

2020 年度における日本のゴマサバ及びマサバ 4 系群の資源評価に関するピアレビュー報告書

スティーブ・テオ (Steven L. H. Teo)

NOAA 南西漁業科学研究所

目次

背景	4
1. ゴマサバ 東シナ海系群 (BM-ECS Stock)	5
1.1 データ	5
1.1.1 年齢別漁獲量	
1.1.2 相対的資源量指数	
1.1.3 データに関する勧告	
1.2 生物学	
1.2.1 資源構造と分布	
1.2.2 自然死亡係数	
1.2.3 成長	
1.2.4 生物学に関する勧告	
1.3 評価モデル	
1.3.1 VPA モデル	
1.3.2 モデル診断	
1.3.3 不確実性	
1.3.4 資源評価モデルに関する勧告	
1.4 将来予測	
1.4.1 再生産関係 (SRR)	
1.4.2 短期予測	
1.4.3 長期予測	
1.4.4 将来予測に関する勧告	
2. マサバ 対馬系群 (CM-T Stock)	
2.1 データ	
2.1.1 年齢別漁獲量	
2.1.2 相対的資源量指数	
2.1.3 データに関する勧告	
2.2 生物学	
2.2.1 資源構造と分布	
2.2.2 自然死亡係数	
2.2.3 成長	
2.2.4 生物学に関する勧告	

- 2.3 資源評価モデル
 - 2.3.1 VPA モデル
 - 2.3.2 モデル診断
 - 2.3.3 不確実性
 - 2.3.4 資源評価モデルに関する勧告
- 2.4 将来予測
 - 2.4.1 再生産関係 (SRR)
 - 2.4.2 短期予測
 - 2.4.3 長期予測
 - 2.4.4 将来予測に関する勧告
- 3. ゴマサバ 太平洋系群 (BM-P Stock)
 - 3.1 データ
 - 3.1.1 年齢別漁獲量
 - 3.1.2 相対的資源量指数
 - 3.1.3 データに関する勧告
 - 3.2 生物学
 - 3.2.1 資源構造と分布
 - 3.2.2 自然死亡係数
 - 3.2.3 成長
 - 3.2.4 生物学に関する勧告
 - 3.3 資源評価モデル
 - 3.3.1 VPA モデル
 - 3.3.2 モデル診断
 - 3.3.3 不確実性
 - 3.3.4 資源評価モデルに関する勧告
- 4. マサバ 太平洋系群 (CM-P Stock)
 - 4.1 データ
 - 4.1.1 年齢別漁獲量
 - 4.1.2 相対資源量指数
 - 4.1.3 データに関する勧告
 - 4.2 生物学
 - 4.2.1 資源構造と分布

4.2.2 自然死亡係数

4.2.3 成長

4.2.4 生物学に関する勧告

4.3 資源評価モデル

4.3.1 VPA モデル

4.3.2 モデル診断

4.3.3 不確実性

4.3.4 資源評価モデルに関する勧告

4.4 将来予測

4.4.1 再生産関係 (SRR)

4.4.2 短期予測

4.4.3 長期予測

4.4.4 将来予測に関する勧告

5. 結論

参考文献

付録 1 委任事項 (Terms of Reference)

背景

2つのゴマサバ資源 (*Scomber australasicus*) と2つのマサバ資源 (*Scomber japonicus*) の資源評価が2020年に日本の水産研究・教育機構により実施された。これら4つの資源は1) ゴマサバ東シナ海系群 (BM-ECS)、2) マサバ対馬系群 (CM-T)、3) ゴマサバ太平洋系群 (BM-P)、4) マサバ太平洋系群 (CM-P) である。ゴマサバ東シナ海系群とマサバ対馬系群の資源評価は中央水産研究所と西海水産研究所の共同で実施された、一方、ゴマサバ太平洋系群とマサバ太平洋系群の資源評価は中央水産研究所で実施された。

これら資源評価の独立したピアレビュー、水研機構のピアレビュー事務局によりあらかじめ特定された付託事項 (付録1) により企画された。レビューパネルは2人の日本人のレビューワーと1名の海外レビューワー (Dr. Steven L.H. Teo) で構成された。当初会合してのレビューパネルが計画されたが、COVID-19 の蔓延により短期のウェブ会合に変更された。レビュー会議は2020年の10月20日と21日に通訳を入れ、それぞれ4時間にわたり開催された。日本人レビューワーによる会議は別途開催された。

資源評価レポートは日本語から英語に翻訳されて会議の前に提示された。中央水産研究所と西海水産研究所の科学者が説明資料を整えるのを容易にするため、ウェブ会合の前に事前に質問事項が伝えられた。また会議中にも関連質問を行った。それぞれの資源評価レポートは資源評価報告書、さまざまな付録書、それぞれの資源の管理基準を定めた会議報告書を含んでいる。

この4つの資源評価に対する独立レビューは提出資料とウェブ会議中の吟味による私個人の意見に基づくものである。また、日本人のレビューワーと私の中に意見交換は行わなかった。提示された資料は技術的なレビューを行うには十分詳細ではなかった。全体として、時間の無さ、報告書の詳細の欠如、ウェブ会合の限界、異なる言語により交流の困難さにより、全ての付託事項を十分吟味するには困難であった。しかしながら、本レビューは資源評価の重要な点については十分議論するように心がけた。これに関する勧告としては、レビューに際しさらに詳細な資料を用意することと、一度に評価する資源の数を減らすことである。私の経験では、一つの資源のピアレビュー、特に初めてのレビューを行うためには、数日を要する。さらに海外のレビューワーにとっては、レビューする資源の現行の管理手法についても報告書を受け取ることで、資源評価の重要な局面に更に焦点を当てられるだろう。

本報告書は5つのパートに分かれている。それぞれ4つの資源について論じた部分と、全体を通じて勧告をまとめた部分である。ゴマサバ東シナ海系群とマサバ対馬暖流系群は同じデータ、同じモデルで評価され、同じ漁業と管理を行っているため、これらはセクション1と2にそれぞれ記述した。ゴマサバ太平洋系群とマサバ太平洋系群も非常に似ている資源であるためセクション3と4にそれぞれ記載した。もし複数資源について同様のコメントがある場合、読者は先述部分を引用することで報告書の冗長化と重複を避けることが可能だろう。

4つの資源評価は非常に類似していて5つのパートで構成されている。まず始めに年齢別漁獲量と資源量指数を開発し、VPAモデルが歴史的な資源動態を推定するために使用される。重要なことは、VPAモデルが歴史的な加入量、親魚量(SSB)、資源構造(N-at-age)、年齢別漁獲死亡(F-at-age)を推定していることである。第二に推定された加入と親魚量は再生産関係(SRR)と生物学的基準値を確定するのに使用される。第三に短期予測が資源評価の最終年(2018)から現在(2020)の年齢別尾数(N-at-age)を推定するのに使用される。この短期予測は上述の再生産関係(SRR)といくつかのVPAの最終年の平均から推定された年齢別漁獲死亡(F-at-age)を使って計算される。四番目に予測された親魚量(SSB)は資源状態を判定するのに使用され、漁獲規制ルール(HCRs)と合わせて許容漁獲量(ABC)を決定するのに使用される。最後に長期予測(10年)を用いて、管理目標に対する漁獲規制の頑健性を確認する。

1. ゴマサバ 東シナ海系群 (BM-ECS Stock)

ゴマサバ東シナ海系群の資源評価、漁業、資源管理はマサバ対馬暖流系群と密接に関連している。そのことについては2. マサバ対馬暖流系群で記述する。

1.1 データ

ゴマサバ東シナ海系群の歴史的な個体群動態を推定するため VPA モデルが使用された。VPA モデルは年齢別漁獲量の推定に誤差がないことを仮定している。それゆえ、データがいかにか生成されたか、モデルの仮定を著しく侵害していないか調べるのが決定的に重要である。加えて、VPA のチューニングに使用された相対資源量指数についても吟味した。

1.1.1 年齢別漁獲量

年齢別漁獲量の推定は大きく2つのことで成り立っている。それは1) 総漁獲尾数、2) 漁

獲物年齢構成頑健なサンプリングである。資源評価報告書は年齢別漁獲尾数がいかに生成されたか、詳細な説明がされていなかった。そのためウェブ会議時間の多くは資源評価のこの部分について議論された。最終的にレビューでは、年齢別漁獲は誤差なく推定されているという仮定は著しく侵害されていることが判明した。この結果は VPA モデルの結果と資源評価に大きな誤差とバイアスを生じる可能性がある。

この資源評価に使用された歴史的な総漁獲量のデータは同じ資源を漁獲している日本以外の漁獲を含めていない。この資源評価の総漁獲量は日本と韓国の漁獲量の報告が元となっている。しかし、資源評価はおそらく相応に大きいと思われる中国の漁獲量を含めていない。中国のゴマサバ漁獲量は知られていないが、何百隻もの中国船がゴマサバの分布域で操業しており、報告されている中国によるさば類の総漁獲量はおよそ 50 万トンである。これに比較すると、日本と韓国のゴマサバ東シナ海系群の漁獲量は年間 3 万トンから 12 万トンである。ゴマサバ東シナ海系群は中国のサバ類の漁獲量の中でも重要な割合を占めと考えられ、資源評価に含まれていない中国のゴマサバ漁獲量は日本と韓国に匹敵する規模を持っていると考えられる。加えて、規模は小さいが他の漁船団（台湾など）も現在の資源評価には含まれていない。

2008 年以前は韓国はゴマサバとマサバを含んださば類の総漁獲量のみを報告していたため、ゴマサバの漁獲量は同様な日本船のサバ比率を使って推定していた。これは 2 つのサバ資源が漁場で同様な割合で分布しているという仮定に立てば、有効な推定であるだろう。しかしながら、この仮定が異なる環境下でも確かであるか示すことは重要である。

日本と韓国の漁獲量を換算する単位を重量から尾数に変換する必要性は明確ではない。VPA モデルは尾数単位の漁獲データを要求するが、水揚げ統計の単位は主にトンである。その場合、水揚げ量は年齢別体重と漁獲の年齢構成により尾数に換算されなければならない。しかし、この過程は重要とされなかったのか、ウェブ会合の間でも議論されることはなかった。

