

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：24601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25288102

研究課題名(和文) 合成繊維集合体の高強度化への革新的アプローチ

研究課題名(英文) An evolutionary approach to mechanically strengthening of synthetic fiber aggregates

研究代表者

大崎 茂芳 (Osaki, Shigeyoshi)

奈良県立医科大学・医学部・研究員

研究者番号：90273911

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,400,000円

研究成果の概要(和文)：古くから合成繊維の高強度化が研究されてきた。合成繊維は実用的には多くの繊維からなる集合体として使用されている。実用的な観点から、集合体の高強度化は非常に重要である。しかしながら、今まで高強度の研究は主として単繊維に限定されてきた。著者は合成繊維の集合体に焦点を当て、ねじりなどの外圧を加えることにより、ナイロン、ポリエチレンテレフタレート繊維間における隙間を軽減し、力学強度を上げることを試みた。その結果、繊維間における隙間の軽減は力学応力の上昇に寄与することを示した。

研究成果の概要(英文)：The high strengthening of synthetic fibers has been studied. The synthetic fibers are practically used as aggregates consisting of a number of fibers. It is very important to raise the mechanical strength of aggregates from the practical point of view. For the past years, however, the studies of the strengthening have been mainly restricted to monofilaments. The author focused on aggregates of synthetic fibers, tried to reduce space among filaments and raise the mechanical strength of nylon, poly(ethylene terephthalate) by applying the pressure such as twisting. As a result, the reduction of air space among filaments led to an increase of mechanical strength.

研究分野：生体高分子学

キーワード：合成繊維 加圧 力学特性 紐 隙間 ナイロン ポリエステル クモの糸

1. 研究開始当初の背景

繊維の力学強度は実用的な面で非常に重要な特性である。そのため、古くから力学特性を上げるべく化学構造、分子量、結晶化度、配向性などの観点から研究が進められてきた。今まで、高強度化の研究には単繊維に焦点が得られ、実用的に重要な集合体の高強度化は疎かにされていた。これには集合体の形態が多岐にわたるということもあるが、特に繊維集合体となると繊維間に隙間が多く存在するために、集合体の応力は単繊維の理論値のわずか 10%程度にしかならないという問題は残されたままであった。

もし、集合体における繊維間の隙間を軽減すれば、理想的には集合体の応力と単繊維の応力は同じになり、力学強度が大幅にアップし、従来と同じレベルの強度を得るには素材の大幅な軽減化も可能になると考えた。この結果、汎用繊維でも隙間のない集合体を作れば、スーパー繊維素材とプラスチックとの複合材の強度を超えることも可能になり、世界的な素材革命になり得ることが期待される。

2. 研究の目的

古くから、繊維の高強度化の研究開発では、繊維集合体ではなく単繊維に焦点があてられていた。そのため、実用的な繊維集合体の破断応力は単繊維と比べて大幅に低いという問題は置き去りにされてきた。この原因は、合成繊維の単繊維での強度の比較は可能であるが、集合体となると形態が異なることから相互の比較が困難な場合が多いことにある。もちろん、集合体における繊維間に隙間が多く存在することが、データの比較を困難にしていることにある。

同じ形態の集合体に関して、もし、繊維間の隙間をなくせば、繊維集合体の破断応力や弾性率が大幅にアップし、結果として繊維集合体の軽量化が実現されることになる。しかも、汎用繊維もザイロンなどのスーパー繊維クラスの高強度化を目標に、世界的な素材革命につながり、衰退気味の日本の繊維業界の復興につながると考えられる。この位置づけから、天然繊維において『繊維集合体の繊維間の隙間を軽減すること』に成功したので、その方法を多くの合成繊維や生体高分子繊維にも拡大し、繊維集合体の隙間をなくし、高強度化する適切な条件を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

ナイロン、ポリエステルなどの合成繊維や半合成繊維間の適切な可塑条件を探し、繊維の集合体を加圧することによって、繊維間の隙間をなくし、力学的に高強度化する方法を探し出す計画である。比較のためにクモの糸の集合体も使用する。

適切な可塑条件を探すには、単繊維の熱特性の視点から、加圧下における集合体の各温度処理後の変形状態および繊維間の隙間の割合を、室温における力学強度および電子顕微鏡観察によって調べる。加圧に関しては直接加圧およびねじり方法も含む。

このような実験を行いながら、隙間のない繊維集合体を作る条件を探る。

4. 研究の成果

(1) ナイロン繊維を入手し、その集合体をサンプルとした。

(2) オオジョロウグモを採集し、それから牽引糸を採取し、その集合体をサンプルとした。

(3) ナイロン繊維集合体を擦じる回数を変えて調製したサンプルを、室温および 120、200 で熱処理した。その処理サンプルを室温に戻して、力学測定及び断面の電子顕微鏡観察を行った結果、高温の方が隙間の割合は小さかった。また、破断応力は隙間の割合が減少するにつれて増大した。

(4) ポリエチレンテレフタレート繊維集合体を擦じる回数を変えて調製したサンプルを、室温および 120、200 で熱処理した。その処理サンプルを室温に戻して、力学測定及び断面の電子顕微鏡観察を行った結果、高温の方が隙間の割合は小さかった。また、破断応力は隙間の割合が減少するにつれて増大した。

(5) ナイロンとポリエチレンテレフタレートとの比較では、室温でのねじりではポリエチレンテレフタレートの方が隙間の割合は少なかった。

(6) クモの糸との比較では、繊維の変形のし易さは素材のガラス転移温度の影響によるところが大きいことが分った。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 14 件)

大崎茂芳, クモの糸でヴァイオリンは弾

けるのか?, JAS Journal, 査読無, 56 巻, 2016, 28-37

Shigeyoshi Osaki, Keizo Yamamoto, Takashi Matsuhira, Hiromi Sakai, The effects of seasonal changes on the molecular weight of Nephila clavata spider silk, Polymer Journal, 査読有, 48 巻, 2016, 659-663

DOI: 10.1038/pj.2015.138

Takashi Matsuhira, Shigeyoshi Osaki, Molecular weight of Nephila clavata spider silk, Polymer Journal, 査読有, 47 巻, 2015, 456-459.

