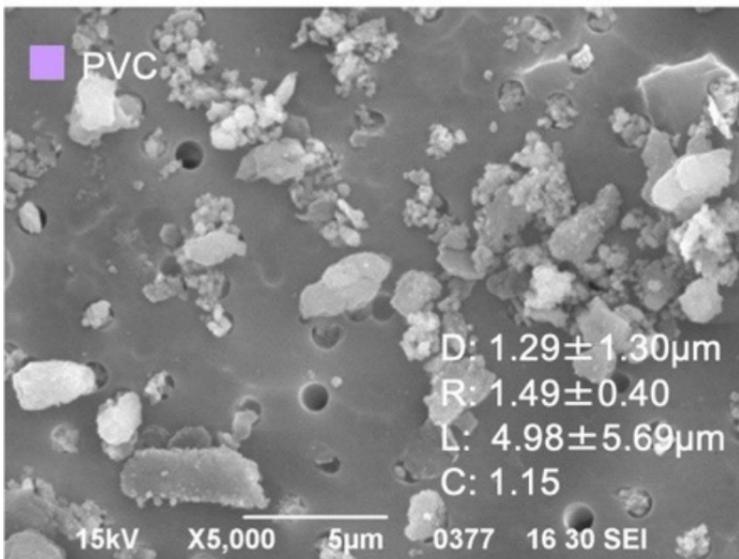
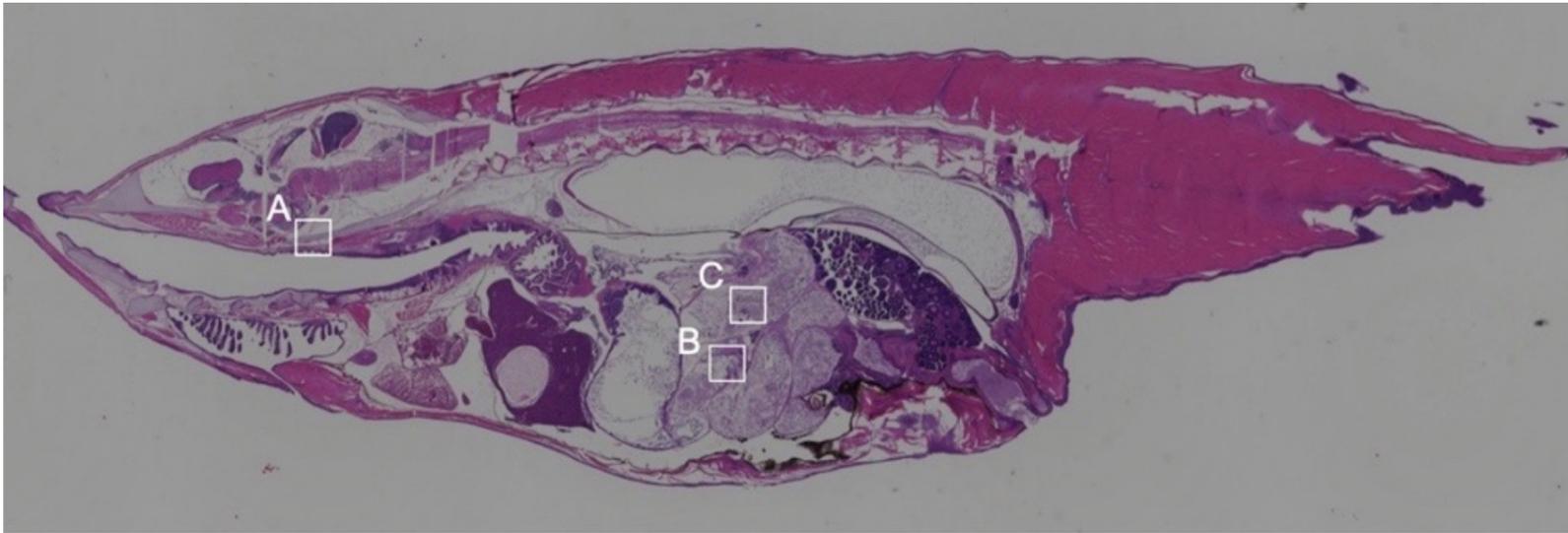
☆ PP製MPをヒメダカに
急性曝露させた観察例

5-1. 成果の概要 (実施項目1: 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査)



☆ PET製MPをヒメダカに急性曝露させた観察例

5 - 1. 成果の概要 (実施項目 1 : 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査)

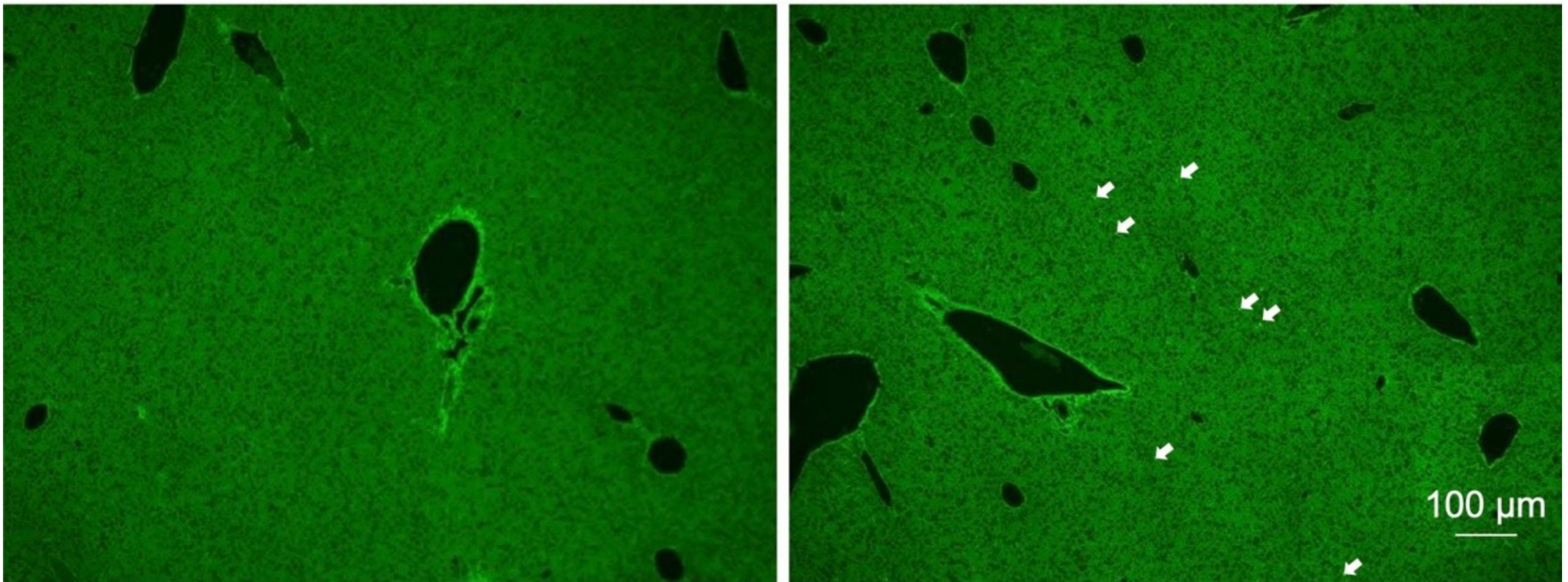


☆ PVC製MPをヒメダカに急性曝露させた観察例

5 - 1. 成果の概要 (実施項目 1 : 生体組織への移行・蓄積とその影響の組織学的調査)

☆ サブマイクロメートルからマイクロメートルレベルのMPは素材にかかわらず環境と接する器官だけでなく、他の器官（組織）へと移行・蓄積

Liver tissue Microplastics: PS (0.49 μm)

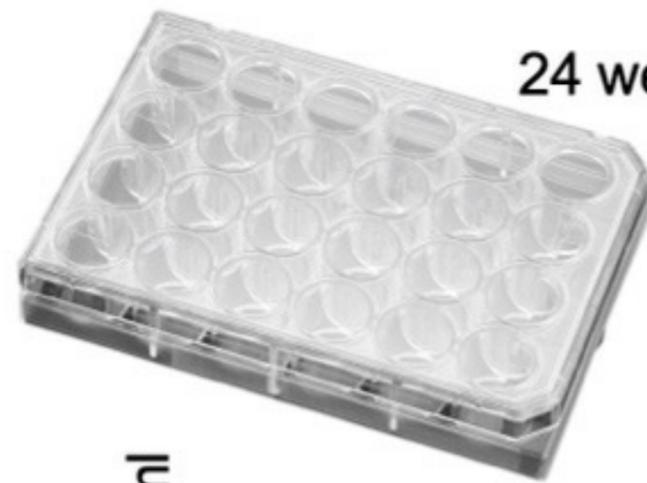


C57BL6 mice **Normal**

C57BL6 mice **DSS-induced Colitis model**

☆ 腸管壁の炎症などによりMPが脈管系によって移行

5-1. 成果の概要 (実施項目2: マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査)



