

## 令和 2（2020）年度サワラ瀬戸内海系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：和歌山県水産試験場、大阪府立環境農林水産総合研究所水産研究部水産技術センター、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県農林水産総合センター水産研究所、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター、山口県水産研究センター内海研究部、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、香川県水産試験場、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所、福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所、大分県農林水産研究指導センター水産研究部

### 要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したチューニング VPA により計算した。本系群の資源量は、1987 年の 15,718 トンから急激に減少し、1998 年に最低値の 688 トンとなった。その後増加傾向に転じ、2019 年は 8,165 トンであった。漁獲量も同様の傾向で推移し、2019 年は 2,358 トンとなった。資源水準は中位で、直近 5 年間の資源量の推移から動向は増加と判断した。Blimit として、高い RPS の時に高い加入量が期待できる親魚量 4,169 トンを設定した。2019 年の親魚量 5,203 トンはこれを上回っているため ABC 算定のための基本規則 1-1) - (1) を用いた。Fcurrent (2019 年の F) での漁獲が継続され、2020 年に現状の種苗放流が実施された場合、2021 年以降、親魚量は Blimit を下回ると推定されるため、5 年後の 2026 年に親魚量が Blimit を上回ることを管理目標とし、これを満たす F を探索的に求め、ABC を算定した。本種は栽培対象種であり、2019 年は 45 千尾の人工種苗が放流され、放流魚の混入率は 0%、添加効率は 0 と推定された。

管理基準	Target/ Limit	2021 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
0.85Fcurrent	Target	1,337	24	0.43 (-32%)
	Limit	1,571	29	0.54 (-15%)

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、安定的な資源の回復が期待される漁獲量である。Limit は管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Ftarget=αFlimit とし、係数 α には標準値の 0.8 を用いた。また、F 値（漁獲係数）は全年齢の平均、漁獲割合は ABC/資源量とした。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2016	6,601	4,014	2,027	0.59	31
2017	6,469	4,166	2,220	0.74	34
2018	6,861	4,053	2,038	0.75	30
2019	8,165	5,203	2,358	0.63	29
2020	6,192	4,627	2,369	0.63	38
2021	5,471	3,547	—	—	—

2020 年、2021 年の値は将来予測に基づく。

水準：中位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 月別、灘別、漁法別水揚量、水揚尾数(水産庁) 月別体長組成調査(和歌山～大分(11)府県) 体長-体重調査、体長-年齢測定調査(香川県、愛媛県)
漁獲努力量	操業隻日数調査(水産庁)
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.3$ を仮定
種苗放流魚混入率	放流魚混入率調査(水研、和歌山～愛媛(7)府県)
種苗放流尾数	2019 年は 45 千尾(大阪、岡山等(6)府県)

灘区分と調査地を図 1 に示す。

## 1. まえがき

サワラは瀬戸内海における重要な魚種のひとつである。1968 年から 2～3 年でローラー巻きを用いた網揚げの機械化が普及する(中込 1971)とともに流し網の隻数が増加し、0 歳魚を対象とする秋漁も普通に行われるようになった。1985 年頃からナイロンテグスの導入により羅網効率が向上し(上田 1990、中村 1991、中村 2010b)、細かい網目による小型魚の漁獲が進み(永井ほか 1996)、1986 年に播磨灘で、はなつぎ網が復活した(永井・武田 1993)。このような漁獲圧の増加により、1970 年代後半から漁獲量の増加が続いたが、資源量、漁獲量ともに 1980 年代後半から急減した。1998 年に播磨灘と備讃瀬戸における秋漁の自主休漁と瀬戸内海東部海域における人工種苗放流が始まり、2002～2011 年度に資源回復計画を実施して、人工種苗放流とともに、流し網の目合い制限と休漁期設定を柱とする漁獲努力量削減を行った(永井 2003、小林 2003)。これらの措置は、2012 年度以降も新たな枠組みである資源管理指針・計画の下、継続して実施されている(図 2)。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

