OES-ENVIRONMENTAL 2020 STATE OF THE SCIENCE レポート

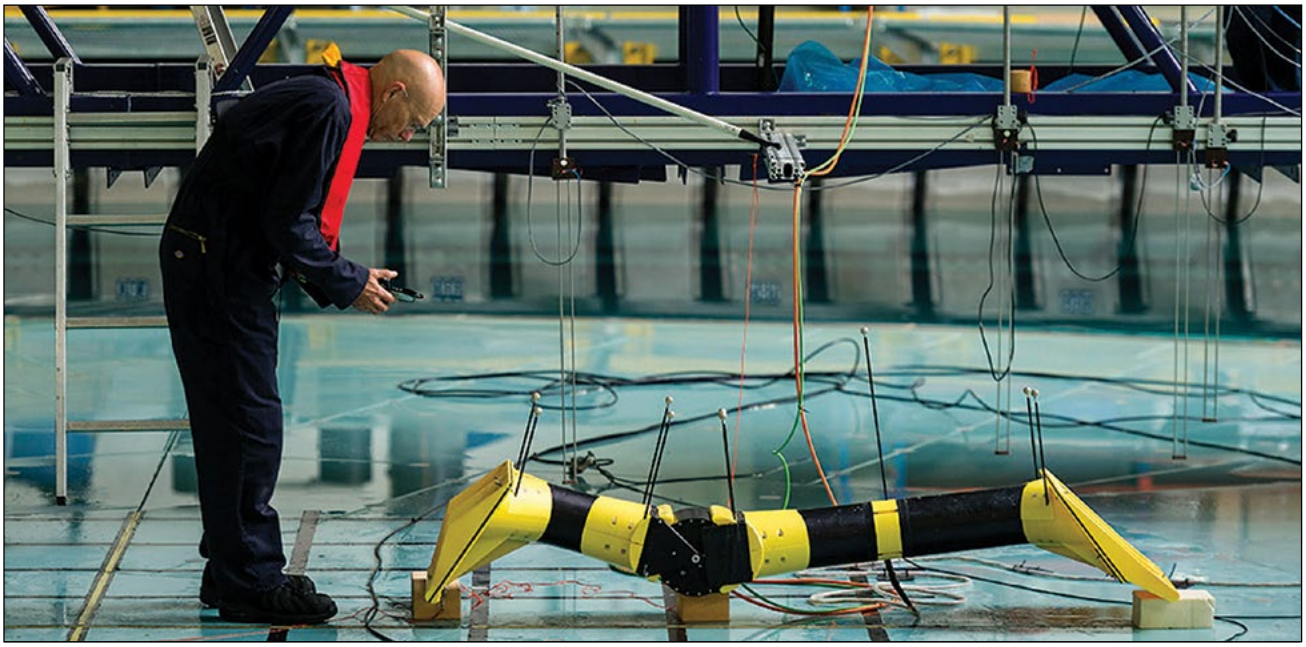
要約

このレポートは、海洋再生可能エネルギーの環境影響に関する科学の現状をまとめたものであり、2016年のAnnex IVレポート（http://tethys .pnnl.gov/publications/state-of-the-science-2016）を更新および補足するものです。

翻訳者（Translator）：吉田毅郎（Takero Yoshida）, 北澤大輔（Daisuke Kitazawa）

海洋再生可能エネルギーは、海の波、潮汐、流れ、海の温度と 塩分の勾配、および大規模な河川の流れ（潮流エネルギーを得る技術と同様の技術を使用）から得られます。このレポートでは、波力発電装置を使用した波からの発電と、タービンを使用した潮流および大型河川流からの発電について、潜在的な環境への影響に焦点を当てています。必要に応じて、洋上の風力発電や石油・ガス、送電用および通信用の海底ケーブルなど、他の海洋産業から学んだ教訓も含んでいます。

