

平成 26（2014）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、渡邊千夏子、上村泰洋、赤嶺達郎、水戸啓一）

参画機関：北海道区水産研究所、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・函館水産試験場、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課、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

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した。資源量は、1970 年代後半に増加し、1980 年代は 1 千万トン以上の高い水準で推移したが、1994 年に 100 万トンを下回り、2000 年代にさらに減少して 2005 年には 9 万トンを下回った。その後 2008～2013 年に比較的良好な加入が続いたこと、および漁獲圧が低下したことにより資源量は増加しており、2013 年は 71.4 万トンとなった。親魚量は 2002 年以降 10 万トンを下回る水準で推移したが、2013 年は 48.4 万トンに増加した。

本系群は、海洋環境の影響を大きく受けて毎年の再生産成功率（ $RPS = \text{加入量} / \text{親魚量}$ ）が大きく変化する。再生産成功率の低い年にも一定水準以上の加入量を確保するために、親魚量を 1996 年水準以上とすることが望ましいことから、 B_{limit} を親魚量 22.1 万トン（1996 年水準）に設定した。2013 年の親魚量が B_{limit} を上回っていることから資源水準は中位、最近 5 年間（2009～2013 年）の親魚量および資源量の推移から動向は増加と判断した。2015 年の ABC は、 B_{limit} 以上で中長期的に安定する親魚量の維持を図る漁獲シナリオ（ F_{med} ）、および資源を現状以上で維持若しくは増大が見込まれる現状の漁獲圧を維持する漁獲シナリオ（ $F_{current}$ ）に基づいて算定した。

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		2015 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	2013 年親 魚量を維持 (5 年後)	Blimit を維持 (5 年後)	
現状の漁獲圧 の維持 ($F_{current}$)*	0.38 (1.00 $F_{current}$)	21%	156 千トン ～ 635 千トン	263 千トン	86%	100%	183 千トン
現状の漁獲圧 の予防的措置 ($0.8F_{current}$)*	0.31 (0.80 $F_{current}$)	17%	167 千トン ～ 637 千トン	245 千トン	96%	100%	152 千トン
親魚量の維持 (F_{med})*	0.67 (1.75 $F_{current}$)	32%	103 千トン ～ 525 千トン	275 千トン	36%	78%	283 千トン
親魚量の維持 の予防的措置 ($0.8F_{med}$)*	0.54 (1.40 $F_{current}$)	27%	132 千トン ～ 595 千トン	274 千トン	61%	95%	240 千トン

コメント

- ・ 本系群の ABC 算定には規則 1-1)-(1)を用いた。
- ・ 本系群は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。
- ・ 海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第3に記載されている本系群の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、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下であれば、現状の資源水準を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致するシナリオには*を付した。
- ・ 親魚量の維持シナリオでの 2013 年親魚量を維持する確率は 50%未満となったが、これは管理開始後に安定維持される親魚量が 2013 年をやや下回る水準であるため、およびシミュレーションに用いた再生産成功率の分布が平均よりも小さいほうに偏っているためである。

$F_{current}$ は、近年 3 年 (2011～2013 年) 平均とした。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量の維持を図る漁獲シナリオであり、 F_{med} を適用した。 F_{med} は、不確実性が高い最近年 (2013 年) を除いた、過去の中位水準と判断される年 (1991～2000、2012 年) の再生産成功率の中央値 (RPS_{med} : 21.0 尾/kg) に対応する F とした。

漁獲割合は 2015 年の漁獲量/資源量。

ABC は、上述の RPS_{med} のもとで算定。将来漁獲量・評価は、RPS の不確実性を考慮した 1,000 回のシミュレーションによる。将来漁獲量の 5 年後は 2019 年 (80%区間)、5 年平均は 2015～2019 年。評価は漁獲を行った翌年の親魚量で判断 (5 年後は 2020 年当初)。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2012	665	103	0.23	15%
2013	714	148	0.29	21%
2014	773*	—	—	—

*2014 年級群の加入量を調査船調査結果から推定した値。

	指標	水準	設定理由
Bban	資源量	22 千トン	過去の資源低水準期（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
2013 年	親魚量	1996 年水準以上（484 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通り

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 主要港水揚量（北海道～鹿児島(19)道府県、関係県） 体長組成調査（水研セ、北海道～鹿児島(19)道府県等）：市場測定 体長－体重調査・体長－年齢調査（水研セ、北海道～鹿児島(18)道府県等）：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（サンマ資源量直接推定調査・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（千葉県、茨城県） 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）
2014 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

本系群は、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 年代と同程度の数十万トン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沖～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（川端ほか 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よって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、後述(2-(3))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、高木ほか 2010、須原 2014）。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～道東の沖合から千島列島東方沖の天皇海山付近や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縮小し、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 年以降、三陸北部～道東沖まで回遊がみられている。

(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 前後、2 歳：15-16 cm 前後、3 歳：17-18 cm 前後、4 歳：18-19 cm 前後、5 歳：19-20 cm 前後、6 歳：20 cm 以上であったが、近年の低・中水準期では、1 歳：15-16 cm 前後、2 歳：18-19 cm 前後、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（2011～2013 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、産卵期は前年11月～6月、盛期は2～4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た。以降は四国沖から関東近海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り、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(近藤ほか1976)。

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胃内容から多く出現したことから主要な餌生物となっていた(Kasamatsu and Tanaka 1992)。1990年代以降は資源減少とともに出現しなくなっていたが(Tamura and Fujise 2002)、2012年には道東海域のミンククジラからまとまった出現がみられ(JARPNI 調査結果)、マイワシの分布量がヒゲクジラ類の捕食対象となるまで増加したと考えられる。

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(太平洋北・中区)における漁獲であり、和歌山県以西海域(南区、瀬戸内海区)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年代には資源の減少に伴って索餌回遊範囲が縮小し、道東漁場が1994年以降形成されなくなった。2000年代には高い漁獲圧によって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歳魚および0歳魚をおもな対象とした漁獲が中心となった。最近、前述2-(1)の通り、資源が増加して索餌回遊範囲が拡大し(図1)、2012、2013年は道東海域でまとまった漁場が形成され、それぞれ0.6万トン、1.8万トン漁獲された。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～宮崎県の太平洋区並びに瀬戸内海区の合計値を用いた。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(図4、表1)。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年以降は10万トン

以上に増加し、2013 年は 14.8 万トンであった。

(3) 漁獲努力量

漁獲努力量の指標として、漁業情報サービスセンターにより求められた北部まき網の有効努力量（補足資料 2）の年別並びに月別の推移を図 5 に示した。有効努力量は、年別推移では、2000 年以降、資源量の減少に伴い年々減少する傾向にあったが、2009 年以降は資源量の増加に伴ってやや増加している。月別推移では、2000 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。

漁獲係数 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低下し、最近は低い水準にある。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

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 1、3）。最近年である 2013 年の F は、過去 5 年の平均を基にチューニングして得た。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亜寒帯域 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（2011～2013 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 2009、2011 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表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 歳時の資源量の指標となると考えられるが、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 0 歳魚分布量、秋季亜寒帯域 0 歳魚現存量は、沖合の生育場～索餌場における調査のため、前述 2-(1)の沖合加入群の指標となる。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。

2013 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。2014 年級群については、移行域加入量指数が 2012 年級群を上回る比較的高い値を示し、北上期分布量も高く、加入量は近年において比較的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歳魚および0歳魚であり、漁獲量に占める1歳魚の割合が高いが、2012、2013年は近年では加入量の多い2、3歳魚（2010、2011年級群）の割合も高かった（図8、表2、3）。4歳以上は少なかった。

(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1千万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70万～90万トン程度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2008～2012年に比較的良好な加入が続いたことと後述のように漁獲割合が低下したことにより、2012年は66.5万トン、2013年は71.4万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ていたが、2012年は38.7万トン、2013年は48.4万トンと増加した。

漁獲割合は、前述3-(3)の有効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60%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の感度解析を行った。本評価では0.4を仮定するが、0.3と0.5にそれぞれ変化させた場合の2013年の資源量、親魚量を推定した（図11）。Mを大きくあるいは小さく設定すると、資源量、親魚量は大きくあるいは小さく推定されるが、ここでのMの変化による違いは大きくない。

(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、2013年の資源量が71.4万トン、親魚量が48.4万トンであることから中位と判断した。動向は最近5年間（2009～2013年）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年には、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、1970～80年代にみられた高水準の加入

