

(1)事業概要

①【事業概要】

未利用の80~200℃からの廃熱で温度差発電を実現するべく開発したのがロータリー熱エンジン(RHE:Rotary Heat Engine)である。RHEランキンサイクルシステムの心臓部は新開発の外燃型ロータリーエンジンであり、低圧蒸気を高効率で回転運動に変換する技術である。その実用化のため、外燃型ロータリーエンジンの基礎技術を確立し、また低沸点媒体を作動流体としたRHEランキンサイクルシステムの開発を行った。

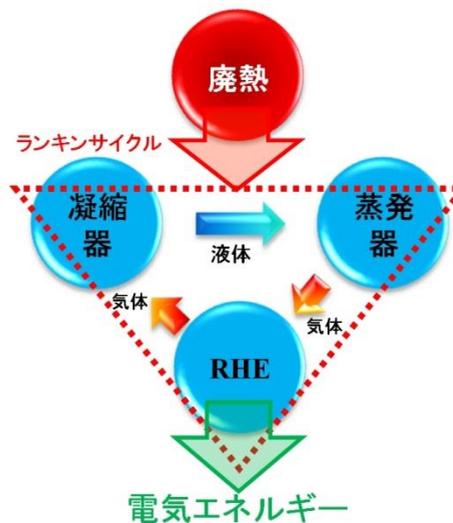
②【期待されるCO2削減効果】

- 2020年時点の削減効果 (試算方法パターン C,Ⅲ-ii)
- ・国内潜在市場規模:13万台 (バイオマスなどその他熱源応用も含む)
(既設設備の排熱量 (財)省エネルギーセンター統計^{*1}に基づく)
 - ・2020年度に期待される最大普及量:10万台/年 (海外輸出分を含む)
(国内ロータリーエンジンメーカーの生産能力規模に基づく最大可能生産台数)
※試作機システムの販売台数は年間100台
 - ・年間CO2削減量:国内 30~40万t-CO2 全世界300万t-CO2

③【技術開発の詳細】

- (1) 10kW級外燃型ロータリーエンジンの高性能化
- ・10年以内にペイ可能なモデルとして10kW級ロータリー熱エンジンの開発を行った。
 - ・10kW級モデルを実用化する上で、1kW級試験機の蓄積データも用いて10kW級モデルの設計開発を行い、今年度において目標の10kW出力に到達した。
 - 今後 ・必要蒸気量の削減を主軸とした高性能化
・生産コストの削減を目指した設計(軽量化、材質選定等)が主な課題である。
- (2) 外燃型ロータリーエンジンの耐久性・安定化技術の確立
- ・エンジン内部の消耗部品の変化、性能変化のメカニズムを解明するべく、長時間の高出力稼働による消耗部品(シール、ベアリング)の耐久性評価試験を継続して行っている。
 - ・多種多様な温度条件や作動流体ごとに材料の耐食性評価も行い応用を広げる。
 - ・10kW級モデル実用化の課題は、耐摩耗性と摺動性の両立であり、新材料の応用や同種冷却/潤滑液供給機構等の技術開発も並行して進め、大きな耐久性の向上を果たした。
- (3) RHEランキンサイクルシステム(循環システム)の大型化・多様化
- ・150℃以下の廃熱から蒸気を発生するためには、低沸点の液体を作動液として利用する必要があるため、HFC(ハイドロフルオロカーボン)・イソペンタン・アンモニア系などの流体に対応したシステムを開発し、安全な発電システムとしての基礎技術を確立した。

