

管理目標を見据えた我が国の新しい資源評価と管理

日 時：平成 30 年 4 月 26 日（木） 10:00~17:30
場 所：東京大学大気海洋研究所 2F 講堂（参加自由）

〒277-8564 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 TEL 04-7136-6011

コンビーナー：市野川桃子・渡邊千夏子、中央水産研究所、ichimomo@affrc.go.jp

大気海洋研対応者：平松一彦、資源解析分野、khiramatsu@aori.u-tokyo.ac.jp

平成 29 年 4 月 28 日、目標を明確にした資源管理を重視する新たな水産基本計画が閣議決定された。国連海洋法条約では最大持続生産量（MSY）を達成する資源水準に資源を維持することが資源管理における第一の目標として明記されている。しかし、MSY の概念に対する科学・運用面での歴史的な批判から、特に日本では MSY 概念を明示的な目標とした管理は行われてこなかった。一方、世界においては、不確実性や確率性を考慮して定義された MSY 管理基準値を管理目標とした管理が一般的になりつつある。このような流れの中で、新しい水産基本計画では日本の沿岸資源管理においても明示的な管理目標を設定していく方向性が示された。本シンポジウムでは、日本や世界の資源管理の現状と科学的な知見をレビューしながら、我が国の管理において目標をどのように決めるか、目標を見据えたうえでどのように資源管理をおこなっていくかを、最新の情勢のレビューも交えて広く話し合い、共通認識の醸成をはかる。

プログラム

背景と現状

10:00-10:15 開催の背景と趣旨説明 市野川桃子（水研機構）
10:15-10:45 現行の ABC 算定ルールと管理目標 渡邊千夏子（水研機構）

さまざまな管理基準値と管理目標

10:45-11:15 資源管理における管理目標の重要性 松田裕之（横国大）
11:15-11:45 管理目標と optimum yield 山川卓（東京大学）
11:45-12:15 地域漁業機関における資源管理の現状 阪口 功（学習院大学）
昼休み（12:15-13:20）

日本の資源評価における不確実性の問題

13:20-13:50 大変動する資源と安定な資源の生態学 渡邊良朗（東京大学）
13:50-14:20 MSY 基準にもとづく日本資源の現状 市野川桃子（水研機構）
14:20-14:50 管理戦略評価（MSE）による不確実性の考慮 平松一彦（大気海洋研究所）

管理の現場における管理目標

15:00-15:30 水産施策と管理目標 船本鉄一郎（水産庁）
15:30-16:00 地先の資源の評価・管理について 中村元彦（愛知水試）
16:00-16:30 MSC 規準における MSY の位置付け 鈴木允（海洋管理協議会）

16:40-17:30 総合討論

懇親会 18:00-20:00（柏カフェテリア）（参加費：3000 円）

懇親会の事前申し込みは市野川（ichimomo@affrc.go.jp）まで

現行の ABC 算定ルールと管理目標

渡邊千夏子（水産研究・教育機構 中央水産研究所）

1995年の国連海洋法条約批准にともない「海洋生物資源の保存及び管理に関する法律」が施行され、漁獲可能量(Total Allowable Catch、以下TAC)に基づく管理制度が始まった。以来、水産庁、水産研究・教育機構および各都道府県研究機関は資源評価とTACの基礎となる生物学的許容漁獲量(Allowable Biological Catch、以下ABC)の提言を行っている。

2017年4月に改定された新しい水産基本計画では、「主要水産資源ごとに、維持すべき水準(目標管理基準)や下回ってはならない水準(限界管理基準)といった、いわゆる資源管理目標等の導入を順次図る」と述べられている。旧基本計画は「資源状態に応じた適切な資源管理」と述べるにとどまっているのに比べ、今回の改定では「管理目標の導入」が明確に述べられており、より具体的に管理の在り方を規定している。

ABC算定ルール 「ABC算定のための基本規則(以下算定ルール)」の冒頭には、ABC算定に関する「基本的考え方」が次のように述べられている。1) 資源評価は成長乱獲・加入乱獲の防止を考慮しつつ「水産資源を持続的に有効利用する」ために行う。2) 漁獲係数の限界値(Flimit)を「資源を有効に利用しつつ、資源を望ましくない水準にまで低下させる可能性が低くなるように」定め、資源が閾値(Blimit)を下回ったときにはFlimitを削減する。3) Blimitは「それ未満では良好な加入が期待できない資源量(親魚量)」など、それ以下への減少が望ましくない資源水準とされる。資源の有効利用を掲げつつ、全体としては「資源量を不適切な水準に下げない」という点に力点が置かれている。実際、平成29年度の評価におけるTAC対象種のBlimitのほとんどは限界管理基準に対応している。

ABC算定ルールの変遷 算定ルールは2000年に設定された。当初は国連海洋法条約に従い、「長期的に持続可能な最大生産量(MSY)を実現できる水準に資源を維持・回復させること」を目的として掲げているが、BlimitやBmsyなどの管理基準値は明確に示されなかった。2004年の算定ルールの改定で、MSYを「適切と考えられる管理規則による資源管理を継続することで得られる漁獲量」と、より広い意味を持たせたものに定義し、同じ年TAC対

