

平成 29 (2017) 年度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（由上龍嗣、西嶋翔太、井須小羊子、渡邊千夏子、上村泰洋、橋本緑）

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。本系群は近年の資源量の増加に伴って、分布域が NPFC 条約水域へ拡大した。それによる社会的状況の変化と生物的状況の変化を鑑み、今年度の資源評価では近年の外国（中国・ロシア）の漁獲量を考慮するとともに、チューニング手法と指標を変更し、チューニング指標の一部に標準化手法を導入する大幅な改変を行った。

資源量は、1970 年代は 300 万トン以上の高い水準にあったが、1980 年代に 200 万トン以下に、1990 年代に 100 万トン以下にさらに減少し、2001 年には 15 万トンまで落ち込んだ。2004 年の高い加入量によって資源量は 70 万トンを超え、その後も比較的高い加入量と漁獲圧の低下によって、2000 年代初めの最低水準を脱して増加し、2013 年の極めて高い加入量によって、2013 年は 238 万トンとなった。その後、資源量はほぼ横ばい傾向を示し、2016 年は 235 万トンと推定された。親魚量は、2000 年代初めまでの 10 万トンを下回る最低水準を脱して、2012 年には 28.2 万トンに増加し、その後も増加傾向を示し、2016 年は 71.6 万トンと推定された。

過去の再生産関係によれば、親魚量 45 万トン以上で再生産成功率が比較的安定していたことから、Blimit を親魚量 45 万トンと設定した。本系群の加入量の増加と一定水準以上の維持を図るためには、Blimit 以上に回復、維持させることが望ましい。2016 年の親魚量は 71.6 万トンで Blimit を上回っていることから、資源水準は中位、最近 5 年間（2012～2016 年）の親魚量の推移から動向は増加と判断した。

再生産関係が得られており、親魚量は Blimit を上回っていることから、親魚量を Blimit 以上に維持することを管理目標として、ABC 算定のための基本規則の 1-1)-(1)を適用した。2018 年漁期の ABC は親魚量の増大 (F30%SPR) および親魚量の維持 (Fmed) の漁獲シナリオに基づいて算定した。資源の減少が見込まれる現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent) の漁獲シナリオによる漁獲量は算定漁獲量とした。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2018年 漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)	2023年の 親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2023年に 2016年 親魚量を 維持	2023年に Blimitを 維持
親魚量の増大* (F30%SPR)	Target	386	17	0.28 (-40%)	1,222 (809~1,584)	96	100
	Limit	463	20	0.35 (-25%)	920 (611~1,295)	76	99
親魚量の維持* (Fmed)	Target	417	18	0.31 (-35%)	1,094 (725~1,471)	91	100
	Limit	498	21	0.38 (-18%)	805 (542~1,122)	58	98
		2018年漁期 算定漁獲量 (千トン)					
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	490	21	0.37 (-20%)	831 (542~1,145)	65	98
	Limit	581	25	0.47 (±0%)	579 (377~808)	21	74
<p>コメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本系群の ABC 算定には規則 1-1) - (1)を用いた。 ・本系群は毎年の再生産成功率の変動が大きいため将来予測の不確実性が大きい。 ・外国漁船による漁獲を考慮しているが、漁獲物の内容について十分な情報が得られていないため、多くの仮定を置いた資源評価となっており、資源量推定値等の不確実性が大きい。このため、安全を見込んだシナリオが選択されることが望ましく、早急に外国漁船の適正な管理にも取り組むべきである。 ・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、「近年の海洋環境が当該資源の増大に不適な状態にあると認められないことから、資源を維持若しくは増大することを基本方向として管理を行うものとし、資源管理計画に基づく取組の推進を図るものとする。なお、本資源は北西太平洋公海において外国漁船によっても採捕されていることから、平成 27 年 7 月に設立された北太平洋漁業委員会 (NPFC) 等を通じて、外国漁船の適切な管理に向けた一層の取組を推進する。」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の漁獲係数であれば、資源を維持または増大させることができると考えられる。同方針に対応するシナリオには*を付した。 							

Target は、資源変動の可能性や誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量、Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。2018 年漁期は 2018 年 7 月～2019 年 6 月である。Fcurrent は 2015、2016 年の F の平均値、漁獲割合は 2018 年漁期漁獲量/資源量、F 値は各年齢の平均値である。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、Fmed を適用した。Fmed は 1970～2015 年の再生産成功率の中央値 (RPSmed: 6.8 尾/kg) に対応する F とした。2016 年の親魚量は 716 千トン。

漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2013	2,377	313	221	0.55	9%
2014	2,301	333	307	0.34	13%
2015	2,037	554	465	0.41	23%
2016	2,345	716	480	0.53	20%
2017	2,518	464	417	0.47	17%
2018	2,335	723	—	—	—

漁期年（7月～翌年6月）での値である。2017、2018年漁期の値は、将来予測に基づいた値である。

	指標	水準	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	この値以下では加入量の年変動が大きくなる水準 (45万トン)	過去の再生産関係から、この値以下では加入量の年変動が大きく、水準も低い
2016年漁期	親魚量	45万トン以上 (72万トン)	

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、関連調査等
年齢別・漁期年別漁獲尾数	主要港水揚げ量（北海道～宮崎（17）道県、JAFIC、北部まき網組合） 月別体長組成（水研、北海道～宮崎（17）道県、JAFIC）：市場測定 月別体長・体重・年齢・成熟データ（水研、北海道～宮崎（17）道県、JAFIC）：市場測定、漁獲試験 月別漁業種別マサバ・ゴマサバ混獲比率（水研、北海道～宮崎（17）道県）：水揚げ情報、標本港混獲率、市場測定標本混獲率、漁獲試験
資源量指数 ・加入量指標値 ・親魚量指標値 ・産卵量	冬春季常磐海域まき網漁況に基づく未成魚越冬群指数（茨城県） 道東～三陸海域流し網調査 CPUE（北海道）：流し網 移行域幼稚魚調査（5・6月、水研）：中層トロール 北西太平洋北上期中層トロール調査（5～7月、水研）：中層トロール* 北西太平洋秋季浮魚類資源調査（9・10月、水研）：中層トロール* 伊豆諸島海域たもすくい漁業 CPUE（神奈川県）* 卵採集調査（水研、青森～宮崎（18）都府県）：ノルパックネット*
自然死亡係数 (M)	年あたり M=0.4 を仮定（本間ほか 1987）
漁獲努力量指数	北部太平洋まき網有効努力量（JAFIC、漁場別漁獲状況調査）

*はコホート解析におけるチューニング指数である。各調査の詳細は補足資料5を参照。

1. まえがき

マサバ太平洋系群は、1970年代には年間100万トン前後の漁獲量があった主要浮魚資源である。1980年代以降減少し、1990年には年間漁獲量が約3万トンまで減少した。資源が低い水準となった1990～2000年代は、数年おきに卓越して加入量水準の高い年級群が発生する一方で、著しく低い年級群も見られるなど、加入量の年変動が大きかった。1992年および1996年に少ない親魚量(SSB)から極めて高い再生産成功率(RPS)によって加入量水準の高い年級群が発生したが、これらは未成魚段階から多獲され、資源の回復にはつながらなかった。その後、加入量水準の高い2004年級群が発生し、2003年から実施された資源回復計画に基づく操業管理の効果もあって親魚量が増加し、資源量、親魚量ともに1990年代～2000年代初めの最低水準を脱した。さらに、加入量水準が極めて高い2013年級群が発生し、2015、2016年親魚量は資源の回復措置をとる閾値であるBlimit(親魚量45万トンに設定)を上回っている。

本評価は7月～翌年6月の漁期年単位で行い、漁獲量等は漁期年で集計した値、資源量等は漁期年当初(7月)の値を用いる。漁獲統計では、多くの場合、マサバはゴマサバと合わせてさば類として計上されているため、本評価では標本港での両種の水揚げ比率や銘柄組成、市場での抽出標本の混獲率等を集計し、マサバの漁獲量を推定した。

2. 生態

(1) 分布・回遊

マサバ太平洋系群は、我が国太平洋南部沿岸から千島列島沖合に分布する(図1)。資源高水準期には、ロシア漁船の操業や調査船調査結果などから、幼魚、成魚とも東経170度を超えて分布したと考えられている。1990～2000年代の低水準の資源では、稚魚は黒潮続流による移送によって東経170度付近まで分布するが(西田ほか2001)、成魚は索餌回遊範囲が縮小して、加入量水準の高い年級群以外は東経150度以東ではほとんど見られない。最近では後述の道東海域における漁場形成に見られるように、資源の増加に伴って成魚の索餌回遊範囲が北東へ拡大しており、夏秋季の成魚の分布は、調査船調査結果から千島列島東方沖の北緯43度、東経160度付近まで達している。

成魚は主に春季(3～6月)に伊豆諸島海域などで産卵したのち北上し、夏～秋季には三陸～北海道沖へ索餌回遊する(目黒ほか2002、図1)。稚魚は春季に本邦太平洋南岸から黒潮続流域、黒潮一親潮移行域に広く分布し、黒潮続流域～移行域のものは夏季には千島列島沖の親潮域に北上し、秋冬季には未成魚となって北海道～三陸海域の沿岸あるいは沖合を南下し、主に房総～常磐海域、一部は三陸海域で越冬する(川崎1968、飯塚1974、西田ほか2001、川端ほか2006)。未成魚と成魚の一部は紀伊水道や豊後水道および瀬戸内海へ回遊する。主産卵場である伊豆諸島海域には明らかに黒潮上流に由来する稚魚が出現すること(小泉1992)、産卵場は本邦太平洋南岸から東北海域まで連続していること(黒田1992)などから、我が国太平洋側に分布するマサバは同一系群と考えられる。

(2) 年齢・成長

マサバの成長は、加入量水準および海洋環境の影響を受けて変化することが知られている(Watanabe and Yatsu 2004)。成長に雌雄差は見られない。寿命は、漁獲物の年齢構成か

らみて7・8歳程度と推定され、最大11歳の記録がある(飯塚2002)。近年の漁獲物における6歳以上の出現は少ない。2016年漁獲物の年齢別平均体長(尾叉長)、平均体重を、成長の遅れが見られていなかった2011~2014年のそれぞれの平均値と併せて図2に示す。2016年の平均体重は、2011~2014年の平均値と比べて低く、特に3歳魚(極めて高い加入量である2013年級群)はかなり低い値を示しており、図2に併せて示した1970年代の資源高水準期よりも低い。これらの要因としては資源量の増加に伴う密度効果が考えられるが、資源高水準期よりも低成長となっていることから、経験水温の低下、餌料環境の悪化等も考えられるが明らかにはなっておらず、資源量が急増しているマイワシ太平洋系群との餌の競合等の関係も含めて検討を進めている。

(3) 成熟・産卵

1尾の雌は産卵期間に数回の産卵を行い、1回の産卵数は5万~9万粒である(加藤・渡邊2002)。年齢別成熟割合は成長の変化の影響を強く受けて変化することが知られている(Watanabe and Yatsu 2006)。産卵場は伊豆諸島海域を中心に、紀南、室戸岬、足摺崎周辺など本邦太平洋南岸沿岸各地に形成され、東北海域でも産卵がみられる。産卵期は1~6月である。主産卵場である伊豆諸島海域における産卵盛期は3・4月であるが、2000年代は産卵期が遅い傾向にある若齢親魚の割合が高いために、5・6月の産卵も相対的に高くなっていった(渡邊2010)。近年は産卵量の分布から、4・5月が産卵盛期とみられる。年代別の年齢別成熟割合は図3の通り。2015年の2歳魚の成熟割合は、2013年級群の成長が遅かったために2014年以前よりも低くなっていることが想定されること、および2015年の親魚量はBlimitを上回り中位水準に回復したことから、2015年以降の年齢別成熟割合は資源量中位水準期の値を用いた。

(4) 被捕食関係

仔魚期にはカイアシ類の卵とノープリウス、稚魚期には小型カイアシ類、夜光虫、尾虫類、サルパなどの小型動物プランクトンを捕食する(加藤・渡邊2002)。幼魚と成魚の食性は海域や生活年周期により異なるが、魚類(カタクチイワシ、ハダカイワシ類など)、甲殻類(オキアミ類、カイアシ類など)、サルパ類が中心である。三陸海域ではツノナシオキアミ、カタクチイワシが主要な餌生物である。

資源水準が高かった1980年代までは、ネズミザメ、ヨシキリザメ、シマガツオ、ビンナガ、およびカツオなどの大型魚類(川崎1965、長沢1999)やミンククジラによる被食が見られた(Kasamatsu and Tanaka 1992)。資源が低水準となった1990年代ではミンククジラによる被食は確認されなかったが(Tamura et al. 1998)、2000年~2015年の北西太平洋におけるヒゲクジラ類の餌生物調査によると、2012年以降は胃内容物におけるカタクチイワシの出現が減少する一方、さば類及びマイワシの出現が増加してきており、特にイワシクジラでは主要餌が2000年代前半のカタクチイワシから2000年代後半にはさば類及びマイワシへと切り替わり(Tamura et al. 2016)、2010年以降もさば類が主要な餌の一つとなっている(Konishi et al. 2016)。北西太平洋における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、まき網、定置網、たもすくいおよび棒受網である。大中型まき網は、主に常磐～三陸北部海域で9月～翌年2月を中心にほぼ周年操業する。資源水準が高かった1980年代以前に主要漁場となっていた道東海域では、資源の減少した1990～2000年代は漁場がほとんど形成されなかったが、2012年以降はまとまった漁場が形成されている。中型まき網は千葉県以西の太平洋沿岸各地で周年操業する。定置網は、太平洋沿岸各地で行われ、三陸沿岸での漁獲が多い。たもすくいおよび棒受網（火光利用さば漁業）は、伊豆諸島海域を主漁場とし、1～6月に越冬、産卵で集群する親魚群（2～4歳魚）を主な対象とする。その他、各地で釣りなどでも漁獲される。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲は、1951年に津軽・八戸沖漁場が釣りにより開発され、1954年に本格化した（宮沢1994）。その後1958年に伊豆諸島海域の銭洲漁場などが開発され、1975年には同海域でたもすくい漁業が開始された。1964年にまき網漁業が参入したことによって漁獲量は急激に増加し、1964年の23万トンから1978年には143万トンに達した（図4、表1）。1979年以降漁獲量は減少し、1990、1991年は3万トン程度まで落ち込んだ。1992～2003年は5万～40万トンで変動が大きかったが、2004～2008年は、2004年の高い加入量によって18万～25万トンと比較的安定して推移した。その後、2009～2012年は漁獲努力量の低下やゴマサバの混獲割合の上昇、漁場形成の変化などによって10万～13万トンとやや減少したが、2013年の高い加入量によって2014年は28.2万トン、2015年は33.0万トンに増加し、2016年は32.8万トンで2015年と同程度であった。ロシアは1966～1988年にかけて本系群を漁獲し、1972～1979年のピーク時の漁獲量は12万～24万トンであった（図4、表1）。近年、中国およびロシアが北西太平洋公海域およびロシア200海里水域内でさば類を漁獲しており、北太平洋漁業委員会（NPFC）への報告によると、中国はマサバとして2014年（暦年）に24,629トン、2015年に134,846トン、2016年に142,994トン、ロシアはマサバおよびゴマサバとして2014年（暦年）に45トン、2015年に466トン、2016年に9,242トン漁獲した（水産庁水産政策審議会第82回資源管理分科会配付資料（2017年4月）、<http://www.jfa.maff.go.jp/j/council/seisaku/kanri/attach/pdf/170406-8.pdf>、図4、表1）。中国およびロシアの漁獲量は暦年報告であるが、漁船の動向から主漁期は7月以降であるため（補足資料6）、暦年の値をそのまま漁期年としても問題ないと判断した。また、ロシアの漁獲量のマサバとゴマサバの比率は不明であるが、近年のマサバの資源増加に伴って漁獲を開始したことを考慮して、ロシアの漁獲量はすべてマサバとして扱うこととした。

(3) 主要漁業の漁獲努力量

主要漁業である北部太平洋まき網漁業（北部まき網）の有効努力量は、加入量の高い年級群が主対象となると増加する特徴がみられ、1992年以降、1992、1996年の高い加入量による増加とその後の減少を繰り返しつつ減少傾向となり、2004年の高い加入量により再び増加したが、その後は減少傾向となった（図5）。2003年から開始された資源回復計画に基づく操業管理により、2004年級群加入時の漁獲圧の増加は一定程度、抑えられたと推定さ

れている (Ichinokawa et al. 2015、市野川ほか 2016)。この操業管理は現在も継続して実施されており、それにより 2000 年代後半も引き続き、1990 年代のような漁獲圧の過度な増大が抑えられていると考えられる。さらに、2011 年 3 月の東日本大震災の影響による常磐海域における操業自粛海域の設定や水揚港の受け入れ処理能力および関係産業の需要量の低下、また、経営の改善などを目的とした船団構成への変更や、従来の安価でも大量漁獲から良価で適量漁獲へという漁業者の意識の変化も、漁獲努力量の過度な増加の抑制に貢献していると考えられる。

本漁業の主対象となっている 0~3 歳魚の平均漁獲係数 (後述の資源解析による計算値) は、2003 年以前は有効努力量の年変化と同様に増減していた (図 5)。2004 年以降は、増減の動向はほぼ一致するものの、2003 年以前と比較して、漁獲係数が有効努力量の増加幅ほどは高くなりなくなっているが、これは操業管理による操業形態の変化やゴマサバの混獲割合の上昇などに起因するものと考えられる。また、2014 年以降は有効努力量が減少している一方で、漁獲係数が増加しているのは、外国漁船による漁獲の影響と考えられる。

4. 資源状態

(1) 資源評価の方法

7 月~翌年 6 月を漁期とし、Pope (1972) の近似式を用いたチューニング VPA (コホート解析) により資源量を推定した (補足資料 1、2、3、7、表 2)。自然死亡係数 (M) は年当たり 0.4 とした (本間ほか 1987)。

本系群は 2013 年の卓越年級群の発生を契機とした資源量の増加に伴って、分布域が NPFC 条約水域へ拡大し、本系群をとりまく生物的・社会的状況が大きく変わった。このような状況の変化を鑑み、今年度の資源評価では以下のような大幅な改変を行った。

まず、加入量・資源量の増加という生物的状況の変化に対応し、昨年度まで用いていた稚仔魚成長率、北上期調査平均体長・出現率、秋季浮魚類資源調査による加入量指数をチューニング指数から除いた。これらの指数は、加入量が比較的低かった 2012 年以前には卓越年級群の発生を予測する良い指標になっていたが、一定以上の加入量では頭打ちになる傾向がある。そのため、比較的高いと考えられている 2013 年以降の加入量を予測する目的にはそぐわない。そこで、これらの指標のかわりに、高い加入量でも頭打ちになりにくい出現量を基にした加入量指数をチューニング指標として導入した (補足表 2-1)。