はない(図 15、表 5)。

(7) Blimit の設定

前述 4-(6)の通り、親魚量が 1996 年水準を下回ると加入量的水準が低下したことから、1996 年の親魚量 (22.1 万トン) を資源の回復措置をとる閾値である Blimit とした。禁漁水準である Bban は、Wada and Jacobson (1998)による 1950～60 年代の資源低水準期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 0.7 万トンから、漁獲割合を 2000 年代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 (21.3 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・シフト直後の 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、30 尾/kg 以上の高い年の頻度が高くなっており、また、10 尾/kg 以下の低い年は出現していない。

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 千万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(Yatsu et al. 2008)。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がおもに表れたと考えられ、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発育ステージが進み、選択的に生残率が高くなると考えられること（落合 2009、須原ほか 2014）、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、2014 年は、加入量の指標となる移行域加入量指数が 154.2 であり、1996 年以降の調査において 2010 年(391.4)を下回ったものの 2013 年(139.1)を上回って比較的高かった（図 7、表 8）。同様に北上期移行域～親潮域分布量は 259 億尾であり、2001 年以降の調査において高かった。ここでは、2014 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 2014 年の指数値から得られる 73 億尾とした（補足資料 3）。

2015 年以降は、1988/89 年のレジーム・シフト後において、推定値の不確実性の高い最近年（2013 年）を除き、中位水準と判断される 1991～2000 年および 2012 年の 11 年間の再生産成功率の中央値（RPSmed : 21.0 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、前述 4-(6)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。なお、昨年度評価までは近年 10 年間の RPS 中央値を仮定したが、この期間には低水準の親魚量のもとで発生した高い RPS の年が多いため中央値が高くなり、加入量が過大に見積もられる恐れが大きい。昨年度評価では 24.0 尾/kg を仮定し、翌年（2014 年）の加入量を 97 億尾と見積もったが 3 割程度過大であった可能性が高い。過去の RPS は、親魚量が Blimit 未満で高い年が多く見られたが（補足図 2）、親魚量が Blimit 以上へ回復した 2012～2014 年では 12.4～15.2 尾/kg と推定されている。本年度での近年 10 年間の RPS 中央値は 24.1 尾/kg であり、昨年度と同様に過大である可能性が高く、現在と同程度の親魚量水準での過去の RPS の中央値を用いる方が妥当であると判断した。

(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、Fmsy の代替値とされる基準値の F0.1 と同等であり、資源を現状維持するとされる Fmed を大きく下回っており、高くないと判断される。

5. 2015 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 B_{limit} 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、レジーム・シフトの指標とされる PDO（太平洋十年規模振動指数）といった各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たような寒冷レジームにあると判断することは難しく、近い将来に高水準期へ移行していくことは考えにくい。

(2) 漁獲シナリオに対応した 2015 年 ABC 並びに推定漁獲量の算定

親魚量は B_{limit} 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。2015 年の ABC は、中位水準の資源状態で想定される再生産関係のもとで B_{limit} 以上の現状の親魚量水準の維持を図る漁獲シナリオを適用し、 F としては、前述 4-(8)の今後の加入量の見積もりで用いた RPS_{med} (21.0 尾/kg) に対応する F_{med} 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($F_{current}$)、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。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量 (千トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
現状の漁獲圧維持	$F_{current}$ ($F=0.38$)	148	168	183	213	253	302	364
現状の漁獲圧維持の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.31$)	148	168	152	186	233	292	369
親魚量の維持	F_{med} ($F=0.67$)	148	168	283	271	269	267	268
親魚量の維持の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.54$)	148	168	240	251	292	319	347
	管理基準	資源量 (千トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
現状の漁獲圧維持	$F_{current}$ ($F=0.38$)	714	773	875	1,032	1,238	1,485	1,784
現状の漁獲圧維持の予防的措置	$0.8F_{current}$ ($F=0.31$)	714	773	875	1,089	1,373	1,732	2,186
親魚量の維持	F_{med} ($F=0.67$)	714	773	875	849	848	849	849
親魚量の維持の予防的措置	$0.8F_{med}$ ($F=0.54$)	714	773	875	929	1,010	1,097	1,194

現状の漁獲圧は高くなく、 $F_{current}$ での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 F_{med} 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、 $F_{current}$ が F_{med} を上回る。

(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。2015 年以降の加入量を、親魚量に応じて過去の RPS 観測値をリサンプリングして仮定する将来予測シミュレーションを行った。シミュレーションの条件設定の詳細は補足資料 4 の通り。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		2015 年 ABC
			5 年後	5 年 平均	2013 年親 魚量を維持 (5 年後)	Blimit を維持 (5 年後)	
現状の漁獲圧 の維持 ($F_{current}$)*	0.38 (1.00 $F_{current}$)	21%	156 千トン ～ 635 千トン	263 千トン	86%	100%	183 千トン
現状の漁獲圧 の予防的措置 ($0.8F_{current}$)*	0.31 (0.80 $F_{current}$)	17%	167 千トン ～ 637 千トン	245 千トン	96%	100%	152 千トン
親魚量の維持 (F_{med})*	0.67 (1.75 $F_{current}$)	32%	103 千トン ～ 525 千トン	275 千トン	36%	78%	283 千トン
親魚量の維持 の予防的措置 ($0.8F_{med}$)*	0.54 (1.40 $F_{current}$)	27%	132 千トン ～ 595 千トン	274 千トン	61%	95%	240 千トン
コメント ・ 本系群の ABC 算定には規則 1-1)-(1)を用いた。 ・ 本系群は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。 ・ 海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の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、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下であれば、現状の資源水準を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致するシナリオには*を付した。 ・ 親魚量の維持シナリオでの 2013 年親魚量を維持する確率は 50%未満となったが、これは管理開始後に安定維持される親魚量が 2013 年をやや下回る水準であるため、およびシミュレーションに用いた再生産成功率の分布が平均よりも小さいほうに偏っているためである。							

(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
漁獲量（漁業・養殖業生産統計年報）2012 年 確定値並びに 2013 年速報値 過去に遡及した資料の追加、改訂による年別・ 年齢別漁獲尾数の見直し	年齢別漁獲尾数
2013 年の主要港月別漁獲量、生物測定結果 2013 年秋季～2014 年春季における資源量指数	2013 年の年齢別漁獲尾数、年齢別体重 2013、2014 年級群に対応した資源量指数 これらに基づく資源計算による漁獲係 数、選択率、資源量、SPR、Fmed の改訂

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)
2013 年 (当初)	Fmed	0.44	1,012	322	274	
2013 年 (2013 年再評価)	Fmed	1.08	744	292	252	
2013 年 (2014 年再評価)	Fmed*	0.67	714	241	204	148
2014 年 (当初)	Fmed	1.08	814	310	269	
2014 年 (2014 年再評価)	Fmed*	0.67	773	260	220	

2013 年および 2014 年の ABC について、今年度評価の資源量推定結果と将来予測に用いた過去の中位水準年の RPSmed に基づいて再評価した (*)。F 値は年齢別 F の単純平均。

2013 年については、資源量は、2013 年再評価では 2013 年級群を過大評価するなどしたために、2014 年再評価でやや減少した。F は低くなり、ABC はやや減少した。

2014 年については、資源量は、2013 年当初評価では 2013、2014 年級群を過大評価するなどしたために、2014 年再評価ではやや減少した。2014 年級群の過大評価は、見積もりの際に仮定した RPS（近年 10 年の RPSmed）が過大であったことが一因である。F は低くなり、これらから ABC は減少した。

なお、当初評価と同様に近年 10 年の RPSmed に基づいて再評価した場合では、F 値は 0.79、ABClimit、ABCtarget はそれぞれ、2013 年は 270 千トン、230 千トン、2014 年は 289 千トン、247 千トンとなった。

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、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、ある程度予測された

上で漁獲方策が検討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, 東京, 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.
- Kawasaki, T. and M. Omori (1995) Possible mechanisms underlying fluctuations in the Far Eastern sardine population inferred from time series of two biological traits. Fish. Oceanogr., 4, 238-242.
- Klyashtorin, L.B. (1998) Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. Fish. Res., 37, 115-125.
- 近藤恵一・堀義彦・平本紀久雄(1976) マイワシの生態と資源. 日本水産資源保護協会, 東京, 68 pp.
- 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.
- 須原三加・川端淳・久保田洋・高木香織・本田聡・渡邊千夏子・加賀敏樹・山下紀生・巢山哲・中神正康(2014) 黒潮親潮移行域以北に出現するマイワシ太平洋系群当歳魚の孵化日組成と成長. 黒潮の資源海洋研究, 15, 109.
- 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.
- Tamura, T. and Fujise, Y. (2002) Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the northwestern Pacific. *ICES J. Mar. Sci.*, 59, 516-528.
- 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 in 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, K.Y. Aydin, J.R. King, G.A. McFarlane, S. Chiba, K. Tadokoro, M. Kaeriyama, and Y. Watanabe (2008) Elucidating dynamic responses of North Pacific fish populations to climatic forcing: Influence of life-history strategy. *Prog. Oceanogr.* 77, 252-268.
- 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 Res. II*, 52, 727-737.

