

# MERIT 長期海外派遣 報告書

工学系研究科 化学システム工学専攻 堂免・嶺岸研究室  
博士後期課程 1年 兼古 寛之

## 概要

2017年1月24日から3月1日にかけて、南洋理工大学（シンガポール）の Lydia Helena Wong 准教授の研究室に滞在し、共同研究を行った。

## 研究内容

Wong グループは、太陽電池及び水分解用光電極への応用を目的とした新規半導体材料の開発と、その分析技術で顕著な成果を挙げている研究グループである。私が前年度開発した光電極材料  $(\text{ZnSe})_{0.85}(\text{Cu}, (\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2)_{0.15}$  について、Wong グループにおいて分析評価及び性能向上をテーマに受入れを依頼したところ、快諾していただき、実現する運びとなった。 $(\text{ZnSe})_{0.85}(\text{Cu}, (\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2)_{0.15}$  は、既往材料と比較して広い動作電位と、吸収端波長から見積もられる理論最大光電流値を有する点において有望な材料である。一方、半導体としての諸物性の多くが未知であることから、実際の変換効率を理論値に近づける方策を得るために、それらの分析が必要であると考え、下記の検討を実施した。

物性分析については、ホール移動度・容量-電圧特性・蛍光ルミネッセンスなどを主に分析した。グループには Zn 系を含めてカルコゲニドに関する分析ノウハウが非常に豊富にあり、新規材料であるにも関わらず、これら諸物性を多く明らかにすることができた。特筆すべきは、Parallel dipole line system を応用した交流ホール測定<sup>1)</sup>である。平行に配置した筒状の磁石を回転させながら得られるホール電圧を、その磁場の周波数を参照にロックイン検出することで、非常に高い S/N 比での検出が可能である。結果、 $(\text{ZnSe})_{0.85}(\text{Cu}, (\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2)_{0.15}$  は、 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  等の新規太陽電池材料と同等かそれ以上の良好なホール移動度を示すことが明らかになった。また、I-V 測定から明らかになったこととして、予想以上の高い光起電力を示す点が挙げられる。一方、短絡電流は予想されていたよりも低く、この原因として多数のピンホール及び基板との界面における欠陥の存在が指摘された。これらの知見は今後の研究方針を決める上で非常に参考になった。材料分析については、本派遣終了後も追試を行い、この材料の高い光起電力の由来を分析すると共に、学術論文としての外部発表を準備中である。

さらに、Sn ドープ酸化インジウム (ITO) 薄膜のスパッタ製膜技術を応用し、これを光電極の表面にコートする検討も行った。ITO コートすることで、電極表面の耐酸化性が高まり、耐久性の改善につながると期待されたためである。残念ながら光電気反応中に ITO が分解し、耐久性向上の結果を得ることはできなかったが、表面コート及びアニール処理に

関する知見を得ることができた。

一方、自分の実験だけでなく、グループ内の光電極測定系の改良にも協力することも行った。従来の系では、測定自由度及び精度に問題点があり、改善が望まれていた。そこで、適切な光電気化学測定方法について相談に乗り、輸入が必要な装置については日本国内の業者への発注手続きを手伝い、これも個人的に貴重な経験であった。

## 南洋理工大学での生活

南洋理工大は大半の学生が学内で寮生活をしている。そのため、生活をサポートする設備が非常に豊富である。例えば、毎日朝7時から夜9時まで営業しているフードコートが、学内だけで10箇所以上ある。私はプログラムの関係上入寮許可を得られなかったが、寝る時以外はほとんど学内に滞在し、その恩恵に預かった。実験を行う際の規則が多いことには苦勞したが、学生目線に立った素晴らしいキャンパスであると思う。

南洋理工大の学生との日常会話では、彼らが広い教養を持ち、特に政治的事柄に強い関心を抱いていることが印象的だった。食事中等の場でそのような話題を振ると、日本の学生よりずっと生き生きと持論を話してくれるので、会話が非常に楽しかった。

実験のできない日は自然公園に行き、熱帯の動植物を観察して気分転換した。街は合理的かつ丁寧に整備され、人々は親切かつ真面目で、かつ英語が普及していることなど、様々な面からたいへん住みやすい都市であった。



Figure 1. 研究科の建物の写真

## 謝辞

今回の長期派遣にあたり、多くの方々からご支援をいただきました。突然の受け入れの申し出を快く許可してくださり、また研究に関して非常に参考になるディスカッションをしていただいた Lydia Helena Wong 准教授に深くお礼申し上げます。本派遣の機会を与えてくださった MERIT プログラムに深く感謝いたします。滞在に際し、大生活面でサポートしてくださった Tay Ying Fan さん、また、実験にあたり忙しい中親切にサポートしてくださった Prince Saurabh Bassi 博士、Stener Lie さん、John Rohit Abraham さん、Li Wenjie さんに深く感謝致します。また、本派遣に際して数多くの手助けをしてくださった指導教官の堂免一成教授、嶺岸耕准教授、MERIT 事務局の浅野様に深く感謝致します。

[1] Gunawan, O., Virgus, Y. & Tai, K. F. "A parallel dipole line system." *Appl. Phys. Lett.* **106**, 62407 (2015).