

平成 30（2018）年度マイワシ対馬暖流系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（安田十也、黒田啓行、林 晃、依田真里、鈴木 圭、高橋素光）

参画機関：日本海区水産研究所、青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県農林水産技術センター水産振興センター、山形県水産試験場、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、資源量指標値を考慮した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。2017年の資源量は424千トンで、親魚量は197千トンと推定された。2017年の親魚量が B_{limit} （100千トン）を上回っていることから資源水準は中位で、最近5年間（2013～2017年）の資源量の推移から動向は増加と判断した。今後、再生産成功率（加入量÷親魚量）が、不確実性の高い直近年（2017年）を除く過去10年（2007～2016年）の中央値で継続した場合に、現状の漁獲圧の維持（ $F_{current}$ ）、および親魚量の維持（ F_{med} ）の各漁獲シナリオで期待される漁獲量を2019年ABCとして算定した。なお、本評価における現状の漁獲圧の維持シナリオは親魚量の増大（ $F_{40\%SPR}$ ）シナリオと同等である。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2019 年 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)	2024 年の 親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2024 年に 2017 年 親魚量を 維持	2024 年に Blimit を 維持
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent ≒F40%SPR)	Target	116	16	0.25 (-20%)	835 (329~1480)	99	100
	Limit	140	20	0.31 (±0%)	645 (241~1218)	94	100
親魚量の維持* (Fmed ≒F30%SPR)	Target	155	22	0.35 (+12%)	552 (190~999)	89	99
	Limit	186	26	0.44 (+40%)	386 (144~749)	78	97
コメント ・本系群の ABC 算定には、規則 1-1) - (1) を用いた。 ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的 管理方針では、「大韓民国及び中華人民共和国等と我が国の水域にまたがって分布し、大 韓民国及び中華人民共和国等においても採捕が行われていることから、関係国との協調 した管理に向けて取り組みつつ、資源の維持若しくは増大することを基本に、我が国水 域への来遊量の年変動も配慮しながら、管理を行う」とされており、親魚量の維持シナ リオから得られる漁獲係数以下の漁獲係数であれば、資源を維持または増大させること ができると考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。							

Target は、資源変動やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下で、より安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。Limit は各漁獲シナリオの下で許容される最大の F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は 2013～2017 年の F の平均値、漁獲割合は 2019 年の漁獲量／資源量、F 値は各年齢の平均値である。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量の維持を指す。2017 年の親魚量は 197 千トン。

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2014	233	126	9	0.05	4.1
2015	289	175	70	0.44	24.1
2016	339	164	62	0.35	18.4
2017	424	197	54	0.20	12.8
2018	627	325	118	0.31	18.8
2019	711	393	—	—	—

2018 年および 2019 年の値は将来予測に基づいた推定値である。F は各年齢の平均値である。

	指標	水準	設定理由
Bban	資源量	5千トン	近年における最低資源量 4.4 千トン（2003 年）およびその前後の資源量推定値より判断
Blimit	親魚量	1971 年水準 (100 千トン)	これ未満の親魚量では良好な加入量が期待できなくなる。
2017 年	親魚量	1971 年水準以上 (197 千トン)	

水準：中位 動向：増加

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、関連調査等
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）*
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。

1. まえがき

我が国周辺に分布するマイワシは、対馬暖流系群と太平洋系群から構成され、1980 年代後半に日本周辺域で最も多獲された魚種である。1988 年には日本全体で約 450 万トンの漁獲量があった。対馬暖流系群では、1980 年代半ばから 1990 年代前半にかけて 100 万トンを超える漁獲量があったが、その後減少し、2000～2010 年の漁獲量は 2007 年を除いて 1 万トンを下回った（表 1）。漁獲量の減少要因として、1980 年代後半に再生産成功率が低下したことや、資源の減少に伴って漁獲圧が高くなったことが考えられる。連続した加入の失敗は、人為的な影響よりも、自然環境的な要因によるものと考えられている（Watanabe et al., 1995, Ohshimo et al., 2009）。このように、マイワシは数十年規模の資源変動を示すが、再生産関係を考慮し、不適な環境においてもある程度の加入が見込める親魚量を確保することが重要である。また、資源が低水準となった場合には、親魚量を増加させ、将来の好適な海洋環境下での加入量の回復に備える必要がある。

平成 21 (2009) 年度から「日本海西部・九州西海域マアジ (マサバ・マイワシ) 資源回復計画」が開始された。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、以降、集中的な漁獲圧をかけないように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、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。資源回復計画は平成 23 (2011) 年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、平成 24 (2012) 年度以降、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下、継続して実施されている。

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 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)。また、分布域の広さは資源量だけでなく物理環境の影響を受けることが指摘されている (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、資源高水準期に成長が速く、低水準期に遅くなる (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 15cm 程度、2 年で 18cm 程度、3 年で 19cm 程度に達する。寿命は 7 歳程度と推定される。図 2 に、2013~2017 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 歳魚以上であった。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、2016~17 年) は同等の数値をとると仮定した。図 3 に過去の本系群の評価で使われた年齢別成熟率の仮定を示した。この仮定における年齢別成熟率は 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ており（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る。2017 年の 1 歳魚の成熟率はこれと同等であるとした。その結果、2017 年の年齢別成熟率は、0 歳魚では全数が未成熟、満 1 歳魚では全体の 25%が、2 歳魚以上では全数が成熟するとなった。

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 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）。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）。

（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再生産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。

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

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 4、表 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 86 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。2017 年の漁獲量は前年（62 千トン）より減少し 54 千トンであった。日本海北部（青森県～石川県）と東シナ海（福岡県～鹿児島県）で漁獲量が前年より減少し、特に日本海北部の減少が著しかった。一方、日本海西部（福井県～山口県）の漁獲量は前年より増加し、本系群漁獲量の

大部分を占めた。

対馬暖流域では日本の他に韓国・中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 千トンであったが、近年の漁獲量は 2016 年に 5 千トン、2017 年に 8 千トンと増加している（水産統計（韓国海洋水産部）、<http://www.fips.go.kr:7001/index.jsp>、2018 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、2007～2016 年にかけて 13～17 万トンであり、横ばいで推移している（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2016、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2018 年 6 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

本系群の主漁場は日本海南西部海域であり、この海域のマイワシは主にまき網漁業により漁獲される。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 5）。延べ日別水揚げ統数は、2004～2017 年は 1.5～1.9 千統で安定して推移しており、2017 年には 1.4 千統であった。

4. 資源の状態

(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、1960～2017 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 2004～2017 年の資源量指標値（産卵量、境港で水揚げされるマイワシのまき網 1 カ統当りの漁獲量）を用いて 2017 年の漁獲係数 F の調整を行った（補足資料 1、2）。なお、2015～2016 年の漁獲量や漁獲物年齢組成から、2014 年は漁場となる沿岸域への来遊が極めて少ない年であったと考えられる。資源量指標値は沿岸域における漁獲情報および卵稚仔調査に基づくため、2014 年の資源量指標値はその年の資源量および親魚量を指標していないと考えられることから F の調整のためには用いなかった。

8～9 月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」および冬期に行われている日本海西部海域における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 3 に示した。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ため、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。

(2) 資源量指標値の推移

境港で水揚げされるマイワシのまき網1ヵ統あたり漁獲量(トン/統数; 補足資料2)を図5に示す。2000年代前半は低い値であったが、2011年以降大幅に増加した。2014年は急減し、0.53トン/統数であったが、2015年に17.77トン/統数となり再び増加した。2017年は前年より増加して25.18トン/統数であった。境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。今後、その他の海域および漁業種における漁獲努力量と漁獲量の把握を進め、資源量指標値の信頼性の評価および精度向上を図る必要がある。

九州西岸から日本海で実施された卵稚仔調査の結果を図6に示す。本資源の産卵量は2010年以降回復傾向にあり、2013年の産卵量は106兆粒に達したが、2016年には43兆粒に減少した。2016年の産卵量の減少は、1歳魚の成熟率の低下が要因のひとつとなっている可能性がある。2017年の産卵量は59兆粒で前年より増加した。

(3) 漁獲物の年齢構成

年齢別・年別漁獲尾数を図7、補足資料4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が、2011年以降は1歳以上の漁獲尾数の割合が増加している。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

コホート解析により得られた結果を表1に、資源量と漁獲割合の推移を図8に示す。コホート解析の結果から、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。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と推定される。2004年以降の資源量は増加傾向にあり、2009～2011年および2014～2017年の期間に特に増加する傾向が見られた。2017年の資源量は42.4万トンと推定された。漁獲量が減少傾向を示す中で近年の資源量が増加傾向と推定されたことについて、資源量指標値として用いている境港におけるマイワシのまき網1ヵ統あたり漁獲量が2017年に増加したことが主な要因としてあげられる。

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年代以降は変動が激しい。2001年以降では、2010年(3%)と2014年(4%)を除き、10～34%の間で変動している(表1)。2017年の漁獲割合は13%である。

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、2017年の資源量、親魚量、加入量(0歳魚の資源尾数)を計算した結果を図9に示す。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70～73%の値となり、Mが0.5の場合は0.4の場合の148～156%の値となった。

漁獲係数Fの推移を図10に、資源量とFの関係を図11に示す。1965年から1990年代前半のFは比較的低い値で緩やかな増加傾向を示した。1990年代中盤以降から、Fは急激に増加し、経年変動が大きくなった。2005～2010年にかけてFは減少傾向にあったが、その後のFは再び緩やかに増加しながら推移している。

(5) 再生産関係

親魚量と加入量の関係を図 12 に示す。親魚量と加入量の間には正の相関が認められるが、親魚量あたりの加入量は安定的ではなく、特に 1970～1980 年代と 1990～2000 年代では大きく異なる。親魚量の増減に対する加入量の増減は、1990～2000 年代に比べて 1970～1980 年代の方が大きい。この違いに関しては中長期変動する環境要因の影響が働いていると近年の研究で指摘されている (Ohshimo et al., 2009)。

(6) Blimit の設定

親魚量に対して高い加入量が確認されたのは 1971 年以降であり、この年の親魚量は 9.9 万トン、加入量は 39 億尾であった (図 12、補足資料 5)。その一方で、1971 年水準より少ない親魚量では 39 億尾を超える加入は 1972 年、2010 年を除き認められていない (表 1、図 12)。1971 年水準以下では、環境が好転しても高い加入が期待できない可能性が高い。このことから、本系群では、過去に良好な加入に繋がった 1971 年の親魚量 (9.9 万トン) 以上を確保することが望ましいと考え、これに近い親魚量 10 万トンを Blimit とした (図 12)。

また、近年における最低資源量 0.4 万トン (2003 年) およびその前後の資源量推定値より、資源量 0.5 万トンを Bban (図 8) とした。

(7) 資源の水準・動向

資源水準は、Blimit との対応から、親魚量 10 万トンを低位と中位の境界とした。また、資源量が多かった 1980 年代から 1990 年代前半までが高位に相当するように中位と高位の境界は親魚量 100 万トンとした。2017 年の親魚量は 19.7 万トンであることから中位と判断した。動向は、最近 5 年間 (2013～2017 年) の資源量の推移から、増加と判断した。