DOI:10.1038/pj.2015.10

大崎茂芳, なぜ、今クモの糸なのか?, 繊維学会誌, 査読有, 71 巻, 2015, 129-133

DOI:org/10.2115/fiber.71.p-129

大崎茂芳, クモの糸の不思議, 日本家政学会, 査読無, 66 巻, 2015, 521-528

大崎茂芳, 生体組織におけるコラーゲン線維の配向性と運動機能, WEB Journal 増刊号, 査読有, No. 155 巻, 2014, 18-21

大崎茂芳, 交響曲を生み出す蜘蛛の糸の科学, 科学と教育誌, 査読有, 62 巻, 2014, 484-487

大崎茂芳, クモの糸をたぐり 35 年, 抜筆のつづり, 査読無, 73 巻, 2014, 36-39

大崎茂芳, クモの糸の紫外線耐性メカニズムとその活用の可能性, 生物規範工学, 査読無, 2014, 250-258

大崎茂芳, クモの糸は夢の繊維か?, じっきょう理科資料, 査読無, 74 巻, 2013, 7-10

大崎茂芳, ライフワークとクモの糸-クモの糸でヴァイオリンは奏でられるのか-, 近畿化学工業界, 査読無, 65 巻, 2013, 5-8

大崎茂芳, クモの糸の物理化学的特性と応用への動向, 機能紙研究会誌, 査読無, 52 巻, 2013, 27-31

Kohichi Tomoda, Hiroshi Kimura, Shigeyoshi Osaki, Collagen fiber Orientation of Human Lung, The Anatomical Record, vol. 296, 査読有, 2013, 846-850

DOI: 10.1002/ar.22649

Takashi Matsuhira, Keizo Yamamoto, Shigeyoshi Osaki, Effects of UV Ray Irradiation on the Molecular Weight of Spider Silk, Polymer Journal, 査読有, vol. 45, 2013, 1167-1169

DOI: 10.1038/pj.2013.41

[学会発表] (計 13 件)

桑原理充, 浅田秀夫, 大崎茂芳, 皮膚移植術における二次収縮とコラーゲン配向性に関する研究, 日本形成外科学会基礎学術集会, 2016 年 9 月 15 日, 大阪

大崎茂芳, クモの巣はなぜ雨に弱いのか?, 高分子討論会, 2015 年 9 月 17 日, 仙台 (東北大学)

大崎茂芳, クモの糸のミステリー, 日本化学会(招待講演), 2015 年 3 月 28 日, 千葉(日本大学)

Takashi Matsuhira, Shigeyoshi Osaki, Effect of UV rays upon spider silk, 10th SPSJ International Conference, 2014 年 13 月 3 日, Tsukuba

Shigeyoshi Osaki, A new method for increasing the mechanical stress of multi-filaments, 10th SPSJ International Conference, 2014 年 12 月 3 日, Tsukuba

松平崇, 大崎茂芳, 紫外線はクモの糸にどのような影響を与えるのか?, 高分子討論会, 2014 年 9 月 25 日, 長崎大学

大崎茂芳, 桑原理充, 浅田秀夫, 皮膚におけるコラーゲン線維の配向分布-ラットから皮膚へ-, 高分子討論会, 2014 年 9 月 25 日, 長崎大学

松平崇, 山本恵三, 大崎茂芳, クモの糸の分子量の季節変化, 第 60 回高分子研究会, 2014 年 7 月 5 日, 神戸

大崎茂芳, クモの糸のミステリー, 第 20 回日本血液代替物学会(招待講演), 2013 年 12 月 7 日, 奈良

大崎茂芳, クモの糸のミステリー-ハイテク機能に学ぶ-, 日本ゴム協会(招待講演), 2013 年 10 月 25 日, 大阪

大崎茂芳, クモの糸の特性と応用への動向, 第 52 回機能紙研究会(招待講演), 2013 年 10 月 24 日, 徳島

松平崇, 大崎茂芳, クモの糸の分子量はらに大きかった, 高分子討論会, 2013 年 9 月 11 日, 石川(金沢大学)

大崎茂芳, 松平崇, 山本恵三, クモの糸の分子量に対する紫外線の影響, 高分子討論会, 2013 年 9 月 11 日, 石川(金沢大学)

[図書] (計 2 件)

大崎茂芳, クモの糸でバイオリン, 岩波書

店, 2016 年, 1-114

大崎茂芳, クモの糸でヴァイオリンは弾けるのか?, 畑田家住宅活用保存会 2015 年, 1-8

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

なし

[その他]

ホームページ

http://www.naramed-u.ac.jp/~chem/OSAKI_HP/

Osaki_top.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大崎茂芳 (OSAKI Shigeyoshi)

奈良県立医科大学・医学部・研究員

研究者番号 : 90273911