

平成 16 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、谷津明彦、石田 実、能登正幸、須田真木）

参 画 機 関：北海道区水産研究所、東北区水産研究所、瀬戸内海区水産研究所、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、千葉県水産研究センター、東京都水産試験場、神奈川県水産総合研究所、静岡県水産試験場、愛知県水産試験場、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、大分県海洋水産研究センター、宮崎県水産試験場、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、広島県水産試験場、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

資源量は 1994 年に 100 万トン进行切り、その後 1999 年までは 50 万～80 万トン台で推移したが、その後再び減少傾向となり、2004 年初めの時点では 11.3 万トンと推定され、2002・2003 年と同程度の低水準である。また、2004 年級の加入量水準も幼稚魚調査の結果から、2001～2003 年と同程度の低水準と予測される。漁獲割合（漁獲量/資源量）が近年高めに推移しており、親魚量も 2002 年以降 10 万トン进行切り 5 万トン台に低下した。2004 年の親魚の主体となる 2001～2003 年級はいずれも加入量水準が低い年級であることから、現状のままでは親魚量の増加は期待できない。一方、再生産成功率 RPS（加入尾数/親魚量）は、1999 年以降では 1999 年に低い値（5 尾/kg）があったものの平均 22 尾/kg で推移していることから、親魚量の増加をはかれば加入量がやや上向く可能性がある。近年においては 1996 年に、高い RPS（78 尾/kg）が見られたことから、親魚量を 1996 年程度まで回復させて、RPS の好転を待つことは有効と考えられる。そのため、2005 年以降の管理目標としては、昨年度の管理目標と同じ「5 年後（2009 年）の親魚量を 1996 年の 130 千トンまで回復させる」ように、漁獲を制御することとした。具体的には、近年（1999～2003 年）の RPS を参考として、上の目標を達成する F 値による漁獲量を ABClimit とした。また、予防的措置（安全率 0.8 を Frec に乗じた）を講じた ABCtarget も提示した。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	25 千トン	Frec	0.42	24%
ABCtarget	21 千トン	0.8Frec	0.34	20%

F 値（漁獲係数）は年齢の単純平均、Frec は完全加入年齢の F。

漁獲割合は ABC/資源量。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評 価 *
漁獲圧を減らし て資源の回復を 図る	F _{limit}	ABCLimit 25 千トン	2009 年に親魚量 130 千トンを達成する確率は 46%、2009～2014 年に現状(2004 年)の親魚量(55 千トン)を 1 年でも下回る確率は 13%
漁獲圧を減らし て資源の回復を 図る。予防的措 置をとる	F _{target}	ABCTarget 21 千トン	2009 年に親魚量 130 千トンを達成する確率は 62%、2009～2014 年に現状(2004 年)の親魚量(55 千トン)を 1 年でも下回る確率は 4%

参考値

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評 価
最近の再生産成 功率のもとで、5 年後にも現状 (2004 年)の親 魚量を維持する	F _{sus}	39 千トン	2009 年に親魚量 130 千トンを達成する確率は 0%、2009～2014 年に現状(2004 年)の親魚量(55 千トン)を 1 年でも下回る確率は 77%
現状(2003 年) の漁獲圧を維持 する	F _{current}	49 千トン	2009 年に親魚量 130 千トンを達成する確率は 0%、2009～2014 年に現状(2004 年)の親魚量(55 千トン)を 1 年でも下回る確率は 100%

* 2005 年以降の RPS について 1999～2003 年の RPS からランダムサンプリングするシミュレーションを 1000 回行った結果

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F 値	漁獲割合
2002	110	48	1.24	45%
2003	114	50	1.10	44%
2004	113	-	-	-

F 値(漁獲係数)は年齢の単純平均、漁獲割合は ABC/資源量。

2004 年の資源量は、1 歳以上の資源尾数については 2003 年の資源尾数と漁獲係数と自然死亡係数から計算した。0 歳の資源尾数については黒潮親潮移行域の幼稚魚量に基づく加入量指数との直線回帰により推定した。年齢別重量は近年 5 年平均とした。

	指標	値	設定理由
B _{ban}	親魚量	27 千トン	最低親魚量
B _{limit}	親魚量	130 千トン (低水準期として)	近年において比較的高い RPS が得られた年(1996 年)の親魚量。
2003 年	親魚量	52 千トン	

B_{ban} は F=0 とする資源量水準。過去 50 年間の最低漁獲量 9 千トン(1965 年)と、最近 30 年間の最低の F 値=0.23(1981 年)からやや低い F=0.2 を用いると、最低資源量 59 千トンになる。これと、最近 10 年間における親魚量と資源量の比(46.5%)から推定した。

高水準期の B_{limit} は別途検討中である。

(水準・動向)

水準: 低位 動向: 減少

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・2003年は5万トン前後であった(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り、なおかつ再生産にとって海洋環境が好適とは言えない現状では、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、現在の加入状況に合わせた資源管理を適切に行なうことにより、親魚量を増加させ、環境の好転による資源回復に備えることが必要である。なお、カリフォルニアマイワシでは約60年周期の環境変動に対応した資源変動が想定されているが、この長期変動に対応して環境が不適当な場合には漁獲係数を減少させることが、長期的な漁獲量の向上に必要とされている(MacCall, 2002)。

2. 生態

(1) 分布・回遊(図1・2)

資源水準の高かった1980年代には九州南方から北海道東方の沿岸から遙か沖合まで分布していたが、近年は九州南部から噴火湾までの沿岸に主に生息している。回遊の規模は資源量水準により大きく異なる。最近の産卵場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。西日本の太平洋岸では夏季も産卵場付近に滞留する傾向が強まっている。

(2) 年齢・成長(図3)

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模様である(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、近年の産卵場は土佐湾が中心で、伊豆諸島近海にも少数の卵が出現している。

(4) 被補食関係

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年は約4.9万トンとなった。2003年1月～12月の主要港水揚量は約5万トンであった(図5)。

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-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に基づいて、コホート解析(補足資料2)を行った。チューニングをしないコホート計算により年齢別選択率を求め、さらに、北部太平洋におけるまき網の有効努力量(漁業情報サービスセンター)と漁獲係数(全年齢平均)、黒潮親潮移行域における幼稚魚の分布密度から得た加入量指数(但州丸・北鳳丸)並びに北辰丸流網(釧路水試)による0歳魚漁獲尾数/網数と0歳魚の資源尾数、北上期における表中層トロールによる1歳魚採集量/曳網回数(開洋丸)並びに房総海域未成魚越冬指数と1歳魚の資源尾数、北辰丸流網による1歳魚漁獲尾数/網数と1歳以上の資源尾数、産卵量と親魚量、が同時に最も適合するように2003年の漁獲係数を調整した。なお、北辰丸流網と房総海域未成魚越冬指数については2002年までの数値を用いた。以上により年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数を計算した。

(2) 資源量指標値の推移

北部太平洋大中型まき網の投網当たりの水揚量は1988年以降減少傾向にある(図6)。

前年10月～当年9月の産卵量は、1995年度から2001年度まで100兆粒台で低水準ながら比較的安定していたが、2002年度は31兆粒と減少した。2002年10月～2003年9月の産卵量は約35兆粒で前年同期よりやや多かった(図7)。

黒潮親潮移行域における幼稚魚の分布密度から得た加入量指数は、1996年以降減少傾向にあり、2000年にはやや上昇したが、2001年以降極めて低い水準にある。加入量指数と0歳魚の資源尾数とを直線回帰すると、直線回帰 $y(0\text{歳魚資源尾数:百万尾}) = 45.721x(\text{加入量指数}) + 1610.9$ との関係が得られる(図8)。2004年の加入量指数は0.5であり、2002年と同じ値であった。

2001年以降の房総～常磐沖合域における未成魚・成魚の分布豊度について、水産庁開洋丸による表中層トロールによる北上期調査(5月、1歳対象)でのCPUE(採集重量/曳網回数)から、2002年級>2003年級>2001年級との年級豊度が推測された(表9)。

(3) 漁獲物の年齢組成

年齢別漁獲尾数の経年変動を図9と表2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。年齢別漁獲量を表3に示した。

(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50～60万トン台で推移したが、2000年から再び減少傾向となり、2002年は11.0万トン、2003年は11.4万トンと推定され(図10、表5)、2004年も11.3万トンと予測される。

加入量水準は、1988年以降低水準となり、資源量、親魚量が急減した。1994年から2001年までは偶数年で加入尾数が比較的多く、奇数年で少ない傾向が続いた。しかし、2001年以降低水準のまま推移した。

また、0.4とした自然死亡係数を0.2、0.6に変更して、資源量、親魚量を計算したところ、全体の傾向はそれぞれ同様であった。資源水準の高い年代では係数による絶対値の違いが大きく、資源水準の低い近年では顕著な差が無かった(図11)。

(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」、資源動向は最近5年の資源量推定値の推移から「減少」と判断した。2001～2003年級が連続的に低い加入量水準にあったこと、2004年級の加入量水準も高くないことが予測されることから、現状のままで2004年に増加に転じることは考えられない。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

図12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、そのなかにあって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。図13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。資源の増加期には20～60台(尾/kg)の高いRPSが継続し、低下期には0.9～1.7(尾/kg)の極めて低いRPSが4年連続した。親魚量が100万トンを大きく割り込んだ1993年以降では、1996年に極めて高い値78(尾/kg)、1999年に低い値5(尾/kg)が示されたほかは、15～38(尾/kg)と、資源の増加期(1970年代 Wada and Jacobson, 1998)ほど高くない。図14に1993～2003年における親魚量とRPSの関係を示した。

