

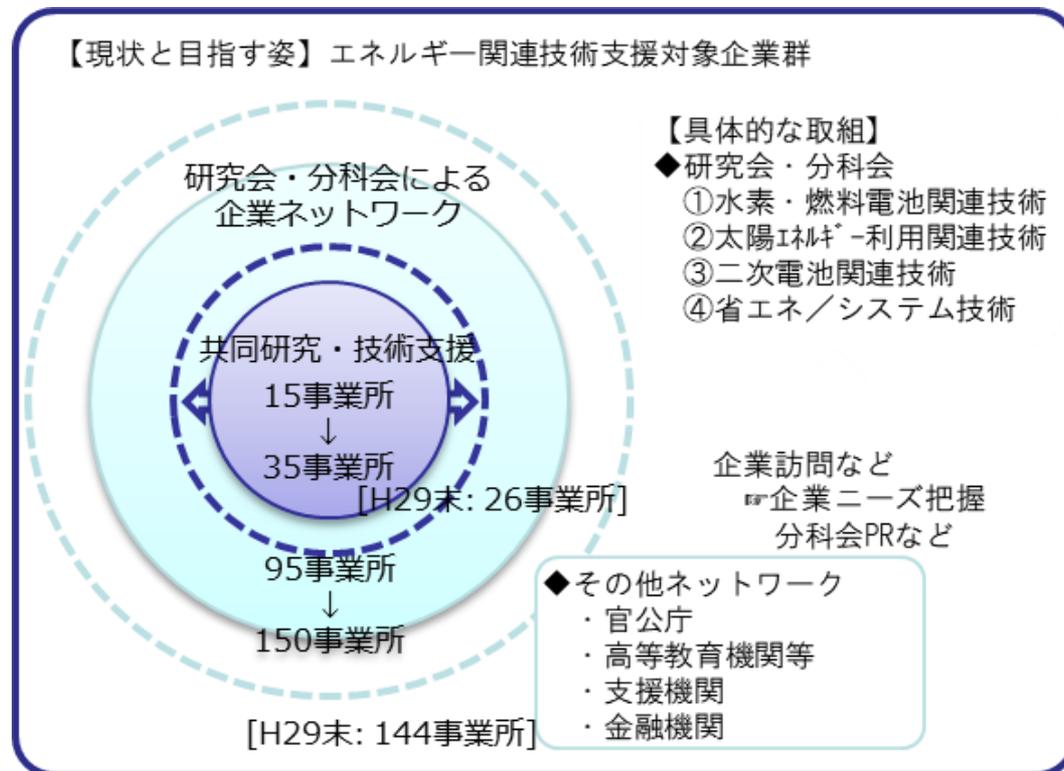
**水素等エネルギー関連技術開発事業
シーズ促進型共同研究（熱電変換技術）に関する取組**

**三重県工業研究所
山本 佳嗣**

水素等エネルギー関連技術開発事業

本事業では、県内企業のエネルギー関連分野への進出を支援するため、共同研究に取り組み、その分野に関する製品開発を目指しています。

県内企業が水素エネルギーをはじめとした環境・エネルギー関連分野へ進出できるよう、企業間のネットワークの構築や充実を図るとともに、「水素・燃料電池」、「太陽電池」、「二次電池」、「熱電変換」の各分野で企業との共同研究などに取り組んでいます。



水素等エネルギー関連技術開発事業

【支援対象・事業のターゲット】
エネルギー分野に興味を持つ地域企業群



エネルギー
関連分野
への進出

【事業の狙い】 県内企業によるエネルギー関連産業の創造
【なりたい姿】 多くの企業が「創エネ」「蓄エネ」「省エネ」等の産業分野に進出している社会の構築

エネルギー関連技術研究会及び研究開発

・工業研究所の研究成果の紹介 ・企業ニーズの洗い出し ・企業ネットワークの構築

①-1 水素・燃料電池分科会

技術シーズ 企業ニーズ

②-1 水素エネルギー地産地消技術

【社会情勢の変化】

- ・水素・燃料電池関連産業は、今後急速に拡大すると予想されている
- ・世界的に低炭素化が求められている。水素は天然には存在しないため、水素エネルギー社会実現のためには、化石燃料によらない水素製造技術が必要。

【県内企業への必要性】

- ・県内の未利用資源などを利用した水素製造や二酸化炭素を排出しない水素製造技術開発による新規事業創出。

【第1次行動計画の成果】

- ・分科会のべ参加機関数 94機関
- ・企業との共同研究 12件

【研究内容】

- ・県内未利用水素資源からの水素製造
- ・燃料電池との接続による発電実証
- ・各研究会との連携



エタノール改質水素製造装置

①-2 太陽エネ分科会

技術シーズ 企業ニーズ

②-2 太陽エネルギー高度利用技術

【社会情勢の変化】

- ・農業分野における、農作物輸出入自由化の圧力(TPP)
- ・世界的な低炭素化の推進

【県内企業への必要性】

- ・作物生産の高効率化・高付加価値化のための部材開発による、新規事業進出。
- ・低炭素化に資する技術開発による、新規事業進出。

【第1次行動計画の成果】

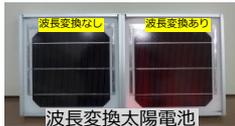
- ・分科会のべ参加機関数 48機関
- ・企業との共同研究 9件
- ・農水省「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」(H26~H27)

【研究内容】

- ・太陽光の波長制御を適用した農業用部材や、太陽電池部材の開発
- ・人工光合成部材の開発



温室用光制御部材



波長変換太陽電池

①-3 二次電池分科会

技術シーズ 企業ニーズ

②-3 次世代電池技術

【社会情勢の変化】

- ・「2016.4電力完全自由化、2020.4発送電分離」に対する系統連系円滑化の必要
- ・海外諸国(欧州、米国、中国)の乗用車燃費規制に対応するための電気自動車の増産

【県内企業への必要性】

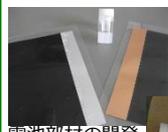
- ・二次電池部材の開発・評価
- ・次世代二次電池の開発、そのための部材の開発・評価

