

平成 24 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（大下誠二、福若雅章、安田十也）

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

本系群の漁獲量は 1983 年から 1991 年に 100 万トンを超える高水準で経過した後に急減し、2000 年には 1 万トンを下回った。その後、漁獲量は 1 千～3 千トン台で推移し、2007 年には一時的に 14 千トンに増加した後、2010 年までは 10 千トン以下で推移したものの、2011 年には 44 千トンと急増した。コホート解析によると、マイワシ対馬暖流系群の資源量推定値は 1990 年代に急減し、2001～2003 年に過去最低の水準で推移したが、2004 年以降は上向いている。資源水準は低位、動向は最近 5 年間（2007～2011 年）の資源量が増加傾向にあることから、増加と判断した。今後、再生産成功率（加入量÷親魚量）が最近 10 年（2001～2010 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 (Fcurrent と の比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2013 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	Blimit へ 回復 5 年後 (10 年 後)	Bban を下回 る (10 年間)	
親魚量の増大 (B/Blimit× Fmed) (Frec)*	0.34 (0.54 Fcurrent)	22%	27 千トン ～ 203 千トン	65 千 トン	78% (92%)	0%	27 千 トン
親魚量の増大 (5 年で Blimit へ 回復) (Frec1)*	0.46 (0.73 Fcurrent)	28%	19 千トン ～ 176 千トン	60 千 トン	52% (66%)	0%	35 千 トン
親魚量の増大 (10 年で Blimit へ回 復) (Frec2)*	0.51 (0.82 Fcurrent)	31%	16 千トン ～ 142 千トン	56 千 トン	40% (51%)	0%	38 千 トン
							2013 年算 定漁獲量
漁獲圧の維持 (Fcurrent)	0.62 (1.00 Fcurrent)	35%	12 千トン ～ 99 千トン	47 千 トン	18% (19%)	1%	44 千 トン
親魚量の維持 (Fmed)	0.64 (1.04 Fcurrent)	36%	10 千トン ～ 98 千トン	46 千 トン	16% (15%)	2%	45 千 トン
コメント ・当該資源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。 ・本系群の ABC 算定については規則 1-1)-(2)を用いた。 ・平成 23 年に設定された中期的管理方針では、「大韓民国及び中華人民共和国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、管理を行うものとし、資源管理計画の推進を図るものとする。」とされているが、本系群は Blimit 未満なので Fmed および Fcurrent に対応する算定漁獲量を ABC に含めなかった。中期的管理方針に対応する漁獲シナリオには*を付けた。							

Fcurrent は 2007～2011 年の平均値。漁獲割合は 2013 年漁獲量／資源量。F 値は各年齢の平均値。将来漁獲量の幅は 80%区間。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合
2010	74	56	0.40	8%
2011	114	436	0.60	38%
2012	123			

2012 年の値は加入量を仮定した値。

	指標	値	設定理由
Bban	資源量	50 百トン	近年において推定された最低資源量より判断
Blimit	親魚量	1971 年水準 (10 万トン)	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。
2011 年	親魚量	1971 年水準未満 (52 千トン)	

水準：低位 動向：増加

Bban は、近年において推定された最低資源量 43 百トン（2003 年）およびその前後の資源量推定値から、最低限確保すべき資源量として 50 百トンとした。

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 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）、中型まき網漁獲量（島根県）
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 年代後半から 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は重要である。現在、

低水準にあるマイワシの資源状況に合わせた資源管理を適切に行うことにより親魚量を増加させ、好適な海洋環境下での加入量の回復に備えることが適切である。

平成 21 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、本系群については主目的とした操業は行わない取り組みがなされていた。資源回復計画は平成 23 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 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（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ことが知られている（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 年で体長約 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こと知られている。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。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、2010 年の漁獲量は 56 百トンであったが、2011 年の漁獲量は 44 千トンと急増した。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 万トンを記録したが、その後は減少した。2011 年の漁獲量は 25 百トンであった。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いため、漁獲努力量を把握することは困難であった。近年、日本海西南部海域において本系群がまとまって漁獲されるようになってきているものの、本系群は当該漁業の主要対象魚種ではないため依然として漁獲努力量の把握は困難である。

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

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 5 に示す。本資源の産卵量は近年低い水準にあり、2001 年には全く卵が採集されなかった。その後は変動を繰り返しながら増加しており、2011 年の産卵量は 19 兆粒であった。

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）、島根県の中型まき網（浜田）によるマイワシの CPUE（トン／隻数）を図 6 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る。特に、2011 年の境港の 1 か統あたり漁獲量は 2010 年に比べて大幅に増加した。

(3) 漁獲物の年齢構成

年齢別・年別漁獲尾数を図 7 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。2004 年以降は 0 歳魚が漁獲の主体であるが、2007 年および 2008 年には 0 歳魚のほか、1 歳魚、2 歳魚も近年においては比較的多く漁獲された。2011 年は 1 歳魚の割合が最も高く、0 歳魚の割合がそれに次いだ。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

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 千万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（図 8）。2004 年以降は増加し、2005 年以後は再び 1 万トンを超え、2011 年は 114 千トンと推定された。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、2011 年の資源量、親魚量、加入尾数（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、2011 年の資源水準は資源量推定を行った過去 52 年間に於いて 28 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、中位と高位の区切りは親魚量 100 万トン（1980 年代から 1990 年代前半が高位に相当する）とした。現在の親魚量は 10 万トンを下回っていることから、低位と判断される。動向は、最近 5 年間（2007～2011 年）の資源量が増加傾向にあることから、増加と判断する。

(6) 再生産関係

親魚量と加入尾数の関係を図 12 に示す。親魚量と加入尾数（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尾数が期待できる。ただし、後述するように再生産成功率（RPS、加入尾数／親魚量）には海洋環境も影響すると考えられている。

(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（後述）、再生産に不適な環境においてもある程度の加入尾数が見込める親魚量を確保することが望ましい。再生産関係より、親魚量 10 万トン未満では良好な加入が期待できない傾向があるため（図 12 右）、親魚量 10 万トン（1971 年水準）を Blimit とする。

(8) 今後の加入量の見積もり

①再生産成功率の推移

再生産成功率の推移を図 13 に、親魚量と加入尾数の推移を図 14 に、親魚量と再生産成功率の関係を図 15 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。加入尾数は2001～2003年は数千万尾程度と低かったが、2004年以降は数億尾程度で推移している。2010年の加入尾数は近年では多く、親魚量は最近5年間では増加傾向が認められる。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という関係が認められる。

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、LNRR（リッカー型の再生産曲線からの加入量の対数残差）の変動と、冬季のMOI（モンスーンインデックス：イルクーツクと根室の海面気圧差、季節風の強さの指標）、AO（北極振動：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lnRPSで代用し、2011年までの変動傾向を図16に示す。例外もあるが、MOIの動向とlnRPSの動向は同調しており、AOについては正負を逆にした場合lnRPSの動向と同調する傾向が見られる。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を除く過去10年間（2001～2010年）の再生産成功率の中央値（29.3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、過去5年（2007～2011年）のFの単純平均値とした。F_{med}は近年10年間（不確実性の高い直近年の2011年を除く2001～2010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34.2g（1÷0.0293尾/g）になるF）。さらに、F_{max}、F_{0.1}、F_{30%SPR}を示した。F_{current}はF_{30%SPR}およびF_{med}とほぼ同じで、F_{0.1}より高いが、F_{max}より低い。

