

洋上風力発電の開発影響と漁業協調への取り組み方(総説)

長崎大学 水産・環境科学総合研究科 教授 清田 雅史

要旨

本稿では政府の脱炭素宣言を受けて急速に拡大しつつある我が国の洋上風力開発の進行状況を概説し、開発が海洋環境や漁業に及ぼす影響とその調査モニタリング方法、影響緩和策や漁業振興策について議論する。港湾区域の開発手続きが比較的シンプルであるのに対し、再エネ海域利用法に沿った一般海域の開発過程は複雑で制度改訂が繰り返され地域住民や漁業者には理解しにくい。国や地方自治体がわかりやすい説明を心がけ、理解とコミュニケーションを促すことが大切である。開発受け入れに向けた合意形成ができたならば、洋上風力発電が地域にもたらすポジティブ、ネガティブな影響を予測し、対応策を検討しておく必要があるが、海洋環境や漁業が受ける影響には不確定の要因も多く、周到な事前・事後調査が必要となる。調査とモニタリングに関する制度設計も未完成であり、地域の関係者が工夫して順応的に進めなければならない。漁業は開発区域内での操業や航行の制限により直接的影響を受ける。風車基部の人工魚礁効果による漁獲増大は安易に期待しない方がよい。漁業へのネガティブな影響への対応策は、漁業を続けるための緩和を主体とし、経済的な損失補填である補償は一時的・補足的な措置に留めることが望ましい。先行区域の開発計画では、風力発電施設稼働後の電力売上額の一部を基金として地域振興と漁業振興に充てる例が多い。地方自治体や漁業協同組合が新たな収入源となる基金を有効活用して地域と漁業を活性化するためには、今までとは異なる新しいビジネス展開のアイデアが必要となる。発電施設稼働後の地域のあるべき姿についてグランドデザインを描き、それを実現するための地域振興策や漁業協調策の具体的な腹案を早い段階から検討しておくことが重要である。

1. はじめに

2020年10月に菅総理(当時)が所信表明演説において、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする脱炭素社会の実現を目指すことを宣言し、日本政府は再生可能エネルギー開発へ大きく踏み出した。なかでも洋上風力発電は開発の余地が大きいと見込まれており、2040年を目途として3,000~4,500万kWの洋上風力発電施設の開発が、「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」(以下「再エネ海域利用法」と呼ぶ)のもと国主導で進められている^{1), 2)}。目標達成に必要となる3000基前後の風車がどれだけの海域を占有するかイメージするため単純計算してみると、海岸に1キロメートル間隔で風車を並べた場合には、北方領土を除く北海道、秋田県、山形県、新潟県の海岸線(4,099km)全てに風車が立ち並び、1平方キロメートルあたり1本の風車を配置した場合には長崎県(4,095km²)や埼玉県(3,793km²)に相当する面積が風車によって占有される

ことになる。これだけの海域を風力発電に供することになれば、海洋生態系や漁業に対して少なからぬ影響が及ぶ可能性も考えられる。

一方、我が国の漁業は、平成の30年間で生産量が3分の1に縮小し、漁業者の減少と高齢化が加速している³⁾。長崎県における水揚げ統計と漁協聞き取り調査の分析結果によれば、2000年以降の漁獲量減少が顕著であり、沿岸漁業者は「魚が獲れない、獲れても値段が安い、後継者がいない」という三重苦にあえいでいる⁴⁾。SDGs(持続可能な開発目標)に代表される国際世論や、脱炭素社会の実現とエネルギー安全保障の確保を掲げる国内政策の後押しを受けた成長産業である洋上風力発電が、地域の基盤を担いながらも斜陽産業化している漁業の衰退に拍車をかけるような事態は避けなければならない。

本稿では我が国における洋上風力開発の進行プロセスを概説した上で、開発が海洋環境や漁業に及ぼす影響とその調査モニタリング方法、緩和策と漁業振興策について、先行する諸外国の事例も交えながら紹介し、

