

平成 28（2016）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、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るが、1990年代に急減した。2001～2003年に過去最低の水準で推移し、2004年以降は増加傾向にある。2015年の資源量は298千トンで、親魚量は192千トンである。2015年の親魚量がBlimit（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（2011～2015年）の資源量の推移から動向は横ばいと判断した。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（2015年）を除く過去10年（2005～2014年）の中央値で継続した場合に、現状の漁獲圧の維持（ $F_{current}$ ）、親魚量の増大（ $F_{40\%SPR}$ ）および親魚量の維持（ $F_{med} \doteq F_{30\%SPR}$ ）の各漁獲シナリオで期待される漁獲量を2017年ABCとして算定した。

マイワシ対馬暖流系群－2－

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	F 値 (Fcurrent との 比較)	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (千トン)	Blimit = 100 千トン
					親魚量 5 年後 (千トン)
現状の漁獲圧の維持* (Fcurrent)	Target	0.20 (0.80Fcurrent)	14	60	609
	Limit	0.24 (1.00Fcurrent)	17	73	511
親魚量の増大* (F40%SPR)	Target	0.24 (0.98Fcurrent)	17	72	518
	Limit	0.30 (1.23Fcurrent)	20	88	417
親魚量の 維持* (Fmed≒F30%SPR)	Target	0.35 (1.44Fcurrent)	23	100	346
	Limit	0.44 (1.80Fcurrent)	28	121	252
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 2006～2015 年の F の平均値、漁獲割合は 2017 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。2015 年の親魚量は 192 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 (%)
2012	306	203	38	0.17	12.4
2013	307	205	86	0.43	28.2
2014	240	158	9	0.05	3.9
2015	298	192	69	0.35	23.3
2016	367	205	—	—	—

2016 年の値は加入量を仮定した値である。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あり期待できなくなる。
2015 年	親魚量	1971 年水準以上 (192 千トン)	

水準：中位 動向：横ばい

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	卵採集調査（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り、1988 年には日本全体で約 450 万トンの漁獲量があった。対馬暖流域でも 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 年には 1 万トンを下回った（表 1）。漁獲量の減少要因として、1980 年代後半に加入量が連続的に減少したことや、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、人為的な影響ではなく、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）。

マイワシは数十年規模の資源変動をすることが知られるが、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量が見込める親魚量を確保することが重要である。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・九州西部海域マアジ (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

東シナ海北部から九州沿岸 (西岸)、日本海にかけて広く分布する。漁獲量が多かった 1980 年代には沖合域にも分布が見られたが (檜山 1998)、2000 年以降はほぼ沿岸域に限られると考えられており (図 1)、資源量や生息環境の変化とともに分布域が変化すると考えられる。また、マイワシは主に春と秋に多く漁獲される傾向があり、漁獲量には季節変化がみられる。漁獲量のピークを迎える季節は地域によって異なることから、マイワシは分布域内を大小さまざまな規模で季節回遊しているものと考えられる (伊藤 1961, 黒田 1991)。

(2) 年齢・成長

マイワシは資源水準により成長速度が異なり、資源水準が高いと成長が悪く、低いと成長が良くなる (Hiyama et al. 1995)。近年における対馬暖流域での成長は、生育場により異なるが、満 1 年で体長 15cm、2 年で 18cm、3 年で 20cm 程度に達する (図 2)。寿命は 7 歳程度と推定されている。

(3) 成熟・産卵

マイワシは資源水準が高いときには初回成熟年齢が上がり、低いときには下がる (森本 2010)。資源水準が低かった年では 1 歳から産卵を行っていたが (米田ほか 2013)、過去の資源高水準期では主に 2 歳魚以上から産卵した。本系群では、仮定した成熟率を図 3 に示す。近年の成熟率は資源水準が低かった年と同様であると考え、年齢別成熟率は当歳魚で 0、1 歳魚で 0.5、2 歳魚以上で 1 とした。産卵期は冬から春 (1～6 月) であり、主に沿岸域で産卵すると考えられる。九州沿岸部では、マイワシの資源水準が高い年代には南寄り (薩南海域)、低い年代には五島以北で多くの卵が採集されたことから (松岡・小西 2001)、産卵場は資源水準により変化するものと考えられる。

(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し、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も濾過捕食する (Nakai 1962)。索餌期は主に夏から秋である。また、仔魚期は大型動物プランクトンや小型魚類等に捕食され、成魚期には大型魚類および哺乳類、海鳥類等に捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

対馬暖流域では、マイワシはまき網、定置網、棒受網などで漁獲される。漁場は主に日本海西部および九州北～西岸の沿岸域である。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、漁業・養殖業生産統計年報の青森県～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）。

本系群の漁獲量は、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年以降は増加し、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。

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19万トン进行記録したが、その後は減少した。2013年に4千トンの漁獲量を記録した後、2014年に0.3千トンと急減したが、2015年には3千トン漁獲され再び増加した（水産統計（韓国海洋水産部）、<http://www.fips.go.kr:7001/index.jsp>、2016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、2007～2014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 1950-2014、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2016年6月）。これら外国による漁獲量は参考資料とし、資源評価には含めなかった。

(3) 漁獲努力量

本系群の主漁場は日本海西南部海域であり、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対象に操業し、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、2001～2015年は1.5～2千統で安定して推移しており、2015年には1.7千統であった。今後、その他の海域および漁業種における経年的な漁獲努力量の把握を進めることで、資源評価の精度向上を図る必要がある。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

漁獲量、漁獲物の生物測定結果および鱗などの年齢形質による年齢査定結果から年齢別・年別漁獲尾数を算出し、2015 年までコホート解析を行った。コホート解析においては 2004～2015 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 か統当りの漁獲量）に基づき 2015 年の漁獲係数 F の調整を行った（補足資料 1、2）。なお、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採集調査に基づくため、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可能性がある。このことにより、2014 年の資源量指標値はコホート解析には用いなかった。

(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 か統あたり漁獲量（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。しかし、2015 年に再び増加し、17.77 トン／統数であった。

九州西岸から日本海で実施された卵採集調査の結果を図 6 に示す。2001 年には全く卵が採集されなかった。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、2014 年には 10 兆粒に急減した。しかし、2015 年は再び増加し、100 兆粒であった。

いずれの資源量指標値も近年増加傾向にあり、2014 年を除き、近年の資源量の推移と同様の傾向を示している。

(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 3 に示す。1990 年代後半以降、マイワシの高齢魚はあまり多く漁獲されていないが、2011 年以降は 1 歳以上の割合が増加している（図 7 右）。

(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。本系群の資源量は変動が激しい。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 年以降は増加し、2013 年には 30.7 万トンに達した。2015 年の資源量は同程度の 29.8 万トンであった。漁獲割合は 1960 年代後半から 1970 年代前半は低かったが、その後高くなり、1990 年代以降は変動が激しい。2001 年以降は、2010 年（3%）と 2014 年（4%）を除き、10～33%の間で変動している。

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、2015 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 85～86%の値となり、 M が 0.5 の場合は 0.4 の場合の 122～123%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。1970 年代から 1980 年代にかけて F は比較的低い値で安定していたが、1990 年代以降は変動が激しい。資源量と F

の関係については、資源が極めて高水準にある場合に F が低い傾向が認められる。

(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。これには長期変動する環境要因の影響が働いているとの指摘がある (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 3)。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殆ど認められていない。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危険性がある。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。2015 年の親魚量は 19.2 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 (2011～2015 年) の資源量の推移から、横ばいと判断した。

(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 年以降は 2 億尾を上回った。近年の加入量は 2010、2013 年で多く、2015 年は 51 億尾となり、1996 年以降で最も高い値が推定された。親魚量は 2004 年以降から増加傾向にあるが、2013 年に 20.5 万トンに達した後にやや減少し、2015 年には 19.2 万トンとなった。

再生産成功率の推移を図 14 に示す。1980 年代から 1990 年代前半にかけて再生産成功率は低い値で推移していたが、1990 年代後半からは変動が大きい。近年では 2004、2005、2010 年において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。親魚量が極めて多い場合では再生産成功率が低くなる場合がある。

②資源と海洋環境の関係

マイワシの資源量変動については海洋環境変動との関係が指摘されている (Yatsu et al.

