

(京工繊大院・工) ○八木駿, 平野陽太, 山口寛世, 長光正馬,
田中克史, 高崎緑, 小林治樹

【緒言】アラミド繊維は、構造材料といった、主に強度が求められる分野で広く用いられている。この種の高強度繊維を用いた製品については、安全性の観点から疲労現象に関する調査が必要である。現在までに、アラミド繊維の疲労現象の存在は報告されているが、この種の高強度繊維を用いた材料による事故の抑制や耐疲労性の向上にはより多くの情報が必要になる。

当研究グループでは、アラミド系ポリマーであるポリパラフェニレンテレフタルアミド (以下 PPTA, 化学構造は Fig. 1 (a)) 繊維や、コポリパラフェニレン-3,4'-オキシジフェニレンテレフタルアミド (以下 PPODTA, 化学構造は Fig. 1 (b)) 繊維の疲労現象について、その挙動と繊維材料の微細構造や分子構造との関係に着目して研究を実施してきた^[1]。現在までに、単繊維試料に負荷した繰返し応力の各応力パラメータが疲労挙動や、その疲労試験後の繊維試料の引張特性、分子鎖の水素結合等に影響を与えることを確認している。本発表では、上述のアラミド繊維において、疲労試験後に繊維表面を顕微鏡観察し、疲労後の繊維の分光分析による分子鎖のひずみの結果と併せて報告する。

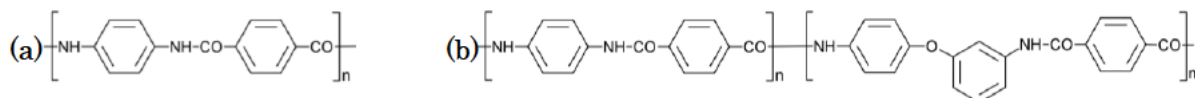


Fig. 1 Structural formulae of (a) poly-(paraphenylene terephthalamide) (PPTA) and (b) copoly-(paraphenylene-3,4'-oxydiphenylene terephthalamide) (PPODTA).

【実験方法】PPTA および PPODTA 繊維束より抜き出した単繊維を試長 60 mm の試験片とした。その試験片に対して、電磁アクチュエータで駆動する荷重制御型の疲労試験機を用いて、目的の引張応力に対応する荷重を周波数 50 Hz の正弦波で繰返し負荷することで疲労試験を実施した。時間の都合上、応力負荷回数の上限は 100 万回とし、繊維が破断しなかった場合は、そこで試験を終了した。この疲労試験では、PPTA 繊維に対して、最小負荷応力 $\sigma_{\min}=0.5$ [GPa]、および最大負荷応力 $\sigma_{\max}=2.5$ [GPa]、PPODTA 繊維に対して、 $\sigma_{\min}=0.5$ [GPa]、および $\sigma_{\max}=2.0$ [GPa] の応力を負荷した。また、2%伸長した繊維および疲労後に破断しなかった繊維に対して、顕微 Raman 分光分析を実施した。また、疲労試験で破断しなかった繊維について、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて観察を実施した。

【結果および考察】Fig. 2 には、所定の回数で疲労破断しなかった PPTA、および PPODTA 繊維表面の SEM 画像を示した。これらの画像から、両繊維において、繊維表面にはがれを確認した。このはがれの発生は、繊維の各箇所での伸長の程度が異なったためと考えられる。Fig. 3 には、PPTA 繊維の伸長前、2%伸長中、および伸長後の Raman スペクトルの変化を示した。1610 cm^{-1} 付近のピークは、ベンゼン環の伸縮振動に相当し、1650 cm^{-1} 付近のピークはアミド結合の伸縮および曲げ振動に相当する。この結果から、両繊維において、伸長中のみピークが低波数側へシフトすることを確認した。また、PPODTA 繊維においても、同様のスペクトルのシフトを確認した。これらの低波数側へのシフトは、結合した原子間の距離の増大に由来する。Fig. 4 には、両繊維の 1610 cm^{-1} 付近のピーク位置に対する半値幅を示した。この結果から、疲労後の両繊維のピーク位置と半値幅は伸長前後で変化しないこと、また伸長中のみピークの半値幅の増加を確認した。この半値幅の増加は、原子間の距離のばらつきが増大に由来する。以上のことから、両繊維中の分子鎖のひずみは応力負荷時のみであることがわかった。

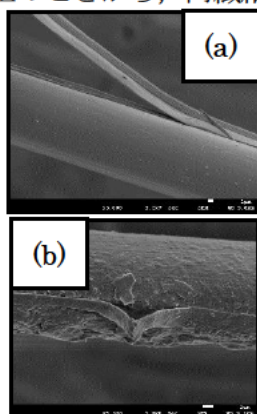


Fig. 2 SEM images of (a) PPTA and (b) PPODTA fiber.

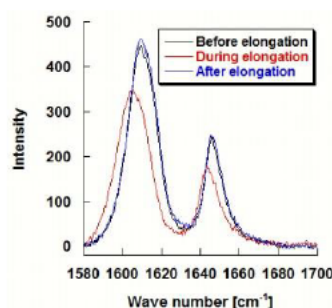


Fig. 3 Raman spectra before, during and after 2% stretching for PPTA fiber.

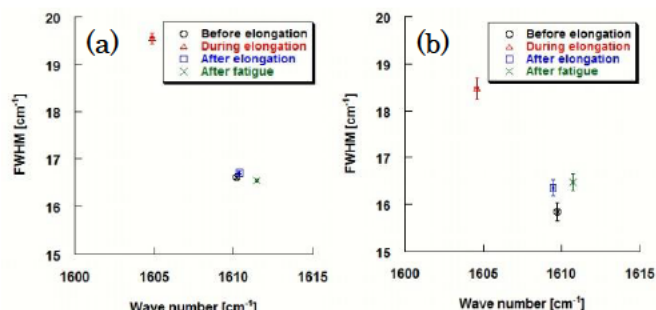


Fig. 4 Wavenumber for the peak at 1610 cm^{-1} against FWHM of (a) PPTA and (b) PPODTA fiber.

[1] 八木駿, 蓬澤優也, 杉村要, 鈴木章宏, 田中克史, 高崎緑, 小林治樹, 繊維学会予稿集, 72, 1 (2017)

Fatigue behavior of aramid fiber, Suguru YAGI, Yota HIRANO, Kansei YAMAGUCHI, Shoma NAGAMITSU, Katsufumi TANAKA, Midori TAKASAKI and Haruki KOBAYASHI: Graduate School of Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-8585, Japan, Tel & Fax: 075-724-7855, E-mail: haruki@kit.ac.jp