(8) 今後の加入量の見積もり

①再生産成功率の推移

親魚量と加入量の推移を図 13、表 1 に示す。加入量は、2001～2003 年は 0.5 億尾前後と低かったが、2004 年に 2 億尾を上回って以降、増加傾向にある。近年では 2010、2015、2016 年の加入量が特に多かった。2017 年は 82 億尾となり、1996 年以降で最も高い値が推定された。しかし、直近年の加入量は、年齢別漁獲尾数の追加・更新等により変更されやすく、不確実性が高い。夏季に行われた中層トロール調査におけるマイワシ (主に当歳魚) の CPUE は 2016 年に最も高い値が得られている。2017 年の CPUE は前年より大きく減少したものの 2 番目に高い値であった。(補足資料 3)。親魚量は 2004 年以降から増加傾向を示した後、2012 年以降から横ばい傾向にある。2017 年の親魚量は 19.7 万トンとなった。

再生産成功率の推移を図 14 に示す。再生産成功率は 1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて低い値で推移していたが、1990 年代中盤に増加した後に変動しながら横ばいに推移している。近年では 2004、2005、2010、2016 年において比較的高い値が認められた。親魚量と再生産成功率の関係を図 15 に示す。親魚量が極めて多かった 1988 年以降に再生産成功率が連続して低くなる期間がみられる。

②資源と海洋環境の関係

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)。本系群においては、リッカー型の再生産曲線からの加入量の対数残差 (LNRR) が、冬季のモンスーンインデックス (MOI: イルクーツクと根室の海面気圧差、季節風の強さの指標) や北極振動 (AO: 冬季北半球の大気循環の変動パターン) の指数に対応して変動していたことから、季節風の強さや水温といった環境要因の中長期変動がマイワシの再生産成功率に影響することが示唆される (Ohshimo et al., 2009)。本報告では、LNRR とほぼ同じ傾向を示す再生産成功率の対数値 (lnRPS) の変動傾向を図 16 に示した。lnRPS の動向は AO の正負を逆にした動向におおよそ対応している。近年では AO の年変動が激しく両者の関係が不明瞭になっている。

③今後の加入量の仮定

将来予測において、今後の加入量は再生産成功率と親魚量の積として見積もった。計算に用いる再生産成功率は、コホート解析において不確実性が高くなる直近年 (2017 年) を除く過去 10 年間 (2007~2016 年) の中央値 (25.2 尾/kg) とした。

(9) 生物学的管理基準 (漁獲係数) と現状の漁獲圧の関係

F と加入量あたり漁獲量 (YPR)、加入量あたり親魚量 (SPR) の関係を図 17 に示す。年齢別の体重は近年 5 年間 (2013~2017 年) の単純平均値とした。年齢別成熟率は 2016~2017 年と同等と仮定した。現状の F ($F_{current}$) は、コホート解析における近年 5 年間 (2013~2017 年) の F の単純平均値とした (補足資料 4)。 F_{med} は、近年 10 年間 (コホート解析における不確実性の高い直近年の 2017 年を除く 2007~2016 年の 10 年間) の再生産成功率の中央値に対応しており、資源維持を図る漁獲係数である ($F_{current}$ の選択率の下で、SPR が 39.7 g ($1 \div 0.0252$ 尾/g) になる F)。さらに、 F_{max} 、 $F_{40\%SPR}$ 、 $F_{30\%SPR}$ との関係も示した。 $F_{current}$ は全ての管理基準の中で最も低く、 $F_{40\%SPR}$ と同程度であった。 F_{med} は F_{max} より低く、 $F_{30\%SPR}$ と同程度であった。

5. 2019 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は 1980 年代に高い水準にあったが、1990 年代後半に急減し、2001~2003 年には過去最低水準で推移した。近年、本系群の資源量は増加傾向となったが、2010~2014 年に横ばい傾向を示した。その後は増加傾向にある。2017 年の資源量は 424 千トン、親魚量は 197 千トンであり、 B_{ban} (資源量 5 千トン) および B_{limit} (親魚量 100 千トン) を上回っている。資源水準は中位、動向は増加と判断した。

(2) 漁獲シナリオに対応した推定漁獲量の算定

複数のシナリオに合わせて F を変化させた場合の、コホート解析による推定漁獲量と資源量の予測値を以下の表および図 18、表 2 に示す。本系群では現状の親魚量を維持または増大させることを管理目標とし、2017 年の親魚量が B_{limit} を上回っていると推定されたことから、ABC 算定規則 1-1)-(1)に従い、現状の漁獲圧の維持シナリオ ($F_{current}$) および親魚

量の維持シナリオ (Fmed) の下で 2019 年 ABC を算定した。

自然死亡率が高い小型浮魚類の親魚量を長期間安定的に維持するためには、SPR の 40～60%に相当する高い水準が必要とされ、また加入量に連続的な相関がある場合においても 40%前後の高めの水準を必要とするとの指摘がある (Caddy and Mahon 1995)。このことから本系群では、漁獲がない場合の SPR の 40%に相当する親魚量を確保する管理基準値 (F40%SPR) を親魚量の増大シナリオとしてこれまで提案してきた。今年度評価における F40%SPR は Fcurrent と同程度であったため、現状の漁獲圧の維持シナリオは親魚量の増大シナリオと同等とみなせる。

2018 年の F は Fcurrent (2013～2017 年の平均値) とした。漁獲シナリオに対応した推定漁獲量を算定した結果、Fmed 未満の F では親魚量の増加が見込まれる。Fcurrent は Fmed を下回っており、現状の漁獲圧の維持シナリオで漁獲した場合でも、将来の親魚量の増加が見込まれる。

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	漁獲量 (千トン)							
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.25	54	118	116	135	158	184	214	250
	Limit	0.31	54	118	140	156	172	191	211	234
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.35	54	118	155	166	178	191	205	221
	Limit	0.44	54	118	186	185	185	185	185	185
			資源量 (千トン)							
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.25	424	627	711	832	971	1132	1320	1540
	Limit	0.31	424	627	711	789	875	969	1074	1189
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.35	424	627	711	764	822	881	947	1017
	Limit	0.44	424	627	711	711	711	710	711	711
			親魚量 (千トン)							
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.25	197	325	393	449	528	613	716	835
	Limit	0.31	197	325	393	426	476	525	583	645
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.35	197	325	393	413	447	478	514	552
	Limit	0.44	197	325	393	384	387	386	386	386

Target は資源変動やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下で、より安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量およびそれで達成される資源量で、Limit は各漁獲シナリオの下で許容される最大の F 値による漁獲量およびそれで達成される資源量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

(3) 2019 年 ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

将来予測において、再生産成功率の年変動が親魚量、資源量、漁獲量の動向に与える影響を検討した。将来予測に用いる 2018 年以後の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1960～2017 年の再生産成功率の平均値に対する各年の比率が同じ確率で現れて（重複を許してランダム抽出）、その比率に仮定値 25.2 尾/kg を乗じたものであるとした。この仮定の下で、現状の漁獲圧の維持シナリオ（F_{current}）および親魚量の維持シナリオ（F_{med}）の 2 つのシナリオについて検討した。

親魚量と漁獲量について 1,000 回のシミュレーションを行った結果を図 19 に示す。また、次ページの表に管理開始から 5 年後にあたる 2024 年の親魚量、親魚量が 2024 年に 2017 年の親魚量を維持する確率および Blimit を維持する確率を示す。なお、このシミュレーションでは、過去に見られなかった親魚量水準では密度効果が働くことも想定されるので、過去最大の親魚量（1990 年の 5,111 千トン）以上では、加入量を過去最大の親魚量と再生産成功率の積とした（再生産成功率の変動を考慮しない場合、加入量は約 1,288 億尾）。

現状の漁獲圧の維持では、5 年後に 2017 年の親魚量を維持する確率、Blimit を維持する確率ともに 94%以上であった。親魚量の維持シナリオでは 2024 年に 2017 年の親魚量を維持する確率が 78%となった。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2019 年 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)	2024 年の 親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2024 年に 2017 年 親魚量を 維持	2024 年に Blimit を 維持
現状の漁獲圧 の維持* (F _{current} ≒F40%SPR)	Target	116	16	0.25 (－20%)	835 (329~1480)	99	100
	Limit	140	20	0.31 (±0%)	645 (241~1218)	94	100
親魚量の維持* (F _{med} ≒F30%SPR)	Target	155	22	0.35 (+12%)	552 (190~999)	89	99
	Limit	186	26	0.44 (+40%)	386 (144~749)	78	97

コメント

- ・本系群の ABC 算定には、規則 1-1) - (1) を用いた。
- ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「大韓民国及び中華人民共和国等と我が国の水域にまたがって分布し、大韓民国及び中華人民共和国等においても採捕が行われていることから、関係国との協調した管理に向けて取り組みつつ、資源の維持若しくは増大することを基本に、我が国水域への来遊量の年変動も配慮しながら、管理を行う」とされており、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下の漁獲係数であれば、資源を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。

Target は資源変動やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下で、より安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量で、Limit は各漁獲シナリオの下で許容される最大の F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は 2013～2017 年の F の平均値、漁獲割合は 2019 年の漁獲量／資源量、F 値は各年齢の平均値である。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量の維持を指す。2017 年の親魚量は 197 千トン。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2016 年漁獲量確定値	2013～2016 年漁獲量
2017 年漁獲量暫定値・月別体長組成	2013～2016 年年齢別漁獲尾数
2016 年資源量指標値の確定	2017 年までの年齢別資源尾数（再生産関係）、漁獲係数（年齢別選択率）
2017 年資源量指標値	

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン) (実際の F 値)
2017 年(当初)	Fmed	0.44	437	121*	100	
2017 年(2017 年 再評価)	Fmed	0.36	346	83	68	
2017 年(2018 年 再評価)	Fmed	0.44	424	105	87	54 (0.20)
2018 年(当初)	Fmed	0.36	392	96*	80	
2018 年(2018 年 再評価)	Fmed	0.44	627	157	130	
2017、2018 年とも、TAC 設定の根拠となったシナリオについて行った。 *は TAC 設定の根拠である。						

2017 年の資源量および ABC はともに当初評価に比べてやや下方修正された。2013 年級群（2017 年時の 4 歳魚）と 2015 年級群（2017 年時の 2 歳魚）の資源量が当初の見積もりより少なかったことが要因となっている。2018 年の資源量および ABC は当初評価に比べて大きく上方修正された。特に 2016 年級群（2018 年時の 2 歳魚）と 2017 年級群（2018 年時の 1 歳魚）の資源量が上方修正されたのに伴い、2018 年の加入量も上方修正されたことが要因となっている。また、Fcurrent の仮定が、当初評価では近年 10 年間の年齢別 F の平均値であったが、2018 年再評価では近年 5 年間の平均値に変更された（補足資料 4）。これにより年齢別選択率が変更され、かつ Fmed を達成する F 値が当初評価より増加したことも上方修正の要因となっている。

6. ABC 以外の管理方策の提言

現在、資源量は 2000 年代前半に比べて増加し、直近 5 年間の推移から動向は増加と判断されるものの、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 14）、将来予測における推定値の不確実性は高い状況にある（図 19）。本資源の利用・管理にあたっては、これらを十分に考慮して実施することが望ましい。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.
- Caddy, J. F., and R. Mahon (1995) Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. **347**, FAO, 83pp.
- 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.
- 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.
- Watanabe, Y., H. Zenitani and R. Kimura (1995) Population decline of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* owing to recruitment failures. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **52**, 1609-1616.
- 安田十也・黒田啓行・林 晃・依田真里・鈴木 圭・高橋素光 (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.

