

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

プロジェクトリーダー候補： 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）

研究の背景

気候変動対策としての洋上風力発電導入の加速

- 2050年ネット・ゼロに向けた再生可能エネルギーの本格展開
 - 日本政府は2030年10GW、2040年30～45GWの案件形成目標を設定

洋上風力の急拡大にともなう環境・社会的課題の顕在化

- 海域利用の多重化による空間的競合
- 海洋環境影響評価の枠組みが未整備

洋上風力発電の「自然共生型インフラ」としての可能性への期待

- 構造物が藻場・魚類の生息場などの生態系基盤として機能し得る→EUでは養殖との併用、人工魚礁的デザインを検討（NORTH SEA FARM1, INF4INiTYなど）
- 海藻養殖・藻場造成との連携によるブルーカーボン創出

総合的海域利用のための枠組みの検討の必要性

- 欧州各国で観光・養殖との併用や保護区共存が制度化されている
- 社会的合意形成、地域ブランド形成、市民科学への展開可能性

研究の必要性と目的

自然共生型インフラとしての
洋上風力発電の可能性

海藻養殖・藻場造成を複合した
生態系基盤の構築が必要



ネイチャーポジティブ・クライメート
ポジティブ等の評価・予測

生物群集・底質・水質等の生態系要素に基づく定量的環境
評価手法が必要

環境計測基盤の構築

生物・物理・化学データを統合
する広域・高頻度な観測体制の
構築が必要

地域社会との調和と社会実装

空間競合・受容性の課題解決と地域連携の枠組み作り
→合意形成支援・協働体性の構築と社会的便益の可視化が必要

本プロジェクトの目的

洋上風力発電の海洋生態系への影響を適切に把握するとともに、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統合的な環境影響の評価体系を整備して、海域利用の課題解決を目指す。

到達目標

- 生物・物理・化学データを統合する科学的モニタリング技術の開発 – 多次元的手法による環境計測基盤の構築
- ネイチャーポジティブ・クライメートポジティブに加えソーシャルポジティブ指標を統合することで環境と調和した産業連携モデルを提示
- 洋上風力発電と調和する構造設計・海藻養殖／造成手法の確立
- 養殖・造成された海藻の利活用ルート（飼料・肥料・燃料等）の整理→環境・経済両面での持続可能性の評価
- 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

テーマ構成と概要

T1：海洋生態系モニタリング手法の開発と統合評価

- T1-(1) 環境計測基盤の構築と統合評価
- T1-(2) 生態系モニタリング手法の開発
- T1-(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
- T1-(4) 環境・社会指標の可視化

T2：環境向上方策の検討

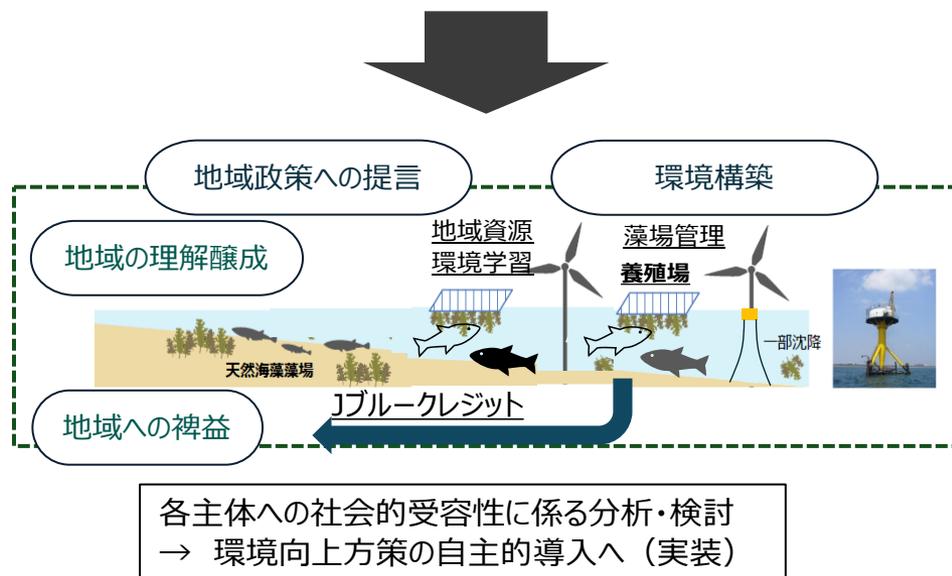
- T2-(1) 持続可能な海藻処理・利用法の検討
- T2-(2) 洋上風力発電施設を利用した海藻養殖手法の開発
- T2-(3) 藻場造成による生物多様性創出と応用技術の確立

