

平成 19 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・能登正幸・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、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、静岡県水産技術研究所、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、2006 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、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 1996～2006 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、2002 年以降 10 万トン台で推移した。2006 年当初においては 13 万トンと推定された。2007 年も 13 万トン台と見込まれることから、資源は低位水準で横ばい傾向にあると判断された。親魚量は 2002 年以降 10 万トンを下回り、2006 年初めの親魚量は 8 万トンと推定された。近年 10 年間(1997～2006 年)の再生産成功率 RPS(加入尾数/親魚量)は、5.4～30.4 尾/kg で推移し、近年 5 年間(2002～2006 年)での平均値は 17.2 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やや高いと考えられた。将来予測は、近年の RPS を考慮して行うこととしたが、本資源は評価期間(1977 年以降)において最低水準にあるとともに、資源評価誤差がかなり大きい。そのため、本系群の管理目標としては、RPS の分散を考慮しながら「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(1997～2006 年)の再生産成功率のうち、不確実性が特に高い最近年の 2006 年を除く 9 年間における RPS の分散を考慮して、2008 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	2008年		評価			
		漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割合 (%)	A (%)	B (%)	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	38	0.47	29	0	54	36
ABCtarget (0.8Fsus)	ABClimitによる管理に対し予防的措置を講じる	32	0.37	24	0	85	43
現在の漁獲圧維持 (Fcurrent)	現在(2006年)の漁獲圧を維持する	48	0.62	35	18	7	28
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	24	0.27	18	0	97	53

Fsimはシミュレーションにより求めたF。Fsusは親魚量を維持するF。ここでは、今後10年間(2008～2017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、親魚量をやや増加ののち維持とするFをシミュレーションにより求めた。Fcurrent(現在の漁獲圧)は2006年の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(1997～2006年)のRPSのうち、不確実性が特に高い最近年の2006年を除く9年間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)による

A:2008～2017年の間、資源量が22千トン(Bban、最低資源量)を1年でも下回る年が出る確率

B:5年後(2012年)の親魚量が2007年を上回る確率

C:2008～2017年間の平均漁獲量

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
2005	138	25	0.53	18%
2006	132	49	0.62	37%
2007	134	—		

F値は全年齢の単純平均値。漁獲割合は漁獲量/資源量。

2007年の資源量は、1歳以上については2006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、2007年5月の加入量調査で2005年と同程度の加入量水準を予測したことから、今回推定された2005年級群の加入尾数と同程度の18億尾とした。

	指標	値	設定理由
Bban	資源量	22 千トン	Wada and Jacobson(1998)による 前回の最低資源量
Blimit	親魚量	資源低水準期としては 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)
2006 年	親魚量	80 千トン	

Bban は、禁漁又はそれに準じた措置を提言する閾値(ここでは前回の資源低水準期の最低資源量)。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。

水準:低位 動向:横ばい

水準は近年 20 年間に於ける資源量の推移から判断した。動向は、近年 5 年間の資源量の推移を基本としつつ、2007 年の資源量が 2006 年と同程度との見込みを考慮して判断した。

2007 年の加入量の見込み:近年 5 年間の中では良好だった 2005 年程度の水準

2007 年の加入量は、2007 年 5 月の加入量調査結果から、2005 年と同程度の水準と見込まれた。

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 千トンに減少したが 2006 年は 4 万 9 千トンであった(表 1)。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がある(Watanabe et al., 1995)。しかしながら、近年の資源低水準期にあっても、漁獲係数を減少させていたら資源状態が回復していた可能性について、Yatsu and Kaeriyama(2005)により報告されている。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維持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、現在の漁獲圧よりやや減少させることにより、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・2)

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、幼稚魚は黒潮統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 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(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 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するようになる。成魚は珪藻類も濾過捕食する。より大型の魚類等に捕食される。

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 万トンを超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 4 万 9 千トンであった(図 5・表 1)。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

関係試験研究機関が資源量調査(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。

昨年度と同様に、漁業とは独立的に1996年(この年の親魚量をBlimitとしている)以降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、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～最近年(2006年)の間とした。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101兆粒まで回復したが、2006年の産卵量水準は37兆粒に減少した(図6・表6)。

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28.0と回復した。2006年には2.5へ減少した(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するものと評価されており、2007年においては29.3へ増加したことから、加入量水準は2005年と同程度が見込まれた。

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、2005～2007年は俊鷹丸)での年明け1歳魚CPUE(採集重量/曳網回数)(表7)では、2005年級の年級豊度が比較的高く、2006年級は低いことが推定された。

(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、2005年においては0歳魚が多かったが、その他の年は1歳魚が最も多かった。

(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70万トンを超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、2003年以降12～13

万トンで推移したと推定された。2006年は13万トンと推定された(図9、表8)。2007年も、2007年級の加入尾数を2005年級と同程度の18億尾とする仮定のもとで、13万トンと推定される。

ここで、2006年当初資源尾数から前進して求められる2007年当初の年齢別資源尾数に対して、2006年の年齢別漁獲係数で漁獲したと仮定した場合の1～6月期漁獲量は2万6千トンであり、同期の実際の漁獲量(2万7千トン)との大きな不整合はないと考える。

なお、0.4とした自然死亡係数を0.3、0.5に変更して、2006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」である。動向は近年5年間の資源量の推移に2007年の資源量の見込みを考慮して「横ばい」と判断した。

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年は低かったが、全体としては、親魚量と加入尾数の間に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。

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。近年10年間(1997～2006年)の再生産成功率RPS(加入尾数/親魚量)は、5.4～30.4尾/kgで推移し、近年5年間(2002～2006年)での平均値は17.2尾/kgであった。

(2) 今後の加入量の見積もり

2005年には近年の中では高いRPS(30.4尾/kg)が見られたものの、親魚量が少なかったために、加入量水準の大幅な好転にはつながらなかった。親魚量が少ないために、加入量が急激に増加することは考えにくい。しかしながら、4-(2)の加入量指数での2007年の29.3は、2005年の28と同程度であることから、依然として低水準ではあるものの、その中において比較的加入量が多い年に恵まれる可能性がある。

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) 加入量当たり漁獲量

図14に%SPR・YPRと完全加入年齢のFとの関係を示した。現在(2006年)の完全加入年齢のF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2006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(2006年)の完全加入年齢のF(0.86)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 よりはやや高い値にある。資源の持続的利用の観点から、現在の F よりはやや引き下げることが望まれる。

(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 4) の関係を図 15 に示した。全年齢平均の F 値は 1 を超える年も見られたが、近年はそれほどではない。ただし、1 歳魚が比較的多い年には漁獲圧が上昇する傾向が見られる。

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いた。特に 2005 年には 1 歳魚の不漁とも対応した減少が見られたが、2006 年には 1 歳魚の好漁により増加した。2006 年では、資源量 13 万トンに対して漁獲量 4.9 万トンであり、漁獲割合(漁獲量/資源量)は 37% であった。

次に現在の F ($F_{current}$, 2006 年) に対して漁獲圧をさまざまに抑制した場合の 2008 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(2006・2007 年の値もあわせて示す)を表 10 に示した。ここでは、以下のような仮定をおいた。

2007 年の資源量は、1 歳以上については 2006 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、2007 年 5 月の加入量調査で 2005 年と同程度の加入量水準を予測したことから、今回推定された 2005 年級群の加入尾数と同程度の 18 億尾とした。

2007 年の年齢別 F は、2007 年 1~6 月の漁獲状況(約 2 万 2 千トン)との整合性を考慮し、2006 年の値と同じとした。

RPS は、近年 10 年間(1997~2006 年)のうち最近年の 2006 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も考慮できるように、近年 3 年間(2004~2006 年)の平均値を適用した。

(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(1997~2006 年)のうち最近年の 2006 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} (親魚量の現状維持)と現在の F ($F_{current}$, 2006 年)による 2017 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。 $F_{current}$ でも、今後 10 年間において B_{ban} (前回の資源低水準期の最低資源量)を下回らない確率は 80% 以上であるが、親魚量の明らかな減少傾向が引き続いた。 $F_{sus}(0.75 \times F_{current})$ であれば、 B_{ban} を下回らない確率はほぼ 100% であり、親魚量もゆるやかに増加した。ただし、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ため、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正の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。現在の F の大きさでは、将来予測において親魚量の継続的な減少を導くと考えられること、持続的な資源利用のためにはやや高いと考えられることから、これを引き下げる必要がある。主要漁業における漁具の年齢選択性が低いことから、全年齢群への F を全体として引き下げることを、以下の ABC 算定における基本的な考え方とした。

