

CREST 研究領域「エネルギーの高度利用に向けたナノ構造材料・システムの創製」 追跡評価報告書

総合所見

本研究領域は研究総括の強いリーダーシップのもと研究が展開され、研究領域期間中に於ける各研究代表者の実績と成果のとりまとめは勿論のこと、研究領域終了後を睨んだ適切で効果的な指導があったと考えられる。また、「ナノ」、「エネルギー」の(当時としては正に先導的に)時宜得た領域設定であったとも言える。その結果として、過半の研究代表者が、研究領域終了後に大型科研費、CREST、ALCA、NEDO プロジェクトなどの競争的資金を獲得し、実質的に研究を継続・発展して来たことは高く評価される。研究領域終了後 5 年を経て、多くの研究代表者の定年など不可避の要因もあって、展開状況には課題間の差がかなり大きい。しかしながら、総じて言えば発表論文数、特許出願件数も高い水準であり、高い費用対効果が維持され、企業との共同研究がいくつも進むなど、社会に波及しうる展開がなされている。即ち、本研究領域の目標設定と研究課題の選択が終了 5 年後においても高く評価できると言える。特に、現代社会の蓄電デバイスとして最も性能向上が望まれている二次電池や燃料電池用の優れた材料開発とシステム化、エレクトロニクスや熱電変換用のナノ構造材料とその合成装置や技術、およびそれらのデバイス構造に重要な界面の理論解析・シミュレーション法の開発などが注目される。

ただし、研究領域発足時に選択された何れの課題も、ある意味古くからあるナノテクを起点とした側面があり、関連するエネルギー材料・技術の個々としては成熟しつつある産業に近いこともあって、研究領域終了後の多くの成果は一步一步の研究の着実な前進ではあるが、「驚き」のある革新的な発見が十分にあったとは必ずしも言えない点も否定できない。勿論、科学技術の進歩への基盤を形成し、また人材育成も含めた社会の波及に貢献したことは大きい。

1. 研究成果の発展状況や活用状況

研究終了後の継続および発展については、研究課題ごとに差はあるが、多くは研究領域研究期間での成果を基に研究を発展させており、それらを示す量的パラメーターとしての論文数、特許出願数、また研究助成金の獲得(数と額)は、多くの研究代表者の定年などを考慮すれば全体としては大幅に落ち込むことなく、またいくつかの課題では着実に増加している。

したがって一律に評価することはできないが、総じて言えば、研究成果の発展や活用は十分に進展していると判断できる。以下にその具体例を述べる。

優れた研究成果の発展や活用例としては、金村の多孔質ポリイミドセパレータの開発とリチウムイオン電池の高性能化、佐々木の金属酸化物ナノシートの開発と高誘電体や絶縁膜としての活用、工藤の水の光分解用触媒の開発、河本の高効率熱電変換材料の開発、松

本の高臨界電流超伝導材料の開発などの高機能材料の開発と応用が挙げられる。これらは領域終了後も、大型プロジェクトによるさらなる展開がなされている。

実用化に視点を置いた研究として金村のイミドセパレータは多くの企業と連携し、大学発ベンチャーを立ち上げるなど、社会的に大きなインパクトを与える成果と判断される。また鯉沼が開発したコンビナトリアル技術装置は、市販されるようになり社会への普及が期待される。一方、池庄司の電極界面の理論解析は基盤研究であり、応用への展開は明確ではないが、研究の発展が原著論文数の増加に表れている。

研究領域終了後に定年を迎えた木島、鯉沼、中戸、山木等の研究の発展・活用状況については、論文件数、特許出願件数などからは単純に読み取ることは困難である。一方、現役の研究代表者のほとんどが終了後に多角的に大型競争資金を獲得しており(CREST(河本、佐々木)、ALCA(金村、松本)、科研費新学術領域(工藤)、科研費基盤 A(工藤)、科研費基盤 S(松本)、NEDO 産業技術研究助成事業(金村)など)、研究の発展性は充分と判断できる。

