

ホッケ道北系群資源評価手法の高度化

水産資源研究所 水産資源研究センター 底魚資源部 底魚第1グループ

研究の背景・目的

1. 水産庁委託事業の下、共同実施（JV）機関である北海道立総合研究機構（道総研） 稚内水産試験場、中央水産試験場、網走水産試験場と実施しているホッケ道北系群の資源評価では、2000年代後半から2010年代中盤にかけて資源量が大きく減少したことが示されています。この資源減少を受けて、2012年下半期から漁業者の自主管理として漁獲削減と若齢魚保護の取組が行われています。
2. 本資源では、国内の他の多くの資源と同様に、コホート解析（VPA）^{*1}による資源評価を行っています。その際、沖合底びき網（沖底）漁業による網数あたりの漁獲量（沖底CPUE）と資源量との推移が合うように最近年の漁獲圧を推定するチューニング^{*2}を行うことで、より精度の高い資源量推定を図ってきました。しかし、近年の自主管理により、特に0歳魚の漁獲量が抑制されたことで、その漁獲状況を反映した沖底CPUEのみを用いたチューニングでは、直近年の0歳魚資源尾数（加入量）を正確に推定することが困難になりました。
3. 直近年の加入量は短期的な資源の動向を予測する上で非常に重要です。今回の資源評価では、自主管理による0歳魚の獲り控えの影響を受けにくい1歳魚の標準化CPUEを新たに構築し、それを加入量に対応した指標値としてVPAに加えることにより、資源評価精度のさらなる向上を図りました。

研究成果

1. 小樽を根拠地とする沖底漁船から提供を受けた評価最終年の半期先までの詳細な漁獲情報（2016年下半期～2021年上半期）から、JV機関の協力の下で収集した漁獲物の年齢組成を用いて1歳魚の漁獲情報を抽出しました。抽出した漁獲情報に基づく1歳魚のCPUEを、下記に示す標準化を施した上で、前年（2020年）の加入量に対応した指標値として新たにVPAのチューニングに加えました（図1）。
2. この1歳魚のCPUEには、資源の年変動以外の情報を除去するためデルタ型2段階法^{*3}の下で一般化線形混合モデル（GLMM）^{*5}による標準化を行いました。標準化にGLMMを用いることで、通常の標準化

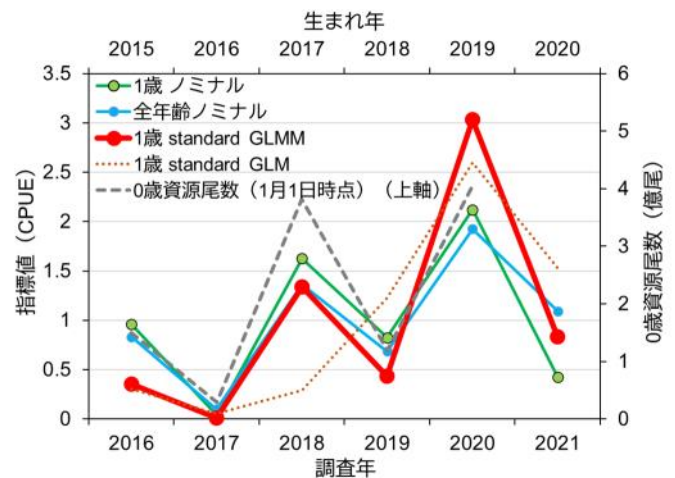


図1. 新たに構築した加入量に対応する指標値、その他の指標値及び0歳資源尾数（加入量）の比較
上の横軸は生まれ年、下の横軸は調査年を示す。一般化線形混合モデル（GLMM）を用いて標準化した1歳魚のCPUE（赤）を加入量に対応する新たなチューニング指標値として最も適切と判断した。標準化していない1歳魚のノミナルCPUE^{*6}（緑）や全年齢を込みにしたノミナルCPUE（青）は、JV機関や漁業者からの情報に基づき、年によっては過大評価・過小評価となると判断した。一般化線形モデル（GLM）で標準化した1歳魚CPUE（茶）は2017年生まれの方が過小評価であると判断した。

で用いられる一般化線形モデル（GLM）^{*4}ではデータの欠損により取り扱うことが出来ない年効果と月効果の交互作用（年による月での獲られ方の違い）の影響を標準化にて考慮することを実現し、指標値の精度向上につなげました。

3. 沖底で漁獲されるホッケは、他魚種の漁獲状況や水温の影響などにより、獲られ方が大きく異なります。そのため、標準化モデルで用いる説明変数には、どのような水深、水温で漁獲されているかなど、ホッケを狙った操業の影響を考慮することが必要です。今回の資源評価では、沖底漁船の漁具へ取り付けられたデータロガーによる水温・水深情報や漁区の情報もGLMMモデルの説明変数に加えることで、漁場環境の特性の違いが示すホッケを狙った操業の影響を考慮しました。
4. 標準化した1歳魚のCPUEをVPAの指標値に加えることで、懸案であった直近年の加入量推定値の妥当性が大きく向上しました。今回の資源評価から、道総研が先行的に実施していた半期単位のVPAに変更し

