令和４（2022）年度マアジ太平洋系群の資源評価

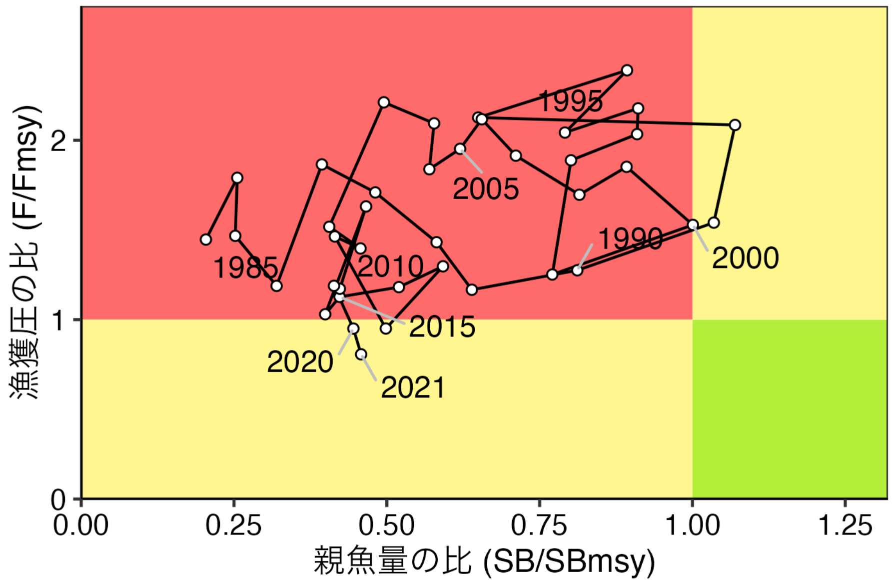
水産研究・教育機構　水産資源研究所　水産資源研究センター
参画機関：地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、静岡県水産・海洋技術研究所、愛知県水産試験場、三重県水産研究所、和歌山県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、高知県水産試験場、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、宮崎県水産試験場

要　　　　約

本系群の資源量について、資源量指標値をチューニング指数として用いたコホート解析により推定した。資源量は、1980 年代から増加傾向となり、1990 年代半ばは 14 万トンから 16 万トンで推移した。1997 年から減少傾向に転じ、2006 年以降 10 万トンを下回り、2009 年には 5.6 万トンまで減少した。その後、資源量は再び増加傾向となり、2013 年には 6.9 万トンに達したが、2015～2018 年は 4 万トン台で推移した。資源量は、近年は横ばい傾向を示しており、2021 年の資源量は 5.0 万トン、親魚量は 2.7 万トンと推定された。

令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係には自己相関を考慮したリッカー型とベバートン・ホルト型の重み付き平均モデルが適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現する水準の親魚量（SBmsy）は 6.0 万トンである。この基準に従うと、本系群の 2021 年の親魚量は、MSY を実現する水準を下回る。一方、本系群に対する 2021 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）をわずかに下回る。親魚量の動向は近年 5 年間（2017～2021 年）の推移から「横ばい」と判断される。2023 年の親魚量および資源量の予測値と、漁獲管理規則に基づき算出された 2023 年の ABC は 1.8 万トンである。

要　約　図　表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	6.0 万トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の親魚量の動向	横ばい
最大持続生産量（MSY）	38 千トン
2023 年の ABC	18 千トン

コメント:

・ ABC の算定には、令和 2 年 7 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。

・調整係数 β は、0.8 が用いられる。

・ 近年の資源量は横ばいであるが、近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っていることに留意する必要がある。

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 （千トン）	親魚量 （千トン）	漁獲量 （千トン）	F/Fmsy	漁獲割合 （%）
2017	51	28	24	1.63	47
2018	48	25	18	1.17	38
2019	43	25	16	1.19	38
2020	49	27	16	0.95	33
2021	50	27	15	0.81	29
2022	58	31	19	0.97	34
2023	63	32	18	0.80	29

・ 2022 年、2023 年の値は将来予測に基づく平均値である。
・ 2023 年の漁獲には ABC の値を用いた。
・ 2022 年に仮定した漁獲係数 F は、令和元年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率の下で、2019～2021 年の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出した。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・漁期年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 主要港水揚量（宮崎～青森（17）県） 生物情報収集調査（水研、宮崎～青森（17）県、JAFIC）
資源量指数 ・加入量指標値	宮崎県南部定置網 CPUE*（宮崎県） 宇和島港まき網 CPUE*（愛媛県） 宿毛湾中型まき網 CPUE*（高知県） 串本棒受網 0 歳魚漁獲量*（和歌山県） 伊勢湾まめ板網漁業 0 歳魚漁獲量*（愛知県） 千葉県定置網 0 歳魚漁獲量*（千葉県）
自然死亡係数（M）	年当たり M＝0.5 を仮定（田中 1960）
漁獲努力量	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 北部太平洋まき網漁獲努力量（JAFIC）

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

2. 生態

（1）分布・回遊

マアジ太平洋系群の分布域を図 2-1 に、主な漁場形成の模式図を図 2-2 に示した。日本近海のうち太平洋および隣接海域に分布するマアジには、東シナ海を主産卵場とする群と本州中部以南の地先で産卵する群がいると考えられている。太平洋沿岸の中部以東の海域では加入時期の異なる群が混在し、それらは 2～4 月に東シナ海で生まれたものと 5 月以降に太平洋沿岸域で生まれたものから構成されると考えられている（木幡 1972）。また、東シナ海からの加入群（横田・三田 1958）の多寡が資源水準を左右するとも考えられている（古藤 1990）。

（2）年齢・成長

1 年で尾叉長 18 cm、2 年で 24 cm 程度に成長する（図 2-3）。成長は分布海域によって異なると考えられており（多賀・山下 2018）、本系群の成長過程に対する広域的な調査が望まれる。本系群では 4 歳魚以上の漁獲は非常に少ないが、そのような漁獲物には耳石に刻まれた輪紋数が 10 を越える個体が含まれるとの報告がある（多賀・山下 2018、 Katayama et al., 2019、高村ほか 2020）。

（3）成熟・産卵

産卵期は南部ほど早く、豊後水道、紀伊水道外域などでは冬から初夏であり（阪本ほか 1986、薬師寺 2001、阪地 2001）、相模湾では春から初夏（木幡 1972、澤田 1974）である。1 歳で 50%、2 歳以上で 100%が成熟すると考えられる（図 2-4）。

（4）被捕食関係

仔稚魚は成長するにつれて大型の動物プランクトンを摂餌し、幼魚以降では魚食性が強くなる（三谷ほか 2001）。本種は大型の魚類等により捕食される。

（5）特記事項

先に述べたように、太平洋沿岸域には、主に本州中部以南の地先で発生した集団と東シナ海で発生した集団とが混在すると考えられている。現在、各分布海域において、漁期、成長履歴、遺伝形質等の特徴から、群れを構成する個体の発生源を判別するための科学的調査が行われている（例えば、Ishikawa et al. 2021）。これらの調査により、太平洋系群に対する東シナ海起源の個体の寄与の程度、およびその年変動について解明されることが望まれる。

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

まき網漁業による漁獲が全体の約 6 割を占め、次いで定置網による漁獲が約 3 割を占める。相模湾では春が漁期の主体になることが多いのに対して、日向灘、豊後水道、紀伊水道から熊野灘では春から秋にかけて漁獲される。これらの海域では春から 0 歳魚が、年初から 1 歳魚が漁獲され始める。千葉県以北の海域では 1 歳魚や 2 歳魚の漁獲が多い。

（2）漁獲量の推移

太平洋北～太平洋南区（北海道太平洋北部～宮崎県）における漁獲量の推移を表 3-1、図 3-1 に示した。漁獲量は、1982～1985 年までは 2 万トン以下であったが、1986 年に急増して 3.7 万トンとなり、1990 年以降に再び増加して 1993～1997 年は 7 万～8 万トンと高い水準で推移した。1997 年以降は減少に転じ、2009 年以降は 3 万トン以下で推移した。2015～2016 年は 1.6 万～1.7 万トンと極めて低い水準で推移したが、2017 年は 7 月以降、高知県以西の海域で当歳魚を中心に好調な漁獲が続き、総漁獲量は 2.4 万トンと 2015、2016 年を上回る好漁となった。しかし、2019 年と 2020 年は 1.6 万トン、2021 年は 1.5 万トンと再び低い水準で推移している。各海区の漁獲量が占める割合は、本系群資源量が減少する前の 1990 年代後半は太平洋南区 5 割、太平洋中区 4 割、太平洋北区 1 割程度であった。2021 年の割合はこれと大きく変わらなかった。本系群の外国漁船による漁獲はない。なお、図 3-1 および表 3-1 に示した漁獲量は漁業・養殖業生産統計年報に記載された数値に基づき、太平洋各県に計上されている漁獲量から、大中型まき網漁業漁獲成績報告書により東シナ海で漁獲されたと判定された分（水産庁提供）を差し引いた値を用いた。2020 年の愛媛県における大中型まき網漁業漁獲量については、2021 年度資源評価では漁業・養殖業生産統計年報に記載された数値を差し引いたが、今年度資源評価では例年通り大中型まき網漁業漁獲成績報告書の数値を差し引いた。2014～2021 年の太平洋側都府県所属船による日本海での漁獲量が太平洋側の漁獲量として計上されていた分は修正している。また、1989～2001 年にかけての混獲魚（主にサバ類）の漁獲量が漁業・養殖業生産統計年報のマアジの漁獲量に計上されている分は差し引いている。

年齢別漁獲尾数の推移を図 3-2 に示した。漁獲の主体は 0 歳魚と 1 歳魚である。2015 年は 0 歳魚の漁獲尾数は 1982 年以降で最低の 6600 万尾であったが、2016 年は 1 億 2300 万尾と倍増した。2020 年及び 2021 年の 0 歳魚漁獲尾数はそれぞれ 1 億 800 万尾及び 8900 万尾であった。しかし、0 歳魚漁獲尾数が多かった 1990～2008 年（2 億 1800 万～8 億 6700 万尾）と比較すると低い水準にある（図 3-2、補足表 2-1）。全年を通して 0 歳魚漁獲尾数は宮崎～高知県で多かった。

（3）漁獲努力量

主要な漁業はまき網と定置網である。図 3-3 に漁業・養殖業生産統計年報による 2000～2018 年の大型定置網の漁労体数と漁業情報サービスセンター（JAFIC）が集計した 2000～2021 年の北部まき網の有効努力量の推移を示した。まき網のうち太平洋北区で操業する北部太平洋まき網の年間有効努力量は 2000～2005 年まで減少傾向で、その後低水準、横ばいで推移している。大型定置網の漁労体数は 2000 年以降太平洋南区では横ばい、太平洋中区では緩やかな減少傾向で推移している。太平洋北区では 2007～2016 年の統計値が非公表であるため推移は不明である。なお、大型定置網の漁労体数調査は 2019 年より廃止となった。

4．資源の状態

（1）資源評価の方法

1982 年以降の年齢別漁獲尾数（図 3-2、補足表 2-1）に基づいて、コホート解析により年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数 F を計算した（補足資料 1、2）。年齢と尾叉長の関係は補足表 2-2 に示す。資源評価に用いた計算では、前年度と同様、直近年の選択率は過去 5 年の選択率の平均に等しいと仮定した。加入量指標値は、以下の「（2）資源量指標値の推移」に示す 2005～2021 年の数値をチューニングに用いた（補足資料 2、補足表 2-3）。各自然死亡係数 M は、4 歳以上の漁獲が非常に少ないことから寿命を便宜的に 5 歳と仮定し、田中 (1960) に基づき 0.5 とした。

（2）資源量指標値の推移

加入量水準の指標値には、0 歳魚を漁獲対象とする各県各漁法の 6 種類のデータを用いた（図 4-1、補足資料 2、補足表 2-3）。

① 宮崎県南部定置網 CPUE：4～6 月に宮崎県南郷漁協の定置網に入網するアジ仔銘柄（0 歳魚）の CPUE（月当たり漁獲量／延べ水揚日数）

② 宇和島港まき網 CPUE：4 月～翌年 3 月に愛媛県宇和島港に水揚げされる中型まき網によるゼンゴ銘柄（0 歳魚）CPUE（月当たり漁獲量／水揚げ統数）

③ 宿毛湾中型まき網 CPUE：4 月～翌年 3 月の高知県宿毛湾において中型まき網により漁獲されるゼンゴ銘柄（0 歳魚）CPUE（日別漁獲量／出漁隻数）

④ 串本棒受網漁獲量：5～6 月の和歌山県串本においてマアジ 0 歳魚を対象とする棒受網漁獲量

⑤ 伊勢湾まめ板網漁業漁獲量：4 月～翌年 3 月の伊勢湾の愛知県小型底びき網漁業（まめ板漁業）による 0 歳魚漁獲量

⑥ 千葉県定置網漁獲量：10 月～翌年 3 月の千葉県鴨川沖定置と灘定置及び千倉定置網

のジンダ銘柄月別漁獲量

2021 年度資源評価から②宇和島港まき網 CPUE においてゼンゴの狙い操業を考慮した Directed CPUE（2021 年度資源評価 添付資料 FRA-SA2021-SC01-301）を指標値として用いている。これら 6 種類の指標値の傾向をみると、2008 年に①と④で高い値がみられ、2009 年以降は変動を繰り返しつつ全体では減少傾向で推移し、⑥は 2010 年に高い値がみられたが、他の指標値と同様に近年は減少傾向であった。2020 年の各指数の変動は②と⑥で大きく減少しており、それ以外はほぼ横ばいで推移したが、2021 年は①を除けば全体に増加傾向である（図 4-1、補足表 2-3）。

