

令和6年度 資源評価ピアレビュー会議（2日目）

ーマダラー

日時：令和6年11月13日（水）10:00～17:00

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

開会

ーマダラ本州日本海北部系群ー

○中野議長 定刻になったので本日のセッションを開始する。昨日と日本側のメンバーが代わったので、簡単に自己紹介をしてから始めたい。

（各自より自己紹介ー省略ー）

○中野議長 それでは佐久間さん、プレゼンテーションをお願いします。昨年同様、プレゼンテーションの途中で質問してもかまわない。その質問に対して説明、議論をしながら進めたいと思う。

○佐久間底魚資源部主任研究員 日本海のマダラの資源評価について説明する。いただいたコメントにもある通り、この魚種系群の資源評価はまだ発展途上で、管理についても TAC 対象となったものの、まだ移行期間。レビュアーからいただいた質問の多くは、今後改善すべき内容となっている。

（スライド2）マダラ資源の管理の単位をこの図にまとめた。自分は日本海北部系群を担当しているが、日本海には2つの別の管理単位がある（北海道、日本海西部）。オホーツク海と根室海峡はロシアとの跨り資源である。日本沿岸にはこのように多くの単位があるが、本日は本州沿岸の日本海北部と太平洋北部の2つの系群についての説明となる。

（スライド3）個体群の構造、系群同士の関連については、現在、遺伝子を用いた個体群構造の分析に取り組んでいるところ。個体群の構造と系群間の交流がマダラの資源評価にあたって問題となる。遺伝子分析については、High throughput の sequencing technique、GRAS-Di を行い、これまで500個体以上を分析して8000以上のSNPsを獲得した。この図はそれによって得られた個体群の構造を示している。日本周辺には3つの遺伝集団があり、日本海の西側、陸奥湾、その他、となる。「その他」には北海道および日本海が含まれ、この3つがこれまでに同定された。これらのグループはPC1およびPC2で分けているが、これは遺

伝子全体の 1.51%から 1.02%に相当する。また、日本海西部の系群がミトコンドリア系統群に対応しており、他の日本周辺の個体群と分けられている。これについては論文化した。さらに、北海道および陸奥湾のグループが今回の分析で見つかっており、この地域性と生物学的特性についても分析を行っているところ。

○TEO 博士 念のため確認するが、日本海の西側というのは左側のオレンジ色になっているところか。かなり日本海の東側に近く、グループ間の距離はかなり近いと思うが、遺伝子的にはかなり異なっているということか。

○佐久間 その通り。ちなみに、この 2つのグループの間にある海域にはマダラがいない。たとえば若狭湾にはマダラがほとんどいない。

○TEO 博士 ということは、何らかのかたちでそういった境目があるということ。

○佐久間 その通り。(スライド 4) 2つの系群、つまり日本海北部と本州太平洋北部の系群については、同じチューニング VPA のフレームワークを使って資源評価を行っている。しかし、資源量指数は異なり、前者では沖合底びき網の漁獲成績報告書とトロール調査をベースにしている。これら 2つの系群は、共に今漁期から TAC により管理されている。それでは本州日本海北部系群の資源評価の詳細を説明する。

(スライド 7 (スライド 5, 6 は欠番)) この図は系群の分布を示している。日本海北部系群は、青森県北部から石川県、福井県の境目にかけて分布している。南側の境界は若狭湾、福井南においてほとんど個体が見つからないため分布の境界となっている。

(スライド 8) この遺伝集団構造から推定される回遊域を特定した。日本海西部、陸奥湾、北海道の日本海側。北海道日本海側の集団は PCA プロットの左下側にあるが、4つの回遊群が混在したようになっている。しかし、この回遊による遺伝的な交流が見られるにもかかわらず、色の勾配を見てみると、遺伝的な構造は極めて弱いことが分かる。今後、遺伝子マーカーにより日本周辺における遺伝的個体群の分類、区別を行って、日本海の市場標本を用いて遺伝的個体群を特定したいと考えている。

(スライド 9) 日本海におけるマダラの漁業に関して。この図は日本海北部系群の漁獲量を示したもので、漁法を色分けで示している。赤は沖合底びき網、オレンジは小型底びき網、黄色は刺網、緑色は定置網、濃い緑色は延縄。この図から、漁獲量はおおよそ 10年周期で、また短期的にも増減しており、また漁獲量の多くは各地の小規模漁業によることが分かる。これらの漁獲は白子(精巢)を持った雄を対象としたものが多く、水揚げのほとんどが新鮮なうちに数日以内に消費される。漁獲量統計では「タラ」として報告されており、銘柄に関する詳細な情報は無い。

○TEO 博士 漁業の標的は成熟した雄とすると、雌雄を獲り分けているのか。

○佐久間 獲り分けていない。

○TEO 博士 ではランダムに漁獲をしているということ。ただ、雄の方の価値が高いということか。

○佐久間 その通り、雄の方が 2倍ほど高い。成熟した雄は、季節によっては 1kg 当たり

1000 円ぐらい。雌はその半額の 500 円程度。

(スライド 10) いただいた 1 つ目の質問は、日本海におけるマダラは興味深い微細な集団構造を持っているようだ、会議の際、ぜひ詳細を伺いたいが、系群構造に関してのエビデンスを紹介した後に、系群の境界をどのように引いたかを説明して欲しい、特に Suda et al (2016)、Sakuma et al (2019)を見ると、この系群の境界を引くにあたっては、石川県の代わりに京都府で引く方が妥当ではないかと思う (補足図 8-1 参照)、という質問。私もその通りだと思う。遺伝的な境界は日本海の西部と北部の間の中部、すなわち兵庫県、京都府の沿岸近くに引かれているが、これは必ずしも管理単位の区分に合致していない。京都府と福井県の漁獲量が限定的であるのが理由で、総漁獲量の 0.7%程度に過ぎない。また、別の理由として、この境界を行政区画の管理単位に当てはめるのが難しいということがある。TAC を日本海北部海域に適用するのは、道府県との調整などさまざまな理由があり困難だった。

○KURIYAMA 博士 福井県ではなぜマダラが獲れないのか。

○佐久間 その答えはまだ自分も見つけていない。

○KURIYAMA 博士 カリフォルニア州の沿岸では突き出たコンセプション岬の南北で湧昇流の影響、海底や陸棚の水深の関係により生物相が異なる。福井県周辺でも同様のことが起きているのではないだろうか。

○佐久間 良い指摘だと思う。自分もそれが 1 つの理由ではないかと考えている。兵庫県沿岸には極めて急峻な海底が存在しており、そこにはマダラがいないということが調査からわかっている。1 年に数個体は見つけられるかもしれないが、その密度は極めて低い。

○中野議長 日本海西部系群は朝鮮半島の資源と結びついているか。

○佐久間 紐づいている。日本海の西部系群というのは、産卵期に釜山の南に移動することが確認されている。Jinhae-Bay (鎮海湾) にかなり有名な産卵場所があり、そこに多くの産卵魚が密集することがわかっている。また、日本西部系群はその産卵群とかなり密接に関連していることがわかっている。そして、地域的な産卵群が島根、鳥取、日本海の西側に存在するので混合している可能性はある。

(スライド 11) 2 つ目の質問は、標識放流実験の結果とデータを示してほしい (例えば Kanno et al. (2001) など) というもの。Kanno et al. は標識放流実験ではなく、分析しているのは個体群構造。これは表現型の特性に基づくもので、地域の標準化 CPUE の推移を用いている。そしてそれは、我々の研究によってアップデートされたと理解しているところ。

○TEO 博士 標識放流実験のデータはあるか。

○佐久間 あるが、データ量は多くない。

○中野議長 TEO 博士が聞きたいことは、標識放流実験のデータが少なかったとしても、長距離を移動する種なのか、それとも地域性が高い種なのか、ということかと思うが、感触はどうか。

○佐久間 標識実験では、陸奥湾から道東海域まで移動してまた陸奥湾に戻るようなデータが得られている。

○TEO 博士 遺伝子に関する説明を伺うと南部との境界線は少し動く可能性はあるが、漁獲がないのであればそれで良いと思う。北部については日本海の北部と北海道は非常に似ていると思うので、北海道と日本海の標識データから両系群間の移入、移出があったのかを見てみたい。北海道の漁獲量というのは非常に大きいので、もう少し深掘りしてもいいかもしれない。

○佐久間 後で説明するが、その海域では資源の拡大がみられている。

(スライド 12) 3つ目の質問は、資源境界にはある程度の恣意性があると仮定すると、資源境界に対する評価結果や対応する管理の頑健性を調査することが重要である、兵庫県から山形県までの県別漁獲量を西から東に並べて時系列で示してほしい、というもの。時間不足で準備できなかったが、必要ならば後ほど送付したい。