また、本系群の分布域の NPFC 条約水域への拡大とそれに伴う中国の漁獲の急増という社会的状況の変化に対応し、本年度の資源評価では近年の外国 (中国・ロシア) の漁獲量を考慮するとともに、VPA のチューニング手法の変更およびチューニング指標の標準化を行った。本系群の資源評価は NPFC のマサバ資源評価作業部会でも実施されることになるが、NPFC は資源量指数の標準化や資源評価の際の手順が規定されている。本年度実施した資源量指数の標準化と資源評価モデルの改良はこれらの手順に則ったもので、本事業による資源評価の信頼性・客観性を高めるものである (補足資料 2、3)。

(2) 資源量指標値の推移

太平洋側のサバ属産卵量は、1960 年代と 1970 年代中期にピークがみられ 1 千兆粒に達し、1980 年代後半以降は低い水準で推移していたが、最近では親魚量の増加に伴い増加して

いる（図 6、卵稚仔データベース、Oozeki et al. 2007）。2005 年よりゴマサバと区別して推定されるようになったマサバ産卵量は、2005 年の 39 兆粒から 2007 年には 335 兆粒と大きく増加した。その後は増減を繰り返し、2017 年 1～6 月は 367 兆粒であった。図 7 に示す各種調査から得られる加入量の指標値は、2004、2007、2009、2013 年に高い値がみられるなど加入量水準を反映しており、2016 年はほとんどの指標値で高い値を示した。図 8 に示す主要漁業である北部まき網の CPUE と資源量指数は、資源動向を反映し、1992、1996 年といった卓越年級群が発生した年とその翌年に高くなっていた。その後、加入量が高い 2004 年級群が漁獲加入した 2005 年以降、CPUE は高い水準を維持し、加入量が極めて高い 2013 年級群が漁獲加入した 2013 年以降はさらに増加傾向を示し、2016 年はかなり高い値となっている。

(3) 漁獲物の年齢組成

資源量が極めて低い水準となった 1990～2004 年は未成魚（0～1 歳魚）が漁獲の主体であり、漁獲物に占める 2 歳以上の割合は低かったが、加入量が高い 2004 年級群の漁獲加入後は 2～4 歳魚の割合も高くなっている（図 9、補足資料 7）。3- (3) の通り、2004 年以降、若齢魚への漁獲圧が低下して加入後の生残が良くなっているためと考えられる。極めて高い加入量である 2013 年級群の漁獲加入により、2013 年以降は 2013 年級群が占める割合が高くなっており、2016 年は 3 歳魚の割合が最も高かった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は 1970～1979 年は 300 万～500 万トン程度の高い水準にあったが、1979、1980 年の低い RPS による加入量の減少と高い漁獲圧によって 1980 年に 193 万トンに減少した（図 10、11、表 2、補足資料 7）。1981～1986 年は 146 万～182 万トンとおおむね横ばいで推移したが、1987 年以降、低い RPS による加入量の減少と高い漁獲圧によってさらに減少し、1990 年には 22 万トンとなった。1992、1996 年の高い加入量による資源量の増加と、高い漁獲圧による減少を繰り返し、2001 年に過去最低の 15 万トンに落ち込んだ。2004 年以降は 2004 年の高い加入量と漁獲圧の低下により増加し、2013 年の極めて高い加入量によって、2013 年は 238 万トンとなった。その後、資源量はやや減少傾向を示したが、2016 年の高い加入量によって、2016 年は 235 万トンであった。最近の資源の増加に伴い、道東漁場の形成や沖合の調査船調査における成魚の漁獲の増加、成魚がミンククジラの捕食対象となるなど、索餌回遊域の北東への拡大と回遊群の増加が認められている。さらに、産卵量の増加（図 6）、産卵場周辺漁業（たもすくい）の CPUE（補足表 2-1）増加にみられる親魚の密度の増加も認められている。

漁獲割合は 1986、1988 および 1989 年に 40%以上と高く、資源量を大きく減少させた（図 10、表 2、補足資料 7）。その後、1993 年に 56%と極めて高くなり、2001 年までは、1999 年を除き、35～51%の高い水準で推移し、2001 年の過去最低の資源量をもたらした。2002～2009 年までは 20～33%と比較的低い水準で推移し、2011 年 3 月の震災の影響の見られた 2011～2014 年は 9～14%に低下した。2015、2016 年の漁獲割合は漁獲量の増加に伴い、2011～2014 年と比較してやや高い値（20～23%）を示した。

若齢魚（0～2 歳魚）の F は 1992、1996 年級群が漁獲主対象となった年に特に高かった

が、2010年以降は低くなっている（図12）。

親魚量は1970～1980年は66万～140万トンと高い水準であったが、1979～1980年の加入量の減少と高い漁獲圧によって1981年に73.7万トン、1982年に56.7万トンに減少した（図13、14、表2）。1985年までは45万トン以上で推移したが、1986年以降、加入量の減少と高い漁獲圧によって減少し、1990年に10万トン以下まで落ち込んだ。その後、おおむね10万トン以下の著しく低い水準で推移し、2002年には過去最低の4.4万トンとなった。2004年の高い加入量のため2006年に29.6万トンに増加し、その後は2010年にかけて減少したものの、2009年以降の比較的高い加入量と漁獲圧の低下によって2012年には28.2万トンに増加し、その後も増加傾向を示し、2015年には55.4万トンと後述のBlimitを上回った。2016年はさらに増加し71.6万トンであった。2013年以降は、ふ化仔魚の生残率を高める一因となる4歳以上の経産高齢親魚（米田ほか2013）の量も増加している（図13）。

親魚量とFの関係を図15に示す。全体的な傾向は特に見いだせないが、上述のような1979～1981年の高いFに伴う親魚量の大きな減少や、1986～1989年の高いFに伴う親魚量のさらなる減少、1996年級群の加入後の1997年の極めて高いFによって親魚量は低水準のままであった様が見て取れる。近年は親魚量が増加してもFは低い値で推移している。

自然死亡係数Mに対する感度解析として、本評価での設定値（0.4）に対して0.3と0.5にして直近（2016）年の資源量、親魚量、加入量を推定した（図16）。資源量はそれぞれ85%および121%、親魚量は95%および106%、加入量は76%および135%となり、Mの値が大きくなると、いずれの値も大きくなった。

（5）再生産関係

親魚量が45万トン以上であった1970～1985年では、RPSは比較的安定しており、加入量は年変動があるもののほぼ30億尾以上の高い水準であった（図11、13、14、表2）。親魚量が45万トンを下回った1986～2014年では、RPSが著しく低い年（1987～1989、1998、2006年）が見られる一方で、著しく高い年（1992、1996、2004、2013年）も見られるなど、年々の変動幅が大きく、かつ親魚量が少ないために加入量の水準が大きく低下していた。

（6）Blimitの設定

前項の通り、親魚量が45万トンを下回った1986年以降、RPSの年変動が大きくなり、加入量水準が低下したことから、親魚量45万トンを経産の回復措置をとる閾値であるBlimitとする（図14）。2016年の親魚量は71.6万トンと推定され、Blimitを上回っている。

（7）資源水準・動向

資源水準は、1970年以降の47年間の親魚量および資源量の推移から判断した。親魚量45万トン（Blimit）以上を中位水準、それ未満は低位水準とし（図13）、資源量の過去最高～最低値の上位3分の1程度に相当する、1970年代に見られた資源量320万トン以上を高位水準とした（図10）。上述のように現状（2016年）の資源量は235万トン、親魚量は71.6万トンであることから、資源水準は中位と判断した。動向は過去5年間（2012～2016年）の親魚量の推移から増加と判断した。

(8) 今後の加入量の見積もり

最近の複数の研究によって、加入量の多寡は主に卵～稚仔魚期の生残率によって決まることがわかってきており、産卵親魚の状態（産卵経験、栄養状態、産卵前経験水温）による卵質の違いによる生残率の違い（米田ほか 2010、2013）や、稚仔魚期の経験環境による成長率の違いとそれによる生残率の違い（高橋ほか 2010、米田ほか 2013）が大きく影響していると考えられている。北上期幼魚の成長率と加入量とに高い相関がみられ、加入量の多い年は主産卵期である 4 月ふ化個体の割合が高く、少ない年は低いという特性が見られ、主に 4 月ふ化個体の生残率によって加入量が決定すると考えられる（Kamimura et al. 2015）。早期の 4 月の産卵は、6 に後述のように、後期（5～6 月）に比べて親魚の組成や経験水温からみて良質卵となり、ブルーミング時期と一致するなど仔稚魚の生残に有利であるが、その一方で、初期生残率に大きく影響するふ化後の経験環境の年変化は大きく、経験水温が産卵場水温と同様の 18℃程度では成長率が低くなって変態が遅れ生残率は低くなり、速やかに黒潮付近の 20℃程度の水温で移送されると成長率が高くなり高い加入量となることが示唆されている（高橋ほか 2010、Takahashi et al. 2012、米田ほか 2013）。今後、このような環境と生物の特性とそれらの関係の統合的な解析によって、精度の高い加入量の見積もりが可能となることが期待される。

新規加入量の推定について、昨年度評価では秋季浮魚類資源調査による加入量指数を使用し、2016 年の加入量を 44.1 億尾としたが、今年度評価では 2016 年の加入量は 111.7 億尾と推定され、大幅に上方修正された。加入量指数は一定以上の加入量では頭打ちになる傾向があるため、比較的高いと考えられている 2013 年以降の加入量を予測する目的にはそぐわない。このため今年度評価では 2017 年の加入量は RPS 中央値（RPSmed : 6.8 尾/kg）に 2017 年の親魚量を乗じた 31.3 億尾とした。加入量の見積もりは ABC の多寡に影響することから、早期に加入量の多寡を推定できるように、新たな手法を検討する必要がある。

2018 年以降の加入量は、環境要因などによる予測は現時点では不可能であるため、1970～2015 年の RPS 中央値に予測親魚量を乗じた値とした（図 14）。ただし、親魚量が過去観測最高値（140 万トン）を超える場合には 140 万トンに乗じた。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

現状の漁獲圧（ $F_{current}$ ）は、外国漁船による漁獲量が急増した最近 2 年（2015、2016 年）の平均とした。 $F_{current}$ の年齢別選択率（各年齢の F を最大の年齢別 F で除した値）を用いた YPR 曲線と SPR 曲線を図 17 に示す。 $F_{current}$ は $F_{30\%SPR}$ 、管理の閾値や F_{msy} の代替値に用いられる $F_{0.1}$ および後述の F_{med} よりも高い。

5. 2018 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

親魚量、資源量とも 1990 年代～2000 年代初めの最低水準を脱して増加している。2016 年の親魚量は B_{limit} を上回っていることから資源水準は中位、2012～2016 年の親魚量の推移から資源動向は増加と判断される。加入量の増加と一定水準の維持を図ることから、 B_{limit} を十分に上回る水準で維持させることが望ましい。現状の漁獲圧（ $F_{current}$ ）は後述の F_{med} よりも高く、将来的に 1970～2015 年の再生産成功率の中央値が維持した場合、資

源は減少することが予測される。ただし、外国漁船による漁獲を考慮して資源評価を行っているが、漁獲物の内容について十分な情報が得られていないため、多くの仮定を置いており、資源量推定値等の不確実性が大きい。また、今後の外国漁船の努力量の変化は不明であるため、将来予測が大きく変わる可能性がある。このため、安全を見込んだシナリオが選択されることが望ましく、早急に外国漁船の適正な管理にも取り組むべきである。

(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

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。想定される再生産関係のもとで B_{limit} 以上の親魚量水準の維持を図る漁獲シナリオとして、親魚量の増大 ($F_{30\%SPR}$)、親魚量の維持 (F_{med})、およびこれらの予防的措置を講じた F を設定し、それぞれの漁獲シナリオに従って 2018 年の ABC を算定した。 F_{med} は中長期的に安定する親魚量の維持を図る基準値であり、1970～2015 年の RPS 中央値 (6.8 尾/kg) に対応する F とした。2017 年の F については $F_{current}$ (2015、2016 年平均) を仮定した。併せて現状の漁獲圧の維持 ($F_{current}$) による算定漁獲量についても検討した。

これらのシナリオのもとで予測される 2016～2023 年の漁獲量、資源量、親魚量は下表のとおり (図 18、表 3、補足資料 1、2)。将来予測に用いる年齢別平均体重は、2016 年の年齢別平均体重が 2015 年同様に、2011～2014 年平均値よりも低い値を示し (図 2)、今後もその傾向が継続すると予測されることから、今年度評価においては平均体重の低下が見られた近年 2 年 (2015、2016 年) の平均値を用いた (表 4)。さらに、2013 年級群は成長の遅れが特に著しく、2015 年の 3 歳魚としての漁獲物平均体重は 1970 年以降で最も低い値を示した。直近の漁獲物から判断して、その傾向は今後も続く可能性が高いことから、2013 年級群の 4 歳魚 (2017 年) および 5 歳魚 (2018 年) の平均体重には、過去に観測された 4 歳魚および 5 歳魚平均体重の最低値を用いた (表 4)。将来予測に用いる年齢別成熟割合は、2017 年以降の親魚量が B_{limit} を上回る状態が継続すると予測されることから、資源中・高位水準期 (1970～1986 年、2015、2016 年) の値を用いた (図 3)。

なお、2016 年の加入量が高いため、漁獲量は 2016 年級群が本格的に漁獲加入する 2018、2019 年に増加するが、2020 年には減少し、その後は $F_{30\%SPR}$ 、 F_{med} では維持あるいは増加し、 $F_{current}$ では減少する。資源量は 2017 年に一時的に増加するが、2018 年に減少し、2019 年以降は $F_{30\%SPR}$ 、 F_{med} では維持あるいは増加し、 $F_{current}$ では減少する。親魚量は、加入量が極めて高い 2013 年級群のほとんどが成熟する 2016 年に高い値を示した後、2017 年に一時的に減少するが、続いて加入量が高い 2016 年級群が成熟を開始する 2018、2019 年に親魚量が増加し、2016 年級群が 2019 年に漁獲されることにより 2020 年に再び減少した後は、 $F_{30\%SPR}$ 、 F_{med} では増加し、 $F_{current}$ では維持する。

漁獲シナリオ (管理基準)		F値	漁獲量 (千トン、年漁期)							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.28	480	417	386	455	381	450	502	518
	Limit	0.35	480	417	463	506	411	467	490	482
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.31	480	417	417	476	394	459	500	506
	Limit	0.38	480	417	498	525	420	469	478	459
現状の漁獲圧の 維持 (Fcurrent)	Target	0.37	480	417	490	521	418	469	481	465
	Limit	0.47	480	417	581	561	435	462	439	399
漁獲シナリオ (管理基準)		F値	資源量 (千トン、年漁期)							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.28	2,345	2,518	2,335	2,643	2,861	3,027	3,268	3,512
	Limit	0.35	2,345	2,518	2,335	2,501	2,555	2,589	2,666	2,726
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.31	2,345	2,518	2,335	2,586	2,736	2,847	3,017	3,181
	Limit	0.38	2,345	2,518	2,335	2,437	2,424	2,407	2,423	2,420
現状の漁獲圧の 維持 (Fcurrent)	Target	0.37	2,345	2,518	2,335	2,452	2,454	2,449	2,479	2,489
	Limit	0.47	2,345	2,518	2,335	2,286	2,134	2,014	1,916	1,806
漁獲シナリオ (管理基準)		F値	親魚量 (千トン、年漁期)							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.28	716	464	723	1,068	968	1,016	1,160	1,222
	Limit	0.35	716	464	723	986	828	853	927	920
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.31	716	464	723	1,035	911	949	1,062	1,094
	Limit	0.38	716	464	723	949	770	786	833	805
現状の漁獲圧の 維持 (Fcurrent)	Target	0.37	716	464	723	957	783	802	855	831
	Limit	0.47	716	464	723	861	644	645	641	579

Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量およびそれで達成される資源量、親魚量である。Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量およびそれで達成される資源量、親魚量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

(3) 2018 年漁期 ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

前項で設定した漁獲シナリオについて管理効果を判断するために、加入量の不確実性を考慮した資源量、親魚量、漁獲量の将来予測シミュレーションを行い、親魚量が 5 年後 (2023 年漁期当初) に 2016 年親魚量を維持する確率および Blimit を維持する確率を評価した (図 19)。シミュレーションの条件設定は補足資料 4 の通り。5 年後に Blimit を維持する確率は、F30%SPR の Limit で 99%、Fmed の Limit で 98% と高かったが、Fcurrent の Limit では 74% とやや低かった。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2018年 漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)	2023年の 親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2023年に 2016年 親魚量を 維持	2023年に Blimitを 維持
親魚量の増大* (F30%SPR)	Target	386	17	0.28 (-40%)	1,222 (809~1,584)	96	100
	Limit	463	20	0.35 (-25%)	920 (611~1,295)	76	99
親魚量の維持* (Fmed)	Target	417	18	0.31 (-35%)	1,094 (725~1,471)	91	100
	Limit	498	21	0.38 (-18%)	805 (542~1,122)	58	98
		2018年漁期 算定漁獲量 (千トン)					
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	490	21	0.37 (-20%)	831 (542~1,145)	65	98
	Limit	581	25	0.47 (±0%)	579 (377~808)	21	74
<p>コメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本系群の ABC 算定には規則 1-1) - (1)を用いた。 ・本系群は毎年の再生産成功率の変動が大きいため将来予測の不確実性大きい。 ・外国漁船による漁獲を考慮しているが、漁獲物の内容について十分な情報が得られていないため、多くの仮定を置いた資源評価となっており、資源量推定値等の不確実性大きい。このため、安全を見込んだシナリオが選択されることが望ましく、早急に外国漁船の適正な管理にも取り組むべきである。 ・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、「近年の海洋環境が当該資源の増大に不適な状態にあると認められないことから、資源を維持若しくは増大することを基本方向として管理を行うものとし、資源管理計画に基づく取組の推進を図るものとする。なお、本資源は北西太平洋公海において外国漁船によっても採捕されていることから、平成 27 年 7 月に設立された北太平洋漁業委員会 (NPFC) 等を通じて、外国漁船の適切な管理に向けた一層の取組を推進する。」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の漁獲係数であれば、資源を維持または増大させることができると考えられる。同方針に対応するシナリオには*を付した。 							

Target は、資源変動の可能性や誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量、Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。2018 年漁期は 2018 年 7 月～2019 年 6 月である。Fcurrent は 2015、2016 年の F の平均値、漁獲割合は 2018 年漁期漁獲量/資源量、F 値は各年齢の平均値である。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、Fmed を適用した。Fmed は 1970～2015 年の再生産成功率の中央値 (RPSmed: 6.8 尾/kg) に対応する F とした。2016 年の親魚量は 716 千トン。

(4) ABC の再評価

昨年度以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
<ul style="list-style-type: none"> ・2016年漁期漁獲量、体長組成、体長-体重関係、年齢-体長関係 ・2016年秋季～2017年秋季における資源量指数 	<ul style="list-style-type: none"> ・2016年漁期年齢別漁獲尾数 ・資源計算の改訂により、資源尾数、資源量、親魚量、RPS、漁獲係数等

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F 値	資源量 (千トン)	ABC limit (千トン)	ABC target (千トン)	漁獲量 (千トン) (実際の F 値)
2016年漁期 (2015年当初)	Frec	0.35	1,833	383*	320	
2016年漁期 (2016年再評価)	Fmed	0.47	1,518	397	334	
2016年漁期 (2017年再評価)	Fmed	0.38	2,345	414	351	466 (0.53)
2017年漁期 (2016年当初)	Fmed	0.47	1,618	372*	310	
2017年漁期 (2017年再評価)	Fmed	0.38	2,518	353	292	

