

# 資源評価レビュー報告書

(マダイ日本海西部・東シナ海系群, マダイ瀬戸内海中・西部系群, ヒラメ瀬戸内海系群)

山川 卓 (東京大学大学院農学生命科学研究科)

2024年1月16日

## 1. はじめに

2023年11月8日(水), 11月9日(木)に国立研究開発法人水産研究・教育機構の水産資源研究所(横浜市)において, 以下の資源(2魚種3系群)の資源評価に係るピア・レビュー委員会が開催された

- 1) マダイ日本海西部・東シナ海系群
- 2) マダイ瀬戸内海中・西部系群
- 3) ヒラメ瀬戸内海系群

レビューパネルは, 米国海洋大気庁(NOAA)の海外査読者2名と日本の査読者1名(山川)で構成された。委員会では, 各資源評価担当者によるプレゼンテーションが行われるとともに, 事前に各査読者から提出された質問書に対する回答・説明がなされた。加えて, 以上を踏まえた質疑応答が実施された。

なお, これら3系群の資源評価に関する私からのコメントには, 3系群に共通する事項も多く含まれるので, 記述の重複を避けるため, 3系群の資源評価レビューについて本稿で一括して報告する。ただし, 各コメントの末尾のカッコ内に系群名を付記することで, どの系群に関するコメントなのかが特定できるように留意した。

## 2. 委託事項(TOR)の項目A)―G)に関する資源評価レビュー報告

### A) 使用データ

漁獲量データについて, 可能なかぎり過去に遡ったデータを入手・整理して解析に利用すべきであることは言うまでもない。この点について, いずれの系群でも十分な長さの時系列データを利用していると評価できるが, マダイ瀬戸内海中・西部系群については, 1977年以降の漁業種類別漁獲量(図3-1)と年齢別漁獲尾数(図3-2)の推移が示されているものの, それ以前のデータについてもできるだけ長期に遡った歴史的推移を概観できるよう, 中身の詳細は不明だとしても総量の推移くらいは示しておくのが望ましいのではなかろうか。

(例えば, マダイ日本海西部・東シナ海系群の報告書の図3-2や, ヒラメ瀬戸内海系群の報告書の図3-1のように)(マダイ瀬戸内海中・西部系群)

なお, 年齢別漁獲尾数のデータについては, 従来型の積み上げ棒グラフに加えて, 他の査読者からの指摘にあったように, 年齢を横軸にとった頻度分布グラフを年別に作成してそれらを並べた図としても示すようにすれば, 年齢構成の経年変化をより明確に概観するこ

とができるようになると感じた。(マダイ日本海西部・東シナ海系群, マダイ瀬戸内海中・西部系群, ヒラメ瀬戸内海系群)

## B) 生物学的パラメータ

### (1) 年齢, 成長の評価

長期にわたるデータを使用する場合, 資源水準や環境の変化等に伴って成長も経年的に変化することが考えられる。したがって, 年齢別漁獲尾数データの作成にあたっては, Age-length key も経年的に評価し直して更新していくべきであろうが, しかしその一方で, 年齢形質の読輪を毎年, 解析に十分な個体数について実施するのは一般に多大な労力を要する。また, 成長の変化を過去のデータに遡って評価し直そうとする場合, 比較的十分な件数のデータが利用できる年と, そうでない年が混在していたりもする。例えば, ヒラメ瀬戸内海系群に関する質疑応答プレゼンの中で, 1995年から2004年の成長データおよびそれらを基にした von Bertalanffy 成長式の推定結果の図が雌雄別・年別に示されたが, 年によっては必ずしも十分な件数のデータが揃っているとは言えないという難点があった。しかし, このような過去のデータは貴重なものであり, できるだけそれらの情報を逸失させず解析に十分に活用できるような手法・ツールの開発を進めるべきではなかろうか。また, Age-length key の評価には, 年齢形質によるデータの他に, 体長組成データや銘柄組成データ, 標識放流データも利用可能であり, これらに関する過去のデータも併用しつつ, 既往情報をできる限り有効活用していくことのできるような手法・ツールの開発が望まれよう。

