

## 資 料

# 海生研シンポジウム2021 洋上風力発電の大規模導入に向けた課題 ～漁業, 海洋環境への対応～

2050年カーボンニュートラル宣言を受け, 電源の脱炭素化, 再生可能エネルギーの拡充が検討されています。海生研では, 2040年までに数千万kWの導入が期待される洋上風力発電に関して, 漁業との共生や環境アセスメントへの対応, 大規模導入に必要な技術的課題などを議論するシンポジウムを開催しました。

## プログラム

日時: 2021年10月8日 (金) 13:00 ~ 17:15

場所: TKP新橋カンファレンスセンター ホール16D  
(東京都千代田区内幸町1-3-1 幸ビルディング)

大規模導入に向けた技術開発

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

新エネルギー部 風力・海洋グループ 統括研究員 佐々木 淳

洋上風力発電の円滑な導入に向けた環境省の取組

環境省 大臣官房 環境影響評価課 課長補佐 會田 義明

漁業と洋上風力発電との共生・共栄

国立大学法人 弘前大学 地域戦略研究所

海洋エネルギー利活用研究室 教授 桐原 慎二

漁業影響調査の現状と課題

中央研究所 海洋生物グループマネージャー・主幹研究員 三浦 雅大

洋上風力の建設, 運用に係る海洋生物影響

中央研究所 海洋生物グループ 主幹研究員 島 隆夫

## 「大規模導入に向けた技術開発」

佐々木 淳\*§

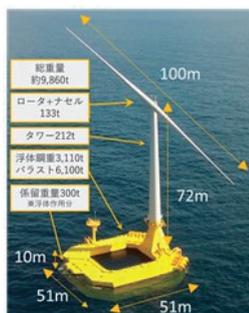
### 1. はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という）では、2008年から日本初となる着床式洋上風力発電の実証を開始し、現在は洋上風力発電に関する先進的な技術開発、実証事業等を推進している。

風力発電は、2000年以降、欧州を中心に世界的に増加しており、中でも洋上風力発電の導入割合は急激に増加している。わが国でも、「2050年カーボンニュートラルの実現」に向けて再生可能エネルギーの主力電源として期待が大きく、「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」において、2040年までに約3,000万～4,500万kWという意欲的な導入目標が示された。本講演では、現在NEDOが取り組んでいる3つのプロジェクトの主なテーマについて紹介する。

### 2. NEDOの洋上風力発電事業

#### 1) 次世代浮体式洋上発電システム実証研究



第1図 次世代浮体式洋上風力発電システム「ひびき」

着床式と浮体式を比較した場合、一般的に水深50mまでの海域では着床式の方が、水深50mよりも深い海域では浮体式の方が経済的に有利と言われており、日本の洋上風力発電のポテンシャルは浮体式の方が大きいとされている。

NEDOでは、水深50mから100mという比較的に浅い水深の海域でも適用可能であり、コスト競争力のある浮体式洋上風力発電システムを開発することを目的に、2014年度よりバージ型浮体式洋上風

力発電システム実証研究を行い、2019年度からは実証運転を開始している（第1図）。この実証を通じ、観測データを用いた設計検証、運転保守技術の確立、コスト低減に向けた課題整理を行なっている。

#### 2) 洋上風力発電低コスト施工技術開発

日本の環境に適した基礎構造、施工費の低コスト化技術の開発のため、2019年度より堆積層の薄い地盤に適用可能で、大型重機船等を用いることなく、低コストで施工が可能なサクシオンバケット基礎の開発を行なっている（第2図）。今夏には、実機の4分の1スケールの実験供試体を用いて、実海域での施工実証実験を実施した。



第2図 サクシオンバケット基礎

#### 3) 洋上ウィンドファーム開発支援事業

日本の海域における合理的な観測手法を確立するための事業を2019年度より行なっている。リモートセンシング技術を利用した観測精度の検証及び観測手法の確立、シミュレーションを用いた観測期間短縮化手法の検討を行うとともに、ガイドブックとして取りまとめ公開する予定である。

#### 3. 今後のNEDO事業について

2021年度は未開発海域を対象とした「洋上風力発電の地域一体的開発に向けた調査研究開発事業」や新たな「洋上風力発電低コスト施工技術開発」を開始した。

前述の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」で議論された技術開発ロードマップでは、今後約10年間の洋上風力発電に係る技術開発の重点項目が示されたことから、今後、NEDOではこのロードマップに沿って、新たな技術開発を実施する予定である。

