

平成 20 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、青森県水産総合研究センター、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 万トンを下回り、その後 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。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精度は低く、また漁獲量の回復直後である事からも、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。暫定的な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 年代に急速に減少し、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、卵豊度や CPUE などの資源量指標値を総合的に判断し、資源は低位で動向は増加と判断した。資源量は依然として極めて低位であり、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*
2006	26	3	0.27	13%
2007	31	14	1.12	44%
2008	23	-	-	-

*参考値

	指標	値	設定理由
B_{ban}	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
B_{limit}	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
2007 年	親魚量	17 千トン*	-

*参考値

水準： 低位 動向： 増加

B_{ban} は、近年において推定された最低資源量 45 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。

本件資源評価に用いたデータセットは以下の通り

データセット	基礎情報、関係調査等
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 島根県中型まき網 CPUE（浜田漁協）、長崎県中・小型まき網 CPUE
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）。

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（後述）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。太平洋側に分布するマイ

ワシ（太平洋系群）とは遺伝的には同一であると考えられるが（Okazaki et al. 1996）、漁獲の動向や漁況情報などから、日本海や東シナ海で産卵・孵化するマイワシが太平洋側に移動する割合は比較的小さいと考えられ、本系群と太平洋系群を分けて資源評価することは適切と考えられる。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。日本海北区（青森県～石川県）、日本海西区（福井県～山口県）および東シナ海区（福岡県～鹿児島県）のマイワシの総漁獲量は 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。2004年以降は増加しており、2007年の漁獲量は14千トンであった（2007年漁獲量は属人統計値のほかに太平洋側の愛媛県、大分県、宮崎県所属の大中型まき網の東シナ海側での漁獲量（11百トン）を考慮した）。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。近年では2005、2006年はほとんど漁獲されなかったが、2007年には1百トンの漁獲があった。ロシアの漁獲量は1991年まで20万トンを越えていたが、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10万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、マイワシとは別種もしくは別系群である可能性が高いと考えられる。

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精度は低く、また漁獲量の回復直後である事からも、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。

（2）資源量指標値の推移

九州西岸および日本海で実施された卵稚仔調査の結果を図5に示す。本資源の卵豊度は近年低い水準にあり、2001年には日本海および東シナ海では全く卵が採集されなかった。2007年は近年においては比較的卵豊度が高かった（16兆粒）が、1980年代に比べると依然として低い水準にある。

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年以降は低い水準にあるが、2004年、2006年および2007年は近年ではやや高い値にある。

（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ほとんど漁獲されていない。2004年以降は0歳魚が漁獲の主体であったが、2007年には0歳魚のほかに、1歳魚、2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は、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。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

増加傾向にあり、2007 年資源量は 31 千トン（参考値）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、その後増加し、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（ M ）の値は年あたり 0.4 を仮定したが、この値を 0.3、0.5 に変更して、2007 年の資源量、親魚量、加入尾数（0 歳魚の尾数）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 1990 年代において 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 1950 年代以降の推定資源量の推移から、2007 年の資源水準は極めて低位にあると判断される。ただし、2001 年から 2003 年にかけて極めて低かった推定資源量は、2004 年以降においては増加傾向にある。その他、卵豊度、CPUE 等も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には海洋環境も影響すると考えられている。

（7） B_{limit} の設定

マイワシのように資源変動の大きい魚種では資源水準に応じた回復目標としての B_{limit} を設定する必要があると考えられる。加入尾数は地球規模の環境変動にも依存するが（後述）、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 B_{limit} （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 RPS （加入尾数／親魚量）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 年代後半から 1990 年代前半にかけて RPS 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。しかし、2006、2007 年の RPS はやや低い値となった（ただし、2007 年については不確実性が高い）。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 年以降増加傾向にある。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関係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 (図 16、大下 (未発表) 資源動向要因分析調査)。例外もあるが、MOI が正の偏差にある年には LNRR も正偏差、AO が正偏差の年には LNRR は負の偏差となる傾向が見られる。

③今後の加入量の仮定

近年は卵稚仔調査で得られる卵豊度が低く、またコホート解析で推定された親魚量も少ないことから、再生産関係から判断すると、今後すぐに加入量が増加するとは考えづらい。ただし、前述の通り加入量、再生産関係には環境変動も影響すると考えられるため、今後の加入量、再生産成功率の動きには十分留意する必要がある。将来予測においては 2008 年以降の再生産成功率を、1995 年以降の値の平均値 (34.0 尾/kg) と設定する (ただし、不確実性が特に高い直近年 (2007 年) の値を除く)。

(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 と加入量当り漁獲量 (YPR)、加入量当り親魚量 (SPR) の関係を図 17 に示す。2007 年の F (F_{current}) について評価することとし、年齢別体重並びに年齢別選択率も 2007 年の値とした。2007 年の F は F_{max} よりは低い、 $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ より高い。

5. 2009 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、資源量は増加傾向にあり、 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 2009 年推定漁獲量の算定

参考値として、複数のシナリオに合わせて F を変化させた場合の暫定的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。 F_{current} は 2007 年の F、 F_{rec} は F_{current} を B/B_{limit} で引き下げた漁獲係数とした。 F_{rec1} 、 F_{rec2} 、 F_{sus} は年齢別選択率が 2003 ~2007 年の平均値と同じであり、 F_{rec1} 、 F_{rec2} は下記の回復シナリオごとに探索的に求めた漁獲係数、 F_{sus} は 2009 年以後に親魚量が維持される漁獲係数とした。2008 年以降の年齢別体重は 2003~2007 年の平均値とした。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量（千トン）						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
5 年で B_{limit} へ回復	F_{rec1} (F=0.17)	14	10	2	3	5	9	15
親魚量の増大	F_{rec} (F=0.20)	14	10	2	4	6	10	16
10 年で B_{limit} へ回復	F_{rec2} (F=0.59)	14	10	6	8	10	12	16
現状の親魚量維持	F_{sus} (F=1.05)	14	10	9	9	9	9	9
現在の漁獲圧維持	F_{current} (F=1.12)	14	10	9	9	9	8	8
漁獲シナリオ	管理基準	資源量（千トン）						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
5 年で B_{limit} へ回復	F_{rec1} (F=0.17)	31	23	22	37	61	100	164
親魚量の増大	F_{rec} (F=0.20)	31	23	22	36	59	96	155
10 年で B_{limit} へ回復	F_{rec2} (F=0.59)	31	23	22	29	37	47	60
現状の親魚量維持	F_{sus} (F=1.05)	31	23	22	22	22	22	22
現在の漁獲圧維持	F_{current} (F=1.12)	31	23	22	22	21	21	21