○TEO 問題ない。先ほどの説明で答えになっている。境界域周辺の漁獲量が大きいかと懸念していたが、漁獲量が少ないのであれば、境界として適していると思う。

○佐久間 最大の問題は、陸奥湾の海域、青森県周辺。境界線が引かれており漁獲量も大きいので、ご意見のとおり一番の問題。

(スライド 13) 4つ目は、図 2-1 では産卵場が特定されていないが、これは分布域全体で産卵が行われているのか、という質問。産卵は分布域全体で行われているが、集中箇所もあると理解。たとえば能登半島。しかし 1960~1970 年代に獲りつくされてしまい、その状況は回復していない。現在、陸奥湾が日本周辺海域で最大の産卵場所。先ほど話題とした韓国の Jinhae-Bay も大きな産卵場所だが、日本周辺海域では陸奥湾以外に主要な産卵場所は確認されていない。また、仔魚から未成魚の調査だが、小さな産卵場所というのはそれぞれの県で確認されている。地域の漁業者によると広い範囲で小さな産卵場所が確認できているということなので、分布域全体で産卵が行われている。

(スライド 14) 次の質問は、年齢-体長関係を用いて体長データを年齢データに変換しているが、漁業で獲れない 0~2 歳のデータは漁業でない他のデータセットに入っているか、この質問の理由は、系群、資源の境界が明確に定められているようなので、扱われているデータセットが資源全体の一部しか表していないのではないかという懸念があるから、というもの。1 歳から 3 歳の魚については底びき網漁業で捕獲することが可能だが、日本海では、漁業者は漁獲対象としていない。その理由は、価格が非常に安いから。日本では一般に若齢魚はフィッシュミールや干物に使われたり、凍結ブロックで取引されている、つまり鮮魚では流通していない。また日本海ではほぼ全ての魚が鮮魚として取引されており、少量の魚を生鮮で取引することができるような販路が無い。

○TEO 博士 興味深い。日本海には若齢魚がいるが漁船は漁獲対象としていないとのことだが、底びき網漁業で混獲された場合は廃棄されるのか。

○佐久間 その通り。廃棄される。

○TEO 博士 そうなると、M はどの程度か。

○佐久間 わからない。

○TEO 博士 死亡率は問題になりかねない。水揚げしていなくても廃棄されるのであれば、M を検討しなければならず、それが難しくなる。

○佐久間 廃棄による死亡率については、情報を持ち合わせていない。ただ多くの漁業者はなるべく小さな魚を獲らないようにしており、若齢魚が混獲されることは多くない。

○TEO 博士 つまり年齢によって群れが違い、漁業者である程度コントロールが可能であるということ。ただ個人的には、おそらくあまりひどくはないと思うが、この点については研究を行って、どれぐらい廃棄されているのかを調べたほうがいいのではないかと思う。

○藤原底魚資源部主幹研究員 少し補足したい。日本海の底びき網漁業は、マダラの生息する水深 200m 以深で操業している期間は相当に短い。操業水深によって魚種が大きく変わるため、(若齢魚は)ほとんど捕れていないと思って良い。

○佐久間 日本海北部は海底が急峻なため、漁獲対象は水深帯によってコントロールできる。若齢魚はどちらかといえば浅瀬にすることが多く、漁獲対象となる個体はより深い場所にいる。

○KURIYAMA 博士 魚群の形成に関して季節性はあるか。たとえば産卵期前後では様々な年齢の魚がいる、夏期は特定の年齢の魚がいる、といったようなことも、今後は何らかの形で検討するのが良いかもしれない。

○佐久間 日本海北部ではトロール調査を行っているが、海底の起伏が激しく、大型のトロールを扱うのが難しい。したがって、その海域を一度の調査で網羅するのは難しく、全体の把握は非常に困難。ただ、理解はしているし、やらなければいけないと思っている。

(スライド 15) 次は、北海道の個体群はこの個体群とどのような関係にあるのか、という質問。これが問題となっているところ。北海道および陸奥湾の系群は 2010 年代後半から拡大して現在は記録的な高さになっており、分布域の拡大が起きているのではないかと考えている。この系群では冬季に親魚が限られた浅い産卵域に集まるとともに、親魚の資源密度を考慮すると近隣の日本海北部の産卵場に移動する親魚も少なくないと考えている。ただ、これはまだ仮説に過ぎないので、来年、遺伝子のモニタリングをこの地域の親魚で行う予定。

○TEO 博士 陸奥湾の系群だけではなく、日本海側も、両方の系群がかなり伸びて個体群が拡大しているということ。

○佐久間 陸奥湾の系群は北海道の北西部に含まれているためその大きさを直接見られませんが、漁獲は増えている。

(スライド 16) こちらはすべて M の推定に関する質問。6)は、M について、近年は多くのメタデータを用いたメタ解析研究があるのに、なぜ Tanaka (1960) を使用するのか。7)は、M の不確実性は考慮されているか。8)は各種の異なる M 値に対する感度モデルを実行しているか、単純で合理的なアプローチは、M と生物学的パラメータに関するいくつかの関係をj用いて M の事後分布を作成し、その事後分布を用いて M の不確実性の境界を作成し、感度分析に用いること、またもう 1 つのアプローチは、モデルアンサンブルの一部とし

て M の事後分布を使用すること。これはモデル予測にとっても重要、という質問、意見でいずれも TEO 博士からいただいた。M は 0.28 としている。M はコホート解析で固定しなければならず、年齢別の M、最高年齢などを考慮して決めている。TEO 博士からは、可能ならば $M=0.675$ と仮定したコホート解析の試行もご提案いただいたところ。(1 日目の上原センター長による) 全体質問への回答でも触れられたが、現在の資源評価では M の不確実性は検討しておらず、0.28 で固定して決定論的に適用している。また最高年齢は 9 歳で、これは分析結果による。10 歳もいるかもしれないが、極めて少ないだろうというのが我々の想定。現在検討しているのは年齢別の M を使うことだが、現状ではその方法についてアイデアがない状態。SS や状態空間年齢構造モデルなどを使うことによって問題の解決につながるかもしれないが、現状その不確実性を VPA に取り込むのが難しい。それが現在の資源評価の現状。

○TEO 博士 北海道の系群に関する質問に戻りたい。北海道の系群と日本海北部の関係性がはっきりわからないということは理解する。多くの北海道の個体がこの(日本海北部の)個体群に影響を与えている可能性はあると思う。遺伝的には極めて類似していると述べられていたと思うので、おそらく何らかの交流があるだろうと思う。これからさらに調査を行って最終的に確認すると思うが、現状を考えると、代替系統群仮説の感度分析を行うというのはどうか。例えば 1 つのシナリオとして、日本海の系群と北海道の系群がまったく同じだと想定する、というシナリオはどうか。そうすると管理がまったく変わってしまうのかどうか、そのような検討は可能か。

○木所底魚資源部副部長 そのアイデアは非常に良いと思う。問題は、資源評価の不確実性を検討するのは良いが、実際の管理でそれが実効的かどうか、そういったことも含めて総合的に検討していきたいと思う。

○佐久間 私も大変よいアイデアだと思う。現在の資源評価の頑健性を確かめるのに非常に有用な案だと感じた。

○中野議長 いまの資源評価の妥当性とか系群の確からしさを調べるために、感度分析をやってみたらどうかということで、内部での検討、研究にとどめても良いのではないか。

○佐久間 承知した。あくまで研究の一環ということでやってみたい。

○KURIYAMA この検討は極めて重要だと思う。現在 TAC 管理が進められていると思うが、業界はあまりハッピーではないかもしれない。ある個体群がある地域で増えても TAC は大きく変わらないというのはあまり歓迎されないかもしれない、TAC の割り当てにもかかわってくるかもしれない。いずれにせよ、個体群の変化の規模と管理を合わせていくことが重要ではないかと思う。

○佐久間 悩ましいのは価格。日本ではマダラはほぼ鮮魚で扱われるが、日本海北部系群は他の系群と比べて極めて価格が高く、(同一視されることによる) その低下が漁業者にとっては懸念となり得る。漁獲可能量が増えたとしても喜ぶとは限らない。

○KURIYAMA 博士 市場についても興味がある。ブランディングが日本海北部系群のマー

ケティングによるものなのか、ブランドによるものなのか。日本海側と太平洋側で価格が異なるというのは何か理由があるか。

○佐久間 ある研究者によれば、魚体の取り扱いによるとのこと。日本海側では小規模な漁業が漁獲しており、魚体をかなり注意深く扱うとのこと、それが1つの要因かもしれない。一方、太平洋側では大規模な底びき網漁業で漁獲されている。そういった点が違うかもしれない。

(スライド17)では生物学に移る。5)は、成長曲線の根拠を示して欲しいとのこと。耳石の年輪から年齢査定を行っている。地方の水産市場からサンプルを入手しており、系群の地理的な範囲、青森県～石川県を全て含む。耳石の分析が始まったのは2016年。年齢査定データはアップデートしている。今後TAC管理が導入されるので、資源評価の改定、アップデートは2年以内に行っていく必要がある。

○中野議長 ここで一旦コーヒブレイクとする。

(休憩)

