

平成 24 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（川端 淳・本田 聡・渡邊千夏子・久保田洋）

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

要 約

マイワシ太平洋系群の資源量は、1970 年代後半に増加し、1980 年代は 1,000 万トン以上の高い水準で推移したが、1990 年代に入って減少して 1994 年に 100 万トンを下回り、その後 1999 年まで 70 万～90 万トン台で推移した後再び減少し、2002 年以降 2007 年まで 10 万トン台の低い水準で推移した。その後 2008～2011 年に比較的良好な加入が続いたことにより、2010 年は 50 万トン、2011 年は 63 万トンと増加している。同様に親魚量は 2002 年以降 10 万トンを下回る水準で推移したが、2010 年は 123 千トン、2011 年は 280 千トンに増加した。資源水準は中位、動向は増加と判断した。本系群は海洋環境の影響を大きく受ける再生産成功率（ $RPS = \text{加入量} / \text{親魚量}$ ）の年変化が大きく、毎年の加入量が大きく変化する。再生産成功率の低い（高くない）年にも一定水準以上の加入を確保し、高い年には良好な加入とするためには、親魚量を 1996 年水準以上とすることが望ましいことから、**Blimit** を親魚量 221 千トン（1996 年水準）と設定し、近年 10 年間の再生産成功率のもとで現状の **Blimit** 以上の親魚量の維持を図る漁獲シナリオに基づいて 2013 年の **ABC** を算定した。また、現状の漁獲圧を維持する漁獲シナリオに基づいた漁獲量もあわせて算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 (F _{current} との比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2013 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	現状親魚 量を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
現状の漁獲圧 の維持 (F _{current})*	0.25 (F _{current})	21%	154～ 890 千トン	336 千トン	100%	100%	212 千トン
親魚量の維持 (F _{med})*	0.44 (1.74 F _{current})	32%	105～ 692 千トン	343 千トン	65%	79%	322 千トン
コメント ・ 現状の漁獲圧は、高い確率で当該資源を現状以上で維持できる水準である。 ・ 加入量および年齢別選択率の年変動が大きく、将来予測における不確実性は高い。 ・ 2011 年の親魚量は Blimit を上回っており、ABC 算定には規則 1-1)-(1)を用いた。 ・ 現状の親魚量水準の維持を図る漁獲シナリオとして F _{med} を適用した。 ・ 中期的管理方針では、資源水準の維持若しくは増大を基本方向として、漁獲動向に注意しつつ、管理を行うものとされており、全てのシナリオ(*)はこれと合致する。							

F_{current} は、近年 3 年（2009～2011 年）平均。

F_{med} は、不確実性が高い最近年（2011 年）を除く近年 10 年間（2001～2010 年）の再生産成功率の中央値（RPS_{med}：22.3 尾/kg）に対応する F。

漁獲割合は 2013 年の漁獲量／資源量。

ABC は、上述の近年 10 年間の RPS_{med} のもとで算定。将来漁獲量・評価は、同 RPS_{med} に、同 10 年間の RPS の平均値に対する各年の比率を無作為抽出して乗じて仮定した RPS を用いるシミュレーション（1,000 回試行）により算定。

将来漁獲量の 5 年後は 2017 年（80%区間）、5 年平均は 2013～2017 年。評価は漁獲を行った翌年の親魚量で判断（5 年後は 2018 年当初）。現状親魚量は 2011 年親魚量。

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F 値	漁獲割合
2010	499	65	0.33	13%
2011	633	131	0.21	21%
2012	857*	-	-	-

*2012 年級群の加入量を調査船調査結果から推定した値。

	指標	値	設定理由
Bban	資源量	22 千トン	前回の資源低水準期（1950～60 年代）における推定最低資源量
Blimit	親魚量	1996 年水準（221 千トン）	これ以下では加入水準が低下する
2011 年	親魚量	1996 年水準以上（280 千トン）	

水準：中位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省統計部(旧統計情報部)) 主要港水揚量(18 道県、関係府県) 月別体長組成調査(水研セ、北海道～鹿児島(18 道県)等):市場測定 体長－体重調査・体長－年齢調査(水研、北海道～鹿児島(18 道県)等):市場測定、調査漁獲物
資源量指数 ・産卵量 ・加入量指数 ・沖合域分布量 ・未成魚越冬群指数 ・資源量指標値	卵採集調査(水研セ、関係都道府県):ノルパックネット 移行域幼稚魚調査(水研セ):中層トロール 北西太平洋北上期浮魚類資源調査(西部北太平洋サンマ資源調査・北上期浮魚類資源調査、水研セ):中層トロール、計量魚探 北西太平洋秋季浮魚類資源調査(水研セ):中層トロール、計量魚探 房総～常磐海域まき網漁況(千葉水総研、茨城水試) 北部まき網 CPUE・漁場分布に基づく資源量指数(JAFIC)
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.4$ を仮定(田中 1960)
2012 年加入量	5～6 月移行域幼稚魚調査・加入量指数 6～7 月北西太平洋北上期浮魚類資源調査・0 歳魚分布量
漁獲努力量指数	北部まき網漁獲努力量(JAFIC、分布回遊状況解析調査)

1. まえがき

マイワシ太平洋系群は、数十年スケールの地球規模の大気～海洋生態系の構造の転換(レジーム・シフト)と同期して大きく資源変動することが知られている(Kawasaki 1992、Klyashtorin 1998)。高水準となった 1930 年代や 1980 年代の北西太平洋の海洋環境は「寒冷レジーム」と呼ばれる状態にあり、資源高水準期はこのような環境状態においてみられる短期的なものと考えられる。従って、本資源を持続的に利用するためには、ごく短期間みられる高水準よりも、より普遍的な中水準での維持を目標にすることが望ましいと考えられる。1990 年代以降の海洋環境において、1990 年代末から 2000 年代にかけては高い漁獲圧がかかり、2002～2009 年の親魚量は 10 万トンに満たない極めて低い水準で推移した。仮に漁獲圧を削減していたなら 1990 年代の水準で維持ができたとの指摘があり(Yatsu and Kaeriyama 2005)、2000 年代後半以降の比較的高い再生産成功率をもたらしている環境条件において現状よりも資源を増加させることができた可能性が高い。再生産成功率の年変化が大きい本系群の毎年の加入量を一定水準以上にするためには、漁獲圧の調整により親魚量を一定水準以上で維持することが望ましい。

2. 生態

(1) 分布・回遊

幼稚魚の分布・回遊は、生育初期の海流による移送のされ方によって大きく 2 つの形態に分けられる。黒潮周辺でふ化後、沿岸域への流れにとりこまれて、沿岸漁場でシラス～

幼魚期から漁獲対象となるような本邦沿岸域で成長するもの（以下、沿岸加入群）、および黒潮によって東方へ移送され、本邦近海から東経 165～170 度に及ぶ黒潮親潮移行域で成長して道東～千島列島東方沖の亜寒帯域で夏季の索餌期を過ごし、秋冬季に南下して漁場に参加するもの（以下、沖合加入群）がある（川端ら 2011、図 1）。沖合加入群の分布範囲は海流の移送に依存するため、加入量の多寡を反映せず、加入量が低くても広域に分布する。沿岸と沖合のいずれの加入群になるかは、産卵場周辺の海況条件に因って偶然に決まると考えられる。また、両者にはふ化日組成に違いがみられ、沿岸加入群には、2-(3)に後述のように長期間に亘る産卵期を反映して、様々なふ化日の個体が出現するが（落合 2009、長谷川・日越 2011）、沖合加入群には、近年の調査結果からは、稚仔魚期が春季ブルーミング時期と一致する、ほぼ 3～5 月（4 月中心）にふ化した個体だけがみられる（落合 2009、高木ら 2010）。沿岸加入群と沖合加入群は独立した群ではないが、主たる発生時期や生育場が異なり、加入動向は必ずしも一致しない。

1 歳以上では、黒潮周辺で越冬、産卵後、夏秋季には黒潮周辺の沿岸域で滞留あるいは小規模な索餌回遊を行うもの、および北方へ索餌回遊するものがある。北方への索餌回遊範囲は資源量水準によって大きく変化する。1980 年代の高水準期には、三陸～道東沖から千島列島東方沖の天皇海山付近～西経域に達する広大な亜寒帯域を回遊した（伊東 1991、黒田 1991）。資源量が減少し、100 万トンを下回った 1990 年代には三陸北部～道東沖の親潮域までに、さらに 50 万トンを下回った 2000 年代には常磐海域の黒潮続流周辺から三陸南部の親潮の南縁付近までに縮小した。最近では 2010 年級群の加入によって資源量が増加し、2011 年は三陸北部～道東沖まで回遊がみられた。

(2) 年齢・成長

寿命は 7 歳程度、最大体長（被鱗体長）は 22～24 cm 程度。年齢と体長の関係は、海域による違いもあるが、資源水準により大きく変化する。親潮域を索餌回遊するものでは、1980 年代の高水準期には 1 歳以上の成長速度が低下し、各満年齢時でおおむね 1 歳：14・15 cm、2 歳：15・16 cm、3 歳：17・18 cm、4 歳：18・19 cm、5 歳：19・20 cm、6 歳：20 cm 以上であったが、近年の低・中水準期では、1 歳：15 cm 前後、2 歳：18・19 cm、3 歳以上：20 cm 以上である。本評価の将来予測で用いた年齢別平均体長と体重（2009～2011 年漁獲物平均値）を図 2、表 4 に示した。

(3) 成熟・産卵

年齢と成熟率の関係を図 3 に示した。資源高水準期には成長速度が低下して成熟が遅れたが、近年は 1 歳で成熟が始まり、2 歳ではほとんどの個体が成熟する。本評価では、1998 年以降の年齢別成熟率を 1 歳：50%、2 歳以上：100%とした。

卵の出現分布状況から、産卵期は 11～6 月、最盛期は 2～3 月である（図 1）。産卵場は、資源水準によって変化した。資源の少なかった 1950～60 年代は日向灘から関東近海にかけての各地の黒潮内側域に形成された（黒田 1991）。資源が増加し始めた 1970 年代前半は土佐湾とその周辺や関東近海での産卵が増加した。1976 年からは薩南海域にも形成され、1980 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域に大規模に形成された。1990 年代の資源の減少に伴い、薩南海域では消滅し、近年は土佐湾を中心に四国沖から関東近海までの各地の黒潮内側域に形成されている。

(4) 被捕食関係

仔稚魚期は小型の動物プランクトンを、成長に伴いより大きい動物プランクトンを捕食するようになる。成魚は鰓耙が発達し、動物プランクトンに加えて珪藻類も濾過摂餌する。中・大型の魚類やイカ類、海産ほ乳類、海鳥類などに捕食される。資源高水準期にはヒゲクジラ類の主要な餌生物であった(Kasamatsu and Tanaka 1992)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

主要漁業は、幼魚～成魚を対象とする大中型まき網、中型まき網、定置網である。船曳網等によってシラスも漁獲される。近年の総漁獲量の7～9割は三重県以東海域（中・北区）における漁獲であり、和歌山県以西海域（南区）における漁獲は少ない（図4、表1）。とくに房総以北海域の大中型まき網（北部まき網）による漁獲が資源水準にかかわらずに多くを占める。1980年代の資源高水準期には、常磐～三陸海域のほか、夏秋季の道東海域で大規模な漁場が形成され、200万トン以上が漁獲された。1990年代の資源の減少に伴って索餌回遊範囲が縮小し、道東漁場は1994年以降形成されなくなった。高い漁獲圧によって2000年代にはさらに資源が減少したため三陸北部海域でも漁場がほとんど形成されなくなり、房総～常磐海域での1、0歳魚をおもな対象とした漁獲が中心となった（図1）。最近は、2-1)に前述の通り、資源が増加して索餌回遊範囲が拡大し、2011年は三陸北部海域のほか道東海域で17年ぶりに漁場が形成されて約2千トンが漁獲された。なお、1994年以降、我が国排他的経済水域(EEZ)内における外国漁船による漁獲はない。

(2) 漁獲量の推移

本評価の漁獲量には、漁業・養殖業生産統計年報の北海道太平洋側～宮城県並びに瀬戸内海区の合計値を用いた（図4、表1）。1964～1967年は1万トンを下回っていたが、その後増加し、1983～1989年は250万トンを越える極めて高い水準で推移した。その後減少し、1993年には100万トンを下回り、1995～2001年は10万～30万トン台で推移した。2002～2010年は10万トンを下回る低い水準で推移したが、2011年は131千トンと2002年以降では最高の値となった。

