

【課題名】浮体式洋上風力発電施設における係留コストの低減に関する開発・実証(委託)

【代表者】九州大学 宇都宮 智昭

【実施年度】平成27～29年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

日本周辺海域の実情に適したサクシオンアンカーと合成繊維索からなる係留システムを開発し、本システムが係留システムに関する初期コストを大幅に低減できることを実証する。また、メンテナンスコストの低減のため、チェーンの摩耗量評価手法を確立し、チェーンのメンテナンスフリー化につなげる。さらに、これらの知見を設計ガイドラインとしてとりまとめることで一般化を図り、浮体式洋上風力発電の導入拡大とCO2排出削減につなげることを目的とする。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【サクシオンアンカーの適用】

サクシオンアンカーを浮体式洋上風力発電施設に適用するための技術開発・実証を行い、係留コスト(インシヤルコスト)の20%以上の低減効果を達成する(実用化レベルに2020年到達見込)。

A2.【合成繊維索の適用】

合成繊維索を浮体式洋上風力発電施設の係留ラインに適用するための技術開発・実証を行い、係留コスト(インシヤルコスト)の5%以上の低減効果を達成する(実用化レベルに2020年到達見込)。

A3.【係留チェーンの摩耗量評価手法の開発】

浮体式洋上風力発電施設係留チェーンの摩耗量を定量的に予測できる手法を開発し、係留コスト(メンテナンスコスト)の25%以上の低減効果を達成する(実用化レベルに2020年到達見込)。

A4.【ガイドラインの整備】

B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

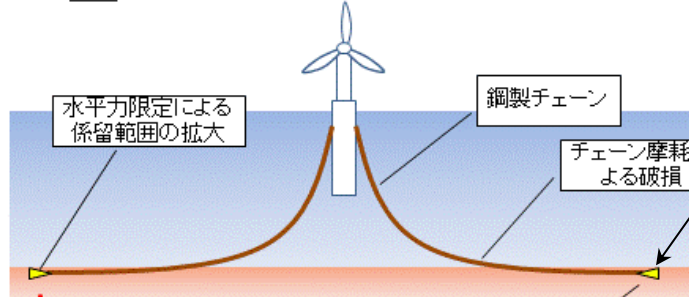
サクシオンアンカーを係留アンカーとして適用した場合、把駐力試験を省略できるサクシオンアンカーの特性から、合成繊維索の採用が容易となる。すなわち、ここで開発する係留システムは、サクシオンアンカーと合成繊維索の特徴に基づく統合案となっている。

サクシオンアンカー、合成繊維索ともに、大型浮体施設に対するわが国での適用例はないため、両者を統合した係留システムに課題がないか、本実証事業を通じて明らかにする必要がある。

サクシオンアンカーおよび合成繊維索からなる係留システムにおいて、合成繊維索が地盤との接触に弱い特性から、海底着底部においてはチェーンを採用する必要がある。このため、係留チェーンの摩耗量評価手法は、従来のチェーン・カテナリー係留システムにおいてのみならず、新形式係留システムにおいても有用な技術となる。

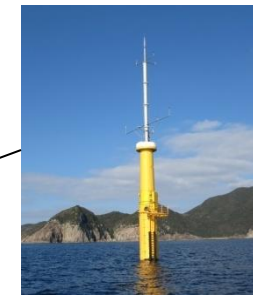
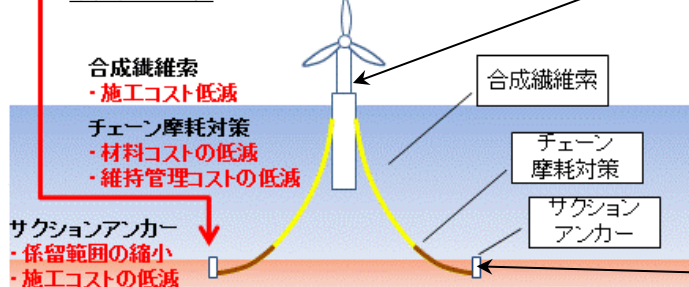
③【システム構成】