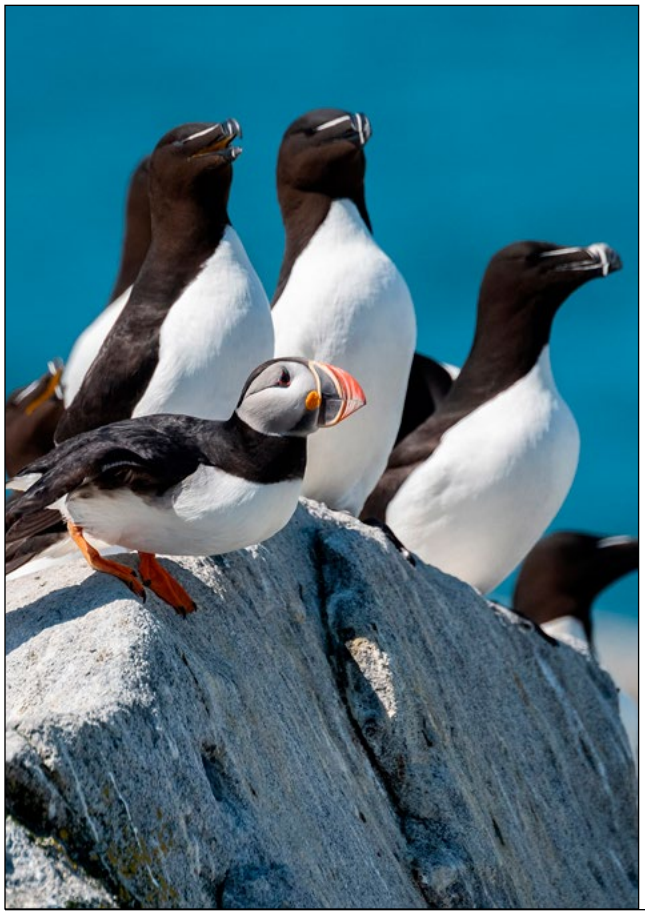
2020 年のState of the Scienceレポートは、国際エネルギー機関の海洋エネルギー実施委員会（OES, https://www.ocean-energy-systems.org）の協力のもとで、OES-Environmental（旧Annex IV）の主導によって作成されました。

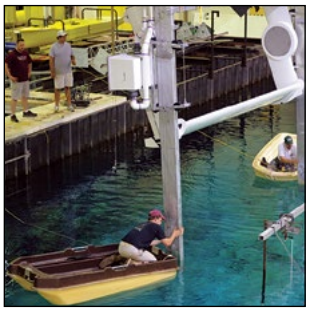


海洋再生可能エネルギー開発による環境への潜在的な影響を評価するために、一般的に使用される方法は、影響物（stressor）と被影響物（receptor）の相互作用です。影響物は、海洋環境にストレスを与えたり、害を与えたりする可能性がある海洋再生可能エネルギー装置またはシステムの部品です。被影響物は、影響物によって害を受ける可能性のある海洋動物、生息地、海洋物理場、または生態系機能です。

OES-Environmentalのもとでは、15の国が協力して、海洋再生可能エネルギー開発の潜在的な環境影響の「科学の現状 “state of the science”」を評価し、それらが海洋再生可能エネルギー装置の承認と許可（以下、承認）にどのように影響するかを理解しました。

このレポートでレビューされ、統合された情報は、海洋再生可能エネルギー装置が海洋動物、生息地、および環境にもたらす潜在的なリスクに関連しており、研究者、規制当局者、装置開発者、事業者などの海洋再生可能エネルギーの利害関係者にとって価値があるかもしれません。この知識体系は、国際的な規制当局者に対して科学に基づいた意思決定の情報を提供し、プロジェクトの立地とエンジニアリング設計、運用戦略、およびモニタリングプログラムなどで開発者をサポートします。特に、このレポートは、研究者のコミュニティが海洋再生可能エネルギーの相互作用に関する最新の考えに触れ、科学的な協力者を特定し、成長する知識体系への追加を手伝うことに役立つはずです。このレポートは実際の海域に特有の情報と併せて使用されることで、海洋再生可能エネルギー装置の合理的な承認に役立ちます。海洋再生可能エネルギー装置周辺の多くのモニタリング活動は単一の装置または非常に小さなアレイに制限されていますが、この調査とモニタリングの多くは産業の成長に役立つと考えられます。2020年のState of the Scienceレポートでまとめられた情報は、当該分野における多くのトップクラスの研究者の視点を通して、研究やモニタリングから引き出され、研究者、開発者、および政府機関によって発行された公的に利用できる査読付き科学文献やレポートに基づいて構築された知識の現状を示しています。このレポートに記載されている分析と結論は、海域に特有の分析、プロジェクトの立地決定や直接的な承認活動に使用される研究に代替することを意味するものではありません。