24 well culture plate

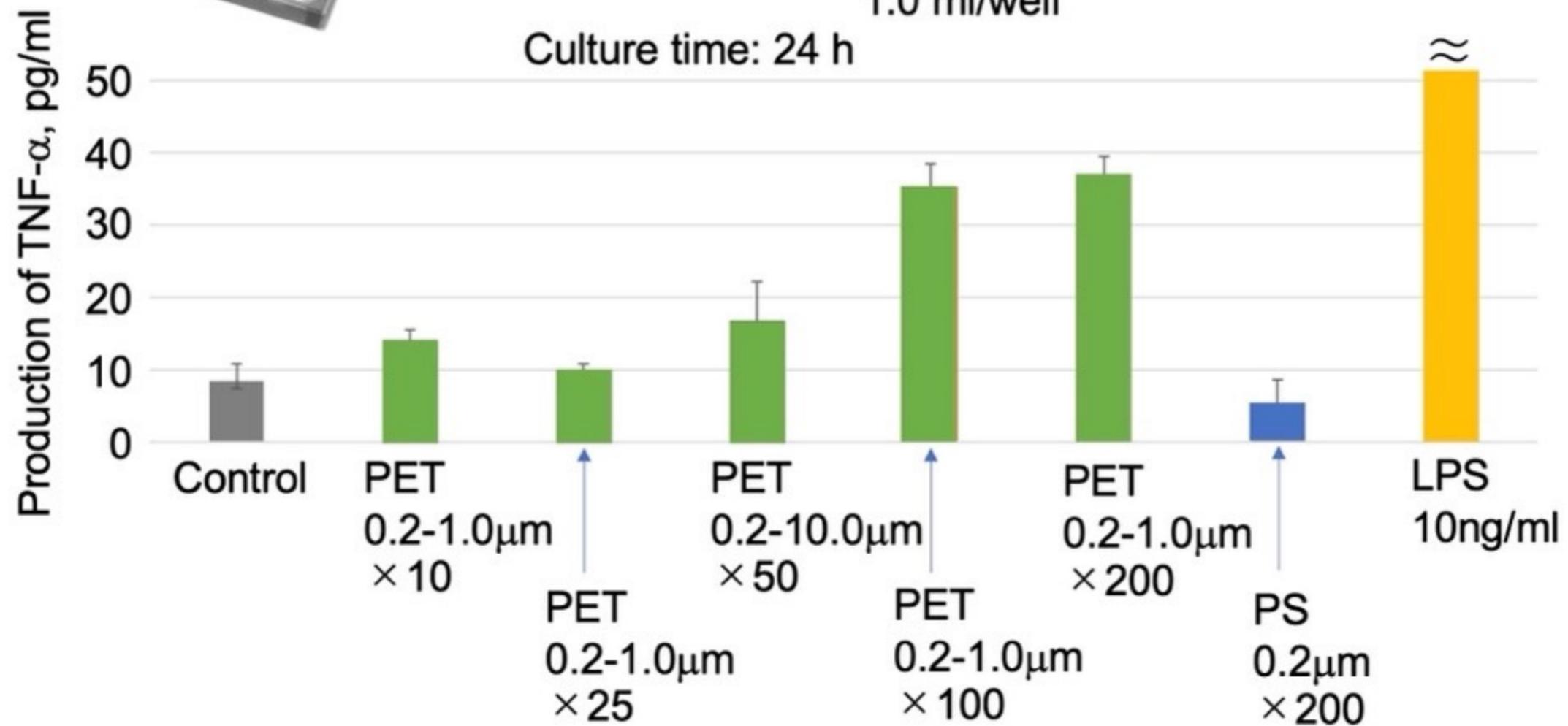
HMDM: 1.9×10^5 /well

Culture medium: DMEM(low glucose)

+ 1.0% (penicillin + streptomycin) 2.0%FBS

1.0 ml/well

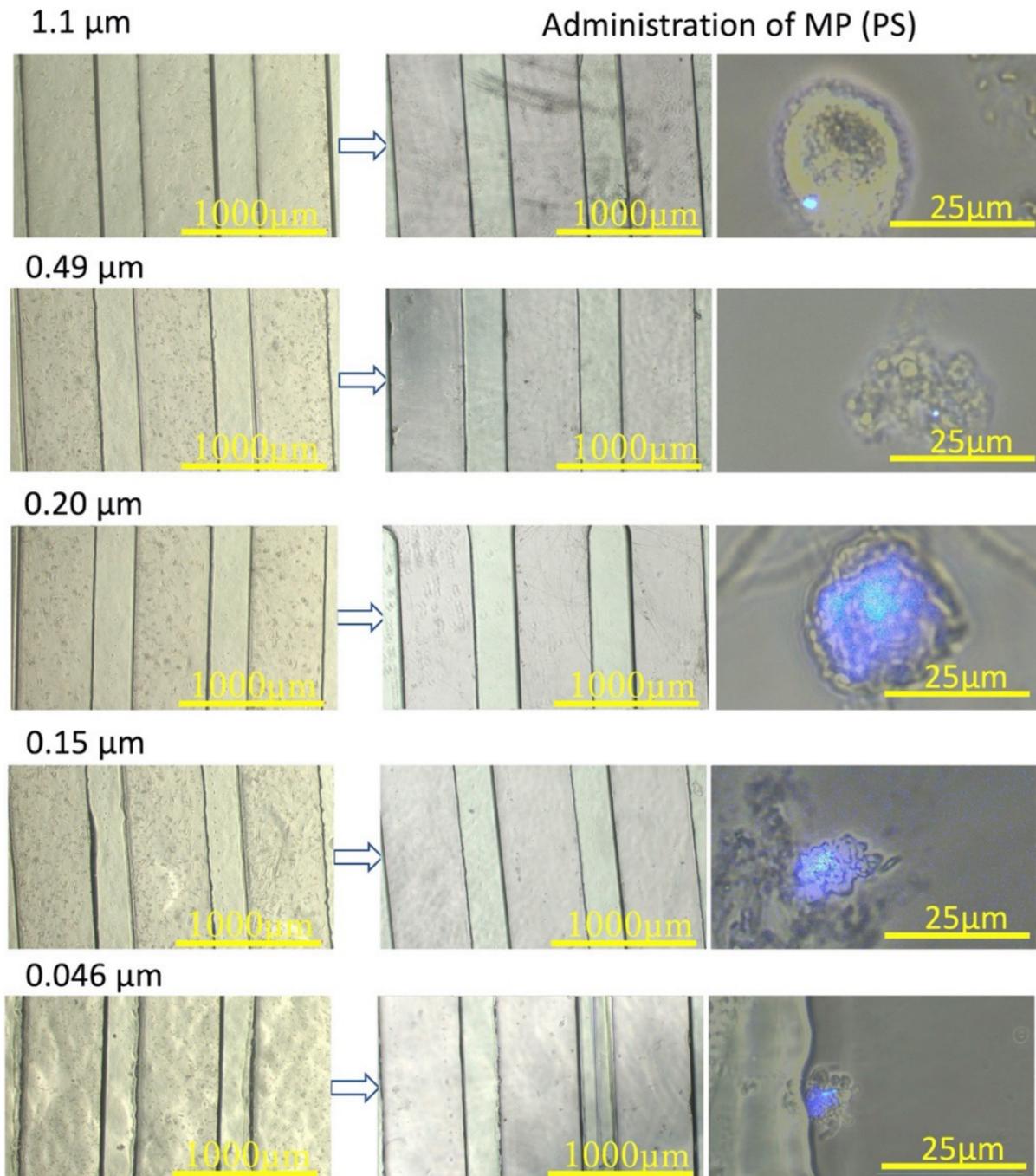
Culture time: 24 h



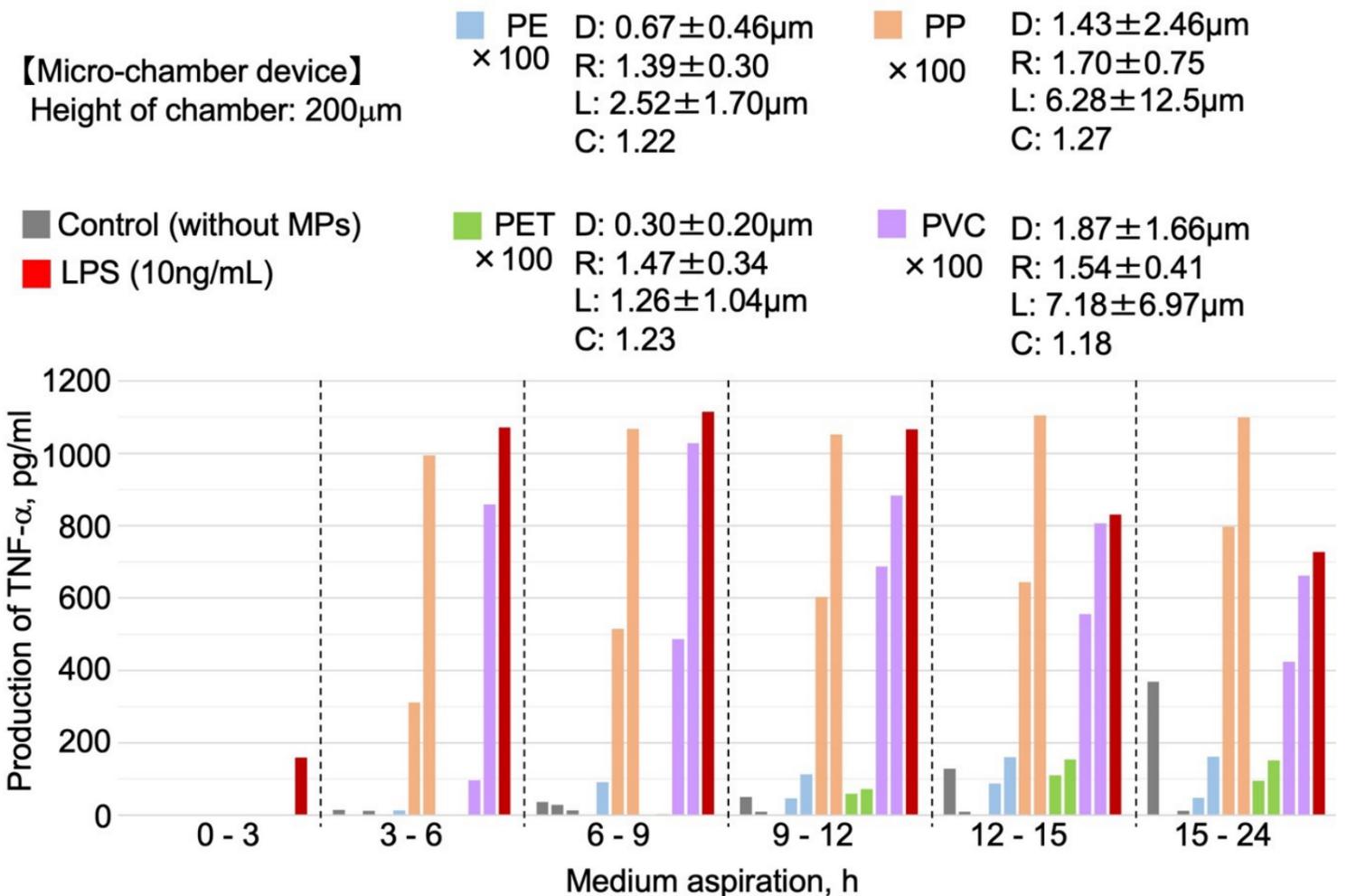
☆ 炎症性サイトカインの産生量はMPの曝露量に比例

5-1. 成果の概要 (実施項目2: マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査)

