

領域略称名：新海洋像

領域番号：4403

平成26年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る中間評価報告書

「新海洋像：その機能と持続的利用」

(領域設定期間)

平成24年度～平成28年度

平成26年6月

領域代表者 東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授・古谷 研

目 次

研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要	2
2. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	4
3. 研究の進展状況	6
4. 若手研究者の育成に関する取組状況	9
5. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	10
6. 総括班評価者による評価	11
7. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	13
8. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開發表等）	16
9. 今後の研究領域の推進方策	22

研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要（2 ページ程度）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、これまでの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

研究の学術的背景

顕在化しつつある地球規模での海洋環境の変化に対して、海洋生態系やその物質循環がどのように応答するのか、人類が海洋から受けてきた恵みがどのように変化するのか、さらに、持続的発展が可能な海洋利用をどのように図っていくかは、現在の科学における最も重要な課題である。

海洋利用の利害調節である海洋ガバナンスの対象はこれまで沿岸域に限られてきたが、外洋域、とくに公海の利用に大きな国際的関心が高まっている。この背景には、公海の生物資源の利用は自由であるとの 1970 年代までの暗黙の前提が、近年の海洋生態系機能の悪化と途上国の経済発展などによって急速に崩れつつあること、さらに海底鉱物資源利用、海上風・潮流・温度差発電などの自然エネルギーの技術開発が進み、利用への期待が高まっていることがあげられる。こうした科学的理解と社会・経済的状況の変遷に対応して、海洋利用のための新たなガバナンスの必要性と緊急性が、国際的に広く認識されるようになり、2010 年の国連総会で、公海における脆弱な生態系保護の必要性を明示した決議 (A/RES/64/71) と海洋生物資源の国際的な配分問題に関する決議 (A/RES/64/72) がなされている。我が国では 2007 年施行の海洋基本法が、このための海洋研究の必要性を謳っている。

これに取り組むには、第一のステップとして、海洋を、その生態系と物質循環のまとまりから整合性のあるサブシステムに分けることが必要である。従来の生物地理学では、極域、亜寒帯、亜熱帯、熱帯、沿岸域等の区系に大雑把に分けてきたが、過去 20 年間の海洋研究から、従来知られていなかった区系の存在が次々と明らかになってきた。例えば、北太平洋では沿岸を除く外洋域だけでも従来の 3 区系から少なくとも 9 区系以上の存在が明らかとなり、新たな海洋区系の確立が必要となっている。

第二のステップは、より広い意味での「海の恵み」の評価であり、この評価に基づいて、恵みの持続的な利用のために必要な国際的合意形成と法的経済的枠組みを構築することである。これまでも海の恵みは様々に利用されてきたが、実質的な経済行為としては、漁業と一部の医薬品に限られる。しかし、近年の地球規模での環境変化に伴い、それ以外の恵みの重要性が広く認識されてきた。典型的な例は、海洋の二酸化炭素吸収能や気候調節機能であり、老廃物を分解して新たな有機物生産につなげる再生機能である。そのため、市場性価値をもつ恵みに加えて非市場性価値をもつ恵みの評価と、恵みを持続的に利用するための社会的枠組みの構築が課題となってきたが、このための我々の自然科学的・社会科学的理解は極めて限られている。例えば、海洋を工学的に操作して二酸化炭素吸収能を上げる、あるいは、二酸化炭素の深層隔離などのジオエンジニアリング (地球工学、気候工学) 的手法や海上風発電などによる海面利用に関する議論で、最も不確実性が高いのは、「得る恵み」と「失う恵み」の客観的根拠に基づいた見積もりであり、また、実行段階においては合意形成メカニズムと法的整備である。

本領域の目的

本領域は、太平洋における新たな海洋区系の存在を明らかにし、各区系の生態系機能を解明し、それをもとに海の恵みの持続的な利用のための社会的枠組みを提示する。すなわち、

1. 新たな海洋区系を確立して、それぞれの区系における物質循環と生態系の機能を解明する、
2. その成果をもとに、人類に様々な恵みをもたらす社会共通資本としての海洋の価値を区系ごとに評価する。
従来、価値評価の空白域であった公海に重点を置き、沿岸域および排他的経済水域も含める、
3. 得られた科学的基盤をもとに、海洋の持続的な利用のためのガバナンスに必要な国際的合意形成における

法的経済的枠組みを提示する、ことを平成 24 年度～28 年度の期間で行う。

目的を達成するために、物理海洋学、生元素地理、分子生物学的生物地理の 3 アプローチから統合的な海洋区系を確立する。各区系では、低次生物生産を駆動する基礎生産および窒素固定を軸に物質循環と生態系動態を解明する。価値評価では、水産資源に加えて、先行研究が極めて乏しい非市場性価値、すなわち低次生物生産過程とそれに駆動される物質循環、それらを担う生物多様性が生み出す様々な海の恵みに重点を置き、その恵みの持続的利用のための法的枠組みを提示する。

どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる新たな研究領域」であるか

これまで太平洋における生態系およびその物質循環における研究は、古典的な海洋区系をベースにして、生物生産力の高い亜寒帯域、生物量が低い亜熱帯・熱帯域、河川や大気を通じて陸域の影響を受ける沿岸域という認識を基軸にしていた。その認識に研究者個々が近年の知見をそれぞれに組み込んで研究を進めているのが現状である。換言すれば、我々の海に対する認識に新しい知識が統合的に統合されないまま、旧来の海洋像を持ち続けている、いわば古い地図を持って航海（研究）しているようなものである。本領域は、海洋生態系とその物質循環について、現在、世界的に第一線で活躍する研究者が計画研究班を構成して、新たな海洋区系を提示し、そこでの物質循環とそれを駆動するキープロセスを解明し、文字通り新たな海の基本台帳を作ることが、第一の大きな貢献である。ここで得られる生態系・食物連鎖構造に対する詳細な知見は、現在、放射能の海洋生態系内での濃縮過程に関して進められている他の研究課題の解析にも大きく貢献すると期待される。

本領域は、経済価値をもつ水産物や一部の医薬品以外の海の恵み、すなわち気候調節機能などの非市場性の価値の重要性を解明することにより、その持続的な利用の道筋をつける、いわば新たな水産学の創設を目指している。これが第二の貢献である。このような機能評価に必要な自然科学的知見はこれまでも収集されてきたが、様々な目的の下に収集されてきたため、本領域の視座からは、過不足が多く、科学的基盤というには極めて不十分である。さらに、従来の価値評価では、沿岸と外洋、亜寒帯と亜熱帯などあまりに広い海域を対象にするため、経済学的に、あるいは法的枠組みを構築するために海を扱いきれなかった。新たな基本台帳は、区系という枠を提供することにより、サブシステム毎の価値評価を可能にして、この難点を乗り越えるためのものであり、この台帳ができて初めて海の恵みの総合的な社会科学的研究が可能になる。

さらに、本領域は、公海の海洋生物資源の国際的な配分問題への取り組みにも直結している。国連海洋法以前は、広い公海と狭い領海という組み合わせであったため、公海に進出する能力がある先進国に対する配分が結果的に多くなっていた。海洋法による 200 海里体制の導入を経て、現在、公海において先進国が得た利益を、途上国にも配分すべきであるといった議論が活発化し、いわば、公海は資源利用の観点からはどんどん狭くなっており、海洋ガバナンスの国際的な議論の的となっている。この議論において、本領域が提示する海洋区分と基本台帳は、何が衡平な配分であるのかを研究する客観的なベースになるものであり、国際関係論などの社会科学分野では革新的な文理融合的貢献となる。

本領域の発展がどのように学術水準の向上・強化につながるか

海洋生態系、生物地球化学の分野の研究を大きく前進させる。新たな海洋区系の提示と物質循環と生態系機能に関する基本台帳は、温暖化の影響評価や海洋酸性化などの海洋生態系モデルを使った研究の基盤的データベースになり、予測精度の向上に貢献する。さらに、非市場性価値の経済評価や、地球工学における海洋利用の是非など、社会科学的研究に自然科学的な基盤を提供することにより、海洋利用のためのガバナンス研究が進み、関連する社会科学系分野に貢献すると期待される。

2. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況（2 ページ程度）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、研究組織間の連携状況について組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

基本的な研究戦略

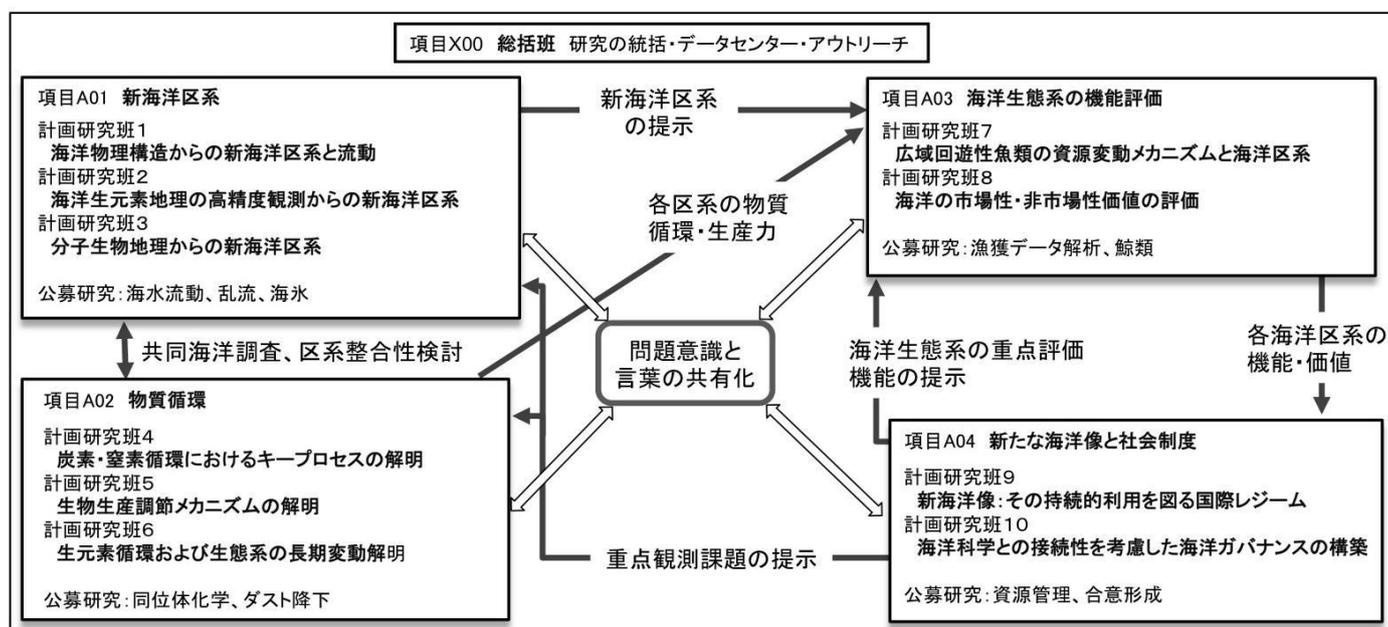
本領域は太平洋を対象とする。領域の構造は、1) 最新の海洋区系を明らかにする、2) 各区系の物質循環の特徴と生態系の機能を解明する、3) その機能を海の恵みとして評価する、4) その恵みを持続的に利用するための社会的な枠組みを構築することにある。すなわち、海を分けし、海を動かす仕組みを知り、海と人との関係から、新しい海の約束を作る、ことである。これら一連の過程により、将来にわたる海の利用を展望した新たな海洋像を提示する。次の4項目をたて、**項目 X00：総括班**が全体を統括する。なお、恵みの供給源として重要な海洋表層・中層の生態系に重点を置く。

項目 A01 新海洋区系

項目 A02 物質循環

項目 A03 海洋生態系の機能評価

項目 A04 新たな海洋像と社会制度



領域における具体的な研究内容

上図に示す計画研究班からなる組織に公募研究を受け入れて研究を進める。

項目 A01 では物理構造、生元素分布および生物地理学をそれぞれ計画研究班 1、2、3 として組織して、物理・化学・生物パラメータを総合的に解析して整合性のある海洋区系を確立する。研究の進捗に応じて、これらの3手法から、中心的な方法を重点化させて進める。また、古典的な海洋生物地理では、植物プランクトンや微生物は重要な対象とはされて来なかったが、近年の分子生物学的研究の進展から、革新的な新発見が期待されるため、これらも主要な研究対象とする。計画研究班でカバーできない重要な研究要素を公募班として加え、1) 塩分を指標とした海水流動解析から海洋区系を解析する公募班（岡班）、2) 栄養塩等の物質が下層から有光層に供給される過程を制御する乱流過程から区系解析に貢献が期待される公募班（安田班）、3) 亜寒帯/極域における海氷の形成が生元素の分布を制御する過程から区系解析に取り組む公募班（西岡班）を加えた。

項目 A02 では、海の恵みを生み出す物質循環と生態系の構造について動的な解析を行う。基礎生産を中心に低次生物生産を駆動する炭素・窒素循環のキープロセスを解析し、そのキープロセスを調節するメカニズムに

