

## 平成 29 (2017) 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年以降の資源量は増加傾向にある。2016年の資源量は276千トンで、親魚量は153千トンである。2016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（2012～2016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（2016年）を除く過去10年（2006～2015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（ $F_{med}$ ）の各漁獲シナリオで期待される漁獲量を2018年ABCとして算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2018年 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)	2023年の 親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2023年に 2016年 親魚量を 維持	2023年に Blimitを 維持
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent)	Target	57	15	0.20 (-20%)	509 (190~959)	96	99
	Limit	70	18	0.25 (±0%)	400 (148~755)	89	98
親魚量の増大* (F40%SPR)	Target	64	16	0.22 (-10%)	451 (155~807)	91	98
	Limit	78	20	0.28 (+13%)	344 (128~654)	83	96
親魚量の維持* (Fmed)	Target	80	20	0.29 (+16%)	331 (116~624)	81	93
	Limit	96	25	0.36 (+45%)	234 (86~437)	63	85

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2007~2016年のFの平均値、漁獲割合は2018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。2016年の親魚量は153千トン。

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 (%)
2013	290	193	86	0.46	29.8
2014	240	145	9	0.05	3.9
2015	272	188	69	0.41	25.5
2016	276	153	61	0.33	22.0
2017	346	192	60	0.25	17.3
2018	392	237	—	—	—

2017 年および 2018 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あまり期待できなくなる。
2016 年	親魚量	1971 年水準以上 (153 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 体長一年齢測定調査（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)。このように、マイワシは数十年規模の資源変動を示すが、再生産関係を考慮することで、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。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

本系群は、東シナ海北部から日本海にかけて広く分布する。漁獲量が多かった1980年代には日本海の沖合域にも分布していたが(檜山1998)、漁獲量が減少した2000年以降の分布域は沿岸域に限られていた。このことから、本系群の分布域は資源量や生息環境とともに変化すると考えられる(図1)。本系群は、主に春と秋に漁獲される傾向があり、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(伊東1961, 黒田1991)。

### (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や年齢等の内的要因によって決まる。各年齢の成長速度は、資源高水準期に速く、資源低水準期に遅くなるという資源水準と同調した変動が観察されている(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16cm程度、2年で18cm程度、3年で20cm程度に達する。寿命は7歳程度と推定される。図2に、2012～2016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水準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。対馬暖流域では、資源水準が低かった2008～2010年において満1歳魚の多

くが成熟していたと報告されている（米田ほか 2013）。このようにマイワシの成熟開始年齢は資源水準と同調した変動がみられているが、個体が成熟し産卵できるかどうかは、産卵期前の栄養状態によって決まる（森本 2010）。索餌期の餌料や水温等の環境要因が成熟を促す条件になっていると考えられる。図 3 に本系群の評価で使用する年齢別成熟率を示す。本評価では、個体の精密測定や生殖腺の組織学的観察結果に基づいて年齢別成熟率の設定と見直しを行っている。2016 年に 1 歳魚の成熟率が著しく低下したことから、満 1 歳魚では全体の 25%が成熟し、満 2 歳魚以上では全数が成熟すると設定した（補足資料 4）。

本系群の産卵期は冬から春（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たことから（松岡・小西 2001）、主たる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 年代では沿岸域と沖合域に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。2016 年の漁獲量は前年より微減し 61 千トンであった。

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、2016 年には 5 千トン漁獲された（水産統計（韓国海洋水産部）、

<http://www.fips.go.kr:7001/index.jsp>、2017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、2007~2015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 1950-2015、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2017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精査が必要であるため、参考資料とし、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、2001~2016年は1.5~2千統で安定して推移しており、2016年には1.6千統であった。

## 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、1960~2016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2004~2016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)を用いて2016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。年齢別体重と年齢別成熟率は、短年的な海洋環境によって変動する可能性があるため、将来予測では近年5年間の平均値を用いた。

新規加入量および0歳魚の分布状況を調べるために8~9月に中層トロール網と計量魚探による魚群量調査を行った。また、冬期の分布状況を調べるために1月に中層トロール網による調査を実施した(補足資料5)。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/統数であったが、2015年に17.77トン/統数となり再び増加した。2016年は

前年より減少し 11.09 トン/統数であった。当該漁業の操業海域である日本海西区における 2016 年の漁獲量は 2015 年より減少したのに対して、日本海北区および東シナ海区の漁獲量は前年より増加しており、異なる推移をみせている。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採集調査の結果を図 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、2014 年には 10 兆粒に急減した。2015 年の産卵量は再び増加して 100 兆粒となったが、2016 年には 43 兆粒に再び減少した。2016 年の産卵量の減少は、親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。

### (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 歳以上の漁獲尾数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。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、2016 年には 27.6 万トンとなった。

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。

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、2016 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 72～75% の値となり、 $M$  が 0.5 の場合は 0.4 の場合の 141～148% 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。1990 年代以降は変動が激しく高めの値で推移した。2005 年以降は再び低い値で推移している。

### (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 1972 年、2010 年を除き認められていない (表 1)。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。2016 年の親魚量は 15.3 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 (2012~2016 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、2015 年で多く、2016 年は 55 億尾となり、1996 年以降で最も高い値が推定された。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。一方で、夏季に行われた中層トロール調査において 2016 年の当歳魚の CPUE は高い値が得られている (補足資料 5)。親魚量は 2004 年以降から増加傾向にあるが、2012 年および 2013 年に 19.3 万トンに達した後にやや減少し、2016 年には 15.3 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期間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

マイワシの資源量は海洋環境の影響を受けて変動すると指摘されている (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指摘されている (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が、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（2016年）を除く過去10年間（2006～2015年）の中央値（20.8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。年齢別の体重と成熟率は近年5年間（2012～2016年）の単純平均値とした。現状のF（ $F_{current}$ ）は、コホート解析における近年10年間（2007～2016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2016年を除く2006～2015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48.1g（ $1 \div 0.0208$ 尾/g）になるF）。さらに、F $_{max}$ 、F40%SPR、F30%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、F40%SPRと同程度であった。F $_{med}$ はF $_{max}$ やF30%SPRより低かった。

## 5. 2018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、その後は横ばい傾向にある。2016年の資源量は276千トン、親魚量は153千トンであり、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。2016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 $_{med}$ ）および親魚量の増大シナリオ（F40%SPR）の下で2018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）を提案をした。

2017年のFは $F_{current}$ （2007～2016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、F $_{med}$ 未達のFでは親魚量の増加が見込まれる。F $_{current}$ はF $_{med}$ 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)							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.20	61	60	57	66	78	91	106	124
	Limit	0.25	61	60	70	77	86	96	107	119
親魚量の増大 (F40%SPR)	Target	0.22	61	60	64	72	83	94	107	122
	Limit	0.28	61	60	78	83	90	97	105	113
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.29	61	60	80	84	91	97	104	112
	Limit	0.36	61	60	96	95	96	95	95	95
			資源量 (千トン)							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
現状の漁獲圧の 維持 (Fcurrent)	Target	0.20	276	346	392	457	537	626	731	853
	Limit	0.25	276	346	392	436	487	541	603	671
親魚量の増大 (F40%SPR)	Target	0.22	276	346	392	446	511	582	663	756
	Limit	0.28	276	346	392	423	459	494	534	577
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.29	276	346	392	419	452	483	518	555
	Limit	0.36	276	346	392	391	393	392	392	392
			親魚量 (千トン)							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.20	153	192	237	272	321	373	436	509
	Limit	0.25	153	192	237	259	291	323	359	400
親魚量の増大 (F40%SPR)	Target	0.22	153	192	237	265	305	347	395	451
	Limit	0.28	153	192	237	251	274	294	318	344
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.29	153	192	237	249	270	288	309	331
	Limit	0.36	153	192	237	232	235	233	234	234

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) 2018 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 2017 年以後の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1960～2016 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 20.8 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、次ページの表に管理開始から5年後にあたる2023年の親魚量、親魚量が2023年に2016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1,063億尾)。

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2016年の親魚量を維持する確率、Blimitを維持する確率ともに83%以上であった。親魚量の維持シナリオでは2023年に2016年の親魚量を維持する確率が63%となった。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2018年 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F値 (現状の F値から の増減%)	2023年の 親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2023年に 2016年 親魚量を 維持	2023年に Blimitを 維持
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent)	Target	57	15	0.20 (-20%)	509 (190~959)	96	99
	Limit	70	18	0.25 (±0%)	400 (148~755)	89	98
親魚量の増大* (F40%SPR)	Target	64	16	0.22 (-10%)	451 (155~807)	91	98
	Limit	78	20	0.28 (+13%)	344 (128~654)	83	96
親魚量の維持* (Fmed)	Target	80	20	0.29 (+16%)	331 (116~624)	81	93
	Limit	96	25	0.36 (+45%)	234 (86~437)	63	85

