

研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)  
産業ニーズ対応タイプ  
技術テーマ「セラミックスの高機能化と製造プロセス革新」  
技術テーマ事後評価報告書

総合評価 S

## 1. 総合所見

本技術テーマは、情報通信、モビリティ、エネルギー、環境などの産業を支えるセラミックスの生産性や機能の向上により競争力強化・用途拡大を促進するため、これまで勘と経験に頼ってきた製造プロセスを基礎科学に立脚した革新的プロセスへ進化させることを目標にしている。これは、セラミックス産業界が永年に亘って努力してきているにもかかわらず、未だに達成されていない重要なテーマであり、時宜を得たものである。

本技術テーマに対して応募された70件の研究課題の中から、粉体作製・結合体化技術関連4件、無焼成・低温焼成技術関連2件、成形・焼結・加工技術関連5件の合計11件が採択され、分野別のバランスは適切であった。

それぞれの研究課題の実施にあたって、サイトビジットや産学共創の場などで、セラミックス製造プロセスの一部を構成するものであることを強く意識させ、また可能な限り課題間の連携を密にして全体の中での役割を認識させたことは、成果を出す上で大変有効であった。また、プログラムオフィサー (PO) とアドバイザーの助言に基づき実施計画の変更などの措置が取られた結果、優れた成果が複数得られており、上記及び課題継続中止 (2件) と合わせて適切なマネジメントが行われたと言える。

「産業競争力強化」を意識したプロジェクト運営をしてきた結果、産学共創へつながる多くの技術の芽を生んだ。粉体作製・結合体化技術関連課題では、これまでの現場での経験と勘と職人芸に頼ることを廃することで、生産性向上に資する技術を開発した。無焼成・低温焼成技術関連課題では、セラミックス産業における焼成工程を無くすことを目指した先駆的な研究を行い、カーボンニュートラルに向けた重要なプロセス開発に繋がる成果を上げた。また、成形・焼結・加工技術関連課題では、新たな機能材料開発に繋がり、しかも産業競争力強化につながる技術の芽を生み出した。研究課題ごとの事後評価結果 (S:5件、A:4件) は概ね妥当であった。

本技術テーマで得られた成果は多様であり、当初目論んでいた「内部構造の均一化」を実現する統一的なプロセスが確立されたとは言いが、個々のプロセス要素技術、例えばスラリーの均質化や製造工程の可視化などについては、プロジェクトリーダー間の適切な連携によるイノベーションの萌芽が見られ、産業競争力強化に貢献する技術の確立に向けて大きく前進したと評価する。

日本のセラミックス産業基盤を強化するためには、プロセス全体の技術をワンストップで対応できる研究拠点を持つことが必要で、今後企業などとともにそうした研究拠点を形成して、革新的プロセス技術の開発がオールジャパンで

継続的に進められることを期待する。

## 2. 技術テーマのねらい（目標）と課題の選考

セラミックスの普及が妨げられている要因として、高価と突然の破壊・割れの発生（低信頼性）の2点を挙げ、高価の理由はエネルギー多消費の複雑な製造工程にあり、破壊・割れの発生は製品内部構造の不均一性に起因すると捉え、本プログラムでは「革新的な省エネプロセス」によって「内部構造を均一化」する技術を確立して、コスト競争力の向上と高機能化・新機能創出を実現することを目標とした。

研究課題の選定では、一貫したセラミックプロセスの開発というよりも、個々の要素技術をより深化しつつ、他プロセスとの連携の中で多様な技術を開発する方針を取った。それにしたがって、粉体作製・結合体化技術、無焼成・低温焼成技術、成形・焼結・加工技術のプロセス全般にわたってバランスよく研究課題を採択した。合計11件の採択のうち2件が中間評価以降の継続が中止となったが、結果的には世界に通用する優れた成果が複数上げられており、適切な判断がなされたと言える。

## 3. 技術テーマのマネジメント

産学共創の場とサイトビジットを適宜利用して進捗状況を把握し、研究計画の方向性を議論することにより、課題継続中止の判断や課題間の連携を促す取り組みを行った。研究費の追加配分も進捗状況に応じて適宜なされた。

全11件の採択課題のうち2件は中間評価以後の継続を中止された。課題選定時により慎重な審査を行う必要があったと思われるが、その後多角的な判断により中止が決定されたのは結果的に妥当であった。

産学共創の場では、各プロジェクトリーダーに寄せられた意見を書面などでフィードバックしたほか、本プログラムの後半期には技術相談の機会を別室に設け、より深い技術情報議論の場としたことなど、企業との共同研究の端緒となる工夫がなされた点は高く評価できる。

事後評価においてSが増えたのは、中間評価後の適切な指導の賜物であり、マネジメントが適切であった証といえる。

## 4. 技術テーマとしての産業競争力強化につながる技術の確立状況

「産業競争力強化」を強く意識したプロジェクト運営をしてきた結果、産学共創へつながる多くの技術の芽を生んだ。

特に、粉末粒子集合体の構造形成過程のリアルタイム3次元OCT観察法の開発、濃厚スラリーの評価法と評価基準の提示、液相結晶成長制御によるナノ構造体の形成・機能発現、メカノケミカル表面活性による無焼成固化メカニズムの解明、非鉛圧電配向体の低温作製法の開発などは、世界に先駆けた日本オリジナルの研究成果である。

得られた成果の中に、評価技術に関するもの（3次元OCT観察法、スラリー

の分散評価技術など) や粉碎挙動を解析・予測するシミュレーションツールソフトが含まれている。これらは一般化できれば広く応用できる技術であるため、今後の早急な技術の確立が望まれる。

発表論文、特許出願、特許登録ともに、学術的にも技術的にも高いレベルの研究成果を上げている。企業との共同出願など、共同研究で得られた成果も複数得られており、産業競争力強化に貢献する技術の確立に向けて大きく前進したと評価する。

## 5. その他

セラミックプロセスチェーンの脱炭素化、デジタルトランスフォーメーションが今後極めて重要になる。本技術テーマで開発した技術をさらに発展させる取り組みとしても、オールジャパンの研究拠点の構築を望む。また、セラミックのプロセスだけではなく、原料からプロセスを経て製品を作り、色々なところに応用・利用し、さらに利用後は、元に戻してリサイクルしていくような観点でのサプライチェーンの開発とサーキュラーエコノミー的な視点に立ったセラミックプロセス技術の確立に向けて、本技術テーマで得られた成果が繋がることを期待したい。

以上