

洋上風力発電を推進するための取組について

国土交通省 港湾局 海洋・環境課 海洋エネルギー係長 佐藤 嘉哉

1. はじめに

本稿では洋上風力発電の導入促進に向けた港湾法に基づく政府としての取組として、港湾区域内の占用公募制度や再エネ海域利用法に基づく促進区域の指定や事業者公募、基地港湾制度などについて説明します。

2. 洋上風力発電の導入環境について

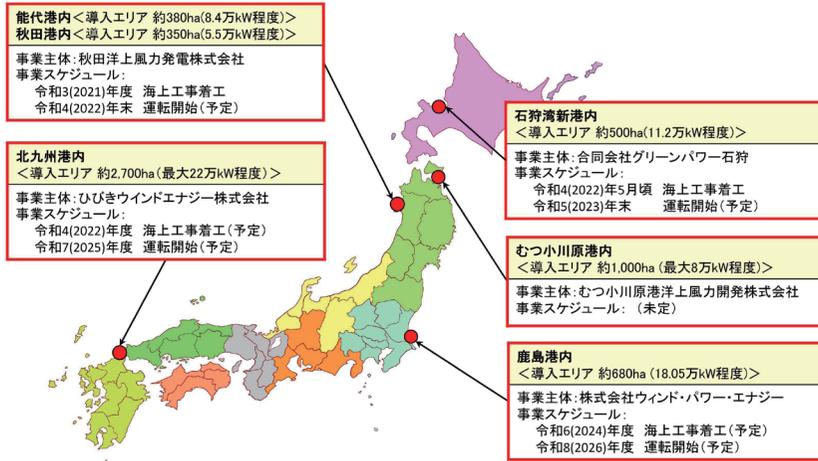
洋上風力発電は、大量導入、コストの低減、経済波及効果が期待されていることから、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札とされており、世界的にも導入拡大が急速に進んでいる状況です。我が国においても、改正港湾法や再エネ海域利用法の施行による港湾区域・一般海域の洋上風力発電設備の導入のための枠組みの法制化や、改正港湾法による基地港湾における埠頭の貸付制度の創設など、円滑な導入に向けての取り組みを行っております。このように洋上風力発電設備導入促進に関する環境を整備することで、今後のコストの低減や導入拡大が見込まれています。

3. 港湾法に基づく港湾区域内の占用公募制度

洋上風力発電設備を設置する場所については、港湾法の適用を受ける港湾区域、再エネ海域利用法の適用を受ける一般海域、それ以外の排他的経済水域に分けることができます。これらの区分のうち、港湾区域への洋上風力発電の導入の仕組みが最初に整備されました。港湾は、港湾法に定める港湾管理者が港湾区域内の権限調整を担っていることや港湾区域の背後に産業集積がなされていることなどから、洋上風力発電導入の適地とされており、平成 28 年 7 月施行の改正港湾法において、港湾区域の占用を公募により決定する占用公募制度が創設されました。

以下の流れにより、事業者は占用が許可されることとなります。

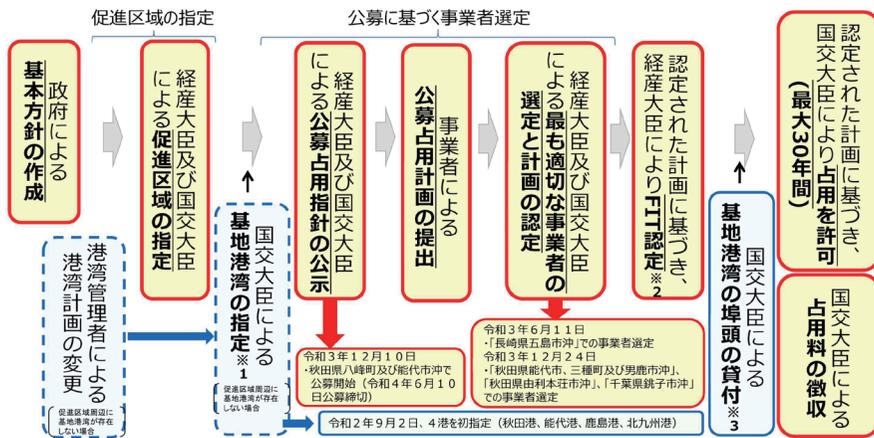
- 港湾管理者が公募占用指針を策定
- 事業者が港湾管理者に公募占用計画を提出
- 港湾管理者が最も適切な計画の提出者を選定、該当計画を認定
- 事業者は認定計画に基づき占用の許可を申請、港湾管理者は占用を許可



港湾における洋上風力発電の主な導入計画

4. 再エネ海域利用法に基づく促進区域の指定・事業者の公募

我が国においては、一般海域の占用に関する統一的なルールがありませんでした。そのため、事業者は中長期的な事業見込み可能性が低く、資金調達が困難でした。また、海運や漁業などの地域の先行利用者との調整に係る枠組みが不明確という課題も抱えていました。これらの課題を解決するため、「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域利用の促進に関する法律（平成30年法律第89号）（以下、「再エネ海域利用法」という）」が施行されました。政府による基本方針の作成後、経済産業大臣および国土交通大臣により促進区域の指定、その後公募に基づく事業者の選定を行います。選定事業者の認定後は提出された公募占用計画に基づき、国土交通大臣による促進区域の占用許可（最大30年間）および経済産業大臣によるFIT認定を行います。



※1 改正港湾法第2条の4に基づく「海洋再生可能エネルギー発電設備等拠点港湾」(基地港湾)の指定
 ※2 電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法第9条に基づく経済産業大臣による発電事業計画の認定
 ※3 改正港湾法第5条5の2に基づく「海洋再生可能エネルギー発電設備等取扱埠頭」を構成する行政財産の貸付

再エネ海域利用法（H31.4 施行）および改正港湾法（R2.2 施行）の概要

再工ネ海域利用法に基づく促進区域については、現在6区域を指定しており、早期に促進区域に指定できる見込みがあり、より具体的な検討を進めるべき区域である「有望な区域」として、7区域を指定しています。また、将来的に有望な区域となり得ることが期待される区域である「一定の準備段階に進んでいる区域」として、10区域を指定しています。

促進区域のうち「長崎県五島市沖」については昨年6月に、「秋田県能代市、三種町及び男鹿市沖」、「秋田県由利本荘市沖（北側・南側）」、「千葉県銚子市沖」については、昨年12月に発電事業者を選定しました。「秋田県八峰町及び能代市沖」については、昨年12月より公募を行っているところです。



洋上風力発電に係る基地港湾および促進区域の位置図

5. 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会

2020年7月、洋上風力発電の計画的・継続的な導入拡大と、競争力強化・コスト低減を同時に実現していく「好循環」を形成するため、官民が集い対話する「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」を設立しました。同協議会は2回に渡り開催され、第2回協議会(2020年12月)では業界や有識者のご意見を踏まえ、洋上風力発電の導入拡大に向けた具体的な方向性を示す「洋上風力産業ビジョン(第1次)」を公表しました。

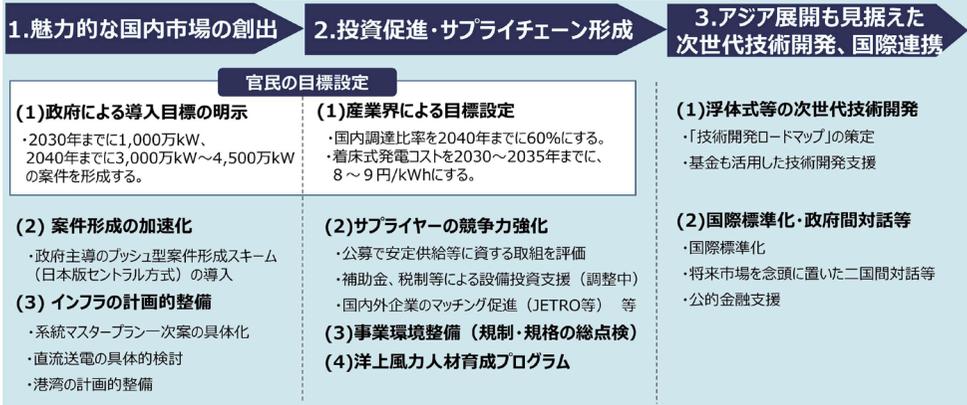
洋上風力発電の競争力強化・コスト削減の鍵となるのは投資拡大であるところ、事業者から日本の市場拡大の見通しが見えないと投資を躊躇するとの声を聞いています。このことから、同ビジョンでは、洋上風力発電の導入目標として2030年までに1000万kW、2040年までに浮体式も含む3000万kW～4500万kWの案件を形成する導入目標を

