

要旨

翻訳：北澤大輔



この報告書は、海洋再生可能エネルギー装置の海洋環境、生息する動物、動物を支える生息地への影響について、最先端の科学を取り纏めたものである。この報告書は、2013 Annex IVの報告書を更新し、補足したものであり、<http://tethys.pnnl.gov/publications/final-annex-iv-report-2013>で見ることができる。





世界の海洋再生可能エネルギーの開発は、まだ開発、設置、商業化の初期の段階にある。海洋再生可能エネルギー装置は、潮汐、波浪、海流のエネルギーや、海水中の水温差や塩分差によるエネルギーを取り入れることを目的としたものであるが、環境影響評価の研究の大部分は、潮流タービンと波エネルギー発電装置の影響に重点が置かれている。海流と河川流のタービンの影響についても、いくらか検討されている。そこで、この報告書は、タービンと波エネルギー発電装置のみを対象とする。

この報告書は、海洋エネルギー実施委員会（the Ocean Energy Systems: OES）と連携し、Annex IVが主導して作成した。13のOESの国が参加して、海洋再生可能エネルギー開発の潜在的な環境影響を調べた。また、海域の選定や開発の許可を阻害する潜在的な影響をどのようにして調べ、海洋再生可能エネルギー産業の確立をどのようにして促進するかについて、集団で学んできた。

この報告書で収集され、解析された情報は、調整者や研究者に、潮流、波エネルギー装置の設置による海洋動物や生息地への潜在的なリスクを知らせるのに役立つ。これらの情報は、海洋動物の装置への遭遇を最小化するか、あるいは遭遇したときの影響を減らすために、開発、海域選定、運用の戦略、モニタリングオプションに関して、海洋再生可能エネルギーの開発者をサポートすることができる。この報告書からの情報と、設置海域の特徴とを併せて使用することによって、1基または複数基の装置の設置許可を簡易化し、許可を要する時間を短くするかもしれない。この情報は、既に利用可能な解析結果や、海洋再生可能エネルギー装置の環境影響に関する信頼できる情報を同時にもたらす。しかしながら、解析と導かれる結論は、設置海域に特徴的な解析や研究を不要とすることを意味するものではなく、また特定の海域での活動の許可や海域選定を導くものではない。

海洋再生可能エネルギー装置の設置にともなう潜在的な環境影響の概要

海洋再生可能エネルギーのような新しい産業では、装置と海洋動物、生息地との間に、調整者やステークホルダーがリスクと気づくような相互作用があるかもしれない。多くの場合、海洋で収集されるデータの不足に起因する高い不確実性のために、このようなリスクに気づく。しかしながら、海洋動物や生息地への実際のリスクの可能性を減らすことはできない。データが不足しているため、私たちは、実際のリスクと気づいたリスクとを区別できないままである。

最終的には、リスクは、装置の状態（静的か動的か）、装置の型（波力か潮流か）、設置の空間スケール（1基か複数基か）を含む様々な要因に支配される。多くの認識されるリスクは小さく、簡単に避けたり、緩和できるものであっても、海洋再生可能エネルギー産業が発展し続けると、技術が海洋環境に及ぼすかもしれないリスクのすべてのメカニズムを認識することが重要である。戦略的な調査への投資は、不確実性を小さくし、実際のリスクを明らかにすることに役立つであろう。1基の装置による多くの相互作用や関連するリスクは、海洋環境に影響を与えないであろう。大きなアレイが設置されると、産業の商業的な発展に備えるために、さらなるモニタリングや戦略的な調査が必要とされるかもしれない。

現在までの研究は、海洋再生可能エネルギー装置による動物へのリスクのほとんどは、決定的なデータの不足に伴う影響の不確実性によるものである。商業スケールの開発許可は、現在も課題となり続けている。より決定的なデータが収集されても、海洋動物や生息地へのいくつかの実際のリスクは残り、商業スケールの開発許可への課題は残る可能性がある。