5. 2013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と推定される。近年、資源は増加傾向にあり、B_{ban}（資源量50百トン）を上回っていると推定されるが、2011年時点での親魚量はB_{limit}（100千トン）を下回っており、低い水準にあると判断される。

(2) 漁獲シナリオに対応した 2013 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図 18、19 に示す。2011 年の親魚量が B_{limit} を下回っていると推定されることから、ABC 算定規則 1-1)-(2)に従い、親魚量の回復措置をとる漁獲シナリオ (F_{rec} , F_{rec1} , F_{rec2}) の下で 2013 年の ABC を算定した。 F_{rec} は基準値を F_{med} として、基準値を B (SSB_{2011}) / B_{limit} で引き下げた F 、 F_{rec1} は 5 年で親魚量が B_{limit} 以上に回復することが期待できる F 、 F_{rec2} は 10 年で親魚量が B_{limit} 以上に回復することが期待できる F とした。また、 F_{med} 、 $F_{current}$ による資源量と漁獲量の予測値も示した。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。2012 年の F については $F_{current}$ （2007～2011 年の平均値）を用いた。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量（百トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
親魚量の増大	Frec (F=0.34)	436	441	269	357	464	606	791
上記の予防的措置	0.8Frec (F=0.27)	436	441	222	312	430	596	824
5 年で Blimit へ回復	Frec1 (F=0.46)	436	441	346	413	484	571	673
上記の予防的措置	0.8Frec1 (F=0.36)	436	441	288	373	472	603	768
10 年で Blimit へ回復	Frec2 (F=0.51)	436	441	379	431	482	542	608
上記の予防的措置	0.8Frec2 (F=0.41)	436	441	317	395	481	591	724
現状の漁獲圧維持	Fcurrent (F=0.62)	436	441	440	454	461	471	480
上記の予防的措置	0.8Fcurrent (F=0.50)	436	441	372	428	483	549	622
親魚量維持	Fmed (F=0.64)	436	441	452	457	455	456	456
上記の予防的措置	0.8Fmed (F=0.52)	436	441	382	433	481	538	601
漁獲シナリオ	管理基準	資源量（百トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
親魚量の増大	Frec (F=0.34)	1,136	1,229	1,243	1,639	2,133	2,788	3,637
上記の予防的措置	0.8Frec (F=0.27)	1,136	1,229	1,243	1,738	2,397	3,321	4,591
5 年で Blimit へ回復	Frec1 (F=0.46)	1,136	1,229	1,243	1,478	1,735	2,046	2,409
上記の予防的措置	0.8Frec1 (F=0.36)	1,136	1,229	1,243	1,599	2,031	2,591	3,299
10 年で Blimit へ回復	Frec2 (F=0.51)	1,136	1,229	1,243	1,408	1,575	1,770	1,986
上記の予防的措置	0.8Frec2 (F=0.41)	1,136	1,229	1,243	1,538	1,879	2,306	2,825
現状の漁獲圧維持	Fcurrent (F=0.62)	1,136	1,229	1,243	1,278	1,299	1,326	1,352
上記の予防的措置	0.8Fcurrent (F=0.50)	1,136	1,229	1,243	1,423	1,609	1,828	2,073
親魚量維持	Fmed (F=0.64)	1,136	1,229	1,243	1,253	1,249	1,250	1,249
上記の予防的措置	0.8Fmed (F=0.52)	1,136	1,229	1,243	1,400	1,559	1,743	1,946

(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 2012 年以後の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1960～2011 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 29.3 尾/kg を乗じたものであるとした。この仮定の上で、

$F_{current}$ 、 F_{med} 、 F_{rec} 、 F_{rec1} 、 F_{rec2} 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 10 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（2017 年）予想漁獲量の幅（80%区間）、5 年間（2013～2017 年）平均漁獲量、親魚量が 5 年後（2018 年頭）および 10 年後（2023 年頭）に B_{limit} を上回る確率、管理開始から 10 年間（2014 年頭～2023 年頭）に資源量が B_{ban} を下回る年が 1 年でも出る確率を次ページの表に示す。

$F_{current}$ では 5 年後および 10 年後に B_{limit} へ回復する確率は低い。いずれの F でも 10 年間で B_{ban} を下回る確率は低い。 F を引き下げること、平均的には親魚量と漁獲量の回復が期待されるが、10 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 (Fcurrent と の比較)	漁 獲 割 合	将来漁獲量		評価		2013 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	Blimit へ 回復 5 年後 (10 年後)	Bban を下回 る (10 年間)	
親魚量の増大 (B/Blimit× Fmed) (Frec)*	0.34 (0.54 Fcurrent)	22 %	27 千トン ～ 203 千トン	65 千 トン	78% (92%)	0%	27 千 トン
親魚量の増大 (B/Blimit× Fmed) 予防的措 置 (0.8Frec)*	0.27 (0.43 Fcurrent)	18 %	29 千トン ～ 226 千トン	64 千 トン	87% (98%)	0%	22 千 トン
親魚量の増大 (5 年で Blimit へ 回復) (Frec1)*	0.46 (0.73 Fcurrent)	28 %	19 千トン ～ 176 千トン	60 千 トン	52% (66%)	0%	35 千 トン
親魚量の増大 (5 年で Blimit へ 回復) 予防的措置 (0.8Frec1)*	0.36 (0.58 Fcurrent)	23 %	25 千トン ～ 213 千トン	67 千 トン	70% (88%)	0%	29 千 トン
親魚量の増大 (10 年で Blimit へ回 復) (Frec2)*	0.51 (0.82 Fcurrent)	31 %	16 千トン ～ 142 千トン	56 千 トン	40% (51%)	0%	38 千 トン
親魚量の増大 (10 年で Blimit へ回 復) 予防的措置 (0.8Frec2)*	0.41 (0.66 Fcurrent)	26 %	22 千トン ～ 183 千トン	62 千 トン	62% (79%)	0%	32 千 トン
							2013 年算 定漁獲量
漁獲圧の維持 (Fcurrent)	0.62 (1.00 Fcurrent)	35 %	12 千トン ～ 99 千トン	47 千 トン	18% (19%)	1%	44 千 トン
漁獲圧の維持、 予防的措置 (0.8Fcurrent)	0.50 (0.80 Fcurrent)	30 %	16 千トン ～ 180 千トン	56 千 トン	43% (54%)	0%	37 千 トン
親魚量の維持 (Fmed)	0.64 (1.04 Fcurrent)	36 %	10 千トン ～ 98 千トン	46 千 トン	16% (15%)	2%	45 千 トン
親魚量の維持、 予防的措置 (0.8Fmed)	0.52 (0.83 Fcurrent)	31 %	17 千トン ～ 142 千トン	55 千 トン	38% (48%)	0%	38 千 トン
コメント ・当該資源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。 ・本系群の ABC 算定については規則 1-1)-(2)を用いた。 ・平成 23 年に設定された中期的管理方針では、「大韓民国及び中華人民共和国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、管理を行うものとし、資源管理計画の推進を図るものとする。」とされているが、本系群は Blimit 未満なので Fmed および Fcurrent に対応する算定漁獲量を ABC に含めなかった。中期的管理方針に対応する漁獲シナリオには*を付けた。不確実性を考慮して安全率 α を 0.8 とした。							