○中野議長 時間になったので再開する。

○佐久間 (スライド18)10)は年齢別漁獲量についての質問。コホート解析では年齢別漁獲量は既知と想定するが、この想定が妥当であることが重要。補足資料2では、漁獲量、サイズ、年齢データから年齢別漁獲量がどのように作成されたかに関する記述がほとんど無いため、年齢別漁獲量データを確認できない。漁獲量を年齢別漁獲量に変換する方法を詳しく説明するように、とのTEO博士からのご指摘。図2-2の年齢-体長関係、体重-年齢関係は非常に重要であるが報告書に記載が無いので以下の4つの情報を含めてほしいとのこと。即ち、体長データのサンプルサイズ、年齢データのサンプルサイズ、年齢-体長関係とそのデータソース、長さを年齢に換算する際のステップの説明、特に時間的に変化しない年齢-体長および年齢-体重の関係を含める理由について。(スライド19)年齢別漁獲量がコホート解析で重要だというのは理解。我々は耳石の年輪分析を用いている。年別の年齢-体長キーは耳石の年輪分析をベースにしているが、毎年500個体を全ての県から取得して実施している。

○TEO博士 口頭でサンプル数などを説明していただいたが、どこかにまとめて記載してあるか。

○佐久間 一部は含まれているが、全てではない。必要なら後日お送りする。ALKは毎年作成しており、漁獲統計は国の漁法別、県別の統計データを使っている。体長測定は市場サンプルで行っている。(スライド20)まず漁獲統計があり、さらに、石川県の中央市場で体長測定が行われる。それが石川県内の他の地方漁港で水揚げされる魚も含めて全体を代表していると考えてよい。漁法は、はえ縄、ひき縄、定置網、まき網、底びき網等各種の漁法がある。ただ、それぞれの漁法に関する県別の測定データは無いので、刺網や底びき網の体

長組成は県に寄らず同じと仮定する。一方、はえ縄などそれ以外の漁法については情報が無いので、半分は刺網、もう半分は底びき網で漁獲されたと仮定して両漁法の体長組成を適用する。

○TEO 博士 およそ理解できる。これらの体長データはすべて石川県のもので、漁獲も石川県海域で行われたもの。山形県の漁業は全て底びき網か。

○佐久間 殆どが底びき網。

○TEO 博士 そのデータに基づいて、石川県の底びき網の体長組成で山形県の底びき網も代表している、といった見方でよいか。

○佐久間 およそ、そのような仮定を置いている。

○TEO 博士 それは合理的だと思う。分からなかったのは、その他の漁法をなぜ 50%にしているかということ。

○佐久間 データが無い。はえ縄や定置網に関してはデータが無い。

○TEO 博士 山形県海域で操業しているのか。

○佐久間 そういうわけではない。漁獲統計は全ての県から入手している。さらに石川県は漁法別に ALK を作成しているが、それ以外の県は刺網と底びき網以外の漁業については情報がないので、漁獲量をそれぞれ 50%ずつ刺網と底びき網に割り振って ALK を作成している。

○TEO 博士 考え方として、2つの漁法以外は情報が無いので、50%が刺網、50%が底びき網と仮定しているということか。

○佐久間 その通り。というのも、はえ縄、定置網、その他の漁法の漁獲量は小さく、仮定が必要となる。

○TEO 博士 そのような仮定を置いている理由は理解した。しかし、レビュアーとしては、なぜ他の代替案を採らないのか尋ねたい。青森県や山形県ではその他の漁業による漁獲があるが、その比率が分からないという話だったと思うが、そうであれば感度モデルが必要ではないか。

○佐久間 感度モデル異なる比率、例えば 50 : 50 とか、20 : 80 とかで実行するということか。

○TEO 博士 その通り。このケースでは、仮定を支持できるようなデータが無いので、1つでも2つでも感度分析を行ってほしい。

○佐久間 重要なのは、ほぼ全ての漁法が成熟した雄を狙っている。体長組成については漁法間で違いはあるが、巨視的にみると動向は変わらず非常に似ていると思っている。後ほど示したい。

(スライド 21) 水産資源研究所新潟庁舎では、耳石年輪の計数を行っており、耳石断面を顕微鏡で観察して計数している。写真で示したように2つの周輪があると考えているが、はっきりしない場合があり、(写真右方向の)周輪を計数している。この写真は非常に分かり易いもの。

(スライド 22) この図が年齢-体長キー (ALK) で、TEO 博士、KURIYAMA 博士からギャップはないかという質問もあったが、ALK は長期データの平均値を使っている。特定の箇所データが欠けている場合もあるが、その場合は全データの平均値を使って補完している。2015 年より前のデータは無く、以降のものを使用している。

○KURIYAMA 博士 漁業は主に 3 歳以上を対象としているということだが、1 歳、2 歳が示されているのは。

○佐久間 トロール船調査や漁業調査船によるデータで、もしかすると商業のものとは違うかもしれない。

○KURIYAMA 博士 1 つの ALK を或る年の全てのデータに適用しているのか。

○佐久間 その通り。サンプル数が限られているため。

○KURIYAMA 博士 漁業期間は短いのか。

○佐久間 その通り、短く、11 月から次の年の 3 月まで。春～夏にもいるが、漁獲対象としていない。対象は成熟した雄で、冬に成熟する。

○KURIYAMA 博士 よければデータを共有させてもらいたい。サンプル数は 500 程度か。

○佐久間 その通り、承知した。

○佐久間 (スライド 23) この図は年齢別漁獲量を示す。商業的な漁獲は 3 歳魚から始まるが、その量は比較的限られている。これは漁業として基本的に成熟した雄を標的としているから。こちらは 100 t 当たりの漁獲重量だが、6 歳、7 歳まで伸びる。これは成長量が大きいため。またプラスグループの漁獲量も多い。

(スライド 24) 13) は TEO 博士からの質問で、年別、場所別の体長データを年級と併せて示してほしいというもの。重ねて表示できず申し訳ないが、この図は体長の頻度分布データ。体長頻度は市場調査によるもので、山形県の底びき網、青森県の刺網、石川県の全漁業種のものとなっている。これらに基づき、底びき網および刺網の体長頻度は、それぞれ山形県、青森県の 2 つの県から得られるデータで代表できると仮定した。石川県のデータは金沢市中央卸売市場のもので石川県内の殆どの漁港から来ており、石川県における体長頻度はこれで代表できると想定している。ご覧いただくと分かります、ほぼ全ての個体が 60cm より大きく、成熟した個体であることが分る。どの漁業種類も同じ傾向にあるが、分布型は多少異なっている。

(スライド 25) 11) も TEO 博士からの質問で、年齢-体長、年齢-体重、体長-体重の関係が、季節ごと、場所ごとに異なっているのでデータを示して欲しいというもの。これに関し、これらの関係は季節ごとに異なると考えている。特に太平洋北西部系群に関してはそうだが、資源計算では考慮していない。年変動については、今後階層化、一般化した von Bertalanffy の成長モデルで考慮したい。現在、十分なデータがあると考えており、来年度以降で試したいと思っている。季節変動を検討していないのは、全体の漁獲量のおよそ 80% が冬期であり、季節内の成長は無視できると仮定している。

(スライド 26) 12) は年および場所における体長測定標本のギャップはあったかという

質問で、数多くのギャップが存在している。繰り返しになる、成熟した雄を標的としているので、若齢魚の体長データが欠けている。3歳より若い個体は漁獲されていない。2018年からの加入が無い。青森県では刺網や定置網が行われているが、60cm以上で5歳以上が対象となる。したがって、若齢魚の漁獲データは欠けている状態。

○TEO 博士 私の質問の意図は、年によって欠けたデータはあったかということ。サンプリング方法は妥当と思う。石川県で体長測定を行い、年齢査定を行って ALK を作成したのは妥当なやり方だと思う。気になっているのは、特定の年で何らかの理由でサンプリングが無かったとか、ギャップがあったかということ。系群や年によって、データの取得場所や時期が異なるようなことが無かったか尋ねたかった。

○佐久間 ALK は定期的に作成され、2016年以降で継続的に作成されてきているが、それまでは無く、年齢を確定したデータは無かった。今年は能登半島地震があり、石川県のデータが得られないといったことも発生している。おそらくこれが、大きなギャップが生じている初めての例。ご指摘に感謝する。重要な点だと認識している。

○TEO 博士 2016年より前はどのように仮定しているか、平均値か。

○佐久間 その通りで、2016～2019年の平均値を使っている。

○TEO 博士 体重のサンプルは2000年からあるということ。ALKは2016年から、体重サンプルもある。ただ、今年に関しては地震があったので無いということ。承知した。

○佐久間 (スライド27) 14)は、補足資料の9を見ると、標準化モデルおよび分析手法が文書に記載されていると書いてあるが、見当たらないので説明してほしい、可能であれば文書の写しが欲しいとのこと。また表4-1だが、指数値の単位と不確実性は何かという質問。標準化の文書が含まれておらず、申し訳ない。簡単にここで説明したい。2段階一般化加法モデルを沖合底びき網の漁獲成績報告書に適用した。日本海北部では沖合底びき網漁船の漁獲量は小さいが、漁船のサイズが似通っているため、底びき網漁業全体を代表できると考えている。最初のゼロキャッチモデルでは OKAMURA et al. (2016)による DRAM を用いており、モデルの式は以下に示した通り。また標準化 CPUE は、0.17度メッシュの区画ごとに得られた non-zero 比と non-zero CPUE から得られた値を用いている。

