

# ガラスの表面のテクスチャリングパターンが樹脂の摩耗特性に与える影響

Wear behaviors of polymer plastics against surface textured glasses.

熊本大・工（正）\*宮本 一志      熊本大・工（非） 田代 稜太      熊本大・工（非）土井 悠太郎

熊本大・工（非） 久米 是志      熊本大・工（非） 中島 雄太      熊本大・工（正） 中西 義孝

Kazushi Miyamoto\*, Ryota Tashiro\*, Yutaro Doi\*, Yoshiyuki Kume\*, Yuta Nakashima\*, Yoshitaka Nakanishi\*

\*Kumamoto University

## 1. 緒言

環境中に廃棄されたプラスチックが  $\mu\text{m}$  レベルのマイクロプラスチック（MP）にまで微細化されていることが報告されている<sup>(1)</sup>。このサイズの MP は生体組織へと移行・蓄積し<sup>(2)</sup>、免疫機能への影響にまで及ぶ可能性がある<sup>(3)</sup>。MP が生体に及ぼす影響を実験的に調査しようとする場合、環境中で発生・確認される幾何学的特徴を有しており、かつ化学的特徴が明瞭である研究用 MP が必要となってくる<sup>(4)</sup>。

本研究では、石英ガラスディスクに各種樹脂を密着・相対運動させ、樹脂の疲労破壊、切削摩耗、ならびに凝着摩耗により、研究用 MP を生産した取組について報告する。

## 2. 実験及び方法

研究用 MP の生産方法を図 1 に示す。世界的に生産・利用量の多い樹脂を 4 種選び、ピン形状に加工した。樹脂に対する疲労破壊、切削摩耗、および凝着摩耗の影響を調整するために、石英ガラスディスクの表面テクスチャリングパターンを 3 種準備した。相対運動面は人工海水中として、MP 発生時の表面状態が自然界と同じになるようにした。また、紫外線によるプラスチックの劣化を促すためにディスク底面からの紫外線（UV-B）照射をあわせておこなった。相対運動距離が 10km に到達した時点で、ピンの重量減少を計測し、MP 生産量とした。人工海水中の MP を孔径  $0.2\mu\text{m}$  のメンブレンフィルタにて回収し、SEM による観察を行った。画像処理により、MP の形状抽出を行い、幾何学的パラメータ（等価円直径、周囲長、アスペクト比、複雑度）を算出した。

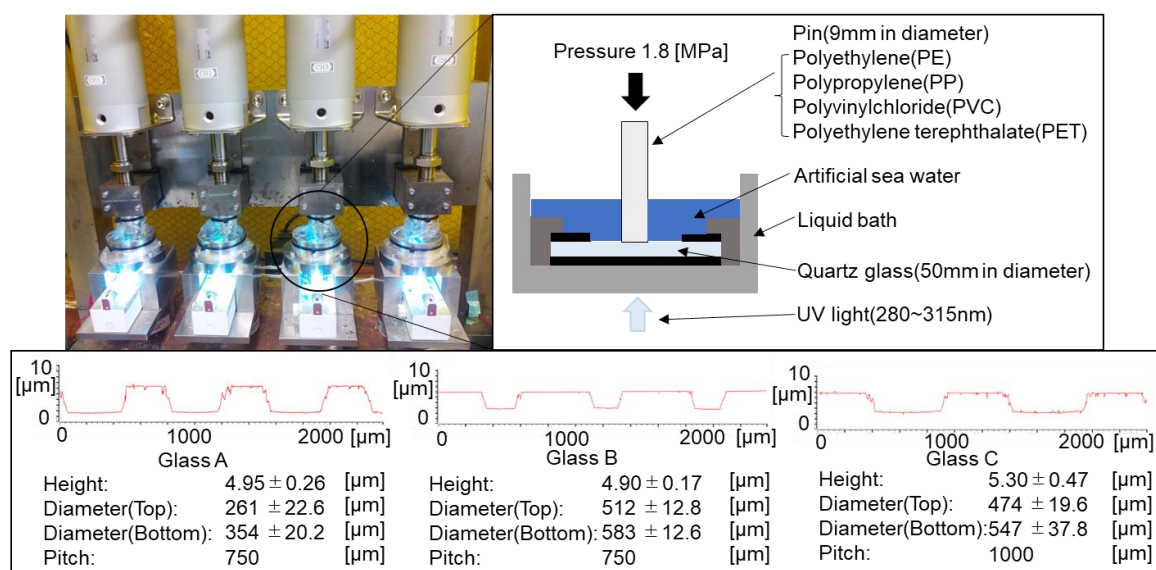


Fig.1 Schematic views of pin-on-disc machine and surface profiles of textured glass surfaces.

