



エネ環

# 200°C以下の低温排熱を活用する IoT機器用自立電源

NEDO先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム  
IoT社会を支える分散型独立電源の技術開発

E-2

▶ プロジェクト実施者：(国研)物質・材料研究機構、国立大学法人茨城大学、アイシン精機(株)  
プロジェクト実施期間：2018～2020年度

## 背景

超スマート社会の到来に向け、多数のIoT機器に電力を供給することができるメンテナンスフリーの独立電源が求められています。本事業は、200°C以下の低温排熱を活用する温度差発電モジュールを開発します。これまで社会実装の際の障壁とされていた材料の毒性とコストの問題を解決するために、無害かつ低コストのありふれた元素(鉄、アルミニウム、シリコン)のみから構成される高出力温度差発電材料(FAST材料)を開発し、民生・産業部門を中心としてCO<sub>2</sub>削減にも資する独立電源技術を創出します。

## 目的

社会実装に向けて温度差発電材料サイドから解決すべき課題は、(1)デバイスの駆動に必要な発電能力、(2)資源性・コスト、(3)耐酸化性・機械強度・加工性、の項目を全て満たす必要があります。これらの条件を同時に満たすFAST材料の高性能化を行い、IoT機器へ電力を供給する小型独立電源技術を構築します。具体的には、FAST材料の単相化や量産可能な合成プロセスを確立し、100μW/cm<sup>2</sup>の出力密度を有する小型かつ高集積温度差発電モジュールの開発を目指します。さらに、温度・湿度センサーと無線通信機器(Bluetooth Low Energy: BLE)を組み込んだデモ機を作成し、温度差発電の実証を行うとともに実装に向けた課題を抽出します。

## 事業概要

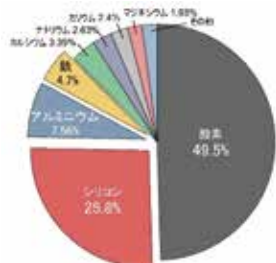
我が国のエネルギーフローの内、1次エネルギー供給の約80%は化石燃料由来であり、60%強が熱エネルギーとして失われています。特に、産業部門では200°C以下の排出量が多くを占めることから、200°C以下の低温排熱を高度かつ広範利用を可能にする熱利用技術の構築が求められています。



熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換する既存技術の範疇にとどまらず、今後は新たな付加価値や機能を併せ持つ、他の技術にはない「オンリーワンの」システムを創出することが重要です。「低温熱源を利用するIoT機器駆動用の自立電源」開発を行い、超スマート社会の実現・加速に貢献します(左上図)。

最も重視した新規温度差発電材料の探索条件は、(1)無害かつ低コストのありふれた元素のみから構成され、(2)化学的安定性に優れた合金であることです。本事業テーマの基幹をなす材料は、酸素を除くクラーク数上位3位の元素から構成されるFe-Al-Si系材料(Fe-Al-Si Thermoelectric Materials: FAST材)です(左下図)。

産官学の連携を通じて、FAST材を高性能化および量産化させるための組織・プロセスの最適化、コンビナトリアル手法を用いた組成最適化、接合技術に代表される温度差発電モジュール化技術の構築およびモジュールの低コスト化に向けた検討を行います。



酸素を除くクラーク数上位3つの元素であるシリコン、アルミニウム、鉄

## 成 果

### [1]FAST材の高性能化に成功

開発したFAST材は中温域まで化学的・熱的な安定性が非常に高く、耐酸化性・機械特性・加工性にも優れる材料であることを明らかにしました。また、FAST材の出力性能は、 $100\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ( $150^\circ\text{C}$ の環境下で温度差 $5^\circ\text{C}$ )と予測されました。

### [2]FAST材の単相化および存在組成範囲の確定に成功

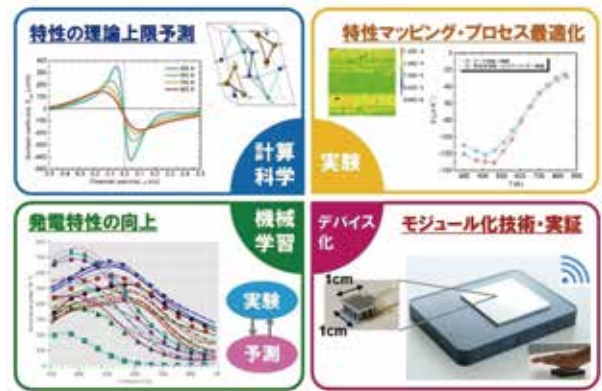
大温度勾配下・低速度ブリッジマン法により、 $\tau_1\text{-Al}_2\text{Fe}_3\text{Si}_3$ 相の単相試料の作製に成功しました。また、通常の複相試料を熱処理する方法とマルチプル拡散対法を併用して、Fe-Al-Si系における各相の存在範囲を明らかにしました。

### [3]FAST材を用いた量産化可能な小型かつ高集積モジュール化技術の確立に成功

FAST材に適用可能な量産化可能な小型かつ高集積モジュール化技術の構築に成功しました(右図)。試作モジュールの開放電圧は、材料特性と対数および温度差から予測される値と同程度であり、構築した接合技術の信頼性が高いことを確認しました。

### [4]FAST材を用いたモジュールからなる試作機により通信・センサ機器の駆動を実証

温度差発電モジュール、温度・湿度センサ、BLE通信モジュール、DC-DCコンバータ、キャパシタを搭載したデモ機を試作しました。温度差をデモ機につけることにより、間欠的に温度・湿度データを送信でき、温度差発電モジュールによるIoT機器の駆動を実証しました(右図)。



## 今後の展望

FAST材料の低コスト量産合成プロセスを確立するとともに、昇圧回路設計、キャパシタ、受熱・放熱等の周辺技術を検討しながら、 $200^\circ\text{C}$ 以下の低温排熱を活用するIoTセンサー用自立電源としての社会実装を目指し、具体的なニーズ・アプリケーションに合わせた研究開発を推進します。

特願2019-539599,  
商願2019-143840



お問い合わせ

(国研)物質・材料研究機構 独立研究者 高際 良樹

〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1

TEL:029-859-2811 E-MAIL:TAKAGIWA.Yoshiki@nims.go.jp URL:https://www.nims.go.jp/

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番 ミューザ川崎セントラルタワー

TEL:044-520-5100(代表) FAX:044-520-5103

https://www.nedo.go.jp