2005)。対馬暖流域においては、リッカー型の再生産曲線からの加入量の対数残差 (LNRR) の変動が、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ると指摘されている (Ohshimo et al. 2009)。ここでは、LNRR とほぼ同じ傾向を示す再生産成功率の対数値 (lnRPS) で代用し、2015 年までの変動傾向を図 16 に示す。例外もあるが、AO の正負を逆にした動向と lnRPS の動向は同調している。これらの関係から、季節風の強さや水温などの環境要因がマイワシの加入に影響している可能性がある。近年は AO の変化が激しく、lnRPS との関係も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 (2015 年) を除く過去 10 年間 (2005～2014 年) の中央値 (22.4 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。現状の F (F_{current}) は、コホート解析における近年 10 年間 (2006～2015 年) の F の単純平均値とした。 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 2015 年を除く 2005～2014 年の 10 年間) の再生産成功率の中央値に対応して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 44.7 g ($1 \div 0.0224$ 尾/g) になる F)。さらに、 F_{max} 、 $F_{0.1}$ 、 $F_{40\% \text{SPR}}$ 、 $F_{30\% \text{SPR}}$ を示した。 F_{current} は全ての管理基準の中で最も低かった。 F_{med} は $F_{30\% \text{SPR}}$ と同程度で、 F_{max} より低く、 $F_{0.1}$ および $F_{40\% \text{SPR}}$ より高かった。

5. 2017 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、2014 年にやや減少した。2014 年の資源尾数の推定値は、2015 年の漁獲物に高齢魚が多く含まれていたことから、高い不確実性を含んでいる可能性がある (補足資料 3)。2015 年の資源量は 298 千トン、親魚量は 192 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、動向は横ばいと判断した。

(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。2015 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})、親魚量の維持シナリオ ($F_{\text{med}} \div F_{30\% \text{SPR}}$) および親魚量の増大シナリオ ($F_{40\% \text{SPR}}$) の下で 2017 年 ABC を算定した。

親魚量の増大シナリオに関して、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

統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、漁獲がないときの SPR の 40%に相当する親魚量を確保する管理基準値 (F40%SPR) を含めた提案をした。

2016 年の F は Fcurrent (2006～2015 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)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.20	69	61	60	74	93	116	144
	Limit	0.24	69	61	73	87	104	124	147
親魚量の増大 (F40%SPR)	Target	0.24	69	61	72	86	103	123	147
	Limit	0.30	69	61	88	99	113	127	144
親魚量の維持 (Fmed≒F30%SPR)	Target	0.35	69	61	100	108	117	127	137
	Limit	0.44	69	61	121	120	120	120	120
			資源量 (千トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.20	298	367	437	544	679	844	1050
	Limit	0.24	298	367	437	520	622	740	881
親魚量の増大 (F40%SPR)	Target	0.24	298	367	437	522	626	747	893
	Limit	0.30	298	367	437	494	562	636	720
親魚量の維持 (Fmed≒F30%SPR)	Target	0.35	298	367	437	472	512	553	598
	Limit	0.44	298	367	437	436	437	436	437
			親魚量 (千トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.20	192	205	255	315	394	490	609
	Limit	0.24	192	205	255	301	361	429	511
親魚量の増大 (F40%SPR)	Target	0.24	192	205	255	302	363	433	518
	Limit	0.30	192	205	255	286	326	368	417
親魚量の維持 (Fmed≒F30%SPR)	Target	0.35	192	205	255	273	296	320	346
	Limit	0.44	192	205	255	251	253	252	252

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。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

(3) 2017 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 2016 年以後の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1960～2015 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 22.4 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 ($F_{current}$)、親魚量の増大シナリオ ($F_{40\%SPR}$) および親魚量の維持シナリオ (F_{med}) の 3 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 5 年後 (2021 年) の将来漁獲量 (80% 区間)、5 年間 (2017～2021 年) の平均漁獲量、親魚量が 5 年後 (2022 年 1 月) に 2015 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 1,143 億尾)。

現状の漁獲圧の維持および親魚量の増大シナリオでは、5 年後に 2015 年の親魚量を維持する確率、 $Blimit$ を維持する確率ともに 98% 以上であり、親魚量の維持シナリオでも 86% 以上であった。近年は資源量や環境の変化により分布・回遊や年齢別成熟率等の生物学的特性値に変化が起きている可能性があり、これらの変化が起これば本将来予測の結果に影響すると考えられる。そこで、水研、富山県、鳥取県、島根県は、平成 24 年度からマイワシ対馬暖流系群の資源変動に関する調査を開始し、平成 26 年度からは日本海における分布・回遊の変化に関する調査も行っている (補足資料 4)。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	F 値 ($F_{current}$ との 比較)	漁獲 割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価 (%)		2017 年 ABC (千トン)
				5 年後	5 年 平均	2015 年親魚 量を維持 (5 年後)	Blimit を維持 (5 年 間)	
現状の漁獲圧 の維持* ($F_{current}$)	Target	0.20 ($0.80F_{current}$)	14	62～375	127	100	100	60
	Limit	0.24 ($1.00F_{current}$)	17	62～325	126	100	100	73
親魚量の増大* ($F40\%SPR$)	Target	0.24 ($0.98F_{current}$)	17	61～330	127	100	100	72
	Limit	0.30 ($1.23F_{current}$)	20	56～301	127	100	98	88
親魚量の 維持* ($F_{med} \div$ $F30\%SPR$)	Target	0.35 ($1.44F_{current}$)	23	51～286	131	100	97	100
	Limit	0.44 ($1.80F_{current}$)	28	40～212	120	100	86	121

コメント

・本系群の ABC 算定については規則 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。同方針に対応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、 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。 $F_{current}$ は 2006～2015 年の F の平均値、漁獲割合は 2017 年の漁獲量／資源量、F 値は各年齢の平均値である。将来漁獲量の幅は 80%区間を示す。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での維持を指す。

(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
2014 年漁獲量確定値 2015 年漁獲量暫定値・月別体長組成	2014、2015 年年齢別漁獲尾数
2014 年資源量指標値の確定 2015 年資源量指標値	2015 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）

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)
2015 年(当初)	Fmed	0.78	379	141*	119	
2015 年(2015 年再評価)	Fmed	0.78	332	131	112	
2015 年(2016 年再評価)	Fmed	0.44	298	85	71	69
2016 年(当初)	F30%SPR	0.50	404	109*	91	
2016 年(2016 年再評価)	F30%SPR	0.43	367	98	81	
2015、2016 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。						

2015、2016 年の資源量および ABC はともに 2015 年評価に比べて下方修正された。その理由として、2015 年の加入量と年齢別平均体重が当初の見積もりより小さかったことが考えられる。また、年齢別漁獲尾数が更新されたことにより、年齢別選択率および Fmed や F30%SPR を達成する F 値が当初の値から変更されたことも下方修正の要因になっていると考えられる。

6. ABC 以外の管理方策の提言

現在、未成魚および産卵親魚は 2000 年代前半に比べて増加していると推定されるが、1980 年代と比べると依然として低い水準にある。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、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。同措置は、現在資源管理指針・計画のもと継続して実施されているが、これに引き続き取り組んでいくことが重要である。

7. 引用文献

- 伊藤祐方 (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.
- Caddy, J. F., and R. Mahon (1995) Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. 347, FAO, 83pp.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

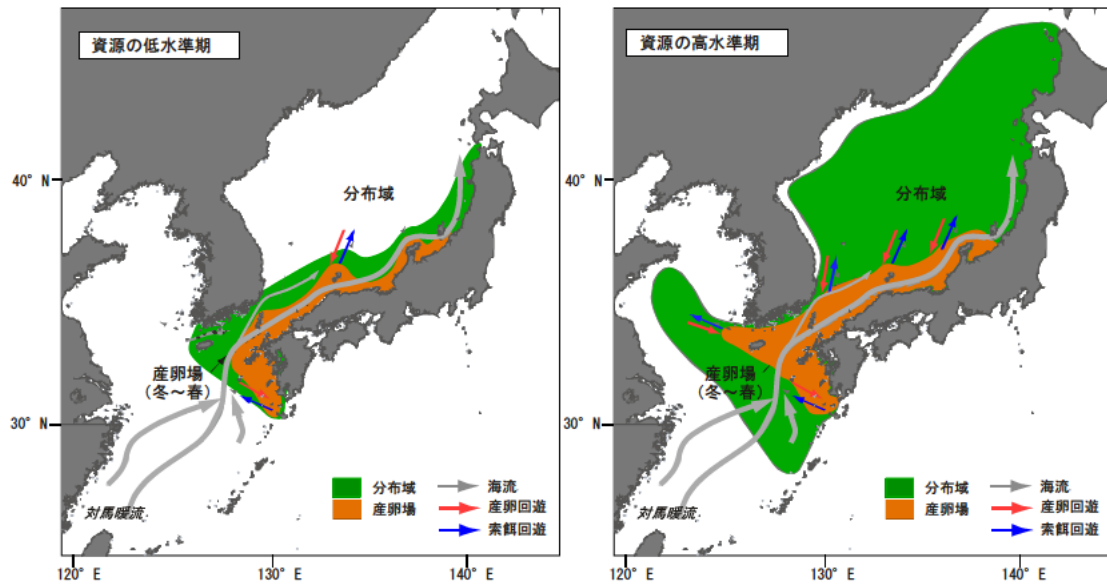


図1. マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊および生活史と漁場形成模式図
(左：低水準期、右：高水準期)