(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。2004年についても、黒潮親潮移行域の幼稚魚量をもとにした加入量指数からは2002年と同水準の低い加入が予測される。

図15に、北西太平洋の冬季における表面水温とRPS(1976～2003年)との関係を相関係数マップで示した。ここでは、黒潮および黒潮続流域以南の海域および常磐海域で水温が低いとRPSが高めに変動することが示されている。ところで、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)。

(3) 加入量当たり漁獲量

図16に $\%SPR \cdot YPR$ と F との関係を示した。2003年の完全加入年齢に対する $F(=1.48)$ は、資源水準が低位にあるマイワシにとって高い F であると考えられる。現状の F は $3.5\%SPR$ にあたる。

(4) 漁獲圧と資源動向

近年の漁獲係数 F は高い値となっている(図 17・18)。また、漁獲割合(漁獲量/資源量、図 10)も 30～60% 台で推移し、やや高めである。2001 年が高いのは、近年最後のややまとまった年級群と考えられる 2000 年級群が 2001 年 8 月に常磐北部から三陸南部で多獲され、その後出現が少ないことによる。

2001～2004 年級の加入量水準が低い状況では、2005 年以降の加入が近年 5 年間(1999 年～2003 年)の RPS で推移すると仮定した場合、2004 年の親魚量 55 千トン(2009 年において維持する F (全年齢平均)は 0.76 である。これに対し現状の F (全年齢平均)は 1.11 であり、高めである。平成 15 年度に設定した目標値(1996 年の親魚量(130 千トン)まで回復する)で考えると、 F (全年齢平均)は 0.42 程度に設定するのが妥当と考えられた。次に現状の F (全年齢平均)に対して漁獲圧をさまざまに抑制した場合の 2005 年以降の資源量の推移を示した。

表：現状の F ($F_{current}$) に対して漁獲圧をさまざまに抑制した場合の漁獲量と親魚量の推移
なお、ここで用いた RPS は近年 5 年間(1999～2003 年)の平均値 21.8 尾/kg

年齢 平均 F	基準値	漁獲量(千トン)					親魚量(千トン)				
		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.00		0	0	0	0	0	54	103	159	257	410
0.22	$0.2F_{current}$	15	20	28	38	53	54	86	115	160	220
0.45	$0.4F_{current}$	26	30	38	45	54	54	72	85	102	122
0.67	$0.6F_{current}$	36	36	39	40	42	54	61	63	66	70
0.78	F_{sus}	40	38	38	37	36	54	57	55	54	53
0.89	$0.8F_{current}$	43	39	36	33	31	54	53	48	44	41
1.11	$F_{current}$	49	39	32	26	22	54	45	37	30	25

F_{sus} は 2005 年以降の RPS に近年 5 年間(1999～2003 年)の平均値 21.8 尾/kg を用いると、2009 年に 2004 年の親魚量を維持する。0.5 $F_{current}$ 以上では F_{limit} を上回るため、2009 年に親魚量 130 千トン(1996 年)を達成できない。

(5) 漁獲制御方法

資源量水準が低位にあり、なおかつ再生産にとって海洋環境が好適とは言えない現状(補足資料 3 参照)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、現在の加入状況に合わせた資源管理を適切に行なうことにより、親魚量を増加させ、環境の好転による資源回復期に備えることが必要である。そのため、現状の漁獲を制御して、親魚量を増加させ、再生産に好適な環境下での資源の回復を待つべきと考える。近年において再生産成功率が高かった 1996 年程度の親魚量に回復するとの目標設定のもとに漁獲制御を行うこととし、以下 ABC 算定の考え方とした。

(6) 不確実性を考慮した検討

加入の不確実性のもとでの F_{limit} 、 F_{sus} (次節参照)による漁獲管理の目標達成率を検討した。図 19 に、RPS を近年 5 年間(1999～2003 年)からランダムサンプリングして、2011 年までの F_{limit} 並びに F_{sus} による管理のもとに親魚量の挙動を示した。 F_{limit} は 46% の確率で 2008 年時点での親魚量を 1996 年程度まで回復させるとの目標を達成するが、 F_{sus}

では目標を達成できない。Ftarget、Flimit、Fsus と Fcurrent のそれぞれにより漁獲した場合の 2011 年までの親魚量および漁獲量の平均値の予測値を図 20 に示した。Fcurrent では最初 2 年間は Flimit・Fsus の場合より漁獲量が上回るが、それ以降も減少傾向をたどる。

6. 2005 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

2001 年から 2003 年の加入尾数が連続して低水準であったため、資源量はこれまで以下の低水準に落ち込んでおり、2003 年の推定資源量は 11.4 万トンと推定される。親魚量も 5 万トン台と少なくなっている。RPS の数値も資源の増加期ほど高くなく、このような状態からは資源水準の急速な回復は望めない。一方、漁獲割合は 40%を超えており高い漁獲圧が加えられている(図 10)。

(2)ABC の設定

親魚量を近年において再生産成功率の高かった 1996 年水準を目標に回復し、再生産に好適な年を待つことが重要である。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 16 年度)」の 1 - 1) - (2)を用いた。

ABClimit は、2005 年以降の漁獲制御により親魚量を 1996 年の親魚量 130 千トンに回復することを目標に設定した。ABCtarget は、これに予防措置を加えることとし、Frec に 0.8 を乗じた。2005 年の ABClimit、ABCtarget の算出に用いた RPS は 1999～2003 年の平均値 21.8 である。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	25 千トン	Frec	0.42	24%
ABCtarget	21 千トン	0.8Frec	0.34	20%

Fsus(2009 年に 2004 年の親魚量維持)は 39 千トン、Fcurrent(現状の漁獲)は 49 千トンであるが、これを用いることは科学的に好ましくないと考える。

(3)管理の考え方と許容漁獲量

資源量、親魚量が低位・減少傾向にあり、加入量水準が多くない年が 3 年持続しているため、現状の漁獲圧では資源量、親魚量の減少傾向が止まらない。そのため、現状の漁獲圧を制御して、親魚量を、近年において再生産成功率の高かった 1996 年程度まで回復させ、再生産に好適な環境下での資源の回復を待つべきと考える。親魚量を 2009 年に 130 千トン(1996 年)まで回復させるとの目標のもとに、ABClimit を設定し、これに予防措置を加えて Frec に 0.8 を乗じて算定したものを ABCtarget とした。なお、ABClimit で提示した F 値 0.34 は、補足資料(4)の表 3「資源が低水準で推移する場合」における各 Blimit における平均漁獲量の最大値に対応する Flimit の平均が 0.15～0.27 であることからほぼ妥当な数字と考えられる。

近年において加入量が多かった 1996 年級に対して、当時の F(全年齢平均)を半減する漁獲制御を行っていたとした場合のシミュレーションを図 21 に示した。ここで用いる RPS は各年の実測値である。親魚量は 1998 年以降、漁獲量は 2001 年以降、実際の値よりも大きく増加することがわかる。

カリフォルニアマイワシでは約 60 年周期の環境変動に対応した資源変動が想定されているが、この長期変動に対応して不適当な環境下では漁獲係数を減少させることが、長期的な漁獲量の向上に必要とされる (MacCall, 2002)。具体的には次式で漁獲量が算定されている。

$$\text{漁獲量} = (\text{資源量} - 15 \text{ 万トン}) \times \text{漁獲割合}$$

ここで、漁獲割合は環境 (スクリップスにおける水温の 3 年平均) に応じて 5% ~ 15%

(<http://www.psmfc.org/tsc/Session3-final.pdf>, <http://www.pcouncil.org/cps/cpsfmp/cpsregam.html>)。

マイワシ太平洋系群についてもオペレーティングモデルによる予備的検討により同様な管理効果の有効性が示唆されている (補足資料 4)。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評 価 *
漁獲圧を減らし て資源の回復を 図る	F _{limit}	ABCLimit 25 千トン	2009 年に親魚量 130 千トンを達成する確率は 46%、2009 ~ 2014 年に現状 (2004 年) の親魚量 (55 千トン) を 1 年でも下回る確率は 13%
漁獲圧を減らし て資源の回復を 図る。予防的措 置をとる	F _{target}	ABCTarget 21 千トン	2009 年に親魚量 130 千トンを達成する確率は 62%、2009 ~ 2014 年に現状 (2004 年) の親魚量 (55 千トン) を 1 年でも下回る確率は 4%
参考値			
管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評 価
最近の再生産成 功率のもとで、5 年後にも現状 (2004 年) の親 魚量を維持する	F _{sus}	39 千トン	2009 年に親魚量 130 千トンを達成する確率は 0%、2009 ~ 2014 年に現状 (2004 年) の親魚量 (55 千トン) を 1 年でも下回る確率は 77%
現状 (2003 年) の漁獲圧を維持 する	F _{current}	49 千トン	2009 年に親魚量 130 千トンを達成する確率は 0%、2009 ~ 2014 年に現状 (2004 年) の親魚量 (55 千トン) を 1 年でも下回る確率は 100%

* 2005 年以降の RPS について 1999 ~ 2003 年の RPS から
ランダムサンプリングするシミュレーションを 1000 回行った結果

(4)ABC の再評価

2003・2004 年の当初評価と、それに対する再評価結果を下表に示す。

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源量 (トン)	ABC limit (トン)	ABC target (トン)	漁獲量 (トン)	管理目標
2003 年(当初)	Frec	205 千	57 千	48 千	-	2007 年親魚 200 千トン
2003 年(2003 年再評価)	Frec	121 千	30 千	25 千	-	2008 年親魚量 130 千トン
2003 年(2004 年再評価)	Frec	114 千	29 千	24 千	50 千	2008 年親魚量 130 千トン
2004 年(当初)	Frec	108 千	28 千	24 千	-	2008 年親魚量 130 千トン
2004 年(2004 年再評価)	Frec	113 千	29 千	24 千	-	2008 年親魚量 130 千トン

