

水産総合研究センター研究開発情報 | 編集:国際水産資源研究所

ななつの海から

● Na · na · tsu · no · u · mi · ka · ra

第5号

2013年9月



独立行政法人 水産総合研究センター

CONTENTS >>>



● Topics

- ・特集：まぐろ資源をめぐる最近の調査研究の動き－その1－
 - ・Ⅰ 巻頭言……3
 - ・Ⅱ ミナミマグロ研究の現場から ～あるミナミマグロ研究者の日常～……4
 - ・Ⅲ 管理基準値と中西部太平洋域のまぐろ資源の管理……9

● Column

- ・連載コラム：海と漁業と生態系
【第3回】海洋生態系モデルの群像……15

● Publication

- ・刊行物ニュース……23

● Activity

- ・主な出来事……24

表紙写真解説

平成25年7月20日（土）に清水港江尻岸壁で漁業調査船「俊鷹丸」の一般公開を開催しました。各種漁労設備や漁具、航海機器、観測機器、居住区画を船内や甲板上で見学いただくとともに、国際水産資源研究所の業務や研究の内容をパネルなどで紹介しました。当日は曇り空で朝のうちは小雨もばらつきましたが、一日過ごしやすい天気で、524名のみなさまにご来場いただきました。

（撮影場所：清水港江尻埠頭）

特集：まぐろ資源をめぐる最近の調査研究の動き—その1—

I. 巻頭言



所長 森下 丈二

今年（平成25年）4月、魚住さんの後を継いで国際水産資源研究所の所長に就任した森下です。国際水研に来る前には、水産庁で国際捕鯨委員会（IWC）やみなまぐろ保存委員会（CCSBT）などの国際交渉を担当していましたが、旧遠洋水産研究所時代を含めて、初めての科学者ではない所長ということになります。どうぞよろしくお願いいたします。さて、今回の「ななつの海から」は「まぐろ資源をめぐる最近の調査研究の動き」を特集しますが、この機会に、国際水産資源の研究や漁業の管理について、思いつくまま書いてみたいと思います。

かつて日本は世界一の漁業国、特に遠洋漁業国として自他ともに認められていましたが、今ではその遠洋漁業も200カイリ時代の到来で大幅に縮小を余儀なくされ、最盛期の十分の一ほどの規模になってしまいました。「沿岸から沖合へ、沖合から遠洋へ」と言う構図は崩れてしまい、漁業統計を見る限りは、日本は漁業生産の7割近くを日本周辺水域（沖合漁業と沿岸漁業）からあげているかたちになっています。さらに、漁業生産全体や漁業就業者数は縮小の一途をたどっており、漁業関係者の視点からすれば、燃費の高騰問題、魚価安問題などが追い打ちをかけて、日本漁業の将来は大変危うい状態となっています。

さて、消費者の視点から見たとき、この変化はどのように映るのでしょうか。国内の食用水産物消費量を見るとマグロ類、サケ、イカ、エビが上位を占めますが、これらの魚種は大部分が沖合や遠洋で漁獲されるか、外国から輸入されるものです。したがって、消費者側から見れば、普段よく食べる水産物は遠くの海からやってくるものが多く、いまや沿岸漁業が大きな比重を占める日本漁業の姿や、衰退する日本漁業の実態が案外よく見えないのかもしれないかもしれません。一方で、国際的な水産資源の管理の動向が、直接に食卓に影響してくると言うことになります。

次に世界に目を向けると、健康志向の高まりや経済発展を遂げる開発途上国での需要の増加のために、水

産物需要が増加し、その結果、漁業の急激な拡大が資源の悪化を招いています。他方で、新たな需要増加に支えられて、多くの国で漁業は成長産業とみなされています。水産物需要が年々低下し、漁業が存亡の危機にある日本と全く対照的です。

また、世界的には漁業問題は重要な環境問題と位置付けられています。昨年6月にリオデジャネイロで開催された国連持続可能な開発会議（リオ+20）でも、漁業を含む海洋問題が大きく取り上げられました。CITES（絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約）の締約国会議では大西洋クロマグロ、サメ類、ウナギなどの貿易制限が議論されてきています。国際的な漁業交渉の場では、生物多様性の保存、生態系アプローチ、予防的アプローチ、MPA（海洋保護区）の設置と言った概念をめぐる、活発な議論が交わされています。しかし、日本国内ではこのような議論が専門家以外の関心を呼ぶことはめったにありません。

このように、どの視点から見るとかによって、漁業の姿は大きく違って見えることになります。日本の漁業者の視点から見る漁業、消費者の視点から見る漁業、政府の行政官の視点から見る漁業、そして、世界の視点から見る漁業はすべて異なる様相と問題点を抱えています。それでは、国際水研などの研究機関はどのような視点から研究活動を進めればいいのでしょうか。

いろいろな考え方があるかと思いますが、何を研究するべきかについては専門家である科学者はしっかりした問題意識やプラン、方針を持っています。むしろ大事なことは、その研究成果をいかに正確に、上手に関係者に伝えることができるかではないかだと思います。この「関係者」の中には、科学的な分析成果をもとに漁業の管理措置を導入する政府の行政官だけではなく、一般消費者やマスコミ、それからもちろん漁業者も含まれます。いろいろな視点があるからこそ、客観的な事実を提供することが出来る研究成果の提供は、その橋渡しとなることが出来るはずです。

国際水研のように政府の仕事を科学的に補佐する役割を持った機関では、もちろん科学論文をしっかりとめとめることも大切ですが、その科学的成果の内容がしっかりと政府に伝わり、政府が適切な判断をする助けになる必要があります。また、政府の施策が着実に実行されるためには、関係漁業者や一般市民のみなさんに、施策の背景となった資源の状態などの科学的情報に納得していただくことが重要となります。

ところが、専門的な研究成果を科学者以外に伝える

ことはそう簡単ではありません。専門用語や数式は科学者の間では常識でも、専門知識がなければ暗号になってしまいます。したがって、科学者や研究機関のコミュニケーション能力が非常に大切になってきます。この能力の中には、研究成果を伝えなければならないという意味と、専門的な内容をかみくだいて説明する技術の両方が必要です。国際水研でも、コミュニケーション能力の強化を目指して頑張っていると思っています。

II. ミナミマグロ研究の現場から

～あるミナミマグロ研究者の日常～



くろまぐろ資源部 温帯性まぐろグループ 境 磨

皆さんはミナミマグロという生き物をご存知でしょうか？最近「まぐろ」というと日本近海で漁獲される生鮮クロマグロを思い浮かべるのではないのでしょうか。ミナミマグロもクロマグロと同様に美味しい高級すし商材となる魚であり、主に南半球の高緯度域に分布します。当初は主にインド洋で漁場が開発されたことから、漁業者や市場関係者のなかにはインドマグロという通称のほうが馴染み深いかもしれません。ここでは、私が取り組んでいるミナミマグロの調査研究について、資源管理に関わる国際情勢を絡めて紹介します。

資源管理と科学者の役割

ミナミマグロは排他的経済水域（EEZ）の内外を問わず広く回遊する「高度回遊性魚類」です。漁業国は日本・オーストラリア・ニュージーランド・台湾など複数になるため、1994年に発効したミナミマグロ保存条約に基づき、地域漁業管理機関であるCCSBT（みなまぐろ保存委員会）にて資源評価・資源管理方策を決めています。現在の資源管理は科学的な知見に基づいて実施することが鉄則であり、科学委員会から報告される資源評価結果や助言に従って管理方策を決定しています。資源評価は、条約メンバー国の科学者が科学委員会に自国の漁業データや科学的知見を持ち寄って実施しています。私もこれまでに7回の科学委

員会に出席し、ミナミマグロの資源研究に関わる科学的議論に接してきました。その間、ミナミマグロの資源水準や管理体制などに関して、様々な状況の変化に立ち会ってきました。

ミナミマグロの資源管理における近年の最も大きな変化としては2011年の「管理方式（MP）」の導入が挙げられるでしょう。MPとは「利用可能なデータから漁獲枠を決めるための、事前に定められたルール」です。MPを導入する以前は、他の水産資源と同様に資源評価の結果から漁獲可能量（TAC）を決めていました。しかし、資源評価結果への見解についてCCSBTメンバーの間で合意に至らなかった場合、TACを決めることが出来ないという状況に陥ってしまいます。これを防ぐため、あらかじめTACの決定ルールに合意しておこう、というのがMPです。CCSBTで導入されたMPでは、資源量指数（日本はえ縄CPUEとオーストラリア沿岸での航空目視調査データ）からTACの増減を決定する計算方法が「事前に定められたルール」の中核になります。この計算方法は何の根拠もなく決められたわけではなく、「オペレーティングモデル（OM）」と呼ばれるミナミマグロの資源動態を再現した仮想モデルを用いた膨大な将来予測シミュレーションで予めテストされています。テストの結果に基づき、MPで算出されるTACに従うことで確実に資源が回復するように、その計算方法は

調整されています。MPの開発過程に関する詳細は本誌第2号の特集1に解説されていますので、是非ご一読いただければと思います（ウェブページ：<http://fsf.fra.affrc.go.jp/nanatsunoumi/nanaumi2.pdf>）。MPの開発時には、各国科学者が独自のMP候補を持ち寄り、性能の比較が行われました。私も余剰生産モデルに基づくMP候補を作成して科学委員会に提出しましたが、他のMP候補と比べて頑健性が低く、あっさりと却下されてしまいました。本当に有用な仕組みを作り上げるには「アイデア」と「十分な知識に基づく技術」の双方の充実が不可欠であることを痛感したものです。

CCSBTで導入されたMPは、2011年にバリ島での会議で完成したので「バリ方式」と呼ばれています。まさに今年2013年の夏、このバリ方式により2015～2017年のミナミマグロの漁獲枠が導き出されます。その際、MPの入力データになる日本はえ縄CPUEと豪州航空目視調査データの観察値が、開発時にOMによるシミュレーションで予測していた値から大きく外れていないかを検討するのが、科学者の重要な任務になります。OMでの予測範囲から外れたCPUEや航空目視調査データが実際に観察された場合、科学者がMPの開発時に想定していたミナミマグロの資源動態が正しくなかったと解釈されます。その場合、そのまま現行のMPにCPUEや航空目視調査データを入力してTACを計算しても、そのTACでの管理では資源が想定通り回復しないかもしれませんので、科学委員会はMPの再調整や見直しを行うように本委員会へ提言する必要があります。CCSBTでのMPの運用において、科学者はその監視役兼保守係であるといえるでしょう。

MPの運用を始めてしまえば資源評価をしなくて良いというわけではありません。ミナミマグロのMPは、現在の資源評価結果が正しい事を前提として、比較的簡単な構造の数理モデルで作成してあります。そのため、最新のデータにより更新された資源評価結果が、前回の評価結果と極端に異なった場合には、MPの運用も見直す必要があるのです。資源評価でもMPと同様に日本のはえ縄CPUEが重要な資源指標として使用されています。日本のはえ縄漁業データのカバーする時空間は他国の漁業と比べて非常に広く、長期的な資源トレンドを代表した指標として有用であるためで

す。しかし、はえ縄漁業データを分析するに当たり、漁業そのものを十分に理解していなければCPUEが漁業活動をどのように反映しているのかを適切に解釈することは困難です。例えば、特定の年に特定の海域でCPUEが高くなったり、低くなったりすることが、一体どのような事象を反映したといえるのでしょうか？資源の増減を示しているのか、操業戦略が変わったのか、あるいは環境の変化による漁場形成が特異的なのか？そのようなことを分析する上で、重要となるのは「現場に戻る」（＝漁業者に話を聞く）ことです。日頃から機会を捉えて漁業者とコミュニケーションをとり、データ解釈のヒントを得ることは非常に大切なことです。

漁業現場は遥か彼方～遠洋はえ縄漁船便乗調査

ミナミマグロを漁獲する遠洋はえ縄漁船では、ひとつの航海が1～2年間の長期におよぶことも珍しくはありません。そのため、数少ない日本帰港のタイミングに漁船を訪問できなければ、なかなか漁業者と接する機会がないのが現状です。ましてや、国際会議への出席の合間を縫って実際に漁船に乗せてもらうことなど不可能だろう、と思いきや、上司の親心(?)により2007年にミナミマグロ漁場で操業する遠洋はえ縄漁船に便乗して調査を行う機会を頂きました(図1)。初めて遠洋はえ縄漁船へ調査員として派遣され心が躍ったのも東の間、ミナミマグロ漁場は寒い上、大時化の中での操業が当たり前。時折、頭から波しぶきを被りつつ、激しいピッチング・ローリングの中、漁獲



