（様式７：電子媒体）
（若手研究者海外挑戦プログラム）

令和元年１２月２６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 ２０１９８０３２２
氏　　名　上田 倫久
（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　ベルリン　（国名　ドイツ　）

2. 研究課題名（和文）　：

異種のフォトクロミックモノマーを用いた、多波長応答可能な超分子集合体の設計

3. 派遣期間：　令和元年　９月　１日　～　令和元年　１１月　３０日　（９１日間）

4. 受入機関名・部局名：　フンボルト大学ベルリン　化学科　Stefan Hecht 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）

1867 年にテトラセンのフォトクロミズム現象が初めて観測されて以降、多くのフォトクロミック分子が開発されてきた。特に近年、複数のフォトクロミック部位を有する分子の研究が活発に行われており、多段階での光異性化挙動や多波長の光による光異性化など新しいフォトクロミズム現象が開拓されている。本研究では、この新しいフォトクロミック分子の化学を超分子集合体の化学へ展開し、新奇な多波長応答能を有する超分子集合体の設計を目的とした。その実現のための最も大きな問題点は、吸収波長帯が完全に離れている分子ペアが極めて稀であるという事実である。そこで、派遣先研究室で 2017 年に開発された N,N'置換型インディゴ誘導体（赤色光で異性化し紫外光領域に広い吸光の窓を持つ）に着目し、その超分子モノマー化と他のフォトクロミック分子との共集合化を目指し研究を行った。

本研究では、超分子共集合化の方法として静電相互作用に着目し、カチオン部位を 2 個有するインディゴ誘導超分子モノマーの設計と合成をおこなった。しかしながら、ジカチオン化されたインディゴ誘導体の合成は困難を極め、当初の目的化合物を合成することはできなかった。度重なる合成ルートの再検討の末、アジド基を 2 個有するインディゴ誘導体を設計、ついに合成・単離することに成功した。合成された分子は 350 nm から 500 nm に窓を持つ吸収波長帯と 660 nm の赤色光による素早いフォトクロミック能を有しており、他のフォトクロミックモノマーとオルソゴナルに駆動可能であることが示唆された。

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）

上記の研究状況に示した通り、本研究において紫外領域に吸収波長帯の窓を持ちかつ赤色光により駆動可能なインディゴ誘導体を新規に合成することに成功した。また、本分子はアジド基を分子内に 2 つ有するためその誘導体化の可能性は幅広い。今後は共同研究として本研究プロジェクトを継続し、本研究で得られた合成化学的な知見と派遣先研究室に蓄積されている光化学の知見を合わせることで当初の目的である多波長応答可能な超分子集合体の設計に挑戦したい。具体的には、合成された分子のクリック反応による機能化、派遣先研究室で既に合成されているアゾベンゼン誘導体との共集合化とその光応答性能評価を行うことで、超分子集合体の多波長応答能と物性変化への知見を集める。その後、得られた情報と本研究で得られた合成化学的な知見をもとに超分子モノマー設計を最適化することで、多波長の光照射によって多段階で物性を変化させる超分子集合体を実現する。

フォトクロミック分子は紫外光照射によって異性化するものが一般的であり、N,N'置換型インディゴのような赤色光で駆動する例は限られている。したがって、本研究で開発されたアジド基を有する N,N'置換型インディゴは、その簡易な誘導体化によって他の光材料科学・光生体科学にも大きく貢献できる可能性を有していると考える。今後は、今回開発された分子について、本研究の目的以外も含めて応用可能先を派遣先研究者とともに検討し、国際的な学術誌や学会等での発表を目指して研究を進めて行きたい。

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）

まず第一に、本プログラムの活動を通じて改めて積極性の重要性を痛感した。私が滞在した期間は、折り悪く派遣先研究者が他の研究機関へ異動する時期と被ってしまい研究室全体がせわしい状況であった。そのような状況の中で難航する分子合成を進めるのは容易ではなかったが、派遣先研究者とディスカッションできる限られたタイミングを活かし、また知見を持っているメンバーに積極的に相談することで何とか分子の合成までたどり着いた。海外で全く新しい研究をある程度まで遂行できたことは大きな自信になっているものの、もっと積極的に行動して周りを巻き込むことで効率的に研究を進めることができたのではないかという後悔も大きい。この活動の中で得た「海外でも研究を遂行できるという自信」と「もっとうまくできたのではないかという後悔」の二面の感情を忘れず、今後の人生の糧としたい。

また、ベルリンでの生活そのものから得るものも大きかった。当然英語が母国語ではない環境なので、例えばスーパーや食堂の表記は全てドイツ語であり、研究室メンバー同士での日常や飲み会での会話（金曜夜など皆で集まって居室でビールを飲んでいた）も大抵ドイツ語であった。もちろん日本人の私が会話に入っている場合は英語に切り替えてくれるのでありがたかったが、良い意味で「外国人としての生活」を経験することができた。私の所属研究室は外国人の比率が多いためミーティングは英語で行っているものの、日常会話は外国人がいる場でもついつい日本語を用いてしまいがちである。今回の留学で彼らと似た状況に置かれ、抱いているであろう感情を（少しであれ）経験できたのは、これまで海外生活経験のなかった私にとって非常に価値ある学びであったと思う。

今回の留学は、派遣先研究者と事前にディスカッションして研究プロジェクトを考案し、海外で新しい研究を始めるという自分にとって大きな挑戦となる経験であった。全てのことが順調にいったわけではないものの、そこでの失敗や初めての海外生活から学び得たことは日本では得られなかったものであったと確信している。このような経験の機会を与えていただいた若手研究者海外挑戦プログラムに深く感謝申し上げたい。