この点に関してはレビュー委員会の中でも言及したが, 例えば, 階層ベイズモデル等の利用によって, パラメータ値の経年変化を許容しつつ, データ件数の少ない年についても周辺年の情報と併せて解析することで安定的な解析結果を得ることのできる手法・ツールを開発することが解決策として考えられる。状態空間モデルの利用によって, 成長に関する真の状態の推移に関する状態方程式と, その真の状態から得られる複数種類の観測データ(年齢形質データ, 体長組成データ, 銘柄組成データ, 標識放流データ)を表す観測方程式を統合して解析することができれば, 過去に得られたすべての歴史的情報を有効活用しつつ, 現在の状況を柔軟に評価し直して年齢別漁獲尾数の推定に利用していくことが可能になるのではなかろうか。この課題は, すべての種・系群の評価の入り口において共通する事項であるので, 一旦, そのような手法・ツールが開発できれば, 日本周辺海域におけるすべての種・系群の年齢別漁獲尾数データの精度向上および成長の経年変化の適切な評価に寄与できる可能性があるだろう。(マダイ日本海西部・東シナ海系群, マダイ瀬戸内海中・西部系群, ヒラメ瀬戸内海系群)

一方, 異体類では一般に, 雌の成熟開始年齢が雄の成熟開始年齢よりも高いため, 繁殖へのエネルギー配分が雄よりも高い年齢になってから開始され, このため, 雌のほうが雄よりも成長速度が高くなり, さらに, 最終到達体サイズも大きくなると考えられる。しかし, ヒラメ瀬戸内海系群の場合, 年齢別成熟割合の推移には大きな雌雄差は見られないとして以

後の解析 (e.g., 親魚量の計算) が行われている。この点については慎重な扱いが必要であり、今後、十分なデータを収集したうえで評価し直して見る必要があるように思える。(ヒラメ瀬戸内海系群)

## (2) 自然死亡係数 $M$

マダイ日本海西部・東シナ海系群では、再生産関係にホッケースティック型再生産関係を用いている。ホッケースティック型再生産関係では、折れ点より高い親魚量水準では毎年、一定水準の加入が生じることを前提としていることから、いわば YPR の最大化を目指す方策 (すなわち  $F_{max}$ ) を目指すことと同等である。しかし、 $F_{max}$  の推定値は一般に、自然死亡係数  $M$  の仮定値に強く左右され、不確実性が高いと考えられる。したがって、自然死亡係数  $M$  の値が全体の解析結果に与える影響を慎重に検討しておく必要があるだろう。図 4-5 には自然死亡係数  $M$  の値に対する資源量、親魚量、加入量の感度解析結果が示されているが、それらの結果を用いた再生産関係および  $SB_{msy}$ ,  $F_{msy}$  の感度解析も行って見る必要があるのではなかろうか。(マダイ日本海西部・東シナ海系群)

同様に、マダイ瀬戸内海中・西部系群では図 4-5 に、ヒラメ瀬戸内海系群では図 4-6~4-8 に、自然死亡係数  $M$  の値に対する加入量 (加入尾数)、親魚量、資源量の感度解析結果が示されているが、それらの結果を用いた再生産関係および  $SB_{msy}$ ,  $F_{msy}$  の感度解析も行って見ることが望ましい (マダイ瀬戸内海中・西部系群, ヒラメ瀬戸内海系群)

## C) 基本的な生物情報 (分布, 回遊, 個体群など)

レビュー委員会では、系群の地理的境界の設定方法の妥当性について、他の査読者から多くの指摘がなされた。今後、温暖化に伴う分布域の変化等とあわせて、注視しておくべき課題であろう。(マダイ日本海西部・東シナ海系群)

## D) 資源評価方法

### (1) 再生産関係

一般に、ホッケースティック型再生産関係 (や Beverton-Holt 型再生産関係) は密度効果を過小評価する傾向があり、高い親魚量水準において加入量を過大推定しやすいので、注意が必要である。(例えば Yang and Yamakawa (2022) を参照されたい) (マダイ日本海西部・東シナ海系群, ヒラメ瀬戸内海系群)

ヒラメ瀬戸内海系群における再生産関係のプロット (図 4-14) を見ると、「管理基準値等に関する研究機関会議」の時よりも新たなデータが加わった結果、ホッケースティック型よりも Ricker 型のほうが、より妥当性の高い当てはまりを示すようになっているのではないかと想像されるが、見直しを行う必要がないかどうか検討が必要であろう。(ヒラメ瀬戸内海系群)