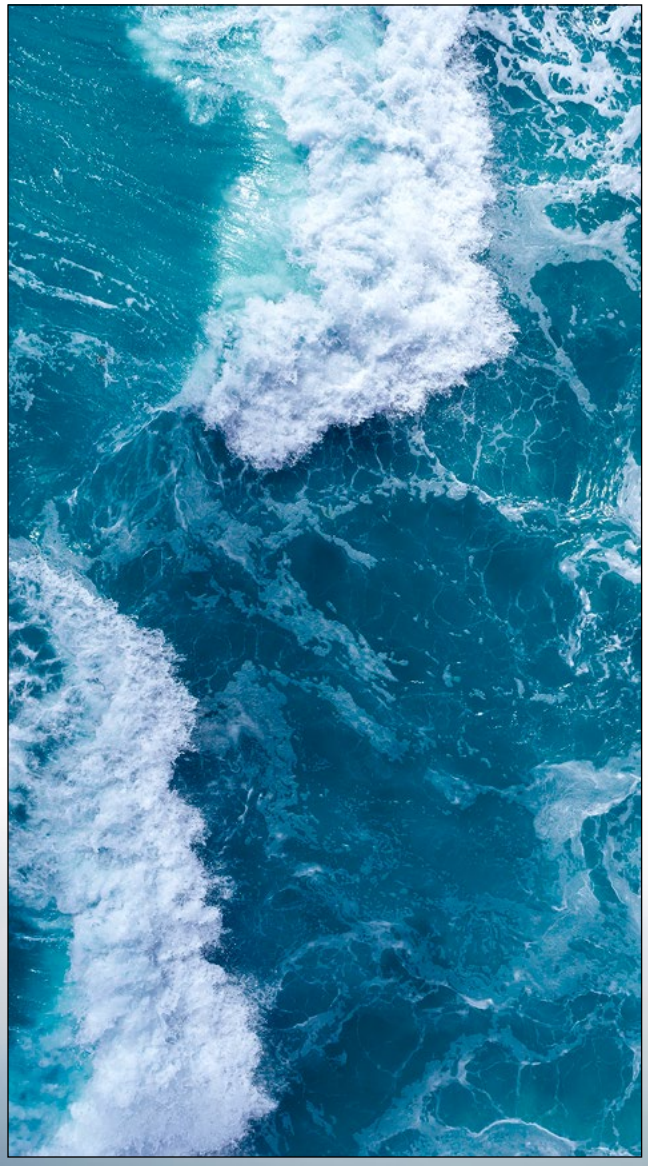
海洋再生可能エネルギー装置の開発に関連する潜在的な環境相互作用の概要

海洋再生可能エネルギーは新興産業で、限られた数の小規模な配置となっており、 現在までに全面的な商業的配置には至っていません。その結果、設置前と設置後のデータ不足により、海洋再生可能エネルギー装置と海洋動物、生息地、および環境との間の多くの潜在的な相互作用に対してリスク認知を増している規制当局者と利害関係者の間で、不確実性が高まり続けています。このデータの欠如によって、実際のリスクと認知されているリスクを区別することが難しくなっています。最終的に、海洋動物、生息地、および環境に対するリスクは、海洋再生可能エネルギー装置の属性（静的または動的）、装置の形式（波、潮流、または河川）、および個別の設置の空間スケール（単一の装置またはアレイ）に依存します。リスクは、有害な結果をもたらす可能性がある、あるいは見込みがある相互作用として定義され、もしそのような結果が発生した場合は、それらの結果で定義されます。

海洋再生可能エネルギー産業が進歩するにつれ、海洋再生可能エネルギー開発の潜在的な環境への影響を取り巻く知識体系は、私たちのリスク認知を伝えながら増え続けます。追加のデータが収集されると、あるリスクを除外するか、優先度を低く設定するかもしれません。リスクを除外するための根拠は、特定の影響物・被影響物間の相互作用の性質に関する私たちの増え続ける知識によってもたらされ、どの相互作用がそのリスクを除外するための十分な根拠を持っているか、また重大な不確実性がどこに残っているかを決定するのに役立ちます。ただし、海洋動物、生息地、および環境へのリスクは、商業規模の開発の承認への課題をもたらし続けるかもしれません。

