

島根大学プロジェクト研究推進機構 『重点研究部門』		平成 18 年度 年度報告書		提出日 平成 19 年 2 月 16 日
① プロジェクト名		S-ナノテクプロジェクト		
② プロジェクトリーダー		廣光 一郎	所属	総合理工学部
			電子メール	hiromitu@riko.shimane-u.ac.jp
③ プロジェクトの概要 (プロジェクトの最終年度における到達目標を簡潔に記入してください。)				
<p>本プロジェクトの目的は本学独自のナノテクノロジーの進展を図り、国際的に通用する研究拠点を形成すること、そして地域の新産業創成に貢献することである。以下の 4 つのサブテーマに分けて研究を行う。各サブテーマで扱う材料は、何れも本学が世界に誇れる作製技術を持ったものであり、各材料の更なる高性能化を達成し、実用につなげることを目標とする。</p> <p>A. 酸化亜鉛：酸化亜鉛薄膜の独自の作製技術を開発すると共に、酸化亜鉛を用いた新たな太陽電池・発光素子・医学実験用透明電極を開発する。</p> <p>B. 新規強誘電体：極めて優秀な強誘電特性を持つ BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> について、そのセラミックスと薄膜の高性能化を達成し、製品開発に向けた企業との共同研究に結びつける。</p> <p>C. 超伝導薄膜：MgB<sub>2</sub> 超伝導薄膜の高性能化を達成し、実用化を図る。</p> <p>D. 熱電変換材料：Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 系材料の熱電変換性能を向上させ、熱電変換製品の試作を行う。</p>				
④ プロジェクトのメンバー及び役割				
氏名	所属(職)	本年度の役割分担		
廣光 一郎	総合理工学部(教授)	プロジェクト統括, 酸化亜鉛透明電極を用いた有機太陽電池の高性能化		
吉野 勝美	プロジェクト研究推進機構 寄附研究部門(総括研究員)	ナノ構造導電性高分子と酸化亜鉛による電子・光機能デバイスの高性能化		
田中 仙君	総合科学研究支援センター (教務職員)			
藤田 恭久	総合理工学部(助教授)	酸化亜鉛超微粒子からの薄膜作製条件の最適化と電流注入発光デバイスへの応用		
O. Senthil Kumar	プロジェクト研究推進機構 (研究員)	酸化亜鉛薄膜作製のための CVD 技術の開発		
梶川 靖友	総合理工学部(教授)	光学測定・X線回折による酸化亜鉛薄膜の評価		
大庭 卓也	総合理工学部(教授)	放射光X線による結晶学的評価。対象は酸化亜鉛微粒子・薄膜及び他のサブグループが扱っている材料。		
森戸 茂一	総合理工学部(助教授)	電子顕微鏡による結晶学的評価。対象は酸化亜鉛微粒子・薄膜及び他のサブグループが扱っている材料。		
伊藤 眞一	医学部(助教授)	酸化亜鉛を用いた動物実験用透明電極の開発		
佐藤 守之	総合理工学部(教授)	酸化亜鉛とホール輸送性高分子とのナノコンポジットの作製		
山口 勲	総合理工学部(助教授)	ナノコンポジットを用いた発光デバイスの作製とその性能評価		
岡本 康昭	総合理工学部(教授)	ゼオライト細孔内への酸化亜鉛ナノ粒子の導入による新たな発光材料の開発		
縄手 雅彦	総合理工学部(助教授)	ゼオライト細孔内のナノ粒子の物性に関する理論的研究		
秋重 幸邦	教育学部(教授)	新規強誘電体 BaTi <sub>2</sub> O <sub>5</sub> セラミックスの高性能化。実用化の検討		
徐 軍	プロジェクト研究推進機構 (研究員)	BaTi <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 薄膜の電子デバイスへの応用		
久保 衆伍	総合理工学部(教授)	MgB <sub>2</sub> 超伝導薄膜の高性能化。実用化の検討		
山田 容士	総合理工学部(助教授)			
小野 興太郎	総合理工学部(教授)	MgB <sub>2</sub> 超伝導薄膜のイオン照射による高性能化と電子顕微鏡観察		
宮本 光貴	総合理工学部(助手)			
長谷崎 和洋	総合理工学部(助教授)			
北川 裕之	総合理工学部(助手)	熱電変換材料の高性能化と実用デバイスの開発		

