課題番号 02306 / 補助事業番号 JPMXP0621467974

２０２３年度　各務記念材料技術研究所共同研究報告書

研究課題名	環境整合的なフォノニクス材料の物性及び組織制御に関する研究
重点課題	Ⅲ－Ｃ（省エネルギーと物性）
新規・継続	継続
研究代表者	ムナカタ　フミオ
氏名	宗像　文男
所属機関・部局・職名	東京都市大学　理工学部　応用化学科　教授

研究目的

エンジン部材、タービン、ターボチャージャ、電気自動車及びドローン用のモーターの各摺動部に加えてセンサ・アクチュエータなどの圧電振動デバイスでは、**有効な排熱経路の構築**する事がエネルギーの効率的利用を実現し、システムのエネルギー変換効率向上、しいては省エネルギーに貢献することが研究の狙いとなる。特に、コンポジット材料の作製過程において「自己組織化プロセス」を用い、従来の圧電機能と新規付与機能を合わせもったハイブリット複合材料の開発を目指す。特に 2023 年度は、高圧電特性と高熱伝導性を併せ持ったハイブリット機能付与型複合材料組織を実現する事が目的とした。

実験内容と研究成果

2023 年度は、圧電性の向上に高誘電性チタン酸バリウム（BT）を、熱伝導性の改善に高熱伝導窒化ケイ素(SN)を同時添加し、「粒子群が高度に分散させたハイブリット材料組織の構築」を目指した。さらに、マルチフラクタル数理モデルを適用して、添加フィラーの分散性や連結性を解析し、環境調和性が高く、省エネルギー性に優れた材料組織の設計・構築を行うことを目的とした。

そこで、圧電体ポリフッ化ビニリデン（PVDF）母材への BT 及び SN の各々の添加剤が誘電特性及び熱伝導性に及ぼす影響を検討した。得られた結果を図 1 に示す。この図から明らかなように BT 添加は誘電特性の向上に有効であるが、SN 添加は Bruggeman—model に従った挙動を示し、顕著な改善は見られなかった。一方、熱伝導に関して SN は特性向上に大きく貢献しているが、BT 添加は誘電特性と同様に Bruggeman—model に従って変化していた。この様に添加するフィラーにより材料特性への影響が異なり、材料組織形成の違いが材料性能に影響する事が示唆された。実際に図 1 中に示した走査電子顕微鏡観察（SEM）画像について行ったマルチフラクタル解析から、SN 粒子は粒子群を形成しやすく、粒子群はネットワーク化しやすいことが示された。一方、BT 粒子は粒子群を形成するが、粒子群同士の連結成長は十分ではなくネットワークを十分形成できていない事が示唆された。これらの結果は、本年度の目標としてきたマルチ機能を持ったハイブリット材料組織を構築するうえで、基礎となる成果である。即ち、図 2 に示す BT 粒子群と SN 粒子群の分散状態を考えたフィラーの配置に制御できれば、複数機能の両立が実現可能になる。この知見を基に、あらかじめ BT と SN を各々含有した PVDF コンポジットシートを成形し、このシートを重ねてパイをこねるように折り返しを繰り返すことで二つの成分の層が交互になるシートの成型を試みた。得られた組織の SEM 画像を図 3 に示す。概ね目的の組織が得られている。

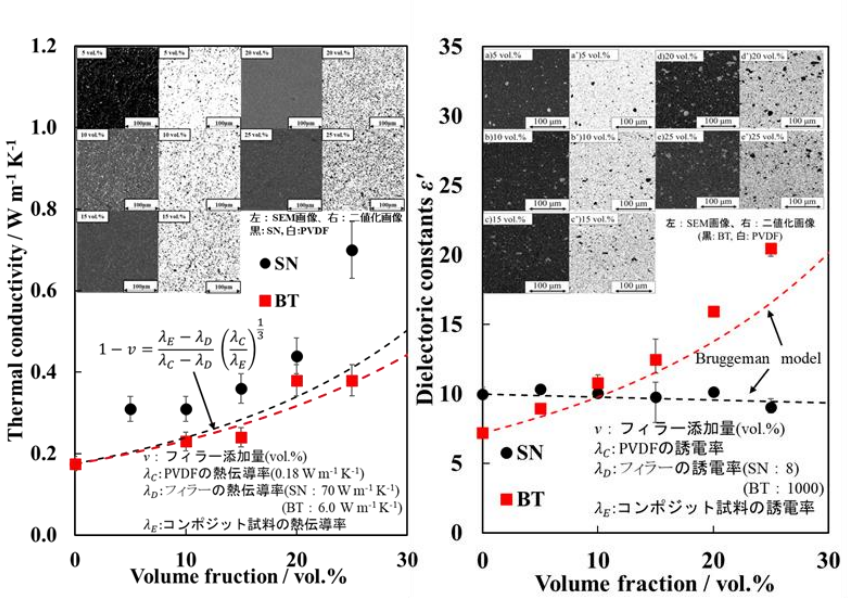

図1　自己組織化プロセスによる凝集体の形成とPVDFコンポジットの熱伝導率(左)と誘電率(右)

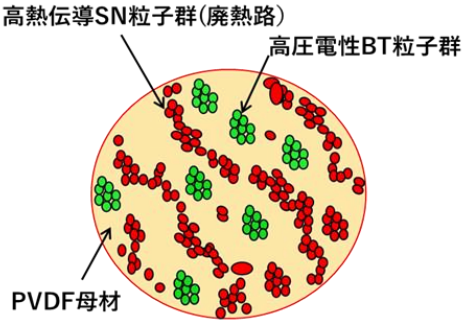

図2　高熱伝導及び高圧電性複合フィラー組織

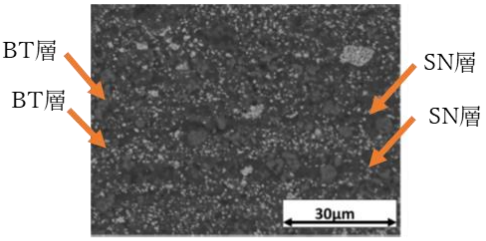

図3　BT層(白い粒子層)とSN層(黒い粒子層)が交互に積層した組織のSEM像

2024 年度はこの材料組織を基礎にマルチ工ハイブリット材料組織を用いて、マルチ機能性ハイブリット材料の創成を目指す。

研究成果の公表状況（論文、国際・国内会議、学会発表、特許等の知財）

論文

・荻谷 泰斗，古根村 亮，山崎 陽菜，佐藤 圭，気谷 卓，川路 均，平田 秋彦，宗像 文男，「セラミックフィラー凝集体がポリフッ化ビニリデン複合材料の熱伝導性および誘電特性に与える影響」，
Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan, 31(2024)7 月号掲載予定.