

【課題名】洋上風況の観測システム及び推定に関する技術開発・実証事業(委託)

【代表者】一般財団法人日本気象協会 小玉 亮

【実施予定年度】平成28～令和2年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

再生可能エネルギーの導入拡大に向けて、洋上風力発電の拡大が期待される。洋上風力発電の導入を検討する事業者にとって、事前に洋上風況観測を実施し、その事業性を評価することは重要な課題である。しかし、洋上に風況観測鉄塔を建設するには、膨大な費用と長い工期が必要となるため、このことが洋上風力発電導入の阻害要因の1つとなっている。

そこで、本技術開発ではスパーバイとドップラーライダー(以下、ライダーとする)を統合した、**低コストで洋上風況を直接観測可能なシステムを開発**する。このシステムは、日本の厳しい海象条件に耐えられる仕様とし、実証実験により適用性を確認する。また、実証実験により得られた風況観測データを活用して、**洋上風況の3次元的な空間分布を把握する風況推定手法を開発**する。本事業の開発により洋上風力発電の導入が促進され、CO2排出削減対策に大きく貢献することが期待される。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【安定運用に資する低動揺型ブイの開発】

日本周辺の厳しい海象条件下で、安定的に1年間の運用が可能な低動揺型ブイを開発する。ブイには動揺を抑えるために水中フィンを着装し、ユニバーサルジョイントによる係留方法を採用することで、安定運用に資することを実証する。

A2.【ライダーによる洋上風況観測手法の確立】

波浪中のブイに搭載したライダーによる洋上風況観測手法を確立する。ブイには動揺補正機能を有するライダーを搭載し、電源には燃料電池を採用する。本システムによる洋上風況観測データの品質について、ブイ直近の陸上に設置したライダーや鉄塔などの観測データと比較、検討する。

A3.【観測データを活用した洋上風況推定手法の開発】

領域気象モデルWRFを基に、洋上に適した風況推定手法を開発する。洋上及び陸上に展開したライダーによる風況観測データを活用し、種々のデータ同化手法を検討し、洋上風況推定の精度向上を図る。

B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

・低動揺型ブイと動揺補正機能付きライダーの統合

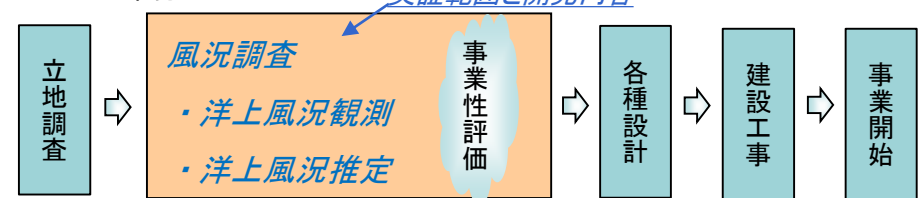
低動揺型ブイと動揺補正機能付きライダーを統合した洋上風況観測システムを開発する。特に海象条件の厳しい日本海を実証海域とし、約1年間の運用を行う。運用中はリスク管理として、ブイやライダー及び燃料電池の状態をリモート監視する。洋上風況観測データは陸上の観測データと比較することで品質を評価する。

・洋上風況推定計算と観測データの統合

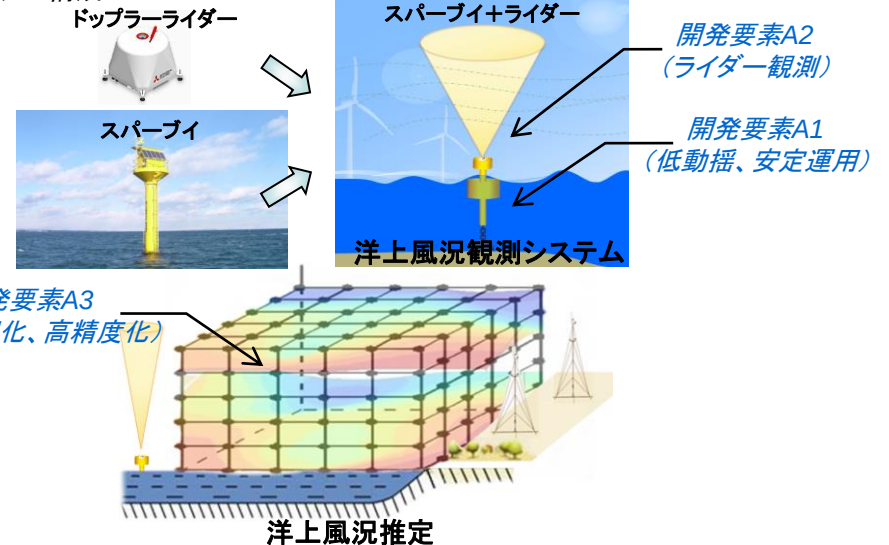
洋上風況推定計算に洋上及び陸上の観測データの同化を検討し、推定精度の向上を図る。風力事業者にとっては、洋上風況観測システムによる点データだけでなく、面的な風況分布の把握も可能となるため、事業性評価の有効なツールとなることが期待される。

