

平成 27（2015）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（福若雅章、安田十也、黒田啓行）

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、2013 年までは資源量指標値を考慮したコホート解析により、2014 年は 2015 年の漁獲物年齢組成を考慮した前進計算により求めた。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。2014 年の資源量は 188 千トンである。2014 年の親魚量は 114 千トンで、Blimit (100 千トン) を上回っている。2014 年の親魚量が Blimit を上回っていることから資源水準は中位で、最近 5 年間（2010～2014 年）の資源量の推移から動向は増加と判断した。今後、再生産成功率（加入量÷親魚量）が不確実性の高いコホート解析における直近年（2013 年）を除く過去 10 年（2003～2012 年）の中央値で継続した場合に、長期的に安全な親魚量の確保（F40%SPR）、現状の漁獲圧の維持（Fcurrent）、親魚量の確保（F30%SPR）および親魚量の維持（Fmed）の各漁獲シナリオで期待される漁獲量を 2016 年 ABC として算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Limit/ Target	F 値 (Fcurrent との比較)	漁獲 割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価 (%)		2016 年 ABC (千トン)
				5 年後	5 年 平均	2014 年 親魚量 を維持 (5 年 後)	Blimit を 維持 (5 年間)	
長期的に安全 な親魚量 の確保* (F40%SPR)	Limit	0.34 (0.80 Fcurrent)	20	70～548	160	98	99	80
	Target	0.27 (0.64 Fcurrent)	16	69～598	151	99	99	66
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent)	Limit	0.43 (1.00 Fcurrent)	24	64～536	163	96	97	96
	Target	0.34 (0.80 Fcurrent)	20	68～556	159	98	98	80
親魚量 の確保* (F30%SPR)	Limit	0.50 (1.17 Fcurrent)	27	56～457	164	90	92	109
	Target	0.40 (0.94 Fcurrent)	23	62～549	168	95	96	91
親魚量の 維持* (Fmed)	Limit	0.78 (1.83 Fcurrent)	38	32～301	153	55	62	152
	Target	0.62 (1.47 Fcurrent)	32	48～400	158	76	80	130

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。

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、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。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は 2004～2013 年の F の平均値、漁獲割合は 2016 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。

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F 値	漁獲割合
2013	252	85	0.66	34%
2014	188	9	0.09	5%
2015	332	—	—	—

2015 年の値は加入量を仮定した値である。

	指標	水準	設定理由
Bban	資源量	5 千トン	近年における最低資源量 4.4 千トン(2003 年)およびその前後の資源量推定値より判断
Blimit	親魚量	1971 年水準 (100 千トン)	これ未満の親魚量では良好な加入量があり期待できなくなる。
2014 年	親魚量	1971 年水準以上 (114 千トン)	

水準：中位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関連調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 主要港水揚量（青森～鹿児島（17）府県） 大中型まき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 月別体長組成調査（水研セ、青森～鹿児島（17）府県） ・市場測定 体長一年齢測定調査（水研セ） ・市場測定、年齢査定
資源量指数 ・産卵量 ・資源量指標値	卵稚仔調査（水研セ、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）

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）。漁獲量の減少は 1980 年代後半における連続的な加入量の減少と、資源の高齢化にあったとされる。この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、小型魚保護のため、大中型まき網漁業は小型魚を主とする漁獲があった場合には、以降、集中的な漁獲圧をかけないように速やかに漁場移動を行い、中・小型まき網漁業は、団体毎に一定日数の休漁、水揚げ日数制限等の漁獲制限を行うという取り組みが実施された。資源回復計画は平成 23 (2011) 年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、平成 24 (2012) 年度以降、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下、継続して実施されている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

東シナ海北部から九州沿岸 (西岸)、日本海にかけて分布する。本資源の漁獲量が多かった年代には沖合域にも分布が見られたが (檜山 1998)、2000 年以降の分布はほぼ沿岸域に限られると考えられている (図 1)。しかし、近年では資源量や環境の変化により分布が変化している可能性がある。産卵場も資源水準により変化し、九州周辺海域では、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に形成される (松岡・小西 2001)。

(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)。資源水準が低い近年においては、1 歳から産卵を行っている (図 3)。資源高水準期は主に 2 歳魚以上から産卵する。産卵期は冬から春 (1～6 月) である。

(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り、高水準期には広域に索餌回遊していたと考えられるが、資源水準が低い近年においては広域の索餌回遊は行っていないと考えられる。また、仔魚期は動物プランクトンや小型魚類に捕食され、成魚期には大型の魚類および哺乳類、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、マイワシはまき網や定置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

対馬暖流域でのマイワシの漁獲量の推移を図 4、表 1 に示す。マイワシの漁獲量は 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 85 千トンと 2000 年以後では最も多かった。2014 年には漁獲量が急減し、9 千トンであった。2014 年の漁獲量の急減は、2015 年の評価時点での漁獲量や漁獲物に 2 歳以上の高齢魚の割合が多いことから（補足資料 3）、資源量の低下によるものではなく、沿岸における漁場への来遊が少なかったためであると考えられる。

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 万トン記録したが、その後は減少した。2013 年の漁獲量は 4 千トン記録したが、2014 年の漁獲量は 0.3 千トンと急減した（水産統計（韓国海洋水産部）、<http://www.fips.go.kr:7001/index.jsp>、2015 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）。

(3) 漁獲努力量

資源が極めて低水準であった 2000 年代前半は、他魚種を対象とした漁業において混獲される場合が多く、漁獲努力量を把握することは困難であった。本系群の主漁場である日本海西南部海域で小型浮魚類を対象に操業するまき網漁船の水揚げの中心地は境港であり、まき網漁業では主な漁獲物であるマアジ、カタクチイワシに加えマイワシも漁獲される。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、これらの浮魚類を対象とした境港まき網の延べ日別水揚げ統数を図 5 に示した。境港まき網の延べ日別水揚げ統数は、2001～2014 年は 2 千統以下で安定して推移しており、2014 年には 1.8 千統であった（図 5）。今後、各海域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、2013 年までコホート解析を行った。コホート解析においては 2004～2013 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 2013 年の漁獲係数 F の調整を行った（補足資料 1、2）。なお、2015 年の資源評価時点までの漁獲量や漁獲物年齢組成から、2014 年の漁獲情報や産卵量は資源量を反映していないと考えたためコホート解析には用いず（補足資料 2、3、4）、2014 年の資源量はコホート解析の結果から前進法を用いて推定した（補足資料 1、2）。2014 年の加

入量は、現状の漁獲係数（ F_{current} ）で漁獲した時の 2015 年の 1 歳魚漁獲尾数が 2015 年 1～5 月に得られた漁獲物年齢組成（補足資料 3）を反映するように推定した。

（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。

九州西岸から日本海で実施された卵稚仔調査の結果を図 6 に示す。2001 年には全く卵が採集されなかった。本資源の産卵量は 2009 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。

ただし、2015 年の資源評価時点までの漁獲量や漁獲物年齢組成から、2014 年の境港でのまき網 1 か統あたり漁獲量や産卵量は資源量を反映していないと考えられる（補足資料 2、3、4）

（3）漁獲物の年齢構成

年齢別・年別漁獲尾数および重量を図 7、表 2、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、4～6 に示す。

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 25.2 万トンに達したが、2014 年には 18.8 万トンに減少した。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く、2001 年以降は 4～35%の間で変動している。

資源量計算では自然死亡係数は 0.4 を仮定したが、この値を 0.3、0.5 に変更して、2014 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 の値が大きい場合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 88～91%の値となり、M が 0.5 の場合は 0.4 の場合の 114～118%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（どちらも対数値）の間には正の相関が認められるため、親魚量に対応した加入量が期待できる。ただし、後述するように再生産成功率（RPS、加入量／親魚量）は海洋環境も影響する（Ohshimo et al. 2009）。

(6) Blimit の設定

マイワシの再生産成功率は海洋環境の影響を受けるが (Ohshimo et al. 2009)、再生産に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望ましい。このことから、加入量が 38 億尾を上回り、資源量の増加が顕著となった 1971 年と 1972 年の親魚量 (それぞれ 9.9 万トンと 9.4 万トン) に近い親魚量 10 万トンを Blimit とした (図 8、図 12 右)。これ未満の親魚量では 40 億尾を上回る加入量は、あまり期待できなくなる。

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 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。2014 年の親魚量は 11.4 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 (2010～2014 年) の資源量の推移から、増加と判断した。

(8) 今後の加入量の見積もり

①再生産成功率の推移

親魚量と加入量の推移を図 13、表 1 に示す。加入量は 2001～2003 年は 0.5 億尾前後と低かったが、2004 年以降は 2 億尾を上回った。2010、2013 年の加入量は近年では多く、2013 年は 51 億尾に達したが、2014 年は 7 億尾に急減した。親魚量は 2004 年以降では増加傾向であるが、2012 年に 137 千トンに達した後にやや減少し、2014 年には 114 千トンであった。

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) の変動と、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) の指数との間に対応が認められている (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、2014 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と考えられている。

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については、不確実性の高いコホート解析における直近年 (2013 年)

を除く過去 10 年間（2003～2012 年）の再生産成功率の中央値（30.6 尾/kg）と設定した。

（9）生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

F と加入量あたり漁獲量（YPR）、加入量あたり親魚量（SPR）の関係を図 17 に示す。現状の F（ $F_{current}$ ）は、コホート解析における近年 10 年間（2004～2013 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 2013 年を除く 2003～2012 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 32.7 g（ $1 \div 0.0306$ 尾/g）になる F）。さらに、 F_{max} 、 $F_{0.1}$ 、 $F_{40\%SPR}$ 、 $F_{30\%SPR}$ を示した。 $F_{current}$ は F_{med} 、 F_{max} 、 $F_{30\%SPR}$ より低く、 $F_{0.1}$ および $F_{40\%SPR}$ より高かった。

5. 2016 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

資源量は 1980 年代には高い水準にあったが、1990 年代後半に急減し、2001～2003 年には過去最低の水準で推移した。近年、資源は増加傾向にあったが、2014 年にやや減少した。2014 年に資源量・加入量が減少したのは、2015 年 1～5 月の漁獲物年齢組成（補足資料 3）から 2014 年級群の資源量が近年では少ないと推定されたためである。2014 年の資源量は 188 千トン、親魚量は 114 千トンで、 B_{ban} （資源量 5 千トン）、 B_{limit} （親魚量 100 千トン）を上回っており、水準は中位、動向は増加と判断した。

