

## 研究論文

## 環境因子による繊維材料の破断面比較

山本紘司\*<sup>1</sup>、金山賢治\*<sup>1</sup>、佐藤嘉洋\*<sup>1</sup>

## Fiber material Fracture Comparison by Depending on Environmental factors

Koji YAMAMOTO\*<sup>1</sup>, Kenji KANAYAMA\*<sup>1</sup> and Yoshihiro SATO\*<sup>1</sup>Mikawa Textile Research Center\*<sup>1</sup>

ポリプロピレン(PP)、ナイロン 6(Nylon6)、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)の原糸に対し、温度変化や耐候劣化などの環境因子が破断面に及ぼす影響を強伸度及び電子顕微鏡観察により評価した。紫外線照射させた場合は照射時間が長くなるにつれて強度低下し、表面の脆化や破断部の変形が観察できた。温度変化させた場合は温度上昇により強度は低下したが、伸び率は増加した。破断面は温度上昇により変形が見られた。

## 1. はじめに

愛知県東三河地域は、漁網やロープなどの産業資材の一大生産地である。近年、産業資材は使用環境や力(静的荷重、疲労など)の加わり方が変化しており、実環境下で破壊するケースが発生している。産業資材の破壊の原因究明には、破断面解析は有効な手段と考えられる。

当センターでも、地元企業から破壊原因究明の相談が増加しているが、これまでに破壊の解析・評価を研究しておらず、破壊原因を明確にすることはできなかった。

著者は前報で各種繊維材料の原糸に対し、引張速度を変化させてきた破断面について評価し、引張速度を高速にするほど、PPは延性、ナイロン6とPEEKは脆性破面部分が増加する傾向が観察できたことを報告した<sup>1)</sup>。高分子材料は温度変化や紫外線照射などの環境因子により劣化が起こることが報告されている。

そこで本研究では、高分子材料の原糸数種類に対して、温度変化や紫外線照射などの環境因子を付与した状態で模擬的に引張試験を行って破断面を作製し、条件ごとに破面比較を行い、その特徴を報告する。

## 2. 実験方法

## 2.1 供試材

ポリプロピレン(以下、PP)、エンジニアリングプラスチックのナイロン6(以下、Nylon6)、スーパー・エンジニアリング・プラスチックのポリエーテルエーテルケトン(以下、PEEK)を供試材として用いた。

供試材に用いた各材料の原糸の繊度、ガラス転移点(以下 Tg)、融点は表1のとおりである。融点の測定には

示差走査熱量計DSC8230((株)リガク製)を用い、窒素雰囲気中において10°C/minで昇温して測定した。

表1 試料の物性

	繊度 (dtex)	ガラス転移点 (°C)	融点 (°C)
PP	444	-18 <sup>2)</sup>	152
Nylon6	872	50 <sup>2)</sup>	210
PEEK	2,664	143 <sup>3)</sup>	334

## 2.2 試験条件の設定

本研究では温度変化や紫外線照射などの環境因子を付与するため、温度条件としては-20°C、0°C、20°C、50°C、100°Cの5条件で行った。紫外線照射にはサンシャインウェザーメータ(S80HB、スガ試験機(株))を用いて照射し、照射時間は0、200、400、600時間とした。

## 2.3 破断面作製

破面作製は、万能材料試験機(RTC-1250、エー・アンド・デイ(株))で実施した。万能材料試験機による静的引張試験はJIS L 1013 化学繊維フィラメント糸試験に準拠した方法で行い、引張速度は100mm/min、つかみ間隔は100mmとした。

## 2.4 破断面観察

作製した破面を走査型電子顕微鏡(JSM-6010PLUS/LA、日本電子(株))で観察した。二次電子像観察を行うため、前処理として金蒸着を行った。観察対象が高分子材料であるため、加速電圧を5kVとした。