2016年漁期は、親魚量が Blimit 以上に回復したことに伴い、管理基準を Fmed として ABC を算定した。2017年漁期は TAC 設定の根拠となった管理基準について行った。*は TAC 設定の根拠である。資源量、F 値は漁期に対する値、漁獲量は 2016年漁期の実績値である。

今年度評価より外国漁船による漁獲量を考慮したが、考慮しない場合と比較すると資源量が増加することから、単純比較できないことに留意する必要がある(補足資料 2)。

2016年漁期資源量は、2015、2016年の加入量が上方修正されたことにより 0、1 歳魚の資源量が上方修正となり、全体の資源量も上方修正された。2016年漁期 ABC は、漁獲量に占める 0、1 歳魚の割合が低いために、0、1 歳魚の資源量の上方修正の影響をほとんど受けず、わずかな上方修正に留まった。2015、2016年の加入量が上方修正されたのは、今年度評価においてチューニング指数として新たに使用した、北西太平洋北上期トロール調査 CPUE および北西太平洋秋季トロール調査 CPUE の 2015、2016年の値が高いためである。

2017年漁期資源量は、2015、2016年の加入量が上方修正されたことにより 1、2 歳魚の資源量が上方修正となり、全体の資源量も上方修正となった。2017年漁期 ABC は、2 歳魚の漁獲量は上方修正されたものの、1 歳魚の漁獲割合が低いために、1 歳魚の資源量の上方修正の影響が少ないことと、4 歳以上の年齢別平均体重の低下および年齢別選択率の低下により、4 歳以上の漁獲量が下方修正されたことにより、全体としてはやや下方修正された。

6. ABC 以外の管理方策への提言

北太平洋漁業委員会 (NPFC) に中国およびロシアから北西太平洋公海域およびロシア 200 海里水域におけるさば類漁獲量が報告されたことをうけて、これらの漁獲量を考慮した資源評価を行ったが、中国およびロシアの漁獲物の内容について十分な情報が得られていないため、様々な仮定を置いた上での資源評価となっている。資源評価の精度向上のために、漁獲量の値のみならず、年齢組成等の情報が必要であり、これらについても報告さ

れるように働きかける必要がある。

一方、北西太平洋における外国漁船による漁獲努力量を調査することを目的に、平成 26 年度から人工衛星夜間可視データを用いて外国漁船の動向を把握する取り組みを開始した（補足資料 6）いくつかの課題はあるが、将来的に努力量の変化などを定量化できる可能性がある。

Kawai et al. (2002) は、1970 年代の高水準期には未成魚への漁獲圧は低く、同じような漁獲をしていれば 1990 年代に資源は回復したと論じた。平成 17 年度までの本報告書において、1993 年以降、若齢魚（0、1 歳魚）の F が顕著に高くなったため（図 12）、未成魚段階での多獲は不合理であることを指摘し、生物学的にみた本系群の最適な漁獲開始年齢を検討し、全個体が成熟を開始する 3.5 歳が最適であるとの結論を得ている。渡邊ほか(2012) は、本系群の資源動態モデルを構築して漁期・漁場別の漁獲方策による資源管理効果を検討し、越冬場周辺における若齢魚の漁獲規制の効果が高いことを指摘している。近年は若齢魚への F が低くなっている（図 12）。資源の持続的利用のために、引き続き若齢魚に対する F の低減が望ましい。

最近の研究によって、産卵経験のある（複数回目の産卵期の）親魚（経産魚）の産む卵の方が、初回産卵（初めての産卵期）のものよりも卵質が良く、ふ化仔魚の生残率が高いことが飼育実験の結果などからわかってきた（米田ほか 2013）。加えて、高齢経産魚の方が産卵場への南下回遊が早く（渡邊 2010）、産卵期には成熟（産卵準備）が早く進み、早期（3～4 月）に産卵する傾向が強い。4 月は高水準期の本系群が集中的に産卵する時期であり（渡邊 2010）、人為的影響の無い状態での系群本来の主産卵期と言え、餌生物が多くなるブルーミング時期と一致し、カツオなどの暖水性捕食者の来遊もまだ少ない時期であることから稚仔魚の生育に適していると考えられる。高齢経産魚による好適期の良質の産卵は、年々の加入の環境変化への耐性を高める効果を持つと考えられ、加入量の増加と一定水準以上の維持を図るためには、この産卵を増加、維持させることが重要である。そのためには親魚の年齢（未産・経産魚）構成を考慮した資源評価、管理を行い、産卵経験のある高齢親魚量を確保する必要がある。

7. 引用文献

- 本間 操・佐藤祐二・宇佐美修造 (1987) コホート解析によるマサバ太平洋系群の資源量推定. 東海水研報, **121**, 1-11.
- Ichinokawa, M., H. Okamura, C. Watanabe, A. Kawabata and Y. Oozeki (2015) Effective time closures: Quantifying the conservation benefits of input control for the Pacific chub mackerel fishery. *Ecol. Appl.*, **25**, 1566-1584.
- 市野川桃子・岡村 寛 (2016) 一般化状態空間モデルで漁業動態を記述する-マサバ努力量管理効果の定量評価. 統計数理, **64**, 59-75.
- 飯塚景記 (1974) 東北海区におけるマサバ未成魚の生態-Ⅲ. 八戸沖で越冬すると推定される魚群について. 東北水研研報, **33**, 37-49.
- 飯塚景記 (2002) 1960～70 年代におけるマサバ資源と漁場. 月刊海洋, **34**, 273-279.

- Kamimura, Y., M. Takahashi, N. Yamashita, C. Watanabe and A. Kawabata (2015) Larval and juvenile growth of chub mackerel *Scomber japonicus* in relation to recruitment in the western North Pacific. *Fish. Sci.*, **81**, 505-513.
- 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.
- 加藤充宏・渡邊千夏子 (2002) マサバとゴマサバの成熟・産卵および食性. *月刊海洋*, **34**, 266-272.
- Kawai, H., A. Yatsu, C. Watanabe, T. Mitani, T. Katsukawa and H. Matsuda (2002) Recovery policy for chub mackerel stock using recruitment-per-spawning. *Fish. Sci.*, **68**, 963-971.
- 川端 淳・中神正康・巢山 哲・谷津明彦・高木香織・建田夕帆 (2006) 近年の広域名調査船調査から推定されるサバ、イワシ類の季節的分布回遊. 2006 年度水産海洋学会講演要旨集, 94.
- 川崎 健 (1965) カツオの生態と資源 (I). *水産研究叢書*, **8**, 148.
- 川崎 健 (1968) マサバ太平洋系群未成魚の生態について. *東海水研報*, **55**, 59-113.
- 小泉正行 (1992) 伊豆諸島海域で採集したサバ卵・仔稚魚・幼魚の一考察. *水産海洋研究*, **56**, 57-64.
- Konishi, K. T. Isoda, and T. Tamura (2016) Decadal change of feeding ecology in sei, Bryde's and common minke whales in the offshore of the Western North Pacific. Paper SC/F16/JR23 submitted to the JARPNII Review Workshop, Tokyo, February 2016, 19pp.
- 黒田一紀 (1992) 日本の太平洋沿岸域におけるさば属魚類の産卵期、産卵場及び産卵量水準の動向. *水産海洋研究*, **56**, 65-72.
- 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**, 256-260.
- 宮沢公雄 (1994) マサバ資源の変動とさば漁業の変遷. *水産海洋研究*, **58**, 48-49.
- 長沢和也 (1999) 黒潮・親潮移行域における魚食性魚類の分布と生態. *月刊海洋*, **346**, 245-250.
- 西田 宏・川端 淳・目黒清美・梨田一也・三谷卓美 (2001) マサバとゴマサバの分布と回遊-幼魚. *水産海洋研究*, **65**, 201.
- Oozeki, Y., A. Takasuka, H. Kubota, M. Barange (2007) Characterizing spawning habitats of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*), and Pacific round herring (*Etrumeus teres*) in the northwestern Pacific. *CalCOFI Reports*, **48**, 191-203.
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Com. Northw. Atl. Fish. Bull.*, **9**, 65-74.
- Takahashi, M., A. Kawabata, C. Watanabe, M. Yoneda, D. Ambe, and T. Okunishi (2012) Migratory behavior and recruitment process of the Pacific stock of chub mackerel *Scomber japonicus*. *PICES-2012 Program and Abstracts*, 111.
- 高橋正知・渡邊千夏子・川端 淳・西田 宏・安倍大介・奥西 武・山下紀生・森 賢・橋本 浩・池上直也・森 訓由・岡部 久・斉藤真美 (2010) 粒子追跡を用いたマサ

- バ太平洋系群当歳魚の産卵場からの輸送過程とその成長 (2004~2007 年). 2010 年度水産海洋学会大会講演要旨集, 71.
- Tamura, T., Y. Fujise, and K. Shimazaki (1998) Diet of minke whales *Balaenoptera auctorostrata* in the Northwestern part of the North Pacific in summer, 1994 and 1995. *Fish. Sci.*, **64**, 71-76.
- Tamura, T., K. Konishi, and T. Isoda (2016) Updated estimation of prey consumption by common minke, Bryde's and sei whales in the western North Pacific. Paper SC/F16/JR15 submitted to the JARPNII Review Workshop, Tokyo, February 2016, 58pp.
- 渡邊千夏子 (2010) マサバ太平洋系群の繁殖特性の変化とその個体群動態への影響. *水産海洋研究*, **74**, 46-50.
- 渡邊千夏子・須田真木・赤嶺達郎・川端 淳・西田 宏 (2012) 許容漁獲量の時空間的配分がマサバ太平洋系群の資源動態に与える影響. *日水誌*, **78**, 15-26.
- Watanabe, C. and A. Yatsu (2004) Effects of density-dependence and sea surface temperature on inter-annual variation in length-at-age of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the Kuroshio-Oyashio area during 1970-1997. *Fish. Bull.*, **102**, 196-206.
- Watanabe, C. and A. Yatsu (2006) Long-term changes in maturity at age of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in relation to population declines in the waters off northeastern Japan. *Fish. Res.*, **78**, 323-332.
- 米田道夫・北野 載・松山倫也・高橋正知・川端 淳・清水昭男 (2013) マサバの加入機構に関する実験アプローチ: 初期生態に及ぼす母性効果と水温影響. 2012 年度春季水産海洋シンポジウム (魚種交替のシンテシス-気候変動による海洋生態系・浮魚資源変動機構およびその科学的理解に基づく社会への貢献) 要旨集, 10.
- 米田道夫・北野 載・S. Selvaraj・入路光雄・川村耕平・松山倫也・清水昭男 (2010) マサバ2歳魚の卵サイズの変化が仔魚の成長と生残に及ぼす影響. 2010 年度水産海洋学会大会講演要旨集, 47.

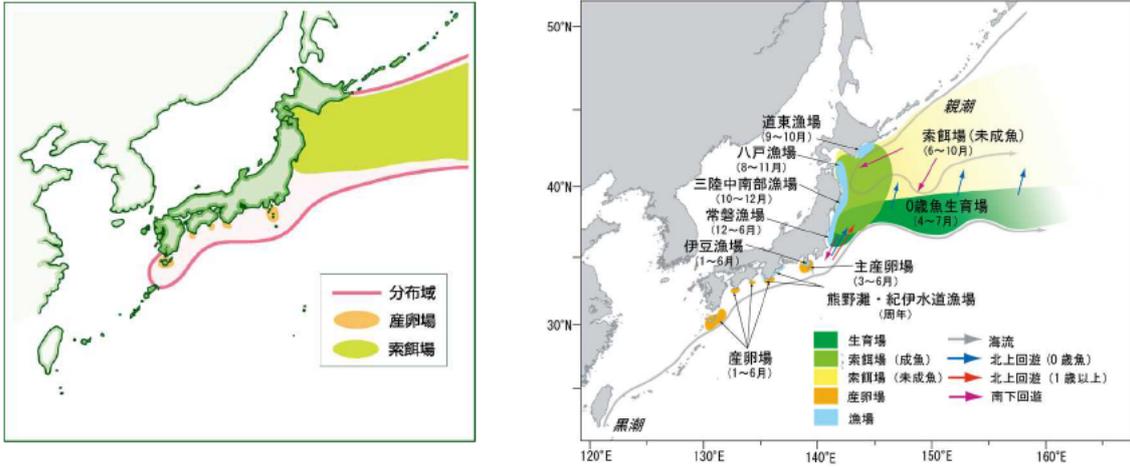


図1. 分布・回遊、生活史と漁場形成の模式図

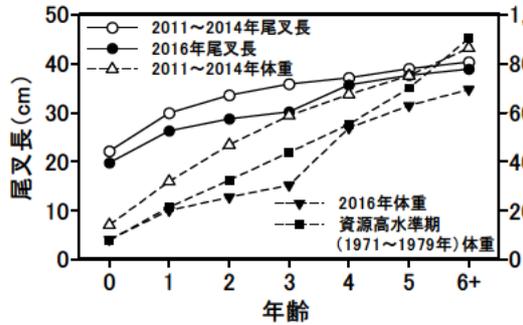


図2. 年齢と成長 (漁獲物の平均値)

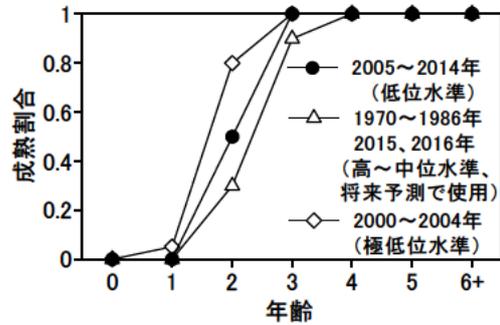


図3. 年齢と成熟割合

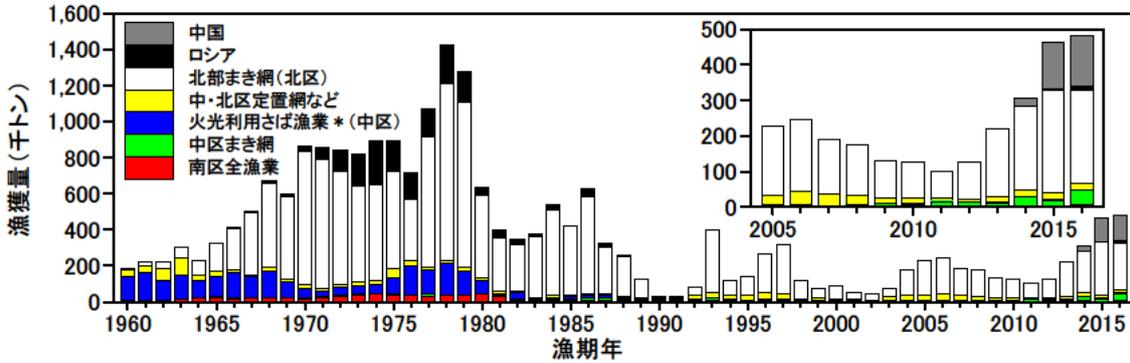


図4. 漁業種類別漁獲量の推移 *火光利用サバ漁業：たもすくい、棒受網。
2014年以降の中国およびロシアの漁獲量はNPFCに報告された値を記載した。

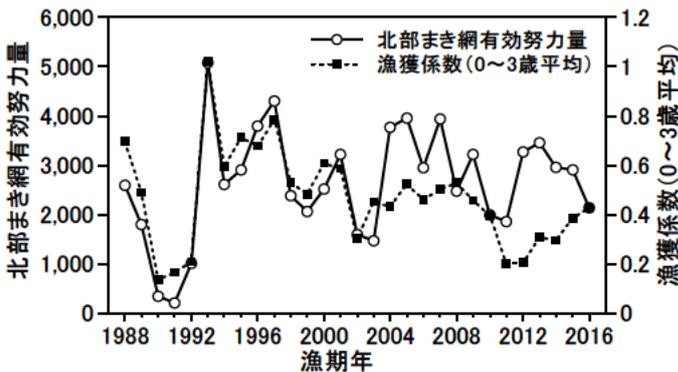


図5. 北部まき網漁業のさば類に対する有効努力量 (左軸。JAFIC資料。補足資料5) と0~3歳魚の平均漁獲係数 (右軸)

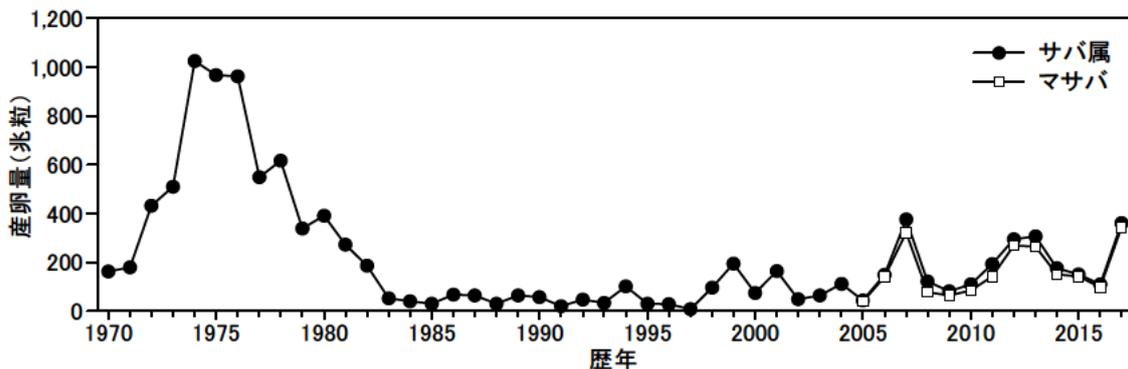


図6. 本邦太平洋側におけるサバ属の産卵量 2005年以降はマサバを分けて示した。2017年は1~6月までの値。

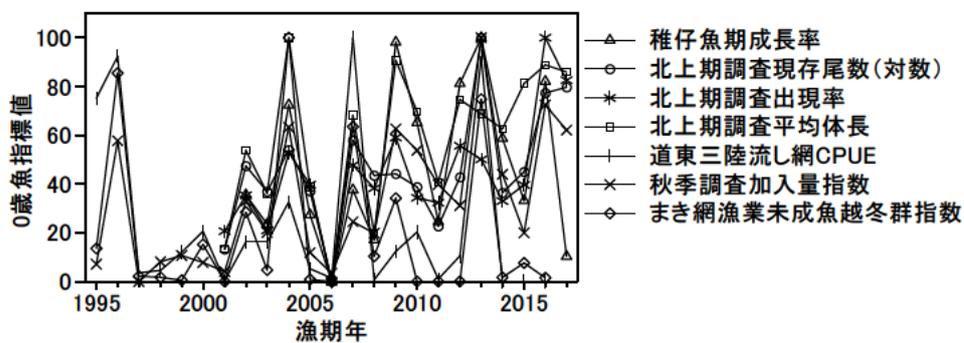


図7. 各種調査(補足資料5)による加入量の指標値の推移(指標値の最大値を100、最小値を0とした場合の相対値)