（2）漁獲シナリオに対応した推定漁獲量の算定

複数のシナリオに合わせて F を変化させた場合の、コホート解析による推定漁獲量と資源量の予測値を以下の表および図 18、19、表 7 に示す。2014 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、親魚量を確保するシナリオ（ $F_{30\%SPR}$ 、 $F_{40\%SPR}$ ）、現状の漁獲圧の維持シナリオ（ $F_{current}$ ）および親魚量の維持シナリオ（ F_{med} ）の下で 2016 年 ABC を算定した。

親魚量を確保するシナリオに関しては、親魚量を長期間安定的に維持するためには、自然死亡率が高い小型浮魚類には SPR の 40～60%の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も 40%前後の高めの水準を必要とする（Caddy and Mahon 1995）とされている。このことから、長期的に安全と考えられる漁獲がないときの SPR の 40%の親魚量を確保するシナリオ（ $F_{40\%SPR}$ ）と漁獲がないときの SPR の 30%の親魚量を確保するシナリオ（ $F_{30\%SPR}$ ）の 2 つを提案する。

2015 年の F については $F_{current}$ （2004～2013 年の平均値）を用いた。

F_{med} 未満の F では資源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、将来の資源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）						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
長期的に安全な親魚量の確保（F40%SPR）	Limit	0.34	9	83	80	107	146	199	271
	Target	0.27	9	83	66	93	133	191	273
現状の漁獲圧の維持（Fcurrent）	Limit	0.43	9	83	96	121	155	199	255
	Target	0.34	9	83	80	107	146	199	271
親魚量の確保（F30%SPR）	Limit	0.50	9	83	109	130	159	194	236
	Target	0.40	9	83	91	117	153	200	262
親魚量の維持（Fmed）	Limit	0.78	9	83	152	148	148	149	149
	Target	0.62	9	83	130	141	158	176	196
			資源量（千トン）						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
長期的に安全な親魚量の確保（F40%SPR）	Limit	0.34	188	332	404	553	750	1,025	1,397
	Target	0.27	188	332	404	582	829	1,190	1,702
現状の漁獲圧の維持（Fcurrent）	Limit	0.43	188	332	404	519	663	852	1,091
	Target	0.34	188	332	404	553	750	1,024	1,394
親魚量の確保（F30%SPR）	Limit	0.50	188	332	404	493	598	729	888
	Target	0.40	188	332	404	530	690	904	1,180
親魚量の維持（Fmed）	Limit	0.78	188	332	404	401	401	401	401
	Target	0.62	188	332	404	449	499	557	621

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

(3) 2016 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、資源量と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 2015 年以後の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1960～2013 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 30.6 尾/kg を乗じたものであるとした。この仮定の下で、長期的に安全な親魚量の確保シナリオ（F40%SPR）、現状の漁獲圧の維持シナリオ（Fcurrent）、親魚量の確保シナリオ（F30%SPR）および親魚量の維持シナリオ（Fmed）の 4 つのシナリオについて検討した。1,000 回シミュレーションした結果（親魚量、漁獲量）

を図 20 に、また 5 年後（2020 年）予測漁獲量の幅（80%区間）、5 年間（2016～2020 年）平均漁獲量、親魚量が 5 年後（2021 年 1 月）に B_{limit} を維持する確率、および現在の親魚量を維持する確率を次ページの表に示す。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 1,562 億尾）。

長期的に安全な親魚量の確保、現状の漁獲圧の維持および親魚量の確保シナリオでは 5 年後に親魚量を維持する確率、 B_{limit} を維持する確率ともに 90%以上であり、親魚量の維持シナリオでも 55%より大きかった。しかし、近年は資源量や環境の変化により分布の変化が大きいと考えられ、今年度は最近年までの漁獲量や資源量指数をコホート解析に加えることができなかったため、評価結果はこれまでより不確実性が大きいと考えられる（補足資料 2、3、4）。今年度の資源評価の不確実性が高く、さらに 2014 年親魚量は B_{limit} をわずかに上回るに過ぎないため、資源量の確実な維持・増加を目指すためには F_{med} 未満の F による漁獲が望ましい。

漁獲シナリオ (管理基準)	Limit/ Target	F 値 (Fcurrent との比較)	漁獲 割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価 (%)		2016 年 ABC (千トン)
				5 年後	5 年 平均	2014 年 親魚量 を維持 (5 年 後)	Blimit を 維持 (5 年間)	
長期的に安全 な親魚量 の確保* (F40%SPR)	Limit	0.34 (0.80 Fcurrent)	20	70～548	160	98	99	80
	Target	0.27 (0.64 Fcurrent)	16	69～598	151	99	99	66
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent)	Limit	0.43 (1.00 Fcurrent)	24	64～536	163	96	97	96
	Target	0.34 (0.80 Fcurrent)	20	68～556	159	98	98	80
親魚量の 確保* (F30%SPR)	Limit	0.50 (1.17 Fcurrent)	27	56～457	164	90	92	109
	Target	0.40 (0.94 Fcurrent)	23	62～549	168	95	96	91
親魚量の 維持* (Fmed)	Limit	0.78 (1.83 Fcurrent)	38	32～301	153	55	62	152
	Target	0.62 (1.47 Fcurrent)	32	48～400	158	76	80	130

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。

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、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。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は 2004～2013 年の F の平均値、漁獲割合は 2016 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
2012、2013 年漁獲量確定値 2014 年漁獲量暫定値・月別体長組成	2012、2013、2014 年年齢別漁獲尾数
2013 年資源量指数の確定 2014 年資源量指数	2014 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)
2014 年(当初)	Fmed	0.81	310	119*	101	
2014 年(2014 年再評価)	Fmed	0.78	292	107	91	
2014 年(2015 年再評価)	Fmed	0.78	188	74	63	9
2015 年(当初)	Fmed	0.78	379	141*	119	
2015 年(2015 年再評価)	Fmed	0.78	332	131	112	
2014、2015 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。						

2014、2015 年の資源量および ABC はともに 2014 年評価に比べて下方修正された。これは、2015 年 1～5 月の漁獲物年齢組成から 2014 年加入量が低いと見積もられ、下方修正されたためである（補足資料 2、3）。また、2014 年の漁獲量は、2015 年再評価の ABC の値に比べ非常に小さい。2014 年の分布がこれまでと異なり漁場に来遊しなかったため、2014 年の漁獲量が少なくなったと考えられる。

6. ABC 以外の管理方策の提言

現在、未成魚および産卵親魚は 2000 年代前半に比べて増加していると推定されるが、1980 年代と比べると依然として低い水準にある。平成 21（2009）年度から平成 23（2011）年度にかけて「日本海西部・九州西部海域マアジ（マサバ・マイワシ）資源回復計画」が開始され、小型魚保護のため、大中型まき網漁業は小型魚を主とする漁獲があった場合には、以降、集中的な漁獲圧をかけないように速やかに漁場移動を行い、中・小型まき網漁業は、団体毎に一定日数の休漁、水揚げ日数制限等の漁獲制限を行うという取り組みが実施された。同措置は、現在資源管理指針・計画のもと継続して実施されているが、これに引き続き取り組んでいくことが重要である。

7. 引用文献

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

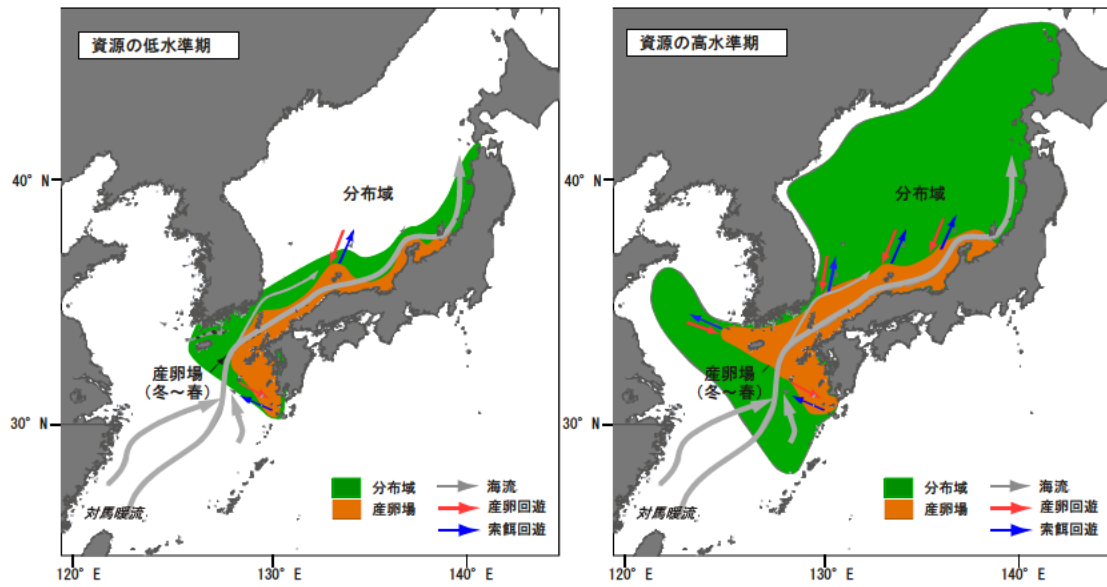


図1. マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊および生活史と漁場形成模式図
(左：低水準期、右：高水準期)

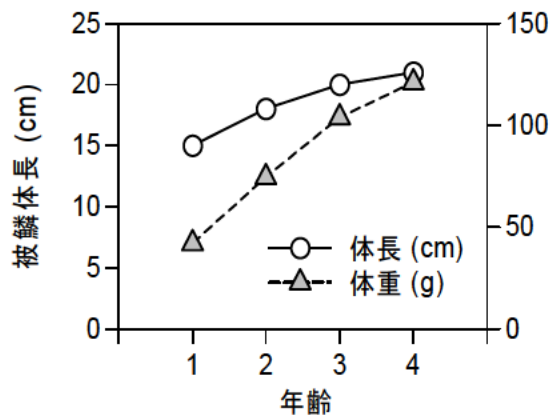


図2. 年齢と成長 (低水準期)

