

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：32618

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K14008

研究課題名(和文)加熱処理法を利用した高強度グリーンコンポジットの創製

研究課題名(英文)Study of natural fiber by heat treatment for high strength green composite

研究代表者

加藤木 秀章 (Katogi, Hideaki)

実践女子大学・生活科学部・講師

研究者番号：00625296

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：高強度グリーンコンポジットを創製する際には、まず強化材である天然繊維の強度特性を向上させる必要がある。天然繊維である植物繊維の複雑な構造に着目し、加熱処理を施すことで植物繊維を改質できる可能性がある。高強度グリーンコンポジットの創製に寄与する知見取得のために加熱処理後の植物繊維の機械的特性について調べた結果、加熱処理を施しても亜麻繊維および苧麻繊維はヤング率の減少率は小さく、損傷も生じにくいいため、グリーンコンポジットを高強度にできる強化材の可能性を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果では、天然繊維の特殊な構造に加熱処理を行うだけで、熱損傷を受けにくく、高強度の天然繊維の試作に関する知見を得ることができた。また、加熱処理後の亜麻繊維および苧麻繊維を強化材として用いることでグリーンコンポジットの高強度化への可能性があり、様々な構造部材として用いられる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：We should be examined study on heat treatment of natural fiber as reinforcement for trial production of high strength green composite. Natural fiber has special structure. Mechanical properties of the natural fiber can be improved by heat treatment for high strength reinforcement of green composite. Study on heat treatment of natural fiber for trial production of high strength green composite was investigated. As a result, decrease ratios of Young's moduli of flax fiber and ramie fiber after heat treatment almost did not change. So, heat treated flax fiber and ramie fiber could be used as reinforcement of high strength green composite because flax fiber and ramie fiber became low heat damage during heat treatment.

研究分野：複合材料工学

キーワード：植物繊維 加熱処理 セルロースマイクロフィブリル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

資源循環型社会の構築を見据えて、強化材に天然繊維、母材に生物資源由来の樹脂を用いたグリーンコンポジットが注目されている。一方向に繊維を配向させたスライバー強化グリーンコンポジットの強度特性は 238MPa であり、アルミニウムの場合と同程度であることを明らかにした研究報告例¹⁾がある。2017 年では、グリーンコンポジット製小型電気自動車のコンセプトカーが発表²⁾されており、グリーンコンポジットを構造材料として適用する際には耐久性である疲労特性が重要になる。研究代表者は、一方向強化したグリーンコンポジットおよび天然繊維の 10^6 回時間強度は静的強度の 50% であり、優れた疲労特性であることを明らかにしている³⁻⁴⁾。そのため、グリーンコンポジット製小型電気自動車用構造材料の実現性が示されたものの、大衆車用構造材料や更なる用途拡大には高強度グリーンコンポジットの創製が必須となる。

近年では、高強度および高弾性を有するセルロースマイクロフィブリルを用いたグリーンコンポジットの創製に関する研究報告例⁵⁾がある。しかしながら、高い凝集性を有するセルロースマイクロフィブリルの配向制御は難しく、高強度グリーンコンポジットの創製には至っていないのが現状である。

2. 研究の目的

高強度グリーンコンポジットを創製するには、強化材である天然繊維の強度特性を向上させる必要がある。天然繊維である植物繊維の特有構造に着目し、加熱処理を施すことで繊維表面の改質の可能性がある。植物繊維は多数の素繊維から構成されており、その素繊維は配列の規則正しい結晶部と非結晶部からなるセルロースマイクロフィブリルで構成されている⁶⁾。また素繊維の内部では、らせん状にセルロースマイクロフィブリルが配置されている。細胞間層および一次壁層ではヘミセルロースやリグニンの割合が多いが、二次壁層ではセルロースマイクロフィブリルの割合が多い。しかしながら、加熱処理による繊維表面の構造の改質に関する研究報告例が少ない。