たことも相まって、これまでよりも安定した資源量推定を実現しました。このことは、VPAの推定結果の安定性を評価するために国際的に広く使用される手法であるレトロスペクティブ解析^{*7}により確かめられました(図2)。

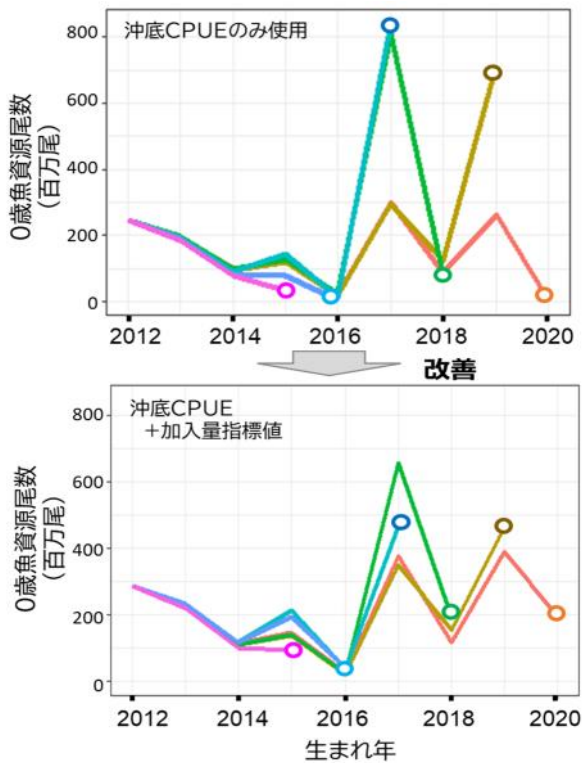


図2. レトロスペクティブ解析による推定結果の安定性の評価

それぞれ異なる色の線は、直近年から1年ずつデータを減らして資源計算し直した場合の0歳魚資源尾数の推定結果を示す。このように推定された結果が過去にわたって偏りがないか確認する手法(レトロスペクティブ解析)でも、従来の沖底CPUEのみでチューニングする場合と比べて(上段)、新たな加入量指標値(1歳魚CPUE)も併せて用いること(下段)で、VPAでの加入量の推定結果が安定し、推定結果の偏りも小さくなることが確認された。特に、2017年生まれや2019年生まれが資源計算の最終年にあたる場合、チューニング指数として沖底CPUEのみ使用した場合に比べて加入量指標値を加える場合の方が0歳魚資源尾数の推定結果が安定することが示された。

波及効果

1. 本資源では、近年、非常に低い年級群が散発するなど、加入量の年変化が大きくなっています。そのような中で、自主管理による若齢魚の獲り控えが行われており、管理の効果を正しく知るためには、正確な加入量の推定が不可欠であると考えられています。今回、GLMMで標準化した1歳魚のCPUEを導入したことによる加入量の推定精度の向上は、高精度の将来の資源量の短期予測の実現につながるのみならず、獲り控

えによる漁獲圧削減の状況をより明確に示すことを可能にするものです。これは、資源状態と利用の現状の理解に大きく資するものと期待され、今後のホッケ道北系群の資源管理に向けた議論の基礎となります。2. 資源評価結果の妥当性・安定性の向上により、改正漁業法の下での適切な資源管理へに向けた行政官・漁業者らによる議論に対し、より正確な科学的助言を提供することが可能になります。

用語説明

*1 コホート解析 (Virtual Population Analysis, VPA)

資源量推定の代表的手法の一つ。年齢別漁獲尾数と自然死亡係数を利用して年齢別漁獲係数と資源尾数を推定する方法。

*2 チューニング

コホート解析(VPA)において、年齢別漁獲尾数以外に資源量指数や漁獲努力量などの情報が得られている場合に、VPAから計算される資源量と資源量指数が良く合うように漁獲係数を調整する方法。

*3 デルタ型2段階法

最初にゼロ・データの割合をロジスティック回帰などにより推定し、次に非ゼロ・データに共分散分析等を適用し、非ゼロ・データの割合と非ゼロ部分の応答変数(この研究ではCPUE)の値を掛け合わせる方法。

*4 一般化線形モデル (Generalized Linear Model, GLM)

通常の正規分布を仮定した線形モデルを拡張して、目的変数が連続変数でない等、より広い範囲のデータを扱うことができる統計モデル。

*5 一般化線形混合モデル (Generalized Linear Mixed Model, GLMM)

一般化線形モデルをさらに拡張した統計解析モデル。固定効果に加え、変量効果を使用することによって、より柔軟なモデル解析が可能である。

*6 ノミナルCPUE

データの偏りを取り除いていない(標準化されていない)CPUE。

*7 レトロスペクティブ解析

直近年から1年ずつデータを減らしてVPAを行い、元のVPAの推定結果と比較することで、資源尾数や漁獲係数の偏りを評価するために用いられる診断手法。データの削除によって大きく値が変わる(特に傾向的に変わる)場合、安定した推定が出来ていないと判断される。