

# MERIT 長期海外派遣：報告書

理学系研究科 化学専攻 西原研究室  
MERIT 5 期生 博士課程 3 年 和田 慶祐  
2019/06/04 ～2019/07/26

## 【概要】

イギリスのケンブリッジ大学にあるキャベンディッシュ研究所を訪問し、オプトエレクトロニクスグループの Henning Sirringhaus 教授のもとに約 2 ヶ月間滞在・研究活動を行なった。当研究グループは有機物等を用いた半導体や熱電特性、磁性に関する研究で、それらの分野をリードしてきたグループである。在籍している学生や研究員の専門分野は、物理学や化学、デバイス工学など多岐に渡り、幅広く研究トピックを展開している。本報告書では、Sirringhaus 教授のもとで行なった研究の概略を述べる。

## 【研究背景】

スマートフォンやパソコンなど、ポータブルデバイスが普及している現代において、繰り返し充放電が可能な二次電池は極めて重要な役割を担っている。さらに、今後の電気自動車の普及も踏まえると、より大容量かつ長寿命な電池の開発が求められる。二次電池は一般的に、正極・負極・電解液・セパレーターから構成される。中でも正極は電池の性能を大きく左右する要素であるため、これまでに様々な種類の電極材料が開発・研究されてきた。私が所属している西原研究室では、有機物と金属から構成される有機金属構造体 (MOF) という物質を電池に応用するといった研究を行なっている。MOF は構造設計の自由度が高いことや、酸化還元反応の活性点も豊富に存在することなど、電極材料としての利点を多く備えている。一方で、大多数の MOF は電子伝導性が低いため、電子を出し入れする必要がある電極材料には不向きであると考えられてきた。その点において、西原研究室で取り扱っている二次元層状構造の MOF は、比較的高い電子伝導性と、電極材料に不可欠な酸化還元特性を兼ね備えており、電極材料として将来的に有望な物質群である。

私たちはこれまでに、NiDI と呼ばれる二次元層状 MOF が電極材料として機能するこ

とを報告している。この物質は様々な酸化還元状態を取ることができるため、アニオンまたはカチオンの脱挿入を伴い、多段階の電気化学反応をすることができるという、珍しい特性をもつ。これらの反応の過程では、それぞれに異なる電荷移動抵抗（あるいは反応速度）を生じ、アニオンの脱挿入時の抵抗はカチオンの場合よりも小さいことが分かっている。しかしながら、抵抗値に差が生じる原因については解明されていないかった。

### 【研究内容】

Henning Sirringhaus 教授のグループでは、NiDI の異なる酸化状態における電気特性の調査を行い、上記の現象の解明を試みた。その結果、酸化状態によって NiDI の電子伝導性が大きく変化することを発見し、電気化学反応の種類ごとに異なる抵抗を示す理由を明らかにすることができた。今回得られた結果は、NiDI の電極材料としての特性へのより深い理解につながるだけでなく、酸化状態を制御することで、電子材料などへの応用の幅が広がる可能性を示唆している。

今回の2ヶ月間で行なった研究は、Sirringhaus 教授との共同研究という形で今後も継続していく予定である。

### 【謝辞】

今回の滞在にあたり、日本学術振興会の研究拠点形成事業よりご支援をいただきました。また、キャベンディッシュ研究所で研究の場を用意し、親身に議論して下さった Henning Sirringhaus 教授や、実験のサポートをしてくださった当該グループの学生・研究員の皆様に感謝いたします。また、今回の長期海外派遣の様々な面でご支援をしてくださった西原寛教授に心より感謝いたします。