

平成 21 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（田中寛繁、大下誠二）

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、京都府立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 1980 年代後半から 1990 年代前半に 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 千トン台で推移したが、2007 年には 14 千トンに増加した。2008 年の漁獲量は 11 千トンであった。近年の測定尾数が少ないこと等から、年齢別・年別漁獲尾数の推定精度は低く、最近年の資源量推定値や将来漁獲量の算定を含むコホート解析の不確実性はかなり高い。そのため、コホート解析の結果は参考値として取り扱う。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 年に極めて低水準となったが、2004 年以降はやや上向いている。コホート解析に加え、産卵量や CPUE などの資源量指標値を総合的に判断し、資源水準は低位で動向は増加とした。ただし、2008 年の資源量は 2007 年を下回っていると推定される。資源量は依然として極めて低位であることから、専獲は避け、混獲程度の漁獲に留めることが望ましい。

年	資源量（千トン）*	漁獲量（千トン）	F 値*	漁獲割合*
2007	35	14	0.76	40%
2008	23	11	1.12	47%
2009	20			

*参考値、2009 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)	資源低水準期において、良好な加入量水準を期待するためには、これ以上に回復することが望ましい親魚量
2008 年	親魚量	1971 年水準以下 (14 千トン) *	

*参考値

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 47 百トン（2001 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）、浜田漁協中型まき網漁獲量（島根県）、中・小型まき網漁獲量（長崎県）
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。

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）、現在の漁獲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、低いときには初回成熟年齢が下がることが知られている。極めて低い資源水準にある近年においては、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 月～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、極めて低い資源水準にある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。資源高水準期ではまき網による漁獲がほとんどであった。資源が極めて低水準である近年においては、マイワシの漁獲の多くがウルメイワシやカタクチイワシなどの混獲である。

(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 千トンと近年では最も多かったが、2008 年の漁獲量は 11 千トンに減少した。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 万トン記録したが、その後は減少した。2008 年の漁獲量は 1 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。中国の漁獲量は毎年 15 万トン程度と報告されているが、これまでの分布などの知見から、マイワシとは別の近縁種の漁獲量である可能性が高いと考えられる。

(3) 漁獲努力量

現在、本系群については他魚種を対象とした漁業における混獲としての漁獲がほとんどであるため、本系群への漁獲努力量を把握することは極めて困難である。

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（補足資料 1、2）。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。ただし、本系群については資源水準が極めて低い近年において測定尾数が少ないこと等から、年齢別・年別漁獲尾数の推定精度は低く、最近年の資源量推定値や将来漁獲量の算定を含むコホート解析の結果の不確実性はかなり高い。そのため、コホート解析の結果は参考値として取り扱う。

(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。近年では、2007 年において比較的産卵量が多く（19 兆粒）、2008 年はそれを若干下回った（9 兆粒）が、2000 年代前半に比べると産卵量は増加傾向にあると考えられる。

鳥取県境港のまき網 1 か統あたり漁獲量（トン／統数）（本年度より検討）、島根県の中型まき網（浜田漁協）によるマイワシの CPUE（トン／隻数）、および長崎県の中・小型まき網によるマイワシの CPUE（トン／隻数）を図 6 に示す。2000 年代前半は低い値にあるが、2006 年以降はいずれも増加傾向が認められる。

(3) 漁獲物の年齢組成

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、1～3 歳魚も近年においては比較的多く漁獲された。

(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 万トンを下回り過去最低水準になったと推定される（図 8）。2004 年以降は増加し、2007 年の資源量は 35 千トン、2008 年は 2007 年を下回り、23 千トンと推定された（参考値）。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、2008 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 の値が大きくなると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、2008 年の資源水準は極めて低位にあると判断される。2001 年から 2003 年にかけて極めて低かった推定資源量は、2004 年以降は増加傾向にある。ただし、2008 年は 2007 年を下回った。産卵量、CPUE 等の指標値も過去 5 年間では増加傾向にあることから、動向は増加と判断する。

(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（対数値）と加入尾数（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 万トン以下では加入尾数が激減する傾向があるため（図 12 右）、親魚量 10 万トン（1971 年水準）を Blimit（資源低水準期において、良好な加入量水準を期待するためには、これ以上に回復することが望ましい親魚量）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 年において高い値が認められた。2006 年以降はそれらに比べるとやや低い値となった。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。親魚量は 2005～2007 年にかけて増加傾向にあったが、2008 年の親魚量は 2007 年を下回った。親魚量と再生産成功率の間では、親魚量が極めて多いと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、MOI (モンスーンインデックス)、AO (北極振動係数) の間に対応が認められている (Ohshimo et al. 2009)。2008 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 LNRR の動向は同調しており、AO の動向と LNRR の動向は逆の関係になる傾向が見られる。

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 (1998～2007 年) の再生産成功率の中央値 (26.6 尾/kg) と設定した。

(9) 生物学的な漁獲係数の基準値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}) を、年齢別選択率が過去 5 年 (2004～2008 年) の平均で、各年齢の F の単純平均値が 2006～2008 年の平均値 (資源量が 2 万トン以上となった近年 3 年間) と同じである F とする。また、F_{med} は近年 10 年間 (不確実性の高い最近年の 2008 年を除く 1998～2007 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計る漁獲係数である (年齢別選択率が 2004～2008 年の平均で、SPR が 37.5g (1÷0.0266 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_{0.1} より高いが、F_{max}、F_{30%SPR}、F_{med} より低い。

5. 2010 年漁獲量の算定 (参考値)

(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 年には過去

最低水準となり、 B_{ban} （資源量 50 百トン）を下回った。近年、資源は増加傾向にあり、 B_{ban} を上回ったと推定されるが、依然として極めて低い水準にあり、専獲を避け、混獲程度に留めることが望ましい。

(2) 漁獲シナリオに対応した 2010 年推定漁獲量の算定

複数のシナリオに合わせて F を変化させた場合 ($F_{current}$ 、 F_{med} 、 F_{rec} 、 F_{rec1} 、 F_{rec2}) の、コホート解析（参考）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。 F_{rec} は基準値を F_{med} として、基準値を B (SSB_{2008}) / 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、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。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量（百トン）						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
5 年で B_{limit} へ回復	F_{rec1} ($F=0.03$)	109	64	4	6	10	16	26
上記の予防的措置	$0.8F_{rec1}$ ($F=0.02$)	109	64	3	5	8	13	21
親魚量の増大	F_{rec} ($F=0.10$)	109	64	13	20	31	47	72
上記の予防的措置	$0.8F_{rec}$ ($F=0.08$)	109	64	10	17	26	40	61
10 年で B_{limit} へ回復	F_{rec2} ($F=0.33$)	109	64	37	50	65	84	110
上記の予防的措置	$0.8F_{rec2}$ ($F=0.26$)	109	64	30	43	59	80	108
現状の漁獲圧維持	$F_{current}$ ($F=0.70$)	109	64	67	70	72	74	76
上記の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.56$)	109	64	57	65	73	82	92
親魚量維持	F_{med} ($F=0.73$)	109	64	70	71	71	72	72
上記の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.59$)	109	64	59	66	73	81	89
漁獲シナリオ	管理基準	資源量（百トン）						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
5 年で B_{limit} へ回復	F_{rec1} ($F=0.03$)	232	201	210	339	545	872	1,395
上記の予防的措置	$0.8F_{rec1}$ ($F=0.02$)	232	201	210	340	550	883	1,418
親魚量の増大	F_{rec} ($F=0.10$)	232	201	210	322	491	746	1,134
上記の予防的措置	$0.8F_{rec}$ ($F=0.08$)	232	201	210	327	506	779	1,201
10 年で B_{limit} へ回復	F_{rec2} ($F=0.33$)	232	201	210	276	360	470	613