ついて、それぞれ計画研究班4、5として組織する。これにより、海洋の物質循環理解の鍵である溶存有機物の生産・分解過程、窒素固定・硝化、摂食過程による有機物代謝のキープロセスの理解を大きく前進させる。調節要素としては栄養塩、微量金属、光に重点を置く。さらに、生元素循環と生態系構造についての数年～数十年の長期変動について計画研究班6が取り組み、海洋区系の位置についての長期変動についても解析を進める。この点についてはほとんど研究例がなく、本領域の独創的な点である。この項目では、得られた成果が、観測結果から記述モデル、統合モデル、そして予測モデルにつなげて物質循環の理解を図る、との視点で研究を推進する。公募班として、先端手法を用いて窒素同位体から物質循環を解析する公募班（角皆班）、ダスト降下物を介しての微量金属供給に関するプロセス研究を進める公募班（植松班）を加えた。

項目 A03 は水産資源と海洋生態系の恵みの価値評価について、それぞれ計画研究班7、8が取り組む。研究班7では、成長に伴って複数の区系を回遊する広域回遊魚が、各区系の基礎生産力をどの程度利用するかを把握して、各区系内の物質循環の変動が広域回遊魚の資源変動に及ぼす影響を明らかにする。研究班8は、研究班7の結果を基に各区系の漁業資源生産力を市場性価値として評価するとともに、非市場性価値を、今の海の利用ばかりでなく将来の利用価値にも重点を置いて評価する。これには、現在、議論が活発化している気候制御に関する地球工学的検討によるリスク評価も含める。計画研究班7では、多数の魚種の漁獲データを解析することから、既存の漁獲データを本領域で解析可能にするための品質検査を公募班（東海班）が担当し、また、魚類とは異なる広域回遊性をもつ鯨類の分布から海洋区系を解析する公募班（金治班）を加えた。

項目 A04 では、項目 A03 で得られた価値を持続的に利用するための社会的枠組みを明らかにする。計画研究班9は、海の恵みを国際社会が適切に利用するために必要となる条件を国際法の実施側面および国際政治の点から明確化させる。計画研究班10は、海洋科学の検討結果を国際法や国内政策へと一方的に反映させるのではなく、科学技術社会論などの関連領域を参照して、海洋科学と双方向の関係を有する海洋ガバナンスのあり方を提示する。項目 A04 から項目 A01、A02 に対しては社会的な枠組みの構築に必要な重点観測課題を提示する。こうした問題解決型のフィードバックにより、各項目の成果が、海洋の利用を巡る諸問題についての国際的な議論の場において、我が国の対応の在り方を決めるための重要な貢献になることを目指し、海洋国家としてのわが国の立場の強化に資する。項目 A03 と A04 は世界的にも研究が端緒についた段階であり、海洋利用に関してはほとんど研究者がいない分野である。このため、両項目の接続を強めるために、当該分野で研究が始められている漁業資源管理からの合意形成メカニズム解析を担当する公募班（松井班、東田班）を加えた。

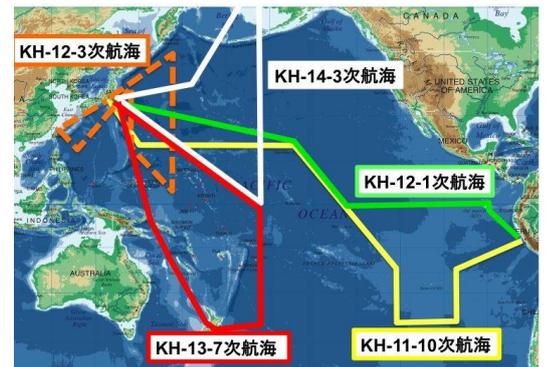
研究班間の連携

項目 A01、A02 を構成する研究班は、3回にわたる領域主催白鳳丸航海（領域立ち上げ前を含めると5回）において共同観測を進めており、その他にも研究班を横断する6航海がすでに行われており、研究計画・遂行・成果公表等での連携が図られている。これらの航海をベースとする研究班横断研究が領域立ち上げ後、多数進められている。共同研究では、領域経費で購入された機器による分析を相互に担当して機器の活用が図られている。また、海洋区系に関する合同勉強会（H25年8月、H26年3月に2回）、2014年度日本海洋学会春季大会シンポジウム「国連海洋条約（UNCLOS）の下での研究航海：近年の状況と課題」、同秋季大会におけるシンポジウム「海洋の持続的利用のための海洋区系（仮称）」（H26年9月に開催予定）における領域内での研究連携および領域外研究者との交流が図られている。これらの集会では領域内の文系/理系の研究者が共通の言葉遣いで議論する風土が定着しつつある。これには、領域ホームページに早い段階で、用語集の欄が設けられ、意識の醸成を図ってきたことが有効であったと考える。

3. 研究の進展状況【設定目的に照らし、研究項目又は計画研究毎に整理する】（3ページ程度）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、現在どこまで研究が進んでいるのか記述してください。また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らして、どのように発展したかについて研究項目又は計画研究毎に記述してください。

本領域は、太平洋について統合的な海洋区系を確立し、各区系における物質循環と生態系動態を解明して、海の基本台帳を作り、海の恵みの価値評価と、その恵みの持続的利用のための法的枠組みを提示することを目指している。項目 A01 と A02 は、本領域が主催する（独）海洋研究開発機構学術調査船「白鳳丸」KH-12-3 次航海（H24 年 7～8 月）、KH-13-7 次航海（H25 年 12 月～H26 年 2 月）、KH-14-3 次航海（H26 年 6～8 月）航海に乗船して共同観測を実施した。白鳳丸以外の航海においてもなるべく共同観測態勢を取って、効率よく研究を進めている。また、領域立ち上げ前に実施した白鳳丸 KH-11-10（H23 年 12 月～H24 年 1 月）および KH-11-11 次両航海（H24 年 2～3 月）も本領域メンバーが参加し、その試料と観測結果も用いて太平洋全域にわたり研究を進めている。なおここでは進捗状況について一部の成果のみしか書けないため、海洋区系に絞って成果を記載し、各班からの詳細な成果を整理した平成 24 年度、25 年度成果報告を参考資料として付した。



項目 A01 新海洋区系：最初の 3 年間は、各計画研究班が公募班とともに海の基本台帳の基礎データを収集し、海洋区系のたたき台を提案し、残りの 2 年間でそれらを統合的に統合する。

計画研究班 1 では、「モード水形成、中規模渦等の海洋物理過程が特異な生物・化学過程を励起し、その諸過程の結果が新しい海洋区系として区分される」という作業仮説に基づき、既往資料の解析、現場観測、生態系モデリングの 3 つのアプローチにより、太平洋におけるモード水と中規模渦の物理的動態と生物・化学過程への影響を明らかにする。これまでに新しい観測手法の開発と整備が終了し、公募研究班と連携して領域主催航海などにおいて中規模渦の物理過程と生態系の構造に関わる多くの観測結果を得て、その解析を進めている。また、中規模渦を分解する海洋循環モデルと組み合わせた生態系モデルの研究が進展している。さらに、中規模渦活動度を含む栄養塩輸送に関わる 5 つの要因を用いることにより、予定を前倒して物理過程に基づく新しい海洋区系を定義することができた。

計画研究班 2 では生元素地理を基盤とする新たな海洋区系を確立するため、1) 新たな海水諸成分の高感度測定技術を開発して、2) それによる現場観測の実施、3) 観測結果を基にした生元素地理の確立、4) 生元素地理および他課題の成果を踏まえた統合的な海洋区系の提言、を行う。これまでに 1)、2) を中心に取り組み、技術的な検討がほぼ終了して、長期間の調査航海中に、安定した航走中連続観測と多量の試料の連続分析が可能となり、高精度・高解像度のデータ取得を進めている。開発した分析項目は、栄養塩、粒状リン、粒状ケイ素、溶存態有機リン（DOP）、易分解性溶存態有機リン（LDOP）、腐植性溶存有機炭素、二酸化炭素分圧、溶存酸素であり、これらの技術開発により海洋における生元素動態研究において世界的に主導的なグループとなった。これまでに、太平洋におけるリンの広域分布の解析から、西部北太平洋亜熱帯域はリン酸塩濃度および微生物によるリン獲得機構の点から亜熱帯域の中でも独立した海洋区として特徴付けられることを発見した。また、溶存有機物の光分解性について新たな指標を確立し、それが鉛直的な海水流動の解析に有効であることを見いだした。現在、計画研究班 1 および関連公募研究班と連携して海水流動からの海洋区系の研究を進めている。

計画研究班 3 は分子生物学的な手法を用いたプランクトンの生物地理確立を目指しており、微生物群集については 16S rRNA を対象とした網羅的解析手法が最適であることを確認した。植物プランクトンでは次世代半導体シーケンサーの機器や試薬のメーカー提供が遅れたためスタートが遅くなったが、珪藻とハプト藻を対象とした検討から 18S rRNA 遺伝子 V4 領域が、微生物を対象とした分析と同精度でより安価な解析手順が確立でき、遅れを取り戻した。動物プランクトンでは現在主流である mDNA COI 領域を用いたバーコーディングを用いた研究から開始したが、予想より早く研究が進行し、rRNA 28S 領域が、PCR 効率が高く分類の系統関係を

反映する領域であることが明らかになり、次世代シーケンサーを用いた rRNA 28SD2 領域の網羅的手法を新規に開発できた。以上のように、3 生物群（微生物、植物プランクトン、動物プランクトン）において、ほぼ共通の手法を用いて、同じような分析時間で相互に比較可能な生物群集構造に係る一貫性のあるデータが出るようになったことは画期的な進歩と考える。これらを用いて太平洋における生物群集構造解析を進めている。

項目 A02 物質循環

項目 A01 と連携して最初の 3 年間は、生物活性に関わる知見を積み重ね、基本台帳を充実させるとともに海洋区系のたたき台を提案し、残りの 2 年間でそれらを整合的に統合する。

計画研究班 4 は海洋における炭素・窒素循環プロセスにおいて、新生産と再生産の概念の再構築に深く関わる過程をキープロセスと位置づけ、各プロセスの定量的な評価から新生産/再生産の比率とそれをコントロールしている要因解析から新海洋区系の成立要因を与える。この目標に対し、領域主催の白鳳丸 3 航海およびそれ以前に実施された航海で得られた試料の分析および結果の解析を進めている。これまでに一次生産、窒素固定、硝化、動物プランクトンによるアンモニア排泄、動物プランクトンの鉛直日周移動、従属栄養細菌群集生産、溶存有機物の分解等に関するデータが得られつつある。これらの項目について網羅的同時観測した研究例は世界的に見ても少なく、太平洋ではハワイ周辺海域に限られており、広範な海域で行う点は本領域の先端性を示す。

計画研究班 5 は研究領域を通じて新たに構築される海洋区系について、物質循環を駆動する海洋表層の生物生産活動の調節機構を解明することを目的とする。調節要素として栄養塩、微量元素、ビタミン、光の複合作用に重点を置く。領域主催の白鳳丸 3 航海に加えて白鳳丸 2 航海において、栄養塩・溶存微量元素測定用海水試料や大気降下物質試料を採取して、それらの分析と、現場植物プランクトン群集を対象とした船上での添加培養実験を中心に、公募研究班を含めた他班と連携して研究を進めており、当初予定通り順調に進行している。海洋区系については、鉄を指標にした区分けを考える第一段階として、太平洋における溶存鉄濃度データベースを構築し、分布の特徴を把握した。得られた結果について、領域全体の海洋区系勉強会において他の研究班から提示された海洋区系と比較した結果、鉄制限海域についてある程度の整合性が確認されたが、データの不足海域も明らかになったことから、今後の観測計画で可能な限り空白域のデータ収集を進めることとした。

計画研究班 6 は 1) 長期観測データを用いて生元素や低次生態系構造の特徴から海洋区分の案を提案し、2) 提案した海洋区内における生態系および物質循環の時空間変動パターンと気候変動との関係を調べるとともに、3) 生態系と物質循環のリンクについて、観測データや生態系・物質循環モデルを用いて検討する。さらに、4) 提案した海洋区境界位置の経年変動を観測データから明らかにし、生態系・物質循環モデルを用いて将来予測を行う。H24～H25 年度は、上記 1) について、異なるアプローチにより「生元素の季節変動パターンからみた海洋区系」、「クロロフィルの季節変動パターンからみた海洋区系」、「植物プランクトンの多様性と制限栄養塩からみた海洋区系」という 3 つの海洋区系を提案し、それぞれの特徴を比較した。また動物プランクトンの多様性分布と海洋区境界の関係を明らかにした。本調書作成 (H26 年 6 月) 時点で、上記 2) について、それぞれの海洋区系における生元素と低次生態系の変化と太平洋十年規模振動 (PDO) の影響について解析を実施中である。また、上記 4) についても、衛星クロロフィル、動物プランクトン多様性データを用いた低次生態系の分布境界の経年変動について解析を開始しており、計画通りの進捗状況である。

項目 A03 海洋生態系の機能評価

経済価値を持つ水産物と価値を持たない非市場性の海の恵みについてそれらの社会経済的な価値を評価するのがこの項目の目的である。

計画研究班 7 では回遊を行ないながら複数の海洋区の生産性や物質循環と関係を持ち、成長とともに食物網内での捕食・被食関係や食地位（栄養段階）を変化させる外洋高次捕食者群集の時空間変動を解明する。対象とするのはサメ類、マグロ・シマガツオ・サケ属魚類であり、群集として、およびグループ別の両方の解析を

