

【課題名】 工場の未利用エネルギーを活用した小型発電システムの開発実証(委託)

【代表者】 パナソニックホールディングス株式会社 後川和也

【実施年度】令和2～令和3年度

(1) 技術開発・実証の概要

①【課題の概要・目的】

未利用熱エネルギー関連の活用方法として、一般的にバイナリー発電がある。しかし「多量の冷却水での凝縮プロセスと熱交換器が必要」「水を扱うことによるメンテやスケール問題」等の課題が考えられることから、バイナリー発電方式を導入するためのハードルが高く、幅広く普及が進んでいない。今後、更なるCO2削減を行うためには、上記課題を解決した未利用熱エネルギー関連の活用方法を新規に開発することが必要不可欠である。

今回、開発が進んでいない冷却水レスと小型化を実現する発電システム(RE汽力発電)の開発および実証を行い、横展開性に優れた未利用エネルギー利用型発電機の社会実装を目指し、CO2削減につなげていく。

②【技術開発・実証の内容と成果】

○重要な開発要素

A1. 【水蒸気品質保証型ロータリーエンジンの技術開発】

- ・A1-1 耐久性の向上:回転部フリクションの低減化
- ・A1-2 耐久性の向上:回転部 耐久性の向上

蒸気減圧工程の未利用エネルギーを発電システムのロータリー部で回収するために、フリクションの軽減と耐久性確保に向けた取組みを実施した。

実績:ノーメンテナンスでの稼働実績16時間

A2. 【蒸気量の削減】

ユニットの導入範囲を拡大するため、回転部-発電部間への増速機の導入、ポート位置の変更等の改良検討を実施し、発電ユニットで利用される蒸気量の削減を行った。

実績:蒸気量212kg/hで6.17kWの発電を確認

A3. 【開発機の乾き度評価】

後工程の乾き度影響を維持するために、排気水蒸気の乾き度を計測することで開発機の乾き度変化に対する影響範囲を明確化し、乾き度制御方式の検討を行った。

実績:影響範囲を明確化し、システム構想完了

BC. 開発要素のシステム統合と実証

- ・BC1 全体システムの構想設計
- ・BC2 発電システム及びセンサー類を含む計測システムの実証
- ・BC3 事業化取組

横展開性を確保し、回収したエネルギーを他設備へ安全に効率良く供給するための全体システム開発および実証活動を行った。また事業化を進めるためのコストダウン並びに製造体制の検討を実施した。