設定しました。また、導入目標の実現に向けて、より迅速・効率的な風況などの調査や適時に系統確保などを行う仕組みとしての政府主導のプッシュ型案件形成スキーム（日本版セントラル方式）の導入や、系統や港湾などのインフラ整備を行うこととしています。加えて、投資促進・サプライチェーン形成やアジア展開も見据えた次世代技術開発・国際連携に取り組むこととしています。

洋上風力発電の意義と課題

- 洋上風力発電は、①**大量導入**、②**コスト低減**、③**経済波及効果**が期待され、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札。
- **欧州を中心に全世界で導入が拡大**。近年では、中国・台湾・韓国を中心に**アジア市場の急成長**が見込まれる。**（全世界の導入量は、2018年23GW→2040年562GW（24倍）となる見込み）**
- 現状、**洋上風力産業の多くは国外に立地しているが、日本にも潜在力のあるサプライヤーは存在**。

洋上風力の産業競争力強化に向けた基本戦略



洋上風力産業ビジョン（第1次）の概要

官民協議会の下部に設置した作業部会では、より具体的な課題について、官民が議論をする場を設けています。これまで3回に渡り開催し、中長期的な洋上風力発電導入見通しの具体化や産業界としての投資やコスト削減の目標の具体化などを検討しています。第3回作業部会（2021年4月）では、洋上風力産業の競争力強化に向けて必要となる要素技術を特定・整理した「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」を策定しました。

「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」では、サプライチェーン全体を8つの分野（①調査開発、②風車、③着床式基礎製造、④着床式設置、⑤浮体式基礎製造、⑥浮体式設置、⑦電気システム、⑧運転保守）に区分した上で、各分野の諸外国の動向と日本の特性に鑑み、産業競争力強化と低コスト化の観点から重点技術開発項目を特定し、2030年頃までに実施するロードマップを提示しています。

6. 基地港湾制度について

洋上は陸上と比較して風況が良く、部材を船舶で輸送できるなど、発電効率や輸送など

における制約も少ないことから、設備が大型化しております。例えば、8MW クラスでは、ブレードの長さが 80m 程度、高さは最大で 190m にもおよび、ナセルと支柱によって構成されるタワーは 1 基あたり約 400 トン以上となります。そのため、洋上風力発電の導入を促進するためには、一定の耐荷重を備える岸壁や長大な資機材を取り扱うことが可能な後背地を備えた港湾が必要となります。

しかしながら、これらの要件を満たす港湾は国内に存在しておらず、行政財産である港湾施設を直接発電事業者に貸し付けることも原則認められていませんでした。そのため、令和 2 年 2 月に施行した改正港湾法により、国が基地港湾を指定し、基地港湾の埠頭を発電事業者に長期（最大 30 年）・安定的に貸し付けることができる制度を設けるとともに、国が複数の発電事業者の利用調整を図る制度を創出しました。

また、本改正に伴い、港湾管理者が個別の港湾計画を定める際の指針として、港湾法に基づき国土交通大臣が定める「港湾の開発、利用及び保全並びに開発保全航路の開発に関する基本方針」を見直しました。基地港湾の指定にあたっては、該当港湾が係留施設及び荷捌き施設について洋上風力発電設備の設置や維持管理に必要な面積及び地耐力を有していることや港湾計画に位置付けられていることなどが要件となっています。

同法に基づき令和 2 年 9 月には、「能代港」、「秋田港」、「鹿島港」、「北九州港」の 4 港を基地港湾として指定しました。このうち秋田港については、すでに地耐力強化のための工事が完了し、令和 3 年 4 月に発電事業者と賃貸借契約を締結しました。他 3 港につきましても地耐力強化に着手済みであるなど、洋上風力発電事業の導入に向けた港湾における取り組みを加速しているところです。

7. 2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方に関する検討会

「洋上風力産業ビジョン（第 1 次）」の導入目標の達成に向けては、系統整備マスタープランの検討状況や将来の洋上風力発電設備の大型化などの動向を見据えつつ、必要となる基地港湾の全国配置や各基地港湾の面積・地耐力などを検討した上で、港湾管理者とともに計画的に基地港湾の整備を進めていく必要があります。これらの課題を検討するため、国土交通省港湾局は、官民協議会の下部に位置付ける形で「2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方に関する検討会」を昨年 5 月に設置し、本年 2 月にその結果をとりまとめました。

本検討会では、「Ⅰ．基地港湾の配置及び規模」、「Ⅱ．基地港湾を活用した地域振興」について、それぞれ以下のとおり検討を行いました。

Ⅰ．基地港湾の配置及び規模

「洋上風力産業ビジョン（第 1 次）」における導入目標の実現に向け、発電事業者から「基地港湾が不足するなどが原因となり、円滑な洋上風力発電所の建設に支障が生じるのではないか」との指摘があります。一方で、洋上風力発電を取り巻く状況や、今後の技術革新の見通しを把握できずに、基地港湾について過度な指定・整備を行った場合、不要な投資（使

われない基地港湾、二ーズに沿わない基地港湾) となる恐れがあります。このことから検討を行い、以下の結果となりました。

- 将来的に 20MW 機に対応するためには、最大約 200t/ m²のクレーン荷重に対応する必要がある。
- 発電所大規模化に対応するために必要な面積は、プレアッセンブリエリアの岸壁のみを利用する場合は約 27.5 ~ 32.0ha、プレアッセンブリエリアの岸壁及び隣接岸壁を利用する場合は約 12.5 ~ 14.5ha である。(ただし面積が不足する場合は、補完する港湾を活用することで対応可能)
- 浮体式洋上風力発電設備の建設に利用する基地港湾に求められる機能は、アッセンブリ機能に加え、基礎製作能力、アンカリング準備機能である。
- 洋上風力産業ビジョン(第1次)の2040年も目標を実現するための基地港湾の必要数の目安は、北海道・東北・北陸エリアで6~10港、東京・中部・関西エリアで3港、中国・四国・九州エリアで4~6港である。

II . 基地港湾を活用した地域振興

港湾管理者および自治体にとっては、基地港湾を核とした産業誘致・地域振興の実現性の高いシナリオが描けない状況にあるとともに、港湾管理者および自治体にとっては、基地港湾を整備することによる地元への効果が分かりにくいとの指摘がありました。また、地域それぞれによって、企業進出用地の広さや背後圏の人口・経済規模、陸上交通アクセスなど、基地港湾や関連産業の立地条件はそれぞれ異なるため、全国一律の地域振興策を目指すことは困難な状況にあります。このことから、以下のとおり検討を行い、今後、港湾管理者および自治体が、自らの地域の状況に適した地域振興(地元企業参入含む)を各地域で検討・推進するにあたっての、参考となる情報(地域振興の考え方や先進事例など)として、「洋上風力発電を通じた地域振興ガイドブック」をとりまとめました。

8. 最後に

洋上風力発電は、大量導入が可能であるとともに、経済波及効果が期待されることから、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札とされています。

国土交通省では経済産業省と共に連携し、2050年カーボンニュートラルの実現に向け、2030年まで年間1GW程度の促進区域の指定を継続するなど、洋上風力発電の導入促進に取り組むとともに、グリーンイノベーション基金(2兆円基金)を活用し研究開発・実証から社会実装まで継続して支援するなど、洋上風力の産業競争力を強化し、洋上風力産業を国際競争に勝ち抜く産業とするべく取り組んでまいります。

洋上風力発電施設と航行の安全

東京海洋大学 名誉教授 矢吹 英雄

◆ 1. はじめに

脱炭素社会の実現に向け利用可能な再生可能エネルギーの一つとして洋上風力発電がある。日本周辺の海域においても「再生可能エネルギーを利活用する区域」が指定され、複数基の洋上風車が配置されたウインドファームと呼ばれる大規模な洋上風力発電施設が計画されている。洋上風力発電施設には浮体式と海底に杭などで設置される着床式があるが、着床式の洋上風車の寸法は例えば出力 8MW 級のものでロータ直径約 170m、海面からブレード最上端までの高さ約 195m と巨大なものであり、このような風車が多数設置されたウインドファーム付近の海域を航行する場合には特段の注意が必要である。

「再生可能エネルギーを利活用する区域」は港湾法の港湾区域に指定される場合とそれ以外の海域に指定される場合があるが、本稿では港湾区域の杭式基礎着床式洋上風車が配置されたウインドファームを対象とし、操船者の視点から当該施設が存在する港湾と付近海域を航行する際の注意点について解説する。