7. ABC 以外の管理方策への提言

ABC 算定での目標である「5 年後の親魚量を 1996 年水準に回復させる」ためには、Frec を引き下げるだけではなく、未成魚を禁漁にすることも考えられるので、その場合の資源動向を検討した。

表：0・1 歳魚に対する漁獲圧（Fcurrent）を引き下げた場合の 2005～2009 年の資源動向
なお、ここで用いた RPS は 1999～2003 年の平均値 21.8 尾/kg

年齢	0歳魚のF		1歳魚のF		漁獲量(千トン)					親魚量(千トン)				
	平均F	の削減率	の削減率		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.89	100%		100%		14	36	39	59	76	54	91	113	160	214
0.99	100%		50%		35	40	44	50	55	54	65	71	79	88
1.00	50%		50%		36	41	42	45	48	54	63	65	69	73
1.09	100%		0%		47	43	40	37	34	54	51	47	44	40

2009 年に親魚量 130 千トンを上回るためには、0 歳禁漁のうえ 1 歳に対する漁獲係数を 50%以上削減する必要がある。2009 年に 2004 年の親魚量 55 千トンを維持するには 0・1 歳の漁獲係数を半減する必要がある。

現在の主産卵場である土佐湾にはまき網漁業がないため相対的な漁獲圧が低く、資源水準が低位の状態にあっても、ある程度の親魚量が持続されて将来増加する端緒となる可能性がある。ただし、分布回遊域が小さい近年にあって、土佐湾沿岸域の産卵場に由来する卵・仔魚が現在の主漁場である房総以北の海域に加入する割合は不明である。これを解明するために、平成 16 年度から資源動向要因分析調査が開始された。

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.
- 石田実・菊地弘(1992). 日本の太平洋岸(常磐～薩南海域)におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類の月別、海域別産卵状況:1989年1月～1990年12月. 水産庁南西海区水産研究所・中央水産研究所, pp.86.
- 菊地弘・小西芳信(1990). 日本の太平洋岸(常磐～薩南海域)におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類の月別、海域別産卵状況:1987年1月～1988年12月. 水産庁中央水産研究所(旧東海区水産研究所)・南西海区水産研究所, pp.72.
- Klyashtorin, L.B. (1998) Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fish. Res.*, 37: 115-125.
- 久保田洋・大関芳沖・石田実・小西芳信・後藤常夫・銭谷弘・木村量(編)(1999). 日本周辺水域におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類、ウルメイワシ、およびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況:1994年1月～1996年12月. 中央水産研究所, pp.352.
- MacCall, A. D. (2002) Fishery-management and stock-rebuilding prospects under conditions of low-frequency environmental variability and species interactions. *Bull. Mar. Sci.*, 70(2): 613-628.
- 森慶一郎・黒田一紀・小西芳信(1988). 日本の太平洋岸(常磐～薩南海域)におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類の月別、海域別産卵状況:1978年1月～1986年12月. 水産庁東海区水産研究所, pp.321.
- 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
- 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.
- 銭谷弘・石田実・小西芳信・後藤常夫・渡邊良朗・木村量(編)(1995). 日本周辺水域におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類、ウルメイワシ、およびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況:1991年1月～1993年12月. 中央水産研究所, pp.368.

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、沿岸では各道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(森ほか 1988; 菊地・小西 1990; 石田・菊地 1992; 銭谷ほか 1995; 久保田ほか 1999)。

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。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・成魚を採集して現存量を把握した。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。

(2)資源量計算(コホート解析)

2003 年までの太平洋側各道府県主要港の水揚量と体長組成から月毎に体長階級別漁獲尾数を求め、体長と年(月)齢の関係に基づいて主要港における年齢別漁獲尾数を計算した。この年齢別の尾数比を漁業養殖業生産統計年報の年間漁獲量に合うように引き延ばして系群全体の年齢別漁獲尾数を求めた(表 2)。なお、年齢分解困難な 5 歳以上は一括した。

Pope(1972)の式により 2002 年までの年齢別漁獲尾数に基づいて、2002 年までの年齢別資源尾数と漁獲係数を計算した。

$$\begin{aligned} \text{(2002 年までの 0 歳～3 歳魚の資源尾数)} \quad N_{a,y} &= N_{a+1,y+1} e^{M/2} + C_{a,y} e^{M/2} \\ \text{(2002 年までの 4 歳魚の資源尾数)} \quad N_{4,y} &= C_{4,y} N_{5+,y+1} e^{M/2} / (C_{5+,y+1} C_{4,y}) + C_{4,y} e^{M/2} \\ \text{(2002 年までの 5 歳魚以上の資源尾数)} \quad N_{5+,y} &= N_{4,y} C_{5+,y} / C_{4,y} e^{M/2} \\ \text{(2002 年までの 0 歳～4 歳魚の漁獲係数)} \quad F_{a,y} &= -\ln(1 - C_{a,y} e^{M/2} / N_{a,y}) \\ \text{(2002 年までの 5 歳魚以上の漁獲係数)} \quad F_{5+,y} &= F_{4,y} \end{aligned}$$

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年の a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は同様に漁獲尾数、 M は自然死亡係数、 F は漁獲係数。自然死亡係数は $M = 2.5 / \text{寿命(田中, 1960)}$ より 0.4 とした。

チューニングをしないコホート計算により、年齢別選択率を推定した。次に 2003 年の漁獲係数($F_{a,2003}$)を、資源水準が低下した 1994 年以降の北部太平洋大中型まき網の有効努力量(漁業情報サービスセンター)(I_1)と年齢平均した漁獲係数(P_1)、1976 年以降の房総海域未成魚越冬量指数(I_2)と翌年の 1 歳魚資源尾数(P_2)、1996 年以降の黒潮親潮移行域幼稚魚分布密度指数(I_3)、1994 年以降の流網 0 歳漁獲尾数/網数(釧路水試)(I_4)と 0 歳魚資源尾数(P_3, P_4)、1994 年以降の流網 1 歳以上漁獲尾数/網数(釧路水試)(I_5)と 1 歳魚以上の資源尾数(P_5)、2001 年以降の北上期 1 歳魚漁獲量/中層トロール曳網時間(開洋丸)(I_6)と 1 歳魚資源尾数(P_6)、1978 年以降の産卵量(I_7)と親魚量(P_7)が同時に最も適合する値として求めた。2003 年の資源尾数は漁獲係数($F_{a,2003}$)と漁獲尾数から計算した。

$$\begin{aligned} \text{(2003 年の漁獲係数)} \quad F_{a,2003} &= \sum_{i=1}^7 \sum_{M/2} \{ \ln(I_{i,y}) - \ln(q_i P_{i,y}) \} \text{を最小} \\ \text{(2003 年の資源尾数)} \quad N_{a,2003} &= C_{a,2003} e^{M/2} / (1 - e^{-F_{a,2003}}) \end{aligned}$$

ここで、 q_i は比例係数。 y は計算に用いた年。2003 年の年齢別の選択率(その年最大の漁獲

係数に対する各年齢の値の比)は 1998 年から 2002 年の平均の漁獲係数を用いた。

2004 年の 1 歳以上の年齢別漁獲尾数は、2003 年の年齢別資源尾数と漁獲係数並びに自然死亡係数から計算し、2004 年 1～5 月の年齢別漁獲尾数との整合性をチェックした。0 歳魚は、加入量指数と当年の 0 歳魚漁獲尾数の直線回帰 $y(0 \text{ 歳魚資源尾数: 百万尾}) = 45.721x$ (加入量指数) + 1610.9 から求めた。

2005 年以降の漁獲係数は管理方策ごとに設定した。年齢別の選択率は、2003 年と同様とした。資源尾数と漁獲尾数は次の関係から求めた。

$$\begin{aligned} \text{(2005 年以降の 0 歳魚の資源尾数)} \quad N_{0,y} &= SSB_y \cdot RPS_y \\ \text{(2005 年以降の 1 歳魚以上の資源尾数)} \quad N_{a,y} &= N_{a-1,y-1} \cdot e^{-F_{a-1,y-1}M} \\ \text{(2005 年以降の漁獲尾数)} \quad C_{a,y} &= N_{a,y}(1 - e^{-F_{a,y}})e^{-M/2} \end{aligned}$$

ここで SSB は親魚量、 RPS は再生産成功率(親魚量あたりの加入尾数、尾/kg)。

(3)マイワシの再生産と関係づけられる水温指数の比較(親潮南下指数と黒潮続流南側再循環域水温)

A: 親潮南下仮説(海老沢・木下)

1976 年から 1996 年における 2 - 3 月の北緯 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とマイワシ再生産指数に有意な正相関($r=0.76$)。

↓

冬季に栄養豊富な親潮系冷水の南下補給混合が多いか少ないかでマイワシ仔稚魚の生残率が決定する。

注: マイワシ稚仔の生育場は、冬季の房総から常磐沖海域の黒潮続流北辺部の混合域と考える。

B: 黒潮続流仮説(能登・安田)

1979 年から 1994 年における 1 - 4 月の黒潮続流南側再循環流域(30-35N, 145-180E)の海面水温とシラス期から加入期までのマイワシ自然死亡係数に有意な正相関($r=0.68$)。