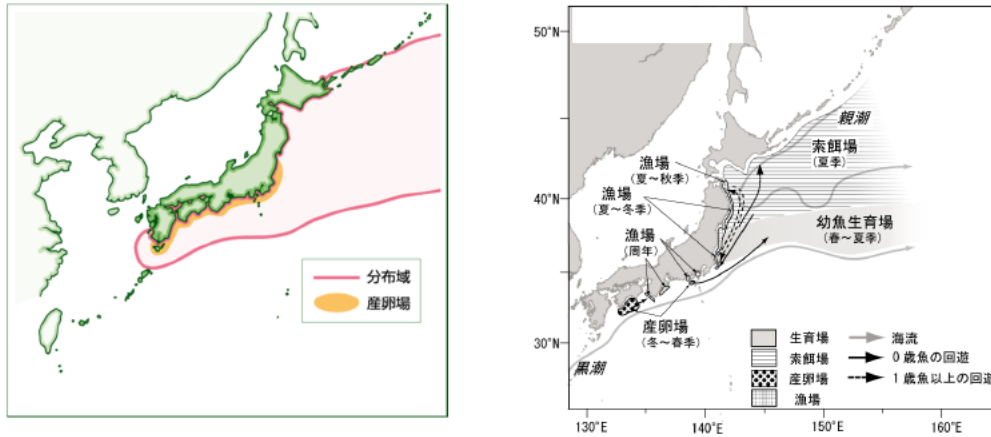


図1. 分布・回遊および生活史と漁場形成の模式図

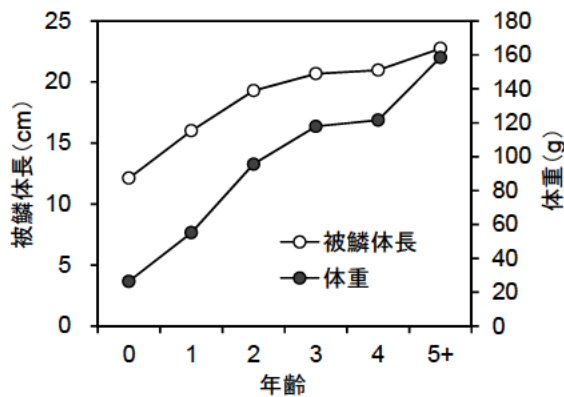


図2. 年齢と成長 (2011～2013 年漁獲物平均値)

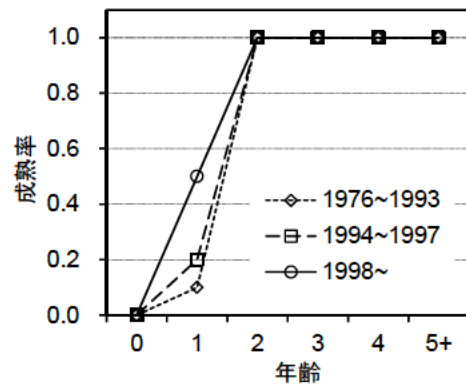


図3. 年齢と成熟率

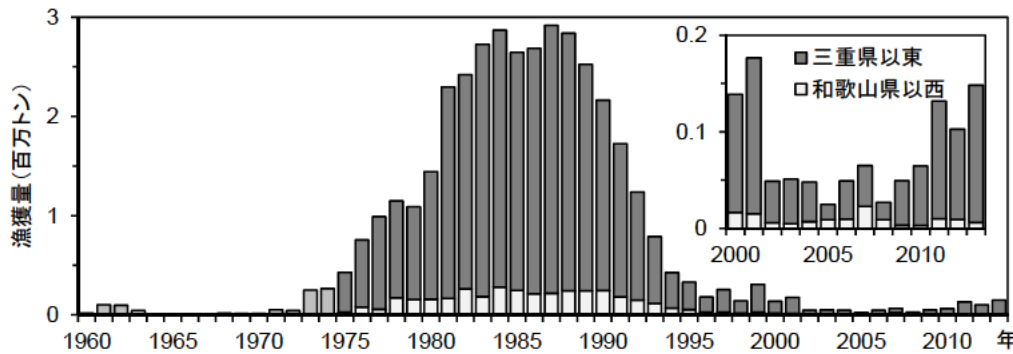


図4. 漁獲量の推移 1974 年以前は三重県以东、和歌山県以西を分けないで示した。

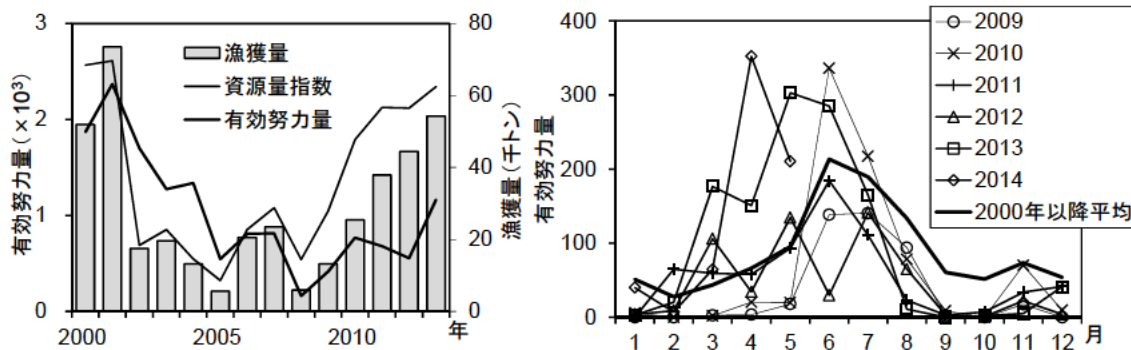


図5. 北部まき網の有効努力量と資源量指数、漁獲量の推移 (JAFIC 資料。補足資料 2)

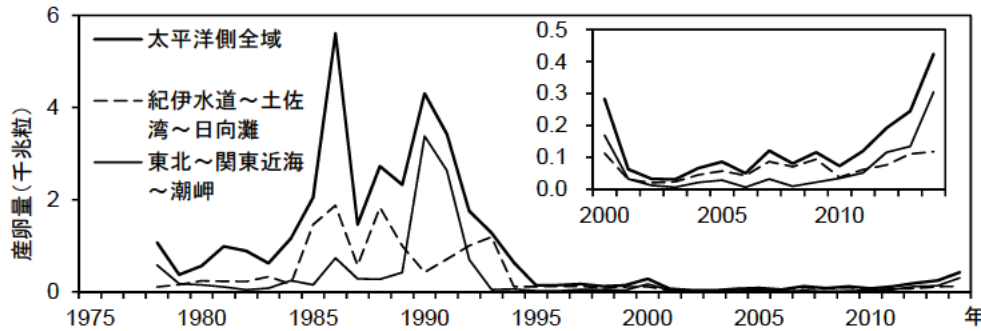


図 6. 産卵量の推移 卵稚仔調査協議会による前年 10 月から 9 月までの集計値。2014 年は 6 月までの概算値。太平洋側全域は同協議会の区分の海区Ⅰ～Ⅳ、紀伊水道～土佐湾～日向灘は海区Ⅲ、東北～関東近海～潮岬は海区Ⅰ・Ⅱの値。