◆ 2. 計画時における航行の安全に対する配慮

ウインドファームの計画に際しては、港湾の機能および周辺海域の利用などに影響を与えないよう種々の配慮がなされる。

- (1) 航路、錨地などの水域施設などとの安全な離隔距離を確保する。航路については、洋上風力発電施設が倒壊した場合でも直接の影響が及ばない離隔距離と風車後方の乱流範囲（ロータ直径の 2 倍）を比較して大きい値を離隔距離とする。また、錨地については前者を離隔距離とする。
- (2) AIS 受信データなどを利用した船舶航行実態調査により把握した船舶の交通流と設置場所の距離、操船者の視覚に及ぼす影響、レーダなどに及ぼす影響、船舶の荒天避泊の可能性など風力発電設備などが船舶交通に及ぼす影響について検討する。
- (3) 設置場所の周辺海域の利用を阻害することが無いよう、風力発電設備の配置、規模を適切なものとする。
- (4) 風車のブレードが航行する船舶などに接触しないよう、風車の設置位置およびロータ最下端の高さを適切に設定するとされており、ロータ最下端と最高水面（既往最高潮位）のクリアランスについては、最低でも 22m を確保するという MGN^{*1} の値を参考にすることができるとしている。
- (5) 風力発電設備に接近する船舶が、昼夜、気象などの環境条件にかかわらず、これを遠

方から捕捉・識別できる措置として、IALA（国際航路標識協会）の勧告*²を参考に設備の視認性を高める塗色と夜間、視界制限状態における視認のための標識灯（施設灯）の設置が要求されており、航路標識の設置及び管理に関するガイドライン*³に要件が定められている。

風車の塗装については、最高水面からの高さ 15m までの全周を黄色で塗装するか、または最高水面から 15 m までの範囲を 2m 以上の幅で奇数等分して黄色で帯状に塗装するとしている。

施設灯については、SPS（Significant Peripheral Structures、重要辺縁構造物：ウインドファームの辺縁部の角、その他の重要な地点に設置されている構造物）には、IALA の特殊標識の灯質である黄色閃光を表示する光達距離 5 海里以上の全水平方向から視認できる施設灯（毎 6 秒に 2 閃光の群閃黄光）が設置され、すべての SPS の施設灯が同期点滅する。隣り合う SPS 間の距離は 3 海里以内としている。

IPS（Intermediate Peripheral Structures、中間構造物：ウインドファームの辺縁部の SPS 以外の選択された地点に設置されている構造物）には、黄色閃光を表示する光達距離 2 海里以上の全水平方向から視認でき SPS と異なる灯質の施設灯（単閃黄光）が設置される。IPS と SPS 間の距離は 2 海里以内としている。

なお、これら施設灯の設置位置は、最高水面から 6m 以上かつロータのブレードの最下点より低い位置としている。

施設灯に加え、航空法の規定に基づき、風車には航空機に対して構造物の存在を示す航空障害灯の設置が求められる。航空障害灯はすべての風車に設置され、設置位置も高いことから、操船者が風車の存在を確認する一助になると考える。

一例として、「合同会社 グリーンパワー石狩」が北海道石狩湾新港に計画しているウインドファームにおける風車の配置、塗色、灯火を図 1 および 2 に示す。ここに設置が予定されている風車は出力 8.2MW のジャケット構造の着床式風車 14 基（7 基 × 2 列）である。

ほぼ長方形のこのウインドファームでは、4 隅にある風車が SPS に、長辺の中間位置にある風車が IPS に該当し、施設灯が最高水面から約 22m の

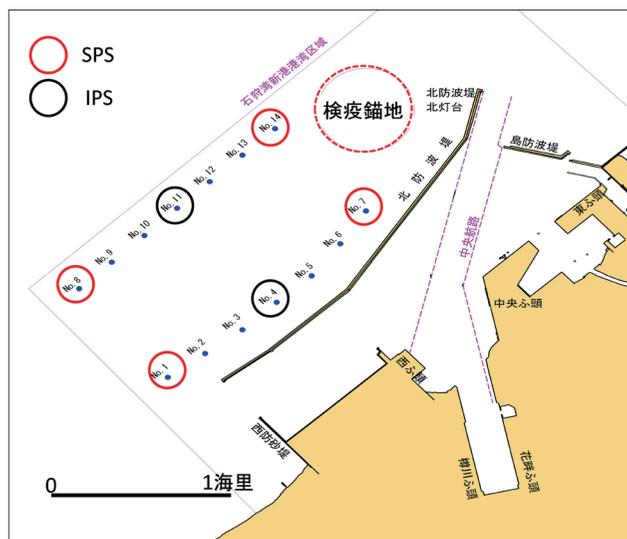


図 1 ウインドファームの位置

位置に設置されている。また、全風車について、高光
度航空障害灯が最高水面から約 60m の位置と高さ
約 120m のナセル頂部に設置され、最高水面上の高
さ約 20m のジャケット全体が黄色に塗装されている。

風車のロータ最下端と最高水面のクリアランス
は約 28m である。

* 1 Maritime Guidance Note, Maritime and
Coastguard Agency(2016), MGN 543(M+F) Safety of
Navigation : Offshore Renewable Energy Installations
(ORSIs) -Guidance on UK Navigational Practice, Safety
and Emergency Response

* 2 International Association of Marine Aids to
Navigation and Lighthouse Authorities : Recommendation
0-139 on The Marking of Man-Made Offshore Structures

* 3 海上保安庁 ; 航路標識の設置及び管理に関するガイ
ドライン、平成 30 年 8 月

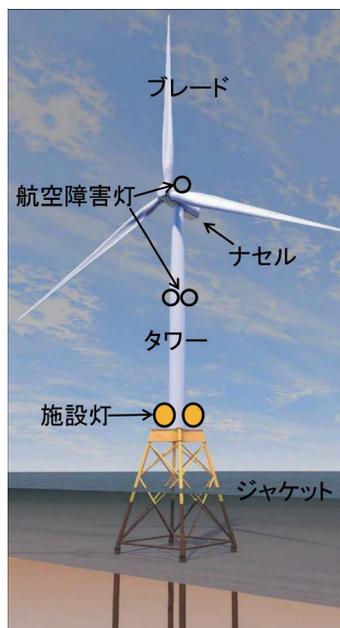


図 2 風車の灯火と塗色

◆ 3. 風力発電設備などが船舶交通に及ぼす影響の評価

(1) 操船者の視覚に及ぼす影響

2. (2) に述べた操船者の視覚に及ぼす影響は、ビジュアル操船シミュレータを使用し
た実験を行って検討するのが一般的である。

実験では、対象海域に計画されるウインドファーム（配置される風車とその灯火、塗色
など）、港湾の景観、外郭施設（防波堤、岸壁など）、水域施設（航路、錨地、泊地など）、
航路標識（灯台、灯浮標など）、水深などをシミュレータに再現して船舶を航行させ、風
車などがウインドファーム付近を航行する船舶の操船者の視覚に及ぼす影響を調査する。

実験は、昼間、夜間の他、霧、降雨などで視界が制限された状態について行われ、風車
そのものの視認性、風車およびその灯火が航路標識、航行時の目標となる物標、他船の視
認性に与える影響を評価すると同時に航行上の注意点を抽出する。

航行させる船舶とその進路については、AIS 受信データや船舶航行実態調査結果から周
辺海域の船舶の船種・船型と通航実態を確認して代表的な通航船舶を選び、通航実態に即
した進路で航行させる。また、小型漁船やプレジャーボートはウインドファーム内を航行
することが可能なため、これらの小型船を対象とした実験も行われる。

前述の石狩湾新港に計画されているウインドファームに関する操船シミュレータ実験で
は、操船者の視覚に及ぼす影響について次の結果が得られている。

- ・ 付近の航路標識の視認性に影響はなく、航路標識と施設灯との誤認もないと考えられる。
- ・ 他船の視認性を大きく阻害することはないが、風車の陰になるような位置にある小型船

は、やや見えにくくなることに注意が必要である。

・視程 1 海里以下の視界制限状態では施設灯および風車ともに視認が困難となる。

(2) レーダ映像に及ぼす影響

風車のブレードは FRP 製であるがタワーなどは鋼製のレーダ電波の強反射体であり、船舶のレーダにははっきりとした映像として表示されると考える。

なお、レーダ偽像については、同じ強反射体である本船上の構造物、周囲にある他船や大きな構造物、防波堤などに起因する偽像の発生が予想されるが、映像の継続的な監視、ゲインの調整などレーダを適切に使用することにより判別が可能と考える。英国のテムズ川河口に設置された Kentish Flats 洋上風力発電所の例では、偽像の発生が確認されたが前記のようにレーダを適切に使用することにより対応が可能と報告されている。

