

若手研究者海外派遣報告

塩崎拓平（東京大学大気海洋研究所）

NEOPSの若手研究者海外派遣プログラムの援助により、2015年1月中旬から3月中旬の約2ヵ月間、デンマークのコペンハーゲン大学に行ってきました。滞在させていただいたLasse Riemann博士の研究室では次世代シーケンサー Miseq を用いた窒素固定生物群集組成の解析法を学ぶことを目的としました。分子生物学的手法を用いた群集組成解析として古くから知られているのはクローンライブラリー法です。群集組成解析のためには大量の塩基配列を決定する必要がありますが、クローンライブラリー法では膨大な時間とコストがかかるため、群集組成の空間分布を把握するには大きな困難を伴うものでした。次世代シーケンサー Miseq は一度に数千万配列を読むことができ、この問題を一気に解決します。Riemann 博士の研究室は窒素固定生物群集組成の解析において世界で初めて次世代シーケンサーを用いた解析を行い、この分野で先駆的な研究を行っています。

到着してから最初の一ヶ月は実験、実験の毎日でした。滞在していたのは冬。そしてデンマークは緯度で言うと、北海道よりもずっと北で、サハリンの北部くらいに位置します。そのため、太陽が出ている時間が短いだけでなく、太陽の光もととても弱いものでした。朝、真っ暗の中を家を出て、帰るときも当然真っ暗です。昼間も明るくなくても日本の明け方ぐらいの明るさにしかありません。しかも、ほとんどずっと雨。太陽が顔を出すのは一週間に一度あるかないかです。そのためずっと暗かった印象があります。デンマークの人たちは口を揃えて、冬は来るところではないと言っていました。

しかしその分、北欧の文化をよく体感できたように思います。北欧デザインが洗練されているのは長い冬に人々が屋内で快適に過ごせることを目的としていたためと言われます。私は家具付きの家を借りていたのですが、家具や内装はとてもオシャレで無駄がなく、またセントラルヒーティングで常に暖かだったので、落ち着いた気分でも過ごすことができました。街にある家は同じものは一つもなく、どれも個性的でかつ周りとは調和していました。興味深かったのは、ほとんどの家が大きな窓を持っていて、夜になってもカーテンを閉めないのです。それどころか、皆、窓際に照明やローソクを灯していて、うちの家の中を見てくれと言わんばかりです。デンマークの街は街灯があまりなく薄暗いのですが、家々から漏れ出る光が外を照らし、街全体がとても幻想的な雰囲気になっていました。大学においてもデンマークの人たちのこだわりが発揮されていました。お昼になると食堂で皆で持参したお弁当や自分たちがそこで調理した料理を食べるのですが、その食堂の椅子や机はハンス・J・ウェグナーデザインのものが設えられてあり、食器はロイヤルコペンハーゲンの皿が使われていました。そしてそこを照らす照明はルイス・ポールセンのものです。全てがなにげなく使われていて、最初は大学の食堂なのに随分おしゃれだなという印象くらいだったのですが、ドイツ人の友人にそれぞれ価格を聞いたら驚愕しました。

滞在後半は実験が一段落いたので、データの解析法を学びました。また途中、ASLOの学会参加のためにスペインのグラナダを訪れました。学会には Riemann 博士も参加され、博士の紹介によって多くの著名な研究者と知り合うことができ、非常に有意義なものとなりました。

この度の滞在は実験手法を習得できただけでなく、そこでの暮らしとデンマークの人たちとの交流を通じてその文化を学ぶことができました。このような貴重な機会を与えていただいた NEOPS の若手研究者派遣のプログラムに大変感謝しています。得られたデータは現在解析を行っているところですが、私が現在取り組んでいる研究テーマ「太平洋の窒素固定生物の分布とそれら窒素固定の物質循環への寄与」についての理解を深める上で非常に重要なものとなると確信しています。今後は出来る限り早く成果を出し、恩返しできるようにしたいと思います。



