

平成 20 年度マイワシ太平洋系群の資源評価

責任担当水研: 中央水産研究所(西田 宏、石田 実、川端 淳、渡邊千夏子)

参 画 機 関 : 東北区水産研究所、北海道立釧路水産試験場、青森県水産総合研究センター、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、静岡県水産技術研究所、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県水産研究所、和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所、高知県水産試験場、愛媛県水産研究センター、大分県農林水産研究センター水産試験場、宮崎県水産試験場、鹿児島県水産技術開発センター、大阪府水産技術センター、香川県水産試験場

要 約

年別年齢別漁獲尾数を用いたコホート解析を行い、2007 年までの資源量や漁獲圧を推定した。コホート解析においては、親魚量と0歳魚資源尾数に対して、それぞれ、調査船調査による産卵量と加入量指数を用いたチューニングを行った。資源量は 1994 年に 100 万トン进行切り、その後 1999 年までは 70 万～90 万トン台で推移したが、その後再び減少傾向となり、2002 年以降 10 万トン台で推移した。近年 5 年間は増加傾向にあるが、依然として 10 万トン台の低水準にあり、2007 年当初資源量は約 16 万トンと推定された。親魚量は 2002 年以降 10 万トンを下回り、2007 年当初親魚量は約 7 万トンと推定された。2008 年当初親魚量の推定値も約 7 万トンであり、本資源の回復目標である 1996 年親魚量 22 万 2 千トンの約 1/3 である。不確実性の高い最近年の 2007 年を除く近年 10 年間(1997～2006 年)の再生産成功率 RPS(加入尾数/親魚量)は、5.4～34.2 尾/kg で推移し、平均値は 17.06 尾/kg であった。近年の資源低水準期にあつて親魚量と加入尾数には正の相関関係が見られるので、親魚量の確保は資源回復のために重要であるが、現状の漁獲圧は親魚量を回復するには高いと考えられた。ABC 算定にあたっては、漁獲圧を現状から抑制することを基本的な考え方とし、いくつかの回復期間の設定のもとで 1996 年親魚量水準へ回復させる漁獲圧に対して算定した。また、2007 年親魚量よりもやや上の水準で親魚量が維持される F_{sus} による漁獲量も、本資源では ABC とした。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 ($F_{current}$ との 比較)	漁獲割合 (2009 年)	将来漁獲量		評価		2009 年 ABC
			5 年後 (80%区間)	5 年平均	5 年後に B_{limit} へ回 復する () 内は 10 年後に回復	B_{ban} を下回 る年が出る (10 年間)	
親魚量の増大 ($B/B_{limit} \times F_{med}$) (F_{rec})	0.15 (0.18 $F_{current}$)	7%	27 千トン ～ 62 千トン	27 千トン	89% (100%)	0%	13 千トン
親魚量の増大 (5 年で B_{limit} へ回復) (F_{rec1})	0.32 (0.37 $F_{current}$)	14%	33 千トン ～ 76 千トン	40 千トン	42% (88%)	0%	25 千トン
親魚量の増大 (10 年で B_{limit} へ回 復)(F_{rec2})	0.45 (0.52 $F_{current}$)	19%	32 千トン ～ 82 千トン	45 千トン	15% (41%)	0%	34 千トン
親魚量の維持* (F_{sus})	0.59 (0.68 $F_{current}$)	24%	28 千トン ～ 72 千トン	48 千トン	2% (8%)	0%	43 千トン
							2009 年算 定漁獲量
漁獲圧の維持 ($F_{current}$)	0.87 (1.00 $F_{current}$)	32%	20 千トン ～ 53 千トン	47 千トン	0% (0%)	22%	58 千トン
コメント ・低水準なりに加入変動が大きく、将来予測等の不確実性は高い。 ・親魚量を回復し、加入量を安定させるためには、未成魚保護が望ましい。特に、加入が比較的良好な年級群を、1 歳魚段階で多獲する状況は改善する必要がある。 *まいわしに関する中期的管理方針は、資源水準の維持を基本方向としており、上記の漁獲シナリオの中では F_{sus} が最も合致する。							

$F_{current}$ (現状の漁獲圧)は 2005～2007 年の年齢別平均値を用いた。漁獲割合は漁獲量/推定資源量。ABC 並びに算定漁獲量は不確実性が特に高い最近年(2007 年)を除く近年 10 年間(1997～2006 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)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、評価の 5 年後は 2014 年当初、10 年後は 2019 年当初、10 年間は 2019 年当初まで。

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F 値	漁獲割合
2006	147	49	0.46	33%
2007	159	65	0.56	41%
2008	153	-	-	-

2008 年の資源量は、1 歳以上については 2007 年における年齢別の資源尾数、漁獲係数、自然死亡係数から計算した。0 歳の資源尾数は、2008 年 5 月の移行域幼稚魚調査で、2005、2007 年のような比較的良好な加入量が予測されなかったことから、2003、2004、2006 年の加入尾数の平均値の 11.7 億尾とした。

	指標	値	設定理由
Bban	資源量	22 千トン	Wada and Jacobson(1998)による 前回の低水準期の最低資源量 これ以下の親魚量だと、高い再生産 成功率のもとでも、良好な加入量が 期待できない。
Blimit	親魚量	1996 年水準(222 千トン)	
2007 年	親魚量	1996 年水準未満(69 千トン)	

水準:低位 動向:増加

Bban の 22 千トンは、全国漁獲量が最低であった 1965 年における太平洋側の漁獲量 6,700 トンに対し、漁獲割合を 30%とした場合の資源量とも対応。Blimit については後で詳述。

水準は近年 20 年間、動向は近年 5 年間の資源量の推移により判断した。

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(18 道県、関係府県) 月別体長組成調査(水研セ、北海道～鹿児島(18 道県)等) 体長－体重調査・体長－年齢調査(水研、北海道～鹿児島(18 道県)等)
資源量指数 ・産卵量 ・加入量指数 ・当歳魚分布豊度 ・未成魚越冬群分布密度	卵採集調査(水研セ、関係都道府県)・・・ノルパックネット 移行域幼稚魚調査(水研セ)・・・表中層トロール 西部太平洋サンマ資源調査(水研セ)・・・表中層トロール・計量魚探 未成魚越冬群指数(千葉県、茨城県) 越冬期浮魚類現存量推定調査(水研セ)・・・表中層トロール・計量魚探
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.4$ を仮定
2008 年級群の加入予測	移行域幼稚魚調査(水研セ)・・・表中層トロール 西部太平洋サンマ資源調査(水研セ)・・・表中層トロール
大中型まき網の漁獲努力量に関する指数	三陸・常磐海域における大中型まき網による魚種別 CPUE 分布と表面水温～分布回遊状況解析調査～(JAFIC)

1. まえがき

マイワシは数十年規模の資源変動をする(Klyashtorin, 1988)ことが良く知られており、特に1988年以降の資源量の急速な減少は加入の連続的な失敗によるもので、これは海洋環境の影響によるとの論文(Watanabe et al., 1995)がある。しかしながら、近年の資源低水準期にあっても、仮に漁獲圧を減少していたら資源状態が順調に回復していたとの報告(Yatsu and Kaeriyama(2005))もある。本報告で述べるように、資源低水準期にあっては親魚量と加入量には正の相関関係が見られることから、親魚量の確保は資源回復のために重要である。現在の海洋環境は急速な資源回復を期待する状態にはないと考えられるが、適切な資源管理により、親魚量を確保して回復につなげることが必要である。

2. 生態

(1) 分布・回遊(図1)

産卵海域:資源が増加し始めた1976年から、薩南海域に大規模な産卵場が出現し、1985年から1990年頃までの高水準期には、薩南から紀伊半島沖にかけての黒潮流域に大規模な産卵場が形成された。資源水準の低下に伴い、薩南海域の大規模な産卵場は1990年を最後に消滅し、近年の産卵海域は土佐湾を中心とした小規模なものとなっている。

分布回遊:資源の高水準期には、房総～三陸、道東、さらに千島列島南部沖海域及び日付変更線付近までの広域を索餌回遊していたとされている。近年の資源低水準期においても、密度は低いものの、幼稚魚は黒潮続流域から黒潮親潮移行域に広く分布し、当歳魚の間は親潮域も含めた北西太平洋の広域に分布することが明らかになっている。成魚については、近年においては大規模な回遊はしていないと考えられる。

漁場:近年の漁場は房総～常磐海域が中心で、夏秋季には三陸海域まで北上している。道東海域では1993年を最後に漁場形成はない。冬季には房総海域に未成魚が来遊する。

(2) 年齢・成長(図2・表1)

寿命は7歳程度。年齢と成長の関係は資源量水準により変動する。

(3) 成熟・産卵生態

資源水準が低下してから成熟年齢が低下し、近年では1歳で成熟が始まり、2歳魚でほとんどが成熟している(資源評価においては、近年の1歳魚の成熟率を50%、2歳以上魚を100%としている、図3)。産卵期は10～5月で、最盛期は2～3月。卵の分布状況によると、近年の産卵は土佐湾が中心である。一方、東日本における順調な加入のためには関東近海での産卵量が多いことが条件との報告もある。

(4) 被捕食関係

仔魚期は小型の動物プランクトンを、成長に伴い大型の餌を捕食ようになる。成魚は珪藻類も濾過捕食する。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

近年の漁獲の多くは、房総～常磐海域の大中型まき網により、0 歳～1 歳魚を主体として揚げられている。また、中型まき網、定置網等でも漁獲対象となる。2007 年は紀伊水道以西海域で好漁を示した海域が多かった。なお、1994 年以降、道東海域でのマイワシに対するまき網漁場は形成されておらず、ロシアほか外国漁船による我が国 200 海里内での漁獲もない。

(2) 漁獲量の推移

1964 年から 1967 年まで 1 万トンを下回っていたが、その後増加傾向が続き、1983 年から 1989 年までは 250 万トンを越える極めて高い水準を維持した。その後は減少に転じ、1993 年には 100 万トンを下回った。1995 年から 2001 年まで 10 万～30 万トン台で推移し、2002～2004 年の漁獲量は約 5 万トン前後で推移したが 2005 年は 2 万 5 千トンと半減した。2006 年は再び 5 万トン近くになり、2007 年は 1～3 月に房総海域、秋季に四国～九州海域で漁獲量が伸び、6 万 5 千トンであった。(図 4・表 2)。

(3) 主要漁業の漁獲努力量と F の推移(図 5)

