

【課題名】スパ-型浮体式洋上風力発電施設の低コスト低炭素化撤去手法の開発・実証(委託)

【代表者】戸田建設(株) 佐藤 郁

【実施年度】平成31~令和2年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

本課題は浮体式洋上風力発電(以下浮体式)の撤去コスト削減が目的です。浮体式は英国で30MWのファ-ムが完成するなど世界的な開発競争にあり、私達はハイブリッドスパ-型を実用化しその先頭にいます。撤去の低コスト化への取組は事業への影響が小さく実施されてきましたが、2018年成立の洋上新法※では、公募占用指針への撤去の記載が求められるなど、撤去手法の開発・実証が求められています。本課題ではスパ-型浮体の撤去手法の開発と既存浮体による実証により撤去コストの50%削減と、撤去におけるCO2排出削減を目指します。

※洋上新法: 海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【撤去手法のシミュレーション技術の開発】

課題: 浮体の連成解析プログラムが浮体の横倒しに利用できるか

方針: 数値シミュレーションと水槽実験により検証

進捗: 浮体の建て起しについて、実験と解析との比較検証を実施済(未発表)

A2.【撤去手法の実証】

課題: 開発した手法が実際に利用できるか

方針: 1/4サイズの浮体(以下、小規模試験機)を実際に撤去し実証

進捗: 実証に利用する半潜水台船は既に建造を完了、必要なヤ-ドを整備完了

B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

○システムの統合

主要課題: 開発・実証した撤去手法の浮体への適用

対応策: 実証結果を反映させた新規浮体を開発

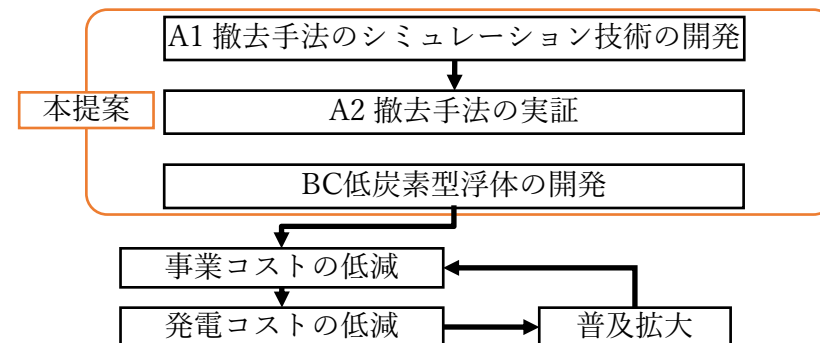
○実証

主要課題: 新規開発の浮体の効果検証

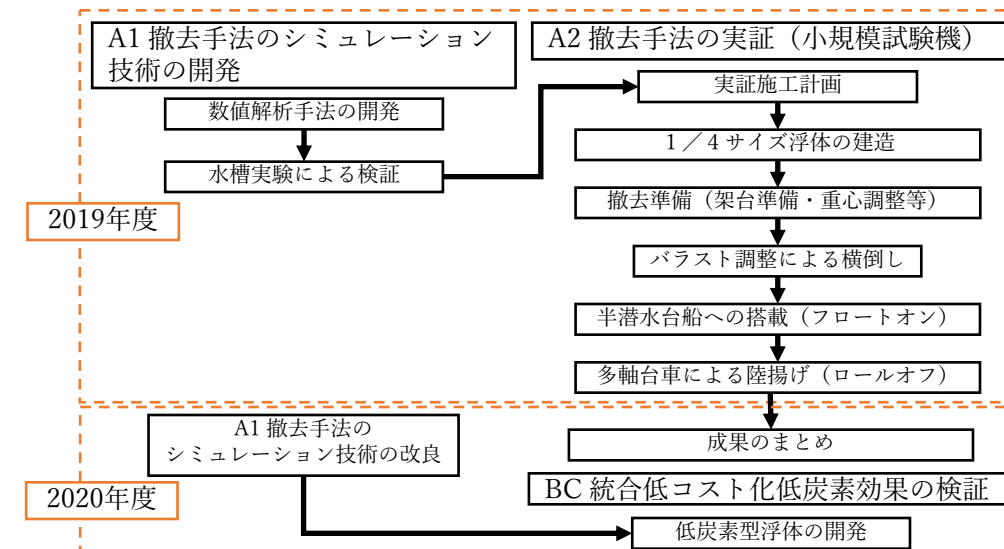
対応策: 撤去のためのコスト上昇と建造のためのコスト上昇は、建造の時には借入金で対応する必要があることから、事業に与える影響が異なるため、多面的な検証を実施

