

## 平成 18 年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、能登正幸、勝川木綿）

参画機関：東北区水産研究所、北海道立釧路水産試験場、北海道立函館水産試験場、青森県水産総合研究センター、岩手県水産技術センター、宮城県水産研究開発センター、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、静岡県水産試験場、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県科学技術振興センター水産研究部、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、愛媛県水産試験場、愛媛県中予水産試験場、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、大阪府立水産試験場、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、香川県水産試験場、岡山県水産試験場、広島県立水産海洋技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター

### 要 約

毎年の年齢別漁獲尾数をもとにしたコホート解析を行い、2005 年までの資源量や漁獲圧について推定した。コホート解析においては、産卵量と親魚量、黒潮親潮移行域の加入量指数と 0 歳魚資源尾数（いずれも 1996～2005 年の期間）の相関を高くするようチューニングを行った。資源量は 1994 年に 100 万トンを超え、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、2004 年初めの時点で約 16 万トンと推定された。2005 年はさらに減少し 12 万トンと推定された。このことから、資源は低位水準で減少傾向にあると判断された。親魚量は 2002 年以降 20 万トンを下回り、2005 年初めの親魚量は 10 万トンも下回り 7.3 万トンと推定された。近年 10 年間（1996～2005 年）の再生産成功率 RPS（加入尾数/親魚量）は、5.7～60.8 尾/kg で推移し、近年 5 年間（2001～2005 年）での平均値は RPS=12.0 尾/kg であった。親魚量と加入尾数には相関関係が見られるので、親魚量の確保は資源維持のために重要である。一方、現状の漁獲圧は、親魚量を維持するには高いと考えられた。

将来予測は、近年の RPS の変動を考慮して行うこととしたが、評価期間（1977 年以降）において最低水準にある本資源は、同時に資源評価誤差がかなり大きい。このことから、本系群の管理目標としては、資源評価誤差と将来予測の不確実性の両面に留意しながら、「最低資源量水準への減少を回避し、親魚量の現状維持以上をめざすよう、漁獲圧を現状から引き下げる。」こととした。ABC 算定にあたっては、今後 10 年間の将来予測においてこの目標を達成できるよう、漁獲を制御することを基本的な考え方とした。具体的には、近年 10 年間（1996～2005 年）のうち、不確実性が特に高い最近年：2005 年を除く 9 年間の RPS の分散を考慮して、2007 年からの 10 年間において最低資源量以下にならない確率を 80% 以上とし、同時に親魚量の現状からの回復を達成する F 値による漁獲量を ABClimit とした。また、予防的措置（ABClimit に対応する F 値に安全率 0.8 を乗じた）を講じた ABCtarget も提示した。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007年 漁獲量 (千ト ン)	F値	漁獲割 合 (%)	評 価		
					A (%)	B (千ト ン)	C (千ト ン)
ABClimit (Fsim・Fsus)	最低資源量への減少 を回避して親魚量の 維持以上を目指す	25	0.43	28	81	53	27
ABCtarget (0.8Fsim)	ABClimit の考え方 に、予防的措置を講 じる	21	0.34	23	98	75	32
現状の漁獲圧維持 (Fcurrent)	現状の漁獲圧を維持 する	31	0.56	34	38	31	20
Blimit への資源 回復 (Frec)	親魚量を 2015 年に 1996 年水準まで回復 させる (昨年度目標)	15	0.23	17	100	136	41

Fsimはシミュレーションにより求めたF。ここでは、今後10年間(2007~2016年)において最低資源量以下にならない確率を80%以上とし、親魚量を(2009年までは減少後)ゆるやかに回復させるFをシミュレーションにより求めた。Fsusは親魚量を維持するF。Fcurrent(現状の漁獲圧)は近年5年間(2001~2005年)平均のFを用いた。F値は全年齢の単純平均値で示した。漁獲割合は将来予測における平均漁獲量/平均資源量。

評価欄のA.B.Cは近年10年間(1996~2005年)のうち、不確実性が特に高い最近年:2005年を除く9年間のRPS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)による

A: 2007~2016年の間、資源量が22千トン(Bban、最低資源量)を上回る確率

B: 2007~2016年の間の平均親魚量

C: 2007~2016年の間の平均漁獲量

ABCtargetで提案したFは、2011年に2006年の親魚量に回復させるFとも対応する。

なお、本資源は、資源低水準期にあつて資源評価誤差が大きいことから、その将来予測にも不確実性が高い。そのため、年々の動向を見ながら慎重に検討することが必要である。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割合
2004	165	48	0.42	30%
2005	121	25	0.31	21%
2006	114	-	-	-

F値は全年齢の単純平均値。漁獲割合は漁獲量/資源量。

2006年の資源量は、1歳以上については2005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2006年の推定親魚量（69千トン）と近年5年間の再生産成功率の平均値（12.0尾/kg）により8.3億尾とした。

年齢別体重には近年増加傾向が見られるが、将来の推移は予測できない。2004年に全体的に重めだったことを考慮して、これを含む近年3年間（2003～2005年）の平均値を適用した。なお、2006年は常磐房総海域において1歳魚の漁況が活発化しており、現在漁獲されている体重から考えて、年間として平均1尾70gと仮定することは、現時点では妥当と判断される。

	指標	値	設定理由
Bban	資源量	22千トン	Wada and Jacobson(1998)による最低資源量。
Blimit	親魚量	低水準期としては 222千トン	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（1996年の親魚量）。
2005年	親魚量	72千トン	

Bbanは、禁漁又はそれに準じた措置を提言する閾値（ここでは最低資源量）。22千トンについては、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する。

現在の親魚量はBlimit未満であるが、資源評価誤差や将来予測の不確実性により、回復目標をたてて回復努力をしても目標達成の不確実性が高いことから、ある水準への回復を数値目標とせず、ゆるやかな回復努力の実行（漁獲係数の現状からの削減）を目標とする。

水準：低位 動向：減少

水準は近年20年における資源量の推移から判断した。動向は近年5年における資源量の推移から判断した。

## 1. まえがき

漁獲量は1981年から1990年までは200万トンを超えていたが、その後急減し、1996年から2001年までは10万～30万トン台、2002～2004年は5万トン前後で推移した。2005年は2万5千トンに減少した（表1）。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が、これは海洋環境の影響によるとの論文がある（Watanabe et al., 1995）。さらに、マイワシでは数十年規模の資源変動をすることが良く知られている（Klyashtorin, 1998）。したがって、資源量水準が低位にある現状では、漁獲量規制による資源管理を行ったとしても、すぐに高水準の資源に回復できるとは考えられない。しかしながら、親魚量と加入量には一定の関係が見られることから、親魚量の確保は資源維持のために重要である。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊（図1・2）

資源水準の高かった1980年代には、九州南方海域から北海道東方沖合域まで広く分布し

ていたが、近年は主に九州南部から陸奥湾までの沿岸域に生息している。回遊の規模は資源量水準により大きく異なる。

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。幼稚魚は黒潮続流域から黒潮親潮移行域にも出現する。冬季に房総沿岸海域に未成魚が来遊する。東日本における索餌域は房総～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。

なお、2005 年級群については、後述の未成魚越冬群調査結果や最近の漁況から、1 歳魚になってから本格的に漁獲加入している可能性も考えられる。

#### (2) 年齢・成長 (図 3・表 2)

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 (図 4)。産卵期は 10～5 月で、最盛期は 2～3 月。卵の分布状況から判断して、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考えられている。

#### (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。

#### (5) 生活史・漁場形成

資源が増加し始めた 1976 年から、薩南海域に大産卵場が出現し、道東海域でまき網の漁場が形成された。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、房総から三陸、道東、さらに千島列島南部沖海域および日付変更線付近までの外洋域に索餌回遊していた。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、道東海域では 1993 年を最後に漁場形成はない。

### 3. 漁業の状況

#### (1) 主要漁業の概要

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。1994 年以降、道東海域でのマイワシの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 年は約 2 万 5 千トンと半減した (図 5・表 1)。

## 4. 資源の状態

### (1) 資源評価の方法

関係機関が資源量調査（補足資料 1）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 2）を行った。

昨年度のコホート解析では、最近年の F は近年 5 年平均の F として計算したが、今年度は、北部まき網の有効努力量が 2005 年に昨年比で半減するなど、大きな変化が見られたことから、機械的に近年 5 年平均とするのは適切でないと考えた。そのため今年度は、漁業とは独立的に 1996 年（Blimit の親魚量）以降 2005 年までの時系列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。産卵量により親魚量を、黒潮親潮移行域加入量指数により 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 1996～2005 年の間とした。

### (2) 資源量指標値の推移

前年 10 月～当年 9 月の産卵量は、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 101 兆粒に回復した（図 6・表 4）。しかしながら、2006 年の産卵量水準は大幅に低下（6 月までの暫定値で 35 兆粒）したようである。

1996 年から実施されている黒潮親潮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 とやや回復した（図 7・表 5）。本指数は、その後の 0 歳魚の加入量変動を良く予測する調査として評価されている。2006 年においては 2.5 へ減少したことから、加入量水準は 2005 年より低いと考えられる。

2000 年以降実施されている黒潮親潮移行域～親潮域におけるサンマ分布調査で得られたマイワシの推定現存量（表 5）は、近年にあっ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・2006 年は俊鷹丸）での年越え 1 歳魚 CPUE（採集重量／曳網回数）（表 5）では、2005 年級の年級豊度が比較的高いことが推測された。

### (3) 漁獲物の年齢組成

年齢別漁獲尾数の経年変動を図 8 と表 3 に示した。近年では、1996、2000 年においては 0 歳魚が多かったが、その他の年は 1 歳魚が最も多い。

### (4) 資源量の推移

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 万トンを越えて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、2004 年は 16 万トン。2005 年は 12 万トンと推定された（図 9、表 6）。2006 年は、推定

親魚量（2005 年における年齢別の資源尾数と漁獲係数と自然死亡係数を用いた前進法により 69 千トン）と、再生産成功率の近年 5 年間（2001～2005 年）平均値から、8.3 億尾とする仮定のもとで、11 万 4 千トンと推定される。

なお、2006 年 6・7 月の常磐房総海域で、1 歳魚主体の好漁が続いた（6 月は約 1 万トン）が、本報告で推定した 2006 年の 1 歳魚の資源量は 44 千トンであり、不整合はない。