\* 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部（〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番 ミューザ川崎セントラルタワー）

§ E-mail: windgroup@ml.nedo.go.jp

## 「洋上風力発電の円滑な導入に向けた環境省の取組」

會田義明\* §

### 1. はじめに

1997年、京都で開催された第3回気候変動枠組条約締約国会議（COP3）の当時に科学者らによって予測されていたことが近年現実化しており、地球温暖化が原因とされる災害が世界的に日常的に発生している。また、地球温暖化に伴う現象が、さらなる温暖化を引き起こすリスクも指摘されている。こうした中、2020年10月、菅総理が2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言し、洋上風力発電についても、大幅な導入拡大に向けて、政府を挙げた取り組みが始動した。

### 2. 環境アセスメントデータベース“EADAS”

2012年、ウィンドファームと呼ばれる大規模な風力発電所の計画に伴う懸念の声の高まりを受けて環境影響評価法の対象事業に風力発電が追加された。従来の環境影響評価の対象事業は都市の近郊や臨海部における公共事業が多かったが、風力発電は情報が少ない山間部に計画され、また、民間事業者による立地選定の経緯がわかりにくいという特徴がある。環境影響評価のプロセスを円滑に進めるためには、立地検討の段階であらかじめ地域の特性に関する情報を整理することが重要であるため、環境省では、再生可能エネルギーに関する情報と地域の自然環境・社会環境の情報をウェブサイト上で一元的に地図情報として提供する「環境アセスメントデータベース“EADAS”」を2013年に整備し、情報の拡充を図ってきた。

近年では、鳥類への影響のリスクが高い区域をあらかじめ明らかにし、鳥類への影響や事業リスクの低減を図ることを目指した「風力発電における鳥類のセンシティブティマップ」（陸域版：2018年、海域版：2020年）を作成するなど、さらなる情報の整備を進めている。引き続き、行政情報のオープンデータ化や地理情報システム（GIS）の普及拡大といった動向を見据えつつ、さらなる情報の拡充を目指して取組を進めている。

### 3. 風力発電に係るゾーニングの取組み

我が国の環境影響評価制度は、個別の事業の段階で行われる「事業アセス」の仕組みとなっているが、今後の再生可能エネルギーのさらなる導入に向け、円滑かつ適正な立地を実現するために、事業化の検討に先立って行うゾーニングの取組が重要となっている。環境省では、風力発電の導入拡大に向け、地方自治体の主導で関係者の協議のもと、再生可能エネルギー導入を促進しうるエリア、環境保全を優先するエリア等を設定する「ゾーニング」のモデル事業を実施してきた。

ゾーニングの取組は、再エネのポテンシャルや地域の自然的社会的な制約条件をマップ上に重ね合わせて明らかにすることと併せて、協議会、視察会、勉強会、セミナー、ワークショップなど、幅広い関係者によるコミュニケーションや理解促進のための取組が重要となる。

環境省では、こうした成果を踏まえつつ、温暖化対策推進法を改正し、陸域におけるゾーニングの取組を普及すべく、準備を進めている。

### 4. 今後の展望

2050年脱炭素社会の実現に向けた「国・地方脱炭素実現会議」において、2030年までに集中して行う取組・施策を中心とした「地域脱炭素ロードマップ」が2021年3月に取りまとめられ、洋上風力や環境アセスメントに関する施策も示された。

まず、「デジタル技術も活用した情報基盤・知見の充実」として、EADASに収録する環境情報の拡充を図るとともに、自治体によるゾーニングを促進し、地域と共生した風力発電の案件形成を支援することとされた。また、「環境アセスメントの最適化等による風力発電促進」として、環境アセスメント制度について、洋上風力発電の特性を踏まえた最適なあり方を検討すること、海域における環境情報の充実及び海外事例も参考にした風力発電の特性にあった環境保全措置の手法を検討することとされた。

こうした施策の実現に向け、環境省では「洋上風力発電の導入促進に向けた環境保全手法の最適化実証等事業」を予算要求し、海域の環境情報の充実、順応的管理の手法の実証等に取り組むことを目指している。

