

2020 年度 若手・女性研究者奨励金 レポート

研究課題	グラフェンを用いたポリアミド6の高性能化に関する研究
キーワード	①高分子系複合材料、②ナノカーボン、③高性能化

研究者の所属・氏名等

フリガナ 氏名	モリヤ (モリムネ) セイラ 守谷 (森棟) せいら	所属等	中部大学 工学部 講師
プロフィール	2013年9月に神戸大学大学院 工学研究科 応用化学専攻を修了し、博士(工学)を取得した。その後、名古屋大学にて学術振興会特別研究員を経て、2015年4月に現所属機関 助教に就任。神戸大学所属時より、一貫して高分子系複合材料に関する研究に携わっている。特に、ナノサイズのフィラーを用いた高分子系複合材料の高機能化・高性能化に注目している。		

1. 研究の概要

近年、地球温暖化などの環境問題がますます深刻化する中で、環境低負荷型材料の開発は非常に重要である。デバイス等の小型化、薄型化や、主に輸送機器における軽量化が求められており、金属やセラミックスから高分子への代替が盛んに進められている。しかし、高分子材料では力学物性や熱物性などが不十分であるため、その実用化は制限されてきた。

高分子材料の中でも、高分子にナノサイズのフィラーを添加した高分子系ナノ複合材料は、ごく少量のフィラー添加により、力学物性をはじめとする諸物性が飛躍的に増加することが知られている。そこで、高分子特有の軽量性を活かした高性能を有する高分子系ナノ複合材料が大きく注目され、さらなる物性向上が期待されている。

ナノサイズのフィラーの中でも、炭素骨格から成るナノカーボンは、その強固な骨格に由来する非常に優れた物性を有している。本研究では、表面に含酸素官能基を有するナノカーボン「酸化グラフェン (GO)」を用いて、その優れた特性を、エンジニアリングプラスチックとして幅広く用いられているポリアミド6 (PA6) に付与することを試みた。

高分子系ナノ複合材料において、物性向上の鍵を握るのは、高分子中におけるフィラーの分散性と界面相互作用が挙げられる。本研究では、PA6の合成時にGO存在下で合成する手法 (in-situ 重合法) を新しく開発し、PA6中にてGOをナノ次元で分散させる。また、GO表面の含酸素官能基を利用し、in-situ 重合の過程でPA6のアミノ基とGOのカルボニル基との間にアミド結合を形成し、強い界面相互作用を発現させる。さらに、PA6/GO複合体の熱圧縮成形によりGOの配列を制御するという独自の手法を用いて、さらなる物性向上を図る。PA6/GOナノ複合材料の構造および物性を調べ、物性発現のメカニズムを解明することにより最適化を行い、自動車産業のみならず航空宇宙、電子電機産業などさまざまな産業分野に展開することが可能な高機能・高性能を有する新規PA6ナノ複合材料を開発し、持続可能な社会の実現に貢献する。

2. 研究の動機、目的

ナノカーボンは、卓越した力学物性や熱物性を有するため、高分子に添加することにより、その優れた特性を付与することが期待されている。しかし、ナノカーボンはファンデルワールス力が強いいため高分子中では凝集する傾向にあり、また、高分子との相互作用が弱いいため、期待される物性向上が達成できていないのが現状である。

これまで研究者は、ナノカーボンを用いて、高分子系複合材料の高機能化・高性能化に取り組んできた。ナノカーボンの中でも、表面にさまざまな含酸素官能基を有する親水性ナノカーボンを用いて、表面の含酸素官能基を利用したさまざまな複合化手法を開発した。その結果、ごく少量の添加によりナノカーボンの優れた物性を十分に引き出し、力学物性や熱物性が飛躍的に向上することを見出してきた。その中で、板状ナノカーボンであるGOを用いた系では、GOの配列を制御することにより、力学物性やガスバリア性など諸物性をよりさらに向上させることに成功した。

PA6は、エンジニアリングプラスチックとして、自動車産業をはじめ、幅広い分野で用いられている。一般に、PA6と他材料との複合化では、PA6の融体にフィラーを加える溶融混練法が用いられる。しかしながら、溶融混練法ではフィラーが凝集しやすく、特にナノカーボンを高分散させることが困難である。そこで、PA6とGOとの複合化において、新たな複合化手法を開発し、さらに、GOの配列を制御することにより、さらなる物性向上を試み、優れた低熱膨張性と高熱伝導性を有する新規高性能PA6ナノ複合材料の創製を行うことを目的とし、本研究を遂行した。

