

令和 8 年度戦略的研究開発課題（S-25）の公募方針

1. プロジェクト名：

洋上風力発電所又はその周辺を活用した生態系基盤の構築に関する総合的研究

2. 研究プロジェクトリーダー：

宮下和士（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター センター長）

3. 研究予算：

年間総額 2 億円以内（令和 8 ～ 12 年度）

※サブテーマごとの予算は「6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成」に記載。

4. 研究期間

5 年間（令和 8 ～ 12 年度）

※研究 3 年目に中間評価を行う。

5. プロジェクトの概要

（1）背景と目的

地球温暖化に伴う気候変動リスクが深刻化する中、2050 年ネット・ゼロの達成を掲げる我が国では、再生可能エネルギーの本格導入が不可欠な課題となっている。特に、洋上風力発電は陸上の制約を受けずに大規模かつ安定的なエネルギー供給を実現できる再生可能エネルギー源として期待されており、洋上風力発電については、2030 年までに 10 GW、2040 年までに 30～45 GW の案件形成を目標としている。こうした状況の中、それまで港湾区域に設置されていた洋上風力発電所は、長崎県五島市沖、千葉県銚子市沖、北海道・東北日本海側を含む全国各地の一般海域で促進区域の指定と計画が進展中である。このように、洋上風力発電所の設置が全国的な規模で急速に拡大しつつあるが、その導入促進の取組に伴い環境面や地域社会との調整が喫緊の課題として浮上している。

我が国では、洋上風力発電の導入促進に向けて法制度の整備も進められており、「再エネ海域利用法¹」に基づく促進区域の指定やゾーニング、入札制度などが設けられ、複数のプロジェクトが段階的に実装されつつある。第 217 回国会においては、2025 年 6 月に排他的経済水域（EEZ）における洋上風力発電設備等の設置に係る制度の創設等を

¹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（平成 30 年法律第 89 号）

盛り込んだ再エネ海域利用法の改正法が成立し、今後は洋上風力発電所の EEZ への展開も見込まれている。しかし、海域利用の多重化に伴って、漁業との空間的競合や自然環境への影響、地域社会との摩擦といった課題も顕在化している。今後の洋上風力の拡大においては、単なる発電施設としての役割を超えて、地域と自然との共生を前提とした空間利用のあり方が問われている。

また、洋上風力発電を本格的に展開していくためには、海洋環境への影響評価は重要課題であるものの、我が国周辺海域における知見は十分に蓄積されているとは言い難い。海底掘削や基礎構造物の設置、水中騒音の発生、浮体構造物の係留による海底環境の攪乱など、多様な物理・化学的影響が指摘されるが、具体的なモニタリング技術や評価基準が不足している。こうした影響は海藻類、底生生物、魚類などの生態系全体に及ぶ可能性があり、長期的な生態系影響の予測と評価のための包括的枠組みの整備が急務となっている。また、地域ごとの生態系特性や既存の海域利用との調和を踏まえた評価手法の開発も求められている。

他方、洋上風力発電施設が海洋生態系の基盤としての副次的機能を有する可能性について、国内外で関心が高まっている。特に基礎部や浮体、アンカーなどが藻場形成や魚類の回遊・繁殖場として機能し、生物多様性の回復に寄与する可能性が指摘されている。実際に EU が支援する INF4INiTY プロジェクトでは、浮体式洋上風力発電施設の設計において、自然共生型の人工魚礁構造が開発されている。また、海藻はブルーカーボンとして二酸化炭素を吸収・固定する機能を持つため、洋上風力発電施設と海藻養殖・藻場造成を組み合わせることで、沿岸域の総合的管理や海洋空間計画に位置付けられるよう、エネルギー生産と環境保全を同時に進める総合的・海域利用モデルの構築が可能であると考えられている。これは、再エネ政策と自然共生の両立という観点から、国際的にも注目を集めている取組である。例えば、オランダでは北海における洋上風力発電所区域内での海藻養殖や観光施設の運用が進んでおり、ドイツ、ノルウェーなどでも洋上風力発電施設と海洋保護区の共存を図るゾーニング政策が整備されている。こうした実証事業は、EU 海洋戦略枠組指令（MSFD）とも連携しており、海洋保全と再エネ導入の両立を支える制度的支柱として機能している。このような取組は、クライメートポジティブ（気候変動への好影響）及びネイチャーポジティブ（自然再生への貢献）の両立を目指す国際的な政策目標とも整合し、再エネ導入と生物多様性保全の“二重の正味プラス”を実現する海域利用モデルとして注目されている。また、これらは国連の SDGs 目標 14「海の豊かさを守ろう」や、ブルーエコノミー政策とも整合する取組であり、我が国が今後の政策展開を行う上で重要な参考となる。

