

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成23年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

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

1. 当該年度の研究目的

非鉛圧電体： $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ で見つかったり、MPB 組成の PZT と同様の単斜晶相の結晶構造変化を組成と温度の関数として明らかにする。また、粒子一つを用いた圧電測定システムを構築する。レーザーアブレーション方による薄膜合成を開始する。

強磁性強誘電体： $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ 薄膜の放射光 MCD 測定を開始、Co スピンと Fe スピンの配列を明らかにする。また、Co 置換量を変えた試料の磁化測定を行い、最適組成を決定する。

負の熱膨張物質：巨大な負の熱膨張を示す $\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$ の低温相・高温相のドメイン構造の変化を電子顕微鏡観察で明らかにする。

2. 研究の実施状況

非鉛圧電体：環境に有害な鉛を排し、既存材料である $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ (PZT) を凌駕する圧電体を実現することを目標として研究を行っている。放射光 X 線回折で、 $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ の $x=0.3$ 近傍の組成の結晶構造変化を調べた。その結果、MPB 組成の PZT と同様の単斜晶構造を持ち、組成と温度の変化に伴って、分極の方向がペロブスカイトの 001 方向から 111 方向へ変化する、分極の回転を観察することができた。圧電特性の増大が期待されるが、焼結体を得ることができない。そこで、一つの粉末粒子に電圧を印加し、その圧電変位を AFM で観察する測定システムを構築した。また、レーザーアブレーション方による薄膜合成を開始した。

強磁性強誘電体： $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ 薄膜の放射光 MCD 測定を開始した。また、Co 置換量を変えた試料の磁化測定を行い、 $x=0.2$ の時に、 $0.35 \mu_B$ の最大飽和磁化を持つ事がわかった。

負の熱膨張物質： $\text{Bi}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{NiO}_3$ の負の熱膨張は、体積の大きな低温三斜晶相と、小さな高温斜方晶相が分率を変化させながら共存するために起こる。熱力学の法則に反するこの 2 相共存のメカニズムを明らかにするため、電子顕微鏡観察を行った。その結果、三斜晶相に囲まれて斜方晶相が存在するドメイン構造を明らかにした。斜方晶相の近傍では引っ張り応力を受けるため、それ以上の転移が起こりにくくなり、二相共存が実現していると考えられる。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 12 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 8 件</p> <p>Yoshitaka Nakamura, M.Kawai, Masaki Azuma, Makoto Kubota, M.Shimada, Toshiaki Aiba, Yuichi Shimakawa, Rhombohedral-tetragonal structural change and enhanced piezoelectric constant in $(1-x)\text{BiFeO}_3-x\text{BiCoO}_3$ thin films IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering Nov. 2011Vol. 18 pp. 092017</p> <p>Makoto Kubota, Kengo Oka, Yoshitaka Nakamura, Hisato Yabuta, Kaoru Miura, Yuichi Shimakawa, Masaki Azuma Sequential Phase Transitions in Sm Substituted BiFeO_3 Jpn. J. Appl. Phys. Sep.2011Vol. 50 No. 9 pp. 09NE08</p> <p>A.C.Komarek, T. Müller, M.Isobe, Y.Drees, H.Ulbrich, Masaki Azuma, M. T. Fernández-Díaz, A.Senyshyn, M.Hoezel, G. André, Y.Ueda, M. Grüninger, M.Braden, Magnetic order, transport and infrared optical properties in the ACrO_3 system (A = Ca, Sr, and Pb) PHYSICAL REVIEW B Sep.2011 Vol. 84 pp. 125114</p> <p>Atsushi Shimamura, Ichiro Fujii, Nobuhiro Kumada, Kouichi Nakashima, Masaki Azuma, Yoshihiro Kuroiwa, Shinichiro Kawada, Masahiko Kimura, Satoshi Wada. Single Phase Formation and Electric Properties of Bismuth Niobium Based Perovskite-type Oxides Key Engineering Materials Jul.2011 Vol. 485 pp. 81-84</p> <p>Masaki Azuma, Wei-tin Chen, Hayato seki, Michal Czapski, Smirnova olga, Kengo oka, Masaichiro Mizumaki, Tetsu Watanuki, Naoki Ishimatsu, Naomi Kawamura, Shintaro Ishiwata, Matthew G. Tucker, Yuichi Shimakawa, J. Paul Attfield. Colossal negative thermal expansion in BiNiO_3 induced by intermetallic charge transfer NATURE COMMUNICATIONS Jun.2011 Vol. 2 No. 347 pp. 1-5</p> <p>Sudayama, T, Y. Wakisaka, H. Wadati, Mizokawa, G. A. Sawatzky, D.G. Hawthorn, T. Z. Regier, Kengo Oka, Masaki Azuma, Y. Shimakawa, Co-O-O-Co superexchange pathways enhanced by small charge-transfer energy in multiferroic BiCoO_3 Physical Review B Jun.2011 Vol. 83 pp. 235105-1-5</p> <p>東 正樹, 島川 祐一, 水牧仁一朗, 綿貫 徹. ペロブスカイト BiNiO_3 におけるサイト間電荷移動と巨大負の熱膨張 SPring-8 Information Nov.2011 Vol. 16 No. 4 pp. 261-266</p> <p>東 正樹, 松田 雅昌. ハニカム格子反強磁性体が示すフラストレーション日本物理学会誌 Aug.2011Vol. 66 No. 8 pp. 614-617</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 4 件</p> <p>東 正樹, 菱面体晶-正方晶固溶体 $\text{BiFeO}_3-\text{BiCoO}_3$ マテリアルインテグレーション Dec.2011Vol. 24 No. 12 pp. 27-32</p> <p>東 正樹 機能性遷移金属酸化物の高圧合成 セラミックス May.2011Vol. 46 No. 5 pp. 372-377</p> <p>東 正樹 巨大な負の熱膨張を示すペロブスカイト酸化物 $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{NiO}_3$ 工業材料 Jan.2012 Vol. 60 No. 1 pp. 2-3</p> <p>東 正樹 新しい負の熱膨張セラミックス FINE CERAMICS REPORT Jan.2012 Vol. 30 No. 1pp. 28-31</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
------------------------	--

