

## 深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化

### ① 計画の概要

地球温暖化の進行に伴い、海洋中の貧酸素化、酸性化の問題が顕在化している。地球温暖化の影響は、すでに深層海洋にも現れていることが報告されており、長期的かつ不可逆的な地球/海洋環境変動に繋がる危険性もある。本研究は、数十～数百年スケールの地球規模の気候変動の予測に向けて、最大のブラックボックスとして残されている「深海」の実像を稠密な観測によって初めて明らかにするとともに、過去の気候変動に伴う海洋環境変化に対する海洋生物群集の応答を解明し、海洋における生産性/生物資源の高精度な将来予測を目指すものである。

気候の長期変動を制御する深層海洋循環は、意外にも、深層水に浮力を与えて表層に浮上させるミクロスケールの深海乱流に支配されており、そのグローバルな空間分布の解明は喫緊の課題である。そのため、アルゴフロート（海面から深度 2000 メートルまでの間を自動的に上下して水温・塩分等を測定する観測機器）に乱流センサーを搭載し、到達深度を 6000 メートルまで延長させた「深海アルゴフロート」約 1000 台を全球展開し、得られた乱流データを数値モデルに組み込むことで、数千年～数万年前の過去から数十年～数百年後の未来にわたる気候変動過程を世界に先駆けて再現/予測する。

さらに、古気候下での海洋環境変動に対する生物群集の応答の情報を海底コア微化石試料のデータ等から明らかにし、気候変動予測/海洋環境予測の情報を組み合わせることで、食料問題と密接に関係する将来の海洋生産/生物資源のアセスメントを極めて高精度に実行していく。

こうして、深海乱流の解明による気候変動/海洋生物資源変動予測の精緻化を実現することで、将来の食料生産や災害に関するリスクの定量的評価とその低減に向けた政策提言に貢献していく（図 1 参照）。

### ② 学術的な意義

本研究の実施によって、過去および将来の気候変動を再現する際にボトルネックとなってきた深海の乱流混合の実態が明らかになる。その結果、スーパーコンピューターを使用した深層海洋循環と長期気候変動の再現精度が格段に向上し、将来および過去の海洋物質循環像が一新される。

海洋の基礎生産は光が届く表層に栄養塩や微量金属が供給されることから始まるため、この新たな物質循環像は、必然的に生物海洋学の新たな飛躍にも繋がる。海底コア試料解析から得られる過去の生物分布の情報、現存する生物の遺伝子分析による海洋環境への適応能力の把握とあわせ、海洋生態系や水産資源の気候変動に対する応答についての知見が高められる。

海洋における生物学的なプロセスは、海洋環境に依存するだけでなく、「物理学・化学的」な環境変動と相互作用する関係にある。したがって、上で得られた生物学的知見のフィードバックは、地球温暖化をはじめとする将来の気候予測、栄養塩、微量金属、酸素、二酸化炭素などの物質循環の変動、それに伴う海洋酸性化・貧酸素化など様々な環境変動の予測精度を高め、その結果として、海洋の生物生産、生物資源の将来予測をさらに高精度化していくことに繋がる。

本研究計画課題は、海洋物理・化学・生物・水産にわたる学際的研究であり、手法も観測からモデリングまでを包含している。また気候変動予測/海洋環境予測だけでなく、それに対する海洋生態系や水産資源の応答、ひいては、食料問題にまで影響を及ぼす研究であるため、社会的要請も極めて高い。

### ③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

深海乱流観測は、世界海洋循環実験計画における深海までの観測プログラムの一部で実施されており、気候変動および予測可能性研究計画、全球海洋各層観測調査プログラムへと引き継がれている。しかしながら、その実施海域は限定的で、全海洋を網羅するには至っていない。一方、国内においては、東京大学や東京海洋大学が国内海洋測器メーカーと共同で深海乱流計を製作するなど、日本独自の技術を開発するとともに、太平洋における乱流観測を牽引している。

アルゴフロートに関しては、2000 年から国際アルゴ計画が開始され、現在、約 4000 台のアルゴフロートが全大洋の海面から水深 2000 メートルまでの水温・塩分を測定している。これらのデータは地球温暖化の評価にも使用され、気候変動に関する政府間パネルの評価報告書にも大きく貢献している。