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 2007～2016 年の F の平均値、漁獲割合は 2018 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。2016 年の親魚量は 153 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
2015 年漁獲量確定値 2016 年漁獲量暫定値・月別体長組成	2015 年年齢別漁獲尾数
2015 年資源量指標値の確定 2016 年資源量指標値	2016 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) (実際の F 値)
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	
2016 年(2017 年再評価)	F30%SPR	0.39	276	73	60	61 (0.33)
2017 年(当初)	Fmed	0.44	437	121*	100	
2017 年(2017 年再評価)	Fmed	0.36	346	83	68	
2016、2017 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。						

2016、2017 年の資源量および ABC はともに当初評価に比べて下方修正された。特に 2015 年級群の資源量が当初の見積もりより少なくなり、2016 年時の 1 歳魚および 2017 年時の 2 歳魚の資源量が下方修正となった。2017 年の親魚量が下方修正となったことで 2017 年の加入量も下方修正された。

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。また、資源動向は増加傾向から横ばい傾向になっている。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。本評価における資源水準・動向を考慮し、同措置に引き続き取り組んでいくことが望ましい。

## 7. 引用文献

- 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.
- 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.
- 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.

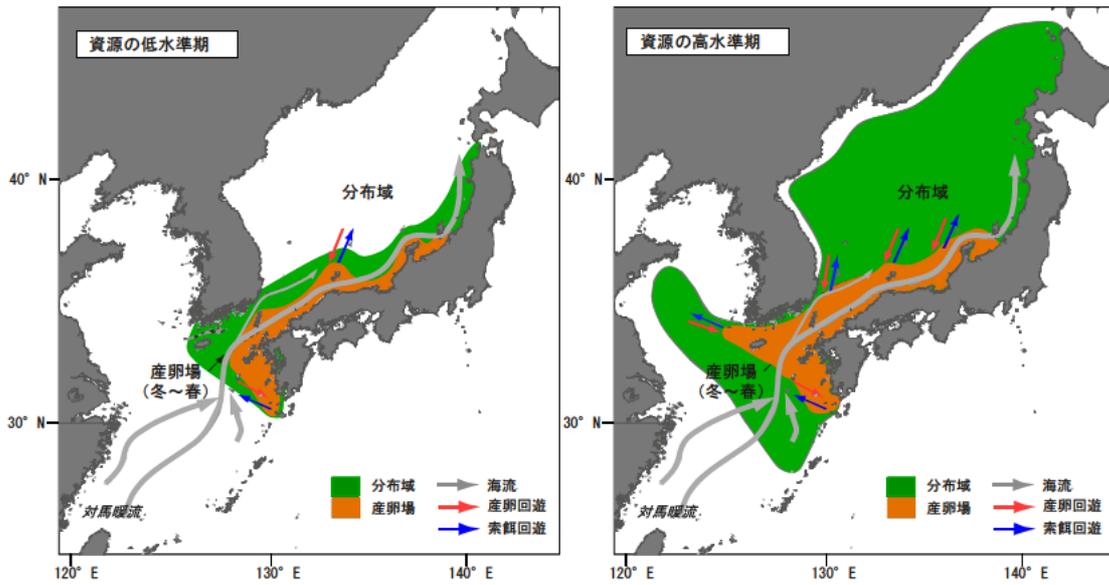


図1. マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊および生活史と漁場形成模式図  
(左：低水準期、右：高水準期)

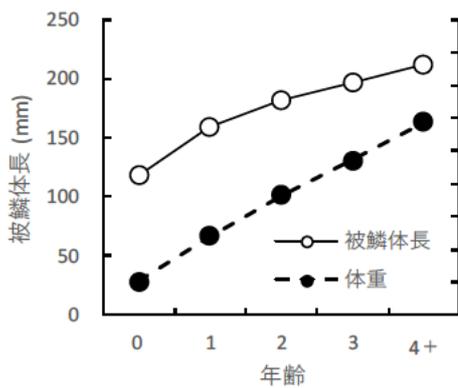


図2. 年齢と成長 (2012～2016年  
の漁獲物平均値)

