

若手研究者海外派遣報告

呂昱姮（東京大学大学院農学生命科学研究科）

2014 年 11 月からおよそ十日間に、科学研究費補助金新学術領域研究「新海洋像：その機能と持続的利用」（NEOPS）若手研究者海外派遣プログラムの補助により、台湾の屏東（ピントン）県にある東港（トンガン）地区で現地調査を行うとともに、基隆（キールン）にある国立台湾海洋大学に行ってきました。

FAO（国連食糧農業機関）によれば、世界中の海洋漁業資源量は 90% 以上が満限または過剰利用がなされています。漁業資源管理は国連海洋法条約では沿岸国の責務です。現在、各国では持続可能な漁業資源利用を実現させるため、様々なガバナンスの努力を行っています。たとえば、漁獲可能量、禁漁期、作業日数や時間の制限などを実施しています。

しかし、海には私有地の設定が物理的に難しく、誰にも使える共有物という性格が潜在的に存在します。漁業者の漁獲量を制限すれば、漁業者は収益を犠牲にする、すなわち経済的なコストを負担する必要が生じます。従って、ルール違反が生じないように、何らかの経済的なインセンティブを漁業者に与えることが重要な課題となっています。

このような中、近年世界では共同管理（Co-management）が注目されています。これは、政府と漁業者一緒に漁業管理を実施することです。日本ではこのような漁業管理が明治時代以前から実施されており、漁業者によって組織された漁業協同組合（漁協）がその中止的役割を果たしています。日本の漁協と同じような組織として、台湾にも漁業協同組合が存在しています。これらは漁業者の生活を改善する役割を有し、毎日漁船の漁獲量、市場価格などのデータを収集し、それにより、資源の変動や同業者間でルールの遵守状況をモニターしています。またこのモニター結果を、漁業者に認識させ、更に合意などを通じて新しい規制などとしてフィードバックさせています。これに加えて、水産物のマーケティングなども行っています。このような漁協機能を発揮すれば、漁業経営にプラスの影響を与えるのではないかと見込まれていますが、実際のデータなどを使用してこれを検証する研究は台湾ではあまり行われていない状況です。

そこで私は、台湾では管理が成功しているとされている東港のサクラエビ漁業を中心に、漁協の役割について調査を行いました。東港は台湾の遠洋マグロ漁業では水揚げが 2 位という台湾有数の規模を誇る漁港です。またサクラエビは、日本で駿河湾だけで水揚げされており、台湾では東海岸の宜蘭（イーラン）と東港の2カ所だけで水揚げされている産品で、世界的にも重要な生産拠点になっています。調査では、マグロ漁業とサクラエビ漁業の卸売、運搬、船、魚市場などの状況について観察をまず行いました。これらの知見をもとに、漁協の組合長、担当事務員、卸売司会（つまり販売責任者）、仲買人（つまり買受人）、漁業者などを対象に、サクラエビ漁業の歴史、管理に関する課題など聞き取り調査を行いました。

聞き取り調査結果により、東港のサクラエビ漁業は水産試験所、漁協と漁業者と共に、毎日漁獲可能量（TAC）や禁漁期などの資源管理と、ルール違反への罰則を自主的に設定して漁業管理を行い、その結果、資源量が維持されている点が把握できました。漁協はまた販路開拓や販売についても作業を行っていました。これはサクラエビの乾燥方法に関する新技術導入などです。この結果サクラエビの魚価が上昇し、漁業者の収入安定に寄与した点も把握できました。以上より、ガバナンスを行う際には資源利用者に経済的なインセンティブを与えることが1つの要素となっていること、その際には漁協が重要な機能を果たしていることなどが分かりました。

この結果は、サクラエビ漁以外の漁業管理や、ひいては海洋生態系サービスの管理問題への示唆を含むものであると考えます。海の恵みを受けられる人達の生計や、効用などにプラスの影響があることが分かれば、これらの人達から協力を得ることが可能となる構図になります。

また国立台湾海洋大学では、環境生物・漁業科学専攻の各分野の先生たちや博士過程などの学生達と研究協力会議を開き、活発な意見交換を行いました。この結果、台湾海洋大学との研究教育面での交流が活発化し、2015 年の夏には国立台湾海洋大学の呂學榮教授が本学を訪れたり、同大学の博士課程に在籍する侯清賢さんが 2015 年 4 月から半年間本学に交換留学したりといった状況になっています。

