

平成 26（2014）年度ゴマサバ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、梨田一也、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、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、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

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、1995～2003 年にかけて 27 万～38 万トンで推移していたが、2004 年に 60 万トンを超えてから高い水準で推移し、2013 年は 78.5 万トンであった。これらの状況から資源水準は高位、最近 5 年間（2009～2013 年）の資源量の推移から動向は横ばいと判断した。本系群は、1995 年以降の親魚量と加入量の関係からみて、現状（近年 5 年平均）の漁獲圧のもとで親魚量が将来的には 20 万トン以上の高い水準で推移すると見込まれ、資源の持続的な利用が可能な状態にあると考えられる。

本系群の資源管理は親魚量を基準とし、推定可能な 1995 年以降における親魚量の最低値であり、中・高位水準の資源における最低の親魚量水準と見なされる 1996 年水準（3.8 万トン）を B_{limit} とした。2015 年の ABC は、将来予測において、資源の維持が見込まれる現状の漁獲圧を維持する漁獲シナリオ ($F_{current}$)、高い水準の親魚量の維持を図る漁獲シナリオ ($F_{30\%SPR}$ を適用)、および B_{limit} を十分に上回る水準で親魚量を維持しつつ漁獲圧を高めて漁獲量を増加させる漁獲シナリオ ($F_{20\%SPR}$ を適用) に基づいて、それぞれ算定した。

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 年漁期 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 ($F_{current}=0.8F_{30\%SPR}$) *	0.37 (1.00 $F_{current}$)	23%	132 千トン ～ 257 千トン	178 千トン	46%	100%	175 千トン
現状の漁獲圧の 維持の予防的措 置 ($0.8F_{current}$) *	0.30 (0.80 $F_{current}$)	19%	120 千トン ～ 214 千トン	156 千トン	77%	100%	146 千トン
親魚量を高水準 で維持 ($F_{30\%SPR}$) *	0.47 (1.25 $F_{current}$)	28%	143 千トン ～ 285 千トン	199 千トン	32%	100%	209 千トン
親魚量をBlimit 以上で維持・漁獲 量の増加 ($F_{20\%SPR}$) *	0.71 (1.91 $F_{current}$)	38%	147 千トン ～ 315 千トン	235 千トン	14%	100%	283 千トン
親魚量をBlimit 以上で維持・漁獲 量の増加の予防 的措置 ($0.8F_{20\%SPR}$) *	0.57 (1.52 $F_{current}$)	32%	149 千トン ～ 307 千トン	219 千トン	24%	100%	242 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。 - 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、「資源を中位水準以上に維持することを基本方向として、管理を行う」とされている。現状の漁獲圧は資源を中位水準以上に維持することができる水準であると考えられる。同方針に合致するシナリオには*を付した。 2013 年の親魚量は非常に高い水準にあるために各漁獲シナリオでの維持確率は低い、いずれの漁獲シナリオでも Blimit を十分上回る高い水準で維持されることが考えられる。							

$F_{current}$ は近年 5 年 (2009～2013 年漁期) の平均とした。漁獲シナリオの親魚量を高水準で維持の予防的措置 ($0.8F_{30\%SPR}$) の F 値は $F_{current}$ と同等である。

将来漁獲量・評価は、卓越年級群発生年 (1996、2004、2009 年) を除く過去の観測値に仮定した親魚量－再生産成功率回帰式と、回帰式からの残差のリサンプリング (卓越年級群発生年含む) によって加入量を与える 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 年の値 (80%区間)、5 年平均は 2015～2019 年の平均である。評価 (5 年後) は、2020 年漁期当初の親魚量で判断した。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2012	744	137	0.31	18%
2013	785	106	0.24	13%
2014	855	—	—	—

2014 年の資源量は、加入量を調査船調査結果による推定値で仮定した値。漁獲量は資源解析（コホート解析）における計算値であり、実際の値（水揚げ調査結果）とは異なる。

	指標	水準	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	1996 年水準 (38 千トン)	資源量推定可能な期間における最低水準であり、中・高位水準の資源における最低水準。
2013 年	親魚量	1996 年水準以上 (309 千トン)	

水準：高位 動向：横ばい

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	主要港月別・漁業種別水揚げ量（水研セ、北海道～宮崎(17)道県） 体長組成調査（水研セ、北海道～宮崎(18)都道県）：市場測定、調査船調査等 体長-体重・体長-年齢測定調査（水研セ、北海道～宮崎(18)都道県）：市場測定、調査船調査等
資源量指数 ・加入量指標値 ・資源密度指数 ・産卵量	北西太平洋北上期中層トロール調査*（水研セ・5～7月）：中層トロール、計量魚探 北西太平洋秋季浮魚類調査**（水研セ・9～10月）：中層トロール（2001年以降）、流し網（1995～2002年） 北西太平洋サンマ棒受網漁業情報（東北水研）：さば類0歳魚混獲率 静岡県棒受網漁況（静岡県）：CPUE、漁獲物年齢組成 卵採集調査（水研セ、青森～宮崎(18)都府県）：ノルバックネット
自然死亡係数(M)	年当たり 0.4 を仮定（M と寿命の統計的関係（田中 1960）による）
2014 年加入量	北西太平洋北上期中層トロール調査*：0歳魚出現率、平均尾叉長

*サンマ資源量直接推定調査（東北水研、親潮～移行域(142°E～165°W)、2001年～継続中）、および北上期浮魚類資源調査（中央水研・東北水研、親潮～黒潮続流域(141°～150°E)、2001～2004、2010年～継続中）

**東北海区浮魚類分布調査（東北水研、親潮～移行域(141°～167°E)、1995～2007年）、秋季北西太平洋浮魚類資源調査（中央水研、親潮～移行域(141°～175°E)、2008年～継続中）

1. まえがき

本系群は、同属のマサバとともに我が国の主要浮魚資源の一つである。1970年代までは南区（宮崎～和歌山県）での漁獲が主体であったが、1980年代のマサバ資源の減少にともない中区（三重～千葉県）での漁獲が増加し、1990年代後半以降は資源が増加して分布域が拡大し、北区（茨城～青森県）での漁獲も増加した。マサバと外部形態および分布回遊

生態が類似するために漁業ではよく混獲されて漁獲統計上ではマサバと混同される場合が多く、資料解析の際に注意を要する。近年は調査参画機関の市場標本調査等によって魚種別の資料がほぼ整備できており、今後も調査の継続と充実が必要である。外部形態による本種の判別は、体側中央に明瞭な黒点が並ぶこと、および第 1 背鰭棘の鰭底間隔がマサバより狭いこと(1～9 棘の鰭底長が尾叉長の 12%未満)で比較的容易に行える(水産庁 1999)。なお、マサバとの天然交雑が確認されているが、出現頻度はさば類全体に対して 0.3%程度であり(谷口ほか 1989、斉藤 2001)、資源評価上問題にはならないと考えられる。

2. 生態

(1) 分布・回遊

ゴマサバは、同属のマサバに比べて暖水性、沖合性が強いとされ(落合・田中 1998)、太平洋側の成魚の主分布域は後述のように黒潮周辺域である。

分布、回遊を図 1 に示した。黒潮周辺域で発生した稚魚は、成長しながら黒潮に移送されて本邦南岸の沿岸域から東経 165～170 度付近までの黒潮－親潮移行域の表面水温 17℃前後の海域にマサバ稚魚とほぼ同じ様に分布する(渡邊ほか 1999、西田ほか 2000、川端ほか 2006a)。移行域に移送された尾叉長 5～15 cm 程度の稚幼魚は成長とともに北上し、夏秋季は表面水温 13℃前後の道東～千島列島の太平洋沿岸から沖合の東経 165 度付近までの亜寒帯水域で索餌期を過ごし(Savinykh 2004、川端ほか 2006a、2007)、秋冬季には 20～25 cm 程度になって南下し、常磐～房総半島の沿岸から沖合の黒潮続流周辺海域で越冬する(川端ほか 2009b)。資源水準の高い 2004 年級群では、東経 171 度の天皇海山周辺での越冬も確認された(川端ほか 2008、2009a)。越冬後の 1 歳以上は、1980 年代までは索餌期に大きく北上回遊しないために三陸以北海域にはあまり出現しなかったが(飯塚 1978、曾ほか 1980)、近年の資源量の増大と東北～北海道海域の表面水温の上昇に伴い、2001 年以降では越冬後の 1、2 歳魚が夏秋季に三陸北部や道東海域まで索餌回遊して漁場形成するようになった(川端ほか 2006b、2008)。これらの群は秋冬季には越冬のために南下し、春季の伊豆諸島周辺海域への産卵回遊に移行する(目黒ほか 2002)。また、このように伊豆諸島周辺～黒潮続流域から東北～北海道海域を大規模に季節回遊する群とは異なり、本邦南岸の黒潮周辺の沿岸域に周年分布する群も多く、各地先漁業の対象となっている。3 歳以上の高齢魚は、最近では三陸以北海域まで回遊するものもあるが多くはなく、伊豆諸島周辺海域や熊野灘では足摺岬周辺海域など西方の海域に比べて分布が少ないことや(花井 1999、山川 1999)、標識放流試験結果などから、加齢にともなって主分布域を足摺岬周辺などの西方海域へ移し、黒潮周辺域で比較的小規模な季節回遊をしたり、産卵場周辺に周年留まったりするようになり、さらに黒潮の上流の東シナ海へ移動するものもあると推定されている(梨田ほか 2006)。

(2) 年齢・成長

稚幼魚期の成長は、耳石の日輪解析により、ふ化後、尾叉長 5 cm 程度までは平均で 1 日当たり 1 mm 程度成長するが(渡邊ほか 2002)、その後成長が速くなり、ふ化後 80 日で 15 cm 程度、120 日で 20 cm 以上になる(高橋ほか 2010)。未成魚期以降では、鱗の年輪解

析による年齢査定が比較的簡便で調査上实际的であり（近藤・黒田 1966、渡邊ほか 2002）、本調査で実施されている。耳石の年輪や日輪による年齢査定の有効性も示唆されている（樋田 1999、木村ほか 2002、梨田ほか 2003、片山・石井 2009）。近年の漁獲物の年齢査定結果による各年齢における体長は、0歳の秋季には尾叉長 20～25 cm、1歳の夏季には 28～31 cm、2歳は 30～34 cm、3歳は 33～36 cm、4歳は 37 cm 前後、最大体長は 45 cm 程度である。漁獲物の年齢構成からみて、寿命は 6 歳程度と推定される。若齢時の成長速度は海域によって異なり、熊野灘以西海域では伊豆諸島以北海域よりも速い傾向がある。本評価の将来予測で用いた年齢別平均尾叉長、体重（近年漁獲物の平均値）を図 2 に示した。

(3) 成熟・産卵

卵巢組織の観察結果から尾叉長 30 cm 以上で成熟、産卵する（花井・目黒 1997）。年齢では 2 歳以上に該当することから、本評価では 2 歳以上は全て成熟、産卵する親魚とした（図 2、3）。産卵場は、薩南、足摺岬周辺から伊豆諸島周辺の本邦南岸の黒潮周辺域である（Tanoue 1966、図 1）。これらよりさらに規模の大きい東シナ海の産卵場で発生した群も、黒潮流路に沿った稚稚魚の出現状況や高知県沿岸における幼魚の出現状況からみて太平洋側に加入すると推定される（Tanoue 1966、新谷 2007）。産卵期は、足摺岬周辺以西では 12 月～翌年 6 月の冬春季であり、東シナ海では 1～3 月、足摺岬周辺では 2～3 月が盛期である（Tanoue 1966、梨田ほか 2006）。マサバの主産卵場でもある伊豆諸島周辺海域では 3～6 月の春季であるが、卵巢組織観察から推定される個体当たりの産卵期間は短く、卵の分布量も少ないことから、産卵場として好適でないことが示唆されている（渡邊ほか 2000、橋本ほか 2005）。しかしながら、最近移行域以北に出現する稚幼魚は、推定ふ化時期がマサバと同様に 3～6 月であり（高橋ほか 2010）、分布様式がマサバと同様であることからマサバと同じ伊豆諸島周辺海域で発生したものが主体となっている可能性がある。

