



応用物理学会秋季学術講演会 注目講演プレスリリース

2022年 9月 14日

高効率 p 型 GeTe/n 型 Mg₃Sb₂ 熱発電モジュールの開発

Development of High Efficiency P-type GeTe / N-type Mg₃Sb₂ Thermoelectric Module

排熱利用でカーボンニュートラルの実現に貢献 世界最高クラス発電密度を実現する新材料熱発電モジュール

パナソニック ホールディングス (1), 産総研 (2),

安藤 冬希 (1), 玉置 洋正 (1), 松村 葉子 (2), 浦田 友幸 (2), 河辺 健志 (1), 山村 諒祐 (1), 金子 由利子 (1), 舟橋 良次 (2), 菅野 勉 (1)

【発表概要】

- ・ コインサイズで最大8.5W (1.62W/cm²) という、世界最高クラスの発電密度を可能にする熱発電モジュールを開発。
- ・ 熱発電モジュールに使用する熱電変換材料の材料探索に、計算科学による探索「マテリアルズ・インフォマティクス」を採用。探索コストを10分の1に。
- ・ 同研究は、未利用排熱として捨てられている一次エネルギーの60%を電力として再資源化するテクノロジーであり、カーボンニュートラルに大きく貢献する可能性がある。

パナソニック ホールディングス株式会社・テクノロジー本部の安藤冬希、玉置洋正、河辺健志、山村諒祐、金子由利子、菅野勉、および産業技術総合研究所・ナノ材料研究部門の松村葉子、浦田友幸、舟橋良次らによる研究グループは、排熱から発電する新たな「熱発電モジュール」を開発した。高い発電効率を生み出す熱電変換材料としてMg₃Sb₂（マグネシウムアンチモン）系材料およびGeTe（ゲルマニウムテルル）系材料の開発に成功し、温度差560°Cにおいてコインサイズで最大8.5W (1.62W/cm²) という世界最高クラスの発電密度を実現した。同研究はカーボンニュートラルを実現するためのCO₂の削減に寄与する技術開発として期待される。

【詳細】

捨てられ続ける60%の排熱を未来の資源に

日本は2050年の「カーボンニュートラル」を目指している。温室効果ガスの排出量から自然などの働きによる吸収量を差し引くことで、実質的に排出量をゼロにするという目標だ。この目標の実現のために産業界が対策に追われているのはCO₂をはじめとする温室効果ガスの排出量の削減だ。パナソニックホールディングスほかの研究グループは、排熱から発電する新たな「熱発電モジュール」を開発し、温室効果ガス排出量の社会的削減を目指している。

資源エネルギー庁の調査によれば、現在、化石燃料などから得られる一次エネルギーの約60%が未利用排熱として捨てられているという。同研究グループは、開発した熱発電モジュールによって、一次エネルギーの未利用排熱を熱発電に利用し、これを再資源化して社会で活用することで、エネルギー供給量全体を削減し、CO₂削減を狙う考えだ（図1）。「私たちはゼーベック効果（※）を用いた熱発電を研究してきました。300°C~500°Cの中高温域において高い発電効率を生み出す熱電変換材料を探索し、温度差560°Cにおいてコインサイズの熱発電モジュールで最大8.5Wという、世界最高クラスの発電密度を実証しています」と、同研究グループの安藤冬希氏は話す（図2）。

熱発電モジュールは、火力発電などの発電とは異なり、CO₂ガスなどを排出しない、クリーンな発電方法だ。コインサイズの小型なものからモジュールを自在にデザインできるため、規模の異なるさまざまな熱源に適応可能な柔軟性を備えている。さらに可動部がなく、メンテナンスフリーで長寿命だ。「この熱発電モジュールを採用すれば、従来回収の難しかった排熱源を有効利用して、CO₂の削減に貢献できると考えています」（安藤）

計算科学が加速した「もうひとつの材料」探索

熱発電モジュールは、物体の温度差を直接電圧へと変換する「ゼーベック効果」を利用している。ゼーベック効果を利用するモジュールには、n型とp型として対になる熱電変換材料が必要（図3）であり、同研究グループはこれまでにn型に相応しい材料として「Mg₃Sb₂（マグネシウムアンチモン）系材料」を開発しており、すでに300~500°Cの熱に対し世界最高の熱電性能が出せることを実証してきた。問題はもうひとつ、p型の熱電変換材料に何を選ぶかだった。同研究チームが導入した探索手法は、計算科学による材料探索「マテリアルズ・インフォマティクス」だった。

「今回の材料探索では、ゲルマニウムサイトを置換できる元素の組み合わせを探すことが必要でした。しかしゲルマニウムサイトを置換できる元素は20個ほど存在します。そこから、今回発見したような複数種類の組み合わせ候補を見つけ出すためには、実に1000通り以上の膨大な試作回数が必要

必要になります。手動で行えば途方も無い回数ですが、マテリアルズ・インフォマティクスによる効率化を進めたことが、今回の成果につながっています」（安藤）

こうしてp型の材料として、「GeInSbTiTe」を発見し、同研究グループは最大1.62W/cm²という世界最高クラスの発電密度を可能にする熱発電モジュールの開発に成功した。安藤氏は今回の開発から、材料探索やデバイス開発の未来を感じ取ったという。