(スライド31 (スライド28-30は欠番)) 15)は、図3-3では漁獲成績報告書のデータは1972年頃からあるが、資源量指数が2000年からはなぜか、もっと早い時期に開始するとモデルのコントラストが明瞭になるかもしれない、というもの。薄片スプラインを用いたモデルは非常に重いので、1972年から現在までのすべてのデータを扱うのが難しく、データの期間を短縮することで比較が可能になる。VASTのような時空間モデルの適用が効果的かもしれない。

○TEO 博士 このモデルは2000年から採用されているが、それは資源量指数が原因か、それとも他の原因か。

○佐久間 データによるところが大きい。体長サンプルが2000年以前はなく、県別の漁獲量データしかなかった。

○TEO 博士 つまり、漁獲量データや漁獲成績報告書に関してはかなり以前から取得できるが、体長サンプルに関しては 2000 年以降取得可能になったという理解でよいか。

○佐久間 その通り。

○TEO 博士 もっと早い時期からデータを取ったほうが、明瞭なコントラストが取得できるのではないかと思うが、そこは検討してもらえると良いかもしれない。

○佐久間 体長サンプル、耳石の年輪データがあると良いが。2000 年以降の資源量指数が非常に低いので、もしかしたら非常によいコントラストが観察できるのかもしれないが、現時点では困難。

○TEO 博士 体長データ無しにもっと早い時期からの評価を SS や SAM(状態空間モデル)のような前進計算をする方法を用いて出来ないか。長期の漁獲量データと資源量指数があるので、選択性を 2000 年以降と変わらないと仮定すれば、有用な結果が出るのではないかと思うが、いかがか。

○佐久間 試していない。

○KURIYAMA 博士 もう 1 点、空間の尺度 0.7 度というのは非常に小さく、パラメータの推定に影響していると思う。もっと大きくしたら、資源量指数値をさらに遡らせることが可能ではないか。非常に細かいスケールで長期間の指数値を求めることには、もしかしたら検討の余地があるかもしれない。

○佐久間 以前は水深データを用いており、その後 0.7 度メッシュを用いるようになったが、もしかしたらご意見の通りかもしれない。

○KURIYAMA 博士 今と異なる VAST のようなモデルを使う場合、小さい箱を定義する必要は無い。

○佐久間 状態空間モデルのほうが軽く、GM は非常に重い。状態空間モデルの方が良いかもしれない。

(スライド 32) 15) は、図 3-3 と同様の新しい図を、1972 年からの総網数(ゼロ漁獲を含む)、総網数に占めるゼロ漁獲の割合、ゼロ漁獲以外の漁獲の平均 CPUE についてプロットして欲しいとのご指摘で、これらの図となる。

○TEO 博士 異なる色が使われているが、異なる漁場ということか。

○佐久間 赤色が北の方、青が南の方になっている。網数が継続的に減っているのは漁船数が減っているから。また、漁業従事者数も減っている。

(スライド 33) 19) は、報告書には刺網と底びき網の CPUE データもあると記載されている。これらの代替データセットについてなぜ使われなかったのか、少なくとも感度モデルで使用されなかった理由について説明して欲しい、またこれらの指数をメインの沖合底びき網漁業の指数と比較して欲しい、とのご意見。やろうとしたが、うまくいかなかった。

○TEO 博士 自分はこれで良いと思うし、自分だったらやはり底びき網漁業の指数を使うと思う。実際に資源評価を行う際には、「これがデータ。考えたところ、こういった理由で我々はこの指数を選んだ。ほかの指数については A、B、C という理由から良くないと考え

た」、といった説明をするのが良いと思いコメントした。

○佐久間 以前は小型底びき網や刺網の CPUE を示していたが、データを都道府県や地元の漁業関係の方から集めるのに相手も多忙のため苦勞した。小型底びき網や刺網の指数を用いてみたが、資源量の現実的なトレンドを得ることができなかった。小型底びき網は浅瀬に在る産卵場の親魚を標的としている。CPUE の単位は 1 船 1 日当たり漁獲量となっており、漁業努力量については操業時間や、刺網の長さ等の詳細な情報は存在しない。また刺網では、冬の早い時期に漁場に来遊した産卵親魚に対する CPUE の急激な上昇があるため指数として用いるのは困難。また、小型底びき船の場合、都道府県によって管理されており、国が管理している沖合底びき網の漁獲成績報告書と比べて正確性に欠ける。特に漁獲努力量のデータが得られない。漁獲量は漁協等でとりまとめられているが、間違いもあるし、整理されていない場合もある。とはいえ、そうした情報を用いることで資源評価の正確性を改善できることは理解しており、取り組むべき問題と思っている。

○中野議長 ここで昼食休憩とする。

(昼食休憩)

○中野議長 会議を再開する。

○佐久間 (スライド 34) 20) は、報告書には底魚資源調査もあると記載されており、私の記憶では、これらの調査による指数は他の資源評価でも使用されている、これらの代替データセットについて、少なくとも感度モデルに使用しなかった理由について説明して欲しい、また、これらの指数を沖合底びき網漁業の資源量指数と比較して欲しい、また、2014 年級と 2017 年級の高い加入量指数値は年齢群や親魚指数と対応しているか、という質問。日本海西部のトロール船調査で得られた指数値の一部は日本海北部系群の資源評価で用いており、石川県周辺の調査には日本海北部海域が含まれている。仔稚魚の加入量が大きかった 2014 年級群および 2017 年級群については、VPA の結果とおおよそ対応している。このため、仔稚魚の加入量指数を VPA のチューニングに用いることを考えているところ。

(スライド 35) トロール調査は日本海西部約 141 カ所で行っており、島根県の沖から石川県までカバーされている。青枠で示したのが日本海北部系群に相当する地点。右図は体長、頻度分布を示したもので、2019~2023 年の結果を示している。現存量は漁具の効率を 1 として推定している。

(スライド 36) 21) は、なぜ十分にデータがあり、よいコントラストがあるにもかかわらず、2000 年からモデルを始めるのかという質問。これは体長組成のデータが 2000 年からしか得られておらず、それ以前は無いため。1990 年代の体長データがあれば、ここ 40 年間の劇的な個体数の変化に関する情報を得ることができるが、残念ながら、漁獲量データしかないというのが現状。

(スライド 37) 22) は、沖合底びき網の指数は主に成魚を漁獲し、そのため選択性はドー

ム型か、漸近線に達するまで年齢とともに増加する（フラットトップ選択性）ことを考えると、なぜモデルは沖合底びき網の指数が全体を代表すると仮定しているのか、という質問。これまでの文献ではドーム型の選択性が仮定されていたが、残念ながら、我々には各種の漁法（底びき網、刺網など）の選択性に関する情報が無い。結果の頑健性をテストするためには、いくつかの仮定と異なるモデルで感度テストを行う必要があると思う。完全に成熟した個体（4歳以上）、高齢個体（5歳以上）、あるいは全個体（3歳以上）に対してチューニングを行ったところ、2019年または2020年に試したときとほぼ同様の結果となったが、その時点では年齢構成がフラットトップで比較的安定していたためと考えられる。現在は加入量が減っているためこの状況は変わっているが、現在何が起きているかは分からない。

（スライド38）23）は KURIYAMA 博士からの質問で、補足資料2の7式と8式に記述されている平方和チューニングに基づく底びき網調査の q_i の推定値について、推定値は知見からみて妥当か、また4ページの表に記載されている他の資源量指数を用いたチューニングを検討したか、というもの。これに関しては、後ほど VPA のスクリプトと推定値を確認した後で回答したい。資源評価担当者の多くは機構が作成したソフトウェアを使っているが、自分は独自で作成した VPA スクリプトを使っているため、詳細に関してはスクリプトを見直し確認した上で回答したい。

（スライド39）質問は、予測に用いる選択率の計算について説明して欲しい、補足資料1には選択率が研究機関会議で合意されたと記載されているようで、そうであれば資料に説明を含めて欲しいというもの。この系群に関しては他の魚種系群と少し状況が異なっており、前年の選択率を使用している。機構のルールでは、将来予測に関しては MSY 算定時の選択率を使うことになっているが、より自然なやり方としては、最も直近の選択率の値を使うことが望ましいと考える。選択率は変わり得るもので、将来予測に関して、 F_{msy} は %SPR の値に基づいて毎年再計算される。

（スライド40）24）は、指数の適合は概ね良好だが、コントラストが最も高い時系列の開始時に適合が悪いことに注意すべき、このことは、この良好な適合が2000年という開始年と漁獲量と指数がほぼ横ばいとなっているためであり、モデルの問題を隠している可能性がある、との指摘。KURIYAMA 博士からも同様の質問があり、指数データにモデルが適合した図を含めて欲しいとのこと。下図は、資源量（100トン単位）の推定値を棒グラフで、標準化 CPUE を赤線で、Nominal CPUE を青い点線で示している。確かに、2000年に開始したこと、また指数値が横ばいであることによる結果かもしれない。資源状態がよい期間のデータしか無く、低い加入が5年以上続いた期間が考慮されていない。このたえ非常に安定した状況であったといえる。ただ、現在の状況は変わってきており、加入水準は2018年級からきわめて低い状態にある。したがって、これについては今後数年間で確認することになると思う。

