

表面テクスチャリングを施したガラスに対する樹脂の摩耗特性

Wear behaviours of polymer plastics against surface textured glasses.

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

Yoshitaka Nakanishi*, Yuta Nakashima*, Yukio Fujiwara*

*Kumamoto University

1. はじめに

近年、プラスチックごみの微細化によりマイクロプラスチック（MP）が増加し、環境中に拡散している。微細化が進むと生物体内への移行・蓄積の可能性となり、体内からの MP 曝露が発現する。MP が生物に及ぼす影響を解明するためには化学的特性が既知で幾何学的形状が調整された研究用 MP が必要となってくる。

本研究では自然界のマイクロ化メカニズムを取り入れた研究用 MP 生産システムを開発し、MP の幾何学的特性をどのように調整していくかを実験的に検証した。

2. 実験および方法

図 1 に MP 生産システム¹⁾の概要を示す。MP 素材となるピンを透明石英ガラスのディスクに接触させ、相対運動を行った。ガラス底面より紫外線を照射し、プラスチック劣化の促進²⁾を行った。相対運動面は人工海水で満たした。図 2 にディスク表面に施したマイクロ・ナノ加工³⁾を示す。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期待した。



Fig. 1 Pin-on-disc machine for production of microplastics.

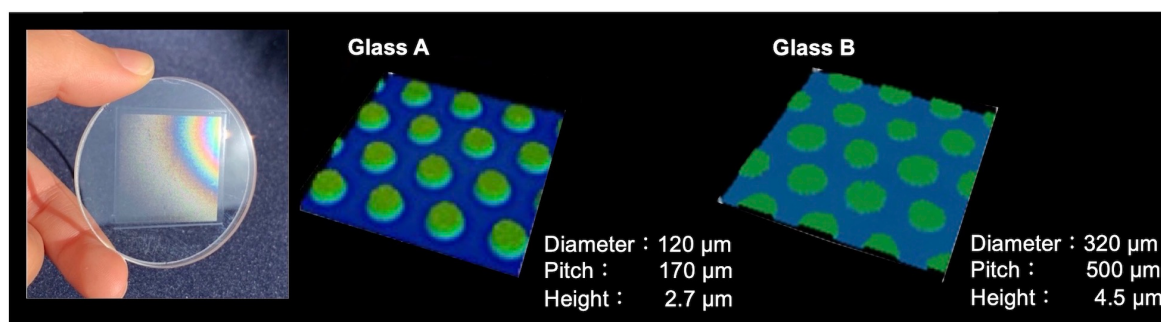


Fig. 2 Surface profiles on quartz glass disc.

3. 結果および考察

図 3 に各プラスチック素材における MP 生産量（摩耗量）を示す。ポリエチレン（PE）やポリプロピレン（PP）よりもポリエチレンテレフタレート（PET）の方が生産量は多く、ポリ塩化ビニル（PVC）が最も生産量が大きかった。PE、PP および PET が結晶性樹脂であるのに対し、PVC のみが非結晶樹脂である。非結晶樹脂は高分子主鎖が規則正しく並んでおらず、ランダム配向となっている。また、外力に対して主鎖がより柔軟に動くと考えられる。PVC がガラス凹凸部で柔軟に弾性変形を繰り返し、疲労破壊が多くなったと予測される。PET は PE や PP と同じ結晶性樹脂であり、熱可塑性樹脂でもある。但し、PE や PP が単量体より付加重合で合成されるのに対し、PET は縮合重合により合成されている。今回の MP 生産においては、人工海水での疲労破壊を期待しているため、主鎖の加水分解が加わり MP 生産量が増えている可能性がある。

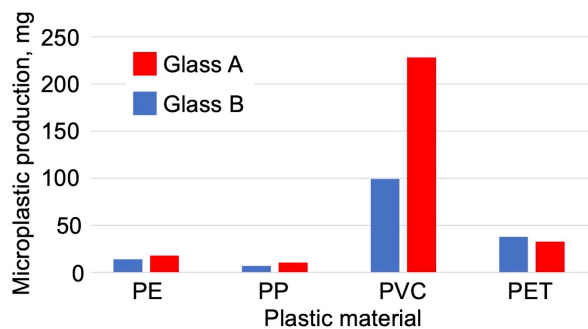


Fig. 3 Production of microplastics with UV irradiation.