【第1次行動計画の成果】

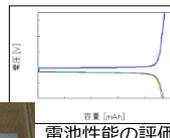
- ・分科会のべ参加機関数 29機関
- ・企業との共同研究 8件

【研究内容】

- ・ナトリウムイオン電池の部材開発・県内企業の試作部材評価



電池部材の開発



電池性能の評価



試作電池の作製

①-4 省エネ/システム分科会

技術シーズ 企業ニーズ

②-4 熱電変換技術

【社会情勢の変化】

- ・海外諸国(欧州、米国、中国)の乗用車燃費規制に対応するための自動車の低燃費化

【県内企業への必要性】

- ・熱電モジュールの実用化に向けた開発

【第1次行動計画の成果】

- ・分科会のべ参加機関数 22機関
- ・企業との共同研究 2件
- ・NEDO「クリーンデバイス社会実装推進事業」(H27~H28)

【研究内容】

- ・自動車排熱向け中温域(300~600℃)用熱電素子を複数個組み合わせてモジュール化し、実使用条件下での評価を行う。

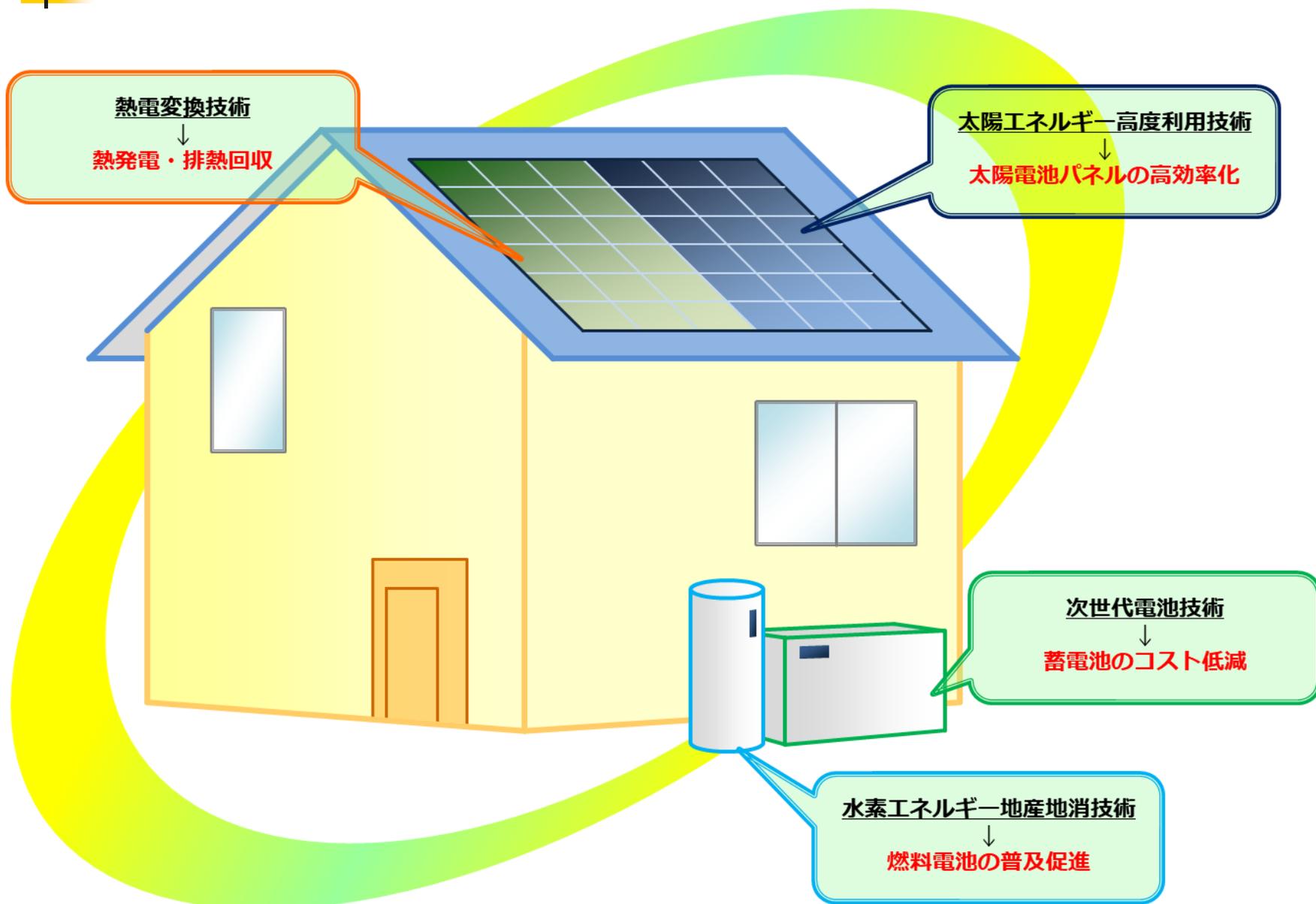


熱電素子の開発

発電性能の評価



研究テーマのイメージ



熱電変換（熱電発電）とは

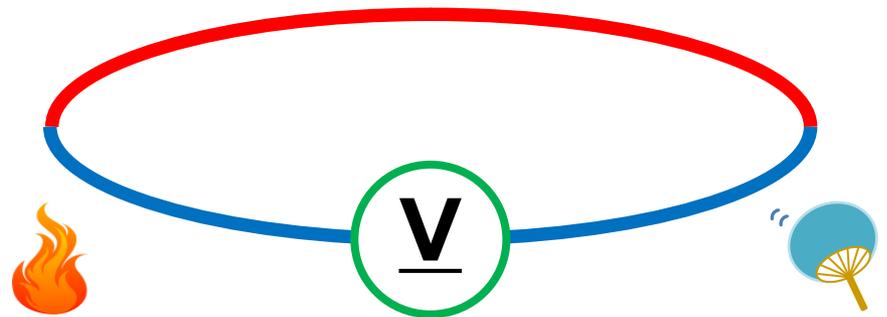
エネルギー変換技術の一つであり、熱を電気に直接変換することができる。
2種の異なる金属または半導体を接合して、両端に温度差を生じさせると起電力が生じる「ゼーベック効果」を利用する。

ゼーベック効果

1821年、ドイツの物理学者「トーマス・ヨハン・ゼーベック」により発見された。
2種の異なる金属（または半導体）を用いた閉回路において、金属（半導体）同士の2か所の接点に温度差を与えると回路に電圧が生じ電流が流れる現象。