なお、0.4 とした自然死亡係数を 0.3、0.5 に変更して、2005 年の資源量を計算した結果を図 10 に示した。

#### (5) 資源の水準・動向の判断

現在の資源量水準は過去 20 年以上にわたる資源量推定値の変動の中で「低位」といえる。資源動向は過去 5 年の推移から「減少」と判断した。

なお、コホート解析結果から 2004 年の加入尾数は 7.0 億尾、2005 年は 12.1 億尾と推定された。親魚量と再生産成功率との関係から 2006 年の加入尾数は 8.3 億尾と推定しており、依然として低水準である。

### 5. 資源管理の方策

#### (1) 再生産関係

図 11 に親魚量と加入尾数の関係を示した。近年においては親魚量、加入尾数とも減少しており、その中において 1996 年は親魚量に対する加入の割合が高く、1999・2004 年は低かったが、全体としては、親魚量と加入尾数の間に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。

図 12 並びに表 7 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。近年 10 年間（1996～2005 年）の再生産成功率 RPS（加入尾数/親魚量）は、5.7～60.8 尾/kg で推移し、近年 5 年間（2001～2005 年）での平均値は RPS=12.0 尾/kg であった。

#### (2) 今後の加入量の見積もり

親魚量が少なく、RPS が高くない状況では、加入量水準が急激に増加することは考えにくい。4- (2) の加入量指数では、2006 年の加入量指数（2.5）は、2001～2004 年の低水準（1 未満）よりは高いが、2005 年級（28）を下回っている。

マイワシについては、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（補足資料 3）。図 13 に、海洋環境と加入の関係を解析したのもとして、漁獲量経年変動と冬季 KESA 海域水温経年変動並びに、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) 加入量当たり漁獲量

図 14 に %SPR・YPR と F との関係を示した。現状の F（2003 年以降は完全加入年齢が 1 歳なので、近年 3 年間：2003～2005 年の平均値とした）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 2003～2005 年の平均値とした。自然死亡係数

は全年齢 0.4 である。現状の  $F$  (0.75) は、成長乱獲の閾値と考えられる  $F_{max}$  より小さいが、持続的利用の指標となる 30%SPR、 $F_{msy}$  の代替値と考えられる  $F_{0.1}$  よりはやや高い値にある。

#### (4) 漁獲圧と資源動向

道東漁場が消滅した 1994 年以降の親魚量と漁獲係数  $F$  (表 8) の関係を図 15 に示した。1996 年の卓越年の翌年から、現実の再生産成功率の変動のもとで、漁獲係数を減少していた場合、資源状態が大きく変わっていた可能性については Yatsu and Kaeriyama(2005)により言及されている。

全年齢平均の  $F$  値は 1 を超える年も見られたが、近年は減少傾向が見られる。図 16 に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。サバの好漁なども複合しているとは考えられるが、こちらも近年は減少傾向が見られており、 $F$  の変動傾向と一致している。2005 年では、資源量 12 万トンに対して漁獲量 2.5 万トンであり、漁獲割合 (漁獲量/資源量) は 21% となり、資源高水準期を除けば低い値となった。

次に現状の  $F$  ( $F_{current}$ 、2001~2005 年、全年齢の単純平均値) に対して漁獲圧をさまざまに抑制した場合の 2007 年以降の漁獲量と親魚量を、前進法により算出し、その推移 (2005・2006 年の値もあわせて示す) を表 9 に示した。RPS は、近年 10 年間 (1996~2005 年) のうち最近年: 2005 年を除く 9 年の RPS からランダムサンプリングし、1000 回試行した。年齢別体重は、近年増加傾向が見られるが、将来の推移は予測できない。2004 年に全体的に重めだったことを考慮して、これを含む近年 3 年間 (2003~2005 年) の平均値を適用した。なお、2006 年 6・7 月は常磐房総海域において 1 歳魚の漁況が活発化しており、2006 年 7 月現在漁獲されている体重から考えて、年間として平均 1 尾 70g と仮定することは、現時点では妥当と判断された。

#### (5) 不確実性を考慮した検討

資源低水準期にあつて、資源評価誤差が大きく、不確実性の要因は多いと考えられるが、将来予測に最も大きな影響を与えると考えられる再生産変動を、ここでは考慮して検討した。将来予測に用いる RPS は、近年 10 年間 (1996~2005 年) のうち最近年: 2005 年を除く 9 年の RPS からランダムサンプリングし、1000 回試行した。図 17 に、加入の不確実性のもとでの  $F_{sus}$  (2008 年までは親魚量は減少するがその後はゆるやかに増加) と  $F_{current}$  による 2016 年までの親魚量並びに漁獲量の平均値と上側 10%、下側 10% の値をあわせて示した。 $F_{current}$  では、減少傾向が引き続き、今後 10 年以内に  $B_{ban}$  水準 (最低資源量 22 千トン) を下回る可能性が高い。 $F_{sus}(0.76 \times F_{current})$  であれば、 $B_{ban}$  を上回り続ける確率は 80% 以上であり、親魚量も 2008 年までの減少後ゆるやかに増加するが、RPS の分散を反映して、将来予測における推定幅はかなり大きい。加入量変動に対応したきめこまかい管理が必要と考えられた。

#### (6) 漁獲制御方法

現状にあつて、資源量が数年のうちに大幅に回復することは期待できないが、親魚量と加入尾数との間に相関関係が見られることから、親魚量の確保は管理手法として有効である。持続的な資源利用のためには現状の漁獲圧はやや高いことから、これを引き下げ、最

低資源量への減少の回避と、親魚量の維持を目指すことが必要である。そのため、2007 年以降の管理目標としては、近年の再生産関係から仮定される加入のもとで、今後 10 年間に おける親魚量維持をはかるよう漁獲を制御することとし、ABC 算定の考え方とした。

## 6. 2007 年 ABC の算定

### (1) 資源評価のまとめ

資源量は低水準であり、減少傾向にある。

再生産成功率は依然として低く、資源量水準の急速な回復は望めない。しかし、親魚量 と加入尾数との相関が高いことから、親魚量を確保することは資源維持のために重要である。また、現状の漁獲圧は、本資源の持続的利用のためには高いと考えられる。

一方、評価期間（1977 年以降）において最低の水準にある本資源については、資源評価 誤差がかなり大きい。このことから、本系群の管理目標としては、資源評価誤差と将来予 測の不確実性の両面に留意する必要がある。

### (2) ABC の設定

近年の RPS を参考にして、最低資源量への減少を回避し、親魚量を現状維持することと した。

管理基準は、親魚量と再生産関係を利用することが可能で、資源量が安全と考えられる 水準よりも少ないので「ABC 算定のための基本規則(平成 18 年度)」の 1-1)-(2)を用いた。

ABClimit は、2007 年以降の漁獲制御により、資源量を最低資源量以上の水準に維持し (Bban を上回り続ける確率を 80%以上、親魚量は 2008 年まで減少するが、以降はゆるやかな回復をはかる) よう、シミュレーションにより設定した。ABCtarget は、ABClimit に予 防的措置を考慮した。

なお、ABC 設定にあたってはいくつかの仮定をおいた。

2006 年の資源量は、1 歳以上については 2005 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 2006 年の推定親魚量 (69 千トン) と近年の 近年 5 年間の再生産成功率の平均値 (12.0 尾/kg) により 8.3 億尾とした。2006 年の F に は近年 5 年間 (2001~2005 年) の平均値を与えた。これによる 2006 年の漁獲量は 42 千ト ンと算出されるが、2006 年の 7 月時点の漁獲経過から見て、これは妥当と考えられる。

年齢別体重には近年増加傾向が見られるが、将来の推移は予測できない。2004 年に全体的に重めだったことを考慮して、これを含む近年 3 年間 (2003~2005 年) の平均値を適用 した。なお、2006 年は常磐房総海域において 1 歳魚の漁況が活発化しており、現在漁獲さ れている体重から考えて、年間として平均 1 尾 70g と仮定することは、現時点では妥当と 判断された。

### (3) 管理の考え方と許容漁獲量

ABClimit、ABCtarget に加え、「現状の漁獲圧で漁獲し続ける」場合のそれぞれの 2007 年 漁獲量等をあわせて掲載した (2016 年までの推移を付表 4 にまとめた)。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007年 漁獲量 (千ト ン)	F 値	漁獲割 合 (%)	評 価		
					A(%)	B (千ト ン)	C (千ト ン)
ABClimit (Fsim・Fsus)	最低資源量への減少 を回避して親魚量の 維持以上を目指す	25	0.43	28	81	53	27
ABCtarget (0.8Fsim)	ABClimit の考え方 に、予防的措置を講 じる	21	0.34	23	98	75	32
現状の漁獲圧維持 (Fcurrent)	現状の漁獲圧を維持 する	31	0.56	34	38	31	20
Blimit への資源 回復 (Frec)	親魚量を 2015 年に 1996 年水準まで回復 させる (昨年度目標)	15	0.23	17	100	136	41

Fsim はシミュレーションにより求めた F。ここでは、今後 10 年間 (2007~2016 年) において最低資源量以下にならない確率を 80%以上とし、親魚量を (2009 年までは減少後) ゆるやかに回復させる F をシミュレーションにより求めた。Fsus は親魚量を維持する F。Fcurrent (現状の漁獲圧) は近年 5 年間 (2001~2005 年) 平均の F を用いた。F 値は全年齢の単純平均値で示した。漁獲割合は将来予測における平均漁獲量/平均資源量。

評価欄の A. B. C は近年 10 年間 (1996~2005 年) のうち、不確実性が特に高い最近年: 2005 年を除く 9 年間の RPS 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) による

A: 2007~2016 年の間、資源量が 22 千トン (Bban、最低資源量) を上回る確率

B: 2007~2016 年の間の平均親魚量

C: 2007~2016 年の間の平均漁獲量

ABCtarget で提案した F は、2011 年に 2006 年の親魚量に回復させる F とも対応する。

なお、本資源は、資源低水準期にあつて資源評価誤差が大きいことから、その将来予測にも不確実性が高い。そのため、年々の動向を見ながら慎重に検討することが必要である。

#### (4) ABC の再評価

2005 年、2006 年に対して当初算定された ABC について、再評価を行った。

2005 年を対象とした再評価: 各再評価年において推定された「2003 年の年齢別資源尾数」からの前進法と「2004 年の 0 歳魚資源尾数」により求まる「2004 年の年齢別資源尾数」並びに「過去 5 年 (1999~2003 年) の年齢別漁獲係数・年齢別選択率・体重」により、「2005 年の資源量」を算出するとともに、「2009 年に親魚量が 130 千トンまで回復する (2004 年段階の目標)」ことを達成する F による「2005 年の ABC」を再算定した。将来予測における