図1 便乗調査させて頂いた商業はえ縄漁船にてミナミマグロ漁場は時化の場合が多い。

物の体長測定、筋肉・胃内容物・耳石などの生物サンプルの採取、アーカイバルタグやポップアップアーカイバルタグなどの記録型標識の装着・放流などの調査に取り組むことになりました。過酷な環境ではありましたが、120日を超える乗船調査の結果、はえ縄漁船が直面する多くの事象（漁獲、縄切れ、釣り落とし、放流投棄、サメ食い・シャチ食い、etc…）のほとんどを目の当たりにすることができたことは大きな収穫でした。漁業現場には、漁業者から報告されるデータ（公式の漁獲成績報告書）には記録されない多様な混獲生物も存在し、それらの生物学的データ（体長、体重、性別など）やサンプルは乗船調査をしなければ手に入りません。漁業者から報告されるデータの背景情報を肌で感じた経験は、分析対象とする漁業への理解を深め、使用するデータや得られた結果の妥当性を考慮するにあたり、非常に大きな財産になっています。

科学者の目となり耳となる～科学オブザーバ

漁業現場を見ることや現場で測定・サンプル採取を行うことは非常に有益だと思いますが、遠洋はえ縄漁業では1航海が長期に及ぶため、何度も研究者が調査員として漁業現場に出ていくのは困難です。しかし、それでも誰かが漁業現場での情報収集やサンプル採取をしなければなりません。この役割を担うのが「科学オブザーバ」です。遠洋はえ縄漁業では、科学オブザーバと呼ばれる調査員が毎年一部の漁船に同乗し、漁獲生物の測定や生物学的サンプルを採取する仕組みが確立しています。科学オブザーバの育成・派遣は行政・業界が中心になって実施しており、国際水産資源研究所はオブザーバ候補者の訓練や、オブザーバが収集したデータの集計・管理、採集された生物学的サンプル（耳石・胃内容物など）の分析を担当しています。私も実際に乗船調査に参加した経験を生かし、この6年間、科学オブザーバの候補者の訓練に従事してきました（図2）。候補者は主に元漁船員や水産系教育機関の卒業者などで、人によっては科学的なバックグラウンドを持たない場合もあります。訓練にあたっては、科学オブザーバが「客観的に」「正確に」観察した通りに記録を行うことの重要性を強調して、調査員として必要な技術・基本姿勢を身につけてもらっています。また、CCSBTを含む各地域漁業管理機関（RFMO）



図2 科学オブザーバ講習会の様子

で特に懸案となっている課題や状況（例えば海鳥の偶発的混獲数の推定や放流・投棄の実態把握など）に応じて、毎年必要な調査を再検討し訓練メニューに反映させています。科学オブザーバは、資源を管理する上で生じる様々な科学的な課題に対し、必要な情報・サンプルを科学者に代わって調査・収集する非常に重要な役割を担っているといえます。

CCSBTでは現在、ミナミマグロを放流した場合にどの程度生残するかが議論になっています。放流後、直ぐに死亡するのであれば、漁船からの放流も漁獲死亡としてカウントすべきであり、結果的に資源評価に影響すると考えられるためです。このような懸案への対応のためにも、科学オブザーバによる調査や実態把握は必要です。次項では、この放流後生残率を解明するため、科学オブザーバや漁業者らの協力を得て実施したポップアップアーカイバルタグの装着放流調査についてご紹介します。

データを集めて問題解決～放流後生残率の検討

放流後生残率とは、漁獲されたミナミマグロをそのまま海に戻した場合、すなわちキャッチ&リリースした場合にどの程度生残するのを示します。日本の遠洋はえ縄漁船では、ミナミマグロの漁獲枠を漁船毎の個別割当制（IQ制）にした後、資源と漁獲枠の有効利用のため小型魚を放流する事例が増加しました。放流しても直ぐに死亡してしまえば、小型魚資源の保護にはなりません。また、ミナミマグロは厳格な資源管理により資源水準を回復させようとしている状況であり、結局死亡してしまうような個体を放流している

としたら、それは望ましいことではありません。

我々は放流後生残率を明らかにするためポップアップアーカイバルタグ（以下、PAT）の装着放流データを使用しました。PATは魚の背中に銚を用いて装着する記録型標識です。装着中はPATに搭載されたセンサーにより遊泳した水深・水温が記録されます。予め設定した期間の後にPATは自動的に魚から切り離され、水面に浮上し、人工衛星経由で、記録したデータを研究所に送信します。PATを装着した魚が数日間同じ水深帯から全く動かない場合、魚が死んだものと見なして、あらかじめ設定した期間よりも前に浮上する仕組みが搭載されています。また、タグの耐圧深度以上に魚が潜った場合にも、自動的に魚から切り離され、タグの破壊を防ぐようになっています。これにより、ポップアップタグが装着されている間に魚が死んでしまった場合にも、死んだ事実を推定し得る遊泳データを手に入れることができます。我々は尾叉長88～188cmのミナミマグロ45個体から回収されたPATデータを分析し、放流個体のうち4個体が放流後24時間以内に死亡したものの、残りの9割はその後生残したことを明らかにしました（図3）。また、魚の大きさによっては漁獲時に魚をどのようにし

てデッキに上げたかにより放流後の生残率が異なる可能性が考えられました。これらの結果は、魚体のサイズに応じて適切なデッキへの引き上げ方法を用いれば、放流後の死亡率を非常に低く抑えることが出来、小型魚資源の保護につながることを示しています。

フィールドは海だけにあらず～流通状況把握の取り組み

我々の調査フィールドは漁業現場となる海上だけではなく、流通・販売の最前線である日本国内市場にもあります。日本には日本漁船が漁獲したミナミマグロだけではなく、各漁業国から多くの冷凍・生鮮ミナミマグロが集まっています。そのため、日本市場での流通量を把握できれば、漁獲量の正確性をクロスチェックできると考えられるのです。正確な漁獲量を把握することは、資源管理において重要であるのみならず、正確な資源評価の実施の上で不可欠です。築地市場などの中央卸売市場で取引される量は、市場年報などの統計資料で把握できます。しかし、市場を経由せずに商社から外食産業・量販店に流通する量は把握が困難です。そこで我々は複数の流通業者・商社・まぐろ問屋等に聞き取り・アンケート調査を行い、ミナミマグロの国内流通の実態把握に取り組んでいます（図4）。

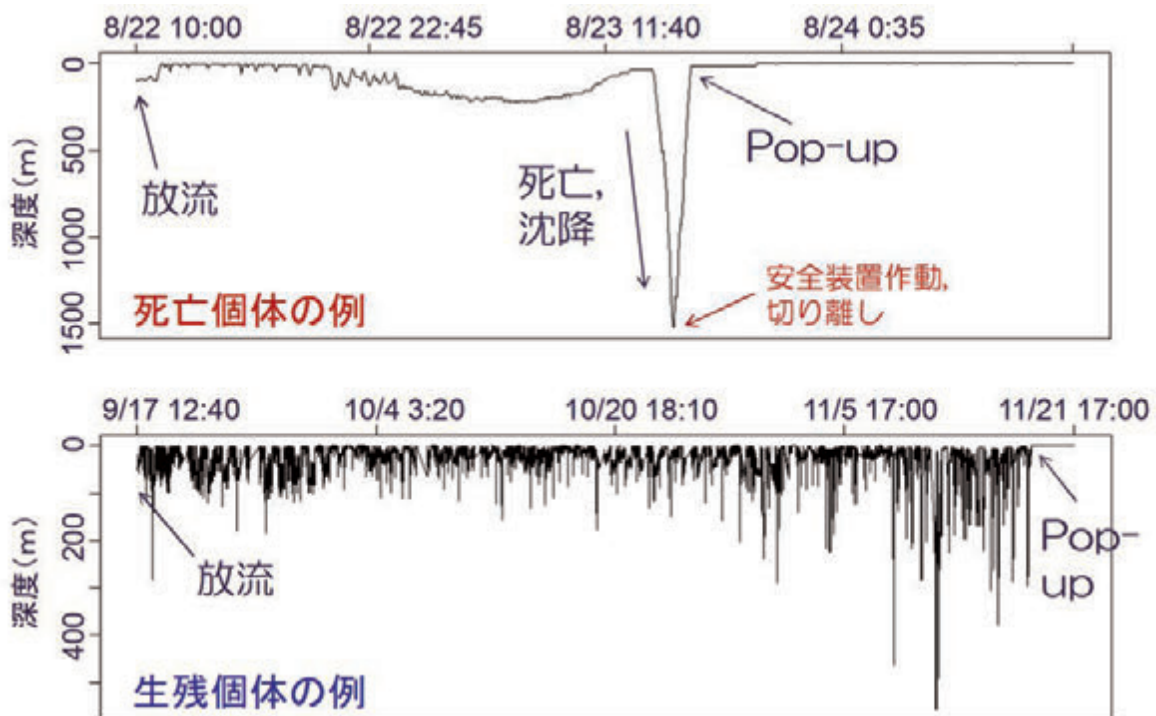


図3 放流後に死亡したと推定した個体と生残した個体に装着したPATに記録された深度データの例

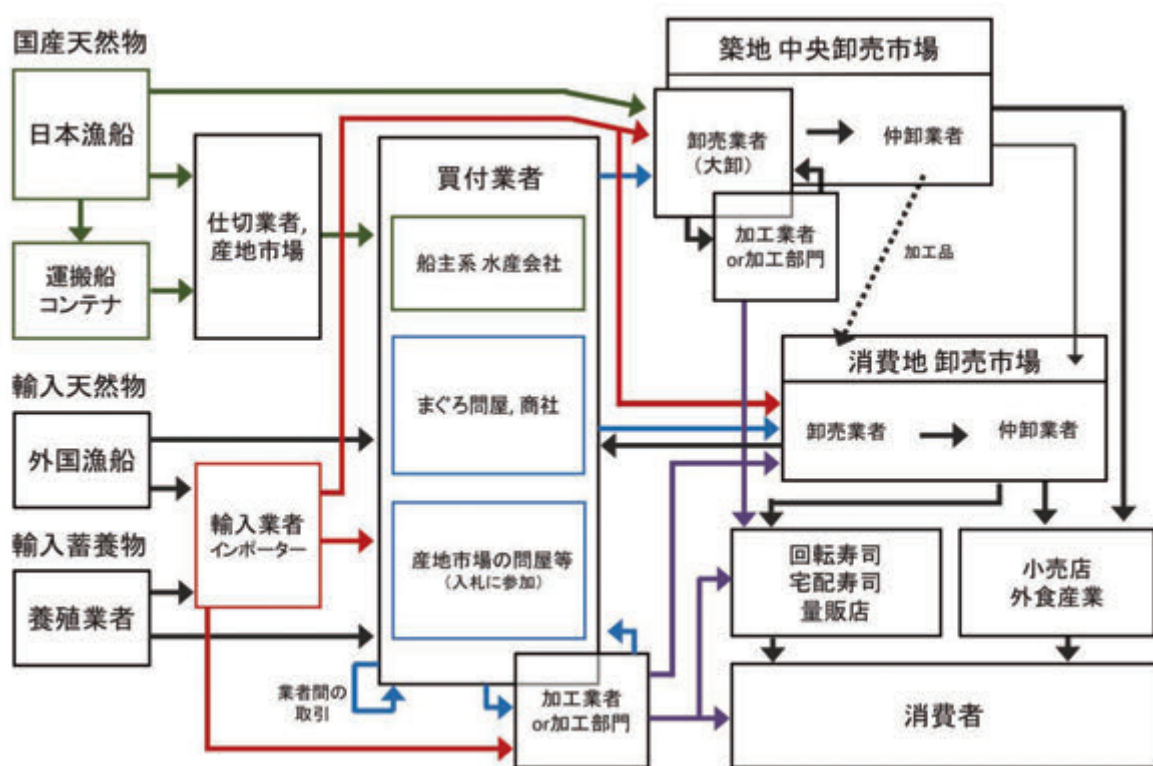


図4 日本におけるミナミマグロの流通経路推定図
卸売業者および買付業者への聞き取り/アンケート調査に基づき推定した。

これまでに、生鮮・冷凍や天然・蓄養の商材の違いによって、同じ「ミナミマグロ」でも流通経路や市場経由率が全く異なることが明らかになってきました。単純に市場統計値を見ても、国内の流通量を的確に把握することは出来ないということです。また、漁獲枠の増減や価格の動向などによって、数年単位で流通経路は著しく変化することもわかってきました。今後とも調査を進め、漁獲から消費に至る流通実態を明らかにし、流通量推定の精度を向上させていきたいと考えています。