（3）資源量と漁獲圧の推移

資源量は、1982 年から 1990 年代始めにかけて増加したが、1996 年の 16.2 万トンを頂点として減少に転じた（図 4-2、4-3、表 3-1）。その後、2000～2013 年にかけて増減を繰り返した。2015～2019 年には 4.3 万～5.1 万トンで推移し、2021 年の資源量は 5.0 万トンと推定された。親魚量は、1984 年以降増加し、1992 年に最高の 6.4 万トンとなった。1993～2000 年まで 5 万トン前後で推移した後、2001～2008 年にかけて減少し、2009～2013 年では 2.4 万～3.5 万トンで推移した。その後は横ばいで推移し、2021 年の親魚量は 2.7 万トンと推定された。加入量（0 歳資源尾数）は、1993 年に 24 億尾と最大になった後に減少傾向となり、2021 年では 4.0 億尾となった（図 4-4、表 3-1）。自然死亡係数 M を 0.4、0.6 とした場合の資源量、親魚量について図 4-5 に示した。M の値が高いほど、いずれの推定値も増加した。

再生産成功率は、1986 年（47.0 尾／kg）や 1993 年（61.3 尾／kg）に高く、1982～2011 年まで概ね 20 尾／kg 以上で推移した（表 3-1）。一方、2012 年以降の再生産成功率は 2016 年を除くと 20 尾／kg を下回る低い水準で推移しており、2021 年では 14.6 尾／kg となった。

各年齢の漁獲係数（F）の推移を図 4-6 に示した。0 歳に対する F は、総じて 1 歳以上より相対的に低く、1 歳以上に対する F が下がる年にやや上昇する傾向を示している。2021 年の F は、0 歳では 0.33、1 歳では 0.47、2 歳と 3 歳以上では 0.59 と推定された（補足表 2-1、3-1）。漁獲割合は 33～53%の範囲で推移してきたが（図 4-7）、2021 年では 29%となった。

本年度評価で推定された資源量は昨年（2021 年）度評価の値より上方修正された。一方、漁獲係数は下方修正され、例えば、本年度評価で推定された 2021 年の漁獲圧は、昨年度に仮定した値（F2018-2020：0 歳では 0.64、1 歳では 0.91、2 歳と 3 歳以上では 1.22）より低くなった。この理由として、2021 年の宿毛湾や串本などの加入量指標値が高かったことが考えられる（添付資料 FRA-SA2022-SC03-07）。これにより、2021 年の加入尾数（4.0 億尾）は、昨年度に予測した値（2.3 億尾, 非公表値）よりも多く推定された。また、本系群では、加入量指標値の変動と 0 歳魚資源尾数の変動をうまく説明するために、2021 年の 0 歳魚だけでなく 1 歳魚以上の漁獲係数も合わせて調整されるため、1 歳魚以上の漁獲係数も下方修正となった。さらに 2021 年の漁獲量と漁獲物の年齢構成（昨年度に予測された構成よりも高齢魚が多い）も漁獲圧の下方修正に影響を与えていると考えられる。

（4）加入量当たり漁獲量（YPR）、加入量当たり親魚量（SPR）および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、

漁獲が無かった場合との比較を行った。図 4-8 と表 3-1 に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合（%SPR）の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPR は、1982 年以降 7.5～23.1%で推移しており、2021 年では 27.7 %となった（補足表 3-2）。現状の漁獲圧の%SPR を、近年 3 年間（2019～2021 年）の平均 F 値とその選択率、および 2006～2021 年の年齢別平均体重（補足表 2-4）から算出すると 22.5%となった。

現状の漁獲圧に対する YPR と%SPR の関係を図 4-9 に示す。ここでの F の選択率は、令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F（Fmsy）の推定に用いた値（井須ほか 2020）を用いている。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy 算出時の値を使用している。Fmsy は、%SPR に換算すると 21.6%に相当する。同様の条件下で 22.5%SPR を達成する F を現状の漁獲圧（F2019-2021）とした。F2019-2021 は、Fmsy をわずかに下回るが、F30%SPR を上回る。YPR 管理の観点からも、F2019-2021 は F0.1 や Fmax を上回っている。

（5）再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 4-10 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはリッカー型とベバートン・ホルト型の重み付け平均モデルが適用されている（井須ほか 2020）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、令和元（2019）年度の資源評価（中神ほか 2020）に基づく 1982～2017 年の親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いている。上述した東シナ海で発生した集団の移入は、加入量の年変動の一部として取り扱われ、加入量の残差の自己相関を両モデルに組み込むことで考慮されている。再生産関係式の各パラメータを補足表 3-3 に示す。

（6）現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値等

「管理基準値等に関する研究機関会議」（井須ほか 2020）で推定された、現在（1982 年以降）の環境下における最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量（SBmsy）、および最大持続生産量 MSY を実現する F（Fmsy）を補足表 3-4 と図 4-11 に示す。「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て、この MSY を実現する親魚量（SBmsy：6 万トン）を目標管理基準値とする資源管理目標が定められた。また、MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（1.5 万トン）が限界管理基準値、MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（1,700 トン）が禁漁水準とされた。

（7）資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-12 に示す。本系群における 2021 年の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を下回っており、2021 年の親魚量は SBmsy の 0.46 倍である。また、2021 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、2021 年の漁獲圧は%SPR で比較すると MSY を実現する漁獲圧の 0.81 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）とは、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である（表

3-1)。親魚量の動向は、近年5年間（2017～2021年）の推移から横ばいと判断される。本系群の漁獲圧は2012年を除いてFmsyを上回る値で推移してきたが、2020年と2021年はFmsyを下回った。親魚量は1991～1992年を除いてSBmsyを下回る値で推移している。

5. 将来予測

（1）将来予測の設定

資源評価で推定した2021年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて2022～2051年までの将来予測計算を行った（補足資料2）。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差と前年の観測値と予測値との残差（残差の自己相関）を考慮し、10,000回の繰り返し計算を行った。2022年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2019-2021）から仮定した。現状の漁獲圧は、管理基準値案を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）の条件下で、今年度評価における2019～2021年の漁獲圧に対応する%SPR（22.5）を与えるF値とした。2023年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則で定められる漁獲圧を用いた。

（2）漁獲管理規則

資源管理基本方針で定められた本系群の漁獲シナリオに則った漁獲管理規則を図5-1に示す。この漁獲管理規則は、親魚量が限界管理基準値以上にある場合にはFmsyに調整係数βを乗じた漁獲圧とし、限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する規則である。本系群の調整係数βは0.8が用いられる。

（3）2023年の予測値とABCの算定

本系群の漁獲管理規則に基づきβ=0.8を用いて算定される2023年の予測漁獲量である1.8万トンをABCとして提示する（補足表3-5）。2023年に予測される親魚量は、限界管理基準値を上回り、平均3.2万トンと見込まれた。

（4）2024年以降の予測

2024年以降も含めた将来予測の結果を図5-2および表5-1、5-2に示す。漁獲管理規則に基づく管理を10年間継続した場合、2031年の親魚量の予測値は平均6.9万トン（90%予測区間は3.1万～13.2万トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は54%、限界管理基準値を上回る確率は100%である（補足表3-6）。

参考情報として、異なるβを使用した場合、および現状の漁獲圧（F2019-2021）を継続した場合の将来予測結果についても示す。2031年の親魚量の予測値は、βを0.9とした場合は平均6.2万トン（90%予測区間は2.6万～11.6万トン）、目標管理基準値を上回る確率は44%であり、限界管理基準値を上回る確率は100%である。一方、現状の漁獲圧を継続した場合の親魚量の予測値は平均5.7万トン（90%予測区間は2.4万～10.7万トン）、目標管理基準値を上回る確率は38%であり、限界管理基準値を上回る確率は99%である。

漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標理基準値を50%以上の確率で上回る年は、2030年以降となると予測された（補足表3-7）。異なるβを使用した場合の将

来予測結果より、仮に漁獲圧をゼロにした場合（β=0）、親魚量が目標管理基準値を 50%以上の確率で上回るのは 2024 年になると予測された。

6. 資源評価のまとめ

2021 年の資源量は 5.0 万トン、親魚量は 2.7 万トンで MSY を実現する親魚量の水準（6 万トン）を下回っている。2021 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧の水準を下回っている。親魚量の動向は横ばい傾向を示しており、2023 年の親魚量は限界管理基準値を上回り、ABC は 1.8 万トンと予測された。

7. その他

現状の漁獲圧は最大持続生産量（MSY）を実現する漁獲圧（Fmsy）より低いが、F0.1 や Fmax といった YPR 管理の観点からみた基準値よりは高い（図 4-9）。MSY の実現を目標とした資源の利用および管理を行うには、現状以下の漁獲圧を継続して、MSY を実現する水準以上まで親魚量を増加させる必要がある。近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っていることにより（図 4-10）、近年の資源量が横ばい傾向を示していることにも留意する必要がある（図 4-2）。

本評価における近年の資源尾数や漁獲圧の不確実性は高いと考えられる（添付資料 FRA-SA2022-SC03-06）。本系群の資源量指標値は標準化を含めた検討が課題となっている。また、海域別の生物特性や東シナ海発生群の移入様式等についての科学的知見を集積する等、精度向上に向けた作業を引き続き進める必要がある。

未成魚である 0 歳魚を保護することは資源の回復に有効と考えられるが、本資源は西日本を中心に幼魚期でも食用として利用されていることに加え、体サイズにより流通・消費形態も異なる。それぞれの需要を考慮した適切な漁獲量を検討することも重要と考えられる。

8. 引用文献

Katayama, S., H. Yamada, K. Onodera and Y. Masuda (2019) Age and growth from Oita and Miyagi prefectures of Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus*. Fish. Sci., **85**, 475-481.

Ishikawa, K., C. Watanabe, T. Kameda, T. Tokeshi et al. (2021) Spatiotemporal variability in the occurrence of juvenile Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus* along coastal areas of the Kuroshio Current. Fish. Oceanogr. https://doi.org/10.1111/fog.12538

井須小羊子・由上龍嗣・中神正康・渡邊千夏子・高橋紀夫・上村泰洋・古市　生・渡部亮介 (2020) 令和 2 (2020) 年度マアジ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. 水産研究・教育機構, 1-46. FRA-SA2020-BPR01-3. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_maaji_p.pdf (last accessed 15 July 2020)

木幡　孜 (1972) 相模湾重要魚種の生態Ⅱ. マアジ *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel) について. 神奈川県水産試験場相模湾支所報告昭和 46 年度事業報告, 55-72.

古藤　力 (1990) 太平洋岸におけるマアジ資源の動向について. 水産海洋研究会報, **54**, 47-49.

中神正康・井須小羊子・渡邊千夏子・由上龍嗣・上村泰洋・古市　生・渡部亮介 (2020) 令和元（2019）年度マアジ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 1-36.
http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201903.pdf (last accessed 15 July 2020)
安田十也・渡邊千夏子・木下順二・井元順一 (2021) 令和 3（2021）年度マアジ太平洋系群の資源評価 Directed CPUE の算出についての検討結果. FRA-SA2021-SC01-301
三谷卓美・上原伸二・石田　実・阪地英男 (2001) 平成 13 年マアジ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価（魚種別系群別資源評価） 第一分冊, 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 東京, 11-22.
阪地英男 (2001) 高知県宿毛湾におけるマアジ（「きあじ」タイプ）の産卵期と成熟年齢. 黒潮の資源海洋研究, **2**, 39-44.
阪本俊雄・武田保幸・竹内淳一(1986)　沿岸重要資源の管理に関する研究 (概報). 昭和 59 年度和歌山県水産試験場事業報告, 43-52.
澤田貴義 (1974) 伊豆近海におけるマアジの成長と成熟について. 静岡県水産試験場研究報告, **7**, 25-31.
多賀　真・山下　洋 (2018) 常磐南部～房総海域で漁獲されるマアジの年齢と成長, 成熟. 水産海洋研究, **82(4)**, 167-175.
高村正造・鈴木勇己・荻原真我・古市　生・渡邊千夏子 (2020) 資源低水準期における相模湾および相模灘で漁獲されるマアジの成熟特性. 水産海洋研究, **84(2)**, 79-88.
田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.
薬師寺房憲 (2001) 豊後水道におけるマアジ *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel)の成熟と相対成長. 黒潮の資源海洋研究, **2**, 17-21.
横田滝雄・三田典子 (1958) 太平洋南区のアジ、サバ類の研究に関する諸説. 南海区水産研究所研究報告, **9**, 1-59.