## 3. 実験結果及び考察

## 3.1 紫外線照射時の引張特性

\*1 三河繊維技術センター 製品開発室

作製した試験体を用いて照射時間と強伸度の関係性を評価した結果が図1、図2、図3である。材料の種類に関わらず、照射時間の増加に伴って引張強さ、伸び率がと

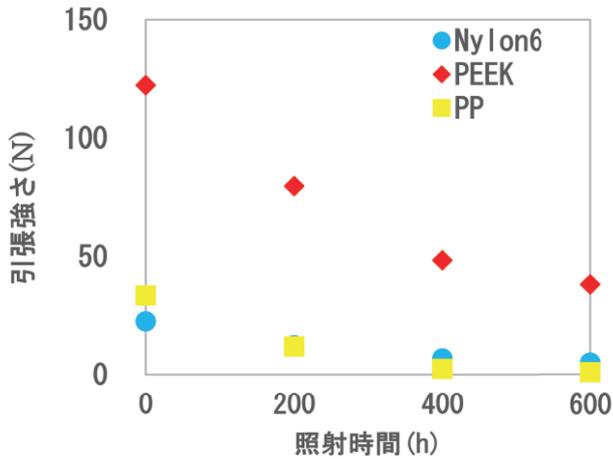


図1 紫外線照射時間による強度変化

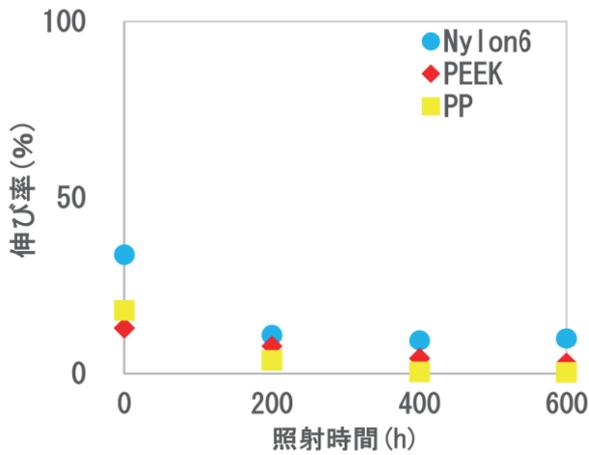


図2 紫外線照射時間による伸び率変化

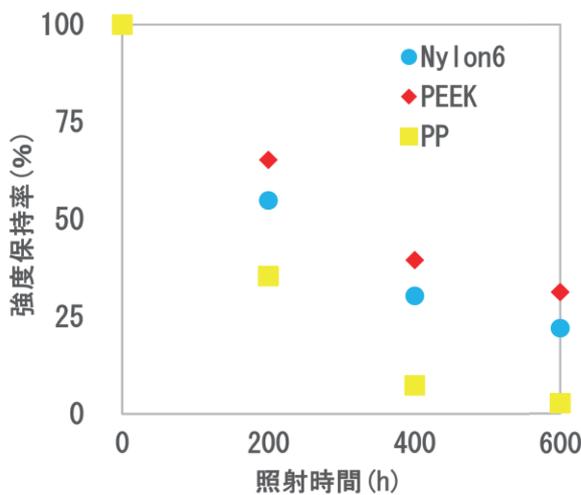


図3 紫外線照射時間による強度保持率

もに低下していた。また、強度保持率という観点で見た場合、照射時間に伴い PEEK は保持率が最も高くなり、次いで Nylon6 となり、PP は最も低くなった。

3.2 紫外線照射時の破断面観察(PP)

PP 原糸の表面及び破断面を電子顕微鏡で観察した結果を表2に示す。表面を観察すると、照射時間が進むにつれて、照射前と比較して200時間以降で表面が荒れ、破断部が細長くなっている様子が観察できる。また、破断面ではフィブリル化している様子が確認できる。

表2 PPの紫外線照射による表面及び破断面比較

	表面	破断面
0時間		
200時間		
400時間		
600時間		

3.3 紫外線照射時の引張特性と破断面観察(Nylon6)