(3) 漁獲努力量

漁業情報サービスセンター(JAFIC)による北部まき網の年間有効努力量並びに各月の有効努力量の推移を図5に示した。年推移では、2000年以降、資源量の減少に伴い努力量は年々減少する傾向にあったが、2008～2010年級群の比較的高い加入によって資源が増加し、2009～2011年にはやや増加した。なお、2005年および2008年には大きく減少したが、これは操業の主対象がサバ類に向けた影響が考えられる。また、2011年は2010年と比べて数値としては目立った減少はみられないが、震災による水揚げ港の減少や常磐海域での操業自粛などがあり、資源状態から想定するとこれらの影響による減少は小さくはなかったと考えられる。月別推移では、2006年以降では、いずれの年も夏季を中心に増加する傾向がみられる。

Fの年推移を図12に示した。近年では、1990年代末から2000年代初めにかけてFは高く、高い漁獲圧によって後述のように資源量が減少した。それ以降は、まき網努力量の減少に対応するように年々低下している。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法（全体のフロー図を補足資料 1 とした）

関係試験研究機関による資源評価調査（補足資料 2）で収集された漁獲量、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より年齢別漁獲尾数を求め、チューニング VPA（コホート解析）を行った（補足資料 3）。最近年である 2011 年の F は、2011 年漁期と同様に 0 歳魚の漁獲が多く、0 歳魚の選択率が高かった 2004、2007 年の平均を基に推定した。チューニング指数には、2005 年以降の、秋季浮魚類調査による 0 歳魚現存量、未成魚越冬群指数、および潮岬以東海域の産卵量を用いた（表 8、補足資料 2）。 $F_{current}$ （現状の漁獲係数）は、近年 3 年（2009～2011 年）の平均とした。計算に用いたデータ数値、および資源量等の推定結果は表 2～8 に示した。

(2) 資源量指標値の推移

親魚量の指標となる産卵量は、親魚量の極めて少なかった 2000 年代前半には太平洋側全体で 100 兆粒を下回る低い水準であったが、最近では親魚量の増加に伴って増加してきており、とくに潮岬以東での増加が顕著である（図 6、表 8）。

加入量の指標となる各種調査による資源量指数を図 7、表 8 に示した（調査内容は補足資料 2）。いずれの指数も、近年において高い加入量と推定される 2010 年に高い値を示し、2005 年や 2008、2009 年といった比較的高い加入量の年に比較的高い値を示すなど、加入量の多寡をよく指標していると考えられる。なお、越冬期のまき網漁況に基づく未成魚越冬群指数は、満 1 歳時の資源量をよく指標すると考えられるが、2000 年以前は高い漁獲圧を反映して近年の動向よりも全体的に高い値を示していると考えられ、直接の比較は出来ない。

これらの指数のうち、移行域幼稚魚調査による加入量指数や北西太平洋浮魚類調査による北上期移行域～親潮域分布量、秋季亜寒帯域現存量は、沖合の生育場～索餌場における調査のため、2-(1)に前述の沖合加入群だけを指標する。例えば 2008 年級群は、沿岸でのシラス漁獲量や定置網等の幼魚の漁獲量が多かったが、これら沖合の指数は高くなく、加入量は沿岸加入群では多かったが沖合加入群ではとくに多くはなかったと推定された。反対に 2010 年級群は、沿岸加入群は少なく、沖合加入群が近年では卓越して多かった。

2011 年級群は、これら指数が近年においては比較的高く、加入量水準は比較的高いと推定される。2012 年級群については、移行域加入量指数が 2010 年級群に次ぐ高い値を示し、北上期分布量も 2011 年と同程度に高く、加入量は近年において高い水準と推定される。

(3) 漁獲物の年齢組成

近年の漁獲の主体は 1、0 歳魚であり、漁獲量の大半は 1 歳魚である（図 8、表 2、3）。3 歳以上は極めて少ない。2011 年は近年では加入量の多い 1 歳魚（2010 年級群）が漁獲物の主体であったが、特異的に愛知県海域や熊野灘で 0 歳魚の漁獲が多く、0 歳魚の割合も高かった。0 歳魚の漁獲が特異的に多かった状況は 2007 年などに類似する。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は、1970 年代に増加し、1980 年代は 1,000 万トン以上の高い水準で推移したが、1990 年代に入って減少して 1994 年に 100 万トンを下回り、その後 1999 年まで 70 万～90 万トン台で推移した後再び減少し、2002 年以降 2007 年まで 10 万トン台の低い水準で推移

した（図 9、表 5、6）。その後 2008～2011 年に比較的良好な加入が続いたことにより、2010 年は 49.9 万トン、2011 年は 63.3 万トンと増加している。同様に親魚量は 2002 年以降 10 万トンを下回る水準で推移したが、2010 年は 123 千トン、2011 年は 280 千トンに増加した。

漁獲割合は、3-(3)に前述の努力量の推移と対応して、1990 年代末から 2000 年代始めにかけて 40～50%台まで高くなり、資源量を減少させた（図 9、表 7）。その後は、2007 年に 50%と高まったのを除くと、低下傾向となり、最近では 20%前後からそれ以下の低い水準になっている。資源量と F の関係を図 13 に示した。1980 年代末から 1990 年代、2000 年代始めにかけては、資源量の減少とともに F が上昇する、資源の減少を進行させるような関係がみられたが、最近の F は低下しており、資源の減少を進める状況にはないと判断される。

コホート解析における自然死亡係数 M の感度解析として、本評価で仮定する 0.4 から 0.3 と 0.5 にそれぞれ変化させた場合の 2011 年の資源量、親魚量を推定した（図 11）。M を大きく（小さく）設定すると資源量、親魚量は大きく（小さく）推定されるが、ここでの M の変化による違いは±5%程度であり、大きくない。

（5）資源の水準・動向

資源水準の区分は、1976 年以降の資源量の推移から、資源が増大し、密度効果で成長、肥満度の低下がみられた、1977 年以降 1980 年代の資源量 500 万トン以上の水準を高位、1990 年代以降の資源量 50 万トン以上、親魚量が 1996 年水準（22.1 万トン、後述の Blimit）以上で成魚の索餌回遊が三陸北部以北の親潮域までみられるような水準を中位、資源量、親魚量がこれらを下回り、成魚の索餌回遊が常磐海域以南に縮小するような水準を低位とした。

資源水準は、昨年度評価では 2010 年は資源量が 45.7 万トン、親魚量が 18.8 万トンであり低位と判断された。本評価では 2011 年は資源量が 63.3 万トン、親魚量が 28.0 万トンと増加し、現状は中位と判断した。動向は近年 5 年間の資源量の推移から増加と判断した。

（6）再生産関係

親魚量と加入量の関係を図 10 に示した。1990 年代後半以降は、再生産成功率（RPS＝加入量／親魚量）は、1999 年を除き、低くはないものの、高い漁獲圧によって親魚量が低い水準となり、とくに親魚量が 1996 年水準（22.1 万トン）を下回った 2001～2009 年は、加入量は 30 億尾未満の低い水準となった。また、1988 年以降の環境下では、加入量は多くても 200 億尾台で最大 273 億尾（1992 年）であり（図 15、表 5）、1970～80 年代にみられた高水準の加入はない。

（7）Blimit の設定

前項の通り、親魚量が 1996 年水準を下回ると加入量の水準が低下したことから、本系群の資源回復水準(Blimit)を 1996 年の親魚量（22.1 万トン）とした。禁漁水準(Bban)は、Wada and Jacobson (1995)による前回の資源低水準期（1950～60 年代）における推定最低資源量である 2.2 万トンとした。この値は、1910 年以降で、我が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 7 千トンから、漁獲割合を近年の資源低水準期の平均的な値の 30%と仮定して推定される資源量と同程度である。

(8) 今後の加入量の見積もり

RPS の推移を図 15、表 6 に示した。RPS は、1976～1981 年は、1979 年を除き、36.0～65.6 尾/kg と高く、加入量、親魚量が増大した。1982～1987 年は中央値 (21.6 尾/kg) 前後で推移し、高い親魚量によって高水準の加入が続いた。レジーム・シフト後の 1988～1991 年は 0.9～1.7 尾/kg と極めて低く、加入量水準が大きく低下して親魚量が急激に減少した。1992 年以降 2000 年代前半までは、1999 年に 5.4 尾/kg と低く、1996 年に 60.7 尾/kg と高かったが、おおむね中央値前後で推移した。2000 年代後半以降は、50 尾/kg 以上の高い年の頻度が高くなっている。

本系群は海洋環境のレジーム・シフトと同期して資源変動し、寒冷レジームにおいて資源が増大したことが知られている。資源量は、1976/77 年のレジーム・シフト (Yasunaka and Hanawa 2002) と同期して増大し、1980 年代は 1,000 万トン以上の高い水準で推移したが、1988/89 年のレジーム・シフトと同期して、海洋環境の影響によると考えられる 1988～1991 年の連続した再生産成功率の低下がみられ (Watanabe et al. 1995)、加入量が大きく減少して激減した。1990 年代後半以降は 100 万トン未満の水準で推移している。古文書の記録によれば、1980 年代のような資源の増大は、1930 年代やそれ以前にも 50～100 年程度の間隔で繰り返し起こり、漁獲圧が近年よりはるかに低い状況においても高水準期は十年～数十年間程度で終わり、長期間に亘って持続することはなかったと推定されている (伊東 1961、1991、坪井 1988)。資源高水準期には、密度効果による成長速度の低下、成魚の肥満度の低下、卵質の低下がみられ (Wada and Kashiwai 1991、Kawasaki and Omori 1995、Morimoto 1996、Kawabata et al. 2011)、再生産における海洋環境の影響に対する耐性も低下すると考えられることから、生物学的にも持続的な状態とは思われない。寒冷レジームにおける資源増大のメカニズムは明らかではないが、稚仔魚の生育場である黒潮続流域において、アリューシャン低気圧の勢力が強化されて風が強まり、下層からの栄養塩の供給が増えて餌料プランクトンが増加し、加入量の増大が可能になったという説がある。反対に、過去の資源動向からみて、寒冷レジームでなければ高水準期のような高い加入はないとも考えられる。

加入動向と環境指標との関係としては、冬春季の親潮南下指数が高いと RPS が高い (海老沢・木下 1998)、あるいは黒潮続流南側再循環域 (KESA) の冬季水温が低いと加入までの死亡率が低い (Noto and Yasuda 1999、能登 2003)、といった関係が示されている。前者は、親潮によって稚仔魚生育場の餌量が増加して生残率が高くなると推察されている。後者は、上述の寒冷レジームのシフトに関係した環境変化と資源の増減をおもに指標したと考えられ、近年は関係が不明瞭である。

このほか、毎年の RPS の変化に対する直接的な環境要因の解明を目的とした研究が進められている。Ambe et al. (2010) は、水温と流速の解析場を用いた粒子追跡実験を行って各年の卵、仔魚の産卵場～生育場における経験水温を推定し、適水温を経験する個体が多い年は RPS が高いことを指摘した。Okunishi et al. (2012) は、衛星観測データに基づく環境場において成長、回遊モデルを構築して仔稚幼魚を移送、回遊させる実験を行い、30～60 日齢の稚仔魚期に適水温や高クロロフィル (高い餌量) を経験した個体が早く成長して加入に成功し、そのような個体の割合の高い年は加入量が高くなると推察した。これらに関連して、現場観測結果から、成長率の高い個体が優先して変態し生残率が高くなると考えられること (落合 2009)、稚仔魚の平均成長率の高い年は RPS が高い関係がみられること (Takahashi et al. 2008)、が報告されている。将来的にはこのような知見をもとに加入量の推

定精度を向上させることが期待される。そのためには、現場観測に加え、飼育実験等による初期成長、生残への環境要因、母性効果等の影響を直接的に評価することが必要である。

今後の加入量については、2012 年は、加入量の指標となる移行域加入量指数が 1,119 であり、1996 年以降の調査において 2010 年(1,213)に次いで高かった（図 7、表 8）。同様に北上期移行域～親潮域分布量は 17.9 億尾であり、2001 年以降の調査において 2010 年（77.7 億尾）を下回ったものの 2011 年（18.8 億尾）と同程度に高かった。ここでは、2012 年の加入量は、移行域加入量指数と加入量の回帰式を用いて 2012 年の指数値から得られる 96 億尾とした（補足資料 3）。この値は、2012 年の推定親魚量に過去の再生産成功率の中央値を乗じて得られる値と同程度である。