（スライド41）調査に関する質問で、加入量調査はデータセットの説明に含まれているが、その後のデータについての議論はない、例えば、加入量調査のデータは、コホート解析

による加入量推定値と一致しているか、というもの。県の研究機関によるデータは使用していないが、それは同一性が高いということが理由。これまでこれらの値をシンプルな GLM や GAM で使おうとしたが、うまくいかなかった。漁具（オッタートロールや調査船・漁船による底びき網、ビームトロールなど）、季節（県ごと）、海域（各県沖の産卵場またはナーサリー）、水深（100～400m）を用いた標準化には状態空間モデルの利用が有効ではないかと考えており、2025年2月の資源評価会議に向けて現在取り組んでいるところ。

（スライド 42）質問は、補足資料 7 について図 7-1 の体長データはあるか、というもので、2017年の秋田では、0歳魚も1歳魚も高かった。もし体長と年齢が正しく割り当てられているのであれば、これらのピークの間には1年のタイムラグがあるか？具体的には、age-0 と age-1 をどうやって切り分けたか、体長をプロットした場合、ラグがより理にかなっているように見えるか（例えば、age-0 と age-1 の魚は 10-50mm の差があり、これらのピーク間のラグが見える、など）、というもの。秋田県の調査の生データは無いが、0歳、1歳を見分けるのは難しくない。下図はトロール調査による体長組成データで0歳は獲れていないが、1歳、2歳、3歳、4歳は年齢群を容易に見分けられる。

（スライド 43）次の質問は、補足資料 8 が資源評価にどう関連しているのかを説明して欲しいというもの。日本海西部の資源は釜山沖の韓国海に産卵場があるため TAC は設定されておらず、漁獲状況と沖合底びき漁業による資源量指数のみをモニタリングしている。かなり詳細なトロール調査のデータ例えばズワイガニについての詳細なデータがある。もちろん漁獲成績報告書もあり、調査データ、漁獲データも県別、漁業別、国のデータもある。また体長の計測データも県別にある。しかし現時点ではマンパワーの問題も含めて直ちに資源評価を実施するのは難しい状況。

（スライド 44）26) は、Hockey-stick SRR がベースケースとして選択された理由を説明して欲しい、Hockey-stick は Beverton-Holt や Ricker と比較してどうか、という質問。Hockey-stick は AICc に基づく SRR モデル比較（2019年）で他の2つモデルより優位。また日本海北部におけるマダラの加入量は3月上旬から中旬のふ化期の温度条件と密接に関連しており、海底水温が低いほど高い加入量が観察されている。このため加入量は SSB と一見無関係（ランダム）に見えるが、実際には局地的な海面水温などの環境条件に支配されていると考えられる。しかし、我々のデータセットには2000年以降のデータポイントがほとんどなく、1990年代の記録的な低漁獲の間の SRR は考慮されていないことに留意する必要がある。

（スライド 45）加入量に関する我々の仮説について。SST と加入量指数との関係に関する山形県での先行研究について、近年の全ての県のデータセットを基に仮説を再検討した。即ち、海水温の低下が鉛直混合をもたらして海域の生産性が高まり、発生初期の餌料環境を好転させるというもので、2014～2017年に高豊度年級群が発生した。下図は3月第1週の100m海水温と県別加入量指数との相関係数の分布を示している。

（スライド 46）27) は TEO 博士からの質問で、1年、2年先の予測は資源管理にとって重要だが、その制度はどうか、というもの。2年後の予測の精度は非常に重要であり、TAC

に直接影響が及ぶ。今後は夏期に資源評価を行い、冬季に TAC の値が設定されることから精度の高い予測が必要になる。この資源の主な対象は成熟した雄であり、漁獲された個体の大部分が数日以内に生鮮魚として消費される。このため 4 歳以下の若齢魚に対する漁獲圧はかなり低く、3 歳以下は漁業に依らない調査によって予測が可能と考えており、現在都道府県のデータを集計しているところ。また 2010 年代前半の石川県沖のオッタートロール調査のデータもあり、これらを標準化することで 4 歳以上の資源量予測ができればと考えている。

(スライド 47) 8.は KURIYAMA 博士から、 F/F_{msy} の算出に用いる年齢についての指摘。 F 値は全ての年で 7 歳と 8 歳以上 (同値) と理解しているが、これら高齢魚は外海へ移出しているのではないかと、もしそうであれば F の推定や量的管理に影響する、というもの。すべての年齢 (3~8 歳以上) は F/F_{msy} の計算に含まれている。なお、1 歳、2 歳の漁獲量は無視できる量なので含めていない。7 歳および 8 歳以上の F の値は常に同じだが、これは VPA のチューニングの際の重要な仮定。

(スライド 48) また年齢別漁獲量は下図のとおり 3 歳、4 歳の比率は非常に低く、年によっては (2023 年など) 無視することができるレベル。

(スライド 49) 28) の質問。HCRs と ABC 算出のガイドラインという文書によれば、これらの計算はリスクベースで、評価に不確実性を組み込むことになっている。しかし、予測に含まれる不確実性は将来の加入量の偏差の不確実性だけのようで、資源評価結果には不確実性がないようだ。たとえば推定された SSB、加入、年齢別資源量、年齢別 F や SRR には不確実性は組み込まれていない。これらの不確実性は推定されなかったのか、または報告されなかったのか、というもの。その通りで、データの不確実性は今のところ検討されていない。というのも、日本の資源評価の枠組みは決定論的なものとなっているため。しかし、いくつかの例外はあり、状態空間モデルが使われている場合もある。我々はそうした不確実性を漁獲統計や調査結果から考え始めているが、現時点では将来の加入量のランダムな変動以外は導入していない。

(スライド 50) 29) は、上記の不確実性をさらに組み込むと、評価結果と予測にどのような影響があるかという質問。非常に難しい質問だが、最も現実的なやり方は SAM のような状態空間モデルを適用すること。また現在 SS についても取り組み始めているが、準備する情報が VPA や SAM とは異なるため、もう少し時間がかかる。または、1000 個や 1 万個といったデータセットを CAA の不確実性を考慮して準備し、計算を繰り返してみることも有効かもしれないが、まだ試していない。

(スライド 51) 30) の質問。補足資料 11 に、個体数の過大評価に伴う不確実性を避けるため、回遊については考慮しない、とある。この意味がよく分からないが、一般的に良い評価は管理側に評価の不確実性を提供し、それを管理側が理解し考慮できるようにするもの、とのこと。また KURIYAMA 博士から、補足資料 11 では移動に関する仮定について感度を評価している。担当者は、評価モデルにこの種の感度を引き続き含めてもらいたい。管理側

はこの不確実性を勧告に反映しているか、質問があった。状況としては、今のところは難しい。というのも、まだ TAC 管理の 1 年目で進行中であり、また今のところ移動に関しては漁獲量のどの程度が北海道や韓国から来ているのかに関するデータが無い。我々は、青森県における近年の刺網、定置網の漁獲量の 50%は陸奥湾や北海道など資源状態が良い海域からの回遊によると仮定した代替モデルの結果を示した。回遊を考慮することで、高齢個体の F が低くなり、過去の保守的な評価結果が書き換えられるので現実的ではない。これについては機構と各県の研究機関で議論して最も保守的な結果を採用したところ。

これでほぼすべての質問に対しての答えを出させていただけたかなと思う。31 番目の質問（資源評価の改善の可能性について）もあったと思うが、まだスライドが準備できていない。（後日の回答：・VPA よりも柔軟な SAM や SS の適用 ・都道府県の調地点のデータを用いた CAA の改善 ・CPUE 標準化モデルの更新 (GAM から VAST や GLMM へ) ・成熟だけではなく、年齢一体長、体長一体重関係などが変化するパラメータを考慮したモデルの適用 ・様々なパラメータに対する代替モデルを用いた感度解析の実施、など）

○TEO 博士 全般的にこの評価は良好。昨日のブリよりも良いように思う。例えば、年齢査定も行われている。1 つ気になるのは、既に触れたが、北海道と青森県の系群の影響。この点は確実に今後研究しなければならないと思う。この優先度は高い。また、過去に遡った資源量指数の取得も重要で、これはモデリングに依存する。新しいデータを集めるのではなくモデリング。もう 1 つ、資源量の指数については漁獲量がリーズナブルだと思う。2000 年以降でないと体長データが無いということだが、長期間のモデルを検討した方がよく、例えば SAM などが利用できるかもしれない。計算された資源量の指数を VPA の結果と比較すれば、かなりの改善ができるのではないかと。説明されたように他の資源量指数の探索もあるが、どちらかというところプライオリティは低いだらう。あれば良い、という程度のもの。例えば説明された仔稚魚の指数とか、そういったものもあれば良いが、優先度は低いだらう。資源量指数を 1970 年代からの長期間として、2000 年以降で体長データが加わる、そういった形で網羅できれば良いと思う。

