

(1)技術開発・実証の概要

①【課題の概要・目的】

日本における一次供給エネルギーは約2/3が主に熱として排出され、その約90%が社会に広く分散した300℃以下の低品位排熱である。この排熱の回収法として注目されてきたのが熱電素子による熱電発電である。この画期的なコンセプトは以前から存在し、数多の研究機関や研究機関によって研究、開発されてきたが、発電素子の材料として高価なBi-Te系、人体に有害な鉛系材料に取って代わるものがなく、長い間社会実装されて来なかった経緯がある。今回NIMSが開発した安全安価なFe-Si系素子を用いたシステムを実用化することで、このコンセプトの社会実装化を急ピッチで進めていくことを目的とする。

②【技術開発・実証の内容と成果】

○重要な開発要素

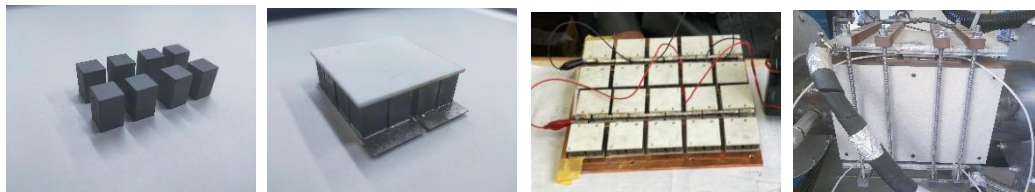
- A1.【開発要素名】 エクトム(株)、(国研)物質・材料研究機構  
(課題)成形品内部亀裂発生により製品歩留まりが低下する。  
(取組方針)成形脱脂焼結技術を真空脱脂から溶媒脱脂に変更。  
(進捗状況)R5年度に100%に達成予定。
- A2.【開発要素名】 (株)ジーマックス、(国研)物質・材料研究機構  
(課題)発電エレメントと電極の接合部に気孔が発生すると発電性能が低下して製品歩留まりが低下する。  
(取組方針)ハンダの最適化と接合技術の開発を行う。  
(進捗状況)R4年度末までに100%達成済み
- A3.【開発要素名】 (株)東光通商、(国研)物質・材料研究機構  
(課題)出力密度が低い。  
(取組方針)素子間の接続を昨年度のねじ止めからハンダ接続に変更。  
(成果)はんだ接続に変更したことで、約30%の内部抵抗の抑制に成功した。R4年度末までに100%達成済み。

その他の開発要素:

- B.【高性能発電ユニットの開発、高出力発電システムの構築】 C.【その実証】  
株式会社東光通商  
(課題)熱源と熱電発電ユニットの直付けが難しい;熱源(ボイラーパイプ部表面)にヒートシンクを介在させる。ヒートシンクのフィッティングについてが未だ未知数。  
(取組方針)バイオマスボイラー熱源(補助事業)を用いて熱源温度と出力の相関を明確化する。(方針の根拠)前述の通り、A1,A2の完成度がほぼほぼシステム全体の品質に直結するため。  
(進捗状況)70%(2023.3には100%達成見込み)  
(実用化レベルに到達するまで)2か月～半年

③【システム構成】

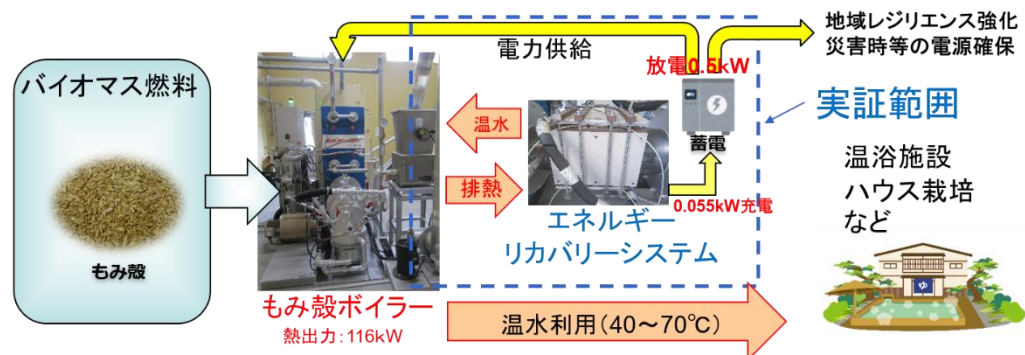
・エレメント・素子・ユニット・システム



A1エレメント      A2熱電素子      A3ユニット      BCシステム

仕様例:ラサ工業もみ殻ボイラー(熱出力116kWボイラー)用システム  
素子20個1ユニット、4ユニット/システム、起電力:~16V  
(エレメントの形状)サイズ:7.1mm<sup>2</sup>(底面/天面)×11mm(高さ) 製法:MIM製法  
熱電素子は16個のエレメントで構成