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ので 1 年ずらし、2002 年以降を示した。

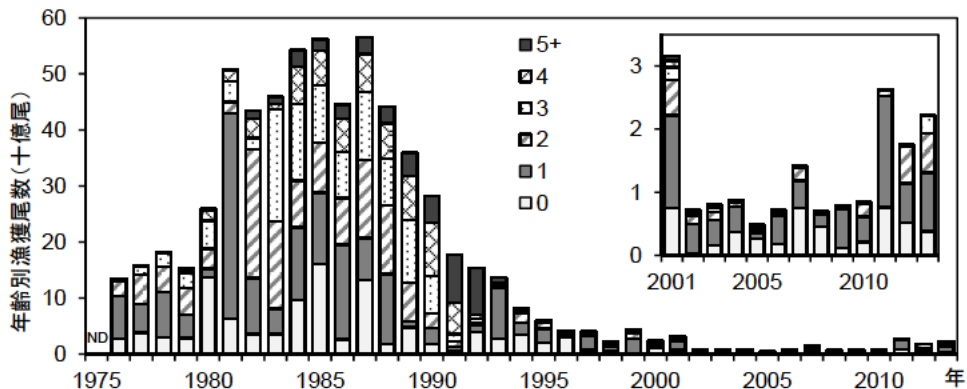


図 8. 年齢別漁獲尾数

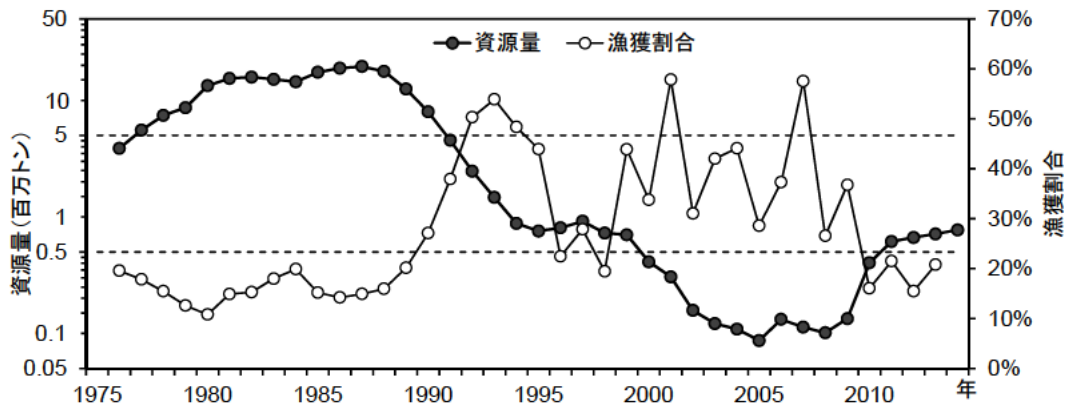


図 9. 資源量と漁獲割合の推移 図中破線は資源水準区分の資源量の目安。

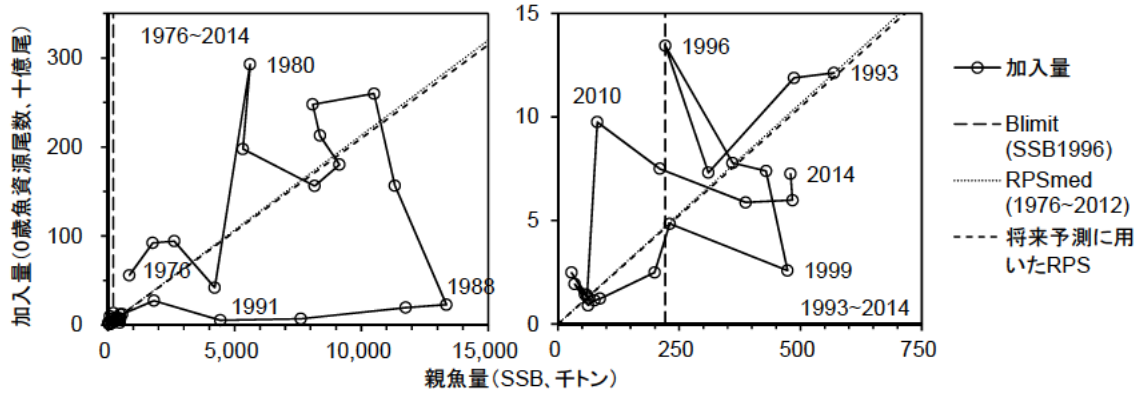


図 10. 親魚量と加入量の関係 2014 年の加入量は調査船調査結果による推定値。

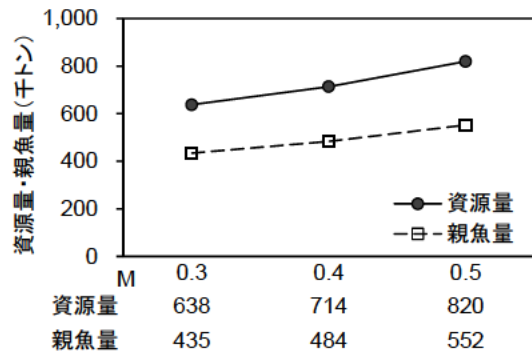


図 11. 自然死亡係数 M と資源量、親魚量の関係 最近年 (2013 年) の推定値。

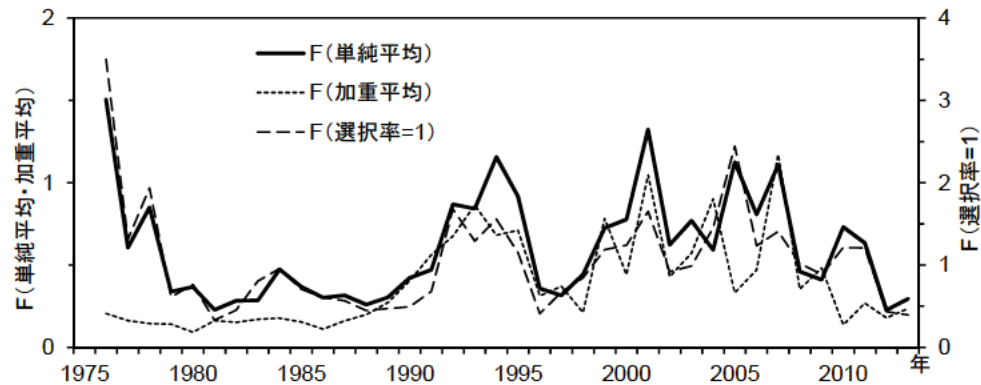


図 12. 漁獲係数 F の推移 年齢別 F の単純平均値、年齢別資源尾数に応じた加重平均値、および年齢別 F の最大値 (選択率=1)。

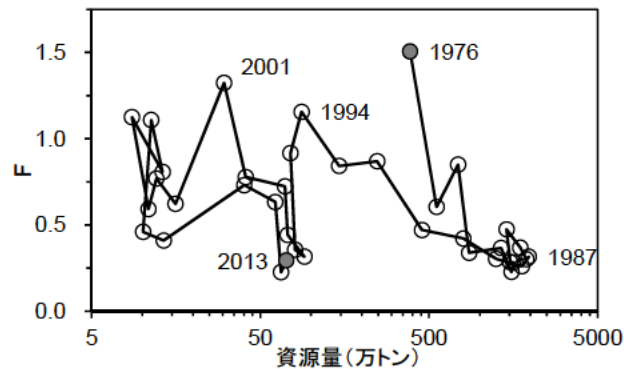


図 13. 資源量と漁獲係数 F (年齢別 F の単純平均値) の関係

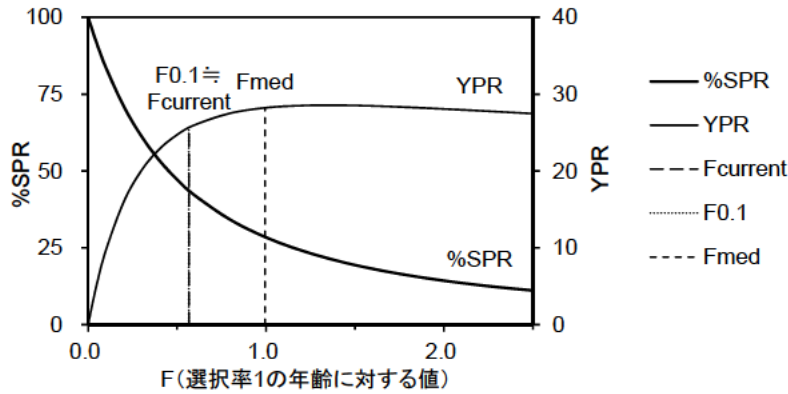


図 14. 漁獲係数 F と %SPR、YPR の関係 F_{med} は中位水準年における RPS_{med} に対応した値。

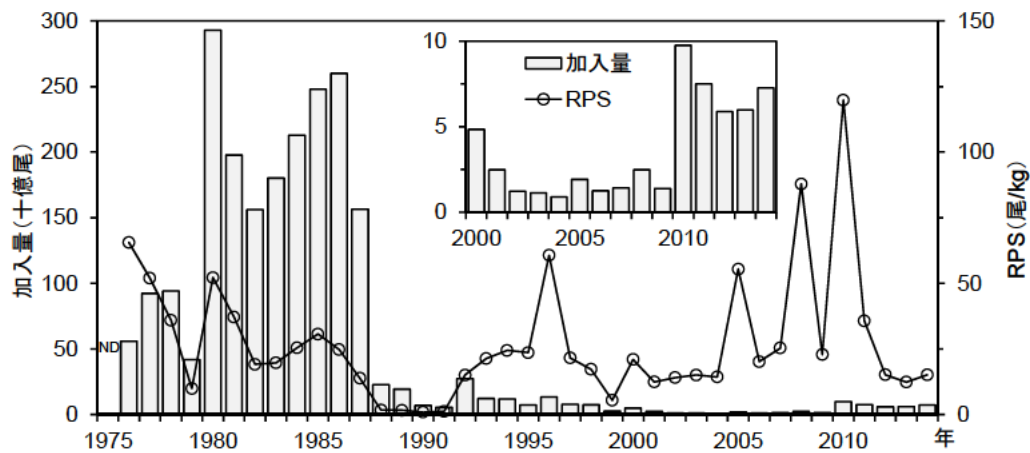


図 15. 再生産成功率(RPS)および加入量の推移 2014 年の加入量は調査船調査結果による推定値、RPS はその値と推定親魚量による。

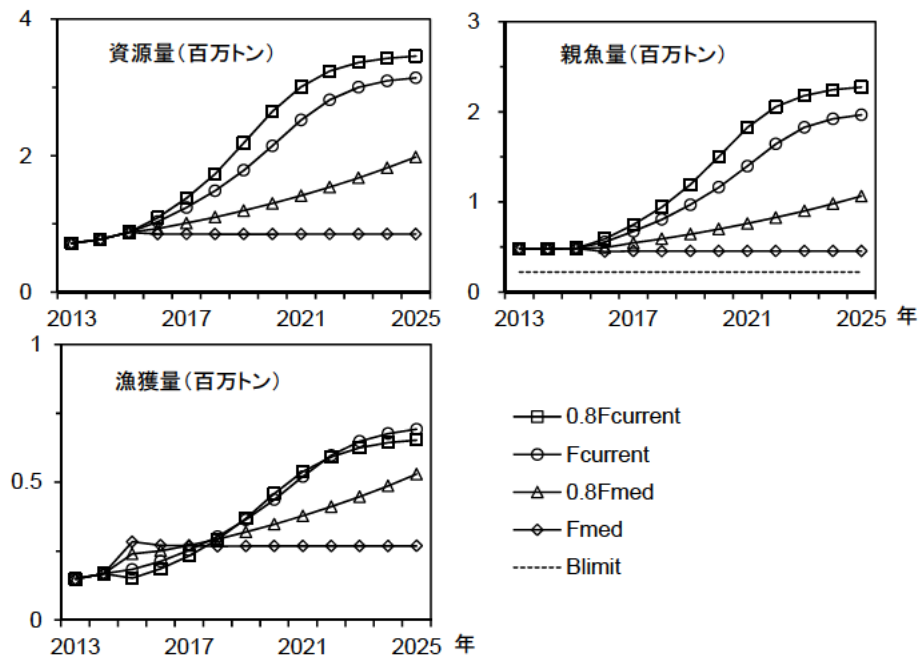


図 16. 各漁獲シナリオの漁獲係数 F において予測される資源量、親魚量、漁獲量の推移

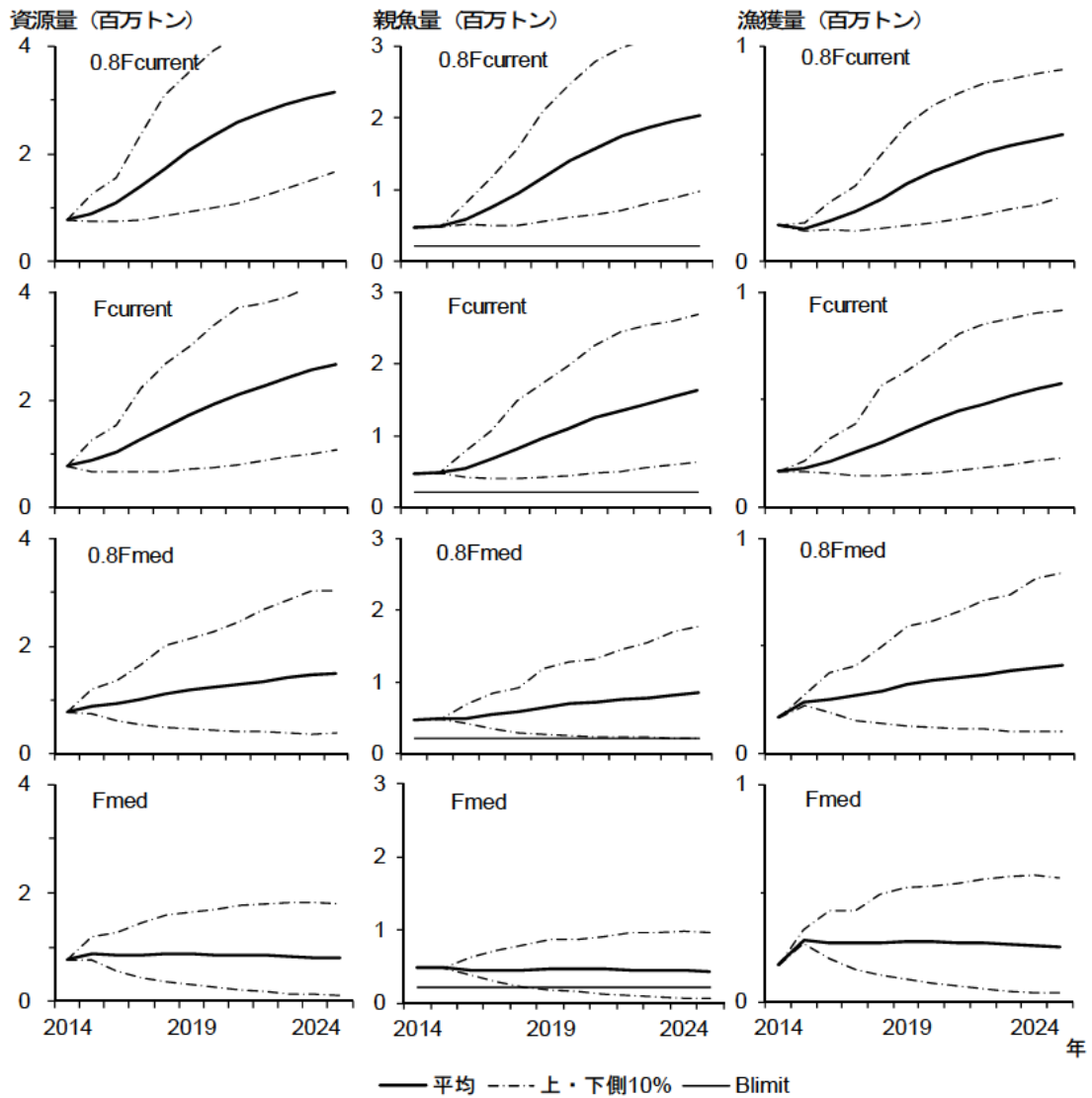


図 17. 各漁獲シナリオにおける加入量の不確実性を考慮した将来予測による資源量、親魚量、漁獲量の推移

表 1. 漁獲量（全漁業種類、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	176,695	161,512	15,183
2002	48,862	42,882	5,980
2003	50,961	46,297	4,664
2004	47,983	40,816	7,167
2005	24,823	15,910	8,913
2006	49,177	39,506	9,671
2007	65,076	42,263	22,813
2008	26,854	17,871	8,983
2009	49,245	45,814	3,431
2010	64,575	61,529	3,046
2011	131,854	121,767	10,087
2012	102,783	93,434	9,349
2013	148,295	142,213	6,082

漁業・養殖業生産統計年報による。2013 年は速報値。