Fcurrent は 2007～2011 年の平均値。漁獲割合は 2013 年漁獲量／資源量。F 値は各年齢の平均値。将来漁獲量の幅は 80%区間。

(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
2010 年漁獲量確定値 2011 年漁獲量暫定値 2011 年月別体長組成	2010、2011 年年齢別漁獲尾数
2011 年資源量指数	2011 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)
2011 年(当初)	Frec2	0.31	35	7	5	
2011 年(2011 年再評価)	Frec2	0.37	58	13	10	
2011 年(2012 年再評価)	Frec2	0.51	114	35	29	44
2012 年(当初)	Frec2	0.37	40	9	7	
2012 年(2012 年再評価)	Frec2	0.51	123	38	32	

一昨年の当系群のコホート計算結果と算定漁獲量は参考値扱いである。ここでは資源量推定値および参考値として示した算定漁獲量のうち、Frec2 についての再評価値を示した。2011 年（当初）資源量は 2010 年資源評価報告書に記載。2011 年（2011 年再評価）資源量および 2012 年（当初）資源量は 2011 年資源評価報告書に記載。2011 年および 2012 年資源量および算定漁獲量は当初評価に比べて上向きに修正された。これは 2010 年級群の資源尾数の見積りが、2010 年評価時には 463 百万尾、2011 年評価時には 981 百万尾であり、当初は過小評価であったため。なお、2012 年 6 月までの本系群の現況でも、2010 年級群が主体である（補足資料 3）。

6. その他の管理方策の提言

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極めて低い水準にある。若齢魚に対する漁獲を控え、親魚量を増加させることも資源の回復に効果的であると考えられる。

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、本系群については主目的とした操業は行わない取り組みがなされていた。

7. 引用文献

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.

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.

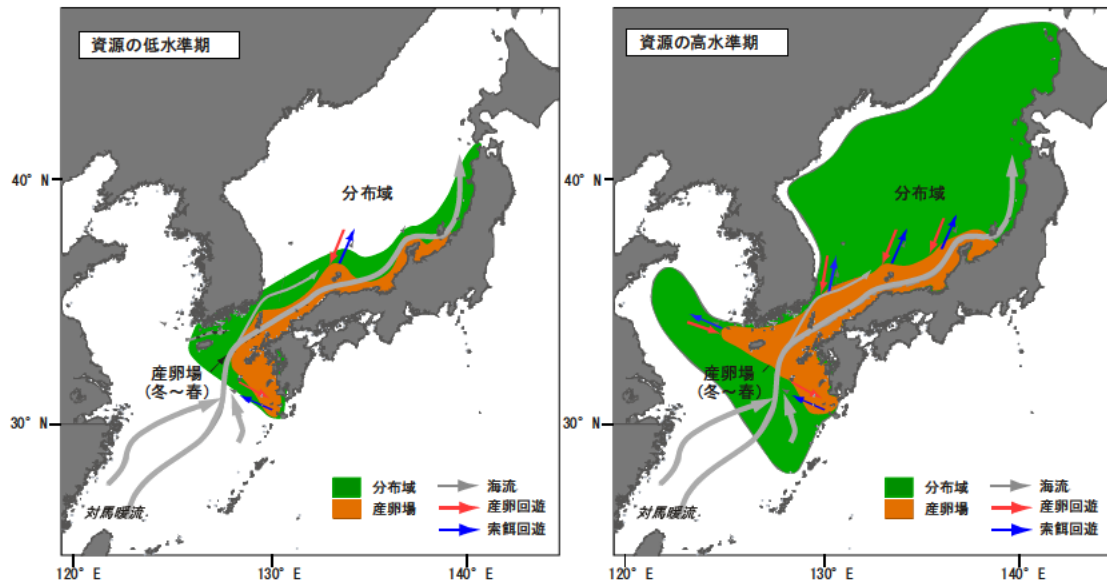


図1. マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊および生活史と漁場形成模式図
(左：低水準期、右：高水準期)

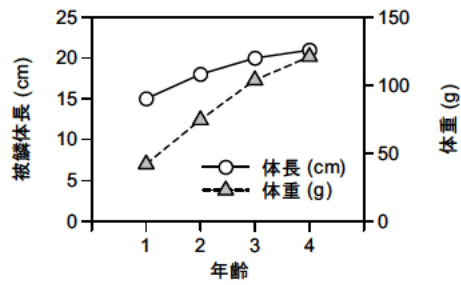


図2. 年齢と成長（低水準期）

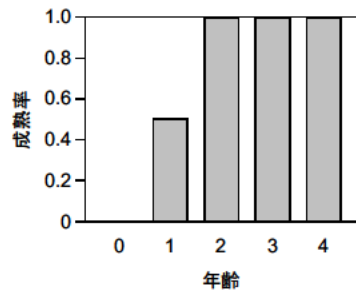


図3. 年齢と成熟率（低水準期）

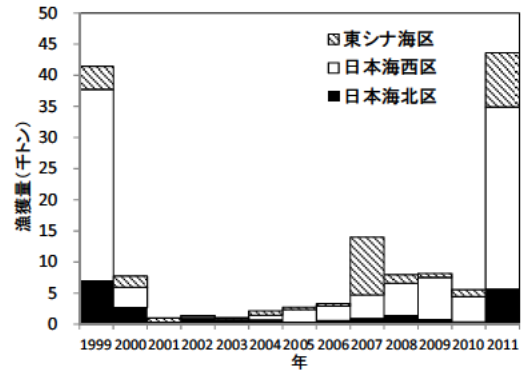
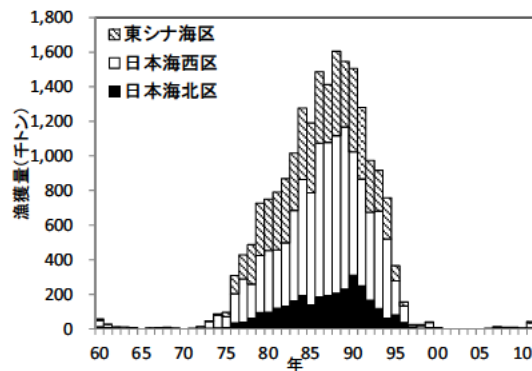


