

戦略的創造研究推進事業(さきがけ)における 研究領域「状態と変革」追跡評価報告書

1. 総合所見

本研究領域は、さきがけ研究の理念を踏まえ、期間内での成果への期待のみならず、提案された研究課題の魅力と研究者の意欲を評価しつつ、若手研究者の将来へ投資するという考えを貫いている。3期全体で38名の研究者を擁したが、数多くの研究が終了後も発展している。回答者全員が研究領域に共感と高い満足度を感じたことを含め、研究領域が成功裡に推移したと評価できる。これには、成果主義を排し、困難への挑戦に研究者を奮い立たせた研究総括のすぐれた見識とリーダーシップ、それを支えたアドバイザーに因るところが大きく、高く敬意を表する。

研究領域の中心テーマは、相転移という概念を新しい視点から展開することである。すなわち、物質の構造秩序が外界からの刺激によって相変化を起こし、新たな安定秩序が生まれる現象の追求であり、学理の深耕のみならず新たなデバイス創出の可能性をも包含する有意義な研究領域である。これまでに世界中で数多くの実験的研究が積み重ねられてきたが、将来に秘められた多くの可能性を掘り起こす実験、理論のあり方について、いまなお模索の段階にある。これを脱するためには相変化のダイナミクスも含めてミクロスコピックな視点からの解明が必要であるが、本領域はそこに基礎科学の側面から踏み込もうとしたものであり、有機分子、金属錯体、クラスターなどの材料で実験的試みがなされ、新たな機能の発現にも結びついている。これと併せて理論的な解明も試みられ、先駆的な研究成果が生まれている。さらには、上記の現象解明に必要となる多くの評価技術、評価装置の開発がなされ、その中から、学術的にもインパクトの大きな結果も生み出されている。領域が掲げた目標に対しては道なかばであろうが、現在までに着実に基礎的知見が積み上がってきたことは高く評価できる。

一方で、この研究領域に多い光に関わる研究課題が、磁場や圧力といった相転移の重要な引き金となる他の研究とどのように関わっていくかが見えていない。この方向付けが、今後の課題として残されている。特に、個々の研究課題が、今後どのような協力体制を作ってどのように物質・材料科学研究分野に影響を与えていくのかは、研究総括の描いた研究領域の理念に大きく関わるところであり、期待を込めて今後の展開に注視してゆきたい。

2. 研究成果の発展状況や活用状況

研究者は、領域開始時に高い競争率に打ち勝って選ばれた研究者であり、当然のこととはいえ、研究期間中に重要な発見を行うなど、着実に研究の実績をあげている。質の高い研究を期間終了後も発展的に継続していることは、その後の発表論文、受賞歴、あるいは研究資金獲得データにも表れている。論文発表件数について見れば、さきがけ期

間中には年平均 5 報以上発表したものが 38 人中 11 人であったが、さきがけ研究終了後には 21 人にまで増加している。受賞については、さきがけ期間中にも北森武彦、木塚徳志、谷垣勝巳、木村真一の 4 人が 5 件の賞を受賞していたのに対し、終了後には阿波賀邦夫、河口仁司、河合明雄、持田智行、山下正廣、鈴木俊法、小川哲生、斗内政吉、伊藤公平、奥地拓生、岡本博の 11 人が 27 件の賞を受けている。中には日本 IBM 科学賞をはじめ名誉ある賞もあり、研究水準の高さを示している。研究助成金の獲得については小川哲生、伊藤公平、山下正廣、河口仁司、百瀬孝昌らが CREST で、鈴木俊法が SORST で活躍しているほか、多くの研究者が科研費や民間企業のファンドなどを得ていることは、これらの研究の認知が進んでいることを示している。

また、例えば採択時に 2 人であった大学教授が終了時には 7 人、調査時には 24 人にのぼることからわかるように、ほとんどの研究者が終了後その職位を上げ、わが国の物質・材料科学研究の中核的な地位を占めようとしている。また、参加者の本研究領域に対する高い満足度が示すように、若手研究者のリーダーへ向けての育成プログラムとしてもよく機能したことが窺える。