↓

冬季に黒潮続流南側再循環流域の下層の栄養塩が表層に巻き上げられ、かつ、この海域は偏西風によるエクマン輸送によって北部の栄養豊富な親潮系水が運ばれるが、その量が多いか少ないかでマイワシ仔稚魚の生残率が決定する。

注: マイワシ稚仔の生育場は、春季の黒潮続流南側再循環流域と考える。

A と B による今年の予測:

近年(1998 年から 2003 年)の冬季の海況は、親潮は北退傾向(A: RPS 不良) 続流域南部は高水温(B: RPS 不良)。

今年(2004 年)は、親潮南下指数は大きい(A: RPS 良好と推測)が、続流域南部は高水温(B: RPS 不良と推測)。

2004 年 4 月までの経過は、気象庁海洋月報(2004 年 4 月発行、No136)の第 13 図、海域別旬平均海面水温平年偏差時系列図を参照されたい。親潮南下指数の計測海域は海区 4、続流域南部は海区 12 に対応する。

(4) オペレーティング・モデルによる Blimit、Flimit の検討

1. オペレーティング・モデルの概要

資源の高水準期も含めた管理方策を検討するためオペレーティング・モデルによる管理方策を検討した。オペレーティング・モデルは、マサバにおける検討と同じく「現実の資源動態を反映し、かつ現実の資源評価と管理方策決定の手法を再現できる仮想モデル」をさす。本来、種々の不確実性を考慮するために用いるが、今回の検討では観測誤差は考えず、再生産関係における不確実性だけを考慮した。

1-1. 仮想現実モデル

コンピュータ上で再現する仮想現実とは年齢構成のあるモデルとし、加入量はリッカー型を用いた。リッカー型の再生産曲線は加入量 R 、親魚量 S とすると、

$$R = a \cdot S \cdot \exp(-b \cdot S)$$

であるが、このパラメータ a が年ごとに変化するという仮定をおいた（後述）。シミュレーションではパラメータ a の時系列を2種類用いた。

(1) 資源の変動幅が大きい場合

(2) 資源が低水準で推移する場合

いずれの場合も初期値は2000年の年齢別資源尾数を用いた。

1-2. 管理手法

ABC 算定規則 1-1 を用い、資源状態の判断は産卵親魚量 (SSB) で行った。資源の閾値 Blimit、および F の基準値の組み合わせをいろいろ変え、次の規則に従い、Flimit を計算し ABC を求めた。すなわち、ある年の親魚量 SSB に対して

(1) 資源状態 SSB $\geq$ Blimit のとき Flimit = F で ABC を計算する。

(2) 資源状態 SSB < Blimit のとき Flimit = $F \cdot \text{SSB} / \text{Blimit}$ で ABC を計算する。

とした。シミュレーションでは ABC をそのまま漁獲させた。

1-3. シミュレーションの概要

上記の ABC 算定規則に従う ABC は Blimit と F の基準値ならびに該当年の資源量で決定される。そこで Blimit と F の基準値のさまざまな組み合わせについて、50 年後までの管理のシミュレーションを行い、資源量と ABC の変動を調べた。

1-3-1. 資源の変動幅が大きい場合

Blimit は 10 万トン、および 200 万～1000 万トンまでの 200 万トンごと、 F の基準値は 0.1～1.0 までの 0.1 ごとに变化させ、すべての Blimit と F の基準値の組み合わせでパラメータ a の系列 1000 通りについて ABC と SSB の計算を行った。

1-3-2. 資源が低水準で推移する場合

Blimit は 10 万トン、および 20 万～100 万トンの 20 万トンごと、 F の基準値は 0.1～1.0 までの 0.1 ごとに变化させ、すべての Blimit と F の基準値の組み合わせでパラメータ a の系列 1000 通りについて ABC と SSB の計算を行った。

2. 結果

今回のシミュレーションでは、「資源の変動幅が大きい場合」の 50 年間の最大親魚量の平均は 723 万トンだった。一方、「資源が低水準で推移する場合」の 50 年間の最大親魚量の平均は 81 万トンだった。

2 - 1 . 資源の変動幅が大きい場合

F が 0.1 や 0.2 のときは Blimit の小さい方が平均漁獲量 (ABC) は大きくなったが、F が 0.7 や 0.8 のときは Blimit が大きくなるにつれて、平均漁獲量は増えていった(付表 1)。Blimit を固定し、F を変えて平均漁獲量を見た場合の最大値は、105 ~ 120 万トンだった。このときの平均親魚量 (SSB) は 273 ~ 324 万トンだった。

2 - 2 . 資源が低水準で推移する場合

Blimit を固定し、F を変えて平均漁獲量を見た場合の最大値は約 7 万トン、このときの平均親魚量は約 50 万トンであったが、これを最初の 15 年間の平均漁獲量で見た場合は約 8 万トンとなった(付表 2、3)。

3 . まとめ

加入量が親魚量とパラメータ a によって決まるというモデルの場合、漁獲を最大にする Blimit と F の値を求めた。例えば Blimit を大きく取れば F も大きく取るというように、組み合わせ方を変えると、最大値とあまり差のない漁獲が得られることがわかった。資源量が増えた時に漁獲係数を大きくして、資源の利用効率を増やそうとすれば、Blimit、F とも大きく取ればよいということだろう。平均漁獲量が最大に近い時の $F \cdot \text{平均 SSB} / \text{Blimit}$ (漁獲係数 Flimit の平均値に近い値) は F や Blimit の値にかかわらず、ほぼ一定だが、資源の変動幅や何年分の最大値としてみるかで値は異なった(付表 1、2、3)。15 年間の平均漁獲量を最大にする Blimit と F の組み合わせは、必ずしもその後の 35 年間の平均漁獲量を最大にする Blimit、F の組み合わせと一致しないことにも留意すべきだろう(付表 2、3)。

(補足) 再生産関係について

1978 年から 2002 年の加入量、親魚量のデータを用いてリッカー型の再生産曲線に当てはめ、パラメータ a 、 b の値を求めた。次にこのパラメータ b の値を固定し、改めて 1978 年から 2002 年のデータにより、リッカー型の再生産式に合うような a の時系列 a_t を求めた。この a_t を平均値 414.7 で割り、対数を取って時系列 α_t を求めた。

$$\alpha_t = \ln(a_t / 414.7)$$

この α_t は 1 次の自己相関が有意で、自己相関係数は 0.5518 であった。従って、

$$\alpha_t = 0.5518 \cdot \alpha_{t-1} - 0.2456 + u_t$$

という式で表される。

$$a_t = 414.7 \cdot \exp(\alpha_t)$$

である。

1978-2002 年のデータでは、 a_t の最大値は約 1100、最小値は 20 であったので、正規分布する誤差 u_t の平均 μ 、分散 σ^2 を調整した ($u_t \sim N(\mu, \sigma^2)$)。

(1) 「資源の変動幅が大きい場合」の時系列 a_t の計算では $u_t \sim N(0, 0.6^2)$ 、(2) 「資源が低水準で推移する場合」の時系列 a_t の計算では $u_t \sim N(-0.5, 0.6^2)$ として正規分布する乱数を発生させた。

付表１．「資源の変動幅が大きい場合」の 50 年間の平均 ABC（平均漁獲量）。1000 通りのシミュレーションの平均を示した。Blimit、及び平均 ABC の単位は千トン。囲い（各 Blimit における平均漁獲量の最大値）のしてある部分の Flimit の平均は 0.3～0.5。

基準 F

Blimit	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
100	637	925	1043	1055	992	886	755	624	499	398
2000	640	945	1093	1153	1158	1136	1095	1046	990	936
4000	633	937	1091	1163	1189	1190	1176	1153	1123	1088
6000	603	889	1038	1120	1162	1181	1188	1186	1178	1166
8000	548	814	965	1054	1111	1147	1165	1177	1182	1183
10000	493	742	893	990	1054	1101	1132	1152	1165	1173

付表２．「資源が低水準で推移する場合」の 50 年間の平均 ABC（平均漁獲量）。1000 通りのシミュレーションの平均を示した。Blimit、及び平均 ABC の単位は千トン。囲い（各 Blimit における平均漁獲量の最大値）のしてある部分の Flimit の平均は 0.1～0.15。

基準 F

Blimit	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
100	64	56	41	31	25	21	18	16	15	14
200	66	59	45	35	29	25	22	20	18	17
400	68	66	55	45	39	34	31	28	26	24
600	70	71	62	53	46	41	37	34	32	30
800	71	75	67	59	53	47	43	40	37	35
1000	71	78	72	64	57	52	48	44	41	39

付表３．「資源が低水準で推移する場合」の 15 年間の平均 ABC（平均漁獲量）。表２と同じシミュレーションで最初の 15 年間だけを平均した。Blimit、及び平均 ABC の単位は千トン。囲い（各 Blimit における平均漁獲量の最大値）のしてある部分の Flimit の平均は 0.15～0.27。

基準 F

Blimit	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
100	64	80	79	71	64	57	51	47	44	41
200	64	80	79	72	65	59	54	50	47	45
400	64	81	83	78	73	68	64	61	58	55
600	62	82	85	83	79	74	70	67	64	61
800	61	81	86	85	82	78	75	71	68	66
1000	59	80	86	86	84	80	77	74	71	69