（執筆者：井元順一、安田十也、渡邊千夏子、木下順二、渡井幹雄、河野悌昌、髙橋正知）

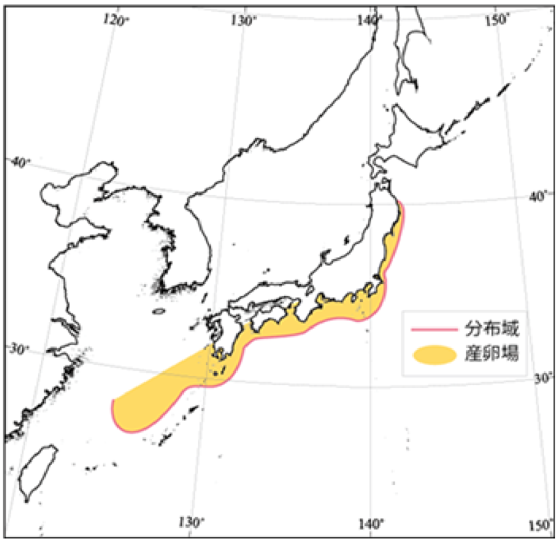


図 2-1. マアジ太平洋系群の分布・回遊図

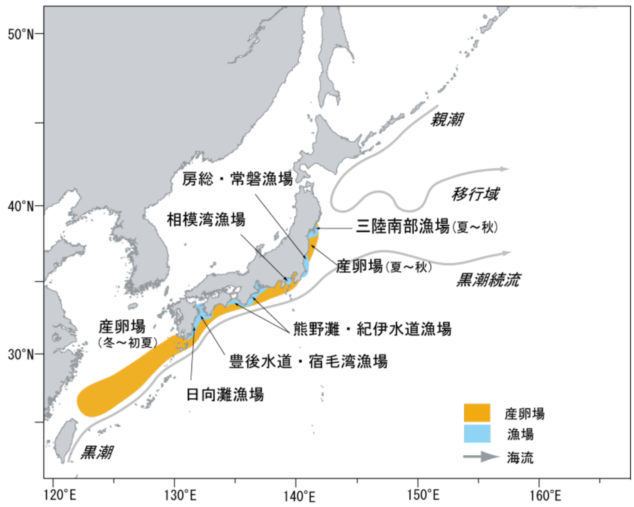


図 2-2. 漁場形成模式図

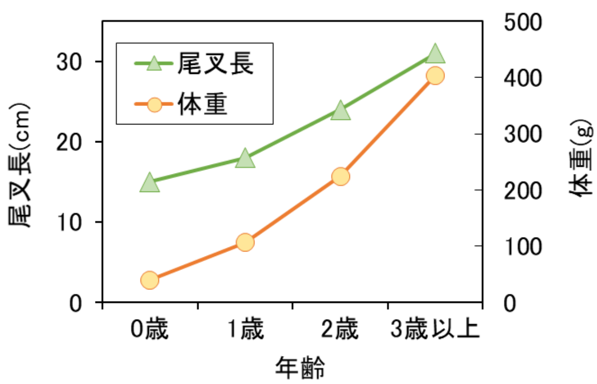


図 2-3. 年齢と成長の関係

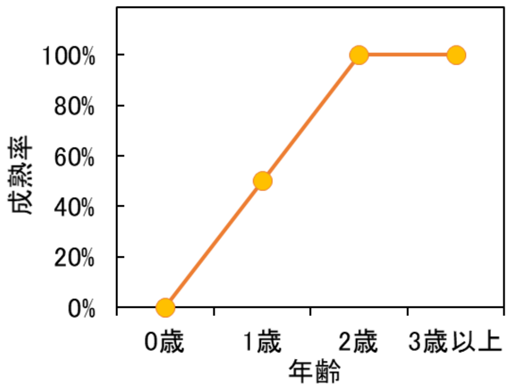


図 2-4. 年齢と成熟率の関係

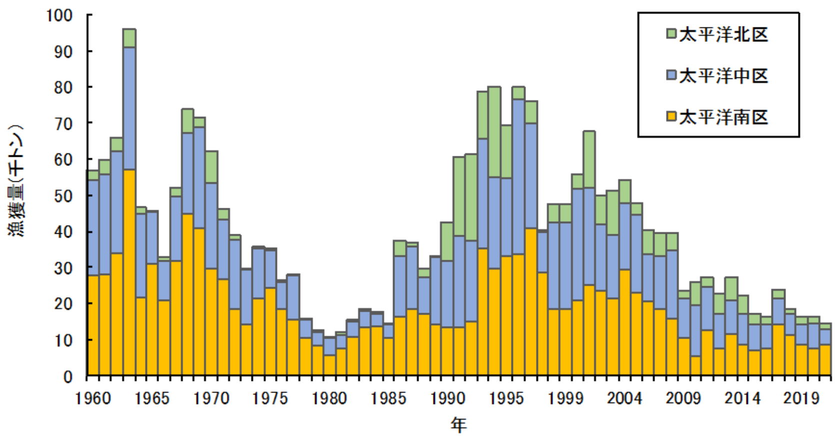


図 3-1. 漁獲量の経年変化　漁業・養殖業生産統計年報太平洋海区漁獲量から、他海区操業漁獲量および混獲魚漁獲量がマアジとして計上された分を差し引いた。

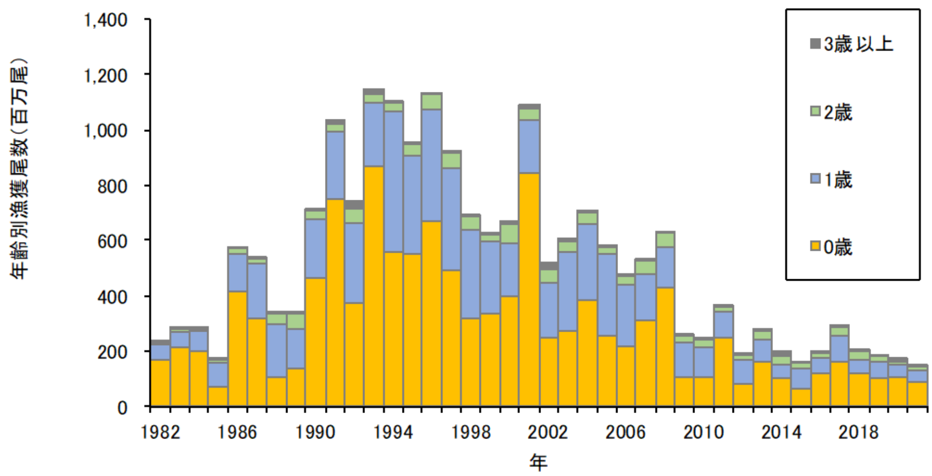


図 3-2.　年齢別漁獲尾数の経年変化

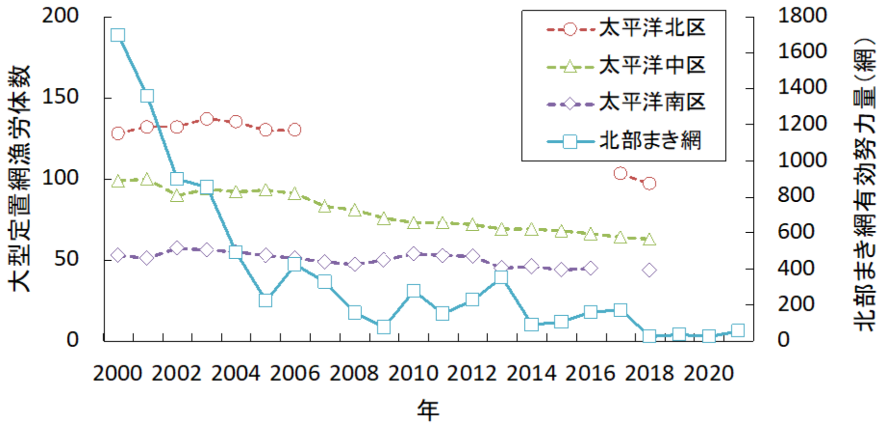


図 3-3.　2000～2018 年の大型定置網の漁労体数（点線）と 2000～2021 年の北部まき網の有効努力量（実線）の推移。2007～2016 年の太平洋北区と 2017 年の太平洋南区の大型定置網漁労体数の値は非公表である。