マイクロ流路型細胞培養デバイス内



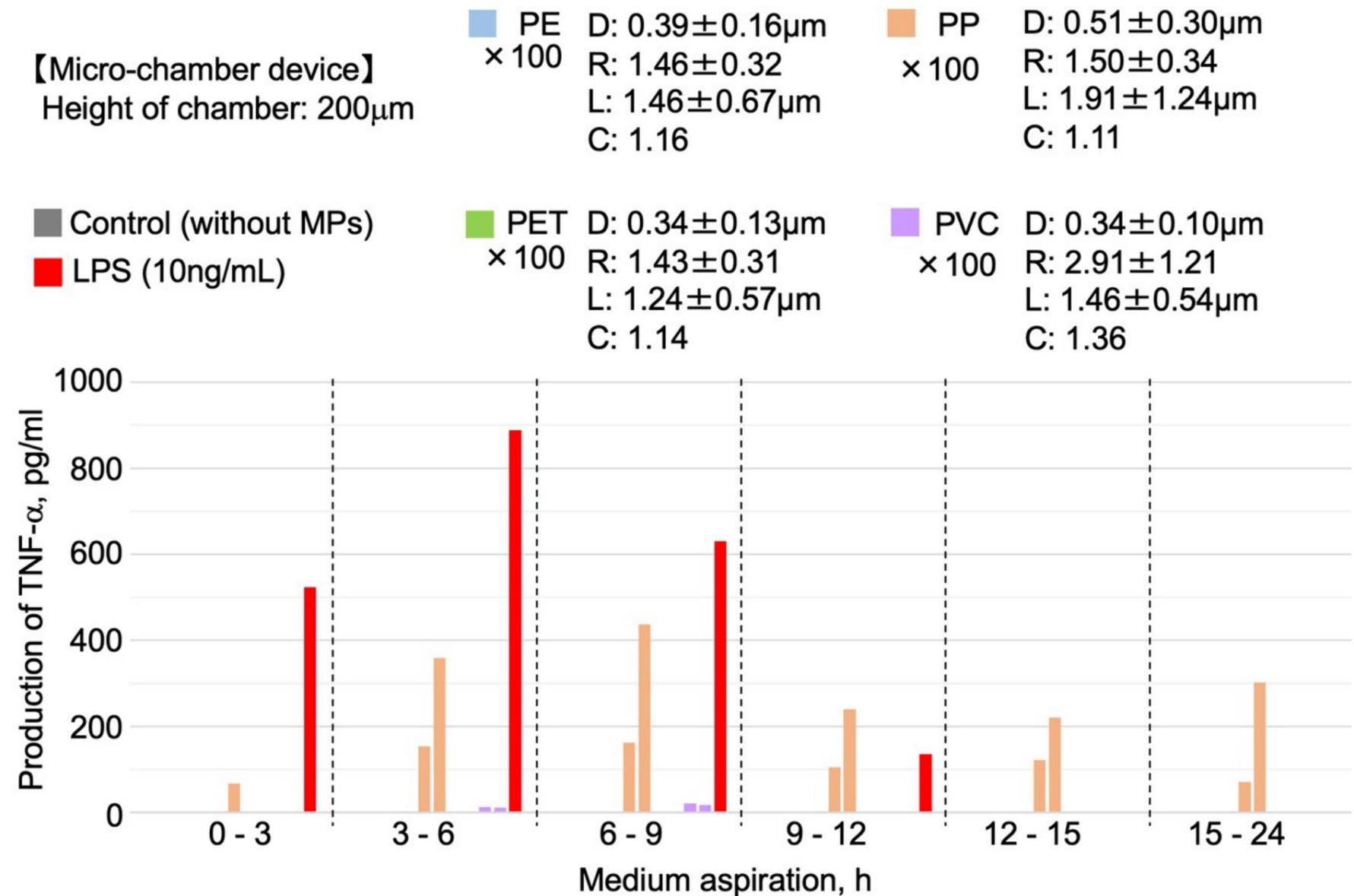
マイクロチャンバー型細胞培養デバイス



☆ 開発したマイクロデバイス群は経時的な観察が可能

5-1. 成果の概要 (実施項目2: マクロファージによる貪食とその影響の免疫学的調査)

マイクロチャンバー型
細胞培養デバイス



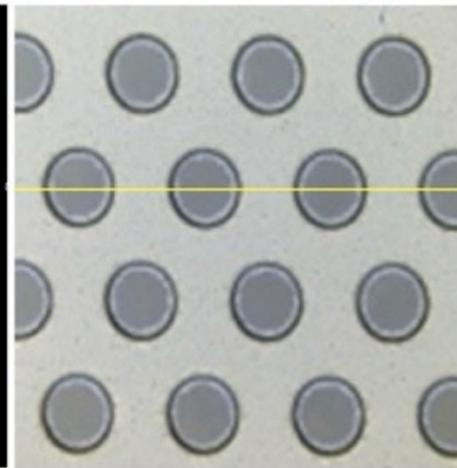
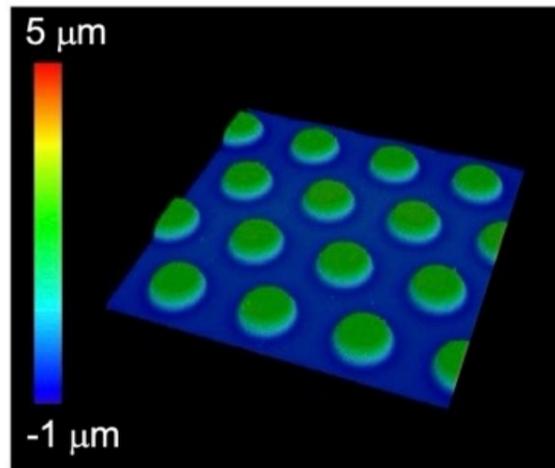
☆ 開発したマイクロデバイス群は定量的な評価が可能

☆ マクロファージは体内に移行・蓄積したサブマイクロメートルからマイクロメートルレベルのMPを貪食し、サイトカインの産生が顕在化

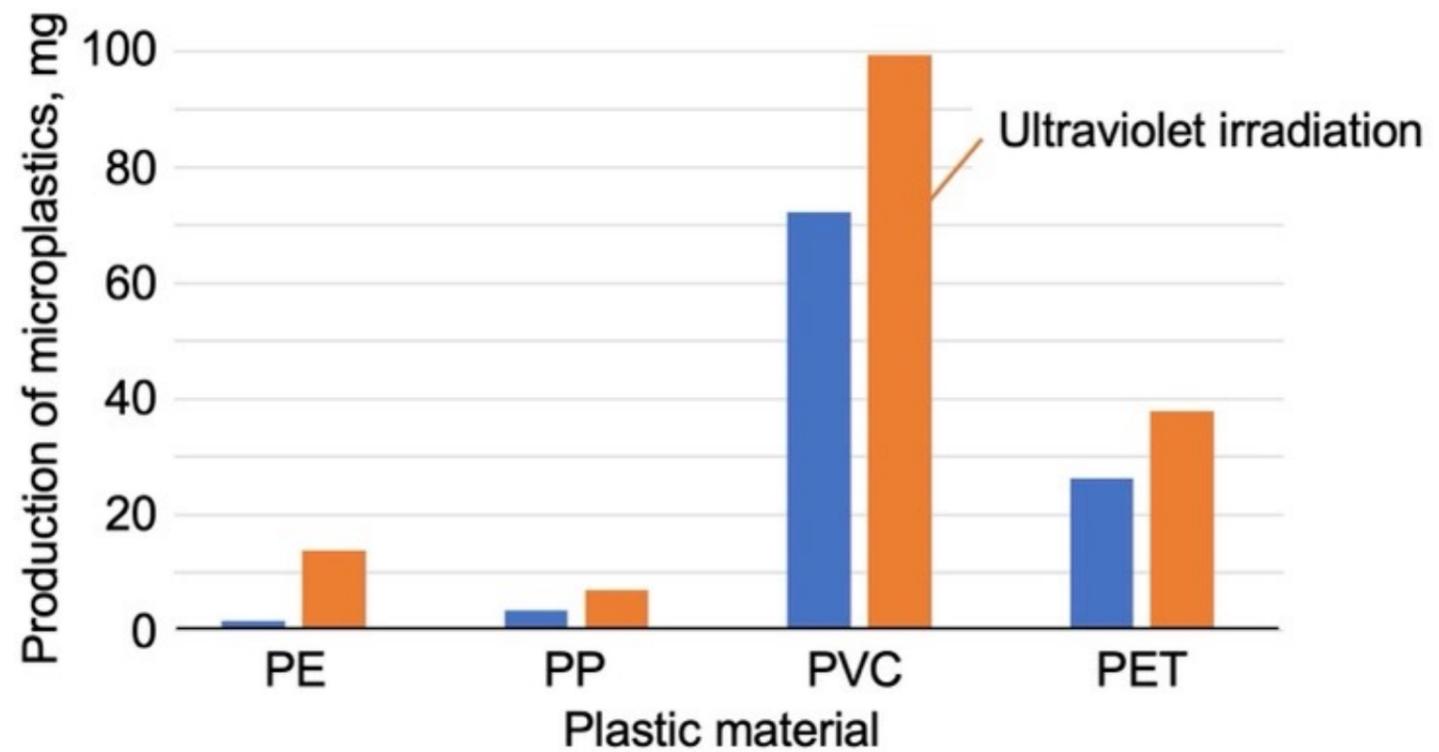
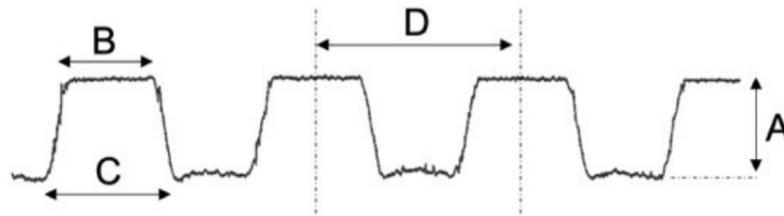
☆ 炎症性サイトカインの産生量はMP素材および幾何学的パラメータの影響を受ける

