

## 研究ノート

## アクチュエータ繊維の環境特性の評価

宮本晃吉<sup>\*1</sup>、佐藤嘉洋<sup>\*2</sup>

## Evaluation for Environmental Properties of Actuator Fiber

Kokichi MIYAMOTO<sup>\*1</sup> and Yoshihiro SATO<sup>\*2</sup>Owari Textile Research Center<sup>\*1</sup> Mikawa Textile Research Center<sup>\*2</sup>

モノフィラメントに強撚を加えてコイル形状に加工した繊維は加熱・冷却による伸縮を示し、アクチュエータとして動作する。本研究では、LLDPE 及び PA のコイル状繊維を作製し、耐熱・クリープ特性及び湿度の影響について評価を行った。その結果 LLDPE、PA とともに、ある温度条件で長期使用が可能となることが明らかになった。また PA では、高湿度の環境においてクリープ特性に大きな違いは生じないが、伸縮量が増加する特性を持つことが示された。

## 1. はじめに

近年、ナイロンなどのモノフィラメントに強撚を加えてコイル状に加工した繊維が、加熱・冷却による可逆的な伸縮挙動を示すことが報告され、注目を集めている。このコイル状繊維は柔軟・軽量でありながら、伸縮量、収縮時の発生力ともに人の筋肉に匹敵する数値を示すことから、モーターなどの機械類に代わる駆動源としての応用が期待されている。

我々はこれまでに、撚糸機を用いたコイル形状への連続加工技術、コイル状繊維の製織技術などを開発してきた<sup>1)</sup>。しかしながら、コイル状アクチュエータ繊維はまだ研究が始められたばかりであり、その環境特性や単糸での熱セット特性についての報告が少ない。そこで、本研究ではコイル状アクチュエータ繊維の環境特性である耐熱・クリープ特性や湿度による影響、単糸の連続加工による熱セット特性について評価を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 コイル状繊維の作製

原料として 770dtex の直鎖状低密度ポリエチレン(LLDPE)と 730dtex のポリアミド(PA)66 のモノフィラメントを使用した。なお、LLDPE のモノフィラメントは一般に市販されていないため、熔融紡糸装置を用いて作製した。次にモノフィラメントの一端に錘を吊るすことで張力を与えながら、全体がコイル形状になるまで他端から加撚し、単糸のコイル状繊維に加工した。コイル状に加工した繊維はそのままでは撚り戻りが起こるため、2 本のコイル状繊維を LLDPE は約 200mm、PA は約 150mm の双糸に加工した。作製した双糸のコイル状繊維

について、繰り返し伸縮可能な条件を決定するため、所定荷重下において LLDPE は 90℃、PA は 180℃の高温下と常温での試料長を繰り返し測定した。荷重を順次増加し、測定を行うことで繰り返し伸縮可能な最大の負荷荷重を LLDPE は 1.96N、PA は 2.45N と決定した。この負荷荷重にて LLDPE は 90℃、PA は 180℃で熱セットを行った後、同じ負荷荷重にて耐熱・クリープ特性及び湿度の影響に対する評価を行った。

また、コイル状繊維の熱セット特性を評価するため、LLDPE のモノフィラメントを用い、意匠撚糸機により単糸のコイル状繊維を連続的に作製した。

## 2.2 耐熱・クリープ特性、湿度の影響の評価

恒温恒湿器(日立アプライアンス(株)製 EC-85MHP-WS)を用いて、表 1 に示す熱サイクルを繰り返し、標準状態である 20℃65%RH と高温条件における試料長を測定した。LLDPE 及び PA のコイル状繊維の耐熱・クリープ特性については、高温条件をそれぞれ 70℃20%RH 及び 80℃20%RH として試験を行った。

また PA のコイル状繊維に対する湿度の影響については、高温条件を 80℃95%RH として試験を行った。

表 1 熱サイクル試験条件

|   | 温湿度条件               | 試験時間   |
|---|---------------------|--------|
| 1 | 20℃65%RH            | 1.5 時間 |
| 2 | 20℃65%RH から高温条件へ移行  | 1 時間   |
| 3 | 高温条件                | 20 時間  |
| 4 | 高温条件から 20℃65%RH へ移行 | 1.5 時間 |

## 2.3 熱セット特性の評価

意匠撚糸機により作製した LLDPE の単糸のコイル状繊維について、恒温槽((株)愛機リオテック製 OT-PO-B)

<sup>\*1</sup> 尾張繊維技術センター 素材開発室 <sup>\*2</sup> 三河繊維技術センター 製品開発室

を用いてロール to ロールによる熱セット加工を行った。恒温槽の全長は 3m、巻き取り速度は 2m/min、温度は 80℃から 160℃の範囲にて熱セット加工を行った。加工したコイル状繊維について、JIS L 1095 スナール指数 A 法を準用し、熱セット特性の評価を行った。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 コイル状繊維の耐熱・クリープ特性