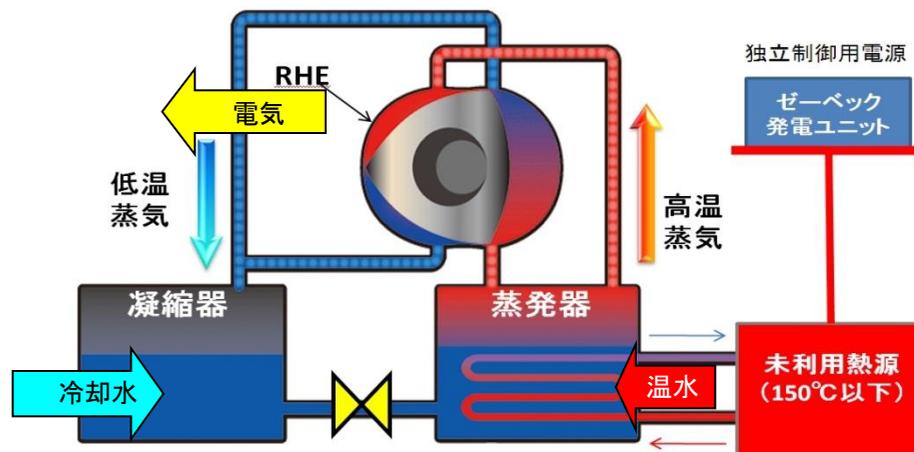
④【システム構成】



RHEランキンサイクルシステム概念図



RHEランキンサイクルシステム試作機



RHEランキンサイクルシステム構成図

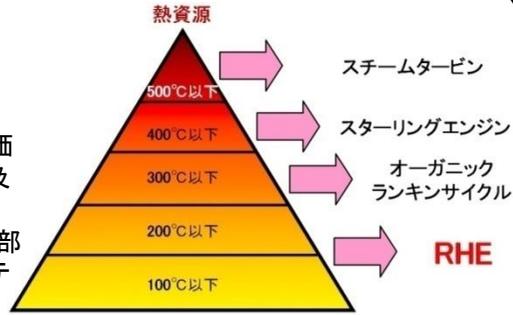
*1 平成12年度「工場群の廃熱実態調査」(財団法人省エネルギーセンター)より算定

(2) 事業の必要性

①【技術的意義】

既存の技術には「大型・高温・高価格」といった問題があり、200℃以下の低温廃熱の利用製品は普及できていなかった。

それらの小型化・省スペース化および価格的な問題点に着眼し、設置・運用・普及しやすさを目的に考案したのが外燃型ロータリーエンジンである。そのエンジン部を中核としたRHEランキンサイクルシステムは以下の特徴である。



新たな低温廃熱リサイクル技術として挙げられるポイント

- ・既存設備に併設可能(蒸気ボイラー、ヒートポンプシステム等)
- ・500kPa程度の低圧力差(水蒸気温度150℃相当)で稼働
- ・作動流体の選択により40～200℃の熱源に対応
- ・太陽光、風力と異なり24時間の安定した電力・給湯供給が可能

②【社会的意義】

○国内の産業廃熱は、未回収である200℃以下の排ガスと80℃以上の廃温水だけでも常時約2500万kW^{*}におよぶ。今後それらの廃熱すべてに発電効率(熱仕事効率)4%程度の廃熱発電用エンジンを設置した場合、100万kWを超える再利用発電が可能となり、これは原発1基分にも相当する。一方で、産業界の生産ラインは生産品質との関係上、温度管理などの製造プロセス・ラインを容易には変更できない。そこで低温の小規模廃熱を省スペースで回収する機器がこれから必要となるが、既存の工場設備にも導入可能な特徴をRHE技術はすべて持ち合わせている。産業界の省エネルギー化を大きく加速させるためにも、一定規模以上の廃熱を有する工場を対象に、エネルギー回収義務化制度が創出されるよう、本技術の実用化・普及を目指す。