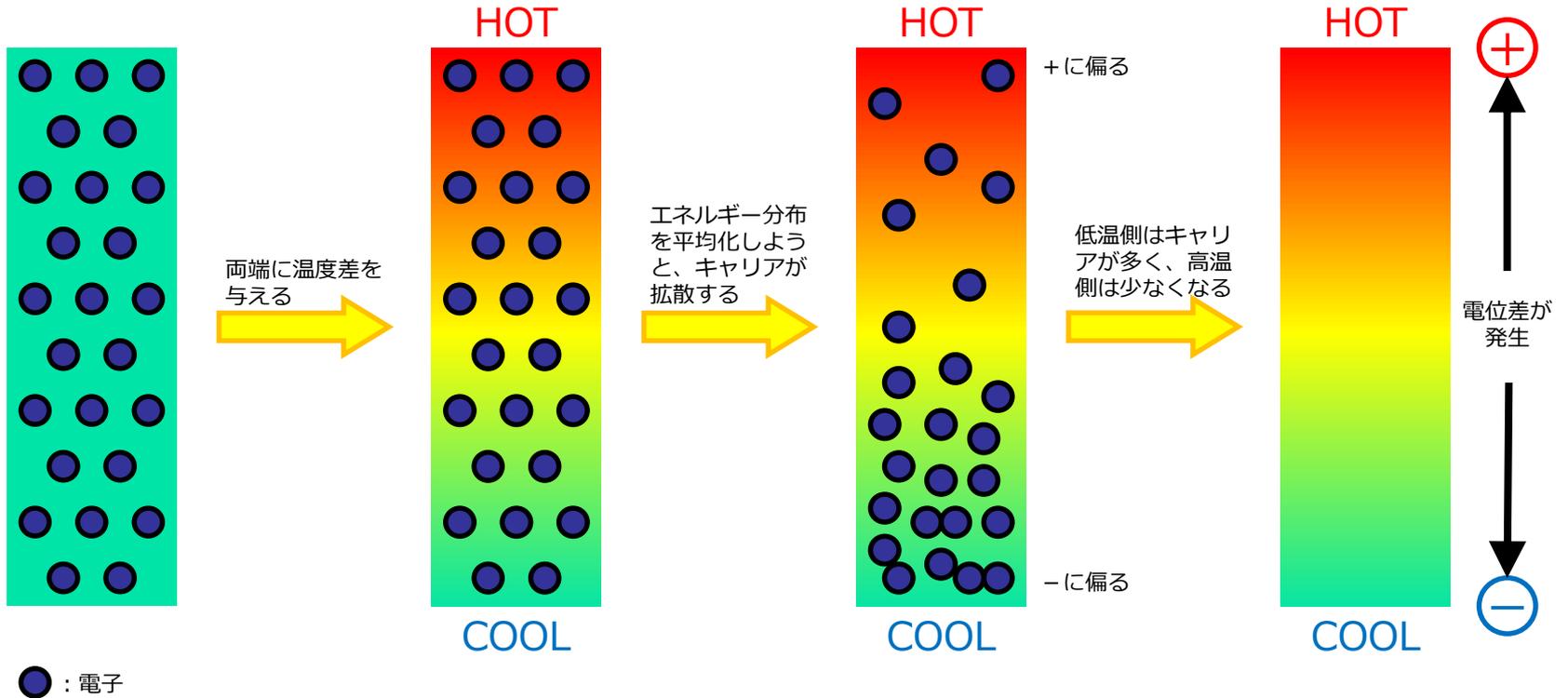
Thomas Johann Seebeck
(Wikipediaより)