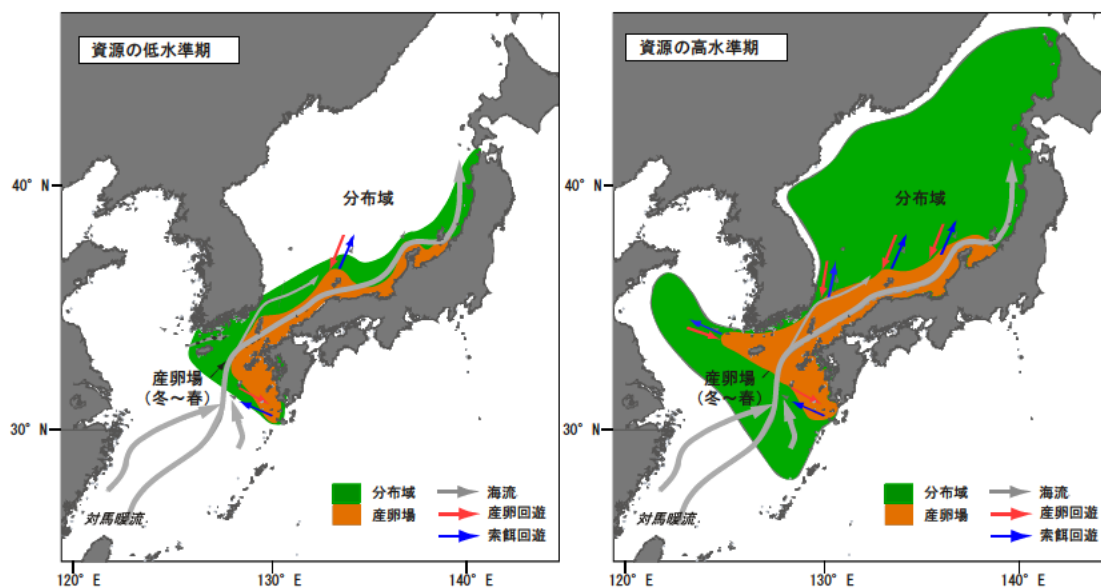


図1. マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊および生活史と漁場形成模式図
(左：低水準期、右：高水準期)

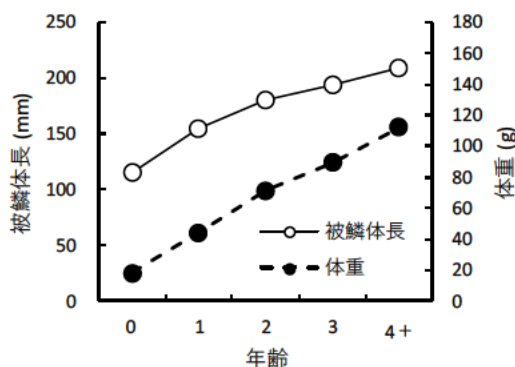


図2. 年齢と成長 (2013～2017 年の漁獲物平均値)