6. 2008 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は低水準であり、横ばい傾向にある。親魚量が依然として少ないことから、資源量水準の急速な回復は望めない。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、現在の漁獲圧は、本資源の持続的利用のためには高いと考えられる。将来予測は、近年の RPS を考慮して行うこととしたが、本資源は評価期間(1977 年以降)において最低水準にあるとともに、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。

(2) ABC の設定

近年の RPS を参考にして、Bban(前回の資源低水準期の最低資源量)への減少を回避し、親魚量を現状維持以上とすることとした。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 19 年度)」の 1-1)-(2)を用いた。

現在の親魚量は Blimit の 36%であり、それ以上への回復をはかることが急務であるが、現在は資源評価誤差や将来予測の不確実性が大きい。そのため、昨年と同様、ゆるやかであっても回復努力を実行(漁獲係数の現状からの削減)することを先決させるとの考えにより ABClimit を設定した。

ABClimit は、5-(4)、(5)での検討結果をもとに、2008 年以降の漁獲制御により、資源量を Bban 以上の水準に維持し(Bban を下回らない確率を 80%以上)とし、親魚量はやや増加後現状維持となる F を探索的に求めた。ABCtarget は ABClimit に予防的措置を考慮し、ABClimit に対応する F 値に安全率 0.8 を乗じた。

(3) 管理の考え方と許容漁獲量

ABClimit、ABCtarget に加え、「Fcurrent(現在の漁獲圧)で漁獲し続ける」と「親魚量を 2015 年に 1996 年水準まで回復させる(一昨年度の目標)」場合の、それぞれの 2008 年漁獲量等をあわせて掲載した(ABClimit、ABCtarget、Fcurrent の場合における 2017 年までの資源量、親魚量、漁獲量の推移を表 11 にまとめた)。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2008年			評価		
		漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割合 (%)	A (%)	B (%)	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	38	0.47	29	0	54	36
ABCtarget (0.8Fsus)	ABClimitによる管理に対し予防的措置を講じる	32	0.37	24	0	85	43
現在の漁獲圧維持 (Fcurrent)	現在(2006年)の漁獲圧を維持する	48	0.62	35	18	7	28
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	24	0.27	18	0	97	53

Fsim はシミュレーションにより求めた F。Fsus は親魚量を維持する F。ここでは、今後 10 年間(2008～2017 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、親魚量をやや増加ののち維持とする F をシミュレーションにより求めた。Fcurrent (現在の漁獲圧)は 2006 年の 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(1997～2006 年)の RPS のうち、不確実性が特に高い最近年の 2006 年を除く 9 年間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)による

A:2008～2017 年の間、資源量が 22 千トン(Bban、最低資源量)を 1 年でも下回る年が出る確率

B:5 年後(2012 年)の親魚量が 2007 年を上回る確率

C:2008～2017 年の間の平均漁獲量

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。

(3)ABC の再評価

2006 年の ABC に対して当初出された数値の再再評価(再評価方法は昨年(2005 年)の資源評価報告に記載)、同じく 2007 年の ABC に対して再評価を行った。

なお、管理基準は、2005 年に行った 2006 年の当初評価としては、「10 年後の 2015 年に親魚量を 1996 年の 222 千トンまで回復させる(Frec)」としており、2006 年に行った 2007 年の当初評価としては、「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目指す(Fsus)」としているため、2006 年と 2007 年のそれぞれの ABC が目指している管理の考え方は異なる。

2006 年を対象とした再再評価の方法:「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 年段階の管理目標)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 5 年(2000～2004 年)の再生産成功率の平均値」により与えた。

2007 年を対象とした再評価の方法:「2005 年の年齢別資源尾数」からの前進法と「2006 年の 0 歳魚資源尾数」により求まる「2006 年の年齢別資源尾数」並びに「過去 5 年(2001～2005 年)の年齢別漁獲係数・年齢別選択率・体重」により、「2007 年の資源量」を算出するとともに、「Bban 未満への減少を避けて、親魚量の現状維持以上」を達成する F による「2007 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(1996～2005 年)の再生産成功率について 2005 年を除く 9 年間の値からランダムサンプリングするシミュレーション」により与えた。

再評価結果から、2006 年の当初 ABC は過大評価、2007 年の当初 ABC は過小評価であったと考えられた。2005 年評価では加入量指数との直線回帰で加入量をあてはめた結果、2005 年級群を過大評価しており、一方で 2006 年評価では、同年級群の 0 歳魚時の漁獲状況により過小推定していたと考えられた。比較的加入の良い年級群が、1 歳魚になってから好漁を示すような場合は、最近年における評価の不確実性が特に強く顕れるため、今後の評価においても注意が必要である。

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)
2006 年(当初)	Frec	158	38	31	
2006 年(2006 年 再評価)	Frec	114	14	12	
2006 年(2007 年 再評価)	Frec	132	14	12	49
2007 年(当初)	Fsus	91	25	21	
2007 年(2007 年 再評価)	Fsus	134	34	29	

7. 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(補足資料 3)。

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

(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。2007年2月には俊鷹丸、開洋丸により、東経141~150度域までの調査を実施した(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3と4のとおりである。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 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 は近年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。選択率は近年3年間（2004～2006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 (7)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 (8式) に加え下記のような加入量を仮定した。

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

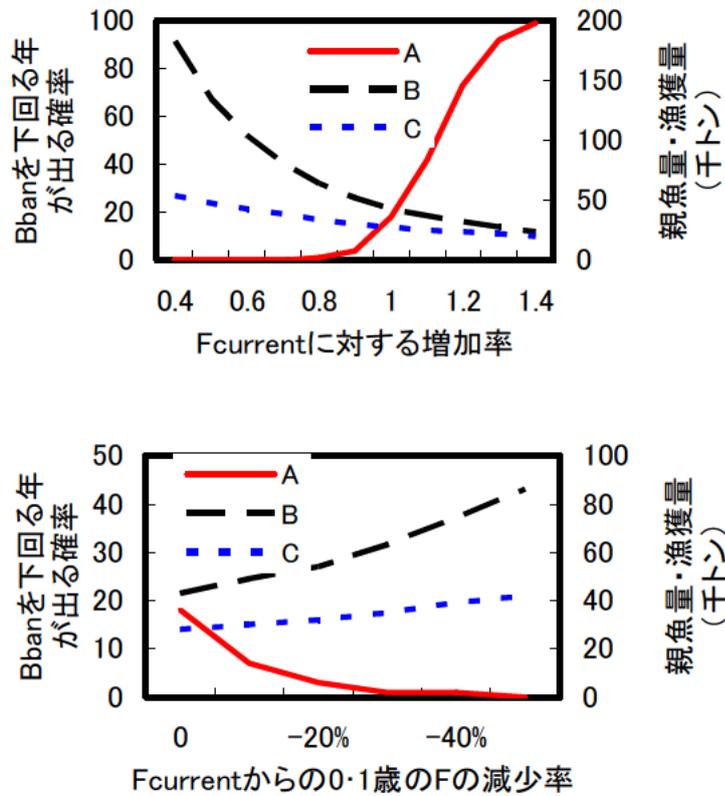
漁獲尾数は(9)式によった。

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

年々の0歳魚資源尾数は、親魚量と再生産成功率によりあてはめた。年々の再生産成功率の与え方は、シミュレーションによることとし、近年10年間(1997~2006年)のRPSのうち、不確実性が特に高い最近年の2006年を除く9年間の値からランダムサンプリングすることとした。2007年の各数値の与え方は本文7ページ5-(4)に記載した。

補足資料3 Fの変化と将来予測における評価との関係並びに未成魚保護効果

現在のF ($F_{current}$ 、2006年のF)を基準にして、年齢別Fを全体に削減、増加した場合(上図)と、未成魚(ここでは0・1歳魚)のFを削減した(その分他年齢のFは増加させて、全年齢平均Fとしては現状のFと同じにしている)場合(下図)について調べた。現在のFは将来10年間においてBbanを下回る年が出る確率は20%未満であるが、Fがこれより上回る場合にはその確率が急激に高まるため、現在のFよりは安全策をとることが必要と考えられた。また、未成魚保護により確率を下げるとともに、長期的に親魚量・漁獲量を増加させ、特に親魚量は順調に回復させることが期待された。