T3：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

- T3-(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
- T3-(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

社会実装に向けた統合評価

- 生態系サービス（基盤・供給・調整・文化）の可視化
- ✓ネイチャーポジティブ効果
 - 生物種、生態系、自然プロセスの健全性、多様性、回復力
- ✓クライメートポジティブ効果
 - 自然との共生と生態系の保全：温室効果ガスの吸収促進
- ✓ソーシャルポジティブ効果
 - 地域の利害・受容性、雇用・経済への波及

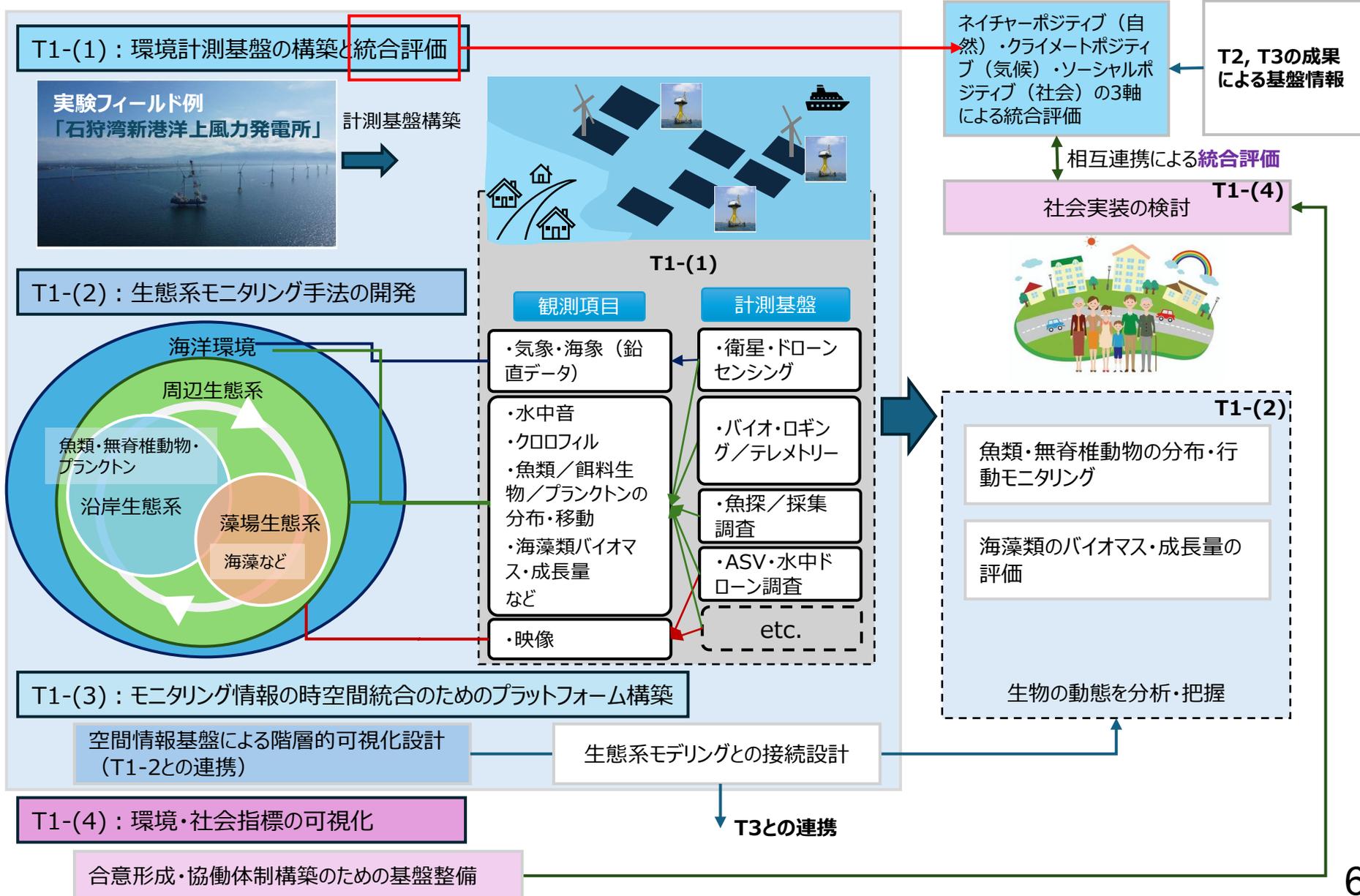


研究体制とTL候補者

	課題名	TL候補者
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	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)
テーマ2	環境向上方策の検討	藤森 康澄 (北海道大学 大学院水産科学研究院)
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	藤井 賢彦 (東京大学 大気海洋研究所)

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

洋上風力発電の海洋生態系への影響要因相互の作用をモニタリングによって適切に把握するための体系的な手法を確立。



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

T1-(1) (総括) 環境計測基盤の構築と統合評価

洋上風力発電所周辺で、海洋環境・生物動態を安定的・効率的に計測するためのインフラ（ハード&データ）構築と統合評価

実施課題	内容
①観測装置・センサの選定と設置設計	ASV（自律型船舶）、ROV、水中ドローン、マルチビーム魚群探知機、ADCP（超音波ドップラー流速計）など、環境・目的に適したセンサ群の配置設計を行う