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	0.2	0.3	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	2000
0歳	1,857	4,733	1,831	482	4,003	2,806	3,518	1,973	2,948	725	451	61	1,071
1歳	12,465	1,177	2,798	775	1,190	8,933	2,090	2,533	651	2,638	993	2,606	255
2歳	12,176	6,865	2,632	944	363	317	1,789	1,231	336	449	490	1,108	377
3歳	8,351	11,210	6,753	1,373	738	321	319	193	128	139	148	421	320
4歳	6,310	7,801	9,491	5,685	768	329	125	42	28	30	142	174	235
5歳以上	3,073	4,185	4,655	8,525	8,352	932	328	60	12	10	71	59	89
合計	44,231	35,971	28,160	17,784	15,414	13,637	8,168	6,033	4,103	3,990	2,295	4,428	2,347

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	2000
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	31.7
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	11.1
2歳	706.2	405.0	152.6	82.1	30.1	25.1	168.1	103.8	28.3	44.4	38.7	85.0	28.7
3歳	626.3	840.8	533.5	133.2	70.9	35.9	38.3	22.8	15.1	16.1	14.9	39.9	30.9
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	25.3
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	11.0
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	138.7

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	2000
0歳	12	10	5	4	18	6	11	34	34	28	24	35	30
1歳	49	45	41	30	54	61	56	49	49	64	52	60	44
2歳	58	59	58	87	83	79	94	84	84	99	79	77	76
3歳	75	75	79	97	96	112	120	118	118	116	101	95	96
4歳	89	93	91	99	99	134	135	143	143	134	118	102	107
5歳以上	101	108	105	108	111	133	140	156	150	154	122	127	123