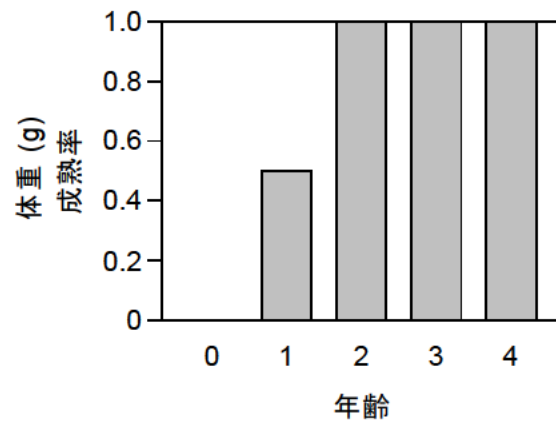


図3. 年齢と成熟率 (低水準期)

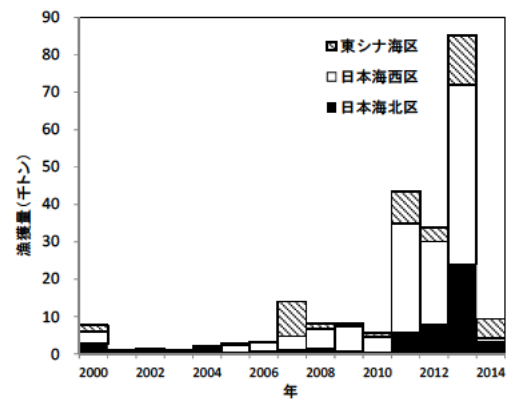
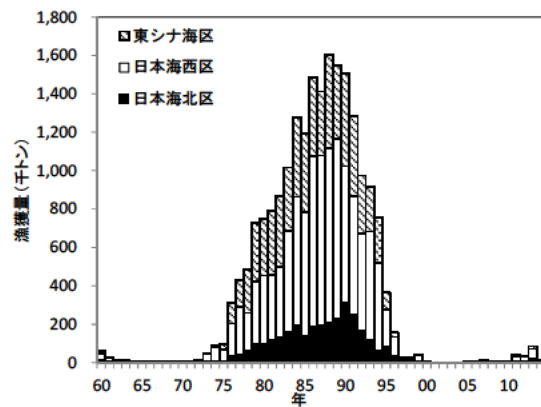


図4. 漁獲量 (左：1960～2014年、右：2000～2014年)

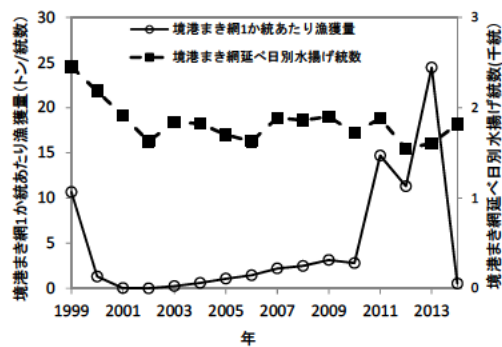


図 5. 境港まき網の努力量（延べ日別水揚げ統数）と 1 か統あたり漁獲量（トン/統）

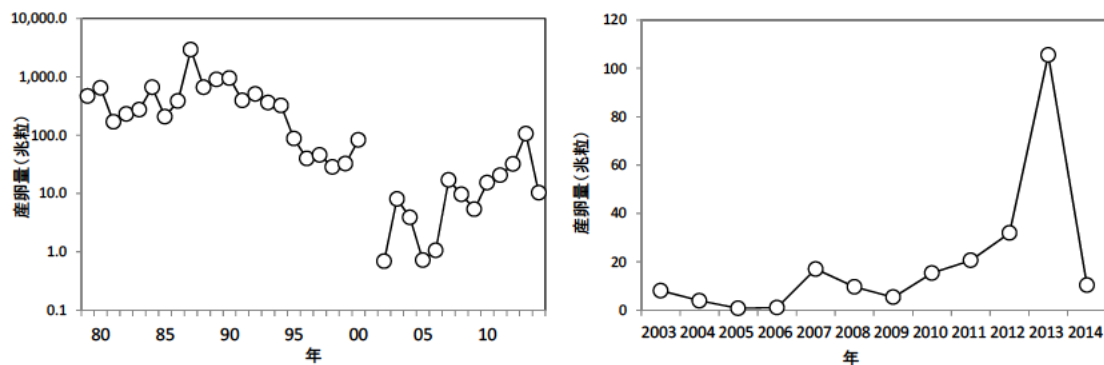


図 6. 卵稚仔調査（九州～日本海）による産卵量（左：1979～2014 年、右：2003～2014 年、2001 年は卵は採集されなかった）

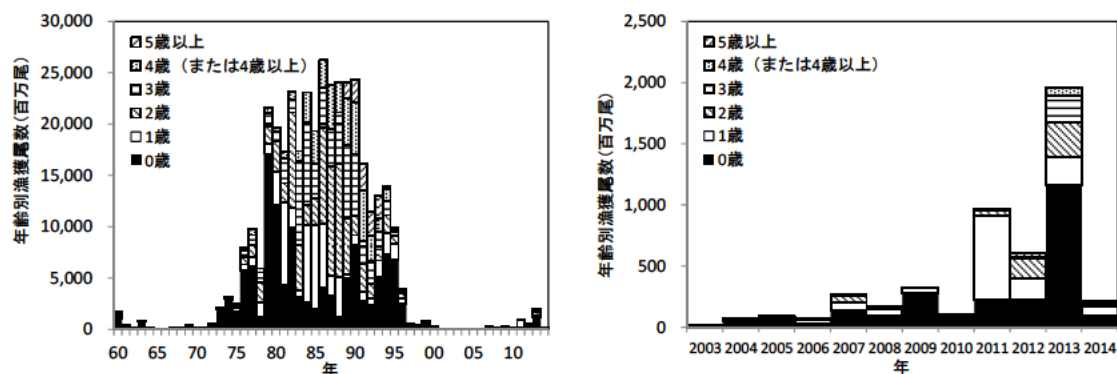


図 7. 年齢別・年別漁獲尾数（左：1960～2014 年、右：2003～2014 年）

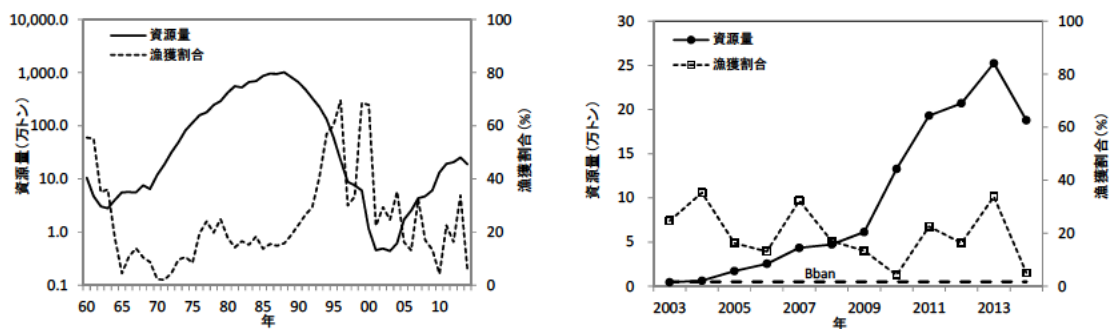


図 8. 資源量と漁獲割合（左：1960～2014 年、資源量は対数表示、右：2003～2014 年、Bban は資源量 5 千トン）

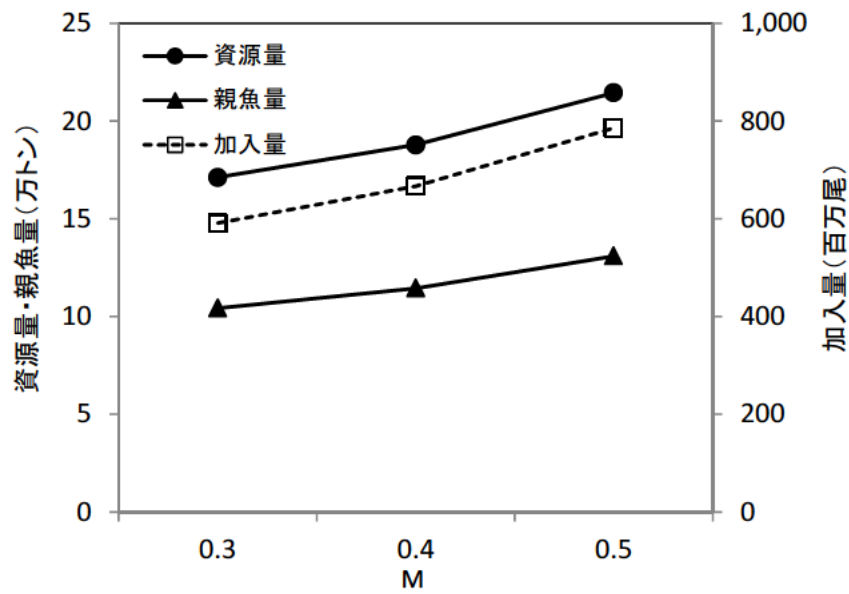


図 9. 自然死亡係数 M と 2014 年資源量、親魚量、加入量の関係

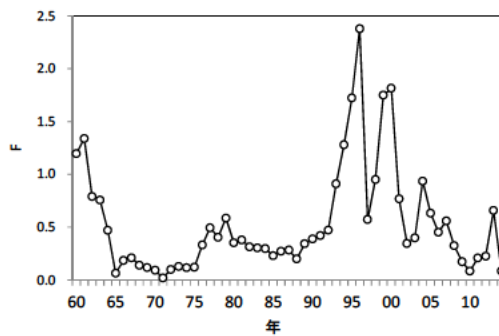


図 10. F の推移

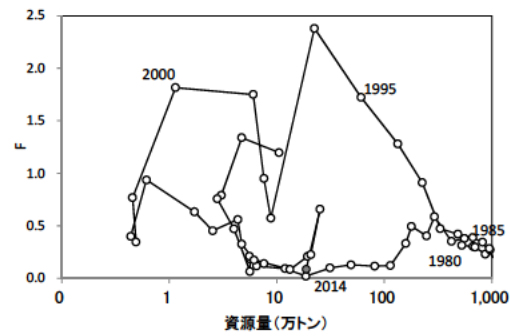


図 11. 資源量と F の関係
(図中の数値は年)