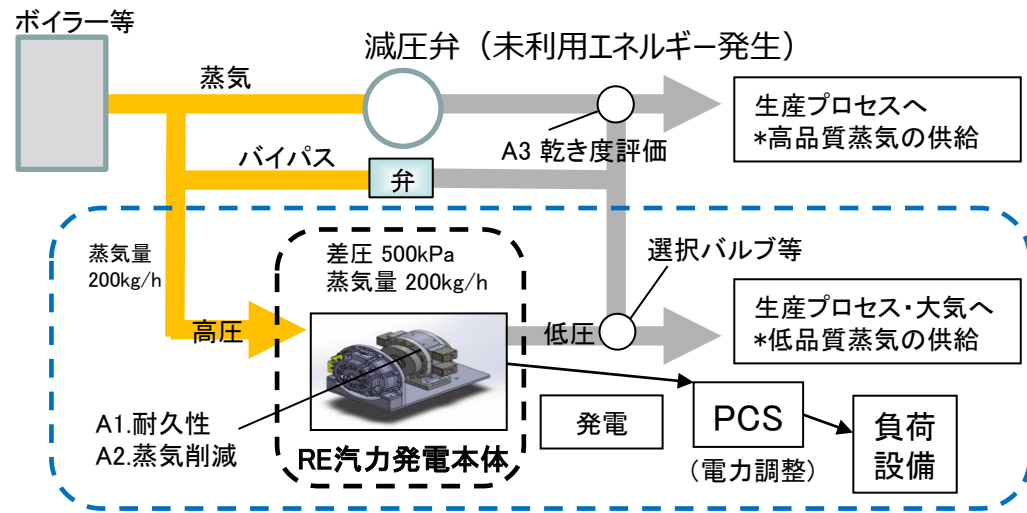
実績:課題抽出用社外実証システム設計完了

※令和3年度末時点で要素A1、A2が開発目標に届かなかった為、令和4年度事業は辞退開発体制の再構築を行った上で、実用化レベルには令和6年度到達見込

③【システム構成】

■ポイント

蒸気プロセスの減圧工程において、減圧弁の利用では未利用エネルギーが発生
⇒開発するRE汽力発電システムを利用することで、減圧とエネルギー回収を同時に実現



■特徴

- ・従来利用されずに棄てていた、蒸気プロセスの未利用エネルギー(圧力差)を活用して、RE汽力発電のロータリー部を高速回転させて、10kWクラスの電力を回収する。
- ・100度以上の熱負荷が常時ロータリー部にかかるため、これまでに材料選定から回転機構まで検討を行った。今後、摩耗性の向上に関する開発を実施する。
- ・蒸気の状態(温度、湿度)に関わらず、発電および蒸気の排出が可能である。
- ・排気水蒸気の乾き度の影響度に応じて、適切な供給先を選択することが可能。
- ・発電ユニットで利用する蒸気量を削減するために、最適な入出力ポート位置を設計。
- ・メイン配管に並列して設置。冷却水レス/熱交換器レスで未利用エネルギーを回収。

④【開発・実証成果のまとめ】

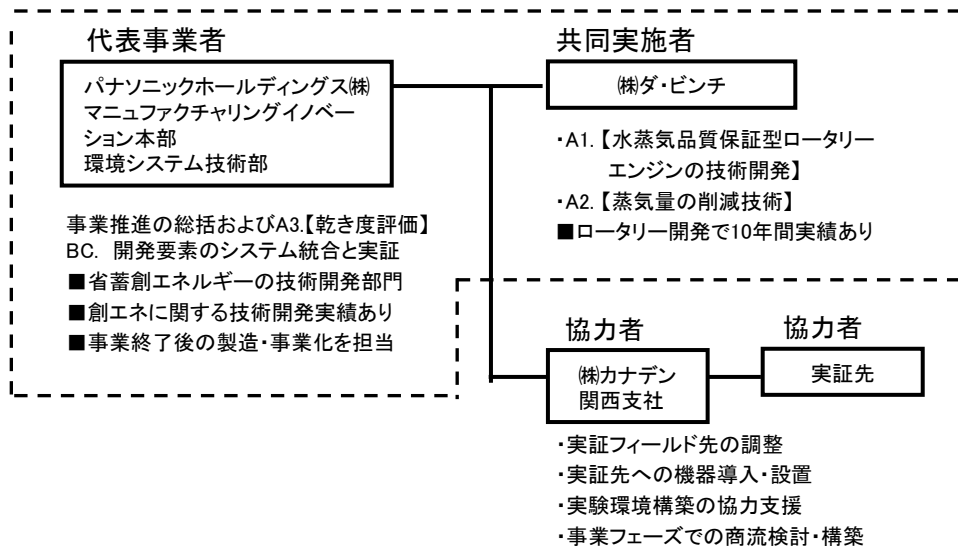
○開発・実証の目標及び達成状況:

- A1-1: 始動トルクを0.7Nm以下に低減する改造を実施(目標の100%達成)
 - A1-2: 連続稼働500hを目指して耐久性の向上に向けた設計継続中(目標の3%達成)
 - A2: 蒸気量200kg/hで発電端出力10kWを目指し、エンジン開発中(目標の58%達成)
 - A3: 乾き度評価システムの構想設計を完了(目標の70%達成)
 - BC: 社外実証用システム設計完了、エンジン性能未達の為未実証(目標の30%達成)
- 想定ユーザー・利用価値: 蒸気減圧工程を保有する全事業者(化学、紙、食品、繊維、医薬など)でコスト削減(電気料金、デマンド費)と環境貢献(CO2削減、イメージ向上)

(2) 技術開発・実証の実施内容

①【実施体制】

パナソニックホールディングス(株) マニュファクチャリングイノベーション本部
および(株)ダ・ビンチでの体制で本事業を実施した。



②【実施スケジュール】

	2020年度	2021年度	2022年度
要素技術A1の開発	→		
	23,000千円		
要素技術A2の開発		→	
	7,000千円	5,000千円	
要素技術A3の開発			→
	10,000千円	15,000千円	8,500千円
BC.統合システムの最適化			→
	15,000千円	32,500千円	20,000千円
合計	55,000千円	52,500千円	28,500千円

※21年度末に要素技術A1、A2が開発目標値に届かなかった為、22年度の事業は辞退

③【成果発表状況】

開発目標に対して基本性能未達の為、現時点での成果発表実績なし

(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-CO2/台・年)				38
開発品（装置/システム）の耐用年数				5年
年度	2025	2030	2050	
単年度CO2削減量 (万t-CO2/年)	0.38	3.8	7.6	
累積CO2削減量 (万t-CO2)	2.85	47.5	570	
CO2削減コスト (円/t-CO2)	21,053	18,421	15,789	