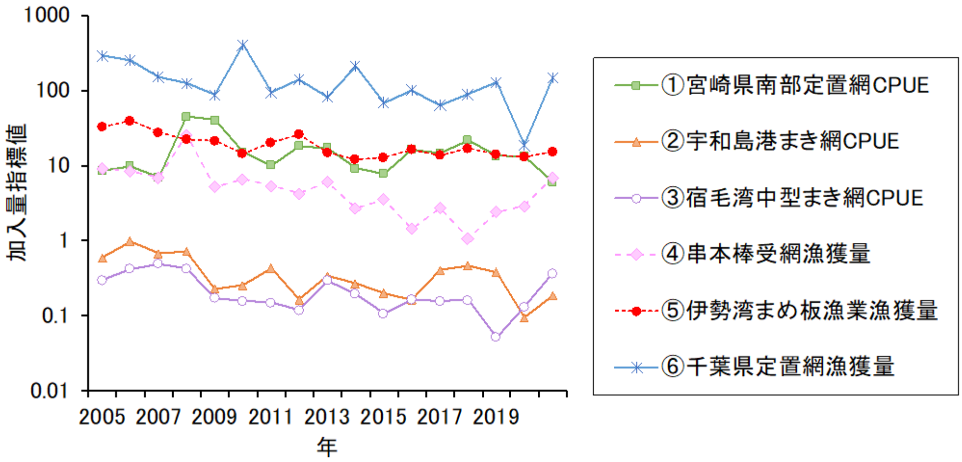


図 4-1. 加入量指標値の推移。単位の異なる各指数の年変化を相対的に示すため縦軸は対数とした。

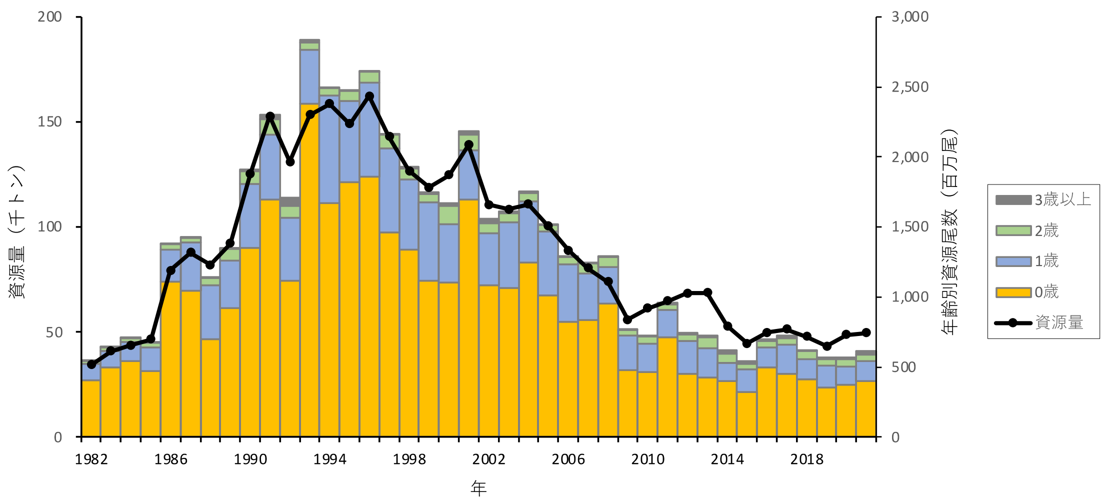


図 4-2. 資源量と年齢別資源尾数の経年変化

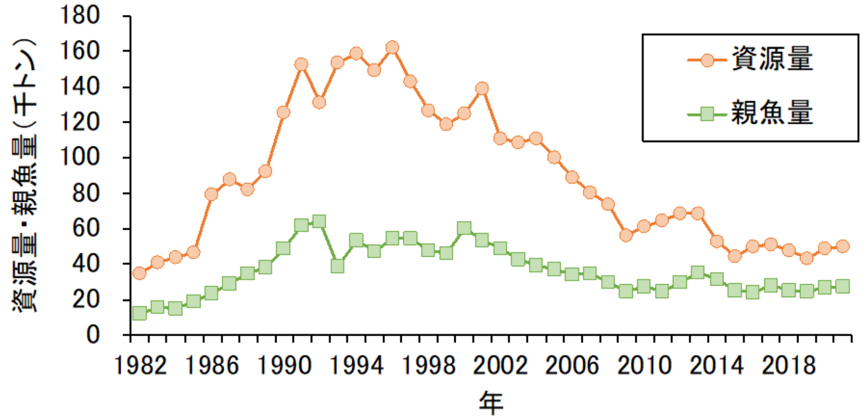


図 4-3. 資源量と親魚量の経年変化

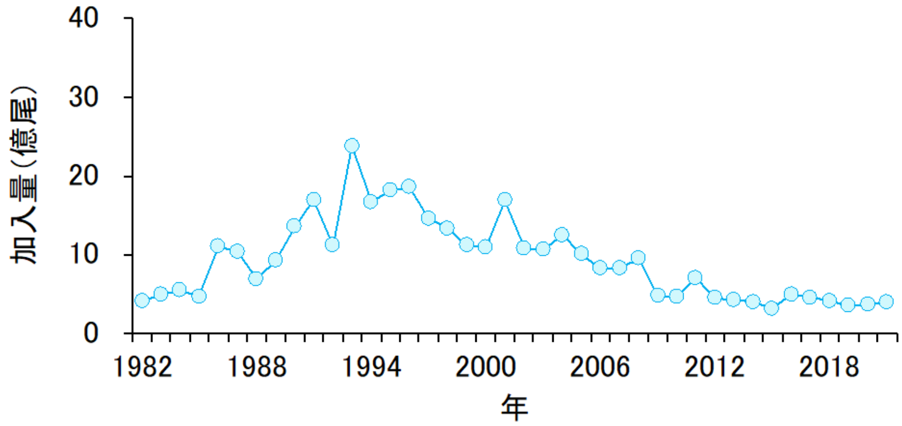


図 4-4. 加入量の経年変化

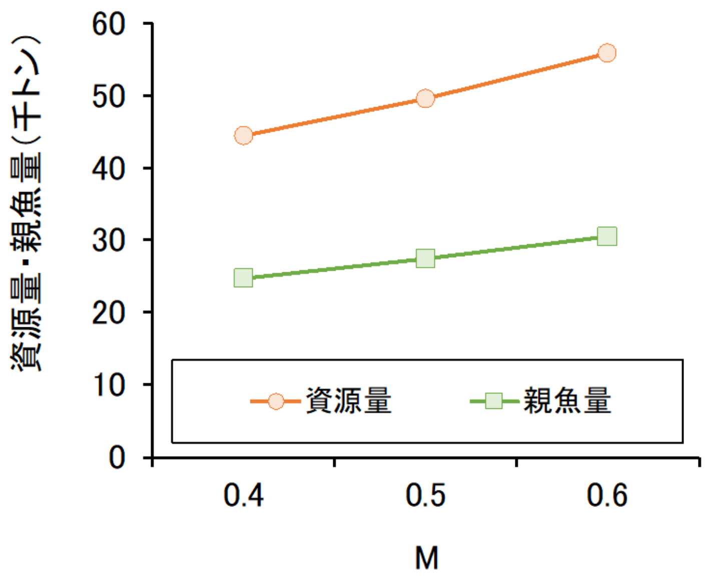


図 4-5. 自然死亡係数 M を変化させた場合の資源量と親魚量

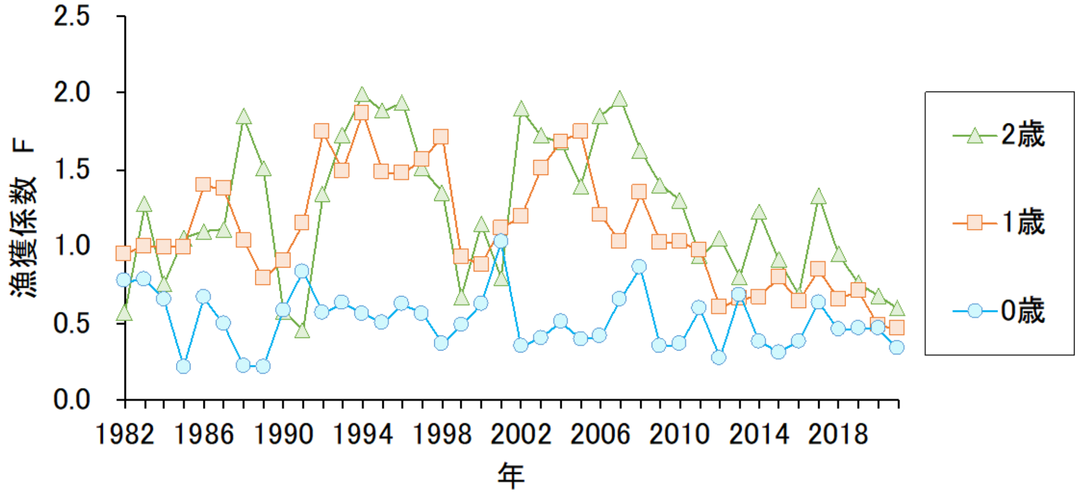


図 4-6. 年齢別漁獲係数 F の経年変化

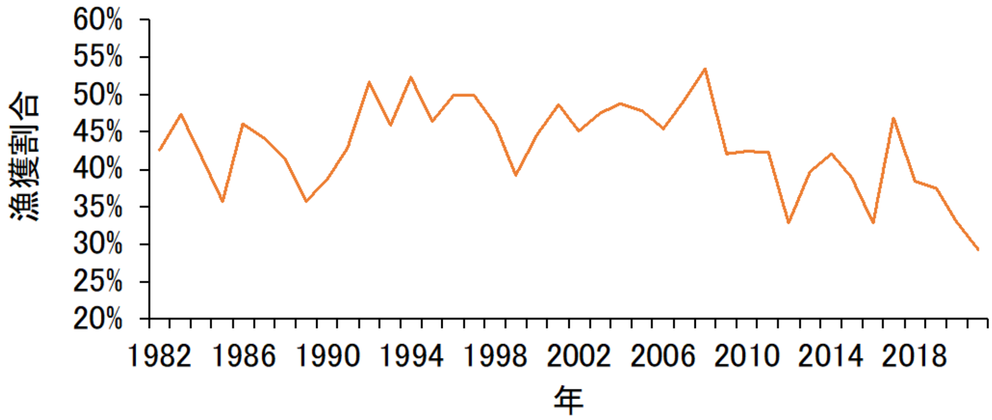


図 4-7. 漁獲割合の経年変化

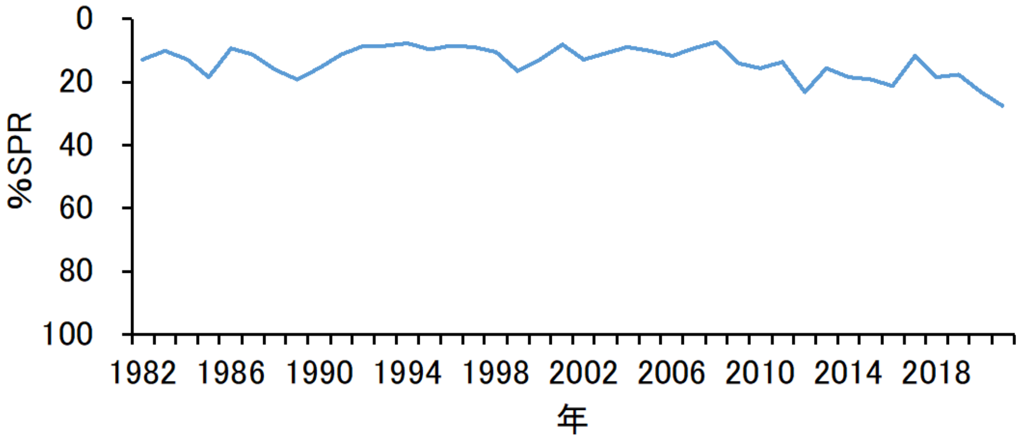


図 4-8. %SPR の経年変化

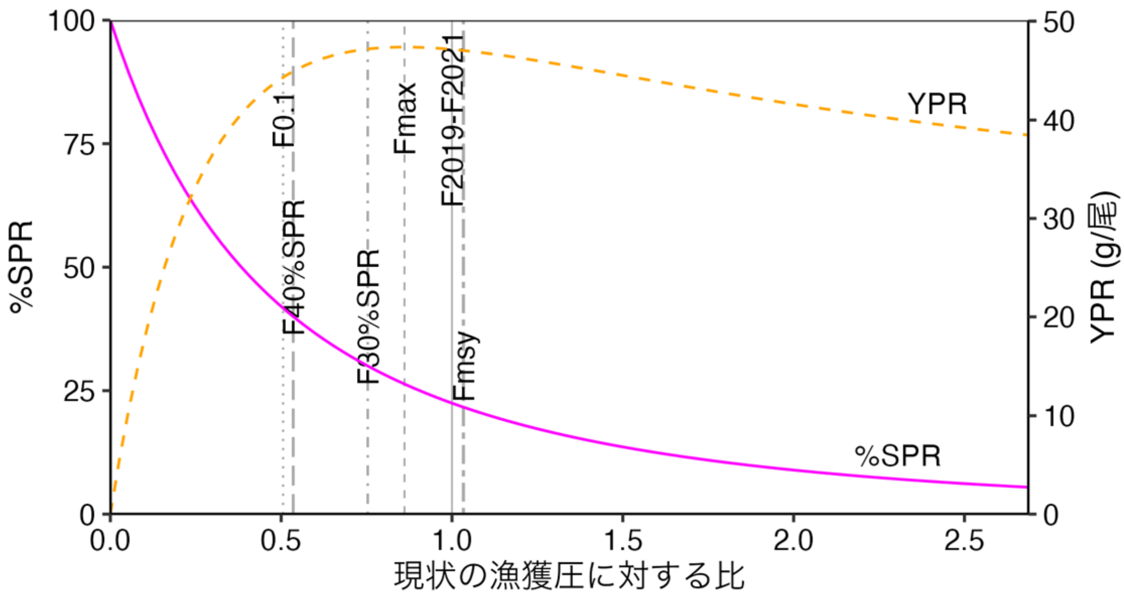
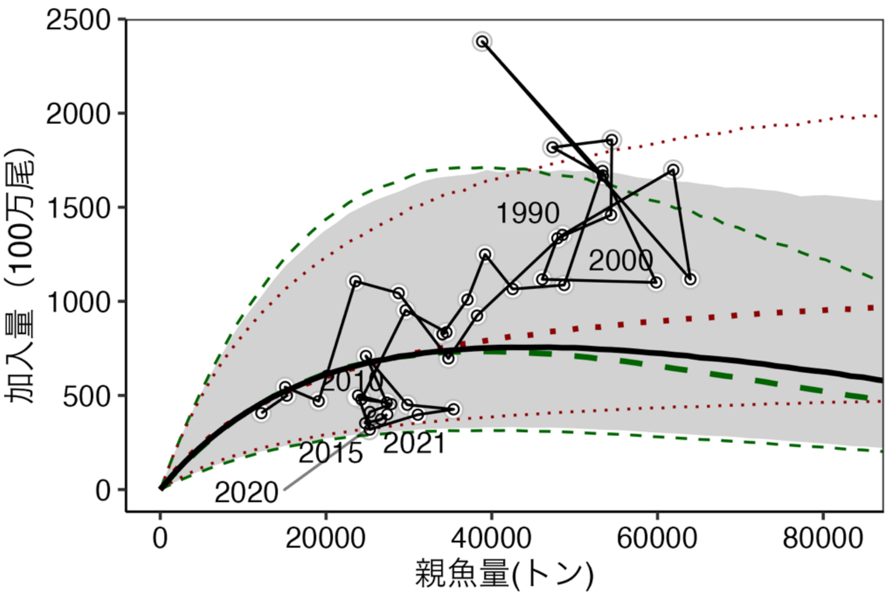


図 4-9. 現状の漁獲圧に対する YPR と%SPR の関係



上図の拡大

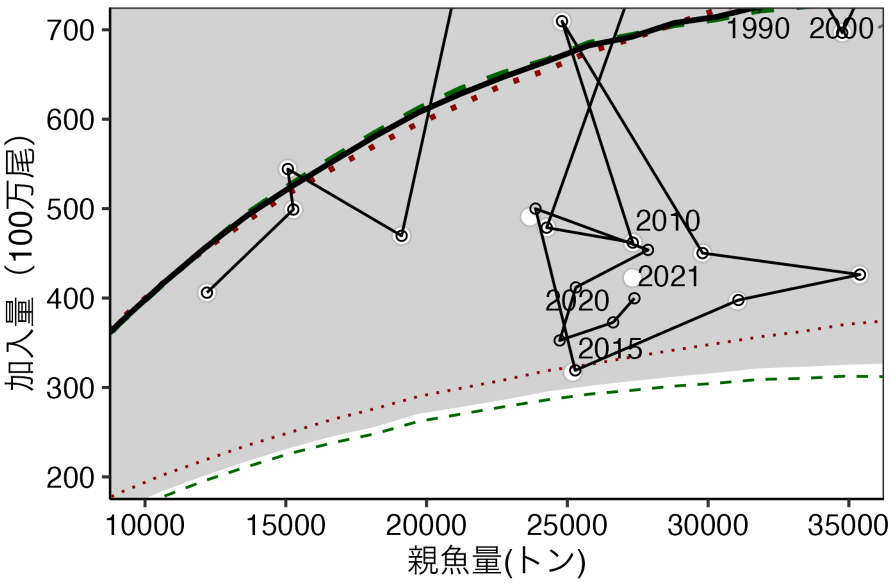


図 4-10. 親魚量と加入量との関係（白抜丸印および実線: 1982～2021 年）および本系群で適用した再生産関係式の予測値（黒曲線）と 90%信頼区間（灰色領域）。リッカー型（緑）およびベバートン・ホルト型（赤）の予測値（太線）と 90%信頼区間（細線）も合わせて示した。各再生産関係式のパラメータは令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（井須ほか 2020）に示された値に基づく。白丸印は再生産関係を求めるのに使用した令和元（2019）年度資源評価における親魚量と加入量との関係（1982～2017 年）。