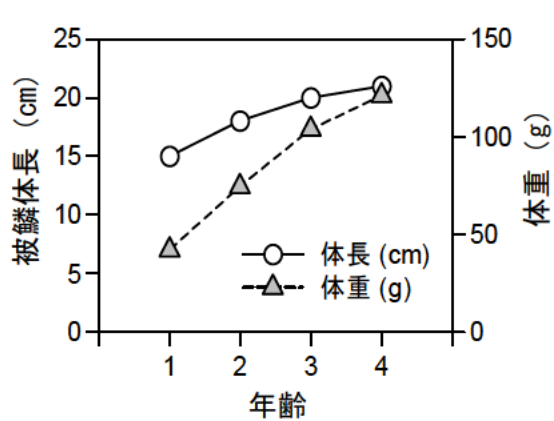


図2. 年齢と成長 (低水準期)

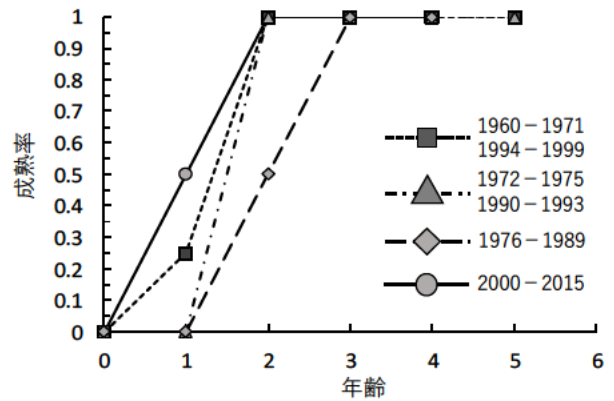


図3. 年齢と成熟率

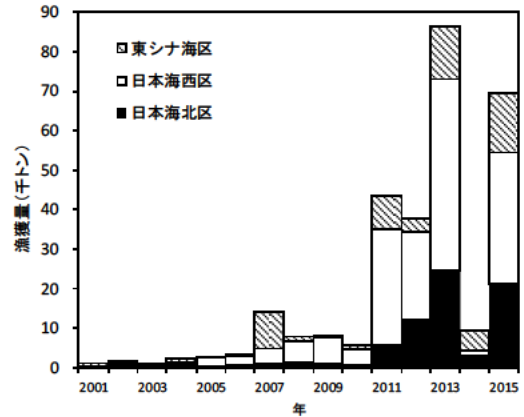
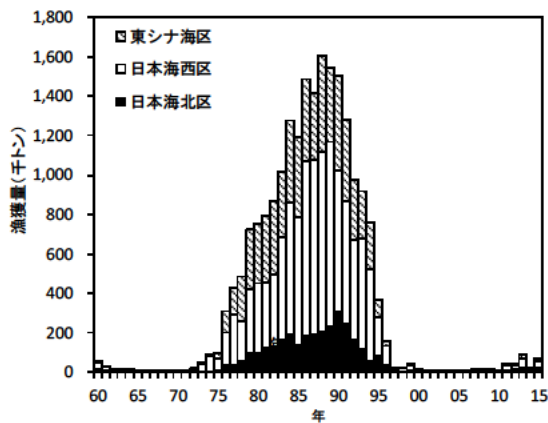


図4. 漁獲量 (左：1960～2015年、右：2001～2015年)

