

平成 30（2018）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	環境統合的なサーマルフォノニクス材料の創成に関する研究
重点課題名	エネルギー変換材料と環境整合化
新規・継続	新規
研究代表者 氏名	宗像 文男
所属機関・ 部局・職名	東京都市大学 工学部 エネルギー化学科 教授

研究目的

本研究では、モータなどの摺動部での焼付きを回避する排熱技術や半導体基板における低い放熱特性の改善、超音波モーター材料では、エネルギー損失低減から圧電特性の向上が求められる。このような発生する熱量を特定方向へ排熱（熱・フォノンの伝播方向制御）やフォノンの拡散方向を制御する①サーマルファノニクスコンポジット材料組織を実現する新しい材料組織学の構築と結晶構造中の複合格子欠陥を利用することで②熱の整流作用を実現するサーマルファノニクス結晶（異方性フォノン伝播結晶）の創成を目指す。又、熱や電子の輸送現象において重要な伝播経路となる材料組織中の粒子ネットワークなどの高次構造を計量的に評価するために③マルチフラクタル解析を応用した新しい計量形態学の確立も目指す。

実験内容と研究成果

本年度は、コンポジット材料について放熱基板材料における熱伝導特性の向上や超音波モータなどの圧電体材料の特性向上を目指した研究を進めてきた。これらの基礎となる高熱伝導窒化ケイ素やスピネル系複合酸化物の結晶構造解析や材料物性評価といった研究を開始しているが、今回は特に、ポリマーコンポジットで得られた共同研究の成果を中心に述べる。

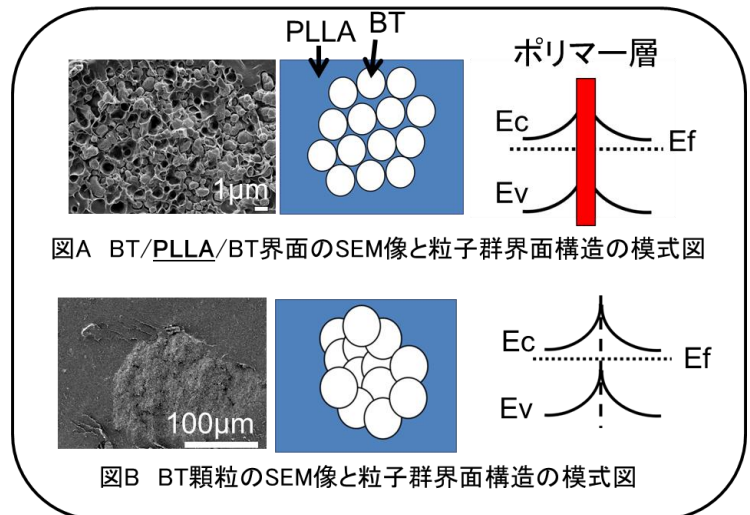
本報告では、ポリ乳酸 (PLLA) とチタン酸バリウム (BT) のコンポジットについて誘電特性に重大な影響を及ぼすポリマー/酸化物界面状態を解析するためにコンポジット材料の破砕断面の SEM 観察を行った。測定試料は、固相反応法により BaCO_3 (純度 99.99%) と TiO_2 (純度 99.99%) を原料として、1373K で 4 時間焼成した。その後粉碎・分級をし、平均粒子径が約 $1\mu\text{m}$ の BT 粉末を得た。PLLA (Nature Work) を約 473K で融解させ、BT 粉体を添加し、約 10rpm で 30 分間混練した。BT の添加量は、体積分率は 5vol% と 10vol%、20vol% であり、混練後各試料を空气中で冷却させて、分散剤無添加の BT/PLLA 複合材料を作製した。同条件で、分散剤 Tegomer®P121 (ポリオレフィンタイプ) と BT を添加した BT/PLLA 複合体を作製した。これらの実験方法をまとめて図 1 に示す。

得られたコンポジット材料組織の SEM 観察の結果、BT の体積分率増加に伴い凝集体形成が促進され、BT 粒子群 2 次粒石面積が増加を示した。また、BT の各体積分率による Tegomer® P121 添加試料と無添加試料の BT 粒子群を比較すると、Tegomer® P121 添加試料の方が BT 凝集体の形成が促進されていた。これは、 1μ 程度の粉碎粒子を混練すると自己組織化過程が生じ、粒子群の形成・成長が生じることを示している。(図 A の SEM 像) その結果、BT/PLLA/BT 界面の形成が示唆され、誘電率の顕著な向上が見られたと考えられる。一方、分級時に 2 次粒子群径の大きいものを選択し、混練した試料も作製した。この試料では、自己組織化は抑制され、顆粒のまま BT 粒子が存在し、BT/BT 界面の形成が示唆され (図 B の SEM 像)、2 次粒子面積は大きいものの著し誘電率の上昇は見られなかった。得られた代表的な SEM 観察結果と粒子群界面の模式図を右の図 A 及び図 B に示す。これらの模式図で示す様に混練過程での粒子群界面構造の違いが誘電特性に大きな影響を及ぼすことが示唆された。

本共同研究において、高度な SEM 観察技術を利用することが可能となったため、凝集体界面の詳細な構造を観察することができ、BT/PLLA/BT 界面の形成がサーマルフォノニクスコンポジット材料の誘電特性向上に有効であるとの知見を得ることができた。



図 実験方法のフローチャート



図A BT/PLLA/BT界面のSEM像と粒子群界面構造の模式図

図B BT顆粒のSEM像と粒子群界面構造の模式図

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)

【学会発表】

1. 武田 真理子、吉野 謙太郎、水上 侑香、佐藤 圭浩、伊東 顕、包 躍、宗像 文男、「自己組織化した BaTiO_3 /ポリ-L-乳酸コンポジットの材料組織におけるフラクタル特性(1) —凝集体形態評価へのマルチフラクタル解析の適用—」、公益社団法人日本セラミックス協会、日本セラミックス協会 2019 年年会、1P008、2019 年。
2. 武田 真理子、吉野 謙太郎、水上 侑香、佐藤 圭浩、伊東 顕、包 躍、谷村 誠、井上 靖秀、小山 泰正、宗像 文男、「自己組織化した BaTiO_3 /ポリ-L-乳酸コンポジットの材料組織におけるフラクタル特性(2) —マルチフラクタル解析による凝集体形態評価と誘電特性—」、公益社団法人日本セラミックス協会、日本セラミックス協会 2019 年年会、3K01、2019 年。