2013 年以降は、推定値の不確実性の高い最近年（2011 年）を除く近年 10 年間（2001～2010 年）の再生産成功率の中央値（RPSmed：22.3 尾/kg）をコホート解析で求められる親魚量に乗じて仮定した。ただし、4-(6)に前述の通り 1988 年以降の環境下では、1970～80 年代にみられたような高水準の加入はないと考えられることから、仮定する加入量の上限を 1988 年以降の最大値である 273 億尾（1992 年水準）とした。

（9）生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

F と %SPR、YPR との関係を図 14 に示した。現状の漁獲圧(Fcurrent)は、資源を現状維持するとされる Fmed や、Fmsy の代替値とされる F0.1 といった基準値を大きく下回っており、高くないと判断される。

5. 2013 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

資源の水準、動向は、中位、増加と判断した。2008 年以降、比較的高い RPS による高い加入量と漁獲圧の低下によって資源は増加し、親魚量は Blimit 以上へ回復した。現状の漁獲圧は高くなく、将来的に過去の RPS 中央値程度の再生産関係が続けば、資源を現状維持～増加できる水準である。現在の海洋環境は、環境指標の動向からみて、1970 年代後半から 1980 年代のような資源の増大を可能とさせるような状態にはないと判断され、近い将来に高水準期へ移行していくことはないと考えられる。

（2）漁獲シナリオに対応した 2013 年 ABC 並びに推定漁獲量の算定

親魚量は Blimit を上回っており、ABC 算定規則の 1-1)-(1)により F を設定した。2013 年の ABC は、近年の再生産関係のもとで現状の親魚量（2013 年）水準の維持を図る漁獲シナリオを適用し、F としては、推定値の不確実性の高い最近年（2011 年）を除く近年 10 年間（2001～2010 年）の RPSmed（22.3 尾/kg）に対応する Fmed を設定して算定した。あわせて、現状の漁獲圧を維持する漁獲シナリオ(Fcurrent)、およびこれらの予防的措置を講じた場合についても算定した。コホート解析によるそれぞれの F における推定漁獲量と資源量の予測値を以下の表および図 16、表 9 に示す。

現状の漁獲圧は高くなく、Fcurrent で将来予測では資源量、親魚量は緩やかに増加する。現状よりも漁獲圧を高める Fmed では、資源量、親魚量は現状の水準で維持される。将来的な漁獲量は、Fcurrent が Fmed を上回る。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量（千トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現状の漁獲圧維持	$F_{current}$ ($F=0.25$)	131	189	212	273	336	414	510
現状の漁獲圧維持の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.20$)	131	189	177	239	310	404	515
親魚量の維持	F_{med} ($F=0.44$)	131	189	322	347	353	356	358
親魚量の維持の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.35$)	131	189	315	360	398	441	487

漁獲シナリオ	管理基準	資源量（千トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現状の漁獲圧維持	$F_{current}$ ($F=0.25$)	633	857	1,012	1,249	1,544	1,899	2,337
現状の漁獲圧維持の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.20$)	633	857	1,012	1,320	1,723	2,240	2,756
親魚量の維持	F_{med} ($F=0.44$)	633	857	1,012	1,034	1,047	1,052	1,057
親魚量の維持の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.35$)	633	857	1,012	1,127	1,252	1,382	1,526

(3) 加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

環境の影響の大きい RPS の年変動に伴う加入量の不確実性を考慮した将来予測を検討した。2013 年以降の加入量を、最近年を除く近年 10 年間（2001～2010 年）における RPS_{med} に、同 10 年間の RPS の平均値に対する各年の比率を重複を許して無作為に抽出して乗じて得られる RPS とコホート解析で求められる親魚量で与えた。ただし、親魚量が、加入量の上限と仮定する 273 億尾（1992 年水準）に RPS_{med} で対応する親魚量 122.7 万トンを超える場合には、親魚量を 122.7 万トンとして与えた。 F は前述の各漁獲シナリオの F_{med} 、 $F_{current}$ 、およびそれらに予防的措置を講じた場合を設定した。このような将来予測をそれぞれ 1,000 回行い、各シナリオの管理効果を資源量、漁獲量、親魚量の試算値から検討した。

将来予測の結果、試算値の動向は前項で述べた不確実性を考慮せずに加入量を与えた場合とほぼ同様であった（図 17）。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 (F _{current} との比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2013 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	現状親魚 量を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
現状の漁獲圧 の維持 (F _{current})*	0.25 (F _{current})	21%	154～ 890 千トン	336 千トン	100%	100%	212 千トン
現状の漁獲圧 の予防的措置 (0.8F _{current})*	0.20 (0.80 F _{current})	17%	157～ 792 千トン	304 千トン	100%	100%	177 千トン
親魚量の維持 (F _{med})*	0.44 (1.74 F _{current})	32%	105～ 692 千トン	343 千トン	65%	79%	322 千トン
親魚量の維持 の予防的措置 (0.8F _{med})*	0.35 (1.39 F _{current})	27%	122～ 776 千トン	337 千トン	86%	93%	274 千トン
コメント ・ 現状の漁獲圧は、高い確率で当該資源を現状以上で維持できる水準である。 ・ 加入量および年齢別選択率の年変動が大きく、将来予測における不確実性は高い。 ・ 2011 年の親魚量は Blimit を上回っており、ABC 算定には規則 1-1)-(1)を用いた。 ・ 現状の親魚量水準の維持を図る漁獲シナリオとして F_{med} を適用した。 ・ 平成 23 年度に設定された中期的管理方針では、資源水準の維持若しくは増大を基本方向として、漁獲動向に注意しつつ、管理を行うものとされており、全てのシナリオ(*)はこれと合致する。							

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2010 年漁獲量確定値（漁業養殖業生産統計年報）並びに 2011 年速報値	2010 年の年齢別漁獲尾数の確定 2011 年の年齢別漁獲尾数
2011 年の主要港月別漁獲量、生物測定結果 2011 年秋季～2012 年春季における資源量指数	2011 年の年齢別漁獲尾数、年齢別体重 2011、2012 年級群に対応した資源量指数 これらによる資源計算の改訂により、漁獲係数、選択率、資源量、SPR、F _{med}

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2011 年(当初)	F _{med}	0.41	492	140	117	
2011 年(2011 年再評価)	F _{med}	0.70	629	248	213	
2011 年(2012 年再評価)	F _{med}	0.40	633	225	190	131
2012 年(当初)	F _{med}	0.70	738	236	201	
2012 年(2012 年再評価)	F _{med}	0.44	857	288	245	

2011 年および 2012 年の ABC について本評価による推定結果により再評価を行った。

2011 年については、2010 年当初評価では 2010、2011 年級群について過小評価であったため、2011 年再評価では資源量が増加した。2012 年再評価では、資源量は 2011 年再評価と同程度であり、年齢別選択率などが更新されて F が低くなり、ABC はやや低くなった。

2012 年については、再評価で資源量は増加したが、これはおもに 2011 年当初評価では 2010、2011 年級群について過小評価であったためである。F は低くなったが、これは、当初評価で高く推定していた 3 歳以上の年齢別選択率が、再評価では大きく低下したためである。ABC は資源量の増加により増加した。

6. ABC 以外の管理方策への提言

現状では、0、1 歳魚が漁獲の主体となっているが、全ての個体が成熟する年齢は 2 歳と推定されていることから、資源の増加、維持に重要である一定水準以上の親魚量の確保のために、未成魚に過大な漁獲圧がかからないような年齢別の漁獲方策を検討することも必要であろう。将来的に資源の増大を可能とする寒冷レジームへシフトした場合には、加入量が増大して資源高水準期へ移行する可能性がある。過去の経緯をみると、資源高水準期への移行は、海洋生態系の変化を伴い、水産業等社会への影響が大きいことから、ある程度予測されることが望ましい。関連調査研究を進展させるとともに、環境の変化とそれに伴う加入群の大発生などの資源の動向を注視していく必要がある。

7. 引用文献

- Ambe, D., K. Komatsu, A. Okuno, M. Shimizu, and A. Takasuka (2010) Survival response during early larval stage of Japanese sardine to physical oceanic conditions leading to their recruitment, *Proceedings of Techno-Ocean 2010*, 2010.
- 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.
- 長谷川雅俊・日越貴大(2011) 駿河湾西部における春季から初夏のマイワシ仔稚幼魚の出現. 黒潮の資源海洋研究, (12), 125-130.
- 伊東祐方(1961) 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日水研年報, (9), 1-227.
- 伊東祐方(1991) 日本のマイワシ—その生活と資源. 魚油とマイワシ (松下七郎編著), 恒星社厚生閣, 191-255.
- Kasamatsu, F., and S. Tanaka (1992) Annual changes in prey species of minke whales taken off Japan 1948-87. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 637-651.
- Kawabata, A., H. Yamaguchi, S. Kubota and M. Nakagami (2011) Growth and fatness of 1975-2002 year classes of Japanese sardine in the Pacific waters around northern Japan. *Fish. Sci.*, 77, 291-299.
- 川端淳・西田宏・高木香織・高橋正知・中神正康・巢山哲・上野康弘・納谷美也子・山下夕帆(2011) 北西太平洋におけるマイワシ 0～1 歳魚の季節的分布回遊. 平成 21 年度資源評価調査成果報告書・第 59 回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 189-194.
- Kawasaki, T. (1992) Climate-dependent fluctuations in far eastern sardine population and their impacts on fisheries and society. *Climate variability, climate change and fisheries* (Glantz, M.H. ed), Cambridge University press, 325-354.

- Klyashtorin, L.B. (1998) Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fish. Res.*, 37, 115-125.
- 黒田一紀(1991) マイワシの初期生活期を中心とする再生産過程に関する研究. 中央水研研報, (3), 25-278.
- Morimoto, H. (1996) Effects of maternal nutritional conditions on number, size and lipid content of hydrated eggs in the Japanese sardine from Tosa Bay, southwestern Japan. Survival strategies in early life stages of marine resources (Watanabe, Y. et al. eds), AA Balkema, 3-12.
- 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.
- 落合伸一郎(2009) マイワシとウルメイワシ当歳魚の比較生態学的研究. 東京大学農学生命研究科修士論文, 1-95.
- Okunishi, T., Ito, S., Ambe, D., Takasuka, A., Kameda, T., Tadokoro, K., Setou, T., Komatsu, K., Kawabata, A., Kubota, H., Ichikawa, T., Sugisaki, H., Hashioka, T., Yamanaka, Y., Yoshie, N., and Watanabe, T. (2012) A modeling approach to evaluate growth and movement for recruitment success of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the western Pacific. *Fish. Oceanogr.*, 21, 44-57.
- 高木香織・高橋素光・西田宏(2010) マイワシ太平洋系群・資源低水準期における稚魚の生態特性. 平成20年度資源評価調査成果報告書・第58回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 172-178.
- Takahashi, M., H. Nishida, H. Yatsu, and Y. Watanabe (2008) Year-class strength and growth rates after metamorphosis of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the western North Pacific Ocean during 1996-2003. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 65, 1425-1434.
- 坪井守夫(1988) 本州・四国・九州を一周したマイワシ主産卵場 (3), 東海区水研業績C集・さかな, (40), 37-49.
- 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.
- Wada, T. and M. Kashiwai (1991) Changes growth and feeding ground of Japanese sardine with fluctuation in stock abundance. Long-term variability of pelagic fish populations and their environment (Kawasaki, T. et al. eds), Pergamon, 181-190.
- Watanabe, Y., H. Zenitani, and R. Kimura (1995) Population decline of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* owing to the recruitment failures. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52, 1609-1616.
- Yasunaka, S and K. Hanawa (2002) Regime shifts found in the northern hemisphere SST field. *J. Meteor. Soc. Japan*, 80, 119-135.
- Yatsu, A and M. Kaeriyama (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.