漁業情報サービスセンター解析による北部まき網の年間総有効努力量を示した。近年は減少傾向が見られていた。2002～2005 年の漁期は夏場中心であったが、2007 年は比較的まとまった越冬期の漁場が形成され、2001 年以前の状況と似ていた。2005 年には 1 歳魚の不漁と対応した減少が見られたが、2006 年は 6～8 月に 1 歳魚、2007 年は 1～3 月に 2 歳魚と 1 歳魚の漁獲に対応した努力量の増加が見られた。1 歳魚が比較的多い年には漁獲努力量が増加する傾向が見られる。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法(全体のフロー図を補足資料 1 とした)

関係試験研究機関が資源量調査(補足資料 2)において得た漁獲量、漁獲物の体長組成、体長－体重関係、体長－年齢関係の解析データをもとに算出した年齢別漁獲尾数(表 3)に基づいて、コホート解析(補足資料 3)を行った。まず、最近年の 2007 年の年齢別漁獲係数について、同様の漁期の経過を示した 1999～2001 年の 3 ヶ年の平均値を仮定し、最近年の 4 歳と 5 歳以上の漁獲係数の比が 1 となる漁獲係数を求め、それにより年齢別選択率を求めた。次のステップとして、昨年度と同様に、漁業とは独立的に最近年までの時系列データが揃っている資源量指数によりチューニングすることとした。後述の産卵量により親魚量を、加入量指数により 0 歳魚加入尾数を、それぞれチューニングした。チューニング対象期間はいずれも 1996～最近年(2007 年)の間としたが、指数値が 1 未満となり加入量との対応が良くない 2001～2004 年については、加入量指数は用いなかった。自然死亡係数は田中(1960)を参考に、マイワシの寿命を考慮して 0.4 とした。推定された年齢別漁獲係数を表 4、年齢別資源尾数を表 5 に示した。

(2) 資源量指標値の推移

産卵量(マイワシの産卵期に対応して前年10月～当年9月の合計値を、当年の年級群に対応した値としている)は、1995年から2001年まで100兆粒台で低水準ながら比較的安定していたが、2002年は31兆粒と減少した。以降、2004年まで増加傾向を示したものの100兆粒未満で推移した。2005年は102兆粒まで回復したが、2006年の産卵量水準は38兆粒に減少した。2007年は148兆粒であった(図6・表6)。

1996年から実施されている移行域における幼稚魚調査に基づく加入量指数は、1996年(391)以降減少傾向をたどり、1999年には9となった。2000年にはやや上昇(95)したが、2001年以降1未満の極めて低い水準にあった。しかしながら、2005年においては28.0へ回復した。2006年には2.5へ減少し、2007年においては29.3へ増加した(図7・表7)。本指数は、その後の0歳魚の加入量変動を良く予測している。

2000年以降実施されている移行域～親潮域における西部太平洋サンマ資源調査で得られたマイワシの推定現存量は、近年にあつては、比較的加入の良かった2002年級群に対して高い値が得られた。

2002年(2001年級群対象)から実施されている房総～常磐沖合域における越冬期末成魚調査(2002～2004年は水産庁開洋丸、2005～2008年は俊鷹丸)での年明け1歳魚CPUE(採集重量/曳網回数)の豊度は、2002、2005年級が高く、最近の2006、2007年級は相対的に低いことが推定された。

(3) 漁獲物の年齢(体長)組成

年齢別漁獲尾数の経年変動を図8と表3に示した。近年10年間では、2000年、2007年においては0歳魚が多かったが、その他の年は2002年を除き1歳魚が最も多かった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

1981年に1,500万トンを超え、1988年まで1,400万トンから1,900万トンと高水準で安定していたが、1989年から急減して1994年に88万トンとなった。1995年から1999年までは70万トン超で低水準ながら比較的安定していたが、2000年から再び減少傾向となり、2003年は12万トン台となった。そこから増加傾向となり、2007年は約16万トンと推定された。(図9、表8)。2008年は、2008年級の加入尾数を約11.7億尾(2003、2004、2006年級群の平均)とする仮定のもとで、15.3万トンと推定される。

1996年以降の総資源量と漁獲係数(年齢平均)並びに1歳魚資源量と1歳魚に対する漁獲係数の関係を図10に示した。総資源量の減少に伴い漁獲係数の増加傾向が見られた。また、1歳魚に対する漁獲係数の変動が大きい、1歳魚が少なかった2005年を除き、近年の漁獲係数が高いことが示された。

(5) 資源の水準・動向

近年20年間の資源量の動向から判断して、水準は低位と判断された。近年5年間の資源量の

動向から判断して、動向は増加と判断された。

(6) 再生産関係

道東海域でまき網漁場が形成されなくなった 1994 年以降の親魚量と加入尾数の関係を図 11 に示した。1996 年は親魚量に対する加入の割合が高く、1999 年は低かったが、全体としては親魚量と加入尾数の関係には正の相関関係が見られるので、親魚量に対応した加入量が期待できる。

(7) Blimit の設定

本資源の低水準期における Blimit (それ以下では資源回復をはかる閾値) を、「低水準期の再生産関係のもとで、高い再生産成功率があったときに高い加入量が期待できる親魚量」により設定することとした。(6) で示した再生産関係により、1996 年の親魚量 (22.2 万トン) を Blimit とした。

(8) 今後の加入量の見積もり

① 再生産成功率の推移

図 12 並びに表 9 に RPS (加入尾数/親魚量) の経年変動を、加入尾数、親魚量とともに示した。1988 年以降、0.9～1.7 (尾/kg) の極めて低い RPS が 4 年連続し、資源は急速に高齢化し減少した。不確実性の高い最近年の 2007 年を除く近年 10 年間 (1997～2006 年) の再生産成功率 RPS (加入尾数/親魚量) は、5.4～34.2 尾/kg で推移し、平均値は 17.06 尾/kg であった。なお、2007 年の再生産成功率は現時点では 47.3 尾/kg であり、1996 年以降では 1996 年の 60.8 に次ぐ高い値となっている。

② 資源と海洋環境の関係

本系群については、親潮南下指数が高い (常磐沖水温が低い) と RPS が高い (海老沢・木下, 1998) との仮説と、黒潮続流南側再循環域 (KESA) 水温が低いと加入期までの死亡率が低い (Noto and Yasuda, 1999, 能登, 2003) との仮説が示されている。図 13 に、海洋環境と加入の関係を解析した例として、再生産成功率と 2 月 KESA 海域水温の相互の経年変動を示した。

③ 今後の加入量の仮定

4-(2) で示した資源量指数から、移行域幼稚魚調査に基づく加入量指数は、2008 年は 1.92 であり、2007 年の 29.3 から大きく減少した。そのため 2005 年級群や 2007 年級群のような比較的良好な加入は期待できない。以下の ABC 算定に当り、2008 年級群の加入尾数は、2003、2004、2006 年の加入尾数の平均値 (約 11.7 億尾) とした。2009 年以降については、その年に推定された親魚量と、1997～2006 年の再生産成功率の平均値 17.06 尾/kg、またはその期間からリサンプリングした個々の値との積により仮定することとした。

(9) 生物学的な漁獲係数の基準値と現状の漁獲圧の関係

図 14 に %SPR・YPR と F との関係を示した。現在 (2007 年) の F (全年齢平均) 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、それに対応して 2007 年の値とした。自然死亡係数は全年齢について 0.4 としている。現在 (2007 年) の完全加入年齢の F (1.31) は、成長乱獲の閾値

と考えられる F_{max} より小さく、また持続的利用の指標となる 30%SPR よりもやや低い値にある。しかしながら、近年 9 年間(不確実性の高い最近年の 2007 年を除き 1998～2006 年の 9 年間)の再生産成功率の中央値 14.54 尾/kg に対応して資源維持をはかる F_{med} や、 F_{msy} の代用値と考えられる $F_{0.1}$ を上回ることから、資源低水準期にあつては、現在の F よりはやや引き下げる事が望まれる。

5. 2009 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

本資源の水準は低位にあり、動向は増加にあるが、親魚量が少なく、良好な加入を期待できない状態にある。本資源に設定した B_{limit} (=1996 年親魚量)を下回るため、回復措置を講じる必要がある。2008 年当初親魚量として推定された 73 千トン、1996 年親魚量 222 千トンの約 1/3 である。

(2) 漁獲シナリオに対応した 2009 年 ABC 並びに推定漁獲量の算定

現在の親魚量が B_{limit} を下回るため、平成 20 年度 ABC 算定規則の 1-1)-(2)により、 F を制御することとした。水産庁からの要望に応じ、近年の平均的な再生産成功率のもとで B_{limit} へ 5 年、10 年の期間を設けて回復させるシナリオに対し、ABC を算定することとした。さらに、18、19 年度の管理目標を踏襲し、また、まいわしに関する中期的管理方針とも対応する F_{sus} (資源の現状維持)も、ABC として提示した。さらに、 F の基準値として「再生産成功率の中央値に対して資源を維持する F 」にあたる F_{med} を選択し、1997～2006 年の再生産成功率の中央値 14.54 尾/kg に対応した将来予測のもとで求めた上で、2008 年の推定親魚量と B_{limit} の比率でこれを引き下げるシナリオのもとでの ABC も提示した。以上のほか、ABC には含まれないが、 $F_{current}$ (現状の F)による推定漁獲量も算定した。

将来予測において、2008 年の加入量水準は 2007 年を下回ると考えられるので、2004、2006、2007 年の平均値を仮定することとした。2009 年以降については、1997～2006 年の再生産成功率の平均値 17.06 尾/kg を参考とした。2008 年の漁獲係数は、2008 年 1～6 月(越冬期～夏場)の漁獲状況が良くないこと等から、2005 年のような経過をたどると考え、2005 年の漁獲係数を仮定した。2008 年以降の年齢別体重は、2005～2007 年の平均値とした。

各漁獲シナリオに対応した親魚量と漁獲量の推移を図 15(各数値は表 10)とした。 $F_{current}$ では親魚量の減少傾向が続いた。 F_{sus} では資源量が 10 万 4 千トンで持続する結果となった。漁獲量は、2010 年までは $F_{current}$ が多いが、2011 年には F_{sus} が上回り始め、2012 年には F_{rec2} (10 年で B_{limit} へ回復)並びに F_{rec1} (5 年で B_{limit} へ回復)、2013 年には F_{rec} (F_{med} を 2008 年の B と B_{limit} の比で引き下げ)も上回るようになった。

