

分科企画シンポジウム：9.4 熱電変換、16.2 エネルギーハーベスティング、合同 M フォノン
エンジニアリング

熱電変換の現在と未来： ZT はどこまで上がるのか？

近年、排熱から電気エネルギーを得ることができるクリーンな熱電発電技術が期待されている。熱電発電のエネルギー変換効率は、熱電変換材料の無次元性能指数 ZT で評価される。長らく壁とされていた $ZT = 1$ を超え、 $ZT = 2$ (エネルギー変換効率 15 % に対応) の熱電変換材料が開発されるに至り、熱電発電の実用化の機運がとみに高まっている。 $ZT = 1$ を目標とするフェーズが終わった今、 ZT はどこまで上がるのかといった観点から、以下の 6 件の招待講演を含むシンポジウムを 2016 年 9 月 16 日(金) 8:55~12:15 に開催した。会場の収容人数 114 名を大きく超える 150 名ほどの聴衆が集まり、終始立ち見が出るほど盛況であった。

【一般講演】 林 慶 (東北大学)

「イントロダクトリートーク ～熱電変換の現在と未来： ZT はどこまで上がるのか？～」

【招待講演】 小原 春彦 (産総研)

「未利用熱エネルギー活用技術としての熱電変換への期待と課題」

【招待講演】 小矢野 幹夫 (北陸先端大)

「マクロに見た熱電材料 ミクロに見る熱電変換」

【招待講演】 池田 輝之 (茨大工)

「組織制御熱電材料の現状とこれから」

【一般講演】 矢澤 和明 (パデュー大学)

「低コスト熱発電に向けた熱電物性－原理と課題」

【招待講演】 竹内 恒博 (豊田工業大学)

「 $ZT > 2$ を実現する条件と新しい熱電材料の開発」

【招待講演】 郭 俊清 (古河機械金属)

「スクッテルダイト系熱電材料及び熱電デバイスの開発」

【招待講演】 舟橋 良次 (産総研)

「熱電実学のすゝめ」

まず、はじめにイントロダクトリートークで熱電変換を取り巻く現状が紹介された後、引き続き踏み込んだ各トピックスについて講演が行われた。最初の講演では、熱電発電の応用先として目されている自動車の排熱が燃費向上によって減ってきており、熱電発電の実用化には $ZT > 4$ の熱電変換材料が望まれていることが報告された。高いエネルギー変換効率の熱電変換材料と熱電発電デバイスを数年で開発する重要性が強調された(小原 春彦先生)。現在、高い ZT を達成するための一つの方法として、熱電変換材料に散乱中心を導入してフォノン散乱を増大することが盛んに行われている。界面における熱電物性を理解するために、熱電変換材料の表面にポイントコンタクトを形成してペルチェ係数を測定する実験が進められており、界面で電気伝導キャリアとフォノンの散乱緩和時間の間に差が生じることで ZT を向上できることが述べられた(小矢野 幹夫先生)。格子熱伝導率の低減手法として、高エネルギーメカニカルアロイングによって状態図には存在しない非化学量論組成の熱電変換材料の粉末を合成し、ホットプレスで焼結することにより、化学量論組成の母相中にナノサイズの第二相を析出させた結果が報告された(池田 輝之先生)。また、熱電発電を実用化する上では、 ZT とコストの両方をパラメータとして熱電変換材料の開発を進める必要性が指摘された(矢澤 和明先生)。さらに、電子エネルギーバンド計算から得られるスペクトル伝導度を用いることで、熱電物性を正しく理解できることが解説され、バンドギャップ内にシャープな状態密度を形成すると ZT が著しく増大するという計算結果が示された。 $ZT > 4$ を実現可能とするこの新たな ZT 向上指針の検証実験が待たれる(竹内 恒博先生)。熱電発電デバイス開発についての報告もあり、現状では 7-8% のエネルギー変換効率を 10% 以上に向上するとともに、耐久性 10 年以上の性能を達成することが不可欠であると述べられた。もう一つの課題として、開発した熱電発電デバイスをシステムとして確立することも挙げられた(郭 俊清先生)。最後に、シンポジウムの総括として、熱電変換の基礎研究と応用研究が循環し共鳴する「実学」が重要であること、特に熱電発電デバイスと熱源あるいは冷却源との界面にひそむ新たな学問の確立が熱電発電の実現に繋がるということが述べられた(舟橋 良次先生)。

本シンポジウムを通して、熱電変換材料および熱電発電デバイスの現在と未来に関する認識を多数の参加者で広く共有し、今後の課題について討論するこ

とができた。本シンポジウムをきっかけとして、熱電変換研究分野の新たなガイドラインが確立され、同分野の研究者が増えていくことが期待される。

協賛：日本熱電学会、日本伝熱学会、日本セラミックス協会、日本金属学会

世話人：林 慶（東北大）、中津川 博（横国大）、花村 克悟（東工大）、大川 和宏（東理大）、野村
政宏（東大生研）、栗野 祐二（慶應大）