

「革新的高信頼性セラミックス創製」プロジェクト 中間評価報告書

日時：令和元年8月21日(水)10:00～12:00

場所：(地独)神奈川県立産業技術総合研究所海老名本部 第1会議室

委員：秋宗 淑雄 新構造材料技術研究組合(ISMA)技術企画部部長研究統括代行

岡田 清 東京工業大学名誉教授

清原 正勝 TOTO株式会社総合研究所副所長兼フェロー

安富 義幸 (一社)ファインセラミックスセンター参与

報告者：「革新的高信頼性セラミックス創製」プロジェクト プロジェクトリーダー 多々見 純一

標記プロジェクトは、横浜国立大学の多々見純一教授をリーダーとし、横浜国立大学と(地独)神奈川県立産業技術総合研究所(KISTEC)の協力体制のもとで平成29年度より活動を開始している。このプロジェクトでは、地球上における人類社会の持続的発展に必要不可欠かつ喫緊の課題である、低炭素社会の実現に貢献する革新的な機能と信頼性を有するセラミックス材料の開発を目指している。そのため、次の4つの研究課題に取り組んでいる：①透明蛍光サイアロンセラミックスバルク体の開発、②低磁場中成形法による高熱伝導配向材料の開発、③メソスケール破壊特性評価法の確立と高信頼性材料設計の研究、④光コヒーレンストモグラフィーによるセラミックス内部構造観察。

まず、本プロジェクトの目指している研究課題の全体的な方向性として、エコマテリアルを目的とした革新的高信頼性セラミックスの創製を取り上げていることは、国連が推進し、我が国の科学技術基本計画でも取り上げられているSDGsにそった研究テーマであり、また、具体的に取り組んでいる透明蛍光セラミックス、絶縁基板用高熱伝導セラミックスなどは、新産業創出につながることで期待でき、高く評価できる。また、2年半の研究期間において、4課題ともここまでで学術的な貢献はもとより、知財についても国内外特許を獲得している。研究成果の広報についても、国内外の学会などでの研究発表に務めており順調な進捗と考える。さらに、企業との共同提案などの活動も実施しており、研究の進展が社会的にも可視化されている状況にあり、かつ、外部資金についても平成30年度には初年度の平成29年度に比べて着実な伸びが見られる。その一方で、学術論文の成果発表については、研究成果の進捗に比較して少し遅れている。今後、この面でのより一層の充実が望まれる。

以下に4つの研究課題に対する、より具体的な評価意見を記述する。

①透明蛍光サイアロンセラミックスバルク体の開発

次世代半導体照明の波長変換部材など高出力光照射に伴う部材の高熱化により、既存の蛍光体を樹脂マトリックスに分散させた材料では発熱に伴う樹脂の劣化などが問題視されている。これに対して、本プロジェクトでは、全セラミックス型材料の必要性を提案し、研究に着手している。その結果、SiAlON蛍光粒子を透光性SiAlONバルク体に分散させた新材料を開発し、既存材料を凌駕する優れた特性を実現している。また、耐熱性向上に必要な熱伝導特性をより向上するため物質探索を進め、透光性AlNをマトリックスとした新規蛍光材料の開発に成功している。さらに、プロセス温度の低減による省エネルギー化と高熱伝導性の両立を目指した新規材料の開発にも着手するなど、大きな成果を上げている。

以上のように、目的とする次世代半導体照明等への展開が有望な多様な全セラミックス型透明蛍

光体材料の開発に成功していることから、今後は実用化への課題に対して、対象とする材料を絞り込み、さらに研究を加速することが要望される。

②低磁場中成形法による高熱伝導配向材料の開発

従来からセラミックスバルク体の異形状粒子を超伝導マグネットを利用した超強磁場中で磁気配向させ、高熱伝導性セラミックスを作製する試みなどが研究されてきた。しかしこの方法では超伝導マグネットのように特殊な装置を必要とし、さらに作製できる部材のサイズも限定的で、産業界への応用は困難であった。これに対して本プロジェクトでは、大きな異方性反磁性を有するグラフェン粒子を異形状の Si_3N_4 粒子表面に被覆して磁気配向させたバルク体を作製するという、これまでにない新しいプロセスを導入することを提案している。その上で、希土類磁石程度の低磁場中(例えば、0.5T)でも一軸配向した Si_3N_4 バルク体を作製でき、無配向試料と比べて30%も熱伝導率の向上に成功している。この成果は、産業界にも展開可能なプロセスで配向セラミックスバルク体を作製できる可能性を示したもので、将来への大きな可能性を開く発見と、高く評価できる。

今後、このプロセスの可能性をさらに大きく展開させていくためには、グラフェンの磁性の劣化を低減し、配向度を制御できるよう、プロセスの基礎段階に立ち返った検討が必要と思われる。

③メソスケール破壊特性評価法の確立と高信頼性材料設計の研究

セラミックス材料をさらに広く社会実装していくためには、材料の機械的特性、信頼性を向上させる必要がある。そのためには破壊現象を基礎学理的な見地から究明することが求められている。本プロジェクトでは、セラミックス材料の破壊現象を支配しているメソスケールで起きる諸現象に着目し、その理解を通して高信頼性材料の設計と創製を目指している。このため、数 μm 程度の微少なカンチレバー試験片をFIB加工法により作製し、モデル試料としてSi単結晶を用いて詳細に検討している。その結果、得られた測定値が第一原理計算法により算出した計算値と良く一致したことから、この手法の有用性を確認している。その上で、バルク体、多孔体、表面処理材、コーティング材など多様な材料の破壊挙動の解明に役立つ可能性をも明らかにしている。また、プロジェクト内のKISTECおよび横浜国立大学においてラウンドロビンテストを実施し、良い結果を得ている。今後、この手法の普及には、より広く様々な研究機関に参画を呼びかけ、日本発の国際標準化を目指していくことが強く望まれる。

④光コヒーレンストモグラフィーによるセラミックス内部構造観察

セラミックスのような脆性材料では、材料中の欠陥などが信頼性の低下に強く結びついていることは広く知られている。しかし、これまでは材料の内部構造を3次元的に、かつ、動的に観察する適切な手法が無いため、製造過程において成形体、焼成体および焼結体中で構造欠陥や微構造の不均質化がどのように発生するかについては、ブラックボックス状態であった。これに対して本プロジェクトでは、光の干渉を利用した観察法である光コヒーレンストモグラフィー(OCT)法をセラミックス材料の内部微構造の観察に初めて適用し、様々なモデル試料を用いた観察を通して、機械学習法を取り入れた画像処理を併用することにより、鋳込み成形プロセスにおける凝集体形成の様子、焼成中における脱脂挙動および焼結挙動などを十分な解像度で動的に観察することに成功している。このように、OCTによる内部微構造観察法はセラミックス材料の製造時における様々なトラブルの解明に有用な手法となるポテンシャルを有しており、今後の研究の進展が期待される。

令和元年 8月 28日

委員長 岡田 清