ウェブ会議中の長い議論を行ったが、本レビューはゴマサバの資源評価に使用された年齢構成の推定値はひどく欠陥があると結論づける。VPA モデルに使用する年齢構成データを生成するのに最良な方法は、漁獲物の頑健なサンプリングと、硬組織（耳石）による年齢査定を行うことである。それにより年齢構成の直接的な観察値を得られるほか、少なくとも体

長を年齢に換算する年齢体長関係 (age-length-key: ALK) を作成できる。しかし、硬組織のサンプリングは行われておらず、それは年齢構成の直接観察ができないばかりか、ALK を作成することも不可能である。代わりに体長の測定値は任意の年齢分解法 (cohort slicing: コホート・スライシング法) により年齢構成に分解された。

いくつかの証拠はコホート・スライシングによる年齢分解法はゴマサバに適していないことを示している。まず第一に、資源評価報告書はゴマサバの成長は不明と述べているがそれはサイズから年齢への変換の信頼性を著しく損なうものである。第二に、体長の観察値は漁獲の大部分を占めるまき網による漁獲物のサンプリングで得られているが、漁獲のサンプリングではなく、箱詰めされた魚の記録 (サイズ大; 箱は 18 キロと規定されているため 20 尾入っていれば、一尾は 0.9 キロである) と魚の平均体重 (サイズ小; 0 歳魚と 1 歳魚) から生成されている。三番目に、サイズの仕切りは任意の単位「極小」、「小」、「大」などにより直接の確証なしに年齢に割り当てられた。四番目に、ゴマサバの体長組成を検証すると割り振られた年齢は観察されたモードと良く一致していない。五番目に、他のゴマサバの資源評価 (太平洋系群) では、成長には変動があり、特に大きなサイズではサイズ枠内で各年齢群が混ざり合っていることが示されている。これらの問題点から、ゴマサバの推定された年齢構成には著しい誤差が含まれている可能性がある。

一般に、サバの生物学では、大部分の成長は最初の年 (1 歳まで) に起こり、時空間的に大きく変動するため、このため単一サイズ枠内にいくつかの年齢を含む原因であり、サイズ枠内の年齢構成は刻々と変化する。それゆえ、サバ類の漁獲から硬組織を採取する適切なサンプリングのプログラムは重要である。

ゴマサバ東シナ海系群の年齢別漁獲は、総漁獲量と漁獲物年齢構成に著しい誤差を含んでいる可能性がある。従って、ゴマサバ資源評価に使用した年別年齢別漁獲量の推定には著しい誤差を含んでいる可能性がある。それ故、年齢別漁獲量に誤差は含まれていないという仮定は著しく侵害されており、ゴマサバの資源評価結果が著しい誤差とバイアスを含んでいる可能性がある。

1.1.2 相対資源量指数

VPA モデルでは、一つあるいはそれ以上の資源量指数がモデルのチューニングに使われる。理想的には、これらの指数は資源に適切なサンプリング計画に沿った調査に基づくものが

望ましい。でなければ、漁獲効率の変化（漁具、漁場、技術改善など）を最小にした標準化された漁業の CPUE データが使用されるのが望ましい。

ゴマサバ東シナ海系群の資源量指数は著しい改善が必要である。4つの年齢（0歳、1歳、2歳、3+歳）に分解した大型まき網の資源量指数、2つに分解された中型まき網の資源量指数（0-1歳、2+歳）が VPA に使用されている。6つの指標すべては、長い期間（2003 - 2008）の間に漁業の漁獲効率が変化していないと仮定したノミナルの指標である。資源評価報告書は漁業の操業と漁獲効率が比較的一定だった期間としてこの 2003 - 2008 の期間が選択されたと記載している。しかし、この期間を通じて漁獲効率が一定で年齢構成にも変化が無かったという証拠は示されていない。加えて、水産資源研究所の科学者は、これらの指標を標準化しようとしたが、うまくいかなかったと述べている。さらに、CPUE の単位はトン/セットであり、セットは1回の操業である。1回の操業を努力量の単位とすることにより、努力量の本来の重要な変動、探索時間や探索技術などを排除している。それ故、ここでは CPUE は群れのサイズを示しており、群れのサイズは資源の大きさと密接に関連していると仮定している。しかし、このゴマサバ東シナ海系群に関してそうである証拠はない。これはおそらく資源量指数に過剰な安定（hyperstable）をもたらし、VPA モデルの結果にバイアスを与えるだろう。また大型まき網の指標が中型まき網の指標と一致していないことも指摘される。複数の一致しない指数を含むことは、モデルのにとって有害である。その代わり、ゴマサバ東シナ海系群をさらに代表するような指標を用いることは有益である。

1.1.3 データに関する勧告

上述したことに基づき、ゴマサバ東シナ海系群に使用したデータに関する勧告を以下に記す。

- 1) 日本以外の漁業国の漁獲量について適切な推定値を得ることが最も重要である。もし総漁獲量は明確に把握されていない場合、ほとんどのモデル、特に VPA のような豊富なデータを要求するモデルでは十分に機能しない。漁獲量データの欠損に関して有効な代替（例：努力量や一定の割合の混獲情報）や資源調査がある場合は、適切に推定される場合もある。しかし、本ケースの場合は、そのような代替は見当たらない。
- 2) 日本以外のゴマサバ漁獲量が将来的にも未詳であるならば、別の資源評価方法を検討することも有効である。例えば、漁期前の日本の領海における資源調査に基づき漁獲量規

制を定める観察ベースの管理手法なども資源管理として使えるだろう。しかし、シミュレーション (MSE タイプの過程に基づく) などで、日本の漁業と管理されていない日本以外の漁獲量を含んで、それらの管理方法が管理目標に合致しているか、頑健であるかを検証することは重要である。あるいは、データが不足している場合の方法も適用できるだろう。しかし、関連する不確実性は大きくなり、本資源の管理方法としては適正ではないだろう。

- 3) 漁獲に即した適正なサンプリングと年齢査定プログラムを、特に漁獲量の大半を占める漁業に関して確立することが資源評価に使用する年齢構成を改善するうえで重要である。そのようなサンプリングプログラムの調査デザインは本レビューの趣旨からは外れているので言及しない。例えば、大型まき網の水揚げはおおよそのサイズクラスで分けられている (極小、小、大)。それ故、サンプリングプログラムはすべての階層からおこなわれ (n 箱おきに選択されたサイズ小の箱から 1 個体ずつ)、最終的に総漁獲に引き延ばせるように年齢構成に引き延ばすべきである。サンプルのサブセットは、サイズしか測定されていないデータの年齢体長関係 (ALK) を作成するために使用される。
- 4) 資源量指数に関して、ゴマサバの資源調査の実行を勧告する。分布域が重なることから、マサバ資源調査との共同運航が理想的である。それら調査航海のデザインは本レビューの趣旨を超えているが、例えば生物量を推定するための音響調査や種や年齢を特定するためのトロール調査との併用が考えられるだろう。
- 5) 調査が計画される間、現在の資源量指数の標準化や他の代替指標の調査を勧告する。加えて、群れの大きさではなく、資源の大きさを表している資源量指数を開発する方法の研究も重要である。
- 6) さまざまな一致しない様々な漁業による指数を使用する代わりに、資源全体を表しているひとつの指標を使用することを勧告する。

1.2 生物学

1.2.1 資源構造と分布

本資源評価で仮定した資源構造は適切と考えられる。しかし、会議の時間の少なさと他の重要な事項があったため、本件に関しては十分に議論されていない。さらに時間があれば、資

源構造に関する証拠を吟味できると良いと考えられる。資源の分布域はいくつかの国の漁場をカバーしている。日本以外の重要な漁業国の漁獲は入っておらず、資源評価の著しい誤差の原因となっている可能性がある（項目 1.1.1）。

1.2.2 自然死亡係数

ゴマサバの自然死亡係数（ M ）は、6歳の寿命（ A_{max} ）と田中（1960）の式 $M=2.5/A_{max}$ により 0.4 と仮定された。しかし、さらに多くのデータを使った近年の再解析 $M=a/A_{max}$ （ a は調整変数）は、 $a\sim 5$ を示すため、 M は高く推定されると考えられる（Then et al. 2014）。加えて、多く使用されている Hoenig（1983）も本評価よりも高い M を示している。本評価と比較して、東太平洋のマサバ資源は 0.81 ± 0.13 /年と推定された（Crone et al. 2019）。これらの証拠は本評価で使用された M を改善することができると示している。しかし、さらなる調査やサンプリングがなされなければ、 M を改善することは難しい（1.1.3 項）。経験値に基づく M のメタ解析（Hoenig, Pauly など）は資源の生物学的パラメータ（寿命や成長）の十分な理解に基づいている。しかし、十分な生物学的調査が行われている関係が近い資源の M などを用いることで計算を行うことも意義があることである。

ウェブ会議の最中に M を求める経験的な方法についての様々な試みが紹介されたのは特筆に値する。しかし、 M を求める予備的な解析に使用された生物学的パラメータは資源評価に使用されたものと矛盾する。例えば、予備的な研究で使用された寿命は 10 歳から 11 歳であるが、資源評価で使われた寿命は 6 歳である。予備的な研究がゴマサバ東シナ海系群について行われたのかも不明である。しかしながら、予備的な研究結果も資源評価報告書に含むことは有用である。

1.2.3 成長

資源評価報告書はゴマサバの成長は未詳だとしている。ゴマサバの調査及びサンプリング計画を立てる上で、それは重要な点である。まず第一歩として、ゴマサバの年齢査定用の適切なサンプリング計画を設計することである（1.1.3 項）。適切なサンプリングは成長モデルの開発や成長の変動などの影響を見積もるのに役立つだろう。

1.2.4 生物学に関する勧告

上述したことに基づき、ゴマサバの生物学に関しての勧告は以下である。

1) ゴマサバの調査とサンプリング計画を見直すように強く勧告する。そのことで、資源評

価に使用した成長、自然死亡係数、データなどの生物学的パラメータが改善されるだろう。

- 2) 自然死亡係数は再推定すべきである。Hoenig や Pauly などの経験的メタ解析は、資源の生物学的パラメータ（例：寿命や成長）に強く依然している。より深い生物学への理解とサンプリングにより、より正確な生物学的パラメータを開発することは有益である。長期的には、合理的な初期値を使って、自然死亡係数をモデルの中で推定することは可能である。しかし、その前に、本資源のデータと生物学の理解を著しく改善しなければならない。