現在、台湾で得られた結果と、日本において同じような調査を行って得られたデータを解析し、これらの比較作業を進めています。今回渡航の補助をいただき、NEOPS の若手研究者派遣プログラムに大変感謝しています。これからも研究成果を早く論文化できるように頑張ります。

Contents

領域代表あいさつ	1
研究紹介：分子生物地理からの新海洋区系	2
研究紹介：広域回遊性魚類の資源変動メカニズムと海洋区系	3
若手研究者海外派遣報告	4

領域代表あいさつ

2000 年に開発分野における国際社会共通の目標として取り纏められた国連「ミレニアム開発目標（Millennium Development Goals: MDGs）」では、2015 年までに達成すべき 8 つの目標が定められている。海洋については、そのうちの 1 つ「目標 7：環境の持続性確保」に環境の保全と生物多様性が掲げられている。2015 年版の報告書では、海洋生物資源の過剰漁獲が深刻化していることを改めて確認するとともに、それが海洋生態系に及ぼす影響に対して懸念を示している。海洋保護区は拡大傾向にあり、沿岸域（EEZ 内）の 8.4%が保護区に指定されているものの、公海では 0.25%に過ぎないとし、保護区の拡大が急がれると指摘している。

保護区は、漁業の位置づけに典型的に現れているように、国や地域によって保護のあり方が必ずしも一様ではなく、海洋資源の利用様態をもとに定められており、沿岸域についてはこうした指定法に基づいた管理が合理的である。一方、公海については現在、方向性の模索の段階に留まっている。公共財としての海洋の位置づけに利害対立が不可分であることと、科学的知見に基づいた海洋の現状把握が極めて不十分なことが主な理由である。NEOPS の項目1、2、3はとくに後者に力点を置いて活動を進めている。前年度までに NEOPS としての海洋区系のたたき台が各グループから提案され、現在、それらの詳細な検討により、精度向上とより柔軟な区系認識に展開されている。こうした過程を経て、脆弱な海域の抽出が進むものと期待される。さらに、それに基づいて各国が取り組むべきグローバルアジェンダに関する議論まで進めることができると考えている。

2015 年に MDGs は終了し、「持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals : SDGs）がそれを引き継いで先月スタートした。海洋に関する SDGs の「目標 14. 持続可能な開発のための海洋、海浜および海洋資源の保存および持続的な活用」の具体的な実施項目をみると（Visbeck ら、Securing blue wealth: The need for a special sustainable development goal for the ocean and coasts, Marine Policy, 48, 184-191, 2014）、太平洋において我々がすすめている活動はまさに SDGs の中核となっていることが確認できる。また、現在 SDGs の一環として Ocean Health Index による海洋環境と生態系の評価が盛り込まれた海洋の保全と持続的利用の国際協力プロジェクトが始動しようとしている。NEOPS がこうした SDGsに関する諸活動に対する我が国からの貢献となるべく後半の研究をさらに加速的に進めていきたい。



分子生物地理からの新海洋区系

津田敦・浜崎恒二（東京大学大気海洋研究所）
鈴木光次（北海道大学大学院地球環境科学研究院）

本プロジェクトの大きな目標は海洋、特に外洋域の海の恵みを明らかにし、国際的な枠組みも含めた利用や管理の方策を提案することである。そのためには理想的には土地台帳のようなものがあるのが相応しい。その場所が、どのような特徴を持って（陸上で言えば地形や気候）、どのように利用され（山地、宅地、農地）、その用途を変えることによって、どのような利益と損失が予想されるのかが分かっていた方がよい。しかし、海は広大でなかなか調査や研究の手が届かない。大型研究船を 100 日動かしただとしても、生物化学的な総合的な調査をすると 50 点程度しか観測できない。したがって外洋において、例えば国勢調査のようなローラー作戦を行うことは不可能で、何らかの効率的な方法を考える必要がある。

衛星観測は広いエリアをカバーするという手段としては強力であるが、限られた測定項目の表面情報しか得られない。自動昇降フロートによる観測もかなり進んできたが、測定される項目は衛星観測より少ない。そこで、特徴ある海域を区切って、海域ごとに観測調査を行い、物質循環や生物多様性を把握し、海域の特徴や価値を見積もるという作戦があげられる。海洋区の例としては Longhurst(1995) の海洋区や PICES の北太平洋における海洋区分（図 1）がある。Longhurst は衛星から観測されるクロロフィル量、アーカイブデータからの混合層深度、栄養塩濃度から、世界の海洋を 57 の海区に分けている。彼のライフワークであったこの海洋区分は、広く受け入れられており汎用性も高いものであるが、彼がカナダの大西洋岸の住人であったためか、太平洋特に日本近海の区分には違和感がある。また、クロロフィルや栄養塩は考慮されているものの、どのような生物が生息しているかといった情報は含まれていない。