③【システム構成】

・システム環境



・システム構成



④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値: 風力発電事業者等・再エネコストの低減

○目標となる仕様及び性能: スパ-型浮体の撤去コストの50%以上の削減

2000kW10基のウ-ンドファ-ムでの試算は以下の通り

従来の大型起重機船を利用した手法の場合 101億円

本開発の半潜水台船を利用した手法の場合 36億円(削減率64%)

○開発工程のリスク・対応策: 本事業では傭船の到着遅延や海象によって、開発工程が遅延するリスクがあります。台風が発生せず海象が安定している、冬期~春期に施工し、2か年に分けることでリスクの回避に努めます。

(2)実施計画等

①【実施体制】

開発代表者の戸田建設(株)は、現在計画中の(仮称)五島市沖洋上風力発電事業の事業者であり、九州大学とともに浮体式洋上風力発電の開発を実施、国内初の浮体式洋上風力発電事業者として、管理運営しています。本事業終了後においては、発電事業者としてユーザとなるとともに、サプライヤーとしても風力発電事業者EPCを中心とした販売を図っていきます。



②【実施スケジュール】

	2019年度	2020年度
A1撤去手法のシミュレーション技術の開発		
A2撤去手法の実証		
B.統合システムの最適化		
C.実証		
委託事業費	190,000千円	124,806千円

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	戸田建設株式会社
--------------	----------

- ・2021年までに、ウインドファームを完成(海域占用許可申請に本成果を活用)
- ・2022年までに、ウインドファームの運転開始
- ・2030年を目処とし、全国の数箇所での事業開始

○事業展開における普及の見込み

- ・対象市場規模:5.5兆円/年
- ・想定事業規模:1,000~3,000億円/箇所
- ・導入コスト目標:60万円/kW(従来品の価格:100万円/kW)
- ・運用コスト目標:5万円/kW(従来品の価格:10万円/kW)
- ・製品単純回収年数:10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】

年度	2021	2025	2030
目標販売台数(台)	9	100	1,000
目標累積販売台数(台)	10	210	3,210
目標販売価格(円/台)	20億(2MW)	80億(10MW)	60億(10MW)

【現時点見込み】

年度	2021	2023	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	8	10	1,000	1,000
目標累積販売台数(台)	9	20	3,210	21,210
目標販売価格(円/MW)	10億	10億(MW)	6億	6億

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・基幹系統網の整備が必要
 - ・維持管理における法定点検の緩和が必要
 - ・発電所の運営にかかる規制緩和が必要
 - ・立地における景観保全や鳥類保護とのルールが必要
 - ・環境アセス後の設備の大型化変更への規制緩和が必要
- (技術革新により、設置時には環境アセス時点で想定していない大型風車が販売されるケースが一般的で、当初想定規模の風車が既に販売されていないこともあり環境アセスのやり直しが必要となるため)

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・ 2. 1MW(実用機スケール)の浮体を建造、施工試験を実施
- ・ 本技術開発の成果を反映させた、低コスト低炭素化撤去手法を採用した、提案により、長崎県五島市沖に係る海洋再生可能エネルギー発電施設促進区域の公募における洋上風力発電事業を行う選定事業者に選定
- ・ 撤去手法の低コスト化を適用した設計による量産を開始

②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/MW)	1,450
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	9年

年度	2025	2030
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	43.5	46.4
累積CO2削減量(万t-CO2)	43.5	275.5
CO2削減コスト(円/t-CO2)	723.6	114.2

【現時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/MW)	1,450
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	9年

現時点見込みの年次は固定

年度	2021	2023	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.3	2.9	46.4	2,900
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.3	5.8	275.5	523,450
CO2削減コスト(円/t-CO2)	104,935	5,427	114.2	0.06

③【成果発表状況】

- ・ 巽 謙太郎、宇都宮 智昭、佐藤 郁、スパー型浮体の注排水による立て起こし及び横倒し挙動に関する実験と解析、令和2年 日本船舶海洋工学会春季講演会、2020.05.
- ・ 河野 将也、宇都宮 智昭、佐藤 郁、半潜水型台船とスパー型浮体の2浮体連成挙動に関する実験と解析、令和2年 日本船舶海洋工学会春季講演会、2020.05.)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・ 2021年までに、海域占用許可申請に本成果を活用
- ・ 2023年までに、ウインドファームを完成
- ・ 2024年までに、ウインドファームの運転開始
- ・ 2030年を目処とし、全国の複数箇所での事業開始