行い「生態系アプローチ」による漁業資源の包括的管理に結びつける。これらの魚類は南北太平洋を横断するような回遊をしないため、北太平洋を研究海域とする。これまでに2011年の流し網調査でサンプリングされた生物データを集中的に分析し、高次捕食者群集に基づく海洋区の区分を行い、海洋区ごとの構成種の種・サイズ組成と主要構成種の食性を明らかにした。グループ別の解析では、アカイカとサケについて研究が進展した。アカイカについては1995年から2012年にかけてイカ釣船の漁獲成績報告書データを用いた時系列解析を行った結果、東から西に向かうロスビー波による海面高度の伝搬が、アカイカの資源水準に影響を及ぼすことを見いだした。また、次にアカイカの安定同位体分析から、成長成熟に伴う餌環境・摂餌生態と回遊パターンの関係が見いだされた。サケ属魚類については、摂餌パターンの種間差や野生魚と孵化場魚の違いを分析し、野生魚は比較的沿岸寄りに分布するため栄養レベルが比較的高いのに対し、孵化場魚は沖合を広く回遊し栄養レベルが低くなることを明らかにした。さらに、海洋生態系モデル3D-NEMUROの出力データから餌密度（動物プランクトン密度）を取り出し、空間別時間別の餌密度依存関数値を求め、経験的直交関数（EOF）解析からサケの成長の場としての海洋環境の時空間変動評価を進めている。

計画研究班 8 では、経済価値を現段階で持たない非市場性の海の恵みをどのように評価するかが重要な課題である。既往研究の徹底的なレビューにより、全ての価値が価格で表現できるわけではないことを踏まえつつ、生態系サービスを人為的な作業に置き換えた場合のコストと人々の支払意志額・可能額の差を、海の恵みとして価格で表現することが最適であるとの立場に至った。そして海の生態系サービスを代替可能なものとして、同等の恵みを提供する代替物を考えて、その提供に必要なコストを海の恵みの提供に必要なコストとして算定する仮想市場法を採用することとした。ただし、何らかの方法で、海の恵みを他の方法で代替できたとしても、代替によって得られる利益にはその代替によって失われる機能が伴うこと、その補償には、公平性・衡平性が保たれなければならない。そのうえで、この3者の関係、すなわち、海の恵みを代替機能で置き換えた場合のコスト、その機能に対する人々の支払意志額・支払い可能額、および、その差としての海の恵みを価格として、数量的に表すことに取り組んでいる。

項目 A04 新たな海洋像と社会制度

計画研究班 9 は漁業や海洋生物資源利用に関する国際条約の起草過程および現在進行中の合意形成過程等に関する分析を行い、科学的な知見が国際社会での意志決定にうまく取り入れられる条件の解明に取り組んでいる。まず、国際社会が、海の恵みを適切に保全し最適利用するためには、既存の国際条約の延長線上で対応可能なかどうか、もし困難である場合は、どのような枠組みを提唱すればよいのか、更には、国際的な合意形成を促進させる科学データは何か、について取り組み、ある機関で国際合意を取り付けようとしても、資金面について途上国対先進国の構図が生じがちであること、また、似通った内容を交渉している別の国際的な協議プロセスにおける対立構造が持ち込まれて合意形成が進まなくなる状況を見出した。さらに、「海の恵みという目に見えないプロセスを、漁業活動という目に見える対象と同様に管理できるのか」という課題に取り組んでおり、順調に研究が進んでいる。

計画研究班 10 は海洋に関する社会的意思決定の現場あるいはガバナンスメカニズムと、自然科学の活動をいかに接続するかを検討することから、科学的根拠に基づく国際連携や国内政策を実現するための必要条件とその実現に向けた課題を明らかにすることを目指している。このために、科学技術社会論等の研究成果をもとに、大衆の科学理解、欠如モデル、トランスサイエンス、モード2等の概念整理をおこない、さらに海運起因のCO₂規制をケーススタディとして科学技術と国際法の関係についての検討を進めている。ここでは、政治による科学への介入が問題である点を明らかにした。特に、専門家集団の選定などに政治介入が存在した例が存在すること、科学的な内容を検討することを政治的な介入によって先送りされる例も存在することが問題となった。研究は模擬交渉を用いた政策シミュレーション等により、海洋ガバナンスにおける適切な科学的情報の利用形態を実証的に検証する段階に進みつつあり、順調な進展を示している。

4. 若手研究者の育成に係る取組状況（1ページ程度）

領域内の若手研究者の育成に係る取組状況について記述してください。

海外渡航援助、学際的な活動への参加奨励、雇用、研究航海への参加促進により取り組んでいる。渡航援助は大学院学生から30代前半までの助教、講師を対象に、先端的な研究者・機関の訪問および国際集会参加が目的となる。近年、大学院修士課程から博士（後期）課程への進学者が減少する傾向が顕著であるが、その原因の一つに、先端的な研究へのあこがれや動機付けが弱まっていることが考えられる。自分のテーマや研究環境に納まりがちな学生に海外体験を与えて、自らの研究テーマの意義や成果を世界的なレベルで認識させることにより、自信と新たな興味を引き出す機会として海外渡航は有効であると考え。既存の制度では、派遣の数ヶ月前以前に申請するなど機動性に欠くため、本領域では、予算の許す範囲で随時、迅速に審査し、対応する点を特徴とする。派遣者の周りの大学院学生への波及効果が各班で確認されている。海外渡航援助は総括班、各研究班が実施する。

海外渡航援助：総括班 総括班では学際的な分野での渡航を優先的に計9名派遣。

平成24年度 ベトナム国立海洋研究所研究員2名を沿岸域の有効利用の情報収集目的でマレーシアに派遣、博士研究員1名をユトレヒト大学に生態系大循環モデルに関する情報収集と研究交流目的で派遣（オランダ）、博士研究員1名を米国海洋陸水学会大会における成果発表と情報収集のために派遣（米国）

平成25年度 博士研究員1名をユトレヒト大学に生態系大循環モデルに関する情報収集と研究交流、およびヨーロッパ地球物理学連合の研究集会での成果発表のために派遣（オランダ）、若手講師1名をIPBES（生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム）会合における情報交換と成果報告のために派遣（トルコ）、博士研究員2名を米国地球物理学連合大会における成果発表と情報収集のために派遣（米国）、大学院学生1名をハワイ大学での実験のために派遣（米国）、大学院学生1名を14th National Conference and Global Forum on Sciences, Policy and the Environmentに派遣（米国）

平成26年度 大学院学生1名を気候変動に対する海洋生態系応答についてのIMBER（IGBPプロジェクト「海洋生物地球化学と生態系の統合研究」）サマープログラムに派遣（中国）

計画研究班・公募研究班 16名を派遣

平成24年度 博士研究員1名をMAREMIP（国際生態系モデル間比較研究）会議に派遣（スイス）、大学院学生3名を国際学会の大会に派遣（米国）、大学院生1名を米国サウスキャロライナ大学に研究派遣

平成25年度 博士研究員1名をNPFC（北太平洋漁業委員会）科学作業部会に派遣（カナダ）、若手研究員2名を国際二酸化炭素会議に派遣（中国）、大学院学生4名を国際学会の大会に派遣（台湾、韓国、米国）、大学院学生1名を海洋生態系動態についてのサマープログラムに派遣（香港）、大学院生1名を米国サウスキャロライナ大学に研究派遣

平成26年度 大学院学生1名を国際学会に派遣（ベトナム）、若手講師1名をFAO/世界銀行共催「GLOBAL OCEAN ACTION SUMMIT」に派遣（オランダ）、IMBER研究集会に、若手研究員2名を派遣（ノルウェー）

学際的な活動への参加奨励 研究航海は外国人研究者も含め多機関からの研究者が参加し、学際的な環境で研究するため、自らのテーマを広く捉えることを促し、特に大学院生の研究に対する志向性を涵養する。領域がこれまで主催した（独）海洋研究開発機構学術研究船・白鳳丸（定員31名）による3航海では1航海あたり平均15名の大学院生、博士研究員6名が乗船しており、分野を超えた交流が若手乗船者間で活発に進んでいる。また、各研究班が実施する勉強会にも積極的な学生の参加を促している。

博士研究員の雇用 これまでに7名の博士研究員を雇用し、うち5名は学振PD、海外研究機関ポスドクなど他資金による雇用に移行し、調書作成時（平成26年6月）現在で2名を雇用している。雇用されている者が順調に異動していることから、若手に対して領域の支援が有効にはたらいっていると考えている。

5. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）（1 ページ程度）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について総括班研究課題の活動状況と併せて記述してください。

平成 23 年 12 月～翌 24 年 1 月の領域立ち上げ前に行った「白鳳丸」航海も加えて、これまでの計 4 回にわたる領域主催航海において、項目 A01 および A02 のすべての計画研究班および公募研究班が共同観測を実施してきた。領域予算で購入した機器ばかりでなく、各班が所有する観測に必要な機器、設備等、さらには採取した試料を共有して、相補的に利用しており、研究費は効果的に使用されている。この観点から、他の船舶による観測においても可能な限り共同観測体制を取っている。

高額設備・装置

1 式 10、000 千円以上の高額設備・装置（以下、ゴシック体で記載）の使用状況を以下に整理する。植物プランクトン生物量および一次生産量力測定のために、それぞれフローサイトメーターと全自動同位体測定装置を総括班のデータセンターに配置している。これらは、項目 A01 および A02 の研究に共通する必須パラメーターであり、項目 A03 も参照が必要なため総括班に設置して、分析まで担当する。フローサイトメーターは平成 24 年度に、全自動同位体測定装置は同 25 年度に購入した。領域が主催する白鳳丸航海に留まらず、領域メンバーが他の航海で採取した試料の分析も担当する。白鳳丸航海の結果は、領域内研究者に共有され、白鳳丸航海以外の試料から得られたデータは観測者に優先権を設定したうえで、領域内で共有している。フローサイトメーターは白鳳丸航海に搭載し、乗船者が現場においてリアルタイムでデータを解析することができたため、観測データの精度向上と実験の効率化が実現した。全自動同位体測定装置は一次生産に加えて、窒素安定同位体をトレーサーとした培養実験から窒素固定、硝化、窒素栄養塩取り込み等の活性の測定と、懸濁態有機物中の炭素窒素天然同位体存在比の測定に供している。平成 25 年度は前年度から続いた世界的なヘリウム供給不足の影響を受けたが、年度内に分析の後れを取りもどくことができたため研究の進捗には影響しなかった。

各計画研究班が購入した備品類はいずれも領域内での共同利用を可としている。フローサイトメーターが項目 A01 の分子生物地理班（津田班）にも設置されたが、総括班の機種は、植物プランクトン用であることに対して、後者はバクテリアとウィルス測定対象とするため、検出感度、測定サイズレンジ、蛍光測光などの仕様が大きく異なる機種である。津田班では超並列ゲノムシーケンサーを購入し、植物プランクトン群集のメタゲノム解析を進めている。植物プランクトンのメタゲノム解析は、太平洋においても先行研究が乏しく、西部太平洋では無いため、本領域の先導的な部分を担う機器である。シーケンサーの導入では、メーカー側の事情により納入が遅れたが、本調書提出時では、その影響は取り戻した。同じく津田班に配置された傾斜曳多層動物プランクトンネットは我が国では初めての導入であったが、順調に作動し、狙った深度からの確実に試料採取が可能のため、国内の動物プランクトン研究がこれまでの分類中心から生態中心へ向かうツールになると期待される。A02 小川班が購入したプランクトン自動撮影装置は装置を現場に吊下して、直接プランクトンを観察するもので、従来のネットによる採集物に依存した研究では抜け落ちていた脆弱な生物、現象を把握することが可能になった。サルパ類に寄生するカイアシ類の発見はこれまでに世界で 2 例目であることなど、今後の研究展開が期待される。

観測試料・共通データ

航海で採取された試料は、目的外使用を見込んで事情が許す限り保存するように図っている。これにより研究の進展に伴い、より高度な分析や他項目に関する研究を可能にする。この意図の基に領域主催航海では広汎な海域からの生物試料、遺伝子試料を収集している。また、得られたデータは、総括班内のデータセンターで品質検査後一括管理して、領域構成員の利用の便を図っている。

6. 総括班評価者による評価（2 ページ程度）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

総括班評価者として3名の学識経験者にお引き受けいただいた。生物地球化学を専門とする和田英太郎氏（京都大学名誉教授、総合地球環境学研究所名誉教授、（独）海洋研究開発機構フェロー）が海洋学全般を中心に、水産海洋学を専門とする谷口旭氏（東北大学名誉教授、東京農業大学名誉教授、三洋テクノマリン生物生態研究所長）が生物海洋学および水産海洋学を中心に、国際法を専門とする坂元茂樹氏（神戸大学名誉教授、同志社大学教授）が人文社会科学分野および海洋ガバナンスを中心に評価いただいた。平成24年9月のキックオフミーティングから領域全体集会に出席いただき、領域刊行物をお渡しして、各計画研究班および領域全体に対する多岐にわたるご意見を頂戴した。以下に、平成25年度成果報告会を基に頂いた文書による意見を転載する。坂元氏からは、『この領域の研究対象に関わる生物多様性条約の上位法が国連海洋法条約である。国連海洋法条約には生態系という言葉はなく、また、条約を作る際には想定外であった課題として現在、遺伝子資源の問題が出てきた。これに関する国際的な議論を進める上で、自然科学的情報が必須である。この点においてこの領域研究の意義は大きい。』との総合的な意見を頂いたうえでの文書である。なお、本調書提出時（平成26年6月）に改めてお三方に文言についてご確認頂いた。文中NEOPSは本領域英名略称である。

和田 英太郎 氏

2日間充実した発表を伺い3月以来の進捗が著しいといったところが第一印象でした。特に以下の2点が目につきました。

1) 海洋区のひな型がA01-1(物理)、A02-3(プランクトン) A03-1(魚類) などから提示され、今後2年ぐらいこれを検討・統合・再構築する段階に進捗したと評価できた。