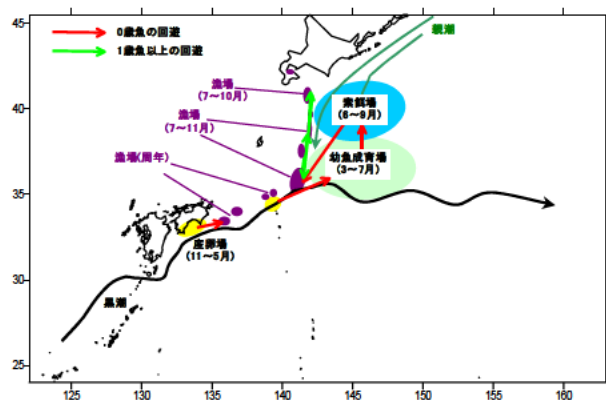


図1 生活史と漁場形成の模式図（資源低水準期）

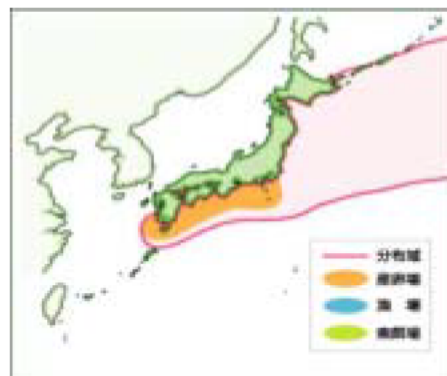


図2 分布と回遊

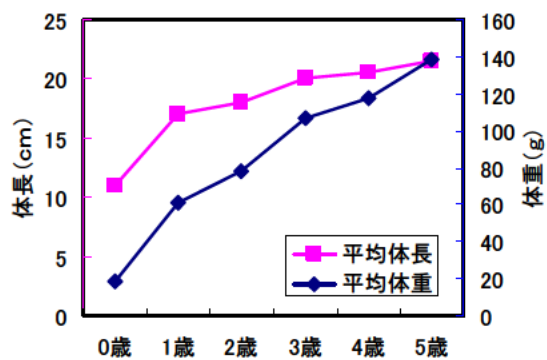


図3 年齢と成長

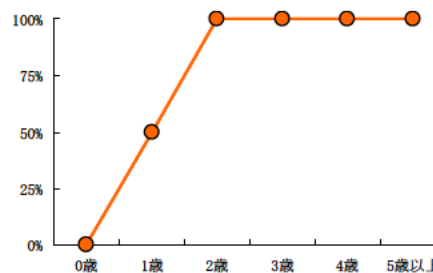


図4 年齢と成熟率

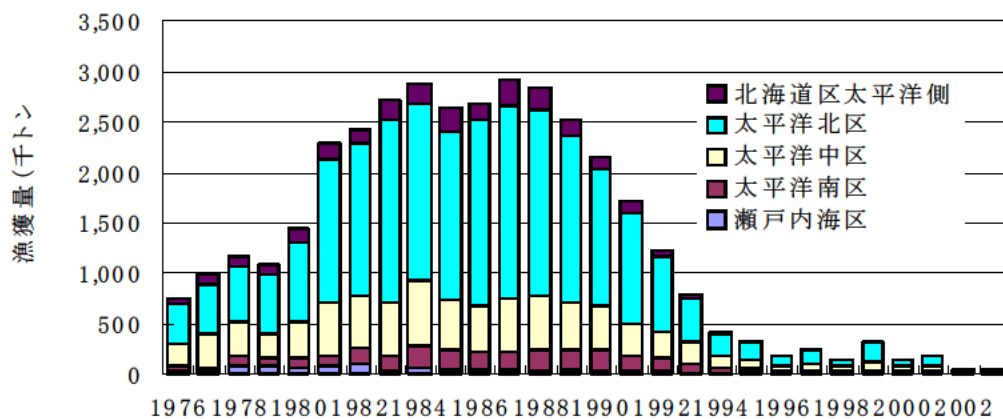


図5 漁獲量の推移

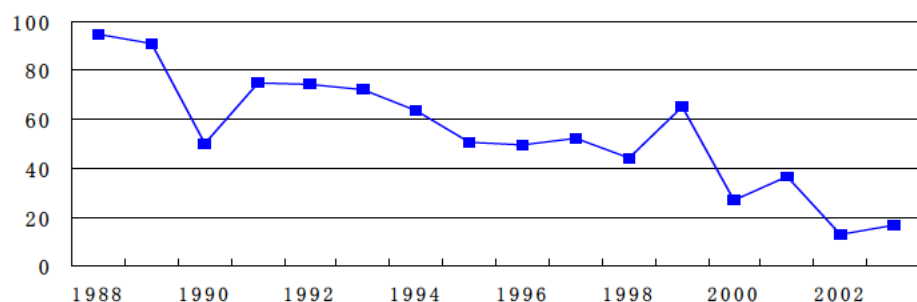


図6 大中型まき網の漁獲努力当たり漁獲量(北部太平洋大中型旋網投網当たりトン、JAFIC資料)