そこで本研究では、高強度グリーンコンポジットの創製に寄与する知見を得るため、まず繊維表面に加熱処理を施した植物繊維の機械的特性の知見について調べた。

3. 研究の方法

材料では、ジュート麻繊維、亜麻繊維および苧麻繊維を用いた。ジュート麻繊維および亜麻繊維、苧麻繊維の加熱処理には、窒素ガスの流量調整が可能な電気炉(ヤマト科学株式会社, FO200)を用いた。加熱温度条件は、270°C とした。その後、室温になるまで徐冷した。ジュート麻繊維および亜麻繊維、苧麻繊維の熱重量測定では、窒素雰囲気中で最大 400 まで行った。未処理および加熱処理を施したジュート麻繊維、亜麻繊維、苧麻繊維の昇温速度は、10 /min とした。加熱処理後のジュート麻繊維の表面観察では、走査型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジーズ株式会社, S-2250N)を用いた。繊維の直径測定では、超高速・高精度寸法測定器(株式会社キーエンス, LS-9006MR)を用いた。

未処理および加熱処理を施したジュート麻繊維および亜麻繊維、苧麻繊維の静的引張試験を実施した。静的引張試験機には、万能試験機(株式会社東洋精機製作所, ストログラフ E)を用いた。標点間距離は 20mm とした。試験片には、口の字型の台紙を利用し、両端部を接着剤で硬化させた。

4. 研究成果

未処理および加熱処理を施したジュート麻繊維および亜麻繊維、苧麻繊維の熱重量測定結果を図 1~3 に示す。熱重量測定結果より、加熱処理を施したジュート麻繊維の熱分解開始温度は、未処理の場合と比べ低くなった。加熱処理を施した亜麻繊維およびラミー繊維の熱分解開始温度は、未処理と比べわずかに増加した。植物繊維表面の構成材料であるリグニンおよびヘミセルロースの熱分解開始温度は、セルロースの場合と比べ低いことが知られている⁶⁾。そのため、繊維の構成材料の割合が加熱処理を施したジュート麻繊維および亜麻繊維、苧麻繊維の熱分解開始温度に影響を及ぼしたと考えられる。

加熱処理後のジュート麻繊維および亜麻繊維、苧麻繊維のヤング率の減少率を図 4 に示す。加熱処理を施したジュート麻繊維のヤング率は、未処理と比べ 26% 減少したが、亜麻繊維および苧麻繊維のヤング率の減少率は、ほとんど変化しなかった。加熱処理後のジュート麻繊維の表面観察結果を図 5 に示す。表面観察結果より、加熱処理後のジュート麻繊維の表面では数本の素繊維細胞の外形がみられた。また、加熱処理を施すことで、ジュート麻繊維の表面が粗くなった。ジュート麻繊維は素繊維細胞が複数集まったマルチフィラメント構造である。加熱処理を施すことにより、ジュート麻繊維の細胞間層および一次壁が熱分解が生じ、加熱処理がマルチフィラメント構造のジュート麻繊維の形状に影響を及ぼしたと考えられる。

以上より、構成材料の割合により熱分解および繊維表面での損傷発生が繊維のヤング率に大きく影響を及ぼしたと考えられる。しかしながら、ジュート麻繊維は素繊維細胞が複数集まったマルチフィラメント構造であり、亜麻繊維および苧麻繊維は素繊維細胞が一つのモノフィラメント構造であるため、より詳細な検討が必要である。また、モノフィラメント構造を有する亜麻繊維および苧麻繊維は加熱処理を施しても 2 次壁の構造の損傷が生じていないため、グリーンコンポジットを高強度にできる強化材の可能性がある。

結言

本研究では、高強度グリーンコンポジットの創製に寄与する知見取得のために加熱処理後の植物繊維の機械的特性について調べた。その結果、以下のことがわかった。窒素雰囲気での270℃で加熱処理を施しても亜麻繊維および苧麻繊維のヤング率の減少率は小さく、モノフィラメント構造の亜麻繊維および苧麻繊維の2次壁の構造まで損傷が生じにくいことから、グリーンコンポジットを高強度にできる強化材の可能性が大きい。