（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。将来予測に用いる再生産成功率は 1995 年以降の値（直近年を除く）から重複を許してランダムサンプリングし、各シナリオの F で漁獲を続けた場合の親魚量と漁獲量を計算した。シミュレーションは各シナリオについて 1000 回試行した。結果を図 20 に、また、5 年後（2013 年）予想漁獲量の幅（80%区間）、5 年間（2009～2013 年）平均漁獲量、親魚量が 5 年後（2014 年頭）に B_{limit} を上回る確率、10 年後（2019 年頭）に B_{limit} を上回る確率、管理開始から 10 年間（2010 年頭～2019 年頭）に資源量が B_{ban} を下回る年が一年でも出る確率を次ページの表に示す。 F_{current} では親魚量がほぼ横ばいであるが少しずつ減少する。 F_{sus} では平均的には親魚量の維持が期待されるが、下側 10%（下位 100 回）では親魚量がかなり減少し、また 10 年間で B_{ban} を下回る年が出る確率は 21%である。 F_{rec2} 以下の F の値では 10 年間で B_{ban} を下回る年が出ることはなく、親魚量が回復すると予測されるが、10 年後の予測値における値の振れ幅は大きい。漁獲量は F_{current} 、 F_{sus} では現在程度を維持すると予測されるが、下側 10%ではかなり低下する。 F_{rec2} 以下の F での漁獲量は一旦減少するものの 10 年平均としてはいずれも増加する。

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 (千トン)		評価		2009 年 算定漁 獲量 (千 トン)
			5 年後 (80% 区間)	5 年平均	B_{limit} へ回復 5 年後 (10 年後)	10 年間で B_{ban} を下回 る年が出る	
親魚量の増大 (5 年で B_{limit} へ回復) (F_{rec1})	0.17 ($0.15F_{\text{current}}$)	8%	6~28	7	50% (100%)	0%	2
親魚量の増大 (5 年で B_{limit} へ回復) 予防的措置 ($0.8F_{\text{rec1}}$)	0.13 ($0.12F_{\text{current}}$)	7%	5~24	6	57% (100%)	0%	2
親魚量の増大 ($B/B_{\text{limit}} \times F_{\text{current}}$) (F_{rec})	0.20 ($0.17F_{\text{current}}$)	10%	6~30	8	47% (99%)	0%	2
親魚量の増大 ($B/B_{\text{limit}} \times F_{\text{current}}$) 予防的 措置 ($0.8F_{\text{rec}}$)	0.16 ($0.14F_{\text{current}}$)	8%	6~25	6	50% (99%)	0%	2
親魚量の増大 (10 年で B_{limit} へ回復) (F_{rec2})	0.59 ($0.53F_{\text{current}}$)	25%	6~29	10	2% (39%)	0%	6
親魚量の増大 (10 年で B_{limit} へ回復) 予防的措置 ($0.8F_{\text{rec2}}$)	0.47 ($0.42F_{\text{current}}$)	21%	6~32	10	9% (67%)	0%	5
親魚量の維持 (F_{sus})	1.05 ($0.94F_{\text{current}}$)	39%	3~17	9	0% (0%)	21%	9
親魚量の維持、予防的措 置 ($0.8F_{\text{sus}}$)	0.84 ($0.75F_{\text{current}}$)	33%	4~21	9	0% (4%)	3%	7
漁獲圧の維持 (F_{current})	1.12 ($1.00F_{\text{current}}$)	40%	3~16	8	0% (0%)	27%	9
漁獲圧の維持、予防的措 置 ($0.8F_{\text{current}}$)	0.90 ($0.80F_{\text{current}}$)	34%	4~22	9	0% (2%)	4%	8
コメント ・ただし、値は参考値。 ・当該資源は近年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。 ・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_{sus} 以下の F によるシナリオが合致すると考えられる。							

F_{current} は 2007 年の F を用いた。漁獲割合は 2009 年漁獲量／資源量、F 値は各年齢の単純平均値。算定漁獲量は不確実性が特に高い直近年 (2007 年) を除く 1995 年以降の値 (1995 ~ 2006 年) の再生産成功率 (RPS) の平均値のもとで算定。将来漁獲量並びに評価値は同期間の再生産成功率 (RPS) の値からランダムサンプリングするシミュレーション (1000

回試行)により算定。将来漁獲量の5年後は2013年、5年平均は2009～2013年の平均。評価欄の5年後は2014年頭、10年後は2019年頭、10年間は2010～2019年頭。

(4) ABC (参考値) の再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	資源量※ (千トン)	ABC _{limit}	ABC _{target}	漁獲量 (千トン)	管理目標
2007年(当初)	—	9	— (混獲程度)	— (混獲程度)	—	資源量回復
2007年(2007年再評価)	—	11	— (混獲程度)	— (混獲程度)	—	資源量回復
2007年(2008年再評価)	—	31	— (混獲程度)	— (混獲程度)	14	資源量回復
2008年(当初)	—	12	— (混獲程度)	— (混獲程度)	—	資源量回復
2008年(2008年再評価)	—	23	— (混獲程度)	— (混獲程度)	—	資源量回復

※ただし、資源量は参考値である

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2001～2003年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り、また近年の漁獲は若齢魚が主体であるため、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., Nishida, H. and Goto, T. (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.
- Okazaki, T., Kobayashi, T. and Uozumi, Y. (1996) Genetic relationships of pilchards (genus: *Sardinops*) with anti-tropical distributions. Mar. Biol. 126, 585-590.
- Wada, T. and Jacobson, L. D. (1998) Regimes and stock-recruitment relationships in Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), 1951-1995. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55, 2455-2463.
- Watanabe, Y., Zenitani, H. and Kimura, R. (1995) Population decline of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* owing to recruitment failures. Can. J. Fish Aquat. Sci. 52, 1609-1616.
- Yatsu, A., Watanabe, T., Ishida, M., Sugisaki, H. and Jacobson, L.D. (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.

