

令和4年度 資源評価ピアレビュー委員会（外国人レビュー）

日時：令和4年11月8日（火）09:00～11月10日（木）14:00

場所：水産研究・教育機構 水産資源研究所（横浜庁舎国際会議室）+TEAMS

議事録

--- 11月8日 ---

開会（中野議長）

平成4年度資源評価ピアレビュー委員会を開会します。

挨拶（西田センター長）

2018年に70年ぶりに改正された日本の漁業法のもとで、日本政府は、MSYの考え方を導入した新しい資源管理システムへの移行を進めています。日本周辺の漁業資源の評価において、私たちは、MSYを基準とする資源管理目標や漁獲シナリオを、行政機関や漁業団体などステークホルダーの皆様に提示しています。

資源評価は、行政機関や漁業団体などから独立的に実施することと、科学的な妥当性についてピアレビューを受けることが、2019年の水産白書等に明記されています。そのことをふまえて私たちは、資源評価の方法や結果の妥当性について、その資源評価の作成に関与していない外部のレビュアーに諮問することといたしました。しかしながら、資源評価報告に関する書類は学术论文のような構成ではないので、レビュアーの方がレポートを作成されるのに先立ち、レビュアーからのご質問や確認にお答えすることを目的として、ピアレビュー委員会を設置することになりました。

Steven Teo 博士並びに Edward Dick 博士におかれましては、昨年引き続き、今回もレビュアーを快くお引き受けくださいましたことにお礼申し上げます。今回の対象種であるズワイガニとスルメイカは、昨年度までのコホート解析による資源評価とは異なる部分が多いのですが、事前に資料をご検討いただき、多くの有益なご指摘をいただきましたことに感謝いたします。ご指摘については、担当者が十分な説明ができるよう努力いたします。レビュアーレポートを作成するためにご不明な点がございましたら遠慮なくおたずねください。担当者やご出席者におかれましても、このピアレビュー委員会を、有益な意見交換の場としてご活用を御願いたします。

趣旨説明（中野議長）

ピアレビューのプロセスは、今年で3年目になる。本来であれば、ピアレビューは資源評価の過程の中で行うべきだが、現行の日本の資源評価は非常にタイトなスケジュールのもとで行われており、現在も、今年の資源評価が進行中である。そのため、1年前の資源評価に対してピアレビューを行ってもらい、そこで指摘された事項を翌年あるいは次のベンチマークアセスメントに生かすという形をとっている。

進め方は、今から3カ月、4カ月前にピアレビューの対象となる資料をレビューアーに提出し、十分に吟味いただいて、1カ月程度前に質問をこちらに送っていただき、資源評価担当者がその質問に対して回答する形で、本委員会を開催し、効率的に進める形をとっている。本委員会の終了後、レビューアーには、約1カ月後をめぐりに、それぞれ独立にピアレビューレポートを作成していただく。我々の方で、そのレポートをまた吟味して将来計画を検討する。以上がピアレビューの手順となる。

議事に入る前に出席者の自己紹介をお願いします。

（各自より自己紹介一省略）

議事

1. ズワイガニ日本海系群 A 海域

○佐久間 はじめに日本海 A 海域の範囲、それから、質問が多かった、系群なのかマネジメントユニットなのかということについて説明する。

日本海 A 海域は、日本海の西部の大陸棚および大陸斜面の 200～550 メートルまでを範囲としている。この A 海域と、その北にある B 海域の境界は、主に行政的なもの。正しくは Sea of Japan Area A Stock ではなく Sea of Japan Stock Area A。この A と B の海域では、いずれも底曳き網およびカニかご等の漁業が行われているが、A 海域と B 海域では、その船の規模や漁業の形が若干異なる。

A 海域、つまり日本海の西部では、漁船サイズが大きい。概ね 100 トン未満だが、大きい船が多く、一航海が大体 3～5 日程度と複数日にわたる。日本海西部の年間漁獲量は、2,000 トン～3,000 トン。日本海西部では、ズワイガニは狙いの対象として高値で取引されている。こういった背景もあり、厳しい規則や自主規制によって、漁業がコントロールされているという特徴がある。これに対して B 海域、日本海北部では、漁船のトン数が A 海域と比べると小さく、概ね 15 トン未満で、多くが日帰り操業を行っている。加えて、漁獲量も年間 200 トン程度と、A 海域と比べると少ない傾向にある。価格についても、A 海域と比べると安い。A 海域・B 海域の境界は行政的なものだが、その理由は、漁業の種類、やり方が異なることに加えて、漁業管理のルールが異なっているため。現在のところ、この二つの海域を分ける生物学的なエビデンスは得られていない。

評価方法が異なる理由には、利用可能なデータの質や量が A 海域と B 海域で異なること

もある。将来的には、統合モデル、例えば SAM 等を用いて評価を進めることを考えている。自然死亡率 M に関する前提は、A 海域と B 海域で一致している (M は不変、未成熟個体と成熟個体で異なる) が、太平洋北部系群では異なり、 M は時間的に変化、未成熟個体と成熟個体は同じと想定している。これらの違いについて生物学のおよび環境の根拠を明らかにしていくことが大切と考えている。Dick さんの質問に関して、時変の M が北太平洋で用いられている理由は、そのほうがモデルに対するフィッティングがよいため。 M に対する制約を緩めることによって、フィッティングが良くなる。一方、日本海の A 海域、B 海域では、ベースケースとして M が変化しないモデルを用いているが、将来的には、こちらも時変の M とすることも考えている。

○佐久間 あらためて、ズワイガニ全体の概要を説明する。まず、ズワイガニの一般的な生活史について。ズワイガニは、生後 2、3 カ月程度の幼生分散 (Larval dispersal) を経た後、着底して稚ガニとなる。その後、成長して成体となったカニが、底曳き網、カニかご、刺し網等で漁獲される。

○Teo 幼生が分散する間に移動し、着底後はあまり動かない、ということか？

○佐久間 その通り。

○佐久間 次に年齢と成長について。ズワイガニの特徴は、最終脱皮 (Terminal molting) があること。ズワイガニは性的に成熟すると、その後、脱皮をしない。この最後の 1 回の脱皮を、最終脱皮という。オスでは、この最終脱皮が、日本海では 11~13 齢で起き、太平洋では 10~14 齢で起きるとされる。メスの最終脱皮は、いずれの海域でも 11 齢で起こるとされる。グラフを見ていただくと分かるように、オスの成長は日本海と太平洋北部で異なる。日本海と太平洋で成長が異なることに関連して、漁業規則も異なってくる。日本海ではオスの 90 ミリ以上が漁獲対象となるのに対し、北太平洋では 80 ミリ以上が漁獲対象となる。メスは、いずれの海域も成熟したメスが漁獲対象となるが、追加の自主的な規制によって、日本海の場合は、最終脱皮した翌年のメス (Hardshell、クロコ) のみを漁獲するというルールがあり、漁獲サイズも 70 ミリ以上とされている。これに加えて、オス・メスともに漁期が厳しく決められており、日本海の A 海域、B 海域、太平洋北部で、いずれも漁期が異なる。

○佐久間 次に、レビュアーから事前質問のあった、資源評価の方法が海域で異なる理由について説明する。日本海の A 海域と太平洋北部海域では着底トロール網を用いた調査、日本海 B 海域ではカニかごを使った調査が行われている。着底トロールのほうが、カバレッジや正確性を考えると望ましいが、B 海域では、海底の起伏が激しく、傾斜がきついため、着底トロールを使用することができず、カニかごが唯一の選択肢となっている。

調査の制約から使用可能なデータも海域によって異なる。甲幅、体長の組成を年齢に分解する際に、日本海の A 海域では混合ガウスモデル (Gaussian mixture model) を使っている。混合ガウスモデルで分解するためには、非常に多くのデータが必要だが、同じく着底トロー

ルを使用している太平洋北部ではサンプル数が少なく、この手法を使うことができない。このため、太平洋北部系群では切断法 (Cohort slicing) を利用している。一方、日本海の B 海域では、切断法も混合ガウスモデルも使うことが難しく、年齢分解を行わずに、甲幅 90 ミリ以上のオスおよび成熟したメスの資源量を直接推定している。これは、カニかごの調査では、小型の個体および若齢の未熟個体の情報が利用できないためである。

利用可能なデータが三つの海域で異なることから、資源評価の手法も異なる。日本海 A 海域と太平洋では、年齢構成モデルを使って将来予測やレファレンスポイントの推定を行っている。このうち日本海では、遷移率というパラメータを用いた独自の年齢構成モデルを、フィッティングを得るために用いている。一方、太平洋北部では、状態空間モデルに基づく資源評価を、JASAM というモデルを用いて実施している。この JASAM は、自然死亡率 (自然死亡係数 M) や最終脱皮が起こる確率といったパラメータに係る制約を緩めることによって、よりよいフィッティングを得ることを目的に採用している。

日本海の B 海域は、資源量のみが利用可能であるため、年齢構成モデルが適用できず、レファレンスポイントは推定できていない。従って、将来予測は F30%SPR を用いて行っている。

○Teo 直接の年齢推定は不可能なのか？

○佐久間 その通り。

○Teo 体長構成モデルではなく、年齢構成モデルが使われているが、それぞれの齢に対する体長をみた場合、齢期への変換の確からしさは？私はカニに詳しくないのだが、体長構成の方が、信頼度が高まるかもしれない。

○佐久間 信頼度は割とある。体サイズは毎年、リーズナブルな範囲で変わる。年齢に関しては不確実性もある。個体によっては、脱皮が停止するもの、1年脱皮を飛ばすこともあるため不確実性を伴う。

○Teo 将来、不確実性を取り込むときに考慮するということか？

○佐久間 年齢自体について十分な情報がないため、次の齢期への遷移を、確率として扱うことも考えられる。

○中野 飼育観察記録はないか？

○佐久間 飼育の記録もあるが、飼育に 10 年かかるような種なので、やはり情報が限られる。大体 6 齢以降だと脱皮は 1 年に 1 回と言われているが、その中でも脱皮を止めてしまう個体が出現することも知られており、問題になる。

○Teo 遷移をマトリックスの形で扱ってはどうか？不確実性を一つのステージから次のステージに反映させることができると思う。A 海域、B 海域、北太平洋の体長を比較すると、A 海域に特徴がある。その体長組成のモードはトロール調査によるデータと理解。B 海域のモード (齢期) は何か？

○佐久間 10~13 齢までの 2、3 齢期。

○Teo その齢期の組成は A と B で違うということだが、それらの相対的なコホートの強

きは A と B で同じか？

○佐久間 幼生の分散過程で、A 海域に着底する量と B 海域に着底する量が恐らく異なり、コホートの強度は必ずしも A と B で共通ではないと考えている。

○Teo 一貫して違っているのか。A 対 B の比率は変わるのか？それとも比率は変わらないのか？

○佐久間 増えたり減ったりする。

○Teo 毎年変わるということか？

○佐久間 幼生は移動のときに海流の影響を受ける。対馬暖流によって流されるが、A 海域に残らず B 海域に流れる場合や、そもそも幼生の量自体が多い場合もあり、そんなに単純ではない。

○佐久間 ではレビュアーからの次の事前質問「現状の漁獲制限サイズおよび禁漁期の設定に加え、メスを禁漁にした際に想定されるメリット、デメリットは何なのか。」について。日本だけがメスを漁獲している。他国では基本的にメスは漁業の対象ではなく、大きなオスを漁獲の対象としている。メスを漁業の対象とすることについては批判的な目で見られるケースが多いが、一方で、日本では文化的な背景もあってメスをこれまで捕ってきたという経緯がある。メスを守る、オスだけの漁業にすることによって、恐らく産卵親魚量（SSB：Spawning Stock Biomass）は守られると考えられ、それがメリットだと考えられる。オスは複数回交尾をするため、1 匹のオスが複数の産卵に寄与することができる。そのため、オスとメスの性比のバランスは、必ずしも資源水準を保つために重要ではない、とも考えられる。しかし、性比が極端に偏ってしまった場合、精子制限（Sperm limitation）と呼ばれる現象が起きると言われている。精子制限は、精子の集団における量・質ともに不十分であるために、卵の発育がうまく進まず、育たない、それによって資源水準が下がってしまうといったことを指す。そのようなことが過去に指摘されている。また、現状メスを漁獲しているので、それを禁漁にしてしまうと、現在メスに向かっている漁獲圧がオスに向かい、オスに漁獲が集中してしまっていて、精子制限をより進めてしまうのではないかと考えている。

○Dick ポイントはわかったが、どのぐらいの性比であれば良いのか？メスの漁獲には文化的な側面や背景もあると思うが、メスに関して、何か自主規制もあったように思う。あまり詳しくないが、やはり世界の漁業においてはオスを対象にしているところが多いので、それによってある程度メスへの漁獲圧が減って、そして産卵が増えるのかなと思う。

○佐久間 実際のところ、実はメスにはかなり自主制限が掛けられている（特に A 海域）。例えば漁期がかなり短く設定され、サイズ制限や漁獲の数、量にもメスに制限が加わっており、メスを保護する必要性については、漁業者自身もよく理解しているように思う。

○中野 文化的背景も少し説明しては？

○佐久間 日本は、メスについて内子（卵巣）を食べる文化がある。特に、卵自体が赤いということで、赤いものがめでたいという文化的な背景もあり、引き出物、ギフトとして好ま

れる文化が昔からあったと聞いている。卵を食する文化はかなり歴史がある。メスの漁獲にはそういった背景がある。

○佐久間 次に外国漁業による漁獲と資源評価の関係等に関する事前質問について。韓国とロシアの漁船は、ズワイガニを漁獲していると思われるが、彼らの 200 海里、排他的経済水域内での漁獲は、この評価には含んでいない。中国についても、どのような漁獲が行われているか不明。しかし、日本海の A 海域に主要な産卵場があり、その産卵場をベースとした評価で国内漁業がコントロールされていること、また、着底後は、個体が基本的に動かないということを考慮して産卵群を把握していることから、外国水域の情報は評価に含んでいない。なお、日本海に公海 (high sea) はなく、複数の国の EEZ に含まれる海域で複数の国が漁獲に関わっている。韓国の漁獲については、日韓暫定水域という共同利用する海域で、年を通じて一定の割合で漁獲死亡していると仮定し、モデルの中で遷移率に含めて仮定している。

○Teo 日本海の評価で少し心配するのは、日本が全ての漁獲データを持っていない点だが、主な産卵場が A 海域 (日本の管轄領域) の中にあるため、比較的簡単に系群をモニタリングできるのだと理解した。追加の質問として、カニは着底後、あまり動かないとのことだが、では、B 海域のメスは B 海域で産卵しているのか？それとも A 海域に移動するのか？

○佐久間 恐らく B 海域で産卵すると思うが、幼生は他の海域に移動すると考えている。それに関しては不明な点が残されている。

○Teo ということは、A 海域の主な産卵場のメス以外に関しては、ほかのところから浮遊してくる幼生がどれくらい貢献しているかは分からないということが良いか？

○佐久間 検討はしているが、日本海および太平洋において、こういったタイプのデータがないため、どこから来てどこに行くのかは分からない、ということ。

○佐久間 韓国の漁獲については、漁獲位置や漁獲物の体長組成といった情報もない。韓国の漁獲情報が得られた暁には、韓国の情報もモデルに組み込むことを考えていきたい。

○Dick この評価の対象に入っていないことは理解したが、韓国の漁獲量が評価の結果にどの程度影響を及ぼしているのか？については、総漁獲量のレベルにもよるが、漁獲量にいくつかの仮定を立てて評価することによって結果も変わってくると思われる。

○佐久間 韓国の漁獲量は日本と同じかそれを上回るぐらいのレベルである。しかし、一体どれだけの割合が、重複する産卵場から漁獲されているかということについては情報が無いのが現状。

○Dick 重複している産卵場とはどの海域か？

○佐久間 海域としては、日韓暫定水域が主要な産卵場であり、韓国の漁獲がある海域。ただし、韓国は、メスを漁獲せずオスガニだけなので、メスに対する韓国漁獲の影響は限られていると考える。一方、この暫定水域はオスが極端に少ないので、精子制限の影響があるとも考えている。漁獲量については様々な値を仮定してシミュレーションすることも恐らく

可能と思われるので、将来的には試していきたい。

○佐久間 次に、年齢分解に関する事前質問について。Teoさんから不確実性がどの程度織り込まれているか、切断法を使った場合、その不確実性についても図表に示すべきといった指摘を受けた。日本海A海域では、(調査で得た)サイズ頻度データに対して混合正規分布を使って齢期組成に分解しており、切断法は使用していない。混合正規分布で分解することに伴って生じる不確実性は年齢構成モデルに織り込んでおらず、レファレンスポイントの設定、将来予測についても、年齢分解の不確実性は織り込んでいない。

漁獲データの年齢分解に関して、兵庫県の漁獲カテゴリー(銘柄別のキー)更新の妥当性と測定による検証についても事前質問を頂いた(資源評価報告書のAppendixに対する質問)。このAppendixは、漁獲物の齢期別の組成を出している兵庫県、京都府、鳥取県のうち、鳥取と京都については、甲羅の幅を市場で測定して、そのデータを切断法で齢期に分解しているが、兵庫では、サンプリングと測定は行っているものの、漁獲カテゴリーは変わらないとの前提を置き毎年同じ値を使ってきた、しかし実際の測定データと少しずれてきたことから、この漁獲カテゴリーキーを昨年更新した、というものであり、測定を基に妥当性を確認している、との回答になる。このような回答でよいか?

○Teo 理解できたと思う。しかしなぜ、兵庫で切断法が必要なのか?甲幅分解で良いのではないのか?兵庫では、サイズ分け(大中小のカテゴリー分け)して一匹一匹測定しヒストグラムを作り、その後、さらに切断法もしているのか?

○佐久間 それはしていない。兵庫について、サイズ分けしてから、その後、切断法と書いてあるのは記述の誤り。サイズ分けを、そのまま齢期に変換している。

○Teo 甲幅分解していると理解した。混合ガウスモデルについても、まず、齢期別の構成を見なければいけない。

○佐久間 混合ガウスモデルは漁獲データには使っていない。調査データのみ適用している。

○Teo では漁獲データは齢期にどのように転換しているのか?

○佐久間 切断法。

○Teo ちょっと分かりにくい。漁獲データに関しては切断法を使い、調査データには混合ガウスモデルを使っているということか?それは何故か?

○佐久間 データ収集時期の違いによる。調査は6月だが、その後、脱皮が行われ、漁獲時には齢期が変わってしまうため。

○Teo 期中の脱皮によってコホートの齢期が変わってしまうことが問題と理解した。

○佐久間 次に、資源密度の指標に関する質問について。底曳き網の漁獲努力量に網数を使用しているが、曳網時間や網の大きさなどは使えないか?また漁業CPUEは資源評価モデルに使われているのか、といった事前質問を頂いた。結論から言うと漁獲努力量として網数

以外は利用できない。日本海の底曳き網は、かけまわし漁 (Danish seiner) で、この漁法では、網口の開き方、網の着底、曳網時間等を知るのが非常に困難なためである。また、この CPUE は、資源評価のモデルの中では使っておらず、結果の整合性を見るために利用している。

○Teo 資源評価モデルへの当てはめには調査の CPUE のみを使い、漁業の CPUE は使っていない、ということか？

○佐久間 その通り。さらに追加の質問として、オスとメスの漁獲努力量をどのように調べているのか、との事前質問を頂いている。これについては、メスとオスそれぞれ一尾でも漁獲された網の数をもとに計算している。オスとメスは、漁業の過程で完全に船の上で分けて水揚げされている。オスとメスで漁獲努力量が大きく異なる理由は、漁期そのものがオスのほうが長く、メスは短いため、曳かれる網の数が違うことによる。

○Dick オスの漁期はメスの漁期より 4~5 倍長い、なぜ漁獲量は 2 倍ぐらいの差しかないのか？努力量をどのように割り振っているのか？

○佐久間 漁期の序盤に努力量の大半が投じられることに起因する。漁期の開始と同時に、ほとんどの底曳き網漁船がカニを捕りに向かうが、中盤を過ぎると、ほかの魚種に向かい始める。そのため、漁期の序盤はほぼ等しい努力量が投じられるのに対し、後半は努力量が割かれなくなっていく、そういったことが理由として挙げられる。

○Dick その場合、メスとオスの両方に影響が出てくるのではないかと？なぜ性差が出てくるのか？

○佐久間 漁業者がオスとメスを取り分けていることも理由のひとつ。

○Dick 網を入れるタイミングや深さで、漁獲の対象をオスとメスで変えられるのか？

○佐久間 その通り。水深や投網場所を変えている。

○佐久間 次に、着底トロール調査について、調査の詳細やズワイガニの生息域全体をカバーしているのか、といった点について事前質問を頂いている。我々は、調査で十分にカバーできていると考えているが、以下に説明する。

日本海 A 海域の調査は、毎年約 140 定点を、水深別エリア別の 23 個の層に配置して行っている。水深が四つ、エリアが七つで、本来なら合計 28 層あるべきだが、一番浅い水深の層は、隠岐周辺等の 2 海域のみで実施していることもあり、23 層になっている。ズワイガニの主な分布域 (隠岐諸島の周辺) は、調査によって十分カバーされており、水深についても、深い方、浅い方ともに、生息域をカバーできていると考えている。

調査の底曳きには、オッタートロールを用いている。トロール網は、網口が、概ね 17 メートルの開口幅で、30 分間 3 ノットで曳網している。網の開口幅をモニタリングするために SCANMAR を使い、曳網距離は GPS で算出している。漁獲物は全て測定しており、オス・メスそれぞれ約 1 万個体程度を測定し、甲幅、性別、成熟段階、甲羅の状態等を調べている。収集したデータから、まず定点別サイズ階級別の密度を算出し、それらを層別に平均

して、各層の面積を掛け合わせることにより、全体量 (Standing stock population) を求めている。この全体量を、網の採集効率 (成熟個体の採集効率) で割ることによって、全体の現存量を算出している。その後、混合ガウスモデルを用いて、齢期に分解し、年齢構成モデルを使用して資源評価を行っている。

○Teo A 海域に関してはカバー率がよいという点について、資源全体の産卵親魚量に対して A 海域がどのぐらいの比率を占めるのかといった観点もあると思う。これは先ほどの議論でカバーされていると思うがコンセプトの違いがあるかと。

○佐久間 次に、調査の漁具能率 (Survey gear efficiency) について。0.442 という値を使っているが、どのように推定したのか、また齢期によって異なるのか、との事前質問を頂いた。調査で使用している網は、何度か変更されているが、最初に使用した網の採集効率は、ビデオ観察によって推定されている。その後、網が変更された時に、網間で採集効率の比較を行い、現在は 0.442 という値を用いている。これは成熟個体に対するもので、小型の個体は、より採集効率が低いと予想される。小さい個体ほど獲りにくい、すなわち採集効率が低いという点については、この後に説明する遷移率というパラメータに含めて考慮している。

