

## 談話室

# 新設置分科会「研究会」： 「熱電変換材料研究会」について

島根大学准教授；総合理工学部  
「熱電変換材料研究会」代表世話役 長谷崎和洋

温暖化効果ガスの削減が叫ばれている現在、機能性材料に対する地球温暖化対策への期待は大きい。その中でも特に熱を電気に直接変換する熱電変換材料は、温度差がある場所ならば発電可能なことから、人体から外気に放出される熱から始まり、乗用車用エンジンの排熱・太陽熱・発電所排熱等に利用が検討されている。熱源を選ばないことから草津温泉では温泉熱を利用した熱電発電テストプラント、NASAの深宇宙惑星探査機用電源等に実際に稼働している。熱電発電において熱電材料は主要構成要素であり、熱電変換材料の性能によりそのシステムの発電効率が決まると言っても過言ではない。そのため、日本金属学会の講演大会においても毎回セッションが立てられている。活発な議論がなされているにも関わらず、残念なことに広く一般に利用される実用化には熱電発電は至っていない。その理由は、熱電変換材料のエネルギー変換効率はここ数十年にわたり低い値で飽和し、コストメリットが見出せないためである。20年ほど熱電材料を研究している私にとっては、何とかして熱電変換材料の性能を実用レベルに向上させ、地球温暖化対策に少しでも尽力したいと考えている。

ちなみに熱電材料の性能指数  $ZT$  は、 $ZT = \alpha^2 \sigma (\kappa_{ca} + \kappa_{ph})^{-1}$  であらわされ、 $\alpha$  は温度差 1 度あたりの起電力を示すゼーベック係数、 $\sigma$  は電気伝導率、 $\kappa_{ca}$  はキャリア熱伝導率、 $\kappa_{ph}$  は格子熱伝導率である。この  $ZT$  が高いほどエネルギー変換効率が高くなる。これまで  $ZT=1$  程度で熱電材料の性能は、長らく飽和していた。

これをブレイクスルーするために、新しい熱電変換材料の性能向上指針として、「キャリア・フォノン散乱効果」が提案されている。この「キャリア・フォノン散乱効果」は、結晶粒を超微細化することにより、キャリア散乱によるゼーベック係数の向上とフォノン散乱による格子熱伝導率低減を同時に図れる特長を有する。実際にこれまで  $ZT=1$  前後であった BiTe 系熱電変換材料を最大  $ZT=2.2$  まで向上させることに成功した<sup>(1)</sup>。高温端温度 500 K、低温端温度 300 K とすると、 $ZT=1$  の場合、理論的なエネルギー変換効率は 8% であるのに対して、 $ZT=2.2$  では同じ条件で 13% となり、実用化へ向けた一歩となっている。

しかしながら、熱電性能向上のメカニズムは理論的に十分解明されていない。これに加えて、「キャリア・フォノン散

乱効果」は特定の熱電変換材料に成立する指針ではなく、熱電材料に普遍的に適用できる可能性がある。これを明らかにするためには、現在の熱電変換材料の研究者だけではなく、各種の材料に深い知見を有する幅広い材料研究者が集い、議論・研究を重ねることが急務となった。そこで、日本金属学会に本研究会を組織することで、本指針に基づいた種々の材料系に対する熱電変換材料の性能向上を推進したい。全ての熱電変換に興味のある方にこの研究会は門戸を開きたい。「熱電変換は初めての方」の研究会参加は、特に歓迎したい。

熱電変換材料の性能向上指針としては、「フォノンガラス-電子結晶」がラットリングによって実証されているが、他にも「重く強固なクラスターが弱く結合した固体」や「広いバンドと狭いバンドの重畳」などが提案されており、上記の「キャリア・フォノン散乱効果」と共に、複数の指針間の相補性や相乗効果なども検討したい。

具体的には、勉強会程度からスタートさせ、可能であれば以下の調査研究を検討したい。

- (1) 熱電変換材料の性能向上メカニズムの理論的・実験的調査研究
- (2)  $ZT > 2$  を達成した BiTe 材料の性能向上原因解明のための調査研究
- (3)  $ZT > 2$  により、実現可能な熱電システムのフィージビリティスタディ (FS)

(1)については、上述の BiTe 系材料の「キャリア・フォノン散乱効果」だけではなく、他の材料でも提唱されている「重く強固なクラスターが弱く結合した固体」、「広いバンドと狭いバンドの重畳」等の熱電性能向上のコンセプトを理論・実験の両者の観点から議論していきたい。材料は限定せず、本当に何が原因で性能向上するのか、どうすれば熱電性能をさらに向上させる事が出来るのかを明らかにしていきたい。

(2)については、 $ZT > 2$  を達成した BiTe 材料について、このような測定すると性能向上の原因がわかるかもしれないということを「熱電変換材料研究会」に提案いただき、その中から相応しい提案について共同調査研究を実施したい。

(3)については、これまでは  $ZT=1$  程度での FS は数多く報告されている。 $ZT=2$  になると新たな実用化・適用場所が見つかる可能性も出てくる。これをさまざまな角度から調査し、熱電発電システムの実用化目標を見つけたい。これは材料の研究範囲を超えて熱システム寄りの調査となるため、Materials Transactions の共同刊行参加学協会でもある日本熱電学会とも協力して研究会を推進したい。

## 文 献

- (1) 長谷崎和洋, 濱千代崇, 蘆田茉莉, 上田貴史, 野田泰稔: 日本金属学会誌, **74** (2010), 623-628.

(2011年2月6日受理)  
(連絡先: 〒690-8504 松江市西川津町1060)