どんな生物がどこに棲んでいて、それがどんな要因によって支配されているかを解明することは生物地理学として進歩してきた。生物の分布を規定する要因としては、移動拡散、増殖、死亡、種間関係、地史、進化などが重要な要因とされる。しかし海洋の場合、環境の変化が陸上に比べて乏しく、生物を直接見ることができず、また前述のように観察や採集をすることも容易ではないため、海洋の生物地理は比較的理解の進んでいない分野である。さらに、本課題が扱う、微生物やプランクトンは微小な生き物であったり、形態的差異が小さかったりするため、生物地理を扱っても、特定の分類群だけを扱うといったやり方が主流であり、生物群集全体を俯瞰した分布の特徴や、それを形作る要因やメカニズムについては、まったく研究がなされていない。分類学的な多様性は個々の生物の分布が重ね合わされた時の生物群集の一つの特徴と見做すことができるが、近年の人為的影響による急速な多様性の喪失や絶滅を背景として、多様性そのものに価値を見出し守るべきとする機運がある。プランクトン群集には古くから、多様性に係る大きな命題としてプランクトンパラドックスがある（Hutchinson 1961）。プランクトンパラドックスとは、かくも均質な環境に多くの種が共存するのは何故か？という問題であり、多くの説が提案されているが、論争は今だに続いている。また海洋微生物群集においては「どこにでも全ての種が存在するが、環境にあったものだけが優占する」という考え方が提案されている（de Wit and Bouvier 2006）。すなわちシード群集は少ないけれどもどこにでもいて、良い環境になるとそれが増殖するといった考え方で、障壁のない海洋ではいかにもありそうな仮説である。

上記の問題に対して、我々は従来の形態分類ではなく、百万から数億個の微小なスポット上で、DNA ポリメラーゼや DNA リガーゼによる反応を並列的に行い、4 種類の塩基の付加反応をリアルタイムで光学的あるいは電気的に検出することにより、超並列的に塩基配列を決定することを特徴とする、いわゆる次世代シーケンサーを用いて、生物群集のある特定の配列を網羅的に解読し、生物群集を再構築する方法を用いる。予備的な調査においては（11 年度白鳳丸航海）、太平洋を横断する航海で、カイアシ類群集が 6 つの群集に分けられ、おおよそ Longhurst の海洋区分と一致することを確認している。また、微生物群集の解析では従来考えられていた仮説よりは、動物プランクトンに近い分布様式と考えられた。さらに、13 年度 14 年度航海で、太平洋の南北縦断観測を行い、面的なカバーをを広げるとともに、これら分布を司る統一的なメカニズムと要因の解明に着手している。

広域回遊性魚類の資源変動メカニズムと海洋区系

清田雅史・米崎史郎・奥田武弘（国際水産資源研究所）
酒井光夫・加藤慶樹（東北水産研究所）
上野洋路（北海道大学大学院水産科学研究院）

サメ類、マグロ類、サケ類、イカ類などの外洋高次捕食者は、食物網を通じたトップダウン効果により生態系の構造に重要な影響を及ぼす鍵種であり、生態系の状態を反映する指標種でもあります。また、漁業活動等を通じて食糧や社会経済価値などの貴重な生態系サービスを我々に提供しています。海洋区系ごとに、どのような生物がどれだけいるかという群集構造と、それら生物がどのような捕食被食関係を持っているかという食物網構造は表裏一体の関係にあり、各区系の生物生産と物質循環の特性や、群集の多様性と動態を特徴づける重要な要素です。

計画研究班「広域回遊性魚類の資源変動メカニズムと海洋区系」では、北太平洋の外洋表層生態系を対象として、長期調査データと生物試料の分析、数理モデル解析を統合し、食物網の構造（種組成、