直面する課題や対応策について議論する。

2. 我が国における洋上風力開発の進行状況

洋上風力開発の進め方は、港湾法に従って開発が行われる港湾区域と再エネ海域利用法が適用される一般海域とでは大きく異なる⁵⁾。港湾区域の開発手続きはシンプルであり、港湾管理者が策定した「港湾区域の占用及び公募の実施に関する指針」(公募占用指針)に沿って、事業者が「港湾区域の占用に関する計画」(公募占用計画)を作成して港湾管理者に提出し、港湾管理者が公募占用計画を審査・評価して最も適切な事業者を占用予定者として選定し、選定された事業者は当該計画に従って洋上風力発電施設の設置及び維持管理を実施する⁶⁾。これに対し一般海域の開発進行過程は複雑である(図1)⁷⁾。まず始めに風況や送電網などの事業性、環境・生物多様性保全、漁業影響、景観など様々な地理情報を用いたゾーニングを行い、開発候補となる適地を抽出する。抽出された候補地において関係者・関係機関との意見調整がある程度進むと、事業者や地方自治体によって開発事業案件が形成される⁸⁾。将来的に開発が期待される有望な区域となり得ることを示す情報が都道府県知事から国に提出されれば、「一定の準備段階に進んでいる区域」と見なされる。さらにこれら区域の中で利害関係者の特定及び調整や電力系統確保について一定の見通しがつく等の条件が整った場合には、「有望な区域」として整理される。有望な区域とは、再エネ海域利用法第9条に基づく協議会(以下「法定協議会」と呼ぶ)を設置して利害関係者を含めた協議を行うことが可能で、国による詳細調査も実施可能な段階にある区域のことである⁷⁾。有望な区域に整理されると、行政や有識者、利害関係者を構成員とする法定協議会が設置され、数回の協議を通じて、事業者への要望などをまとめた「協議会意見とりまとめ」が作成される。ただし、漁業影響調査や地域・漁業振興基金などについて具体的な検討が必要と判断された場合には、法定協議会と並行して実務者会議が設置されることもある。受け入れ可能なエリアを具体的に緯度経度で示した促進区域案について合意が得られれば、経済産業

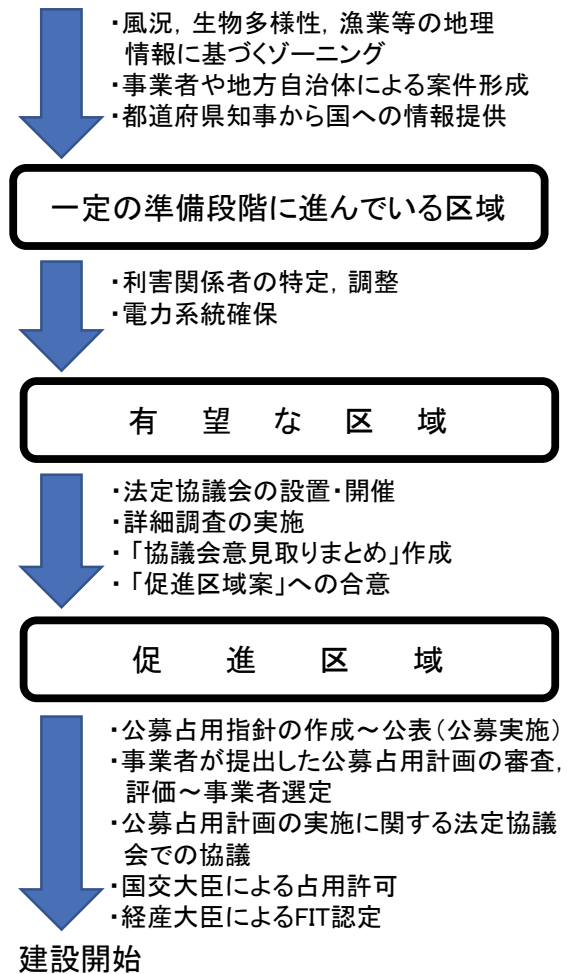


図1 再エネ海域利用法に基づく洋上風力開発プロセスの進み方

大臣・国土交通大臣によって促進区域に指定される。促進区域へ指定されると「公募占用指針」が作成され、それが公表されることにより公募がスタートする。公募占用指針のうち、利害関係者から事業者への要望を示す部分が協議会意見とりまとめに相当する。公募に応札する事業者は、公募占用指針に対応した公募占用計画を作成し、当該促進区域においてどのような事業を計画しているのか説明する。応札した企業の公募占用計画を、国の設置した第三者委員会が評価基準に基づいて評価・採点し、最も評価点が高かった事業者が選定事業者として選出される。

2022年9月末時点で、表1に示す港湾区域、一般海域の開発事業案件が進行している。手続きが比較的単純な港湾区域は早いテンポで開発が進んでいるが、公開される情報が少なく事業の内容や進行状況を一般人が知る事が難しい。一般海域については、資源エネ

表1 日本国内の港湾区域と一般海域における洋上風力開発の計画・実施状況(事業者, 地方自治体, 経済産業省, 環境省のホームページに掲載された事業概要, 環境影響評価配慮書・方法書などより情報を抽出, 2022年9月30日現在)