国内に目を移すと、日本では沿岸域で藻場造成や海藻養殖が伝統的に進められており、北海道や東北、瀬戸内海などで漁業協同組合主体の多くの取組が実施され、技術やノウハウが蓄積されている。例えば北海道厚岸湾ではコンブ類の持続的な養殖技術が地域と連携して展開されており、岩手県沿岸では震災後の藻場回復と地域漁業の再生を目的とした藻場造成事業が進められている。近年では、ジャパンプルーエコノミー技術研究組

合の「J ブルークレジット」制度を用いて海藻による炭素固定を定量化する動きも広がっており、国内でもブルーカーボンの経済的価値に対する関心が高まっている。こうした状況を背景としてブルーカーボンの吸収量や炭素貯蔵機能の科学的根拠に基づく評価体系の整備が進みつつある。ただし、こうした沿岸での知見を沖合に展開するには、高波浪・強潮流・塩分濃度の差異といった沖合特有の環境条件に適応した構造設計と技術開発が不可欠となる。さらに、海藻養殖と洋上風力構造物の共存がどのように生態系サービスを生み出すかを明らかにする科学的評価や、貯留（海底・土壌）だけでなく、収穫物の活用方法（飼料、食品、バイオマス燃料、医薬原料等）を含めたライフサイクル視点での検討も重要となる。また、得られたデータを自然資本会計やカーボンクレジット制度と関連付け、国際的な炭素市場の文脈で位置付けるための仕組み作りも求められる。さらに、自然共生サイト（環境省）のような新たな空間整備構想とも接続することで、洋上風力発電所区域が単なる発電の場ではなく、生物の生息空間や地域の学習・交流の拠点形成につながる。くわえて、本研究で構築される海藻養殖・藻場造成のモデルは、OECM（Other Effective area-based Conservation Measures）への登録要件を満たす可能性を有しており、保全地域の拡充と海域の持続可能な利活用の両立を図る枠組みとしての活用も期待される。一方で、社会的要素として、海洋教育や市民科学の拠点としての活用可能性、観測・記録データのオープン化と共有基盤の構築、また、それらを活かした産業イノベーションや地域ブランド形成への展開など、洋上風力発電事業と生態系との融合がもたらす社会的な可能性にも注目する必要がある。これは、地域社会との合意形成や社会受容性の確保につながるものであり、洋上風力発電事業導入の根幹をなす課題である。そのため、漁業者、行政、地域住民などのステークホルダーとの意見交換を通じて、社会的な便益と環境的な便益が共に可視化されることが求められる。

また、自然関連財務情報開示（TNFD）や EU タクソノミーの動きなど国際的な制度化が進む中、洋上風力発電事業の持続可能性や環境貢献を定量的に評価し、制度的に担保する仕組み作りも急務である。国内では政府主導の下、ブルーカーボン関連の基準作成と評価モデルの策定が議論されており、国際標準との接続性を持たせることも課題となっている。これらの課題を解決するには、洋上風力発電施設及びその周辺海域を対象として、海藻養殖や藻場造成を通じた生態系基盤を構築し、その効果を科学的・社会的に評価する必要がある。そのためには、生物多様性回復、炭素固定、水産資源増殖等の効果を定量化するとともに、ライフサイクルアセスメント（LCA）や生態系サービス評価、社会的受容性分析を進めていかなければならない。くわえて、地域・行政・企業との連携を通して、政策提言と制度化に資する実践的なモデルの提示が必要となる。