1.3 資源評価モデル

1.3.1 VPA モデル

リッジ VPA モデル (Okamura et al. 2017) がゴマサバの資源評価に使用された。リッジ VPA は回顧的バイアス (retrospective) で重みづけられた最終年の漁獲死亡係数 (F) をペナルティに使うことにより、このバイアスを縮小することができる。重みづけ係数 (λ , 1 と 0 の間の値をとる) はモデルフィットの尤度 ($\lambda \rightarrow 0$) と F ペナルティ ($\lambda \rightarrow 1$) の間で相対的に設定される。 λ が 0 になると、モデルは伝統的な VPA と同等になるが、 λ が 1 になると、モデルはフィットよりも F ペナルティを減少させることを優先する。 λ は資源量を最終年で割ったレトロバイアスを最小にするように推定される。基本的には、レトロバイアスを最小化するか、モデルフィットを最適化するかとのトレードオフである。

この年の資源評価では、F ペナルティとレトロバイアスの計算方法に変化があった。前のアセスでは、最終年の F を使ったペナルティは F の二乗であり、資源量のレトロバイアスは 5 年間で計算された。F 二乗が意味するところは不明であったが、わたしは F の二乗であると解釈した (最終年の F が減少するにつれて F のペナルティも減少する)。しかし、この年の F ペナルティは最終の 5 年間の残差平方和であり、レトロバイアスは最終 7 年に基づいて計算されていた。 λ は 0.76 と計算され、それはモデルがかなりのレトロバイアスを持ち、F ペナルティで強く重みづけられていることを意味している。これは、たとえデータがそうでなかったとしても、最終年の F を最終 5 年の平均に近づける可能性がある。興味深いのは、前の評価のように 5 年間でレトロバイアスの計算に使われれば、 λ は 0.10 になり、最終年の F は極端に高く見積もられる。

極端に高い最終年の F と大きなレトロパターンは、モデルとデータに根本的な問題があることを示唆している。ウェブ会議の間には、このことを深く検証する時間はなかったが、リッジ VPA は非常に高い F とレトロバイアスを打ち消そうとする試みである。この資源評価のモデル設定の違いは、F ペナルティの著しく増加させるので、最終年の F を合理的な値に減少させる必要がある。しかし、ゴマサバ資源のデータ（漁獲データの欠損、代表性のない資源量指標、1.1 項）と生物学パラメータ（1.2 項）には根本的な問題があるだろう。また非常に高い F は韓国の 2018 年の非常に高い漁獲報告に関連しているかどうかは不明である。モデルの設定を変えることで、資源評価の症状を軽減しても、資源評価の根本的な問題の解決にはならない。VPA モデルはデータに関して厳密な仮定を要求するが、この解析では、その仮定は侵害されている（1.1）。優先順位はデータの問題を解決することである。データの問題を改善することは最重要であるが、データに対して柔軟で、データを正として扱うことができる統計的年齢別漁獲尾数モデルを開発することも有意義であろう。代替の仮説にもとづくモデルを開発することも有効である。

1.3.2 モデル診断

資源評価報告書はレトロパターンやモデルフィットのようなモデル診断結果を掲載していない。しかし、レビュワーの要請によりウェブ会議中に提示された。モデル診断では資源指標がよく適合していないこと、おおきなレトロパターンがある、特に前のモデル設定を使用した場合に著しかったことが示されていた。リッジ VPA の使用はレトロパターンとターミナル F を減少させるが、モデルフィットを悪くさせることとのトレードオフである（1.3.1）。そのようなトレードオフが適切な方法かどうかは不明である。モデル診断の結果の悪さは資源評価の根本的な問題を示しているだろう。

1.3.3 不確実性

ゴマサバの資源評価での不確実性の扱いは不十分である。前節でも述べたように、資源評価を通じて大きな不確実性がある。しかし、データ、モデル、資源評価結果に含まれる不確実性に関してほとんど考慮されていない。例えば、推定された資源構造（年齢別尾数）と最終年の年齢別 F は誤差がないとして仮定されている。このような過程は資源評価を著しく侵害するため、いかなる資源評価にも推奨されない。それ故、年齢別尾数や年齢別 F が不確実性なしで将来予測に使われると、将来予測の推定された確率はおそらく間違いだろう。年齢別尾数と年齢別 F に関して、推定された加入と産卵親魚に含まれる不確実性は無視されている。もちろん VPA モデルで不確実性を扱うこと、特にデータが仮定（年齢別漁獲尾数

に誤差が含まれていない)に沿って組み立てられてない場合、は困難である。可能ならば、ブートストラップ法を使ってデータ内の不確実性を見積もることもできるだろう。しかし、統計的年齢別漁獲尾数モデル (Statistical catch -at-age model: SCAA)を使用するほうが、モデルの中にデータや生物学的パラメタの不確実性を考慮できる点で、扱いやすいだろう。

1.3.4 資源評価モデルに関する勧告

上述した事実に基づき、ゴマサバ資源評価モデルに関する勧告を以下に記す。

- 1) モデル診断を資源評価報告書に加えることを強く勧告する。
- 2) 資源評価で不確実性を適切に扱うことが重要である。それ故、将来の資源評価では推定値 (年齢別尾数、年齢別 F、加入、産卵親魚) に誤差が含まれていないと仮定しないように強く勧告する。可能ならばデータ収集や生物学的過程に含まれる不確実性を取り込み、評価モデルに含むべきである。
- 3) データや生物学的過程の不確実性に対して柔軟で扱いやすい統計的年齢別漁獲尾数モデルの開発は有益であるだろう。他の仮説に基づくモデルの開発のほうがより簡単な可能性がある。

1.4 将来予測

1.4.1 再生産関係 (SRR)

VPA モデルからいくつかの再生産関係 (ベバートンホルト、リッカー、ホッケースティック) が歴史的な加入と産卵親魚の関係にあてはめられた。ホッケースティック型再生産関係が先の会合で生物学的基準値と将来予測のために最小絶対値法(HS-L1)により選択された。選択された再生産関係は生物学的基準値と将来予測を計算するために使用された。

SRR の選択は管理方策を考慮して、どこか人為的である。例えば、HS-L1 は歴史的最小の産卵親魚で最小の加入であり、それは産卵親魚量が少ないときに過剰漁獲のリスクを軽減するとの記述がある。加えて、HS-L1 で推定した SB_{MSY} はすべての歴史的な SB より高く (資源はモデルによる評価の全期間において乱獲状態である)、ベバートンホルト型やリッカー型再生産関係を使ったものより低い。それ故、「HS-L1 を使用した資源管理は資源保護と管理目標の実現性の観点からバランスがとれている」と判断された。選択された再生産関

係で推定された SB_{MSY} や F_{MSY} はいずれかの選択枝の中央にある。与えられた管理方策を考慮しての SRR の選択は重要であり、この SRR の選択に関してコメントするのは適切ではないかもしれない。にもかかわらず、SRR の選択には大きな不確実性が含まれており、それは SRR に基づく将来予測や生物学的基準値には含まれていない。HS-L 1 が赤池の情報量基準値 (AIC) によるベストな選択ではないことは、述べておかなければならない。さらに誤差を考慮せずに VPA モデルで加入と産卵親魚を推定することは不適切である (1.3.3)。推定した歴史的加入量と産卵親魚量はホッケースティックの傾斜部か平坦部か決めるのを困難にしている。全体として、SRR を使った将来予測、管理基準値、管理方策に不確実性を含めることは有益である。これは管理者の意思決定に全体のリスクを理解させるうえで包括的な方法である。

本資源評価における SRR の使用に加えて、加入と産卵親魚の相互相関のズレ (lag) についてもウェブ会合で議論された。これは加入と産卵親魚の関係が環境に作用されること (Szuwalski et al. 2015)、小型浮魚類では環境に顕著な影響をうけることは一般的であることから (Zwolinski and Demer 2014)、重要である。時間がなかったので、ウェブ会合の折には十分な議論ができなかったが、最新の研究ではいくつかの日本の資源でも、今回発表のさば類も含めて解析されていることが報告された (Kurota et al. 2020)。これらの解析によりゴマサバ資源は顕著に環境に左右されると認定された。それ故、ゴマサバの解析の際には、これを考慮することが肝要である。

1.4.2 短期将来予測

資源評価モデルの最終年は 2018 年であるが、現行の漁業の許容漁獲量は 2020 年の産卵親魚量に基づいて決定される。それ故、2018 年の年齢別尾数から 2 年後の 2020 年の産卵親魚量を予測する必要がある。ひとつの問題は、これら短期予想は最終年の 0 歳魚と 1 歳魚の推定値に敏感であるが、観察値がないので、これらの推定は非常に不確実であることである。加えて、2019 年の F は 2016-2018 年の平均と仮定された。さらに、日本以外の漁業国の漁獲は制限されていない。それ故、2020 年の産卵親魚量の推定、許容漁獲量の推定に使う、は非常に不確実である。この不確実性は誤差を含まないとする仮定で推定された最終年の年齢別尾数によるものであり、不適切である (1.3.3)。それ故、短期予測に使う最終年の年齢別尾数に含まれる不確実性を考慮することは重要である。予測した加入の不確実性は過小推定されている (1.4.2) しかし、これはそれほど重要ではない。なぜなら、これら加入は 2 年では成熟しないからである。

短期予想を改善する一つの方法は、漁期前に日本の領海で 0 歳魚と 1 歳魚に対する科学的な調査を実施することである (1.1.3)。そのような調査により歴史的な 0 歳魚、1 歳魚の推定も改善されるだろうし、短期予測も改善される。ゴマサバの漁獲が 0 歳魚と 1 歳魚で卓越していること、この資源は環境変動に強く影響されることは指摘しておかなければならない。2 年の短期予測で予測された産卵親魚量に基づく、0 歳魚と 1 歳魚の許容漁獲量は観察された漁獲量と著しい不一致となるだろう。そのような不一致は他の国では漁期前の観察に基づく、マネジメントプロシジャーの採用を促している。例えば、このマネジメントプロシジャーは漁期前の 0 歳魚と 1 歳魚の調査に基づき、許容漁獲量を決めることができる。この調査は環境条件により著しく左右される加入を持つ資源と日本以外の漁獲がわからない管理の問題を減少させるだろう。しかし、そのようなアプローチ (MSE タイプのプロセス) が日本と日本の管理が及ばない漁業を持つこの資源について管理目標に対して適切かどうか検証するためのシュミレーションを実施することは重要である。