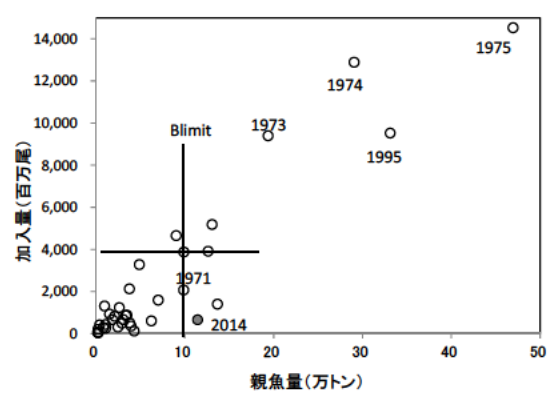
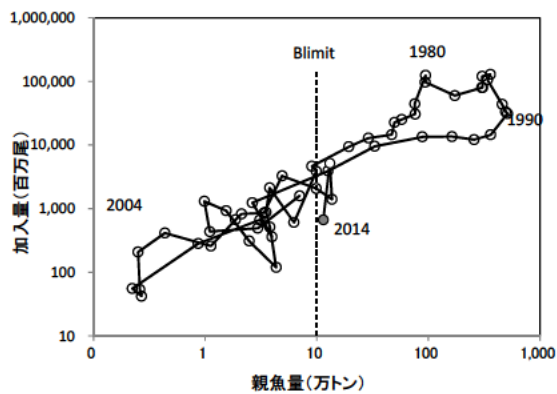


図 12. 親魚量と加入量の関係 (左：全期間 (両対数)、右：親魚量 50 万トン以下のデータのみ) Blimit は 1971 年水準の親魚量 10 万トン、図中の数値は年、図中の灰色のシンボルが 2014 年の値を示す。

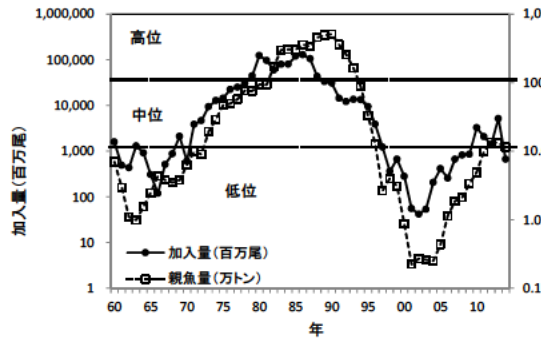


図 13. 親魚量と加入量の推移（破線は親魚量による資源水準の判断基準）

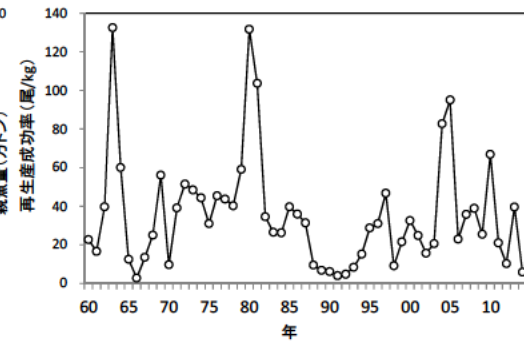


図 14. 再生産成功率（RPS）の推移

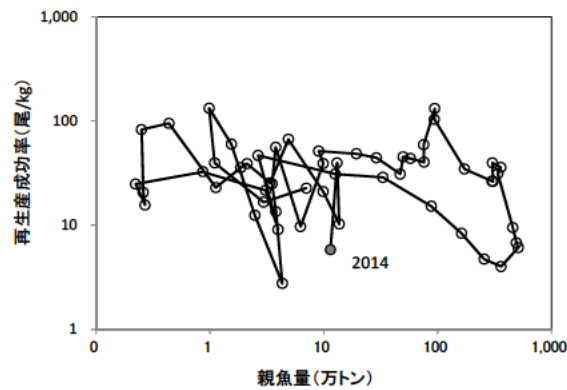


図 15. 親魚量と再生産成功率（RPS）の関係（図中の数値は年）

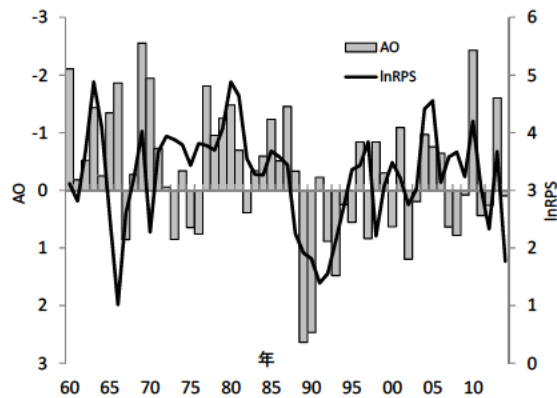


図 16. 資源と海洋環境の関係（lnRPS：RPS の対数値（折れ線）、AO：北極振動（棒グラフ））

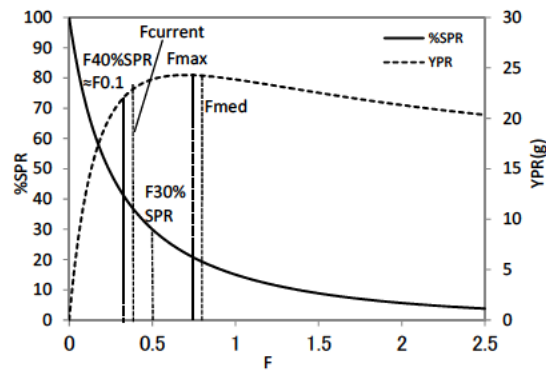


図 17. F と %SPR、YPR の関係

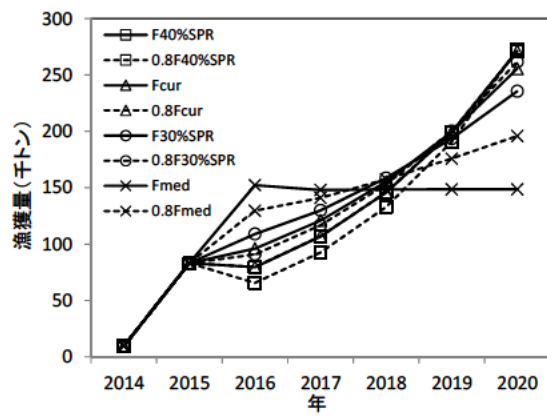


図 18. 各シナリオに対応する漁獲量の予測値

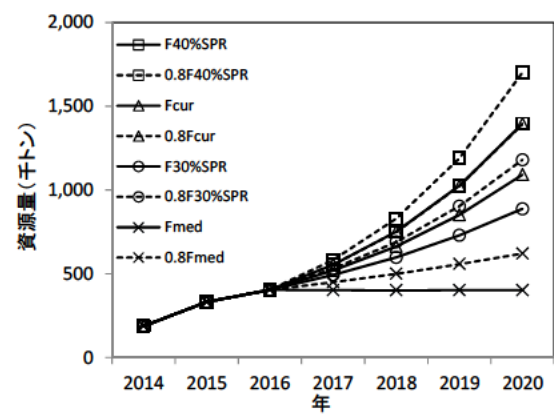


図 19. 各シナリオに対応する資源量の予測値

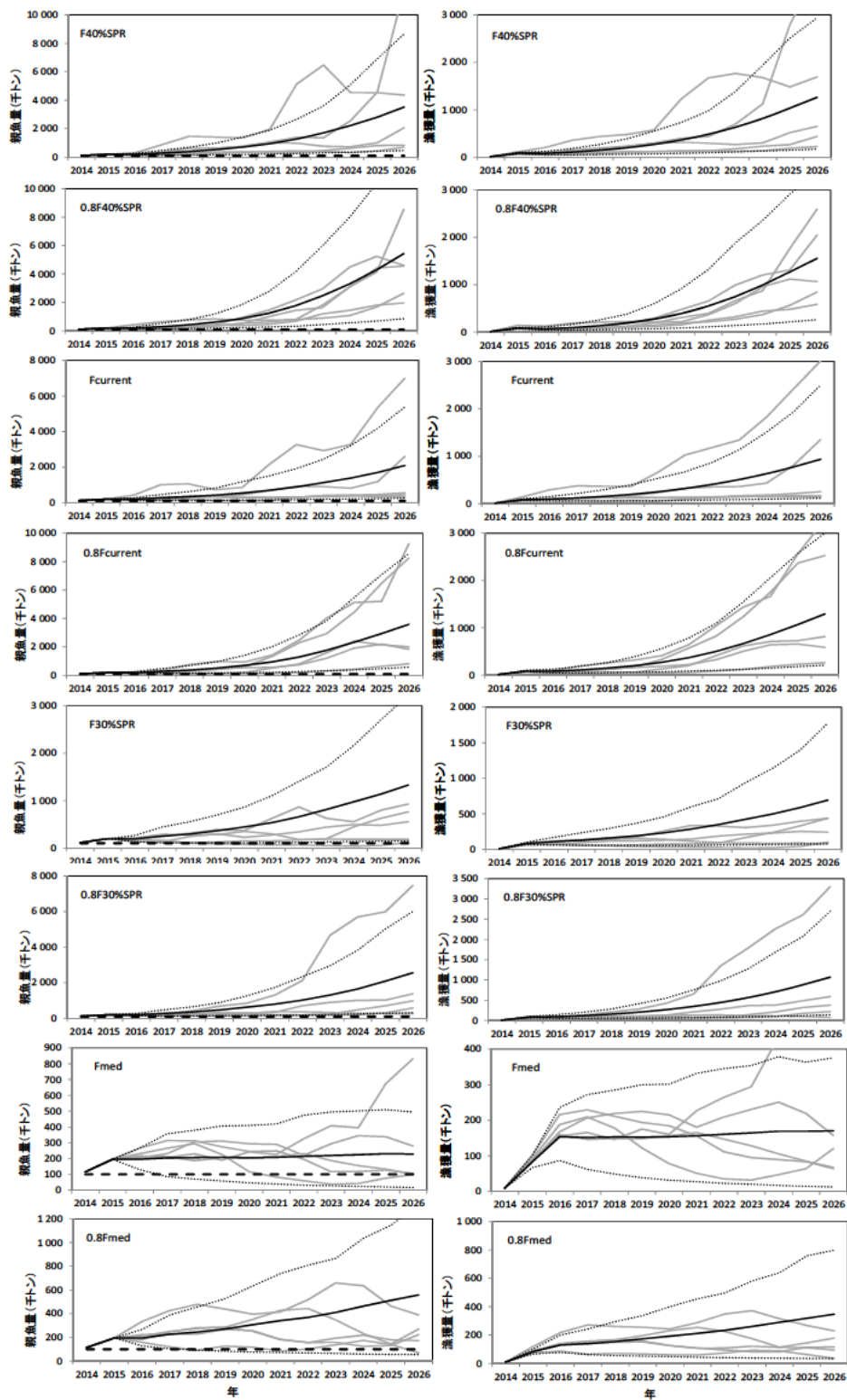


図 20. 再生産成功率の変動を考慮したシミュレーション結果（左列：親魚量、右列：漁獲量） 1,000 回の試行のうち、黒の点線は上下 10%、太線は平均値、灰色の線は 1000 回のうち任意の 5 回のシミュレーション結果の例、黒の破線は Blimit を示す。