なお、各漁獲シナリオに対応した漁獲量と資源量の 2013 年までの将来予測について次表にまとめた。

漁獲シナリオ		漁獲量(千トン)						
	管理規準	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
親魚量の増大	Frec (F=0.15)	65	23	13	18	26	32	41
5年でBlimitに回復	Frec1 (F=0.32)	65	23	25	33	41	46	53
10年でBlimitに回復	Frec2 (F=0.45)	65	23	34	41	47	49	53
親魚量の現状維持	Fsus (F=0.59)	65	23	43	48	49	48	48
漁獲圧の現状維持	Fcurrent (F=0.87)	65	23	58	55	48	41	35
		資源量(千トン)						
	管理基準	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
親魚量の増大	Frec (F=0.15)	159	153	180	235	302	386	493
5年でBlimitに回復	Frec1 (F=0.32)	159	153	180	214	250	289	335
10年でBlimitに回復	Frec2 (F=0.45)	159	153	180	200	216	232	250
親魚量の現状維持	Fsus (F=0.59)	159	153	180	186	186	185	185
漁獲圧の現状維持	Fcurrent (F=0.87)	159	153	180	162	139	120	104

※Fcurrent から 10%ずつ F を制御した場合の将来予測

	漁獲量(千トン)							資源量(千トン)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0.2Fcurrent	65	23	14	21	28	35	44	159	153	180	232	295	372	469
0.3Fcurrent	65	23	21	28	37	43	51	159	153	180	222	268	320	385
0.4Fcurrent	65	23	27	35	42	47	54	159	153	180	212	243	277	316
0.5Fcurrent	65	23	33	40	46	49	53	159	153	180	202	221	239	261
0.6Fcurrent	65	23	39	45	48	49	51	159	153	180	193	201	208	216
0.7Fcurrent	65	23	44	48	50	47	47	159	153	180	185	183	180	179
0.8Fcurrent	65	23	49	51	50	46	44	159	153	180	177	167	157	149
0.9Fcurrent	65	23	53	54	49	43	39	159	153	180	169	153	137	124
Fcurrent	65	23	58	55	48	41	35	159	153	180	162	139	120	104

(3) 加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

上記に示した各シナリオに対して(Fcurrent を除く) 予防的措置を講じた場合の F を求め、予防的措置を講じない場合とあわせ、次頁に将来漁獲量、評価、ABC 等を掲載した。予防的措置を講じる係数 α はデフォルト値の 0.8 を用いた。加入の不安定性や評価誤差等を考慮すると、予防的措置を講じることが望ましい。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 ($F_{current}$ との比較)	漁獲割合 (2009 年)	将来漁獲量		評価		2009 年 ABC
			5 年後 (80%区間)	5 年平均	5 年後に B_{limit} へ回復する () 内は 10 年後に回復	B_{ban} を下回 る年が出る (10 年間)	
親魚量の増大 ($B/B_{limit} \times F_{med}$) (F_{rec})	0.15 ($0.18F_{current}$)	7%	27 千トン ～ 62 千トン	27 千トン	89% (100%)	0%	13 千トン
親魚量の増大 ($B/B_{limit} \times F_{med}$) に予防的措置 ($\alpha \times F_{rec}$)	0.12 ($0.14F_{current}$)	6%	24 千トン ～ 51 千トン	23 千トン	93% (100%)	0%	10 千トン
親魚量の増大 (5 年で B_{limit} へ回復) (F_{rec1})	0.32 ($0.37F_{current}$)	14%	33 千トン ～ 76 千トン	40 千トン	42% (88%)	0%	25 千トン
親魚量の増大 (5 年で B_{limit} へ回復) に予防的措置 ($\alpha \times F_{rec1}$)	0.26 ($0.30F_{current}$)	12%	32 千トン ～ 73 千トン	36 千トン	65% (97%)	0%	21 千トン
親魚量の増大 (10 年で B_{limit} へ回復) (F_{rec2})	0.45 ($0.52F_{current}$)	19%	32 千トン ～ 82 千トン	45 千トン	15% (41%)	0%	34 千トン
親魚量の増大(10 年 で B_{limit} へ回復)に予 防的措置 ($\alpha \times F_{rec2}$)	0.36 ($0.42F_{current}$)	16%	32 千トン ～ 81 千トン	42 千トン	31% (72%)	0%	28 千トン
親魚量の維持* (F_{sus})	0.59 ($0.68F_{current}$)	24%	28 千トン～ 72 千トン	48 千トン	2% (8%)	0%	43 千トン
親魚量の維持に予防 的措置* ($\alpha \times F_{sus}$)	0.47 ($0.55F_{current}$)	20%	32 千トン～ 79 千トン	45 千トン	11% (31%)	0%	36 千トン
							2009 年算 定漁獲量
漁獲圧の維持 ($F_{current}$)	0.87 ($1.00F_{current}$)	32%	20 千トン ～ 53 千トン	47 千トン	0% (0%)	22%	58 千トン
コメント ・低水準なりに加入変動が大きく、将来予測等の不確実性は高い。 ・親魚量を回復し、加入量を安定させるためには、未成魚保護が望ましい。特に、加入が比較的良好な年級群を、1 歳魚段階で多獲する状況は改善する必要がある。 *まいわしに関する中期的管理方針は、資源水準の維持を基本方向としており、上記の漁獲シナリオの中では F_{sus} が最も合致する。							

$F_{current}$ (現状の漁獲圧)は 2005～2007 年の年齢別平均値を用いた。漁獲割合は漁獲量/推定資源量。ABC 並びに算定漁獲量は不確実性が特に高い最近年(2007 年)を除く近年 10 年間(1997～2006 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)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、評価の 5 年後は 2014 年当初、10 年後は 2019 年当初、10 年間は 2019 年当初まで。

ABC と算定漁獲量は、1997～2006 年の再生産成功率 RPS の平均値 17.06 尾/kg により求めたが、将来漁獲量と評価は同期間の RPS 値からのランダムサンプリングにより求めており、前者のほうが楽観的な予測になっていることには注意が必要である。

評価は、予測される資源量の Blimit と Bban との関係について行った。Fcurrent では、2009 年以降の 10 年間に於いて Bban を下回る確率が 22%あり、資源は減少傾向を示す(図 16)ので、ABC の候補とはならない。F の基準値(ここでは Fmed)を B/Blimit で引き下げるシナリオでは資源は急速に回復し、5 年後に Blimit へ回復する確率が約 90%となるが、その間の漁獲量は少なくなる。資源回復のスピードと当面の漁獲量の間でのトレードオフとなる。

(4) ABC の再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2007 年(当初)	Fsus	91	25	21	
2007 年(2007 年再評価)	Fsus	134	34	29	
2007 年(2008 年再評価)	Fsus	159	37	31	65
2008 年(当初)	Fsus	134	38	32	
2008 年(2008 年再評価)	Fsus	153	40	34	

2007 年(当初)は 18 年度報告に記載。2007 年(2007 年再評価)並びに 2008 年(当初)は 19 年度報告記載。なお、マイワシは暦年(1～12 月)評価。

2007 年(2008 年再評価)は今年度再計算の結果得られた 2006 年の年齢別資源尾数と漁獲係数により算定した。2007 年以降の RPS は 1997～2006 年の平均値、年齢別体重は 2004～2006 年の平均値を用いた。ただし維持を目指す親魚量は当初評価 56 千トンから 77 千トンに増加した。

2008 年(2008 年再評価)は今年度再計算の結果得られた 2007 年の年齢別資源尾数と漁獲係数により算定した。2008 年以降の RPS は 1997～2006 年の平均値、年齢別体重は 2005～2007 年の平均値を用いた。ただし維持を目指す親魚量は当初評価 72 千から 89 千トンに増加した。

2005 年級群は 2005 年に加入量指数から 30 億尾を予測、2006 年に 12 億尾、2007 年に 18 億尾と修正した。今年度評価では 20 億尾としており、その影響により資源量推定値も変化している。また、2007 年級群も、2007 年に 18 億尾を予測したが、0 歳での漁獲データ等が加わった今年度評価では 33 億尾と評価している。

