

# 洋上風力発電における高精度の気象観測技術

## フローティングライダー

日本気象株式会社 高祖 研一、西嶋 裕

### はじめに

2018年に閣議決定されたエネルギー基本計画によると、再生可能エネルギーの割合を増やす「エネルギーミックスの確実な実現」、「エネルギー転換・脱炭素化に向けた挑戦」が掲げられている。

そのような中、我が国では再生可能エネルギーの利用が広がってきており、中でも海洋国家日本のフィールドポテンシャルを踏まえた洋上風力発電への期待が大きい。現在数多くの開発計画が立案されており、洋上風力発電が今後ますます盛んになることが期待されている。

当社は風力発電の技術コンサルタントとして、洋上風力発電に先行している欧州技術に着目し、我が国における洋上風力発電の発電量評価手法の検討に取り組んでいる。現在、欧州においては、洋上に気象観測塔を建てるのに比べて、簡便・安価でかつ信頼性の高い風況データが取得できる手法として、フローティングライダーの導入が進んでいる。

本稿では、このフローティングライダーを国内に導入するために、まず背景など基本的な部分について述べ、次に検討すべき課題を示している。

### 日本へフローティングライダーシステムを導入する背景

#### 1. 日本における洋上風力発電事業

我が国では、洋上風力発電の先行導入適地として港湾が有望視されるなか、2016年7月に改正港湾法が施行され、港湾区域における水域占

用等のルールが整備された。これを受け、同制度を活用して北九州港や鹿島港で洋上風力発電事業者が選定されるなど、複数の港湾において洋上風力発電プロジェクトが進展している。さらに、2018年11月に「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（いわゆる再エネ海域利用法）」が成立し、大規模な洋上風力発電が期待できる「一般海域」の利用ルールが整備されることになった。（一社）日本風力発電協会によると、建設準備中と環境アセスメント手続き中の洋上風力発電プロジェクトは、港湾区域と一般海域を含めて約5GWあり、一般海域の利用ルールが整備されることにより、2030年には10GWを超える洋上風力発電の導入が想定されている。

洋上風力発電プロジェクトを進めるにあたり、技術的には、立地環境調査、気象・海象調査、基本設計、実施設計、建設工事を経て事業化し、そして撤去・解体に至るまでを検討しなければならず、それと並行して関係法規の検討や許認可手続き等を行う必要がある。

プロジェクトの開発段階において、事業可否の検討に必要な発電量予測や風力発電設備の設計に必要なサイト評価を行うために、候補海域の風況データを最低1年間、通常は2～3年間収集することが重要であり、そのために陸上の場合と同様に洋上に風況観測タワーを設置するのが一般的と考えられてきた。

我が国では、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の洋上風況観測システム実証研究において銚子沖と北九州沖に設置された洋

上風況観測タワーが存在するが、それら以外の候補海域には、まだ設置されていない。

## 2. 欧州における近年の技術革新

一方、イギリス、ドイツ、デンマーク、オランダなど欧州の洋上風力発電先進国では、政府が入札を計画する候補海域において、洋上風況観測タワーが政府によって設置されてきた。しかし、欧州では、近年におけるコスト削減の試みと技術革新によって、設置に 15 億円前後の費用がかかると言われる洋上風況観測タワーの新規設置は無くなると考えられており、代わりにより安価で効率的に信頼できる風況データが取得できるフローティングライダーが導入されつつある。

イギリスの独立企業カーボントラスト社と洋上風力発電事業者 9 社によって共同発案された研究開発実証プログラムであるオフショアウィンドアクセラレーター（OWA：Offshore Wind Accelerator）は、洋上風力発電所のコスト削減と効率向上、業界ベストプラクティスの展開を目的としており、そこでは、フローティングライダーが従来の洋上風況観測タワーに取って代わる可能性があり、大幅なコスト削減と柔軟な移設可能性を持つと考えられている。

現在まで 13 種類のフローティングライダーがトライアルや風力資源評価を目的として、主に北ヨーロッパが多いが、北アメリカや台湾も含めて世界約 40 ヶ所、合計 84 プロジェクトにおいて採用されている。

当社は、今後一般海域で洋上風況観測が必要となる日本市場へ効率的で信頼できるデータ取得手法を提案するため、カナダに本社がある Axys Technologies（AXYS 社）と、スペインに本社がある Eolos Floating Lidar System（EOLOS 社）と基本合意契約を結び、欧州や北米、台湾、韓国での経験を踏まえ、日本に適合する手法の導入を目指している。