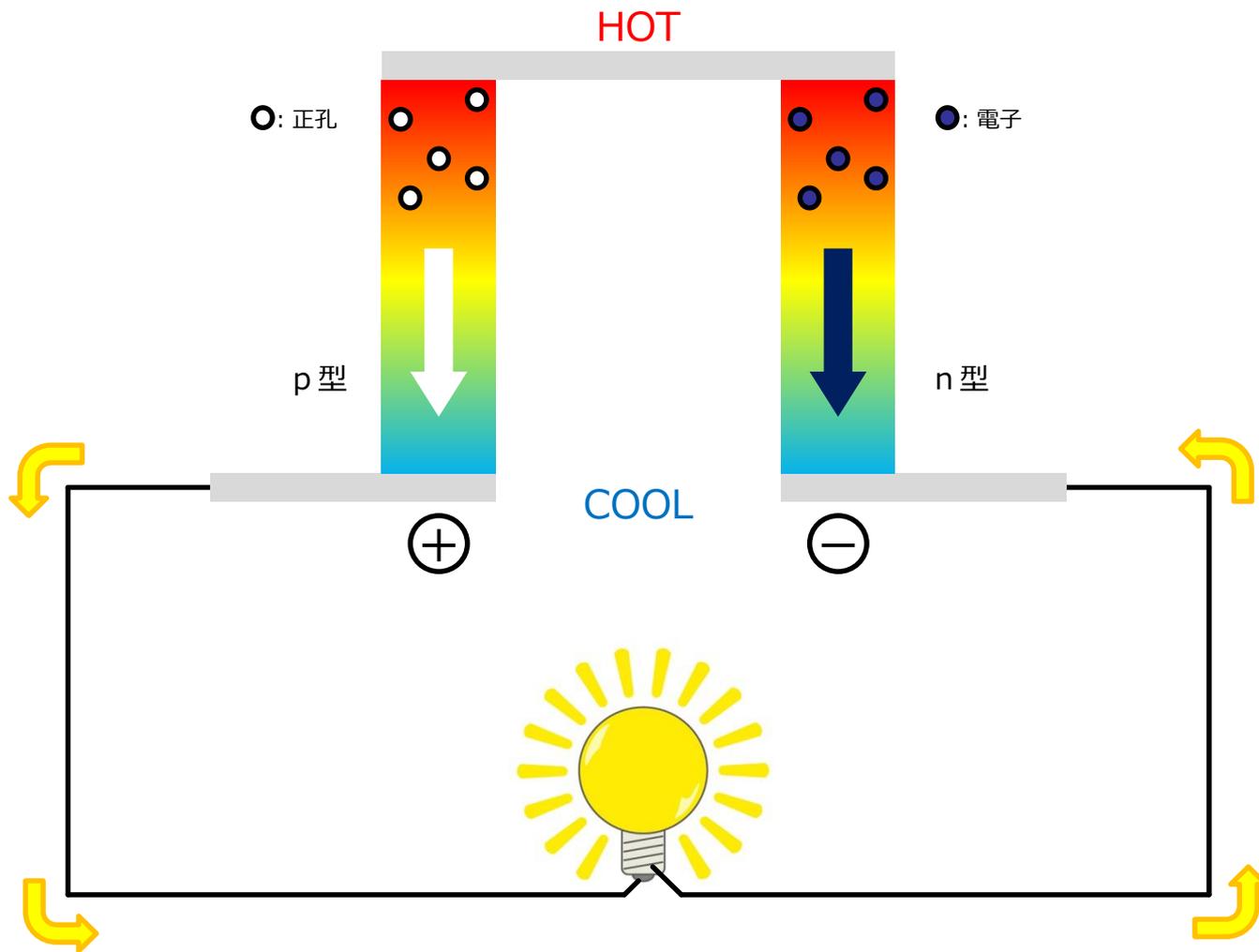
$$V = a \cdot \Delta T$$

熱電変換（熱電発電）とは

n型半導体の場合…



熱電変換（熱電発電）とは



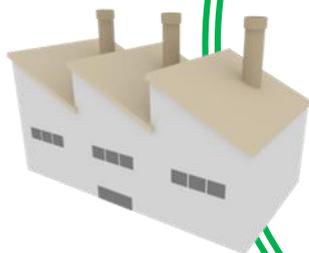
熱電発電の用途（既存の事例）



宇宙利用
Voyager探査機の電源
(1977年打ち上げ)
Wikipediaより



発電鍋
産総研（2005年）等
産総研研究成果記事より



工場排熱回収
JFEスチール
昭和電線ケーブルシステム
(2013年) 等



無線センシング
(自立電源)
KELK
(2017年) 等



熱発電腕時計/
スマートウォッチ
MATRIX PowerWatch
(2018年) 等

熱電発電の用途（今後展開が見込まれる事例）



太陽熱発電
(図はスターリング
エンジンを用いた例)
Wikipediaより



バイオマス発電からの排熱回収
(図は松阪木質バイオマス熱利用協同組合)



エネルギーハーベスト
(環境発電)

- ◎ 駆動部が無く、構造が単純。
- ◎ スケール依存性がなく、小規模でも効率が変わらない。
- ◎ メンテナンスフリー。



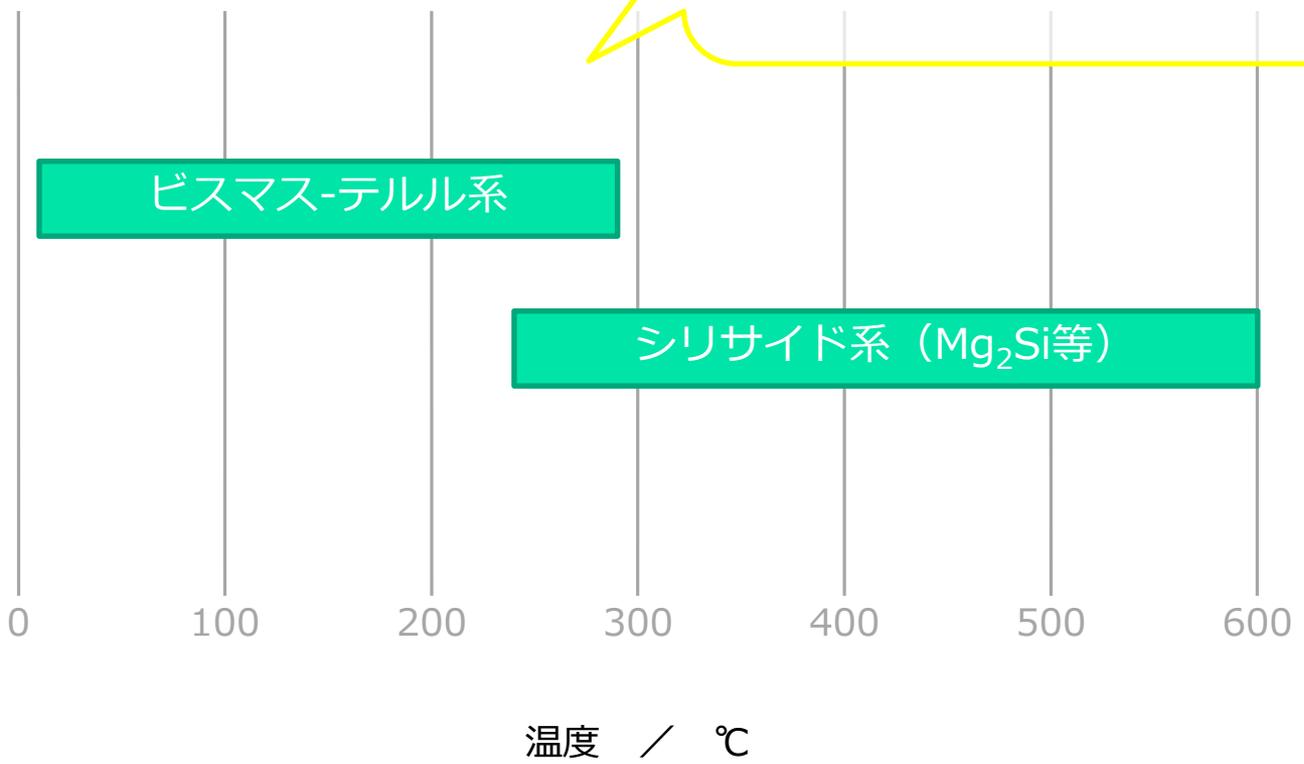
小規模分散熱源の利用に有利



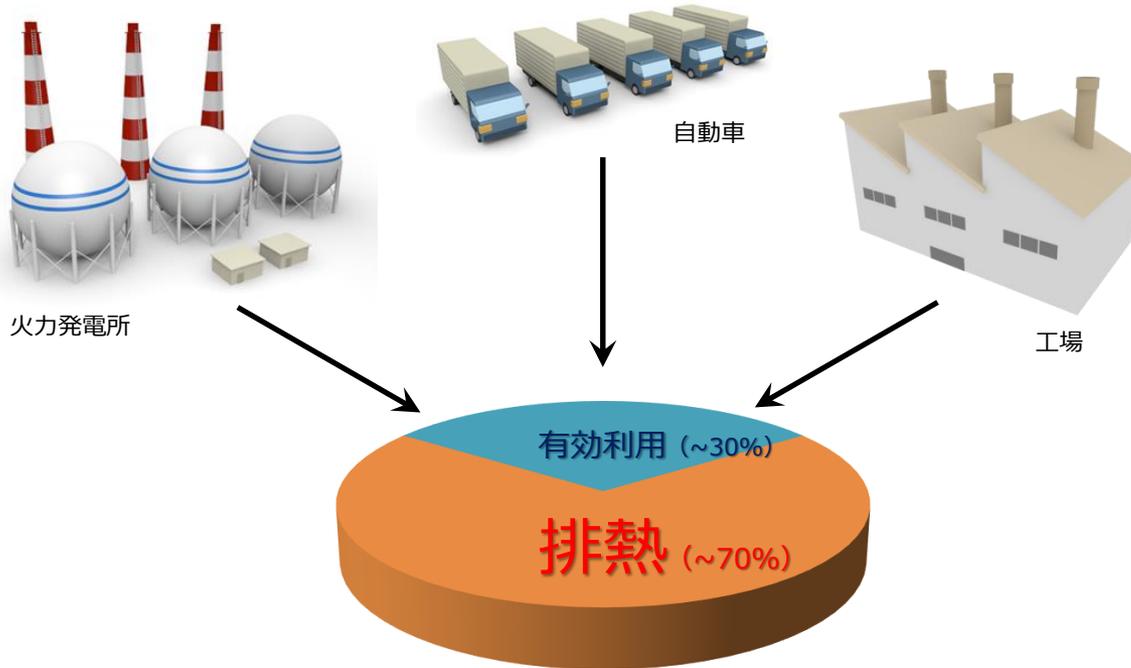
- △ 材料によって利用できる温度領域が限定される
= 万能の材料がない。
- △ (未だ) 効率が低い。