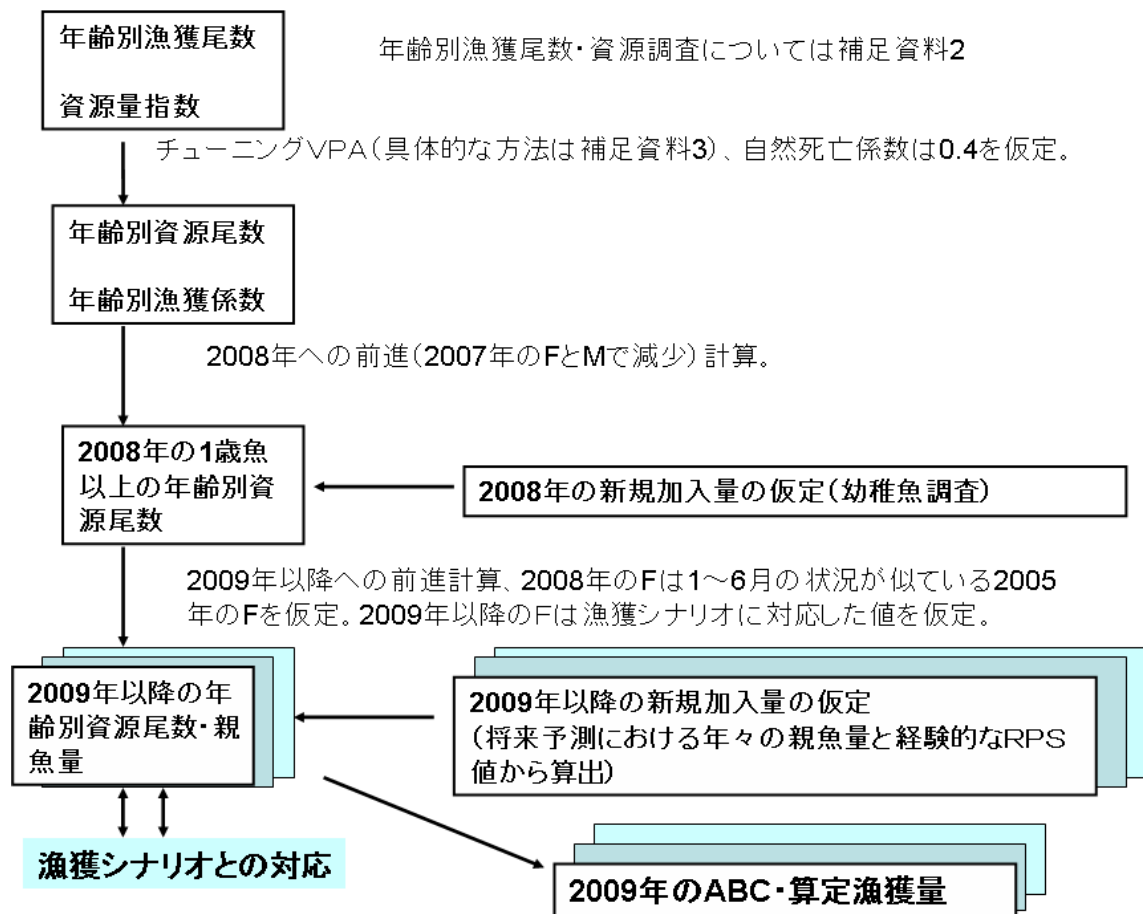
6. ABC 以外の管理方策への提言

親魚量を確保するとともに、効率的な利用をはかる点では、未成魚を保護して漁獲年齢を引き上げることも有効である。

7. 引用文献

- 海老沢良忠・木下貴裕(1998)房総～三陸海域の水温環境とマイワシの再生産指数について. 茨城水試研報, 36: 49-55.
- 平松一彦(1999)VPA の入門と実際. 水産資源管理談話会報, 20: 9-28.
- Klyashtorin, L.B. (1998) Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. Fish. Res., 37: 115-125.
- Noto, M. and I. Yasuda (1999) Population decline of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, in relation to sea surface temperature in the Kuroshio Extension. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 56: 973-983.
- 能登正幸(2003). 北西太平洋の水温変動とマイワシ資源・分布の関係. 月刊海洋, 35:32-38.
- Pope (1972). An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish., 9: 65-74.
- 田中昌一(1960). 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報(28),1-200.
- 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. (Bban 設定に当り、論文中の数値を引用した。)
- Watanabe, Y. Zenitani, H. and Kimura, R. (1995) Population decline of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* owing to the recruitment failures. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 52: 1609-1616.
- Yatsu, A and Kaeriyama, M. (2005) Linkages between coastal and open-ocean habitats and dynamics of Japanese stocks of chum salmon and Japanese sardine. Deep.Sea.Research II. 52: 727-737.

補足資料1 資源評価からABC算定にいたるフロー図



補足資料 2 資源評価のための調査について

(1) 主要港における水揚量、魚体組成、体長体重関係、年齢組成等の解析

主要港の水揚量と体長組成、体長体重関係、年齢、成熟度などは太平洋側各道府県試験研究機関が把握している。また、漁場別漁獲状況調査、標本船調査、新規加入量調査により、関係県地先における分布量、加入量を直接把握するためのデータ収集も行われている。

(2) 産卵量調査

産卵状況は、沿岸では各都府県試験研究機関が周年、沖合では中央水研が主産卵期に、改良型ノルパックネット(口径 45cm、円筒円錐形、目合 0.335mm)の鉛直曳採集を実施している。卵の採集量と鋼索長、鋼索傾角、濾水計回転数、水温などにより採集点毎の卵分布密度を求め、海域面積で引き延ばして月毎の産卵量を計算している。

(3) 新規加入量調査(加入量指数)

新規加入量予測のため、初夏の黒潮親潮移行域において表中層トロールによる幼稚魚調査(北海道教育庁実習船管理局所属北鳳丸、1996～2001 年は香住高校所属但州丸)を実施し、幼稚魚の採集尾数を表面水温帯別に引き延ばして加入量指数を算出している(中央水研と北水研の共同)。加入量指数は Σ (表面水温帯1℃ごとの平均採集尾数)・(表面水温帯1℃ごとの面積比)である。

(4) 沖合分布調査

漁場となる海域よりも沖合域における資源の分布状況を明らかにするため、未成魚越冬群などの形で分布が沿岸域に寄る冬季に、三陸南部から鹿島灘海域で表中層トロールによる採集を行い、また科学魚探により現存量を把握している(中央水研)。初夏から秋季まで道東から三陸沖で流網・表中層トロールによる未成魚・成魚採集を行っている(北海道釧路水試・東北水研八戸)。また、主産卵場の土佐湾で刺網等による親魚採集と餌料プランクトン調査、幼魚生育場の東北沖合海域で餌料プランクトン調査を実施している(中央水研高知)。

補足資料 3 資源量計算方法について

コホート解析により年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数を推定した。コホート解析ではマイワシの生活史と漁獲の季節性に基づき、1 月を起点とした。使用した生物学的パラメーターは図 3 と 4 の通りである。0 歳～5+歳（5 歳以上をまとめて 5+（プラスグループ）と表記する）別に求めた。年齢別資源尾数 N の計算には Pope(1972)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(1999)の方法を用いた。具体的な計算式は以下のとおりである。コホート解析の考え方と実際については平松(1999)を参照してください。

ステップ 1

資源量は(1)式により計算した。

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

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 歳魚の漁獲尾数である。

ただし、最高齢（プラスグループ、添え字 p ）、最高齢－1 歳（ $p-1$ ）及び最近年の資源尾数は(2)～(4)式によった。

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

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

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

漁獲死亡係数 F の計算は、最近年及びプラスグループ以外は(5)式によった。

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right) \quad (5)$$

最近年の F は「資源低水準期にあって越冬期～秋季の漁場形成が見られた 1999～2001 年」の 3 年間の F の平均とした。プラスグループの F は最高齢-1 歳の F と等しいとした（プラスグループは定常状態が仮定できない場合における $\alpha=1$ 法（プラスグループの F と最高齢-1 歳の F が等しい）によった。（平松，1999））。すなわち(6)、(7)式である。

$$F_{a,y} = \frac{(F_{a,1999} + F_{a,2000} + F_{a,2001})}{3} \quad (6)$$

$$F_{p,y} = F_{p-1,y} \quad (7)$$

ステップ 2

ステップ 1 で得た F から各年における選択率 $S_{a,y}$ (ある年の最高の年齢別 F で、その年の各年齢の F を除した値) を求めた。選択率は近年 3 年間 (2005～2007 年) 平均とした。

この選択率の下で、最近年の F (選択率=1 の F_t) を調整し、コホート解析により得られる親魚量が産卵量に、0 歳魚資源尾数が加入量指数に最も良く適合するようにした。ただし、加入量指数については、その値が 1 未満となり 0 歳魚資源尾数との関係が良くないと判断された 2001～2004 年について除外した (産卵量についてはこの期間も用いた)。

上記 2 種の資源量指数について、それぞれ、(資源量指数の対数－(比例係数×ある F_t の下でコホート解析から計算された親魚量もしくは 0 歳魚資源尾数) の対数) を計算し、2 乗の和 (8 式) を求めた。

$$\sum_y (\ln(I_y) - \ln(qN_y))^2 \quad (8)$$

I_y : y 年における産卵量もしくは加入量指数

N_y : コホート解析から計算された y 年の親魚量もしくは 0 歳魚資源尾数

2 種の資源量指数について求めた 2 乗の和について、さらにその和 (重み付けはしない) を最小にする F_t を推定した。

将来予測

資源尾数の予測は、加入量を仮定した上でコホート解析の前進法 (9 式) を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (9)$$

ただし、5 歳以上のプラスグループについては、前年の 4 歳と 5 歳以上の和から前進させた。

漁獲尾数は (10) 式によった。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \quad (10)$$

年々の 0 歳魚資源尾数は、親魚量と再生産成功率によりあてはめた。ABC 並びに算定漁獲量には 1997～2006 年の平均値 17.06 尾/kg を与えた。将来漁獲量並びに評価には 1997～2006 年の再生産成功率からランダムサンプリングして与えた。

資源量・漁獲量を算出するに当って用いた年齢別体重は 2005～2007 年の平均値とした。

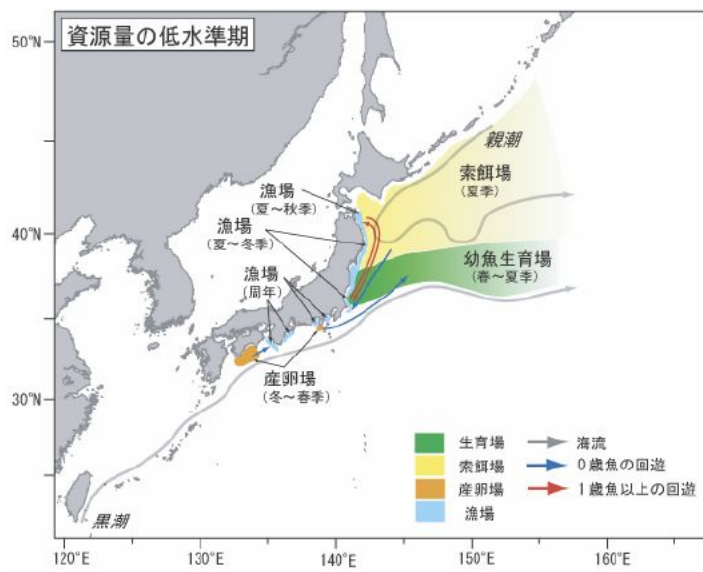


図1 資源低水準期におけるマイワシ太平洋系群の分布回遊図

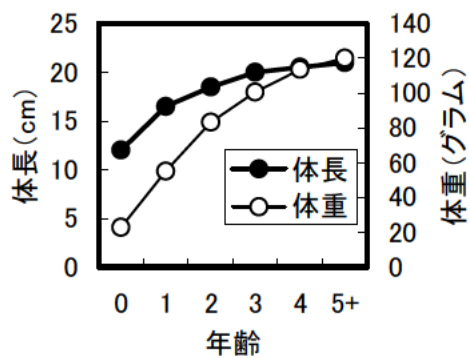


図2 年齢と体長・体重(2007年)

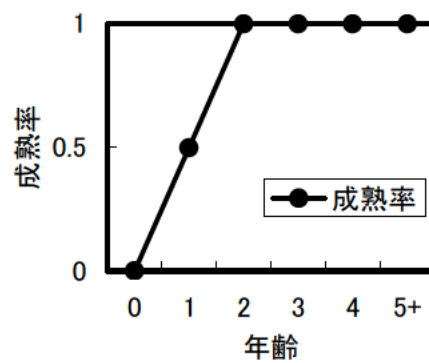


図3 年齢と成熟率の関係

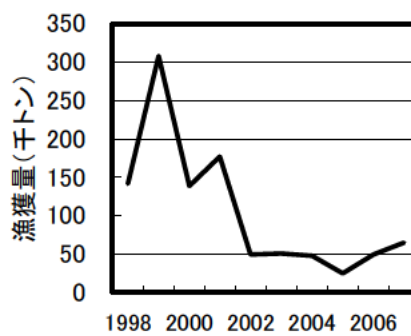
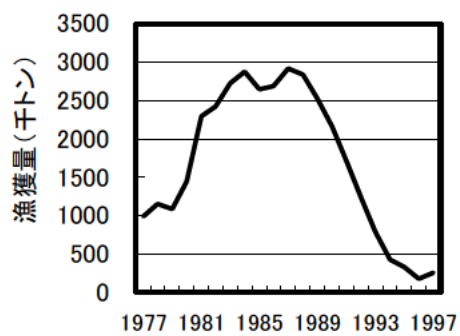


