

平成 31 年 3 月 27 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 201780304

氏名 片山 精

(氏名は必ず自署すること)

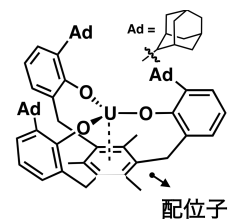
若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先：都市名 Erlangen-Nuremberg (国名 Germany)
2. 研究課題名 (和文) : 水から水素発生反応を電気化学的に触媒する新規ウラン錯体の開発
3. 派遣期間：平成 30 年 3 月 28 日 ~ 平成 31 年 3 月 27 日 (364 日間)
4. 受入機関名・部局名：University of Erlangen-Nuremberg
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)

核廃棄物、使用済み核燃料には、大量のウラン 238(238U)が含まれ、その処理が世界的課題である。派遣先研究室では、このウラン 238 の減量・有効活用を目指したウラン錯体触媒による小分子活性化反応を検討しており、二酸化炭素の還元反応や水から水素への変換触媒の開発を行っている^{1,2}。世界で初めてウラン錯体による水分子の還元を達成しているが、過電圧が大きいことが問題としてあげられる。過電圧を低下させるためには、配位子の再設計が必要となるが、まだまだウラン錯体に関する知見が乏しく、最適な配位子の設計は容易ではない。報告されている水分子還元反応を達成したウラン錯体の特徴は、配位子のアンカー部位にあたるフェニル基上のπ軌道との相互作用にある³。そこで、本研究では、この先行研究をベースに、系統的に類似のウラン触媒を合成していくことで、ウラン錯体触媒の物性を理解することを研究の目的とした。その得られた知見を基に、最適な配位子(ウランに結合している有機分子)を見つけ出し、水素発生反応に必要な過電圧の小さいウラン錯体触媒の開発を目指す。そこで、フェニル基上の 2,4,6 位に様々な置換基を導入し、フェニル基上の電子状態を変化させることで、反応性がどのように変化するか検討をする。(右図) また、1,3,5-トリアジン骨格をもつ類似の配位子を合成し、反応性の評価も行う。

2,4,6 位にフッ素原子を導入した類似の配位子の合成、および、そのウラン錯体の合成を行った。また、1,3,5-トリアジン骨格を有する類似の配位子合成も行った。この配位子を用いてウラン錯体の合成を試みたが、トリアジン骨格にウランが配位した二量体が単離された。



[参考文献] [1] K. Meyer et al., *Science*, **2004**, *305*, 1757 [2] K. Meyer, *Nature*, **2016**, *530*, 317 [3] K. Meyer et al., *Nat. Chem.*, **2018**, *10*, 259.

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)

現在、博士課程の学生が本研究テーマを引き続き推進しているが、単離した化合物が目的の単量体ではなく、二量体であるため、当初予定していた内容と異なった方向性で研究をまとめていく。具体的にどのようにまとめるかは、引き継いだ学生と現在検討中であるが、得られたウラン錯体の酸化還元反応を検討することで、ウラン錯体の性質を更に理解できるのではないかと考えている。得られた実験結果・考察した箇所について、現在論文執筆中である。数年後、研究が形になるとときにはトップジャーナルに掲載されると思う。

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)

Karsten Meyer 教授の下で研究に従事させて頂いたことで、Meyer 先生がどういう哲学で研究を行っているのか学ぶことができた。分子構造に美しさを求めている、得られた結果の徹底した考察など、自身よりも数段上のレベルで研究をしていると肌で感じる事ができた。効率重視ではなく、本当に時間をかけて何度も推敲して、論文を執筆する先生だった。Fe-NO 錯体に関する論文を博士課程の学生と執筆していたが、夏から何度も何度もやりとりして、追加実験を何度もしていた。

自分だったら 2 報に分けそうな内容で、論文の数が増やせそうな気がしたが、そういう考えは一切もっておらず、質の高さを求めている先生だった。本文が長過ぎると編集者から連絡をもらっても、この研究は 1 つの論文としてまとめたいと、査読にもっていったこともあるらしい。

論文だけでなく、研究提案書も見せて頂いたが、相当格好良く仕上がっていた。論文や研究提案書の不採択が本当に嫌らしく、これまでに片手で数えられる程度しか落とされていないと聞いた。不採択になったときの話も Science に落とされて Nature に採択されたとか、そういうレベルの話だった。なぜそんなにも高い採択率なのか秘訣を聞いたところ、しっかりとした物差しをもつこと、分子の美しさ、妥協せずに徹底的に突き詰めることが大事、とアドバイスして頂いた。

ドイツでの博士課程は日本と全く違うシステムであることを知った。博士課程の学生は給料がもらえるが、給料がもらえない状況ではそもそも博士課程を続けられないと聞いた。指導教員が研究費を持っていてそれで雇用されるか、自身でフェローシップをもっているか、どちらかが成立していないといけならしい。ある別のグループの博士過程の学生が、予算が無くて来年も研究できるかわからないと言っていたが、ギリギリのタイミングで一年分の研究費を確保できたため、一年は延長できると安堵していた。ゆったりとした研究雰囲気には隠れていたが、プレッシャーのかかる状況で日々研究していることを知った。

そんな状況の中でも、休みはしっかりとっていた。論文を投稿した後、だいたい 1 週間程度休みを取る人もいれば、夏休み、冬休みにしっかりと休みをとるなど、人それぞれだった。ドイツにいて最も困ったのが、休みをとっている人の仕事を誰も代わりにこなさない、こなせない、ことだった。実際に、試薬を発注する人が 1 ヶ月休みを取り、1 ヶ月試薬が発注できない状況に陥った時、改善した方が良くと思ったけれど、そこは文化の違いだと受け入れざるを得なかった。

一週間に一度程度、先生とワインを居室で一緒に飲んで、色々なディスカッションをさせて頂いた。ワインを飲んでいないときは、仕事モードなので、良い実験結果無しでは気軽に話しかけれないが、ワインを飲んでいるときは本当に気さくな先生だった。ワインは Erlangen 近くのワイナリーで作られており、ラベルには先生の名前が記載されていた。Rotling (黒ぶどうと白ぶどうを発酵前に混ぜて造られたドイツのロゼワイン)は飲みやすく、毎週ご一緒させて頂いて、本当に楽しい時間を過ごすことができた。Meyer 先生から学んだ哲学を活かし、一人前の研究者になれるよう研鑽し続けていきたい。

最後に、快く受け入れて頂いた Karsten Meyer 教授、研究室のメンバーに厚く御礼申し上げます。追伸: 本プログラムに今後採用されて研究留学する方々へ

お土産には、抹茶味の KitKat, 日本酒 ”獺祭” がおすすめです。