

第5回資源評価ピアレビュー委員会議事概要

日時：令和3年11月18日（木）8:00-12:00 及び 11月19日（金）8:00-12:00

会場：水産資源研究所横浜庁舎 国際会議室（米国人レビューアー及び一部の参加者はオンライン）

1 日目

【スケトウダラ太平洋系群】

○境 それでは、スケトウダラ太平洋系群の資源評価および研究機関会議での資料についてご説明します。

先ほどの全体の枠組みの説明でありましたように、今回レビューいただいた資料は、最大持続生産量（MSY）ベースの資源評価および管理を明確に規定した漁業法の改正に基づいて行われた一連の会議での資料です。

スライド2に、これまで開かれた各会議と、そこでどのような議論が行われたかということを一覧にしています。本系群の場合は、2019年4月にMSYをベースにした目標管理基準値の計算結果を取りまとめました。その後、2019年と2020年に資源評価は2回更新されています。

2020年に、漁業者を含むステークホルダーの会合が開かれました。その会議では、資源評価の結果で管理基準値を更新することが求められました。その要望を受けまして、われわれは、管理基準値を更新したもの、および他の漁獲管理規則案（Harvest Control Rule）のオプションについて検討を行い、再度ステークホルダーに情報を提供しています。最終的に、ステークホルダーの会議を経て2021年1月に、総漁獲可能量（TAC）を決めるための漁獲管理のシナリオが策定されました。

今回 Dick さんにレビューいただいた資料は、2020年の資源評価に関する報告書です。その結果を受けて研究機関としてMSYをベースにした管理基準値を更新した情報に関する資料も、ご確認いただいています。

本日は、あらかじめ頂いたコメントに対する回答を交えて、本系群での資源評価および管理基準値についてご説明します。

生物学的情報（分布・回遊・成長等）について

○境 分布について説明します。スケトウダラ太平洋系群は、日本北部の太平洋沿岸に分布します。スライド4に示した図の赤で囲った部分が大まかな本系群の分布域です。黄色い部分は産卵場と考えられる場所です。産卵場は複数存在すると考えられますが、主な産卵場は北海道の太平洋側の南西部に位置する噴火湾です。

なお、本系群の分布域には、北海道東方の北方四島の周辺海域が含まれます。この海域は、日本とロシアの間で帰属に関する領土問題がありますので、日本側では

ロシアの漁業情報の取得や日本が主体とした調査を現在行うことができないという問題があることを、あらかじめお知らせしておきます。

次に、移動回遊について模式図をお示しします（スライド5）。この模式図は、過去の標識放流や漁獲情報、調査船調査での結果から想定しているものです。主な産卵場は、黄色で示した噴火湾のところですが、そこで生まれた0歳魚は、南方の東北海域に、あるいは、北海道の東側（道東エリア）に移動します。近年は、北方四島水域に移動することもあると考えられています。それらの魚は、成長に伴い分布域をやや深いところへ移動させます。成熟すると、産卵場がある噴火湾に産卵回遊すると考えられています。

北方四島水域にも産卵場があることがロシアの研究者により示されています。ただし、本系群としてわれわれが漁獲しているものとの混合や、それぞれの産卵資源の大きさの違いは、十分には分かっていません。

次に成長についてお示しします。スライド6の左側が成長のグラフ、右側が成熟の情報です。横軸に示したのは年齢です。

まず成長からお話ししますが、おおよそ3歳から4歳で30～40センチ、4歳から7歳で40～50センチぐらいになります。7歳より高齢になると、50センチを超えると考えられます。成熟については、おおよそ3歳から始まると考えられます。ただし、多くの魚が卵を産みはじめるのは4歳からであろうと考えられます。

漁獲情報（漁獲量）について

○境 次に、漁獲量についてお話しします。スライド7の図では、横軸に漁期年、縦軸に漁獲重量を示しています。ここで漁期年という言葉が出てきましたが、本系群の場合は、4月から翌年の3月までを漁期年と設定しています。この漁期年の枠組みで、資源評価および漁獲管理が行われています。

グラフの青色の部分は東北海域での漁獲量です。地図では青で囲った部分になります。赤い部分は南西部の北海道での漁獲量です。地図では産卵場が含まれる海域です。緑色の部分が道東海域と呼ばれる東部北海道での漁獲量です。かつては日本漁船が北方四島の水域にも入漁していましたが、現在はその漁獲はほとんどありません。

漁獲量を漁法別に分けたものをお示しします（スライド8）。グラフのピンク色の部分が沖合底曳き網漁業、濃い青色の部分が沿岸漁業で捕られたものです。沿岸漁業の中には、固定式刺し網や定置網の漁獲が含まれます。オレンジ色の部分は、韓国による漁獲量です。これは、韓国の漁船が日本の排他的経済水域（EEZ）内に入漁して捕ったものです。近年の漁獲としては、沖合底曳き網漁業のほうが沿岸漁業よりも多いという傾向があります。

ここで、あらかじめ頂いたコメント 1 番に対し回答します。コメントの趣旨としては、漁獲量の基情報や外国漁船の漁獲量、あるいは投棄による死亡などが考慮されているかということです。

回答としては、外国漁船の漁獲については、北方四島水域のロシアによる漁獲量は考慮されていません。漁獲量の統計値が十分でないことに加えて、この海域での漁獲物の年齢組成の情報が入手できていないためです。

また、最初にお話ししましたように、この海域では日本とロシアとの間で領土紛争が存在します。そのため、この海域のデータの取り扱いについては、政府の立場を踏まえた慎重な対応が必要と考えています。ただし、科学的な対応としては、現在、ロシアの文献情報や、ロシアの科学者との意見交換により情報収集を図っているところです。

日本の漁獲量については、基本的には正しく把握できていると考えています。特に、近年は漁業者による TAC の消化が進んでいない状況が続いています。そのため、漁業者による投棄や過小漁獲報告を行うインセンティブが働く状況にはないと考えています。

追加の情報として、日本の漁獲報告の枠組みについて簡単に説明しておきます。少し複雑になるのですが、日本には、いわゆる農林水産大臣が許可する漁業と、各都道府県の知事が許可する漁業、そして、漁業権のもとで行われる漁業、さらに自由漁業という、おおむねこの 4 通りが存在します。

大臣許可漁業は、国に対して漁獲成績報告書を提出します。沖合底曳き網漁業（Offshore trawl）の場合は、漁獲成績報告書が漁業組合や漁業会社から水産庁に提出されます。そして、水産庁から漁獲成績報告書のコピーが水産研究・教育機構にも提供されて、資源解析に使用されます。

一方、都道府県の知事により許可される知事許可漁業については、その多くが、いわゆる沿岸漁業です。スケトウダラ太平洋系群については、固定式刺し網（Anchored gillnet）の漁獲量が多くを占めます。これらの漁業からも漁獲成績報告書は提出されますが、その提出先は都道府県知事です。提出された情報を各都道府県の研究機関が取りまとめます。そこで得られた情報が水産研究・教育機構に送られて、資源解析に使用されます。

いわゆる漁業権漁業（定置網など）と自由漁業の漁獲量については、漁業協同組合で取りまとめられます。それらが各都道府県の知事に報告されて、各都道府県の研究機関で情報が集約されます。水産研究・教育機構はそれらの提供を受けて、資源解析に使用します。

これらの情報の透明性の観点としては、基本的に、収集された情報を集約されたものが一般に公開されています。漁獲成績報告書に基づく統計情報は、冊子の形で

提供されています。沿岸漁業や共同漁業権での漁業の漁獲量は、各都道府県の統計情報として各都道府県のホームページで公開されています。

年齢別漁獲尾数 (Catch at age : CAA) について

○境 スライド 12 では、海域別に漁獲量の集計のグラフを分けています。一番上が東部北海道および北方四島、真ん中が南西部北海道、一番下が東北海域の漁獲量です。色分けは漁法によるものです。ご覧のように、東部北海道と東北海域は沖合底曳き網漁業の漁獲量が多いです。南西部北海道については、青色の沿岸漁業が多いことが分かります。

ここで、頂いたコメント 2 番とその回答について説明します。このコメントでは、**Catch at age** の推定に用いている詳細なサンプリング計画について説明してもらいたいということです。これについては文書化する時間がありませんでしたので、この後のスライドで説明します。

こちらは、地図を少し縦長に拡張しています。上の部分が東部北海道、真ん中の部分が南西部北海道、下の部分が東北になります。先ほどお話ししましたように、東部北海道では沖合底曳き網漁業が漁獲の中心です。そのため、この漁業の主要な水揚げ港である釧路において月別に漁獲物のサンプリングを行っています。サンプリングの際、漁獲位置を東西二つに分け、それぞれ沖合底曳き網漁業に含まれる二つの漁法でのサンプルを得るようにしています。漁法は、オッタートロール漁法とかけまわし漁法です。北海道南西部は、沿岸漁業での漁獲量が多い海域です。その主体である固定式刺し網漁業での漁獲物を、主要漁期に月別に採集しています。海域は北海道南西部を東西二つに分け、それぞれの主要な漁獲物が水揚げされる港である鹿部と胆振でサンプルを収集しています。こちらの海域では沖合底曳き網漁業も漁獲を行っています。そのため、その主要港である浦河および室蘭でもサンプリングを行い、海域を二つに分けて情報を収集しています。これら二つの海域では、サンプリングで得たサンプルの年齢査定を行い、その年齢組成を漁獲物に対応させて年齢別の漁獲量を計算しています。

東北海域については、沖合底曳き網漁業での漁獲が主体です。この海域では、東北の都道府県で収集した漁獲物の体長組成に基づいて **Age-Length Key** を使用して年齢組成を計算しています。その際、海域は南北の二つに分割しています。

Age-Length Key の作成には、沖合底曳き網漁業の主要水揚げ港である八戸で 1 月から 2 月に得たサンプルと、調査船調査で 4 月および 10 月に得たサンプルを使用しています。**Age-Length Key** は毎年更新されます。

スライド 15 で簡単に **Catch at age** 作成の流れを説明します。ここでは北海道東部の例になります。月別のポートサンプリングで、海域を東西に分けたサブエリアごと、漁法ごとにサンプルを収集します。一つのサンプルは、おおよそ 100 尾です。

サンプルの個体ごとに体長と体重を測定し、耳石を採取します。耳石から年齢査定を行います。使用している手法は、ブラックレジジン法です。この手法は、小岡および八吹により論文化されています。年齢は、2人ないし3人の読み手により査定された結果に基づき確定しています。年齢査定の結果から、各サンプルの年齢組成を作成します。その組成の情報を、サブエリアごと、漁法ごとに対応する漁獲量で引き延ばします。最終的に、サブエリア、漁法、海域ごとに推定された年齢別漁獲量を足し合わせてCAAを作成し、これをコホート解析（VPA）に入力します。

サンプルのカバーの割合や対応する漁獲量については、スライド16に表を載せています。これは沖合底曳き網漁業でのサンプルの例ですが、漁法、サブエリア、月の三つの層に分けたサンプルに基づきます。サンプルが得られない場合もあります。この4年の中では、灰色で示した層はサンプルが得られていません。それらについては、隣接する層からの年齢組成で代用して計算を行っています。

それでは、結果を少し概観してみます。スライド17は北海道東部の例です。上から、2015年、2016年、2017年、最後が2019年ですが、左側が年齢別の漁獲物重量組成、右側が漁法別漁獲量です。漁獲物の組成からは、2007年級、2009年級、2014年級など、多く加入した年級の情報が明瞭に追うことができます。スライド18は南西部北海道での例です。先ほどお見せした北海道東部ほど明瞭な年級の強弱は見られません。それは、この海域が産卵場であること、および、固定式刺し網という漁獲サイズを選択性が強い漁具での漁獲が多いことが影響していると考えます。

これらの情報を統合して、年齢別の漁獲尾数を作成していました。これらの経年的な情報がVPAの入力データになります。なお、本系群の場合、いわゆるプラスグループと呼ばれる最高齢の部分に1997年から1999年にかけて延長しています。

資源量指標値 (Abundance index) について

○境 資源量指標値について説明します。今回の評価で使用している指標値は4種類あります。一つ目は、北海道の沖合底曳き網漁業の漁獲成績報告書に基づく単位努力量当たりの漁獲量（CPUE）です。これは、年齢別のCPUEとして標準化処理を行っています。3歳から7歳の情報を年齢別にチューニング指数として使用しています。二つ目は、北海道南西部の固定式刺し網の指標値で、2種類あります。一つ目が、操業日誌（skipper's note）によるもので、代表船の漁業者から操業日誌を提供いただいて、それに基づいて標準化CPUEを計算します。二つ目が、漁獲成績報告書に基づいた指標値です。これら二つの情報は、産卵親魚量の指標値としてチューニングしています。また、これらの情報は、都道府県の調査研究機関から提供されて使用しているものです。

○真鍋 境さん、Dickさんが手を挙げています。

○中野 ご質問ありますか。

○Dick はい、あります。もう一度、この skipper's note と書いてあるものと logbook の違いを教えてくださいたいのですが。

○境 次のスライドで説明したいと思いますが、よろしいですか。その前に、最後のもう 1 個の指標についてだけ説明させてください。

四つ目の指標は、チューニング指数としては使用していません。調査船調査により得られた 1 歳魚および 2 歳魚の調査現存量の情報です。こちらは、音響的手法および調査用のトロールによる調査になります。こちらの情報は直近 3 年間の年級群の加入量の仮定に使用しています。

それでは、先ほどご質問のあった skipper's note と logbook の違いについてご説明します。操業日誌 skipper's note のほうは、標準化 CPUE を計算して使用していません。毎年、18 から 19 隻ぐらいの代表とされる船に、詳細な漁獲位置や漁獲量の情報を提供してもらっています。それに基づき、さまざまな情報を標準化モデルに入れて標準化処理を行った CPUE を計算します。操業数としては、毎年 800 操業ほどのデータセットになります。

漁獲成績報告書 logbook については、操業を行った全ての船から提出されるものです。おおよそ 500 隻が操業許可を持っているのですが、全ての船が稼働しているわけではありません。2019 年に出漁したのは 268 隻です。logbook で報告された漁獲情報に基づいて、月ごとに CPUE を算出します。これを累計して、資源量指標値として使用しています。これらの指標値については、北海道の水産試験場がデータ収集や集計や解析を担っています。

これで、先ほどの質問へのご回答になっていますでしょうか。

○Dick はい、ありがとうございます。もう一つフォローの質問があるのですが、時間の関係もありますので、後に残しておこうかと思えます。このレビューのご説明の後、質問の時間があると理解しているので、そこまでホールドしておいてよろしいでしょうか。

○中野 はい、おっしゃるとおりです。時間がございます。

○境 では、説明を続けます。

スライド 22 に示したのは沖合底曳き網漁業の年齢別標準化 CPUE です。北海道の東部と南西部の、かけまわし漁法およびオッタートロール漁法の両方のデータを使用します。提供されている漁獲成績報告書の情報と漁獲物のサンプルの年齢情報を合わせて、3 歳から 7 歳の年齢別の資源量指標値として標準化 CPUE を計算しています。北海道の本系群を漁獲する沖合底曳き網漁業の漁船数は、近年は 16 隻まで削減されています。この標準化 CPUE の詳細な情報については、別途提供しました文書をご覧くださいと思います。

