

**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」**  
**追跡評価報告書**

## 1. 総合所見

本技術テーマは、情報通信、モビリティ、環境・エネルギー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の強化・用途拡大を促進するため、原料粉の合成から後加工までのセラミックス製造工程全体を見直し、これまで経験と勘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としている。セラミックスの欠点を解決するための内部構造の均一化を実現する統一的なプロセスの確立というよりは、スラリーの特性と成形体との関係、製造工程の可視化など個々のプロセス技術について基盤技術が構築された。いずれの研究課題も企業との共同研究などが継続され、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。産学共創の場の実施、サイトビジットなど、企業、産業界、アドバイザーからの要望や意見を直接に聞き取ることができたことは、産業界のニーズを知り基礎研究から応用研究へ展開する上で有用であり、人材育成にもつながり、プログラムの成果は大きいと考える。

特定の産業分野の基礎基盤研究を行う大学、国研等に限定して公的資金を提供した本技術テーマの設定は、世界的な競争力を有している日本のセラミック製品の競争力維持のために、バックアップをすべきという賢明な判断に基づくものであった。採択された11課題は統一性のない印象を与えるかもしれないが、セラミック製品は製造工程毎に解決すべき課題があり、多岐にわたる用途で高機能化が求められている証である。全ての研究課題で多くの論文が公刊され、必要性に応じて特許出願もなされており、また技術の権利化にも取り組みが行われている。加えて、多くの受賞が示すとおり技術の先進性、有用性を含めて評価されており、これは、研究課題設定の適切性と各研究者の尽力の結果である。特許出願への支援の充実、国際競争力を高めるための技術の権利化などの支援体制が課題であり、今後の改善事項としてJSTにおいて検討を進めることが望ましいと考える。

今後、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極めて重要になる。開発され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が望まれる。

## 2. 研究開発成果の発展状況や活用状況

技術テーマ終了 1 年半後の追跡調査において、本技術テーマで実施した研究課題 11 件のすべてで研究が継続されており、各研究課題の設定、研究計画は妥当であり、発展性がある研究課題であったことが窺える。研究開発体制については、全体の件数の 50% 強が産学共同開発の取り組みを進めているが、11 課題のうち 10 課題は並行して自機関での基礎研究を継続している。技術の深化をアカデミアで進め、企業で実用化していくという理想的な形と云える。一方、4 課題が実用化、可能性検証の段階にあるが、8 課題は基礎研究ステージの段階であり、拙速とならないように加速していく必要もある。研究課題終了後の研究開発資金は、企業の資金提供、競争的研究費で 80% を占める。アカデミアの基礎研究力の維持、強化は日本の課題であり、また企業もそれを支えていくべきであり、課題設定の適切性も含めて本プログラムは好例となると考える。加えて、産学共創の場の設定など、企業とアカデミアがつながる場が設けられたことも、課題設定のブラッシュアップ、共同研究への進展、課題終了後の資金確保に繋がったと高く評価できる。

### 3. 研究開発成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用及び波及効果

追跡調査によれば、特許 16 件、受賞 16 件であり、企業との共同研究も 7 課題で行われており、さらに研究期間終了後も全課題において計 32 件の論文発表がなされている。これらは、本技術テーマで推進されてきた研究開発が技術的にも社会的にも認められてきたことの証左と考える。尚、アウトリーチ活動としては、1 件にとどまっており、全体の成果からしてもう少しあっても良かったと思われる。この点については、技術テーマ終了後も JST からの指導、助言をお願いしたい。

具体的な成果として、本研究課題の終了後開発された掃引光源光コヒーレンストモグラフィ観察技術は、セラミックスのプロセスチェーンを科学的総合的に最適化するための有力な技術であり、今後のセラミックスの発展に必要な高信頼性化に大きく寄与できると考える。また、研究開発した技術をカーボンニュートラル実現に重要な技術であるリチウムイオン電池に適用するなど大きな貢献が期待できる。例えば、リチウムイオン電池の電極の製造プロセスとして湿式メカノケミカル反応による前駆体材料の粉末合成、集電体をコーティングするための電気泳動堆積、リチウムイオン電池の正極スラリーに関する最適な調製ガイドラインの提案などが挙げられる。さらに、フラッシュ焼結の実用化に向けた技術については、焼結プロセスの大幅な省エネに加えて、フラッシュ現象の応用範囲を塑性加工や接合にも広げつつあり、この技法の進展が期待される。