区分	開発予定区域	占有面積	発電設備出力	形式	運転開始
港湾区域	青森県むつ小川原港	1000ha	8万kW(32基)	着床式	2018年
	秋田県秋田港	350ha	5.5万kW(13基)	着床式	2022年
	秋田県能代港	380ha	8.4万kW(20基)	着床式	2022年
	北海道石狩湾新港	500ha	11.2万kW(14基)	着床式	2022年
	福岡県北九州港	2,700ha	22万kW(44基)	着床式	2025年
	茨城県鹿島港	680ha	18.7万kW(19基)	着床式	2026年
促進区域	長崎県五島市沖	2,726.5ha	1.68万kW(8基)	浮体式	2024年
	秋田県能代市, 三種町及び男鹿市沖	6,268.8ha	47.88万kW(38基)	着床式	2028年
	秋田県由利本荘市沖(北側, 南側)	13,040.4ha	81.9万kW(65基)	着床式	2030年
	千葉県銚子市沖	3,948.7ha	39.06万kW(31基)	着床式	2028年
	秋田県八峰町及び能代市沖	約3,230ha	最大36万kW(最大30基)	着床式	未定
	秋田県男鹿市、潟上市及び秋田市沖	約5,421ha	最大40万kW(最大42基)	着床式	〃
	新潟県村上市及び胎内市沖	約9,360ha	最大60万kW(最大50基)	着床式	〃
長崎県西海市江島沖	約4,360ha	最大24万kW(最大50基)	着床式	〃	
有望な区域	青森県沖日本海(南側)	約12,000ha	最大90万kW(38~75基)	着床式	〃
	青森県沖日本海(北側)				〃
	山形県遊佐町沖	約4,000ha	最大50万kW(最大53基)	着床式	〃
	千葉県いすみ市沖	約10,500ha	最大45万kW(最大47基)	着床式	〃
	千葉県九十九里沖			着床式	〃
一定の準備段階に進んでいる区域	北海道石狩市沖	約233,603ha	最大100万kW(最大108基)	着床式	〃
	北海道岩宇及び南後志地区沖			着床式	〃
	北海道島牧村沖	約16,815ha	最大58.5万kW(最大56基)	着床式	〃
	北海道檜山沖	約39,000ha	最大72.2万kW(最大76基)	着床式	〃
	北海道松前沖				〃
	青森県陸奥湾	約20,767ha	最大80万kW(最大200基)	着床式	〃
	岩手県久慈市沖			浮体式	〃
	富山県東部沖				〃
	福井県あわら市沖	約1,713ha	最大35万kW(最大37基)	着床式	〃
	福岡県響灘沖	約2,700ha	最大22万kW(最大40基)	着床式	〃
	佐賀県唐津市沖	約14,280ha	最大68万kW(最大63基)	着床式	〃

注) 有望な区域と一定の準備段階に進んでいる区域の占有面積と発電設備出力は断片的情報に基づく暫定的な値であり, 必ずしも同一事業の数値ではない場合がある。

ルギー庁のウェブサイトにおいて法定協議会の議事録等が公開されており、さらに自治体によってはそれ以前の準備段階における検討記録をインターネット上で公表しているところもある。例えば山形県では、遊佐沖が 2021 年 9 月に有望な区域に選定される以前の 2018 年 7 月から、受け入れの可能性を検討するために検討会議、検討部会、住民説明会が開催されており、その記録が県のウェブサイト上に公開されていて参考になる (<https://www.pref.yamagata.jp/kurashi/kankyo/energy/hatsuden/wind/offshore/index.html>, 最終確認 2022 年 8 月 25 日)。

有望な区域に選定された地域には、基本的に洋上風力発電導入の障害となる重大な問題はなく、懸案事項を適切に配慮することを条件に開発受け入れが可能であると見なされる。これまでの先行事例では、1 年程度の期間内に法定協議会が 3 回ほど開催されて協議会意見とりまとめが作成され、公募占用指針の策定に至っている。このように利害関係者の意見をとりまとめ、公募占用指針を策定することが有望な区域における法定協議会の基本的な任務であり、開発の是非や地域振興のための具体的施策について論を戦わせる余地はあまりないと考えておく方が賢明である。従って、有望な区域に整理される以前の段階において、地域の住民や利害関係者を広く巻き込んだ十分な説明と意見交換を行っておくべきであり、受け入れを前向きに考える素地が形成されたならば、風車稼働後の地域のあるべき姿についてランドデザインを描き、それを実現するための地域振興や漁業協調の具体的な腹案を用意しておくことが大切である⁹⁾。このように一般海域における協議のプロセスは複雑であるが迅速に進み、かつ、セントラル方式による事前調査の制度設計や事業者の選定基準などをめぐる制度改訂も進行中であることから、地域住民や漁業者が議論の進み方や意見集約の手順を理解することが困難である。この点について国や地方自治体が十分に留意し、特殊な専門用語が多い行政文書の意味や進行中の議論の中身を分かりやすい言葉で噛み砕いて説明し、地域住民や関係漁業者の理解とコミュニケーションを促すことが大切である。

3. 洋上風発が海洋環境や漁業に及ぼす影響

開発プロセスの早い段階から漁業協調策を検討しておくためには、洋上風力開発によって海洋環境や漁業がどのように変化し得るか理解し、候補区域が受ける影響を予測する必要がある。しかし洋上風力開発の影響に関する日本国内の報告はほとんどなく、海外における研究は欧州の事例が大半で、海洋環境や漁業の実態が日本とは大きく異なっており直接参考になりにくい面がある。本稿では既往の総説¹⁰⁾に倣い、洋上風力開発が海洋環境や漁業に及ぼす影響を、1) 海洋環境や生物への影響、2) 人工魚礁効果、3) 漁業の排除、4) 海洋保護区(MPA)効果、の 4 つに分けて論じる。