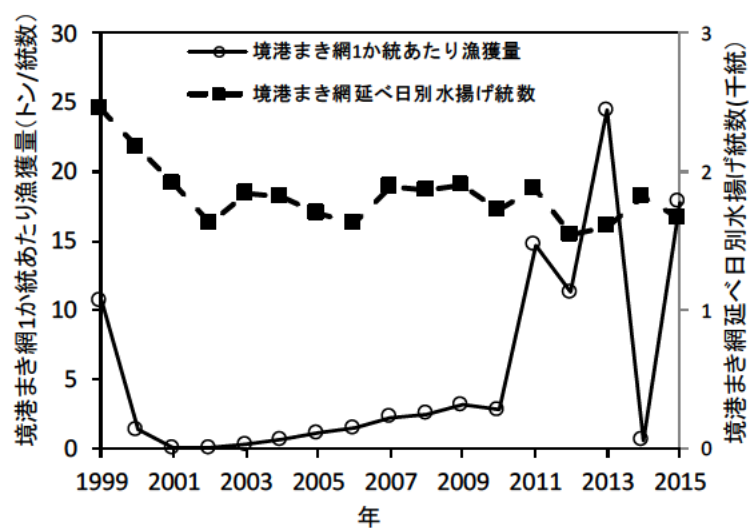


図 5. 境港まき網の努力量（延べ日別水揚げ統数）と 1 か統あたり漁獲量（トン/統）

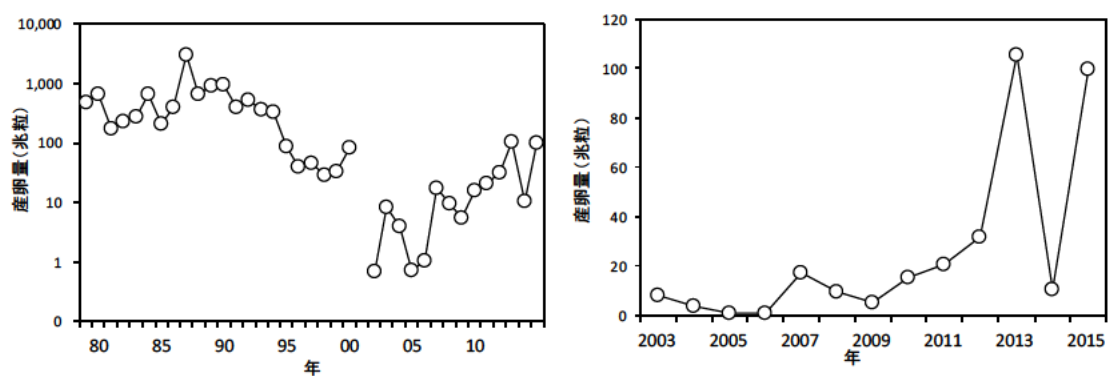


図 6. 卵稚仔調査（九州～日本海）による産卵量（左：1979～2015 年、右：2003～2015 年、2001 年に卵は採集されなかった）

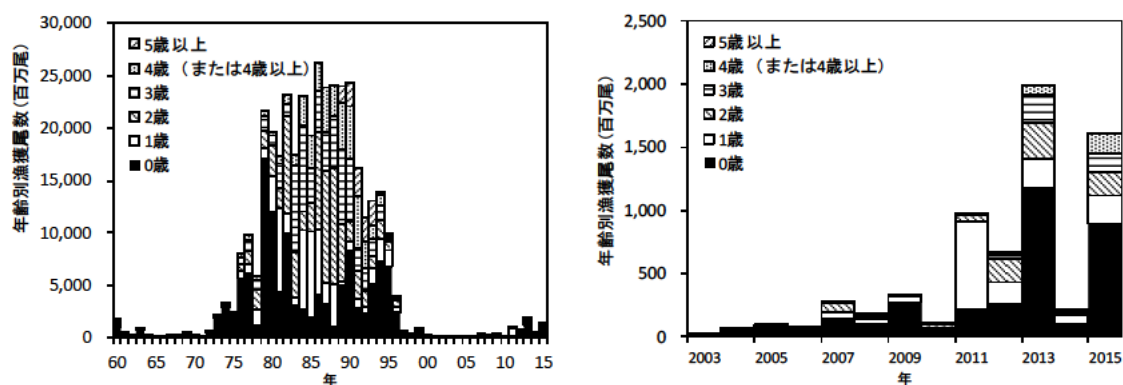


図 7. 年齢別・年別漁獲尾数（左：1960～2015 年、右：2003～2015 年）

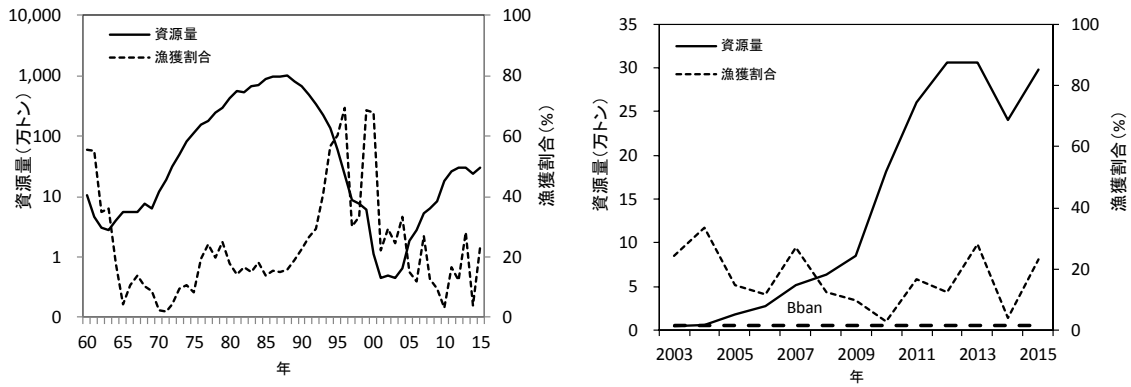


図 8. 資源量と漁獲割合（左：1960～2015 年、資源量は対数表示、右：2003～2015 年、Bban は資源量 5 千トン）

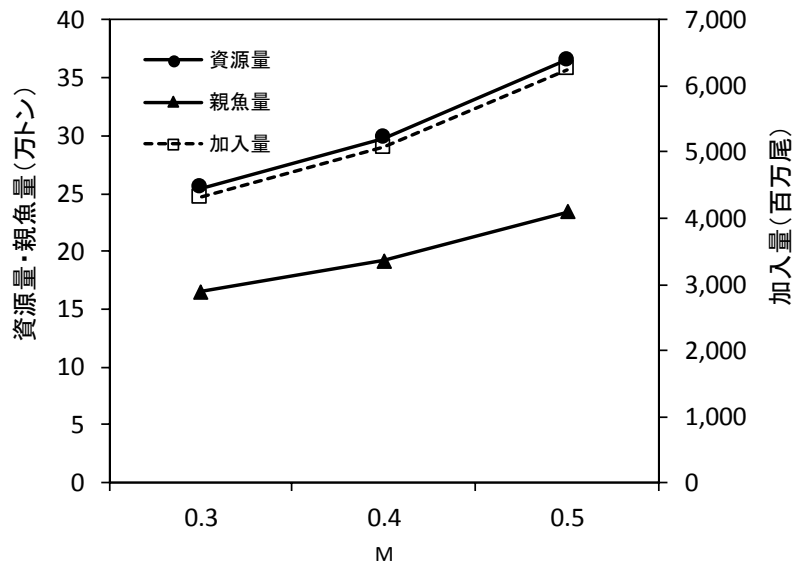


図 9. 自然死亡係数 M と 2015 年資源量、親魚量、加入量の関係

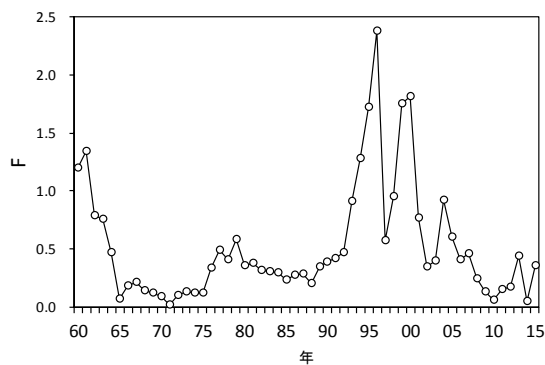


図 10. F の推移

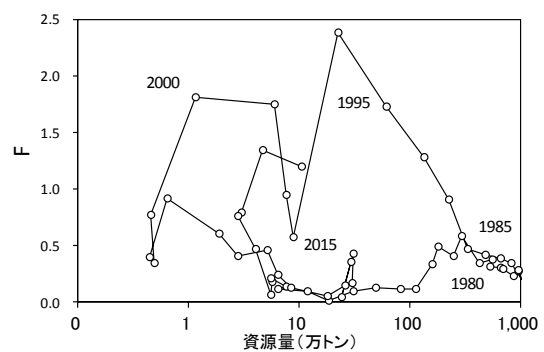


図 11. 資源量と F の関係
(図中の数値は年)

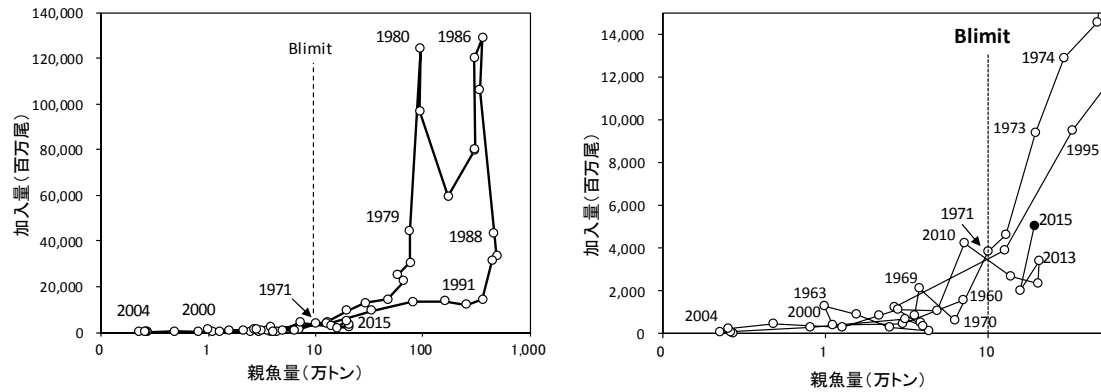


図 12. 親魚量と加入量の関係（左：全期間、右：親魚量 50 万トン以下のデータのみ。いずれの図も横軸は対数） Blimit は 1971 年水準の親魚量 10 万トン、図中の数値は年、図中の黒色のシンボルが 2015 年の値を示す。