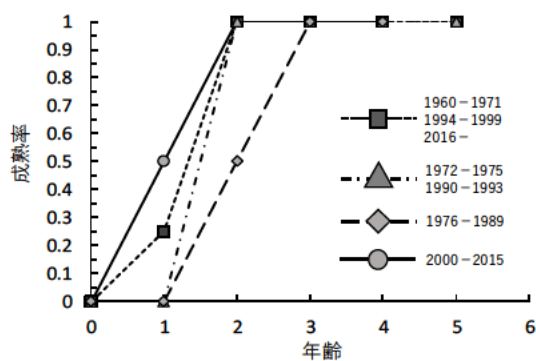


図3. 年齢と成熟率

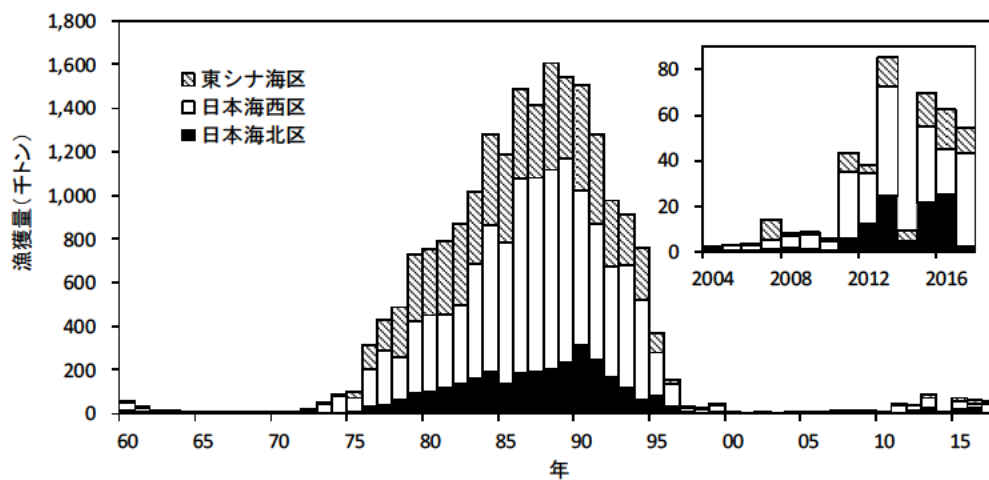


図4. 漁獲量の推移

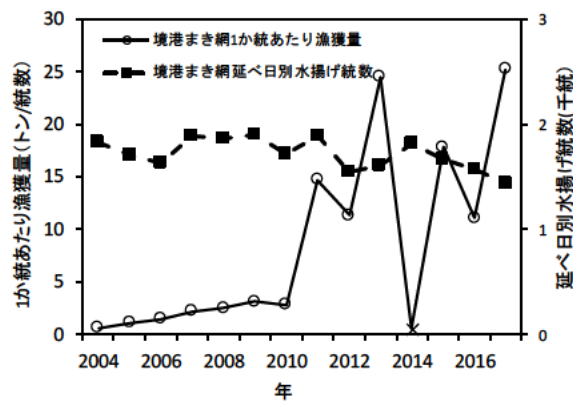


図 5. 境港まき網の努力量（延べ日別水揚げ統数）と 1 か統あたり漁獲量（トン/統数）

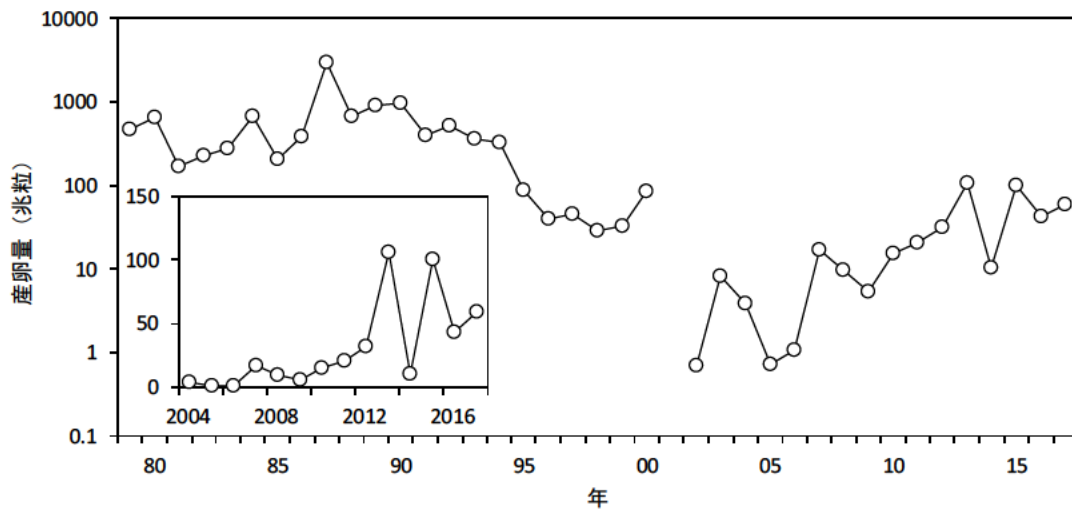


図 6. 卵稚仔調査（九州～日本海）による産卵量 2001 年に卵は採集されなかった。

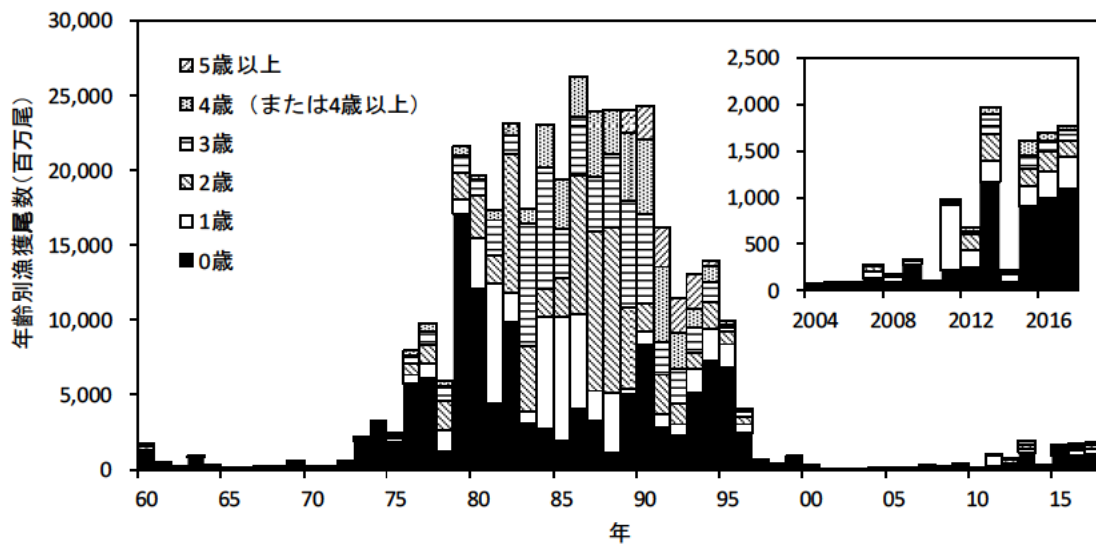


図 7. 年齢別・年別漁獲尾数

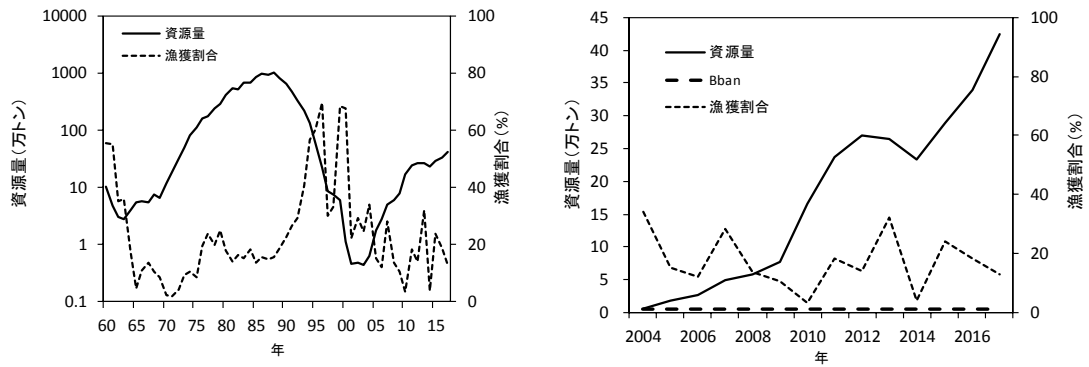


図 8. 資源量と漁獲割合（左：1960～2017 年、資源量は対数表示、右：2004～2017 年、Bban は資源量 5 千トン）

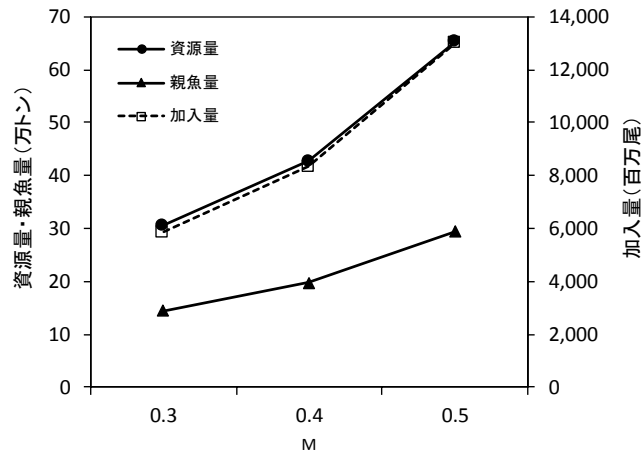


図 9. 自然死亡係数 M と 2017 年資源量、親魚量、加入量の関係

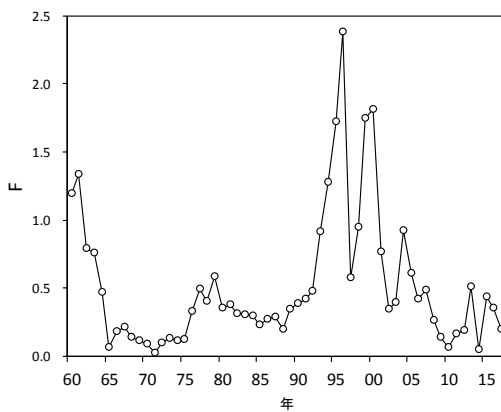


図 10. 漁獲係数 F の推移

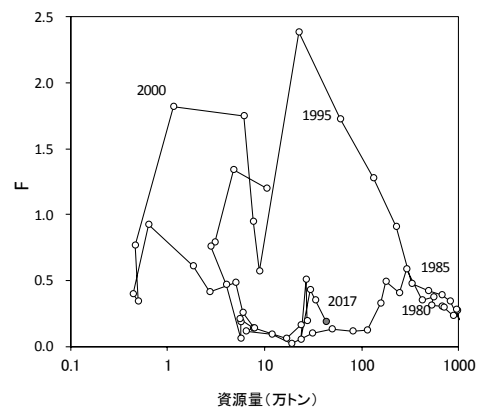


図 11. 1960～2017 年における資源量と F の関係(図中の数値は年)

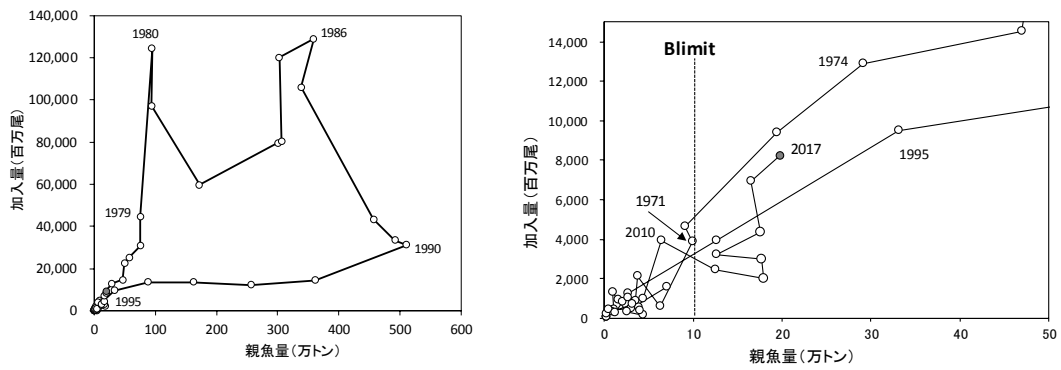


図 12. 親魚量と加入量の関係 (左：全期間、右：親魚量 50 万トン以下のデータのみ。) 図中の数値は年を示す。右図の破線は Blimit (1971 年水準の親魚量 10 万トン) を示し、図中の黒色のシンボルが 2017 年の値を示す。

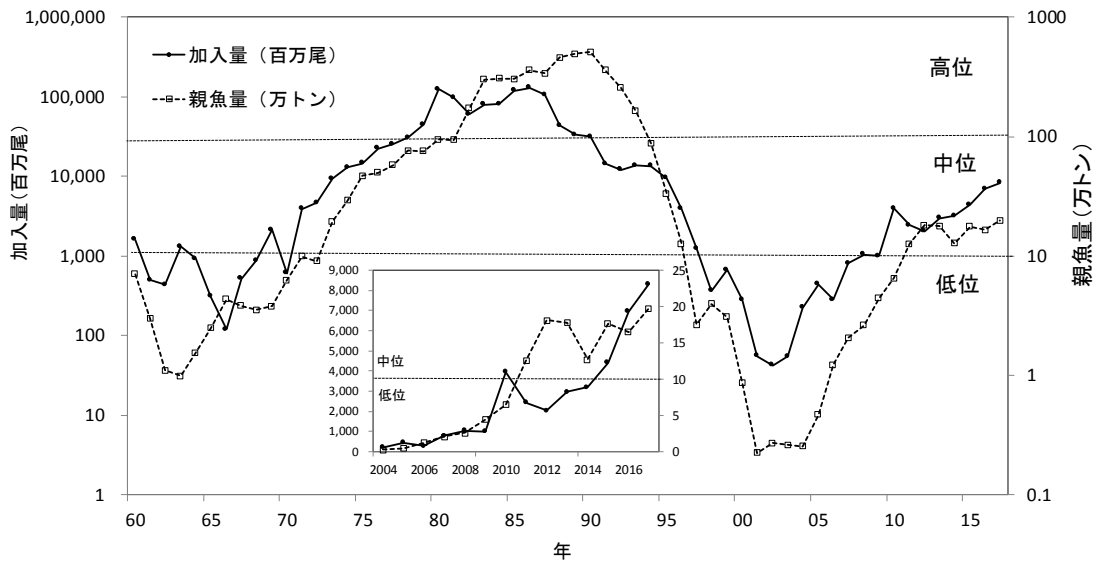


図 13. 親魚量と加入量の推移 (破線は親魚量による資源水準の判断基準)

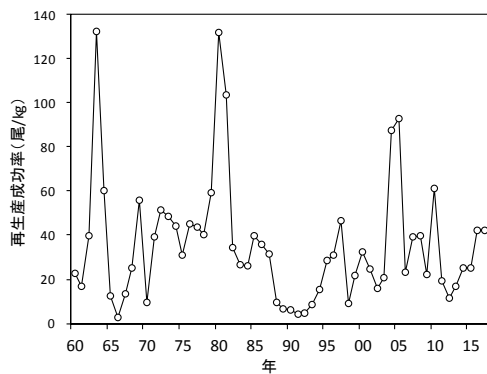


図 14. 再生産成功率 (RPS) の推移

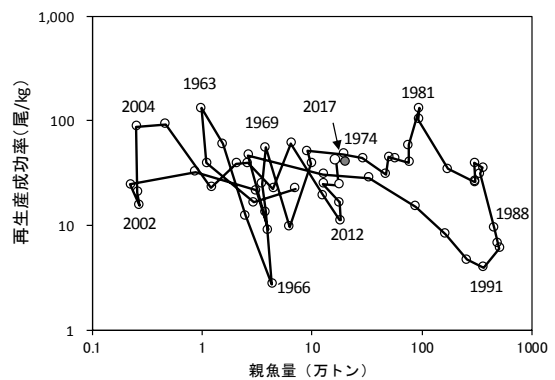


図 15. 親魚量と再生産成功率 (RPS) の関係 (図中の数値は年)

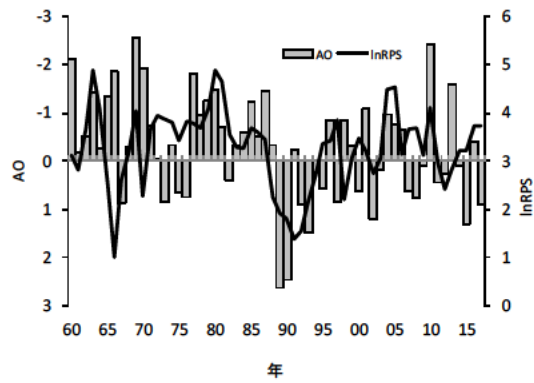


図 16. 資源と海洋環境の関係 (lnRPS : RPS の対数値 (折れ線)、AO : 北極振動 (棒グラフ))