\* 環境省大臣官房環境影響評価課（〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2（中央合同庁舎5号館））

§ E-mail: YOSHIAKI\_AIDA@env.go.jp

## 「漁業と洋上風力発電との共生・共栄」

桐原慎二\*§

### 1. 我が国の漁業制度の特徴

2020年末の世界の洋上風力発電導入量は、前年より6.1GW増え35.3GWとなった。国別では英国が10.2GWで最大で我が国の155倍に当たる。一方、英国の漁業者数、漁業生産量・金額は、我が国の8-15%に留まる。かかる差異には両国の法制度の違いが影響しており、我が国で洋上風力発電の導入を図る場合、漁業制度の理解が必要と言える。

海面に漁業権がある国は、日本と韓国程度に留まる。漁業権は知事から免許を受けて特定の水面で特定の漁業を営む権利であり、公法上及び民法上の物権的権利を併せ持ち、江戸時代に原型が完成した。明治政府は欧州に倣い、国に使用料を払い先着順に漁業を許可する海面官有制を宣言したが、混乱が起き半年余りで撤回した。この後明治政府は津々浦々の漁業慣行を調査し、1901年に漁場利用の実態を近代法に当てはめた我が国唯一の独自法とされる漁業法を制定した。村の漁業者による漁業組合にのみ地先漁場の漁業権を免許する制度は、現在の共同漁業権に引き継がれている。

一方、知事や大臣が許可する許可漁業は、漁業権漁業ではないが、営む実態が社会通念上権利と認められるまで積み重なると漁業権の地位を有する権利になる。従って、洋上風力発電導入の検討には、許可漁業の操業実態の把握も求められる。

### 2. 洋上風力発電に対する青森県漁業者の意向

大規模な洋上風力発電の導入には漁業者の同意や理解が必要になるが、青森県では洋上風力発電に対する漁業者の意向が調べられていなかったため、アンケート調査を行ない511名から回答を得た。

この結果、洋上風力発電受け入れは、反対の16.4%に対して、条件によって受け入れる及び受け入れるの合計が71.3%と2/3を超えた。しかし、共同漁業権は漁業者総有との考えから、数に関わらず反対があれば受け入れ困難とする漁協もある。

洋上風力発電が漁業に与える心配については、①風車の放置、②風車のこわれ、③漁場の消滅、④運転時の海中騒音の順に回答が多かった。一方、

洋上風力発電を反対と回答した漁業者の反対理由は、①漁場の消滅、②運転時の海中騒音、③潮の変化や返し波の順となり、全体の心配の回答とは重さが異なった。洋上風力発電の受け入れに必要な条件については、邪魔にならない場所とする回答が最も多く、次いで補償・補填・補助金・漁場使用料など経済的項目が2-5番目、藻場や漁場造り、資源・漁獲増大、後継者対策が6-9番目で続いた。洋上風力発電に期待することは、①漁協経営の安定、②収入の増大・安定、③資源や漁獲増大の順に回答が多かった。一方、少ない風車数、新規雇用、工事での賑わいなど、漁業と直接関わりない項目は、条件や期待としては低い順位に留まった。

アンケートを通じて漁業者が考える洋上風力発電のデメリット（損失や危惧等）とメリット（漁業振興策等）の一端を把握できた。それらの軽減と加重を考えることで、漁業者が洋上風力発電との共生・共栄を判断する材料が得られると思われた。

### 3. 洋上風力発電を活用した漁業ビジョンの提案

洋上風力発電導入のデメリット、メリットは、個々の地域の漁業や漁業者によって多様である。画一的で地域の実情と乖離した漁業振興策では、漁業者が期待する成果を創り出せない。そこで、洋上風力発電との共生・共栄を判断する材料を得るため、漁業者が将来そうなって欲しい海と浜（漁村）の姿「洋上風力発電を活用した漁業ビジョン」づくりを提唱している。これまで、国から有望区域に選定された2漁協と協働で10～30年後に希望する海と浜のイメージを一枚のイラストにまとめる作業に取り組んだ。1つの漁協では9時間弱に及ぶ漁業者のブレインストーミングを通じて、他では漁業振興の4本柱を定めて漁業ビジョンを作成した。総花的、優先順位がない、ビジョン実現の保証人などの課題が指摘されたが、洋上風力発電受け入れの判断材料になる、地域将来のため洋上風力発電と無関係に作成すべきだったなど、漁業者からは概ね肯定的な評価が得られた。