上記の予防的措置	0.8Frec2 (F=0.26)	232	201	210	289	394	537	731
現状の漁獲圧維持	Fcurrent (F=0.70)	232	201	210	216	222	229	236
上記の予防的措置	0.8Fcurrent (F=0.56)	232	201	210	237	266	299	337
親魚量維持	Fmed (F=0.73)	232	201	210	212	213	215	216
上記の予防的措置	0.8Fmed (F=0.59)	232	201	210	233	257	284	314

(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 2009 年以降の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1998 年～2007 年の値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 26.6 尾/kg を乗じたものであるとした。この仮定の上で、Fcurrent、Fmed、Frec、Frec1、Frec2 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。1000 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（2014 年）予想漁獲量の幅（80% 区間）、5 年間（2010～2014 年）平均漁獲量、親魚量が 5 年後（2015 年頭）に Blimit を上回る確率、管理開始から 10 年間（2011 年頭～2020 年頭）に資源量が Bban を下回る年が一年でも出る確率を次のページの表に示す。

Fmed および Fcurrent は類似した結果を示しており、平均的には親魚量の維持およびゆるやかな増加が期待されるが、下側 10% ではかなり減少し、また両シナリオとも 10 年間で Bban を下回る可能性が 20% 程度ある。Frec、Frec1、Frec2 では 10 年間で Bban を下回る可能性はいずれも 0% であり、平均的には親魚量と漁獲量の回復が期待されるが、10 年後における将来予測値の幅はいずれもかなり大きい。

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		2010 年 算定漁 獲量
			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(5 年で Blimit へ 回復) (Frec1)	0.03 (0.04Fcurrent)	2%	1 千トン ～ 5 千トン	1 千 トン	43% (99%)	0%	4 百ト ン
親魚量の増大(5 年で Blimit へ 回復) 予防的措 置 (0.8Frec1)	0.02 (0.03Fcurrent)	1%	1 千トン ～ 4 千トン	1 千 トン	49% (100%)	0%	3 百ト ン
親魚量の増大 (B/Blimit×F med) (Frec)	0.10 (0.15Fcurrent)	6%	3 千トン ～ 13 千トン	4 千 トン	28% (96%)	0%	13 百ト ン

親魚量の増大 ($B/Blimit \times F_{med}$) 予防的措置 ($0.8F_{rec}$)	0.08 ($0.12F_{current}$)	5%	3千トン ～ 12千トン	3千 トン	36% (98%)	0%	10百ト ン
親魚量の増大 (10年で $Blimit$ へ回復) (F_{rec2})	0.33 ($0.47F_{current}$)	17%	4千トン ～ 21千トン	7千 トン	6% (49%)	0%	37百ト ン
親魚量の増大 (10年で $Blimit$ へ回復) 予防的措置 ($0.8F_{rec2}$)	0.26 ($0.38F_{current}$)	14%	4千トン ～ 19千トン	6千 トン	8% (67%)	0%	30百ト ン
漁獲圧の維持 ($F_{current}$)	0.70 ($1.00F_{current}$)	32%	2千トン ～ 15千トン	7千 トン	0% (1%)	20%	67百ト ン
漁獲圧の維持、 予防的措置 ($0.8F_{current}$)	0.56 ($0.80F_{current}$)	27%	3千トン ～ 18千トン	7千 トン	0% (7%)	3%	57百ト ン
親魚量の維持 (F_{med})	0.73 ($1.05F_{current}$)	33%	2千トン ～ 15千トン	7千 トン	0% (0%)	25%	70百ト ン
親魚量の維持、 予防的措置 ($0.8F_{med}$)	0.59 ($0.84F_{current}$)	28%	3千トン ～ 16千トン	7千 トン	0% (5%)	5%	59百ト ン
コメント ・値は参考値。 ・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。 ・本系群の将来漁獲量算定についてはABC算定規則11)を用いた。 ・中期的管理方針では、資源の維持若しくは増大することを基本として管理することとされており、 F_{med} 以下のFによるシナリオが合致すると考えられる。 ・不確実性を考慮して安全率 α を0.8とした。							

$F_{current}$ は2006～2008年の平均値。漁獲割合は2010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

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)
2008年(当初)			12			
2008年(2008年再評価)			23			
2008年(2009年再評価)			23			11
2009年(当初)			22			
2009年(2009年再評価)			20			

*参考値

当系群のコホート計算結果と算定漁獲量は昨年、一昨年ともに参考値扱いである。ここでは昨年同様資源量推定値のみの再評価とした。2008年(当初)は2007年資源評価報告書に記載。2008年(2008年再評価)および2009年(当初)は2008年資源評価報告書に記載。2008年資源量は当初過小推定であったと考えられるが、2008年再評価と2009年再評

価の間では推定値はほとんど変わらない。2009 年資源量に関しても当初の推定値と大きな差はない。

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年代前半に比べて多少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。このため、若齢魚に対しては親魚になるまで漁獲を控え、親魚量をより増加させるべきである。

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, pp.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.