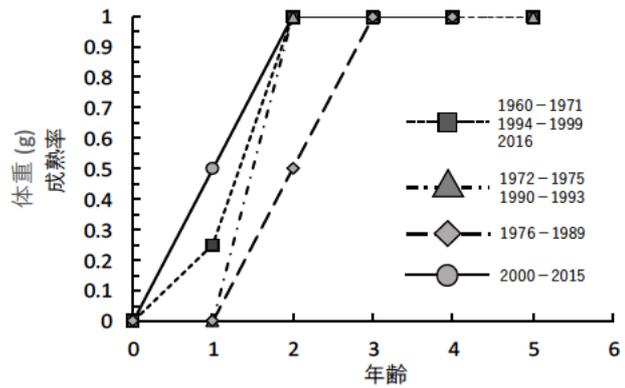


図3. 年齢と成熟率

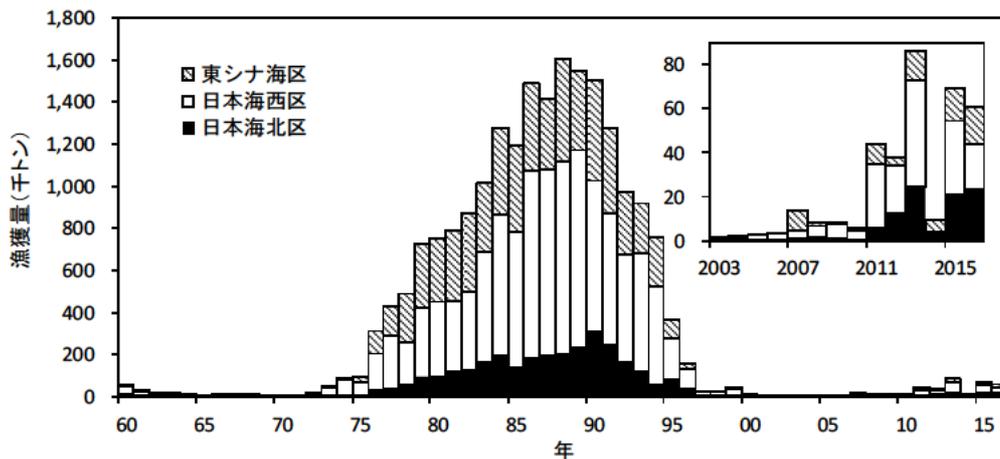


図4. 漁獲量の推移

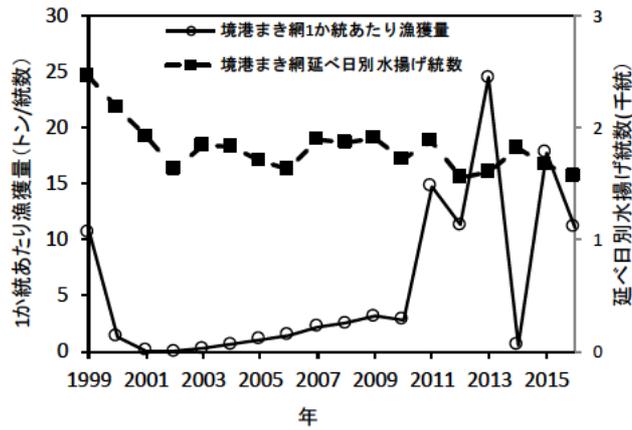


図5. 境港まき網の努力量（延べ日別水揚げ統数）と1か統あたり漁獲量（トン/統数）

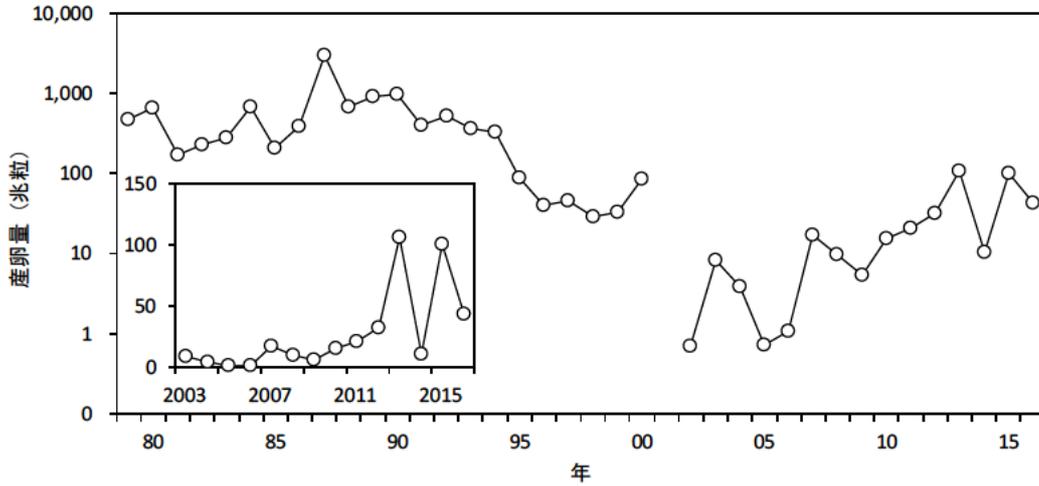


図6. 卵稚仔調査（九州～日本海）による産卵量。2001年に卵は採集されなかった

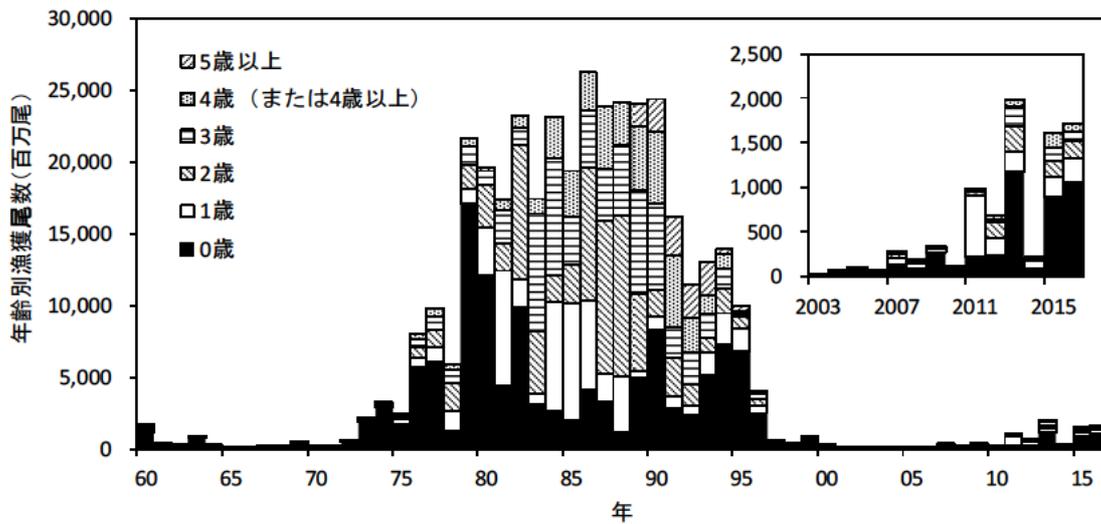


図7. 年齢別・年別漁獲尾数

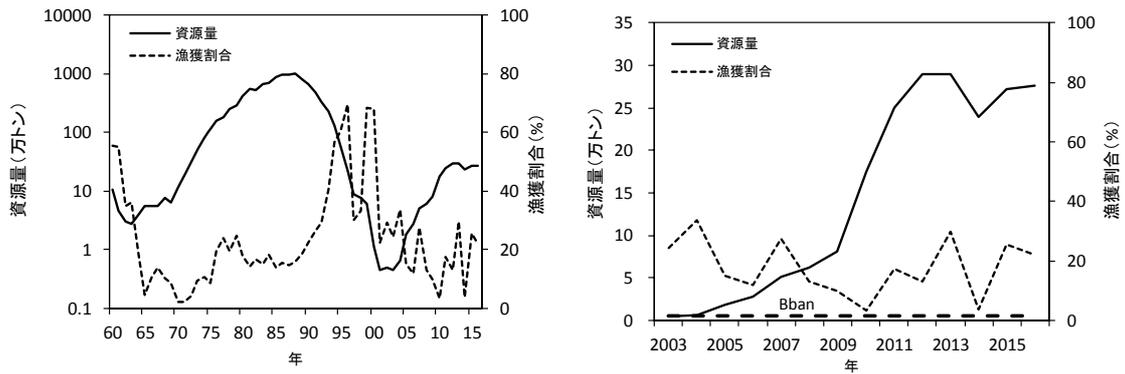


図 8. 資源量と漁獲割合 (左 : 1960~2016 年、資源量は対数表示、右 : 2003~2016 年、Bban は資源量 5 千トン)

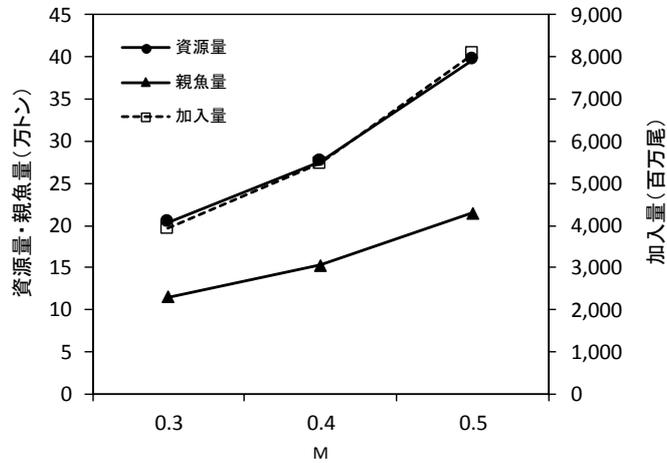


図 9. 自然死亡係数 M と 2016 年資源量、親魚量、加入量の関係

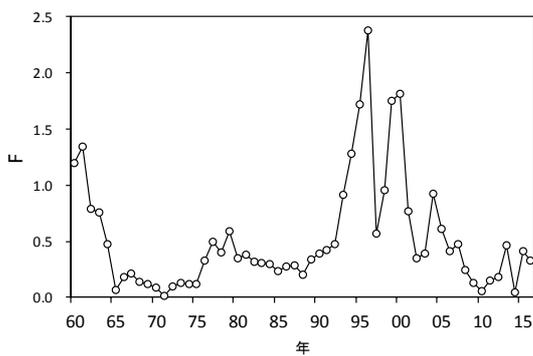


図 10. 漁獲係数 F の推移

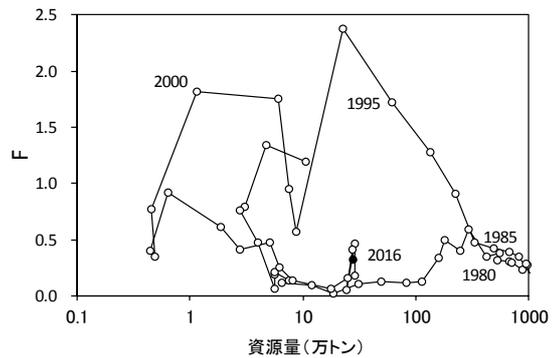


図 11. 1960~2016 年における資源量と F の関係 (図中の数値は年)

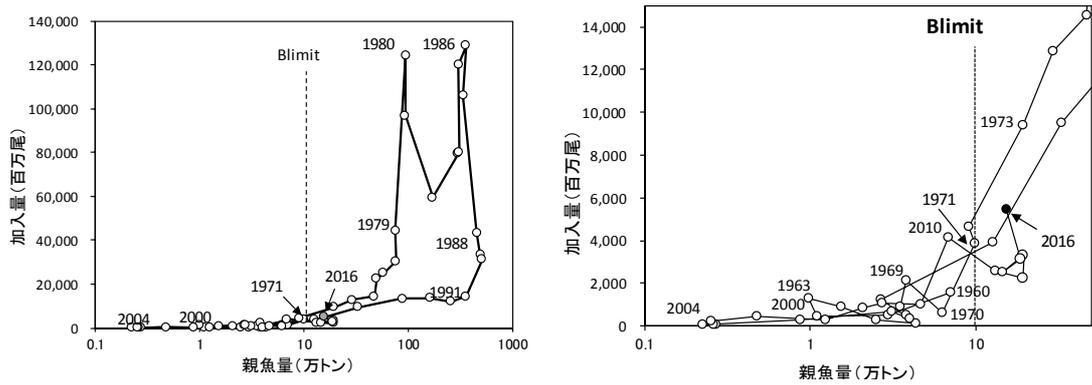


図 12. 親魚量と加入量の関係（左：全期間、右：親魚量 50 万トン以下のデータのみ。いずれの図も横軸は対数） Blimit は 1971 年水準の親魚量 10 万トン、図中の数値は年、図中の黒色のシンボルが 2016 年の値を示す。