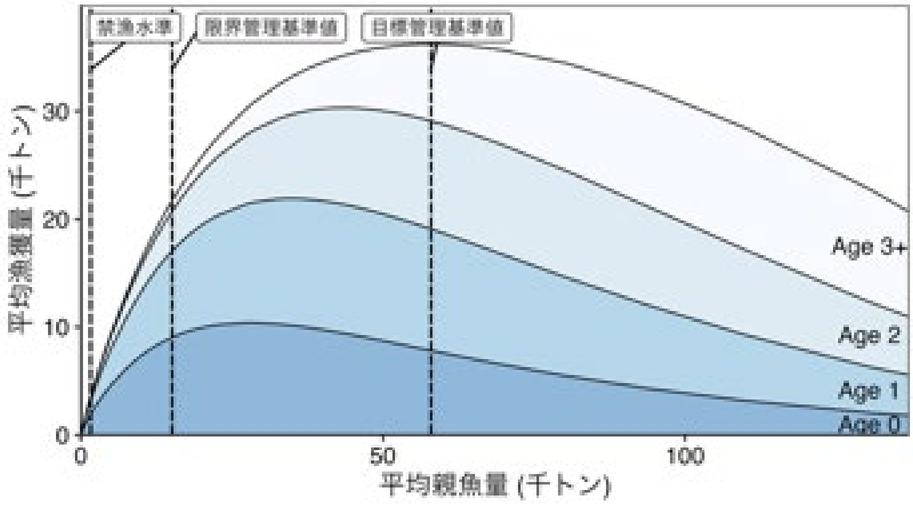


図 4-11. 目標管理基準値、限界管理基準値および禁漁水準と漁獲量曲線の関係

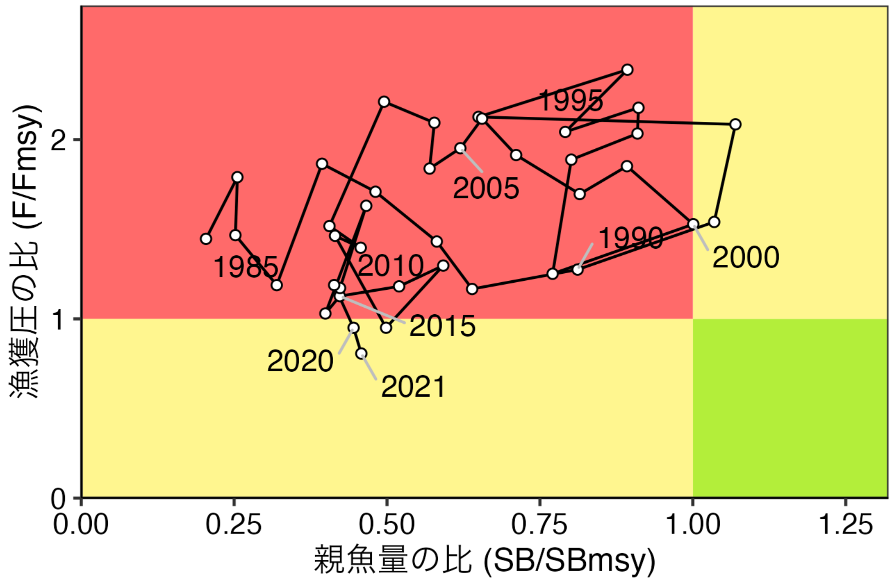
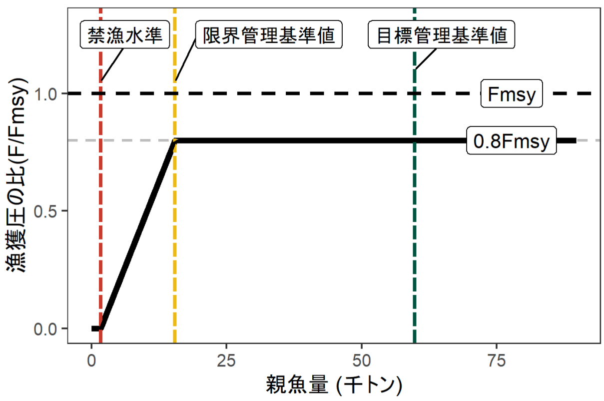


図 4-12. 神戸プロット

a)　縦軸を漁獲圧にした場合



b)　縦軸を漁獲圧にした場合

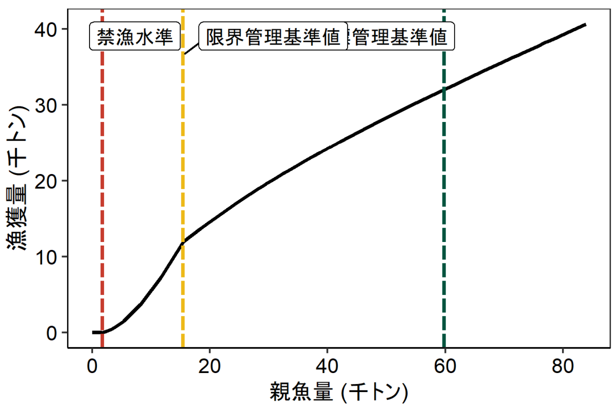


図 5-1. マアジ太平洋系群の漁獲管理規則

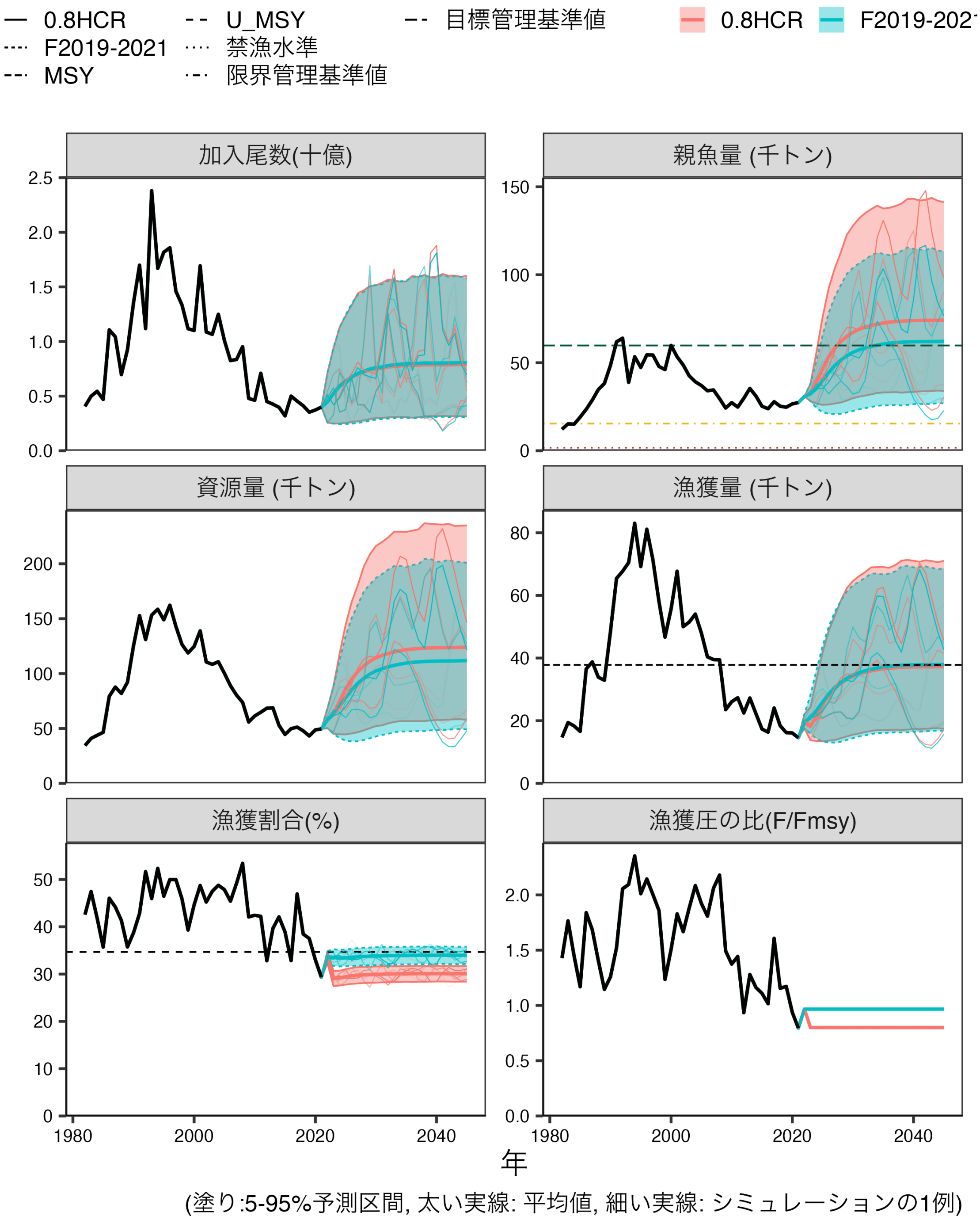


図 5-2.　漁獲管理規則を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄点線は限界管理基準値を示す。漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。漁獲管理規則での調整係数 β には 0.8 を用いた。

表 3-1. 漁獲量とコホート解析結果

年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)	%SPR
1982	13	34	12	406	43	33.3	12.7
1983	18	41	15	499	47	32.7	9.9
1984	17	44	15	544	42	36.1	12.9
1985	14	46	19	470	36	24.6	18.4
1986	37	79	24	1,107	46	47.0	9.3
1987	37	88	29	1,043	44	36.3	11.2
1988	30	82	35	697	41	20.0	15.9
1989	33	92	38	924	36	24.2	19.2
1990	42	125	49	1,353	39	27.9	15.8
1991	61	153	62	1,699	43	27.4	11.1
1992	62	131	64	1,118	52	17.5	8.6
1993	79	153	39	2,381	46	61.3	8.6
1994	80	159	53	1,669	52	31.3	7.8
1995	70	149	47	1,818	46	38.4	9.7
1996	80	162	54	1,858	50	34.1	8.5
1997	76	143	54	1,459	50	26.8	9.1
1998	40	127	48	1,335	46	27.9	10.5
1999	48	119	46	1,117	39	24.2	16.5
2000	56	125	60	1,100	45	18.4	12.8
2001	68	139	53	1,693	49	31.7	8.2
2002	50	111	49	1,087	45	22.3	12.9
2003	51	108	43	1,065	48	25.1	10.7
2004	54	111	39	1,249	49	31.9	9.0
2005	48	100	37	1,009	48	27.2	10.1
2006	40	89	34	825	45	24.2	11.5
2007	40	80	35	836	49	24.2	9.3
2008	39	74	30	953	53	32.2	7.5
2009	24	56	24	479	42	19.7	13.9
2010	26	61	27	462	42	16.9	15.5
2011	27	65	25	710	42	28.6	13.5
2012	22	68	30	450	33	15.1	23.1
2013	27	69	35	426	40	12.0	15.7
2014	22	53	31	398	42	12.8	18.5
2015	17	45	25	319	39	12.6	19.3
2016	16	50	24	500	33	20.9	21.3
2017	24	51	28	454	47	16.3	11.8
2018	18	48	25	412	38	16.3	18.3
2019	16	43	25	353	38	14.3	17.7
2020	16	49	27	373	33	14.0	23.3
2021	15	50	27	400	29	14.6	27.7

注　漁獲量は、漁業・養殖業生産統計年報太平洋海区漁獲量から、他海区操業漁獲量および混獲魚漁獲量がマアジとして計上された分を差し引いた値。漁獲割合は補足表 2-1 の漁獲割合を示した。