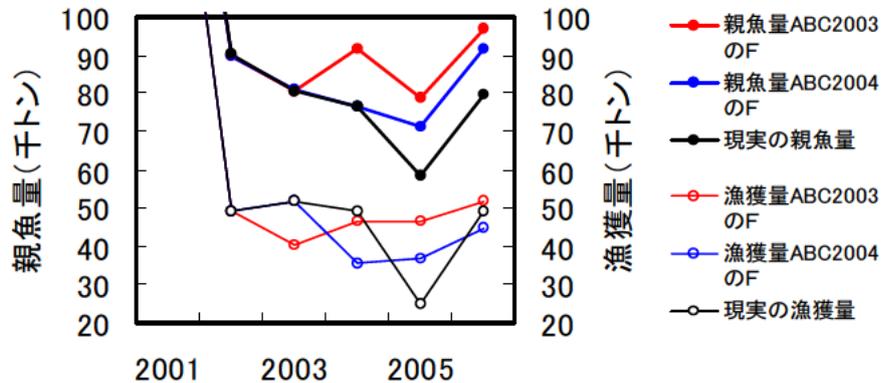
基準とした現在のF ($F_{current}$, 2006年)は0歳魚 0.28、1歳魚 0.75、2歳魚 0.52、3歳魚 0.49、4歳 0.86、5歳以上 0.86 (全年齢平均 0.62)である。下図においては、0歳魚・1歳魚のFに同じ削減率を乗じ、それ以外の年齢には同じ増加率を乗じて全年齢平均は0.62に合わせた。

評価は、近年10年間(1997~2006年)のRPSのうち、不確実性が特に高い最近年の2006年を除く9年間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)による

- A: 2008~2017年の間、資源量が22千トン(Bban, 最低資源量)を下回る年が出る確率
- B: 2008~2017年の間の平均親魚量(千トン)
- C: 2008~2017年の間の平均漁獲量(千トン)

補足資料 4 資源低水準期において、現実に観測された年々の RPS 値のもとで、ABC に対応する漁獲圧で漁獲していた場合の資源の変化

漁獲量は 2002 年に 5 万トンに急減し、以降 2 万 5 千トン～5 万トンの低水準にある。ここで、本評価において推定された 2003 年以降の実際の RPS 値を参考にして、2003 年以降「2002 年に提案した 2003 年の ABClimit に対応した年齢別漁獲係数」並びに 2004 年以降「2003 年に提案した 2004 年の ABClimit に対応した年齢別漁獲係数」で漁獲していた場合の親魚量並びに漁獲量の変化について試算した。比較のため、本評価で推定された実際の親魚量並びに実漁獲量もあわせて示した。親魚量については、ABC に対応した漁獲圧のもとで、現実の親魚量より上回っていたと考えられる。漁獲量は、平均的には現実の漁獲量と大差はないものの、漁獲の変動幅を軽減していたと考えられる。



補足資料 5 評価期間を 4～3 月とした場合の 2007 年 ABC 等の再評価 (試算)

経緯

マイワシ太平洋系群は、2007 年明け以降房総海域で比較的まとまった漁獲が見られた。この漁獲の主体は、2006 年 6～8 月に常磐～房総海域で好漁を示した 2005 年級群であった。

マイワシ太平洋系群は従来、暦年 (1～12 月) でのデータ集計に基づく資源計算を行っており、2007 年 1～3 月の年齢別漁獲尾数は計算に含んでいないが、2005 年級群については、2006 年の 1 歳魚としての年齢別漁獲尾数を含んだ計算結果により、2007 年の 2 歳魚として「近年の中では比較的多い」と評価している。これにより、2007 年明け以降のまとまった漁獲との大きな不整合はないと考えている。

2007 年 5 月末に水産庁より、TAC 改訂の参考資料として、最新の好漁データ (2007 年 1～3 月) を用いた場合の試算について要請を受けた。そこで、暦年データを 4～3 月で再集計し、2007 年 1～3 月の年齢別漁獲尾数も組み込んで資源計算を行い、その結果のもとでの 2007 年 ABC 等の再評価を行ったので試算結果として提示する。

この試算結果は、6 月中旬に水産庁に報告したもので、その時点で入手できた最新のデータに基づいており、その後の検証で数字には若干の変更が生じることが想定される。なお、従来の暦年での評価方法により、2007 年 ABC の再評価及び 2008 年当初評価を実施している。

計算方法

- ①年齢別漁獲尾数は月別に得られているので、その集計期間を暦年（1～12月）から4～3月に変更した。
- ②年齢別漁獲尾数は主要港水揚量（各県機関調査）と対応しているため、歴年集計ではこれを生産統計（農林水産省）の年間漁獲量で引き伸ばしている。4～3月集計の場合、生産統計は月別になっていないので、代替値として、1～3月主要港水揚量の差で調整したものを使用した。
- ③年齢別体重は四半期ごとのデータが整備されていないので、暦年計算の場合と同じとした。その影響について詳細には検討していない。
- ④過去年の資源計算方法は、まず、年齢別漁獲尾数を用いたコホート計算により年齢別選択率を求めた上で、次にチューニングコホート計算を行った。チューニング指数は加入尾数に対し加入量指数（5月黒潮親潮移行域における幼稚魚分布調査に基づく）を、親魚量に対し産卵量を用いた。チューニング期間は過去10年間（1997～2006年）とした。
- ⑤将来予測に用いる再生産成功率RPSは、1997～2005年（近年10年間のうち不確実性の高い直近年すなわち2006年を除く9年間）の平均値18.56（尾/kg）を用いた。2007年の加入尾数は本試算で得られた2005年級の加入尾数とほぼ同じ18億尾とした。
- ⑥ABC_{limit}・F_{current}の再評価においては、4～3月に対応して算定された数値を、暦年に対応させるために、Fを4半期に配分（4半期への配分率は2006年4月～2007年3月のJAFIC努力量データと漁獲量実績を参考に、4～6月、7～9月、10～12月、1～3月に対してそれぞれ0.1、0.4、0.1、0.4とした）して漁獲する形での試算を行った。なお、ABC_{limit}に対応する年齢別Fは0.64×F_{current}に相当する。

2007年ABC並びにF_{current}による漁獲量の再評価（試算結果）

2007年ABC（F_{sus}）・・・2007年4月～2008年3月35千トン・2007年1～12月41千トン
 2007年F_{current}・・・2007年4月～2008年3月49千トン・2007年1～12月52千トン
 2006年当初資源量145千トン 親魚量97千トン 1997～2005年平均RPS18.56尾/kg

本試算による2006・2007年の4半期ごとの資源尾数、資源量、漁獲尾数並びに漁獲量（次ページの表）

2007年4月以降0.64F_{current}で漁獲することとしている。各数値の設定は以下の通り。

	2006 体重	2007年 以降の 体重	成熟 割合	自然 死亡 係数	2007	
					2006 年のF	年以 降のF
0歳	26	29	0	0.4	0.40	0.26
1歳	64	71	0.5	0.4	0.81	0.52
2歳	87	94	1	0.4	0.76	0.49
3歳	107	112	1	0.4	0.63	0.40
4歳	122	128	1	0.4	1.59	1.02
5歳以上	140	145	1	0.4	1.59	1.02

各年度を4半期に分割し、各4半期ごとの年齢別の各数値を掲載した。左から2006年4～6月、7～9月、10～12月、2007年1～3月・・・に対応する。

漁獲係数				漁獲尾数(百万尾)															
年	2006			2007			2008			年	2006			2007			2008		
0歳	0.40	0.40	0.40	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0歳	24	78	16	52	85	73	63	106	59
1歳	0.81	0.81	0.81	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	1歳	72	214	39	117	27	22	18	28	88
2歳	0.76	0.76	0.76	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	2歳	25	75	14	42	26	21	17	27	10
3歳	0.63	0.63	0.63	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	3歳	14	44	9	26	8	7	6	9	9
4歳	1.59	1.59	1.59	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	4歳	8	23	3	9	16	13	9	13	9
5歳以上	1.59			1.02			1.02		1.02	5歳以上	2			9	2				4
平均	0.96			0.62			0.62		0.62	計	145	435	81.4	246	163	136	113	182	179