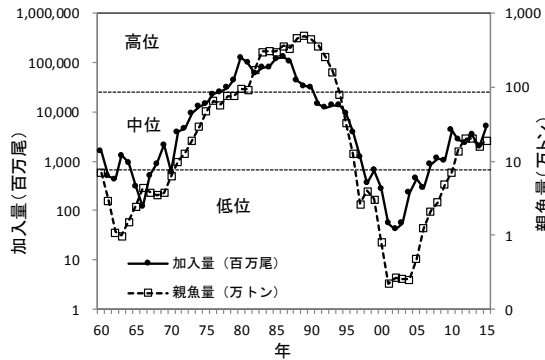


図 13. 親魚量と加入量の推移（破線は親魚量による資源水準の判断基準）

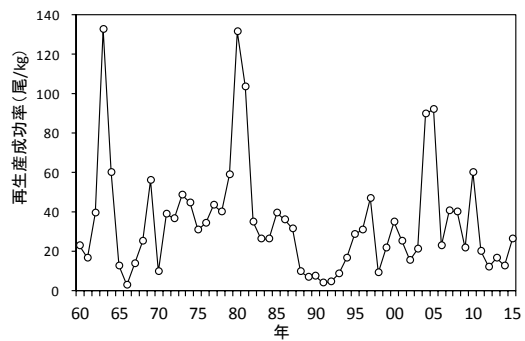


図 14. 再生産成功率（RPS）の推移

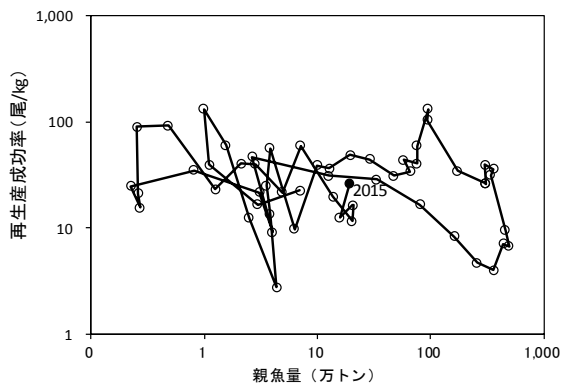


図 15. 親魚量と再生産成功率（RPS）の関係（図中の数値は年）

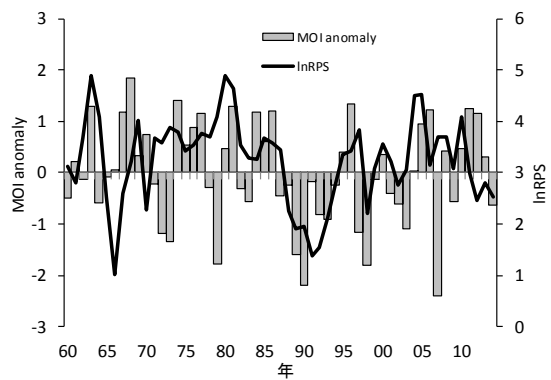


図 16. 資源と海洋環境の関係（lnRPS：RPS の対数値（折れ線）、AO：北極振動（棒グラフ））

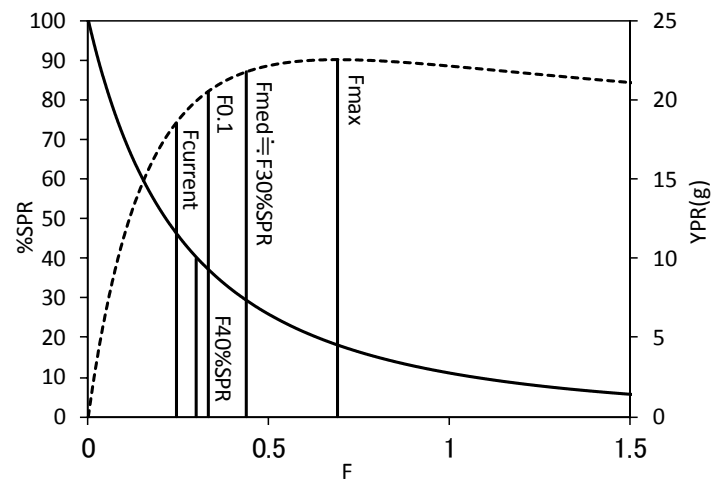


図 17. F と%SPR（実線）、YPR（点線）の関係

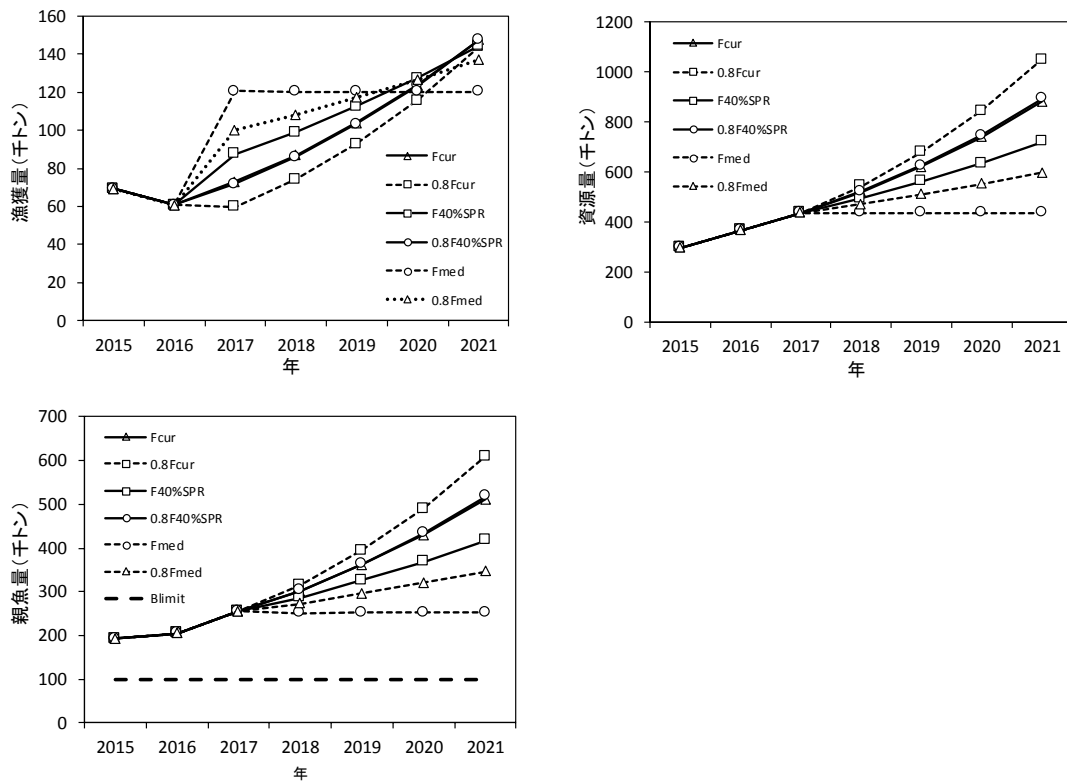


図 18. 各シナリオに対応する漁獲量、資源量、親魚量の予測値

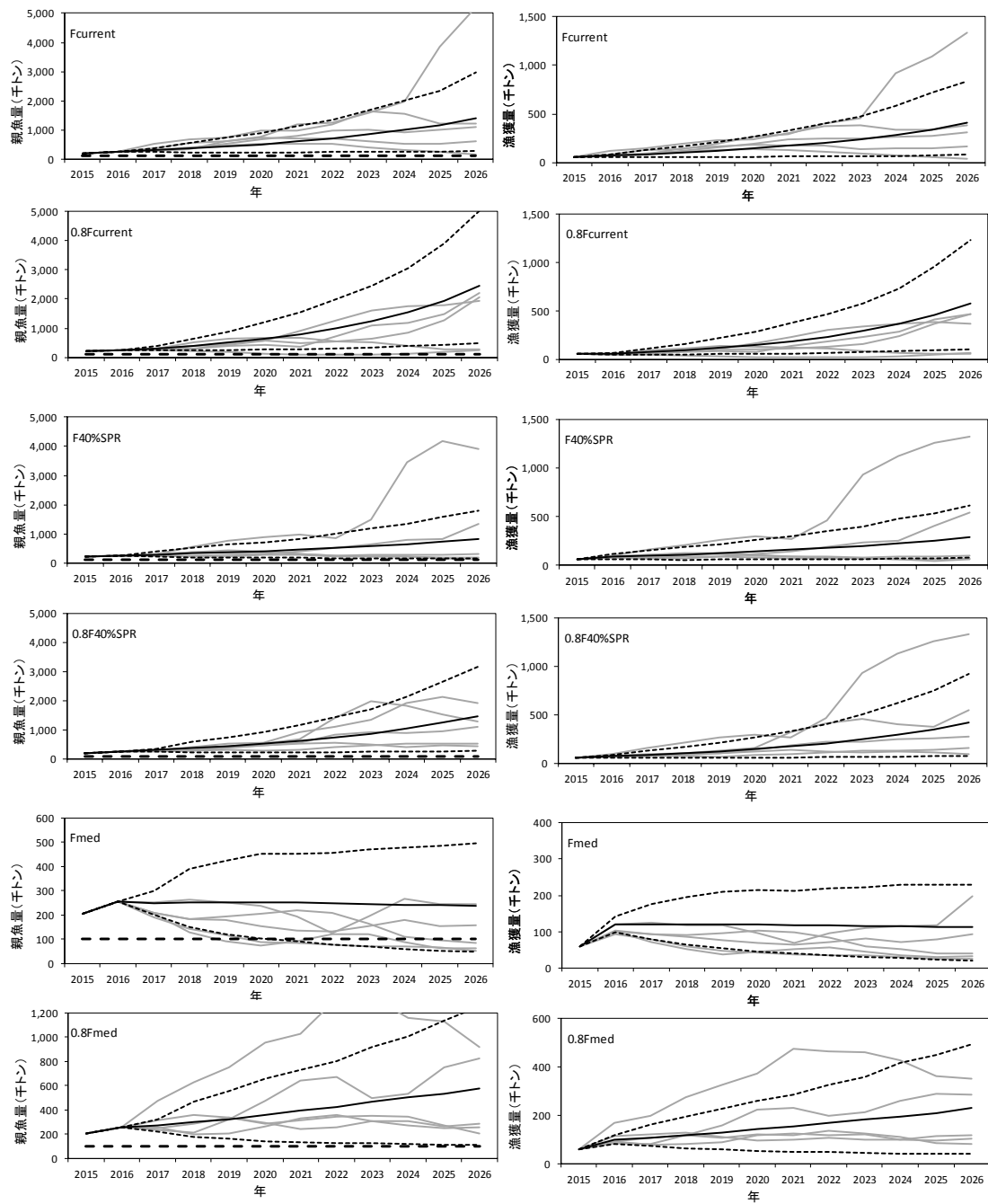


図 19. 再生産成功率の変動を考慮したシミュレーション結果（左列：親魚量、右列：漁獲量） 1,000 回の試行のうち、黒の点線は上下 10%、太線は平均値、灰色の線は 1000 回のうち任意の 5 回のシミュレーション結果の例、黒の破線は Blimit を示す。

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～2015 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	8	283	68	35
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	228	33	90
2005	3	19	5	445	15	92
2006	3	28	13	291	12	23
2007	14	52	21	855	27	40
2008	8	64	28	1,127	13	40
2009	8	85	49	1,052	10	22
2010	6	181	71	4,262	3	60
2011	44	260	137	2,708	17	20
2012	38	306	202	2,361	12	12
2013	86	307	205	3,377	28	17
2014	9	240	158	1,999	4	13
2015	69	298	192	5,068	23	26

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	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
3	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
4+	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
平均	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	4,575	5,709	6,736	8,066	9,589	11,427
1	2,661	2,521	3,145	3,711	4,444	5,283
2	665	1,458	1,381	1,724	2,033	2,435
3	395	346	758	718	896	1,058
4+	416	409	381	575	653	782
計	8,712	10,443	12,402	14,794	17,616	20,985

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	95	119	140	168	200	238
1	133	126	158	186	223	265
2	50	110	104	130	153	183
3	38	33	72	69	86	101
4+	50	49	46	69	79	94
資源量計	367	437	520	622	740	881
親魚量	205	255	301	361	429	511

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	667	833	982	1,176	1,399	1,667
1	398	377	470	555	664	790
2	122	267	253	316	373	447
3	80	70	153	145	181	214
4+	84	83	77	116	132	158
計	1,351	1,630	1,936	2,309	2,749	3,275

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	14	17	20	25	29	35
1	20	19	24	28	33	40
2	9	20	19	24	28	34
3	8	7	15	14	17	20
4+	10	10	9	14	16	19
計	61	73	87	104	124	147

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	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	0.20	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
1	0.20	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
2	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
3	0.28	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
4+	0.28	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
平均	0.24	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	4,575	5,709	7,046	8,815	10,947	13,628
1	2,661	2,521	3,271	4,037	5,051	6,272
2	665	1,458	1,438	1,866	2,303	2,881
3	395	346	798	787	1,021	1,260
4+	416	409	403	642	763	953
計	8,712	10,443	12,957	16,148	20,086	24,995

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	95	119	147	184	228	284
1	133	126	164	202	253	314
2	50	110	108	141	173	217
3	38	33	76	75	98	120
4+	50	49	49	77	92	115
資源量計	367	437	544	679	844	1,050
親魚量	205	255	315	394	490	609

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	667	679	838	1,048	1,302	1,621
1	398	307	399	492	616	765
2	122	219	216	281	346	433
3	80	58	133	131	170	209
4+	84	68	67	107	127	158
計	1,351	1,331	1,653	2,059	2,561	3,187

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	14	14	17	22	27	34
1	20	15	20	25	31	38
2	9	17	16	21	26	33
3	8	5	13	13	16	20
4+	10	8	8	13	15	19
計	61	60	74	93	116	144

表 2. 各シナリオに対応する将来予測（続き）

F40%SPR

年齢別漁獲係数

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	0.20	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
1	0.20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2	0.25	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
3	0.28	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
4+	0.28	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
平均	0.24	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	4,575	5,709	6,395	7,282	8,232	9,329