【本資料作成時点見込み】

開発品（装置/システム）1台当たりの単年度CO2削減量 (t-CO2/台・年)				38
開発品（装置/システム）の耐用年数 ※要定期メンテナンス				10年
年度	2025 (販売開始年度を記載)	2030	2050	
単年度CO2削減量 (万t-CO2/年)	0.038	3.8	7.6	
累積CO2削減量 (万t-CO2)	0.038	114	1140	
CO2削減コスト (円/t-CO2)	26,316	9,211	7,895	

○2050年時点の削減効果見込み（試算方法パターン B-a, II-i）

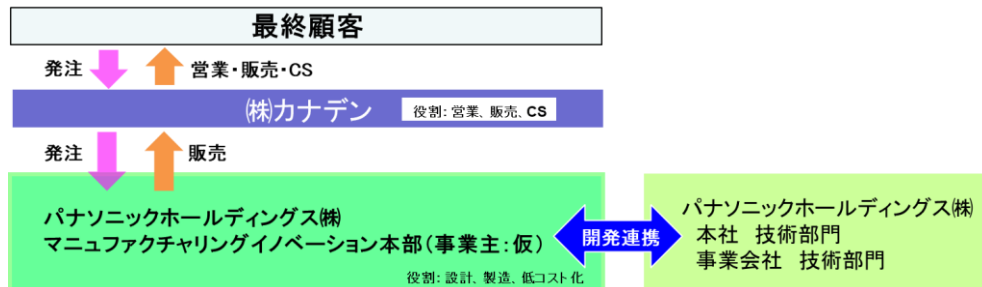
- ・国内潜在市場規模:3万台 * 開発システムの導入数のベースになるのは蒸気を発生させるボイラー設置数とし、対象ボイラー台数は「一般社団法人日本ボイラー協会発行ボイラー年鑑」から約15万台。その内、開発システムの導入可能性がある割合を20% (30,000台)と想定。
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO2削減量:38t/年 * 計算式RE汽力発電ユニットの定格発電:10kW,連続稼働する蒸気プロセス工程へ導入することでの稼働時間:24時間×360日=8640時間,設備稼働率:95%
CO2排出係数:0.579kg-CO2/kWh,安全率:0.8 を用いて、計算式=10kW×24時間×360日×0.95×0.579kg-CO2/kWh×0.8=38.0t/年/台
- ・累積CO2削減量:30,000台×38t/年・台×10年=1140万t-CO2
- ・CO2削減コスト:300万円÷(38t/年・台×10年)=7,895円/t

(4)事業化について

【事業化計画】

- ・2024年までに、ロータリーエンジンの要素開発を完了して社外実証を開始
- ・2025年までに、金型設計および投資を行い膨張機部分の低コスト化を推進
- ・2025年までに、関連企業における販売ネットワークを核として、販売開始

○事業化の体制



○事業展開における普及の見込み

- ・対象市場規模: 30000台(国内ボイラー台数約15万台の内の20%を想定)
- ・導入コスト目標: 145万円/kW(設置工事代含む)
- ・製品回収年数: 7~9年程度(電気料金28.5円/kWh、システム稼働率75%で試算)

○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	2024	2025	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	50	100	1,000	2,000
目標累積販売台数(台)	50	150	2,500	30,000
目標販売価格(円/台)	500万円	400万円	350万円	300万円

【本資料作成時点見込み】

本表の年次は固定

年度	2025 (販売開始年度を記載)	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	1	1,000	2,000
目標累積販売台数(台)	1	3,000	30,000
目標販売価格(円/台)	1000万円	350万円	300万円

○量産化・販売計画

- ・2024年までに、ロータリーエンジンの性能とコストを設計に反映
- ・2026年までに、新規顧客獲得に向けての体制強化
- ・2030年を目処として、海外を含めた部材調達の最適化を継続

○事業拡大シナリオ

年度	2022	2024	2026	2030 (最終目標)
エンジンの耐久性確保	設計・評価			
エンジンの蒸気量削減	設計・評価			
乾き度制御技術確立		実証・評価		
低コスト化技術開発	量産化 技術の開発(部品点数の削減等)			
金型の設計および投資		設計・投資		
応用技術開発		設計検討・新規顧客獲得に向けての体制強化		
部材調達		海外調達検討および実施		