年々の加入量は親魚量と、「過去 10 年（1994～2003 年）の再生産成功率の平均値」により与えた。

2006 年を対象とした再評価：各再評価年において推定された「2004 年の年齢別資源尾数」からの前進法と「2005 年の 0 歳魚資源尾数」により求まる「2005 年の年齢別資源尾数」並びに「過去 5 年（2000～2004 年）の年齢別漁獲係数・年齢別選択率・体重」により、「2006 年の資源量」を算出するとともに、「2015 年に親魚量が 222 千トンまで回復する（2005 年段階の目標）」ことを達成する F による「2006 年の ABC」を再算定した。将来予測における年々の加入量は親魚量と、「過去 10 年（1995～2004 年）の再生産成功率の平均値」により与えた。

再評価結果から、過去 2 年の評価では高い ABC を算定していたといえる。2005 年に年齢別漁獲尾数の大幅な見直しを行ったため、要因の特定が難しいが、2004 年評価では再生産成功率の見通しが高かったこと、2005 年評価では 0 歳魚時の漁獲が多かった 2004 年級群を過大評価していたことが考えられる。2005 年級群の評価は不確実性が高いが、当初の 30 億尾の加入を適用したことについては、過大であったと考えられる。

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)	管理目標
2005 年(当初)	Frec	104	25	21	-	2009 年親魚量 130 千トン
2005 年(2005 年再評価)	Frec	143	15	12	-	2009 年親魚量 130 千トン
2005 年(2006 年再評価)	Frec	121	15	12	25	2009 年親魚量 130 千トン
2006 年(当初)	Frec	158	38	31	-	2015 年親魚量 222 千トン
2006 年(2006 年再評価)	Frec	114	14	12	-	2015 年親魚量 222 千トン

## 7. ABC 以外の管理方策への提言

産卵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（別途解析を行い、補足資料 6 とした）。

## 8. 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。

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. (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 資源量調査

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た。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、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た。

産卵状況は、沿岸では各都府県試験研究機関が周年、沖合では水産研究所が主産卵期に、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た。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た。

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た。加入量指数は $\Sigma$ (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。

冬季並びに初夏に、三陸南部から鹿島灘海域で表中層トロールにより未成魚・成魚を採集し、また科学魚探により現存量を把握した。初夏から秋季まで道東から三陸沖で流網による未成魚・成魚採集を行った。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た。

## 補足資料2 資源量推定法について

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は図2と3および付表1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（付表1）。年齢別資源尾数  $N$  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(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)を参照されたい。

### ステップ1

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

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、最近年、最高齢（プラスグループ、添え字  $p$ ）、最高齢-1歳 ( $p-1$ ) 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、ターミナル  $F$  ( $F_t$ ) 以外は(5)式によった。

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

$F_t$  の内、①最近年の  $F_t$  は過去3年間の  $F$  の平均、②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））。

### ステップ2

ステップ1で得た年別年齢別  $F$  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。選択率は完全加入年齢が1歳になっている近年3年間（2003～2005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。

まず、各資源量指数について

(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資源尾数)の対数) を計算し、2乗の和を求めた (6式)。

$$\sum_y (\ln(I_y) - \ln(qN_y))^2 \quad (6)$$

2つ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。ここで  $I$  は資源量指数、 $N$  は資源尾数、 $q$  は漁具能率(比例係数)である。漁具能率  $q_i$  は (9)式を用いた。

$$\hat{q}_i = \exp \left( \frac{\sum_{y=1}^n \ln \left( \frac{I_{i,y}}{N_{i,y}} \right)}{n} \right) \quad (7)$$

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法 (10式) に加え加入量を仮定した。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (8)$$

漁獲尾数は(11)式によった。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left( 1 - \exp(-F_{a,y}) \right) \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \quad (9)$$

年々の0歳魚資源尾数は、親魚量と再生産成功率により仮定した。2006年の漁獲係数については、現状の  $F$  (近年5年間: 2001~2005年の平均値) を用いた。

### 補足資料3 マイワシの再生産と関係づけられる水温指数

A：親潮南下仮説（海老沢・木下，1998）

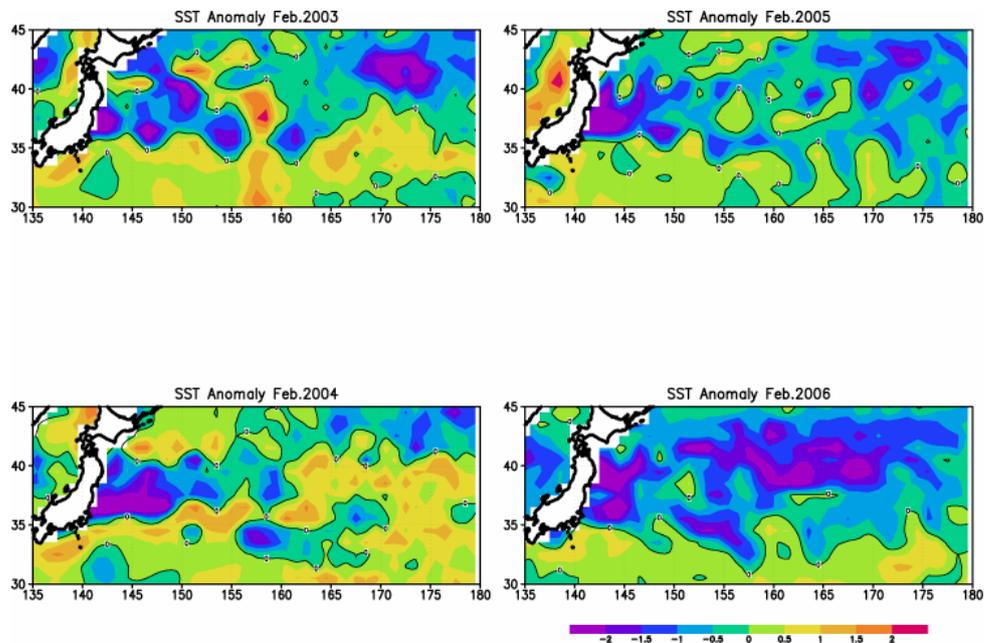
説明：1977-1996年の2-3月における北緯37度以南、東経141-146度の海面水温10℃等温線で囲まれる水域の面積（親潮南下指数）とマイワシ再生産指数（RPS：0歳尾数/親魚量）に有意な正相関がある。

解釈：仔稚魚の生残率は、冬季の栄養豊富な親潮系冷水の南下混合の度合いで決定する。

B：黒潮続流仮説（Noto and Yasuda, 1999）

説明：1979-1994年の1-4月における黒潮続流南側再循環流域（KESA：30-35N, 145-180E）の海面水温とシラス期から1歳までのマイワシ自然死亡係数に有意な正相関がある。

解釈：仔稚魚の生残率は、冬季KESA海域における季節混合過程による下層から表層への栄養塩供給、および偏西風による栄養豊富な親潮系冷水の移流効果、それら両方の量の度合いで決定する。



補足図 3-1：2月海面水温偏差図（左上：2003年；左下：2004年；右上：2005年；右下：2006年）

仮説によるRPSの過去の予測結果の検証と今年（2006年）の予測

・2004年の検証

2004年冬季の海況は、親潮は南下傾向、KESA海域は高水温であった。したがって、AではRPS良好と予測され、BではRPS不良と予測された。実際の2004年のRPSの計算値は不良であったことから、Aの方では説明が付かず、Bでは説明できた。ただし、主要な加入海域がA、Bの想定海域である房総沖から道東沖ではなかったため、2004年はA、B仮説の検証には不適な年であった。

・2005年の検証

2005年冬季の海況は、親潮は南下傾向、KESA海域は平年並みかやや低水温であった。したがって、AではRPS良好と予測され、BではRPS平年並みかやや良好と予測された。実際の2005年のRPSの計算値は、2004年よりも増加したので、RPS良好と言える。つまり、A、Bともに説明が付く。

・2006年の予測

2006年冬季の海況は、親潮は2003年と同程度の強い南下傾向、KESA海域は平年並みの水温であった。したがって、AではRPS良好と予測され、BではRPS平年並みと予測される。

#### 補足資料4 管理目標の変更について

昨年度評価においては「10年後（2015年）の親魚量を1996年水準に回復させる」ことを目標とした。今年度評価においても、現状の漁獲圧は持続的でなく、 $B_{limit}$  (=1996年の親魚量水準) を目標として大幅に低減させることが望ましいとの考え方に変更はない。しかし、資源が評価期間（1977年以降）で最低の水準に減少し、資源の維持すら困難な現実を踏まえて、ゆるやかな資源回復との目標で合意できるのであれば、次善の策として評価できると考えて  $ABC_{limit}$  を提案することとした。

本報告では、 $ABC_{limit}$  は  $F_{sus}$ （ただし  $B_{ban}$  を回避する）を基準とし、昨年度評価で提案した  $F_{rec}$ （親魚量を10年後の2015年に1996年水準まで回復させる）に対応する数値もあわせて提示することとした。

本目標は、水産庁によるマイワシの平成17年、18年TAC設定は「現在の海洋環境が当該資源の増大に好適な状態にあるとは認められないことから、回復のための措置が関係漁業者の経営に大きな影響を与える場合には、現状の資源水準を維持する等回復のスピードに十分配慮して管理を行うものとする。」との考え方に基づいて行われていることと整合するものである。また、今年度  $F_{sus}$  として提案したF値は、一昨年、昨年度評価で提案した  $F_{rec}$  に対応するF値に近く、高水準期でも低水準期でも一定のFで漁獲するとしたときに、長期的な生産量を最大に近い値にするFに近い（現実的には、資源低水準期にあつてこれ以上のFがかかってきたので、資源はさらに低い状態にあると考えられることから、より低いFが望ましい）。これを基準にしてFを引き下げることが検討すべきと考えられる。

## 補足資料5 マイワシ太平洋系群に対する漁獲係数Fのリスク評価

2007年から一定の漁獲圧に制御する管理を行った場合、次に示す3つの管理目標の目標達成確率を数値計算によって求めた。

(A) 2007～2016年の間、資源量がBban(22000トン)を上回る確率

(B) 10年後(2016年)のSSBが2006年のSSBを上回る確率

(C) 5年後(2011年)のSSBが2006年のSSBを上回る確率

### 【数理モデル】

資源動態は年齢構成のある個体群動態モデルを適用し、加入変動による確率変動を仮定した。 $y$ 年の $t$ 歳魚の個体数を $N_{t,y}$ 、漁獲量を $C_{t,y}$ とすると、資源動態は以下の式で表現できる。

$$N_{t+1,y+1} = N_{t,y} \exp(-M - q_t F)$$

プラスグループは、

$$N_{5+,y+1} = N_{5+,y} \exp(-M - q_{5+} F) + N_{4,y} \exp(-M - q_4 F)$$

$$SSB_y = \sum_t m_t w_t N_{t,y}$$

$$N_{0,y+1} = RPS_{y+1} SSB_y$$

$$C_{t,y} = (1 - \exp[-q_t F - M]) \frac{q_t F}{q_t F + M} w_t N_{t,y}$$

ただし、 $m_t$ 、 $w_t$ 、 $q_t$ は年齢 $t$ の成熟率、体重、選択率。 $F$ は完全加入の漁獲係数を表す。 $RPS_{y+1}$ は、 $y+1$ 年の産卵親魚重量当たり加入尾数であり、加入成功率という。加入成功率は毎年変動するとし、コホート計算から得られた1996年～2005年のRPS(61, 16, 17, 6, 21, 14, 14, 9, 6, 16)をランダム抽出した。体重と年齢別選択率および成熟率は2003～2005年の平均値を用いた(補足表1)。また、自然死亡係数 $M=0.4$ と仮定した。