2) 文系の報告ものびのびとしており、すぐには結び付かなくとも、このプロジェクトに社会貢献のスタンスを持たせることに大いに貢献していると判断された。

さて、人類は現在どれほど海洋を汚したのであろうか。最もわかりやすい例は放射性物質ヨウ素-129やCs137である。後者は現在世界のどこの海域でも中層、深層から1リットル採水すれば、有意に検出できるのである。

現在世界の人口は70億人で15年に10億人増加している。これに加えてインドや中国の生活レベルが上がり2040年代には実質100億人となる。当然食料不足、海洋の持続的利用（ジオエンジニアリング）が不可欠となる可能性が高くそのプレッシャーは100年続くと予想される。

地球温暖化は気候変動枠組条約の流れの中で討議されている。地震・つなみ・台風・竜巻+原発の事故の可能性の高い東アジアでは、地球物理的変動・人口変動枠組条約の中で21世紀の人の在り方を討議、対応してゆかざるを得ないであろう。このような背景の中で、NEOPSは海洋の持続的利用の出発点となる、海洋区とそのダイナミクスを提示することが先ず求められるであろう。また食料不足をキーワードとした事例提案まで行ってほしいと個人的には思っている。これらの点でこのNEOPSの成功を期待したい。

谷口 旭 氏（スペースの都合で一部を抜粋し、全文を参考資料として添付する）

本報告会では、このプロジェクトで得られる科学的成果から政策提案することに関して論議がありました。奇しくも最近、平成25年度ブループラネット賞受賞者である米国のSperling教授（輸送工学）が、彼らの成果をどう政策に反映させてきたか、今後さらに反映させていくつもりかを説いているのを聞きました。基本的には、科学者自身が目指すべきビジョンを持ち、政策決定者に対して、何をどうすればどうなるかを具体的に説明できるようにすべきだ、科学を政策に活かすことは難しいことだが、それは科学者がなすべきことなのだと認識せよ、ということでした。科学者も、地球温暖化のような事態がすでに切迫していることを認識し、すぐにも行動せよ、と訴えていました。NEOPSは、この期待に応えつつあるといえるでしょう。

Geoengineeringのコストと成果の評価が話題になりました。私は、Geoengineeringには農業と似た側面が

あると考えています。農業は、自然生態系を単一農作物の生産系に作り替えて、その脆弱性を人間の力でカバーする営みです。しかし、これを「自然破壊」と非難する人は稀です。人工的な里山を好ましいといい、耕作放棄農地が「自然に復帰する」姿を嘆く人の方が、圧倒的に多いのです。

このことは、人間が生存するには農業が必要だと誰もが考えていること示しています。そして、それは本当のことでしょう。人間だけが農業を営みだしたので、農業は人間の人間たる証明です。このとき、「里山」の理念が、自然を破壊せねば生きてゆけない人間の「業（ごう）」を免罪してくれるのです。いずれ、Geoengineeringにも免罪符を与えよ、という考えも出てくるのではないのでしょうか。

ただし、農業でさえも、野放図にはできないことです。自然が許容する範囲を見極めることができるかできないか、それが将来の人間生存を決定するでしょう。NEOPSでは、そのときの根拠となる思想形成をめざし、Geoengineeringのコストと利得を評価することを期待します。

坂元 茂樹 氏

2001年から2005年にかけて、95カ国から1,360人の専門家が参加し、生態系に関する大規模な総合的評価を行った『国連ミレニアム生態系評価』では、人為的影響によりもっとも深刻な変化が起きている生態系の一つが海洋だと位置づけた。八木信行准教授を代表者とし、中田達也准教授及び都留康子教授を研究分担者とする「新海洋像：その持続的利用を図る国際レジーム」の研究は、国連海洋法条約起草時にはまったく意識されていなかった国家管轄権外での海洋保護区と海洋遺伝子資源に関する直近の議論を、関連国際会議に出席し、報告・討議した経験を基に具体的に現在の国際レジーム設定の動きを分析している。

海の恵み（いわゆる海洋生態系サービス）を保全するための国際的枠組みに関する現状評価として、既存の国際的枠組みが、漁業資源の管理と利用に代表されるように、いわば「海洋の市場価値の管理に焦点を当てたものであり、非市場価値を含めて生態系を管理する条約ではない」との八木准教授の指摘は秀逸であり、その意味で、「海洋の生態系サービスを国際的に管理している前例はない」（平成25年度成果報告書184頁、以下同）との結論は妥当である。

そうした中で、八木准教授による「生態学的・生物学的に重要な海域（EBSA）」やジオエンジニアリングの問題を取り上げた生物多様性条約第11回締約国会議の参加は、議論の方向性を的確に捉えたものと評価できよう。さらに都留教授の成果報告にあるように、2011年5月に開催された第4回国家管轄権外の海洋生物多様性の保全及び持続可能な利用に関する国連総会アドホック非公式作業部会（BBNJ作業部会）では、海洋遺伝子資源、海洋保護区、環境影響評価プロセスの問題に関する法的レジームをパッケージとして一括して扱う提案が途上国、EU、メキシコによってなされ、コンセンサスで採択された。この時点から、途上国が主張する「利益配分（benefit sharing）を含めてパッケージとして議論を開始することを意味する」（190頁）となったという都留教授の分析は、現行のBBNJ作業部会における途上国の主張の狙いを的確に捉えたものといえよう。

その結論として、現在行われている国連総会、国連食糧農業機関（FAO）（VME(vulnerable marine ecosystem)の議論）、生物多様性条約締約国会合という国際的な現場に赴き、そこでの議論が「生態系サービスに関する議論、更にはこれに影響を及ぼす気候変動や海洋酸性化などが、有効に議論されていない状況」という課題を析出しており、今後の研究の課題と発展性を垣間見ることができる結論となっている。

中田准教授は、生態系サービスを管理する適当な国際機関が存在しない現在、これに間接的に関わる国際事象として、メカジキ紛争を取り上げ、生態系サービスの管理に資する論理の抽出を試みており、生態系サービスの法的な手段で管理するための国際的枠組みの前提としての八木准教授によるステークホルダー特定に関する研究（196～197頁）とともに、基礎的作業として重要である。各研究分担者が国内外の雑誌にその成果論文を発表しており、着実な研究成果が見られることを最後に指摘しておきたい。

7. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目毎に計画研究・公募研究の順に整理する]

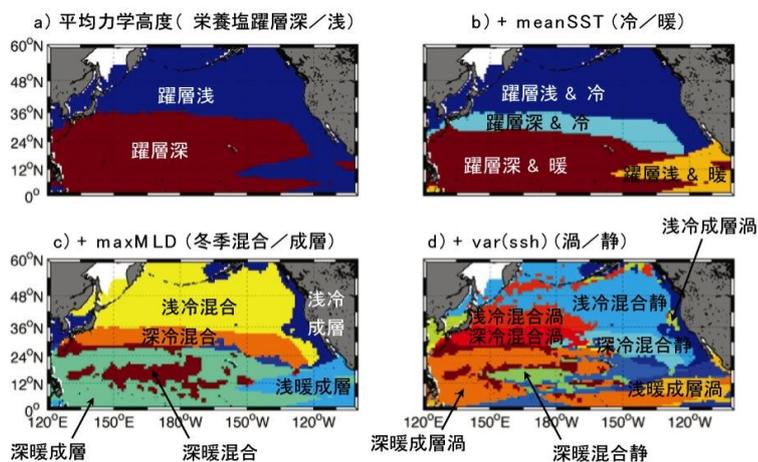
（3 ページ程度）

現在実施している新学術領域研究（公募研究含む）の研究課題を元に発表した研究成果（発明及び特許を含む）について、現在から順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目毎に計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。

本領域の立ち上げ時から本調査作成時まで多くの研究成果が得られ、それらは平成 24、25 年度成果報告書（参考資料として付す）として纏められている。ここでは紙面の制約から計画研究班からの成果を中心に整理する。

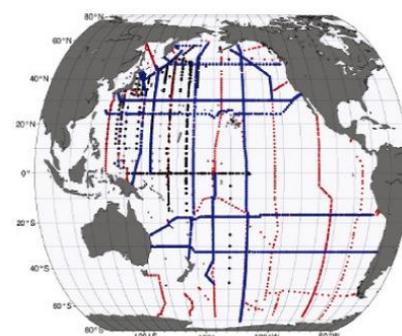
項目 A01 計画研究班 1: 黒潮系高気圧渦の減衰過程、特に冷却が進んだ末期の構造・変動過程を明らかにするため、2009 年に釧路沖に存在した高気圧渦の観測データの解析を行った。船舶、フロート、衛星観測から、黒潮に起源を持つ暖水性の高気圧渦が、オホーツク系冷水を取り込んで再生していたことが明らかとなった (Itoh et al., 2014)。

こうした既往資料解析をさらに進めて、(右図)。海面力学高度から亜熱帯/亜寒帯の区分が (a、左上)、さらに海面水温を加え (b、右上)、順次栄養塩の表層への供給を物理的に規定する混合層深度 (c、左下)、中規模渦 (d、右下) を加えることによって、経験的に生物・化学海洋学グループも同意できる区系図が作成された。これらの区系は原則として生元素や生物相等を考慮せずに定義されており、物理的駆動力が生態系に及ぼす影響を予測するものである。



計画研究班 2 はリン酸塩が枯渇していると考えられていた亜熱帯域表層域における高感度分析により北太平洋では日付変更線付近を境界に西部で低く (8 ± 9 nM)、中部で高いこと (38 ± 12 nM)、東部南太平洋では北太平洋に比べ高濃度であり (228 ± 117 nM)、リン酸塩濃度に大きな東西差があることが明らかになった。さらにアルカリホスファターゼ活性の分布調査から、西部北太平洋亜熱帯域はリン酸塩濃度および微生物によるリン獲得機構の点から亜熱帯域の中でも独立した海洋区として特徴付けられることを見出した (Hashihama et al., 2013)。

また、この班は二酸化炭素の海面収支について、北太平洋海洋科学機関 PICES の炭素・気候部会や UNESCO/IOC・SCOR の International Ocean Carbon Coordination Project の協力を得て太平洋の海洋内 CO_2 ・化学データベース PACIFICA (右図) を完成させ、米国の Carbon Dioxide Information Analysis Center から公開した (Suzuki et al., 2013)。



PACIFICA データ分布
全炭酸濃度

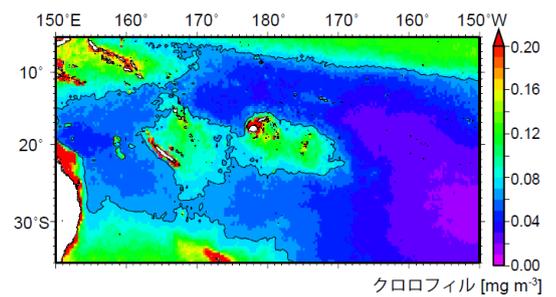
これは本領域からの大きな国際的貢献と言える。これを解析することにより、1990 年～2009 年の太平洋における二酸化炭素海面フラックスを精度良く見積もることが可能になり、北太平洋亜熱帯域・亜寒帯域 ($18^\circ\text{N} - 66^\circ\text{N}$) では $0.47 \pm 0.13 \text{ Pg C y}^{-1}$ の吸収、熱帯域 ($18^\circ\text{S} - 18^\circ\text{N}$) では $0.44 \pm 0.14 \text{ Pg C y}^{-1}$ の放出、南太平洋 ($45^\circ\text{S} - 18^\circ\text{S}$) では $0.37 \pm 0.08 \text{ Pg C y}^{-1}$ の吸収であることが明らかになった。

計画研究班 3 はこれまで知見の乏しかったバクテリア、植物プランクトン、動物プランクトンの分子生物地理についてメタゲノミクス手法開発から取り組み、植物プランクトンでは 18S rRNA 遺伝子 V4 領域について、微生物を対象とした分析と同精度でより安価な解析手順を確立した。動物プランクトンでは現在主流である mDNA COI 領域を用いたバーコーディングを用いた研究から開始したが、予想より早く研究が進行し、rRNA 28S 領域が、PCR 効率が高くて分類の系統関係を反映することが明らかになり、次世代シーケンサーを用いた rRNA 28SD2 領域の網羅的手法を新規に開発した (Hirai et al., 2013; Hirai et al., in press)。

以上、3 生物群（微生物、植物プランクトン、動物プランクトン）について、ほぼ共通の手法を用いて、同じような分析時間で相互に比較可能な生物群集構造に係

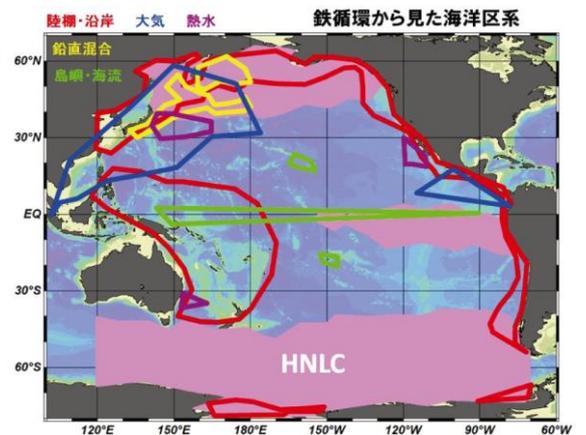
の一貫性のあるデータが出るようになったことは画期的な進歩と考える。現在、これらを用いて太平洋における生物群集構造解析を進めている。