現状



ドラッグアンカーの例

本実証の内容



浮体式風況観測タワーを再利用



サクシオンアンカーの例

④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値: 浮体式洋上風力発電の事業者を想定ユーザとし、本技術の採用により、事業に係る初期コストおよび運用コストが低減される。

○目標となる仕様及び性能: 浮体式洋上風力発電施設における係留コストを25%程度以上低減可能な技術を開発・実証する。

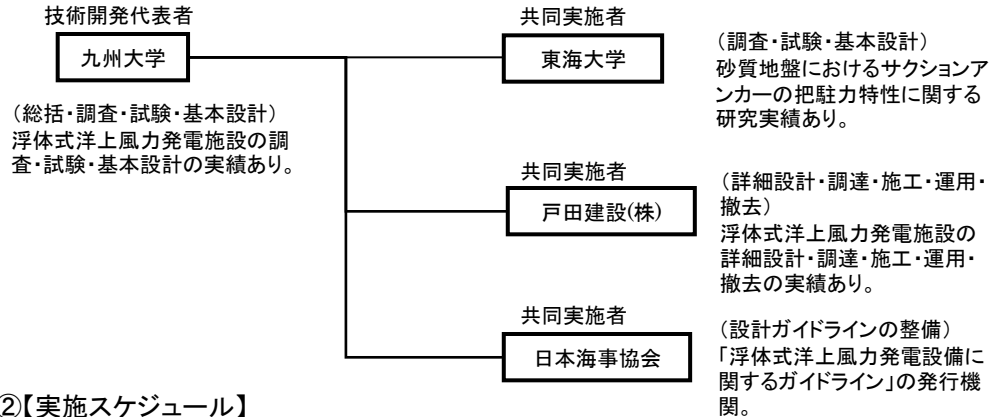
○開発工程のリスク・対応策:

・コスト目標に関するリスク: 海底土質調査コスト、合成繊維索の耐久性、チェーン摩耗量評価の不確実性やばらつきの大きさに伴うリスクが想定される。いずれも本実証事業を通じて、これらリスクの大きさを把握する。

・開発スケジュールに関するリスク: 現地施工完工が遅れるリスク、摩耗試験の実施が遅れるリスク等が想定されるが、安全性の確保を最優先としつつ、着実に取り組む。

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

	H27年度	H28年度	H29年度
サクシオンアンカーの適用	海底土質調査、基本設計、詳細設計、施工検討、サクシオンアンカーの製造・調達、施工・モニタリング機器の設計・製造・調達 214,923千円	施工検討、施工機器の調達、施工、運用、撤去検討 114,474千円	撤去検討、撤去、処分 105,300千円
合成繊維索の適用	特性試験、基本設計、詳細設計、施工検討、係留ラインの製造・調達、浮体動揺・係留張力モニタリングシステムの調達・試験運用 52,381千円	施工検討、施工、運用、撤去検討 73,865千円	撤去検討、撤去、残存強度試験、処分 52,920千円
係留チェーンの摩耗量評価手法の開発	シミュレーション手法の開発、摩耗要素試験、摩耗大型試験(予備試験) 18,291千円	シミュレーション手法の開発、摩耗要素試験、摩耗大型試験、摩耗量評価手法の構築 51,460千円	摩耗大型試験、撤去したチェーン摩耗量の実測、摩耗量評価手法の検証 40,284千円
ガイドラインの整備	関連するガイドラインの調査 590千円	調査およびガイドライン案の作成 2,180千円	ガイドライン案の整備 1,080千円
その他	4,013千円	33,770千円	56,916千円
間接経費	21,745千円	30,161千円	25,650千円
合計(税込)	311,942千円	305,910千円	282,150千円

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)
--------------	---------

・2017年度までに新型係留を事業化するとともに、2MW風車10基程度で構成される浮体式洋上ウインドファームを事業化する。

○事業展開における普及の見込み

- ・実用化段階コスト目標: 80万円/kW(浮体式洋上ウインドファームとして。係留コストはこの約35%)
- ・実用化段階単純償却年: 10年程度(浮体式洋上ウインドファームとして。固定買取価格36円/kWhによる試算値、O&M費: 初期コストの3%/年を仮定)

