

○戦略目標「海洋とCO₂の関係性解明と機能利用」の下の研究領域

海洋バイオスフィア・気候の相互作用解明と炭素循環操舵

研究総括: 神田 穰太 (東京海洋大学 学術研究院海洋環境科学部門 教授)

研究領域の概要

本研究領域では、海洋と気候のシステムの変貌と相互作用を正しく理解するとともに、海洋における二酸化炭素吸収等の人為的制御技術の研究・開発を進めて、持続可能な温暖化抑制への貢献を目指します。

海洋はその広大な面積をもって大気と接しており、熱および二酸化炭素をはじめとする物質の交換が存在するため、地球表層の気候システムを構成する極めて重要な要素です。特に、生物活動によって駆動される海洋の炭素循環システムは、海洋内部に二酸化炭素・有機物を隔離することで、地球の温度上昇を抑制する効果をもつことが知られています。しかし、近年、この海洋環境(「海洋バイオスフィア」)において、地球温暖化による海洋の物理構造変化と二酸化炭素溶解による海水酸性化が進行し、極端な気象現象の頻発化や海面上昇、成層強化による貧酸素化や表層への栄養塩供給制限など様々な変化がもたらされていることが明らかとなってきました。この海洋の変化が全球レベルの気候にどのような影響を与えるのか、海洋と気候のシステムの変貌と相互作用を正しく理解する必要があります。

以上を踏まえ、本研究領域では、海洋と気候の相互作用の解明に関連する研究に加え、炭素循環などの人為的制御による温暖化対策の可能性を評価・開発する研究を進めます。ローカルからグローバルまでの多様な空間スケールと地質学的な過去から未来までの多様な時間スケールにおいて、環境学、気象学、海洋物理学、分析化学、生態学、生命科学だけでなく、データ科学、人工知能、情報通信、材料・デバイス工学における様々な先端技術を用いて、観測、理論解析、数値計算、室内実験、船上実験など様々な研究アプローチにより、炭素をはじめとする物質循環の理解とその制御を目指す技術開発に貢献します。また、戦略目標の達成に向けた成果を最大化するため、CREST「海洋とCO₂の関係性解明から拓く海のポテンシャル」との連携を最大限に活用して進めていきます。

募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

1. 背景と目標

大気における二酸化炭素(CO₂)をはじめとする温室効果気体の人為的蓄積により、地球規模の環境変動が顕在化しています。気候変動に関する政府間パネル(IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change)の第6次評価報告書によれば、今後相当な放出削減が国際的合意のもとで

実施されたとしても、今世紀半ばには社会や生態系に及ぼす影響は甚大なものになると危惧されています。

地球表層の気候システムを構成する極めて重要な要素である海洋は、地球表面の 71%の面積で大気と接し、熱および CO₂ 等の物質の収支を通して気候をいわばコントロールするはたらきがあります。実際上記 IPCC 報告書では、年々の人為起源 CO₂ 放出量の約 1/4 は海洋に吸収されるとされています。さらに、生物活動によって駆動される海洋の炭素循環システムは、海洋の中深層や海底堆積物に CO₂ を溶存無機炭素あるいは有機炭素として保持し続け大気から隔離するはたらきがあり、その効果は大気 CO₂ 濃度として 150~200ppmv 分に相当するという推定もあります。

海洋を含む全球の温暖化の進行は、極端な気象現象の頻発化や海面上昇などをもたらし、人類への直接の危害となります。さらに、温暖化による海洋の成層強化は、貧酸素化や表層への栄養塩供給の制限をもたらしつつあります。他方、大気 CO₂ 濃度の上昇による海洋表層での CO₂ の溶解増加は海水の酸性化を進行させています。これらの変化はいずれも、海洋生物群集に大きな影響を及ぼすと予想されています。生物群集や生態系の変化は、生物多様性の喪失や人類が海洋から受けている便益(=恵みないし生態系サービス)を損ねてしまう懸念があります。しかし、更に重要なことは、炭素循環系の変化などを通して、気候の変化による海洋システムの変化が、再び気候に影響を与え得る、いわば相互作用する関係にあることです。海洋の生物群集や物質循環系も包含した海洋という巨大なシステムをこの領域では「海洋バイオスフィア(Blue biosphere)」と呼ぶことにします。