・システム構成

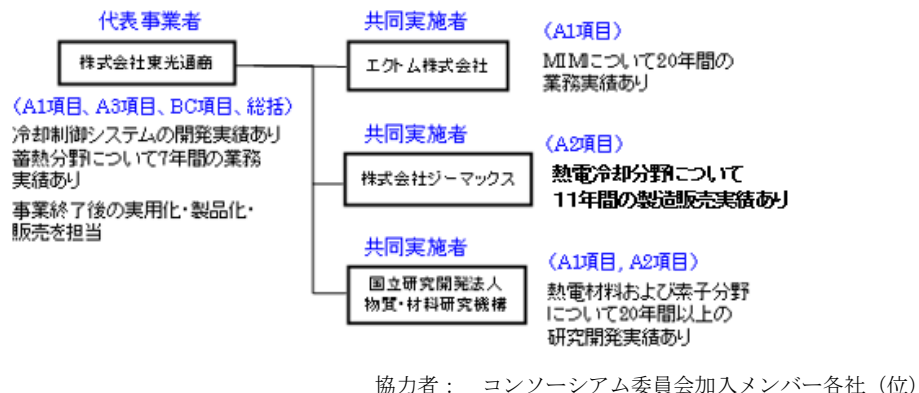


④【開発・実証成果のまとめ】

- 開発・実証の目標及び達成状況:  
・160素子をボイラー交換の上下左右4か所に設置する構成を検討し、温度差200℃で電力は26.27V,最大出力は0.03952kWとなった。  
・0.5kW出力に対応するDC/DCコンバーター、バッテリーなどのシステム周辺機器の編成を確定した。
- 想定ユーザ・利用価値:イチゴハウス農家等(ユーザにもたらす価値) 月々の電気代の節約、災害時避難施設認定

## (2) 技術開発・実証の実施内容

### ①【実施体制】



### ②【実施スケジュール】

	令和2年度	令和3年度	令和4年度
要素技術A1の項目	3222千円	24142千円	17222千円
要素技術A2の項目	3020千円	24574千円	23719千円
要素技術A3の項目	2380千円	14630千円	10904千円
BC統合システムの構築と実証 (委託)	1982千円	9138千円	8063千円
BC統合システムの構築と実証 (補助)			4800千円
その他経費	874千円	3841千円	3841千円
合計	11478千円	76325千円	68549千円

### ③【成果発表・特許取得状況】

- ・NIMS(篠原): Optimization of carrier transfer mechanism of thermoelectric FeSi<sub>2</sub> for wide temperature applications, The 16th International Symposium on Functionally Graded Materials(2022.8.7-10)米国コネチカット州;国際会議基調講演で本事業紹介
- ・NIMS(渋谷): Thermoelectric output of elements and module using b-FeSi<sub>2</sub> fabricated by MIM (metal injection molding process)、第32回日本MRS年次大会(2022.12.5-7)
- ・NIMS(磯田):サーモテック2022で熱発電素子を展示(2022/6/1~6/3)
- ・エクトム:本事業のシステムをエクトム新工場にてメディアに向けて公開(2022/10/26)
- ・東光通商:TAMA先進技術交流展(2022.11.22)に「熱電発電システム」をテーマとして出展予定(@東京たま未来メッセ(八王子))
- ・2023年、

## (3) CO2削減効果の評価

### 【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品 (装置/システム) 1台当たりの単年度CO2削減量 (t-CO <sub>2</sub> /台・年)				
開発品 (装置/システム) の耐用年数	15年			
年度	2025	2030	2050	—
単年度CO2削減量 (万t-CO <sub>2</sub> /年)	39	624	10,400	
累積CO2削減量 (万t-CO <sub>2</sub> )	39	663	11,063	
CO2削減コスト (円/t-CO <sub>2</sub> )	41,000	35,900	30,800	