⑤ 本年度の研究計画と目標 (本年度当初の計画書に書かれた内容に沿って、計画と達成目標を箇条書きにしてください。)

A. 酸化亜鉛

A-1. 酸化亜鉛薄膜

- ・酸化亜鉛超微粒子を基板上にコートすることにより、紫外・青色発光する薄膜を作製し、作製条件の最適化を行う。さらに、電流注入発光特性を明らかにする。
- ・酸化亜鉛薄膜用 MOCVD 装置の試作を行う。さらに、CVD 技術を地域産業へ適用することを試みる。

A-2. 酸化亜鉛と有機材料の複合デバイス

- ・酸化亜鉛透明導電膜を用いた有機太陽電池のエネルギー変換効率を 1% 以上に向上させる。
- ・酸化亜鉛とホール輸送性高分子とのナノコンポジットを作製する。さらに発光デバイスを作製する。

A-3. 酸化亜鉛薄膜を用いた医学実験用透明電極

- ・酸化亜鉛薄膜を用いて体液代用液中で耐久性がある立体的な構造の動物実験用透明電極を開発する。

A-4. 酸化亜鉛とゼオライトの複合材料

- ・ゼオライト細孔に内包された酸化亜鉛ナノ粒子を合成し、ナノ粒子特有の発光を得る。
- ・ゼオライト中の酸化亜鉛ナノ粒子の構造、電子状態を明らかにする。

B. 強誘電体

B-1. BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> セラミックス

- ・相対密度 80%以上の緻密セラミックスを得る。さらに配向セラミックスの合成を行う。
- ・得られたセラミックスを分極処理し、圧電定数を測定する。圧電材料としての用途を明らかにする。

B-2. BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 薄膜

- ・光触媒特性、強誘電特性、電気伝導特性を明らかにし、実用性を判定する。

C. 超伝導薄膜

C-1. 低基板温度成長 MgB<sub>2</sub> 薄膜の酸化亜鉛バッファ層挿入による高品質化

- ・MgB<sub>2</sub> 薄膜の格子整合性バッファ層として酸化亜鉛層を用い、33K 以上の超伝導転移温度を実現する。

C-2. ナノ構造制御による MgB<sub>2</sub> 薄膜の高臨界電流密度化

- ・MgB<sub>2</sub> 薄膜にナノサイズ非超伝導相を導入し、臨界電流密度を増大させる。

C-3. プラスチックフィルム上への高品質 MgB<sub>2</sub> 薄膜の形成

- ・フレキシブルな長尺テープ状 MgB<sub>2</sub> 薄膜を作製する。

D. 熱電変換材料

D-1. Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 系熱電変換材料の高性能化

- ・材料の作製工程にメカニカルアロイング法を取り入れ、材料の高性能化を実現する。
- ・材料に添加する不純物の種類、量、添加方法を吟味し、最適な作製条件を明らかにする。

⑥ 計画の達成状況と自己評価 (前項で記載された計画の達成状況を項目毎に記載してください。また、年度目標に対する達成状況を項目毎に以下の基準に従って自己評価してください。A：目標以上に成果をあげた、B：ほぼ目標通りの達成度で予定した成果をあげている、C：計画より遅れ気味であるが年度末には目標達成が可能である、D：年度末までに目標達成は不可能である。Dの場合はその原因と対応策についても記載してください。2～3月に行う計画のため未執行の場合には評価は空欄にしてください。)

A-1 (自己評価A)