3～4月に紀伊水道外域～紀伊水道および豊後水道（宇和海）～伊予灘から播磨灘～安芸灘に親魚が産卵回遊する（図3）。備讃瀬戸西部へは東西から来遊する（中込 1971）。燧灘へは東部からの群も一部移動する（竹森ほか 2005a）。5月の主産卵場は燧灘から備讃瀬戸で、6月は安芸灘に移る（岸田 1988、1989）。秋季に両水道域から外海に越冬回遊する。

### (2) 年齢・成長

寿命は6～8歳で、雌が長寿である（岸田ほか 1985）。1980年代に比べると近年の成長は速くなっている（岸田ほか 1985、安部 1993、中村・上田 1993、辻野・安部 1996、横川 1996、香川県 1999、竹森・山田 2003、竹森ほか 2005b、中村 2010a）。図4に成長が遅かった1980年代と2007年以降の平均の両方の値を示した。同一年齢の魚体の大型化は、資源量が減少した1990年代後半以降、顕著となっている（図5）。なお、1985～1989年における5月の燧灘の2歳魚と10月の伊予灘の2歳魚の尾叉長最頻値はそれぞれ64～66 cm、60～62 cmで（岸田 1990）、2012～2016年の同海域の値はこれよりやや大きい68～72 cm、66～74 cmとなっている。

### (3) 成熟・産卵

近年の成熟率は竹森（2006）を参考に0歳魚0%、1歳魚50%、2歳魚以上100%とした（図6）。なお、雌の成熟の目安は生殖腺熟度指数（＝生殖腺重量（g）／尾叉長（mm） $3 \times 107$ ）が4以上とした（篠原 1991）。産卵期は5～6月で、播磨灘、備讃瀬戸、燧灘よりやや遅れて安芸灘で始まる（岸田・会田 1989、篠原 1993）。東部の主産卵場は播磨灘の鹿ノ瀬、室津ノ瀬、備讃瀬戸の中瀬で、西部は燧灘西側一帯の瀬に形成される（瀬戸内海水産開発協議会 1972）。多回産卵を行う。放流1歳魚の成熟度は天然魚と差が認められない（山崎・藤本 2006）。産卵水深は5～10 mまたは以深、卵は表層に浮上し、分布水温は14.6～22.7℃である（岸田 1988）。

### (4) 被捕食関係

発育初期にはカタクチイワシ等の稚魚を捕食し（Shoji et al. 1997）、成長するとカタクチイワシ、イカナゴ等魚類を主食とする。捕食者の情報は無い。

## 3. 漁業の状況

### (1) 漁業の概要

春季に内海へ来遊する1歳魚以上を、秋季に内海から紀伊水道と豊後水道域に移動する0歳魚以上を漁獲する。流し網での漁獲が最も多く、2019年は漁獲量の59%を占めた。ひき縄およびはえ縄での漁獲は12%を占め、その他の漁法による漁獲は25%を占めた。両水道ではひき縄等の釣りが主体で、ひき縄とはえ縄は、同一漁船が出漁日の魚群分布状況に応じて漁具を随時選択して操業している。そのほかの漁法として、はなつぎ網とさわら船びき網が行われている。外国漁船による漁獲はない。

## (2) 漁獲量の推移

瀬戸内海区の漁獲量は1976年までは約1千～2千トン、1977～1984年は約3千～4千トンで推移した(図7、表1、2)。1985～1987年は6千トン前後の最多となったが、1988年から急減して1998年には199トンの最低値となった。その後は増加に転じ、2002年以降1千トンを超え、2019年は2,358トンであった。

## (3) 漁獲努力量

流し網の操業隻日数は2007年から2015年まで増加傾向であったが、2016年以降減少傾向である。ひき縄・はえ縄は変動しながら減少傾向にある(図8)。

# 4. 資源の状態

## (1) 資源評価の方法

1987年以降の漁獲量、体長組成、体長一年齢関係に基づいて暦年の年齢別漁獲尾数を集計し、主要漁業の流し網、ひき縄およびはえ縄の操業隻日数当たり漁獲尾数を指標とするチューニングVPAにより資源尾数を推定した(補足資料1、2、3)。

