

研究助成研究成果報告書

令和 6 年 4 月 30 日

公益財団法人江野科学振興財団
理事長 江野 眞一郎 殿

貴財団より助成のありました研究の成果について下記のとおり報告します。

申請者名

守谷（森棟） せいら



記

1.研究課題名

和 文

カーボンナノチューブの表面改質と高性能ポリウレタンナノ複合材料の開発

英 文

Surface Modification of Carbon nanotubes and Development of High Performance Polyurethane nanocomposites

2.申請者名(代表研究者)

氏 名 守谷（森棟） せいら	ローマ字表記 Seira Morimune-Moriya
所属大学・機関名 中部大学	英訳表記 Chubu University
学部・部課名 工学部・応用化学科	英訳表記 Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering
役職名 講師	英訳表記 Senior assistant professor

3.共同研究者（下段 英訳表記）

氏 名	所属機関名・学部名・役職
(氏 名)	
(英訳表記)	(英訳表記)
(氏 名)	
(英訳表記)	(英訳表記)
(氏 名)	
(英訳表記)	(英訳表記)
(氏 名)	
(英訳表記)	(英訳表記)

4.英文抄録（300 語以内）

In recent years, much research has been conducted on polymer-based nanocomposites using nanocarbons as fillers. However, nanocarbons easily form agglomerates in polymer matrices due to van der Waals forces. Since the interfacial area was decreased by the agglomeration, the reinforcement effects of nanocarbons drastically reduced. In this study, we conducted surface modification of carbon nanotubes (CNTs) and introduced isocyanate groups by plasma treatment under nitrogen/carbon dioxide atmosphere. We prepared polyurethane (PU) nanocomposites with non-treated CNTs (nCNTs) and plasma-treated CNTs (pCNTs) and then investigated their structures and properties.

The structural studies reveals that the transparency of the nanocomposites with pCNTs is higher than that of nCNTs, indicating that the dispersibility was improved by the plasma treatment. FTIR spectra showed that the interfacial interactions of urethane bonds were generated between PU and pCNTs.

The PU/CNTs nanocomposites showed significant improvement in the mechanical properties, thermal resistance and wear resistance at low content. Compared to the nanocomposites with nCNTs, the nanocomposites with pCNTs showed superior performances. For example, the Young's modulus increased from 389 MPa to 591 MPa and 554 MPa by the addition of only 0.03 wt% of pCNTs and nCNTs, respectively. The thermal decomposition temperature of PU/pCNTs nanocomposite (0.3 wt%) was 6 °C and 13 °C higher than that of PU/nCNTs nanocomposite (0.3 wt%) and PU, respectively. In addition, the remarkable improvement in wear resistance by the incorporation of pCNTs was revealed, while it decreased by the incorporation of nCNTs due to the poor interfacial interactions. The high dispersibility and the strong interfacial interaction in the PU/pCNTs nanocomposites achieved to exploit the strong reinforcement effects derive from the rigid backbone of CNTs structure.

5.研究目的

高分子ナノ複合材料において、物性発現の鍵を握るのは、フィラーの分散性と高分子と接する界面での相互作用である。フィラーがナノ次元で分散すると界面積が増大し、かつフィラーと高分子との間に相互作用が働くことで、フィラーの優れた物性が効率的に材料全体へと引き出される。その結果、ごく少量のフィラー添加により、諸物性が飛躍的に向上する。カーボンナノチューブ（CNTs）やグラフェンをはじめとするナノカーบอนは、その優れた特性により高分子系ナノ複合材料のフィラーとして注目されている。しかし、一般に、ナノカーบอนはファンデルワールス力により高分子中にて凝集する傾向にあり、さらに表面が不活性であることから高分子との界面相互作用が得られない。高分子中におけるナノカーบอนの分散性および界面相互作用の改善にはナノカーบอน表面の化学構造が重要な役割を担う。

本研究では、ポリウレタン（PU）由来の透明性や柔軟性を残したまま、CNTs の特性を付与し、これまでにない強靱な導電性 PU ナノ複合材料を創製することを目的とした。プラズマ処理による効率的な CNTs 表面改質を行い、CNTs 表面にイソシアネート基を導入した。プラズマ処理を施した CNTs (pCNTs) 存在下で PU 合成を行う *in-situ* 重合により、pCNTs が PU 中にて高分散するだけでなく、pCNTs 表面のイソシアネート基とポリオールが共有結合を形成し、PU と CNTs との界面にて強固な相互作用が働く。したがって、極少量の CNTs 添加により、導電性の他、強靱性、耐熱性、熱膨張性などが飛躍的に増加すると同時に、伸縮や曲げを繰り返しても導電性を保持することが可能な構造となる。すなわち、最小限の添加量で PU と CNTs 両者の優れた物性を最大限に引き出すことができる。本材料は、フレキシブルディスプレイなどの次世代エレクトロニクス、メディカルロボティクスなど、さまざまな分野への応用ができ、これからの社会を支える重要な材料となる。

6.研究内容及び成果の本文

別紙に作成添付してください。(冒頭に所属、氏名、研究課題を記載ください)

7.今後の研究の見通し

本研究においては、プラズマ処理の容量に制限があったため、イソシアネート分散を用いた *in-situ* 重合により作製したナノ複合材料においては、PU への CNTs 充てん率が極めて少量 (<0.05 wt%) となった。力学物性や耐熱性においてはごく少量充てんによっても大きな向上が見られたものの、電気特性においては効果がほとんど得られなかった。そこで、トルエン分散を用いた *in-situ* 重合を行うことにより充てん率を増加させたものの (<0.5 wt%)、導電率測定装置の不具合から導電率測定を行うことができなかった。

現在、導電率測定装置の修理と同時に、プラズマ処理の容量を増加させるために、チャンバーの拡大を試みている。チャンバー容量が変化することによって修飾率等が変化する可能性があることから、プラズマ処理条件の最適化を行う。充てん率をより幅広く変化させた PU/CNTs ナノ複合材料の合成を行い、優れた力学物性、耐熱性と同時に電気伝導率を有する強靱な PU 材料の開発を行う。

8.本助成金による主な発表論文、著書名

論文執筆中

[注1] 本報告書は、助成金を受けた翌年9月末までに必ず提出してください。

[注2] (お願い)印刷物の郵送と電子媒体の添付ご提供をお願いします。インターネットメールでの送付を歓迎します。<E-Mail: enozaidan@kokoku-intech.com>

[注3] この報告書を当財団のホームページに掲載させていただきますので、予めご了承ください。