

平成 26（2014）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、資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した。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たが、2004年以降は増加傾向にあり、2013年は252千トンである。2013年の親魚量は131千トンで、 B_{limit} （100千トン）を上回っている。2013年の親魚量が B_{limit} を上回っているため資源水準は中位で、最近5年間（2009～2013年）の資源量の推移から動向は増加と判断された。今後、再生産成功率（加入量÷親魚量）が不確実性の高い2013年を除く過去10年（2003～2012年）の中央値で継続した場合に、それぞれの漁獲シナリオで期待される漁獲量を算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 (F _{current} との比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2015 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	2013 年 親魚量 を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
親魚量の増大 (F40%SPR)*	0.34 (0.80 F _{current})	19%	82 千トン ～ 466 千トン	149 千 トン	99%	100%	73 千 トン
親魚量の増大 の予防的措置 (0.8F40%SPR)*	0.27 (0.64 F _{current})	16%	88 千トン ～ 496 千トン	143 千 トン	100%	100%	60 千 トン
現状の漁獲圧 の維持 (F _{current})*	0.43 (1.00 F _{current})	23%	75 千トン ～ 485 千トン	157 千 トン	96%	98%	88 千 トン
現状の漁獲圧 の維持の予防 的措置 (0.8F _{current})*	0.34 (0.80 F _{current})	19%	82 千トン ～ 446 千トン	145 千 トン	99%	100%	73 千 トン
親魚量の維持 (F _{med})*	0.78 (1.83 F _{current})	37%	41 千トン ～ 292 千トン	140 千 トン	50%	64%	141 千 トン
親魚量の維持 の予防的措置 (0.8F _{med})*	0.62 (1.46 F _{current})	32%	59 千トン ～ 350 千トン	151 千 トン	79%	88%	119 千 トン
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。 ・本系群は再生産成功率の変動が激しいため、将来予測の不確実性が大きい。 ・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。							

F_{current} は 2004～2013 年の F の平均値、漁獲割合は 2015 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
2012	207	34	0.22	16%
2013	252	86	0.67	34%
2014	292	—	—	—

2014 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 量があまり期待できなくなる。
2013 年	親魚量	1971 年水準以上 (131 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の失敗と、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）、現在の分布はほぼ沿岸域に限られると考えられている（図 1）。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た（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表 1、図 4 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、2007 年の漁獲量は 14 千トンと 2000 年以後では多かった。2008 年以後はやや減少したが、2011 年および 2013 年には漁獲量が急増し、それぞれ 44 千トンおよび 86 千トンであった。これらの漁獲量の増加は、特定の漁業種類によるものではなく、定置網や小型まき網などマイワシを漁獲する多くの漁業で漁獲量が増加している。対馬暖流域では、日本の他に韓国もマイワシを漁獲しており、かつてはロシアによる漁獲もあった。韓国の漁獲量は 1987 年に 19 万トンを記録したが、その後は減少した。2012 年の漁獲量は 1 千トン、2013 年の漁獲量は 4 千トンと増加した。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。

(3) 漁獲努力量

資源が極めて低水準の時には、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。日本海西南部海域で操業し境港に水揚げするまき網漁業の主な漁獲物はマアジ、カタクチイワシなどの小型浮魚類であり、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、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、2001～2012 年は 2 千統以下で安定して推移しており、2013 年には 1.6 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、コホート解析を行った。コホート解析においては資源量指標値によるチューニングを行った（補足資料 1、2）。

(2) 資源量指標値の推移

鳥取県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 参照）を図 5 に示す。2000 年代前半は低い値にあるが近年は増加傾向が認められ、特に 2011 年以降は大幅に増加した。

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

兆粒であった。

(3) 漁獲物の年齢構成

年齢別・年別漁獲尾数・重量を表 2、3、図 7 に示す。1990 年代後半以降、マイワシの高年齢魚はあまり多く漁獲されていない。2004 年以降は 0 歳魚が漁獲の主体であるが、近年 3 年間は 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が、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、2005 年以後は再び 1 万トンを超え、2013 年は 25.2 万トンと推定された。漁獲割合は 1960 年代後半から 1970 年代前半には低く、その後高くなり、1990 年代以降は変動が激しい。

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、2013 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る。

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) 資源の水準・動向

コホート解析による推定資源量の推移から、2013 年の資源水準は資源量推定を行った過去 54 年間に於いて 25 番目の水準にある。資源水準は Blimit（後述）との対応から、親魚量 10 万トンを低位と中位の区切りとした。また、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区切りは親魚量 100 万トンとした。現在の親魚量は 13.1 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（2009～2013 年）の資源量の推移から、増加と判断した。

(6) 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）には海洋環境も影響する(Ohshimo et al. 2009)。

(7) 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 3,800 百万尾を上回り、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 4,000 百万尾を上回る加入量は、あまり期待できなくなる。

(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表 1、図 13 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 億尾を上回り、2013 年は 52 億尾であった。2010 年の加入量は近年では多く、親魚量は最近 5 年間では増加傾向が認められる。2013 年の親魚量は 2012 年に比べやや減少したが、2013 年の加入量は 2012 年を上回り、近年では加入量が多かった 2010 年を上回っていると計算された。

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を繰り返している。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。親魚量と再生産成功率の間では、親魚量が極めて多い場合に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 など)。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、2013 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 (Fcurrent)は、過去 10 年 (2004～2013 年) の F の単純平均値とした。Fmed は近年 10 年間 (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 (Fcurrent の選択率の下で、SPR が 32.7g ($1 \div 0.0306$ 尾/g) になる F)。さらに、Fmax、F0.1、F40%SPR を示した。Fcurrent は F0.1 および F40%SPR より高いが、Fmed や Fmax より低かった。

5. 2015 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る。2013 年の資源量は 252 千トン、親魚量は 131 千トンで、Bban (資源量 5 千トン) および Blimit (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 2015 年 ABC 並びに推定漁獲量の算定