- ・酸化亜鉛超微粒子から透明な薄膜の作製に成功した。これをデバイスに用いることにより紫外線・青色領域での電流注入発光を観測した。低コストなナノ微粒子を用いたパネル型発光デバイスの開発が期待できる。
- ・癌細胞の検出等で注目されている半導体量子ドットに対し、毒性面で大きなアドバンテージをもつ酸化亜鉛ナノ微粒子蛍光標識剤を発明し、医学部、生物資源科学部との共同研究を開始する等、医療・生物領域の用途を拡大した。
- ・世界初の本格的な酸化亜鉛薄膜用 MOCVD 装置の試作機が完成した。さらに地域企業との CVD 技術の共同研究を開始した。

A-2 (自己評価B) 酸化亜鉛透明導電膜を用いた有機太陽電池を作製し、エネルギー変換効率 1%(単色光照射下)を達成した。また、重合開始点を酸化亜鉛の表面に導入したナノ微粒子の製造方法を確立した。さらに、そのナノ微粒子表面へポリマーをグラフト化した有機・無機ナノコンポジットの作製に成功した。そして、その発光デバイスを作製し、発光させることに成功した。

A-3 (自己評価B) ラットの頭蓋骨に開けた小さな穴に納まる立体的な構造の酸化亜鉛電極の作製に成功した。

A-4 (自己評価B) ゼオライト細孔に内包された酸化亜鉛微粒子を低収量ながら合成することに成功した。さらに、細孔に内包された硫化亜鉛微粒子を高収量で合成することに成功した。これにより、硫化亜鉛の酸化による細孔内酸化亜鉛微粒子の高収量合成への道が開けた。

B-1 (自己評価A) 放電プラズマ焼結法を用いることで、相対密度 95%以上の BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> セラミックスの合成に成功した。さらに、得られたセラミックスの方位解析により、配向性セラミックスを合成するための指針を得た。

B-2' (自己評価A) KF 添加 BaTiO<sub>3</sub> 及び BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> という実用性に富み緊急を要する研究課題が新たに加わったため、計画を変更して、この新課題の研究を優先して行った。まず、KF 添加 BaTiO<sub>3</sub> 単結晶において室温で大きな誘電率・圧電定数を見出し、特許出願を行った。さらに、KF 添加量を 1~12mol % の範囲で変化させ、強誘電転移温度の KF 添加量依存性を明らかにした。また、KF 添加 BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> セラミックスについて、KF 添加量を変化させて強誘電転移温度を 400°C~0°C の範囲でコントロールすることに成功した。

C-1 (自己評価B) MgB<sub>2</sub> 成膜時の基板温度の精細な制御により、薄膜の高品質化に成功した。

C-2 (自己評価B) イオン照射法及び薄膜の島状成長法の 2 通りの手法により、MgB<sub>2</sub> 薄膜中に非超伝導相を導入することに成功した。

C-3 (自己評価A) 0.5%までの曲げ歪に対しても特性の劣化がないフレキシブル MgB<sub>2</sub> 薄膜を作製した。また、配線等の応用に対応するため、回転型基板ホルダーを製作し、大面積フレキシブル薄膜作製の検討を進めた。

D-1 (自己評価B) メカニカルアロイングーホットプレス法によって作製した p 型 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 系熱電変換材料について、キャリア濃度制御技術を確立した。さらに、新しい塑性加工法により、結晶配向性向上と熱電性能改善の試みを開始した。

⑦ 公表論文、学会発表など (別途添付していただく個人調書の中から年度末までに発行される学術雑誌等 (紀要も含む) に掲載が確定しているものも含め、代表的なものを 10 件程度選んでください。発明等に関しては差し支えない範囲で記載してください。)

### 主な論文(査読つき論文 56 編から抜粋)

A-1 O. Senthil Kumar, E. Watanabe, R. Nakai, N. Nishimoto and Y. Fujita: "Growth of nitrogen doped ZnO films by MOVPE using diisopropylzinc and tertiary-butanol", J. Cryst. Growth, **298** (2006) 491-494.

A-2 Y. Yoshida, M. Nakamura, S. Tanaka, I. Hiromitsu, Y. Fujita and K. Yoshino: "Photovoltaic properties and inner electric field of ZnO/Zn-phthalocyanine hybrid solar cells", Synthetic Metals, **156** (2006) 1213-1217.