1.4.3 長期予測

資源評価報告書は長期予測の目的について明瞭には記述していない。ウェブ会議を通じて、管理目標の一つが 10 年後に管理目標 (MSY) を超える確率が 50% 未満であることだと確認された。加えて、限界管理基準と禁漁基準についても確率が求められている。それ故、長期予測は管理目標を達成するための F の乗数 (F_{msy} に対する) を推定するために使用されている。長期予測には短期予測と同じモデルが使用された。同様に、長期予測の不確実性は、最終年の年齢別漁獲尾数に誤差が含まれていないという不適切な仮定によるため、過小評価されている (1.3.3)。それ故、最終年の年齢別漁獲尾数の不確実性を考慮することは、短期、長期両方の予測にとって重要である。これは限界や禁漁管理基準を超える確率を計算するときには、それらは確率分布の裾野に基づくので、特に重要である。加えて、日本以外の国の漁獲は日本の管理に縛られていない。それ故、日本以外の国にも推定された F の乗数を当てはめるのは、適切ではないだろう。

1.4.5 将来予測に関する勧告

上述した事実に基づき、ゴマサバ東シナ海系群の再生産関係と将来予測改善のための勧告を以下に記す。

- 1) 将来予測に使用する再生産関係、管理基準値の計算、管理方策の決定時に不確実性を考

慮すること。

- 2) ゴマサバ東シナ海系群の資源評価と管理の際に、加入が環境変動の影響を強く受けることを考慮することは重要である。
- 3) 短期、長期両方の予測の際に最終年の年齢別漁獲尾数に含まれる不確実性を考慮することを勧告する。
- 4) 漁期前科学調査を日本の領海で行うことを勧告する。
- 5) 長期予測の際に日本以外の国に F の乗数を使うべきではない。

2. マサバ対馬暖流系群 (CM-T Stock)

マサバ対馬暖流系群の資源評価、漁業、資源管理はゴマサバ東シナ海系群と密接に関連している。それ故、本レビューは類似した問題点を発見し、類似した勧告を行った。報告書の重複と長さ（冗漫さ）を軽減するために、適切な節を引用する。しかし、マサバについての勧告は明瞭さを保つために、独立して記載した。

2.1 データ

マサバ対馬暖流系群の歴史的なデータに対して資源評価のために、VPA モデルが使用された。それ故、マサバの資源評価はゴマサバの資源評価と同様な仮定を置いている（1.1 節参照）。

2.1.1 年齢別漁獲尾数

マサバの年齢別漁獲尾数推定の仮定はゴマサバのものと非常に似ている。それ故、マサバの資源評価は総漁獲量と年齢構成に著しい誤差を含んでいる可能性がある（詳細は 1.1.1 節参照）。即ち、マサバ対馬暖流系群の資源評価に使用した年齢別漁獲尾数は著しい誤差を含む可能性がある。年齢別漁獲尾数に誤差を含まないという VPA モデルの仮定は著しく侵害されており、マサバ資源評価結果に大きな誤差とバイアスを含む結果となるだろう。マサバの成長が研究されており（Shiraishi et al. 2008）ゴマサバより考慮されていることは、特筆しておくべきである。しかし、Shiraishi et al. (2008) はサイズ枠内に複数の年齢群を含んでいることを示している。それ故、ゴマサバ同様に、マサバの漁獲物から年齢査定のための硬組

織のサンプリングを行うことを勧告する。

2.1.2 資源量指数

マサバの資源量指数はゴマサバと同じ過程で生成された。それ故、ゴマサバの時と同じ問題点が存在する（詳細は 1.1.2 参照）。全ての 6 つの指標はノミナルであるが、これら漁業とさまざまな年齢群に対する漁獲効率が一定であるという何の証拠も示されていない。さらに、CPUE の単位はトン/操業であり、資源サイズではなく群れのサイズを表している。これはおそらく資源量指数が過剰安定（hyperstable）の原因であり、VPA モデルの結果にバイアスを含むことになる。また大型まき網の指標が、中型まき網の指標と一致しないことも指摘しておく。全体として、マサバ資源をより表していると考えられる指標を使用した方が良い。

2.1.3 データに関する勧告

上述した根拠に基づき、マサバ資源評価に使用したデータの改善についての勧告を以下に記す。

1) マサバの資源評価にあたり、日本以外の国の漁獲量は最も重要であり不可欠である。総漁獲量が不明ならば、ほとんどのモデルは十分に機能しないし、豊富なデータを要求する VPA のモデルならば尚更である。不明な漁獲量について適切な代替（漁獲努力量や一定の根確率など）あるいは良質な調査データがあれば適切に推定することができる場合もある。しかし、この場合は当てはまらない。

2) 将来にわたって日本以外の漁獲量が不明であるならば、本資源の資源評価には他のモデルを使用した方が適切であろう。例えば、漁期前の日本の領海の調査に基づいて、漁獲制限を行うような観察値に基づく管理プロセスなどが、日本の漁業管理に使えるだろう。しかし、日本と日本の管理が及ばない他国の漁業を含んで、この資源の管理目標を達成でき、かつ頑健さを検証できるシミュレーション（MSE タイプの過程）を行うことは重要である。あるいは、データ不足の場合のモデルなども使用できるが、不確実性は高くなり、本資源には適切ではないだろう。

3) 資源評価に使う年齢構成を改善するために、漁獲、特に総漁獲の大部分を占める漁業種からの適切なサンプリングと年齢査定調査計画を策定することは重要であるそのような

調査計画のデザインは本レビューの趣旨から外れることに加え、漁業の操業形態にも依存するだろう。例えば、大型まき網の水揚げはおおよそのサイズ（極小、小、大）で仕分けされている。それ故、サンプリング計画はそれぞれのサイズクラスからサンプリングし（小型魚の N 箱おきの箱からそれぞれ 1 個体など）そして最終的にその年齢構成を漁獲量まで引き伸ばす方法が適切である。サンプルのサブセットはサイズしか収集されない漁業の年齢別体長関係（ALK）を作成するのに役立つだろう。

4) 資源量指数に関して、マサバの資源調査を実施すべきである。漁業が重複していることを考えれば、ゴマサバも含んだ共同調査が望ましい。そのような調査のデザインは本レビューの趣旨からは外れるが、生物量の音響調査と種判別と年齢確認のためのトロール調査の組み合わせが必要だろう。

5) 調査を実施する一方で、現在の資源量指数かあるいは代替の指標に関する調査研究に努力を傾注すべきである。さらに、群れの大きさではなく、資源の大きさを代表する指標の開発が重要である。

6) 様々な漁業の合致していない指標をフィットさせるよりも、資源全体を代表すると考えられる一つの指標を採用することを勧告する。

2.2 生物学

2.2.1 資源構造と分布

本資源評価に係る資源の構造は適切である。しかし、議論の時間がなく、他に重要な問題があったため、本項目に関しては比較的議論は少なかった。

2.2.2 自然死亡係数

ゴマサバ同様、本資源の M は、報告されている最長年齢 (A_{max}) の 6 歳に基づき 0.4 と仮定されている。資源評価に使用された M は改善されうるが、本資源に関しては更なる調査とサンプリングが必要である（詳細は 2.2.2 節参照）。

2.2.3 成長

マサバの成長は、既往の研究 (Shiraishi et al. 2008) によりゴマサバより知られている。

しかし、ゴマサバと共同に頑健なサンプリングと年齢査定調査のプログラムを設立することは重要である。

2.2.4 生物学に関する勧告

上述した事実に基づき、マサバの資源評価に使用する生物学を改善するための勧告を以下に記す。

- 1) マサバ資源に関する調査とサンプリング計画の改善を強く勧告する。そうすることにより、成長や自然死亡係数などの生物学的パラメータが改善され、資源評価に使用されるデータも同様に改善されると考えられる。
- 2) 自然死亡係数を再解析することを勧告する。Hoenig や Pauly の経験的な関係を使用したメタ解析には資源や生物学のより良い理解（最長年齢、成長など）が必要である。非常に進んだ生物学の理解やサンプリングがされている近縁種の値を探ることも意義がある。長期的には、合理的な初期値を使って、自然死亡係数を資源評価モデルの中で推定することも可能である。しかし、その前にデータの著しい改善と本資源の生物学の深い理解が必要である。

2.3 資源評価モデル

2.3.1 VPA モデル

資源評価に使われたモデルは、リッジ VPA が使用されたゴマサバと異なり、チューニング指標を使った標準的な VPA モデルである。これはゴマサバと異なり、レトロスペクティブパターンは著しく過酷ではなかったことを示す (1.3.1 節)。にもかかわらず、VPA モデルはデータに厳正な仮定を要求するが、本資源評価では激しく侵害されている (2.1 節)。ゴマサバの勧告と同様に、データの問題を解決するのが最優先である。しかし、より柔軟でデータを正しいと扱える統計的年齢別漁獲尾数モデル (SCAA) _の使用を考えることも有益である。代替的な仮説に基づくモデル開発もまた容易である。

2.3.2 モデル診断

マサバの資源評価報告書は、レトロスペクティブパターンやモデルフィットを記述したモデル診断を載せていない。しかし、両方のベースケースモデルのモデル診断は、要求した後

で、ウェブ会合で提示された。モデル診断は中型まき網の指標は適合度が悪く、多少のレトロパターンが見られた。適合が悪い中型まき網の指標は、他の指標と一致していないことを示している。将来的には、この指標を資源評価に含めないことを勧告する。

2.3.3 不確実性

ゴマサバ資源と同様に、マサバの資源評価での不確実性の取り扱いは不十分である。資源評価を通じて顕著な不確実性があるが、データ、モデル、資源評価結果の中で不確実性はほとんど考慮されていない（詳細は 1.3.3 参照）。

