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、髙橋素光）

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（Fcurrent）、親魚量の増大（F40%SPR）および親魚量の維持（Fmed≒F30%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。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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ま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19万トンを記録したが、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（Fcurrent）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。Fmed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（Fcurrentの選択率の下で、SPRが44.7 g（1÷0.0224尾／g）になるF）。さらに、Fmax、F0.1、F40%SPR、F30%SPRを示した。Fcurrentは全ての管理基準の中で最も低かった。FmedはF30%SPRと同程度で、Fmaxより低く、F0.1およびF40%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、Bban（資源量5千トン）およびBlimit（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Blimit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（Fcurrent）、親魚量の維持シナリオ（Fmed≒F30%SPR）および親魚量の増大シナリオ（F40%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、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。Ftarget = α Flimit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（Fcurrent）、親魚量の増大シナリオ（F40%SPR）および親魚量の維持シナリオ（Fmed）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、これらの変化が起き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 （Fcurrent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\* （Fcurrent） | Target | 0.20（0.80Fcurrent） | 14 | 62～375 | 127 | 100 | 100 | 60 |
| Limit | 0.24  （1.00Fcurrent） | 17 | 62～325 | 126 | 100 | 100 | 73 |
| 親魚量の増大\* （F40%SPR） | Target | 0.24  （0.98Fcurrent） | 17 | 61～330 | 127 | 100 | 100 | 72 |
| Limit | 0.30  （1.23Fcurrent） | 20 | 56～301 | 127 | 100 | 98 | 88 |
| 親魚量の 維持\* （Fmed≒F30%SPR） | Target | 0.35  （1.44Fcurrent） | 23 | 51～286 | 131 | 100 | 97 | 100 |
| Limit | 0.44  （1.80Fcurrent） | 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、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。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4.　漁獲量（左：1960～2015年、右：2001～2015年）

図2.　年齢と成長（低水準期） 図3.　年齢と成熟率

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 　 図14.　再生産成功率 （RPS） の推移

親魚量による資源水準の判断基準）



図15.　親魚量と再生産成功率 （RPS） 　　図16.　資源と海洋環境の関係（lnRPS：

の関係（図中の数値は年）　　　　　　　　 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 | 資源量 | 親魚量 | 0歳加入尾数 | 漁獲割合 | 再生産成功率 |
|  | （千トン） | （千トン） | （千トン） | （百万尾） | (%) | （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 | 資源量 | 親魚量 | 0歳加入尾数 | 漁獲割合 | 再生産成功率 |
|  | （千トン） | （千トン） | （千トン） | （百万尾） | (%) | （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

年齢別・年別漁獲尾数

資源量指数

年齢別・年別漁獲尾数については補足資料2

　　　　　　　　　チューニングVPA（具体的な方法は補足資料2）、自然死亡係数は0.4を仮定

年齢別・年別資源尾数

年齢別・年別漁獲係数

2016年への前進計算

2016年の新規加入量の仮定（将来予測における2016年親魚量と2005～2014年のRPS中央値から算出）

2016年の1歳魚以上の

年齢別資源尾数

2017年への前進計算、2016年のFはFcurrentを仮定

2017年以降の新規加入量の仮定（将来予測における年々の親魚量と2005～2014年のRPS中央値から算出）

2017年以降の年齢別・

年別資源尾数、親魚量

補足資料2　資源量計算方法（コホート解析）

漁獲シナリオとの対応

2017年のABC・算定漁獲量

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、α=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。

 （1）

ここで、Na,yはy年におけるa歳魚の資源尾数、Ca,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。

 （2）

 （3）

 （4）

なお、1998年の3歳魚と4歳魚の資源尾数N3,1998およびN4,1998は次の式で推定した。

 （5）

 （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。

 （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。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Bban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。

最小 （8）　　　　　　　　（9）

SSByとはy年における親魚量、Eggyはy年における産卵量（兆粒）、Byはy年における資源量、CPUEy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。

 (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。

 (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。

　 (12)

各年齢のFについてはFcurrent（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）



コホート解析結果の詳細（続き、1972～1983年）



コホート解析結果の詳細（続き、1984～1995年）



コホート解析結果の詳細（続き、1996～2007年）



コホート解析結果の詳細（続き、2008～2015年）



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1070μm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1070μm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**18O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**18O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、1070μm部分の**18O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**18O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。