令和２（2020）年度マイワシ対馬暖流系群の資源評価

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：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産研究所、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要　　約

本系群の資源量について、2018 年までは資源量指標値を考慮したコホート解析により、2019 年は 2020 年の資源評価時点までの漁獲量や漁獲物年齢組成を考慮した前進計算により求めた。2019 年はマイワシの漁獲が少なかったが、これは主漁場である沿岸域に来遊しなかったためと考え、2019 年の漁獲量や資源量指標値はコホート解析に用いなかった。本系群の資源量は、1970 年代から増加し、1988 年には 1 千万トンに達したと推定された。しかし、1990 年代に資源量は急減し、2001～2003 年には過去最低水準である 5 千トン付近で推移した。2004 年以降の資源量は増加傾向にある。2019 年の資源量は 329 千トンで、親魚量は 194 千トンと推定された。

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、近年の加入状況を反映すると考えられる通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）のホッケースティック型が提案された。これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現することのできる水準の親魚量（SBmsy）は 1093 千トンである。この基準に従うと、本系群の 2019 年の親魚量は、MSY を実現する水準を下回る。また、本系群に対する 2019 年の漁獲圧は著しく小さく、MSY を実現する水準（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は近年 5 年間（2015～2019 年）の推移から「増加」と判断される。

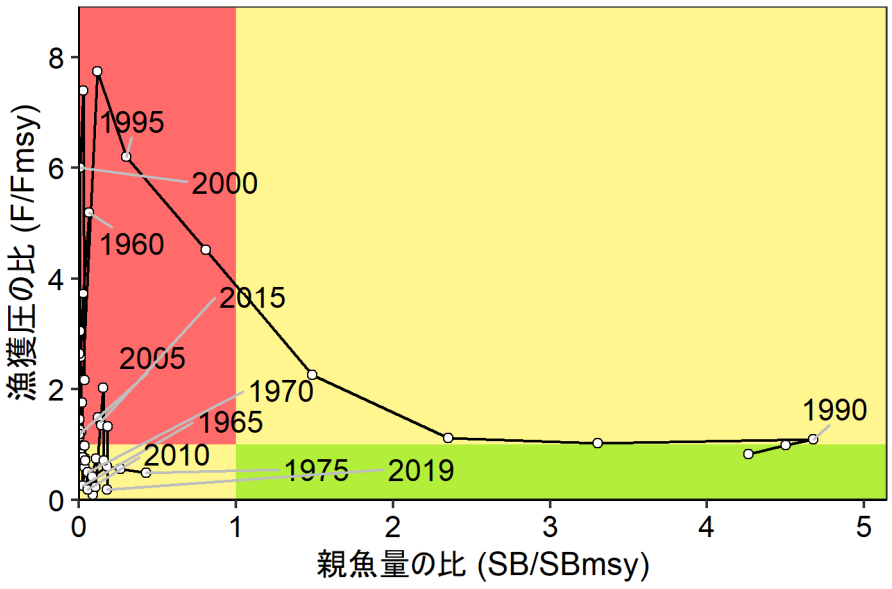
（本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて作成される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した　※管理基準値については 2020 年 9 月に更新された数値を用いた）

項目	値	備考
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	1093 千トン	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量
Fmsy	（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上） ＝（0.25, 0.14, 0.24, 0.42, 0.42）	
%SPR（Fmsy）	41.1%	Fmsy に対応する%SPR
2019 年の親魚量と漁獲圧		
SB2019	194 千トン	2019 年の親魚量
F2019	（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳 4 歳以上） ＝（0.01, 0.07, 0.05, 0.07, 0.05）	
%SPR（F2019）	82.2%	2019 年の%SPR
%SPR（F2014-2018）	35.9%	2014～2018 年の平均漁獲圧に対応する%SPR
MSY を実現する水準に対する比率		
SB2019/ SBmsy	0.18	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量に対する 2019 年の親魚量の比
F2019/ Fmsy	0.19	最大持続生産量(MSY)を実現する漁獲圧に対する 2019 年の漁獲圧の比*

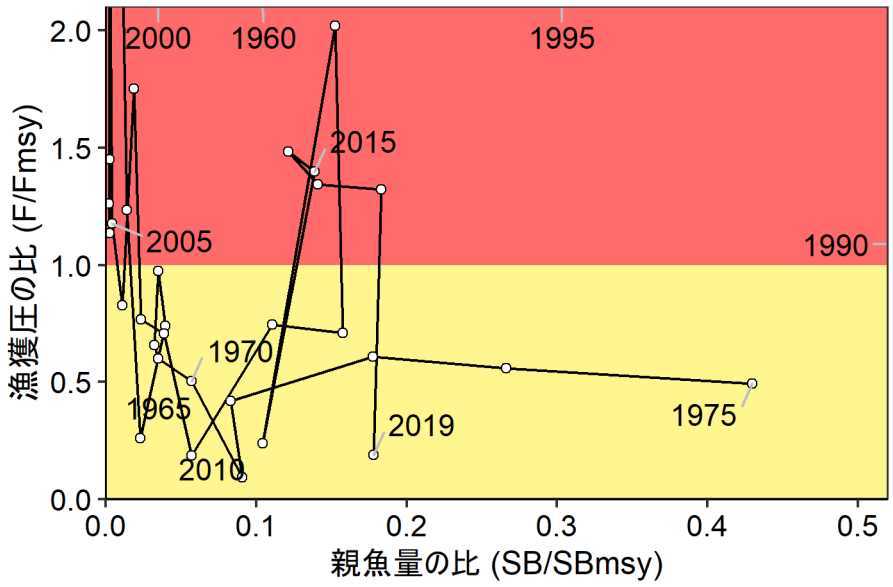
*2019 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率

再生産関係：ホッケースティック型（自己相関なし）

親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
親魚量の動向	増加



上図の拡大



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 (%)
2016	268	133	62	1.48	23
2017	263	154	54	1.35	21
2018	293	200	71	1.32	24
2019	329	194	14	0.19	4
2020	463	240	98	1.20	21
2021	521	286	—	—	—

2020 年、2021 年の値は将来予測に基づいた推定値である。

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・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（青森～鹿児島（17）府県） 大中型まき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 月別体長組成調査（水研、青森～鹿児島（17）府県） ・市場測定 体長－年齢測定調査（水研） ・市場測定、年齢査定
資源量指数 ・産卵量 ・資源量指標値	 卵稚仔調査（周年、水研、青森～鹿児島（17）府県） ・ノルパックネット* 境港まき網漁獲量（鳥取県、FRA-SA2020-SC01-102）*

	石川まき網漁獲量（石川県、FRA-SA2020-SC01-103）*
自然死亡係数　（M）	年当たり M＝0.4 を仮定（Wada and Jacobson 1998）

*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

本系群は東シナ海北部から日本海にかけて広く分布し、分布域は資源量とともに変化すると考えられている（図 2-1）。資源量の多かった 1980 年代には日本海の沖合域にも分布していたが、資源量が減少した 2000 年以降の分布域は沿岸域に限られていた（檜山 1998、Muko et al. 2018）。この分布域内において、マイワシは大小さまざまな規模で季節回遊していると考えられる（伊東 1961、黒田 1991）。しかし、本系群の回遊に関する科学的知見は不足している。

（2）年齢・成長

マイワシの成長速度は、水温や餌料などの環境要因だけでなく、年齢といった内的要因の影響も受け、高齢になるほど成長が遅くなる。また、資源水準と同調した変動を示すことも指摘されており、資源増加期に成長が速く、資源高水準期に遅くなる（Hiyama et al. 1995）。近年における本系群の成長は、生育場により異なるが、満 1 年で体長 16 cm 程度、2 年で 19 cm 程度、3 年で 20cm 程度に達する。寿命は 7 歳程度と推定される。図 2-2 に、2015～2019 年の各年齢における漁獲物の被鱗体長と体重の平均値を示した。

（3）成熟・産卵

日本のマイワシの成熟開始年齢は資源量によって変動することが知られている（森本 2010）。地理的な違いはみられるものの、過去の資源高水準期では、満 1 歳魚での産卵は稀であり、産卵群の主体は 2 歳以上であった。資源減少期に入ると、成熟した満 1 歳魚が確認されている。資源水準が低かった 2008～2010 年では満 1 歳魚の多くが成熟していたとの報告もある（米田ほか 2013）。しかし、個体が成熟し産卵できるかどうかは、産卵期前にどれだけ栄養を蓄えられたかによると考えられている（森本 2010）。また、水温等の環境要因が成熟を促進または抑制する条件になっていることから（Matsuyama et al. 1991）、成熟開始年齢は短期的な環境要因の変化の影響も受けると考えられる。これらの知見から、本系群の評価で使用する年齢別成熟率は、資源水準を指標として似たような時期（例えば 1960～1970 年、1994～1999 年、2016～2019 年）には同等の数値をとると仮定した（図 2-3）。過去の本系群の評価で使用された年齢別成熟率は、1 歳で 0～50%、2 歳で 50～100%、3 歳以上で 100%である。成熟率に関する仮定の妥当性は、個体の精密測定や生殖腺の組織学的観察によって検討される。近年では、これらの観察結果より、2016 年に 1 歳魚の成熟率の低下が認められた（安田ほか 2018）。この成熟率の低下は資源水準の増加を反映したものであると考えられ、2019 年の 1 歳魚の成熟率はこれと同じであると仮定した。2019 年の年齢別成熟率は、0 歳魚で 0%、1 歳魚で 25%が、2 歳以上で 100%であった。

本系群の産卵期は冬から春（1〜6 月）であり、低緯度海域ほど早く産卵する傾向がある。産卵場は能登半島から九州西岸にかけての沿岸域に形成されるが（図 2-1）、産卵場の主体となる海域は年変動する。資源増加期である 1986 年までは九州北部海域と日本海西部海域の卵豊度が高かったのに対し、資源減少期である 1990 年以降では日本海北部海域での卵豊度が高かった（檜山 1998, 後藤 1998, Furuichi et al. 2020）。九州沿岸部に限ると、資源水準が高い年代には薩南海域で、低い年代には五島以北で多くの卵が採集される傾向がみられている（松岡・小西 2001）。また、海面水温が低いほど、日本海北部での産卵は減少し、九州沖合での産卵が増える傾向がみられた（Furuichi et al. 2020）。

（4）被捕食関係

仔魚期には、かいあし類などの動物プランクトンを捕食する（Nakai 1962）。成魚期には、動物プランクトンに加えて珪藻類などの植物プランクトンやカタクチイワシなどの卵も濾過捕食する（Nakai 1962、馬場ほか 2018）。索餌期は主に春から秋である。春季における植物プランクトンの季節増殖のタイミングが本系群の加入に影響することが指摘されている（Kodama et al. 2018）。本系群の捕食者は、仔魚期では大型動物プランクトンや小型魚類等であり、成魚期では大型魚類および哺乳類、海鳥類等と考えられる。

（5）特記事項

マイワシの資源量は中長期変動する海洋環境の影響を受けることが指摘されている（Yatsu et al. 2005）。本系群は歴史的に数十年規模の資源変動を示し、その資源変動は海洋生態系におけるレジームシフトに対する応答と認識されてきた（Ohshimo et al. 2009）。本系群の資源量は 1960 年代から 1970 年代初頭において低かったが、1970 年代中盤以後、急激に増加傾向を示し、1980 年代後半に最大値を示した後、急激に減少した（4.（2）を参照）。この資源変動は、冬季のモンスーン指標に起因する海洋環境の変化の影響を受けたと考えられている（Ohshimo et al. 2009）。資源量や海洋環境の変化は、個体の成長や成熟、加入成功に影響し、再生産関係も変化する可能性がある。

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

対馬暖流域に生息するマイワシは、まき網、定置網、棒受網などで漁獲される。資源水準の高かった 1980 年代では沿岸域から沖合域にかけて広く漁場が形成されたが、近年の漁場は主に沿岸域である。

（2）漁獲量の推移と漁獲物の年齢組成

本評価における漁獲量は、漁業・養殖業生産統計年報の日本海および東シナ海側に位置する青森県〜鹿児島県の合計値に、漁獲成績報告書より日本海区および東シナ海区以外に所属する漁船による当該海域における漁獲量を加え、日本海区および東シナ海区に所属する漁船による太平洋海域における漁獲量を差し引いた値とした（図 3-1、表 3-1）。

漁獲量は、1983 年に 100 万トンを超え、1991 年まで 100 万トン以上であったが、その後急速に減少し、2001 年には 1 千トンまで落ち込んだ。その後、2004 年以降は増加傾向とな

り、2013 年の漁獲量は 85 千トンと 2000 年以後で最も多かった。2014 年になり漁獲量が急減し 9 千トンとなったが、2015 年には再び増加し 69 千トンとなった。2014 年の漁獲量の急減は、2015 年の漁獲物に 2 歳以上の高齢魚が多く含まれていたことから、資源量の低下によるものではなく、漁場となる沿岸域への来遊が少なかったためと考えられる。2015 年～2018 年の漁獲量は 54 千トンから 71 千トンを推移したが、2019 年は 14 千トンまで減少した。2019 年の各海域の漁獲量をみると、日本海北部（青森県～石川県）における漁獲量は前年と比べて 3 分の 1 程度、日本海西部（福井県～山口県）の漁獲量は前年と比べて 10 分の 1 程度に減少した。東シナ海（福岡県～鹿児島県）における漁獲量は極めて少なかった（図 3-1）。

年齢別・年別漁獲尾数を図 3-2、補足資料 7 に示す。1990 年代後半から 2010 年にかけて、漁獲物の年齢構成は 0 歳魚が主体であった。2011 年以降は 1 歳以上の漁獲尾数の割合が増加している。

対馬暖流域では日本の他に韓国もマイワシを漁獲しており、かつてはロシアによる漁獲もあった。韓国の漁獲量は 1987 年に 19 万トンを記録したが、その後は減少した。2000～2015 年の漁獲量は 0～4 千トン、2016 年以降は 5～8 千トンの漁獲があったが、2019 年の漁獲量は 2 千トンに減少した（水産統計（韓国海洋水産部）、http://www.fips.go.kr:7001/index.jsp、2020 年 3 月）。ロシアの漁獲量は 1991 年まで 20 万トンを超えていたが、1992 年には 7 万トンとなり、それ以後の漁獲はほとんどない（ジガーリン 未発表資料）。中国によるマイワシ（Japanese pilchard）漁獲量は、2007～2018 年にかけて 11～17 万トンであり、横ばいで推移している（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2018、http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en、2020 年 7 月）。これら外国による漁獲量は、本系群を対象としたものであるか不明なため、参考資料とし、本資源評価の計算には含めなかった。

（3）漁獲努力量

本系群の近年における主漁場は日本海西南部海域であり、この海域のマイワシは主に中型まき網漁業により漁獲される。中型まき網漁船はマアジ、マサバ、マイワシ等の浮魚類を主な対象として操業し、鳥取県境港が水揚げの中心港となっている。資源が極めて低水準であった 2000 年代前半では、他魚種を対象とした操業で混獲される場合が多く、マイワシに対する漁獲努力量を把握することは困難であった。近年、マイワシがまとまって水揚げされるようになってきたため、境港に水揚げした中型まき網漁船の延べ日別水揚げ統数が本系群の漁獲努力量の指標として利用できると考えられる（図 3-3、表 3-2）。延べ日別水揚げ統数は、2004～2018 年は 1.2～1.6 千統で安定して推移しており、2019 年には 1.2 千統であった。

4. 資源の状況

（1）資源評価の方法

漁獲量、漁獲物の生物測定および鱗などの年齢形質による年齢査定から年齢別・年別漁獲尾数を算出し、1960～2018 年までの期間でコホート解析を行った。コホート解析においては、2004～2018 年の資源量指標値（産卵量、境港でまき網漁業により水揚げされるマイワ

シの標準化された 1 ヵ統当りの漁獲量、石川県内でまき網漁業により水揚げされるマイワシの抽出データによる 1 隻当たりの漁獲量）を用いて 2018 年の漁獲係数 F の調整を行った（補足資料 1～4）。

なお、2020 年の資源評価時点までの漁獲量や漁獲物年齢組成から、2019 年は漁場および産卵場となる日本沿岸域への来遊が極めて少ない年であったと考えられた（補足資料 4、6）。そのため、2019 年の漁獲情報や産卵量は資源量を反映していないと考えコホート解析には用いなかった。2019 年の資源量は、2018 年までの期間で行ったコホート解析の結果から前進法を用いて推定した（補足資料 2）。2019 年の加入量は、推定された 2019 年の親魚量と、（5）に示す通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）に適用したホッケースティック型再生産関係式から求めた（補足資料 2、6）。

（2）資源量指標値の推移

漁獲係数 F の調整に使用した資源量指標値を補足表 2-4 に、各指標値の 2004～2019 年の平均値で割り、規格化した値の推移を図 4-1 に示す。九州西岸から日本海で実施された卵稚仔調査にもとづく本資源の産卵量は、2000 年代後半には 1～10 兆粒の範囲で推移したが、2010 年以降 10～100 兆粒に増加し、2018 年は 90 兆粒、2019 年は 31 兆粒であった（補足表 2-4）。境港でまき網漁業により水揚げされるマイワシの標準化された 1 ヵ統当りの漁獲量（トン／統）は、2000 年代前半は低い値であったが、2011 年以降増加し、高い水準を維持していた（補足表 2-4、補足資料 4-1）。2017 年は極めて高かったが、2014 年および 2019 年は低い値となった（図 4-1）。石川県内でまき網漁業により水揚げされるマイワシの抽出データによる 1 隻当たりの漁獲量（トン／隻）は、2011 年以降増加し、2014 年も大きな減少はなく、緩やかな増加傾向を示した（補足表 2-4、補足資料 4-2）。しかし、2019 年は前年よりも大きく減少した（図 4-1）。

境港および石川県主要港で水揚げされるまき網の操業記録に基づく資源量指標値は、本系群全体の資源密度の増減だけでなく、漁場形成の影響を受けている可能性がある。本資源の来遊に影響を与える要因を今後さらに検討し、資源量指標値の信頼性の評価および精度向上の検討を続けていく必要がある。

夏期に行われている魚群分布調査「計量魚探などを用いた浮魚類魚群量調査」におけるマイワシの採集状況について補足資料 5 に示した。夏期のマイワシの分布範囲に対して調査海域が限られていることから、現時点では、これらの調査結果から信頼できるマイワシの資源量指標値が得られていないと考え、資源計算には用いず、参考資料とした。引き続き調査を実施して、データの蓄積を継続し、調査・解析手法の改善に取り組む予定である。

（3）資源量と漁獲圧の推移

コホート解析により求めた資源量は 1970 年代から増加し、1988 年には 1,000 万トンに達したと推定される（図 4-2、表 3-1）。その後減少し、1995 年には 100 万トンを下回り、2001 年には 1 万トンを下回った。2004 年以降の資源量は増加傾向にあり、2010 年には 10 万トンを超えた。2014 年に一旦減少したが、2019 年の資源量は 33 万トンまで増加した。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は 2005 年以降増加傾向にあり、2011 年には 10 万トンを超え

た。その後 11 万トン～20 万トンで推移し、2019 年は 19 万トンと推定された。

加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）は、1971 年から増加し、1980 年代は 1000 億尾を超えた年が出現した（図 4-3、表 3-1）。1987 年以降減少し、2002 年には 42 百万尾まで減少した。その後増加傾向が見られ、2010 年以降は 19 億尾～44 億尾で推移していた。2019 年加入量は再生産関係から 54 億尾と仮定した。

年齢別資源重量は、1～3 歳魚資源重量が占める割合が高い（図 4-4、補足資料 7）。中でも、1 歳魚の資源重量がほとんどの年で最も多い。0 歳魚の資源重量は 2011 年以降、ほぼ横ばいである。

再生産成功率は変動が大きく、1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて低い値で推移した（図 4-5）。これは加入量が最大となり、急激に減少する時期と一致する。1990 年代中盤に増加した後、変動しながら横ばいに推移している。近年では 2004、2005、2010 年において比較的高い値が認められた

資源量計算では自然死亡係数（M）は 0.4 を仮定したが、この値を 0.3、0.5 に変更して、2019 年の資源量と親魚量を計算した（図 4-6）。M の値が大きくなると、いずれの値も大きくなり、M が 0.3 の場合は 0.4 の場合の 72%の値となり、M が 0.5 の場合は 0.4 の場合の 149%の値となった。

年齢別漁獲係数 F は、1965 年から 1990 年代前半は比較的低い値で緩やかな増加傾向を示した（図 4-7、補足資料 7）。1990 年代中盤以降から急激に増加し、経年変動が大きくなった。2005 年以降は増減を繰り返しながら比較的低い値で推移している。0～1 歳の漁獲係数は経年的に安定しているが、3 歳以上の漁獲係数は変動が大きい。2019 年の漁獲係数はすべての年齢で低かったが、特異的な状況であったと考えられる。

漁獲割合は、1960 年代後半から 1970 年代前半までは低かったが、その後高くなり、1990 年代以降は大きく増減しながら減少傾向を示した（図 4-8）。2010 年の漁獲割合は 3%であったが、その後増加し、2014 年の 4%を除いて 2018 年までは 15～34%の間で推移した。2019 年の漁獲割合は低く 4%となった。

項目	値	説明
SB2019	194 千トン	2019 年の親魚量
F2019	（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上） ＝（0.01, 0.07, 0.05, 0.07, 0.05）	
U2019	4%	2019 年の漁獲割合

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

選択率の違いを考慮して漁獲圧を比較するため、各年の F 値を%SPR（漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、各年の漁獲に対応した場合の SPR の割合）に換算した値を図 4-9 に示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きい値をとる。%SPR は年代によって変動が大きく、1994～1996 年と 1998～2000 年は低い値を示した。2000 年以降は 20～53%で推移しているが、2010、2014、2019 年は高かった。

2019 年の漁獲係数は低く、また不確実性が高いと考えられる。そこで、現状の漁獲圧は

2014～2018 年の 5 年間の平均値で与えた。現状の漁獲圧に対する YPR と%SPR の関係を図 4-10 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「管理基準値など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（髙橋ほか 2020b※）を用いている。また、年齢別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 41.1%に相当する。同様の条件下で、35.9%SPR を達成する F を現状の漁獲圧（F2014-2018）とした。F2014-2018 は、Fmsy や F40%SPR、F0.1 を上回った。

項目	値	備考
%SPR（F2019）	82.1%	2019 年の%SPR
%SPR（F2014-2018）	35.9%	現状の漁獲圧（F2014-2018）に対応する%SPR

（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 4-11 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」により、本系群の再生産関係は、通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）と高加入期（1976～1987 年）の二種類の加入容態に分けられ、それぞれの期間でホッケースティック型再生産関係式を適用することが提案された（髙橋ほか 2020b※）。2019 年の加入状況は、近年の再生産関係を含む通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）に属していると考えられる。通常加入期におけるホッケースティック型関係式の各パラメータを以下表に示す。ここで、再生産関係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（髙橋ほか 2020a）においてプラスグループを修正して得られた親魚量・加入量とし（補足資料 3）、最適化方法には最小二乗法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
ホッケースティック型	最小二乗法	無	0.0276	7.36e+05	0.683

ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/g）、b は HS の折れ点となる親魚量（トン）である。

（6）現在の環境下において MSY を実現する水準

現在の環境として、通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の条件下で最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）および MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）として上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」で提案された値（髙橋ほか 2020b※）を下表に示す。

項目	提案値	備考
SBmsy	1093 千トン	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量
Fmsy	（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上）	

	＝（0.25, 0.14, 0.24, 0.42, 0.42）	
%SPR (Fmsy)	41.1%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	338 千トン	最大持続生産量 MSY

（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その時の漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-12 に示す。近年における本系群における漁獲圧は、MSY を実現する水準よりもわずかに高いと判断される。2019 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧の 0.19 倍であった。また本系群における親魚量は 1994～2019 年まで MSY を実現する水準を下回った（表 3–1）。なお、漁獲圧の比（F/Fmsy）は、各年の選択率下において%SPR 値が Fmsy に対応する値となる場合の F 値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、近年 5 年間（2015～2019 年）の推移から増加と判断される。

項目	値	備考
SB2019/ SBmsy	0.18	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量に対する 2019 年の親魚量の比
F2019/ Fmsy	0.19	最大持続生産量（MSY）を実現する漁獲圧に対する 2019 年の漁獲圧の比*

*2019 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率

親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
親魚量の動向	増加

5. 資源評価のまとめ

本系群の親魚量は、1994 年から 2019 年まで MSY を実現する水準を下回った。近年の漁獲圧は、Fmsy よりわずかに高い値で推移していたが、2019 年は Fmsy を下回った。親魚量の動向は近年 5 年間（2015～2019 年）の推移から増加と判断される。

6. その他

現在の資源量は、2000 年代前半に比べて 6～7 倍増加したものの、1980 年代の資源量と比べると依然として低い水準にある。また、本系群の再生産成功率の年変動は激しく（図 4-5）、今後、資源量が増加するにつれ加入量が増加し、高加入期の再生産関係式が実現する可能性がある。本資源の利用・管理にあたっては、再生産関係の見直しに伴う漁獲管理規則の見直し、移行をどのように進めるかを十分に考慮して実施する必要がある。平成 21（2009）年度から平成 23（2011）年度にかけて「日本海西部・九州西部海域マアジ（マサバ・マイワシ）資源回復計画」が開始され、小型魚保護のため、大中型まき網漁業は小型魚を主とする

漁獲があった場合には集中的な漁獲圧をかけないよう速やかに漁場移動を行い、中・小型まき網漁業は団体毎に一定日数の休漁や水揚げ日数制限等の漁獲制限を行うという取り組みが実施された。同措置は資源管理指針・計画のもとで現在も継続されており、今後も引き続き実施されることが望ましいと考えられる。

7. 引用文献

馬場　孝・森本晴之・後藤常夫・南條暢聡・尾田昌紀・上野陽一郎 (2018) 春季日本海におけるマイワシとカタクチイワシの同時同所採集物を用いた食性比較. 日本水産学会誌, **84(2)**, 288-290.

Furuichi, S., T. Yasuda, H. Kurota, M. Yoda, K. Suzuki, M. Takahashi and M. Fukuwaka (2020) Disentangling the effects of climate and density-dependent fators on spatiotemporal dynamics of Japanese sardine spawning. Mar. Ecol. Prog. Ser. **633**:157-168.

後藤常夫 (1998) 1979～1994 年春季の日本海におけるマイワシ卵の豊度と分布. 日本海区水産研究所研究報告, **(48)**, 51-60.

檜山義明 (1998) 対馬暖流域での回遊範囲と成長速度. マイワシの資源変動と生態変化（渡邊良朗・和田時夫編）, 恒星社厚生閣, 東京, 35-44.

Hiyama, Y., H. Nishida and T. Goto (1995) Interannual fluctuations in recruitment and growth of the sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Sea of Japan and adjacent waters. Res. Popul. Ecol., **37**, 177-183.

伊東祐方 (1961) 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日本海区水産研究所研究報告, **(9)**, 1-227.

Kodama T., T. Wagawa, S. Ohshimo, H. Morimoto, N. Iguchi, K. Fukudome, T. Goto, M. Takahashi and T. Yasuda (2018) Improvement in recruitment of Japanese sardine with delay of spring phytoplankton bloom in the Sea of Japan. Fish. Oceanogr., **27(4)**, 289-371.

黒田一紀 (1991) マイワシの初期生活期を中心とする再生産過程に関する研究. 中央水産研究所研究報告, **(3)**, 25-278.

Matsuyama, M., S. Adachi, Y. Nagahama, C. Kitajima and S. Matsuura (1991) Annual reproductive cycle of the captive female Japanese sardine *Sardinops melanostictus*: relationship to ovarian development and serum levels of gonadal steroid hormones. Mar. Biol., **108**, 21–29.

松岡正信・小西芳信 (2001) 1979～1995 年の九州周辺海域におけるマイワシの産卵量と分布. 水産海洋研究, **65**, 67-731.

森本晴之 (2010) 日本産マイワシにおける繁殖特性の時空間変化とその個体群動態への影響. 水産海洋研究, **74**（特集号）, 35-45.

Muko, S., S. Ohshimo, H. Kurota, T. Yasuda and M. Fukuwaka (2018) Long-term distribution change of Japanese sardine in the Sea of Japan with their population dynamics. Mar. Ecol. Prog. Ser., **593**, 141-154.

Nakai, Z. (1962) Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (Temminck & Schlegel). 魚類学雑誌, **9**, 1-115.

Ohshimo, S., H. Tanaka and Y. Hiyama (2009) Long-term stock assessment and growth changes of

the Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the Sea of Japan and East China Sea from 1953 to 2006. Fish. Oceanogr., **18**, 346-358.

髙橋素光・黒田啓行・依田真里・竹垣草世香・安田十也(2020a) 令和元（2019）年度マイワシ対馬暖流系群の資源評価. 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.

髙橋素光・黒田啓行・依田真里・竹垣草世香・安田十也(2020b) 令和 2 (2020) 年度マイワシ対馬暖流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-BRP01-2. ※2020 年 9 月に管理基準値案が更新された https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_maiwashi_tc.pdf (last accessed 18 July 2020)

Wada, T., and L. D. Jacobson (1998) Regimes and stock-recruitment relationships in Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), 1951-1995. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **55**, 2455-2463.

安田十也・黒田啓行・林　晃・依田真里・鈴木　圭・髙橋素光 (2018) 平成 29 (2017) 年度マイワシ対馬暖流系群の資源評価. 平成 29 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価・TAC 種), 第 1 分冊, 15－52.

Yatsu, A., T. Watanabe, M. Ishida, H. Sugisaki and L. D. Jacobson (2005) Environmental effects on recruitment and productivity of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and chub mackerel *Scomber japonicus* with recommendations for management. Fish. Oceanogr., **14**, 263-278.

米田道夫・田中寛繁・本田　聡・西田　宏・梨田一也・廣田祐一・石田　実・大下誠二・宮辺　伸・伊藤春香・清水昭男 (2013) 2008－2010 年の西日本沿岸域におけるマイワシの性成熟，産卵期およびバッチ産卵数. 水産海洋研究，**77(2)**, 59-67.