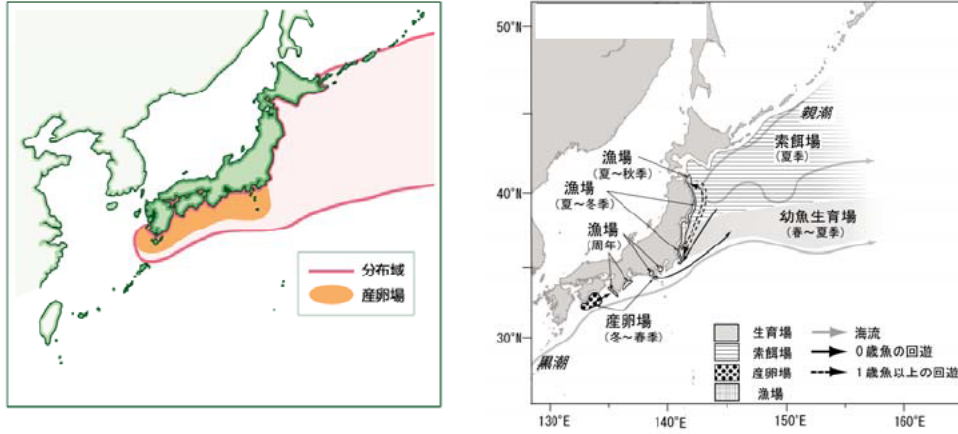


図 1. 分布・回遊および生活史と漁場形成の模式図

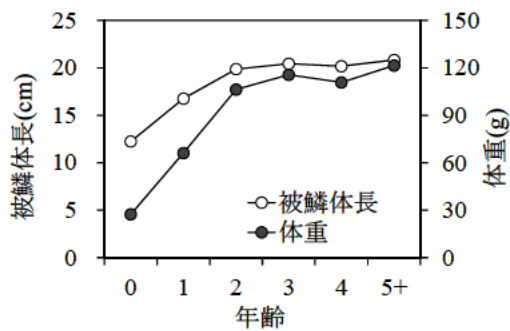


図 2. 年齢と成長 (2009~2011 年漁獲物平均値)

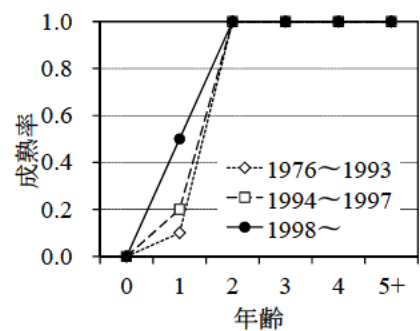


図 3. 年齢と成熟率

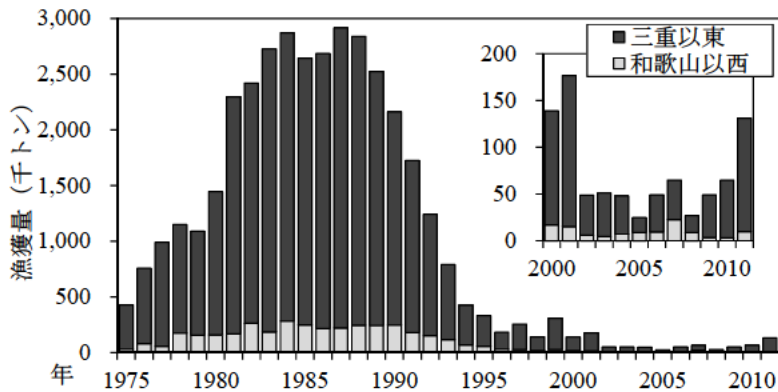


図 4. 漁獲量の推移

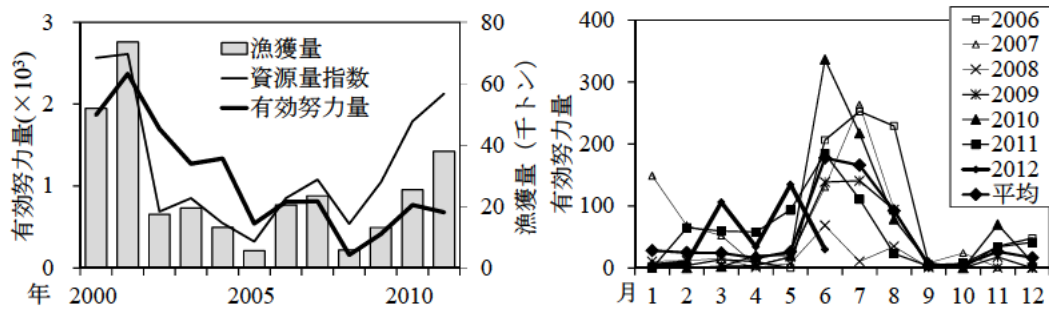


図 5. 北部まき網の有効努力量と資源量指数、漁獲量の推移 (JAFIC 集計値)

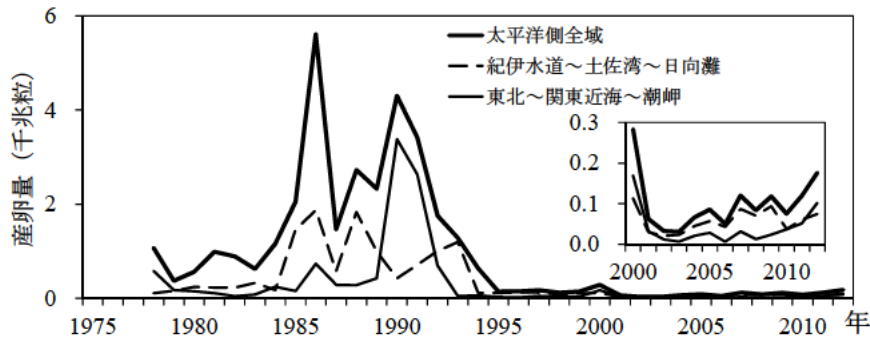


図6. 産卵量の推移 卵稚仔調査協議会による前年10月から9月までの集計値。2012年は5月までの概算値。太平洋側全域（太線）は同協議会の区分の海区Ⅰ～Ⅳ、紀伊水道～土佐湾～日向灘（破線）は海区Ⅲ、東北～関東近海～潮岬（細線）は海区Ⅰ・Ⅱの値。

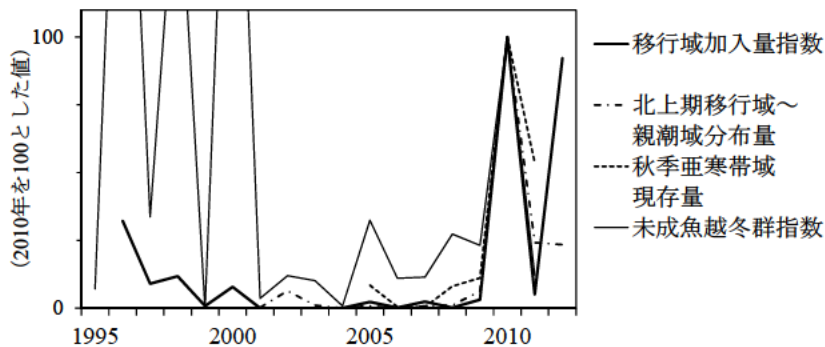


図7. 加入量の指標となる資源量指数の推移 各指数については補足資料2、表8を参照。未成魚越冬群指数は前年の加入量と対応することから1年ずらして示した。

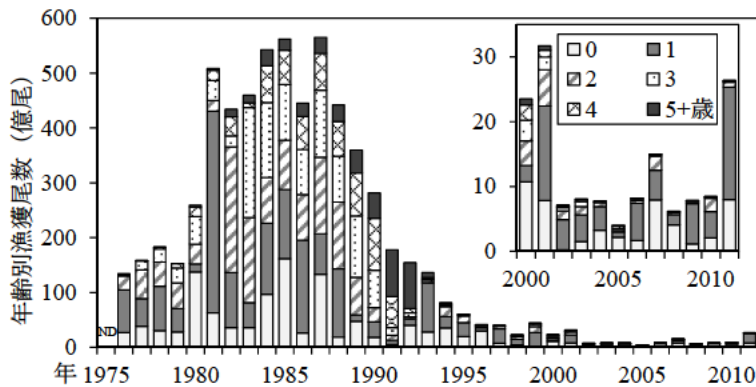


図8. 年齢別漁獲尾数

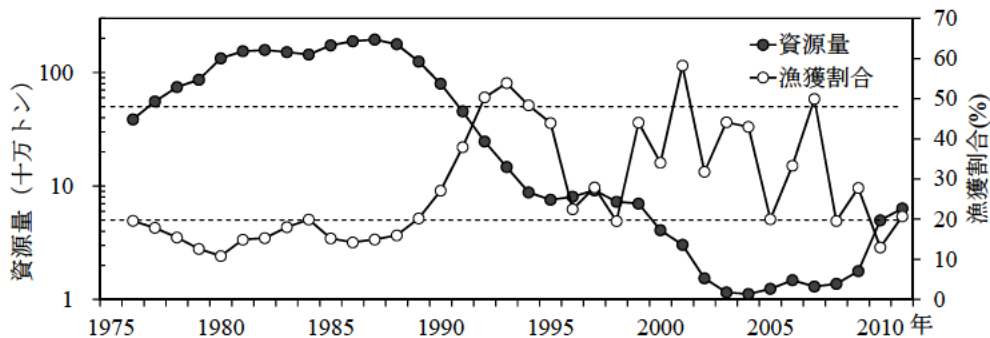


図9. 資源量と漁獲割合の推移 図中破線は資源水準区分の資源量の目安。

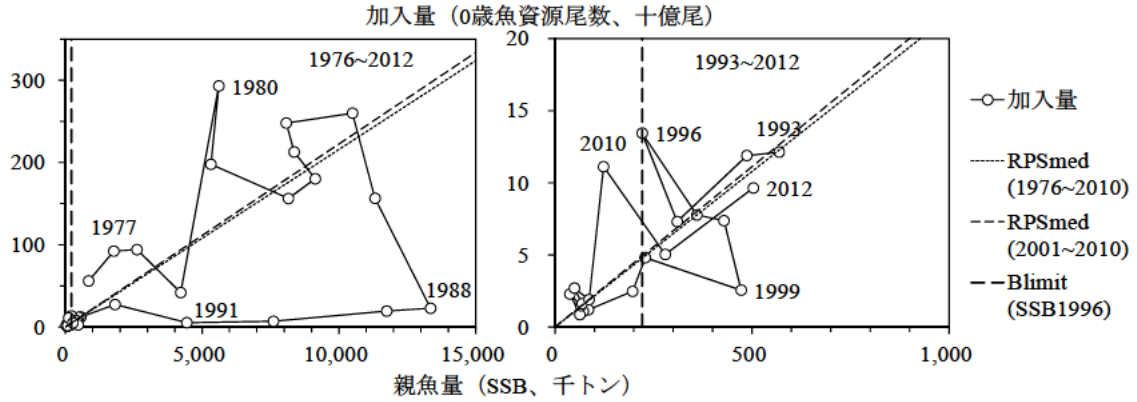


図 10. 親魚量と加入量の関係 2012 年の加入量は調査船調査結果による推定値。

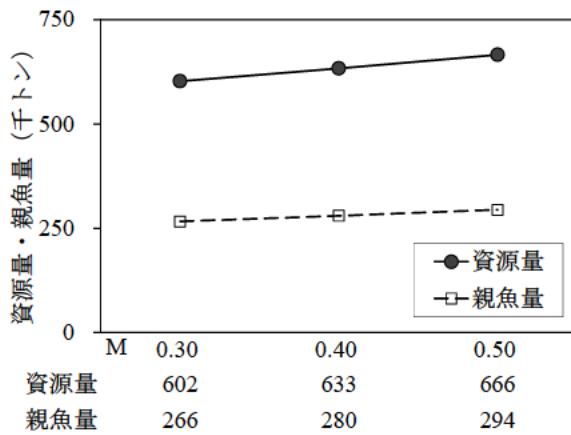


図 11. M と資源量、親魚量の関係 (M の変化に対する推定値の感度解析. 2011 年の推定資源量と親魚量)