②計測項目・周期・精度の最適化	水温・塩分・濁度・クロロフィル量・DO・pHなど物理化学パラメータを、目的に応じた時空間解像度で取得できる設計を行う
③統合的インパクト評価フレームの構築	「ネイチャーポジティブ（自然）」「クライメートポジティブ（気候）」に加え「ソーシャルポジティブ（社会）」の3軸による評価指標を構築（T3との連携）

T1-(2) (公募) 生態系モニタリング手法の開発

海藻養殖施設・藻場や洋上風力設置海域における生物群集・生態系機能の変化を、科学的かつ定量的に把握するモニタリング手法の確立

①魚類・無脊椎動物の分布・行動モニタリング	音響解析・映像解析－AI解析の導入、バイオロギング・テレメトリーなどの複合手法により魚類・遊泳生物の出現頻度・行動特性を把握、評価
②海藻のバイオマス・成長量の評価	ドローン、定点カメラ、水中スキャニング技術などを用いた被度・成長量の経時変化評価法の開発

T1-(3) (公募) 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・モニタリングから得られる多様な情報について、空間スケール・時間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構築

①オープンデータ（気象・衛星データ等）との統合基盤構築	衛星や気象観測データを組み合わせた広域～局所の統合的可視化・分析基盤の開発
②空間情報基盤による階層的可視化設計	センサデータ、生態系モニタリング結果、モデル出力を階層的に統合し、事業海域周辺から局所（藻場・魚群）までのマルチスケールな可視化ツールを構築
③生態系モデリングとの接続設計	モニタリング結果をT3「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」と接続しやすいデータ形式・解析単位に設計

T1-(4) (公募) 環境・社会指標の可視化

得られた成果を、「自然・気候・社会」の視点で可視化・社会共有するための基盤整備

①地域ステークホルダーとの合意形成・協働体制構築のための基盤整備	地域資源としての洋上風力発電施設の導入効果や環境変化を住地域住民が共有・実感できる可視化ツールの整備（GIS等）
②社会実装の検討	洋上風力発電施設を地域の資源として共有するための社会的モデルの構築（T1-1との連携）