（執筆者：向 草世香、髙橋素光、黒田啓行、依田真里、日野晴彦）

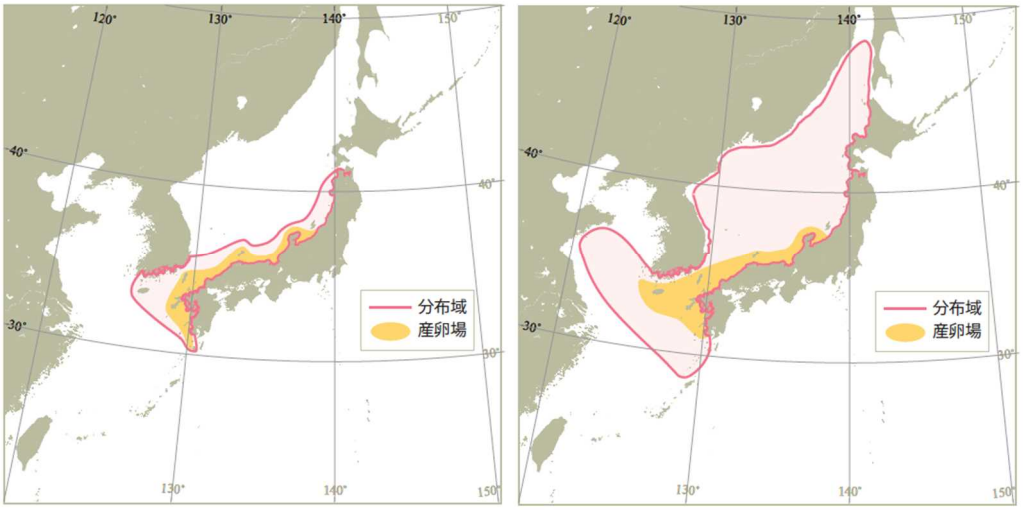


図 2-1.　マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊および生活史と漁場形成模式図（左：低水準期、右：高水準期）

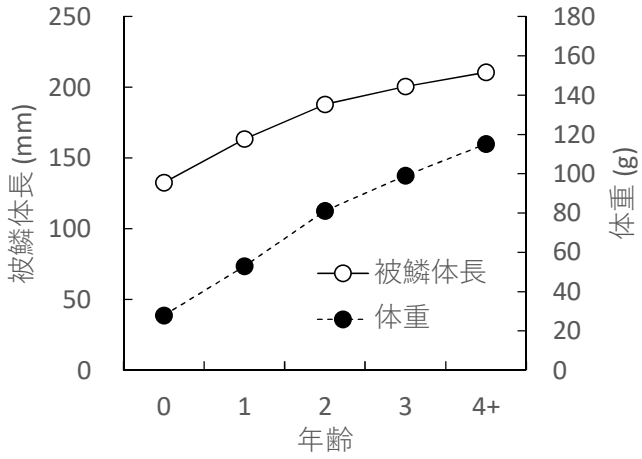


図 2-2.　年齢と成長

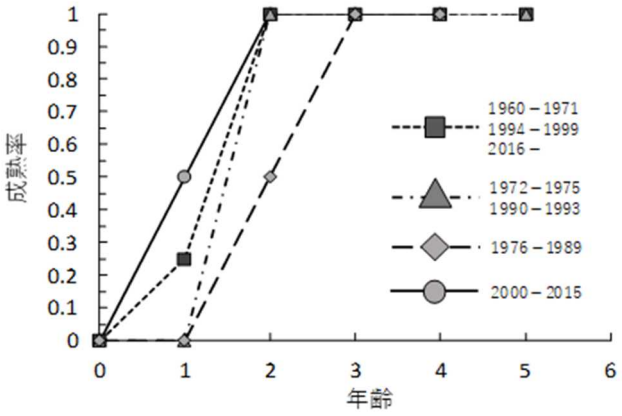


図 2-3.　年齢と成熟割合

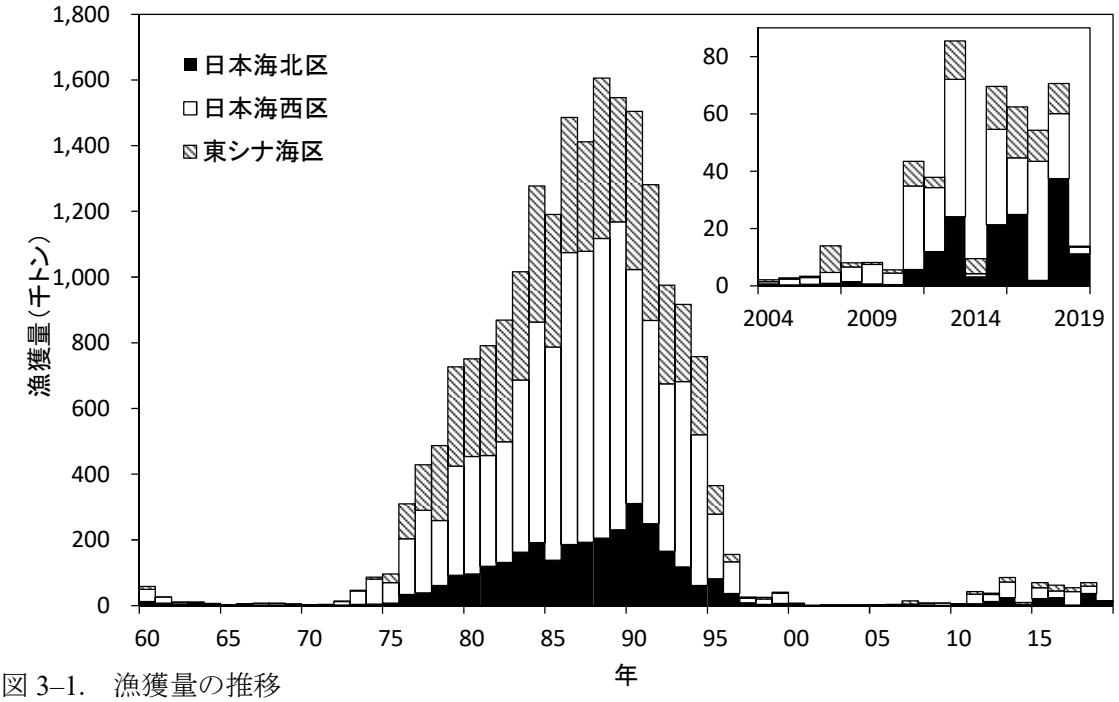


図 3–1.　漁獲量の推移

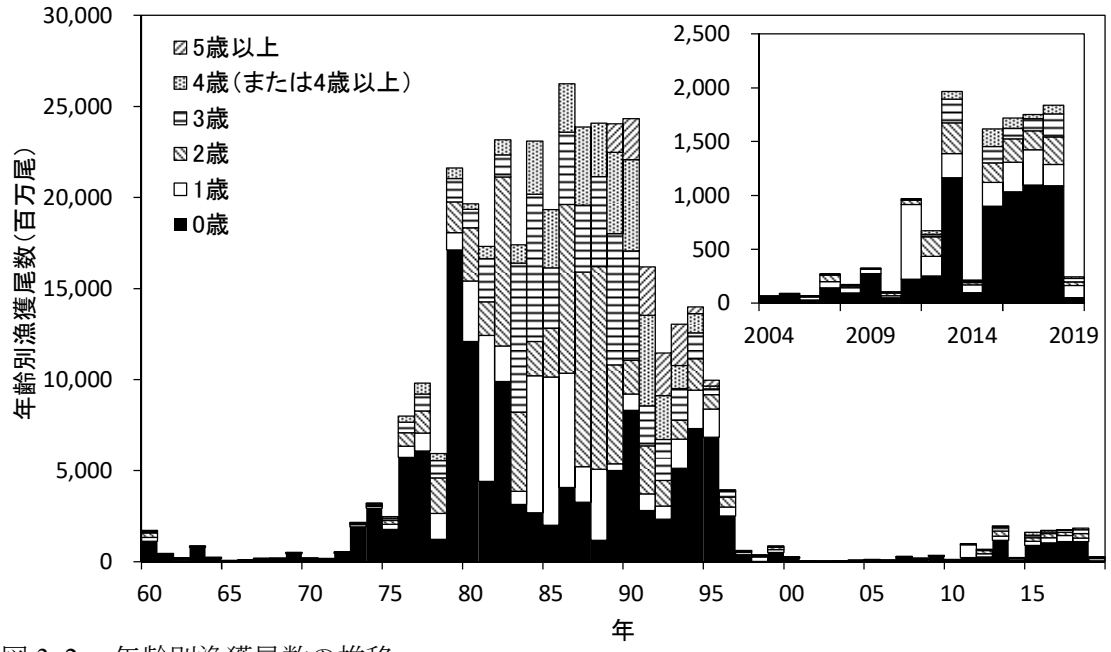


図 3–2.　年齢別漁獲尾数の推移

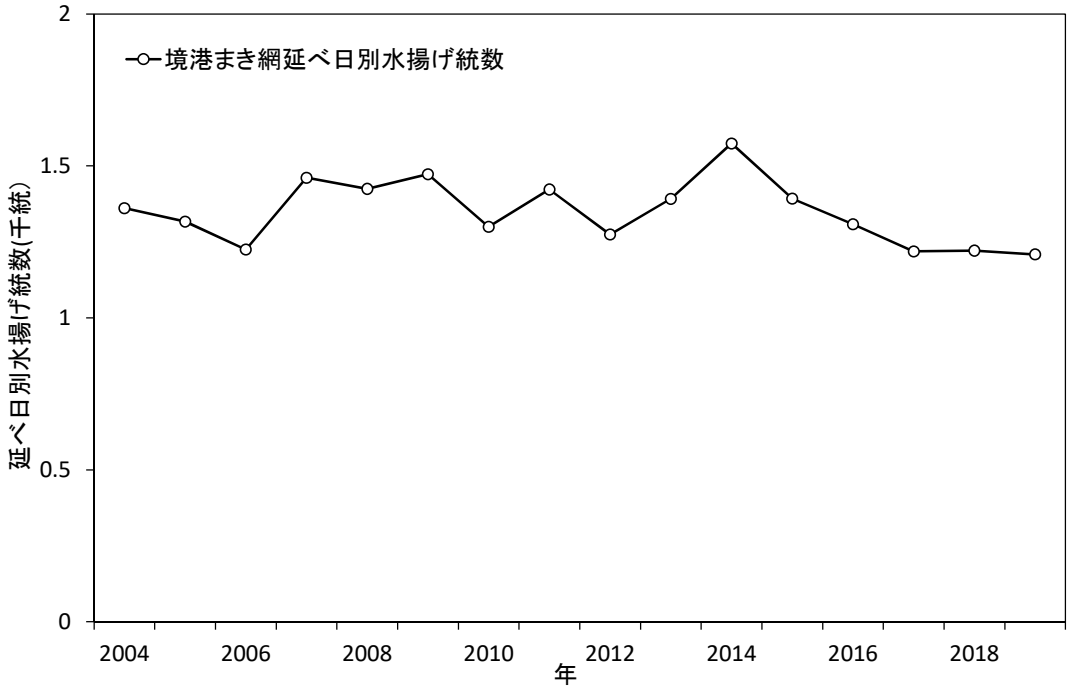


図 3–3. 境港中型まき網の努力量（延べ日別水揚げ統数）の推移

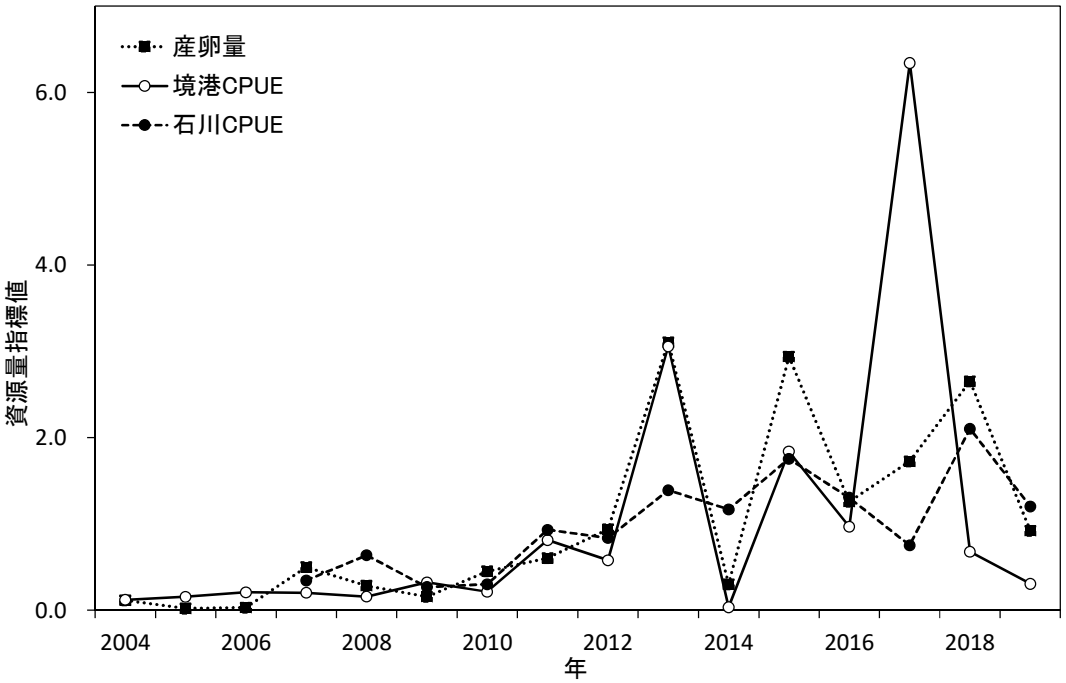


図 4–1. 資源量指標値の推移（平均値で割って規格化した数値）

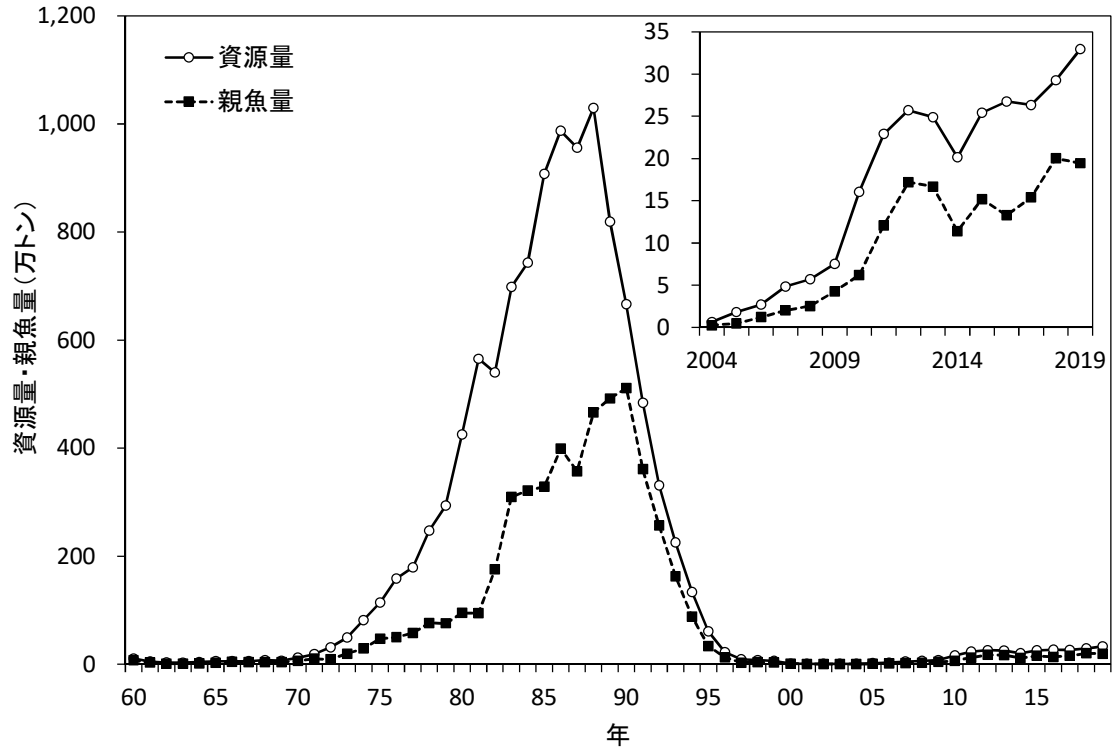


図 4–2.　資源量と親魚量の推移

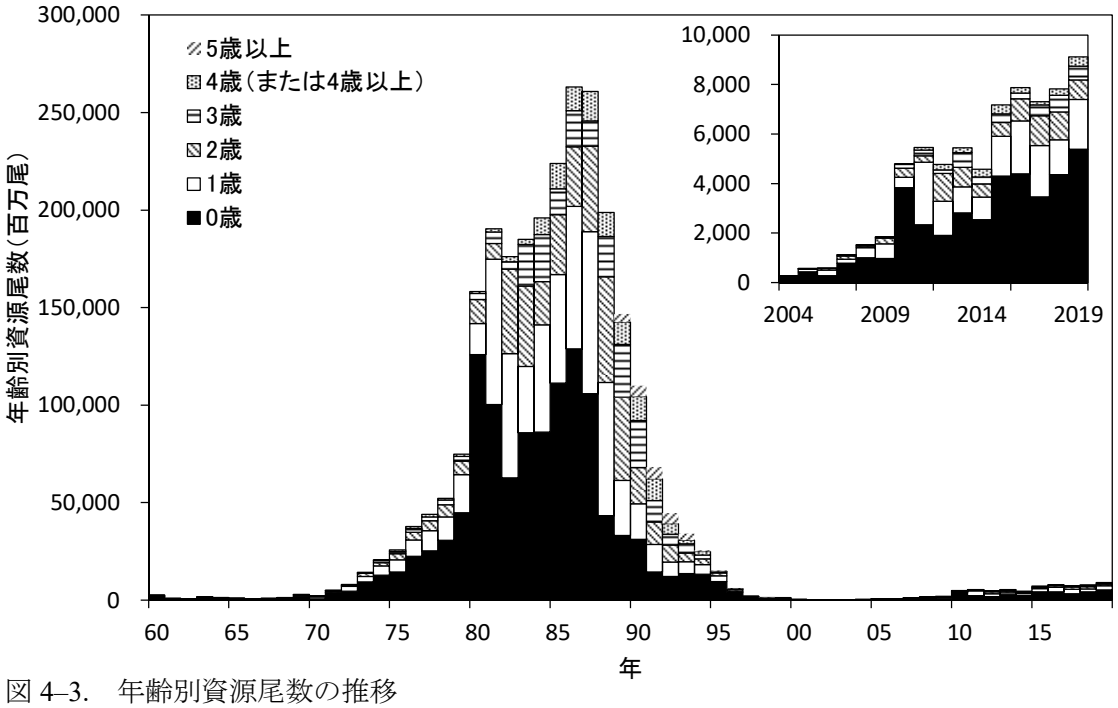


図 4–3.　年齢別資源尾数の推移

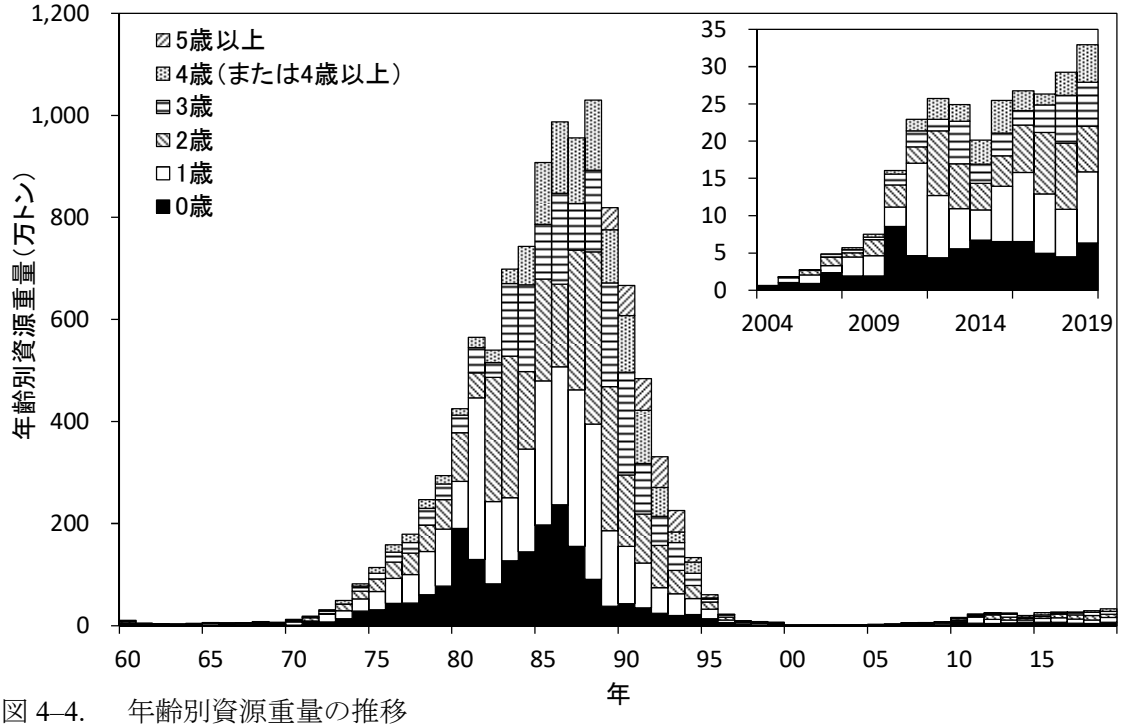


図 4–4.　年齢別資源重量の推移

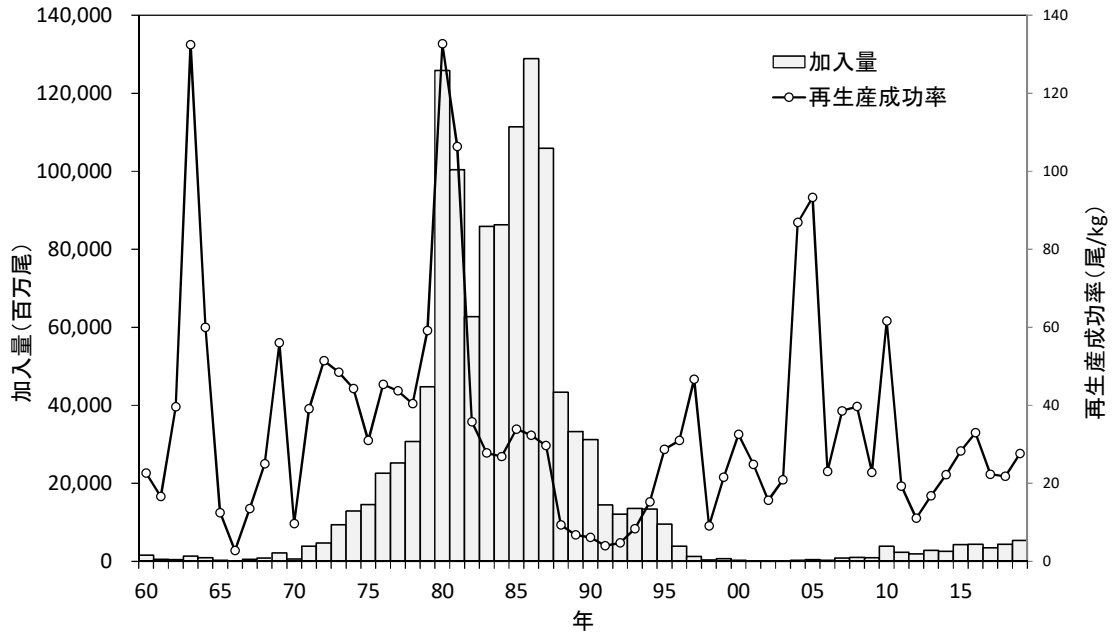


図 4–5.　加入量と再生産成功率の推移

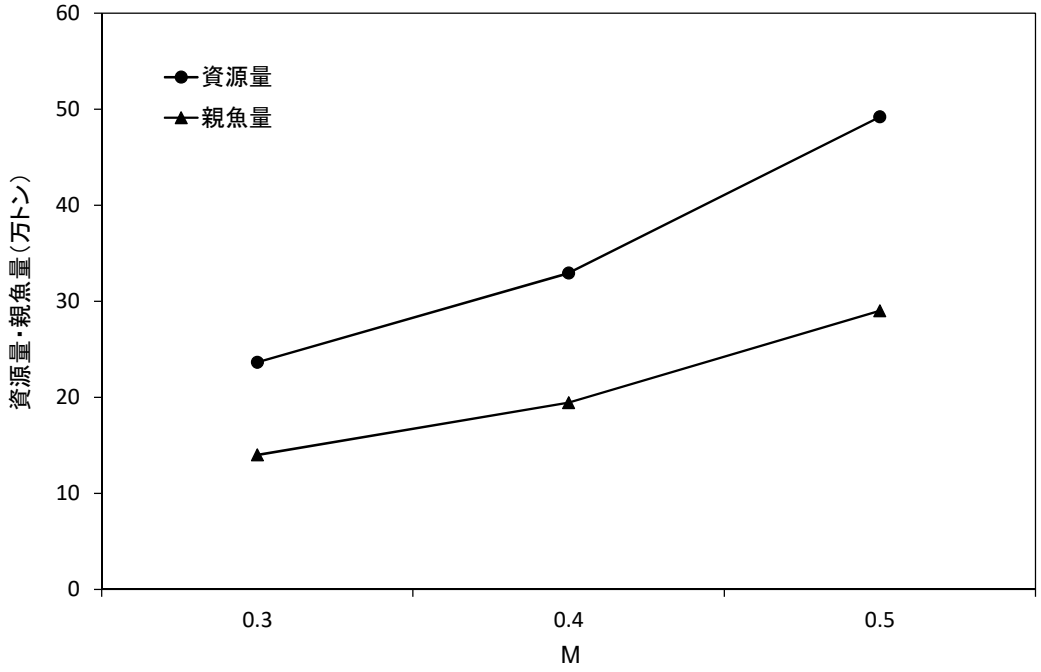


図 4–6.　資源量と親魚量の推定に対する自然死亡係数 M の影響

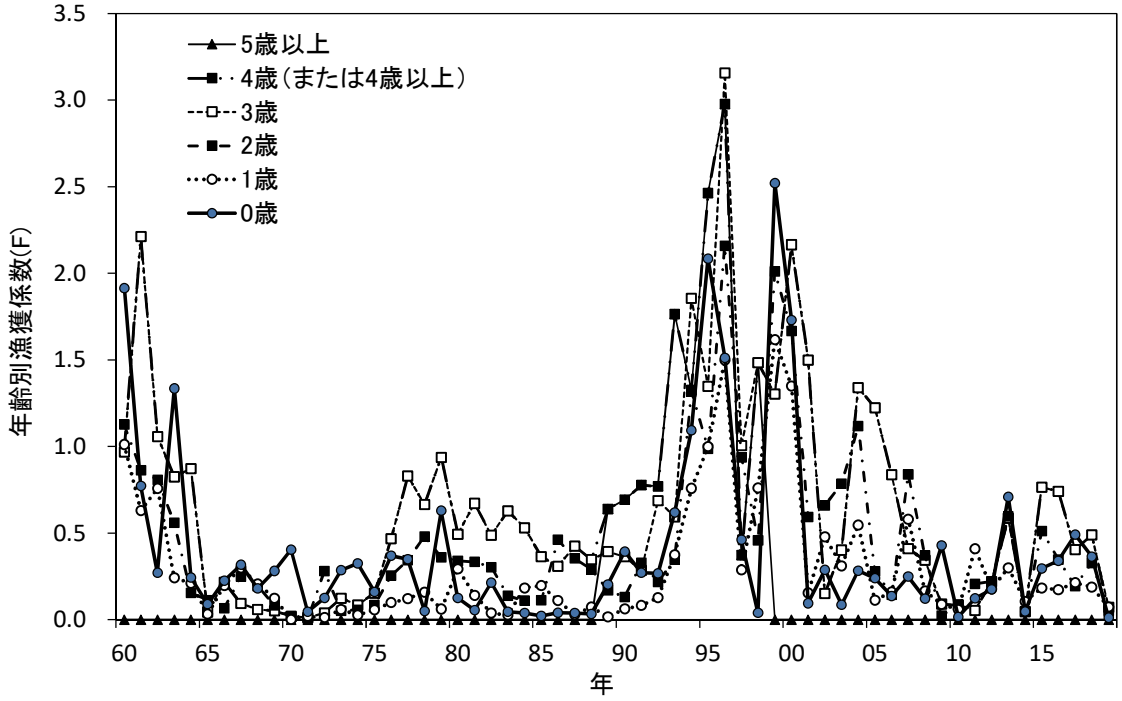


図 4–7.　年齢別漁獲係数 F の推移

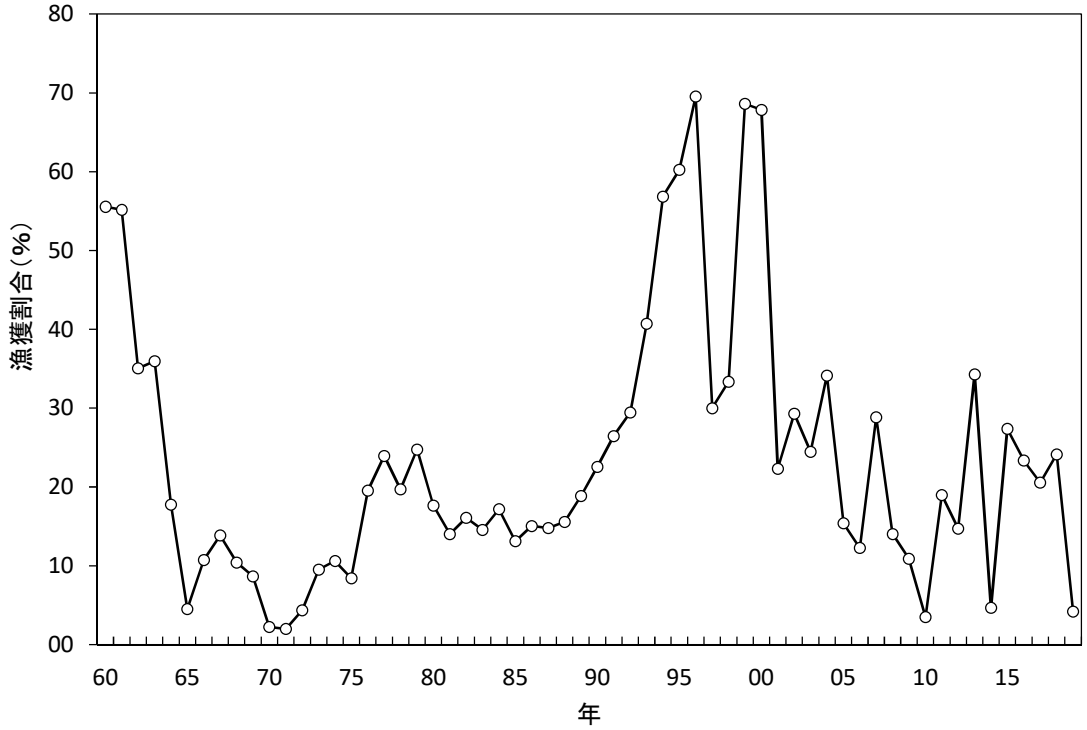


図 4–8.　漁獲割合の推移

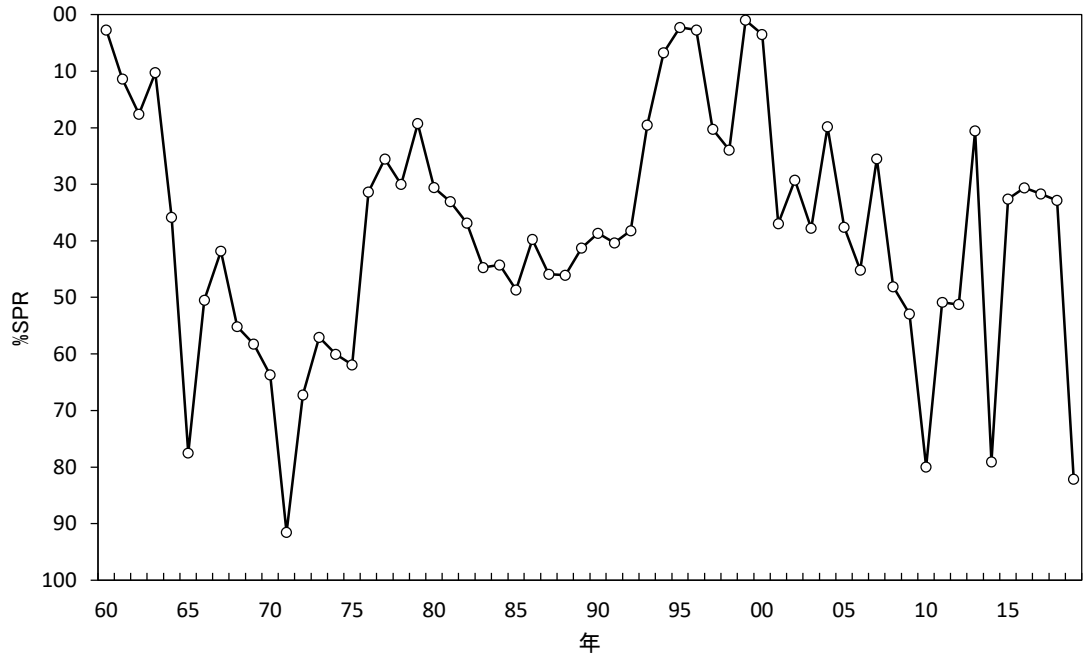


図 4–9.　%SPR 値の推移
%SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と%SPR は小さく（大きく）なる