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表 7、図 18、19 に示す。2013 年の親魚量が Blimit を上回っていると推定されたことから、ABC 算定規則 1-1)-(1)に従い、漁獲シナリオは F40%SPR、Fcurrent および Fmed とした。F%SPR に関しては、小型浮魚類には 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ことから(Caddy and Mahon 1995)、40%を採用した。さらに、以下の表にはそれぞれの F に予防的措置を講じた場合 (安全率 α は 0.8) の予測値も示す。2014 年の F については Fcurrent (2004～2013 年の平均値) を用いた。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量（千トン）						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
親魚量の増大	F40%SPR (F=0.34)	86	67	73	100	137	187	254
上記の予防的措置	0.8F40%SPR (F=0.27)	86	67	60	87	125	179	256
現状の漁獲圧維持	Fcurrent (F=0.43)	86	67	88	114	146	187	239
上記の予防的措置	0.8Fcurrent (F=0.34)	86	67	73	101	137	187	254
親魚量の維持	Fmed (F=0.78)	86	67	141	139	139	139	139
上記の予防的措置	0.8Fmed (F=0.62)	86	67	119	133	148	165	184
漁獲シナリオ	管理基準	資源量（千トン）						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
親魚量の増大	F40%SPR (F=0.34)	252	292	379	516	705	961	1,310
上記の予防的措置	0.8F40%SPR (F=0.27)	252	292	379	542	779	1,114	1,595
現状の漁獲圧維持	Fcurrent (F=0.43)	252	292	379	485	622	797	1,021
上記の予防的措置	0.8Fcurrent (F=0.34)	252	292	379	516	704	958	1,305
親魚量の維持	Fmed (F=0.78)	252	292	379	376	376	376	376
上記の予防的措置	0.8Fmed (F=0.62)	252	292	379	420	469	522	582

(3) 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。この仮定の上で、F40%SPR、Fcurrent、Fmed およびそれらに予防的措置を講じた場合の F（安全率 α は 0.8）の 6 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（2019 年）予測漁獲量の幅（80%区間）、5 年間（2015～2019 年）平均漁獲量、親魚量が 5 年後（2020 年 1 月）に Blimit 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。

F40%SPR および Fcurrent では 5 年後に Blimit を下回る確率は低い。一方、Fmed では 5 年後に Blimit を下回る確率は高いことから、資源が Blimit をわずかに超えている現状では Fmed 未満の F で漁獲することが望ましい。なお、5 年後における漁獲量の将来予測値の幅はどの漁獲シナリオでもかなり大きい。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 (F _{current} との比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2015 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	2013 年 親魚量 を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
親魚量の増大 (F40%SPR)*	0.34 (0.80 F _{current})	19%	82 千トン ～ 466 千トン	149 千 トン	99%	100%	73 千 トン
親魚量の増大 の予防的措置 (0.8F40%SPR)*	0.27 (0.64 F _{current})	16%	88 千トン ～ 496 千トン	143 千 トン	100%	100%	60 千 トン
現状の漁獲圧 の維持 (F _{current})*	0.43 (1.00 F _{current})	23%	75 千トン ～ 485 千トン	157 千 トン	96%	98%	88 千 トン
現状の漁獲圧 の維持の予防 的措置 (0.8F _{current})*	0.34 (0.80 F _{current})	19%	82 千トン ～ 446 千トン	145 千 トン	99%	100%	73 千 トン
親魚量の維持 (F _{med})*	0.78 (1.83 F _{current})	37%	41 千トン ～ 292 千トン	140 千 トン	50%	64%	141 千 トン
親魚量の維持 の予防的措置 (0.8F _{med})*	0.62 (1.46 F _{current})	32%	59 千トン ～ 350 千トン	151 千 トン	79%	88%	119 千 トン
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。 ・本系群は再生産成功率の変動が激しいため、将来予測の不確実性が大きい。 ・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。							

F_{current} は 2004～2013 年の F の平均値、漁獲割合は 2015 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 年漁獲量確定値 2013 年漁獲量暫定値・月別体長組成	2012、2013 年年齢別漁獲尾数
2012 年資源量指数の確定 2013 年資源量指数	2013 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)
2013 年(当初)	Frec2	0.51	124	38	32	
2013 年(2013 年再評価)	Fcurrent Fmed	0.43 0.81	243	61 96	50 82	
2013 年(2014 年再評価)	F40%SPR Fcurrent Fmed	0.34 0.43 0.78	252	52 62 98	43 52 84	86
2014 年(当初)	Fmed	0.81	310	119	101	
2014 年(2014 年再評価)	Fmed	0.78	292	107	91	
2013 年の評価で 2012 年における親魚量が Blimit を超えたことから、ABC 算定規則 1-1) - (1) を適用し F40%SPR、Fcurrent と Fmed についての再評価値を併記した。 2014 年の評価では TAC 設定の根拠となったシナリオについて行った。						

2013 年資源量および ABC は当初評価に比べて上方修正された。これは 2013 年級群の加入量の当初の見積りが過小評価であったためである。2014 年資源量は当初評価に比べてやや下方修正された。これは、2013 年の 1 歳魚の漁獲尾数が少なく 2012 年級群の資源尾数が下方修正されたことにより、2014 年の親魚量と加入量推定値が当初の見積りよりも減少したためである。

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(資源水準は Blimit を超えたため中水準)。平成 21 年度から平成 23 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.