象種のほとんどでBlimitを設定した。MSYの解釈変更は、現実的にはMSYを定めること、その達成を目標とすることが困難であったためである。その後、TAC期中改定の導入、複数のABCの提示、「中期的管理方針」の提示などいくつかの変更があった。これらはABCが唯一の値として提示され、それに基づいてTACが決まることに対する「研究者がTACを決めるのはおかしい」という意見に対応した、制度運用の改定であった。資源管理の基本姿勢となる算定ルールの「基本的考え方」は2004年以降大きく変更されておらず、当時設定されたBlimitは2017年現在、ほとんどの魚種で踏襲されている。

現行ルールの問題 現行の算定ルールは閾値管理に力点が置かれており、Blimitの多くは限界管理基準に対応している。資源量がBlimit以下である資源については、Blimitが目標水準となるが、Blimit以上にある資源の目標水準については議論が不十分である。ゴマサバ太平洋系群の場合は漁獲シナリオとして1)SSBの増大、2)資源の維持、3) Blimit を十分に上回る水準で親魚量を維持しつつ漁獲量を増加させる、の3つを提示している。3)は資源量を現状より減少させることを許容したシナリオであり、TACの基礎数値として採用されている。しかし漁獲シナリオの妥当性や、どの漁獲シナリオをTACの基礎とするかといった議論は十分なされていない。

これからの資源評価と管理 これまで資源評価やABC算定に関して多くの議論に接してきたが、算定ルールの問題、資源評価手法の問題、制度運用の問題が明確に区別されず、かみ合わない議論が続いていたと思う。なかでも檜山(2007)が述べた「そもそも何を目標として管理するのか」という基本的な議論が煮詰まっていない」という状況は、今も解消されていないと感じる。目標となる資源水準は生物学的に一意に決まるものではなく、人間の都合や資源の状況の妥協点として決まる。このことを念頭におき、現在進められている算定ルール改訂作業の過程で「何を目標として管理するのか」という点について議論が進むことを期待する。

檜山(2007) ABC算定のための基本規則を読む。月刊海洋, 236-240.

資源管理における管理目標の重要性

松田裕之（横浜国立大学）

なおMSYを批判する 今日に至るまでMSY理論に基づく資源管理は単一種管理であり、スイッチング漁獲のような多魚種管理ではない。群集全体から得られる漁獲高のMSYは定義可能だが、多種共存を保証しない²⁾。Feedback制御は不確実性と過程誤差に頑健だが、複雑系には脆い³⁾。最適制御は複雑系でも理論上可能だが不確実性に脆い。そして、漁業利益は生態系サービスの一部であり、最大化すべきは生態系サービスである⁴⁾。MSY理論は、このような生態系アプローチ（松田⁵⁾:4頁）の視点を取り込んでいないし、取り込むことはできない。

2048年漁業崩壊説も極端だが、大西洋クロマグロのように、2010年にはあと5年で枯渇と予測されたものが2014年には史上空前の高水準と評価されるなど、信じがたい資源評価が横行している。RFMOも環境団体も不確実な数字を独り歩きさせるが、もっと注意を払うべきだろう。

資源管理の目的と目標を関係者で合意する それでも、持続可能な漁業のためには資源管理が必要である。それは、観測誤差、過程誤差、実行誤差の不確実性を考慮し、限られた情報と個体群動態モデルから状態空間モデルを構成し、管理目標を定め、最も合理的な現状認識とそれに基づく管理戦略を立て、リスクを評価する。この管理戦略評価（MSE）は、MSYなしでも可能であり、かつ有効である。MSYは原理的には生物学的に定義できる点が有利と思われがちだが、裏を返せば弱点である。管理の目的、管理目標は関係者が合意して定めるべきものであり、生態系アプローチ第一原則にある通り、「管理目的は社会の選択」に委ねるべきである。

そのためには、資源管理の必要性やその目的を合意する段階と、その目的に基づいた管理目標とその実行計画を合意する段階を2つに分けることが重要である（松田⁵⁾:25頁）。

科学自体は「すべき」ことを語らない。しかし、社会が合意した目的を達成する手段や実現可能性を吟味することはできる。順応的水産資源管理は実証科学ではなく、未実証の前提を用

いたリスク管理である。過去の評価の事後検証が欠かせない。

漁業者だけで決めず、TAC対象魚種を増やせ 現行のTAC制度では、複数シナリオに基づく複数のABCが提示されている。当事者の社会合意に託す部分と科学的に決める部分が整理されていない。そして、当事者以外を含めた客観的科学的評価が必要である。それはABC算定種だけでなく、沿岸漁業管理などでも同様である。

資源評価で低位かつ減少で漁獲量がABCを超えている魚種はTAC制を導入すべきである。さらに国際資源または将来他国と競合する魚種は早めにTACを国際的に合意すべきである。最後に、TACは生物種ごとに定め、かつ系群ごとに定めるべきである。

TACだけでなく、その枠の配分方法も明確にすべきである。さらに、親魚資源量だけでなく、未成魚も加味した産卵ポテンシャル⁶⁾のほうが、より妥当な管理方針を立てられるだろう。