◆ 5. 航行時の注意事項

2. 3. に述べたように、ウインドファームは船舶の航行の安全を十分考慮して設計、施工されるが、周辺海域を航行する場合には次のような注意が必要である。

- (1) ウインドファームの付近を航行する場合には、風車から十分離れた安全な進路とする。
- (2) ウインドファーム内を航行する小型漁船、プレジャーボートは風車の陰になる位置では視認しにくいことから注意が必要である。
- (3) ウインドファーム付近で錨泊する場合は、荒天時の錨鎖進出量も考慮した十分な離隔距離を確保する必要がある。
- (4) 霧、降雨、降雪など視界が制限された状態では風車、施設灯の視認が困難で、レーダの使用が望まれる。レーダを搭載していない小型船などは十分に注意して航行する必要がある。また、必要以上に風車に接近しないことが肝要である。
- (5) 小型船がウインドファーム内を航行する場合は風車間の中央を航行し、できるだけ風車に接近しない進路とする。

ウインドファーム建設に際しての船舶の航行の安全に対する配慮と周辺海域を航行する際の注意について解説した。本稿が安全運航の参考となれば幸いである。おわりにあたり洋上風力発電施設のデータなどの使用を快諾いただきました合同会社グリーンパワー石狩、公益社団法人日本海難防止協会の関係者の皆様に誌上をお借りして感謝申し上げます。

(参考文献)

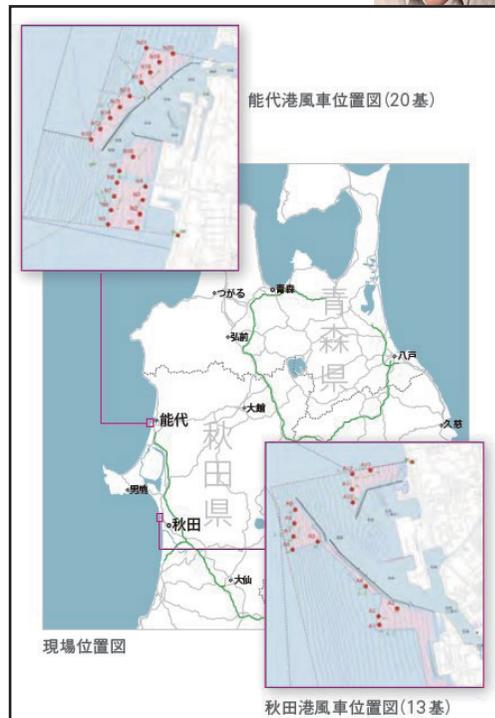
- (1) 港湾における洋上風力発電施設検討委員会；洋上風力発電設備に関する技術基準の統一解説、平成 30 年 3 月
- (2) 合同会社グリーンパワー石狩、公益社団法人日本海難防止協会；石狩湾新港洋上風力発電施設船舶航行安全対策調査委員会報告書、令和元年 9 月

国内初の商業ベースによる洋上風力発電施設建設建設工事の第一歩

鹿島建設株式会社 東北支店 秋田港能代港洋上風力発電工事事務所 副所長 田坂 剛一

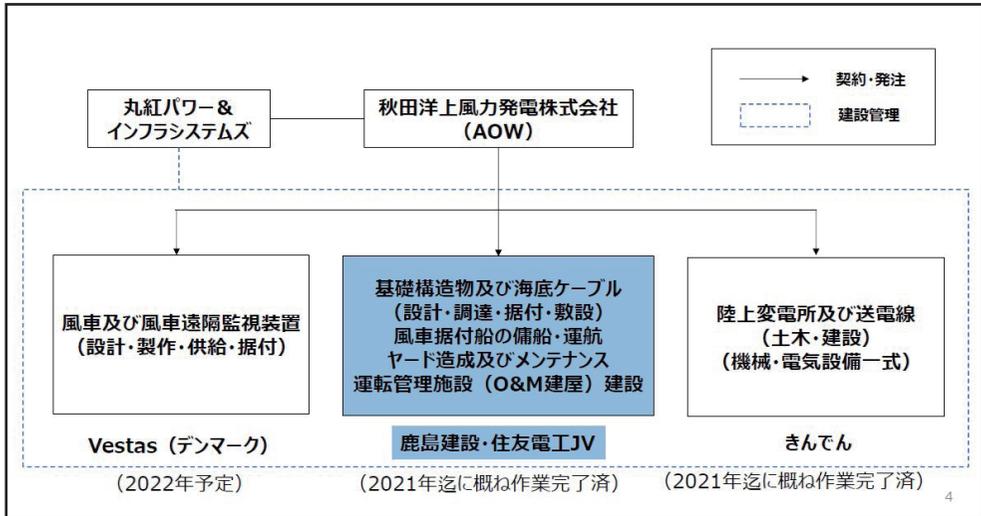
1. はじめに

当工事は、秋田県が管理する港湾区域2カ所、秋田港および能代港に、ブレード直径117mの大型風車を13基と20基、合計33基を設置するものです。風車1基あたりの発電量は4.2MW、総出力は138.6MWとなり、完成すれば国内初の商業ベースによる洋上風力発電所また国内最大規模の風力発電所として、以後20年にわたって営業運転されます。鹿島建設は、住友電気工業とのJVで、地盤調査やウィンドファーム認証のための基本設計段階から携わり、風車の基礎および海底ケーブルのエンジニアリング・調達・施工・設置業務を担当しています。2020年2月から建設工事に着手し、2022年12月の完成を目指しています。



2. 工事の概要

- ・ 工事名 : 秋田港・能代港洋上風力発電施設建設工事
- ・ 場所 : 秋田県秋田市, 能代市 (港湾区域内含む)
- ・ 事業者 : 秋田洋上風力発電株式会社 (Akita Offshore Wind Corporation : AOW)
- ・ 発電容量 : 138.6MW (4.2MW 風車× 33 基 : 秋田港 13 基, 能代港 20 基)
※一般家庭の年間消費電力量約 13 万世帯分 (およそ秋田市の全世帯分)
- ・ 発電形態 : 着床式洋上風力 (モノパイル形式)
- ・ 請負者 : 鹿島・住友電気工業特定建設共同企業体 (風車基礎・海底ケーブル他)
VESTAS (風車本体)
きんでん (陸上変電所・送電線)
- ・ 工期 : 2020年2月～2022年12月



工事履行体制（契約・管理・請負の範囲・区分）

3. 工事の特徴

3-1 SEP 船（自己昇降式台船／ Self Elevating Platform）の使用

洋上風力発電の施工（風車基礎 MP の建て起しや高精度での同 TP の据付、さらに風車本体の据付）において、なくてはならない主役を演じるのが SEP 船です。

通常は一般の船舶と同じく洋上を航行しますが、SEP 船に搭載されたクレーン作業時には、レグと呼ばれる 4 本の脚を海底に固定させ、船体自体を自らの



力で波の影響を受けない高さにまで持ち上げます。これにより、クレーン作業時に波の影響を受けることなく、安全な作業が可能となります。

当工事では、欧州での採用実績がありかつ事業者指定の SEP 船「ZARATAN（ザラタン）」（クレーン能力 800 トン吊級、英国 Seajacks 社保有）を使用しています。

なお、ZARATAN の日本への入国にあたっては、カボタージュ規制（自国の沿岸輸送、すなわち内航海運を自国船に限る規制）へ対応させるため、ZARATAN を日本船籍に変更し、必要な船級を取得しました。

3-2 主要材料の調達

風車基礎の鋼管部材（大口径鋼管杭モノパイル（MP）、および風車との接続部材トランジションピース（TP））については、使用する厚板の製作および曲げ加工が、現状、日本メーカーでは実施できないため、海外からの調達が必要となりました。

欧州や韓国、中国、東南アジアなどのメーカーを調査し、当初は、輸送費の面で優位であった韓国のメーカーを選定していましたが、当時の日韓関係の悪化に鑑み、2019年11月、MPの調達先をオランダのSif社に、TPの調達先をベルギーのSmulders社にそれぞれ変更しました。

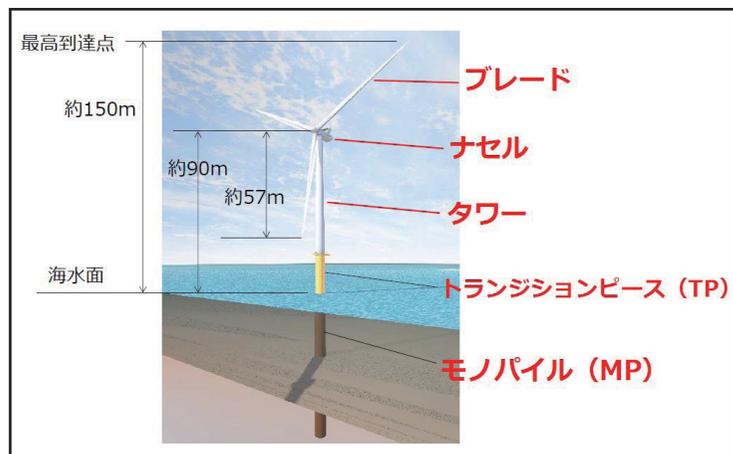
3-3 海外エンジニアへの対応

事業者 AOW 殿は、欧州の洋上風力経験者十数人を技術スタッフとして雇い入れ、契約管理や技術管理の実務を担わせています。着工後も個別課題の裁定を行うエンジニア職には欧州の技術者が任用されています。