A-3 A. Hirota and S. Ito: "A long-time, high spatiotemporal resolution optical recording system for membrane potential activity via real-time writing to the hard disk." Journal of Physiological Sciences **56** (2006) 263-266.

A-4 T. Kadono, T. Kubota, H. Chatani, T. Kawabata and Y. Okamoto: "Structure control of molybdenum sulfide clusters encaged in zeolite prepared by a CVD technique", Stud. Surf. Sci. Catal., **162** (2006) 849-856.

B-1 秋重幸邦, 重松宏武, 小島誠治:「新規 Ba-Ti-O 系強誘電体 BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の結晶構造と物性」日本結晶学会誌 **48** (2006) 115-120.

B-2' Y. Akishige: "Ferroelectric and Piezoelectric Properties of Single Crystals of Ba<sub>1-x</sub>K<sub>x</sub>TiO<sub>3-x</sub>F<sub>x</sub> with x = 0.1", J. Phys. Soc. Jpn., **75** (2006) 073704 i-iii.

J. Xu and Y. Akishige: "Synthesis and Dielectric Properties of KF-Doped BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Ceramics", Ferroelectrics, (2007) in press.

C-3 T. Kato, S. Yata, Y. Adachi, Ya. Yamada, S. Kubo, Y. Yamada and A. Matsushita: "High-quality superconducting MgB<sub>2</sub> thin film preparation on plastic substrates", J. Phys.: Conference Series **43** (2006) 305-308.

D-1 K. Hasezaki, Y. Morisaki, H. Araki, H. Kitagawa and E. Tanabe: "Correlation between Thermoelectric Properties and Plastic Deformation of p-type Bi<sub>0.5</sub>Sb<sub>1.5</sub>Te<sub>3</sub> Thermoelectric Materials", Materials Transactions, **47** (2006) 383-387.

### その他論文(査読なし)

A-1 O. S. Kumar, K. Yamauchi, Y. Hanada, M. Miyamoto, T. Ohba, S. Morito and Y. Fujita: "Nitrogen Doped ZnO Nanomaterials for UV-LED applications", Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, (2007) 159-162.

### 学会発表 国際会議発表 47 件(内招待講演 6 件), 国内学会発表 67 件(内招待講演 1 件)

A-1 Y. Fujita, N. Nishimoto, K. Yamauchi, T. Yamamae, O. Senthil Kumar, T. Ohba, S. Morito, S. Tanaka, H. Kitagawa, K. Yoshino and I. Hiromitsu: "The Preparation of ZnO Epitaxial Films and Nanoparticles", Shimane - Dallas Metroplex Workshop 2006, Sep. 29, University of Texas at Dallas, U. S. A. (invited)

B-2 Y. Akishige: "New Lead-free Ferroelectrics: BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and Ba<sub>1-x</sub>K<sub>x</sub>TiO<sub>3-x</sub>F<sub>x</sub>", The 5<sup>th</sup> Asian Meeting on Ferroelectrics, September 3-7, 2006, Noda, Japan, Tokyo Univ. of Science. (invited)

C-1 Y. Ichizono, J. Okamoto, T. Kato, Ya. Yamada, S. Kubo, O. S. Kumar and Y. Fujita: "ZnO thin films as an epitaxial buffer layer for the growth of thin film materials with hexagonal crystal structures", ICMOVPE XIII 2006, May 23, Miyazaki.

特許 秋重幸邦:「チタン酸バリウム系圧電体またはその製造方法」, 特願 2006-130539 号

秋重幸邦: 上記特許を JST 海外出願支援制度に申請・受理, 整理番号 S2006-0417PCT

藤田恭久, 中村守彦:「蛍光標識剤および蛍光標識方法」, 特願 2006-326347

⑧ 外部資金の獲得状況, その他, 特筆すべき成果 (シンポジウムの開催, 産学連携・地域連携に関する各種見本市, 展示会への出展なども含む)

(科研費)