図4. 漁獲量（左：1960～2011年、右：1999～2011年）

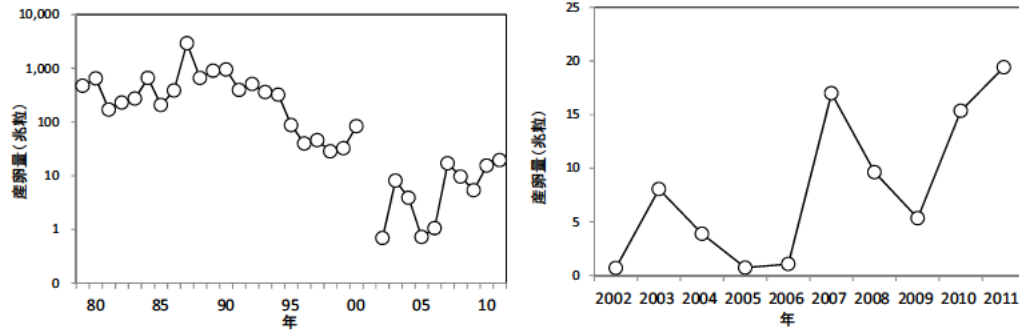


図 5. マイワシの産卵量 (左 : 1979～2011 年、右 : 2002～2011 年、2001 年は卵なし)

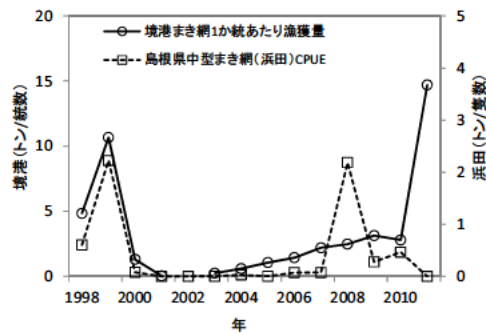


図 6. 境港まき網 1 か統あたり漁獲量 (トン/統) と島根県中型まき CPUE (浜田、トン/隻数)

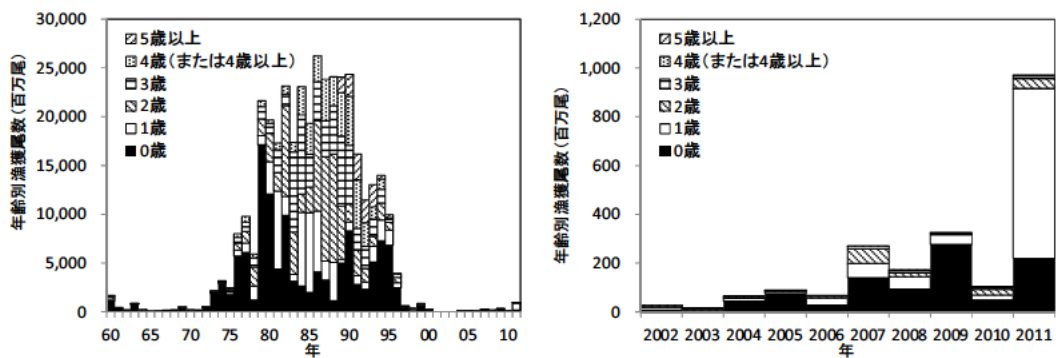


図 7. 年齢別・年別漁獲尾数 (左 : 1960～2011 年、右 : 2002～2011 年)

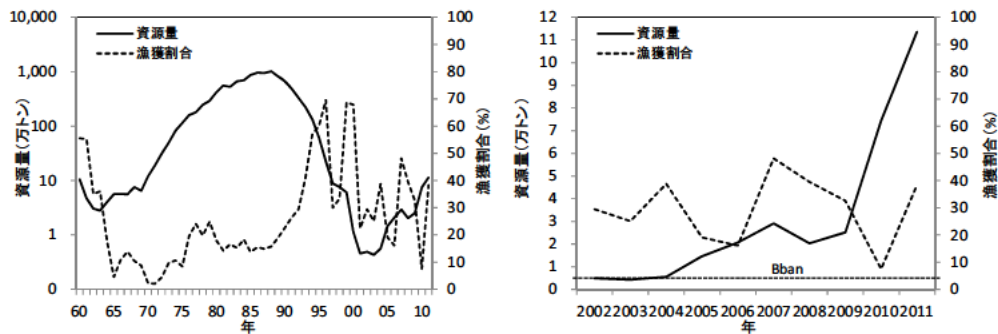


図 8. 資源量と漁獲割合 (左 : 1960～2011 年、資源量は対数表示、右 : 2002～2011 年、Bban は資源量 5 千トン)

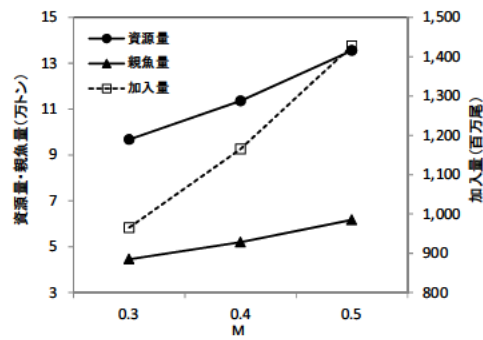


図 9. M と 2011 年資源量、親魚量、加入量の関係

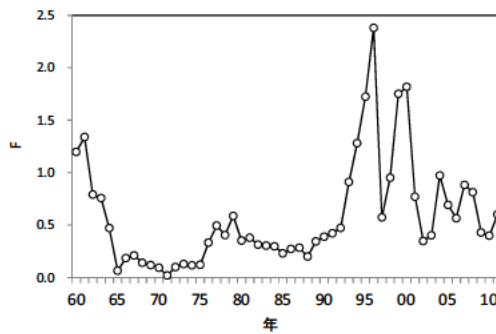


図 10. F の推移

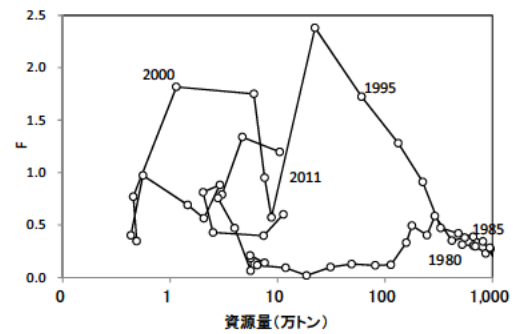


図 11. 資源量と F の関係
(図中の数値は年)

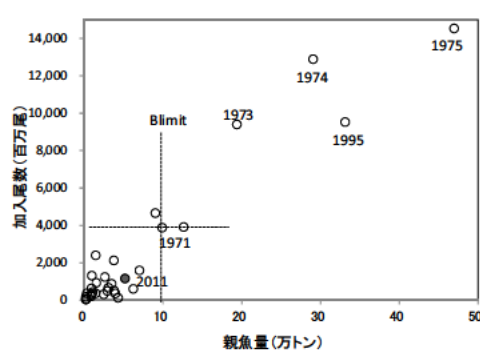
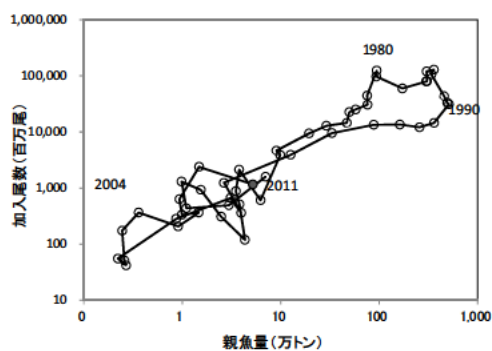


図 12. 親魚量と加入尾数の関係 (左：全期間 (両対数)、右：親魚量 50 万トン以下のデータのみ。Blimit は 1971 年水準の親魚量 10 万トン。図中の数値は年。図中の灰色のシンボルが 2011 年の値。)