## (2) 資源量指標値の推移

操業隻日数当たりの漁獲尾数は、流し網では2007年から2014年まで増加傾向で、2015年から2018年まで横ばいで推移し、2019年は大きく増加した。ひき縄・はえ縄では2007年から2016年まで増加傾向にあったが2017年に減少後、2018年以降増加傾向である(図9)。両漁業で瀬戸内海における漁獲量の概ね90%以上を占めていることから、これらの資源量指標値を上述したVPAのチューニングに用いた(補足資料2)。2013～2018年の産卵盛期の5月における卵の分布密度を見ると、2014年に増加した後2015～2017年は低く、2018年はやや増加した。卵の分布密度と親魚量との間には明確な関係は認められなかった(補足資料4)。

## (3) 漁獲物の年齢組成

資源水準の高かった1980年代は3歳魚以上の割合も多かったが(上田1990、岸田1990)、1990年代にその割合は低下した(武田1996、河野ほか1997)。2000年以降の主体は1、2歳魚であるが、2013年以降3歳魚が、2015年以降は4歳魚もやや多くなった。0歳魚の漁獲尾数は1994年までは300千尾を超えていたが、その後は低水準となっている(図10)。

## (4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は1987年の15,718トンから急激に減少し、1998年に最低値の688トンとなった後に増加傾向に転じ、2019年は8,165トンであった。(図11、表3)。漁獲割合は1987年の38%から1996年の54%まで上昇傾向であったが、1997年から急激に低下し、1999年に23%となった。2000年から上昇に転じ、2004年に50%となった後、2005年以降は低下傾向で2019年は29%であった。Mの値を0.3に対して0.4または0.2に変更した場合、資源量と親魚量は7～19%、加入量(0歳魚資源尾数)は6～25%の差を示した(図12～14)。



#### (5) 再生産関係

放流魚の混入率に基づいて加入量を天然魚と放流魚に分離して再生産関係を検討した。親魚量は年齢別資源量に年齢別成熟率を乗じて合算して算出した。親魚量は1987年の10,813トンから1998年の443トンまで減少し、1999年以降は増加傾向で、2019年は5,203トンであった。天然加入量は1988年の4,338千尾から1998年の89千尾まで減少し、1999年以降は増加傾向で、2018年は2,627千尾となったが、2019年は485千尾に大きく減少した(図15、表3)。RPSは1988年の0.6尾/kgから1996年の0.1尾/kgまで低下し、1997年以降上昇傾向で、2002年に最高の0.9尾/kgとなった(図16、表3)。2003年以降は、2008年の0.7尾/kg、2009年の0.4尾/kg、2010年の0.7尾/kg、2012年の0.5尾/kg、2018年の0.7尾/kgを除くと0.4尾/kgを下回る値で横ばいで推移し、2019年は0.1尾/kgと大きく低下した(図16、表3)。

#### (6) Blimitの設定

高いRPSの時に高い天然加入量が期待できる親魚量をBlimitとした。資源計算した1987年から推定誤差が大きい2019年を除く2018年までについて、RPSの上位10%であるRPS<sub>high</sub>(0.7尾/kg)と加入量の上位10%であるR<sub>high</sub>(2,760千尾)の交点から、親魚量4,169トンをBlimitとした(図17)。2019年の親魚量5,203トンはBlimitを上回っているが、F<sub>current</sub>(2019年のF)での漁獲が継続され、2020年に現状の種苗放流が実施された場合、2021年以降、親魚量はBlimitを下回ると予測される(補足資料5)。

#### (7) 資源の水準・動向

瀬戸内海広域漁業調整委員会、サワラ瀬戸内海系群資源管理漁業者協議会、さわか検討会議等における共通認識を踏襲して、資源水準は資源量を指標とし、最高と最低の間を3等分して10,710トン以上を高位、5,700トン以上10,710トン未満を中位、5,700トン未満を低位とした(図11)。2019年の資源量は8,165トンであるので中位と判断した。動向は最近5年(2015~2019年)の資源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