これからのミナミマグロ調査研究

ミナミマグロは南半球の温帯域に分布しており、調査船を仕立てて現地調査に向かうような浪漫あふれる調査研究のアプローチは難しいのが実状です。しかし、漁業者による漁獲物の船上測定や、科学オブザーバによる生物学的サンプルの収集、および標識放流など、必要な調査を実施する際に漁業現場から多大な協力を得られる体制が整っています。これは研究所の諸先輩方が脈々と築き上げてきた漁業者～研究者～管理当局との間の協力関係・信頼関係に由るところが大きいと

いえるでしょう。これまでに収集されてきたデータは膨大であり、これらを新たな視点で分析することでも、解決できる課題もあるだろうと感じています。今回ご紹介したPATの標識放流調査でも、放流後生残率の推定だけに資するデータだけが得られたわけではなく、ミナミマグロの回遊・遊泳行動に関する貴重な情報が収集されています。これらのデータは、今後ミナミマグロの資源解析の際に空間構造を加味したモデルを構築する際に欠くことのできない知見となるでしょう。また、これまでに諸先輩方の地道な研究活動により蓄積されてきた成熟・成長などの生物学知見は、今なおミナミマグロの資源解析の基盤となっており、今後も適切にモニタリングを続けることで本種の生態と環境変化の関係を解明する一助になるでしょう。現在、直面している課題を解決するために、これまでに収集したデータを再解析すること、そして、更なる資源解析の精度向上のため、長期的な視野を持って研究計画を構築し実行していくことが求められています。これまでの財産をしっかりと継承しつつ、新たな着目点や創意工夫を大事にし、今後のミナミマグロ調査研究を盛り立てていきたいと考えています。

Ⅲ. 管理基準値と中西部太平洋域のまぐろ資源の管理



かつお・まぐろ資源部 まぐろ漁業資源グループ 甲斐 幹彦

はじめに

7月10日の水産経済新聞の一面を飾った「太平洋クロマグロ過去最低水準の危機に」というタイトルはセンセーショナルに受け取られた読者が多かったかもしれない。しかし、過去最低水準になって何が起るのか？本当に危機なのか？これらを正確に判断するためには、対象資源の生物学的知見や漁業についての情報を得た上で資源評価を実施し、資源量の歴史的な変動、漁獲の強さ、現在の資源水準などを知る必要がある。太平洋クロマグロの場合、1952年以降、漁獲のない状態の5～20%ほどの低水準で資源量は大きく変動し1980年代に過去最低水準を経験している（ISC 2012）。この時点で資源の崩壊（産卵親魚量の減少にともない加入量が減少することで資源量が容易に回復できない低水準状態になること）は起きず堅調な加入により資源量は一旦回復した。しかし1990年代後半から日本とメキシコの若齢魚を対象としたまき網の漁獲量の急激な増加の影響もあり資源量は再び減少している。近年、90%以上の漁獲が未成熟魚である太平洋クロマグロの場合、過去最低水準以下に資源量（正確には産卵親魚量）が下がったら何が起るかわからない。もししたら、資源が崩壊するかもしれない。そのために危機なのである。では、このような危機に対して資源研究者は何をすべきか？まずなすべきことは、管理の枠組みをきちんと作ることである。その一つの要素が今回紹介する管理基準値である。

国連海洋法条約と管理基準値

1982年に制定された国連海洋法条約は、EEZ（排他的経済水域）内の資源を沿岸国が管理する責任を規定している（UNCLOS 1982）。その責任は、（1）利用可能な最適な科学的根拠に基づいて、EEZ内の生物資源が乱獲によって危険にさらされないように適切な保全管理措置を行うこと、（2）経済的・環境的な要因を考慮したうえで、MSY（最大持続生産量）水準ま

で対象資源を維持または回復させること、である。また、高度回遊性魚類について、ある水域で操業する沿岸国とその水域で国民が漁業を行っているその他の関係国は、EEZ内外において資源の保全と最適利用という目的を達成するために、直接あるいは適切な国際機関を通して協力することを強くもとめている。これらの規定をもとにFAO（国連食糧農業機関）は1994年に高度回遊性魚類の管理基準の策定をおこなった（FAO 1994）。管理基準とは、幅広い用語で漁業の管理目標を表す。漁業を実際に管理するには目標とする具体的な数値を示す必要があり、生物学的・経済的なことなどを考慮したうえで、定量化した基準値を共通認識として持つ必要がある。管理基準値は大きくTRP（目標管理基準値）とLRP（限界管理基準値）にわけることができる。TRPは管理のための望ましい到達点・値であり、LRPは管理のための望まれない閾値であり、ともに漁業あるいは資源の状態を表す指標で示される。一般的に、漁業の状態はF（漁獲死亡係数）で表され、資源の状態はB（資源量）で表される。Fの代表的なものとしては F_{MSY} （MSYを達成するF）があり、Bの代表的なものとしては B_{MSY} （MSYを達成するB）がある。国連海洋法条約では、MSYを唯一の管理目標としている。これをもとにかつお・まぐろ類を対象として世界に5つあるRFMO（地域漁業管理機関）も、MSYをベースとした管理目標をかかげている。しかし、MSYの理論的な背景は平衡状態を仮定しており、毎年加入量が大きく変動する状況で加入量が良かった時の F_{MSY} の水準で漁獲を行えば、 B_{MSY} を達成することは難しく、資源状態を悪化させる可能性が高い。このような問題点もあり、MSYベースのFの管理基準値（ F_{MSY} ）をTRPではなくLRPとして適用する方が望ましいという考え方が広まり、国連は1995年に、 F_{MSY} をLRPとして用いるべきであると述べている（UN, 1995）。ICES（国際海洋調査協議会）やNAFO（北西大西洋漁業機関）はLRPをベースとした予防的管理

基準値を用いている。この方法は、 B が B_{limit} (B の閾値)を下回るリスクや F が F_{limit} (F の閾値)を上回るリスクを回避するためのメカニズムで、LRPに緩衝範囲を設けている。緩衝範囲の大きさは自然変動や資源評価の不確実性に依拠して与えられるので、より安全性を考慮した管理基準値である。

MSYプロキシ

上記のようにMSYの推定には多くの不確実性が含まれることが多いため、 F_{MSY} の代替値(F_{MSY} プロキシ)としていくつかの管理基準値が提案されている。

(1) YPR (加入あたり生産量) をもとに計算される F_{MAX} 、 $F_{0.1}$ (図1)。年齢構成を考慮した解析モデルによって導かれ、 F_{MAX} は漁業に入ってくる各加入群からの平均的な総漁獲量を最大化する。しかし、潜在的な再生産力(取り残した産卵親魚がどれだけ再生産に貢献するか)に対する F の影響を考慮していないため、しばしば F_{MSY} より大きな値となり再生産の失敗により管理の失敗を引き起こしやすい。 $F_{0.1}$ は、多くの魚種がYPR曲線において最大値がないため、保守的な管理基準値として提案された。 F の関数としてのYPR曲線の傾きが、原点におけるYPR曲線の傾きの10%に相当する F で任意に与えられる。大西洋クロマグロのTRPとして使われている。

(2) SPR (加入あたり産卵親魚量) をもとに計算される $F_{\% \text{SPR}}$ (図1)。年齢構成を考慮した解析モデルによって導かれ、体長別または年齢別の成熟度と産卵数がわかれば、計算可能である。 $\% \text{SPR}$ は $F=0$ (漁業

がない状態)でのSPRに対する現在の F でのSPRの割合(%)で表される。この管理基準値は再生産力に対する F の影響を考慮しており、望ましい加入量の生産が期待される産卵親魚量を保護することができる。Mace (1994)はSR(親子)関係がわからない場合は、仮定できるSR関係における密度依存関係が影響するとしながらも $F_{40\% \text{SPR}}$ が望ましいとしている。

(3) 過去の歴史的なSR関係をもとに計算される F_{crash} 、 F_{high} 、 F_{med} 、 F_{low} 、 F_{loss} (図2)。 F_{crash} は、産卵親魚量と加入量の関係において、原点とRPS(卵の生残率)の観測点を結んだ直線の傾きが最大になる F に相当し、資源が崩壊する閾値として用いられる。 F_{high} 、 F_{med} 、 F_{low} は、直線の傾きの上側90%、50%、10%にRPSの観測点が点在する場合の F に相当する。 F_{med} で漁獲を続ければ、歴史的に観測された産卵親魚量の中央値を維持することが期待される。 F_{loss} は、歴史的に最低水準の産卵親魚量の時に期待される平均加入量から算出され、加入乱獲(産卵親魚量の減少に伴い加入量の減少を引き起こす F)の閾値として用いられる。産卵親魚量の推定値の不確実性を考慮して歴史的な最低水準の下位10番目までの平均値を達成する F を数値シミュレーションで求める $F_{\text{SSB-ATHL}}$ などの管理基準値も北太平洋ビンナガで用いられている。これらの管理基準値は、信頼できるSR関係を導くために、歴史的に大きく変動を経験した資源に適用するのが望ましい。

これら以外にもMSYよりも努力量が低く設定され、生物学的な乱獲に陥りにくいと考えられるMEY(最大経済生産量)に対応する F_{MEY} やMSES(最大持続

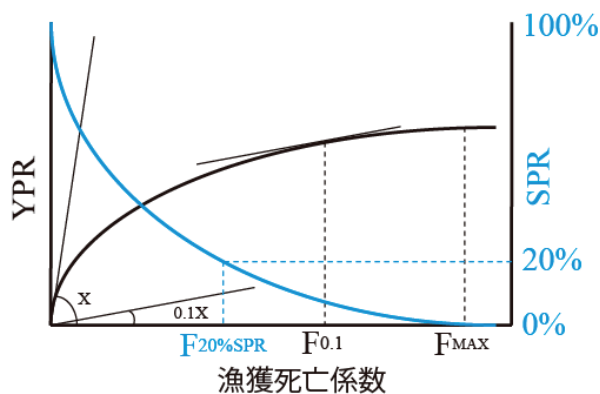


図1 YPRとSPRに基づく管理基準値。YPR曲線の原点での傾きの1/10に相当する F が $F_{0.1}$ 。YPRを最大にする F が F_{MAX} 。 $F=0$ の時の20%の産卵親魚量を取り残すことができる F が $F_{20\% \text{SPR}}$ である。

生態系サービス) に対応する F_{MSES} など経済や生態系を考慮したMSYプロキシも存在する。また、%SPR、 B_0 ($F=0$ の資源量) をベースにした $X\%B_0$ 、CPUE (単位努力量あたりの漁獲量) など、 F ベース以外の管理基準値も実際的には用いられている。

WCPFCの管理基準値

中西部太平洋における高度回遊性魚類資源の長期的

な保存及び持続可能な利用を確保することを目的に2004年に設立された委員会がWCPFC (中西部太平洋まぐろ類委員会) である。太平洋クロマグロ、ビンナガ、キハダ、メバチ、カツオなど日本にとって重要な魚種が条約の対象となっている。WCPFCの科学委員会では、2007年に階層ベースの限界管理基準値を提案している (表1)。 h (スティーブネス) は、資源の再生産力を表し漁獲圧に対する資源の回復力の基準と

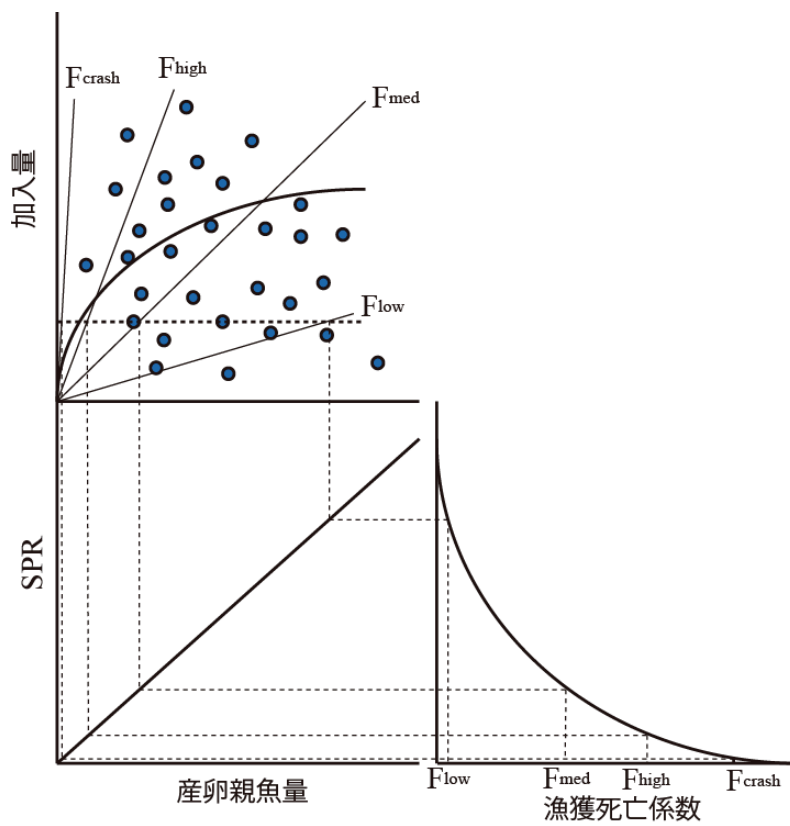


図2 歴史的な資源量と加入量の変動をベースとした管理基準値の概念図。Floss(Cook 1998)については、歴史的な最低資源量の場合に期待される加入量が正確な定義なので、この図に載せなかった。