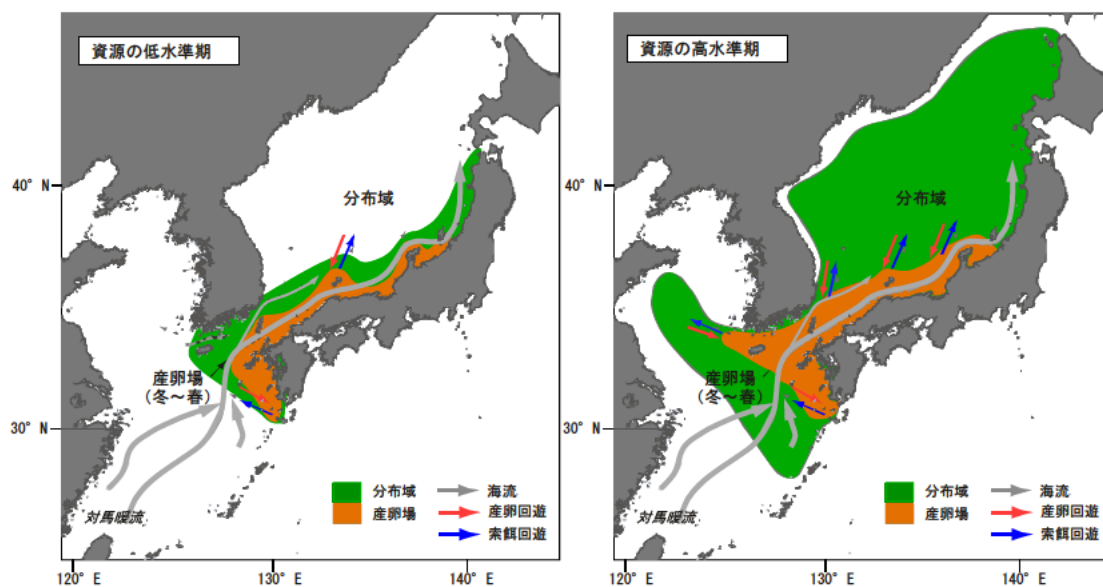


図1. マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊および生活史と漁場形成模式図
(左：低水準期、右：高水準期)

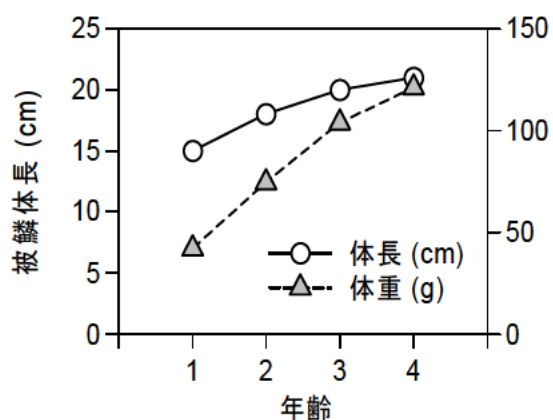


図2. 年齢と成長 (低水準期)

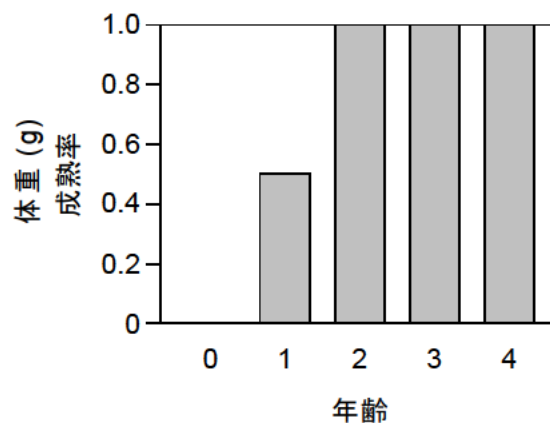


図3. 年齢と成熟率 (低水準期)

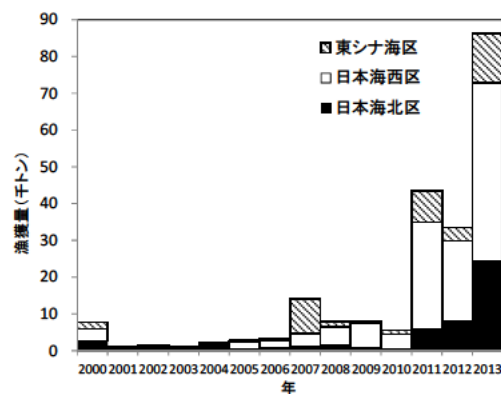
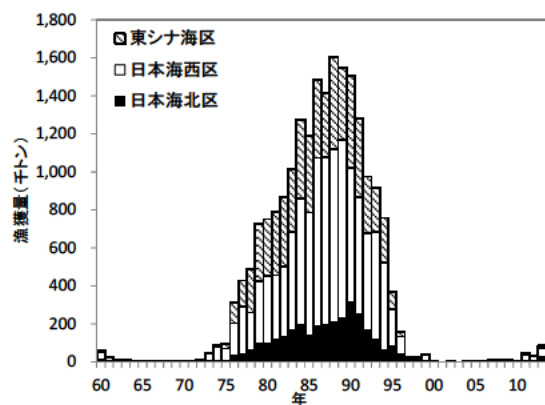


図4. 漁獲量 (左：1960～2013年、右：2000～2013年)