表 1. マイワシの漁獲量（トン）

年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
日本海北区	6,921	10,260	9,236	6,974	6,497	19,265	17,881	12,004	7,337	5,006	6,106	2,800	326	282
日本海西区	16,928	21,632	22,086	28,359	27,868	69,352	62,721	37,448	18,414	5,380	3,759	3,100	1,610	4,369
東シナ海区	57,606	25,652	17,736	13,917	13,503	26,808	18,056	8,940	293	276	181	1,200	600	1,417
対馬暖流域	81,455	57,544	49,058	49,250	47,868	115,425	98,658	58,392	26,044	10,662	10,046	7,100	2,536	6,068
年	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
日本海北区	204	94	95	179	198	1,266	4,314	4,690	7,369	34,208	38,969	61,741	93,076	96,231
日本海西区	5,309	5,362	1,226	1,597	2,743	11,346	40,445	76,103	62,811	169,550	251,281	197,330	331,824	357,381
東シナ海区	2,175	2,453	4,294	920	789	1,065	2,040	5,860	26,026	105,513	138,293	227,949	302,106	297,247
対馬暖流域	7,688	7,909	5,615	2,696	3,730	13,677	46,799	86,653	96,206	309,270	428,540	487,020	727,006	750,859
韓国									3,555	11,154	50,299	53,829	47,177	38,282
ロシア												10,000	80,000	150,000
年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
日本海北区	119,609	131,612	162,189	192,311	138,342	185,734	193,123	205,550	230,432	311,020	248,910	166,058	117,717	62,094
日本海西区	337,312	367,215	524,465	670,558	648,313	888,432	886,097	912,040	937,632	712,208	619,080	509,009	564,318	458,789
東シナ海区	334,563	369,921	329,865	414,665	404,333	411,979	333,071	488,015	378,405	481,751	412,622	299,672	234,651	237,191
対馬暖流域	791,484	868,748	1,016,519	1,277,534	1,190,988	1,486,145	1,412,291	1,605,605	1,546,469	1,504,979	1,280,612	974,739	916,686	758,074
韓国	63,068	81,985	139,763	177,896	107,776	160,725	194,352	145,870	182,540	132,924	44,531	46,511	31,285	36,707
ロシア	330,000	370,000	282,000	202,000	122,000	168,000	300,000	230,000	262,000	310,000	221,000	70,000		
年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
日本海北区	81,852	37,335	8,634	3,952	6,987	2,700	103	798	545	691	369	619	929	
日本海西区	196,697	96,026	13,568	16,104	30,722	3,277	243	401	300	795	2,020	2,316	3,785	
東シナ海区	87,295	22,247	4,151	5,239	3,696	1,784	664	83	234	679	389	389	9,019	
対馬暖流域	365,844	155,608	26,353	25,295	41,405	7,761	1,010	1,282	1,079	2,165	2,778	3,324	13,733	
韓国	13,539	18,560	9,041	7,595	17,142	2,207	129	8	18	215	46	0	106	

ただし、対馬暖流域は日本海北区、日本海西区、東シナ海区の計

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 (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 (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
0	4	8	4	45	75	29	70
1	4	9	5	12	10	28	76
2	2	7	6	6	3	7	52
3	2	0	2	3	1	3	23
4 (4+)	2	0	1	2	1	0	3

表 3. 年齢別体重 (g)

年齢\年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
0	9	6	6	10	6	14	10	10	21	29	7	17	30	38	29	35
1	57	48	54	57	54	56	55	61	60	57	57	53	61	60	52	52
2	83	71	84	76	75	76	78	77	84	79	80	81	80	83	85	73
3	101	105	104	107	108	107	106	100	111	105	104	104	98	106	99	119
4 (4+)	126	125	129	134	125	128	130	127	122	124	120	127	119	130	132	142

年齢\年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
0	4	12	20	16	14	22	21	19	18	20	17	15	13	13	15	17
1	49	62	58	60	58	50	58	59	54	71	57	58	43	25	36	37
2	66	78	82	80	74	84	80	82	82	83	85	77	61	56	67	69
3	110	99	104	102	102	101	101	101	103	140	117	109	84	76	66	71
4 (4+)	154	152	137	132	142	123	132	129	125	173	142	128	120	94	106	87

年齢\年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0	18	18	15	21	11	14	24	20	15	16	14	15	29	37	29	6
1	51	37	37	45	53	62	62	68	69	64	63	62	59	58	58	64
2	65	53	62	62	66	75	84	95	105	89	90	82	85	90	86	93
3	81	97	71	78	75	83	90	103	115	114	107	98	101	104	101	110
4 (4+)	94	115	86	112	90	90	93	102	112	127	124	119	128	120	120	127
5+					107	107	104	114	123	149	151	140	148	132		

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0	25	29	22	14	24	33	30
1	56	59	58	45	58	51	60
2	77	69	78	80	78	82	84
3	110	89	100	101	104	100	100
4 (4+)	129	160	120	135	127	120	121

表 4. 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 (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
平均	0.57	0.57	0.55	0.39	0.40	0.69	0.98	1.20	1.34	0.79	0.76	0.47	0.06	0.18	0.21	0.14

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 (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
平均	0.12	0.09	0.02	0.10	0.13	0.12	0.12	0.33	0.49	0.40	0.59	0.35	0.38	0.31	0.30	0.30

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	2.52	1.75
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	1.62	1.34
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	1.67
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	2.17
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	2.17
5+					0.64	0.69	0.78	0.77	1.77	1.33	2.46	2.98	0.37	1.48		
平均	0.23	0.27	0.28	0.20	0.34	0.39	0.42	0.47	0.91	1.28	1.72	2.38	0.57	0.95	1.75	1.82

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0	0.10	0.25	0.07	0.31	0.31	0.12	0.40
1	0.16	0.43	0.29	0.40	0.12	0.22	0.66
2	0.58	0.59	0.76	1.01	0.18	0.16	1.23
3	1.48	0.13	0.38	1.22	0.91	0.43	1.66
4 (4+)	1.48	0.13	0.38	1.22	0.91	0.43	1.66
平均	0.76	0.31	0.38	0.83	0.49	0.27	1.12

表 5. 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	1306	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 (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 (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	281
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
0	54	43	68	207	343	324	260
1	33	33	22	43	102	168	194
2	6	19	14	11	19	60	90
3	4	2	7	5	3	11	35
4 (4+)	3	1	2	4	2	1	5

表 6. 年齢別資源量（千トン、参考値）

年齢\年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
0	58	52	45	45	41	92	30	17	10	13	9	15	9	4	15	31
1	53	37	32	32	53	84	86	24	9	9	13	12	29	11	3	13
2	49	40	31	27	24	36	42	34	8	4	4	10	10	26	9	2
3	59	30	36	25	24	20	20	17	11	3	2	2	7	8	20	7
4 (4+)	58	65	63	64	44	39	23	14	9	2	1	1	1	6	9	23
計	279	224	206	192	186	272	201	105	47	30	28	40	56	56	56	76

年齢\年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
0	9	7	76	73	136	287	309	433	443	607	773	1,876	1,254	776	1,179	1,344
1	24	66	16	150	160	238	360	491	560	840	1,111	921	3,122	1,557	1,157	1,860
2	9	23	59	14	122	146	247	324	414	516	577	948	480	2,392	2,671	1,423
3	2	8	20	49	9	106	112	193	211	335	302	345	493	288	1,393	1,630
4 (4+)	21	15	16	27	63	39	111	143	159	168	164	125	204	242	275	722
計	65	119	187	313	490	815	1,139	1,583	1,787	2,466	2,927	4,215	5,553	5,255	6,675	6,979