+原子力依存からの脱却とCO2削減の両立のため両立

+10万台普及時、産業界全体での省エネ効果は原油換算年間200万KL相当

+再生可能エネルギー(地熱、バイオマス、太陽熱)の組合せが可能

+悪天候・緊急時に対応した小規模防災用独立型電源設備への応用

+分解・メンテナンスが容易⇒歩留まり問題○

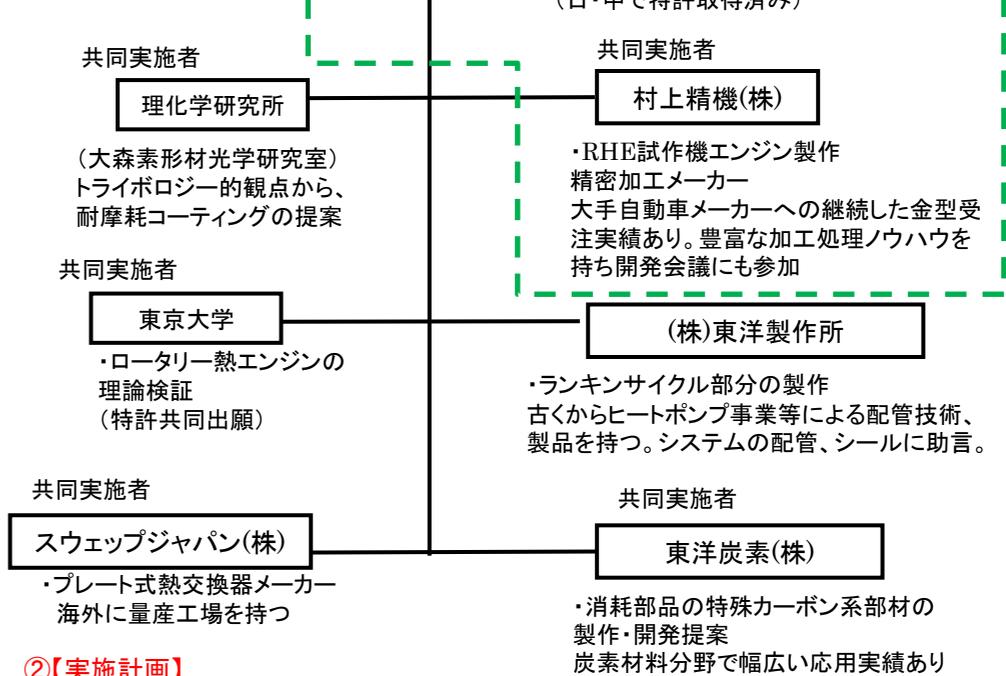
+高いリサイクル性⇒再資源化○

○ロータリーエンジンを用いた本技術は、日本の各種ものづくりメーカーにライセンス契約を締結することで、国内の新産業として伸びていく可能性も大である。特にマイクロオーダー以下の精度が要求される部品の製造技術と、組立技能を持つ職人が必要となるため、諸外国に容易く模倣されるものではない。これらのことから21世紀に復権すべきメイドインジャパンの環境技術として、その一翼を担うことも十分に考えられる。それらの要因からも、海外への輸出品目として大きな額を占めることも期待できる。よって、経済復興・成長戦略の観点からも国が補助・育成すべき新環境事業としてふさわしいものである。

(3) 事業の効率性

①【実施体制】

グリーンエネルギーLLC



②【実施計画】

	H23年度	H24年度	H25年度
10kW級モデルエンジンの開発			→
	16820千円	17600千円	18240千円
耐久性に関する技術開発			→
	5180千円	7100千円	9560千円
ランキンサイクルシステムの開発			→
	5690千円	8800千円	15600千円
その他経費	2310千円	8500千円	9600千円
合計	30000千円	42000千円	53000千円

(4)事業の有効性

①【目標設定・達成可能性】

○過去の実績

- ・1kWの試験機(実用機の10分の1規模)を作成済み MAX1240W
- ・ロータリー熱エンジン 特許取得(特許第4614290号)
- ・関西フロントランナー大賞受賞 2010受賞
- ・第5回日中省エネルギー・環境総合フォーラム 出展

○最終的な目標:

- 仕様:発電能力5~10kW(24時間出力変動なし)
- 性能:熱サイクル効率5% 耐用年数10~15年(1年に1度パーツ交換&メンテナンス)
- 1kWあたりコスト10万円の発電機器(エンジン部価格の最終値)
- 1台当たりのCO2削減量:30~40t/年

②【事業化・普及の見込み】

- ・中~小規模の工場内の廃熱のある企業への販売・リース事業を開始。
⇒販売用モデルのためのデータ収集。改良設計。
- ・フィールドテストを先行して3社に低価格で導入、実施、改善点の洗い出し。
システム部のみ再設計。
- ・2014年度末までに、量産型RHEシステムの発売
エンジン軽量化によるメンテナンス性・輸送コストの大幅な改善へ

○事業展開における普及の見込み(2014年~)

- 実用化段階コスト目標:50万円/kW(10kW級 2020年時)
- 実用化段階単純償却年:5~7年程度(従来型システムとのコスト差額+50万円)