コペンハーゲン大学の食堂 ここでみんなでお昼を食べます。



大学近くにあるクロンボー城前で研究室の皆と記念撮影

Contents

領域代表あいさつ	1
研究紹介：海洋の物理構造と生態系	2
研究紹介：海洋生元素地理の高精度観測からの新海洋区系	3
若手研究者海外派遣報告	4

領域代表あいさつ

今や海の恵みの利用に関して、我々はこれまでとは違う時代に生きている。空気のように当たり前として意識してきた生態系の機能が人類生存の鍵として認識されるようになり、その機能の先行きに大きな懸念が示されている。地球規模での環境変動が進みつつある状況で我が国の海洋 / 水産研究者の認識はどのようであろうか。事例を探るべく平成 25, 26 年度の日本海洋学会および日本水産学会での研究発表を見てみたところ、日本水産学会では水産資源に関する発表はあるものの水産物以外の海の恵みに関する発表は本領域関係者による 4 件を除いてなかった。日本海洋学会でも本領域主催のシンポジウムと領域メンバーの発表以外には関連発表はなかった。欧米とは対照的に、海の恵みは我が国ではほとんど研究対象となっていないようである。研究者コミュニティにおいて関心を持たれていないのだろうか。上記の 4 件の発表時に受けた印象はそうではなかった。学会員は強い関心を示し、これからの研究対象と見ているのである。会場に居た研究者と話した限りでは学際的な研究の難しさを感じた。すなわち「専門領域を狭く絞った方が、研究が進みやすい」という言葉の象徴されるように、新たな研究課題を立ち上げるために、異分野の研究者と組まないと研究を始めるまでに至らないと考えているのである。確かに、本領域を立ち上げる際に私たちもどのように学際的な課題に取り組むべきかをまず考えた。

我々自身もつねづね感じていることであるが、分野にはそれぞれ共有している常識や前提があり、分野外からはその理解が不足しているためコミュニケーションが取りにくいことがある。異分野同士の研究者が、こうした障害を乗り越えて研究を進めるためには、関心・問題意識の共有をいかに持つかにかかっている。そしてそれは私たち自身が分野を超えて相互理解を進め、いかに新しい興味を生み出すかにかかっている。さらに、こうした状況から、新たに問題意識を持つ若手がどれだけ出てきてくれるか、彼ら彼女らをどのように支援して興味を発展させるかが、新しい領域が成立するかのポイントである。その中から総合的に海の生物がもたらす恵みを持続的に利用する道筋を見いだしていきたい。



平成 25 年度日本水産学会春季大会における全発表題目 867 件の分野別分布（古谷 研、日本水産学会誌、80：84-85、2014）。



海洋の物理構造と生態系

伊藤幸彦・金子仁・平池友梨（東京大学大気海洋研究所）
瀬瀬慎也（海洋開発研究機構）
奥西武（水産総合研究センター中央水産研究所）

陸上の気温や降水量が植生分布を特徴づけるように、海洋の循環や混合は生物の分布や密度に大きく影響しています。海洋では光の強さや窒素・リン等の栄養塩濃度が植物プランクトン生育の主な制限要因で、表層の混合や水平・鉛直的な栄養塩の輸送等の過程がこれらの要因に密接に関係しています。例えば、太平洋の平均的な植物プランクトン量は栄養塩豊富な下層の海水が湧昇する亜寒帯域や東部赤道域で高く、表層で流れが収束して下降流を生じる亜熱帯域で少なくなっています（図1）。

近年、観測やシミュレーション技術の発展によって、海洋には図1に見られるような大規模循環より小さく変動の大きい中規模渦（大気の高気圧・低気圧やに相当）が数多く存在し、これらが物質や生物の輸送に重要な役割を果たしていることがわかってきました。

研究計画班「海洋物理構造からの新海洋区系と流動」では、中規模渦など中小規模の物理現象に伴う物理・化学・生物過程の連環を明らかにし、現象の分布特性（例えば、中規模の出現頻度は海域によって大きく異なる；図2）に基づく生態学的区系の提案を目指しています。