項目 A02 計画研究班 4 は生物生産の乏しい亜熱帯貧栄養海域において、窒素固定により島周辺で特に生物生産が高くなる「島効果」が起こり、広汎な海域にその影響が及ぶことを発見した (Shiozaki et al., 2014)。右図は海面クロロフィル *a* 分布であり、島の周辺が暖色を示しクロロフィル *a* が高く、さらにその周辺に緑色で示された広汎な海域で生物生産力が高いことが認められる。従来の定説では「島効果」とは、湧昇など下層からの栄養塩供給によるものだが、新たに、窒素固定による島効果が存在すること、それが窒素固定に対する律速要因である鉄やリンの供給が、島からの河川流入を通じて行われている結果であることが判った。湧昇による島効果は海洋の物理現象に由来するもので人間活動の影響を受けないが、新たに発見された島効果は、島内での人間活動を反映することから、島の土地利用の変化が周辺の広大な海域の生物生産に影響する可能性を示唆している。また、亜熱帯海域では移流により生産性の高い水塊が水平的に移動し、隣接海域の生態系動態に影響を及ぼすことが明らかになった

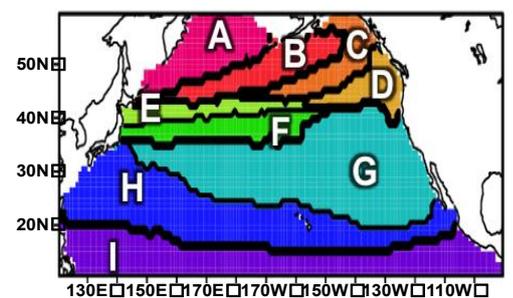


(Shiozaki et al., 2013)。区系、特に区系間の境界の時空間的安定性をどのように捉えるかが次の課題である。また、これまでのところ海洋区系の解析にあたっては、島の影響が考慮されていないが、以上の結果は海洋区系においてホットスポット (島周辺) の存在が重要であることを示す。また、海洋保護区の設置問題を考える上で、島周りの生態系は保全上重要な関心事になると予想され、項目 A03 および A04 と連携して島周りの海の恵みについての研究を進める必要があることが判った。

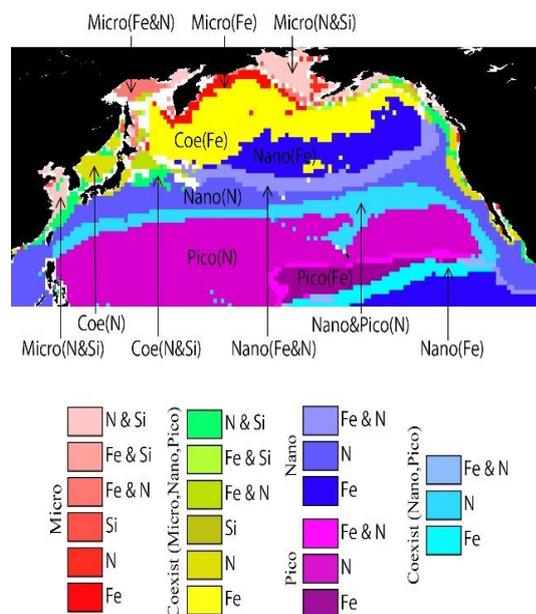
計画研究班 5 は基礎生産力の重要な調節要因である鉄の供給・循環過程についてダストからの供給について成果を得た (Okubo et al., 2013)。さらに既往知見から海洋区系を得た (右図)。既存知見やモデル計算結果と、観測された溶存鉄分布パターンを照らし合わせから、陸域・沿岸 (赤枠)、大気 (青)、熱水 (紫) からの供給と、冬季鉛直混合 (黄) や島嶼・海流 (緑) の影響を強く受けている海域が右図のように区分されると考えられ、北太平洋の西部海域は多様な形で鉄供給を受けていることが分かった。高緯度域では鉄欠乏の HNLC 海域 (桃) にも鉄供給源が存在していることになるが、これらの海域では光合成に十分な光が利用可能な夏季の成層期と鉄供給が必ずしも同調していない可能性が考えられる。今後、領域主催航海等で得た、海水試料について本課題が開発した自動測定システムを用いて測定を進め、この区系判別の精度をより高める。



計画研究班 6 は 3 種類の異なるアプローチから海洋区系を求めた。まず、太平洋全域について全炭酸、 $p\text{CO}_2$ マッピングを行った (Yasunaka et al., 2013, 2014)。これと生元素分布データベースを解析して、それらの季節変動パターンからは北太平洋に 9 つの海洋区を同定した (右図)。亜寒帯における栄養塩や全炭酸の濃度や季節振幅の東西勾配が (西で濃度が高く、振幅が大きい) 明らかになった。また、春～夏の各栄養塩の消費量の差をみると、硝酸塩/リン酸塩比の南北勾配 (北で大)、ケイ酸塩/硝酸塩比の亜寒帯における東西勾配 (西で大) が顕著であり、海域の植物プランクトン種組成の違いを反映していると示唆された。亜熱帯亜寒帯境界域 (右図 E と F) では、年間 CO_2 フラックスが顕著に大きかった。第 2 にクロロフィルの季節変動



パターンからみた海洋区系である。2003～2012年の海色衛星センサーから得られたクロロフィル`a`濃度の季節変化のパターンに基づくクラスター解析から、北太平洋は13の海域に区分された。上の生元素海洋区系との比較から、生元素海洋区分は、衛星クロロフィルからは見えない植物プランクトン種組成の東西差を反映していることが示唆された。第3番目として植物プランクトンの多様性と制限栄養塩からみた海洋区系を得た(右図)。ここでは、衛星データから植物プランクトンのサイズクラス別(大きな方から、Micro、Nano、Pico)の分布を解析し(Hirata et al., 2013)、各クラスの成長の制限要因となる栄養塩をモデルで計算し、既存のデータから得た栄養塩分布(硝酸塩・ケイ酸塩)及びモデルで得た鉄分布と合わせることで、植物プランクトンの生理特性に基づく海洋区を定義した(Hashioka et al., 2013)。これら3種類の海洋区系の類似性と相違性、さらには他班から提出された区系との比較検討から、海区を決定する要因の解明を進めている。



項目 A03 計画研究班 7 は、サメ類、マグロ・シマガツオ・サケ属魚類を対象として、群集全体として、およびグループ別の両方の解析を行い、高次捕食者群集に基づく海洋区系の区分を行い、海洋区系ごとの構成種の種・サイズ組成と主要構成種の食性を明らかにした(Okuda et al., 2014)。グループ別の解析では、サケについて研究が進展した(Koshino et al., 2013, Kaeriyama et al., 2014)。高次捕食者からの区系は、上記の各種海洋区系とは異なり、またグループ毎に相互に異なることが明らかとなった。これは高次捕食者の行動生態がグループや種によって異なることを反映したものである。**計画研究班 8** は、海の恵みに対する日本人の意識をオンライン調査し、統計的に分析した。その結果、日本人は海の恵みを、生活に必要な恵み、間接的な恵み、文化的な恵みに大別して認識していることが判明し、文化的な恵みの保全への意識が最も高いことが判明した(Wakita et al., 2014)。ミレニアム生態系評価などの既存文献では、生態系サービスは4つ(供給、調整、基盤、文化)に分類されていたが、今回の結果では3つであり、新たな知見といえ、日本人の海の恵みの捉え方の特性を示している可能性がある。生活に必要な恵みは水産物を含むため人間が最も重要視している機能であると一般的に見られているが、日本人は文化的な恵みの方をより重要視していたとの点も新しく分かった。

項目 A04 計画研究班 9 では、国際法の実施側面と国際政治の観点から、漁業や海洋生物資源利用に関する現在進行中の合意形成過程に関する問題点を明らかにした。具体的には、国連における「国家管轄権外の海洋生物多様性の保全及び持続可能な利用に関するアドホック非公式作業部会(BBNJ)」と、生物多様性条約における海洋関連の議論を分析した結果、似通った内容を交渉している別の国際的な協議プロセスにおける対立構造が持ち込まれて合意形成が進まなくなる状況が存在している点を新規に見出すことができた。これは事例研究の成果として、国内誌での出版(都留康子(2014))と、単行本の出版(八木信行(2013))をそれぞれ行った。この成果は、今後、ゲーム理論などを応用して最適な合意形成手法を研究する際の重要な参照用資料となるものである。**計画研究班 10** では、科学技術と国際法の関係について分析を行い、国際海運からのCO₂の排出削減に向け2011年7月に採択されたMARPOL条約附属書VIの改正プロセスなどにおいて、海洋科学と海洋ガバナンスの接続領域における現実の課題などを明らかにした事例研究の結果を得た。この成果は、今後、政策シミュレーションや模擬交渉などを行う際の重要な参照用資料となるものである。

8. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5ページ程度）

現在実施している新学術領域研究（公募研究含む）の研究課題を元に発表した研究成果（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。論文の場合、現在から順に発表年次をさかのぼり、計画研究・公募研究毎に順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に*印を付してください。また、一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。

論文（一部を抜粋。投稿中論文を含めた全論文リストを参考資料に付す）

X00 総括班

1. *古谷 研. 2014. 全球的な環境変動のもとでの水産学. 日本水産学会誌, 80, 84-86.
2. *古谷 研. 2012. 海の恵みの持続的な利用にむけて. 日本水産学会誌, 78, 1059-1063.

項目 A01 新海洋区系

A01-1 海洋物理構造からの新海洋区系と流動

3. *Itoh, S., I. Yasuda, H. Ueno, T. Suga and S. Kakehi. 2014. Regeneration of a warm anticyclonic ring by cold water masses within the western subarctic gyre of the North Pacific. *Journal of Oceanography*, doi: 10.1007/s10872-014-0225-9.
4. *Itoh, S., Y. Tanaka, S. Osafune, I. Yasuda, M. Yagi, H. Kaneko, S. Konda, J. Nishioka and Y. N. Volkov. 2014. Direct breaking of large-amplitude internal waves in the Urup Strait. *Progr. Oceanogr.*, doi: 10.1016/j.pocean.2014.04.014.
5. *Kumamoto, Y., M. Aoyama, Y. Hamajima, T. Aono, S. Kouketsu, A. Murata and T. Kawano. 2014. Southward spreading of the Fukushima-derived radiocesium across the Kuroshio Extension in the North Pacific. *Scientific Reports*, 4(4276), doi: 10.1038/srep04276.
6. *Ito, S., T. Okunishi, M. J. Kishi and M. Wang. 2013. Modelling ecological responses of Pacific saury (*Cololabis saira*) to future climate change and its uncertainty, *ICES Journal of Marine Science*, 70, 980-990.
7. *Kouketsu, S., A. Murata and T. Doi. 2013. Decadal changes in dissolved inorganic carbon in the Pacific Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 27, 65-76, doi: 10.1029/2012GB004413.
8. *Kaneko, H., I. Yasuda, K. Komatsu and S. Itoh. 2012. Observations of the structure of turbulent mixing across the Kuroshio. *Geophysical Research Letters*, 39, doi:10.1029/2012GL052419.
9. *Okunishi T., S. Ito, T. Hashioka, T.T. Sakamoto, N. Yoshie, H. Sumata, Y. Yara, N. Okada and Y. Yamanaka. 2012. Impacts of climate change on growth and migration of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the western North Pacific. *Climatic Change*, 3-4, 485-503.
10. *Shigemitsu, M., T. Okunishi, J. Nishioka, H. Sumata, T. Hashioka, M.N. Aita, S. L. Smith, N. Yoshie, N. Okada and Y. Yamanaka. 2012. Development of a one-dimensional ecosystem model including the iron cycle applied to the Oyashio region, western subarctic Pacific. *Journal of Geophysical Research*, C6, 117, doi:10.1029/2011JC007689.

A01-2 海洋生元素地理の高精度観測からの新海洋区系

11. *Hashihama, F., J. Kanda, Y. Maeda, H. Ogawa and K. Furuya. Selective depressions of surface silicic acid within cyclonic mesoscale eddies in the oligotrophic western North Pacific. *Deep-Sea Research Part I*, in press.
12. *Tanaka, K., K. Kuma, K. Hamasaki and Y. Yamashita. Accumulation of humic-like fluorescent dissolved organic matter in the Japan Sea. *Scientific Report*, in press.
13. *Takatani, Y., K. Enyo, Y. Iida, A. Kojima, T. Nakano, D. Sasano, N. Kosugi, T. Midorikawa, T. Suzuki and M. Ishii. 2014. Relationships between total alkalinity in surface water and sea surface dynamic height in the Pacific Ocean, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119, doi:10.1002/2013JC009739.
14. *Girault, M., H. Arakawa and F. Hashihama. 2013. Phosphorus stress of microphytoplankton community in the western subtropical North Pacific. *Journal of Plankton Research*, 35, 146-157.
15. *Girault, M., H. Arakawa, A. Barani, H. J. Ceccaldi, F. Hashihama, S. Kinouchi and G. Gregori. 2013. Distribution of ultraphytoplankton in the western part of the North Pacific subtropical gyre during a strong La Niña condition: relationship with the hydrological conditions. *Biogeosciences*, 10, 5947-5965.
16. *橋濱史典. 2013. 高感度栄養塩類分析法を用いた亜熱帯海域表層の生物地球化学的研究. 海の研究, 22, 169-185.
17. *Hashihama, F., S. Kinouchi, S. Suwa, M. Suzumura and J. Kanda. 2013. Sensitive determination of enzymatically labile dissolved organic phosphorus and its vertical profile in the oligotrophic western North Pacific and East China Sea. *Journal of Oceanography*, 69, 357-367.
18. *Ishii, M., (筆頭、他 23 名) R. A. Feely, K. B. Rodgers, 2013. Air-sea CO₂ flux in the Pacific Ocean for the period 1990–2009. *Biogeosciences*, 11, 709-734, doi: 10.5194/bg-11-709-2014.
19. *Kameyama, S., H. Tanimoto, S. Inomata, H. Yoshikawa-Inoue, U. Tsunogai, A. Tsuda, M. Uematsu, M. Ishii, D. Sasano, K. Suzuki and Y. Nosaka. 2013. Strong relationship between dimethyl sulfide and net community production in the western subarctic Pacific. *Geophysical Research Letters*, 40, 3986-3990, doi: 10.1002/grl.50654.
20. *Yamashita, Y., Y. Nosaka, K. Suzuki, H. Ogawa, K. Takahashi and H. Saito. 2013. Photobleaching as a factor controlling spectral characteristics of chromophoric dissolved organic matter in open ocean. *Biogeosciences*, 10, 7207-7217, doi: 10.5194/bg-10-7207-2013.