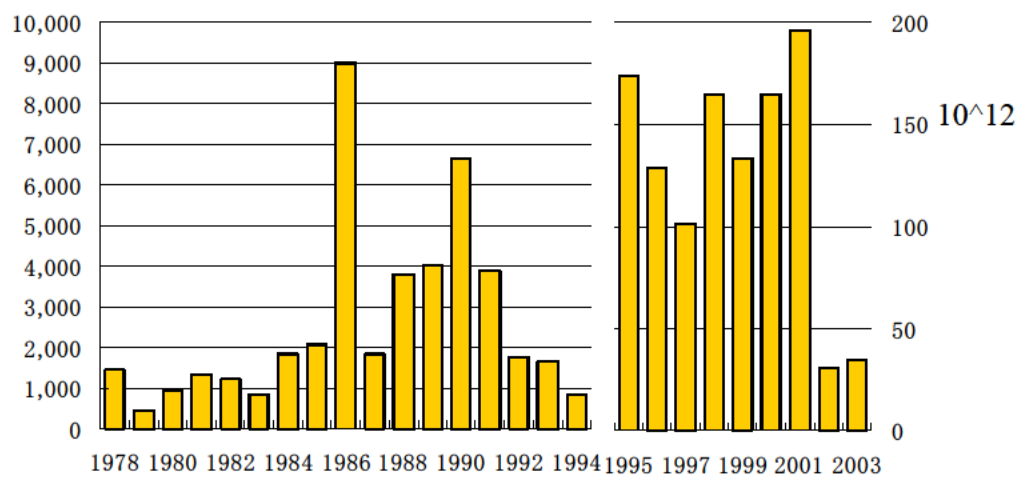


図7 産卵量(前年10月～9月)。数値軸単位は兆粒。1995年以降は目盛を50倍に拡大

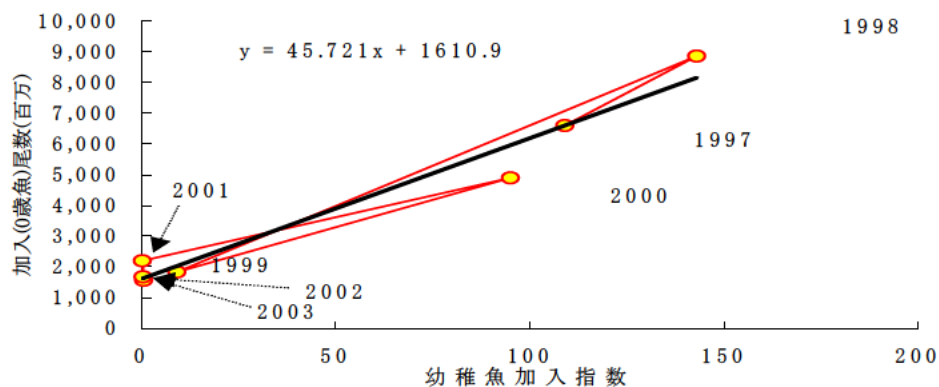


図8 幼稚魚加入量指数と0歳魚加入尾数の関係

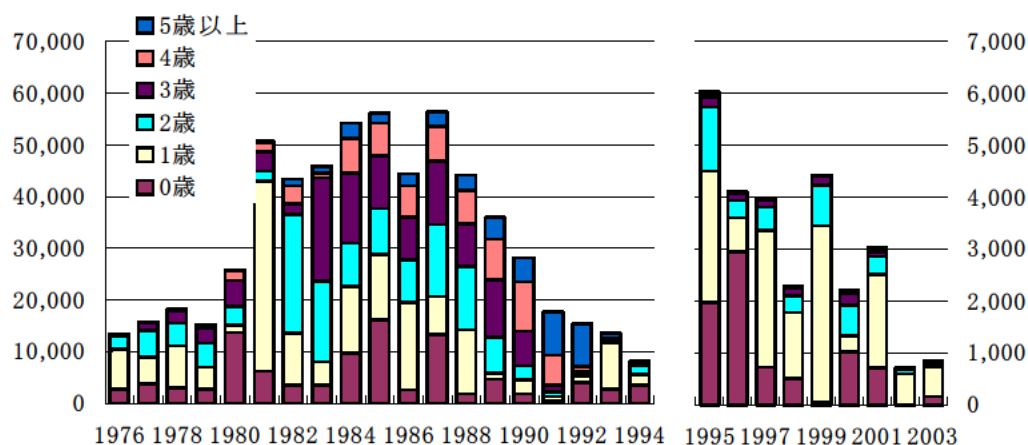


図9 年齢別漁獲尾数（百万尾、1995年以降は数値軸目盛を10倍に拡大）

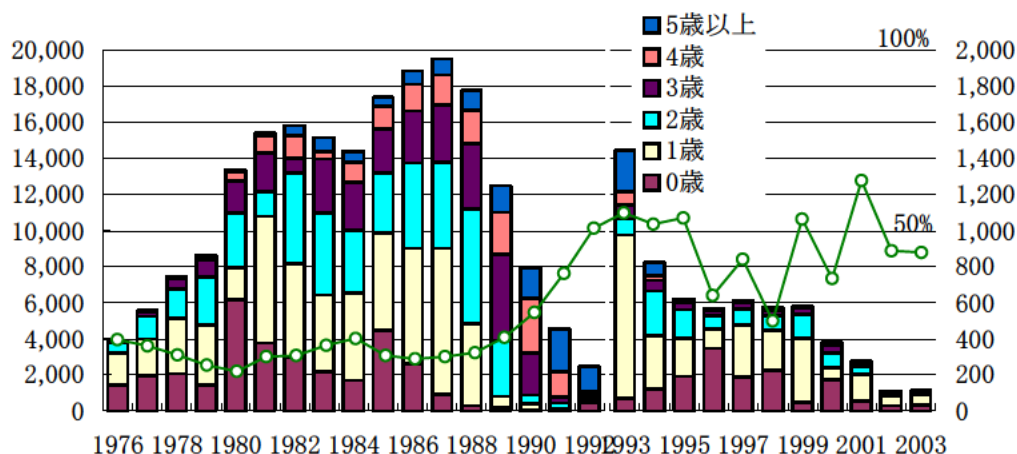


図10 資源量（千トン）漁獲割合（％）の推移（資源量は1993年以降数値軸目盛を10倍に拡大、漁獲割合の目盛は一定で一番上が100％）

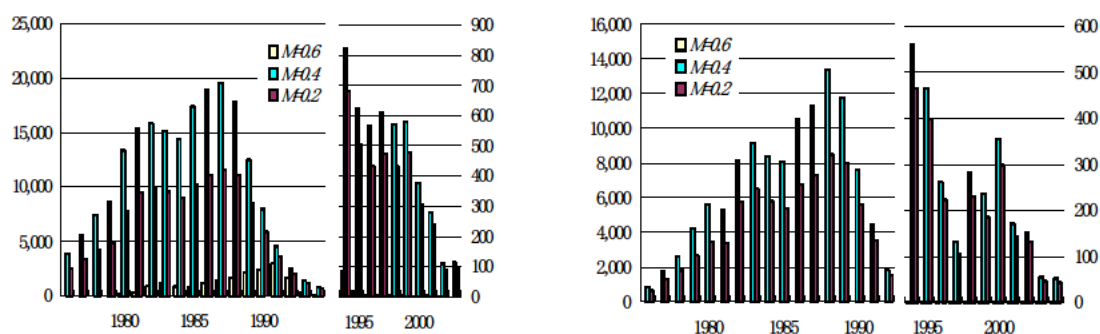


図11 Mと資源量（上：千トン）、親魚量（下：千トン）の関係 それぞれ1994、1993年以降数値軸を拡大している

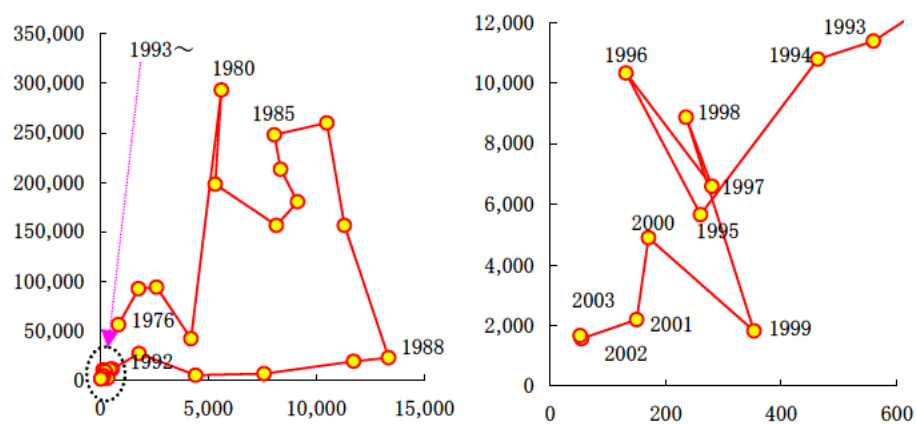


図 12 親魚量（横軸、千トン）と加入量（縦軸、百万尾）の関係（右図は 1993 年以降拡大）

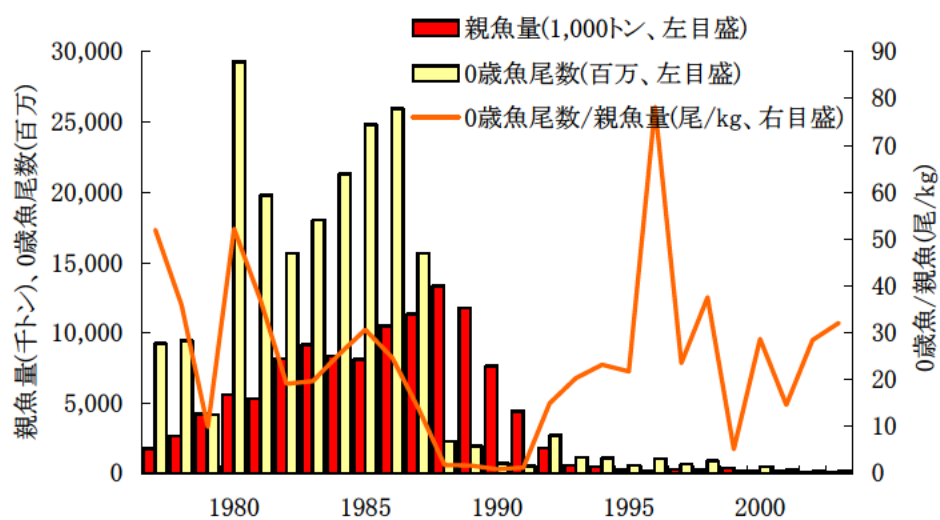


図 13 再生産成功率（RPS：0 歳魚尾数/親魚量）の推移（親魚量、0 歳魚尾数とあわせて表示）

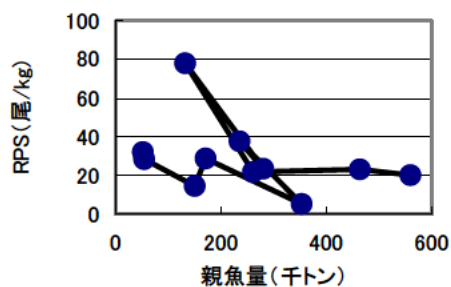


図 14 親魚量が低水準にある 1993～2003 年における親魚量（千トン）と RPS（尾/kg）の関係

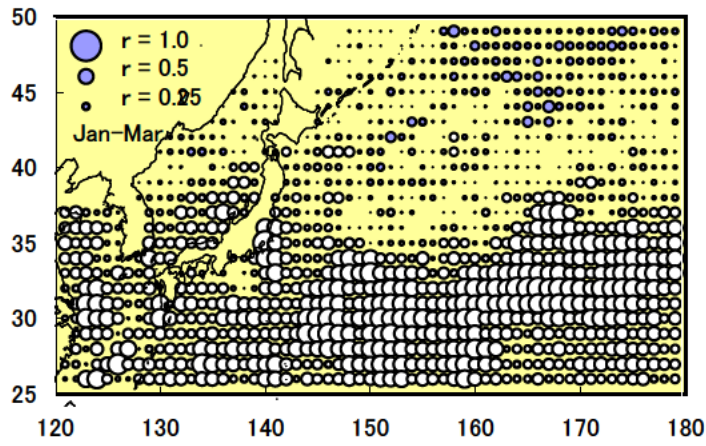


図15 北西太平洋における緯度経度グリッドの1～3月の表面水温とマイワシ太平洋系群のRPSとの相関(青は正、白は負、左上に相関係数と○の大きさの関係を図示)