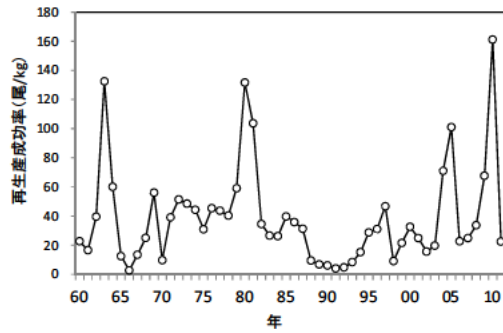


図 13. 再生産成功率 (RPS) の推移

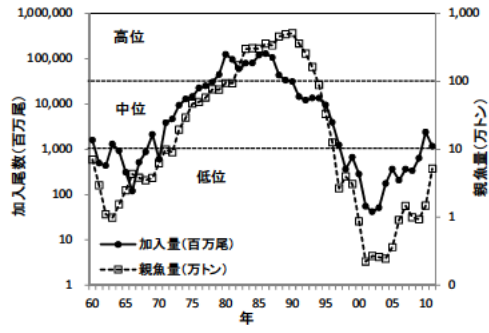


図 14. 親魚量と加入尾数の推移（点線は親魚量による資源水準の判断基準）

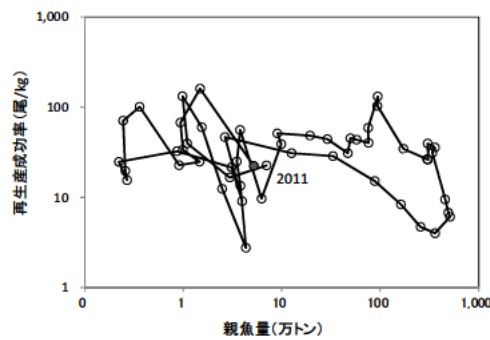


図 15. 親魚量と再生産成功率 (RPS) の関係（図中の数値は年）

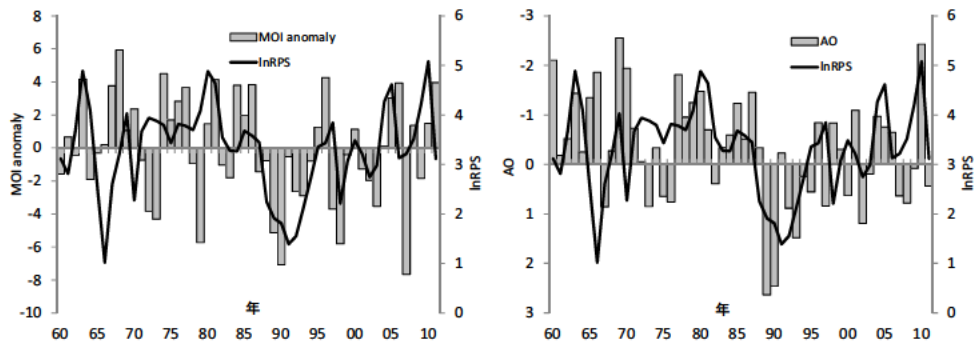


図 16. 資源と海洋環境の関係 (lnRPS : RPS の対数値 (折れ線)、MOI : モンスーンインデックス (左図、棒グラフ)、AO : 北極振動 (右図、棒グラフ))