○佐久間 次に、自然死亡率に関して、自然死亡は遷移率の中に含めて考慮していると資料にあるが、12 齢と 13 齢の自然死亡率については決定論的に 0.2、0.35 と示されており、この値はどこで使っているのか？と質問を頂いた。これらの値は、調査の時点から漁期の開始までの間に自然死亡する個体を考慮するために使っており、ミズガニ、カタガニの飼育実験で得られた値を論文から引用している。

○Teo 話は少し戻るが、調査はカニが存在する非常に狭い海域で行っているとのことだが、生息深度に関しても全てカバーしていると考えられるか？気候変動によるカニの移動も考えられるが、深度に関してどうか？

○佐久間 カバーできていると信じている。別の調査で、より深いところもトロールを実施しているが、ほとんど漁獲はなく、漁業者もほぼ漁獲はないと報告している。

○佐久間 続いて、年齢構成モデルについて。一般的なコホートモデルとは少し違うため説明してほしい、特に遷移率とは何か？また遷移率が 1 を超えることがあるのはなぜか、といった質問を頂いている。遷移率には、自然死亡、齢期間の採集効率の違い、範囲外への移出入といった様々な要因が全て含まれており、非常に単純な仮定に基づいている。年齢 (年齢) 別の現存尾数を見たときに、例えば、ある年の 8 齢が翌年には 9 齢になるわけだが、この 8 齢が 9 齢になる際に単純に何倍になったか、というシンプルな観測値の違いを説明するのが、遷移率というパラメータである。様々な理由によって、8 齢から 9 齢になる際に値が変化するが、そこには自然死亡、移出入、韓国による漁獲や、齢期間の採集効率の違いも含ま

れている。個々の要因については分からないが、結果として 8 齢が翌年 9 齢になるときに何倍になっているか、を説明するパラメータである。若齢、特に小さいカニは、漁具の採集効率に漸近型の採集効率を仮定しており、例えば 8 齢から 9 齢になるときは採集効率自体が上がるので、この影響を受けて遷移率は 1 を超える結果になる。大型の、漁業で対象となるような個体については、漸近的な採集効率が 1 に達しており、遷移率は、専ら、混獲死亡や自然死亡といった死亡率が主な要因になっていると考えられる。

さらに、ズワイガニ特有の脱皮と成長に関する複雑さを、モデルに反映している。遷移率の設定に加えて、いくつか特徴的なことがある。全体の構造から見ると、ズワイガニのオス・メス 9 齢と 10 齢については、資源尾数は同じと仮定している。その後、メスは 11 齢で最終脱皮をして、プラスグループのような扱いになる。その後、メスは成長せず、毎年漁獲されていくというモデルになっている。一方、オスは、成長に伴って、最終脱皮するものと、しないものに振り分け、最終脱皮したものは、プラスグループに入ってそのまま、特に 11 齢は漁獲されずに死んでいく。12 齢と 13 齢では最終脱皮してプラスグループに入ったものから漁獲されていくといったモデルになっている。さらに漁獲死亡に加えて混獲死亡が毎年起こっていると仮定している。混獲死亡の割合については、後ほど説明する。

モデルの中では、ミズガニ (softshell) の漁獲は無視している。ミズガニは、漁獲圧よりも混獲死亡のほうが圧倒的に高いためである。そして、重要な仮定として、遷移率、最終脱皮の割合、最終脱皮を振り分ける γ というパラメータについては、VPA の期間を通じて一定であると仮定している。この点については、将来的には、時間に従って変動するようなモデルも考えたいと思っている。モデルの中で、漁獲については、年齢別の資源尾数から直接差し引く構造になっている。

遷移率についても、年によらず一定としているが、その点について、例えば、韓国の漁獲、あるいは混獲死亡などが年によらず一定と考えるのは無理があるのではないか？とのコメントを事前に頂いている。この点については、実際には恐らく、遷移率自体は年によって変化すると考えられるが、遷移率に対して制約を緩めてしまうと、モデルが観測値そのものにフィッティングされてしまい、オーバーフィッティングになることを確認している。将来的には、より複雑なモデル、例えば SAM 等を使うことによって観測誤差を組み込むようなモデルにする必要があると考えている。

そして、これは重要なことだと思うが、11~13 齢のカタガニ (hardshell) の遷移率が極めて低いことについても指摘を頂いた。ズワイガニの主要な漁獲対象は、11~13 齢のカタガニで、そこに最も高い漁獲圧がかかる。11~13 齢のカタガニは、採集効率などの様々な要因で、資源量自体がそもそも過小推定されている可能性がある。そのため、本来であれば生き残りがあはずだが、それがほぼ出てこないようなモデルの構造になっている可能性がある。さらに、漁獲尾数自体が過大推定されている可能性もある。我々も問題は認識しているが、モデルに含まれる不確実性がどこに効いているか等については分かっていない。

レビュアーから、モデル診断の結果についても示してほしいと事前に依頼があったため、

ここで、レトロスペクティブ解析の結果ならびに残差を図でお示しする。ご覧いただいて分かるとおおり、バイオマスも遷移率もデータを 1 年削減しても結果が大きく変わることはなく、我々は非常にロバストなモデルであると考えている。Pearson 残差についても、齢期によって偏りはあるものの、特段大きな問題があるとは認識していない。

○Teo 次回に図を示される時は、観測誤差も示して頂きたい。実際にどの程度信頼が置けるのかということが分かるようにしたら良いと思う。

○佐久間 了解した。

○佐久間 次に、混獲死亡率について、使用した値の根拠は何か？また将来予測に使用する時は可変であるべきでは？との事前質問を頂いている。それに対する回答は以下の通り。モデル内で将来予測するときは、混獲死亡率をオスにかかる漁獲圧（漁獲死亡係数 F ）の半分と仮定しているが、VPA では混獲死亡を遷移率の中に入れて扱っており、混獲死亡率そのものについて観測することはできていない。将来予測では、仮定する F を現状の $F(F_{\text{current}})$ に対して増やしたり減らしたりすることにより、混獲死亡率もこれに連動して増減する、といった形で使用している。ご指摘のとおり、混獲死亡率は可変である可能性もあるが、混獲死亡の多寡は、底曳き網漁業の漁獲成績報告書で得られる努力量の値とは必ずしも対応しておらず、自主規制の内容、特に漁獲可能尾数、禁漁の日数、漁獲サイズの制限などが年によってかなり変わるため、その影響を受けて漁獲物の内容も変わってくると考えられる。現在、より詳細な情報を得るために操業日誌を集めて分析しているところであり、それによって、恐らく真の混獲死亡率も推定できると考えている。

○Teo プレゼンの説明では、混獲はミズガニの方が多く、実際の記録もあるとのことだった。ごく最近では、混獲データをオス・メス問わず全てのミズガニに対して記録するようになったと理解する。既に情報があるのであれば、それを解析すべきではないか？現状では、将来の混獲死亡を F の半分と想定しているが、実際の値はわからない。それが問題であると認識しているから、詳細なデータの収集を開始されたのだと思う。データは既に一部集まってきたので、そのデータをすぐに使えば良いのでは？その方が、より精度の高い混獲死亡の想定ができると思う。

○佐久間 すぐにできないのは、十分なデータがまだ揃っていないため。状況は非常に複雑で、簡単にこの値を推定することはできない。幾つかデータはあるが、全ての漁船からのものではなく、ごく一部であり、実態はまだ分からない。A 海域全体の状況が分かっているわけではない。

○Teo 限定的なデータであっても考慮した方が良いのでは？ある値を真実として仮定する、でなければ全くわからないとする、といったやり方は米国ではとらない。

○佐久間 本当の値かどうか自信はないが、恐らく真実の値に近いだろうと考えている。 F の半分 ($0.5 \times F$) は、SPR、YPR 分析でもこれまで使われており、上田の論文で使用されている。

○中野 混獲データは部分的には多少あり、そのデータから類推すると、真実に近いだろう、ということか？

○佐久間 その通り。また、混獲データから混獲死亡率を得るためには、混獲投棄されたものがどれだけ生き残るか（時期によって異なる）、海域によって混獲投棄の実態も恐らく異なる、といった問題もある。現在、分析を進めているところだが、結論が出るまでは暫定値として 0.5 を使っているというのが正しい表現になる。

○中野 およその混獲数は分かるが、投棄（放流）後の死亡率も分からないといけない、ということか？

○佐久間 その通り。

○中野 レビューアが 0.5 の根拠に率直に疑問を持つのは理解できる。

○佐久間 0.5 は、過去の資源評価で様々な値を仮定して検討された結果であり、前述の論文でも採用されていることから我々も使っており、あながち間違っていないと思う。しかし、やはり実際の値を調べることの必要性は認識しており、現在、分析を進めているところ。

○Teo 0.5 の決め打ちは、かなり強い仮定であり、それに同意できるとは言えないが、現在、取り組んでいる状況にあることは理解した。

○佐久間 レビューアからの事前質問で、さらに混獲死亡について、8 齢以下は混獲死亡を仮定していない点について、その妥当性を問う質問を頂いた。この点については以下の通り。カニは混獲時、底曳き網で海底から表層まで引き上げられ、表層の高い水温に触れることによって死亡する（Heat shock を受ける）。これが混獲死亡の主要な理由と考えられている。しかし、8 齢より小さいカニは、基本的に漁業の網には引っかからず、表層まで引き上げられることがない。そのため混獲による死亡はほとんどなく、あっても資源への影響は非常に小さいだろうと考えられる。カニの混獲死亡については、先行研究によって、水温、気温と関連があることも示されている。

○佐久間 次に、再生産関係について、Ricker (RI) 型を採用した理由について事前に質問を頂いた。主な理由は、密度依存的な共食（density-dependent cannibalism）が起こるためである。サイズ別のズワイガニの胃内容物に占めるズワイガニの割合をみると、サイズが 50 ミリを超えるとかなりの割合で胃内にズワイガニがみられ、共食していることが示されている。また、Beverton-Holt (BH) 型、ホッケー・スティック (HS) 型とも比較したが AICc によって RI 型が選択された。BH 型は値が収束しなかったため、今回のプレゼンでは、RI 型と HS 型の図のみを示している。

○佐久間 次に、将来予測について。詳しい方法、特に不確実性の扱いについて質問を頂いた。端的に言えば、我々は、再生産関係に不確実性を取り込んでいるが、VPA に由来する不確実性は考慮していない。再生産関係では、平均値の周りで対数正規分布に従ってばらつ

くランダムな加入の変化という形で不確実性を考慮している。将来予測の方法については、2023年までの予測はVPAで推定した若齢の情報と遷移率を用いて前進計算し加入を推定している。それ以降の年は、若齢については再生産関係に基づいて推定し、他の齢期は遷移率を固定して前進計算している。単純な計算になっている。関連して、将来予測の図で F_{msy} が雌雄別に示された F_{max} よりも高いところにあるのは何故か？との事前質問をDickさんから頂いている。その理由は、図に示した F_{msy} が雌雄別ではなく雌雄合計の F_{msy} であるためである。

○Dick 本来であれば F_{msy} は F_{max} より小さいはず。 F_{msy} は雌雄合計で F_{max} は雌雄別、という違いがあるにしても、両方の性がそれと逆になっているのは腑に落ちない。

○Teo RI型を使っているためではないか？

○Dick 可能性としてはあると思うが、原因を確認したい。

○佐久間 F_{msy} については雌雄別に推定していないが、このやり取りを伺って、推定する必要があると思った。オスとメスで F_{max} が異なることに加え、RI型を採用していることが原因ではないかと考える。 F_{msy} も雌雄別に示すことによってDickさんの懸念は解消できるのではと思うため、計算し確認してみようと思う。

○Dick そうして頂けるとありがたい。

○中野 本来比較できない雌雄別と雌雄合計の値を同じ一つの図に示していた、ということかと。

○佐久間 その通り。それが混乱のもとであった。本資源で考慮される F_{msy} は、実はメスに対してであり、オスの F は基本的に資源評価の過程で考慮されないため同じ図に載せていたが、今後、分けて載せることも検討したい。

○Dick その方が有用だと思う。何故、 F_{msy} が F_{max} より大きくなるのかについても、TeoがRI型のためではないかと示唆してくれたが、追加的に検討してほしい。

○佐久間 了解した。検討してみたい。

○佐久間 次に、事前質問で、資源評価の不確実性がどれほど資源管理にとって有用かということについて指摘を頂いている。従来、日本の量的規制は、かなり決定論的にTACが決定され、必ずしも不確実性は重視されてこなかったという経緯がある。しかし現在は、資源評価の枠組みが大きく変更され、不確実性についても真剣に取り組んでいる。特に、資源量、年齢別資源量、 F 、混獲死亡、再生産関係などについて不確実性を今後取り込んで行く必要があり、モデル等の改善に、まさに今努めているところである。

○佐久間 この他に、Teoさんから、体長構成モデル（Length-structured model）を使ってみてはどうかとの提案を頂いている。また、Dickさんからは、ズワイガニの先行研究として、ベーリング海で使用されているような資源評価モデルを使ってみては、との提案を頂いている。ベーリング海のモデルは、CPUEを用い、モデル内で自然死亡その他のパラメ

ータを同時に推定していくモデルである。この点に関して、日本のズワイガニ資源では、太平洋北部系群で、状態空間モデルを使った評価が行われている。これに、例えば甲幅、甲羅のサイズ組成などの情報を取り込んで、体長構成モデルに改造していくことを考えている。これまで利用していない別々の指標を統合的な一つのモデルにまとめる作業が、今後、必要になってくると理解している。一方、CPUE については不確実性が多く含まれており、まずは、それを標準化する作業が必要と考えている。このように、多くの課題があるのが現状だが、資源評価モデルの改善に努めたいとズワイガニの担当研究者全体で認識している。プレゼン発表は以上です。

○中野 では、ズワイガニ日本海系群 A 海域全体について追加質疑があればどうぞ。

○Teo 私の事前質問は全てカバーして頂いた。比較的良く理解できたと思う。系群構造にいろいろ問題はあるが、必ずしも解決を求めている訳ではなく、例えば (A 海域と B 海域で) 系群は同じだが行政区画が違う、また、同じ幼生を共有しているかもしれないが保護の観点から各々の海域ごとに検討している、ということかと。

ただ、個体の移動があまりないとのことなので、空間構造モデル的なものも考えられるかもしれない。海域ごとに独立した異なるモデルを考えるのではなく、モデルとしては一つだが、二つあるいは三つの空間構造を持つもの。三つ目の空間は、未知である外国船ということになるかと。全体共通のプールから各々の空間への加入量をオプションとして捉える。それらの空間はいろいろな意味で独立系だが、系群の保護を考えたときには、全体の資源をあまり低くしたくない、といった面も考えないといけない。社会・政治的な側面もあると思うので、半独立系と考えれば良いのではと思う。資源全体としてみた加入と、それぞれの海域への加入には相関があるかもしれない、しかし全く同じではない。いろいろそういったことに留意すべきではないかと、今、頭の中で推考している。

○佐久間 我々も A 海域と B 海域の資源評価を統合した際には、それによって B 海域のモデル推定も改善するかもしれないと思っている。全体として改善できればと思っている。

○Teo それはいいアイデアだと思う。

○Dick 気になったのは、産卵親魚量 (SSB) が基準値を超えるか否かの判断において、現在の方法が、非常にシンプルに再生産曲線の点推定のみに基づいている点。様々な不確実性の源を理解することを考えた場合、再生産関係に係るバラつきの大きさをマトリックスの形で見たら良いのではないかと。そこから何か抽出されるかもしれない。それによって再生産関係のパラメータに係る不確実性を将来予測に組み込むことができるのではないかと。パラメータのどの程度の不確実性が基準値の確率に影響を与えるのか、ということだと思う。不確実性を取り込んでいくための一つのステップとして提案する。

○中野 パラメータの信頼範囲など確率についてのマトリックス表 (Probability matrix) を作って、不確実性が結果に与える影響を見積もる解析をしたらどうか、ということかと。

○佐久間 現状は不確実性自体について検討を始めたところであり、不確実性の程度まで

は十分把握できていないと自覚している。提案に従ってやってみたい。

○Dick やってみていただくと興味深いと思う。それによって不確実性がどのような影響を相対的に及ぼすのかを見ることができるだろう。

2. ズワイガニ日本海系群B海域

○藤原 (B 海域の地理的範囲、地形や漁業、漁獲規制、調査手法等について概要を説明)

○Teo B 海域では急斜面で大きな石も多く A 海域のようなトロール調査ができないため、かご調査を実施しているとのことだが、B 海域でトロール漁をしている漁業者もいる中で、なぜ調査ではトロールができないのか。

○藤原 トロール調査は網を真っすぐに曳くことが前提で、転石を避けるのが困難なのに対し、漁業者が行っているのは、かけまわし漁で経験も豊富なため上手に避けることができる、という違いがある。

○中野 調査船の漁具はオッタートロールで、かけまわし漁とは漁具が異なる。

○Teo であれば提案だが、かご調査とかけまわし漁を同じ水域で並んで行い、両者を比較してキャリブレーションしてはどうか？漁業者にかけまわし漁をしてもらい、同じ所でカニかご漁の調査を行うなど。そのような比較をすることによって有用な情報が得られるかもしれない。

○藤原 かご調査のデータと漁獲成績報告書の比較は行っている。さらに、一網ごとの漁獲量などより詳細なデータも A 海域と同様に漁業者から収集を始めている。それらを用いてしっかり比較していきたい。

○中野 漁具の選択性の違いもある。

○藤原 その通り。調査では小型個体を採集したいため網の目合を 20 ミリにしているが、漁業者の網は 90 ミリぐらい。

○藤原 ではこれから事前に頂いた質問について回答していく。系群構造と分布に関しては先の A 海域の説明で詳しい話があったので省略し、次の質問、ロシアや北海道の沿岸でも漁獲されているのでは？について。ロシア水域については情報がなため、本資源評価には含めていない。日本側では B 海域の最北に位置する青森県沿岸で分布が途切れているため、北海道沿岸についても別海域とし本資源評価には含めていない。北海道沿岸のズワイガニは、近縁種のベニズワイ漁で少し漁獲される程度で、漁獲量は非常に少なく、B 海域の評価への影響は小さいと考えている。

○藤原 次に「漁業データや複数の調査が報告書に示されているが、実際に評価に使っている調査や資源量指数は何か？どれが重要なのか？」という質問について。我々は、ABC

の算出に用いているかご調査が最も重要だと考えている。漁業による資源量指標値や桁網の調査結果は、資源動向の推移を見る参考情報としている。

○藤原 ここで、かご調査について詳しく説明する。使用しているかごの大きさは1.3メートル、エサは冷凍サバを4匹ほど、針金でつるして使用する。1つの調査点で2,100メートルの縄に、かご20個付けたものを8時間以上浸水させ、引き上げて入網したカニを測定している。1調査点の採集尾数は20かごの平均値とし、さらにB海域を行政区分で二つに分け、各々200~300メートル、300~400メートル、400~500メートルの水深帯に分けて、合計6層で、これらを集計している。層別の1かご当たりの採集尾数に採集効率を除いて密度を算出し、それに層の面積を掛けて、資源量を推定している。

この過程で大事なものは採集効率だが、オスについては、論文から0.005という1かご当たりの漁具効率を引用して使用している。メスについては知見がなく、以前はオスと同じ値を使っていたが、過去の資源評価でメスの資源尾数が過少推定されている可能性を指摘され、かごのサイズ選択性やA海域の情報を参考に補正し、現在は0.0016の値を用いている。このようにして求めた2021年の資源量、すなわち調査実施時点である7月の雌雄別の現存尾数および現存量（トン数）を表に示した。オスとメスの量が大きく異なりメスが多いが、これは採集効率の違いではなく、現存尾数の違いであると考えている。

○藤原 資源評価では、このように算出した調査時点（7月）の資源量と、それまでの漁獲量及び自然死亡係数Mを用いて、半年前の漁期開始時（1月）の資源量を推定している。実際の漁期開始日は、調査前年の10月1日だが、漁獲が漁期のおよそ真ん中で行われると仮定し、調査時から半年分後退させて1月1日の時点推定している。調査時点（7月）から前進させて推定しない理由は、脱皮が9月~10月頃にあり、前進する計算では仮定すべき条件が多くなるため。自然死亡係数は、水揚げサイズのデータがないため、便宜的に最終脱皮した個体のMである0.2を一律に用いている。推定した資源量の過去20年間の年変化を見ると、2010年までは緩やかに増加したが、その後は増減を繰り返しており、横ばいと判断している。数年内の変動幅は恐らく調査誤差であるため、ABCの算出に使用する資源量は過去5年の平均値を用いている。これらの方法については、今後、A海域のような年齢構成モデルを導入するなどの改善が必要と考えているが、そのためには、桁網による小さなカニのデータ収集が重要だと考えている。

○藤原 次に、漁獲管理規則（Harvest Control Rule）について説明する。かご調査では、小さなカニの採集が難しく、加入に関する情報が得られない。そのため、B海域では、再生産関係の把握とそれに基づく将来予測ができず、 F_{msy} も推定されていない。本海域の生物学的管理基準値は、本種のYPR・SPR解析に関する論文をベースに検討され、2021年3月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」において、MSY

を実現する漁獲圧の代替値として $F_{30\%SPR}$ を用いることが決定された。現在の漁獲管理規則は、これに安全を見越すための係数、0.8 を乗じた値となっている。

YPR・SPR 解析について論文の図を引用して説明する。加入は 8 齢とし、寿命は考慮していない。最終脱皮して 1 年経過した個体の M を 0.2、1 年経過していない個体（ミズガニ）の M を 0.35、オス 11 齢、メス 10 齢までの小さいカニは、水揚げ対象の個体と同じ F で混獲放流され、放流後の生残率は 0.5（A 海域と同じ）と仮定している。これらにより $F_{30\%SPR}$ は、オス 0.20、メス 0.22 と算出された。現状の F （2016 年～2020 年の平均）は、これより十分低い値となっており、2022 年の推定資源量 3,200 トンから、ABC は 500 トンと算出された。現状の漁獲圧の 3 倍を許容する評価となっている点には国内で議論もあるが、B 海域は、急斜面などで漁場利用されない場所も多くあることを加味すると、整合性ある結果だと考えている。今後、調査データを集積し、それに基づく齢構成モデルを構築することによって、さらに評価の精度を向上できるものと考えている。