- ・伊藤眞一 [特定領域] 「ヒト中心溝吻腹側の痛覚関連野に対応するラット皮質領野の検索」 18年度 2,100千円
- ・伊藤眞一(研究分担者) [萌芽] 「膜電位の光学的測定の高精度化を目的とした高輝度かつ超高安定輝度を有する光源の開発」 18年度 800千円
- ・山口勲 [基盤B] 「ナノ電極間をリンク可能な分子電線としての $\pi$ 共役高分子組織体の構築」 18年度 2,200千円
- ・梶川靖友 [基盤C] 「環境関連ガス検出用としての赤外線半導体レーザ材料の開発」 18年度 1,700千円
- ・田中仙君(研究分担者) [特定領域] 「フォトクロミックスイッチングユニットによる $\pi$ 共役分子鎖の光機能化」 18年度分担金 800千円

(研究助成等)

- ・藤田恭久, 北原邦紀, 森谷明弘 「酸化亜鉛系薄膜成長用 MOCVD 装置の開発」 科学技術振興機構(JST)(実用化のための育成研究), 古河機械金属(株), 日本パイオニクス(株), JST との共同研究(H18-20年度), 18年度 63,920千円
- ・藤田恭久 共同研究, 県内企業, 525千円 (企業名, 研究テーマ名は非公開)
- ・藤田恭久 「酸化亜鉛(ZnO)ナノ粒子による癌検診等の医療応用技術の可能性試験」 受託研究, しまね産業振興財団(しまね産学官協働推進事業可能性試験), 2,000千円 (研究テーマ名は現時点で非公開)
- ・佐藤守之 「吸水性ポリマーに関する研究」 寄付金, (株)ヒューメックス, 500千円
- ・秋重幸邦 「新規強誘電体  $BaTi_2O_5$  の強誘電・圧電特性の評価」 寄附金, 中国電力技術研究財団, 1,040千円
- ・秋重幸邦 「鉛フリーな  $BaTiO_3$ 系新規圧電材料」 受託研究, JST(実用化可能性試験), 2,000千円
- ・秋重幸邦 「新規チタン酸バリウムの鉛フリーな圧電・電子材料としての応用」 受託研究, ちゅうごく産業創造センター(産学官連携新産業創出研究会), 1,700千円
- ・秋重幸邦(代表) 「山陰の地域に根差したエネルギー環境教育プログラムの開発」 資源エネルギー庁(エネルギー教育地域拠点大学), 3,150千円
- ・秋重幸邦 「新規物質を含むバリウム・チタン系酸化物強誘電体の比熱」 共同研究, 東京工業大学応用セラミックス研究所(一般B), 175千円
- ・長谷崎和洋, 北川裕之 「熱電素子の作製」 受託研究, ヒカリ電子工業(株), 200千円

(その他)

- ・第5回産学官連携推進会議 展示会出展 6月10-11日, 京都
- ・21世紀出雲産業見本市に出展, 11月11-12日, 出雲市
- ・山陰中核地域ものづくりフェア2006に出展, 12月8-10日, 米子市
- ・国際ナノテクノロジー総合展 nano tech 2007 に出展, 2007年2月21-23日, 東京ビッグサイト
- ・酸化亜鉛の研究が特許流通推進番組「知恵の輪ニッポン」に採用され放映, (独)工業所有権情報・研修館提供, BSフジ(衛星放送), テレビ新広島(TSS), テレビ神奈川(tvk), テレビ埼玉(TVS), 千葉テレビ放送(CTC)
- ・第1回サイエンスデリバリーでプロジェクトに関する普及講演, 6月23日島根大学白濁サロン
- ・エネルギー教育フェアin 島根 で講演, 2007年3月4-5日, 出雲科学館
- ・全国エネルギーシンポジウム in 島根 で講演, 2007年3月17日, 松江市, くにびきメッセ
- ・技術情報協会主催のセミナー(対象:企業研究者)で酸化亜鉛及び有機半導体デバイスに関する3件の招待講演, 7月25日, 9月19日, 11月28日, 東京
- ・平成18年度研究成果報告会(公開), 2007年3月8日, 島根大学