本研究では、洋上風力発電施設及びその周辺海域を対象として、海藻養殖・藻場造成を通じた生態系基盤の構築を図り、生物多様性回復、さらに地域共生を同時に実現する手法と評価体系を整備して、海域利用の課題解決を目指す。

（２）研究概要

本研究は、洋上風力発電所及びその周辺海域を自然共生型の空間として再設計し、海藻養殖・藻場造成等のブルーカーボン生態系と組み合わせることにより、生態系の再生と多機能化を実現する「総合的・海域利用モデル」の確立を目指す。さらに、洋上空間の新たな価値創出や生態系サービスの最大化に貢献し得る社会実装型研究として、科学・政策・産業の連携についても検討する。そこで、次の３つのテーマを主軸として研究開発を進める。

・テーマ１：海洋生態系モニタリング手法の開発と統合評価

洋上風力発電施設及びその周辺海域において、物理・化学・生物環境の統合的モニタリング手法を確立する。海藻・底生生物・魚類などの生物群集の多様性や分布変動を評価するために、物理・化学的データ解析、水中映像解析や音響解析、テレメトリー技術を導入し、広域かつ高頻度での観測基盤を構築する。また、観測体制の自動化並びに標準化と長期運用性の確保にも取り組むとともに、AI を活用したデータ処理の効率化について検討を行う。観測ネットワークは地理的・時間的な拡張を視野に入れ、全国展開への布石とする。さらに、洋上環境における長期変動への対応として、流況・水温・塩分などの観測とモデリングを組み合わせ、洋上風力発電を基盤とした海藻養殖や藻場造成の最適手法確立と管理方策に資する基盤データ蓄積を行い、他のテーマと連動することにより、洋上風力発電の Multi-use 体制の構築を図る。

モニタリング手法の開発は洋上風力発電の海洋生態系への影響を適切に把握し、再エネ海域利用法の改正により環境省が実施する海洋環境等調査の精度向上に資する。またこれらの成果は、ゾーニング提案や適正配置計画の科学的根拠となるだけでなく、今後の海洋空間計画（MSP）に資する知見を提供するものである。さらに、異なる海域における指標の比較と汎用性の検証についても検討を進める。また、各テーマとの連動並びに横断的なデータ統合と評価フレームの策定を進め、経済的価値（炭素クレジット、生態系サービス）、地域循環型モデル、J ブルークレジット制度との連携、ネイチャーポジティブ／クライメートポジティブ／ソーシャルポジティブという 3 軸の統合評価指標の構築、そして地域との合意形成支援などを通じて、成果を社会実装につなげるための基盤整備を推進する。

・テーマ２：環境向上方策の検討

洋上風力発電所を活用した海藻養殖・藻場造成の実証により、生物多様性の回復、水産資源の生産性向上、炭素吸収の定量化を実現する。施設構造物の基礎部や浮体・係留装置を活用し、海藻類の着生を促す「多機能型構造物」としての風力発電施設のデザインを検討し、養殖システムとしての利用可能性を検証するとともに、最適な養殖方法について検討を行う。

また、ブルーカーボンとしての土壌／海底貯留、回収・利用時の CO₂ 固定機能を評価し、LCA を通じた環境価値の可視化と制度活用（例：J ブルークレジット）につなげる。

既存の海洋産業との調和や、地域特性に応じた最適な造成手法を探索するため、北海道などにおける既存藻場との比較研究も行う。得られた成果は、今後の沿岸から洋上への技術展開と地域資源活用の戦略に寄与するものである。さらに、海藻の利活用モデルの検討も行い、収穫物の流通・加工との連携による地域経済への波及効果も評価する。