2.3.4 資源評価モデルに関する勧告

上述した事実に基づき、マサバの資源評価に使用したモデル改善のための勧告を以下に記す。

- 1) モデル診断を資源評価報告書に記載することを強く勧告する。
- 2) 資源評価の中で不確実性を適切に取り扱うことは不可欠である。それ故、先の資源評価では推定した量（年齢別尾数、年齢別漁獲死亡係数、加入、産卵親魚）に誤差がないという仮定を採用しないことを強く勧告する。また適切なら、データや生物学的過程の中に含まれる不確実性を資源評価モデルの中で広く扱うべきである。
- 3) さらに柔軟でデータや生物学的過程に含まれる不確実性を容易に包含できる統計的年齢別漁獲尾数モデルを開発することは有用である。他の仮説に基づくモデルを開発することも容易である。

2.4 将来予測

2.4.1 親子関係 (SRR)

マサバの親子関係(SRR)が選択された過程はゴマサバと同様である(詳細は 1.4.1 節参照)。しかし、ゴマサバと異なり、マサバには最小二乗法によるホッケーステック型親子関係が選択された。

ゴマサバ資源と同様に、SRR の選択には資源管理上の都合が深く影響しており、いささか人為的である。資源管理上の都合は SRR 選択にとって明らかに重要であり、SRR の選択に

対して科学的ピアレビューがコメントすることは適切ではないだろう。しかし、HS-L2 SRR（最小二乗法で決定されたホッケースティック型親子関係）は AIC の観点からは最も適合していないモデルである。であるが、マサバの SRR はゴマサバのものより頑健であることも指摘しておかなければならない。本来 SRR の選択には顕著な不確実性がつきまとうが、それは生物学的基準値や SRR に基づく将来予測に含まれていない。全体として、SRR に含まれる不確実性を将来予測や管理基準値の計算や管理方策に考慮することは有意義である。このことは資源管理者に彼らの位置決定に伴うリスクを理解させるのにより役立つだろう。また誤差がないと仮定するのではなく、VPA を使った加入と産卵親魚の推定に不確実性を取り込むようにすることは、さらに重要である。

ゴマサバ資源と異なり、マサバの加入は産卵親魚量と環境変動に影響されていると認識されている（Kurota et al. 2020）。それ故、マサバの資源管理にこれらを考慮することは重要である。

2.4.2 短期予測

マサバ対馬暖流系群の短期予測はゴマサバ東シナ海系群のものと類似しており、同様な問題を内包している（詳細は 1.4.2 節参照）。許容漁獲量を計算する元になっている現在の親魚量（2020 年）は、観測に基づかない最新年（2018 年）の 0 歳と 1 歳魚の推定値と日本の管理の圏外である日本以外の漁獲量により不確実性に対して非常に敏感である予測値であるので、著しく不確実である。またこの不確実性は、最新年の年齢別漁獲尾数に誤差がないとの不適切な仮定に基づくモデルにより推定されているので、過小評価されていると考えられる（2.3.3 節）。

ゴマサバ東シナ海系群と同様な勧告であるが、マサバ対馬暖流系群の短期予測を改善する方法は、漁期前に日本の領海で 0 歳魚と 1 歳魚の科学調査を実施することである（2.1.3 節）。この調査はマサバ対馬暖流系群と、ゴマサバ東シナ海系群両方を対象として実施されるだろう。調査結果は日本の領海における資源管理のためのベースになるだろう。これらの過程が管理方策に合致し、日本と日本の管理が及ばない他国の漁業を含んで、本資源に対して頑健であるかどうか、シュミレーションモデル(MSE タイプの過程を前提とした)を使って検証することが重要である。

2.4.3 長期予測

マサバ対馬暖流系群の長期予測はゴマサバ東シナ海系群のものと類似し、同様な問題を含んでいる（詳細は 1.4.3 節参照）。長期予測に関わる不確実性は、資源評価モデルの最新年の年齢別資源尾数に誤差が含まれていないという不適切な仮定に基づいており、過小評価されている。これは限界管理基準値や禁漁基準値を超過している、確率分布の裾野部分にあたる割合がどのくらいか計算する上で特に重要である。加えて、日本以外の漁獲は日本の管理で規制されていない。それ故、日本漁業について計算した F の乗数を日本以外の漁業にも当てはめるのは合理的ではない。

2.4.4 将来予測に関する勧告

上述した知見に基づき、マサバ対馬暖流系群の親子関係と将来予測を改善するために以下を勧告する。

- 1) 将来予測、管理基準値の計算、管理方策の決定に使用する親子関係に含まれている不確実性を考慮すること。
- 2) マサバ対馬暖流系群の資源評価と管理にあたり、環境変動と産卵親魚量の両方の加入に対する影響を考慮することは重要である。
- 3) 短期、長期予測両方で最新年の年齢別資源尾数に含まれる不確実性を考慮すること。
- 4) 漁期前に日本の領海で 0 歳と 1 歳魚の科学調査を実施することを勧告する。
- 5) 長期予測の際に、日本漁業に適用した F の乗数を日本以外の漁業に適用しないことを勧告する。

3. ゴマサバ太平洋系群

ゴマサバ太平洋系群の資源評価、漁業、資源管理は 4 章で詳述するマサバ太平洋系群と密接に関わっている。ゴマサバ東シナ海系群とマサバ対馬暖流系群の間に見られたような類似性もある。それ故、ゴマサバ太平洋系群について類似のコメントや議論は、重複や冗漫性を避けるために前の節が参照された。しかし、ゴマサバ太平洋系群に関する勧告は明確性を保つために独立して記載した。

3.1 データ

全ての4つの資源評価に共通して、ゴマサバ太平洋系群の資源評価にはVPAモデルが使用された。VPAモデルは年齢別漁獲尾数の推定に誤差がないことを前提としている。それ故、データの生成過程とモデルの仮定が著しく侵害されていないか確認することが重要である。加えて、VPAモデルのチューニングに使用された資源量指数についても検討した。

3.1.1 年齢別漁獲尾数

ゴマサバ東シナ海系群、マサバ対馬暖流系群と同様に、本系群の資源評価報告書は年齢別漁獲尾数がどのように推定されたか、詳細を記載していない。しかし、ウェブ会合の十分な審議の後で、ゴマサバ太平洋系群の年齢別漁獲尾数の推定値はより適正であり、著しい誤差を含まないという仮定を著しく侵害していることもなかった。であるけれども、本レビューではいくつかの改善点を発見した。

重要なことは、ゴマサバ太平洋系群の漁獲は日本の漁獲が卓越しており、同じ系群を漁獲している他国の漁獲も資源評価に含まれている点である。本資源評価の総漁獲量は日本と中国、ロシアの漁獲量から成っている。中国とロシアの漁獲量はNPFCにサバ類（ゴマサバとマサバを含む）として報告されており、同じような日本の漁業のゴマサバとマサバの割合を使って分割された。それらの割合の中のゴマサバの比率は低く、ゴマサバ太平洋系群の漁獲に占める中国とロシアの割合も低い。ウェブ会合の中で、ゴマサバ太平洋系群を漁獲する他の大きな漁業はないことが確認された。ゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群と同様に、漁獲の単位を重量から尾数にどのように変換していたかは詳細不明であるが、この過程はさほど重要とは考えられなかったため、ウェブ会合の間には議論されなかった(1.1.1節参照)。

資源評価報告書には記載がなかったが、ウェブ会合の間に、季節的な年齢-体長関係が開発され、ゴマサバ太平洋系群の年齢構成を推定するために使用されていることが確認された。年齢-体長関係を使用するのは、スライシング法よりも適切である。時間がなかったため、年齢-体長関係を作るためのサンプリングについては議論しなかった。ここではサンプリングは適切で頑健であったと仮定したが、将来的には検証するべきである。しかし、年齢査定は鱗の読み取りにより、その標準化のための会議が開催されていると報告された。ウロコによる年齢査定は耳石を使ったものよりバイアスがあるとされている。それ故、いくつかの硬

組織を使った年齢査定を比較検証することは有益である。もしそのような検証ができないならば、年齢査定者間のバイアスと誤差の検証を行うことは有益である (Punt et al. 2008)。加えて、十分なサンプリングが出来なかったためか、年齢-体長関係はそのデータに欠測した部分があり、年齢構成を推定するにあたりバイアスと誤差の原因となっている。もしサンプリングを増やすのができないならば、季節的成長モデルを使って、そのギャップを埋めるのは有効である。費用に左右されるが、計画的なサンプリングと漁獲物の年齢査定は、年齢-体長関係を使うよりも年齢構成を改善する。

年齢-体長関係が体長から年齢組成を作成するのに使用されたが、体長組成がどう生成されたか不明である。この点に関しては、時間がなくて議論できなかった。ゴマサバ太平洋系群の体長サンプリングは頑健で適切であると仮定しているが、将来的に検証する必要がある。もしここで使われたデータと過程がゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群と同様ならば (1.1.1 節)、資源評価に使用した年齢別漁獲尾数の推定や資源評価結果にバイアスと誤差が含まれているだろう。

3.1.2 資源量指数

ゴマサバ太平洋系群のチューニングには2つのチューニング指標が使われた: 1) 静岡県のたもすくい網漁業からの指標と 2) 太平洋沿岸で実施された卵量サンプリングの指標である。資源評価報告書は他の指標も使ったと記述しているが (中層トロール調査の指標)、これは付録の記載と矛盾する。ウェブ会合の議論では、資源評価報告書本文が誤りであり、たもすくい網漁業と卵量サンプリングの2つの指標が資源評価に使用された。

たもすくい網漁業の指標を開発したデータや方法に関しては、非常に情報が少ない。しかし、たもすくいの指標が静岡県のたもすくい漁業の CPUE を使用していることは明らかである。指標はノミナルであり (標準化していない)、0 歳魚の資源量を表すのに使用された。それは短期予測の最新年の 0 歳魚の F と資源量を推定するのに特に重要である。しかし、系群の分布に比べて小規模な漁業であり、標準化しておらず、モデルフィットも悪いので (3.3.2 参照)、たもすくいの指標は 0 歳魚の指標としては劣っており、他のデータと一致していない。それ故、この指標を引き続き使用することは推奨しない。マサバ太平洋系群に使用された中層トロール調査の指標がなぜ本系群に使用されなかったのかは不明である。短期将来予測への影響を減じるため (3.4.2 参照) と、予測の最新年の F と資源量を推定する他の方法の開発は有益である。