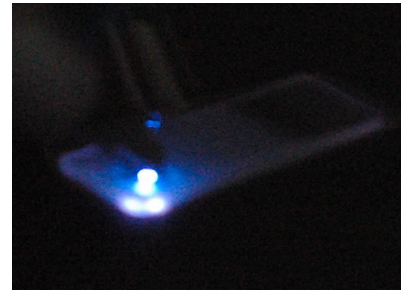
(テキサスプロジェクト関連)

- ・A. Zakhidov 博士(University of Texas at Dallas 教授) 講演会を主催, 7月24日, 島根大学
- ・nanoTX'06 展示会出展 9月27-28日, テキサス州ダラス
- ・Shimane-Dallas Metroplex Workshop 2006 で4名のS-ナノメンバーが研究発表, 9月29日, テキサス州ダラス
- ・University of Texas at Dallas との間で大学間交流協定締結の手続きが進行中
- ・Texas State University 及び University of North Texas との間で共同研究が進行中
- ・共同研究をさらに進めるため, University of North Texas から島根大学への学生派遣を計画

⑨ 本年度の主要な研究成果 (図, 表, ポンチ絵などを多用して, 2ページ以内にわかりやすくまとめてください)

**酸化亜鉛超微粒子から発光デバイスを作製, さらに医療応用への道を開拓**

酸化亜鉛は, 安価な青色発光材料, 透明導電膜材料として有望です. 本プロジェクトでは昨年度までに, 極めて良好な発光特性を示す安価な酸化亜鉛超微粒子を作製し, 液中に分散させることに成功しました. 本年度はその分散液を塗布して透明な薄膜デバイスを作製し, 紫外線・青色領域での電流注入発光及び白色面発光に成功しました. これらは安価で大面積な照明装置の開発に繋がります. また, 癌細胞の検出等で注目されている半導体量子ドットに対し, 毒性面で大きなアドバンテージをもつ酸化亜鉛ナノ粒子蛍光標識剤の研究をスタートさせ, 本プロジェクトの応用分野を広げることができました.



酸化亜鉛超微粒子を薄膜化して作製したデバイスの電流注入発光

**酸化亜鉛薄膜を透明電極として用いた有機太陽電池の開発**

最近, 有機太陽電池の研究・開発が世界的に活発になってきました. p 型有機半導体と接合させる透明電極材料には ITO (Indium Tin Oxide) がありますが, n 型有機半導体用の透明電極材料は知られていませんでした. 本プロジェクトでは, ガリウムを含有させた酸化亜鉛薄膜が n 型半導体用電極として利用できることを明らかにしました. これにより, 有機太陽電池の可能性がさらに広がりました.



水に分散した酸化亜鉛ナノ粒子からの紫外線発光 (医療分野への応用が期待できます.)

**酸化亜鉛薄膜用MOCVD装置を試作**

酸化亜鉛単結晶薄膜は高効率な紫外線・青色発光ダイオードや半導体レーザーの材料として期待されています. 本プロジェクトでは, 産学官連携により酸化亜鉛用の MOCVD 装置 (発光デバイスの量産に用いられる) の開発を進めており, 本年度は試作機を完成させました. 今後, この装置を用いて単結晶薄膜技術の開発と装置の事業化を行います.



独自の基板高速回転機構をもつ酸化亜鉛用 MOCVD 試作機の成長炉 (加熱中)



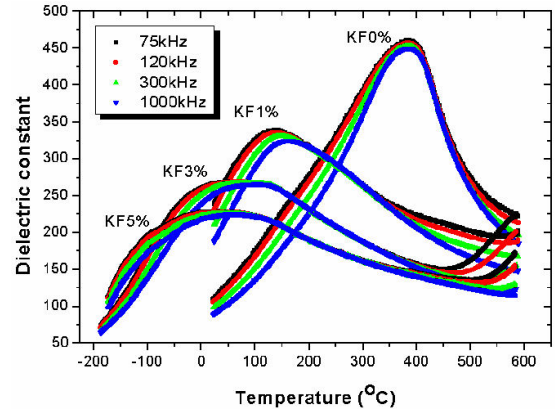
酸化亜鉛用 MOCVD 試作機



⑨ 本年度の主要な研究成果 (続き)