Nylon6 原糸の表面及び破断面を電子顕微鏡で観察した結果を表3に示す。照射時間200時間では、照射前と比較して表面や破断面に変化はないが、400時間以降では表面の破断部が細長くなる様子が観察され、破断面は照射前と比較すると異なる破断面であることが分かる。

3.4 紫外線照射時の引張特性と破断面観察(PEEK)

PEEK 原糸の表面及び破断面を電子顕微鏡で観察した結果を表4に示す。照射時間200時間では、照射前と比較して表面や破断面に変化はないが、400時間以降では、表面が脆化し、破断面及び側面が紫外線照射の影響を受けて変形していることが分かる。

表 3 Nylon6 の紫外線照射による表面及び破断面比較

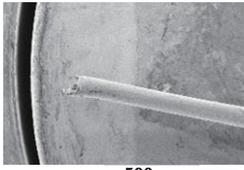
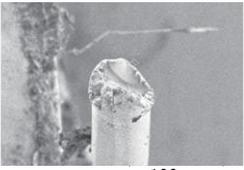
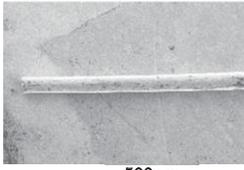
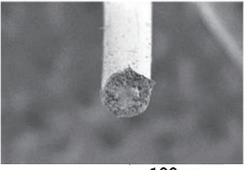
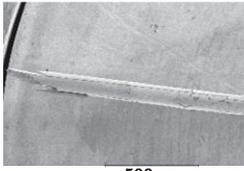
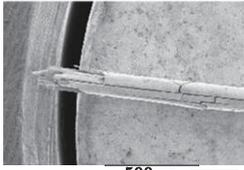
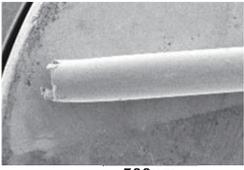
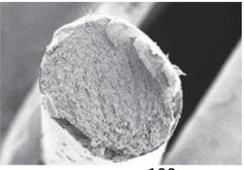
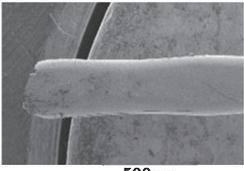
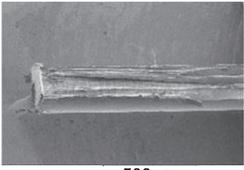
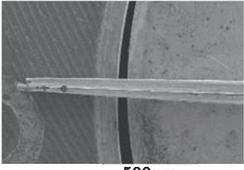
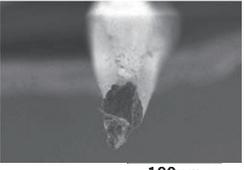
	表面	破断面
0 時間	 500μm	 100μm
200 時間	 500μm	 100μm
400 時間	 500μm	 100μm
600 時間	 500μm	 100μm

表 4 PEEK の紫外線照射による表面及び破断面比較

	表面	破断面
0 時間	 500μm	 100μm
200 時間	 500μm	 100μm
400 時間	 500μm	 100μm
600 時間	 500μm	 100μm

3.5 温度変化時の引張特性

温度変化の影響を検討するため、-20、0、20、50、

100℃の各々の環境下において 100mm/min の速度で温度環境と強伸度の関係性を評価した結果を図 4 及び図 5 に示す。どの材料についても温度上昇とともに強度は低下したが、伸び率は PEEK 以外の材料では向上した。一般的に Tg 以上に熱が加わると分子が運動しやすく軟質化するため、伸び率が上昇する。Nylon6(Tg:50℃)ではこの傾向が見られるが、PP(Tg:-18℃)では見られなかった。糸の製造時の熱履歴によるものと推測される。