資源尾数(百万尾)				漁獲量(千トン)															
年	2006			2007			2008			年	2006			2007			2008		
0歳	639	556	428	1,800	1,547	1,330	1,144	934	1,243	0歳	1	2	0	1	3	2	2	3	2
1歳	972	811	530	287	234	191	156	114	934	1歳	5	14	3	7	2	2	1	2	6
2歳	359	301	201	442	289	237	194	160	114	2歳	2	7	1	4	2	2	2	2	1
3歳	247	210	148	168	112	94	78	65	119	3歳	2	5	1	3	1	1	1	1	1
4歳	55	52	25	126	89	72	53	39	50	4歳	1	3	0	1	2	2	1	1	1
5歳以上	12			9			24		24	5歳以上	0			1	0			2	1
計	2,284			2,586			2,484		2,484	計	10	30	5	16	10	8	7	10	12
										漁獲割合	7%	25%	7%	24%	8%	8%	8%	14%	8%

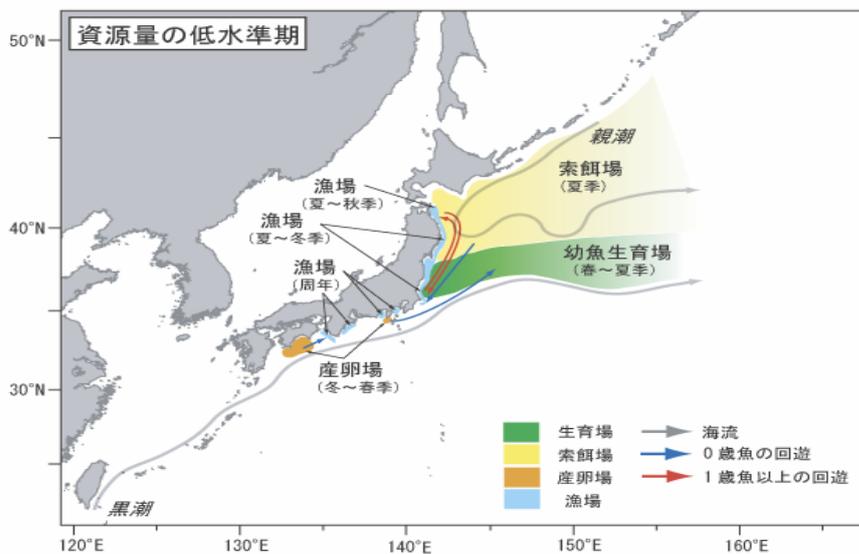


図1 生活史と漁場形成の模式図（資源低水準期）

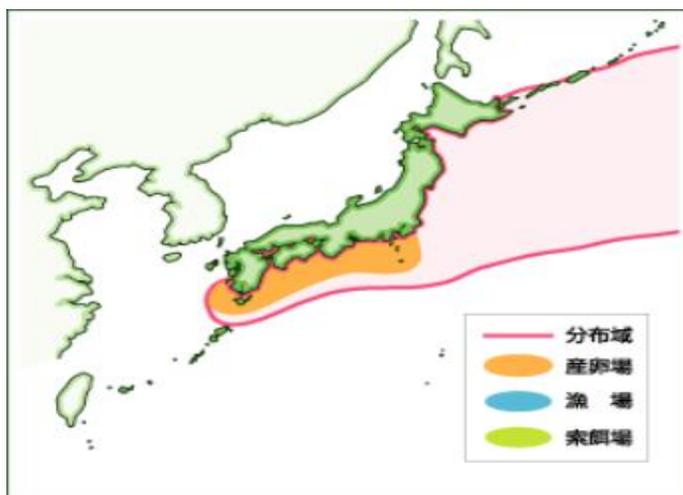


図2 資源量の高水準期における分布域の模式図

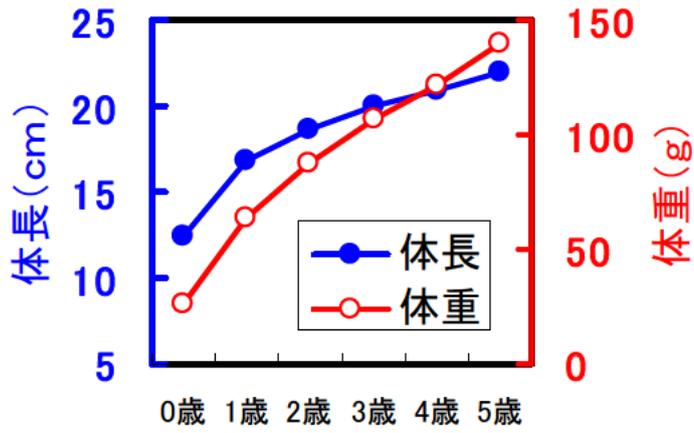


図3 年齢と成長 (2006年)