図4 漁獲量(左 1977～1997年、右 1998～2007年)

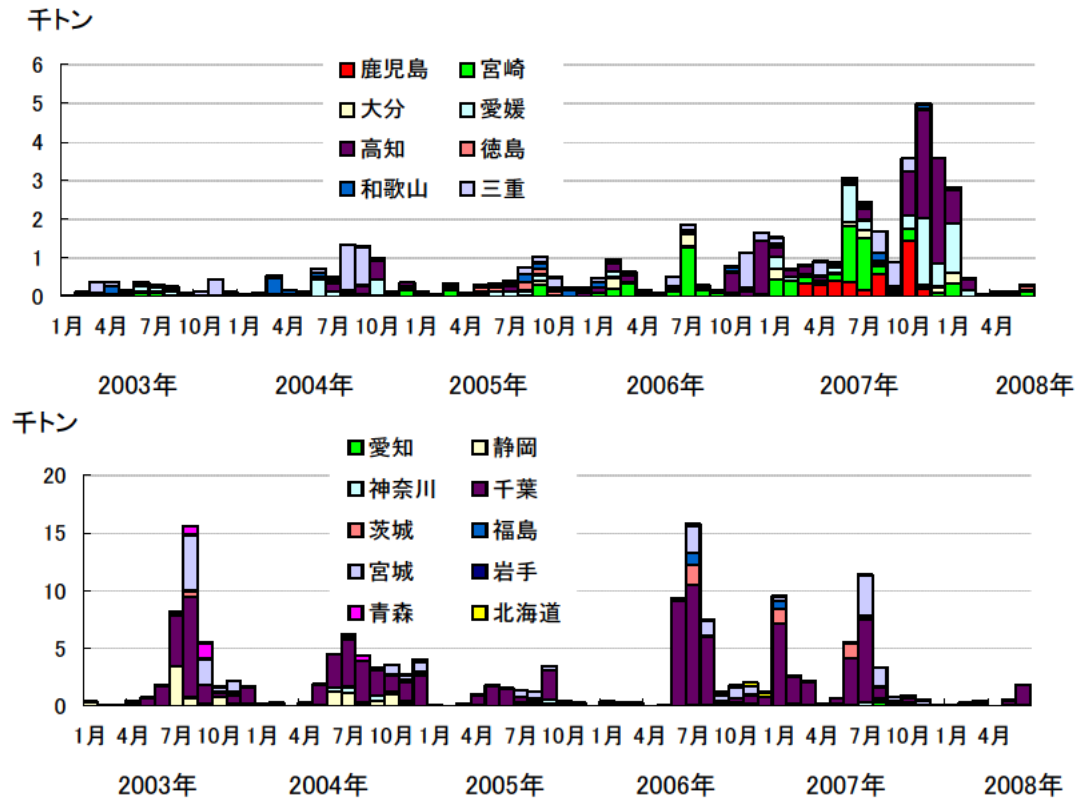


図4の補足：近年5年間における各道県主要港月別水揚量(一部未確定値含む)

上記期間中の「鹿児島」は北薩側の漁獲のため、太平洋系群の漁獲量には含まれていない。2007 年は、高知～宮崎における漁獲増並びに 1～3 月の千葉における水揚げ量増が特徴的であった。

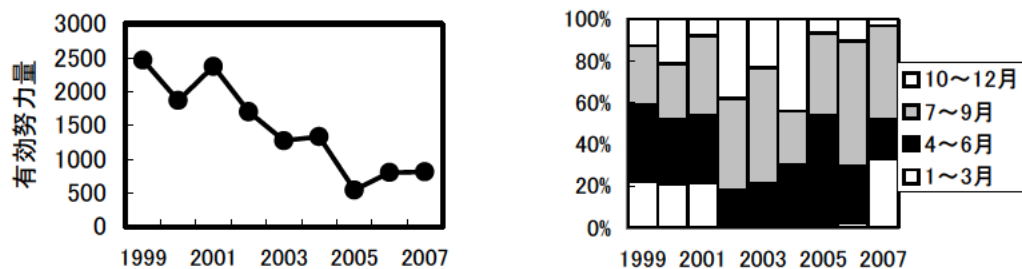


図5 JAFIC集計による近年の房総以北海域における大中型まき網の有効努力量

右図は季節ごとの割合。右図は季節ごとの割合。2007 年は 1999～2001 年と同様の傾向。

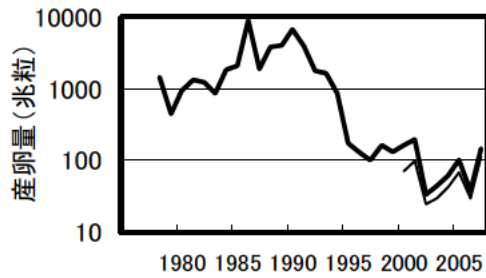


図6 産卵量(前年10月～当年9月)
2000年以降、紀伊水道～日向灘分も表示

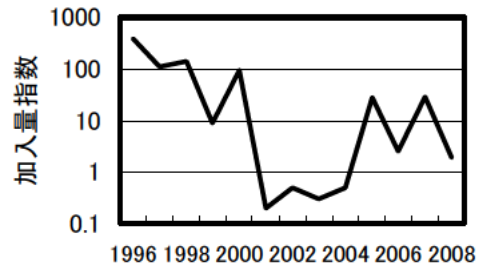


図7 移行域幼稚魚調査による加入量指数

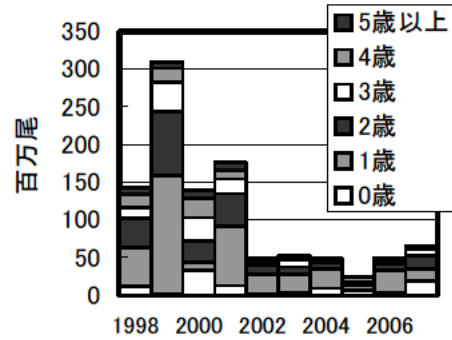
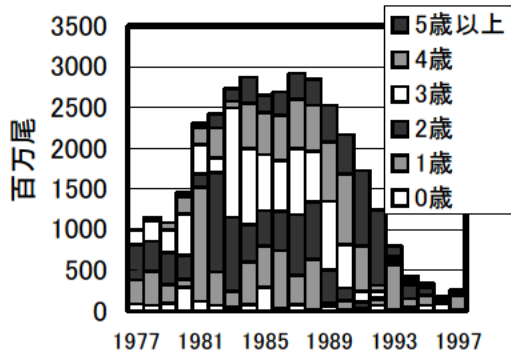


図8 年齢別漁獲尾数(左:1977～1997年、右:1998～2007年)

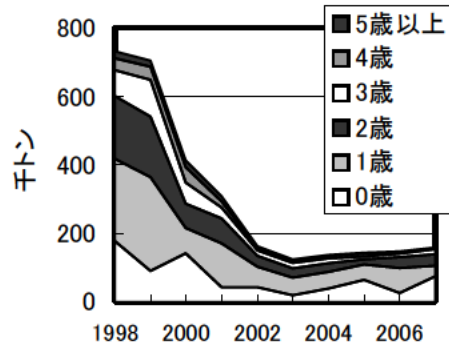
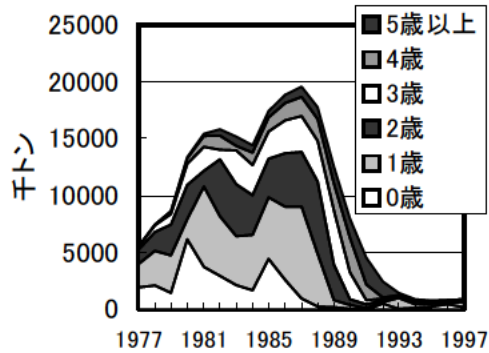


図9 年齢別資源量(左:1977～1997年、右:1998～2007年)

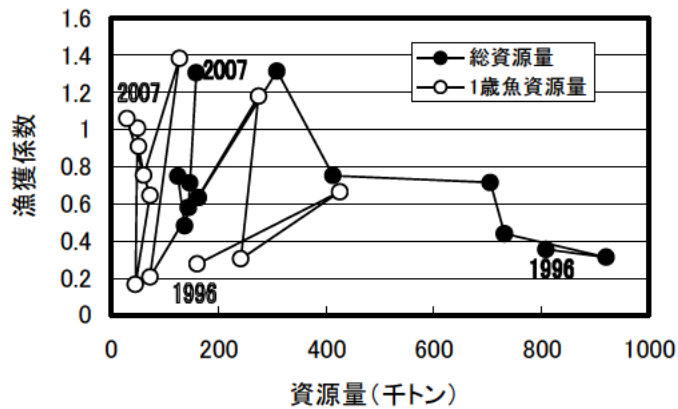


図 10 資源量と漁獲係数の関係 資源量の減少に伴い、漁獲係数は増加傾向を示した。
(黒は総資源量と全年齢単純平均の漁獲係数、白は1歳魚資源量と1歳魚の漁獲係数)

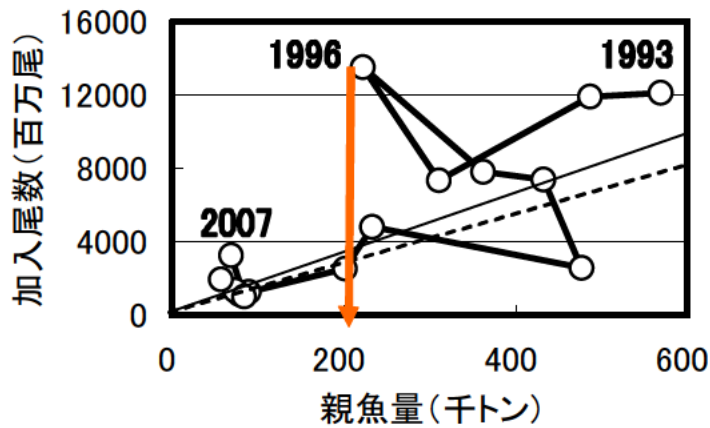


図 11 再生産関係(実線は1997～2006年におけるRPSの平均値、点線はRPSメジアンに対応)
親魚量と加入尾数には正の相関関係が見られる。高い再生産成功率が得られた時高い加入量
が得られる親魚量として1996年の親魚量(22万2千トン)をBlimitとした。