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: 洋上風力事業者、国、自治体など・コスト削減、導入促進

○目標となる仕様及び性能:

1. 洋上風況観測システム開発

費用: **2億円程度の低コスト**(鉄塔の1/10)で洋上風況を観測可能

仕様: 高度50mから150mまでの洋上の風況を観測可能

性能: 高度100mの風の測得率: **90%以上**

2. 洋上風況推定手法の開発

仕様: 高度50mから150mまでの数10km四方の風況空間分布を推定可能

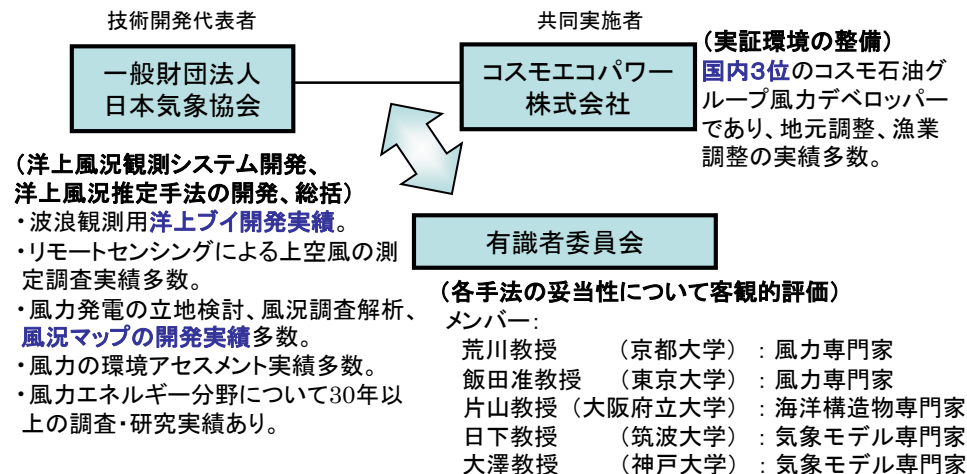
性能: 高度100mの洋上風力による **年間発電量推定誤差を定格比10%以内**

○開発工程のリスク・対応策: ブイの流出や電源断・対応策として保険、ブイの位置や挙動など稼働状況の常時監視、地元関係者との連携

(2)実施計画等

①【実施体制】

- ・本技術開発は、以下の2社により実施する。本提案チームの特長は、洋上ブイの開発、リモートセンシングによる風況調査、風況シミュレーションの実績のある日本気象協会と、風力発電事業者であるコスモエコパワーが共同実施することである。
- ・本提案チームは、将来的に洋上風の観測と風況シミュレーション調査の**事業化に直結する体制**であり、事業者要望を取り入れた技術開発となるため、本技術の普及促進と洋上風力発電の開発促進が期待される。



②【実施スケジュール】

	H28年度	H29年度	H30年度	R元年度	R2年度
1. 洋上風況観測システム開発	→				
	120,903	205,942	212,795		
2. 陸上風況観測システム開発	→				
	58,355	29,708	74,470		
3. 洋上風況推定手法開発	→				
	43,672	134,945	36,404		
4. 実証環境の整備	→				
	9,115	12,406	2,508		
有識者委員会の開催	● ●	● ● ●	●	●	●
合計 単位(千円)	232,045	383,001	326,177		

H30年度業務は2度の観測中断とコロナの影響により、工期がR2年6月まで延期された。

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	一般財団法人日本気象協会
・日本気象協会が、風力発電事業者からの洋上風況観測と洋上風況推定の委託業務サービスを2020年(令和2年)から開始する。 ・これまで培ってきた多くの風力環境アセスメント実施実績の販売ネットワークにより、上記委託事業の営業を展開する。	

○事業展開における普及の見込み

- ・本技術開発は関連事業者からの関心が高く、2020年3月時点で発電事業者や土木・建築事業者らから11件の問い合わせがあった。
- ・現時点の洋上風力における高位の導入見込量から試算すると、累積で2030年に44件、2050年には99件程度の案件創出が見込まれる。
- ・これまでの問い合わせ件数と10年後には導入見込量の1/3に本事業の開発成果が適用される事を目標とすると、最大限で2030年度には累積15件、2050年度には累積33件の案件が見込まれる。ここで、売上高は2022年度までは1件当たり2.0億円、それ以降は1件当たり1.0億円として試算した。