「もしも従来のような手さぐりの材料探索を行っていたら、開発には10倍以上の時間がかかっていたと思います。単純に開発コストは10倍です。これまでは、こうした材料探索の膨大さに伴うコストの増加から、諦めなければならない開発がたくさんありました。しかしマテリアルズ・インフォマティクスを活用することで、材料探索の可能性を押し広げられるということ、今回の結果で示せたように思います」（安藤）

投資回収期間を半減させる、世界最高クラスの熱発電モジュール

熱発電モジュールの応用は、産業レベルでは工場の排熱、また、民間レベルではガソリン車のエンジンの排熱を利用した省エネ化、さまざまな予備電源への活用までと幅広い。今回開発したモジュールは、発電密度の高さから設備投資の回収期間が短縮できることが強みだという。

「従来の熱発電モジュールと比べ発電密度が倍以上と高いため、単純計算ではありますが、これまで投資回収が15年以上かかっていたものを半分にすることができると期待されます。未利用排熱がなくなる社会の実現のために導入障壁が低くなることは大きなメリットだと感じています」（安藤）

今後はまず、ガソリン自動車へ、また産業としては工場のライン上で膨大な未利用排熱が発生している鉄鋼業・窯業へアプローチしていきたいとする。

【注釈】

※**ゼーベック効果** 熱電効果の一種。異なる2種の導体（熱電変換材料）が接続された回路をつくり、それぞれの導体の接点に温度差が与えられると、導体の間に電圧が生じ、回路内に電流が流れる現象。

【図】

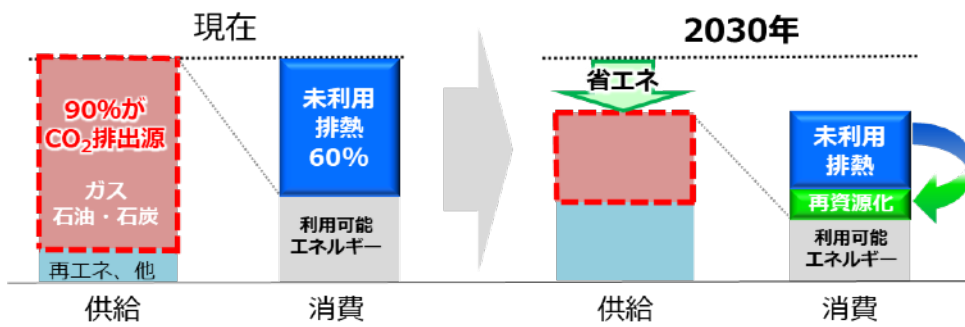


図1. 現在、一次エネルギーの約60%が未利用排熱として捨てられている。カーボンニュートラル社会の実現に向け、未利用排熱を回収し、利用可能なエネルギーとして再資源化することが重要である。

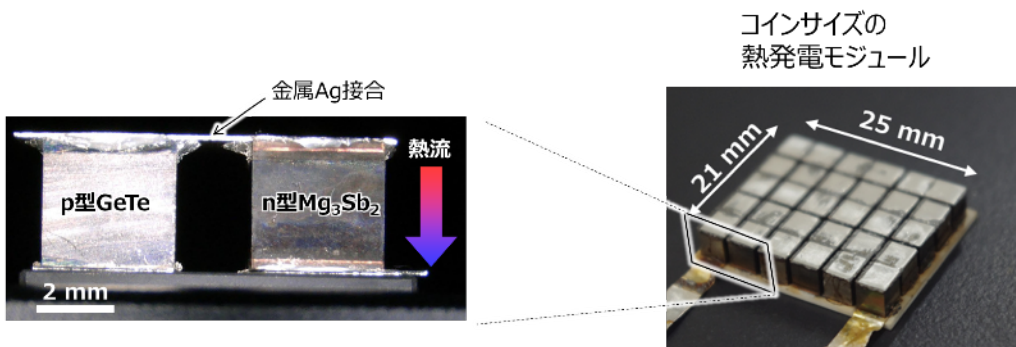


図2. 開発された、15組のp型GeTeおよびn型Mg₃Sb₂熱発電モジュール。

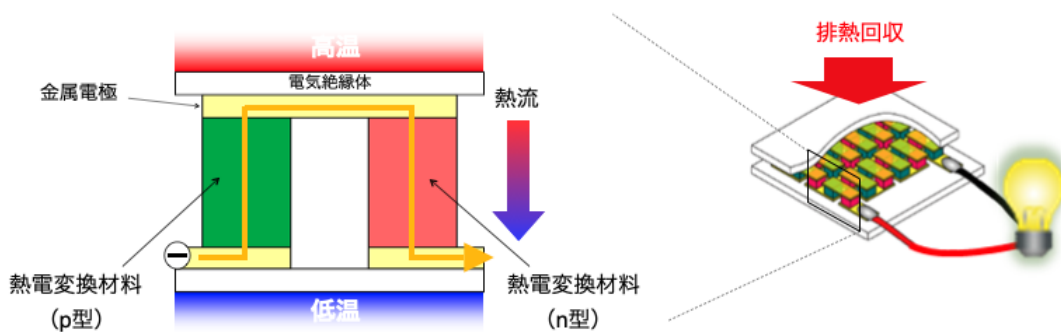


図3 熱発電モジュールは、p型とn型の2種類の熱電変換材料と電極を接続したn型構造をとる。