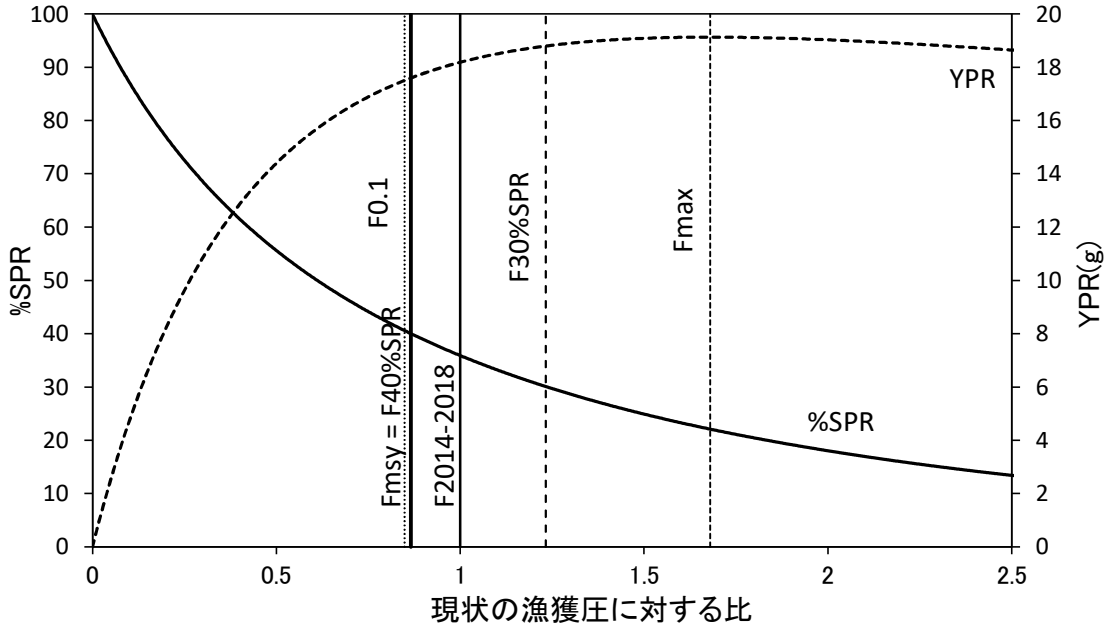
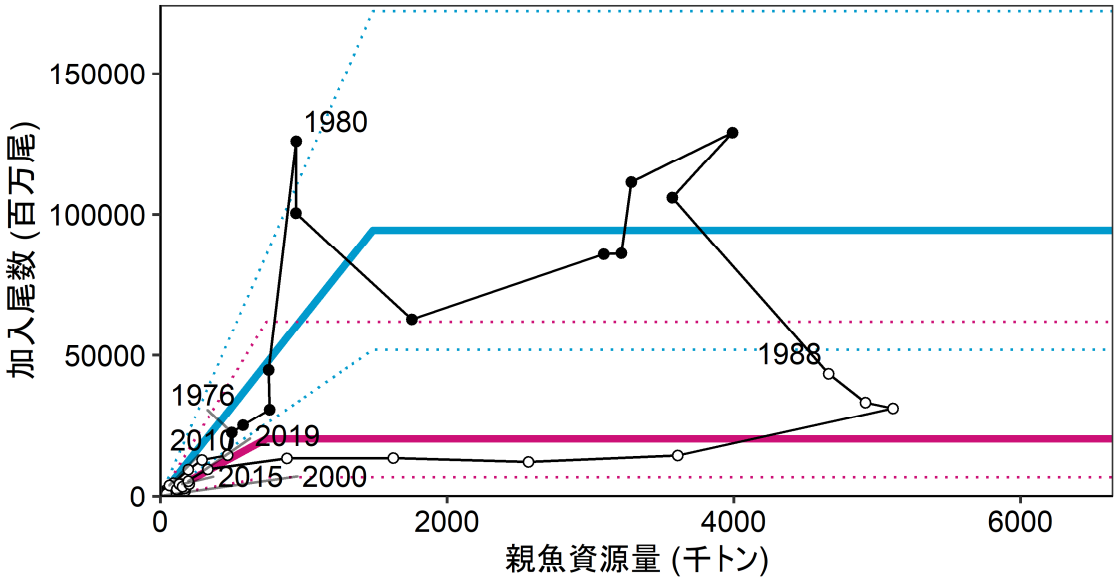


図 4-10.　現状の漁獲圧（F2014-2018）に対する YPR と%SPR の関係



上図の拡大

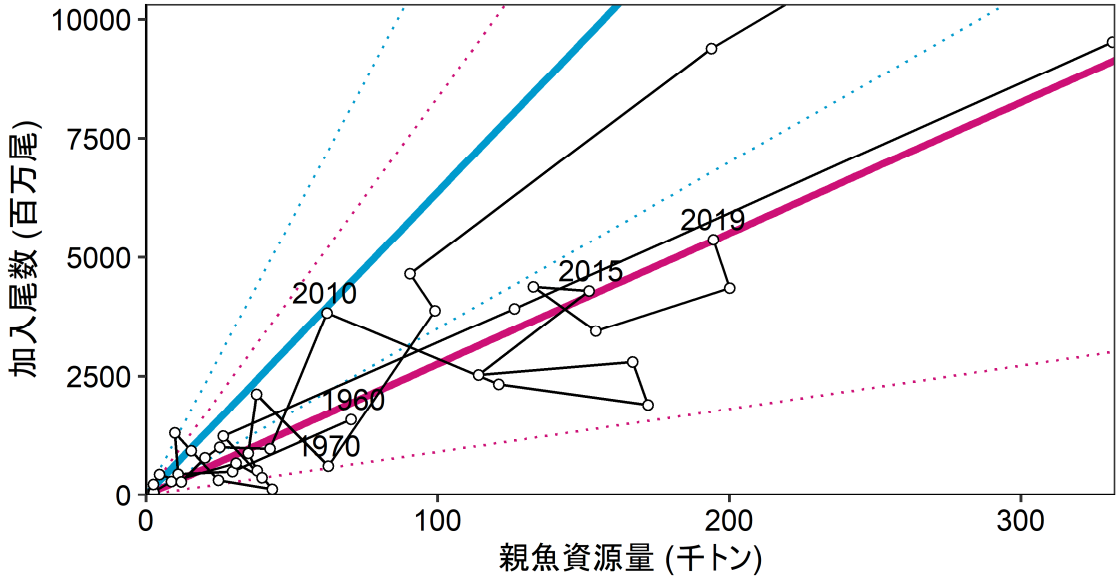
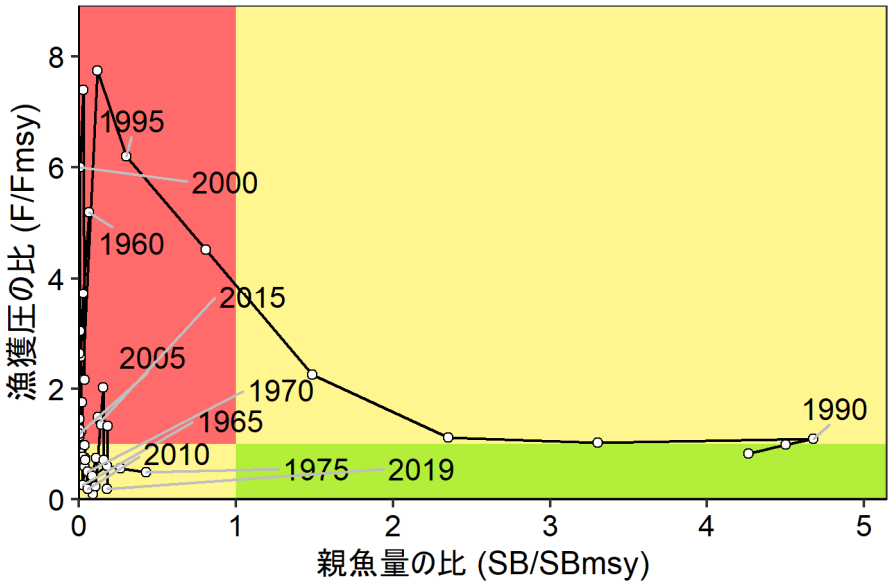


図 4–11.　親魚量と加入量の関係（再生産関係）　令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（髙橋ほか 2020b※）で提案された再生産関係式
赤線は通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の再生産関係、青線は高加入期（1976～1987 年）の再生産関係式である。丸印は実測データ（1960～2019 年）であり、白丸は通常加入期、黒丸は高加入期の値を示す。再生産関係式の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。図中の数字は年級群を示す。



上図の拡大

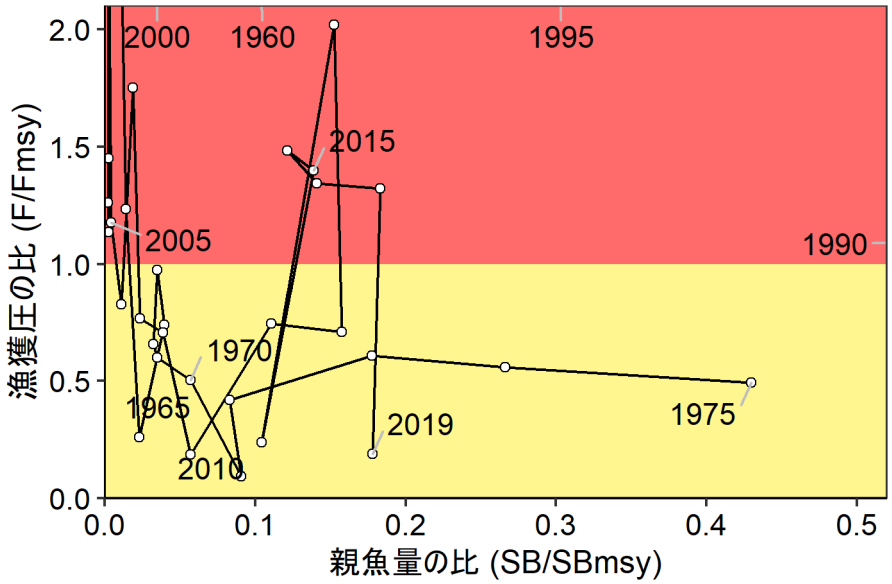


図 4–12. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）と MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）とその拡大図。SBmsy および Fmsy は通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）を仮定した場合の値であり、親魚量と漁獲圧のプロットも上記の期間に限定している。

表 3-1.　漁獲量と資源解析の結果（1960～1994 年）

年	漁獲量（千トン）	資源量（千トン）	親魚量（千トン）	0 歳加入尾数（百万尾）	漁獲割合（%）	再生産成功率（尾/Kg）
1960	58	105	70	1,593	56	23
1961	26	47	30	493	55	17
1962	11	30	11	436	35	40
1963	10	28	10	1,306	36	132
1964	7	40	15	927	18	60
1965	3	56	25	310	5	12
1966	6	56	43	119	11	3
1967	8	56	38	513	14	13
1968	8	76	35	877	10	25
1969	6	65	38	2,123	9	56
1970	3	119	62	607	2	10
1971	4	187	99	3,874	2	39
1972	14	313	90	4,651	4	51
1973	47	490	194	9,395	10	48
1974	87	816	291	12,882	11	44
1975	96	1,140	470	14,529	8	31
1976	309	1,584	498	22,585	20	45
1977	429	1,789	577	25,230	24	44
1978	487	2,472	762	30,768	20	40
1979	727	2,938	756	44,753	25	59
1980	751	4,252	948	125,860	18	133
1981	791	5,651	944	100,414	14	106
1982	869	5,400	1,753	62,748	16	36
1983	1,017	6,984	3,093	85,872	15	28
1984	1,278	7,433	3,215	86,283	17	27
1985	1,191	9,077	3,284	111,353	13	34
1986	1,486	9,873	3,990	128,911	15	32
1987	1,412	9,558	3,571	105,948	15	30
1988	1,606	10,299	4,661	43,400	16	9
1989	1,546	8,191	4,919	33,287	19	7
1990	1,505	6,666	5,111	31,227	23	6
1991	1,281	4,840	3,610	14,473	26	4
1992	975	3,311	2,568	12,120	29	5
1993	917	2,252	1,625	13,571	41	8
1994	758	1,334	881	13,395	57	15

表 3-1.　漁獲量と資源解析の結果（1995～2019 年）

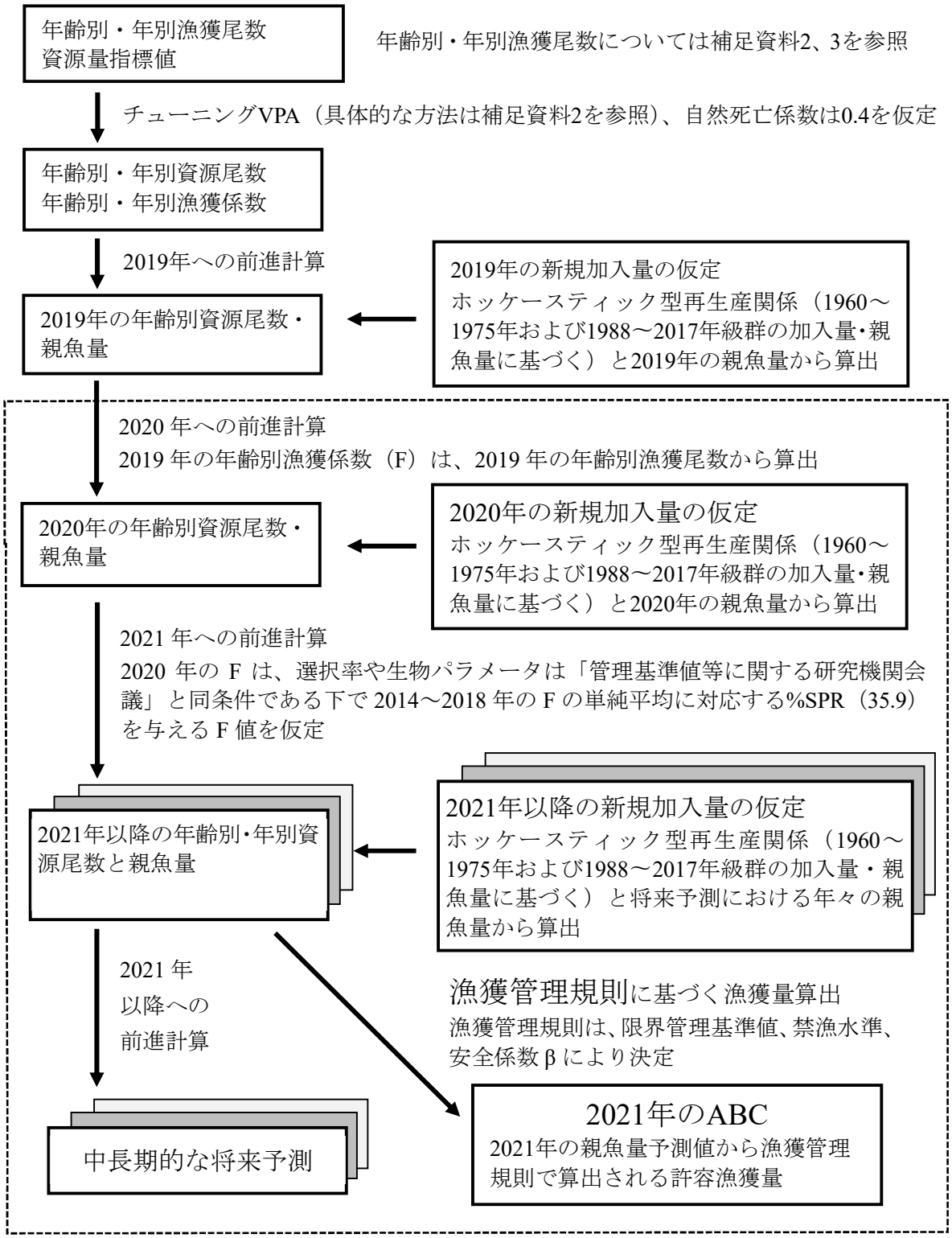
年	漁獲量（千トン）	資源量（千トン）	親魚量（千トン）	0 歳加入尾数（百万尾）	漁獲割合（%）	再生産成功率（尾/Kg）
1995	366	607	331	9,524	60	29
1996	156	224	126	3,911	70	31
1997	26	88	27	1,239	30	47
1998	25	76	40	362	33	9
1999	41	60	31	666	69	22
2000	8	11	9	283	68	33
2001	1	5	2	55	22	25
2002	1	5	3	42	29	16
2003	1	4	3	54	24	21
2004	2	6	3	220	34	87
2005	3	18	5	432	15	93
2006	3	27	12	278	12	23
2007	14	49	20	779	29	39
2008	8	57	25	1,003	14	40
2009	8	75	42	968	11	23
2010	6	160	62	3,824	3	62
2011	44	229	121	2,333	19	19
2012	38	257	172	1,902	15	11
2013	85	249	167	2,798	34	17
2014	9	202	114	2,527	5	22
2015	70	254	152	4,293	27	28
2016	62	268	133	4,378	23	33
2017	54	263	154	3,444	21	22
2018	71	293	200	4,352	24	22
2019	14	329	194	5,374	4	28

表 3-2.　漁獲量努力量（境港中型まき網延べ日別水揚げ統数）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
境港まき網	1361	1317	1225	1461	1425	1473	1300	1423	1275	1392

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
境港まき網	1574	1393	1308	1219	1222	1209

補足資料１　資源評価の流れ



※　点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。

（http://www.fra.affrc.go.jp/ shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_maiwashi_tc.pdf）

補足資料２　計算方法

（1）資源計算方法（コホート解析）

2018 年までの年齢別年別漁獲尾数と資源量指標値を用いて、チューニング VPA（コホート解析）により年齢別年別資源尾数を推定した。2019 年の年齢別資源尾数は、コホート解析により得られた 2018 年の結果と 2019 年の年齢別漁獲尾数にもとづき前進法により推定した。2020 年以降の将来予測は、漁獲管理規則に従う将来予測を行った。

コホート解析に用いた年齢別年別漁獲尾数は、漁業・養殖業生産統計年報における日本海北区、日本海西区、東シナ海区の漁獲量、日本海～東シナ海側の各月の主要港の水揚げ量および体長組成データより算出した（補足資料 7)。漁獲量に関しては、大中型まき網漁業漁獲成績報告書から得られた太平洋側県籍船による東シナ海における漁獲量を加え、日本海～東シナ海側県籍船による太平洋での漁獲量を差し引いた。年齢―体長関係には鱗による年齢査定結果を用いた。2019 年の漁獲物の年齢別平均体重は補足表 2-1 に、資源計算に用いた自然死亡係数 M は補足表 2-2 に、成熟割合は補足表 2-3 に示す。

VPA 起点月は 1 月とし、年齢別年別資源尾数の計算には Pope 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（2000；非定常な場合のプラスグループの計算、α=1）の方法に従った。なお、年齢については、1953～1988 年および 1999～2018 年は 0～4+歳、1989～1998 年は 0～5+歳別に求めた（4 歳以上、5 歳以上をまとめて 4+、5+（プラスグループ）と表記する)。

1．Pope の近似式を用いた資源尾数の計算（ステップ 1）

式（1）により年齢別年別資源尾数を計算した。

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

ここで、$N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、$C_{a,y}$ は y 年 a 歳魚の漁獲尾数、M は自然死亡係数（0.4）である。

ただし、最近年、最高齢－1 歳（添え字 p-1)、最高齢（プラスグループ、添え字 p)、は（2）～（4）式により計算した。

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

$$N_{p-1,y} = \frac{C_{p-1,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \times \exp(M) + C_{p-1,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \tag{3}$$

$$N_{p,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p-1,y}} N_{p-1,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \times \exp(M) + C_{p,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \tag{4}$$

なお、プラスグループの年齢が変化する年は、年齢に応じて次のように推定した。

1988 年の 3 歳魚と 4 歳魚の資源尾数 $N_{3,1988}$ および $N_{4,1988}$ は、これまでの資源計算法を見

直し、次の式で推定した（補足資料 3)。なお、令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値などに関する研究機関会議」では修正した次式で得られた結果を用いた（髙橋ほか 2020b※)。

$$N_{3,1988} = \frac{C_{3,1988} \times (N_{4,1989} + N_{5+,1989}) \times \exp(M)}{C_{3,1988} + C_{4+,1988}} + C_{3,1988} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (5)$$

$$N_{4+,1988} = N_{3,1988} \times \frac{C_{4+,1988}}{C_{3,1988}} \quad (6)$$

1998 年の 3 歳魚と 4 歳魚の資源尾数 $N_{3,1998}$ および $N_{4,1998}$ は次の式で推定した。

F は漁獲係数であり、最近年（ターミナル F）以外は（9）式で計算される。

$$N_{3,1998} = \frac{C_{3,1998} \times N_{4+,1999} \times \exp(M)}{C_{3,1998} + C_{4,1998} + C_{5+,1998}} + C_{3,1998} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (7)$$

$$N_{4,1998} = N_{3,1998} \times \frac{C_{4,1998}}{C_{3,1998}} \quad (8)$$

F は漁獲係数であり、最近年（ターミナル F）以外は（9）式で計算される。

$$F_{a,y} = -\ln\left\{1 - \frac{C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}}\right\} \quad (9)$$

ただし、プラスグループの F は最高齢-1 歳の F と等しいとした。コホート解析における最近年である 2018 年の F（ターミナル F）は、まず 0～3 歳魚については過去 5 年間の各年齢の F の平均値とした。プラスグループ（4+）については、最高齢-1 歳（3 歳）の F と同じ値となるように求めた。その後ステップ 2 の方法によりさらに最近年の F を調整した。

2．最近年の F の調整（ステップ 2）

資源量指標値によりターミナル F をチューニングによって探索的に求めた。ステップ 1 では、ターミナル F の各年齢の漁獲係数は過去 5 年間（2013～2017 年）の平均値とした。ステップ 2 では、ステップ 1 で得られた年齢別漁獲係数から計算される選択率を、ターミナル F の選択率と仮定し、選択率に乗じる F の大きさをチューニングにより推定した。

F のチューニングに用いた資源量指標値として、産卵量と、境港で水揚げされるマイワシのまき網 1 日当たり 1 か統当りの漁獲量（以下、境港 CPUE)、および石川県中型まき網の 1 隻当たりの漁獲量（以下、石川 CPUE）を用いた（補足表 2-4)。産卵量は、鹿児島県から青森県までの九州西方から日本海沿岸で、1～6 月にノルパックネットにより採集されたマイワシの卵数から計算された。境港 CPUE は、二段階一般化線形混合モデル（delta-lognormal GLMM）で月の効果を削除した標準化 CPUE（補足資料 4）を用いた。石川 CPUE は、2007 年以降明確となったマイワシの狙い漁業を考慮するために、その年の総漁獲量の 90%を占める操業を、1 操業当たりのマイワシ漁獲割合が高い操業から順に抽出して算出した directed CPUE を用いた（補足資料 4)。

指標値と適合させる期間は、境港 CPUE と産卵量は、資源量が 5 千トンを上回った 2004 年から 2018 年までとした。石川 CPUE は、有漁データの割合が 0.5 を超えた 2007 年から

2018 年までとした。2014 年のマイワシ対馬暖流系群の漁獲量は極めて少なかったが、2015 年の漁獲物には 2 歳以上の高齢魚が多く含まれていたことから、2014 年は漁場となる沿岸域への来遊が極めて少なかったと考えられた。水揚げ量が少なかった境港における漁獲情報や卵稚仔調査に基づく資源量指標値は、資源量および親魚量を指標していない可能性があるため、境港 CPUE と産卵量については 2014 年をチューニング期間から除いた。一方、石川県では 2014 年漁獲量に著しい減少は見られなかったため、石川 CPUE については 2014 年を含めて調整を行った。

コホート解析より得られる親魚量が産卵量に、全年齢込みの資源量が境港 CPUE に、1 歳以上資源量が石川 CPUE に最もよく適合するようなターミナル F を最尤法により推定した。以上 3 種の資源量指標値について、最小化させる負の対数尤度を以下のように定義した（Hashimoto et al., 2018）。

$$-\ln L = \sum_f \sum_y \frac{\left[\ln I_{f,y} - \left(b_f \ln B_{f,y} + \ln q_f\right)\right]^2}{2{\sigma_f}^2} - \ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f}\right) \tag{10}$$

ここで、、$I_{f,y}$ は y 年における指標値 f（1:産卵量、2:境港 CPUE、3：石川 CPUE）、$B_{f,y}$ は y 年における指標値 f に適用する資源量（1:親魚量、2:資源量、3：1 歳以上資源量）、q_f、b_f、σ_f は推定パラメータ（ターミナル F と同時推定）である。また、$I_{f,y}$ と $B_{f,y}$ には、以下のべき乗式で表される関係があることを仮定した。

また、$I_{f,k}$ と $N_{a,y}$ には、以下のべき乗式で表される関係があることを仮定した。

$$I_{f,y} = q_f B_y^{b_f} \tag{11}$$

ただし、本資源評価では b_f はいずれの指標値に対しても 1 に固定した。これは、b_f を推定した場合に資源量推定のバイアスが大きくなったためである。（式 10）を最小化するような F を探索的に求めた結果、$F_{0,2018}$＝0.36、$F_{1,2018}$＝0.19、$F_{2,2018}$＝0.33、$F_{3,2018}$＝0.49、$F_{4+,2018}$＝0.49 と推定された。またその他のパラメータは q_1=3.255、q_2=0.101、q_3=1.841、σ_1=0.774、σ_2=0.814、σ_3=0.479 であった。

コホート解析を 2018 年までとしたのは、2019 年までの漁獲量などを用いたコホート解析で推定された 2019 年の資源量が明らかに過小評価になると判断したためである。2019 年までの漁獲量などのデータを用いた場合、予測される 2020 年の 1 歳以上の年齢別資源尾数に、2015～2019 年の漁獲物年齢別漁獲体重をかけて予測した 2020 年 1 歳以上の資源量は 99 千トン、2015～2019 年の年齢別漁獲係数をかけて予測した漁獲量は 43 千トンとなった。ところが、2020 年 1～5 月に日本海・東シナ海で漁獲されたマイワシは 47 千トンであり（補足資料 6）、すでに予測漁獲量を上回っている。1～5 月の漁獲量が年間の漁獲量に占める割合は 2015～2019 年の平均値で 54.4%（±17.8S.D.）であり、2020 年の漁獲量はさらに増えると予想される。また、操業形態の変化などにより、2020 年の漁獲圧が急増したとは考えにくい。これらのことから、2019 年はマイワシの来遊が特異的で沖合域に資源は存在していたが、主漁場である沿岸域に来遊せず、漁獲されなかったと考え、2019 年の漁獲量や資源量指標値はコホート解析に用いなかった。

3．2019 年の資源尾数と漁獲係数の計算

2019 年の 1 歳魚以上の資源尾数は、2.の結果を用いて前進法により推定した。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp\left(-F_{a,y} - M\right) \tag{12}$$

ただし、プラスグループ（4+歳）の資源尾数については、次の式を用いた。

$$N_{4+,y+1} = \left(N_{3,y} + N_{4+,y}\right) \times \exp\left(-F_{3,y} - M\right) \tag{13}$$

2019 年の 0 歳魚の資源尾数 $N_{0,2019}$ は、2019 年の親魚量（SSB_{2019}）と、（14）式で与えられる再生産関係式により算出した。この再生産関係式は、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、近年の加入状況を反映すると考えられる通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の加入量・親魚量にもとづくホッケースティック型再生産関係式（Clark et al. 1985）として提案したものである（髙橋ほか 2020b※）。

$$\mathrm{N}_{0,y} = \begin{cases} 0.0276 \times 7.36\mathrm{e}+05 & \text{if } \mathrm{SSB}_y \geq 7.36\mathrm{e}+05 \\ 0.0276 \times \mathrm{SSB}_y & \text{if } \mathrm{SSB}_y < 7.36\mathrm{e}+05 \end{cases} \tag{14}$$

2019 年の a 歳（プラスグループも含む）の漁獲係数 $F_{a,2019}$ は、（9）式により 2019 年の年齢別漁獲尾数と年齢別資源尾数を用いて計算した。2019 年の漁獲係数は不確実性が高いことから、現状の漁獲圧を考える期間には含めず、2014~2018 年を現状の漁獲圧を定める期間とした。

（2）将来予測

（1）コホート解析により得られた資源量をもとに漁獲管理規則に従う将来予測を行った。管理基準値案については補足資料 9 に、漁獲管理規則案と将来漁獲量の算定方法については補足資料 10、11 にそれぞれ詳細を示した。

（3）2019 年 0 歳魚資源尾数の不確実性について

2019 年の年齢別資源尾数では、再生産関係に基づく 0 歳魚の資源尾数がもっとも不確実性が高いと考えられる。そこで、2020 年の 1 歳魚以上の漁獲尾数の年齢組成をもとに、推定の不確実性の程度を確認した。現状の F（F2014-2018）の下で（2）で得られた 2020 年の 1 歳魚の予測漁獲尾数は、2020 年の 1 歳以上の漁獲尾数の 43%を占めていた。一方、2020 年 1～5 月に水揚げされた漁獲物の体長組成から 2020 年 1～12 月の 1 歳魚が占める割合を算出したところ、39%となった（補足資料 6）。再生産関係式に基づき予測された 2020 年 1 歳魚の割合が、2020 年に観察された漁獲物の 1 歳魚の割合に近似したため、本年度採用した資源評価方法は妥当と考えた。

引用文献

Clark C.W., A.T. Charles, J.R. Beddington, and M. Mangel (1985). Optimal capacity decisions in a developing fishery. Marine Resource Economics, 2: 25-53.