スライド 23 は、調査船調査で行われた調査現存量の情報です。これは 6~7 月に北海道の南西部から東部にかけて実施されているものです。この図で示した調査定

線上で、計量魚探での調査を行います。それにより現存量を、1歳および2歳について求めます。魚種の確認および漁獲物サイズの確認のため、トロールも行います。

下に示したグラフは、各年級群についてこの調査で得られた情報です。

○中野 E.J.さん、どうぞ。

○Dick 質問の前に。プレゼンが終わるのを待って質問をしたほうがいいでしょうか。それとも、その都度質問したほうがいいでしょうか。

○中野 今質問されたいということであれば、それでも全然構いません。非常に長いプレゼンになると思いますが、質問を忘れてしまうといけないので、今聞いてください。

○Dick 音響調査については、記録は残っていますか。我々もいくつかの底魚種に関して問題を抱えていまして、特に岩が多いような海底ですと、底に近いところに魚がいるような場合は資源量の推定が不確実になります。そのようなことが調査されたかについての記録はありますか。もし記録に残っているようであれば、非常に役に立つと思うのですが。

○境 そうですね。音響トロール調査の情報について、提供していたものが少なかったかと認識しています。ただ、こちらの調査については、これから回答するように、既に論文化された調査デザインによって行われているものです。今回のプレゼンの後で、どのような公表資料があるかについて、別途お知らせできればと思います。

では、スライド 24 でコメント 3 番および 13 番についてご紹介します。3 番では、「資源指標をどのように計算しているか」というご質問を、13 番では、その不確実性についてご質問を頂いています。これらの質問について回答します。固定式刺し網および沖合底曳き網漁業の指標値は、いずれも商業漁業データに基づきます。これらの CPUE についてはそれぞれ、北海道の研究機関である道総研、および、水産研究・教育機構が計算を担当しています。

固定式刺し網の skipper's note (操業日誌) と沖合底曳き網漁業の logbook での年齢別 CPUE は、一般化線形法 (GLM) を用いた標準化を施しています。固定式刺し網の指標値については、詳細な情報 (元データ) は北海道の研究所からは提供されていません。そのため、本レビュー会議では水産研究・教育機構が計算している沖合底曳き網漁業の CPUE についてのみ、その詳細を別途文書の形でお送りしています。

音響トロール調査についてのご質問を頂きましたが、こちらはデザインベースの指標値といえると思います。調査デザインについては Honda らにより 2004 年に詳細が論文化されています。ただし、得られる調査現存量の数値の不確実性については、現段階ではまだ使用できる情報はありません。

沖合底曳き網漁業の標準化 CPUE の不確実性については、お送りした別のドキュメントの中で、信頼区間を示しています。ただし、現在の VPA では、チューニング

指標値の不確実性は解析には使用されていません。将来的に **Stock synthesis** などの統合型資源評価モデルを導入する際には、そのような情報も重要になると理解しています。

自然死亡係数 (M) について

- 境 それでは、資源評価の方法についての説明に移ります。
- 中野 境君、資源評価の方法の説明が終わった後の、自然死亡係数 (Natural mortality : M) の前あたりで少し休憩を入れましょうか。
- 境 自然死亡係数の説明の前で休憩が入るとのお話を頂きましたので、スライド 25 まで説明します。スライド 25 の図では、資源評価をどのように実施しているかを簡潔に示しています。年齢別漁獲尾数 (CAA) や、チューニングインデックス、各種 CPUE の情報を、コホート解析に入れていきます。自然死亡係数の仮定をここで入れることとなります。漁獲方程式は、Pope の近似式によるものを使用しています。ただし、近年 3 年分の加入量については、先ほど説明した調査現存量の情報で仮定することとなります。チューニング VPA ですので、この指標値を使って最終年 (terminal year) の漁獲死亡係数 (F) を推定します。親魚量の計算の際には、成熟率 (Maturity ratio) の情報を使用します。
- 計算結果としては、バイオマス、加入量、親魚資源量、あるいは F の値がアウトプットとして出てきます。これらの情報に基づき、将来予測も行います。そして、生物学的漁獲可能量 (ABC) を計算することとなります。
- ここで、頂いたコメント 14 番がございます。ここでは、自然死亡係数を 3 歳以上では 0.25 と仮定していることについて、より詳細な説明が求められています。これについての回答が次でございますが、休憩を入れましょうか。
- 中野 はい。Natural mortality のところからはスライドも多いですし、もう 1 時間経過したので。
- 中野 それでは、ここで短い休憩を入れましょう。10 分ほど休憩を入れて、日本時間の 9 時 20 分に再開します。あなたの時間だと 5 時 20 分でしょうか。

(休憩)

- 中野 再開してもいいですか。
- Dick Yes.
- 中野 オークー。境さん。
- 境 では、自然死亡係数について頂いた質問に回答していきたいと思います。スケトウダラ太平洋系群の評価では Widrig の方法を使用しています。これは、日本で本系群の資源評価が始まった 1995 年から用いられている手法です。

この手法は、全死亡係数 Z が F と M の和であることを前提に組み立てられた考え方です。もし漁獲努力量 X と全死亡係数 Z が与えられたら、それらから自然死亡係数 M が表現できるであろうという考え方です。 Z が F と M の総和で、 F は漁獲努力量に比例して、それを代入すると、 Z は漁獲努力量と自然死亡率で計算できるという考え方です。

1995年の最初の資源評価では、 M は沖合底曳き網漁業の漁獲データから推定したとされています。その全自然死亡係数はこのような数式から計算されたものと思われます。ただし、当時の詳細な資料が、現在、残っていません。そのため、ここでお話しする情報は、私が当時の情報から再現したものです。

1995年当時に入手可能だった1986年から1993年の漁獲努力量があります。また、当時の年代のCAAがあります。この努力量と漁獲量からCPUEを計算します。CPUEが得られたら、そこから Z を計算します。さらにそれを年で平均した値を求めます。これを漁獲努力量との関係でグラフ化すると、このようなものになります。横軸が X 、縦軸が Z で、回帰式が得られます。回帰式の切片として推定された0.25が M であるというような考え方になります。

この M 値は、資源評価では3歳以上の M として仮定しているものの数値です。本系群では、0~2歳の M は3歳以上の M よりも高い値を仮定します。これは1997年の資源評価にて導入された仮定です。こちらについても詳細な情報が残っていませんので、どのような検討に基づき決定されたかは定かではありません。ただし、当時の資源評価では、アメリカのベーリング海のスケトウダラの資源評価を参考にしていたと思われるので、そこでの仮定を参考にこの数値を検討したものと考えられます。

例えば、最近使われているベーリング海での自然死亡係数はスライド31のようになっており、1歳や2歳では高い値を仮定しています。米国の資源評価報告書では、この自然死亡係数の仮定は、1984年に公表されている論文に基づくと書かれています。ただし、その情報のオリジナルは、INPFCに提供された1980年の資源評価文書だと思われます。日本の資源評価では、このような海外の情報を参考に自然死亡率の仮定を行っています。

他の式で仮定する自然死亡係数 M の手法も承知しています。ただし、われわれの資源評価では、1997年に設定された値を、資源評価の一貫性の観点から使用し続けています。もちろん、ほかの仮定で行った場合にどのような数字になるかという検討も行っています。

例えば、スライド32では四つの手法をお見せしています。Paulyによるものや、Hoenigによるもの、あるいはChen & Watanabeによるものなどがあります。多くの場合は、成長式、あるいは最大年齢に基づいて計算が行われます。

それらの手法に基づき仮定される M 値と比較したのが、スライド 33 の表です。一番上が、今回の資源評価でも使用している値です。ほかの手法で計算した場合にどのような数字になるか示しています。

コメント頂いたように、手法間で M 値はそれほど大きくずれるわけではありません。ただし、3 歳よりも若い魚の M については、ほかの式で検討するとより高い値が好まれるような形もあるとは認識しています。M を知る方法はなかなかありませんが、引き続き検討していきたいと考えています。特に若齢の M については、例えばカリフォルニアのパシフィック・サーディンなども参考に、音響トロール調査の結果から推定することも可能ではないかと想像しています。

VPA 計算方法（プラスグループ、チューニング）について

○境 VPA の計算の説明をします。スライド 34 では、まずプラスグループを延長したところの数式を示します。先ほどお話ししたように、プラスグループは 1997 年から 1999 年に 8 歳から 10 歳へ延長しています。それぞれの箇所での資源尾数 (abundance)、つまり N の計算式を示します。プラスグループを延長する部分の F は、こちらの数式になります。通常は、プラスグループとその前の年齢の F を同じ値と仮定しますが、延長する場所についてはその限りではありません。

次に、スライド 35 の最終年 (terminal year) の計算の部分に移ります。この資源評価では、VPA の最終年は 2019 年です。ただし、最後の 3 年分の年級群の情報については、別途調査船調査からの現存量に基づき仮定します。そして、それ以外の年齢の最終年の abundance については、チューニングにより最尤法で推定された年齢別の F 値に基づいて計算します。

スライド 36 でチューニングの部分について説明します。チューニング指数の計算対象となる年齢について、色を変えています。赤の網掛けで示したのが、年齢別の沖合底曳き網漁業の指標値でチューニングされる年齢部分です。赤の網掛けと少しかぶっていますが、紫色で網掛けした 3 歳から 10 歳までのところが親魚量になり、固定式刺し網の CPUE や abundance index でチューニングに対応する部分です。

最尤法による計算における、尤度関数の数式を示します。指標値と資源の情報の間には、冪乗関係を仮定しています。そのため非線形性を示す係数 b も同時に推定する形になります。

ここで、頂いたコメント 11 について回答します。

○中野 ご質問ありますか。

○Dick はい、質問があります。もし資料で見落としていたら申し訳ないのですが、この非線形性を示す係数 (b) はどのように決めたのでしょうか、そして、この係数の値はいくつだったかを教えていただけますでしょうか。

○中野 Nonlinear Coefficient、非線形係数とはどれのことですか。

○境 **b** のことですね。お尋ねいただいているのは、非線形性を示す係数である **b** のお話だと思います。

尤度関数の数式にある **b** の部分が非線形性を示すパラメータになります。もし **b** が 1 であつたら、資源のトレンドと、資源量指標値の、チューニング指標値のトレンドが完全に比例関係にあると仮定されます。しかし、必ずしもそのような資源ばかりではありませんので、このチューニングの仮定で **b** の値も同時に推定される仕組みになっています。それらの結果については、後ほどグラフのほうでもう少しご説明したいと思います。

○Dick はい、ありがとうございます。**b** が推定されているということが明確ではなかったので、お伺いしました。

○境 では、頂いたコメント 11 番についての説明を続けます。「資源評価において、資源量指標値の重み付けをどうしているのか」というのがご質問の趣旨であると理解します。

その回答ですが、尤度関数の数式について注目していただきたいと思います。この数式では、尤度関数は σ の 2 乗がチューニング指標値と対応する資源尾数や親魚資源量の数値との **variance** となっています。指標の重みは、この尤度関数の中で、 σ の大きさを表現されます。つまり、当てはまりのよい場合は、この σ の値が小さくなります。そうすると、指標値の重みは自動的に高くなります。当てはまりが悪い σ の場合は、 σ の値は大きくなります。指標値の重みは、自動的に低くなるということです。

より詳細な情報は、Hashimoto らによる 2018 年の論文を参照いただければと思います。

○Dick はい。この方法が少し新しかったのです。 σ がこの指数とモデルの予測値との間の分散だということですね。われわれがよく使っている尤度関数では、 σ は指数の信頼区間と結びついており、より正確な指標に関してはより重みが多くなるということになっています。よってこの場合の σ はモデルの外で推定されています。これは新しいやり方だと思いますので、この Hashimoto et al. (2018) の論文を参照してみたいと思います。

○中野 次のグラフは、さらに σ を説明しているのでしょうか？

○境 はい。では、次のスライド 38 に移ります。この図では、指標値の当てはまりを示しています。log の残差 (Residual) を縦軸に取って、それぞれのチューニング指標値について示したものです。

グラフの灰色で網掛けした部分が σ の値に対応すると思ってください。 σ の数値も示しています。 σ の値が小さいもの、つまり Residual の幅が非常に狭くなるものについては、高い重みを持った形でチューニングが行われるということになります。

VPA 計算方法（リッジペナルティ）について

○境 この資源評価では、チューニングの際にリッジペナルティを推定の目的関数に入れる形になっています。なぜそのようなことをするかというと、VPA ではしばしば指標値のオーバーフィッティングが起こる問題があるためです。それにより過大な値の F が推定されるなどの不安定性が生じます。これを避けるために、リッジペナルティというものを使用します。

最尤法でパラメータ推定すると言いましたが、その最尤法の尤度関数がこちらです。それ以外の部分がリッジペナルティのペナルティ項になります。こちら全体を最小化する形の目的関数として、パラメータ推定を行います。

この際、ペナルティの重みとして λ が設定されています。本系群の場合は、年齢別に少し重みを変えるために、 η の値も用いています。この λ と η については、レトロスペクティブ解析の推定値のばらつきを示す **RMSPE** の値が最小化されるものを探索的に求めます。その平均二乗パーセント誤差の平方根 (**RMSPE**) の値は、年齢別の F 値と **SSB** の推定値のばらつきを小さくする値とします。この λ も η も 0 から 1 までの値を探索する形になります。ただし、尤度関数とペナルティ項の部分では値のスケールが違います。このため、別途、便宜上の重み α というものも与えて、両者のスケールを調整しています。 α には何の値を用いてもいいのですが、ここでは便宜上、20 としています。

λ と η の探索について、少し詳細を説明します。まず、それぞれ 0 から 1 未満の数値の範囲で、0.05 刻みで数値を変えた推定を行います。そして、レトロスペクティブ解析での推定値のばらつき、すなわち **RMSPE** が最小化されるものを探します。例えば、0.05 刻みで探索すると、 λ が 0.55、 η が 0.95 のところが最小の値となりました。ここで、 λ および η の値を 0.005 刻みでさらなる探索を行います。そうしますと、 λ が 0.540、 η が 0.945 の場合に、**RMSPE** が最小となりました。今回の資源評価では、この λ と η の組み合わせで資源評価報告書を作成しています。

それぞれのレトロスペクティブ解析の結果を少しご説明します。こちらはリッジペナルティを与えなかった場合のレトロスペクティブ解析結果です。左上が親魚、それから各年齢のレトロスペクティブ解析になります。見て分かりますように、時々 F の値が大きく跳ねる形になります。ここでリッジペナルティを入れると、過去のレトロスペクティブ解析の結果も安定します。推定の不安定性が大きく改善されたと考えられます。

ここで、頂いたコメント 4 番について回答します。このコメントでは、 λ のペナルティの重みについて、それぞれの値を変えた場合の指標値の当てはまりについて説明したほうがよいというものでした。結果について、次のスライド 45 からお見せします。