1) 海洋環境や生物への影響のうち物理的な環境については、水中構造物による流れや鉛直混合の変化、タービンによる風の変化とそれに付随する流れや波の変化、堆積物の変化などが挙げられている。十分な事例解析は未だ行われていないが、影響は局所的かつ自然変動の範囲内であり、不可逆的な変化が生じた事例は報告されていない^{11),12),13)}。生物への影響の中では、着床式風車建設中のパイル打設音や振動による魚の行動や群れ構造の変化^{14),15)}、稼働中の水中音による生物ストレス^{16),17)}、電磁波による摂餌・回遊行動の変化や底生生物浮遊幼生への悪影響^{18),19)}などが指摘されているが、定量的作用や因果関係が実証されていない現象が多い。今後我が国の港湾区域をはじめとする先行区域での調査結果が公開されることを期待したい。

次の人工魚礁効果とも関連するが、稼働後の風力発電施設周辺における底魚や底生生物の分布変化は、新しい構造物の構築や漁業活動の制限に関係して発生すると考えられている^{20),21)}。回遊性魚類への影響についての報告は少なく、今後の調査研究テーマとなる²²⁾。

陸上ではバードストライクによる鳥類の衝突死亡や生息域の改変が大きな問題となっている。海上では観察や死亡個体の回収が難しく影響評価が難しいが、海鳥の衝突死亡や移動経路、生息場所の変化が報告されている^{23),24),25),26)}。日本列島周辺海域は東南アジアとシベリアをつなぐ陸鳥の重要な渡り経路となっており²⁷⁾、

海鳥だけでなく陸性の渡り鳥も含めて風車を設置する場所や高さを検討するとともに、影響のモニタリングが必要となる。

2) 人工魚礁効果に関して、洋上風力発電施設の周りに魚が増えて海洋牧場が形成され漁業も栄えるといった楽観的な論説も散見されるが²⁸⁾、安易に期待を寄せるべきではない。日本周辺にはこれまで多数の人工魚礁が設置されてきたが、それが漁業に及ぼす経済効果が定量的に検証された例は極めて少ない。そもそも人工魚礁の効果として i) 様々な生物が生息する多様な生態系が形成される環境効果, ii) 構造物の周りに魚が集まる蛸集効果, iii) 魚礁が産卵場や隠れ場、餌場となることで魚の繁殖・生残・成長が向上し資源量が増える増殖効果, iv) 魚種やサイズの変化、漁獲量の増加や、燃油等経費節約などにより漁業収入が増える漁獲効果、を区別して論じるべきである(桑本私信)^{29),30)}。我が国の洋上風力発電試験機において確認されている魚礁効果は、ある時間断面における風車周辺の生物相観察に基づく環境効果と蛸集効果にとどまっており、漁業の収益拡大をもたらした例は報告されていない。海外においては、着床式風車の基部に敷設される硬質の洗掘防止材が底生生物の生息場所となり、生物多様性が高まる環境効果が報告されているものの^{20),31),32)}、その効果は風車から離れると低下する。風車基部に魚が集まる蛸集効果は主に底魚類で報告されており^{33),34)}、漁獲効果としてはカニかご漁船の操業位置と漁獲記録から漁業への経済効果を試算した例が見られる程度である³⁵⁾。本来風車の設置場所や構造は水産資源増殖を目的として設計されていないため、長期的な資源増殖効果は期待しにくく、逆に外来種の侵入を招く恐れもある^{31),36)}。日本国内では捕食性の魚類が定着することによるサケ類などの放流種苗の生残率低下を懸念する地域もあり、今後調査が必要である。

人工魚礁効果による漁獲量増大は安易に期待すべきでないが、漁獲対象種への蛸集効果と増殖効果を予測できるのであれば、誘導魚礁などを周辺に配置して風車から離れた場所で安全かつ効率的に漁獲を行うための漁場整備を振興策の中に組み込むのも一つの方法である。元々候補区域内にどのような生物が生息し、

表 2 欧米各国の洋上風力発電施設周辺での船舶活動の制限状況(参考文献^{10),38),39)}より抜粋)

地域	洋上風力発電施設周辺での活動制限
英国 スコットランド	建設中は 500m 以内立入禁止。稼働中は 50m 以内を安全ゾーンとするが、航行や受動漁具の使用を容認。
ドイツ	500m 以内では漁業その他活動を禁止。
ベルギー	メンテナンス船以外は 500m 以内への立入禁止。
オランダ	500m 以内は漁船立入禁止であったが、2015 年から航行を容認。
米国	建設中は 475m(500 ヤード)以内立入禁止。稼働中は制限なし。

どの魚種に魚礁効果が期待できるのか、風車が魚礁効果を持った場合にどれだけ漁獲量と水揚げ金額の上昇を見込むことができるのか、費用対効果まで含めた予測を行い事業計画を立てることが望ましい。