Hashimoto, M., H. Okamura, M. Ichinokawa, K. Hiramatsu and T. Yamakawa (2018) Impacts of the nonlinear relationship between abundance and its index in a tuned virtual population analysis. Fish. Sci. 84(2), 335-347.

平松一彦 (2000) VPA. 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源評価教科書－, 104-127.

補足表 2–1. 年齢別平均体重

年齢	0	1	2	3	4+
体重（g）	11.8	47.2	77.6	108.6	132.5

補足表 2–2. 自然死亡係数 M

年齢	0	1	2	3	4+
死亡係数	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

補足表 2–3. 年齢別成熟割合

年齢	0	1	2	3	4+
成熟割合	0	0.25	1	1	1

補足表 2–４. チューニング指標値

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
産卵量	3.88	0.72	1.05	16.98	9.62	5.34	15.34	20.56	31.87	105.53
境港 CPUE	0.24	0.30	0.40	0.39	0.31	0.62	0.41	1.57	1.12	5.89
石川 CPUE				9.38	17.26	7.25	8.15	25.24	22.68	37.63

年	2014*	2015	2016	2017	2018	2019
産卵量	10.27	99.82	42.8	58.7	90.2	31.3
境港 CPUE	0.05	3.55	1.87	12.22	1.31	0.50
石川 CPUE	31.63	47.48	35.25	20.37	56.87	32.56

* 2014 年の産卵量と境港 CPUE と 2019 年の全ての指標値はチューングに含まれていない。

補足資料 3　資源量計算方法（コホート解析）の変更

マイワシ対馬暖流系群の資源評価では、年齢別年別漁獲尾数を用いて、コホート解析により年齢別年別資源尾数を推定している。年齢は 0～4+歳（4 歳以上をまとめて 4+（プラスグループ）と表記する）を考慮しているが、1989～1998 年は 0～5+歳を考慮した。

令和元（2019）年度資源評価におけるコホート解析では、1988 年の a 歳の資源尾数 $N_{a,1988}$ を、1989 年の資源尾数 $N_{a,1989}$ と 1988 年の漁獲尾数 $C_{a,1988}$ および自然死亡係数 M を用いて、以下の式に基づいて推定していた（髙橋ほか 2020a）。

3 歳　$$N_{3,1988} = N_{4,1989} \times exp(M) + C_{3,1988} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

4+歳　$$N_{4+,1988} = N_{5+,1989} \times exp(M) + C_{4+,1988} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

このときの a 歳の漁獲係数 $F_{a,1998}$ は次式で計算される。ただし、プラスグループの F は最高齢-1 の F と等しいとした。

$$F_{a,1988} = -ln\left\{1 - C_{a,1988} \times exp\left(\frac{M}{2}\right) / N_{a,1988}\right\}$$

しかし、得られた $N_{4+,1988}$ と $F_{4+,1988}$ を用いて、Pope の近似式により前進計算した 1989 年の 5+歳の資源尾数は、コホート解析での資源尾数 $N_{5+,1989}$ と一致していなかった。そこで、1988 年の a 歳の資源尾数 $N_{a,1988}$ の計算式を、以下の式に変更した。

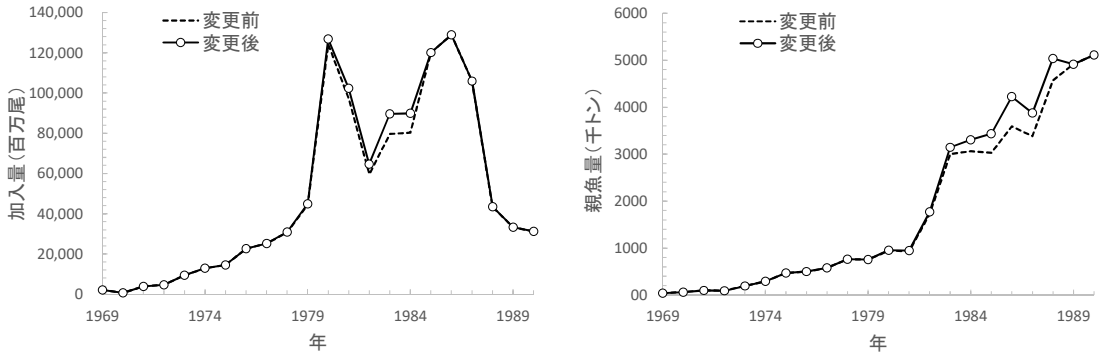
3 歳　$$N_{3,1988} = \frac{C_{3,1988} \times (N_{4,1989} + N_{5+,1989}) \times \exp(M)}{C_{3,1988} + C_{4+,1988}} + C_{3,1988} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

4+歳　$$N_{4+,1988} = N_{3,1988} \times \frac{C_{4+,1988}}{C_{3,1988}}$$

得られた結果をもとに前進計算した 1989 年の 4~5+歳の資源尾数の合計値は、コホート解析の $N_{4,1989}$ と $N_{5+,1989}$ の和に一致した。

上述の計算式の変更に伴い、1969～1988 年の年齢別資源尾数が、令和元年度資源評価の数値より変更された。それに伴い、加入量や親魚量も変更された（補足図 3-1、補足表 3-1 と 3-2）。加入量と親魚量ともに、最大で 8%の増加となった。このことに伴う 2020 年の ABC の変更はない。

なお、令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値などに関する研究機関会議」では、修正した式で得られた結果を用い、再生産関係式の推定や管理基準値案の算出を行った（髙橋ほか 2020b※）。そのため、目標管理基準値案、限界管理基準値案の変更はない。



補足図 3-1.　1969～1988 年の変更前と変更後の（左）加入量と（右）親魚量

補足表 3-1.　1969～1988 年の加入量（百万尾）

年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
変更前	2,122	607	3,873	4,650	9,393	12,879	14,522	22,570	25,184	30,630
変更後	2,123	607	3,874	4,651	9,395	12,882	14,529	22,585	25,230	30,768

年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
変更前	44,578	124,264	97,069	59,594	79,610	80,285	120,056	128,911	105,948	43,400
変更後	44,753	125,860	100,414	62,748	85,872	86,283	111,353	128,911	105,948	43,400

補足表 3-2.　1969～1988 年の親魚量（千トン）

年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
変更前	38	62	99	90	194	291	470	498	577	761
変更後	38	62	99	90	194	291	470	498	577	762

年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
変更前	754	944	937	1,725	3,004	3,064	3,029	3,593	3,385	4,571
変更後	756	948	944	1,753	3,093	3,215	3,284	3,990	3,571	4,661

補足資料 4　CPUE 標準化の手法

（1）　境港中型まき網 CPUE

境港に水揚げされる中型まき網による資源量指標値の標準化を行った。使用したデータは、境港に水揚げされる 1 日当たりの中型まき網の統数とマイワシ漁獲量から成る。環境要因として考慮した 50m 深水温データについては FRA-ROMS の再解析値を用いた（2020/04/03 リリース）。CPUE は、１日当たり１統当たりのマイワシ漁獲量（トン／統, 日別 CPUE）を用いる。

CPUE の標準化には delta-lognormal 法を用いた。これは、有漁となる確率を予測するモデルと有漁となる場合の対数 CPUE（自然対数）を予測するモデルの二つを別々に解析する手法である。解析には、一般化線形混合モデル（GLMM）を用いて、前者のモデルの誤差分布には二項分布を、後者には正規分布を用いた。

CPUE を予測する説明変数として、年（カテゴリカル変数）・月（カテゴリカル変数）・50m 深海水温（１度刻みに切り捨て、カテゴリカル変数）用いた。また、年と月の交互作用はデータのない組み合わせが存在するため、変量効果として取り入れた。GVIF を指標として多重共線性はないことを確認した。すべての変数の組み合わせを考慮し、赤池情報量基準（AIC）が最小となるモデルを選択したしたところ、それぞれ下式が選ばれた。

有漁確率：二項分布モデル

$$\mathrm{Log}\left[\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right] = \alpha + Year_i + Month_j + \beta_{i|j} + \varepsilon_{ij}$$

有漁日 CPUE：対数正規分布モデル

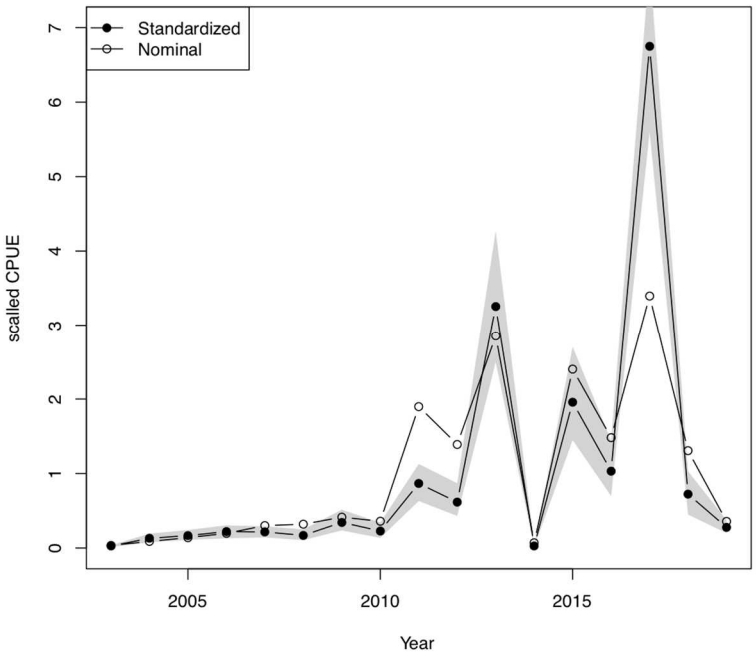
$$\mathrm{Log}\left[CPUE_{ij}\right] = \gamma + Year_i + Month_j + \delta_{i|j} + \theta_{ij}$$

p_{ij} は有漁確率、$CPUE_{ij}$ は日別 CPUE、α および γ は定数、$Year_i$ は年、$Month_j$ は月、β_{ij} および δ_{ij} は年と月の交互作用、ε_{ij} および θ_{ij} は i 年、j 月での残差を表す。50m 深海水温の効果は説明変数から除外された。

選択されたモデルの妥当性を確認するため、残差の分布を定性的に確認した。二項分布モデル、対数正規分布モデルともに、残差の頻度分布は正規分布から大きくは逸脱しておらず、残差の分散は応答変数に対して偏った傾向は見られなかった。以上の結果から、CPUE 標準化モデルとして妥当であると考えられた。

上記モデルから年効果の最小二乗平均（LSmean）を計算し、二項分布モデルの年効果と対数正規分布の年効果を掛け算することで、標準化 CPUE の年トレンドを算出した（表 4）。また、重複を許したブートストラップ法（試行回数 300 回）により、95%信頼区間を求めた。解析の詳細はドキュメント（FRA-SA2020-SC01-102）を参照されたい。

標準化 CPUE とノミナル CPUE を比較すると、増減する年トレンドの傾向は変わらなかったが、2017 年の標準化 CPUE が大きい値となった（補足図 4-1）。2017 年は年間を通じて一定の漁獲量があり、通常はマイワシがほとんど獲れない月でも漁獲されたため、標準化によって月の効果を除去した結果、CPUE が高くなったと考えられる。一方、2011 年と 2012 年の標準化 CPUE は、ノミナル CPUE よりも低くなった（補足図 4-1）。両年は盛漁月の 4 月にまとまった漁獲があったため、月の効果を除去した標準化により CPUE が低くなったと考えられる。



補足図 4-1. ノミナル CPUE と標準化 CPUE±95%信頼区間の推移。それぞれの 2003～2019 年の平均値で割り、規格化した。

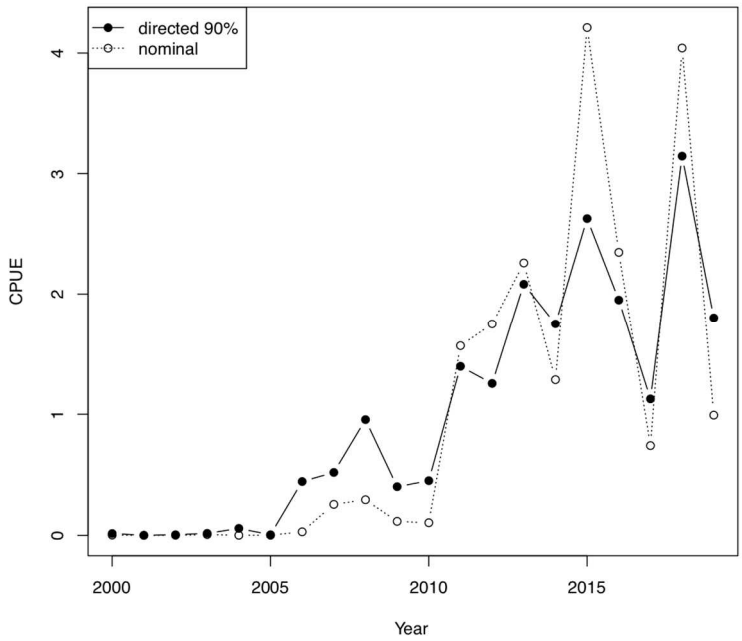
（2）石川県中型まき網 CPUE

石川県の中型まき網による 1 歳以上の資源量指標の算出を行った。使用したデータは、石川県の主要港に水揚げされる 1 日当たり 1 隻当たりのマイワシ、マアジ、マサバ、ウルメイワシ漁獲量から成る。CPUE は、1 日当たり 1 隻当たりのマイワシ漁獲量（トン／隻）を用いた。

マイワシを狙う操業を抽出したデータセットから CPUE を算出する directed CPUE 法を用いた（Biseau 1998）。この方法は、1 日当たり 1 隻当たりのマイワシ漁獲率（マイワシ漁獲量／総漁獲量）が高い操業から順に、各年の累積マイワシ漁獲量がその年のマイワシ総漁獲量の 90%に達するまで、データをえらぶ抽出する方法である。抽出されたデータセットにおける CPUE の年平均値は directed CPUE と呼ばれ、狙い操業を考慮した CPUE と考えられている（Biseau 1998）。方法の詳細はドキュメント（FRA-SA2020-SC01-103）を参照されたい。

マイワシ有漁データ数が少ない年では、少数の操業に依存して directed CPUE が算出される危険性がある。そこで、有漁データの割合が 0.5 を超え、狙い操業の存在が示唆される 2007 年以降を資源量指標値として使うことが適切だと考えられた。

directed CPUE とノミナル CPUE（マイワシ漁獲なしデータを含む 1 隻当たりのマイワシ漁獲量の年平均値）は、いずれも 2010 年以降に増加傾向が見られた（補足図 4-2）。年トレンドの増減は概ね一致していたが、directed CPUE の方が変動幅は小さかった。



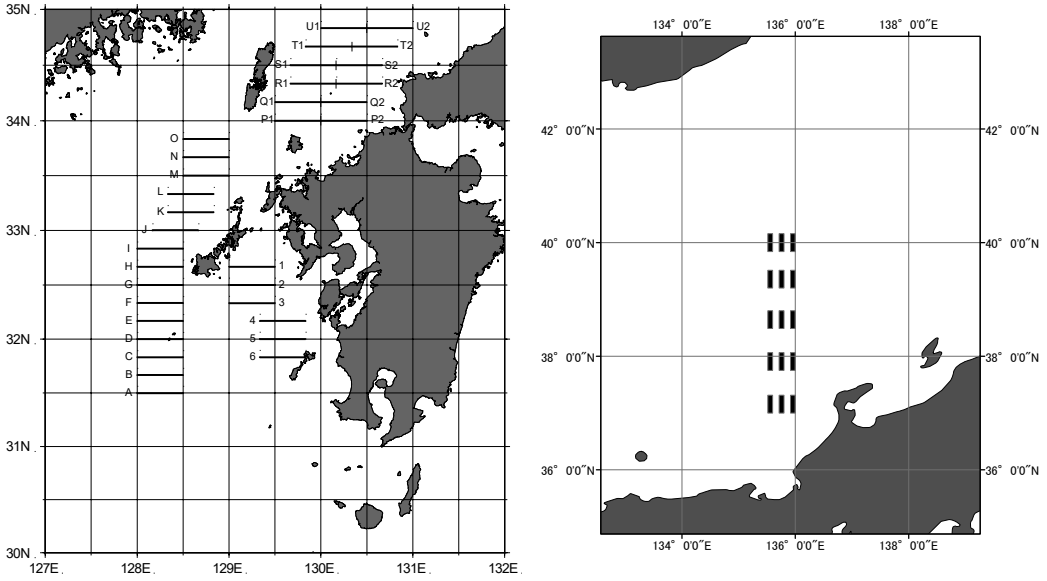
補足図 4-2. ノミナル CPUE と directed CPUE（90%）の推移

引用文献

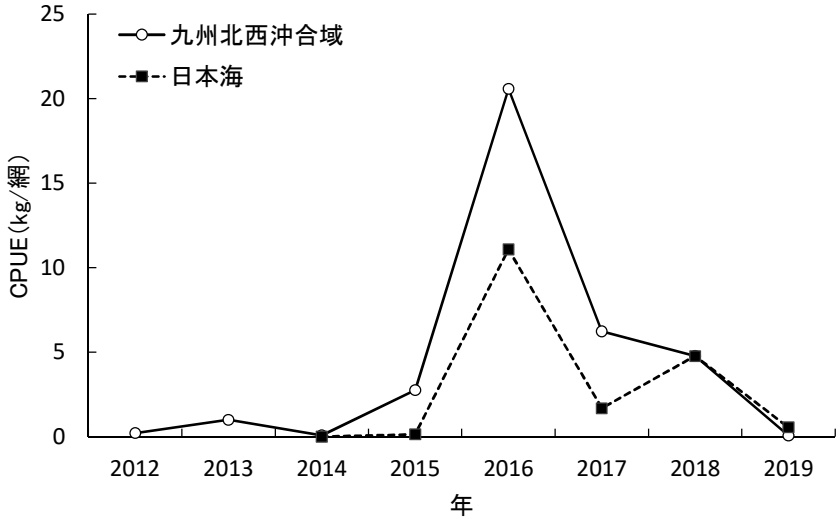
Biseau, A. (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. Aquat. Living. Resour. 11, 119-136.

補足資料 5　調査船調査の概要—夏季における浮魚類魚群量調査

1997 年より、夏季（8 月中旬～9 月中旬）の九州北西沖合（補足図 5-1 左）において、小型浮魚類の現存量を把握するための中層トロールを用いた魚群量調査が行われている。日中に魚群探知機を使用しながら調査定線上を航行し、夜間に魚群が観察された海域において中層トロールを曳網し魚群を採集した。2014 年からは日本海（補足図 5-1 右）にも調査海域を設けた。補足図 5-2 に、使用した漁具が同一である 2012 年以降のマイワシ CPUE を示した。日本海と九州北西沖合ともに CPUE の経年変化は類似していた。2016 年に CPUE が大きく増加し、2017 年に減少したものの、2018 年の CPUE は 2017 年と近似した。しかし 2019 年における CPUE は両海域において低い値となった。



補足図 5-1.　夏季の日本海および九州北西沖合域で行われた浮魚類魚群量調査の調査海域に引かれた線が調査定線を示す。



補足図 5-2.　中層トロール採集におけるマイワシの CPUE

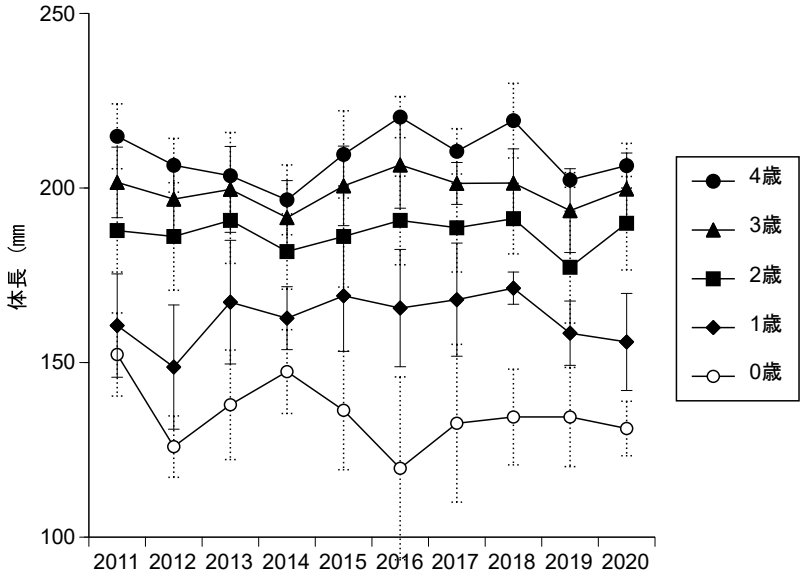
補足資料 6　2020 年 1～5 月の漁獲量と漁獲物年齢組成

2020 年 1～5 月における本系群の漁獲量を、2020 年知事版 TAC 日報（2020 年 7 月 20 日漁業情報サービスセンター提供)、各県から提供された集計値、および日本海と東シナ海で操業する大中型まき網漁業の 2020 年漁績基本集計表（1～5 月）（2020 年 6 月 23 日水産庁九州漁業調整事務所提供）から集計した。なお、青森県、兵庫県、山口県における漁獲量はすべて日本海側で漁獲されたものとみなした。集計された漁獲量は 47 千トンであった。

2020 年 1～5 月に、富山県、石川県、京都府、鳥取県に水揚げされたマイワシの体長組成データ（5999 個体）と、同府県内で集計された漁獲量 45 千トンから年齢別漁獲尾数を算出した。1 歳以上漁獲尾数のうち、1 歳魚（2019 年級）が占める割合は 35%であった。2015～2019 年の各年で、日本海で 1~5 月に漁獲された 1 歳以上漁獲尾数のうち 1 歳魚が占める割合と、1~12 月の同割合の比率を計算したところ、比率の平均値は 1.12（2015～2019 年平均値±0.07 S.E.）であった。過去の漁況の経過にもとづくと、2020 年 1~12 月の 1 歳魚の割合は 39%（95%信頼区間は 37%～42%）と期待できる。

漁獲物の年齢別平均体長の経年変化を確認するために、本系群で 2011～2020 年の間に行った鱗を用いた年齢査定結果を集計した。年齢査定を行ったマイワシは合計で 7263 個体、年毎には 316～1288 個体の範囲にあった。サンプルの水揚港は、青森県、石川県、富山県、京都府、鳥取県、島根県、山口県、福岡県、長崎県であった。2020 年については、1～4 月に青森県、石川県、鳥取県に水揚げされたマイワシの鱗標本 331 検体のうち、年齢を査定することができた 316 検体を用いた。

補足図 6-1 に 2011～2020 年における漁獲物の年齢別平均体長の経年変化を示す。2 歳以上の平均体長には近似した経年変化が見られ、2011 年から 2014 年にかけて徐々に減少したが、その後 2016 年まで増加した。2019 年の平均体長は、2018 年や 2020 年よりも小型であった。この 2014 年と 2019 年における小型化は、漁場への成魚の来遊が少なく、低成長の個体が漁場に残留した結果を反映している可能性が考えられる。0 歳および 1 歳魚の平均体長は、2 歳以上の傾向とは異なるが、例年初夏から急速に成長する 0 歳および 1 歳魚が漁獲されることから、2020 年における 0 歳および 1 歳魚の平均体長は今後修正されると考えられる。したがって、直近 5 年の年齢–体長関係に注目すると、2019 年に若干小型化した傾向があるが、その他の年については各年齢における平均体長に顕著な年差はないと考えられた。体長組成データにもとづく漁獲尾数の年齢分解は、上記の観察結果をもとに定めた。



補足図 6-1.　2011～2020 年における年齢–体長関係の経年変化　縦線は標準偏差

次に、2020 年 1～4 月の漁獲物の年齢査定結果をもとに、年齢組成を確認した。ここで、青森県の標本は青森県、石川県の標本は石川・富山両県、鳥取県の標本は鳥取・島根両県で漁獲されたマイワシの漁獲物を代表するとみなして、各標本の月別年齢組成にそれぞれの県別・月別漁獲量で重みを付けた。漁獲物の主体は 2 歳および 3 歳と推定され、1 歳魚（2019 年級）の割合は 7%であった。鱗による年齢査定に用いた標本は、体長が 180mm 以上の個体が多く、1 歳魚の割合が少なく見積もられたと思われる。

補足資料 7　資源解析結果の詳細（1960～1971 年）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
0歳	1,112	217	85	788	163	22	20	114	118	426	165	141
1歳	208	60	66	39	36	12	28	14	38	47	1	4
2歳	243	46	25	17	14	11	17	19	5	9	4	4
3歳	85	70	15	8	9	2	12	14	3	1	1	2
4歳(4歳以上)	54	51	6	4	4	0	8	5	8	6	2	1
5歳以上												
計	1,703	444	198	856	225	48	84	166	172	488	173	153

年齢別漁獲量（千トン）

年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
0歳	11.5	4.6	2.5	5.2	2.7	0.7	0.7	3.3	4.2	1.8	1.9	2.8
1歳	12.7	3.6	3.8	2.2	1.9	0.7	1.7	0.7	2.0	2.3	0.1	0.2
2歳	18.8	3.9	2.0	1.3	1.1	0.9	1.4	1.6	0.3	0.6	0.3	0.3
3歳	8.5	7.7	1.5	0.8	0.9	0.2	1.3	1.4	0.3	0.1	0.1	0.2
4歳(4歳以上)	6.9	6.2	0.8	0.5	0.5	0.0	1.0	0.6	1.1	0.8	0.2	0.2
5歳以上												
計	58	26	11	10	7	3	6	8	8	6	3	4

年齢別漁獲係数

年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
0歳	1.91	0.77	0.27	1.33	0.24	0.09	0.23	0.32	0.18	0.28	0.40	0.05
1歳	1.01	0.63	0.76	0.24	0.21	0.03	0.20	0.30	0.21	0.12	0.00	0.02
2歳	1.13	0.86	0.81	0.56	0.15	0.11	0.07	0.25	0.19	0.08	0.02	0.01
3歳	0.97	2.21	1.06	0.83	0.87	0.04	0.22	0.09	0.06	0.05	0.02	0.01
4歳(4歳以上)	0.97	2.21	1.06	0.83	0.87	0.04	0.22	0.09	0.06	0.05	0.02	0.01
5歳以上												
%SPR	2.7	11.3	17.6	10.2	35.8	77.5	50.5	41.8	55.2	58.3	63.7	91.6

年齢別資源尾数（百万尾）

年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
0歳	1,593	493	436	1,306	927	310	119	513	877	2,123	607	3,874
1歳	400	157	153	223	230	487	190	64	251	491	1,074	271
2歳	439	98	56	48	117	125	317	104	32	137	291	719
3歳	168	95	28	17	18	67	75	199	55	18	84	192
4歳(4歳以上)	107	70	12	9	8	7	48	66	162	137	98	120
5歳以上												
計	2,707	913	684	1,603	1,300	997	749	946	1,376	2,904	2,154	5,176

年齢別資源量（万トン）

年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
0歳	1.7	1.0	1.3	0.9	1.5	0.9	0.4	1.5	3.1	0.9	0.7	7.6
1歳	2.4	0.9	0.9	1.3	1.2	2.9	1.1	0.3	1.3	2.4	6.6	1.6
2歳	3.4	0.8	0.4	0.4	1.0	1.0	2.6	0.9	0.2	0.9	2.3	5.9
3歳	1.7	1.1	0.3	0.2	0.2	0.7	0.8	2.0	0.7	0.2	0.8	2.0
4歳(4歳以上)	1.4	0.9	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6	0.9	2.3	2.1	1.5	1.6
5歳以上												
計	10.5	4.7	3.0	2.8	4.0	5.6	5.6	5.6	7.6	6.5	11.9	18.7