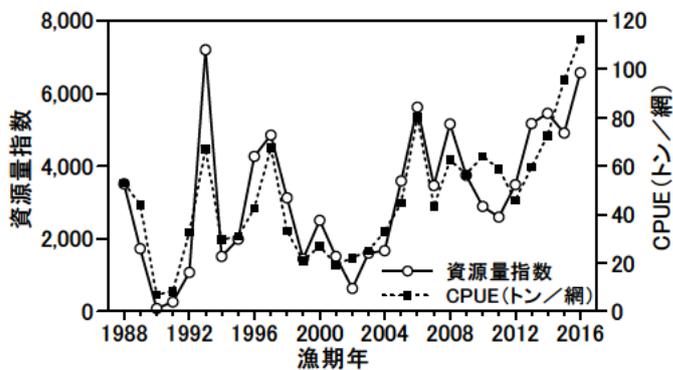


図8. 北部太平洋まき網漁業のさば類CPUEと資源量指数の推移 (JAFIC資料。補足資料5)

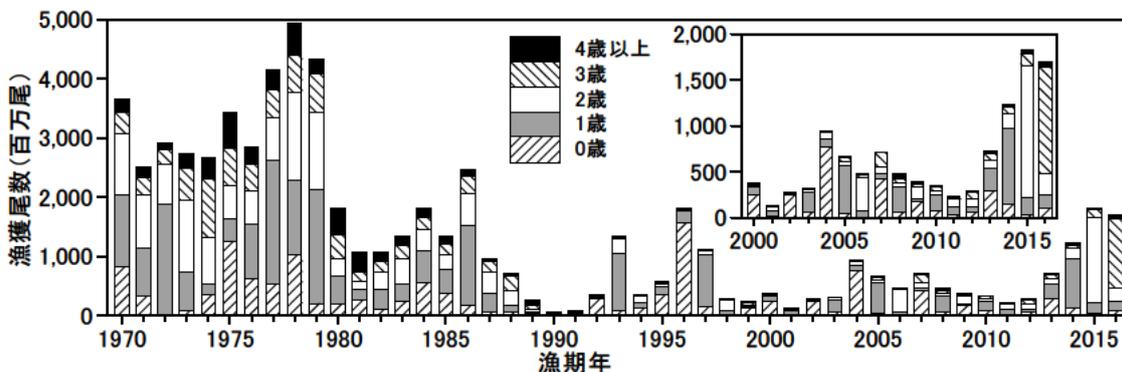


図9. 年齢別漁獲尾数

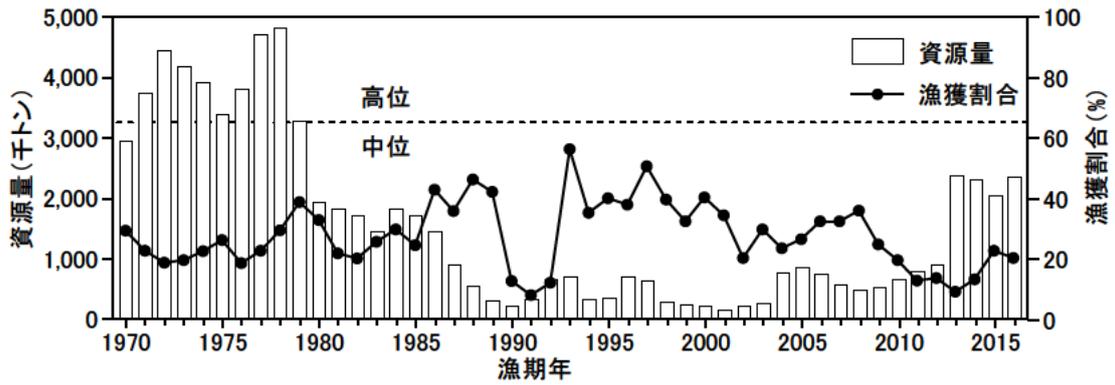


図 10. 資源量と漁獲割合の推移 点線は資源水準の高-中位区分の目安を示す。

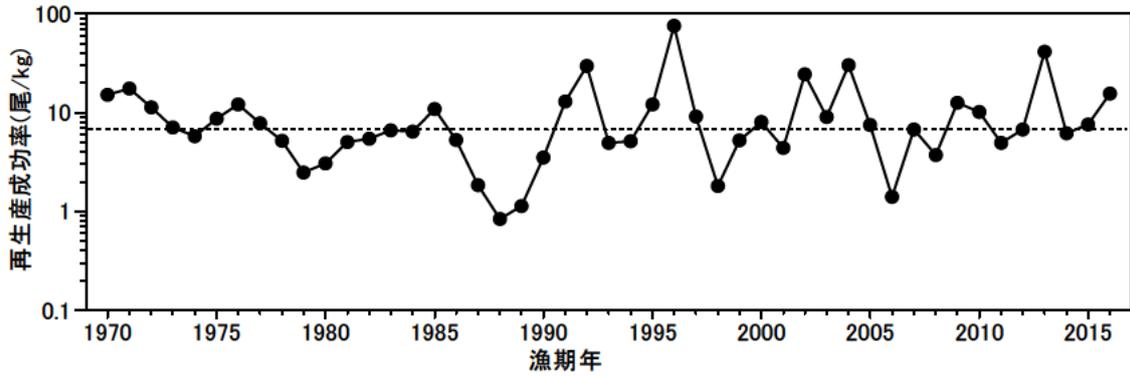


図 11. 再生産成功率 (RPS) の推移 点線は中央値 (6.8 尾/kg)。

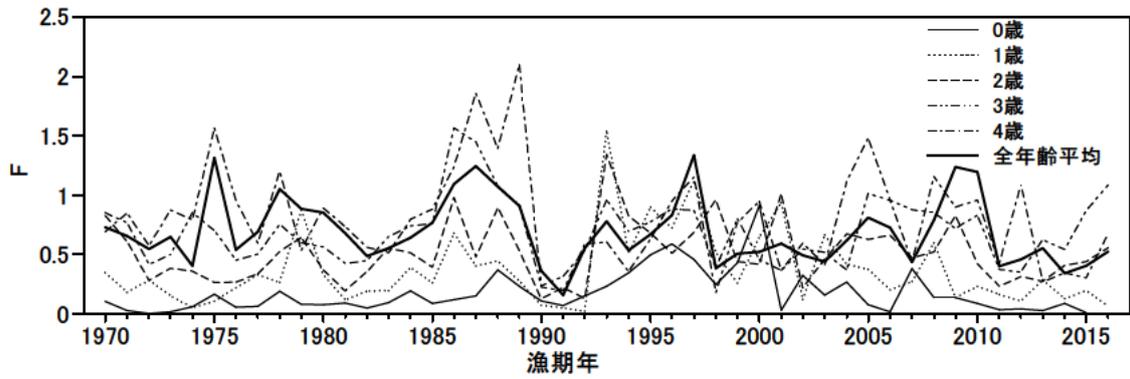


図 12. 漁獲係数 F の推移

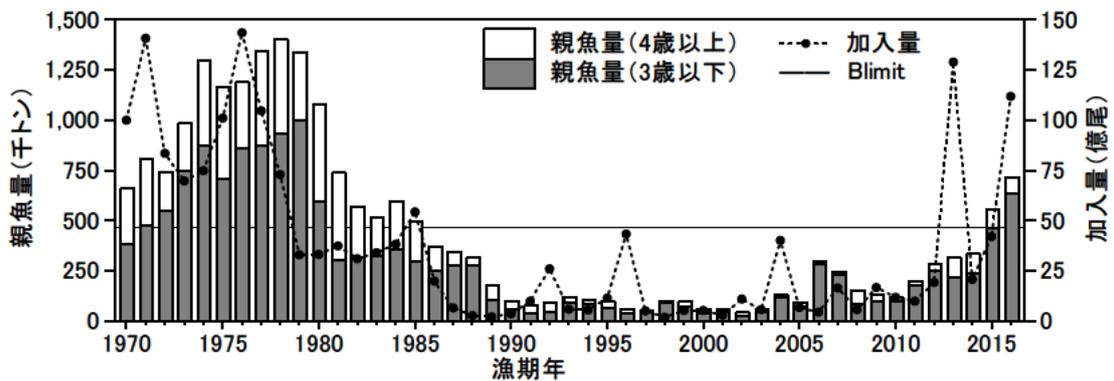


図 13. 親魚量と加入量の推移

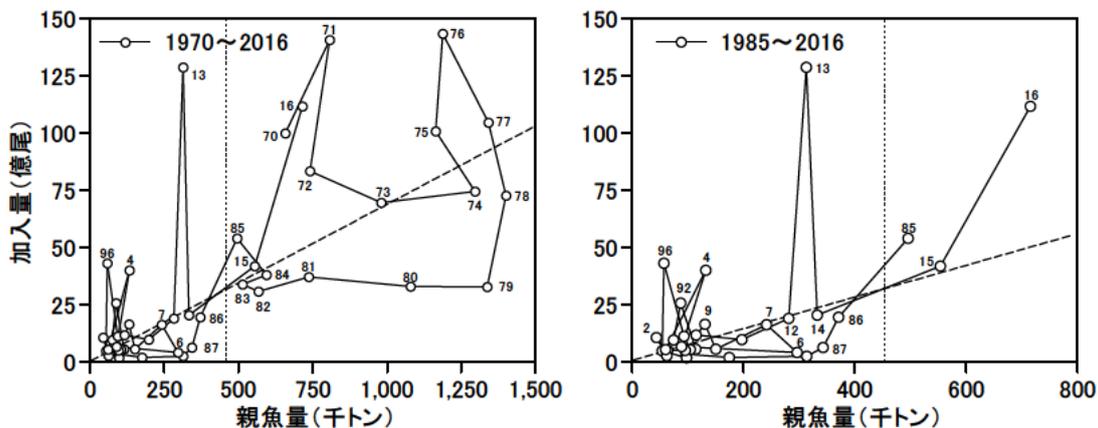


図 14. 親魚量と加入量の関係 点線は Blimit (親魚量 450 千トン)、破線は将来予測に用いた関係 (RPS 中央値 (1970~2015 年) : 6.8 尾/kg) をそれぞれ示す。

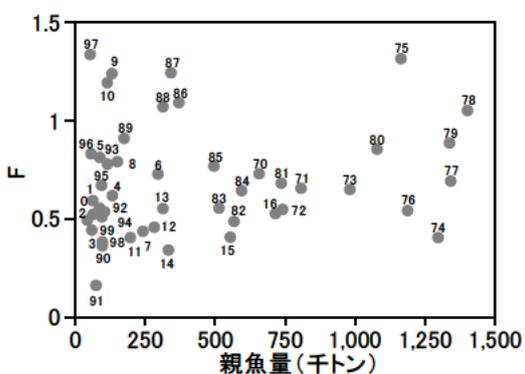


図 15. 親魚量と漁獲係数 F の関係

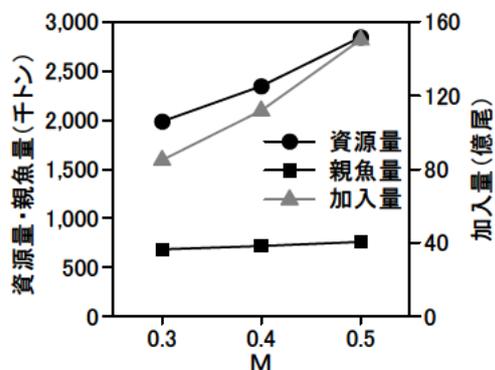


図 16. 自然死亡係数 (M) の違いによる 2016 年漁期の資源量、親魚量および加入量

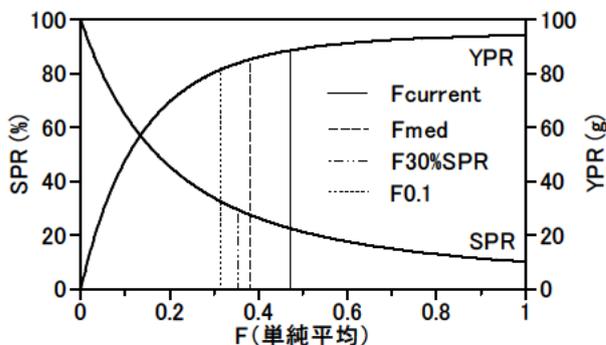


図 17. 漁獲係数 F と %SPR、YPR の関係

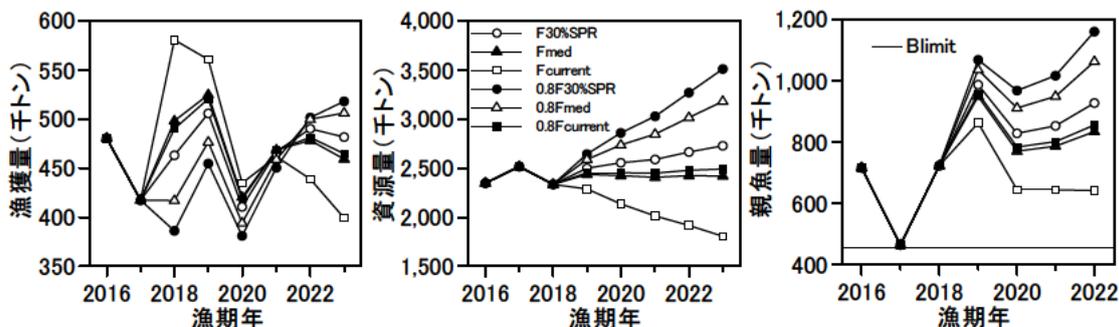


図 18. 各漁獲シナリオの F において予測される漁獲量、資源量および親魚量

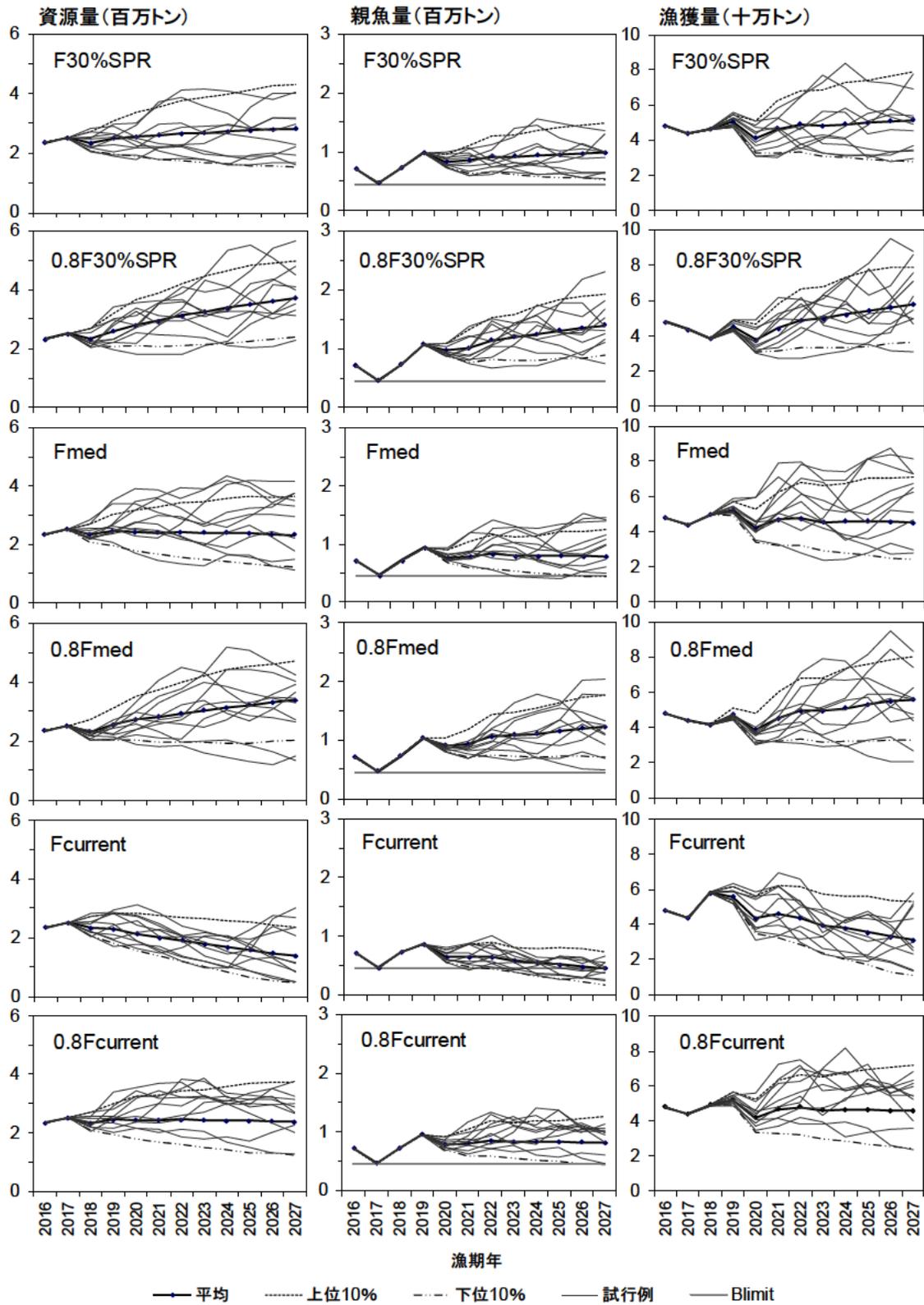


図 19. 各漁獲シナリオでの加入量の不確実性を考慮した資源量、親魚量および漁獲量の将来予測 1,000 回の試行による平均値と上下側 10% の値。灰細線は 1,000 回のうち任意の 10 回の試行を示す。

