

3つの熱電物性「電気抵抗率」、「ゼーベック係数」、「熱拡散率」の同時計測技術を開発

業界初 3つの熱電物性を1台の装置で且つ単一試料で測定し、
熱電変換材料開発の加速、カーボンニュートラルの実現に貢献する

●概要

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 (名古屋市千種区) 大学院 工学研究科 長野方星 教授は、科学・試験・計測機器メーカーのオザワ科学株式会社 (本社分室: 名古屋市瑞穂区亀城 5-41、代表取締役社長: 小澤大地)、国立研究開発法人産業技術総合研究所 中部センター (名古屋市守山区) 極限機能材料研究部門 申ウソク 副研究部門長との産学官連携により、環境・エネルギー、航空・宇宙、自動車、産業機械などの熱電変換材料開発に必要な熱電3物性 (「電気抵抗率」、「ゼーベック係数」、「熱拡散率」の3つの物性) を同時に且つ単一試料で測定可能な評価装置を開発しました (特許出願中)。

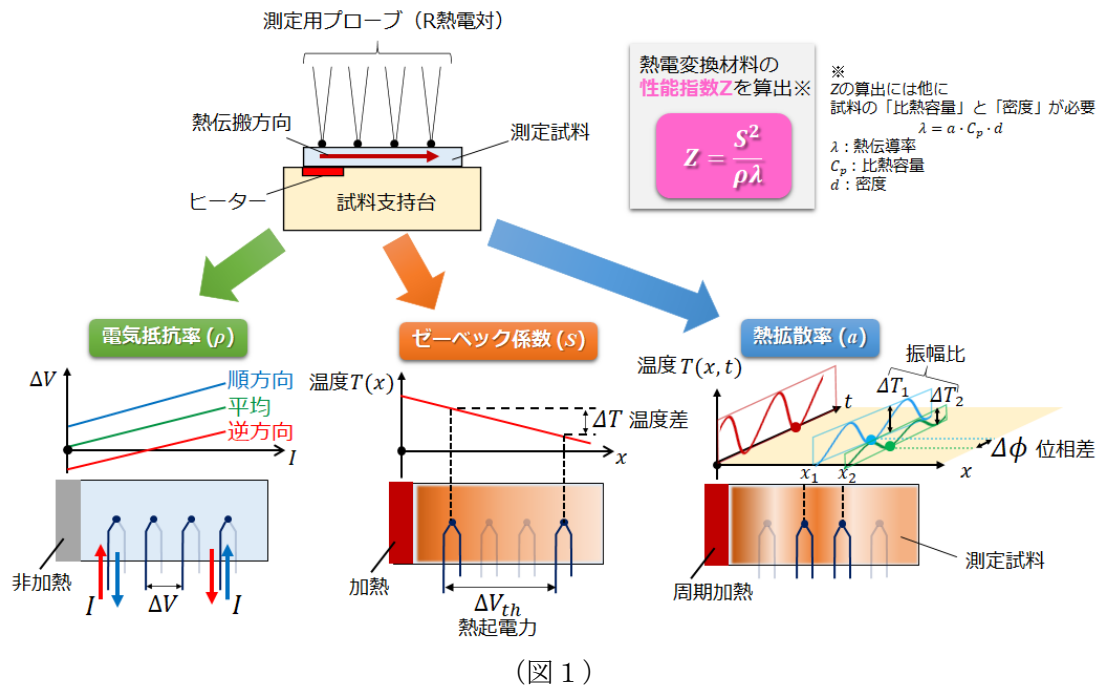
●開発の社会的背景

化石燃料資源に代わる新たなエネルギー源が求められる中で、未利用熱を電気に変換する熱電変換技術が注目されています。熱電変換材料の性能評価には電気抵抗率、ゼーベック係数、熱拡散率の3つの物性 (熱電3物性) を高い精度で測定する必要がありますが、熱電3物性はこれまで複数の装置により個別に測定されており、単一の装置で熱電3物性を計測できるには至っていない状況でした。そのため、複数の装置を用いる必要があり時間と労力を要しておりました。また、測定原理の制約から、電気抵抗率とゼーベック係数は面内方向、熱拡散率は厚さ方向しか測定できず、物性により測定方向が異なるという課題もありました。今回の計測技術の開発で目指したのは、同一の方向で熱電3物性の測定が可能であり、広い温度範囲 (高温側) における計測ニーズに応えることであり、その技術を用いて、単一の装置・単一試料で熱電3物性を測定できることによって、熱電変換材料の開発時間短縮をはじめ、排熱を電気に変えるクリーンエネルギー開発などを加速することになります。