スライド 45 の左上の図が、先ほども示した当てはまりの図です。 λ を 0.540 にしたベースケースのものです。もしこれを、 λ を 0 にした場合、つまりリッジペナルティなしにした場合の結果がこちらです。当てはまりが大きく変わるわけではありませんが、若干の数値の違いは出てきます。

もしここでペナルティの重さを非常に高くしてしまった場合、 λ を例えば 0.999 にした場合、このような結果になります。非常に当てはまりは悪くなります。なぜならば、F の値が大きく変わって、資源量推定の値が非常にずれるためです。

具体的には、このような当てはまりになります。左上がベースケースです。こちらがペナルティをなしにした場合、下がペナルティを付けすぎた場合です。

○中野 質問はありますか。

○Dick 非常に役に立ちました。おっしゃったように、ベースケースの当てはまりはペナルティが 0 あるいは $\lambda=0$ のときとそれほど変わらない。これが知りたかったので、とても役に立ちました。ありがとうございました。

○境 それでは、説明を続けます。スライド 47 では、推定される b の値、非線形性パラメータの値についても見せておきます。左上がベースケース、右側が重みを付けず $\lambda=0$ の場合、右下が λ を付けすぎた場合です。この重み付けの違いによっても、非線形性パラメータは少しずつ変わってくる場所があります。

ここで、頂いたコメント 12 番について回答します。コメント 12 では、式 8 で示している重み係数 α は最終モデルでも 20 なのかということをお尋ねいただいています。その 20 とする仮定が資源評価の結果に影響しないかという趣旨だと理解します。

先ほど説明しましたように、尤度関数とペナルティ項の部分では値のスケールが異なります。そのため、両者のサイズを調整するために便宜上の重みとして α を与えています。この α は λ を探索しやすくするための効果しかありません。仮に異なるアルファの値を与えて λ を探索しても、最終的に選ばれる α がそれによって変わりますので、尤度関数とペナルティ部分の相対的に選ばれる重さは変わらなくなります。例えば、 α を 1 とした場合、 λ を探索すると 0.959 になります。これは、 α を 20 として λ を探索した場合の 0.540 の値と、結果は変わらないものになります。

VPA 計算方法 (直近 3 年の加入量) について

○境 VPA の中では最終年の 3 年分については加入量を調査現存量から与えています。これは、近年の漁業での漁獲対象がおおむね 3 歳からですので、それよりも前の年齢の情報が、漁業での CPUE からは十分に把握できないためです。これらの年級では、資源評価のターミナル年で 2 歳以下となる年級群になりますので、漁業からの情報とは別の調査の情報から情報を与える必要があります。

音響トロール調査で得られた 1 歳魚の情報を、VPA で推定された過去の 1 歳の現存量との間の線形関係を用いて推定しています。今回の資源評価の場合は、2018 年

から 2020 年の 1 歳魚の資源尾数を推定して、そこから前進計算および後進計算で 2017 年から 2019 年の加入量と 2019 年の 2 歳魚の資源尾数を求めます。

どのような線形関係かを示したのがスライド 50 の図です。推定される 3 年間の年級群、つまり 2017 年、18 年、19 年の年級群については、グラフの赤い四角のプロットで示しています。そこから、この 3 年級群分の加入量を推定します。

ここで、頂いたコメント 15 について回答します。「この資源評価では、近年の加入量は 1 歳魚の調査から情報を与えているが、以前の評価では加入量の平均値を用いていたのではないか」というご質問です。そのとおりでして、この二つの手法での結果の比較について説明して欲しいというのが質問の趣旨だと考えます。また、「この調査では 2005 年および 2007 年級群についてはうまく捕捉できなかったと説明があるが、これらは卓越年級群なので、その不整合についても議論が必要」とのことです。

回答です。近年 3 年級の加入量について、その前 5 年間の加入量の平均値を用いるというのが、以前の資源評価での方法でした。その結果については、この後のスライド 52 でお見せします。

確かに、調査船調査では 2005 年および 2007 年などの卓越年級を捕捉できなかったという問題があります。卓越年級の発生に関わるメカニズムはまだ十分に解明されていません。調査でこれらを捕捉できなかった理由として、調査時期に魚群が調査範囲外に分布していた可能性が考えられています。特に北方四島周辺水域に分布していた可能性がありますが、こちらの海域については十分な情報が得られないというのは、先ほどご説明したとおりです。また、ほかの産卵場からの移入についても、今後検討しなければならないと考えています。

加入量の仮定を前回の資源評価と同様にした場合の結果をスライド 52 でお見せします。太い赤線が現在のベースケースです。これを近年 5 年間の平均値で仮定した場合がオレンジの点線です。その前の年の資源評価の結果を黒線で示しています。ここで分かりますように、それぞれ加入量の数値は変わってきます。我々の考え方として、やはり、現在使用できる最も利用可能な科学情報を用いて加入量は仮定されるべきだと考えます。そのため、今回の資源評価から、調査現存量を用いて近年 3 年間の値を仮定する形に変更しています。

資源評価計算での推定結果について

- 境 資源評価報告書に載せている加入量の推定値は、最終的にスライド 53 で示した通りです。この近年 3 年分の白抜きのグラフにした部分が、調査により仮定された値です。見て分かりますように、近年の加入量は 2016 年・17 年でやや高くなっています。一方で、2010 年および 2016 年については、歴史的に見ても非常に少ない加入量であったと考えられています。

資源量 (Biomass) の推定値の推移についてご説明します。スライド 54 の図は、資源量について年齢別に重さで示したものの、つまりバイオマスです。資源量は 2012 年から 13 年にかけて大きく減少しています。2014 年からはおおむね 800 千トン付近で推移しています。2019 年の資源量は 866 千トンです。

この資源量のうち親魚のものがどのぐらいになるかを示したのが、スライド 55 の緑色の折れ線グラフです。親魚量は 2018 年に 266 千トンまで減少しました。2019 年は若干増加して、302 千トンになりました。

スライド 56 は、VPA で推定された年齢別の F の推移です。2010 年を境に、全ての年齢で F は大きく減少しています。

ここで、頂いたコメント 14 の後半部分について回答します。資源評価モデルの計算がどのように M の値で変わるかを示して欲しいという趣旨のコメントです。回答を次のスライド 58 でお見せします。

資源評価報告書には、この右上の図が掲載されていたのはご承知だと思います。これは、感度試験として M を 0.05 だけ増減させた場合にどのような結果の違いが起きるかを示したものであり、2019 年の値について特に図示したものです。これを時系列で示したらどのようなようになるかを、今回追加でお示しします。

スライド 58 の下段に加入量、親魚量、バイオマス、そして漁獲量の年推移を示しています。VPA ですので、M の値を変えると、そのまま値はスケールとして変わる形になります。ただし、トレンドは大きく変わるものではありません。

再生産関係について

○境 再生産関係の説明をします。2020 年の資源評価結果を受けて更新した再生産関係式について今回ご説明しますが、2019 年の研究機関会議でも、その前の資源評価に基づいて再生産関係式のパラメータ推定を行っていました。その結果をステークホルダー会合に示したところ、最新の資源評価結果を用いてパラメータを更新することが求められたというのが経緯です。

スライド 60 で簡単に、その資源評価結果の更新によるパラメータの推定値の違いを示しておきます。青色点線の関係式が 2018 年の資源評価の結果を用いて計算した再生産関係であり、2019 年の研究機関会議での議論により、ホッケースティック式を当てはめることが確定しました。これを、これまで説明した 2020 年の資源評価の結果を用いて更新したのが赤色実線の関係式です。パラメータの推定値の違いは、スライド下段の表に示しています。関係式としては若干傾きが緩やかになったという違いがあります。これが、資源評価によるデータの追加によって起きた影響と考えています。

もちろん、ホッケースティック型以外の再生産関係の当てはめについても検討しています。例えば、スライド 61 ではベバートン・ホルト (BH) 型とリッカー (RI)

型の再生産関係式について、それぞれ最小二乗法を用いてパラメータ推定した場合と最小絶対値法を用いてパラメータ推定した場合について示しています。それぞれの AICc について、この表では右側に示しています。採用されたのがホッケースティック型で、表ではパラメータ値を太字にしています。

AICc を見ると、リッカー型の式のほうが低い値が出ているものもあります。ただし、本系群の資源評価では親魚量が低いところの情報が無く、加入量が親魚量の減少によりどの程度減少するかわかりません。ホッケースティック型よりもリッカー型のほうが、かなり親魚量が減少しても楽観的な加入量を予測してしまう結果となるため、研究機関会議の中では、より保守的なホッケースティック型を用いるのが妥当であるという結論になっています。

ここで、頂いたコメント 10 番について回答します。リッカー型を用いたほうが最適手法では適しているように見えるが、どうなのかと趣旨の質問です。

説明したように、今回の再生産関係式の当てはめにおいては、必ずしも AICc だけに注目しているわけではありません。例えば、生物学的情報や環境情報も検討の際には考慮しています。本系群の場合、リッカー型で当てはまりが良くなるのは、2010 年代の親魚が高くて加入量が低いところの情報があることに起因します。ただし、この期間については、北海道の南西部の水温環境がスケトウダラの再生産には好適ではなかったという示唆があります。そのため、親魚が多いため密度効果が働いたというような形ではなく、環境変化の影響によって加入が低迷したと考えています。この場合は、ここでリッカー型を当てはめることは適切とはいえないと考えます。

どのような状況であったかの詳細は、黒田らによる 2020 年の論文で示されています。スライド 63 の左側の図で、黒い線が水温を示しています。それぞれ季節を冬、春、夏、秋とした図を載せており、青い線が 2000 年代から 2010 年代にかけてどのような変化があったかを示しています。これを見て分かりますように、冬季および春季の水温が 2010 年ごろに低くなっています。

スケトウダラ太平洋系群の場合は、大きいとより加入がよいという仮説のもとで加入量決定メカニズムの検討がなされてきました。その場合、高い水温では成長が良く、より加入量が高くなるというようなことが想定されます。2000 年代から 2010 年代にかけての期間、水温が低かったこともあり、スケトウダラの仔魚は非常に成長が悪かったことが考えられます。

○中野 質問どうぞ。

○Dick 後でまたスライドがあるかもしれませんが、この再生産関係を予測に使おうと思っているのかについて興味があります。加入の変化の予測に使うには過去に関して、この再生産関係は頑健なのでしょうか。

○境 はい。コメントのご趣旨は、過去について環境と加入量との関係のパターンがあれば、将来予測でもそれが応用可能ではないかということだと思います。

私どものほうでは、将来の水温環境がどうなるかというところまでの予測値について、現時点で正しく得られているとは考えていません。そのため、資源の将来予測の面にまで、環境と加入量とのパターンについて導入した考え方は導入していないのが現状です。

○Dick 私が思っていたのは、加入量の短期の予測において、加入調査をされているので、それと組み合わせられないかということです。

○境 短期的な予測に使える可能性については、否定できるものではありません。ただ、まだそういったところまで検討は進めていませんので、今後、研究を進めていきたいと思います。

○Dick はい、ありがとうございます。現時点では以上です。

○境 頂いたコメント 10 番の後半についても回答します。漁獲管理規則 (Harvest Control Rule) では、親魚量が限界管理基準値 (SBlimit) を下回る場合には直線的に F を引き下げてリスク軽減を図るので、更にホッケースティック型再生産関係式を採用することで豊度の減少に対応したリスク軽減をする必要性が不明確ではないかというご指摘だと理解します。

回答です。本系群では、親魚量が大きく減少した経験が無く、親魚量が大きく減少した場合に加入量がどのように反応するかが分かりません。先ほどお見せしたように、ベバートン・ホルト型やリッカー型の再生産関係式を仮定した場合には、親魚量が低い場合に期待される加入量がホッケースティック型を仮定した場合よりも楽観的になります。2019年に研究機関が集まって開いた会議での議論では、親魚量が観測値以下になった場合にも保守的ではない加入量を仮定するような再生産関係を用いることは、資源管理を行う上ではリスクが高いと考えられました。

また、親魚量が SBlimit 以下では F を大きく減少させるベーシックの漁獲管理規則は、ステークホルダー会議に研究機関から提案しているルール候補の一つにすぎません。実際の管理に使用される漁獲管理規則は、最終的にはステークホルダー会議の議論に基づき決まります。この後説明しますが、本系群で実際に採用されたルールは、漁獲量一定方策を直近数年間用いることでした。従って、科学機関からステークホルダー会議への提案内容は、再生産関係と漁獲管理規則とは分けて考える必要があるというのが、私の認識です。

管理基準値と神戸プロットについて

○境 次に、管理基準値と神戸プロットについてご説明します。

更新された再生産関係に基づいて、MSY に関係する管理基準値についても更新しました。最初に全体説明であったように、MSY に関係する管理基準値は再生産関係

に基づいて推定されます。現在の推定方法では、世代時間の 20 倍という長期間のシミュレーションを行った後の値を平衡状態と仮定しています。その平衡状態において最も漁獲量が平均的に最も高くなる F を探索し、その F を F_{msy} と定義します。この F_{msy} を計算するときの F の選択率は、2015 年から 2019 年の選択率の平均と仮定しています。また、シミュレーション期間中の生物学的パラメータ、 M や平均体重などは、2015 年から 2019 年の平均的な情報としています。

この資源で提案している目標管理基準値は、 SB_{msy} 、つまり MSY が実現されるときの親魚量の値です。その数値はスライド 66 に示したとおりで、今回の資源評価に基づきアップデートされた値は 228 千トンです。限界管理基準値は、これまで観察された最低親魚量ということで、151 千トンとしています。そして、禁漁水準 SB_{ban} は、 β を 0.8 とした漁獲管理規則での漁獲のもとで 50% 以上の確率で目標管理基準値に回復する親魚量の閾値として、シミュレーションの結果から設定しています。

この限界管理基準値と禁漁水準の設定については、スケトウダラ太平洋系群では他の系群・資源と異なる形としており、デフォルトのルールとは異なる方式を使用していることを申し添えます。

そのため、禁漁水準のシミュレーションについては少し細かく説明します。候補となる親魚量の値のうち、目標管理基準値に 10 年後に回復する最小の値を探索しています。その 10 年間は漁獲管理規則での漁獲を行うこととしています。もちろん、その漁獲管理規則も、候補となる禁漁水準の値に依存して形が変わります。シミュレーションでは、各候補の数値に対して 1 万回の繰り返し計算を行っています。開始時点での選択率や生物学的情報の仮定は、1981 年から 2019 年の値からランダムに選ぶ形にしています。候補とする閾値となる SSB は 5 千トンから 150 千トンの範囲で検討しました。

その結果をスライド 68 にお示しします。赤枠で囲った部分では、 β を 0.8 にしたときのそれぞれの閾値（上にある数字）に対する目標管理基準値までの回復確率を示しています。 β を 0.8 とした場合の漁獲管理規則では、60 千トンからスタートした場合には 10 年後に 50% 以上の確率で目標管理基準値まで回復します。灰色に網掛けした親魚量からスタートしても、目標管理基準値までは回復しません。ここでは、さまざまな β を与えた場合について検討していますが、最終的にわれわれが提案したのは、 β を 0.8 とした場合の漁獲管理規則で漁獲した場合の閾値になります。