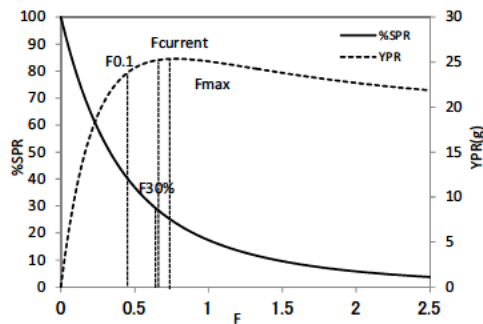


図 17. YPR と %SPR

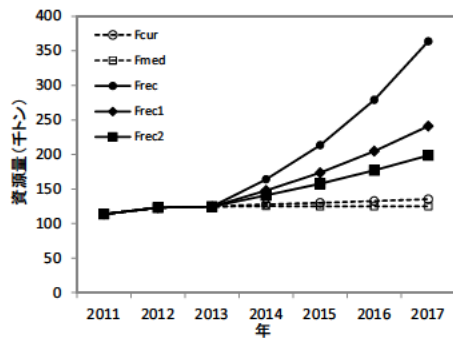


図 18. 様々な F による資源量の予測値

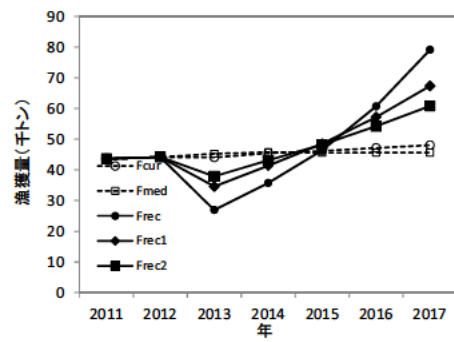


図 19. 様々な F による漁獲量の予測値

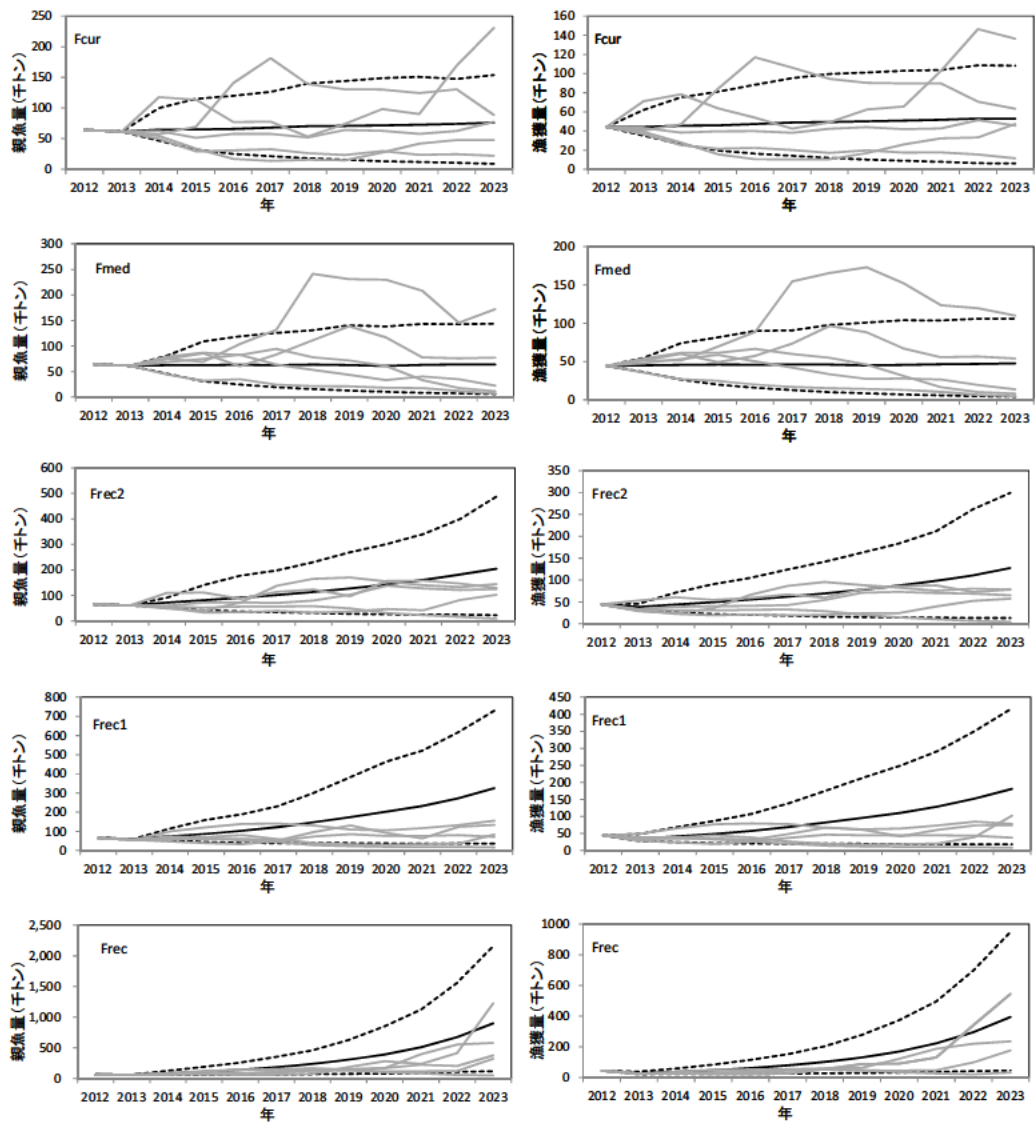


図 20. 再生産成功率の変動を考慮したシミュレーション結果（左列：親魚量、右列：漁獲量）1,000 回の試行のうち、黒の破線は上側 10%、太線は平均値、点線は下側 10% を、灰色の線は 5 回のシミュレーション結果の例を示す。

表1. 漁獲量(百トン)と資源量(百トン)、親魚量(百トン)、加入尾数(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	584	260	107	100	71	25	61	77	79	56	27	37	137	468
資源量	1,051	472	304	279	400	562	564	555	759	648	1,192	1,868	3,127	4,898
親魚量	703	297	110	99	154	248	433	381	351	379	625	991	905	1,939
加入尾数	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	867	962	3,093	4,285	4,870	7,270	7,509	7,915	8,687	10,165	12,775	11,910	14,861	14,123
資源量	8,155	11,392	15,833	17,871	24,661	29,272	42,147	55,530	52,548	66,751	69,789	86,822	96,198	94,937
親魚量	2,908	4,695	4,978	5,768	7,610	7,545	9,439	9,370	17,255	30,037	30,637	30,295	35,928	33,852
加入尾数	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	16,056	15,465	15,050	12,806	9,747	9,167	7,581	3,658	1,556	264	253	414	78	10
資源量	102,090	81,908	66,656	48,399	33,109	22,519	13,337	6,073	2,238	878	759	603	114	45
親魚量	45,707	49,187	51,111	36,096	25,682	16,250	8,814	3,314	1,263	265	398	309	87	22
加入尾数	43,400	33,287	31,227	14,473	12,120	13,571	13,395	9,524	3,911	1,239	362	666	282	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
漁獲量	14	11	22	28	33	140	80	82	56	436
資源量	49	43	56	146	206	291	203	251	744	1,136
親魚量	27	26	25	36	91	147	99	94	149	520
加入尾数	42	51	174	365	207	365	334	634	2,393	1,165
再生産成功率	15.6	19.7	71.0	101.0	22.7	24.8	33.7	67.6	161.1	22.4

表 2. 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	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\年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0	17,118	12,077	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	10,699	11,124	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\年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0	11	501	190	4	9	4	44	75	29	141	94	276	49	220
1	228	153	22	4	11	5	12	10	28	58	51	41	20	695
2	87	116	21	2	8	6	6	3	7	61	15	4	25	41
3	20	74	11	2	0	2	3	1	3	11	9	2	10	10
4(4+)	9	5	17	2	0	1	2	1	0	1	4	2	2	5
5+	4													

表 3. 年齢別漁獲量 (百トン)

年齢\年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
0	115	46	25	52	27	7	7	33	42	18	19	28	70	275	652	375	1,094	1,071
1	127	36	38	22	19	7	17	7	20	23	1	2	15	74	51	164	376	523
2	188	39	20	13	11	9	14	16	3	6	3	3	29	49	68	163	596	984
3	85	77	15	8	9	2	13	14	3	1	1	2	15	9	70	130	588	973
4+	69	62	8	5	5	0	10	6	11	8	2	2	8	60	26	129	437	734

年齢\年	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0	242	2,969	1,823	567	1,287	464	447	355	750	476	243	569	1,144	679	464	751	1,178	953
1	1,012	543	1,930	3,411	497	262	2,760	4,120	2,317	725	1,742	195	555	563	491	1,096	1,369	986
2	1,615	1,433	2,249	1,125	5,209	2,922	1,295	1,736	4,901	6,666	6,936	3,599	1,399	2,205	1,326	1,105	1,533	712
3	1,333	1,505	1,106	1,990	921	5,444	5,733	2,681	3,848	2,599	3,837	5,395	5,006	1,992	2,319	1,990	1,631	335
4(4+)	669	820	400	823	774	1,073	2,540	3,017	3,045	3,658	3,299	4,030	4,538	4,623	2,478	1,413	1,333	202
5+												1,677	2,408	2,744	2,670	2,812	537	471

年齢\年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0	386	108	4	145	11	1	2	1	6	18	10	43	17	54	11	44
1	313	70	133	89	14	2	6	3	5	6	14	34	33	19	12	343
2	439	50	79	100	19	2	5	5	5	2	6	51	14	4	20	33
3	295	30	21	74	12	3	0	2	3	1	3	11	10	2	10	9
4(4+)	83	4	11	6	22	2	0	1	3	1	0	1	6	3	3	7
5+	39	2	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
0	3,911	1,239	362	666	282	55	42	51	174	365	207	365	334	634	2,393	1,165
1	794	578	523	233	36	33	34	21	31	81	183	115	130	147	199	1,564
2	743	119	291	164	31	6	19	14	10	12	46	100	29	45	65	117
3	385	57	31	123	15	4	2	7	4	2	6	25	18	7	27	24
4(4+)	90	11	14	8	24	3	1	2	4	1	1	1	8	7	6	12
5+	36	4	7													

表 5. 年齢別漁獲係数

年齢\年	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\年	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\年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0	1.51	0.46	0.04	2.52	1.73	0.09	0.29	0.09	0.37	0.29	0.19	0.64	0.42	0.76	0.03	0.26
1	1.50	0.29	0.76	1.62	1.35	0.16	0.48	0.31	0.60	0.16	0.20	0.97	0.65	0.42	0.13	0.78
2	2.16	0.94	0.46	2.01	1.67	0.60	0.66	0.79	1.15	0.32	0.22	1.34	1.04	0.12	0.62	0.56
3	3.16	1.00	1.48	1.30	2.17	1.50	0.15	0.41	1.37	1.34	1.11	0.73	0.98	0.42	0.61	0.70
4(4+)	2.98	0.37	1.48	1.30	2.17	1.50	0.15	0.41	1.37	1.34	1.11	0.73	0.98	0.42	0.61	0.70
5+	2.98	0.37	1.48													