文献

- ¹ Katsukawa T, Matsumiya Y (1997) A theory of stock management based on spawning potential. *Fisheries Oceanography* 61: 33-43
- ² Matsuda H, Abrams PA (2006) Maximal yields from multi-species fisheries systems: rules for systems with multiple trophic levels. *Ecol Appl* 16:225-237
- ³ Matsuda H, Abrams PA (2013) Is feedback control effective for ecosystem-based fisheries management? *J Theor Biol* 339:122-128,
- ⁴ Matsuda H, Makino M, Tomiyama M, Gelcich S, Castilla JC (2010) Fishery management in Japan. *Ecol Res* 25:899-907
- ⁵ 松田裕之(2012) 海の保全生態学. 東大出版
- ⁶ Katsukawa T, Matsuda H (2003) Simulated effects of target switching on yield and sustainability of fish stocks. *Fisheries Research* 60:515 - 525

管理目標と optimum yield

山川 卓 (東大院農)

広義のMSY：最適な漁獲の追求 2007年11月に「資源評価の課題に関する意見交換会」が企画された。その際の山川の発表要旨を再掲する。

「ABCは当初『その資源にとっての現状の生物学的、非生物的環境条件のもとで持続的に達成できる最大の漁獲量』すなわちMSYを実現するための許容漁獲量とされていた。しかし、平成16年度以降のABCルールでは、MSYを『適切と考えられる管理規則による資源管理を継続することで得られる漁獲量』と定義して『最適化』の旗を降ろしてしまった。社会政策論的観点からは、社会全体の厚生をできるだけ大きくする制度を構築することが国の役割として求められるであろう。Schaeferモデルのような『狭義のMSY』（漁獲量一定の平衡MSY）は葬り去って当然であろうが、システム全体の『制約条件付最適化』や『パレート効率』の視点を持つことは今なお重要である。『最適化』や『パレート効率』をめざさないのなら、科学的観点から望ましい管理方策を一意的に勧告できなくなる。」有用な便法を提案することも社会的に重要であるが、一方で科学者としては、最適なあり方を追求する精神も捨て去るべきではなからう。

関連産業の利潤も考慮した管理目標とは？

田中(1996)は、「魚獲り」とそのための「銛作り」の2種類の職業が存在する架空の「離れ小島」モデルを想定し、漁業以外の関連産業の利潤も含めた総利潤の最大化を図ることの含意を、簡単な定式化によって考察した。その結果、より包括的に関連産業を含めるほど、系全体としての利潤の合計を最大化する点はMSY水準に近づくことを示した。漁業に要する経費の支出は関連川上産業の利潤の源となることを考えると理解できる。さらに、流通加工業などの川下産業の総利潤は、漁業生産量・質に依存する。結局、漁業者利潤の持続的最大化を図るMEYに代えて、社会的な総利潤の最大化を目指そうとすると、管理目標は当該漁業に由来する総生産金額の最大化に帰着する。要は、GDPの増加に最大限貢献する生産ということになる。

複数の管理目標に対する最適漁獲制御ルール 管理目標や資源評価誤差の大きさが異なれば、最適な漁獲制御ルール(HCR: harvest control rule)も異なる。管理目標として、①平均漁獲量の最大化、②漁獲量変動の抑制、③最低資源量の確保、の3通りを挙げて、各指標を重みづけ合計した目的関数を最大化する数値実験により、以下のことが判明した。(i)資源評価誤差がない場合、①を達成する方策は、獲り残し資源量一定方策である。(ii) ②への重みを大きくすれば、資源量をx軸に、漁獲可能量をy軸にとったHCRにおいて、全体をy軸上方から圧縮する方策が最適となる。(iii) ③への重みを大きくすれば、 B_{msy} などの管理基準値を割り増す方策が最適となる。(iv)資源評価誤差が大きくなると、全体の傾きを小さくするHCRが最適となる。

生態系管理 単一種管理を脱して生態系管理に移行する必要性が叫ばれて久しいが、生物群集内での種間関係を介した複雑系の動態の予測困難さが障害となる。とはいえ、いくつかの手掛かりや提案は存在する。群集内での個体サイズを軸としたsize spectrumモデルによる検討では、大きなサイズの個体を集中的に獲るよりも、幅広いサイズ・種の個体を獲る”balanced harvesting”のほうが、群集構造を維持しつつ多くの漁獲量を挙げられることが示されている(Law *et al.* 2012など)。PGMY (pretty good multispecies yield ; Rindorf *et al.* 2017)なども便法として期待される。

文献

- Law R, Plank MJ, Kolding J. (2012) On balanced exploitation of marine ecosystems: results from dynamic size spectra. *ICES J. Mar. Sci.* 69, 602-614.
- Rindorf, A, *et al.* (2017) Food for thought: pretty good multispecies yield. *ICES J Mar Sci* 74, 475-486.
- 田中昌一 (1996) 関連産業を考慮に入れた場合の漁業における利潤の問題. 水産資源管理談話会報 17, 15-25.

