

【課題名】【課題名】インテリジェント吸波式波力発電による地域経済循環ビジネスモデル実証事業(委託)

【代表者】(株)マリンエナジー 泉 修一

【実施年度】令和2～令和5年度(令和5年9月終了)

(1)技術開発・実証の概要

①【課題の概要・目的】長期運転信頼性の高い波力発電システムによる事業化実証PJ

- ・振動水柱型波力発電は長期運転信頼性が高いものの、高コストな設備費用や、高効率で発電可能な波条件に限られるという課題があった。
- ・本事業では波力発電の適地である太平洋岸の釜石湾口に設置された防波堤を利用することでイニシャルコストを低く抑え、なおかつ幅広い波条件で発電可能な新しいコンセプトの振動水柱型波力発電により、地域経済循環ビジネスモデルを作り上げることを目指す。オペレーション、メンテナンスのコストが大幅に抑えられる振動水柱型の利点はそのままだに発電コストを低下し、さらに地域企業による製造・運用・電力利用が可能であり、普及促進によりCO2の削減及び地域産業への幅広い貢献という社会的意義も大きい。

②【技術開発・実証の内容と成果】地域企業が主体的に実現可能な事業化実用技術開発 ○重要な開発要素

A1.【低コストかつ安全な波吸収変換部の開発】【システム構成図(①、②)】防波堤を利用することで低コストで耐波浪強度を確保でき、幅広い内部水位変動でも効率を高められる一次変換部を開発する(A1、A3ともに関連)。低波高条件の発電システム改善効果を実証により確認(実用化レベルに2027年到達見込み)

A2.【AI機能を有するタービン発電機の開発】【システム構成図(③)】

AIモニタリング利用と世界初のタービン2台運転によって二次変換部の高効率化をはかる(A2)。上記A1とあわせて、釜石沖の波浪条件において従来比25%アップ(タービン1台、発電機1台のシステムを従来型と呼称)の発電電力量を達成できるエネルギー変換性能を目標とする。この制御のためにシステムに取り付けられた複数のセンサーデータからAIモニタリングを行い、システムの稼働率及び設備利用率を高める。(A3)

※本技術開発により、波力発電機の低コスト化だけでなく、防波堤を多機能化することに加えて、耐久性の向上も期待できる。(実用化レベルに2027年到達見込み)

B.. 開発要素のシステム統合と、C. 実証

B. 地域経済循環ビジネススキームの検討と評価

釜石における地域経済循環ビジネスモデル確立に向けた内外の協働実施体制構築

C. 石沖海洋資源利活用ネットワークとの連携【システム構成図(④)】

実用化評価試験から各要素技術の統合と実証を行いながら、エネルギー利活用、地域経済循環を視野に入れたビジネススキームを策定し、地域経済への波及効果最大化を狙う(B, C)。同時に海洋産業及び港湾施設等での再生可能エネルギー比率を向上させ、SDGs指標の再生可能エネルギー人口、再生可能エネルギー比率への貢献を目指す。(実用化レベルに2029年到達見込み)

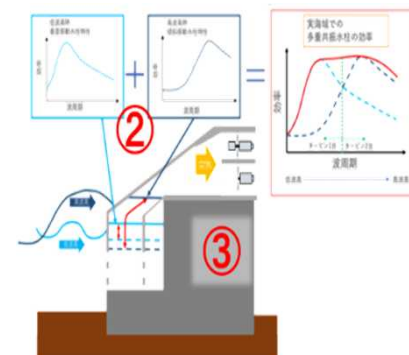
・釜石の地方創生戦略(オープンシティ戦略)として関係人口活用を積極的に行うなか、この事業を通して東京大学先端科学技術研究所との連携協定にもつながり、再生可能エネルギー関連のつながり(釜石の資産)を強化することにもつながった。

・地元金融機関(岩手銀行)に検討委員になって頂き、地域の体制構築に向けて進捗している。

③-Ⅰ【システム構成】

システムは大きく4つの部位で構成される

- ①低コストかつ安全なシステムを可能とする湾口防波堤部
- ②複数の波周期に対応できる波エネルギー変換部(1次変換部)
- ③空気振動を電気エネルギーに変換するAI搭載高効率タンデムタービン発電機部(2次変換部)
- ④漁業利用など地域エネルギー利用部



③-Ⅱ【システム環境(地域経済循環ビジネスモデル)】

波力発電システムによる持続可能な地域経済循環(裨益)効果の最大化



④【開発・実証成果のまとめ】○開発・実証の目標及び達成状況

<当初目標>

タービン1台、発電機1台のシステムと比較して、**発電量25%増(平均一次変換効率10%増、平均二次変換効率30%増)**を目指す。タービン発電機は、40kWを定格出力とする。

<成果>※詳細は本スライド資料4～6ページ(5)技術開発の達成状況に記載
令和4年8月より1年間実証機による発電運転を実施。例年になく波浪エネルギーが小さかったために、発電出力が設計された装置とマッチしない状況であった。事業計画の具体性、確度を高めた評価を行うためには、発電装置の設置位置における波浪変動影響パラメータの調査と将来の発電量予測に資する追加の計測が必要である。