表 1. 漁獲量 (千トン) と資源量 (千トン)、親魚量 (千トン)、加入量 (百万尾)、再生産成功率 (尾/kg)

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
漁獲量	58	26	11	10	7	3	6	8	8	6	3	4	14	47
資源量	105	47	30	28	40	56	56	56	76	65	119	187	313	490
親魚量	70	30	11	10	15	25	43	38	35	38	62	99	90	194
加入量	1,593	493	436	1,306	927	310	119	513	877	2,122	607	3,873	4,650	9,393
再生産成功率	22.6	16.6	39.6	132.5	60.0	12.5	2.8	13.5	25.0	56.0	9.7	39.1	51.4	48.5
漁獲量	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
資源量	87	96	309	429	487	727	751	791	869	1,017	1,278	1,191	1,486	1,412
親魚量	815	1,139	1,583	1,787	2,466	2,927	4,215	5,553	5,255	6,675	6,979	8,682	9,620	9,494
加入量	291	470	498	577	761	754	944	937	1,725	3,004	3,064	3,029	3,593	3,385
再生産成功率	12,879	14,522	22,570	25,184	30,630	44,578	124,264	97,069	59,594	79,610	80,285	120,056	128,911	105,948
再生産成功率	44.3	30.9	45.3	43.7	40.2	59.1	131.6	103.6	34.5	26.5	26.2	39.6	35.9	31.3
漁獲量	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
資源量	1,606	1,546	1,505	1,281	975	917	758	366	156	26	25	41	8	1
親魚量	10,209	8,191	6,666	4,840	3,311	2,252	1,334	607	224	88	76	60	11	5
加入量	4,571	4,919	5,111	3,610	2,568	1,625	881	331	126	27	40	31	9	2
再生産成功率	43,400	33,287	31,227	14,473	12,120	13,571	13,395	9,524	3,911	1,239	362	666	283	55
再生産成功率	9.5	6.8	6.1	4.0	4.7	8.4	15.2	28.7	31.0	46.7	9.1	21.5	32.6	24.8
漁獲量	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
資源量	1	1	2	3	3	14	8	8	6	44	34	85	9	
親魚量	5	4	6	17	25	43	47	61	133	193	207	252	188	
加入量	3	3	3	4	11	19	21	34	49	99	137	131	114	
再生産成功率	42	54	208	415	259	669	825	855	3,273	2,075	1,404	5,181	667	
再生産成功率	15.6	20.6	82.7	95.0	23.0	35.7	38.9	25.4	66.8	21.0	10.3	39.6	5.8	

表 2. 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
0	1,112	217	85	788	163	22	20	114	118	426	165	141	448	1,906	2,928	1,762	5,711	6,083	1,223
1	208	60	66	39	36	12	28	14	38	47	1	4	24	128	102	284	635	976	1,433
2	243	46	25	17	14	11	17	19	5	9	4	4	36	67	80	204	727	1,199	1,943
3	85	70	15	8	9	2	12	14	3	1	1	2	15	9	70	129	582	947	953
4+	54	51	6	4	4	0	8	5	8	6	2	1	6	42	21	98	340	585	386

年齢	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	1,711	1,207	4,390	9,885	3,135	2,669	2,001	4,082	3,249	1,162	5,004	8,300	2,810	2,325	5,126	7,293	6,828	2,496	375
1	955	3,326	8,019	1,960	721	7,537	8,141	6,258	1,961	3,911	371	899	905	725	1,593	2,131	1,556	505	118
2	1,691	2,921	1,855	9,286	4,332	1,890	2,667	9,265	1,069	1,112	5,423	1,853	2,635	1,399	1,050	1,717	791	538	59
3	1,282	1,018	2,364	1,212	8,197	8,088	3,321	3,987	3,673	4,943	7,213	6,009	2,210	2,255	1,726	1,428	312	302	30
4(4+)	579	313	684	822	1,013	2,906	3,209	2,647	4,276	2,946	4,460	5,020	4,980	2,423	1,265	1,049	162	70	3
5+											1,573	2,251	2,644	2,333	2,280	361	312	28	1

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	11	501	190	4	9	4	44	75	29	141	94	276	49	220	226	1,160	96
1	228	153	22	4	11	5	12	10	28	58	51	41	20	694	168	226	75
2	87	116	21	2	8	6	6	3	7	61	15	4	25	41	165	285	21
3	20	74	11	2	0	2	3	1	3	11	9	2	10	10	19	219	11
4(4+)	9	5	17	2	0	1	2	1	0	1	4	2	2	5	27	70	11
5+	4																

表 3. 年齢別漁獲量 (千トン)

年齢	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
0	11.5	4.6	2.5	5.2	2.7	0.7	0.7	3.3	4.2	1.8	1.9	2.8	7.0	27.5	65.2	37.5	109.4	107.1
1	12.7	3.6	3.8	2.2	1.9	0.7	1.7	0.7	20	2.3	0.1	0.2	1.5	7.4	5.1	16.4	37.6	52.3
2	18.8	3.9	2.0	1.3	1.1	0.9	1.4	1.6	0.3	0.6	0.3	0.3	2.9	4.9	6.8	16.3	59.6	98.4
3	8.5	7.7	1.5	0.8	0.9	0.2	1.3	1.4	0.3	0.1	0.1	0.2	1.5	0.9	7.0	13.0	58.8	97.3
4+	6.9	6.2	0.8	0.5	0.5	0.0	1.0	0.6	1.1	0.8	0.2	0.2	0.8	6.0	2.6	12.9	43.7	73.4

年齢	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0	24.2	296.9	182.3	56.7	128.7	46.4	44.7	35.5	75.0	47.6	24.3	56.9	114.4	67.9	46.4	75.1	117.8	95.3
1	101.2	54.3	193.0	341.1	49.7	26.2	276.0	412.0	231.7	72.5	1742	19.5	55.5	56.3	49.1	109.6	136.9	98.6
2	161.5	143.3	224.9	112.5	520.9	292.2	129.5	173.6	490.1	666.6	693.6	359.9	139.9	2205	132.6	110.5	153.3	71.2
3	133.3	150.5	110.6	199.0	92.1	544.4	573.3	268.1	384.8	259.9	383.7	539.5	500.6	199.2	231.9	1990	163.1	33.5
4(4+)	66.9	82.0	400	823	77.4	107.3	254.0	301.7	304.5	365.8	329.9	403.0	453.8	462.3	247.8	1413	133.3	20.2
5+												167.7	240.8	274.4	267.0	281.2	53.7	47.1

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0	38.6	10.8	0.4	14.5	1.1	0.1	0.2	0.1	0.6	1.8	1.0	4.3	1.7	5.4	1.1	4.4	5.4	22.9
1	31.3	7.0	13.3	8.9	1.4	0.2	0.6	0.3	0.5	0.6	1.4	3.4	3.3	1.9	1.2	34.2	10.1	11.5
2	43.9	5.0	7.9	10.0	1.9	0.2	0.5	0.5	0.5	0.2	0.6	5.1	1.4	0.4	2.0	3.3	12.7	22.1
3	29.5	3.0	2.1	7.4	1.2	0.3	0.0	0.2	0.3	0.1	0.3	1.1	1.0	0.2	1.0	0.9	2.0	20.8
4(4+)	8.3	0.4	1.1	0.6	2.2	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.6	0.3	0.3	0.7	3.5	8.0
5+	3.9	0.2	0.6															

年齢	2014
0	2.6
1	3.3
2	1.4
3	0.9
4+	1.2

表 4. 年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
0	1,593	493	436	1,306	927	310	119	513	877	2,122	607	3,873	4,650	9,393	12,879	14,522	22,570	25,184
1	400	157	153	223	230	487	190	64	251	491	1,074	271	2,480	2,751	4,736	6,236	8,292	10,453
2	439	98	56	48	117	125	317	104	32	137	291	719	179	1,643	1,739	3,091	3,948	5,038
3	168	95	28	17	18	67	75	199	55	18	84	192	479	90	1,046	1,100	1,905	2,051
4+	107	70	12	9	8	7	48	66	162	137	98	120	206	442	315	838	1,114	1,269

年齢	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0	30,630	44,578	124,264	97,069	59,594	79,610	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	11,901	19,531	15,867	73,409	61,473	31,854	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	6,208	6,804	12,310	7,912	42,642	39,601	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	2,396	2,570	3,177	5,861	3,785	20,981	22,999	12,369	16,504	11,146	23,230	27,142	24,129	10,923	5,534	4,710	2,068	515
4(4+)	971	1,161	977	1,695	2,569	2,594	8,262	11,954	10,957	12,977	9,662	11,524	12,288	11,255	5,513	1,864	1,743	217
5+											4,064	5,510	5,977	5,309	3,359	599	416	

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0	3,911	1,239	362	666	283	55	42	54	208	415	259	669	825	855	3,273	2,075	1,404	5,181
1	794	578	523	233	36	34	34	21	33	103	216	150	333	476	347	2,154	1,211	756
2	743	119	291	164	31	6	19	14	10	13	61	122	53	182	286	216	876	674
3	385	57	31	123	15	4	2	7	4	2	6	35	32	23	118	171	112	452
4(4+)	90	11	14	8	24	3	1	2	4	1	1	2	16	21	26	87	161	145
5+	36	4	7															