国際的な管理の現状：マグロ類の地域漁業管理機関を中心として

阪口 功（学習院大学）

FAO行動規範と国連公海漁業協定

1982年の国連海洋法条約でMSYに基づく資源管理が国際規範となった。具体的にどのように漁業資源管理を行っていくべきかは、1995年に採択されたFAOの責任ある漁業のための行動規範にて定義された。すなわち、目標管理基準値（TRP）や限界管理基準値（LRP）などの管理基準値に基づく管理、予防原則の適用、過剰漁獲能力の解消などである。

こういった規範は各国の漁業法制に取り入れられ、多くの国々（少なくとも先進国では）が持続可能な漁業へと転換していった。日本では資源の枯渇と水揚げ減少に押され、ようやくMSYや管理基準値に基づく資源管理の導入に向けて動き始めたところである。

各国の200海里の内外をまたいで移動する国際漁業資源については、地域漁業管理機関（RFMO）で管理が行われている。RFMOでの資源管理の大原則も1995年に締結された国連公海漁業協定にて規定されている。FAOの行動規範と同様に管理基準値に基づく管理、予防原則の適用、過剰漁獲能力の解消が明記されている。

国連公海漁業協定採択前に発足したRFMOも少なくないが、国連公海漁業条約制定後は各RFMOにて同条約で規定された原則に基づき資源管理を進めていくことになった。

マグロ類RFMOでの管理の進展とMSC認証

マグロ類RFMOでは、管理基準値に基づく漁獲管理ルール（HCR）の導入は遅れがちであった。唯一の例外は2011年にミナミマグロを管理するCCSBTがHCRを採択したCCSBTである。CCSBTではHCRに基づき半ば自動的にTACが導き出されるようになってきている。

最近になり、他のマグロ類RFMOでも管理基準値に基づく資源管理に大きな進展が見られるようになった。すなわち、WCPFCでは2015年にカツオについて初期資源量（Bo）の50%を暫定的なTRPとすることが決定された（LRPはBoの20%で2012年に決定）。IOTCでは2016年にカツオについて管理基準値とHCRが採択され、TRPはBoの40%、

LRPはBoの20%に設定され、Boの10%を割った時点で禁漁となることが合意された。

この動きの背景にはMSC認証の維持ないし取得がある。FAO行動規範や国連公海漁業協定に準拠するMSCでは、MSY、管理基準値、予防原則に基づく資源管理が要求される。一部基準を十分満たしていない場合（80点未満60点以上の項目がある場合）は「条件付き合格」となり、再審査の際に80点以上をクリアできなければ認証取消となる。

例えば、ナウル協定加盟国（PNA）のカツオ素群れ巻き網が、またモルジブのカツオ一本釣りが2012年にMSC認証を取得したときには、それぞれWCPFC、IOTCでHCRが導入されることが条件として付された。そのため、モルジブもPNAもMSC認証を取得・維持のためにHCRの提案を提出し続け、現在の管理措置に至っている。これ以外にも、各マグロ類RFMOでMSC認証の取得や維持のための提案が相次いでいる。

日本の針路

日本はかつて世界第一位の遠洋漁業国であった。中国、台湾に抜かれたものの、今でもマグロ類の供給においては日本の遠洋漁船が重要な役割を担っている。しかしながら、日本漁船は操業コストが高いため、資源の悪化（CPUEの低下）に対し採算割れ状態に早く陥りやすい。また、科学的論争は続くものの、近海カツオ漁の歴史的不漁に見られるように、日本沿岸が周辺部となる国際水産資源では、資源の減少ないし中心部での漁獲圧の増大によるrange contractionの影響を強く受けやすい。

そのような日本こそMSY、厳格な管理基準値とHCRに基づく予防的な資源管理を主導すべき立場にある。国内の漁業法制に規定がないこともあり、またMSC認証が普及していないこともあり、これまで主導的な役割を果たせてきたとは言い難い。WCPFCでの太平洋クロマグロの資源管理目標値を巡る混迷も記憶に新しい。しかし、国内でMSYや管理基準値に基づく資源管理の議論が活発化するなか、RFMOでも資源管理強化のための日本の活発なイニシアチブに期待したい。

大変動する資源と安定な資源の生態学

渡邊良朗（東京大学 大気海洋研究所）

加入量変動様式の南北差 ニシンは北太平洋に広く分布する亜寒帯性種で、嘗て日本では北海道-サハリン系群が大量に漁獲された。この系群の漁獲量は1887~1958年に97.2万から0.2万トンまで2.7桁の幅で変動し、1959年以降は実質的に皆無となった。資料が揃う1910年以降の累積漁獲尾数は、1915年級の53億尾から1952年級の4百万尾まで3桁以上の幅で変動し、7年に1度程度の頻度で卓越年級群が発生した¹⁾。

太平洋系群マイワシは、2~3月を中心に西日本から東日本の沿岸から沖合の黒潮域で産卵し、夏季には千島列島沖の親潮域まで索餌回遊する。漁獲量は1965年の0.7万トンから1987年の292万トンまで2.6桁の幅で大きく変動した。レジームシフトに応答して再生産成功率が変動し、0歳魚資源尾数は1980年級の2980億尾から1999年級の18億尾まで約2.2桁の幅で変動した。

ウルメイワシは、黒潮系暖水域に生息する亜熱帯性種で、南シナ海から西日本沿岸に分布する。1956年以降60年間の全国漁獲量は、1970年の2.4万トンから2015年の9.8万トンまで4倍の幅で変動した。漁獲物のほとんどは当歳魚によって占められるので、加入量変動が漁獲量変動となって現れる。卓越年級群の発生は見られず、レジームシフトに応答した変動も見せない。

加入量変動様式の南北差の生態学 仔魚期から稚魚期初期に成長速度が大きい個体は生残して加入する確率が高い。ニシン科魚類中、加入量変動が大きいマイワシと小さいウルメイワシの2種間で、相模湾で同所的に生息する仔魚について成長速度の水温依存性を比較した²⁾。亜熱帯性のウルメイワシでは、仔魚期を通して成長速度変動の84-93%が水温変動によって説明された。これに対してマイワシでは、仔魚期の成長速度と水温の間には有意な関係がなかった。仔魚期の成長速度は水温と餌料密度によって決まるとする一般的な考え方に従えば、ウルメイワシ仔魚の成長速度は経験水温によって決まるが、マイワシ仔魚の成長速度は水温によって決まらず、環境中の餌料密度に依存すると考えられる。水温は連続的な時空間変動を持つので、