2007年から2016年までの10年間、体重と成熟率が変化しないと仮定し、一定の年齢別選択係数と漁獲係数で漁獲した場合の産卵親魚量と資源重量を求めた。このような試行を1万回おこない、管理目標(A)(B)(C)の確率を求めた。

### 【結果】

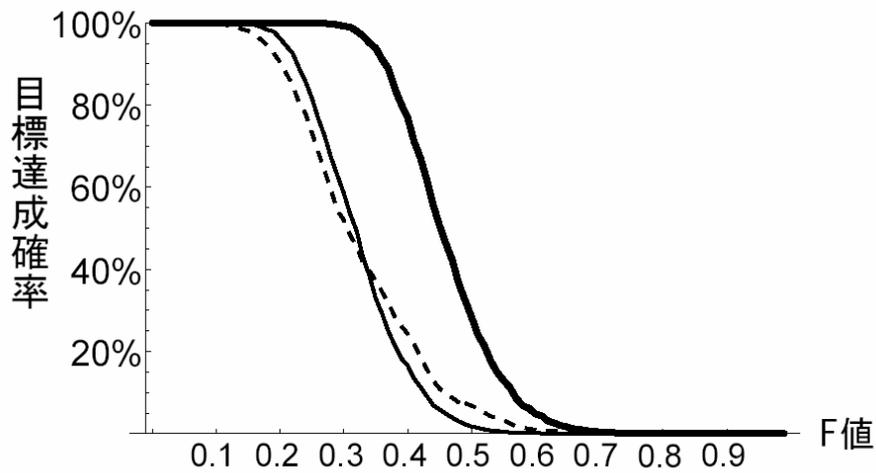
補足図1に目標達成確率を示す。横軸は年齢別漁獲係数の平均(F値)である。漁獲係数が高くなるといずれの確率も減少する。目標(A)の目標達成確率は80%以上となるのは、F値が0.4より小さいときである。F値=0.40から0.48に増加すると、目標(A)の目標達成確率は36%と半減する。目標(A)はF値=0.7を超えると達成確率0%となる。補足表2に3つの管理基準値に対する目標達成確率を示す。FtargetのF値で漁獲を続けると禁漁水準を下回る確率は3%であるが、5年後10年後現在よりも資源が増加する確率は50%に満たない。

補足表1 数値計算で用いたパラメタ

$t$	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳+
体重(g) $w_t$	27	70	92	115	127	145
成熟率 $m_t$	0	0.5	1	1	1	1
選択率 $q_t$	0.45	1	0.48	0.44	0.59	0.59
2006年の資源尾数 (百万尾) $N_{t,0}$	1000	626	88	72	92	85
自然死亡係数 $M$	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

補足表2 漁獲係数と管理目標(A)(B)を達成する確率

齢別漁獲係数の平均F値	(A)	(B)	(C)
$F_{\text{target}} (=0.32)$	97%	49%	45%
$F_{\text{limit}} (=0.40)$	41%	17%	24%
$F_{\text{current}} (=0.57)$	9%	0%	1%



補足図1 目標達成確率。横軸は齢別漁獲係数の平均値 (F 値)。目標Aの達成確率を実線、(B)の達成確率を細線、(C)の達成確率を点線で表す。各管理基準における達成確率は補足表2を参照。

## 補足資料 6 当歳魚保護の効果

0 歳魚を保護した場合と漁獲した場合の 2 つの漁獲方策について、資源の存続性および漁獲量を比較する。0 歳魚への選択率を 1 歳と 2 歳に等分に振り分けると仮定したため（補足表 3）、2 つの漁獲方策の F 値は等しい。補足資料 5 の数理モデルに従い、

(A) 2007～2016 年の間、資源量が  $B_{ban}$  (22,000 トン) を上回る確率

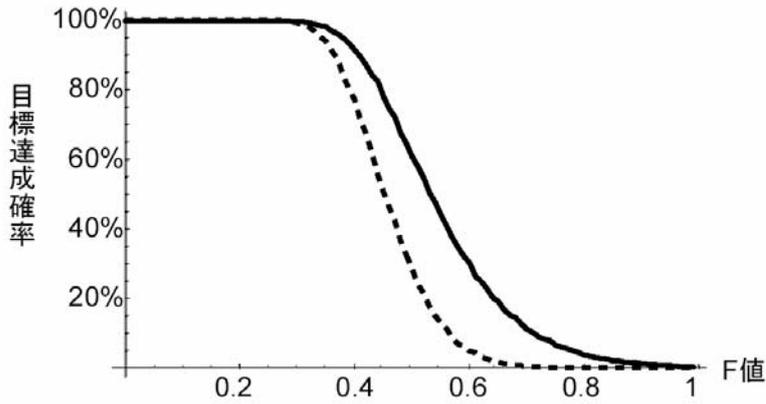
(B) 10 年後（2016 年）の SSB が 2006 年の SSB を上回る確率

を求めた。

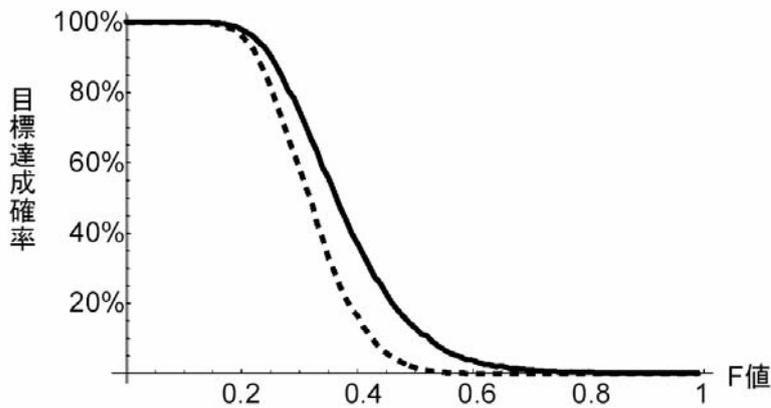
漁獲係数の平均値（F 値）が等しい場合、当歳魚を保護する方が漁獲した場合よりもいずれの管理達成確率も高い。また、一定の確率で目標を達成する F 値は、当歳魚を保護する漁獲方策の方が高い。F 値が 0.43 から 0.63 の間にあるとき、目標達成確率(A)は 20%以上増加する（補足図 2）。F 値=0.4 のとき、当歳魚を保護すると目標(A)の達成確率は 91%であり、漁獲した場合よりも 14%増加する。F 値=0.58 の場合は、当歳魚を保護することによって目標達成確率は 41%から 64%に上昇する。F 値が 0.35 から 0.41 の間にあるとき、目標達成確率(B)は 20%以上増加する（補足図 3）。70%以上で目標(B)を達成する F 値は、当歳魚を保護した場合には 0.31、一方、当歳魚も漁獲した場合には 0.27 であった。漁獲係数の平均は減少させず選択性を変えることだけで、いずれの目標達成確率も増加させることができる。不確実性への対処としても、当歳魚保護は有効な管理方策である。

補足表3 齢別選択率

年齢	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳+
当歳魚保護	0	1.24	0.67	0.41	0.53	0.53
現状	0.48	1	0.43	0.41	0.53	0.53