請負者である当社でも、当該エンジニアの指示に適時適切に対処するため、洋上風力発電プロジェクトの設計技術や品質管理に精通した英国人技術者複数人を雇用し、日々のコミュニケーションや契約に必要な書類作成を英語・日本語の両方で対応しています。

4. 工事の現況

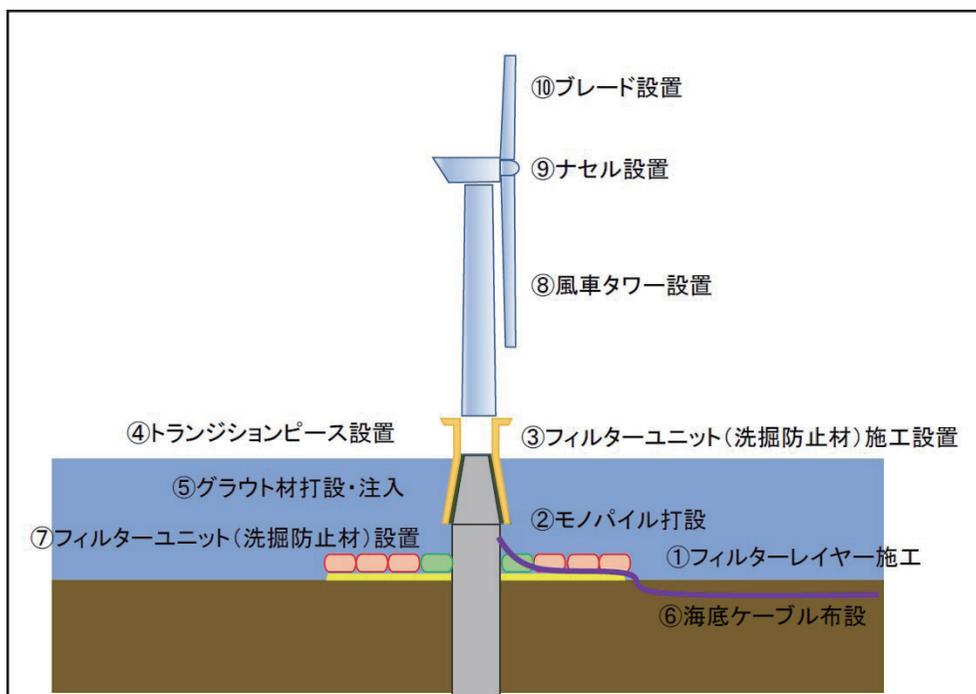
洋上風力の発電形態には着床式と浮体式があり、当工事では着床式が採用されました。海底地盤に基礎を築造し、その上に風車を設置します。風車を支える基礎は、モノパイル（MP）とトランジションピース（TP）で構成されます。



一昨年（2020年）12月、MP・TPの輸送が調達先であるオランダとベルギーから開始され、2021年3月、秋田港飯島ふ頭にて無事水切り作業（輸送船からの荷卸しおよびヤードへの運搬・仮置き）が完了し、洋上でのMP・TPの設置作業（風車基礎工事）が2021年4月から9月までの夏季シーズンに完了しました。

風車基礎を構築する MP 施工では、ZARATAN のクレーンで長大部材である MP を船上で建起し、クレーンで吊り上げて MP に搭載した油圧ハンマーによって海底に打設しました。その後、風車との接続部材である TP を MP へ据付け、専用ジャッキで仮固定後、MP と TP の隙間にグラウト材を打設注入し、MP と TP を定着させました。

また、風車基礎工事においては、海底部の洗掘防止工も重要な部分を占めています。洗掘現象とは、海底に構造物を設置すると、潮流や波浪により構造物周辺の地盤が洗い流されてしまうことです。これを防止するために、まずフィルターレイヤー（FL）と呼ばれる碎石層をつくり、その上層にフィルターユニット（FU）と呼ばれる石材を網に入れた構造物を基礎周辺に設置しました。



洋上風力の基礎工事においては、風力と波力が作用する同時性や地震発生時の影響など、海洋での厳しい条件に耐える構造体でなければならないので、MP の建起しや TP の据付け、洗掘防止工では、高精度の作業が必要となり、グラウト材の打設注入では、高品質の確保が必要となりました。

さらに、全数 33 基のうち、1



TP 据付状況

基でも不具合や失敗が生じれば、全体が成り立たなくなる（洋上風力発電施設として機能しなくなると言っても過言ではない）という大きなプレッシャーの中での施工を余儀なくされました。

しかし、綿密かつ実現性のある計画を立てた上で、当社の土木建設工事における実績と知見、および Seajacks 社の洋上風力発電工事における経験とノウハウを、最大限融合させることにより、1基ずつ確実に施工完了させ、無事に「33連勝」を成し遂げることができました。

現在（2022年2月22日）、秋田港飯島ふ頭ヤードでは、VESTAS 社による風車部材の搬入・水切り作業が完了し、33基分のタワー・ナセル・ブレードが、洋上での風車組立工事の開始を、雪解けや春の訪れとともに、心待ちにしています。



FU 設置状況



秋田港飯島ふ頭状況

5. 洋上での人命第一

5-1 GWO 訓練

洋上風力の洋上作業を実施するに先立ち、洋上で作業にあたる全員が（管理者・作業者とも）、事業者との契約で定められた訓練（GWO が制定する風力発電設備作業者を対象とした訓練）を受講しました。

GWO とは、The Global Wind Organisation の略称で、2012 年に設立された GE、Vestas、Siemens など風力発電設備のオーナーや風力タービンメーカーなどから構成される非営利組織です。活動内容は風力発電作業者（洋上および陸上）に提供する訓練標準の開発（GWO 訓練）で、本部はコペンハーゲン（デンマーク）にあります。

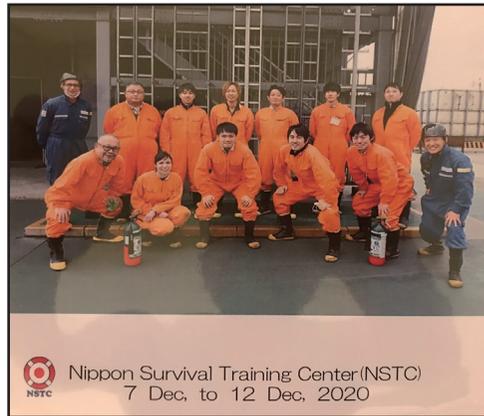
訓練は、次の 5 つの基礎安全訓練で構成されています。

- ① 応急措置（First Aid）

- ② マニュアルハンドリング (Manual Handling)
- ③ 火災予知 (Fire Awareness)
- ④ 高所作業 (Working at height)
- ⑤ シーサバイバル (Sea Survival)

訓練は、GWO 訓練提供の公的認証を受けた北九州の施設で行われました。

この施設では、洋上風力発電工事での安全確保に欠かせない高所や洋上での危険を想定した訓練が、5 日間ほどかけて実践的に行われています。波で揺れる船から風車へ乗り移る訓練、火災などで風車の上から海に緊急脱出する訓練など、2 年ほどの間に全国から約 400 人が受講しています。



5-2 TP 上での避難救助訓練

GWO 訓練の受講により、洋上かつ高所での安全確保や避難救助に対して、その重要性和困難性を思い知らされ、180 度に近い意識改革が冷め止まぬうちに、実際の TP を使用しながら、洋上の TP 内で傷病者が発生したという想定で、避難救助訓練を実施しました。

訓練に先立ち、その訓練計画に対して地元の消防署や海上保安部からのご助言を賜り、訓練当日は、消防署・海上保安部の他、警察署・港湾事務所もご同席の上、貴重なご指導と活発なご意見を賜りました。

特に、消防署のエキスパートの方々には、実地でお手本を示していただきながらの厳しくも丁寧なご指導を賜り、自分たちの非力を痛感しながらも、施工本番へ向けて、心技体の禪を締め直す素晴らしい機会となりました。



訓練直前打合せ (消防・海保・警察・港湾)



