

事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年10月4日

評価委員：（敬称略、順不同）

丸山俊夫 東京工業大学大学院理工学研究科 教授（主査）
 足立基齋 京都大学国際融合創造センター 研究員、名誉教授
 山本剛久 東京大学大学院新領域創成科学研究科 助教授
 岩井一彦 名古屋大学大学院工学研究科 助教授
 渡利広司 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門 グループリーダー

記入年月日：平成18年12月25日

課題名	微量成分による高次構造制御技術の開発
研究責任者名及び所属・役職	池上隆康 物質研究所 独立研究グループ 特別主席研究員(H13-H16) 森 利之 エコマテリアル研究センター 主席研究員(H17)（現在：燃料電池材料センター 副センター長）
【実施期間、使用研究費、参加人数】	実施期間：平成13年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：92百万円、外部資金：3百万円 参加人数：（平成17年度）3人（専任：1人、併任：1人、ポスドク：1人）
【研究全体の目的、目標、概要】	<p>研究目的及び具体的な研究目標： 微量成分で材料の原子配列を制御して、単一の添加では予想できないほど大量の発光元素を固溶させ、単結晶では得られない特性を有する透明焼結体の開発や、固体状態で液体に近い導電率を有する固体電解質の創製に関する基礎的研究を推進することを目的とした。</p> <p>本目的を達成するために、透明焼結体の作成においては、中期までの焼結現象の理論的な解析結果を踏まえて、理論密度を有する焼結体の作成を無加圧焼結により達成するべく、易焼結性粉末の合成を行った。粉末の合成は、共沈法により行い、粉末合成時に、陰イオン（硫酸イオン）を添加し、沈殿を作成することで、分散性の高い易焼結性ナノサイズ球状粒子の合成を試みた。さらに、このナノ球状粉末合成技術を用いて、多量の発光元素を固溶させた粉末を合成し、単結晶に近い透明度を有する焼結体の作成を目指した。一方、導電率（σ）の高い固体電解質の作成を行うために、セリア系固体電解質を中心に、その焼結体中に埋もれたナノ構造の解析を行い、導電率の低下の原因であった酸素欠陥の秩序構造（マイクロドメイン構造）の解析とその発生機構の検討を通して、高性能化のための方法を検討した。また、こうしたマイクロ・ドメインの発生の小さい組成の探索を行い、粉末合成条件や焼結条件の最適化の検討を通して、高性能化を目指した。</p> <p>具体的目標としては、無加圧焼結法により、発光元素を多量に固溶しても単結晶に近い透明度を有する透明焼結体を作成すること及び、700℃において8モル% Y_2O_3 添加 ZrO_2 よりも2桁大きい電気伝導度（σ: 0.006 S/cmレベル→0.6 S/cmレベルへ向上）を有する新固体電解質を開発することとした。</p> <p>研究概要： 本プロジェクトでは、1）透明焼結体の開発に関しては、粉末合成時に、硫酸イオンなどの微量添加を行い、易焼結性ナノサイズ Y_2O_3 粉末および Sc_2O_3 粉末の合成を行い、無加圧焼結により透明焼結体の作成に成功した。さらに、発光元素として Gd_2O_3 を Y_2O_3 中に30%まで固溶させることに成功し、単結晶に近い可視光透過率を確認した。以上の結果から、単結晶素子では解決できない、耐熱衝撃抵抗性を改善した透光性多結晶焼結体の作製技術を完成させることができた。2）固体電解質の開発に関しては、セリア系固体電解質について、導電特性の妨げとなるナノレベルの構造の解析を行い、$(La_{0.75}Sr_{0.2}Ba_{0.8})_{0.175}Ce_{0.825}O_{1.89}$ の組成を有する易焼結性粉末の作製と、焼結条件の最適化により、ナノレベルの構造の最適化を図ることで、700℃において0.4S/cmの導電率（σ）を得た。</p>