海洋再生可能エネルギーの利益

世界中で海洋再生可能エネルギーの研究開発が加速していることは、安全なエネルギー資源が地域で産まれることに貢献し、地域社会や地域のインフラとサービス、地域の雇用とビジネス、製品とサービスの輸出への良好な影響を含めて、大きな利益をもたらす可能性があります。さらに、海洋再生可能エネルギーの開発は、海洋の酸性化や海水温上昇などの気候変動の影響に対抗できる可能性があります。気候変動の有害な影響はすでに多くの海洋および沿岸の資源に影響を及ぼしており、魚介類の収穫と養殖や、嵐や海岸線浸食からの保全などの有益な人間の利用を損なうのと同様に、海洋動物や生息地に影響を与え続けます。



タービン周辺の動物の衝突リスク

潮流および河川流エネルギー装置は、海洋哺乳類、魚類、潜水する海鳥類と衝突するリスクをもたらすかもしれません。今日まで、タービンと衝突する海洋哺乳類または海鳥の観測結果はなく、タービンの近くの魚の限られた数の相互影響の結果、魚への明らかな害はありませんでした。もし衝突が発生するとしても、衝突は非常にまれなケースであり、動きが速く、しばしば濁った水中で観察することは困難であると予想されます。さらに、動物が回復するかもしれない怪我から動物の死までに範囲する結果により、衝突が発生したかどうかは分かりません。海洋構造物が存在する中で海洋動物がどのように行動するかについての証拠と理解は限られています。海洋哺乳類、魚、海鳥がどのようにして稼働中のタービンをうまく感知し、反応し、回避できるかを判断することは困難です。この行動に関する情報が無いため、衝突リスクを理解するための多くの取り組みは、潜在的な衝突を模擬するコンピュータモデリングによって、タービンの近傍に興味を持つ海洋動物の存在を理解することに焦点を当てています。

海洋再生可能エネルギー装置によって生じる水中音の海洋動物へのリスク

陸生動物や人間が陸上で視覚を使用するように、海洋動物は会話、移動、食物の探索、社会への適応、捕食者の回避のために海洋で音を利用しています。海洋環境における人為的な騒音は、これらの活動を妨害する可能性があります。

海洋動物に対する水中騒音の直接的および間接的な影響の定量化の進展は、配置されている海洋再生可能エネルギー装置の数が比較的少ないために複雑になっています。海洋再生可能エネルギー装置からの騒音を正確に測定し、水中の騒音が海洋動物の行動にどのように影響するかを理解する課題は難しいため、私たちの理解は混乱しています。ただし、国際的な技術仕様により、海洋再生可能エネルギー装置からの騒音を測定するための標準化されたアプローチが提供されています。いくつかの海洋再生可能エネルギー装置からの水中騒音は、この仕様を用いて測定され、水中騒音による害から海洋哺乳類と魚を保護するために米国で開発された規制措置レベルや手引きを下回ることがわかりました。