年齢別親魚量（万トン）

年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
0歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1歳	0.6	0.2	0.2	0.3	0.3	0.7	0.3	0.1	0.3	0.6	1.7	0.4
2歳	3.4	0.8	0.4	0.4	1.0	1.0	2.6	0.9	0.2	0.9	2.3	5.9
3歳	1.7	1.1	0.3	0.2	0.2	0.7	0.8	2.0	0.7	0.2	0.8	2.0
4歳(4歳以上)	1.4	0.9	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6	0.9	2.3	2.1	1.5	1.6
5歳以上												
計	7.0	3.0	1.1	1.0	1.5	2.5	4.3	3.8	3.5	3.8	6.2	9.9

年齢別平均体重（g）

年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
0歳	10	21	29	7	17	30	38	29	35	4	12	20
1歳	61	60	57	57	53	61	60	52	52	49	62	58
2歳	77	84	79	80	81	80	83	85	73	66	78	82
3歳	100	111	105	104	104	98	106	99	119	110	99	104
4歳(4歳以上)	127	122	124	120	127	119	130	132	142	154	152	137
5歳以上												

補足資料 7（続き）　コホート解析結果の詳細（1972～1983 年）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
0歳	448	1,906	2,928	1,762	5,711	6,083	1,223	17,118	12,077	4,390	9,885	3,135
1歳	24	128	102	284	635	976	1,433	955	3,326	8,019	1,960	721
2歳	36	67	80	204	727	1,199	1,943	1,691	2,921	1,855	9,286	4,332
3歳	15	9	70	129	582	947	953	1,282	1,018	2,364	1,212	8,197
4歳(4歳以上5歳以上	6	42	21	98	340	585	386	579	313	684	822	1,013
計	529	2,151	3,201	2,476	7,995	9,790	5,939	21,624	19,656	17,312	23,165	17,399

年齢別漁獲量（千トン）

年	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
0歳	7.0	27.5	65.2	37.5	109.4	107.1	24.2	296.9	182.3	56.7	128.7	46.4
1歳	1.5	7.4	5.1	16.4	37.6	52.3	101.2	54.3	193.0	341.1	49.7	26.2
2歳	2.9	4.9	6.8	16.3	59.6	98.4	161.5	143.3	224.9	112.5	520.9	292.2
3歳	1.5	0.9	7.0	13.0	58.8	97.3	133.3	150.5	110.6	199.0	92.1	544.4
4歳(4歳以上5歳以上	0.8	6.0	2.6	12.9	43.7	73.4	66.9	82.0	40.0	82.3	77.4	107.3
計	14	47	87	96	309	429	487	727	751	791	869	1,017

年齢別漁獲係数

年	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
0歳	0.13	0.28	0.33	0.16	0.37	0.35	0.05	0.63	0.12	0.05	0.21	0.05
1歳	0.01	0.06	0.03	0.06	0.10	0.12	0.16	0.06	0.29	0.14	0.04	0.03
2歳	0.28	0.05	0.06	0.08	0.25	0.34	0.48	0.36	0.34	0.33	0.30	0.14
3歳	0.04	0.12	0.08	0.15	0.47	0.83	0.66	0.94	0.49	0.67	0.49	0.63
4歳(4歳以上5歳以上	0.04	0.12	0.08	0.15	0.47	0.83	0.66	0.94	0.49	0.67	0.49	0.63
%SPR	67.3	57.1	60.0	61.9	31.3	25.5	30.0	19.3	30.6	33.1	36.9	44.7

年齢別資源尾数（百万尾）

年	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
0歳	4,651	9,395	12,882	14,529	22,585	25,230	30,768	44,753	125,860	100,414	62,748	85,872
1歳	2,481	2,751	4,737	6,238	8,297	10,463	11,932	19,623	15,984	74,478	63,715	33,968
2歳	179	1,643	1,740	3,092	3,949	5,042	6,214	6,825	12,372	7,991	43,359	41,105
3歳	479	90	1,047	1,100	1,906	2,052	2,398	2,574	3,190	5,902	3,838	21,462
4歳(4歳以上5歳以上	206	442	315	839	1,114	1,269	972	1,162	982	1,707	2,605	2,653
計	7,995	14,321	20,720	25,798	37,850	44,056	52,284	74,938	158,389	190,492	176,265	185,060

年齢別資源量（万トン）

年	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
0歳	7.3	13.6	28.7	31.0	43.3	44.4	60.9	77.6	190.0	129.7	81.7	127.1
1歳	15.0	16.0	23.8	36.0	49.1	56.0	84.3	111.7	92.7	316.8	161.4	123.4
2歳	1.4	12.2	14.6	24.7	32.4	41.4	51.6	57.8	95.3	48.4	243.2	277.3
3歳	4.9	0.9	10.6	11.2	19.3	21.1	33.5	30.2	34.7	49.7	29.2	142.5
4歳(4歳以上5歳以上	2.7	6.3	3.9	11.1	14.3	15.9	16.8	16.5	12.5	20.5	24.5	28.1
計	31.3	49.0	81.6	114.0	158.4	178.9	247.2	293.8	425.2	565.1	540.0	698.4

年齢別親魚量（万トン）

年	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
0歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2歳	1.4	12.2	14.6	24.7	16.2	20.7	25.8	28.9	47.6	24.2	121.6	138.6
3歳	4.9	0.9	10.6	11.2	19.3	21.1	33.5	30.2	34.7	49.7	29.2	142.5
4歳(4歳以上5歳以上	2.7	6.3	3.9	11.1	14.3	15.9	16.8	16.5	12.5	20.5	24.5	28.1
計	9.0	19.4	29.1	47.0	49.8	57.7	76.2	75.6	94.8	94.4	175.3	309.3

年齢別平均体重（g）

年	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
0歳	16	14	22	21	19	18	20	17	15	13	13	15
1歳	60	58	50	58	59	54	71	57	58	43	25	36
2歳	80	74	84	80	82	82	83	85	77	61	56	67
3歳	102	102	101	101	101	103	140	117	109	84	76	66
4歳(4歳以上5歳以上	132	142	123	132	129	125	173	142	128	120	94	106

補足資料 7（続き）　コホート解析結果の詳細（1984～1995 年）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	2,669	2,001	4,082	3,249	1,162	5,004	8,300	2,810	2,325	5,126	7,293	6,828
1歳	7,537	8,141	6,258	1,961	3,911	371	899	905	725	1,593	2,131	1,556
2歳	1,890	2,667	9,265	10,699	11,124	5,423	1,853	2,635	1,399	1,050	1,717	791
3歳	8,088	3,321	3,987	3,673	4,943	7,213	6,009	2,210	2,255	1,726	1,428	312
4歳(4歳以上)	2,906	3,209	2,647	4,276	2,946	4,460	5,020	4,980	2,423	1,265	1,049	162
5歳以上						1,573	2,251	2,644	2,333	2,280	361	312
計	23,091	19,339	26,239	23,859	24,087	24,044	24,333	16,184	11,460	13,040	13,980	9,960

年齢別漁獲量（千トン）

年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	44.7	35.5	75.0	47.6	24.3	56.9	114.4	67.9	46.4	75.1	117.8	95.3
1歳	276.0	412.0	231.7	72.5	174.2	19.5	55.5	56.3	49.1	109.6	136.9	98.6
2歳	129.5	173.6	490.1	666.6	693.6	359.9	139.9	220.5	132.6	110.5	153.3	71.2
3歳	573.3	268.1	384.8	259.9	383.7	539.5	500.6	199.2	231.9	199.0	163.1	33.5
4歳(4歳以上)	254.0	301.7	304.5	365.8	329.9	403.0	453.8	462.3	247.8	141.3	133.3	20.2
5歳以上						167.7	240.8	274.4	267.0	281.2	53.7	47.1
計	1,278	1,191	1,486	1,412	1,606	1,546	1,505	1,281	975	917	758	366

年齢別漁獲係数

年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	0.04	0.02	0.04	0.04	0.03	0.20	0.39	0.27	0.27	0.62	1.09	2.08
1歳	0.18	0.20	0.11	0.03	0.07	0.02	0.06	0.08	0.13	0.38	0.76	1.00
2歳	0.11	0.11	0.46	0.35	0.29	0.17	0.13	0.33	0.22	0.35	1.32	0.99
3歳	0.53	0.36	0.31	0.43	0.35	0.39	0.36	0.28	0.69	0.59	1.86	1.35
4歳(4歳以上)	0.53	0.36	0.31	0.43	0.35	0.64	0.69	0.78	0.77	1.77	1.33	2.46
5歳以上						0.64	0.69	0.78	0.77	1.77	1.33	2.46
%SPR	44.3	48.7	39.7	45.9	46.1	41.2	38.6	40.3	38.2	19.5	6.7	2.3

年齢別資源尾数（百万尾）

年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	86,283	111,353	128,911	105,948	43,400	33,287	31,227	14,473	12,120	13,571	13,395	9,524
1歳	54,995	55,652	73,004	83,070	68,359	28,140	18,216	14,136	7,401	6,221	4,900	3,008
2歳	22,179	30,693	30,640	43,813	54,077	42,620	18,559	11,474	8,735	4,368	2,865	1,540
3歳	24,006	13,319	18,390	12,952	20,609	27,142	24,129	10,923	5,534	4,710	2,068	515
4歳(4歳以上)	8,624	12,872	12,210	15,081	12,283	11,524	12,288	11,255	5,513	1,864	1,743	217
5歳以上						4,064	5,510	5,977	5,309	3,359	599	416
計	196,087	223,889	263,155	260,863	198,728	146,778	109,929	68,239	44,612	34,093	25,571	15,220

年齢別資源量（万トン）

年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	144.4	197.8	236.9	155.2	90.8	37.9	43.0	35.0	24.2	19.9	21.6	13.3
1歳	201.4	281.7	270.3	307.0	304.4	147.9	112.4	88.0	50.1	42.8	31.5	19.1
2歳	152.0	199.7	162.1	273.0	337.2	282.8	140.1	96.0	82.8	46.0	25.6	13.9
3歳	170.2	107.5	177.5	91.6	160.0	203.0	201.0	98.4	56.9	54.3	23.6	5.5
4歳(4歳以上)	75.4	121.0	140.5	129.0	137.5	104.1	111.1	104.5	56.4	20.8	22.1	2.7
5歳以上						43.3	58.9	62.0	60.7	41.4	8.9	6.3
計	743.3	907.7	987.3	955.8	1,029.9	819.1	666.6	484.0	331.1	225.2	133.4	60.7

年齢別親魚量（万トン）

年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	4.8
2歳	76.0	99.9	81.0	136.5	168.6	141.4	140.1	96.0	82.8	46.0	25.6	13.9
3歳	170.2	107.5	177.5	91.6	160.0	203.0	201.0	98.4	56.9	54.3	23.6	5.5
4歳(4歳以上)	75.4	121.0	140.5	129.0	137.5	104.1	111.1	104.5	56.4	20.8	22.1	2.7
5歳以上						43.3	58.9	62.0	60.7	41.4	8.9	6.3
計	321.5	328.4	399.0	357.1	466.1	491.9	511.1	361.0	256.8	162.5	88.1	33.1

年齢別平均体重（g）

年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	17	18	18	15	21	11	14	24	20	15	16	14
1歳	37	51	37	37	45	53	62	62	68	69	64	63
2歳	69	65	53	62	62	66	75	84	95	105	89	90
3歳	71	81	97	71	78	75	83	90	103	115	114	107
4歳(4歳以上)	87	94	115	86	112	90	90	93	102	112	127	124
5歳以上						107	107	104	114	123	149	151

補足資料 7（続き）　コホート解析結果の詳細（1996～2007 年）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	2,496	375	11	501	190	4	9	4	44	75	29	141
1歳	505	118	228	153	22	4	11	5	12	10	28	58
2歳	538	59	87	116	21	2	8	6	6	3	7	61
3歳	302	30	20	74	11	2	0	2	3	1	3	11
4歳(4歳以上	70	3	9	5	17	2	0	1	2	1	0	1
5歳以上	28	1	4									
計	3,938	586	360	849	261	15	27	17	66	90	67	271

年齢別漁獲量（千トン）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	38.6	10.8	0.4	14.5	1.1	0.1	0.2	0.1	0.6	1.8	1.0	4.3
1歳	31.3	7.0	13.3	8.9	1.4	0.2	0.6	0.3	0.5	0.6	1.4	3.4
2歳	43.9	5.0	7.9	10.0	1.9	0.2	0.5	0.5	0.5	0.2	0.6	5.1
3歳	29.5	3.0	2.1	7.4	1.2	0.3	0.0	0.2	0.3	0.1	0.3	1.1
4歳(4歳以上	8.3	0.4	1.1	0.6	2.2	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1
5歳以上	3.9	0.2	0.6									
計	155.6	26.4	25.3	41.4	7.8	1.0	1.4	1.1	2.2	2.8	3.3	14.0

年齢別漁獲係数

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	1.51	0.46	0.04	2.52	1.73	0.09	0.29	0.09	0.28	0.24	0.14	0.25
1歳	1.50	0.29	0.76	1.62	1.35	0.15	0.48	0.31	0.55	0.11	0.16	0.58
2歳	2.16	0.94	0.46	2.01	1.67	0.59	0.66	0.78	1.12	0.28	0.14	0.84
3歳	3.16	1.00	1.48	1.30	2.17	1.50	0.15	0.40	1.34	1.22	0.84	0.41
4歳(4歳以上	2.98	0.37	1.48	1.30	2.17	1.50	0.15	0.40	1.34	1.22	0.84	0.41
5歳以上	2.98	0.37	1.48									
%SPR	2.7	20.3	23.9	1.0	3.5	37.0	29.3	37.8	19.8	37.6	45.2	25.5

年齢別資源尾数（百万尾）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	3,911	1,239	362	666	283	55	42	54	220	432	278	779
1歳	794	578	523	233	36	34	34	21	34	111	228	162
2歳	743	119	291	164	31	6	19	14	10	13	67	130
3歳	385	57	31	123	15	4	2	7	4	2	7	39
4歳(4歳以上	90	11	14	8	24	3	1	2	4	1	1	2
5歳以上	36	4	7									
計	5,959	2,009	1,228	1,194	388	102	99	98	272	560	580	1,112

年齢別資源量（万トン）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	6.1	3.6	1.3	1.9	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	1.0	0.9	2.4
1歳	4.9	3.4	3.0	1.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.6	1.2	0.9
2歳	6.1	1.0	2.6	1.4	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	1.1
3歳	3.8	0.6	0.3	1.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4
4歳(4歳以上	1.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
5歳以上	0.5	0.1	0.1									
計	22.4	8.8	7.6	6.0	1.1	0.5	0.5	0.4	0.6	1.8	2.7	4.9

年齢別親魚量（万トン）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1歳	1.2	0.9	0.8	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6	0.5
2歳	6.1	1.0	2.6	1.4	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	1.1
3歳	3.8	0.6	0.3	1.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4
4歳(4歳以上	1.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
5歳以上	0.5	0.1	0.1									
計	12.6	2.7	4.0	3.1	0.9	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	1.2	2.0

年齢別平均体重（g）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	15	29	37	29	6	25	29	22	14	24	33	30
1歳	62	59	58	58	64	56	59	58	45	58	51	58
2歳	82	85	90	86	93	77	69	78	80	78	82	84
3歳	98	101	104	101	110	110	89	100	101	104	100	108
4歳(4歳以上	119	128	120	120	127	129	160	120	135	127	120	136
5歳以上	140	148	132									

補足資料 7（続き）　コホート解析結果の詳細（2008～2019 年）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	94	276	49	220	250	1,162	96	900	1,032	1,095	1,088	50
1歳	51	41	20	694	185	227	76	221	277	329	198	116
2歳	15	4	25	41	182	286	21	183	217	174	258	33
3歳	9	2	10	10	23	219	11	149	96	116	211	31
4歳(4歳以上)	4	2	2	5	35	70	11	164	95	39	81	14
5歳以上												
計	173	326	105	970	675	1,964	214	1,616	1,718	1,753	1,837	244

年齢別漁獲量（千トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1.7	5.4	1.1	4.4	5.7	22.9	2.6	13.7	15.4	15.7	11.2	0.6
1歳	3.3	1.9	1.2	34.2	11.1	11.5	3.3	10.2	12.0	12.6	9.0	5.5
2歳	1.4	0.4	2.0	3.3	14.1	22.1	1.4	13.3	15.3	11.9	20.2	2.5
3歳	1.0	0.2	1.0	0.9	2.5	20.8	0.9	13.4	8.3	10.1	20.4	3.4
4歳(4歳以上)	0.6	0.3	0.3	0.7	4.5	8.1	1.2	19.0	11.4	4.0	9.9	1.9
5歳以上												
計	8.0	8.2	5.6	43.5	37.9	85.4	9.4	69.6	62.4	54.2	70.6	13.9

年齢別漁獲係数

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.12	0.43	0.02	0.12	0.17	0.71	0.05	0.30	0.34	0.49	0.36	0.01
1歳	0.17	0.09	0.06	0.41	0.18	0.30	0.11	0.18	0.17	0.21	0.19	0.07
2歳	0.37	0.02	0.09	0.21	0.22	0.60	0.05	0.51	0.35	0.19	0.33	0.05
3歳	0.34	0.09	0.08	0.05	0.22	0.59	0.05	0.77	0.74	0.40	0.49	0.07
4歳(4歳以上)	0.34	0.09	0.08	0.05	0.22	0.59	0.05	0.77	0.74	0.40	0.49	0.05
5歳以上												
%SPR	48.1	52.9	80.0	50.9	51.3	20.6	79.1	32.6	30.6	31.7	32.9	82.2

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,003	968	3,824	2,333	1,902	2,798	2,527	4,293	4,378	3,444	4,352	5,374
1歳	407	596	423	2,524	1,383	1,070	924	1,615	2,141	2,089	1,412	2,026
2歳	61	231	366	267	1,123	776	532	557	902	1,208	1,131	784
3歳	38	28	151	225	146	604	286	339	224	427	668	547
4歳(4歳以上)	18	27	34	114	215	194	298	374	222	143	255	379
5歳以上												
計	1,527	1,850	4,798	5,462	4,769	5,443	4,567	7,179	7,867	7,312	7,818	9,110

年齢別資源量（万トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1.9	1.9	8.5	4.6	4.3	5.5	6.7	6.5	6.5	4.9	4.5	6.3
1歳	2.6	2.7	2.6	12.4	8.3	5.4	4.1	7.4	9.2	8.0	6.4	9.6
2歳	0.5	2.2	3.0	2.2	8.7	6.0	3.6	4.1	6.4	8.2	8.9	6.1
3歳	0.4	0.3	1.5	2.2	1.6	5.7	2.5	3.1	1.9	3.7	6.4	5.9
4歳(4歳以上)	0.2	0.4	0.4	1.5	2.8	2.2	3.3	4.3	2.7	1.5	3.1	5.0
5歳以上												
計	5.7	7.5	16.0	22.9	25.7	24.9	20.2	25.4	26.8	26.3	29.3	32.9

年齢別親魚量（万トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1歳	1.3	1.4	1.3	6.2	4.2	2.7	2.0	3.7	2.3	2.0	1.6	1.6
2歳	0.5	2.2	3.0	2.2	8.7	6.0	3.6	4.1	6.4	8.2	8.9	8.9
3歳	0.4	0.3	1.5	2.2	1.6	5.7	2.5	3.1	1.9	3.7	6.4	6.4
4歳(4歳以上)	0.2	0.4	0.4	1.5	2.8	2.2	3.3	4.3	2.7	1.5	3.1	3.1
5歳以上												
計	2.5	4.2	6.2	12.1	17.2	16.7	11.4	15.2	13.3	15.4	20.0	20.0

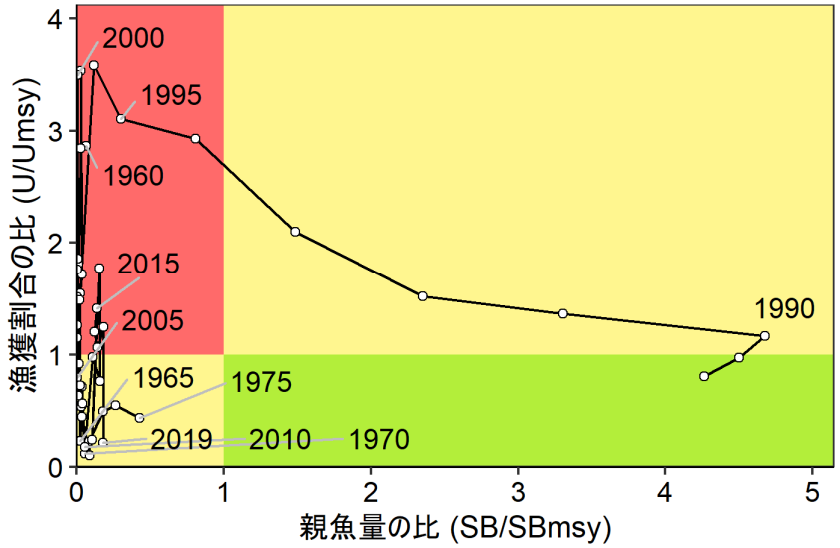
年齢別平均体重（g）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	19	20	22	20	23	20	27	15	15	14	10	12
1歳	64	46	62	49	60	51	44	46	43	38	45	47
2歳	89	94	81	82	77	77	67	73	71	68	78	78
3歳	115	115	99	96	108	95	89	90	87	87	96	109
4歳(4歳以上)	136	144	130	134	128	114	109	116	120	102	123	133
5歳以上												

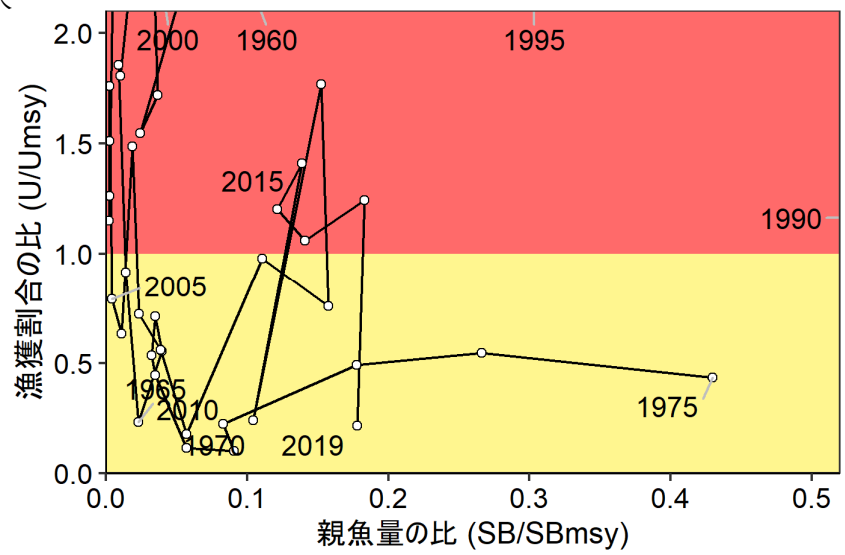
補足資料 8　漁獲割合に基づく神戸プロット

親魚量とその時の漁獲割合（U）を基準にした神戸プロットを補足図 8-1 に示す。通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の状況を仮定した管理基準値案に基づく。本系群における親魚量は 1994 年以降 MSY を実現する水準を下回るが、漁獲割合の比（U/Umsy）は 2014 年と 2019 年を除き、2013 年以降 MSY を実現する水準より高くなっている。

項目	値	説明
SBmsy	1093 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量
Umsy	19%	最大持続生産量（MSY）を実現する漁獲割合
U2019	4%	2019 年の漁獲割合
U2019/ Umsy	0.22	最大持続生産量（MSY）を実現する漁獲割合に対する 2019 年の漁獲割合の比



上図の拡大



補足図 8–1.　親魚量と漁獲割合の関係（神戸プロット）とその拡大図。SBmsy および Umsy は通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）を仮定した場合の値であり、親魚量と漁獲割合のプロットも上記の期間に限定している。

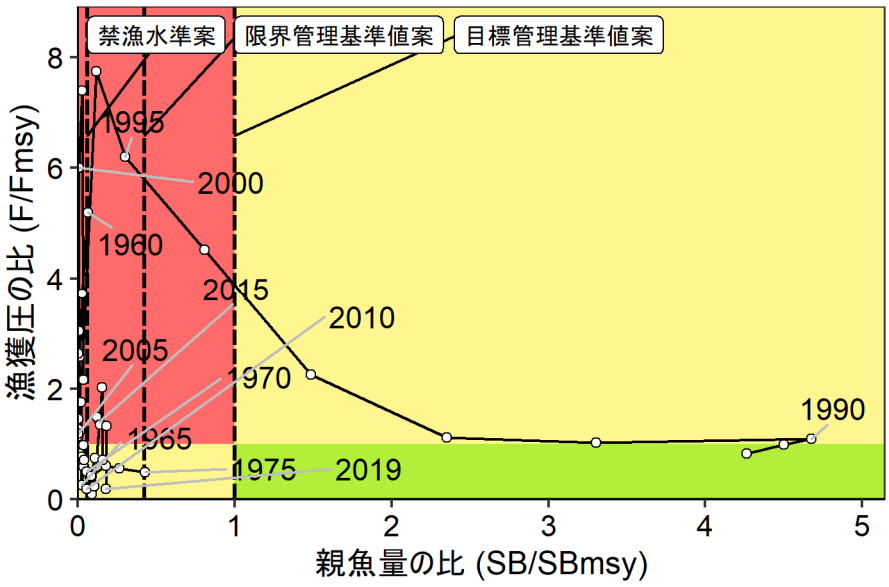
補足資料 9　管理基準値案と禁漁水準案等

本系群の管理基準値案や禁漁水準案等について以下に示す。

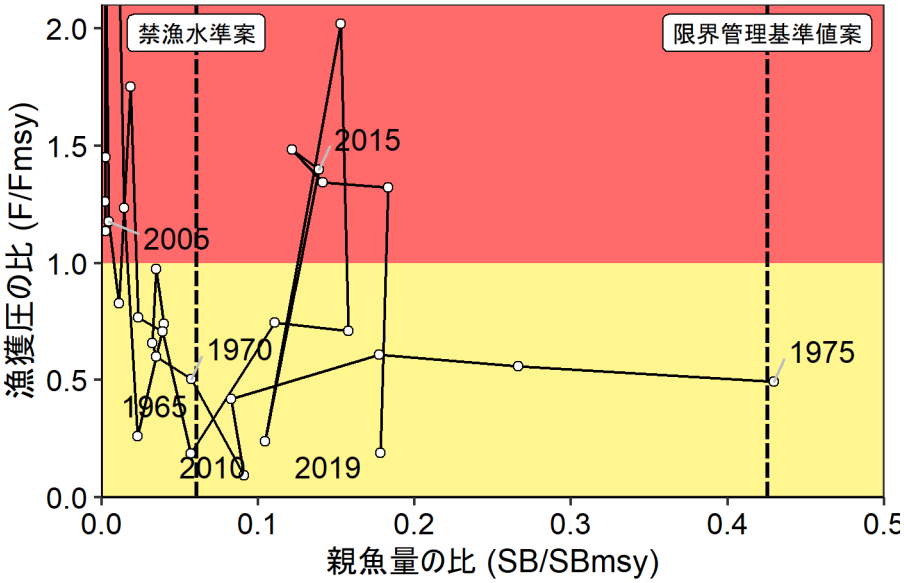
項目	値	備考
SBtarget 案	1093 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）
SBlimit 案	465 千トン	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）
SBban 案	66 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy）

令和 2 年 3 月に開催された研究機関会議により、通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の状況を仮定し、目標管理基準値（SBtarget）には MSY 水準における親魚量（SBmsy：1093 千トン）、限界管理基準値（SBlimit）には最大持続生産量の 60%が得られる親魚量（SB0.6msy：465 千トン）、禁漁水準（SBban）には最大持続生産量の 10%の漁獲が得られる親魚量（SB0.1msy：66 千トン）を用いることが提案されている。詳細は「令和 2（2020）年度マイワシ対馬暖流系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書（髙橋ほか 2020b※）」を参照されたい。

目標管理基準値案と、その時の漁獲圧（F）を基準にした神戸プロットを補足図 9–1 に示す。コホート解析により得られた 2019 年の親魚量（SB2019：194 千トン）は限界管理基準値案を下回る。また、2013 年以降の漁獲圧は、2014 年および 2019 年を除き、MSY を実現する漁獲圧を上回っていたと判断される。



上図の拡大図



補足図 9–1.　管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）と拡大図。SBmsy および Fmsy は通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）を仮定した場合の値であり、親魚量と漁獲割合のプロットも上記の期間に限定している。

補足資料 10　漁獲管理規則案に対応した将来予測

（1）　将来予測の設定

資源評価で推定した 2019 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2020～2051 年までの将来予測計算を行った（補足資料 11）。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を仮定し、10,000 回の繰り返し計算を行った。現状の漁獲圧を示す 2020 年の漁獲圧（F2020）は、今年度評価における 2014～2018 年の F の単純平均に対応する%SPR（35.9）を与える F 値とした（図 4–9）。その結果、F2020 の Fmsy に対する比は 1.20 となった。2019 年の漁獲圧は不確実性が大きいため、現状の漁獲圧を考慮する期間には含めなかった。2021 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案で定められる漁獲圧を用いた。

（2）　漁獲管理規則案

漁獲管理規則案（HCR）は、目標管理基準値以上の親魚量を維持・管理する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）を定める漁獲シナリオ案である。親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げる。漁獲圧の上限となる Fmsy には安全係数となるチューニングパラメータ β を乗じる。補足図 10–1 に令和 2 年 3 月に開催された研究機関会議により提案された漁獲管理規則案を示す（髙橋ほか 2020b※）。ここでは例として安全係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では、「β が 0.8 以下であれば、10 年後に目標管理基準を 50%以上の確率で上回ると推定される」とされている。

（3）2021 年の予測値

漁獲管理規則案を用いた将来予測に従い試算した 2021 年漁獲量は、β を 0.8 とした場合には 46 千トン、β を 1.0 とした場合には 56 千トンであった。2021 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値案を下回り、平均 286 千トンと見込まれたため、2021 年の漁獲圧は β Fmsy に親魚量に応じた係数 γ(SBt) を乗じて算出された。ここで γ(SBt) は「令和 2（2020）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2020-ABCWG02-01）」における 1 系資源の管理規則に基づき、下式により 0.55 と計算された。

$$\frac{SB_t - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

2021 年の親魚量（予測平均値）：286 千トン			
項目	2021 年の 漁獲量 （千トン）	現状の漁獲圧に 対する比 （F/F2014-2018）	2021 年の 漁獲割合（%）
漁獲管理規則案にて研究機関会議が提案した β を使用した場合			
β=0.8	46	0.37	9