5-1. 成果の概要 (実施項目3: マイクロプラスチックの調整)

研究用MP調整システムに供した
石英ガラスディスク表面のマイクロ・ナノ構造 (例)



A. Height: 3 μm
B. Diameter (Top): 75 μm
C. Diameter (Bottom): 125 μm
D. Pitch: 180 μm

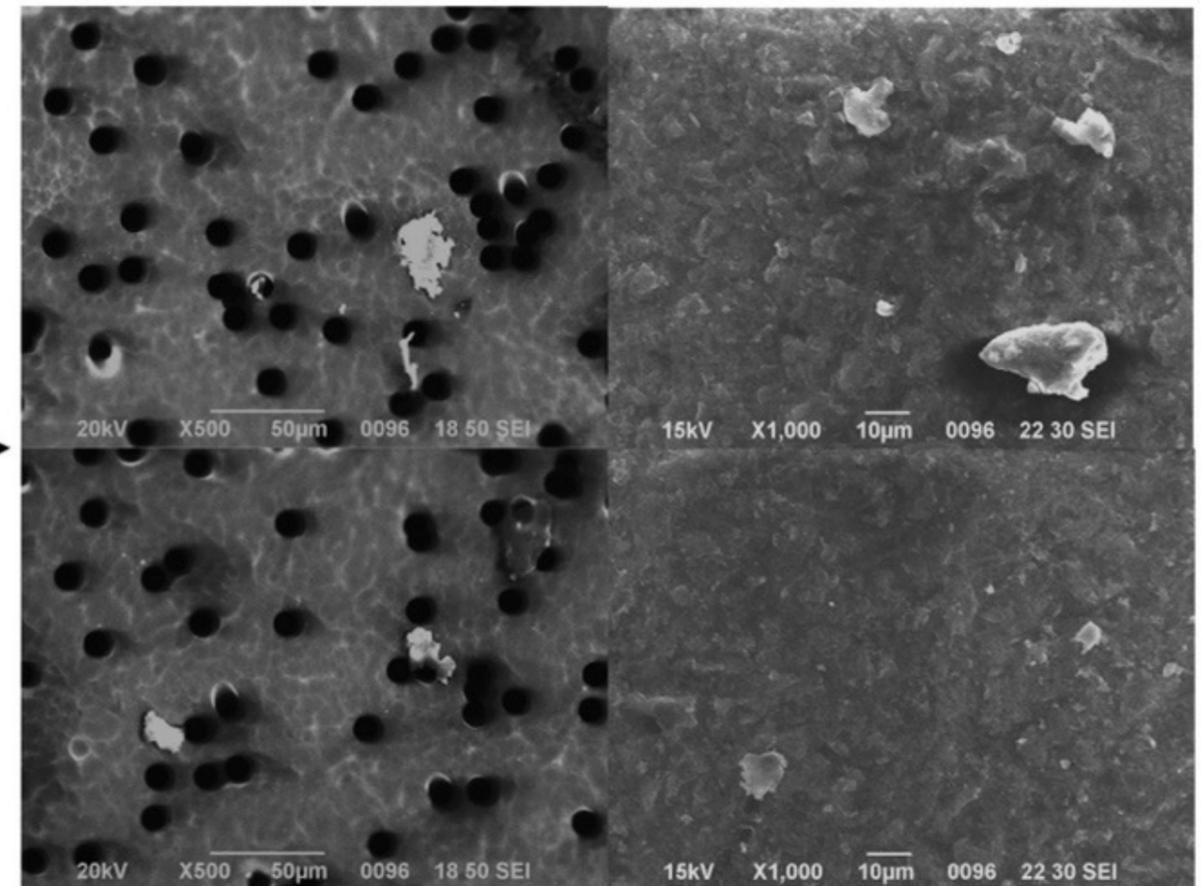
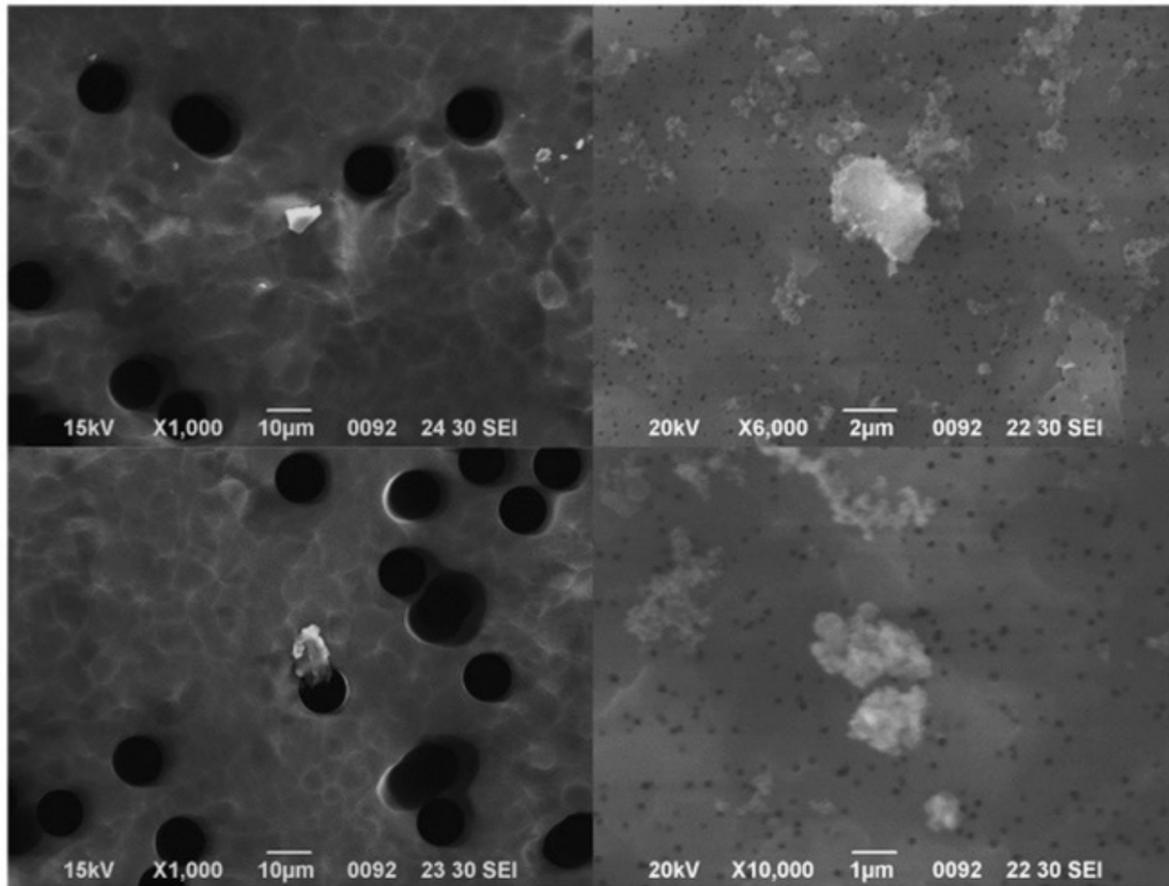


☆ MP生成状況

- ・ 紫外線の照射により高分子主鎖の切断が促されている

5-1. 成果の概要 (実施項目3: マイクロプラスチックの調整)

Plastic material: PE



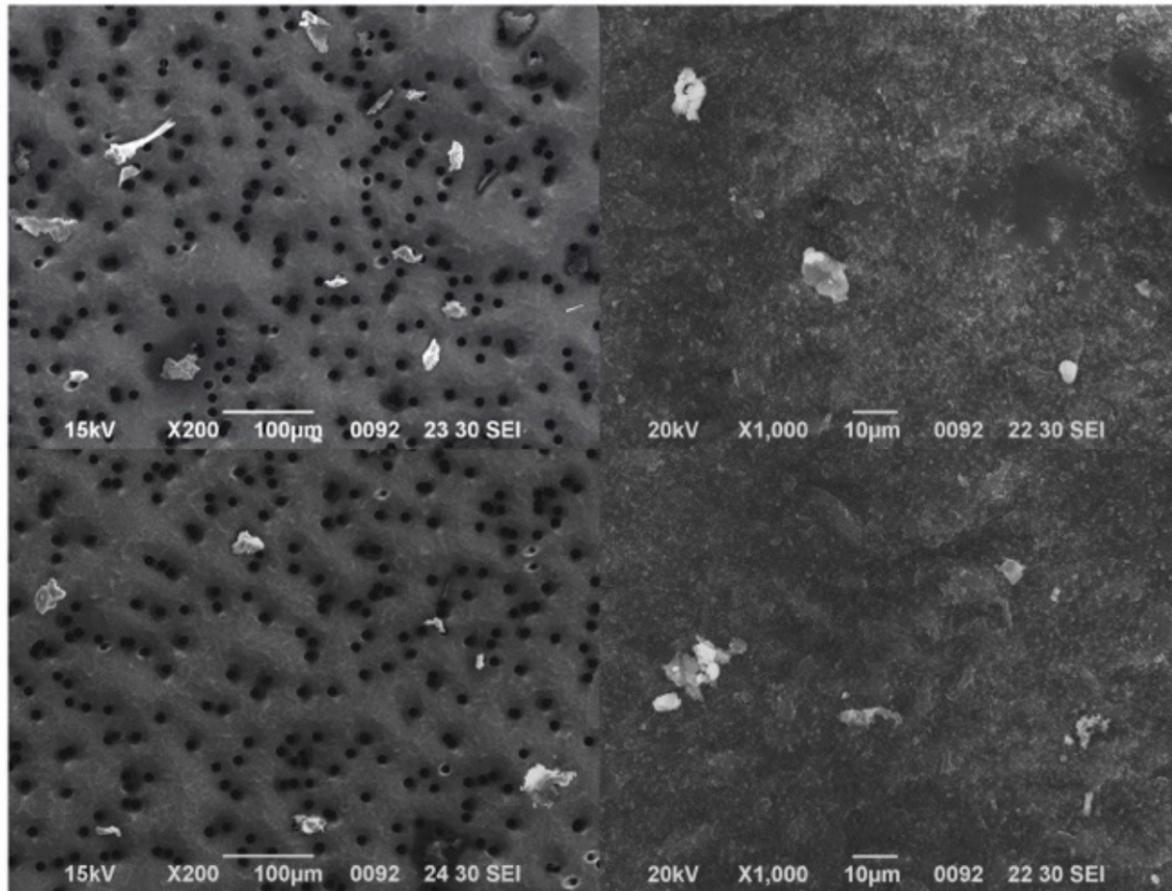
Equivalent circle diameter (D): $5.64 \pm 4.59 \mu\text{m}$
Aspect ratio (R): 1.63 ± 0.40
Boundary length (L): $24.1 \pm 25.8 \mu\text{m}$
Complexity (C): 1.23 ± 0.23
Number of samples: 75