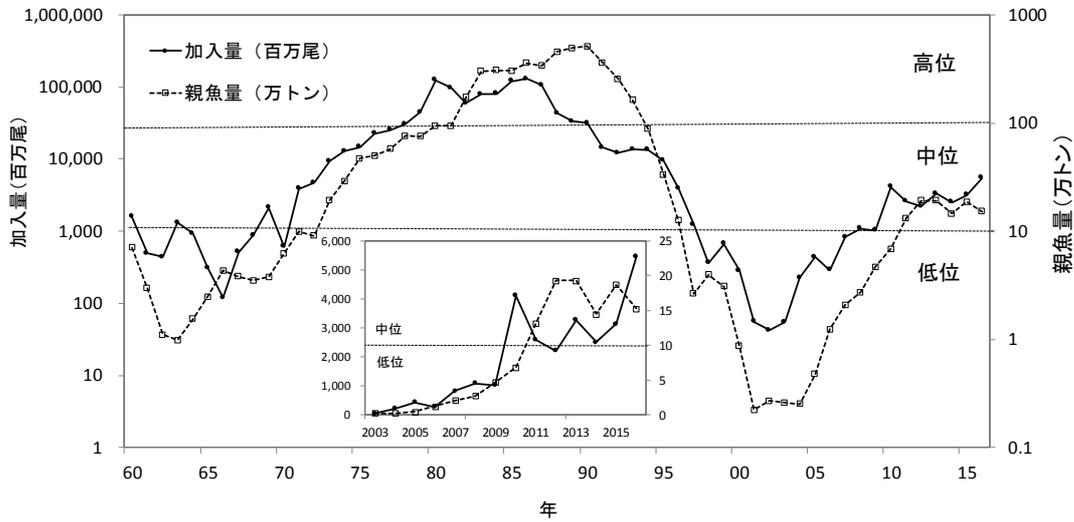


図 13. 親魚量と加入量の推移（破線は親魚量による資源水準の判断基準）

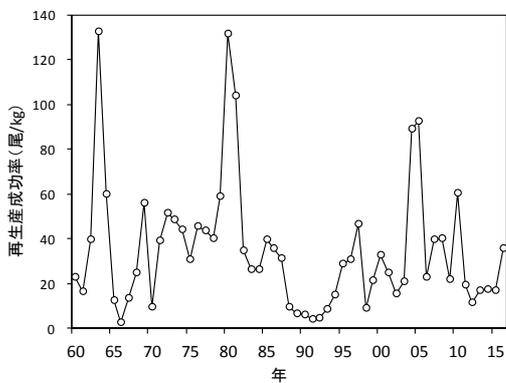


図 14. 再生産成功率（RPS）の推移

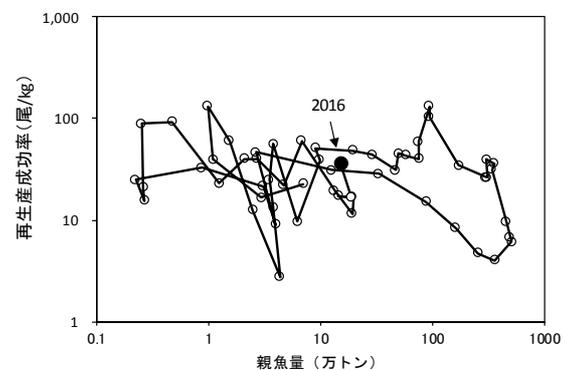


図 15. 親魚量と再生産成功率（RPS）の関係（図中の数値は年）

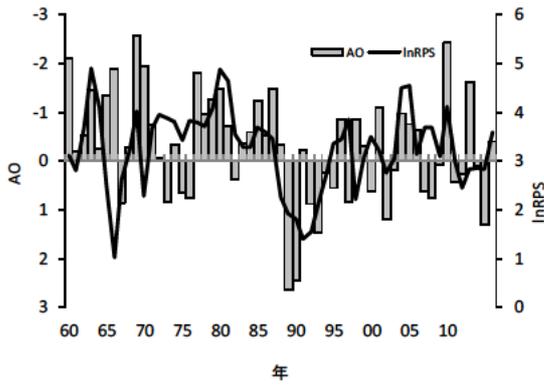


図 16. 資源と海洋環境の関係 (lnRPS : RPS の対数値 (折れ線)、AO : 北極振動 (棒グラフ))

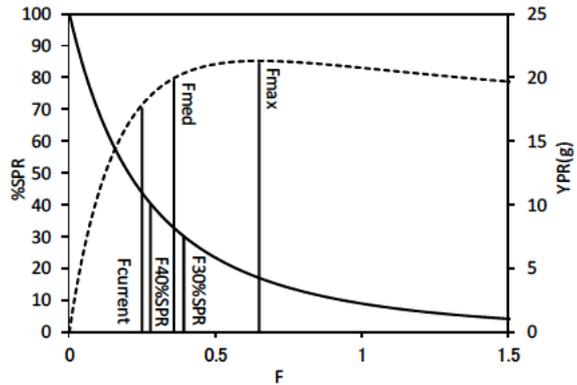


図 17. F と %SPR (実線)、YPR (点線) の関係

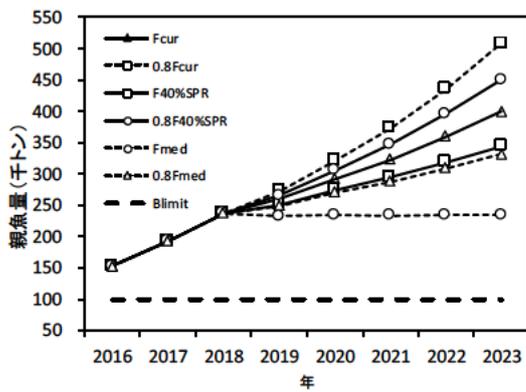
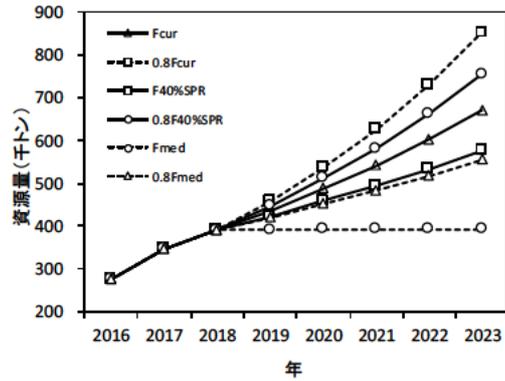
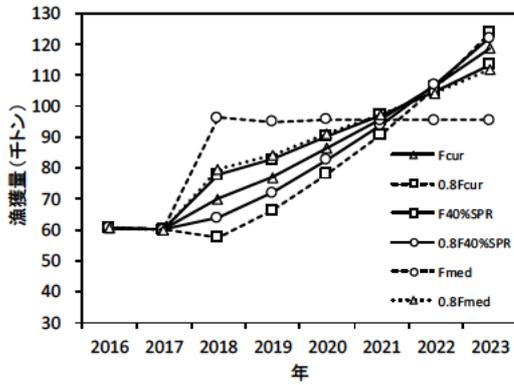