このような海洋と気候のシステムの変貌と相互作用を正しく理解し、確度の高い将来予測を行う必要があります。更に一步踏み込んで、人為的に海洋における CO₂ 吸収を強化することが可能であれば、温暖化抑制を目指さなければならない人類全体に大きく貢献することができます。本研究領域は、上述の相互作用の解明につながる幅広い分野の研究に加え、炭素循環の人為的制御による CO₂ 吸収強化の可能性を目指した研究・技術開発も対象として設定しました。

以上を踏まえて、本研究領域では以下の 3 つのテーマを柱に据え、分野を超えた連携に積極的に取り組み、研究を進めます。

(1) 環境変動の解明と将来予測

温暖化などによる海洋の物理構造や海水流動の変化あるいは生物群集や物質循環の動態変化が、熱や CO₂ の収支などにどのような影響を及ぼすのか、海洋と気候の相互作用を正しく理解するとともに、確度の高い将来予測を行う。

(2) 海洋生物・生態系の変貌と影響評価

海洋環境の変化が海洋生物群集にどのような影響を与えているのか、また海洋における生物活動の変化が炭素などの物質循環や気候にどのような影響を与えるのか、システムを包括的に理解するとともに、生物多様性や水産資源への影響、社会への影響などを含めて評価する。

(3) 海洋ネガティブエミッション技術の検証・評価と新規手法の開発

CO₂などの温室効果気体の人為的制御について、海洋やその生物(または生物群集)を利用する技術の検証・評価を行い、新たな発想による気候変動対策の革新的な戦略・技術シーズを創出する。

2. 具体的な課題例

上記(1)および(2)については、海洋・気候システム変動の把握、熱や炭素などの収支の把握につながる海洋学的研究、システムを構成・駆動する物理的、化学的、生物的プロセスの研究、さらに陸域、大気、海底との相互作用の解明、などのいずれもが対象となります。ローカルからグローバルまで、地質学的な過去から未来まで、空間スケールや時間スケールは限定しません。炭素をはじめとする物質循環を駆動する生物活動に関わるプロセスについても、多様な海域の生物群集動態の把握から、炭素循環を駆動する生物代謝のマイクロな制御の解明にいたるまで、いずれのレベルの研究も対象に含みます。研究アプローチについても、室内実験、船上実験、観測、理論、数値モデルのいずれもが対象となり得ます。海洋に関する観測データを大きく充実させるような観測技術の開発、数値シミュレーションの能力を大きく向上させるモデルや計算技術の開発なども対象とします。

上記(3)の人為的な炭素循環制御を目指す技術開発においても、炭素の収支だけでなく、エネルギー収支や環境影響などを見通した上での有効性が期待できれば、萌芽的な構想段階から具体的な技術的課題の克服まで、検証と評価を経て人類の温暖化対応に資する可能性があるものをできる限り幅広く対象とします。

進展の著しいデータ科学、人工知能、情報通信、材料・デバイス工学などの先端技術を取り込んだ研究・技術開発にも期待します。アウトカムとしては気候変動対応が中心にはなりますが、水産資源や防災などを視野に入れた研究も歓迎しますし、社会的なプロセスが果たす役割も大きいことから、社会的・国際的な対応を視野に入れた人文・社会科学的な研究や文理融合的な研究も歓迎します。

課題例としては以下のようなものが考えられます。

- (1) 大気・海洋モデルないし生態系モデルによる数値計算やデータ同化による海洋物理過程、炭素循環・生態系変動の高確度な再現や将来予測
- (2) 海洋・気候システム変動に関する海洋物理学的研究
- (3) メソスケールの物理過程などによる鉛直混合過程や炭素循環・生物活動の制御プロセスの解明
- (4) 海洋に関わる巨大データによる炭素循環解明や制御に向けた情報科学的研究
- (5) 一次生産と二酸化炭素吸収を駆動する栄養塩や微量金属などの動態把握やモデル化
- (6) 沿岸海域での有機炭素堆積および外洋への有機炭素エクスポートの定量的評価
- (7) 栄養塩、二酸化炭素などのセンサーの開発やロボット技術などを用いた海洋観測プラットフォームの開発

