

## 樹脂の微細化における紫外線と疲労破壊の影響

### Influences of ultraviolet irradiation and fatigue failure on fragmentation of plastic materials

熊本大・工（正）\*中西 義孝 熊本大・工（非）中島 雄太 九産大・生命科学（正）日垣 秀彦

Yoshitaka Nakanishi\*, Yuta Nakashima\*, Hidehiko Higaki\*\*

\*Kumamoto University, \*\*Kyushu Sangyo University

#### 1. はじめに

環境問題の1つとしてマイクロ/ナノプラスチック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ものが大量に必要となってくる。発生方法として、プラスチック素材を粉砕や切断する方法などが提案されてきた。

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し、各種設定パラメータの影響について議論した。

#### 2. 実験および方法

発生方法を図1に示す<sup>1,2)</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テクスチャリングを施した<sup>3)</sup>。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。接触界面には人工海水を介在させた。

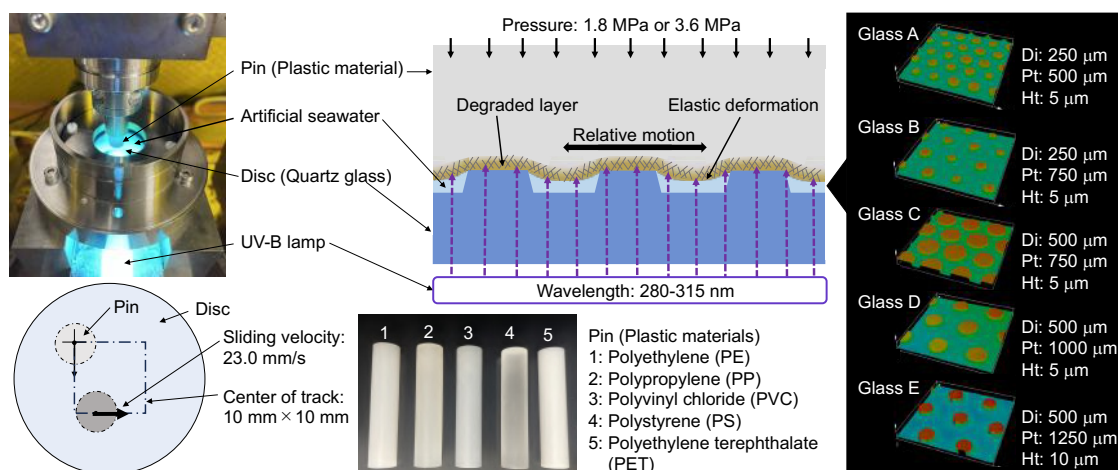


Fig.1 Generation mechanism of micro/nano-plastics using sliding track and plastic pins, Di: Diameter, Pt: Pitch, Ht: Height

#### 3. 結果および考察

発生したマイクロ/ナノプラスチックの例を図2に示す。マイクロ/ナノプラスチックは、破砕状、球状、ならびに繊維状と大きく3つに分類される。本方法で発生するマイクロ/ナノプラスチックは破砕状であり、アスペクト比 (R) や複雑度 (C) は環境中で見出される破砕状ものとはほぼ同じであった<sup>1)</sup>。また、アスペクト比や複雑度はプラスチック素材や表面テクスチャリングのパターンの影響を受けていないと考えられた。このことより、本方法においてはプラスチック素材高分子主鎖の破断の累積により、破砕状のマイクロ/ナノプラスチックが発生していると確認できた。

同じ表面テクスチャリングパターンでは接触面圧を増加させると発生量 (W) が増加した (図2: Glass E (1.8MPa と 3.6MPa))。接触面圧の増加によりプラスチック素材がガラス表面凹部へ弾性変形で入り込み、相対運動により疲労破壊 (プラスチック素材高分子主鎖の破断の累積) が発生していると考えられた。結晶性樹脂に分類される PE, PP および PET はガラス凹凸のピッチがもっとも大きい Glass E で発生量が多く、非結晶性樹脂に分類される PVC や PS ではピッチが小さい Glass D や C で発生量が多くなった。各樹脂において弾性変形が小さいものは主せん断応力などが大きくなり、弾性変形が大きいものはガラス凹部への繰り返し入り込みが大きくなるため、このような差異が発生したものと考えられた。同じ接触圧力 (1.8MPa) で比較した場合、各プラスチック素材とも、石英ガラスディスクの凹凸ピッチがもっとも大きい Glass E で生産されるマイクロ/ナノプラスチックの直径 (D) が大きくなった。石英ガラスのテクスチャリングがもたらすプラスチック素材への主せん断応力の大きさおよび方向が変化するための結果と考えており、FEM 解析などを通して、さらなる考察を続ける予定である。