写真 1 欧州の洋上風力発電所

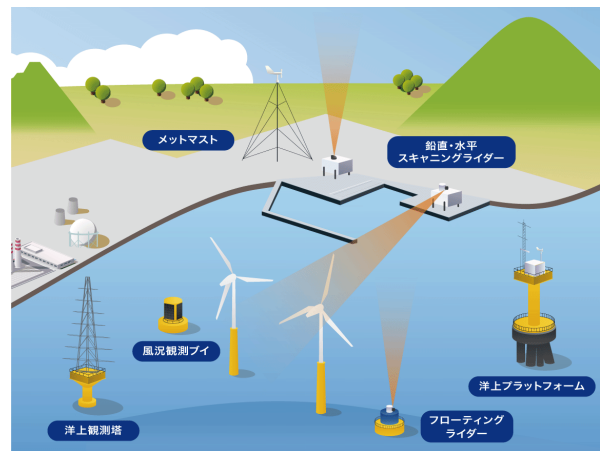


図 1 洋上における風況調査手法

### フローティングライダーの概要

フローティングライダーとは、洋上の浮体構造物に上空の風をレーザーにより測定するドップラーライダー（Doppler LiDAR）を設置し、洋上の風況観測を行う装置のことである。通常、ドップラーライダー、オペレーションシステム、電源システム、データ記録通信システム、浮体プラットフォーム、安全システム、そして係留システムで構成されており、浮体構造物には他に気象計や海象計を設置することができ、上空の風況だけでなく、海象の観測も可能である。

### フローティングライダーの歴史

フローティングライダーが風力発電市場で初めて用いられたのは、2009 年にリリースされた AXYS FLiDAR WindSentinel である。その後

2013年にはEOLOS FLS200がリリース、そしてカーボントラスト社によるロードマップが示され、以降、欧州各地の洋上風力発電開発において、数多く用いられるようになった。機器開発は現在も続けられており、システムは日々進化している。

新しい技術であるフローティングライダーは開発当初、その性能の信頼性を業界内で向上させる必要があった。そのため、2013年にカーボントラスト社は技術の成熟度合によりステージを設定し、それぞれのステージに適合する前提条件を設けたロードマップを作成した。2016、2017年にはカーボントラスト社、IEA (International Energy Agency) からリコメンディッドプラクティクスが発行、IEC (International Electrotechnical Commission) からは遠隔監視の規格が発行された。そして2018年にカーボントラスト社のロードマップの更新、精度指針が発行されている。

### メリット、デメリット

フローティングライダーのメリットとして、低コストでウィンドファーム認証、プロジェクトファイナンスにおいて有効となる信頼性高いデータが取得出来る点、潜水作業を必要としないことから人的事故のリスクが最小限に抑えられる点が挙げられる。

一方、デメリットとして、導入時には漁業者をはじめとする地元との調整が必要である点、台風接近等の荒天時に流出あるいは破損のリスクは高まる点が挙げられる。

### システムの特長

欧州や北米で実績のあるフローティングライダーとして、以下2種を紹介する。

#### 1. AXYS FLiDAR WindSentinel

本システムについて全体図を図2に示す。



図2 AXYS FLiDAR WindSentinel 全体図

本システムが搭載される浮体構造物（ブイ）の大きさは直径6.0m、幅3.1m、重さ8,100kg、浮力は19,000kgfである。観測項目としては、気象（風向風速、大気圧、気温、相対湿度）をはじめ、海象（波高・波向・周期、流向・流速、水温、塩分など）が測定できる。

搭載されるドップラーライダーはZephIR 300M、WindCubeの両方可能である。両機種とも搭載可能なのは、数あるフローティングライダーの中で本システムのみである。計測高度は10※~250m、風速範囲は1~90m/s、計測精度は0.1m/sとなっている。（※計測高度10mはZephIRのみ）

余剰浮力が大きく、抵抗が小さいため荒天域（高波浪、強潮流域）での運用が容易なブイである。カーボントラスト社のレポートでは測定データの評価は高く、運用実績も豊富である。オプションで他のセンサの追加が可能で、航路標識としての機能も有する。

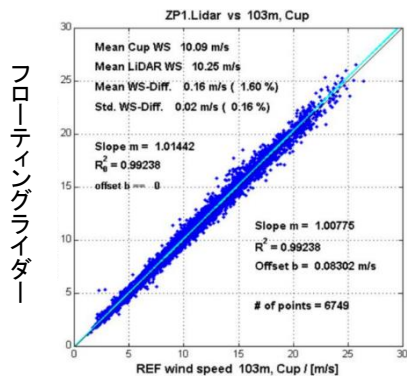
また、最大の特徴として、その浮力が大きいことを利用した2台のライダーが搭載可能である点が挙げられる。これにより、以下三つのメリットがあり、不確実性の低減に繋がっている。

- ① データ取得率の向上
- ② データ精度の信頼性の向上
- ③ メンテナンス頻度の最適化

また、多くのプロジェクトにおいて気象海象センサーのデータを地元を提供し、漁師の方々と協調してきた。

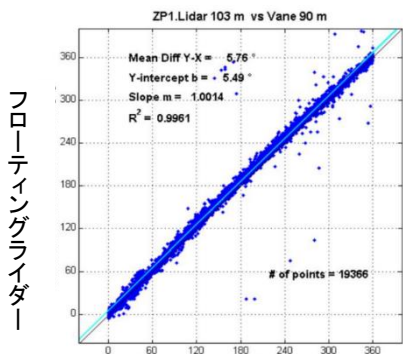
<検証結果(AXYS FLiDAR WindSentinel)(2)>

ドイツの北海において 2018 年に実施された洋上マスト FINO1 での検証結果である。



洋上マスト風速計

(a) 風速比較結果 (m/s)