○藤原 次に、レビュアーから頂いたその他の事前質問について。まず、齢別のサイズ組成に係る不確実性や、漁獲量を齢別に振り分ける方法についてだが、残念ながら、B 海域では成長に関する知見がない。市場で水揚げされる個体の測定データはなく、齢サイズや組成を考慮した解析は十分にできていない。齢分解については、かご調査や桁網調査の結果を用いた解析を計画し進めている。

○Teo 漁業で漁獲されるものは、サイズや分類、銘柄のデータが全くないということか？

○藤原 その通り。市場で漁獲物を測定するマンパワーがない。メスについては少なくとも市場で赤仔と黒仔に分けている情報は集約できそうであり、データ収集に努めている。

○Teo 市場データはないということか？

○藤原 メスについて情報収集を始めたところだが、過去のものはない。

○中野 銘柄別の水揚げなど、市場で大きさを分けたりしないのか？

○藤原 残念ながら、されていない。歴史的に B 海域は、A 海域ほどカニを重要視する漁業がなかったため、市場調査もあまりされていなかったと認識している。

○藤原 次に、自然死亡係数 M の値の根拠と感度解析の有無や範囲について。値は Ueda ほか（2009）と Yamasaki（1996）の論文から引用した。後者は、標識放流により全死亡係数 Z を検討したもの。 M の感度分析は、将来予測ができないため行っていない。しかし、その重要性は担当研究者間で認識しており、プロダクションモデルを用いて検討中である。

○藤原 資源量推定に太平洋北部系群で用いているようなモデルの使用は考えられないか？との事前質問も頂いている。かご調査では小さなカニの採集（加入量の把握）が困難で導入は難しいが、推定法のブラッシュアップに努めていきたい。採集効率の不確実性についてはプロダクションモデルを用いた MSE で検討しているところ。

○藤原 資源量推定のために ROV や AUV を用いて水中観察を行うのも有効では？との指摘を頂いた。これについては、桁網調査で桁に水中カメラを装着して曳網しており、その画像を用いて採集効率を推定することを検討している。ROV 等よりも観察面積が広く、その映像データを活用して精度向上に努めたいと考えている。

○藤原 A 海域との関係について、B 海域と生物的には 1 つの集団 (a single biological stock) である可能性はどの程度か？幼生の地理的な分散過程や遺伝的な差、その他、両海域の関係性を理解するのに有用なデータはあるか？との質問については、A 海域からの幼生の流入はあり、同じ系群と考えるのが妥当と思う。しかし、B 海域で生まれた幼生が A 海域に運ばれるかどうかは不明。現在、遺伝学的アプローチも含めて調査中である。

○藤原 最後に、桁網調査とかご調査の両方で採集することのできる齢期の資源量を比較してはどうか？との提案について。これについては、各々の調査で推定した漁獲対象サイズの現存尾数の年変化を、調査間で比較することを始めており、特にオスについて、ほぼ同じ増減傾向を示すことが分かってきている。2022 年の時点で、桁網調査のデータが 7 年分蓄積されており、今後、資源量推定や ABC 算定手法にも組み込んでいきたいと考えている。プレゼン発表は以上です。

○中野 では、B 海域の質疑とディスカッションに入る。

○Teo 資料を見てまず問題に思ったのは、かご調査だけで絶対資源量の値を得ようとしていること。そこにはかなりの仮定が含まれている。むしろ相対的な資源量指数 (Relative abundance index) ではないかと思う。特に、採集効率 q を固定して扱っているのは望ましくない。資源評価の改善に向けて、より良いものにしてほしい。データの集約方法についても検討して頂きたい。モデルの結果から q はこれで良いと断定してはいけない、逆だと思う。 q がどのぐらいの値になるかは調査だけでは分かっておらず、値を固定的に扱うアプローチは良くない。特定のかごへのカニの入り方だけでは判断できず、かごのトラップとしての有効性、トラップを仕掛ける場所の局所的な環境の違い、といったことも影響する。

また、A 海域と B 海域は、生物学的には同じ系群で、海域が異なるだけのように思う。であれば A 海域の情報もできるだけ多く活用すべき。B 海域からより適切なデータをさらに集めることにのみ注力するのではなく、A 海域のデータ活用も検討してはいかか。海域をつなぐ構造的なモデルを作り、トロール網やかご調査のデータを指数として適用する、小さなカニについては A 海域の情報を適用する、など。これによって系群全体としての初期加入量を把握する。死亡率や他のパラメータも同じであれば漁獲量も同じ扱いになる。漁獲量のサイズ別組成やサンプリングといったことも必要であろう。これらを独立に考えるのではなく、全体的に取り組んでいくべきと思う。

○藤原 できると思うが多くの困難な問題が残る。A、B 両海域で同じパラメータを使うことが妥当かはどうかはまだ分からず、その辺りは不確実で判断が非常に難しい。

○中野 レビューアからのポイントは2つ。1つは、かご調査による資源量推定が大きく q に依存しており、 q 値に置いた仮定も大きく、そこを検討すべき、またそれだけ q に依存する根拠は何か?ということ。もう一つは、A 海域と B 海域は同じ系群だから、A 海域の情報を B 海域に当てはめて B 海域の年齢構成等を明らかにし、同じようなモデルで解析した方が良く、ということだと思う。

○Teo その通り、A 海域と B 海域は統合すべき。A と B は関連しており異なるのは地理的な場所。齢の選択性が適切かどうか分からない訳だが、A 海域の選択性でまず推定し、必要な調査を行うなど考えられる。A と B を全く別個に扱わなくて良いと思う。A 海域には、既に多くのデータや手法があるので、それらをできるだけ活用した方が全く未知のまま手付かずにしておくよりもまし。必ずしもうまくいかないかもしれないが、やってみる価値はある。

○佐久間 そのようなことも考えてはいるが、統合モデルの開発については、マンパワー的に時間がないのが現状である。

○Dick これらのコメントに関連して思ったのだが、シンプルに、A 海域の方法で B 海域の漁獲量をモデルに当てはめ、系群全体に引き伸ばしてはどうか? 同じ系群と想定して A・B の漁獲推定量を求め、A 海域の F_{msy} ベースで B 海域の数値を算出する。それを、B 海域の計算法による推定値と比較してみたら如何か?

○藤原 手元に数字がないため正確には分からないが作業的には可能だと思う。ただ、B 海域で別の計算法を用いている理由には、海域間で漁獲の仕方が大きく異なる、ということもある。Dick さんの提案のように結果を比較するのも一案だが、結果の違いをどのように判断するかは難しいのではないかと思う。

○Teo 感度分析として、実施する価値はあると思う。Dick さんに質問だが、A 海域と同じモデルで MSY を求めた場合、ABC はどのように算出するのか?

○Dick 今使っている手法と同じ。漁獲量の数字でスケールリングできると思う。

○Teo A と B は漁業の管理方法が違うので何らかの仮定を置かないといけないが、漁獲をどのように振り分けるのか。

○Dick A 海域の漁獲量を B 海域の漁獲量に足し、それに基づいて ABC を計算する。

○Teo 海域の組み合わせで ABC を出すということか?

○Dick その通り。モデルは、A 海域の漁獲量に当てはめたものを使う、というシンプルな方法である。

○Teo 分かってきた。

○Dick もちろん漁法の違いという点は分かる。資源に対する漁法の違いの影響もあるかもしれない。しかし、結果として、似たような結果が得られる可能性もある。

○藤原 漁獲量については A、B 両海域を合計して使い、今ある A 海域のモデルにそのま

ま組み込んで計算するということか？B 海域の資源量は考えなくて良いということか？

○Teo 違う。既にある A 海域のモデルをベースに B 海域を組み合わせる。すなわち A プラス B の別のモデル。考え方としては、A プラス B マイナス A あるいは A プラス B マイナス B。A プラス B は、A のモデルに B の漁獲量を追加したもの。そこから A をマイナスすると、新たな B の推定値が得られるかもしれない。これを、従前の方法による B の推定値と比較してみる。どのような情報が得られるかはわからないが、感度分析として使えるのでは？新たなモデルを開発する前に試行的にやってみると良いと思う。

○藤原 シンプルな方法なので、できるかもしれない。

○Teo 試みてほしい。必ずしもこれが適切な管理方式ということではないが、興味深い結果が得られるかもしれない。

○Dick A プラス B マイナス A を行えば、かご調査の採集効率 q についても不確実性の幅がわかってくるのでは？

○Teo 同意する。A プラス B マイナス A の結果が出れば、どれぐらい q が外れているかということも分かるだろう。

○Dick 最後に、先の事前質問への回答の中で、かご調査と漁業の底曳き網（かけまわし漁）の採集効率の違いに関するところの議論を確認したい。

○藤原 まだ比較できていないが、漁業の操業記録と調査データの比較を行っていきたい、という話でした。

3. ズワイガニ太平洋北部系群

○木所（生物学、資源評価、再生産関係と将来予測の順に、事前質問への回答を織り交ぜながら説明）

○木所 系群構造と分布に関する事前質問については、先の系群で説明のあった通り、基本的に管理単位による区分。ただし海域によって資源動向や漁獲実態は大きく異なる。分布については、本系群の海域の外、周辺水域にはズワイガニは少なく、これを目的とした漁業も行われていない。標識放流調査も実施しているが採捕は少なく、採捕されても放流海域付近であり、移動に関する知見はほとんどない。

○木所 成長に関する事前質問について。齢区分の方法は、データの多かった 2004 年～2009 年の調査結果から、甲幅組成に混合正規分布を当てはめて、齢期の境界を定めて切断法で区分している。ズワイガニは直接の年齢査定ができないことによる。甲幅組成や年齢組成の不確実性については考慮できていない。しかし、レトロスペクティブ解析の結果に大きなバイアスは見られず、大きな問題はないものと考えている。加入前の個体はモデルに入力する前から齢分解している。

○Teo 図に示された様々なモードは調査データに由来するのか？

○木所 その通り。齢の区分は、いずれの年も、年齢分解した齢期と甲幅組成のモードが一致しており、経年的な変化はないと考えている。

○木所 次に、漁業について説明する。本系群は、主に福島県の沖合底曳き網漁業で漁獲される。漁獲量の図に示した通り、東日本大震災の原発事故により、2011年以降、漁獲量が大きく減少した。漁期は12月10日から翌年3月31日で、オスは甲幅80ミリ未満、メスは未成熟ガニの水揚げ制限がある。

○Teo 主な漁場は福島県沖と理解しているが、図には、東北や仙台沖にも漁獲の多い場所（赤い部分）が見受けられる。

○木所 漁業の分布域は広いが、ズワイガニが漁獲されるのは主に福島沖、すなわち主な漁場は福島沖に形成されており、他の海域では本種をターゲットにしていない。震災後は漁場が大きく縮小している。

○Teo 他の海域には漁獲努力量はない、ということか？自分が漁業者であれば、地震後に、福島沖で操業が難しければ、もう少し北の海域に行こうとするかもしれない

○中野 漁業者が他の漁場を狙って行くことはないのか？

○成松 規制があり、他の県には行けない。

○Teo 許可がないので行けない、ということですね。

○木所 本系群の漁獲努力量は、福島県所属の沖合底曳き網漁業においてズワイガニが漁獲された網数（有漁獲網数）として集計している。有漁獲網数は、震災以前はおおよそ2,000～3,500網だったが、震災以降大きく減少している。有漁獲網における1網当たりの漁獲量をCPUEとしている。CPUEは1997年～2005年までは緩やかに減少していたが、その後はやや増加した。しかし、震災後の操業停止により有漁獲網数自体が大きく減少したため、このCPUEから資源状況を把握するのは困難である。

レビュアーから事前に、漁獲物の誤判別や投棄など把握できない漁獲死亡の要素はあるか？との質問を頂いた。これについては、ズワイガニが他のカニや魚の漁獲と混同されることはない。しかし、サイズ制限や漁期制限との関係で投棄の影響はあるかもしれない。その問題は我々も認識している。投棄による死亡率は今後の課題だが、資源評価モデル内では、投棄死亡を自然死亡の一部として扱っている。そのため、実際の投棄死亡が多くなると、推定される自然死亡も大きくなる形となっている。

本系群は、オスと成熟メスを漁獲しているが、経済的価値はオスの方が高い。このため、オスだけ漁獲した方が良いという考え方もあるかもしれない。しかし、A海域で話のあった通り、オスだけを漁獲すると雌雄比の偏りによる問題が生じる可能性もある。

漁場（水深150～400メートル）より深い水域に分布するズワイガニが漁獲されていない可能性についても質問を頂いた。これに関しては、漁業は水深600メートルまで行われており、未利用海域はないと考えている。また、ズワイガニが主対象ではない漁業による混獲とその推移についても質問を頂いた。震災以前はズワイガニを狙って操業する漁船もあつ

たが、震災以降は、ズワイガニを狙って操業している漁船はないと考えている。震災後、特に規制によってズワイガニが投棄されている、といったこともない。漁獲努力量は、狙いの有無にかかわらず、ズワイガニが漁獲された網の数としている。

欠損データの扱いについては、資料の記述に誤りがあった。正しくは、欠損となっていた1999年は97年と98年の平均値、同様に、2002年は2001年と2003年の平均値、2007年は2008年と2010年の平均値で代用した。

○木所 次にCPUEについて、漁業CPUEの増加が調査船の結果と異なっている点、CPUEの努力量が有漁獲網であることの問題点、漁業CPUEをモデルに含めることは可能か、といった点について事前にコメントを頂いた。我々は、震災後の東北沖のズワイガニ漁業はごく限られた時期・海域で行われているため、CPUEをそのまま系群の資源量指標値として利用するのは問題と考えている。ズワイガニが捕れなかった網も含めた、全ての網を努力量としてみた場合はCPUEに増加はみられない。一方、これを震災後のズワイガニの主漁場（4つの漁区）のみでみると、有漁獲網数で計算したCPUEのトレンドと近くなる。

○Teo 両者の違いがよくわからないのだが。

○木所 後者は狭い海域でみているが、ズワイガニが捕れなかった網も努力量に含んでいる。ズワイガニが漁獲された網数の比率をみると、前者は非常に低いが、後者はかなり高くなっている。

○Teo ということは生息地が変化してきたのかもしれない。全体の資源量は少ないが、漁船の集まるこの主漁場（4つの漁区）では漁獲量が増えたということか？

○中野 そこにカニが集まったのか？

○成松 その通り。

○Teo 理由はわからないが、主漁場ではそのようになり、他の水域ではカニが減ったと。

○木所 漁業者は、カニがいるところを知っており、そこで操業する。

○中野 かつての漁場では今は漁獲がないということ。

○成松 漁業者はカニの居ないところへ漁には行かない。少なくとも捕れたという実績はない。分布が局所的に集まっただけであれば全体の資源量は変化しないが、資源量も減っているので、残ったものが主漁場にいるというイメージに近い。

○中野 解釈の仕方は幾つかある。

○Teo 問題は複雑だが、主漁場ではまだズワイガニが捕れている、ということかと。

○木所 ということで、漁業CPUEをモデルに含めることについては、データを精査した上で検討したい。まずはゼロ・キャッチデータの確率モデルを含んだ標準化CPUEの検討等を進めていきたいと思う。

○Dick CPUE標準化はDelta-GLMで行うのか？

○木所 基本的には、それをまずは考えている。

○Dick その際には海域の違いも考慮した方が良い。

○木所 標準化に向けて海域区分についても検討していきたい。

○木所 次に、調査船調査について説明する。この調査は1997年以降、調査設計が大きく変化したことはない。甲幅20～140ミリのズワイガニが採集され、8齢期以降の全ての甲幅範囲を網羅していると考えている。基本的に本種の漁場や主分布域よりも広い範囲をカバーしており、本系群の資源量全体を把握可能であると考えている。毎年9月～11月の時期に、図に示した調査点を設け、調査船(若鷹丸)で実施している。調査点は水深150～900メートルであり、本系群の主漁場付近では水深300～500メートルの調査点数をより密に配置している。

○Teo 調査は分布のホットスポットをカバーしているか？

○木所 カバーしている。

○Teo この調査はズワイガニ専用設計されたものか？

○木所 採集されるもの全てを対象とした調査である。

○木所 次に、水温上昇によるズワイガニの分布域への影響と調査範囲との関係に関する事前質問について。レビューアの指摘のとおり、ズワイガニの分布範囲が調査範囲から外れると、推定された自然死亡の上昇とも関連してくる。この点についての回答として、底層水温の変化を示す。ズワイガニの主漁場に当たる水深350メートルおよび水深450メートルの水温は、近年上昇していることが分かっている。一方、水深別のカニの分布密度を1997年～2021年の調査結果から見ると、雌雄ともに水深250～650メートルの分布密度が高く、経年的な変化はみられない。つまり、水温上昇によってズワイガニの分布範囲が調査範囲から外れたというような状況は観察されていない。より深い方向への移動、または北への移動に関しては現在も調査を継続しているところ。しかし、漁業による主漁場の位置と調査船調査の結果を比較すると、両者の近年の漁獲分布は、福島県沖においてほぼ一致している。このことから、水温の変化や震災による漁業の変化はあったものの、調査船調査の方はズワイガニの主分布域、主漁場をカバーしていると判断している。

○木所 次に、調査結果を用いたズワイガニの現存量推定について。2016年～2020年の調査結果を示す。現存量は、調査海区(2海区ごとを合わせた4海区)と、水深200～500メートルを50メートルごとに分けた12の水深帯、合計48区に層化した面積密度法を用いて推定している。

○Teo 資源の減少については、自然死亡率(の増加)によるのか、加入が良くなかったためなのか、という仮説が考えられる。もし自然死亡が資源減少の原因であれば、加入においても若い齢期で死んでしまうといった傾向が見られると思うが、そのような傾向は見られるか？

○成松 この結果からは分からないが、3年前から小型個体を対象とした調査もしており、

それによれば8歳から9歳、9歳から10歳になるに従って、数が大きく減少している傾向がみられ、今のところ自然死亡の仮説が支持できる。これについては、あと1、2年データを集積した後に結果をまとめたい。

○中野 本系群の産卵場はどこか？

○成松 メスは分布のホットスポットである福島沖北側の海域に最も多い。しかし、産卵自体は、日本海と同様、メスの居るところで広く薄く、どこでも産んでいるものと思う。

○中野 成体はあまり移動しないので、メスの分布域全体で産卵しているということだと思うが、加入には、幼生の浮遊期と底層水の流れといったことも関係しないか？

○成松 難しいが関係はあると思う。例えば、北の方で産まれたものは、もしかすると加入に全く貢献しない可能性もあるが、そこは今後の課題である。

○木所 先の日本海系群でも議論のあった通り。どこで産まれて、どのように加入するかは難しく、今後の課題となっている。

○Teo 8歳期は年齢としては5歳、つまり未成熟個体は、大体5歳ぐらいまでだと思うが、資源量の経年変化において大きく減少したところは震災によるものか？つまり、震災で何か **Step change** (状態の急変) が起きたのか、それとも他の要因で変化したのか、その要因を知りたい。自然死亡率はランダムウォークで推定しているが、もしかしたら **Step change** があったのかもしれない。例えば生息地の変化など。5歳まで未成熟個体であること、大きな減少は2013年頃にみられることから考えると、加入は震災前から落ちていることになるはずで、そこにタイムラグがある。どのステージでタイムラグが生じたのかをみると何が起きたのか分かるのではないか。加入の問題であれば、2015年、16年以降にしか影響が出ないはず。そういったことを見れば、何が起きているか、どのような要因が影響しているか、が分かるかもしれない。震災で漁業の状況も大きく変わったため、**Step change** があったかどうか、あるいはどこで起きたのかといったことを調べてみるべきだと思う。

○柴田 後で詳しく説明するが、自然死亡率の推定については、2階差分のランダムウォークでは経年的に緩やかに変化するが、1階差分では上下の変化が大きい。**Step change** があったとしても、それは恐らく1階差分のランダムウォークで評価されるので、我々は、1階差分についてもみている。この点については後でまた説明する。

○木所 次に、現存量の推定に必要な採集効率について。太平洋北部の調査船調査では、ズワイガニの採集効率はサイズによって変化する。そのため、現存量推定の際に、サイズ(年齢)別の採集効率を用いて定量化を行っている。基本的に、小型のズワイガニほど調査で用いる網で採集しにくいいため、より大きい係数を掛けている。サイズ別の採集効率は、服部ほかの論文で報告されたものを用いており、専用の漁具を用いた調査で、サイズ別に推定されたものである。

○木所 推定した現存量は、1997年(496トン)から2007年(1,777トン)にかけて増加

する傾向にあったが、その後、減少傾向となり、2020年には調査開始以降最低の114トンとなった。なお、レビュアーから推定値の不確実性を示すようにと事前にコメントを頂いており、それに応じて図には推定値の標準誤差を合わせて示した。幾つかの年では標準誤差が非常に大きくなっている。個々のデータの内訳についても表で示す。表中の11齢期のデータについては、レビュアーからの事前質問の通り、4つのカテゴリーに分けている。

○木所 この他に調査に関して、この調査以外に、日本海系群のかご調査のように資源量の指標として使える他の調査データはあるか、との事前質問を頂いている。これについては、太平洋では、かご調査は行っておらず、この調査だけである。また、この調査に基づく現存量推定値は、絶対資源量ではなく資源量指数として扱うべきとの事前コメントについては、その通り、トレンドの指標値として用いており、資源量は資源動態モデルで推定している。

○木所 次に、資源量と自然死亡率の推定方法について説明する。資源量は、調査船調査で得られた齢期別の現存量を指標値として用い、SAMをベースに開発されたJASAMを用いて自然死亡、最終脱皮率と合わせて推定している。モデルの詳細についてはレビュー用資料の補足資料（柴田の論文）を参照されたい。ここでは、事前に頂いた質問、コメントへの回答を中心に説明する。まず、モデル内の σ_M と σ_{rec} は何か？との質問については、前者はMの2階差分時のランダムウォークに使う標準偏差、後者は8齢期のランダムウォーク時の標準偏差である。またモデル内で加入としている8齢期は、年齢では5歳に相当する。

現存量推定に使用した採集効率と同じものを資源動態モデルでも使用すべきでは、また採集効率が2回考慮されていないか？とのコメントについては、この採集効率は、あくまで調査で採集されたデータによる現存量の推定を精度良く行うためのものであり、資源量自体についてはJASAMで推定し定量化しているため、同じ採集効率を繰り返し使う必要はなく、考慮は1回である。

