

【省エネルギー分野（戦略的省エネ）】

仮訳

**驚異的な材料が省エネの役割を担う（米国）
セレン化スズが廃熱を電力に変換するのに最も適していることを発見**

2014年4月17日

イリノイ州エバンストン --- 世界のエネルギー危機に対処する1つの戦略は、石炭火力発電や輸送で生じるエネルギー生産やエネルギー使用時に、大量のエネルギー廃棄を止めることである。エネルギー投入量の3分の2近くが廃熱として失われている。

今回、ノースウェスタン大学の研究者たちは、廃熱を有益な電力に変換する世界最高の驚異的な材料を発見した。その並外れた特性により、様々な産業において多大な省エネ効果が期待できる固体熱電素子の利用が可能となる。

無機化学者である Mercuri G. Kanatzidis 氏に率いられた学際的なチームは、セレン化スズの結晶形状が、その格子構造を通じた熱伝導を大きく抑え、最も効率的な熱電材料であることを発見した。セレン化スズは多くの熱電材料とは異なり、アコーディオンの様な単純な構造を持ち、それが特異な性質の鍵となっている。

熱電変換効率は、 ZT (無次元性能指数)と呼ばれる性能指数で表され、セレン化スズは、約 650°C で現在の最高値である $ZT2.6$ を記録している。本材料の極めて低い熱伝導性が、一方で良好な導電性を保ちつつ、 ZT をこのような高レベルに押し上げている。

ZT 性能は、導電率と熱起電力を分子（高い方が良い）、熱伝導性を分母（低い方が良い）とする比で表される。

高温での熱電材料の潜在的な適用分野には、自動車産業(ガソリンのポテンシャル・エネルギーのかなりの量が車の排気管から失われている)、重工業(ガラスやレンガの製造、石油精製、石炭や天然ガスによる火力発電等)、連続運転する大型内燃機関（大型船、タンカー等）が含まれる。

「優れた熱電材料は事業提案（ビジネス命題）であり、科学的であると同時に、実用的でもあるのです。」と語るのは研究チームのシニア・リサーチャーである **Vinayak P. Dravid** 氏。「材料をまさしくエキサイティングなものにするために世界の廃棄エネルギーのほとんどを有益なエネルギーに変換する必要はありません。私たちはエネルギー問題の解決策のポートフォリオを必要とし、熱電材料はこのための重要な役割を果たすことができます。」

Dravid 氏は **McCormick School of Engineering and Applied Science** の **Abraham Harris Professor of Materials Science and Engineering** である。

おそらく世界で最も熱伝導性の低い結晶材料であるセレン化スズの詳細は、本日（4月17日）*Nature* 誌で発表される。

本研究は、同じ研究グループが研究所で開発した別の熱電材料で **ZT2.2** の世界記録を出してから2年も経たないうちになされたものである。

「従来の熱電材料は非効率であるため、実用化が限られていました。」と **Weinberg** **College of Arts and Sciences** の **Charles E. and Emma H. Morrison Professor of Chemistry** である **Kanatzidis** 氏は言った。「熱電素子に導入されたセレン化スズのシステムは、他のシステムより効率良く、廃熱を有益な電気に変換すると考えています。」

本材料は非常に単純な構造にもかかわらず、熱伝導性が非常に低いため、中程度の熱起電力と導電性であっても高温で高い熱電性能をもたらすことができる。

研究者たちはセレン化スズがそれほど優れた熱電材料だとは思っていなかった。

「論文の筆頭著者である **Lidong Zhao** 氏が、セレン化スズの考察に多大な功績を挙げました。」と **Kanatzidis** 氏。**Kanatzidis** はアルゴンヌ国立研究所と兼務している。「彼は我々がノースウェスタン大学に呼ぼうとしている興味深い人達の良い例です。」

Kanatzidis 氏の研究グループの博士研究員である **Zhao** 氏は、セレン化スズを成長させ、軸ごとに3方向で結晶を測定した。彼は熱伝導性が a-軸だけでなく他の2つの軸でも「異常に低い」ことを発見した。

「研究結果は驚くべきものです。他の人たちが注目しない方向を指し示していますから。」と **Dravid** 氏。「この材料は遮熱コーティングのような他の分野で利用される可能性があります。」

Kanatzidis 氏と Zhao 氏は材料の結晶構造を調べることで直観的に材料の可能性を認め、彼らが並外れた熱電特性を確認した後、Dravid 氏と Christopher M. Wolverton 氏が、結晶がどのように作用するのか、その理由を明らかにした。

「この化合物は原子間の結合がとても弱いため、並外れてソフトで弱い原子振動を引き起こすことを発見しました。」と論文のシニア著者で McCormick School の材料科学の教授である Wolverton 氏は言った。

エネルギー利用に関連したコンピューター材料科学の専門家である Wolverton 氏が、アコーディオンのような構造と弱い結合が非常にゆっくりとした原子振動を引き起こすことを明らかにした。

「これらの非常に弱い振動のせいで、材料が熱を伝導することができなくなります。」と Wolverton 氏。「我々の理論は、なぜ本材料がこのように作用するのかについての科学的な根拠と共に、さらに高効率な材料を探求するための新しい道筋を提供します。」

「セレン化スズは、人気のある形状記憶フォームマットレスのテレビコマーシャルを思い起こさせます。そこでは、マットレスの片側で人がジャンプしているのに、すぐ横にあるワイングラスはびくともしません。つまり、マットレスの素材のせいで振動がグラスに伝わらないのです。」と語るのは Kanatzidis 氏。

「同様に、セレン化スズでは、ソフトでアコーディオンのような構造が振動をうまく伝えられないため、熱が材料を通してうまく伝わりません。」と Kanatzidis 氏。「セレン化スズの片側は、例えば廃熱で、熱くなっていますが、反対側は冷たいままです。そのため、熱い側では有益な発電が可能になります。」

本研究は、Energy Frontier Research Center (EFRC) によって支援を受け、Revolutionary Materials for Solid State Energy Conversion と呼ばれ、米・エネルギー省から資金提供を受けた(授与番号 DE-DE-SC0001054)。

「我々の発見が、エネルギー省の EFRC プログラムが成功する理由をはっきりと示しています。」と Kanatzidis 氏。「私たちのような複数の専門分野からなるチームは、多くの違う角度から問題を捉えることができます。また、持続的な資金提供を受けているため、科学的なブレイクスルーのチャンスが増えます。さらに、ここでは特別な環境、すなわちノースウェスタン大学の精神である学際的な環境があります。」

本論文のタイトルは「Ultralow thermal conductivity and high thermoelectric figure of merit in SnSe crystals」である。Kanatzidis 氏、Dravid, Wolverton 氏、Zhou 氏の他、

ノースウェスタン大学の Yongsheng Zhang 氏、Gangjian Tan 氏、ミシガン大学の Hui Sun 氏、Ctirad Uher 氏が論文の著者として参加している。

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター 勝本 智子）

出典：本資料は、ノースウェスタン大学の以下の記事を翻訳したものである。

“Surprising Material Could Play Role in Saving Energy”

<http://www.northwestern.edu/newscenter/stories/2014/04/surprising-material-could-play-role-in-saving-energy.html>

(Used with Permission of Northwestern University)