テーマ2：環境向上方策の検討

環境基盤構築により生物多様性創出・CO₂吸収と経済性の両立を図るための基盤を整備。

T2-(1): 持続可能な海藻処理・利用法の検討

LCA、プロセスシミュレーションによる評価・比較

- ・土壌炭素貯留（バイオ炭など）
- ・バイオリファイナリー（バイオプラスチック、バイオ肥料などとしての利用）
- ・動物飼料としての活用

養殖インフラ（設備・採集技術・運搬）・保管技術

再生可能エネルギーの利用

- ・自然貯留
藻場の活用
海底貯留

自然の力を活用した長期的で持続的なCO₂吸収

海底貯留に加え回収・資源化によって経済的・環境的価値を持たせるアプローチについても検討する

T2-(2): 洋上風力発電施設を利用した海藻養殖手法の開発

生物多様性・炭素吸収に貢献する環境基盤の創出

養殖構造物の開発、種苗生産方法の検討

当該海域における最適養殖方法の確立



<https://www.sugawaragumi.co.jp>

T2-(3): 藻場造成による生物多様性創出と応用技術の確立

多様性維持を図るための環境基盤の強化

多機能藻場の構築と評価

無脊椎動物の効率的増殖方法の確立



<https://www.kwk.co.jp/ocean/moba/>

洋上風力を起点とした沖合での増養殖手法の開発とその評価

T2-(2)

- 環境共生型洋上インフラ（環境基盤）の構築



T2-(3)

- 多機能藻場の構築による環境基盤強化



T2-(1)

- 養殖海藻のブルーカーボン及びバイオ資源化に向けた持続可能な処理・利用法の検討
- 養殖地域・インフラを考慮した環境影響評価

生物多様性の回復・再構築
→生態系サービスの向上



テーマ2：環境向上方策の検討

T2-(1) (総括) 持続可能な海藻処理・利用法の検討

養殖・造成した海藻を基に、ブルーカーボン・地域資源・産業利用として最大限活用するための処理・流通・価値化手法を検討

実施課題	内容
①海藻バイオマスの成分特性と用途評価	炭水化物・多糖類・タンパク質の評価と用途別適正評価（燃料・肥料・飼料・素材等）
②炭素固定量と利用時の炭素動態のLCA評価	海藻の成長から回収～処理～製品化、及び貯留（海底／土壌）までのライフサイクル炭素収支評価法の確立
③利用インフラ（収穫・保管など）の実用化検討	洋上～陸上までの収穫・運搬・乾燥・加工のプロセス技術の検討とコスト評価（②と連動）
④バイオリファイナリー技術との接続	バイオエタノール・メタン発酵・バイオプラスチック等、既存CCU技術との連携スキームの検討

T2-(2) (公募) 洋上風力発電施設を利用した海藻養殖手法の開発

安定的に機能する藻場・養殖施設的设计・実証を行い、生物多様性・炭素吸収に貢献する環境基盤を創出する

①養殖構造物の開発	洋上風力周辺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）の設計と試験
②着生素材と種苗生産の最適化	海藻の初期着生性・成長特性に応じた基質素材（生分解性含む）の開発と種苗生産方法の検討
③最適養殖方法の検討	洋上風力発電機を基盤とした（活用した）北方系大型海藻の高生産性養殖方法の確立
④養殖による藻場造成効果の検証	養殖海藻の生殖細胞放出による天然群落への影響評価と養殖藻体を活用した藻場造成試験（T2-3との連携）

T2-(3) (公募) 藻場造成による生物多様性創出と応用技術の確立

藻場・海藻養殖の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技術を確立する

①多機能藻場の生物多様性効果の検証	着生藻類による魚類・無脊椎動物の加入・再生産・避難場効果の定量評価（T3との連携）
②多機能藻場の造成に関する最適手法の確立	多様な海生生物の好適な住処となる藻場礁の構造設計と設置条件の検討
③養殖海藻を活用した環境基盤の強化	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増殖方法の確立

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1、テーマ2との強固な連携において、科学と実装（T1総括）をつなぐ理論的基盤となる。