年齢\年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0	2,132	2,369	1,552	908	379	430	350	242	199	216	133	61	36	13	19	2
1	2,613	2,919	3,070	3,044	1,479	1,124	880	501	428	315	191	49	34	30	14	2
2	1,814	1,478	2,973	3,372	2,828	1,401	960	828	460	256	139	61	10	26	14	3
3	999	1,593	789	1,803	2,030	2,010	984	569	543	236	55	38	6	3	12	2
4 (4+)	1,124	1,261	1,110	1,082	1,041	1,111	1,045	564	208	221	27	11	1	2	1	3
5+					433	589	620	607	414	89	63	5	1	1		
計	8,682	9,620	9,494	10,209	8,191	6,666	4,840	3,311	2,252	1,334	607	224	88	76	60	11

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0	1.4	1.2	1.5	2.9	8.1	10.7	7.8
1	1.8	1.9	1.3	1.9	5.9	8.6	11.6
2	0.5	1.3	1.1	0.9	1.5	5.0	7.5
3	0.4	0.2	0.7	0.5	0.3	1.1	3.5
4 (4+)	0.4	0.2	0.2	0.6	0.2	0.1	0.6
計	4.5	4.8	4.8	6.7	16.0	25.5	31.0

表 7. 親魚量（千トン）・加入尾数（百万尾）・再生産成功率（尾/kg）（参考値）

年	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
親魚量	167	135	129	115	91	95	85	70	30	11	10	15	25	43	38	35
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	513	877
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	13.5	25.0
年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
親魚量	38	62	99	90	194	291	470	498	577	761	754	944	937	1,725	3,004	3,064
加入尾数	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
再生産成功率	56.0	9.7	39.1	51.4	48.5	44.3	30.9	45.3	43.7	40.2	59.1	131.6	103.6	34.5	26.5	26.2
年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
親魚量	3,029	3,593	3,385	4,571	4,919	5,111	3,610	2,568	1,625	881	331	126	27	40	31	9
加入尾数	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	281
再生産成功率	39.6	35.9	31.3	9.5	6.8	6.1	4.0	4.7	8.4	15.2	28.7	31.0	46.7	9.1	21.6	32.4
年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007									
親魚量	2	3	3	3	5	10	17									
加入尾数	54	43	68	207	343	324	260									
再生産成功率	24.5	16.2	25.3	72.6	69.6	31.0	14.9									

表 8. 各シナリオに対応する将来予測

F_{current}		年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
F	0	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	1	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
	2	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
	3	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
	4+	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
	平均	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
年齢別資源尾数 (百万尾)	0	375	325	332	323	318	312	307	
	1	117	169	146	150	145	143	141	
	2	67	41	59	51	52	51	50	
	3	18	13	8	12	10	10	10	
	4+	5	3	2	1	2	1	1	
年齢別漁獲尾数 (百万尾)	0	100	87	89	87	85	84	82	
	1	46	66	58	59	57	56	55	
	2	39	24	34	29	30	29	29	
	3	12	9	5	8	7	7	7	
	4+	3	2	1	1	1	1	1	
資源量 (千トン)		23	22	22	21	21	21	20	
親魚量 (千トン)		11	10	10	9	9	9	9	
漁獲量 (千トン)		10	9	9	9	8	8	8	

F_{sus}		年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
F	0	0.40	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
	1	0.66	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
	2	1.23	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
	3	1.66	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
	4+	1.66	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
	平均	1.12	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
年齢別資源尾数 (百万尾)	0	375	325	340	335	335	333	332	
	1	117	169	144	151	148	148	147	
	2	67	41	61	52	54	54	54	
	3	18	13	9	14	12	12	12	
	4+	5	3	2	2	2	2	2	
年齢別漁獲尾数 (百万尾)	0	100	90	95	93	93	93	92	
	1	46	64	54	57	56	56	56	
	2	39	22	33	28	30	29	29	
	3	12	9	6	9	8	8	8	
	4+	3	2	1	1	1	1	1	
資源量 (千トン)		23	22	22	22	22	22	22	
親魚量 (千トン)		11	10	10	10	10	10	10	
漁獲量 (千トン)		10	9	9	9	9	9	9	

表 8. 各シナリオに対応する将来予測（続き）

F _{rec2}		年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
F	0	0.40	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
	1	0.66	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	2	1.23	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
	3	1.66	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
	4+	1.66	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
	平均	1.12	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
年齢別資源尾数 （百万尾）		0	375	325	447	564	724	926	1,186
		1	117	169	172	237	299	384	491
		2	67	41	80	82	112	141	182
		3	18	13	15	29	30	41	51
		4+	5	3	4	5	9	11	14
年齢別漁獲尾数 （百万尾）		0	100	56	76	96	124	158	203
		1	46	41	41	57	72	92	118
		2	39	15	30	31	42	53	68
		3	12	6	7	14	14	20	25
		4+	3	1	2	3	5	5	7
資源量（千トン）			23	22	29	37	47	60	77
親魚量（千トン）			11	10	13	17	21	27	35
漁獲量（千トン）			10	6	8	10	12	16	20

F _{rec}		年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
F	0	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	1	0.66	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
	2	1.23	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	3	1.66	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
	4+	1.66	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
	平均	1.12	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
年齢別資源尾数 （百万尾）		0	375	325	574	915	1,489	2,409	3,905
		1	117	169	203	359	573	932	1,507
		2	67	41	101	122	215	342	557
		3	18	13	22	55	66	116	185
		4+	5	3	8	15	35	51	84
年齢別漁獲尾数 （百万尾）		0	100	18	31	50	82	132	214
		1	46	15	18	32	51	82	133
		2	39	6	16	19	34	54	88
		3	12	3	5	11	14	24	38
		4+	3	1	2	3	7	10	17
資源量（千トン）			23	22	36	59	96	155	251
親魚量（千トン）			11	10	17	27	44	71	115
漁獲量（千トン）			10	2	4	6	10	16	25

表 8. 各シナリオに対応する将来予測（続き）

F_{rec1}		年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
F	0	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	1	0.66	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	2	1.23	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
	3	1.66	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	4+	1.66	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	平均	1.12	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
年齢別資源尾数		0	375	325	583	944	1,557	2,554	4,199
(百万尾)		1	117	169	204	366	592	977	1,602
		2	67	41	103	124	222	360	593
		3	18	13	23	58	70	125	202
		4+	5	3	8	16	39	57	95
年齢別漁獲尾数		0	100	17	31	50	82	134	221
(百万尾)		1	46	13	16	28	45	75	123
		2	39	5	13	16	29	47	78
		3	12	2	4	10	13	23	37
		4+	3	1	2	3	7	10	17
資源量 (千トン)			23	22	37	61	100	164	269
親魚量 (千トン)			11	10	17	28	46	75	123
漁獲量 (千トン)			10	2	3	5	9	15	24