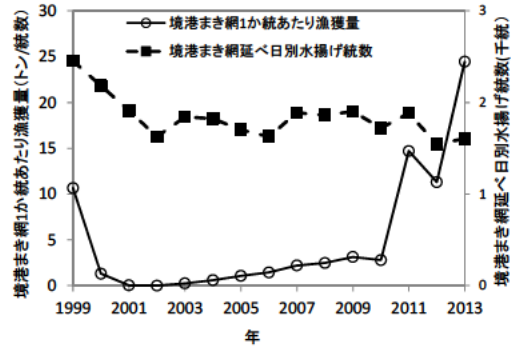


図 5. 境港まき網の努力量（延べ日別水揚げ統数）と 1 か統あたり漁獲量（トン/統）

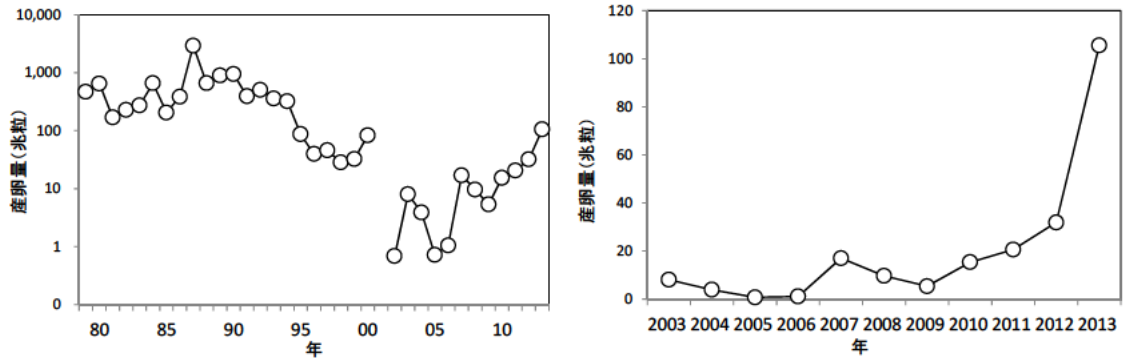


図 6. 産卵量（左：1979～2013 年、右：2003～2013 年、2001 年は卵なし）

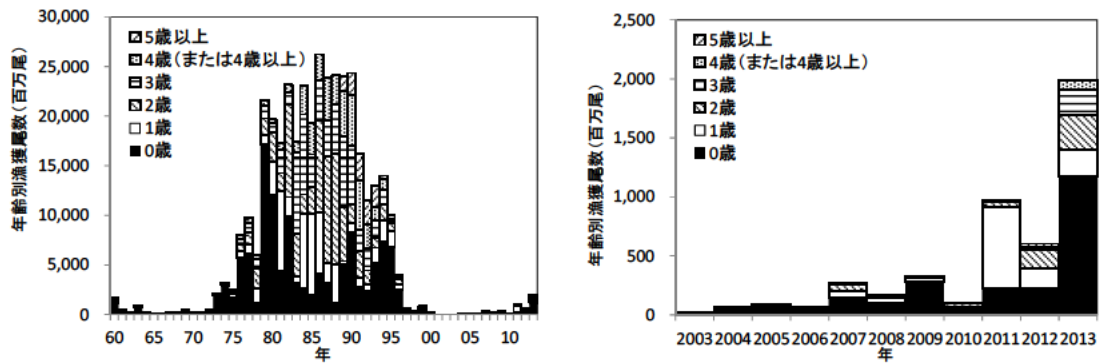


図 7. 年齢別・年別漁獲尾数（左：1960～2013 年、右：2003～2013 年）

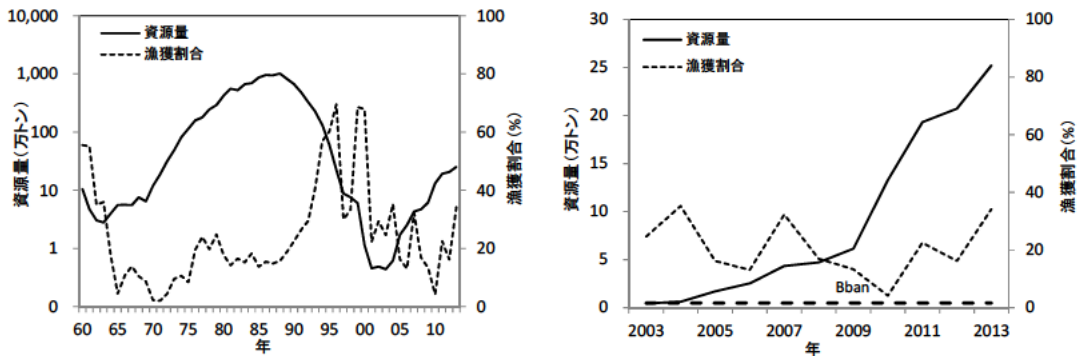


図 8. 資源量と漁獲割合（左：1960～2013 年、資源量は対数表示、右：2003～2013 年、Bban は資源量 5 千トン）

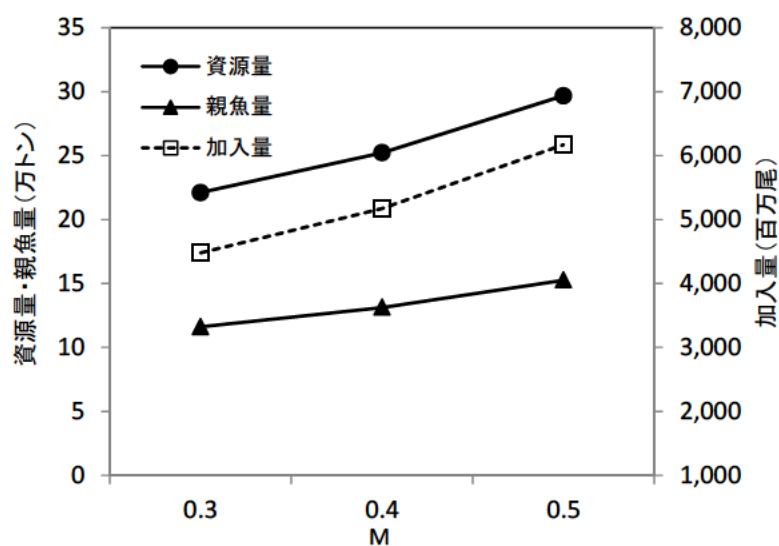


図 9. M と 2013 年資源量、親魚量、加入量の関係

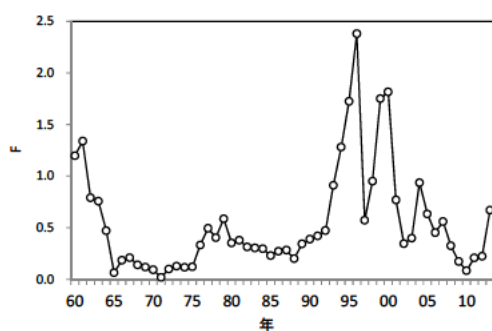


図 10. F の推移

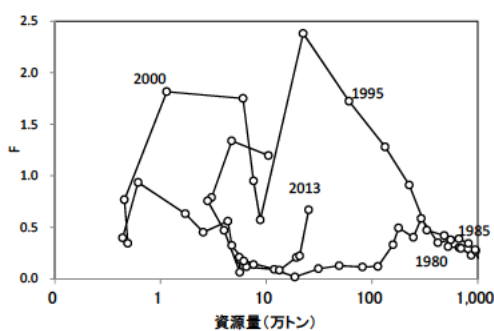


図 11. 資源量と F の関係
(図中の数値は年)