3. 研究の結果

GO存在下でPA6の合成を行った結果、PA6中におけるGOの分散性は比較的良好であった。化学構造解析の結果、GOの添加により、材料中のアミド結合が増加していることがわかった。ここから、PA6とGOとの間に新たにアミド結合が形成され、強い相互作用が働いたことが示唆された。また、PA6と比較してGOを添加したナノ複合材料では、PA6の結晶化度が増加したことから、GOが結晶核剤として働いたと考えられる。

図には、PA6およびPA6/GOナノ複合材料の応力-ひずみ曲線を示した。GOの添加により、曲線の初期勾配に対応する弾性率が大きく増加した。PA6と比較して、GOをわずか0.3wt%添加したナノ複合材料の弾性率は2倍以上もの値を示した。さらに、最大応力に対応する引張強度も増加することが明らかとなった。ただし、添加率0.5wt%では、材料中にてGOの凝集体が形成されており、それが破壊の起点となって破断ひずみが大きく低下し、引張強度も低下した。熱物性では、GOの添加により、融点が増加し、耐熱性が付与されたことが明らかとなった。

以上より、GOをごく少量添加することで、PA6の物性向上に成功した。今後は、熱膨張性や熱伝導率など、他の物性についても検討していく予定である。

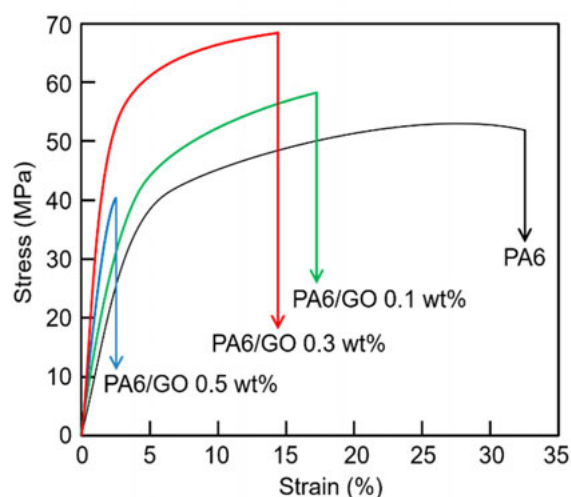


図 PA6 および PA6/GO ナノ複合材料の応力-ひずみ曲線

4. 研究者としてのこれからの展望

学生時に研究室の指導教授であった恩師の素晴らしい人柄に加えて幅広く深い研究知識・経験に魅かれ、それをきっかけに、これまで一貫して高分子系複合材料に没頭し、取り組んできた。研究者自身も、指導者としての立場も大切にして、自身が従事している研究の楽しさ、重要さを多くの人に伝えていきたいと考えている。また、高分子系複合材料を軸に、分野にとらわれず広い視野で研究に取り組み、社会に役立つ研究を行っていききたいと考えている。

5. 社会（寄付者）に対するメッセージ

本研究は、私学事業団のご支援により遂行できたものであり、心より感謝の意を表します。また、コロナ禍により、研究が一時的に中断するなどのアクシデントにも見舞われましたが、無事研究をまとめることができましたのも、ひとえにご支援の賜物と感じております。改めて

感謝申し上げます。

本研究では、従来より困難とされてきた高分子とナノカーボンの複合化手法を新たに開発し、優れた物性を付与することに成功いたしました。本研究ではポリアミド6と酸化グラフェンという組み合わせでの複合化でしたが、この技術は他の材料にも適用可能です。したがって、今後の高分子系ナノ複合材料の発展に大きく寄与いたします。また、この技術により完成する材料は、自動車産業のみならず航空宇宙産業や電子電機産業などさまざまな産業分野にも展開が可能であり、未だ高分子系材料の利用例が少ない電子電機機器への応用も可能となります。したがって、高分子ナノ複合材料の可能性を大幅に拡張し、省資源・省エネルギー・環境負荷低減の立場での材料開発においても有用であり、持続可能な社会の実現に大きく貢献すると考えられます。