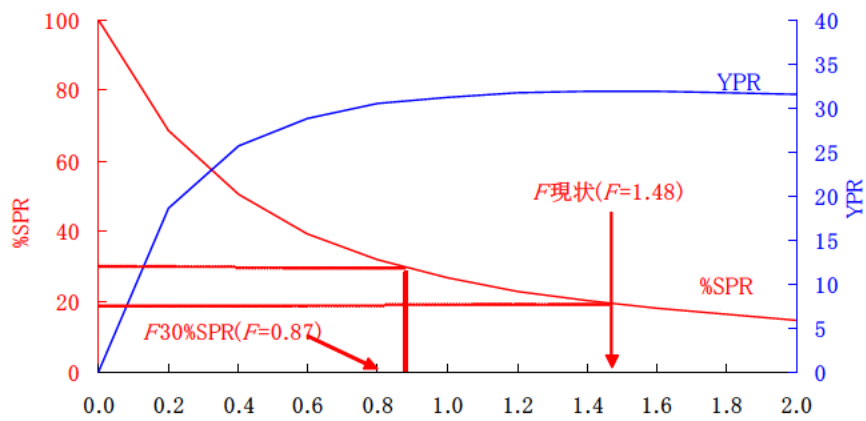


図16 加入量当たり漁獲量

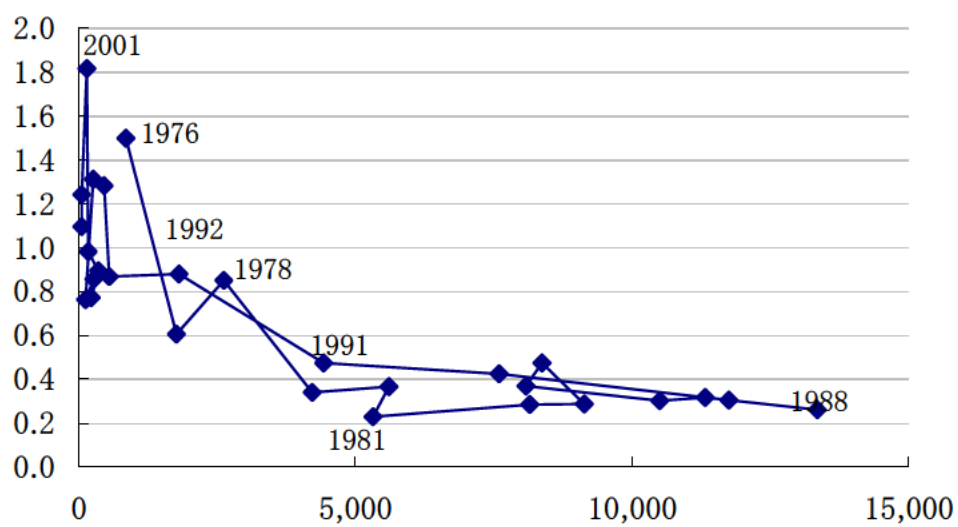


図 17 親魚量（千トン）と F の関係

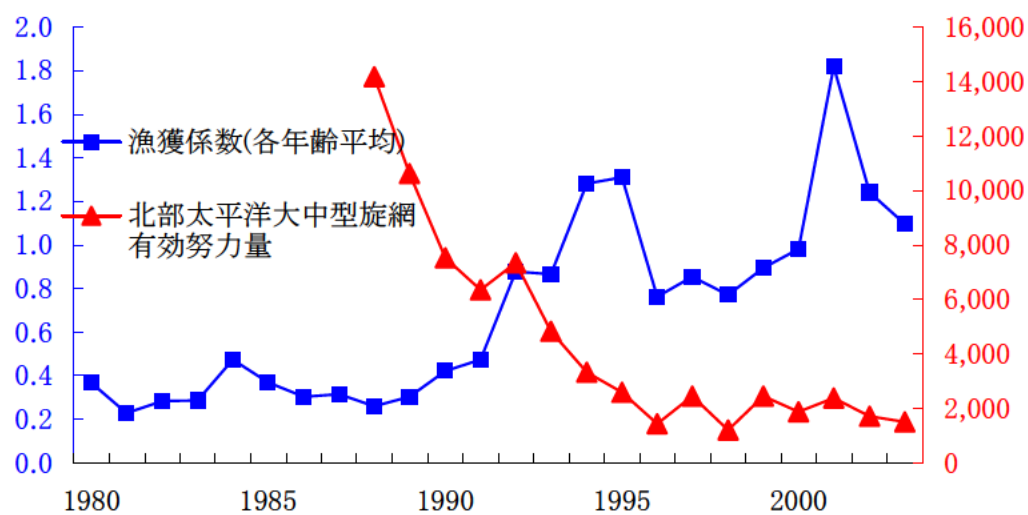


図 18 F と努力量の推移 (F は各年齢の平均、努力量は北部太平洋大中型まき網有効努力量：JAFIC 資料)

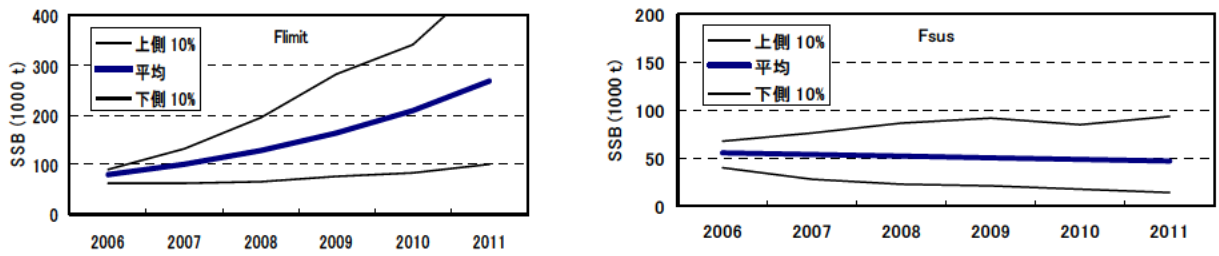


図 19 Flimit (左)、Fsus (右) で管理した場合の親魚量 (SSB) の推移 2005 年以降の RPS は、各年における RPS は 1999～2003 年の値からランダムにサンプリングして、1000 回シミュレーションを行った。

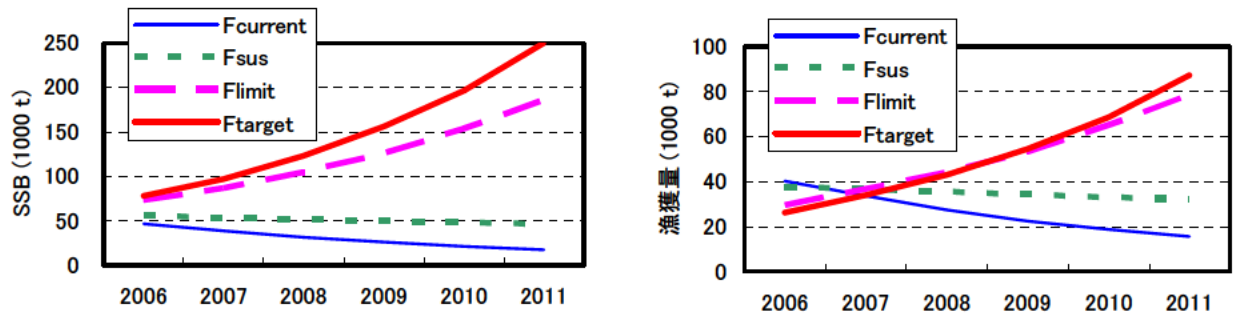


図 20 Ftarget、Flimit、Fsus、Fcurrent で管理した場合の親魚量・漁獲量の平均値の推移 各年における RPS は 1999～2003 年の値からランダムにサンプリングして、1000 回シミュレーションを行った。

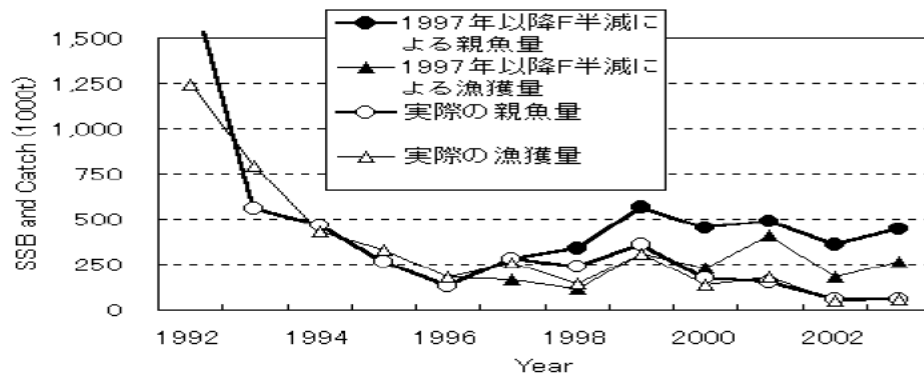


図 21 加入量水準が高かった 1996 年の翌年から漁獲係数（全年齢）が半減されるような漁獲管理を行った場合の親魚量・漁獲量の推移。RPS は各年の実測値を用いた。

表1 マイワシ太平洋系群の漁区別漁獲量(トン、生産統計年報)														
年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
北海道区太平洋側	62544	96954	79846	107259	127423	168031	143620	197865	179732	242862	162169	240027	206559	162421
太平洋北区	392635	492584	561765	567611	802078	1424054	1506624	1811032	1772644	1072963	1852175	1929042	1870060	1642889
太平洋中区	221865	344671	333661	257852	356479	537231	507906	529817	636216	480825	456402	527145	516675	475075
太平洋南区	64626	33001	83597	81214	88884	94186	164095	156844	215697	197520	162691	170254	211680	203343
瀬戸内海区	14649	23301	80618	74602	70155	72355	96860	29458	65337	49648	51262	48295	32526	39709
計	756319	980541	1149467	1066536	1445019	2295857	2419105	2725136	2868626	2643836	2684689	2915763	2637500	2523531
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
北海道区太平洋側	133662	127300	75677	38959	24703	18212	9203	4601	7280	2914	755	3411	924	364
太平洋北区	1363264	1066184	737986	431718	208940	177153	86730	136570	59962	182004	65680	104674	28288	26034
太平洋中区	419087	316468	274959	204240	123324	80753	54063	67158	56674	85810	55413	56197	13670	19689
太平洋南区	230069	166734	137403	106896	61211	42308	18915	16574	10743	15334	10330	10878	3819	2847
瀬戸内海区	16178	13351	14385	5921	6773	12722	11809	10246	6854	11795	6565	4854	2160	1246
計	2162460	1724087	1240410	780734	424951	332148	180720	255149	141513	307857	138743	177014	48961	50480