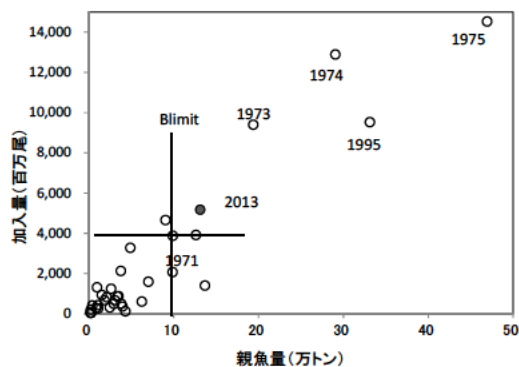
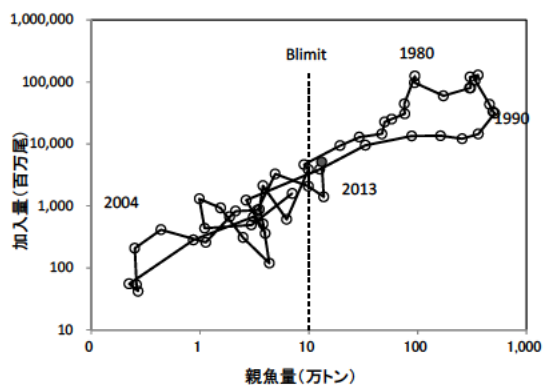


図 12. 親魚量と加入量の関係 (左：全期間 (両対数)、右：親魚量 50 万トン以下のデータのみ) Blimit は 1971 年水準の親魚量 10 万トン、図中の数値は年、図中の灰色のシンボルが 2013 年の値を示す。