海洋エネルギーの効果

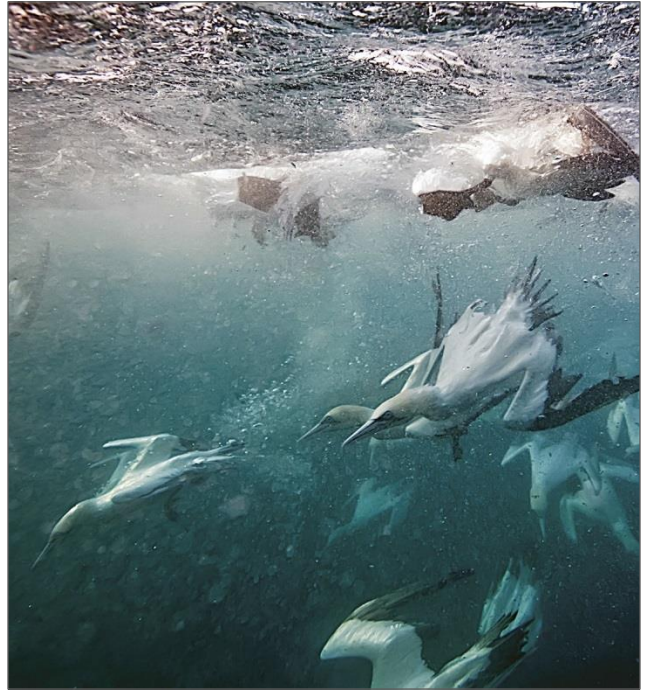
世界での海洋再生可能エネルギー開発の推進は、海洋酸性化や海水温上昇などの気候変動の影響に対抗し、地域の安心できるエネルギー源を開発することへの興味から来ている。気候変動は、既に多くの海洋、沿岸資源に影響を及ぼしている。魚、貝類、海洋動物、鳥、その他の生物の健康、再生産、多様性に影響を及ぼし続けるであろう。同様に、気候変動は、浸食や暴風から守る沿岸域の生息地を劣化させるだけでなく、漁獲や養殖などの人間の有効利用を損なわせるであろう。多くの国々の法律や規則は、気候変動による劣化影響を相殺するものとして、海洋再生可能エネルギー装置によるこれらの有効利用を見積もることを明確に許可しているわけではないが、海洋再生可能エネルギー生産の正味の効果は、気候変動に対抗するものとしてみなされるべきである。



潮流タービンまわりの動物の衝突リスク

海洋動物が、潮流発電装置の可動部分と衝突する可能性は、潮流エネルギー開発を許可し、海域選定を行うために、第一の関心事である。提案された潮流エネルギープロジェクトの場所が、保護されている種の生息地と重なった場合、衝突が個体の怪我や死亡につながり、個体群の長期的な影響を及ぼす可能性があることについて懸念されている。

海洋哺乳類、魚、海鳥は、衝突に関して最も関心がある種であるが、現在までに、1基、あるいは小さなアレイの周辺で衝突は確認されていない。研究は、衝突につながる過程がどのようにして発生するかを理解する方法として、タービン周りの動物の行動の観察に焦点を置いている。しかしながら、衝突やタービン周りの動物の行動の観測は、適切な観測装置の不足や、超音波、視覚装置を使用した水中観測における厳しい環境条件によって妨げられている。タービンとの衝突の可能性を推定する数値モデルは、最悪のシナリオに対するいくつかの示唆を提供するが、実海域での検証を必要とする。研究者はまた、回避、逃避、集合を含むタービン周りの動物の行動を調査している。評価者にリスクや影響を知らせて、ステークホルダーや調整者の質問に答えるためには、装置近傍での動物の動きや行動の直接的な観測が必要とされる。





波と潮流エネルギー装置から発生する水中音による海洋動物へのリスク

動物は、海洋環境において、会話、社会的行動、方位の指定、捕食、回避に音を使用する。海洋動物がどの程度の音を検知し、発するかは、周波数と振幅によって異なる。稼働時の波と潮流エネルギー装置から、人間由来の騒音源が追加されると、特に増加した騒音を特定のリスクとして認識する生物、たとえば海洋哺乳類、魚、海鳥、あるいはウミガメ、いくつかの無脊椎動物の行動が変化するかもしれない。騒音の増加は、行動の変化に加えて、ある場合は傷害を与えるかもしれない。物理的な影響としては、一時的、あるいは永久的な聴力の低下、聴覚ではない組織への傷害、魚や海洋哺乳類の組織内における不規則的な空気バブルの形成、神経への外傷がある。会話、回遊、餌動物の検知を妨害するマスキングのみでなく、騒音源からの逃避や騒音源への集合などの行動的な変化も起こるかもしれない。

