

学位論文の審査結果の要旨

近年のバイオマスへの関心と呼応し、繊維材料の分野でもこれまで一般的には利用されてこなかった天然繊維材料の見直しが進んでいる。竹はアジアを中心に植生が広く分布し、また成長が比較的早いことから有用なセルロース原料として日本や中国、台湾などで研究開発が進んでいる。竹の繊維化については、竹からセルロースを溶解パルプとして抽出し湿式紡糸等で紡糸する方法などが開発されている。竹繊維は良好な吸水性や透過性、良染色加工性を有するが、一方で紫外線遮蔽能が弱い。また原料の竹自体は元来抗菌性を有しているが、竹パルプから紡糸加工した繊維は抗菌性を失っており、製品用途によってこれらの改善が必要となる。

本学位論文は、竹パルプ繊維に銀、および酸化亜鉛のナノ粒子を効果的に導入するための技術、およびこれにより発現する紫外線防御性能、および抗菌性能について実証実験を行っており、それらの研究をまとめたものである。全体は以下の6章から構成されている。第1章は緒言として、竹繊維の再生繊維技術について述べると共に、多分岐高分子 (hyperbranched polymer) の概要と合成法、特性、応用について概観している。さらにナノパーティクル (ナノ粒子) を用いた繊維の表面修飾 (機能加工) について、自己洗浄性能 (撥水性) や抗菌性、紫外線防御性、導電性を中心に概観している。第2章では、硝酸銀と RSD (多価アミン化合物) を用いて竹繊維を処理することにより、サイズの制御された銀ナノ粒子を析出させる技術について述べると共に、その抗菌性能に関する評価結果を示している。竹繊維表面上に生成された銀ナノ粒子は TEM により確認されており、粒子径は硝酸銀の濃度によって平均 6nm~25nm に変化することが示されている。また抗菌性については、黄色ブドウ球菌、および大腸菌により評価し高い抗菌性を得ており、またこの性能は洗濯を繰り返しても減衰がほとんどないことが確認されている。第3章では、硝酸亜鉛と RSD を用いることにより、酸化亜鉛ナノ粒子を析出する技術について述べると共に、この処理による紫外線防御性能について評価を行っている。本処理により析出する粒子は、径が 150nm 長さ 600nm の棒状を有していることが TEM、および SEM で観察されている。紫外線防御性能については、酸化亜鉛ナノ粒子を繊維表面に析出させることにより波長 250~370nm の UVB、および UVA 領域に対して共に効果があることが示されている。また 20 回の洗濯処理によっても紫外線防御性能はほとんど変化がなく、洗濯堅牢度も高いことが示されている。第4章では、竹繊維を硝酸亜鉛と HSDA (多価アミン多分岐高分子) を用いて処理することにより、第3章と同様に酸化亜鉛ナノ粒子を析出させる技術について提案を行っている。HSDA は構造の異なる2つの多分岐高分子を提案している。第5章では、硫酸亜鉛と HSDA を用いて酸化亜鉛ナノ粒子を析出させた竹繊維の抗菌性能と紫外線防御性能の評価結果について示している。酸化亜鉛ナノ粒子の生成法については、in-situ 法と浸漬法の2種類を実験しており、酸化亜鉛ナノ粒子の生成および繊維表面へのコーティングのメカニズムについても説明を行っている。

以上のように、本学位論文は、多分岐高分子を用いたナノ粒子生成反応をベースとし、粒子の凝集や粒子径制御、竹セルロース表面への固定化など網羅的な機能加工技術と共に、処理布の抗菌性能評価、紫外線防御性能評価、洗濯堅牢度実験における良好な結果 (効果) を提示している。ナノ粒子による繊維の機能化に関する新規で重要な学術的知見が含まれており、博士 (工学) の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

公表主要論文名

1. G.Y. Zhang, H. Lin, H. Morikawa, M. Miura, In-situ Growth of ZnO Particles on Bamboo Pulp Fabric and Its Anti-UV Property, *Fibers and Polymers*, Vol. 14, No. 11, pp. 1803-1807, (2013).
2. G.Y. Zhang, H. Morikawa, Y. Y. Chen, M Miura, In-situ synthesis of ZnO nanoparticles on bamboo pulp fabric, *Materials Letters*, Vol. 97, pp. 184-186, (2013).
3. G.Y. Zhang, Y. Liu, H. Morikawa, Y. Y. Chen, Application of ZnO nanoparticles to enhance the antimicrobial activity and ultraviolet protective property of bamboo pulp fabric, *Cellulose*, Vol. 20, pp. 1877-1884, (2013).