表 1. 漁業種類・海区别漁獲量 (トン) *火光利用サバ漁業：たもすくい、棒受網

漁期年 7月～ 翌年6月	合計	日本 合計	太平洋北・中区					南区 全漁業	
			ロシア	中国	北区 まき網	定置網 等	火光利用 サバ漁業*		中区 まき網
1970	865,471	833,471	32,000	-	733,494	25,319	52,415	4,072	18,171
1971	855,109	793,109	62,000	-	715,905	14,115	31,986	7,253	23,849
1972	845,177	722,572	122,604	-	626,753	12,463	47,507	7,414	28,435
1973	821,531	638,536	182,996	-	527,106	20,188	49,180	7,308	34,753
1974	889,406	649,406	240,000	-	529,706	24,345	47,244	4,535	43,577
1975	896,611	722,805	173,806	-	540,113	46,915	89,945	6,370	39,461
1976	715,078	570,435	144,643	-	345,519	29,261	154,132	5,468	36,055
1977	1,070,984	912,950	158,034	-	722,035	15,933	133,046	9,250	32,686
1978	1,427,837	1,207,487	220,350	-	974,295	17,734	177,393	3,942	34,123
1979	1,275,041	1,104,013	171,028	-	911,006	23,234	130,929	4,347	34,497
1980	637,015	589,399	47,616	-	454,159	15,900	73,075	3,342	42,924
1981	398,394	356,046	42,348	-	298,344	11,811	9,855	4,036	32,001
1982	347,229	317,275	29,954	-	254,320	10,854	35,196	6,325	10,580
1983	378,130	364,628	13,502	-	338,760	8,299	915	6,147	10,506
1984	542,636	513,119	29,517	-	479,173	13,738	4,723	5,473	10,011
1985	422,432	419,724	2,708	-	384,355	5,959	14,196	11,457	3,758
1986	626,925	585,023	41,902	-	540,716	6,263	16,253	12,343	9,448
1987	326,549	305,635	20,914	-	259,765	5,214	21,442	7,658	11,555
1988	258,616	250,914	7,703	-	223,576	5,053	7,095	9,851	5,338
1989	125,291	125,291	-	-	101,051	1,747	8,420	7,610	6,463
1990	27,767	27,767	-	-	7,886	3,615	2,088	6,784	7,395
1991	26,385	26,385	-	-	5,321	1,958	4,924	5,129	9,052
1992	81,493	81,493	-	-	46,727	20,165	2,505	4,766	7,329
1993	397,959	397,959	-	-	348,663	27,732	1,596	15,202	4,766
1994	117,336	117,336	-	-	76,263	23,039	1,757	12,011	4,267
1995	140,569	140,569	-	-	104,151	25,503	1,591	4,862	4,461
1996	269,122	269,122	-	-	217,419	35,861	43	3,655	12,145
1997	318,407	318,407	-	-	275,169	27,874	1,661	9,579	4,124
1998	114,796	114,796	-	-	99,789	10,079	436	3,052	1,440
1999	76,512	76,512	-	-	51,193	18,581	43	3,515	3,181
2000	91,192	91,192	-	-	72,102	15,236	0	2,275	1,579
2001	52,896	52,896	-	-	40,432	8,616	0	1,390	2,458
2002	46,745	46,745	-	-	35,753	8,492	44	1,476	979
2003	75,559	75,559	-	-	48,429	21,822	84	920	4,304
2004	181,144	181,144	-	-	143,135	29,665	189	6,257	1,898
2005	226,256	226,256	-	-	193,026	27,596	388	1,769	3,477
2006	245,091	245,091	-	-	202,515	35,291	2,950	2,492	1,842
2007	188,373	188,373	-	-	151,563	31,996	721	1,690	2,402
2008	176,360	176,360	-	-	144,864	25,159	1,065	2,701	2,571
2009	130,228	130,228	-	-	106,561	12,442	939	5,792	4,494
2010	127,877	127,877	-	-	103,747	14,642	2,540	4,127	2,821
2011	102,020	102,020	-	-	78,163	5,369	2,772	13,048	2,668
2012	125,645	125,645	-	-	102,865	7,611	2,105	9,020	4,044
2013	220,671	220,671	-	-	191,576	7,730	2,766	16,018	2,581
2014	306,992	282,318	45	24,629	233,560	23,936	2,939	17,620	4,263
2015	465,091	329,779	466	134,846	289,416	15,689	4,506	17,296	2,872
2016	480,298	328,062	9,242	142,994	260,836	39,720	1,605	17,928	7,973

表 2. コホート計算結果

漁期年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1970	865	2,938	657	9,998	29	15.2
1971	855	3,737	807	14,084	23	17.5
1972	845	4,454	741	8,345	19	11.3
1973	822	4,171	981	6,958	20	7.1
1974	889	3,917	1,296	7,462	23	5.8
1975	897	3,391	1,164	10,095	26	8.7
1976	715	3,803	1,188	14,344	19	12.1
1977	1,071	4,699	1,341	10,460	23	7.8
1978	1,428	4,826	1,401	7,283	30	5.2
1979	1,275	3,276	1,337	3,291	39	2.5
1980	637	1,932	1,079	3,302	33	3.1
1981	398	1,810	737	3,725	22	5.1
1982	347	1,706	567	3,084	20	5.4
1983	378	1,464	514	3,397	26	6.6
1984	543	1,816	595	3,805	30	6.4
1985	422	1,713	496	5,410	25	10.9
1986	627	1,455	371	1,962	43	5.3
1987	327	909	343	630	36	1.8
1988	259	558	314	263	46	0.8
1989	125	295	175	199	42	1.1
1990	28	215	97	342	13	3.5
1991	26	320	74	965	8	13.0
1992	81	665	87	2,581	12	29.5
1993	398	705	114	565	56	4.9
1994	117	332	105	536	35	5.1
1995	141	350	94	1,126	40	12.0
1996	269	705	57	4,321	38	75.4
1997	318	628	54	489	51	9.1
1998	115	288	98	176	40	1.8
1999	77	235	96	504	33	5.3
2000	91	225	64	514	41	8.1
2001	53	153	63	276	35	4.4
2002	47	228	44	1,071	20	24.5
2003	76	252	60	545	30	9.0
2004	181	763	132	4,001	24	30.2
2005	226	849	89	665	27	7.5
2006	245	752	296	417	33	1.4
2007	188	578	241	1,633	33	6.8
2008	176	488	151	560	36	3.7
2009	130	522	131	1,652	25	12.6
2010	128	648	115	1,171	20	10.2
2011	102	783	197	979	13	5.0
2012	126	912	282	1,899	14	6.7
2013	221	2,377	313	12,887	9	41.2
2014	307	2,301	333	2,045	13	6.1
2015	465	2,037	554	4,194	23	7.6
2016	480	2,345	716	11,168	20	15.6

表 3. 2017 年漁期以降の資源尾数等

2017 年漁期は Fcurrent (2015、2016 年漁期の平均) を仮定し、2018 年漁期以降は親魚量の増大 (F30%SPR)、親魚量の維持 (Fmed)、現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent) およびそれぞれのシナリオの予防的措置を講じた F で漁獲した場合に予測される 2017~2023 年漁期の年齢別漁獲係数、資源尾数、資源量、漁獲尾数、漁獲量。

表 3-1. F30%SPR、0.8F30%SPR の場合

年齢別漁獲係数 (F)		F30%SPR							0.8F30%SPR						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1歳		0.13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.13	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
2歳		0.50	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.50	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
3歳		0.98	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.98	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
4歳		0.49	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.49	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
5歳		0.58	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.58	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
6歳以上		0.58	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.58	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
平均		0.47	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.47	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
年齢別資源尾数 (百万尾)		F30%SPR							0.8F30%SPR						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		3,133	4,879	6,656	5,592	5,759	6,256	6,214	3,133	4,879	7,212	6,536	6,860	7,831	8,250
1歳		7,407	2,079	3,246	4,428	3,720	3,831	4,162	7,407	2,079	3,251	4,805	4,355	4,570	5,218
2歳		1,749	4,359	1,264	1,974	2,694	2,263	2,331	1,749	4,359	1,289	2,016	2,980	2,701	2,835
3歳		266	712	2,015	584	913	1,245	1,046	266	712	2,170	642	1,004	1,484	1,345
4歳		484	67	230	652	189	295	403	484	67	266	812	240	376	555
5歳		26	199	31	107	303	88	137	26	199	34	133	406	120	188
6歳以上		22	18	94	55	70	163	109	22	18	103	65	94	238	170
計		13,086	12,312	13,537	13,392	13,648	14,141	14,401	13,086	12,312	14,325	15,009	15,939	17,320	18,561
年齢別資源量 (千トン)		F30%SPR							0.8F30%SPR						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		272	424	578	486	501	544	540	272	424	627	568	596	681	717
1歳		1,472	413	645	880	739	761	827	1,472	413	646	955	865	908	1,037
2歳		429	1,070	310	485	661	555	572	429	1,070	316	495	731	663	696
3歳		98	263	744	216	337	460	386	98	263	802	237	371	548	497
4歳		214	39	135	382	111	173	236	214	39	156	476	141	220	325
5歳		16	113	19	67	189	55	86	16	113	21	83	254	75	117
6歳以上		16	13	69	40	51	118	79	16	13	75	47	68	172	123
計		2,518	2,335	2,501	2,555	2,589	2,666	2,726	2,518	2,335	2,643	2,861	3,027	3,268	3,512
親魚量		464	723	986	828	853	927	920	464	723	1,068	968	1,016	1,160	1,222
年齢別漁獲尾数 (百万尾)		F30%SPR							0.8F30%SPR						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		26	30	41	35	36	39	39	26	24	36	33	34	39	41
1歳		741	157	246	335	282	290	315	741	127	199	294	266	280	319
2歳		562	1,108	321	502	685	575	592	562	918	271	425	628	569	597
3歳		136	302	854	248	387	528	443	136	258	785	232	363	537	487
4歳		153	17	58	163	47	74	101	153	14	55	168	50	78	115
5歳		9	57	9	31	87	25	39	9	47	8	32	97	29	45
6歳以上		8	5	27	16	20	47	31	8	4	25	15	22	57	41
計		1,636	1,676	1,556	1,329	1,543	1,578	1,561	1,636	1,393	1,379	1,199	1,461	1,588	1,644
年齢別漁獲量 (千トン)		F30%SPR							0.8F30%SPR						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		2	3	4	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	4
1歳		147	31	49	67	56	58	63	147	25	40	58	53	56	63
2歳		138	272	79	123	168	141	145	138	225	67	104	154	140	147
3歳		50	111	315	91	143	195	164	50	95	290	86	134	198	180
4歳		68	10	34	96	28	43	59	68	8	32	99	29	46	67
5歳		6	32	6	19	54	16	25	6	27	5	20	61	18	28
6歳以上		6	4	20	11	15	34	23	6	3	18	11	16	41	29
計		417	463	506	411	467	490	482	417	386	455	381	450	502	518
漁獲割合		17%	20%	20%	16%	18%	18%	18%	17%	17%	17%	13%	15%	15%	15%

表 3-2. Fmed、0.8Fmed の場合

年齢別漁獲係数 (F)		Fmed							0.8Fmed							
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
0歳		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
1歳		0.13	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
2歳		0.50	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.50	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	
3歳		0.98	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.98	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	
4歳		0.49	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.49	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	
5歳		0.58	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.58	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
6歳以上		0.58	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.58	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
平均		0.47	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.47	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	
年齢別資源尾数 (百万尾)																
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
0歳		3,133	4,879	6,405	5,196	5,307	5,625	5,434	3,133	4,879	6,991	6,148	6,404	7,173	7,385	
1歳		7,407	2,079	3,243	4,257	3,454	3,528	3,739	7,407	2,079	3,249	4,655	4,094	4,264	4,776	
2歳		1,749	4,359	1,253	1,955	2,566	2,082	2,126	1,749	4,359	1,280	2,000	2,865	2,520	2,625	
3歳		266	712	1,944	559	872	1,144	928	266	712	2,109	619	968	1,386	1,219	
4歳		484	67	214	586	168	263	345	484	67	252	746	219	342	490	
5歳		26	199	30	96	263	76	118	26	199	33	122	363	106	166	
6歳以上		22	18	91	50	61	135	88	22	18	100	61	84	205	143	
計		13,086	12,312	13,179	12,699	12,691	12,852	12,778	13,086	12,312	14,011	14,351	14,997	15,997	16,805	
年齢別資源量 (千トン)																
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
0歳		272	424	557	452	461	489	472	272	424	608	534	557	623	642	
1歳		1,472	413	644	846	686	701	743	1,472	413	645	925	813	847	949	
2歳		429	1,070	307	480	630	511	522	429	1,070	314	491	703	619	644	
3歳		98	263	718	206	322	423	343	98	263	779	229	357	512	450	
4歳		214	39	126	343	99	154	202	214	39	148	437	128	201	287	
5歳		16	113	19	60	164	47	74	16	113	20	76	227	67	104	
6歳以上		16	13	66	37	44	98	64	16	13	72	44	61	149	104	
計		2,518	2,335	2,437	2,424	2,407	2,423	2,420	2,518	2,335	2,586	2,736	2,847	3,017	3,181	
親魚量		464	723	949	770	786	833	805	464	723	1,035	911	949	1,062	1,094	
年齢別漁獲尾数 (百万尾)																
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
0歳		26	33	44	35	36	38	37	26	27	38	34	35	39	40	
1歳		741	172	268	352	286	292	309	741	139	217	311	274	285	319	
2歳		562	1,195	343	536	703	571	583	562	993	292	456	653	574	598	
3歳		136	321	876	252	393	516	418	136	275	816	239	374	536	472	
4歳		153	18	58	158	45	71	93	153	15	56	167	49	77	110	
5歳		9	61	9	30	81	23	36	9	51	8	32	94	27	43	
6歳以上		8	6	28	16	19	42	27	8	5	26	16	22	53	37	
計		1,636	1,806	1,626	1,378	1,563	1,552	1,504	1,636	1,505	1,453	1,254	1,500	1,592	1,619	
年齢別漁獲量 (千トン)																
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
0歳		2	3	4	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	4	
1歳		147	34	53	70	57	58	61	147	28	43	62	54	57	63	
2歳		138	293	84	131	173	140	143	138	244	72	112	160	141	147	
3歳		50	119	324	93	145	190	155	50	102	301	88	138	198	174	
4歳		68	11	34	93	27	42	55	68	9	33	98	29	45	64	
5歳		6	35	6	19	51	15	23	6	29	5	20	58	17	27	
6歳以上		6	4	20	11	14	30	20	6	3	19	11	16	38	27	
計		417	498	525	420	469	478	459	417	417	476	394	459	500	506	
漁獲割合		17%	21%	22%	17%	19%	20%	19%	17%	18%	18%	14%	16%	17%	16%	

表 3-3. Fcurrent、0.8Fcurrent の場合

年齢別漁獲係数 (F)		Fcurrent							0.8Fcurrent						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1歳		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2歳		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
3歳		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
4歳		0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
5歳		0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
6歳以上		0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
平均		0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37

年齢別資源尾数 (百万尾)		Fcurrent							0.8Fcurrent						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		3,133	4,879	5,816	4,345	4,351	4,326	3,907	3,133	4,879	6,464	5,288	5,411	5,769	5,610
1歳		7,407	2,079	3,237	3,859	2,883	2,887	2,870	7,407	2,079	3,244	4,298	3,515	3,598	3,836
2歳		1,749	4,359	1,223	1,905	2,271	1,697	1,699	1,749	4,359	1,255	1,959	2,596	2,123	2,173
3歳		266	712	1,774	498	775	924	691	266	712	1,960	565	881	1,167	955
4歳		484	67	179	447	125	195	233	484	67	218	601	173	270	358
5歳		26	199	27	74	184	52	80	26	199	30	99	272	78	122
6歳以上		22	18	81	41	43	85	51	22	18	91	51	63	141	93
計		13,086	12,312	12,339	11,169	10,633	10,166	9,531	13,086	12,312	13,264	12,860	12,912	13,147	13,146

年齢別資源量 (千トン)		Fcurrent							0.8Fcurrent						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		272	424	505	378	378	376	340	272	424	562	460	470	501	488
1歳		1,472	413	643	767	573	574	570	1,472	413	644	854	698	715	762
2歳		429	1,070	300	468	557	416	417	429	1,070	308	481	637	521	533
3歳		98	263	655	184	286	341	255	98	263	724	209	326	431	353
4歳		214	39	105	262	74	115	137	214	39	128	352	101	158	210
5歳		16	113	17	46	115	32	50	16	113	19	62	170	49	76
6歳以上		16	13	59	30	31	62	37	16	13	66	37	46	103	67
計		2,518	2,335	2,286	2,134	2,014	1,916	1,806	2,518	2,335	2,452	2,454	2,449	2,479	2,489
親魚量		464	723	861	644	645	641	579	464	723	957	783	802	855	831

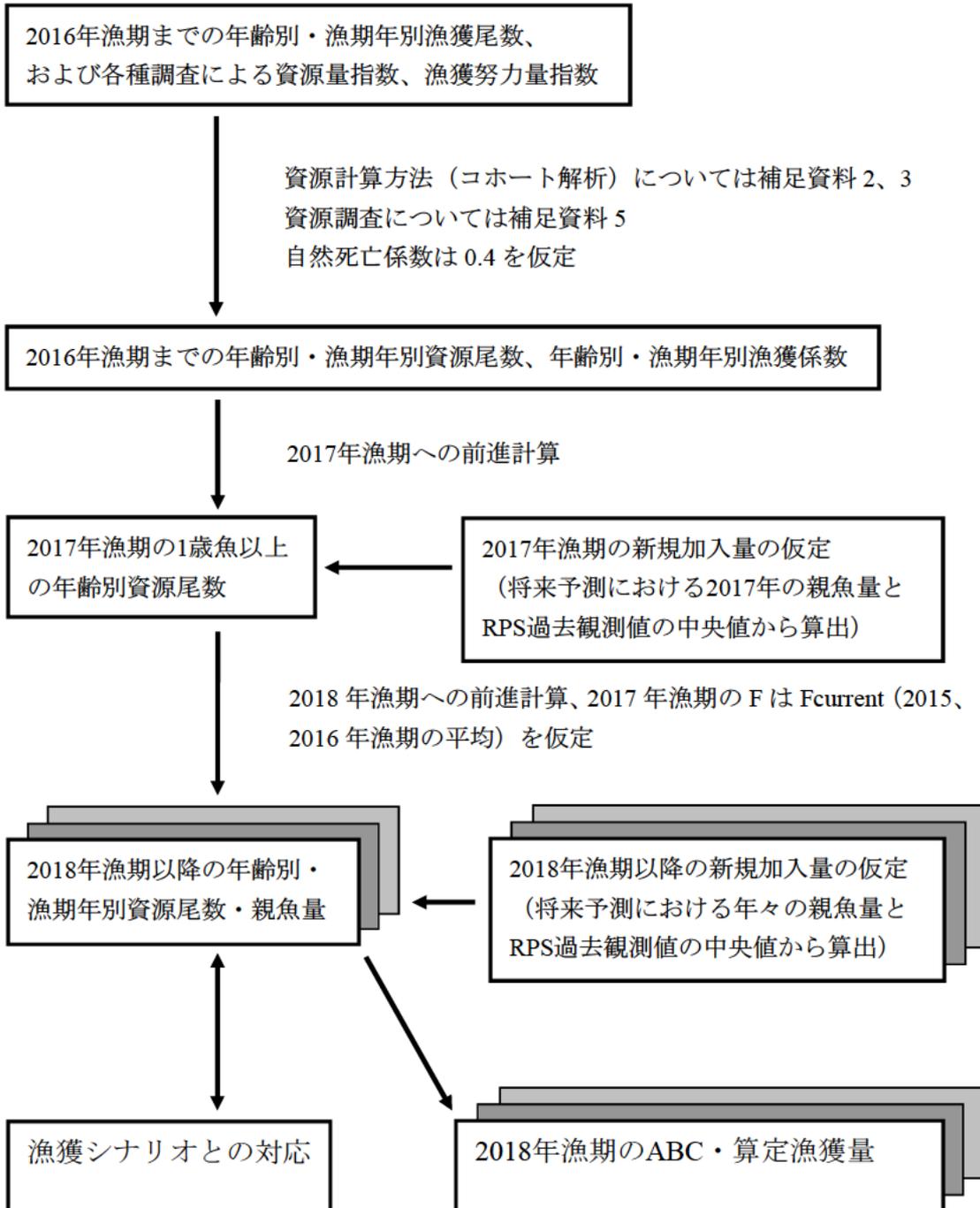
年齢別漁獲尾数 (百万尾)		Fcurrent							0.8Fcurrent						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		26	41	49	36	36	36	33	26	33	43	35	36	39	37
1歳		741	208	324	386	288	289	287	741	168	263	348	285	291	311
2歳		562	1,402	393	613	730	546	546	562	1,174	338	528	699	572	585
3歳		136	364	907	254	396	472	353	136	316	871	251	392	519	424
4歳		153	21	57	142	40	62	74	153	18	58	159	46	72	95
5歳		9	72	10	27	66	19	29	9	60	9	30	83	24	37
6歳以上		8	7	29	15	15	31	18	8	6	28	16	19	43	28
計		1,636	2,113	1,768	1,472	1,572	1,454	1,340	1,636	1,775	1,610	1,367	1,560	1,559	1,518