ゴマサバ太平洋系群の卵量指標を生成したデータについては限られた情報しかなかった。本レビューでは、卵のデータは Continuous Underway Fish Egg Sampler (CUFES) かプランクトンネットを使用して収集されたと仮定した。しかし、卵量の標準化については詳細な情報があった。VAST モデルが卵量指標の標準化に使用された。ウェブ会合では十分な時間がなかったが、VAST モデルは適正なように見える。あえて言うなれば、標準化にマサバの卵密度の固定された効果を入れるよりも、卵の種の混合割合（ゴマサバとマサバ）を入れた別のモデルを使うことぐらいだろう。これは結果を大きく変えるとは思えない。ではあるが、本レビューは卵量指標の標準化にマサバの効果を入れるのが有用であることに同意する。卵量の指数は他の資源評価でも用いられているように (Lo et al. 2005)、ゴマサバ太平洋系群の産卵親魚量を相対的に表すのに使われている。標準化モデルにおける卵のサンプリングのカバー率と適切なモデルフィット (3.3.2) はこれが産卵親魚量の適切な指標であることを表している。しかし、卵による指標は、通常は産卵親魚量の直接調査よりは、合理的な指標ではないと考えられている。産卵親魚の直接的な指標が開発されるまで、本指標を主要な指標として維持し、引き続き調査開発を続けることを勧告する。

3.1.3 データに関する勧告

上述した事項に基づき、ゴマサバ太平洋系群の資源評価に使用したデータの改善について、以下を勧告する。

- 1) 異なる硬組織による年齢査定と比較と、年齢査定の検証を勧告する。
- 2) 年齢査定にかかる査定者間のバイアスと誤差の検証を勧告する。
- 3) 可能ならば、年齢-体長関係のギャップを埋めるためにサンプリングを増やすことを勧告する。でなければ、季節成長モデルによるギャップの補完を検討することを勧告する。
- 4) 年齢-体長関係の頑健さを検証することはできなかったが、次のレビューでは検証することを勧告する。
- 5) 産卵親魚量の調査が実施されるまで、標準化した卵量指標の使用を続けることを勧告する。しかし、将来、データと標準化手法をより詳細に資源評価報告書に掲載し、検証することを勧告する。この指標を引き続き研究開発していくことを推奨する。
- 6) たもすくい網の指標を使わずに、短期予測への影響を軽減する最新年の0歳魚のFと資源量を推定する他の方法を開発すること。
- 7) ゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群ほど決定的ではないが、本系群の別の資源

評価、管理方法を開発することは有益である。例えば、漁期前の日本の領海における資源量調査に基づいて漁獲上限を決める、観察値による管理方策などは日本の漁業による資源管理に使えるだろう。しかし、そのようなプロセスが頑健で管理目的に合致しているかどうか、日本と日本の管理が及ばない他国の漁業も含めて、シミュレーションモデル（MSE タイプのプロセス）を使用して検証することが重要である。あるいは、データ不十分な時の方法も資源評価に使えるだろう、ただし、関連した不確実性は非常に高くなり、本系群の管理方法としては適切ではないだろう。

3.2 生物学

3.2.1 系群構造と分布

本系群の系群構造は適切なようだ。しかし、時間が十分でなく、他に議論すべき事柄が多かったため、本トピックに関しては十分な議論はされていない。時間があれば、系群構造の証拠についても検証できれば有意義である。

3.2.2 自然死亡係数

他の資源と同様に、寿命が6歳であるとの報告に基づき、ゴマサバ太平洋系群の M は 0.4 と仮定された。しかし、先に述べたように（1.2.2 節）、これについては色々不一致な点があり、 M に関する更なる研究を勧告する。本系群に関しては、ゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群に比較して、より多くの生物学的研究がされており、資源の生物学的パラメタのメタ解析（Hamel 2015）や他のアプローチ（Liu et al. 2020）をもとに、 M の初期値を開発するのは有益である。この初期値を用いて統合資源評価モデルの中で M を上手く推定することが出来れば、より良いアプローチとなるであろう（Punt et al. 2021）。

3.2.3 成長

ゴマサバ太平洋系群の成長はゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群より知られている。成長は季節や海域で異なるが、それらの変動の大きさについては本レビューでは検討していない。全ての年の季節別年齢-体長関係が本資源評価で使用されたが、特に海域別成長の変動が大きい場合は、季節、海域別年齢-体長関係の開発を試みることは有益である。

3.2.4 生物学に関する勧告

上述した事項に基づいて、ゴマサバ太平洋系群の生物学を改善するための勧告を以下に記す。

1) 自然死亡係数を再検討することを勧告する。ゴマサバ太平洋系群についてはゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群よりも生物学的パラメタは知られており、Hoenig や Pauly の経験的方法を使ったメタ解析で速やかに改善できるだろう。時間をかければ、妥当な初期値を使って、資源評価モデルの中で、自然死亡係数を推定することも可能である。

2) 海域や季節での成長の変動を検証することを勧告する。もし海域や季節による変動が大きければ、海域、季節別年齢-体長関係を使うことを勧告する。

3.3 資源評価モデル

3.3.1 VPA モデル

ゴマサバ太平洋系群の資源評価に使用されたのは、チューニング指数を使う標準的な VPA モデルである。VPA モデルはデータに厳しい仮定を置くが、この資源評価では仮定が著しく侵害されたわけではない (3.1 節)。しかし、もっと柔軟で採集したデータをそのまま扱うことができる統計的年齢別漁獲尾数モデルの使用も有益である。また異なる仮説に基づく別のモデルの開発も容易である。

3.3.2 モデル診断

資源評価報告書はレトロパターンやモデルの適合などのモデル診断を掲載していない。しかし、これらのモデル診断は要請後、ウェブ会議の時に提示された。卵量の指数はモデルによく適合していたが、たもすくい漁業の指数の当てはまりは悪かった。このことは、たもすくいの指数は他のデータと一致していないことを示し、将来的に使用することを勧告しないし、あるいは再検証すべきである (3.1.2 節)。VPA モデルは多少のレトロパターンを示していたが、重大な懸念ではないと考える。

3.3.3 不確実性

他の資源同様にゴマサバ太平洋系群の資源評価での不確実性の扱いは不適切である (詳細は 1.3.3 節参照)。VPA モデルの結果と推定値 (産卵親魚量、加入量、年齢別資源尾数、年齢別漁獲死亡係数など) には誤差が含まれないとの前提がある。これはどの資源評価でも勧められない。ブートストラップ法による解析は特に最新年の推定に顕著な不確実性があることを示している。VPA モデルに不確実性を含めることは非常に難しい。もし可能ならば、ブートストラップ法を使ってデータに含まれる不確実性をシュミレートすることはできる

かもしれない。しかし、モデル全体を通じてデータと生物学的過程に含まれる不確実性を容易に包含できる統計的な年齢別漁獲量モデルの開発もまた有益であるだろう。

3.3.4 資源評価モデルに関する勧告

上述したような事項に基づき、ゴマサバ太平洋系群に使用された資源評価モデルの改善に関する勧告を以下に記す。

- 1) モデル診断を資源評価報告書に含めることを強く勧告する。
- 2) 資源評価において、不確実性を適切に取り扱うことは不可欠である。それ故、将来の資源評価では推定結果（年齢別資源尾数、年齢別漁獲死亡係数、加入量、産卵親魚量など）に誤差が含まれないとの仮定を置くべきではないと強く勧告する。そしてデータや生物学的過程に含まれる不確実性を資源評価モデルに適切に含めることを勧告する。
- 3) モデル全体を通じてデータと生物学的過程に含まれる不確実性を容易に包含できる統計的な年齢別漁獲量モデルの開発もまた有益であるだろう。他の仮説に基づいたモデルの開発もまた容易であるだろう。

3.4 将来予測

3.4.1 親子関係 (SRR)

いくつかの親子関係（ベバートンホルト型、リッカー型、ホッケースティック型）が VPA モデルで推定された歴史的な加入量と産卵親魚量の関係にあてはめられた。最小絶対値法で推定されたリッカー型 SRR (RI-L1) が将来予測と生物学的基準値を計算するために先の会議で選択された。選択された RI-L1 SRR(リッカー型親子関係)は、将来予測と生物学的基準値を推定するために使用された。

親子関係の選択は資源管理上の熟慮が強く影響しており、いくらか恣意的である。リッカー型親子関係は、サバ類よりも過剰補償があるような種（サケなど）で典型的に使用されており、リッカー型の AIC はホッケースティック型やベバートンホルト型より劣っている。しかし、リッカー型選択の理由は少なくとも「加入の曲線が産卵親魚量 38,000 トンかそれ以下で穏やかである」に基づいている。加えて、親子関係を使った感度分析では、低漁獲量のリスクと歴史的に最も低い親魚量になるトレードオフはリッカー型の場合が最も保守的であった。

親子関係選択にあたり、資源管理上の熟慮が重要なことは明らかなので、本レビューが親子関係の選択に言及することは適切ではないかもしれない。ではあるけれども、親子関係は本来相当な不確実性を内包し、それは親子関係に基づく将来予測や生物学的基準値には反映されていないことは記しておく。例えば、親子関係の推定に使われた加入量や産卵親魚量は誤差がないと仮定されている。それ故、加入量や親魚量からリサンプリングして得た親子関係の変動幅は過小評価されている。さらに、推定された歴史的加入量と親魚量はどちらかといえば平坦であり、親子関係をリッカー、ベバートンホルト、ホッケーステックから選択するのを困難にしている。結局、親子関係に不確実性を含むように考慮することが、将来予測や管理基準値の計算、管理方策の決定などに有益である。これはモデルの複合的な扱いであり、管理者に彼らの決定にどのようなリスクが伴うのか、より理解させるのに役立つだろう。