様式19 別紙1

<p>会議発表 計 16 件</p>	<p>専門家向け 計 16 件 久保田純, 薮田久人, 三浦薫, 岡研吾, 東正樹, 中村嘉孝, 島川祐一 Sm 置換 BiFeO₃ の相転移挙動、京都 2011/5/25-28 第28回強誘電体応用会議(FMA28) 強誘電体応用会議運営委員会</p> <p>Masaki Azuma, Wei-tin Chen, Hayato Seki, Michal Czapski, Kengo Oka, Masaichiro Mizumaki, Tetsu Watanuki, Naoki Ishimatsu, Naomi Kawamura, Shintaro Ishiwata, Matthew G. Tucker, Yuichi Shimakawa and J. Paul Attfield Giant negative thermal expansion driven by intermetallic charge transfer in BiNiO₃ Helsinki 2011/6/14-17 International Discussion Meeting on Thermoelectrics and Related Functional Materials JST</p> <p>K. Oka, WT. Chen, H. Yusa, A.A. Belik, E. Takayama-Muromachi, M. Mizumaki, N. Ishimatsu, N. Hiraoka, M. Tsujimoto, M. Tucker, J. P. Attfield, Y. Shimakawa, and M. Azuma Pressure-Induced Spin State Transition in BiCoO₃ 横浜 2011/6/22-24 STAC5-AMD12 東工大 応用セラミックス研究所</p> <p>Masaki Azuma, Yoshitaka Nakamura and Yuichi Shimakawa Enhanced piezoelectric property in a rhombohedral-tetragonal solid solution BiFe_{1-x}Co_xO₃ ケアーズ 2011/7/10-14 PacRim 9 “The 9th International Meeting of Pacific Rim Ceramic Societies” オーストラリアセラミックス協会</p> <p>東 正樹 菱面体晶—正方晶固溶体 BiFeO₃-BiCoO₃系の圧電特性と関連物質 東京 2011/9/13 スマート・アクチュエータ/センサ委員会第91回定例会 スマート・アクチュエータ/センサ委員会</p> <p>東 正樹 ペロブスカイト Bi_{1-x}La_xNiO₃ におけるサイト間電荷移動誘起巨大負の熱膨張 名古屋 2011/9/26 第12回 4 セラミックス研究機関(東工大-名工大-JFCC-NIMS)合同講演会 JFCC</p> <p>東 正樹 Bi_{1-x}La_xNiO₃ におけるサイト間電荷移動誘起巨大負の熱膨張 松山 2011/10/14-15 GRC 研究推進プロジェクト.キックオフシンポジウム 愛媛大学</p> <p>久保田純, 薮田久人, 三浦薫, 岡研吾, 東正樹, 中村嘉孝, 島川祐一 Sm 置換 BiFeO₃ の相転移挙動 大阪 2011/10/26-28 粉体粉末冶金協会平成23年度秋季大会 粉体粉末冶金協会</p> <p>東正樹, 岡研吾, 陳威廷, 関隼人, Michal Czapski, 島川祐一, 石渡晋太郎, Paul Attfield Bi_{1-x}La_xNiO₃ におけるサイト間電荷移動誘起巨大負の熱膨張 那覇 2011/11/9-11 第52回高圧討論会 日本高圧力学会</p> <p>岡研吾, 東正樹, 陳威廷, 辻本将彦, 島川祐一 遊佐斉, Alexei Belik, 室町英治, 水牧仁一郎, 石松直樹, 平岡望, Matthew Tucke, Paul Attfield 巨大な体積変化を伴う BiCoO₃ の構造相転移 那覇 2011/11/9-11 第52回高圧討論会 日本高圧力学会</p> <p>東 正樹 ペロブスカイト BiNiO₃ の圧力誘起サイト間電荷移動と巨大負の熱膨張 京都 2011/12/2-3 磁性分光研究会 磁性分光研究会</p>