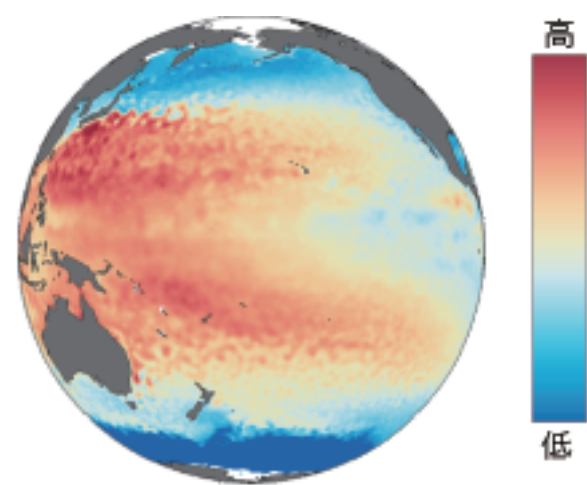


図2. 2010年4月4日の海面高度。4つの人工衛星に搭載された海面高度計データから合成。帯状に分布する細かい凹凸が中規模渦を表す。

組みから得られる知見を統合し、中小規模の物理現象が形作る海洋区系の実像に迫っていきます。

短い時間で変動する複合現象を捉えるために採用した1つの方法が多項目のセンサーを備えたプロファイリングフロート（海水の特性を自動的に観測する装置；写真1）による観測です。本フロートは圧力・水温・塩分・溶存酸素・クロロフィルa濃度を備えており、上層の物理構造の変動が植物プランクトンの生育に及ぼす影響を連続的に捉えることができます。2013年4月に釧路沖の高気圧（時計回り）渦内に2台のフロートを投入し、毎日500mまでのデータが取得されています。

このプロファイリングフロート観測に加え、各海域で観測や生態系モデリング、人工衛星データの解析を進めています。これらの取り

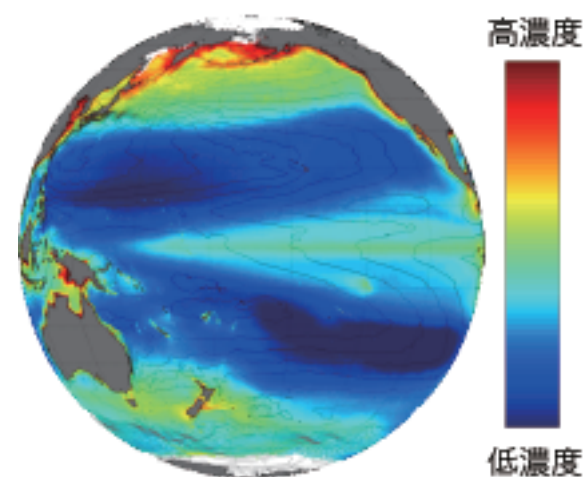


図1. 海面クロロフィルa濃度（カラー；植物プランクトン量を指標）と海面力学高度（実線；表層の海流路を指標）の長期平均値。



写真1. 投入前のフロートを持つ金子特任研究員。

海洋生元素地理の高精度観測からの新海洋区系

齊藤宏明（東京大学大気海洋研究所）

生物活動に不可欠な炭素、窒素、リン等生元素の分布は、水産物の生産や光合成による酸素の供給など人類が生態系から得る恵みである“生態系サービス”の量と機能を決定する重要な要素である。海洋の生元素分布は、陸上生態系における土壌帯に相当するともいえる。しかし、従来の分析技術では海洋の広大な海域が検出限界以下の濃度となることや、分布特性の異なる水塊の混合や季節・経年変化によりその区分が困難であるため、海洋生元素地理は陸域に比べ漠然と把握されているに過ぎない。近年、分析技術の発達により、生元素分布を従来法より1-2桁高精度でかつ連続的に測定することが可能になり、またその組成に関しても詳細な区別が可能となりつつある。本研究は、最新の測定手法を用いた生元素分布の高精度高解像度把握により、生元素地理を基盤とした海洋区系の確立を目的としている。