図 1. 北太平洋表層生態系の食物網モデルのプロトタイプ。円の大きさは現存量、線は捕食・被食関係、鉛直方向の位置は栄養段階を表す。

多様性、サイズ構造など）と機能（栄養ダイナミクス）を明らかにし（図1）、その時空間変動パターンが気候変動や漁業とどのように関係しているか解析します。また、多くの外洋高次捕食者は広域回遊性であり、成長につれて食物網中での捕食被食関係や栄養段階を変化させながら移動回遊を行い、複数の海区系の生産性を利用して物質を能動的に輸送する役割も果しています。そこで私達は2つの鍵種：アカイカとサケ類に注目し、彼らが生活史とともに区系の物質循環とどのような相互作用を持ち、それが各種の資源ダイナミクスとどのように関係しているか解明するための研究を行なっています。

アカイカは外套長 2 mm 程度の稚仔から外套長 600 mm の成体まで約 10 ヶ月で一気に成長し栄養カスケードを駆け上る単年性の種です。稚イカはあまり移動しないため、成長・生残は産卵場所の生産性と環境に依存します。繁殖時期が異なる 2 つの系群（秋生まれ群と冬春生まれ群）が識別され、系群と雌雄によって索餌回遊のパターンが異なると言われており（図 2）、それぞれ異なる区系の生産性を利用

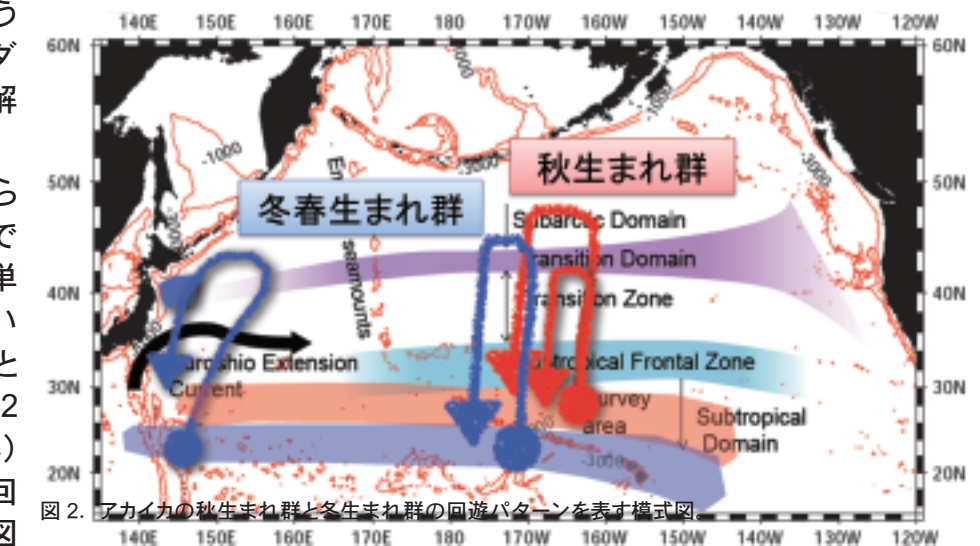


図 2. アカイカの秋生まれ群と冬生まれ群の回遊パターンを表す模式図

していることが予想されます。私達の研究チームでは、安定同位体分析から摂餌履歴を明らかにし、アカイカの成長・回遊、さらには資源変動と、海区系の物質生産の時空間変動との関係を解き明かそうとしています。一方、サケ類は広域回遊性の遡河性魚類であり、成長につれて北太平洋、オホーツク海、ベーリング海、アラスカ湾

に利用して区系間および海洋・陸水間に物質を輸送するポンプとしての機能を果しています（図 3）。また、サケ類は冷水性魚類であり、地球温暖化の影響を受けて回遊経路や餌環境が変化することが予想されます。私達は日本系サケの回遊環境モデルを開発し、摂餌動態解析と組み合わせることにより、海区系の物質循環におけるサケの機能解明と、気候変動にともなう回遊パターンと物質循環の将来予測に取り組んでいます。

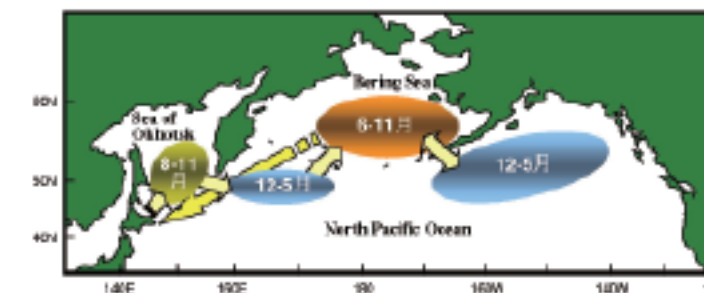


図 3. 日本系サケの主要な回遊経路の推定図（浦和 2000 より）。