



エネ環

磁気熱電効果を利用した熱電変換 モジュール及び熱流センサーの開発



E-1

▶ プロジェクト実施者 : 国立大学法人東京大学、(国研)産業技術総合研究所、DOWAホールディングス(株)
プロジェクト実施期間: 2019~2021年度

事業概要

磁気熱電効果はこれまでの熱電技術とは異なる様々な利点を持ちますが、発電効果が小さいという問題点があるため研究開発は進んでおりませんでした。しかし最近、電子構造のトポロジを制御することで巨大磁気熱電効果が生じることが東京大学を中心とした研究により明らかになりました。そこでこれを利用して磁気熱電効果を動作原理とした熱電変換モジュール及び熱流センサー薄膜の開発を行います。これらのデバイスは既存の装置で評価が難しいため、評価装置の開発も同時に行います。

成果

- 鉄を含む新しい磁気熱電材料を発見し、薄膜化で世界最高性能を示すことを確認しました。
- 磁気熱電材料を複数連結した磁気熱電モジュールの開発に成功しました。
- 量産化用装置を利用して、薄膜作製・微細加工を行うことで磁気熱電熱流センサーの開発に成功しました。
- 熱流センサー評価装置の大幅な小型化に成功しました。
- 炉の廃熱調査を行い、発電に十分な温度差が得られることがわかりました。

今後の展望

- 開発した磁気熱電モジュールを用いて、排熱でWi-Fi通信を行います。
- フレキシブル熱流センサーを開発します。
- 磁場中で利用できる磁気熱電評価装置を開発します。
- 上記熱電モジュール、熱流センサーの両方を組み込むことで廃熱現場における熱流のモニタリングを目指した自律駆動発信機器を開発します。

異常ネルンスト効果を用いた熱電変換

従来型熱電(ゼーベック)効果

- $\vec{v} \parallel \vec{\nabla}T$
- 多数のP-N接合
- 立体構造

$$V = S\Delta T$$

磁気熱電(異常ネルンスト)効果

- $\vec{v} \perp \vec{\nabla}T$
- 接合の少ない構造
- 薄膜化・大面積化・フレキシブル化に有利

$$V = S_N \Delta T \frac{1}{T}$$

研究計画フロー

1. モジュール作製と発電評価(東大物性研)
2. 薄膜化と熱流センサー開発(産総研スピン)
3. 磁場下熱電モジュール及び小型熱流センサー評価装置開発(産総研熱物性)
4. 製品化に向けた調査と研究(DOWA)

物質のトポロジに関する最新学理

熱流の感知
排熱回収

無毒&安定
低コスト
フィルム化

鉄系磁気熱電材料発見&熱電モジュール

磁気熱電効果 ($\mu\text{V/K}$)

鉄: 約 1 $\mu\text{V/K}$
本材料: 約 20 $\mu\text{V/K}$ (20倍)

熱電発電素子薄膜にする素材

(出展) 日本経済新聞

電圧 (mV)

磁場 (T)

磁気熱電薄膜・熱流センサー

Fe₃Al
Au

5 μm 幅

評価装置開発・廃熱調査