○事業目標値

年度	2020	2025	2030
目標累積設備容量(MW)	50	300	1,900
目標コスト(万円/kW)	80	60	50
係留目標コスト(万円/kW)	28	21	17.5

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・風力発電の系統連系接続可能量が十分でない。
- ・洋上風力発電適地において、陸上側連系点での送電容量が十分でない。
- ・海域利用における利害関係者間の調整の仕組みが十分に整っていない。

④【エネルギー起源CO2削減効果】

浮体式洋上風力発電によるCO2削減量(t-CO2/MWh)	0.525
-------------------------------	-------

年度	2020	2025	2030
CO2削減量(万t-CO2/年)	16	95	614
累積CO2削減量(万t-CO2)	16	180	1200
CO2削減コスト(円/t-CO2)		500	75

=環境省から受ける補助総額(円)÷当該年度までの累積CO2削減量(t-CO2)

- ・本開発結果により浮体式洋上風力発電の導入が加速度的に促進されると考えられるため、浮体式洋上風力発電によるCO2の削減効果を本事業による削減効果とみなす。
- ・2020年、2025年、2030年に期待される浮体式洋上風力発電の最大普及量: 100MW、600MW、3,800MW(JWPAビジョン)。最大発電電力量: 300GWh/年、1,800GWh/年、11,700GWh/年。

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・わが国で初めて、水深100mの実海域でサクシオンアンカーの打設・運用・回収に成功。サクシオンアンカーの設計・施工・撤去手法を確立。
- ・合成繊維索を大型浮体の係留索として1年間運用し、残存強度を定量評価。
- ・係留チェーンの摩耗量評価手法の構築をおこない、実海域で取得した摩耗量との比較検討により開発した摩耗量評価手法を定量的に検証。
- ・新形式係留システムおよび係留チェーンの摩耗量評価手法に関するガイドラインを整備し、平成30年中に刊行予定。

②【CO2削減効果】

本開発結果により浮体式洋上風力発電の導入が加速度的に促進されると考えられるため、浮体式洋上風力発電によるCO2の削減効果を本事業による削減効果とみなす。

○2020年時点の削減効果（試算方法パターン C,Ⅲ-i）

- ・2020年に期待される浮体式洋上風力発電の最大普及量:100MW(JWPA(日本風力発電協会)ビジョン)
- ・2020年に期待される浮体式洋上風力発電の最大発電電力量:300GWh/年
- ・浮体式洋上風力発電によるCO2削減量:0.525t-CO2/MWh
- ・年間CO2削減量:16万t-CO2

○2030年時点の削減効果（試算方法パターン C,Ⅲ-i）

- ・2030年度に期待される浮体式洋上風力発電の最大普及量:3,800MW(同上)
- ・2030年に期待される浮体式洋上風力発電の最大発電電力量:11,700GWh/年
- ・浮体式洋上風力発電によるCO2削減量:0.525t-CO2/MWh
- ・年間CO2削減量:95万t-CO2