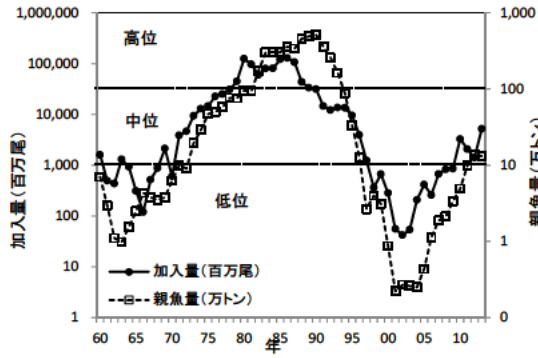


図 13. 親魚量と加入量の推移（点線は親魚量による資源水準の判断基準）

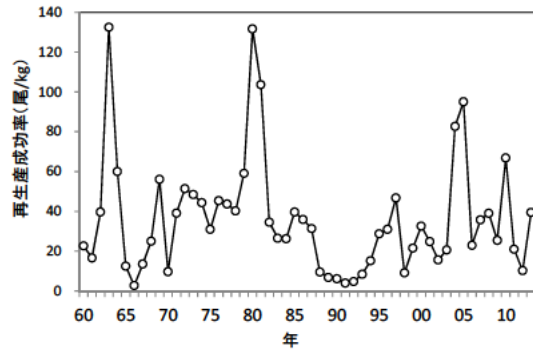


図 14. 再生産成功率 (RPS) の推移

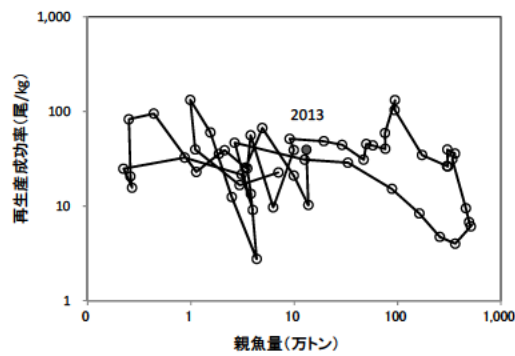


図 15. 親魚量と再生産成功率 (RPS) の関係（図中の数値は年）

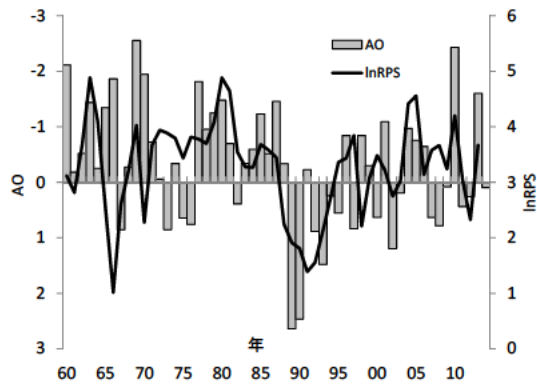


図 16. 資源と海洋環境の関係（lnRPS：RPS の対数値（折れ線）、AO：北極振動（棒グラフ））

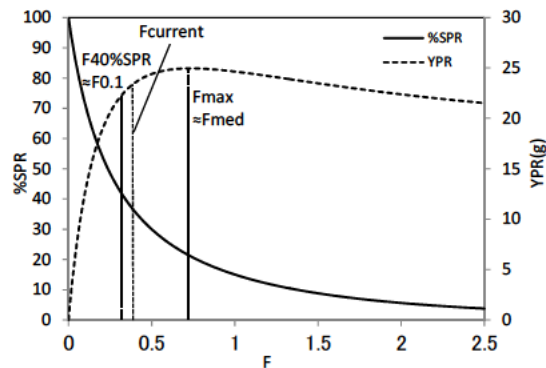


図 17. YPR と %SPR

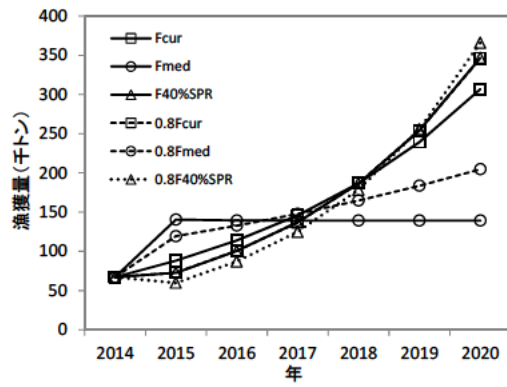


図 18. 様々な F による資源量の予測値

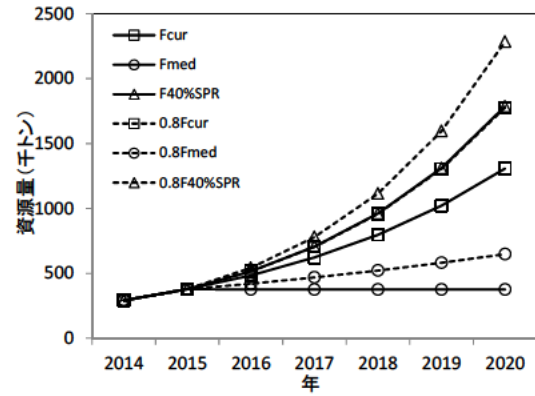


図 19. 様々な F による漁獲量の予測値

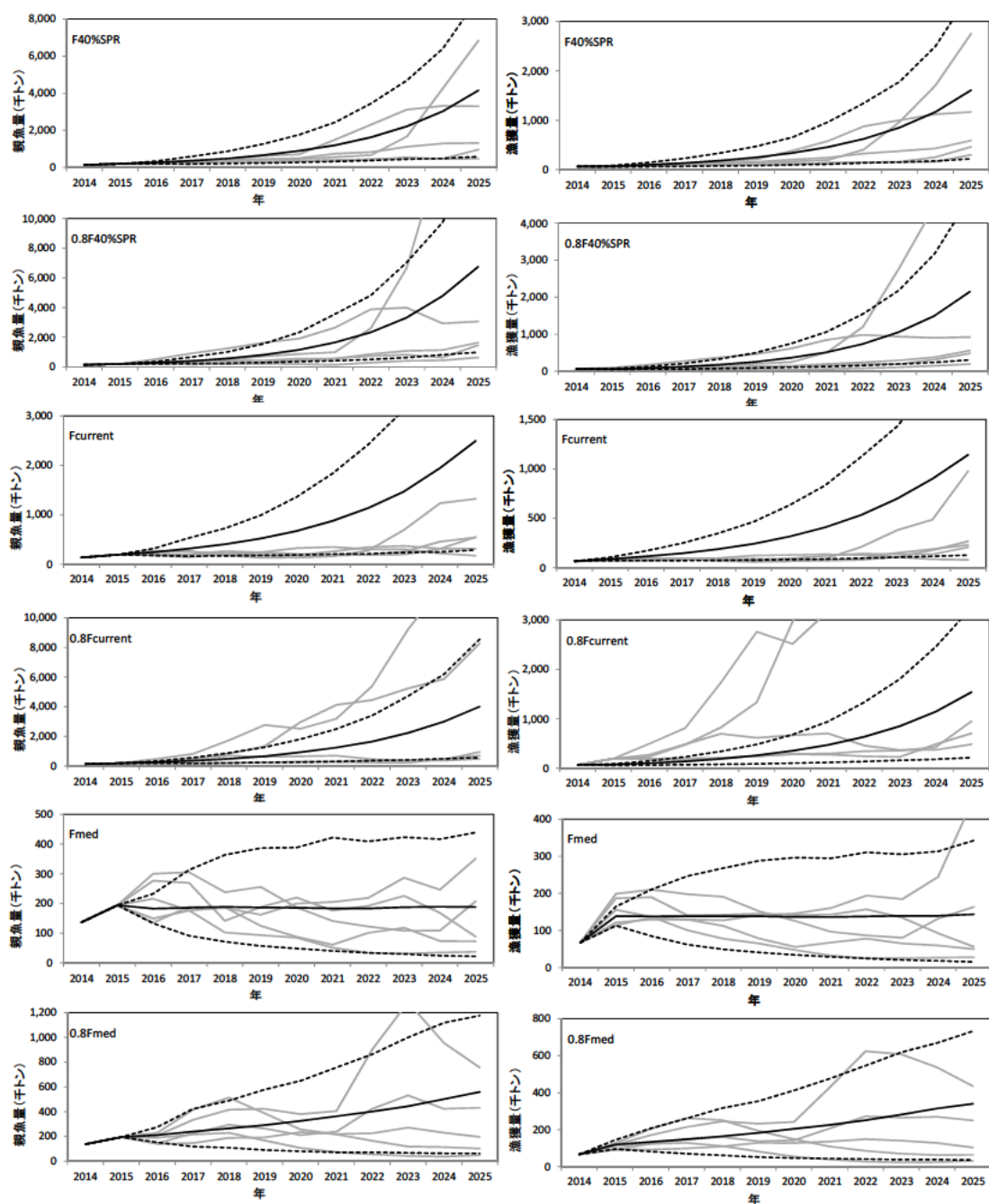


図 20. 再生産成功率の変動を考慮したシミュレーション結果（左列：親魚量、右列：漁獲量） 1,000 回の試行のうち、黒の破線は上下 10%、太線は平均値、灰色の線は 5 回のシミュレーション結果の例を示す。