------------------------	---

様式19 別紙1

	<p>Masaki Azuma Charge Transfer, Negative Thermal Expansion and Spin Number Change in BiNiO₃ 東京 2012/1/9-10 UK--Japan Meettiing 2012 JST</p> <p>東正樹,岡研吾, 陳威廷,関隼人,Michal Czapski,島川祐一,石渡晋太郎,Paul Attfield Bi_{1-x}LaxNiO₃におけるサイト間電荷移動誘起巨大負の熱膨張 京都 2012/3/19-21 日本セラミックス協会 2012 年年会 日本セラミックス協会</p> <p>東正樹、岡研吾、坂口智可、鈴木一正、高橋雅英 Bi_{1-x}Ln_xNiO₃の負の熱膨張現象 京都 2012/3/19-21 日本セラミックス協会 2012 年年会 日本セラミックス協会</p> <p>北條元、岡研吾、坂口智可、幾原雄一、東正樹 巨大な負の熱膨張を示す La ドープ BiNiO₃のドメイン構造 京都 2012/3/19-21 日本セラミックス協会 2012 年年会 日本セラミックス協会</p> <p>岡研吾、坂口智可、Alex Sinclair、Paul Attfield、Clemens Ritter、東正樹 Bi_{1-x}La_xNiO₃におけるNi価数状態と磁気秩序 兵庫 2012/3/24-27 日本物理学会 第 67 回年次大会 日本物理学会</p> <p>一般向け 計 0 件</p>
<p>図書 計 0 件</p>	
<p>産業財産権 出願・取得状況 計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件 (出願中) 計 0 件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>http://www.msl.titech.ac.jp/pasr_press_main/557/pr2011_june15.html http://www.msl.titech.ac.jp/499/572/press_release.html http://www.titech.ac.jp/file/110615_azuma.pdf</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>「環境に優しい機能性セラミックス」2011 年 11 月 26 日 高校生・一般向け公開講演会 東工大が誇る若手研究者達 東京工業大学大岡山キャンパス 参加者 55 名 セラミックスの一種である遷移金属酸化物は、古くは顔料として、そして今では磁性体、誘電体、超伝導体などの機能性材料として広く使われ、私達の生活を豊かにしています。元素の特徴を活かすことで様々な機能を実現することができる遷移金属酸化物を舞台に、有害物質を含まない、省エネに寄与するなど、環境に配慮しつつ、他の材料では実現不可能な機能性を持つ新材料を探索する研究を紹介します。</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計 6 件</p>	<p>日経産業新聞 6 月 16 日 <朝刊> 11 面 東工大など開発の新材料 温めるほど大きく縮む 室温～120 度 用途開拓進める 一般材料と組み合わせ 温度変形を抑制</p> <p>京都新聞 6 月 15 日 <朝刊> 25 面 高温で収縮新素材 京大化学研など開発 精密機械へ活用期待 効率従来の3倍に</p>