単に魚が集まる蛸集効果の恩恵は遊漁船の方が受けやすく、米国では風車周辺に観光船や遊漁船が集まり、漁船が近付かなくなる現象も起こっている³⁷⁾。実際に日本の試験機でも遊漁船のアンカーによる送電ケーブルの破損事故が発生しており、遊漁船や観光船を含めた海域利用計画とルール策定が必要となる。

漁業が受ける直接的影響として最も懸念されるのは 3) 漁業の排除(fishery exclusion)で、風車周辺での船舶活動の制限による漁業機会の喪失や、風力区域を回避して航行することによる移動コストの増大が起こり得る。船舶活動の制限状況は国によって異なり(表 2)、ドイツのようにトラブル回避を優先して風車周辺への船舶の立ち入りを禁止する国もあれば、英国のように海面の多目的利用を促し航行や一部操業を認める国もある³⁸⁾。米国では工事期間中には立ち入り禁止区域が設けられるものの、法的根拠がないため風力稼働後の船舶活動は禁止されていない³⁹⁾。しかし、船舶活動が認められていても、衝突事故や漁具損傷の危険性や、それに備えるための保険費用増大を敬遠し、漁業者が風力区域内に立ち入らない場合も多い。日本には風力発電施設周辺での船舶活動に対する法的規制がないため、開発事業

者と海面利用者が協議してルールを決めることになる。風車の基礎や係留索の構造、送電ケーブルの敷設方法等によって状況が異なるため、風車周辺での制限事項について開発事業者が十分な情報を提供し、漁業者側はその情報に海底地形や操業実態や海況を重ね合わせて影響を予測し、適切な管理ルールを導き出すことが大切である。

風発区域内で漁業活動が制限され、実質的に禁漁区となることによって生じる 4)MPA 効果としては、トロール操業停止による表在性ベントスの増加傾向が認められているが、周囲への染み出し効果は風車の周囲に限定的される⁴⁰⁾。そもそも洋上風発は水産資源や生物多様性の保全上重要な海域を避けるように設置され、MPA としては面積が小さいことから、大きな保全効果は期待できない。

以上のように、洋上風力開発が海洋環境や漁業へ与える影響は未確定のことが多いため、リスクを回避できる対策を慎重に検討しておくことが大切である。計画進行中のプロジェクトにおいては、入念な事前調査とモニタリングを行い、状況変化を確認しながら順応的に開発を進めることが重要となる。先行する港湾区域等の調査結果がタイムリーに公表されれば、後発区域にとっても有益な情報となる。

4. 調査とモニタリング

上述のように洋上風力開発では海洋環境や漁業への影響をめぐる事前・事後の調査が極めて重要であるが、調査とモニタリングに関する制度設計も未完成であり、地域の関係者が相談しながら工夫して進めなければならない。洋上に限らず一定規模以上の風力発電施設の建設は環境影響評価法に基づく環境アセスメントが義務付けられている⁵⁾。再エネ海域利用法の下での一般海域の洋上風力開発では、事業者が選定される以前から配慮書や方法書の縦覧が始まるが、複数の異なる開発計画に対して限られた期間内に住民や漁業者が意見書を提出することは容易ではない。複数事業者が重複して環境影響評価手続きを進めるのは非効率的でもあり、政府または政府に準じた機関が公募占用指針を作成するための情報収集を行う日本版セントラル方式の導入が検討されているが、まだ制度確立には至っていない。新エネルギー・産業技術総合開発機構は具体的事例を挙げて環境アセスメントの実施要領を示している⁴¹⁾。評価項目は事例ごとに異なるが、水環境(濁り)、底質、海底地形(流況の変化、浸食、洗掘等)、水中騒音、動物(底生動物、魚類、海棲哺乳類、鳥類)、植物(海草、藻類)、景観などが主体となっている。漁業への

表 3 洋上風力開発の漁業影響を明らかにするための 4 段階の調査概要(参考文献⁴²⁾より抜粋)

段階	調査名称	調査内容
1	漁業関係者調査	・関係する漁業者のリストアップ ・関係漁業者と区域の関係の概略把握
2	漁業実態調査	・関係漁業者が利用する海域、時期、漁具、漁法、対象魚種を整理 ・想定される洋上風力開発事業による漁業影響として懸念される事項の検討・整理
3	ベースライン調査	・促進区域における法定協議会等で出された懸念事項等を解決するための調査 ・調査計画(調査時期、地点、方法など)の策定 ・建設前の状態を把握するための現地調査等 ・可能な範囲での漁業影響予測とそれに基づく軽減措置検討、事業計画見直し
4	モニタリング調査	・調査計画に沿った建設中、建設後(運転開始後)の現地調査等 ・漁業者の懸念事項の具体的影響程度の確認 ・悪影響が確認された場合にはその軽減策の検討