今後の天然加入量は直近年を除く5年(2014~2018年)のRPSの中央値(0.26尾/kg)と親魚量の積によって推定した。さらに、2020年の放流由来の加入量は、2012~2019年(種苗生産時のビタミン不足により種苗の活力が低下したことから放流尾数が少なかった2015年を除く)の有効放流尾数(70mm以上の放流尾数+70mm未満の放流尾数/4、小畑ほか2007、Obata et al. 2008)の平均値(68千尾)と直近年を除く2012~2018年の添加効率の平均値(0.1)の積によって推定した。その結果、加入量は2019年の485千尾から2020年の1,223千尾に増加するが、2021年に932千尾に減少し、その後横ばいで推移すると予測された(補足資料5)。2021年以降は種苗放流の予定がないため、放流由来の加入量はなしとした。

#### (9) 生物学的管理基準(漁獲係数)と現状の漁獲圧の関係

3歳魚のFは1987年から2013年まで上昇傾向で、特に1990年と1994~1996年に大き

く上昇した。そして、2014年に大きく低下し、その後、緩やかな上昇傾向にある(図18)。2歳魚のFは1987年から変動しつつも2003年まで上昇傾向であったが、2004年以降、低下傾向である(図18)。1歳魚のFは1987年から変動しつつも2006年まで上昇傾向であったが、2007年以降は低下傾向である(図18)。0歳魚のFは1987年から1994年まで上昇傾向であったが、1995年に大きく低下し、その後横ばいで推移している(図18)。一方、資源量とFには明確な関係は認められない(図19)。2019年の全年齢のFの平均値( $F_{current}$ )は0.63で、2009~2018年の平均体重により計算した経験的な資源管理基準である $F_{30\%SPR}$ (0.59)より高く、 $F_{max}$ (0.64)よりわずかに低かった(図20)。

#### (10) 種苗放流効果

種苗放流は1999年に播磨灘で始まり、2002年以降瀬戸内海の東西両海域で実施されている。2012年以降は瀬戸内海海域栽培漁業推進協議会が共同種苗生産・放流を行っている。有効放流尾数は2002年の121千尾から2007年の290千尾まで増加傾向であったが、2008年以降減少傾向で2019年は45千尾であった(表4)。耳石のアリザリンコンプレクソン標識に基づく調査によって算出された灘毎の放流魚の年齢別混入率を灘毎の漁獲量で加重平均して系群全体の放流魚の年齢別混入率を推定した。0歳時の値しか得られていない2019年を除いて1歳時の放流魚混入率を用いた。2013年を除いて放流魚全数に標識が施された。2013年は標識率が51%であったため、これに基づいて混入率を補正した。加入量に混入率を乗じて放流由来の加入量を求め、これを有効放流尾数で除して添加効率を算出した。0歳魚における放流魚の混入率は、2002年の2.5%から2003年の16.1%まで上昇した後は低下傾向で、2019年は0%であった。添加効率は2002年の0.24から2003年の0.68まで上昇した後は低下傾向で、2019年は0であった(表4)。種苗放流が天然魚の成長に大きな影響を及ぼすことは認められていない(小畑ほか2008)。

## 5. 2021年ABCの算定

### (1) 資源評価のまとめ

資源水準は中位で、動向は過去5年の推移から増加と判断した。2019年の親魚量は $B_{limit}$ を上回っているが、2021年以降、親魚量は $B_{limit}$ を下回ると予測される(補足資料5、図21~23)。また、年齢組成が1、2歳魚に偏っているため(図10)、加入量が少ない年が続くと資源水準が低下する可能性が高い。従って、現状以上の資源管理措置を実施することが望ましい。

### (2) ABCの算定

2019年の親魚量が $B_{limit}$ を上回っているため、ABC算定はABC算定のための基本規則1-1)-(1) ( $F_{limit}=F_{msy}$ 、 $F_{target}=F_{limit}\times\alpha$ )を適用した。しかし、2021年以降、親魚量が $B_{limit}$ を下回ると推定されるので、 $F_{msy}$ の代替値として、 $F_{current}$ を基準に2026年に親魚量が $B_{limit}$ を上回ることを管理目標とし、Fを探索した。その結果、2021年の $ABC_{limit}$ は1,571トン、 $ABC_{target}$ は1,337トンとなった。2020年以降の将来予測の方法は補足資料2に記載した。