T3-(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

洋上風力発電 - 藻場造成・海藻養殖による生態系への影響を評価・予測可能な数理モデルを開発



Nature Positive

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

海洋環境と種分布・機能・多様性・コネクティビティとの関連性を定量化

構造物の導入が海生生物の群集構造・種多様性・基礎生産に与える影響を予測

T3-(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

海藻・藻場の炭素吸収・生態系サービスの効果を定量化を目的としたモデルの開発

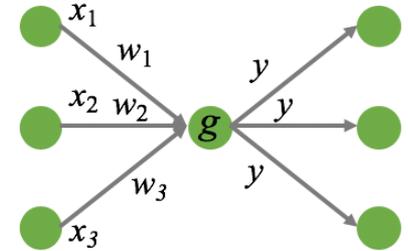


Climate Positive

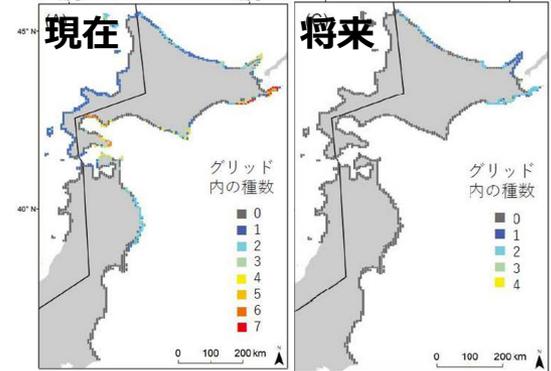
CO₂吸収量を定量化するための海洋生態系モデルの開発

海藻養殖・藻場造成による緩和効果の予測

実測データとの連携や海藻・藻場によるCO₂吸収などの物理値をモデルに組み込める仕様の策定



コンブ類の種多様性
(Sudo et al., 2019 を改変)



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

T3-(1) (総括) 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

洋上風力発電所の建設と藻場造成・海藻養殖による生態系への影響を評価・予測可能な数理モデルを開発する

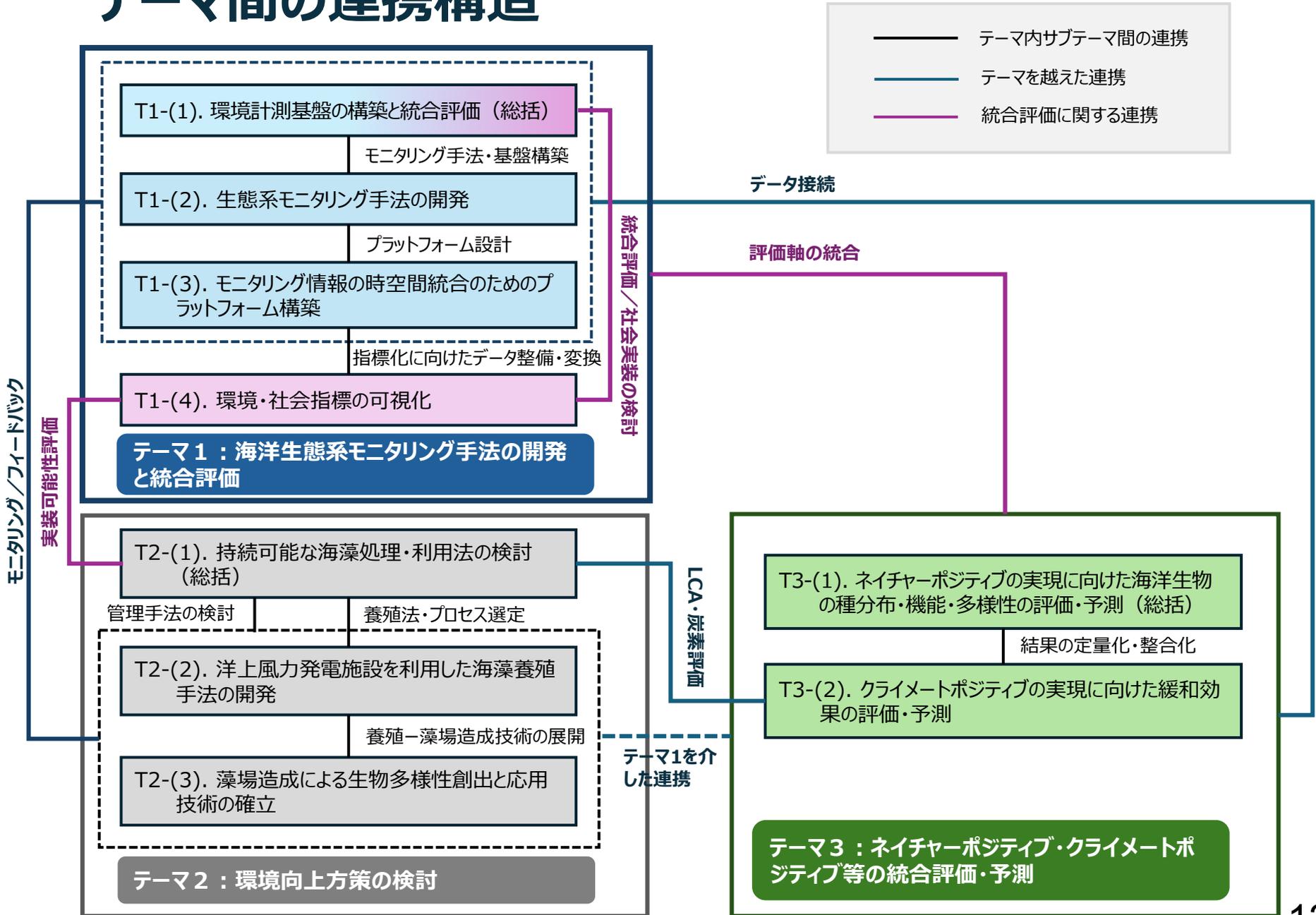
実施課題	内容
①生息適地モデルの開発	海生生物の種分布・機能・多様性・コネクティビティを評価・予測可能な生息適地モデルの開発
②海生生物の種分布・機能・多様性の指標化	現在の海洋環境因子と海生生物ごとの種分布・機能・多様性・コネクティビティとの関連性を定量化した上で指標化
③藻場造成・海藻養殖による海生生物の種分布・機能・多様性の変化予測	藻場造成や構造物の導入が海生生物の群集構造・種多様性・基礎生産に与える影響の予測