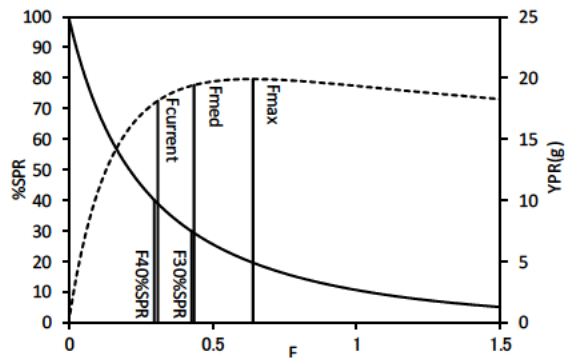


図 17. F と %SPR (実線)、YPR (点線) の関係

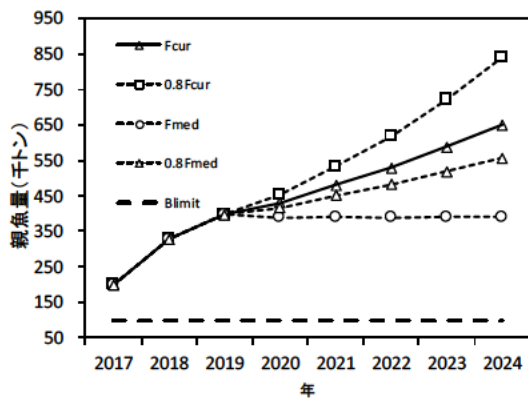
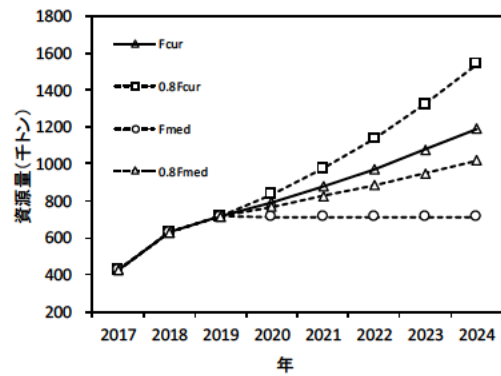
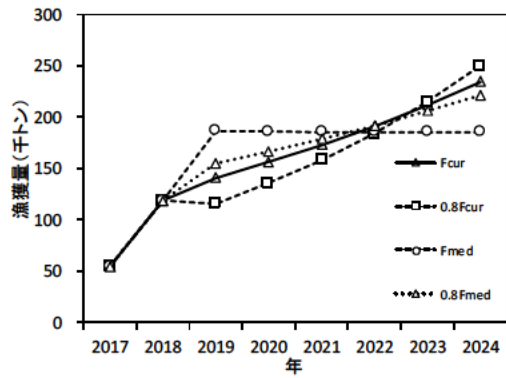


図 18. 各シナリオに対応する漁獲量、資源量、親魚量の予測値

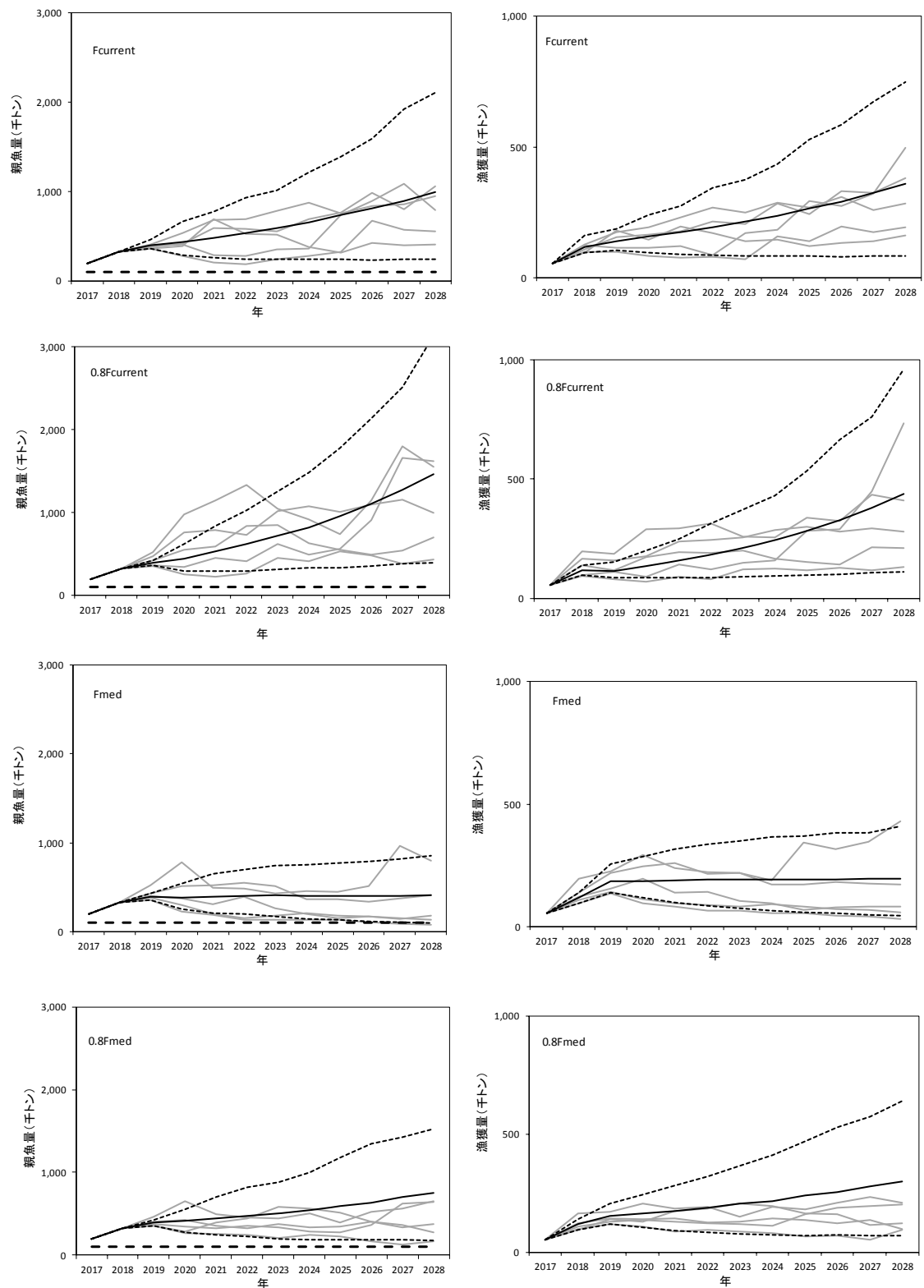


図 19. 再生産成功率の変動を考慮したシミュレーション結果（左列：親魚量、右列：漁獲量） 1,000 回の試行のうち、黒の点線は上下 10%、太線は平均値、灰色の線は 1000 回のうち任意の 5 回のシミュレーション結果の例、黒の破線は Blimit を示す。

表 1. マイワシ対馬暖流系群の資源解析結果 (1960 年～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	2,122	9	56
1970	3	119	62	607	2	10
1971	4	187	99	3,873	2	39
1972	14	313	90	4,650	4	51
1973	47	490	194	9,393	10	48
1974	87	815	291	12,879	11	44
1975	96	1,139	470	14,522	8	31
1976	309	1,583	498	22,570	20	45
1977	429	1,787	577	25,184	24	44
1978	487	2,466	761	30,630	20	40
1979	727	2,927	754	44,578	25	59
1980	751	4,215	944	124,264	18	132
1981	791	5,553	937	97,069	14	104
1982	869	5,255	1,725	59,594	17	35
1983	1,017	6,675	3,004	79,610	15	27
1984	1,278	6,979	3,064	80,285	18	26
1985	1,191	8,682	3,029	120,056	14	40
1986	1,486	9,620	3,593	128,911	15	36
1987	1,412	9,494	3,385	105,948	15	31
1988	1,606	10,209	4,571	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 1. マイワシ対馬暖流系群の資源解析結果（続き）（1995 年～2017 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	55	24	21
2004	2	6	3	222	34	88
2005	3	18	5	436	15	93
2006	3	27	12	281	12	23
2007	14	49	20	798	28	39
2008	8	59	26	1,034	14	40
2009	8	78	44	989	11	22
2010	6	166	64	3,934	3	61
2011	44	237	125	2,426	18	19
2012	38	269	180	2,018	14	11
2013	85	264	176	2,963	32	17
2014	9	233	126	3,186	4	25
2015	70	289	175	4,368	24	25
2016	62	339	164	6,952	18	42
2017	54	424	197	8,231	13	42

表 2. 各シナリオに対応する将来予測

Fcurrent

年齢別漁獲係数

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
1	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
2	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
3	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
4+	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
平均	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	8,167	9,883	10,719	11,961	13,207	14,654	16,227
1	4,620	4,173	5,050	5,477	6,112	6,748	7,488
2	2,288	2,644	2,389	2,891	3,135	3,498	3,863
3	690	1,142	1,320	1,192	1,443	1,565	1,746
4+	432	498	727	907	931	1,052	1,160
計	16,197	18,340	20,204	22,428	24,827	27,517	30,483

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	148	179	195	217	240	266	295
1	205	185	224	243	272	300	333
2	163	188	170	206	223	249	275
3	62	102	118	107	129	140	156
4+	49	56	82	102	105	118	130
資源量計	627	711	789	875	969	1,074	1,189
親魚量	325	393	426	476	525	583	645

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	1,589	1,923	2,086	2,328	2,570	2,852	3,158
1	553	499	604	655	731	807	896
2	479	553	500	605	656	732	808
3	191	317	366	331	400	434	484
4+	120	138	201	252	258	292	322
計	2,932	3,430	3,757	4,170	4,615	5,116	5,667

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	29	35	38	42	47	52	57
1	25	22	27	29	32	36	40
2	34	39	36	43	47	52	58
3	17	28	33	30	36	39	43
4+	13	16	23	28	29	33	36
計	118	140	156	172	191	211	234

表 2. 各シナリオに対応する将来予測 (続き)

0.8Fcurrent

年齢別漁獲係数

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	0.27	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
1	0.16	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
2	0.30	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
3	0.41	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
4+	0.41	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
平均	0.31	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	8,167	9,883	11,293	13,267	15,418	18,010	20,995
1	4,620	4,173	5,332	6,092	7,157	8,318	9,716
2	2,288	2,644	2,465	3,150	3,599	4,228	4,914
3	690	1,142	1,400	1,305	1,668	1,905	2,239
4+	432	498	789	1,054	1,136	1,350	1,568
計	16,197	18,340	21,279	24,869	28,978	33,812	39,431

年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	148	179	205	241	280	327	381
1	205	185	237	271	318	370	432
2	163	188	176	224	256	301	350
3	62	102	125	117	149	171	201
4+	49	56	89	118	128	152	176
資源量計	627	711	832	971	1,132	1,320	1,540
親魚量	325	393	449	528	613	716	835

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	1,589	1,579	1,805	2,120	2,464	2,878	3,355
1	553	406	518	592	695	808	944
2	479	455	424	542	619	728	846
3	191	263	323	301	384	439	516
4+	120	115	182	243	262	311	361
計	2,932	2,818	3,252	3,798	4,425	5,165	6,023

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	29	29	33	38	45	52	61
1	25	18	23	26	31	36	42
2	34	32	30	39	44	52	60
3	17	24	29	27	34	39	46
4+	13	13	20	27	29	35	41
計	118	116	135	158	184	214	250

表 2. 各シナリオに対応する将来予測（続き）

Fmed

年齢別漁獲係数

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	0.27	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
1	0.16	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
2	0.30	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
3	0.41	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
4+	0.41	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
平均	0.31	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	8,167	9,883	9,662	9,730	9,701	9,714	9,709
1	4,620	4,173	4,528	4,426	4,458	4,444	4,450
2	2,288	2,644	2,242	2,432	2,378	2,394	2,387
3	690	1,142	1,172	994	1,078	1,054	1,061
4+	432	498	615	671	625	639	636
計	16,197	18,340	18,219	18,253	18,239	18,245	18,243