ゴマサバ東シナ海系群と同様に（詳細は 1.4.1 節参照）、日本の複数の資源の親子関係は（Kurota et al. 2020）、ゴマサバ太平洋系群の加入が顕著に環境要因に左右されることを示している（Kurota et al. 2020）。それ故、ゴマサバ太平洋系群の資源評価の際には考慮に入れるべきである。

3.4.2 短期予測

ゴマサバ東シナ海系群や本レビューの他の資源同様に（詳細は 1.4.2 節参照）、2020 年の産卵親魚量を推定するために 2018 年から 2 年先の短期将来予測をする必要があった。その場合の問題点は、日本以外の漁獲はゴマサバ太平洋系群の場合は重要ではないが、他の資源と同様である（1.4.2 節参照）。ゴマサバ東シナ海系群同様に、短期予測を改善するためには、漁期前に 0 歳と 1 歳魚の科学調査を実施することである（3.1.3 節参照）。しかし、一つの問題点はゴマサバ太平洋系群がゴマサバ東シナ海系群に比較して、より広い分布域を持っている点である。

3.4.3 長期予測

ゴマサバ太平洋系群の長期予想はゴマサバ東シナ海系群と同様の問題点がある（詳細は 1.4.3 節参照）。長期予測に内包する不確実性は、解析モデルの最新年の年齢別資源尾数に誤差を含まないという本来不適切な仮定により、過小評価されている。これは限界及び禁漁管理基準値を、確率分布の裾野に基づいて、超過する確率を計算するとき特に重要である。さらに、日本以外の漁獲は日本の管理に縛られていない。しかし、本系群に対する日本以外

の漁獲の影響は他の系群に比べて少ない。

3.4.4 将来予測に関する勧告

上述した事項に基づき、ゴマサバ太平洋系群の将来予測の改善に関する勧告を以下に記す。

- 1) 将来予測、管理基準値の計算、管理方策の決定などに関係する親子関係を推定する元となる加入量や産卵親魚量の推定に内包する不確実性を考慮すること。
- 2) ゴマサバ太平洋系群の資源評価や管理の際に、加入が環境変動の影響を強く受けることを考慮すべきであると助言する。
- 3) 短期、長期予測両方に最新年の年齢別資源尾数の推定に不確実性があることを考慮するよう勧告する。
- 4) 漁期前に0歳と1歳魚の科学調査を実施することを勧告する。
- 5) 長期予測において、日本以外の国に日本のFの乗数を仮定しないことを勧告する。

4. マサバ太平洋系群

マサバ太平洋系群の資源評価と管理はゴマサバ太平洋系群と密接に関連している。それ故、本レビューでは同様な長所、短所を見出し、同様な勧告を提示している。重複と冗長さを避けるために、適切な場合は前節の引用を行なっている。しかし、マサバ太平洋系群に対する勧告は、明確にするために独立して記載した。

4.1 データ

VPA モデルが、歴史的なデータを使ったマサバ太平洋系群の資源評価に使用された。それ故、マサバ太平洋系群は他の資源と同様な仮定を置いている（1.1節や3.1節）。

4.1.1 年齢別漁獲尾数

マサバ太平洋系群の年齢別漁獲尾数の時系列の作成過程はゴマサバ太平洋系群のものと非常に似ている（3.1.1節）。資源評価報告書にはどのように年齢別漁獲尾数を生成したか、詳細な記載がなかった。しかし、本レビューは生成されたマサバ太平洋系群の年齢別漁獲尾数が、年齢別漁獲尾数に甚だしい誤差を含んでいないとする仮定を著しく侵害していないので、適正であると判断した。であるが、本レビューは多少の改善点も発見した。

マサバ太平洋系群とゴマサバ太平洋系群の根本的な違いは、中国とロシアがマサバの漁獲

に相当な貢献をしていることである。それ故、本資源を漁獲する中国とロシアの年齢別漁獲量の正確な情報を得ることが、さらに重要である。本資源を漁獲する他の国はないと考えられる。中国とロシアの漁獲はサバ類（マサバ、ゴマサバ混合で）として NPFC に報告されており、マサバとゴマサバの年齢別漁獲尾数に分けられている。中国とロシアの漁獲種、体長、年齢組成は、日本漁業と同様と仮定されている。情報が欠如している現状では、この仮定は合理的であるが、可能であれば、将来的にはこの仮定の検証も必要である。

ゴマサバ太平洋系群と同様に、年別季節別年齢-体長関係が生成され、マサバ太平洋系群の体長組成を年齢組成に換算するのに使われている。これはスライシング法より適切であると考えられる。しかし、潜在的な改良点と前種と同様な勧告がある（詳細は 3.1.1 節参照）。

4.1.2 資源量指数

マサバ太平洋系群の資源量指数はゴマサバ太平洋系群のものとは異なっている。マサバ太平洋系群に対して、4つの指標が VPA モデルのチューニングに使用された: 1) 春季に実施された中層トロール調査の 0 歳魚の CPUE; 2) 秋に実施された中層トロール調査の 0 歳魚の CPUE; 3) 伊豆諸島のすくい網の CPUE; 4) 日本の太平洋岸に沿って採集された卵量指数である。2つの中層トロール調査の指標は標準化され、0 歳魚の資源量の相対的な傾向を示すために使用された。それぞれの調査の指標はお互いに一致している。すくい網の指標は産卵親魚資源量の傾向を示すのに使用され、ゴマサバ太平洋系群では、すくい網の指標が 0 歳魚の資源量を表すのに使用されたが、標準化されていなかったのとは違い、標準化されている。マサバ太平洋系群とゴマサバ太平洋系群両方に共通した漁業なのに、なぜ方法論と使用法が異なるのかは不明である。マサバ太平洋系群の卵量指数は産卵親魚量を表すのに使用されたが、標準化されていなかった。なぜ卵量指標が標準化されてなく、ゴマサバの卵量指数が標準化されていたかは不明である。両方の卵量指数は同じ卵調査のデータであると思われる。ウェブ会合で、開発された標準化した卵量指標が示された。将来的には標準化した卵量指標を使うことを推奨する。

残念ながら、ウェブ会合の間にこれら指標を詳細に議論する時間はなく、これらの報告は相対的に限られたものであった。それ故、将来的には資源量指数をより詳細にレビューすることを勧告する。ではあるが、これらの指標に関する将来的な改善案を以下に示す。全体として、マサバ太平洋系群の指標は 2005 年以降、増加傾向を示しており、VPA モデルの傾向と視覚的に同じである。しかし、推定された VPA モデルと指標の間の残差は相対的には大き

い状態である(4.3.2節)。それ故、マサバ太平洋系群の資源量指数の研究開発は続ける必要がある。中層トロール調査に関して、表層水温や各層水温は成長、生残、0歳魚の資源量に影響しているだろうから、標準化の効果として加えることは適正ではない。そして、これら変数はトロールの漁獲効率(標準化の目的である)を標準化するだけではないだろう。すくい網の指数に関しては、資源の代表値として、漁場の広がり、産卵親魚の分布を十分カバーしているかどうか不明である。卵量指数に関しては、特にゴマサバ太平洋系群では標準化が重要であったので、ノミナルの指数が適切かどうか不明である。

4.1.3 データに関する勧告

上述した項目に基づいて、マサバ太平洋系群のデータを改善するための勧告を以下に記す。

- 1) 可能ならば、中国やロシアの漁獲物の種/体長/年齢組成が日本のものと同じであるという仮定を検証することを推奨する。
- 2) 異なる硬組織による年齢査定と比較をし、年齢査定を検証する実験の実施を推奨する。
- 3) 年齢査定者間のバイアスや誤差についても検証することを勧告する。
- 4) 可能ならば、年齢-体長関係のギャップを最小化するためにサンプリングを増やすことを勧告する。あるいは、これらのギャップを季節別成長モデルを使って埋める試験を行うことを勧告する。
- 5) 体長と年齢サンプリングプログラムの頑健性を検証することはできなかったが、次のレビューでは検証することを勧告する。
- 6) 資源量指数の研究開発を持続することと、次回のレビューでは詳細にわたり検証することを勧告する。
- 7) ノミナルではなく、標準化した卵量指数を使うことを勧告する。
- 8) 本資源に関しては、別の資源評価と管理方策を開発することが有益である。例えば、漁期前の日本の領海における資源量調査に基づいて漁獲上限を設定する、観察値に基づく管理方策などは日本の漁業による資源管理に使用できるだろう。しかし、本種に関してこのような方法が、日本と日本の管理が及ばない他国の漁業を含めて、管理目的に合致し、十分に頑健かシミュレーション(MSEタイプの)を使って検証することが重要である。その他には、データが不十分な場合の方法も適用できるが、不確実性が增大するので、本資源の管理には適切ではないだろう。

4.2 生物学

4.2.1 系群構造と分布

本系群の系群構造は適切であると考えられる。しかし、時間がなく、他に重要な項目があったので、本項目については、十分に議論されていない。時間が十分にあったならば、資源構造の根拠となる事実について、検証できれば有益である。

4.2.2 自然死亡係数

他の資源同様にマサバ太平洋系群の M は 0.4 と仮定されている。しかし、先述したように (1.2.2 節)、これには不一致な点がある。特に本資源についてはゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群よりも多くの生物学的研究があるので (詳細は 3.2.2 節参照)、 M についての更なる調査研究を推奨する。

4.2.3 成長

ゴマサバ太平洋系群と同様に、マサバ太平洋系群の成長はゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群より知られている。本資源系群に関する勧告はゴマサバ太平洋系群と同様である (詳細は 3.2.3 節参照)。

4.2.4 生物学に関する勧告

上述した事項に基づき、マサバ太平洋系群の生物学を改善するための勧告を以下に記す。

1) 自然死亡係数を再解析することを推奨する。ゴマサバ太平洋系群の生物学的パラメータがゴマサバ東シナ海系群やマサバ対馬暖流系群よりもよく知られていることを考えれば、Hoenig や Pauly などの経験的な手法を使ったメタ解析により、短期間での改善が期待される。長期的には、適切な初期値を用いて、資源評価モデルの中で自然死亡係数を推定することも可能だろう。