○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	2020	2025	2030	2050
洋上風力の累積案件数	5	26	40	96
本技術の累積目標件数	3	17	26	64
累積目標売上額(億円)	3	17	26	64

【現時点見込み】

現時点見込みの年次は固定

年度	2020	2022	2030	2050
洋上風力の累積案件数	7	16	44	99
本技術の累積目標件数	1	3	15	33
累積目標売上額(億円)	2	6	18	36

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・本技術開発を活用した国や自治体による洋上風力に適した海域のゾーニングや事業化支援が大きな課題となる。
- ・事業者にも広く認知されることが普及に向けた課題となるため、本技術開発の成果を学会や専門誌等で広く広報する。

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・低動揺型スパーブイとライダーを統合した**世界初の洋上風況観測システムを開発**。
- ・海象条件の厳しい日本近海において四季を通した運用を実証し、高度100mの風況測得率の目標90%以上に対して、**測得率96.1%を達成**。
- ・洋上に風況観測鉄塔を建設する場合と比べて、**約1/10のコストで洋上風況観測が可能**。
(本システム:2.0億円(1基を複数案件で融通した場合)/鉄塔:21.5億円)
- ・洋上及び陸上の風況観測データを基に、日本近海の風況再現に適したデータ同化を導入した洋上風況推定手法を開発。
- ・洋上風況推定における年間発電量推定誤差の目標、定格比10%以内に対して、洋上のブイ地点で**定格比-0.1%を達成**。

②【エネルギー起源CO2削減効果】

【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)	152,161
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	10年

年度	2020	2025	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	50	472	893	3,754
累積CO2削減量(万t-CO2)	50	1,566	5,661	54,455
CO2削減コスト(円/t-CO2)	60	30	10	10

【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/台・年)	152,161
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	10年

年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	35	126	487	1,876
累積CO2削減量(万t-CO2)	35	242	3,000	27,812
CO2削減コスト(円/t-CO2)	57	32	25	10

現時点見込みの年次は固定

③【成果発表状況】

論文投稿・学会発表など(全6件)

- ・久野他: 洋上風況の観測システムおよび推定に関する技術開発と実証〜洋上風況推定手法の開発における現地観測値の活用検討〜, 日本風力エネルギー学会誌, Vol.42, No.1, pp.18-22, 2018
- ・大西他: ドブラーライダーと低動揺型スパーブイを組み合わせた洋上風況観測システムの開発, 日本風力エネルギー学会論文集, Vol.42, No.3, pp.33-41, 2018
- ・大西他: 洋上風況観測システムBuoyLidarの開発, 日本風力エネルギー学会誌, Vol.43, No.2, pp.202-205, 2019

広報活動(全8件)

- ・環境省事業〜洋上風力発電の導入を促進し、二酸化炭素の排出削減を図る〜洋上風況の観測システム・推定手法の開発・実証への取り組み, JWA info., Vol.74, 平成28年12月1日
- ・世界初! 低動揺ブイを用いた洋上風況観測システム「BouyLidar」を開発, ニュースリリース, 平成29年7月11日
- ・展示会出展, 第8回国際風力発電展〜WIND EXPO 2020〜, 令和2年2月26〜28日

報道発表(全9件)

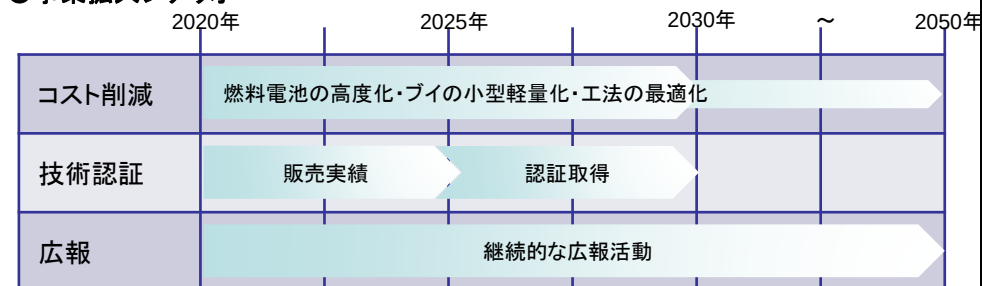
- ・日本気象協会、低動揺ブイを用いた洋上風況観測システム「BouyLidar」を開発, 日本経済新聞, 平成29年7月11日
- ・日本気象協会、海上の風速・風向を観測システム開発, 日刊工業新聞, 平成29年7月12日
- ・日本気象協会がブイ+ライダーの洋上風況観測システム実証事業開始, 新エネルギー新聞, 平成29年8月7日