・テーマ3：ネイチャーポジティブ・クライメートポジティブ等の統合評価・予測

洋上風力発電所及びその周辺に導入される海藻養殖・藻場造成等がネイチャーポジティブの観点から海生生物の種分布・機能・多様性に、クライメートポジティブの観点から緩和効果に、それぞれ及ぼす影響を科学的かつ包括的に評価する。具体的には、生物群集構造や種多様性の変化、海底環境の物理・化学的変動、そして生態系サービスの供給能力などを対象に、指標の開発と時空間モデリングを行う。特に、生態系モデルの構築においては、一次生産から高次消費者に至るまでの食物網構造や物質循環に関する定量的パラメータを取り入れ、海藻群落と動物プランクトン・魚類群集との相互作用をダイナミックに再現するエコシステムモデルの構築を目指す。また、評価結果を自然資本会計に資する形で定量化し、社会的・経済的便益と結びつけて可視化する枠組みを整備する。

（3）成果目標

1）全体目標

洋上風力発電所及びその周辺空間を活用した自然共生型の「海域生態系基盤モデル」を構築し、ネイチャーポジティブ・クライメートポジティブさらにはソーシャルポジティブの実現に資するブルーカーボン生態系の形成、モニタリング手法、環境影響評価指標を統合的に開発する。生態系再生とエネルギー供給の両立を図る海域利用の新たなガイドライン策定に向けた基盤整備を行い、地域・政策・企業等の多様な実装主体による応用可能な総合的枠組み構築を検討する。

2）個別目標

- 洋上風力発電所の構造・運用特性を活かし、藻場造成・海藻養殖・漁場環境の再生等を一体的に展開する「多機能型洋上利用モデル」の実証を行い、空間的・機能的配置に関する提案指針を策定する。
- 海洋計測（物理・化学的計測・音響・映像・AI解析）などの手法を開発するとともに統合し、高頻度・高精度で多様な生態系指標を把握できる新たなモニタリングシステムを構築する。
- モニタリングデータとシミュレーション結果を統合し、自然資本・生態系サービスの時間変化や地域差を評価する可視化・分析ツールを開発する。
- 海藻類によるCO₂固定効果を含むブルーカーボン創出量の定量化を行い、LCA等により生態系機能の価値を評価することで、Jブルークレジット等の制度活用に資する知見を提供する。

- 地域の海上活動や既存の海域利用との調和を図るため、空間的・季節的制約条件を反映したブルーカーボン施策の実行可能性評価を行う。
- 一次生産から高次捕食者までの構造と物質循環を再現するエコシステムモデルを構築し、環境変動や施策導入時のシナリオ評価に対応可能な予測手法を整備する。
- 累積的影響、リスク評価、回復力などを取り込んだ生態系影響評価フレームを確立し、ESG 開示やゾーニング政策に応用可能な科学的指標体系を整備する。
- 生態系影響と社会的受容性に基づいた適地選定・合意形成支援のための手法を設計し、空間計画・制度設計に反映可能な提案を取りまとめる。

各テーマ及びサブテーマの成果目標の詳細については、「6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成」を参照のこと。

6. プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成

本プロジェクトは、以下の3つのテーマ構成により、適宜、テーマの下にサブテーマを設けて、各テーマ及びサブテーマ研究者が一体的に研究を実施する。課題代表者とテーマリーダーは、研究フレームワークの検討、アウトリーチ活動の推進、データの共有と相互検証など本プロジェクト全体に係る調整を行う。全体構成及びテーマ・サブテーマ間の関係と連携の詳細については、補足資料も参照のこと。

URL : <http://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/>

研究提案の公募は、各テーマの「サブテーマ(1)」以外について行う。

(留意事項)

- ・各サブテーマのうち「サブテーマ(1)」は、テーマリーダーが担当し、テーマの総括を行うため公募は行わない。
- ・研究プロジェクトリーダーがテーマリーダーを担当するテーマ1の【総括】サブテーマ1は各テーマ全体の総括班として機能し、サブテーマ間の研究調整・進捗管理を担当する。
- ・研究提案は、【総括】サブテーマ1及びその他の【公募】サブテーマと研究内容が連携するものであることが必要である。
- ・各サブテーマのリーダーは、研究プロジェクトリーダー及びテーマリーダーの指示の下で、他テーマ、サブテーマの研究者と緊密に連携し、一つの研究プロジェクトを構成する研究活動として研究を実施する。
- ・サブテーマリーダーは、応募したサブテーマの内容及びヒアリングの審査過程での連絡・対応について、総括的な責任を持つ。