表 5-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値を上回る確率

a) 目標管理基準値を上回る確率（%）

beta	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	**2031**	2041	2051
1.0	0	0	1	7	15	22	26	30	33	**35**	42	44
0.9	0	0	2	12	22	31	35	39	42	**44**	52	53
0.8	0	0	3	18	31	41	45	49	52	**54**	62	63
0.7	0	0	5	26	43	51	56	59	62	**64**	71	71
0.6	0	0	7	36	55	63	67	69	72	**74**	79	79
0.5	0	0	11	48	67	74	77	78	80	**82**	86	86
0.4	0	0	16	60	78	84	85	86	87	**88**	91	91
0.3	0	0	22	72	88	91	92	92	93	**93**	95	95
0.2	0	0	30	83	94	96	96	96	96	**97**	98	98
0.1	0	0	40	91	98	99	99	98	98	**99**	99	99
0	0	0	51	96	99	100	100	100	100	**100**	100	100
F2019-F2021	0	0	1	9	18	24	29	33	35	**38**	45	47

b) 限界管理基準値を上回る確率 (%)

beta	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	**2031**	2041	2051
1.0	100	100	100	100	99	98	98	98	99	**99**	99	99
0.9	100	100	100	100	100	99	99	99	99	**100**	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
F2019-F2021	100	100	100	100	99	99	99	98	99	**99**	99	99

表 5-2. 将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移

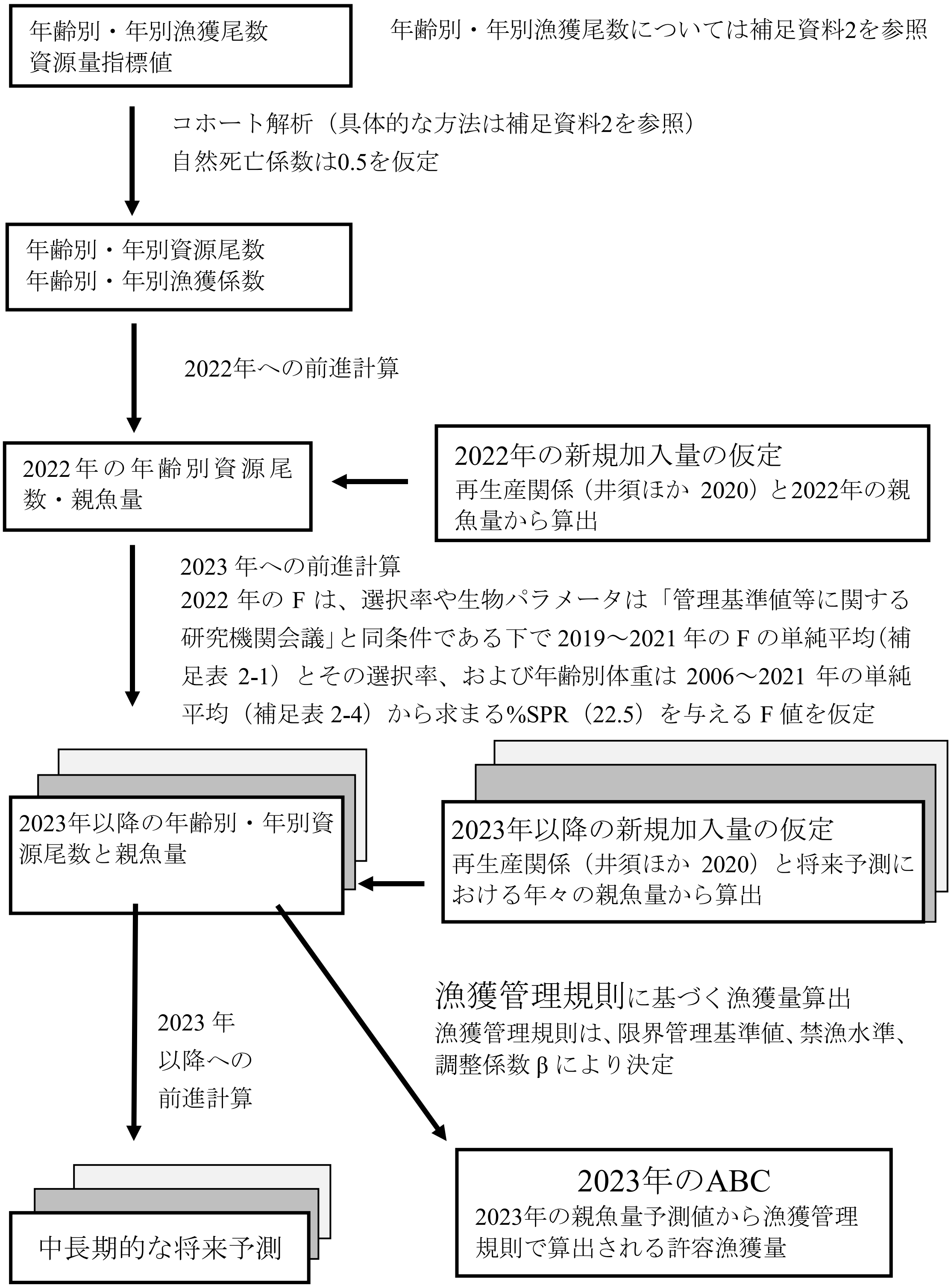
a) 親魚量の平均値の推移 (千トン)

beta	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	**2031**	2041	2051
1.0	31	32	35	39	43	47	50	52	54	**55**	60	60
0.9	31	32	37	42	48	52	56	58	60	**62**	67	67
0.8	31	32	39	47	53	58	62	65	67	**69**	74	74
0.7	31	32	41	51	60	65	69	73	75	**77**	83	83
0.6	31	32	44	56	67	73	77	81	84	**86**	92	92
0.5	31	32	46	62	74	82	87	90	94	**97**	103	103
0.4	31	32	49	68	83	92	97	101	105	**109**	116	117
0.3	31	32	52	75	94	104	109	113	119	**123**	132	132
0.2	31	32	55	83	106	117	122	128	134	**140**	151	151
0.1	31	32	59	92	119	133	139	144	153	**161**	175	175
0	31	32	62	101	135	152	159	165	175	**186**	205	206
F2019-F2021	31	32	35	40	45	48	51	54	56	**57**	62	62

b) 漁獲量の平均値の推移 (千トン)

beta	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	**2031**	2041	2051
1.0	19	21	24	26	28	31	32	34	35	**35**	38	38
0.9	19	20	23	26	28	31	32	34	35	**35**	38	38
0.8	19	18	22	25	28	30	32	33	34	**35**	37	37
0.7	19	16	20	24	27	30	31	32	33	**34**	36	36
0.6	19	14	19	23	26	28	30	31	32	**33**	35	35
0.5	19	12	17	21	24	26	28	29	30	**31**	33	33
0.4	19	10	15	19	22	24	25	26	27	**28**	29	30
0.3	19	8	12	16	19	20	21	22	23	**24**	25	25
0.2	19	5	8	12	14	15	16	17	18	**18**	19	20
0.1	19	3	5	6	8	9	9	10	10	**11**	11	11
0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0
F2019-F2021	19	21	23	26	28	31	32	34	35	**35**	38	38

補足資料１　資源評価の流れ



補足資料２　計算方法

（1）資源計算方法

年別年齢別漁獲尾数は、太平洋岸の各都県試験研究機関が調査した各都県主要港の水揚量と体長組成を用い算出した。太平洋岸を高知県以西、徳島県・和歌山県、三重県・愛知県、静岡県～東京都、千葉県以北の 5 区に分割し、各区内の主要港の水揚量と体長組成から月毎に体長階級別漁獲尾数を求めた。2013 年以降は千葉県以北での県による主要漁法の違いを考慮し、まき網主体の千葉～茨城県と、定置網や底びき網主体の福島県以北とにさらに分割した。体長階級別漁獲尾数は、補足表 2-2 に示す月別の年齢と尾叉長の関係を基本とし切断法により年齢別漁獲尾数に変換した。このように算出した主要港の年齢別漁獲尾数の比率を漁業養殖業生産統計年報の太平洋南区、中区、北区の合計の漁獲量（属人統計）から東シナ海および日本海での漁獲量を差し引いた値に合うように引き延ばして系群全体の年齢別漁獲尾数を算出した。なお、切断法で年齢分解が困難な 3 歳以上はプラスグループとして一括して取り扱った。

コホート解析により年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数等を推定した。マアジの生活史に基づき 1 月を起点とした。使用した生物学的パラメータは図 2-3、図 2-4 の通りである。解析結果は 0～3+歳（3 歳以上をまとめて 3+（プラスグループ）と表記する）の年齢別に求めた（補足表 2-1）。年齢別資源尾数 N の計算には Pope（1972）の近似式を用い、プラスグループの資源尾数については平松（1999）の方法を用いた。自然死亡係数は、田内・田中の式（田中　1960）に従い M＝2.5÷寿命（寿命 5 歳を仮定）より 0.5 とした。1982～2021 年までの 40 年間について、年別年齢別漁獲尾数 $C_{a,y}$ から、a 歳、y 年の資源尾数 $N_{a,y}$、漁獲係数 $F_{a,y}$ は、それぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1}\exp(M) + C_{a,y}\exp(M/2) \quad \text{(a=0,1, y=1982,…,Y-1)} \qquad (1)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y}\exp(M/2)}{N_{a,y}}\right) \quad \text{(a=0,1,2, y=1982,…,Y-1)} \qquad (2)$$

ここで、Y は最近年の 2021 年を示す。3 歳以上はプラスグループとし、2 歳と 3+歳の漁獲係数は等しいと仮定し、資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{2,y} = \frac{C_{2,y}}{C_{2,y} + C_{3+,y}} N_{3+,y+1}\exp(M) + C_{2,y}\exp(M/2) \quad \text{(y=1982,…,Y-1)} \qquad (3)$$

$$N_{3+,y} = \frac{C_{3+,y}}{C_{2,y} + C_{3+,y}} N_{3+,y+1}\exp(M) + C_{3+,y}\exp(M/2) \quad \text{(y=1982,…,Y-1)} \qquad (4)$$

最近年 Y の資源尾数は、

$$N_{a,Y} = \frac{C_{a,Y}}{1-\exp(-F_{a,Y})}\exp(M/2) \qquad (a=0,\ldots,3+) \tag{5}$$

で求めた。2021 年の漁獲係数は、補足表 2-3 に示した各加入量に関する指標値を用いて、最近年最高齢の $F_{3+,Y}$ をチューニングにより推定した。y 年における対数変換した j 番目（j=1,…,6）の加入量指標値の観測値 $\ln(I_{j,y})$ と加入量指標値の計算値 $\ln(\hat{I}_{j,y})$ の残差を最小にする $F_{3+,Y}$ を最小二乗法で推定した。

$$\ln(\hat{I}_{j,y}) = \ln q_j N_{0,y} \tag{6}$$

$$RSS = \sum_{j=1}^{6}\sum_{y=2005}^{Y}(\ln(\hat{I}_{j,y}) - \ln(I_{j,y}))^2 \tag{7}$$

ここで、q_j は漁具能率で以下の式により計算した。

$$q_j = \exp\left(\frac{1}{n}\left(\sum_{y=2005}^{Y}\ln\frac{I_{j,y}}{N_y}\right)\right) \tag{8}$$

また、2021 年の 0〜2 歳の漁獲係数は、その選択率が過去 5 年（2016〜2020 年）の選択率 $s_{a,y}$ の平均に等しいと仮定し、以下の式で推定した。

$$F_{a,Y} = \frac{\frac{1}{5}\sum_{y=Y-5}^{Y-1}s_{a,y}}{\frac{1}{5}\sum_{y=Y-5}^{Y-1}s_{3+,y}}F_{3+,Y} \qquad (a=0,\ldots,2) \tag{9}$$

$$S_{a,y} = F_{a,y}/max(F_y) \tag{10}$$

「資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針（令和 4 年度）FRA-SA2022-ABCWG02-03」に従って、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。残差プロットでは、宮崎県定置網 CPUE に負の残差から正の残差へ経年的に変化する傾向が見られ、串本棒受網漁獲量に正の残差から負の残差へ経年的に変化する傾向が見られた（補足図 2-1）。また、2020 年の千葉県定置網漁獲量と宇和島まき網 CPUE で負の残差が大きく、2021 年の宿毛湾まき網 CPUE と串本棒受網漁獲量で正の残差が大きかった。レトロスペクティブ解析の結果より、2021 年のデータの追加・更新が行われることで、2019 年と 2020 年の加入量が上方修正されるとともに、2019 年と 2020 年の漁獲圧は下方修正された（補足図 2-2）。その他のモデル診断結果は「令和 4（2022）年度マアジ太平洋系群資源評価のモデル診断結果（FRA-SA2022-SC03-06）」に示した。

（2）将来予測方法

将来予測における各種設定には補足表 2-5 の値を用いた。資源尾数や漁獲量の予測は、ABCWG（2022）に基づき、統計ソフトウェア R（version 4.1.1）用計算パッケージ frasyr（version 2.2.0）を用いて実施した。将来予測における加入量は、令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において提案されたリッカー型再生産関係とベバートン・ホルト型再生産関係（ABCWG 2020）の重み付き平均モデル（井須ほか 2020、市野川ほか 2020）と年々推定される親魚量から求めた。