2) 海域や季節での成長変動を検証することを推奨する。もし違いが大きければ、海域や季節別の年齢-体長関係の使用を勧告する。

4.3 資源評価モデル

4.3.1 VPA モデル

資源評価には、大きなレトロパターンが観察され、最新年の加入が過剰に推定されたので、リッジ VPA モデル (Okamura et al. 2017) を使用した。リッジ VPA モデルの詳細については、1.3.1 節参照。これらの問題を深く検討する十分な時間はなかったが、本年のこの手法の変化はモデラーが問題を縮小しようとした結果である。しかし、この試みが適切なもの

であるか、短期的に症状を軽減するだけのものであるかは明らかではない。残念ながら、詳細なモデルの点検と診断を行う十分な時間はなかった。それ故、観察された問題を解決する方策を提案することはできなかった。ではあるが、統計的な年齢別漁獲モデルの開発は、モデルの適用がより柔軟であるし、データをそのまま扱えるので、有益であるだろう。他の仮説に基づくモデルの開発も容易であるかもしれない。

4.3.2 モデル診断

マサバ太平洋系群の資源評価報告書はレトロパターンやモデルの適合度などのモデル診断を掲載していない。しかし、これらのモデル診断は、ウェブ会議で要請した後で提供された。モデル診断は、資源量指標がモデルによく適合しておらず、大きなレトロパターンがあることを示している。リッジ VPA の使用でレトロバイアスは減少するが、これは資源量指標の適合度が悪くなることとのトレードオフのようである (1.3.1 参照)。そのようなトレードオフが適正かどうかは不明である。

4.3.3 不確実性

他の系群と同様にマサバ太平洋系群の資源評価における不確実性の扱いは不適切である (詳細は 1.3.3 と 3.3.3 節参照)。資源評価を通じて大きな不確実性が存在するが、データやモデル、資源評価結果に含まれる不確実性についてはほとんど考慮されていない。

4.3.4 資源評価モデルに関する勧告

上述した事項に基づき、マサバ太平洋系群の資源評価モデルの改善のための勧告を以下に記す。

- 1) モデル診断を資源評価報告書に含めることを強く勧告する。
- 2) 資源評価で不確実性を適切に扱うことは不可欠である。それ故、将来の資源評価では、推定量 (年齢別資源尾数、年齢別漁獲死亡係数、加入量、産卵親魚量) に誤差が含まれないとの仮定を置かずに、データ収集、生物学的過程など資源評価全体を通じて不確実性を適切に考慮することを強く推奨する。
- 3) より柔軟でデータや生物学的過程が含む不確実性をより容易に取り込むことができる、統計的な年齢別漁獲モデルの使用は有益であろう。他の仮説に基づくモデルの開発も容易であるだろう。

4.4 将来予測

4.4.1 親子関係 (SRR)

マサバ太平洋系群で親子関係が選択された過程は他の資源と同様である（詳細は 1.4.1 節参照）。最小二乗法で推定されたホッケーステック型親子関係 (HS-L2) が、マサバ太平洋系群について選択された。しかし、他の資源と違い、顕著な自己相関を含んでいることが検出された。

他の資源同様に、管理上の配慮がマサバ太平洋系群の SRR 選択に大きく影響している。ウェブ会議の間には、SRR について議論する時間はなかった。これらの状況を考えれば、このレビューで SRR の選択についてコメントするのは適切ではないだろう。ではあるが、SRR に基づく生物学的基準値や将来予測には SRR に含まれるであろう不確実性がふくまれていることは指摘しておく。例えば、SRR の推定に使用された推定された加入量と産卵親魚量には、誤差がないと仮定されている。それ故、SRR の変動推定に使用された加入量と産卵親魚量のリサンプリングは、SRR の変動を過小評価しているだろう。加えて、推定された歴史的な加入量は 2 つのレジームに強く影響されていることが窺える。全体として、将来予測や管理基準値の計算、管理方策の決定に SRR に含まれる不確実性を考慮することは有益であろう。これはモデルを組み合わせた形になるだろうし、管理者に彼らの判断に伴うリスク全体に対してより良い理解を可能にするだろう。

マサバ対馬暖流系群と同様に（詳細は 2.4.1 節参照）、日本の複数の資源の SRR の解析もまた (Kurota et al. 2020)、マサバ太平洋系群の加入が環境要因と産卵親魚量に影響をうけることを指摘している。それ故、マサバ太平洋系群の資源評価や管理においては、このことを勘案するよう助言する。

4.4.2 短期予測

本レビューの他の資源同様に（詳細は 1.4.2 節参照）、2 年先の予測は、2020 年の産卵親魚量を推定するために、2018 年の年齢別資源尾数の推定値を前進させなければならない。これを実行するための問題は類似している (1.4.2 参照)。ゴマサバ東シナ海系群と同様に、短期予測を改善するひとつの方法は、漁期前に本資源の 0 歳と 1 歳魚の科学調査を実施することである (4.1.3 節参照)。しかし、マサバ太平洋系群の問題は、ゴマサバ東シナ海系群よりも分布域が広大な点である。

4.4.3 長期予測

マサバ太平洋系群の長期予測は他の資源同様の問題を含んでいる（詳細は 1.4.3 節参照）。

長期予測に関わる不確実性は、現状では不適切であるが、最新年の年齢別資源尾数の推定に誤差が含まれないと仮定しているため、過小評価されている。これは限界基準値や禁漁基準値を超える確率を計算する上で、確率分布のすそ野部分に関係するので、特に重要である。加えて、日本以外の漁獲は日本の管理方策には制限されない。それ故、Fの乗数を日本以外の国に適用することは合理的ではない。

4.4.4 将来予測に関する勧告

上述した項目に基づき、マサバ太平洋系群の将来予測に関する勧告を以下に記す。

- 1) 将来予測、管理基準値の計算、管理方策決定にあたり、SRRに含まれる不確実性を考慮すること。
- 2) 資源評価や管理の際に、環境変動や産卵親魚量の影響を考慮することを助言する。
- 3) 短期長期予測の際に、最新年の年齢別資源尾数の推定値に含まれる不確実性を含めるようにすることを勧告する。
- 4) 漁期前に日本の領海内で0歳と1歳魚の科学調査を開発することを勧告する。
- 5) 長期予測の際に、日本以外の国に日本と同じFの乗数を仮定しないよう勧告する。

5. 結論

それぞれの資源の詳細なレビューと勧告はそれぞれの章に記載した。しかし、それぞれに共通する大局的な点について以下に記す。

最も重要なことは、ゴマサバ東シナ海系群とマサバ対馬暖流系群の歴史的なデータを使用した資源評価（VPAモデルの解析の結果）や過去に遡った解析に大きな誤差とバイアスが含まれている可能性である。ゴマサバ東シナ海系群とマサバ対馬暖流系群にはデータソースの改善のために甚だしい仕事が必要だろう。最も重大なことは、困難だろうが、日本以外の国の正確な年齢別漁獲量のデータを入手することである。日本漁業でさえ、ゴマサバ東シナ海系群とマサバ対馬暖流系群には頑健な生物学サンプリングプログラムがない。加えて、資源量指数も多大な改善を必要とする。ゴマサバ東シナ海系群とマサバ対馬系群の資源評価を改善するための非常に大量の仕事を考えて、この仕事が達成されるために必要な十分な材料（データ）を提供することが重要である。

ゴマサバ東シナ海系群とマサバ対馬系群に関しては、他の資源評価方法や管理方策を考えることも有益である。例えば、漁期前の日本の領海の調査に基づく観察ベースの管理方策な

どは、日本の漁業管理に使えるであろう。しかし、そのような方策が、日本と日本の管理に縛られない日本以外の漁業、そして資源にとって頑健で、管理目標に沿っているかどうか確認するためのシュミレーションモデル（MSE タイプの）を使って検証することが重要である。

ゴマサバ太平洋系群とマサバ太平洋系群のデータは著しく状態が良い、これは 1) 主要な漁獲データをすべて含んでいる、2) 生物学的サンプリングから年別季節別体長 - 年齢関係が作成されて、体長から年齢構成への変換が行われている、3) 資源量指数に関して調査データが使用できるからである。しかし、資源評価の改善の余地も残されており、特にいかに硬組織を年齢査定のためにサンプリングするかと、資源量指数の標準化の開発である。

すべての 4 つの資源評価を通じて、自然死亡係数は、他の研究と矛盾している最大年齢が 6 歳であるとの仮説に基づき、0.4 と仮定された。このパラメタの重要性に考慮して、自然死亡係数に関するさらなる調査を勧告する。自然死亡係数に関する初期値の開発は有効である。この初期値は複合モデルでも利用でき、モデル内で自然死亡係数を推定することができれば、よりよい方法となるであろう。

不確実性の扱いは 4 つすべての資源評価で不適切である。不確実性は資源評価すべてにわたり存在するが、データ、モデル、資源評価結果に関する不確実性の考慮が十分でない。例えば、推定された個体群（年齢別尾数、加入量、産卵親魚量、年齢別漁獲死亡係数）に対して最新年の誤差がないと仮定しているが、それはどのような資源評価でも推奨されていない。年齢別尾数や年齢別漁獲死亡係数が不確実性なしに将来予測に使われた場合、予測された確率分布は誤りである可能性が高い。同様に、親子関係に不確実性を含まずに推定された加入量と産卵親魚量はこれら関係の不確実性を過小評価している可能性が高い。モデルの中でデータの不確実性と生物学的過程を容易に扱える、統計的年齢別漁獲モデルの開発は有益であるだろう。

すべての 4 つの資源は、2020 年の産卵親魚量を推定するために、推定された 2018 年の年齢別尾数を使って 2 年間の前進計算を行っている。これらの短期予測は最新年の 0 歳と 1 歳の推定に非常に敏感であるが、これら年級群の繰り返し観察の欠如のために非常に不確実である。いくつかの資源では、日本の資源管理の及ばない他国の顕著な漁獲量を含んでいる。加えて、将来予測に使用された年齢別資源尾数と年齢別漁獲死亡係数は誤差がないこと

を前提としている。それ故、予測された 2020 年の産卵親魚量、これをもとにして計算される許容漁獲量は現状の仮定よりもさらに不確実である。同様な問題点は長期予想についても存在している。

引用文献

付録 1 - Terms of Reference