図 18. 各シナリオに対応する漁獲量、資源量、親魚量の予測値

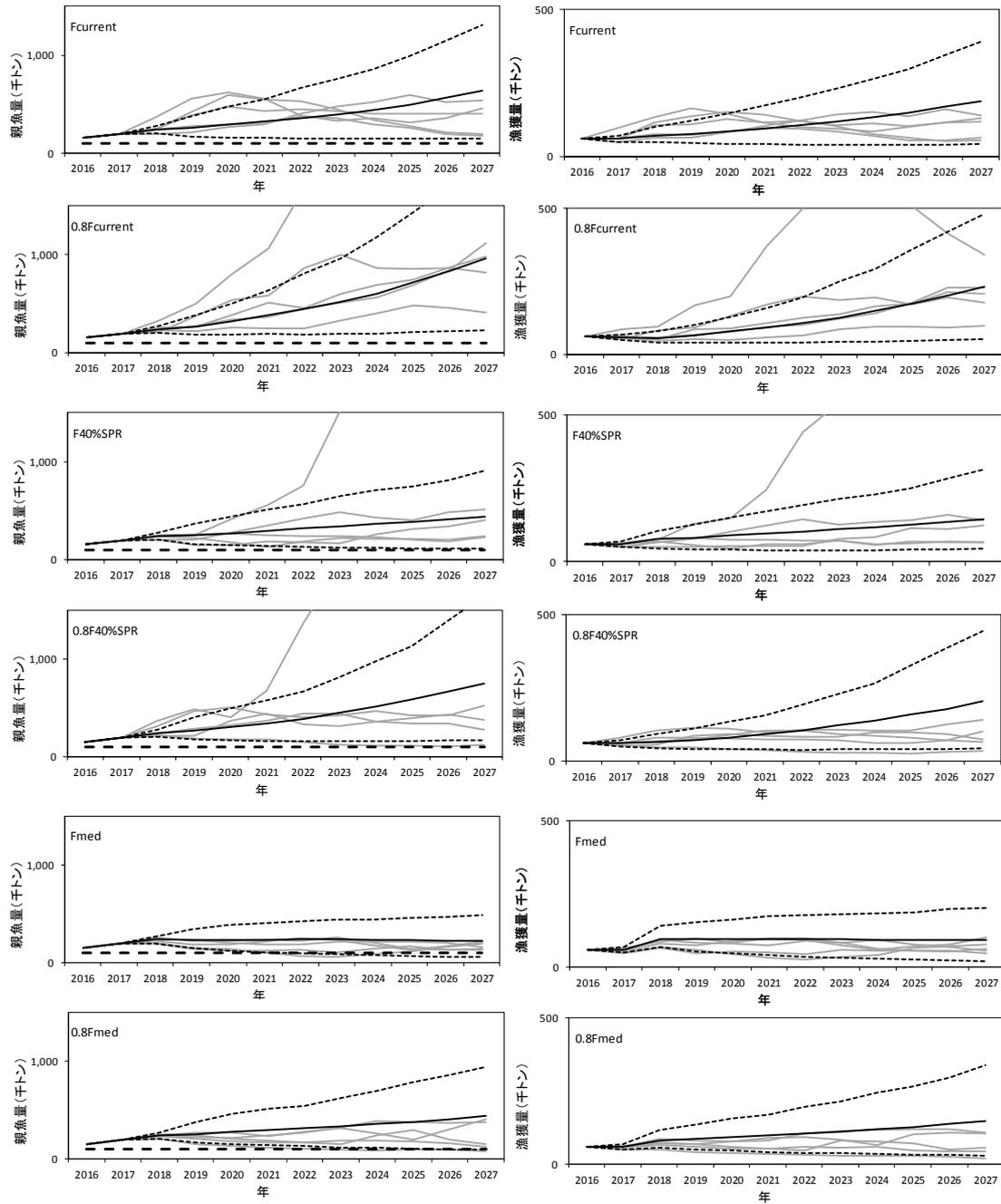


図 19. 再生産成功率の変動を考慮したシミュレーション結果（左列：親魚量、右列：漁獲量） 1,000 回の試行のうち、黒の点線は上下 10%、太線は平均値、灰色の線は 1000 回のうち任意の 5 回のシミュレーション結果の例、黒の破線は Blimit を示す。

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～2016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	226	34	89
2005	3	18	5	441	15	93
2006	3	28	12	287	12	23
2007	14	51	21	831	27	40
2008	8	62	27	1,088	13	40
2009	8	82	47	1,026	10	22
2010	6	175	68	4,124	3	60
2011	44	251	132	2,590	17	20
2012	38	290	193	2,215	13	11
2013	86	290	193	3,284	30	17
2014	9	240	145	2,519	4	17
2015	69	272	187	3,143	25	17
2016	61	276	153	5,467	22	36

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	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
1	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
2	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
3	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
4+	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
平均	0.25	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	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	3,999	4,931	5,384	6,052	6,707	7,473	8,314
1	2,794	2,122	2,617	2,857	3,212	3,559	3,966
2	709	1,513	1,149	1,417	1,547	1,739	1,927
3	430	358	763	579	715	780	877
4+	330	394	390	599	611	688	762
計	8,262	9,318	10,303	11,504	12,792	14,240	15,846

## 年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	79	98	107	120	133	148	164
1	136	104	128	139	157	174	193
2	52	111	84	104	113	127	141
3	40	34	72	54	67	73	82
4+	39	46	46	70	72	81	90
資源量計	346	392	436	487	541	603	671
親魚量	192	237	259	291	323	359	400

## 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	682	841	918	1,032	1,144	1,275	1,418
1	439	334	411	449	505	560	624
2	144	307	233	288	314	353	391
3	79	66	141	107	132	144	162
4+	61	73	72	111	113	127	141
計	1,406	1,621	1,776	1,987	2,208	2,459	2,736

## 年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	13	17	18	20	23	25	28
1	21	16	20	22	25	27	30
2	11	22	17	21	23	26	29
3	7	6	13	10	12	14	15
4+	7	9	8	13	13	15	17
計	60	70	77	86	96	107	119

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	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	0.23	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
1	0.21	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
2	0.28	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
3	0.26	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
4+	0.26	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
平均	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

## 年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	3,999	4,931	5,654	6,667	7,751	9,060	10,574
1	2,794	2,122	2,742	3,144	3,707	4,310	5,038
2	709	1,513	1,199	1,550	1,777	2,095	2,436
3	430	358	808	640	827	948	1,118
4+	330	394	411	666	713	841	978
計	8,262	9,318	10,814	12,666	14,775	17,255	20,144

## 年齢別資源量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	79	98	112	132	153	179	209
1	136	104	134	153	181	210	246
2	52	111	88	113	130	153	178
3	40	34	76	60	78	89	105
4+	39	46	48	78	84	99	115
資源量計	346	392	457	537	626	731	853
親魚量	192	237	272	321	373	436	509

## 年齢別漁獲尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	682	688	789	930	1,082	1,264	1,476
1	439	273	352	404	476	554	647
2	144	252	200	258	296	349	406
3	79	54	122	97	125	144	169
4+	61	60	62	101	108	128	148
計	1,406	1,327	1,526	1,791	2,088	2,439	2,847

## 年齢別漁獲量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	13	14	16	18	21	25	29
1	21	13	17	20	23	27	32
2	11	18	15	19	22	26	30
3	7	5	11	9	12	13	16
4+	7	7	7	12	13	15	17
計	60	57	66	78	91	106	124

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	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	0.23	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
1	0.21	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
2	0.28	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
3	0.26	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
4+	0.26	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
平均	0.25	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28

## 年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	3,999	4,931	5,220	5,694	6,123	6,620	7,146
1	2,794	2,122	2,541	2,690	2,934	3,155	3,411
2	709	1,513	1,119	1,339	1,418	1,547	1,663
3	430	358	736	544	652	690	753
4+	330	394	378	560	555	606	651
計	8,262	9,318	9,994	10,828	11,681	12,618	13,624

## 年齢別資源量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	79	98	103	113	121	131	141
1	136	104	124	131	143	154	166
2	52	111	82	98	104	113	122
3	40	34	69	51	61	65	71
4+	39	46	44	66	65	71	77
資源量計	346	392	423	459	494	534	577
親魚量	192	237	251	274	294	318	344

## 年齢別漁獲尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	682	934	989	1,078	1,159	1,254	1,353
1	439	371	444	470	513	551	596
2	144	340	251	301	318	347	374
3	79	73	151	112	134	141	154
4+	61	81	77	115	114	124	133
計	1,406	1,799	1,912	2,076	2,238	2,418	2,611

## 年齢別漁獲量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	13	18	20	21	23	25	27
1	21	18	22	23	25	27	29
2	11	25	18	22	23	25	27
3	7	7	14	10	13	13	14
4+	7	10	9	13	13	15	16
計	60	78	83	90	97	105	113

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	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	0.23	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
1	0.21	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
2	0.28	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
3	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
4+	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
平均	0.25	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