様々な熱電変換材料

温度域に応じた材料を選択する必要
(材料によって利用できる温度領域が限定される)



廃棄されるエネルギー



回収

エネルギーの再利用
省エネ・環境問題に貢献

10%回収
できれば

石油換算で
>4000万kL/年に相当

高温用熱電材料及びモジュール開発の必要性

- 実用化事例では、低温用材料（ビスマス-テルル）を用いたものが主。
（一部、高温用材料の適用例もあり）
- ゼーベックの式から、温度差が大きいほどより大きな電気が得られる。

$$V = \alpha \cdot \Delta T$$



高温用材料及びモジュールの開発が必要



マグネシウムシリサイド (Mg_2Si) に着目

マグネシウムシリサイド (Mg₂Si) の特徴

- ・ 中高温域で熱電性能を発揮。
- ・ 地殻中に豊富に存在する、Mg（クラーク数：第8位）とSi（クラーク数：第2位）からなり、枯渇の心配がない。
- ・ レアアース等の稀少金属を含まず、入手しやすい。
- ・ 毒性がない。
- ・ 他材料と比べ、非常に軽量（密度1.99g/cm³）であり、移動体等への搭載に有利。



合成および焼結体作製が容易でない

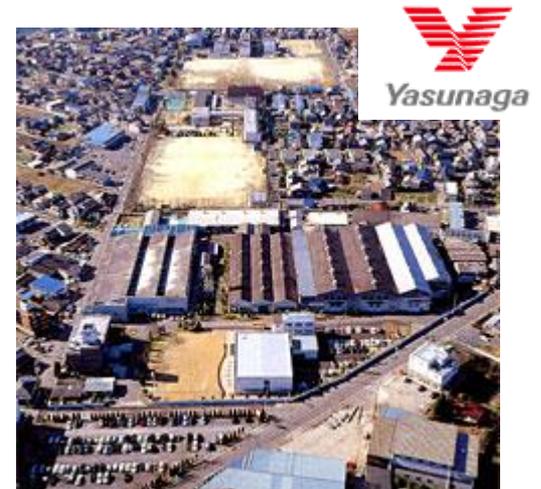


共同研究により、材料合成～モジュール試作を目指す

共同研究の取り組み

共同研究相手先企業

- 社名 : 株式会社 安永
- 所在地 : 伊賀市緑ヶ丘中町3860番地
- 設立 : 1949年
- 資本金 : 2,142百万円 (2019年3月31日現在)
- 従業員数 : 668名 (連結1,870名) (2019年3月31日現在)
- 事業内容 : エンジン部品、工作機械、ワイヤソー及びその加工用工具部品、
検査測定装置の製造・販売
2014年4月から、熱電市場への進出を正式発表



共同研究の取り組み

研究内容（平成24年度～）

原料の合成	小規模合成試験	工業研究所		
	中規模合成試験	株式会社安永		
	原料合成手順の改善		工業研究所	
	原料合成の大規模化		株式会社安永	
	合成原料の分析		工業研究所	
焼結体素子 作製	小サイズ焼結体作製		工業研究所	
	中サイズ焼結体作製		株式会社安永	
	焼結体作製の大規模化		株式会社安永	
	焼結体素子の評価		工業研究所	

共同研究の取り組み

Mg₂Si原料合成

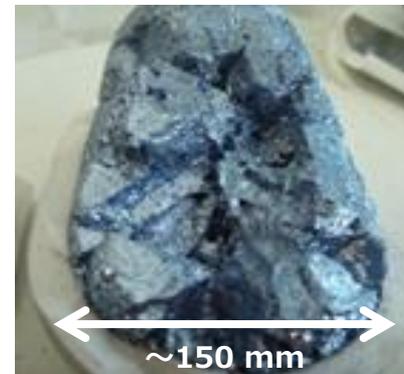
【工業研究所】

- ・ 小規模合成試験
ラボレベルで十数gバッチでの合成試験を実施。
- ・ 原料合成手順の改善
合成手順の改善を検討し収率向上を図る。
- ・ 合成原料の分析
不純物の定量とそれによる焼結体への影響を調査。



【株式会社安永】

- ・ 中規模合成試験（工業研究所の設備を利用）
量産を見越した数百gバッチでの原料合成試験。
- ・ 原料合成の大規模化
合成炉を導入し、合成バッチ量を拡大。



共同研究の取り組み

Mg₂Si焼結体素子作製

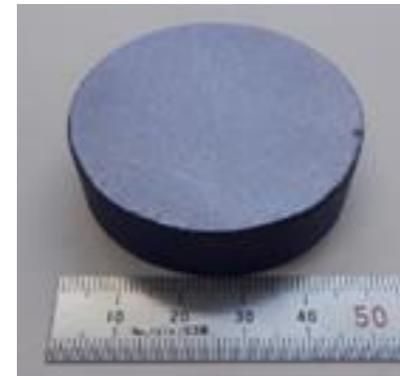
【工業研究所】

- ・ 小サイズ焼結体作製
小型加圧ペレットを用いた焼結試験。
- ・ 焼結体素子の評価
焼結法及び規模の違いによる構造、導電率、熱電係数等の基礎物性値の比較評価。