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)

年	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	1,05	42	30	28	40	56	56	56	76	65	119	187	313	490
親魚量	70	300	11	100	15	25	43	38	35	38	63	99	91	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
年	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
漁獲量	87	96	309	429	487	727	751	792	869	1,017	1,278	1,191	1,486	1,412
資源量	816	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
親魚量	291	470	498	577	761	755	944	937	1,726	3,004	3,064	3,030	3,593	3,385
加入量	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
年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
漁獲量	1,606	1,547	1,505	1,281	975	917	758	366	156	26	25	41	8	1
資源量	10,209	8,191	6,666	4,840	3,311	2,252	1,334	607	224	88	76	60	11	5
親魚量	4,571	4,919	5,111	3,610	2,568	1,625	881	331	126	27	400	31	9	2
加入量	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	32.5	24.8
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
漁獲量	1	1	2	3	3	14	8	8	6	44	34	86		
資源量	5	4	6	17	25	43	47	61	133	193	207	252		
親魚量	3	3	3	4	11	19	21	34	49	99	137	131		
加入量	42	54	208	415	259	669	825	856	3,275	2,076	1,402	5,173		
再生産成功率	15.6	20.6	82.7	95.0	23.0	35.7	39.0	25.4	66.8	21.0	10.2	39.4		

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	17,11	12,07	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	10,69	11,12	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
0	11	501	190	4	9	4	44	75	29	141	94	276	49	220	225	1,173
1	228	153	22	4	11	5	12	10	28	58	51	41	20	694	167	229
2	87	116	21	2	8	6	6	3	7	61	15	4	25	41	164	289
3	20	74	11	2	0	2	3	1	3	11	9	2	10	10	19	222
4(4+)	9	5	17	2	0	1	2	1	0	1	4	2	2	5	27	71
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	23.1
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	11.6
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	22.4
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	21.1
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	3.4	8.2
5+	3.9	0.2	0.6															

表 4. 年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	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\年	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\年	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	856	3,275	2,076	1,402	5,173
1	794	578	523	233	36	34	34	21	33	103	216	150	333	476	347	2,155	1,212	756
2	743	119	291	164	31	6	19	14	10	13	61	122	53	182	286	217	876	676
3	385	57	31	123	15	4	2	7	4	2	6	35	32	23	118	171	112	453
4(4+)	90	11	14	8	24	3	1	2	4	1	1	2	16	21	26	87	161	146
5+	36	4	7															

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	0.18	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	0.74
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	0.91
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	0.91
5+	2.98	0.37	1.48															

表 6. 年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	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\年	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\年	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	101.9
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	21.6	106.3	73.0	38.3
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	17.1	23.2	17.7	67.8	52.3
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	16.5	12.1	43.1
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	16.7
5+	5.1	0.6	0.9															

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\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
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\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	4,178	5,934	7,952	10,913	14,839	20,243
1	2,507	2,215	3,300	4,421	6,068	8,251
2	319	1,241	1,166	1,737	2,327	3,194
3	216	138	588	553	823	1,103
4+	161	142	118	298	359	499
計	7,381	9,670	13,123	17,921	24,416	33,289

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	88.0	125.0	167.5	229.8	312.5	426.3
1	134.6	118.9	177.1	237.3	325.6	442.8
2	26.2	102.1	95.9	142.9	191.5	262.8
3	22.1	14.2	60.3	56.6	84.4	113.1
4+	21.0	18.4	15.4	38.8	46.8	65.0
資源量計	291.9	378.5	516.1	705.4	960.7	1,309.9
親魚量	136.7	194.1	260.1	357.0	485.4	662.2

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	715	828	1,110	1,524	2,072	2,826
1	537	389	580	777	1,067	1,451
2	92	298	280	416	558	766
3	78	42	178	168	250	334
4+	58	43	36	90	109	151
計	1,481	1,600	2,184	2,975	4,055	5,528

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	15.1	17.4	23.4	32.1	43.6	59.5
1	28.8	20.9	31.1	41.7	57.2	77.8
2	7.6	24.5	23.0	34.3	45.9	63.0
3	8.0	4.3	18.3	17.2	25.6	34.3
4+	7.6	5.6	4.7	11.8	14.2	19.7
計	67.0	72.7	100.4	137.0	186.5	254.3

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\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
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\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	4,178	5,934	7,442	9,602	12,273	15,737
1	2,507	2,215	3,146	3,945	5,090	6,506
2	319	1,241	1,096	1,557	1,952	2,519
3	216	138	538	476	676	847
4+	161	142	105	241	269	354
計	7,381	9,670	12,327	15,821	20,260	25,964

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	88.0	125.0	156.7	202.2	258.4	331.4
1	134.6	118.9	168.8	211.7	273.2	349.2
2	26.2	102.1	90.2	128.1	160.6	207.3
3	22.1	14.2	55.2	48.8	69.2	86.8
4+	21.0	18.4	13.7	31.4	35.0	46.1
資源量計	291.9	378.5	484.6	622.2	796.5	1,020.8
親魚量	136.7	194.1	243.5	314.1	401.5	514.8

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	715	1,016	1,274	1,644	2,102	2,695
1	537	475	674	845	1,091	1,394
2	92	358	316	450	564	727
3	78	50	194	171	244	305
4+	58	51	38	87	97	128
計	1,481	1,950	2,497	3,198	4,097	5,249

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	15.1	21.4	26.8	34.6	44.3	56.8
1	28.8	25.5	36.2	45.4	58.5	74.8
2	7.6	29.5	26.0	37.0	46.4	59.8
3	8.0	5.1	19.9	17.6	25.0	31.3
4+	7.6	6.6	4.9	11.3	12.6	16.6
計	67.0	88.1	113.9	145.9	186.8	239.3