1	2,661	2,521	3,006	3,367	3,834	4,334
2	665	1,458	1,318	1,572	1,761	2,006
3	395	346	715	647	771	864
4+	416	409	357	507	545	623
計	8,712	10,443	11,792	13,376	15,144	17,156

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	95	119	133	152	171	194
1	133	126	151	169	192	217
2	50	110	99	118	133	151
3	38	33	68	62	74	83
4+	50	49	43	61	66	75
資源量計	367	437	494	562	636	720
親魚量	205	255	286	326	368	417

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	667	1,003	1,123	1,279	1,446	1,639
1	398	453	541	606	690	780
2	122	320	289	345	387	440
3	80	83	173	156	186	208
4+	84	99	86	122	132	150
計	1,351	1,959	2,212	2,508	2,840	3,217

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	14	21	23	27	30	34
1	20	23	27	30	35	39
2	9	24	22	26	29	33
3	8	8	16	15	18	20
4+	10	12	10	15	16	18
計	61	88	99	113	127	144

表 2. 各シナリオに対応する将来予測（続き）

0.8F40%SPR

年齢別漁獲係数

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
2	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
3	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
4+	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
平均	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	4,575	5,709	6,759	8,122	9,687	11,584
1	2,661	2,521	3,155	3,735	4,488	5,353
2	665	1,458	1,385	1,734	2,053	2,467
3	395	346	761	723	905	1,072
4+	416	409	383	580	661	794
計	8,712	10,443	12,444	14,895	17,795	21,270

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	95	119	141	169	202	241
1	133	126	158	187	225	268
2	50	110	104	131	155	186
3	38	33	73	69	87	102
4+	50	49	46	70	80	96
資源量計	367	437	522	626	747	893
親魚量	205	255	302	363	433	518

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	667	821	972	1,168	1,393	1,666
1	398	371	465	550	661	789
2	122	264	251	314	372	446
3	80	69	152	144	181	214
4+	84	82	76	116	132	158
計	1,351	1,607	1,916	2,292	2,739	3,273

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	14	17	20	24	29	35
1	20	19	23	28	33	40
2	9	20	19	24	28	34
3	8	7	15	14	17	20
4+	10	10	9	14	16	19
計	61	72	86	103	123	147

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	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	0.20	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
1	0.20	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
2	0.25	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
3	0.28	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
4+	0.28	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
平均	0.24	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	4,575	5,709	5,623	5,653	5,642	5,645
1	2,661	2,521	2,687	2,646	2,660	2,655
2	665	1,458	1,175	1,252	1,233	1,240
3	395	346	619	498	531	523
4+	416	409	303	371	349	354
計	8,712	10,443	10,406	10,420	10,415	10,417

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	95	119	117	118	117	118
1	133	126	135	133	133	133
2	50	110	88	94	93	93
3	38	33	59	48	51	50
4+	50	49	37	45	42	43
資源量計	367	437	436	437	436	437
親魚量	205	255	251	253	252	252

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	667	1,393	1,372	1,380	1,377	1,378
1	398	629	670	660	664	663
2	122	438	353	376	371	373
3	80	113	203	163	174	171
4+	84	134	100	121	114	116
計	1,351	2,708	2,698	2,701	2,700	2,700

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	14	29	29	29	29	29
1	20	32	34	33	33	33
2	9	33	27	28	28	28
3	8	11	19	16	17	16
4+	10	16	12	15	14	14
計	61	121	120	120	120	120

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	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	0.20	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
1	0.20	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
2	0.25	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
3	0.28	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
4+	0.28	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
平均	0.24	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	4,575	5,709	6,097	6,630	7,156	7,744
1	2,661	2,521	2,884	3,079	3,348	3,614
2	665	1,458	1,263	1,445	1,543	1,678
3	395	346	678	587	672	717
4+	416	409	336	451	462	505
計	8,712	10,443	11,258	12,193	13,181	14,258

