

MERIT インターンシップ（国内）報告書

新領域創成科学研究科物質系専攻 博士課程二年

MERIT 五期生 飛田一樹

実施先	日立金属株式会社
実施期間	2018年5月15日 - 8月10日
テーマ	熱電変換材料・モジュール

背景

熱電変換材料は熱と電気を直接相互に変換することができる機能性材料である。熱電変換材料はこれまで未利用であった工場や自動車の排熱を用いて発電できるため、新たな発電方法として関心が高まっている。しかし、現状ではコストや信頼性などの点で他の発電方法に後れを取っており、用途は限定的である。熱電変換材料の市場拡大には、変換効率と耐久性の向上が必要不可欠である。本インターンシップでは、耐久性の向上に必要な関連技術の習得に取り組んだ。

本インターンシップを志望した動機

私は、大学において「環境調和型新規熱電変換材料の探索」というテーマで研究活動に従事しており、合金系を中心に低コスト、低環境負荷の元素からなる高性能熱電材料の探索している。環境調和型元素に着目した理由は、従来の高性能熱電材料の多くが環境負荷の高い鉛やテルルなどを構成元素としており、低コスト、低環境負荷の元素からなる高性能材料を実現すれば熱電材料の市場拡大へ大きな推進力となると期待するためである。しかし、前述のとおり熱電変換材料の実用化には材料の物性だけでなく耐久性が極めて重要である。したがって、これまで私が着目していなかった熱電変換材料の耐久性について知見を得るため、本インターンシップを志望した。

研究内容

熱電モジュールは図に示すように p 型 n 型の熱電素子を直列に配置した構造を持つ。モジュール上面は高温に晒されるが（たとえば、車載の排熱温度は 300 °C–500 °C）、耐久性の観点からは素子電極間での密着性が保持されることが要求される。一般的に、素子電極間の接合材にははんだ（融解温度: 200 °C）や銀ろう（融解温度: 650 °C）、銅ろう（融解温度: 1000 °C）などの利用が考えられるが、銀や銅は多くの熱電材料に含まれ

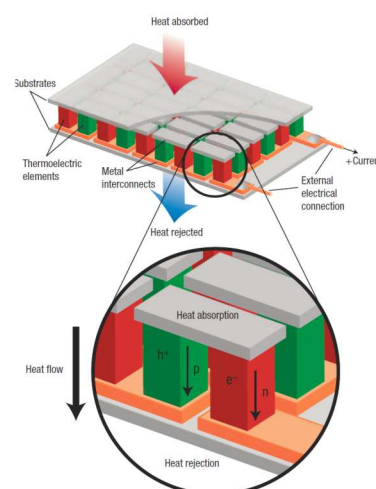


図 熱電モジュールの模式図 1

るテルルと 350 °C 付近で共晶合金を形成する。したがって、接合材と熱電素子を直接接合すると、高温において接合界面で原子拡散が進行し、変換効率や機械的強度に深刻な影響を及ぼす。この対策として、通常は接合材素子間に原子拡散を防止する層をメッキや蒸着によって形成し、素子の劣化を防止する。本インターンシップでは実際に界面での反応を確認するために、素子表面に拡散防止層を付着させた試料の熱処理を行い、X 線回折測定や走査型電子顕微鏡を用いて断面組織の様子を観察した。また、モジュール作製の見学と発電性能の測定を行い、これらの関連技術についても知見を深めた。

1) Snyder, G. Jeffrey, and Eric S. Toberer. Nature Materials 7.2 (2008): 105.

インターンシップを終えた感想

今年の国際熱電会議(International Conference on Thermoelectrics, ICT 2018)の口頭発表のうちモジュール関連技術は約 20%にとどまり、熱電変換材料を扱う研究者の多くが素子開発に注力していることがわかる。実際、私も大学では素子開発に専念しており、これまでモジュール開発に携わる経験はなかった。しかし、本インターンシップを通じてモジュール関連技術の奥深さを認識するとともに、素子開発の研究者もモジュール関連技術に触れるべきだと感じた。熱電材料の分野では、素子の物性に述べられている論文は多いが、強度特性や長期信頼性について触れている論文は少ないのが現状である。冒頭で述べたとおり、熱電変換材料は近年の環境意識の高まりを受けて注目が集まっているが、市場はいまだに限定されていることが課題である。熱電材料は電子、フォノンが織りなす多様な物性から発現する機能性材料であることから、サイエンスとしての面白さがあることは熱電材料開発の注目の高さで証明されている。私は、この“面白さ”を持ち続けたうえで、モジュール開発の視点から材料設計を見直し機械的強度や長期信頼性に関心をもつことが、熱電材料の製品化や市場拡大につながるのではないかと感じた。

謝辞

本インターンシップの受け入れ企業である日立金属株式会社には、長期インターンシップの受け入れを快く引き受けていただき、深く感謝しております。グローバル技術革新センター (GRIT) の先端材料開発部の皆様、ならびに人事部、総務部の方々には本インターンシップ中、様々な面でご支援・ご協力を賜りました。中でも、熱電材料グループの研究メンバーの皆様には、お忙しい中実験の手配や研究でのご助言などいただき、ご尽力賜りました。深く御礼申し上げます。今回、受け入れ先企業との調整等を東京大学大学院工学系研究科専攻間横断型教育プログラム機械システム・イノベーション (GMSI) にご支援いただきました。そして、指導教官の木村薫教授、MERIT 副指導教官平本教授におかれましては長期にわたるインターンシップへの参加をご快諾いただきました。心より感謝を申し上げます。末筆ですが、長期インターンシップという貴重な学びの機会をくださった MERIT プログラムに感謝申し上げます。