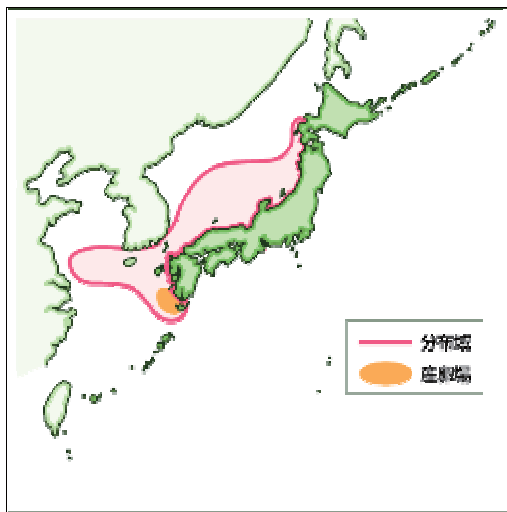


図 1. マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊

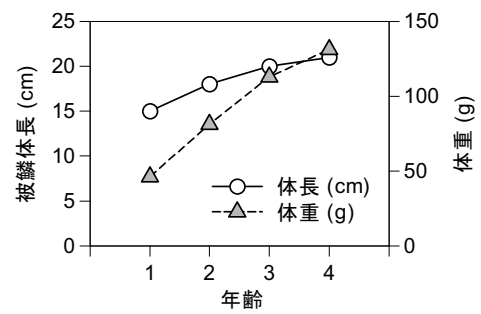


図 2. 年齢と成長（低水準期）

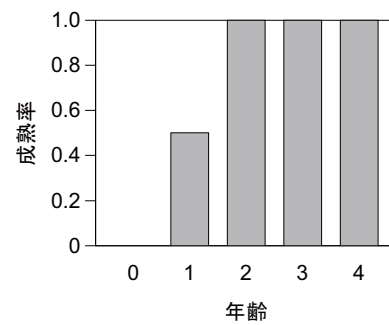


図 3. 年齢と成熟率（低水準期）

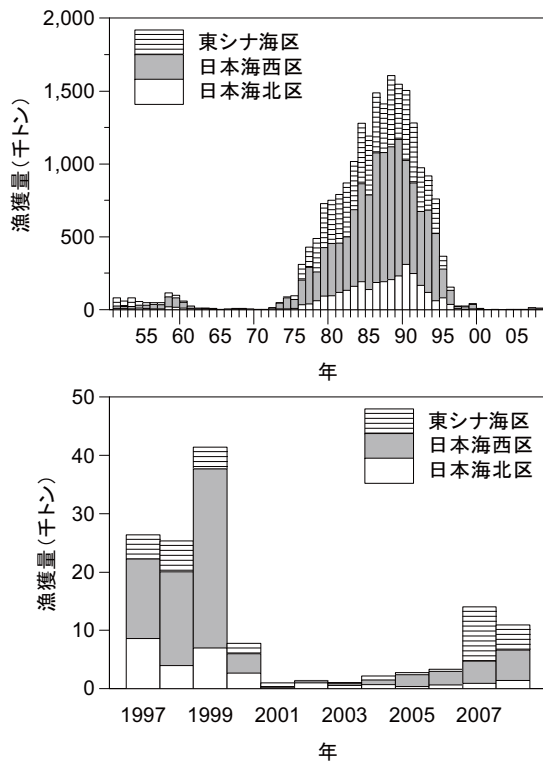


図 4. 漁獲量（上：1953～2008 年、下：1997～2008 年）

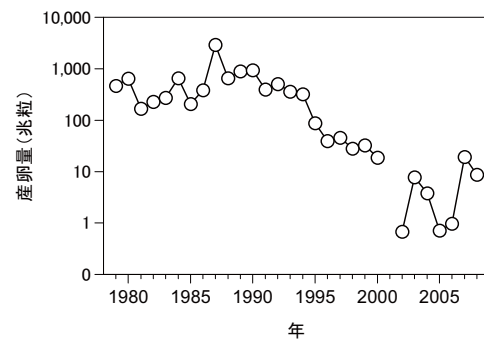


図 5. マイワシの産卵量（2001 年は卵なし）

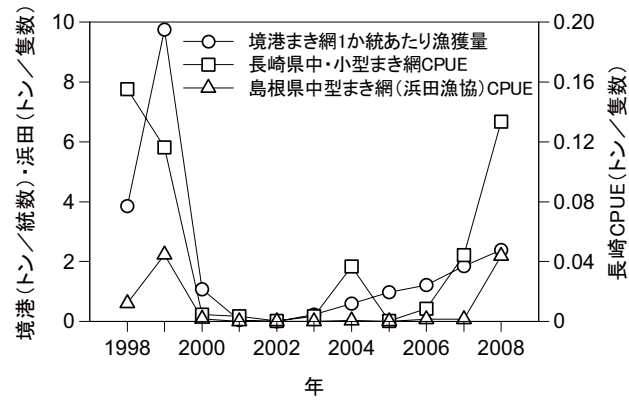


図 6. 境港まき網 1 か統あたり漁獲量、長崎県中・小型まき網 CPUE、島根県中型まき網（浜田漁協）CPUE

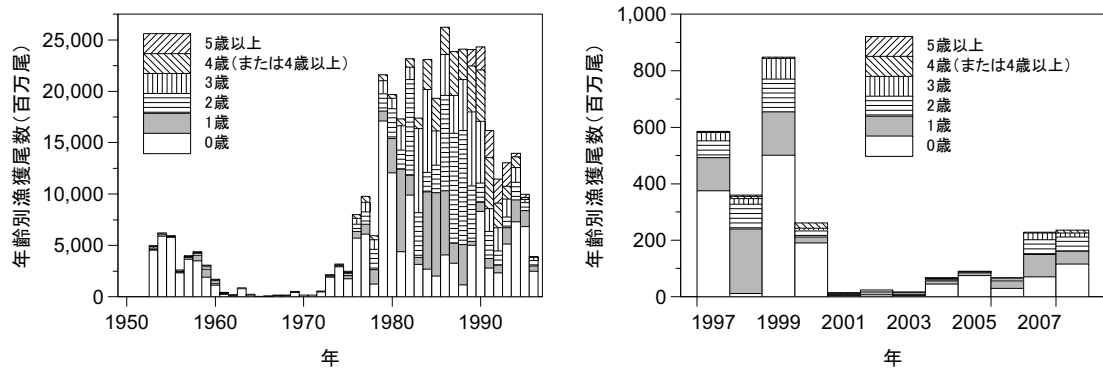


図 7. 年齢別・年別漁獲尾数（左：1953～1996 年、右：1997～2008 年）

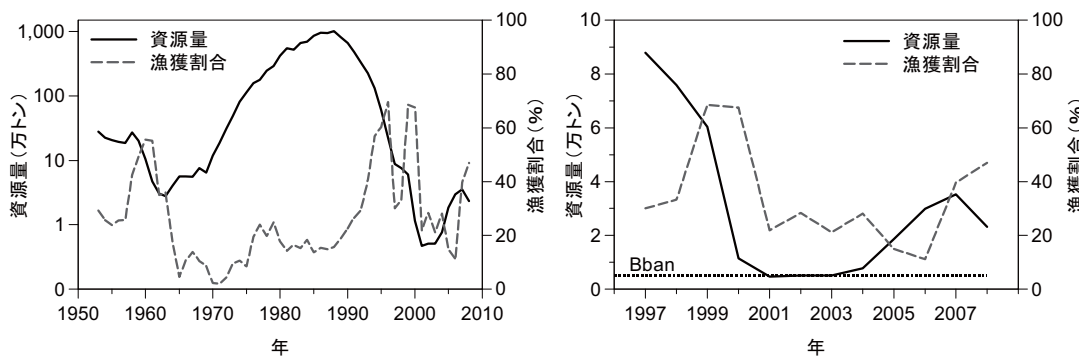


図 8. 資源量と漁獲割合（左：1953～2008 年、資源量は対数表示、右：1997～2008 年、Bban は資源量 5 千トン）

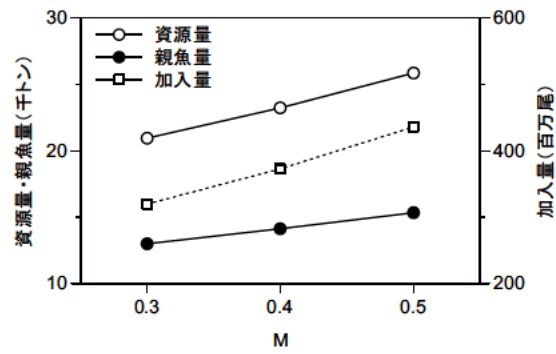