Equivalent circle diameter (D): $8.81 \pm 11.5 \mu\text{m}$
Aspect ratio (R): 1.67 ± 0.58
Boundary length (L): $39.6 \pm 53.6 \mu\text{m}$
Complexity (C): 1.29 ± 0.33
Number of samples: 75

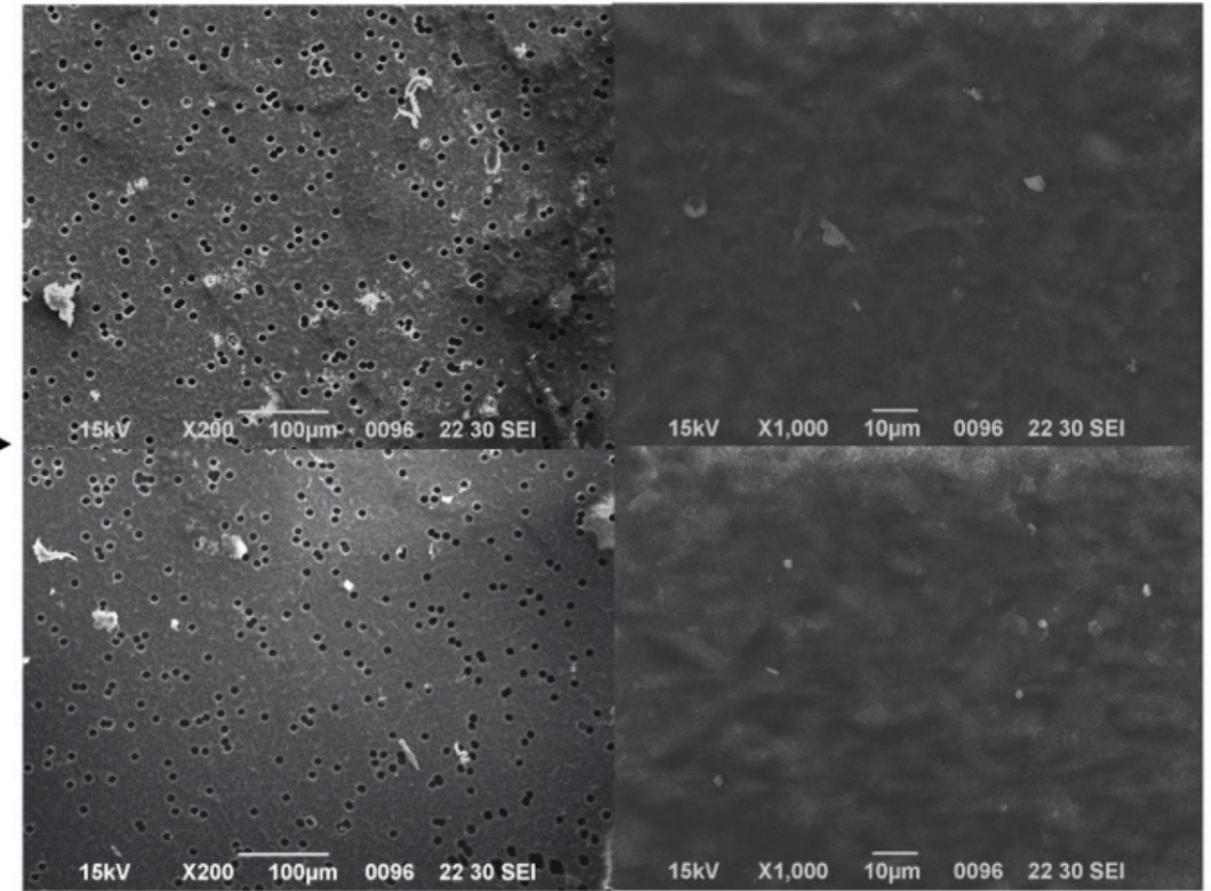
☆ MPの幾何学的パラメータ分析 (PE製MP)

5-1. 成果の概要 (実施項目3: マイクロプラスチックの調整)

Plastic material: PP



Ultraviolet
irradiation



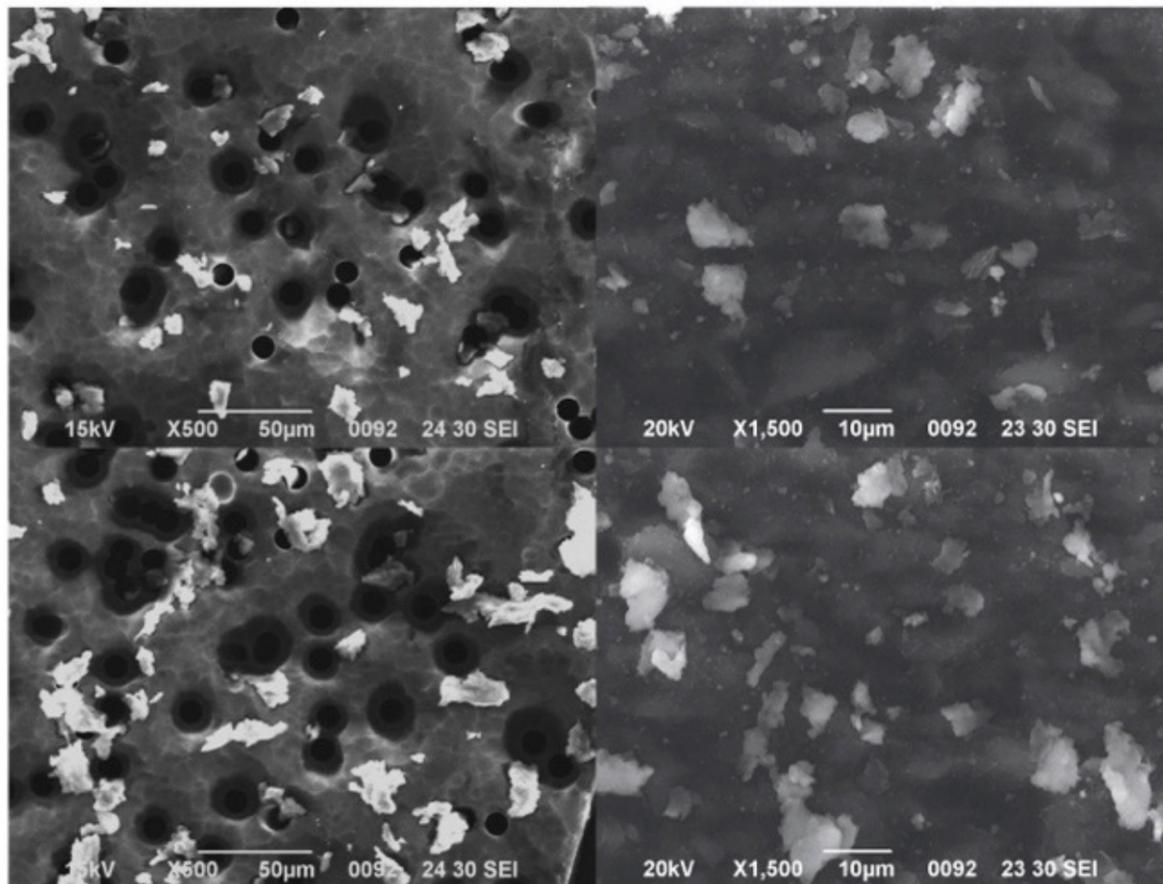
Equivalent circle diameter (D): $12.6 \pm 10.5 \mu\text{m}$
Aspect ratio (R): 1.67 ± 0.63
Boundary length (L): $52.3 \pm 49.0 \mu\text{m}$
Complexity (C): 1.24 ± 0.21
Number of samples: 82

Equivalent circle diameter (D): $10.6 \pm 13.1 \mu\text{m}$
Aspect ratio (R): 1.53 ± 0.56
Boundary length (L): $44.8 \pm 65.9 \mu\text{m}$
Complexity (C): 1.20 ± 0.24
Number of samples: 160