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	148	179	175	177	176	176	176
1	205	185	201	197	198	198	198
2	163	188	160	173	169	171	170
3	62	102	105	89	97	94	95
4+	49	56	69	75	70	72	71
資源量計	627	711	711	711	710	711	711
親魚量	325	393	384	387	386	386	386

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	1,589	2,562	2,504	2,522	2,514	2,518	2,516
1	553	679	736	720	725	723	724
2	479	733	622	675	660	664	662
3	191	411	422	358	388	380	382
4+	120	179	222	242	225	230	229
計	2,932	4,564	4,506	4,516	4,512	4,514	4,513

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	29	47	45	46	46	46	46
1	25	30	33	32	32	32	32
2	34	52	44	48	47	47	47
3	17	37	38	32	35	34	34
4+	13	20	25	27	25	26	26
計	118	186	185	185	185	185	185

表 2. 各シナリオに対応する将来予測 (続き)

0.8Fmed

年齢別漁獲係数

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	0.27	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
1	0.16	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
2	0.30	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
3	0.41	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
4+	0.41	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
平均	0.31	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	8,167	9,883	10,386	11,233	12,024	12,931	13,880
1	4,620	4,173	4,886	5,134	5,553	5,944	6,393
2	2,288	2,644	2,343	2,743	2,883	3,118	3,338
3	690	1,142	1,273	1,128	1,321	1,388	1,501
4+	432	498	691	828	825	904	966
計	16,197	18,340	19,579	21,066	22,605	24,286	26,078

年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	148	179	189	204	218	235	252
1	205	185	217	228	247	264	284
2	163	188	167	195	205	222	238
3	62	102	114	101	118	124	134
4+	49	56	78	93	93	102	109
資源量計	627	711	764	822	881	947	1,017
親魚量	325	393	413	447	478	514	552

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

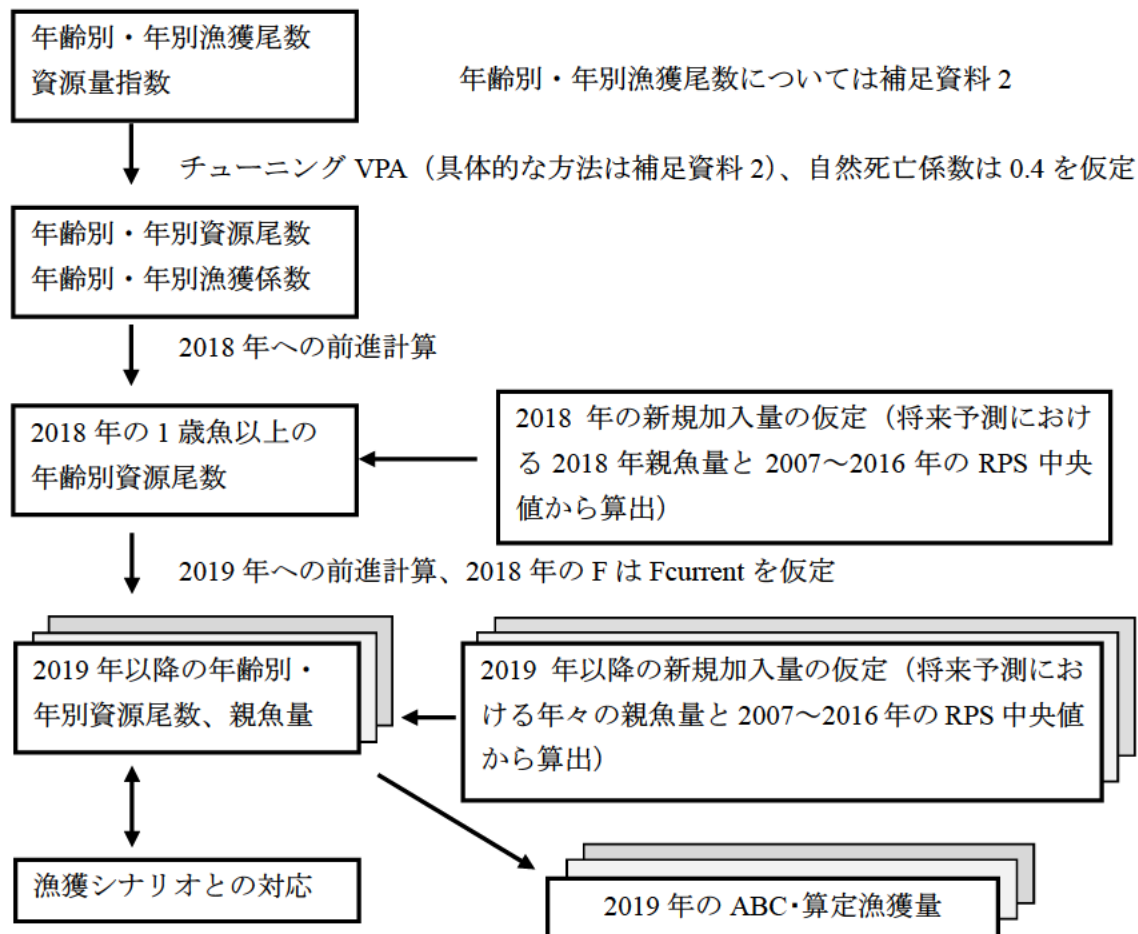
年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	1,589	2,124	2,232	2,414	2,584	2,779	2,983
1	553	555	649	682	738	790	850
2	479	610	541	633	665	719	770
3	191	347	387	343	401	422	456
4+	120	151	210	252	251	275	294
計	2,932	3,787	4,019	4,324	4,639	4,985	5,353

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	29	39	41	44	47	50	54
1	25	25	29	30	33	35	38
2	34	43	39	45	47	51	55
3	17	31	35	31	36	38	41
4+	13	17	24	28	28	31	33
計	118	155	166	178	191	205	221

補足資料 1 資源評価の流れ

使用したデータと資源評価の関係を以下に記す。



補足資料2 資源量計算方法（コホート解析）

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。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。2017年には太平洋側での日本海～東シナ海側県籍船による漁獲量が多かったため、本系群の漁獲量は漁業・養殖業生産統計年報における漁獲量より少ない。年齢・体長相関には鱗による年齢査定結果を用いた。

以上より推定されたマイワシの2017年までの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た。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（内部資料）の方法（非定常な場合のプラスグループの計算、 $\alpha=1$ ）に従った。なお、年齢については、1953年～1988年および1999年～2016年は0歳～4+歳、1989年～1998年は0歳～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。

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

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。

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

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

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

なお、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。

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

$$N_{p,y} = N_{3,1998} \times \frac{C_{4,1998}}{C_{3,1998}} \quad (6)$$

F は漁獲係数であり、最近年（ターミナル F）以外は（7）式で計算される。

$$F_{p,y} = -\ln \left\{ 1 - \frac{c_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right\} \quad (7)$$

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。最近年である 2017 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（補足資料 4）。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最近年の F を調整した。コホート解析における最近年である 2017 年の各年齢の漁獲係数は過去 5 年間（2012～2016 年）の平均値とした（ステップ 1）。この時の年齢別漁獲係数から計算される選択率を 2017 年の F の選択率として、調整を行った。

F の調整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 か統当りの漁獲量（CPUE）を用いた（補足表 2-1）。産卵量は、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。境港の CPUE は、ある年の漁獲量を、その年の述べ日別水揚げ統数で割ったものである。2015 年の漁獲量や漁獲物年齢組成から、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。そのため、沿岸域における漁獲情報および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。そこで、指標値と適合させる期間は、資源量が Bban 水準以上となった 2004 年以降で、2014 年を除く 2017 年までとした。コホート解析より得られる親魚量が産卵量に、資源量が境港まき網 1 か統あたり漁獲量に最もよく適合するようにした。以上 2 種の資源量指標値について、以下の式の残差を最小にする q_1 および q_2 の値を推定して最近年の F を調整した。

$$\sum_{y=2004}^{2017} (y \neq 2014) \{ \ln(q_1 SSB_y) - \ln(Egg_y) \}^2 + \sum_{y=2004}^{2017} (y \neq 2014) \{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE_y) \}^2 \quad (8)$$

$$q_1 = \left[\frac{\prod_{y=2004}^{2017} (y \neq 2014) Egg_y}{\prod_{y=2004}^{2017} (y \neq 2014) SSB_y} \right]^{\frac{1}{13}}, q_2 = \left[\frac{\prod_{y=2004}^{2017} (y \neq 2014) CPUE_y}{\prod_{y=2004}^{2017} (y \neq 2014) B_y} \right]^{\frac{1}{13}} \quad (9)$$

SSB_y とは y 年における親魚量、 Egg_y は y 年における産卵量（兆粒）、 B_y は y 年における資源量、 $CPUE_y$ は y 年における境港まき網 1 か統あたり漁獲量（トン／統数）。次に F の調整に使用した資源量指標値を示す。

補足表 2-1. F の調整に用いた資源量指標値

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	0.60	1.06	1.44	2.20	2.48	3.13	2.80	14.70	11.30	24.44

年	2014*	2015	2016	2017
産卵量	10.27	99.82	42.8	58.7
境港 CPUE	0.53	17.77	11.09	25.18

* 2014 年はコホート解析に含まれていない。

3. 将来予測

2018 年以降の将来予測について、1 歳魚以上の資源尾数は次の式を用いて前進法により推定した。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \times \exp(-F_{a,y} - M) \quad (10)$$

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。

$$N_{4+,y+1} = (N_{3,y} + N_{4+,y}) \times \exp(-F_{3,y} - M) \quad (11)$$

0 歳魚の資源尾数は、各年の親魚量と設定した再生産成功率により算出した。

2017 年以降の年齢別の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

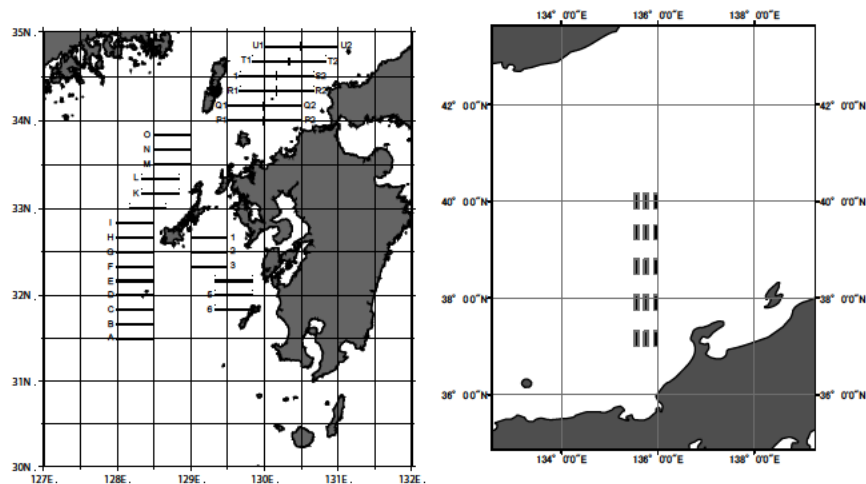
$$C_{a,y} = N_{a,y} \{1 - \exp(-F_{a,y})\} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (12)$$