管理基準	Target/ Limit	2021年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値から の増減%)
0.85F <sub>current</sub>	Target	1,337	24	0.43 (-32%)
	Limit	1,571	29	0.54 (-15%)

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、安定的な資源の回復が期待される漁獲量である。Limit は管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。F<sub>target</sub>= $\alpha$ F<sub>limit</sub> とし、係数  $\alpha$  には標準値の 0.8 を用いた。また、F 値（漁獲係数）は全年齢の平均、漁獲割合は 2021 年の ABC/資源量とした。

### (3) ABC の評価

禁漁～F<sub>current</sub> で漁獲を継続した場合の 2026 年までの漁獲量、資源量、親魚量の推定値を次の表に示す。F<sub>current</sub> を継続した場合、2026 年に資源量は 5,250 トンに減少し、親魚量は 3,489 トンに減少すると予測された。

管理基準	F 値	漁獲量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
禁漁	0.00	2,358	2,369	0	0	0	0	0	0
0.1Fcurrent	0.06	2,358	2,369	246	397	570	698	866	997
0.2Fcurrent	0.13	2,358	2,369	473	719	979	1,154	1,368	1,521
0.3Fcurrent	0.19	2,358	2,369	681	980	1,269	1,453	1,699	1,791
0.4Fcurrent	0.25	2,358	2,369	873	1,190	1,471	1,640	1,841	1,943
0.5Fcurrent	0.32	2,358	2,369	1,049	1,359	1,609	1,750	1,922	2,017
0.6Fcurrent	0.38	2,358	2,369	1,213	1,494	1,699	1,805	1,942	2,020
Ftarget=0.68Fcurrent	0.43	2,358	2,369	1,337	1,583	1,747	1,822	1,928	1,988
0.7Fcurrent	0.44	2,358	2,369	1,363	1,601	1,755	1,823	1,922	1,977
0.8Fcurrent	0.51	2,358	2,369	1,502	1,685	1,785	1,815	1,876	1,906
Flimit=0.85Fcurrent	0.54	2,358	2,369	1,571	1,721	1,793	1,804	1,846	1,862
0.9Fcurrent	0.57	2,358	2,369	1,631	1,751	1,797	1,791	1,815	1,819
Fcurrent	0.63	2,358	2,369	1,751	1,801	1,796	1,755	1,745	1,724
		資源量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
禁漁	0.00	8,165	6,192	5,471	7,815	11,165	14,225	18,526	22,446
0.1Fcurrent	0.06	8,165	6,192	5,471	7,497	10,133	12,307	15,216	17,755
0.2Fcurrent	0.13	8,165	6,192	5,471	7,201	9,266	10,777	12,689	14,259
0.3Fcurrent	0.19	8,165	6,192	5,471	6,924	8,582	9,641	10,872	11,778
0.4Fcurrent	0.25	8,165	6,192	5,471	6,666	7,970	8,772	9,581	10,061
0.5Fcurrent	0.32	8,165	6,192	5,471	6,425	7,423	8,017	8,629	8,973
0.6Fcurrent	0.38	8,165	6,192	5,471	6,200	6,934	7,347	7,791	8,059
Ftarget=0.68Fcurrent	0.43	8,165	6,192	5,471	6,027	6,572	6,856	7,178	7,376
0.7Fcurrent	0.44	8,165	6,192	5,471	5,990	6,496	6,753	7,049	7,231
0.8Fcurrent	0.51	8,165	6,192	5,471	5,794	6,103	6,226	6,393	6,490
Flimit=0.85Fcurrent	0.54	8,165	6,192	5,471	5,696	5,914	5,975	6,082	6,137
0.9Fcurrent	0.57	8,165	6,192	5,471	5,610	5,750	5,758	5,814	5,832
Fcurrent	0.63	8,165	6,192	5,471	5,438	5,432	5,340	5,303	5,250
		親魚量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
禁漁	0.00	5,203	4,627	3,547	5,733	8,502	10,842	14,151	17,009
0.1Fcurrent	0.06	5,203	4,627	3,547	5,443	7,652	9,342	11,566	13,406
0.2Fcurrent	0.13	5,203	4,627	3,547	5,175	6,920	8,133	9,601	10,727
0.3Fcurrent	0.19	5,203	4,627	3,547	4,928	6,287	7,195	8,198	8,827
0.4Fcurrent	0.25	5,203	4,627	3,547	4,700	5,739	6,403	7,142	7,523
0.5Fcurrent	0.32	5,203	4,627	3,547	4,490	5,262	5,731	6,270	6,568
0.6Fcurrent	0.38	5,203	4,627	3,547	4,295	4,846	5,158	5,534	5,752
Ftarget=0.68Fcurrent	0.43	5,203	4,627	3,547	4,146	4,544	4,751	5,017	5,170
0.7Fcurrent	0.44	5,203	4,627	3,547	4,114	4,481	4,666	4,910	5,050
0.8Fcurrent	0.51	5,203	4,627	3,547	3,946	4,161	4,242	4,378	4,448
Flimit=0.85Fcurrent	0.54	5,203	4,627	3,547	3,864	4,009	4,044	4,132	4,169
0.9Fcurrent	0.57	5,203	4,627	3,547	3,791	3,878	3,874	3,923	3,932
Fcurrent	0.63	5,203	4,627	3,547	3,646	3,628	3,553	3,531	3,489