研究提案を行う申請者は、テーマリーダーに連絡をして提案内容（申請書、ヒアリング審査資料）についてテーマに沿った内容かどうか確認することができる。確認のあつ

た提案内容（申請書、ヒアリング審査資料）について、テーマリーダーはプロジェクトリーダーと相談の上、申請者にコメントを回答する。テーマリーダーの連絡先は、以下までメールにて問い合わせること。

環境省大臣官房地域政策課洋上風力環境調査室 (CHIIKI_YOJO@env.go.jp)

各テーマ及び公募するサブテーマの構成

テーマ名 及び テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募を行うサブテーマ
テーマ 1： 海洋生態系モニタリング手法の開発と統合評価 サブテーマ 1-(1)： 環境計測基盤の構築と統合評価 （年間 6,000 万円以内）	サブテーマ 1-(2)： 生態系モニタリング手法の開発 （年間 2,000 万円以内） サブテーマ 1-(3)： モニタリング情報の時空間統合のためのプラットフォーム構築 （年間 1,000 万円以内） サブテーマ 1-(4)： 環境・社会指標の可視化 （年間 1,000 万円以内）
テーマ 2： 環境向上方策の検討 サブテーマ 2-(1)： 持続可能な海藻処理・利用法の検討 （年間 2,000 万円以内）	サブテーマ 2-(2)： 洋上風力発電施設を利用した海藻養殖手法の開発 （年間 2,000 万円以内） サブテーマ 2-(3)： 藻場造成による生物多様性創出と応用技術の確立 （年間 2,000 万円以内）
テーマ 3： ネイチャーポジティブ・クライメートポジティブ等の統合評価・予測 サブテーマ 3-(1)： ネイチャーポジティブの実現に向けた海生生物の種分布・機能・多様性の評価・予測 （年間 2,500 万円以内）	サブテーマ 3-(2)： クライメートポジティブの実現に向けた緩和効果の評価・予測 （年間 1,500 万円以内）

(1) テーマ 1：海洋生態系モニタリング手法の開発と統合評価

テーマリーダー：宮下和士（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 教授、センター長）

① 成果目標

物理・化学・生物環境を統合的に把握できる観測設計と機器構成を確立し、洋上風力区域における生態系の基礎データを高頻度かつ効率的に収集可能な体制を構築する。また、画像 AI 分析を用いた自動分類技術と時空間動態のモデリング手法を融合し、生態系変動のリアルタイム監視体制とそれに基づく将来予測手法の開発を進める。さらに、得られたデータを指標化し、ブルーカーボン機能、生物多様性、生物資源等の指標を空間評価できる解析手法を整備することで、政策判断・地域合意形成支援に資する科学的根拠を提供する。

② 研究概要

洋上風力発電所及びその周辺海域における生態系の動態を的確に把握し、環境影響評価及び環境向上方策の検証に資する高精度なモニタリング手法の開発を目的とする。特に、浮体式・着床式の構造的特性や環境条件の違いを踏まえ、施設由来の生物群集の形成、藻場・海藻養殖の展開による生態系への影響を定量的に捉えることが求められる。具体的には、物理・化学環境（流向流速、水温、塩分、濁度など）と生物環境（底生生物、魚類、海藻等）を包括的に観測するため、固定観測装置、水上・水中ドローン等をプラットフォームとし、水中カメラ、バイオリギング等のセンサー技術に加え、AI による種判別・画像解析技術を導入し、広域・高頻度な観測体制を確立する。

くわえて、得られた多次元のデータを統合的に管理・解析できる情報基盤の整備と、海域ごとの指標化、時空間変動の可視化・分析手法を開発する。また、洋上風力発電施設による環境影響に関する知見の集積を図るとともに、観測設計・評価指標の標準化を通じて、他地域・他プロジェクトへの展開性も意識したモニタリング枠組みの汎用化を図る。さらに、総括班として各テーマとの連携の下、自然資本・生態系サービスとしての価値指標との接続を視野に入れ、自然共生型の海域利用モデルの実現に貢献する定量的根拠を提供する。