1. 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な波及効果

3.1 研究成果の科学技術の進歩への貢献

本研究領域では、無機、有機化合物を含む広汎な物質群を対象に、スピン、電荷、格子、分子構造などの自由度が関わる多様な状態を光などの外部場の摂動によりダイナミックに変化させ、それを捉える研究が多く含まれている。評価用資料に挙げられた 5 つの代表的研究課題はそれらを端的に示す好事例であるが、そのほかの本研究領域の主流である固体物性研究にも多くの優れた成果がみられていることは見逃してはならない。

まず、5 例の代表的研究課題について述べる。

「電子・格子・光子結合系での非平衡相転移の研究（小川哲生）」は光有機相転移のダイナミクスを捉える理論研究をより広く相転移に適用される可能性を秘めており、将来に向けて大きな期待がもてる。この課題では、非平衡な相転移現象を新規デバイスの開発につなごうとの試みが、主に酸化物超薄膜を用いて行われている。現象は複雑で、実験データもまだ混沌の世界にあるが、理論的にここにメスをいれようとの試みは評価される。成果は学会内、あるいは国際的にも認知されつつあり、実験家と積極的に交流することで、この分野の学理構築につないでいって欲しい。

「同位体制御による半導体物性デザイン（伊藤公平）」は、同位体エンジニアリングとも言うべきユニークな分野を開拓した。材料の同位体制御という、一見すると地味な分野をベースに、半導体基板の熱伝導制御の提案も含め、量子コンピュータの可能性に展開していったことは立派である。国際的にも評価が広まりつつあるが、この位置に安住せずより広汎な発展を期待したい。

「木星の海を地球に創る（奥地拓生）」は、世界的に活発な研究がなされている水の

物性研究としても異色であるが、成果はまだ一步という感もある。ユニークな発想を抱き、その解明に必要な実験装置を徹底的に追求して自身で作製するという研究スタイルは貴重である。新しい発見にはユニークな装置が必要となる場面は多い。このような事のできる研究者が、最近では数少なくなっている。まだ成果はこれからのようだが、水素ハイドレードのような学際的な領域への挑戦はやがて実を結ぶ時が来ると信じる。

「発光性金属錯体による構造秩序識別システムの構築（加藤昌子）」の研究は固体と気体の狭間ともいうべき、特異な研究であるが、これが物質材料科学において地位を固めるためには、さらなる努力が求められる。有機金属錯体から新たな機能を創出しようとする試みは、気体センサーとしての機能実証、光触媒材料、有機 EL 材料への展開など多方面で今後の期待が大きい。有機分子化学は機能設計自由度、環境調和性等、無機材料の限界を補完するものとして今後、重要性が増すと考えられる。日本の強い分野だけに、将来につないでいって欲しい。

「超高速画像観測法による化学反応の可視化（鈴木俊法）」の研究は、化学反応研究の世界的第一人者である同氏による、さらなる複雑系への挑戦でもあり、物性研究をダイナミックに発展させる鍵をにぎっている研究とも言える。イメージング技術は、今後のいろいろな研究分野の新手法開発の引き金となりうる。孤立分子や微小液滴中の化学反応過程をフェムト秒のオーダーで観測、画像化してしまおうとの野心的な試み、X線 FEL の利用も視野にあるようである。このような大胆な事を考え、それを実行してしまう人物は日本にとって極めて貴重である。既に国際的にも評価されているが、今後の活躍が楽しみである。

次に、代表的研究課題として詳細調査に取り上げられていない課題にも、上記 5 課題に比肩して遜色のない研究が多くみられるので、それらについて一部を例示する。

「分子配列の精密制御による分子性伝導体の研究（鹿野田一司）」は分子性結晶のさまざまな物性究明に功績が大きい。なかでもフラストレーションの強い 2 次元モット絶縁体における「スピン液体の発見」は 1970 年代初頭に Anderson が可能性を指摘して以来の固体物理学上の大きなテーマであり、特筆すべき成果である。

「多様な電子相と相転移を有する低次元無機・有機ハイブリッド化合物（山下正廣）」は多くの擬一元磁石の合成と物性・とくに磁化過程の究明、伝導性分子性強磁性体の開発を行った。最近では「生物物質」の電子物性研究をも意識した金属錯体の構造・物性の多面的な研究を展開している。

