

令和 年 月 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 202080167

氏名 川嶋 浩

(氏名は必ず自署すること)

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 カルガリー (国名 カナダ)

2 研究課題名 (和文) : 水素結合ネットワークを利用した分子センシング材料の創製

3 派遣期間: 令和 2 年 8 月 14 日 ~ 令和 2 年 12 月 29 日 (138 日間)

4 受入機関名・部局名: カルガリー大学 化学科 George K. H. Shimizu 研究室

5 派遣先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)

有機半導体は、柔軟性・軽量性に優れ、次世代電子デバイスへの応用が注目されている。有機半導体のキャリア移動度は、 π 分子の配列様式に大きく依存し、その制御に π - π やS-S相互作用などの弱い分子間力が用いられる。派遣者は、強い分子間力である「静電相互作用」に着目し、優れたn型半導体特性を示すナフタレンジイミド(NDI)骨格にイオン性部位を導入したジアニオン性NDI誘導体を用いて、分子同士が強く相互作用した高密度な分子集合体を設計する事で、熱および化学的な安定性の向上を実現した。これまで用いてきたイオン性有機半導体へのさらなる機能付加の観点から、水素結合性有機構造体(HOF)および金属有機構造体(MOF)に着目した。ジアニオン性のNDI誘導体をもちいたHOFまたはMOFを作製し、半導体特性と分子吸着能が両立したセンサー材料の開発を目的とし、HOFおよびMOFのガス吸着の専門家であるShimizu教授の下でその構造-物性制御に関する研究を行った。

本プログラムでは、派遣先グループが得意とするスルホネートおよびホスホネート基を導入したジアニオン性NDI誘導体を設計し、金属カチオンとの組み合わせからMOFの作製を試みた。3種類の置換基と種々の金属イオンの試行から、メタ位にスルホネート基を導入したフェニルスルホネートNDI誘導体は金属塩と配位し、結晶をよく形成することが分かった。この化合物を用いて単結晶を作製し、X線構造解析から分子集合体構造の同定を行った。スルホネート基と金属カチオンからなるMOFの作製に関する技術を持つShimizu研究室の知見から、金属カチオンを選択することで5種類の単結晶で導電性の発現に必要な π - π 相互作用の形成を確認した。さらに、包接される有機分子の種類によって結晶の色と分子配列様式が変化するダイナミックな系の作製に成功した。

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)

溶媒の包接によって結晶の色が変化するジアニオン性NDI誘導体と金属カチオンからなる結晶の作製に成功した。本化合物では結晶中でπ-π相互作用を形成しており、これまでのイオン性有機半導体材料の研究で得られた知見を元にすると、半導体的な伝導特性の発現が期待できる。さらに、派遣先の研究者からのアドバイスで、包接分子を二酸化炭素への置換する可能性が提案された。帰国後、固体吸収スペクトル測定などから、この溶媒吸着による結晶の色変化のメカニズムの解明を試みる。さらに、キャリア移動特性の評価を行い、溶媒吸着による移動度のスイッチング特性の出現を検討する。同時に、包接溶媒分子を二酸化炭素へ置換する事を検討し、当初の目的であったガス吸着によるキャリア移動のスイッチングの可能性を探査する。今回得られた結果を元に、派遣先研究室と綿密なディスカッションを行い、国際誌への論文投稿を行う。

一般に、二酸化炭素などの極性分子はキャリアをトラップし移動度を著しく減少させる事が知られている。派遣者は、これまでに水分子の存在下でキャリア移動度を保持する耐水性を有する半導体材料を開発している。これは、分子集合体中にイオン性部位を導入することで、極性分子の存在下であってもキャリア移動度の保持が可能であるためである。今後、派遣先で分子設計を行ったスルホネート置換NDI誘導体に対して、金属イオンを系統的に変化させ、その結晶構造と溶媒包接、電子物性に関する研究を進めることで、ガス吸着特性と半導体特性が互いにカップリングした有機材料の開発を目指して研究を進める。

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)

本プログラムの活動を通して、研究計画の重要性を実感した。派遣国であるカナダは、新型コロナウイルスに対して厳しい対策をしており、研究室への滞在時間も制限されていた。思うような結果が出ない中で、4か月の短期間で研究成果を出すために、実験計画と研究室外でできる考察をバランスよく組み合わせることが必要であった。派遣先の教授や学生とのディスカッションでより効率よく実験できる方法を考えながら進めたことで、4か月で一定の成果を出せたと考えている。一方で、もっと積極的に周囲の学生と自身の研究を議論できていれば、より得られる発想と成果は大きかったと考える。今回得た経験を元に、国際会議などで国外の研究者と関わる機会を積極的に活かしたい。

生活面では、言語能力だけではないコミュニケーション能力と慣れない環境で生活する自信を得ることができた。派遣先であるカルガリー(カナダ)は、日本人の少ない地域であり、大学内外には様々な国からの留学生や移民が生活している。生活の中では、英語の非ネイティブ同士で会話することも多く、慣れないフランス語やタイ語訛りの英語を聞き取れなかったことや、私の日本語訛りが相手に伝わらないことも多々あった。しかし、カナディアンのおおらかな気質もあり現地住民は正しい発音や文法よりも意思疎通ができるどうかを重視しているように感じた。実際に研究を進める中でも、伝えたいことを正しく伝える能力が重要であった。言語能力だけに頼らないで、相互に伝えたいことを理解する姿勢の重要性を実感した。今後は、言語力の向上とともに、人種の多様性にも目を向けてコミュニケーション能力を磨いていきたい。

本プログラムでは、学生ビザや住居の手配など全て自分で行った。渡航前から派遣先大学への必要書類作製依頼や現地サイトを利用した住居手配を行ったことで、計画的に準備を進める訓練にもなった。新型コロナの影響で派遣期間が短くなるなど時間や生活が限られた中ではあったが、主体性もつて海外での生活準備や研究計画が進められたことで、慣れない場所においても生活できる自信がついた。さらに、派遣先研究室に、化学工学などの異なる分野や様々な国から入学・留学している学生が多く滞在しており、高い目標を持って主体的に研究に取り組む姿勢が重要であると刺激を受けた。今回得た経験を活かし、今後も新しいことや環境に挑戦していきたい。末筆ながら、このような貴重な機会を与えてくれた本プログラムの多大な支援に感謝申し上げたい。