各年齢の F については F_{current} （2013～2017 年の平均値）で求められる選択率を用いた。各年齢の体重は近年 5 年間（2013～2017 年）の平均とした。その結果、体重は 0 歳で 18 g、1 歳で 44 g、2 歳で 71 g、3 歳で 90 g、4 歳以上で 112 g となった。年齢別成熟率は資源水準を指標として、0 歳で 0、1 歳で 0.25、2 歳以上は 1.00 とした。

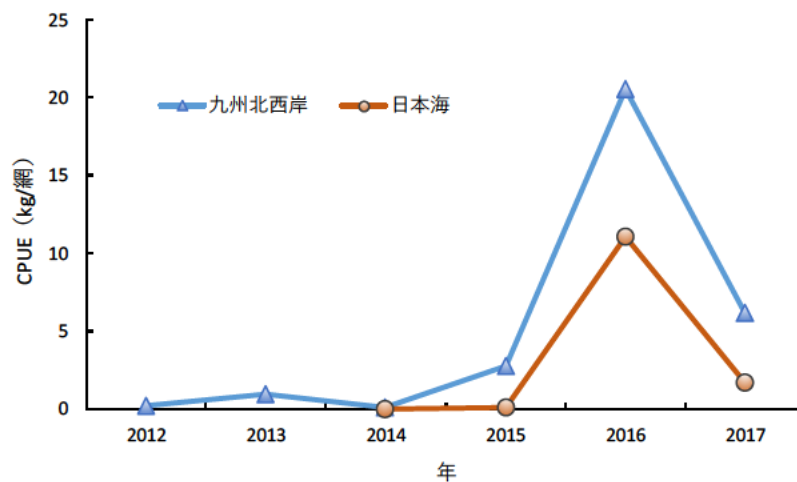
補足資料3 調査船調査の概要

(1) 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）の九州北西岸（補足図3-1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3-1右）にも調査海域を設けた。補足図3-2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。日本海と九州北西岸ともに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年のCPUEは前年より減少したものの、過去2番目に大きい値であった。本調査の中層トロールで採集されるマイワシの多くは当歳魚であったことから、今後データの蓄積および分析を進めることで、本評価で推定される加入量の指標となることが期待される。



補足図 3-1. 夏季の日本海および九州北西岸域で行われた浮魚類魚群量調査の調査海域
海域に引かれた線が調査定線を示す。



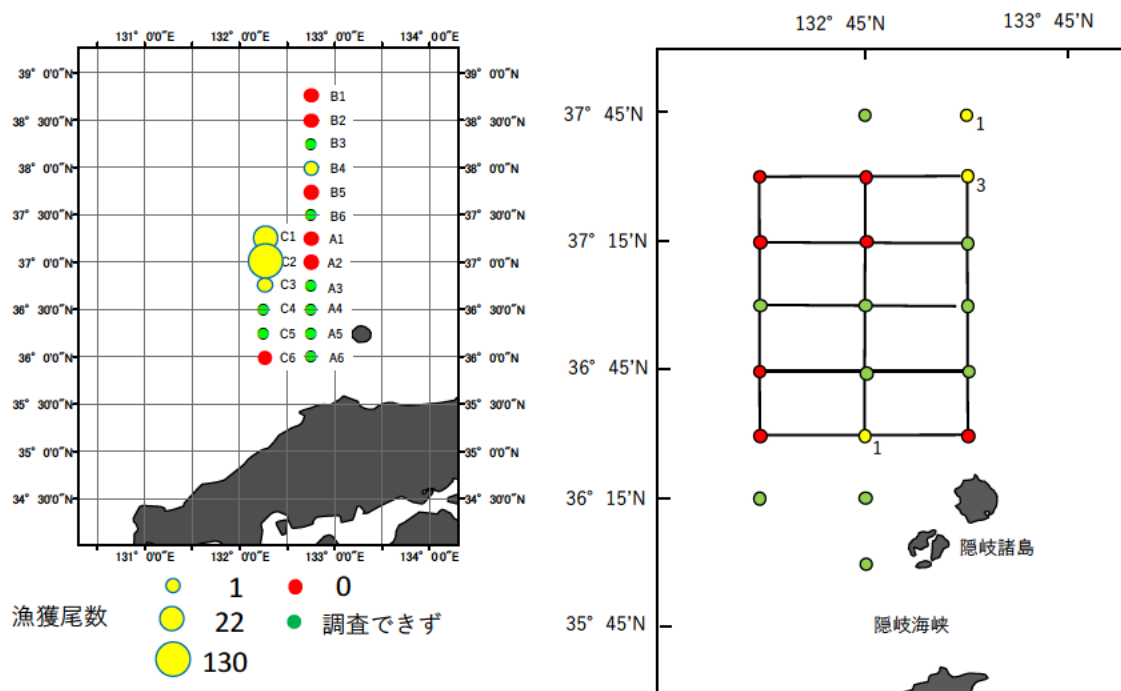
補足図 3-2. 中層トロール採集におけるマイワシの CPUE

(2) 冬季の日本海西部海域における浮魚類魚群量調査

本系群では、2014年に日本海北部から東シナ海にかけて漁獲量が急激に減少した。2017年には日本海北部にて漁獲量が再び急減した。いずれも翌年の漁獲量は回復している。漁獲物の年齢組成から、不漁であった年は漁場となる沿岸域へ来遊するマイワシが極めて少ない年であったと考えられている。年齢別漁獲尾数を基礎とした本系群の資源評価において、このような漁場への来遊条件は資源量推定に影響を与えると考えられる。このことから、調査によって漁場外および漁期前の資源密度を把握することの重要性が高まっている。

しかし、本系群の回遊経路に関する知見は乏しく、資源密度の把握に適した調査海域を探索することから始める必要がある。例年、マイワシ親魚を対象としたまき網漁業の漁場は、春季に隠岐海峡において形成される傾向がある。このことから、2016年度および2017年度の冬季に、春季のマイワシ漁場より北方に位置する隠岐諸島北方海域において、計量魚群探知機および中層トロール採集による分布密度調査を実施した(補足図3-3)。

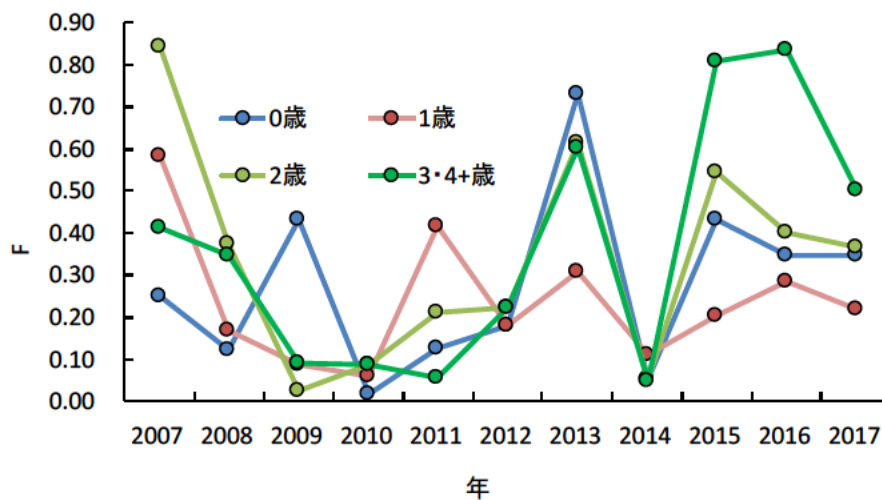
2016年度には調査定点における中層トロール採集を、2017年度には調査定点での中層トロール採集に加え、調査定線を航行して計量魚群探知機によりマイワシ魚群を探索した。いずれの年度においてもマイワシのまとまった魚群は確認されておらず、調査海域の変更を含めた調査設計を検討する必要がある。



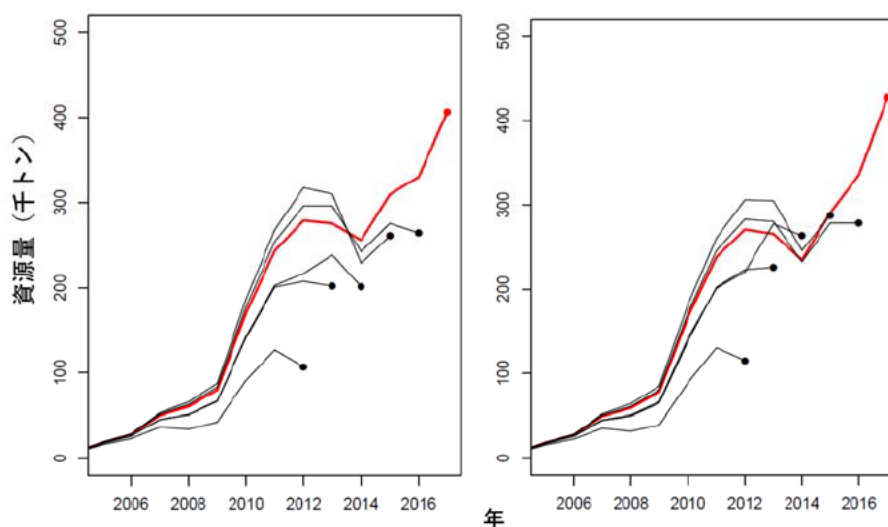
補足図 3-3. 冬季調査における調査定点とマイワシ採集尾数 (左) 2016年度、(右) 2017年度。黄色はマイワシが採集された調査点。赤は採集されなかった調査点。緑は海況悪化等により調査できなかった調査点。2017年度の採取尾数は調査点横の数値で示した。

補足資料 4 近年の漁獲係数についての検討

本系群では、昨年度評価までターミナル F は近年 10 年間の平均値と仮定していた。しかし、過去 10 年間ににおける年齢別 F の推移（補足図 4-1）からは、親魚が我が国沿岸域に來遊しなかった 2014 年を除き、近年では 2 歳魚以上に強い漁獲圧がかかる傾向がみられた。そこで今年度評価では、ターミナル F を算出するのに参照する期間を近年 5 年間（2012～2016 年）に変更した。現状の漁獲圧を意味する $F_{current}$ についても近年 5 年間（2013～2017 年）の平均値として算出した。この参照期間の変更の妥当性についてレトロスペクティブ解析を行って検討した。年齢別漁獲尾数等のデータが追加・更新されることで生じる資源量推定結果のばらつきは、参照期間が 10 年間よりも、5 年間とした方が小さくなった（補足図 4-2）。推定結果のばらつきを指標する Mohn の ρ (Morn 1999) を比較すると、資源量以外の推定値でも同様の傾向がみられたことから（補足表 4-1）、参照期間の変更は妥当であると判断し、本年度評価に採用した。



補足図 4-1. 近年の年齢別 F の推移。2017 年の F は最近年 5 年間の平均値



補足図 4-2. 参照期間の違いによる資源量推定値の推移の比較（左図：10 年間、右図：5 年間） 赤色は今年度評価における資源量推定値の推移。

補足表 4-1. Mohn の ρ 値の比較 推定値のばらつきが小さいほど ρ 値が 0 に近づく。

参照期間	資源尾数	資源量	親魚量	加入量	F
10 年間	-0.29	-0.29	-0.27	-0.29	0.62
5 年間	-0.17	-0.16	-0.14	-0.26	0.51

参考文献

Morn R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci., **56**, 473-488.