(4) 被捕食関係

稚稚魚期ではおもに小型の浮遊性甲殻類やいわし類の仔魚（シラス）などを捕食する（落合・田中 1998）。幼魚期以降ではこれらのほかに小型魚類やいか類も捕食する。熊野灘漁場ではカタクチイワシ、ワニギスやハダカイワシ科などの魚類、オキアミ類などの甲殻類、いか類などを、三陸北部漁場ではおもにツノナシオキアミとカタクチイワシを、常磐～三陸沖合の親潮～移行域ではカイアシ類やオキアミ類などの甲殻類、カタクチイワシやハダカイワシ科などの魚類、ホタルイカモドキ科などのいか類、サルパ類など様々な生物を捕食する。

稚幼魚期にカツオなど大型魚類によって大量に捕食される（堀田 1957、横田ほか 1961）。分布量の多い年にはヒゲクジラ類による捕食もみられる（Matsuoka et al. 2008）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

主要漁業は、中型まき網漁業（おもに太平洋中・南区）、大中型まき網漁業（おもに太

平洋北区)、たもすくい・棒受網の火光利用さば漁業(中区)、定置網漁業(北・中・南区)、および立て縄などの釣り漁業(おもに南区)である(図1)。漁場は、陸棚上から陸棚縁辺、および島しょ周辺や瀬などに形成される。漁獲物は、まき網漁業ではおもに2歳以下の若齢魚であり、40 cmを超えるような高齢魚は少ない。火光利用さば漁業では1、2歳魚を主対象とする。南区の釣り漁業では「瀬付き」と呼ばれる周年産卵場周辺に留まる成魚を主対象とし、他の漁業に比べて高齢魚の割合が高い。定置網漁業では幼魚から高齢魚まで漁獲され、時期や海域によって漁獲物組成が大きく異なる。南区では「サバ仔(コ)」と呼ばれる幼魚が比較的多く漁獲される点が特徴である。また、北・中区の各種漁業では多くの場合マサバと混獲される。漁業種別漁獲量はまき網漁業が最も多い。

(2) 漁獲量の推移

前述1の通り、漁獲統計では多くの場合マサバとともにさば類として集計されることから、市場での水揚げ銘柄や水揚げ物標本による混獲率調査に基づいて漁獲量を推定した。

1982年漁期以降の海区・漁業種類別の年間漁獲量(7月～翌年6月)は、太平洋南区(宮崎～和歌山県)では1.0万(1991年漁期、以下同じ)～5.6万トン(1996)、中区まき網漁業(三重～静岡県)では0.1万(1982)～8.9万トン(2006)、火光利用さば漁業では0.7万(1991)～6.2万トン(1985)、北部まき網では0～6.4万トン(2009)の範囲でそれぞれ変動している(図4、表1)。合計では、1995年漁期に10万トンを上回ってから高い水準にあり、2006年漁期に2004年級群の高い加入によって19.3万トンと過去最高値となった。2013年漁期は引き続き高い資源水準によって10.7万トンと前年よりやや減少したものの依然として高い水準にある。

1981年以前については、ゴマサバとしての漁獲量資料が揃っていないが、北区の北部まき網や定置網での漁獲はごく少なかった(曾ほか1980、東北水研資料)。中区でもまき網での漁獲は少なく、主要漁業であるたもすくいでは1970年代までは漁獲物のほとんどがマサバであり、ゴマサバはマサバが急減した1982年以降増加した(目黒1999)。南区のさば類漁獲量から類推されるゴマサバ漁獲量は1982年以降と比べて多くなかった。以上から1981年以前のゴマサバの漁獲量は、近年の水準を大きく下回っていた。なお、1989年以降、我が国排他的経済水域(EEZ)内で本系群を対象とした外国漁船による漁獲はない。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1995～2013年の年齢別資源量(最近年の加入量を除く)を、7月を起点とする7月～翌年6月の漁期を年単位として4歳以上を最高齢グループとする年齢構成でPope(1972)の近似式を用いたチューニングVPA(コホート解析)によって推定した(補足資料1、2)。加入後の自然死亡係数(M)は寿命との統計的關係 $M=2.5/\text{寿命}$ (田中1960)により、寿命6歳から0.4とした。年齢別漁獲尾数は、太平洋側各地主要港の漁業種別、月別の水揚量と水揚げ物生物測定結果に基づく体長組成、体長－体重関係から各道県の体長階級別漁獲尾数を求め、水揚げ物標本の年齢査定結果に基づいて作成した熊野灘以西と遠州灘以北それぞれの海域3ヶ月ごとの体長－年齢関係から各道県の月別年齢別漁獲尾数を求めて漁期年

で集計した。加入量の指標となると考えられる各時期、海域の 5 系列の資源量指数（図 5、表 9）をチューニング指数に用いて探索的に最近年（2013 年）の漁獲係数（ターミナル F）を求めた。最近年の加入量については、前年までの加入量と資源量指数との重回帰式によって推定した（補足資料 3）。

(2) 資源量指標値の推移

加入量の指標値の経年変化を図 5 および表 9 に示した。いずれの指標値も 1996、2004、2009 年級群などの豊度の高さや 2006、2008 年級群などの低さを反映し、加入量水準に対応した変動を示していると考えられる。

親魚量の指標となる産卵量の経年変化を図 6 に示した。2005 年以降の太平洋側のゴマサバの産卵量は、2007 年に 73.2 兆粒のピークに達した後、おおむね 30 兆粒以上で推移しており、2014 年は 27.1 兆粒（1～6 月までの値）であった。

(3) 漁獲物の年齢組成

漁獲物の年齢組成は、年変化が大きいものの若齢魚を主対象とするまき網による漁獲量が多いためにおおむね 1、2 歳魚が主体である（図 7、表 2、3）。また、加入が良好な年級群が出現すると 0、1 歳魚として大量に漁獲される特徴がみられる。0 歳魚の割合は卓越年級群の出現年を除けば比較的低い。これは、おもに 0 歳魚の分布回遊特性によるものと考えられ、漁船はおもに沿岸域で操業するのに対して、0 歳魚の多くは沖合を広く回遊して漁獲対象になりにくいためと考えられる。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

1995～2013 年の資源量（7 月時点）は、1995 年以降のおおむね安定した加入の継続と 1996、2004 年級群の卓越した高い加入によって 30 万トン前後から 2004 年以降 50 万～60 万トンに増加し、さらに 2009 年級群の高い加入によって 2009 年以降 70 万トン以上に達する高い水準にある（図 8、表 5、6）。2013 年は、加入量水準が比較的高い 2010～2012 年級群によって 78.5 万トンと高い水準であった。2013 年の親魚量は 30.9 万トンと高い水準であった（図 9、表 6）。2014 年の資源量は、加入量を後述 4-(8)のように直近の調査船調査結果から推定し（補足資料 3）、1 歳以上を 2013 年の値から前進法で推定すると 85.5 万トンとなる。

1995～2013 年漁期の漁獲割合は 13～56%の範囲で変化し、1996～1997 年に高かった（図 8、表 7）。親魚量と漁獲係数(F)の推移から、1995 年以降の親魚量水準において漁獲圧が極端に高くなることはなく、全年齢平均 F（年齢別 F の単純平均）は 0.2～1.2 の範囲で変化し、2013 年では 0.24 であった（図 13、表 6、7）。

自然死亡係数(M)を本評価で仮定する 0.4 から 0.3 と 0.5 にそれぞれ変化させた場合の 2013 年の推定資源量および親魚量を図 11 に示した。M を大きくするに従って推定値は 20～27% 大きくなった。

(5) 資源の水準・動向

前述 2-(1)、3-(2)のとおり、1995 年以降では、漁獲量はおおむね 10 万トン以上の高い水準にあり、北区での漁獲量が増加し、北方への分布域拡大にともなう漁場拡大がみられた（図 4、表 1）。資源量はおおむね 30 万トン以上であるが、漁獲量増加や分布域の北方拡大からみて、それ以前に比べて高い水準にあると考えられる（図 8、表 5、6）。資源量 30 万トンは漁獲量 10 万トン程度に対応し、これ以上では分布域が北区へ顕著に拡大して北区での漁獲が増加する水準であり、資源水準の高-中位の区分とする。資源量 15 万トンは漁獲量 5 万トン程度に対応し、これ以下では分布域がおおむね南区へ縮小して北・中区での漁獲が減少し、親魚量がほぼ Blimit（3.8 万トン）を下回る水準である。Blimit を中-低位の区分とし、下回った場合に低位とする（図 9）。現状の資源水準は高位、資源動向は 2009 年以降の資源量の推移から横ばいと判断した（図 8、表 6）。

(6) 再生産関係

1995～2013 年の推定親魚量と加入量の関係をみると、親魚量は 3.8 万（1996 年）～39.8 万トン（2011 年）の範囲であり、加入量はおおむね 8 億尾前後である（図 9、10）。最近の加入動向は、2009 年級群は 26.2 億尾と高い水準、2010～2012 年級群は 9.7～15.4 億尾と比較的高い水準と推定された。2013 年級群は、昨年度評価においては夏季までの移行域を北上する稚幼魚を対象とした調査船調査で大量の分布がみられたことから卓越年級群並の加入量を見込んでいた。しかし、その後の南下期以降では、北西太平洋秋季浮魚類調査では出現率が 2001 年以降で最高であったものの（図 5）、CPUE は高くなく、その他の海域や漁場でもとくに目立った分布は認められなかった。これまでの調査船調査や漁業の情報から比較的高い水準と判断し、加入量は 12.2 億尾と推定した（補足資料 3）。親魚量は、非常に高い水準にあり、最近の加入動向から、今後も一定の水準以上が維持されると見込まれる。

1995～2013 年の再生産成功率（RPS：加入量／親魚量）は、2.1 尾/kg（2006 年）～41.2 尾/kg（1996 年）の範囲であり、中央値は 7.1 尾/kg、平均値は 10.7 尾/kg であった（図 15）。親魚量(SSB)と RPS の関係において、RPS が卓越して高い 1996、2004 および 2009 年の特異年として除き、親魚量の増加に伴い RPS が低下する指数関係を仮定して SSB-RPS 回帰式を得た（図 10）。

$$RPS = 12.8 \cdot \exp(-0.00427 \cdot SSB) \quad (r^2 = 0.84)$$

1996、2004 および 2009 年の RPS は、この回帰式による予測値のそれぞれ 3.8 倍、4.2 倍および 2.4 倍であり、再生産に好適な環境条件によって特に RPS が高かったと思われる。この再生産の関係式は後述の将来予測における加入量見積りに用いるが、親魚量と加入量の関係にはばらつきが大きく（図 10）、資源管理において MSY は想定しない。

以上のように、1995 年以降の親魚量水準では、年による変化はあるものの極端な再生産関係の悪化や加入量の低下はみられなかった（図 10、14）。

(7) Blimit の設定

前項の通り、親魚量が 1995 年以降の水準にある場合では極端な再生産関係の悪化や加入

量の低下はみられない。しかしながら、この水準を下回った場合の加入量は不明であり、極端に低下する恐れもある。このことから、本評価では資源管理は親魚量を基準とし、資源の回復措置をとる閾値である B_{limit} を 1995 年以降で最低の親魚量水準である 1996 年水準（3.8 万トン）とした（図 10、表 6）。前述 4-(5)の通り、過去の資源量に対する親魚量の平均的な割合から、 B_{limit} は資源量 15 万トン程度に対応し、 B_{limit} を下回ったときの資源水準を低位と判断する。禁漁水準(B_{ban})は低水準期の資源に関するデータが乏しいために設定できていない。

(8) 今後の加入量の見積もり

2014 年級群について、直近の調査船調査による資源量指標値として、5～7 月の北上期調査による 0 歳魚推定現存尾数は 1.4 億尾、出現率は 24%、漁獲物の平均尾叉長（7 月中旬に規準化した値：補足資料 4）は 18.2 cm であり、過去の同調査の結果に比べて現存尾数、出現率は低く、体長はやや大きかった（図 5、表 9）。2014 年級群の加入量は、一昨年までの本系群の資源評価と同様に、この北上期調査による出現率、平均尾叉長を説明変数とする 2013 年までの加入量との重回帰式を用いて、2014 年の調査結果から 11.6 億尾とした（補足資料 4）。

2015 年級群以降の加入量については、環境要因などによる予測は現時点では不可能であり、本評価では、昨年度評価と同様に、親魚量が B_{limit} を下回った場合も含めて、前述 4-(6)の $SSB-RPS$ 回帰式と推定親魚量による値を仮定した（図 10）。