「光によって生成する遷移金属錯体の新しい電子相（岡本博）」は、モット絶縁体における特異な非線型光学応答の系統的な研究を展開している。

「点接触境界のダイナミックスの原子直接観察（木塚徳志）」は、ナノ構造体の接触・変形の操作とその場原子直視についての先駆的な研究成果を基にナノ粒子の個別分光と原子直視観察の同時計測等の研究活動を多方面に展開している。

このような例も幅広く代表的研究課題として詳細調査の対象に加えるという積極的

な評価の姿勢が望まれる。

3.2 研究成果はどのような形で応用に向けて発展しているか

本研究領域は基礎研究が中心であり、研究領域の概要に記された研究総括の理念を考慮すると、応用への発展を主眼に置いたものではないと判断される。しかし、物性研究の最先端は常に応用への道が開けているものであり、本研究領域でも応用に向けて進展した研究課題がある。

たとえば、「液相微小空間における単一クラスター計測と反応ダイナミクス（北森武彦）」は、すでに応用の領域に入っている。また、「発光性金属錯体による構造秩序識別システムの構築（加藤昌子）」による有機分子材料による気体センサーや有機EL材料への応用、「強相関電子系による熱電変換材料の設計と合成（寺崎一郎）」による無機材料による熱電素子の開発、「偏光双安定面発光半導体レーザ（河口仁司）」による全光型信号処理デバイスの開発、「赤外磁気光学イメージングによる局所電子構造（木村真一）」によるテラヘルツイメージング技術の開発。このほかにも数々の評価技術、評価装置の開発が産業応用に向けて発展する大きな可能性があり、そのためのサポート体制が必要であるが、これはむしろJSTの問題である。

基礎科学の成果を、応用の観点から眼力のある研究者に結びつけ、両者の間の効果的な連携体制を構築することができれば、基礎研究と応用研究がそれぞれの役割を全うしつつ、基礎・応用の両方面で独創的な成果を多く生み出すことになるだろう。

特許出願はさきがけ期間中に13件、終了後に64件と増加している。ここからも、さまざまな応用の可能性が研究の発展とともに増してきたことがわかる。ただ、特許に関心の薄い基礎研究に携わる研究者の集団だけに、特許出願へのモチベーションをさらに高めるための方策、例えば領域会議などの機会に知的財産の専門家の講演などを行うなど、さきがけ研究の期間中から知的財産権への意識付けをいっそう強化する工夫が望まれる。

3.3 参加研究者はどのような形で活躍しているか

参加した研究者は、研究者として頭角をあらわすと予想された若手であるが、本研究領域で確実に成長し、その大多数が順調にキャリアアップし、また「新学術創成研究」や「グローバルCOE」で分野のリーダーあるいは主要なメンバーとして活躍しているという事実は高く評価できる。

また、参加者同士の共同研究がいくつか進行するなど、人材ネットワークが機能していることを窺わせる。他方、共同研究が行われていることは理解できても、それらが新しい分野、新しい物性のコンセプトを生み出す潮流を産出しようとしているかについては、やや道遠しとの感が否めない。しかし、本追跡調査によってさきがけ期間中の研究者どうしの交流が終了後にも継続・発展している事実は明らかであり、さきがけ期間中

の交流の促進が長期的なネットワーク形成に有効であることがわかる。さらにこの視点を広げれば、領域間、研究制度間をはじめ、いろいろな異質なものどうしのネットワーク形成を加速させることが重要であり、それについての配慮と仕掛けが文部科学省としても必要に思われる。

2. その他

さきがけ制度は、わが国の理工学系の研究者のリーダーへの登竜門という位置を確立しており、本研究領域も十分にその役割を果たしたことを高く評価する。本研究領域で顕著に見られるように物理と化学の連携はスムーズに遂行されているが、今後はこの輪に生命科学が加わるのが強く望まれる。また、材料科学がきわめて本質的で深い科学基盤を必要とする現況では、企業研究者の積極的な参加が必要である。

最後に、少なからぬ参加者から調査への回答が得られなかったことは、大変残念である。これは、リーダーであり同時に最先端の研究者として成長した研究者にとって、昨今のあまりにも多い評価などが研究時間を奪っている現実を反映しているとも推測される。今後、追跡調査の意義・効果を検証し、調査やその方法を改善してゆくことが必要であることを示唆している。

以 上