補足図2 10年間資源量がBbanを上回る確率。実線は当歳魚を保護した場合、点線は現在の獲り方を続けた場合の目標達成確率。横軸は各年齢の漁獲係数の平均(F値)。



補足図3 10年後のSSBが現在のSSBを上回る確率。実線は当歳魚を保護した場合、点線は現在の獲り方を続けた場合。横軸は各年齢の漁獲係数の平均(F値)。

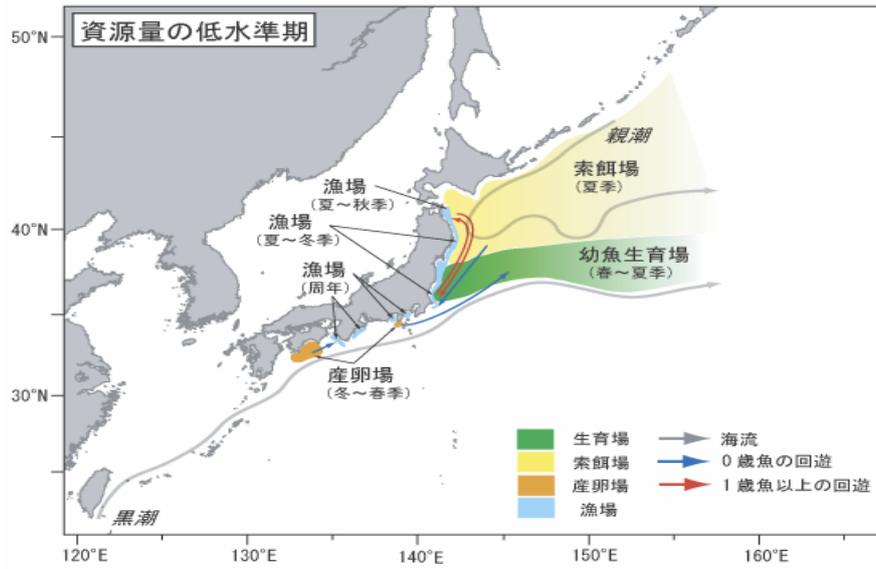


図1 生活史と漁場形成の模式図（資源低水準期）

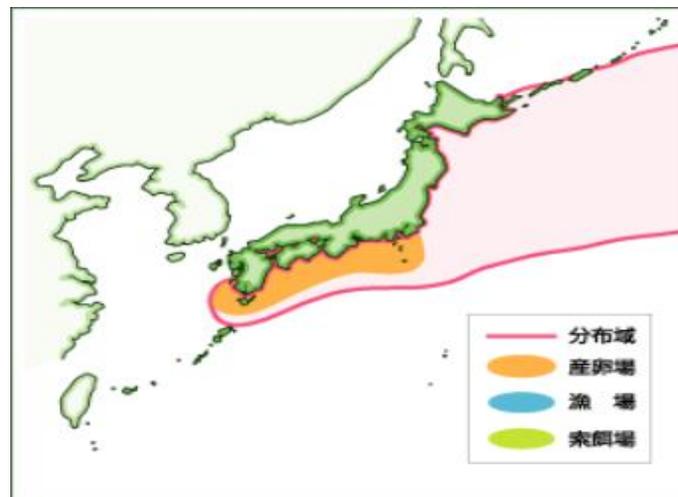


図2 資源量の高水準期における分布域の模式図

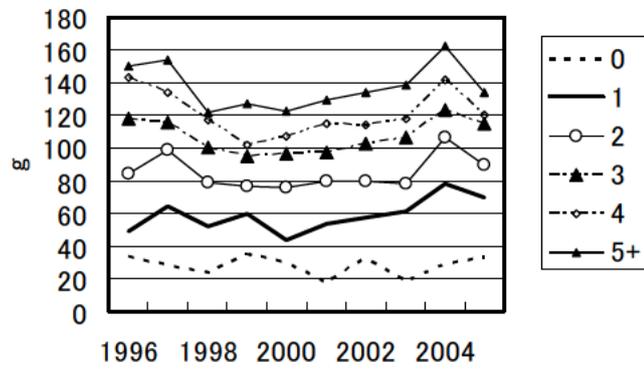
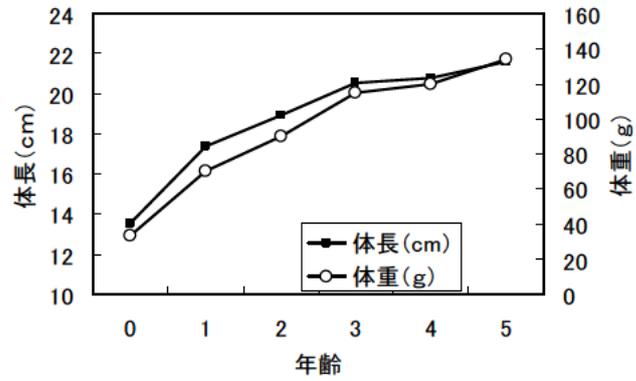


図3 上：年齢と成長（2005年）、下：年齢別平均体重の経年変化。

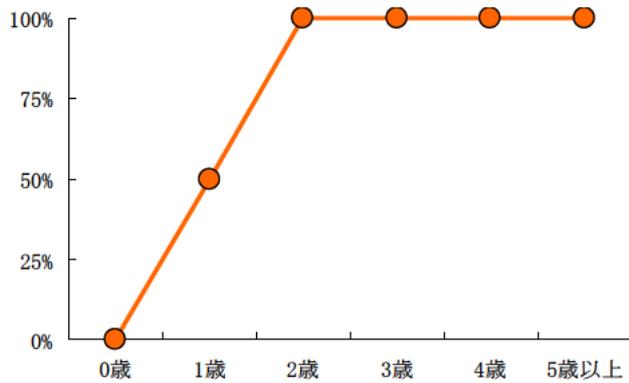


図4 年齢と成熟率

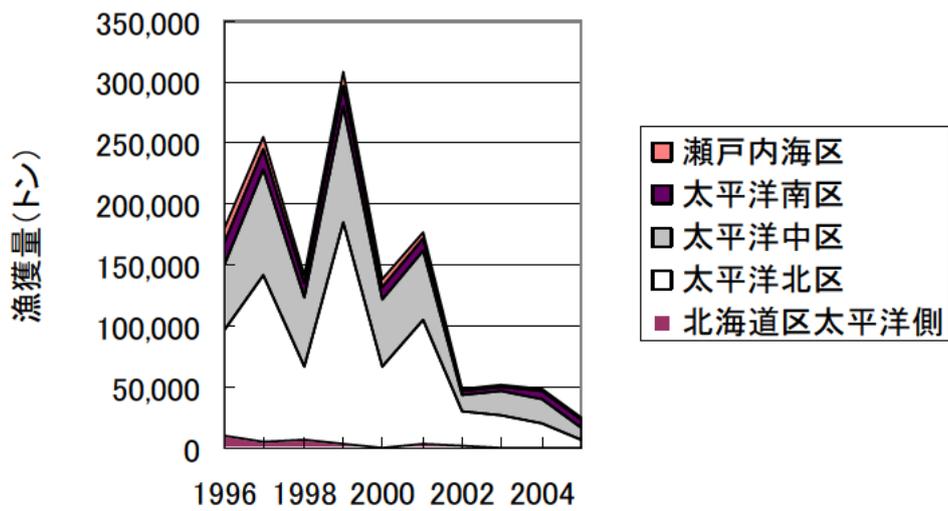
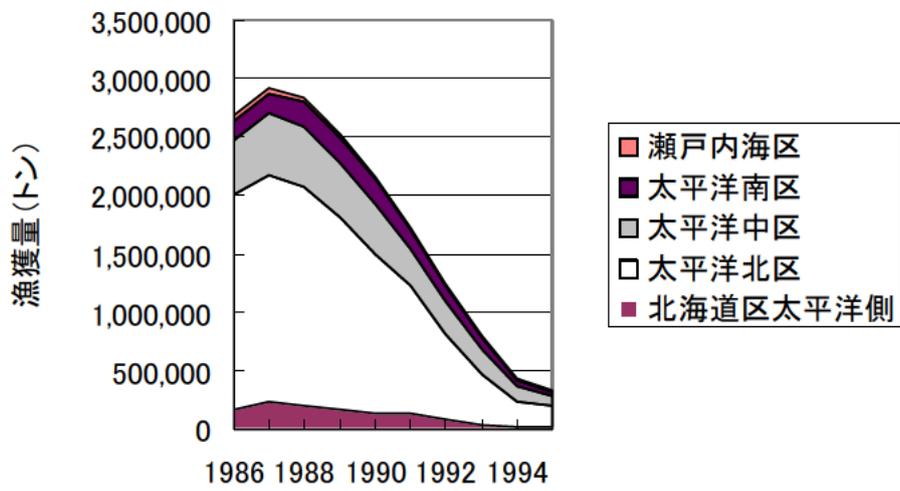


図5 漁獲量の推移（農林統計による、2005年分は暫定値）

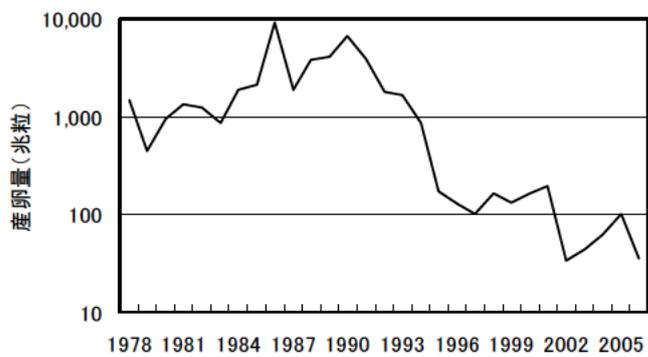


図6 産卵量（前年10月～9月）。数値軸単位は兆粒。

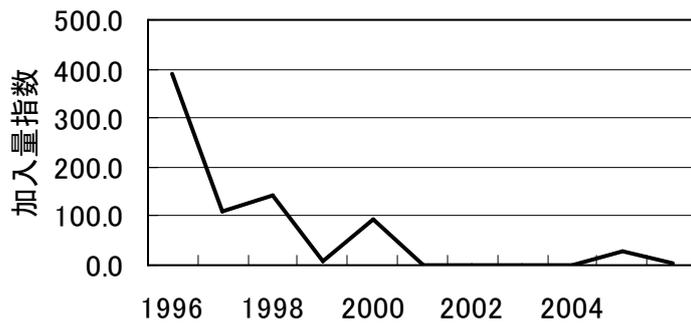


図7 幼稚魚加入量指数の経年変化

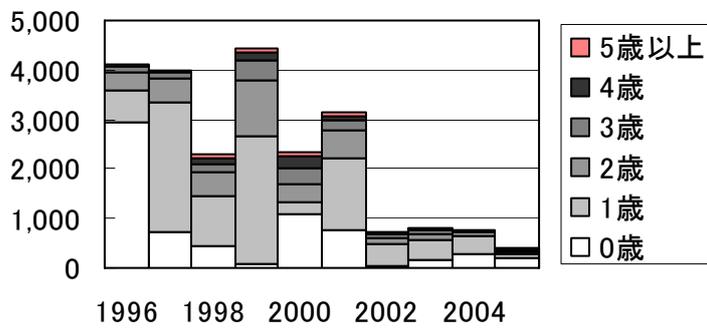
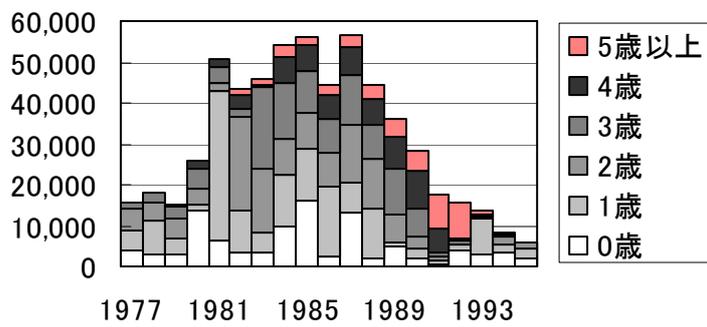


