

学位論文の審査結果の要旨

合成繊維の高機能化が進む中、天然繊維についても今後のさらなる用途展開を目途とした高度な機能加工が希求されている。抗菌機能についてはメディカルやヘルスケア分野、スポーツウェア等で重要性を増しており、数多くの研究が進められている。現在、抗菌性付与技術は主として銀ナノ粒子を用いたものが多いが、コーティング表面の安定性・品質や摩擦・洗濯堅牢性の問題、さらに塗布加工工程における排水の問題など多くの課題を伴っており、これらの改善が必要とされている。

本学位論文は、シルクや綿などの天然繊維表面に銀ナノ粒子、酸化鉄ナノ粒子、酸化チタンナノ結晶を効率的・効果的に付与するために、自己組織化技術を用いた超分子化合物による繊維表面加工法についてまとめたものであり、上述の諸課題の改善・解決を図るための技術として有用と考える。学位論文は以下の5章から構成されている。第1章は緒言として、抗菌性を有する天然繊維材料の用途・重要性、抗菌性付与のためのさまざまなナノマテリアルに関する既存技術および諸課題について概観した上で、新たな抗菌性付与技術の設計指針を示している。第2章では、多分岐型オリゴマーである hyperbranched poly(amide-amine) (HBPA) を複合化した銀ナノ粒子 (以下、HBPA/AgNPs) を、シルク、綿、およびアルギン酸カルシウム繊維表面に担持させる実験を行っている。得られた物質および加工表面の特性を分析すると共に、化学的安定性や抗菌性評価試験を行い良好な結果を得たことを示している。第3章では、hyperbranched poly(amide-amine) (HBPA) で処理をしたシルク繊維表面上に hyperbranched poly(amide-ester) (HBPAE) を複合化した銀ナノ粒子 (以下、HBPAE/AgNPs) を合成することで、強固かつ高効率に担持させる技術について検討している。第4章では、HBPA/AgNPs と HBPAE/AgNPs の両者を複合的に担持させる手法について検討することで、固定化が比較的困難な綿繊維表面に強固な結合をつくることを可能とし、最終的に高い抗菌性が確認されている。第5章では同様の技術を応用して、HBPA/AgNPs で加工したシルク繊維表面上に酸化鉄ナノ粒子を層状にコーティングする技術について述べている。また導電性に関する評価を行い、良好な結果を得ている。一方、超分子自己組織化技術によって酸化チタンナノ結晶を綿繊維表面に担持する実験も行っており、得られた繊維の紫外線遮蔽効果についても評価している。第2章から第5章の各章では、得られた物質の構造および繊維表面の特性などについて FESEM, TEM, FTIR, XRD, XPS, VSM 等で詳細な分析・考察を重ねると共に、各プロセスのメカニズムについても検討・説明がなされている。

以上のように、本学位論文は、シルクや綿などの天然繊維に抗菌性等を付与するため、超分子化合物を自己組織化する技術を用いて銀ナノ粒子や酸化鉄ナノ粒子、酸化チタンナノ結晶を繊維表面に修飾する方法を開発し、その構造や性能評価結果をまとめたものであるが、論文は天然繊維表面の水酸基やカルボキシ基にあわせて繊維表面と強固で緻密な機能加工、多様な機能加工を実現していること、また抗菌性だけでなく磁性や紫外線遮蔽性能の付与等についても検討していることなどから、技法の学術的価値と共に実用面・応用面でも有用な知見を得ており、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. Sijun Xu, Feng Zhang, Jiangchao Song, Yuki Kishimoto, Hideaki Morikawa, Preparation of silver nanoparticle-coated calcium alginate fibers by hyperbranched poly(amidoamine)-mediated assembly and their antibacterial activity, *Textile Research Journal*, 86, pp. 878-886, (2016).
2. Sijun Xu, Jiangchao Song, Hideaki Morikawa, Yuyue Chen, Hong Lin, Fabrication of hierarchical structured Fe₃O₄ and Ag nanoparticles dual-coated silk fibers through electrostatic self-assembly, *Materials Letters*, 164, pp. 274-277, (2016).
3. Sijun Xu, Siyu Chen, Feng Zhang, Chenlu Jiao, Jiangchao Song, Yuyue Chen, Hong Lin, Yasuo Gotoh, Hideaki Morikawa, Preparation and controlled coating of hydroxyl-modified silver nanoparticles on silk fibers through intermolecular interaction-induced self-assembly, *Materials & Design*, 95, pp. 107-118, (2016).
4. Sijun Xu, Feng Zhang, Chenlu Jiao, Siyu Chen, Hideaki Morikawa, Yuyue Chen, Hong Lin, Poly(amidoamine)-mediated self-assembly of hydroxyl-modified anataseTiO₂ nanocrystals on cotton fabric, *Japanese Journal of Applied Physics*, 55(6S1), 06GH02, (2016)