

研究主幹総評および領域活動概要

I. 評価の概要

対象領域：戦略的国際共同研究プログラム（SICORP）

日本-ヴィシエグラード4か国（V4）共同研究「先端材料（第2回）」

対象期間：2021年11月～2024年10月

II. 研究主幹（氏名、所属機関、役職）

森 初果、東京大学、教授

III. 採択課題

研究課題名	研究代表者名	所属機関	役職
ガスセンシングに高い可能性を有する表面受容体装飾ブラックメタル	川村 みどり	北見工業大学	教授
極限環境下の使用に耐える多機能先進マグネシウム合金の開発	河村 能人	熊本大学	教授
新奇半導体創出に基づくバンドギャップエンジニアリング	北浦 良	物質・材料研究機構	グループリーダー
ペロブスカイト量子ドットに端を発する広帯域X線検出器の創生	千葉 貴之	山形大学	准教授
新常態社会に資する原子レベルで構造デザインしたカーボン系材料の開発	西原 洋知	東北大学	教授

IV. 研究主幹総評

日本とヴィシエグラード4か国（V4：チェコ、ハンガリー、ポーランド、スロバキア）は、日本と中東欧諸国との地域協力の一環として、100年以上にわたる交流を推進してきた歴史がある。さらに日本と特にV4諸国との科学技術分野の発展を目指して、JSTとV4諸国の研究支援機関とが共同で、「先端材料」をテーマとした国際共同研究公募を実施し、2015年11月から2019年3月の約3.5年間、5件の支援課題について共同研究が進められた。その成功を受けて、2021年1月に、第2回の日本-V4共同研究「先端材料」募集が実施され、42件の応募のうち5件が支援課題として採択され、2021年11月から2024年10月の3年間、実施された。採択課題は、IIIにリストされている。

課題 1. ガスセンシングに高い可能性を有する表面受容体装飾ブラックメタル

本課題では、水晶振動子 (QCM) に選択的ガス吸着可能なフタロシアニン等の有機物質や無機 2 次元 (2D) 物質の受容体を修飾したブラックメタル (BM) 膜を感応層として組み込むことで、低コストで室温でも高感度な NO₂ 及び有機硝酸塩を検出するセンサーの開発を目的とした。

高感度なガスセンサーの候補としてブラックメタルを取り上げ、その開発や性能評価のために国際プロジェクトを立ち上げた点、国際交流を通して人材育成に貢献された点については高く評価される。さらに、対象とするブラックメタルの成膜生成プロセスについても国際協力で数々の手法を試して新たな知見を得、エタノールセンサーとして 2.5 倍の感度が観測された。しかし、目標とする NO_x ガスに対して目標の感度(1ppm 検出)に到達することに関しては道半ばである。今後も、センサーの性能向上、さらには、ブラックメタル膜の特性を生かした広範な機能開拓に期待したい。

課題 2. 極限環境下の使用に耐える多機能先進マグネシウム合金の開発

本課題では、基礎科学に基づいた応用指向型の新しい材料開発手法を駆使して持続可能性のある社会構築に資し、構造材料や医療デバイスなどに用いられる、次世代材料である先進マグネシウム合金の開発を目指した。

代表者等が開発した各種マグネシウム合金を V4 各国に共通試料として提供し、組織解析等による耐熱性・in-situ 精密構造解析等による変形挙動解明、in-vitro/in-vivo の生体適合性を評価し、実用可能性を明らかにした。さらに、本研究を通じて、計 7 回の対面型ミーティング、31 件の国際ワークショップを開催し、多数の原著論文発表、学会発表を行うなど、国際共同研究を強力に推進し、国際ネットワークが強化されたことは高く評価できる。日本では Mg 合金の実用化を目指したベンチャー企業を立ち上げている中、特許出願の報告が無いのは気になるが、今後 Mg 合金が実用化することに期待したい。

課題 3. 新奇半導体創出に基づくバンドギャップエンジニアリング

本課題は、新奇半導体材料の開発に基づくバンドギャップ制御を基盤とし、可視さらには通信波長帯で使用可能な単一光子光源や生体透過波長帯でのバイオイメージングに適した発光材料の実現を目的とした。

いくつかの二次元半導体への色中心の埋め込みに成功し、これをもとに高効率な励起子閉じ込め発光の探索と、これらの基礎光学特性解明を進めた。特に、V4 各国との共同研究を通して、h-BN への Ga 打ち込み(スロバキア)や第一原理計算(ポーランド)による検討も国際共同研究を推進した。代表者の所属機関変更もありながらも、継続的なプロジェクトの管理運営がなされたが、通信波長帯で使用可能な単一光子光源やバイオイメージングに適した発光材料の実現には至っていない。