証拠からすると、稼働中の海洋再生可能エネルギー装置から放出される水中騒音が、海洋動物の行動を大幅に変更したり、物理的危害を加えたりする可能性は低いようです。

電気ケーブルおよび海洋再生可能エネルギー装置によって放出される電磁場の動物へのリスク

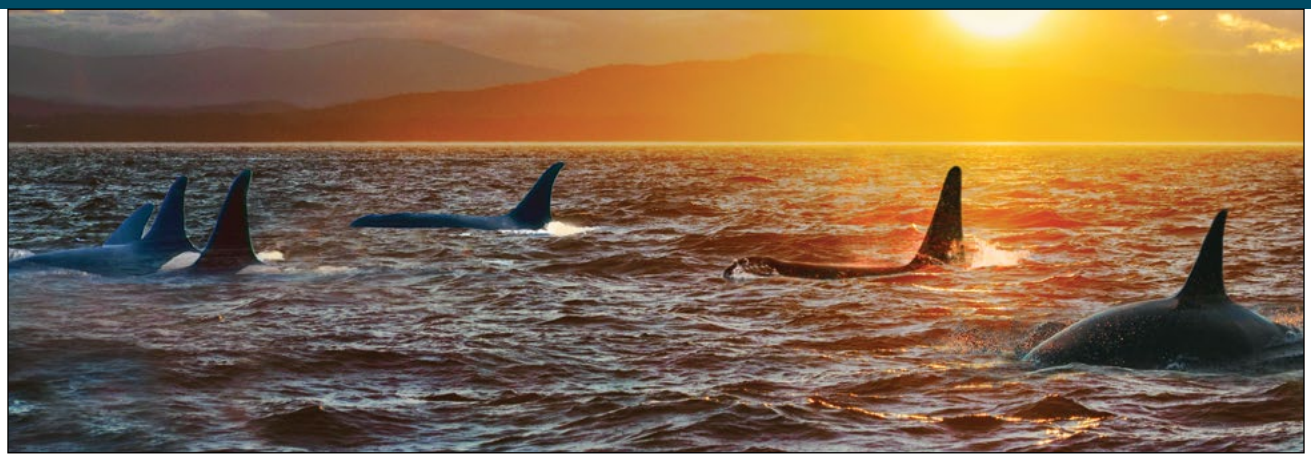
電磁場は海洋環境で自然に発生しますが、人為的活動は海洋再生可能エネルギー送電ケーブルからのものを含め、電磁場を変化または増加させるかもしれません。ケーブルは通常、埋設されたり、海底に敷設されたり、装置間の水中に垂らして掛けられたりします。電磁場の放出は、ケーブルおよび装置からの磁界および誘導電界を測定することによって評価されます。すべての海洋動物が電磁場を検出できるわけではありません。ほんのわずかな種だけが、これらの刺激を感知して反応する能力を持っています。海洋再生可能エネルギーシステムからの電磁場に最も遭遇しやすく、影響を受けやすい動物は、長時間にわたって電源ケーブルの近くで過ごす動物です。最も一般的には、定着性底生生物です。電磁場は、影響を受けやすい動物の行動や移動に変化を引き起こし、成長や繁殖に長期的な変化をもたらすと考えられています。

これまでの証拠からは、単一の海洋再生可能エネルギー装置または小さなアレイからの電源ケーブルより放出される電磁場の生態学的な影響は限られており、海洋再生可能エネルギー装置および送電ケーブルの近くに住む海洋動物は、電磁場の放出によって害を受けないことが示唆されています。

海洋の再生可能エネルギー装置によって引き起こされる底生および漂泳の生息地の変化

底生および漂泳の生息地に対する海洋再生可能エネルギー設置の影響は、沖合の風力発電や、石油・ガス探鉱・生産、航海ブイの存在、および電源・通信ケーブルの設置で見られる影響と非常に似ています。海洋再生可能エネルギー装置の配置には、底生生息地を変える可能性のある重力式基礎、杭、またはアンカーの設置、および係留ライン、伝送ケーブル、および漂泳の生息地に影響を及ぼす可能性のある水中内の機械的可動部品の設置が必要です。海底や水中のこれらの構造物は、動物の存在や行動を変化させ、人工魚礁として機能する可能性があります。送電ケーブルを設置すると、細長い場所において生息地が乱され、変化する可能性があります。アンカーや基礎の周囲の堆積物の洗掘も、底生生息地を変える可能性があります。

海洋再生可能エネルギーシステムは、付着生物に生息地を提供するだけでなく、魚やその他の動物を引き寄せ、事実上の人工魚礁や海洋保護区を形成する可能性があります。魚を引き寄せることによって、同じように近くの海域の魚の個体数も押し上げる可能性があります。全体として、海洋再生可能エネルギー装置とアレイによって引き起こされる生息地の変化は、プロジェクトが希少な、または繊細な生息地を回避するように立地されるならば、動物と生息地にリスクをもたらす可能性は低いようです。



海洋再生可能エネルギー装置に関連する海洋システムの変化

海水の動きは、海洋生物と生息地が存在する物理的および生物学的システムに影響します。海洋再生可能エネルギー装置の配置は、海洋システムに影響を与え、水循環、波高、流速に変化をもたらし、次に海洋再生可能エネルギー装置の近場と遠方の両方で、堆積物輸送や水質に影響を与える可能性があります。海洋再生可能エネルギー装置の数が少ない場合、海洋システムの自然変動に比べて測定可能な変化は生じませんが、大規模なアレイの配置は、自然のプロセスを混乱させる可能性があります。