図 9. M と 2008 年資源量、親魚量、加入量の関係

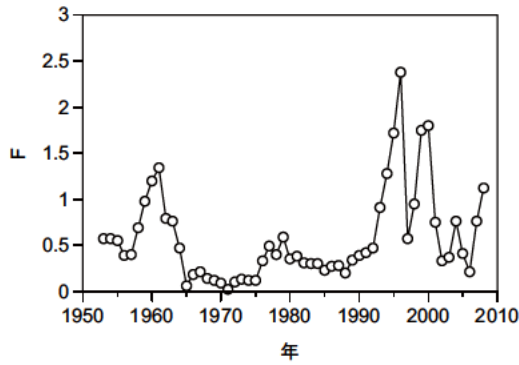


図 10. F の推移

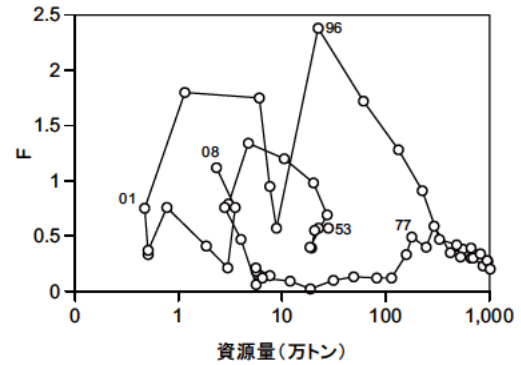


図 11. 資源量と F の関係 (図中の数値は年)

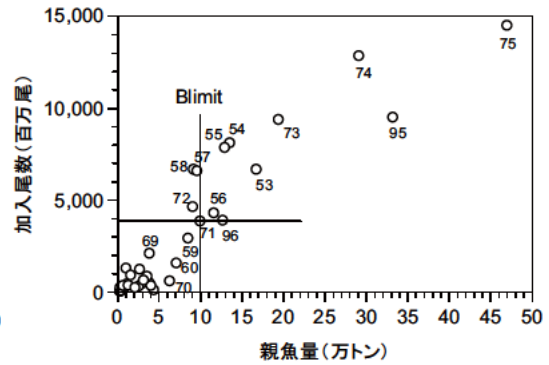
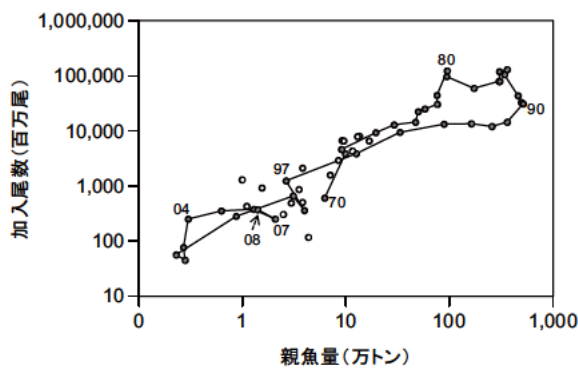


図 12. 親魚量と加入尾数の関係 (左：全期間、1970 年以降を折れ線表示、右：親魚量 50 万トン以下のデータのみ。Blimit は 1971 年水準の親魚量 10 万トン。図中の数値は年。)

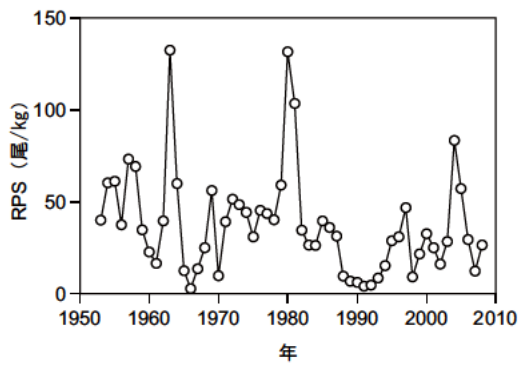


図 13. 再生産成功率 (RPS) の推移

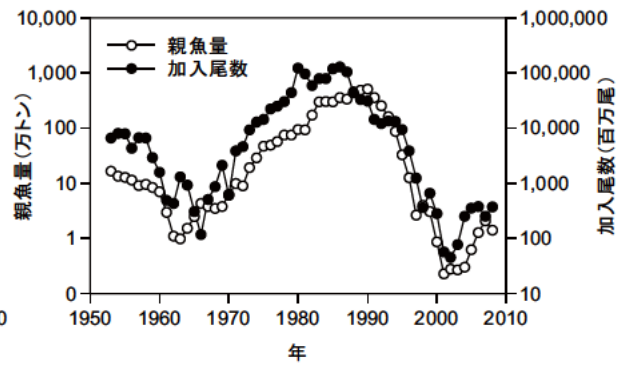


図 14. 親魚量と加入尾数の推移

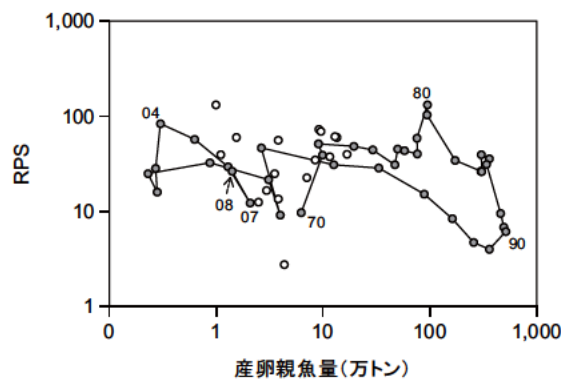


図 15. 親魚量と再生産成功率 (RPS) の関係 (1970 年以降を折れ線表示、図中の数値は年)

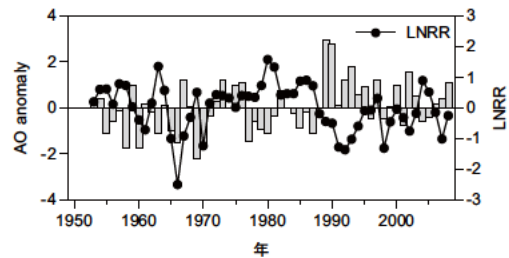
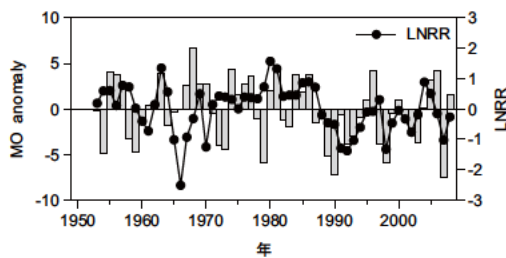


図 16. 資源と海洋環境の関係 (LNRR: リッカー型再生産曲線からの対数残差 (折れ線)、MOI: モンスーンインデックス (左図、棒グラフ)、AO: 北極振動 (右図、棒グラフ))