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\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
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\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	4,178	5,934	5,701	5,758	5,743	5,747
1	2,507	2,215	2,589	2,487	2,512	2,506
2	319	1,241	852	996	957	967
3	216	138	375	258	301	289
4+	161	142	65	102	83	89
計	7,381	9,670	9,582	9,601	9,597	9,598

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	88.0	125.0	120.0	121.3	120.9	121.0
1	134.6	118.9	139.0	133.5	134.8	134.5
2	26.2	102.1	70.1	81.9	78.7	79.5
3	22.1	14.2	38.5	26.4	30.9	29.7
4+	21.0	18.4	8.4	13.3	10.9	11.6
資源量計	291.9	378.5	376.0	376.4	376.2	376.3
親魚量	136.7	194.1	186.5	188.4	187.9	188.0

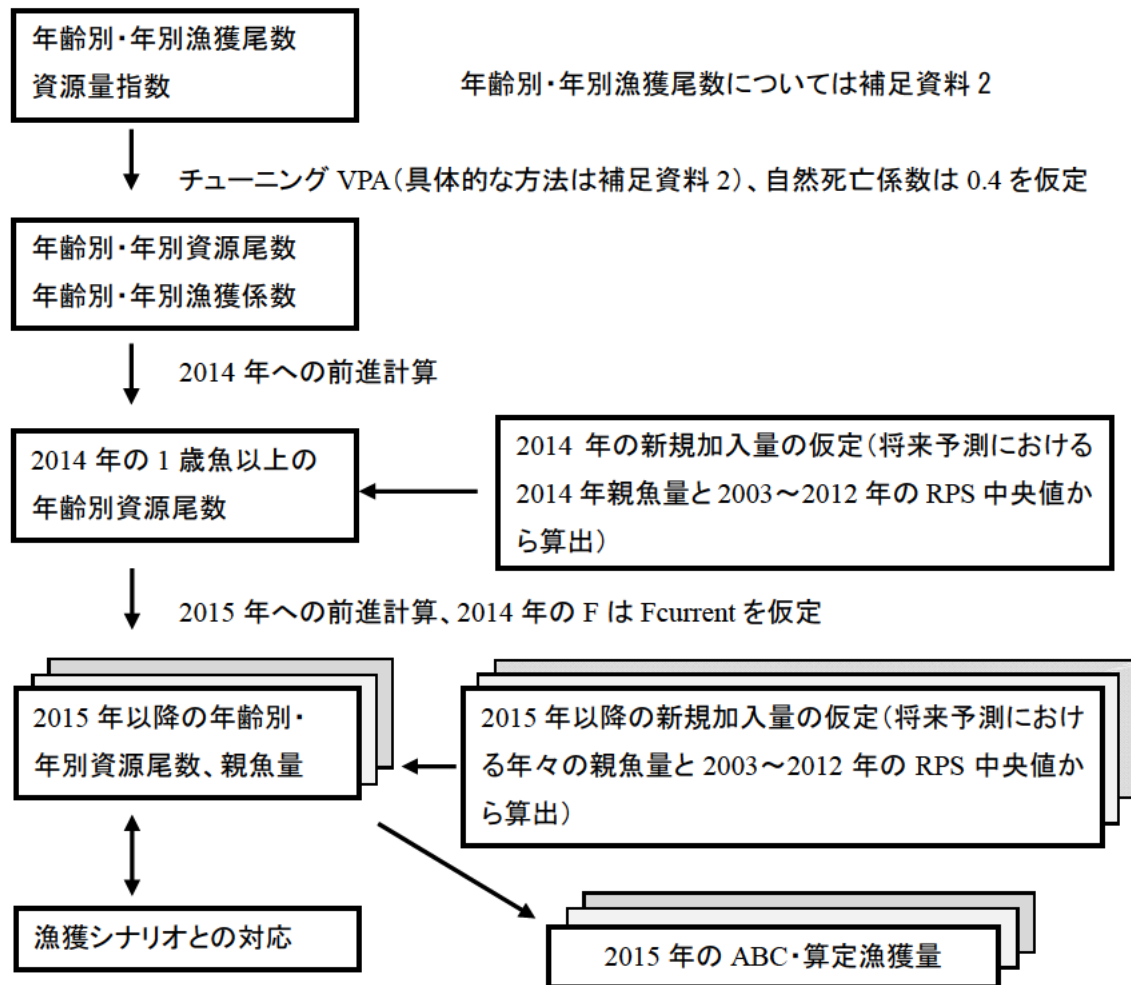
年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	715	1,696	1,629	1,646	1,642	1,643
1	537	773	903	868	876	874
2	92	558	383	448	430	434
3	78	74	201	138	161	155
4+	58	76	35	55	45	48
計	1,481	3,176	3,151	3,154	3,154	3,154

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	15.1	35.7	34.3	34.7	34.6	34.6
1	28.8	41.5	48.5	46.6	47.0	46.9
2	7.6	45.9	31.5	36.8	35.4	35.7
3	8.0	7.6	20.6	14.1	16.5	15.9
4+	7.6	9.9	4.5	7.1	5.8	6.2
計	67.0	140.5	139.4	139.3	139.3	139.3

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、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。Age-length key 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 2013 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) チューニング VPA（ステップ 2）

以上の計算を行った後、資源量指標値により最近年の F を調整（チューニング）した。チューニングに用いる 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、チューニングを行った。

チューニングの指標として、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。チューニング期間は資源量が Bban 水準以上となった 2004 年以降で計算することを基本とし、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。昨年度評価では 2013 年 6 月までに得られている年齢組成と漁況に合わせるために、産卵量によるチューニング期間を 2005 年以降としたが、今年度評価ではそのような調整を行わなかった。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）。次にチューニング指標値を示す。

チューニングに用いた指標値

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

なお、2012 年データは更新の結果、昨年度の値と異なっている。

(3) 将来予測

2014 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。

2014 年以降の年齢別の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

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

各年齢の F については F_{current}（2004～2013 年の平均値）で求められる選択率を用いた。