海洋システムの潜在的な変化の証拠は、主に数値モデルから得られていますが、少数の実験室の水槽研究とフィールド研究からも得られています。大規模な商用アレイが配置される場合は、数値モデルを検証するためにフィールドデータが必要です。海洋再生可能エネルギー装置の数が少ない場合、このリスクは非常に低くなります。

海洋再生可能エネルギー装置係留システムと海中ケーブルへの海洋動物の遭遇

主な波力発電と浮遊式の潮流タービンは、水中または水面上での位置を維持するために係留索を使用して海底に固定する必要があります。海洋再生可能エネルギーのアレイには、装置間の相互接続または沖合変電所への接続のための伝送ケーブルが含まれる場合があります。海洋再生可能エネルギー装置の係留システムに関連する係留索とケーブルは、大型の海洋動物を巻き込んだり捕捉したりする可能性があります。海洋再生可能エネルギーの係留システムや海中ケーブルと遭遇するリスクがあると考えられている種は、大型の回遊性のヒゲクジラです。これは、海洋哺乳類が漁具や釣り糸に絡まっていることがあったことから懸念されています。ただし、海洋再生可能エネルギーのケーブルやラインには、漁具とは異なり、巻き込む輪を形成するための自由端や十分なたるみがありません。そのため、このリスクは非常に低いと考えられています。

海洋再生可能エネルギーの社会的および経済的なデータの収集

海洋再生可能エネルギーの開発の潜在的な社会的および経済的影響（コミュニティ、雇用、インフラ、サービス、地域の商業への影響を含む）は、承認プロセス中および戦略的計画の目的で検討する必要があります。さらに、政府の監視者と海洋再生可能エネルギーのプロジェクト開発者にとって、社会的および経済的データの傾向を追跡し、地域社会の向上や最小限の影響の約束が実現されているかどうかを理解することは有益です。

承認の目的で社会的および経済的データを収集し、長期的な傾向を追跡する責任は、海域に特有のデータを収集する海洋再生可能エネルギー開発者と、より大きな地域および戦略レベルの分析に責任を負う政府間で分担する必要があります。

環境モニタリング技術と海洋動物とタービンとの相互作用を検出するための技術

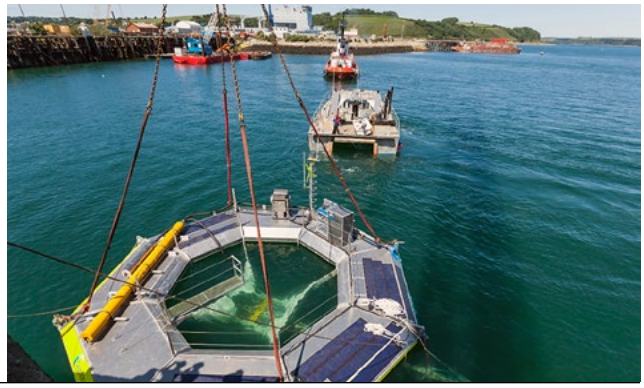
海洋動物と潮流および河川流タービンとの相互作用は、海洋再生可能エネルギーの潜在的な影響が最も理解されていない側面であり、これらの相互作用を観測できないことによって理解が進みませんでした。これらの課題は、過酷な海洋環境で作動できるモニタリング機器の設計、および機器と基板上のデータ収集システムを操作するための電力を管理する機能を必要とします。