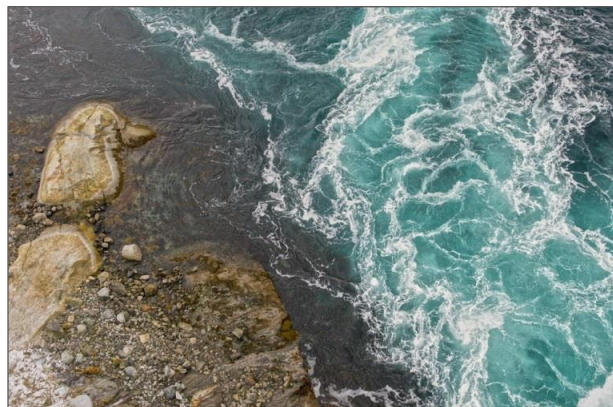


大きなクジラの聴覚範囲にあるかもしれない低周波音の計測はまだ困難であり続けるが、稼働している波エネルギー変換装置や潮流タービンからの音の計測はより当たり前となっている。これらの騒音に反応する動物の観測は、まだ困難である。設置時の騒音による物理的な傷害や行動の変化が、害のあるものかどうかを決めるためには、さらなる情報が必要である。海洋再生可能エネルギー装置からの騒音計測データのほとんどは、1基の装置から収集されてきた。私達は、アレイの累積的な影響を調べるために、音の出力を足し合わせることはできるが、現場での計測は現在までにほとんど行われていない。



物理システムの変化：エネルギーの取り出しと流れの変化

海洋環境では、物理システムは、生物の持続可能性と健康のための駆動源としての機能を果たす。海洋再生可能エネルギー装置の設置は、装置周りの自然の流れのパターンを変化させることによって、物理システムに影響を及ぼすかもしれない。また、流れのパターンの変化は、堆積物の分布や輸送を変化させる可能性がある。さらに、（送電ケーブルに沿った）エネルギーの取り出しは、水域の作用を変化させるかもしれない。数台の海洋再生可能エネルギー装置は、計測可能な変化を引き起こさないであろう。しかし、大きな商業的なアレイは、時間が経つにつれて物理システムを変えるかもしれない。

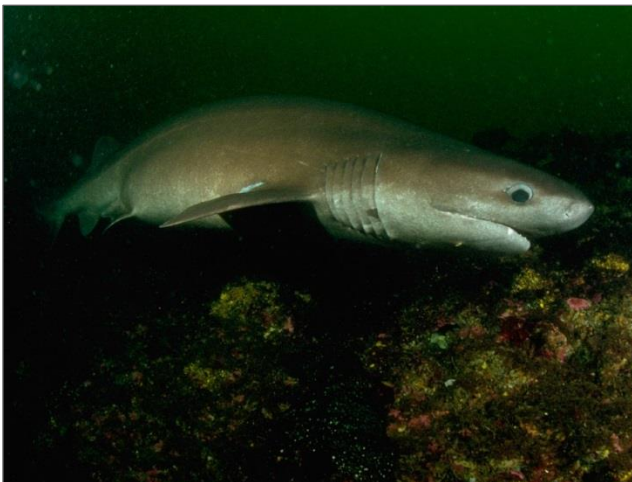


海洋再生可能エネルギー装置によるエネルギーの取り出しや流れの変化の実海域研究は極めて少ない。多くの数値モデルが開発され、この問題に適用されてきた。ただし、ほとんどのモデルは、エネルギー生産の最適化に焦点が置かれている。水の流れ、堆積物輸送、水質の変化のような環境関連に焦点を置いたモデルは少ない。環境への潜在的な影響を調べる全てのモデルは、計算結果を検証するための実海域データを必要としている。検証データの不足は、数値モデルの利用を制限している。

送電ケーブルと海洋エネルギー装置からの電磁場の海洋動物への影響

電磁場は、海洋環境で自然に発生する。海洋再生可能エネルギーの送電ケーブルからの電磁場を含めて、人間活動は、変化を加えた、または追加した電磁場を創り出すかもしれない。ケーブルは、装置の間では海水中に浮遊するかもしれないが、通常は埋められるか海底上に置かれる。