表1 WCPFCで用いられている階層ベースの管理基準値 (Harley et al. 2012改変)。 $SB_{current,F=0}$ は、現在の F を0とした場合のSB (産卵親魚量) を表す。2012年の科学委員会では南太平洋ビンナガを水準3から2に変更することが勧告された。

水準	条件	限界管理基準値	対象魚種
1	h (親子関係のパラメータ)が既知の場合	F_{MSY} , B_{MSY}	
2	h を精度高く推定できないあるいは h がわからない、しかし生活史パラメータ(自然死亡係数や成熟年齢など)や漁業の情報(漁獲量、CPUEなど)が十分ある場合	$F_{X\%SPR0}$, $20\%SB_0$ or $20\%SB_{current,F=0}$	メバチ、キハダ、南太平洋ビンナガ
3	h に加えて生活史パラメータや漁業の情報が乏しい場合	$20\%SB_0$ or $20\%SB_{current,F=0}$	カツオ

なる。親子関係式がベバートン・ホルト型の再生産曲線（親魚量が少ないと親魚量にほぼ比例して加入量が増加するが、親魚量の増大につれて密度効果により加入量の増加は頭打ちとなる曲線）で表されると仮定した場合、産卵親魚量が SB_0 （ $F=0$ の産卵親魚量）の20%に減少したと仮定した場合に加入量が R_0 （ $F=0$ の時の加入量）の20%であれば0.2（SRが正比例関係）、100%であれば1（Sの増減に対してRは一定）で表される。したがって、この場合 h は0.2から1の範囲をとる。WCPFCにおける北資源（北緯20度以北の資源、太平洋クロマグロや北太平洋ビンナガ）に対して、 h は1に近い値が用いられ（Mangel et al. 2010）、南資源（北緯20度以南の資源、キハダ、メバチ、南太平洋ビンナガ、カツオ）に対して、 h は0.65~0.95などが用いられている（Harley 2011）。表1にある係数 X は、年齢構成モデルを用いて、主要なパラメータ（成熟率・漁具選択制 $\cdot h$ など）の不確実性を考慮して数値シミュレーションにより決定される。これまで北資源に対する管理基準値の検討はWCPFCのSC（科学委員会）では行われていない。その代り、ISC（北太平洋まぐろ類国際科学委員会）で、上記で紹介したような既存の管理基準値（ F_{MAX} 、 $F_{0.1}$ 、 $F_{\%SPR}$ 、 F_{med} 、 F_{loss} など）に関して適用可能性の検討がはじまっている。北太平洋ビンナガについては、NC（WCPFCの北委員会）にお

いて $F_{SSB-ATHL}$ が暫定的な管理基準値としてすでに合意されているが、太平洋クロマグロと同様に更なる検討が行われている。

北資源に対する管理基準値の研究

これから紹介する研究は、2012年11月にマニラで行われたWCPFCの管理基準に関する第1回目のワークショップにおいて発表した内容（Kai et al. 2012）をもとにしている。共同研究者として中央水研の岡村・市野川、西海区水研の黒田各氏には大変お世話になった。

北資源と南資源を比較した場合、北資源は漁業の歴史が長く狭い資源量の範囲で増減を繰り返しているが、南資源は開発の歴史が短く広い資源量の範囲の中で単調に減少している特徴を持っている（図3）。このような違いは漁業の歴史の違いと共に、北資源は南資源と比較してレジームシフトなどの環境の影響を大きく受けている可能性が指摘されている（Kurota and Kai 2012）。そのため、これら資源変動の特徴をもとに中西部太平洋域のまぐろ類資源に対して数値シミュレーションを行い、MSYベースのLRP（ F_{MSY} ）と前述のMSYプロキシの中でも過去の歴史的なSR関係を元にしたLRP（ F_{loss} ）についてパフォーマンス（基準値そのものが加入乱獲を引き起こすレベルに陥る可能性が

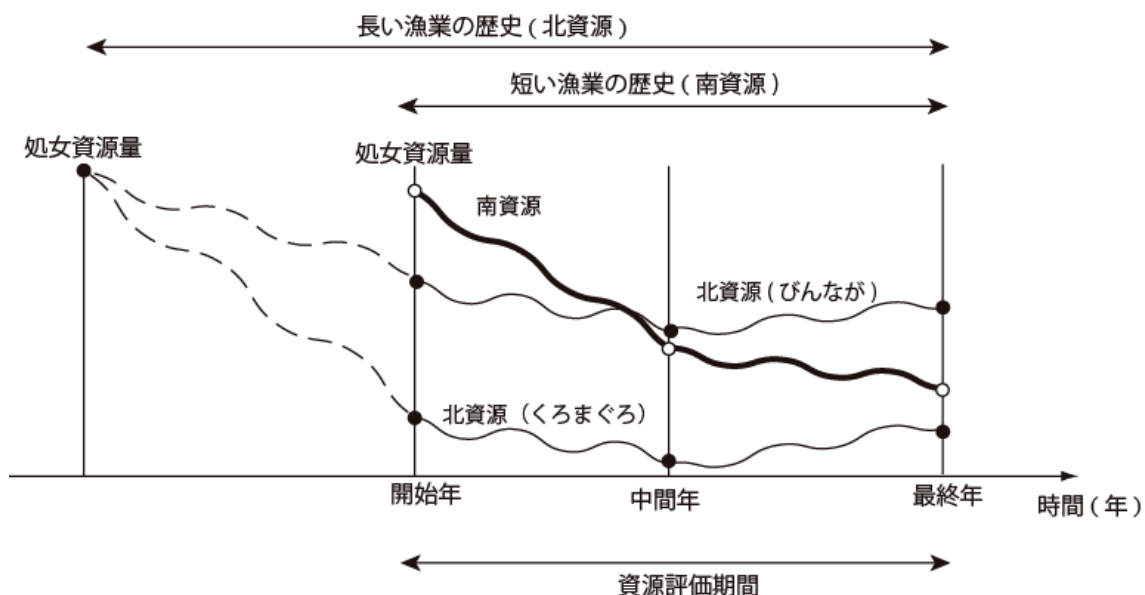


図3 北資源と南資源の資源動態の概念図。北資源の方が南資源に比べて漁業の歴史が長い。南資源は処女資源量（ $F=0$ の資源量）から単調に減少している、北資源は、一旦減少して回復している点の特徴。

表2 数値シミュレーションの結果。緑だと加入乱獲に陥る確率が10%以下、赤になるほど加入乱獲に陥る確率は高くなる。再生産プロセスの誤差が大きいほど、また親子関係が不明瞭な（ h が1に近い）ほど過去の経験値にもとづく資源管理基準値（Floss）のほうが加入乱獲を起こす可能性が低い。

まぐろの タイプ	親子関係	誤差小		誤差大	
		Fmsy	Floss	Fmsy	Floss
南資源	明瞭	0.49	0.5	0.36	0.31
	中間	0.28	0.21	0.07	0.05
	不明瞭	0.07	0.06	0.04	0
北資源	明瞭	0.57	0.96	0.65	0.6
	中間	0.15	0.57	0.11	0.17
	不明瞭	0	0.08	0.21	0.01

少なくなるかどうか)を比較し、北資源に適した管理基準値の検討を行った。北資源と南資源の実際の資源評価結果をもとに、それぞれの資源動態を比較的シンプルな(加入により増加し、自然死亡と漁獲死亡で減少する)数理モデルで再現した。資源量指数の観測誤差(漁業や測定において観察(推定)されたデータの値と真値の誤差)や資源動態モデルのプロセス誤差(親魚が産卵して、孵化した仔魚が成長して漁業に加入する過程で生じる親子関係の自然な変動の誤差で、真の親子関係を不明瞭にする誤差)がある条件のもとで100回の数値シミュレーションをおこない、資源動態モデルと同じ構造をもつ推定モデルを用いて最尤法により資源量、パラメータ(h と B_0)、管理基準値(F_{MSY} と F_{loss})の推定を行った。誤差のない真の状態でもとまる F_{MSY} をベースとした加入乱獲の閾値に対して、推定されたそれぞれの管理基準値(F_{MSY} と F_{loss})の比較を行った(表2)。資源の再生産力の強さ(h の大きさ)やプロセス誤差の大きさにかかわらず、南資源に対しては F_{MSY} ・ F_{loss} ともにパフォーマンスはよかった。一方、北資源に対しては、再生産力が高く(親子関係が不明瞭で h が1に近く)、プロセス誤差が大きい場合、 F_{loss} のパフォーマンスはよかったが、 F_{MSY} は加入乱獲に陥る可能性が高かった。すなわち F_{MSY} では誤った目標に従って管理が行われる可能性が高くなることが示された。これらの結果から、南資源に対しては F_{MSY} でもよいが、北資源に対しては F_{loss} の方が F_{MSY} より良いことを示せた。これにより、現在WCPFCにおいて管理基準値に関する議論が行われている中で、南資源で用いられている階層ベースで提案されている管理基準値と

は異なる北資源独自の管理基準値を提案することができた。

おわりに

筆者は今年の4月に国際水産資源研究所内で太平洋くろまぐろ資源グループからまぐろ漁業資源グループへ異動になった。現在のグループではさめ類とかじき類の国際会議対応(資源評価、データ解析の仕事)を主に行っている。また、7月には測定調査・情報収集のため気仙沼市場をはじめ訪れた。まだ、私自身なれていないことも多いが、同グループ関係者とも協力しながら業務をこなしている。今後、少しでも国際水産資源の管理に貢献できる仕事をしたいと考えている。その中で管理基準値の問題は、特定のグループの枠をこえて対応すべきテーマなので、今後も各グループと協力しながら、よりよい研究(例えば、これまで検討されていないサメの管理基準やWCPFCでこれから議論が始まる目標管理基準などについての研究)ができればと思っている。最後に管理基準値の研究にあたり、お世話になったすべての関係者にお礼を述べたい。

引用文献

- Cook, R. M. 1998. A sustainability criterion for the exploitation of North Sea cod. ICES J. Mar. Sci., 55(6): 1061-1070. doi: 10.1006/jmsc.1998.0349.
- FAO, 1994. World review of highly migratory species and straddling stocks. FAO Fish.Tech.Pap., (337):70 p.
- Harley, S. J. 2011. Preliminary examination of

- steepness in tunas based on stock assessment results. WCPFC-SC7-2011/IP-08_rev1, Pohnpei, Federated States of Micronesia, 9-17 August 2011. *Available at* <http://www.wcpfc.int/doc/sa-ip-08/preliminary-examination-steepness-tunas-based-stock-assessment-results>
- Harley, S. J., Berger, A. M., Pilling, G. M., Davis, N., and Hampton, J. 2012. Evaluation of stock status of south Pacific albacore, bigeye, skipjack, and yellowfin tunas and southwest Pacific striped marlin against limit reference points. WCPFC-SC8-2012/MI-WP-01_rev1, Busan, Republic of Korea, 7-15 August 2012. *Available at* <http://www.wcpfc.int/node/4587>
- International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean. 2012. 2012 intercessional report. Webinar. *Available at* <http://isc.ac.affrc.go.jp/pdf/2012Intercession/FINAL%20-%20Dec%202012%20ISC%20Intercessional%20Plenary%20Meeting%20Report.pdf>
- Kai, M., Okamura, H., Ichinokawa, M., and Kurota, H. 2012. Applicability of historically-based limit reference points to North Pacific tuna stocks. WCPFC-MOW1/DP-02_rev1, Manila, Philippines, 28-29 November 2012. *Available at* <http://www.wcpfc.int/meetings/2012/WCPFC-Management-Objectives-Workshop>
- Kurota, H., and Kai, M. 2012. Characteristics of historical population dynamics of temperate tunas in the north Pacific and implementation for management. WCPFC-MOW1/DP-01_rev1, Manila, Philippines, 28-29 November 2012. *Available at* <http://www.wcpfc.int/meetings/2012/WCPFC-Management-Objectives-Workshop>
- Mace, P. M. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51, 110-122.
- Mangel, M., Brodziak, J., and Dinardo, G. 2010. Reproductive ecology and scientific inference of steepness: a fundamental metric of population dynamics and strategic fisheries management. *Fish Fish.*, 11(1): 89-104. doi:10.1111/j.1467-2979.2009.00345.x.
- United Nations Convention on the Law of the Sea, Dec. 10, 1982, 1833 U.N.T.S. 397.
- United Nations. 1995. Draft agreement for the implementation of the provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks. United Nations Conference on Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, fifth session, 27 March-12 April, New York, 37 p.