影響は環境アセスメントの対象外であるが、別途詳しい調査が必要であることから、海洋水産技術協議会が漁業影響調査の実施指針を公表し 4 段階の調査(漁業関係者調査、漁業実態調査、ベースライン調査、モニタリング調査)を提唱している(表 3)⁴²⁾。調査の実施時期を開発前、建設工事中、稼働後に分け、空間的にも対照区との比較(BACI デザイン)や、風車からの距離に応じた変化(BAG デザイン)を取り入れることで、影響を分析しやすい調査デザインとし、海洋環境や生物だけでなく操業の頻度や分布、漁獲量、水揚げ金額、漁業の収益状況についてもモニタリングを行って経済面まで含めた影響評価を行うことが大切である。当該区域のみならず後続区域のためにも漁業影響評価は極めて重要であり、漁業者が主体的に関与して進めることが望ましい。さらに漁業法改正に伴う操業データの即時電子報告や資源管理強化への対応とも組み合わせ⁴³⁾⁴⁴⁾、調査とモニタリングを順応的管理(管理目標を設定し操業とモニタリングを行いながら目標達成状況を点検し、必要に応じて操業状況や管理目標を修正する自主的な管理)の枠組を構築することで、漁業と発電事業の事業性や持続可能性を高めることができれば理想的である。

5. 漁業協調と地域振興のための影響緩和策

洋上風力開発が漁業にもたらすネガティブな影響への対応策を、補償(compensation)と緩和(または軽減, mitigation)の 2 つに区別することができる⁴⁵⁾。補償は、開発によって被る損失を経済的に補填するもので、建設工事などにより漁業を一時停止せざるを得ない場合には有効であるが、長期的影響に対しては対症的な部分解決にしかならない。これに対し緩和は、漁業者が漁業を続けることができるようにするための方策であり、漁業のパフォーマンスを高める、コストを下げる、製品の価値を高める、市場競争力を改善する、後継者や新規参入者を育成する、といった支援を行う⁴⁵⁾。洋上風力発電と漁業の共存という目的を達成する上では、緩和を主体として、補足的に補償を組み合わせることが望ましい。

建設前段階の対策としては、共存を図りやすい設置場所の選択が最も重要である。そのためには、表 3 に示

した漁業実態調査を通じて、開発候補区域のいっどこでどのような漁業が操業を行いどれだけの水揚げ収益が得られているかデータ化しておくことが有用であり、その情報は建設工事中の休漁補償に向けた基礎データとしても役立つ。季節性回遊魚を対象とする漁業では、工期の選択も重要である。それ以外に風発区域内への操業可能エリアの設置、風車の基礎形状やケーブル敷設経路の工夫なども漁業者と開発事業者が十分話し合っただけでは決めなければならない。風車稼働後に向けた対策として、種苗放流、人工魚礁設置、底質改善による資源増殖、漁場造成や養殖適地の造成(貝類・海藻養殖、沖合養殖、新規養殖種開発)などが検討されているが⁴⁶⁾、既に漁業振興策として国内各地で実施済みの活動も多く、具体的効果を上げるためには一層の工夫と費用対効果の見積りが必要である。その他に、漁具・漁法・漁船の改良や転換の支援、安全設備の拡充、冷凍冷蔵加工施設や港湾の整備、燃料費や保険費用の補填のほか、風発のクリーンイメージを活かした地域ブランド開発やエコラベル認証支援なども考えられる。

新たな経済機会の創出として、漁業の経験を活かした技術支援や新規事業創出(発電施設運用保守業務、観光、レクリエーションなど)を通じた地域への投資拡大や新規産業・雇用の創出への期待も大きい。漁業活動支援の中には費用負担などの補償に類する内容も含まれ、新規事業創出は漁業を続けようとする目的を損なう可能性もあるため、一時的救済に終わることなく次世代につながる漁業の運営方針を立てることが大切である。さらに地域振興まで間口を広げると、サプライチェーンとしての地場産業活用、電力地産地消、固定資産税収入なども含め、風力発電施設が稼働する 10 年後、20 年後の地域のあるべき姿を見据え、それを実現するための具体的方策として地域振興策と漁業協調策を立案すべきであろう。ただし洋上風力発電事業のサプライチェーンや運営保守業務では高度な技術が求められるため、地域の企業や人材がどのレベルまで参入できるか見極め、必要に応じて技術高度化のための育成を図る必要がある。日本では洋上風力事業に関する指導教育プログラムは不足しており、国の指導のもと産官学が連携して早急に強化すべき課題である。

わが国の開発候補区域では電力売上額の一部を基金として地域振興と漁業振興に充てることを見込んだ例が多いが、風力発電はビジネスであり事業者側が行う支援策にはコスト上の制約がある。建設基地やメンテナンス基地となる港湾をどこに配置し、資材や人員をどこから調達するのか、建設中と建設後にどのような経済活動が地域に発生するのか、といった点まで踏み込んで事業者と地域住民が十分に意見交換を行い、地域の経済プロジェクトとして協同的・順応的に発電事業と地域振興策を運営していくことが望まれる。新たな収入を得る地方自治体や漁業協同組合が、基金を有効活用して地域と漁業を活性化するためには、今までとは異なる新しいビジネス展開のアイデアが必要となる⁴⁷⁾。そうした意味で、次の時代の地域と漁業を担う若い世代の意見を意思決定に反映させることが大切であり、経営センスのある人材の登用、若い人の参入・育成に予算や努力を傾け、漁業協同組合の組織構成や活動内容を見直していくことも必要となろう。