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	2000
0歳	22,847	19,437	6,923	5,308	27,329	12,127	11,889	7,312	13,445	7,777	7,388	2,580	4,838
1歳	94,004	13,794	9,154	3,142	3,163	15,042	5,832	5,090	3,286	6,599	4,619	4,583	1,679
2歳	109,302	52,808	8,283	3,845	1,472	1,146	2,769	2,198	1,338	1,669	2,263	2,283	938
3歳	48,037	63,299	29,778	3,398	1,805	690	509	392	466	622	752	1,116	624
4歳	21,359	25,363	33,252	14,432	1,153	605	200	80	104	207	303	383	404
5歳以上	10,402	13,608	16,310	21,641	12,546	1,716	524	114	46	68	152	131	154
合計	305,952	188,309	103,700	51,765	47,468	31,326	21,722	15,185	18,684	16,942	15,478	11,076	8,636

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	2000
0歳	274	194	35	21	492	73	131	248	455	218	177	91	143
1歳	4,606	621	375	94	171	918	327	248	160	422	241	274	73
2歳	6,340	3,116	480	335	122	91	260	185	113	165	179	175	71
3歳	3,603	4,747	2,352	330	173	77	61	46	55	72	76	106	60
4歳	1,901	2,359	3,026	1,429	114	81	27	11	15	28	36	39	43
5歳以上	1,051	1,470	1,713	2,337	1,393	228	73	18	7	11	19	17	19
合計	17,774	12,507	7,981	4,546	2,465	1,467	879	756	805	916	727	701	411
親魚量	13,354	11,754	7,609	4,439	1,819	569	487	310	221	360	429	473	231
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	21.0

表7-2. 漁獲係数(F)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
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	0.32
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	0.20
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	0.68
3歳	0.24	0.24	0.32	0.68	0.69	0.84	1.45	0.92	0.41	0.32	0.27	0.62	0.99
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	1.24
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	1.24
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	0.72	0.78
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%	43.9%	33.8%

表2-3. 年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	753	24	152	375	260	172	750	459	121	209	760	521	379
1歳	1,466	471	410	399	101	464	430	178	620	406	1,769	620	930
2歳	564	137	127	71	22	43	206	36	29	206	76	577	623
3歳	196	50	73	13	35	23	20	16	11	14	15	25	274
4歳	103	27	31	8.8	46	13	7.5	2.5	5.7	10	5.5	4.4	8.6
5歳以上	71	17	12	5.2	22	3.1	2.8	1.1	1.6	7.6	7.6	0.6	5.2
合計	3,154	725	804	872	486	718	1,416	692	788	852	2,634	1,747	2,221

表3-3. 年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	12.7	0.8	2.9	10.2	6.2	3.7	20.2	11.7	2.6	6.2	23.2	13.7	8.5
1歳	79.2	26.9	25.2	27.3	4.1	37.5	22.7	9.8	41.9	30.9	97.0	34.6	51.1
2歳	44.7	10.9	9.9	7.2	1.9	3.6	19.0	2.9	2.7	23.9	8.3	50.8	55.9
3歳	19.0	5.1	7.8	1.6	3.8	2.7	2.0	1.9	1.1	1.6	1.8	3.0	30.8
4歳	11.8	3.0	3.6	1.0	5.6	1.5	0.8	0.3	0.7	1.1	0.6	0.6	1.1
5歳以上	9.2	2.2	1.6	0.6	3.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.9	0.9	0.1	0.9
合計	176.7	48.9	51.0	48.0	24.8	49.2	65.1	26.9	49.2	64.6	131.9	102.8	148.3

表4-3. 年齢別平均体重(g)

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014~
0歳	17	33	19	27	24	21	27	26	21	30	31	26	22	26
1歳	54	57	61	68	41	81	53	55	68	76	55	56	55	55
2歳	79	79	78	102	88	83	92	82	93	116	109	88	90	96
3歳	97	102	107	124	109	118	99	123	108	117	122	119	112	118
4歳	115	112	117	111	122	113	111	123	115	109	108	128	128	122
5歳以上	129	132	138	118	143	108	110	142	127	119	119	175	181	158

将来予測（2014~）に使用した近年3年（2011~2013年）平均。↑

表5-3. 年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	2,483	1,221	1,135	897	1,924	1,247	1,425	2,486	1,385	9,752	7,497	5,871	5,975	7,256
1歳	2,366	1,048	798	636	294	1,077	695	341	1,291	829	6,365	4,403	3,509	3,695
2歳	917	386	317	199	100	115	342	114	83	357	224	2,819	2,444	1,590
3歳	320	153	146	108	76	49	42	61	47	31	71	87	1,417	1,128
4歳	156	54	62	38	62	22	14	11	28	23	10	35	38	726
5歳以上	108	34	24	23	30	5	5	5	8	18	13	5	23	29
合計	6,350	2,895	2,482	1,902	2,486	2,515	2,523	3,018	2,841	11,011	14,180	13,220	13,406	14,424

2014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	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	42	41	21	24	46	27	38	63	30	290	229	155	134	192
1歳	128	60	49	43	12	87	37	19	87	63	349	246	193	204
2歳	73	31	25	20	9	9	32	9	8	42	24	249	219	152
3歳	31	16	16	13	8	6	4	7	5	4	9	10	159	133
4歳	18	6	7	4	8	3	2	1	3	2	1	5	5	88
5歳以上	14	4	3	3	4	1	1	1	1	2	2	1	4	5
合計	305	157	121	109	87	132	113	101	134	403	613	665	714	773
親魚量	199	87	75	63	35	62	56	28	61	81	210	387	484	480
RPS	12.4	14.1	15.0	14.3	55.4	20.1	25.3	87.9	22.8	119.8	35.7	15.2	12.4	15.1

2014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)

2014年はFcurrent（2011~2013年平均）を仮定。↓

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	0.46	0.02	0.18	0.72	0.18	0.18	1.03	0.26	0.11	0.03	0.13	0.11	0.08	0.11
1歳	1.41	0.80	0.99	1.45	0.54	0.75	1.41	1.02	0.88	0.91	0.41	0.19	0.39	0.33
2歳	1.39	0.57	0.67	0.57	0.31	0.62	1.33	0.49	0.57	1.21	0.54	0.29	0.37	0.40
3歳	1.38	0.50	0.94	0.16	0.83	0.83	0.89	0.38	0.32	0.78	0.30	0.43	0.27	0.33
4歳	1.65	0.92	0.92	0.33	2.45	1.23	1.00	0.31	0.29	0.73	1.21	0.17	0.33	0.57
5歳以上	1.65	0.92	0.92	0.33	2.45	1.23	1.00	0.31	0.29	0.73	1.21	0.17	0.33	0.57
単純平均	1.32	0.62	0.77	0.59	1.13	0.81	1.11	0.46	0.41	0.73	0.63	0.23	0.29	0.38
漁獲割合	57.9%	31.1%	42.0%	44.1%	28.6%	37.3%	57.6%	26.6%	36.8%	16.0%	21.5%	15.5%	20.8%	

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) 前年 10 月から 9 月までの集計値 (2014 年は 5 月までの概算値)。

	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	2002
	3,379	2,632	697	48	61	26	22	49	42	35	170	32	12
	4,304	3,423	1,754	1,280	638	143	148	172	121	145	283	63	33

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	7	21	<u>29</u>	<u>7</u>	<u>32</u>	<u>10</u>	<u>22</u>	<u>35</u>	<u>52</u>	<u>116</u>	<u>134</u>	304
	31	67	86	50	121	81	116	73	120	192	245	424

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 ※算出方法は補足資料 2。

移行域	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
加入量指数	187.4	45.0	60.1	6.1	45.7	0.1	0.8	0.1	0.6	5.0	0.4

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	3.2	1.2	16.8	391.4	28.8	123.2	139.1	154.2

表 8-3. 北西太平洋北上期中層トロール調査 (4～7 月) による移行域～親潮域における推定分布量 (百万尾)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0 歳魚	19	495	80	0	65	0	58	82
1 歳以上	1,854	169	798	77	1	2	1	0

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	485	7,769	1,877	1,790	771	25,943
	32	460	995	1,407	1,432	1,078

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	2012	2013
分布密度	1,284	62	70	1,236	1,792	19,645	9,199	5,569	7,765
現存量	<u>1,203</u>	<u>63</u>	60	<u>1,018</u>	<u>1,415</u>	<u>15,258</u>	<u>7,359</u>	<u>5,715</u>	<u>6,601</u>

表 8-5. 未成魚越冬群指数 (千葉水総研、茨城水試)

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
越冬群指数	7,592	4,109	16,840	11,653	2,853	53,698	41,207	6,740	50,085