【株式会社安永】

- ・ 中サイズ焼結体作製
プラズマ焼結法による焼結試験。
- ・ 焼結体作製の大規模化
焼結装置の大サイズ化を図り収量を増大。



作製条件の最適化等を共同で行い、原料合成及び素子作製方法を開発
サンプル提供、研究開発向け製品の販売開始

共同研究の取り組み

熱電分野進出に係るプレスリリース



平成 26 年 3 月 17 日

各 位

会 社 名 株式会社 安永
代表者名 代表取締役社長 安永 暁俊
(コード：7271、東証第2部)
問合せ先 常務取締役 管理本部長 浅井 裕久
(TEL. 0595-24-2122)

新製品開発及び新分野進出に関するお知らせ

この度当社は、シリサイド系熱電変換材料・発電素子を開発し、平成 26 年 4 月より研究開発向け製品の販売を開始することとなりました。これを機に、新分野の熱電発電市場に進出することとなりましたのでお知らせいたします。

記

1. 概要

(1) 現状と課題

廃熱などの形で環境中に排出されている膨大な量の熱（未利用熱）エネルギーの問題は、日本国内のみならずグローバルな問題となっており、世界的に問題解決のための技術開発が推進されております。

(2) 当社の取り組み

上記背景のもと、当社は、平成 23 年 4 月に新事業創出を目的に新設した R & D 本部において、排熱から電気エネルギーを回収できる「熱電変換技術」の研究開発に取り組んでまいりました。この度、その成果として、高性能かつ環境調和性のある熱電変換材料・発電素子のサンプル提供及び研究開発向け製品を販売いたします。

また、今年度から経済産業省「未利用熱エネルギー革新的活用技術研究開発」プロジェクトの研究開発の委託先として組織された未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合（略称: TherMAT、平成 25 年 10 月 17 日設立）の組合員として、同プロジェクトに参画することとなりました。

本プロジェクトは、「未来開拓研究」の一環として、平成 25 年度から 10 年間の予定で開始されたものであり、廃熱などの形で環境中に排出されている膨大な量の熱エネルギー（未利用熱）を削減、回収あるいは利用する技術に関して、経済産業省からの委託研究として進められるものであります。

(3) サンプル・製品の特長

シリサイド系熱電変換材料・発電素子に関して、p 型 (MnSi_3 : マンガンシリサイド) 及び n 型 (Mg_2Si : マグネシウムシリサイド) ともに高品質なサンプル・製品の提供・販売が可能です。

2. 今後の見通し

今後、当社は「熱電変換技術」というテーマにおいて、製品化・実用化に向けた研究開発を進めることで、プロジェクトの目標達成に寄与するとともに、自動車の排熱回収による燃費向上等の実現による省エネ・CO₂削減に貢献できるものと考えております。

また、販売に関しては、豊田通商株式会社（本社：愛知県名古屋市）を通じてワールド・ワイドなネットワークを活かしグローバルに展開してまいります。

なお、平成 26 年 3 月期連結業績への影響は軽微であります。

<本製品に関するお問合せ先>

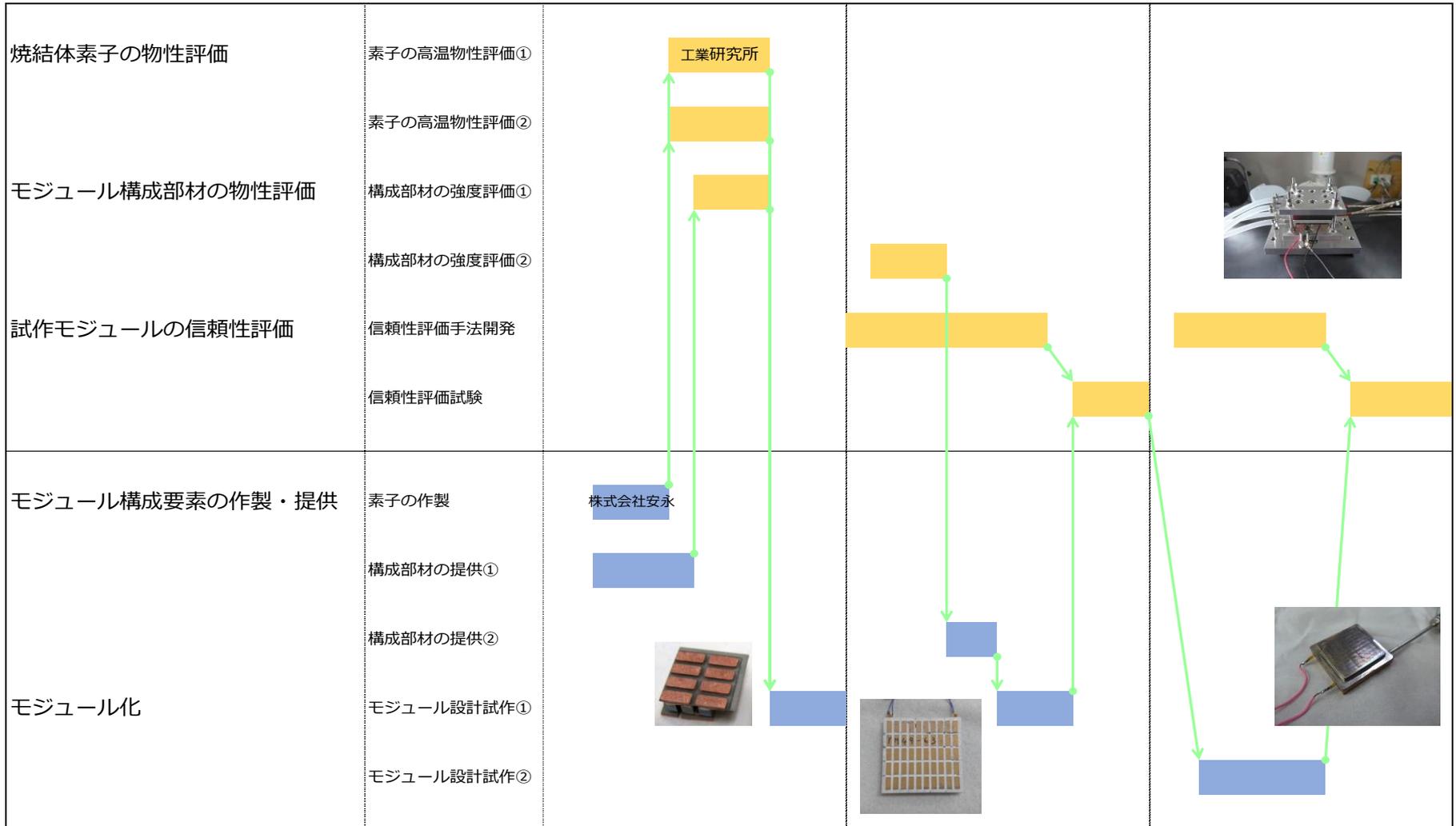
株式会社 安永 R & D 本部 長谷
(TEL. 0595-24-2164)