図8 年齢別漁獲尾数（縦軸：百万尾）

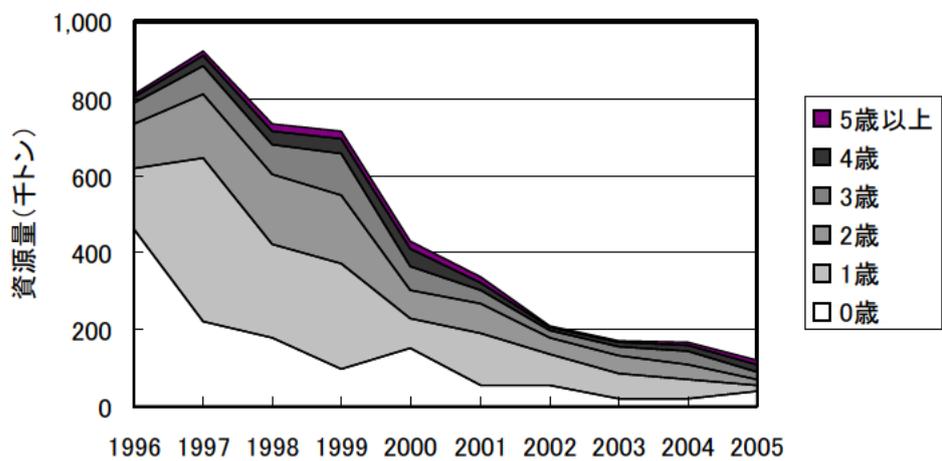
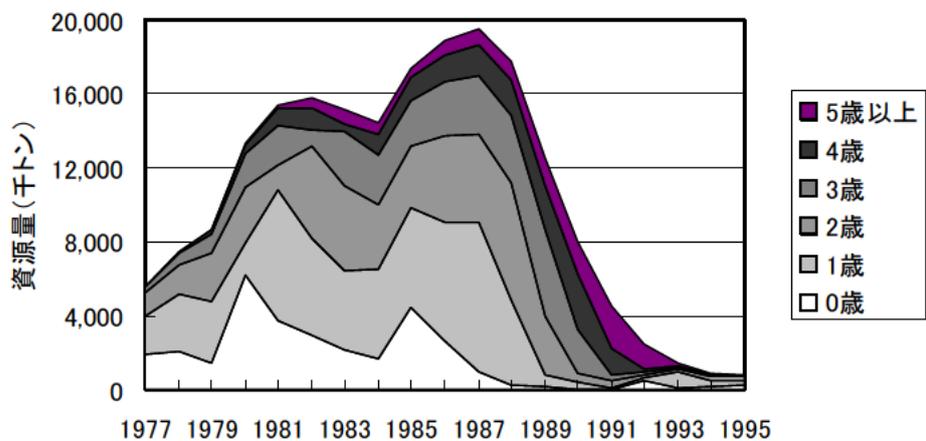


図9 資源量の推移 (縦軸：千トン)

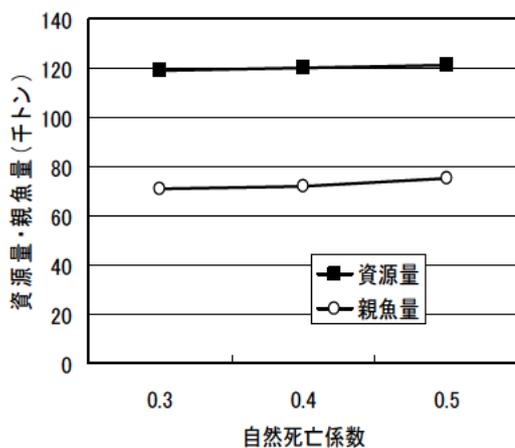


図10 自然死亡係数 M と資源量、親魚量の関係

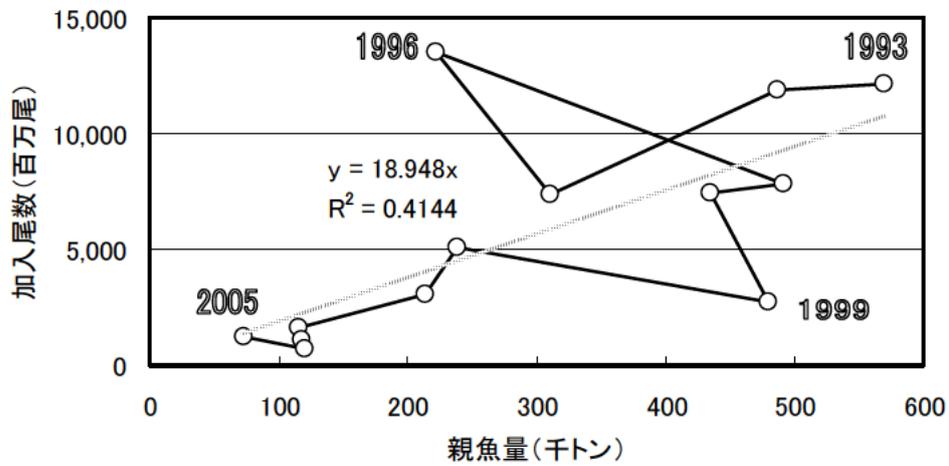


図 11 親魚量と加入尾数の関係（1993 年～2005 年）右上が 1993 年、左下が 2005 年  
 回帰直線は 1993～2005 年に対するもの。

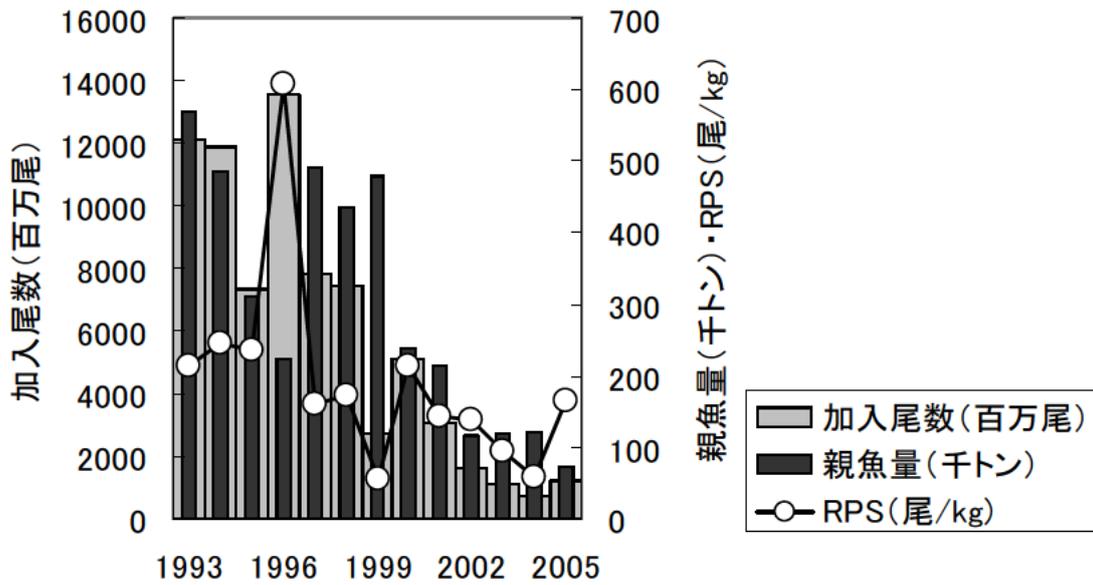


図 12 親魚量（千トン）、再生産成功率（RPS：0 歳魚尾数/親魚量 kg）の推移（0 歳魚加入  
 尾数とあわせて表示）

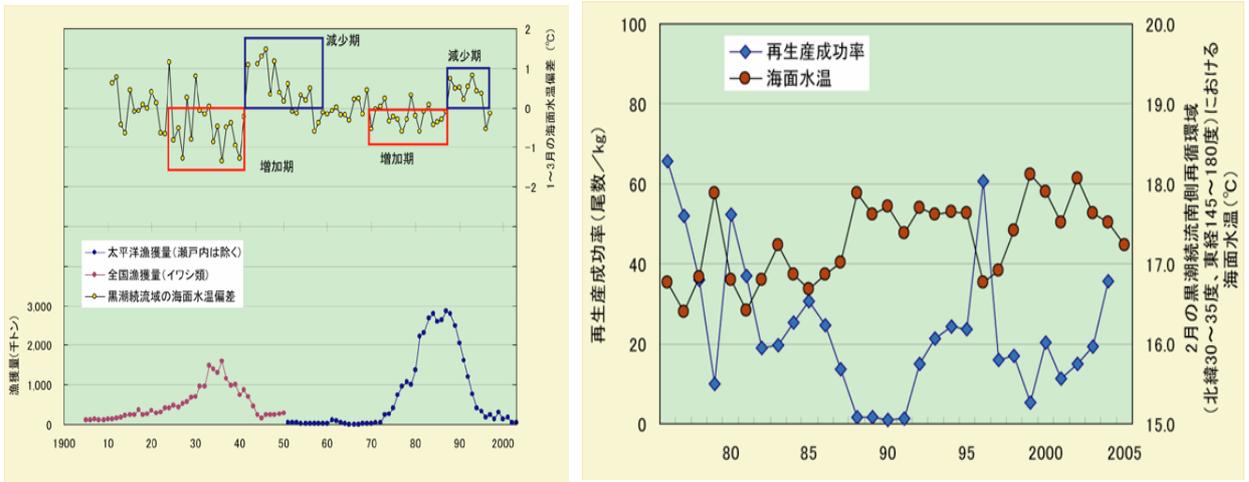


図 13 海洋環境と加入の関係

左図：漁獲量経年変動と冬季 KESA 海域水温経年変動 (Noto and Yasuda (2006) より引用)  
 右図：再生産成功率経年変動と 2 月 KESA 海域水温経年変動

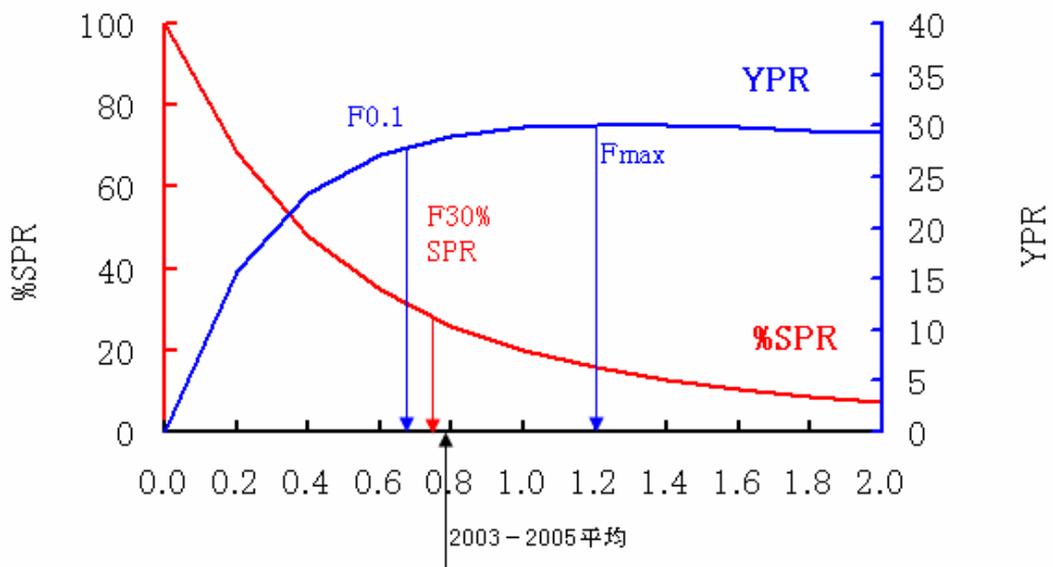


図 14 YPR・%SPR の図 年齢別選択率、年齢別体重、自然死亡係数、RPS で作図。

横軸は完全加入年齢の  $F$ 。30%SPR に対応する  $F=0.70$ 、 $F_{max}$  に対応する  $F=1.20$ 、現状の完全加入  $F=0.79$  であり、 $F_{max}$  よりは低い、 $F_{30\%SPR}$  よりはやや高い。