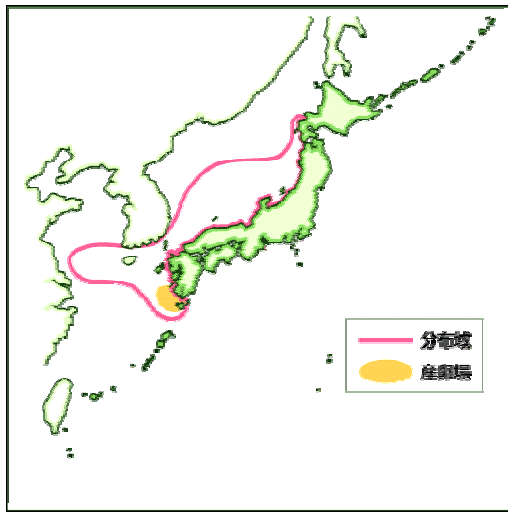


図 1. マイワシ対馬暖流系群の分布・回遊

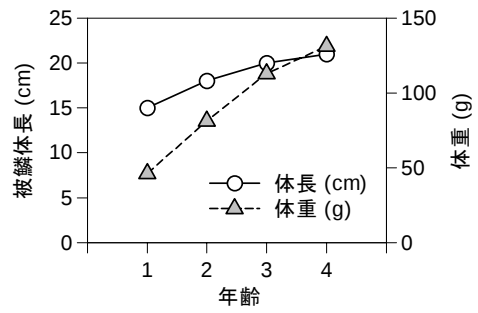


図 2. 年齢と成長（低水準期）

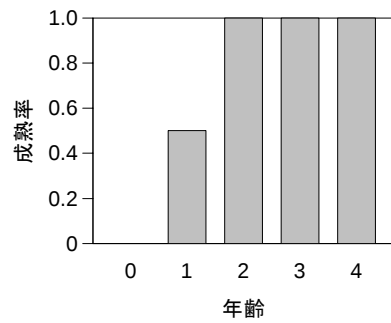


図 3. 年齢と成熟率（低水準期）

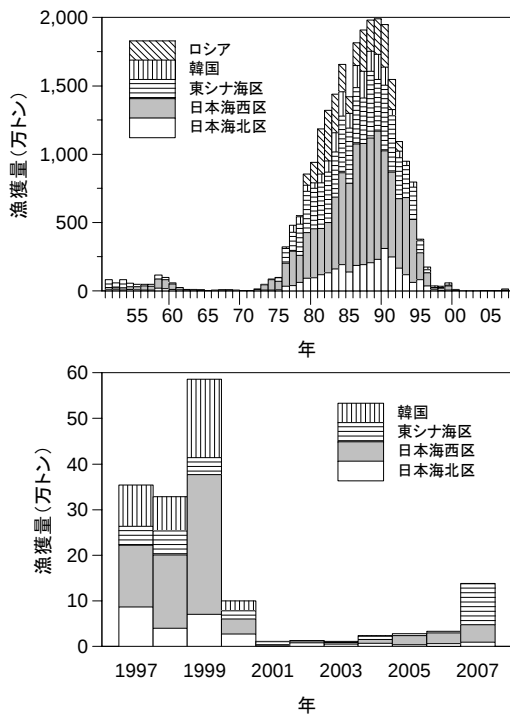


図 4. 漁獲量（上：1953～2007 年、下：1997～2007 年）

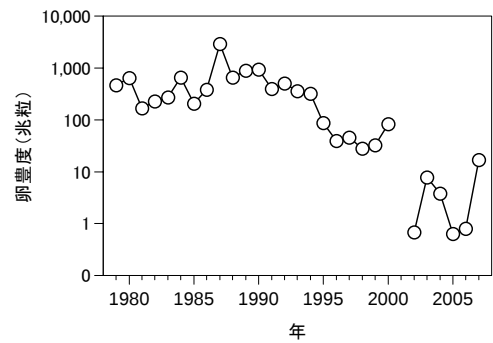


図 5. マイワシの卵豊度（2001 年は卵なし）

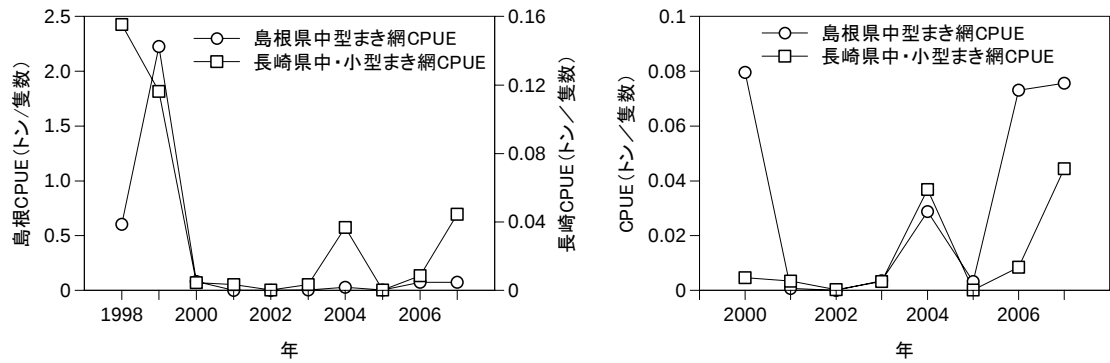


図 6. 島根県中型まき網と長崎県中・小型まき網の CPUE (左：1998～2007 年、右：2000～2007 年)

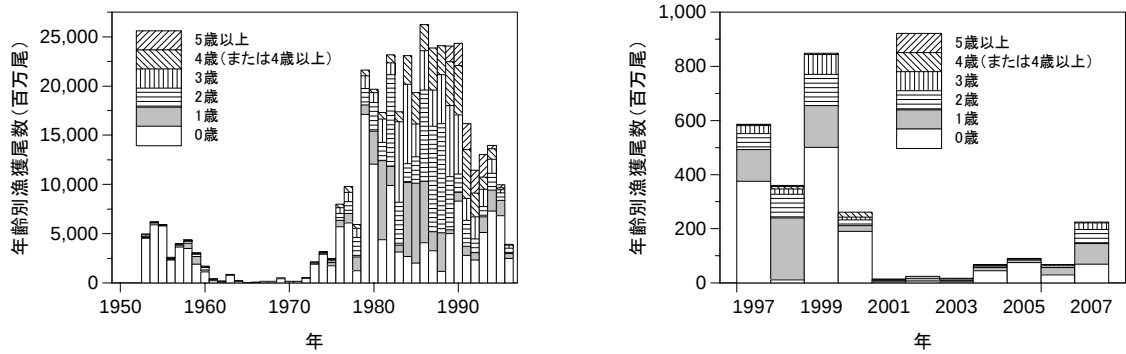


図 7. 年齢別漁獲尾数 (左：1953～1996 年、右：1997～2007 年)