A01-3 分子生物地理からの新海洋区系

21. *Itoh, H., J. Nishioka and A. Tsuda. Community structure of mesozooplankton and population structure of *Limacina helicina* and *Clione limacina limacina* in the western part of the Okhotsk Sea in summer. *Progress in Oceanography*, in press.

22. *Suzuki, K., A. Hattori-Saito, Y. Sekiguchi, J. Nishioka, M. Shigemitsu, T. Isada, H. Liu and R. M. L. McKay. 2014. Spatial variability in iron nutritional status of large diatoms in the Sea of Okhotsk with special reference to the Amur River discharge. *Biogeosciences*, in press.
23. *Kameyama, S., S. Yoshida, H. Tanimoto, S. Inomata, K. Suzuki and H. Yoshikawa-Inoue. 2014. High-resolution observation of dissolved isoprene in surface seawater in the Southern Ocean during austral summer 2010-2011. *Journal of Oceanography*, doi: 10.1007/s10872-014-0.
24. *Nosaka, Y., T. Isada, I. Kudo, H. Saito, H. Hattori, A. Tsuda and K. Suzuki. 2014. Light utilization efficiency of phytoplankton in the Western Subarctic Gyre of the North Pacific during summer. *Journal of Oceanography*, 70, 91-103, doi: 10.1007/s10872-013-0217-1.
25. *Sato-Takabe, Y., K. Hamasaki and K. Suzuki. 2014. Photosynthetic competence of the marine aerobic an oxygenic phototrophic bacterium *Roseobacter* sp. under organic substrate limitation. *Microbes and Environment*, 29, 100-103, doi: 10.1264/jsme2.ME13130.
26. *Tsuda, A., H. Saito and H. Kasai. 2014. Vertical distributions of large suspension-feeding copepods in the Oyashio region during their growing season. *Journal of Oceanography*, 70, 123-132.
27. *Hirai, J., S. Shimode and A. Tsuda. 2013. Species identification of calanoid copepods in the subtropical regions off the coast of Japan by using a new molecular marker ITS2-28S D1/D2. *Journal of Plankton Research*, doi: 10.1093/plankt/fbt016.
28. *Fujiwara, A., T. Hirawake, K. Suzuki, I. Imai and S.-I. Saitoh. 2014. Timing of sea ice retreat can alter phytoplankton community structure in the western Arctic Ocean. *Biogeosciences*, 11, 1705-1716, doi: 10.5194/bg-11-1705-2014.
29. *Endo, H., T. Yoshimura, T. Kataoka and K. Suzuki. 2013. Effects of CO₂ and iron availability on phytoplankton and eubacterial community compositions in the northwest subarctic Pacific. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 439, 160-175, doi: 10.1016/j.jembe.2012.11.003.
30. *Isada, T., T. Iida, H. Liu, S.-I. Saitoh, J. Nishioka, T. Nakatsuka and K. Suzuki. 2013. Influence of Amur River discharge on phytoplankton photophysiology in the Sea of Okhotsk during late summer. *Journal of Geophysical Research – Oceans*, doi: 10.1002/jgrc.20159.
31. *Jing H., L. Kong, K. Suzuki and H. Liu. 2013. Vertical profiles of bacteria in the subarctic and subtropical oceanic waters revealed by pyrosequencing. *PLoS One*, 8, e79423, doi: 10.1371/journal.pone.0079423.
32. *Kameyama, S., H. Tanimoto, S. Inomata, H. Yoshikawa-Inoue, U. Tsunogai, A. Tsuda, M. Uematsu, M. Ishii, D. Sasano, K. Suzuki and Y. Nosaka. 2013. Strong relationship between dimethyl sulfide and net community production in the western subarctic Pacific. *Geophysical Research Letters*, 40, 3986-3990, doi: 10.1002/grl.50654.
33. *Moore, C.M., M.M. Mills, K.R. Arrigo, I. Berman-Frank, L. Bopp, P.W. Boyd, E.D. Galbraith, R.J. Geider, C. Guieu, S.L. Jaccard, T.D. Jickells, J. La Roche, T.M. Lenton, N.M. Mahowald, E. Marañoń, I. Marinov, J.K. Moore, T. Nakatsuka, A. Oschlies, M.A. Saito, T.F. Thingstad, A. Tsuda and O. Ulloa. 2013. Processes and patterns of oceanic nutrient limitation. *Nature Geoscience*, doi: 10.1038/NCEO1765.
34. *Nakajima, R., K. Tsuchiya, N. Nakatomi, T. Yoshida, Y. Tada, F. Konno, T. Toda, V. S. Kuwahara, K. Hamasaki, B. Haji, R. Othman, T. C. Segaran and A. W. M. Effendy. 2013. Enrichment of microbial abundance in the sea-surface microlayer over a coral reef: implications for biogeochemical cycles in reef ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 490, 11-22.
35. *Omori, Y., H. Tanimoto, S. Inomata, S. Kameyama, S. Takao and K. Suzuki. 2013. Evaluation of using unfiltered seawater for underway measurement of dimethyl sulfide in the ocean by online mass spectrometry. *Limnology and Oceanography: Methods*, 11, 549-560, doi: 10.4319/lom.2013.11.549.
36. *Peloquin, J., C. Swan, N. Gruber, K. Suzuki (45人中39番目), C. Trees, M. Vernet, N. Wasmund and S. Wright (他38名). 2013. The MAREDAT global database of high performance liquid chromatography marine pigment measurements. *Earth System Science Data*, 5, 109-123, doi: 10.5194/essd-5-109-2013.
37. *Sugie, K., H. Endo, K. Suzuki, J. Nishioka, H. Kiyosawa and T. Yoshimura. 2013. Synergistic effects of pCO₂ and iron availability on nutrient consumption ratio of the Bering Sea phytoplankton community. *Biogeosciences*, 10, 6309-6321, doi: 10.5194/bg-10-6309-2013.
38. *Tada, Y., R. Makabe, N. Kasamatsu-Takazawa, A. Taniguchi and K. Hamasaki. 2013. Growth and distribution patterns of *Roseobacter/Rhodobacter*, SAR11, and *Bacteroidetes* lineages in the Southern Ocean. *Polar Biology*, 36, 691-704.
39. *Takahashi, K., T. Ichikawa, H. Saito, S. Kakehi, Y. Sugimoto, K. Hidaka and K. Hamasaki. 2013. Sapphirinid copepods as predators of doliolids: Their role in doliolid mortality and sinking flux. *Limnology and Oceanography*, 58, 1972-1984.
40. *Yoshimura, T., K. Suzuki, H. Kiyosawa, T. Ono, K. Kuma and J. Nishioka. 2013. Impacts of elevated CO₂ on particulate and dissolved organic matter production: Microcosm experiments using iron deficient plankton communities in open subarctic waters. *Journal of Oceanography*, 69, 601-618, doi: 10.1007/s10872-013-0196-2.
41. *Shimode, S., K. Takahashi, Y. Shimizu, T. Nonomura and A. Tsuda. 2012. Distribution and life history of two planktonic copepods, *Rhincalanus nasutus* and *Rhincalanus rostrifrons*, in the northwestern Pacific Ocean. *Deep-Sea Research I*, 65, 133-145.
42. *Tada, Y., A. Taniguchi, Y. Sato-Takabe and K. Hamasaki. 2012. Growth and succession patterns of major phylogenetic groups of marine bacteria during a mesocosm diatom bloom. *Journal of Oceanography*, 68, 509-519.
43. *Takao, S., T. Hirawake, S. W. Wright and K. Suzuki. 2012. Variations of net primary productivity and phytoplankton community composition in the Southern Ocean as estimated from ocean-color remote sensing data. *Biogeosciences*, 9, 3875-3890, doi:10.5194/bg-9-3875-2012.
44. Hirai, J., M. Kuriyama, T. Ichikawa, K. Hidaka and A. Tsuda, A metagenetic approach for revealing community structure of marine planktonic copepods. *Molecular Ecology Resources*, (in press)

公募研究班：海水融解過程を考慮した極域海洋像の構築

45. *Nishioka, J., T. Nakatsuka, K. Ono, Y. N. Volkov, A. Scherbinin and T. Shiraiwa. 2014. Quantitative evaluation of Fe transport processes in the Sea of Okhotsk. *Progress in Oceanography*, in press.
46. *Kanna, N., T. Toyota and J. Nishioka. 2014. Fe and macro-nutrient concentrations in sea ice and their impact on the nutritional status of surface waters in the southern Okhotsk Sea. *Progress in Oceanography*, in press.
47. *Nishioka, J., T. Nakatsuka, Y. W. Watanabe, I. Yasuda, K. Kuma, H. Ogawa, N. Ebuchi, A. Scherbinin, Y. N. Volkov, T. Shiraiwa and M. Wakatsuchi. 2013. Intensive mixing along an island chain controls oceanic biogeochemical cycles. *Global Biogeochemical Cycles*, 27, doi: 10.1002/gbc.20088.

公募研究班：太平洋の表層塩分変動の解明に基づく新たな海洋区系の構築

48. *Katsura, S., E. Oka, B. Qiu and N. Schneider. 2013. Formation and subduction of North Pacific tropical water and their interannual variability. *Journal of Physical Oceanography*, 43, 2400–2415.

公募研究班：外洋の乱流観測に基づく物質鉛直輸送に関する研究

49. *Nishikawa, H., I. Yasuda, K. Komatsu, H. Sasaki, Y. Sasai, T. Setou and M. Shimizu. 2013. Winter mixed layer depth and spring bloom along the Kuroshio front: implications for feeding environment and recruitment of Japanese sardine, *Marine Ecology Progress Series*, 487, 217-229. doi:10/3354/meps10201.
50. *Nishikawa, H., I. Yasuda, S. Itoh, K. Komatsu, H. Sasaki, Y. Sasai and Y. Oozeki. 2013. Transport and survival of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) eggs and larvae via particle tracking experiments. *Fisheries Oceanography*, 22, 509-522, doi: 10.1111/fog.12041.
51. *Tanaka, T., I. Yasuda, Y. Tanaka and G. S. Carter. 2013. Numerical study on tidal mixing along the shelf break in the Green Belt in the southeastern Bering Sea, *J. Geophys. Res.: Oceans*, 118, 1-19, doi:10.1002/2013JC009113.

項目 A02 物質循環

A02-1 炭素・窒素循環におけるキープロセスの解明

52. *Shiozaki, T., Chen, Y.-L.L., Lin, Y.-H., Taniuchi, Y., Furuya, K., Chen, H.-Y. 2014. Seasonal variations of unicellular diazotroph groups A and B, and Trichodesmium in the northern South China Sea and neighboring upstream Kuroshio Current. *Continental Shelf Research*, in press.
53. *Shiozaki, T., T. Kodama, S. Kitajima, M. Sato and K. Furuya. 2013. Advective transport of diazotrophs and importance of their nitrogen fixation on new and primary production in the western Pacific warm pool. *Limnology and Oceanography*, 58 (1), 49-60.
54. *Masuda, T., K. Furuya, T. Kodama, S. Takeda and P.J. Harrison. 2013. Ammonium uptake and dinitrogen fixation by the unicellular nanocyanobacterium *Crocospaera watsonii* in nitrogen-limited continuous cultures. *Limnology and Oceanography*, 58, 2029-2036.
55. *Takahashi, K., T. Ichikawa, H. Saito, S. Kakehi, Y. Sugimoto, K. Hidaka and K. Hamasaki. 2013. Sapphirinid copepods as predators of doliolids: Their role in doliolid mortality and sinking flux. *Limnology and Oceanography*, 58, 1972-1984.
56. *神田穰太, 石井雅男, 小川浩史, 小笠恒夫, 小畑元, 川合美千代, 鈴木昌弘, 本多牧生, 山下洋平, 渡邊豊, 2013. 海洋学の10年展望(II) -日本海洋学会将来構想委員会化学サブグループの議論から- 海の研究, 22, 219-251.
57. *Luo, Y.-W., S.C. Doney, L.A. Anderson, K. Furuya (39人中18番目; 他35名), 2012. Database of diazotrophs in global ocean: abundance, biomass and nitrogen fixation rates. *Earth System Science Data*, 4, 47-73, doi: 10.5194/essd-4-47-2012.
58. *Shimode, S., K. Takahashi, Y. Shimizu, T. Nonomura and A. Tsuda. 2012. Distribution and life history of two planktonic copepods, *Rhincalanus nasutus* and *Rhincalanus rostrifrons*, in the northwestern Pacific Ocean. *Deep-Sea Research I*, 65, 133-145.
59. *Uchimiya M., H. Fukuda, S. Nishino, T. Kikuchi, H. Ogawa and T. Nagata. 2012. Vertical distribution of prokaryote production and abundance in the mesopelagic and bathypelagic layers of the Canada Basin, western Arctic: Implications for the mode and extent of organic carbon delivery. *Deep Sea Research Part I*, doi: 10.1016/j.dsr.2012.10.001.
60. *Yamada N., H. Fukuda, H. Ogawa, H. Saito and M. Suzumura. 2012. Heterotrophic bacterial production and extracellular enzymatic activity in sinking particulate matter in the western North Pacific Ocean. *Frontier in Aquatic Microbiology*, 3: 379. doi: 10.3389/fmicb.2012.00379.