このように、多くの研究課題で工業的に有用な成果を上げながら更なる展開を見せつ

つある。本プログラムの成果が日本のセラミックス産業やユーザー産業の競争力強化に役立っていることは明らかである。

#### 4. 研究開発成果に対する制度支援の効果

産学共創の場で、企業、産業界、アドバイザーからの要望や意見を直接に聞き取ることができたことは、産業界のニーズを知り基礎研究から応用研究へ展開する上で有用であったとの意見が多かった。また、技術テーマ終了後も多くの企業と共同研究等が進められており、産業界との連携の促進に産学共創の場が有効であったことが窺われる。また高機能セラミックス展への出展の取り組みも研究成果を広く企業に紹介する機会として有用であった。一方で、技術テーマ実施期間中、もしくは今後に望まれる点として、特許出願への支援の充実、運用の柔軟化、他の技術テーマで実施していた新技術説明会の開催の要望などがあった。

新型コロナの影響で、最終年度はサイトビジット、産学共創の場、事後評価は全て on-line で実施せざるをえなかった。最終年度ということもあり、既に装置については知識を共有しているため、on-line により交通移動の時間が省略でき、サイトビジット等少人数の場合は却って on-site より良かった面もある。一方、産学共創の場等は会場の雰囲気、また直接顔を合わせて議論することは重要で、さらに予定していたポスターセッションも中止を余儀なくされた点では残念であった。

特許出願への支援の充実においては、アカデミアでの TL0 との協力体制の見直しや、JST からの支援体制の仕組みの検討が必要である。日本としての国際競争力を高めるための技術の権利化が必須事項であるため、今後の改善が望まれる。ただ、経験と勘がブラックボックスとなり後発企業に対する優位性を維持していたところを新たな解析や評価によってプロセスの最適化ができるようになると、同じ手法を使えば誰でも本プログラムの成果を享受できるのではないかという危惧がある。材料は特許で押さえられるが、プロセスや評価法で特許を取っても他社を排除するのは難しい。企業はこの点を十分承知し特許の出し方を工夫していると思われるが、大学等の研究者は実際にどのような対策を取るべきかは、今後の検討課題と考える。

尚、プログラム進行中に研究者から年間の各種報告（口頭、文書両方を含む）の頻度を減らしてほしいとの要望があった。研究者の立場に立てばこのような要望も理解でき、適切な年間スケジュールも今後の検討課題と考える。

#### 5. その他

経済産業省がまとめた「新産業構造ビジョン」において、Society 5.0（超スマート

社会)の実現に向けて、人工知能やIoTの進展、各種センサー、アクチュエーター、発電素子等の高度化が期待される。一方、地球温暖化対策として、ゼロエミッションに対応した、自動車などの輸送機器、環境・エネルギー材料の研究開発は、世界で激しい研究開発競争が行われている。これらは、一企業が取り組むにはあまりにも大きな課題で、産、学、国研が協力した取り組みが求められている。これを可能にするには、大学や公的機関が保有するセラミックスプロセスの各要素について基盤技術の充実が不可欠である。そのためには、JSTなどを通じた国の継続的なサポートが望まれる。また、原料からプロセスを経て製品を作り、様々な用途に応用・利用するのみならず、今後は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スプロセス技術の確立に向けて、各研究グループで得られた成果がつながることが期待される。

産学共創の重視やそれによる基盤研究の充実と産業競争力強化の方向は評価される。本プログラムのような特定の素材産業全体を下支えするような研究開発プログラムが今後もあると良いと考える。研究開発最適展開支援プログラム(産業ニーズ対応タイプ)の本技術テーマ「セラミックスの高機能化と製造プロセス革新」は、企業との連携継続もあり、有益有効なプログラムであったと考える。日本の国力を高めていくためには、アカデミア、産業界が国の支援を受け良好に繋がることが必須であり、今後も、このようなJST事業が増えていくことを期待する。

以上