将来予測における漁獲係数 F は、「令和 4（2022）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。将来予測における選択率や漁獲物平均体重等の値には、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」にて提案された各種管理基準値案の推定に用いた値を引き続き用いた（井須ほか 2020）。これらは再生産関係と同じく、令和元（2019）年度の資源評価に基づく値であり、漁獲物平均体重はこの計算結果における 2006～2018 年の平均値である。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法（(11) – (13) 式）を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y}\exp(-F_{a,y} - M) \tag{11}$$

$$N_{3+,y+1} = N_{3+,y}\exp(-F_{3+,y} - M) + N_{2,y}\exp(-F_{2,y} - M) \tag{12}$$

$$C_{a,y} = N_{a,y}\{1 - exp(-F_{a,y})\}exp\left(-\frac{M}{2}\right) \tag{13}$$

引用文献

ABCWG (2022) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（令和 4 年度）. FRA-SA-2022-ABCWG02-02

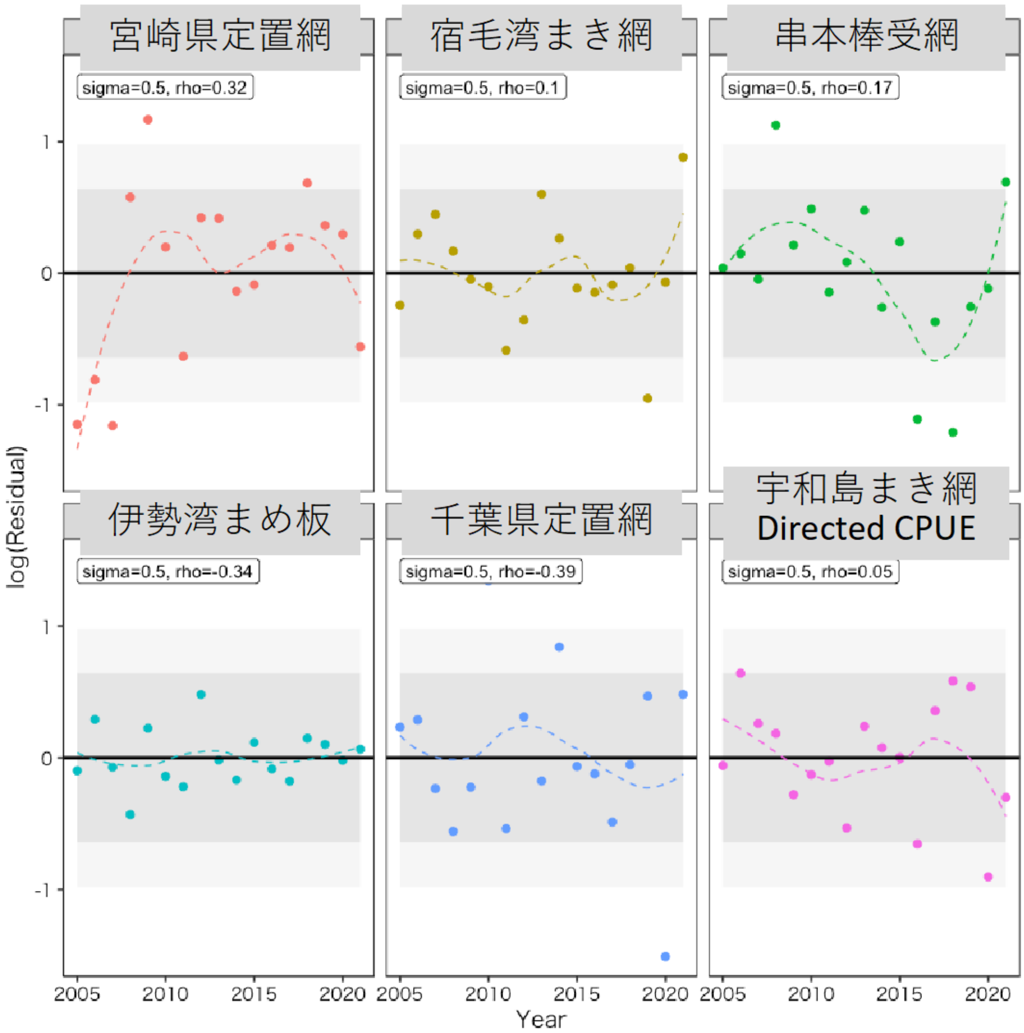
市野川桃子・井須小羊子・岡村　寛・西嶋翔太 (2020) 複数の再生産関係のモデル平均を用いた管理基準値推定. FRA-SA2020-BRP01-08.

井須小羊子・由上龍嗣・中神正康・渡邊千夏子・高橋紀夫・上村泰洋・古市　生・渡部亮介 (2020) 令和 2 (2020) 年度マアジ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. 水産研究・教育機構, 1-46. FRA-SA2020-BPR01-3. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_maaji_p.pdf (last accessed 15 July 2020)

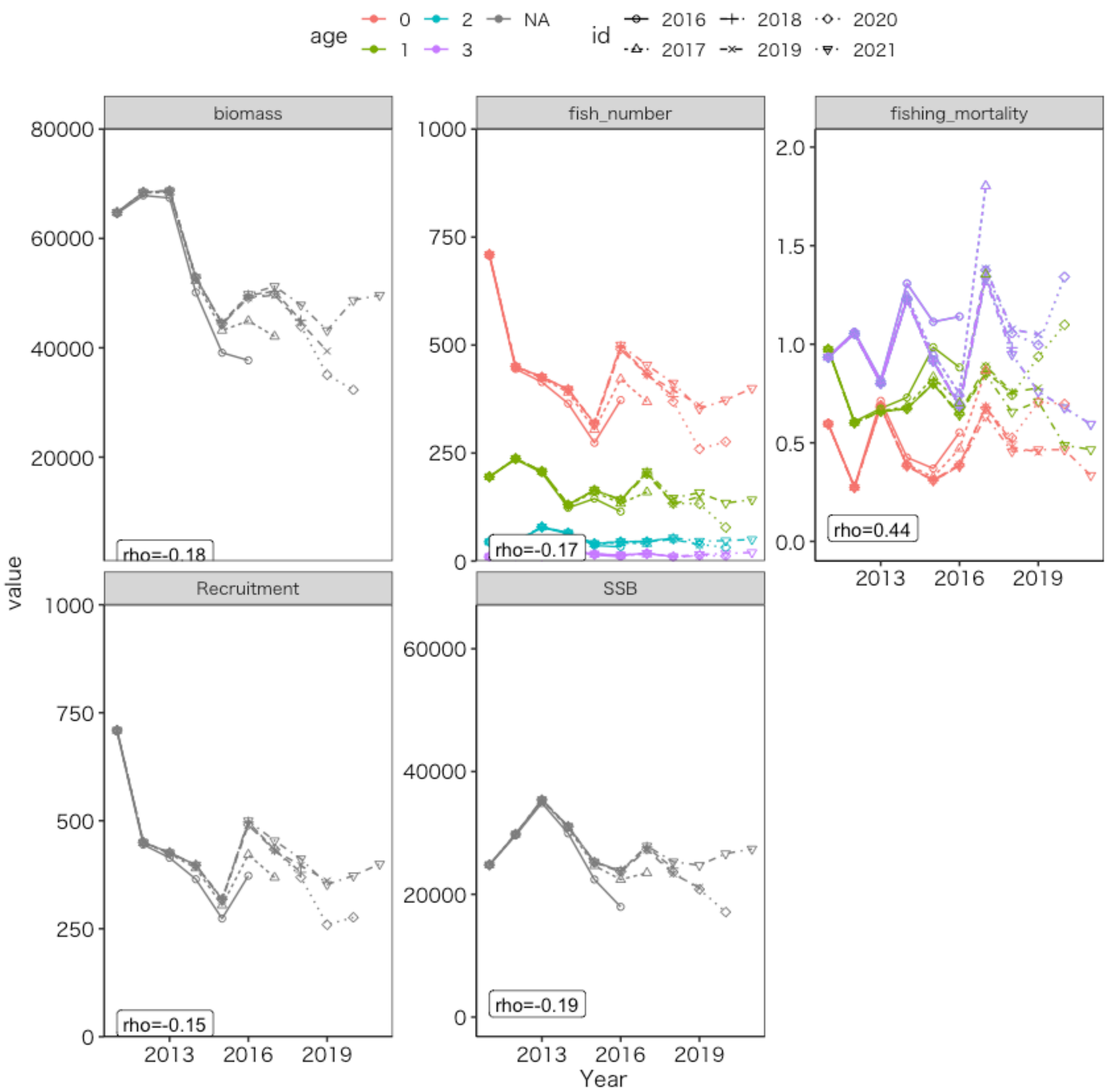
平松一彦 (1999) VPA の入門と実際. 水産資源管理談話会報, **20**, 9-28.

Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.

田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.



補足図 2-1　各指標値の残差プロット



補足図 2-2　レトロスペクティブ解析の結果

補足表 2-1.　資源解析結果

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	170	211	204	70	420	317	108	140	466	750	375	867
1歳	57	56	68	84	135	200	194	144	210	244	287	233
2歳	7	16	10	16	20	18	35	50	32	31	51	30
3歳以上	1	5	3	5	4	5	6	4	4	10	32	15
計	236	287	285	175	579	541	342	338	712	1,035	746	1,145

年齢別漁獲量（千トン）

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	7	8	8	3	17	13	4	6	19	30	15	35
1歳	6	6	7	8	13	20	19	14	21	24	29	23
2歳	2	4	2	4	5	4	8	12	7	7	12	7
3歳以上	1	2	1	2	2	2	2	1	2	4	12	6
計	15	19	18	17	37	39	34	33	48	65	68	70

年齢別資源尾数（百万尾）

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	406	499	544	470	1,107	1,043	697	924	1,353	1,699	1,118	2,381
1歳	120	114	139	172	230	344	386	339	452	458	447	385
2歳	20	28	25	31	38	35	53	83	93	110	88	47
3歳以上	4	8	6	9	8	9	9	6	12	36	56	23
計	550	649	714	681	1,384	1,432	1,144	1,351	1,910	2,303	1,708	2,837

年齢別漁獲係数、%SPR、漁獲割合

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	0.77	0.78	0.65	0.21	0.67	0.49	0.22	0.22	0.58	0.84	0.56	0.63
1歳	0.95	1.00	1.00	1.00	1.40	1.38	1.04	0.79	0.91	1.15	1.74	1.49
2歳	0.57	1.28	0.75	1.05	1.10	1.11	1.85	1.51	0.58	0.45	1.34	1.73
3歳以上	0.57	1.28	0.75	1.05	1.10	1.11	1.85	1.51	0.58	0.45	1.34	1.73
%SPR	12.71	9.95	12.92	18.42	9.32	11.16	15.89	19.15	15.80	11.13	8.55	8.56
漁獲割合	43%	47%	42%	36%	46%	44%	41%	36%	39%	43%	52%	46%

年齢別資源量と親魚量（千トン）および再生産成功率RPS（0歳魚尾数/親魚量，尾/kg）

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	16.2	20.0	21.8	18.8	44.3	41.7	27.9	37.0	54.1	68.0	44.7	95.2
1歳	12.0	11.4	13.9	17.2	23.0	34.4	38.6	33.9	45.2	45.8	44.7	38.5
2歳	4.5	6.4	5.8	7.1	8.8	7.9	12.1	19.0	21.4	25.4	20.2	10.9
3歳以上	1.7	3.1	2.3	3.4	3.2	3.6	3.3	2.2	4.5	13.6	21.4	8.7
資源量	34.4	40.9	43.8	46.5	79.3	87.7	81.9	92.1	125.2	152.7	131.0	153.4
親魚量	12.2	15.3	15.1	19.1	23.5	28.8	34.8	38.2	48.5	61.9	64.0	38.8
RPS	33.3	32.7	36.1	24.6	47.0	36.3	20.0	24.2	27.9	27.4	17.5	61.3

* 2005 年以前の年齢別平均体重は各年とも 0 歳魚 40g、1 歳魚 100g、2 歳魚 230g、3 歳魚以上 380g として計算した。2006～2020 年は漁獲物の年齢別平均体重を用いた（補足表 2-4）。1982～2000 年については実際の平均体重との差を補正せずに漁獲尾数を算定しているため、漁獲尾数と上述の平均体重を掛けて得られる漁獲量の合計は表 3-1 に示した漁獲量に一致しない。

補足表 2-1.　資源解析結果（つづき）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	558	556	672	489	320	335	398	847	249	274	387	257
1歳	507	348	403	372	322	264	190	187	200	282	274	293
2歳	35	47	53	56	44	21	71	45	47	43	40	29
3歳以上	5	3	5	5	8	5	11	13	25	6	5	5
計	1,105	955	1,132	921	694	625	671	1,091	520	606	706	584

年齢別漁獲量（千トン）

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	22	22	27	20	13	13	16	34	10	11	15	10
1歳	51	35	40	37	32	26	19	19	20	28	27	29
2歳	8	11	12	13	10	5	16	10	11	10	9	7
3歳以上	2	1	2	2	3	2	4	5	9	2	2	2
計	83	69	81	71	58	47	56	68	50	51	54	48