年齢別漁獲量 (千トン)		Fcurrent							0.8Fcurrent						
年齢\漁期年		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳		2	4	4	3	3	3	3	2	3	4	3	3	3	3
1歳		147	41	64	77	57	57	57	147	33	52	69	57	58	62
2歳		138	344	97	150	179	134	134	138	288	83	130	172	140	144
3歳		50	134	335	94	146	174	130	50	117	322	93	145	192	157
4歳		68	12	33	83	23	36	43	68	10	34	94	27	42	56
5歳		6	41	6	17	41	12	18	6	34	6	19	52	15	23
6歳以上		6	5	21	11	11	22	13	6	4	20	11	14	31	20
計		417	581	561	435	462	439	399	417	490	521	418	469	481	465
漁獲割合		17%	25%	25%	20%	23%	23%	22%	17%	21%	21%	17%	19%	19%	19%

表 4. ABC 算定および将来予測における各年齢の体重、成熟割合

項目\年齢	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上
体重 (g)	87	199	246	369	586	625	727
2013 年級群体重 (g)	—	—	—	302	443	567	727
成熟割合 (%)	0	0	30	90	100	100	100

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

本系群は北大西洋漁業委員会 (NPFC) の対象魚種であり、今後、国際的な枠組みの中で資源評価が行われる可能性がある。また、昨年度まで使用していたチューニング指数が加入量の多寡を良く指標しない傾向が見られてきている。それらに対応するため、昨年度の資源評価から以下の3点について大きな変更を行った：(1) 近年の外国（中国・ロシア）の漁獲量の考慮、(2) チューニング手法の変更、(3) チューニング指標値の選定。これらの詳細について、以下に記す。

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（補足資料 7）。7月～翌年6月の漁期年単位とし、親魚は6月に産卵、子は7月に漁獲加入し、漁期の中央（12月）に漁獲されると仮定した。自然死亡係数（M）は本間ほか（1987）に基づき0.4/年とした。年齢別漁獲尾数は、宮崎県～北海道太平洋側における主要漁業および外国による漁獲物について求めた。2014年以降の中国およびロシアの漁獲物の年齢組成は、中国およびロシア漁船が操業している海域に最も近い海域で操業している、太平洋北部まき網の7～12月の漁獲物の年齢組成と同じと仮定した。6歳以上はまとめて6+歳（プラスグループ）とした。プラスグループの計算については平松（1999）の方法を用いた。

年齢別年齢別資源尾数を（1～3）式により計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad \text{※} a \leq 4 \text{ の場合} \quad (1)$$

$$N_{5,y} = \frac{C_{5,y}}{C_{5,y} + C_{6+,y}} N_{6+,y} \exp(M) + C_{5,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (2)$$

$$N_{6+,y} = \frac{C_{6+,y}}{C_{5,y} + C_{6+,y}} N_{6+,y} \exp(M) + C_{6+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (3)$$

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。最近年（2016年）の年齢別資源尾数は最近年の漁獲係数 $F_{a,2016}$ （ターミナル F）を用いて（4）式より計算した。

$$N_{a,2016} = \frac{C_{a,2016} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2016})} \quad (4)$$

ターミナル F 以外の漁獲係数 F は（5）式によった。

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

$F_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の漁獲係数である。プラスグループの F は全ての年で最高齢-1歳の F と等しいとした（平松 1999、(6) 式）。

$$F_{6+,y} = F_{5,y} \quad (6)$$

最近年の 0～5 歳の F ($F_{0,2016} \sim F_{5,2016}$) を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、加入量および親魚量を反映すると考える 4 系列の指標値（補足表 2-1）を用いた。ターミナル F の推定値を安定化させるために、リッジ VPA (Okamura et al. 2017) をコホート解析に適用した。これは (7) 式で表されるように負の対数尤度にペナルティ項を加えた関数を最小化することでターミナル F を求める手法である。

$$\text{最小} \quad (1 - \lambda) \sum_{k=1}^4 \sum_y \left[\frac{\ln(2\pi\sigma_k^2)}{2} + \frac{\{\ln(I_{k,y}) - \ln(q_k X_{k,y}^{b_k})\}^2}{2\sigma_k^2} \right] + \lambda \sum_{a=0}^5 F_{a,2016}^2 \quad (7)$$

λ はリッジ回帰におけるペナルティの大きさを表し、0 から 1 の間の値をとる。 σ_k^2 は指標 k の分散を、 $I_{k,y}$ は指標 k の y 年の値をそれぞれ表す。 q_k は指標 k の比例定数であり、 $X_{k,y}$ はコホート解析から計算される y 年における指標 k の対象（加入量、親魚量）の値であり、 b_k は指標値と VPA の推定値の関係における非線形性を表す係数である。 σ_k^2 、 q_k および b_k は、それぞれ以下の (8~10) 式で推定した。

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{n_k} \sum_y \{\ln(I_{k,y}) - \ln(q_k X_{k,y}^{b_k})\}^2 \quad (8)$$

$$q_k = \exp \left\{ \frac{1}{n_k} \sum_y \ln \left(\frac{I_{k,y}}{X_{k,y}^{b_k}} \right) \right\} \quad (9)$$

$$b_k = \frac{\text{Cov}[\ln(I_k), \ln(X_k)]}{V[\ln(X_k)]} \quad (10)$$

ここで n_k はチューニングに使用した指標 k の年数であり、 V と Cov はそれぞれ分散と共分散を表す。ただし、たもすくい標準化 CPUE と産卵量については、親魚量とおおよそ比例関係を示したため、 $b_k = 1$ に固定した。各指標の推定された σ_k 、 q_k および b_k の値を補足表 2-1 に示す。リッジペナルティについては、Okamura et al. (2017) に倣い、親魚量のレトロスペクティブバイアス (Mohn's ρ , Mohn 1999) が最小となる値 ($\lambda = 0.36$) を使用し、これによりターミナル F の推定値の不安定性が解消された (補足図 2-1)。

資源尾数の予測は、本文 4- (8) の通り加入量を仮定し、5- (2) の通り各漁獲シナリオに対応した F を設定し、(9) 式によって計算した。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad \text{※} a \leq 4 \text{ の場合} \quad (11a)$$

$$N_{6+,y+1} = (N_5 + N_{6+}) \exp(-F_{5,y} - M) \quad (11b)$$

漁獲尾数は (12) 式によった。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \exp \left(-\frac{M}{2} \right) \{1 - \exp(-F_{a,y})\} \quad (12)$$

これらに年齢別の平均体重 (表 4) を乗じて資源量、漁獲量 (ABC) を得た。昨年度評価では年齢別の体重に過去 3 年平均値 (2013~2015 年) を用いたが、近年の平均体重が小さいことを反映させるため (図 2)、今年度評価においては過去 2 年 (2015~2016 年) 平均と

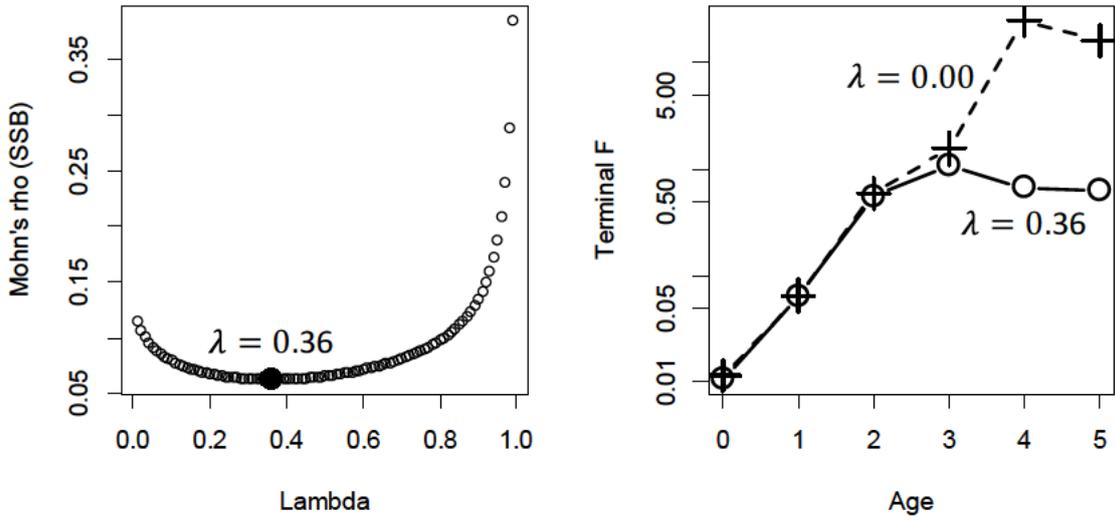
した。さらに、2013年級群は成長の遅れが特に著しいことから、2013年級群の4歳魚(2017年)および5歳魚(2018年)の平均体重には、過去に観測された4歳魚および5歳魚平均体重の最低値を用いた(表4)。

昨年度評価では、移行域稚仔魚成長率、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、出現率、平均尾叉長、北西太平洋秋季浮魚類調査加入量指数、北部太平洋まき網有効努力量をチューニング指数として用いていたが、加入量が極めて高い2013年級群の出現以降、これらの指数が加入量の多寡を良く指標しない傾向が見られてきていることから、加入量を指標するチューニング指数の選定を行った。その結果、北西太平洋北上期中層トロール調査による0歳魚CPUEと北西太平洋秋季浮魚類中層トロール調査による0歳魚CPUEが加入量との相関が高かったことから、これらの指標値を加入量の指数として用いることとした。また、北部太平洋まき網有効努力量は、今年度評価より外国漁船による漁獲量を考慮したため用いなかった。さらに、昨年度評価では親魚量の指数として伊豆諸島海域たもすくい漁業CPUEのみを用いていたが、たもすくい漁業は黒潮の流路により漁況が大きく影響を受けること、特にその影響が2017年春季に大きかったことから、今年度評価では産卵量も併せて親魚量の指数として用いた。

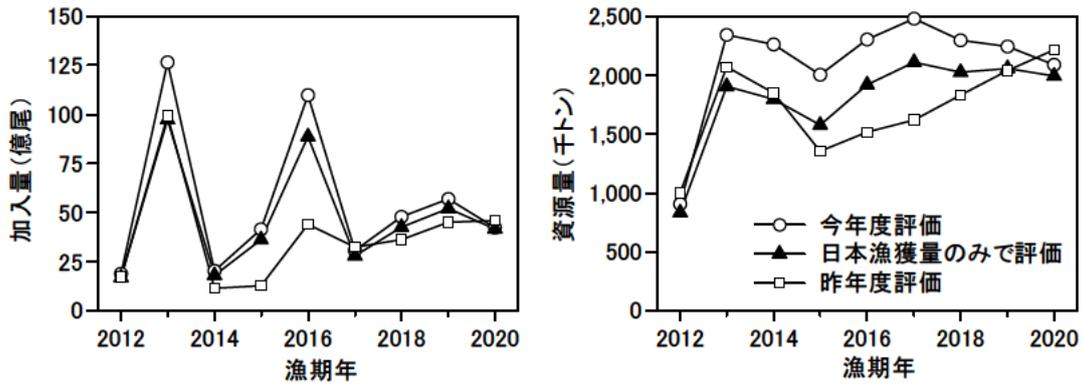
なお、昨年度評価、今年度評価および今年度評価の手法で日本の漁獲量のみで評価した場合の、2012~2020年の加入量および資源量を比較した(補足図2-2)。昨年度評価の2016年以降、今年度評価の2017年以降は $F_{current}$ による将来予測の値である。昨年度評価と今年度評価を比較すると、2013、2015、2016年の加入量が上方修正され、それに伴い2013年以降の資源量が上方修正されていた。一方、日本の漁獲量のみで評価した場合と昨年度評価の2013年の加入量はほぼ一致していたことから、2013年の加入量の上方修正は、外国漁船の漁獲量を考慮したことによるものと考えられる。2015、2016年の加入量の上方修正は、外国漁船の漁獲量を考慮したことによる影響もあるが、今年度評価においてチューニング指数として新たに使用した、北西太平洋北上期中層トロール調査CPUEおよび北西太平洋秋季トロール調査CPUEの2015、2016年の値が高いことによる影響が大きいと考えられる。2016、2017年の資源量で見ると、今年度評価と昨年度評価のほぼ中間に、日本の漁獲量のみで評価した値があることから、外国漁船の漁獲量を考慮したことと、計算方法を変更したことが同程度、影響していると考えられる。

引用文献

- 平松一彦 (1999) VPA の入門と実際. 水産資源管理談話会報, **20**, 9-28.
- 本間 操・佐藤祐二・宇佐美修造 (1987) コホート解析によるマサバ太平洋系群の資源量推定. 東海水研報, **121**, 1-11.
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci. **56**: 473-488.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci. **74**. 2427-2436



補足図 2-1. リッジペナルティ λ とSSBのレトロスペクティブバイアス (Mohn's ρ) の関係 (左図) と、 $\lambda=0$ および $\lambda=0.36$ (SSBのレトロスペクティブ最小) のときの各年齢におけるターミナルFの推定値 (右図)



補足図 2-2. 昨年度評価、今年度評価および今年度評価の手法で日本の漁獲量のみで評価した場合の、2012~2020年の加入量 (左図) および資源量 (右図)

補足表 2-1. チューニングに用いた指標値とパラメータ推定値

指標値	①	①'	②	②'	③	③'	④
対象	N ₀		N ₀		SSB		SSB
2002	2.8	4.8					
2003	31.3	10.2			13.2	10.7	
2004	164.8	109.0			4.6	6.8	
2005	20.2	8.2	23.2	20.6	8.1	4.9	
2006	0.3	0.3	0.8	0.5	59.1	38.2	
2007	293.9	85.2	10.1	8.5	74.3	158.0	334.9
2008	50.2	13.2	10.5	7.4	46.9	41.4	81.7
2009	43.2	12.4	60.2	47.8	64.4	65.5	75.0
2010	26.0	15.6	16.3	13.7	55.6	63.6	164.3
2011	5.4	1.6	3.4	2.4	125.3	128.8	145.5
2012	56.5	20.7	18.6	17.0	122.9	124.5	271.7
2013	2073.9	2270.7	1425.9	1313.0	131.9	171.1	264.3
2014	20.1	8.6	93.1	75.4	131.6	202.8	152.4
2015	49.0	132.1	171.2	133.5	124.4	157.0	145.7
2016	889.4	654.8	1349.2	1203.4	165.2	186.7	102.8
2017	713.6	500.9			101.0	123.8	367.4
q	1.40E-05		1.08E-05		2.85E-01		5.95E-01
b	1.92		1.97		1.00*		1.00*
σ	1.01		0.87		0.81		0.61

① 北西太平洋北上期中層トロール調査による 0 歳魚 CPUE (尾/網/60 分)

② 北西太平洋秋季浮魚類中層トロール調査による 0 歳魚 CPUE (尾/網/60 分)

③ 伊豆諸島海域たもすくい漁業 CPUE (kg/人/時)

④ 海区 I ~IV (太平洋全域) の産卵量 (兆粒)

①②③は標準化(補足資料 3)を行い、標準化後の値(①' ②' ③')をチューニング指数に用いた。

* b = 1 に固定

補足資料3 CPUE 標準化の手法

昨年度評価では、伊豆諸島海域たもすくい漁業 CPUE などの指標値を標準化せずに用いていたが、コホート解析に用いるチューニング指数には標準化した CPUE の使用が推奨されている (Lassen and Medley 2001)。そこで本年度評価では、北西太平洋北上期中層トロール調査による 0 歳魚 CPUE (以下、北上期 CPUE)、北西太平洋秋季浮魚類調査 0 歳魚 CPUE (以下、秋季 CPUE)、伊豆諸島海域たもすくい漁業 CPUE (以下、たもすくい CPUE) の 3 つの資源量指標値の標準化を行った。最初の 2 つは加入量の指標値であり、たもすくい CPUE は親魚量の指標値である。なお、チューニングにはこれらの指標値のほかに産卵量も用いているが、産卵調査は決められたデザインに基づいて実施されており、環境要因や地理的要因によって採集効率が変化することは考えにくい。そのため、産卵量の標準化は行わなかった。以下では、(1) 北上期 CPUE および秋季 CPUE の標準化、(2) たもすくい CPUE の標準化の 2 つに分けて説明する。

(1) 北上期 CPUE および秋季 CPUE の標準化

北太平洋北上期トロール調査と北太平洋秋季浮魚類調査における 0 歳魚 CPUE (尾/時) のデータを用いた CPUE の標準化を行った。両調査はともに 2001 年から開始されているが、解析にはおおよその調査範囲が一致している 2002~2017 年 (北上期 CPUE) および 2005~2016 年 (秋季 CPUE) の期間を使用した。また、北上期 CPUE については、解析対象の期間を通じて有漁データのない西経 175 度以東、北緯 32.5 度以南、北緯 45 度以北のデータを以降の解析から除いた。秋季 CPUE についても同様に、解析対象期間において有漁データのない東経 175 度以東、北緯 35.0 度以南、北緯 50.0 度以北のデータを解析から除外した。

このデータにおける CPUE は 0 以上の連続値であるため delta-GLM (Lo et al. 1992) を適用した。これは、有漁となる確率を予測するモデルと、有漁となる場合の CPUE を予測するモデルの 2 つを別々に解析する手法である。前者のモデルの誤差分布には二項分布を使用し (logit リンク)、後者にはガンマ分布 (log リンク) を用いた。

CPUE を予測する説明変数として、年 (カテゴリカル変数)・海区 (カテゴリカル変数)・調査時の表面海水温 (連続変数)・表面海水温の 2 乗項・年と海区の交互作用を使用した。海区の設定には GLM-tree (Ichinokawa and Brodziak 2010) を適用した。これは、何らかの統計的な適合度 (AIC、BIC 等) が高くなるように海区分けを順々に行う手法である。今回は調査範囲を 2.5 度グリッドに分け、二項分布モデルとガンマ分布モデルにおける海区が共通すると仮定し、BIC が最小になるまで海区分けを行った。二項分布モデル、ガンマ分布モデルのそれぞれにおいて各変数の有無を変えた総当たりのモデル選択を行い、BIC が最小となるものをベストモデルとして採用した。

解析の結果、北上期 CPUE の有漁確率を予測する変数としては年と海区の交互作用以外の変数が選ばれ、有漁時の CPUE を予測する変数としては年と海区のみが選択された。海区は 5 個に分かれた (補足図 3-1)。秋季 CPUE の有漁確率を予測する変数としては年と海区の交互作用以外の変数が選ばれ、有漁時の CPUE を予測する変数としては年のみが選択された。海区は 3 個に分かれた (補足図 3-1)。

