

## 2022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・<br>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**

高速回転が要求される軸摺動部材や高速振動するアクチュエータやセンサの排熱特性の改善や誘電性能向上を行うことでエネルギー変換効率の向上を図り、デバイスやシステムの省エネルギー化の実現を目的としたフォノニクス材料の開発を行う。2022年度はこれまで取り組んできた疫学的観点から焼却が可能なポリマーピエゾ素子用バイオセンサー材料において、圧電特性のみならず熱伝導特性を併せ持ったコンポジット材料を開発する。特に、フォノンの伝播方向を制御する高熱伝導性窒化ケイ素粒子群を熱流路として配置したサーマルファノニクス複合材料組織を構築する。又、フラクタル凝集体材料組織の高次構造を評価するマルチフラクタル解析の高度化を図ることで多機能複合材料組織設計の指針を得る。

## 実験内容と研究成果

本年度は、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廃熱機能を付与したハイブリット材料の開発を目指す。ポリフッ化ビニリデン (PVDF) へ排熱機能を付与するために、高熱伝導窒化ケイ (SN) を添加し、熱伝導性の向上を試みた。併せて誘電特性も検討した。SN 添加量を変えて作製された PVDF コンポジット材料組織と 2 次粒子面積を図 1 に示す。従来 PVDF の熱伝導率は  $0.2\text{W/m}\cdot\text{K}$  と非常に低いが、図 1 に示す材料組織とする事で、 $0.6\text{W/m}\cdot\text{K}$  程度に向上させることができた。その結果、圧電体センサとして作動開始時間を従来の  $1/5$  程度 (10 分程度) にすることが可能になった。また、内部での圧電体振動で発生する熱による作動性能の低下を、添加された SN 排熱フィラーの粒子群をネットワーク化し、熱伝導特性の向上を図る事で改善が

可能である事が示された。図 2 に 2 次粒子面積の増加に対して高誘電性チタン酸バリウム (BT) と今回添加した SN による熱伝導特性へのフィラー効果を示す。又併せて図 3 に誘電特性の比較結果を示す。これらの結果から明らかなように、SN 添加は高熱伝導化には有効であるが、高誘電性チタン酸バリウム (BT) 添加に比べ誘電特性の改善には十分でなく、今年度目標とした SN 添加のみでは圧電特性と高熱伝導性の両立は行えなかった。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た結果、SN と BT で粒子群ネットワーク形成メカニズムが異なることが示唆された。次年度は、本研究結果による材料組織設計指針を踏まえて、高圧電特性を持つ BT と高熱伝導性を持つ SN を同時添加したハイブリット機能付与型コンポジット材料組織の実現することで、省エネルギーに優れた材料開発を試みる。

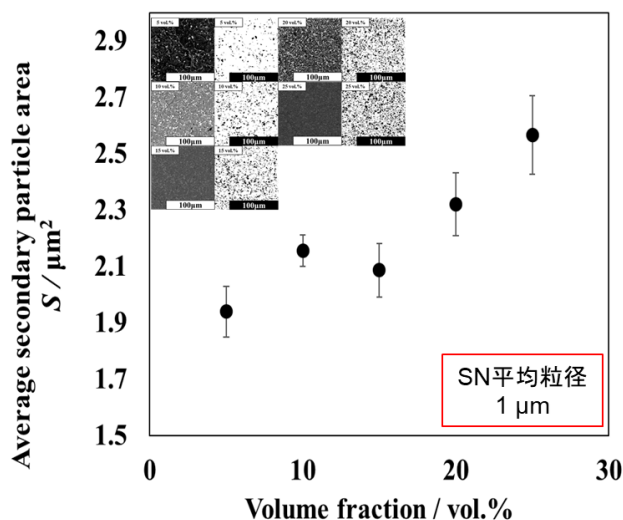


図1 PVDFへのSNフィラー添加量に伴う2次粒子面積変化

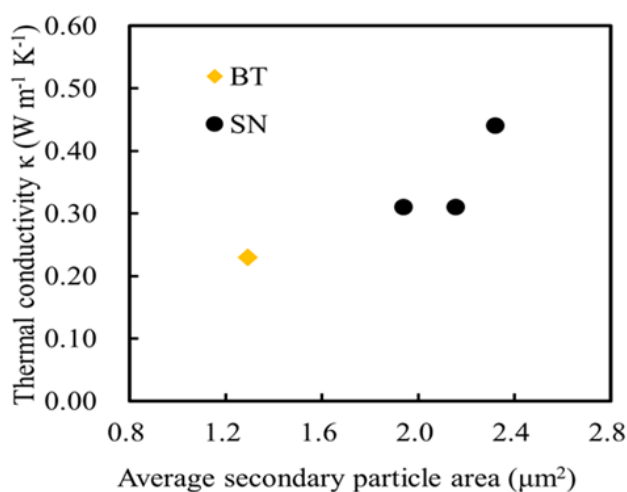


図2 PVDFの熱伝導性に及ぼすフィラー添加効果

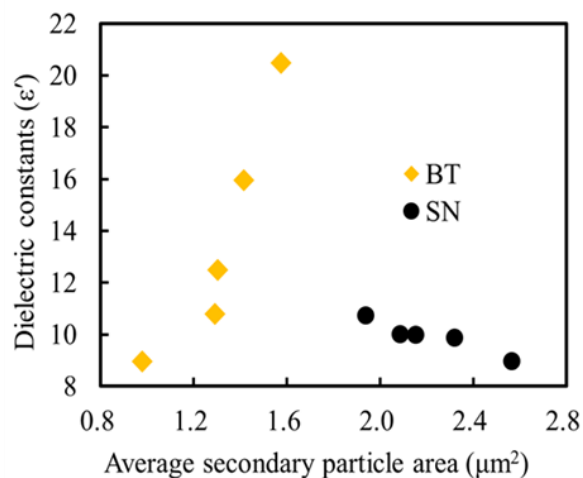


図3 PVDFの複素誘電率に及ぼすフィラー添加効果

## 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)

○現在、PVDF コンポジット材料系で実験結果の追試と追加を行っており、これらをまとめて 2023 年度に発表を計画している。