謝辞

本研究では、神奈川大学の竹村兼一先生、松本毅直先生からご高配を賜りましたこと、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) B. Ren, T. Mizue, K. Goda and J. Noda, *Compos. Struct.*, 94, pp.3457-3464, 2012.
- 2) JEC Composite HP, <http://www.jeccomposites.com/knowledge/international-composites-news/lina-bio-composite-based-car-pla-honeycomb-sandwich-design>.
- 3) H. Katogi, Y. Shimauro, K. Tohgo and T. Fujii, *Adv. Compos. Mater.*, 21, pp.1-10, 2012.
- 4) 加藤木秀章, 島村佳伸, 東郷敬一郎, 藤井朋幸, *日本複合材料学会誌*, 41, pp.25-32, 2015.
- 5) H.P.S.A. Khalil, A.H. Bhat and A.F. I. Yusra, *Carbohydr. Polym.*, 87, pp.963-979, 2012.
- 6) W. Gindl and J. Keckes, *Polym.*, 46, pp.10221-10225, 2005.
- 7) 平田利美, *木材学会誌*, 41, pp.879-886, 1995.

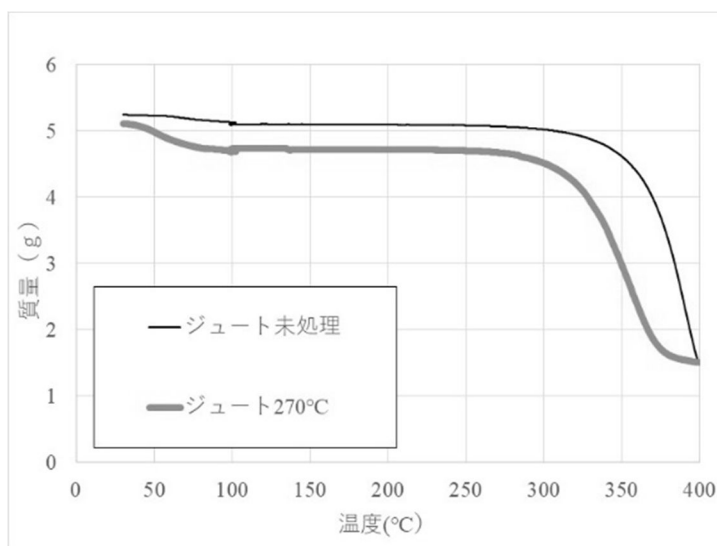


図1 ジュート麻繊維の TGA 曲線

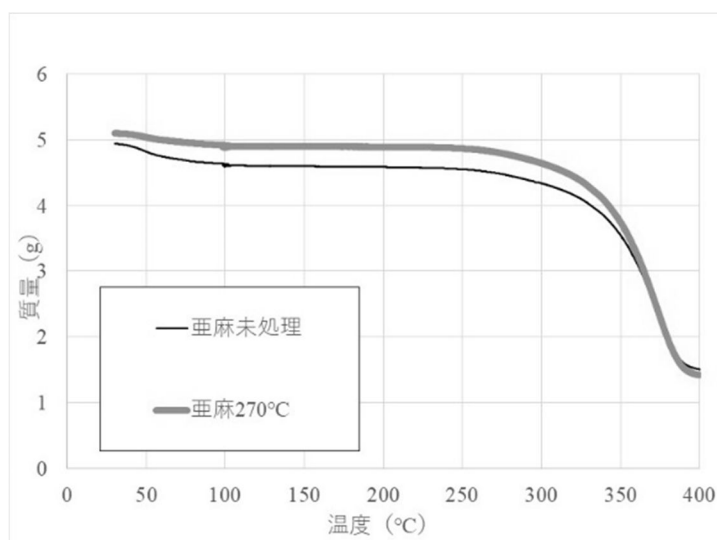


図2 亜麻繊維の TGA 曲線

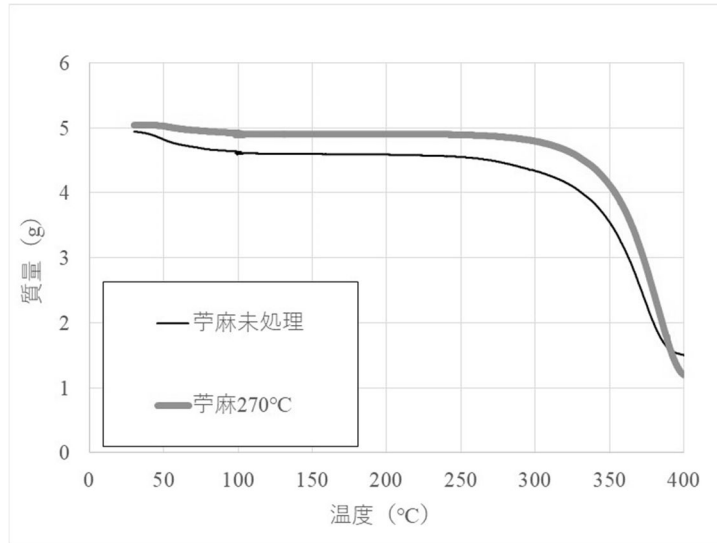


図3 苧麻繊維のTGA曲線

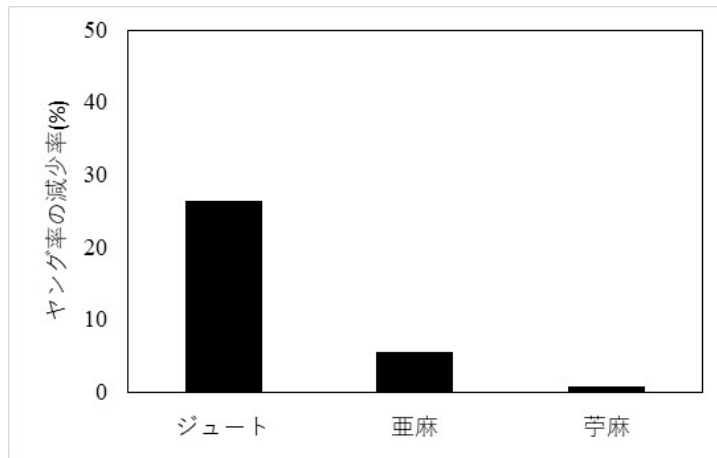


図4 加熱処理後の各繊維のヤング率の減少率

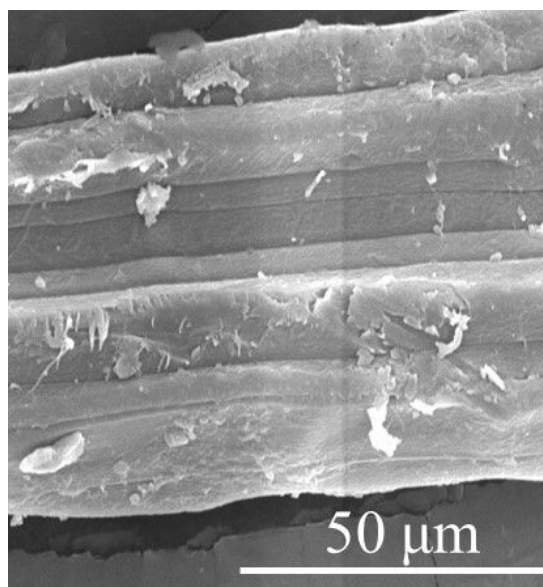


図5 加熱処理後のジュート麻繊維の表面

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加藤木秀章, 恒川弥子, 竹村兼一, 松本紘宜, 長坂司
2. 発表標題 加熱処理による麻繊維の分解挙動
3. 学会等名 2020年繊維学会年次大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----