様式19 別紙1

	<p>日刊工業新聞 6月15日 <朝刊> 19面 「負の熱膨張」3倍の新材料</p> <p>朝日新聞 6月15日 <朝刊>34面 温めると縮む 新材料 京大など 冷やすと膨張 化合物 愛媛大 温度変化に強い素材に期待</p> <p>科学新聞 6月24日 <週刊>2面 温めると縮む新物質を発見 「ゼロ熱膨張材料」実現期待</p> <p>マイナビニュース 6月17日 http://news.mynavi.jp/news/2011/06/17/033/index.html 京大ら、従来の3倍以上の大きさの「負の熱膨張を持つ新材料を発見</p>
その他	

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	125,000,000	79,600,000	1,500,000	43,900,000	0
間接経費	37,500,000	23,880,000	450,000	13,170,000	0
合計	162,500,000	103,480,000	1,950,000	57,070,000	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執行 額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	77,080,276	1,500,000	0	78,580,276	78,550,591	29,685	0
間接経費	23,124,083	450,000	0	23,574,083	23,574,083	0	0
合計	100,204,359	1,950,000	0	102,154,359	102,124,674	29,685	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	65,837,071	2段差動排気RHEED搭載PLDシステム等
旅費	2,553,945	研究打ち合わせ旅費等
謝金・人件費等	8,683,790	先端研究助成基金助成金非常勤人件費
その他	1,475,785	学会参加費、近距離交通費等
直接経費計	78,550,591	
間接経費計	23,574,083	
合計	102,124,674	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
温度コントローラ	米国レイクショア社製 (2入力:ダイオード/ レジスタ)	1	574,350	574,350	2011/4/22	東京工業大学
電気測定用極 低温冷凍機シス	パスカル社製Pascal- 101D-HE	1	3,992,625	3,992,625	2011/5/17	東京工業大学
PLD用エキシマ レーザ	米国コヒレント社製 CompexPro102 KrF	1	9,450,000	9,450,000	2011/7/15	東京工業大学
標準型ドラフト チャンパー	ダルトン社製 DFV- 11AK-15CA1	1	1,562,400	1,562,400	2011/7/29	東京工業大学
2段差動排気 RHEED搭載PLD	パスカル社製 ST- PLD/6001KA	1	17,718,750	17,718,750	2011/8/22	東京工業大学
グローブボックス システム	独国MBRAUN社製 UNILAB- S(1200/780)酸素計:	1	5,764,500	5,764,500	2011/8/26	東京工業大学
He/F ₂ シリン ダーキャビネット	藤井物産社製 F- HEF2A-01-0	1	855,750	855,750	2011/9/20	東京工業大学
圧電体特性評価 用原子間力顕微 鏡	米国 アジレント・テク ノロジー社製 5420 AFM/SPMシステム	1	14,999,250	14,999,250	2011/12/15	東京工業大学
熱機械分析装置	リガク社製 TMA8310/LN	1	2,990,400	2,990,400	2012/2/23	東京工業大学