○木所 推定した資源量の推移と95%信頼区間を図に示した。資源量は1997年～2004年まで緩やかに減少し、その後やや増加したが、2009年以降は減少傾向となり、2020年は過去最低の237トンと推定された。レトロスペクティブ解析を行ったところ、Mohn's rhoの値は-11.6%であり、大きなバイアスはないものと判断している。レビュアーから事前に、齢期別の資源量の推移についても信頼範囲を示してほしいとのコメントを頂いている。それに応じて、雌雄別・齢期別の資源量の推移に95%信頼区間と調査データによる現存量推定値の標準誤差を重ねて示した。

○Teo メスの加入が急増した年と震災のあった年との関係を踏まえての質問だが、モデルで推定される自然死亡率は全ての齢期に適用されているという理解でよいか？

○柴田 その通り。

○木所 レビューアーから、オスの10齢期で、未成熟個体に正の残差パターンがみられ、成

熟個体に負の残差パターンがみられる理由についても事前に質問を頂いた。原因については不明だが、一つの要因としては、トロール調査で現存量を推定する際に用いている甲幅別（サイズ別）の採集効率が影響しているのかもしれない。資源尾数は、高齢なものほど数が減っていくはずだが、推定結果では、8 齢から 9 齢、9 齢から 10 齢へと進んでいく際に、数が増えていくケースがみられた。このことから、8 齢や 9 齢について採集効率を過大に推定し、資源尾数が過少となっている可能性がある。現在のところ、調査に使用している着底トロール網では小型個体を効率よく採集するのが難しく、採集効率の推定精度が低くなっている。そのため、今後の課題として、小型個体を効率よく採集できる調査を行って検証することを計画し、現在それを実施しているところである。

3. ズワイガニ太平洋北部系群（続き）

○木所 レビューアから事前にリクエストのあった、加入 8 齢期の推定資源尾数についてのレトロスペクティブ解析の結果を示す。この結果から、直近 5 年まで年データを順次減らしていても推定結果はほぼ変わらず、レトロスペクティブのパターンに問題はないと考えている。

○木所 次に、JASAM で推定された自然死亡率 M の経年変化を示す。1997 年の M は 0.191 だったが、その後一貫して上昇し、2020 年の M は 0.698 となった。直近 3 年間の平均 M は 0.677 である。 M についてもレトロスペクティブ解析を行なったところ、バイアスの指標値となる Mohn's rho の値は -21.3% であった。

M の設定が日本海と異なる理由について事前に質問を頂いている。これは海域固有の問題による。太平洋北部では、震災以降、漁獲がほとんどないにもかかわらず、資源減少が続いており、日本海と同じ設定（固定した M ）では、現状の資源動態の説明が困難となるため、JASAM を用いて年々の M を推定し資源動態の説明を試みている。成熟個体と未成熟個体の M の違いについてもモデル内で検討したが、両者に差は認められなかったため、太平洋北部では、成熟・未成熟の M は同じとして扱っている。ただ、日本海で用いている M との一貫性も重要と認識しており、それについては、今後、検討していきたい。

○Teo 成熟・未成熟に差は認められないとのことだが、どの程度の差だったのか？

○柴田 ここで齢期ごとの図に示した通り。1 階差分のモデル中で AIC 選択されたモデルでは、8~9 齢期、10~11 齢期、12~13 齢期で同じ M となった。

○Teo しかし、かなり違ってくる可能性もあるのでは？8~9 齢期と 10 齢期以上の間に違いがあるのでは？

○柴田 漁具の採集効率の違いがかなり影響していると思う。通常は、8~9 齢期の方が M は高いはずだが、低くなっている。

○Teo 採集効率はどのように違うのか？

○柴田 8~9 齢期の方が採集効率は低い。

○Teo M はそれに左右されないのでは？

○柴田 その通り、独立している。しかし、齢期別に見るとオスの 9 齢期の量は、調査による結果よりももっと多いはずである。

○Teo それは調査つまり観測の結果にモデルをフィットさせて見た結果だと思うが、実際の資源量推定は？

○柴田 実際には、ここで示した 1 階差分のモデルは不自然なため採用していない。8~9 齢期の方が M は高いはずだが、そうっていないので。

○Teo 機能的な構造 (Functional shape) があるなら試してみる価値はある。

○柴田 M を齢期ごとに変えても不自然な結果は基本的に変わらなかった。なので、この結果は採用しなかった。

○Teo どの程度不自然だったのか？

○柴田 8~9 齢期の方が M は高いはずだが、非常に低かった、ということ。

○Teo ということは、もしデータが良ければ、もっと精度の高いデータが得られたら、どのくらいの差異が出そうなのか、を確認する価値はあるかもしれない。年によって調査の結果が非常に高くなっている箇所が 1~2 点ある。それらのデータ点の方が、フィットが良く、より大きな差異が成熟・未成熟間で検出される可能性もあるかもしれない。

○柴田 しかし我々の方法でも問題ないのでは、と思う。

○Teo 私も Dick も本当にこれが正しいのかを確認したいと思っている。本系群の資源評価は、潜在的には、この種が絶滅してしまうような、かなり極端な仮説が設定されている。他の可能性は本当に全て排除できるのか、他の仮説、事柄についてもテストし、この自然死亡率が、本当に自然死亡率の推定として正しいのかを確認してほしい、というのが我々の指摘のポイントである。

○柴田 可能性については、我々の結果は 7,000 個以上のモデルでテストし、全てのケースを踏まえた結果である。

○Teo 7,000 個のモデルでテストして決めたということだが、我々レビュアーには、その詳細がわからないので、このような質問をしている。どのようなモデルを試して何を見つけ、これがベストだという結論に至ったのか、がわからない。

○柴田 モデル選択については AIC、BIC に加えて、過去と予測に対するレトロスペクティブ解析を行い、計 4 つの基準で検討し、最終的にはレトロ・フォーキャスト（予測）の結果でモデルを選んだ。その理由は、我々は ABC として一つの値を出す必要があり、それにはレトロスペクティブ・フォーキャストが一番良かったからである。レトロスペクティブ・フォーキャストの結果から、BIC でベストなモデルを選択し、最もパフォーマンスの良いモデルを選択した。

○Teo どうやって選んだかは今説明して頂いたが、我々としては、他のモデルも見てみたい。レビュアーとしては、もし問題があれば指摘し、皆さんが決定した事項や、その説明がリーズナブルかどうかを検討しなければならない。仮に A と B のどちらかを選ぶとして、両方に長所と短所があり、その程度が微妙であった場合、B を排除して A を選んだという決定に対して、レビューの結果、B の方が A よりも良いと判断された時は、レビュアーは B を選んだ方が良いといった勧告をするだろう。しかし我々は皆さんと同じ情報を持っているわけではないので、レビュアーが提案したことを行っても結果は変わらないかもしれない。皆さんも時間を無駄にしたと言われるかもしれない。なので、できるだけ詳しい情報が知りたく、このような質問をした。

○Dick 私が思うに、より大きな高齢個体について、それらが採集されにくいといったこ

とがあれば採集効率はドーム型の形状になると思うが、そのようなことも実施された様々なモデルの中で検討されたか？

○Teo 選択性 (Selectivity) が時間的に変化 (Time-varying) して、選択性の分布がドーム型になる、ということか？

○Dick その通り。

○Teo このような選択性があった場合も M の推定に影響を与える、というのが Dick の指摘だと思う。

○柴田 どのような機序、メカニズムで選択性がドーム型になると考えられるのか？

○Dick もし経時的に変化があった場合、より大きな個体はその漁獲エリアの外に移動する可能性がある。

○Teo 漁具とのコンタクト (Gear contact) のみでなく Availability も変わるということ。

○柴田 昨日も説明した通り、我々の調査は全ての分布海域をカバーしており、調査からの逃避個体はないと想定している。

○Dick ここでは他の仮説がないかということを検討している。

○Teo 採集効率はモデルで推定されたものか？

○柴田 モデルで出したものだが、JASAM ではなく、過去のモデルとパラメータによる。2012年に特別な漁具 (Special gear) を仕立てた調査を実施し検討された。

○Teo 漁具とのコンタクトの問題だけでなく、他にも要因がある、というのがポイント。この点をレビュアーからの推奨事項に挙げたいと思う。

○木所 議論を整理すると、確かに M の変化に採集効率は大きく影響するが、現在用いている採集効率は、調査結果から得たものであり、我々はこれが妥当だと判断している。もしこれがドーム型であれば確かに近年の M も変わってくるが、そうすべき理由が分からない。なので、我々は現行の採集効率を使うのが妥当と考えている、ということだと思う。

○Teo 我々は、ドーム型でなければいけない、それをベースケースにしると推奨しているわけではない。ドーム型を採用すればバイオマスの問題も出てくるだろう。しかし、その可能性も検討してほしいという提案である。

○柴田 JASAM ではなく JASAM の外で、ドーム型のモデルをトライしてみる価値はあると思う。それをオリジナルの結果と比較することで、どの選択性が良いかという結論が得られるのではないかと思う。

○Teo 方法は皆さんにお任せするが、二つ目のモデルを使って推定を出してみるというのも良いと思う。検討するのは選択性の曲線だけでよいと思う。JASAM では固定だが、この曲線のカーブのみを振ってみる。あるいは、漁具自体の選択性に加えて、サイズ別の Availability を考えるという見方をしてもいいと思う。それによって、問題を二つに明確に分けることができる。漁具自体の選択性については、これがベストだというものがあれば、それはそれでよいと思う。

○柴田 どれがよいかは、漁獲がないところもあるので、どちらかを選択しなければならな

いことになる。

○Teo このデータの方が良いということを示してもらえれば、それはそれでいい。

○木所 感度分析的に行えば良いのでは？

○柴田 ロジスティック型かドーム型かは、現行の採集効率の推定に用いたデータを使って、普通にモデル選択すれば良いだけなので、ドーム型を試みても、明らかにロジスティック型が選択されると思う。

○Teo 普通は恐らくロジスティック型だが、漁場という観点から利用可能でないケースもあり、それで例えばタラなどではドーム型が使われているのだと思う。それを確かめてみた方が良く、ということかと思う。漁具自体の選択性のみであれば、ロジスティック型だと思うが、漁場に居るものが全て採集可能なわけではなく、例えば、岩礁の間などに入り込まれたら、採集することもできない。Availability の観点から、ドーム型を仮定すると、M の上昇が抑制されて、もう少し自然になるのではないかと、ということかと思う。

○Teo 我々はドーム型でなければいけないと言っているのではない。感度試験をして、ベストケースはこれ、その誤差はこれほど、というようなことを示していただければ良く、例えばドーム型についても一度試して結果を示してもらえれば、さらに良いと思う。

○柴田 では、まずドーム型で推定したいと思う。Availability の要因をトライアルとして出すことができると思う。しかし、もしかしたら、それには、もう少し大きな特別な漁具 (Special gear) による調査が必要になるかもしれない。

○Teo 特別な漁具とは漁具能率の実験に使われた 2 重網のことか？

○柴田 その通りだが、これには経費を要する。

○Teo フィールドでいろいろ実験するより、モデルの中で検討するのが良いと思う。

○Dick 私も Teo と同じで、具体的にこうあるべき、ドーム型にしないといけない、と言っているわけではない。大型の個体の方が、自然死亡率が高いという結果をどう解釈するか、という観点から、単一の M を全ての齢期に適用する、あるいはドーム型、という選択肢がある。一般に、小型個体の方が死亡率も高いということを踏まえて、この採集効率がドーム型である可能性がどのくらいあるのかを見てみる、というのが将来に向けた提案である。

○Dick 続いて質問だが、採集効率の上限の値はどのように設定されたのか？絶対資源量に対する何かの基準ないし根拠にされた数字があるのか？

○Teo この採集効率は、漁具自体の選択性で、トロールの 2 重網実験によるもの、網から逃避するものを考慮した実験から得られたものと思う。米国のアラスカでも似たようなことを行っており、モデルの中では固定値として扱っていると思う。

○Dick それは分かるが、採集効率の最大値が 1 (率として 100%) より小さいので、どのようにそれが設定されたのかを理解したい (アラスカでは $q=1$ の前提を置いている)。

○木所 q の最大値は調査結果に基づいている。具体的なデータや方法について、引用元の文献の図を示す。

○Dick (文献の図を見て) このトロールの対象海域で実際に存在したカニの数が何らかの形で分かっており、その 70%が採集された、また小型個体の採集は 0%で、大きな個体は 6 割方が採集されていた、という解釈で良いか?

○柴田 その通り。

○Dick では、その値をどのように求めたのか?

○Teo 私から Dick に説明してみる。通常、トロール網では、チェーンの下など海底に隠れているカニが網に入らず、そこに居た全てのものは採集できない。そこで、通常の網の下に、もう一つの網、いわゆる泥の中に入るようなものを設けて、メインの網に入らないものを二つ目の網で捕捉する実験だと思う。そして、メインの網と下の網に入っているカニを比較する。従来の網で抜けていたものが下の網に入ることだと思う。

○Dick 下の網に入ったものがより大型の個体だったということか?

○Teo 図から分かるように、下の網に入ったものが従来の網で欠落していたもの。

○柴田 下の網に入ったものは、より小さいカニ。

○Dick ありがとう。理解できた。

○Teo どのように採集されているかは、これでよく分かる。ただし、これは漁具の採集率であり、最終的な採集効率の状況はよく分からない。

○柴田 それはモデルで検討している。

○Teo モデルでは、この調査が集団全体を対象とし調査の q も海域全体をカバーしていて、どこかが抜け落ちているわけではない、と想定しているのだと思う。

○木所 レビュアーからの次の事前質問、柴田論文と資源評価報告書における M の表記の違いについて。これについては両者の意味するものは同じであり、同じモデルから導出されている。基本的には柴田論文の表記 $M_{g,t}$ が正しいが、モデル選択の結果、成熟・未成熟の効果がなかったため、資源評価報告書では、添え字の g を省略し M_t と表記している。

○木所 レビュアーからの次の事前コメント、 M を一定としたモデルについても分析し、採用したモデル (M 時変) と、加入やその他のパラメータを比較してはどうか? について。これについては柴田論文の中で検討している。 M を一定とした場合、 ρ の値は小さいが、推定資源量に経年的なレトロパターンが生じてしまうため M 一定モデルは採用しなかった。 M を変化させないと推定資源量の絶対値が大きく振れるため、このような結果になると考えている。

* 3つのケース (M =一定、 M =1 階差分による変動、 M =2 回差分による変動) における推定資源量のレトロスペクティブ解析の結果について、レビュアーと柴田、中野の間で、図の見方などの詳細について確認のやり取りが行われた。

○Teo 2 回差分の M について齢期別でも試したか? 齢期別の 1 階差分の結果を見ると上下の変動がかなり大きい。検討すべき有効な情報だと思う。

○柴田 モデル開発の時点では、ここで示した 2 回差分の図、数値はまだ持っていなかった。

○木所 次に M のレトロスペクティブ解析の結果について。2020 年からの直近 5 年間の M は、やや過小に推定される傾向があった。これは M が年々上昇していることと関連しているのかもしれない。なお、2010 年以降の漁獲量と調査結果による現存量と間にミスマッチがあるかどうか、については、今のところ判断はついていない。

○Teo この数年間のデータに何かが見れているように見える。毎年、変動があるが、幾つかのデータによって M が引き上げられているようだ。

○柴田 資源量が急に増えたところがある。

○Teo 2015 年、2016 年の辺りか。この高いところ、ハイポイントを翌年のローポイントとつなげるということをしているのだと理解した。

○柴田 その高いところが、低い M と関係があるのかもしれない。

○木所 次に震災以前の 2010 年からの M のレトロスペクティブの解析結果について。推定値の変化は大きいですが、近年ほど過小評価になっている傾向は認められなかった。

○Teo この情報は有益である。この解析をしてもらった結果、M に見られるトレンドが、震災の影響を受けていない、それよりも長期的な個体群に対する影響がありそうなことが分かってきた。

○木所 次の事前コメント、M と漁期との関係について。ご指摘のとおり、M はモデル内で 12 月 1 日を起算日としているのに対し、ズワイガニの漁期年は 7 月～翌年 6 月で、タイムスタンプにズレがある。しかし、実際にズワイガニが漁獲される時期は 12 月から翌 3 月までなので、特に問題はないと考えている。漁期年（7 月～翌 6 月）は、実際の漁期（12 月～翌 3 月）を確実に含めるように設定している。

推定資源量と漁獲量から計算した漁獲割合を示す。雌雄合計の漁獲割合は、2010 年までは 12.4～37.3%だったが、地震の影響による操業停止で、2011 年の漁獲割合は 0.1%となった。2012 年に福島県船の試験操業が開始されたものの、その後も漁獲割合は 0.1～3.3%と非常に低い値に留まっている。同様に、漁獲死亡率 F も震災以降は低い値となっており、2012 年以降の F 値は 0.01～0.034 であった。

○木所 最終脱皮率についても事前コメントを頂いた。これについて、調査で採集されたズワイガニの最終脱皮率と、JASAM で推定した最終脱皮率を比較したものを示す。ご覧のように、両者はともに経年的に上昇しており、両者に矛盾はないと考えている。

○木所 次のコメント、甲幅と齢期の関係の不確実性については、現在のモデルでは考慮できていない。提案いただいた体長構成モデル (length structured mode) を用いて検討することも有効かもしれない。この点については今後の検討課題としたい。しかし、現状のモデ

ルにおいても、レトロスペクティブ解析の結果は良好であることから、資源評価には大きな問題はないものと考えている。この他、レビュアーからのリクエストに応じて、モデルの各推定値とその不確実性（標準誤差）を一覧表にまとめて示した。

○Teo これらの数値は資源評価報告書にも掲載されているか？

○柴田 値を更新したものもあるが、私の論文の方に掲載している。

○木所 最後に、再生産関係と将来予測について。JASAM で推定された親魚量と加入量の関係をもとに再生産関係を求め将来予測やMSYの推定に用いた。親魚量は、メスの成熟個体（11 齢期）の漁期後の資源量、加入量はその5年後の8 齢期の資源尾数とした。再生産関係は、日本海 A 海域では RI 型を採用しているが、本系群では AICc に基づき HS 型を選択した。

○Teo 皆さんの想定は、生物学的なファクターが変わるような影響が本系群にあり、M が大きく変化してきている、その仮説を支持する証拠を示そうとしている、ということかと思う。であれば、再生産関係は変化しないと想定するのはリーズナブルと言えない。

○柴田 レジームシフトのような変化が起きているかもしれない。

○Teo どのようなモデルでも、どのような個体群でも、M が3倍、4倍、5倍と変わっていくのであれば、何かが起きているはずで、生物の状況が変わっていたとしても驚くべきことではない。そのような変化をレジームと呼べるかどうかは分からないが、その場合、再生産関係のような従来の分析が役に立つのかどうか分からない。それよりも何か大きなことが起きているように思える。過去について考察するのは良いが、この再生産曲線を使って将来予測を行うことについては、私は大変疑問に思う。

○木所 再生産関係については、いろいろ問題点がある。この再生産関係をもとに将来予測を一応試みたが、MSY や管理基準値を求めることはできず、本系群の資源管理において大きな問題点となっている。今後の検討課題である。

○柴田 例えばレジームが二つあったとしても、将来予測をすると資源量はほぼゼロに近づいていってしまう。なぜなら M が高すぎるから。再生産関係を見直すことは必要だろうと思うが、何を選んでも、今のところ資源量は減ってしまう。良いモデルがあったとしても、その結果は変わらないということになってしまう。

○Teo 私もそう思う。この系群は大きな問題を抱えているため、そのような結果になると思う。

○中野 再生産関係上、最近年の加入が非常に悪いが、現象としても加入は悪いのか？

○木所 指摘の点は我々も認識しているが簡単には分からない。低加入の要因把握は、他魚種でも求められるが、すぐに分かる問題ではないと思う。

○柴田 親魚量自体が少し減ってきており、水温も高くなってきている。そういったものが影響しているだろうとは思いますが、どれが効いているかは簡単な相関関係を見ても分からない。そもそも加入する8 齢期になるまで5年かかり、幼生として浮遊生活を経由する期間

もあるので不確実性も大きく、どのようなメカニズムでそうになってしまうのかは分かっていない、というのが正直なところである。

○木所 再生産関係と近年の自然死亡率を用いて将来予測を行った結果を示す。2018年～2020年の平均漁獲圧で漁獲した場合、資源量は減少し、10年後の2032年の親魚量は10トン、80%予測区間は5.3～16.2トンと予測された。これが本資源の一番大きな問題となっている。将来予測におけるMの影響について事前にコメントを頂いているが、指摘のとおり、将来予測や推定されるMSYは、仮定するMの値によって大きく変化する。M=0.55の場合でもM=0.677と同様に、漁獲がなくても資源は減少していく。概ねMが0.5を下回れば、漁獲量のない状態で資源量は増加すると予測される。このように、現在の高い自然死亡率では漁獲がなくても資源が減少してしまうため、日本海系群と異なり、太平洋北部系群ではMSY等の資源管理基準値の提案ができない状況となっている。今後、自然死亡率が低下し、現在の漁獲圧でも資源が増加する状況になったときに管理基準値を推定し管理方策を提案することとなっている。

○木所 最後に、資源評価の不確実性は本資源の資源管理に重要か？とのレビュアーからの事前質問について。資源評価の不確実性は、本資源ばかりでなく一般的に資源管理において重要であり、不確実性を低減するための調査を進めていきたいと思っている。例えば、資源量調査の精度向上、資源評価モデルの改良、さらには近年の資源減少要因の解明、水温など海洋環境の変化の影響といった生態学的知見も、調査結果の不確実性を低減させる上で重要と考えている。以上でプレゼン発表を終わる。

○Dick 再生産関係の話に戻りたい。これはMが高すぎて再生産関係のスロープよりも傾斜が強くなっているということか？漁獲圧がゼロで資源が回復していくときはreplacement lineが経時的に改善していくものと理解していたが、漁獲圧がゼロで、なぜ資源が減るのかを理解したい。

○木所 HS型の再生産関係では、折れ点以下が直線になっている。この直線上では産卵親魚量と加入量の関係性は一定だが、加入後の産卵親魚の生き残りがそれよりも低くなれば資源は減ってしまうことになる。RI型などの再生産関係であれば、どこかに安定点があるかもしれないが、HS型では安定点が求まらない場合があり、一方的に減少すると考える。

○Dick ということは、replacement lineの傾斜が再生産曲線の傾斜を上回る場合に、そういうことが起きるとのことか？

○木所 再生産関係は、産卵親魚量とそれから生じる加入量の関係しか示していないが、大事なのはその逆で、加入から産卵親魚がどれだけ生き残るか、であり、そのバランスによって決まるものと思う。

