

令和 4 年 9 月 1 日現在

機関番号：87104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K02388

研究課題名(和文) ドライブプロセスを利用した繊維-蛋白質相互作用制御による低環境負荷な加工技術の開発

研究課題名(英文) Development of eco-friendly fiber-protein processing technology by controlling these interactions using dry process

研究代表者

堂ノ脇 靖巳 (Donowaki, Kiyoshi)

福岡県工業技術センター・その他部局等・専門研究員

研究者番号：80416528

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：繊維製品の快適性向上と低環境負荷な繊維加工技術の確立を目指して、化学繊維に蛋白質を効率的に固着・制御させる研究開発を行った。今までの研究成果である「ドライプロセスを用いて両方の高分子材料を改質することにより固着・接着を制御できる」を応用し、繊維加工浴中における化学繊維-蛋白質も最適なドライプロセス処理条件があり、相互作用が制御できると考えた。そこで、この仮説の実証、架橋反応を行う低環境負荷な繊維加工技術の開発を目的として実施した。

この結果、化学繊維と蛋白質をドライプロセスによって改質することにより蛋白質の固着量は向上・制御でき、さらに洗濯耐久性も向上することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界的に化学繊維が多くなる中、肌疾患を抱える方も多くなり、保湿機能のある蛋白質を必要量効率よく、できるだけ加工剤を少なくした加工方法が求められている。この成果は、無添加のドライプロセスで化学繊維と蛋白質の固着量を向上、制御できる。また、蛋白質の洗濯耐久性も併せて向上するため機能の維持にも好影響を与える。この方法は学術的にも新しく、快適性や加工条件の面でも社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)： Improving comfort of textile products and establishing fiber processing technology with low environmental impact was investigated. We had researched efficiently adhere and control proteins with moisturizing functions to chemical fibers. As a result, it was clarified that the amount of protein adhered to chemical fibers can be increased and controlled by dry processes conditions, and the washing durability was also improved.

研究分野：繊維化学

キーワード：繊維加工 ドライブプロセス プラズマ コラーゲン

1. 研究開発当初の背景

世界の繊維構成比は化学繊維が70%以上を占め、今後も増加すると予想されている。一方、化学繊維は皮膚に対する悪影響が懸念されており¹⁾、快適性向上のために極端なpH変化を阻害する両性化合物で、保湿性などの機能を有する蛋白質の加工が行われており、今後も必要な繊維加工技術であると言える。

2. 研究の目的

今までの研究成果²⁾から「ドライプロセスを用いて両方の高分子材料(化学繊維、蛋白質)を改質することにより固着・接着を制御できる」成果に着眼し、繊維加工浴中における化学繊維-蛋白質相互作用においても最適なドライプロセス処理があり、これらの条件によって相互作用が制御できると考えた。そこで、この仮説の実証と、無添加で相互作用制御を行い、効率の良い架橋反応を行う低環境負荷な繊維加工技術の開発を目的として研究を行った。

本報告では、化学繊維と蛋白質の相互作用や固着については特許出願内容に抵触するため公開を延長し、化学繊維表面改質の効果を評価するために、イオン性の異なる染料との染着性について調査した結果を報告する。

3. 研究の方法

検討した化学繊維は反応性が乏しいポリプロピレン(PP)とポリエステル(PET)を用いて行った。PPは(株)色染社製の染色試験用の生地を、PETは(一財)日本規格協会のJIS L 0803 準拠した染色堅ろう度試験用添付白布を用いた。ドライプロセスは(株)魁半導体製のガス導入型真空プラズマ装置 YHS-G を用い、標準空気(Air)、窒素(N₂)、30%水素(H₂)/N₂ ガスを用いて 50 Pa 真空中で表面改質を行った。表面観察の一つであるゼータ電位測定はマルバーン製の Zetasizer Nano ZS で平板セルにて測定した。

化学繊維の表面改質を確認するためにイオン性の異なる染料による染色を行った。染料は、図1に示すようにカチオン染料としてメチレンブルー(MB)を、アニオン染料としてインジゴカルミン(IC)を用いて、染料が0.1%水溶液となるように調整した浴中60、60分間処理した。なお、IC染色では1%となるように酢酸を添加した。これらの染色性は日本電色工業(株)製色差計NF-333を用いて未処理布との色差値E*で評価した。

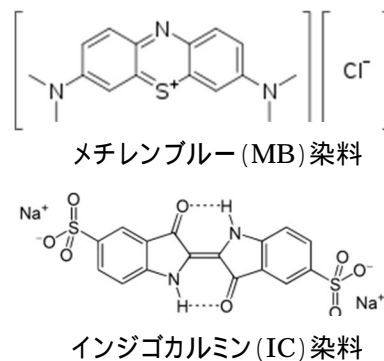


図1 使用した染料の構造

4. 研究成果

《化学繊維の表面改質による染色性》

化学繊維は各ガス中プラズマ処理を行い、それぞれの染料で染色した結果を図2、3に示す。最も染色性が大きかったのは、図3写真に示すPPにおける30%H₂/N₂ガス中プラズマ処理であり、未処理では撥水して1分処理でも全く染色できなかったが、5分処理で染色できるようになり、15分処理でIC染色性が最も大きくなり、30分処理では低下した。続いてN₂、Airガスの順で染色性が良かった。表1に各ガス種で処理した化学繊維のゼータ電位測定結果を示す。この結果は中性pH中で測定した結果であるが、30%H₂/N₂は-50mVから-38mVへカチオン側にシフトしていることから、PP表面のカチオン化が染色性向上の原因であると考えられる。一方、MB染色では