表2 マイワシ太平洋系群の年齢別漁獲量(百万尾)														
年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
0歳	2668	3838	3043	2828	13733	6276	3578	3601	9656	16152	2612	13293	1857	4733
1歳	7763	5062	8106	4208	1500	36761	10028	4538	12952	12648	16897	7413	12465	1176
2歳	2542	5224	4401	4714	3591	1964	22951	15526	8377	8947	8340	13945	12176	6665
3歳	278	1636	2353	2750	4998	3654	2007	20060	13665	10192	8256	12206	8351	11210
4歳	98	53	346	745	1790	1845	3494	874	6671	6217	5976	6746	6310	7801
5歳以上	1	1	27	19	324	348	1365	1358	2958	2039	2452	2929	3073	4185
計	13370	15803	18276	15264	25937	50849	43422	45946	54278	56194	44532	56532	44231	35970
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	1831	482	4003	2806	3518	1973	2948	725	505	52	1023	721	11	160
1歳	2796	775	1190	6933	2089	2533	651	2638	1275	3397	312	1782	587	577
2歳	2631	944	363	317	1788	1231	336	449	320	782	585	354	74	58
3歳	6753	1373	738	321	319	193	128	139	146	159	232	101	34	35
4歳	9491	5685	768	329	125	42	28	30	44	27	46	48	9	12
5歳以上	4655	6525	8352	932	326	60	12	10	11	11	10	15	4	1
計	28160	17784	15414	13637	8168	6033	4103	3990	2301	4428	2207	3021	719	843

表3 マイワシ太平洋系群の年齢別漁獲量(千トン)

年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
0歳	67	81	67	90	200	119	66	43	77	291	26	60	22	47
1歳	435	293	421	231	104	1367	411	191	531	506	710	348	611	53
2歳	214	439	370	382	291	167	1,216	916	452	439	482	753	706	406
3歳	29	172	247	289	510	354	183	1343	929	683	619	818	626	841
4歳	12	6	41	89	211	214	370	81	590	516	556	600	562	725
5歳以上	0	0	3	2	41	44	171	151	319	210	282	316	310	452
計	757	991	1149	1099	1445	2295	2419	2725	2993	2644	2665	2955	2937	2523

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	9	2	72	17	39	67	100	20	13	1	36	18	0	3
1歳	115	29	64	545	117	123	32	189	75	215	18	106	36	36
2歳	153	82	30	25	169	104	26	44	30	69	51	32	7	8
3歳	534	139	71	36	39	23	15	16	17	17	26	12	4	4
4歳	864	363	76	44	17	6	4	4	6	4	6	6	1	2
5歳以上	489	921	927	124	46	9	2	2	2	2	2	2	1	0
計	2164	1724	1240	791	425	332	185	235	143	309	139	176	49	50

表4 マイワシ太平洋系群の年齢別資源尾数(百万尾)

年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
0歳	55898	92251	94204	41921	292970	197808	156240	180183	212796	247644	259612	156381	22832	18397
1歳	31999	35269	58696	60656	25785	185140	127456	101801	117832	134716	152910	172019	89942	13784
2歳	7185	15094	19506	32709	37214	19059	94006	77226	64524	68381	79948	68565	108239	52766
3歳	520	2735	5841	9471	18066	22005	9154	44224	39055	36393	38512	46762	48017	63256
4歳	123	121	494	1989	4097	8018	11759	4493	13226	14891	16051	19056	21352	25350
5歳以上	2	3	39	52	742	1512	4582	6883	5866	4816	6585	8274	10388	13601
計	95727	145473	178779	146797	378874	430539	403207	414910	453270	507241	553618	481159	305780	188154

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	6883	5240	27076	11388	10787	5667	10328	6594	8864	1826	4894	2188	1545	1670
1歳	9127	3115	3118	14872	5396	4351	2183	4509	3827	5528	1181	2443	877	1006
2歳	8277	3827	1454	1116	2655	1866	842	830	863	1521	924	537	178	107
3歳	29750	3394	1793	678	488	316	243	290	256	316	380	141	70	59
4歳	33224	14413	1150	587	182	66	53	58	80	53	82	65	12	19
5歳以上	16296	21612	12514	1692	503	94	23	19	19	22	18	21	6	2
計	100557	51601	47106	30043	18961	12360	13673	12400	13810	9206	7480	5394	2689	2883

表5 マイワシ太平洋沿岸群の年齢別漁獲係数														
年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
0歳	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.04	0.03	0.02	0.06	0.06	0.06	0.04	0.11	0.10
1歳	0.35	0.19	0.18	0.06	0.07	0.28	0.10	0.06	0.14	0.12	0.14	0.05	0.18	0.11
2歳	0.57	0.55	0.32	0.18	0.13	0.18	0.35	0.28	0.17	0.17	0.14	0.21	0.15	0.17
3歳	1.06	1.31	0.88	0.44	0.41	0.23	0.31	0.81	0.56	0.42	0.30	0.38	0.24	0.24
4歳	3.48	0.76	1.94	0.61	0.76	0.33	0.45	0.27	0.86	0.71	0.81	0.57	0.45	0.47
5歳以上	3.48	0.76	1.94	0.61	0.76	0.33	0.45	0.27	0.86	0.71	0.81	0.57	0.45	0.47
平均	1.50	0.61	0.85	0.34	0.37	0.23	0.26	0.29	0.47	0.37	0.30	0.32	0.29	0.30
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	0.39	0.12	0.20	0.26	0.51	0.55	0.43	0.14	0.07	0.04	0.29	0.51	0.01	0.17
1歳	0.47	0.36	0.63	1.30	0.65	1.24	0.45	1.25	0.52	1.39	0.39	2.22	1.70	1.16
2歳	0.49	0.30	0.36	0.43	1.73	1.84	0.67	0.89	0.60	0.89	1.48	1.64	0.71	1.09
3歳	0.32	0.68	0.70	0.86	1.60	1.38	1.03	0.89	1.18	0.95	1.37	2.07	0.88	1.31
4歳	0.43	0.66	1.89	1.12	1.60	1.53	0.89	0.98	1.12	1.00	1.18	2.24	2.08	1.48
5歳以上	0.43	0.66	1.89	1.12	1.60	1.53	0.89	0.98	1.12	1.00	1.18	2.24	2.08	1.48
平均	0.42	0.47	0.88	0.67	1.20	1.31	0.76	0.95	0.77	0.89	0.98	1.52	1.24	1.11

表6 マイワシ太平洋沿岸群の年齢別漁獲量(千トン)														
年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
0歳	1397	1937	2072	1425	6152	3758	2969	2162	1702	4461	2588	938	274	194
1歳	1792	2046	3052	3336	1779	7085	5226	4276	4831	5389	6422	8065	4608	620
2歳	604	1288	1638	2849	3014	1365	4982	4556	3484	3351	4717	4788	6336	3113
3歳	55	287	613	985	1843	2135	833	2963	2656	2438	2888	3133	3901	4744
4歳	15	14	58	235	483	830	1246	418	1111	1244	1493	1686	1900	2358
5歳以上	0	0	5	7	94	182	574	775	633	506	757	884	1050	1469
計	3962	5553	7440	8646	13995	15415	15930	15150	14418	17389	18876	19534	17765	12488
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	34	21	487	68	119	182	350	185	223	51	173	54	28	30
1歳	374	93	168	907	299	212	106	289	225	350	69	146	55	64
2歳	480	333	121	88	250	157	71	82	80	134	81	49	17	10
3歳	2350	329	172	76	59	37	29	34	29	34	42	16	8	7
4歳	3023	1427	114	80	26	8	8	8	10	7	11	9	2	3
5歳以上	1711	2334	1389	225	70	15	4	3	3	3	3	3	1	0
計	7973	4538	2451	1445	822	622	567	610	571	580	379	277	110	114

表7 マイワシ太平洋沿岸群の親魚量(千トン)・再生産成功率[RPS:0歳加入尾数(百万尾)/親魚量(kg)]														
年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
親魚量	852	1774	2620	4218	5613	5325	8158	9140	8368	8078	10486	11319	13348	11746
0歳尾数/親魚量	66	52	36	10	52	37	19	20	25	31	25	14	2	2
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
親魚量	7602	4432	1813	560	464	261	132	261	236	354	171	150	55	52
0歳尾数/親魚量	1	1	15	20	23	22	78	23	38	5	29	15	28	32

なお、年齢別成熟率は、1993年以前は1歳0.1、2歳以上1、1994～1996年は1歳0.2、2歳以上1、1997年以降は1歳0.5、2歳以上1として計算した。

表9 マイワシ太平洋西部の年齢別平均体重(漁獲量/漁獲尾数、グラム)															
年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	
0歳	25	21	22	34	21	19	19	12	8	18	10	6	12	10	
1歳	56	58	52	55	69	38	41	42	41	40	42	47	49	45	
2歳	84	84	84	81	81	85	53	59	54	48	59	54	58	59	
3歳	105	105	105	105	102	97	91	97	68	67	75	97	75	75	
4歳	118	118	118	118	118	116	108	93	84	83	93	89	89	93	
5歳以上	127	127	127	127	127	127	125	111	100	100	115	108	101	108	
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	5	4	18	8	11	34	34	28	25	28	35	25	18	18	
1歳	41	30	54	41	56	48	48	64	59	63	58	60	63	63	
2歳	58	67	63	79	94	84	84	99	93	86	88	92	85	85	
3歳	79	97	86	112	120	118	118	116	114	108	110	117	112	112	
4歳	91	99	89	134	135	143	143	134	128	134	129	131	131	131	
5歳以上	105	108	111	133	140	156	150	154	152	153	152	150	160	160	

表9 開洋丸による 2001 年以降 4 年間に於ける北上期調査 (5 月) のマイワシ 1 歳以上の CPUE

年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
曳網回数	21	17	41	26
使用網	NST60K1	NST60K1	NST660SR	NST660SR
CPUE(総採集重量 kg/曳網点数)				
マイワシ	3.43	0.89	1.43	0.88