



分野：工学系

キーワード：半導体、熱物性、熱電材料、ゼーベック係数、電気伝導率

## 身近な生活廃熱の発電利用に向けた室温 SiGe 熱電材料

—宇宙船で使われる材料を身近に：独自方法論により熱電変換出力3倍増大を実証—

### 【研究成果のポイント】

- ◆ 環境に調和したシリコンゲルマニウム (SiGe) ※<sup>1</sup> 熱電材料において、電気伝導率とゼーベック係数 ※<sup>2</sup> の同時増大を実現し、室温近傍で高い熱電変換出力因子を得ることに成功した。
- ◆ 熱電変換において、大きな電気伝導率とゼーベック係数が必要であるが、相関があるため両物性値を同時に増大させることは困難であった。このことが廃熱を電気に変える最大の障害となっていた。
- ◆ 本成果は、無毒な材料を用いて室温近傍の未利用熱をエネルギー源とした熱電発電の実現への道を拓くものである。

### ❖ 概要

大阪大学大学院基礎工学研究科の中村 芳明教授、高知工科大学 環境理工学群の藤田 武志教授、東邦大学 理学部の大江 純一郎教授、九州シンクロトロン光研究センターの小林 英一主任研究員らの研究グループは、革新的な熱電性能向上の方法論を提案し、環境調和型 SiGe 材料で最高の熱電変換出力因子 (= (ゼーベック係数)<sup>2</sup> × (電気伝導率)) を室温近傍で達成しました (既存 SiGe の約3倍増大)。

室温近傍の膨大な廃熱を電気に直接変換することが可能な熱電材料は、新規グリーンエネルギー源として期待されています。しかし、トレードオフ関係にあるゼーベック係数と電気伝導率を同時に増大することは長年の課題でありました。

本研究グループは、急冷法※<sup>3</sup> を用いて SiGe と Au のコンポジット材料※<sup>4</sup> を作製し、SiGe 中の Au 不純物が形成する共鳴準位※<sup>5</sup> によりゼーベック係数を増大させるだけでなく、Au 結晶の優れた電気伝導性を活かして、電気伝導率も同時に増大することに成功しました。結果として、宇宙船に搭載されている電源 (RTG、Radioisotope Thermoelectric Generator) に利用されている SiGe 熱電材料の値を3倍上回る最高熱電出力因子を室温近傍で達成することに成功しました (図1)。

従来、環境調和性が高いものの、SiGe 材料は宇宙船の電源として高温領域でしか利用されていませんでした。本成果により、高性能 SiGe 材料を用いることで、生活に密接した室温近傍の廃熱が電気エネルギーとして再利用可能となる“新エネルギー社会”実現が期待できます。

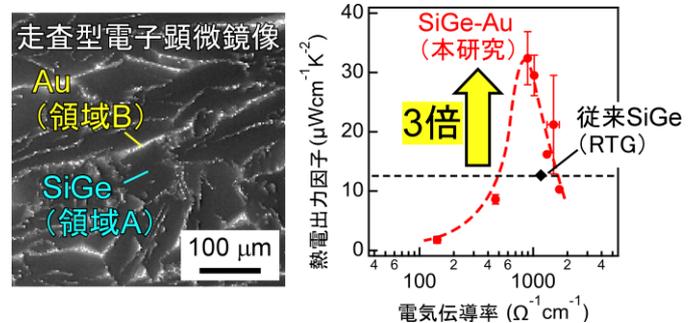


図1 SiGe と Au のコンポジット材料の走査型電子顕微鏡像と熱電変換出力因子の電気伝導率依存性





東邦大学



高知工科大学  
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

## Press Release

### ❖ 特記事項

本研究成果は、2021年1月29日（金）（日本時間）に英国王立化学会「Journal of Materials Chemistry A」（オンライン）に掲載されます。

タイトル：“Anomalous enhancement of thermoelectric power factor by thermal management with resonant level effect”

著者名：Shunya Sakane, Takafumi Ishibe, Kosei Mizuta, Takeshi Fujita, Yuga Kiyofuji, Jun-ichiro Ohe, Eiichi Kobayashi, and Yoshiaki Nakamura

なお、本研究は、科学研究費補助金・基盤研究 A(19H00853)、挑戦的研究(萌芽)(19K22110)、科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業チーム型研究(CREST)「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製(研究総括：瀬戸山亨)」の研究課題「ナノ超空間を利用した熱・スピン・電界交差相関による高効率エネルギー変換材料の創製(研究代表者：水口将輝)」の一環として行われました。

### ❖ 用語説明

#### ※1 シリコンゲルマニウム (SiGe)

第 14 族元素のシリコンとゲルマニウムの化合物。

#### ※2 ゼーベック係数

材料に温度差を与えたときに起電力として変換される現象をゼーベック効果といい、その際の単位温度差あたりに発生する起電力のことをゼーベック係数という。

#### ※3 急冷法

固体材料を高温に加熱して溶かしたのちに、急激に冷却することによって固体材料を作製する方法。

#### ※4 コンポジット材料

異なる 2 種類以上の材料を複合した材料。

#### ※5 共鳴準位

材料に不純物を添加した時に、伝導帯のエネルギー中に形成される電子準位。適切なエネルギー準位に共鳴準位を形成することでゼーベック係数が増大する。

### ❖ 本件に関する問い合わせ先

#### <研究内容に関すること>

大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授 中村芳明（なかむら よしあき）

TEL：06-6850-6315 FAX：06-6850-6315

E-mail: nakamura[at]ee.es.osaka-u.ac.jp

#### <JST 事業に関すること>

嶋林 ゆう子（しまばやし ゆうこ）

科学技術振興機構 戦略研究推進部 グリーンイノベーショングループ

TEL：03-3512-3531 FAX：03-3222-2066

E-mail: crest[at]jst.go.jp





東邦大学



高知工科大学  
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



大阪大学  
OSAKA UNIVERSITY

国立大学法人 大阪大学

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

TEL: 06-6877-5111 (代)

www.osaka-u.ac.jp

## Press Release

<プレスリリースに関すること>

大阪大学 大学院基礎工学研究科 庶務係  
TEL : 06-6850-6131 FAX: 06-6850-6477  
E-mail: ki-syomu[at]office.osaka-u.ac.jp

高知工科大学 広報課  
TEL : 0887-53-1080 FAX: 0887-57-2000  
E-mail: kouhou[at]ml.kochi-tech.ac.jp

学校法人東邦大学 法人本部経営企画部  
TEL : 03-5763-6583 FAX: 03-3768-0660  
E-mail: press[at]toho-u.ac.jp

科学技術振興機構 広報課  
TEL : 03-5214-8404 FAX: 03-5214-8432  
E-mail: jstkoho[at]jst.go.jp

### ❖ 参考 URL

中村 芳明教授 研究者総覧 URL <http://www.dma.jim.osaka-u.ac.jp/view?u=5889>

#### 【中村教授のコメント】

室温近傍の低い温度領域での熱電変換の性能向上は、次世代の持続的なエネルギー社会構築へとつながりうるものです。環境調和型の材料で性能の向上を示したのは、重要な意味を持つものと思っています。