年齢	2014
0	667
1	2,523
2	322
3	218
4+	164

表 5. 年齢別漁獲係数

年齢	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
0	1.91	0.77	0.27	1.33	0.24	0.09	0.23	0.32	0.18	0.28	0.40	0.05	0.13	0.28	0.33	0.16	0.37	0.35
1	1.01	0.63	0.76	0.24	0.21	0.03	0.20	0.30	0.21	0.12	0.00	0.02	0.01	0.06	0.03	0.06	0.10	0.12
2	1.13	0.86	0.81	0.56	0.15	0.11	0.07	0.25	0.19	0.08	0.02	0.01	0.28	0.05	0.06	0.08	0.25	0.34
3	0.97	2.21	1.06	0.83	0.87	0.04	0.22	0.09	0.06	0.05	0.02	0.01	0.04	0.12	0.08	0.15	0.47	0.83
4+	0.97	2.21	1.06	0.83	0.87	0.04	0.22	0.09	0.06	0.05	0.02	0.01	0.04	0.12	0.08	0.15	0.47	0.83

年齢	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0	0.05	0.63	0.13	0.06	0.23	0.05	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	0.16	0.06	0.30	0.14	0.04	0.03	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	0.48	0.36	0.34	0.34	0.31	0.14	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	0.67	0.94	0.50	0.68	0.50	0.65	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(4+)	0.67	0.94	0.50	0.68	0.50	0.65	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+												0.64	0.69	0.78	0.77	1.77	1.33	2.46

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0	1.51	0.46	0.04	2.52	1.73	0.09	0.29	0.09	0.30	0.25	0.15	0.30	0.15	0.50	0.02	0.14	0.22	0.32
1	1.50	0.29	0.76	1.62	1.35	0.15	0.48	0.31	0.56	0.12	0.17	0.65	0.21	0.11	0.07	0.50	0.19	0.46
2	2.16	0.94	0.46	2.01	1.67	0.59	0.66	0.79	1.13	0.29	0.16	0.93	0.45	0.03	0.11	0.26	0.26	0.73
3	3.16	1.00	1.48	1.30	2.17	1.50	0.15	0.40	1.35	1.25	0.89	0.46	0.41	0.11	0.11	0.07	0.23	0.89
4(4+)	2.98	0.37	1.48	1.30	2.17	1.50	0.15	0.40	1.35	1.25	0.89	0.46	0.41	0.11	0.11	0.07	0.23	0.89
5+	2.98	0.37	1.48															

年齢	2014
0	0.19
1	0.04
2	0.08
3	0.06
4+	0.06

表 6. 年齢別資源量 (千トン)

年齢	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
0	16.5	10.5	12.8	8.6	15.4	9.3	4.5	14.9	31.1	9.1	7.1	76.0	72.6	135.6	286.6	309.5	432.5	443.5
1	24.4	9.5	8.8	12.7	12.1	29.5	11.5	3.3	13.0	23.8	66.2	15.6	149.6	160.3	238.1	360.2	491.0	560.0
2	34.0	8.2	4.4	3.8	9.5	10.0	26.2	8.9	2.3	9.0	22.7	58.7	14.3	121.8	146.5	247.3	324.0	413.7
3	16.7	10.6	2.9	1.8	1.9	6.6	7.9	19.6	6.5	1.9	8.4	20.0	48.8	9.2	105.6	111.6	192.6	210.9
4+	13.5	8.5	1.5	1.1	1.0	0.9	6.2	8.7	23.0	21.0	14.9	16.4	27.3	628	38.7	110.6	143.2	159.0

年齢	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0	606.7	773.1	1,876.1	1,254.0	776.0	1,178.8	1,343.7	2,132.3	2,369.0	1,551.7	908.3	378.7	430.4	350.0	241.7	198.8	216.3	133.0
1	840.4	1,111.3	920.6	3,122.1	1,557.4	1,157.0	1,860.2	2,613.3	2,919.0	3,070.2	3,044.3	1,479.2	1,124.1	880.3	501.0	428.0	314.8	190.7
2	515.7	576.6	948.0	479.7	2,392.1	2,671.3	1,422.5	1,814.3	1,478.1	2,973.3	3,371.6	2,828.4	1,400.6	960.2	827.8	459.5	255.8	138.7
3	335.1	301.8	345.2	493.2	287.7	1,393.5	1,630.1	998.7	1,593.2	788.6	1,803.0	2,029.9	2,010.4	984.5	569.3	543.0	236.2	55.2
4(4+)	168.1	164.4	124.7	204.0	241.7	274.6	722.3	1,123.6	1,260.6	1,110.0	1,081.8	1,041.2	1,110.7	1,044.8	563.7	208.2	221.5	26.9
5+												433.4	589.4	620.1	607.4	414.3	89.2	62.8

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0	60.5	35.7	13.3	19.3	1.6	1.4	1.2	1.2	2.9	9.8	8.6	20.3	15.4	16.7	73.0	41.1	33.6	102.3
1	49.2	34.2	30.4	13.5	2.3	1.9	2.0	1.2	1.5	5.9	11.0	8.7	21.3	21.9	21.5	106.2	73.0	38.4
2	60.6	10.1	26.3	14.1	2.9	0.5	1.3	1.1	0.8	1.0	5.0	10.3	4.7	17.0	23.2	17.7	67.7	52.2
3	37.6	5.8	3.2	12.5	1.6	0.4	0.2	0.7	0.4	0.2	0.6	3.8	3.7	2.6	11.7	16.4	12.1	42.9
4(4+)	10.7	1.4	1.7	1.0	3.0	0.4	0.2	0.2	0.5	0.2	0.1	0.3	2.1	3.1	3.4	11.7	20.7	16.6
5+	5.1	0.6	0.9															

年齢	2014
0	17.8
1	111.1
2	21.6
3	19.4
4+	17.9

表 7. 各シナリオに対応する将来予測

F40%SPR

年齢別漁獲係数

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	0.23	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
1	0.30	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
2	0.43	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
3	0.58	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
4+	0.58	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
平均	0.43	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	5,982	5,937	8,644	11,555	15,862	21,572
1	369	3,172	3,300	4,805	6,423	8,818
2	1,630	182	1,670	1,737	2,529	3,381
3	199	708	87	791	823	1,199
4+	241	165	369	192	415	523
計	8,421	10,165	14,069	19,081	26,053	35,493

年齢別資源量（千トン）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	126.0	125.1	182.1	243.4	334.2	454.5
1	19.8	170.3	177.1	257.9	344.8	473.3
2	134.1	15.0	137.4	142.9	208.1	278.1
3	20.4	72.6	8.9	81.1	84.4	122.9
4+	31.4	21.5	48.0	25.0	54.1	68.1
資源量計	331.6	404.4	553.5	750.4	1,025.5	1,396.9
親魚量	195.7	194.2	282.8	378.0	518.9	705.7

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	1,023	829	1,208	1,614	2,216	3,014
1	79	558	580	845	1,130	1,551
2	470	44	400	416	606	811
3	72	215	26	240	250	363
4+	87	50	112	58	126	158
計	1,730	1,696	2,326	3,174	4,328	5,897

年齢別漁獲量（千トン）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	21.6	17.5	25.4	34.0	46.7	63.5
1	4.2	30.0	31.2	45.4	60.6	83.2
2	38.6	3.6	32.9	34.3	49.9	66.7
3	7.3	22.0	2.7	24.6	25.6	37.2
4+	11.3	6.5	14.5	7.6	16.4	20.6
計	83.1	79.5	106.8	145.8	199.2	271.3

表 7. 各シナリオに対応する将来予測（続き）

Fcurrent

年齢別漁獲係数

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
1	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
2	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
3	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
4+	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
平均	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	5,982	5,937	8,086	10,184	13,140	16,812
1	369	3,172	3,148	4,288	5,401	6,968
2	1,630	182	1,571	1,559	2,123	2,674
3	199	708	79	682	677	922
4+	241	165	328	153	314	372
計	8,421	10,165	13,213	16,867	21,655	27,748

年齢別資源量（千トン）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	126.0	125.1	170.4	214.6	276.8	354.2
1	19.8	170.3	169.0	230.2	289.9	374.0
2	134.1	15.0	129.2	128.2	174.7	220.0
3	20.4	72.6	8.1	69.9	69.4	94.5
4+	31.4	21.5	42.7	19.9	40.9	48.5
資源量計	331.6	404.4	519.4	662.8	851.6	1,091.2
親魚量	195.7	194.2	264.5	333.2	429.9	550.0

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	1,023	1,015	1,383	1,742	2,247	2,875
1	79	679	674	917	1,155	1,491
2	470	53	453	449	612	771
3	72	255	29	246	244	332
4+	87	59	118	55	113	134
計	1,730	2,061	2,656	3,409	4,371	5,603

年齢別漁獲量（千トン）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	21.6	21.4	29.1	36.7	47.3	60.6
1	4.2	36.4	36.2	49.2	62.0	80.0
2	38.6	4.3	37.2	37.0	50.3	63.4
3	7.3	26.1	2.9	25.2	25.0	34.0
4+	11.3	7.7	15.4	7.2	14.7	17.4
計	83.1	96.0	120.8	155.2	199.4	255.5

表 7. 各シナリオに対応する将来予測（続き）

F30%SPR

年齢別漁獲係数

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	0.23	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
1	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
2	0.43	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
3	0.58	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
4+	0.58	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
平均	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	5,982	5,937	7,648	9,165	11,229	13,652
1	369	3,172	3,026	3,898	4,671	5,722
2	1,630	182	1,492	1,423	1,833	2,197
3	199	708	74	602	574	740
4+	241	165	297	126	248	280
計	8,421	10,165	12,537	15,215	18,555	22,591

年齢別資源量（千トン）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	126.0	125.1	161.1	193.1	236.6	287.6
1	19.8	170.3	162.4	209.2	250.7	307.1
2	134.1	15.0	122.8	117.1	150.8	180.7
3	20.4	72.6	7.5	61.7	58.9	75.8
4+	31.4	21.5	38.7	16.4	32.3	36.5
資源量計	331.6	404.4	492.5	597.6	729.3	887.8
親魚量	195.7	194.2	250.2	299.9	367.3	446.6