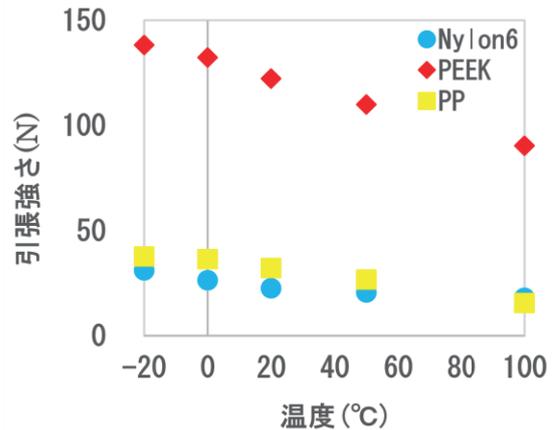


図 4 温度環境による強度変化

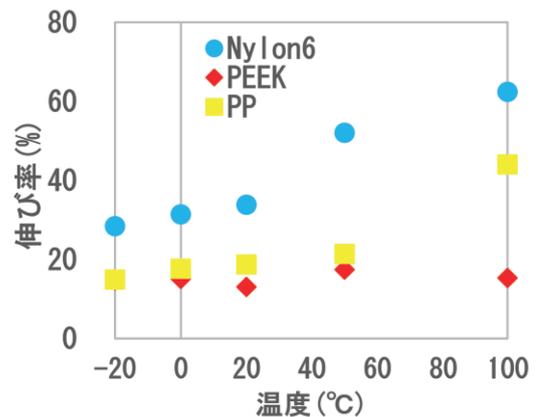


図 5 温度環境による伸び率変化

3.6 温度変化時の破断面観察(PP)

PP 原糸に対し、-20、20、50、100℃の各々の環境下で強伸度試験後に、破断面及び側面を電子顕微鏡で観察した結果を表 5 に示す。PP の Tg は-18℃であり、Tg 以上では分子鎖の運動が高まっていると考えられる。今回の条件では全ての温度で延性的破壊(伸びている状態)が確認できた。

3.7 温度変化時の引張特性と破断面観察(Nylon6)

Nylon 原糸に対し、-20、20、50、100℃の各々の環境下で引張試験後に、破断面及び側面を電子顕微鏡で観察した結果を表 6 に示す。Nylon6 の Tg は 50℃であり、50℃以下では分子鎖が自由に運動できず、脆性的破壊(破断面中央の起伏がなく滑らかな破面)と考えられるが、

100℃では分子鎖が自由に動くことができるようになり、変形して延性的破壊に変わったと推測する。

表5 PPの温度変化による表面、破断面比較

	表面	破断面
-20℃		
20℃		
50℃		
100℃		

表6 Nylon6原糸の温度変化による表面、破断面比較

	表面	破断面
-20℃		
20℃		
50℃		
100℃		

### 3.8 温度変化時の引張特性と破断面観察(PEEK)

PEEK 原糸に対し、-20、20、50、100℃の各々の環境下で引張試験後に、破断面及び側面を電子顕微鏡で観察した結果を表7に示す。PEEKのTgは143℃であり、今回の試験ではすべてTg以下である。分子鎖が自由に運動できないため、脆性的破壊(破断面中央の起伏がなく滑らかな破面)が確認できた。

表7 PEEK原糸の温度変化による側面、破断面比較

	表面	破断面
-20℃		
20℃		
50℃		
100℃		

## 4. 結び

- (1) サンシャインウェザーメータによる紫外線照射を行った供試材では照射面が劣化し、強度低下や表面の脆化、破断面の変形がみられた。
- (2) 温度変化させた供試材については温度上昇により強度は低下し、伸び率は向上した。破断面は温度上昇に伴って破断面の変形が確認できた。

## 文献

- 1) 山本紘司, 平石直子: あいち産業科学技術総合センター報告, **9**, 104(2020)
- 2) 桜田一郎: 日本ゴム協会誌, **41**(12), 1111(1968)
- 3) 功刀利夫, 鈴木章泰, 早川智洋: 高分子論文集, **49**(6), 541(1992)