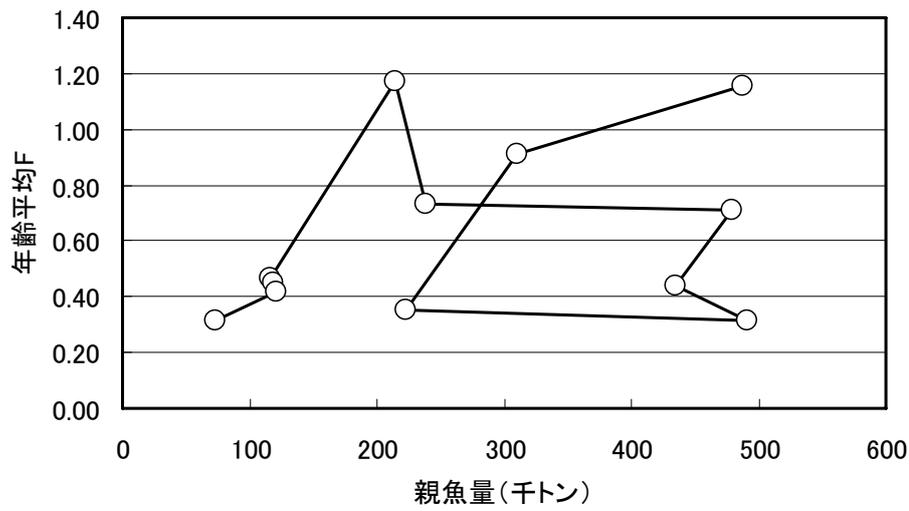


図 15 道東漁場が消滅した 1994 年以降の親魚量 (横軸・千トン) と年齢平均の F の関係 (右上が 1994 年、左下が近年)

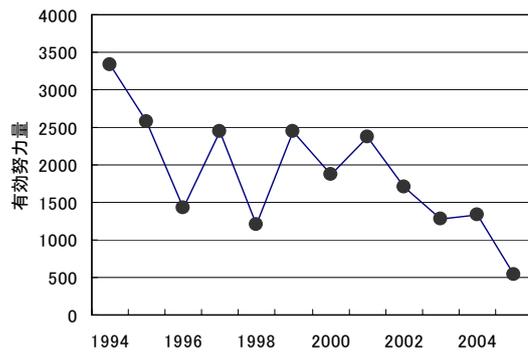


図 16 北部太平洋まき網の有効努力量 (漁業情報サービスセンター)

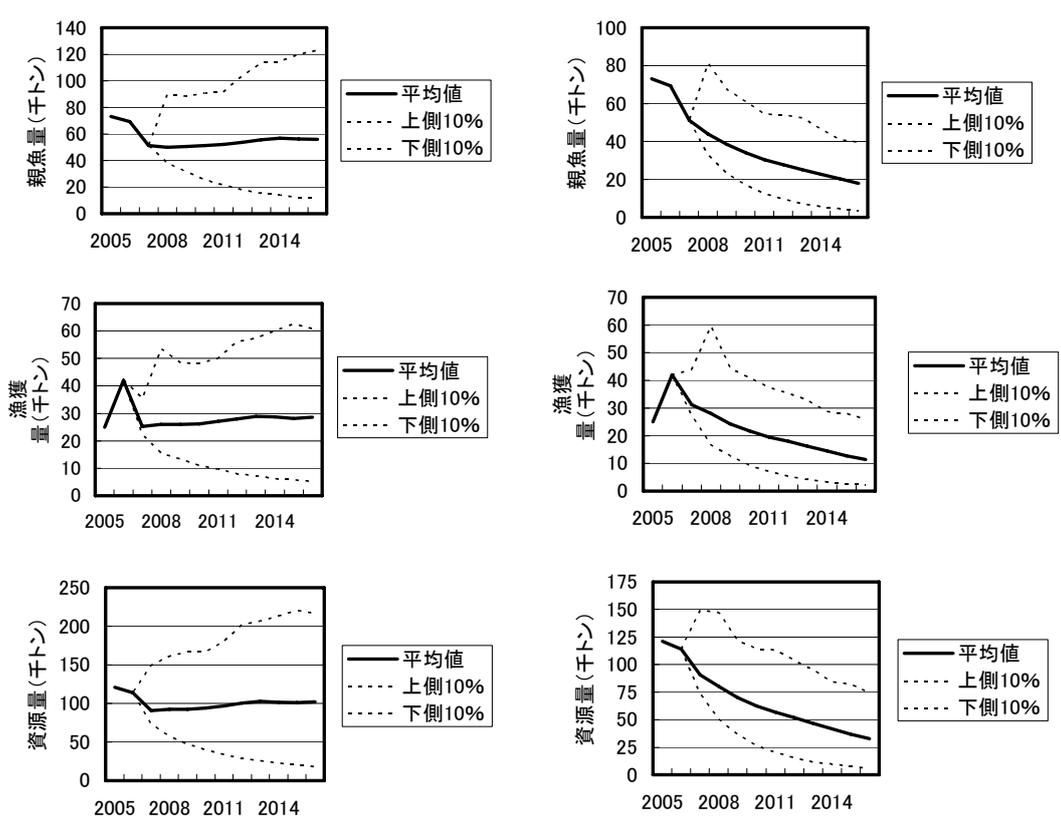


図 17  $F_{sus}$  (左)、 $F_{current}$ (右)で管理した場合の親魚量 (上段)、漁獲量 (中段) と資源量 (下段) の推移 各年における RPS は近年 10 年間 (1996~2005 年) のうち、最近年 2005 年を除く 9 年間の値からランダムにサンプリングして、1000 回シミュレーションを行った。 $F_{current}$  は近年 5 年 (2001~2005 年) 平均の  $F$ 。  
 再生産成功率の分散を反映して将来予測における幅が大きい。不確実性が高いことからきめこまかい管理が必要と考えられる。

表1 マイワシ太平洋系群の海區別漁獲量 (トン、生産統計年報)

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
北海道区太平洋側	96,954	79,846	107,259	127,423	168,031	143,620	197,985	179,732	242,882	162,169	240,027	206,559	162,421	133,662	127,300
太平洋北区	492,584	561,765	567,611	802,078	1,424,054	1,506,624	1,811,032	1,772,644	1,672,963	1,852,175	1,929,042	1,870,060	1,642,989	1,363,264	1,098,184
太平洋中区	344,671	333,661	257,852	356,479	537,231	507,906	529,817	636,216	480,825	456,402	527,145	516,675	475,075	419,087	318,468
太平洋南区	33,031	93,597	81,214	88,884	94,186	164,095	156,844	215,697	197,520	162,691	170,254	211,680	203,343	230,269	166,734
瀬戸内海区	23,301	80,618	74,602	70,155	72,355	96,860	29,458	65,337	49,648	51,262	49,295	32,526	39,703	16,178	13,351
計	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	2,837,500	2,523,531	2,162,460	1,724,037
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
北海道区太平洋側	75,677	38,959	24,703	19,212	9,203	4,601	7,280	2,914	755	3,411	924	364	324	96	
太平洋北区	737,986	431,718	208,940	177,153	86,730	136,570	59,962	182,004	65,680	101,674	28,288	25,978	20,419	7,085	
太平洋中区	274,959	204,240	123,324	80,753	54,063	87,158	56,674	95,810	55,413	56,197	13,670	19,956	20,075	8,702	
太平洋南区	137,403	109,896	61,211	42,309	18,915	16,574	10,743	15,334	10,330	10,878	3,819	2,876	5,204	8,007	
瀬戸内海区	14,385	5,921	6,773	12,722	11,809	10,246	6,854	11,795	6,565	4,854	2,160	1,790	1,963	987	
計	1,240,410	790,734	424,951	332,149	180,720	255,149	141,513	307,857	138,743	177,014	48,861	50,964	47,985	24,877	

表2 年齢別平均体重 (g)

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
0歳	21	22	34	21	19	19	12	8	18	10	6	12	10	5	4
1歳	58	52	55	69	38	41	42	41	40	42	47	49	45	41	30
2歳	84	84	81	81	85	53	59	54	49	59	54	58	59	58	87
3歳	105	105	105	102	97	91	67	68	67	75	67	75	75	79	97
4歳	118	118	118	118	116	106	93	84	83	93	89	89	93	91	99
5歳以上	127	127	127	127	127	125	111	108	103	115	108	101	108	105	108
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
0歳	18	6	11	34	34	28	24	35	30	17	33	18	29	33	
1歳	54	61	56	49	49	64	52	60	44	54	58	61	78	70	
2歳	83	79	94	84	84	99	79	77	76	79	80	78	107	90	
3歳	96	112	120	118	118	116	101	95	96	97	103	107	123	115	
4歳	99	134	135	143	143	134	118	102	107	115	114	118	142	120	
5歳以上	111	133	140	156	150	154	122	127	123	129	134	138	162	134	

表 3 年齢別漁獲尾数 (百万尾) 年齢は暦年

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
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
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
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
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
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
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
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
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
0歳	4,003	2,806	3,518	1,973	2,948	725	451	61	1,070	772	25	163	299	210	
1歳	1,190	8,933	2,090	2,533	651	2,638	993	2,606	255	1,444	459	410	329	76	
2歳	363	317	1,789	1,231	336	449	490	1,108	377	557	137	126	89	26	
3歳	738	321	319	193	128	139	148	422	322	197	51	72	17	30	
4歳	768	329	125	42	28	30	142	174	235	105	29	32	11	39	
5歳以上	8,352	932	328	60	12	10	71	59	89	79	18	12	6	19	
計	15,414	13,637	8,168	6,033	4,103	3,990	2,295	4,430	2,348	3,155	719	814	751	399	

表 4 産卵量 (兆粒) 産卵期は前年 10 月～当年 9 月までを集計

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

表5 加入量指数・資源量指数 (対応する年級に対して表示)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
移行域幼稚魚による加入量指数	391.0	109.0	143.0	9.0	95.0	0.2	0.5	0.3	0.5	28.0	2.5
サンマ分布調査における0歳魚現存量(億尾)						0.3	7.0	1.2	0.0	1.0	0.0
越冬期未成魚CPUE(kg/網)						0.19	1.39	1.57	0.01	2.82	
サンマ分布調査における1歳以上現存量(億尾)				18.55			1.71	8.04	1.14	0.02	0.03