これらの管理基準値に基づいて神戸プロットを描いたのが、スライド 69 です。横軸には親魚量の SB_{msy} に対する比、縦軸には F の F_{msy} に対する比を用いています。資源状態の評価としては、現在の場所（2019 年）はグリーンの場所にあります。水準としては、親魚量が SB_{msy} を上回っていますし、 F が F_{msy} を下回っていますので、健全な状態だと考えられます。近年のトレンドは横ばい、安定的です。

ここで、頂いたコメント 5 番について回答します。代替の M を用いた場合の親魚量の推移と管理基準値との比較を図示するとよいのではないかというコメントです。

異なる M を用いた場合の感度試験は、2019 年に開いた研究機関の会合で実施していただきましたので、その結果を次のスライド 71 から説明します。また、我々の見解としては、異なる M の影響は、VPA では単に資源量のスケールに影響するものなのですが、MSY 管理基準値の推定には無視できない影響が出るというものです。ただ、 M をどのように仮定するかについては、先に述べたように、今後とも魚種横断的に改善を進めるべき問題だと理解しています。

スライド 71 および 72 が感度試験の結果です。 M の値を 8 通りに変更して検討しています。0 歳の M は 0.4 で固定しています。3 歳以上の M を 0.05 から 0.4 の間に変えています。1 歳と 2 歳は、その間を線形補間して与えています。スライド 71 も右のグラフで、上が親魚量の推定値、下が加入量の推定値です。それぞれの M の値の設定により、資源量や加入量の推定値はスケールが変わってきます。ただし、そのトレンドは大きく変わるものではありません。それぞれ管理基準値を推定すると、スライド 72 のようになります。ここでは、左側にホッケースティック型の再生産関係を仮定した場合、真ん中にリッカー型を仮定してそのパラメータを最小二乗法で推定した場合、さらにその右側にリッカー型で最小絶対値法でパラメータ推定した場合の結果について示しています。それぞれの線の色の違いは、異なる M の値を設定した場合のそれぞれの再生産関係と SB_{msy} の値を示しています。

この結果から言えるのは、異なる M を使うと、資源や加入量のスケールは変わるけれども、ホッケースティック型を使用した場合は、非常に低い M を設定した場合以外は数値のズレはさほど大きくないということです。ただし、非常に低い M を設定すると、これまで観察されたことがないような親魚量に SB_{msy} が推定されるような場合もあります。リッカー型を仮定すると、親魚量や加入量のスケールに合わせて SB_{msy} が少しずつ変わります。

細かい数値はスライド 73 に示していますので、お手元の資料でご確認いただきたいと思います。

漁獲管理規則と将来予測について

○境 最後に、漁獲管理規則と将来予測について説明します。

漁獲管理規則ですが、現在のデフォルトのルールでは、最初に全体説明でのプレゼンであったように、限界管理基準値を下回ったら直線的に漁獲圧を下げる仕組みを提案しています。ただし、ステークホルダーが要望された場合は、代替のルールも検討する必要があります。研究機関としては、まずデフォルトの漁獲管理規則を提案しましたが、ステークホルダーからは、3 年間もしくは 5 年間漁獲量一定で管理した場合にどのようになるかを検討してほしいということが求められました。その

際、一定とする漁獲量については、140千トンから190千トンの間で検討を求められました。その検討を行った結果を、この後のスライドでお見せします。

最初に結論を申し上げますが、ステークホルダー会議を経て最終的に選択されたのは、170千トンで一定の漁獲量を3年間継続するという仕組みです。この仕組みに基づく漁獲管理が、2021年から運用されています。

もしデフォルトの漁獲管理規則で管理した場合は、このような将来予測になりますというのが、スライド76の図です。この結果を表にしたものがスライド77です。例えば、親魚量が目標管理基準値を上回る確率を、異なる β を与えたときに示したのが一番上の表です。2段目の表は限界管理基準値を上回る確率です。いろいろな β を与えた場合で検討してみますが、多くの場合で、将来の親魚量が限界管理基準値を下回る可能性は小さいことが分かると思います。

3段目の表は、予測される平均的な親魚量です。一番下の表が平均的な漁獲量です。先ほど言いましたように、これらはデフォルトの、つまりベーシックな漁獲管理規則で将来予測した場合の値です。これに対して、3年ないし5年間の漁獲量の固定を行った場合の将来予測がステークホルダー会合にて求められました。

その結果について、まず、3年間固定した場合に、親魚量が目標管理基準値を上回る場合の違いをお見せします。3年間固定するのは、この赤で示した年です。それぞれ、140千トン、150千トン、160千トンという形で漁獲量を固定する値を変えた場合の結果を、目標管理基準値を親魚量が上回る確率を表で示しています。

- 境 手が挙がっています。
- 中野 はい、質問どうぞ。
- Dick 非常に有用な情報です。私がMを変えたらどうなるかに関心があったのは、私たちのシステムですと、まず、代替の漁獲シナリオを入れた表を示します。それに加えて、異なる仮定に基づく代替の資源状態を示します。例えば、Mは最も不確実なパラメータであり、今回のプレゼンにもあるようにバイオマスをスケールします。よって、年齢データでサポートできるような最大年齢等に基づいてリーズナブルなMの幅を設定します。そして、Mが低いシナリオ、高いシナリオについて同様の解析を行うことにより、決めたMが間違っていた場合にどういうことが起こりうるかという情報を行政官に提供することができます。なので、これは我々がやっているような解析と同じであり、さらにMを変えた結果も示すと、もっと良いのではないかと思いました。
- 境 コメントありがとうございます。異なるMを用いて、例えば漁獲シナリオを変えた場合の検討というのは、私共では行っていません。例えば、先ほどお見せしたように、管理基準値への影響が異なるMを仮定した場合にどうなるかという感度は見えています。将来予測のところではそれがどのような漁獲の変化になるかというところまでは見ていないのが現状です。

○Dick スライドの 73 枚目を見ているのですが、 M が 0.15 から 0.3 まで変わっても、 MSY の値はさほど変わっていません。そうすると、これは確信が持てるのではないかと思います。モデルがそれほど M の値によってセンシティブに変わらないということで、行政官が知る情報としては有用ではないかと思いました。

○境 ありがとうございます。確かに、マネジャー（行政官）に説明する資料としては、そこまで出来ているのですが、例えば、もっと興味を持たれるのは、次の ABC がどのくらい変わるかというようなところですね。ただ、それはかなり具体的な情報になりすぎて、議論の混乱を招くところもありますので、われわれも対応は慎重に行いたいと考えています。

○境 プレゼンテーションを進めてよろしいですか。

○中野 はい、どうぞ。

○境 では、進めます。この漁獲量一定方策で直接的に親魚量に影響があるのは、2022～2024 年漁期の親魚量推定値の部分です。あまりにも高い一定の漁獲量で 3 年間漁獲を続けた場合は、親魚量が目標管理基準値を下回る確率が非常に高くなることが分かります。

漁獲量を固定した年の 3 年を過ぎた後は、デフォルトの漁獲管理規則で漁獲することになります。この場合、用いる β の値を小さくすると親魚量の回復速度は速いということが、このシミュレーションでは示されています。

将来への影響としては、2031 年、例えば管理から 10 年後を見ると、デフォルトの漁獲管理規則での管理に移行した後の資源回復により、最終的な結果は固定する漁獲量の違いではあまり変わりません。

スライド 79 で示した表は、期待される親魚量の平均値です。先ほどお見せした、親魚量が目標管理基準値を上回る確率の表と同じような情報が得られます。一定の漁獲量で漁獲するのは 2021～2023 年漁期、その影響が直接的に親魚量に及ぶのは 2022～2024 年漁期の区間になります。漁獲量を固定する期間の後は漁獲管理規則での管理に移行しますので、10 年後への影響は一定とする漁獲量に関わらず少ないという予測です。

スライド 80 で示したのが、予測される平均的な漁獲量です。2021～2023 年漁期の 3 年間は漁獲量を固定するという形に予測しています。ここで注目すべきは、平均的に得られる漁獲量は、2024 年漁期からは漁獲管理規則に基づくわけですが、170 千トンよりも大きい値で 3 年間漁獲を続けてしまった場合は、その後、漁獲量を一旦下げねばならなくなる可能性が高いことが分かります。赤色で網掛けしたところは、2024 年以降も平均的には漁獲量を高く設定される可能性が高いと思われるシナリオです。

同様の将来予測について 5 年間漁獲量を固定する形でシミュレーションした結果が、スライド 81 からの表です。漁獲量を固定する期間が 2021～2025 年漁期で、ダ

イレクトに親魚量に影響する期間が2022～2026年漁期です。先ほどの3年間漁獲量を固定した場合と同じように、大きな漁獲量で一定とする漁獲を仮定すると、親魚量への影響は大きくなります。ここで気を付けなければならないのは、5年間漁獲量を固定してしまうと、その後、Harvest Control Ruleでの管理に移行しても、10年後にはその漁獲量の影響が残ったままになるということです。スライド82は、先ほどと同じように平均的な親魚量の表ですので、得られる結論は同じですので飛ばします。スライド83は、漁獲量を固定した場合の結果を同じように示しています。

これらの情報を図にしたものをスライド84に示します。上段が3年間漁獲量を固定した場合、下段が5年間固定した場合です。

左から、漁獲量、親魚量、そして、 F_{msy} に対する F の比について図示したものです。漁獲量は、最初の3年間ないし5年間固定します。親魚量の結果を見ると、漁獲量を高い値で固定した場合は、平均的に予測される親魚量の値が目標管理基準値を下回る場合も出てきます。そして、この漁獲量を固定した期間において F が F_{msy} を上回ってしまうようなシナリオも出てきます。特に5年間固定した場合は、非常に大きな漁獲量で一定の漁獲を続けると、 F が F_{msy} を大きく超えてしまうようなことも、シミュレーション上では想定されます。

これらの結果をステークホルダー会合にて説明した結果、選択されたのが、先に説明しましたように170千トンで漁獲量を3年間固定するシナリオでした。スライド85にて、日本においてこの資源の管理に使われることになった公式のルールを示します。親魚量は目標管理基準値を50%の確率で2031年漁期に上回るようにするというのが大前提になっています。2021～2023年漁期の3年間は漁獲量を170千トンで固定します。その後、ABCは基本的な漁獲管理規則で計算される値に基づくこととなります。その際の β は0.9を用います。なお、漁獲量一定とする期間に F が F_{msy} を超えるようなことがあれば、その際は漁獲シナリオを見直すことになっています。

下に将来予測の数値を載せていますが、 F が F_{msy} を超える可能性は、2023年に8%という値が出ている以外は、さほど心配する必要は無いと考えています。

これが、スケトウダラ太平洋系群での私の用意したプレゼンの全てです。どうもありがとうございました。

○中野 サンキュー、境さん。

質疑応答

○中野 それでは、ここでQ&Aにいきたいと思います。ドクター、どうぞ。

○Dick ありがとうございます。質問にいく前に、非常に包括的なご回答を頂きました。とても大変なお仕事量だったと思いますので、本当に感謝しております。

私のほうからいくつか質問があります。時間的にどうでしょう。今この系群につ

いて質問をしたほうがよろしいでしょうか。それとも、例えば質問を文書にして、後で提出してご対応いただいたほうがよろしいでしょうか。次の系群があると思うのですが。

○中野 今日はこちらの系群のみで結構なので、ご質問に対応したいと思います。追加的な質問がもしありましたら、メールで送っていただければと思います。

○Dick それでは、いくつか質問をさせていただきます。

まず一つ目は、資源における親魚量 (SSB) の定義です。Spawning Stock Biomass (産卵親魚量) というのは、雌の重量に比例していると仮定されているのでしょうか。それとも、この資源の繁殖力についての情報、サイズによって繁殖力がどれくらい変わるのかについての情報はあるのでしょうか。

○境 回答します。我々は親魚量の計算をする際、雌だけではなく雄と雌を合わせて資源量のうち、成熟しているものという形で計算しています。

○Dick 質問の意図としては、スケトウダラに関してどうか分からないのですが、魚種によっては、ほかの雌の 2 倍の重量を持っている雌は、もしかしたら 2 倍ではなく 4 倍の卵を産むと考えられているものがあるのです。ですから、そういった関係が存在するのであれば影響が出てくると思うのですが、産卵量を使って SSB を測定していらっしゃるのか、それとも、成熟した個体の重量を用いているのかということが質問です。

○境 ご質問の意図について理解しました。親個体とその卵を産み出す量の関係性をどのように仮定しているかということだと思いますが、われわれの資源評価では、重い魚ほど多くの卵を産む形に仮定されています。資源評価上、そういう扱いになっています。

つまり、資源量を産卵親魚量に変換する際は、資源量に単純に成熟率 (Maturity Ratio) を掛ける形になっています。重さに比例して親魚量が出てくるということです。飼育実験などで検討された例からも、基本的に魚の重さによって産まれる卵の量が決まっているパターンが多く見られています。

ただし、初回産卵と 2 回目以降の産卵で、産み出される卵の量が変わるというような研究結果も出はじめていますので、今後とも研究を進めなければならない問題だと思っています。

○Dick 分かりました。ありがとうございます。

もう一つ質問があります。skipper's note と logbook の件ですが、いわゆる skipper's note を使って CPUE を作成される場合、こういった船からも同じ航海の logbook が提出されているのでしょうか。そういうことであれば、相対的な資源量において、二つの方法から同じような傾向が出てくるのでしょうか。

○境 ご質問の意図は、ここで示している skipper's note と logbook で、同じ船から同じ情報が報告される形になっているのではないかというご指摘だと思います。

はい、そのようになっている可能性は、否定するものではありません。ただし、**skipper's note** のほうがより詳細な情報を提供してもらっています。例えば、操業位置の詳細、水深の環境や水温の環境などといった情報も、**skipper's note** からは得られています。そのため、それらの情報を用いた GLM での標準化処理が可能になっています。

logbook ではそういった細かい情報は得られないのですが、より長期の情報を入手することができます。さらに、より多くの船からの情報が得られます。そのため、確かに同じ漁業にフォーカスした情報ではあるのですが、違う観点からそれらの漁獲情報を俯瞰するという意味では、両方のデータを資源評価に用いるのが良いのではないかというのが、現在の我々の考え方です。

○Dick ありがとうございます。非常に分かります。私も同感です。今の理屈は非常に理解できました。

もう一つ考えていたのは、**logbook** のデータは複数の船舶間で集積されると理解したらいいでしょうか。それとも、ある特定の船舶の **logbook** と **skipper's note** を比較するというのもあるのでしょうか。似たようなトレンドが出ているのかということに興味があるのですが、われわれの漁業においては **logbook** のデータの信頼性がほかの情報源よりも低いので、そのあたりを確認したいと思っています。

○境 ご質問は、同じ船の **skipper's note** と **logbook** の情報を比較できないかという趣旨だと思いますが、こちらの情報については、われわれは生データを保有していません。都道府県の研究機関、この場合は北海道の研究機関のほうで解析およびデータの収集も行っています。