(9) 生物学的な漁獲係数の基準値と現状の漁獲圧の関係

資源の有効利用の観点から加入量当り漁獲量を検討した。YPR 曲線と SPR 曲線を成長、体長－体重関係、成熟、自然死亡係数、および近年（2009～2013 年平均）の年齢別選択率を用いて求めた（図 14）。現状の F ($F_{current}$ ：近年 5 年（2009～2013 年）の平均）は、 F_{msy} の代替値と考えられる $F_{0.1}$ とほぼ同等であり、 $F_{30\%SPR}$ や F_{med} を下回ることから、現状の漁獲圧は高くないと考えられる。

本系群に対する漁獲圧は、前述 4-(4)のように全年齢平均 F で見た場合、1995 年以降の親魚量水準において極端に高くなることなく推移し、現状も高くない（図 13、表 7）。親魚量が減少しても漁獲圧は過大にはならず、漁業が資源を減少過程に追い込む恐れは小さいと考えられる。未成魚である 0、1 歳魚についても、現状では選択率が高くないため加入量当たり漁獲量 YPR の面からも系群全体として大きな問題はないと考えられる（図 12、13、表 7）。しかしながら、1996 年級群のように 0、1 歳時に比較的高い漁獲圧がかかった年もあること、漁獲の主体となっている漁業種類が未成魚を多獲する傾向の強いまき網や棒受網であることから、今後も漁獲圧が過度にならないよう留意が必要である。

5. 2015 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

2013 年までの漁獲量と資源量の推移から、資源水準・動向は高位・横ばいと判断される。

1995 年以降の加入量はおおむね 8 億尾前後であり、1996、2004 年と卓越して高く、資源が増加し、その後、2009 年が卓越して高く、以降も比較的高い加入が続いており、資源は高水準で推移している。これらから、今後 5 年程度の見通しとしては、現状の漁獲圧の維持、さらには親魚量が B_{limit} を十分に上回る水準で維持されるようにして漁獲圧を現状から引き上げても資源は持続的に利用できると考えられる。漁獲圧を現状より低減した場合には資源の増加が図られるが、親魚量の増加に比例した加入量の増加が望めないために大幅な資源の増加は見込めない。

(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

再生産関係が得られており、親魚量は B_{limit} を上回っていることから、ABC 算定のための基本規則の 1-1)-(1)を適用した。

2015 年の ABC は、将来予測において資源の維持が見込まれる現状の漁獲圧を維持する漁獲シナリオ($F_{current}$)、親魚量を高い水準で維持する漁獲シナリオ ($F_{30\%SPR}$ を適用)、 B_{limit} を十分に上回る水準で親魚量を維持しつつ漁獲圧を現状より高めて漁獲量を増加させる漁獲シナリオ ($F_{20\%SPR}$ を適用)、およびこれらの予防的措置を講じた場合について算定した(下表、表 10、補足資料 2)。 $F_{current}$ は近年 5 年 (2009～2013 年漁期) 平均とした。2014 年漁期は $F_{current}$ を仮定した。2015 年以降はそれぞれの漁獲シナリオの F とし、加入量は前述 4-(8)の $SSB-RPS$ 回帰式と推定親魚量による値とした。これらから、2014 年漁期当初の資源量から前進法で資源量、漁獲量を計算した(補足資料 2)。

現状の漁獲圧は高くなく、 $F_{current}$ で資源量は高い水準で維持される。これより漁獲圧をある程度高めた場合でも資源量、親魚量は一定水準を維持し、短期的な漁獲量は増加する(図 16)。漁獲圧を低減した場合には資源量の増加、および $\%SPR$ の増加、大型魚割合の増大が見込まれる。しかしながら、短期的には漁獲量はかなり減少し、中長期的にも親魚量の増加にともなう比例的な加入量の増加は見込めないために資源量の増加による漁獲量の大幅な増加は期待できない。管理基準の設定は、これらを踏まえた上で資源の利用形態を含めて検討し判断する必要がある。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量(千トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
現状の漁獲圧の維持	F _{current} (F=0.37)	106	195	175	157	144	141	142
上記の予防的措置	0.8F _{current} (F=0.30)	106	195	146	138	130	127	127
親魚量を高水準で維持	F30%SPR (F=0.47)	106	195	209	175	157	153	154
上記の予防的措置	0.8F30%SPR (F=0.37)	106	195	175	157	144	141	142
親魚量B _{limit} 以上維持・漁獲量増加	F20%SPR (F=0.71)	106	195	283	202	170	163	160
上記の予防的措置	0.8F20%SPR (F=0.57)	106	195	242	190	165	161	161
	管理基準	資源量(千トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
現状の漁獲圧の維持	F _{current} (F=0.37)	785	855	756	685	656	655	660
上記の予防的措置	0.8F _{current} (F=0.30)	785	855	756	711	687	684	688
親魚量を高水準で維持	F30%SPR (F=0.47)	785	855	756	655	620	617	620
上記の予防的措置	0.8F30%SPR (F=0.37)	785	855	756	685	657	655	660
親魚量B _{limit} 以上維持・漁獲量増加	F20%SPR (F=0.71)	785	855	756	582	525	508	499
上記の予防的措置	0.8F20%SPR (F=0.57)	785	855	756	624	579	572	571

(3) 加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

加入量の不確実性を考慮した将来予測を検討した。2015 年以降の加入量を前述 4-(6)の SSB-RPS 回帰式、および 1995～2013 年の実績から無作為に選択した RPS 観測値と回帰式予測値との比によって与えた。ただし、RPS 観測値と回帰式予測値の比が 2 以上の年を卓越年級群発生年とし、卓越年級群発生年の翌年、および B_{limit} 未満の親魚量では卓越年級群は発生しないという条件とした。このような将来予測を、漁獲係数を F_{current}、F30%SPR および F20%SPR に設定して 1,000 回行い、それぞれの場合の管理効果を親魚量と漁獲量の試算値から検討し、5 年後（2020 年当初）に 2013 年親魚量（現状水準）および B_{limit} をそれぞれ維持する確率で評価した。

将来予測の結果、親魚量と漁獲量の動向は、前項で述べた不確実性を考慮せずに加入量を SSB-RPS 回帰式で与えた場合とほぼ同様であった（図 17）。親魚量、漁獲量とも漁獲圧を現状維持あるいはある程度高めてもいずれも近年の高い水準を維持すると予測された。

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 年漁期 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 ($F_{current}=0.8F_{30\%SPR}$) *	0.37 (1.00 $F_{current}$)	23%	132 千トン ～ 257 千トン	178 千トン	46%	100%	175 千トン
現状の漁獲圧の 維持の予防的措 置 ($0.8F_{current}$) *	0.30 (0.80 $F_{current}$)	19%	120 千トン ～ 214 千トン	156 千トン	77%	100%	146 千トン
親魚量を高水準 で維持 ($F_{30\%SPR}$) *	0.47 (1.25 $F_{current}$)	28%	143 千トン ～ 285 千トン	199 千トン	32%	100%	209 千トン
親魚量をBlimit 以上で維持・漁獲 量の増加 ($F_{20\%SPR}$) *	0.71 (1.91 $F_{current}$)	38%	147 千トン ～ 315 千トン	235 千トン	14%	100%	283 千トン
親魚量をBlimit 以上で維持・漁獲 量の増加の予防 的措置 ($0.8F_{20\%SPR}$) *	0.57 (1.52 $F_{current}$)	32%	149 千トン ～ 307 千トン	219 千トン	24%	100%	242 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。 ・ 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、「資源を中位水準以上に維持することを基本方向として、管理を行う」とされている。現状の漁獲圧は資源を中位水準以上に維持することができる水準であると考えられる。同方針に合致するシナリオには*を付した。 ・ 2013 年の親魚量は非常に高い水準にあるために各漁獲シナリオでの維持確率は低い、いずれの漁獲シナリオでも Blimit を十分上回る高い水準で維持されることが考えられる。							

漁獲シナリオの親魚量を高水準で維持の予防的措置 ($0.8F_{30\%SPR}$) の F 値は $F_{current}$ と同等である。将来漁獲量 (5 年後) は 2019 年漁期の値 (80%区間) を示す。

(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
・2013 年漁期漁獲量、体長組成、体長－体重関係、年齢－体長関係 ・過去に遡及した資料の改訂 ・2013 年秋季～2014 年春季の調査による資源量指数	・2013 年漁期までの年齢別漁獲尾数 ・資源計算の改訂により、資源尾数、資源量、再生産関係、漁獲係数、%SPR 等 ・資源量指数と加入量の関係、2014 年加入量

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)	F20%SPR	0.68	726	234	198	
2013 年 (2013 年再評価)	F20%SPR	0.74	986	321	274	
2013 年 (2014 年再評価)	F20%SPR	0.91	785	333	288	107
2014 年 (当初)	Fcurrent	0.50	929	243	203	
2014 年 (2014 年再評価)	Fcurrent	0.40	855	197	180	
2013、2014 年とも、TAC 設定の根拠となったシナリオについて行った。漁獲量は実績値。						

昨年度評価で 2013 年級群を過大評価していたことなどにより、今年度再評価で資源量は下方修正となった。2014 年については F 値がやや低下した。これらから ABC がやや減少した。

6. ABC 以外の管理方策への提言

前述の通り、現状の 0 歳魚に対する漁獲圧は高くなく、親魚量の増加による比例的な加入量の増加も望めないため、0 歳魚漁獲規制による資源・漁獲量増加の効果は小さいと考えられる。しかしながら、1 歳以上では 0 歳魚に比べて価格が上昇することから、経済的効果の面から年齢別の漁獲方策を検討する意義はあると考えられる。

本系群はマサバとともに漁獲される場合が多いため、マサバと合わせたさば類による TAC 設定で資源管理されている。しかしながら、資源状態は両種で異なっており、マサバと区別した資源管理を検討する必要があると考えられる。

7. 引用文献

- 花井孝之 (1999) 伊豆諸島海域におけるゴマサバの資源特性について. 中央ブロック長期漁海況予報, (107), 32-39.
- 花井孝之・目黒清美 (1997) ゴマサバの卵巣組織観察による成熟, 産卵についての基礎的研究. 関東近海のマサバについて, (30), 92-99.
- 橋本浩・池上直也・森訓由・岡部久 (2005) 2005 年の関東近海におけるサバ属卵の分布. 2005 年度水産海洋学会大会講演要旨集, 120.
- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書 資源解析手法教科書, 日本水産資源保護協会, 104-128.

- 堀田秀之 (1957) カツオの胃内容物中にみられたゴマサバの幼・稚魚 (薩南海区). 東北水研研報, (9), 129-132.
- 飯塚景記 (1978) 東北海区北部海域におけるゴマサバについての二・三の生物学的観察. 東北水研研報, (39), 11-20.
- 片山知史・石井光廣 (2009) サバ類の耳石による年齢査定を試み. 2009 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 89.
- 川端淳・中神正康・巢山哲・西田宏・渡邊千夏子 (2007) 北西太平洋における近年のゴマサバ 0 歳魚の分布, 回遊と加入量. 2007 年度水産海洋学会大会講演要旨集, 9.
- 川端淳・中神正康・巢山哲・西田宏・渡邊千夏子 (2008) 北西太平洋における近年のゴマサバ資源の増加と 1 歳魚以上の分布, 回遊. 黒潮の資源海洋研究, (9), 61-66.
- 川端淳・中神正康・巢山哲・上野康弘・谷津明彦 (2009a) 2001~2008 年 5~7 月の北西太平洋におけるサバ類 0 歳魚の分布, 体長組成と加入豊度との関係. 2009 年度水産海洋学会大会講演要旨集, 19.
- 川端淳・中神正康・巢山哲・谷津明彦・高木香織・建田夕帆 (2006a) 最近の広域な調査船調査から推定される北西太平洋におけるサバ, イワシ類の季節的分布回遊. 2006 年度水産海洋学会大会講演要旨集, 94.
- 川端淳・山口閑常・巢山哲・中神正康 (2006b) 近年の東北~北海道海域における表層性魚類相とゴマサバの来遊動向. 月刊海洋, 38(3), 175-180.
- 川端淳・谷津明彦・西田宏・小澤竜太・高木香織・山下紀生・山下夕帆・中神正康・高橋正知 (2009b) 北西太平洋におけるマサバ・ゴマサバ未成魚の越冬海域の年変化. 第 57 回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 東北区水産研究所八戸支所, 157-162.
- 木村量・梨田一也・大関芳沖・本多仁 (2002) ゴマサバ *Scomber australasicus* に適した耳石による年齢査定法. 水産海洋研究, 66(4), 247-251.
- 近藤恵一・黒田一紀 (1966) サバ属魚類の成長-I. 東海水研報, (45), 31-60.
- Matsuoka, K., S. Otani, T. Isoda, A. Wada, S. Kumagai, T. Ohshima, I. Yoshimura, K. Sugiyama, M. Aki, K. Kato, M.M.U. Bhuiyan, N. Funasaka, Y. Suzuki, R. Sudo, Y. Motohashi, M. Mori, M. Tsunekawa, D. Inagake, H. Murase and T. Ogawa (2008) Cruise report of the second phase of the Japanese Whale Research Program under Special Permit in the Western North Pacific (JARPN II) in 2007 - Offshore component -. Paper SC/60/O5 submitted to the 60th IWC Scientific Committee, 40pp. (※著者らは本調査の胃内容物標本を日鯨研を通じて実際に観察し, サバ類はマサバとゴマサバであることを確認した)
- 目黒清美 (1999) 関東近海のゴマサバの分布について. 中央ブロック長期漁海況予報, (107), 40-54.
- 目黒清美・梨田一也・三谷卓美・西田宏・川端淳 (2002) マサバとゴマサバの分布と回遊-成魚. 月刊海洋, 34(4), 256-260.
- 梨田一也・本多仁・阪地英男・木村量 (2003) 足摺岬周辺及び土佐湾中央部海域で漁獲されたゴマサバの年齢形質としての耳石の有効性. 黒潮の資源海洋研究, (4), 5-9.
- 梨田一也・本多仁・阪地英男・三谷卓美・平井一行・上原伸二 (2006) 足摺岬周辺海域及び伊豆諸島海域で実施した標識放流調査によるゴマサバの移動・回遊. 水研センター研報, (17), 1-15.