表6 年齢別資源重量 (千トン)

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
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
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
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
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
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
5歳以上	0	5	7	94	192	574	775	633	506	757	894	1,051	1,470	1,713	2,337
計	<b>5,553</b>	<b>7,440</b>	<b>8,647</b>	<b>13,366</b>	<b>15,415</b>	<b>15,830</b>	<b>15,151</b>	<b>14,419</b>	<b>17,392</b>	<b>18,881</b>	<b>19,542</b>	<b>17,774</b>	<b>12,507</b>	<b>7,981</b>	<b>4,546</b>
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
0歳	492	73	131	249	458	219	179	96	151	53	53	20	21	40	
1歳	171	918	327	248	161	426	242	276	78	137	82	65	48	16	
2歳	122	91	260	186	113	167	182	177	74	78	41	45	40	13	
3歳	173	77	61	46	55	73	77	108	61	33	21	25	35	20	
4歳	114	81	27	11	15	28	36	40	45	19	8	11	14	21	
5歳以上	1,393	228	73	18	7	11	19	17	20	16	6	5	8	11	
計	<b>2,465</b>	<b>1,468</b>	<b>879</b>	<b>758</b>	<b>810</b>	<b>923</b>	<b>734</b>	<b>714</b>	<b>428</b>	<b>336</b>	<b>210</b>	<b>171</b>	<b>165</b>	<b>121</b>	

表 7 親魚量・加入尾数・RPS

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
親魚量(千ト)	1,774	2,620	4,219	5,613	5,325	8,158	9,140	8,368	8,079	10,499	11,322	13,355	11,754	7,609	4,440
加入尾数(百万尾)	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
RPS(尾/kg)	52.00	35.95	9.94	52.20	37.15	19.15	19.72	25.43	30.68	24.76	13.82	1.71	1.65	0.91	1.20
親魚量(千ト)	1,819	569	487	311	222	491	434	479	238	214	116	118	120	73	
加入尾数(百万尾)	27,331	12,134	11,900	7,346	13,532	7,821	7,451	2,721	5,088	3,063	1,604	1,113	704	1,208	
RPS(尾/kg)	15.02	21.33	24.43	23.65	60.83	15.93	17.15	5.67	21.33	14.32	13.82	9.43	5.85	16.44	

表 8 漁獲係数

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
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
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
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
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
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
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
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
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
0歳	0.20	0.33	0.45	0.40	0.31	0.12	0.08	0.03	0.30	0.37	0.02	0.20	0.73	0.24	
1歳	0.62	1.29	0.57	0.93	0.28	0.66	0.30	1.17	0.19	1.19	0.50	0.64	1.07	0.53	
2歳	0.36	0.41	1.55	1.15	0.36	0.39	0.30	0.89	0.65	1.18	0.39	0.31	0.35	0.25	
3歳	0.69	0.84	1.45	0.92	0.41	0.32	0.27	0.60	0.96	1.24	0.37	0.47	0.08	0.24	
4歳	1.68	1.09	1.45	1.04	0.39	0.19	0.84	0.79	1.15	1.53	0.76	0.55	0.15	0.31	
5歳以上	1.68	1.09	1.45	1.04	0.39	0.19	0.84	0.79	1.15	1.53	0.76	0.55	0.15	0.31	
平均	0.87	0.84	1.15	0.91	0.35	0.31	0.44	0.71	0.73	1.17	0.47	0.45	0.42	0.31	

表9 Fcurrent から制御した場合の2007～2016年の親魚量・漁獲量の変化 加入量の計算に用いたRPSは、1996～2004年からランダムサンプリングしたシミュレーションを1000回を行い、それによる親魚量、漁獲量の平均値を求めた。

親魚量 千トン													
F(全年齢平均)	基準値	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0.23	0.4Fcurrent	73	69	51	61	74	90	109	136	168	209	269	329
0.34	0.6Fcurrent	73	69	51	55	61	67	73	79	88	95	104	113
	Fsus相当												
0.45	0.8Fcurrent	73	69	51	46	41	38	34	31	29	27	25	23
0.56	Fcurrent	73	69	51	44	38	34	30	28	25	23	20	18
0.68	1.2Fcurrent	73	69	51	40	33	27	22	17	14	11	9	7
漁獲量 千トン													
F(全年齢平均)	基準値	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0.23	0.4Fcurrent	25	42	15	18	22	26	32	41	50	63	81	96
0.34	0.6Fcurrent	25	42	21	23	26	28	30	33	37	39	43	47
0.45	0.8Fcurrent	25	42	30	29	26	24	21	19	19	17	15	14
0.56	Fcurrent	25	42	31	28	24	22	20	18	16	15	13	11
0.68	1.2Fcurrent	25	42	36	30	24	19	16	13	10	8	7	5

付表 1 年齢別成熟率

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5歳以上	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1歳	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
2歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5歳以上	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

付表 2 年齢別加入割合 (選択率)

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
0歳	0.04	0.02	0.14	0.08	0.12	0.06	0.03	0.06	0.12	0.02	0.19	0.23	0.75	0.79	0.17
1歳	0.15	0.10	0.14	0.10	0.84	0.22	0.07	0.15	0.17	0.24	0.10	0.39	0.23	0.95	0.53
2歳	0.42	0.17	0.32	0.16	0.49	0.79	0.35	0.18	0.25	0.22	0.38	0.33	0.37	1.00	0.52
3歳	1.00	0.35	0.72	0.54	0.69	0.69	1.00	0.58	0.59	0.50	0.68	0.53	0.52	0.66	1.00
4歳	0.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
5歳以上	0.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
0歳	0.12	0.26	0.29	0.35	0.76	0.18	0.09	0.02	0.26	0.24	0.03	0.31	0.69	0.45	
1歳	0.37	1.00	0.37	0.81	0.68	1.00	0.36	1.00	0.17	0.78	0.66	1.00	1.00	1.00	
2歳	0.21	0.32	1.00	1.00	0.90	0.59	0.36	0.76	0.56	0.77	0.51	0.48	0.32	0.48	
3歳	0.41	0.65	0.93	0.80	1.00	0.48	0.32	0.52	0.84	0.81	0.49	0.73	0.07	0.45	
4歳	1.00	0.84	0.93	0.91	0.95	0.29	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	0.85	0.14	0.59	
5歳以上	1.00	0.84	0.93	0.91	0.95	0.29	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	0.85	0.14	0.59	

附表 3 年齡別資源尾數 (百萬尾)

年	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
0歲	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
1歲	35,269	58,696	60,656	25,786	185,141	127,459	101,808	117,845	134,740	152,956	172,115	94,005	13,794	9,154	3,142
2歲	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
3歲	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
4歲	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
5歲以上	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
計	145,473	178,779	146,797	378,876	430,545	403,221	414,938	453,325	507,345	554,031	491,394	305,953	188,310	103,702	51,767
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
0歲	27,331	12,134	11,900	7,346	13,532	7,821	7,451	2,721	5,088	3,063	1,604	1,113	704	1208	
1歲	3,164	15,043	5,836	5,097	3,308	6,657	4,649	4,625	1,774	2,534	1,421	1,055	613	227	
2歲	1,472	1,146	2,770	2,201	1,343	1,684	2,302	2,303	967	980	516	577	371	141	
3歲	1,805	690	509	392	468	625	762	1,142	637	339	201	234	283	176	
4歲	1,153	606	200	80	105	209	305	390	420	163	66	93	98	176	
5歲以上	12,546	1,716	524	114	46	69	154	133	160	123	42	34	49	85	
計	47,471	31,334	21,739	15,230	18,801	17,065	15,623	11,314	9,045	7,203	3,850	3,106	2,119	2,014	

付表 4 ABClimit、ABCtarget、Fcurrent での将来予測。

計算に用いた RPS は、近年 10 年間（1996～2005 年）から最近年：2005 年を除く 9 年間の値からランダムサンプリングし、ここでは親魚量、漁獲量、資源量の平均値、上側 10%、下側 10% を掲載した。年齢別体重は近年 3 年間平均。成熟割合は 1 歳 0.5、2 歳以上 1。自然死亡係数は全年齢に対し 0.4。2006 年の F は近年 5 年間平均、2006 年の 0 歳魚については親魚量と再生産成功率の関係から 8.3 億尾とした。

ABClimit (Fsim・Fsus)

親魚量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	73	69	51	50	51	51	52	54	56	57	56	56
上側10%	73	69	51	90	88	91	92	104	114	115	120	123
下側10%	73	69	51	38	32	25	21	18	15	14	12	11

漁獲量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	25	42	25	26	26	26	27	28	29	29	28	29
上側10%	25	42	35	54	48	48	50	56	57	60	63	61
下側10%	25	42	22	15	13	11	10	8	7	6	6	5

資源量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	121	114	91	92	92	94	97	100	103	102	101	102
上側10%	121	114	149	161	167	167	180	202	207	214	220	217
下側10%	121	114	73	57	47	40	34	28	26	23	20	18

ABCtarget (0.8 × F<sub>sus</sub>)

親魚量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	73	69	51	55	60	64	70	76	83	90	97	104
上側10%	73	69	51	96	104	112	123	143	161	179	195	218
下側10%	73	69	51	42	38	33	30	28	26	24	23	23

漁獲量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	25	42	21	24	25	27	30	32	35	38	40	44
上側10%	25	42	29	48	46	49	54	60	71	78	82	96
下側10%	25	42	19	14	13	12	11	11	10	9	9	9

資源量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	121	114	92	100	107	116	126	138	150	162	173	188
上側10%	121	114	149	172	189	205	238	267	299	320	353	404
下側10%	121	114	73	63	57	52	48	45	42	40	39	39

F<sub>current</sub>

親魚量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	73	69	51	44	38	34	30	28	25	23	20	18
上側10%	73	69	51	81	67	61	55	54	53	46	41	39
下側10%	73	69	51	33	23	17	13	10	7	6	5	4

漁獲量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	25	42	31	28	24	22	20	18	16	15	13	11
上側10%	25	42	44	60	44	41	38	35	33	29	28	26
下側10%	25	42	27	17	13	9	7	5	4	3	3	2

資源量	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
平均値	121	114	91	80	70	63	57	52	47	42	37	33
上側10%	121	114	149	147	122	114	113	104	95	84	82	74
下側10%	121	114	73	50	36	26	20	15	12	10	8	6