

氏名(本籍・生年月日) 犬飼茂樹(愛知県 昭和56年12月20日)
学位の種類 博士(工学)
学位記番号 乙第239号
学位授与の日付 平成28年3月20日
学位授与の要件 信州大学学位規程 第5条第2項該当
学位論文題目 カーボンナノチューブによる熱可塑性樹脂
ナノコンポジットの高機能化に関する研究
論文審査委員 主査 准教授 竹内健司 教授 橋本佳男
教授 林卓哉 准教授 村松寛之
教授 中嶋健(東京工業大学)

論文内容の要旨

昨今、エネルギーの問題から、様々な分野において軽量化が叫ばれている。将来的には全ての産業は重量半減を目指している。それには、金属の高分子化が不可避であり、樹脂がキーとなる。しかしながら、金属の代替化は強度、耐熱性など非常に問題が多い。また、樹脂とゴムとの組み合わせは加工面で難しい部分もある。より容易に加工できる材料として、熱可塑性エラストマー(TPE)がある。しかし、TPEの耐熱性の低さのために熱変形が大きいこと、および耐久性が低いという欠点があり、代替化はあまり進んではいない。熱可塑性樹脂およびTPEの技術革新による高性能化は、材料の軽量化が可能となり、低炭素化社会の実現にも貢献できる。

また、21世紀は水の世紀とも呼ばれており、水の確保は国際的な問題となっている。水の確保のために、海水の淡水化が行われてきた。海水の淡水化脱塩は効率が良い逆浸透膜法(RO法)が主流で、RO膜の素材はポリアミド(PA)が主流である。しかし、ポリアミドは有機材料であるためにロバスト性に劣るという欠点がある。RO膜の技術革新によりロバスト性を付与することで、水問題の緩和に貢献が可能となる。

カーボンナノチューブ(CNT)は、優れた力学的性質をはじめ、熱伝導率、導電率が高く、熱や薬品に強い化学的性質など極めて興味深い特性を有するため、複合材料のフィラーとしても非常に注目を集めるようになった。しかし、強い凝集性を示すCNTは、均一分散が難しいとされてきた。当研究グループは、エラストマーの独特の性質である粘性と弾性に極性やフリーラジカルの効果を利用した加工方法”弾性混練法”を開発し、CNTをマトリックスに均一分散ではなく、CNTを1本1本に解繊させた複合材を作製し、その複合材が非常に優れた特性を持つことを示した。その複合材が非常に優れた

特性を持つことを示した。さらに得られた知見を基にCNTとマトリックスが強固なナノ連続立体構造を形成するセルレーション理論の仮説を提案した。

そこで本研究はカーボンナノチューブ・セルレーションによる熱可塑性エラストマーの高機能化および高性能多機能逆浸透膜の開発を目的とする。

第1章では、本研究における背景および従来の研究の動向にふれながら、本研究の目的を述べる。

第2章ではカーボンナノチューブ(CNT)による熱可塑性エラストマー(TPE)の高機能化について研究する。MWCNTの複合化により、機械的特性および耐熱性の向上が認められた。耐熱性の向上は、高温での使用制限、永久ひずみが多いなどのTPEの大きな欠点を補う可能性を示唆でき、TPEの使用用途拡大が期待できる成果が得られた。

第3章では、CNT/TPE複合材の補強機構の解析を行う。第2章の得られた結果を踏まえた上で、CNTを低から高充てんしたTPE複合材を調製する。CNTの充てんによる各特性の変化および影響を把握し、得られた知見を基にセル構造形成メカニズムの模式化した。MWCNTと界面相で形成されると考えられる連続立体構造は非常に高い弾性率および耐熱性を有し、これがマトリックスのTPEの弾性率、耐熱性を大幅に向上させることがわかった。

第4章では、CNTセルレーション技術を用いた高性能熱可塑性樹脂複合材の開発を行った。新たに開発した樹脂弾性混練法により樹脂マトリックスへのMWCNTの解繊分離が可能であることを示した。高濃度にMWCNTが解繊分離した複合材が優れた耐熱性を有することを示し、これらがマトリックス中に形成された三次元構造セル構造に起因すると考えられた。また、その形成メカニズムをモデル化し、樹脂セルレーションモデルを示した。

第5章では、CNTを用いた高性能多機能PAナノコンポジットRO膜の開発を行った。開発した膜の活性層は芳香族PA中に高濃度のMWCNTが解繊分離しており、さらにMWCNT表面近傍には透過係数を増大する微細な構造が形成されていることを確認した。開発した膜は、高い塩阻止率、高透水性など高い淡水化性能を示すだけでなく、優れた耐汚染性ならびに優れた耐塩素性を有する事を示した。この優れた特性は、MWCNTの周りに形成された特異な構造;配向したPA相に起因すると考えられた。開発したCNT/PAナノコンポジットRO膜は、「水の世紀」の浄水の次の技術的プラットフォームの有望な候補になることができると思われる。

第6章は総括であり、本研究で得られた成果をまとめる。