○KURIYAMA 博士 代替の資源量指数に関し、加入などに関してはあったほうが良いとは思いますが、基本的には全体的なパターンの確認のためということで、モデルの結果の比較に使うのが目的。つまり、モデルが一貫性を保っていることを確かめるためのもの。したがって、この資源評価に必須というわけではない。あれば良い、ということで、パターンが比較できると更に良い。他のデータセットとの比較ができるので、資源評価モデルの中になくても有用ではある。

○佐久間 TE 博士からご提案いただいた内容はまさに我々も検討しているところで、おそらく現実的な解決策かと思う。それほど複雑なモデルにはならないと思うので、時間があれば試してみたいが、ズワイガニなど他の魚種系群の評価も抱えているのでなかなか大変。機構の資源評価者は基本的に複数の魚種系群担当している。

○TEO 博士 どの魚種系群が最も重要か。

○佐久間 機構が実施している資源評価は全て重要であるが、担当者は（資源評価会議が行われる）夏期に複数の魚種系群の評価を短期間で実施しなければならず、かなり大変である。

○中野議長 他に質疑はあるか？無ければマダラ日本海系群の資源評価のピアレビューは以上とする。

----- 休憩 -----

ーマダラ本州太平洋北部系群ー

○中野議長 それではマダラ本州太平洋北部系群のピアレビューを始める。ここから東京大学准教授の山川博士にレビューアとして入っていただく。山川先生、よろしく申し上げます。それでは藤原主幹研、お願いします。

○藤原邦浩底魚資源部主幹研究員（スライド1）本日用いるスライドのコピーを配付した。本日はよろしく申し上げます。（スライド2）今日はこのような項目について説明する。

（スライド3）これは分布と産卵場の図。日本海系群でも説明があったが、マダラは日本海から東シナ海北部に生息する。また北日本、太平洋、およびオホーツク海にも分布している。個々の系群の移動範囲は限定的であるという報告があるが、マダラのミトコンドリアDNA解析では、山陰地方に分布する群れ以外では明瞭な遺伝的差異は認められていない。本州太平洋北部系群は青森県から茨城県の太平洋岸に位置する群れを対象にしている。産卵場は青森県八戸沖、宮城県仙台湾に大きなものがあり、その間の三陸海岸にも小規模なものが点在している。北海道沿岸や青森県の陸奥湾にも分布しており、産卵場もそれぞれあるが、標識放流調査の結果や漁獲量の動向に基づき、本州太平洋北部とは別の群れであるとされている。

（スライド4）こちらが標識放流の結果の論文の抜粋。青森県の陸奥湾ではマダラの産卵場が形成されている。標識放流の結果、多くの個体が産卵後に北海道太平洋沿岸に移動して産卵期になると陸奥湾に戻ってくることが明らかになっている。1979～2017年に実施された調査では、エリアAの陸奥湾で3226個体放流し、398個体が再捕された。多くのものは陸奥湾と北海道沿岸で採捕され、本州太平洋沿岸で採捕されたのは4個体。

（スライド5）マダラの成長は非常に速い。補足表2-1は、市場で水揚げされた個体に基づく数値で、およそこの成長曲線と同様で妥当なものだと考えている。そのほか若鷹丸（調査船）トロール調査では0歳も採取されている。2歳以上の個体から耳石を採取している。

（スライド6）東日本大震災以降、マダラの成長は鈍化傾向が認められている。マダラの成長には加入尾数と負の相関があることが示されている。まず2012～16年については震災以降の急激な資源の増加に伴って成長が鈍化したと考えられ、2017～18年は、さらに著しく年齢別の体重が軽い傾向が認められた。また成長の鈍化に伴い、年齢別の成熟割合も特に

3歳と4歳を中心に低下していた。

(スライド7) 補足資料2の表にある年齢別の体重、成熟率データを全て示すとこのような感じになる。濃色で示した近年の値は体重、成熟率ともに低下傾向であることがわかる。2017~18年も各年齢の体重が軽いのは、すでに資源尾数は減少している年なので、そのほかの要因がかかっていると考えている。まだ研究中でよくわからない。

(スライド8) 我々は1996年から、トロール調査で採取した個体と、市場で購入した個体を合わせ、年間1000尾前後の耳石を観察している。市場で購入しているのは、主に産卵期の大型個体。工程は、樹脂包埋、厚さ0.3mmの薄片作成、実体顕微鏡での撮影、写真上での観察をしている。観察結果の不確実性は現在考慮できていないが、耳石の観察を2人でクロスチェックしたり、1人の場合でも2方向で計数したりしている。観察に基づくALKについては、後ほど別のスライドで説明する。

(スライド9) 主な漁業は沖合底びき網(沖底)漁業。次いで定置網、延縄、刺網などで漁獲されている。沖合底びき網では、青森県から宮城県沿岸で特に多く漁獲されている。漁獲量は大きく変動し、3000トン~3万1000トンの間で推移してきた。近年は2016年に大きく減少してから6000トン前後で推移しており、2022年は6500トンであった。

(スライド10) 1996年以降、毎年10~11月にかけてトロール調査を若鷹丸により実施している。調査の操業エリアはマダラの主分布域である青森県から宮城県沖。面積-密度法で用いているレイヤーはおよそ100m単位の水深別に8レイヤー。船上では網に入ったマダラの個体数と重量を計数し、体長と体重を測定している。また30以上の個体から耳石を取り、40cm以上の個体はさらに生殖腺を採取している。調査で獲れたものの耳石はすべて年齢を査定し、海域全体の年齢別の資源量を算出し、VPAのチューニング指数値に用いている。なお調査船による年齢別資源量の算出には、調査船で採取した個体のみの耳石の観察結果を使っている。一方、年齢別漁獲尾数(CAA)のALKの作成には調査船で採取した個体に加え、市場で購入した個体の耳石も用いている。

(スライド11) 調査船では尾数ベースでは1歳魚と2歳魚が多く採取され、相対的には3歳魚以上のものは少なく、近年は1歳魚がとて少ない状態。

○TEO 博士 日本海系群では雄の成魚をターゲットにしているという話があったが、今回は特にそういったターゲットは敷いていないということか。小さな、さらに若い魚をターゲットにしているということか。

○藤原 調査船調査なので、最も小さい0歳魚から採取されている。漁船は、確か1歳魚も漁獲しているが、近年は余り獲らないようになってきている。雄の方に需要があり値段も高いが、基本的には雌雄両方を獲っているというのがこちらの海域。

資源量に関して説明する。資源量は変動が大きく、2013年はきわめて高かった。その後断続的に減少し、2017年以降は非常に少ない状態になっている。資源量指数をVPAのチューニングに用いている。尾数ベースでは1歳魚が非常に多く、その影響で誤差が大きくなるため、重量ベースの資源量指数でチューニングしている。

(スライド 12) 1996 年以降の調査船による資源量の指数値とともに、1972 年以降の沖底の CPUE を示した。右上の図は調査船の資源量指数値について信頼区間を示した図。ただしこの図は面積密度法に用いる層別面積や採集効率は考慮していないため、値は異なる。調査船データも漁船データも 1996 年以降の推移はよく似ている。近年では 2013 年前後が極めて高く、その後大きく減少し、2017 年以降は少なくなっているという傾向。また調査船データでは、2012 年が最も高く、漁船の CPUE では数年遅れて最高になっている。このタイムラグは、若齢魚を漁船があまり漁獲していないためと思われる。

(スライド 13) 1996 年以降、青森県八戸、岩手県宮古、宮城県石巻に水揚げされた個体を年間 4 万尾、市場で測定している。水揚げ時の荷姿がいろいろあり、その規格ごとに年間水揚げ量の 5~10% ぐらいを測定している。その結果と別途集計されている漁獲量と測定重量を用いて体長階級別の漁獲尾数を算出している。毎年 4~9 月、10~翌年 3 月の 2 期の ALK を作成し、体長組成に乗じて年齢別漁獲尾数を算出している。ALK の作成にはトロール調査で採取した個体と市場で購入した個体を合わせ、年間 1000 尾前後の耳石の観察結果を用いている。なお VPA に用いた体重はこの市場調査データと ALK に基づき算出しているところ。具体的には、年齢別・サイズ別組成に基づき、各年齢の平均体長をまず算出して、それを体長-体重関係式により体重に換算する形。

(スライド 14) ALK を例として、2013~2022 年の漁期の下半期、10~3 月のものを示した。体長階級別、年齢別の観察個体数とその割合で右側が ALK、左側がサンプルサイズ。ALK の年変化は大きい。また高齢個体は観察数の確保が難しく少しラフになり、精度を上げる課題一つと考えている。