T3-(2) (公募) 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

海藻・藻場の炭素吸収・生態系サービスの効果を定量化する

①海洋生態系モデルの開発	藻体成長量・収穫量などからCO ₂ 吸収量を定量化するための海洋生態系モデルの開発
②気候変動に対する緩和効果の定量化	地球温暖化・海洋酸性化・脱酸素化等に対する海藻養殖・藻場造成による緩和効果の予測
③T1・T2との接続性を意識したモデル構造の設計	実測データとの連携や、海藻・藻場によるCO ₂ 吸収などの物理値をモデルに組み込む仕様の策定

テーマ間の連携構造



年次計画

	R8 (2026)	R9 (2027)	R10 (2028)	R11 (2029)	R12 (2030)
実験フィールドの選定					
(T1) 海洋生態系モニタリング手法の開発と統合評価					
T1-(1). 環境計測基盤の構築と統合評価（総括）	調査計画	計測基盤の設計・構築		統合評価	
T1-(2). 生態系モニタリング手法の開発	調査計画	モニタリング手法開発	モニタリング調査		
T1-(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	基盤モデル検討	可視化・分析基盤の開発とプラットフォーム構築			
T1-(4). 環境・社会指標の可視化	調査計画	統合的インパクト評価フレームの構築			
(T2) 環境向上方策の検討					
T2-(1). 持続可能な海藻処理・利用法の検討（総括）	現状調査	評価手法の構築	持続可能な処理・利用法の検討		
T2-(2). 洋上風力発電施設を利用した海藻養殖手法の開発	施設設計	試作・改良／最適養殖法の確立			
T2-(3). 藻場造成による生物多様性創出と応用技術の確立	施設設計	試作・改良／多機能藻場の構築			
(T3) 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					
T3-(1). ネイチャーポジティブの実現に向けた海洋生物の種分布・機能・多様性の評価・予測（総括）	モデル開発		生息適地モデルによる評価・予測		
T3-(2). クライメートポジティブの実現に向けた緩和・適応効果の評価・予測	モデル開発		海洋生態系モデルによる評価・予測		

予算計画

サブテーマ	サブテーマ名	R8-12 (2026-2030)
T1：海洋生態系モニタリング手法の開発と統合評価		
T1-(1)	環境計測基盤の構築と統合評価（総括）	6,000万円／年
T1-(2)（公募）	生態系モニタリング手法の開発	2,000万円／年
T1-(3)（公募）	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	1,000万円／年
T1-(4)（公募）	環境・社会指標の可視化	1,000万円／年
T2：環境向上方策の検討		
T2-(1)	持続可能な海藻処理・利用法の検討（総括）	2,000万円／年
T2-(2)（公募）	洋上風力発電施設を利用した海藻養殖手法の開発	2,000万円／年
T2-(3)（公募）	藻場造成による生物多様性創出と応用技術の確立	2,000万円／年
T3: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		
T3-(1)	ネイチャーポジティブの実現に向けた海洋生物の種分布・機能・多様性の評価・予測（総括）	2,500万円／年
T3-(2)（公募）	クライメートポジティブの実現に向けた緩和・適応効果の評価・予測	1,500万円／年