<p>【全研究期間の成果等 (研究全体)】</p>	<p>研究成果（アウトプット）、成果から生み出された効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）： 研究成果として、透明焼結体作成関係では、無加圧焼結により、多量の発光元素を固溶した透明焼結体作成技術を完成させた。固体電解質関係では、ナノ構造の詳細な解析を通して、導電特性を低下させる第2相が点在することを解明し、その発生を抑える組成を提案し、高特性化に成功した。 成果から生み出された効果・効用と波及効果とし、透明焼結体では、単結晶では難しい、大型化、形状の多様性、耐熱衝撃特性の改善、製造コスト低減などを可能にする、無加圧透明焼結体作成技術を確立したことから、レーザー素子分野への波及効果は大きい。また、固体電解質関係では、通常のX線回折試験の検出限界以下の大きさで分散していた第2相の、導電特性への影響を明らかにし、高特性化のための手法を提案した。こうした手法は、これまでにない手法であり、固体電解質及びセンサー分野への波及効果は大きい。</p> <p>論文：13+16. 11件*、プロシーディングス：0+3. 71件*、解説・総説：1+3. 7件*、招待講演数：0+2. 55件*（*：+の前の数値は平成13年の数値、+の後ろは研究の寄与率を考慮した平成14-17年の値） 特許出願：6件、登録：7件、実施許諾：0件</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメントおよび評価点</p>
<p>マネジメント 実施体制 (サブテーマ間関係、外部との共同研究の有効性)</p>	<p>コメント： 本プロジェクトは前研究責任者の定年退職に伴い、研究組織体制が平成17年度は3名となり、人員不足のきらいがあった。それを補うためには、外部との共同研究が有効であるが、機構のグループ内部での研究が主体であった。特にレーザー発振などの応用に関して外部の協力を得る努力が欲しかった。また、強力な民間企業と共同研究を展開できれば、研究の広がりや次の研究ステップが見られたのではないかと思われる。</p>
<p>* 評価点（10点満点）：6 評価基準 9点：研究の効率向上に明確に寄与している 7点：よく考えられている 5点：平均的な体制 3点：もう少し考慮の余地があった 1点：プロジェクト遂行の支障となった</p>	
<p>アウトプット (論文、特許等の直接の成果。費用対効果を考慮)</p>	<p>コメント： 多くの論文が専門分野の国際的に評価の高い雑誌に発表されており、質・量ともに十分である。また、特許申請への取り組みも強く、十分な数の出願及び登録が出されている。</p>
<p>* 評価点（10点満点）：7 評価基準 9点：質・量共に平均的プロジェクトの水準を大きく上回っている 7点：平均的水準より優れる 5点：平均的水準 3点：少ない 1点：問題がある</p>	
<p>目標の達成度 その他アウトカム、波及効果</p>	<p>コメント： サブテーマ1においては、SO_4^{2-}を用いてドーブしたY_2O_3等の無加圧焼結体が、ドーブなしの加圧焼結体と同じ透明度を達成しているため、易焼結性粉末の作製とそれを用いた無加圧高密度透明焼結体の作製は目標をクリアしている。本手法はレーザー素子分野への寄与が大きいと考えられる。開発した粉末合成技術等は広範囲のセラミックプロセス技術に応用できると思われる。 サブテーマ2においては、X線回折に出ないマイクロ・ドメインの抑制により高い導電率を達成しているため、これも評価できる。ただ、ナノクラスターの生成とその制御の実験的な検討は成されているが、今後の発展のためにはもう少し詰めた理論的検討をして欲しかった。また、本プロジェクトは、中間評価以降において応用研究面でのさらなる広がりがやや欠けていたのではないだろうか。応</p>

	用分野の研究者をプロジェクトに組み入れることが可能であったらよかったと思う。
* 評価点 (10点満点) : 7 評価基準	9点 : 一つの分野を形成した 7点 : 目標は十分達成され、当該分野に影響を与えた 5点 : 目標はなんとか達成された 3点 : 目標の部分的な達成 1点 : 目標達成にはほど遠い
総合評価 研究全体に対する総合的な所見を記入。 また上記設定評価項目に含まれないその他の評価ポイントがあれば追加してコメント。	コメント : 本プロジェクトは、セラミックスに関する基盤的な研究テーマであり、緻密かつ着実に研究が進められている。目標の達成度も含め十分な研究成果を挙げているものと判断できる。しかし、応用へのトライが行われるところまでは研究が進展していない。 サブテーマ1では、微粒子から高密度透明焼結体の作製法の確立は、高く評価できる。ドープ試料についても無加圧で透明焼結体を得ているので、目標はクリアしているが、本当に光学材料として使用できることの実証・実例がほしかった。粉末合成という観点からのみでなく、応用へと広げていくことが今後の展開として重要と考えられるが、そのためには他分野との連携が必要だと考えられる。 サブテーマ2では、固体電解質中のナノレベルのマイクロ・ドメインが導電特性に影響することを世界に先駆けて示し、マイクロ・ドメインを抑制することにより高い導電率を達成したことは評価できる。さらに燃料電池への応用においても、大きな出力を出すことに成功している。今後は理論的な検討をする努力が必要である。
* 総合評価点 (10点満点) : 7 評価基準	9点 : すべての点において模範的に優れている 7点 : 総合的に優れている 5点 : 平均的 3点 : 期待されたほどではなかった 1点 : 税金の無駄遣いである

なお評価点は、公表時一般にもわかり易いように、以下のようにS, A, B, Cを併記します。

9、10 S
8 A+
6、7 A
5 A-
3、4 B
0~2 C

評価点まとめ

マネジメント実施体制 (内外連携)	アウトプット	目標達成度、アウトカム 波及効果	総合評価
A	A	A	A