※目標販売台数は10kW級エンジン部の合計値

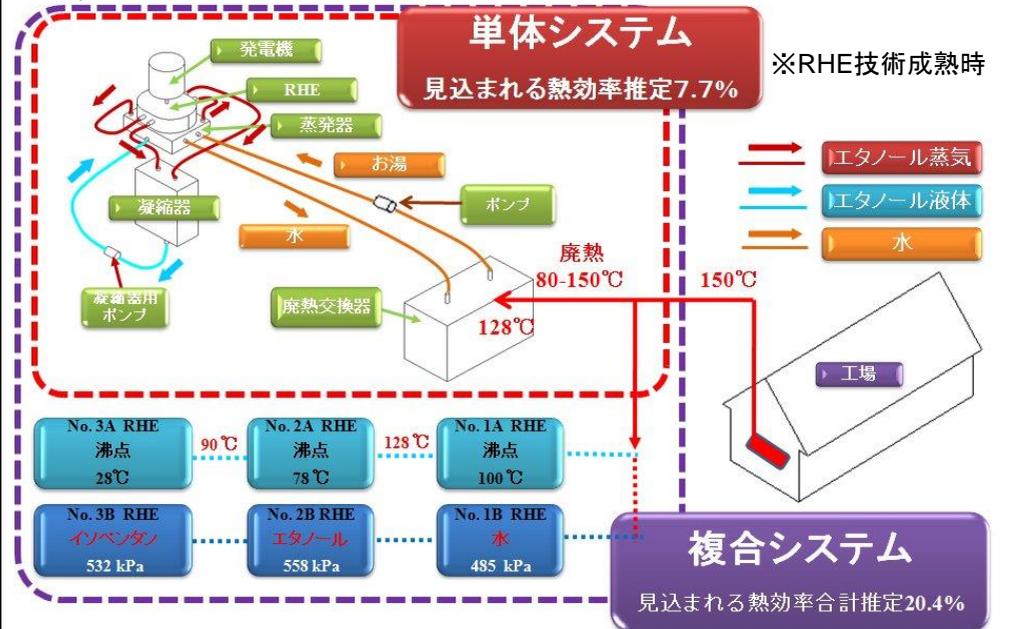
例:2014年度 19台 = ランキンサイクルシステム9台+エンジンユニットのみ10台

年度	2014	2015	2016	2017	2020
目標販売台数(台)	19	100 先行 量産型	200	10000 量産型	50000
目標販売価格(円/台)	1200万	1100万	900万	800万	500万
CO2削減量(t-CO2/年)	531	2,990	6,370	337,900	1,980,500

(5)その他

ORHE廃熱発電の特徴について

- ・並列設置:このロータリー熱エンジンは、従来の大型熱源(1000k~2500kW)を想定した機器と異なり、RHE1台では125k~250kWの熱源を対象としている。高効率稼働に必要な蒸気は10kW出力で0.4MPaG,0.35t/h程度の蒸発量であり、これは小型・簡易ボイラー程度の蒸発量に相当する。これ以上の規模の熱源に対してはエンジンを多数並列に設置することで、エンジン部の設計変更なしに台数制御で対応することができ小~中規模の熱源も余さず回収することができる。
- ・直列連結熱システムの展開:沸点の異なる作動流体を水⇒エタノール⇒イソペンタンというような多段システムを構築した際、1か所の熱源から3段階に分けて温度差を使い切ることができる。本技術が十分に煮詰まった際の単体システム熱効率の目標値は7%台である。エンジン生産コストも量産段階であれば、多段複合下システムを構築をしても導入コストはさほど上がらず、国内工場の速やかな普及も考えられる。また既存施設・設備への導入・設置のしやすさも考慮し、RHEシステムの小型化・低コスト化の際に心臓部が小さいことは利点となる。廃熱から生み出された電力は工場内で地産地消し、国内産業界の電力事情改善に大きく貢献でき、CO2削減も並行して進められると期待できる。



- ・メンテナンスサービスと改良モデルへの換装・改良サービス
旧型モデルでも各年度で新開発した高耐久性・高性能化部品への換装を行った場合、性能は最新モデルとほぼ同等まで向上する。そのため必要最低限の部品変更のみでできるため単純投資回数年数は実際には大幅に短くなる。これらのことから発電能力・CO2削減効果がシステムの購入・設置後も商品価値がバージョンアップにより成長出来るため、エネルギー機器としては非常に珍しい特性を有する再生エネルギー技術である。

CO₂排出削減対策技術開発評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 6.1点（10点満点中）

- 評価コメント

- 計画どおり事業が実施されており、当初の目標は概ね達成されている。
- 実用化に向けて、システムの簡易さとイニシャルコストの低減の更なる努力を行うこと。
- 対象とする工場排熱は大きな潜在需要があるため、個別箇所へ営業活動を行うなど、普及に向けた努力を行うこと。