### (2) 雌雄の成長差のある種についての資源評価方法

前述のとおり、ヒラメは雌雄間で大きな成長差があるため、漁獲圧の変化等に伴って年代

とともに漁獲物や資源における雌雄比が変化することが考えられる。したがって、資源評価においても、そのような変化を考慮する必要があると考えられる。今後は、雌雄別に資源評価を行ったうえでその結果を総合する等、雌雄間で大きな成長差のある資源についての適切な評価手法を検討していく必要があるのではなかろうか。(ヒラメ瀬戸内海系群)

## E) データの統計的解析方法

### (1) CPUE 標準化

マダイ日本海西部・東シナ海系群では、CPUE 標準化の説明変数に水温を含めているが、もし仮に水温が資源変動にも影響を与えうる要因である場合、水温をモデルに含めてその影響を除去してしまうと、水温変動に起因する資源変動成分(年効果)も除去してしまうことになるので注意が必要である。本来、CPUE 標準化は漁具能率や空間的分布を左右する要因の影響を除去することで資源水準の経年変動をできるだけ正確に抽出しようとするものである。漁具能率や分布に影響を与える要因はモデル内に含めてその影響を除去すべきであるが、資源変動自体に影響を与えうる要因はモデル内に含めるべきではないという点に注意が必要である。したがって、CPUE 標準化に水温を含める場合は、水温が資源変動に影響を与える可能性がないことを事前に確認しておく必要がある。このように、CPUE 標準化においては、とにかく利用可能なデータをすべて含めて GLM や GAM で解析したうえで AIC 等で事後的に変数選択を行っていくという手法は、場合によっては CPUE 標準化の目的を逸脱してしまうことにもなりかねないので、解析に供する要因の選択に注意が必要である。(マダイ日本海西部・東シナ海系群)

マダイ瀬戸内海中・西部系群では、小型底びき網漁業について長期の CPUE データが得られているが(図 4-1)、その標準化を行って VPA のチューニングに用いなかった理由(海域の代表性が不足)が補足資料 2 の(6)で説明されている。今後は、海域の代表性を担保するためにはどのようなデータが必要かを検討したうえで、もし可能であるならそれらのデータも入手して解析に利用していけるような体制整備が望まれる。(マダイ瀬戸内海中・西部系群)

ヒラメ瀬戸内海系群では、VPA のチューニング指標に標本船の CPUE を用いているが、今後は、何らかの標準化を行うことも検討してみたいかがか。(ヒラメ瀬戸内海系群)

## F) 資源評価結果

### (1) レトロスペクティブバイアス

マダイ日本海西部・東シナ海系群に関するレトロスペクティブ解析の結果(補足図 2-3)を見ると、資源量と加入尾数の推定において近年、過小推定の傾向が見受けられるが、その原因を特定して対策を講じる必要があるだろう。(マダイ日本海西部・東シナ海系群)

また同様に、マダイ瀬戸内海中・西部系群のレトロスペクティブ解析の結果(補足図 2-1, 2-2)を見ると、親魚量や資源量の推定において近年、過小推定の傾向が見受けられるが、

その原因を特定して対策を講じる必要があるだろう。(マダイ瀬戸内海中・西部系群)

## (2) SBmsy 推定値の妥当性

マダイ日本海西部・東シナ海系群では、再生産関係の推定に利用できる親魚量の範囲が非常に狭いため、MSY を実現する親魚量 SBmsy や漁獲係数 Fmsy が極端な外挿推定となっており、それらの推定値には大きな不確実性を伴うと考えられる。この点に関して、慎重な対応およびステークホルダーへの説明における工夫が必要だと思われる。また、本文中でもこの点に関連した丁寧な説明が必要だろう。将来的には、SBmsy や Fmsy の信頼区間の算出が可能な評価手法に移行していく必要があると思われる(少なくとも、余剰生産量モデルではそのような評価が可能である)。(マダイ日本海西部・東シナ海系群)

## (3) 人工種苗放流効果

ヒラメ瀬戸内海系群では、図 4-11 に人工種苗由来加入尾数の推移や添加効率の推移を併記しておいてはいかがか。(ヒラメ瀬戸内海系群)

## G) 将来予測

### (1) 将来予測の不確実性

一般に、資源水準が高くなると密度効果によって成長速度の低下や成熟年齢の遅延、生残率の低下等が生じる可能性が考えられるが、将来計算においてそのような可能性を何ら考慮していない。成長-生残モデルと再生産関係の組み合わせで将来予測を行う場合、再生産関係における密度効果は考慮されるが、その他の密度効果は一般に考慮されないため、注意が必要である。とくに、ホッケースティック型再生産関係で極端な外挿推定を行っているマダイ日本海西部・東シナ海系群ではそれらの影響が大きい可能性が考えられるため、慎重な対応が必要である。(マダイ日本海西部・東シナ海系群)