○Teo 全く漁獲圧がない状態で、ある程度の加入量があった場合に、Mによってどうなるのかということだと思う。再生産関係の直線よりも上であれば、なくなってしまう。

○Dick その通り。資源は存続できないことになるが、そこがよく分からない。シナリオとして妥当なのか疑問に思うところであり、そこを理解したい。

○Teo シナリオ通りであればこの系群は絶滅に向かう。

○Dick 私の関心あるところとして、Replacement line のプロットを最新の M の推定値で描いてみることはできるだろうか？

○木所 漁獲がゼロの場合の、M だけの Replacement line を引くと、どこまで再生産が上がれば資源が増えるかといったことを示せると思う。SPR のラインを引けば良いかと。

○Teo 例えば、ここで示された加入量 1,000 のうち、どのくらいが産卵親魚になるのか？

○柴田 加入量が多ければ生き残るが、M が 0.68 と高すぎて、漁獲圧をゼロにしても単純に生き残れない。M が他魚種のように 0.2~0.3 程度であれば、資源も回復してくるが、M が非常に高すぎるので、今の再生産関係のままでは、M だけでこの資源は絶滅し得る、近年はそのような M になってしまっている、ということだと思う。

○Dick 私の理解が正しければ、この Replacement line の方が急勾配ということだと思う。

○木所 その辺り、分かりやすいように今後、図で示したいと思う。

○中野 では、ズワイガニ太平洋北部系群全体を通して、追加質疑があればどうぞ。

○Teo 7,000 個のモデルを分析されたとのこと、その中で水温と連動させるようなモデルも試されたか？水温との間に何らかの相関関係がみられたか？

○柴田 7,000 個のモデルには入っていないが、その外側で試した。ベストモデルで得られた値と観測された水温に相関があるかを見たが相関は見いだせなかった。水温は効いていると思うが、それだけではない複数のファクターがあるのではないかと考えている。底水温は 2004 年以降のデータしかない。表層水温に比べてデータを得るのが難しく、1997 年からのものだと、水深 500 メートルなど深いところのデータがない。それもあって、フルで水温と M の関係を関数としてモデルに組み込むことはできなかった。

○Teo アラスカ湾のズワイガニ研究者とも話してみると良い。彼らも興味深い情報を持っているので研究者を紹介する。同じような問題を抱えているので、連絡を取ってみることを推奨する。

○Dick 時変的な成長の変化を扱ったモデルは試されたか？

○柴田 成長が変化するモデルは試していない。今回実施したモデルは、成長の変化を想定しないモデル。しかし、仮に成長に変化があったとしたら、レトロスペクティブ解析の結果がもっと悪いはず。資料には示していないが、レトロスペクティブ解析による資源量の変動幅は±5%ぐらいに収まっており、結果はとても良い。よって、少なくとも資源評価をする上では、成長の変化はあまり影響ないものと思っている。

○Dick なぜそのように断定できるのか、よく分からない。結果を見る限り、二つの要因が

組み合わせあって影響している可能性もある。二者択一ではない時系列的な変化が起きている。その点について、もう少し、いろいろなモデルを模索してみる価値があると思う。一つの可能性として、固定した M と時変的な成長の関係をみると、異常な成長の変化を見いだせるかもしれない。時変的な成長と組み合わせるという手があると思う。

○Teo 米国で実施されているレビュー会議のように、この会合中に分析を試みてもらって、結果を見たい？

○中野 それはスケジュール的にも難しい。

○Dick そこまでは求めない。将来に向けて代替仮説も検討してほしい、という趣旨。

○Teo では、次回に向けてそれらを検討することを勧告する、ということにしたい。

○木所 勧告への対応の具体的プロセスについては、今回のレビューの目的とその後の対応を確認しながら進めていきたい。

○Teo 追加の質問だが、 M の 2 段差分について、齢期ごとに M を変えたモデルは走らせたか？もし実施していたのなら、その結果を見せてほしい。

○柴田 パラメータは推定したが将来予測は行っていない。

○Teo 将来予測は構わない。 M がモデルにフィットしているかどうかに関心がある。新たにやってほしいということではなく、もし結果が出ているのであれば、それを見せてほしい。

○柴田 M が他の齢期より 8 齢、9 齢の方が低く合理的とは思われなかったため、そのモデルは採用しなかった。

○Teo 了解した。

4. スルメイカ冬季発生系群

○大島 日本のスルメイカ全体の概要についてまず紹介する。本種には二つの系群があり、系群構造の説明がとても重要だと思っている。また、本種の資源評価は非常に伝統的な手法によるもので旧式な資源評価となっている。不確実性の考慮が十分でないことは認識しており、今回のレビューに基づいて手法をさらに向上させていきたいと考えている。

○大島 ではまず産卵時期について。本種は、一年中産卵するが産卵のピークが二つあり、主要な産卵シーズンが、秋（10月～12月）と冬（1月～3月）にある。これが、系群を2つに分けるエビデンスの一つであり、後者が冬季発生系群に相当する。

○Teo 分布図と発生月のヒストグラムを併せて見ると、これらは地理的な系群（一つは日本海側、もう一つは太平洋側）と言えるのではないか？

○大島 秋季発生系群は主に日本海に分布するが、個体によっては日本海から出るものもある。分布については後に説明する。

○Teo しかし、産卵は一年中行われるとのことだが？

- 大島 基本的にはその通り。日本の周りには、夏に生まれるもの、春に生まれるものといった局地的な系群もある。しかし、それらは非常に小さい。
- Teo それらの分布は海域的にオーバーラップしているのか？
- 大島 その点はよく分かっていない。
- 中野 回遊様式は同じなのか？
- 大島 主要な二つの系群間では移動回遊が異なる。これについても後に説明する。レビュアーから頂いた事前のリクエスト「系群のエビデンスをもう少し詳しく説明してほしい」に対しては、産卵は一年中あるものの秋と冬がメインであり、このような主要な発生季節の違いにより2つの系群に分けている、との回答になる。小さなものとして春と夏の系群もあるが、春は冬季発生系群に、夏は秋季発生系群に含めて資源評価を行っている。
- Teo 資源評価報告書に、夏の扱いについては記述があるが、春の扱いについて言及がなかった。
- 岡本（報告書にはないが）説明の通り、春生まれは冬季発生系群に含めている。
- 大島 レビューアーからの事前質問「米国やカナダの近海も含め広く太平洋から漁獲されるスルメイカも、これらの系群に由来するのか？」については、その通り、北東太平洋でも本種が漁獲された記録がある。分布の主体は北西太平洋だが、冬季発生系群が太平洋の東部まで回遊することもあると考えている。
- 大島 次に季節回遊について説明する。図に示した通り、秋季発生系群は、産卵場から北向きに回遊し、一部、太平洋側に移動する個体もあるが、主に日本海の生育場へ回遊する。本系群の主な分布は日本海であり、夏以降、日本海を南下していく。一方、冬季発生系群は、産卵場から太平洋側の成育場に回遊し、その後、日本海を経由して産卵場に南下する。この系群の漁獲も日本海で行われるため、特定の時期に両系群が混合して漁獲される。
- Teo 図を見ると、冬季発生系群にも産卵場から太平洋側ではなく、日本海へ直接北上する細い矢印があるが、日本海へ向かうものもいる、ということか？
- 大島 その通り。
- Teo その割合は？
- 中野 冬季発生系群が、産卵場からの北上時に日本海で漁獲されることはあるのか？
- 岡本 北上から夏までは、冬生まれの個体はまだかなり小さく、日本海にいたとしても漁獲の対象にはならない。夏までの日本海における漁獲は、基本的には秋季発生系群である。
- 中野 小さいものは漁獲されず漁業では把握できないとすると、太平洋側を北上する太い矢印は、どうして太いとわかったのか？
- 岡本 冬季に東シナ海で産卵・孵化した幼生は、日本海側に行ってしまうと水温が低すぎ死んでしまうため資源加入という意味では寄与しない。一方、東シナ海である程度大きくなりながら温かい黒潮に乗ったものは、生き残りながら太平洋に流れていくため、生き残って

資源に加入する割合としては、太平洋側を北上したものの方が多い。このことから、太平洋側の矢印を太く描いている。

○Dick 二つの系群が時期的に混合するとのことだが、その場合、系群ごとの漁獲量はどのように区別しているのか？

○大島 その点については後ほど説明する。まずは系群自体の違いについて。二つの系群は、産卵月の違い、産卵場の違い、北上回遊ルートに起因する分布の違い、の三つの違いで分けられている。

○中野 漁場と漁期も違うのでは？それによって系群や漁獲量を分けているのでは？

○大島 その通り。基本的には、それらでも分けられる。

○大島 関連したレビュアーからの事前質問「なぜ単一の系群ではなく二つの系群を考慮しているのかももう少し詳細に教えてほしい、また、系群として、生まれた時と同じ季節、同じ産卵場に戻ってくるというエビデンスはあるのか？」について、前者は先に説明した通り。後者については、サンプル数は限られるが、成長曲線（Sugawara らの論文）からみて冬季発生系群の産卵親魚に相当する日齢のものが、冬季にその産卵場付近で採集されていることが挙げられる。

○大島 次の事前質問「同じ産卵場を、時期を分けて異なる季節に使うといったことはイカ類の資源で普通にあることか？」について。これについては、情報はない。

○大島 次の事前質問「特に日本海において、どのように漁獲量を二つの系群に分けているのか？」について。この点については、回遊の違いをベースに、体長測定や耳石（平衡石）観察の情報から系群を分類するルールを作り、これを各漁場、各水揚げ地に適用して、系群別の漁獲量を得ている。まずは、漁場の変化について図を用いて説明する。秋季発生系群の漁場は、夏に向けて、日本海に沿って北に移動し、7~9月に、北海道から東北地方の西岸に漁場が形成された後、日本海を南下していく。一方、冬季発生系群の漁場は、6月以降に太平洋側の北部に形成され、夏以降、日本海側に回って南下していく。

○Teo 図を見ると、日本海の中央部に5月から10月まで漁場があるようだが、イカは10月までそこに居るのか？

○宮原 その通り。これは大和堆の漁場に相当する。北上してきた群れは、北海道沖まで北上するが、大和堆に留まるものもあるので、大和堆では長い期間、漁獲できると解釈できる。

○大島 つまり、秋季発生系群の中にも2種類あり、北海道まで北上するものと、日本海中央部に留まるものがある、ということ。

○Teo 体長測定の情報から系群を分類するルールとのことだが、体長に差はあるのか？

○岡本 体長は系群間で異なる。

○大島 系群を分類するという点では、ある水揚げ地において時期によって体長の異なる

ものが漁獲される、例えば、漁期の最初は大きく、その後小さくなるといった情報を使う。

○岡本 毎年観察して分けているわけではなく、過去の集積データから、水揚げ港ごとに、漁獲物のメインとなる体長の変化、例えば、夏にある程度大きいものが漁獲され、秋に少し小さいものが漁獲され始めるといった傾向を見て、その時期に系群の入れ代わりがあるだろうと考える。そのような過去の集積情報をもとに、現在もそれに基づいて、地域・月ごとに、漁獲されたスルメイカの発生月を分けている。

○Teo ということであれば、漁獲量については、場所と漁獲の時期によって系群を分けているという理解で良いか？

○大島 その通り。次に、水揚げ港ごとの漁獲量の月変化のグラフを示す。太平洋側の港（網走、釧路、日高、胆振）と、日本海側の港（宗谷、後志、渡島、大畑、三陸地域）では、月変化のパターンが異なり、系群が混じって漁獲されていることがわかる。図には韓国の漁獲量の月変化も併せて示している。こちらも月変化のパターンが異なっている。

○Teo 日本海側の漁獲のピーク（5～6月）が、太平洋側や韓国と比較して、かなり早い時期にあるのは何故か？

○大島 日本海では大和堆について話した通り、群れが留まって5月から10月まで漁獲が続く漁場もあるからだろうと思う。

○岡本 もう一つの大きな要因として、秋季系群は資源の絶対量が大きいため、それが主に回遊して来る日本海では漁獲のピークが早く来る、その後、冬季系群が南下してきて日本海を通るときにまた漁獲されるが、冬季系群の資源量は秋季系群より少ないので、漁獲量で見ると、前半に来たピークを超えるほどにはならない傾向がある、ということもあると思う。

○大島 次に、水揚げ港や海域、漁業種類ごとに、月別にどのように漁獲量を系群に割り振っているかを具体的に表で示す。沿岸については地域ごとに、沖合については沖合イカ釣り漁業を海域別に、また韓国の漁業は1カテゴリーとして扱っている。一部の地域と月で系群の混獲があると設定している。この表に基づいて、全ての漁獲量を、秋季ないし冬季の系群に割り振っている。

○Teo 表を見て驚いたが、太平洋側にも秋季系群の漁獲が割り振られている。太平洋側の漁獲は全て冬季系群との説明だったと思うが。

○岡本 秋季系群の一部は、日本海側から津軽海峡を通過して太平洋に出てくる。例えば、三陸沖で6月に体長のかなり大きな個体が漁獲されることがある。それらは、平衡石の日齢査定や標識放流の結果から、津軽海峡から南下してきたものであることが分かっている。

○Teo 漁獲量の規模としては、どの地域、海域の漁獲が重要なのか？

○大島 宗谷、後志、渡島の漁獲量が大きい。

○Dick この系群分類の表は、どの年をベースに作られたのか？パターンが経年的に変わることはないのか？

○岡本 この表は、1997年頃、TACが導入された頃に、当時の資源評価担当者によって作

成された。約10年後に見直しが行われたが変更はなく、現在も同じものを使っている。しかし、もちろん年変動はあると思う。現状では毎年調べるだけのサンプリングがまだできておらず、その強化を図っているところ。そのデータに基づいて毎年柔軟に変えることができるようになれば、より正確な資源評価に向けて対応していきたいと考えている。

○Teo この表はかなり昔の研究結果に基づいて作られたものだと理解した。年変動はあるかもしれないが、それは未知の状態であり、データを収集中で、これを変えるべきかどうかを検討されていると理解したが、それで正しいか？

○大島 その通り。

○Teo 追加の質問だが、水揚げ港ごとの漁獲量の月変化の情報について、これを1年当たりの漁獲量にして、漁獲の規模として、どの地域が重要なのかを示していただけませんか？

○大島 了解した。岡本さん、作業できますか？年間トータルの漁獲量で良いと思う。

○Teo 系群分類の表については、両系群が混獲される月・地域は、漁獲量を50:50で各系群に振り分けているという理解で良いか？また、韓国の漁獲のピークは10~11月か？

○大島 韓国のピークは10月で秋季系群を漁獲の対象にしている。11月には系群が混合し12月には冬季系群となる。混獲を1対1に振り分ける根拠について、事前質問も頂いている。この点については、混獲があると設定している月・地域のが、全体の月・地域の数のわずか5%にすぎないため、50:50(1対1)の振り分け方に問題があったとしても、結果に大きな影響はないと考えている。

○Teo 重要なポイントだと思う。総漁獲量に関連している。漁獲量の観点からすると、どの月・地域が重要なのか？

○宮原 秋季系群の漁獲は沖合イカ釣り漁業が一番多い。直近の情報以外は把握できていないので断定はできないが、沿岸では、北海道や本州の沿岸が重要だろうと思う。

○大島 例えば、混獲があると設定している月は9月に多いが、9月は漁獲量が多くないので、混獲の振り分け方の影響はそれほど大きくないだろうと思うのだが、そういったことを確認するために、漁獲量の規模を見たいのだと思う。

○Teo その通り。

○大島 了解した。それについては、後ほど提供する。

<昼休憩を挟んで>

○大島 岡本さんに集計してもらった年間漁獲量の表を示す。北海道周辺では渡島が最も多く、2位が根室、3位が後志、4位が檜山、こういったところで多く漁獲されている。太平洋側、日本海側、韓国の情報も示している。これで良いか？

○Teo ありがとう。この情報と先に示されたスプレッドシートの数値情報を後で送ってほしい。

○大島 了解した。

○大島 では次に、冬季発生系群の説明に入る。

まず国別の漁獲統計について。本系群は、日本、韓国、中国、ロシアが漁獲している。以前は、日本が漁獲のほとんどを占めたが、最近では韓国の割合が増えている。日本の数値は政府の公式統計で、先ほどの表に基づいて集計したもの。韓国も政府の公式統計。中国とロシアの漁獲は、NPFC（北太平洋漁業委員会）に報告された統計から把握できる。この2カ国の漁獲量は、近年それほど多くない。

レビュアーからの事前質問「2012年以前は、中国とロシアの漁獲が報告されていないが、漁獲全体に占める割合は小さいのか？そうでない場合、資源評価にどのぐらい影響を及ぼすのか？」について。中国はNPFCの管轄水域（公海）で操業しているが、スルメイカは漁獲の対象としていない。特に太平洋側では、スルメイカは沖合で大きな群れを作ることはなく、どちらかという沿岸で群れを作ることが多い。ロシアは、自国の水域で2012年からトロール船を用いて本種の漁獲を始めている。これら2カ国の漁獲は、資源評価の結果に対して限られた影響しかない、全体に対する影響は少ない、と考えている。

○Teo 中国は、公海の漁獲のみをNPFCに報告しているのか？

○大島 その通り。彼らは自国の水域では操業していない。

○Teo 一方でロシアは自国水域の漁獲もNPFCに報告しているのか？

○大島 日本も報告している。日本とロシアは自国水域内の漁獲も報告している。

○Teo 分かった。

○大島 次の事前質問「資源評価報告書に、漁獲量について日本全国の水揚げ集約表と水産研究・教育機構の調査データから推定した、と記載されているが、それはどのように行ったのか？」について。この記述は、資源評価に用いた最終年度（2021年）4～9月の漁獲量についてのもの。最終年の漁獲量は、資源評価を行う時には、まだ正式な統計値がないため、 F_{current} の値と、売上傳票や抽出した漁船からの情報などを用いて推定している。

○Teo F_{current} は2020年のFか？

○大島 過去3年間、2018年から2020年の平均値を F_{current} としている。

○大島 次に、生物学的情報について。レビュアーから事前に「自然死亡率Mを年間1.2と仮定した根拠、支持するエビデンスは何か？」と質問を頂いている。本種の1ヵ月当たりのMについては、Tanaka (1960) や Paury (1980)によって、経験的に0.21ないし0.26と推定されている。我々が設定した年間のMの値 ($M=1.2$) は、月当たりに直すと0.1となり、これは既報値のおよそ半分に対応する。しかし、全死亡係数Zを、調査CPUEの日間減少率から算出すると、1ヵ月当たりのZは0.174となり、既報値のMよりも小さい。Zの推定の詳細については秋季発生系群で説明するが、これらの結果から、我々は1ヵ月当たりのMとして0.1を採用している。本種は、産卵直後に全て死亡するが、その前の漁獲による死亡（漁獲率）が非常に大きいと考えている。他のイカ類では、アルゼンチンマツイカで、年間のMとして3.12が採用されているが、これは日本に比べて非常に高い値であ

る。M の妥当な範囲とその根拠についても事前に質問を頂いている。我々は 1.2 をベースケースとして用い、感度分析を 0.6 と 1.8 で行っている。この M の幅は便宜的なものであり、他に根拠を裏付ける情報はない。

○Teo この M の範囲は、資源評価報告書に示されているか？

○大島 報告書に、感度分析の結果と併せて示している。

○大島 次に資源量推定について。レビュアーから事前に「イカ類の資源量推定は一般に大変難しいとされるため、使用された手法のプロセスを検証することが重要、特に加入量について、指数に合わせてスケールアップしているため、その指数について詳しく教えてほしい」とコメントを頂いている。まず、加入量については、我々は漁場に入ってくるイカの尾数と定義している。

○Teo それは、どのくらいの体長のものか？

○岡本 月齢で言うと 7 ヶ月以降。

○大島 系群の成長歴、生育歴を図に示す。まず幼生がいて、その後、漁場に加入していく。加入後は 2 種類の死亡、すなわち漁獲死亡と自然死亡が発生する。自然死亡率は年間 1.2 としている。漁場への加入尾数は、沿岸のイカ釣り漁業の標準化 CPUE に比例定数 q を掛けて直接推定している。

○Teo この CPUE は年を代表する一つの値か？

○大島 その通り、年に一つの指標値。

○Teo ということは、年で一つ、代表させたものを全コホートに適用しているということか？漁期は 5 カ月間あるが、どのタイミングの CPUE を用いているのか？どの期間に漁獲が活発に行われているのか？

○岡本 漁期は 7 月から 12 月。

○Teo 加入は生まれてから 7 ヶ月目とのことであつた。その後、5~6 カ月間の漁期があり、その間ずっと漁獲されている、ということか？

○大島 その通り。なお、CPUE の標準化にあたっては月次のデータを用いている。これによって標準化された、年に 1 つの CPUE 値を得ている。

○Teo 月次の CPUE も検討したということか？

○大島 月次についても検討した。これらによって加入量を 1 つの数値として求め、漁獲死亡率、産卵親魚数を算出している。CPUE の標準化については岡本が論文にまとめている。

○Teo その論文を頂けるか？

○大島 了解した。

○大島 次に、沿岸のイカ釣り漁業について説明する。漁場は、日本の東北部の太平洋岸で、漁期は 7~12 月、漁船のサイズは 19 トン以下で、過去 5 年間で、年間 1 万~2 万隻日の操業が行われている。この沿岸イカ釣り漁業が主に冬季発生系群を漁獲しているが、操業努力

量は、近年、減少してきている。これらの漁業について 17 の漁港から売上傳票データを収集し、月ごとの漁獲量と水揚げ隻数を集計している。CPUE の標準化において、岡本論文では 1979~2013 年のデータを用いているが、毎年の資源評価では、その後もデータを順次追加している。17 漁港のデータを七つの地域に分けて集約し、これを、港 (port) の効果として扱い、GLMM で CPUE の標準化を行っている。年×port、月×port を、混合効果のある交互作用としてモデルに含め、AIC と BIC でモデル選択している。その結果、AIC では全変数を含むモデルが選ばれ、BIC では、年×月以外の変数を含むモデルが選択されている。標準化した CPUE とノミナル CPUE の経年変化を図に示すが、ご覧のように両者の差はわずかであった。

○Teo ここに示された図の中で、CPUE の月変化をまとめた図が興味深い。CPUE が月の経過とともに大きく減少している。月次の相互作用があるということになるが、毎年、毎月データがあるから推定できる、つまりデータの欠損はない、という理解で良いか？