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・2030年頃を目途に、燃料電池の耐久性向上を含めた高度化、プラットフォームであるブイの小型・軽量化、及び設置・撤去に係る工法の最適化を行い、継続的なコスト削減を推進。
- ・販売実績を積み重ねたうえで、2030年頃を目途に認証取得。
- ・継続的な広報活動による販路拡大。

○事業拡大シナリオ



○シナリオ実現上の課題

- ・より耐久性、メンテナンス性に優れる燃料電池システムの開発
- ・海象条件に応じて柔軟に仕様変更可能な構造を持つブイの開発
- ・低コストで安全性に優れるブイの設置工法の確立
- ・国際的に通用する認証取得に向けた環境整備、構築
- ・洋上風力関連事業に適した保険制度の構築 等

○参考資料1 CO2削減効果について

○2020年時点の削減効果（試算方法パターン C,Ⅲ- i）

- ・2020年度当初で11件の引き合い。
- ・洋上風力発電導入目標値: 70万kW(日本風力発電協会(JWPA,2018年)による)
- ・2020年度までに期待される最大普及量: 1台(1サイト当たりの規模10万kW)
- ・開発システム1台当たりのCO2削減量: 152,161t/年
- ・年間CO2削減原単位: 1,522kgCO2/年/kW、年間設備利用率30%、再生可能エネルギー発電量2,628kWh、排出係数0.579kgCO2/kWh
(環境省地球温暖化対策事業効果算定ガイドブックH29年版にて算定)
- ・累積CO2削減量: 35万t-CO2
- ・CO2削減コスト: 57円/t-CO2(目標販売価格2億円)

○2022年時点の削減効果（試算方法パターン C,Ⅲ- i）

- ・洋上風力発電導入目標値: 248万kW(日本風力発電協会(JWPA,2018年)による)
- ・2022年度までに期待される累積最大普及量: 3台(1サイト当たりの規模20万kW)
- ・開発システム1台当たりのCO2削減量: 152,161t/年
- ・年間CO2削減原単位: 1,522kgCO2/年/kW、年間設備利用率30%、再生可能エネルギー発電量2,628kWh、排出係数0.579kgCO2/kWh
(環境省地球温暖化対策事業効果算定ガイドブックH29年版にて算定)
- ・累積CO2削減量: 242万t-CO2
- ・CO2削減コスト: 32円/t-CO2(目標販売価格2億円)

○2030年時点の削減効果（試算方法パターン C,Ⅲ- i）

- ・洋上風力発電導入目標値: 960万kW(日本風力発電協会(JWPA,2018年)による)
- ・2022年度までに期待される累積最大普及量: 15台(1サイト当たりの規模30万kW、導入目標値の1/3に本システムが導入されるとして)
- ・開発システム1台当たりのCO2削減量: 152,161t/年
- ・年間CO2削減原単位: 1,522kgCO2/年/kW、年間設備利用率30%、再生可能エネルギー発電量2,628kWh、排出係数0.579kgCO2/kWh
(環境省地球温暖化対策事業効果算定ガイドブックH29年版にて算定)
- ・累積CO2削減量: 3,000万t-CO2
- ・CO2削減コスト: 25円/t-CO2(目標販売価格1億円)

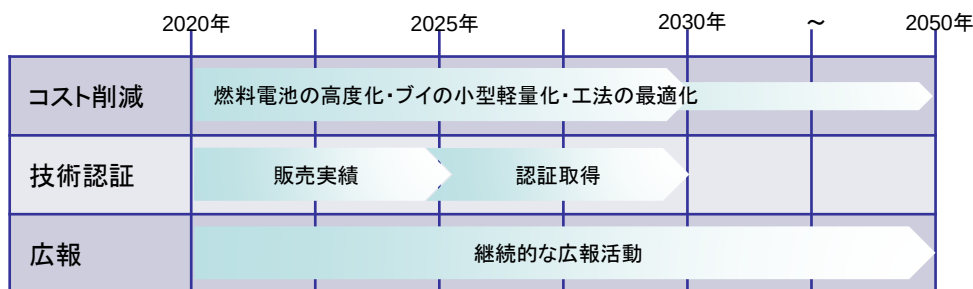
○2050年時点の削減効果（試算方法パターン C,Ⅲ- i）

- ・洋上風力発電導入目標値: 3,700万kW(日本風力発電協会(JWPA,2018年)による)
- ・2022年度までに期待される累積最大普及量: 33台(1サイト当たりの規模50万kW、導入目標値の1/3に本システムが導入されるとして)
- ・開発システム1台当たりのCO2削減量: 152,161t/年
- ・年間CO2削減原単位: 1,522kgCO2/年/kW、年間設備利用率30%、再生可能エネルギー発電量2,628kWh、排出係数0.579kgCO2/kWh
(環境省地球温暖化対策事業効果算定ガイドブックH29年版にて算定)
- ・累積CO2削減量: 27,812万t-CO2
- ・CO2削減コスト: 10円/t-CO2(目標販売価格1億円)