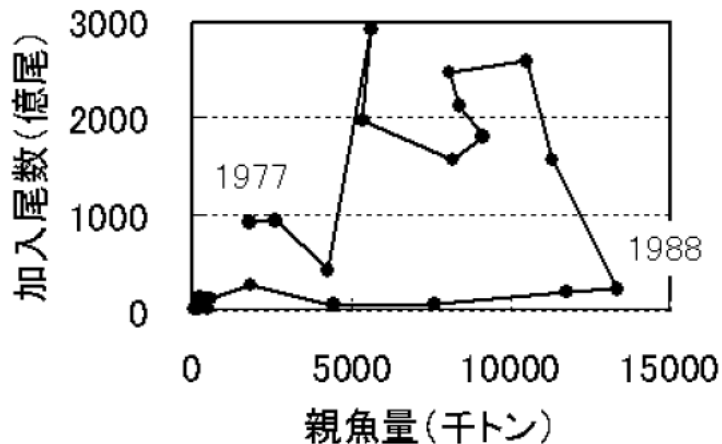


図 11 の補足: 1977～2007年の再生産関係 1988～1991年においては再生産成功率が連続し
て2尾/kg未満となり、資源は急速に減少した。

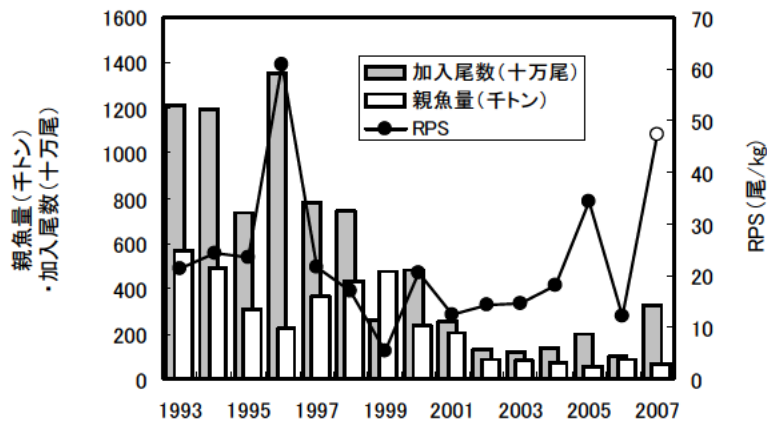


図 12 1993 年以降の加入尾数、親魚量、RPS の経年変化 (最近年にあたる 2007 年の数値は特に不確実性が高い)

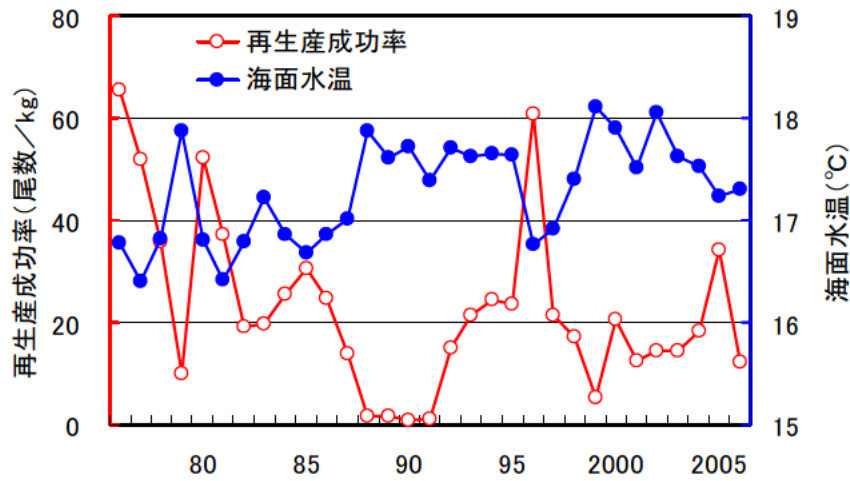


図 13 黒潮続流南側領域 (KESA) における冬季の海面水温と、再生産成功率の関係

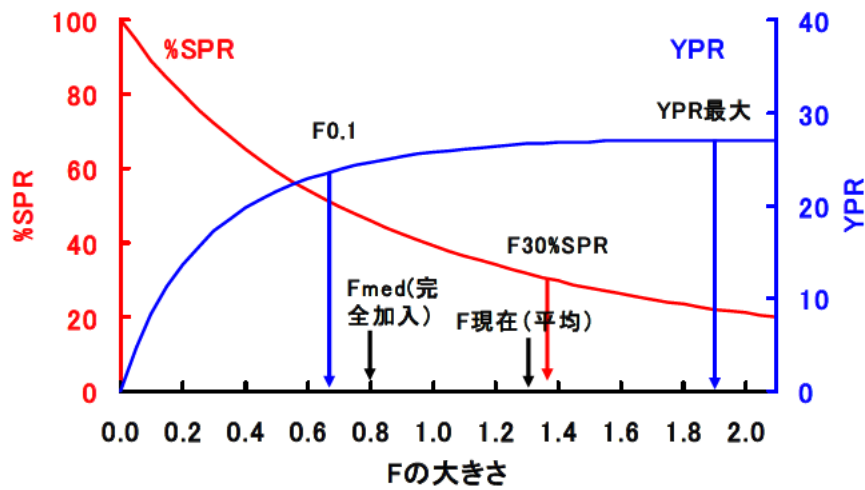


図 14 YPR、SPR の図 (成長、成熟、選択率は 2007 年の数値を用いた)

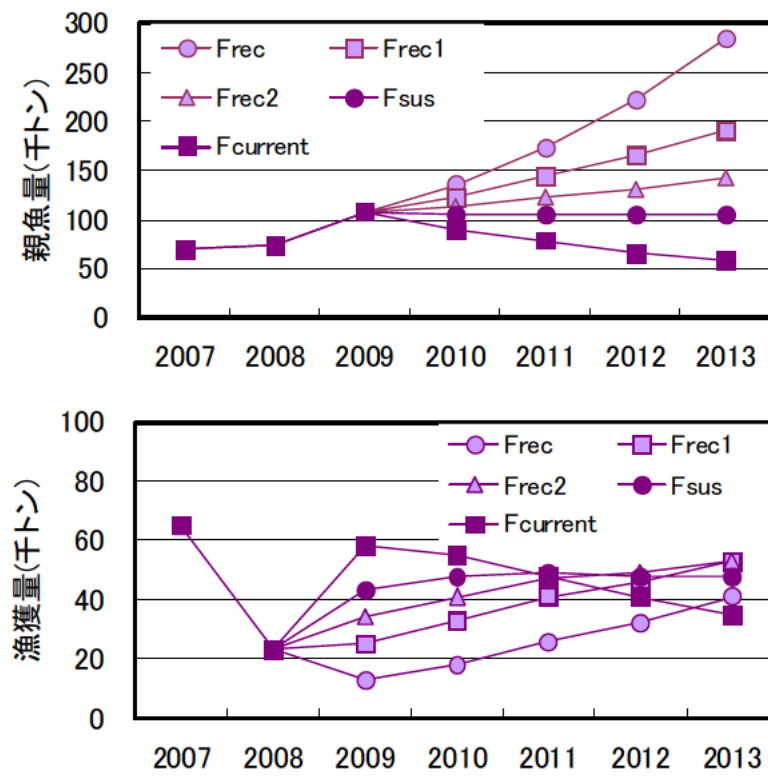


図 15 各シナリオの将来予測での親魚量と漁獲量（年齢別体重は 2005～2007 年の平均値。再生産成功率は 1997～2006 年の平均値 17.06 尾/kg。2008 年の $F=2005$ 年の F とした。）

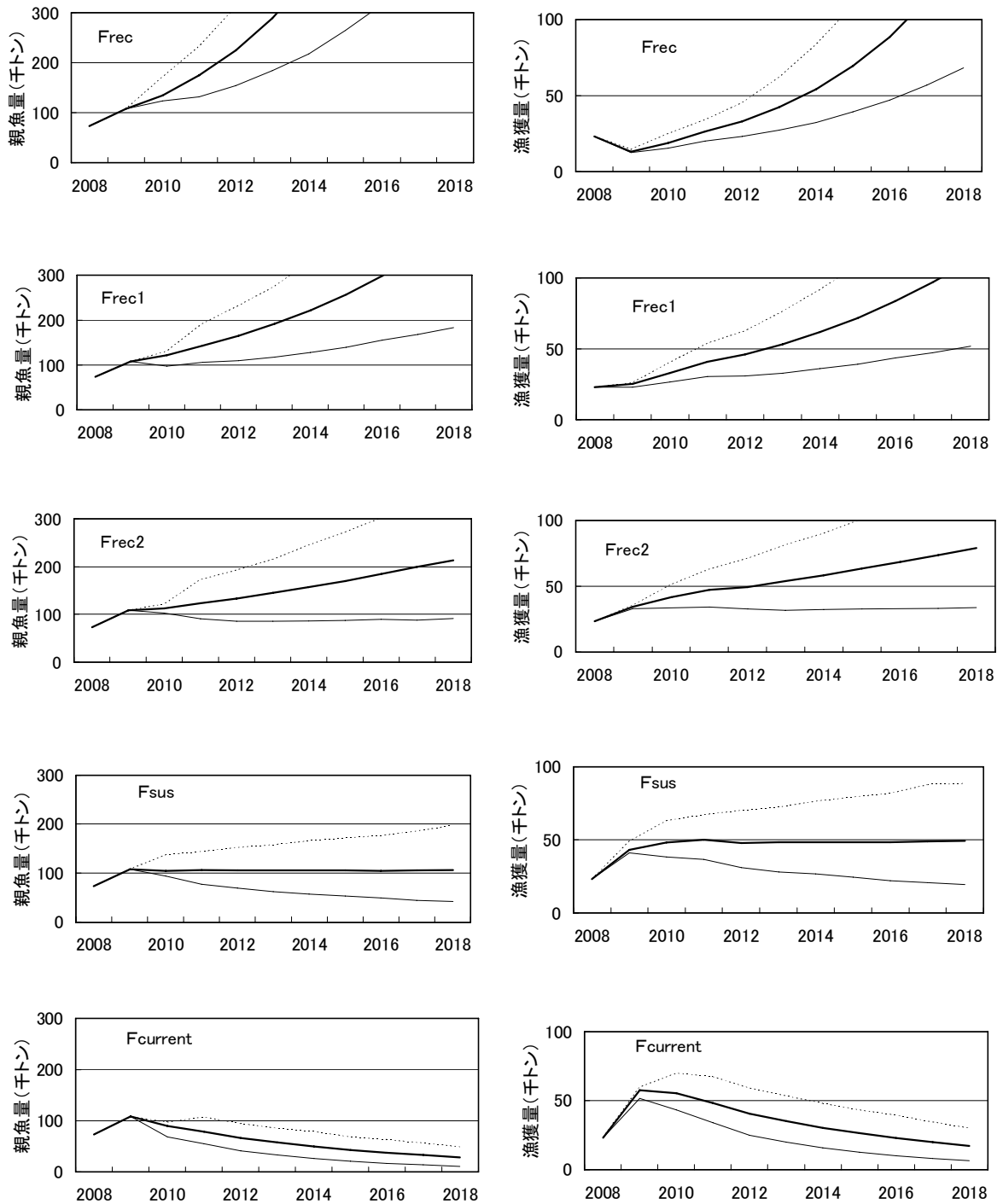


図16 各シナリオの将来予測での親魚量と漁獲量 平均値と上側10%、下側10%をあわせて表示した(年齢別体重は 2005～2007 年の平均値。再生産成功率は 1997～2006 年の実績値からランダムサンプリングを 1000 回試行した。2008 年の $F=2005$ 年の F とした。)