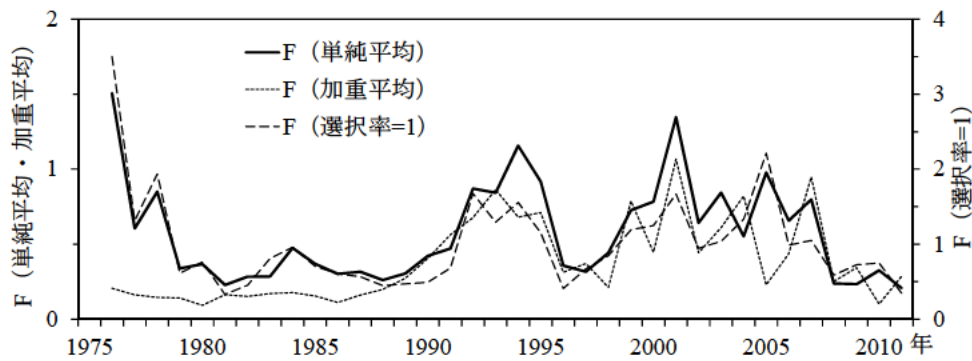


図 12. 漁獲係数 F の推移 年齢別 F の単純平均値、年齢別資源尾数に応じた加重平均値、および年齢別 F の最大値 (選択率=1)。

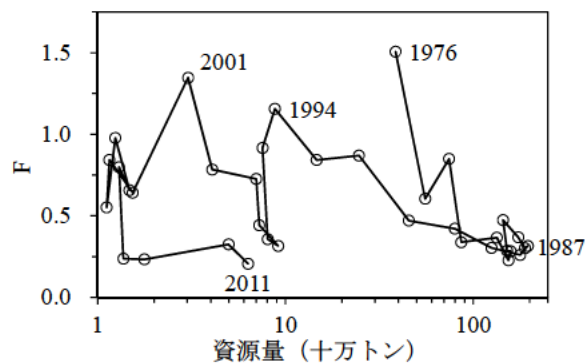


図 13. 資源量と F (年齢別 F の単純平均値) の関係

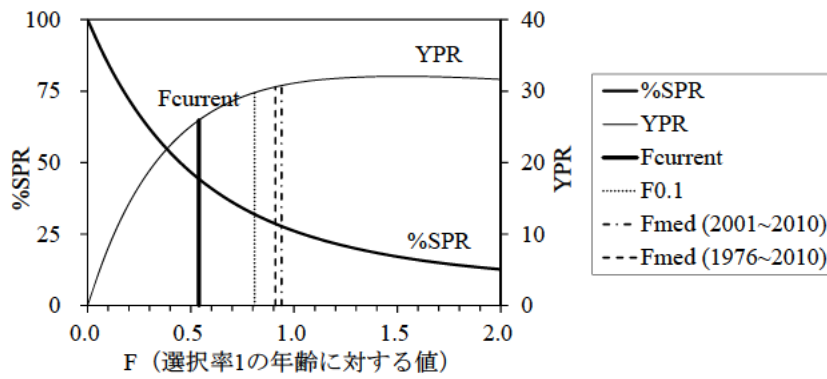


図 14. F と %SPR、YPR の関係 Fmed はそれぞれの期間における RPSmed に対応した値。

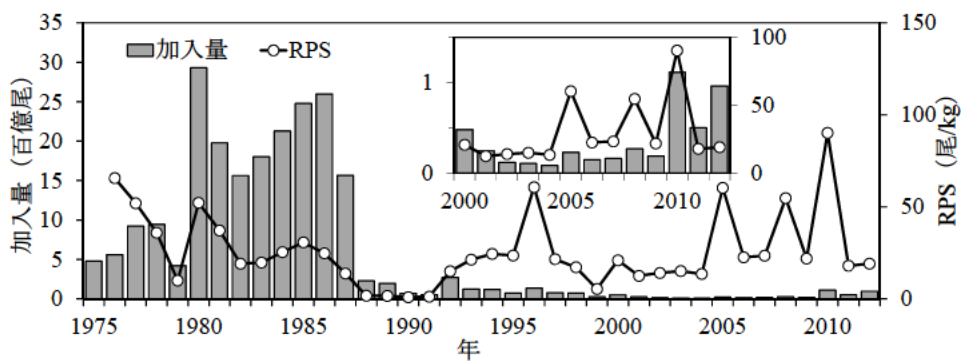


図 15. 再生産成功率(RPS)および加入量の推移
2012 年の加入量は調査船調査結果による推定値、RPS はその値と推定親魚量による。

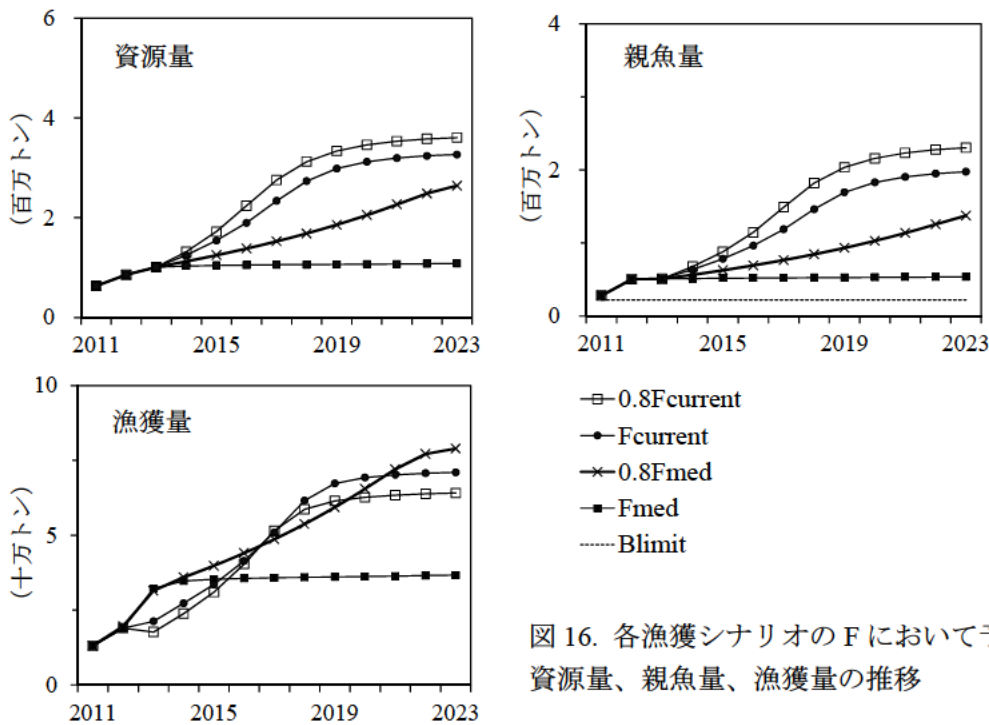


図 16. 各漁獲シナリオの F において予測される
資源量、親魚量、漁獲量の推移

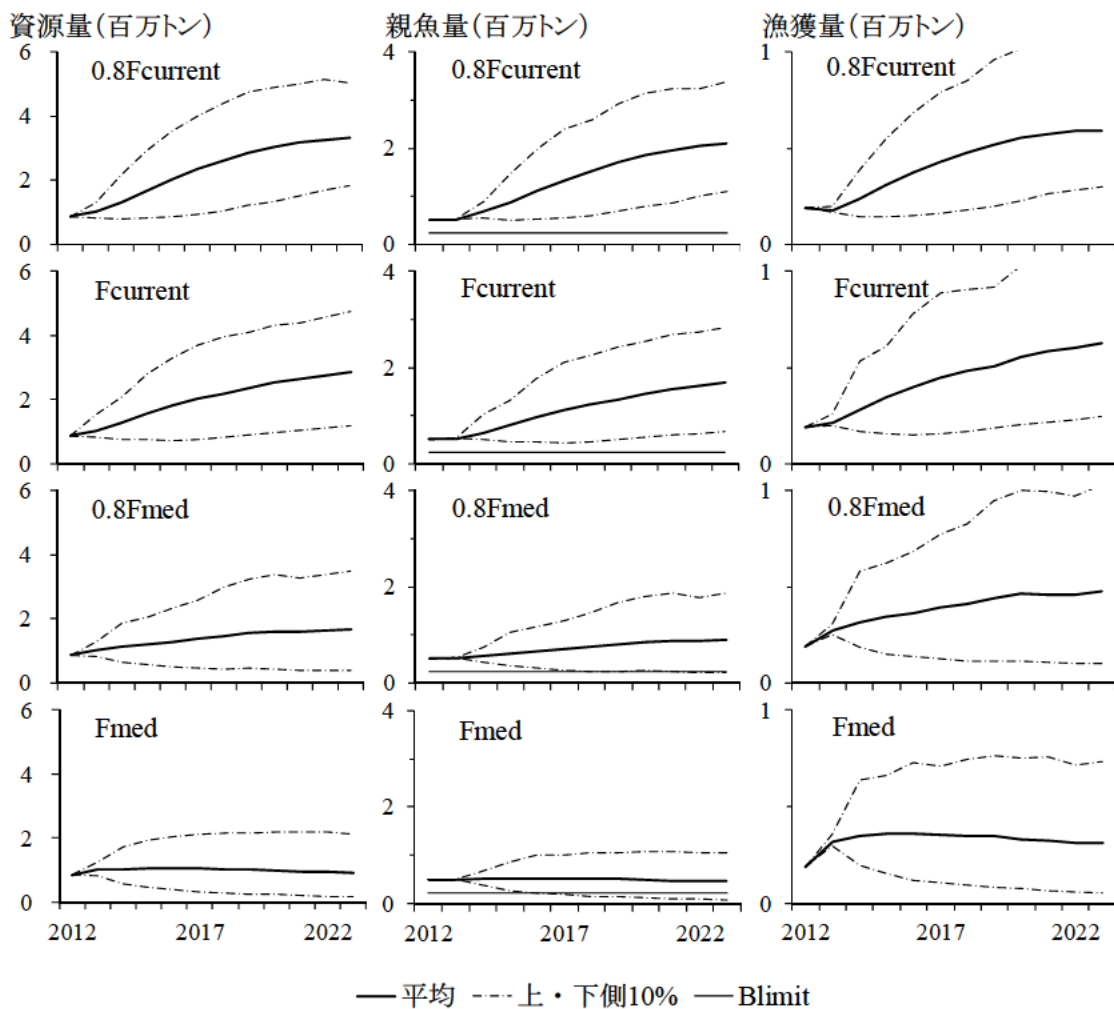


図 17. 各漁獲シナリオにおける加入量の不確実性を考慮した将来予測による資源量、親魚量、漁獲量の推移

最近年を除く近年 10 年間 (2001～2010 年) の RPSmed に、同 10 年間の RPS の平均値に対する各年の比率を無作為に抽出して乗じて得られる RPS で加入量を仮定するシミュレーション (1,000 回試行) により算定。

表 1. 漁獲量（全漁業種、トン）

年	太平洋側総計	三重県以東	和歌山県以西
1975	429,804	399,532	30,272
1976	756,319	677,044	79,275
1977	990,541	934,209	56,332
1978	1,149,487	975,272	174,215
1979	1,088,538	932,722	155,816
1980	1,445,019	1,285,980	159,039
1981	2,295,857	2,129,316	166,541
1982	2,419,105	2,158,150	260,955
1983	2,725,136	2,538,834	186,302
1984	2,869,626	2,588,592	281,034
1985	2,643,838	2,396,670	247,168
1986	2,684,699	2,470,746	213,953
1987	2,915,763	2,696,214	219,549
1988	2,837,500	2,593,294	244,206
1989	2,523,531	2,280,485	243,046
1990	2,162,460	1,916,013	246,447
1991	1,724,037	1,543,952	180,085
1992	1,240,410	1,088,622	151,788
1993	790,734	674,917	115,817
1994	424,951	356,967	67,984
1995	332,149	277,118	55,031
1996	180,720	149,996	30,724
1997	255,149	228,329	26,820
1998	141,513	123,916	17,597
1999	307,857	280,728	27,129
2000	138,743	121,848	16,895
2001	176,697	161,511	15,186
2002	48,861	42,882	5,979
2003	50,964	46,298	4,666
2004	47,985	40,818	7,167
2005	24,822	15,910	8,912
2006	49,176	39,506	9,670
2007	64,927	42,174	22,753
2008	26,845	17,866	8,979
2009	49,244	45,814	3,430
2010	64,603	61,527	3,076
2011	131,066	121,053	10,013

漁業・養殖業生産統計年報による。

表2-1. 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	2,688	3,838	3,043	2,828	13,733	6,276	3,578	3,601	9,656	16,152	2,612	13,293
1歳	7,763	5,052	8,106	4,208	1,500	36,761	10,028	4,538	12,952	12,648	16,897	7,413
2歳	2,542	5,224	4,401	4,714	3,591	1,964	22,951	15,526	8,377	8,947	8,340	13,945
3歳	278	1,636	2,353	2,750	4,998	3,654	2,007	20,050	13,665	10,192	8,256	12,206
4歳	98	53	346	745	1,790	1,845	3,494	874	6,671	6,217	5,976	6,746
5歳以上	1	1	27	19	324	348	1,365	1,358	2,958	2,039	2,452	2,929
合計	13,370	15,803	18,276	15,264	25,937	50,849	43,422	45,946	54,278	56,194	44,532	56,533