ケーブルや発電している装置からの電磁場の発生の評価には、磁場と誘導される電場の計測が必要となる。実験室と現場での研究は、これらの発生が、ある電気的、磁氣的に敏感な魚、無脊椎動物、あるいはウミガメの種を含む海洋動物に及ぼす影響を調べている。ほとんどの研究は、動物が重要な生息地に行くのを妨げる遮断効果の可能性、成長や幼生の発達を遅くすること、摂餌を制限することになるかもしれない行動の変化など、電磁場に対する動物の行動の応答に焦点を置いている。



海洋再生可能エネルギー装置による生息地の変化：海底の生息地と礁のパターン

海洋再生可能エネルギー装置の設置によって、係留索、ケーブル、機械的な可動部が通るだけでなく、重力式の基礎、アンカーの追加によって、底生（海底）の生息地が変化する。同様に、海底上、あるいは水中に浮遊する海洋再生可能エネルギー装置の存在は、魚や底生生物を引きつけるかもしれない、その場合は装置周りに礁ができる。このことによって、魚や底生生物の行動や生息場所が変化するかもしれない、もしかしたらこれらの個体群に影響を及ぼすかもしれない。

底生生息地の変化の証拠として、沖合の風車の設置に関連するものがある。沖合の風車の設置は、海洋再生可能エネルギー装置で予想される変化に対して、いくつかの示唆を与えるかもしれない。海洋の新しい場所に構造物を設置する他の海洋産業に比べて、変化は広がらず、底生生息地に異なる影響を及ぼすものではないと予想される。

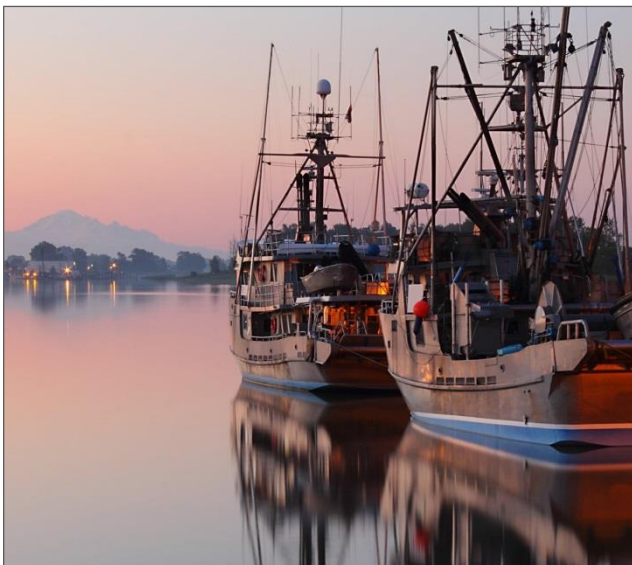
海洋再生可能エネルギー装置が魚礁に及ぼす影響は知られていない。その影響は、魚の個体群に有害な影響を及ぼすことが示されていない人工の魚礁も含めた他の海洋産業の魚礁効果ととても似たものであると予想される。局所的には、海洋再生可能エネルギー装置はある魚種の密度を増やす可能性がある。



海洋空間計画と海洋再生可能エネルギー

海洋空間計画は、海域の持続可能な発展を支える海域利用や利用者の計画、管理への取り組みを意味する。海洋空間計画の原理は、多くの部門と協働しながら、海洋生態系やその多様性が健全であり続けることを確保するために、同意された環境制限の範囲内で、海事活動や利用者のための安定で透明性のある計画システムを提供することである。

Annex IVの参加者は、どの程度まで海洋空間計画の過程が参加者の国に存在するかを判断するために調査した。いくつかの国は、適切で正式な海洋空間利用の過程を持っている。その他の国は、海洋空間計画の原理のいくつかを取り入れた沿岸管理計画を持っている。いくつかの国は、適切な海洋空間計画を有していない。