(スライド 15) ここまでレビュアーからいただいた生態調査、データに関するコメントにお答えしたつもりだが、質問などあればお願いしたい。

○KURIYAMA 博士 スライド 14 について、40~50cm が捕獲されていないように見えるがその理由は何か。

○藤原 この図の縦軸は耳石を読んだ標本の個体数で、30~40cm より小さいものは耳石を読んでいない。この体長の個体は 1 歳と分かるので、無理して読まないということ。この図は漁獲物の体長組成ではなく、耳石を観察したものの組成。

(スライド 16) ここからは算出した CAA、チューニング VPA による資源量や F 値などの推定結果を説明する。2013~15 年に関しては、高齢魚がやや多くなっている。また近年は 1 歳魚の漁獲尾数が低下している。Pope の近似式を基本としたチューニング VPA により、資源量と漁獲圧を推定している。自然死亡係数 M は一律 0.357 としている。これは寿命を 7 歳として田内・田中の式に基づき算出したもの。国内の他の魚種系群と同様に、この式で算出した M 値を経験的に用いている。この M 値は、後述する管理基準値などを更新する 2026 年に再検討する見込みで検討中。最高齢は 6 歳以上をプラスグループとして扱っている。VPA のチューニングはこの式を目的関数とし、最小化する q と F_t を探索的に求めた。チューニングは個体数ベースだと若齢個体に強く依存し、重量ベースのほうが安定する傾

向にあったため、重量を採用している。

○TEO 博士 トロール調査の指数では、かなり大きなピークが 2013 年に記録されているものの、漁獲量では特に大きなスパイクが発生していないのはなぜか。また 2013 年に大きなスパイクが発生したのはなぜか。

○藤原 調査船の指数の方が、変動が大きくなっていると思う。一方、資源が多い場合、そのまま漁獲量が伸びるわけではないとも考えている。この当時マダラは値段が安くなったので、漁業者が獲りに行かなかったと推察しているところ。

○成松底魚資源部副部長 少し補足すると、2013 年は、2011 年に発生した東日本大震災から 2 年後にあたり、マダラからも放射性セシウムが少し検出された。そういうこともあって値段が安くなり、一部の海域では操業規制などもあり、獲り控えがあったという状況。

○藤原 (スライド 17) 次に推定結果を説明する。まず資源尾数について、2013 年から若齢を中心に減少し、2016 年以降は全年齢で少なくなっており、特に 2022 年は大きく減少している推定結果となっている。ただし、2023 年のデータを含めた最近の資源評価結果では、2020 年以前のレベルに回復している。いずれにしても、2016 年以降で 1 歳魚が非常に少ない状況が続いている。次に資源量の推定結果を説明する。2013 年に最高値を示した後、減少して 2016 年からは低水準で推移している。2022 年については、重量では尾数ほどは低下していない状態で、さらに親魚量は増加傾向にある。次に漁獲圧。どの年齢の F 値も大きく変動している。基本的には 1 歳魚の F 値は低めで、高齢魚ほど高い傾向にある。特に最高齢の F 値は非常に高い値を示している。マダラの親魚は、産卵期はごく沿岸の浅瀬に移動した個体が延縄、刺網、定置網で漁獲され、産卵期以外は沖合の水深 200 メートル以深で底びき網などに漁獲されている。このため、若齢の未成熟個体よりも漁獲圧が高くなるのは妥当だと考えている。ただし、これほど高い値になるか、岩礁域に入り込んで漁獲されづらいなどの生態も踏まえ、計算方法を検討する余地はあると考えている。また後ほど、MSY 水準の親魚量を維持する漁獲圧 F_{msy} などと比較するため、F 値を %SPR に換算したのが図 4-9。かなり高い漁獲圧で推移してきたことが示されている。

○TEO 博士 非常に高い値。F が非常に高いことに驚いた。トロール調査船による漁獲尾数は 2013 年、2014 年は非常に高く、以降で減少したという調査結果だが、それ以降の年齢別漁獲尾数はそれほど大きくなり、あまり変わっていない。しかし資源量は非常に大きく増えている。ならば F はもっと低くてよいと思うが、この図を見ると余り変わっていないのはなぜか。

○藤原 非常に重要な点。2012 年、2013 年を見ると、1~3 歳は比較的低い値だが、恐らくこれらが親にならないうちに高い F で獲ってしまい、その後に資源量が急減していると解釈できる。若齢魚の獲り過ぎが反映されているかもしれないと考えているところ。

○山川博士 2004 年ぐらいに 1 歳魚の資源尾数がピークになって、そのあと 1 歳魚はずっと減っていく。それで 2 歳魚の資源尾数が震災あたりまで増えていく。漁獲係数 F も 2004 年ぐらいに 1 歳とか 2 歳が高いわけだが、それがだんだん低下してくる。そして 2011 年・

2012 年のあたりが一番低くなる。こういう変化があるにもかかわらず、%SPR がその間あまり変わっておらず非常に低いレベルがずっと続いているのは、TEO 博士が言われるように違和感があるが。

○藤原 図 4-9 をよく見ると、少し低下してはいる。もしかすると、年別年齢別平均体重の計算に同じ係数を用いていることが影響しているのかもしれない。個別に計算するともう少し違う結果になる可能性はある。

○山川博士 縦軸のスケールの問題なのかもしれない。承知した。

○藤原 (スライド 18) この図について、自分も気になっていたが、コメントも非常に多くいただいた。推定された資源量と調査船によるトロール調査に基づく資源量指数値の残差プロットを示したもの。薄い網掛けは 95%信頼区間で、濃いところが 80%信頼区間。2010 年以前は年によるばらつきが大きい。その理由として、震災の前後で調査の操業エリアは変わっていないことから、漁船の操業海域が大きく変化して獲り方が変わったことが影響していると考えている。現時点で、この偏りを改善するアイデアは無いが、少なくとも近年は割と当てはまりが良いのでそこを重要視し、継続してモニタリングしていく。

(スライド 19) 併せて、レトロスペクティブ解析の結果を紹介する。資源量に関しては若干下方修正ぎみの傾向がある。F 値は不安定ではあるが、偏りは認められない。また M の感度分析、0.3~0.4 の間で変化させた場合の推定値の差は非常に小さいものになっている。

(スライド 20) 残差プロットの 2010 年以前の偏りについて皆様からそれぞれコメントをいただいた。偏りの原因は、震災以降、沖底の操業形態が大幅に変わったことによるものと推察している。たとえば宮城県石巻漁港の沖底船は震災以降、宮城県沿岸で日帰り操業するようになっており、主な対象もマダラからイカ類にシフトしている状態。

○中野議長 ここでブレイクを 20 分間の休憩とする。

(休憩)

○中野議長 それでは再開する。藤原さん、引き続きお願いします。

○藤原 (スライド 21) 続いて再生産関係について。再生産関係式は 2021 年 3 月の研究機関会議において、灰色でプロットしている 1996~2020 年のデータで検討した。再生産関係の曲線は尤度等で当てはまりを確認し、リッカー型を採用している。資源密度上昇に伴って、大型魚と小型魚の分布がオーバーラップし、大型魚が小型魚を捕食することが知られている。特に産卵期に産卵が終わった後の大型魚と小型魚の分布が重なるので、そこで捕食されている。したがって、(リッカー型再生産曲線の採用は) 生態的にも妥当と考えている。一方、近年の加入量は再生産関係式の値を大きく下回っている。後述する 10 年後までの将来予測ではこのことも考慮しているところ。

(スライド 22) この再生産関係と以下の仮定に基づき、MSY や目標とする親魚量(SBmsy)などを推定し、推定結果は研究機関の承認を得ている。F 値の年齢別選択率は 2016~19 年

の平均を用いている。各年齢の体重に関しては1996～2019年の平均を用いている。成熟率は1歳と2歳はゼロ、3歳と4歳は密度依存を考慮し、5歳と6歳以上は1として計算をしたものがこの図になっている。このような仮定のもと、120年後の資源状態を予測し、MSYを維持する親魚量(SBmsy)を推定している。SBmsyは10,900トン、そのときに期待される漁獲量MSYは20,200トン。なおこれらの値は2023年8月のステークホルダー会議でも合意されたところ。

(スライド23) 推定されたSBmsyやFmsyと比較して、2022年までの資源状態を図にしたのが、この神戸プロット。

○TEO博士 スライド22で気になった点がある。SSBmsyのSPRはどうなっているか。

○藤原 評価報告書には記載していたと思うが、後ほど確認して回答したい。

○TEO博士 2:11:04 もう1つ、同様の質問になるが、図4-11のリッカーモデルは興味深い。前に示された(資料の図4-10)をみるとMSYを与えるSPRの数値が10%や5%程度に低くなっている。リッカー型の再生産曲線では、普通、資源量の大きいところで曲線が曲がり始めるが、この場合は全てが10%SPR以下で曲線は曲がり始めており、それが意外である。資源が非常に低い状態にあるにもかかわらずリッカー型再生産曲線を無理に当てはめているためではないか。

○藤原 ホッケースティック型を当てはめると、TEO博士のイメージどおり、もっと高い数字になると思う。ただ現状では、体重の減少などが2012年ごろから見られているということもあり、やはりマダラはリッカー型を適用した方が良いと考えている。