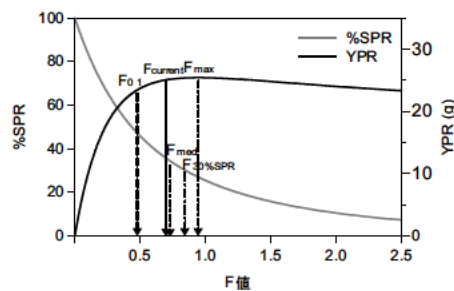


図 17. YPR と %SPR

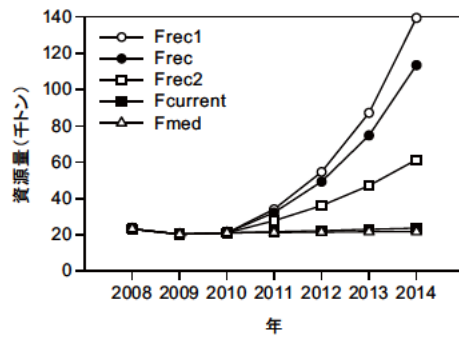


図 18. 様々な F による資源量の予測値

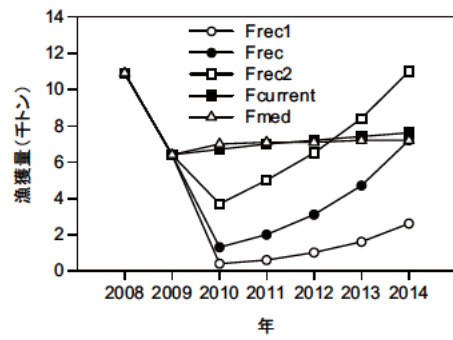


図 19. 様々な F による漁獲量の予測値

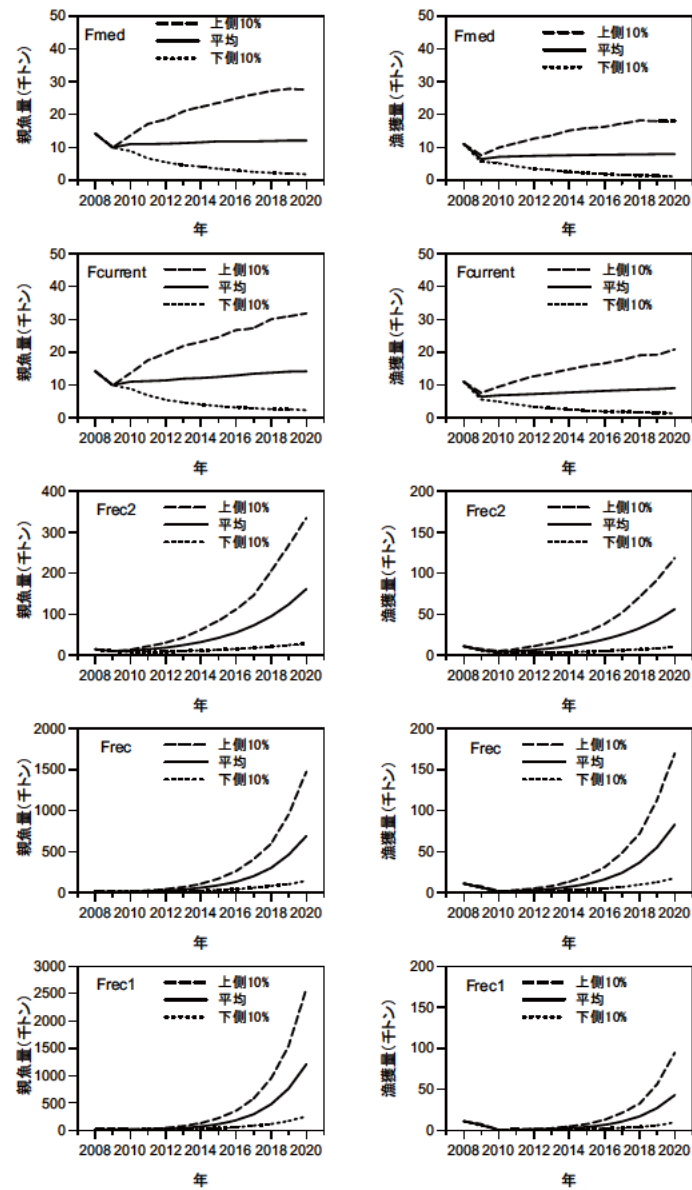


図 20. 再生産成功率の変動を考慮したシミュレーション結果
(左列：親魚量、右列：漁獲量)

表 1. 漁獲量 (百トン) と資源量 (百トン)、親魚量 (百万尾)、加入尾数 (百万尾)、再生産成功率 (尾/kg) (漁獲量以外は参考値)

年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
漁獲量	815	575	491	493	479	1,154	987	584	260	107	100	71	25	61
資源量	2,788	2,242	2,061	1,925	1,859	2,717	2,005	1,051	472	304	279	400	562	564
親魚量	1,671	1,349	1,289	1,155	914	954	846	703	297	110	99	154	248	433
加入尾数	6,683	8,125	7,876	4,320	6,695	6,599	2,935	1,593	493	436	1,306	927	310	119
再生産成功率	40.0	60.2	61.1	37.4	73.2	69.1	34.7	22.6	16.6	39.6	132.5	60.0	12.5	2.8

年	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
漁獲量	77	79	56	27	37	137	468	867	962	3,093	4,285	4,870	7,270	7,509
資源量	555	759	648	1,192	1,868	3,127	4,898	8,155	11,392	15,833	17,871	24,661	29,272	42,147
親魚量	381	351	379	625	991	905	1,939	2,908	4,695	4,978	5,768	7,610	7,545	9,439
加入尾数	513	877	2,122	607	3,873	4,650	9,393	12,879	14,522	22,570	25,184	30,630	44,578	124,264
再生産成功率	13.5	25.0	56.0	9.7	39.1	51.4	48.5	44.3	30.9	45.3	43.7	40.2	59.1	131.6

年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
漁獲量	7,915	8,687	10,165	12,775	11,910	14,861	14,123	16,056	15,465	15,050	12,806	9,747	9,167	7,581
資源量	55,530	52,548	66,751	69,789	86,822	96,198	94,937	102,090	81,908	66,656	48,399	33,109	22,519	13,337
親魚量	9,370	17,255	30,037	30,637	30,295	35,928	33,852	45,707	49,187	51,111	36,096	25,682	16,250	8,814
加入尾数	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
再生産成功率	103.6	34.5	26.5	26.2	39.6	35.9	31.3	9.5	6.8	6.1	4.0	4.7	8.4	15.2

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
漁獲量	3,658	1,556	264	253	414	78	10	14	11	22	28	33	140	109
資源量	6,073	2,238	879	759	604	115	47	51	51	77	186	299	353	232
親魚量	3,314	1,263	265	398	309	87	23	28	27	30	63	129	208	141
加入尾数	9,524	3,911	1,239	362	666	284	57	45	78	255	358	378	255	373
再生産成功率	28.7	31.0	46.7	9.1	21.6	32.6	24.9	16.0	28.4	83.5	57.2	29.4	12.3	26.4

表 2. 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
0	4,528	5,911	5,763	2,335	3,642	3,478	1,914	1,112	217	85	788	163	22	20	114	118
1	78	187	60	74	219	577	754	208	60	66	39	36	12	28	14	38
2	143	44	18	24	26	162	235	243	46	25	17	14	11	17	19	5
3	128	22	40	49	38	72	88	85	70	15	8	9	2	12	14	3
4+	101	40	58	101	60	114	82	54	51	6	4	4	0	8	5	8

