

# 洗濯排水に含まれるマイクロプラスチック 繊維の定量法

## Quantifying microplastic fibers contained in laundry wastewater

小林 葉太郎

指導教員 浦瀬 太郎, 後藤 早希

東京工科大学 応用生物学部 応用生物学科 水環境工学研究室

キーワード： マイクロプラスチック, ポリエステル, 合成繊維

### 1. 緒言

現在、マイクロプラスチックによる環境汚染が問題となっており、合成繊維の衣類を洗濯した際に放出される多数のポリエステル繊維が、マイクロプラスチックの発生源の1つと考えられている。

近年の研究から、下水処理場に流入するマイクロプラスチックのうち、洗濯由来のポリエステル繊維が約50%寄与していることが明らかになっている<sup>1)</sup>。また、北極海の海底で採取されたマイクロプラスチックの約7割が合成繊維由来であり、家庭で衣類を洗濯した際の排水が世界の海の汚染につながっていることが示唆されている<sup>2)</sup>。

本研究では、洗濯排水中のマイクロプラスチック繊維を酸処理、アルカリ処理によって定量する方法を確立することを目的とした。

### 2. 方法

#### 2-1. 疑似洗濯排水の調製

植物繊維として「綿・麻」、動物繊維として「羊毛」、合成繊維として「PET繊維」、ヒトの毛髪を水道水10 mLに0.0020 gずつ加え、疑似的な洗濯排水を作製した（以下、疑似洗濯排水と称する）。

#### 2-2. 洗濯排水の採取

家庭用洗濯機を用いて洗濯を行い、排水を実験サンプルとして回収した。「洗い」、「すすぎ」、「脱水」の3工程のうち、「洗い」で20 L、「すすぎ」で20 Lの合計40 Lが洗濯排水として出た。「洗

い」の排水20 Lから、140 mLの採水を行い、同様に、「すすぎ」の排水20 Lから、140 mLの採水を行った。採水した洗濯排水を遠心分離（5000 rpm, 10 min）にかけ、比重の大きいポリエステルを沈でんさせた。純水で再懸濁/遠心分離の操作を6回繰り返し、各サンプルをそれぞれ10 mLに濃縮した。

#### 2-3. 酸処理、アルカリ処理によるPET繊維の回収率の確認

洗濯排水に含まれる綿や麻を溶解するため、疑似洗濯排水もしくは洗濯排水から回収した沈でん物10 mLに96%硫酸13 mLを加え、70wt%硫酸溶液にし、振とう機内で24h反応させた。さらに、羊毛や人毛を溶解するため、この溶液を純水で10倍希釈した後、水酸化ナトリウム25.5 gを加え、強アルカリ性溶液にし、振とう機内で24h反応させた。

ガラス繊維ろ紙(GFC, アズワン)でこの溶液を吸引ろ過し、さらに純水250 mL×4回の洗浄を行い、溶液中に残った繊維をろ紙上に集めた。

### 3. 結果

#### 3-1. 顕微鏡観察における各繊維の特徴

顕微鏡による観察では、綿は輪郭が鮮明かつ半透明であり、大半が屈曲した形状で観察された。また、麻は繊維の輪郭が歪んでいるものが多く、繊維上にスジのようなものが見られた。また、羊毛は繊

維の輪郭が波打っており、繊維上に毛小皮(キューティクル)が見られた。また、PET 繊維は輪郭が鮮明であり、屈曲しているものがなく、直線的であった(図 1)。

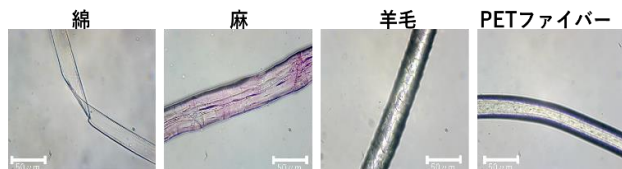


図 1 各繊維の顕微鏡観察結果

### 3-2. 酸処理、アルカリ処理後の洗濯排水中の各繊維の変化

顕微鏡によって酸処理、アルカリ処理後の洗濯排水中の各繊維を観察した。処理前にはポリエステル繊維、綿、麻、人毛が観察できたが、酸処理後では綿と麻が溶解し観察されなくなった。人毛は酸処理で表面の劣化が見られ、さらに、その後のアルカリ処理で消失し、酸処理とアルカリ処理の両方を経ることで、ポリエステル繊維と細分化された何らかの繊維が残った。このことから、酸処理、アルカリ処理で天然繊維のほとんどが溶解されていることがわかった(図 2)。