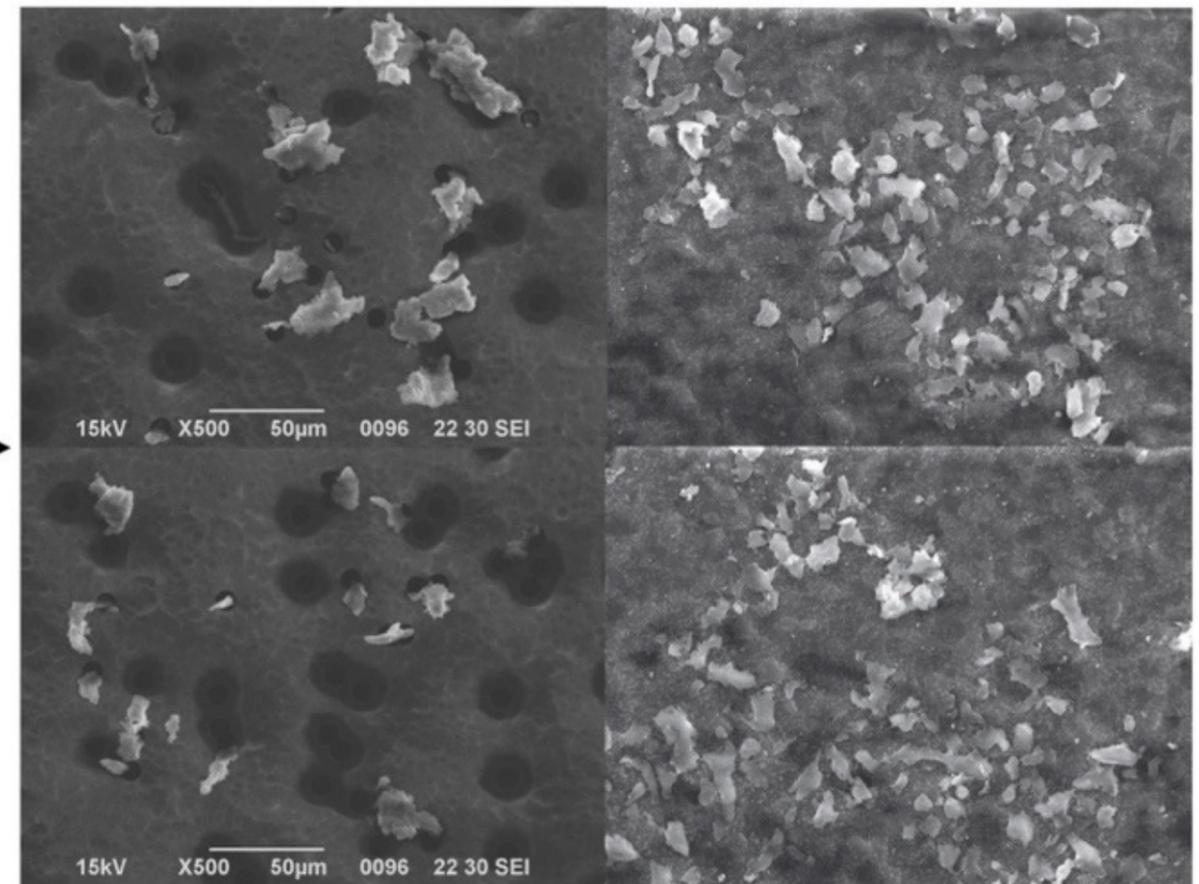
☆ MPの幾何学的パラメータ分析 (PP製MP)

5-1. 成果の概要 (実施項目3: マイクロプラスチックの調整)

Plastic material: PVC



Ultraviolet
irradiation



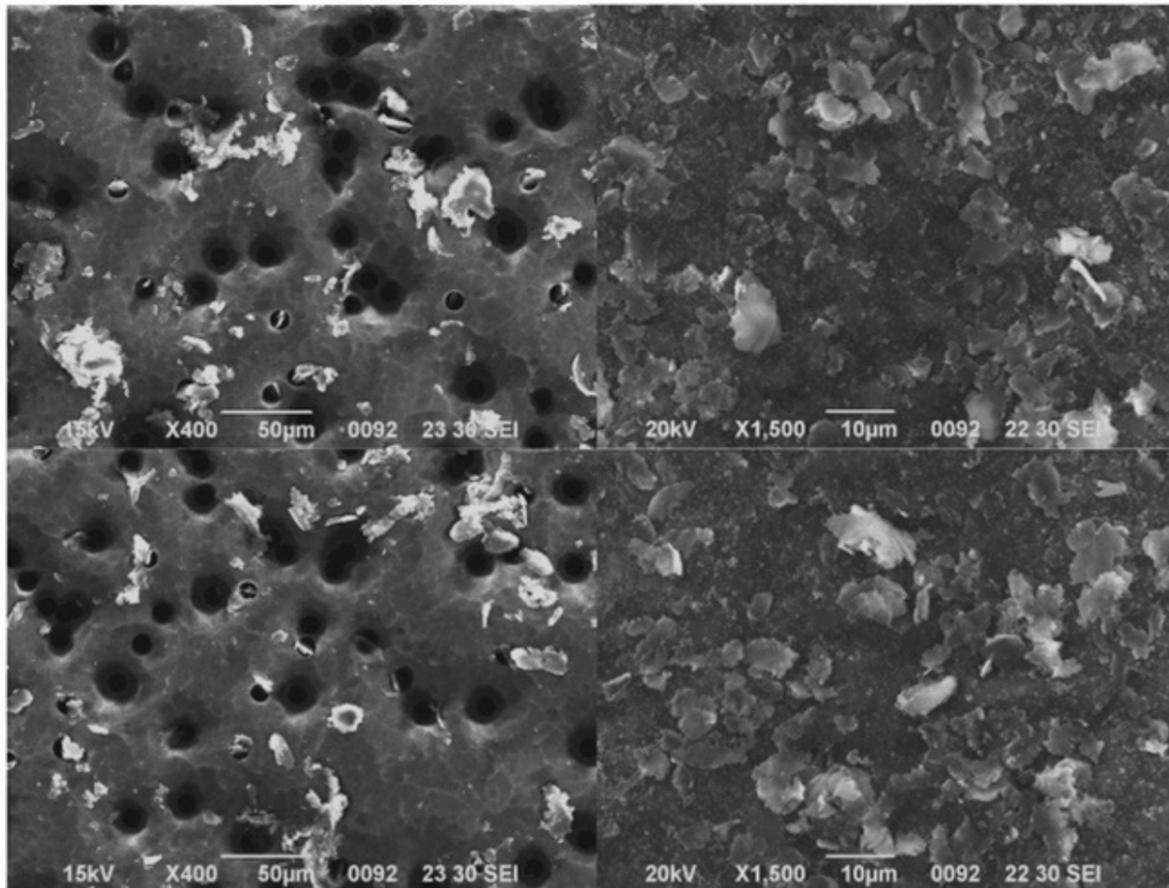
Equivalent circle diameter (D): $3.81 \pm 4.59 \mu\text{m}$
Aspect ratio (R): 1.52 ± 0.44
Boundary length (L): $15.3 \pm 20.3 \mu\text{m}$
Complexity (C): 1.15 ± 0.18
Number of samples: 340

Equivalent circle diameter (D): $5.87 \pm 6.33 \mu\text{m}$
Aspect ratio (R): 1.57 ± 0.45
Boundary length (L): $24.9 \pm 32.4 \mu\text{m}$
Complexity (C): 1.22 ± 0.20
Number of samples: 429

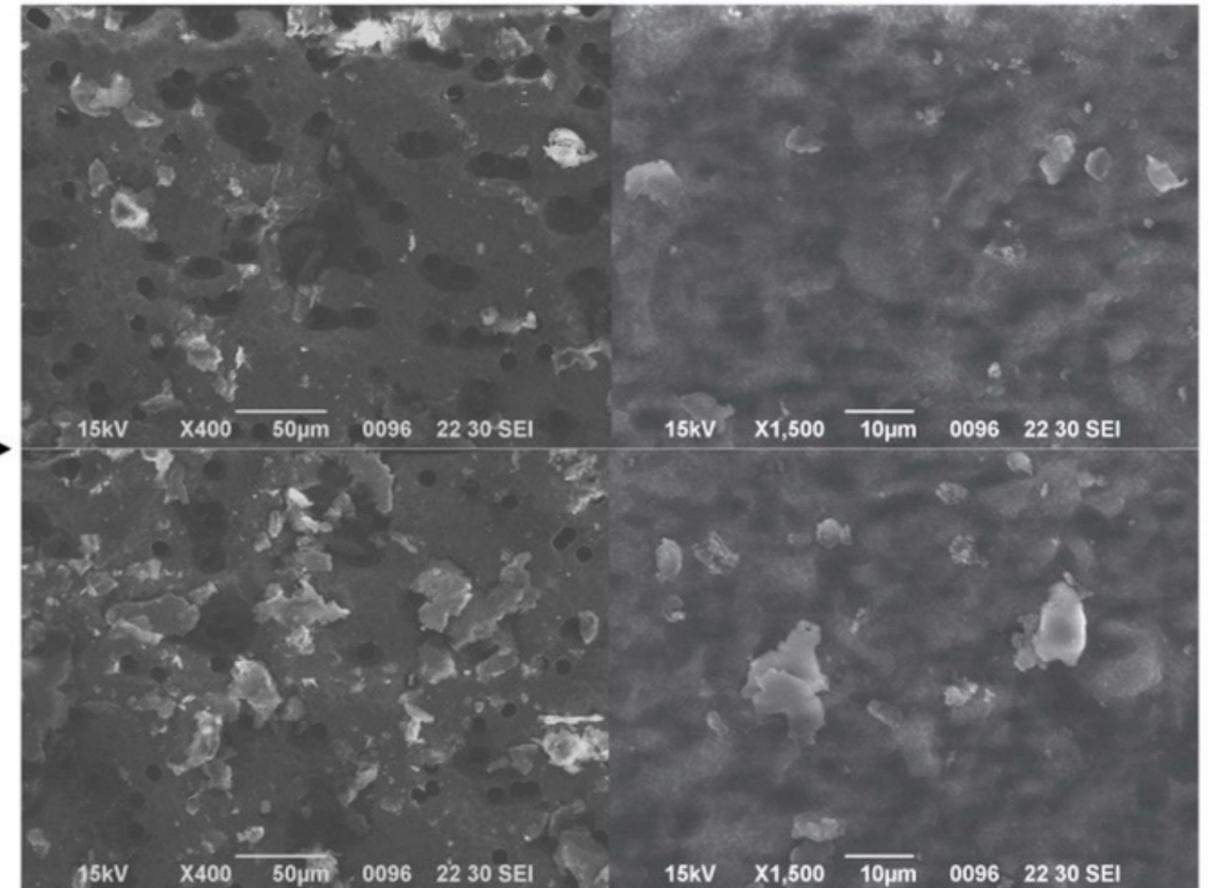
☆ MPの幾何学的パラメータ分析 (PVC製MP)