それに依存するウルメイワシ仔魚の成長速度は安定しており、それが加入成功度の安定の基礎となっているであろう。これに対して日・mm単位の時空間に生息する仔魚にとっての餌料環境は、時空間的に不連続な動物プランクトンの分布に対応して不連続に変動する。そのために仔魚の成長速度も予測不能に変動し、それが加入成功度の不安定さの基礎となっていると考えられる。

卓越年級群と親子関係 親潮系冷水の影響が及ぶ常磐以北の資源は、卓越年級群を発生させる。1910-1951年の春ニシン総漁獲尾数の46%が卓越6年級群で占められたように、量的に大きな資源は卓越年級群の発生によって支えられる。一定の親魚資源量から突出して多い加入尾数が得られることによって、つまり想定される親子関係から大きく上方に外れることによって卓越年級群が発生する。高い水準を誇る資源にとって、それが本質的に重要な特性であるが、卓越年級群の発生を我々は予測できない。資源生物も、自らが産み出す子が数ヶ月後にどの程度生残して加入するかを予測できない。それ故に、海洋生物資源は夥しい数の卵を産み出し、放出された海洋環境の中で子が生残する確率にかけるといって再生産戦略を持つ。

対照的に黒潮系暖水域の種は卓越年級群を発生させることがなく、したがって親子関係が比較的安定している。このような資源では、一定の親魚資源量から一定の加入量を期待できる。

卓越年級群を発生させる資源について、一定の親子関係を想定することはできないので、MSYは資源動態を表す理論とはなりえない。資源管理方策を考える基礎として、利害関係者が合意を形成するためのツールとしての意味が、MSYにはあると考えるべきだろう。

文献

- 1) Watanabe Y et al (2008). Determinants of mean length at age of spring spawning herring off the coast of Hokkaido. *Mar Ecol Prog Ser* 366, 209-217.
- 2) Watanabe Y et al (2014). Larval growth rates differ in response to seasonal temperature variations among clupeoid species inhabiting the Pacific coastal waters of Japan. *Fish Sci* 80, 43-51.

MSY基準にもとづく日本資源の現状

—MSY基準に基づいた資源管理によるトレードオフの可視化—

市野川桃子（水産研究・教育機構 中央水産研究所）

MSY基準と日本の現状 国連海洋法条約やTAC法において目標資源量は「MSYを達成するときの資源量」と定められている。しかし、我が国の資源管理においては「下回ってはいけない」限界資源量のみが設定され、「ここを目指すべき」という目標資源量が設定されていない。我が国における目標資源量の不在は、MSY概念に対する様々な批判の歴史の積み重ねによるものである（渡邊(千)発表）。しかし、MSY管理基準値を利用した資源管理におけるさまざまな成功例（Worm et al. 2009, Hilborn and Ovando 2014）や、ホッケー・スティック型再生産曲線の利用により便宜的なMSY管理基準値を計算できること（Ichinokawa et al. 2016）などから、我が国の資源管理においても、MSYに準じた管理基準値を推定し、それを管理目標として用いるとする動きが生まれている。

しかし、実際に個々の系群に対して目標管理基準値を選択する際には、個々の系群の問題点や目標となりうる様々な生物学的管理基準値の特性を把握した上で、利害関係者との合意形成のもとで適切な目標レベルを設定することが望ましい。

どのように目標管理基準値を選ぶか？ 管理上の目標資源量は、中長期的（10年以上）な時間スケールで達成できるような目標となる。目標資源量の候補は、既存の資源評価結果をもとに、再生産関係・加入の確率変動・将来の選択率や生物パラメータを仮定し、将来予測シミュレーションをすることによって検討する。しかし、科学を専門としないステークホルダーにとって、推定された複数の目標資源量の候補がそれぞれどのような意味を持っているか、十分な情報提供なしに理解することは難しい。そのような情報提供が不足している場合、漁業者や行政にとって、管理目標はできるだけ痛みの少ないようなもの（低い資源量・高い漁獲圧）を選択するしかない。一方、自然保護団体などは、できるだけ安全性の高い目標資源量を支持する

だろう。

管理目標間でのトレードオフの可視化 そこで、本発表ではMSY概念に沿った複数の目標資源量の候補について、それぞれの目標資源量を達成したときの将来の資源・漁獲の状態を可視化し、情報提供するための枠組みを考え、提案する。将来の資源の状態については、平均的な資源量や漁獲量だけでなく、過去の加入の確率変動を考慮した場合の資源量や漁獲量の変動係数、資源や漁獲物の年齢・サイズ組成、管理基準の推定値の不確実性等を推定し、可視化する。これらの情報を複数の管理基準値間で比較することにより、複数の目標間のトレードオフが明確化し、合意形成の促進に貢献することが期待できる。また、個々の漁業が将来どのようなようになっていくかというビジョンも得やすくなるため、管理実施に対する漁業者のインセンティブも生まれるかもしれない。本発表では、日本の主要30系群についてこの方法をあてはめたときの結果を示し、全体で見た場合のそれぞれの系群・管理基準値の特徴をまとめる。

文献

- Worm B, Hilborn R, Baum JK, Branch TA, Collie JS, Costello C (2009) Rebuilding Global Fisheries, *Science*, 325, 578–585.
- Hilborn R, Ovando D (2014) Reflections on the success of traditional fisheries management, *ICES J of Mar Sci*, 71, 1040–1046.
- Ichinokawa M, Kurota H, Okamura H (2017) The status of Japanese fisheries relative to fisheries around the world. *ICES J Mar Sci*, 74, 127–1287.