表1 年齢別体重（グラム）

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	21	22	34	21	19	19	12	8	18	10	6	12	10	5	4	18
1歳	58	52	55	69	38	41	42	41	40	42	47	49	45	41	30	54
2歳	84	84	81	81	85	53	59	54	49	59	54	58	59	58	87	83
3歳	105	105	105	102	97	91	67	68	67	75	67	75	75	79	97	96
4歳	118	118	118	118	116	106	93	84	83	93	89	89	93	91	99	99
5歳以上	127	127	127	127	127	125	111	108	103	115	108	101	108	105	108	111

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	6	11	34	34	28	24	35	30	17	33	18	29	33	26	23
1歳	61	56	49	49	64	52	60	44	54	58	61	78	70	64	55
2歳	79	94	84	84	99	79	77	76	79	80	78	107	90	87	83
3歳	112	120	118	118	116	101	95	96	97	103	107	123	105	107	101
4歳	134	135	143	143	134	118	102	107	115	114	118	142	120	122	114
5歳以上	133	140	156	150	154	122	127	123	129	134	138	162	134	140	120

表2 漁獲量（農林生産統計・一部速報値も含む）（トン）

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
漁獲量	990,541	1,149,487	1,088,538	1,445,019	2,295,857	2,419,105	2,725,136	2,869,626	2,643,838	2,684,699	2,915,763

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
漁獲量	2,837,500	2,523,531	2,162,460	1,724,037	1,240,410	790,734	424,951	332,149	180,720	255,149	141,513

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
漁獲量	307,857	138,743	177,014	49,241	50,964	47,985	24,822	49,176	64,864

表 3 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	3,838	3,043	2,828	13,733	6,276	3,578	3,601	9,656	16,152	2,612	13,293	1,857	4,733	1,831	482	4,003
1歳	5,052	8,106	4,208	1,500	36,761	10,028	4,538	12,952	12,648	16,897	7,413	12,465	1,177	2,798	775	1,190
2歳	5,224	4,401	4,714	3,591	1,964	22,951	15,526	8,377	8,947	8,340	13,945	12,176	6,865	2,632	944	363
3歳	1,636	2,353	2,750	4,998	3,654	2,007	20,050	13,665	10,192	8,256	12,206	8,351	11,210	6,753	1,373	738
4歳	53	346	745	1,790	1,845	3,494	874	6,671	6,217	5,976	6,746	6,310	7,801	9,491	5,685	768
5歳以上	1	27	19	324	348	1,365	1,358	2,958	2,039	2,452	2,929	3,073	4,185	4,655	8,525	8,352
計	15,803	18,276	15,264	25,937	50,849	43,422	45,946	54,278	56,194	44,532	56,533	44,231	35,971	28,160	17,784	15,414

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	2,806	3,518	1,973	2,948	725	451	61	1,070	772	25	163	299	210	154	829
1歳	8,933	2,090	2,533	651	2,638	993	2,606	255	1,444	459	411	329	81	443	297
2歳	317	1,789	1,231	336	449	490	1,108	377	557	137	127	89	25	116	205
3歳	321	319	193	128	139	148	422	322	197	51	72	17	30	28	89
4歳	329	125	42	28	30	142	174	235	105	29	32	11	38	16	24
5歳以上	932	328	60	12	10	71	59	89	79	18	12	6	17	12	7
計	13,637	8,168	6,033	4,103	3,990	2,295	4,430	2,348	3,155	719	816	751	401	770	1,450

表 4 年齢別漁獲係数

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	0.05	0.04	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.06	0.08	0.01	0.11	0.10	0.35	0.39	0.12	0.20
1歳	0.19	0.18	0.09	0.07	0.28	0.10	0.06	0.14	0.12	0.14	0.05	0.18	0.11	0.47	0.36	0.62
2歳	0.55	0.32	0.19	0.13	0.16	0.35	0.28	0.17	0.17	0.14	0.21	0.15	0.17	0.49	0.36	0.36
3歳	1.31	0.68	0.44	0.41	0.23	0.31	0.81	0.56	0.42	0.30	0.38	0.24	0.24	0.32	0.68	0.69
4歳	0.76	1.94	0.61	0.76	0.33	0.45	0.27	0.96	0.71	0.61	0.57	0.45	0.47	0.43	0.66	1.68
5歳以上	0.76	1.94	0.61	0.76	0.33	0.45	0.27	0.96	0.71	0.61	0.57	0.45	0.47	0.43	0.66	1.68
平均	0.60	0.85	0.34	0.37	0.23	0.28	0.29	0.47	0.37	0.30	0.32	0.26	0.30	0.42	0.47	0.87

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	0.33	0.45	0.40	0.31	0.12	0.08	0.03	0.32	0.47	0.02	0.19	0.32	0.14	0.21	0.37
1歳	1.29	0.58	0.93	0.28	0.66	0.30	1.18	0.21	1.38	0.75	0.91	1.01	0.17	0.64	1.06
2歳	0.41	1.55	1.15	0.36	0.39	0.30	0.89	0.67	1.36	0.55	0.62	0.65	0.22	0.48	0.98
3歳	0.84	1.45	0.92	0.41	0.32	0.27	0.60	0.98	1.35	0.51	0.85	0.19	0.61	0.54	1.23
4歳	1.09	1.45	1.04	0.39	0.19	0.84	0.79	1.17	1.66	0.98	0.96	0.36	1.17	1.20	2.10
5歳以上	1.09	1.45	1.04	0.39	0.19	0.84	0.79	1.17	1.66	0.98	0.96	0.36	1.17	1.20	2.10
平均	0.84	1.15	0.91	0.36	0.31	0.44	0.72	0.75	1.32	0.63	0.75	0.48	0.58	0.71	1.31

表5 年齢別資源尾数(百万尾)

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	92,252	94,204	41,921	292,971	197,812	156,249	180,202	212,801	247,911	259,955	156,475	22,847	19,437	6,924	5,309	27,330
1歳	35,269	58,696	60,656	25,786	185,141	127,459	101,808	117,845	134,740	152,955	172,114	94,005	13,794	9,154	3,142	3,164
2歳	15,094	19,506	32,709	37,214	16,056	94,007	77,228	64,529	68,389	79,964	88,695	109,303	52,808	8,283	3,845	1,472
3歳	2,735	5,841	9,472	18,066	22,005	9,155	44,224	39,056	36,396	38,518	46,773	48,037	63,299	29,778	3,398	1,805
4歳	121	494	1,989	4,097	8,018	11,759	4,493	13,228	14,992	16,053	19,060	21,359	25,363	33,252	14,432	1,153
5歳以上	3	39	52	742	1,512	4,592	6,983	5,866	4,916	6,586	8,276	10,402	13,608	16,310	21,641	12,546
計	145,473	178,779	146,797	378,876	430,545	403,221	414,938	453,325	507,344	554,030	491,393	305,953	188,310	103,701	51,766	47,470

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	12,132	11,897	7,337	13,510	7,795	7,402	2,574	4,820	2,522	1,284	1,144	1,337	1,957	1,016	3,260
1歳	15,043	5,835	5,095	3,302	6,642	4,631	4,592	1,675	2,355	1,058	840	634	651	1,140	555
2歳	1,146	2,770	2,201	1,341	1,680	2,293	2,292	945	915	396	334	227	155	370	401
3歳	690	509	392	467	624	759	1,136	629	325	157	153	120	79	83	153
4歳	606	200	80	105	208	305	388	416	158	56	63	44	66	29	33
5歳以上	1,716	524	114	46	69	153	133	158	119	35	23	22	31	20	10
計	31,332	21,734	15,218	18,772	17,019	15,543	11,114	8,643	6,393	2,986	2,558	2,383	2,939	2,658	4,412

表6 産卵量(兆粒)

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
産卵量(兆粒)	1,452	448	943	1,338	1,246	855	1,854	2,083	8,991	1,861	3,789	4,031	6,659	3,874	1,782
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
産卵量(兆粒)	1,655	860	174	129	101	165	133	165	196	34	44	62	102	38	148

表7 加入量指数

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
加入量指数	391	109	143	9	95	0	1	0	1	28	3	29	2

表 8 年齢別資源量（千トン）

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	1,937	2,072	1,425	6,152	3,758	2,969	2,162	1,702	4,462	2,600	939	274	194	35	21	492
1歳	2,046	3,052	3,336	1,779	7,035	5,226	4,276	4,832	5,390	6,424	8,089	4,606	621	375	94	171
2歳	1,268	1,638	2,649	3,014	1,365	4,982	4,556	3,485	3,351	4,718	4,790	6,340	3,116	480	335	122
3歳	287	613	995	1,843	2,134	833	2,963	2,656	2,439	2,889	3,134	3,603	4,747	2,352	330	173
4歳	14	58	235	483	930	1,246	418	1,111	1,244	1,493	1,696	1,901	2,359	3,026	1,429	114
5歳以上	0	5	7	94	192	574	775	633	506	757	894	1,051	1,470	1,713	2,337	1,393
計	5,553	7,440	8,647	13,366	15,415	15,830	15,151	14,419	17,392	18,881	19,542	17,774	12,507	7,981	4,546	2,465

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	73	131	249	458	218	178	91	143	44	42	21	39	65	27	75
1歳	918	327	248	161	425	241	274	73	127	61	51	49	46	73	31
2歳	91	260	186	113	166	181	176	72	73	32	26	24	14	32	33
3歳	77	61	46	55	72	76	108	61	32	16	16	15	8	9	15
4歳	81	27	11	15	28	36	39	45	18	6	7	6	8	3	4
5歳以上	228	73	18	7	11	19	17	19	15	5	3	4	4	3	1
計	1,468	879	757	808	921	731	705	413	309	163	125	137	145	147	159