5-1. 成果の概要 (実施項目3: マイクロプラスチックの調整)

Plastic material: PET



Ultraviolet
irradiation →



Equivalent circle diameter (D): $4.10 \pm 4.15 \mu\text{m}$
Aspect ratio (R): 1.49 ± 0.46
Boundary length (L): $16.3 \pm 19.0 \mu\text{m}$
Complexity (C): 1.11 ± 0.29
Number of samples: 522

Equivalent circle diameter (D): $7.08 \pm 6.22 \mu\text{m}$
Aspect ratio (R): 1.50 ± 0.46
Boundary length (L): $28.1 \pm 27.6 \mu\text{m}$
Complexity (C): 1.16 ± 0.28
Number of samples: 553

☆ MPの幾何学的パラメータ分析 (PET製MP)

5 - 1. 成果の概要（実施項目3：マイクロプラスチックの調整）

- ☆ 研究用MP調整システムは、自然界のMP微細化メカニズム（プラスチックの疲労破壊と紫外線による劣化促進）を取り入れており、微細化の過程で何が起きているのかを解明する手がかりを得る方法にも活用できる。
- ☆ 環境中から発見されるMPとの比較により、ほぼ同じ幾何学的パラメータの研究用MPが生成・供給できることも明らかとなった。

5-2. 環境政策への貢献

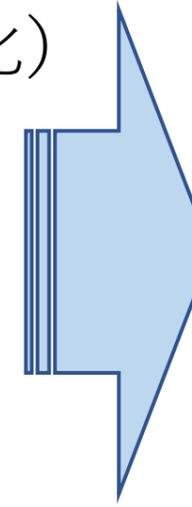
- 環境中に投棄されたプラスチックの破砕・分解（微細化）



- 真の意味での“マイクロ”プラスチック



- 環境にさらなる影響を与えるファクターとなる



端的に例示

投棄されたプラスチックの破砕・分解の進行



プラスチックが物質的に環境から消失する過程と考えられてしまう。。。

- ☆ 微細化する過程で生体組織内に移行・蓄積されやすいサイズとなる
（たとえ 生分解性プラスチック / Eco-friendlyプラスチックでも）
- ☆ 幾何学的な粒子としても免疫系にまで影響を与える

- 将来的なエコフレンドリープラスチックのあり方についての考察
- 廃棄プラスチックや使い捨てプラスチックの利用制限の数値目標策定などを強力に支援



5 - 2. 環境政策への貢献

- ヒトや生物に起こりうる影響の未来予測



- 低環境負荷・高効率でありながらも的確な結果が得られる手法



- 環境研究において環境に影響を与えるプロトコルは望ましくない



- Bio-MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) などの技術シーズを活用
- 閉鎖・管理された研究設備内の実施できる内容



- 大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化および評価・解明にも大きく貢献
- 特に、研究用MP調整システムにて生成されるMPは素材や幾何学的パラメータが明確であり、すでに有用性が認められ、複数の他研究機関への供給が始まっている。研究用MPとし規格化し、国際的な環境研究への取組に活用できる可能性がある。

6. 研究成果の発表状況（概要）

6-1. 査読付き論文

5件

6-2. 知的財産権

該当なし

6-3. その他発表件数

- | | |
|------------------|-----|
| ・ 査読付き論文に準ずる成果発表 | 0件 |
| ・ その他誌上発表（査読なし） | 4件 |
| ・ 口頭発表（学会等） | 43件 |
| ・ 国民との科学・技術対話の実施 | 8件 |
| ・ マスコミ等への公表・報道等 | 0件 |
| ・ 本研究に関連する受賞 | 3件 |

6. 研究成果の発表状況（詳細）

<査読付き論文>

- 1) Yoshitaka Nakanishi, Yuta Nakashima, Yukio Fujiwara, Nana Motojima, Haruki Miyamoto, Hajime Yamaguchi, Masaaki Morita, Kazuma Shibata, Yoshihiro Komohara, Kazunori Hino, Hiromasa Miura, Hidehiko Higaki: *Biotribology* 23(2020)100137(h-index:13)
Microfluidic device used for the secretion of inflammatory cytokines from human monocyte-derived macrophages stimulated by ultra-high molecular weight polyethylene particles.
- 2) Yoshitaka Nakanishi, Yuta Nakashima, Emile van der Heide: *Precision Engineering* 67(2021)172–177(IF:3.156) Microstructuring glass surfaces using a combined masking and microslurry-jet machining process.
- 3) Hajime Yamaguchi, Koshi Sakata, Keiji Kasamura, Yuta Nakashima, Yoshitaka Nakanishi: *Frontiers in Mechanical Engineering* 7(2021)631093 (h-index:7) Texturing of Glass Surface using Micro-Slurry Jet Machining Process.
- 4) Haruki Miyamoto, Katsunori Higuchi, Yuta Nakashima, Yukio Fujiwara, Yoshihiro Komohara, Yoshitaka Nakanishi: *Frontiers in Mechanical Engineering* 7 (2021) 631128 (h-index:7) Culture system for a closer biological contact between macrophages and microparticles.
- 5) Yoshitaka Nakanishi, Hajime Yamaguchi, Yusuke Hirata, Yuta Nakashima, Yukio Fujiwara: *Wear* 477 (2021) 203816 (IF:3.892) Micro-abrasive glass surface for producing microplastics for biological tests.

<その他誌上发表（査読なし）>

- 1) H. Miyamoto, N. Motojima, Y. Fujiwara, Y. Nakashima, Y. Nakanishi: *Proceedings of Life Engineering Symposium 2019(LE 2019)*, 80–84(2019), New mechanical surface processing for bearing part in artificial joint to reduce macrophage activation.
- 2) 中西義孝, 山口先, 笠村啓司, 中島雄太: *非破壊検査* 70(4) (2021) 154–157, 接触と材料表面加工.

6. 研究成果の発表状況（詳細）

- 3) 中西義孝, 中島雄太, 藤原章雄: 化学とマイクロ・ナノシステム20(1) (2021) 1-6, マイクロプラスチック研究におけるマイクロ・ナノシステム.
- 4) 中西義孝: トライボロジスト, 機械的除去加工による表面テクスチャリング, 印刷中.

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) Binti Mat Rajab Maisarah, Fujiwara Yukio, Komohara Yoshihiro, Nakanishi Yoshitaka, Nakashima Yuta: 第58回日本生体医工学会大会 (2019) Experimental Evaluation for Macrophage Responses Stimulated by PMMA Micro Particles for Immune Therapy
- 2) 宮本陽来, 本島那奈, 中島雄太, 藤原章雄, 菰原義弘, 中西義孝: 日本機械学会第30回バイオフロンティア講演会 (2019) ポリエチレン摩耗紛と炎症性サイトカイン産生量に関する研究
- 3) 柴田司真, 中島雄太, 中西義孝: 日本機械学会第30回バイオフロンティア講演会 (2019) Micro slurry-jet プロセスによる生体模倣表面の創製
- 4) Y.Nakanishi, N.Motojima, H.Miyamoto, Y.Nakashima, Y.Fujiwara, Y.Komohara, M.Takeya, H.Higaki: International/American Society of Biomechanics (ISB/ASB 2019) Effect of surface profile of co-cr-mo alloy on wear behaviour of polyethylene in artificial joint
- 5) Y.Nakanishi, K.Shibata, Y.Nakashima: Life Engineering Symposium 2019(LE 2019) (2019) Three-dimensional multiscale surface-processing for creation of bio-inspired surfaces
- 6) Y.Nakanishi, K.Shibata, Y.Nakashima: 46th Leeds-Lyon Symposium on Tribology (2019) BIO-INSPIRED SURFACE FABRICATED USING MICRO SLURRY JET METHOD AFFECTS EVERYDAY TRIBOLOGY
- 7) 中西義孝, 中島雄太, Ling YIN: 日本機械学会2019年度年次大会 (2019) 歯科セラミックスの表面仕上げと曲げ強度の関係

6. 研究成果の発表状況（詳細）

- 8) Haruki Miyamoto, Nana Motojima, Yuta Nakashima, Yukio Fujiwara, Yoshihiro Komohara, Kazunori Hino, Hiromasa Miura, Hidehiko Higaki, Yoshitaka Nakanishi: International Tribology Conference Sendai 2019 (ITC Sendai 2019) (2019) Influence of Co-Cr-Mo alloy surface processed by micro slurry jet on tribological behavior of ultra-high molecular weight polyethylene in artificial joint
- 9) Yoshitaka Nakanishi, Yuta Nakashima, Yukio Fujiwara, Kazunori Hino, Hidehiko Higaki, Hiromasa Miura: International Society for Technology in Arthroplasty (ISTA), 32nd Annual Congress (2019) New mechanical surface processing for bearing part in artificial joint in order to reduce macrophage activation
- 10) 中西義孝, 中島雄太, 藤原幸雄, 菰原義弘, 日垣秀彦, 日野和典, 三浦裕正: 第34回日本整形外科学会基礎学術集会 (2019) 招待講演: トライボロジー関連研究
- 11) 中西義孝, 中島雄太, 藤原幸雄, 菰原義弘, 日野和典, 三浦裕正, 日垣秀彦: 第46回日本臨床バイオメカニクス学会 (2019) 表面プロファイルが摩耗粉に及ぼす影響
- 12) 中西義孝, 柴田司真, 中島雄太: 日本機械学会九州支部沖縄講演会 (2019) 機械的除去法によるバイオインスパイアード表面加工
- 13) Yoshitaka Nakanishi, Kazuma Shibata, Yuta Nakashima: The 17th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME) Three-Dimensional Multiscale Surface Processing Methods to Create Bio-Inspired Surface
- 14) Y.Nakashima, M.MatRajab, Y.Fujiwara, Y.Komohara, Y.Nakanishi: 8th International Conference on Mechanics of Biomaterials and Tissues (ICMOBT) (2019) Experimental evaluation of influence of microplastics on macrophage responses
- 15) Y.Nakanishi, K.Shibata, Y.Nakashima: 8th International Conference on Mechanics of Biomaterials and Tissues (ICMOBT) (2019) Three-dimensional multiscale surface-processing methods to create bio-inspired surfaces on artificial materials
- 16) Yukio Fujiwara, Yoichi Saito, Yuta Nakashima, Yoshitaka Nakanishi, Yoshihiro Komohara: 8th International Conference on Mechanics of Biomaterials and Tissues (ICMOBT) (2019) Application of substances regulating macrophage phenotype to biomaterials