以 上



共同研究の取り組み

研究内容（平成28年度～）



共同研究の取り組み

【株式会社安永】

＜モジュール構成要素の作製・提供＞

- ・素子の作製と提供
評価用焼結体素子を作製し提供。
- ・構成部材の提供
モジュール組み立て用配線基板を提供。

相補関係

【工業研究所】

＜焼結体素子の物性評価＞

- ・素子の高温物性評価
焼結体素子の熱膨張、高温曲げ強度評価。

素子間の膨張差による使用時の損壊可能性指摘

コーティングによる強度のバラツキ抑制を確認

＜モジュール構成部材の物性評価＞

- ・構成部材の強度評価
配線基板の高温強度を評価、導電接合材の剪断強度試験方法を提案。

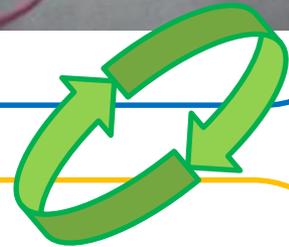
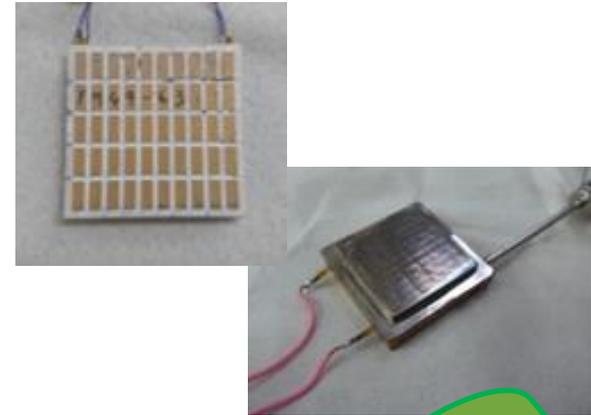
データを蓄積しシミュレーション解析に応用

共同研究の取り組み

【株式会社安永】

<モジュール化>

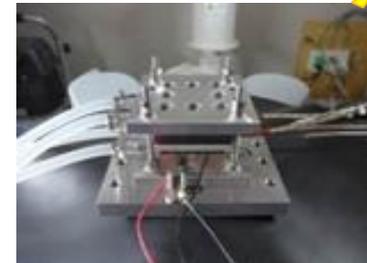
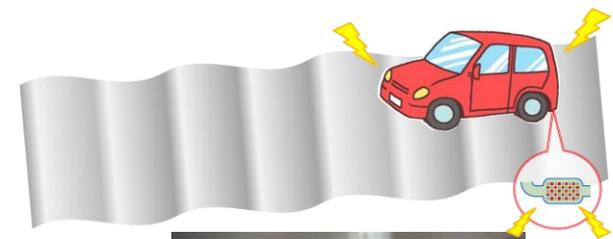
- ・モジュール設計・試作
評価結果に基づき、モジュールを設計、試作。
ケーシングモジュールの設計、試作。



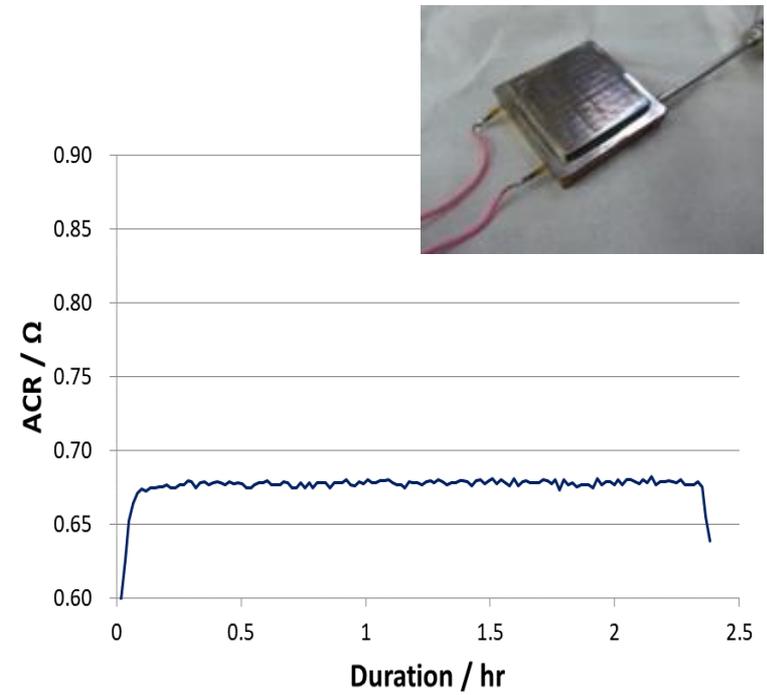
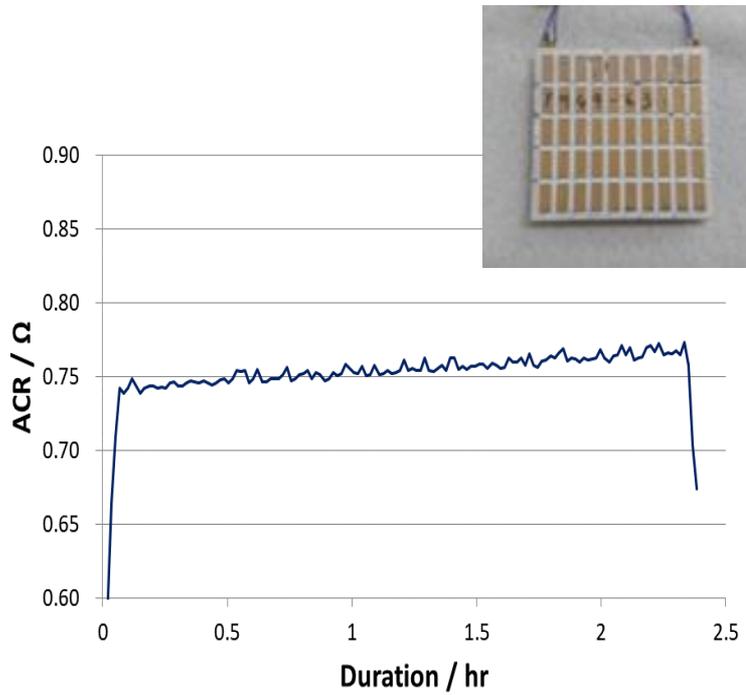
【工業研究所】