プロジェクトの新規性・独自性

✓ 洋上風力発電施設を「生態系の再生・創出装置」として捉える

通常、洋上風力発電は「再エネの供給インフラ」としてのみ捉えられるので、多くの洋上風力プロジェクトが「いかに環境に配慮するか（低減）」を考える中で、本プロジェクトは「いかに生態系を創出・再生するか（ポジティブな影響）」に焦点を当てている。

- ▶ 洋上風力発電施設を起点とした海洋生態系モデルの開発
- ▶ 「守る」から「育む」への転換 → 「生態系共生型」洋上風力の実現

✓ 海洋計測基盤の構築と藻場造成・海藻養殖の三位一体構成

本プロジェクトでは、海洋計測と海面養殖・藻場造成を一体的に設計し、連動的に機能させることを主眼としている。

- ▶ エネルギーインフラの多目的利用（Multi-Use）

✓ ネイチャー＆クライメートポジティブの統合的アプローチ

多くのプロジェクトが“環境配慮”を掲げつつ、効果の「見える化」や「定量評価」までは至っていないのが現状。国際的にも、気候変動と生物多様性の統合評価は政策レベルで進みつつあるものの、**実証現場で同時に評価・活用する取組はまだ見られない。**

- ▶ 国内外での先進事例としての展開が期待できる

新規性	再エネ施設の多目的利用、環境評価の定量化、生態系との共生
独自性	ポジティブインパクトの実装、統合評価の実施
社会的インパクト	グリーンインフラ、地域共生・自然共生社会のモデル

期待される成果と政策貢献

✓ 自然共生社会の実装

- 洋上風力発電施設を再生可能エネルギー供給源に加え、生態系再生・CO₂吸収・教育・地域振興の多機能拠点として位置付ける「多目的洋上利用ガイドライン」の策定に貢献
- 海藻養殖・藻場造成により、ネイチャーポジティブ（生物多様性回復）及びクライメートポジティブ（気候変動緩和）を統合的に実現し、自然共生型海域の制度的枠組み形成に寄与
- ソーシャルポジティブ（地域との共創・包摂）を重視した社会実装モデルを提案し、地域主体のブルーカーボン活用戦略づくりに寄与
- 自然共生サイトやOECM（Other Effective area-based Conservation Measures）への登録可能性を備えた海藻養殖・藻場造成モデルを構築し、「30by30目標」への具体的寄与を明示
- 改正再エネ海域利用法における環境影響評価ガイドライン策定への貢献及び将来的なEEZにおける環境影響評価方法書作成の参考事例として寄与

✓ 環境・エネルギー政策への貢献

- 「環境配慮型評価」から「環境創造型インフラ」としての洋上風力発電の転換を促進し、自然共生型洋上風力の制度設計に資する評価基盤を整備
- CO₂吸収量・生物多様性回復量などの定量化・可視化を通じて、科学的根拠に基づくゾーニング、LCA・TNFD対応を支援する評価指標体系を構築
- 海藻養殖・藻場造営等によるCO₂固定と資源循環を組み合わせた「ブルーカーボン活用ロードマップ」の設計支援に貢献

✓ 地域との共生・地域政策への応用

- Jブルークレジット制度などを活用した地域炭素循環・地域経済波及効果の最大化モデルを提案し、「地域実装型ブルーカーボンモデル」を提案
- Jブルークレジットや新たな地域資源の高度利用の提案を通じて、地方創生や海洋地域振興に資するモデル構築
- 環境教育・雇用創出・観光活用といった波及効果も含めた「社会共益指標」の整備により、地方創生と生物多様性保全を両立する施策形成に寄与
- 自然共生サイト指定を視野に入れた生態系再生・利活用エリアの創出を通じ、「30by30目標」達成に向けた地域連携型保全モデルを提供