再エネ海域利用法で国の事業者選定の評価基準に漁業協力が加えられ、洋上風力発電導入による漁業振興が期待される。一方、漁業と風力発電の共生・共栄の成否が今より豊かな海と浜の実現にあれば、漁業者主導による振興策づくりが鍵になるように思う。

\* 国立大学法人弘前大学 地域戦略研究所（〒030-0813 青森県青森市松原2-1-3）

§ E-mail: kirihara@hirosaki-u.ac.jp

## 「漁業影響調査の現状と課題」

三浦雅大\*§

### 1. 漁業影響調査の必要性

2019年4月に施行された再エネ海域利用法では、促進区域指定の条件の一つとして「発電事業の実施により、漁業に支障を及ぼさないことが見込まれること」を挙げている。また、促進区域として有望な区域ごとに設置される協議会において漁業影響調査の実施及びその方法について協議し、その内容を開発事業者選定のための公募占用指針に記載することとしている。しかし、漁業影響調査については、環境影響評価と異なり法制度化されていないため、どのような調査を行ったらいかがが不明確である。そこで、2019年度のNEDO委託事業「洋上風力発電に係る漁業影響調査手法検討」においては、国内外の調査事例の情報収集を行った。本講演では主にその成果を紹介する。

### 2. 想定される漁業影響

洋上風力の漁業影響は様々なものが考えられるが、建設工事や施設の存在による操業への影響と漁業対象生物の現存量や来遊量への影響に大別される。アメリカの海洋エネルギー管理局の資料では、想定される様々な影響の程度を、現実性のレベルと影響のレベルで評価している。これによると、漁業や魚類への主な影響であり、調査の対象とすべきものとして、建設工事・運用中の漁獲効率の変化、漁場へのアクセスの喪失、魚礁効果、攪乱等による現存量や分布の変化、電磁場の影響、騒音の影響を挙げている。

### 3. 漁業影響調査の事例

衛星を用いた船舶モニタリングシステム(VMS)によって底曳網の操業位置の変化を調べたイギリスの事例では、洋上風力建設後にその事業区域内での操業頻度の低下が確認された。漁業者へのインタビューでは、多くの漁業者が発電所施設への衝突や、海底ケーブルに網が引っ掛かることを恐れて、発電所内での操業を控えたと回答している。

漁業対象生物への影響調査については、海外では、建設前と建設後の変化を、対照域と影響域で

比較するモニタリング調査が主流である。タイセイヨウサケの河川への遡上量への影響を調べた事例では、影響域と対照域の河川における成魚の釣獲量の経年変化を比較している。その結果、影響域および対照域それぞれにおける建設前後の釣獲量に統計的な有意差は見られなかった。

トロール網を用いてカレイ・ヒラメ類の漁獲調査を行ったアメリカの事例では、杭打ち工事中に主要種のウィンターフラウンダーのCPUEが低下した。これは、水中音等の影響が現れているように見える結果だが、影響域と対照域の双方で同様に減少していること、他の主要種では逆に杭打ち中にCPUEが増えていることから、カレイ・ヒラメ類への影響は不明であったと結論付けている。

計量魚探を用いてニシン・サバ等の浮魚類の調査を行ったドイツの事例では、建設工事中に影響域における現存量が対照域の40~50%にまで低下し、杭打ち音等の影響によるものと推察している。

### 4. 検討すべき課題

大規模な洋上風力の建設事例のない我が国では、予期せぬ影響が生じる可能性があり、紹介した海外事例と同様に建設前後の変化を比較するモニタリング調査を行って影響の有無を確認することが必要になるであろう。調査項目については、環境影響評価との連携を考慮し、重複を避けることによって合理化・重点化が図れると思われる。調査手法としては、操業への影響については、漁船にGPSロガーを搭載することによって、海外のVMSによる操業位置の把握と同様の調査が可能と思われる。漁業生物への影響については、海外ではトロール網や計量魚探を用いた調査が主流であるが、漁法や漁業対象種が多様な我が国では、これらだけでは対応できないケースも予想される。また、漁業影響調査は法制度化されていないため、調査計画の妥当性や調査結果の評価を行う体制を整備することが重要であろう。その他、一地域に留まらない広域的影響や、今後洋上風力の導入が進んだ場合の複数の発電所による累積的影響、さらなる導入拡大のために実用化が期待される浮体式洋上風力の影響についても検討が必要になると考えられる。