管理戦略評価 (MSE) による不確実性の考慮

平松一彦 (東京大学大気海洋研究所)

資源管理と不確実性：資源管理に際しては、使用するデータやモデル、資源評価結果、将来の加入変動等に存在する様々な不確実性がこれまで大きな問題となってきた。不確実性の下で適切な資源管理を行うために、近年、管理戦略評価 (Management Strategy Evaluation MSE) が広く注目されている。「管理目標を見据えた資源評価と管理」を考えるに際しても、MSEは重要と思われる。本講演では、MSEの基本的な考え方と適用例を紹介する。

MSEの考え方：ある資源管理戦略を考えても、それを実験的に検討することはまず不可能である。そこで資源の動態等を計算機によるシミュレーションモデル (オペレーティングモデル OMと呼ばれる) で置き換え、そこから得られるデータを用いて、管理戦略 (または管理方策 MP) を検討することが考えられた。もともとは国際捕鯨委員会で考えられたアイデアであるが、その後不確実性の扱いに悩む多くの水産資源の管理で取り入れられてきており、最近ではMSEと呼ばれるようになった。

OMで考慮する対象資源の動態は、なるべくその資源の実際に沿ったものとする必要がある。しかし、それが分からないからこのようなシミュレーションをしているわけで、ある程度幅を持った挙動やモデルを考えることになる。例えば自然死亡係数 M が精度よくわかっていることはまずない。もっともらしい M の値の範囲を考え、その範囲内で適切な管理が行える管理戦略を見出すことになる。またOMは実際の資源の状態や動態 (資源水準や過去からの変動) に沿ったものであることが望ましく、何らかの資源評価モデルを用いて作られることが多い。このため従来の資源評価と混同されがちであるが、目的とするところはあくまでもシミュレーション用のモデルである。OMから得られるデータを用いてABC算定等の管理を行うわけであるが、データには実際に想定されるような誤差を入れておくことで、現実的なシミュレーションとなる。

管理目標とMSE：MSEはおおよそ以下のようなステップで行われる。1)管理目標とそれを示す指標の決定、2)考慮すべき不確実性の選択とOMの作成、3)OMの条件設定 (コンディショニング) とシミュレーションの仕様の決定、4)OMを用いた管理戦略候補のシミュレーションによるテスト、5)指標を検討し最適な管理戦略を選択。

従ってMSEの実施にあたっては、まず管理目標を決定する必要がある。MSEを行う中で必然的に管理目標を明確にしかつ定量的に表現することが求められ、また関係者の合意が必要となる。

MSEの実際：MSEにはミナミマグロMPのように、特定の魚種を対象として多数の研究者の共同作業で行われたものから、我が国のABC算定規則2のように、比較的少数の研究者が一般的なシミュレーションにより検討したもので幅広くある。いずれも場合においても、MSEによるシミュレーションでどの範囲の不確実性まで考慮していたのかを明確にし、関係者がそれを十分に認識しておくことが重要である。また想定外の事態が生じた場合にもどのような対応をとるのかを、あらかじめ合意しておくことも必要である。水産資源の管理においては、想定外の状況はしばしば生じる。

文献

- 市野川桃子, 岡村 寛, 黒田啓行, 由上龍嗣, 田中寛繁, 柴田泰宙, 大下誠二 (2015) 管理目標の数値化による最適なABC算定規則の探索, 日水誌, 81, 206-218.
- 黒田啓行, 境 磨, 高橋紀夫, 伊藤智幸 (2015) TACを算定する新しいアプローチ: ミナミマグロの管理方式の開発と運用, 水産海洋研究, 79, 297-307.
- Punt AE, Butterworth DS, de Moor CL, De Oliveira JAA, Haddon M (2016) Management strategy evaluation: best practices, *Fish Fish*, 17, 303-334.

水産施策と管理目標

船本鉄一郎（水産庁）

水産基本計画における管理目標 海洋法に関する国際連合条約（国連海洋法条約）の第61条、海洋生物資源の保存及び管理に関する法律（TAC法）の第3条、水産基本法の第13条には、水産資源を維持または回復させる水準として、「最大持続生産量（MSY）を実現することができる水準」が示されている。

これまで我が国は、MSYを「適切と考えられる管理規則による資源管理を継続することで得られる漁獲量」ととらえ、その管理規則において、再生産を安定させる最低限の資源水準であるBlimitを下回らないようにする方針をとってきた。そのような中、2017年4月に閣議決定された水産基本計画（基本計画）においては、自給率目標の達成には、まず、水産資源を回復させ適切な水準を維持することが重要であるため、主要水産資源ごとに、維持すべき水準である「目標管理基準」や、下回ってはならない水準である「限界管理基準」といった、いわゆる資源管理目標等の導入を順次図る、と示されている。基本計画には、これら管理基準の具体案は示されていないが、今後ふさわしい水準を検討していくことになる。