ベストモデルの推定結果から資源量指数を算出した。まず、各年・各海区・各海水温の

CPUE の予測値を求めた。連続変数である海水温に関しては、データの最小値と最大値の範囲を細かく分割した値について、予測 CPUE を計算した。次に、各年・各海区における CPUE の予測値を平均した。最後に、各海区の面積（補足図 3-1）で重みづけ平均した予測 CPUE を年ごとに算出し、資源量指標値とした。標準化 CPUE はノミナル（単純平均）CPUE をおおむね似た傾向を示した（補足図 3-2）。どちらの標準化 CPUE も 2013 年が最も高い値となり、次いで 2016 年の値が高かった。

(2) たもすくい CPUE の標準化

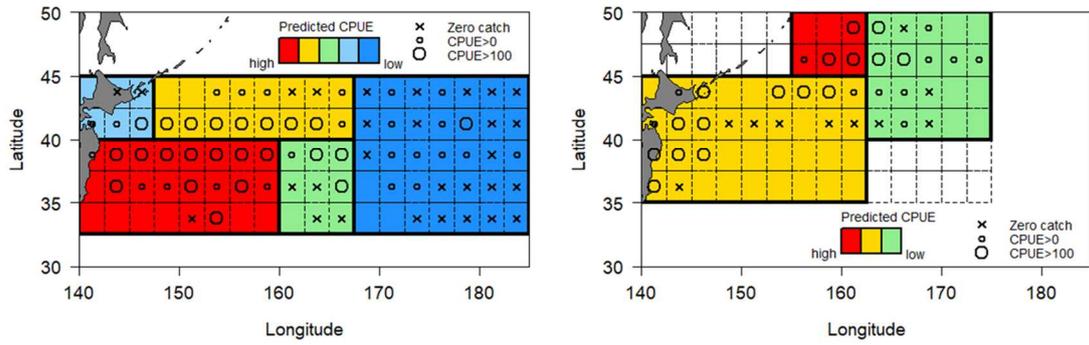
たもすくい CPUE (kg/時間/人) のデータも 0 以上の連続値であるため、delta-GLM (Lo et al. 1992) を適用した。上と同様に、誤差分布には二項分布 (logit リンク) とガンマ分布 (log リンク) を使用した。利用可能な 2003~2017 年の期間における、本系群の産卵期である 1~6 月のデータを使用した。

CPUE を予測する説明変数として、年 (カテゴリカル変数)・海区 (カテゴリカル変数)・操業時の表面海水温 (連続変数)・表面海水温の 2 乗項・月 (カテゴリカル変数)・船 (カテゴリカル変数) を使用した。海区はデータに記録されているカテゴリと緯度経度情報に基づき 6 個に分けたものを使用した (補足図 3-3)。二項分布モデル、ガンマ分布モデルそれぞれについて、各変数の有無を変えた総当たりのモデル選択を行い、BIC が最小となるものをベストモデルとして採用した。その結果、有漁確率を予測する変数としては年・海区・月・海水温が選ばれ、有漁時の CPUE を予測する変数としては年・海水温・月が選択された。

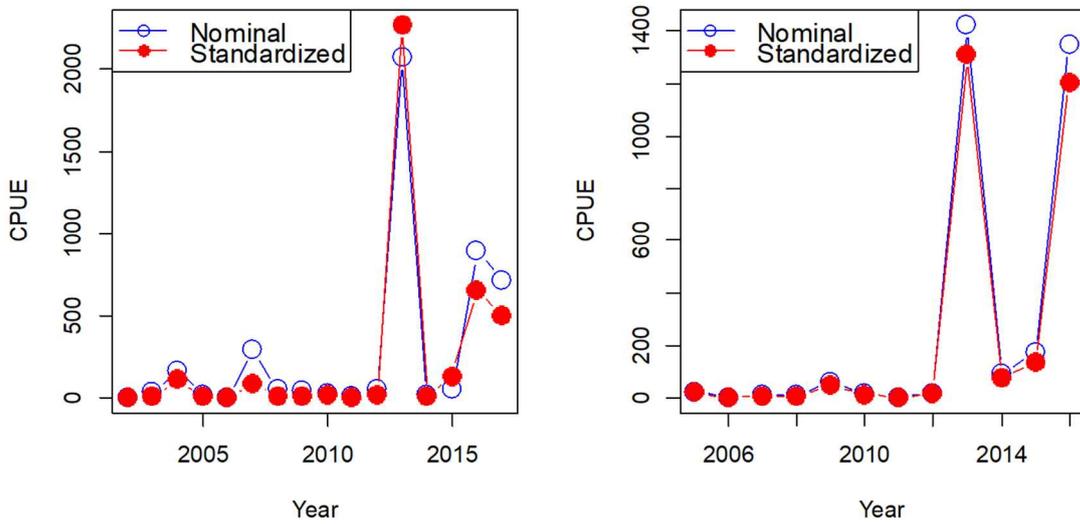
各変数のすべての組み合わせにおいて予測 CPUE を算出し、年ごとに予測 CPUE を平均した値を資源量指標値とした。連続変数である海水温に関しては、北上期 CPUE および秋季 CPUE と同様に、最小値と最大値を細かく分割し、そのときの予測値を求めた。標準化 CPUE は、2007 年および 2011~2017 年で比較的高い値を示したが、2017 年の値は近年の中では低い値を示した (補足図 3-3)。2007 年と 2014 年はノミナル (単純平均) CPUE と標準化 CPUE の差が大きかったが、2007 年については 6 月 (GLM における係数の推定値が低い) のデータ割合が多かったこと、2014 年については海水温 (係数の推定値が正) が低いことが原因であると考えられた。

引用文献

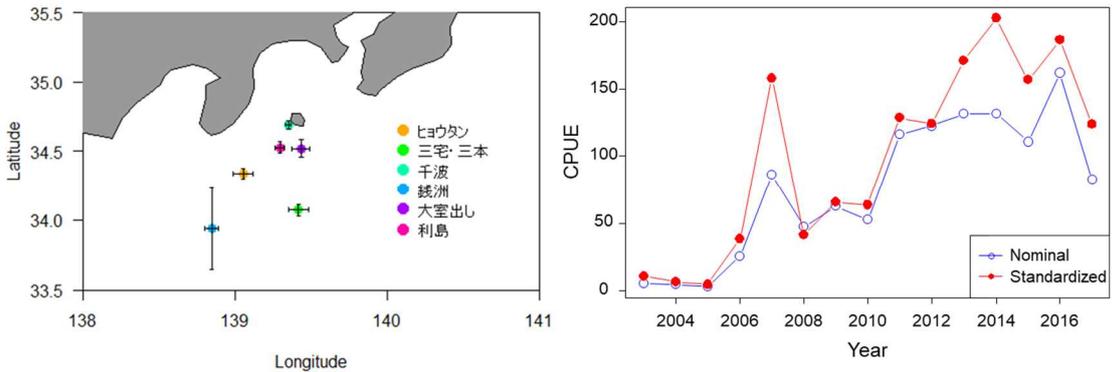
- Ichinokawa, M. and J. Brodziak (2010) Using adaptive area stratification to standardize catch rates with application to North Pacific swordfish (*Xiphias gladius*). Fish. Res. **106**, 249-260.
- Lassen, H. and P. Medley (2001) Virtual Population Analysis: A Practical Manual for Stock Assessment. FAO Fisheries Technical Paper. No.400, Rome, FAO.
- Lo, N. C. H., L. D. Jacobson, and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **49**, 2515-2526.



補足図 3-1. 北上期 CPUE (左図) および秋季 CPUE (右図) における海区分け
色付けされている部分が各海区の面積に相当し、色が CPUE の予測値、グリ
ッド内の○/×が観測 CPUE の平均値を表す。



補足図 3-2. 北上期 CPUE (左図) および秋季 CPUE (右図) の経年変化



補足図 3-3. たもすくい CPUE の標準化における海区 (左図) と経年変化 (右図)
左図の各点とエラーバーは各海区の緯度経度の平均値と不偏標準偏差を表す。

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

加入量の不確実性を考慮したシミュレーションの設定条件は以下の通りとした。

- 1) 年齢別体重は近年2年（2015、2016年）の平均値、ただし2013年級群の4、5歳は過去最低値、成熟割合は中位水準以上の期間（1970～1986年）と同じ値とした（表4）。
- 2) 親魚量（SSB）が45万トン（Blimit）未満では、1986～2014年（SSB<Blimitの期間）のRPSの平均値に対する毎年のRPSの比率を求め、ここから重複を許してランダムに抽出した値に1970～2015年（過去観測全期間）のRPS中央値（6.8尾/kg、以下RPSmed）を乗じた値をRPSとし、これに親魚量を乗じて加入量とした。
- 3) 親魚量が45万トン以上では、1970～1985年、2015年（SSB≥Blimitの期間）のRPSの平均値に対する毎年のRPSの比率を求め、ここから重複を許してランダムに抽出した値にRPSmedを乗じた値をRPSとし、これに親魚量を乗じて加入量とした。ただし、親魚量が過去観測最高値（140万トン）を超える場合は140万トンを乗じた。
- 4) 2)、3)で計算される加入量が過去観測最高値（143億尾）を超える場合は143億尾とした。

補足資料5 各種調査・資料の概要

1) 移行域幼稚魚調査

中央水研・北水研により1995年に予備調査、1996年開始。5～6月に小型浮魚類幼稚魚の生育場である黒潮続流域～黒潮－親潮移行域で中層トロールによる漁獲試験を実施。幼稚魚の分布状況を把握するとともに、得られる幼稚魚標本の耳石輪紋解析により、主産卵期である4月ふ化個体の稚仔魚期の成長率を推定する（図7）。

2) 北西太平洋北上期中層トロール調査

東北水研・中央水研により2000年に予備調査、2001年開始。サンマ資源量直接推定調査（東北水研）と北上期浮魚類資源調査（中央水研・東北水研）の2つの調査からなる。北上期のサンマ等小型浮魚類を対象に、5～7月に本邦沿岸から西経域（165°W）に至る移行域～親潮域で複数の調査船で中層トロール漁獲試験を実施。0歳魚CPUEが加入量の指標となる（補足表2-1）。マサバの主な分布域である親潮～移行域（169°E以西、SST12～21°C）における0歳魚推定現存尾数、出現率（採集のあった調査点の割合）、体長組成を推定するとともに、採集標本を用いて1)と同様に稚仔魚期の成長率を推定する（図7）。

3) 道東～三陸海域流し網調査

釧路水試により1994年開始。道東～三陸海域で6～10月にかけて行われる4つの調査からなる。小型浮魚類を対象に流し網漁獲試験を実施。0歳魚～成魚の分布状況を把握するとともに、CPUEが資源量の指標となる（図7）。

4) 北西太平洋秋季浮魚類調査

東北水研により 1984 年に漁業資源評価システム高度化調査として開始。8～11 月に道東～三陸～常磐海域で浮魚類を対象に流し網漁獲試験を実施。その後調査期間を 9～10 月に集約。東北海区浮魚類分布調査として継続。2001 年から漁具を中層トロールに変更、計量魚探機も使用し、調査対象を小型浮魚類に集約。2005 年から調査海域を千島列島東方沖まで拡大。2008 年から中央水研が北西太平洋秋季浮魚類資源調査として引き継ぎ実施。漁場外の沖合域における主に 0 歳魚の分布状況を把握し、0 歳魚 CPUE が加入量の指標となる（補足表 2-1）。0 歳魚有漁獲点の割合（出現率）も加入量の指標となり流し網と中層トロールの漁獲試験を並行実施した 2001、2002 年の結果から両試験の各調査点でのさば類 0 歳魚の漁獲の有無の差異は小さいと判断され、出現率を基にした調査年限を通じた加入量指数を算出した（図 7）。年による試験点配置の違いの影響を小さくするため、地理的に 5 海域、水塊的に親潮系、暖流系に区分し、計 10 区分における出現率を求めた。年による欠測区分では有意な正相関の他区分の出現率の平均を充てた。各区分出現率×係数（重み付け）の総和を加入量指数とし、指数が加入量（平成 25 年度資源評価におけるステップ 1 の 1984～2008 年の推定値（生涯漁獲が進んでおり推定値の不確実性が小さいと判断））の年変化に合うように係数を調整した。この係数を用いて、新規の調査で得られた 10 区分の出現率から加入量指数を求めた。この秋季浮魚類調査により得られる加入量指数は、加入量（億尾）の経年推移に合うように求めており、値はそのまま加入量（億尾）とみなせる。

5) 冬春季常磐海域まき網漁況調査（未成魚越冬群指数）

茨城水試により実施され、年明け後の冬春季に未成魚（尾叉長 25 cm 未満）がまき網漁獲物（標本）の 50%（尾数比）を超えている期間の、越冬場（35°～37°N、142°E 以西のまき網漁場（房総～常磐南部海域））における緯度・経度 10 分目毎のまき網 1 日 1 投網平均漁獲量の総和を未成魚越冬群指数と定義して算出している（図 7）。漁獲量にはゴマサバも含まれるが、漁獲物調査の結果、越冬期に当該海域に分布するさば類未成魚のうち、マサバの割合は 80～100%であることから、指数はマサバの加入量水準の指標値となると判断される。しかし、2014 年以降は越冬場で 0 歳魚がほとんど漁獲されなくなったため、指数が低く出る傾向にある。

6) 北部まき網漁業の有効努力量、資源量指数

漁業情報サービスセンター（JAFIC）により、北部まき網漁業のさば類を対象とした操業情報から算出される。主な対象はマサバと考えられるが、漁業情報サービスセンターの調査結果から近年はゴマサバの漁獲割合が高く、時期による変化も大きく、本評価での指標値としての使用にあたっては精査が必要である。CPUE：漁獲量／努力量（投網回数）（図 8）。資源量指数：海区（漁場の形成された緯度経度 30 分単位のメッシュ）あたりの平均 CPUE の全海区合計（図 8）。有効努力量：漁獲量／平均密度指数（図 5）。平均密度指数：資源量指数／海区数。

7) 産卵調査

太平洋側の関係各機関による共同調査。改良ノルパックネット（メッシュ 335 μ m）採

集で浮魚類の卵の分布量を把握。マサバとゴマサバの卵の種査定が可能になり、2005年から種別に産卵量が算出されている（図6、補足表2-1）。

8) たもすくい漁業の CPUE

神奈川水技センターにより収集される、産卵場である伊豆諸島周辺海域でマサバを主対象に操業するたもすくい標本漁船の操業記録から1人1時間当たり漁獲量として算出される。産卵場における成魚の分布密度の指標となり、親魚量の指数となる（補足表2-1）。

補足資料6 北西太平洋における外国漁船の漁獲動向について

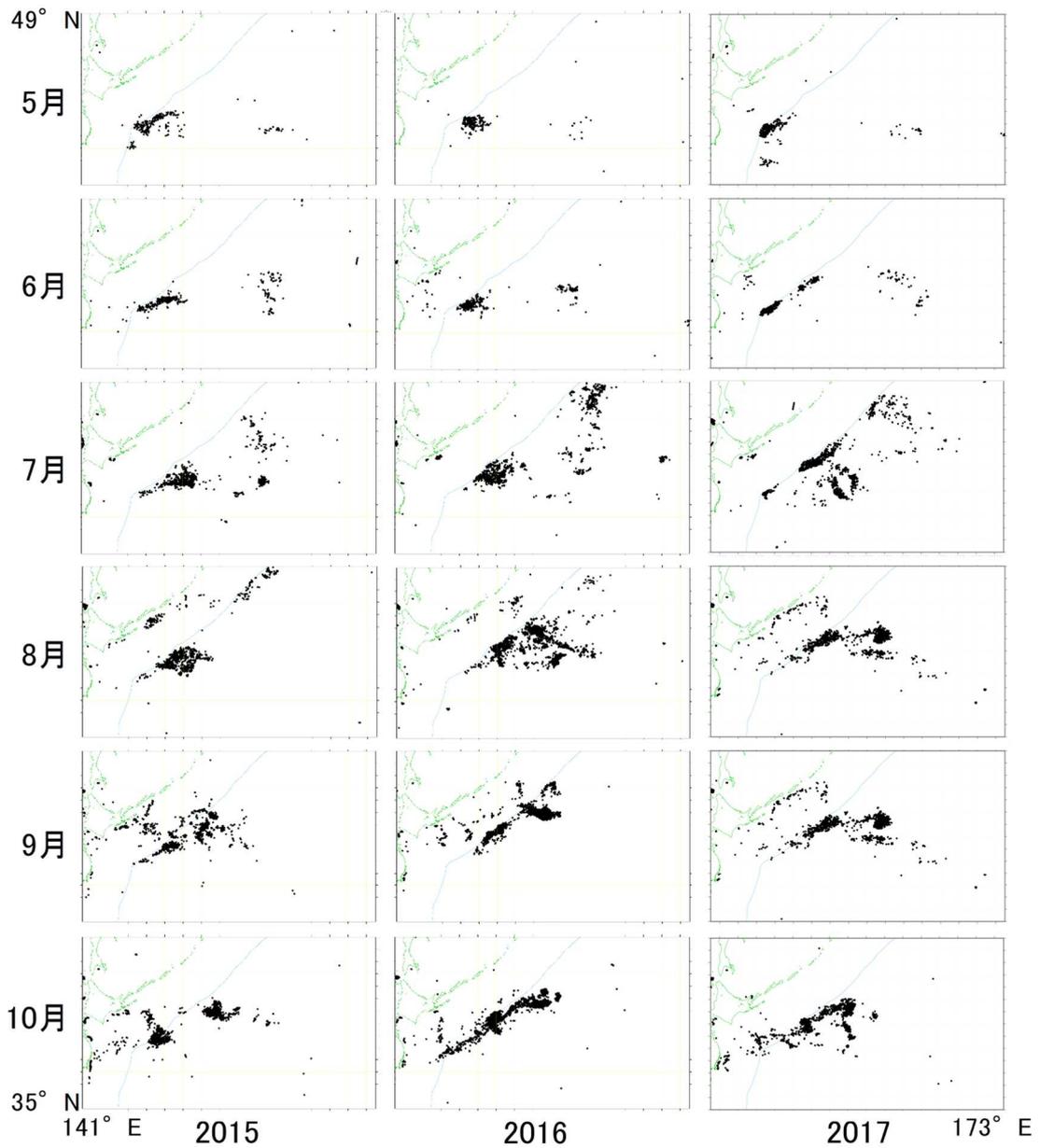
2000年以降、台湾を中心とした外国漁船によるサンマの漁獲割合が増加している。さらに、2012年には中国がサンマ漁業に参入しており、今後も外国漁船の隻数が増加する可能性があることから、その漁獲動向の把握がサンマ資源を適切に評価する上で重要な課題の一つとなっている。一方、2014年以降、中国が北西太平洋公海域でさば類を漁獲しており、サンマと同様にその漁獲動向の把握が重要な課題となっている。

以上の状況を踏まえ、平成26年度から、人工衛星夜間可視データを用いて外国漁船の動向を把握する取組みを開始した。具体的には、米国の地球観測衛星（Suomi NPP）の夜間可視データ（Miller et al. 2012）から、灯火を用いている船舶を光点として抽出し、さらに、輝度レベル、EEZ境界線、表面水温などの条件により漁獲対象種を判別して、時期別の操業海域の特定と操業隻数を計数することを目的としている。当初はサンマを漁獲対象とする漁船の抽出が目的であったが、マサバを漁獲対象とする漁船の抽出にも、この手法は有用である。

マサバを漁獲対象とする外国漁船の識別手法や計数方法については技術開発途中であるが、操業点の抽出例として2015年～2017年の5月～10月の夜間可視データから抽出した灯火を用いた漁船の分布を補足図6-1に示す。毎年、5月頃からEEZ境界線近くの公海で操業する外国漁船が出現し、7月以降に増加していることが推測される。これらの中には、マサバを漁獲対象とする中国の虎網やかぶせ網漁船などが含まれていることが現場における視認情報から確認されている。今後、これらの外国漁船を、同じく北西太平洋で操業するサンマ漁船やいか釣り漁船他と判別し、計数することで外国漁船の操業実態や漁獲動向を把握することが可能になると期待される。

引用文献

Miller, S.D., Mills, S.P., Elvidge, C.D., Lindsey, D.T., Lee, T.F. and Hawkins, J.D. (2012) Suomi satellite brings to light a unique frontier of nighttime environmental sensing capabilities. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 109, 15706-15711.