## 年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	3,999	4,931	5,516	6,350	7,206	8,222	9,367
1	2,794	2,122	2,678	2,996	3,449	3,914	4,465
2	709	1,513	1,174	1,481	1,657	1,908	2,165
3	430	358	785	609	768	860	989
4+	330	394	400	631	660	760	862
計	8,262	9,318	10,553	12,067	13,740	15,663	17,849

## 年齢別資源量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	79	98	109	126	143	163	185
1	136	104	131	146	168	191	218
2	52	111	86	108	121	139	158
3	40	34	74	57	72	81	93
4+	39	46	47	74	78	89	101
資源量計	346	392	446	511	582	663	756
親魚量	192	237	265	305	347	395	451

## 年齢別漁獲尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	682	766	857	987	1,120	1,277	1,455
1	439	304	383	429	494	560	639
2	144	280	217	274	307	353	401
3	79	60	132	103	129	145	167
4+	61	66	67	106	111	128	145
計	1,406	1,477	1,657	1,899	2,161	2,464	2,807

## 年齢別漁獲量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	13	15	17	20	22	25	29
1	21	15	19	21	24	27	31
2	11	20	16	20	22	26	29
3	7	6	12	10	12	14	16
4+	7	8	8	13	13	15	17
計	60	64	72	83	94	107	122

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	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	0.23	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
1	0.21	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
2	0.28	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
3	0.26	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
4+	0.26	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
平均	0.25	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36

年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	3,999	4,931	4,826	4,876	4,855	4,861	4,859
1	2,794	2,122	2,357	2,307	2,331	2,321	2,324
2	709	1,513	1,045	1,160	1,136	1,148	1,143
3	430	358	672	464	515	504	510
4+	330	394	348	472	433	439	437
計	8,262	9,318	9,247	9,280	9,270	9,273	9,272

年齢別資源量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	79	98	95	96	96	96	96
1	136	104	115	113	114	113	113
2	52	111	76	85	83	84	84
3	40	34	63	44	48	47	48
4+	39	46	41	56	51	52	51
資源量計	346	392	391	393	392	392	392
親魚量	192	237	232	235	233	234	234

年齢別漁獲尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	682	1,158	1,133	1,145	1,140	1,142	1,141
1	439	461	512	502	507	505	505
2	144	418	289	321	314	317	316
3	79	91	170	117	131	128	129
4+	61	100	88	120	110	111	111
計	1,406	2,228	2,193	2,205	2,201	2,202	2,202

年齢別漁獲量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	13	23	22	23	23	23	23
1	21	23	25	24	25	25	25
2	11	31	21	23	23	23	23
3	7	8	16	11	12	12	12
4+	7	12	10	14	13	13	13
計	60	96	95	96	95	95	95

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	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	0.23	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
1	0.21	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2	0.28	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
3	0.26	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
4+	0.26	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
平均	0.25	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

## 年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	3,999	4,931	5,180	5,608	5,984	6,421	6,880
1	2,794	2,122	2,522	2,649	2,869	3,061	3,284
2	709	1,513	1,111	1,321	1,387	1,502	1,603
3	430	358	730	536	637	669	724
4+	330	394	375	551	541	587	626
計	8,262	9,318	9,918	10,665	11,418	12,241	13,117

## 年齢別資源量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	79	98	102	111	118	127	136
1	136	104	123	129	140	149	160
2	52	111	81	97	101	110	117
3	40	34	68	50	60	63	68
4+	39	46	44	65	64	69	74
資源量計	346	392	419	452	483	518	555
親魚量	192	237	249	270	288	309	331

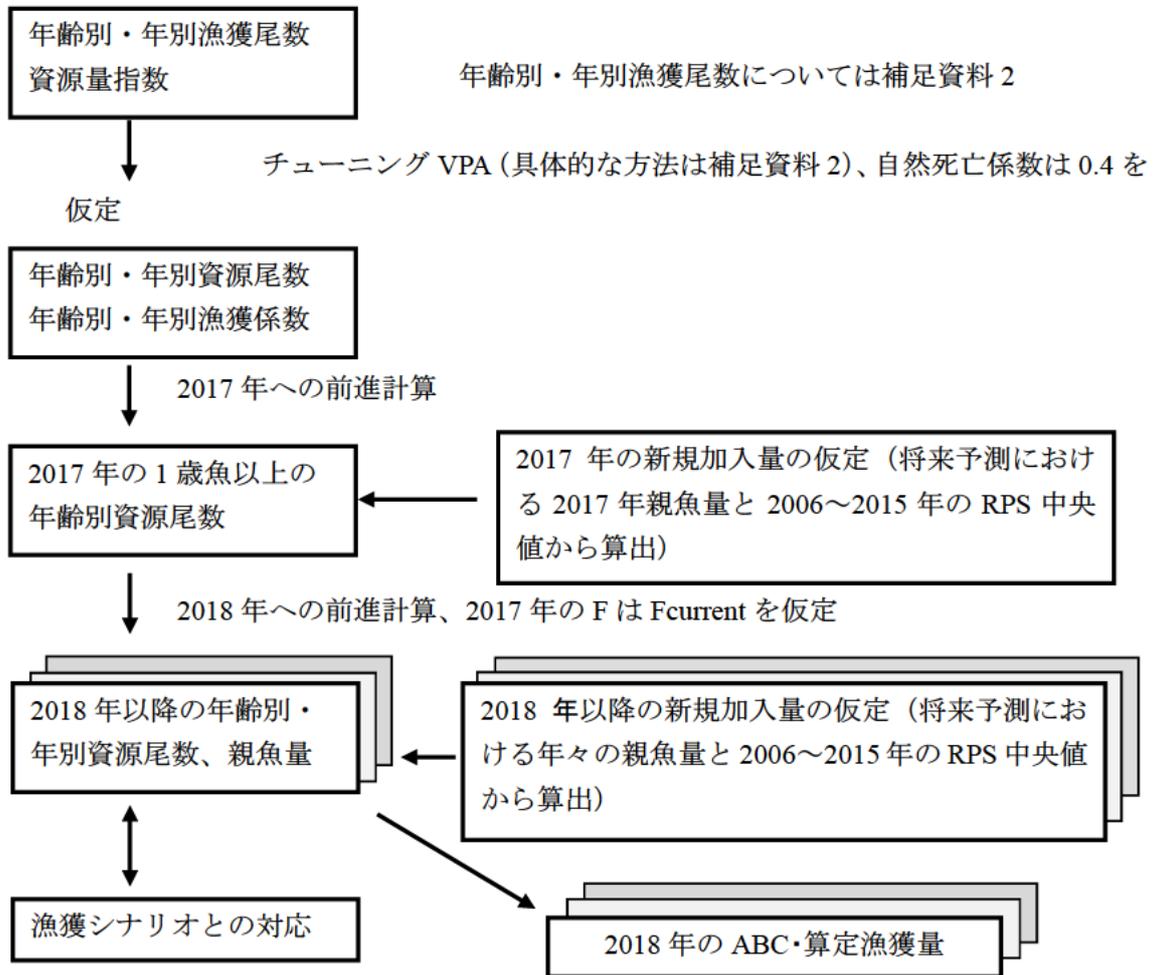
## 年齢別漁獲尾数(百万尾)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	682	957	1,005	1,088	1,161	1,246	1,335
1	439	380	452	475	514	548	588
2	144	348	255	304	319	345	369
3	79	75	153	112	134	140	152
4+	61	83	79	116	114	123	131
計	1,406	1,842	1,944	2,094	2,241	2,403	2,575

## 年齢別漁獲量(千トン)

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0	13	19	20	22	23	25	26
1	21	19	22	23	25	27	29
2	11	25	19	22	23	25	27
3	7	7	14	11	13	13	14
4+	7	10	9	14	13	14	15
計	60	80	84	91	97	104	112

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。2016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。年齢一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2016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。

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

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

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

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 2016 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 2016 年の F の各年齢の漁獲係数は過去 10 年間（2006~2015 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 2016 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 Bban 水準以上となった 2004 年以降で、2014 年を除く 2016 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。

$$\text{最小} \sum_{y=2004(y \neq 2014)}^{2016} \left\{ \ln(q_1 SSB_y) - \ln(Egg_y) \right\}^2 + \sum_{y=2004(y \neq 2014)}^{2016} \left\{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \quad (8)$$

$$q_1 = \left( \frac{\prod_{y=2004(y \neq 2014)}^{2016} Egg_y}{\prod_{y=2004(y \neq 2014)}^{2016} SSB_y} \right)^{\frac{1}{12}}, q_2 = \left( \frac{\prod_{y=2004(y \neq 2014)}^{2016} CPUE_y}{\prod_{y=2004(y \neq 2014)}^{2016} B_y} \right)^{\frac{1}{12}} \quad (9)$$