また、こういった仕組みになっている理由の一つとして、いわゆるデータの機密性 (**confidentiality**) の問題があります。特に **skipper's note** は個人情報が大きく影響するような情報でもありますので、なかなか、水産研究・教育機構のほうで細かい情報まで保有することができないという事情もあります。

○Dick 分かりました。われわれも、そういった秘匿性のあるデータの扱いについては、今後もデータをもらえるように気を付けています。

もう一つ別のトピックにいきたいと思います。北方領土の漁獲の可能性について、外国船なので、特にロシア船団からの情報はないとおっしゃっていたのですが、何らかの形でそのエリアからの漁獲量を概算できないでしょうか。あるいは、モデルの中で漁獲量を膨らませた場合の感度分析をすることはできないでしょうか。私のモデルに対する理解が正しければ、漁獲量を膨らませると、資源量が膨らむことになると思うのですが、この仮定はあっているでしょうか。

○境 ご質問の趣旨は、こちらで示した中での北方四島水域での漁獲量、特にロシアによる漁獲量がこの資源評価にどのくらい影響しているかをよく考えるべきではないか

ということだと思います。その観点から、まだわれわれのほうでは、例えば感度試験というものをこの評価の中に組み入れる形までは実現できていません。

ロシアの漁獲量がある北方四島水域ですが、ほかの産卵場も存在することが、ロシアの研究者からの情報で分かっています。ただ、そこで産まれた魚が、果たしてこの太平洋側に行くのか、あるいはオホーツクのほうに移動していくのか、われわれのほうでは十分な情報がないというのが現状です。なおかつ、ロシアの漁獲量の情報が、最新年まで細かい情報が得られていません。限定的な漁獲量の情報でしたら、彼らが公表している資料の中にも見つかることがあります。ただ、その漁獲位置の情報や漁獲物の年齢情報の地理的な違いが分からない以上、なかなか資源評価に組み込むことができないというのが現在の立場です。

○中野 彼の質問についてですが、混合率や回遊のデータはあるのでしょうか。

○境 はい。中野さんのご指摘は、例えば、この海域での資源の回遊の情報がどこまであるかということだと思います。

1970年代に、この海域で多くの標識放流の研究が行われました。それによると、魚によってはオホーツク海に移動する、あるいは、魚によってはベーリング海まで行ってしまった魚も出てくるなどという情報もあります。ただ、それらの情報がこの資源の移動の大部分を占めているかということ、それはなかなか評価が難しいです。

現在の北海道周辺のスケトウダラの資源評価における系群分け、海域分けについては、それらの標識放流の結果や、昔行われた脊椎骨数のカウントの研究などで系群分けを考えたものに基づいて行われています。将来的な展望としては、例えば、遺伝学的な情報を用いてそれらの答え合わせをするというようなことが考えられます。我々もまだ取り組みを始めたところですので、結果が出てくるまでには少々時間を要するのではないかと考えています。

なお、根本的な問題として、北方四島水域でのサンプルを得られる状態にないという問題があります。以上です。

○Dick 私が知りたかった主な質問は、もう今伺いました。ほかの質問が出てきたら、これから出すeメールに書いてお送りします。

○中野 はい。Dickさん、質問ありがとうございました。

2日目

【スケトウダラ日本海北部系群】

○千村 資料を共有しますので、少しお待ちください。それでは始めます。2020年のスケトウダラ日本海北部系群の資源評価について説明します。

初めに生物学と資源評価について説明します。本系群の分布域と産卵場、産卵期について、本系群の分布域は日本の本州、日本海北部からロシアのサハリン西岸にかけてです。

近年は主な分布域と産卵場が北海道・日本海沿岸にあると考えられています。産卵期は12月から3月で、盛期は1月から2月です。

ここには1970年漁期以降の本系群の漁獲量を示しています。日本水域における漁獲量であり、サハリン西岸におけるロシアの漁獲量は入っていません。

○Dick 分布について質問があります。この系群と太平洋系群に何らかの関係性があるという研究や遺伝子学的な分析などはされているのでしょうか。

○千村 この系群と太平洋系群はそれぞれ産卵場を持っていて、別の系群と考えています。

○中野 標識放流による混合率の研究はありませんか。

○森 遺伝的には一緒です。

○千村 もちろん日本海側から津軽海峡を抜けて太平洋に行く可能性はありますが、基本的にはそれぞれの分布域内に留まります。

○中野 標識放流で混合率を調査した研究はありませんか。

○千村 そうした研究は過去にあります。

○中野 どのぐらいか分かりますか。

○千村 数字は言えませんが、非常に少ないです。

○中野 遺伝的な研究はどうか。

○千村 今までの遺伝的な研究の結果では分けることはできていません。

○森 スケトウダラ自体は大きく差異がありません。ベーリングのところが違うようですが、大きなものはそれしかありません。

○中野 ベーリングのところですね。

○森 あとの太平洋で出る卓越などは日本海で検出できないので、大規模な移動はないと考えられています。

○中野 ローカルストックみたいなものですね。

○千村 そうです。ある程度、独立性の高い集団です。

○中野 E.J.さん、よろしいでしょうか。

○Dick はい、ありがとうございます。

○千村 それでは漁獲量の説明を続けます。本系群の漁獲量、資源量、親魚量などは全て4月から翌年3月の漁期年で集計しています。漁獲量は1993年漁期以降、減少しています。特に2015年漁期以降はTACが大きく削減されたため、5,000~6,000トンと少ないです。2019年漁期の漁獲量は5.2千トンでした。

「全ての外国の漁業による漁獲量が含まれていますか。総漁獲量の推定にバイアスをもたらす可能性のある他の死亡要因、投棄した漁獲 (discarded catch) などがありますか」という質問を頂きました。

VPA で用いる年齢別漁獲尾数は、前のスライドで示した日本水域内の漁獲量を使って推定しています。サハリン西岸におけるロシアの漁獲量が入っていません。また、discarded catch も入っていません。

サハリン西岸におけるロシアの漁獲量を入れていない理由は主に二つあります。一つ目の理由は、ロシアの漁獲量は日露科学者会議資料として1年遅れで入手できますが、非公開情報であるためです。もう一つの理由は、サハリン西岸には本系群に加えて産卵期と脊椎骨数が異なる個体群も分布することが知られていますが、ロシアの漁獲量はこれら二つの個体群の漁獲量を分けていないためです。

加えて漁獲物の年齢組成の情報も断片的なので、文献やロシア人科学者からの情報収集を行っている段階です。discarded catch のデータはありません。データ収集の体制づくりから始める必要があり、時間がかかる問題です。国や道県の行政機関が漁船の操業許可条件として discarded catch の報告義務を課す仕組みが必要と考えます。以上が質問1への回答です。

○中野 質問はありますか。

○Dick 少し関心があるのは総努力量の情報です。近年、漁獲量が減っているときは努力量も同様に減少しているのでしょうか。

○千村 「漁獲努力量も減少していますか」というご質問を頂きました。今回、スライドでは資料を用意していませんが、報告書の補足資料には沖合底曳き網漁業および沿岸漁業のはえ縄漁業の努力量が長期的に減少しているというデータを載せています。

○Dick ありがとうございます。後で見えます。

○千村 このスライドは年齢別漁獲尾数を示しています。3歳から6歳が多く漁獲されています。高豊度年級群が漁獲物の主体となる傾向があります。近年では、2008～2013年漁期は2006年級群、2015～2018年漁期は2012年級群が漁獲物の主体でした。2019年漁期は2012年級群（7歳）と2015年級群（4歳）が高い割合を占めました。

「CAA推定に使ったサンプリングプログラムについて、報告書に載せるべき」というコメントを頂きました。CAA推定のためのサンプリングプログラムを資源評価報告書に載せている魚種はほとんどなく、本系群も載せていません。本系群のCAAはわれわれの研究所ではなく、北海道の水産試験場が作成しています。年齢組成を得るために、漁業種類別主要水揚げ港別にサンプリングを行っています。Age-Length Keyは使っていません。毎年、資源評価前に、私たちはCAA推定のためのサンプル割付の妥当性を検討します。

次のスライドで2019年漁期のサンプル割付を示します。ここには沖合底曳き網漁業のサンプル割付の表を示しました。月別、港別、local fishing zone別の漁獲量を示しています。表の中の同じ色の漁獲量に対して、同じサンプルの年齢組成を割り付けています。2019年

漁期の年齢組成のサンプルサイズは 57~1,206 個体でした。沖合底曳き網漁業の CAA は、3 歳、4 歳、7 歳が高い割合を占めました。

ここには沿岸漁業のサンプル割付の表を示しました。月別、エリア別、漁法別の漁獲量を示しています。同じ色の漁獲量に対して、同じサンプルの年齢組成を割り当てています。年齢組成のサンプルサイズは 63~600 個体でした。沿岸漁業の CAA は 4 歳と 7 歳が高い割合を占めました。以上が 2 番目のコメントへの回答です。

○Dick 年齢組成のプロットがありますが、これは漁獲量での重みづけを全てのデータ階層に関して行っているということよろしいでしょうか。

○中野 このサンプリングの数は純粋に漁獲量で weighting している数ですか。重み付けしていますか。

○千村 はい、引き伸ばして重み付けをしています。そのとおりです。

○Dick それからこの色ですが、年齢組成のサンプルが月で同じでした。それぞれの月で必ずサンプルがあるのでしょうか。それともない月もあって、他の階層から借りてきているところがあるのでしょうか。

○千村 例えばこの表では、緑色のサンプルは一つのサンプルから割り付けています。

○中野 どういう意味ですか。月ごとにサンプリングしているのですよね？

○千村 それは漁業種によります。

○中野 この色は何なのですか。色は独立したサンプルですか。

○千村 同じ色は一つのサンプルです。

○中野 それで月がまたがっているのはどういう意味ですか。

○千村 その全体で 1 個しかないということです。

○森 要は最初に漁獲があるのですが、標本は一つしかないのです。あるとき、どこかの月で標本を採っていて、例えば上の緑の部分がありますね。七つの月の組成に割り付けてしまうのです。

○中野 外挿しているのですね。

○森 外挿しています。要は色ごとに標本が 1 セットしかないということです。どこかの月の間にサンプリングをして、年齢組成を取り、例えば緑なら緑のところに同じ組成を当てて引き伸ばすという形でしています。ですから、緑に対して引き伸ばす標本は基本、1 セットしかありません。

○中野 同じ色であれば、一つのサンプルをそれぞれの月に割り付けるという形になっています。

○Dick はい、分かりました。ということは、サンプルは各グループの中における複数月の中の代表的なものということですね。

○中野 はい。一つのサンプルで、それぞれの月を代表しています。

○Dick ありがとうございます。

○千村 VPA のチューニングに使っている三つの Abundance index について説明します。初めに親魚量のインデックスについて、この棒グラフは 10 月に北海道・日本海沿岸域で行われた計量魚群探知機と着底トロールの調査で推定された親魚量推定値を示します。1998 年から 2019 年の推定値を VPA の親魚量のチューニング指数として使いました。ただし、2002 年と 2012 年は調査範囲が十分でなかったため、この 2 年のデータはチューニング指数から除外しました。

親魚量の推定値は 2008 年まで減少傾向にありましたが、豊度が高い 2006 年級群が親になったことで 2009 年、2010 年に増加しました。その後は横ばいで推移していましたが、豊度が高い 2015 年級群が親になったことで、2018 年以降は増加して、2019 年の推定値は 2010 年並みの 90 千トンでした。

調査方法について説明します。音響調査ラインは南北に 10 海里または 15 海里間隔、水深 100~1,000 メートルの範囲に設定しています。着底トロールは水色の四角で示した各エリアで 1 回ずつ行います。着底トロールの漁獲物の尾叉長と生殖腺の状態から、親魚と未成魚、それぞれの魚探反応量と 1 個体当たりの魚探反応の強さを計算します。魚探反応量と 1 尾当たりの魚探反応の強さを使い、ライン上、1 海里当たりの親魚の分布密度を計算します。分布密度を使い調査海域の親魚の現存尾数を計算して、それに平均体重を掛けて親魚量を計算します。

○Dick このトロールのデータは成魚も捉えているのでしょうか。この産卵親魚の年齢組成も分かるのでしょうか。

○中野 このトロールサンプリングデータから年齢構成を推定していますか。

○千村 年齢構成は、毎年は見えていないです。

○中野 元のトロールサーベイエリアでは何をやっていますか。バイオマス調査だけですか。age composition はやっていませんか。

○千村 age composition は基本的にはやっていません。

○森 親魚量だけですね？

○千村 はい。生殖腺の状態で親か未成魚かを判定します。細かい年齢については調べていません。

○中野 われわれは年齢組成よりも成魚の資源量を見ています。

○Dick 分かりました。もしかしたらモデルの推定値と比較できるかなと思いました。

○中野 ありがとうございます。良い提案だと思います。

○千村 ここには調査で推定された 0 歳と 1 歳の現存尾数を示しました。グラフの横軸は年級群、言い換えると生まれた年を示します。2006~2017 年級群の Abundance を VPA の 2 歳加入量のチューニング指数として使いました。

年級群ごとの Abundance の多寡は 0 歳と 1 歳でよく一致しています。例えば 0 歳のときに多かった 2006 年級群、2012 年級群、2015 年級群、2016 年級群は 1 歳のときも多いです。逆に 0 歳のときに少なかった 2007 年級群、2008 年級群、2009 年級群は 1 歳のときも少ないです。

このように、本系群では近年、年級群豊度が産卵から数カ月後の生まれた年の春までに決まることが分かっています。

○Dick 解釈が間違っているかもしれませんが、これを見ると、0 歳魚が 2006 年に多かった場合、1 歳魚が 2007 年に多く見られるというグラフの解釈の仕方で正しいですか。

○中野 age class ですから、ここは、ずれないのですよね。

○千村 この図では横軸が年級群なので、2006 年級群の age 0 のときがこれで、age 1 のときはこれです。

○Dick 生まれた年ということですね。

○中野 年級です。

○Dick 分かりました。ありがとうございます。

○千村 「0 歳と 1 歳の豊度の関係について説明してほしい」というコメントを頂きました。先のスライドの説明でご納得いただけたかと思えます。

0 歳の調査について説明します。この調査は体長 10~30 ミリの漂流仔稚魚を対象としています。計量魚群探知機とフレームトロールネットを使います。右下がフレームトロールネットの画像です。網口が縦横ともに 2 メートルのネットで、毎時 2~3 ノットで曳網して仔稚魚を採集します。調査海域は仔稚魚の成育場である石狩湾よりも北の日本海沿岸域です。音響調査のラインは南北に 30 海里間隔、東西は西が東経 140 度から東はできるだけ岸寄りで設定しています。各ラインの沿岸側、真ん中、沖側の 3 カ所で仔稚魚を採集します。仔稚魚の尾叉長組成から 1 個体当たりの魚探反応の強さを計算します。魚探反応量と 1 個体当たりの魚探反応の強さを使い、ライン上、1 海里当たりの仔稚魚の分布密度を計算します。分布密度を使い、調査海域の Abundance を計算します。