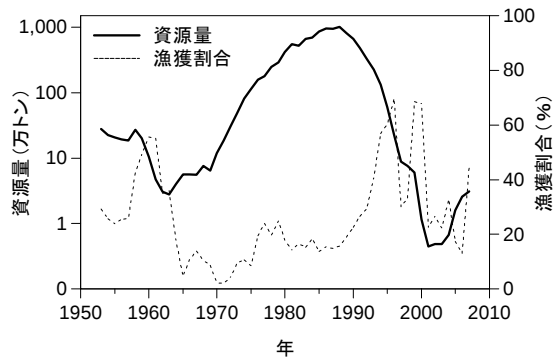


図 8. 資源量と漁獲割合

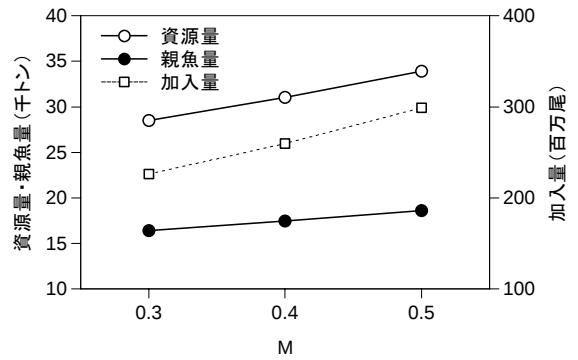


図 9. M と 2007 年資源量、親魚量、加入量の関係

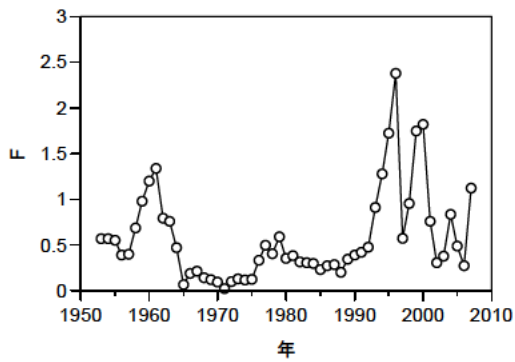


図 10. F の推移

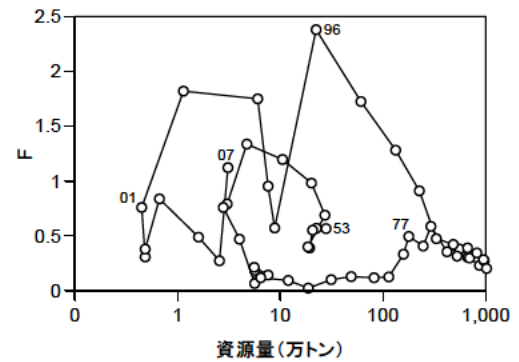


図 11. 資源量と F の関係（図中の数値は年）

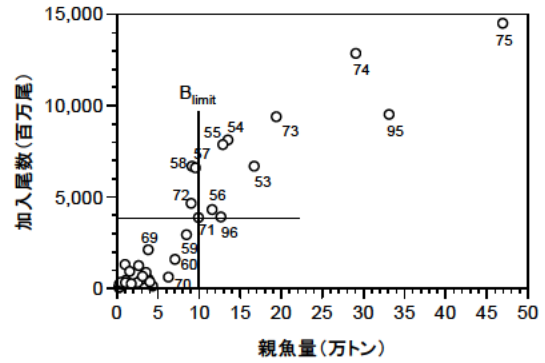
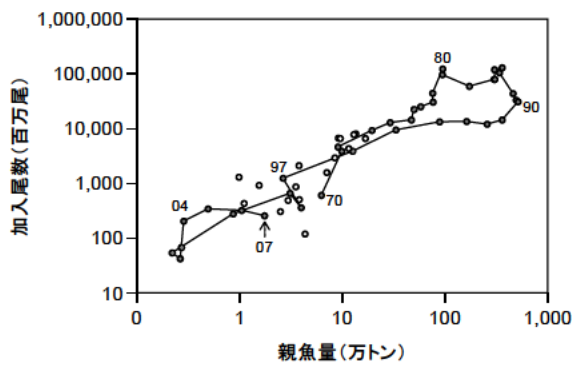


図 12. 親魚量と加入尾数の関係（左：全期間、1970 年以降を折れ線表示、右：親魚量 50 万トン以下のデータのみ。B_{limit} は親魚量 10 万トン。図中の数値は年。）

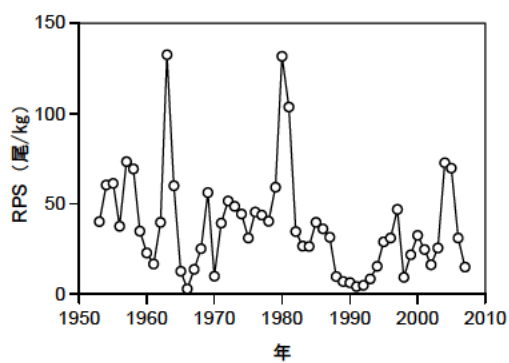


図 13. 再生産成功率（RPS）の推移

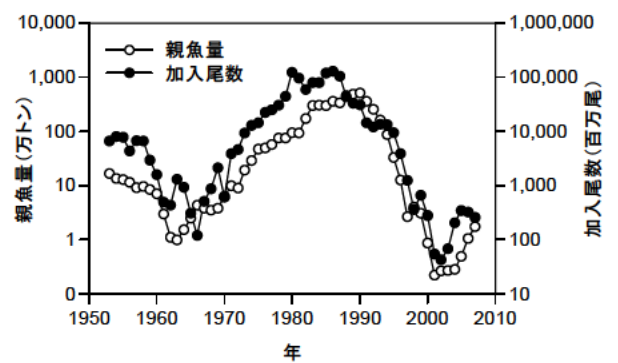


図 14. 親魚量と加入尾数の推移

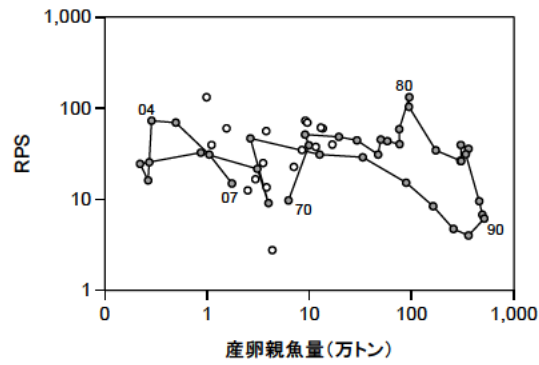


図 15. 親魚量と RPS の関係 (1970 年以降を折れ線表示、図中の数値は年)