○大島 交互作用について月次の欠損データはない。年と月は固定効果として扱っている。

○Teo であれば、年の加入量の指数として、7月の CPUE を使うことも考えられる。理想的には早い時期の方が良いと思うが、加入指数には何を使っているのか？

○大島 標準化した CPUE の最小二乗平均 (LS Mean) を使っている。

○Teo 最小二乗平均では年と月の効果が違うのでは？月の効果を考慮し、7月の CPUE を抽出した方が良いのでは？

○大島 全体の平均ではなく、7月だけを取り出したら、それが加入の指標になるのでは、という指摘だと思う。

○岡本 やったことがないので何とも言えないが、検討する価値はあると思う。

○Dick CPUE を算出する際の努力量の単位は何か？

○大島 1日当たりの水揚げ隻数。

○Teo それを港で合算したもの？

○大島 その通り。Teo さんもよくご存知の太平洋クロマグロのケースのように、毎日、小さな船が出たり入ったりする。

○大島 では、レビュアーからの次の事前質問「なぜ、この指数が系群全体の代表性を持つと考えられるのか？」について。これは難しい質問だが、回答としては、本系群の分布と沿岸のイカ釣り漁業の漁場が重なっていることから、その標準化 CPUE にも、本系群の資源量に関する情報が含まれている、ということになる。

○Teo そこには何か仮定があるのではないかと？ロシアの漁船もスルメイカを捕っているとの話もあった。沿岸の漁獲状況は、沖合とは明らかに異なる。系群の範囲に仮定を置いて、沿岸域は、他の海域に対して比率が一定、と仮定しているのではないかと？

○大島 ロシア海域の漁獲努力量についてはデータがないため、その比率は 1 年を通じて一定である、と仮定している。

○大島 次の事前質問「この指数に含まれる不確実性は？」について。CPUE の標準化の過程で標準誤差を算出することはできる。現状では、その情報は資源評価に使っていないが、将来的には、資源評価のプロセスに組み込むこともできると思う。

○Teo 現在は平均値のみを使っているとのことだが、その CV (変動係数) はどの程度か？

○大島 岡本さん、計算の過程で標準誤差が出てくるので CV も毎年出せるのでは？

○岡本 計算して改めてお示しする。

○大島 次に、標準化 CPUE に掛けて加入量（資源量）にスケールアップさせる比例定数 q について。この q は、加入量の推定に効いてくる重要な定数で、伝統的に本系群の資源評価に使われてきた。我々は q の値として 18.32 を用いているが、レビュアーから事前に「平均漁獲割合を 0.3 と仮定し、そこから q を 18.32 としたとある点について、それが妥当なのか疑問、 q 値の導出に用いた仮定や方法を説明してほしい」とのコメントを頂いている。我々は、1970~2001 年の平均の漁獲割合を 0.3 と仮定している。その根拠は、過去の調査に基づいて秋の系群で漁獲割合が 0.2~0.4 と推定されていること、木所ら（2006）の論文でも約 0.3 と推定されていること、森（2006）の論文でも冬の系群で漁獲割合は秋と同じレベルと報告されていることによる。 q は、漁獲量 C を標準化 CPUE で割り、その 1979-2001 年の平均値を、漁獲割合 0.3 で割ることによって 18.32 と算出した。

○Teo 私は、これは良い方式ではないと思っている。このように相対的な豊度指数と漁獲の値から q を導き得るのか？ Depletion モデルの方がうまくいくのかもしれない、いずれにしても後でまた議論したい。

○大島 q に関してさらに「秋季発生系群では漁獲割合を 0.447 と仮定しており、その値は冬季系群の 0.3 の方がより低い、その違いの根拠は何か？秋季の q 値はどう推定されたのか？」との事前質問を頂いている。これについては q の算出方法が系群で異なる。冬季の 0.3 は漁獲割合だが、秋季の 0.477 は漁獲死亡率で、それを q の算出に用いている。秋季の q については後ほど説明する。

○大島 次に、想定される M の範囲が結果に与える影響について。これについては加入量と産卵親魚量について、 M の設定を変えて（0.3、0.6、0.9 の 3 通り）、感度分析を行っている。加入量については直接推定しているため M の設定の影響は見られなかった。一方、産卵親魚量の推定には図に示したような影響が見られている。この感度分析についてレビュアーから「2021 年の産卵親魚量は変化するのに、資源量はなぜ変わらないのか？ M の変化は、 M に依存している全ての評価に適用されているのか？」と事前質問を頂いている。これに対する回答は、加入量の推定に M は関与せず、そのために M を変化させても影響は見られない、ということである。

○大島 では次に、再生産関係と管理指標について。レビュアーから事前に「MSYの算出は本資源の管理に必要なのか？何か代替のものが使えないのか？」との質問を頂いている。現状、我々はABCを提案するにあたり、本種のような寿命の短い種にMSYを適用することの如何について行政官も含めてかなり議論してきた、その結果である。他の少ない例として、イカ類でMSYの適用がうまくいった例に、SPRFMOのアメリカオオアカイカの例が挙げられる。そこではプロダクションモデルが使われた。

○Teo Depletionモデルやプロダクションモデルであれば可能であろうが、本系群のやり方は違う。なので、質問した。

○大島 米国では、漁獲死亡率として逃避率30%が F_{msy} の代替として設定されている。また、調査結果から直接得られた B_{msy} の代替値を、アメリカケンサキイカ（Longfin squid）に適用している。アルゼンチンマツイカなどでも目標逃避率が用いられている。

○Teo しかし、これらの米国の例は、MSYを用いた管理ではなく代替（Proxy）である。

○大島 SPRFMOの例に倣えば、我々が冬季発生系群に設定した F_{msy} は、逃避率37%に相当し、これを達成すれば同時に B_{msy} も達成できる、と言える。

○Teo F_{msy} のProxyが37%の逃避率であるということ。

○大島 はい。この F_{msy} を使えばシンプルに計算ができる。

○Teo 私の質問は、この F_{msy} が本当に信頼できるものか？ということ。

○大島 それは分からない。

○Teo 私にも分からないので質問している。しかし、データなどに基づくとどうか？現在の加入量の計算や産卵親魚量の推定の仕方を考えると、MSYや再生産曲線が本当に信頼できるのか疑問であり、全体のプロセスに問題があるのではないかと思う。もし将来的に、Depletionモデルあるいはプロダクションモデルなどを用いて推定できるようになれば、より妥当になってくると思う。それが私の質問の主旨である。

○大島 現状では、我々は、これまで説明したプロセスで加入量と産卵親魚量を算出し、その関係を使って管理基準値を設定している。

○大島 では、次の事前質問「この評価において不確実性はどのように扱っているのか？本系群の管理における不確実性の役割は何か？」について。我々は、目標管理基準値、 SB_{msy} の推定時に加入変動を考慮しているが、資源量推定には考慮していない。将来的には、資源量指標値の標準誤差を加入量の推定に取り込むことによって不確実性も考慮できると考えている。

○大島 次の事前質問「管理基準値は、資源評価報告書が公表された後に変更があったか？」については、変更されていない。

○大島 次の事前質問「毎年の幼生採集調査（larval survey）において、潜在的な産卵適所

に対するカバー率の変動はどの程度か？十分にカバーしており平均繁殖力を推定できれば、卵生産に係るモデルから産卵親魚量を推定できるのでは？」について。この調査は、潜在的な産卵適所の約 40~50%をカバーしている。卵生産に係るモデルも産卵親魚量の推定のための、将来の候補の一つとなり得る。そのためには繁殖力についての情報収集が必要だが、それについてはまだ入手できていない。

○Teo イカの卵は水に浮くのか？海底に沈むのか？

○大島 卵塊は水中に浮遊するが、水面までは浮かび上がらない。

○大島 次の事前コメント「イカ類のように寿命が 1 年と短く、漁獲量と漁獲努力量の長期時系列データがある系群の場合は、経験的動的モデリングのフレームワーク (Empirical Dynamic Modeling framework (c.f. Munch et al. 2020)、の適用が有効な候補となる、NOAA の Munch 博士を紹介したい、このアプローチを適用することを推奨する」については感謝申し上げます。Munch 博士の論文も見てみた。内容はなかなか難しいですが。

○Dick 同僚の研究者がうまく説明してくれるかもしれない。

○Teo さらに最近入所したばかりの研究者も居る。AI と機械学習を用いた資源評価について博士論文研究に取り組んでおり、その中でカリフォルニアヤリイカも扱っている。合理的な予測もできたと聞いており、イカに非常に関心の高い人でもあるので、将来、紹介したいと思う。皆さんの力になれると思う。

○大島 是非、今後お願いしたい。

○Dick 他にも NOAA で Empirical Dynamic Modeling framework に取り組んでいる人が居そうなので、一緒に話を聞いてみると良い。

○中野 連絡したいと思う。

○大島 次の事前コメント「標準化 CPUE、 q 、 Z (一日の総死亡率)、再生産パラメータ、 M の事前分布などで報告されている不確実性は、産卵資源量などの管理に係る不確実性に取り込める」については、頂いた提案を今後の資源評価に生かしていきたいと思う。

○大島 次の事前コメント「幼生調査 (larval survey) から卵生産の手法 (egg production method, Lasker 1985) により、産卵資源量を独立に推定できる、もしメスの平均繁殖力がわかれば、観察された幼生の密度から親魚量を推定できる」については、毎年、幼生の調査を行っており、今後、提案された手法を活用することも可能と考えている。ここで図に示した通り、東シナ海の調査結果を見ると、幼生の密度は、資源評価から得た産卵親魚量と比例している。

○Dick Lasker の手法は逆方向にも使えるかもしれない。親魚量から幼生の密度を推定するといった形。

○中野 幼生の密度と資源への加入量はパラレルなのか？

- 大島 幼生密度は資源加入というより幼生の発生状態を表す。
- Teo 幼生の調査から加入量ではなく親魚量を推定する、ということか？
- 大島 レビューアの提案はそういうことだと理解している。
- Teo そこは慎重にすべき。漁業情報と独立した推定という場合、他の魚種では音響調査が主となっている。繁殖力を使って推定する場合、それだけが独特な挙動を示す訳ではないことも確認されており、漁業と独立した手法については依然として音響調査がメインとなっていることに留意すべき。
- 大島 では再び、加入量推定の議論に戻りたい。標準化 CPUE から加入量の値にスケールアップさせる q について、レビューアから「なぜ、 q が一定 (固定値) とみなせるのか？」との事前質問があった。指摘のように、 q を一定とする設定は本系群の資源評価においてクリティカルは仮定となっている。しかし、これを直接的に検証することは難しい。このため我々は、Stock Synthesis 3 (SS3)、SAM といった統合モデルや Depletion モデルを代替手法として用い、検証を試みている。
- 大島 まず SS3 適用の試みについて説明する。これは岡本さんと福田さんが過去に冬季発生系群への適用を試みたもので、現行の q 算出の前提である 1979~2001 年の平均漁獲割合 30%の検証と、不確実性の取り込みを目的としたものである。今回の資源評価と異なり使用データは 1995 年から 2016 年まで、沿岸イカ釣り漁業の CPUE を用い、 q は経年的に一定としている。CPUE へのフィッティングを良くするために、モデル内で体サイズデータへの比重を下げています。
- Teo q を一定と置いたのは、モデルで q を推定するためか？
- 大島 その通り。SS3 で推定された CPUE と実測値の CPUE の経時変化を図に示す。結果、両者のフィッティングはとても良かったが、7~8 月の CPUE は過小に推定された。
- Teo 十分高くなかったということか？
- 大島 両月はモデルによる推定値が実測値よりも低くなっていた。
- Teo これはチューニングできると思う。トライアルとしては非常に良い結果だ。
- Dick 信頼範囲も併せて示すとよい。
- Teo 7~8 月と 9 月の間にギャップがあるのは何故か？
- 岡本 太平洋側の漁場への加入が 7~8 月に多く、9 月になると沖合域からの加入がおおむね終了してしまうため、7~8 月の値が高くなる、ということによる。
- Teo 細かなテクニックでモデルを調整することはできると思う。
- 大島 次に体サイズデータへの当てはまりを示す。底引き網と巻き網の漁獲物への当てはまりは良いが、沿岸イカ釣りへの当てはまりは残念ながらそれほどよくなかった。
- Teo 体サイズへの当てはまりについては、あまり心配しなくてよいと思う。今回スルメイカに適用した SS3 のベースはプロダクションモデルに似たものと見なせるので、サイズ

データは入れなくても問題ない。体サイズは年齢と成長（成長モデル）に関係してくるが年齢としては全て同じで、誕生日も同じ年級では恐らく同じ月か、1～2 カ月ぐらいしか変わらないと思うので。

○大島 次に加入への当てはまりを示す。SS3 と従来の資源評価の結果を比較すると、初期の年代では両者に差が見られた。しかし、近年では両者の加入推定値はよく合致していた。このことから従来の評価手法も評価できると思う。次に漁獲割合について。SS3 で推定した平均漁獲割合は、従来の評価手法の結果よりも 4%高くなったが、経年変化のトレンドは、両者で同じ傾向を示した。さらに SS3 については、その後、福田さんが引き続きモデルの改善に取り組み、沿岸イカ釣りの体サイズデータにモデルをフィットさせたところ、CPUE 実測値への当てはまりが改善され、7～8 月の CPUE にも合せることができた。これにより加入の推定値もよくなった。

○Teo この結果も良い。これで評価手法の改善についてやるべきことはできたのでは？ SS3 によって資源評価の結果は変わったか？

○大島 結果は変わらなかった。

○Teo 少し変わったところもあるかもしれないが、大きくは変わらないということかと思う。SS3 による q の推定値は？

○大島 手元に情報ないが福田さんからもらうことができる。

○Teo 明日のセッションで教えてもらえるか？

○大島 了解した。

○大島 では次に Depletion モデルについて説明する。本モデルは、今年、森山さんが本系群に適用を試みた。目的は q 算出の前提としている 1979～2001 年の平均漁獲割合 30%の検証である。森（2006）の変形 DeLury 法を用い、資源の減少（depletion）のプロセスに M を含めている。データ期間は 1979 年から 2021 年までとし、沿岸イカ釣りの CPUE を使っている。モデルでは 7～12 月までを扱い、減少のプロセスとして、各月に、四つのフェーズを設定している（フェーズ 1 は自然死亡、フェーズ 2 と 3 は自然死亡と漁獲死亡、フェーズ 4 は自然死亡）。パラメータ推定のために、各月のフェーズ 2 の資源尾数を、観測された月次の CPUE にフィットさせている。 q については、一定とする場合（ケース 1）と年で変化する場合（ケース 2）の二つの場合を検討した。なお、7～8 月はイカが漁場に継続的に流入するため、この 2 カ月分の CPUE はフィッティングから除いている。 q の推定結果を図に示す。 q を一定とするケース 1 で推定された q は、従来の q 値とそれほど乖離せず、ほぼ同じ値となった。年で変化するとしたケース 2 で推定した q は、資源量が大きい年に低く、資源量が少ない年に高く推定される結果となった。推定加入量の経年変化については両ケースと従来値でトレンドは一貫しており、平均加入量を比較するとケース 1 で 20%、ケース 2 で 11%、従来値より大きく推定されたが、その差はそれほど大きくなかった。平均漁獲割合は、ケース 1 で従来値より 16%大きく、ケース 2 で従来値より 5%小さく推定さ

れた。漁獲割合の経年変化のトレンドは、直近5~6年のケース2が少し外れているが、それ以外は、従来値の変動とほぼ同じ傾向を示した。これらの結果から、我々は、現行の資源評価も妥当な結果をもたらしていると考えている。

○大島 最後にSAMの適用について説明する。SAMについては、西嶋さんが本系群に適用した結果を論文で公表しており、そのモデルはSAMUIKAと呼称されている。SAMは将来の資源評価手法への一番の適用候補であり、 q は一定として推定している。推定加入量の経年変化のトレンドはSAMと従来値でかなり合致しており、平均加入量は従来値より5%大きく推定される程度である。

○Dick 一連の説明を聞いていて思ったのだが、どのモデルでも、漁獲割合の推定値は年変動が少なく横ばいで安定している（特に、従来値と q 一定のケース）。ということは、資源量と漁獲量も同じように変動している（資源に対する漁獲の割合が変わらない）と思われるのだが、それらについても示してもらえないか？

○Teo 資源量と漁獲量の経年変化を見たいということだと思う。

○岡本 日本語の資料だが今年作成したものを画面でお示しする。漁獲量と推定資源尾数の推移を示している。

○Dick 漁獲割合が一定であれば、漁獲量と資源量も非常に高い相関を持っているのではないかと思った次第である。

○Teo 2007~2015年以外は、そのように（相関があるように）見える。

○Dick 2000~2015年頃の年代は外れている。漁獲割合は非常に一定しているので驚いた。

○大島 これがまさにこの系群の漁業の特徴である。

○大島 では最後のスライド。漁獲割合の経年変化についてSAMUIKAと従来値を比較したものを示す。

○Teo SS3の結果と非常によく似ている。データは月次のものを使っているのか？

○大島 年単位である。以上でプレゼン発表を終わる。

○中野 では、スルメイカ冬季発生系群全体を通して、追加質疑があればどうぞ。

○Teo まず良い点から申し上げる。SS3がうまくいっている。既にフィッティングの高いモデルを走らせており、そちらの方が現状の手法よりも信頼できると思う。現行の資源評価でもいろいろと推定されて、うまく機能しており、その推定値も悪くはない、ということは幸運だが、SS3のような既成のモデルを使った方がよいと思う。ということで、私からは、方法を変えて頂くことを推奨する。SS3であれ、他のモデルであれ、こういったモデルを使わない理由はないのでは？

○大島 次のベンチマークとなる資源評価で方法を変える。

- Teo 既に方法を変えることを検討されている？
- 大島 その通り。
- Teo では、それを支持する。SS3 がとてもうまく機能している。であれば是非それを使うべき。内容的にもとても有効であり、使わない手はない。
- Dick 一つ興味があって伺うのだが、今回、分かってきたことは何か？漁獲割合の推定はできる。では SS3 を使って何らかの予測が出るのか？予測に関しては、モデルを前進的に動かし1年先まで見るといったことはできると思う。しかしそれが利にかなったことかどうか？我々が資源評価の中で扱う F_{msy} など、特に（スルメイカのような）非常に短命な魚種に対して、このようなアプローチで良いのか？皆さんの意見を聞きたい。
- Teo 加入の上下が激しいため、短命な魚種の加入を予想するのは非常に難しく、うまくできない。そのため、どのように漁業を管理していくのかといった問題も出てくる。まず加入量を想定し ABC を設定する訳だが、予測ははずれがちである。そうした中で、F30%や MSY なり MSY の代替値、30%、38%など、何らかの数値で管理する、余剰の加入量を予測する、といったことを皆さんは取り組んでいるのだと思う。
- 大島 加入量の予測が難しいことは理解できる。そうした課題については過去に遡って検証していく解析が役に立つのでは？
- Teo それは予測性能のチェックに役立つが、性能が悪かった場合、役に立たない。
- 大島 管理がどうなのかということも一つの論点。日本では TAC 管理を進めている
- Teo 努力量管理ではなく TAC 管理をしなければいけない、TAC を設定しなければならぬ、ということか？
- 大島 その通り。その中で我々がとれる術は、唯一、遡及的な解析をして変動を評価するというのみである。管理に係る問題である。
- Teo それは理にかなっている。
- 中野 それは、TAC の期中改定を行うといったようなことか？そのような魚種もある。
- 大島 国内的にはちょっと難しい。
- 中野 この魚種の管理が難しいということは議論に付すべきと思う。レビュアーから、もっともな点をご指摘頂いた。
- Dick 固執するものではないが、昨今の漁獲割合とモデルが想定した漁獲割合について検討し、管理がごく最近どれだけ功を奏したのかを振り返ること、また、TAC を調整する必要はあるか？ということも、検討する価値はあると思う。
- Teo 確認したいのだが、管理のために1年早く TAC を設定しなければいけないということか？
- 大島 その通り。また、スルメイカに関しては、一定の TAC が3年間不変で適用され、TAC は3年間変わらない。
- Teo ということは、3年先まで予測しなければいけないということか？
- 大島 そうではない。基本的に、規則に則って管理助言をすることになっている。管理の

狙いは、産卵親魚量を 50%以上の確率で SB_{msy} 以上にもっていくこと、そのターゲットを達成するために、漁獲死亡率を一定と仮定して、将来予測を行っている。管理手続きをこの種に対して当てはめる際に、3年間一定した TAC を与えるというルールがあり、それには従わなければならない。本系群のような種に対して、今の手順では不十分ということは理解している。

○Teo 管理方式としては何年先まで予測するのか？

○大島 管理目的について検討する際には、10年が重要になる。将来予測は、30年、40年先まで計算するが、それらの結果は参照せず、重要なのは10年である。

○Teo 直近の10年か？

○大島 その通り。

○Teo しかし TAC の設定は3年分のみということか？

○大島 その通り。

○Teo イカ類に対して、あまり良い方法ではない。

○Dick 資源評価モデルを SS や SAM に変えていった場合、ソフトウェアのプラットフォームで、3年間の TAC 設定などの漁獲コントロールルールの有効性も示してくれるソフトがある。もちろん漁業管理は TAC も含め一貫性を持つことも必要だと思うが、漁獲コントロールルールのパフォーマンスを理解することも重要だと思う。

○Teo それは良いアイデアだと思う。Dick が提案しているのは、管理戦略評価 (MSE) のようなことができる、ということ。オペレーティングモデルとして使うこともできるし、TAC 設定を3年間一定とする管理が、管理方式として適切かどうかを見ることもできる。福田さんも太平洋クロマグロで MSE に取り組んでいるが、SS 等のモデルはオペレーティングモデル、資源評価モデル、両方に使えると思う。言いたいことは分かるだろうか？素早く走らせることができるモデルを使う。

○大島 もしそれを行えばパフォーマンスの評価ができる。

○Teo その通り。行政官とも話をする必要があるだろう。現行の管理手法は、魚種によっては適用できないものもあり、スルメイカに関しては、それが適切かどうか疑問。なので、次回、資源評価を行う際に、行政官とも話をされたら良いのではないかと？もしかしたら、そのアプローチは適切でない、スルメイカに関しては別の管理手法が必要かもしれないといった話ができると思う。そのような話も、分析を行った後にした方が、やり易いと思う。

○大島 より良い管理手法があると思う。

○Teo 小さなステップから始めることもできると思う。現行の手続きを使って、それが適切かどうかを検討する、ということから始めることもできるだろう。

○中野 良い議論ができたと思う。本日は、ここまでとしたい。

○Teo 何か取り残したことがあっただろうか？

○大島 SS3 による q の推定値について。

- 岡本 福田さんが不在のため回答は後日で良いか？
- Teo 福田さんのレポートファイルがあれば送ってほしい。
- 岡本 了解した。もう一つ、標準化 CPUE の CV について。これは 0.12~0.13 になる。
- Teo 思ったほど小さくはなかったが、了解した。福田さんのレポートを送ってもらえれば、どのように行ったかも理解できると思う。