## (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
2018 年漁獲量確定値	2018 年の漁獲量および年齢別漁獲尾数 2013 年以降の年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数 将来の資源量および漁獲量の予測値
2019 年漁獲量概数値 2019 年年齢組成	2019 年の漁獲量および年齢別漁獲尾数 2015 年以降の年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数 将来の資源量および漁獲量の予測値
2019 年放流魚混入率 2019 年種苗放流尾数	2019 年の添加効率 将来の資源量および漁獲量の予測値

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F 値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン) (実際の F 値)
2019 年(当初)	0.82Fcurrent	0.55	4,400	1,117	948	
2019 年(2019 年 再評価)	0.82Fcurrent	0.54	5,575	1,694	1,441	
2019 年(2020 年 再評価)	0.82Fcurrent	0.52	8,165	2,038	1,714	2,358 (0.63)
2020 年(当初)	0.81Fcurrent	0.52	5,355	1,579	1,347	
2020 年(2020 年 再評価)	0.81Fcurrent	0.51	6,192	2,009	1,711	

2019 年 ABC の管理基準 Fcurrent は F2017。また、F 値は ABClimit に対する値で、全年齢の平均値である。当初評価と 2019 年再評価は 0 歳魚の M を 0.3 としたが、2020 年再評価では 0 歳魚の加入月を 1 月から 9 月に変更し、0 歳魚の M を 0.1 とした（補足資料 2、6）。2020 年再評価では 2019 年の資源量と ABC が上方修正された。要因として 2018 年級の予測を上回る加入が挙げられる。2020 年の資源量と ABC も同様の理由から上方修正された。本系群では、秋漁の 0 歳魚に基づいて推定した 0 歳魚資源尾数が漁獲の主体となる 1 歳魚以降の漁獲状況により大幅に上方または下方修正されることがある。

## 6. ABC 以外の管理方策の提言

近年の資源量は、2002 年度から 2011 年度まで実施されたサワラ瀬戸内海系群資源回復計画の目標である 2000 年の資源量を 65%引き上げた値の 2,500 トンを上回って推移しており、この計画の目標は達成されている。しかしながら、2019 年の資源量 8,165 トンは資源評価期間中最多であった 1987 年の 52%に留まっている。また、年齢組成が 1、2 歳魚の若齢に偏っているため、2、3 年加入が少ない年が続くと資源量が減少する可能性が高い。よって、短期的な資源量の減少を予防するために、若齢に偏った現状の漁獲実態から若齢を獲り残し、3 歳魚以上の割合を上昇させる方針へ移行していくことが望ましいと考えら