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	1,023	1,165	1,501	1,799	2,204	2,679
1	79	775	739	952	1,141	1,398
2	470	59	486	464	597	716
3	72	285	30	243	231	298
4+	87	67	120	51	100	113
計	1,730	2,351	2,876	3,508	4,273	5,204

年齢別漁獲量（千トン）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	21.6	24.5	31.6	37.9	46.4	56.4
1	4.2	41.6	39.7	51.1	61.2	75.0
2	38.6	4.9	40.0	38.1	49.1	58.9
3	7.3	29.2	3.0	24.9	23.7	30.5
4+	11.3	8.7	15.6	6.6	13.0	14.7
計	83.1	108.9	129.9	158.6	193.5	235.6

表 7. 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	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	0.23	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
1	0.30	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
2	0.43	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
3	0.58	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
4+	0.58	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
平均	0.43	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	5,982	5,937	6,172	6,109	6,132	6,125
1	369	3,172	2,590	2,693	2,665	2,675
2	1,630	182	1,220	996	1,036	1,025
3	199	708	55	369	301	313
4+	241	165	203	60	100	93
計	8,421	10,165	10,240	10,227	10,234	10,231

年齢別資源量（千トン）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	126.0	125.1	130.0	128.7	129.2	129.0
1	19.8	170.3	139.0	144.5	143.0	143.6
2	134.1	15.0	100.4	82.0	85.2	84.3
3	20.4	72.6	5.7	37.9	30.9	32.1
4+	31.4	21.5	26.4	7.8	13.0	12.1
資源量計	331.6	404.4	401.5	400.8	401.3	401.2
親魚量	195.7	194.2	201.9	199.9	200.6	200.4

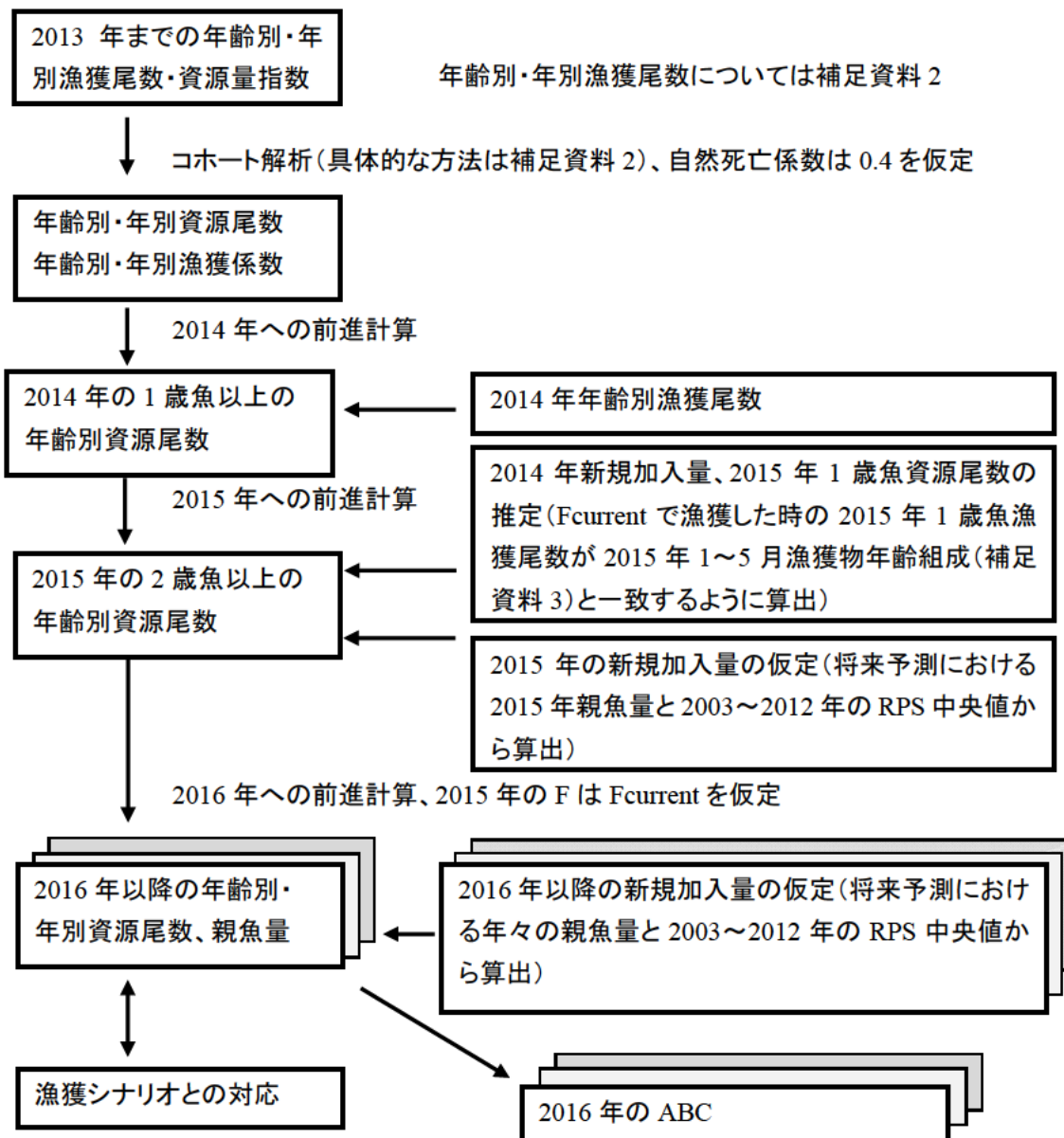
年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	1,023	1,697	1,765	1,747	1,753	1,751
1	79	1,107	903	939	930	933
2	470	82	548	448	465	461
3	72	379	30	198	161	168
4+	87	88	108	32	53	50
計	1,730	3,354	3,354	3,363	3,363	3,362

年齢別漁獲量（千トン）

年齢	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0	21.6	35.8	37.2	36.8	36.9	36.9
1	4.2	59.4	48.5	50.4	49.9	50.1
2	38.6	6.7	45.1	36.8	38.3	37.9
3	7.3	38.8	3.0	20.3	16.5	17.2
4+	11.3	11.5	14.1	4.2	6.9	6.5
計	83.1	152.3	147.9	148.5	148.6	148.5

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。2014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と比較しかなり少ない。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2013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。年齢別年別資源尾数の計算にはPopeの近似式を用い、プラスグループの資源尾数については平松（内部資料）の方法（非定常な場合のプラスグループの計算、 $\alpha=1$ ）に従った。なお、年齢については、1953年～1988年および1999年～2012年は0歳～4+歳、1989年～1998年は0歳～5+歳別に求めた（4歳以上、5歳以上をまとめて4+、5+（プラスグループ）と表記する）。

1. Popeの近似式を用いた資源尾数の計算（ステップ1）

式（1）により年齢別年別資源尾数を計算した。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

F は漁獲係数であり、最近年（ターミナル F）以外は（7）式で計算される。

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

ただし、プラスグループの F は最高齢-1 歳の F と等しいとした。最近年である 2014 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 2013 年の F の各年齢の漁獲係数は過去 10 年間の平均値とした（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 2013 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。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 2013 年までとし、コホート解析より得られる親魚量が産卵量に（2004～2013 年）、資源量が境港まき網 1 か統あたり漁獲量（2004～2013 年）に最もよく適合するようにした。以上 2 種の資源量指数について、以下の式を最小にするように最近年の F を調整した。

$$\text{最小} \sum_{y=2004}^{2013} \left\{ \ln(q_1 SSB_y) - \ln(Egg_y) \right\}^2 + \sum_{y=2004}^{2013} \left\{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \quad (8)$$

$$q_1 = \left(\frac{\prod_{y=2004}^{2013} Egg_y}{\prod_{y=2004}^{2013} SSB_y} \right)^{\frac{1}{10}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=2004}^{2013} CPUE_y}{\prod_{y=2004}^{2013} B_y} \right)^{\frac{1}{10}} \quad (9)$$

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。

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*
産卵量	10.27
境港 CPUE	0.53

* 2014 年はコホート解析に含まれていない。

コホート解析を 2013 年までとしたのは、2014 年までのコホート解析により推定された資源量が明らかに過小評価となっていたためである。2014 年までのコホート解析により予測された 2015 年の 1 歳以上の年齢別資源尾数に 2010～2014 年の漁獲物年齢別漁獲体重をかけて予測した 2015 年 1 歳以上の資源量は 10 千トンであった。この値は 2015 年 7 月 1 日までに得られた日本海・東シナ海でのマイワシ漁獲量を下回っており（補足資料 3）、明らかな過小評価であった。このことから、2014 年の資源量指標値や漁獲量はマイワシの沿岸への来遊が変化したために過少となっていると考え、コホート解析に用いなかった。

3. 2014・2015 年の資源尾数の計算

2014 年の 1 歳魚以上および 2015 年の 2 歳魚以上の資源尾数と漁獲尾数は 2. の結果を用いて前進法により推定した。隠岐海峡周辺海域は日本海西部における主産卵場の一つであり（後藤 1998）、この海域で漁獲された浮魚類は主に境港に水揚げされる。2014 年の境港 CPUE や産卵量から産卵場への来遊も変化したと考えられるため、2014 年の加入量は 2015 年 1～5 月に漁獲されたマイワシの 1 歳魚の組成（補足資料 3）に合致するように推定した。マイワシは 2 歳以上で成長速度が遅くなるため、鱗を用いた年齢査定では 1 歳魚はより高齢群と比較すると査定精度が高いと考えられる。

2014 年の 1 歳魚以上および 2015 年の 2 歳魚以上の資源尾数の計算には次の式を用いた。

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

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。

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

ただし、2014 年の 1 歳魚以上の漁獲係数 $F_{a,2014}$ は、(7) 式により 2014 年の年齢別漁獲尾数を用いて計算した。2015 年の 0 歳魚の資源尾数は、親魚量と設定した再生産成功率 (30.6 尾/kg) により算出した。

2015 年の 0 歳魚および 2 歳魚以上の年齢別の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

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

各年齢の F については F_{current} (2004～2013 年の平均値) を用いた。

2015 年の 1 歳魚の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

$$C_{1,2015} = \sum_{a=2}^{4+} C_{a,2015} \times \frac{f}{1-f} \quad (13)$$

ここで、 f は 2015 年 1 歳以上漁獲尾数における 1 歳魚の組成である。 f の推定値として 2015 年 1～5 月に漁獲された標本の 1 歳魚組成を用いた (補足資料 3)。2015 年の 1 歳魚の資源尾数および 2014 年の 0 歳魚資源尾数は、それぞれ (2)、(1) 式を用いて後退法により計算した。2015 年 1 歳魚の F は F_{current} を用いた。