年齢\年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
0	426	165	141	448	1,906	2,928	1,762	5,711	6,083	1,223	17,118	12,077	4,390	9,885	3,135	2,669
1	47	1	4	24	128	102	284	635	976	1,433	955	3,326	8,019	1,960	721	7,537
2	9	4	4	36	67	80	204	727	1,199	1,943	1,691	2,921	1,855	9,286	4,332	1,890
3	1	1	2	15	9	70	129	582	947	953	1,282	1,018	2,364	1,212	8,197	8,088
4+	6	2	1	6	42	21	98	340	585	386	579	313	684	822	1,013	2,906

年齢\年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0	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	11	501	190
1	8,141	6,258	1,961	3,911	371	899	905	725	1,593	2,131	1,556	505	118	228	153	22
2	2,667	9,265	10,699	11,124	5,423	1,853	2,635	1,399	1,050	1,717	791	538	59	87	116	21
3	3,321	3,987	3,673	4,943	7,213	6,009	2,210	2,255	1,726	1,428	312	302	30	20	74	11
4(4+)	3,209	2,647	4,276	2,946	4,460	5,020	4,980	2,423	1,265	1,049	162	70	3	9	5	17
5+					1,573	2,251	2,644	2,333	2,280	361	312	28	1	4		

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	4	9	4	44	75	29	71	116
1	4	11	5	12	10	28	78	45
2	2	8	6	6	3	7	53	50
3	2	0	2	3	1	3	23	14
4(4+)	2	0	1	2	1	0	4	11

表 3. 年齢別漁獲量 (百トン)

年齢\年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
0	396	381	327	245	224	485	193	115	46	25	52	27	7	7	33	42
1	44	90	32	42	118	323	413	127	36	38	22	19	7	17	7	20
2	118	32	15	18	20	123	182	188	39	20	13	11	9	14	16	3
3	129	23	42	52	41	77	93	85	77	15	8	9	2	13	14	3
4+	127	50	74	135	75	147	106	69	62	8	5	5	0	10	6	11

年齢\年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
0	18	19	28	70	275	652	375	1,094	1,071	242	2,969	1,823	567	1,287	464	447
1	23	1	2	15	74	51	164	376	523	1,012	543	1,930	3,411	497	262	2,760
2	6	3	3	29	49	68	163	596	984	1,615	1,433	2,249	1,125	5,209	2,922	1,295
3	1	1	2	15	9	70	130	588	973	1,333	1,505	1,106	1,990	921	5,444	5,733
4+	8	2	2	8	60	26	129	437	734	669	820	400	823	774	1,073	2,540

年齢\年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0	355	750	476	243	569	1,144	679	464	751	1,178	953	386	108	4	145	11
1	4,120	2,317	725	1,742	195	555	563	491	1,096	1,369	986	313	70	133	89	14
2	1,736	4,901	6,666	6,936	3,599	1,399	2,205	1,326	1,105	1,533	712	439	50	79	100	19
3	2,681	3,848	2,599	3,837	5,395	5,006	1,992	2,319	1,990	1,631	335	295	30	21	74	12
4(4+)	3,017	3,045	3,658	3,299	4,030	4,538	4,623	2,478	1,413	1,333	202	83	4	11	6	22
5+					1,677	2,408	2,744	2,670	2,812	537	471	39	2	6		

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	1	2	1	6	18	10	21	19
1	2	6	3	5	6	14	47	25
2	2	5	5	5	2	6	44	37
3	3	0	2	3	1	3	23	15
4(4+)	2	0	1	3	1	0	4	13

表 4. 年齢別資源尾数 (百万尾、参考値)

年齢\年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
0	6,683	8,125	7,876	4,320	6,695	6,599	2,935	1,593	493	436	1,306	927	310	119	513	877
1	939	772	607	561	984	1,506	1,576	400	157	153	223	230	487	190	64	251
2	600	565	364	357	316	480	537	439	98	56	48	117	125	317	104	32
3	587	285	343	230	220	190	189	168	95	28	17	18	67	75	199	55
4+	465	518	487	476	350	302	177	107	70	12	9	8	7	48	66	162

年齢\年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
0	2,122	607	3,873	4,650	9,393	12,879	14,522	22,570	25,184	30,630	44,578	124,264	97,069	59,594	79,610	80,285
1	491	1,074	271	2,480	2,751	4,736	6,236	8,292	10,453	11,901	19,531	15,867	73,409	61,473	31,854	50,797
2	137	291	719	179	1,643	1,739	3,091	3,948	5,038	6,208	6,804	12,310	7,912	42,642	39,601	20,762
3	18	84	192	479	90	1,046	1,100	1,905	2,051	2,396	2,570	3,177	5,861	3,785	20,981	22,999
4+	137	98	120	206	442	315	838	1,114	1,269	971	1,161	977	1,695	2,569	2,594	8,262

年齢\年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0	120,056	128,911	105,948	43,400	33,287	31,227	14,473	12,120	13,571	13,395	9,524	3,911	1,239	362	666	284
1	51,631	78,838	83,070	68,359	28,140	18,216	14,136	7,401	6,221	4,900	3,008	794	578	523	233	36
2	27,879	27,944	47,723	54,077	42,620	18,559	11,474	8,735	4,368	2,865	1,540	743	119	291	164	31
3	12,369	16,504	11,146	23,230	27,142	24,129	10,923	5,534	4,710	2,068	515	385	57	31	123	15
4(4+)	11,954	10,957	12,977	9,662	11,524	12,288	11,255	5,513	1,864	1,743	217	90	11	14	8	24
5+					4,064	5,510	5,977	5,309	3,359	599	416	36	4	7		

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	57	45	78	255	358	378	255	373
1	34	35	23	49	134	178	229	113
2	6	20	15	11	24	82	97	90
3	4	2	7	5	3	14	49	21
4(4+)	3	1	2	4	2	2	7	16

表 5. 年齢別漁獲係数 (参考値)

年齢\年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
0	1.76	2.19	2.24	1.08	1.09	1.03	1.59	1.91	0.77	0.27	1.33	0.24	0.09	0.23	0.32	0.18
1	0.11	0.35	0.13	0.17	0.32	0.63	0.88	1.01	0.63	0.76	0.24	0.21	0.03	0.20	0.30	0.21
2	0.35	0.10	0.06	0.09	0.11	0.53	0.76	1.13	0.86	0.81	0.56	0.15	0.11	0.07	0.25	0.19
3	0.31	0.10	0.16	0.30	0.23	0.62	0.83	0.97	2.21	1.06	0.83	0.87	0.04	0.22	0.09	0.06
4+	0.31	0.10	0.16	0.30	0.23	0.62	0.83	0.97	2.21	1.06	0.83	0.87	0.04	0.22	0.09	0.06

年齢\年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
0	0.28	0.40	0.05	0.13	0.28	0.33	0.16	0.37	0.35	0.05	0.63	0.13	0.06	0.23	0.05	0.04
1	0.12	0.00	0.02	0.01	0.06	0.03	0.06	0.10	0.12	0.16	0.06	0.30	0.14	0.04	0.03	0.20
2	0.08	0.02	0.01	0.28	0.05	0.06	0.08	0.25	0.34	0.48	0.36	0.34	0.34	0.31	0.14	0.12
3	0.05	0.02	0.01	0.04	0.12	0.08	0.15	0.47	0.83	0.67	0.94	0.50	0.68	0.50	0.65	0.56
4+	0.05	0.02	0.01	0.04	0.12	0.08	0.15	0.47	0.83	0.67	0.94	0.50	0.68	0.50	0.65	0.56