1 歳の Abundance 調査について説明します。計量魚群探知機と着底トロールを使います。調査海域は 0 歳の調査と同じで、石狩湾よりも北の日本海沿岸域です。音響調査のラインは南北に 15 海里間隔、水深 100~500 メートルの範囲に設定しています。着底トロールは四つの各エリアで 2~5 回行います。水深帯別エリア別の尾叉長組成と年齢組成を使い、1 歳の魚探反応量と 1 尾当たりの魚探反応の強さを計算します。魚探反応量と 1 尾当たりの魚探反応の強さを使い、ライン上、1 海里当たりの 1 歳の分布密度を計算します。分布密度を使い、調査海域の Abundance を計算します。

「Abundance indices の計算方法と、インデックスはデザインベースとモデルベースの推定値のどちらですか」という質問を頂きました。インデックスの計算方法は前のスライド

で説明しました。VPA のチューニングに使っている全ての Abundance indices はデザインベースの推定値です。

「Abundance indices について、標準誤差などの不確実性の推定値は利用できますか」という質問を頂きました。標準誤差は計算していないため、利用できません。音響トロール調査の推定値の標準誤差はどのように計算したら良いでしょうか。空間統計学的方法でしょうか。NOAA の資源評価でよく使われている方法を教えていただければうれしいです。

○Dick 今、ここにその情報を持っていませんが、探して紹介したいと思います。サンプリングの方法が違うかもしれませんが、どういうメソッドを使っているのか、参考になる文献をご紹介したいと思います。

○千村 ありがとうございます。

ここには Ridge VPA で推定された年齢別資源尾数を示しました。資源尾数は 2~5 歳を中心に構成されています。近年では 2006 年級群、2012 年級群、2015 年級群、2016 年級群の豊度が高いです。

ここには資源量と親魚量を示しました。資源量は 1987~1992 年漁期に高水準でしたが、その後、減少して、2007 年漁期にはピーク時のおよそ 10%である 88 千トンでした。その後は高豊度年級群が断続的に発生したことにより増加傾向を示し、2019 年漁期は 154 千トンでした。親魚量は 1989~1996 年漁期に高水準でしたが、その後、減少して、2008 年漁期にはピーク時のおよそ 10%である 35 千トンでした。2015 年漁期以降、増加傾向を示し、2019 年漁期は 56 千トンでした。

ここには加入量と産卵親魚漁当たりの加入量 (RPS) の推移を示しました。横軸は年級群です。RPS は 1989 年級群以降、低い値が続きましたが、2006 年級群、2015 年級群、2016 年級群の RPS は 1980 年代に見られたような高い値でした。しかし、親魚量が低水準なため、これらの年級群の加入量は 240 百万~400 百万尾であり、1980 年代の加入が良かった年級群に比べるとかなり少ないです。また、2007 年級群、2008 年級群、2009 年級群、2013 年級群、2014 年級群、2017 年級群の加入量は 50 百万尾を下回る非常に低い水準でした。低水準の加入を避けるとともに、再生産に好適な環境の年により良好な加入が得られるように親魚量を十分増大させることが資源回復を図る上で重要だと私たちは考えています。

F の値は年齢ごとに変動パターンが異なります。2015 年漁期以降は全ての年齢において低い値でした。

資源評価における自然死亡率 (M) についてのコメントを二つ頂きました。太平洋系群とほぼ共通したコメントなので、コメントの内容の紹介は省略します。コメントの 5 番と 8 番です。

自然死亡率は、2 歳は 0.3、3 歳以上は 0.25 と仮定しています。太平洋系群と同じ値を使っています。理由は種が同じだからです。報告書には載せていませんが、本系群ではオス、

メスともに 18 歳の個体が見られたという小岡, 2012 の報告があります。この知見に基づくと、 M は現在使っている値に近い年間 0.28 が示唆されます。

小岡, 2012 は Hoenig のモデルと Pauly のモデルで M を計算しています。観察された最大の年齢を使う Hoenig のモデルでは $M=0.23$ であり、成長式のパラメータと水温を使う Pauly のモデルではメスが $M=0.2$ 、オスが 0.23 でした。これらの M も現在使っている値に近いです。従って、現在、資源評価で使っている M の仮定は妥当であると考えています。しかし、寿命や成長など、生活史パラメータの重要性を改めて認識しました。

M を 0.5 ずつ増減させた場合における評価最終年の資源量、親魚量、加入量のグラフは資源評価報告書に毎年掲載しています。2019 年漁期の資源量は、 $M=0.2$ では $M=0.25$ の 86%、 $M=0.3$ では $M=0.25$ の 119% でした。加入量は資源量よりも変動幅が少し大きかったです。親魚量の変化は比較的小さく、 $M=0.2$ では $M=0.25$ の 94%、 $M=0.3$ では $M=0.25$ の 108% でした。以上がコメント 5 番と 8 番への回答です。

「Ridge VPA でレトロスペクティブバイアスが最小となる λ に加えて、 $\lambda=0$ 、 $\lambda=0.99$ の場合、各 Abundance index とのフィッティングがどうなるか、確認するのが良い」とのコメントを頂きました。次のスライドで結果を示します。2020 年の資源評価では、親魚量のレトロスペクティブバイアスが 0 に最も近くなる $\lambda=0.878$ を採用しました。ここには $\lambda=0.878$ 、 $\lambda=0$ 、 $\lambda=0.99$ の場合における親魚量、1 歳、0 歳インデックスとのフィッティングを示しました。 λ の違いによるフィッティングの違いは小さかったです。

ここには $\lambda=0.878$ 、 $\lambda=0$ 、 $\lambda=0.99$ の場合の親魚量のレトロスペクティブ解析結果を示しました。 $\lambda=0.878$ の場合に比べて、 $\lambda=0$ の場合は値の振れ幅がやや大きく、 $\lambda=0.99$ の場合は値の振れ幅がさらに大きかったです。以上がコメント 4 番への回答です。

○中野 E.J.さん、ご質問をどうぞ。

○Dick 先ほどのスライドでこの残差をお示しになっているところがあると思います。確かにフィットの違いが小さいことは分かります。これは少し驚きなのですが、これらの指数は最近の資源量を正しく表現しているのでしょうか。

このレトロスペクティブのパターンを勘案しますと、 λ を 0 から 1 に変えていく過程の中でフィットの違いがもっと出てくるのではないかと思うのです。この緑線（レトロスペクティブパターン R0）が 3 種類の λ の計算で大体同じであるというところから差が生まれないということでしょうか。

○中野 λ を変えてもあまり違いがなかった理由は何かと言われています。

○千村 この親魚量のレトロスペクティブ解析結果を見ても、 λ を変えてもそんなに大きな違いがないので、フィッティングのほうもそんなに大きく違いは出なかったのだと思います。

○中野 昨日行った太平洋側ではどうでしたか。同じように λ を変えてやりましたよね。

○千村 今（スライド 27）は、コメントに対応した $\lambda = 0.99$ までしか示していませんが、もし λ を太平洋系群と同じ 0.999 まで高くした場合はかなり親魚量のインデックスとのフィッティングが悪くなることを補足のスライド 46 に示しています。

○中野 試した範囲が割と狭かったということですね。そこまで敏感ではなかったのですね。もっと極端な値を使えば、もっと大きく跳ねてしまうのですか。

○千村 そうですね。今回、採用した λ が 0.878 だったので、0.99 との差が小さかったというのもあるかもしれません。

○Dick 太平洋系群のほうで、 λ が大きな値に設定されたときに指数のフィッティングは悪くなりました。これはとても分かります。ペナルティーが非常に重くなっているからです。 λ が 0 だったら、ペナルティーに対してほとんど重みがないので、一番いいフィットになるはずですが。しかし、この場合はあまり違いがないので、なぜなのかを理解しようとしています。

○中野 昨日の太平洋系群も λ の値と同じぐらいの範囲でしたか。もっとばらつかせていましたか。

○境 昨日は、 λ は 0.999 のものを試しました。

○中野 やはりそれは試していないのですか。違うのですね。

○境 この範囲の違いというのは大きいです。

○中野 今、言っているのは、この λ のレンジが太平洋系群のほうがより広がったということです。こちらは試したレンジが狭いので、差が狭いのだと思います。

○Dick なるほど。それは 0.001 ぐらいの差ですか。その差でそんなに大きくなるのでしょうか。そこを理解したいのです。

○中野 なぜかは分かりませんが、太平洋系群において λ は 0.999 を使っているのです。それが非常に大きな差になっています。

○Dick はい、分かりました。では、これはこのぐらいにしておきます。

○千村 チューニング指数の重みの妥当性についてのコメントを頂きました。ここにチューニングの目的関数を示しました。親魚量指数だけであったチューニング指数に 1 歳の加入量指数を加えた当初、重みは 8 対 1 でした。親魚量が 3 歳から 10 プラス歳の八つの年齢で構成されるのに対して、加入量は 2 歳の一つの年齢で構成されること、加入量指数の重みを 1 で固定して、親魚量指数の重みを 1 から 20 まで変えて加入量と親魚量の推定値を比較したところ、親魚量指数の重みが 8 前後のところ推定値が安定したという二つの理由から 8 を採用しました。

その後、0 歳の加入量指数を加えた際に、親魚量指数と加入量指数の対数を取った残差平方和の桁を合わせるためという理由で、親魚量指数の重みを現在の 10 にしました。今後、太平洋系群で採用されている橋本ら 2018 の方法での試算をする予定です。

○千村 次は再生産関係について説明します。左のグラフは2020年の資源評価結果に基づいて更新した再生産関係を示しています。青線が適用したホッケースティック型の再生産関係であり、点線は観察データの90%が含まれると推定される範囲を示します。親魚量と加入量に強い直線関係が見られ、ホッケースティック型、リッカー型、ベバートンホルト型の全ての再生産関係式において、傾きはほぼ同じ値が推定されます。変化点が観測範囲にない場合、ホッケースティック型は親魚量の最大値に変化点を設定できるため、本系群の再生産関係式としてホッケースティック型が適していると判断しました。

次は管理基準値と神戸プロットについて説明します。ここにはさまざまにF値を変えた場合の平衡状態における親魚量と、それに対する年齢別漁獲量の平均値を示しています。最大持続生産量を実現する親魚量 SB_{msy} は、ホッケースティック型の再生産関係に基づき380千トンと計算されます。目標管理基準値案は SB_{msy} の380千トン、限界管理基準値案は MSY の60%が得られる親魚量で171千トン、禁漁水準案は MSY の10%が得られる親魚量で25千トンです。

ここには目標管理基準値案とそのときの漁獲圧、 F_{msy} を基準とした神戸プロットを示しました。親魚量は全期間において目標管理基準値案を下回っています。漁獲圧は2017年漁期、2019年漁期に MSY を実現する漁獲圧を下回っていました。

次は漁獲管理規則と将来予測について説明します。漁獲管理規則案は親魚量が限界管理基準値案を下回った場合は禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減し、親魚量が限界管理基準値案以上にある場合は F_{msy} に調整係数を掛けた値を漁獲圧の上限とします。ここには F_{msy} に掛ける調整係数 β を0.8とした場合の漁獲管理規則案を示しています。

○Dick 実はHarvest Control Ruleについて質問があります。Harvest Control Ruleは、親魚量が限界管理基準値を上回っていれば F/F_{msy} が0.8であるべきとしています。

神戸プロットに戻っていただけますか。ここで示しているのは、最近の F/F_{msy} は0.8からさほど違いがありません。しかし、親魚量は限界管理基準値をかなり下回っています。なので、Fは最近のHarvest Control Ruleを超えているようですが、FとHCRの分析や比較などはされていますでしょうか。

○中野 近年のFがHarvest Control Rule以上をずっとオーバーしているのではないかと言っています。

○千村 2020年の評価の段階ではまだHarvest Control Ruleが導入されていないからです。このとき、初めて提案しました。

○中野 Harvest Control Ruleは新しいもので、2020年に設定されました。2020年より以前はHarvest Control Ruleの範囲外でした。

○Dick 分かりました。

○千村 ピンク色は漁獲管理規則案で β を0.8とした場合、水色は現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の加入量、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比の将来予測結果を示しました。なお、2020年漁期と2021年漁期の加入量は0歳と1歳の調査結果に基づき、過去の高豊度年級群の加入量を使って仮定を置きました。

○Dick 0.8HCRと書いてありますが、これはFmsyの0.8でしょうか。それともこのLimitとBanの間で増えていくHCRの0.8の値なのでしょうか。

○中野 0.8は何ですかと言っています。

○千村 Fmsyに掛ける β が0.8ということです。

○Dick それでは、このピンクの線はFmsyの80%での漁獲を行ったときということですね？

○千村 そうです。

○Dick ただ、私が正しく理解していれば、このHarvest Control Ruleはより低いFになるのでしょうか。先ほどのプロットなどを見ていますと、資源量が低い場合、これはより低くなるということよろしいですか。

○千村 実際には限界管理基準値案を親魚量が下回っている間はHarvest Control Ruleに従って係数を掛けるので、0.8よりは小さいです。

○Dick 右上のプロットに戻っていただけますか。この親魚量は限界管理基準値よりも下であるので、Fは0.8Fmsyよりも低いはずということですか。それを使ってシミュレーションなさっているのですか。

○千村 Yes.