表3-1. 年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	67.2	80.6	66.9	96.1	288.4	119.2	68.0	43.2	77.2	290.7	26.1	79.8
1歳	434.7	293.0	421.5	231.4	103.5	1,396.9	411.1	190.6	531.0	505.9	709.7	348.4
2歳	213.5	438.8	369.7	381.8	290.9	167.0	1,216.4	916.0	452.4	438.4	492.1	753.0
3歳	29.2	171.8	247.1	288.8	509.8	354.5	182.7	1,343.4	929.2	682.8	619.2	817.8
4歳	11.6	6.2	40.8	87.9	211.3	214.1	370.4	81.2	560.3	516.0	555.7	600.4
5歳以上	0.1	0.1	3.4	2.5	41.2	44.2	170.6	150.7	319.4	210.0	281.9	316.4
合計	756.3	990.5	1,149.5	1,088.5	1,445.0	2,295.9	2,419.1	2,725.1	2,869.6	2,643.8	2,684.7	2,915.8

表4-1. 年齢別平均体重(g)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	25	21	22	34	21	19	19	12	8	18	10	6
1歳	56	58	52	55	69	38	41	42	41	40	42	47
2歳	84	84	84	81	81	85	53	59	54	49	59	54
3歳	105	105	105	105	102	97	91	67	68	67	75	67
4歳	118	118	118	118	118	116	106	93	84	83	93	89
5歳以上	127	127	127	127	127	127	125	111	108	103	115	108

表5-1. 年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	55,899	92,252	94,204	41,921	292,971	197,812	156,249	180,202	212,801	247,911	259,954	156,475
1歳	31,999	35,269	58,696	60,656	25,786	185,141	127,459	101,808	117,844	134,739	152,955	172,114
2歳	7,185	15,094	19,506	32,709	37,214	16,056	94,007	77,228	64,529	68,389	79,963	88,695
3歳	520	2,735	5,841	9,472	18,066	22,005	9,155	44,224	39,056	36,396	38,518	46,773
4歳	123	121	494	1,989	4,097	8,018	11,759	4,493	13,228	14,992	16,053	19,060
5歳以上	1	3	39	52	742	1,512	4,592	6,983	5,866	4,916	6,586	8,276
合計	95,728	145,473	178,779	146,797	378,876	430,545	403,221	414,937	453,324	507,344	554,029	491,392

表6-1. 年齢別資源量 (千トン)、親魚量 (千トン)、再生産成功率 (RPS、尾/kg)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	1,397	1,937	2,072	1,425	6,152	3,758	2,969	2,162	1,702	4,462	2,600	939
1歳	1,792	2,046	3,052	3,336	1,779	7,035	5,226	4,276	4,832	5,390	6,424	8,089
2歳	604	1,268	1,638	2,649	3,014	1,365	4,982	4,556	3,485	3,351	4,718	4,790
3歳	55	287	613	995	1,843	2,134	833	2,963	2,656	2,439	2,889	3,134
4歳	15	14	58	235	483	930	1,246	418	1,111	1,244	1,493	1,696
5歳以上	0	0	5	7	94	192	574	775	633	506	757	894
合計	3,862	5,553	7,440	8,647	13,366	15,415	15,830	15,151	14,419	17,392	18,881	19,542
親魚量	852	1,774	2,620	4,219	5,613	5,325	8,158	9,140	8,368	8,079	10,499	11,322
RPS	65.6	52.0	36.0	9.9	52.2	37.1	19.2	19.7	25.4	30.7	24.8	13.8

表7-1. 漁獲係数(F)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	0.06	0.05	0.04	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.06	0.08	0.01	0.11
1歳	0.35	0.19	0.18	0.09	0.07	0.28	0.10	0.06	0.14	0.12	0.14	0.05
2歳	0.57	0.55	0.32	0.19	0.13	0.16	0.35	0.28	0.17	0.17	0.14	0.21
3歳	1.06	1.31	0.68	0.44	0.41	0.23	0.31	0.81	0.56	0.42	0.30	0.38
4歳	3.50	0.76	1.94	0.61	0.76	0.33	0.45	0.27	0.96	0.71	0.61	0.57
5歳以上	3.50	0.76	1.94	0.61	0.76	0.33	0.45	0.27	0.96	0.71	0.61	0.57
単純平均	1.51	0.60	0.85	0.34	0.37	0.23	0.28	0.29	0.47	0.37	0.30	0.32
漁獲割合	19.6%	17.8%	15.5%	12.6%	10.8%	14.9%	15.3%	18.0%	19.9%	15.2%	14.2%	14.9%

表2-2. 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0歳	1,857	4,733	1,831	482	4,003	2,806	3,518	1,973	2,948	725	451	61
1歳	12,465	1,177	2,798	775	1,190	8,933	2,090	2,533	651	2,638	993	2,607
2歳	12,176	6,865	2,632	944	363	317	1,789	1,231	336	449	490	1,108
3歳	8,351	11,210	6,753	1,373	738	321	319	193	128	139	148	421
4歳	6,310	7,801	9,491	5,685	768	329	125	42	28	30	142	174
5歳以上	3,073	4,185	4,655	8,525	8,352	932	328	60	12	10	71	59
合計	44,231	35,971	28,160	17,784	15,414	13,637	8,168	6,033	4,103	3,990	2,295	4,430

表3-2. 年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0歳	22.3	47.3	9.2	1.9	72.1	16.8	38.7	66.8	99.9	20.3	10.8	2.2
1歳	610.8	52.9	114.7	23.2	64.3	544.9	117.0	123.3	31.7	168.8	51.7	155.6
2歳	706.2	405.0	152.6	82.1	30.1	25.1	168.1	103.8	28.3	44.4	38.8	85.0
3歳	626.3	840.8	533.5	133.2	70.9	35.9	38.3	22.8	15.1	16.1	14.9	39.8
4歳	561.6	725.5	863.7	562.8	76.0	44.1	16.9	6.1	3.9	4.0	16.6	17.6
5歳以上	310.4	452.0	488.8	920.7	927.1	124.0	46.0	9.4	1.8	1.5	8.7	7.6
合計	2,837.5	2,523.5	2,162.5	1,724.0	1,240.4	790.7	425.0	332.1	180.7	255.2	141.5	307.9

表4-2. 年齢別平均体重(g)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0歳	12	10	5	4	18	6	11	34	34	28	24	35
1歳	49	45	41	30	54	61	56	49	49	64	52	60
2歳	58	59	58	87	83	79	94	84	84	99	79	77
3歳	75	75	79	97	96	112	120	118	118	116	101	95
4歳	89	93	91	99	99	134	135	143	143	134	118	102
5歳以上	101	108	105	108	111	133	140	156	150	154	122	127

表5-2. 年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0歳	22,847	19,437	6,923	5,308	27,328	12,127	11,888	7,310	13,441	7,771	7,373	2,551
1歳	94,004	13,794	9,154	3,142	3,163	15,042	5,832	5,089	3,285	6,596	4,616	4,573
2歳	109,302	52,808	8,283	3,845	1,472	1,146	2,769	2,198	1,337	1,668	2,262	2,281
3歳	48,037	63,299	29,778	3,398	1,805	690	509	392	466	622	751	1,115
4歳	21,359	25,363	33,252	14,432	1,153	605	200	80	104	207	303	382
5歳以上	10,402	13,608	16,310	21,641	12,546	1,716	524	114	46	68	152	131
合計	305,951	188,309	103,700	51,765	47,467	31,325	21,721	15,183	18,679	16,933	15,457	11,033

表6-2. 年齢別資源量 (千トン)、親魚量 (千トン)、再生産成功率 (RPS、尾/kg)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0歳	274	194	35	21	492	73	131	248	455	218	177	90
1歳	4,606	621	375	94	171	918	327	248	160	422	240	273
2歳	6,340	3,116	480	335	122	91	260	185	113	165	179	175
3歳	3,603	4,747	2,352	330	173	77	61	46	55	72	76	106
4歳	1,901	2,359	3,026	1,429	114	81	27	11	15	28	36	39
5歳以上	1,051	1,470	1,713	2,337	1,393	228	73	18	7	11	19	17
合計	17,774	12,507	7,981	4,546	2,465	1,467	879	756	805	915	726	699
親魚量	13,354	11,754	7,609	4,439	1,819	569	487	310	221	360	429	473
RPS	1.7	1.7	0.9	1.2	15.0	21.3	24.4	23.6	60.7	21.6	17.2	5.4

表7-2. 漁獲係数(F)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0歳	0.10	0.35	0.39	0.12	0.20	0.33	0.45	0.40	0.31	0.12	0.08	0.03
1歳	0.18	0.11	0.47	0.36	0.62	1.29	0.58	0.94	0.28	0.67	0.30	1.19
2歳	0.15	0.17	0.49	0.36	0.36	0.41	1.56	1.15	0.37	0.40	0.31	0.90
3歳	0.24	0.24	0.32	0.68	0.69	0.84	1.45	0.92	0.41	0.32	0.28	0.62
4歳	0.45	0.47	0.43	0.66	1.68	1.09	1.45	1.05	0.39	0.19	0.85	0.81
5歳以上	0.45	0.47	0.43	0.66	1.68	1.09	1.45	1.05	0.39	0.19	0.85	0.81
単純平均	0.26	0.30	0.42	0.47	0.87	0.84	1.16	0.92	0.36	0.32	0.44	0.73
漁獲割合	16.0%	20.2%	27.1%	37.9%	50.3%	53.9%	48.3%	43.9%	22.5%	27.9%	19.5%	44.0%

表2-3. 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	1,071.6	783.0	20.9	149.8	323.7	216.8	166.9	795.3	407.6	116.9	206.0	797.0
1歳	255.0	1,458.6	467.4	413.0	364.7	81.1	575.7	455.7	158.7	620.9	406.3	1,736.2
2歳	377.5	560.3	136.9	127.8	64.6	18.2	41.7	218.6	32.0	29.3	206.1	76.5
3歳	320.6	194.8	49.4	73.5	11.9	29.8	22.0	21.4	14.0	10.5	13.9	14.9
4歳	235.2	102.5	25.8	30.8	7.7	39.2	12.4	8.0	2.2	5.6	9.7	5.5
5歳以上	89.5	71.1	16.5	11.7	4.3	18.8	3.0	3.0	0.9	1.6	7.6	7.6
合計	2,349.5	3,170.3	716.8	806.6	776.9	403.9	821.7	1,501.8	615.5	784.9	849.7	2,637.7

表3-3. 年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	31.7	13.6	0.7	2.7	9.5	7.2	4.4	18.3	11.0	2.5	6.1	24.4
1歳	11.1	78.8	27.0	25.2	28.4	5.7	36.9	25.1	11.1	42.0	30.9	95.0
2歳	28.8	44.4	10.9	10.0	6.9	1.6	3.6	18.2	2.9	2.7	24.0	8.3
3歳	30.9	18.9	5.1	7.9	1.5	3.1	2.4	2.1	1.5	1.1	1.6	1.8
4歳	25.3	11.8	2.9	3.6	1.1	4.7	1.5	0.9	0.3	0.7	1.1	0.6
5歳以上	11.0	9.2	2.2	1.6	0.7	2.5	0.4	0.4	0.1	0.2	0.9	0.9
合計	138.7	176.7	48.9	51.0	48.0	24.8	49.2	64.9	26.8	49.2	64.6	131.1

表4-3. 年齢別平均体重(g)

年齢\年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012~
0歳	30	17	33	18	29	33	26	23	27	22	30	31	27
1歳	44	54	58	61	78	70	64	55	70	68	76	55	66
2歳	76	79	80	78	107	90	87	83	90	94	116	109	106
3歳	96	97	103	107	123	105	107	101	105	108	117	122	116
4歳	107	115	114	118	142	120	122	114	115	115	109	108	111
5歳以上	123	129	134	138	162	134	140	120	130	127	119	119	121

将来予測 (2012年~) に使用した近年3年 (2009~2011年) 平均。↑

表5-3. 年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	4,805	2,470	1,194	1,086	854	2,289	1,481	1,622	2,694	1,894	11,120	5,029	9,645
1歳	1,660	2,344	1,015	783	606	308	1,357	856	436	1,472	1,174	7,285	2,718
2歳	931	904	377	297	187	107	140	438	201	163	478	454	3,462
3歳	622	315	147	141	95	72	57	60	115	108	85	152	242
4歳	403	154	52	58	34	54	24	20	22	65	64	46	90
5歳以上	153	107	33	22	19	26	6	7	10	19	51	63	62
合計	8,573	6,293	2,817	2,388	1,795	2,856	3,065	3,004	3,478	3,722	12,972	13,029	16,219

2012年0歳魚は調査船調査結果による推定値。↑

表6-3. 年齢別資源量 (千トン)、親魚量 (千トン)、再生産成功率 (RPS、尾/kg)