消防隊員とともに TP へ



TP 内フロアで傷病者（60 kg人形）と対面



傷病者を担架に乗せて TP 屋上へ吊り上げ



傷病者を TP 上クレーンで船上へ吊り下げ



訓練直後講評訓示（消防・海保・警察・港湾）

5-3 海中転落者の救助訓練

洋上風力での工事に限らず、洋上での仕事や活動において一般的に実施されていますが、当工事でも、CTV（Crew Transfer Vessel：人員輸送船）による救助訓練を以下の要領で実施し、海中転落者が発生した場合の人命確保に備えました。

① 発見者の緊急対応

海中転落者を発見した乗組員は、直ちに次の対応をとる。

- ・ 船橋へ連絡する。
- ・ 大声で付近の者に人が海に落ちた旨を連絡する。
- ・ 転落者からは決して目を離さず、転落者の位置を知らせ続ける。
- ・ 付近にある救命浮環、掴まれるものなどを転落者のできる限り近くに投下する。

② 船橋における緊急対応

- ・ 海中転落者側に舵を一杯取り、プロペラへの巻き込みを避ける。
- ・ 転落者からは決して目を離さず注視し続ける。
- ・ 救命浮環、自己点火灯などを転落した舷に投下する。
- ・ 自船の位置を記録する。

③ 救助・救命作業

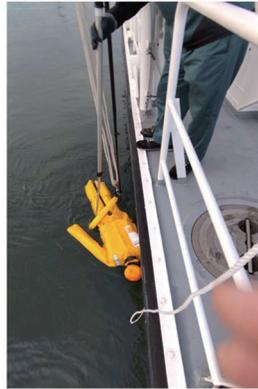
救助作業に当たる乗組員の安全確保を第一として以下の対応をとる。

- ・ 気象・海象による船体圧流を考慮し、風上から接近。
- ・ 至近に接近したら機関停止。

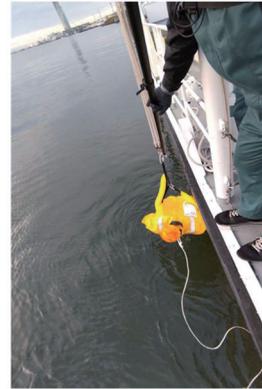
- ・救命浮環やロープにより海中転落者を引き寄せ船上に引き上げる。
- ・身体反応を確認し、必要に応じ心肺蘇生法を実施、AED を使用する。
- ・低体温症の疑いがある場合は、濡れた衣服を脱がせ、徐々に暖め、保温する。
- ・必要に応じ、緊急搬送を含めた医療援助を検討する。



漂流者発見



漂流者確保



漂流者吊り上げ開始



漂流者吊り上げ



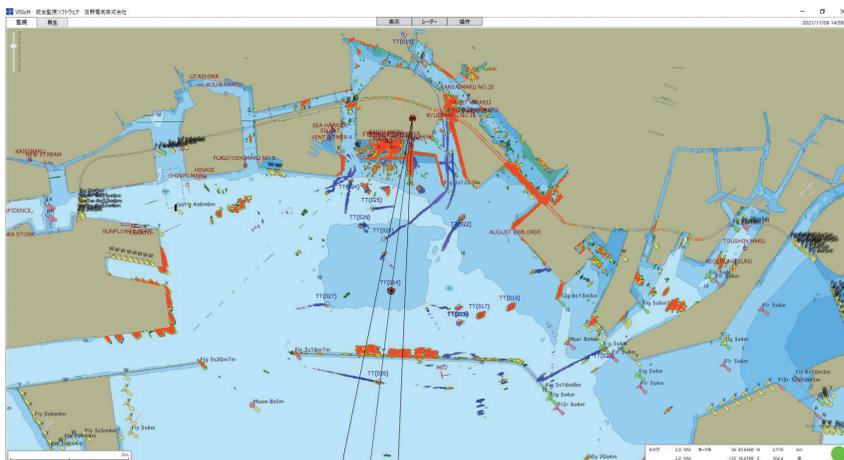
漂流者を船内に確保



漂流者心肺蘇生実施

6. おわりに

「新型コロナ感染に対し、誰もが、最も安全と言われ信じられていた ZARATAN 船内」
「乗船に際し、誰もが、厳格ルールと事前検査を例外なく遵守していた ZARATAN 船内」
「その ZARATAN 神話を崩し、感染拡大とクラスターを発生させた恐るべき新型コロナ」
「たった一つのウイルスが、恐るべきスピードで船内を蔓延し、次々と感染の繰り返し」
「ダイヤモンドプリンセスを彷彿とさせ、工事中止も危惧した先の見えない崖っぷち」
「しかし、乗船者全員が無事生還し、クラスター終息と風車基礎工事完了を無事達成」
以上、そんなこんなで、本年 12 月の工事完了まで、予断と油断を決して許せない毎日ですが、当工事が、「日本洋上風力のあけぼの」となり、日本政府の掲げる「カーボン・オフセットの達成」へ向けてリードしていくべく、今後も鋭意精進し邁進する所存です。



国内外で高い実績を誇る、フルノ海域監視システム

監視エリアに侵入した船舶をレーダーで捉え、チャート上に明示するとともに、それに連動するカメラで対象船舶を映像で映し出します。



フルノ海域監視システムの主な特徴としては以下の通り

- 長年の海洋電子技術とノウハウで蓄積された、信頼性高いレーダー探知能力
- 詳細な ENC チャートをベースとした高度なプロッタ機能
- レーダー / プロッタ重畳表示
- AIS (船舶自動識別装置) 情報重畳表示
- IP カメラ映像表示、カメラ追尾との連動
- エリア監視、充実したアラート機能
- 認識力を高める、AR による監視映像対応
- 監視記録映像のプレイバック機能



拡張現実 AR(Augmented Reality) 技術との融合で、監視映像の認識力をより高めます。

◆漁船の安全航行支援

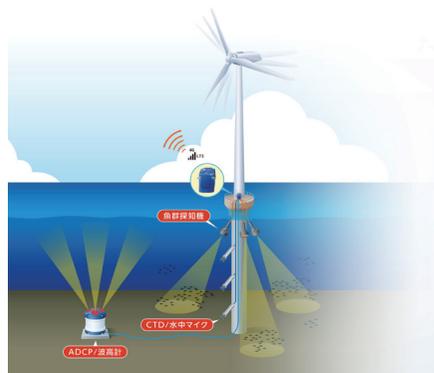
夜間や霧などの視界不良時において、漁船による風車設備への衝突の危険性から、設備周辺を航行する漁船の安全航行支援も求められております。当社のGPSプロッタ/魚探(型式)GP-3700/Fには、洋上風力設備場所を示すアイコンがCSVファイルでインポートできるようになっており、風力発電設備への接近に伴う“アラートと音声”で注意喚起する機能を備えています。また、GPSプロッタ/魚探(型式)GP-3700/Fを、ワイヤレス無線などを介してインターネットにつなげることで、風車に近づいた漁船位置情報をクラウド経由で海域管理システム(Marine Management System)へデータ転送できます。それにより、洋上風力発電へのアクセス船や周辺作業船などへ無線経由で注意喚起でき、相互の安全確保につながります。



GPSプロッタ/魚探(型式)GP-3700/Fの画面上に風力発電設備の位置をアイコンで表示でき、設備に近づくとも“アラートと音声”で注意喚起します。

◆漁業との共生、沿岸漁業のスマート化へ

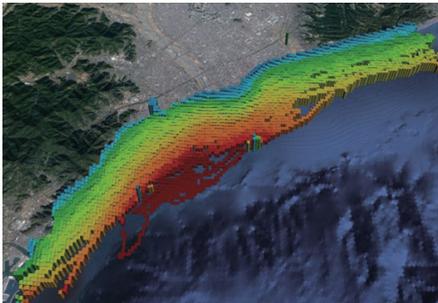
当社では、漁業や資源調査などでの海洋センシング技術とノウハウを駆使して沿岸漁業のスマート化を進めております。一例として、各漁船の搭載機器の稼働情報を収集し、そのデータの解析から、地域漁業者への還元として数日後の潮流・水温の推移を判断できる海況予測データや漁場周辺の流向・流速・塩分濃度などを提供するなど、沿岸漁業の経営効率化を産学連携で行っています。これらの取組みを、洋上風力発電設備周辺海域にも適用して漁業効率化をも実現させる、“洋上風力発電と漁業との共生”をご提案しています。