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	95	119	127	138	149	161
1	133	126	144	154	168	181
2	50	110	95	109	116	126
3	38	33	65	56	64	69
4+	50	49	41	54	56	61
資源量計	367	437	472	512	553	598
親魚量	205	255	273	296	320	346

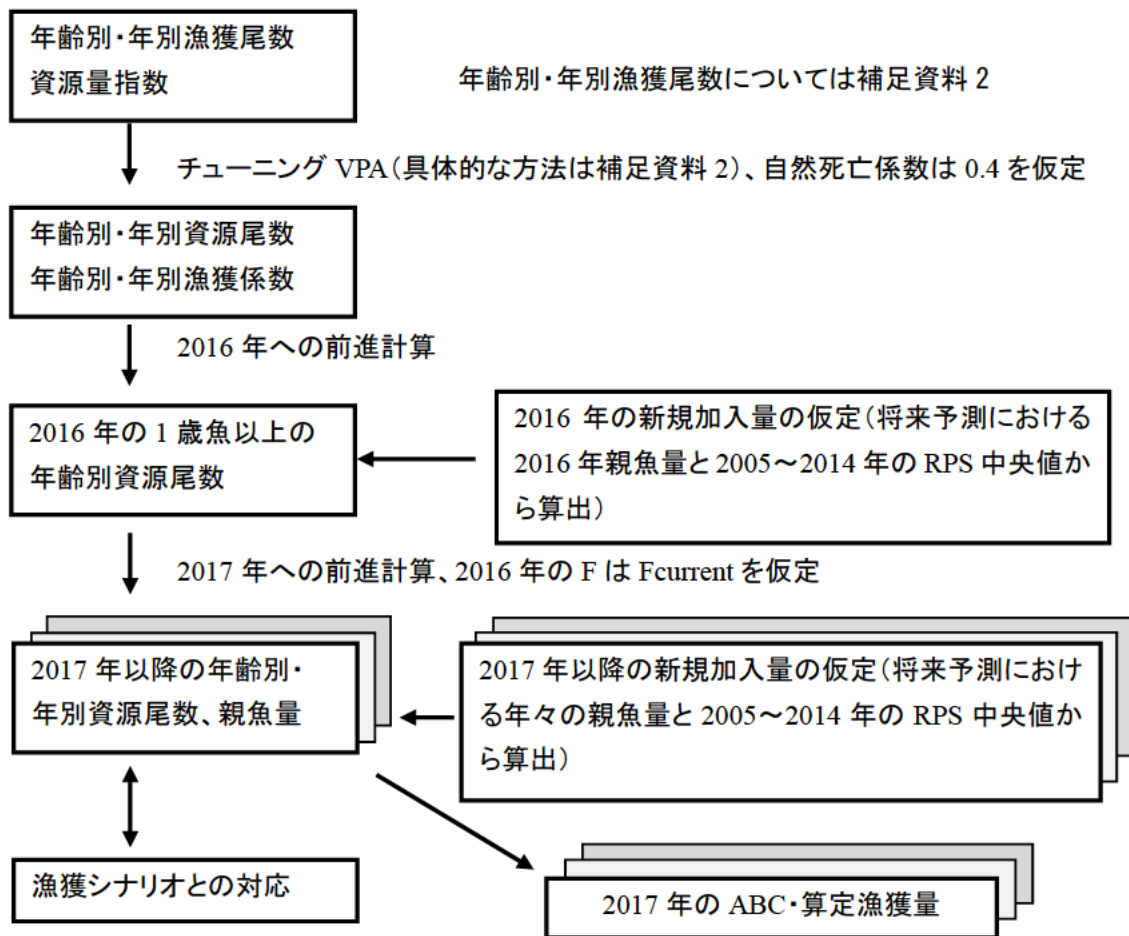
年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	667	1,153	1,231	1,338	1,444	1,563
1	398	521	596	636	692	747
2	122	366	317	363	387	421
3	80	95	186	161	185	197
4+	84	113	92	124	127	139
計	1,351	2,247	2,422	2,623	2,836	3,067

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0	14	24	26	28	30	33
1	20	26	30	32	35	37
2	9	28	24	27	29	32
3	8	9	18	15	18	19
4+	10	14	11	15	15	17
計	61	100	108	117	127	137

補足資料 1 資源評価の流れ



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。2015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2015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～2012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。

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

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

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。

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

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 2015 年の F（ターミナル F）は、まず 0～3 歳魚については過去 10 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 2015 年の F の各年齢の漁獲係数は過去 10 年間（2005～2014 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 2015 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採集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 B_{ban} 水準以上となった 2004 年以降で、2014 年を除く 2015 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、以下の式を最小にするように最近年の F を調整した。

$$\text{最小} \sum_{y=2004(y \neq 2014)}^{2015} \left\{ \ln(q_1 SSB_y) - \ln(Egg_y) \right\}^2 + \sum_{y=2004(y \neq 2014)}^{2015} \left\{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \quad (8)$$

$$q_1 = \left(\frac{\prod_{y=2004(y \neq 2014)}^{2015} Egg_y}{\prod_{y=2004(y \neq 2014)}^{2015} SSB_y} \right)^{\frac{1}{11}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=2004(y \neq 2014)}^{2015} CPUE_y}{\prod_{y=2004(y \neq 2014)}^{2015} B_y} \right)^{\frac{1}{11}} \quad (9)$$

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
産卵量	10.27	99.82
境港 CPUE	0.53	17.77

* 2014 年はコホート解析に含まれていない。

3. 将来予測

2016 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。

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

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。

2016 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}（2006～2015 年の平均値）で求められる選択率を用いた。

補足資料3 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	0.08	0.27	0.23	0.13	0.22
1歳	1.50	0.29	0.76	1.62	1.35	0.15	0.48	0.31	0.54	0.11	0.15	0.54
2歳	2.16	0.94	0.46	2.01	1.67	0.59	0.66	0.78	1.11	0.27	0.14	0.79
3歳	3.16	1.00	1.48	1.30	2.16	1.50	0.15	0.40	1.33	1.20	0.80	0.38
4歳(4歳以上)	2.98	0.37	1.48	1.30	2.16	1.50	0.15	0.40	1.33	1.20	0.80	0.38
5歳以上	2.98	0.37	1.48									
平均	2.38	0.57	0.95	1.75	1.81	0.77	0.35	0.40	0.92	0.60	0.40	0.46

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	228	445	291	855
1歳	794	578	523	233	36	34	34	21	34	117	237	171
2歳	743	119	291	164	31	6	19	14	10	13	70	136
3歳	385	57	31	123	15	4	2	7	4	2	7	41
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	99	281	579	605	1,206

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	1.1	1.0	2.6
1歳	4.9	3.4	3.0	1.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.7	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	1.9	2.8	5.2

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	1.3	2.1

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、2008～2015 年）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	94	276	49	220	250	1,174	96	899
1歳	51	41	20	694	185	229	75	221
2歳	15	4	25	41	182	290	21	182
3歳	9	2	10	10	23	222	11	148
4歳(4歳以上)	4	2	2	5	35	71	11	163
5歳以上								
計	173	326	105	970	675	1,986	213	1,613

年齢別漁獲量（千トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	1.7	5.4	1.1	4.4	5.7	23.1	2.6	13.7
1歳	3.3	1.9	1.2	34.2	11.1	11.6	3.3	10.2
2歳	1.4	0.4	2.0	3.3	14.1	22.4	1.4	13.3
3歳	1.0	0.2	1.0	0.9	2.5	21.1	0.9	13.3
4歳(4歳以上)	0.6	0.3	0.3	0.7	4.5	8.2	1.2	18.9
5歳以上								
計	8.0	8.2	5.6	43.5	37.9	86.4	9.4	69.4

年齢別漁獲係数

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	0.11	0.39	0.01	0.10	0.14	0.55	0.06	0.24
1歳	0.15	0.08	0.05	0.36	0.15	0.23	0.07	0.24
2歳	0.33	0.02	0.07	0.18	0.18	0.47	0.03	0.32
3歳	0.31	0.08	0.07	0.05	0.18	0.46	0.03	0.48
4歳(4歳以上)	0.31	0.08	0.07	0.05	0.18	0.46	0.03	0.48
5歳以上								
平均	0.24	0.13	0.06	0.15	0.17	0.43	0.05	0.35