## H) その他

### (1) 成長乱獲への対応

マダイ日本海西部・東シナ海系群のホッケースティック型再生産関係に基づく「YPR 管理」において、現状では成長乱獲 (growth overfishing) が生じているので漁獲係数 F を大幅に引き下げる必要がある、という計算結果になっているが、成長乱獲への対応としては、漁獲係数 F の引き下げに加えて、漁獲開始年齢の引き上げも一般に高い効果を挙げることのできる方策であると考えられる。ついては、Beverton-Holt の「等 YPR 線図」を作成することで漁獲開始年齢等の高低が YPR に与える影響も含めて可視化し、「6.その他」のところで提示して説明しておいてはいかがか。(マダイ日本海西部・東シナ海系群)

マダイ瀬戸内海中・西部系群、ヒラメ瀬戸内海系群においても、マダイ日本海西部・東シナ海系群と同様に、Beverton-Holt の「等 YPR 線図」を作成することで漁獲開始年齢の高低が YPR に与える影響も含めて可視化し、「6.その他」のところで提示して説明しておいてはいかがか。(マダイ瀬戸内海中・西部系群、ヒラメ瀬戸内海系群)

## (2) 研究機関会議報告書の内容に関する情報提示

今回のレビューにおいて「管理基準値等に関する研究機関会議」の報告書の内容は TOR の対象外であり、その報告書も査読者に配布されていないが、本来であれば、将来の見直し検討のためにも、それも含めてレビューに供すべきではなかろうか。少なくとも、研究機関会議の報告書の内容が査読者に示されていないと、資源評価報告書の内容に関してその背景が理解できない箇所があると思われるので、参考情報として提供されるべきではあろう。(マダイ日本海西部・東シナ海系群, マダイ瀬戸内海中・西部系群, ヒラメ瀬戸内海系群)

## 3. 全体コメント

必ずしも十分な情報が利用できない種 (data-poor stocks, data-limited stocks) の資源評価および資源管理は、今後の大きな課題であると考えられる。とくに、今回のレビュー対象のマダイ日本海西部・東シナ海系群の評価においては、大きな問題があるという印象を持った。当該系群では少なくとも、現状の親魚量水準において加入量や資源量が長期にわたって安定的に推移しており、資源を緊急に回復させる必要性が高いとは言えないにもかかわらず、漁獲量を緊急に大幅削減(半減)して漁業者に多大な損失を当初に負わせる必要があるという評価結果が提示されていることに違和感を覚える。前述の通り、極端な外挿推定になっている資源では慎重な検討が必要であるという典型例であろう。

仮に、当該系群の資源評価結果に従って、2022年の漁獲量に対して2023年の漁獲量をほぼ半減させた場合、その後に資源量が想定どおり増加するか否かについては、外挿推定に起因する高い不確実性が存在する。最悪のケースでは、2023年からの2~3年間、漁獲量を大きく削減して漁業者(やその川下の業者および消費者)に多大な損失を負わせたにもかかわらず、その後、資源の増加が想定よりも思わしくなく、彼らにとってのメリットが期待したほど得られない、といったことにもなりかねない可能性があるのではなかろうか。

このような方策は、「最初に損失を確定させるが、その結果として後からどの程度の利益が得られるかは不確実」という方策であり、「no regret policy (後悔しない政策)」という考え方に反する方策であると言えよう。「no regret policy」の視点からは、まずは現状よりも少しだけ(無理のない範囲で)漁獲圧を低下させて資源の増加を図ることで、現状よりも少し上の水準の親魚量データを得て再生産関係の再評価を行い、そしてそれを基に更なる管理を行って徐々に、より上の資源水準を目指していく、といった、「"active learning"による情報更新に基づく順応的管理」「learning by doing」の考え方を取り入れることが安全かつ有効で、漁業現場に受け入れられやすい方策ではなかろうか。(マダイ日本海西部・東シナ海系群)

## 4. 文献

Yang, Y. and T. Yamakawa (2022) Re-examination of stock–recruitment relationships: a meta-analysis. ICES J. Mar. Sci. 79: 1380–1393.