○想定ユーザ・利用価値

湾口防波堤を有する国内の沿岸各自治体や離島地域、漁業協同組合等、将来的にはODAへの採用による海外貢献も有望である。本方式は**防波堤上設置**であり、建設コスト及びランニングコストが大幅に抑えられることによる比較優位性と新たな情報提供サービスによる付加価値が顧客満足度の向上となる。

(2) 技術開発・実証の実施内容

①【実施体制】

<代表事業者製造・実用化担当>

株式会社マリンエナジー

- ・事業全体の統括、マネジメント
- ・H26～29 NEDO研究開発事業（波力発電）業務実績あり
- ・釜石沖実証フィールド水深130m海域における波力発電模擬デバイス製作設置、実海域試験の実績を有する

<事業の支援>

- 岩手県、釜石市
国土交通省東北地方整備局
釜石港港湾事務所
株式会社岩手銀行
- ・地元関係機関調整、漁業協調と共生に関すること
 - ・地域のエネルギー利用促進政策の検討及び支援策の検討
 - ・施工及び保守管理等の助言と指導
 - ・システムの安全性確認の支援

<共同実施者総括：基礎技術開発担当>

◎東京大学先端科学技術研究センター

- ・技術開発部門のリーダー

○足利大学

- ・タービン設計、制御アルゴリズム、小型模型での変換効率評価

○港湾空港技術研究所

- ・実用化に向けた設計評価

○一社）ブローホール波力発電機構

- ・技術統合と実用化に向けた助言

<共同実施者：地域連携担当>

公益財団法人

釜石・大槌地域産業育成センター

- ・現地調査及び普及とビジネスモデルの検討
- ・地域関連企業コンソーシアムの取りまとめ
- ・H26～29NEDO研究開発事業申請代表者の実績を有する

<連携者>

- ・釜石マリンコンソーシアム（地域の関連企業群）

- ・釜石湾漁業協同組合
- ・釜石市港湾振興協議会

②【実施スケジュール】

	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度
(A1)波力発電装置の基本設計	18,115千円	16,019千円	2,753千円	
(A2)波力発電装置の製作・施工	1,425千円	130,172千円	66,634千円	
(A3)タービン・発電システムの設計・開発	1,425千円	64,488千円	6,263千円	
(B)実用化評価試験	1,425千円	2,905千円	4,859千円	
(C)開発要素のシステム統合と実証	1,425千円	6,010千円	12,068千円	
その他経費（令和5年度 撤去）	7,071千円	23,764千円	17,088千円	10,190千円
合 計（394,099千円）	30,886千円	243,358千円	109,665千円	10,190千円

③【成果発表・特許取得状況】

- ・講演及び学会発表15件 ・解説記事2件
- ・取材対応50件 ・視察対応30件（宮城県議会、岩手県議会、修学旅行ほか）
- ・テレビ朝日「サンデーステーション」取材、（令和5年6月4日全国放映）
- ・公益財団法人日本港湾協会機関紙「港湾」寄稿（令和4年12月号）
- ・ニッポン放送「八木亜希子のLove & Melody」全欧放送 ※特許申請はなし

(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専門委員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）	4 1		
開発品（装置/システム）の耐用年数	2 0 年		
年度	2025	2030	2050
単年度CO2削減量（万t-CO2/年）	0.1014	2.5625	32.0825
累積CO2削減量（万t-CO2）	0.1014	7.913	317.3
CO2削減コスト（円/t-CO2）	431,629	5,534	138

【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-CO2/台・年）	4 1		
開発品（装置/システム）の耐用年数	2 0 年		
年度	2030 （販売開始年度）	2040	2050
単年度CO2削減量（万t-CO2/年）	0.5535	0.5535	5.6375
累積CO2削減量（万t-CO2）	0.5535	4.0174	56.6496
CO2削減コスト（円/t-CO2）	32,926	27,439	21,951

※CO2削減コスト＝1台あたりの製品価格（目標販売価格）÷CO2削減量（製品1台あたりの単年度CO2削減量×耐用年数）

(4)事業化について

【事業化計画】

- ①2026年までに、コスト低減検討を重ね、基本システムの低コスト化を推進するとともに、社会性モデルのターゲットコストを決定し、量産システムの構築を検討。
- ②2028年までに、普及モデルの仕様を決定する。
- ③2028年までに、地域商社を立上げ、普及体制を構築し、(販売)戦略と計画を策定する。併せて、施工及びメンテナンスの体制とシステムの構築を進める。
- ④2028年までに、ESG地域金融等を活用した設置・導入のファイナンスモデルを確立する。
- ⑤2030年までに、ニーズ調査を行い、営業体制を整えて普及活動を開始する。
- ⑥2030年には、国内の製造拠点展開を図り、社会性モデルの本格普及を開始。