連載コラム：海と漁業と生態系 【第3回】海洋生態系モデルの群像



外洋資源部 外洋生態系グループ長 清田 雅史

前号では生態系研究に色々なアプローチがあることを紹介した。しかし、生態系の研究と言えば、まず『生態系モデル』を思い浮かべる方も多いであろう。単一種の状態や動向は調査や漁獲を通じて推測可能だが、たとえ小さな湾であっても生態系全体を観測するには莫大な労力を要するため、コンピューター上のモデルを通じてシステムの状態を推察するのは合理的な方法である。生態系に対する我々の理解や利用可能なデータは限られており、モデルは現実を極端に簡略化したものにならざるを得ない。しかし、だからといって悲観することもない。生態系モデルに限らず、そもそもモデルとは、特定の目的のために現実の複雑さや多様性を切り捨てて部分的な因果関係を表現したものであり、単純なモデルはダメで複雑なものほど役立つとも限らないからである。例えば、ガリレオがピサの斜塔から鉄球を落とした際には、空気抵抗を無視することによって自由落下する物体は質量によらず同速度で落ちると結論づけ、重力理論への扉を開いた。またニュートンの運動方程式は、素粒子やブラックホールの挙動を説明できないかもしれないが、日常的な物体の運動を合理的に説明・予測する理論体系として現在も重用されている。大切なのは、各モデルが何を目的とし、どのような単純化を経て作られたものであるか理解すること、言い換えればギャップと限界を知っておくことである。

1) 海洋生態系モデルを何に使うか？

期待の大きさや華やかな外見とは裏腹に、生態系モデルは意外に不器用である。アーミーナイフのような万能ツールではなく、出刃包丁やソムリエナイフのように、特定の目的のために作られた単機能の道具と考えておく方が良い。海洋生態系モデルを利用する目的として、次のようなことが考えられるだろう：

- 1) 生態系の構造や特徴を理解する
- 2) 生態系の変動機構や影響要因を説明する
- 3) 温暖化の影響など将来を予測する

- 4) インパクトやリスクを評価する
- 5) 漁業管理や空間管理などの管理方策を評価する
- 6) 異なる立場の人々の利害を調整し合意形成を図る

多数の構成要素間の関係や、環境変化や人間活動などの外力に対する挙動を描き出すのは、生態系モデルが得意とするところである。一方、関係式やパラメータの不確実性が大きいため、単一魚種管理におけるMSYのような最適状態を直接導き出すことは苦手としている。『ああすればこうなるだろう』と言ってくれるが『こうするのがベスト』とは教えてくれないのが生態系モデルである。前稿にも書いたように、何がベストであるかはモデルを利用する人間が別途考えなければならない。

2) モデルの仕立てと構造

モデリング＝現実世界の単純化の第一歩は、まず構成種を絞り込む、もしくは、大雑把にまとめることである。最も関心がある種と、その餌生物、捕食者といった少数種だけをピックアップしたモデルは、**MRM** (Minimum Realistic Model、最小の現実的なモデル) と呼ばれる。これは生態系というよりむしろ種間相互関係のモデリングである。一方、基礎生産から高次捕食者まで、生態系の栄養構造の端から端までをカバーするモデルは、**end-to-endモデル** と呼ばれる。そうしたモデルでは、構成種を分類、機能、体サイズなどにより類似したグループ(コンパートメント)にまとめるやり方が一般的であるが、逆に同一種を成長段階によって別の機能グループに分ける場合もある。変わったところでは、小型の生物が多く大型の生物ほど少ない体サイズ構造(サイズスペクトル)に沿ってエネルギーやバイオマスが分布することが生態系の本質であると捉え、消費者を種別に識別することなく、時間軸、空間軸に加えて体サイズ軸上のエネルギーの流れを捕食被食関係や代謝、成長、再生産によって定式化する独創的な発想のモデルもある (Maury et al. 2007, Maury 2010)。

生態系モデリングの第二段階は、生態系の原動力である太陽エネルギーが、植物によって有機物に変換され生態系の中を受け渡されていく様子を、特定のプロセスに注目して数学的に表現することである。活動を定量化する“通貨単位”はプロセスに応じて異なり、栄養塩量、エネルギー量、湿重量、個体数などが使い分けられる。例えば、物質循環モデルは温度や光に対する栄養塩の動態を定式化して表し、食う食われるの関係のモデルでは、摂食、同化、排泄などのエネルギー代謝による生物量の増減や個体数の死亡生残過程が定式化される。この定式化された数式群こそがモデルの核心であり、モデル制作者の“生態系観”を表現したものである。同一モデル内でも低次生産者から高次捕食者へ移行するに伴い、異なるプロセスに視点を移して通貨を両替することもある。

さらに、個々のプロセスを表す関係式の特徴によってモデルの挙動は異なったものとなる。例えば、食う食われるのモデルにおいて餌生物の密度と捕食者の摂食率の関係を表わす関数（functional response）の設定によって、捕食者が餌生物の変動に与えるトップダウン効果は大きく変化する（図1）。例えば、マイワシの豊漁期に9：1の割合でマイワシとサンマを食べていた捕食者が、マイワシの現存量が半分になっても

そのままの割合で食べ続ければマイワシの減少に拍車がかかることを想像してみると良い。関係式の内容以前に、食べられた餌生物の減少と食べた捕食者の増加の両方を定式化する双方向カップリングもあれば、どちらか一方しか考慮しない場合もある。前稿で紹介したMSVPAは前者の被食死亡のみを種間関係として表すが、プランクトンに対する捕食者のモデルでは被食によるプランクトンの減少を考慮しない場合もある。

空間的不均一性もモデル特性を決める重要な要因である。対象とする生態系を、フラスコのような均一空間として一まとめにして扱う**ボックス型モデル**もあれば、細かいメッシュに分けて現実の物理場を模したモデルもある。後者の不均一な空間モデルでは、構成要素のメッシュ内の現存量とメッシュ間移動率を移流拡散方程式等で表すことが多いが、高次捕食者の複数個体もしくは群れがある行動ルールに従って時間ステップごとに移動しながら捕食、成長生残、再生産などを経験し、それら個体の総和として個体群の挙動を表す**個体ベースモデル（IBM、ABM）**が使われることもある。

3) 主要な海洋生態系モデル

上記の観点を踏まえ、海の生態系モデルをいくつか

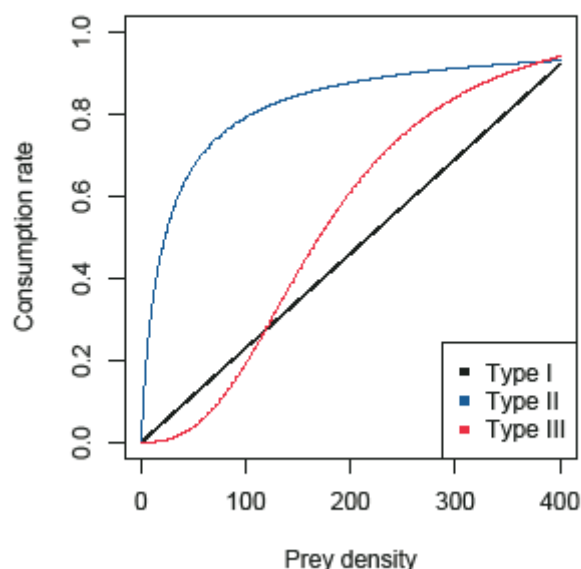


図1 餌生物密度と摂食率の関係を示すホリングのfunctional responseの模式図。I型は密度に比例して摂食する非選択的（日和見的）捕食者、II型は餌密度が低くなくても同じ餌を食べようとする選択的捕食者、III型はある程度餌密度が低くなると他の餌に切替えるスイッチング捕食者を表す。

ピックアップして紹介する。著者のウェブページにはより詳しい情報を掲載しているので、関心のある方はご参照いただきたい (<http://cse.fra.affrc.go.jp/kiyo/home/pop/intro/Ecosystem.html>)。

NPZモデルは、海洋学や湖沼学の生態系モデルとして古くから使われているもので、栄養塩 (N) を利用する植物プランクトン (P)、それを食べる動物プランクトン (Z) の動態を表す物質循環モデルである (図2)。植物プランクトンの生物量はクロロフィル量によって観測され、その変動は光合成による生産と分泌、呼吸、被食、死亡、沈降などの代謝を表す微分方程式として定式化される。光合成は栄養塩、光、温度に対する関係式になっている。動物プランクトンの生物量は、摂食と排泄、自然死亡などの微分方程式となる。このような生物化学過程を表す連立微分方程式を解くことによって、栄養塩、動物プランクトン、植物プランクトンの変化量や定常状態を求めるのがNPZモデルである (Franks 2002)。NPZに分解過程の有機物であるデトライタス (D) を加えた **NPZDモデル** も一般的に用いられ、さらにプランクトン食魚を組み込んだNPZDFモデルも開発されている (Fennel 2010)。当初のNPZモデルでは鉛直混合だ

けが考慮されたが、その後空間構造の拡張も行なわれている。中でもPICESのプロジェクトとして開発された**NEMURO**は有名で (Kishi et al. 2007)、鉛直方向のみ考慮したボックス型NEMUROに始まり、3次元の海洋大循環モデルと組み合わせた3D-NEMUROや、その上で捕食者であるイワシなど魚のIBMモデルを動かすNEMURO.FISH (Okunishi et al. 2009, 伊藤 2010) などの開発が進められている。海洋環境データとして過去の観測値や同化データを入力すれば現象の理解や説明に役立ち、地球規模の大気海洋循環モデルと組み合わせることで将来予測にも応用できる点がこれらモデルの強みである。

一方、資源動態モデルの延長として高次捕食者側から組み立てられるのがMRM系のモデルである。前稿で言及した**MSVPA**は、魚の齢構成資源動態モデルであるVPAに被食死亡を組み込んだモデルである。A. パントとD. バタワースが開発したオリジナル**MRM**は、南アフリカ沖の2種のヘイク (メルルーサ) をめぐるオットセイと漁業の関係を検討するために開発された (図3、Punt and Butterworth 1995)。ヘイクは2種をまとめた齢構成モデルとなっており、大型のヘイクやオットセイは、ホリングのII型の functional