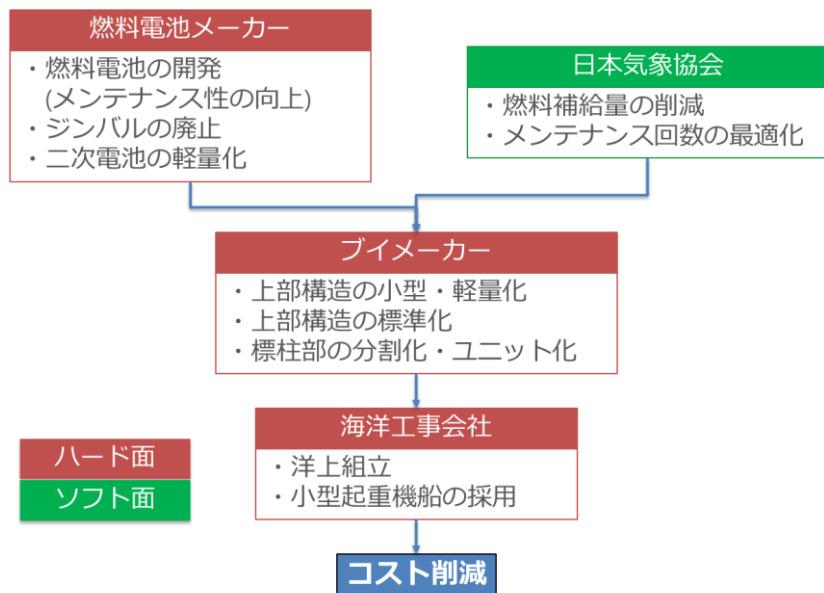
○参考資料2 事業化計画について

- ・本事業で開発した洋上風況観測システムは、実証段階で洋上風力関連事業者から11件の引き合いがあり、業界からの期待の高さが伺える。
- ・本システムの事業展開には小型・軽量化をベースとしたさらなるコスト削減が課題。
- ・さらに海外のような技術認証の取得により、事業者の訴求力を高める必要がある。

①【課題を踏まえた事業化のロードマップ】



②【コスト削減に向けた関連技術の課題】

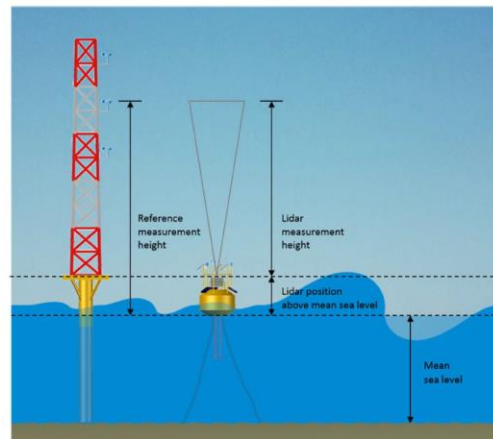


③【想定顧客の確保に向けて】

業種	問い合わせ件数	具体的な検討
発電事業者	4件	2件
土木・建築	3件	1件
コンサルタント	1件	1件
金融・その他	3件	1件
合計	11件	5件

- ・上表は現時点(2020年3月)での洋上風況観測システムの問い合わせ件数
- ・表中の事業者が想定される顧客
- ・国内の風力アセスシェア約50%の実績を有する顧客ネットワークの活用
- ・広報活動として、ニュースリリース発行、展示会等への継続的な参加
- ・技術認証の取得に向けての課題整理とその対応の検討