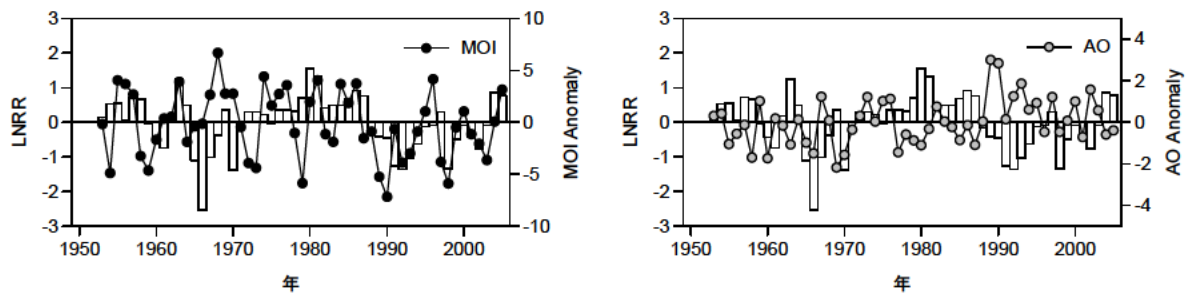


図 16. 資源と海洋環境の関係：LNRR: リッカー型再生産関係からの対数残差 (棒グラフ)、
MOI: モンスーンインデックス (折れ線)、AO: 北極振動 (折れ線)

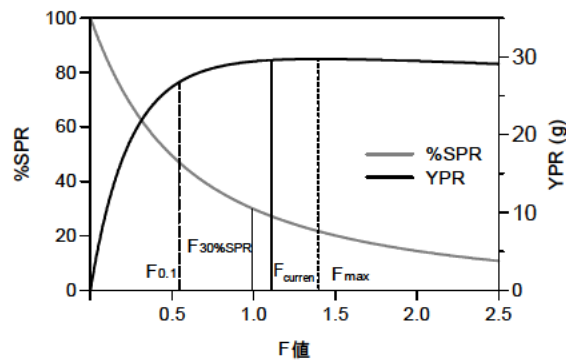


図 17. YPR と %SPR

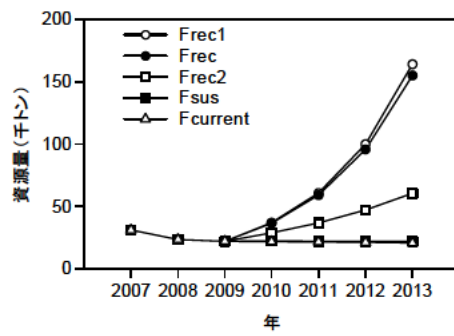


図 18. 様々な F による資源量の予測値

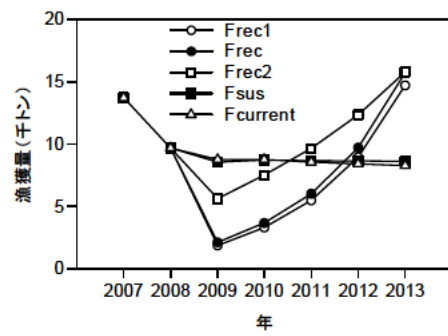


図 19. 様々な F による漁獲量の予測値

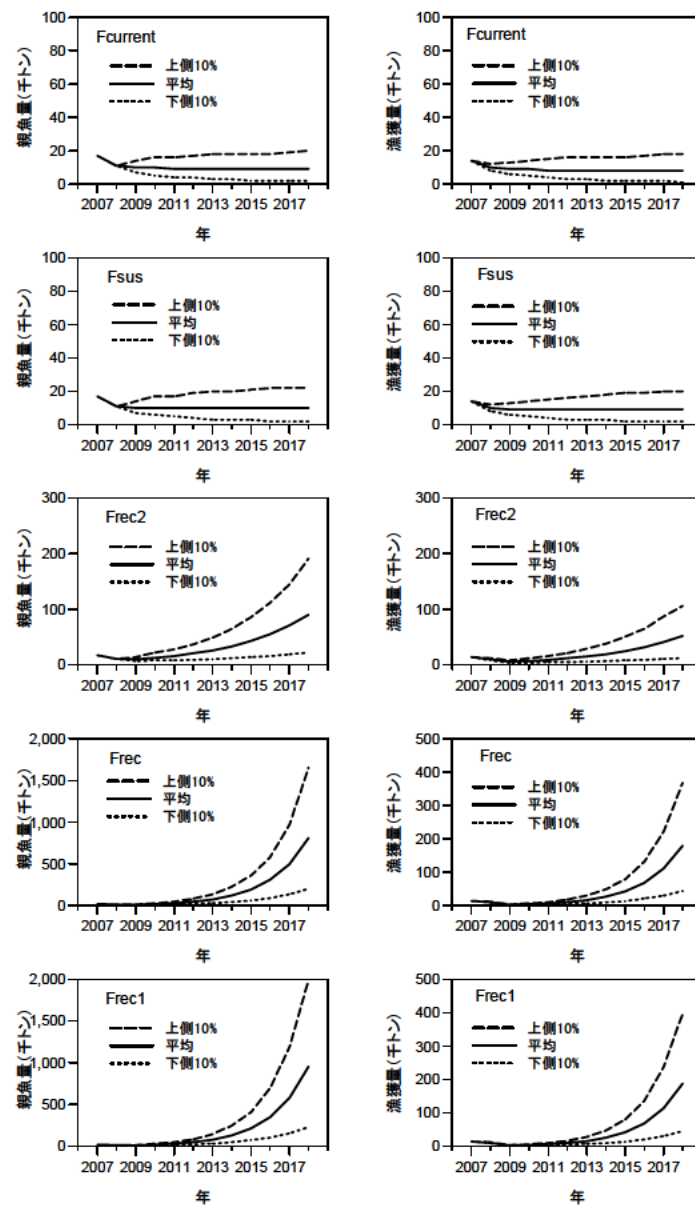
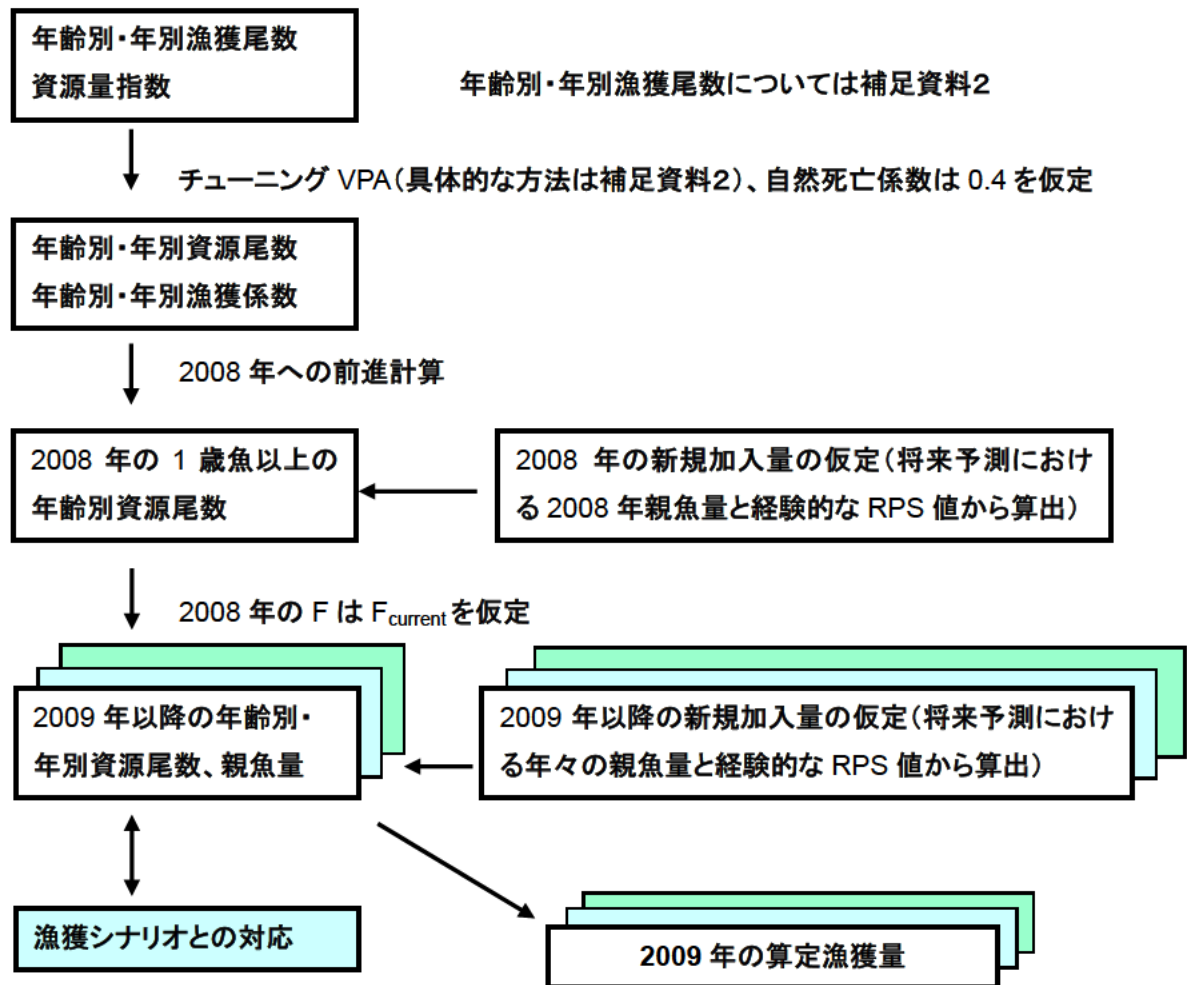