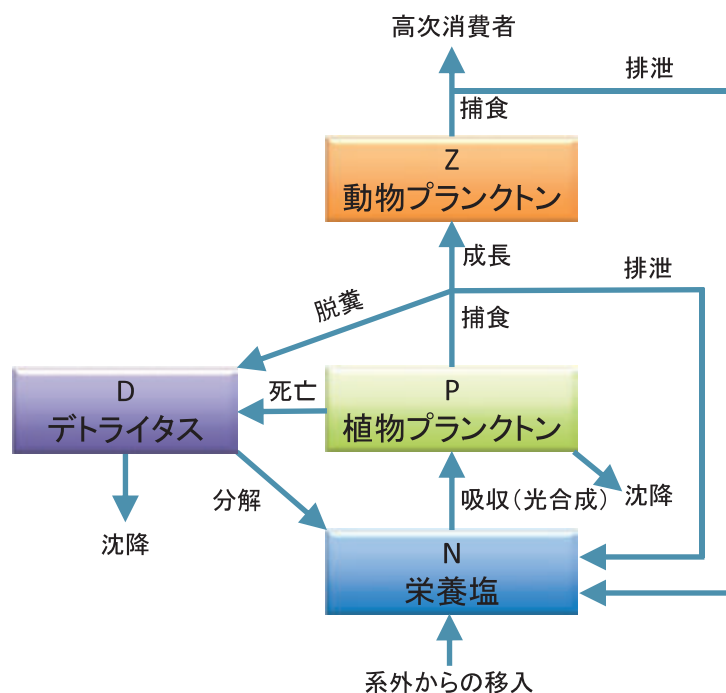


図2 NPZDモデルにおける構成要素間の栄養塩の流れを示す模式図

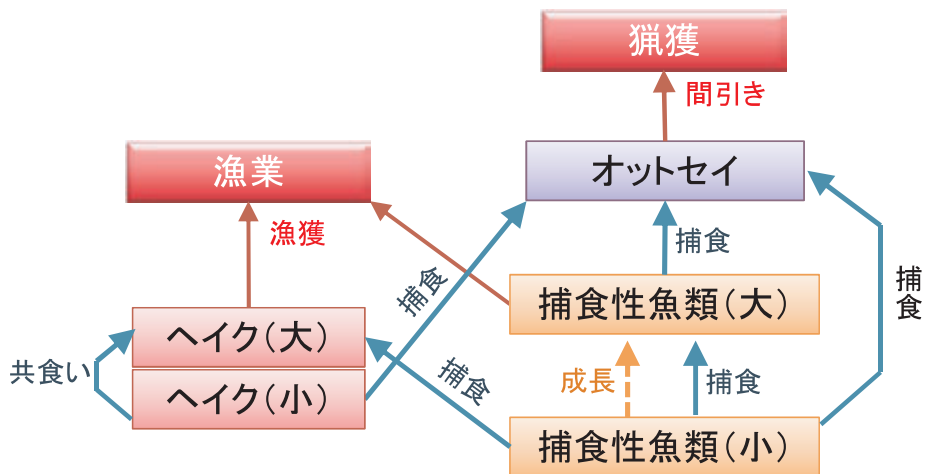


図3 南アフリカ沖のヘイク(メルルーサ)と漁業とオットセイの関係に関するPunt and Butterworth (1995)のオリジナルMRMにおける構成要素間の生物量の流れを表す模式図

response (図1 青線の餌密度・捕食率関係)に従って小型魚を捕食するように作られている。同様に北大西洋においても、クジラやアザラシなどの海生哺乳類と魚類資源と漁業の関係を解析するため、動物プランクトンと数種の魚を組み込んだ**MULTSPEC**や**BORMICON**といったモデルが作られた。それに汎用性・柔軟性を持たせた**Gadget**は、空間的な移動を取り扱う改良も施されている (Begley and Howell 2004)。

豪州のB. フルトンが作った**Atlantis**は、NPZDモデルをベースとして、エネルギー代謝モデルや齢構成モデルを組み合わせることで、基礎生産から高次捕食者までカバーするフルスケールのend-to-endモデルである (Link et al. 2010, 図4)。3次元ポリゴンで表現された物理場の上に、物質循環、基礎生産、餌生物、高次捕食者を組み合わせた生物物理モデルが生態系の本体を表す。高次捕食者は齢構成モデルになって

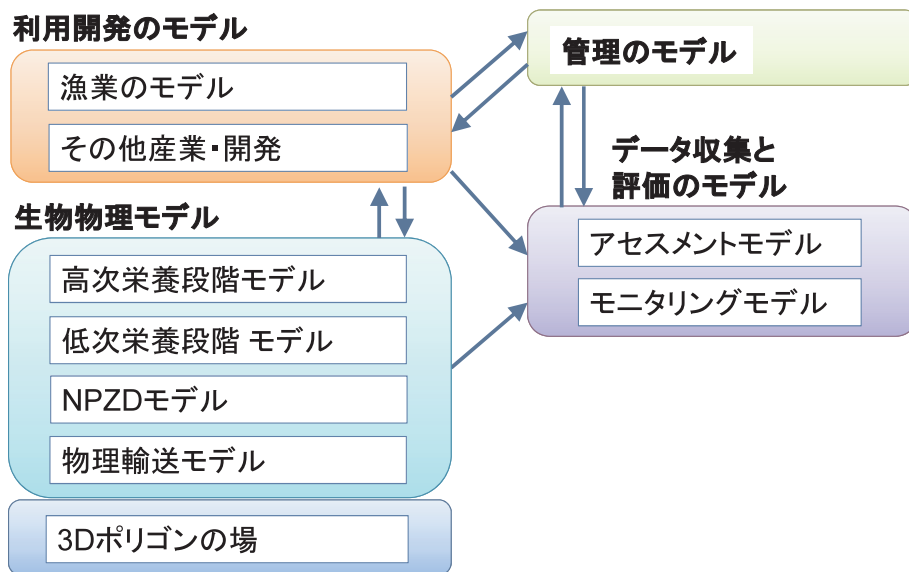


図4 Atlantisのモデル構造を表す模式図。生態系を表す生物物理モデルと利用、評価、管理を表すモジュール状のサブモデルを組み合わせ、管理戦略評価を行なうことを目的として開発されている。

いて、成長式や再生産関係式を選択可能である。本稿冒頭で生態系モデルは単機能ツールであると述べたが、Atlantisは例外的に欲張りな多機能モデルで、管理戦略評価（MSE）のためのオペレーティングモデルとして設計され、メインの生物物理モデルに、漁業や開発のモデル、モニタリングと資源評価のモデル、漁業や水域の管理モデルを組み合わせることで、TAC管理、努力量管理、禁漁期、保護区、ゾーニングなどの効果を予測し、管理施策の有効性を評価することができる。基礎生産、餌生物、高次捕食者の各段階に現時点で最善と思われる複雑なモデルを組み込み、双方向のカップリングを重視しているため、パラメータ数が非常に多く、モデル内ではパラメータを最適化できないため、食性や資源特性について確度の高い大量の情報を必要とする。

SYPODYMはマグロ類の複数漁業管理（主に時空間管理）と環境変動の影響予測を主眼として、フランス人モデラーP. レホディが作ったモデルである（Lehodey et al. 2008, 清藤2010, 図5）。大洋規模の

物理環境・低次生産と高次捕食者の回遊・個体群動態を組み合わせているが、中間栄養段階の餌生物（マイクロネクトン）の生物量や分布に不明点が多いため、マイクロネクトンを日周鉛直分布によって6つの機能群に分け、サイズ依存性の効率による基礎生産からのエネルギー転換と、温度依存性の再生産および死亡と移動によって簡略化している。餌生物の得やすさと水温、溶存酸素に基づきマグロにとっての環境適性指標を作り、流れと環境指標をもつ場の中でマグロが分布を変え、摂餌回遊と産卵回遊を行う。仔魚の生残は温度と基礎生産と捕食者（マイクロネクトン）の影響を経て加入に至る。メッシュ状の環境中を高次捕食者が移動する生活史モデルだが、マグロの行動はIBMではなく移流拡散方程式によって表されている。餌生物を単に環境指標として用いるなど、一方向のカップリングが多く、物理環境による制約が強いモデルで、高次捕食者だけが漁獲される外洋域に適している。多数のパラメータを含む複雑なモデルであるが、サイズ別時空間別の漁獲量を実際の漁業データに合わせてチュー

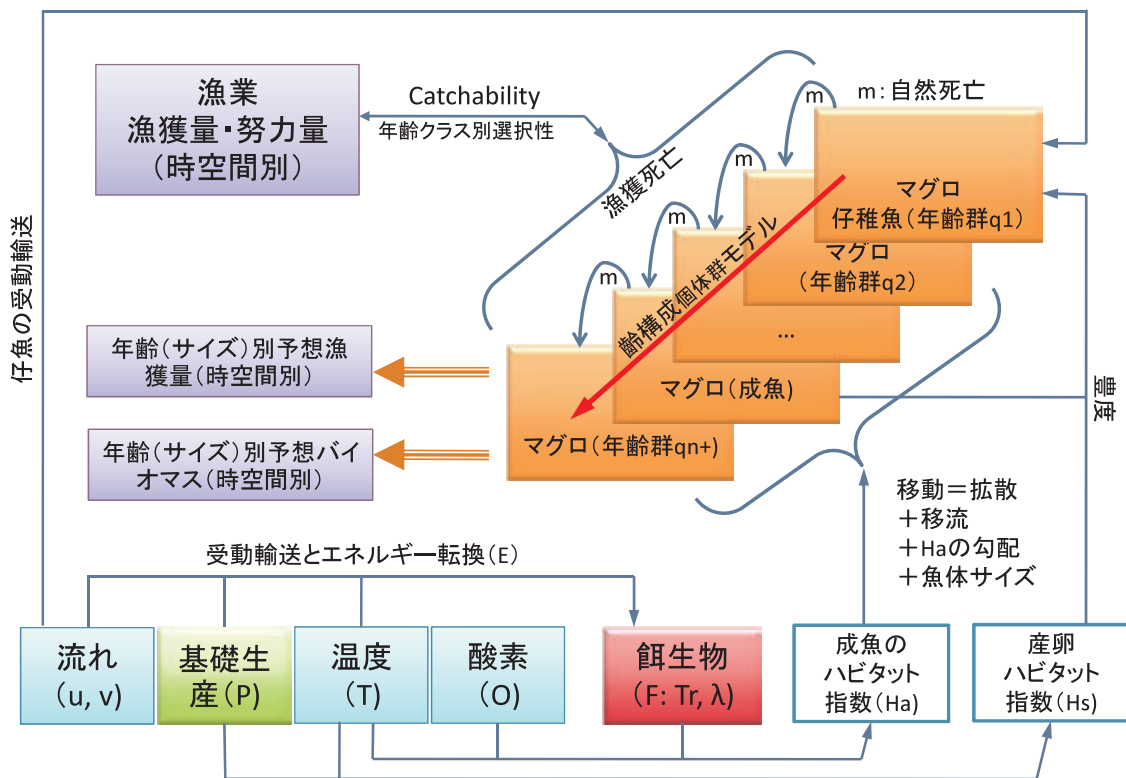


図5 SEAPODYMにおける海洋環境と餌生物とマグロ年齢構成モデルの関係を表す模式図。マグロの分布回遊、資源動態は詳細にモデリングされている一方、餌生物は単にマグロにとっての環境の好適性を表す指標として用いられる点が特徴的である。

ニングすることで、パラメータが最適化される。情報が不足しているマイクロネクトンを適度に簡略化し、高次捕食者も1~2種に絞り込むことによって物理環境と低次生産を高度回遊性魚類までリンクさせた、目的特化型のend-to-endモデルがSYPODYMである。各段階の優等生を集め全方向ベストを尽くすAtlantisとは対照的で面白い。

Ecopathは上述のモデルとは異なるアプローチで、植物プランクトンから高次捕食者まで、生態系構成要素間の食う食われるの関係を生物量（バイオマス）の収支として表現するネットワーク型のマスバランスモデル（Christensen and Walters 2006, 図6）で、次の2つの式を基本とする。

$$\text{摂取量} = \text{生産量} + \text{呼吸量} + \text{同化されない排泄量} \quad \dots(1)$$

$$\begin{aligned} \text{生産量} = & \text{被食量} + \text{漁獲量} + \text{移出入} \\ & + \text{生物量蓄積量} + \text{その他の死亡} \quad \dots(2) \end{aligned}$$

(1)式は食べた生物量のうち、呼吸による消費量と、同化されずに糞などから排泄される量を除いた分が生産量になることを表す。(2)式は、生産量が右辺の

各項の合計とつりあいが取れた状態にあることを示す。通常餌生物と捕食者は多対多の関係になるので、(2)式の被食量は複数の捕食者によって食べられた量の合計となり、(1)式の摂取量は複数の餌生物を食べた量の合計値になる。このようにして、各構成要素が相互に関係を持った連立方程式ができあがる。こうしたネットワークのフロー解析は1970年代から行なわれており、R. ウラノヴィッツによりEcoNetwrkという解析プログラムも作成されていた（Kay et al. 1989, Ulanowicz 2004）。それら先行研究を差し置いてEcopathが今日広く使われている一つの理由として、(1) (2)式の各項を現存量に対する比率で表すことにより、漁業関連データとの親和性を高めた点が考えられる。例えば、ベーリング海のオットセイはスケトウダラを年間何トン食べるか？と問われても即答はむずかしいが、オットセイの現存量推定値に、体重当り摂食量、胃内容に占めるスケトウダラの割合を乗じることによりそれらしい値を推定することができるだろう。体重あたりの摂食量や生産量などの観測値がなければ、