○事業化におけるリスク(課題・障害)とその対策

- ・ロータリーエンジンの耐久性確保に向けた追加検討
- ・ロータリーエンジンの蒸気量削減に向けた追加検討
- ・乾き度制御アルゴリズムの実証、またその段階で抽出した課題に対する対応
- ・低コスト化のためのシステムの汎用化(パッケージ開発)
- ・販売網拡大のための減圧弁メーカーとの連携強化
- ・事業化に向けた量産化技術の開発と量産体制の構築
- ・応用技術(圧空適応)を開発し、事業展開に向けた動向調査

評価環境(パナソニック実験室全景)

Endress Hauser社製
Prowirl F/R/O 200計測システム



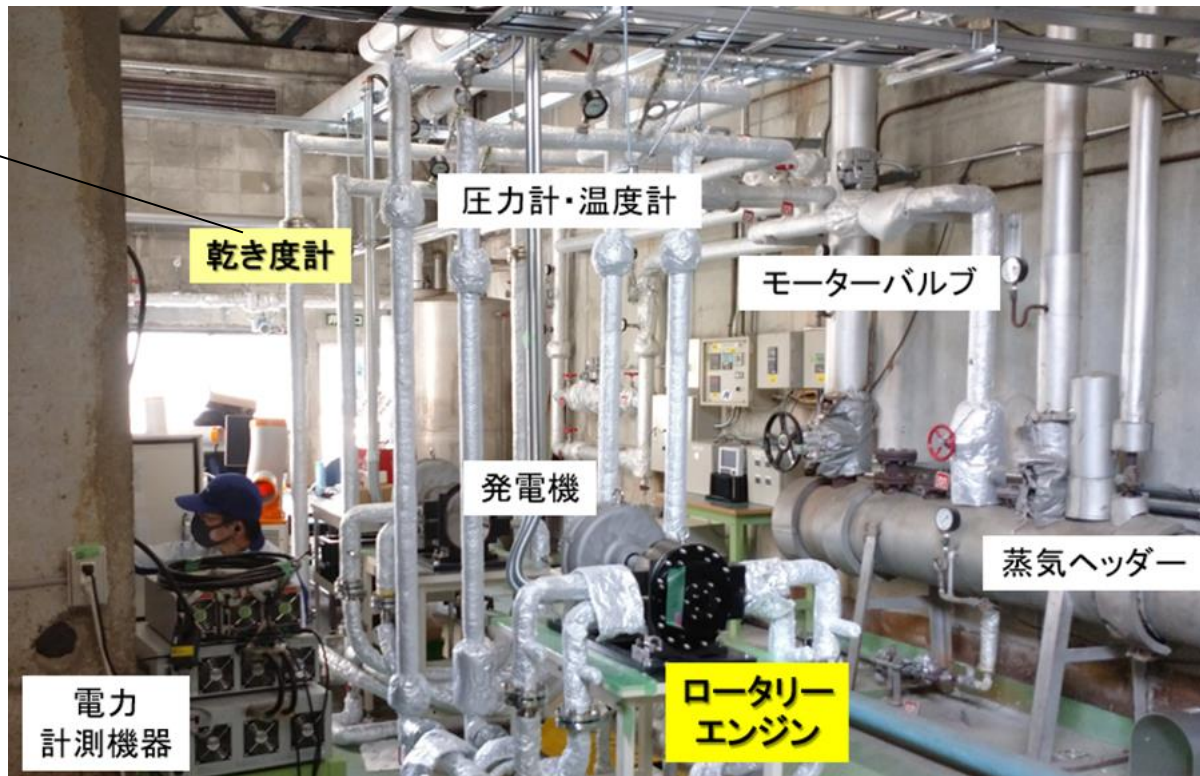
パワーコンディショナー



整流器



制御盤



乾き度計

圧力計・温度計

モーターバルブ

発電機

蒸気ヘッダー

電力計測機器

ロータリーエンジン

可変抵抗負荷



電力・電圧・電流 表示



蒸気操作盤



圧力・温度表示盤



蒸気流量表示計



事後評価結果

評価点 4. 4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]

- ・ 工場の未利用エネルギーを活用した発電システムの構想、及び事業継続辞退後も事業化に向けた技術開発を続けている点は評価する。

[今後の課題]

- ・ 技術開発目標の達成が困難となった技術開発要素A1-1(回転部の耐久性向上)及びA2(蒸気量の削減)については、アペックスシールの改良やシーレスエンジンの開発、ロータリーエンジンの代替策の検討などにより解決に取り組むこと。またこれらの解決策の実施に最適な開発体制を再検討することが望ましい。

[その他特記事項]

- ・ 当初予定していた性能の小型発電システムの開発が実現できなかったことは残念であるが、今後も事業化に向けての技術開発を続け、少しでも早く実用機を完成させてCO2排出量削減に貢献することを期待する。