

令和4年3月29日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 202180233

氏 名 春田 優貴

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先：都市名 ビクトリア (国名 カナダ)

2. 研究課題名 (和文)：

高感度 X 線撮像素子に向けたゼロ次元ペロブスカイト多結晶におけるイオン移動の抑制

3. 派遣期間：令和3年11月11日 ~ 令和4年3月17日 (127日間)

4. 派遣先機関名・部局名：Department of Chemistry, University of Victoria

5. 派遣先機関で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

金属ハライドペロブスカイト材料は、高い X 線吸収係数と優れた電荷輸送特性を示すことから、高検出感度の X 線撮像素子への応用が期待されている。しかし、検出器として動作させる際の印加電圧により、材料中のハロゲンイオンが移動することが検出性能の不安定さの原因となっていた。そこで近年、通常の金属ハライドペロブスカイトとは異なり、ハロゲンイオンが点在化した結晶構造をもつ「ゼロ次元ペロブスカイト」が、イオン移動の起こりにくい材料として着目されている。一方、派遣者のこれまでの研究から、ゼロ次元ペロブスカイトにおいても、結晶欠陥を多く含む多結晶膜の場合は、単結晶と比べてイオン移動が起こりやすいことが示唆されていた。

本プログラムでは、ゼロ次元ペロブスカイト多結晶におけるイオン移動の抑制に効果的な手法を開発することを目的として、研究を行った。単結晶と比べて多結晶中でイオン移動が生じやすくなる原因は、結晶粒界に空孔などの結晶欠陥を多く含むことが原因である。すなわち、結晶欠陥をいかにして不活性化 (パッシベーション) するか、ということが問題の本質である。そこで、まず原料溶液に加える添加剤として、ゼロ次元ペロブスカイト $\text{MA}_3\text{Bi}_2\text{I}_9$ (MA; methylammonium) 中の Bi^{3+} との結合性を考慮し、ルイス酸性を持つポリマー (PPG) を用いた。しかしこのようなポリマーを用いた場合では、ポリマーの偏析が顕著になり、うまくパッシベーションをすることができないことが示唆された。そこで、ポリマーを使うをやめ、フェニル基を持つ PEAI (PEA; phenethylammonium) を用いることを考えた。その結果、 $\text{MA}_3\text{Bi}_2\text{I}_9$ 成膜後の後処理工程において PEAI を用いることで、イオン移動の抑制に効果があると示唆される検討結果を得ることができた。さらに、イオン移動抑制のための別のアプローチに繋がる研究として、より低温での作製が可能な新規単結晶作製法の開発にも取り組んだ。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

PEAI がパッシベーション処理に有望な添加剤として期待されることが明らかになった。今後、その効果について、FTIR や XPS などの分光学的手法に基づく分析や、イオン拡散への影響の調査を中心に実験を進めることで、数ヶ月程度で論文投稿へ繋げる予定である。また PEA1 が有望であると期待できる事実を元に、より優れた添加剤の候補の探索について、さらに検討を行う。具体的には、尿素とチオ尿素、アセトアミドとチオアセトアミドといった、ルイス塩基性の程度が異なる添加剤を使用していくことが期待される。本研究成果をもとにゼロ次元ペロブスカイト多結晶におけるイオン拡散の抑制が実現できれば、高い印加電圧下で安定した性能を示す X 線撮像素子が実現することが期待される。

また、派遣期間中には、ペロブスカイト単結晶の新たな作製法の開発にも取り組んだ。この結果については、現在 Proof of concept としての論文執筆を進めているところであり、数ヶ月のうちに論文投稿を行う予定である。

さらに、派遣期間中にはペロブスカイト材料を X 線撮像素子として実用化させるための課題について、分野全体の展望をまとめる Perspective 論文の執筆を行った。本論文は Chemistry of Materials へ投稿し、現在査読中である。

また派遣者は、日本学術振興会の運営する海外特別研究員への採用され、再渡航して同研究機関でさらに 2 年弱研究を行うことが決まっている。本プログラムの派遣期間中に得た研究の知見を海外特別研究員としての研究内容へとつなげ、ペロブスカイト材料の X 線撮像素子開発へとつなげていく。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

派遣者は、本プログラムに採用されるまで学部から博士課程まで一貫して同じ研究室に所属していたため、本プログラムを通してカナダの研究室に所属したことで、実験や議論の進め方、論文の執筆方法など、様々な側面で異なる研究文化を体験することができた。特にカナダの研究室では、得られた成果を論文化することへの推進力が強く、研究成果は世に出て初めて価値が生まれるものであるという気概を感じた。一方で、議論の緻密さやデータの正確性に関する議論が日本の研究室と比べやや欠けているように感じる部分もあり、両者の一長一短を肌で感じることもできた。

派遣先の研究室は化学科に所属していたが、そのボスである受入研究者は、同じ大学内の 3 つの学科に所属しており、基礎的な評価手法から応用まで幅広い分野の研究者との結びつきがあり、そのおかげで派遣者も彼らと広くコネクションを持つことができた。このような幅広い分野の研究者との繋がり、派遣者の今後の研究活動においてさらに国際共同研究を発展させていくための足がかりになると感じている。

派遣者のこれまでの研究室では、主にプロセスに重きを置いた材料開発を行っており、どのようにして材料を合成するかという製造過程での工夫が主であった。一方、派遣先の研究室ではペロブスカイト材料そのものに対する知見が深く、日本にいた時には得にくいような新たな視点からの研究のアプローチができるようになったと感じている。

研究からは少し離れるが、本プログラムで過ごした 127 日間で身についた重要なものの一つが、適応力である。「環境が人を変えてくれる」とよく言われるが、実際には「新たな環境へ適応しようとするその過程こそが人を変える」という半ば当然の事実を実際に体験した。初めのうちは語学力の問題や文化の違いに苦労したが、徐々に慣れて適応していくにつれ、状況を受け入れ自らの力で変えていく重要性を実感することができた。また同時に、自分以外の新たな環境に適応するのに苦労している人たちへの尊敬と優しさを得ることができたようにも思う。