

	ごとう たくま
氏 名	後藤 卓真
学位(専攻分野)	博士(学術)
学位記番号	博甲第 527 号
学位授与の日付	平成 21 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 3 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイプロ科学専攻
学位論文題目	ナノファイバー集合体の吸着特性に関する研究
審査委員	(主査)教授 鋤柄佐千子 教授 濱田泰以 教授 篠田雅彦 特任教授 佐藤昌憲 准教授 小滝雅也

論文内容の要旨

本論文では、ナノファイバー集合体の大きな比表面積に起因する「吸着能」、ポーラスな構造に起因する「光・液体透過性」を利用したナノファイバー集合体の赤外分光分析用試料保持基体への応用を提案し、それを検証するための基礎的検討を行なった。具体的には、ナノファイバー集合体の吸着特性に及ぼす(1)モルフォロジーの影響、(2)溶質分子の官能基の影響、(3)溶媒特性の影響について検討を行った。さらに、ナノファイバー集合体の吸着特性を向上させることを目的とした、ナノファイバー表面への官能基の導入手法を検討した。以下に本論文の構成と主な結果をまとめた。

第 1 章では、緒論として、ナノファイバー技術とその研究動向、および吸着の原理についてまとめ、本研究の目的と意義を述べた。

第 2 章では、ナノファイバー集合体を赤外分光法へ応用するための手法を提案し、そのコンセプトの妥当性を検証した。すなわち、ポリアミド 66 (PA66) を用いたナノファイバー集合体を作製し、水溶液中の溶質分子の定性・定量分析を試みた。その結果、赤外分光法により、PA66 ナノファイバー集合体への溶質分子の吸着量を定量的に測定できることを明らかにした。

第 3 章では、PA66 よりさらに高い赤外光透過率を有するポリアクリロニトリル (PAN) ナノファイバー集合体の吸着特性に及ぼすモルフォロジー (纖維径、膜厚) の影響を検討した。その結果、纖維径の減少にともない、赤外光透過率、比表面積が増加し、赤外分光法により計測される吸着量が増加することが示された。加えて、膜厚の増加にともなう吸着量の増加が示されたことから、吸着特性はナノファイバー集合体の総表面積にも依存することが明らかになった。

第 4 章では、PAN ナノファイバー集合体の吸着特性に及ぼす溶液 (溶媒および溶質) の影響を明らかにするために、異なる官能基を有する 4 種類のモデル物質 (溶質) を用いて、赤外分光分析による定性・定量分析を行った。その結果、PAN ナノファイバー集合体は、ヒドロキシル基を有する溶質分子を吸着せず、官能基を持たない溶質分子を選択的に吸着することが示された。これは、両溶質分子の混合溶液の吸着実験において、一方が選択的に吸着されることにより実証された。

第 5 章では、水との親和性の高いヒドロキシル基を有する溶質分子の吸着を目的に、複合化技術を用いて PAN ナノファイバー表面にアミノ基を導入する手法を検討した。その結果、アミノ基

を有するシランアルコキシド（APES）を複合化したナノファイバーは芯鞘構造を有し、鞘部にシリカ相、すなわちアミノ基が存在することがわかった。さらに、吸着特性を評価した結果、APES 基複合ナノファイバー集合体は、ヒドロキシル基を有する溶質分子を吸着できることが明らかとなつた。このことは、官能基を持たないシランアルコキシド（OTMS）を複合化したナノファイバーとの比較により、APES が持つアミノ基に起因していることが検証された。

第 6 章では、PAN/シリカ複合ナノファイバーの力学特性に及ぼすシランアルコキシド含有率の影響について検討した。その結果、シランアルコキシド含有により引張弾性率および引張強度が低下したもの、その低下率はナノファイバー集合体のハンドリング性に影響を与えるほどではないことがわかった。

第 7 章では、溶質分子の官能基の有無に関わらず、物質を吸着可能な赤外分光分析用試料保持基体の作製を目的に、レイヤースピニング（2段階型）およびデュアルスピニング（2軸同時型）の 2 つの方法により複合ナノファイバー集合体の作製を試みた。さらに、複合ナノファイバー集合体の吸着特性を評価しその実用性を検討した。その結果、ヒドロキシル基の有無に関わらず、溶質分子の吸着が示されたことから、複合ナノファイバーの赤外分光分析用試料保持基体としての有用性が検証された。

第 8 章では、本論文で得られた結果を総括し、結論とした。

論文審査の結果の要旨

本論文では、ナノファイバー集合体の大きな比表面積に起因する「吸着能」、ポーラスな構造に起因する「光・液体透過性」を利用したナノファイバー集合体の赤外分光分析用試料保持基体への応用を提案し、それを検証するための基礎的検討を行なっている。具体的には、ナノファイバー集合体の吸着特性に及ぼす（1）モルフォロジーの影響、（2）溶質分子の官能基の影響、（3）溶媒特性の影響について、ナノファイバー集合体の表面特性との関係を含めて明らかにした。さらに、ナノファイバー集合体の吸着特性を向上させることを目的としたナノファイバー表面への官能基を導入するための新規な手法を提案したことが本論文の特長である。

ナノファイバーの吸着特性は、（A）「ナノファイバーと溶質分子」の親和性、（B）「ナノファイバーと溶媒」の親和性、および（C）「溶質分子と溶媒」の親和性の関係、すなわち、親和性（A）が親和性（B）および（C）よりも如何に高いかにより決定されることを示した。親和性（A）を高める手法として、アミノ基を有するシリカ相を鞘材とする芯鞘構造ナノファイバーを作製する技術を確立したことは評価できる。また、ナノファイバー集合体の複合化により、溶質分子の官能基の有無に依存することなく、溶質分子を吸着できることを実証した。本論文で得られた成果は、纖維集合体の吸着特性に及ぼすサイズ効果に関する理解に貢献するとともに、ナノファイバーに機能性を付与するための技術の確立、およびナノファイバーの特徴を活かした用途展開という観点においても貢献するものと考えられる。

本論文の基礎となっている学術論文は、レフェリー制度の確立した雑誌に 4 篇が報告されている。全て申請者が筆頭著者である。

- 1) 後藤卓真、小滝雅也、佐藤昌憲、鋤柄佐千子、6,6 ナイロン・ナノファイバー集合体の赤外分光法による吸着特性評価、纖維学会誌、64 (3), 67-73 (2008).
- 2) 後藤卓真、小滝雅也、佐藤昌憲、鋤柄佐千子、ポリアクリルニトリル・ナノファイバー集合体を用いた赤外分光分析、纖維学会誌、64 (1), 15-19 (2008)
- 3) Takuma Goto, Masaya Kotaki, Frank. K. Ko, Morphology and Properties of Silica-Based Composite Nanofibers, Design, Manufacturing and Applications of Composites, Proceedings of the Seventh Joint Canada-Japan Workshop on Composites, 75-80 (2008)
- 4) Takuma Goto and Masaya Kotaki, Adsorption properties of PAN nanofiber assemblies evaluated by Infrared Spectroscopy, International Journal of Electrospun Nanofibers and Applications (submitted).

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに学術的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。