### 【本資料作成時点見込み】

本表の年次は固定

開発品 (装置/システム) 1台当たりの単年度CO2削減量 (t-CO <sub>2</sub> /台・年)				
開発品 (装置/システム) の耐用年数	15年			
年度	2024 (販売開始予定年度)	2025	2030	2050
単年度CO2削減量 (万t-CO <sub>2</sub> /年)	7.75	46.5	744	12,400
累積CO2削減量 (万t-CO <sub>2</sub> )	7.75	77.5	1,860	117,506
CO2削減コスト (円/t-CO <sub>2</sub> )	34,409	34,409	30,108	25,806

## (4)事業化について

### 【事業化計画】

#### 量産化・販売計画

- ・2025年～2030年までに、製造コスト低減の為、自社ベトナム工場に発電エレメントの生産を移管予定。
- ・2030年以降は、ベトナム工場の生産力増強、A3工程の自動化推進予定。

#### ○事業化の体制

プロジェクトリーダー	社長 沖崎金光	統括、予算管理、企画経営
【(株) 東光通商		
・販売促進(4名)	課長 出浦康次	・市場調査・事業計画
・営業技術	課長 田中隆	・システム基本設計
〃	佐藤直	・システム詳細設計
〃	沖崎健	・試作開発、販売、設置、保守
【エクトム(株)】		
・マーケティングチーム		
・開発設計チーム(5名)	専務 阿部信也 井沼正一	・販促、県の行政関係に精通
〃	課長 鈴木哲也	・熱発電システム・ユニット基本設計、詳細設計

#### ○事業展開における普及の見込み

- ・対象市場規模:500億円、想定事業規模:120億円
- ・導入コスト目標:60万円/kW(従来品:なし)
- ・運用コスト目標:8.8万円/kW(従来品:なし)
- ・製品単純回収年数:7年程度(導入コスト差額÷年間運用コスト差額)

#### ○年度別販売見込み

### 【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

年度	2023	2025	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	5	15	170	600
目標累積販売台数(台)	5	30	480	8000
目標販売価格(円/台)	80万	80万	70万	60万

### 【本資料作成時点見込み】

本表の年次は固定

年度		2025	2030	2050
目標単年度販売台数(台)		5	150	300
目標累積販売台数(台)		5	300	4000
目標販売価格(円/台)		80万	70万	60万

#### ○量産化・販売計画

- ・2025年～2030年までに、製造コスト低減の為、自社ベトナム工場に発電エレメントの生産を移管予定。
- ・2030年以降は、ベトナム工場の生産力増強、A3工程の自動化推進予定。

#### ○事業拡大シナリオ

年度	2023	2025	2030	2050 (最終目標)
低コスト化技術開発				→
販売網による販売拡大				→
海外への事業展開				→
...				

#### ○事業化におけるリスク(課題・障害)とその対策

- ・事業化に向けた脱脂技術の確立(溶媒脱脂工程インハウス化の確立)
- ・低コスト化のためのシステムの軽量・小型化のための技術開発
- ・販売網拡大のためのメーカーとの連携強化
- ・海外への事業展開に向けた海外動向調査

## 事後評価結果

評価点 4.5点（10点満点中。（10点：特に優れている、8点：優れている、6点：問題ない、4点：多少問題がある、2点：大きな問題がある））

### 評価コメント

#### [評価される点]

- ・ 製造コスト削減に関する技術開発目標を達成し、更なるコストダウンに向けベトナム工場での量産を企画している点、また特許申請、広報についても実施している点は評価できる。

#### [今後の課題]

- ・ 目標とした発電端出力を達成できていない点は、今後の課題である。当初予期していなかった技術的な問題点（量産化に当たっての気泡・亀裂の発生、アルミナ板使用に伴う問題）を確実に解決して十分な発電端出力を確保することが望ましい。

#### [事業化に向けたコメント]

- ・ 幅広い用途での利用を目標にするのではなく、この技術の特徴を生かしたアウトドアにおけるコードレス電源、停電時電源など通常の電力供給が難しいエリアや状況での用途を検討し、社会実装に向けた具体的な姿を提示することが望まれる。