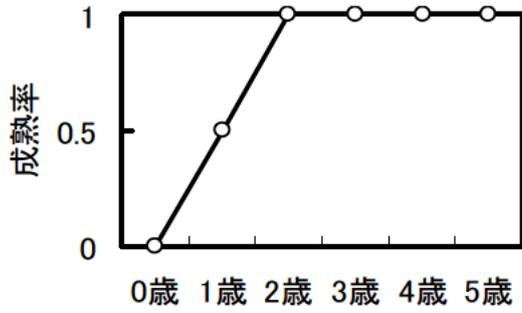


図4 年齢と成熟率

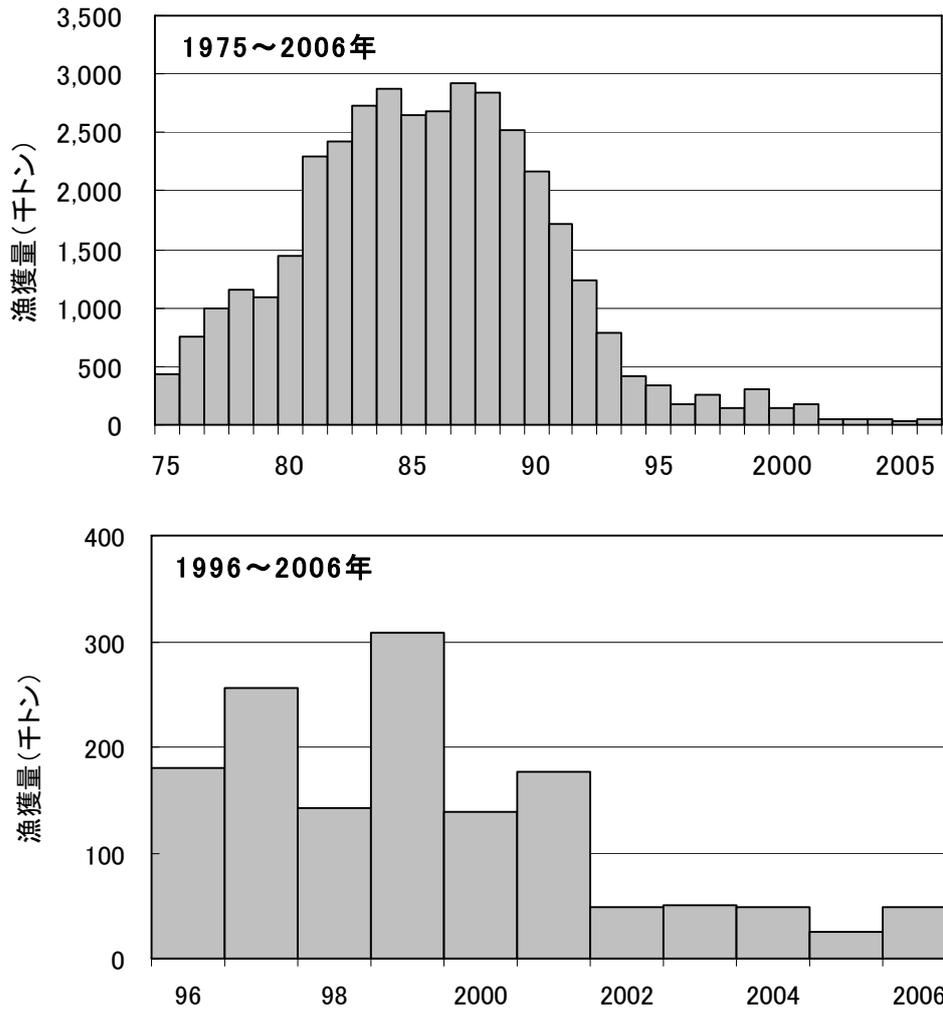


図5 漁獲量の推移（農林水産省・漁業生産統計による、2006年分は暫定値）

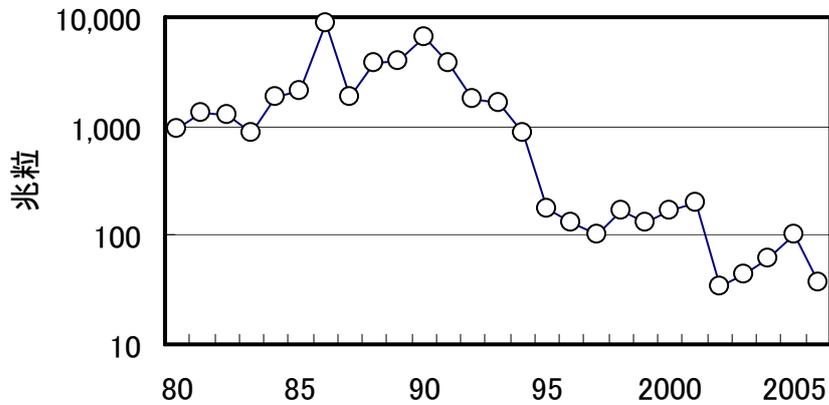


図6 産卵量（前年10月～9月）。数値軸単位は兆粒。

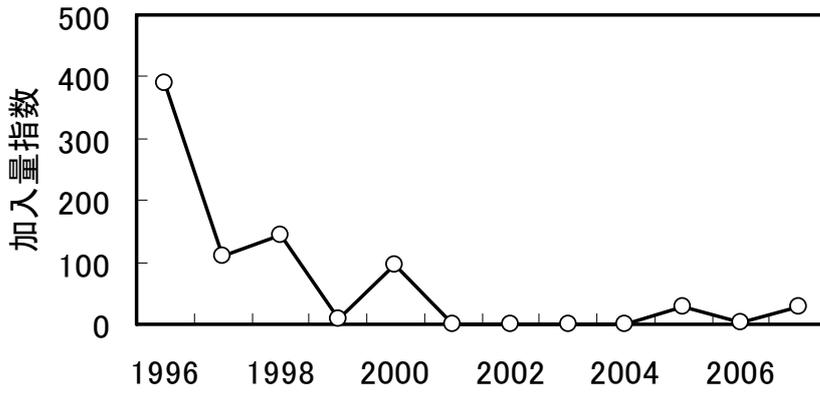


図7 黒潮親潮移行域における幼稚魚調査に基づく加入量指数の経年変化

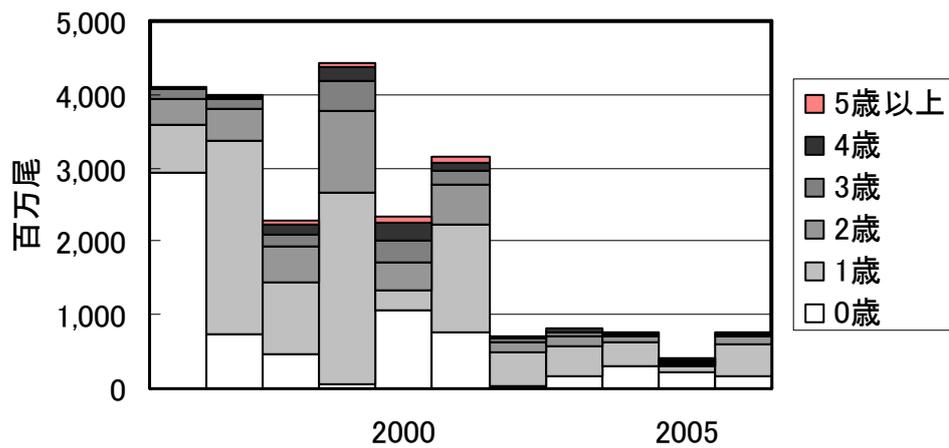
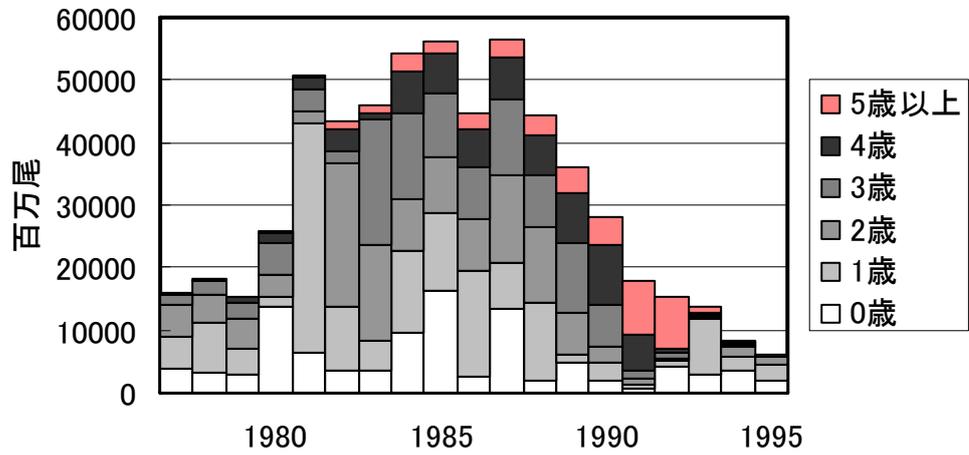


図8 年齢別漁獲尾数 (縦軸：百万尾)