4. 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 (10)、(11) 式を用いて前進法により推定した。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 (30.6 尾/kg) により算出した。

2016 年以降の年齢別の漁獲尾数は (12) 式を用いて推定した。各年齢の F については F_{current} (2004～2013 年の平均値) で求められる選択率を用いた。

引用文献

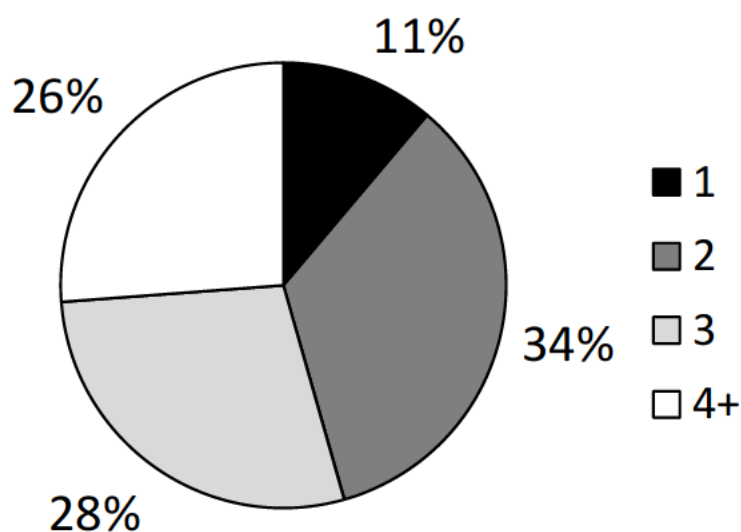
後藤常夫 (1998) 1979～1994 春季の日本海におけるマイワシ卵の豊度と分布. 日水研報, (48), 51-60.

補足資料3 7月24日までに報告された2015年の漁獲量と漁獲物年齢組成

7月24日までに報告された2015年の本系群の漁獲量を、2015知事版TAC日報（2015年7月24日漁業情報サービスセンター提供）および日本海と東シナ海で操業する大中型まき網漁業の2015漁績基本集計表（1～6月）（2015年7月23日水産庁九州漁業調整事務所提供）から集計した。なお、青森県、兵庫県、山口県における漁獲量はすべて日本海側で漁獲されたものとみなした。集計された漁獲量は40.9千トンであった。

2015年1～5月に富山県、鳥取県、長崎県に水揚げされたマイワシの鱗標本469検体の年齢査定を行った。そのうち、年齢を査定することができたのは、441検体であった。富山県の標本は石川・富山両県、鳥取県の標本は鳥取・島根両県、長崎県の標本は長崎県で漁獲されたマイワシの漁獲物を代表するとみなして、各標本の月別年齢組成にそれぞれの県別・月別漁獲量で重みを付けて、2015年に漁獲されたマイワシの年齢組成を求めた。

補足図3-1に2015年1～5月に漁獲されたマイワシ対馬暖流系の年齢組成を示す。2歳以上の高齢魚が多かった。2015年の漁獲量と年齢組成から、2014年の親魚量や資源量はある程度の量があったと考えられ、2014年の資源量指標値（図5、6、補足資料2）は資源量を反映しなかったと考えられる。なお、この年齢組成結果の標本採取による偏りを避けるため、より多数の標本の魚体測定結果による年齢・体長相関を用いた年齢分解を行う必要がある。また、マイワシは2歳以上で成長速度が遅くなるため、鱗による年齢査定誤差は大きい。



補足図3-1. 2015年1～5月に漁獲されたマイワシ対馬暖流系の年齢組成

補足資料 4 日本海におけるマイワシの回遊経路に関する調査

前年度までもちいた方法による資源計算結果は、2015 年漁獲量と比較すると明らかな過小評価であった（補足資料 2）。これは、現在の評価方法が漁業情報に大きく依存しているためであると考えられる。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。このことにより、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、水研センター、富山県、鳥取県、島根県は、平成 24 年度からマイワシ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 26 年度は、耳石安定同位体比分析による回遊経路の再構築の可能性についての予備的な調査を行った。

炭酸カルシウムで形成される魚類の耳石の酸素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) は生息環境の温度を反映し、また炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) は餌や代謝といった生体内の情報を反映する（例えば Kitagawa et al. 2013）。そこで、すでに回遊経路が解明されているマイワシ太平洋系群の沖合加入群・沿岸加入群それぞれの耳石の中心部・縁辺部を切削・回収し、魚類耳石の安定同位体比分析による生活履歴研究方法の確立にむけた基礎的調査を行った。

2010 年 9 月 28 日に千島沖（北緯 44 度 41 分、東経 156 度 12 分）で採集された 0 歳魚のマイワシ（沖合加入群）から摘出した耳石と、2008 年 8 月 22 日に神奈川県相模湾の定置網で漁獲された 0 歳魚のマイワシ（沿岸加入群）から摘出した耳石を用いた。摘出されたそれぞれの耳石を P-レジンで包埋し研磨標本を作成した後、Geomill326 を用いて耳石の中心部と縁辺部を切削した。切削して得られた耳石粉はマイクロスパチュラを用いて回収し、粉碎したカバーガラスの破片に乗せ反応管に入れた。また、アスピレーターに取り付けた吸引ノズルをもちいて、切削面をピンポイントに吸引することで切削面をクリーニングした。回収した耳石粉は反応管に入れ、真空にした後に恒温槽内（25℃一定）でリン酸と反応させることで CO_2 ガスを発生させた。発生させたガスは MICAL3c にて精製・GCMS に導入後、炭素酸素安定同位体比測定を行った。沖合加入群と沿岸加入群の耳石の中心部・縁辺部の $\delta^{18}\text{O}$ 値を Kim et al. (2007) の水温換算式に導入し、それぞれの水温を求めた。

沖合加入群の耳石の安定同位体比について、中心部と縁辺部の $\delta^{18}\text{O}$ 値（補足図 4-1 左）から水温換算をした結果、中心部が $20.6 \pm 2.5^\circ\text{C}$ 、縁辺部が $17.4 \pm 1.5^\circ\text{C}$ であることが推定された。標準偏差は大きいものの夏期の千島沖の海水温が $10 \sim 15^\circ\text{C}$ であることから、縁辺部 $\delta^{18}\text{O}$ 値から換算された水温は実際の海水温との整合性があるといえる。沿岸加入群の耳石の安定同位体比について、中心部と縁辺部の $\delta^{18}\text{O}$ 値（補足図 4-1 右）から水温換算をした結果、中心部が $22.5 \pm 3.0^\circ\text{C}$ 、縁辺部が $28.6 \pm 2.1^\circ\text{C}$ であることが推定された。標準偏差は大きいものの捕獲時の海水温が 24.1°C であることから、縁辺部 $\delta^{18}\text{O}$ 値から換算された水温は実際の海水温との整合性があるといえる。

これらの結果から、マイワシの耳石中心部・縁辺部の安定同位体組成に違いがあることがわかった。特に縁辺部 $\delta^{18}\text{O}$ 値は沖合加入群と沿岸加入群ともに、中心部ほどのばらつきが少ないことから生息環境の $\delta^{18}\text{O}$ を各個体が精度良く反映している可能性が高い。さらに

中心部・縁辺部それぞれの $\delta^{18}\text{O}$ 値から水温換算をした結果、沖合加入群と沿岸加入群ともに縁辺部 $\delta^{18}\text{O}$ 値からの換算水温と捕獲時の水温との整合性を確認することができた。これらの結果から、微小領域における耳石の安定同位体比分析は生息環境履歴の復元に有用であることを裏付けられた。

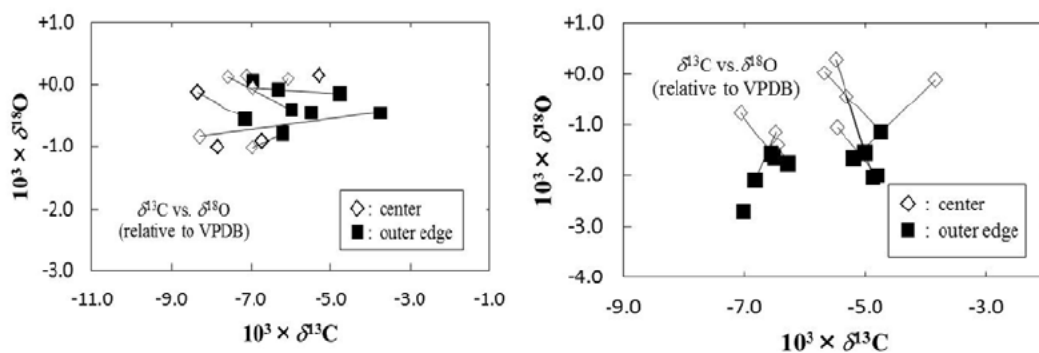
2. 魚群探知機と中層トロールによる未成年魚採集調査

2014年7月14～18日に北緯38～39度、東経136度20分～137度20分の日本海能登半島沖において富山県水産研究所所属立山丸により11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21～29日に北緯38度53分～39度53分、東経133度50分～135度40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。浮魚類の魚群は探知されたが、中層トロールによる魚種確認を行ったところ、カタクチイワシが多数漁獲されたもののマイワシは漁獲されなかった。

引用文献

- Kitagawa, T., T. Ishimura, R. Uozato, K. Shirai, Y. Amano, A. Shinoda, T. Otake, U. Tsunogai, and S. Kimura (2013) Otolith $\delta^{18}\text{O}$ of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* as an indicator of ambient water temperature. Mar. Ecol. Prog. Ser., 481, 199-209.
- Kim, S., J.R. O'Neil, C. Hillaire-Marel, and A. Mucci (2007) Oxygen isotope fractionation between synthetic aragonite and water: Influence of temperature and Mg^{2+} concentration. Geochim. Cosmochim. Acta, 71, 4704-4715.



補足図 4-1. マイワシ耳石の中央部と縁辺部の酸素と炭素同位体比の関係
左：沖合加入群、右：沿岸加入群