○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:230億円(2050年時点で国内防波堤総延長の20%設置)
- ・導入コスト目標:45万円/kW(従来品の価格:670万円/kW)
- ・運用コスト目標:7.5万円/kW(従来品の価格:10万円/kW)
- ・製品単純回収年数:13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専門委員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)	――	25	120	360
目標累積販売台数(台)	――	25	625	7,825
目標販売価格(千円/台)	――	15,000	22,500	18,000

【本資料作成時点見込み】

本表の年次は固定

年度	2030 (販売 開始年度)	2040	2050
目標単年度販売台数(台)	10	60	100
目標累積販売台数(台)	0	160	860
目標販売価格(千円/台)	27,000	22,500	18,000

○量産化・販売計画

- ①2028年までに、核となる技術の特許を出願／取得。
- ②2030年までに、ユニット化と量産体制による低コスト化を実現、ビジネスモデルの最適化を完了し、釜石湾口防波堤設置を皮切りに普及をスタートさせる。
- ③2030年を目処とし、大手商社等との合併による地域商社を立上げ、製造拠点を増加し、防波堤保有自治体等をメインユーザーとして、本格的な普及・販売を開始する。

○事業拡大シナリオ

I.【社会性モデル(サーキュラー・エコノミービジネスモデル)】

- ①2024年までに、地域行政(釜石市)との連携により、本実証事業の後継事業の獲得又は上記、ESG金融等の組成により、2029年釜石湾口防波堤に1ユニット(3~5基)を設置し、サーキュラー・エコノミービジネスモデルを実現化。
- 2028年までの後継事業の成果を基に、釜石での増設と他地域への普及を推進する。

II.【収益性モデル(漁港、離島、海外普及モデル)】

- ①2030年までに想定普及先ごと(水産庁、国交省、離島自治体、JICA等)の可能性の調査・検討を行い、実現可能性の高いシステムを絞り込む。
- ②2028年から可能性の高いシステムの開発を進める。
- ③2030年までに、仕様とターゲットコストを確定する。
- ④2030年までに、量産と営業の体制を構築する。
- ⑤2050年には、社会性モデルと収益性モデルの両輪で年間販売台数100台を目指す。

○事業化におけるリスク(課題・障害)とその対策

- ・港湾施設利用の規制をクリアするために、改正港湾法等の更なる規制緩和が必要。
- ・普及改良型システムの開発、ユニット化と量産化によるコスト低減。
- ・荒天時や津波(大波)に対する構造強度の検討と確立。
- ・漁業への影響評価と協調提案を行い、理解の促進を図ること。
- ・事業化に向けたシステムの性能(発電能力等)の向上
- ・低コスト化のための技術開発
- ・普及先ユーザーのニーズや設置条件に合わせたカスタマイズモデルの開発技術
- ・普及(販路)拡大のための商社等との連携の強化
- ・波力発電システム設置に関する各種法規の整備と要件の緩和

事後評価結果

評価点 5. 2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]

- ・ 波力発電の可能性を示すとともに地域の再生可能エネルギー利用促進、雇用創出、新たな産業創出など、地域経済の活性化を目指している点、この事業を起点として脱炭素先行地域の採択につながった点は評価できる。

[今後の課題]

- ・ 本技術開発事業は、事業終了後早期に社会実装を目指すものである。各技術開発項目の達成率を100%としているにもかかわらず、社会実装に向けてはさらにNEDO事業(2年間 のフェーズB実証)を行うとのことであるが、本事業終了後においても依然として社会実装への課題・未達成事項が存在していたと考えられる。本事業において明らかになった課題・未達成事項を具体的に整理して、今後の波力発電システム開発に活かし、迅速に社会実装に移ることが望まれる。
- ・ 開発技術の釜石以外の地域への波及のための方途についても示すことが望まれる。
- ・ 水理模型実験の解析結果と防波堤の実際の波での変換効率との間に解離があるとの説明であったが、地形や海洋の年間情報や波の方向・周期と発電装置の設計仕様など、多面的な波浪状況分析と設計方法の関係を明らかにし、変換効率、設備利用率、設備コスト、電力コスト等を考慮した波浪状況分析データを基に波力発電設備の設計仕様を決める手法を確立し、コスト削減に取り組むことが望まれる。

[事業化に向けたコメント]

- ・ 防波堤上に設置する波力発電システムであり、防波堤関係者と協力しながら複数の発電設備設置に向けたシナリオを作ることが望まれる。
- ・ 日本の技術として国内外で社会実装を進めるために、波浪状況の分析に基づく学術的検討に裏付けられた設計に関する学術論文及び特許による権利の確保が望まれる。
- ・ 釜石での波力システムは系統連系による売電を行わないので他の再エネ単価と争うことがないとしているが、今後は太陽光発電なども自家消費を中心とする方向となっていることから、他の再エネとの発電単価レベルでの競争が予測される。このため、令和12年に20円/kWh 以下という目標も見直すことが望まれる。このように、社会普及に向けて波力発電の競争優位性を代替技術(太陽光発電や風力発電等)と包括的に比較することが望まれる。