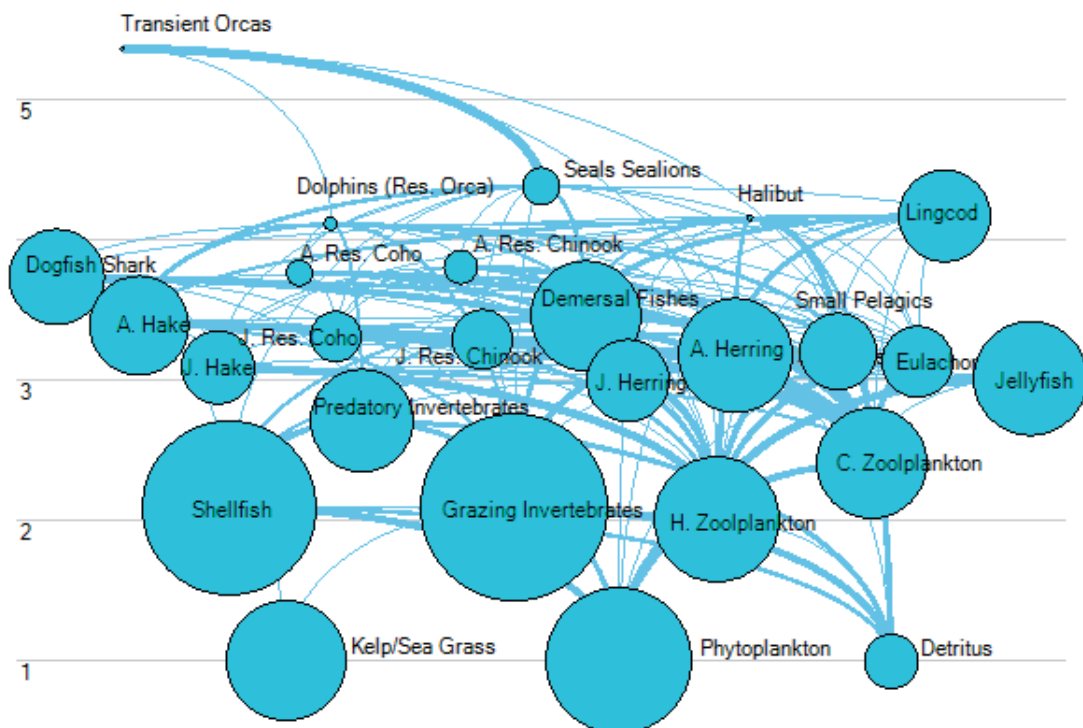


図6 Ecopathに付属するGeorgia Straitモデルの構成要素間の関係を表すフロー図。構成要素は捕食被食に伴うバイオマスの流れによって連結され、ネットワークを形成する。各構成要素の円の大きさは現存量、上下方向の位置は栄養段階を、線の太さはフローの量を表す。

文献上の近縁種の値やアロメトリー関係式を引用することによって、とりあえずパラメータを入力可能であり、不明な部分は(1)式の同化されない排泄量で調節することも可能である。

Ecopathは(1)式と(2)式が釣り合った定常状態から、各栄養段階の生物量やフローのなどのネットワーク特性値や漁獲の利用特性を計算するモデルであるが、(2)式の右辺全体を左に移行したものを生物量の微分方程式

$$dB/dt = \text{生産量} - \text{被食量} - \text{漁獲量} - \text{移出入} \\ - \text{生物量蓄積量} - \text{その他の死亡}$$

としたものが**Ecosim**である。Ecosimの導入により、バランスがとれた平衡状態の系に何らかの外乱が加わることで引き起こされる変化を手軽に予測できるようになったこともEcopath with Ecosim (EwE)を普及させたもう一つの理由であろう。ただし、Ecosimはあくまで平衡状態を前提とし、そのバランスを崩した場合の変化を予想するシミュレーターであることを理解しておくべきである。functional responseに相当する餌生物の食べられやすさを表現するvulnerabilityパラメータによってEcosimの挙動は大きく変化するが、過去の時系列データに基づきvulnerabilityパラメータをチューニングする機能も内蔵されている(岡村2004)。近年では齢構造モデルの導入や、Ecosimの空間を分割して海洋保護区などの空間管理の効果を予測するための拡張(Ecospace)もなされている。漁業調査データと相性が良く、ネットワーク解析値なども容易に得られるEwEについては、次の機会に具体的な使い方を紹介することとしよう。

引用文献

- Begley, J., Howell, D. 2004. An overview of Gadget, the Globally applicable Area-Disaggregated General Ecosystem Toolbox. ICES CM 2004/FF:13. 15pp.
- Christensen, V., Walters, C.J. 2004. Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecological Modelling*, 172 : 109-139.
- Fennel, W. 2010. A nutrient to fish model for the example of the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems*, 81 : 184-195.
- Franks, P. J. S. 2002. NPZ models of plankton dynamics: their construction, coupling to physics, and application. *Journal of Oceanography*, 58 : 379-387.
- 伊藤進一. 2010. 低次生態系モデルNEMUROの開発の歴史. 水産資源管理談話会報, 44 : 1-20.
- Kay, J. J., Graham, L. A., Ulanowicz, R. E. 1989. A detailed guide to network analysis. In Wuff, F., Field, J. G., Mann, K. H. (eds): *Network analysis in Marine Ecology: Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin. : 15-61.
- Kishi, M. J., Kashiwai, M., Ware, D. M., Megrey, B. A., Eslinger, D. L., Werner, F. E., Noguchi-Aita, M., Azumaya, T., Fujii, M., Hashimoto, S., Huang, D., Iizumi, H., Ishida, Y., Kang, S., Kantakov, G. A., Kim, H., Komatsu, K., Navrotsky, V. V., Smith, S. L., Tadokoro, K., Tsuda, A., Yamamura, O., Yamanaka, Y., Yokouchi, K., Yoshie, N., Zhang, J., Zuenko, Y. I., Zvalinsky, V. I. 2007. NEMURO-a lower trophic level model for the North Pacific marine ecosystem. *Ecological Modelling*, 202 : 12-25.
- Lehodey, P., Senina, I., Murtugudde, R. 2008. A spatial ecosystem and population dynamics model (SEAPODYM) - Modelling of tuna and tuna-like populations. *Progress in Oceanography*, 78 : 304-318.
- Link, J. S., Fulton, E. A., Gamble, R. J. 2010. The northeast US application of ATLANTIS: A full system model exploring marine ecosystem dynamics in a living marine resource management context. *Progress in Oceanography*, 87 : 214-234.
- Maury, O. 2010. An overview of APECOSM, a spatialized mass balanced "Apex Predators ECOSystem Model" to study physiologically structured tuna population dynamics in their ecosystem. *Progress in Oceanography*, 84 : 113-117.
- Maury, O., Faugeras, B., Shin, Y-J., Poggiale, J-C., Ari, T. B., Marasac, F. 2007. Modeling

environmental effects on the size-structured energy flow through marine ecosystems. Part 1: the model. *Progress in Oceanography*, 74: 479-499.

岡村寛. 2004. 生態系モデルを用いた漁業の影響評価. 水研センター研究報告, 10 : p60- 91.

Okunishi, T., Yamanaka, Y., Ito, S. 2007. A simulation model for Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) migrations in the western North Pacific. *Ecological Modelling*, 220 : 462-479.

Punt, A. E., Butterworth, D. 1995. The effects of future consumption by the Cape fur seal on catches and catch rates of the Cape hakes. 4. Modelling the biological interaction between Cape fur seals and the Cape hakes. *South African Journal of Marine Science*, 16 : 255-285.

Ulanowicz, R. E. Quantitative methods for ecological network analysis. *Computational Biology and Chemistry*, 28 : 321-339.

刊行物ニュース（平成24年1月～平成24年12月：2012）

（下線を付けた著者は国際水産資源研究所の研究者を示す）

学術雑誌・書籍等

- Chen, K.-S., Shimose, T., Tanabe, T., Chen, C.-Y., Hsu, C.-C. (2012) : Age and growth of albacore *Thunnus alalunga* in the North Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, 80 (6) : 2328-2344.
- Ito, M., Kazama, K., Niizuma, Y., Minami, H., Tanaka, Y., Watanuki, Y. (2012) : Prey resources used for producing egg yolks in four species of seabirds: insight from stable-isotope ratios. *Ornithological Science*, 11 (2) : 113-119.
- Kanaji, Y., Tanabe, T., Watanabe, H., Ooshima, T., Okazaki, M. (2012) : Variability in reproductive investment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in relation to the ocean-climate dynamics in the tropical eastern Indian Ocean. *Marine and Freshwater Research*, 63 (8) : 695-707.
- 清田雅史・高橋紀夫. (2012) : サンプリングデザインとデータ解析～資源選択解析に挑戦しよう！ 哺乳類科学, 52 (1) : 110-113.
- 清藤秀理・岡本俊. (2012) : 竿釣および曳縄漁業データによるカツオ資源豊度指数の開発. 月刊海洋, 44 (4) : 215-223.
- 黒坂浩平・柳本卓・若林敏江・重信裕弥・越智洋介・稲田博史. (2012) : ミトコンドリアDNA分析から推測されたアカイカの遺伝的集団構造について. 日本水産学会誌, 78 (2) : 212-219.
- Lan, K.W., Nishida, T. (2012) : Environmental effects on yellowfin tuna catch by the Taiwan longline fishery in the Arabian Sea. *International Journal of Remote Sensing*, 23 (1) : 7491-7506.
- Matsuoka, K., Hakamada, T., Kiwada, H., Murase, H., Nishiwaki, S. (2012) : Abundance estimates and trends for humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Antarctic Areas IV and V based on JARPA sightings data. *Journal of Cetacean Research and Management*, 3 (special issue) : 75-94.
- Murase, H., Bravington, M. (2012) : Potential lines of enquiry when considering changes in abundance estimates from CPII and CPIII. *Journal of Cetacean Research and Management*, 13 (supplement) : 187-188.
- Murase, H., Kawabata, A., Kubota, H., Nakagami, M., Amakasu, K., Abe, K., Miyashita, K., Oozeki, Y. (2012) : Basin-scale distribution pattern and biomass estimation of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the western North Pacific. *Fisheries Science*, 78 : 761-773.
- 村瀬弘人・小野寺恵一. (2012) : JARPNII春季仙台湾鯨類餌環境調査における宮城県漁業調査指導船「拓洋丸」の活躍. 鯨類通信, 454 : 18-25.
- Nishizawa, H., Okuyama, J., Abe, O., Kobayashi, M., Arai, N. (2012) : Mitochondrial DNA variation in Hawksbill Turtles (*Eretmochelys imbricata*) nesting on Ishigaki Island, Japan. *Marine Turtle Newsletter*, (132) : 1-2.
- 岡本俊・清藤秀理. (2012) : 空間生態系-資源動態モデルSEAPODYMによる中西部太平洋でのカツオ資源動態に関する研究. 空間生態系-資源動態モデルSEAPODYMによる中西部太平洋でのカツオ資源動態に関する研究. 月刊海洋, 44 (3) : 155-164.
- Okamura, H., Minamikawa, S., Hans, J. S., Kishiro, T. (2012) : Abundance estimation of long-diving animals using line transect methods. *Biometrics*, 68 (2) : 504-513.
- Okuda, T., Kiyota, M. (2012) : Analysis of variability of krill size and fishery by-catch in the Japanese krill fishery based on scientific observer data. *CCAMLR Science*, 19 : 31-47.
- Okamoto, M., Kimura, H., Hoshino, K., Yanagimoto, T., Hayashibara, T. (2012) : New records of the online scorpionfish, *Phenacoscorpius megalops* (Actinopterygii: Scorpaeniformes: Scorpaenidae), from the Emperor Seamounts, central North Pacific. *Biogeography*, 14 : 77-81.
- Roger, V., Danna, J. S., Juan, A., Anna, B., Susana, C.-C., Chingis, N., Giuliano, P., Daniel, Q., Sakai, M., Sakurai, Y., César, S.-Z., Roxana De S.-D., Ricardo, T., Carmen, Y., Erica, V. (2012) : A laboratory guide to in vitro fertilization of oceanic squids. *Aquaculture*, 342-343 : 125-133.
- Sakai, O., Yamamura, O., Sakurai, S., Azumaya, T. (2012) : Temporal variation in chum salmon, *Oncorhynchus keta*, diets in the central Bering Sea in summer and early autumn. *Environmental Biology of Fishes*, 93 (3) : 319-331.
- Suzuki, G., Aragaki, S., Kai, S., Hayashibara, T. (2012) : Habitat differentiation in the early life stages of simultaneously mass-spawning corals. *Coral Reefs*, 31 (2) : 535-545.
- Shimose, T., Yokawa, K., Saitou, H., Tachihara, K. (2012) : Sexual difference in the migration pattern of blue marlin, *Makaira nigricans*, related to spawning and feeding activities in the western and central North Pacific Ocean. *Bulletin of Marine Science*, 88 (2) : 231-250.
- Sato, N., Ochi, D., Minami, H., Yokawa, K. (2012) : Evaluation of effectiveness of light streamer tori-lines and characteristics of bait attacks by seabirds in the western North Pacific. *PLoS ONE*, 7 (5) : doi:10.1371/journal.pone.0037546.
- Suzuki, G., Arakaki, S., Suzuki, K., Iehisa, Y., Hayashibara, T. (2012) : What is the optimal density of larval seeding in *Acropora* corals?. *Fisheries Science*, 78 : 801-808.
- Tanaka, Y., Minami, H., Ishihi, Y., Kumon, K., Higuchi, K., Eba, T., Nishi, A., Nikaidou, H., Shiozawa, S. (2012) : Relationship between prey utilization and growth variation in hatchery-reared Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel), larvae estimated using nitrogen stable isotope analysis. *Aquaculture Research*, online : doi : 10.1111/j.1365-2109.2012.03258.x.
- Taguchi, M., Shigenobu, Y., Ookubo, M., Yanagimoto, T., Sugaya, T., Nakamura, Y., Saitoh, K., Yokawa, K. (2012) : Characterization of 12 polymorphic microsatellite DNA loci in the blue shark, *Prionace glauca*, isolated by next generation sequencing approach. *Conservation Genetics Resources*, 5 (1) : 117-119.
- 若林敏江・和田志郎・越智洋介・一井太郎・酒井光夫. (2012) : mtDNAデータに基づく北太平洋と南大西洋のアカイカ集団の遺伝的差異. 日本水産学会誌, 78 : 198-203.
- Wakabayashi, T., Suzuki, N., Sakai, M., Ichii, T., Chow, S. (2012) : Phylogenetic relationships among the family Ommastrephidae (Mollusca: Cephalopoda) inferred from two mitochondrial DNA gene sequences. *Marine Genomics*, 7 : 11-16.
- 米崎史郎. (2012) : 消化管内容物と餌生物のデータ比較から何がわかるのか？・・・キタオットセイの例. 哺乳類科学, 52 (1) : 111-111.
- 米崎史郎. (2012) : オットセイから見える東北沖海洋生態系の変動. 勇魚, (56) : 54-59.
- Yokota, K., Mitsunashi, N., Minami, H., Kiyota, M. (2012) : Perspective on the morphological elements of circle hooks and their performance in longline fisheries. *Bulletin of Marine Science*, 88 (3) : 623-629.