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
	41,197	62,928	42,986	39,659	1,588	5,944	224	30	30,541	5,802

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
	5,054	239	8,481	1,136	5,763	0	8,480	122	404	342

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	28	<u>1,093</u>	<u>371</u>	<u>385</u>	<u>921</u>	<u>780</u>	<u>3,374</u>	<u>408</u>	<u>1,397</u>	<u>1,757</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	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	0.08	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.08	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
1歳	0.39	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.39	0.33	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	
2歳	0.37	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.37	0.40	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	
3歳	0.27	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.27	0.33	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	
4歳	0.33	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.33	0.57	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
5歳以上	0.33	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.33	0.57	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
単純平均	0.29	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.29	0.38	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	
資源尾数 (百万尾)															
年齢\年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	5,975	7,256	10,192	11,652	14,106	16,894	20,299	5,975	7,256	10,192	12,369	15,704	19,783	24,978	
1歳	3,509	3,695	4,361	6,125	7,002	8,477	10,153	3,509	3,695	4,361	6,261	7,598	9,646	12,152	
2歳	2,444	1,590	1,778	2,098	2,947	3,369	4,079	2,444	1,590	1,778	2,242	3,219	3,906	4,960	
3歳	1,417	1,128	715	799	943	1,324	1,514	1,417	1,128	715	865	1,091	1,567	1,901	
4歳	38	726	542	343	384	453	636	38	726	542	367	444	560	804	
5歳以上	23	29	287	315	250	241	264	23	29	287	353	307	320	375	
計	13,406	14,424	17,874	21,332	25,632	30,759	36,945	13,406	14,424	17,874	22,457	28,363	35,782	45,170	
資源量 (千トン)															
年齢\年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	134	192	269	308	373	446	536	134	192	269	327	415	522	660	
1歳	193	204	241	338	386	468	560	193	204	241	345	419	532	670	
2歳	219	152	170	201	282	322	390	219	152	170	214	308	374	474	
3歳	159	133	84	94	111	156	178	159	133	84	102	129	185	224	
4歳	5	88	66	42	47	55	77	5	88	66	45	54	68	98	
5歳以上	4	5	46	50	40	38	42	4	5	46	56	49	51	59	
計	714	773	875	1,032	1,238	1,485	1,784	714	773	875	1,089	1,373	1,732	2,186	
親魚量 (千トン)															
年齢\年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1歳	96	102	120	169	193	234	280	96	102	120	173	210	266	335	
2歳	219	152	170	201	282	322	390	219	152	170	214	308	374	474	
3歳	159	133	84	94	111	156	178	159	133	84	102	129	185	224	
4歳	5	88	66	42	47	55	77	5	88	66	45	54	68	98	
5歳以上	4	5	46	50	40	38	42	4	5	46	56	49	51	59	
計	484	480	486	555	672	805	968	484	480	486	590	749	943	1,191	
漁獲量 (千トン)															
年齢\年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	8	16	23	26	32	38	45	8	16	18	22	28	36	45	
1歳	51	47	56	78	89	108	129	51	47	46	66	80	102	128	
2歳	56	41	46	54	76	87	105	56	41	38	48	69	84	106	
3歳	31	31	20	22	26	36	41	31	31	16	20	25	35	43	
4歳	1	31	23	15	17	19	27	1	31	20	13	16	20	29	
5歳以上	1	2	16	18	14	14	15	1	2	14	17	15	15	18	
計	148	168	183	213	253	302	364	148	168	152	186	233	292	369	
漁獲割合	21%	22%	21%	21%	20%	20%	20%	21%	22%	17%	17%	17%	17%	17%	

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	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.08	0.11	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
1歳	0.39	0.33	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
2歳	0.37	0.40	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
3歳	0.27	0.33	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
4歳	0.33	0.57	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
5歳以上	0.33	0.57	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
単純平均	0.29	0.38	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.08	0.11	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
0.39	0.33	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
0.37	0.40	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
0.27	0.33	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
0.33	0.57	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
0.33	0.57	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
0.29	0.38	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54

資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	5,975	7,256	10,192	9,366	9,534	9,481	9,503
1歳	3,509	3,695	4,361	5,641	5,184	5,277	5,248
2歳	2,444	1,590	1,778	1,634	2,114	1,942	1,977
3歳	1,417	1,128	715	591	543	702	645
4歳	38	726	542	267	221	203	262
5歳以上	23	29	287	206	117	84	71
計	13,406	14,424	17,874	17,704	17,712	17,689	17,706

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
5,975	7,256	10,192	10,353	11,411	12,362	13,467
3,509	3,695	4,361	5,861	5,954	6,562	7,109
2,444	1,590	1,778	1,836	2,467	2,506	2,762
1,417	1,128	715	680	702	943	958
38	726	542	300	285	295	396
23	29	287	251	167	137	131
13,406	14,424	17,874	19,280	20,986	22,805	24,823

資源量 (千トン)

年齢\年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	134	192	269	247	252	250	251
1歳	193	204	241	311	286	291	290
2歳	219	152	170	156	202	186	189
3歳	159	133	84	70	64	83	76
4歳	5	88	66	32	27	25	32
5歳以上	4	5	46	33	19	13	11
計	714	773	875	849	849	848	849

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
134	192	269	273	301	326	356
193	204	241	323	329	362	392
219	152	170	176	236	240	264
159	133	84	80	83	111	113
5	88	66	36	35	36	48
4	5	46	40	26	22	21
714	773	875	929	1,010	1,097	1,194

親魚量 (千トン)

年齢\年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0	0	0	0	0	0	0
1歳	96	102	120	156	143	146	145
2歳	219	152	170	156	202	186	189
3歳	159	133	84	70	64	83	76
4歳	5	88	66	32	27	25	32
5歳以上	4	5	46	33	19	13	11
計	484	480	486	446	454	452	453

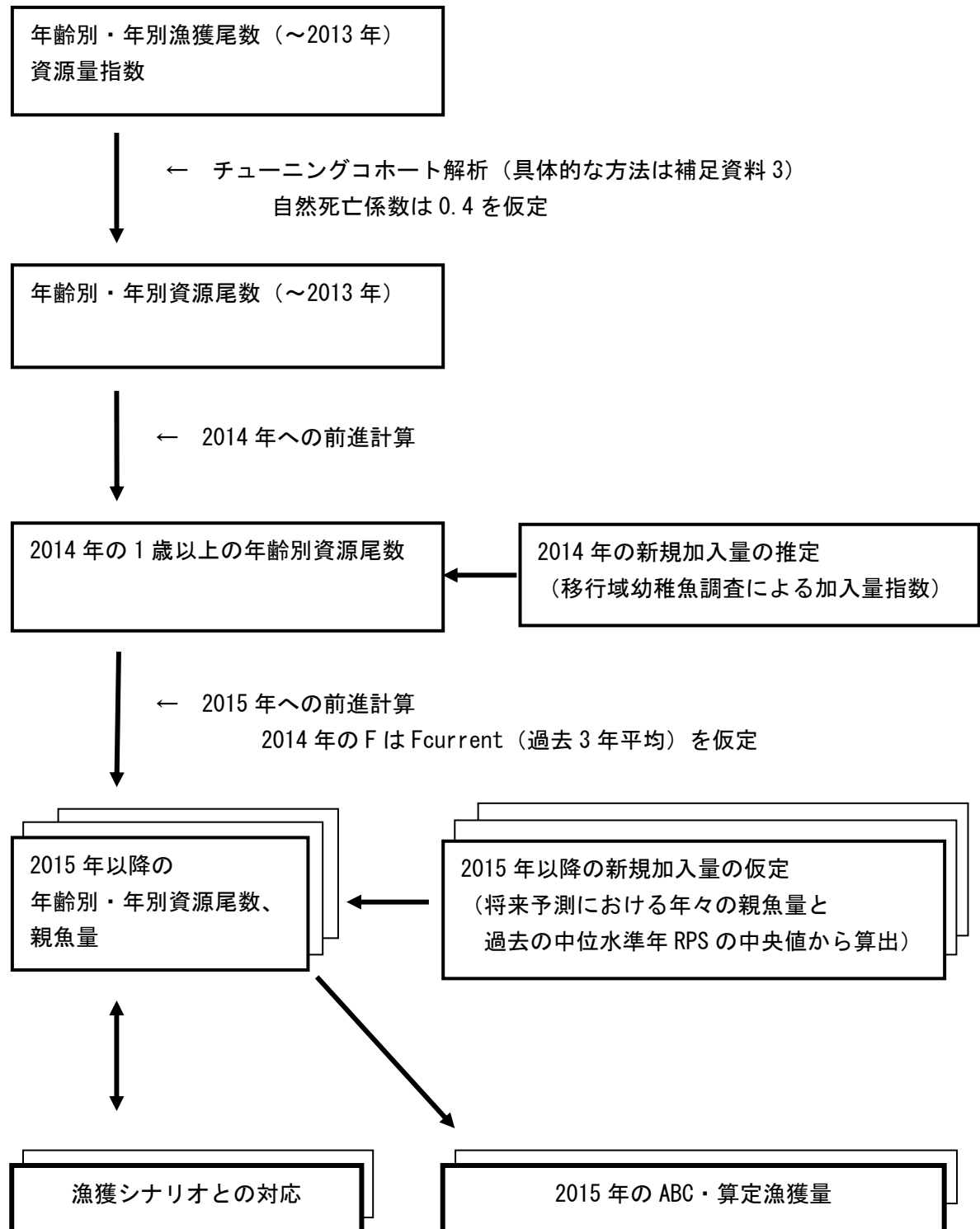
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0	0	0	0	0	0	0
96	102	120	162	164	181	196
219	152	170	176	236	240	264
159	133	84	80	83	111	113
5	88	66	36	35	36	48
4	5	46	40	26	22	21
484	480	486	494	544	589	642