③ 【総括】サブテーマ 1-(1)：環境計測基盤の構築と統合評価

洋上風力発電施設（ウインドファーム）に設置する海藻養殖・藻場造成の実証施設及びその周辺海域、並びに沿岸・沖合の対象区において、設置型プラットフォーム、バイオリギング・テレメトリーシステム、水上・水中ドローン等の移動型プラットフォームを駆使した海洋センサーネットワークシステムを構築し、広域・高頻度な観測体制を確立する。また、得られた多次元・高解像度データを統合的に管理・利活用可能な情報基盤を整備する。くわえて総括班として、他の 2 テーマと連携し、社会実装に向けたネイ

チャーポジティブ効果、クライメートポジティブ効果、ソーシャルポジティブ効果を考慮した統合的インパクト評価フレームを構築し、サブテーマ 1-(4) と連携して、社会合意形成・協働体制の構築方法を提案する。

また、評価対象には、ブルーカーボンの炭素固定量だけでなく、生態系サービス（供給・調整・文化的サービスなど）の多面的価値を含め、自然資本としての機能を総合的に扱う。さらに、LCA 及び自然資本金会計との接続により、制度・政策への適用を視野に入れた数値的・構造的指標群を整備する。

④ 【公募】サブテーマ 1-(2)：生態系モニタリング手法の開発

サブテーマ 1-(1) によって整備された環境計測基盤を利用して、洋上風力発電施設周辺を含む沿岸から沖合にかけての環境並びに構築された海藻養殖施設や藻場における生態系の変化を科学的かつ定量的に把握する高精度なモニタリング手法を確立する。洋上風力発電施設の構造的特性や周囲の環境条件を踏まえ、音響・画像解析と AI 技術、バイオリギング、テレメトリーを複合的に用いて、魚類や遊泳生物の分布・行動特性を評価するとともに、水上ドローンや水中スキミング技術を活用し、環境因子とその生物影響の関係についての知見を集積しつつ、海藻のバイオマスや成長量の経時変化をリモートセンシングによる計測で評価する手法を開発し、生態系機能の動態を詳細に把握することを目指す。さらに、モニタリング設計・評価指標の標準化を通じて他地域への展開性も検討する。

⑤ 【公募】サブテーマ 1-(3)：モニタリング情報の時空間統合のためのプラットフォーム構築

海洋計測・モニタリングで得られる多様な情報について、空間的・時間的なスケールを超えてデータを連携・統合するためのプラットフォームを構築する。観測された各種データを気象・衛星データ等のオープンデータと組み合わせ、広域から局所まで統合的に可視化・分析できる解析基盤を開発する。また、センサーデータや生態系モニタリングの結果を階層的に統合し、マルチスケールな可視化ツールを構築する。さらに、得られたデータが「ネイチャーポジティブ・クライメートポジティブ等の統合評価・予測」を行うテーマ 3 と接続しやすいデータ形式・解析単位で設計することを重視し、生態系モデリングへの接続性を確保する。これにより、科学的知見の効果的な活用を促進する。

⑥ 【公募】サブテーマ 1-(4)：環境・社会指標の可視化

洋上風力発電施設の利害関係者である地域住民や漁業者などが施設立地による効果や生態系サービスの変化を具体的に認識・実感するための可視化ツール（AHP、GIS 等）の開発を進める。また、サブテーマ 1-(1) において構築された統合的インパクト評価フレームを活用して、洋上風力発電施設による環境変化や効果を「自然（ネイチャーポジティブ）」「気候（クライメートポジティブ）」「社会（ソーシャルポジティブ）」の 3 つ