逆に Air が最も染色性が高く、表 1 の結果 (-50 から-73mV) から PP 表面のアニオン化が原因であると考えられる。その他の窒素ガスでは、30% H_2/N_2 、 N_2 の順に染色でき、プラズマ処理時間でも大きな変化は見られなかった。このように同じ PP 繊維でもガス種を変えたプラズマ処理で、イオン性の異なる染料に対する染色性が大きく反転することが明らかとなった。

表 1 各種ガス中 15 分間プラズマ処理した繊維のゼータ電位値(mv)

| 繊維 | 未処理 | ガス種 | | |
|-----|-------|-------|-------|---------------|
| | | Air | N_2 | 30% H_2/N_2 |
| PP | -50.6 | -72.7 | -73.5 | -37.8 |
| PET | -101 | -76.3 | -101 | -56.9 |

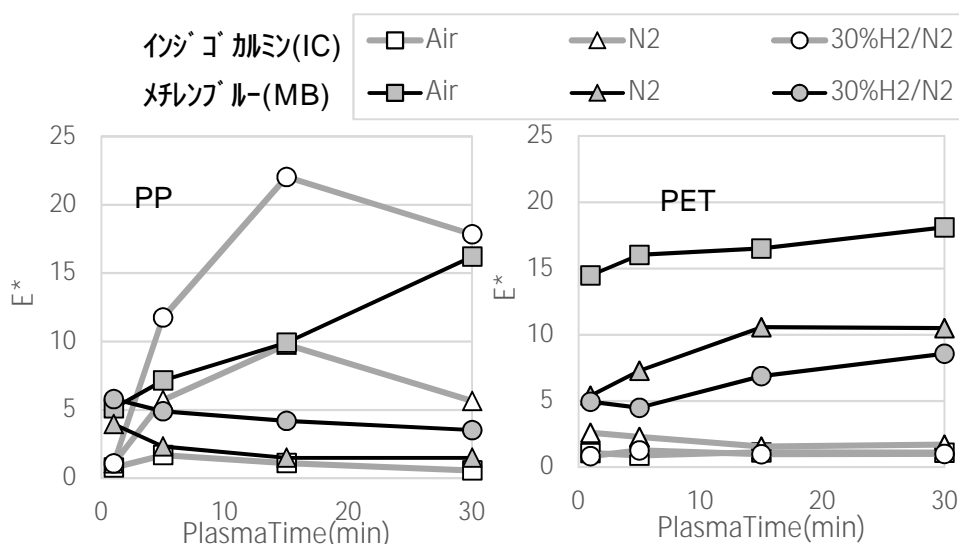


図 2 ポリプロピレン(PP)とポリエステル(PET)の各種ガス中プラズマ処理時間に対するインジゴカルミンとメチレンブルーの染色性

30% H_2/N_2 PP-MB 染色



Air PP-MB 染色



図 3 30% H_2/N_2 中プラズマ処理した PP のインジゴカルミン(IC)染色(左写真)、および Air 中処理した PP のメチレンブルー(MB)染色(右写真)(それぞれ、左から 1、5、15、30 分処理)

一方、PET では IC 染色性は全く見られず、MB でもプラズマ処理依存性を観測できたが、その変化量は PP よりも小さかった。染色性は Air、 N_2 、30% H_2/N_2 の順であったが、未処理 PET のアニオン性が大きく、イオン性よりも親水性が向上したことによる染色性の向上であると考えられる。

5 おわりに

化学繊維に各種ガス中プラズマ処理を行うことによってイオン性の異なる染料との染着性を制御できることが明らかとなった。表面物性は既報^{3)、4)}から、酸素、30% H_2/N_2 ガス中プラズマ処理

により O や NH 量の増大が観測されており、これらの原子に基づく官能基の導入で表面電位が変化し、染着性が異なると考えられる。特に、PP は PET よりもプラズマ処理効果が大きく、表面電位のみでは説明がつかなかった。

参考文献

- 1) 水谷千代美ら，染色化学討論会発表要旨集，22-23(2017)
- 2) 堂ノ脇ら「接着剤・接着技術の動向 紫外線を用いた表面改質による異種樹脂材の接着」、JETI 66 巻 4 号、p88-91 (2018)。堂ノ脇「紫外線を用いた繊維および染料の表面処理による染着挙動」、福岡県工業技術センター研究報告 28 号 1-3 (2018)。
- 3) T. Salem, D. Pleul, M. Nitschke, M. Müller, F. Simon, Applied Surface Science 264, 286-296(2013).
- 4) J. Casimiro, B. Iepoittevin, C. Boisse-Laporte, M. Barthés-Labrousse, P. Jegou, T. Brisset, P. Roger, Plasma Chem Plasma Process, 32, 305-325(2012).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| 1. 著者名 堂ノ脇 靖巳 | 4. 巻 31 |
| 2. 論文標題 繊維に加工したコラーゲンの定量分析 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 福岡県工業技術センター研究報告 No.31(2021) | 6. 最初と最後の頁 1-3 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|---|
| ドライプロセスを利用した相互作用制御による繊維-蛋白質加工技術の開発 http://www.fitc.pref.fukuoka.jp/kenkyu/gyomu/r01/r01_02.pdf |
|---|

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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|