表 9 1996 年以降の親魚量（千トン）、加入尾数（百万尾）、RPS（尾/kg）

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
親魚量(千トン)	569	487	311	222	362	433	477	233	201	89	79	73	57	84	69
加入尾数(百万尾)	12,132	11,897	7,337	13,510	7,795	7,402	2,574	4,820	2,522	1,284	1,144	1,337	1,957	1,016	3,260
RPS(尾/kg)	21	24	24	61	22	17	5	21	13	14	15	18	34	12	47

表 10 各シナリオに対応する将来予測

Frec (Fmed×B2008/Blimit)

体重は 2005～2007 年の平均値、RPS は 17.06 尾/kg(以下全て同じ設定)

漁獲係数												
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.14	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1歳	0.17	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
2歳	0.22	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
3歳	0.61	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
4歳	1.17	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
5歳以上	1.17	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
平均	0.58	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
資源尾数(百万尾)												
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,166	1,843	2,298	2,973	3,789	4,844	6,195	7,923	10,132	12,956	16,568	21,187
1歳	1,506	679	1,185	1,477	1,911	2,435	3,113	3,982	5,092	6,512	8,327	10,649
2歳	129	856	408	712	887	1,148	1,463	1,871	2,393	3,060	3,913	5,003
3歳	101	69	520	248	433	539	698	889	1,137	1,454	1,859	2,378
4歳	30	37	40	303	144	252	314	407	518	663	848	1,084
5歳以上	3	7	23	32	173	164	215	273	351	449	574	734
計	2,935	3,491	4,473	5,746	7,338	9,383	11,999	15,344	19,622	25,093	32,089	41,035
資源量(千トン)												
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	32	50	63	81	104	133	170	217	277	355	454	580
1歳	95	43	75	93	120	154	196	251	321	410	525	671
2歳	11	74	35	62	77	99	127	162	207	265	339	433
3歳	11	7	54	26	45	56	73	93	118	152	194	248
4歳	4	4	5	36	17	30	37	48	61	79	100	128
5歳以上	0	1	3	4	23	22	28	36	46	59	75	96
計	153	180	235	302	386	493	631	807	1,032	1,319	1,687	2,157
親魚量	73	108	135	174	222	284	363	464	594	759	971	1,242
漁獲量(千トン)												
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	3	2	2	3	3	4	6	7	9	12	15	20
1歳	12	4	6	8	10	13	17	21	27	35	45	57
2歳	2	6	3	5	6	8	10	12	16	20	26	33
3歳	4	1	6	3	5	6	8	10	13	16	21	26
4歳	2	1	1	7	3	6	7	9	12	15	19	24
5歳以上	0	0	1	1	4	4	5	7	9	11	14	18
漁獲量計	23	13	18	26	32	41	52	67	85	109	140	178
漁獲割合	15%	7%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%

Frec1 (5 年回復)

漁獲係数 年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.14	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
1歳	0.17	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
2歳	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
3歳	0.61	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
4歳	1.17	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
5歳以上	1.17	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
平均	0.58	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32

資源尾数(百万尾) 年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,166	1,843	2,080	2,442	2,811	3,266	3,788	4,395	5,098	5,914	6,861	7,959
1歳	1,506	679	1,131	1,276	1,498	1,724	2,003	2,324	2,696	3,128	3,628	4,209
2歳	129	856	361	602	679	797	918	1,066	1,237	1,435	1,665	1,931
3歳	101	69	466	197	328	370	435	500	581	674	782	907
4歳	30	37	35	233	98	164	185	217	250	290	337	391
5歳以上	3	7	17	20	98	76	93	107	125	145	168	195
計	2,935	3,491	4,090	4,770	5,512	6,397	7,422	8,610	9,988	11,586	13,441	15,592

資源量(千トン) 年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	32	50	57	67	77	89	104	120	140	162	188	218
1歳	95	43	71	80	94	109	126	147	170	197	229	265
2歳	11	74	31	52	59	69	79	92	107	124	144	167
3歳	11	7	49	21	34	39	45	52	61	70	82	95
4歳	4	4	4	28	12	19	22	26	30	34	40	46
5歳以上	0	1	2	3	13	10	12	14	16	19	22	26
計	153	180	214	250	289	335	389	451	523	607	704	817
親魚量	73	108	122	143	165	191	222	258	299	347	402	466

漁獲量(千トン) 年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	3	4	4	5	5	6	7	8	10	11	13	15
1歳	12	7	12	14	16	18	21	25	29	33	39	45
2歳	2	11	5	8	9	11	12	14	16	19	22	26
3歳	4	2	10	4	7	8	9	11	13	15	17	20
4歳	2	2	1	10	4	7	8	9	10	12	14	16
5歳以上	0	0	1	1	4	3	4	5	6	7	8	9
漁獲量計	23	25	33	41	46	53	62	72	83	97	112	130
漁獲割合	15%	14%	15%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%

Frec2 (10 年回復)

漁獲係数

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
1歳	0.17	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
2歳	0.22	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
3歳	0.61	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
4歳	1.17	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
5歳以上	1.17	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
平均	0.58	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

資源尾数(百万尾)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,166	1,843	1,926	2,098	2,239	2,419	2,607	2,809	3,027	3,262	3,516	3,788
1歳	1,506	679	1,090	1,139	1,241	1,324	1,431	1,542	1,662	1,790	1,929	2,079
2歳	129	856	328	528	551	600	641	692	746	804	866	934
3歳	101	69	428	164	264	276	300	321	346	373	402	433
4歳	30	37	31	189	73	117	122	133	142	153	165	178
5歳以上	3	7	13	14	62	42	49	53	57	61	66	71
計	2,935	3,491	3,817	4,132	4,430	4,778	5,150	5,550	5,980	6,444	6,945	7,484

資源量(千トン)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	32	50	53	57	61	66	71	77	83	89	96	104
1歳	95	43	69	72	78	83	90	97	105	113	122	131
2歳	11	74	28	46	48	52	55	60	65	70	75	81
3歳	11	7	45	17	28	29	31	33	36	39	42	45
4歳	4	4	4	22	9	14	14	16	17	18	20	21
5歳以上	0	1	2	2	8	5	6	7	7	8	9	9
計	153	180	200	216	232	250	269	290	313	337	363	391
親魚量	73	108	113	123	131	142	153	165	177	191	206	222

漁獲量(千トン)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	3	5	5	6	6	6	7	7	8	9	9	10
1歳	12	10	16	16	18	19	21	22	24	26	28	30
2歳	2	15	6	9	10	11	12	12	13	14	16	17
3歳	4	2	12	5	8	8	9	9	10	11	12	13
4歳	2	2	2	10	4	6	6	7	7	8	9	9
5歳以上	0	0	1	1	4	2	3	3	3	4	4	4
漁獲量計	23	34	41	47	49	53	57	61	66	71	77	83
漁獲割合	15%	19%	21%	22%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%

Fsus

漁獲係数

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.14	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
1歳	0.17	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
2歳	0.22	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
3歳	0.61	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
4歳	1.17	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
5歳以上	1.17	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
平均	0.58	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59

資源尾数(百万尾)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,166	1,843	1,778	1,794	1,773	1,780	1,778	1,777	1,776	1,775	1,774	1,773
1歳	1,506	679	1,049	1,012	1,021	1,009	1,013	1,012	1,011	1,011	1,010	1,010
2歳	129	856	297	459	443	447	442	443	443	443	442	442
3歳	101	69	392	136	210	203	204	202	203	203	203	202
4歳	30	37	27	153	53	82	79	80	79	79	79	79
5歳以上	3	7	11	9	39	22	25	25	25	25	25	25
計	2,935	3,491	3,554	3,563	3,539	3,543	3,541	3,539	3,537	3,535	3,533	3,531

資源量(千トン)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	32	50	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
1歳	95	43	66	64	64	64	64	64	64	64	64	64
2歳	11	74	26	40	38	39	38	38	38	38	38	38
3歳	11	7	41	14	22	21	21	21	21	21	21	21
4歳	4	4	3	18	6	10	9	9	9	9	9	9
5歳以上	0	1	1	1	5	3	3	3	3	3	3	3
計	153	180	186	186	185	185	185	185	185	184	184	184
親魚量	73	108	104	105	104	104	104	104	104	104	104	104

漁獲量(千トン)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1歳	12	12	19	18	18	18	18	18	18	18	18	18
2歳	2	19	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3歳	4	2	14	5	8	7	7	7	7	7	7	7
4歳	2	2	2	9	3	5	5	5	5	5	5	5
5歳以上	0	0	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2
漁獲量計	23	43	48	49	48	48	48	48	48	48	48	48
漁獲割合	15%	24%	26%	27%	26%	26%	26%	26%	26%	26%	26%	26%

Fcurrent

漁獲係数

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.14	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
1歳	0.17	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
2歳	0.22	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
3歳	0.61	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
4歳	1.17	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
5歳以上	1.17	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
平均	0.58	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87

資源尾数(百万尾)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,166	1,843	1,524	1,326	1,134	987	853	738	639	553	478	414
1歳	1,506	679	973	804	700	598	521	450	390	337	292	252
2歳	129	856	244	350	289	251	215	187	162	140	121	105
3歳	101	69	328	93	134	111	96	82	72	62	54	46
4歳	30	37	21	99	28	41	34	29	25	22	19	16
5歳以上	3	7	7	4	16	7	7	6	5	5	4	3
計	2,935	3,491	3,097	2,677	2,301	1,995	1,726	1,493	1,292	1,118	967	837

資源量(千トン)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	32	50	42	36	31	27	23	20	17	15	13	11
1歳	95	43	61	51	44	38	33	28	25	21	18	16
2歳	11	74	21	30	25	22	19	16	14	12	10	9
3歳	11	7	34	10	14	12	10	9	7	6	6	5
4歳	4	4	2	12	3	5	4	3	3	3	2	2
5歳以上	0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0
計	153	180	162	139	120	104	90	78	67	58	50	44
親魚量	73	108	89	78	66	58	50	43	37	32	28	24

漁獲量(千トン)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	3	9	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2
1歳	12	16	23	19	17	14	12	11	9	8	7	6
2歳	2	26	7	11	9	8	7	6	5	4	4	3
3歳	4	3	15	4	6	5	5	4	3	3	3	2
4歳	2	3	2	7	2	3	3	2	2	2	1	1
5歳以上	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
漁獲量計	23	58	55	48	41	35	31	27	23	20	17	15
漁獲割合	15%	32%	34%	35%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%