

令和 元 年 12 月 3 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 201980168
氏 名 矢野 聡太
(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 アイントハーヘン (国名 オランダ)
2. 研究課題名（和文）：ブロックグラフェンナノリボンの合成と超分子化学への応用
3. 派遣期間：令和 元 年 7 月 31 日 ~ 令和 元 年 11 月 8 日 (100 日間)
4. 受入機関名・部局名：Institute for Complex Systems, Eindhoven University of Technology
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）

グラフェンナノリボン(GNR)は、グラフェンをナノメートルスケールの幅に切り出した帯状物質であり、その狭いバンドギャップから次世代電子デバイスへの応用が期待されている。これまでに我々は、幅・端の構造・長さを制御した GNR の精密合成を報告している。本反応は重合に用いる開始剤とモノマーの比を変えることで、得られる GNR の長さを制御することができる。また、修飾された開始剤を用いれば修飾 GNR の合成が可能であり、GNR の電氣的・磁氣的物性の解明の他に GNR を基盤とした機能性材料の創生に繋がると考えられる。近年、グラフェンナノリボン(GNR)の半導体特性や導体的性質に注目があつまっているが、未だに GNR の合成研究のみが多く報告される一方で、機能性材料へと応用した例は非常に少ない。そこで、超分子材料化学のパイオニアであり、新しい材料として機能性超分子ポリマーを探索・開発する超分子化学の第一人者である Prof. Bert Meijer 研究室で PEG-GNR 共重合体の集合について検討を行った。

まず、側鎖に PEG 鎖を導入した GNR について、キラル溶媒を用いた自己集積について検討を行った。しかし、CD 測定は UV/vis 吸収測定、DLS 測定の結果、この GNR はキラル集積しないことがわかった。一方、PEG-GNR の共重合体はキラル溶媒において溶媒のキラリティを認識して集積することがわかった。また、温度可変スペクトルを測定したところ、高温状態でより集積が促進されることがわかった。通常、これらの現象はアミド基などの分子間相互作用を促進する置換基が必要とされているが、PEG-GNR はそれらの置換基を有していないため、大きな π 共役平面を有する GNR だからこそ、発現した現象であると考えられる。また、Bert Meijer 研究室において、熱分解可能な側鎖のデザインと合成・評価を行った。

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)

(1) PEG-GNR 共重合体の評価

これまでに PEG-GNR 共重合体がキラル溶媒中でキラルに自己集積することが明らかになった。また、集合体は低温および高温条件下でより誘起されることがわかった。今後は、PEG-GNR 共重合体がどのように集積しているのかを調べるべく、原子間力顕微鏡 (AFM) や透過型電子顕微鏡 (TEM) などを用いた PEG-GNR 集積体の直接観察を行う予定である。また、今回評価に用いた PEG-GNR 共重合体はその長さが制御されているといえども、完全ではない。GNR-PEG 共重合体の各ブロックの長さとキラル溶媒中での集積様式の関係について調べるため、長さが完全に制御された単一分子としての GNR-PEG の合成とそのキラル溶媒中での集積について評価する予定である。

(2) 熱分解可能な側鎖のデザイン

副テーマとして、超分子ポリマーを形成したのち光または熱において分解可能な側鎖のデザインと合成・評価を行った。NMR 測定から新たにデザインした側鎖は加熱処理によって、容易に分解されることがわかった。しかし、合成した化合物が一次元の超分子ポリマーを形成しなかった。今後、**Porf. Bert Meijer** 研究室において、側鎖の大量合成とこれまでに超分子集合が知られている化合物への側鎖導入、および超分子形成の評価を行う予定である。

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)

本プログラムにおける留学で学んだことは「効率性の良さ」である。日本でも近年、ワークライフバランスの重要性が叫ばれているが、オランダではワークライフバランスは当たり前であり、その中で最大限の仕事をすることが求められていた。

私が留学した Institute for Complex Systems ではオフィスアワーが平日 7:30 から 18:00 と決められており、この時間外での実験・測定は禁止されていた。また、オフィスワークも 23:00 以降は禁止されており、限られた時間内に効率的に仕事を行うことが求められていた。そのため、興味だけで研究を開始するのではなく、綿密な計画を立てて実験に行う必要があった。また、新しいプロジェクトを始める際も文献調査を最大限に行う共に、**Porf. Bert Meijer** や他の研究室メンバーと何度も議論を重ねて実現可能性の高い研究テーマへと昇華させた。さらに、研究に費やすことができる時間が限られているため、「どこでそのテーマを諦めるか/終わらせるか」を常に意識して研究活動を行う必要があった。実際、新しい研究テーマを提案したり、コーヒープレイクで休憩している時にも「どこでテーマに区切りをつけるか」について議論する機会が多くあった。

また、研究者が考える時間を確保すべく、多くの測定機器に自動測定が導入されていた。終夜自動測定とイントラネットによるデータ共有によって、研究者が測定に費やす時間を最小限に抑え、データの解析や考察に時間を割くことができるように工夫されていた。測定装置によっては、日本でも同じような測定ができるものもあるため、今後の自身の研究活動に取り入れていきたいと感じている。

個人の価値観を重んじ、徹底した効率化とワークライフバランスを実践しているからこそ、日本より短い時間で多くの結果が得られると感じた。この留学で得られたことを自身の研究活動に生かして、より効率的に研究を行なっていきたいと思う。