の視点から定量的に可視化し、社会的に共有するための基盤を整備する。これにより、洋上風力発電施設を地域の資源として運用するための社会実装モデルの構築を目指す。

(2) テーマ 2：環境向上方策の検討

テーマリーダー：藤森康澄（北海道大学大学院水産科学研究院 教授）

① 成果目標

洋上風力発電施設と一体化した藻場造成・海藻養殖の技術パッケージを整備し、持続的な生態系回復とブルーカーボン創出の実効性を実証する。また、海藻養殖・藻場造成された海藻の収穫後処理、保存・運搬、加工に関する工程管理手法を検討し、用途別の利活用ルート（飼料・肥料・燃料等）について経済的側面のみならず文化的な価値などの社会科学的視点も加えて整理する。さらに、海藻処理・利用の LCA を通じて、環境・経済両面での持続可能性を分析し、地域資源循環・カーボンマイナス化に資する評価手法を提示するとともに、海藻利活用の社会的受容性・実装可能性を高めるため、サブテーマ 1-(1) と連携して地域の流通構造や関連産業との連携モデルを提案し、ブルーカーボンの地域実装戦略へ展開する。

② 研究概要

洋上風力発電所の基礎構造や海域空間を活用し、生態系の再生とブルーカーボン創出を両立する自然共生型の環境向上方策を開発する。特に、藻場造成や海藻養殖の敷設・管理手法に加え、収穫された海藻バイオマスの持続可能な処理・利活用までを含めた一連のシステム設計を行い、循環型資源モデルの構築を目指す。

海藻養殖・藻場造成段階では、流況・光条件・水温などに応じた対象種の選定、設備素材・設置方法の検討、及び定着安定性の検証により最適な養殖方法を検討し、施設構造物と連携した「多機能型造成手法」の確立を目指す。同時に、海藻類の成長過程に応じた適切な管理技術や自動モニタリング手法の導入も進め、持続的な藻場形成に資する技術体系を整備する。さらに、得られた海藻バイオマスの持続可能な処理・利用法に焦点を当て、土壌貯留、飼料・肥料・食品・バイオプラスチック・バイオ燃料など多用途化に対応した分類・保存・輸送手法を検討する。くわえて、海藻の種類や収穫時期に応じた成分評価を通じて、利用特性に応じた選別・加工・製品化についてプロダクトシミュレーションを行う。また、LCA による環境負荷評価やコスト分析も実施し、地域における社会実装モデルの構築に貢献する。

③ 【総括】サブテーマ 2-(1)：持続可能な海藻処理・利用法の検討

構築された養殖収穫によって生産された海藻バイオマスの持続的な利活用に向けて、土壌／海底貯留、飼料・肥料・食品・バイオ燃料など多用途での CO₂ 固定法、利用法を検討する。貯留方法、回収・利用時の収穫・搬送・乾燥・保存技術や、用途に応じた加工・分別手法を整備し、LCA に基づいた環境負荷や経済性の評価を行い、地域資源循環

型のブルーカーボン活用モデルとして社会実装可能な仕組みを提案する。さらに、地域産業や自治体と連携した利用ルートの実証についても検討する。

④ 【公募】サブテーマ 2-(2)：洋上風力発電施設を利用した海藻養殖手法の開発

洋上風力発電施設を効果的に利用し、安定的に機能する海藻養殖施設を設計・実証することで、生物多様性の創出と炭素吸収に貢献する環境基盤を確立する。洋上風力発電施設の環境に適した浮体式又は係留式の養殖基盤（ロープ・ネット・着生礁等）の開発と試験を行う。また、海藻の着生性や成長特性に応じた最適な着生素材や種苗生産方法を検討し、地域の生態系に配慮した大型海藻の高生産性養殖方法を確立することを目指す。さらに、養殖海藻が生殖細胞を放出することによる天然群落への影響評価や、養殖藻体を活用した藻場造成効果を検証し、環境共生型洋上インフラとしての洋上風力発電の多機能化を実証する。