その他の方策（漁獲管理規則案にて異なるβを使用した場合）			
β=1.0	56	0.46	11
β=0.9	51	0.41	10
β=0.7	40	0.32	8
β=0.6	35	0.28	7
β=0	0	0	0
F2014-2018	110	1.00	21

漁獲管理規則案（補足図 10–1）に基づく中長期的な将来予測の結果を補足図 10–2 および補足表 10–1、10–2 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2031 年の親魚量の予測値はβを 1.0 とした場合には平均 1001 千トン（80%信頼区間は 514 千トン～1564 千トン）、βを 0.8 とした場合には平均 1213 千トン（80%信頼区間は 676 千トン～1836 千トン）である。予測値が目標管理基準値案を上回る確率はβが 0.8 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率および禁漁水準案を上回る確率はβが 0.6 以下で 100%となった。

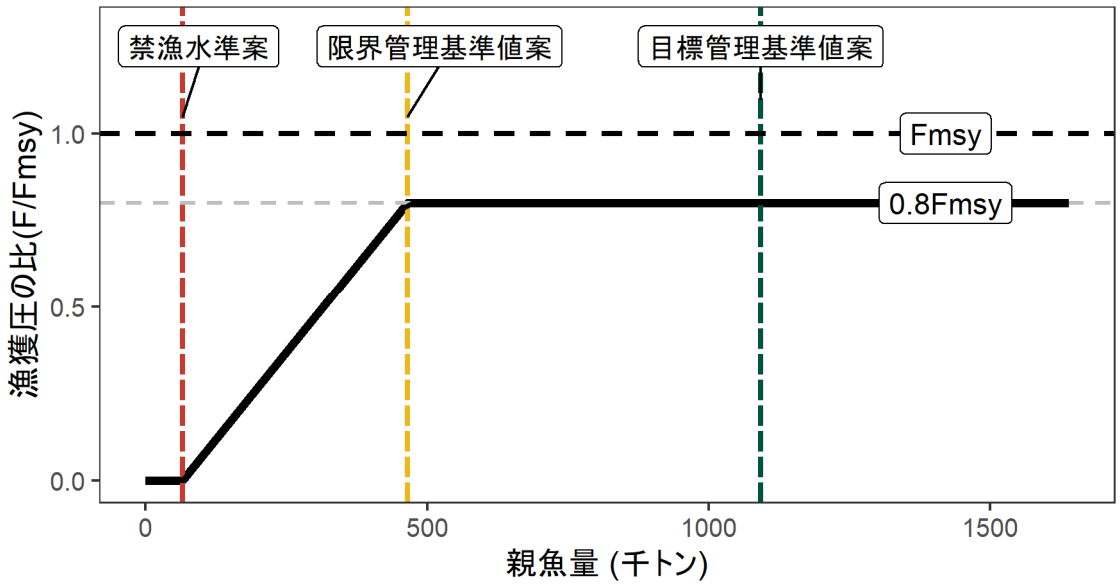
考慮している不確実性： 加入量					
項目	2031 年の親魚量（千トン）	80% 信頼区間（千トン）	2031 年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率（%）		
			SBtarget	SBlimit	SBban
科学的に提案する漁獲圧					
β=0.8	1213	676–1836	54	98	100
その他の方策（漁獲管理規則にて異なるβを使用した場合）					
β=1.0	1001	514–1564	34	93	100
β=0.9	1103	587–1701	44	96	100
β=0.7	1331	773–1985	64	99	100
β=0.6	1459	877–2150	74	100	100
β=0	2597	1717–3633	100	100	100
F2014-2018	641	202–1175	13	59	100

漁獲管理規則案に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は、βを 0.8 とした場合には 2031 年以降となると予測された。また、限界管理基準値を 50%以上の確率で上回る年は、2024 年と予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（β=0）、親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回るのは 2025 年になると予測された。

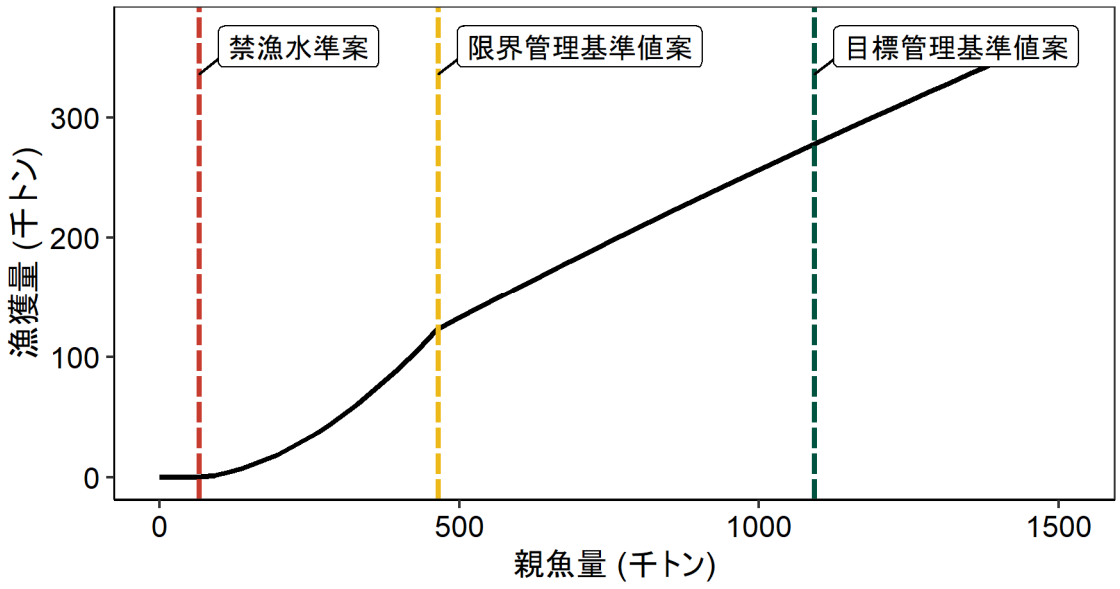
考慮している不確実性:加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案

漁獲管理規則で使用するβ			
β=0.8	2030 年	2024 年	2019 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	2024 年	2019 年
β=0.9	2041 年	2024 年	2019 年
β=0.7	2029 年	2024 年	2019 年
β=0.6	2028 年	2024 年	2019 年
β=0	2025 年	2023 年	2019 年
F2014-2018	2051 年以降	2029 年	2019 年

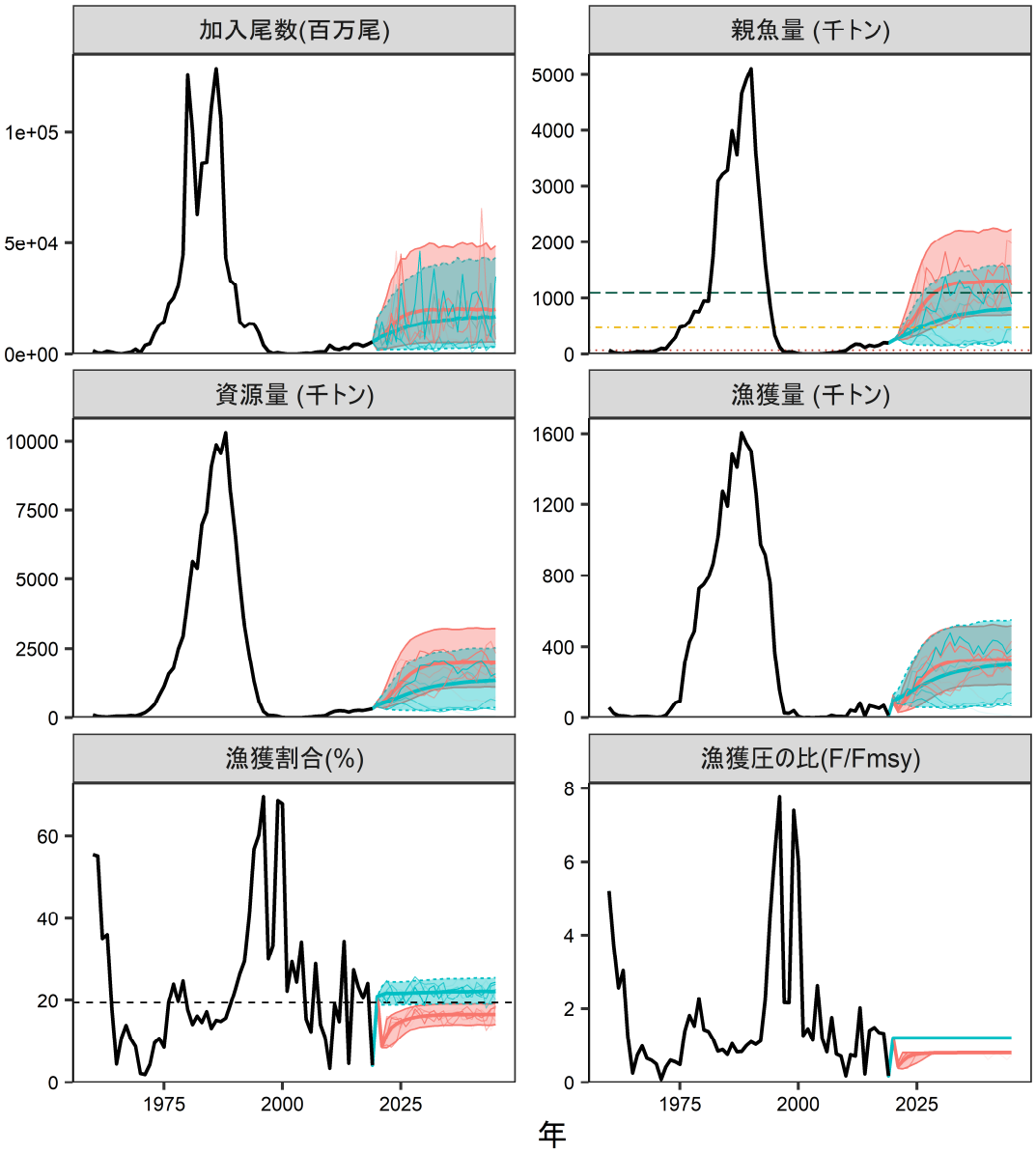
a)縦軸を漁獲圧にした場合



b)



補足図 10-1.　漁獲管理規則案（a）縦軸を漁獲圧にした場合（b）縦軸を漁獲量にした場合



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 10-2.漁獲管理規則案を用いた将来予測(赤線)と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測(緑色)

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 90%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案、黄点線は限界管理基準値案を示す。漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。安全係数 β には 0.8 を用いた。1e+05 は 10^5 を意味する。

補足表 10-1.　将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a)　目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	0	1	4	8	14	19	24	29	32	34	43	42
0.900	0	0	0	0	1	5	10	17	25	31	36	41	44	52	52
0.840	0	0	0	0	1	5	12	20	28	35	42	46	50	58	58
0.800	0	0	0	0	1	6	13	22	31	39	45	50	54	62	62
0.700	0	0	0	0	2	7	16	27	38	47	55	60	64	71	72
0.600	0	0	0	0	2	8	20	33	46	57	64	70	74	80	81
0.500	0	0	0	0	2	10	24	40	55	66	74	79	83	87	89
0.400	0	0	0	0	3	13	28	47	63	75	82	87	90	93	94
0.300	0	0	0	0	3	15	34	55	72	83	89	93	95	97	97
0.200	0	0	0	0	4	18	40	63	79	89	94	96	98	99	99
0.100	0	0	0	0	5	21	47	71	85	93	97	99	99	100	100
0.000	0	0	0	0	5	25	54	78	90	96	99	99	100	100	100
現状F	0	0	0	0	0	1	3	4	7	9	10	12	13	20	22

b)　限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	14	37	54	67	76	81	86	89	92	93	97	98
0.900	0	0	0	15	40	59	72	81	86	90	93	95	96	99	99
0.840	0	0	0	16	42	61	75	83	89	92	95	96	98	99	99
0.800	0	0	0	16	43	63	77	85	90	94	96	97	98	100	100
0.700	0	0	0	17	46	68	81	89	93	96	98	99	99	100	100
0.600	0	0	0	18	50	72	85	92	96	98	99	99	100	100	100
0.500	0	0	0	19	53	76	88	94	97	99	99	100	100	100	100
0.400	0	0	0	20	57	80	91	96	98	99	100	100	100	100	100
0.300	0	0	0	22	61	83	93	98	99	100	100	100	100	100	100
0.200	0	0	0	23	64	86	95	99	100	100	100	100	100	100	100
0.100	0	0	0	24	68	89	97	99	100	100	100	100	100	100	100
0.000	0	0	0	25	71	92	98	100	100	100	100	100	100	100	100
現状F	0	0	0	8	18	26	33	39	44	49	53	56	59	76	82

補足表 10-2.　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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	365	457	545	638	722	804	871	925	966	1,001	1,100	1,096
0.900	194	240	286	370	470	570	679	779	877	955	1,018	1,064	1,103	1,201	1,195
0.840	194	240	286	373	478	586	705	816	924	1,010	1,078	1,127	1,168	1,263	1,256
0.800	194	240	286	375	484	598	724	842	956	1,048	1,119	1,171	1,213	1,306	1,299
0.700	194	240	286	380	499	627	773	912	1,044	1,150	1,230	1,287	1,331	1,418	1,409
0.600	194	240	286	385	514	659	827	988	1,141	1,261	1,351	1,412	1,459	1,540	1,531
0.500	194	240	286	390	531	694	885	1,072	1,247	1,383	1,483	1,549	1,598	1,677	1,667
0.400	194	240	286	395	548	730	949	1,163	1,363	1,516	1,627	1,699	1,751	1,832	1,822
0.300	194	240	286	401	566	770	1,018	1,264	1,490	1,662	1,786	1,866	1,923	2,012	2,002
0.200	194	240	286	406	585	813	1,094	1,374	1,630	1,824	1,963	2,053	2,117	2,223	2,214
0.100	194	240	286	412	604	858	1,176	1,493	1,783	2,002	2,161	2,264	2,339	2,473	2,465
0.000	194	240	286	417	625	907	1,265	1,624	1,952	2,202	2,385	2,507	2,597	2,776	2,770
現状F	194	240	286	314	354	393	435	474	516	553	586	614	641	788	831

b)　漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	56	96	136	168	200	228	252	272	288	301	311	339	339
0.900	14	98	51	90	129	162	195	224	250	271	288	301	311	335	335
0.840	14	98	48	85	124	158	191	221	247	268	285	298	308	330	330
0.800	14	98	46	83	121	154	188	218	244	266	283	296	305	326	325
0.700	14	98	40	75	112	145	178	208	235	257	274	286	295	312	311
0.600	14	98	35	67	101	133	165	195	222	243	259	271	279	293	292
0.500	14	98	29	57	89	118	149	178	203	224	239	250	257	268	268
0.400	14	98	24	48	75	101	129	156	179	198	212	221	227	237	236
0.300	14	98	18	37	59	81	105	128	148	164	176	184	189	197	197
0.200	14	98	12	26	42	58	76	93	109	121	130	136	141	147	147
0.100	14	98	6	13	22	31	41	51	60	67	73	76	79	83	83
0.000	14	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状F	14	98	110	124	138	152	168	182	196	209	221	231	241	290	308

補足資料 11　資源の将来予測の方法

得られた資源量をもとに漁獲管理規則に従う将来予測を行った。解析には R パッケージ frasyr（v2.1.1.0）を用いた。2020 年以降の加入量の予測には、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通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）のホッケースティック型関係式（a=0.0276、b=7.36e+05、SD=0.683）から推定される値を用いた（髙橋ほか 2020b※）。なお、再生産関係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（髙橋ら 2020a）においてプラスグループを修正した計算に基づく親魚量・加入量とし（補足資料 3）、最適化方法には最小二乗法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。

将来予測における漁獲係数 F は、「令和 2（2020）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2020-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。将来予測に用いたパラメータは補足表 11–1 に示す。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」におい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（髙橋ほか 2020b※）。これらは再生産関係と同じく、令和元（2019）年度の資源評価（髙橋ら 2020a）に基づく値であり、選択率および漁獲物平均体重はこの計算結果における 2014～2018 年の平均値である。現状の漁獲圧を示す 2020 年の漁獲圧（F2020）は、今年度評価における 2014～2018 年の F の単純平均に対応する%SPR（35.9）を与える F 値とした（図 4–9）。2019 年の漁獲圧は不確実性が大きいため、現状の漁獲圧を考慮する期間には含めなかった。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法（補足資料 2. (12)-(13)式）を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp\left(-F_{a,y} - M\right) \tag{12}$$

$$N_{4+,y+1} = \left(N_{3,y} + N_{4+,y}\right) \times \exp\left(-F_{3,y} - M\right) \tag{13}$$

漁獲尾数は、上式で求めた資源尾数と各漁獲シナリオから仮定される F 値をもとに（15）式により求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y}\{1 - exp(-F_{a,y})\}exp\left(-\frac{M}{2}\right) \tag{15}$$

補足表 11–1.　将来予測計算に用いたパラメータ

	選択率	Fmsy	F2014-2018	平均体重（g）	自然死亡係数	成熟率
0 歳	0.59	0.25	0.30	16	0.40	0
1 歳	0.34	0.14	0.17	43	0.40	0.25
2 歳	0.58	0.24	0.29	71	0.40	1.00
3 歳	1.00	0.42	0.51	90	0.40	1.00
4 歳以上	1.00	0.42	0.51	114	0.40	1.00

注 1：　令和 2 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 2 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 2014～2018 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 2020 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 12　移行期を除く通常加入期（1960～1975 年および 1991～2017 年）データを用いた再生産関係による結果

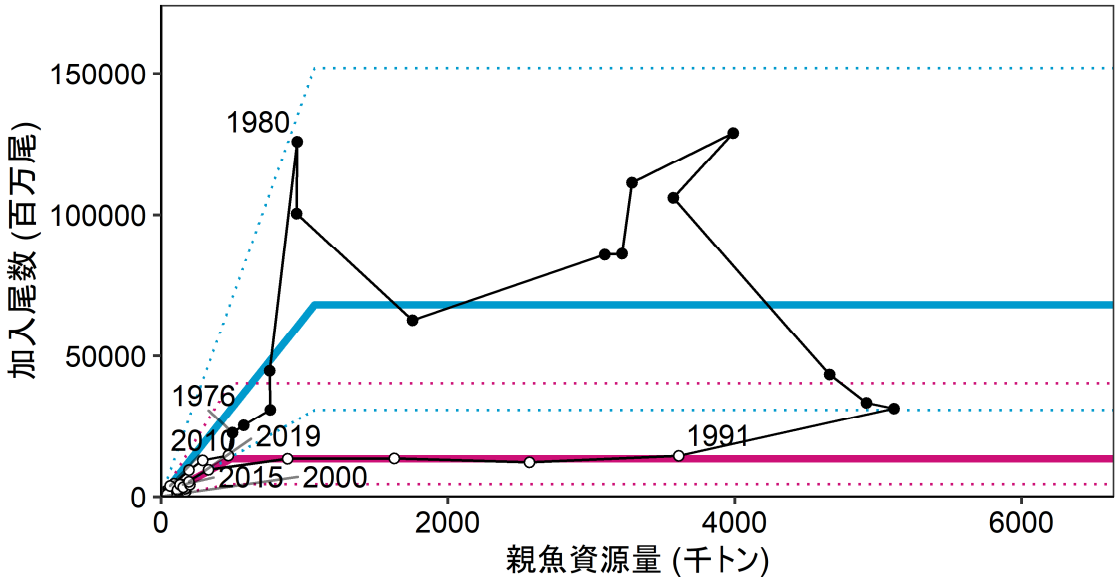
令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、資源水準の急激な変化を伴う 1988～1990 年を移行期ととらえ、通常加入期から除いた場合に関する再生産関係式と、それに基づく管理基準値案が補足資料 4 に掲載された（髙橋ほか 2020b※）。令和 2 年 7 月 30、31 日に福岡市において行われたマイワシ・マアジの資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会合（SH 会合））での議論を受けて、SH 会合より、以下のシナリオの試算を依頼された。

・8 月の資源評価会議において、1988 から 1990 年の再生産関係を除去したシナリオを、次回 SH 会合で示すことを希望する。

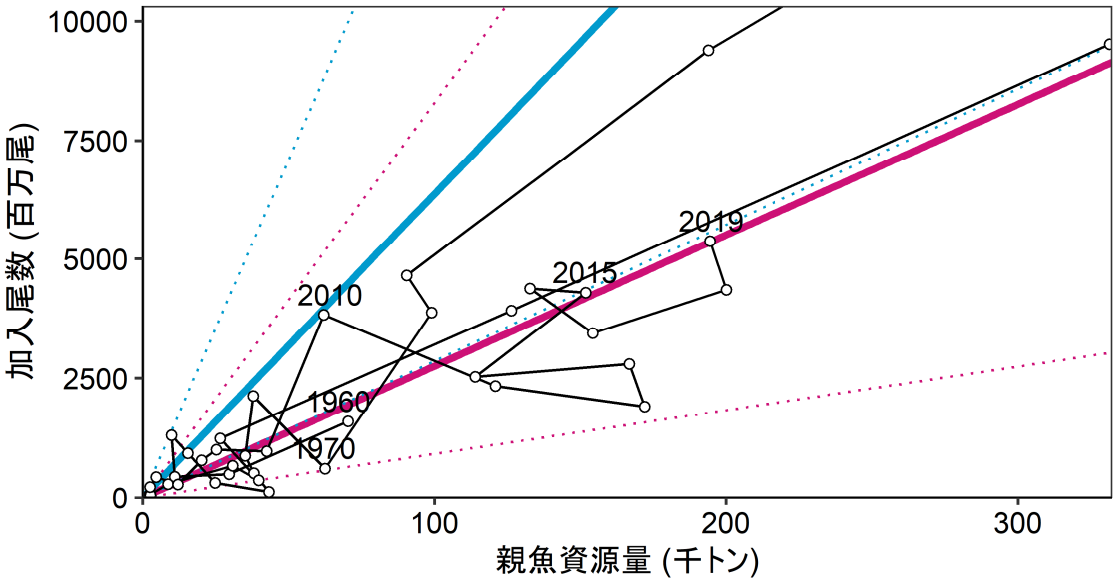
そこで、現在の環境を、移行期を除く通常加入期（1960～1975 年および 1991～2017 年）と考えた場合の将来予測の結果についてまとめた。

再生産関係はホッケースティック型関係式で、各パラメータを以下表に示す（補足図 12-1）。最適化方法は最小二乗法を用い、加入量の残差の自己相関は考慮していない。ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/g）、b は HS の折れ点となる親魚量（トン）である。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
ホッケースティック型	最小二乗法	無	0.0276	4.84e+05	0.678



上図の拡大



補足図 12–1. 赤線は移行期を除く通常加入期（1960～1975 年および 1991～2017 年）の再生産関係、青線は移行期を含む高加入期（1976～1990 年）の再生産関係式である。丸印は実測データ（1960～2019 年）であり、白丸は移行期を除く通常加入期、黒丸は移行期を含む高加入期の値を示す。再生産関係式の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。図中の数字は年級群を示す。

補足資料 2 の前進法により、2019 年 0 歳加入尾数は 5,374 百万尾、0 歳漁獲係数は 0.01、資源量は 329 千トンと推定され、提案する推定値との差はわずかであった。親魚量の変更はない。2019 年の資源状態は以下のように要約できる。

項目	値	備考
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	716 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量
Fmsy	（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上） ＝（0.25, 0.14, 0.25, 0.42, 0.42）	
%SPR（Fmsy）	40.9%	Fmsy に対応する%SPR
2019 年の親魚量と漁獲圧		
SB2019	194 千トン	2019 年の親魚量
F2019	（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳 4 歳以上） ＝（0.01, 0.07, 0.05, 0.07, 0.05）	
%SPR（F2019）	82.2%	2019 年の%SPR
%SPR（F2014-2018）	35.9%	2014～2018 年の平均漁獲圧に対応する%SPR

MSY を実現する水準に対する比率		
SB2019/ SBmsy	0.27	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量に対する 2019 年の親魚量の比
F2019/ Fmsy	0.19	最大持続生産量（MSY）を実現する漁獲圧に対する 2019 年の漁獲圧の比*

*2019 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率

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（%）
2016	268	133	62	1.48	23
2017	263	154	54	1.35	21
2018	293	200	71	1.32	24
2019	329	194	14	0.19	4
2020	463	240	98	1.19	21
2021	521	286	－	－	－

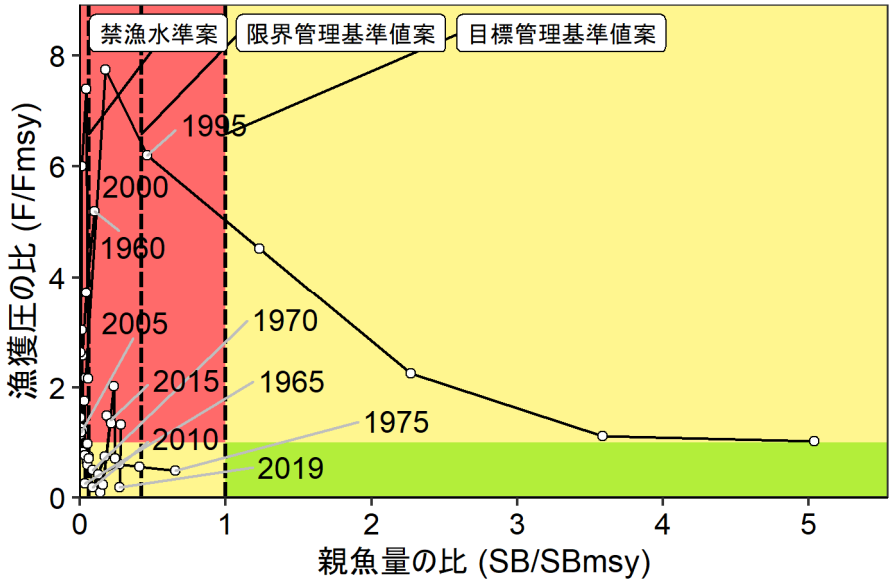
2020 年、2021 年の値は将来予測に基づいた推定値である。

親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
親魚量の動向	増加

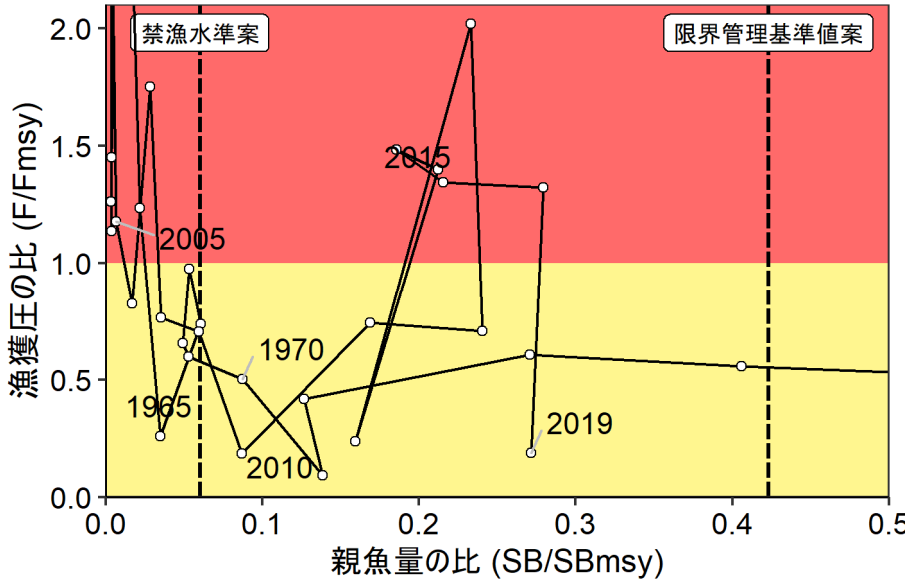
管理基準値案や禁漁水準案等について以下に示す。

項目	値	備考
SBtarget 案	716 千トン	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量(SBmsy)
SBlimit 案	303 千トン	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量(SB0.6msy)
SBban 案	43 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量(SB0.1msy)

目標管理基準値案と、その時の漁獲圧（F）を基準にした神戸プロットを補足図 12–2 に示す。コホート解析により得られた 2019 年の親魚量（SB2019：194 千トン）は限界管理基準値案を下回る。また、2013 年以降の漁獲圧は、2019 年を除き、MSY を実現する漁獲圧を上回っていたと判断される。



上図の拡大図



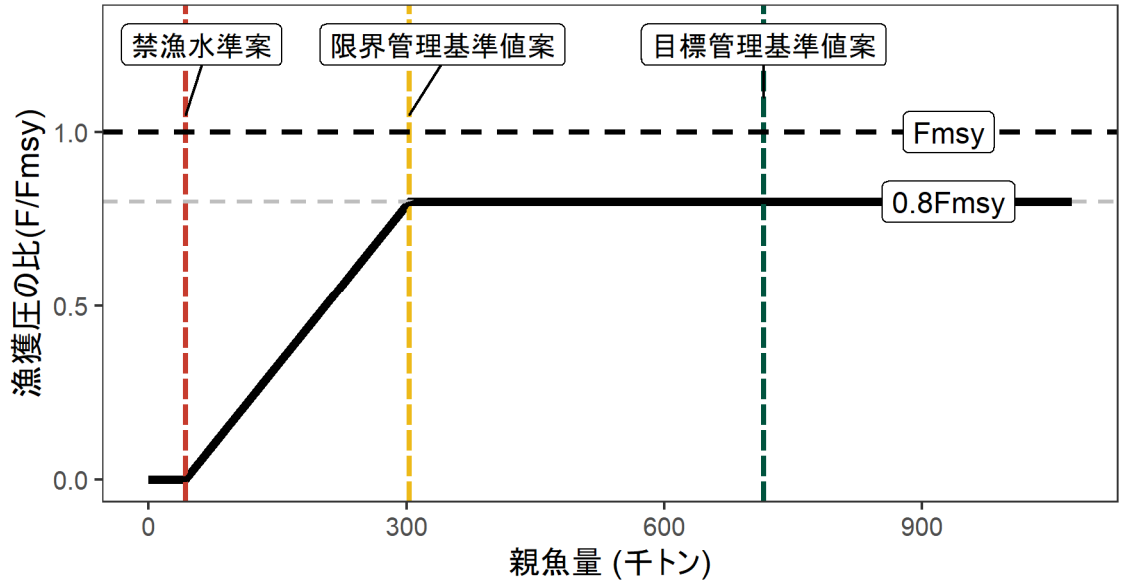
補足図 12–2.　管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）と拡大図。SBmsy および Fmsy は移行期を除く通常加入期（1960～1975 年および 1991～2017 年）を仮定した場合の値であり、親魚量と漁獲割合のプロットも上記の期間に限定している。