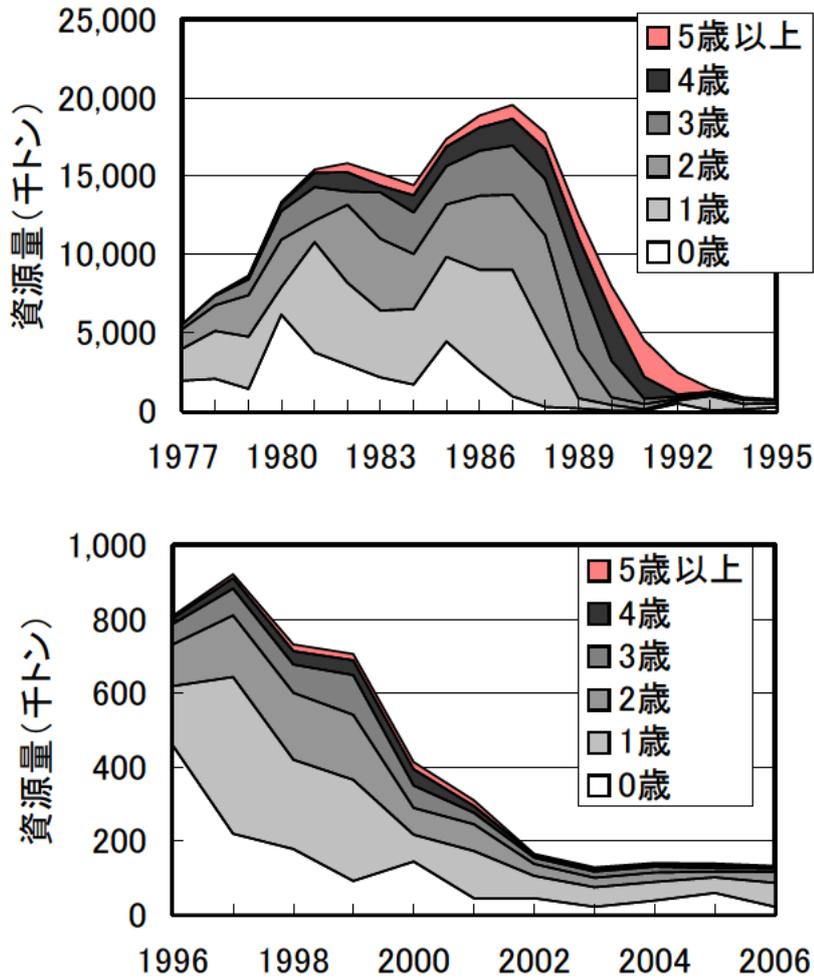


図9 資源量の推移（縦軸：千トン）

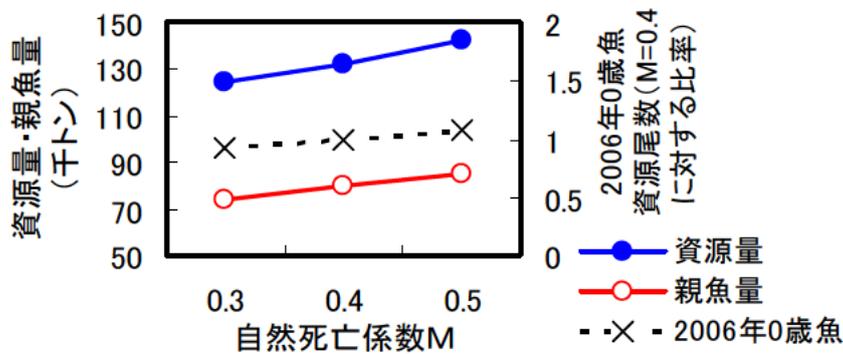


図10 自然死亡係数 M と資源量、親魚量並びに 2006 年 0 歳魚資源尾数（加入尾数）の関係

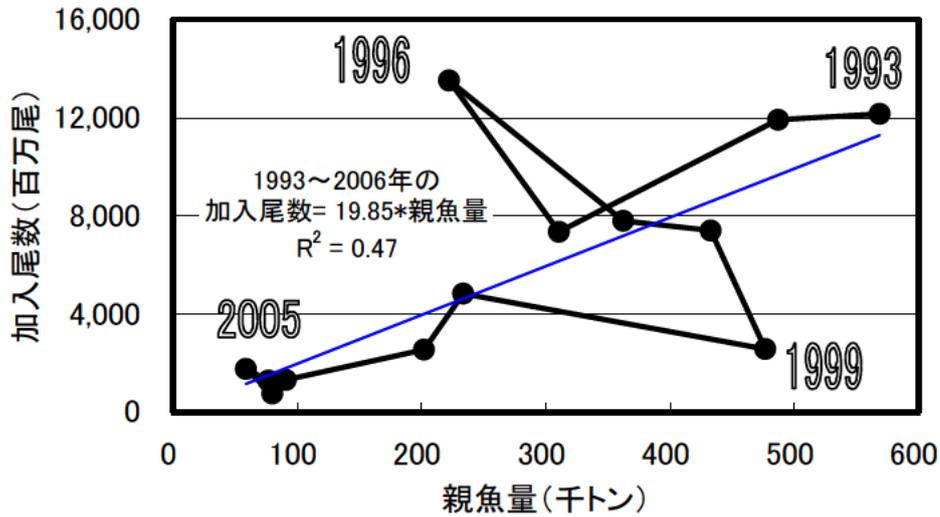


図 11 親魚量と加入尾数の関係（1993年～2006年）右上が1993年、左下が2005年
 回帰直線は1993～2006年に対するもの。

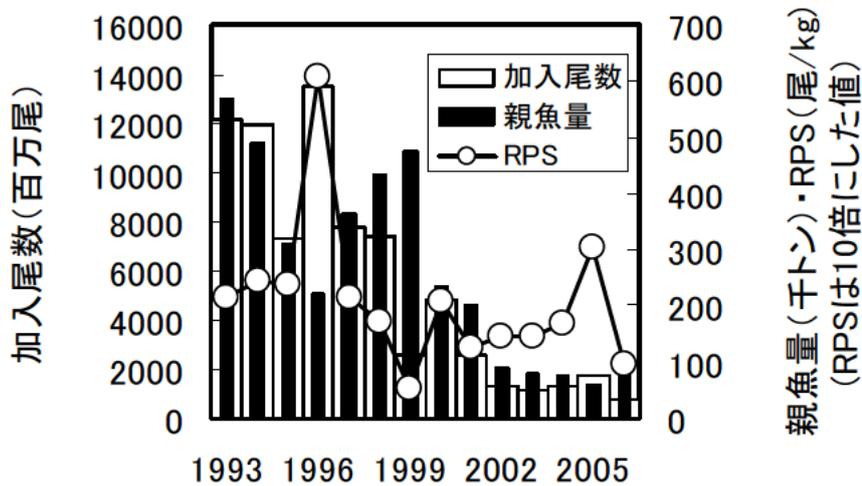


図 12 親魚量（千トン）、再生産成功率（RPS：0歳魚尾数/親魚量 kg、ここでは10倍にした値にて図示）の推移（0歳魚加入尾数とあわせて表示）

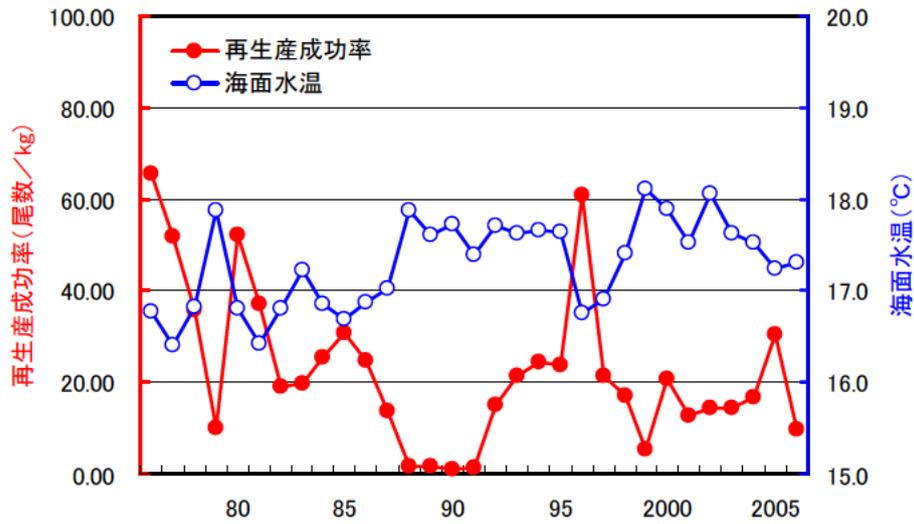


図 13 海洋環境と加入の関係
再生産成功率経年変動と 2 月 KESA (黒潮続流南側海域) 海域水温経年変動

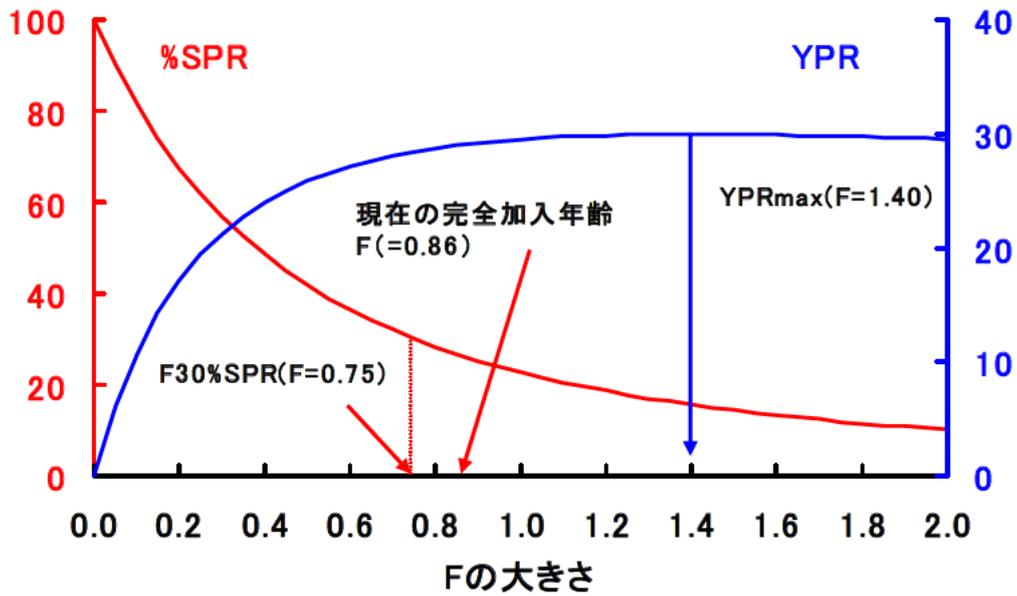


図 14 YPR・%SPR の図 年齢別選択率、年齢別体重、自然死亡係数、RPS で作図。
横軸は完全加入年齢の F。30%SPR に対応する $F=0.75$ 、 F_{max} に対応する $F=1.40$ 、現状の完全加入 $F=0.86$ であり、 F_{max} よりは低い、 $F_{30\%SPR}$ よりはやや高い。