表 6. 年齢別資源量 (百トン)

年齢\年	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
0	165	105	128	86	154	93	45	149	311	91	71	760	726	1,356	2,866	3,095	4,325	4,435
1	244	95	88	127	121	295	115	33	130	238	662	156	1,496	1,603	2,381	3,602	4,910	5,600
2	340	82	44	38	95	100	262	89	23	90	227	587	143	1,218	1,465	2,473	3,240	4,137
3	167	106	29	18	19	66	79	196	65	19	84	200	488	92	1,056	1,116	1,926	2,109
4+	135	85	15	11	10	9	62	87	230	210	149	164	273	628	387	1,106	1,432	1,590

年齢\年	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0	6,067	7,731	18,761	12,540	7,760	11,788	13,437	21,323	23,690	15,517	9,083	3,787	4,304	3,500	2,417	1,988	2,163	1,330
1	8,404	11,113	9,206	31,221	15,574	11,570	18,602	26,133	29,190	30,702	30,443	14,792	11,241	8,803	5,010	4,280	3,148	1,907
2	5,157	5,766	9,480	4,797	23,921	26,713	14,225	18,143	14,781	29,733	33,716	28,284	14,006	9,602	8,278	4,595	2,558	1,387
3	3,351	3,018	3,452	4,932	2,877	13,935	16,301	9,987	15,932	7,886	18,030	20,299	20,104	9,845	5,693	5,430	2,362	552
4(4+)	1,681	1,644	1,247	2,040	2,417	2,746	7,223	11,236	12,606	11,100	10,818	10,412	11,107	10,448	5,637	2,082	2,215	269
5+												4,334	5,894	6,201	6,074	4,143	892	628

年齢\年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0	605	357	133	193	16	14	12	11	24	86	68	111	62	124	534	231
1	492	342	304	135	23	19	20	12	14	47	94	67	83	68	123	771
2	606	101	263	141	29	5	13	11	8	9	38	84	26	42	53	95
3	376	58	32	125	16	4	2	7	4	2	6	27	20	8	26	23
4(4+)	107	14	17	10	30	4	2	2	5	2	1	2	11	9	8	16
5+	51	6	9													

表 7. 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	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
1	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
2	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
3	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
4+	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
平均	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	1,884	1,795	1,876	1,896	1,940	1,976
1	601	829	790	826	835	854
2	479	223	308	294	307	310
3	45	154	72	99	94	99
4+	12	19	58	44	48	48
計	3,020	3,020	3,104	3,158	3,223	3,286

年齢別資源量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	417	397	415	420	429	437
1	336	464	442	462	467	478
2	412	192	265	252	264	267
3	48	164	76	105	100	105
4+	16	26	79	59	65	65

資源量計

親魚量

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	530	505	528	533	545	556
1	219	302	288	301	305	311
2	204	95	131	125	131	132
3	18	63	29	40	38	40
4+	5	8	24	18	20	20
計	976	973	1,000	1,018	1,039	1,059

年齢別漁獲量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	117	112	117	118	121	123
1	123	169	161	169	170	174
2	176	82	113	108	112	114
3	19	67	31	43	41	43
4+	7	11	32	24	27	27
計	441	440	454	461	471	480

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	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	0.42	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
1	0.59	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
2	0.74	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
3	0.69	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
4+	0.69	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
平均	0.62	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	1,884	1,795	1,838	1,822	1,827	1,825
1	601	829	778	796	789	792
2	479	223	301	283	289	287
3	45	154	70	94	88	91
4+	12	19	57	42	45	44
計	3,020	3,020	3,044	3,037	3,039	3,038

年齢別資源量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	417	397	407	403	404	404
1	336	464	435	446	442	443
2	412	192	259	243	249	247
3	48	164	74	100	94	96
4+	16	26	77	56	61	59

資源量計

親魚量

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	530	520	532	527	529	528
1	219	311	291	298	296	297
2	204	97	132	123	126	125
3	18	64	29	39	37	38
4+	5	8	24	17	19	18
計	976	1,000	1,008	1,006	1,007	1,006

年齢別漁獲量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	117	115	118	117	117	117
1	123	174	163	167	166	166
2	176	84	113	106	109	108
3	19	69	31	42	39	40
4+	7	11	32	24	25	25
計	441	452	457	455	456	456

表 7. 各シナリオに対応する将来予測 (続き)

Frec2

年齢別漁獲係数

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	0.42	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
1	0.59	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
2	0.74	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
3	0.69	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
4+	0.69	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
平均	0.62	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	1,884	1,795	2,076	2,308	2,599	2,914
1	601	829	852	986	1,095	1,234
2	479	223	342	352	407	453
3	45	154	82	126	129	149
4+	12	19	66	56	69	76
計	3,020	3,020	3,419	3,827	4,300	4,826

年齢別資源量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	417	397	459	511	575	645
1	336	464	477	552	613	690
2	412	192	295	303	350	389
3	48	164	87	134	137	159
4+	16	26	90	77	94	103
資源量計	1,229	1,243	1,408	1,575	1,770	1,986
親魚量	644	614	710	789	888	996

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	530	429	496	551	621	696
1	219	260	268	310	344	387
2	204	83	127	131	151	168
3	18	54	29	44	46	53
4+	5	7	23	20	24	27
計	976	833	943	1,056	1,186	1,331

年齢別漁獲量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	117	95	110	122	137	154
1	123	146	150	173	193	217
2	176	71	109	112	130	144
3	19	58	31	47	49	56
4+	7	9	32	27	33	36
計	441	379	431	482	542	608

表 7. 各シナリオに対応する将来予測 (続き)

Frec1

年齢別漁獲係数

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	0.42	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
1	0.59	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
2	0.74	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
3	0.69	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
4+	0.69	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
平均	0.62	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	1,884	1,795	2,184	2,547	3,010	3,541
1	601	829	885	1,077	1,255	1,484
2	479	223	361	386	469	547
3	45	154	87	142	151	184
4+	12	19	70	64	83	95
計	3,020	3,020	3,588	4,214	4,969	5,851

年齢別資源量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	417	397	483	563	666	784
1	336	464	495	603	703	830
2	412	192	311	332	404	470
3	48	164	93	151	161	196
4+	16	26	95	87	113	129
資源量計	1,229	1,243	1,478	1,735	2,046	2,409
親魚量	644	614	747	870	1,029	1,211

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	530	389	473	551	652	767
1	219	238	254	309	360	425
2	204	76	123	131	160	186
3	18	50	28	46	49	60
4+	5	6	23	21	27	31
計	976	758	900	1,058	1,247	1,468

年齢別漁獲量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	117	86	105	122	144	170
1	123	133	142	173	201	238
2	176	65	106	113	137	160
3	19	53	30	49	52	63
4+	7	8	31	28	37	42
計	441	346	413	484	571	673

表 7. 各シナリオに対応する将来予測 (続き)