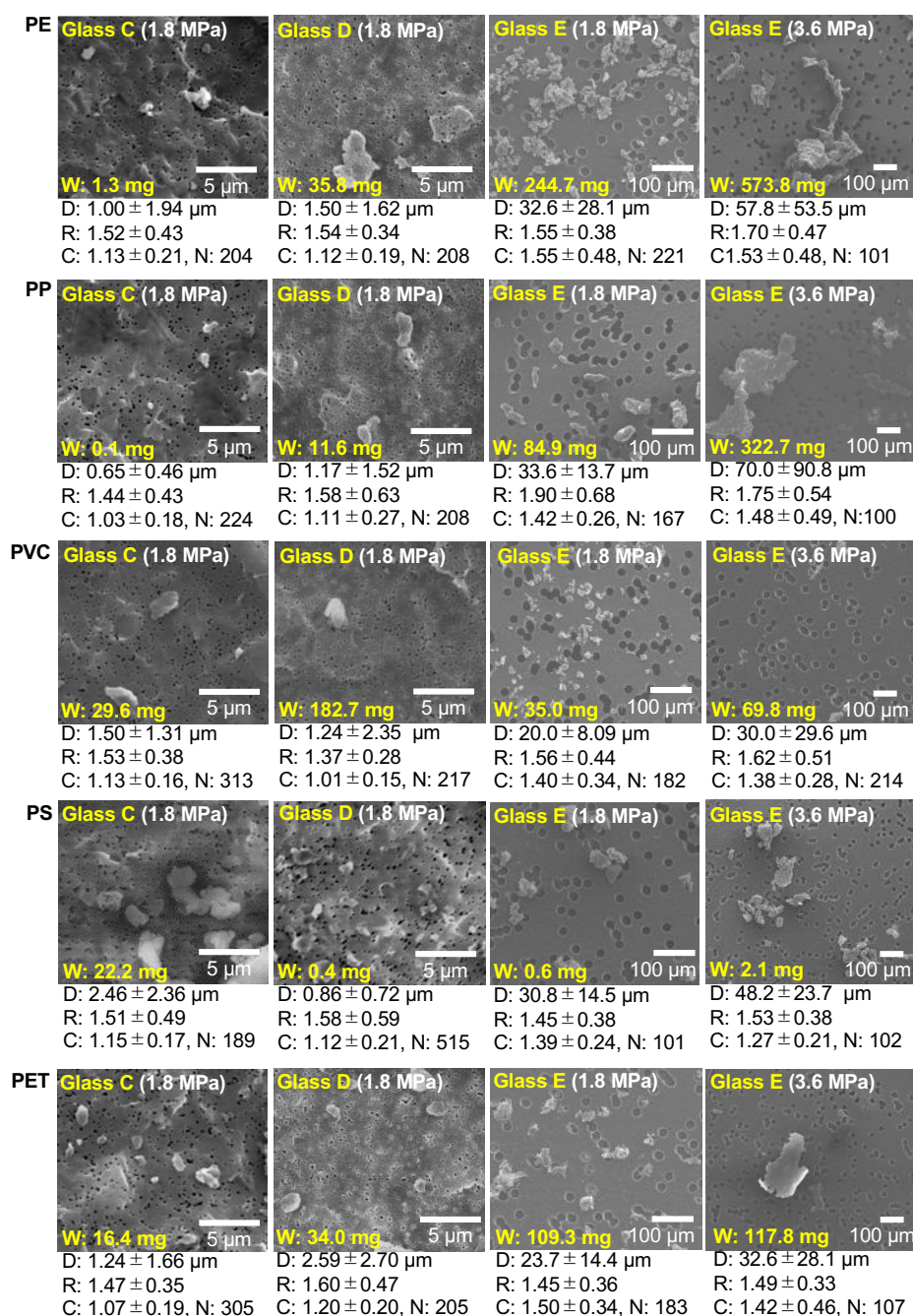


Fig.2 SEM images of micro/nano-plastics and geometrical morphology; W: generated weight; D: equivalent circle diameter; R: aspect ratio; C: complexity; N: number of samples to measure geometrical parameters

#### 4. おわりに

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環境研究用マイクロ/ナノプラスチック発生法を提案した。破砕状マイクロ/ナノプラスチックの発生法としては、最適であると考えられた。プラスチック素材高分子主鎖の切断・累積過程を中心とした考察を行うことで、直径の調整がより容易となると考えられる。

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）の助成を受け実施したことを付記する。

#### 文献

- 1) Y. Nakanishi, Y. Fujiwara & Y. Nakashima: Generation of Nano/Microplastics for Immunological Assessments, Biotribology, 33–34 (2023) 100235.
- 2) Y. Nakanishi, H. Yamaguchi, Y. Hirata, Y. Nakashima & Y. Fujiwara: Micro-abrasive glass surface for producing microplastics for biological tests, Wear 477 (2021) 203816.
- 3) 中西：機械的除去加工による表面テクスチャリング, トライボロジスト, 67, 5 (2022) 343-347.