なお、本発表においては、資源を管理する上で基準となる親魚量（SSB）の水準を管理基準、それら管理基準へ親魚量を回復・維持するための具体的な方法を管理戦略、管理基準と管理戦略の総称を管理目標と呼ぶ。

管理目標の設定 2017年12月に改定された農林水産業・地域の活力創造プランには、水産政策の改革の方向性が示されており、その中には、資源管理については、国際的にみて遜色のない科学的・効果的な評価方法及び管理方法とする、と謳われている。

そこで、欧米における目標管理基準に相当するものを見てみると、米国とEUについては、ともにSSB_{msy}となっている。しかし、実際にはその代替値が使用されることが多く、主に米国ではSSB_{0.35%}が、EUではBlimit×1.4が代替値として使用されている。また、限界管理基準に相当す

るものとしては、米国では $1/2 \times \text{SSB}_{0.35\%}$ が、EUではBlimitが使用されている。

一方、管理戦略については、資源が目標管理基準以上にある場合には、米国ではF_{40%}、EUではF_{msy}で漁獲し、資源が目標管理基準未満だが限界管理基準以上にある場合には、米国とEUはともに、それらのF（米国：F_{40%}、EU：F_{msy}）に、目標管理基準に対する現在のSSBの割合を乗じたFで漁獲することと原則になっている。また、資源が限界管理基準未満となった場合には、米国では原則10年で目標管理基準まで回復させる資源回復計画が策定され、EUでも、禁漁を含めて限界管理基準以上にある場合よりも厳しい回復措置が執られる。

我が国はこれら欧米の例を参考にしつつ、管理基準については科学的根拠に基づきながら、管理戦略については関係者の合意を得ながら、我が国に適した形で設定する必要がある。

一方、多魚種管理を目指した場合に、管理基準はどのように設定すべきかや、目標管理基準を設けた上での限界管理基準の意義などについて、本シンポジウムで様々な情報が得られることを期待している。

資源評価の精度向上 適切な管理基準を設定するためには、資源評価の精度向上が必須である。例えば、管理基準は再生産関係に基づいて設定するのが望ましいが、再生産関係が環境の影響を受ける場合には、可能な限りその影響を考慮すべきである。また、資源評価には様々な不確実性が存在する中で、再生産プロット（SSBと加入量）自体の精度も向上すべきである。それらの実現に向けては、可能な限り多くの情報を収集するシステムを構築するとともに、それらを最大限に活用できるツール（データの加工法や資源評価モデルなど）が必要である。

地先の資源の評価・管理について

中村元彦（愛知水試）

イカナゴ不漁の原因 伊勢湾産イカナゴは、新仔解禁日の設定とともに、翌年200億尾の新規加入を目標に20億尾の親魚を残すよう終漁日を設定し、資源管理してきた。しかし、2016年から3年連続して加入が少なく、禁漁となった。

近年の資源の低迷は、親魚が5~12月の夏眠期に大きく減耗して少ないこと、冬季の産卵から仔魚期にかけての生残が悪いことによる。夏眠魚生存率の近年の低下は肥満度の低下をともない、夏シラス（7~9月）漁獲量が少ないと生存率が低い（ $r=0.658$, $p<0.01$ ）。後述するように、海洋環境の変化にともない、近年プランクトン等の餌生物が少ないことによる夏眠魚の衰弱に加えて、シラス等の大型魚の餌生物減少にとまなう捕食圧の相対的な増大がイカナゴの減耗に影響していると推測される。

ふ化後の生残（再生産成功率を代用）については、冬季の降水量（ $r=-0.434$, $p<0.01$ ）や渥美外海の水温（ $r=-0.686$, $p<0.01$ ）との間で関係がみられる。近年、渥美外海の水温は高い。

海洋環境と資源の長期変動 イカナゴや夏シラスの他にシャコ等の内湾資源でも漁獲量が減少しているのに対して、サワラやマダイ等の沿岸資源では逆に増加しており、イカナゴ資源の低迷はこのような魚種交替をとまっていることから海洋環境の変化をみることにする。

渥美外海沖合60マイルにある観測点A19における1964年以降のデータで長期変動を調べたところ、水温は表層では上昇し、50m以深では黒潮大蛇行の頻度低下により低下しているが、近年は大蛇行期間でなくても高い傾向がある。

一方、塩分は表層~水深200mでは低下し、水深400~800mでは降上昇しており、1990年頃に水深500m付近にあった北太平洋中層水（低温低塩）の塩分極小層が水深400m付近に上昇している。そして、水深100m前後にある黒潮系水（高温高塩）の塩分極大層では塩分の低下が見られる。

海洋構造との関係が深い日本沿岸の海面水位（気象庁HP公開データによる）は、黒潮内側域と対馬暖流域とで変動がよく類似しており、全域の平均では1945~1955年頃と2010年以降に高

い。そして、近年は対馬暖流域の北陸・九州（東シナ海側）の海面水位が黒潮内側域の関東・東海の海面水位より相対的に高く、水深100m塩分は、両者の差（前者-後者）と強い負の相関がみられた（ $r=-0.661$, $p<0.001$ ）。このことは、対馬暖流域の海面水位が黒潮内側域より相対的に高いと黒潮内側域への低塩分水の流入が強いことを示しており、塩分の変動にみられる海況の長期変動は海面水位の変動をとまなっている。