2. 研究成果の科学技術的および社会・経済的な波及効果

2.1 科学技術の進歩への貢献

科学技術の進歩への貢献は、各々の課題で差はあるが総じて大きなものがあり、領域全体としての貢献は顕著であると言える。

特筆すべき例としては、金村による三次元規則配列多孔体の開発は、リチウムイオン電池用の固体電解質の新しい作成法と蜂の巣状の規則孔の意義につながり、これを実用試験に供しうるスケール(実寸法での電池作製しての評価も含め)での実施が本研究領域終了後になされた。リチウムイオン電池の大容量化、安全性向上に波及する一つの道筋として評価は高い。工藤による可視光水分解では、バンドギャップエンジニアリング、Z スキームによる水から水素を生産する方法が幅広く知られ、更に研究が展開されている。佐々木による層状酸化物のナノ寸法からの集積は機能性無機材料の創製の新たな道筋を拓き、熱電変換デバイスなどの飛躍的な性能向上に結びついている。しかしながら、電池容量の画期的な増大、可視光による補助材なしでの水分解、等々目指すべき高い目標の達成には未だ至っていない点を指摘する意見があったことも併記したい。

鯉沼による電解効果型ナノ構造光機能素子の集積化技術開発や河本によるナノブロックインテグレーションによる層状酸化物熱電材料の創製は、それぞれナノ構造を用いたエレクトロニクス材料創製への展開へ結びついている。池庄司の電極二相界面のナノ領域シミュレーションでは、複雑系のシミュレーション法が開発され、その後、燃料電池の電極、高分子電解質膜、およびそれらの界面のプロトン移動の解析へと展開されている。

「ナノ構造材料・システムの創製」はその当時、先端かつ幅広い分野に係わる基本的な課題であり、「エネルギーの高度利用」は今日においても国家的な最重要テーマである。本研究領域は「ナノ」と「エネルギー」をキーワードとし、それらの科学技術に注力した形で研究が進められた。このことは、その当時はもちろんのこと現在も適切であり、多くの成

果に繋がった所以であると言える。しかし、研究領域終了後の多くの成果は電池材料、太陽光水分解など多岐に分散しており、領域全体として一つのサイエンスとして「ナノ・エネルギー」を普遍化し波及させることが出来ていないように思われる。本研究領域終了後にそのようなコンセプト、意図で本研究領域の成果が活かされ、継続・深化させる機会があっても良かったのではないかと思われる。

終了後に研究メンバーの多くが各所属機関で昇格または他機関にて席を得ており、研究人材の育成に貢献したところは大である。また広い意味での研究者間ネットワークが作用し、次世代の CREST や大型プロジェクトを編み出したことは、研究基盤の構成に寄与したと言える。

2.2 社会・経済的な波及効果

本研究領域の領域設定では、ナノテクを起点とした次世代のエネルギー材料・エネルギー変換と貯蔵技術の開拓を目論んだものであり、実用化またはそれを下支えする材料・技術が当然期待される場所である。研究課題の中には、その期待に応えるものが複数含まれており、本研究領域の社会・経済的な波及効果が高いと判断できる。

例えば、金村によるポリイミドセパレータの研究は、その後 2011 年に大学発ベンチャー企業スリーダムテクノロジー株式会社の設立につながり、複数の企業で生産開発が進められており、波及効果を示す事例の目玉と言えよう。さらに固体電解質の研究は、ALCA の中で生産技術が開発されている状況にある。鯉沼によるコンビナトリアルなナノ材料合成装置は物質・材料研究機構発のベンチャー企業株式会社コメントから販売されており、普及が期待される。工藤の水の可視光水分解用光触媒は、太陽エネルギーの化学エネルギーへの直接変換を行い、今後の水素社会に大きな貢献が期待される。その証左として、本光触媒は経済産業省の未来開拓研究プロジェクトの重要研究課題(実施主体は人工光合成化学プロセス技術研究組合; ARPCHEM)として採択されている。佐々木の開発した高誘電性無機ナノシートは企業や米国大学との共同研究に進展している。

現時点では必ずしも産業界への明確な波及や目覚ましい実用を挙げることはできないが、多くの研究課題が領域終了後に別プロジェクトに引き継がれており、長期的には社会的な波及が十分に期待できるものと思われる。

通常、環境エネルギー関連技術の開発と実用化には非常に長い時間がかかるため研究領域終了後 5 年では社会・経済的な波及効果を正確に判断することは難しい。少なくとも 10 年を経過した後の評価とすべきであるとの意見があったことを付記したい。

以上