- (8) 海底堆積物コアの微化石組成、バイオマーカー、同位体などのプロキシ解析による気候と海洋生態系の相互作用の復元
- (9) 大気からの物質沈着や陸域からの物質負荷の将来予測と生態系や炭素循環への影響評価
- (10) 気候変動や海洋環境変化に伴う陸域と沿岸域の相互作用の変貌
- (11) 海洋熱波、酸性化、貧酸素化などによる生物群集や生態系の変化と炭素循環の変動予測
- (12) 分子生物学的手法による海洋表層浮遊生物群集の動態や代謝の定量的把握
- (13) 海藻(海草)藻場における有機炭素隔離プロセスの定量的観測や数値シミュレーション
- (14) 海底の堆積プロセス解明による炭素埋設・隔離の評価や CCS への応用
- (15) 難分解性有機物の生成による炭素隔離の定量的評価
- (16) 人為的な沿岸海洋生態系の造成などによる二酸化炭素吸収技術の開発
- (17) サンゴ礁、マングローブ林などの特色ある沿岸生態系の機能解明や炭素収支を踏まえた利活用
- (18) ブルーカーボンとシナジー効果を有する水産増養殖システムや海洋構造物の開発
- (19) 温室効果気体放出抑制や温暖化への社会的適応に資する地域的あるいは国際的な沿岸生態系保全や水産資源管理
- (20) 海域におけるブルーカーボンや CCS を促進する経済的インセンティブや国際的協調に関する人文・社会科学的研究

* 上記は参考例であり、応募対象となる研究や研究アプローチはこれらに限るものではありません。

3. 募集・選考の方針

これまで海洋を研究対象としてきたか否かを問わず、あらゆる研究分野からの提案を歓迎します。海洋システム・生物圏・炭素循環系をめぐる研究や技術開発の必要性を理解いただき、ぜひ仲間に入っていただきたいと思います。海洋研究分野は、残念ながら女性研究者が少ない分野とされてきました。次世代の科学技術分野を担う人材の育成を視野に入れた「さきがけ」の趣旨から、女性研究者の積極的な応募を期待します。さらに、気候変動に伴う海洋生物群集・生態系への影響など、社会や文化にも大きな影響を及ぼす事象が研究対象であり、社会的なあるいは国際的な対応が求められることから、人文・社会科学分野や文理融合型の研究提案も歓迎します。

選考においては、以下の3点を重視します。

(1) 優れた学術的意義があること

未解明な部分の多い海洋環境や生物群集の研究は、それ自体に学術的意義がありますが、特に新たな発想や研究アプローチによりパラダイムシフトをもたらすような、学術の進展に大きく寄与する高い学術的意義を有する提案を評価します。

(2) 革新的な技術開発であること

技術開発を中心とする研究提案にあつては、先行あるいは類似の技術に対して、明確な優位性があり、特に新たな発想による提案を評価します。

(3) 強い研究動機と高い研究遂行力を有すること

これまで海洋研究を行ってきた研究者も、新たに海洋研究を始めようとする研究者も対象としますが、海洋バイオスフィアに関わる研究の意義を理解すると同時に、提案した研究に強いモチベーションを持って(すなわち、楽しく)取り組むことができ、実施上の問題点や制約を突破できる研究遂行力を有する研究者からの提案を評価します。

4. 研究期間と研究費

研究期間は、採択年度から3年半以内とします。研究費は総額4千万円(間接経費を除く)を上限とします。選考においては、研究費が提案内容に則して適切に計上されているかについても評価の対象とします。小さな予算規模で行う研究提案を除外するものではありません。