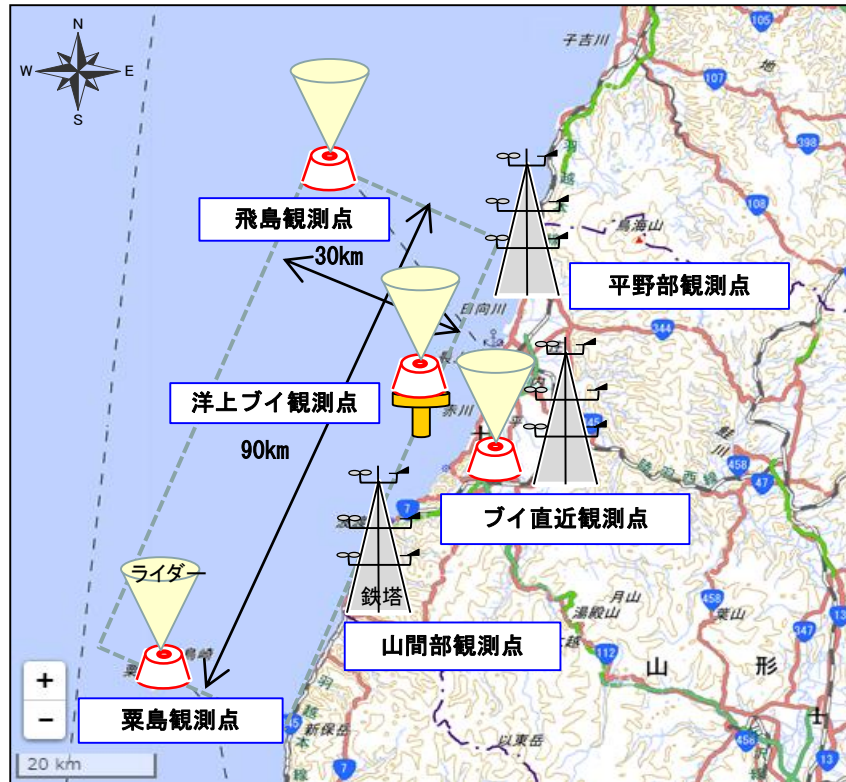
④【海外の浮体式ライダー(FLS)の動向】



海外では浮体式ライダーを洋上の風況観測鉄塔と並行観測することで、浮体式ライダーの観測精度を認証する動きが見られる。国内でも関連団体が連携して同様の認証システムを構築することが期待される。

左の図は並行観測の模式図 (IEA Wind RP 18 Floating Lidar System, 2017より)

○参考資料3 その他①

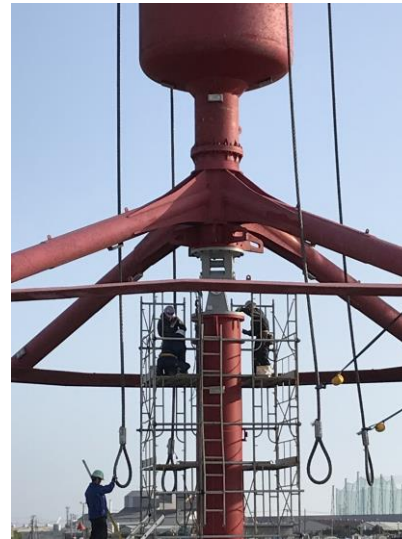


実証海域周辺の観測点配置図

写真左上: 陸上工事 (水中フィンとユニバーサルジョイント)

写真下 : 海上工事 (洋上風況観測システムの設置)