③【成果発表状況】

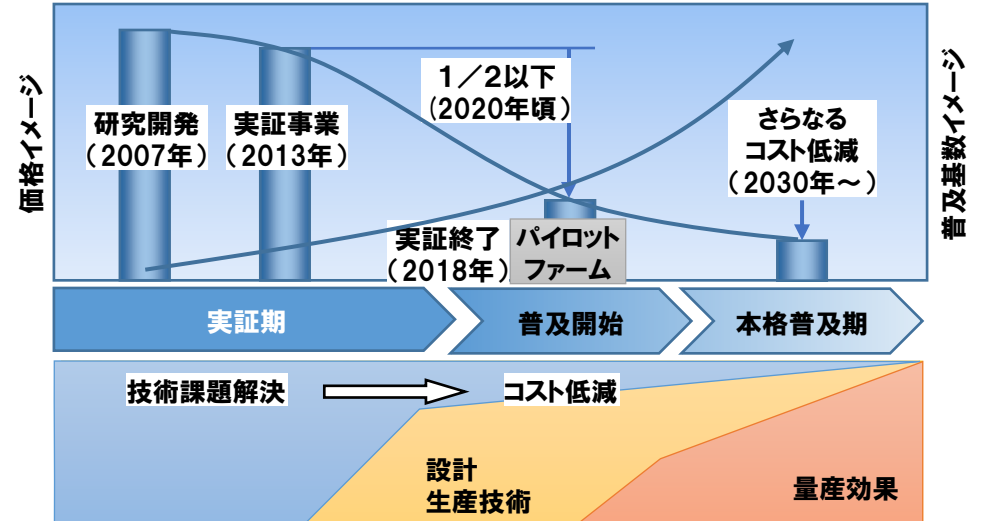
- ・宇都宮智昭, 佐藤郁, 田中康二:スパー型浮体係留へのポリエステルロープの適用と残存強度に関する実海域実験, 第27回海洋工学シンポジウム, 2018.08.
- ・Koji Gotoh, Masataka Nakagawa, Koji Murakami and Tomoaki Utsunomiya, Effect of Tensile Force for Wear Performance of Mooring Chain, Proceedings of the ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2018.06.
- ・Koji Gotoh, Koji Murakami, Masataka Nakagawa and Tomoaki Utsunomiya, Wear Performance of the Mooring Chain Used in Floating Wind Turbines, Proceedings of the ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2017.06.
- ・Tomoaki Utsunomiya, Kinji Sekita, Katsutoshi Kita and Iku Sato, Demonstration Test for Using Suction Anchor and Polyester Rope in Floating Offshore Wind Turbine, Proceedings of the ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2017.06.

④【技術開発終了後の事業展開】

○事業化計画

- ・2020年までに、ウインドファームを完成、5MW機の実証実施。
- ・2022年までに、ウインドファームの運転開始。
- ・2030年を目処として、全国複数箇所での事業開始。

○事業拡大シナリオ



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	30億	20億
単機出力	2MW	5MW	5MW超

○シナリオ実現上の課題

- ・浮体式洋上風力発電事業のための立地までに時間がかかる。
- ・建造・設置コストが高く、さらなる低コスト化が必要。
- ・プロジェクトファイナンスが見つからない。

○参考資料(1/2)



浮体式風況観測タワー



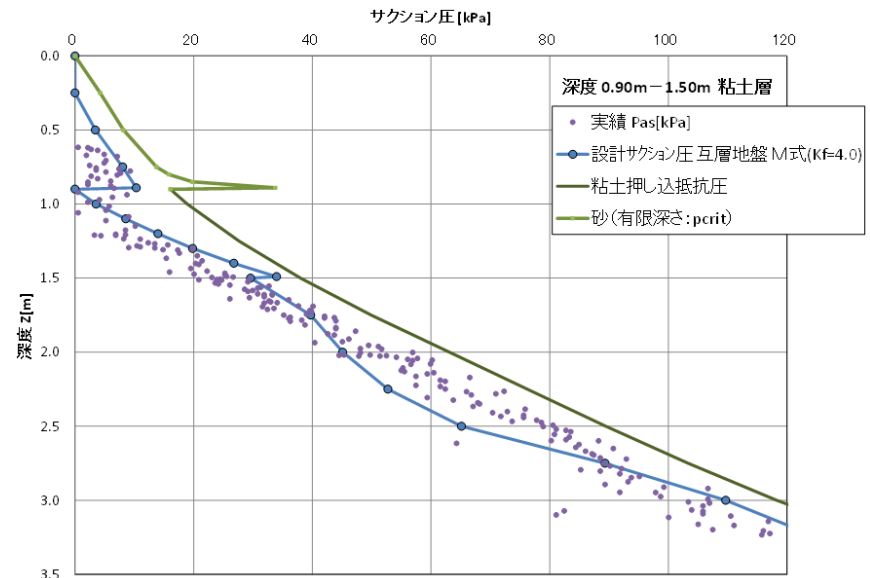
サクシオンアンカーと
施工・モニタリング機器



サクシオンアンカー打設
完了を示す海中映像



サクシオンアンカー本施工
(2016.6.26)