主な出来事 (平成24年10月1日～平成25年3月31日)

●国際会議

月	用 務	出張先
10	SEAPODYM打合せ及びMitigating impacts of fishing on pelagic ecosystems 会合 (清藤)	トゥルーズ、モンペリエ (フランス)
10	アメリカオオアカイカ資源調査計画協議 (酒井)	リマ、カヤオ (ペルー)
10	クロマグロ資源評価に関する情報収集と台湾科学者との意見交換 (竹内)	ラホヤ (アメリカ)
10	PICES年次会合 (中野、一井、酒井、加藤)	広島県広島市
10	IOTC資源評価手法・熱帯性まぐろ作業部会 (松本、佐藤 (主))	ポートルイス (モーリシャス)
10	クロマグロ資源評価の準備状況に関する意見交換 (竹内)	ラホヤ (アメリカ)
10～11	CCAMLR魚類作業部会 (一井、瀧)	ホバート (オーストラリア)
10～11	SEAFDECサメ専門家会合及び技術会合 (小倉)	バンコク (タイ)
11	ISCクロマグロ資源評価作業部会 (魚住、中野、竹内、大島、岩田、福田)	ホノルル (アメリカ)
11	ICCAT年次会合 (小倉)	アガディール (モロッコ)
11	イカ釣資源調査計画打合せ (酒井)	リマ、カヤオ (ペルー)
11～12	WCPFC管理目標作業部会及び年次会合 (魚住、中野、小倉、岡本、甲斐)	マニラ (フィリピン)
12	第4回FAO専門家パネル会合 (余川、清田)	ローマ (イタリア)
12	IOTC科学委員会 (岡本、松本)	ヴィクトリア (セーシェル)
1	ISCサメ類作業部会 (余川、高橋、平岡)	ラホヤ (アメリカ)
1	ISCかじき類作業部会 (余川、木元)	ホノルル (アメリカ)
2	国際捕鯨委員会主催のアイスランド捕鯨調査レビュー会合 (村瀬)	レイキャビク (アイスランド)
2～3	生物多様性条約 (CBD) 生態学的・生物学的重要海域 (EBSA) の北太平洋ワークショップ (本多、清田)	モスクワ (ロシア)
3	CITES 第16回ワシントン条約本会議 (余川、仙波)	バンコク (タイ)
3	日韓鯨類ワークショップ (宮下、木白、吉田)	釜山 (韓国)
3	ISSF資源評価ワークショップ「まぐろ類の漁獲制御ルールと管理基準値」(甲斐)	サンディエゴ (アメリカ)
3	NOAA、IATTC、スクリプス海洋研究所主催の資源評価の選択率についてのワークショップ (竹内、岩田)	ラホヤ (アメリカ)
3	IWC北太平洋ミンククジラ改定管理方式適用試験第2回中間作業部会 (宮下)	ラホヤ (アメリカ)
3	ISCビンナガ作業部会 (中野、竹内、岡本、松本、佐藤 (主)、清藤)	上海 (中国)
3	COMHAFAT鯨類目視調査事前検討会 (吉田)	アビジャン(コートジボアール)

●学会・研究集会

月	用 務	出張先
10	第28回北西太平洋ミンククジラ分科会 (魚住、宮下)	東京都
10	第28回個体群生態学会 (高橋)	東京都
10	造礁サンゴ分類研究会 (林原)	和歌山県串本町
10	イワシクジラ分科会 (宮下、木白、金治)	東京都
10	OPRTセミナー「畜養まぐろ漁業の管理の強化 ステレオカメラ導入をめぐる情勢」(境)	東京都
10～11	CIAC国際頭足類科学諮問委員会国際シンポジウム及び情報収集 (酒井、加藤)	フロリアノポリス (ブラジル)
11	2012年度水産海洋学会創立50周年記念大会 (加藤、米崎)	東京都
11	ISCサメ作業部会BSPワークショップ (余川、木元、平岡)	神奈川県横浜市
11	第15回日本サンゴ礁学会 (林原)	東京都
11	国際シンポジウム「マグロ養殖の革新技術と国際化」(山崎)	和歌山県串本町
11	第3回極域科学シンポジウム (村瀬)	東京都
11	捕獲調査分科会 (宮下)	東京都
12	板鰐類研究会シンポジウム (佐藤 (主)、平岡)	大阪府

12	研究集会「黒潮・黒潮統流域の生態系へのインパクト」(一井)	東京都
12	近畿大学GCOEシンポジウム(福田)	奈良県奈良市
12	イワクジラ分科会(宮下、木白、村瀬)	東京都
12	捕獲調査レビュー分科会(宮下、木白、村瀬)	東京都
1	2012年度勇魚会シンポジウム(米崎、村瀬)	東京都
2	第2回CLIOTOPシンポジウム(清田、米崎、福田)	ヌーメア(ニューカレドニア)
2	捕獲調査レビュー分科会(宮下、木白、吉田)	東京都
2	第29回北西太平洋ミンククジラ分科会(宮下、木白)	東京都
3	第60回日本生態学学会(高橋、米崎、奥田)	東京都
3	スナメリシンポジウム(吉田)	山口県下関市
3	2012年度春季水産海洋シンポジウム(一井、酒井、加藤、米崎)	東京都
3	平成25年度日本水産学会春季大会(阿部、松永、松本、境、加藤、藤岡、福田、山崎、芦田)	東京都
3	捕獲調査レビュー分科会(宮下、木白、村瀬)	東京都

●フィールド調査(海上) 水産庁船及び独法所属船

月	調査名	調査海域
10~11	カジキ・マグロ類漁場環境調査(余川:俊鷹丸)	北西太平洋亜熱帯・熱帯域(外国の200海里内は含まない)
11~12	熱帯性まぐろ類の産卵場環境調査(佐藤(圭)、芦田:俊鷹丸)	ミクロネシアEEZ海域
1~3	北太平洋冬季アカイカ若齢加入量調査(酒井、加藤:開洋丸)	北太平洋

●フィールド調査(海上) その他の船舶

月	調査名	調査海域
10~11	秋期カマイルカ・ミンククジラ分布移動調査(南川:第八開洋丸)	日本海・オホーツク海の内他国EEZを除く
10~11	秋期カマイルカ・ミンククジラ分布移動調査2(村瀬:第二昭南丸)	我が国EEZロシアEEZの内日韓暫定管理水域を除く
1~2	ミナミマグロ加入量曳縄調査(伊藤、境:セントジェラード)	豪州南西沿岸

●フィールド調査(陸上)

月	調査名	調査海域
10	完全養殖クロマグロの標識放流調査(藤岡、福田)	和歌山県串本町
11	天皇海山海域におけるサンゴ類の分布状況等に関する聞き取り調査(林原)	青森県八戸市
11	和歌山県いるか漁業漁獲物調査(木白、南川)	和歌山県太地町
11	国内流通実態分析事業 ミナミマグロ流通実態聞き取り調査(境)	新潟県新潟市
11	国内流通実態分析事業 ミナミマグロ流通実態聞き取り調査(境)	宮城県仙台市
1	クロマグロ電子標識装着調査(阿部、藤岡)	山口県阿武町
1~2	ノルウェーの電子標識装着実験航海(南川)	アンドーヤ(ノルウェー)
1~2	和歌山県いるか漁業漁獲物調査(村瀬)	和歌山県太地町
2	アカイカ資源状況調査(漁中期)(酒井)	青森県八戸市
2~3	中型竿釣船によるカツオ標識漂流調査(松本、清藤)	高知県土佐清水市、高知市
3	アカイカ資源状況調査(漁終了期)(酒井)	青森県八戸市
3	アカイカ出漁後聞き取り調査(加藤)	青森県八戸市

それでも地球は動いている

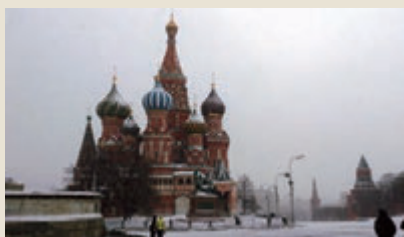
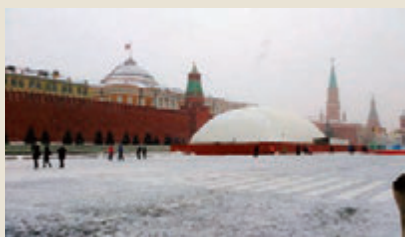
編集後記

2013年度最初の「ななつの海から」第5号をお届けします。

今号の特集記事「まぐろ資源をめぐる最近の調査研究の動き」は、当研究所の“若手”の取り組みをご紹介しますシリーズとして前号に続き企画したものです。今回はミナミマグロと太平洋クロマグロという代表的なまぐろ資源の管理に関する最新の情勢を反映した取り組みを紹介しました。森下所長の巻頭言のとおり、私たち水産研究所の研究者に求められる、研究成果を伝える意思と、専門的な内容をかみくだいて説明する技術の両方を培うために、鋭意コミュニケーション能力の強化を目指しているところですが、まだ多少難解なところは今後の宿題とすることでご容赦頂きつつ、当所の取り組みをご理解下されば幸いです。なお、まぐろ資源研究の特集は次回第6号にも掲載の予定ですので、ご期待下さい。

さて、今号の発行はまだ夏の余韻が残る9月ですが、季節を半年さかのぼって、2013年2月末から3月初めに出張したモスクワ（ロシア）の風景を点描しました。今回のモスクワ出張は、ロシア天然資源環境省において開催された、生物多様性条約（CBD）の生態学的・生物学的重要海域（EBSA）に関する北太平洋ワークショップに、北太平洋漁業委員会（NPFC）の科学者代表として出席し、NPFCの情報提供を行うとともに科学論議に参加するという業務でした。モスクワはマイナス9度と静岡の真冬より格段に低い気温で、屋外にしばらく出ると体の芯から冷えましたが、当地としては温かいとのことでした。会議終了後、帰りの飛行機搭乗前の一時、赤の広場を見学しました。

（業務推進部長 本多 仁）



左から：赤の広場のレーニン廟（ドーム内で工事中）、聖ワシリー寺院（通称）、カザン聖母聖堂



左から：モスクワ川橋上からのロシア国会議事堂遠景、路上の漬物売り、魚の燻製売りの露店



左から：会議風景－各国代表席（中央円卓）と国際機関代表席（奥の窓際）、会議場前の記念写真



発行／独立行政法人 水産総合研究センター 編集／独立行政法人 水産総合研究センター 国際水産資源研究所
〒424-8633 静岡県静岡市清水区折戸5丁目7番1号 TEL 054-336-6000 FAX 054-335-9642 E-mail : www.enyo@fra.affrc.go.jp

<http://fsf.fra.affrc.go.jp/>