(1)将来予測の設定

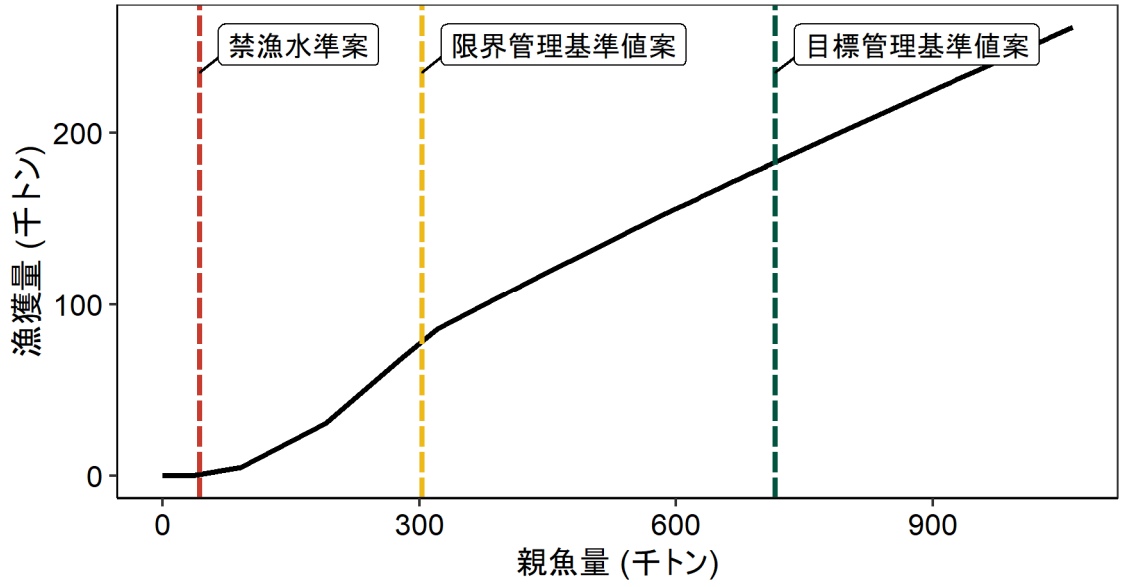
資源評価で推定した 2019 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2020～2051 年までの将来予測計算を行った（補足資料 10、11）。将来予測に用いたパラメータを以下の表に示す。その他の設定は、補足資料 10 と同様とした。現状の漁獲圧を示す 2020 年の漁獲圧（F2020）の Fmsy に対する比は 1.19 となった。2021 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに、漁獲管理規則案（補足図 12-3）で定められる漁獲圧を用いた。

	選択率	Fmsy	F2014-2018	平均体重（g）	自然死亡係数	成熟率
0 歳	0.59	0.25	0.30	16	0.40	0
1 歳	0.34	0.14	0.17	43	0.40	0.25
2 歳	0.58	0.25	0.29	71	0.40	1.00
3 歳	1.00	0.42	0.51	90	0.40	1.00
4 歳以上	1.00	0.42	0.51	114	0.40	1.00

a)



b)



補足図 12-3.　漁獲管理規則案（a）縦軸を漁獲圧にした場合（b）縦軸を漁獲量にした場合

（3）2021 年の予測値

漁獲管理規則案を用いた将来予測に従い試算した 2021 年漁獲量は、β を 0.8 とした場合には 72 千トン、β を 1.0 とした場合には 88 千トンであった。2021 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値案を下回り、平均 286 千トンと見込まれたため、2021 年の漁獲圧は β Fmsy に親魚量に応じた係数 γ(SBt)(0.93) を乗じて算出された。

2021 年の親魚量（予測平均値）：286 千トン			
項目	2021 年の漁獲量（千トン）	現状の漁獲圧に対する比（F/F2014-2018）	2021 年の漁獲割合（%）
漁獲管理規則案にて研究機関会議が提案したβを使用した場合			
β=0.8	72	0.61	14
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）			
β=1.0	88	0.77	17
β=0.9	80	0.69	15
β=0.7	64	0.54	12
β=0.6	56	0.46	11
β=0	0	0	0
F2014-2018	110	1.00	21

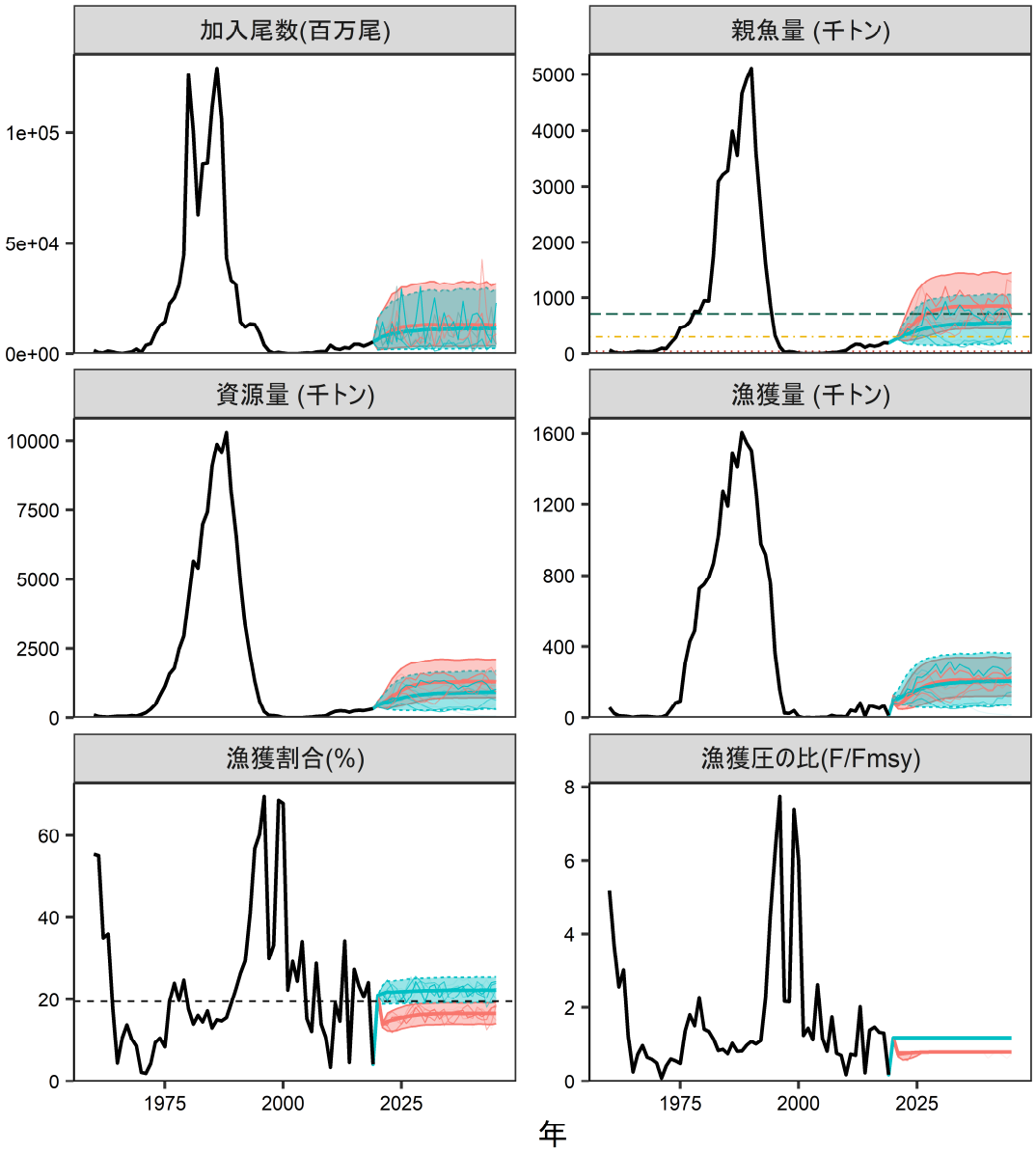
漁獲管理規則案に基づく中長期的な将来予測の結果を補足図 12–4 および補足表 12–1、12–2 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2031 年の親魚量の予測値は β を 1.0 とした場合には平均 684 千トン（80%信頼区間は 368 千トン～1050 千トン）、β を 0.8 とした場合には平均 824 千トン（80%信頼区間は 486 千トン～1224 千トン）である。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.8 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率および禁漁水準案を上回る確率は β が 0.7 以下で 100%となった。

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2031 年の親魚量（千トン）	80% 信頼区間（千トン）	2031 年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率（%）		
			SBtarget	SBlimit	SBban
科学的に提案する漁獲圧					
β=0.8	824	486–1224	58	99	100
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）					
β=1.0	684	368–1050	38	96	100
β=0.9	752	426–1133	48	98	100
β=0.7	901	548–1323	68	100	100

β=0.6	984	612–1434	78	100	100
β=0	1752	1177–2428	100	100	100
F2014-2018	516	203–862	20	77	100

漁獲管理規則案に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標理基準値案を 50%以上の確率で上回る漁期年は、β を 0.8 とした場合には 2029 年以降となると予測された。また、限界管理基準値を 50%以上の確率で上回る年は、2022 年と予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（β=0）、親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回るのは 2024 年になると予測された。

考慮している不確実性:加入量			
	親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
漁獲管理規則で使用する β			
β=0.8	2029 年	2022 年	2019 年
その他の方策 （漁獲管理規則案とは異なる β を使用した場合）			
β=1.0	2051 年以降	2022 年	2019 年
β=0.9	2041 年	2022 年	2019 年
β=0.7	2027 年	2022 年	2019 年
β=0.6	2026 年	2022 年	2019 年
β=0	2024 年	2022 年	2019 年
F2014-2019	2051 年以降	2023 年	2019 年



補足図 12-4. 漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤線）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）

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 90%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案、黄点線は限界管理基準値案を示す。漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。安全係数 β には 0.8 を用いた。1e+05 は 10^5 を意味する。

補足表 12-1.　将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a)　目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	1	5	10	17	22	27	31	35	37	38	43	42
0.900	0	0	0	1	6	13	21	28	35	40	44	46	48	52	52
0.880	0	0	0	1	6	14	22	29	36	42	45	48	50	54	54
0.800	0	0	0	2	7	16	26	35	44	49	53	55	58	62	62
0.700	0	0	0	2	9	20	32	43	52	59	63	66	68	72	72
0.600	0	0	0	2	10	24	39	52	62	69	73	76	78	80	81
0.500	0	0	0	2	12	29	46	61	71	78	82	85	86	88	89
0.400	0	0	0	3	14	34	54	70	79	86	89	92	93	94	94
0.300	0	0	0	3	17	40	62	78	86	91	95	96	97	97	97
0.200	0	0	0	3	19	46	70	84	92	96	98	98	99	99	99
0.100	0	0	0	3	22	53	77	90	96	98	99	100	100	100	100
0.000	0	0	0	4	26	60	83	94	98	99	100	100	100	100	100
現状F	0	0	0	1	3	6	10	12	15	16	17	19	20	23	23

b)　限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	18	51	69	77	83	87	90	92	93	95	96	97	98
0.900	0	0	18	55	73	81	87	91	93	95	96	97	98	99	99
0.880	0	0	18	56	74	82	88	91	94	96	97	98	98	99	99
0.800	0	0	18	59	78	85	90	94	96	97	98	99	99	100	100
0.700	0	0	18	62	82	89	93	96	98	98	99	99	100	100	100
0.600	0	0	18	66	86	92	96	98	99	99	100	100	100	100	100
0.500	0	0	18	70	89	95	97	99	99	100	100	100	100	100	100
0.400	0	0	18	74	92	96	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.300	0	0	18	77	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.200	0	0	18	81	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.100	0	0	18	84	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.000	0	0	18	87	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状F	0	0	18	42	54	60	64	68	70	72	74	75	77	83	86

補足表 12-2.　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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	335	399	458	515	560	601	631	654	669	684	722	718
0.900	194	240	286	342	416	487	555	610	659	694	719	737	752	788	783
0.880	194	240	286	344	419	493	563	620	671	707	733	751	766	801	796
0.800	194	240	286	350	434	517	599	664	721	761	790	808	824	857	851
0.700	194	240	286	357	453	551	647	724	789	834	866	885	901	930	924
0.600	194	240	286	365	473	586	699	788	863	913	948	968	984	1,010	1,004
0.500	194	240	286	373	495	625	755	859	943	999	1,037	1,058	1,075	1,100	1,093
0.400	194	240	286	382	517	667	816	936	1,031	1,094	1,135	1,158	1,176	1,202	1,195
0.300	194	240	286	390	541	711	882	1,019	1,127	1,198	1,244	1,271	1,291	1,320	1,314
0.200	194	240	286	399	566	759	954	1,110	1,233	1,313	1,367	1,398	1,422	1,459	1,453
0.100	194	240	286	408	593	811	1,031	1,210	1,350	1,443	1,506	1,545	1,574	1,624	1,619
0.000	194	240	286	417	621	866	1,115	1,319	1,480	1,589	1,666	1,715	1,752	1,824	1,820
現状F	194	240	286	314	353	386	417	441	464	482	496	506	516	559	566

b)　漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	88	107	128	146	163	177	188	197	204	209	213	223	223
0.900	14	98	80	101	122	141	160	175	187	196	203	208	212	221	220
0.880	14	98	79	99	121	140	159	174	186	196	203	208	212	220	219
0.800	14	98	72	94	115	135	155	171	183	193	199	204	208	215	214
0.700	14	98	64	85	107	127	147	164	177	186	192	197	200	205	205
0.600	14	98	56	76	97	118	138	154	167	176	182	186	189	193	192
0.500	14	98	47	66	86	105	125	141	153	161	167	171	173	177	176
0.400	14	98	38	55	73	91	109	123	135	143	148	151	153	156	156
0.300	14	98	29	43	58	73	89	102	112	118	123	126	127	130	130
0.200	14	98	20	30	41	53	64	75	82	88	91	93	95	97	97
0.100	14	98	10	16	22	28	35	41	46	49	51	52	53	55	55
0.000	14	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状F	14	98	110	124	136	147	158	166	174	179	184	188	192	206	209

補足資料 13　漁獲管理規則導入時の漁獲量の減少を緩和するシナリオの検討

令和 2 年 7 月 30、31 日に福岡市において行われたマイワシ・マアジの資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会合（SH 会合））での議論を受けて、SH 会合より、漁獲管理規則導入時の漁獲量の減少を緩和する以下のシナリオの試算を依頼された。

（1）当面の漁獲を β が 1 を超えない範囲で設定して、出来るだけ 8 万トン程度に近い数値を目指すとともに、2031 年の漁獲を 20 万トン程度にする。この場合の β は、例えば 0.6 とか 0.7 とか小さくても構わない。それで 10 年後に 50%以上の確率で MSY レベルの資源量を達成する水準となるようなシナリオを示すことを希望する。

（2）当面の間、8 万トンから 9 万トン程度の漁獲量に固定し、その後低い β での漁獲とする場合、資源量の予測と MSY レベルの資源量を達成する確率を示すことを希望する。

そこで、通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の再生産関係における漁獲管理規則案（補足図 10-1）にもとづき、対応するシナリオとして以下の二案を検討した。

【13-1】2021～2023 年は MSY を与える漁獲圧の水準の 0.8 倍（0.8Fmsy）で漁獲、2024 年以降は漁獲管理規則案に基づくシナリオ

【13-2】2021～2023 年は漁獲量一定（85 千トン）を与える漁獲圧で漁獲、2024 年以降は漁獲管理規則案に基づくシナリオ

結果の概要は以下の通りである。

【13−1】2021～2023 年は 0.8Fmsy、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 13-1）

漁獲量は 2021 年には平均 77 千トン、2022 年には平均 97 千トン、2023 年には平均 118 千トンと推移した。β が 0.8 のとき、2031 年の親魚量の予測値が目標管理基準値案（1093 千トン）を 50%の確率で上回る。限界管理基準値案（465 千トン）を 50%以上の確率で上回る年は 2025 年であり、2021 年に漁獲管理規則案を導入した場合に比べて達成が 1 年遅れると予測された。このときの 2024 年の漁獲量は平均 128 千トンであり、2023 年より平均 10 千トン増加した。

【13−2】2021～2023 年は漁獲量一定（85 千トン）、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 13-2）

β が 0.7 のとき、2031 年の親魚量の予測値が目標管理基準値案を 50%の確率で上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2025 年であり、2021 年に漁獲管理規則案を導入した場合に比べて達成が 1 年遅れると予測された。このときの 2024 年の漁獲量は平均 118 千トンと予測され、2023 年より平均 33 千トン増加した。

一定の漁獲量を与える漁獲圧で漁獲する場合、漁獲量の決定に資源の状態は考慮しない。2021 年から漁獲管理規則案を導入した場合、β が 0.8 のときの漁獲量は 2021 年は平均 46 千トンと低いものの、2022 年は平均 83 千トン、2023 年は平均 121 千トンと予測されるため（補足表 10-2）、開始して 3 年目には、むしろ漁獲量が少なくなる。すなわちシナリオ 13-2 では、2023 年以降はむしろ漁獲規制が強化されることになる。また、仮に資源量が減少し

た場合、管理に遅れが生じるため、資源の絶滅を招くおそれもあると考えられる。

補足表 13-1-1.【13−1】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	0	1	4	8	13	18	22	27	30	33	43	42
0.900	0	0	0	0	1	4	9	14	21	27	33	37	41	52	52
0.805	0	0	0	0	1	4	9	16	24	32	39	45	50	61	61
0.800	0	0	0	0	1	4	9	16	24	32	40	45	50	62	62
0.700	0	0	0	0	1	4	10	18	28	38	47	54	59	71	72
0.600	0	0	0	0	1	4	11	21	33	44	55	62	69	80	81
0.500	0	0	0	0	1	4	12	24	38	51	62	71	77	87	89
0.400	0	0	0	0	1	4	13	26	42	58	70	78	85	93	94
0.300	0	0	0	0	1	4	14	29	48	64	76	85	90	97	97
0.200	0	0	0	0	1	4	15	32	53	70	82	90	94	99	99
0.100	0	0	0	0	1	4	16	35	58	75	87	94	97	100	100
0.000	0	0	0	0	1	4	17	38	62	80	91	96	99	100	100

b) 限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	12	31	47	60	70	77	83	87	90	92	97	98
0.900	0	0	0	12	31	47	62	73	80	87	90	93	95	99	99
0.805	0	0	0	12	31	47	63	75	84	89	93	96	97	100	100
0.800	0	0	0	12	31	47	63	75	84	89	93	96	97	100	100
0.700	0	0	0	12	31	47	65	78	86	92	95	97	98	100	100
0.600	0	0	0	12	31	47	67	80	89	94	97	98	99	100	100
0.500	0	0	0	12	31	47	68	82	91	95	98	99	100	100	100
0.400	0	0	0	12	31	47	70	84	92	97	99	99	100	100	100
0.300	0	0	0	12	31	47	71	86	94	97	99	100	100	100	100
0.200	0	0	0	12	31	47	73	87	95	98	99	100	100	100	100
0.100	0	0	0	12	31	47	74	89	96	99	100	100	100	100	100
0.000	0	0	0	12	31	47	75	90	97	99	100	100	100	100	100

補足表 13-1-2. 【13−1】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	345	426	518	610	691	771	840	897	942	982	1,099	1,096
0.900	194	240	286	345	426	518	623	720	818	901	971	1,026	1,073	1,199	1,195
0.805	194	240	286	345	426	518	635	749	864	964	1,048	1,113	1,167	1,300	1,293
0.800	194	240	286	345	426	518	636	751	867	968	1,052	1,118	1,173	1,305	1,299
0.700	194	240	286	345	426	518	650	783	920	1,040	1,141	1,218	1,280	1,417	1,409
0.600	194	240	286	345	426	518	664	817	977	1,119	1,237	1,327	1,398	1,540	1,531
0.500	194	240	286	345	426	518	678	853	1,038	1,204	1,342	1,446	1,526	1,676	1,667
0.400	194	240	286	345	426	518	693	891	1,103	1,296	1,456	1,576	1,667	1,832	1,822
0.300	194	240	286	345	426	518	709	930	1,173	1,395	1,581	1,720	1,824	2,011	2,002
0.200	194	240	286	345	426	518	724	972	1,248	1,503	1,718	1,879	1,999	2,222	2,214
0.100	194	240	286	345	426	518	740	1,016	1,328	1,621	1,869	2,056	2,197	2,471	2,465
0.000	194	240	286	345	426	518	757	1,063	1,414	1,748	2,035	2,254	2,420	2,772	2,770

b) 漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	77	97	118	156	188	216	241	262	280	294	306	339	339
0.900	14	98	77	97	118	142	176	206	233	256	275	291	303	335	335
0.805	14	98	77	97	118	128	163	194	223	247	268	284	296	326	326
0.800	14	98	77	97	118	128	162	194	222	247	267	283	296	326	325
0.700	14	98	77	97	118	113	147	179	208	234	255	272	285	312	311
0.600	14	98	77	97	118	98	131	162	192	218	239	256	268	293	292
0.500	14	98	77	97	118	83	114	143	171	197	218	234	246	268	268
0.400	14	98	77	97	118	67	94	121	147	171	191	206	217	237	236
0.300	14	98	77	97	118	51	74	96	119	139	157	170	180	197	197
0.200	14	98	77	97	118	35	51	68	85	101	115	125	133	147	147
0.100	14	98	77	97	118	18	26	36	46	55	63	69	74	83	83
0.000	14	98	77	97	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足表 13-2-1.【13−2】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a)　目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	0	2	9	13	16	20	23	26	29	32	42	42
0.900	0	0	0	0	2	9	13	18	23	27	32	36	40	52	52
0.800	0	0	0	0	2	9	14	20	26	32	38	43	48	62	62
0.785	0	0	0	0	2	9	14	20	27	33	39	44	50	63	63
0.700	0	0	0	0	2	9	15	22	30	38	45	51	57	71	72
0.600	0	0	0	0	2	9	16	25	34	43	52	59	65	80	81
0.500	0	0	0	0	2	9	17	27	38	50	59	67	74	87	89
0.400	0	0	0	0	2	9	18	29	43	55	66	75	81	93	94
0.300	0	0	0	0	2	9	19	32	47	61	72	81	87	97	97
0.200	0	0	0	0	2	9	20	35	51	65	77	85	91	99	99
0.100	0	0	0	0	2	9	21	37	55	70	81	89	94	100	100
0.000	0	0	0	0	2	9	22	40	59	74	85	92	96	100	100

b)　限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	13	32	48	57	66	73	79	84	87	90	97	98
0.900	0	0	0	13	32	48	58	68	76	82	87	90	93	99	99
0.800	0	0	0	13	32	48	59	70	78	85	90	93	95	100	100
0.785	0	0	0	13	32	48	60	70	79	85	90	93	96	100	100
0.700	0	0	0	13	32	48	61	72	81	87	92	95	97	100	100
0.600	0	0	0	13	32	48	62	74	83	89	93	96	98	100	100
0.500	0	0	0	13	32	48	63	76	85	91	95	97	98	100	100
0.400	0	0	0	13	32	48	64	77	86	92	96	98	99	100	100
0.300	0	0	0	13	32	48	65	79	87	93	96	98	99	100	100
0.200	0	0	0	13	32	48	66	80	89	94	97	99	99	100	100
0.100	0	0	0	13	32	48	67	81	90	95	97	99	100	100	100
0.000	0	0	0	13	32	48	68	82	91	95	98	99	100	100	100

補足表 13-2-2.【13−2】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	337	429	551	638	702	768	827	879	923	963	1,097	1,096
0.900	194	240	286	337	429	551	652	731	813	885	950	1,003	1,051	1,198	1,195
0.800	194	240	286	337	429	551	666	762	861	949	1,026	1,090	1,146	1,303	1,298
0.785	194	240	286	337	429	551	668	767	869	959	1,038	1,103	1,161	1,320	1,315
0.700	194	240	286	337	429	551	680	795	913	1,018	1,110	1,185	1,249	1,416	1,409
0.600	194	240	286	337	429	551	695	829	968	1,092	1,201	1,288	1,362	1,539	1,531
0.500	194	240	286	337	429	551	710	865	1,027	1,173	1,300	1,402	1,486	1,676	1,667
0.400	194	240	286	337	429	551	726	903	1,091	1,261	1,409	1,527	1,623	1,831	1,822
0.300	194	240	286	337	429	551	742	944	1,159	1,357	1,529	1,666	1,775	2,010	2,002
0.200	194	240	286	337	429	551	758	986	1,232	1,460	1,660	1,819	1,946	2,220	2,214
0.100	194	240	286	337	429	551	775	1,030	1,310	1,574	1,805	1,990	2,137	2,470	2,465
0.000	194	240	286	337	429	551	793	1,077	1,394	1,697	1,965	2,182	2,355	2,770	2,770

b)　漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	85	85	85	162	191	216	237	256	273	287	300	338	339
0.900	14	98	85	85	85	148	178	205	229	250	268	284	296	334	335
0.800	14	98	85	85	85	133	164	193	218	240	260	276	289	325	325
0.785	14	98	85	85	85	131	162	191	216	239	258	275	288	324	324
0.700	14	98	85	85	85	118	149	178	204	228	248	264	278	312	311
0.600	14	98	85	85	85	103	133	162	188	212	232	248	262	293	292
0.500	14	98	85	85	85	87	115	142	168	191	211	227	240	268	268
0.400	14	98	85	85	85	70	96	121	144	166	185	200	211	237	236
0.300	14	98	85	85	85	54	74	96	116	135	152	165	175	197	197
0.200	14	98	85	85	85	36	52	67	83	98	111	121	129	147	147
0.100	14	98	85	85	85	18	27	36	45	53	61	67	72	83	83
0.000	14	98	85	85	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足資料 14　漁獲管理規則導入時の漁獲量の減少を緩和するシナリオの検討 2

令和 2 年 8 月 11 日に行われたマイワシ・マアジ水産資源評価会議で、漁獲管理規則導入時の漁獲量減少を緩和するシナリオの追加の試算を依頼された。試算の内容は以下の通りである。

・2021 年の漁獲量をできるだけ増やし、将来の漁獲量の増加は緩やかなシナリオ
・現状の漁獲圧で 1・2 年漁獲するシナリオ
・移行期を除いた通常加入期（1960～1975 年および 1991～2017 年）の再生産関係にもとづき、2021 年の漁獲量を増やすシナリオ

上述の依頼内容を整理し、これまで検討したシナリオを合わせて、計 12 通りのシナリオを想定した。(1) 通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の再生産関係にもとづくシナリオを 1-1～1-6、(2) 移行期を除いた通常加入期（1960～1975 年および 1991～2017 年）の再生産関係にもとづくシナリオを 2-1～2-6 としてまとめた（補足表 14-1）。

補足表 14-1. マイワシ対馬暖流系群における漁獲管理のシナリオ

漁獲管理規則導入以前の漁獲圧	漁獲管理規則案導入年	通常加入期	移行期を除く通常加入期
―	2021	1-1（補足10）	2-1*（補足12）
0.8Fmsy	2024	1-2*（補足13-1）	2-2（補足14-5）
漁獲量一定（85千トン）	2024	1-3*（補足13-2）	2-3（補足14-6）
漁獲量一定（100千トン）	2024	1-4（補足14-2）	2-4（補足14-7）
漁獲量一定（100千トン）	2022	1-5（補足14-3）	2-5（補足14-8）
現状の漁獲圧	2022	1-6（補足14-4）	2-6（補足14-9）

*はステークホルダー会合からの依頼に相当するシナリオを示す。1-1 および*を除くシナリオは、資源評価会議で依頼されたシナリオを示す。

(1) 通常加入期の再生産関係における漁獲管理規則案（補足図 10-1）に基づくシナリオ
【1-1】2021 年から漁獲管理規則案（補足資料 10）
【1-2*】2021～2023 年は MSY を基準とする漁獲圧の水準の 0.8 倍（0.8Fmsy）、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 13-1）
【1-3*】2021～2023 年は漁獲量一定（85 千トン）を与える漁獲圧、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 13-2）
【1-4】2021～2023 年は漁獲量一定（100 千トン）を与える漁獲圧、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-2）
【1-5】2021 年は漁獲量一定（100 千トン）を与える漁獲圧、2022 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-3）
【1-6】2021 年は現状の漁獲圧、2022 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-4）
(2) 移行期を除く通常加入期の再生産関係における漁獲管理規則案（補足図 12-3）に基づくシナリオ

【2-1*】2021 年から漁獲管理規則案（補足資料 12）
【2-2】2021～2023 年は MSY を基準とする漁獲圧の水準の 0.8 倍（0.8Fmsy）で、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-5）
【2-3】2021～2023 年は漁獲量一定（85 千トン）を与える漁獲圧、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-6）
【2-4】2021～2023 年は漁獲量一定（100 千トン）を与える漁獲圧、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-7）
【2-5】2021 年は漁獲量一定（100 千トン）を与える漁獲圧、2022 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-8）
【2-6】2021 年は現状の漁獲圧、2022 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-9）

すべてのシナリオで 2031 年の親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で超える β が存在した。

補足資料 14 では、資源評価会議での依頼に相当するシナリオ 1-4～1−6、および 2-2～2-6 の結果示す。補足資料 15 では、検討したすべてのシナリオの結果を比較した。

（1）通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の再生産関係における漁獲管理規則案（補足図 10-1）に基づくシナリオ

【1-4】2021～2023 年は漁獲量一定（100 千トン）、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-2）

β が 0.7 のとき、2031 年の親魚量の予測値が 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2025 年であり、シナリオ 1-1 に比べて達成が 1 年遅れると予測された。このときの 2024 年の漁獲量は平均 101 千トンであり、2023 年からの増加が平均 1 千トンと見込まれた。しかし、3%の確率で、2024 年の親魚量が禁漁水準案（66 千トン）を下回り、禁漁となった。