4. スルメイカ冬季発生系群（続き）

- 大島 昨日の宿題である q の推定値について SS3 と Depletion モデルの推定結果を示す。
- Teo 福田さんの実施した SS3 のレポートファイルを出力形式で見せてほしい。

*この後、Teo、大島、岡本の間で、SS3 のインデックス、指数に使用した値、出力数値などの詳細についてやり取りが行われ、SS3 の 1 回目のトライアルによる推定 q 、同 2 回目のトライアルによる推定 q 、Depletion モデルによる一定を仮定した q 、同じく時変の q の値について確認が行われた。

- 大島 q 推定値の従来値（現行手法）との乖離は、Depletion モデルで 20%ないし 11%、SS3 で 9%であった。
- Teo あまり大きな差にならず、影響はないと思う。了解した。

5. スルメイカ秋季発生系群

- 大島 では秋季発生系群について説明する。まず漁獲量について。国別では、日本、韓国、中国の漁獲があり、日本と韓国の漁獲量は公式統計から得ている。一方、中国については、公式な情報源がないため、本系群の資源評価では、2005 年から 2020 年まで年間 15 万トンの一定した漁獲があった仮定している。ただし 2009 年と 2013 年は除外している。
- Teo この系群の漁獲は主に日本海側だったと思う。そこでは中国漁船が北朝鮮のライセンスで操業を行っているという話であったと思う。
- 大島 中国の漁獲量に置いたこの仮定に事前質問も頂いているので詳しく説明する。中国は 2004 年に底曳き網によるスルメイカの漁獲を日本海の北朝鮮水域で始め、2005 年以降、隻数が大きく増加した。この情報は韓国の科学者達からもらったものである。問題は、北朝鮮水域の操業は中国で不法漁業となるため、漁獲量の情報が得られない、ということ。
- Teo AIS の資料では集魚灯の夜間光を見ている？
- 大島 その通り、AIS と人工衛星でモニタリングしている。
- 大島 ということで直接使える漁獲量データはないが、無視できないほど大きいだろうということで、いろいろと情報を集めた。韓国の複数の文献に、何らかの形で推定された中国の漁獲量が出ており、その値は 4 万 4,000 トンから 42 万 6,000 トンであった。これに加えて、商社からの情報によれば、2018 年の中国の漁獲量はおよそ 14~15 万トン程度、2019 年はおよそ 15 万トンとのことであった。
- Teo 商社の値は推定値ではないと書かれている。
- 大島 その通り。韓国の文献値は推定値だが、商社の値は、実際に取引された情報である。
- Teo 日本は中国から輸入しているから分かるということか？ 輸入データがある？

- 大島 その通り。
- Teo そのデータを業界から収集することはできるのか？
- 大島 輸入データをもらうことはできる。
- Teo それらは漁獲量の最低値として利用できるが、依然として推定値だと思う。何故なら日本以外にも市場はあり、日本が漁獲の全量を輸入しているわけではないので。漁獲量の一部は捉えられるが、低めに出ている数値だと思う。
- 大島 宮原さんに確認したいが、この輸入量の情報は新聞報道から得たもので、その後の更新、毎年データをとる、といったことはできなかった？
- 宮原 していない。これは新聞に単発で掲載された情報です。
- 大島 韓国文献の情報も含む全ての値の中間値は 15 万トンとなり、これを固定値として 2005 年以降の中国の年間漁獲量にしている。年ごとにどのぐらい変わっているかという情報はないので可変的な数値は適用していない。なお、2004 年、2009 年、2013 年については漁獲努力量が非常に低かったので漁獲量をゼロとしている。
- Teo AIS のデータを使えば、中国の漁獲努力量を推定できるのでは？
- 大島 最新の漁獲量については、漁獲努力を推定しようと試みている。
- Teo モデルには、漁獲量ではなく漁獲努力量を入れることもできるはず。漁獲量が分からない場合は、漁獲努力量を使って、別のモデルで比較することができる。また漁獲量についても推定値であり誤差がある可能性もあるので、様々なシナリオを試さなければならぬ。情報の確実な業界の数値を使って様々な漁獲シナリオを試す、特定の数値をモデルに入れて年ごとの推定値を出す、一定割合の場合には、それを使って推定値を出す、あるいは漁獲努力量から漁獲量を推定するなど。少なくとも幾つかを試して比較する。真実が何かは分からないが、一つだけ行ってこれでいいとするのではなく、複数試してみることを推奨する。
- 大島 SS のような統合モデルで観測誤差として扱うこともできるだろうか？
- Teo モデルでは、フィットがあまり良くない場合、余剰の死亡を入れることができる。漁業によっては漁獲の一部が投棄されるケースもある。そのような例もあるので、モデルに余剰の死亡を導入することもできると思う。
- 大島 冬季発生系群で紹介した通り、将来の資源評価の候補モデルは幾つかあり、一部のモデルでは漁獲の観測誤差を考慮できるようになっている。

○大島 ではレビュアーからの事前質問「補足資料に示された人工衛星による夜間光の解析は中国の漁獲努力量や漁獲量の推定に役立ち、一定の漁獲量を仮定するより良いと思われるが、何故それらの推定値を使わないのか？」について。ごく最近の情報として、中国漁船の漁獲努力は 2020 年から減少してきている。我々は、資源評価の次回の更新で、近年の中国漁獲量を衛星観測データで補正しようと考えている。近年の漁獲努力量のトレンドに基づいて一定の漁獲量 15 万トンの設定も変更し得る。しかし、衛星観測による推定の問題は、信頼できる推定値を得るために、漁獲ないし CPUE の情報が必要とされ、それらの中

国漁船から得ることができないことにある。現状において、中国の漁獲量が本系群の資源評価に最も大きな影響を与えている。

○Teo この問題は避けて通ることはできない。現状では仮定した固定値を用いているが、様々なやり方があるはずで、それらを試すべきだと思う。モデルについても異なる漁獲シナリオで複数走らせて比較することが重要であり、いろいろな情報を集めて試してみる必要がある。この点について、我々レビュアーと皆さんは同じように認識している、とのことなので、大変結構だと思う。

○大島 では次の事前質問「中国の漁獲量の妥当な範囲は？」について。潜在的な範囲は、先に説明した文献等の情報の通りである。仮に、中国の漁獲量を年間 30 万トンと設定すると、漁獲量が加入量を越えてしまい資源は破綻する。

○Teo 既に皆さんは中国の漁獲努力量と漁獲量を様々な方法で推定しようとしている、とレビュー報告書に書いて良いか？

○大島 それについては、まだ改善の余地がある。

○Teo 既に手を付けていると書けますよね。

○Dick SS などの統合モデルで中国の漁獲量も含めて推定すると、その分、資源量も大きくなる。その推定資源量から余剰生産量も算出されるわけだが、そこからどのようなステップを経て TAC が設定されるのか？

○Teo TAC は日本の漁業に対してのみ設定され、中国の TAC は設定できない。こうした状況下でどのように TAC を配分しているのか？という質問だと思う。

○大島 我々は科学に基づいて資源全体の ABC を求め、その値に基づいて政府が TAC を設定する。配分方法については現在も検討されているところと思う。このような跨り資源に対して米国ではどのように TAC を配分しているのか？

○Teo 私は、米国とメキシコに跨るイワシの資源についてしか詳しくないが、メキシコの TAC は設定せず、メキシコが漁獲する分を加味して米国の TAC を設定している。例えば、メキシコの漁獲を事前の計算で 3 万トンと想定し、もし実際の漁獲が 4 万トンであったら、超過した 1 万トン分を米国側の TAC から引き下げる。米国の漁業者は満足していないが、そういうルールで TAC を配分している。

○中野 日本では、現状、どのように TAC が設定されているのか？

○大島 ABC の 6 割を日本の TAC にしていたと思う。

○岡本 過去の漁獲量から韓国とロシアの分として 4 割を見積もり、残りの 6 割が日本の TAC として設定されていると思う。中国は除いている。

○Teo 過去の推移を見ると、2010 年以前には、中国は恐らく全体の 50%以上を漁獲していた。ということは ABC を超える漁獲が起き得るリスクがある。これは管理の問題だが、我々が作成するレビュー報告書に書いておきたい。

○大島 日本政府は北朝鮮水域の中国の漁獲に関しては IUU と見なしている。IUU に TAC

は配分できないという考え方である。

○Teo 政治の考え方としてはそうだと思うが、ABC を超える量が漁獲される可能性がある、ということは記しておきたい。ABC の残り 4 割に中国は入っていない、ということですね？

○大島 その通り。

○Teo ABC の 6 割を日本、残り 4 割をロシアと韓国で漁獲し、そこに未知の北朝鮮水域の IUU 漁獲が加わったら、全体の漁獲量としては ABC を超える可能性がある。

○大島 IUU については全く情報がない。

○大島 次の事前コメント「総漁獲量に大きな不確実性がある場合には、代替オプションとして、資源評価や管理に、漁獲量に依存しない手法 (catch free method) が使える」について。助言に感謝する。現状、日本と韓国の年間漁獲量は把握している。冬季系群で紹介した通り、我々は代替手法として、漁獲量や指数の観測誤差を扱える SAM の導入を第一候補として検討している。将来のモデル開発において、総漁獲量の不確実性も取り組んでいく。

○Teo 私は漁獲量に依存しない手法に詳しくないので Dick に確認したいのだが、それは妥当なもの、やってみる価値があるものだろうか？

○Dick 一つの例として、非常にシンプルに、トレンドと指標だけを見る手法がある。指数が減っていれば漁獲量を減らすという単純なもの。総漁獲量による管理ではないが、過去の漁獲に対して、相対的にどうするかを決めるというシンプルな漁獲管理ルールを導入する。そこに加入指数を組み合わせるのも有用かもしれない。年変動を考慮するために、漁獲量に依存しない漁獲ルールを導入し、加入指数と過去の情報を組み合わせて、過去数ヶ月でバイオマスが増えているのか、減っているのかを見る。

○大島 それには条件があり、信頼できる加入指数の情報がないといけないと思う。もし信頼できる加入指数があれば適用できると思う。

○Teo この手法は可能性の一つではあると思うが、不確実性が高い。一般的に、不確実性が高い時は TAC を低く設定し、必要に応じてそれを調整する形をとる。

○大島 漁獲量に依存しない手法を使う場合、TAC の設定が過去の実績ベースとなることが多いので予防的措置が必要ということ。

○Teo その通り。過去の実績から少し引いて、CPUE などを見て決める。そして産卵親魚の情報などを調査から得て加入指数を求め、それに基づいて調整するということだと思う。

○大島 しかし予防的に低くするのは漁業者からの不満も大きい。

○中野 何かを一義的に決めるのではなく、科学的に、オプションとしてハイリスクに対応する TAC なども提示する、という考え方はあると思う。

○大島 不確実性については将来のモデル開発で検討していく。

○Teo 漁獲量が把握できなくても推定はできると思う。モデルにフィットし、うまく行けば予測もできるだろう。しかし、うまくいかなかった場合には、代替手法として、これも検

討する価値があると思う。

○大島 では次に資源量推定について。まず年間加入量の推定は、冬の系群と同じように、豊度指数に q を掛けてスケールアップする形で直接算出している。冬の系群との違いは、この豊度指数 U_t を日本海で実施している調査から得ていること、漁業 CPUE ではない、ということ。ここでレビュアーから事前に「この調査の詳細と、分布をどの程度よく捉えているのか説明してほしい」とコメントを頂いている。そこで、まずこの調査について説明する。今回の資源評価に用いた期間は 1979 年から 2021 年。調査は毎年継続して行っており、データも毎年更新している。調査海域は、以前はロシア水域にも入っていたが、10 年前から日本の EEZ 内のみで調査を行っている。

○Teo 過去 10 年間は日本の EEZ 内のデータのみ、ということか？

○大島 その通り。

○Dick 両方の水域で調査したのは何年間か？

○宮原 2000 年前後から 10 年ほどロシアと共同調査を行った。よくは分からないが、それより以前の昔もロシア水域で調査していたと思う。

○Dick 両水域を調査したその頃のデータを使えば、日本の EEZ 内外の割合が推定できるのではないか？

○大島 できると思う。ただ、以前に本系群を担当していた研究者からは、日本の EEZ 外では調査による漁獲はそこまで大きくなく、EEZ 内の方がはるかに多かった、EEZ の外から得られたデータの寄与度は低く、解析にはそれほど影響しないだろう、と聞いている。この回答でご理解いただけたか？

○Dick それは良いニュースだと思うが、この系群がどのように分布しているのか、推定値にどのぐらいの精度があるのか、について思案している。かなり回遊もするようで、加入の分布と系群全体の分布が違うことは確かなようだ。

○大島 加入や系群の分布について信頼できるデータがあることは非常に大事だと思う。

○Teo 提案だが、ロシア水域のデータをもう一度、見直してみたらいかがか？少なくとも 1~2 年ぐらい両水域のデータがあるところで比率を推定してみる。以前の担当者から聞いた、と言うよりも、皆さんが実際に分析して、どのぐらいの割合かを推定した方が良いと思う。恐らく経時的な割合の変化もあると思うが、今のロシアの状況を考えると過去のデータを利用することぐらいしかできないと思うので、それを行うのが良いかと。また、加入のプロセスが理解できれば、韓国の水域で起きていることも、ある程度は分かるかもしれない。

○大島 私の考えだが、これを機会に、空間モデルで分析してみるのも良いかもしれない。

○Teo データをかなり要求するモデルなので、データ量が十分にあるかは分からないが、状態空間モデルなども利用できると思う。少なくともプロセスを理解することができるのでは。我々も、イワシに関して、米国とメキシコの境界を越えて調査ができず全貌が分からない、といった同じような問題があり、空間モデルと海洋環境データを利用して、米国水域

とメキシコ水域の割合を推定している。最近、メキシコは少し友好的になってきて共同調査もできるようになり、以前のモデルを検証することができるようになってきている。少なくとも皆さんは、既に何らかのデータを持っているので、よいと思う。恐らくそれを使って行うことができると思う。

○中野 米国の例で、今までの調査における実際のデータのフィッティングは？

○Teo 実は他部署の研究者が取り組んでいて、その方のほうが詳しいと思う。

○Dick 空間モデルについて、その方がプログラムの話をしていたと思うが、**sdm TMB** (Special Distribution Model TMB) という新しいモデルパッケージがある。説明文書も明瞭で使いやすく、GLM と状態空間モデルの比較も簡単にできるので検討されると良いと思う。GitHub のサイトからダウンロードできる。モデル開発者にも簡単に連絡を取ることができ、すぐに返事を返してくれる。

○大島 紹介頂いた **sdm TMB** について、URL をメールで送っていただけませんか？

○Dick 了解した。

○大島 調査は6~7月に行っている。調査の漁具はイカ釣り機。調査の努力量と採集量から標準化 CPUE を求め、加入量の指数を得ている。レビューアから事前に「資料の Appendix 2 に 2019 年と 2021 年の指数は使えないと書かれている点について詳しく説明してほしい」とコメントを頂いている。この点については、実は最近、加入の分布が変わってきており、系群の分布を捉えるのが難しくなっている。2017~2021 年の調査 CPUE について地理的分布の推移をみると、2018 年以降、採集ゼロの地点が多くなり、2019 年と 2021 年の分布パターンが他の年と非常に異なっている。特に 2021 年は採集ゼロの地点が多く、仮に CPUE を算出すると記録的な低水準となる。しかし漁業の漁獲情報から見ると、加入の水準はそれほど低くない筈であることから、両年の調査 CPUE は使えない、と判断した。

○中野 図を見ると、以前はイカが全体的に広く一様に分布していたが、近年は狭い水域に分布が集中し、そこに密度高く分布しているように見える。

○大島 そのような解釈で良いと思う。全体的に満遍なく分布していたものが局所的に出てくるようになった。

○宮原 そのように解釈している。全体的に見られていたが、2019 年以降は採集ゼロの地点の割合が大きくなり、2021 年は多少獲れた地点でも数尾程度で円グラフにならないほど少ない一方、非常に多く獲とれる地点が何点かある、という状況になっている。ただ、調査で多く獲れた地点も、そのタイミングで獲れただけであって、その後の漁業につながるかどうか、は結び付いていないという問題もある。

○中野 気になるのは変化に経年的な傾向が伺えること。

○宮原 2019 年は能登半島の西側で局所的に獲れ、北海道沖でも継続して獲れていた。2020 年は沖合と北海道沖の 3 点だけで局所的に獲れ、2021 年は北海道沖で全く獲れなくなった。2018 年以前は一様に分布していたが、2019 年以降に変化し、さらに局所的に取れ

る場所も年によって違う。大きく変わったのは2018～2019の間で、その後は、分布が何か不安定な状況になっていると理解している。

○Teo ということは、経年的に q 一定とする仮定は正しくない、ということですね。 q は採集可能性でもあることから、私が見る限り、 q を一定と想定できない理由が、ここに見られていると思う。

○大島 Availability、つまり、そこに居て調査の対象となるかどうか、ということであれば、日本のEEZ水域に入ってくる加入量の変化ということになるのでは？

○Teo 分からないが、そうだと思う。いずれにしても q が一定という仮定はできない。従前の仮定が該当しないときは代替案を考えるべきである。漁獲量や分布量が下がってきていることは分かっているが、どの程度なのかは分かっているのですね。

○大島 少なくとも2019年と2021年は q が一定だと分かる。

○Teo しかし、定かなところは分からない。何故、2019年と2021年だけ特異的になっているのか？何が特別なのか、はわからない。他に何か指数はあるか？

○大島 漁業による漁獲量。

○Teo 1年における時期の違いは？

○大島 調査は6～7月に実施し、漁業の期間は5～11月ぐらい。

○Teo 冬の系群の議論では、CPUEが月ごとに変わるので、その点を踏まえた解析が有用、との結論だった。秋の系群についても、その点を検討する価値があるかもしれない。現状、秋の系群では加入指数として、調査による6～7月の状況だけを見ているが、調査で得られる分布パターンも変わり q も変わってきていることを踏まえると、この調査の重要性は下がってきているように思う。なので、漁業データを用いて、もう少し月ごとの指標を見るべきではないかと思う。

○大島 まずデータを確認してみるべきと思う。宮原さん、中型イカ釣り漁業や沖合イカ釣り、沿岸イカ釣り漁業で、冬季系群と同じように、月の経過に伴いCPUEが低下していくような傾向は見られているか？

○宮原 漁期の開始直後は石川県付近で漁業が始まり、だんだんと北上しながら操業していく。中型イカ釣り漁業の場合、漁期開始直後ではなく、もう少し後の8月や9月（夏季）が最盛期になり、CPUEも8月、9月、10月あたりで一番高く、そこから減少していくような推移をとる。この中型イカ釣りのCPUEについては、今後、GLMなどを使って標準化し、その過程で月の効果を検討したいと思っている。小型イカ釣りについても、解析を進めているが、もう少しデータを増やしたい。

○大島 ということで、漁業CPUEについては分析が進行中である。

○Teo では、その作業を行うことを勧告したい。そのほうが1年に1回の調査よりも役に立つと思う。調査に携わっている人々は私の意見に満足できないと思うが。

○大島 ではレビュアーからの次の事前質問「調査CPUEが適切でない場合、漁業CPUE

を使わないのか？」について。次回の資源評価では、小型イカ釣り、沖合イカ釣り漁業の CPUE も使用する。また、Teo さんからの指摘の通り Availability が変わってきた可能性もあるため、日本 EEZ 外の情報として、韓国の CPUE も必要だと思う。イカの寿命は1年であるため、素早くデータを集める必要があるが、ログブックからのデータ収集に非常に時間のかかることが問題となっている。それも克服しなければならない。

○Teo 可能であれば、年次の指数よりも月次の指数のほうが良い。

○大島 その通り、月次の指数が将来の資源評価に向けたキーワードになる。では次の事前質問「冬季系群と同様、標準化 CPUE 等に含まれる不確実性を示し、その不確実性を資源評価の過程に反映すべき」について。我々は、現状では反映していないが、標準化を行う際に標準誤差を算出することができる。将来の資源評価ではそれを考慮したいと考えている。また、分布パターンの変化に係わる不確実性も検討していく必要があると考えている。

○大島 次の事前質問「予測した CPUE と水温や水域、外套背長との関係を示してほしい」について、まず、水域を7つに分けた海区ごとの CPUE を示す。

○Teo これらは平均値が示されているのか？

○大島 範囲（エラーバー）を示している。

○Teo 範囲は非常に狭いですね。

○大島 その通り。次に平均外套背長と CPUE の関係を示す。これは6~7月の調査結果から求めたもの。この図で、レビュアーからの求めに応じているか？

○Dick はい、これを見たかった。CPUE 標準化の診断において、これらの変数と関係があるのであれば、共変量として、その関係を図で描けるのでは、と思っていた。

○大島 この情報は重要なので、CPUE 標準化の文書および資源評価の報告書にも将来的には入れていきたいと思う。

○中野 横軸（平均外套背長）が0.6~1.2となっているが、その単位は？

○宮原 基準の長さでスケールリングして示している。

○大島 次の事前質問「どのように q を推定しているのか、もっと詳しく説明してほしい」について。我々は、まず q を決める前に、1979~2001年の平均漁獲死亡率 F を 0.447 と仮定している。この F の値は、1979~2001年のイカ釣りの調査情報に基づいて計算している。この調査は、先に説明した6~7月の調査ではなく、5月~11月に多くの調査船で行われたものであり、この調査から日次の CPUE を得ることができる。

○Teo 先に説明のあった調査とは異なるのか？

○宮原 正確には2001年ではなく2000年だが、2000年以前は日本海で、5月~11月という長い期間、いろいろな船がいろいろな調査を行っており、その情報がある。先に説明した6~7月の調査とは、これらの中から6~7月分のみを抽出したもの。2001年以降は6~7月の調査しか情報はない。これが全体の流れである。

○大島 この情報を使って、毎日の CPUE の減少を知ることができ、それを用いて、日次の総死亡数を推定できる。

○Teo 特定の1年ではなく、20年間の全体として？

○大島 20年間の平均である。外套背長と CPUE の日変化の関係から、最小二乗法を用いて1日当たりの全死亡率 Z を推定し、これから6ヵ月分の全死亡率 (1.047) を求め、6ヵ月分の自然死亡率 M (0.6) を差し引いて漁獲死亡率 F の値 (0.477) を得ている。この F 値と資源豊度指数 U_t 、漁獲量 C_t 、 q 、 M の関係式から q を求めている。