年齢\年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0	0.02	0.04	0.04	0.03	0.20	0.39	0.27	0.27	0.62	1.09	2.08	1.51	0.46	0.04	2.51	1.71
1	0.21	0.10	0.03	0.07	0.02	0.06	0.08	0.13	0.38	0.76	1.00	1.50	0.29	0.76	1.61	1.33
2	0.12	0.52	0.32	0.29	0.17	0.13	0.33	0.22	0.35	1.32	0.99	2.16	0.94	0.46	2.01	1.66
3	0.40	0.35	0.51	0.30	0.39	0.36	0.28	0.69	0.59	1.86	1.35	3.16	1.00	1.48	1.30	2.16
4(4+)	0.40	0.35	0.51	0.30	0.64	0.69	0.78	0.77	1.77	1.33	2.46	2.98	0.37	1.48	1.30	2.16
5+					0.64	0.69	0.78	0.77	1.77	1.33	2.46	2.98	0.37	1.48		

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	0.09	0.27	0.06	0.24	0.30	0.10	0.42	0.48
1	0.15	0.46	0.29	0.34	0.09	0.21	0.54	0.67
2	0.57	0.63	0.74	0.94	0.14	0.12	1.11	1.13
3	1.46	0.14	0.38	1.14	0.77	0.32	0.87	1.66
4(4+)	1.46	0.14	0.38	1.14	0.77	0.32	0.87	1.66

表 6. 年齢別資源量 (百トン、参考値)

年齢\年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
0	585	524	447	453	413	920	297	165	105	128	86	154	93	45	149	311
1	532	369	325	317	533	843	862	244	95	88	127	121	295	115	33	130
2	495	403	306	273	237	364	417	340	82	44	38	95	100	262	89	23
3	591	299	355	246	238	204	200	167	106	29	18	19	66	79	196	65
4+	585	648	628	636	438	387	229	135	85	15	11	10	9	62	87	230

年齢\年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
0	91	71	760	726	1,356	2,866	3,095	4,325	4,435	6,067	7,731	18,761	12,540	7,760	11,788	13,437
1	238	662	156	1,496	1,603	2,381	3,602	4,910	5,600	8,404	11,113	9,206	31,221	15,574	11,570	18,602
2	90	227	587	143	1,218	1,465	2,473	3,240	4,137	5,157	5,766	9,480	4,797	23,921	26,713	14,225
3	19	84	200	488	92	1,056	1,116	1,926	2,109	3,351	3,018	3,452	4,932	2,877	13,935	16,301
4+	210	149	164	273	628	387	1,106	1,432	1,590	1,681	1,644	1,247	2,040	2,417	2,746	7,223

年齢\年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0	21,323	23,690	15,517	9,083	3,787	4,304	3,500	2,417	1,988	2,163	1,330	605	357	133	193	16
1	26,133	29,190	30,702	30,443	14,792	11,241	8,803	5,010	4,280	3,148	1,907	492	342	304	135	23
2	18,143	14,781	29,733	33,716	28,284	14,006	9,602	8,278	4,595	2,558	1,387	606	101	263	141	29
3	9,987	15,932	7,886	18,030	20,299	20,104	9,845	5,693	5,430	2,362	552	376	58	32	125	16
4(4+)	11,236	12,606	11,100	10,818	10,412	11,107	10,448	5,637	2,082	2,215	269	107	14	17	10	30
5+				4,334	5,894	6,201	6,074	4,143	892	628	51	9				

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	14	13	17	35	84	125	76	60
1	19	20	13	22	78	91	138	63
2	5	14	11	9	18	68	81	67
3	4	2	7	5	3	14	49	22
4(4+)	4	2	2	6	2	2	9	20

表 7. 各シナリオに対応する将来予測

Fmed

年齢別漁獲係数

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	0.34	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
1	0.42	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
2	0.66	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
3	1.03	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
4+	1.03	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
平均	0.70	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	262	289	288	290	292	294
1	155	125	136	135	136	137
2	39	68	54	58	58	59
3	20	13	23	18	20	19
4+	5	6	4	6	5	6
計	479	501	504	508	512	515

年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	6	7	7	7	7	7
1	8	7	7	7	7	7
2	3	5	4	5	5	5
3	2	1	2	2	2	2
4+	1	1	1	1	1	1
資源量計	20	21	21	21	21	22
親魚量	10	11	11	11	11	11

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	62	71	70	71	72	72
1	44	37	40	40	40	40
2	15	28	22	24	24	24
3	10	7	12	10	11	11
4+	2	3	2	3	3	3
計	133	146	147	148	149	150

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	1	2	2	2	2	2
1	2	2	2	2	2	2
2	1	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	1	1
4+	0	0	0	0	0	0
計	6	7	7	7	7	7

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	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
1	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
2	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
3	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
4+	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
平均	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	262	289	294	303	312	322
1	155	125	138	141	145	149
2	39	68	55	61	62	64
3	20	13	24	19	21	21
4+	5	6	5	7	6	6
計	479	501	515	530	546	562

年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	6	7	7	7	7	8
1	8	7	7	8	8	8
2	3	5	4	5	5	5
3	2	1	2	2	2	2
4+	1	1	1	1	1	1
資源量計	20	21	22	22	23	24
親魚量	10	11	11	11	12	12

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	62	68	69	71	73	76
1	44	35	39	40	41	42
2	15	27	22	24	24	25
3	10	7	12	10	11	11
4+	2	3	2	4	3	3
計	133	140	145	149	153	158

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	1	2	2	2	2	2
1	2	2	2	2	2	2
2	1	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	1	1
4+	0	0	0	0	0	0
計	6	7	7	7	7	8

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	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	0.34	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
1	0.42	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
2	0.66	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
3	1.03	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
4+	1.03	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
平均	0.70	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	262	289	381	496	647	844
1	155	125	165	217	283	369
2	39	68	69	91	119	156
3	20	13	33	34	45	59
4+	5	6	8	17	21	27
計	479	501	655	855	1,115	1,454

年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	6	7	9	12	15	20
1	8	7	9	12	15	20
2	3	5	5	7	9	12
3	2	1	3	3	5	6
4+	1	1	1	2	3	3
資源量計	20	21	28	36	47	61
親魚量	10	11	14	19	24	32

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	62	35	46	60	78	102
1	44	19	25	32	42	55
2	15	15	15	20	26	34
3	10	4	11	11	14	19
4+	2	2	2	5	7	8
計	62	35	46	60	78	102

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	1	1	1	1	2	2
1	2	1	1	2	2	3
2	1	1	1	2	2	3
3	1	0	1	1	1	2
4+	0	0	0	1	1	1
計	6	4	5	6	8	11

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	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	0.34	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1	0.42	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
2	0.66	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3	1.03	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
4+	1.03	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
平均	0.70	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	262	289	448	681	1,034	1,571
1	155	125	184	285	434	659
2	39	68	79	116	180	273
3	20	13	41	48	71	109
4+	5	6	11	30	45	66
計	479	501	763	1,161	1,763	2,680