○山川博士 この問題について、2015～2022年は加入量が低い、その原因がSSBで説明できるのか、別の再生産関係を想定すればそれで説明できると考えるのか。あるいは基本はリッカー型で、それが例えば環境によって変動するのか、それによって対処も違ってくると思うがいかがか。

○藤原 山川先生のご指摘は、このあたり(近年の低い加入量)のことだと思う。現状は、環境によるもの、後ほど説明するが、仙台湾という大産卵場が非常に暖かい状態になっていて、稚魚の生残が非常に悪い、または産卵自体ができていない可能性があると思っている。この再生産関係のデータは1996年からのものであるが、低い加入量のプロットがまだ数年分しかないので、レジームを想定した別の再生産曲線を考えることは、ちょっとまだ厳しい状況。

○山川博士 この問題は、近年成長が悪くなっているとか、成熟が遅れているとか、そういったこととも非常に深く関連していると想像される。そうすると、先ほどの説明では、将来予測では低い再生産を一応計算に考慮しているという説明だったが、根本的には資源の生産性自体が環境によって変化していることも考えられる。そうするとSBmsyやFmsyを一定の値と想定する管理で果たして良いかどうかにもかかわってくる問題。現在の資源管理のやり方だと5年に1回SBmsyとかを評価するようになってきているが、そういうレファレンスポイント自体も年々変化していく、そういったことを今後は考えていく必要があるのでは

はないかと想像するがどうか。

○藤原 方針としては、2026年にレファレンスポイント等を再検討することになっている。おそらく低めの数字になると思う。ただ、現状も高い目標にはなっているものの、加入が少ないことも考慮しているので、抑え気味のTAC、ABCになっている。後ほどその点についても説明したい。

○KURIYAMA 博士 再生産関係について、どこか間違っているかもしれない。例えば多くの魚が実際には成熟する前に獲られていて、用いている年齢別の選択率が実際と異なる、また各年齢における成熟率も実際と異なる、など考えられるがよくわからない。

○TEO 博士 どこかは分からないが、自分も何かおかしいような気がする。手法について説明いただいたが、全般的に言えば、問題は無い。調査船調査や年齢査定も行っている。そこは問題無いと思うが、実際にFmsyを%SPRに変換すると5.9%で驚くほど(Fが)高い。Fmsyが95%の魚を取り除くということであれば、生産性が高すぎる。確証は無いが、この問題は、もしかすると再生産曲線が原因かもしれない。

○山川博士 お2人の違和感は、%SPRが低いというところか。

○TEO 博士 その通り。数字を見るとこの系群の生産性は高いことを示している。確かにマダラの生産性は高いだろうが、それにしても高すぎる。一方で、再生産曲線のフィッティングは間違っていない。ただ全体的に見て合理的なのかどうか。間違っているとは言い切れないが、驚いているところ。

○藤原 実は自分も担当して1年目だが、最初は驚いたし、同じような意見だった。高過ぎるのではないかという状況は理解しているので、今後も検討を重ねたい。若齢魚を獲り過ぎではないかというのは、2010年以前は確かにそういった意見もあった。その後は1歳魚をできるだけ獲らないようにしようということが漁業者らに浸透してきており、選択率の再検討も必要と理解している。もう1点、親魚について。現在親魚量が増加傾向にあるが、大型魚は岩礁域に生息するので親魚量の評価は調査船調査でも難しい。VPAも、プラスグループである6歳以上のFは5歳と同じという仮定を置いていることについてのゼネラルコメントもあったが、改善の余地があると認識している。いずれにしても検討を続けたい。

○KURIYAMA 博士 高齢魚の選択率について、(岩礁帯に生息するため)漁獲が難しいのであれば、それをモデリングするのも良い。即ち、高齢魚になるにつれて選択率が下がると仮定する、たとえば5歳と6歳以上のプラスグループでは選択率が同値ではなく低くなると仮定するのが良いかもしれない。選択率の調整によって評価にどのような影響が出るかわからないが、感度を見てみると良い。また同様に、再生産関係が変わることによってMSYがどう変わるのか、この点についても感度分析を行うのが良いかもしれない。

○藤原 ご指摘に感謝する。同感であり、非常に重要なところだと思っているので、引き続き検討したい。

○山川博士 いまの問題について、自然死亡係数Mが、たとえば1歳でより大きな値だった場合には、%SPR(の%値)はこんなにも低いという評価にはならない可能性があると思

う。先ほど自然死亡係数 M の値を変えるとどうなるかというシミュレーション、感度分析の結果を見せていただき、その結果では大差ないということだったが、その分析では全ての年齢で M の値を同じと仮定しており、若齢の 1 歳魚が高いと仮定した場合には異なる結果となる可能性があると思うがいかがか。

○藤原 いまのご指摘、コメントのほうにも少し書いていただいていたが、改めて認識した。ご指摘のとおり、1 歳魚の M を高くすることは検討してみたい。特に近年で加入が非常に悪い状態になっているところは可能性があるのですが、年代で M を変えるのは難しいところもあるが、検討したい。また 2017 年以降、2022 年を除き、特に仙台湾において 0 歳魚、稚魚の採集数が少なくなっていることを確認している。仙台湾の産卵場が機能しない理由として、2016 年ごろから暖流の黒潮が仙台湾沖に接近していることに注目している。現在、海水温や餌料環境のデータ解析を進めているところ。

(スライド 25) ここまで現在の資源状態について説明した。以降は将来予測について説明する。(スライド 26) まず将来予測の計算では、研究機関会議で承認された再生産関係やその他の仮定、および直近の年齢別資源尾数からスタートして将来予測を行う。その際、近年の加入量が再生産関係から推定される値よりも少ないという点については考慮しているところ。なお、研究機関からは補足図 4-1 の HCR に基づき、 F_{msy} に調整係数 β を乗じた漁獲圧を提案することになっている。現状の親魚量は $SBlimit$ よりも多いと計算されたので、 β はデフォルト値の 0.8 になる。(スライド 27) 将来予測では、基本的には加入量の観測値と再生産関係式の残差を考慮することで将来予測の不確実性を示し、目標に達成する確率などを算出している。マダラの本州太平洋北部系群では、近年見られる、加入量が再生産関係から推定される値よりも少ない状況が今後も続く可能性を考慮するためにバックワードリサンプリングという手法を用いている。具体的には、加入量の観測値と再生産関係式の残差を過去にさかのぼって期間を 5 年ごとに区切って、そのデータからリサンプリングしていくという方法。この方法により右下図のように、短期的には直近の環境条件を反映するような加入を想定することになる。また中長期的には過去の条件のすべてを反映するようなかたちの加入量ということになる。つまり、5 年ごとに階段状の加入量を仮定している。

(スライド 28) 親魚量と漁獲量の将来予測を示した。赤色が $\beta=0.8$ の HCR、つまり $0.8F_{msy}$ で漁獲した場合で、青色は 2019~2021 年の平均の漁獲圧で漁獲した場合。太い実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測を例として示している。いずれの漁獲圧でも加入が少ないため一旦親魚量は大きく減少するものの、その後は回復することが期待される図になっている。 $0.8F_{msy}$ は漁獲圧が少し低いため、より速やかに回復するという結果になっている。一方、漁獲量は、いずれの漁獲圧でも今後の推移はほぼ変わらないという結果になっている。(スライド 29) 水産庁の管理方針では、10 年後に目標の親魚量に達成する確率が 50% 以上となるのが望ましいとされている。そこで、HCR に基づく将来予測において、 β を 0.7~1.0 の範囲で変えた場合と、現状の漁獲圧の場合の平均漁獲量と平均親魚量の推移を表にしている。 β を 0.8 にした場合、2034

年の親魚量が目標管理基準値を上回る確率は 41%と予測され、2024 年漁期の平均漁獲量は 6,300 トンとなった。今回レビューいただいた評価報告書での提案はここまでにとどまっているが、2023 年 8 月のステークホルダー会議では、2034 年に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 50%と予測された $\beta=0.75$ が管理基準値として合意された。そして 2024 年 7 月から TAC 管理が試行的に始まっている。

(スライド 30) マダラ本州太平洋北部系群の資源評価手法の改善の可能性について最後に説明する。加入量が少ない状況が続く可能性を仮定しているものの、その一方で年級群ごとの変動が大きいことを確認している。各年級群の豊度は、生産力の高い親潮の流入状況との関係が示唆されているが、さらにデータの蓄積が必要。調査船調査では 0 歳魚も採集されており、加入量との関係もやや認められることから、このデータの活用によって加入量、および ABC の推定精度の向上が期待され、早めに改善したいと考えている。その他の調査船調査、VPA、特に M など、不確実性をより具体的に考慮する手法について、引き続き他魚種同様に検討を続ける必要があると認識しているところ。説明は以上となる。

○中野議長 何か質問はあるか。藤原さん、こちらのレビューアーのコメントに対する回答について、何か補足説明はあるか。

○藤原 私のほうからは特段無い。できるだけスライドで回答したつもりだが、不足があれば更にご質問いただきたい。

○中野議長 特に追加の質問も無いようなので、終了としたい。どうもありがとうございました。

以上