

学位論文の審査結果の要旨

本論文は、生物医学および繊維応用のためのナノファイバー複合材料の製造に関する研究をまとめたものである。

第1章ではナノファイバーの全体的な紹介で用途などについてまとめ、これからナノファイバーが行く道を示した点で意義がある。

第2章では Honey と Poly (1, 4 cyclohexane dimethylene isosorbide trephthalate) を用いて電界紡糸方法を利用し、ナノファイバーを作製、その特性を調べたことで、これはナノファイバーの新たな用途開発として全く今まで使われたこともない蜂蜜を使い、抗菌性などに及ぼす影響をまとめたことである。ここで本研究から明らかにしたのはナノファイバーの表面構造が抗菌性に影響を及ぼしていることであり、その意義は高く評価する。

第3章では ZnO ナノ粒子を poly (1, 4-cyclohexanedimethylene isosorbide terephthalate) ナノファイバーに混合し、ナノ繊維の自己洗浄効果を明らかにしたことであり、ナノファイバーのセルフクリーニングに関する報告としては初めての事である。その結果、ZnO ナノ粒子は高非表面積を持つナノファイバーにより効果があることを明らかにしたのでその学問的な価値は高い。

第4章ではPVA ナノファイバーに ZnO 以外に TiO₂ を混合することによってナノファイバーのセルフクリーニング特性を調べたことであり、これらの研究も世界的に初めてのトライである。この研究から混合ナノ粒子は ZnO 単独ナノ粒子よりセルフクリーニング性の向上に効果があることを明らかにした。

第5章では PVA/ZnO ナノファイバーを作製し、医療分野の用途として手術着用途の衣服を試したことで衣服としてナノファイバーの実用性を図ったことから各門的な観点以外に産業用のものづくりとして意味は高い。

第6章では第6章には、PVP と Au ナノ粒子を用いて、神経科学分野における軸索のナノファイバー応用に関するデータが含まれている。生体適合性と軽量性を得るためにナノファイバーを足場として使用し、足場材の候補材料としてナノファイバーの優位性をアピールしたことで医療分野の観点から高く評価する。

第7章には、血管への応用に向けた二重ネットワークを持つ足場に関する可能性を調べたことであり、特に PVA および P I C T でコーティングされたナノファイバーをベースにしたチューブを用いたことは非常に意味がある。その中では足場に毒性がなく、そして良好な細胞接着および増殖特性があることを示した分析も述べられた。また、PVP と Au ナノ粒子を用いた神経科学分野における軸索のナノファイバー応用に関するデータも非常

に高い学術的な意味を持つ。

第 8 章では 抗菌用途のためにセルロースアセテートに SSD を混合するといった新材料を用いてナノファイバーを作製し、SSD の役割として陰性菌の抑制に非常に効果があるとの結果を発表したことは学問的にも意味が高い。

第 9 章では 抗菌用途のためにナノファイバーに Cu ナノ粒子を混合した CA ナノファイバーを作製し、生物医学的用途を目的とした Cu ナノ粒子の充填方法を調べたのは学術的な意味は高い。

当申請者は 2 年の短期終了の対象者で講座の選考基準は 4 本の論文(うち 3 本筆頭著者)掲載または受理されていることであるが既に 7 本の論文を掲載(全て筆頭著者)し、条件は満足している

以上のことから、本論文は、ナノファイバーの医療分野と新たな用途開発のために数多くの実験を行いこれからのナノファイバーの新たな分野を開くためにいろいろな新たなデータを示したことから非常に高い学術的な価値を有している。以上のことから、本論文は学位論文として十分に認められるものと判断した。

公 表 主 要 論 文 名

1. Muhammad Qamar Khan, Hoik Lee, Zeeshan Khatri, Davood Kharaghani, Muzamil Khatri, Takahiro Ishikawa, Seung-Soon Im, Ick Soo Kim. Fabrication and characterization of nanofibers of Honey/Poly (1, 4 cyclohexane dimethylene isosorbide terephthalate) by Electrospinning. Materials Science and Engineering: C. 2017. 81, 247-251.
(<https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.08.011>)
2. Muhammad Qamar Khan, Hoik Lee, Jun Mo Koo, Zeeshan Khatri, Jianhua Sui, Seung Soon Im, Chunhong Zhu, Ick Soo Kim. Self-cleaning effect of electrospun poly (1, 4-cyclohexanedimethylene isosorbide terephthalate) nanofibers embedded with zinc oxide nanoparticles, "Textile Research Journal. 2017. 88, 21, 2493-2498.
(<https://doi.org/10.1177%2F0040517517723026>)
3. Muhammad Qamar Khan, Davood Kharaghani, Sana Ullah, Muhammad Waqas, Abdul Abbasi, Yusuke Saito, Chunhong Zhu, Ick Soo Kim. Self-Cleaning Properties of Electrospun PVA/TiO₂ and PVA/ZnO Nanofibers Composites. Nanomaterials. 2018. 8, no. 9: 644.
(<https://doi.org/10.3390/nano8090644>)

4. Muhammad Qamar Khan, Davood Kharaghani, Nazish Nishat, Takahiro Ishikawa, Sana Ullah, Hoik Lee, Zeeshan Khatri, Ick Soo Kim. The development of nanofiber tubes based on Nanocomposites of Polyvinylpyrrolidone incorporated gold nanoparticle (PVP/Au) as scaffold for neuroscience application in Axon. *Textile Research Journal*. 2018. (0040517518801185).
(<https://doi.org/10.1177%2F0040517518801185>)
5. Muhammad Qamar Khan, Davood Kharaghani, Nazish Nishat, Sanaullah, Amir Shahzad, Yuma Inoue, Ick Soo Kim. In-Vitro Assessment of Dual-Network Electrospun Tubes from Poly (1, 4 Cyclohexane Dimethylene Isosorbide Terephthalate)/PVA Hydrogel for Blood Vessel Application. *Journal of Applied Polymer Science*. 2018.135. 47222.
(<https://doi.org/10.1002/app.47222>)
6. Muhammad Qamar Khan, Davood Kharaghani, Nazish Nishat, Tanveer Hussain, Sanaullah, Muhammad Waqas, Ick Soo Kim. Preparation and Characterizations of Multifunctional PVA/ZnO Nanofibers Composite membranes for Surgical Gown Application. *Journal of Materials Research and Technology*. 2018. (10.1016/j.jmrt.2018.08.013).
(<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.08.013>)
7. Muhammad Qamar Khan, Davood Kharaghani, Sanaullah, Amir Shahzad, Y. Saito, Yamamoto T, Ogasawara H, Ick Soo Kim. Fabrication of antibacterial electrospun cellulose acetate/silver-sulfadiazine nanofibers composites for wound dressings applications. *Polymer Testing*. 2019;74:39-44.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941818316945>)