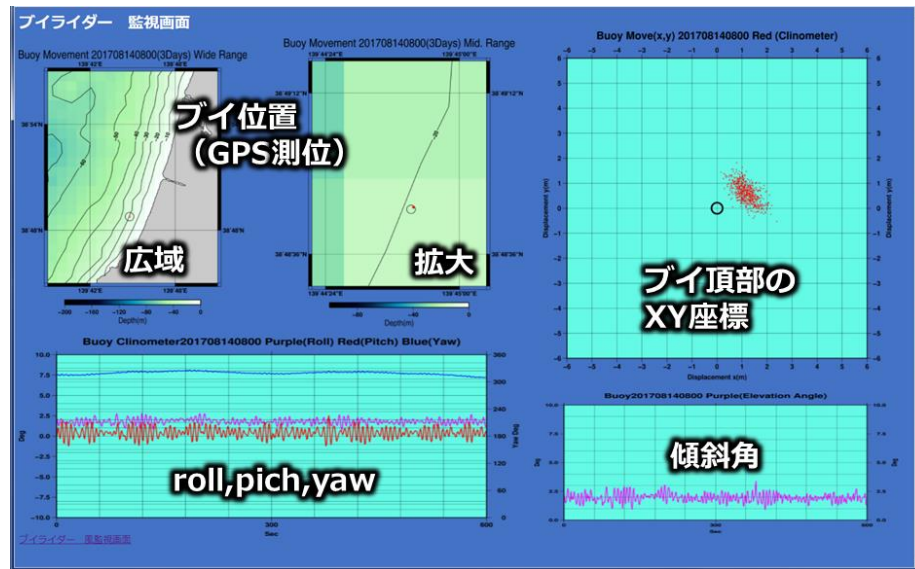
写真右上: 設置後の洋上風況観測システム



○参考資料3 その他②

観測点ごとのライダーによる高度100mの風況測得率

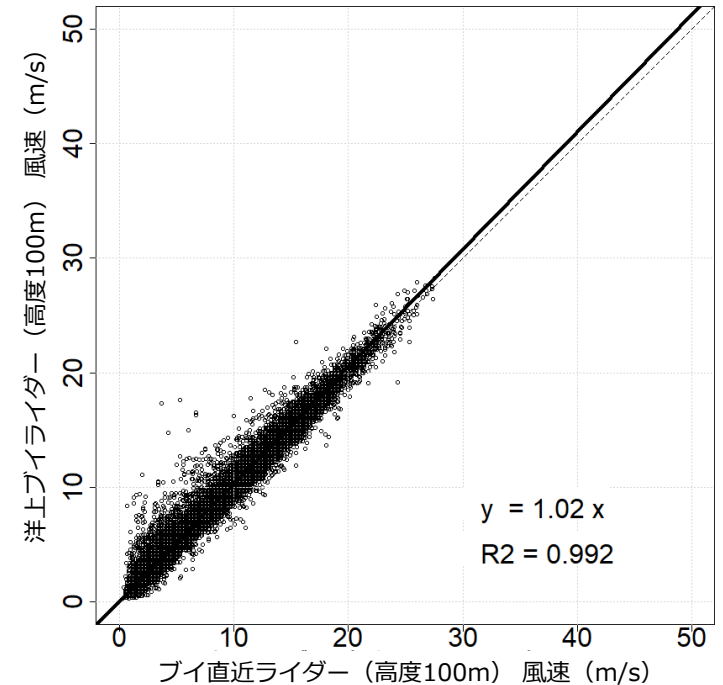
観測点		洋上ブイ	ブイ直近	飛島	栗島
2017年度	測得率(%)	99.2	93.3	97.9	97.4
	観測期間	2017/7/9～ 2017/12/12	2017/6/6～ 2018/3/31	2017/5/10～ 2018/3/31	2017/4/24～ 2018/3/31
2018年度	測得率(%)	88.7	91.8	96.0	97.3
	観測期間	2018/9/18～ 2018/11/8	2018/4/1～ 2019/3/31	2018/4/1～ 2019/3/31	2018/4/1～ 2019/3/31
2019年度	測得率(%)	96.1	94.4	99.6	96.1
	観測期間	2019/5/17～ 2020/2/29	2019/4/1～ 2020/2/29	2019/4/1～ 2020/2/29	2019/4/1～ 2020/2/27



洋上風況観測システムのリモート監視システム

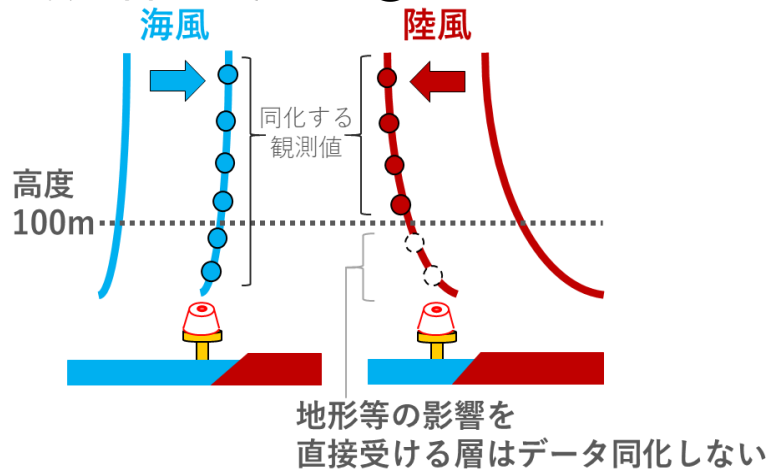
海側の風(風速帯 全データ)