補足資料5 コホート解析結果の詳細（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												
平均	1.20	1.34	0.79	0.76	0.47	0.06	0.18	0.21	0.14	0.12	0.09	0.02

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	2,122	607	3,873
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	748	946	1,376	2,904	2,154	5,175

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												

コホート解析結果の詳細（続き、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)	6	42	21	98	340	585	386	579	313	684	822	1,013
5歳以上												
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)	0.8	6.0	2.6	12.9	43.7	73.4	66.9	82.0	40.0	82.3	77.4	107.3
5歳以上												
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	0.13	0.06	0.23	0.05
1歳	0.01	0.06	0.03	0.06	0.10	0.12	0.16	0.06	0.30	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	0.34	0.31	0.14
3歳	0.04	0.12	0.08	0.15	0.47	0.83	0.67	0.94	0.50	0.68	0.50	0.65
4歳(4歳以上)	0.04	0.12	0.08	0.15	0.47	0.83	0.67	0.94	0.50	0.68	0.50	0.65
5歳以上												
平均	0.10	0.13	0.12	0.12	0.33	0.49	0.40	0.59	0.35	0.38	0.31	0.30

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	4,650	9,393	12,879	14,522	22,570	25,184	30,630	44,578	124,264	97,069	59,594	79,610
1歳	2,480	2,751	4,736	6,236	8,292	10,453	11,901	19,531	15,867	73,409	61,473	31,854
2歳	179	1,643	1,739	3,091	3,948	5,038	6,208	6,804	12,310	7,912	42,642	39,601
3歳	479	90	1,046	1,100	1,905	2,051	2,396	2,570	3,177	5,861	3,785	20,981
4歳(4歳以上)	206	442	315	838	1,114	1,269	971	1,161	977	1,695	2,569	2,594
5歳以上												
計	7,994	14,319	20,716	25,788	37,830	43,996	52,106	74,644	156,596	185,945	170,063	174,640

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	30.9	43.3	44.3	60.7	77.3	187.6	125.4	77.6	117.9
1歳	15.0	16.0	23.8	36.0	49.1	56.0	84.0	111.1	92.1	312.2	155.7	115.7
2歳	1.4	12.2	14.6	24.7	32.4	41.4	51.6	57.7	94.8	48.0	239.2	267.1
3歳	4.9	0.9	10.6	11.2	19.3	21.1	33.5	30.2	34.5	49.3	28.8	139.3
4歳(4歳以上)	2.7	6.3	3.9	11.1	14.3	15.9	16.8	16.4	12.5	20.4	24.2	27.5
5歳以上												
計	31.3	49.0	81.5	113.9	158.3	178.7	246.6	292.7	421.5	555.3	525.5	667.5

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	28.8	47.4	24.0	119.6	133.6
3歳	4.9	0.9	10.6	11.2	19.3	21.1	33.5	30.2	34.5	49.3	28.8	139.3
4歳(4歳以上)	2.7	6.3	3.9	11.1	14.3	15.9	16.8	16.4	12.5	20.4	24.2	27.5
5歳以上												
計	9.0	19.4	29.1	47.0	49.8	57.7	76.1	75.4	94.4	93.7	172.5	300.4

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)	132	142	123	132	129	125	173	142	128	120	94	106
5歳以上												

コホート解析結果の詳細（続き、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	45	36	75	48	24	57	114	68	46	75	118	95
1歳	276	412	232	72	174	20	55	56	49	110	137	99
2歳	130	174	490	667	694	360	140	221	133	110	153	71
3歳	573	268	385	260	384	539	501	199	232	199	163	33
4歳(4歳以上)	254	302	305	366	330	403	454	462	248	141	133	20
5歳以上						168	241	274	267	281	54	47
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	0.20	0.21	0.10	0.03	0.07	0.02	0.06	0.08	0.13	0.38	0.76	1.00
2歳	0.12	0.12	0.52	0.32	0.29	0.17	0.13	0.33	0.22	0.35	1.32	0.99
3歳	0.56	0.40	0.35	0.51	0.30	0.39	0.36	0.28	0.69	0.59	1.86	1.35
4歳(4歳以上)	0.56	0.40	0.35	0.51	0.30	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
平均	0.30	0.23	0.27	0.28	0.20	0.34	0.39	0.42	0.47	0.91	1.28	1.72

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	80,285	120,056	128,911	105,948	43,400	33,287	31,227	14,473	12,120	13,571	13,395	9,524
1歳	50,797	51,631	78,838	83,070	68,359	28,140	18,216	14,136	7,401	6,221	4,900	3,008
2歳	20,762	27,879	27,944	47,723	54,077	42,620	18,559	11,474	8,735	4,368	2,865	1,540
3歳	22,999	12,369	16,504	11,146	23,230	27,142	24,129	10,923	5,534	4,710	2,068	515
4歳(4歳以上)	8,262	11,954	10,957	12,977	9,662	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	183,104	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	134.4	213.2	236.9	155.2	90.8	37.9	43.0	35.0	24.2	19.9	21.6	13.3
1歳	186.0	261.3	291.9	307.0	304.4	147.9	112.4	88.0	50.1	42.8	31.5	19.1
2歳	142.3	181.4	147.8	297.3	337.2	282.8	140.1	96.0	82.8	46.0	25.6	13.9
3歳	163.0	99.9	159.3	78.9	180.3	203.0	201.0	98.4	56.9	54.3	23.6	5.5
4歳(4歳以上)	72.2	112.4	126.1	111.0	108.2	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	697.9	868.2	962.0	949.4	1,020.9	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	71.1	90.7	73.9	148.7	168.6	141.4	140.1	96.0	82.8	46.0	25.6	13.9
3歳	163.0	99.9	159.3	78.9	180.3	203.0	201.0	98.4	56.9	54.3	23.6	5.5
4歳(4歳以上)	72.2	112.4	126.1	111.0	108.2	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	306.4	302.9	359.3	338.5	457.1	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

コホート解析結果の詳細（続き、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	0.13	0.24
1歳	1.50	0.29	0.76	1.62	1.35	0.15	0.48	0.31	0.54	0.11	0.16	0.57
2歳	2.16	0.94	0.46	2.01	1.67	0.59	0.66	0.78	1.12	0.28	0.14	0.82
3歳	3.16	1.00	1.48	1.30	2.17	1.50	0.15	0.40	1.34	1.22	0.83	0.40
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	0.83	0.40
5歳以上	2.98	0.37	1.48									
平均	2.38	0.57	0.95	1.75	1.82	0.77	0.35	0.40	0.92	0.61	0.42	0.49

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	55	222	436	281	798
1歳	794	578	523	233	36	34	34	21	34	113	230	165
2歳	743	119	291	164	31	6	19	14	10	13	68	132
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	274	565	586	1,136

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	1.0
2歳	6.1	1.0	2.6	1.4	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	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	0.6	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									

コホート解析結果の詳細（続き、2008～2017 年）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	94	276	49	220	250	1,162	96	900	1,032	1,096
1歳	51	41	20	694	185	227	76	221	277	329
2歳	15	4	25	41	182	286	21	183	217	174
3歳	9	2	10	10	23	219	11	149	96	116
4歳(4歳以上)	4	2	2	5	35	70	11	164	95	39
5歳以上										
計	173	326	105	970	675	1,964	214	1,616	1,718	1,754

年齢別漁獲量（千トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	1.7	5.4	1.1	4.4	5.7	22.9	2.6	13.7	15.4	15.7
1歳	3.3	1.9	1.2	34.2	11.1	11.5	3.3	10.2	12.0	12.6
2歳	1.4	0.4	2.0	3.3	14.1	22.1	1.4	13.3	15.3	11.9
3歳	1.0	0.2	1.0	0.9	2.5	20.8	0.9	13.4	8.3	10.1
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
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

年齢別漁獲係数

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	0.12	0.42	0.02	0.12	0.16	0.65	0.04	0.29	0.20	0.18
1歳	0.16	0.08	0.06	0.40	0.17	0.28	0.09	0.14	0.17	0.11
2歳	0.36	0.02	0.08	0.20	0.21	0.56	0.04	0.44	0.25	0.19
3歳	0.33	0.09	0.08	0.05	0.21	0.55	0.04	0.66	0.56	0.26
4歳(4歳以上)	0.33	0.09	0.08	0.05	0.21	0.55	0.04	0.66	0.56	0.26
5歳以上										
平均	0.26	0.14	0.06	0.16	0.19	0.52	0.05	0.44	0.35	0.20

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	1,034	989	3,934	2,426	2,018	2,963	3,186	4,368	6,952	8,231
1歳	420	617	437	2,597	1,446	1,148	1,035	2,057	2,192	3,815
2歳	62	240	380	277	1,173	818	584	632	1,197	1,242
3歳	39	29	157	234	152	637	314	374	274	625
4歳(4歳以上)	19	28	35	119	225	205	327	412	272	209
5歳以上										
計	1,574	1,902	4,943	5,653	5,014	5,771	5,446	7,843	10,886	14,122

年齢別資源量（万トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	1.9	1.9	8.8	4.8	4.6	5.8	8.5	6.6	10.4	11.8
1歳	2.7	2.8	2.7	12.8	8.7	5.8	4.6	9.5	9.5	14.6
2歳	0.6	2.3	3.1	2.3	9.1	6.3	3.9	4.6	8.4	8.5
3歳	0.4	0.3	1.6	2.2	1.6	6.1	2.8	3.4	2.4	5.4
4歳(4歳以上)	0.3	0.4	0.5	1.6	2.9	2.3	3.6	4.8	3.3	2.1
5歳以上										
計	5.9	7.8	16.6	23.7	26.9	26.4	23.3	28.9	33.9	42.4

年齢別親魚量（万トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	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	1.4	6.4	4.4	2.9	2.3	4.7	2.4	3.6
2歳	0.6	2.3	3.1	2.3	9.1	6.3	3.9	4.6	8.4	8.5
3歳	0.4	0.3	1.6	2.2	1.6	6.1	2.8	3.4	2.4	5.4
4歳(4歳以上)	0.3	0.4	0.5	1.6	2.9	2.3	3.6	4.8	3.3	2.1
5歳以上										
計	2.6	4.4	6.4	12.5	18.0	17.6	12.6	17.5	16.4	19.7

年齢別平均体重（g）

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