

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 印刷利用による低コスト有機-無機ハイブリッド熱電デバイスの生成
プロジェクトリーダー	: リンテック株式会社
所属機関	
研究責任者	: 宮崎康次（九州工業大学）

1. 研究開発の目的

本研究開発の目的は塗布プロセスで製造可能な高性能シート型熱電変換デバイスの生成である。トンネルや橋梁、住宅など建装材に存在する未利用熱エネルギーを回収するエネルギーハーベスティングデバイスを応用先に想定している。通常、塗布可能な熱電材料は無次元性能指数 ZT が 0.4 程度であり、実用化に不十分であるが、本技術は有機-無機ハイブリッド材料を用いることで $ZT \geq 1$ が見込まれる技術である。実用化されている小型発電モジュール出力は $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ であり、伝熱解析によれば、その値を十分に狙える熱電特性である。クリーンルームで製造される熱電モジュールと同等の製品を大気中の塗布技術で作製できる本シーズ候補は、低コスト化において大きなアドバンテージを有している。

2. 研究開発の概要

① 成果

有機-無機ハイブリッド材料を用いることで、低コストな高性能シート型熱電変換デバイスの生成を目的とした。当初の目標通り p 型で無次元熱電性能指数 $ZT \geq 1$ 、n 形で $ZT \geq 0.5$ を達成した。材料の粘度調整、バーコート法の利用など印刷技術を確立することで、シート型熱電変換デバイスのモジュール部をスクリーン印刷により低コストで生成した。3 次元の熱伝導数値計算によりヒートスプレッダの設計指針を明確とし、その知見を利用することで $24 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ と目標を超える発電性能を有する高性能シート型熱電変換デバイスを完成させた。

研究開発目標	達成度
① 熱電性能 $ZT \geq 1$ を持つ薄膜生成の再現性向上	① 材料の粘度を高粘度化し、塗布方式をバーコート法に変更することで面内厚み制度が $\pm 10\%$ 以内になり、熱電物性もばらつき $\pm 20\%$ 以内という目標を達成した（達成度: 100%）。
② シート型熱電発電デバイスの設計 目標値: 出力密度 $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以上を得る熱設計	② 伝熱計算によりモジュールに新規放熱層を採用することで、熱電薄膜上下に 1°C 以上の温度差を得ることが可能なことを示した(達成度: 100%)。
③ マイクロ熱電発電モジュールの大面积化 目標値: モジュール面積 10cm^2 以上で出力密度 $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以上	③ 粘度や材料組成など最適化したインク材料と熱計算により最適化した熱電モジュールを作製することで温度差 74°C の際に、出力密度 $24 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ の印刷による p 型モジュールの作製に成功（達成度: 100%）。

②今後の展開

本研究期間を通じてインク材料の基本配合など基礎的な技術の確立を行うことができ、更にモジュールを大面積化していくにあたり、粘度、熱電材料の分散など新たな課題が見えてきている。そのため、まずは当社内にて現状の性能を更に大きな面積で再現できるように材料製造、モジュールサイズのスケールアップを進めていき、産業化に向けてプロトタイプ作製環境の整備をすすめる。

3. 総合所見

概ね目標を達成し、次の研究開発フェーズに進むための成果が得られている。今後の取り組み次第ではイノベーション創出の可能性がある。

簡便な塗布プロセスを用いながらも競争力ある熱電性能を実現し、製造プロセスコストの大幅な低減も視野に入れた、エネルギーの有効利用に向けたエネルギーハーベスティングデバイスの実現が期待される。