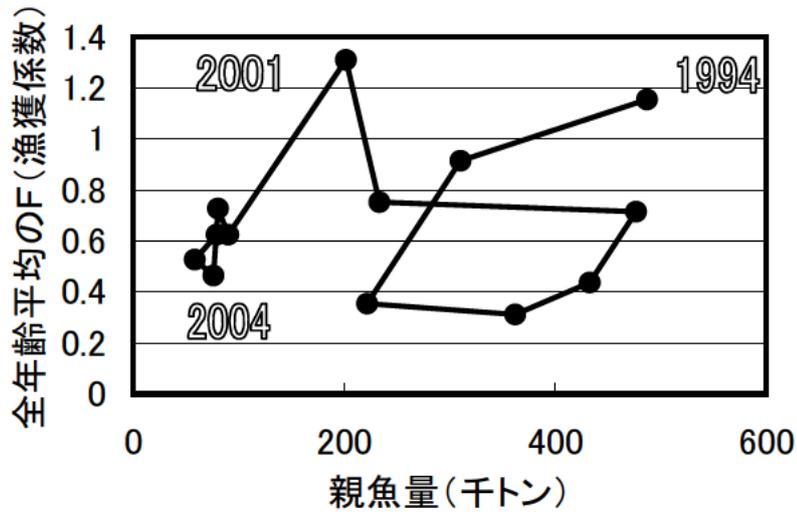


図 15 道東漁場が消滅した 1994 年以降の親魚量 (横軸・千トン) と年齢平均の F の関係 (右上が 1994 年、左下が近年)

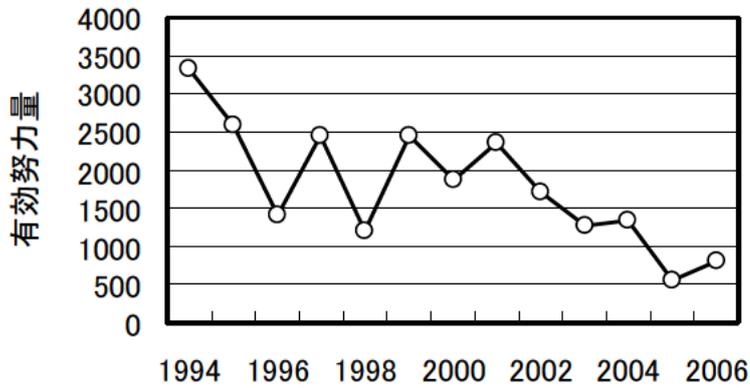


図 16 北部太平洋まき網の有効努力量 (漁業情報サービスセンター)

Fsus で管理した場合

Fcurrent で管理した場合

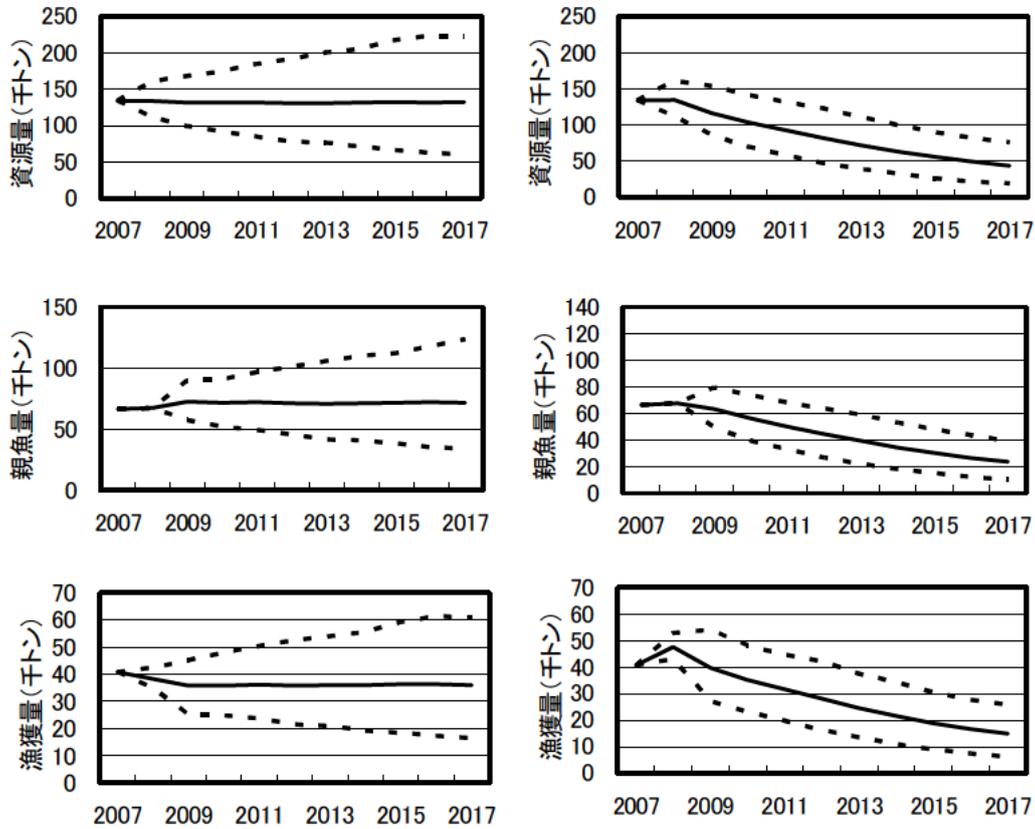


図 17 F_{sus} (左)、 $F_{current}$ (右)で管理した場合の資源量 (上段)、親魚量 (中段) と漁獲量 (下段) の推移 (平均値と下側 10%、上側 10%を表示) 各年における RPS は近年 10 年間 (1997~2006 年) のうち、最近年 2006 年を除く 9 年間の値からランダムにサンプリングして、1000 回シミュレーションを行った。 $F_{current}$ は現在 (2006 年) の F 。

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漁獲量(トン、生産統計年報)

1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
756,319	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
1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
2,915,763	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
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006		
141,513	307,857	138,743	177,014	49,241	50,964	47,985	24,822	48,571		

2006年の数値は速報値、2005年の数値は確定したことにより昨年度報告から微修正した。

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	2006
0歳	18	6	11	34	34	28	24	35	30	17	33	18	29	33	26
1歳	54	61	56	49	49	64	52	60	44	54	58	61	78	70	64
2歳	83	79	94	84	84	99	79	77	76	79	80	78	107	90	87
3歳	96	112	120	118	118	116	101	95	96	97	103	107	123	105	107
4歳	99	134	135	143	143	134	118	102	107	115	114	118	142	120	122
5歳以上	111	133	140	156	150	154	122	127	123	129	134	138	162	134	140

2005年の3歳魚の体重は昨年度報告の115gから105gに修正した。

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	2006
0歳	4,003	2,806	3,518	1,973	2,948	725	451	61	1,070	772	25	163	299	210	153
1歳	1,190	8,933	2,090	2,533	651	2,638	993	2,606	255	1,444	459	411	329	81	438
2歳	363	317	1,789	1,231	336	449	490	1,108	377	557	137	127	89	25	115
3歳	738	321	319	193	128	139	148	422	322	197	51	72	17	30	28
4歳	768	329	125	42	28	30	142	174	235	105	29	32	11	38	16
5歳以上	8,352	932	328	60	12	10	71	59	89	79	18	12	6	17	12
計	15,414	13,637	8,168	6,033	4,103	3,990	2,295	4,430	2,348	3,155	719	816	751	401	761

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
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	2006
0歳	0.20	0.33	0.45	0.40	0.31	0.12	0.08	0.03	0.32	0.46	0.02	0.19	0.33	0.16	0.28
1歳	0.62	1.29	0.58	0.93	0.28	0.66	0.30	1.18	0.20	1.37	0.74	0.88	0.98	0.18	0.75
2歳	0.36	0.41	1.55	1.15	0.36	0.39	0.30	0.89	0.67	1.35	0.54	0.60	0.61	0.21	0.52
3歳	0.69	0.84	1.45	0.92	0.41	0.32	0.27	0.60	0.98	1.35	0.50	0.82	0.18	0.53	0.49
4歳	1.68	1.09	1.45	1.04	0.39	0.19	0.84	0.79	1.17	1.66	0.97	0.94	0.34	1.04	0.86
5歳以上	1.68	1.09	1.45	1.04	0.39	0.19	0.84	0.79	1.17	1.66	0.97	0.94	0.34	1.04	0.86
平均	0.87	0.84	1.15	0.91	0.36	0.31	0.44	0.71	0.75	1.31	0.63	0.73	0.46	0.53	0.62

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
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
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
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
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
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
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
計	145,473	178,779	146,797	378,876	430,545	403,221	414,938	453,325	507,344	554,030	491,394	305,953	188,310	103,701	51,766