●内容

今回開発した装置では、測定方向と熱の伝搬方向は同じ面内方向となり、同一環境下での熱電3物性の測定を可能としたことが特長です。

オザワ科学など3者は接触式マルチセンシングプローブ（センサー）と計測手法を新たに構築し、単一の装置・単一試料を用い、簡単な操作で室温付近～900℃の温度帯域の熱電3物性を測定することを可能にしました。こうした同一環境下で得られた熱電物性値から「熱電変換性能指数」を求めることが可能です。



オザワ科学など3者は接触式マルチセンシングプローブ（センサー）による計測手法を新たに構築し、今までの電気抵抗率とゼーベック係数に加え、熱拡散率も測定することを可能にしました。今回開発した接触式マルチセンシングプローブは等間隔に配置された4本の熱電対プローブから構成されており、線径、接触点形状、断熱方法を最適化することで安定した信号強度と高い測定精度を実現しています。測定は薄板状の試料を端部にヒーターが組み込まれた試料支持台に置き、接触式マルチセンシングプローブを上から接触します（図1）。電気抵抗率は直流4探針法、ゼーベック係数は定常法によりそれぞれ測定されます。熱拡散率の測定には周期加熱法を採用し、ヒーターを周期的に加熱した際に試料に伝搬する熱の応答（位相差および振幅）をプローブ2点で計測し、加熱周波数の変化に伴う熱応答の変化から熱拡散率を求めます。この手法により単一試料に対して広範囲の温度帯域で測定することを可能にしました。

これにより熱電変換材料の開発は、性能評価が迅速化され、熱電変換技術の高度化に貢献できます。とくに排熱を電気に変え、蓄電するクリーンエネルギーシステムは2030年をゴールとするSDGs（持続可能な開発目標）の主要分野であり、高機能化、高効率化及び低コスト化が期待されます。

同装置の開発は、経済産業省 戦略的基盤技術高度化支援事業の補助（サポイン事業の課題名：単一の測定装置による熱電3物性値の同時計測可能な方法の開発）を受けて、名古屋大大学院工学研究科の長野方星教授が熱拡散率計測における周期加熱理論と測定・解析条件に関する学術的支援を、産業技術総合研究所 極限機能材料研究部門の申ウソク 副研究部門長が高温環境計測の技術を担当し、オザワ科学株式会社が製品化したしました。

装置は加熱炉、制御部筐体パネル、測定用電極および電極保持機構部、データ処理装置、各種ガス雰囲気機構部、冷却水循環装置、真空排気装置で構成されます。本体の大きさは幅1.1m、奥行き48cm、高さ1.165m。試料は長さ13～25mm、幅5mm程度、厚み1mm以下の薄板状直方体です。

6月2～4日に名古屋市・熱田西町の名古屋国際会議場で開かれる「みる・はかる・未来へつなぐ科学機器展」（東海科学機器協会など主催）に出展します。

●装置外観



（写真＝産学連携で開発した熱電3物性を1台の装置で測定を可能とした熱電特性評価装置「OZMA-1」）

【用語の説明】

- 熱電変換
電気と熱との相互作用を利用したエネルギー変換現象。
- 電気抵抗率
電気の通しにくさを表す物性値。
- ゼーベック係数
温度差1度あたりで発生する熱起電力。
- 熱伝導率
物質の熱エネルギーの流しやすさを表す物性値。
- 熱拡散率
温度分布の変わりやすさに関する物性値。熱拡散率に密度と比熱を掛け合わせることで熱伝導率が得られる。
- 直流4探針法
電気抵抗率を正確に測定する方法。4本のプローブの内、外側プローブ2本に電流を印加し、内側プローブ2本で電圧を測定し抵抗を測定する。電流を流す端子と電圧を計測する端子を別にするにより、端子の持つ抵抗や接触抵抗の影響を除く事ができ、2端子間のみの測定に比べて、より正確に計測できる。
- 定常法
試料に温度勾配をつけ、温度平衡時のプローブ2本の間温度と熱起電力を測定する方法。
- 周期加熱法
試料の片端からヒーターを周期的に加熱し、プローブ2本の間位相差、振幅比を計測し、その周波数特性から熱拡散率を算出する方法。