- 新谷淑生 (2007) 高知県西部海域におけるゴマサバ若魚の加入について. 黒潮の資源海洋研究, (8), 101.
- 西田宏・渡邊千夏子・谷津明彦・木下貴裕 (2000) 黒潮続流～黒潮親潮移行域における幼稚魚採集と表面水温情報を利用したマサバ・ゴマサバの加入量予測. 関東近海のマサバについて, (33), 96-102.
- 落合明・田中克 (1998) ゴマサバ. 新版魚類学(下) 改訂版, 恒星社厚生閣, 東京, 844-855.
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., 9, 65-74.
- 斉藤憲治 (2001) リボゾーム DNA の変異を利用した種判別法. 東北水研ニュース, (62), 2-5.
- Savinykh, V.F., A.A. Baitalyuk and A.Yu. Zhigalin (2004) Pelagic fish new to the Pacific waters of the Southern Kurils, migrants from the zone of Kuroshio. Journal of Ichthyology (Voprosy Ikhtiologii), 44(8), 611-615.
- 水産庁 (1999) マサバ・ゴマサバ判別マニュアル. 水産庁水産業関係試験研究推進会議マサバ・ゴマサバ判別マニュアル作成ワーキンググループ, 中央水産研究所, 32 pp.
- 高橋正知・高木香織・川端淳・渡邊千夏子・西田宏・山下紀生・森賢・巢山哲・中神正康・上野康弘・斉藤真美 (2010) マサバ・ゴマサバ太平洋系群 2007 年級群の推定孵化時期. 黒潮の資源海洋研究, (11), 49-54.
- 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.
- 谷口順彦・向井龍男・関伸吾・津田恭敬 (1989) マサバ・ゴマサバ. アイソザイムによる魚介類の集団解析, 海洋生物集団の識別等に関する先導的評価手法の開発事業報告書, 日本水産資源保護協会, 371-384.
- Tanoue, T. (1966) Studies on the seasonal migration and reproduction of the spotted mackerel, *Pneumatophorus tapeinocephalus* (BLEEKER). Memoir of Fac. Fish. Kagoshima Univ., 15, 91-175.
- 樋田史郎 (1999) ゴマサバの日齢査定について. 中央ブロック長期漁海況予報, (107), 83-91.
- 曾萬年・中田英昭・平野敏行 (1980) 近年のゴマサバ資源の増大について. 水産海洋研究会報, 36, 19-26.
- 渡邊千夏子・花井孝之・目黒清美 (2000) マサバとゴマサバの産卵生態の比較. 一日当たり総産卵量に基づくマサバ太平洋系群の資源量推定法に関する調査報告書, 中央水産研究所, 14-23.
- 渡邊千夏子・川端淳・和田時夫 (1999) 黒潮親潮移行域におけるサバ類当歳魚の分布. 月刊海洋, 31(4), 236-240.
- 渡邊千夏子・小林憲一・川端淳・梨田一也 (2002) マサバとゴマサバの年齢と成長. 月刊海洋, 34(4), 261-265.
- 山川卓 (1999) 熊野灘におけるゴマサバの漁獲状況と尾叉長組成. 中央ブロック長期漁海況予報, (107), 25-39.
- 横田滝雄・通山正弘・金井富久子・野村星二 (1961) 魚食性魚類の胃内容物の研究. 南海水研報, (14), 153-202.

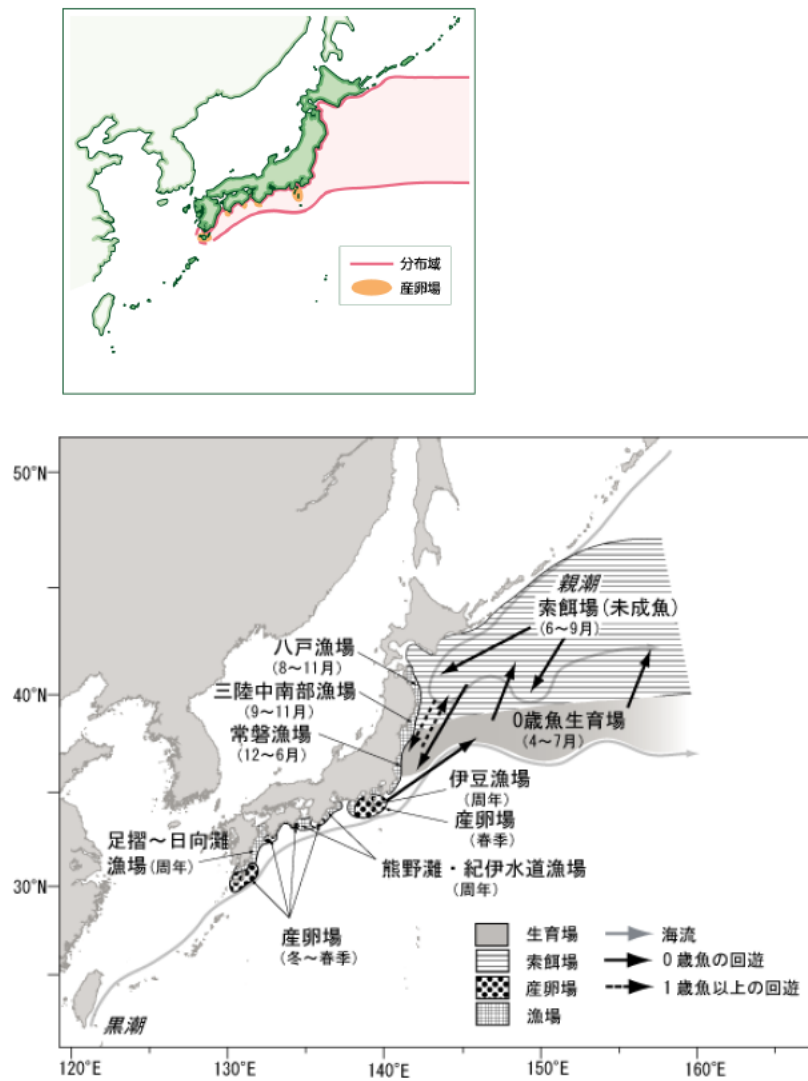


図 1. 分布・回遊、生活史と漁場形成の模式図

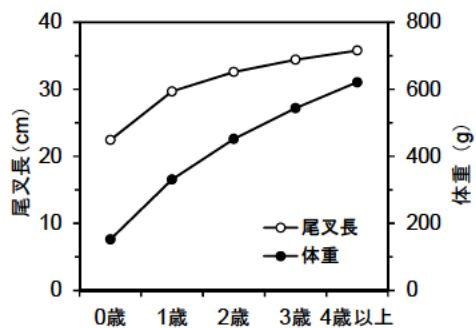


図 2. 年齢と成長 2009～2013 年漁期獲物の平均。

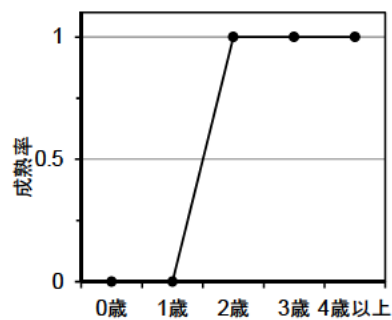


図 3. 年齢と成熟率

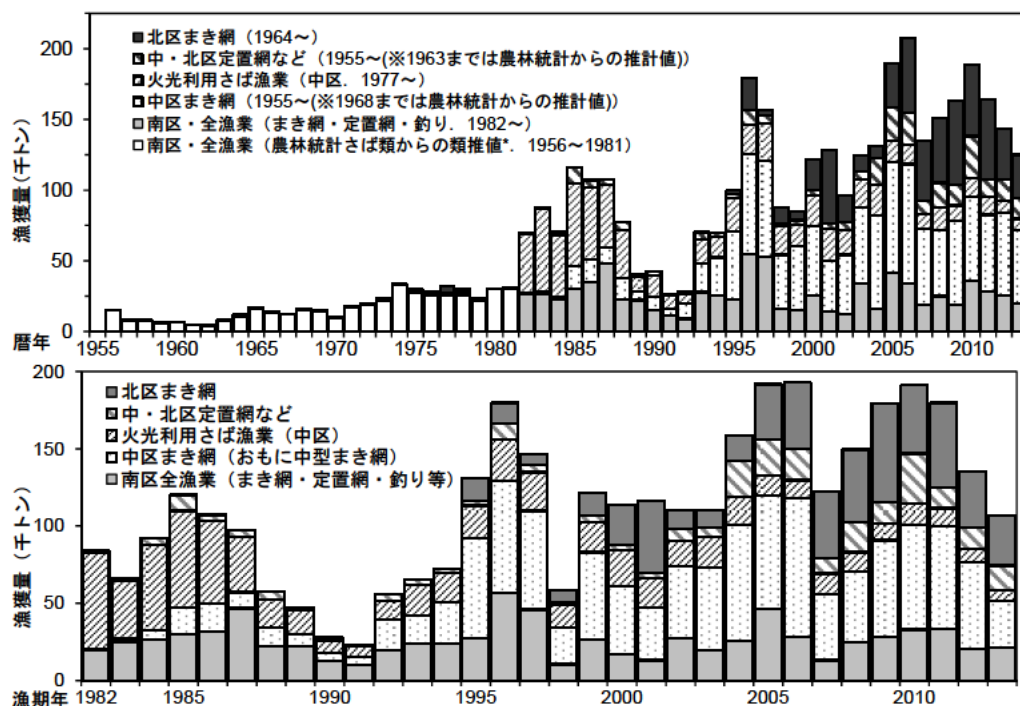


図 4. 漁獲量の推移 太平洋側の暦年 (1~12 月、上図) および漁期年 (7 月~翌年 6 月、下図) 別の海区・漁業種類別漁獲量。カッコ内数字はデータ年限。*南区の 1982~2005 年の農林水産統計さば類漁獲量に対する主要港ゴマサバ水揚量 (各県資料) の比率を使って求めた。