6. おわりに

我が国の沿岸漁業は漁獲量の減少、魚価の低迷、漁業者の減少と高齢化という三重苦が続いており、現状維持だけでは存続が極めて難しい状況にある。洋上風力開発は操業・航行の制限や海洋環境の変化などのリスク要因ではあるが、売電収益に基づく基金を活用して地域と漁業を再生できるラストチャンスにもなり得る。ピンチをチャンスに変えるためには、地域の自治体、住民、漁業者と事業者が一丸となって知恵と努力を注ぎ込む熱意が必要である。その一方で洋上風力開発が海洋環境や漁業に及ぼす影響や地域にもたらす経済効果には不確定要素も多く、実証データを得るためには研究者と漁業者、事業者が協力して科学的調査を実施することが不可欠である。得られたデータを順応的に活用し、地域の目標達成に役立てるとともに、情報を公開し経験を共有・蓄積していくことを通じて、learn by doing を実践し失敗からも学びながら、日本独自の地域協調型洋上風力開発モデルが確立されることを願って止まない。

謝辞: 洋上風力開発に関するヒアリング調査を受け入れ貴重な情報をご提供下さった秋田県、山形県、千葉県、長崎県各地の地方自治体や漁業協同組合の皆様方にお礼申し上げますとともに、現地調査にご同行いただいた(株)はまげん石谷誠氏、野瀬瑠美氏、ならびに長崎大学の学生諸氏に感謝いたします。また、本稿発表の機会をいただいた高比良光治博士はじめ九州環境管理協会の関係各位に深謝いたします。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁: エネルギー基本計画, 128pp. (2021).
- 2) 赤星貞夫: カーボンニュートラル実現に向けた洋上風力への期待. 日本マリンエンジニアリング学会誌, 26, 57-61 (2021).
- 3) 水産庁: 平成期のわが国水産業を振り返る. 令和元年度水産白書, p3-90 (2020).
- 4) 池戸蒼真・清田雅史: 長崎県各地域の沿岸漁業における漁獲物構成と生態系影響の長期変化. 長崎大学水産学部研究報告, 102, 1-14 (2022).
- 5) 明田定満: 我が国における洋上風力発電と環境影響評価の現状. 水産工学, 57, 107-115 (2021).
- 6) 国土交通省港湾局: 港湾における洋上風力発電の占用公募制度の運用指針, 44pp. (2016).
- 7) 経済産業省資源エネルギー庁・国土交通省港湾局: 海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン, 18pp. (2019).
- 8) 環境省: 風力発電に係る地方公共団体によるゾーニングマニュアル(第1版), 115pp. (2018).
- 9) 久保彰護・清田雅史: 洋上風力開発における漁業協調の進め方. (投稿中)
- 10) A. B. Gill, et al.: Setting the context for offshore wind development effects on fish and fisheries. *Oceanography*, 33, 118-127 (2020).
- 11) S. Clark, et al.: The influence of large offshore wind farms on the North Sea and Baltic Sea – a comprehensive literature review. *HZG Report*, 2014-6 (2014).
- 12) J. van Berkel, et al.: The effects of offshore wind