本研究計画により既存の全球観測網にはない世界初となる深海乱流観測網が確

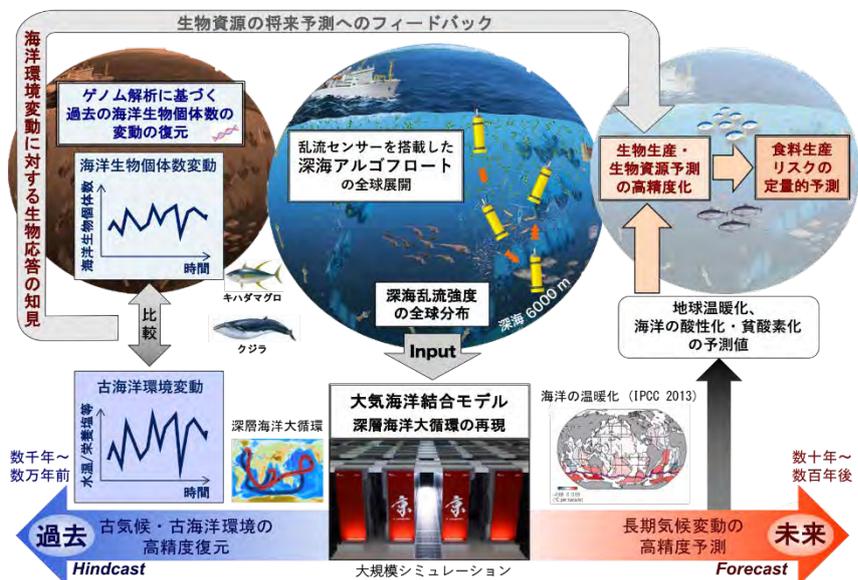


図 1：研究計画の概要

立し、乱流パラメタリゼーションによる気候モデルの精緻化とあわせ、海洋学・気候学における我が国の主導的な立場をより強固にする。

#### ④ 実施機関と実施体制

本研究は、深海観測技術開発、深海アルゴフロート運用、大気海洋結合モデル開発、古環境解析、生態系・水産資源変動予測、地球環境変動予測の各コンポーネントを開始当初から連動させて実施する(図2参照)。本研究計画については、各実施機関の長および実行組織に説明済みであり、機関として研究計画を推進することについても了承を得ている。

#### ⑤ 所要経費

【総予算：182億円】

- ・深海アルゴフロート観測網構築：125億円
- ・深海アルゴフロート観測網運営費：36億円
- ・比較観測等実行費：13億円
- 深海アルゴフロート比較試験（1億円）
- 通信費（10億円）
- 観測機器（10億円）
- 深海アルゴフロート購入費（100億円）
- 機器構成費（5億円）
- 人件費（3億円）
- 化学/生物センサー展開（20億円）
- 施設維持費（5億円）
- ・高精度気候モデリング：8億円
- データ処理拠点施設整備（4億円）
- 船舶運航経費（10億円）
- スパコン使用料（5億円）
- 人件費（6億円）
- 人件費（3億円）

#### ⑥ 年次計画

【フェーズ1（1～3年目）深海アルゴフロートの改良と試験展開】

試験的に実海域に投入されている深海アルゴフロート（国産で深度4000メートル到達、水温・塩分計搭載）に乱流センサーを搭載し、調査船による実測データを用いて計測特性評価を行う。同時に、国産深海アルゴフロートの高機能化（到達可能深度の延長、長寿命化）、化学/生物センサー（栄養塩センサー・植物プランクトン活性測定センサーなど）の改良を行い、全球展開体制を整える。

【フェーズ2（4～6年目）深海アルゴフロートの全球展開と気候モデルとの融合】

全球海洋に乱流センサー付の深海アルゴフロートを3年間で約1000台展開し、緯度、経度方向の解像度が約5度の水温、塩分、乱流強度のリアルタイムデータ取得を開始する。得られたデータから全球海洋の乱流強度分布を推定するとともに、全球気候モデルへ反映させる乱流パラメタリゼーションを確立する。