図 20. RPS の変動を考慮したシミュレーション結果 (左列：親魚量、右列：漁獲量)

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）

コホート解析においては、チューニングを行う場合・行わない場合で資源量、 F などの推定値の違いが大きく、またチューニングを行う場合にもチューニングの期間、指標値の組み合わせによって推定値が大きく異なることが明らかとなった。コホート解析の不確実性は高いと考えられ、推定値についてはチューニングを用いた一例を「参考値」とした。以下、手法について説明する。

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～2007 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。

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

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

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 2007 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（2003～2007 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島根県浜田漁協所属の中型まき網による CPUE（トン／隻数）、および長崎県の中・小型まき網の CPUE（トン／隻数）を用いた。チューニング期間は過去 10 年（1998～2007 年）とした。

$$\text{最小} \sum_{y=1998}^{2007} \left\{ \ln(q_1 B_y) - \ln(CPUE_{1,y}) \right\}^2 + \sum_{y=1998}^{2007} \left\{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE_{2,y}) \right\}^2$$

$$q_1 = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2007} CPUE_{1,y}}{\prod_{y=1998}^{2007} B_y} \right)^{\frac{1}{10}} \quad q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2007} CPUE_{2,y}}{\prod_{y=1998}^{2007} B_y} \right)^{\frac{1}{10}}$$

ここで、 B_y は y 年における資源量、 $CPUE_{1,y}$ は島根県中型まき網の 1 入港隻数あたり漁獲量、 $CPUE_{2,y}$ は長崎県中・小型まき網の 1 入港隻数あたり漁獲量である。

(3) 将来予測

2008 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。

2008 年以降の年齢別の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

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

補足資料 3. 年齢別年別漁獲尾数の修正について

昨年度 (2007 年度) まで、当資源における 1953 年～1977 年および 2001 年～2006 年の年齢別年別漁獲尾数の計算については、体長組成データによる体長階級別の漁獲量の割り振りにおいて体長階級ごとの体長－体重関係が考慮されていなかったため (単純に個体数の組成で割り振っていた)、今年度において当期間の年齢別年別漁獲尾数を訂正した。昨年度計算および今年度計算の年齢別年別漁獲尾数 (2001 年以降)、及び資源量計算の比較結果は以下の通りである (ただし、データは 2006 年分まで。コホート解析は去年と同様の方法による比較: チューニングせず、2006 年 F を過去 5 年平均から計算)。前年度までは若齢魚 (特に 0 歳魚) の漁獲尾数が過大推定であった。訂正後、資源量推定値は 36 百トン増加した。F と RPS は過大推定であった。

年齢別年別漁獲尾数 (単位: 百万尾)、および推定値の比較 (資源量: 千トン、RPS: 尾/kg)

訂正前							訂正後						
年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0	15	28	9	106	121	130	0	4	8	4	45	75	29
1	11	6	10	11	18	55	1	4	9	5	12	10	28
2	5	5	10	7	2	9	2	2	7	6	6	3	7
3	0	0	1	3	1	2	3	2	0	2	3	1	3
4+	0	0	0	1	0	0	4+	2	0	1	2	1	0

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	年	2001	2002	2003	2004	2005	2006
資源量	2.9	3.9	2.8	4.4	8.3	8.6	資源量	4.4	4.7	4.4	4.8	9.6	12.2
F	1.13	1.38	0.64	2.14	1.11	1.28	F	0.77	0.31	0.40	1.02	0.73	0.65
RPS	55	55	29	124	239	104	RPS	25	16	20	45	103	27

マイワシ対馬暖流系群の生活史と漁場形式模式図