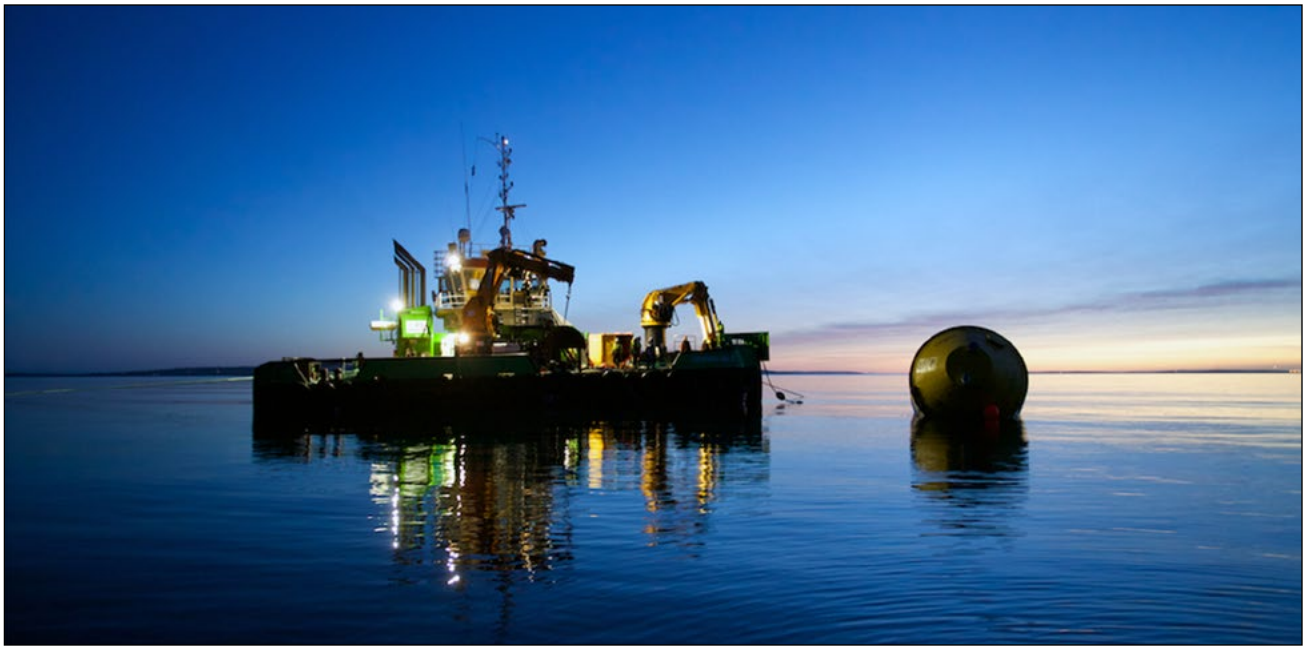
海洋動物と海洋再生可能エネルギー装置の相互作用を観測するために使用される最も一般的な機器は、受動的および能動的な音響機器と光学カメラです。受動的な音響モニタリングでは、海洋哺乳類の発声音を含む水中音をハイドロフォンで測定します。能動的な音響システムでは、音波を発し、受信信号を記録して対象物を可視化し、水中環境の高解像度画像を作成することで魚の量と分布を定量化します。光学カメラは、海洋再生可能エネルギー装置の近くの海洋動物の分布をモニタリングし、種類、個々の動物の大きさ、および個体数を測定するために使用されます。センサー群はモニタリングプラットフォームに統合できます。モニタリングプラットフォームは、バッテリー電源を用いるか、電力とデータ伝送のために海岸にケーブルで接続することによって、自律的に配置されます。

海洋空間計画と海洋再生可能エネルギー

海洋再生可能エネルギーの発展により、海洋空間の利用が増加し、既存の海洋使用者との競合の可能性が高まります。これは、海洋空間計画の実装を通じて部分的に対処することができます。海洋空間計画は、海洋の持続可能な開発を支援するために、環境的、社会的、経済的な関心のバランスを取りながら、競合する海洋利用者を管理することを目指しています。海洋空間計画は、業界の透明性と確実性を高め、環境保護を向上し、部門間の対立を減らし、相乗効果の機会を提供する可能性があります。

OES-Environmentalの15か国について、海洋再生可能エネルギー開発に関連する海洋空間計画の実施について調査しました。 その結果、海洋空間計画プロセスに海洋再生可能エネルギーを意図的に組み込むものから、正式な海洋空間計画なしで海洋空間計画を適用するもの、海洋再生可能エネルギー開発で使用される海洋空間計画がないものまで、多岐にわたりました。





順応的管理と海洋再生可能エネルギー

海洋再生可能エネルギーの順応的管理は、潜在的な影響に関する不確実性に直面してプロジェクトを段階的に配置できるようにすることで、海洋再生可能エネルギー産業の持続可能な開発を支援し、精密なモニタリングとレビューを通じて知識の空白を埋めることを援助する可能性があります。順応的管理は、「実践による学習」とも呼ばれる反復プロセスであり、モニタリングから得られた知識に応じて決定を定期的に見直すことを通じて、科学的な不確実性を減らし、管理を向上することを目的としています。