【1-5】2021 年は漁獲量一定（100 千トン）、2022 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-3）

β が 0.8 のとき、2031 年の親魚量の予測値が 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2024 年であり、シナリオ 1-1 と同じと予測された。このときの 2022 年の漁獲量は平均 63 千トンであり、2021 年からの減少が平均 37 千トンと見込まれた。

【1-6】2021 年は現状の漁獲圧、2022 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-4）

β が 0.8 のとき、2031 年の親魚量の予測値が 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2025 年であり、シナリオ 1-1 に比べて達成が 1 年遅れると予測された。漁獲量は 2021 年は平均 110 千トン、2022 年は平均 59 千トンと推移し、漁獲管理規則案を導入した 2022 年に前年から平均 51 千トンの減少が見込まれた。

【2-2】2021～2023 年は 0.8Fmsy、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-5）

漁獲量は 2021 年には平均 78 千トン、2022 年には平均 96 千トン、2023 年には平均 115 千トンと推移した。β が 0.8 のとき、2031 年の親魚量の予測値が 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2022 年であり、シナリオ 2−1 と同じと予測された。このとき、2024 年の漁獲量は平均 131 千トンであり、2023 年から平均 16 千トンの増加が見込まれた。

【2-3】2021～2023 年は漁獲量一定（85 千トン）、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-6）

β が 0.8 のとき、2031 年の親魚量の予測値が 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2022 年であり、シナリオ 2-1 と同じと予測された。このときの 2024 年の漁獲量は平均 133 千トンであり、2023 年から平均 48 千トンの増加が見込まれた。

【2-4】2021～2023 年は漁獲量一定（100 千トン）、2024 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-7）

β が 0.8 のとき、2031 年の親魚量の予測値が 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2023 年であり、シナリオ 2-1 に比べて達成が 1 年遅れると予測された。このときの 2024 年の漁獲量は平均 116 千トンであり、2023 年と平均 16 千トンの増加が見込まれた。しかし、2%の確率で、2024 の親魚量が禁漁水準案（43 千トン）を下回り、禁漁となった。

【2-5】2021 年は漁獲量一定（100 千トン）、2022 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-8）

β が 0.8 のとき、2031 年の親魚量の予測値が 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2023 年であり、シナリオ 2-1 に比べて達成が 1 年遅れると予測された。このときの 2022 年の漁獲量は平均 82 千トンであり、2021 年と平均 18 千トンの減少が見込まれた。

【2-6】2021 年は現状の漁獲圧、2022 年以降は漁獲管理規則案（補足表 14-9）

β が 0.8 のとき、2031 年の親魚量の予測値が 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る。限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は 2023 年であり、シナリオ 2-1 に比べて達成が 1 年遅れると予測された。漁獲量は 2021 年には平均 110 千トン、2022 年には平均 80 千トン、2023 年には平均 104 千トンと推移し、漁獲管理規則を導入した 2022 年に前年から平均 30 千トンの減少が見込まれた。

補足表 14-2-1.【1-4】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	0	2	7	11	13	16	19	23	26	29	42	42
0.900	0	0	0	0	2	7	11	15	19	24	28	32	36	51	52
0.800	0	0	0	0	2	7	12	17	22	28	34	39	44	61	62
0.730	0	0	0	0	2	7	12	18	25	31	38	44	50	68	69
0.700	0	0	0	0	2	7	13	19	26	33	40	46	52	71	72

b) 限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	11	27	40	48	57	65	72	78	83	86	97	98
0.900	0	0	0	11	27	40	49	59	68	75	81	86	90	98	99
0.800	0	0	0	11	27	40	50	61	70	78	84	89	92	99	100
0.730	0	0	0	11	27	40	51	63	72	80	86	90	93	100	100
0.700	0	0	0	11	27	40	52	63	73	81	87	91	94	100	100

補足表 14-2-2.【1-4】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	323	394	486	569	634	702	765	823	873	919	1,091	1,095
0.900	194	240	286	323	394	486	581	659	742	818	887	947	1,002	1,192	1,195
0.800	194	240	286	323	394	486	593	686	784	875	957	1,028	1,092	1,298	1,298
0.730	194	240	286	323	394	486	602	706	816	917	1,010	1,089	1,160	1,376	1,375
0.700	194	240	286	323	394	486	606	715	830	936	1,034	1,116	1,190	1,411	1,409

b) 漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	100	100	100	139	167	192	214	235	255	271	286	336	339
0.900	14	98	100	100	100	127	156	182	207	229	250	267	283	333	335
0.800	14	98	100	100	100	114	144	171	197	221	242	260	276	324	325
0.730	14	98	100	100	100	105	134	163	189	213	234	253	269	315	316
0.700	14	98	100	100	100	101	130	158	185	209	231	249	265	311	311

補足表 14-3-1.【1-5】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	0	1	3	7	11	17	21	26	30	33	43	42
0.900	0	0	0	0	1	4	8	14	21	27	33	38	42	52	52
0.815	0	0	0	0	1	4	10	17	25	32	40	45	50	60	60
0.800	0	0	0	0	1	4	10	17	26	33	41	46	51	62	62
0.700	0	0	0	0	1	5	12	21	31	41	49	56	61	71	72

b) 限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	11	29	44	58	69	77	83	87	90	92	97	98
0.900	0	0	0	11	30	47	63	74	81	87	91	93	95	99	99
0.815	0	0	0	11	31	50	66	78	85	90	94	96	97	100	100
0.800	0	0	0	11	31	50	67	78	85	91	94	96	97	100	100
0.700	0	0	0	11	32	54	70	82	89	93	96	98	99	100	100

補足表 14-3-2.【1-5】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	323	416	500	591	675	759	831	891	938	979	1,098	1,096
0.900	194	240	286	323	422	517	621	720	820	905	976	1,031	1,077	1,200	1,195
0.815	194	240	286	323	428	532	649	762	876	974	1,054	1,116	1,167	1,289	1,283
0.800	194	240	286	323	429	535	654	770	887	987	1,069	1,132	1,183	1,305	1,299
0.700	194	240	286	323	436	553	689	824	960	1,076	1,171	1,241	1,298	1,418	1,409

b)　漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	100	77	116	150	183	212	238	260	278	293	305	338	339
0.900	14	98	100	70	109	143	176	207	234	257	276	292	304	335	335
0.815	14	98	100	64	101	135	169	200	228	252	272	288	300	328	327
0.800	14	98	100	63	100	134	168	199	227	251	271	287	299	326	325
0.700	14	98	100	56	91	124	157	189	217	242	262	277	288	312	311

補足表 14-4-1.【1-6】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a)　目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	0	0	2	6	11	16	21	26	30	33	43	42
0.900	0	0	0	0	1	3	7	13	20	26	33	38	42	52	52
0.815	0	0	0	0	1	3	9	16	24	32	40	45	50	60	60
0.800	0	0	0	0	1	3	9	16	25	33	41	46	51	62	62
0.700	0	0	0	0	1	4	10	20	31	40	49	56	61	71	72

b)　限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	8	25	43	58	69	77	83	87	90	92	97	98
0.900	0	0	0	8	27	46	63	74	82	87	91	94	95	99	99
0.815	0	0	0	8	28	49	66	78	85	90	94	96	97	100	100
0.800	0	0	0	8	28	49	67	78	86	91	94	96	98	100	100
0.700	0	0	0	8	30	53	71	82	89	94	96	98	99	100	100

補足表 14-4-2.【1-6】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	314	403	489	581	667	754	827	889	937	978	1,098	1,096
0.900	194	240	286	314	409	505	610	712	814	902	974	1,030	1,077	1,200	1,195
0.815	194	240	286	314	415	519	637	753	871	971	1,053	1,116	1,167	1,289	1,283
0.800	194	240	286	314	416	522	642	761	881	984	1,068	1,132	1,184	1,305	1,299
0.700	194	240	286	314	422	540	676	814	954	1,074	1,171	1,242	1,299	1,418	1,409

b)　漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	110	72	113	147	180	210	236	259	277	293	305	338	339
0.900	14	98	110	66	105	140	174	205	233	256	276	292	304	335	335
0.815	14	98	110	60	98	133	167	199	227	252	272	288	300	328	327
0.800	14	98	110	59	97	131	166	197	226	251	271	287	299	326	325
0.700	14	98	110	52	88	121	155	187	216	241	262	277	289	312	311

補足表 14-5-1.　【2-2】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a)　目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	2	7	15	22	26	31	34	36	38	39	43	42
0.900	0	0	0	2	7	15	23	30	36	41	44	46	48	52	52
0.880	0	0	0	2	7	15	24	31	37	42	46	48	50	54	54
0.800	0	0	0	2	7	15	25	34	42	47	52	54	57	62	62
0.700	0	0	0	2	7	15	26	38	48	55	60	64	67	72	72

b)　限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	18	55	74	81	86	89	92	93	94	95	96	97	98
0.900	0	0	18	55	74	81	87	90	93	95	96	97	98	99	99
0.880	0	0	18	55	74	81	87	91	94	95	97	98	98	99	99
0.800	0	0	18	55	74	81	88	92	95	96	98	98	99	100	100
0.700	0	0	18	55	74	81	89	93	96	98	99	99	100	100	100

補足表 14-5-2.　【2-2】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	345	424	504	557	593	627	650	668	680	692	722	718
0.900	194	240	286	345	424	504	571	621	666	698	722	738	753	788	783
0.880	194	240	286	345	424	504	573	627	674	708	734	751	766	801	796
0.800	194	240	286	345	424	504	584	650	708	750	781	802	820	856	851
0.700	194	240	286	345	424	504	598	680	753	806	845	871	891	930	924

b)　漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	78	96	115	159	175	187	196	203	208	212	215	223	223
0.900	14	98	78	96	115	145	163	178	189	197	204	209	213	221	220
0.880	14	98	78	96	115	143	161	176	187	196	203	208	212	220	219
0.800	14	98	78	96	115	131	151	167	180	190	197	203	207	215	214
0.700	14	98	78	96	115	116	137	155	169	180	188	194	198	205	205

補足表 14-6-1.　【2-3】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a)　目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	2	10	23	27	28	31	32	35	36	37	43	42
0.900	0	0	0	2	10	23	28	32	35	39	42	44	46	52	52
0.860	0	0	0	2	10	23	29	33	38	41	45	47	50	56	56
0.800	0	0	0	2	10	23	29	35	41	45	49	52	55	62	62
0.700	0	0	0	2	10	23	31	38	46	52	58	61	64	72	72

b)　限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	18	50	65	73	78	82	86	90	92	93	95	97	98
0.900	0	0	18	50	65	73	79	84	88	91	94	95	97	99	99
0.860	0	0	18	50	65	73	79	85	89	92	95	96	97	99	99
0.800	0	0	18	50	65	73	80	85	90	93	96	97	98	100	100
0.700	0	0	18	50	65	73	81	87	91	94	97	98	99	100	100

補足表 14-6-2.　【2-3】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	337	426	531	574	591	612	631	649	663	678	721	718
0.900	194	240	286	337	426	531	588	618	650	677	701	720	738	787	783
0.860	194	240	286	337	426	531	593	629	666	697	723	744	763	814	810
0.800	194	240	286	337	426	531	602	646	691	727	757	781	802	856	851
0.700	194	240	286	337	426	531	616	676	734	781	819	848	873	929	924

b)　漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	85	85	85	162	175	184	190	196	202	207	211	223	223
0.900	14	98	85	85	85	148	164	175	183	191	198	204	208	221	220
0.860	14	98	85	85	85	142	159	171	180	189	196	202	206	219	218
0.800	14	98	85	85	85	133	151	164	175	184	192	198	203	215	214
0.700	14	98	85	85	85	118	137	152	164	174	183	189	194	205	205

補足表 14-7-1.【2-4】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a)　目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	2	9	18	22	24	26	28	31	33	35	42	42
0.900	0	0	0	2	9	18	23	27	30	34	37	40	43	52	52
0.820	0	0	0	2	9	18	24	29	34	39	43	46	50	60	60
0.800	0	0	0	2	9	18	24	30	35	40	44	48	52	62	62
0.700	0	0	0	2	9	18	26	33	40	46	52	56	60	71	72

b)　限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	18	45	57	63	69	75	80	84	87	90	92	97	98
0.900	0	0	18	45	57	63	70	77	82	86	90	92	94	99	99
0.820	0	0	18	45	57	63	71	78	83	88	91	94	96	99	100
0.800	0	0	18	45	57	63	71	78	84	88	91	94	96	99	100
0.700	0	0	18	45	57	63	72	79	85	90	93	95	97	100	100

補足表 14-7-2.　【2-4】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	323	391	469	513	536	564	589	613	632	652	718	718
0.900	194	240	286	323	391	469	525	560	598	632	662	686	710	784	783
0.820	194	240	286	323	391	469	535	581	627	668	704	733	760	839	837
0.800	194	240	286	323	391	469	537	586	635	678	715	745	773	853	851
0.700	194	240	286	323	391	469	550	612	674	727	773	809	841	927	924

b)　漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	100	100	100	141	155	166	175	183	191	197	203	222	223
0.900	14	98	100	100	100	129	145	158	168	178	187	194	201	220	220
0.820	14	98	100	100	100	118	136	150	162	173	182	190	197	215	216
0.800	14	98	100	100	100	116	134	148	161	171	181	189	195	214	214
0.700	14	98	100	100	100	103	122	137	151	162	173	181	187	205	205

補足表 14-8-1.　【2-5】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a)　目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	2	6	11	16	21	26	30	34	36	37	43	42
0.900	0	0	0	2	7	12	19	26	32	37	42	44	47	52	52
0.870	0	0	0	2	7	13	20	27	34	40	45	47	50	55	55
0.800	0	0	0	2	7	14	23	31	40	46	51	54	57	62	62
0.700	0	0	0	2	8	17	27	37	48	55	60	64	67	72	72

b)　限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	18	45	62	72	79	84	88	91	93	94	95	97	98
0.900	0	0	18	45	64	75	83	88	92	94	96	97	98	99	99
0.870	0	0	18	45	64	76	84	89	93	95	96	97	98	99	99
0.800	0	0	18	45	66	78	86	91	94	96	97	98	99	100	100
0.700	0	0	18	45	68	81	89	93	96	98	99	99	99	100	100

補足表 14-8-2. 【2-5】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	323	391	447	502	546	588	620	644	662	678	721	718
0.900	194	240	286	323	400	466	532	587	638	677	706	726	744	787	783
0.870	194	240	286	323	402	472	542	600	654	695	725	747	765	808	803
0.800	194	240	286	323	408	487	565	632	693	738	772	795	815	856	851
0.700	194	240	286	323	417	508	600	680	752	805	844	870	891	930	924

b) 漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	100	100	123	141	158	172	184	194	201	207	212	223	223
0.900	14	98	100	91	115	134	153	168	181	192	200	206	210	221	220
0.870	14	98	100	88	112	132	151	167	180	191	199	205	209	219	219
0.800	14	98	100	82	106	127	146	163	176	187	195	201	206	215	214
0.700	14	98	100	73	96	117	137	155	169	180	188	194	198	205	205

補足表 14-9-1. 【2-6】将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	0	1	4	9	15	20	26	30	33	35	37	43	42
0.900	0	0	0	1	4	10	18	25	32	37	42	44	47	52	52
0.870	0	0	0	1	4	11	19	26	34	40	45	47	50	55	55
0.800	0	0	0	1	5	12	21	30	39	46	51	54	57	62	62
0.700	0	0	0	1	5	14	25	37	47	55	61	64	67	72	72

b) 限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	0	0	18	42	62	73	80	85	88	91	93	94	95	97	98
0.900	0	0	18	42	65	76	83	88	92	94	96	97	98	99	99
0.870	0	0	18	42	66	77	84	89	93	95	96	97	98	99	99
0.800	0	0	18	42	67	79	87	91	94	96	98	98	99	100	100
0.700	0	0	18	42	70	82	90	94	96	98	99	99	99	100	100

補足表 14-9-2. 【2-6】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）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	194	240	286	314	378	436	494	542	586	619	644	662	678	722	718
0.900	194	240	286	314	386	455	525	583	637	676	706	727	745	787	783
0.870	194	240	286	314	388	461	534	596	653	694	726	747	766	808	803
0.800	194	240	286	314	394	475	557	628	692	739	773	796	816	856	851
0.700	194	240	286	314	403	496	593	677	752	806	845	871	892	930	924

b) 漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.000	14	98	110	97	120	138	157	171	184	193	201	207	212	223	223
0.900	14	98	110	89	112	132	151	168	181	192	200	206	210	221	220
0.870	14	98	110	86	110	130	150	166	180	191	199	205	209	219	219
0.800	14	98	110	80	104	124	145	162	176	187	196	201	206	215	214
0.700	14	98	110	71	95	115	136	154	169	180	188	194	198	205	205

補足資料 15：漁獲管理規則導入時の漁獲量の減少を緩和するシナリオの結果比較

マイワシ対馬暖流系群の漁獲管理に関して、12 通りの漁獲シナリオを検討した（補足表 14-1）。シナリオの特徴を明らかにするために、2020～2031 年の平均漁獲量、および平均親魚量を比較した。また、平均親魚量が 2020 年の親魚量よりも減少するリスクを検討した。いずれも 2031 年の親魚量が目標管理基準値案を 50%の確率で上回る β のうち最大の β（補足表 15-1）のときの数値を示す。

平均漁獲量（補足図 15-1）

2021 年から漁獲管理規則案に基づくシナリオ（1-1 および 2-1）と、2021 年は漁獲量 100 千トン一定のシナリオ（1-5 および 2-5）、もしくは現状の漁獲圧で漁獲するシナリオ（1-6 および 2-7）では、漁獲管理規則導入時に前年に比べて漁獲量の大幅な減少が見られた。2021～2023 年は 0.8Fmsy で漁獲するシナリオ（1-2 および 2-2）および漁獲量一定のシナリオ（1-3~1-4 および 2-3~2-4）では、漁獲管理規則を導入する 2024 年に漁獲量の減少は生じない。しかし、漁獲量を一定にした場合シナリオでは、2023 年以降の漁獲量は、2021 年から漁獲管理規則案に基づくシナリオ（1-1 および 2-1）や 0.8Fmsy で漁獲するシナリオ（1-2 および 2-2）よりも低くなった。また、すべてのシナリオで漁獲管理規則が導入される 2024 年以降は、2021～2023 年は漁獲量 100 千トン一定のシナリオ（1-4 および 2-4）の漁獲量が最も低くなった。通常加入期の再生産関係における漁獲管理規則案を 2021 年に導入したシナリオ（1-1）を除き、その他のシナリオの漁獲量に顕著な差はなかった。

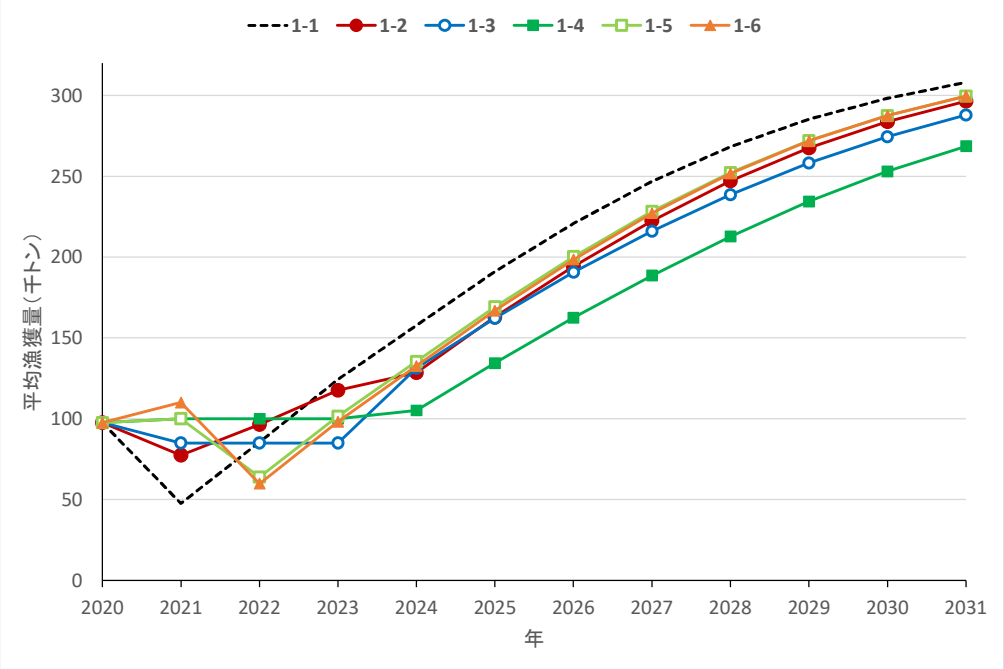
平均親魚量（補足図 15-2）

2021～2023 年は漁獲量 100 千トン一定のシナリオ（1-4 および 2-4）では、親魚量の回復が緩やかであった。通常加入期の再生産関係における漁獲管理規則案を 2021 年に導入したシナリオ（1-1）では、2022 年以降の親魚量が常に高くなった。そのほかのシナリオでは、親魚量の推移に顕著な差はなかった。

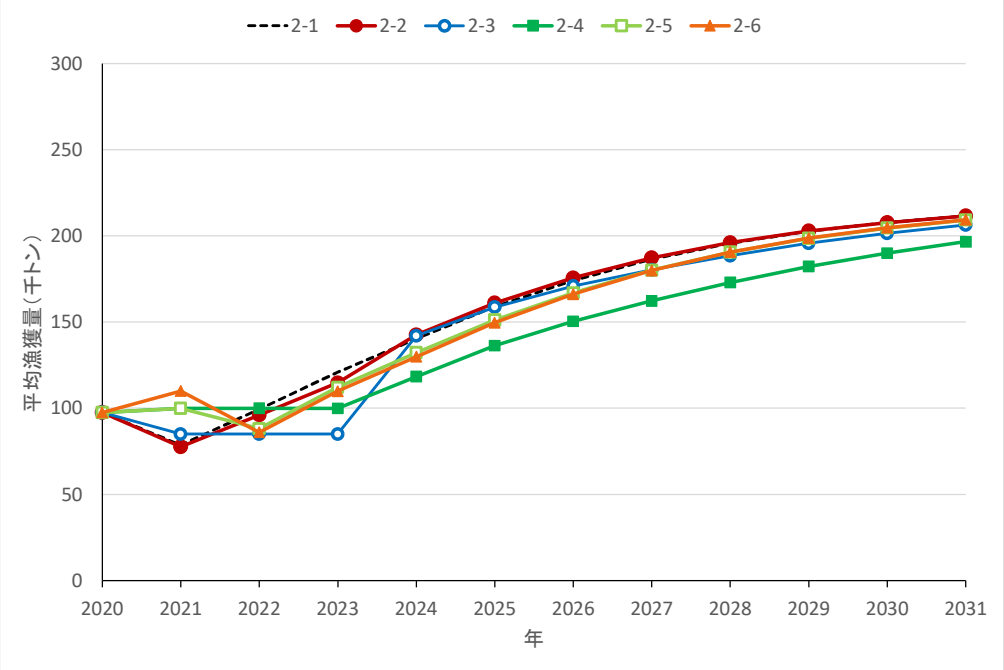
親魚量が減少するリスク（補足表 15-1）

加入量の不確実性を考慮すると、漁獲管理規則案に従わない漁獲圧をかけた場合、親魚量（資源量）が減少するリスクが考えられる。そこで、10,000 回の将来予測シミュレーションにおいて、2021 年～2025 年の各年の親魚量が、2020 年の親魚量（240 千トン）を下回る確率を求めた。通常加入期の漁獲管理規則案を 2021 年に導入するシナリオ（1-1）では 3%以下、移行期を除いた通常加入期の漁獲管理規則案を 2021 年に導入するシナリオ（2-1）では 9%以下と算出された。漁獲管理規則案の導入を遅らせた場合、いずれのシナリオでも各年の親魚量が 2020 年親魚量を下回る確率は増加した。0.8Fmsy で漁獲するシナリオ（1-2 および 2-2）では、確率は 11%以下であり、比較的低かった。漁獲量一定のシナリオ（1-3～1-5 および 2-3～2-5）および現状の漁獲圧で漁獲をするシナリオ（1-6 および 2-6）では、2022 年の段階で 20～28%であった。また、2021～2023 年は漁獲量 100 千トン一定のシナリオ（1-4 および 2-4）では、それぞれ 3%（1-4）および 2%（2-4）の確率で、2024 年の親魚量が禁漁水準案を下回った。

（1）通常加入期（1960～1975 年および 1988～2017 年）の再生産関係における漁獲管理規則案（補足図 10-1）に基づくシナリオ

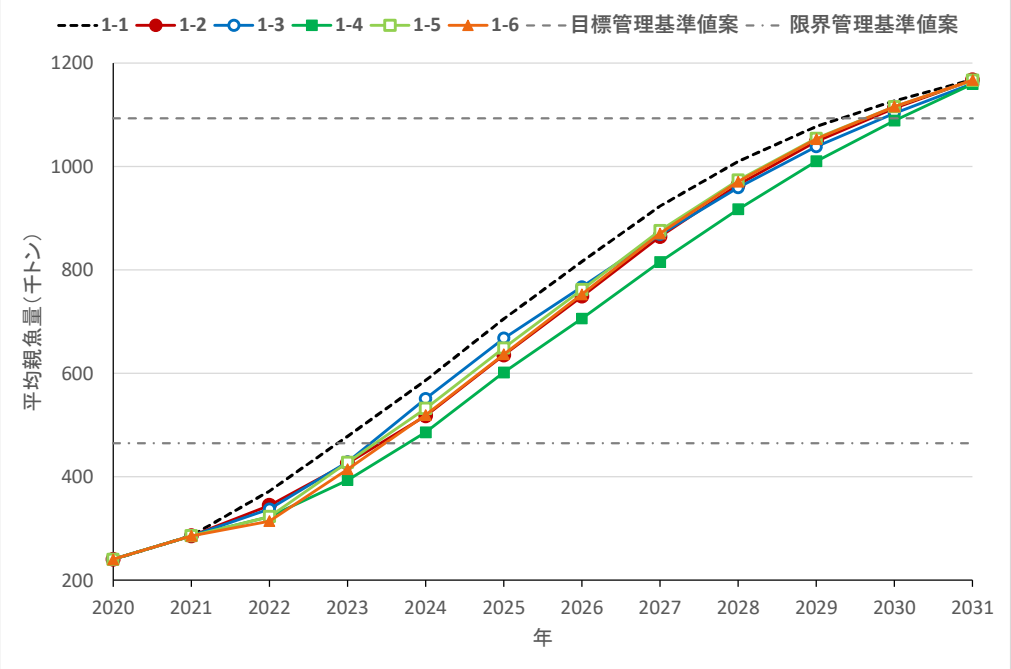


（2）移行期を除く通常加入期（1960～1975 年および 1991～2017 年）の再生産関係における漁獲管理規則案（補足図 12-3）に基づくシナリオ

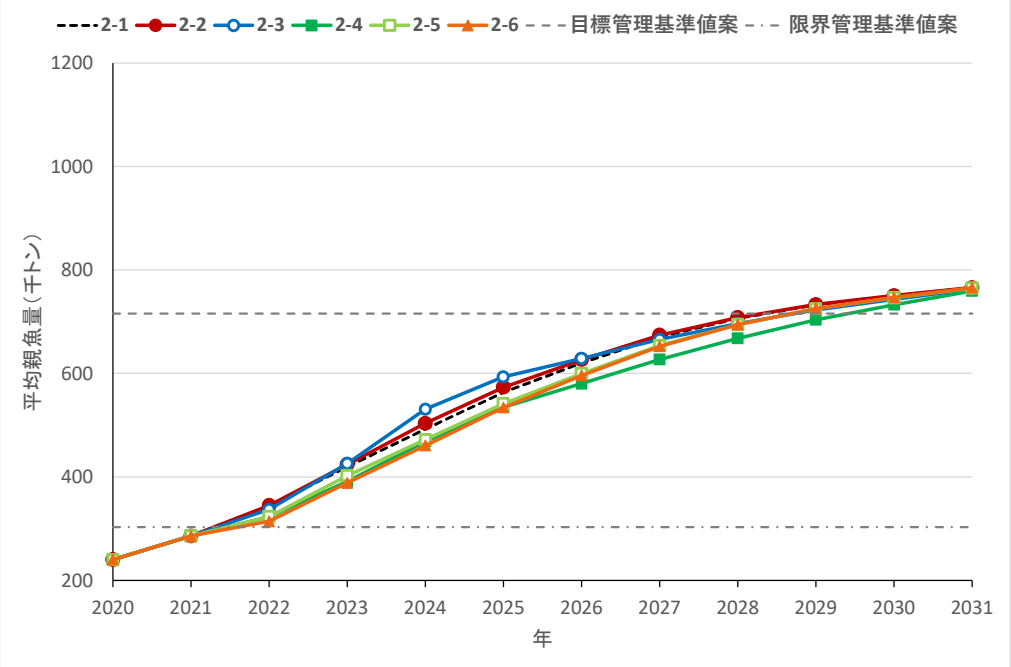


補足図 15-1. 2020～2031 年の平均漁獲量

（1）通常加入期（960～1975 年および 1988～2017 年）の再生産関係における漁獲管理規則案（補足図 10-1）に基づくシナリオ



（2）移行期を除く通常加入期（1960～1975 年および 1991～2017 年）の再生産関係における漁獲管理規則案（補足図 12-3）に基づくシナリオ



補足図 15-2. 2020～2031 年の平均親魚量

補足表 15-1. 2031 年の親魚量が目標管理基準値案を 50%の確率で上回る β と将来の親魚量が 2020 年の親魚量を下回る確率（%）

シナリオ	β	2021	2022	2023	2024	2025
1-1	0.840	0	3	1	1	0
1-2	0.805	0	11	9	7	3
1-3	0.785	0	21	19	18	10
1-4	0.730	0	28	27	27	18
1-5	0.815	0	28	10	4	2
1-6	0.815	0	24	7	3	1
2-1	0.880	0	9	7	5	4
2-2	0.880	0	11	9	7	4
2-3	0.860	0	20	19	18	12
2-4	0.820	0	27	27	27	20
2-5	0.870	0	27	15	9	6
2-6	0.870	0	24	11	8	5