年齢\年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	142	43	40	20	25	76	39	37	73	41	331	154	264
1歳	73	127	59	48	47	22	87	47	31	100	89	399	180
2歳	71	72	30	23	20	10	12	36	18	15	56	50	368
3歳	60	31	15	15	12	8	6	6	12	12	10	19	28
4歳	43	18	6	7	5	6	3	2	3	8	7	5	10
5歳以上	19	14	4	3	3	3	1	1	1	2	6	7	8
合計	408	303	154	115	112	124	148	130	137	177	499	633	857
親魚量	229	197	85	72	63	38	65	69	49	87	123	280	503
RPS	21.0	12.5	14.1	15.1	13.5	60.3	22.6	23.5	54.7	21.9	90.2	18.0	19.2

2012年0歳魚は調査船調査結果による推定値。↑

表7-3. 漁獲係数(F)

2012年はFcurrent(2009~2011年平均)を仮定。↓

年齢\年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	0.32	0.49	0.02	0.18	0.62	0.12	0.15	0.91	0.20	0.08	0.02	0.22	0.11
1歳	0.21	1.43	0.83	1.03	1.33	0.39	0.73	1.05	0.59	0.72	0.55	0.34	0.54
2歳	0.68	1.42	0.59	0.74	0.55	0.23	0.45	0.94	0.22	0.25	0.75	0.23	0.41
3歳	0.99	1.41	0.53	1.02	0.17	0.70	0.64	0.58	0.16	0.13	0.22	0.13	0.16
4歳	1.25	1.67	0.94	1.04	0.32	2.21	0.99	0.66	0.13	0.11	0.20	0.16	0.16
5歳以上	1.25	1.67	0.94	1.04	0.32	2.21	0.99	0.66	0.13	0.11	0.20	0.16	0.16
単純平均	0.78	1.35	0.64	0.84	0.55	0.98	0.66	0.80	0.24	0.23	0.33	0.21	0.25
漁獲割合	34.0%	58.3%	31.8%	44.1%	43.0%	20.0%	33.3%	49.9%	19.6%	27.8%	13.0%	20.7%	

表 8. 各種調査による資源量指数 下線の値はコホート解析のチューニングに用いた値。

表 8-1. 産卵量（兆粒）

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
I・II 区	580	175	150	109	43	79	244	153	734	285	277	420
I～IV 区	1,069	371	562	989	892	622	1,158	2,052	5,614	1,462	2,727	2,328

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
I・II 区	3,379	2,632	697	48	61	26	22	49	42	35	170	32
I～IV 区	4,304	3,423	1,754	1,280	638	143	148	172	121	145	283	63

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
I・II 区	12	7	21	<u>29</u>	<u>7</u>	<u>32</u>	<u>13</u>	<u>24</u>	<u>37</u>	<u>52</u>	<u>102</u>
I～IV 区	33	31	67	86	50	121	84	118	75	120	177

表 8-2. 黒潮親潮移行域幼稚魚調査（5～6 月）による加入量指数

加入量 指数	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	391.0	109.0	143.0	9.0	95.0	0.2	0.5	0.3	0.5	28.0	2.5	29.3

	2008	2009	2010	2011	2012
	1.9	38.2	1,213.1	61.6	1,119.4

表 8-3. 北西太平洋北上期中層トロール調査（5～7 月）による移行域～親潮域における推定分布量（万尾）

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳魚	1,898	49,488	8,043	0	6,521	0	5,804	8,226	48,525	776,851	187,731	179,009
1歳以上	185,392	16,888	79,836	7,675	106	224	50	0	3,159	45,997	60,914	140,708

表 8-4. 北西太平洋秋季浮魚類資源調査（9～10 月）による亜寒帯域における 0 歳魚推定分布密度（尾/km²）および現存量（百万尾）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
分布密度	1,238	61	70	1,239	1,917	19,694	9,232
現存量	<u>1,160</u>	<u>62</u>	60	<u>1,116</u>	<u>1,534</u>	<u>13,786</u>	<u>7,385</u>

表 8-5. 未成魚越冬群指数（千葉水総研、茨城水試）

越冬群 指数	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
	7,592	4,109	16,840	11,653	2,853	53,698	41,207	6,740	50,085	41,197	62,928	42,986

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	39,659	1,588	5,944	224	30	30,541	5,802	5,054	239	8,481	1,136	5,763	0

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	8,480	122	404	342	28	<u>1,093</u>	<u>371</u>	<u>385</u>	<u>921</u>	<u>780</u>	<u>3,373</u>	<u>408</u>

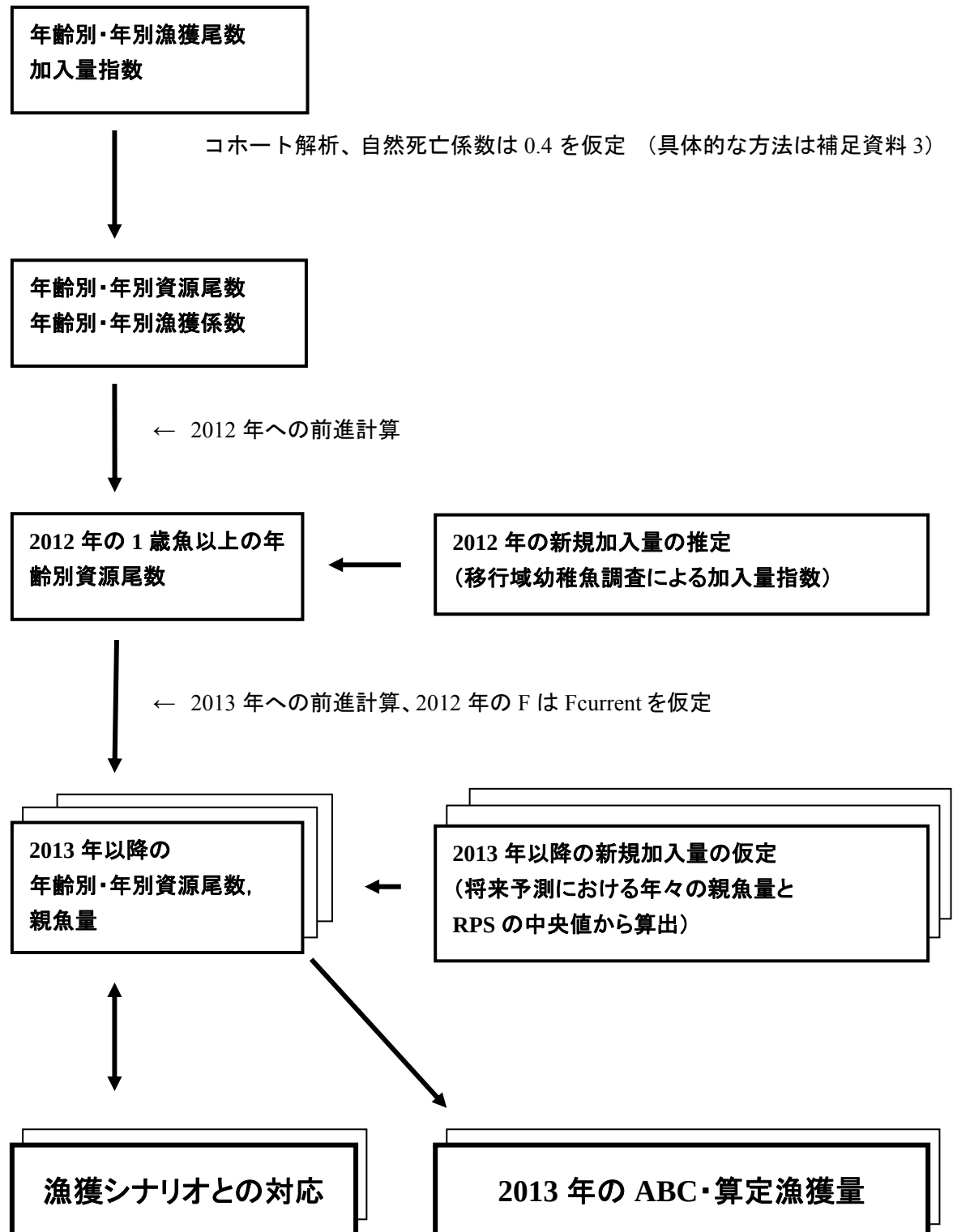
表 9-1. 各漁獲シナリオにおける将来予測

Fcurrent								0.8Fcurrent							
漁獲係数(F)															
年齢\年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	0.22	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.22	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
1歳	0.34	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.34	0.54	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	
2歳	0.23	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.23	0.41	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	
3歳	0.13	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.13	0.16	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
4歳	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
5歳以上	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
単純平均	0.21	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.21	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
資源尾数 (百万尾)															
年齢\年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	5,029	9,645	11,340	14,155	17,449	21,450	26,410	5,029	9,645	11,340	15,060	19,590	25,475	27,300	
1歳	7,285	2,718	5,818	6,841	8,539	10,525	12,939	7,285	2,718	5,818	6,987	9,278	12,069	15,695	
2歳	454	3,462	1,063	2,275	2,674	3,338	4,115	454	3,462	1,063	2,534	3,042	4,040	5,256	
3歳	152	242	1,542	473	1,013	1,191	1,487	152	242	1,542	514	1,225	1,471	1,953	
4歳	46	90	138	882	271	579	681	46	90	138	910	303	723	868	
5歳以上	63	62	87	129	578	486	610	63	62	87	133	616	543	748	
計	13,029	16,219	19,989	24,755	30,524	37,570	46,242	13,029	16,219	19,989	26,137	34,055	44,321	51,819	
資源量 (千トン)															
年齢\年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	154	264	310	387	477	587	722	154	264	310	412	536	697	746	
1歳	399	180	385	452	565	696	856	399	180	385	462	614	798	1,038	
2歳	50	368	113	242	284	355	437	50	368	113	269	323	429	559	
3歳	19	28	178	55	117	138	172	19	28	178	59	142	170	226	
4歳	5	10	15	98	30	64	75	5	10	15	101	34	80	96	
5歳以上	7	8	11	16	70	59	74	7	8	11	16	75	66	91	
計	633	857	1,012	1,249	1,544	1,899	2,337	633	857	1,012	1,320	1,723	2,240	2,756	
親魚量 (千トン)															
年齢\年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1歳	199	90	192	226	282	348	428	199	90	192	231	307	399	519	
2歳	50	368	113	242	284	355	437	50	368	113	269	323	429	559	
3歳	19	28	178	55	117	138	172	19	28	178	59	142	170	226	
4歳	5	10	15	98	30	64	75	5	10	15	101	34	80	96	
5歳以上	7	8	11	16	70	59	74	7	8	11	16	75	66	91	
計	280	503	510	636	784	964	1,187	280	503	510	677	880	1,145	1,491	
漁獲量 (千トン)															
年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	24	22	25	32	39	48	59	24	22	21	27	35	46	49	
1歳	95	61	131	154	193	238	292	95	61	110	133	176	229	298	
2歳	8	101	31	66	78	97	120	8	101	26	61	74	98	128	
3歳	2	3	21	7	14	17	21	2	3	17	6	14	17	22	
4歳	1	1	2	12	4	8	9	1	1	1	10	3	8	9	
5歳以上	1	1	1	2	8	7	9	1	1	1	2	7	6	9	
計	131	189	212	273	336	414	510	131	189	177	239	310	404	515	
漁獲割合	21%	22%	21%	22%	22%	22%	22%	21%	22%	17%	18%	18%	18%	19%	