## 3. 結果及び考察

Glass A から Glass B への変更により、凸高さとピッチはほぼ変わらず、凸直径が大きくなる（図 1）。このパターン変化により、樹脂の疲労破壊と切削摩耗の影響が小さくなり、凝着摩耗の影響は大きくなることが予測される。Glass A から Glass B へ変更することで、PVC で生産量の増加が、PE、PP、PET で生産量の減少が確認された（図 2）。PVC のみが非結晶性樹脂であり、摩擦力による高分子主鎖の移動やガラス凹部への変形・侵入がより起こりやすいと考えられる。PVC の MP 生産量の増加は疲労破壊と切削摩耗の影響が小さくなるよりも、凝着摩耗の影響の方が大きくなったと考えられる。

Glass B から Glass C への変更により、凸高さと直径はほぼ変わらず、ピッチが大きくなる（図 1）。このパターン変化により、樹脂の疲労破壊と切削摩耗の影響が大きくなり、凝着摩耗の影響はあまり変化しないと予想される。Glass

B から Glass C へ変更することで、すべての樹脂で MP 生産量の増加が確認された (図 2)。ピッチが大きくなることで樹脂のガラス凹部への変形・侵入がより起こりやすくなるためと考えられる。言い換えれば、樹脂の疲労破壊または切削摩耗の影響が大きくなったと考えられる。

図 3 に MP の幾何学的特徴変化を示す。ガラスの表面テクスチャリングパターンを変更すると等価円直径への影響は認められるが、アスペクト比や複雑度への影響は小さいことが判明した。表面パターンの違いは、MP として遊離に至る樹脂の亀裂伝播の状態に影響を与えるだけであると推測できた。

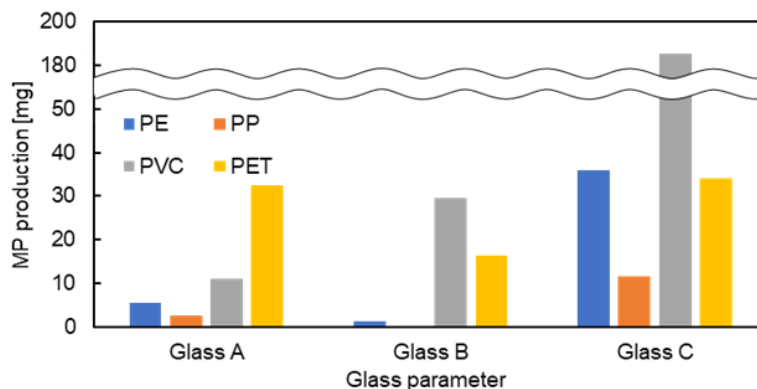


Fig.2 Influences of texturing patterns of glass surfaces on MP productions.

	PE	PP	PVC	PET
Glass A	D:0.56±0.45 L:1.87±1.76 R:1.49±0.35 C:1.00±0.16	D:1.15±1.60 L:4.76±7.54 R:1.51±0.43 C:1.15±2.67	D:1.86±2.37 L:8.17±13.0 R:1.49±0.38 C:1.19±0.25	D:1.39±1.80 L:5.50±8.18 R:1.50±0.41 C:1.11±0.21
Glass B	D:1.00±1.94 L:4.10±11.0 R:1.52±0.43 C:1.13±0.21	D:0.65±0.46 L:2.29±2.56 R:1.44±0.43 C:1.03±0.18	D:1.53±0.38 L:5.72±5.67 R:1.50±1.31 C:1.13±0.16	D:1.24±1.66 L:4.29±8.38 R:1.47±0.35 C:1.07±0.19
Glass C	D:1.50±1.62 L:5.82±6.93 R:1.54±0.42 C:1.12±0.19	D:1.17±1.52 L:4.91±8.26 R:1.58±0.63 C:1.11±0.27	D:1.24±2.35 L:4.85±10.7 R:1.37±0.28 C:1.01±0.15	D:2.59±2.70 L:10.8±12.5 R:1.60±0.47 C:1.20±0.20

Fig.3 Morphological aspects of MPs (SEM images).

(D: Equivalent circle diameter, L: Boundary Length, R: Aspect ratio, C: Complexity)

#### 4. 結言

研究用 MP 生産の取組を通して、ガラスの表面のテクスチャリングパターンが樹脂の摩耗特性に与える影響について考察した。テクスチャリングパターンを変更することにより、樹脂の疲労破壊、切削摩耗、および凝着摩耗の影響が調整できることが分かった。

さいごに、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）、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および、くまがい SDGs 研究推進事業の助成を受け実施したことを付記する。

#### 文献

- 1) C. Matthew, L. Pennie, H. Claudia, & S. G. Tamara : Microplastics as contaminants in the marine environment: A review, Marine Pollution Bulletin, Vol.62 (2011) pp2588 – 2597.
- 2) M. Hayley, K. K. joel, et al : Evidence of Microplastic Translocation in Wild-Caught Fish and Implications for Microplastic Accumulation Dynamics in Food Webs, Environmental Science and Technology, Vol.55, (2021) pp12372-12382
- 3) C,P. Joana, P,da,C. Joao, et al : Environmental exposure to microplastics:An over view on possible human health effects, Science of the Total Environment, Vol.702, (2020) No. 134455.
- 4) U. Rozman, & G. Kalcikova : Seeking for a perfect (non-spherical) microplastic particle – The most comprehensive review on microplastic laboratory research, Journal of Hazardous Materials, Vol. 424, (2022) No. 127529.