○Dick 分かりました。それでは、この線が黒から青になる時の資源の増加分のところですが、資源量がそれだけ増えたのは神戸プロットの漁獲死亡率を当てはめたから、と理解してよろしいでしょうか。

○千村 黒い線は資源評価の結果を示していて、その後のピンクの線が0.8 Harvest Control Ruleの将来予測結果、青の線が現状の漁獲圧を続けた場合の将来予測結果です。

○Dick この黒からブルーに変わっているところですが、親魚量のこの部分はある程度、漁獲量による不確実性がないのでしょうか。

○中野 親魚量がこうなる前（将来予測開始年直前）に範囲がないですね？

○千村 範囲がない理由は、2020年漁期と2021年漁期の加入量を0歳と1歳の調査結果に基づいて過去の高豊度年級群の加入量を使って仮定を置いているからです。

○森 いったん仮定してしまっています。

○Dick ただ、その仮定においてはある程度の不確実性はあるわけですよね？

○千村 この2年については、不確実性は入れていません。

○中野 しかし、そこには不確実性があるというご指摘です。

○Dick そうですね。楽観的な加入の仮定だと思います。

○中野 仮定が楽観的ですねと言われています。
○森 不確実性を入れていないので、楽観的じゃないですかということ。
○千村 根拠となった調査結果について示そうと思います。これが0歳と1歳の Abundance indices で、将来予測に関係する 2018 年級群以降の Abundance は斜線で示しています。

○千村 一番後ろの補足で付けています。
○中野 これは先ほども出ていました。
○千村 さらにデータを付けたものです。

2018 年級群の Abundance は 0 歳でも 1 歳でもこのように高いです。2019 年級群は 0 歳の値しかありませんが、非常に高い豊度でした。そのため、過去の高豊度年級群、具体的には 2008 年級群の加入量は 2012 年級群と同じと仮定しています。2019 年級群の加入量は 2006 年級群と 2012 年級群の平均と仮定しました。

○Dick ありがとうございます。

○千村 2020 年漁期以降の加入量はホッケースティック型再生産関係から与えました。加入量の不確実性として対数正規分布に従う誤差を仮定し、1 万回の繰り返し計算を行いました。2020 年漁期の漁獲量は TAC の 6.7 千トンとしました。

ここには漁獲管理規則案に基づく管理を行った場合に親魚量予測値が目標管理基準値案および限界管理基準値案を上回る確率を示しています。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2031 年漁期の親魚量予測値が目標管理基準値案を上回る確率は調整係数 β を 0 とした場合でも 20% でした。一方、 β を 0.9 以下とした場合、2031 年漁期に限界管理基準値案を 50% 以上の確率で上回ると予測されました。

ここには親魚量と漁獲量の将来予測の平均値を示しました。

私の説明は以上で終わります。

○中野 千村さん、ありがとうございます。
○中野 それではここでプレゼンは終了となりますので、Q&A に入りたいと思います。E.J. さん、質問をお願いできますか。

○Dick 質問にはどれぐらい時間をかけていいのでしょうか。

○中野 30 分以上あります。

○Dick もう既に質問を聞きながらプレゼンを伺っていたので、そんなには要りません。全般的なコメントが一つあります。この資源評価だけではなく、全般的な話です。

もし管理基準値を超えることを試算して提供しているのであれば、パラメータの推定値の不確実性を見るのがお勧めです。モデルに関して、将来的にはそうしていったほうが良いと思います。ランダムな加入の変動を見ているので、少なくともいろいろなパラメータの中で、例えばバイオマスに影響を及ぼし得るものを見て、確率を変えそうなものに関し

では不確実性も加味したほうが結果の精度が上がると思います。ですので、今回ではなくても将来的にはそういうことも検討していただければと思います。私が見た二つの評価に関して、全般的にいえることです。

幾つか質問がありますが、その中で細かいところは後でメモでお渡しします。

これまで0歳魚の調査とモデルによる加入推定値の比較、関係の比較をしたことがありますでしょうか。太平洋系群に関してはそのような比較をされていて、非常に有用だと思いました。太平洋系群のように、この系群に関してもそのような比較はされていますでしょうか。

○中野 モデルで推定したものと比較していますか。

○中野 昨日、太平洋ではやっていたと言っていましたね。

○千村 太平洋でやっていたか。

○境 少し補足します。太平洋系群の担当者の境です。

今回の日本海系群の加入量のインデックスはチューニングに使用している形になっています。太平洋での加入量の情報はチューニングには使用せず、最後の3年級分の加入量の仮定に使用しています。太平洋で比較を行ったのはチューニングに使用していない状態での比較ですので、あのような情報が有用とは考えております。

一方で日本海のほうはチューニングが既にVPAで入っていますので、さらにそこで指標とモデルからの値の比較という意味では、チューニング指標の当てはまりの情報がそれに相当すると思います。

○Dick わかりました。誤解していました。

では、少し戻っていただきたいのですが、加入量指数に対してチューニングしていて、そして、最近の3年のものを短期的な予測のために使っているという理解で正しいでしょうか。

○千村 この中で塗りつぶしてある2006年級群から2017年級群のAbundance indexはチューニング指数として使ったものです。斜線で示した2018年級群以降は資源評価の時点ではまだ加入していなかった年級群です。

ただし、2018年級群と2019年級群はこの調査のAbundanceからホッケースティック再生産関係で予測される加入量よりも大幅に多いと考えられたので、この2年級群だけは仮定を置きました。

○Dick 今、0歳の指数の残差を見えています。コメント4に対する回答で、確か27枚目のスライドだと思います。これを正しく理解しているとすれば、0歳魚の指数がモデル推定結果にどれぐらいフィットしているかを代表している図だと思いますが、少なくともこの不確実性のレンジの中で残差の分散、varianceを使って、不確実性の幅がどれぐらいあるのか、最近の加入が非常に増えたところで検討してはいかがでしょうか。誤差が無いと仮定するより良いと思います。

0歳魚の調査結果の発表によると、2019年級群は前年に比べて加入が大きかったと思います。その不確実性が、この図に示されている残差によって定量化できるのではないかなと思いました。なぜなら、この図における残差は調査の観測値とモデルのフィッティングの違い、残差を代表していると思うからです。私の理解は正しいでしょうか。

○千村 このスライドに示しているのは、VPAのチューニングに使った2006年級群から2017年級群の指数の残差を示していますが、2019年級群についてはこの時点でまだ加入していないので、ここには示していません。

○中野 いや、彼は、これが加入のモデルから出てきた残差だから、これを不確実性として加入の数字として将来予測に使ったらどうかと言っています。要するに加入の調査から持ってきた数字を一時的に使っていますね。不確実性が入っていないから、これを不確実な項として使って将来予測をしたらいいのではないかということです。

○千村 分かりました。今までやったことがないので、結果がどうなるか分かりませんが、一度、試算はしてみたいと思います。

○Dick 将来の作業の提案の一つですので、それをやってくださいと要求しているわけではありません。

○千村 ありがとうございます。

○Dick これくらいにしておきます。他の質問は「こういう文章を書いておいてほしい」という細かいリクエストなので、後でお知らせします。

○中野 では、質問は以上ですね。それではまたここで短い休憩を入れます。E.J.さんの時間で何時か分からないですが、10時まで休憩したいと思います。

○Dick では、15分ぐらいの休憩ですね。

○中野 お疲れさまでした。

【ホッケ道北系群】

○中野 それでは再開したいと思います。次は最後のホッケ道北系群です。

○中野 森田さん、お願いします。

○森田 よろしく申し上げます。森田です。それではホッケ道北系群の説明を始めたいと思います。これがホッケのメスとオスになります（スライド1）。

○森田 ホッケ道北系群に関して頂いたコメントは5つありました（スライド2～3）。それぞれプレゼンの関係する部分で回答をしていきたいと思っています。コメントをありがとうございました。

○森田 本日の説明内容についてはこれらになります（スライド4）。

生物学的情報（分布・回遊・成長等）について

○森田 ホッケ道北系群の分布について説明します（スライド5）。ホッケ道北系群は日本海の寿都あたりからオホーツク海にかけて分布しています。稚魚、幼魚期は日本

海側からサハリン側に広く分布しますが、満 1 歳になると底生生活に移ります。着底後は大部分が日本海に移動しますが、一部はオホーツク海に残ります。産卵場は利尻、礼文島など武蔵堆の浅い部分、また岩礁域で産卵を行います。産卵した魚は産卵場付近で生活し、広範囲の移動や回遊を行わなくなります。

- Dick この種は、ここで示されている漁場よりも超えて、分布は広く広がっていますか。この種の分布域をお示しく下さい。
- 森田 ホッケの分布自体は本州にも太平洋にも広がっています。この系群の主な漁場がこのあたりということです。
- Dick ありがとうございます。
- 森田 別の系群を含めると分布はもっと広いです。この系群はこちらに分布しているものについて評価を行っています。青で示したのは、メインで取れている漁場なので、分布自体はもう少し広いところを示すと思います。
- Dick 産卵場という意味ではどうでしょうか。この系群と隣接の系群とのつながりを理解しようとしているのですが、移動や回遊など、その近隣の系群との関係は情報として何かありますか。
- 森田 道南系群についてもスライド 5 で示している（道南日本海）あたりの沿岸の浅い産卵場で産卵を行い、道北系群とのつながりは指摘されています。遺伝的な構造という面ではあまり詳しい情報はありませんが、産卵場は確かに道北系群の近隣に分布しています。
- Dick ありがとうございます。
- 森田 それでは成長と成熟についてご説明します（スライド 6）。左は年齢と体重、体サイズの関係、こちらが年齢と成熟率の関係を示したものです。年齢と体重と体長の関係で、4 歳ぐらいになると頭打ちになる成長となっています。一方、成熟率は 1 歳の終わりぐらいに 80%程度、2 歳以上でほとんど全ての個体が産卵するといわれています。
- 森田 ここで、最近の研究についてご紹介したいと思います（スライド 7）。この研究では、1 歳のメスの成熟率はおおむね 80%程度ですが、加入量が多くなるにつれて成熟率が低下するという密度依存的な関係も最近は分かってきています。そのため、これらの知見を基に資源評価のアップデートが必要であると考えています。

漁獲量および年齢別漁獲尾数について

- 森田 これはホッケ道北系群の漁獲量について示した図です（スライド 8）。1980 年代半ばから 1998 年にかけて漁獲量は増加し、1998 年に 20 万トンを超える漁獲になりました。その後は 10 万トンから 15 万トン程度でしたが、2010 年あたりからこ

のように減少し、2015年、2016年に1万6,000トンと過去最少になりました。その後は若干の増加傾向になっています。2019年は2万9,000トンの漁獲量でした。

- 森田 次に Catch at age の構成についてお示しします (スライド 9)。この系群は沖合底曳き網漁業での漁獲が多く、0歳と1歳魚が多くを占めています。2012年以降、自主規制が行われており、特に0歳魚の漁獲を抑える試みが行われています。一方、2017年、2019年は年級群豊度が高く、0歳魚としても漁獲されていました。

チューニングに用いた指数について

- 森田 ここで頂いたコメント 17 についてご紹介したいと思います (スライド 10)。「スケトウダラ日本海系群の資源評価では資源量のそれぞれの重み付けをしていましたが、この評価では重み付けについて記載がありません。全ての資源量の指標値について、重みは同等としていますか」ということです。次のスライドで紹介したいと思います。
- 森田 左の図がチューニングに用いている沖合底曳き網漁業の標準化 CPUE の推移を示したものです (スライド 11)。これを 0 歳から 4 歳魚の指標として使っているため、重み付けはしていません。
- 森田 コメント 17 に関連して、チューニング指標値と資源計算に関する説明をします (スライド 11)。右の図に示したとおり、チューニングに用いた沖底標準化 CPUE の推移と沖底沿岸の漁獲割合を見ると、以前は沖底が非常に多かったのに対し、最近では沿岸の漁業と沖底の漁業がこのように大きく変動する傾向が見られています。近年は自主規制の影響により沖底の割合が大きく変わるため、この沖底の割合をホッケ道北系群ではチューニングに用いています。これについてはまた後ほどご説明いたします。
- 森田 次にコメント 18 について紹介します (スライド 12)。これについてもチューニングに関する質問で「 λ によってペナルティの重みを与えていると思うが、レポートで最終的な λ の値を見つけられなかった」「ペナルティの重みによって比較した資源量指標値のプロットを示すべき」「ペナルティ項に着目して最小化すると、資源量インデックスへの適合性が低下する可能性がある」というご指摘を頂きましたので、それについて一つずつお答えしていきます。

VPA 計算方法について

- 森田 まずこちらがチューニング VPA のモデルを示しています (スライド 13)。M は自然死亡係数で、0.295 を入江 (1983) から使っています。こちらの系群では、沖底の標準化 CPUE の動向が沖底の割合や選択率と資源量を掛けたものと合うように、チューニングを行っています。2020 年の資源評価では高齢の漁獲計数 F のレトロスペクティブバイアスを小さくするため、ペナルティの λ は 0.09 を用いました。最終的

な $\lambda=0.09$ というのは報告書の28ページや54ページに示していますので、ご覧ください。

- 森田 次に λ を変えた場合にインデックスと資源量の予測値がどのような傾向になるのかについて、こちらに示しました(スライド14)。ペナルティの重みが0のとき、0.5のとき、0.9のときを示しています。このように λ が大きくなるほど最近の資源量指標値はフィッティングが悪くなるという傾向があります。2020年の評価では左上の図で示した $\lambda=0.09$ を用いており、その場合の観測値と予測値の関係はこのようになっています。
- 森田 次にインデックスのフィッティングについてご紹介します(スライド15)。右の図はチューニング指標値として使用した沖底標準化CPUEと資源量のフィッティングの結果です。左の図は資源量とその予測CPUEとの関係を示しています。赤い線が推定した資源量、左下の図はべき乗関係を仮定した時の結果で、 b は1.289と推定されました。
- 森田 こちらが残差の傾向を示しています(スライド15)。2008年は外れ値となりますが、それ以外についてはこのように信頼区間に含まれています。
- 森田 一方、今までは沖底のCPUEを全ての年齢に対してチューニングの指標値として使ってきましたが、近年、若齢魚を保護している状況で、この指標値だけでチューニングするのが難しくなっているため、2021年の評価では加入量の推定精度を向上させるために新たな指標値を追加して試算を行っています。
最新の資源評価の検討の内容を示します(スライド16)。こちらは沖底のCPUE、こちらが新しく追加した加入量の指標値です。このような試みをしながら、資源計算の高度化を行っています。
- 森田 次にコメント19について紹介します(スライド17)。「GLMの年トレンドの推定値の標準誤差の情報を使っていないのか」というご質問ですが、2020年の資源評価では使っていません。今後、VPA上でフィッティングすることなどを含めて検討していきたいと思えます。
- 森田 次にコメント20への回答を示したいと思います(スライド18)。ご指摘にありました M を変えた場合の感度分析を行いました。左側が資源量、右側が産卵親魚量となっています。このように M を0.295から0.5倍した場合、1.5倍した場合、2倍した場合の検討結果です。0.5にすると直近年の資源量は評価結果より-13%、2倍、すなわち M を0.6程度にすると+36%という結果になりました。親魚量については資源量よりもその幅が少なくなりました。
- 森田 次にレトロスペクティブ解析について紹介したいと思います(スライド19)。それぞれの項目でレトロスペクティブバイアスを調べたところ、それぞれMohn's rhoの値は小さくなっていて、全体として大きなレトロスペクティブバイアスは見られていません。

- 森田 次に年齢別のレトロスペクティブバイアスを示したのがこの図です(スライド 20)。今回、 λ を 0.09 として、高齢のレトロスペクティブバイアスを抑えるような計算をしていますので、高齢部分でのレトロスペクティブバイアスは非常に小さくなっています。

資源評価計算での推定結果について

- 森田 次に年齢別の漁獲死亡係数を示します(スライド 21)。2008 年に非常に高い値が見られますが、最近では各年齢で下がってきています。2012 年以降、自主的管理が行われており、特に 0 歳魚の漁獲死亡係数は低下傾向にあります。また、1 歳魚についてもこのように低下傾向が多く見られています。自主的管理の規制は現在も継続中です。
- 森田 次に資源計算で得られた年齢別資源尾数を示します(スライド 22)。過去はこのように 3 歳以上も見られていましたが、近年は特に 0 歳魚、1 歳魚で構成されています。図で示したとおり、最近では非常に資源尾数が少なくなっている状態ですが、2019 年級群は 2012 年以降で比べると多い年級群となりました。
- 森田 次に資源量と親魚量の推移について紹介します(スライド 23)。資源量、親魚量ともに 1995 年あたりに非常に多かったものが減少傾向にあります。2016 年以降、資源量はこのように増加傾向にあります。一方、親魚量については回復傾向があまり見られていません。