互層地盤としてのサクシオンアンカーの貫入解析結果
と実測値との比較

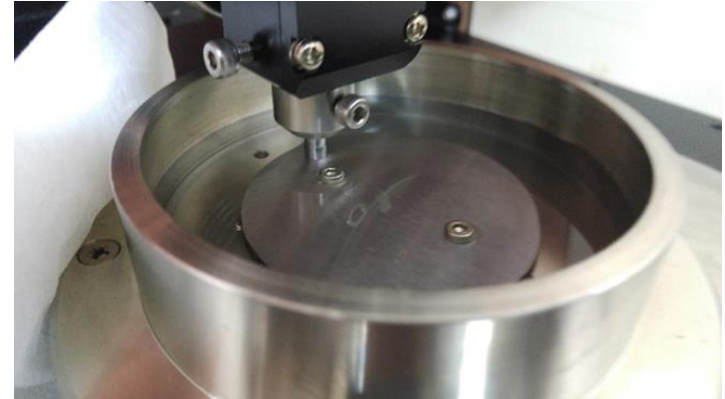
○参考資料(2/2)



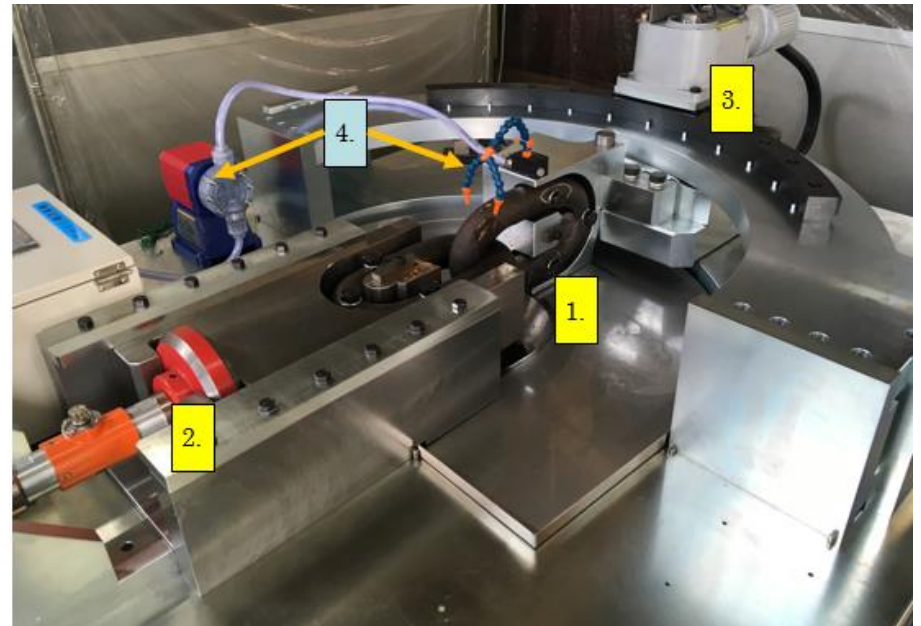
1年間運用後のポリエステルロープ



ポリエステルロープコアの目視観察



人工海水中での摩耗要素試験



人工海水環境下での鎖摩耗大型試験

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 6.8点（10点満点中）
- 評価コメント

[技術開発として優れている点]

- 浮体式洋上風力発電施設のサクションアンカーを用いる係留技術を国内で実証し、目標とする係留コストを25%低減できることを示したことは評価できる。

[今後の課題]

- 合成繊維索の残存強度低下の軽減策の検討とともに、経年劣化についてのより長期の実証が必要である。
- 想定外の強風や津波のリスク解析を実施するとともに、水深、地盤、海流などの条件について適用可能性の検討に努めること。
- 昨今、台風等の災害による再生可能エネルギー設備への影響が報道されている。本技術開発について、これらの災害への対策が十分かどうか検討することを望む。
- 海洋再生可能エネルギーの経済性を高めるため、本事業で得られた知見を積極的に周知させ多様な事業への展開を図ることを望む。

[その他]

- 本技術開発で得られた成果に基づき、実用化に向けてコスト低減も含めて継続的な取り組みを期待する。