現在まで、調査航海およびデータベース解析により南北太平洋の窒素、リン、炭素の濃度を存在形態別に計測し、その地理的分布の把握を進めている。この中で亜熱帯域のリンの分布様式について新たな知見が得られたのでここに報告する。リンは海洋では主にリン酸塩として存在するが、そのほか溶存有機態リンおよび生物体としても存在している。中西部北太平洋および東部南太平洋の亜熱帯域において行われた航海において、従来の数十倍の精度でリン酸塩を測定できる、1mの長光路長キャピラリーセルを組み込んだ連続フロー分析システムを用いた分析を行った。その結果、リン酸塩が、東部南太平洋亜熱帯域では100 nM以上残存しているのに対し、北太平洋亜熱帯域では中部で平均33 nMと低く、西部では平均6 nMと枯渇していることが明らかになった（図1）。リン酸塩枯渇域では、溶存有機態リン（DOP）のうちアルカリフォスファターゼ（AP）によって加水分解される易分解性DOP（Labile DOP、以後LDOP）が有機物生産におけるリン源として重要になると考えられるため、LDOPの濃度も測定した。その結果、リン酸塩の分布と同様に、西部北太平洋で低く（平均5 nM）、中部北太平洋で高かった（平均14 nM）。一方、東部南太平洋においては、リン酸塩のように高濃度ではなく、検出限界付近の濃度であった（平均7 nM）。表層混合層内のAP活性は、西部北太平洋で顕著に高く、他の海域では低かったため、西部北太平洋ではリン酸塩枯渇下においてLDOPが積極的に利用されたため、LDOP濃度が低かったと考えられる。一方、東部南太平洋の植物プランクトン

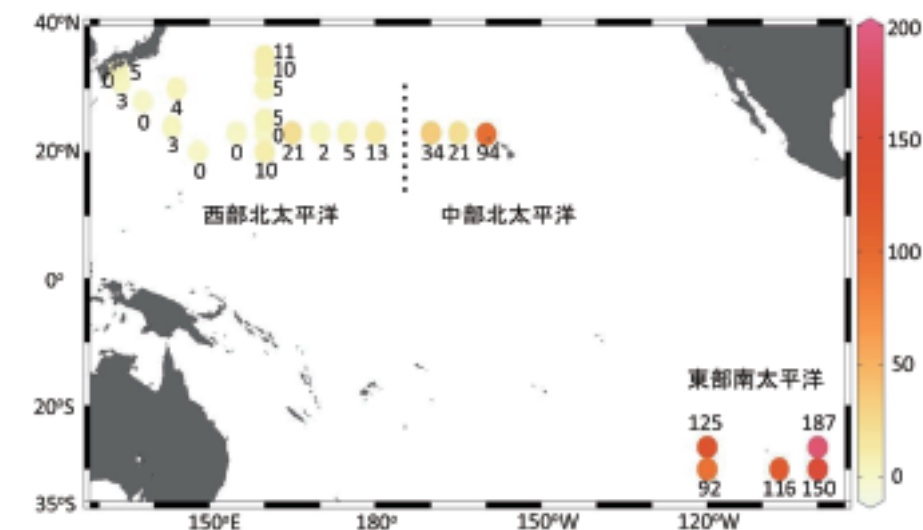


図1. 表層混合層内における平均リン酸塩濃度（nM）の分布。

密度は他の海域に比べて極端に低かったため、LDOPがあまり生産されなかったことが低いLDOP濃度が観測された理由であると推察される。西部北太平洋でもリン酸塩濃度が特に低い東経160度以西の海域では、動物プランクトンとして存在するリンがリン酸塩と同程度の量存在することが明らかになった。このことは、リンが極端に枯渇した海域では、リンのリザーバーとして動物プランクトンが重要な役割を果たしていることを示唆している。リンの分布様式から東部北太平洋および中西部南太平洋を除く亜熱帯太平洋が、南太平洋東部、北太平洋中央部、北太平洋西部の3つの海域もしくは北太平洋西部を東経160度以西と東経160度以东の2つに区分する4つの海域に区分可能であることを示している。