洋上風力発電設備に、魚量推移を図るセンサーとなる魚群探知機から、水中マイク、波高計などが設置され、クラウドに集約されます。

洋上風力発電における漁業との共生では、洋上風車に魚量調査としての魚群探知機設置はもちろん、塩分濃度や溶存酸素、流向・流速などの各種海象センサーを設置して24時間体制で観測します。また、気象・海象情報をはじめ、周辺海域を常に航行する作業船や漁船からの最新情報を自動的に集約、そのデータを継続的に海洋モデルに同化・分析させることで海況データの精度向上を図ります。これにより周辺漁場の海況予測が可能となり、この予測が出漁や投網判断を容易にし、漁獲効率を高めることとなります。

さらに、漁船から収集した魚群探知機による水深・魚群情報、水温・流向・流速情報、および、作業船による海底地形データなどとの融合により、正確な地形情報を描画した深度マップや、その周辺の資源量分析に活用できる、魚量マップも実現できます。



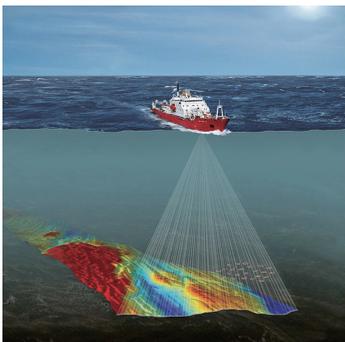
深度マップ
周辺海域の海図には表現されない詳細な情報を盛り込んだ深度マップ



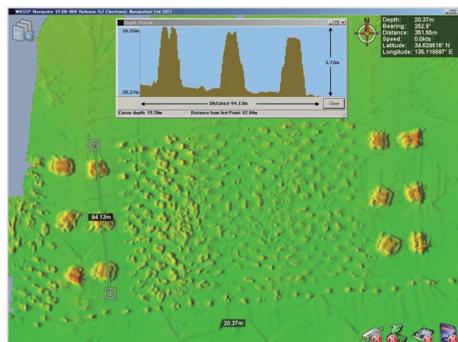
魚量マップ
地域漁船の魚群探知機による情報を集約し、詳細エリアごとに魚量マップを作成

◆マルチビームソナーによる、高精度な海底状況の把握

広帯域マルチビームソナー WMB シリーズは、設備維持やアセスメント時に海底状況を詳細に把握するものとして不可欠です。左舷・右舷方向 120°という広範囲を 224 本のビームで探査できることから、海中の環境を素早く正確に描画します。設備前のアセスメントはもちろん、設備設置後の土台侵食状況の把握、また、設備後の海底環境変化にも活用できます。さらに、マルチビームによる周辺漁場の詳細把握は、漁業者にとっても漁場選択を効率的に進める上で非常に魅力的な情報であり、漁業との共生をより実践的なものにします。



マルチビームソナー WMB シリーズによる漁場の海底地形図は、漁船に多く搭載されているビデオプロッタ(型式) GD-700 にインポートすることで、実操業に活用できます。

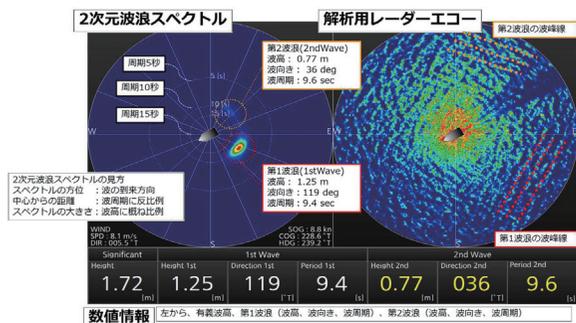


漁礁エリアの詳細海底地形映像例

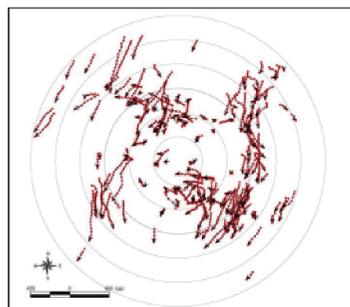
◆アセスメントに求められる様々なセンシング技術

洋上風力発電の設備前のアセスメントにおいては、気象、海象、生物など、様々な視点で求められます。中でも風車へのバードストライクの問題がよく取り上げられ、渡り鳥のルート調査もその一つ。当社では漁業で求められる海鳥探知の技術を早くから保持しており、世界で初めて海鳥探知機を開発し実用化しています。そのノウハウから高い精度で得た情報を分析し、飛行航跡とその速度、方向を割り出すとともに、統計的なデータ取得から設備の構築位置を判断できます。

また、気象、海象においては、長年のレーダーによる物標判別技術の蓄積から、気象レーダー、波浪レーダーによる観測技術を獲得しています。レーダーは、雨や霧、波の影響で物標が見えにくくなるため、それらの情報をノイズとして認識した上で消去し、物標を浮き出させる技術を獲得してきました。つまり、雨や霧、波の反応を認識できる技術を獲得しているということであり、気象レーダー、波浪レーダーはその技術を生かしたものとります。



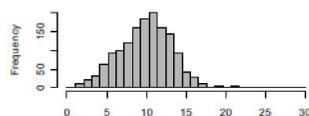
波浪レーダーによる観測データ例



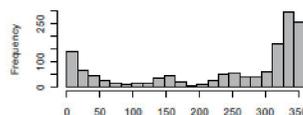
抽出された飛行軌跡図



気象レーダーによる雨雲の動向観測



飛行速度



飛行方向

バードレーダーによる、鳥の飛行軌跡観測、および、速度・方向のグラフ解析

洋上風力発電事業には洋上における多種多様な技術が求められており、長年洋上で培った当社の技術が、この事業展開のお役に立てると考えております。

洋上風力発電に係る航行安全対策について

日本海難防止協会 常務理事 鏡 信春

私は一般の方（海事関係者ではない方）を対象とした講演で日本の海について語る際、道路と畑と公園が混在した状況、と説明しています。船舶交通と漁業、それに遊漁などの海洋レジャーが一つの海域で行われている、という意です。近年はこの3つに発電所が加わることになりました。洋上風力発電です。

洋上風力発電設備（風車など）の設置が計画された場合、その海域の船舶交通に支障が生じないか、あるいは、どのような方策を講じれば安全が保たれるかについて、事前に検証しておく必要があります。その検証は、航行安全委員会（名称は変わることがあります）という場で行われます。航行安全委員会は、洋上風力発電施設を設置しようとする会社（委託者）が海難防止団体に委員会開催を委託。海難防止団体は検証する海域の関係者を委員会に招聘し航行安全に関する審議を行います。海難防止団体は利益を求めない公益社団法人であり、海難防止や航行安全の分野において数十年（当協会は創立して63年になります）の経験を経て豊富な知見を有しております。

航行安全委員会は委託者の費用で賄われますが、委員会を開催すれば必ず委託者が望んだとおりの結果が得られるか、というところではありません。航行安全委員会は通常、学識経験者を委員長とし、前記の海域関係者が委員となり、さらに海上保安庁、地方自治体、港湾管理者、その他関係官庁が参画し、公正中立な立場で議論が行われる場です。海上交通安全法航路の通航方式や瀬戸内海における夜間離棧など、過去にNOという審議結果に至った例があるのも事実です。

航行安全委員会は既に風車を設置する海域が決まった段階で行われますが、風車設置位置については事前にある程度、設置可能性について検討をしておかないと、委員会を開催しても良い結論が得られない可能性があります。洋上風力発電施設を建設しようとする方から相談があった場合、私はMarine Trafficというサイトを紹介します。このサイトは船舶のAISデータをマップ上に示しており、誰でも見ることができます。このサイトの中にDensity Mapsという項目があります。このページでは船舶の航行密度が色線で示されており、初期段階として設置可能性の目安をつけることができるでしょう。赤線が密である（船舶交通が多い）、細くなっている（船舶交通がその海域で収束する）、線が屈曲している（船舶がその海域で変針する）、あるいは複数のルートが交差している海域に風車を建てるのは無理というものです。

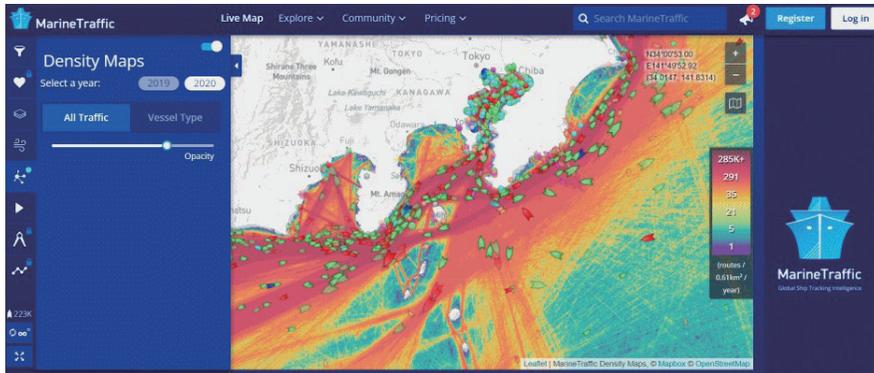


図 東京湾および周辺海域 Density Maps 表示例（出典：marinetraffic.com）

最近では航行安全委員会を開催する前の段階で、現場海域の調査を依頼されることが増えてきました。その場合、当協会では AIS データによる現場海域の解析（船種別、トン階別、その他海域の特性が解る解析）に加え、漁業関係者や当該海域の主だった利用者からヒアリングを行い、風車設置予定海域における船舶交通の安全性に関する評価を行い、報告書としてまとめます。こうした調査は、海上保安庁、地方自治体、その他関係者に風車設置事業を説明する際に役立つでしょう。