漁獲量 (千トン)

年齢\年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	8	16	38	35	36	36	36
1歳	51	47	87	112	103	105	105
2歳	56	41	70	65	83	77	78
3歳	31	31	31	25	23	30	28
4歳	1	31	34	17	14	13	16
5歳以上	1	2	23	17	10	7	6
計	148	168	283	271	269	267	268
漁獲割合	21%	22%	32%	32%	32%	32%	32%

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
8	16	31	32	35	38	41
51	47	73	99	100	110	119
56	41	60	62	83	84	93
31	31	26	25	25	34	35
1	31	30	16	16	16	22
1	2	20	18	12	10	9
148	168	240	251	271	292	319
21%	22%	27%	27%	27%	27%	27%

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。漁業情報サービスセンター(JAFIC)により、北部まき網の操業情報から、漁獲努力量の指標となる有効努力量が求められている（[有効努力量] = [漁獲量合計] / {[海区（緯度経度 30 分升）ごとの CPUE の合計] / [有漁海区数]}）。冬春季の房総～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、大中型まき網漁業の 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、加入量指数を西田ほか(2001)を改変した次の方法で算出している。
加入量指数：表面水温 1℃ ごとの各水温帯における有漁獲点 CPUE 中央値（尾数/網）および有漁獲点割合、並びに各水温帯面積の調査対象海域（北緯 35～42 度、東経 143～165 度）に対する割合を乗じたものの全水温での総和。
- ② 北西太平洋北上期浮魚類資源調査（サンマ資源量直接推定調査、北上期浮魚類資源調査）：水研センターが 2001 年以降 4～7 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通り。

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2013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2013年の F （ターミナル F 、 $F_{a,t}$ ）は、過去5年の平均とした。

$$F_{a,t} = (F_{a,2008} + F_{a,2009} + F_{a,2010} + F_{a,2011} + F_{a,2012})/5 \quad (6)$$

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($F_{p,y} = F_{p-1,y}$)。

各年の年齢別体重は年齢別漁獲物平均体重とした。

ステップ2

2014 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 2013 年の F ($F_{a,t}$)。

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

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

2014 年の年齢別体重は 2011～2013 年の漁獲物の平均値とした。

ステップ1 で得られた 2013 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、補足表）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 ($F_{a,t}$) を調整（チューニング）した。用いた指数・対象は以下の3つとした（表8）。

- ① 2005～2013 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 2006～2014 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 2005～2013 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（(8)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 (9) 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。

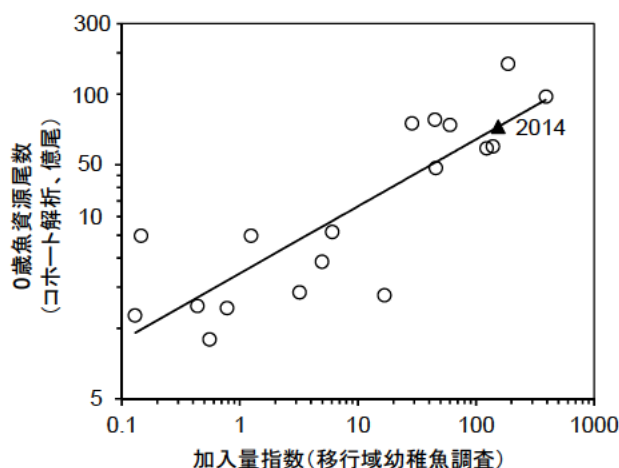
2014 年の 0 歳魚資源尾数は、1996～2013 年の移行域加入量指数(I)とコホート解析による 0 歳魚資源尾数 (N_0 、億尾) との関係から得られた回帰式($N_0=17.2I^{0.286}$)を用いて、2014 年の加入量指数 154.2 から 72.6 億尾とした（補足図 1）。

2015 年以降の 0 歳魚資源尾数は、過去の資源水準が中位の年の再生産成功率の中央値 (21.0 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、2014 年は $F_{current}$ (近年 3 年 (2011～2013 年) の平均) とし、2015 年以降は各漁獲シナリオ（本文 5-(2)）によるものとした。年齢別体重は 2011～2013 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。



補足図 1. 1996～2013 年の移行域調査加入量指数と 0 歳魚資源尾数との関係 白抜円は 1996～2013 年のプロット、実線はそれらの回帰式、および黒三角は 2014 年の加入量指数をそれぞれ示す。

補足表. 最近年（2013 年）、ならびに現状および将来予測（2014 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
2013 年	0.21	1.00	0.95	0.69	0.83	0.83
2014 年以降	0.19	0.58	0.71	0.59	1.00	1.00

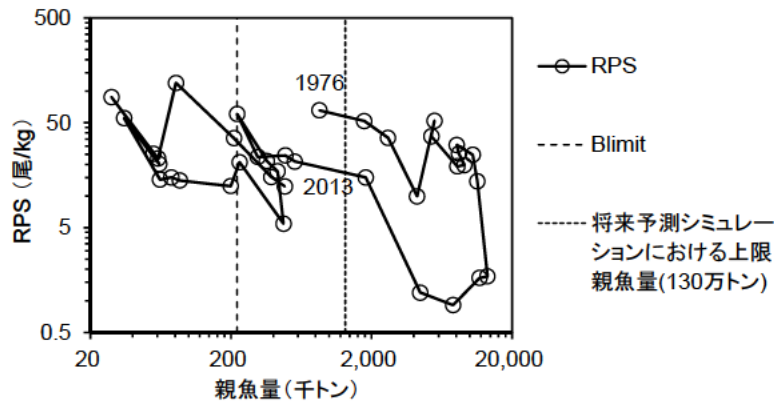
なお、本系群へのチューニングコホート解析の適用については、本系群の年齢別選択率の年変動が大きく、「近年の年齢別選択率が安定している」という仮定の下でのターミナル F の設定では正確な評価を行うことができないこと（平松 2009）等の指摘がされている。引き続き、年齢別選択率の与え方、チューニング方法の改善など検討する必要がある。

補足資料 4 資源量、漁獲量の将来予測シミュレーションの条件

2015 年以降の加入量を、不確実性を考慮して以下の設定条件で与えた。過去の RPS は、親魚量（SSB）が 221 千トン（B_{limit}）未満では非常に高い RPS が、非常に高い SSB では非常に低い RPS がみられるなど、SSB の水準に応じて出現動向が変化した（補足図 2）。そこで、親魚量に応じて RPS を仮定する条件を設定した。年齢別体重、成熟率は近年 3 年（2011～2013 年）の平均値とした（図 2、3、表 4）。

- ① SSB が、加入量の上限と仮定する 273 億尾（1992 年水準）に、4-(8)の今後の加入量の見積もりで用いた RPS 中央値（21.0 尾/kg、以下 RPS_{med}）で対応する親魚量（130 万トン）を超える場合には、親魚量を 130 万トンとして与えた。
- ② SSB < 221 千トン（B_{limit}）では、過去観測期間の SSB < B_{limit} の年（2001～2011 年）における RPS の平均値に対する各年の RPS の比率を求め、ここから重複を許して無作為に抽出した比率を RPS_{med} に乗じた値に SSB を乗じて加入量とした。

- ③ $SSB \geq B_{limit}$ では、過去観測期間の 130 万トン $\geq SSB \geq B_{limit}$ の年（1976、1993～2000、2012 年）における RPS 平均値に対する各年の RPS の比率を求め、ここから重複を許して無作為に抽出した比率を RPSmed に乗じた値に SSB を乗じて加入量とした。



補足図 2 親魚量と RPS の関係

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.