$SSB_y$  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
産卵量	10.27	99.82	42.8
境港 CPUE	0.53	17.77	11.09

\* 2014 年はコホート解析に含まれていない。

### 3. 将来予測

2017 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。

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<sub>current</sub> (2007~2016 年の平均値) で求められる選択率を用いた。各年齢の体重および成熟率については近年 5 年間 (2012~2016 年) の平均とした。その結果、体重は 0 歳で 20 g、1 歳で 49 g、2 歳で 73 g、3 歳で 94 g、4 歳以上で 118 g となり、成熟率は 1 歳で 0.45、2 歳以上は 1.00 となった。

## 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	1.9
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	0.23
1歳	1.50	0.29	0.76	1.62	1.35	0.15	0.48	0.31	0.54	0.11	0.16	0.55
2歳	2.16	0.94	0.46	2.01	1.67	0.59	0.66	0.78	1.11	0.27	0.14	0.80
3歳	3.16	1.00	1.48	1.30	2.16	1.50	0.15	0.40	1.33	1.21	0.81	0.39
4歳(4歳以上)	2.98	0.37	1.48	1.30	2.16	1.50	0.15	0.40	1.33	1.21	0.81	0.39
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	0.61	0.41	0.47

## 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	226	441	287	831
1歳	794	578	523	233	36	34	34	21	34	115	234	168
2歳	743	119	291	164	31	6	19	14	10	13	69	134
3歳	385	57	31	123	15	4	2	7	4	2	7	40
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	278	573	597	1,176

## 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	2.5
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	1.8	2.8	5.1

## 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	2.1

## 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、2008～2016年）

## 年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	94	276	49	220	250	1,174	96	899	1,063
1歳	51	41	20	694	185	229	75	221	256
2歳	15	4	25	41	182	290	21	182	211
3歳	9	2	10	10	23	222	11	148	95
4歳(4歳以上)	4	2	2	5	35	71	11	163	92
5歳以上									
計	173	326	105	970	675	1,986	213	1,613	1,717

## 年齢別漁獲量（千トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	1.7	5.4	1.1	4.4	5.7	23.1	2.6	13.7	15.5
1歳	3.3	1.9	1.2	34.2	11.1	11.6	3.3	10.2	10.9
2歳	1.4	0.4	2.0	3.3	14.1	22.4	1.4	13.3	14.9
3歳	1.0	0.2	1.0	0.9	2.5	21.1	0.9	13.3	8.3
4歳(4歳以上)	0.6	0.3	0.3	0.7	4.5	8.2	1.2	18.9	11.0
5歳以上									
計	8.0	8.2	5.6	43.5	37.9	86.4	9.4	69.4	60.7

## 年齢別漁獲係数

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	0.11	0.40	0.01	0.11	0.15	0.57	0.05	0.43	0.27
1歳	0.15	0.08	0.05	0.37	0.16	0.25	0.08	0.18	0.26
2歳	0.34	0.02	0.08	0.19	0.19	0.51	0.04	0.34	0.34
3歳	0.32	0.08	0.08	0.05	0.19	0.50	0.04	0.54	0.38
4歳(4歳以上)	0.32	0.08	0.08	0.05	0.19	0.50	0.04	0.54	0.38
5歳以上									
平均	0.25	0.13	0.06	0.15	0.18	0.46	0.05	0.41	0.33

## 年齢別資源尾数（百万尾）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	1,088	1,026	4,124	2,590	2,215	3,284	2,519	3,143	5,467
1歳	442	652	461	2,724	1,556	1,280	1,240	1,610	1,371
2歳	65	255	404	293	1,258	892	670	770	899
3歳	40	31	167	251	163	694	361	433	367
4歳(4歳以上)	19	29	37	127	241	223	375	475	354
5歳以上									
計	1,655	1,993	5,193	5,985	5,433	6,373	5,165	6,431	8,458

## 年齢別資源量（万トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	2.0	2.0	9.2	5.1	5.0	6.5	6.7	4.8	8.0
1歳	2.8	3.0	2.9	13.4	9.4	6.5	5.5	7.4	5.9
2歳	0.6	2.4	3.3	2.4	9.7	6.9	4.5	5.6	6.4
3歳	0.5	0.4	1.7	2.4	1.8	6.6	3.2	3.9	3.2
4歳(4歳以上)	0.3	0.4	0.5	1.7	3.1	2.5	4.1	5.5	4.2
5歳以上									
計	6.2	8.2	17.5	25.1	29.0	29.0	24.0	27.2	27.6

## 年齢別親魚量（万トン）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1歳	1.4	1.5	1.4	6.7	4.7	3.2	2.7	3.7	1.5
2歳	0.6	2.4	3.3	2.4	9.7	6.9	4.5	5.6	6.4
3歳	0.5	0.4	1.7	2.4	1.8	6.6	3.2	3.9	3.2
4歳(4歳以上)	0.3	0.4	0.5	1.7	3.1	2.5	4.1	5.5	4.2
5歳以上									
計	2.7	4.7	6.8	13.2	19.3	19.3	14.5	18.7	15.3

## 年齢別平均体重（g）

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

#### 補足資料4 近年の成熟率について

##### 1. はじめに

既往知見から、マイワシでは資源変動と同調した成熟率の変化が観察されており（森本 2010）、資源高水準期では個体の成長の鈍化や成熟年齢の高齢化が認められたのに対して、資源低水準期では高成長率に伴う成熟年齢の若齢化が報告されている（米田ほか 2013）。年齢別成熟率は資源評価および将来予測に不可欠なパラメータであり、パラメータ設定の妥当性について調査を続ける必要がある。これに関連して、平成 28 年度より水産庁補助事業「資源量推定等高度化推進事業」の一環として、本系群の成熟特性に関する調査研究が進められている。以下に、近年の成熟率に関する研究経過の概要を示す。

##### 2. 方法

近年のマイワシの年齢別成熟率に変化が起きているかどうかを調べるために、2008～2016 年に漁獲された雌個体の生殖腺指数（生殖腺重量/体重×100; GSI）の変化を分析した。生息海域により GSI の違いがないか調べるために、便宜的に島根県以東で水揚げされた個体（日本海）と山口県以西で水揚げされた個体（東シナ海）に分けて分析した。日本海では 2～6 月に得られた個体を、東シナ海では 12～翌 5 月に得られた個体をそれぞれ分析標本に用いた。GSI の分析に加えて、一部の個体は鱗による年齢査定と組織学的観察手法に基づく生殖腺の発達状況を詳しく調べた。この観察では、九州北西部と山陰で水揚げされた雌標本のみを分析に供した。卵巣の成熟段階は Matsuyama（1991）に基づいて 5 期（未成熟期; 発達期; 成熟期; 産卵期; 閉鎖期）に区分けした。発達期、成熟期、産卵期の卵巣を持つ個体を成熟魚とし、閉鎖期の個体は解析から除外した。2008～2010 年の結果は米田ほか（2013）の値を用いた。

##### 3. 結果

補足図 4-1 に GSI の経年変化を海域別に示す。日本海における GSI は、2008～2012 年まで 5 程度で安定していたが、2013 年以降減少傾向となった。特に 2015～2016 年は極端に GSI が低かった。東シナ海における GSI は 2008～2015 年まで 4 程度で安定していたが、2016 年に減少した。

補足表 4-1 に組織学的観察に基づく年齢別成熟率を示す。成熟率は 3 歳魚以上では 90% 以上で高く、九州北西部の方が山陰よりも高いという特徴がみられた。年代別にみると、2008～2010 年の 1 歳魚では九州北西部の全ての個体が成熟し、山陰の 70% 以上の個体が成熟していた（米田ほか 2013）。2011 年以降においても九州北西部の成熟率は、以前より減少したものの、70% 以上の高い値が維持された。しかし、山陰では 1 歳魚と 2 歳魚の成熟率が低下しており、特に 1 歳魚での低下が顕著であった。2 歳魚以上では、産卵期後半の成熟率が低くなっている傾向がみられることから、産卵期の変化を精査する必要がある。