コロナ期間も含んでいたためか、オンラインミーティングは 22 回行われたものの、学生・研究者の派遣・受入は、チェコの 1 人を 3 回、日本に受入れたのみであり、相手側との共著論文は査読無しが 1 報のみで、学会での連名発表は 0 件であるのは残念である。今後も国際共同研究で協働を続けるということで、将来的に大きな成果に繋がることに期待したい。

課題 4. ペロブスカイト量子ドットに端を発する広帯域 X 線検出器の創生

本研究は、X 線光子を光電流に直接変換可能なペロブスカイト量子ドット型検出器の創出を目的としている。近年、紫外・可視・近赤外領域におけるペロブスカイト量子ドットの光電変換デバイス開発が活発化しており、本提案では X 線領域までスペクトル範囲を拡大させることで、市場ニーズが極めて高いものの未だ確立されていない低コスト・薄膜・フレキシブルなペロブスカイト量子ドット型高感度 X 線検出器を実現することを目指した。

日本と V4 諸国の協力により、材料合成からデバイス評価までの一貫体制を確立しており、高く評価される。特に、量子ドットの表面修飾や厚膜化技術、単層グラフェンを用いた電荷捕集層の開発は、今後の応用展開が期待できる。一方で、相手国研究チームとの共著論文が未発表である点は課題として残り、近日中の掲載に期待したい。

課題 5. 新常態社会に資する原子レベルで構造デザインしたカーボン系材料の開発

本課題では、新常態社会の実現にとって必要不可欠である高性能カーボン系材料の開発を目指している。5 つのグループは独立することなく互いに密に連携し、原子レベルで構造が高度に制御された高機能カーボン材料および複合材料の開発を行い、開発した材料は、COVID-19 用フィルター、蓄電、エネルギー、ガス吸蔵、資源循環、ユビキタスデバイスなど、これからの新常態社会に必要とされる重要な応用用途へ展開することを目的としている。

本研究プロジェクトは、2021 年 11 月の正式な研究開始に先立ち、具体的な連携および共同研究を開始し、相手国メンバーとの綿密な計画立案、共同研究運営体制の構築が非常に効果的であったと思われる。国際的な共同体制を活かして優れた成果を数多く挙げており、高く評価できる。特に、カーボン材料の原子レベルでの構造制御技術の開発は、今後の当該分野の発展に大きく貢献すると期待される。HT-TPD (超高温・高感度な昇温脱離法)を用いた微量元素の定性・定量分析技術の開発や、得られた材料のエネルギー貯蔵・触媒・CO₂低減への応用は、社会的インパクトが大きいと評価できる。また、多くの原著論文発表や若手研究者の育成にも成功し、今後の国際共同研究や産学連携への発展が期待される。一方で、今後の研究体制の強化や長期的なフォローアップが課題として挙げられ、今後の継続的な発展に期待したい。

日本とV4の2か国以上との「先端材料」に関する国際共同研究の公募ということで、42件の応募があり、日本とV4の代表者が集まり、提案書、評価書を元に熱い議論を交わして、最終的に5件の課題採択を決定した。提案は、ブラックメタル、マグネシウム合金、無機半導体、ペロブスカイト量子ドット、カーボン系材料と多様である。3年間のプロジェクト中、コロナ禍との時期も重なり思うように海外渡航ができない難しさもあったと思う。その中でも、オンラインによる議論とサンプルのサーキュラーという新たな手法で、国際共同研究を強力に推進されたのは大変すばらしいことと思う。

準備よく、国際アドバイザーボードも設置して、日本—V4を基軸とした幅広い国際共同研究を展開したグループもあり、SICORP 研究ならではの成果を挙げていることは特筆すべきことである。また、日本では進めるのが簡単ではない医療応用、そして多様な応用展開などを国際共同研究で進めることで、材料の多彩な用途創出に繋がっており、応用を見据えベンチャーを立ち上げた研究も複数見られた。一方、コロナ禍であったことや材料開発の難しさにより、成果の発表が遅れたグループに関しては、近日中に成果発表が行われることと思う。今後も、これらの国際共同研究による先端材料研究の更なる発展、国際的な人材育成、継続的な国際交流に期待したい。

V. 領域活動概要

時期	活動
2014年9月	V4各国、国際ヴィシエグラード基金とJSTにより “Memorandum of Cooperation on Scientific and Technological Cooperation” 締結
2021年1月	「先端材料（第2回）」公募開始
2021年4月	公募締め切り
2021年8月	採択課題決定
2021年11月	日本側研究支援開始
2022年2月	日本側キックオフワークショップ開催（オンライン）
2023年6月	日本側中間ワークショップ開催（オンライン）
2024年10月	日本側研究支援終了
2024年11月	日本側終了時報告会開催（オンライン）