

平成 27 年 3 月 31 日

プログラム名：超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現

PM 名：伊藤 耕三

プロジェクト名：分子結合制御の新手法開発プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 26 年度

研究開発課題名：

低次元ナノ構造体の 3 次元ネットワークに基づく

新規エラストマー複合体の開発

研究開発機関名：

理化学研究所 創発物性科学研究センター

研究開発責任者

相田 卓三

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

下記、各課題の番号は全体計画書に準ずる。

課題1：アクアマテリアルを母体とするエラストマー複合体の開発

(株)日産化学工業とともに開発したアクアマテリアルは、2液混合で形成されるヒドロゲルとしては驚異的な透明性と延伸耐性を示す。このことは、ヒドロゲル材料としての魅力を示すのみならず、アクアマテリアル内部の3次元ネットワークが高い構造均一性を持つ魅力的な構造体であることを意味する。そこで本課題では、この3次元ネットワーク中にビニルモノマーを導入し、さらにこれを系内重合することにより、優れた力学特性を持つ新規エラストマー複合体を合成することを目指す。

課題3：新たなナノ構造体の探索、ならびに、これを内包した複合材料の開発

上述の課題では、粘土ナノシートを用いることを前提としている。本課題では、研究提案の概念を一般化し、ひいては他の6プロジェクトにおいて非連続なイノベーションをもたらすべく、粘土ナノシートに代わる2次元物質の開発し、その基礎物性を調べる。具体的には、(1)イオン液体によりグラファイトから直接剥離することにより得られる高濃度・高分散グラフェン、(2)蒸着重合により薄膜化が可能なカーボンナイトライド、(3)粘土ナノシートに代わる機能性の無機ナノシートについて、その調整法ならびに有機ポリマーとの複合法を確立することを目指す。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

課題1については、テクニカルスタッフ1名を配属し、均質なアクアマテリアルを再現よく得るための手法を習熟させた。

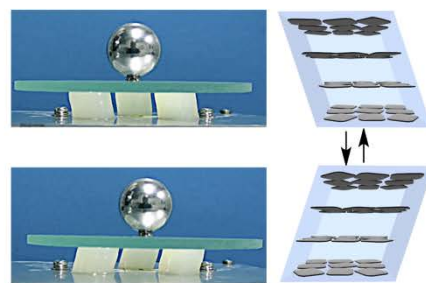
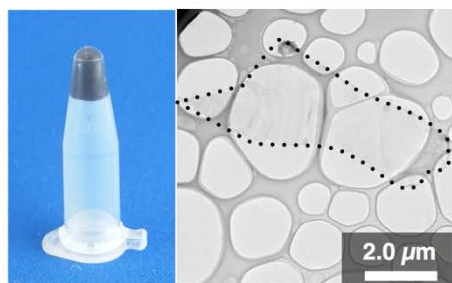
課題3については、新たに開発したイオン液体を用いることにより、グラファイト→グラフェンの超高効率剥離・分散技術の開拓を行った。また、酸化チタンナノシートが水分散液中にて外部磁場に応答し、垂直に配向することを見いだした。この構造は、磁場印可をやめると簡単に熱緩和するが、系内に共存させたアクリルモノマーの重合を磁場印可下で行うことにより、この構造を磁場非印可下でも保持できる。得られるヒドロゲルについて、その力学特性を精査した。

2-2 成果

課題1については、テクニカルスタッフがアクアマテリアル作製法を完全に習得するとともに、操作の最適化により、さらに高い再現性を示す作製法が確立された。

課題3については、従来の20倍近い驚異的に濃厚なグラフェン分散液をグラファイトから直接生成する技術が確立された。分散性のよい酸化グラフェンを用いて加工した後に還元反応によりグラフェン（還元酸化グラフェン）に誘導する従来法では、グラフェン骨格に多くの多様な構造的欠陥が生じるため、成果は大変限られている。これに対し、グラファイトを直接剥離する本法では、高純度のグラフェンが驚異的に高い効率で得られた。また、磁場配向した酸化チタンナノシートを内包したヒドロゲル中では、イオン性のナノシート同士が静電的に反発するため、ナノシートを加えるほど、縦には硬く、横には軟らかくなるという前例のない力学物性を示した。また、「水平方向の剪断に対しては柔軟に変形するが、垂直方向の圧縮には高い弾性を示す」特異な力学異方性を利用し、極めて効率の高い振動遮断が実現された。

課題1：アクアマテリアル **課題3：イオン液体に分散したグラフェンおよび酸化チタンを内包したヒドロゲル**



2-3 新たな課題など

課題1については、次年度から本格的に、アクアマテリアル中に内包されている水分子をビニルモノマーで置換し、さらにこれを系内重合することにより、新規エラストマー複合体の合成に注力する。その力学特性を各種試験機で試験するとともに、内部のナノ構造を小角X線散乱により調べる。得られた物性値を材料設計にフィードバックし、より優れた力学特性を示すエラストマー複合体の開発につなげる。

課題3については、今年度得られたグラフェン分散液を用い、グラフェンと有機ポリマーとの複合化を試みる。ここでは、両成分の相溶性が鍵となるため、種々の有機ポリマーを検討する。また、磁場配向した酸化チタンを内包するヒドロゲルについては、課題1との発展系として、エラストマーへの変換を試みる。

3. アウトリーチ活動報告

課題3の成果である、イオン性ナノシートを磁場配向した状態でヒドロゲル中に内包した材料の異方的力学特性に関する論文（Nature, 517, 68-74 (2013)）について、理化学研究所（文部科学記者クラブ、科学記者会へ配布）と物質・材料機構（筑波研究学園記者会へ配布）と東京大学（大学記者会へ配布）の共同発表によるプレスリリースを行った。その結果、テレビ放映を含む9つの二次メディアにおいて、この研究成果が報道された。