愛知県における漁獲量と海面水位との関係を見ると、対馬暖流域で多いブリ、サワラ、マダイ、ヒラメは日本沿岸（全域）の海面水位と長期変動がよく類似している。これらは、対馬暖流域の海面水位の上昇にともない低塩分水の黒潮内側域への流入が増加した結果、分布域が当県海域に及んだと考えられる。

一方、シャコやあかえび類など内湾の底魚類、イカナゴや夏カタクチシラス（内湾で産卵）など内湾の浮魚類は、海面水位と逆位相の変動傾向が見られる。伊勢・三河湾の透明度は、長期的に見て、日本沿岸（全域）の海面水位に約10年遅れて高い傾向があり、海面水位の変動をとまなった海洋構造の変化が海域の生産性や水産資源の変動に影響している可能性がある。

資源の評価と管理 イカナゴを始め内湾の水産資源は厳しい状況にある。再生産が低下して漁獲圧が相対的に大きく、漁獲圧を可能な限り抑制するしかない。イカナゴは禁漁にも係わらず資源回復の兆しはなく、現在直面している環境変動のインパクトは大きい。しかし、漁業者・研究者はこの大きな波を乗り越えなくてはならない。

小型底びき網では、小型の内湾資源を保護して、好調なサワラ等の大型魚を漁獲できるよう、大目網等の開発や導入を進めている。また、船びき網では、イカナゴの混獲を防ぎながら内湾のカタクチ親魚やマイワシ仔稚魚を保護して、シラスやイワシ類未成魚の漁獲量が増加するよう、内湾に禁漁区を設定する取組を愛知・三重漁業者が積極的に行なっている。

MSC 規準における MSY の位置付け

鈴木允 (MSC日本事務所)

MSC認証とは？

世界的に水産物の需要が増加し、水産資源への負荷が高まる中で、持続可能な漁業を広げるためには、消費者も持続可能な水産物を選択する仕組みづくりが必要であるという認識が高まっている。

MSC (海洋管理協議会) は、このような考えのもとで1997年にイギリスで設立された国際的な非営利団体である。MSCは、持続可能な漁業とトレーサビリティに関する認証制度と、対となるエコラベル制度によって、持続可能な漁業を認知・報奨するとともに消費者に持続可能な水産物という選択肢を提供する。消費者が持続可能な漁業で獲れた水産物を選択することで、持続可能な水産物のマーケットが広がり、そのマーケットの力で世界の漁業を持続可能なものに転換しようとしている。

MSC漁業認証審査の規準とプロセス

MSC漁業認証の取得にあたっては、独立した適合性審査機関 (Conformity Assessment Body) による審査を受け、MSC漁業認証規準を満たすことを示す必要がある。

MSC漁業認証規準は、漁業認証要求事項 (Fisheries Certification Requirements) に定められている。

この中で、持続可能な漁業は、以下の3つの原則を満たすものとして定義されている。

原則1 (資源) : 健全な資源とその持続可能性を担保する仕組み

原則2 (生態系) : 生態系への漁業の影響を最低限に抑えるための仕組み

原則3 (管理) : 適切な資源管理を行うための法的な枠組みや管理機関の体制

そのうち、本シンポジウムに最も関連するのは原則1の対象資源の資源状態と資源管理に関する部分である。

MSC漁業認証の審査は、各原則の下にある28の業績評価指標 (Performance Indicator、略してPI) の採点によって行われる。原則1には、「資源状態」、「資源の回復」、「漁獲方策」、

「漁獲調整規則 (HCR)」、「データとモニタリング」、「資源の評価」という6つのPIがある。審査の際には、各PIに100点満点の得点が与えられる。

MSC規準とMSYおよび管理基準点

PI1.1.1「資源状態」では、「高い生産性」の水準として、MSYをデフォルトの指標として採用し、「資源はMSYレベル、あるいはそれに近い当たりで変動している」ことを合格ラインとしている。ただし、MSY以外の代替指標を使ってもよいことになっており、実際にMSYを用いずにMSC認証を取得している漁業も存在する。

PI1.2.1「漁獲方策」では、資源に関する情報収集、資源評価、インプットおよびアウトプットコントロール、漁獲調整規則などが全体として資源がPI1.1.1 (MSYレベル) を満たすように機能しているかどうかを審査する。

PI1.2.2「漁獲調整規則 (HCR)」では、資源をMSYレベルに保つために、資源が管理基準目標よりも減少した場合に漁獲率を下げるためのルールがあるかどうかを審査する。

総合的に、MSCが定める「持続可能な漁業」においては、MSYあるいは代替となる目標基準点を設定し、その目標に合致するような漁獲方策が存在し、目標基準点の設定や漁獲方策においてデータ収集、資源評価、漁獲調整規則などが有機的に機能していることが求められる。

現在、国内でもMSC認証取得を目指して多くの予備審査が行われているが、日本の漁業管理において管理基準点が欠如していることで認証取得が困難になっている例も少なくない。今後、日本でも管理基準点を用いた資源管理を導入することは、世界的に認められる持続可能な漁業を実現することにつながると同時に、MSC認証の取得が広がれば日本の水産物の国際的な認知度や競争力を強化する一助となるのではないだろうか。

文献

MSC 漁業認証要求事項v2.0