【フェーズ3（7～10年目）深海アルゴフロート観測網の確立と高精度全球気候モデルの展開】

国際協力体制の下で深海アルゴフロートによる全球観測網を拡充し、得られた乱流強度の時間変動情報を反映した全球気候モデルの高精度化を行う。この全球気候モデルを用いて古気候再現実験を行うとともに、海底コア・サンゴなどの古気候代替指標記録との比較・検証を通じてモデルのさらなる高精度化を進める。化学/生物センサーによる環境ストレスの実態把握、現存生物の遺伝子解析による適応能力評価とあわせ、将来の地球環境と海洋生物応答の予測高精度化を図る。

【計画期間終了後】

本研究計画終了後も、全球展開した深海アルゴフロートによって継続的に取得され続けるデータは、国際アルゴ計画の枠組を通して国際的に提供する。また、本研究計画を通じて開発された諸技術を国際的な海洋開発に向けて積極的に提供していく。

#### ⑦ 社会的価値

深海乱流の解明による気候変動予測/海洋環境予測の精緻化を通じて、災害や海洋資源の利用に関するリスクの定量的評価が可能になる。特に、海洋生物資源の変動予測の精緻化は、将来の水産業と食料供給の安定化に貢献するだけでなく、変化し続ける海洋環境下での生物多様性の保全に資する。また、気候および海洋環境変動に関する科学的知見に基づいた政策提言を通じて水産業や農産業などの維持・発展に貢献できるため、本研究計画は経済的・産業的価値が非常に高い。

実際、これらのリスク低減は、気候変動枠組条約第21回締約国会議で喫緊に取り組むべき課題とされており、国連の17の持続可能な開発目標のうち、海洋・海洋資源の保全および持続可能な利用に焦点をあてた目標14の達成にも直結する。

深海は、国民の知的好奇心を掻き立てる地球最後のフロンティアである。本研究成果のフィードバックを通じて国民の海洋への興味を深めることで、海洋立国を担う多様な人材育成に寄与するとともに、関連する技術開発の推進により、海洋産業の創出と国際的競争力の強化に繋げることができる。

#### ⑧ 本計画に関する連絡先

日比谷 紀之（日本海洋学会）

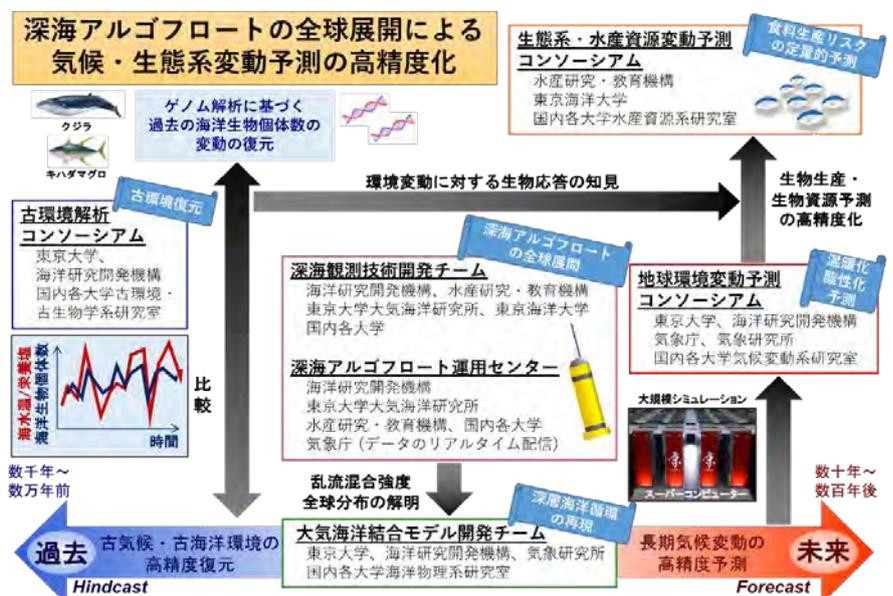


図2：実施機関と実施体制