A02-2 生物生産調節メカニズムの解明

61. *Kondo, Y., S. Takeda, J. Nishioka, M. Sato, H. Saito, K. Suzuki and K. Furuya. 2013. Growth stimulation and inhibition of natural phytoplankton communities by model organic ligands in the western subarctic Pacific. *Journal of Oceanography*, 69, 97-115.
62. *Kondo, Y., S. Takeda and K. Furuya. 2012. Distinct trends in dissolved Fe speciation between shallow and deep waters in the Pacific Ocean. *Marine Chemistry*, 134-135, 18-28.
63. *Okubo, A., S. Takeda and H. Obata. 2013. Atmospheric deposition of trace metals to the western North Pacific Ocean observed at coastal station in Japan. *Atmospheric Research*, 129-130, 20-32.
64. *Sato, M., R. Sakuraba and F. Hashihama. 2013. Phosphate monoesterase and diesterase activities in the Pacific Ocean. *Biogeosciences*, 10, 7677-7688.
65. *Williamson, P., D. W. R. Wallace, C. S. Law, P. W. Boyd, Y. Collos, P. Croot, K. Denman, U. Riebesell, S. Takeda and C. Vivian. 2012. Ocean fertilization for geoengineering: A review of effectiveness, environmental impacts and emerging governance. *Process Safety and Environmental Protection*, 90, 475-488.

A02-3 生元素循環および生態系の長期変動解明

66. *Chiba, S. and T. Ono. Long term change in biogeochemical properties and lower trophic level ecosystem in the subarctic western North Pacific. *Coastal Oceanography Research* (in Japanese), in press.
67. *Yasunaka, S., Y. Nojiri, S. Nakaoka, T. Ono, H. Mukai and N. Usui. 2014. North Pacific dissolved inorganic carbon variations related to the Pacific decadal oscillation. *Geophysical Research Letters*, 41, 1005-1011, doi: 10.1002/2013GL058987.

68. *Chiba, S., E. Di Lorenzo, A. Davis, J. E. Keister, B. Taguchi, Y. Sasai and H. Sugisaki. 2013. Large-scale climate control of zooplankton transport and biogeography in the Kuroshio-Oyashio Extension region. *Geophysical Research Letters*, 40, 5182-5187 doi:10.1002/grl.50999.
69. *Di Lorenzo, E., V. Combes, J. E. Keister, T. P. Strub, A. C. Thomas, P. J. S. Franks, M. D. Ohman, J. Furtado, A. Bracco, S. J. Bograd, W. T. Peterson, F. B. Schwing, S. Chiba, B. Taguchi, S. Hormazabal and C. Parada. 2013. Synthesis of Pacific Ocean Climate & Ecosystems Dynamics, *Oceanography*, 26, 68-81.
70. *Hashioka, T., M. Vogt, Y. Yamanaka, C. LE Quéré, E. T. Buitenhuis, M. N. Aita, S. Alvain, L. Bopp, T. Hirata, I. Lima, S. Salliey and S. C. Doney. 2013. Phytoplankton competition during the spring bloom in four plankton functional type models, *Biogeosciences*, 10, 6833-6850, doi: 10.5194/bg-10-6833-2013.
71. *Hirata, T., S. Saux-Picart, T. Hashioka, M. N. Aita, H. Sumata, M. Shigemitsu, J. I. Allen and Y. Yamanaka. 2013. A comparison between phytoplankton community structures derived from a global 3D ecosystem model and satellite observation, *Journal of Marine System*, 109-110, 129-137.
72. *Tanaka, S. S., Y.W. Watanabe, T. Ono and T. Aramaki. 2013. Spatial high-resolution estimation of net oxygen production during spring bloom in the North Pacific using dissolved oxygen, nitrogen and argon. *Marine Chemistry*, 149, 85-95.
73. *Yasunaka, S., Y. Nojiri, S. Nakaoka, T. Ono, H. Mukai and N. Usui. 2013. Monthly maps of sea surface dissolved inorganic carbon in the North Pacific: Basin-wide distribution and seasonal variation. *Journal of Geophysical Research*, 118, 3843-3850, doi: 10.1002/jgrc.20279
74. *Yatsu, A., S. Chiba, Y. Yamanaka, S. Ito, Y. Shimizu, M. Kaeriyama and Y. Watanabe. 2013. Climate forcing and the Kuroshio/Oyashio ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*, 70, 922-933.
75. *Yoshiki, T., S. Chiba, H. Sugisaki, K. Sasaoka, T. Ono and S. Batten. 2013. Interannual variations and regional differences in the developmental timing of mesozooplankton in the western North Pacific Ocean based on Continuous Plankton Recorder data from 2001 to 2009. *Journal of Plankton Research*, doi: 10.1093/icesjms/fst084.
76. *Edwards, M., P. Helaouet, D.G. Johns, S. Batten, G. Beaugrand, S. Chiba, M. Flavell, E. Head, G. Hosie, A.J. Richardson, K. Takahashi, H.M. Verheye, P. Ward and M. Wootton. 2012. Global Marine Ecological Status Report: results from the global CPR survey 2010/2011. *SAFHOS Technical Report*, 9, 1-40. Plymouth, UK.
77. *Uehara, H., A.A. Kruts, Y.N. Volkov, T. Nakamura, T. Ono and H. Mitsudera. 2012. A new climatology of the Okhotsk Sea derived from the FERHRI database. *Journal of Oceanography*, 68, doi: 10.1007/s10872-012-0147-3.
78. *Chiba, S., S. Batten, K. Sasaoka, Y. Sasai and H. Sugisaki. 2012. Influence of the Pacific Decadal Oscillation on phytoplankton phenology and community structure in the western North Pacific based on satellite observation and the Continuous Plankton Recorder survey for 2001-2009. *Geophysical Res. Letters*, 39, L15603, doi:10.1029/2012GL052912.

公募研究班：最新の安定動態分析技術を応用した海洋物質循環速度定量法の革新

79. *Yamazaki, A., T. Watanabe, N. Takahata, Y. Sano and U. Tsunogai. 2013. Nitrogen isotopes in intra-crystal coralline aragonites. *Chemical Geology*, 351, 276-280.
80. *Nakagawa, F., A. Suzuki, S. Daita, T. Ohyama, D. D. Komatsu and U. Tsunogai. 2013. Tracing atmospheric nitrate in groundwater using triple oxygen isotopes: Evaluation based on bottled drinking water. *Biogeosciences*, 10, 3547-3558.
81. *Kitagawa, T., T. Ishimura, R. Uozato, K. Shirai, Y. Amano, A. Shinoda, T. Otake, U. Tsunogai and S. Kimura. 2013. Otolith $\delta^{18}\text{O}$ of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) as an indicator of ambient water temperature. *Marine Ecology Progress Series*, 481, 199-209.
82. Von Glasow, R., T. Jickells, A. Baklanov, G. R. Carmichael, U. Tsunogai (24名中15番目; 他17名), M. Uematsu and T. Zhu. 2013. Megacities and large urban agglomerations in the coastal zone: Interactions between atmosphere, land and marine ecosystems. *AMBIO*, 42, 13-28.

項目 A03 海洋生態系の機能評価

A03-1 広域回遊性魚類の資源変動メカニズムと海洋区系

83. *Okuda, T., S. Yonezaki and M. Kiyota. Spatio-temporal variation in the higher trophic level community structure of the western North Pacific pelagic ecosystem. *Deep Sea Research II*, in press.
84. *Yonezaki, S. and M. Kiyota. 2014. Shift in trophic role of northern fur seals in the northwestern North Pacific Ocean. *Bullten of Fisheries Research Agency*, 38, 115-117.
85. *Kaeriyama, M., H. Seo, Y. Qin. 2014. Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon. *Fisheries Science*, 80, 251-260.
86. *Koshino, Y., H. Kudo and M. Kaeriyama. 2013. Stable isotope evidence indicates the incorporation of marine-derived nutrients transported by spawning Pacific salmon to Japanese catchments. *Freshwater Biology*, 58, 1864-1877.
87. *秦玉雪・永井愛梨・工藤秀明・帰山雅秀. 2013. 遊楽部川のサケ *Oncorhynchus keta* における野生魚と孵化場 魚の安定同位体比について. 日本水産学会誌, 79, 872-874.
88. *米崎史郎・清田雅史・岡村 寛. 2013. 東北沖生態系がどのように変化してきたのか-漁業と捕食者データから探る-. 水産海洋研究, 77, 336-337.
89. *米崎史郎・岡村 寛・清田雅史. 2013. 宮城県漁獲統計から見える漁業と生態系の変遷. 東北底魚研究, 33, 51-62.
90. *Kaeriyama, M., H. Seo, H., Kudo and M. Nagata. 2012. Perspectives on wild and hatchery salmon interactions at sea, potential climate effects on Japanese chum salmon, and the need for sustainable salmon fishery management reform in Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 94, 165-177, doi: 10.1007/s10641-011-9930-z.
91. *Nagata, M., Y. Miyakoshi, H. Urabe, M. Fujiwara, Y. Sasaki, K. Kasugai, M. Torao, D. Ando and M. Kaeriyama. 2012. An overview of salmon enhancement and the need to manage and monitor natural spawning in Hokkaido, Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 94, 311-323, doi: 10.1007/s10641-011-9882-3.
92. *Rand, P.S., B.A. Berejikian, A. Bidlack, D. Bottom, J. Gardner, M. Kaeriyama, R. Lincoln, M. Nagata, T.N. Pearsons, M. Schmidt, W.W. Smoker, L.A. Weitkamp and L.A. Zhivotovsky. 2012. Ecological interactions between wild and hatchery

salmonids and key recommendations for research and management actions in selected regions of the North Pacific. *Environmental Biology of Fishes*, 94, 343-351, doi: 10.1007/s10641-012-9988-2.

93. *Seo, H, S. Kang, K. Masuda and M. Kaeriyama. 2012. Long-term variation in relative abundance and body size of Pacific salmon *Oncorhynchus* species. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44(6), 717-731.

A03-2 海洋の市場性・非市場性価値の評価

94. *Wakita, K., Z. Shen, T. Oishi, N. Yagi, H. Kurokura and K. Furuya. 2014. Human utility of marine ecosystem services and behavioral intentions for marine conservation in Japan. *Marine Policy*, 46, 53-60.

公募研究班：鯨類からみた海洋区系と機能

95. *Kanaji Y., M. Okazaki, T. Kishiro and T. Miyashita. Estimation of habitat suitability for the southern form of the short-finned pilot whale (*Globicephala macrorhynchus*) in the North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, in press.
96. *Kanaji Y., M. Okazaki and T. Miyashita. 2014. Habitat utilization by small cetaceans in summer in the North Pacific. *Bulletin of Fisheries Research Agency*, 38, 231-259.
97. *土光智子・金治 佑・村瀬弘人・佐々木裕子・望月翔太. 2013. ハビタット解析って何？ハビタットモデルを用いた分布域推定の最新手法. 哺乳類科学, 53, 111-113.

項目 A04 新たな海洋像と社会制度

A04-1 新海洋像：その持続的利用を図る国際レジーム

98. *Blasiak, R., K. Furuya, H. Kurokura, N. Yagi and A. Minohara. 2014. Paradigms of sustainable ocean management. *Marine Policy*, in press.
99. *都留康子. 2014. 国家管轄権外の海洋生物多様性の保全をめぐる制度間の相互作用-グローバル化時代の法と政治-グローバル化と社会科学.
100. *都留康子. 2014. 海は資源の宝庫. ビジネス法務, 2014年3月号.
101. 青木望美. 2014. 海洋保護区における予防原則の適用—長崎県対馬市の試みを事例に. 地域文化研究, 15.
102. *八木信行. 2013. エコロジーをデザインする—エコ・フィロソフィーの挑戦. 春秋社, pp. 114-133.
103. *都留康子. 2012. アメリカと国連海洋法条約. 国際問題, 617.

A04-2 海洋科学との接続性を考慮した海洋ガバナンスの構築

104. *長谷知治. 2014. 政策の企画立案と科学技術の関係—船舶に関する環境対策を事例に—. *PRI Review*, 52, 54-61.
105. *長谷知治・加藤 賢・白井大輔. 2014. 運輸分野における CO₂ 排出量削減施策とその総合的評価手法に関する調査研究 (国土交通政策研究第 113 号). 国土交通省国土交通政策研究所.
106. *許淑娟. 2013. (研究ノート) PSSA (Particularly Sensitive Sea Area: 特別敏感海域). 立教法学, 87, 184-167.