生産した $10\mu\text{m}$ 未満の MP をフィルターで回収し、SEM 観察を行った結果を図 4 に示す。SEM 画像を処理し、等価円直径 ($D\ \mu\text{m}$)、周囲長 ($L\ \mu\text{m}$)、アスペクト比 (R) ならびに複雑度 ($C: L/\pi D$) を求めた。非結晶性樹脂の PVC および縮合重合により合成される PET ではフレーク状の MP が観察された。これは PVC の主鎖や PET のアモルファス部分での切断が起こっているためと考えられた。熱可塑性樹脂で結晶性樹脂でもある PE や PP では若干丸みをおびた形態となっていた。石英ガラスディスクを Glass A から Glass B に変更すると、等価円直径 (D) と周囲長 (L) は減少するが、アスペクト比 (R) と複雑度 (C) への影響は認められなかった。Glass B の方が単位相対すべり距離あたりの凸部の数が少なくプラスチックの疲労破壊が少なくなること、ならびに凸上部平滑面が広く凝着摩耗が発現しやすいことが原因と思われる。

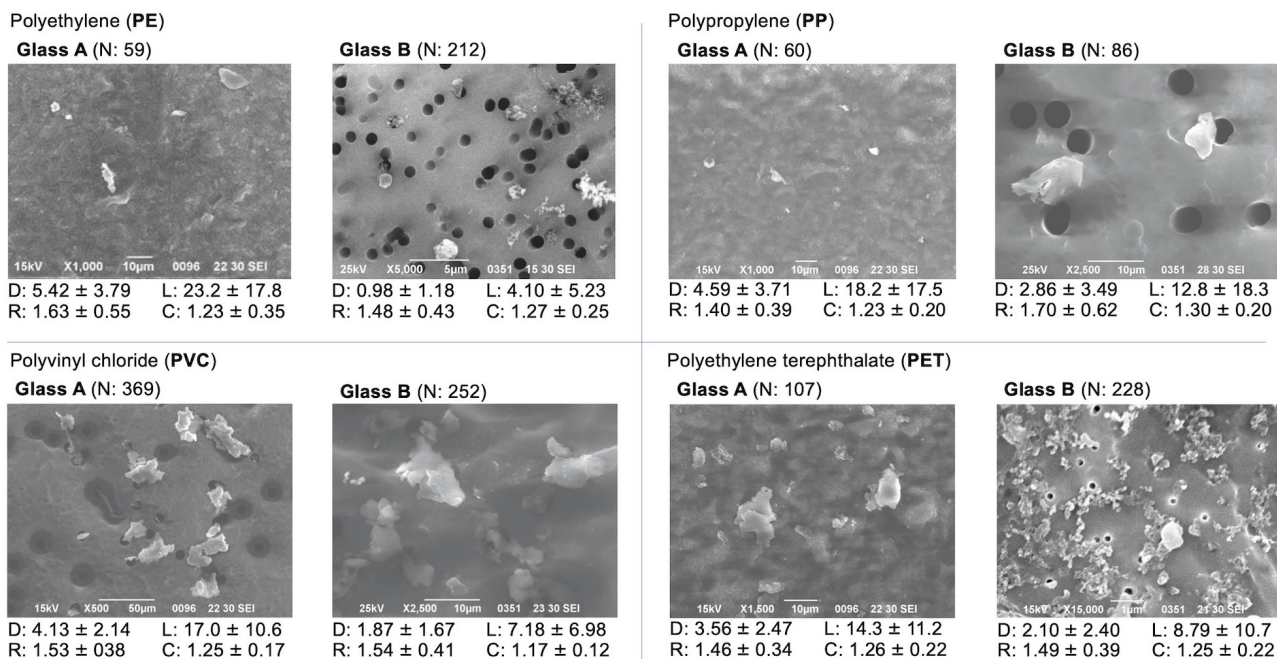


Fig. 4 Morphological aspects of microplastics.

Mean value \pm standard deviation. N: Number of microplastics analyzed.

D: Equivalent circle diameter (μm). L: Boundary length (μm). R: Aspect ratio (-). C: Complexity (-).

4. おわりに

化学的特性が既知で幾何学的形状が調整された研究用 MP の生産方法を提案した。石英ガラスディスク表面のマイクロ・ナノ加工パターンを調整することで、MP 素材の疲労破壊や凝着摩耗の程度を調整できる可能性が示唆された。

本研究は、環境研究総合推進費統合領域 (1-1908)、科研費国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化 (B) 19KK0096) ならびに熊本大学産業ナノマテリアル研究所・融合研究プロジェクトの助成を受け実施したことを付記する。

文献

- 1) Y. Nakanishi, Hajime Yamaguchi, Yusuke Hirata, Yuta Nakashima, Yukio Fujiwara: Micro-abrasive glass surface for producing microplastics for biological tests. *Wear*, 477, 203816, 2021. Doi: 10.1016/j.wear.2021.203816.
- 2) 中西義孝, 山口先, 中島雄太, 藤原章雄: 紫外線照射が樹脂の摩耗に及ぼす影響. トライボロジー会議 2021 秋 松江 予稿集, C36, 242-243, 2021.
- 3) 中西義孝: 機械的除去加工による表面テクチャリング. トライボロジスト, 印刷中.