洋上風力発電施設建設に向けスタートを切ると、航行安全上の問題がないか検討するため、航行安全委員会が開催されます。航行安全委員会は、委員から選出された委員長の指揮により公正中立・厳格に運営され、委託者が委員会の運営に関与することはできませんし、委員の選定・招集も事務局である海難防止団体が行います。公益社団法人である海難防止団体が開催する委員会において厳格な審議を経て得られた報告書は、公正中立な審議の結論としての権威を持つことになるのです。

次表は、実際にあった航行安全委員会の構成です。委員会では事務局が資料を説明し、ます。それに対し委員や関係官庁から質問があり、通常は事務局がそれに答えますが、学術的な質問に関しては委員長自らが答えることもあり、事業自体に関する質問は委託者が、工事の技術的な質問は委託者が契約した工事業者に答えてもらうこともあります。コンサルタント会社は事務局の一員として委員会資料の作成に協力したり、ビジュアルシミュレーションを担当します。

委員長	海上保安大学校名誉教授（学識経験者）
委員	水産大学校名誉教授・準教授（学識経験者） 海上保安大学校教授（学識経験者） 日本船主協会、日本船長協会、水先区水先人会

	地区海務協議会、地区海運組合、地区タグボート協会 地方海難防止協会、地方小型船安全協会 県漁業協同組合連合会
関係官庁	国交省 地方整備局 港湾空港整備事務所 国交省 地方運輸局 運輸支局 管区海上保安本部 海洋情報部・交通部 海上保安部（複数）、海上交通センター 県 県土整備部 市 港湾空港局
事務局	日本海難防止協会
	コンサルタント会社
委託者	商事会社
	委託者契約造船会社・海洋土木建設会社・電設工事会社

表 委員会構成員例（固有名詞などを省略しています）

委員会の開催回数は最低2回。小さな案件であれば2回で委員会をまとめることができますが、風車設置のような大規模な案件であれば4回は必要です。これは、「風車設置工事中の安全対策」と「風車設置後の安全対策」の2件を検討しなければならないからです。工事中の安全対策は、工事区域の設定、工事作業船の運航、警戒船の配備、安全対策の周知方法などについて検討します。そして風車設置後の安全対策としては、風車に設置する航路標識や安全離隔距離の設定、異常が発生した場合の対応要領などが検討されます。

委員会での一連の審議が全て終了すると、事務局は審議内容を報告書（案）として取りまとめます。この報告書（案）には、工事内容、審議概要、安全対策などすべてが網羅されており、最終委員会で承認を得て初めて公式なものとなります。航行安全委員会には当該海域、当該作業に関係するほとんどの関係者が参画していますので、委員会が完了すれば、関係者へのコンセンサスも得られたものとしてよいでしょう。また、工事許可を関係官庁に申請する際にも、委員会で決定された内容に沿って申請を行えばスピーディーな対応が期待できます。航行安全委員会は、航行安全に関する結論が得られることに加え、こういった実務上の利点もあります。

風車が無事に設置されても宿題が残っている場合があります。一例を紹介しましょう。これは、交通量が多い海域に風車を設置、風車設置後に航行ルートが変わってしまう可能性があった事例なのですが、最終委員会において委員から、風車設置後に航行環境の分析を行い、風車周辺海域の危険性が以前より増していないか確認して欲しいという提案がありました。委託者にとっては多少の出費増となりますが、本件については委託者が提案を

了承し、引き続き当協会が分析を行うこととなりました。

分析に当たってはまず、AISデータを解析しプロットしてみました。下図はそのプロット図で、左図が風車設置前、右図が設置後です。赤丸印が風車設置位置（および風車からの安全離隔距離を示す円）、また青・赤は東航・西航の別を示します。プロット図を見ると、風車設置により風車の北側に新たな交通流が発生したことが判ります。また、船舶が委員会で決定された安全離隔距離を保って航行していることが判ります。

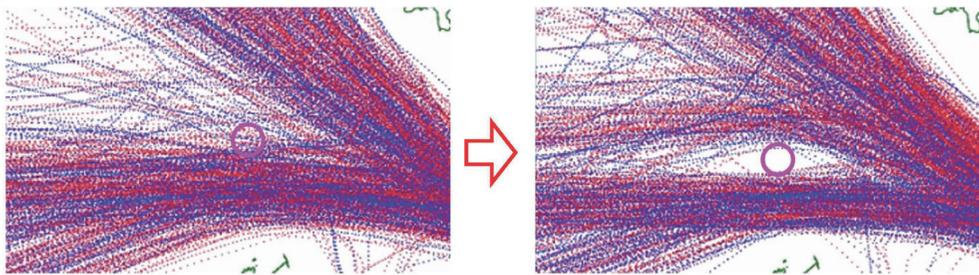


図 AISプロット図

しかしこれだけでは操船の困難性、危険性がどのように変化したかが分かりません。このため今回の分析では、OZT（Obstacle Zone by Target）という手法を利用した分析を行うことにしました。OZTとは「相手船による妨害ゾーン」という領域（ゾーン）を解析する手法で、東京海洋大学名誉教授、今津隼人先生が考案したものです。自船の航路上に相手船による衝突の恐れがある領域（OZT 遭遇領域）を設定し、その発生状況を数値化・可視化することにより、操船の困難性を判別します。

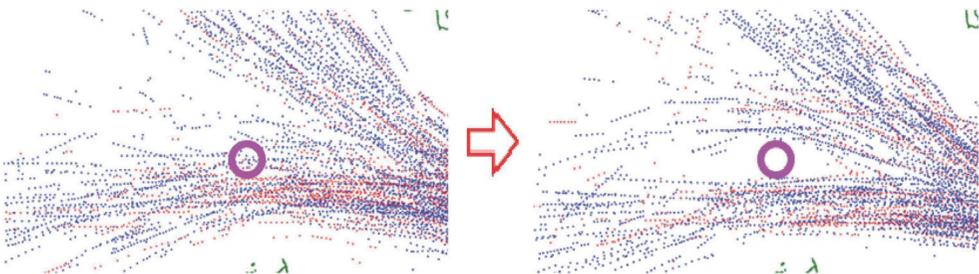


図 OZT 遭遇位置図

上の図で示されたポイントひとつひとつが OZT 遭遇が発生した場所で、これらのポイントが多いほど操船が困難であると言えます。この遭遇回数を解析し、遭遇率を算出しものが下表です。

	風車設置前		風車設置後	
	東航船	西航船	東航船	西航船
AIS プロット数	29,011	31,544	31,173	30,484
	60,555		61,657	
OZT 遭遇回数	3,521	1,558	3,718	1,288
	5,079		5,006	
OZT 遭遇率	12.13%	4.93%	11.92%	4.22%
	8.38%		8.11%	

表 OZT 遭遇率の変化

OZT 遭遇率が高いほうが操船が困難です。上表を見ますと OZT 遭遇率は風車設置前の 8.38% から 8.11% に減少していることが判ります。ただし、この減少値は大きな数値ではありません。このため、この海域の船舶航行上の危険性は「風車設置前に比べ増加していない」と結論付け、委員長の了解を得て委託者に報告書を提出、各委員、関係官庁にも報告しました。なお参考ですが、西航船に比べ東航船の OZT 遭遇率が高いのは、風車周辺海域を東航後、複数のルートから来た船が一本のルートに収束する海域であることが理由と考えられます。

日本の周辺で船舶の航行や漁業の活動に影響を与えずに風車を設置することができる海域は皆無と言ってよいでしょう。その一方、化石燃料から自然エネルギーへの転換は喫緊の課題であり重要な政策でもあります。このような状況下、船舶航行や漁業活動への影響を最小限にしつつ、洋上風力発電施設を設置するための安全対策を検討する航行安全委員会の役割は大きいと言えるでしょう。当協会は今後とも、船舶交通の安全と自然エネルギー転換の両立に向け、貢献してまいります。