

最先端・次世代研究開発支援プログラム  
事後評価書

研究課題名	ビスマスの特性を活かした環境調和機能性酸化物の開発
研究機関・部局・職名	東京工業大学・応用セラミックス研究所・教授
氏名	東 正樹

## 【研究目的】

ビスマスを含むペロブスカイト化合物では、 $\text{Bi}^{4+}$ は不安定で  $\text{Bi}^{3+}$ と  $\text{Bi}^{5+}$ に不均化する  
ため強誘電性・圧電性が生じる。圧電材料は、センサーやアクチュエーターとして  
広く利用されているが、さらに人や車の移動のエネルギーを用いたクリーンな発電へ  
の応用の期待が高い。また、強磁性強誘電体は多値メモリとして記憶容量の飛躍的な  
増大や電場書き込み・磁気読み込みによる消費電力低減への期待もある。また、負の  
熱膨張を持つ材料は、通常の方法の熱膨張を補償して温度変化の低減に寄与するた  
め、精密な位置決めが必要となる光通信デバイスや精密加工装置などへの応用により  
温度管理を不要とすることにより省エネルギー化も期待できる。

本研究では、ビスマスを含むペロブスカイト化合物のもつこのような特性を活か  
し、環境調和型の機能性酸化物材料を実現することで、グリーン・イノベーションに  
貢献することを目指すものであり、以下の3つの具体的な目標を設定している。

- (1)  $d^1$ 、 $d^6$  イオンを利用した、有害な鉛を含まず、既存の鉛系物質を超える性能を持  
つ圧電材料の実現
- (2) 低エネルギーメモリーデバイスとなりうる、室温動作する強誘電・強磁性体の実  
現
- (3) 電荷移動メカニズムによる負の熱膨張を持つ材料と、それを用いた熱膨張率ゼロ  
材料の実現

## 【総合評価】

	特に優れた成果が得られている
○	優れた成果が得られている
	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

## 【所見】

## ① 総合所見

当初の3つの研究目標に対して、

- (1) 非鉛圧電体  $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$  薄膜において鉛系に迫る圧電定数を確認した。
- (2) 非鉛強誘電体として期待される  $\text{BiFeO}_3$  の Fe を Co で置換することにより、スピン

構造が変化し、室温で強誘電性と強磁性が共存することを見いだすとともに、分極変化の観察にも成功している。

(3)ペロブスカイト  $\text{BiNiO}_3$  の Bi を希土類元素で、Ni を Fe で置換することで、サイト間電荷移動という全く新しいメカニズムにより従来材料の3倍もの負熱膨張を示すことを見出した。

これらの成果は、非鉛圧電体設計指針の確立、次世代メモリーデバイスへの応用、精密加工の際の熱膨張の低減という観点から、グリーン・イノベーションに貢献するものであり、特に(3)については、 $\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$  をエポキシ樹脂に分散させることで、熱膨張ゼロ材料の開発に成功しており、高く評価できる成果と考えられる。

## ② 目的の達成状況

・所期の目的が

( 全て達成された ・  一部達成された ・  達成されなかった)

$\text{Bi}^{4+}$  の持つ電荷の不均化を利用したペロブスカイト化合物の合成を通し、(1)有害な鉛を含まない既存の鉛系に迫る圧電係数を持つ新圧電材料  $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$  を開発、(2)メモリーデバイスを意図した室温動作の強誘電・強磁性材として、 $\text{BiFe}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_3$  において室温ゼロ磁場下で弱強磁性を観測、(3)電荷移動メカニズムによる負の熱膨張を持つ材料と、それによる熱膨張率ゼロ材料の開発として既存材料の3倍もの負の熱膨張を示す  $\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$  を見出し、この物質をエポキシ樹脂に分散させることにより熱膨張ゼロ材の開発に成功したことで、当初の目標は、ほぼ達成できていると判断できる。

## ③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が  
( ある ・  ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が  
( 創出された ・  創出されなかった)

・当初の目的の他に得られた成果が ( ある ・  ない)

鉛系で従来多相相境界における圧電特性増大の起源と考えられていた分極の回転を  $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$  からなる Bi 系材料で初めて観測し、鉛系に迫る圧電係数を得た点は既存材料が重量比で約66%もの有害な鉛を含んでいることを考えると、先進性・優位性が高く、今後の環境調和型材料開発の指針を与えたという点から高く評価できる。

さらに、従来比3倍もの負の熱膨張係数を示す  $\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$  の発現は、レベルの高い学術誌のトピックスに取り上げられるなど注目されており、ブレークスルーを与えることが期待される優れた成果である。

**④ 研究成果の効果**

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が  
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が  
(見込まれる ・ 見込まれない)

鉛系で従来、多相相境界における圧電特性増大の起源と考えられていた分極の回転を Bi 系において初めて観測した点は、今後の材料開発の指針を与えたという点からも、また、有害な鉛を含まない圧電材料の実現という点からも、直接グリーン・イノベーションに貢献する可能性を秘めており、関連する研究分野の進展に大きく寄与する可能性がある。

また、従来の 3 倍もの負の熱膨張を示す  $\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$  の発見は、今後、材料のコンポジット化により、ゼロ熱膨張の実用材料開発に進む可能性を秘めている。

**⑤ 研究実施マネジメントの状況**

・適切なマネジメントが (行われた ・ 行われなかった)

全般的に研究は順調に進捗し、当初の研究目標はほぼ達成できており、研究計画は適切にマネジメントされたと判断できる。また、「室温で利用可能とする工業材料に展開すること」との指摘事項に対し、強い意識を持ち各々のテーマについて専門性の異なる会社との共同研究を行う等、適切なマネジメントがなされたと判断される。

一方、論文発表 36 件、知的財産権 2 件は、適切な情報発信が行われたことを示すものと判断できる。また、国民との科学技術対話も十分とは言えないが、概ね適切に行われたと判断できる。