○事業拡大シナリオ

年度	2021	2025	2030	2050 (最終目標)
国内への適用	パイロットファーム採用	国内展開	大型ウインドファームへの採用	20GW/年
大型化	2MW	10MW	15MW	20MW
多用途化	小規模ウインドファーム型	地産地消型	低風速型	大水深型
海外展開	—	欧州・米国	アジア	極地

○シナリオ実現上の課題

- ・ 基幹系統網の整備が必要
- ・ 維持管理における法定点検の緩和が必要
- ・ 発電所の運営にかかる規制緩和が必要
- ・ 立地における景観保全や鳥類保護とのルールが必要
- ・ 環境アセス後の設備の大型化変更への規制緩和が必要
- ・ EEZの早期利用開始
- ・ サプライチェーンの育成
- ・ 人材育成



○参考資料1 CO2削減効果について

CO2の削減効果の計算方法について

本開発によるCO2削減効果として、評価委員会のコメントに従い、

「撤去時に従来技術との比較で削減されるもの」

を対象とし、削減効果の算定にあたっては、

「撤去コストの低減によって導入が拡大した再エネ導入によるCO2削減効果」

は今回の削減効果算出においては算入していません。

開発した撤去手法による、CO2削減効果は次式で示されます。

従来の撤去手法による CO2排出量 3.8万トン/10基 (=1,900トン/MW) 工期 5ヶ月	－	開発の撤去手法による CO2排出量 0.9万トン/10基 (=450トン/MW) 工期 4ヶ月	=	CO2排出削減効果 2.9万トン/10基 (=1,450トン/MW) 工期短縮 1ヶ月
--	---	--	---	--

開発した撤去手法の採用により、1MWあたり1,450トン(=29,000t-CO2/(2MWx10基))の削減効果があります。

日本風力発電協会によれば、浮体式洋上風力の想定導入設備容量は2025年600MW、2030年3,800MWとなっています。

浮体式洋上風力には、いくつかの分類があり、本手法はそのうち、スパー型浮体に適用されるものです。

本手法が適用されるスパー型浮体のシェアを50%とすると、対象設備容量はそれぞれ、300MW、1,900MWとなります。

CO2削減効果は、2025年43.5万トン(=300MWx1,450t-CO2/MW)、2030年275.5万トン(=1,900MWx1,450t-CO2/MW)となること、
本事業総額が314,806千円であることから、本事業におけるCO2削減コストはそれぞれ、723.6円/t-CO2、 114.2円/t-CO2 となります。

対象年	2025年	2030年	備考
浮体式洋上風力発電導入設備容量(MW)	600	3,800	日本風力発電協会ビジョンによる累積導入量
設備容量に対するスパー型の設備容量(MW)	300	1,900	スパー型シェア50%と仮定した累積導入量
本技術によるCO2削減効果(万t-CO2)	43.5	275.5	1,450t/MW
CO2削減コスト(円/t-CO2)	723.6	114.2	

○参考資料2 事業化計画について

①ユーザニーズ及び市場の現状と想定される今後の動向

ユーザは、対象が浮体式洋上風力発電所であり、一般的には発電事業者となるが、RE100宣言企業等は再エネ比率拡大の2030年までの前倒しを求めており、太陽光の急速な拡大が困難になっている現状で、用地確保が容易な浮体式洋上風力発電に対するニーズが高まっていることから、RE100宣言企業等の再エネの早期確保を求める企業もユーザとして想定される。

市場規模は、風力発電協会の想定では認定取得ベースで、2030年：10GW、2040年：30～45GW とされている。一方、IEAのポテンシャルでは着床式が30TWhと、設備利用率30%として設備容量で11.4GWであり、2030年までの一定割合、2040年までには30GW以上の導入が必要となっている。

しかし、国内においては再エネ海域利用法にかかる促進区域の指定が遅れており、浮体式指定は長崎県五島市沖の後は指定されておらず、浮体式による大規模ウインドファームの実現はさらに遅れることになる可能性が高い。

想定される今後の動向としては、2030年までに再エネが必要となるRE100宣言企業等のニーズに対応するため、中小規模のウインドファームを展開していくことが想定され、2030年以降に大規模なウインドファームの急速な拡大が必要となる。