再生産関係について

- 森田 次に加水量と親魚量の関係について、再生産関係についてご紹介します(スライド 24)。
- 森田 ここでコメント 16 についてご紹介したいと思います(スライド 25)。「ホッケ道北系群では再生産関係やモデル選択に関する比較、議論がなかった。再生産関係モデルによって管理基準値が大きく異なる可能性があるので、モデル比較によって将来予測や管理基準値の不確実性をよりよく示せるだろう」というコメントを頂きました。
- 森田 その回答がこちらになります(スライド 26)。2020 年のレポートで使用している再生産関係および管理基準値は 2019 年の研究機関会議で提案されたものです。2019 年の研究機関会議の際には、1985 年から 2017 年までのデータを用いて再生産関係やモデルの選択などを行っています。モデルとしてはホッケースティックモデル、リッカーモデル、ベバートンホルトモデル、最適化法は最小二乗法、絶対値最小法を用い、モデルや最適化法を選択しました。
- 森田 こちらがモデル選択の結果です(スライド 27)。1985 年から 2017 年までの親魚量と加水量の関係を使って、このようにホッケースティック、ベバートンホルト、

リッカーで比較を行っています。表で示したように、ホッケースティックモデルで AIC が最も小さくなりました。一方、リッカーモデルも再生産関係としては割とフィッティングが良い傾向が見られており、AIC も若干ホッケースティックより大きいという結果でした。最終的に、ホッケースティックの絶対値最小法 (L1) を使ってパラメータの推定を行いました。

次に、それらの再生産関係をもとに計算された管理基準値の違いについてご紹介いたします (スライド 27 続き)。研究機関会議で示したホッケースティックおよびリッカーの再生産関係を用いて算出された管理基準値は 11 万トンから 14 万トン程度となりました。

- Dick すみません。この 2019 年 4 月の再生産関係関係を比較した資料は頂いていましたでしょうか。私のほうの資料で見つからなかったのですが、頂いていたら申し訳ありません。
- 森田 再生産関係の比較を行った 2019 年に行われた研究機関会議のレポートについては、今回は提出していません。
- 森 研究機関会議報告書について翻訳をかけて送りますか。
- 安部 翻訳は中断しています。
- 中野 報告書の全部を英訳していたら大変なので、部分的に英語を書いて送ればいいのかではないですか。
- 森田 研究機関会議での再生産関係や管理基準値に関する資料について、後ほどお送りしたいと思います。それでよろしいでしょうか。
- Dick はい、ありがとうございます。
- 森田 次のスライドに進みます。こちらは 2019 年研究機関会議での再生産関係を用いて、2020 年の資源評価のデータを更新したものを示しています (スライド 28)。ホッケースティックの再生産関係の折れ点は 5.1 万トン程度でした。点線は 90% の信頼区間になります。2019 年の研究機関会議の後にデータを追加してプロットしたものとなっています。

管理基準値と神戸プロットについて

- 森田 次に管理基準値と神戸プロットについて説明します (スライド 29)。
- 森田 こちらは管理基準値の案を示しています (スライド 30)。MSY を実現する時の親魚量は 11 万 2,000 トンとなりました。限界基準値である SBlimit は MSY の 60% を達成する時の親魚量で 3 万 4,000 トンとなります。禁漁水準 (SBban) は 10%MSY とし、親魚量 5,000 トンと設定しました。
- 森田 次に神戸プロットをお示しします (スライド 31)。近年はこの赤いゾーンから黄色のゾーンに若干入ってきている状態です。近年の F/F_{msy} は 1 を下回る水準、もし

くは同等となっています。一方、親魚量は SB_{limit} や SB_{msy} を下回る水準となっています。

漁獲管理規則と将来予測について

- 森田 次に漁獲管理規則と将来予測について説明します（スライド 32）。
- 森田 こちらは Harvest Control Rule を示しています（スライド 33）。左側が F/F_{msy} の比で示した HCR、右側が漁獲量の HCR を示しています。

2019 年の研究機関会議では予防的な原理を考えて、親魚量が SB_{limit} 以上であれば $0.8F_{msy}$ での漁獲が推奨されています。親魚量が SB_{limit} を下回った場合を直線的に引き下げるという Harvest Control Rule になっています。これらは他の魚種とも共通しているものです。
- 森田 このスライドは通常の加入を想定した場合の将来予測を示しています（スライド 34）。ホッケースティックの再生産関係を仮定し、加入が通常対数正規分布で起こると仮定した場合のものです。ピンクで示した $0.8F_{msy}$ では、このように回復スピードが速くなっています。青で示した $F_{current}$ とした場合は $0.8F_{msy}$ よりは下がりますが、それでもすぐに回復するという結果になります。
- 森田 こちらは調整係数 β を 1 から 0 としたときの目標管理基準値を 50%以上で上回る確率を示しています（スライド 35）。

- Dick 1 枚、戻っていただけますか。近い将来、HCR は F として $0.8F_{msy}$ 以下をもたらすと考えていらっしゃるのでしょうか。この漁獲管理規則を見ているのですが、資源が SB_{limit} を下回る場合 F は 0.8 より低い値となることを想定されているのでしょうか。
- 中野 先ほどと同じで、近未来は 0.8 よりも小さいのでしょうか。
- 森田 はい。
- Dick その前提でシミュレーションを行われたのでしょうか。ここで HCR には $0.8F_{msy}$ と書いてありますが、資源量が SB_{limit} 以下になったら変更されるとありますので、それもシミュレーションに入っているのかどうかについて確認したいです。
- 森 このシミュレーションだと限界管理基準値以下は 0.8 より低い F でかかっていると思います。
- 森田 資源評価年以降の Harvest Control Rule ではそのように設定されていると思います。
- Dick それでは、この HCR のスライドを見ていただきますと、資源が SB_{limit} 以下になるときは、漁獲死亡率 F が $0.8F_{msy}$ 以下になるべきだと設定して計算されているかどうかを確認したいです。資源が SB_{limit} に回復するまで、その F を使っているのかということ。資源が SB_{limit} の上になったら F は $0.8F_{msy}$ というこ

とでした。ただ、その下になっている場合には、より低い値でシミュレーションされたという理解でよろしいでしょうか。

- 森田 SBlimit を下回っている場合には 0.8 ではなく、それにさらに係数を掛けて、直線的に F を引き下げような Harvest Control Rule になっています。将来予測もそれで行っています。
- Dick ありがとうございます。それがその次のスライドですね。HCR (0.8Fmsy) と書かれていたので、この 0.8Fmsy を資源量の量にかかわらず与えているのかなと思いました。
- 中野 その表記が誤解を招きやすいですね。
- 森田 すみません。気を付けます。

- 森田 こちらが調整係数 β を 1 から 0 にしたときの確率を示しています(スライド 35)。上が目標管理基準値を上回る確率、下が限界管理基準値を上回る確率を示しています。例えば β が 0.8 であれば、2025 年には SBtarget を 50%以上の確率で上回るという将来予測になっています。
- 森田 次に平均的な親魚量と漁獲量の将来予測についてお示しします(スライド 36)。研究機関会議では、簡易 MSE などの結果も踏まえて β は 0.7 以下にする方が良いと提案されました。親魚量はこのように β が高いと回復するまでに時間がかかりますが、 β を小さくすることによって早く回復するようになっています。
- 森田 一方、ホッケでは近年、加入の残差が負に偏る傾向が見られたので、2020 年の評価では低加入のシナリオを想定した将来予測を行いました。その場合の結果がこちらです(スライド 37)。調整係数 β を 1 から 0 にした場合は先ほどよりも回復のスピードが遅くなるのが分かります。例えば β が 0.6 であれば、2028 年以降は 50%以上の確率で SBtarget を上回るという結果になります。低加入が続く場合は資源回復までに時間がかかることが想定されます。
- 森田 次に平均的な親魚量と漁獲量の将来予測の結果をお示しします(スライド 38)。このように低加入シナリオの場合、資源回復までには時間がかかることが想定されるため、評価については慎重になる必要があります。
- 森田 ホッケの道北系群の発表については終了です。

質疑応答

- 中野 森田さん、ありがとうございます。
- 中野 プレゼンは以上ですので、質疑応答の時間にしたいと思います。Dick さん、どうぞ。
- Dick ありがとうございます。この系群の分布では北海道の南部、道南の系群に言及されていましたが、その二つの系群のトレンドを比較された結果を示せたら面白いと

思います。道南の系群については資源評価を見ていないので、その二つの異なる系群に関して何かシンクロしているところがあるのか、交流があるのか、混合があるのかということは探究する価値があるのではないかと思います。質問ではなくコメントです。

○Dick 次に、漁獲物の年齢組成に関連して質問があります。最近では0歳魚の漁獲を避けているということでしたが、0歳魚のほうが産卵場に近いなど、何か年齢別に空間分布のパターンがあるのでしょうか。それによって特に禁漁区にするなど、0歳魚を漁獲することを回避するためにどのような措置が取られているのでしょうか。

○中野 自主規制の内容です。

○森田 まず道南系群とのトレンドの比較について、コメントをありがとうございます。今回は道北系群についてご紹介しましたが、道南系群についても同じようにトレンドを見ていまして、道北系群で非常に多く卓越年級群が出たときには道南系群でも漁獲量が非常に多くなるという似た傾向が見られています。これはやはり産卵場が割と近いところにあることと、似た環境変動に対して同じような傾向を示すことが考えられます。

○森田 次に0歳魚を避けていることに関しましては、沖底漁業の網にデータロガーを付けさせてもらって、どのような水深で漁獲されているかを確認しています。以前は浅い水深帯で0歳魚が漁獲されていましたが、最近はそのような水深帯での漁獲が行われていないことと、実際に漁獲物のサンプルから年齢も見ており、0歳魚があまり取られていないことは確認されています。

○中野 漁業サイドの漁獲規制や自主規制はどういうふうに行っていますか。

○森田 漁業サイドの自主規制は、2008年から10年を基準として漁獲量を3割削減、もしくは努力量を3割削減という削減措置が取られています。

○中野 0歳魚の漁獲を避けるために行っている自主規制はどのようなことをしていますか。

○森田 沖底では、0歳魚のいる水深帯を避けて漁獲しています。

○中野 操業形態を変えて、選択的に網を曳く水深を変えているのですね。

○森 そもそも沖底は若齢魚を獲るので、沖底の努力量を削減すること自体が0歳魚の漁獲を抑える効果があります。

○Dick この種は混合種を対象とした漁獲物なのでしょうか。それともほとんどホッケを対象とした漁獲で取られるのでしょうか。

○森田 沖底漁業ではホッケの他にスケトウダラやマダラ、ソウハチといった底魚がよく獲られています。以前はスケトウダラの漁獲が多かったですが、現在はスケトウダラにはTACがあり、漁獲が規制されていますので、最近ではホッケやマダラが漁獲の主体となっています。

- Dick 漁具の制限などはトライされたのでしょうか。
- 中野 漁具の制限は行っていますか。
- Dick 特に0歳魚を避けて、選択的に大型しか取らないように漁具を調整することはあるのでしょうか。
- 森田 同じ網を使っていますので、0歳魚に対して漁具を変えることは行っていません。水深帯を変えたり、漁場を変えたりすることで0歳魚を避けるという動きになっています。
- 中野 沖底と何でしたか。
- 森田 沿岸。
- 中野 沿岸ですか。沖底は選択的に獲っているという話は言っていないと思います。
- Dick もう一つ、質問があります。この質問は、後で出てくるスライドに関連した質問です。確か34番だと思いますが、将来予測のスライドがありました。資源が非常に急回復しています。そして、低加入のシナリオも試していらっしやっただと思いましたが、スライドの中にこの二つの加入の想定を比べたスライドはありましたか。それがあると分かりやすいかと思いました。
- 森田 すみません。同じ図に二つを並べたものは用意していません。
- Dick 別々でもいいですが、見せていただけますか。
- 森田 低加入のシナリオに関する将来予測の図は、今回の発表スライドには載せていません。報告書には載せていたと思います。参考資料の23ページに、低加入シナリオでの将来予測の図を載せていますが、ご覧いただける状態でしょうか。
- 中野 アセスメントレポートですか。
- 森田 管理基準値に関する報告書です。
- 中野 Scientific meeting report ですね。
- 森田 23ページに将来予測の図を載せています。appendixのfigure 2-2です。
- Dick 分かりました。後で探します。図がありました。これらの将来予測は提案されているHCRに基づいていて、現在の漁獲死亡率ベースでの漁獲を前提とすると書いてありますので、加入量の違いの前提は含まれていないと考えられます。この資源量のぶれが非常に大きいので、なぜこのように資源が激しく増減するのかを理解したいのですが、コメントをしていただけますでしょうか。
- 森田 通常の加入を想定した場合、ホッケースティック再生産関係の産卵親魚量に対応して、加入がすぐ多くなることが想定されますので、このような回復スピードの速い将来予測になっています。ホッケの成熟率は1歳で80%と割と若齢で成熟するので、回転スピードが速く、良い加入が出ればすぐ回復するという状況になっています。

- 森田 一方で近年は加入が非常に悪い状況が続いていますので、このような通常加入はなかなか想定しにくい状況だと思っています。そのため、低加入シナリオのほうが現実的な加入を示していると考えています。
- Dick ありがとうございます。これはこの系群の色々な状況を把握するのに非常に役立つ情報だと思います。確かスケトウダラの太平洋系群の話のときにも出したと思いますが、異なったシナリオをさまざまな漁獲のオプションで照らし合わせるといろいろな自然状態に合わせた管理の差の影響が分かると思います。このお仕事をなさっている科学者の皆さんはとても素晴らしいなと思いました。
- Dick 私のほうからは以上となります。他の質問はマイナーなものですので、レポートの中に将来の研究の可能性として含ませていただければと思います。
- 森田 ありがとうございます。
- 中野 E.J.さん、ありがとうございました。森田さんからコメントはありますか。
- 森田 特に何を改善すればいいか、教えていただければと思います。
- 中野 後でまとめてコメントをもらおうと思います。
- 中野 それでは、ここでミーティングの最後になりますので、最終的にまとめのコメントや印象などを頂ければと思います。このようなピアレビューのミーティングをいかが思われましたでしょうか。
- Dick 全体的なコメントといたしましては非常に感銘を受けました。作業量も努力も非常に多く、質問数もかなり多かったので、大変なお仕事だったと思いますが、チームの皆さんにしっかりとご回答していただき、本当に感謝申し上げます。
- Dick 一つ、何度か繰り返した点で、できる限りということですが、パラメータや加入量などに不確実性の記述を入れていただくことは非常に価値があることだと思っています。そこを発展させていただければ大変に有用かと思っています。
- Dick とはいえ、全体的には非常に感銘を受けた皆さんのお仕事でした。また、コメントをしっかりと頂きまして、レビューをさせていただきたいと思います。
- 中野 ありがとうございます。他の皆さんから何かコメントはありますか。
- 中野 特にないようです。私のほうからも、先生にはたくさん書類を読んでいただき、とても有用なコメントや提案を頂いたことに感謝したいと思います。これからもぜひコンタクトを続けさせていただきたいと思います。またピアレビューのレポートも楽しみにしています。
- Dick あと、期限はいつかというメールをお送りします。
- (以上、和訳部分校閲：宮川、真鍋)