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	1,127	1,052	4,262	2,708	2,361	3,377	1,999	5,068
1歳	458	679	479	2,817	1,635	1,378	1,303	1,262
2歳	67	266	421	305	1,320	945	736	812
3歳	41	32	175	262	171	736	396	477
4歳(4歳以上)	20	30	39	133	253	236	411	524
5歳以上								
計	1,713	2,059	5,376	6,225	5,740	6,672	4,846	8,142

年齢別資源量（万トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	2.1	2.1	9.5	5.4	5.4	6.7	5.3	7.7
1歳	2.9	3.1	3.0	13.9	9.9	7.0	5.7	5.8
2歳	0.6	2.5	3.4	2.5	10.2	7.3	4.9	5.9
3歳	0.5	0.4	1.7	2.5	1.8	7.0	3.5	4.3
4歳(4歳以上)	0.3	0.4	0.5	1.8	3.2	2.7	4.5	6.1
5歳以上								
計	6.4	8.5	18.1	26.0	30.6	30.7	24.0	29.8

年齢別親魚量（万トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1歳	1.5	1.6	1.5	6.9	4.9	3.5	2.9	2.9
2歳	0.6	2.5	3.4	2.5	10.2	7.3	4.9	5.9
3歳	0.5	0.4	1.7	2.5	1.8	7.0	3.5	4.3
4歳(4歳以上)	0.3	0.4	0.5	1.8	3.2	2.7	4.5	6.1
5歳以上								
計	3	5	7	14	20	21	16	19

年齢別平均体重（g）

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

補足資料 4 日本海におけるマイワシの分布・回遊に関する調査

近年のマイワシの漁獲は中・小型まき網や定置網など沿岸域において行われている。このため、沿岸への来遊の年変動により F が大きく変動していると考えられる（図 10）。近年では、資源量の増加に伴い、分布や回遊が変化していると考えられるが、沖合域では十分な情報が得られていない。そこで、水研、富山県、鳥取県、島根県は、平成 24 年度からマイワシ対馬暖流系群の資源変動に関する調査を開始し、平成 26 年度からは日本海における分布・回遊の変化に関する調査も行っている。

1. 耳石酸素安定同位体比分析による回遊経路調査

平成 27 年度は、耳石安定同位体比分析による経験水温の復元手法（尾田ほか 2016）を利用して、マイワシ対馬暖流系群の回遊生態について検討を行った。

平成 27 年の 2～4 月にかけて富山沖、鳥取沖、長崎沖で漁獲されたマイワシ 1 歳魚の耳石を試料とし、民間分析会社によりバルク分析（79 検体）を、茨城工業高等専門学校により精密分析（15 個体）を行った。しかし、精密分析とバルク分析では異なる結果が得られた。この要因を精査したところ、バルク分析で酸処理を行う際に耳石が完全に溶解しない可能性があることや、分析手法（ガスベンチ法と Dual-Inlet 法）の違いによって生じる問題が原因として考えられた。したがって、バルク分析を行う際は、耳石を砕いてから酸処理を行い、完全に溶解したことを確認した後に、ガス量の調整が不要な Dual-Inlet 法による分析を行うことが望ましいと考えられた。

精密分析では、Geomill326 切削機を用いて耳石の核と、核から 1070 μm 付近の 2 部分を切削した（局部切削）。耳石の核は仔魚期に、核から 1070 μm 付近は夏時期に生成されたと考えられる。また、核から最縁辺まで日周輪に沿って連続的に切削（連続切削）した試料も用意し、それぞれの試料について同位体比分析を行った。

各 3 地点から算出した局部切削の平均値を補足図 4-1 に示す。3 地点の核の $\delta^{18}\text{O}$ はどれもおおむね 0‰ 付近を示すことから、3 地点で漁獲されたマイワシは同程度の水温環境でふ化したと考えられる。この $\delta^{18}\text{O}$ の値は日本海の一般的な海水の同位体比から計算すると、水温約 18～20℃に相当すると考えられる。一方で、1070 μm 部分の $\delta^{18}\text{O}$ 値では、長崎沖が -2‰ 程度となり、他の 2 地点（0‰ 付近）と異なる結果を示した。酸素安定同位体値は大きいほど低水温を経験し、小さいほど高水温を経験した個体と判断されることから、長崎沖で漁獲されたマイワシは夏季に南方の温かい海域を回遊したものと推測できる。さらに連続切削の結果より、鳥取沖のマイワシは耳石のどの部分においても 0‰ 程度の値を示すことから、仔魚の時期から漁獲されるまで同水温域を回遊していたと推測される。今後は、マイワシの分析個体数を増やすとともに、各生息域における海水の $\delta^{18}\text{O}$ の分析データを充実させることが、さらに詳細な回遊経路の推測に必要である。

2. 魚群探知機と中層トロールによる未成年魚採集調査

2015 年 7 月 27～30 日に北緯 38～41 度、東経 136 度 40 分～139 度 40 分の日本海能登半島沖から男鹿半島沖にかけて富山県水産研究所所属立山丸により 9 回の中層トロール操業を行った。採集魚は、カタクチイワシ、マアジ等であり、マイワシは漁獲されなかった。

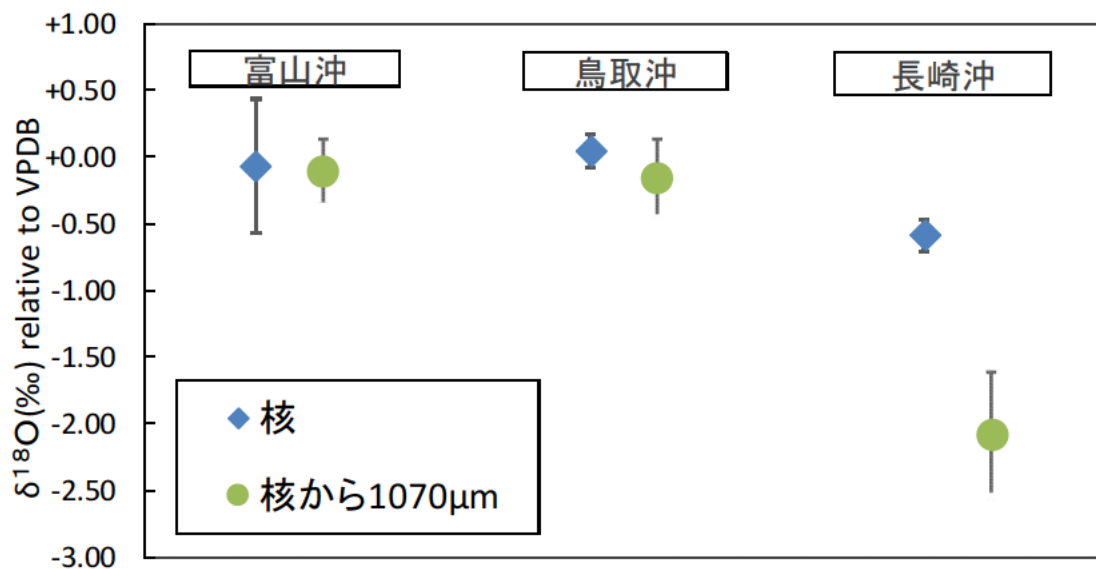
2014 年 8 月 23～29 日に北緯 38 度 30 分～39 度 30 分、東経 134 度 20 分～137 度 12 分の

日本海大和堆周辺海域において西海区水産研究所所属陽光丸により、魚群探知機と中層トロールによる魚群調査を行った。漁獲されたマイワシ 0 歳魚の肥満度および耳石日輪を観察した結果、日本海大和堆周辺海域の個体は対馬海峡や五島列島周辺で漁獲される個体に比べて肥満度が高く、成長が速いことが示唆された（安田ほか 2016）。

引用文献

尾田昌紀・鐵 智美・坂井三郎・石村豊穂 (2016) 耳石の安定同位体比分析を用いたマイワシ回遊履歴の判別法, 水産海洋研究, **80**, 48-55.

安田十也・北島聡・尾田昌紀・南條暢聡・安部幸樹・黒田啓行・福若雅章 (2016) 対馬暖流域におけるマイワシ当歳魚に関する研究 1 2015 年夏季の分布状況、体長、肥満度, 平成 28 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp. 124.



補足図 4-1. マイワシの耳石の核および核から 1070μm 付近の酸素安定同位体比の平均値
エラーバーは標準偏差を示す。