補足図 4-2 に 2011～2016 年における 1 歳魚の雌個体の成熟率の経年変化を示した。九州北西部における成熟率は 2011～2015 年まで高い値を維持したが、2016 年に低下した。山陰の成熟率は東シナ海より常に低く、年変動が大きという特徴があった。GSI の低下が見られた 2015 年の成熟率は 2011 年や 2013 年と同程度であったが、2016 年の成熟率は過去の値と比べて大きく低下していた。

#### 4. 考察および年齢別成熟率の設定

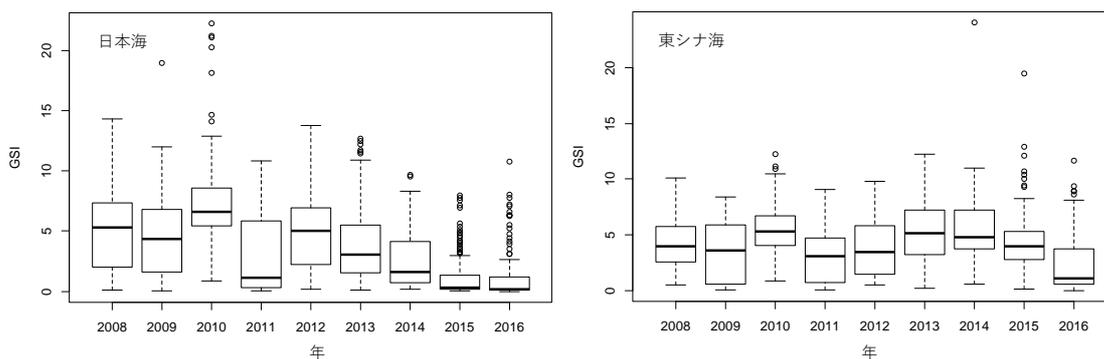
生殖腺指数および組織学的観察から成熟率の低下が認められた。生殖腺指数の精度の問題（West 1990）や海域間の違いを考慮すると、本系群において成熟率の低下がはっきり認められたのは2016年の1歳魚といえる。

魚類一般において、個体の成熟は餌、水温、資源密度などの外的要因に加えて、年齢や遺伝的形質等の内的要因の影響を受ける。マイワシの成熟に関しても、産卵期前の栄養状態や年齢等が成熟にとって重要な条件と認識されている（森本 2010）。資源密度との関係について、マイワシを含むニシン科魚類の成熟年齢や成熟体長が資源密度と同調するように変化することから（Blaxter and Hunter 1982）、成熟に対する密度効果が注目されている（例えば Armstrong et al., 1989）。本系群の資源量は2009年から2012年にかけて急激に増加したが、2013年以降の資源量は横ばい傾向である。この間、1歳魚の成熟率の急激な低下は2016年に観察されたが、低下の兆候は2011年に九州北西部、山陰で共に観察されており、特に山陰で著しい。近年の成熟率の低下は、産卵期前の栄養状態の悪化を示唆していると考えられ、索餌海域の餌料環境、マイワシ分布密度について精査が必要である。

本年度評価における2016年の年齢別成熟率は1歳魚のみ変更した。成熟率が短年的な海洋環境によって変動する可能性を考慮して、将来予測では近年5年間の平均値を用いた。本系群の成熟機構を解明するには、産卵期に変化が生じていないか等、検討を加える必要がある。さらに、生殖腺の観察に加えて、先にあげた内的・外的要因の影響の分析に基づいた知見の補完が必要であり、調査研究を継続して実施することが重要である。

#### 参考文献

- Armstrong, M.J., B.A. Roel, and R.M. Prosch (1989) Long-term trends in patterns of maturity in the Southern Benguela pilchard population – evidence for density-dependence. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, **8**, 91-101.
- Blaxter, J. and J.R. Hunter (1982) The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.* **20**, 1-223.
- 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.
- West, G. (1990) Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Ausut. J. Mar. Freshwater Res.*, **41**, 199-222.
- 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.

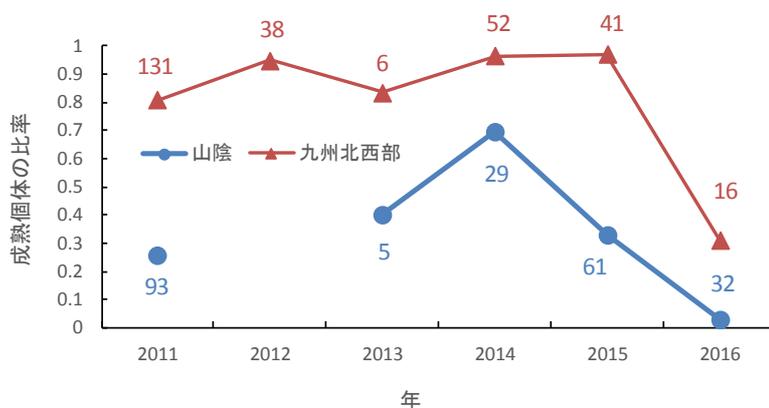


補足図 4-1. 日本海（島根県以東）および東シナ海（山口県以西）に水揚げされたマイワシ雌個体の生殖腺発達指数（GSI）の経年変化。

補足表 4-1. 各年代における年齢別成熟率の単純平均値（%）と標本数

海域・年代	1歳		2歳		3歳以上	
	%	n	%	n	%	n
九州北西部						
2008-2010年*	100	240	100	55	100	45
2011-2013年	87	176	90	82	94	74
2014-2016年	75	87	72	80	100	33
山陰						
2008-2010年*	74	258	97	74	97	34
2011-2013年	33	98	81	32	93	103
2014-2016年	35	122	59	74	99	82

\*米田ほか（2013）

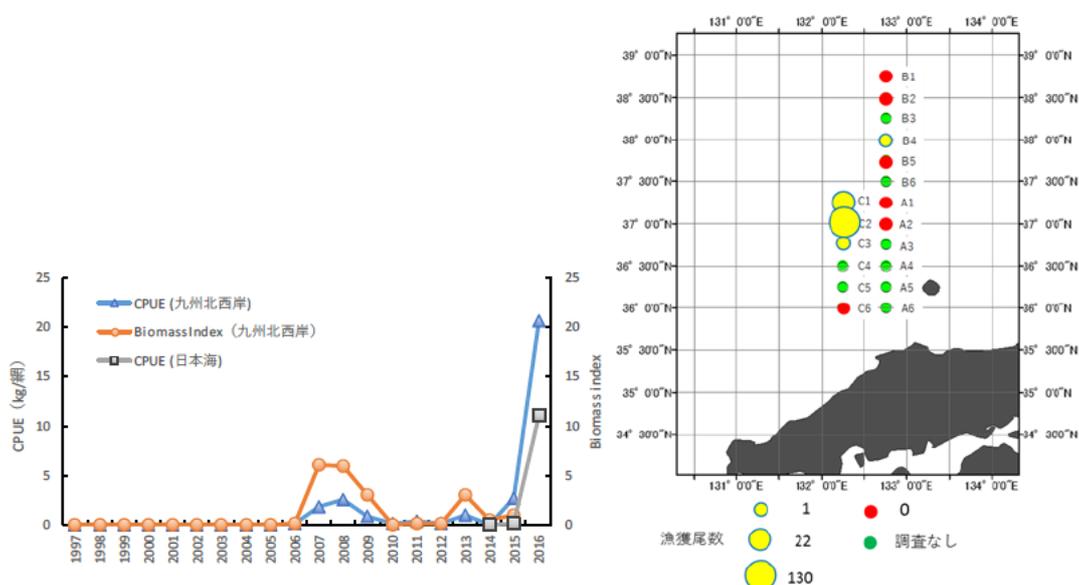


補足図 4-2. 九州北西部および山陰に水揚げされたマイワシ雌個体 1 歳魚の成熟率の経年変化。数字は標本数

補足資料 5 調査船調査の結果

1997年から2016年の夏季(8~9月)に日本海と九州北西岸で行った計量魚探による浮魚類魚群量調査から得られた現存量指標値と中層トロールのCPUEを補足図5-1に示した。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る(安田ほか2016)。日本海と九州北西岸ともに2016年の中層トロールのCPUEは前年の値を大きく上回る結果となった。

2017年冬季(1月)の日本海西部海域において実施された中層トロール調査の採集尾数を補足図5-1(右)に示す。隠岐諸島の北方では殆どマイワシが分布しておらず、竹島東方沖でマイワシが漁獲されやすい傾向にあった。



補足図5-1. (左) 夏季調査におけるマイワシCPUEの経年変化、(右) 冬季日本海西部におけるマイワシ採集尾数

参考文献

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.