②：①を踏まえたコスト目標と事業採算性の見通し

年度	導入量	導入累計	コスト目標	採算性	備考
～2025年	—	21MW	36円/kWh	小	採算性低いためFIT活用が必要
～2030年	1GW(10MWx100基)	1GW	15円/kWh	小	RE100企業による自社電源
～2040年	15GW(15MWx1,000基)	16GW	9円/kWh	中	グリッドパリティ達成も競争により採算性低い
～2050年	200GW(20MWx10,000基)	216GW	7.5円/kWh	大	浮体式が最安値の電源となり採算性が安定する

○事業終了後の社内外の体制

「浮体式洋上風力発電事業部」として事業部化するとともに、五島専任の事業化部門を事業化部門と施工部門に分離し、事業化部門を全国規模へと拡大、施工部門を土木本部担当とすることで、体制の強化を図っている。

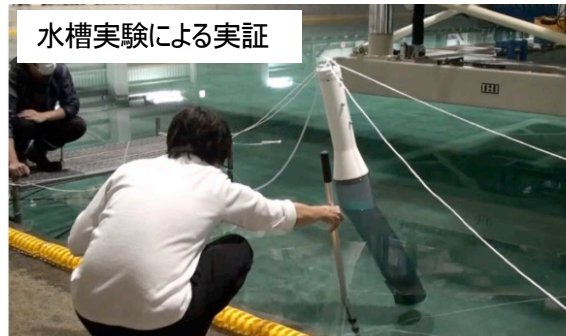
○開発成果の実用化に向けて必要な設備投資、想定している工場立地場所

長崎県五島市に世界初となる、浮体式洋上風力発電専門の量産工場(Floating Wind Hub GOTO)を開設し、量産を開始した。

○開発成果に基づいた製品の導入を想定している市場セグメント、ユーザーの確保に向けた取組

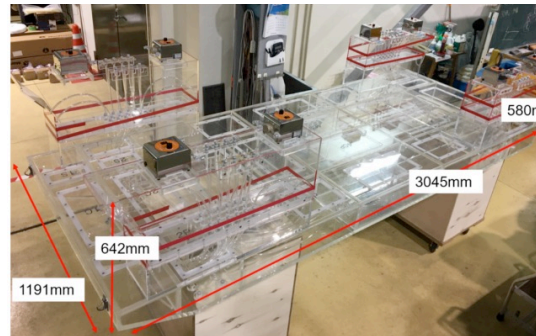
「長崎県五島市沖に係る海洋再生可能エネルギー発電施設整備促進区域の公募」において、開発技術を提案し、「洋上風力発電事業を行う選定事業者」に選定され、事業化を達成した。共同事業者として、石油(ENEOS,INPEX)、ガス(大阪ガス)、電力(関西電力、中部電力)を確保するとともに、浮体式の拡大を目指す、(一社)オフショアウインドファーム事業推進協会を設立し、普及拡大に取り組んでいる。

○参考資料3 その他



水槽実験による実証

スパー型浮体模型



半潜水台船模型



実海域実証

横倒し試験



フロートオン開始



フロートオン完了



ロールオフ実証

ロールオフ開始



ロールオフ途中



ロールオフ完了

CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 7. 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

[評価された点]

- 普及拡大が期待されるスパー型浮体式風力発電施設の撤去方法の技術開発が予定通り行われ、目標とした50%を大幅に上回る80%程度のコスト削減、また目標とした50%を大幅に上回る70%程度のCO2排出量削減効果が得られ、事業化レベルに達していることが実証されたことは評価できる。
- 当初の販売計画に近い販売見込みとなっていることは評価できる。

[今後の課題]

- 本事業では2MWのスパー型浮体式風力発電施設を対象としているが、より大型の施設への適用についても検討することが必要である。
- 事業期間終了後においても、得られた成果を学術論文発表や特許出願などにより積極的に公開して、開発した撤去法の優位性を示すことが必要である。
- 本撤去法の採用が、スパー型浮体式風力発電施設のライフサイクルコストならびにCO2排出量に与える影響を定量的に明らかにすることが必要である。

[その他特記事項]

- 浮体式風力発電施設の撤去費用を当初から積み立てるような制度ができることを期待する。

[事業化に向けたコメント]

- 洋上における大規模な水素生産基地の建設等、浮体式洋上風力発電施設は今後の脱炭素社会を支える基幹技術となり得るものと考える。更なるコストダウンと規模の拡大する風車単体の撤去方法を具体化することが望まれる。