順応的管理は、海洋再生可能エネルギーモニタリングプログラムの実装を進めるために使用され、世界中で多数のプロジェクトの進行を成功させてきました。日常的なモニタリングからの情報より、影響のレベルが許容できない影響を引き起こす可能性が高いことが示された場合、是正措置を講じることができます。逆に、モニタリング情報によってリスクが過大評価されていることが示された場合は、モニタリングや緩和策の要件を減らすことができます。

リスクの検討終了は、少数の海洋再生可能エネルギー装置の承認を容易にするためのプロセスであり、それによってあらゆるプロジェクトについてそれぞれの潜在的なリスクが完全に調査されることを必要とするものではありません。むしろ、海洋再生可能エネルギーの開発者は、既に承認されたプロジェクト、関連する調査研究、または類似の沖合開発業界の調査結果から分かったことに頼ることができます

海洋再生可能エネルギーのリスクの検討終了とデータ転用可能性

リスクの検討終了は、既存の規制プロセスに代わるものではなく、海洋再生可能エネルギー装置の配置前または後のすべてのデータ収集の必要性を置き換えるものでもありません。規制当局者は、リスクの検討終了の結果を検証し、増大する知識ベースに追加するために追加のデータ収集を要求する場合があります。

既存の知見、分析、モニタリングのデータセットをある国から他の国へ、プロジェクト間で、また管轄区域を超えて慎重に適用することにより、規制当局者はモニタリング要件を緩和し、時間とともに海洋再生可能エネルギー産業のコストを削減できる可能性があります。

少数の海洋再生可能エネルギー装置の承認を容易にする手段として、特定の影響物と被影響物の相互作用の潜在的なリスクを評価するためのリスクの検討終了の道筋が開発されました。予備的な証拠から、少数の海洋再生可能エネルギー装置からの水中騒音と電磁場のリスクを廃止できる可能性があります。より大きな海洋再生可能エネルギーのアレイが開発されるにつれて、これらの影響物の再評価が必要になる場合があります。

海洋エネルギーのモニタリングと研究への道筋

2016 State of the Scienceレポートの発行から4 年間、追加の海洋再生可能エネルギーの配置とモニタリングの取り組み、研究室やフィールドでの調査研究の結果、いくつかの影響物と被影響物の相互作用の理解が深まりました。特に動物とタービンの衝突、および将来の大規模アレイの影響については、継続的な調査とモニタリングを必要としており、まだかなりの不確実性が残っています。

海洋再生可能エネルギー開発の潜在的な影響に関する知識体系は、海洋空間計画、順応的管理、リスクの検討終了などの戦略の実装を通じて、合理的な承認プロセスを援助し、海洋再生可能エネルギーの責任ある開発を支援するために使用できます。これらの管理戦略が、海洋再生可能エネルギープロジェクトの承認と管理をどのように支援するかについて、以下の視点から検討する必要があります。

- 承認のためのデータ収集、分析、および報告は、海洋再生可能エネルギープロジェクトの規模と、海洋動物および生息地へのありそうなリスクと相応のものになる必要があります。
- 海洋空間計画と順応的管理の両方が、海洋再生可能エネルギー開発の海洋環境に対する潜在的なリスクを評価するために十分な証拠が収集されているかどうかを評価する上で、重要な役割を果たすことができます。
- 承認された海洋再生可能エネルギーの配置から得られた知識は、類似の沖合における産業および研究プロジェクトから学んだ教訓とともに、新しい海洋再生可能エネルギー海域で承認通知への適用性を判断するために評価されます。リスクの検討終了の道筋におけるデータの転用可能性は、通常の証拠の転用をより効率的に行うことができます。
- 完全にデータでサポートされているリスクの検討終了のプロセスは、どの相互作用に十分な証拠があるか、またどこに重大な不確実性が残っているかを特定するのに役立ちます。少数の海洋再生可能エネルギー装置の特定の問題を終了することにより、最も困難な影響物と被影響物の関係の調査に注力することができます。

レポートと詳細情報

OES-Environmental 2020 State of the Science の完全なレポートと概要:
https://tethys.pnnl.gov/publications/state-of-the-science-2020

お問い合わせ

Andrea Copping
Pacific Northwest National Laboratory
andrea.copping@pnnl.gov
+1 206.528.3049

海洋再生可能エネルギー開発の環境影響に関する論文、レポート、過去のプレゼンテーション、およびその他媒体の収集物については、*https://tethys.pnnl.gov* にアクセスしてください。