\* 公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地)

§ E-mail: m-miura@kaiseiken.or.jp

## 「洋上風力の建設、運用に係る海洋生物影響」

島 隆夫\*§

### 1. はじめに

洋上風力発電所の建設稼働時に想定される生物への影響要因として、水中音、振動、濁りの発生、底質、流況の変化や、送電ケーブルから発生する電磁界などが挙げられる。また、風車の基礎部は生物の新たな生息場となる。洋上風力発電施設周辺の漁業活動の規制等も生物の現存量等に影響を与える要因となる。ここでは、洋上風力発電に特有の影響要因である、水中音・振動、および電磁界が海洋生物に及ぼし得る影響について述べる。

### 2. 水中音

洋上風力発電施設建設時の杭打ちに伴い、持続時間が短い、高いピークレベルを持つパルス音が発生する。風車稼働時には、発電機、ギアボックス、変圧器の冷却装置等に由来する持続音が運用期間中を通じて発生する。これらの水中音による生物影響は、物理的影響、生理的影響および行動的影響に大別される。物理的影響としては、杭打ちに伴う高い音圧により組織の損傷およびそれに伴う死亡が考えられる。生理的影響は音によるストレスレベルや代謝、性成熟や初期発生への影響、行動的影響は、水中音に対する驚愕反応、水中音がある海域からの逃避、摂餌、繁殖、成群行動への影響、音によるコミュニケーションの阻害などが考えられる。

水中音の影響は、生物種によりその程度は異なる。一般に、鰾を持つ魚種は鰾を持たない魚種(カレイ類等)に比べ聴覚が発達しており、水中音による組織への障害やストレス応答等の影響も、鰾を持たない魚種に比べ大きい。

### 3. 振動

杭打ちや風車の稼働時には水中音とともに振動も発生する。振動レベルは水中音の音圧レベルと同期して増減すると考えられる。“水中音・振動”とくくられることが多いが、洋上風力発電の建

設・稼働時に振動レベルを調べた例は少ない。

陸域の場合、地中や地表、木など固体の表面に住む生物は固体を伝わる振動に非常に敏感であり、振動に対する感覚は摂餌行動や捕食者からの逃避、同種間のコミュニケーション、繁殖行動等に重要な役割を持つ。海域においても、埋在性、表層性のベントス、付着生物にとって振動を感知する能力は同様に重要であると考えられるが、現在のところ洋上風力の建設、運用時に発生する振動の生物影響に関する情報は極めて少ない。

### 4. 電磁界

電磁界は電流が流れる電線周りに発生する電界と磁界の総称で、洋上風力ではタービン間を繋ぐインターアレイケーブルと陸上グリッドまでのエクスポートケーブルで発生する。電流が流れるケーブルの周辺には、一定の大きさの磁界が形成され、それに誘導され弱い電界が発生する。磁界の強さは電圧ではなく電流が影響し、洋上風力で導入が検討されている高電圧直流電流による送電の場合、電流は低く抑えられるため発生する電磁界は小さくなる。また、ケーブルを埋設することにより、海底より上の電磁界を低減することができる。

多くの魚類は磁界を感知することができ、特にサケ・ウナギなどは地球の自然磁場を利用して回遊すると考えられており、洋上風力から発生する電磁界により回遊経路が変わる可能性がある。また、サメ・エイ類は餌生物の発する電界を感知する器官をもっており、送電ケーブルに誘引される可能性がある。

### 5. 今後の展望

洋上風力の生物影響については、近年、知見が集積されつつあるが、十分とは言えない。洋上風力の建設、稼働時に想定される様々な要因の影響は種によって異なることが予想されるため、今後、影響が懸念される生物種について、知見の集積が必要である。これに加え、洋上風力発電が実施される海域において、影響の有無を、モニタリング調査等により確認することが重要である。

\* 公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地)

§ E-mail: shima@kaiseiken.or.jp