期間: 2019年5月17日～2020年2月29日

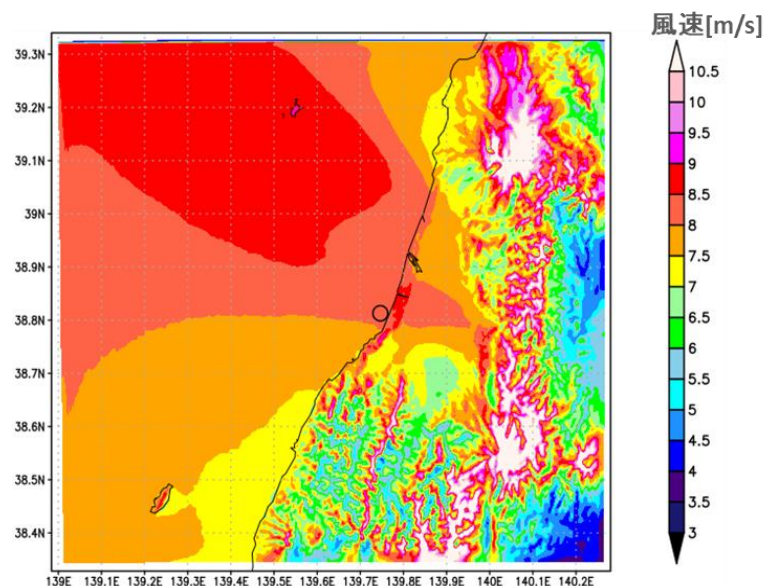


洋上風況観測システム(洋上ブイライダー)と
陸上のブイ直近ライダーの風速相関図
(海風の場合、高度100m)

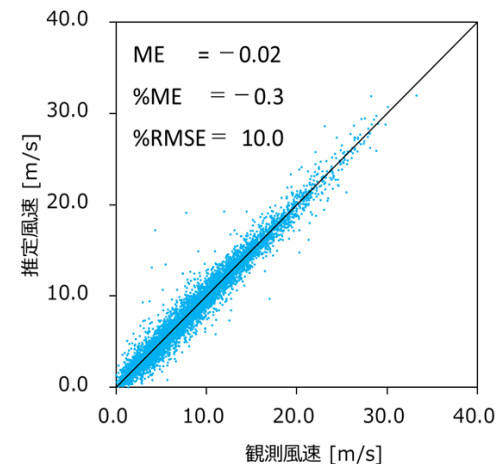
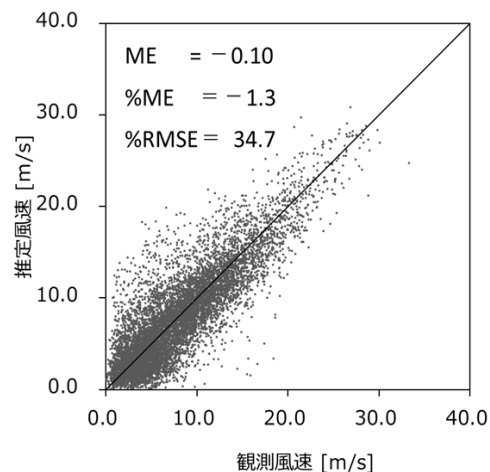
○参考資料3 その他③



*海風の場合は高度100m以下の低層の観測値も同化し、陸風の場合は地形等の影響を避けるため高度100m以上の観測値を同化する。



本洋上風況推定手法による実証海域周辺の年平均風速分布
(2017年7月10日～2018年7月9日を対象、高度100m)



洋上ブイ観測点における風速の観測値と推定値の比較
(左)同化なし、(右)本手法、同化あり
(2017年7月10日～2018年7月9日を対象、高度100m)
*本手法により観測値に対する平均誤差やばらつきが改善された。

年間発電量推定誤差

	洋上ブイ観測点	ブイ直近観測点
定格比%ME	-0.1	4.1
定格比%RMSE	4.1	17.1

*本手法の開発により目標の定格比%MEで10%以内を達成

定格比%ME : 風力発電機の定格出力に対する平均誤差の比[%]

定格比%RMSE: 風力発電機の定格出力に対する二乗平均平方根誤差の比[%]

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 7.3 点（10点満点中）

- 評価コメント

【評価される点】

- 2度の大きなトラブルを適切な対応で乗り越え、よりリスクに強いシステムが構築でき、かつ当初目標を満足する成果をあげた点は評価できる。
- 洋上風力観測コストの大幅低減を可能とする本技術は、今後の風力発電導入促進に大きく寄与する技術となることが期待できる。
- 洋上風況観測システムは、鉄塔利用による観測方法と比較して、1/10のコストで観測可能であることを示した点は評価できる。

【今後の課題】

- 洋上風力発電の導入促進が進む環境下で、本開発技術の適用範囲は広いと考えられる。本事業の成果を活用してビジネスモデルを策定し市場への参入を進めるとともに、小型・軽量化について検討を行い、低コスト化進めることによって、事業化計画を早期に進めていくことが望まれる。
- 海上における構築物の維持管理には予期しないリスクがあり、アクシデント発生時の対応を含めてレジリエンスの高いシステムを構築することが望まれる。

【その他特記事項】

- ODAやJICA事業等を通じて海外展開の検討も期待する。