<試作モジュールの信頼性評価>

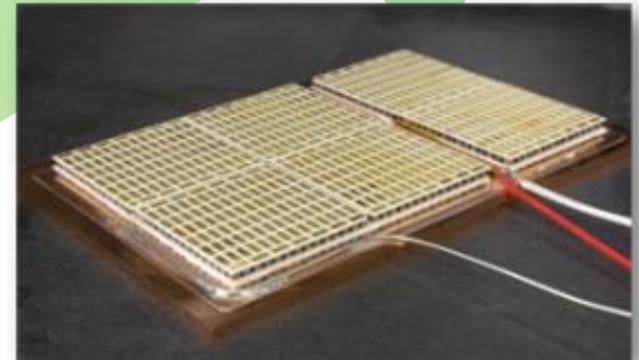
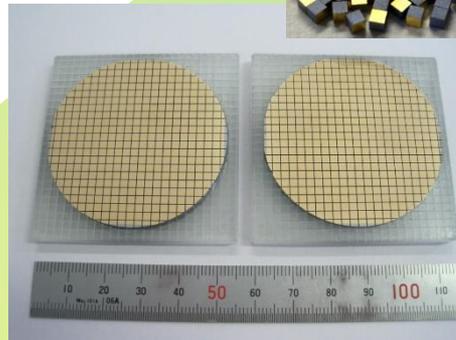
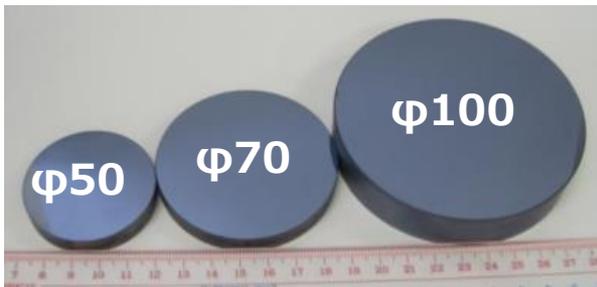
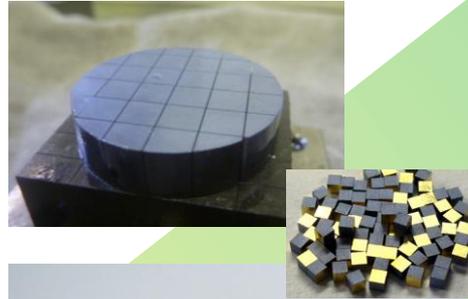
- ・耐久性評価
モジュールの経時劣化の有無を評価。
加振耐久性評価装置を開発し耐久性評価試験を実施。
(NEDO「クリーンデバイス社会実装推進事業」で
得られた技術シーズを横展開。)



評価データ一例



企業による独自展開



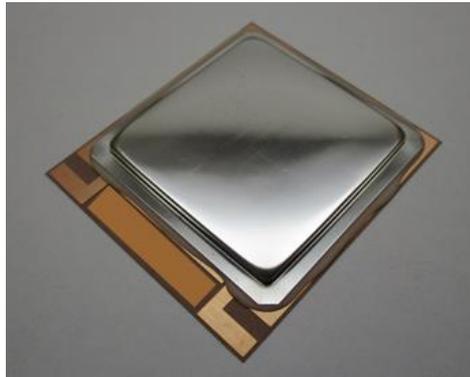
焼結体の大サイズ化
(φ100の焼結体作製が可能に)

マルチワイヤーソーによる
材料加工 (チップ化)

ケーシングモジュールの改良
モジュールアレイ(集合体)の作製

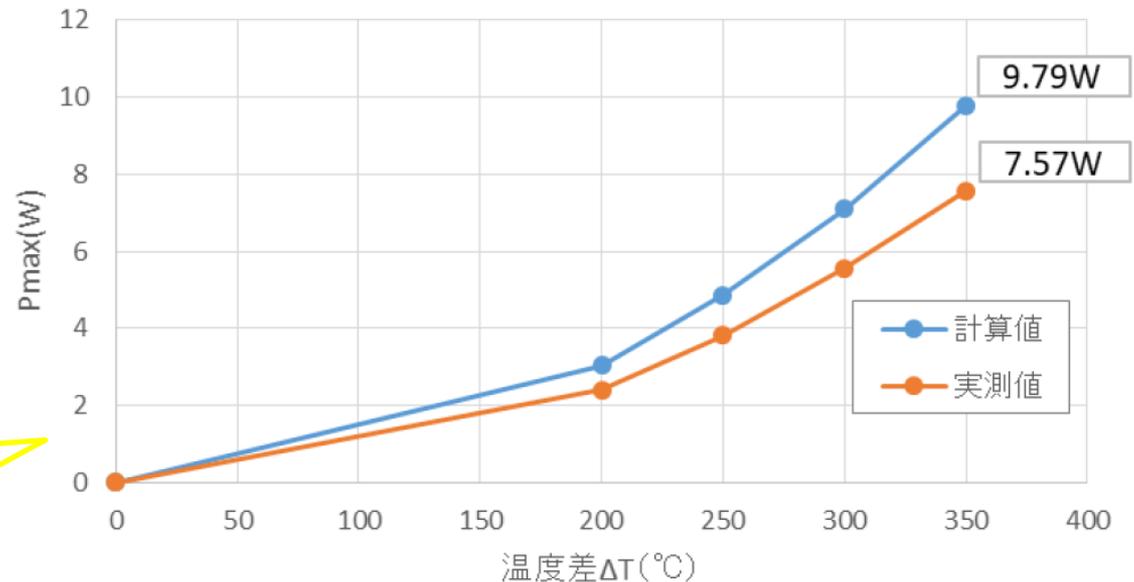
企業による独自展開

ケーシングモジュール



サイズ	40×45mm (出力部 30×30mm)
出力	7.57W (低温側100℃、高温側450℃)
出力密度	0.84W/cm ² (出力部面積で算出)
発電効率	~5% (低温側100℃、高温側450℃)

出力特性



温度差350℃で
最大出力7.57Wを達成

- ◇企業との共同研究により、高温向け熱電材料、およびモジュールの試作開発を実施した。
- ◇今後、システムへの実装を目指すとともに、工場排熱回収やエネルギーハーベスト等、適用先の拡大を図り、本成果の更なる展開を図って参りたい。