洋上マスト風向計

(b) 風向比較結果 (°)

図3 フローティングライダーと洋上マスト FINO1 (高さ 103m) の風向風速観測比較結果

風速は決定係数  $R^2=0.992$ 、傾きは 1.01 と関係性は良好であった。風向も  $R^2=0.996$ 、回帰式の傾きは 1.00 と良好であった。

当結果を含め、世界中の 5 つの異なるマストに対して 10 回以上検証されている。また、台湾のプロジェクトにおいては、3 年以上の期間連続測定し、その間、複数の台風を経験した。

## 2. EOLOS FLS200

本機器について全体図を図 4 に示す。



図4 EOLOS FLS200 全体図

本システムが搭載される浮体構造物 (ブイ) の大きさは直径と幅が 4.0m、重さ 3,500kg、浮力は 5,300kgf である。観測項目としては、気象 (風向風速、気温) をはじめ、海象 (波高・波向・周期、流向・流速、水温、塩分) が測定できる。搭載されるドップラーライダーは ZephIR 300M である。

本システムの余剰浮力も大きいといえる。ただし抵抗が大きいため、荒天域 (高波浪、強潮流域) での運用においては工夫が必要である。カーボントラスト社のレポートでは測定データの評価は高い。AXYS 社に比べて運用実績が少ないが、航路標識としての機能も有する。

<検証結果 (EOLOS) (3)>

オランダの北海において 2015 年に実施された洋上マスト エイマイデン (IJmuiden) での検証結果である。

風速は相関係数 0.99、傾きは 1.01 と関係性は良好であった。

### 導入事例紹介

前章で紹介した 2 種類のフローティングライダーが利用された事例を紹介する。

フランスの洋上サイトにおいて、風況エネルギーアセスメントに関連して、両システムが利用されている。場所は、フランスとイギリスの

間、イギリス海峡の南側、サンブリュー湾 (Bay of Saint-Brieuc) である。



図5 事例紹介海域サイト：サンブリュー湾

当サイトにおいて、AXYS FLiDAR WindSentinel が、商業用ウィンドファーム開発における風況エネルギーアセスメントとして利用された。測定期間は2016年12月～2018年12月、使用ドップラーライダーはZephIR 300Mであった。

そして、EOLOS FLS200は、近隣海域における別のプロジェクトで用いる事前検証として、サンブリュー湾で測定を実施された。測定期間は2017年1月～2018年2月、使用ドップラーライダーはAXYS社同様に、ZephIR 300Mであった。

いずれの事例も、取得データは洋上風力発電開発に有効に活用された。



(a) AXYS社



(b) EOLOS社  
写真2 測定に用いられる機器

### おわりに：今後の課題と展望

国内においては現在、数多くの洋上風力開発が計画されており、中には離岸距離10km以上の計画も含まれる。このような海域では、フローティングライダーの利用が必須であり、今後国内において、導入が活発となることが予想される。

一方、我が国の海の条件は欧州とは大きく異なるため、欧州産システムをそのまま導入するのではなく、我が国の社会的条件、自然条件に適用させる必要がある。

我が国に導入する上で課題として、台風や黒潮などによる強潮流、高波浪などの外的要因に耐える設計が必要である事、保守メンテナンス体制の整備する必要がある事、我が国の沿岸漁業への影響を可能な限り避ける事が挙げられる。

特に、我が国では漁業権が設定されており、海域を利用したレジャー産業も多い。このため地元“関係者”との合意形成は必須である。よって、これらを計画する際には、設置海域の社会的、自然的制約条件を鑑みながら、慎重に検討を進める必要がある。

当社では、海外先行事例で発生したトラブルから学び、国内において再発防止策を行い、国内条件に適合させ、本システムを導入する所存である。

<参考文献>

- (1) Carbon Trust OWA, Deployments of Floating LiDAR Systems, 2018
- (2) D.Stein, P.Schwenk (DNV-GL), Independent Assessment of an AXYS FLiDAR 6M (WindSentinel) Floating Lidar Device“FLiDAR 6M”, Offshore Validation at the FINO1 Offshore Platform, German North Sea Sector, 2016
- (3) D.A.J.Wouters, J.P.Verhoef ( ECN ) , Validation of EOLOS floating LiDAR against Offshore Meteorological Mast Ijmuiden, 2015

筆者紹介

高祖 研一

日本気象株式会社 環境・エネルギー部 部長

西嶋 裕

日本気象株式会社 デンマークオフィス 所長  
兼 シニアマーケティングマネージャー

日本工業出版「クリーンエネルギー」

2019年7月号掲載