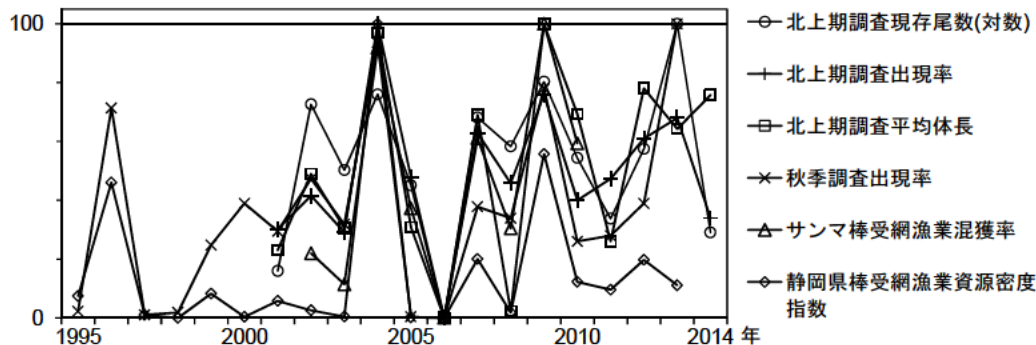


図 5. 各種調査による加入量指標値の経年変化 最大値を 100、最小値を 0 とした相対値。

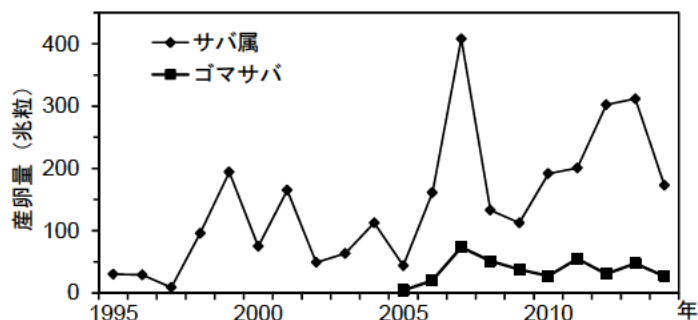


図 6. 太平洋側におけるサバ属の産卵量 2005 年以降はゴマサバを分けて示した。2014 年は 1~6 月までの値。

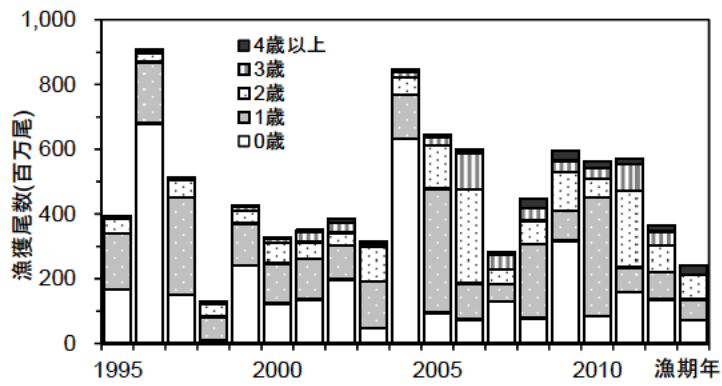


図 7. 年齢別漁獲尾数

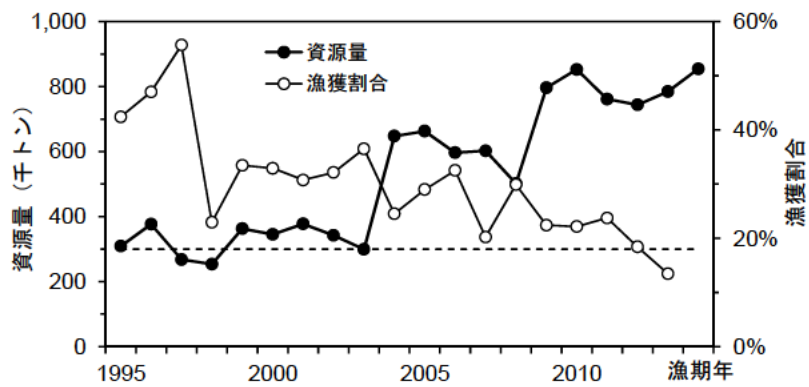


図 8. 資源量と漁獲割合 破線は資源水準の高一中位区分の目安。

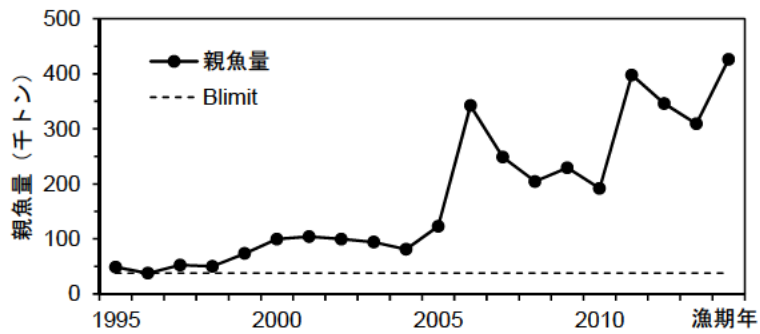


図 9. 親魚量の推移

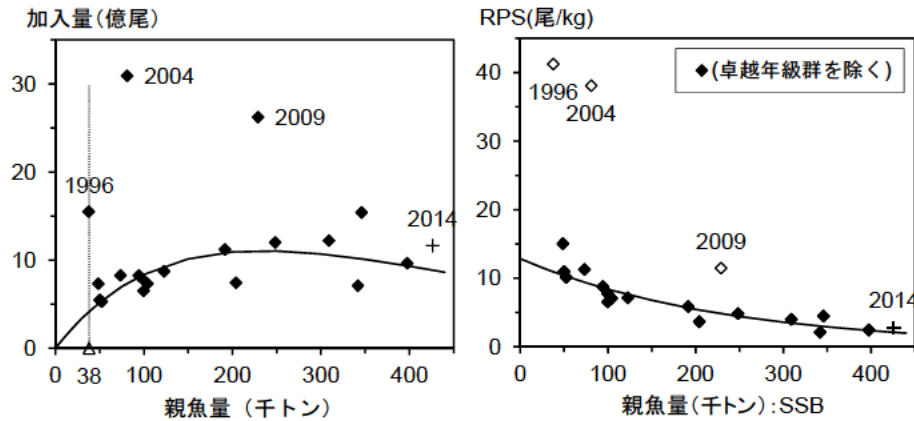


図 10. 親魚量と加入量および RPS の関係 三角・点線は B_{limit} (左図)、実線は将来予測で仮定した SSB-RPS 回帰式 (右図、卓越年級群発生年 1996、2004、2009 年を除く) とこの回帰式に基づく親魚量と加入量の関係 (左図) をそれぞれ示す。

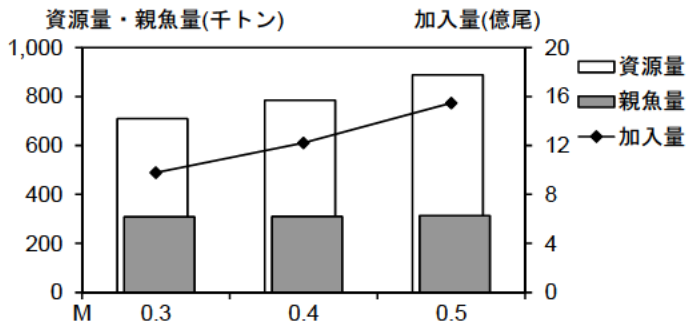


図 11. 自然死亡係数(M)の違いによる 2013 年の推定資源量、親魚量および加入量

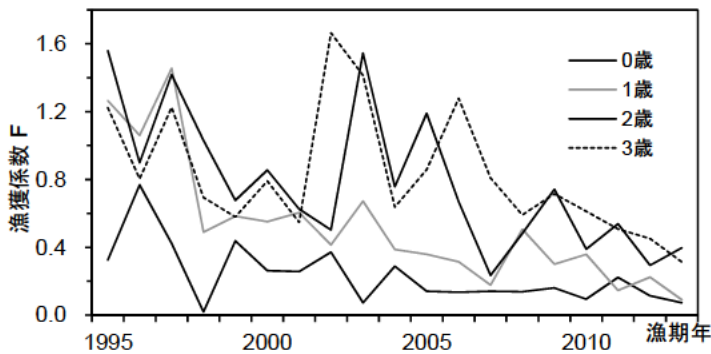


図 12. 年齢別漁獲係数(F)の推移

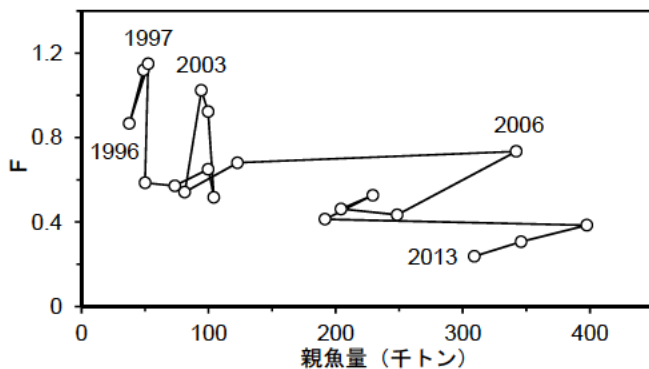


図 13. 親魚量と全年齢平均漁獲係数(F)の関係 (1995～2013 年)