表 9-2. 各漁獲シナリオにおける将来予測

Fmed								0.8Fmed							
漁獲係数(F)															
年齢\年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	0.22	0.11	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.22	0.11	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
1歳	0.34	0.54	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.34	0.54	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
2歳	0.23	0.41	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.23	0.41	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	
3歳	0.13	0.16	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.13	0.16	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	
4歳	0.16	0.16	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.16	0.16	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	
5歳以上	0.16	0.16	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.16	0.16	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	
単純平均	0.21	0.25	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.21	0.25	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	
資源尾数 (百万尾)															
年齢\年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	5,029	9,645	11,340	11,405	11,570	11,601	11,656	5,029	9,645	11,340	12,589	13,982	15,413	17,024	
1歳	7,285	2,718	5,818	6,326	6,362	6,454	6,472	7,285	2,718	5,818	6,563	7,286	8,092	8,920	
2歳	454	3,462	1,063	1,525	1,658	1,668	1,692	454	3,462	1,063	1,840	2,076	2,304	2,559	
3歳	152	242	1,542	350	502	546	549	152	242	1,542	403	698	787	874	
4歳	46	90	138	784	178	255	277	46	90	138	828	217	375	423	
5歳以上	63	62	87	115	457	323	294	63	62	87	121	511	391	412	
計	13,029	16,219	19,989	20,504	20,727	20,847	20,940	13,029	16,219	19,989	22,345	24,769	27,363	30,213	
資源量 (千トン)															
年齢\年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	154	264	310	312	316	317	319	154	264	310	344	382	421	465	
1歳	399	180	385	418	421	427	428	399	180	385	434	482	535	590	
2歳	50	368	113	162	176	177	180	50	368	113	196	221	245	272	
3歳	19	28	178	40	58	63	63	19	28	178	47	81	91	101	
4歳	5	10	15	87	20	28	31	5	10	15	92	24	42	47	
5歳以上	7	8	11	14	56	39	36	7	8	11	15	62	48	50	
計	633	857	1,012	1,034	1,047	1,052	1,057	633	857	1,012	1,127	1,252	1,382	1,526	
親魚量 (千トン)															
年齢\年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1歳	199	90	192	209	210	213	214	199	90	192	217	241	268	295	
2歳	50	368	113	162	176	177	180	50	368	113	196	221	245	272	
3歳	19	28	178	40	58	63	63	19	28	178	47	81	91	101	
4歳	5	10	15	87	20	28	31	5	10	15	92	24	42	47	
5歳以上	7	8	11	14	56	39	36	7	8	11	15	62	48	50	
計	280	503	510	513	520	521	524	280	503	510	566	628	693	765	
漁獲量 (千トン)															
年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
0歳	24	22	43	43	43	44	44	24	22	35	39	43	47	52	
1歳	95	61	192	209	210	213	213	95	61	166	188	208	231	255	
2歳	8	101	47	68	73	74	75	8	101	40	70	78	87	97	
3歳	2	3	35	8	11	12	13	2	3	29	8	13	15	16	
4歳	1	1	3	17	4	6	6	1	1	2	15	4	7	8	
5歳以上	1	1	2	3	11	8	7	1	1	2	2	10	8	8	
計	131	189	322	347	353	356	358	131	189	274	321	357	395	436	
漁獲割合	21%	22%	32%	34%	34%	34%	34%	21%	22%	27%	28%	28%	29%	29%	

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料2 資源評価のために実施されている調査の概要

(1) 主要港、各地漁場における漁獲物調査、漁況調査

関係試験研究機関により、主要港における水揚げ量、および水揚げ物の体長、体重、年齢、成熟度等のデータ収集が行われている。収集データから体長－体重、体長－年齢、年齢－成熟関係等を解析するとともに、農林統計による漁獲量から年齢別漁獲量を推定している。また、各地漁場における漁獲状況調査、標本船調査、各地地先海域における分布量、加入量調査が実施されている。冬季の房総～常磐海域においては、千葉県水産総合研究センター、茨城県水産試験場により、大中型まき網のCPUE、漁場分布および漁獲物組成の調査が行われ、資源量の指標となる未成魚越冬群指数が求められている。

(2) 産卵量調査

産卵状況を把握するために、関係試験研究機関により、改良型ノルパックネット（口径 45 cm リング、目合 0.335 mm）の鉛直曳による採集調査が実施されている。各都府県試験研究機関は、地先沿岸に定線を設定し、月 1 回程度の頻度で周年に亘って実施している。水研センターは、産卵の多い 2～3 月に関東近海から薩南の黒潮周辺域において大規模な調査を実施しているほか、その他の沖合の海洋・資源調査において随時採集を実施している。得られた結果は卵稚仔調査協議会がとりまとめ、海区ごとの産卵量を推定している。海区区分は、海区Ⅰ：常磐以北、Ⅱ：房総～熊野灘、Ⅲ：紀伊水道外域～日向灘、Ⅳ：薩南。

(3) 加入量調査・沖合分布調査

漁場外の沖合域における資源の状況を把握するため、次の調査が実施されている。

- ① 移行域幼稚魚調査：水研センターが 1996 年以降 5～6 月の黒潮親潮移行域において幼稚魚用中層トロール（網口 25 m、コード目合 10 mm）による幼稚魚採集調査を実施し、加入量指数を算出している。加入量指数＝ Σ [表面水温 1℃ の各水温帯における平均 CPUE（尾数/網）] × [表面水温 1℃ ごとの各水温帯の調査海域全体に対する面積割合] / 100（西田ら 2001）。※調査海域は北緯 35～40 度、東経 143～160 度の範囲
- ② 北西太平洋北上期浮魚類資源調査（西部北太平洋サンマ資源調査、北上期浮魚類資源調査）：水研センターが 2001 年以降 5～7 月の移行域～親潮域において中層トロール（網口 30 m、コード目合 17 mm）による漁獲調査を実施し、分布量を推定している。
- ③ 北西太平洋秋季浮魚類資源調査：水研センターが 2005 年以降 9～10 月の三陸～道東～千島列島東方沖海域において、計量魚探機音響資源調査、および中層トロール（網口 30 m、コード目合 17 mm）による漁獲調査を実施し、1 歳以上の分布状況を把握するとともに、東経 145 度～170 度の亜寒帯域の表面水温 10～15℃域における 0 歳魚の現存量を推定している。
- ④ 三陸～道東海域流し網調査：北海道立総合研究機構釧路水産試験場により、春～秋季の三陸～道東海域において流し網調査が行われ、漁場外の沖合における魚群の分布状況や体長・年齢組成等が把握されている。

補足資料3 資源量の計算方法について

チューニングコホート解析により年齢別漁獲係数、資源尾数、資源重量を推定した。生活史と漁獲の季節性から1月を起点とし、0～4歳、および5歳以上をまとめた最高齢グループ（5+歳、プラスグループ）の年齢構成で行った。産卵期は秋季～春季に亘るが、 $y-1$ 年秋季～ y 年春季に産卵する親魚は y 年の親魚とした。計算にはPope (1972)の近似式を用いた。最高齢グループの計算については平松(1999)の方法を用いた。自然死亡係数(M)は、田中(1960)の示した式： $M=2.5/\text{寿命}$ と寿命7歳から0.4とした（近縁種であるカリフォルニアマイワシ(*Sardinops sagax caerulea*)の資源評価でも成魚の M として0.4が採用されている(US Dept. Commerce 2007))。具体的な計算式は以下のとおり。

ステップ1

年齢別年別資源尾数は(1)式により計算した。

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

ここで、 $N_{a,y}$ および $C_{a,y}$ は、 y 年における a 歳魚のそれぞれ資源尾数、漁獲尾数。

ただし、最近年（ t 年、ここでは2011年）、および最高齢グループ（添え字 p 、ここでは5+歳）、最高齢-1歳魚（ $p-1$ 、ここでは4歳）の資源尾数はそれぞれ(2)、および(3)、(4)式によった。

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

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

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

漁獲係数 F の計算は、最近年および最高齢グループ以外は(5)式によった。

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

最近年の2011年は特異的に0歳魚の漁獲が多かったことから、2011年の F （ターミナル F 、 $F_{a,t}$ ）は、漁獲状況が類似し、0歳魚の F が高かった2004、2007年の平均とした。

$$F_{a,t} = (F_{a,2004} + F_{a,2007}) / 2 \quad (6)$$

最高齢グループの $F(F_{p,y})$ は、平松(1999)により、全ての年で最高齢-1歳と等しいとした($F_{p,y} = F_{p-1,y}$)。

2012 年の 1 歳以上の資源尾数は、コホート解析の前進法を用い、次の(7)式で求めた。年齢別 F は $F_{current}$ とし、近年 3 年の平均とした。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad ※a < p-1 \text{ の場合} \quad (7a)$$

$$N_{p,y+1} = (N_{p,y} + N_{p-1,y}) \exp(-F_{p,y} - M) \quad ※最高齢グループ \quad (7b)$$

各年の年齢別体重は年齢別漁獲物平均体重とした。2012 年については 2009～2011 年の漁獲物の平均値とした。

ステップ 2

ステップ 1 で得られた 2011 年の年齢別選択率（年齢別 F の最大値で各年齢の F を除した値、付表）のもとで、資源量指数の経年動向とコホート解析により推定される資源量とが適合するようにターミナル F を調整（チューニング）した。用いた指数・対象は以下の 3 つである（表 8）。

- ① 2005～2011 年の秋季浮魚類調査の亜寒帯域 0 歳魚現存量(I_1)^{*1}・0 歳魚資源尾数(N_0)
- ② 2006～2012 年の未成魚越冬群指数（千葉水総研、茨城水試、 I_2 ）・1 歳魚資源量(B_1)
- ③ 2005～2012 年の潮岬以東海域（海区 I・II）における産卵量(I_3)・親魚量(SSB)

これらから、次の目的関数（(7)式）を求め、最小とする F を探索的に推定した。

$$SSQ = \sum_y (\ln(I_{1,y}) - \ln(q_1 N_{0,y}))^2 + \sum_y (\ln(I_{2,y}) - \ln(q_2 B_{1,y}))^2 + \sum_y (\ln(I_{3,y}) - \ln(q_3 SSB_y))^2 \quad (8)$$

比例係数 q は以下の (8) 式で求めた。

$$\hat{q}_i = \exp \left\{ \frac{1}{n} \sum_{y=1}^n \ln \left(\frac{I_{i,y}}{X_{i,y}} \right) \right\} \quad (9)$$

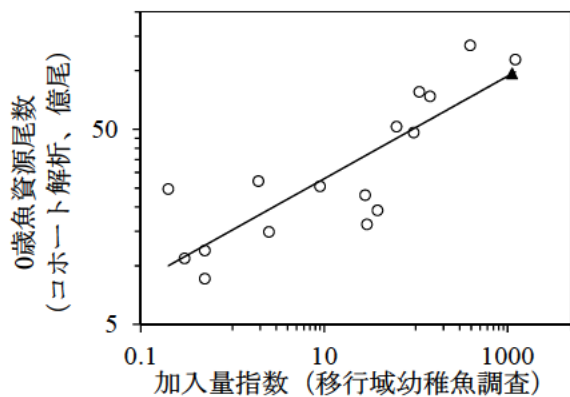
ここで X は、指標値①では $X_1=N_0$ 、②では $X_2=B_1$ 、③では $X_3=SSB$ である。

2012 年の 0 歳魚資源尾数は、1996～2011 年の移行域加入量指数(I)とコホート解析による 0 歳魚資源尾数 (N_0 、億尾)との関係から得られた回帰式($N_0=15.2I^{0.263}$)を用いて、2012 年の加入量指数 1,119 から 96.5 億尾とした（付図）。2013 年以降の 0 歳魚資源尾数は、近年の再生産成功率の中央値（22.3 尾/kg）に親魚量を乗じて求めた。1 歳以上の資源尾数は、コホート解析の前進法を用い、(7)式で求めた。年齢別 F は各漁獲シナリオ（本文 5-(2)）によるものとした。年齢別体重は 2009～2011 年の漁獲物の平均値とした。

年齢別漁獲尾数は次の(10)式で求めた。

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

^{*1} 2007 年は、推定対象海域に対して、調査海域が狭くカバー率が低かったことから推定精度が低い（過小推定）と考えられ、チューニングから除外した。



付図. 1996～2011 年の移行域加入量指数と 0 歳魚資源尾数との関係
 白抜円は 1996～2011 年のプロット、実線はそれらの回帰式、および黒三角は 2012 年の加入量指数をそれぞれ示す。

付表. 最近年（2011 年）、並びに現状および将来予測（2012 年以降）における年齢別選択率

	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳以上
2011 年	0.63	1.00	0.67	0.37	0.46	0.46
2012 年以降	0.20	1.00	0.76	0.29	0.29	0.29

なお、本系群へのチューニングコホート解析の適用については、本系群の年齢別選択率の年変動が大きく、「近年の年齢別選択率が安定している」という仮定の下でのターミナル F の設定では正確な評価を行うことができないこと（平松 2009）等の指摘がされている。引き続き、年齢別選択率の与え方、チューニング方法の改善など検討する必要がある。

引用文献

- 平松一彦(1999) VPA の入門と実際. 水産資源管理談話会報, 20, 9-28.
- 平松一彦(2009) マイワシ太平洋系群の資源評価に用いられる VPA の信頼性の検討. 日水誌, 75, 661-665.
- 西田宏・渡邊千夏子・谷津明彦(2001) 黒潮親潮移行域における稚魚採集結果に基づくマイワシ・マサバの加入量水準予測. 黒潮の資源海洋研究, 2, 77-82.
- 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.
- U.S. Department of Commerce (2007) Assessment of the Pacific sardine resource in 2007 for U.S. management in 2008. NOAA Technical Memorandum NMFS, pp.183.