年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	6	7	10	16	24	37
1	8	7	10	15	23	35
2	3	5	6	9	14	22
3	2	1	4	5	7	11
4+	1	1	1	4	6	8
資源量計	20	21	32	49	75	113
親魚量	10	11	17	26	39	59

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	62	12	18	27	41	63
1	44	6	9	14	22	33
2	15	5	6	9	14	21
3	10	2	5	6	8	13
4+	2	1	1	3	5	8
計	133	25	39	59	90	137

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	1	0	0	1	1	1
1	2	0	0	1	1	2
2	1	0	0	1	1	2
3	1	0	0	1	1	1
4+	0	0	0	0	1	1
計	6	1	2	3	5	7

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	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	0.34	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1	0.42	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
2	0.66	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
3	1.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
4+	1.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
平均	0.70	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	262	289	473	758	1,211	1,938
1	155	125	191	312	501	801
2	39	68	82	126	206	330
3	20	13	44	54	82	134
4+	5	6	12	36	58	90
計	479	501	803	1,286	2,058	3,293

年齢別資源量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	6	7	11	18	28	45
1	8	7	10	17	27	43
2	3	5	7	10	16	26
3	2	1	4	5	8	14
4+	1	1	2	5	7	11
資源量計	20	21	34	55	87	139
親魚量	10	11	18	28	45	73

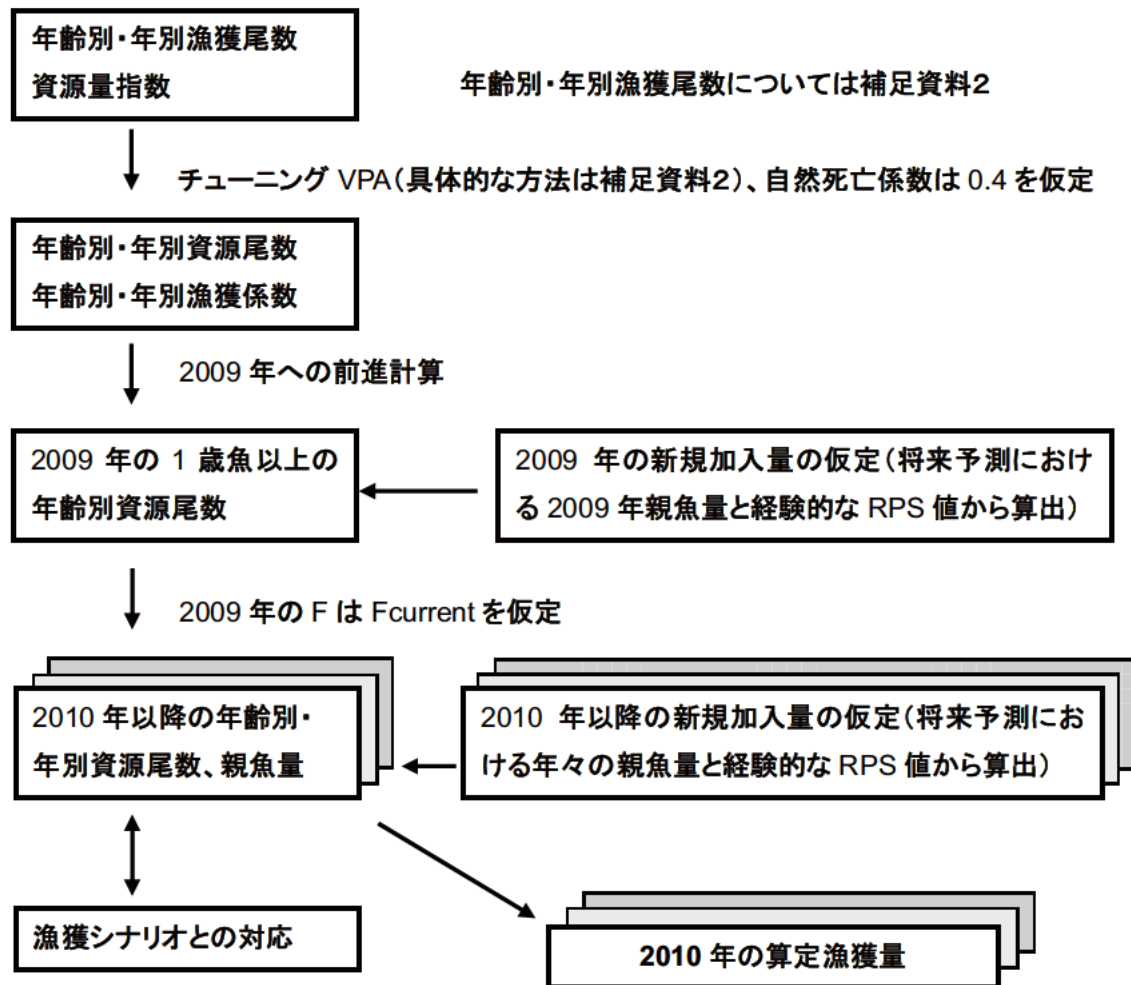
年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	62	3	5	9	14	22
1	44	2	3	5	7	12
2	15	2	2	3	5	7
3	10	0	2	2	3	5
4+	2	0	0	1	2	3
計	62	3	5	9	14	22

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	1	0	0	0	0	1
1	2	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	1
3	1	0	0	0	0	0
4+	0	0	0	0	0	0
計	6	0	1	1	2	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～2008 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

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 2008 年の F（ターミナル F）は、0～3 歳魚については過去 5 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。

（2） チューニング VPA

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。

（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、近年 5 年間（2004～2008 年）の選択率の平均値の下で最近年の F を調整した。チューニングの指標としては産卵量と境港まき網 1 か統当り漁獲量を用いた。昨年度はチューニングの指標値に島根県浜田漁協における中・小型まき網の CPUE、長崎県の中・小型まき網の CPUE を使用していたが、指標値と資源量計算値との当てはまりを再検討した結果、今年度はより当てはまりがよいと考えられた産卵量と境港の値を用いた。チューニング期間は 1998～2008 年とし、コホート解析に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。ただし、産卵量については値が 0 であった 2001 年を除き、境港まき網 1 か統あたり漁獲量は同じく値が 0 であった 2002 年を除いた。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。

$$\begin{aligned} \text{最小} \sum_{y=1998}^{2008} \left\{ \ln(q_1 SSB_y) - \ln(Egg_y) \right\}^2 + \sum_{y=1998}^{2008} \left\{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \\ q_1 = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2008} Egg_y}{\prod_{y=1998}^{2008} SSB_y} \right)^{\frac{1}{10}} \quad q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2008} CPUE_y}{\prod_{y=1998}^{2008} B_y} \right)^{\frac{1}{10}} \end{aligned}$$

ここで、 SSB_y は y 年における産卵親魚量、 Egg_y は y 年における産卵量、 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 か統当り漁獲量（トン／統数）である。なお、産卵量については昨年（2000 年）の報告書に示した 2000 年の値には外れ値があったこと、また 2003、2005、2006、2007 年は集計で抜け落ちていた値があったため修正した。

（3） 将来予測

2009 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。

2009 年以降の年齢別の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

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

マイワシ対馬暖流系群の生活史と漁場形式模式図