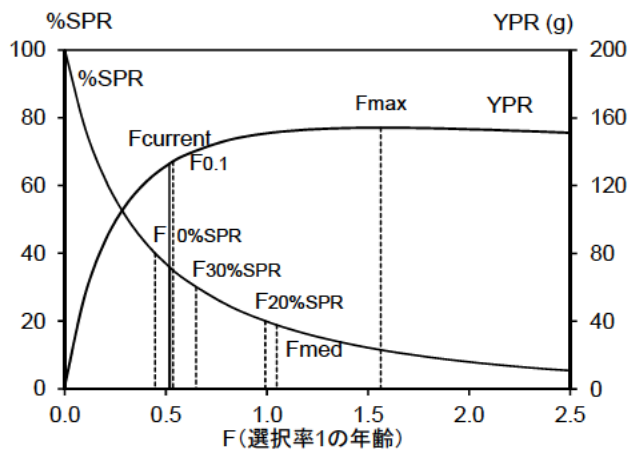


図 14. YPR と %SPR

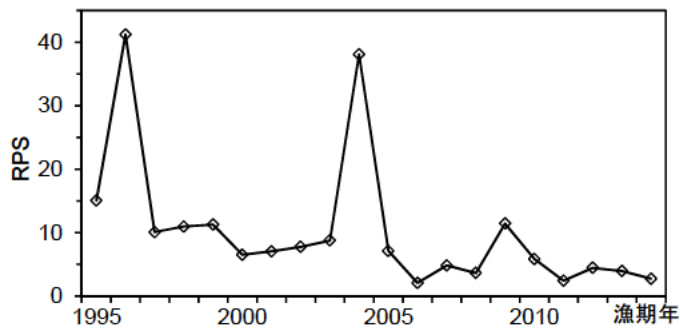


図 15. 再生産成功率 (RPS : 加入量/親魚量 (尾/kg)) の推移

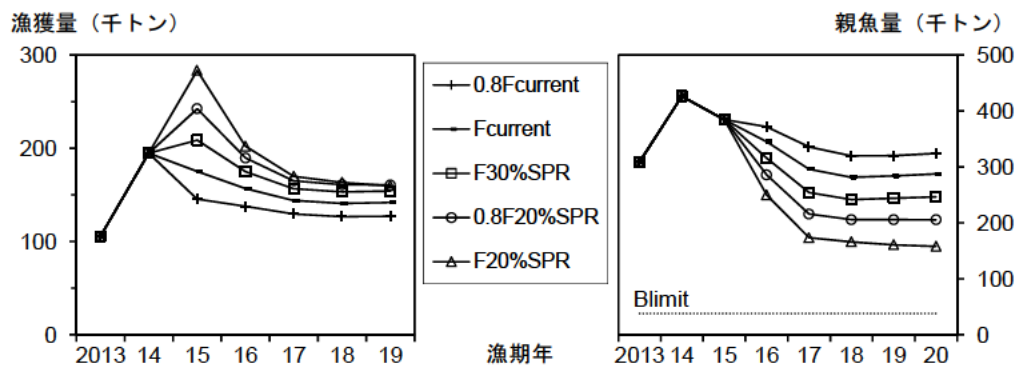


図 16. 各漁獲シナリオの F において予測される予想される漁獲量と親魚量

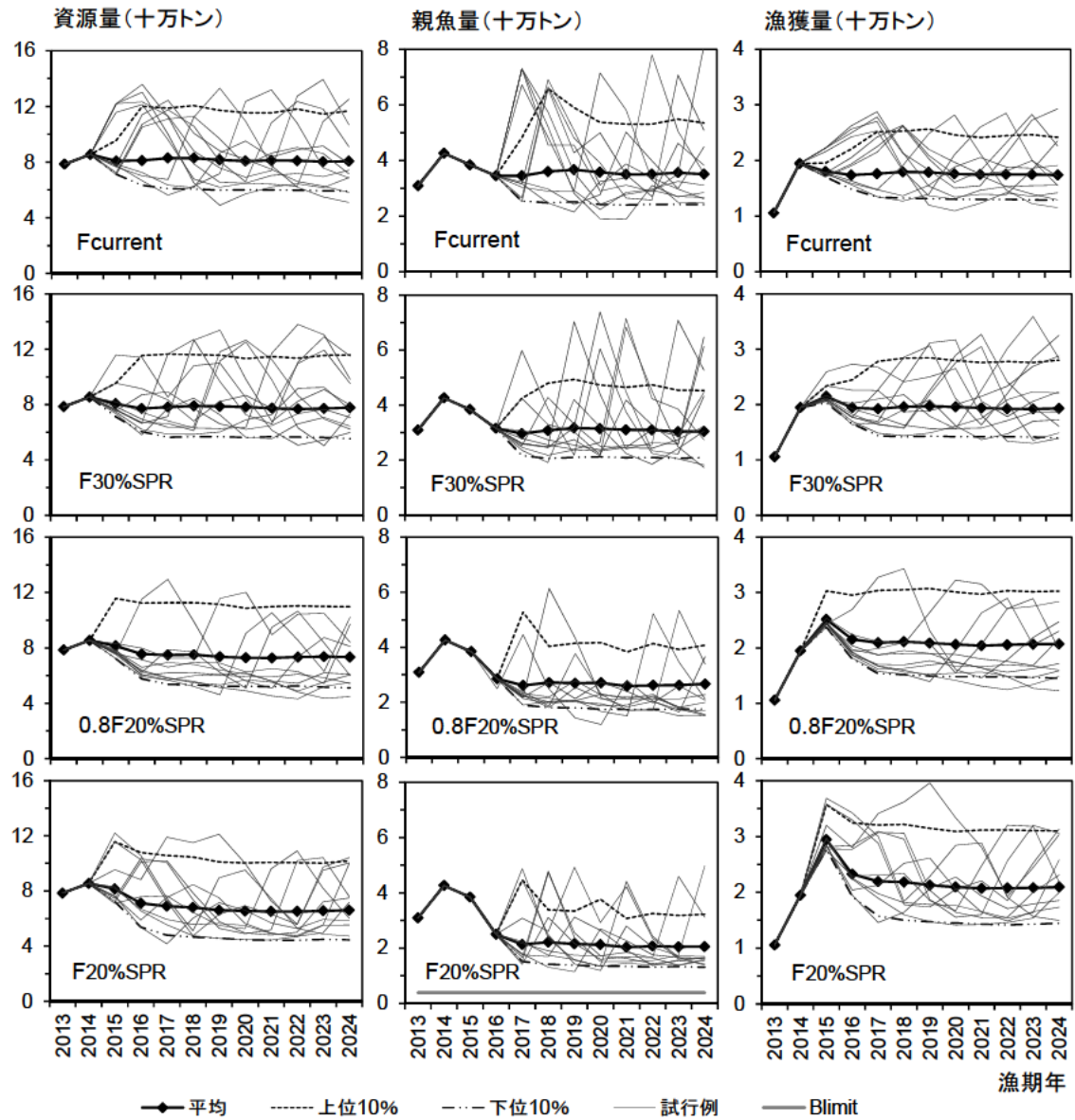


図 17. 各漁獲シナリオでの加入量の不確実性を考慮した資源量、親魚量および漁獲量の将来予測 1,000 回の試行による平均値と上下側 10%の値。灰細線は 1,000 回のうち任意の 10 回の試行を示す。

表 1. 太平洋側の漁業種類・海区別漁獲量（トン）

漁期年 (7月～ 翌年6月)	合計	太平洋南区 全漁業種類 (まき網・定置 網・釣り:宮崎県 ～和歌山県)	中区・北区		火光利用 さば漁業 (たもすくい,棒受 網:静岡県,神奈 川県,千葉県)	定置網など (三重県～北海 道)
			北区まき網 (千葉県～北海 道)	中区まき網 (三重県,愛知 県(ばっち網含 む),静岡県)		
1982	84,023	19,927	0	826	61,917	1,354
1983	65,833	25,252	0	2,308	36,552	1,721
1984	92,096	26,525	0	5,816	55,088	4,667
1985	120,123	30,325	0	17,092	62,420	10,287
1986	107,583	31,460	532	18,010	53,655	3,925
1987	97,262	46,704	0	10,532	35,929	4,097
1988	57,242	22,356	0	12,067	18,240	4,579
1989	47,458	22,011	0	8,034	15,331	2,082
1990	27,864	12,302	47	5,678	7,767	2,070
1991	23,024	9,984	113	5,070	7,164	692
1992	56,060	19,463	10	20,284	11,870	4,434
1993	65,231	24,058	0	18,327	19,511	3,335
1994	71,962	24,002	0	26,894	18,718	2,348
1995	131,067	27,647	14,824	64,498	21,057	3,040
1996	179,832	56,408	13,184	72,788	26,514	10,938
1997	146,324	45,953	6,589	63,903	24,871	5,008
1998	58,385	10,518	7,641	23,544	15,348	1,334
1999	121,315	26,393	14,238	56,695	19,607	4,381
2000	113,597	16,624	25,548	44,230	23,365	3,830
2001	116,056	13,140	46,230	33,817	18,847	4,022
2002	110,135	27,252	11,746	46,575	16,760	7,802
2003	110,413	19,365	11,464	53,951	19,948	5,686
2004	158,927	25,582	16,673	74,934	18,631	23,107
2005	191,870	46,032	35,965	73,986	12,705	23,182
2006	192,976	28,239	42,643	89,427	11,890	20,777
2007	122,171	13,121	42,627	42,525	13,579	10,319
2008	149,584	25,129	46,848	45,411	12,572	19,624
2009	179,257	28,074	64,200	62,853	10,643	13,488
2010	191,016	32,969	44,136	68,058	13,732	32,121
2011	179,812	33,580	54,986	66,234	11,676	13,335
2012	134,995	20,288	35,991	56,504	8,015	14,197
2013	106,768	21,605	32,393	29,638	7,499	15,632

表 2. 年齢別漁獲尾数（100 万尾）

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	166.0	679.7	149.2	8.7	240.0	122.7	135.9	196.9	48.0	633.3	93.9	73.3	128.6	78.2	317.3	82.8	157.8	135.6	70.8
1歳	172.4	190.0	302.6	73.5	130.3	124.0	124.2	105.3	143.0	135.1	383.2	112.2	55.2	227.1	92.1	369.1	75.6	84.7	65.3
2歳	47.6	27.0	51.1	39.8	38.4	63.5	52.5	39.7	108.4	53.3	133.2	290.3	42.5	72.9	120.9	56.7	239.0	82.6	74.5
3歳	7.6	4.7	8.8	5.5	6.5	14.5	13.3	32.8	30.8	9.3	18.2	28.2	113.6	48.3	40.4	33.7	31.9	81.6	43.6
4歳以上	1.8	1.5	2.4	1.6	2.1	4.0	4.3	13.1	5.4	3.7	5.6	8.5	5.3	28.5	32.6	21.5	17.5	18.1	31.6
計	395.4	902.8	514.1	129.0	417.3	328.7	330.3	387.8	335.7	834.6	634.0	512.6	345.2	455.1	603.4	563.8	521.7	402.6	285.8

漁期年:7月～翌年6月。 ※0歳魚について発生年の1～6月分をその後の7月～翌年6月の漁期年へ加えている。

表 3. 年齢別漁獲量（千トン）

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	33.1	101.7	14.8	1.6	49.5	21.4	23.9	30.2	5.6	85.5	6.2	4.8	21.7	8.1	51.9	14.8	19.6	18.5	11.1
1歳	67.1	57.4	102.2	31.6	43.1	45.9	53.7	34.5	43.7	39.2	118.9	46.0	20.2	71.9	29.4	113.6	27.0	30.7	20.2
2歳	25.1	14.0	25.1	20.5	22.3	33.7	27.4	19.7	41.9	25.1	53.0	122.4	19.9	27.1	55.6	27.0	103.7	35.4	34.3
3歳	4.4	2.8	5.2	3.4	4.7	9.1	7.7	16.8	14.2	6.1	10.0	15.1	56.5	25.6	21.6	19.2	18.9	41.3	22.4
4歳以上	1.3	1.2	1.6	1.2	1.8	3.4	3.4	9.0	3.8	2.9	4.0	5.7	3.5	17.4	20.1	14.2	11.5	11.1	17.5
計	131.0	177.1	149.0	58.3	121.4	113.6	116.1	110.0	109.2	158.9	192.1	194.0	121.7	150.1	178.6	188.8	180.7	137.0	105.5

※0歳魚について発生年の1～6月分をその後の7月～翌年6月の漁期年へ加えているために、合計値は表1と一致しない。

表 4. 年齢別平均体重(g) 漁獲物の平均体重。2014 年以降は 2009~2013 年の平均値を仮定。

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014~
0歳	199	150	99	190	206	175	176	153	116	135	66	65	168	104	164	179	124	137	156	152
1歳	389	302	338	429	331	370	432	327	305	290	310	410	366	316	319	308	357	362	309	331
2歳	527	519	492	516	580	532	522	496	387	471	398	422	467	371	459	477	434	428	460	452
3歳	588	599	597	615	727	627	583	511	463	660	552	536	498	531	534	570	594	506	515	544
4歳以上	687	793	697	746	851	854	774	685	704	794	716	672	660	610	616	661	658	615	555	621

表 5. 年齢別資源尾数 (100 万尾)

年齢\年(7月時点)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳(加入量)	732	1,549	529	548	826	649	733	774	825	3,091	873	709	1,198	742	2,621	1,120	965	1,538	1,220*	1,164*
1歳	293	355	482	232	360	357	335	380	357	514	1,553	508	415	698	433	1,497	683	518	920	760
2歳	74	56	82	75	95	135	138	123	168	122	234	728	249	233	282	215	701	396	278	563
3歳	13	10	15	13	18	33	38	49	50	24	39	48	250	132	97	90	98	275	198	125
4歳以上	3	3	4	4	6	9	13	20	9	10	12	14	12	78	78	57	53	61	143	167
計	1,116	1,974	1,112	873	1,305	1,182	1,256	1,345	1,410	3,761	2,711	2,007	2,124	1,883	3,511	2,980	2,501	2,787	2,759	2,779

* 調査船調査・漁業情報の各種資源量指数の回帰式による推定値。

表 6. 年齢別資源量と親魚量 (千トン)、および再生産成功率 RPS (尾/kg)

年齢\年(7月時点)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	146	232	53	104	170	113	129	118	96	417	58	46	202	77	429	200	120	210	191*	177*
1歳	114	107	163	100	119	132	145	124	109	149	482	208	152	221	138	461	244	187	285	252
2歳	39	29	41	39	55	72	72	61	65	58	93	307	116	87	130	103	304	170	128	254
3歳	8	6	9	8	13	20	22	25	23	16	21	26	124	70	52	51	58	139	102	68
4歳以上	2	3	3	3	5	8	10	14	6	8	9	10	8	48	48	38	35	37	80	104
計	309	377	268	254	363	345	378	342	299	648	663	597	602	502	796	853	761	744	785	855
親魚量(SSB)	49	38	52	50	73	100	104	100	94	81	123	342	248	204	229	192	398	346	309	426
RPS	15.0	41.2	10.1	11.0	11.3	6.5	7.0	7.8	8.8	38.1	7.1	2.1	4.8	3.6	11.4	5.8	2.4	4.4	3.9	2.7

* 調査船調査・漁業情報の各種資源量指数の回帰式による推定値。

表 7. 年齢別漁獲係数(F)

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2013
0歳	0.32	0.77	0.42	0.02	0.44	0.26	0.26	0.37	0.07	0.29	0.14	0.13	0.14	0.14	0.16	0.09	0.22	0.11	0.07	0.07
1歳	1.26	1.06	1.45	0.49	0.58	0.55	0.60	0.41	0.67	0.39	0.36	0.31	0.18	0.51	0.30	0.36	0.15	0.22	0.09	0.09
2歳	1.56	0.90	1.42	1.03	0.68	0.86	0.63	0.50	1.54	0.76	1.19	0.67	0.23	0.48	0.74	0.39	0.54	0.29	0.40	0.40
3歳	1.22	0.80	1.23	0.69	0.58	0.79	0.55	1.66	1.41	0.64	0.86	1.28	0.81	0.59	0.72	0.61	0.51	0.45	0.31	0.31
4歳以上	1.22	0.80	1.23	0.69	0.58	0.79	0.55	1.66	1.41	0.64	0.86	1.28	0.81	0.59	0.72	0.61	0.51	0.45	0.31	0.31
平均	1.12	0.87	1.15	0.59	0.57	0.65	0.52	0.92	1.02	0.54	0.68	0.73	0.43	0.46	0.53	0.41	0.38	0.31	0.24	0.24
漁獲割合	42%	47%	56%	23%	33%	33%	31%	32%	37%	25%	29%	33%	20%	30%	22%	22%	24%	18%	13%	13%