### 3-3. 洗濯排水中のポリエステル繊維の定量

各種繊維を加えた疑似洗濯排水に酸処理、アルカリ処理を行い、固形残留分をガラス繊維ろ紙に回収した。回収できた固形分の乾燥重量は 0.0019 g であり、そのほとんどが PET であることが顕微鏡観察からわかり、排水に添加した PET 繊維 0.0020 g の 95%が回収されたと考えられた。

また、酸処理、アルカリ処理後の洗いの洗濯排水 140 mL から 0.0011 g の固形物が回収でき、すすぎの洗濯排水 140 mL から、平均で 0.0007 g が回収できた(図 3)。1 回の洗濯排水 40 L に含まれる量に換算すると、0.26 g のポリエステル繊維もしくは細分化された繊維が排出されたと考えられる。

### 4. まとめ

洗濯排水に酸処理・アルカリ処理を行うことで、顕微鏡での残留物の観察から、ポリエステル繊維を主体とする固形物を得ることができた。

今後は、各家庭から洗濯排水を回収し、月ごとのポリエステル繊維の排出量の推移などをみることを考えている。また、ガラス繊維ろ紙に回収したポリエステル繊維と思われる物質を熱分解 GC/MS により分析し、実際にポリエステルであるのかを確認する予定である。

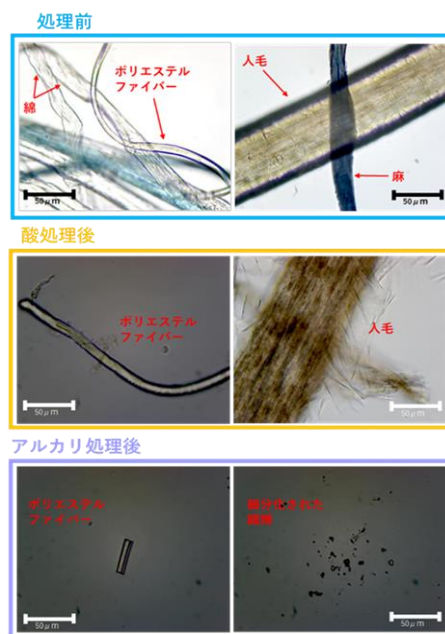


図 2 各処理後の洗濯排水中の繊維の変化

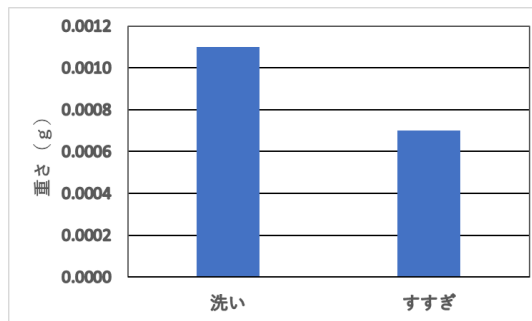


図 3 各洗濯排水 140 mL 中のポリエステル質量

### 5. 参考文献

- 1) Y.Tian Zhu *et al.* An innovative evaluation method based on polymer mass detection to evaluate the contribution of microfibers from laundry process to municipal wastewater, *Journal of Hazardous Materials*, 407, 124861, 2021
- 2) J.K.Adams *et al.* Anthropogenic particles (including microfibers and microplastics) in marine sediments of the Canadian Arctic, *Science of The Total Environment*, 784, 147155, 2021