著書 (一部を抜粋. 全著書リストを参考資料に付す)

X00 総括班

1. 古谷 研. 2012. 恵みを生み出す海洋生態系. 白山義久・桜井泰憲・古谷研・中原裕幸・松田裕之・加々美康彦 (編) 「海洋保全生態学」30-41, 講談社, 東京.

A01 新海洋区系

A01-2 海洋生元素地理の高精度観測からの新海洋区系

2. Jaffe, R., K. Cawley and Y. Yamashita. Applications of excitation emission matrix fluorescence with parallel factor analysis (EEM-PARAFAC) in assessing environmental dynamics of natural dissolved organic matter (DOM) in aquatic environments: A review. In *Advances in the Physicochemical Characterization of Organic Matter*. ACS books, in press.

A02 物質循環

A02-1 炭素・窒素循環におけるキープロセスの解明

3. Ogawa, H., K. Kogure, J. Kanda, F. Hashihama and M. Suzumura. 2014. Detailed variations in bioactive elements in the surface ocean and their interaction with microbiological processes. In *Western Pacific Air-Sea Interaction Study* (M. Uematsu, Y. Yokouchi, Y. W. Watanabe, S. Takeda and Y. Yamanaka eds.) pp. 177-197, Terrapub, Tokyo.
4. 渡邊研太郎・古谷 研. 2012. 海氷域の生物を支える基礎生産. 永延幹夫・村瀬弘人・藤瀬良弘編「南極海」123-130, 東海大学出版会, 東京.

A03 海洋生態系の機能評価

A03-1 広域回遊性魚類の資源変動メカニズムと海洋区系

5. Kaeriyama, M. and Y. Qin. 2014. Biological interactions between wild and hatchery-produced Pacific salmon. In: *Salmon* (eds: Woo, P. T. K., Noakes, D. J.) pp. 223-238. Nova Science Publishers, Inc.
6. 埴山雅秀. 2012. サケ属魚類による陸域生態系への物質輸送. 海洋保全生態学 (白山義久・桜井泰憲・古谷研・中原裕幸・松田裕之・加々美康彦編). pp. 26-28. 講談社.
7. 埴山雅秀. 2012. サケ・マス類. 最新水産ハンドブック (木村伸吾・桜本和美ほか編). pp. 177-179.

A04 新たな海洋像と社会制度

A04-2 海洋科学との接続性を考慮した海洋ガバナンスの構築

8. 長谷知治・加藤 賢・白井大輔. 2014. 運輸分野における CO₂ 排出量削減施策とその総合的評価手法に関する調査研究 (国土交通政策研究第 113 号). 国土交通省国土交通政策研究所.
9. 西本健太郎. 2013. 「スヴァールバル諸島周辺海域の国際法上の地位」奥脇直也・城山英明編『北極海のガバナンス』pp. 143-168, 東信堂.

ホームページ <http://ocean.fs.a.u-tokyo.ac.jp/>

主催国際シンポジウム

1. Future Management of Ocean Ecosystem Service 2013年10月1日, 東京.
プログラムを参考資料に付す
2. The 6th China-Japan-Korea IMBER Symposium 2013年10月3-4日, 東京.
米国地球物理学連合 EOS 誌に掲載された紹介記事を参考資料に付す
3. Toward the Better Collaboration between Scientists and Policy Makers 2014年6月4日, 東京.
プログラムを参考資料に付す

共催国際シンポジウム

1. The Place of Science in International Governance 2013年3月5日, 東京.

計画研究メンバーによるサイエンスカフェ

話題提供者: 橋濱史典 (東京海洋大学)

話題: 海の砂漠の不思議に迫る! ~栄養の少ない熱帯・亜熱帯海域の生物活動が地球環境の鍵を握る?~

日時・場所: 平成26年3月30日・ヴァージンカフェ品川 (日本海洋学会の催しにて行った。)

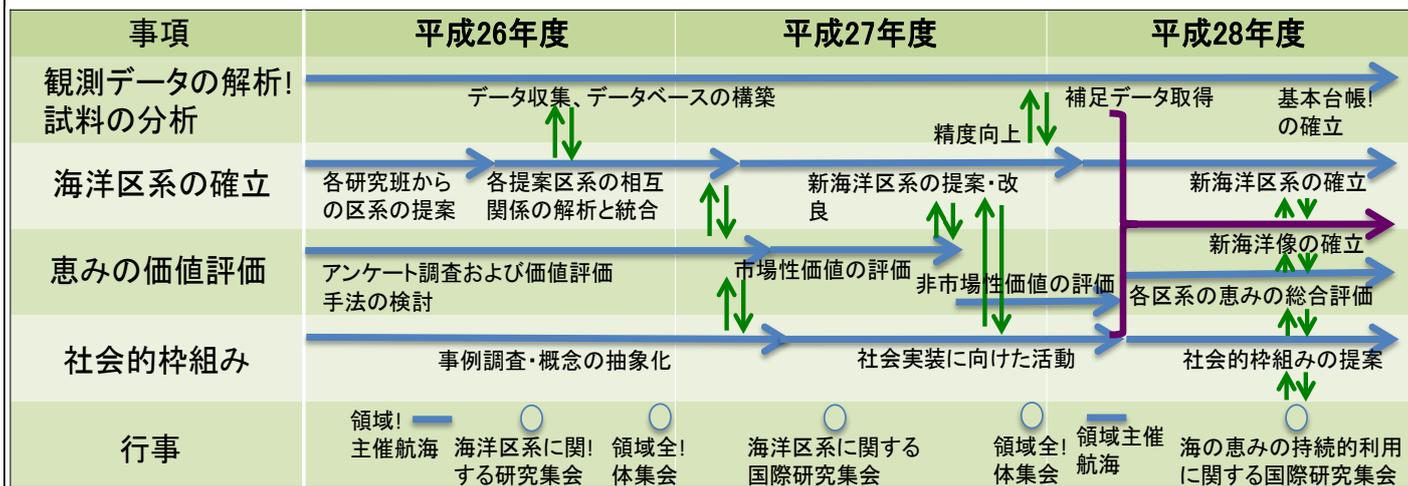
9. 今後の研究領域の推進方策（2ページ程度）

今後どのように領域研究を推進していく予定であるか、研究領域の推進方策について記述してください。また、領域研究を推進する上での問題点がある場合は、その問題点と今後の対応策についても記述してください。また、目標達成に向け、不足していると考えているスキルを有する研究者の公募班での重点的な補充や国内外の研究者との連携による組織の強化についても記述してください。

「7. 主な成果」に整理したようにこれまでに物理、化学、生物およびそれらの複合から海洋区系が提案されている。これは、当初予定よりも約半年早く研究が進捗していることになる。この状況を活かして、さらに研究の進捗を図り、新たな海洋像を描き出すことが領域運営の最優先事項である。これまでに提案された海洋区系は次のように整理される。すなわち、物理過程に栄養塩を加えた段階では、項目 A01 および A02 各班からの区系に大きな違いは認められない。それは基礎生産あるいは植物プランクトンレベルまでは、海水の流動などの物理過程とそれによって変動する栄養塩供給などの化学的要因に依存するボトムアップな過程が物質循環を大きく規定しているためと考えられる。一方で、基礎生産の調節要因として重要な鉄の供給プロセスは、上記の区系とはかなり異なっている。特にダストによる供給は風や雨などの気象要因を反映して非定常性が強く、これらの気象要因は海水流動とは必ずしも連動せず、またその影響の空間的な広がりについて大きく変動すると予想される。また、島効果の研究で明らかになったように、局所的な鉄の供給は基礎生産力のホットスポットを形成する。こうした物質循環に及ぼす鉄の影響については、海洋学的知見が乏しく、今後の本領域の重要項目の一つである。

一方、計画研究班 7 および関連公募研究班から示された高次捕食者の分布から見た海洋区系は生物種、あるいはグループごとにかなり異なっていて多様である。これは、高次捕食者が強い遊泳力を持ち、広範囲な海域を回遊することを反映しており、高次捕食者による各区系の生物生産力利用を評価するにあたっては生物特性を考慮する必要がある。以上を要約すると、植物プランクトン・基礎生産に関する海洋区系については、統一的な区系の確立をめざして、これまでに提案された区系から相互に整合性を持たせるような方向性をとることが適当であり、海洋の物理・化学過程を基盤として気象現象を時空間な変動要因として位置づける。一方、高次捕食者については、高次捕食者自体と餌として利用する動物プランクトンの両者の種特性を重視した研究となる。分子生物地理学的アプローチによる動物プランクトンから見た海洋区系は、物理・化学的な海洋区系と高次捕食者を結びつけるものと位置づけられる。

本領域におけるこれまでの海洋区系研究の進展をふまえ、今後の領域の推進方策として下に示す工程表を基に記述する。観測データの解析と試料の分析は研究期間を通じて継続して行う。ここには、数値モデル解析やリモートセンシングデータの取得なども含まれ、海洋区系の検討の過程で不足が明らかになった解析や、リモートセンシングデータや数値モデル解析による検証のために、研究期間を通して実施する。また、平成 28 年前半前半には太平洋東西横断航海の申請を予定しているため、航海で得た観測データの解析と試料の分析を行う。平成 28 年度の航海は、領域における海洋学研究で欠けていた東部北太平洋の観測データを収集することと、海



洋区系を確立する過程で既往知見および現有データでは解決できない問題点に対応するための補足データの取得である。平成 28 年度以降の白鳳丸航海については、平成 26 年度秋に平成 28～30 年度の航海提案が公募され翌 27 年 3 月に採否が決定する予定であるため、現時点では航海時期および期間については不確実である。

海洋区系については、これまで各計画研究班から提出されていた物理・化学を基にした区系を相互に検討して、統合に向けた解析を経て平成 27 年度前半に整合的な新区系を提案し、これを項目 A03 および A04 に提示する。新区系について、上述したリモートセンシングデータおよび数値モデル解析によりさらに検討して改良する。また、分子生物地理学的アプローチによる区系も平成 27 年度前半までに試料解析が終了したデータから海洋区系の策定に入り、物理・化学的な区系との比較検討を行う。平成 27 年度後半から平成 28 年度前半には、太平洋における脆弱な生態系を抽出し、平行して鉄や栄養塩散布による大気成分の調節の試み（ジオエンジニアリング）に対する海洋生態系の応答を評価する。この点は、初年度から領域内に鉄散布が海洋生態系及ぼす影響を中核にコストとベネフィットを検討するワーキンググループを構成して勉強会を開催してきた。全ての項目を横断するこのワーキンググループを中心に、本領域で得られた知見を基に自然科学的・社会的な検討を進める。このためには数値モデリングによる予測実験が必須であり、また、現場データ・試料の追加的な解析が必要になることが見込まれる。

恵みの価値評価については、平成 27 年度に、市場性価値のある水産物供給について価値評価に取り組む。非市場性価値は、代替法（取引がなく貨幣としては支払っていないが、実際に取引が行われている同等のサービスとの等価性から、それだけの価値があるはずであると考えて推計する方法）によって推計せざるを得ない。市場において価格が決まっていないという意味では、水産物や医薬品原料以外のほとんどの恵みがこれに相当する。それらの機能をどのように認識し、何を持って代替可能とすべきかを、自然科学・社会科学の両分野の研究者を含めて、手法的吟味を進める。一方、それぞれの恵みに対する、人々の支払意志額は、こうした費用計算とは別のメカニズムで決まると考えられる。支払意志額については、日本におけるアンケート調査をほぼ終了している。これらのデータを分析したうえで、手法の検討・修正を加え、海外でも支払意志額の調査を実施する。日本における調査からは、人々の支払意志額は、代替法によるコスト計算の値にはるかに及ばないことが明らかになっている。つまり、人々はこの差分を一種の社会的共通資本として無償で与えられるべき恵みとして意識しているのであり、今後、海の恵みという生態系機能を技術的に改変したり、管理制度を整えていく場合に、その恵みの配分の公平性・衡平性が問題になると思われる、議論を間違いなく進めるためには、この差分をどのように表現するかが問題になる。利害調整を含む合意形成のあり方の検討は項目 A04 が担うが、そのための基礎情報を提供するの項目 A03 である。この間の受け渡しは、領域全体の成果を決定づける。これまでも領域内で議論を進めてきたが、平成 27 年度からは本格的に項目 A03 と A04 の間で融合的な検討を行っていく。また、これらの議論に、若年時の海に関する教育など人文社会学分野の研究者も加える。

上記の研究を遂行するために必要な研究要素を強化するために平成 27-28 年度に公募研究を募集する。海洋の物理・生物過程については、これまでの領域主催航海等である程度研究を進めることができたので平成 25-26 年度よりも比重を減らす。一方で、リモートセンシング及び物理-生態系モデルの研究提案に重点を置く。また、上述したダストイベントの非定常性について、これを海洋区系の確立に組み込むために気象分野からの公募を歓迎する。また、海洋およびその生態系を社会的共通資本として位置づけるための概念構築に参画する公募研究を期待する。具体的には、海洋保護区および合意形成、ジオエンジニアリング等を想定する。

最終年度である平成 28 年度には本領域の研究を総括する国際研究集会を開催する。年度の途中で海外からの研究者からの批判的インプットは最終的な成果のとりまとめに資すると考える。平成 25 年度 10 月に行った国際研究集会参加者からも、総括に向けた強い期待が表明されており、以上の推進方策により、領域の研究が当初予定していた以上に進展すると考える。