補足図 6-1. 春季から夏季の北西太平洋において NPP 衛星夜間可視データから抽出された操業点の月別全点プロット (2015 年～2017 年の 5 月～10 月) 青線は EEZ 境界線を示す。

補足資料7 コホート解析結果の詳細

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
0歳	834	334	29	93	351	1,254	632	539	1,039	208	199	266
1歳	1,202	815	1,847	647	182	388	923	2,083	1,256	1,919	472	184
2歳	1,037	888	681	1,211	794	560	548	727	1,468	1,312	286	142
3歳	365	288	242	548	994	618	446	472	641	645	419	149
4歳	127	104	73	183	310	391	251	236	338	158	310	194
5歳	49	56	35	46	26	165	42	82	173	80	126	115
6歳以上	41	19	18	12	4	46	4	16	17	13	11	13
計	3,656	2,504	2,924	2,740	2,662	3,421	2,845	4,154	4,932	4,335	1,824	1,063

年齢別漁獲重量 (千トン)

年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
0歳	63	21	2	9	25	57	48	48	101	15	12	28
1歳	226	165	417	152	43	71	142	388	328	420	77	39
2歳	299	342	231	346	262	186	159	222	452	416	95	46
3歳	147	159	111	194	387	265	202	213	255	278	188	65
4歳	68	84	43	81	150	189	133	133	174	85	169	122
5歳	32	60	26	28	18	93	28	55	104	52	85	84
6歳以上	30	23	15	11	4	35	3	13	15	9	11	14
計	865	855	845	822	889	897	715	1,071	1,428	1,275	637	398
漁獲割合	29%	23%	19%	20%	23%	26%	19%	23%	30%	39%	33%	22%

年齢別漁獲係数 (F)

年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
0歳	0.11	0.03	0.00	0.02	0.06	0.16	0.06	0.07	0.19	0.08	0.08	0.09
1歳	0.35	0.18	0.28	0.15	0.05	0.11	0.22	0.33	0.27	0.87	0.33	0.12
2歳	0.83	0.61	0.28	0.38	0.36	0.27	0.27	0.34	0.52	0.64	0.37	0.20
3歳	0.85	0.77	0.42	0.50	0.85	0.70	0.45	0.50	0.75	0.60	0.56	0.43
4歳	0.69	0.85	0.57	0.88	0.79	1.57	0.96	0.60	1.20	0.54	0.89	0.74
5歳	1.14	1.08	1.14	1.31	0.36	3.21	0.92	1.51	2.21	1.74	1.87	1.60
6歳以上	1.14	1.08	1.14	1.31	0.36	3.21	0.92	1.51	2.21	1.74	1.87	1.60
平均 (Fbar)	0.73	0.66	0.55	0.65	0.40	1.32	0.54	0.69	1.05	0.89	0.85	0.68

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
0歳	9,998	14,084	8,345	6,958	7,462	10,095	14,344	10,460	7,283	3,291	3,302	3,725
1歳	5,015	6,019	9,167	5,570	4,588	4,714	5,740	9,098	6,570	4,032	2,036	2,051
2歳	2,248	2,378	3,368	4,633	3,204	2,926	2,843	3,092	4,393	3,376	1,132	978
3歳	776	657	867	1,700	2,115	1,498	1,503	1,457	1,478	1,742	1,189	524
4歳	311	221	204	383	691	604	498	642	590	466	640	454
5歳	88	104	63	77	107	209	84	128	237	119	183	175
6歳以上	74	35	32	20	18	58	7	25	23	19	16	20
計	18,509	23,499	22,047	19,342	18,184	20,105	25,019	24,902	20,574	13,045	8,497	7,927

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\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
0歳	755	903	649	700	527	459	1,089	939	705	231	204	397
1歳	944	1,222	2,071	1,311	1,083	862	882	1,693	1,714	883	333	433
2歳	648	915	1,141	1,323	1,057	972	824	943	1,353	1,071	376	315
3歳	313	362	398	601	824	642	680	656	587	750	532	230
4歳	166	180	121	170	334	292	264	361	304	250	348	285
5歳	57	111	47	47	75	119	58	86	142	77	123	128
6歳以上	54	43	27	19	17	45	7	21	20	14	16	22
計	2,938	3,737	4,454	4,171	3,917	3,391	3,803	4,699	4,826	3,276	1,932	1,810
親魚量	657	807	741	981	1,296	1,164	1,188	1,341	1,401	1,337	1,079	737
RPS(尾/kg)	15.2	17.5	11.3	7.1	5.8	8.7	12.1	7.8	5.2	2.5	3.1	5.1

年齢別体重 (g)

年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
0歳	76	64	78	101	71	45	76	90	97	70	62	107
1歳	188	203	226	235	236	183	154	186	261	219	164	211
2歳	288	385	339	286	330	332	290	305	308	317	332	322
3歳	404	551	459	354	390	429	453	450	397	431	448	439
4歳	532	811	592	443	484	484	530	563	515	536	544	628
5歳	655	1,066	737	611	699	567	683	668	601	648	675	732
6歳以上	731	1,242	843	908	946	768	917	847	893	738	954	1,067

補足資料7 コホート解析結果の詳細(続き)

年齢別漁獲尾数(百万尾)

年齢\漁期年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	123	250	549	378	183	72	67	34	29	53	297	96
1歳	324	284	544	398	1,336	316	106	24	6	8	11	957
2歳	301	440	358	253	555	352	253	53	6	11	13	240
3歳	160	225	208	190	276	170	253	71	11	8	12	39
4歳	81	76	90	75	79	41	26	77	6	5	7	5
5歳	70	44	46	38	28	19	4	4	4	2	10	2
6歳以上	13	23	18	21	9	6	2	1	1	0	8	2
計	1,072	1,343	1,812	1,352	2,465	976	711	263	63	87	357	1,341

年齢別漁獲重量(千トン)

年齢\漁期年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	14	19	66	31	18	6	11	7	5	9	43	14
1歳	75	57	122	96	266	77	27	8	2	2	3	272
2歳	83	135	130	95	156	118	86	23	3	5	6	88
3歳	70	91	114	93	112	76	111	38	7	5	6	17
4歳	47	36	59	55	45	27	17	46	5	3	5	4
5歳	48	25	35	33	21	16	4	3	4	2	10	2
6歳以上	10	15	18	20	9	7	2	1	1	0	9	2
計	347	378	543	422	627	327	259	125	28	26	81	398
漁獲割合	20%	26%	30%	25%	43%	36%	46%	42%	13%	8%	12%	56%

年齢別漁獲係数(F)

年齢\漁期年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	0.05	0.09	0.19	0.09	0.12	0.15	0.37	0.23	0.11	0.07	0.15	0.23
1歳	0.19	0.19	0.39	0.26	0.68	0.40	0.44	0.27	0.07	0.05	0.02	1.54
2歳	0.36	0.55	0.52	0.40	0.98	0.48	0.89	0.53	0.13	0.22	0.13	1.34
3歳	0.45	0.65	0.74	0.76	1.57	1.45	1.07	0.92	0.24	0.32	0.53	0.96
4歳	0.56	0.52	0.80	0.88	1.24	1.86	1.39	2.10	0.22	0.20	0.59	0.61
5歳	0.90	0.93	0.93	1.49	1.53	2.19	1.66	1.16	0.88	0.14	1.23	0.38
6歳以上	0.90	0.93	0.93	1.49	1.53	2.19	1.66	1.16	0.88	0.14	1.23	0.38
平均(Fbar)	0.49	0.55	0.64	0.77	1.09	1.25	1.07	0.91	0.36	0.16	0.55	0.78

年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\漁期年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	3,084	3,397	3,805	5,410	1,962	630	263	199	342	965	2,581	565
1歳	2,279	1,967	2,072	2,102	3,317	1,165	363	122	106	206	604	1,487
2歳	1,224	1,263	1,086	944	1,083	1,130	523	156	62	66	131	396
3歳	539	573	486	434	426	272	469	143	61	37	35	77
4歳	230	231	200	155	136	60	43	107	38	32	18	14
5歳	145	88	92	60	43	26	6	7	9	21	18	7
6歳以上	26	47	36	34	14	8	3	1	2	3	14	6
計	7,527	7,566	7,777	9,140	6,981	3,291	1,670	736	620	1,329	3,401	2,552

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\漁期年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	348	262	457	441	192	54	44	41	58	163	370	81
1歳	531	393	463	507	661	284	92	40	39	63	174	423
2歳	338	388	393	355	304	379	178	66	36	32	56	146
3歳	237	230	266	212	173	121	206	77	41	21	19	33
4歳	134	110	131	115	78	38	28	64	32	21	13	10
5歳	99	51	71	52	33	22	6	6	8	16	18	6
6歳以上	20	30	35	32	13	9	3	1	2	3	15	7
計	1,706	1,464	1,816	1,713	1,455	909	558	295	215	320	665	705
親魚量	567	514	595	496	371	343	314	175	97	74	87	114
RPS(尾/kg)	5.4	6.6	6.4	10.9	5.3	1.8	0.8	1.1	3.5	13.0	29.5	4.9

年齢別体重(g)

年齢\漁期年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	113	77	120	82	98	86	168	207	170	169	143	143
1歳	233	200	223	241	199	244	255	325	365	305	288	284
2歳	276	307	362	376	281	336	341	426	582	488	424	368
3歳	439	402	547	489	407	446	440	537	661	585	529	430
4歳	583	475	656	741	572	644	654	599	828	654	749	705
5歳	681	576	768	855	755	838	886	814	954	790	990	943
6歳以上	758	645	993	943	947	1,112	1,066	1,034	1,101	957	1,114	1,115

補足資料7 コホート解析結果の詳細(続き)

年齢別漁獲尾数(百万尾)

年齢\漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	128	362	1,578	147	32	145	252	7	244	66	767	42
1歳	98	123	193	885	69	17	86	69	17	206	87	523
2歳	98	49	23	61	177	24	13	40	6	32	72	53
3歳	28	28	20	13	13	41	11	5	6	7	11	32
4歳	5	9	10	6	1	10	14	4	4	2	4	13
5歳	2	3	4	4	0	1	1	3	3	1	1	1
6歳以上	2	2	3	2	0	0	0	2	2	1	1	1
計	361	576	1,830	1,118	292	238	376	131	281	314	944	664

年齢別漁獲重量(千トン)

年齢\漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	19	38	186	22	5	24	40	1	27	8	101	5
1歳	29	50	50	254	22	5	31	24	6	48	24	165
2歳	47	23	10	26	79	12	6	18	3	12	41	25
3歳	16	17	11	7	7	25	6	3	4	3	8	18
4歳	3	7	6	4	1	8	8	2	2	2	4	10
5歳	1	3	3	3	0	1	1	2	3	1	1	1
6歳以上	2	2	2	2	0	0	0	3	2	1	1	1
計	117	141	269	318	115	77	91	53	47	76	181	226
漁獲割合	35%	40%	38%	51%	40%	33%	41%	35%	20%	30%	24%	27%

年齢別漁獲係数(F)

年齢\漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	0.34	0.50	0.59	0.46	0.25	0.43	0.91	0.03	0.33	0.16	0.27	0.08
1歳	0.51	0.90	0.72	1.12	0.52	0.26	0.65	0.93	0.12	0.66	0.41	0.37
2歳	0.82	0.68	0.51	0.69	0.96	0.44	0.42	1.01	0.22	0.46	0.67	0.63
3歳	0.69	0.77	0.89	0.87	0.39	0.80	0.46	0.37	0.55	0.52	0.37	1.01
4歳	0.36	0.63	0.95	1.15	0.18	0.77	0.95	0.37	0.60	0.41	1.11	1.48
5歳	0.51	0.61	1.08	2.54	0.19	0.44	0.14	0.72	0.82	0.44	0.74	1.06
6歳以上	0.51	0.61	1.08	2.54	0.19	0.44	0.14	0.72	0.82	0.44	0.74	1.06
平均(Fbar)	0.54	0.67	0.83	1.34	0.38	0.51	0.52	0.59	0.49	0.44	0.62	0.81

年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	536	1,126	4,321	489	176	504	514	276	1,071	545	4,001	665
1歳	299	254	459	1,604	207	92	219	138	179	518	312	2,054
2歳	213	120	69	149	351	83	48	77	36	107	179	138
3歳	69	63	41	28	50	90	36	21	19	20	45	61
4歳	20	23	19	11	8	23	27	15	10	7	8	21
5歳	5	9	8	5	2	4	7	7	7	4	3	2
6歳以上	6	4	5	3	0	2	3	6	4	3	3	2
計	1,148	1,601	4,922	2,290	796	798	854	541	1,327	1,204	4,551	2,943

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\漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	78	119	510	74	29	85	81	38	121	68	527	78
1歳	88	103	119	461	67	28	80	48	63	122	87	649
2歳	101	57	31	64	157	43	20	34	17	40	102	66
3歳	40	39	22	15	26	55	18	13	11	10	33	35
4歳	13	19	12	7	6	18	16	9	6	6	7	16
5歳	5	8	6	3	2	4	6	5	5	3	3	2
6歳以上	7	4	4	3	0	2	3	6	5	4	3	2
計	332	350	705	628	288	235	225	153	228	252	763	849
親魚量	105	94	57	54	98	96	64	63	44	60	132	89
RPS(尾/kg)	5.1	12.0	75.4	9.1	1.8	5.3	8.1	4.4	24.5	9.0	30.2	7.5

年齢別体重(g)

年齢\漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	146	106	118	152	165	169	158	137	113	124	132	118
1歳	294	406	260	287	325	308	366	350	354	236	280	316
2歳	476	474	451	428	446	515	421	440	455	374	569	477
3歳	578	626	545	535	523	606	517	599	576	530	742	578
4歳	661	809	633	642	787	803	593	626	643	756	835	787
5歳	896	908	743	699	879	950	895	689	780	788	1,011	1,002
6歳以上	1,116	973	819	840	970	1,099	1,031	1,078	1,126	1,078	1,087	1,089

補足資料7 コホート解析結果の詳細(続き)

年齢別漁獲尾数(百万尾)

年齢\漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	6	425	60	174	80	28	63	297	141	34	97
1歳	62	53	275	35	163	88	52	248	823	183	143
2歳	376	70	47	127	54	87	90	75	169	1,443	242
3歳	25	157	44	24	37	21	66	77	67	131	1,161
4歳	8	4	51	13	9	7	21	25	17	16	31
5歳	2	1	3	15	6	2	4	5	19	11	15
6歳以上	0	0	1	1	1	0	1	2	1	10	10
計	479	709	481	388	349	234	297	729	1,237	1,827	1,699

年齢別漁獲重量(千トン)

年齢\漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	1	51	8	21	10	5	10	37	15	3	8
1歳	22	17	86	13	57	35	19	78	160	36	28
2歳	199	33	18	64	26	43	43	37	69	344	61
3歳	16	84	26	13	23	13	37	47	38	57	350
4歳	5	3	34	8	7	5	13	17	12	10	17
5歳	2	1	2	10	5	2	3	4	12	7	9
6歳以上	1	0	1	1	1	0	1	2	1	7	7
計	245	188	176	130	128	102	126	221	307	465	480
漁獲割合	33%	33%	36%	25%	20%	13%	14%	9%	13%	23%	20%

年齢別漁獲係数(F)

年齢\漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	0.02	0.38	0.14	0.14	0.09	0.04	0.04	0.03	0.09	0.01	0.01
1歳	0.20	0.27	0.60	0.14	0.23	0.16	0.11	0.28	0.13	0.20	0.06
2歳	0.66	0.47	0.52	0.83	0.42	0.23	0.31	0.28	0.41	0.44	0.56
3歳	0.96	0.88	0.85	0.72	0.83	0.37	0.35	0.62	0.54	0.87	1.09
4歳	0.96	0.44	1.16	0.90	0.96	0.43	1.09	0.27	0.35	0.30	0.68
5歳	1.15	0.30	1.14	2.98	2.91	0.80	0.65	1.19	0.44	0.51	0.64
6歳以上	1.15	0.30	1.14	2.98	2.91	0.80	0.65	1.19	0.44	0.51	0.64
平均(Fbar)	0.73	0.44	0.79	1.24	1.19	0.40	0.46	0.55	0.34	0.41	0.53

年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	417	1,633	560	1,652	1,171	979	1,899	12,887	2,045	4,194	11,168
1歳	412	275	746	327	965	720	633	1,222	8,396	1,256	2,784
2歳	949	226	141	275	191	514	410	382	616	4,954	692
3歳	49	328	94	56	80	84	273	201	194	275	2,139
4歳	15	13	91	27	18	23	39	129	72	76	77
5歳	3	4	6	19	7	5	10	9	66	34	37
6歳以上	1	1	2	2	1	0	2	4	3	30	26
計	1,846	2,478	1,641	2,358	2,434	2,325	3,266	14,833	11,392	10,818	16,923

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\漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	57	197	78	198	147	177	296	1,587	215	394	891
1歳	149	86	233	123	338	283	236	383	1,627	251	551
2歳	501	106	54	138	93	251	197	187	253	1,180	175
3歳	31	176	56	31	49	51	150	123	111	120	646
4歳	11	9	61	16	13	16	24	86	50	48	41
5歳	3	3	4	13	6	4	8	7	43	21	23
6歳以上	1	1	2	1	1	0	1	4	2	22	18
計	752	578	488	522	648	783	912	2,377	2,301	2,037	2,345
親魚量	296	241	151	131	115	197	282	313	333	554	716
RPS(尾/kg)	1.4	6.8	3.7	12.6	10.2	5.0	6.7	41.2	6.1	7.6	15.6

年齢別体重(g)

年齢\漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	136	121	138	120	126	181	156	123	105	94	80
1歳	362	314	312	377	351	393	373	314	194	200	198
2歳	528	469	385	503	490	488	480	489	410	238	253
3歳	631	537	589	557	606	614	550	612	573	437	302
4歳	726	683	672	599	729	701	627	672	693	637	536
5歳	1,013	745	806	694	796	842	751	747	656	623	626
6歳以上	1,122	921	995	838	940	909	868	886	793	760	692