新規強誘電体BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の良質セラミックスの合成に成功

本プロジェクトでは昨年度までに、新規チタン酸バリウム BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> が極めて優秀な強誘電特性を持つことを明らかにすると共に、BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 粉末のゾル・ゲル法による大量合成、さらには粉末のセラミックス化に成功しました。しかし、このセラミックスの相対密度は 70%と低く、より緻密なセラミックスの合成が課題となっていました。本年度は放電プラズマ焼結法の採用により、95%以上の良質セラミックスの合成に成功しました。これにより、BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の実用化への道が大きく開けたこととなります。また、このセラミックスにフッ化カリウム (KF) を添加することにより、強誘電転移温度を広い温度範囲でコントロールできることも明らかにしました。



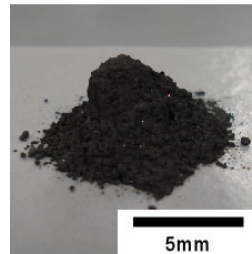
KF 添加 BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> セラミックスの誘電特性が KF 添加量に依存して変化する様子。KF を 5% 添加することで強誘電転移温度が 400°C から 0°C まで変化します。

KF添加チタン酸バリウムが極めて高い圧電定数を持つことを発見

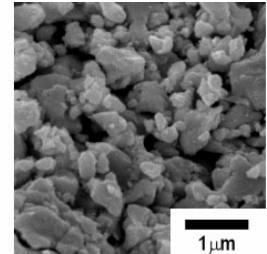
圧電体はインクジェットプリンターのインク噴射装置など、位置の微細なコントロールが必要な装置に無くてはならない材料です。しかし、現在実用化されている圧電体はすべて鉛を含むため、鉛を含まない圧電体の開発が急務となっています。本プロジェクトでは、通常のチタン酸バリウム BaTiO<sub>3</sub> に KF を添加することで、極めて高い圧電定数を持つ材料が得られることを見出し、特許出願を行いました。これは、次世代圧電体の候補として各方面から注目されています。

微細結晶粒を持つ高性能熱電変換材料を開発

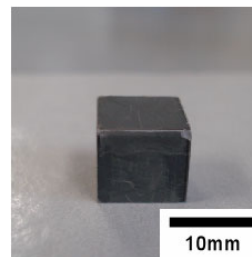
熱電変換材料は温度差があれば発電します。逆に電気を流せば冷却や加熱を行うこともでき、広い用途があります。熱電変換効率を向上させれば、低温廃熱を利用した発電やペルチェ素子を使ったエアコンの実現も夢ではありません。本プロジェクトでは熱電変換材料の高効率化を目指した研究を進めています。昨年度までの研究で、通電加圧法による塑性加工によって作製したビスマステル系熱電材料が高い効率を示すこと、さらに、その材料のナノ領域での結晶方位分布、組織構造を明らかにしてきました。本年度は、メカニカルアロイング法による固相反応を利用したビスマステル系熱電材料の作製を試み、微細結晶粒からなる材料の合成に成功しました。また、伝導に寄与する正孔の数を制御する方法を確立し、さらなる高性能化のための設計指針を得ました。



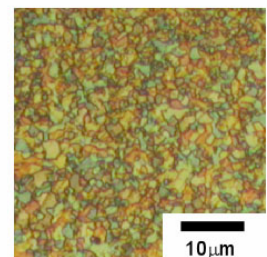
(a)メカニカルアロイング法によるBi<sub>0.5</sub>Sb<sub>1.5</sub>Te<sub>3</sub>粉末



(b)粉末の拡大写真 (走査型電子顕微鏡)



(c)ホットプレス焼結体



(d)焼結体の組織 (光学顕微鏡)

固相反応によるビスマステル系熱電材料粉末と焼結体。微細な結晶粒からなる焼結体であることがわかります。結晶粒界は熱伝導率を下げる働きがあり、熱電特性を向上させます。結晶を特定方向に配向させれば、さらなる高性能化が図れます。