表 8. 年齢別選択率

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014~
0歳	0.21	0.72	0.29	0.02	0.65	0.31	0.41	0.22	0.05	0.38	0.12	0.11	0.17	0.23	0.22	0.15	0.41	0.25	0.19	0.26
1歳	0.81	1.00	1.00	0.47	0.86	0.64	0.97	0.25	0.43	0.51	0.30	0.25	0.22	0.86	0.41	0.58	0.27	0.49	0.23	0.43
2歳	1.00	0.85	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00	1.00	0.52	0.29	0.81	1.00	0.63	1.00	0.65	1.00	0.91
3歳	0.78	0.76	0.84	0.67	0.86	0.92	0.87	1.00	0.92	0.84	0.72	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.94	1.00	0.79	1.00
4歳以上	0.78	0.76	0.84	0.67	0.86	0.92	0.87	1.00	0.92	0.84	0.72	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.94	1.00	0.79	1.00

2014年以降はFcurrent (2009~2013年平均) の選択率を仮定。↑

表 9. 各種調査による資源量指標値 r: 加入量との相関係数 (~2013)。

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
北西太平洋北上期中層トロール調査による0歳魚現存尾数(10億尾。親潮~移行域における推定値。東北区・中央水研)																				
r=0.13							0.04	8.1	1.0	11.1	0.6	0.0	5.3	2.1	16.6	1.5	0.2	2.0	10.4	0.1
北西太平洋北上期中層トロール調査による0歳魚出現率(%。169E以西・SST12~21℃での有漁点割合。東北区・中央水研)							22.0	27.0	21.5	52.7	29.8	8.7	36.4	28.8	42.1	26.3	29.5	35.6	38.6	23.6
北西太平洋北上期中層トロール調査による漁獲物平均体長(cm。7月中旬に規準化した値。東北区・中央水研)							14.1	16.1	14.7	19.9	14.7	12.3	17.7	12.4	20.1	17.7	14.3	18.4	17.3	18.2
北西太平洋秋季浮魚類中層トロール・流し網調査による出現率(%。148E以西近海域の有漁点割合。東北区・中央水研)							5.0	53.6	4.2	4.8	20.8	30.8	24.1	36.7	25.8	69.2	3.7	3.4	30.0	27.3
北西太平洋サンマ棒受網漁業における0歳魚(サバ類)混獲率(%。混獲のあった操業の割合。東北区水研)							4.0	3.0	10.5	5.4	1.9	7.6	4.8	11.2	7.4					
静岡県地先棒受網漁業CPUEによる資源密度指数(静岡県水技研)							2,235	13,870	318	8	2,493	111	1,747	781	143	30,124	56	7	6,038	559
r=0.96							2,235	13,870	318	8	2,493	111	1,747	781	143	30,124	56	7	6,038	559
							16,782	3,696	2,893	5,950	3,345									

表 10. 2014 年は $F_{current}$ (2009～2013 年の平均値) を仮定し、2015 年以降は $F_{30\%SPR}$ 、 $F_{current}$ 、 $0.8F_{20\%SPR}$ および $F_{20\%SPR}$ でそれぞれ漁獲した場合に予測される 2020 年までの資源量と漁獲量 2015 年以降の加入量は $SSB-RPS$ 回帰式によって与え、平均体重を最近 5 年の平均値 (表 4) として前進法により 1 歳以上の資源量を求めた (補足資料 2)。

表 10-1. $F_{current}$ 、 $F_{30\%SPR}$ の場合

漁獲係数		$F_{current}$								$F_{30\%SPR}$							
年齢	漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		0.07	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.07	0.13	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
1歳		0.09	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.09	0.22	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
2歳		0.40	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.40	0.47	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
3歳		0.31	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.31	0.52	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
4歳以上		0.31	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.31	0.52	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
平均		0.24	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.24	0.37	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

資源尾数 (100万尾)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年齢	年(7月時点)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		1,220	1,164	956	1,015	1,074	1,087	1,085	1,082	1,220	1,164	956	1,053	1,102	1,106	1,105	1,105
1歳		920	760	683	561	596	630	638	637	920	760	683	543	598	626	628	628
2歳		278	563	407	366	301	319	338	342	278	563	407	346	275	303	317	318
3歳		198	125	235	170	153	126	134	141	198	125	235	151	129	102	113	118
4歳以上		143	167	116	140	124	110	94	91	143	167	116	123	96	79	63	62
計		2,759	2,779	2,399	2,253	2,247	2,272	2,288	2,292	2,759	2,779	2,399	2,217	2,201	2,216	2,227	2,230

資源量 (千トン)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年齢	年(7月時点)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		191	177	145	154	163	165	165	164	191	177	145	160	167	168	168	168
1歳		285	252	226	186	197	209	211	211	285	252	226	180	198	207	208	208
2歳		128	255	184	165	136	144	153	154	128	255	184	157	124	137	143	144
3歳		102	68	128	93	83	68	73	77	102	68	128	82	70	56	61	64
4歳以上		80	104	72	87	77	68	58	56	80	104	72	77	60	49	39	38
計		785	855	756	685	656	655	660	663	785	855	756	655	620	617	620	622
親魚量		309	426	384	345	296	281	284	288	309	426	384	315	254	242	244	246

漁獲尾数 (100万尾)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年齢	漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		71	119	97	103	109	111	111	110	71	119	120	132	138	138	138	138
1歳		65	125	112	92	98	103	105	104	65	125	136	108	119	125	125	125
2歳		74	174	125	113	93	98	104	105	74	174	148	126	100	111	116	116
3歳		44	42	78	57	51	42	44	47	44	42	92	59	50	40	44	46
4歳以上		32	55	39	47	41	37	31	30	32	55	46	48	38	31	25	24
計		286	514	452	411	392	391	395	397	286	514	542	474	446	445	448	450

漁獲量 (千トン)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年齢	漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		11	18	15	16	17	17	17	17	11	18	18	20	21	21	21	21
1歳		20	41	37	30	32	34	35	35	20	41	45	36	39	41	41	41
2歳		34	78	57	51	42	44	47	48	34	78	67	57	45	50	52	52
3歳		22	23	43	31	28	23	24	25	22	23	50	32	27	22	24	25
4歳以上		18	34	24	29	26	23	19	19	18	34	28	30	23	19	15	15
計		106	195	175	157	144	141	142	143	106	195	209	175	157	153	154	155

表 10-2. 0.8F20%SPR、F20%SPR の場合

漁獲係数		0.8F20%SPR								F20%SPR							
年齢\漁期年		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		0.07	0.13	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.07	0.13	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1歳		0.09	0.22	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.09	0.22	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
2歳		0.40	0.47	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.40	0.47	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
3歳		0.31	0.52	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.31	0.52	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
4歳以上		0.31	0.52	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.31	0.52	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
平均		0.24	0.37	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.24	0.37	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71

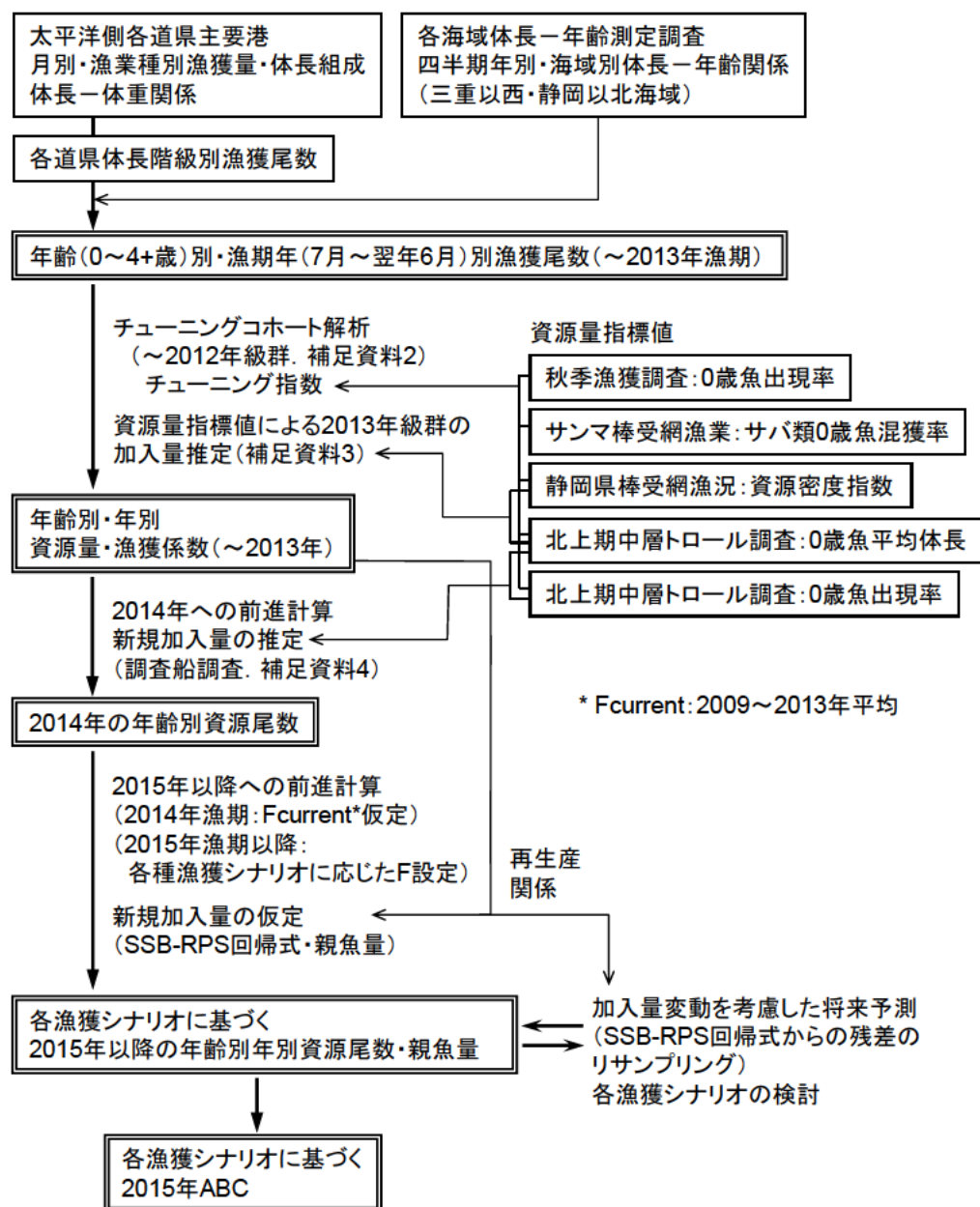
資源尾数 (100万尾)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年齢\年(7月時点)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		1,220	1,164	956	1,083	1,103	1,097	1,097	1,097	1,220	1,164	956	1,104	1,062	1,049	1,039	1,033
1歳		920	760	683	523	593	603	601	601	920	760	683	498	574	552	546	540
2歳		278	563	407	326	249	283	288	286	278	563	407	299	218	251	242	239
3歳		198	125	235	133	106	81	92	94	198	125	235	111	82	59	69	66
4歳以上		143	167	116	107	73	54	41	40	143	167	116	88	49	33	23	23
計		2,759	2,779	2,399	2,172	2,124	2,119	2,119	2,118	2,759	2,779	2,399	2,099	1,985	1,945	1,918	1,901

資源量 (千トン)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年齢\年(7月時点)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		191	177	145	165	167	167	167	167	191	177	145	168	161	159	158	157
1歳		285	252	226	173	196	200	199	199	285	252	226	165	190	183	181	179
2歳		128	255	184	147	113	128	130	129	128	255	184	135	98	114	109	108
3歳		102	68	128	72	58	44	50	51	102	68	128	60	44	32	37	36
4歳以上		80	104	72	66	45	34	26	25	80	104	72	54	31	20	14	14
計		785	855	756	624	579	572	571	571	785	855	756	582	525	508	499	494
親魚量		309	426	384	286	216	206	206	205	309	426	384	250	173	166	161	158