年齢別資源尾数（百万尾）

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	1,669	1,818	1,858	1,459	1,335	1,117	1,100	1,693	1,087	1,065	1,249	1,009
1歳	769	578	670	603	504	560	417	357	367	465	433	456
2歳	52	72	80	93	76	55	134	105	71	68	62	49
3歳以上	8	5	7	8	13	14	22	30	37	10	8	8
計	2,498	2,473	2,614	2,163	1,929	1,746	1,673	2,185	1,562	1,608	1,753	1,522

年齢別漁獲係数、%SPR、漁獲割合

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	0.56	0.50	0.62	0.56	0.37	0.49	0.63	1.03	0.35	0.40	0.51	0.40
1歳	1.87	1.48	1.48	1.57	1.71	0.93	0.88	1.12	1.19	1.51	1.68	1.75
2歳	1.99	1.88	1.94	1.51	1.35	0.67	1.14	0.79	1.90	1.72	1.68	1.39
3歳以上	1.99	1.88	1.94	1.51	1.35	0.67	1.14	0.79	1.90	1.72	1.68	1.39
%SPR	7.83	9.70	8.54	9.06	10.54	16.48	12.83	8.16	12.86	10.70	8.99	10.06
漁獲割合	52%	46%	50%	50%	46%	39%	45%	49%	45%	48%	49%	48%

年齢別資源量と親魚量（千トン）および再生産成功率RPS（0歳魚尾数/親魚量，尾/kg）

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	66.8	72.7	74.3	58.4	53.4	44.7	44.0	67.7	43.5	42.6	50.0	40.4
1歳	76.9	57.8	67.0	60.3	50.4	56.0	41.7	35.7	36.7	46.5	43.3	45.6
2歳	12.1	16.5	18.3	21.3	17.6	12.7	30.8	24.1	16.3	15.5	14.4	11.2
3歳以上	2.9	1.9	2.7	2.9	5.1	5.4	8.2	11.4	14.1	3.7	3.2	3.0
資源量	158.6	149.0	162.3	142.9	126.5	118.8	124.7	138.9	110.6	108.4	110.8	100.3
親魚量	53.4	47.3	54.5	54.4	47.9	46.1	59.8	53.4	48.7	42.5	39.2	37.1
RPS	31.3	38.4	34.1	26.8	27.9	24.2	18.4	31.7	22.3	25.1	31.9	27.2

* 2005 年以前の年齢別平均体重は各年とも 0 歳魚 40g、1 歳魚 100g、2 歳魚 230g、3 歳魚以上 380g として計算した。2006～2020 年は漁獲物の年齢別平均体重を用いた（補足表 2-4）。1982～2000 年については実際の平均体重との差を補正せずに漁獲尾数を算定しているため、漁獲尾数と上述の平均体重を掛けて得られる漁獲量の合計は表 3-1 に示した漁獲量に一致しない。

補足表 2-1.　資源解析結果（つづき）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	218	313	429	110	109	248	84	164	98	66	123	166
1歳	225	166	151	122	102	95	83	78	50	71	52	92
2歳	32	50	45	24	30	21	23	34	36	19	17	26
3歳以上	6	4	4	5	4	5	7	5	14	7	5	10
計	480	533	629	262	246	368	197	282	198	163	198	295

年齢別漁獲量（千トン）

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	9	10	14	5	5	10	5	8	4	2	5	5
1歳	23	18	15	11	13	11	10	9	5	7	5	8
2歳	7	9	9	6	7	5	5	8	8	5	4	6
3歳以上	2	2	2	2	2	2	3	2	5	3	2	4
計	40	40	39	24	26	27	22	27	22	17	16	24

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	825	836	953	479	462	710	450	426	398	319	500	454
1歳	412	331	263	244	205	195	237	208	130	165	142	207
2歳	48	75	72	41	53	44	45	79	65	40	45	45
3歳以上	9	5	7	9	8	10	13	12	25	16	14	18
計	1,293	1,247	1,294	773	727	959	745	725	618	540	701	725

年齢別漁獲係数、%SPR、漁獲割合

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	0.41	0.66	0.86	0.35	0.36	0.60	0.27	0.68	0.38	0.31	0.38	0.64
1歳	1.21	1.03	1.35	1.02	1.03	0.97	0.60	0.66	0.67	0.80	0.64	0.85
2歳	1.85	1.96	1.63	1.40	1.30	0.93	1.05	0.80	1.23	0.91	0.68	1.33
3歳以上	1.85	1.96	1.63	1.40	1.30	0.93	1.05	0.80	1.23	0.91	0.68	1.33
%SPR	11.52	9.27	7.47	13.88	15.52	13.50	23.08	15.67	18.48	19.30	21.26	11.84
漁獲割合	45%	49%	53%	42%	42%	42%	33%	40%	42%	39%	33%	47%

年齢別資源量と親魚量（千トン）および再生産成功率RPS（0歳魚尾数/親魚量，尾/kg）

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	34.1	27.7	31.0	20.6	21.3	28.8	24.4	20.8	15.4	10.7	18.7	13.9
1歳	41.5	36.2	26.3	22.1	25.5	22.4	28.6	25.2	12.8	17.1	14.3	19.0
2歳	9.9	14.0	14.0	9.5	11.6	9.7	10.4	17.9	15.3	10.0	10.7	11.0
3歳以上	3.4	2.4	2.4	3.8	3.0	3.9	5.1	5.0	9.3	6.7	6.0	7.4
資源量	88.9	80.4	73.8	55.9	61.4	64.8	68.5	68.7	52.9	44.5	49.8	51.2
親魚量	34.1	34.5	29.6	24.3	27.3	24.8	29.8	35.4	31.1	25.3	23.9	27.9
RPS	24.2	24.2	32.2	19.7	16.9	28.6	15.1	12.0	12.8	12.6	20.9	16.3

補足表 2-1.　資源解析結果（つづき）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2018	2019	2020	2021
0歳	117	102	108	89
1歳	55	63	40	41
2歳	26	19	18	17
3歳以上	5	6	7	7
計	203	190	173	154

年齢別漁獲量（千トン）

年	2018	2019	2020	2021
0歳	4	3	4	3
1歳	6	5	4	4
2歳	6	5	5	4
3歳以上	2	3	3	3
計	18	16	16	15

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2018	2019	2020	2021
0歳	412	353	373	400
1歳	146	158	134	142
2歳	54	46	47	50
3歳以上	10	15	17	20
計	622	572	572	612

年齢別漁獲係数、%SPR、漁獲割合

年	2018	2019	2020	2021
0歳	0.46	0.47	0.46	0.33
1歳	0.66	0.71	0.49	0.47
2歳	0.95	0.76	0.68	0.59
3歳以上	0.95	0.76	0.68	0.59
%SPR	18.33	17.74	23.33	27.67
漁獲割合	38%	38%	33%	29%

年齢別資源量と親魚量（千トン）および再生産成功率RPS（0歳魚尾数/親魚量，尾/kg）

年	2018	2019	2020	2021
0歳	14.7	11.6	14.9	14.9
1歳	15.7	13.7	14.3	14.7
2歳	13.2	11.4	12.5	12.2
3歳以上	4.2	6.5	6.9	7.9
資源量	47.8	43.2	48.7	49.6
親魚量	25.3	24.7	26.6	27.4
RPS	16.3	14.3	14.0	14.6

補足表 2-2. 年齢と尾叉長（体長）の関係

体長階級 (cm)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
13以下	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
17	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
18	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
20	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
24	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
27	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
28	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
29	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
31以上	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

補足表 2-3.　加入量指標値の計算に用いた各指標値

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
①宮崎県南部定置網CPUE	8.5	9.8	7.0	45.2	40.9	15.0	10.1	18.3	17.2	9.2
②宇和島港まき網CPUE	0.6	1.0	0.7	0.7	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3
③宿毛湾中型まき網CPUE	0.3	0.4	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2
④串本棒受網漁獲量	9.2	8.4	7.0	25.7	5.2	6.6	5.4	4.3	6.0	2.7
⑤伊勢湾まめ板網漁業漁獲量	32.8	39.5	27.9	22.2	21.5	14.4	20.4	26.1	15.0	12.1
⑥千葉県定置網漁獲量	291.6	251.9	151.3	124.8	87.7	405.2	94.8	140.7	81.9	211.3

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
①宮崎県南部定置網CPUE	7.8	16.5	14.7	21.7	13.5	13.3	6.1
②宇和島港まき網CPUE	0.2	0.2	0.4	0.5	0.4	0.1	0.2
③宿毛湾中型まき網CPUE	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4
④串本棒受網漁獲量	3.6	1.4	2.8	1.1	2.4	2.9	7.0
⑤伊勢湾まめ板網漁業漁獲量	12.8	16.5	13.6	17.1	14.0	13.1	15.3
⑥千葉県定置網漁獲量	68.4	101.4	63.8	89.5	128.8	18.9	148.0

補足表 2-4. 漁獲物の年齢別平均体重（g）と 2006～2021 年の平均値

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	41.4	33.2	32.6	43.0	46.2	40.5	54.1	48.7	38.7	33.6
1歳	100.8	109.4	100.3	90.5	124.4	114.7	120.5	121.1	98.4	103.6
2歳	205.2	187.5	195.5	228.3	217.6	219.0	232.6	226.4	235.0	247.6
3+歳	398.1	443.7	355.1	402.9	400.0	388.1	393.6	406.1	376.2	420.8

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	平均値
0歳	37.5	30.6	35.6	32.9	40.0	37.2	39.1
1歳	100.9	91.7	108.0	86.6	106.9	103.5	105.1
2歳	237.1	241.4	244.7	248.9	265.2	243.3	229.7
3+歳	439.7	411.4	416.8	429.2	400.7	395.8	404.9

補足表 2-5 将来予測のパラメータ

	選択率（注 1）	Fmsy（注 2）	F2019-2021（注 3）	平均体重（g）	自然死亡係数	成熟割合
0 歳	0.52	0.40	0.39	40	0.5	0
1 歳	0.75	0.58	0.56	106	0.5	0.5
2 歳	1.00	0.77	0.74	224	0.5	1.0
3 歳以上	1.00	0.77	0.74	404	0.5	1.0

注 1： 令和元年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和元年度資源評価での Fcurrent の選択率）。

注 2： 令和元年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、令和元年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent を掛けたもの）。

注 3： 上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2019～2021 年の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を%SPR 換算して算出した。この F 値は 2022 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 3　各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1.　2021 年の親魚量、漁獲係数および漁獲割合

項目	値	説明
SB2021	27 千トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 年の漁獲圧（漁獲係数 F）（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上） ＝(0.33, 0.47, 0.59, 0.59)	
U2021	29%	2021 年の漁獲割合

補足表 3-2.　2021 年の%SPR と現状の漁獲圧に対応する%SPR

項目	値	説明
%SPR（F2021）	27.7%	2021 年の%SPR
%SPR（F2019-2021）	22.5%	現状（2019～2021 年）の漁獲圧に対応する%SPR

補足表 3-3.　再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
リッカー型	最小二乗法	有	0.0588	2.58×10^{-5}	0.306	0.805
ベバートン・ホルト型	最小二乗法	有	0.0667	5.11×10^{-5}	0.315	0.698

ここで、a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D.は加入量の標準偏差、ρ は自己相関係数である。重み付けの比率はリッカー型：ベバートン・ホルト型＝0.71：0.29 である。

補足表 3-4.　現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値

項目	値	説明
SBtarget	60 千トン	目標管理基準値。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）。
SBlimit	15 千トン	限界管理基準値。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）。
SBban	1.7 千トン	禁漁水準。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy）。
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧（漁獲係数 F） （0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上） ＝(0.40, 0.58, 0.77, 0.77)	
%SPR（Fmsy）	21.6%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	38 千トン	最大持続生産量 MSY

補足表 3-5.　2023 年の ABC

2023 年の ABC（千トン）	2023 年の親魚量予測平均値（千トン）	現状の漁獲圧に対する比（F/F2019-2021）	2023 年の漁獲割合（%）
18	32	0.83	29

コメント:
- ABC の算定には、令和 2 年 7 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。
- 本系群では漁獲管理規則で調整係数 β=0.8 を用いることが定められている。
- 近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っていることにより、資源量が減少傾向を示していることに留意する必要がある。

補足表 3-6.　将来予測における親魚量

考慮している不確実性：加入量					
項目	2031 年の親魚量（千トン）	90%予測区間（千トン）	2031 年に親魚量が以下の管理基準値を上回る確率（%）		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する β					
β=0.8	69	31 – 132	54	100	100
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合）					
β=1.0	55	22 – 102	35	99	100
β=0.9	62	26 – 116	44	100	100
β=0	186	77 – 492	100	100	100
F2019-2021	57	24 – 107	38	99	100

補足表 3-7.　将来予測において管理基準値を上回る年

考慮している不確実性:加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する β			
β=0.8	2030 年以降	2022 年	2022 年
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合）			
β=1.0	2051 年以降	2022 年	2022 年
β=0.9	2041 年	2022 年	2022 年
β=0	2024 年	2022 年	2022 年
F2019-2021	2051 年以降	2022 年	2022 年