○Teo このような方法は好ましくないとの勧告は変わらないと思う。

○大島 次の事前質問「平均漁獲死亡率を推定するために、漁業と同じ海域で行われる調査 CPUE の日減少によって同じ海域の総死亡をモニタリングしているのか？」については、その通り、調査で得た相対 CPUE の日次の減少によって、総死亡をモニタリングしている。

○Dick Teo さんからの、この方法は好ましくないとのコメントについて、冬季の系群でも議論したが、卵生産に基づいて資源量を推定する方法もあるのでは？相当の不確実性が内包されていると思う。

○Teo ざっくりと推定できると思うが、条件が変わったときに同じ手法で良いのか？ということもある。冬季の系群で見たように、月次の指数を使った方が良い、ということもある。漁獲に依存しない手法 (Catch free method) もあるので、相対的な指数としては検討に値するかもしれないが、長期的に絶対値として適用し続けるには不安があると思う。特に日本海では新しい漁業も発生しているようであり、分布も変わってきているとのことなので、少し怖いと思う。この系群に適用できるかは分からないが、太平洋側と同じように SAM や統合モデルが適用できるのであれば、それもやってみた方が良い。ただ、特に分布の変化などを考えると難しい面もあるので、現行のアプローチを全くやめるのではなく、ある程度、並行的に考えるのがいいと思う。

○Dick どのぐらい結果が合致するかを見ていくのもいいかもしれない。それによって挙動もより良く理解できるので、完全にこれをやめて別のものにするというよりも良いと思う。いわゆる評価モデルにも、いくつかの非常に強い前提があるので。

○Teo それで良いと思う。

○大島 では次の事前質問「調査 CPUE の日次の減少は、年や海域によってどのくらい異なるのか？」について。これについては、現時点で情報はないが、調査の生データから将来的には検証できると考えている。次に「CPUE を算出する際に、平均外套長の関数として採集効率を導入しているが、そこに仮定している指数関係は、体サイズが漁具への脆弱性にどのように影響するかを反映したものなのか？」について。これについては、体サイズが大きくなるとより脆弱になる、或いは、あるサイズ以降になると漸近的になると思われる。調査開始から60日までは、外套長の増加に伴って CPUE も増加するが、それ以降は、CPUE が減少していく現象が見られる。こういったことを反映している。

○大島 では次の事前質問「資料の Appendix 2 に、 q を 10 の 8 乗から 9 乗のオーダーで変えた、とあるが、これは単に CPUE 標準化におけるスケーリングを任意に変えた、ということか？推定資源量は 10 倍も変化していないと思う」について。 q は標準化 CPUE の結果に基づいて毎年推定している。そのため q 値は毎年変わるが、2020 年と 2021 年の資源評価では、絶対および相対 CPUE を使ってスケールアップを行っており、最終的な資源量の推定結果は大きく変わらない。

○Dick つまり資源量に調整する形で CPUE のスケーリングをかなり大きく変えたということか？

○大島 その通り。

○大島 次に「冬の系群と同じように、本系群も、資源量推定において、加入が調査 CPUE と直接比例関係にあり、その比率である q が既知で一定である、とのクリティカルな仮定を置いている」との事前コメントについて。確かにこれが重要な前提であるが、直接、検証することは難しい。幸いなことに、西嶋さんが SAMUIKA を秋季の系群にもフィッティングして論文を発表しており、そこでは q が推定されている。推定された加入量を比較すると平均値で SAMUIKA が従来法より 13%低い、トレンドの差異はわずかであった。

○Teo これは毎年の調査から出てきた結果か？

○大島 その通り。将来的には、年毎ではなく、毎月の CPUE を入れていくこともできる。

○大島 次に「調査は日本海の分布全体をカバーしていないが、調査でカバーされた資源の割合は一定（つまり分布は不変）と仮定している、その妥当性についてエビデンスを示してほしい」との事前質問について。先に議論があった通り、Availability は毎年変わる可能性があるものの、十分な情報がない。日本と韓国の漁獲量の経年変化を見ると、両者の合計に占める日本の割合はほぼ一定で、2011 年頃までは変わっていない。このことから、Availability（すなわち q ）を一定とみなすことが妥当であった。その後、近年は日本の割合が下落しており、歴史的に見ても低いレベルになってきているが、ほかに代替の手法がないため、 q は一定と仮定している、というのが現状である。

○大島 次に「M の感度試験において、2021 年の産卵親魚量が増える一方で、なぜ 2021 年の資源量は変化しないのか？」との事前質問について。M の設定によって産卵親魚量は変わってくるが、資源量（加入量）は資源豊度指数と q で直接推定するため変わらない。産卵親魚と加入の不確実性は一定と仮定している。

○Teo q の計算は M に依存しているので、M を変えたら q も変えなければいけない。

○大島 そうでした。その不確実性を加味していなかった。今後、それを考慮することが課題である。

○大島 では次に、再生産関係と管理基準値について説明する。まず、レビュアーから事前に「再生産関係に HS 型を採用した理由が不明だが、これは管理に対する懸念をベースに会議で決定されたもの、という理解で正しいか？」と質問を頂いている。日本の資源評価では管理基準値を検討する際、HS 型、BH 型、RI 型を再生産関係の候補とすることが定められている。これらについて AICc で選定することはできなかったが、RI 型については、スルメイカの生物学的特性を考慮して却下した。HS 型と BH 型については、それぞれ再生産関係を誤って設定した場合の管理上のパフォーマンスを評価し、その結果から HS 型を採用した。

○大島 次に「中国の想定漁獲量のレベルに対して、モデル結果はどの程度の感度があるか？」との事前質問について。この点に関しては、六つのケースをテストしている。ケース 1 は一定の漁獲量 15 万トンとするベースケース、ケース 2 は一定の漁獲量を 20 万トンと置く、ケース 3 は F 一定の下に平均漁獲量を 15 万トンとする、ケース 4 は F 一定の下に平均漁獲量 20 万トンとする、ケース 5 は 15 万トンの漁獲量を 2015 年まで一定とし、2016 年以降、毎年 3 万トンずつ増加させる、ケース 6 は漁獲ゼロとする。

○Teo どのケースにおいても中国の漁獲がゼロの年が幾つかある。

○大島 それらの年は、漁獲努力量が低く、漁獲ゼロの漁船もあった。この 6 ケースについて、神戸プロットの図を見ると、ケース 6 を除き、いずれのケースも再生産関係や基準点、目標管理基準値に大きな変化はなかった。

○Dick 奇妙に思う。これは相対的な値か？

○大島 その通り。しかし、 SB_{msy} の絶対値でみてもケース間に違いは見られない。中国漁船の漁獲量の想定は、我々の産卵親魚量の推定に影響しないということだと思う。

○Dick 数値を見たい。中国の漁獲量によっては TAC が高く出るのが合理的だと思うので、それぞれのケースにおいて、結果として出てくる TAC を教えて頂きたい。

○大島 中国の漁獲は IUU と見なされるため、TAC の設定では無視されている。

○Teo 加入量自体は、調査による指数と q のスケールで推定したもの。産卵親魚量は、そこから（漁獲や自然死亡で）減耗して年末（産卵前）に残っていたもの。それが中国の漁獲した量によって、10 万トンから 15 万トンの差として出てくる、ということだと思う。

○Dick それは分かるが、中国の漁獲量の入れ方によって、統合モデルの結果は大きく変わるのではないかと思う。

○Teo 統合モデルのアプローチであればそうなると思うが、このケースはそうではない。ケース間で差が出ないのは、この資源評価の手法に起因するものだと思う。六つのケースで全て加入を同じと想定し q も固定している。加入指数も同じ。従って、資源量のスケールは全て同じということになる。通常、マグロなどの M が変わるようなスケーリングとは異なる

っている。唯一の違いは、中国の漁獲分ということになる。推定される親魚量が、中国漁獲のあるなしでどれだけか違って来るかも見ているか？

○大島 画面に、各シナリオで推定された **MSY** を示す。それらはほとんど同じ値である。

○Teo SB_{msy} は思っていたより低い値だが、それではなく親魚量は？中国漁獲の設定によって推定される親魚量に違いがある？

○大島 それぞれのケースの再生産関係のプロット図を示す。再生産関係は全てのケースで一貫しており、親魚量の推定値も同じ。

○Teo 差がないのは不思議。

○大島 宮原さん、なぜ親魚量の推定値が中国の漁獲の仮定に対してこんなにロバストなのか、なぜ変わらないのか、何か分かる？

○宮原 図をよく見れば違いはある（仮定の間でデータ点が少し横にずれている）。

○大島 数値として示せないか？

○宮原 データはあるので出そうと思えばできるが、表にはなっていない。

○Teo このテストによって **MSY** に係わる主要部分が変わっていない。しかし、統合的なアプローチをとった場合、恐らく加入量は漁獲量によって上下すると思う。なので、中国漁獲量の設定が「関係ない」とは言わないように気を付けて頂きたい。この件については、これ以上、議論に時間をかけなくても良いと思う。

○中野 では、スルメイカ秋季発生系群全体あるいはスルメイカ全体を通して、追加質疑があればどうぞ。

○Teo かなりカバーできたと思う。何が問題点かを比較的よく理解して頂けたと思うし、改善に向けて取り組みを進められている、とのことであった。中国の漁獲が大事だということは、皆さん、分かっている。私が推奨したいことは、既にやるべきと認識されている、あるいは既に取り組んでおられると思うので、その方向性を奨励したいと思う。また、Dick が述べたように、新たな手法に完全に移行するのではなく、現行の手法も継続していくのも良いアイデアかもしれない。少なくとも今、何らかのシグナルが出ており相対的なレベルでは何かが出ているので管理に使っているのだと思う。同時に新しい手法を作っただき、それを比較して、新しい手法が良い、レビューもオーケーとなれば、新しい手法に移行する、という流れが良いのかなと思う。

○Dick 統合モデルのアプローチに関して、異論というわけではないが、私であれば、事前に計画し、どのようにアウトプットを解釈するか、特に不確実性を勘案して考えておくべきだと思う。今のアプローチは基本点にその点が無視されている。いわゆる中国の漁獲を完全に排除するような形でアプローチすると、(統合モデルであっても)系群の生産性を見誤り、結果にバイアスが掛かってくる。このような事前のバイアス要因をどうやって扱うかということを考えるべきだと思う。なので、新たな枠組みに飛び込むことに対して、少し警鐘を

鳴らした次第である。両方がある程度同時並行で行い、キャリブレーションも行いながらやるべきかと。その間に新たなデータも入手可能になるかもしれない。

6. 全体討論

○中野 では今回扱った全系群を通して、あるいは個別の系群に対してでも構わないが、全体討論を始めたい。

*まず共通事項として、レビュー用の事前配布資料について、レビューアから、今後は、現行のものより、さらに詳しい情報（個々のデータやモデル出力結果等も含めて）を頂けたら、との要望があり、資源評価報告書の体裁や国内の状況、米国内の資源評価会議やレビュー会合における事例、レビューアへの情報提供の仕方、詳細な手法や手順を記録として残しておくことの重要性、効率的な資料作成に向けた工夫、などについて情報や意見の交換が行われた。その後、以下の議論が行われた。

*シミュレーションや不確実性の扱いについて

○Dick 全ての資源評価に共通することとして2点挙げたい。まずは、漁獲量などの情報について、シミュレーションを活用してさらに検討すべきだと思う。例えば太平洋側の（スルメイカの）系群だったと思うが、そこで用いた統合モデルをテンプレートとして、秋の系群について、中国の漁獲量を総漁獲量の4分の1として入れてみた場合に余剰生産量の推定値がどうなるか、などのようにシナリオを立て、感度試験を行なってみる、それらを通して管理上のリスクを排除していくための検討を行っていくのが良いと思う。もう一つは不確実性。幾つかの資源評価報告書で、管理基準値を上回る確率について書かれていたが、その確率は、不確実性の取り込み方によって大きく変わってくる。資源評価のアウトプットが管理に必要であり、管理措置を決めるものであるならば、追加の労を費やしてでも、資源評価の中に不確実性を反映させることが賢明だと思う。

○Teo 全く同感である。過去のピアレビューを思い返すと、サバ類の資源でもそうだったが、海外の未知の漁獲量、外国船がどれほど漁獲しているかが問題となり、今回の資源評価でもそうであった。Dickの提案は、MSE的なアプローチをとってはどうかということ。スルメイカだけでなく、東シナ海、日本海の外国漁船による未知の漁獲について、そのようなやり方で検討するのが妥当だと思う。行政官にも理解してもらう必要がある。不確実性が多いと正しいアドバイスは出せない。科学者は不確実性を反映させようとするが、行政官は重視しないとといった問題は米国にもある。なので、科学者も行政官も不確実性について一緒に取り組んでいく必要があると思う。外国漁船の漁獲については米国にも、似たような状況がある。

○中野 国境を越えた漁獲？

○Teo はい。系群の管理単位が場合によっては正しくないこともある。米国の系群では、

系群構造に不確実性があるものもあり、例えばイワシ類の資源では、どこに系群の境界を置くかによって評価結果も変わってくる、それが大きな不確実性のひとつ。そのため、行政官や漁業者に対しても、不確実性についてしっかり説明していくことが肝要となっている。

○中野 外国船の漁獲に関しては、スルメイカに限らず、様々なケースがある。

○大島 状況は恐らく魚種によって異なり、対応も変わってくると思うが、スルメイカに関しては、漁獲量だけでなく、資源量指数における Availability の話もある。漁獲量データの収集については二国間交渉などの行政レベルを通して情報が得られることもあるだろうが、研究者レベルでは、資源量指数の改善など、モデルの中に取り込んで、幾つかの仮定を置いてやっていく、といったことが必要なのだろうと思う。

○中野 それは MSE タイプのシミュレーション？

○大島 MSE タイプというか、現状では、なかなか難しいが、様々なシナリオやモデルをトライして総合的に見ていく、ということかと。中国の漁獲の仮定も、その大きさによっては管理が変わってくることもあるので、やはり重要だと思う。

○中野 ズワイガニについては？

○柴田 日本海の状況などあまり詳しくないので、もう少し全般的な視点だが、今の不確実性の話は、バイアスに係わるもの、中国の漁獲量がこうだったら絶対値がこう変わるというような話だったと思う。不確実性には恐らくもう一つあり、それは分散、揺らぎだと思う。例えばズワイガニの太平洋北部系群で指摘を受けた、成長速度が年変化する可能性について、傾向が年変化していなければ、そういったものも分散だと思うので、それらをモデルの中に組み込んでいけたら、と思う。調査の誤差に関しては、既知の値である変動係数を、尤度関数に取り込めば、尤度の重み付けが自然とできるので、不確実性として考慮できると思う。すぐできるもの、できないものがあると思うが、幾つかできることはあるのかなと思う。

○佐久間 外国船漁獲の問題は、日本海のズワイガニでも昔から認識されている。特に日韓暫定水域における韓国の漁獲は大きな問題として、実データを得ることを前提にこれまで進めてきた経緯がある。しかし国家間の交渉がストップしており、実際にデータを得るのは難しい状況にある。ご指摘にあったとおり、いろいろな値を使ってシミュレーションもしていこうとは思っているが、現状において、バイアスがそこまであるかということ、実はあまりそうとは思っていない。しかし、いずれにしても、今後、モデルを改善していくことを我々は考えており、その中で、様々な仮定値を入れてシミュレーションしていくことも必要だろうと認識している。

*海洋環境の変化と資源管理の関係について

○木所 ズワイガニの太平洋北部系群は、今回のレビューでも説明した通り、漁獲がなくても資源が減っていくような状況にあり、その要因の一つとして環境の変化が懸念される。あまり詳しくないのだが、アラスカの方でもズワイガニが減って禁漁になっていると聞いており、その要因は気候変動ではないかということも日本の新聞に書かれていた。もし気候変

動で資源が減っているとしたら、禁漁しても資源は増えないことも想定されると思うが、今後、どうすれば禁漁を解除できるか？気候変動が原因であれば漁獲を避けてもなかなか資源は回復しないことも考えられるが、その辺り、米国の研究者はどのように考えているか、感触などを率直に教えて頂ければ、今後、漁業を再開するときの参考になると思う。

○Teo 私はこの件については詳しくないので、直接、アラスカのズワイガニ評価を担当している研究者に聞いてもらった方がいいかもしれない。Dick さんは何か情報あるか？

○Dick イワシについては、論文で Teo さんも確か共著に入っていたと思うが、その研究者は、イワシの余剰生産量がマイナス、つまり漁業がなくても資源量が減っていた時期があり、減少がこれからも永久的に続くのか、それとも新たな平衡状態なのかは、これから確認していかなければならない、と言っていた。私の観点では、サイクルの非常に速い資源で、時々、このようなことが起きるのは、それほど驚くべきことではないと思っている。今のズワイガニの資源減少も、そのような形で解釈できるのかなと思うが、どうだろうか？

○Teo 温暖化は一方向の動きだが、イワシはどちらかということ 10 年周期の振動、過去にもあったということだと思う。

○Dick その通り。確かなことは何も言えないが、もしかしたら似たような状況がズワイガニにも起きているのかもしれない。

○Teo そうですね。私も分からない。

○Dick ただ、モデリングを考えたときに、こういった短命の種については長期的な予測が立てにくく、あまり精度が上がらないのかなと思う。

○木所 確かにイワシに見られるようなレジームシフト的、周期的な変化と、温暖化のような気候変動は少し違うと思うが、日本の太平洋のズワイガニにも、どこかに平衡点が見つかって、それに向かって管理ができるようになれば、と思っている。今のところ、少し難しそうだが、今後、いろいろモニタリングやモデルを改良しながら検討していきたいと思う。

○柴田 少し補足する。アラスカのズワイガニに周期的な振動が起こる、という話は、流氷が早く溶けない寒冷なレジームだと、孵化後の小さなカニのマダラ等による捕食が増えて再生産が悪化する、流氷が早く溶ける温暖なレジームだとあまり食べられずに済むという仮説を唱えている研究者がいて、それが何年か周期の気候の変動と合致しているのはいいか、という話だったと思う。しかし、日本の太平洋側は、ズワイガニの分布の南限といっても過言ではなく、 -1 度 ~ 0 度のアラスカよりもかなり高い水温帯に居り、最近では7度を超える、普通であれば死んでしまうようなところにまで来てしまっている。なので、気候変動とその影響のメカニズムがあったとしても、それはアラスカとは違うのではないかと考えている。

*スルメイカの資源評価について

○岡本 今回、いろいろと多くの指摘を頂いた。これからそれらを振り返って、モデルの改良や漁業データの確認、CPUE データの使用に関する問題点などを整理し、優先的に解決

したほうが良いものなどを検討していきたい。その過程で、不明な点や優先すべき点など、Teo さんや Dick さんに聞きたいことがあった場合には、また教えてほしい。

○Teo はい、もちろん。自由にメールを下さい。

○Dick 私からもいつでも質問に答えるので、コンタクトして下さい。

*ズワイガニ A 海域と B 海域のモデリングについて

○柴田 ズワイガニ日本海系群 B 海域のレビューで、A+B という話があったが、それは A 海域と B 海域のデータ、漁獲量をプラスするという理解でよかったか？

○Teo 一つの試行として、B 海域の情報も入れて A 海域のモデルで見てみる、つまり系群は一つであるとの前提で、個体群をスケーリングしてみる、ということ。漁獲を A に加えれば、より大きくなるので、違いの一つの指標として使えると思っている。必ずしも資源評価に使うべきということではなく、考え方を助けるために、ということである。

○柴田 モデルへのフィッティングデータが同じ場合、漁獲量データだけが違う、F だけが変わるということだと思うが、どのようなモデルのことを指しているのか？他の指数を使うべきか？

○Teo A 海域の指数、時には B 海域の指数も使うことができるだろう。やってみないとわからないが、非常に複雑な構造のモデルを簡素化し、全海域を考え得るモデルを使って、どのような状況か探っていく、ということ。

○Dick その通り。計算は当座のおおざっぱなものになると思うが、このアプローチでやろうとしていることは、情報量の多い A 海域で想定したものが全海域の資源動態を代表しているものと捉え、A 海域、B 海域の漁獲量に合わせて差異を付けるというもの、これが私の思いつく一番簡単なモデル統合の方法である。この仕組みを理解すれば、スケーリングできるはず。差異を割り出し、推定値を差し引くこともできると思う。

○柴田 A 海域の資源調査結果から得られる水深ごとの密度推定値を使って B 海域の面積をかけて得られる資源量推定値と、現在の B 海域の資源量推定値を比較するということと理解した。

○Teo もう一つ、もし関心があれば、海域区分についてもシミュレーションしてみると良いと思う。カニは、一旦ある海域に棲み着いたら基本的にそこに留まる、とのことであった。であれば、ある程度、分離された集団として、様々に区切っていくことができると思う。例えば 100 キロごとなどに区切って見ることにより、何らかの情報が得られるのではないか？ B 海域は A 海域のうちの小さな部分として捉え、さらにその区分を細かくする、あるいは変えていくことで、モデルの精度が高まるかどうかを見てみる。具体的にどのような集団の数になるかは分からないが、興味深いと思う。

○佐久間 A 海域の資源量をスケールアップし、A 海域と B 海域について推定するのは、簡単だと思うのでやってみる。一方、A 海域を複数に区切ることについては、既に行ってみたが、それほど有効ではなかった。区域ごとのデータ量が少なくなってしまう、良い結果は

得られなかった。

○Teo データ上でシミュレーションしてみても如何か？

○佐久間 A 海域に何らかの分布モデルを適用してはどうか、と考えている。分布モデルを適用して、数値を A 海域全体について平滑化させる。それが、A 海域を複数の区分に分割する上でも有用だと思う。

○Teo 良いアイデアだと思う。

7. 講評

○中野 では最後に、レビュアーの方々から講評を頂きたい。

○Teo 非常に嬉しくレビューさせて頂いた。私のあまり知らない魚種についても学ぶことができ学習経験にもなった。日本に 4 年ぶりに来ることができ、仲間にも会えて、嬉しく思っている。スルメイカの統合モデル、福田さんの SS3 の取り組みについては、是非、公表してほしい。イカ類のモデルはあまりないので、公表して、どのような仕組みになっているのか学んでいくことは有益だと思う。今回、楽しんでやらせて頂きました。

○Dick まず今回のレビューに招いて頂き御礼申し上げます。非常に勉強になった。また、今回、柔軟にハイブリッド形式で対応して頂き、大変助かり、感謝します。レビュー会議では、様々な素晴らしいトピックが話に挙がった。今後も是非、話をしていきたい。どなたでも関心のあることやディスカッションをもっとしたいことがあれば、連絡を下さい。皆さんとのやりとりをととても楽しみにしています。ありがとうございました。

(木白記)