⑤ 【公募】サブテーマ 2-(3)：藻場造成による生物多様性創出と応用技術の確立

藻場造成・海藻養殖が生物多様性創出に果たす役割を評価し、その維持と利用に向けた応用技術を確立する。具体的には、洋上風力発電施設の基礎構造に着生した大型海藻群落が魚類や無脊椎動物の生息地、餌場、避難場として機能する効果を検証するとともに、施設周辺空間において多様な海生生物に適した住处となる藻礁の構造と設置条件を検討し、その実証を行うことにより多機能藻場の造成手法の確立を目指す。さらに、サブテーマ 2-(2)と連携して、海藻養殖と既存藻場との相互影響を調べるとともに、養殖生産された海藻を餌料とした植食性無脊椎動物の効率的な生産方法を検討することで、環境基盤の強化と地域水産業との共生を図る。

(3) テーマ 3：ネイチャーポジティブ・クライメートポジティブ等の統合評価・予測

テーマリーダー：藤井賢彦（東京大学 大気海洋研究所 教授）

① 成果目標

テーマ 1 で取得されたモニタリングデータ等を基に、生物群集・底質・水質等の生態系要素に基づく定量的環境評価指標の整理を行い、食物網モデル・物理-生物連成モデルを応用したエコシステムモデルを構築し、空間スケール・時系列での生態系応答を予測・評価する手法を確立する。

また、海域の持続可能な利用に向けて、生態系の回復力・累積影響を考慮した長期シナリオによる評価手法の確立を目指し、行政・地域・産業による意思決定支援に資する科学的基盤を構築する。

② 研究概要

洋上風力発電施設及びその周辺空間に導入される藻場造成・海藻養殖等が、ネイチャ

ーポジティブの観点から海生生物の種分布・機能・多様性に、クライメートポジティブの観点から緩和効果に、それぞれ及ぼす影響を科学的かつ包括的に評価する。特に、生態系の構造的変化（種多様性、群集構成、生物資源量など）と機能的変化（一次生産、物質循環、生態系サービス供給機能）に焦点を当てた統合的な評価を目指す。評価手法の基盤として、モニタリングによって得られる生物群集、水質、底質、海底地形等の多変量データを解析し、生態系の時間的・空間的変動を可視化・指標化する。くわえて、食物網構造や物質フローを再現するエコシステムモデルを開発し、施設導入や藻場造成による生態系変化をシナリオベースで評価可能な動的フレームを構築する。

③ 【総括】 サブテーマ 3-(1)：ネイチャーポジティブの実現に向けた海生生物の種分布・機能・多様性の評価・予測

海生生物の種分布・機能・多様性・コネクティビティを評価・予測可能な生息適地モデルを開発する。また、それぞれの生物ごとに水温、塩分、水深、光環境、クロロフィル濃度等、現在の環境変数との関係性を定量化した上で指標化する。この指標をモデルに組み込み、洋上風力発電所の建設とそれに伴う藻場造成・海藻養殖がもたらす環境変数の変化が周辺の海生生物の群集構造・種多様性・基礎生産に与える影響を定量的に予測する。テーマ 1 の実施過程で、開発したモニタリング手法により、環境因子とその生物影響の関係、例えば風力発電所の建設・運用時に発生する音響が生物に及ぼす影響等についての新たな知見が得られた際には、その知見も本サブテーマの枠組みで順次組み込み生息適地モデルと評価指標の改善につなげる。モデルに組み込んだ環境変数の感度実験を行うことにより、海生生物の多様性の維持・回復を含むネイチャーポジティブの実現に向けた最適解を求め、藻場造成・海藻養殖に対する具体的な提言を行う。

④ 【公募】 サブテーマ 3-(2)：クライメートポジティブの実現に向けた緩和効果の評価・予測

藻場造成・海藻養殖に関して、藻体成長量・収穫量などから CO_2 吸収・固定量を定量的に見積もるための海洋生態系モデルを開発する。地球温暖化・海洋酸性化・脱酸素化等が進行する将来の藻場造成・海藻養殖による CO_2 吸収・固定量を見積もり、テーマ 2 で得られる藻場造成・海藻養殖手法の導入によって期待される効果についても順次このモデルに組み込みつつ、藻場造成・海藻養殖によるこれらの現象の緩和効果の定量的な予測を行う。