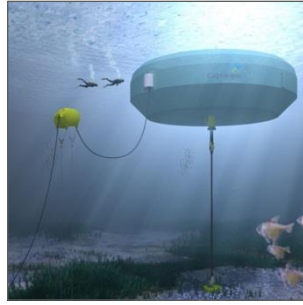


海洋再生可能エネルギー装置の海域選定と許可を調べるケーススタディ

大型化し、他の形態の電力生産と価格で競争できるようになった部門にとって、許可過程はまだ障壁として見なされている。環境法令の適用についての不確実性は、許可過程を長期化させ、コスト、遅延、著しい不確実性をもたらす。4つのケーススタディが示された。2つの潮流エネルギー装置（アメリカ合衆国に設置されたORPC TidGen® Power System、北アイルランドに設置されたMCT SeaGen technology）、1つの波エネルギー変換装置（ポルトガルに設置されたWaveRoller）、1つの選定された試験サイト（スペインのバスク地方のBIMEP）である。ケーススタディの意図は、海洋再生可能エネルギープロジェクトと試験サイトの海域選定と許可に関する様々な複雑性への識見を提供することである。

プロジェクトの影響に関する不確実性や、許可の決定に至る前に多くの関係者と相談する必要性に関連する時間のかかる手続きは、海洋エネルギープロジェクトの許可への主な障壁となっているように見える。特定の法令は存在しないか、検討される範囲内においてはっきりとしていない。しかしながら、いくつかの場合では、調整者が開発者と協力するつもりになっている。許可過程や環境モニタリングの要請は、コストがかかる。

関係者と働く上で重要であると認識されているアウトリーチへの努力は、海洋再生可能エネルギーの技術についての周知と理解を増進する。また、既存の法令やガイダンスを改良、適合し、海洋再生可能エネルギー場の許可を促進する必要もある。



概要と海洋エネルギーモニタリングと調査への取り組み

2016年の最先端科学レポートは、情報が公的に手に入る程度で、海洋再生可能エネルギー開発の環境影響に関する情報を取り纏め、文脈に沿って整理した。1基の装置の設置が続き、最初の商業的なアレイの開発が始まっているので、衝突、水中音、電磁場など、海洋再生可能エネルギー装置が海洋動物に及ぼすいくつかの重大な影響は、調整者や関係者の関心を引き続けている。

多くの相互作用に関係するリスクは、不確実性によって駆動され続けている。これらのリスクは、他の確立された沖合産業のように、よく理解し、管理される必要がある。海洋環境に危害を及ぼさないことが示された相互作用は、調査やモニタリングの努力を最も優先度が高い相互作用に焦点を当てるようにすることによって、「検討を終える」必要がある。すべてのこれらのリスクは、3つのグループに分類される。1) 進行中のモニタリングから軽減される、あるいは検討を終えるリスクの低い相互作用、2) 高いレベルの不確実性があり、さらなる調査を必要とする相互作用、3) 海洋環境に高いリスクがあると知られており、アレイに大規模化する前に、海域選定の改善、装置の設計や運用の改善、あるいは順応的管理への取り組みを通して、影響の緩和を必要とする相互作用である。最終的に、すべての相互作用は、回避や最小化を含む一連の行動を通して、検討を終えるか緩和されるべきである。

調整者集団が重要と感じる海洋動物・生息地と海洋再生可能エネルギー装置との間の相互作用は、3つの戦略を通して取り組むことができる。①計測装置やデータ管理の向上はモニタリングをより効率的にする。ある相互作用は、現在の計測装置、プラットフォーム、技術で効率的にモニタリングされる。②他の相互作用は、相互作用のリスクを理解し、プロジェクト期間を超えたモニタリングのコストと年数を減らすために、ただちに目標とする戦略的な調査への努力を必要とする。③現在は、ある相互作用をモニタリングするための実行可能な方法が存在しない。したがって、戦略的な調査への投資が唯一の前進である。調査者、調整者、開発者は、影響を及ぼす要因、影響を受ける要因間にとっても不確実な相互作用を明らかにする戦略的な調査への投資を見極め、磨く機会を有している。産業を前に進めるために、支援可能なレベルで進行中の設置後のモニタリングコストを下げるのみでなく、海域選定や許可への合理的な取り組みを考えている。これらの戦略的な調査への投資の枠組みは、報告書に含まれている。

さらなる情報

Annex IV State of the Science full report and executive summary available at:
<http://tethys.pnnl.gov/publications/state-of-the-science-2016>

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

Go to <http://tethys.pnnl.gov> for a robust collection of papers, reports, archived presentations, and other media about MRE development.

U.S. DEPARTMENT OF
ENERGY
Energy Efficiency & Renewable Energy



Pacific Northwest
NATIONAL LABORATORY

Proudly Operated by **Battelle** Since 1965