- farms on hydrodynamics and implications for fishes. *Oceanography*, 33, 108–117 (2020).
- 13) T. Miles, et al.: Could federal wind farms influence continental shelf oceanography and alter associated ecological processes? A literature review. *Sci. Cent. Mar. Fish. Rutgers Sch. Environ. Biol. Sci.*, 24pp. (2020).
 - 14) J. E. Herbert-Read, et al.: Anthropogenic noise pollution from pile-driving disrupts the structure and dynamics of fish shoals. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 284, 1863 (2017).
 - 15) A. C. M. Kok, et al.: An echosounder view on the potential effects of impulsive noise pollution on pelagic fish around windfarms in the North Sea. *Environ. Pollut.*, 290, 118063 (2021).
 - 16) T. Aran Mooney, et al.: Acoustic impacts of offshore wind energy on fishery resources: An evolving source and varied effects across a wind farm's lifetime. *Oceanography*, 33, 82–95 (2020).
 - 17) U. Stöber, and F. Thomsen: How could operational underwater sound from future offshore wind turbines impact marine life? *J. Acoust. Soc. Am.*, 149, 1791–1795 (2021).
 - 18) Z. L. Hutchison, et al.: Offshore wind energy and benthic habitat changes lessons from block island wind farm. *Oceanography*, 33, 58–69 (2020).
 - 19) P. Harsanyi, et al.: The Effects of anthropogenic electromagnetic fields (EMF) on the early development of two commercially important crustaceans, European lobster, *Homarus gammarus* (L.) and edible crab, *Cancer pagurus* (L.). *J. Mar. Sci. Eng.*, 10, 1–18 (2022).
 - 20) H. J. Lindeboom, et al.: Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; A compilation. *Environ. Res. Lett.*, 6, 035101 (2011).
 - 21) J. T. Reubens, et al.: Residency, site fidelity and habitat use of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at an offshore wind farm using acoustic telemetry. *Mar. Environ. Res.*, 90, 128–135 (2013).
 - 22) S. Krägefsky: Effects of the alpha ventus offshore test site on pelagic fish BT. p.83–94 in (Federal Maritime and Hydrographic Agency, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, eds.) *Ecological Research at the Offshore Windfarm alpha ventus: Challenges, Results and Perspectives*. Springer Fachmedien Wiesbaden (2014).
 - 23) 風間健太郎: 洋上風力発電が海洋生態系におよぼす影響. 保全生態学研究, 17, 107–122 (2012).
 - 24) R. Brabant, et al.: Towards a cumulative collision risk assessment of local and migrating birds in North Sea offshore wind farms. *Hydrobiologia*, 756, 63–74 (2015).
 - 25) N. Vanermen, et al. Seabird avoidance and attraction at an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia*, 756, 51–61 (2015).
 - 26) V. Dierschke, et al.: Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biol. Conserv.*, 202, 59–68 (2016).
 - 27) 樋口広芳: 鳥の渡り生態学. 東京大学出版会, 340pp. (2021)
 - 28) O. Langhamer: Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: State of the art. *Sci. World J.*, (2012).
 - 29) 井上誠章 ほか: 長崎県壱岐周辺海域における人工魚礁の利用状況とメダイおよびマダイ資源密度に与える人工魚礁の効果. 日本水産学会誌, 84, 1010–1016 (2018).
 - 30) 井上誠章ほか: 長崎県対馬周辺海域の人工魚礁の効果範囲推定. 水産海洋研究, 84, 187–199 (2020).
 - 31) M. Glarou, et al.: Using artificial-reef knowledge to enhance the ecological function of offshore wind turbine foundations: Implications for fish abundance and diversity. *J. Mar. Sci. Eng.*, 8, 332 (2020).
 - 32) S. Degraer, et al.: Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography*, 33, 48–57 (2020).

- 33) L. Bergström, et al.: Effects of an offshore wind farm on temporal and spatial patterns in the demersal fish community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 485, 199–210 (2013).
- 34) C. Stenberg, et al.: Long-term effects of an offshore wind farm in the North Sea on fish communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 528, 257–265 (2015).
- 35) V. Stelzenmüller, et al.: Sustainable co-location solutions for offshore wind farms and fisheries need to account for socio-ecological trade-offs. *Sci. Total Environ.*, 776, 145918 (2021).
- 36) R. van Hal, et al.: Changes in fish communities on a small spatial scale, an effect of increased habitat complexity by an offshore wind farm. *Mar. Environ. Res.*, 126, 26–36 (2017).
- 37) T. Smythe, et al.: Optimistic with reservations: The impacts of the United States' first offshore wind farm on the recreational fishing experience. *Mar. Policy*, 127, 104440 (2021).
- 38) M. F. Schupp, et al.: Fishing within offshore wind farms in the North Sea: Stakeholder perspectives for multi-use from Scotland and Germany. *J. Environ. Manage.*, 279, 111762 (2021).
- 39) K. Webster, and R. Porter: Legal limits on recreational fishing near offshore wind facilities. *Sea Grant Law Fellow Publications*, 98. 11pp. (2020).
- 40) G. Halouani, et al.: A spatial food web model to investigate potential spillover effects of a fishery closure in an offshore wind farm. *J. Mar. Syst.*, 212, 103434 (2020).
- 41) 新エネルギー・産業技術総合開発機構. 着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料 (最終版), 783pp. (2018).
- 42) 海洋水産技術協議会: 洋上風力発電施設の漁業影響調査実施のために, 21pp. (2022).
- 43) 中神正康: 資源・漁業情報ネットワーク構築事業における漁業データ収集. 黒潮の資源海洋研究, 21, 37-39 (2020)
- 44) 南 雄也ほか: IoT 技術を用いたスマート漁業実現への取り組み. システム/制御/情報, 65, 7-12 (2021)
- 45) R. E. Blyth-Skyrme: Options and opportunities for marine fisheries mitigation associated with windfarms. *Final report for Collaborative Offshore Wind Research Into the Environment contract FISHMITIG09*. COWRIE Ltd, London. 125 pp. (2010).
- 46) B. H. Buck, et al.: The German case study: pioneer projects of aquaculture-wind farm multi-uses. p. 253–354 in (B. H. Buck and R. Lang, eds) *Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean*. Springer, Cham (2017).
- 47) 蓮池勝人・稲垣仁美: 洋上風力事業における地域共生のあり方. *NRI Public Manag. Rev.*, 215, 1–12 (2021).