年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	27,330	12,132	11,897	7,337	13,511	7,796	7,404	2,579	4,830	2,543	1,312	1,161	1,283	1,768	773
1歳	3,164	15,043	5,835	5,095	3,303	6,643	4,632	4,593	1,679	2,361	1,072	859	645	615	1,013
2歳	1,472	1,146	2,770	2,201	1,341	1,681	2,293	2,292	946	917	400	343	239	163	346
3歳	1,805	690	509	392	467	624	759	1,136	630	325	159	156	126	88	89
4歳	1,153	606	200	80	105	208	305	388	416	158	57	64	46	71	34
5歳以上	12,546	1,716	524	114	46	69	153	133	158	119	36	23	23	33	24
計	47,470	31,332	21,734	15,219	18,773	17,020	15,546	11,121	8,658	6,424	3,036	2,607	2,362	2,737	2,280

表6 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	1992
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		
1,655	860	174	129	101	165	133	165	196	34	44	62	101	37		

表7 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	2007
黒潮親潮移行域幼稚魚加入量指数	391	109	143	9	95	0.2	0.5	0.3	0.5	28	3	29
越冬期末成魚CPUE(kg/調査点)						0.2	1.4	1.6	0.0	2.8	0.1	

表 8 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	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

年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	492	73	131	249	458	218	178	91	143	44	43	21	38	58	20
1歳	171	918	327	248	161	425	241	274	73	127	62	52	50	43	65
2歳	122	91	260	186	113	166	181	176	72	73	32	27	26	15	30
3歳	173	77	61	46	55	72	76	108	61	32	16	17	16	9	9
4歳	114	81	27	11	15	28	36	39	45	18	6	8	7	8	4
5歳以上	1,393	228	73	18	7	11	19	17	19	15	5	3	4	4	3
計	2,465	1,468	879	757	808	921	731	705	413	310	165	128	139	138	132

表 9 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(千トン)	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
RPS(尾/kg)	52.0	36.0	9.9	52.2	37.1	19.2	19.7	25.4	30.7	24.8	13.8	1.7	1.7	0.9	1.2
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

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
親魚量(千トン)	1,819	569	487	311	222	362	433	477	233	202	90	81	76	58	80
RPS(尾/kg)	15.0	21.3	24.4	23.6	60.8	21.5	17.1	5.4	20.7	12.6	14.5	14.4	16.8	30.4	9.7
加入尾数(百万尾)	27,330	12,132	11,897	7,337	13,511	7,796	7,404	2,579	4,830	2,543	1,312	1,161	1,283	1,768	773

表 10 Fcurrent (現在: 2006 年の F) から制御した場合の 2008~2017 年の漁獲量・親魚量の変化 (1997~2006 年) から最近年の 2006 年を除く 9 年間の値からランダムサンプリングし、ここでは漁獲量・親魚量の平均値を記載した。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。2007 年の F は 2006 年と同じ、2007 年の 0 歳魚については加入量指数として同程度の数値が得られた 2005 年級群程度の 18 億尾とした。

漁獲量		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
F 値	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.31	0.5Fcurrent	49	41	28	29	33	38	42	48	55	62	70	79
0.37	0.6Fcurrent	49	41	32	33	35	38	41	44	47	51	55	59
0.44	0.7Fcurrent	49	41	36	35	36	37	38	39	40	41	42	43
0.47	0.75Fcurrent	49	41	38	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	Fsus相当												
0.50	0.8Fcurrent	49	41	40	37	35	35	34	33	33	32	32	31
0.56	0.9Fcurrent	49	41	44	38	35	33	31	29	26	24	23	21
0.62	Fcurrent	49	41	48	40	35	32	28	25	22	19	17	15
0.69	1.1Fcurrent	49	41	51	41	34	29	24	20	17	15	12	10
0.75	1.2Fcurrent	49	41	54	41	33	27	22	17	14	11	9	7
	親魚量												
F 値	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.31	0.5Fcurrent	80	67	68	84	94	107	120	135	153	174	197	221
0.37	0.6Fcurrent	80	67	68	80	85	91	97	105	114	123	132	142
0.44	0.7Fcurrent	80	67	68	75	76	79	79	82	84	86	89	91
0.47	0.75Fcurrent	80	67	68	73	72	72	72	71	71	72	72	72
	Fsus相当												
0.50	0.8Fcurrent	80	67	68	70	68	66	64	63	62	61	60	58
0.56	0.9Fcurrent	80	67	68	67	61	57	53	49	46	42	39	36
0.62	Fcurrent	80	67	68	63	56	50	44	39	34	30	26	23
0.69	1.1Fcurrent	80	67	68	60	50	42	36	30	25	21	18	15
0.75	1.2Fcurrent	80	67	68	57	46	37	30	24	19	15	12	10

2006年の 体重	2007年以降 の体重	Fcurrent (2006年のF)
0歳	26	29
1歳	64	71
2歳	87	94
3歳	107	112
4歳	122	128
5歳以上	140	145

RPS値をランダムサンプリングした年と値	
1997	22
1998	17
1999	5
2000	21
2001	13
2002	15
2003	14
2004	17
2005	30

表 11 ABClimit、ABCtarget、Fcurrent での将来予測

計算に用いた RPS は、近年 10 年間 (1997~2006 年) から最近年の 2006 年を除く 9 年間の値からランダムサンプリングし、ここでは資源量、親魚量、漁獲量の平均値、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。2007 年の F は 2006 年と同じ、2007 年の 0 歳魚については加入量指数として同程度の数値が得られた 2005 年級群程度の 18 億尾とした。

ABClimit(Fsus)

資源量	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
平均	134	134	131	132	131	131	131	132	132	132	132
上方 10%	134	161	168	175	185	192	201	205	217	224	223
下方 10%	134	111	99	92	85	78	76	71	66	63	60
親魚量	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
平均	67	68	73	72	72	72	71	71	72	72	72
上方 10%	67	68	90	91	97	101	106	110	113	118	124
下方 10%	67	68	58	52	50	46	42	41	38	35	34
漁獲量	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
平均	41	38	36	36	36	36	36	36	36	36	36
上方 10%	41	42	45	48	50	53	54	55	59	61	61
下方 10%	41	35	25	25	24	22	21	19	18	17	16

ABCtarget(0.8 × Fsus)

資源量	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
平均	134	135	143	153	165	178	192	208	224	240	256
上方 10%	134	161	181	205	228	260	290	318	356	392	430
下方 10%	134	125	108	106	106	107	108	114	114	116	115
親魚量	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
平均	67	68	80	85	91	97	105	114	123	132	142
上方 10%	67	68	98	106	122	135	155	173	188	213	232
下方 10%	67	68	73	62	62	61	62	63	67	67	68
漁獲量	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
平均	41	32	33	35	38	41	44	47	51	55	59
上方 10%	41	35	43	47	52	58	66	73	80	89	99
下方 10%	41	31	25	24	25	25	25	26	26	27	27

	2007 年以降の体重	Fcurrent (2006 年の F)
0 歳	29	0.28
1 歳	71	0.75
2 歳	94	0.52
3 歳	112	0.49
4 歳	128	0.86
5 歳以上	145	0.86

RPS 値をランダムサンプリングした年と値	
1997	22
1998	17
1999	5
2000	21
2001	13
2002	15
2003	14
2004	17
2005	30

Fcurrent

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
資源量											
平均	134	134	117	104	92	82	72	63	55	49	43
上方10%	134	161	154	141	131	123	110	100	89	82	76
下方10%	134	111	86	69	58	47	39	32	26	21	19
親魚量											
平均	67	68	63	56	50	44	39	34	30	26	23
上方10%	67	68	80	74	68	64	59	53	48	44	39
下方10%	67	68	49	39	33	27	22	18	15	12	10
漁獲量											
平均	41	48	40	35	32	28	25	22	19	17	15
上方10%	41	53	54	48	45	42	38	34	30	28	26
下方10%	41	43	27	23	20	16	14	11	9	7	6

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	2006
0歳	0	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	0.2	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	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

1997年の1歳魚の成熟率は0.2に修正した。

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	0.87	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	0.87	0.96
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	0.12	0.26	0.29	0.35	0.76	0.18	0.09	0.02	0.27	0.28	0.02	0.20	0.34	0.15	0.32
1歳	0.37	1.00	0.37	0.81	0.68	1.00	0.36	1.00	0.17	0.83	0.76	0.94	1.00	0.17	0.88
2歳	0.21	0.32	1.00	1.00	0.90	0.59	0.36	0.76	0.57	0.82	0.55	0.64	0.62	0.20	0.61
3歳	0.41	0.65	0.93	0.80	1.00	0.48	0.32	0.51	0.84	0.82	0.51	0.88	0.18	0.51	0.57
4歳	1.00	0.84	0.93	0.91	0.95	0.29	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	0.35	1.00	1.00
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	1.00	0.35	1.00	1.00