

2022 年第 83 回応用物理学会秋季学術講演会シンポジウム報告

アカデミア・企業から見た熱電研究の最前線 (MI 駆動型研究から IoT 応用まで)

Cutting edge of Thermoelectric Researches in Industry and Academia:
from Materials Informatics to IoT applications

シンポジウム開催日時：2022 年 9 月 22 日 9:00 – 17:45

シンポジウム企画：9.4 熱電変換

世話人：鶴殿治彦（茨城大）、高際良樹（物材機構）、桂ゆかり（物材機構）

本シンポジウムは、最近の熱電材料研究が、マテリアルズ・インフォマティクス(MI)をはじめとする計算科学や新原理に基づく材料設計指針の導入によって飛躍的な成果を上げている点に着目し、応用先として注目される IoT 機器などの独立電源利用の可能性も考慮して、アカデミアと企業の視点から現在の熱電研究を俯瞰的に捉え、さらにその研究開発の将来を考えることを主眼にして開催した。そのためにアカデミアと企業から最前線の熱電研究者を講師に招いて 11 件の招待講演を頂き、熱電研究の現状の問題点や今後の研究開発動向についての意見交換をパネルディスカッションで行った。

竹内氏（豊田工大）は、 Cu_2Se など材料の相転移を巧みに利用することで巨大な無次元性能指数($ZT=470$)が見かけ上得られることや実際に電力が取れる発電素子への応用の可能性を紹介した。塩見氏（東京大）は、シリコンに歪みを加える事で熱伝導率を大きく低減でき、IoT 用の電源に利用できる有意な出力を持つ発電素子がシリコンを使った簡易な構造で実現できる事を紹介した。熊谷氏（さくらインターネット・京都大）は、実験データからデータを取得する実験 MI を進める Web システム Starrydata 2 で概ね 4 万 8 千試料の実験データの収集を行い、機械学習を使って新規熱電材料を提案する応用研究を進めている事を紹介した。今里氏（産総研）は、 PbTe や Mg_3Sb_2 での欠陥や微細構造組織を使った熱電性能向上が合成条件に大きく影響される事例について、熱力学的条件を考慮した材料組成設計や粒界制御が重要な事を実例と共に紹介した。岩崎氏（物材機構）は、準結晶の類似構造の近似結晶についてブロッホ軌道を制御する事でギャップを広げて半金属を半導体化できることを Al-Si-Ru 系に適用して成功したことを紹介した。森氏(物材機構)は、バルクから薄膜材料、素子作製まで幅広い研究成果を紹介した。特に n- Mg_3Sb_2 /p- MgAgSb で室温から 320°C の温度差で 7.3% の高効率モジュールを実現し、材料性能からは更に 1.5 倍の性能向上が可能な点が注目された。菅原氏(京工繊大)は、フレキシブル基板を使った熱電モジュールの作製から応用について紹介し、触覚技術利用として肌に触れるフレキシブルペルチェモジュールの可能性を示した。石田^敬氏（産総研）は、有機系熱電材料開発を俯瞰しつつ PDOT/PSS やカーボンナノチューブで高い出力因子が最近出ていることを紹介し、接触抵抗を下げるのが課題であることを示した。菅野氏（パナソニック）は、実用熱電モジュール開発について Mg_3Sb_2 系材料を中心に紹介し、n- Mg_3Sb_2 /p- GeTe の組み合わせで 10%を

超える変換効率達成（温度差 566°C）を報告した。小島氏（アイシン）は、システム側の立場から IoT 用途の熱電発電への要求を整理して紹介し、普及には材料開発と共に熱設計も重要課題である事を報告した。石田真氏(NEC)は、スピンゼーベックや異常ネルンスト効果を利用した薄膜面内デバイスの研究開発について、ハイスループット実験やインフォマテイクスを活用した研究開発の取り組みとその有用性を紹介した。また、講演会後のパネルディスカッションでは、招待講演者が壇上に上がり、会場やオンライン参加者からの質問やコメントに答えながら熱電研究の現状と将来について語り合った。

シンポジウムは一日を通じて会場とオンラインで常時 100 名以上の参加があり、特に多い時間帯では会場で 70 名程、オンラインで 90 名程と合計で 160 名程の参加者を確認できた。新型コロナ禍でのハイブリッド開催にもかかわらず、現地での熱気を体感できるほどの盛況ぶりであった。パネルディスカッションも含めて熱電発電の本格的な普及には多数の課題が有ることも示されたが、参加頂いた皆様には熱電材料の多様性や研究の切り口の多さなど、熱電研究の面白さや醍醐味、可能性を伝えられたと考えている。

● 招待講演者（11名）

竹内恒博（豊田工大）	革新的熱利用材料・素子の開発～熱ダイオード，熱流スイッチング素子，熱電発電素子～
塩見淳一郎（東京大）	メカノ・サーマル機能化による革新的熱電デバイス
熊谷将也（京都大）	実験 MI と新材料探索
今里和樹（産総研）	新規材料探索に向けた欠陥、微細組織、組成デザイン
岩崎祐昂（物材機構）	ブロッホ軌道エンジニアリングに基づいた高性能熱電材料設計
森 孝雄（物材機構）	IoT 機器駆動用の高性能熱電材料・発電モジュール
菅原 徹（京工繊大）	次世代 IoT 社会に資するフレキシブル熱電変換デバイスの開発
石田敬雄（産総研）	有機系熱電技術の現状と IoT 応用等への課題
菅野 勉（パナソニック）	実用熱電モジュールのための Mg_3Sb_2 系熱電材料の高性能化
小島宏康（アイシン）	熱電発電の展望と課題
石田真彦（NEC）	磁性体における熱電効果の最適化と産業応用の可能性