6. 研究成果の発表状況（詳細）

- 17) 中西義孝：第50回日本人工関節学会（2019）招待講演：工学的手法を用いた人工関節関連技術の開発
- 18) 藤原章雄：2020年日本生体医工学会九州支部学術講演会（2020）マクロファージがつなぐ異分野連携の実践
- 19) Yoshitaka Nakanishi: Invited lecture in the University of Adelaide (2020) Three-dimensional multiscale surface processing methods for bio-inspired surfaces
- 20) Yuta Nakashima: Invited lecture in the University of Adelaide (2020) Development of microfluidic devices and micro-nano technology for bio-medical applications
- 21) Yoshitaka Nakanishi: 9th International Engineering Symposium (IES 2020) (2020) 招待講演：Bio-inspired Materials & Surfaces - Methods and applications -
- 22) 中西義孝、山口先、中島雄太、藤原幸雄：日本トライボロジー学会トライボロジー会議2020秋 別府（2020）切削性摩耗による研究用マイクロプラスチックの調整.
- 23) 山口先、坂田晃至、笠村啓司、中島雄太、中西義孝：バイオメカニズム学会第41回バイオメカニズム学術講演会（2020）Bio-inspired表面の創製とその効果（第3報）
- 24) 中西義孝、中島雄太、藤原幸雄：バイオメカニズム学会第41回バイオメカニズム学術講演会（2020）マイクロプラスチックが生体組織に与える影響.
- 25) K.Higuchi, Y.Nakashima, Y.Fujiwara, Y.Komohara, Y.Nakanishi: 5th International Conference on BioTribology (2021) Microfluidic device used for the secretion of inflammatory cytokines from human monocyte-derived macrophages stimulated by microscopic particles.
- 26) Y.Nakanishi, H.Yamaguchi, Y.Hirata, Y.Nakashima, Y.Fujiwara: 23rd International Conference on Wear of Materials (2021) Micro-abrasive glass surface for producing microplastics for biological tests.
- 27) 伊賀颯人、樋口勝識、平田祐介、中島雄太、藤原章雄、中西義孝：日本機械学会 第33回バイオエンジニアリング講演会（2021）マクロファージ貪食作用解明のための培養システムの開発.
- 28) 伊賀颯人、樋口勝識、武田恭佳、中島雄太、藤原章雄、中西義孝：生体医工学シンポジウム2021（2021）ヒト単球由来マクロファージの貪食と炎症性サイトカインの産生に関する研究.

6. 研究成果の発表状況（詳細）

- 29) Hayato IGA, Ryota TASHIRO, Yutaro DOI, Katsunori HIGUCHI, Hajime YAMAGUCHI, Yuta NAKASHIMA, Yukio FUJIWARA, Hidehiko HIGAKI, Yoshitaka NAKANISHI: The 11th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (2021) Micro-chamber device used for secretion of inflammatory cytokines from human monocyte-derived macrophages stimulated by ultra-high molecular weight polyethylene particles.
- 30) Yoshitaka NAKANISHI, Hajime YAMAGUCHI, Yuta NAKASHIMA: The 11th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (2021) Top-down mechanical removal method for creating bio-inspired geometrical surfaces onto artificial materials.
- 31) 樋口勝識, 宮本陽来, 坂田晃至, 中島雄太, 藤原章雄, 菰原義弘, 中西義孝: 日本生体医工学会九州支部 学術講演会(2021) マクロフェージ培養システムの開発 (第1報 マイクロ流路デバイスの設計と評価)
- 32) 宮本陽来, 樋口勝識, 坂田晃至, 中島雄太, 藤原章雄, 菰原義弘, 中西義孝: 日本生体医工学会九州支部 学術講演会(2021) マクロフェージ培養システムの開発 (第2報 マイクロチャンバーの設計と評価)
- 33) 宮本陽来, 樋口勝識, 坂田晃至, 中島雄太, 藤原章雄, 菰原義弘, 中西義孝: 日本機械学会九州支部 第74期総会・講演会 (2021) ヒトマクロフェージ貪食過程における微細粒子の幾何学的パラメータの影響
- 34) 山口先, ハディアルハイ, 坂田晃至, 笠村啓司, 秋山哲也, 中島雄太, 中西義孝: 日本機械学会九州支部 第74期総会・講演会 (2021) 機械的除去加工による微細構造表面のシンプルな加工法
- 35) 中西義孝, 山口先, 伊賀颯人, 中島雄太, 藤原章雄: 日本トライボロジー学会 トライボロジー会議2021春 東京 (2021) 長周期うねり成分を含む相手面に対する樹脂の摩擦摩耗特性
- 36) Yoshitaka NAKANISHI, Nana MOTOJIMA, Kazuma SHIBATA, Keisuke NOGUCHI, Hajime YAMAGUCHI, Yusuke HIRATA, Yuta NAKASHIMA: Malaysian International Tribology Conference 2020 (2021) Micro-abrasive surface for producing microplastics for testing
- 37) 中西義孝, 山口先, 伊賀楓人, 土井悠太郎, 田代稜太, 中島雄太, 藤原章雄: 第36回 ライフサポート学会大会 (2021) 研究用マイクロプラスチック生産システムの構築
- 38) 中西義孝, 中島雄太, 藤原章雄: 第36回 ライフサポート学会大会 (2021) マイクロチャンバーによるヒト末梢血由来単球マクロフェージの貪食作用解明

6. 研究成果の発表状況（詳細）

- 39) 中西義孝, 山口先, 中島雄太, 藤原章雄: トライボロジー会議2021 秋 松江 (2021) 紫外線照射が樹脂の摩耗に及ぼす影響
- 40) 武田恭佳, 伊賀颯人, 中島雄太, 藤原幸雄, 菰原義弘, 日野和典, 三浦裕正, 日垣秀彦, 中西義孝: 第48回日本臨床バイオメカニクス学会 (2021) 人工関節摩耗粉のヒト末梢血由来単球マクロファージによる貪食評価システムの構築
- 41) 中西義孝, 山口先, 笠村啓司, 中島 雄太: 第42回バイオメカニズム学術講演会 (2021) Bio-inspired表面の創生とその効果第4報: 3次元曲面加工対応装置の開発
- 42) 田代稜太, 山口先, 中島雄太, 藤原章雄, 中西義孝: 第42回バイオメカニズム学術講演会 (2021) マイクロプラスチックがヒトの免疫に与える影響 第1報 研究用マイクロプラスチックの調整
- 43) 土井悠太郎, 樋口勝識, 中島雄太, 藤原章雄, 中西義孝: 第42回バイオメカニズム学術講演会 (2021) マイクロプラスチックがヒトの免疫に与える影響 第2報: マクロファージ培養システムの開発

6. 研究成果の発表状況（詳細）

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) QBキャピタル・技術交流会「さまざまな材質の大面積・3次元曲面上にBio-Inspired Surfaceを形成できるIoTグローバル分散システム」（主催：QBキャピタル合資会社、令和元年7月1日、SRPセンタービル、観客約50名）にて講演
- 2) 2019年度第2回ガラス科学技術/評価技術合同研究会「三次元表面への機械的除去加工によるマイクロパターンニング」（主催：一般社団法人ニューガラスフォーラム、令和元年10月8日、日本ガラス工業センター地下会議室、観客約50名）にて講演
- 3) 教育研修講演「工学的手法を用いた人工関節関連技術の開発」（主催：第50回日本人工関節学会、令和2年10月27日、福岡国際センター、観客約50名）にて講演
- 4) Interdisciplinary symposium「Bio-Tribology & Bio-inspired Surface」（主催：Shanghai Advanced Research Institute, Chinese Academy of Sciences、2020年8月22日、Shanghai Advanced Research Institute、観客約100名）にてオンライン講演
- 5) 第42回研究会「マイクロプラスチック研究におけるマイクロ・ナノシステム」（主催：化学とマイクロ・ナノシステム学会、2020年10月27日、熊本城ホール、観客約70名）にてオンライン講演
- 6) シンポジウム「表面加工と摩耗」（主催：日本臨床バイオメカニクス学会、2020年10月27日、朱鷺メッセ、観客約30名）にてハイブリッド講演
- 7) 設計・ネットワーク最適化における新展開の検討研究会「親水性高分子の調整と応用」（主催：金沢大学・JAIST、2021年2月19日、金沢大学、観客約40名）にてオンライン講演
- 8) 14th Engineering Workshop between Shandong University and Kumamoto University in 2021「Practical applications in microfabrication technology」（主催：Shandong University, China、2021年12月10日、熊本大学、観客約90名）にてオンライン講演

(4) マスコミ等への公表・報道等>

特に記載すべき事項はない。

6. 研究成果の発表状況（詳細）

（5）本研究費の研究成果による受賞

- 1) 柴田司真, 中島雄太, 中西義孝: 日本機械学会若手優秀講演フェロー賞, Micro slurry-jet プロセスによる生体模倣表面の創製, 第30回バイオフィロンティア講演会, 令和元年7月20日
- 2) 中西義孝: 第1回SIIQ技術大賞（銀賞）, さまざまな表面に「期待する機能を直接刻む」技術, 九州半導体・エレクトロニクスイノベーション協議会（SIIQ）, 令和元年7月30日
- 3) 中西義孝: KUMAMOTO TECH PLAN GRAND PRIX 特別賞, 望む機能を材料に直接刻み込む“3-dSupreme”テクノロジー, 熊本県次世代ベンチャー創出支援コンソーシアム, 2020年7月18日