LLDPE 及び PA のコイル状繊維に対する耐熱・クリープ特性についての試験結果を図 1、図 2 に示す。

図 1、図 2 より、LLDPE の 70℃20%RH 及び PA の場合、表 1 の熱サイクル条件の 2 周目までの試験初期においてクリープ変形が生じているが、その後は安定した伸縮特性を示した。また LLDPE では、80℃20%RH の場合、初期のクリープ変形が生じた後、クリープ変形が継続し、最終的にコイル状繊維が 200 時間程度で破損した。このことから、LLDPE については 70℃までの熱負荷であれば長期的な使用が可能であると考えられる。

なお PA では、70℃と 80℃の場合でクリープ変形に大きな違いは生じなかった。これは PA の融点が高く、熱セット温度も 180℃であることから、熱負荷に対する許容度が LLDPE よりも高いためと考えられる。

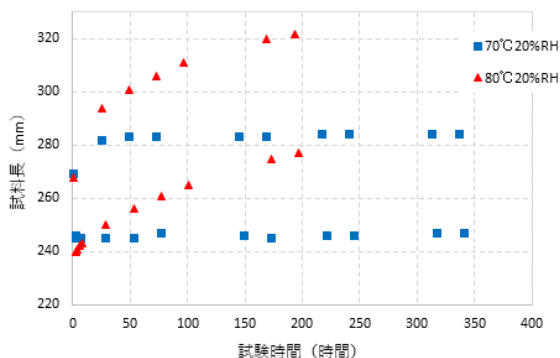


図 1 コイル状繊維の耐熱・クリープ特性(LLDPE)

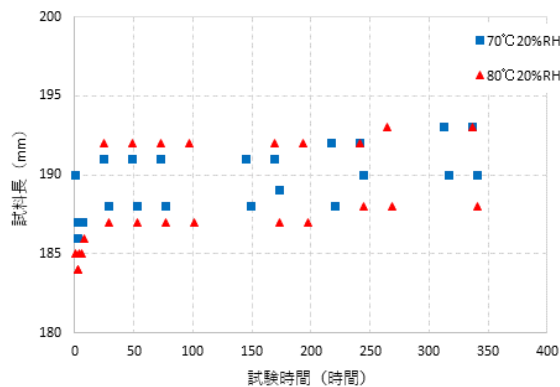


図 2 コイル状繊維の耐熱・クリープ特性(PA)

#### 3.2 コイル状繊維に対する湿度の影響

LLDPE は耐水性に優れているが、PA は水分により加水分解が生じることが知られている。そのため PA の

コイル状繊維に対する湿度の影響について評価を行った(図 3)。図 3 より、高湿度になることでクリープ特性に大きな違いは生じないが、伸縮量が増加していることがわかる。コイル状繊維は、所定の温度までは環境温度の増加により伸縮量が増加する特性があり、湿熱の方が乾熱よりも熱容量が大きいこと、高湿度になることで伸縮量が増加したことが一因と考えられる。

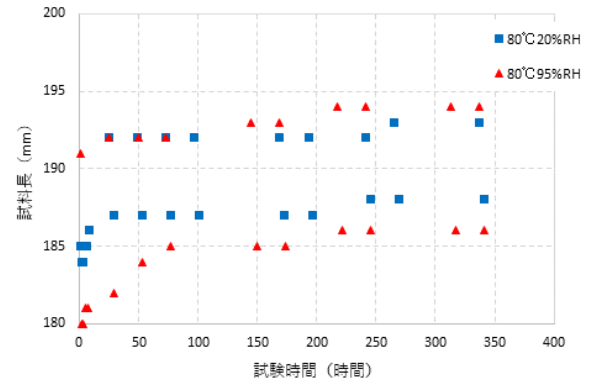


図 3 伸縮特性に対する湿度の影響

#### 3.3 コイル状繊維の熱セット特性

表 2 に熱セット温度とスナール指数の関係を示す。表 2 より、熔融による加工時の糸切れ直前である 140℃の条件においても熱セットが十分にできていないことがわかる。このことから、連続加工では単糸コイル状繊維の熱セットが非常に難しく、双糸に加工し使用することが望ましいといえる。

表 2 熱セット温度とスナール指数の関係

|            | 熱セット<br>なし | 熱セット温度(℃) |      |      |      |              |     |
|------------|------------|-----------|------|------|------|--------------|-----|
|            |            | 80        | 100  | 120  | 140  | 150          | 160 |
| スナール<br>指数 | 96.3       | 96.0      | 95.0 | 94.3 | 94.7 | 熔融により<br>糸切れ |     |

### 4. 結び

- (1) LLDPE 及び PA のコイル状繊維を作製し、耐熱・クリープ特性及び湿度の影響について評価を行った。その結果、LLDPE の場合、70℃までの使用条件であれば、長期使用が可能であることがわかった。また PA は、高湿度の環境においてクリープ特性に大きな違いは生じないが、伸縮量が増加することがわかった。
- (2) 単糸の LLDPE のコイル状繊維について連続加工による熱セット特性を評価した。その結果、連続加工では単糸の熱セットが非常に難しく、双糸に加工し使用することが望ましいことがわかった。

### 文献

- 1) 田中利幸, 松浦勇, 佐藤嘉洋, 西村美郎: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **11**, 160(2022)