漁獲尾数 (100万尾)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年齢\漁期年		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		71	119	144	163	166	165	165	165	71	119	175	202	195	192	190	189
1歳		65	125	162	124	140	143	142	142	65	125	194	141	163	157	155	154
2歳		74	174	171	137	105	119	121	120	74	174	198	145	106	122	117	116
3歳		44	42	106	60	48	36	41	42	44	42	121	57	42	31	35	34
4歳以上		32	55	52	48	33	24	18	18	32	55	60	45	25	17	12	12
計		286	514	634	531	491	487	488	487	286	514	748	591	531	519	510	505

漁獲量 (千トン)		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年齢\漁期年		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳		11	18	22	25	25	25	25	25	11	18	27	31	30	29	29	29
1歳		20	41	54	41	46	47	47	47	20	41	64	47	54	52	51	51
2歳		34	78	77	62	47	54	55	54	34	78	89	66	48	55	53	52
3歳		22	23	57	32	26	20	22	23	22	23	66	31	23	17	19	18
4歳以上		18	34	32	30	20	15	11	11	18	34	37	28	16	10	7	7
計		106	195	242	190	165	161	161	161	106	195	283	202	170	163	160	158

補足資料 1 使用したデータと資源評価の関係のフロー



補足資料 2 資源量推定法について

Pope の近似式を用いたコホート解析により年齢別資源尾数・重量、漁獲係数、漁獲量を推定した（詳細は平松(2001)等を参照。表 2～10）。解析は、生活史と漁獲の季節性に基づき 7 月～翌年 6 月の漁期年単位で、0～3 歳、および 4 歳以上をまとめた最高齢グループ（4+ 歳、プラスグループ）の年齢構成で行った。プラスグループの計算については平松(2001)によった。自然死亡係数(M)は 0.4 とした（寿命 6 歳、田中 1960）。具体的な計算方法は下の通り。なお、最近年（2013 年）の 0 歳魚資源尾数（加入量）は、本コホート解析による前年（2012 年）までの加入量と資源量指数との回帰式によって推定した（補足資料 3）。

年齢別年別資源尾数を(1)式により計算した。

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

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年 a 歳魚の漁獲尾数である。

ただし、最近年（ t 年、ここでは 2013 年）の 1 歳以上、および、その前年（ $t-1$ 年、ここでは 2012 年）までの最高齢グループ（添え字 p 、ここでは 4+歳）、最高齢-1 歳（ $p-1$ 、ここでは 3 歳）については、それぞれ(2)式、および、(3)、(4)式によった。

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

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

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

漁獲係数(F)の計算は、最近年の F (ターミナル F、 F_{at}) 以外は(5)式によった。

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

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

最近年の $F_{1,t}$ 、 $F_{2,t}$ および $F_{3,t}$ ($=F_{p,t}$) は、チューニングによって探索的に求めた。チューニングには、加入量を反映すると考えられる次の 5 系列の指標値 (X) を用いた*1 (表 9)。

- ① 北上期調査・0歳魚出現率
② 北上期調査・0歳魚平均尾又長
③ 秋季浮魚類調査・0歳魚出現率
④ サンマ棒受網漁業・0歳魚混獲率
⑤ 棒受網漁業資源密度指数

いずれの指標値も加入量である 0 歳魚資源尾数(N_0)に適合させた。対象期間は、データのある年限 (①② : 2001~2012 年、③⑤ : 1995~2012 年、④ : 2002~2010 年) とした。

①～④は資源尾数と指数関数的な関係がみられることから、チューニング指数(I)としてべき乗値($\exp(X)$)を用いた(補足表)。⑤は対数值($\ln(X)$)を用いた。

次のような目的関数を各指数についてそれぞれ求めた。

$$\sum_v (\ln(I_v) - \ln(qN_{0,v}))^2 \quad (6)$$

ここで N_0 はある $F_{a,t}$ のもとでコホート解析から計算される 0 歳魚資源尾数である。 q は比例係数であり、各指数について(7)式によって計算した (I/N_0) の相乗平均)。

*1 昨年度評価では、北上期調査における 2013 年級群の CPUE、現存尾数が顕著に増加し、高い加入量を反映していると想定されたことから、現存尾数は加入量のよい指標となると判断してチューニング指数に加えたが、その後の 2013 年級群の出現動向からはとくに高い加入量は推定されず、現存尾数はここでの指標値としては適当でないと考え、除外した。

$$q = \exp \left\{ \frac{1}{n} \sum_{y=1}^n \ln \left(\frac{I_y}{N_{0,y}} \right) \right\} \quad (7)$$

これら目的関数の総和を最小にするような $F_{a,t}$ の値を探索的に求めた。

以上から得られる 2013 年までの年齢別年別資源尾数 ($N_{0,t}$ は資源量指数から回帰式によって推定 (補足資料 3)) に各年の年齢別漁獲物平均体重を乗じて資源重量を得た。

2014 年以降の資源尾数は、加入量に 2014 年は調査船調査結果による推定値 (補足資料 4) を、2015 年以降は SSB-RPS 回帰式 (図 10) と各年推定親魚量から求められる値をそれぞれ与えて、コホート解析の前進法 ((8) 式) で求めた。 $F_{a,2014}$ は $F_{current}$ (最近 5 年 (2009~2013 年) の平均 F)、2015 年以降の $F(F_{a,2015\sim})$ は各漁獲シナリオによるものとした。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad \text{※} a < p-1 \text{ の場合} \quad (8a)$$

$$N_{p,y+1} = (N_{p,y} + N_{p-1,y}) \exp(-F_{p,y} - M) \quad \text{※ プラスグループ} \quad (8b)$$

漁獲尾数は (9) 式によった。

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

2014 年以降の年齢別体重は最近 5 年 (2009~2013 年) の年齢別漁獲物の平均値とし、年齢別資源尾数、漁獲尾数に乗じて資源重量、漁獲量 (ABC) を得た。

補足表. チューニング指数

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
① 北上期調査・0歳魚出現率 (10分率) : X_1																		
$\exp(X_1)$							9.0	14.9	8.6	194.9	19.7	2.4	38.0	17.9	67.4	13.9	19.2	35.0
② 北上期調査・0歳魚平均尾叉長 (10 cm) : X_2																		
$\exp(X_2)$							4.1	5.0	4.3	7.3	4.3	3.4	5.9	3.5	7.5	5.9	4.2	6.3
③ 秋季浮魚類調査・0歳魚出現率 (10分率) : X_3																		
$\exp(X_3)$	1.6	212	1.5	1.6	8.0	21.7	11.2	39.1	13.2	1,015	1.4	1.4	20.1	15.3	341	8.8	10.1	21.7
④ サンマ棒受網漁業・0歳魚混獲率 (10分率) : X_4																		
$\exp(X_4)$							1.5	1.4	2.8	1.7	1.2	2.1	1.6	3.1	2.1			
⑤ 棒受網漁業資源密度指数 : X_5																		
$\ln(X_5)$	7.7	9.5	5.8	2.1	7.8	4.7	7.5	6.7	5.0	10.3	4.0	2.0	8.7	6.3	9.7	8.2	8.0	8.7

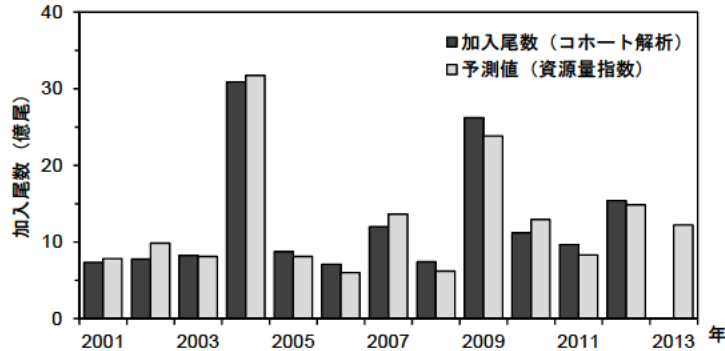
補足資料 3 最近年の加入量の推定について

最近年の 2013 年の加入量については、資源量指数を用いた重回帰式による推定の方が、コホート解析よりも精度が高いと判断し、適用した。それぞれ加入量 (N_0) の常用対数と高い相関があり、ここでの使用が妥当と判断される 2001 年から前年 (2012 年) までの 2 つの資源量指数 : 北上期調査平均尾叉長 (FL (cm)、表 9、補足資料 4)、静岡県棒受網漁業資源密度指数 ($I (\times 10^3)$ 、表 9) を説明変数とする重回帰式を求めた。

$$N_0 = 10^{0.0544 FL + 0.0103 I + 8.11} \quad (r^2 = 0.97)$$

2013 年の各指数の値 (FL = 17.3 cm、 $I = 3.34 \times 10^3$) から、2013 年級群の加入量 ($N_{0,2013}$) は 12.2 億尾と推定された (補足図 1)。 $F_{0,2013}$ は、ここで得られた加入量と漁獲尾数 ($C_{0,2013}$) から

補足資料 2 の(5)式によって求めた。



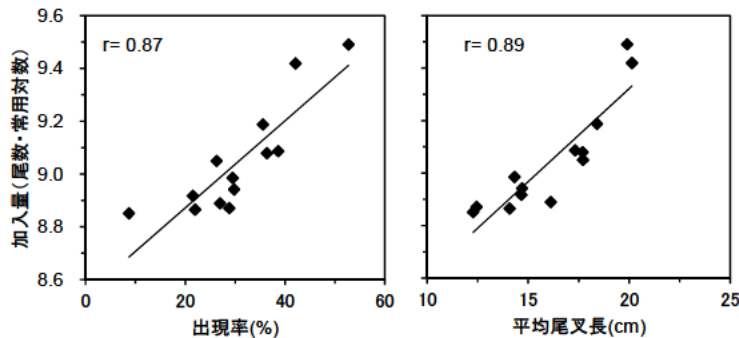
補足図 1. 資源量指数の回帰式で予測した値とコホート解析による加入量

補足資料 4 5～7月の調査船調査による新規加入量の見積もりについて

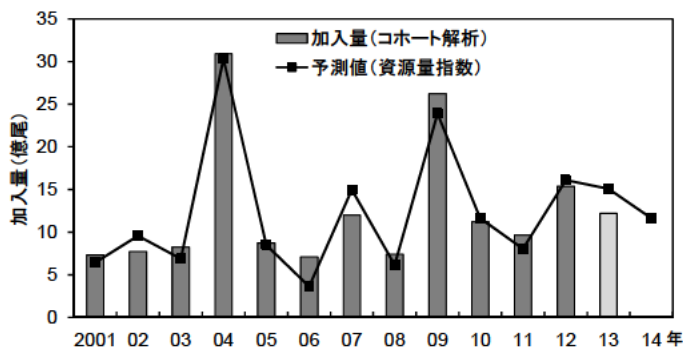
北西太平洋北上期中層トロール調査による親潮～移行域（東経 169 度以西、SST12～21℃）における 0 歳魚出現率（漁獲のあった調査点の割合：O(%)）、および稚幼魚期の推定成長式（高橋ほか未発表： $L_i = 26.6 \exp(-\exp(-0.0216(i-54.3)))$ ）、 i ：ふ化後日数、 L_i ：ふ化後 i 日の尾叉長(cm)）を仮定して 7 月中旬時に規準化した漁獲物の平均尾叉長(FL)は、それぞれ加入量 (N_0 、2012 年まではコホート解析による推定値、2013 年は資源量指数による推定値（補足資料 3））の常用対数と高い相関がみられる（川端ほか 2009a、補足図 2）。これらを説明変数として加入量を予測する重回帰式を求めた。

$$N_0 = 10^{0.0110 O + 0.0577 FL + 7.75} \quad (r^2 = 0.94)$$

2014 年 6～7 月の調査結果（O = 23.6%、FL = 18.2 cm）から、2014 年級群の加入量($N_{0,2014}$)は 11.6 億尾と推定される（補足図 3）。



補足図 2. 2001～2013 年の北上期調査による 0 歳魚出現率および平均尾叉長と加入量との関係



補足図 3. 北上期調査の指標値から回帰式で予測した加入量（予測値）とコホート解析による加入量（2013 年は各種資源量指数による推定値（補足資料 3））