Frec

年齢別漁獲係数

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	0.42	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
1	0.59	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
2	0.74	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
3	0.69	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
4+	0.69	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
平均	0.62	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	1,884	1,795	2,434	3,142	4,117	5,366
1	601	829	959	1,301	1,679	2,200
2	479	223	404	468	634	819
3	45	154	101	182	211	286
4+	12	19	80	84	123	154
計	3,020	3,020	3,978	5,176	6,764	8,826

年齢別資源量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	417	397	539	695	911	1,187
1	336	464	537	728	940	1,231
2	412	192	348	402	546	704
3	48	164	107	194	225	305
4+	16	26	109	114	167	210
資源量計	1,229	1,243	1,639	2,133	2,788	3,637
親魚量	644	614	832	1,074	1,407	1,834

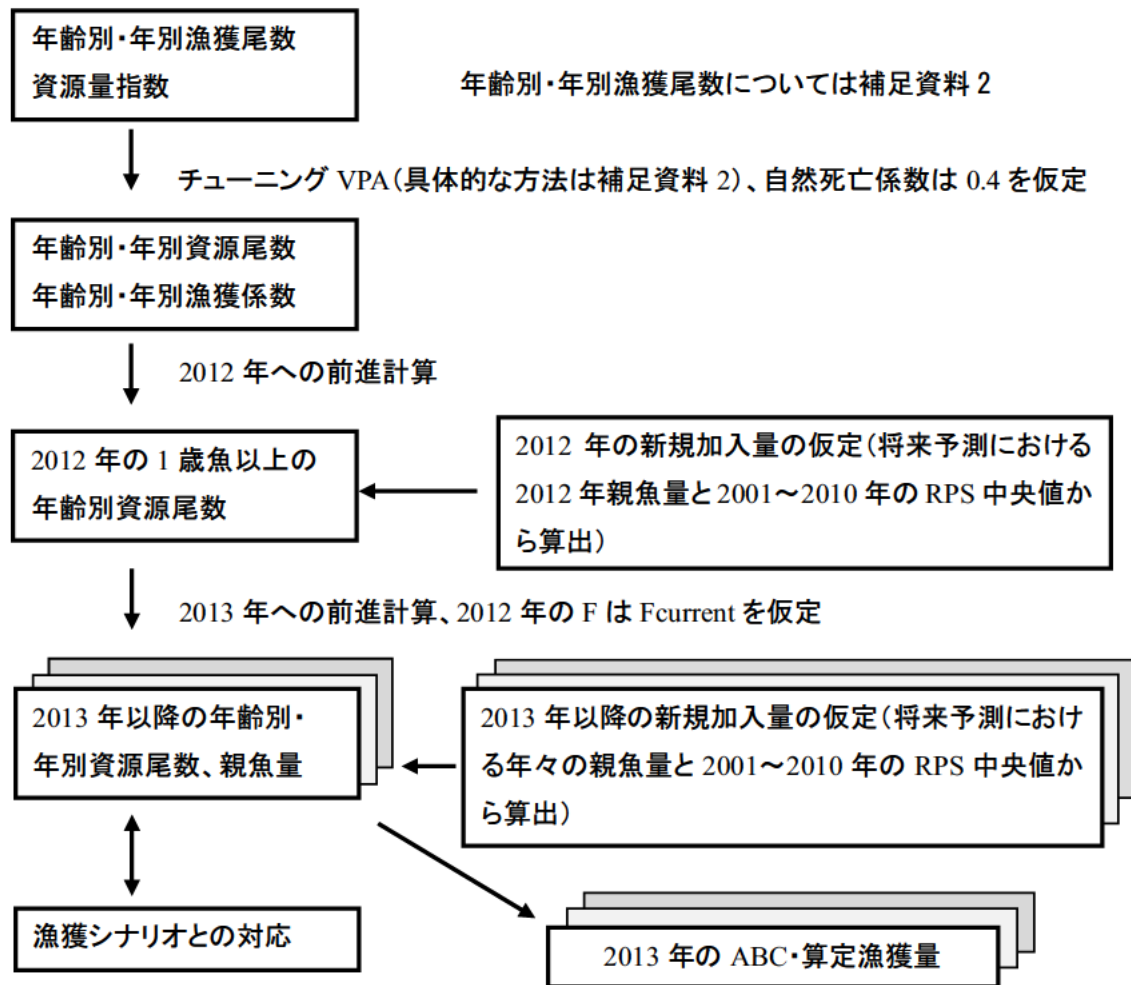
年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	530	298	404	522	684	891
1	219	185	214	290	374	490
2	204	60	108	125	170	219
3	18	39	26	46	54	73
4+	5	5	20	21	31	39
計	976	587	772	1,005	1,313	1,713

年齢別漁獲量 (百トン)

年齢\年	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0	117	66	89	115	151	197
1	123	103	120	162	209	274
2	176	51	93	108	146	189
3	19	42	27	49	57	77
4+	7	7	28	29	42	53
計	441	269	357	464	606	791

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～2011 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 2011 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。まず、ステップ 1 で得られた年別年齢別 F から各年における選択率を求めた。次に、チューニングに用いる 2011 年の F の選択率を以下のように設定した。直近（2012 年）までの漁獲状況より、2010 年級群は 2010 年にはあまり漁獲されなかったが、2011 年に入って多く漁獲されていた。そこで 2011 年には 1 歳魚を選択的に漁獲したものと考え、2011 年の 1 歳魚の F を過去 10 年間の最高の値とした。0 歳および 2 歳魚以上の F は過去 10 年間の平均値とした。この時の年齢別漁獲係数から計算される選択率を 2011 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 か統当り漁獲量 (CPUE) を用いた。チューニング期間は資源量が B_{ban} 水準以上となった 2004～2011 年（近年 8 年間）とし、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。

$$\begin{aligned} \text{最小} \sum_{y=2004}^{2011} \left\{ \ln(q_1 SSB_y) - \ln(Egg_y) \right\}^2 + \sum_{y=2004}^{2011} \left\{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \\ q_1 = \left(\frac{\prod_{y=2004}^{2011} Egg_y}{\prod_{y=2004}^{2011} SSB_y} \right)^{\frac{1}{8}} \quad q_2 = \left(\frac{\prod_{y=2004}^{2011} CPUE_y}{\prod_{y=2004}^{2011} B_y} \right)^{\frac{1}{8}} \end{aligned}$$

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）。次ページ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
産卵量	3.88	0.72	1.05	16.98	9.62	5.34	15.34	19.42
境港 CPUE	0.60	1.06	1.44	2.20	2.48	3.13	2.80	14.70

なお、産卵量については層化の方法などを再度調整し、卵稚仔データベースに基づき算出した（2002 年以降）。

(3) 将来予測

2012 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。

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

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。

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

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。

2012 年以降の年齢別の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

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

F については Fcurrent（2007～2011 年の平均値）と同じ値を用いた。

補足資料 3. 2012 年の現況

2012 年 1～6 月において本系群は約 18 千トンの漁獲があり、主漁場は日本海南西海域であった。水揚げされたもののなかから鱗を採取し、年齢査定を行ったところ、2 歳魚（2010 年級群）主体であった。