れる。

## 7. 引用文献

- 安部恒之 (1993) 大阪府における漁獲動向. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 II 漁業生物班 B, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, (61), 36-41.
- 愛媛県 (2008) 瀬戸内海海域サワラ. 平成 19 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 全国豊かな海づくり推進協会, 191-197.
- 香川県 (1999) さわら流し網. 平成 10 年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書, 12-24.
- 香川県 (2011) 瀬戸内海海域サワラ. 栽培漁業資源回復等対策事業 (平成 18~22 年度) 総括報告書, 全国豊かな海づくり推進協会, 331-375.
- 岸田 達 (1988) 瀬戸内海中部海域におけるサワラの卵・仔魚の鉛直・水平分布. 日水誌, 54, 1-8.
- 岸田 達 (1989) 漁場の移動からみた瀬戸内海中西部域におけるサワラの分布と回遊. 南西水研報, (22), 13-27.
- 岸田 達 (1990) 瀬戸内海中西部域におけるサワラの成長と個体群密度の関係. 南西水研報, (23), 35-41.
- 岸田 達・会田勝美 (1989) 瀬戸内海中西部域におけるサワラの成熟と産卵. 日水誌, 55, 2065-2074.
- 岸田 達・上田和夫・高尾亀次 (1985) 瀬戸内海中西部におけるサワラの年齢と成長. 日水誌, 51, 529-537.
- 小林一彦 (2003) サワラ瀬戸内海系群資源回復計画について. 日本水産学会誌, 69, 109-114.
- 河野悌昌・花村幸生・西山雄峰・福田雅明 (1997) 瀬戸内海西部におけるサワラ資源の年齢組成の変化. 南西水研報, (30), 1-8.
- 永井達樹 (2003) サワラの資源状況と資源回復計画. 日本水産学会誌, 69, 99-103.
- 永井達樹・武田保幸 (1993) 漁獲量. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 II 漁業生物班 B, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・社団法人日本水産資源保護協会, (61), 1-16.
- 永井達樹・武田保幸・中村行延・篠原基之・上田幸男・安部亨利・安部恒之 (1996) 瀬戸内海東部産サワラの資源動向. 南西水研報, (29), 19-26.
- 中込暢彦 (1971) サワラ資源の利用形態と漁業経営様式 (謄写印刷). 水産大学校, 下関, 44 pp.
- 中村行延 (1991) 五色町漁業協同組合鳥飼支所におけるサワラ流し網漁の漁獲動向について. 内海漁業研究会報, (23), 40-49.
- 中村行延 (2010a) 兵庫県瀬戸内海産サワラの年齢組成と成長の変化. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 [水産篇], (41), 59-64.
- 中村行延 (2010b) 水揚記録から見た播磨灘におけるさわら流し網漁の漁獲実態. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 [水産篇], (41), 65-68.
- 中村行延・上田幸男 (1993) 年齢と成長. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 II 漁業生物班 B, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, (61), 17-27.
- 小畑泰弘・山崎英樹・竹森弘征・岩本明雄・奥村重信・藤本 宏・山本義久・北田修一 (2007)

- 異なるサイズで放流したサワラ人工種苗の資源添加効率の比較. 日水誌, **73**, 55-61.
- Obata, Y., H. Yamazaki, A. Iwamoto, K. Hamasaki and S. Kitada (2008) Evaluation of stocking effectiveness of the Japanese Spanish mackerel in the eastern Seto Inland Sea, Japan. *Rev. Fish. Sci.*, **16**, 235-242.
- 小畑泰弘・山崎英樹・竹森弘征・岩本明雄・浜崎活幸・北田修一 (2008) カタクチイワシシラスの資源重量から試算したサワラ人工種苗放流による 0 歳魚加入資源の上積み量. 日水誌, **74**, 796-801.
- 大阪府 (2010) 瀬戸内海海域サワラ. 平成 21 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 全国豊かな海づくり推進協会, 329-369.
- 瀬戸内海水産開発協議会 (1972) 「瀬戸内海の魚介類 Vol. 1」. 瀬戸内海水産開発協議会, 神戸, 72 pp.
- 篠原基之 (1991) 瀬戸内海東部におけるサワラの産卵と成熟について. 岡山水試報, (6), 28-34.
- 篠原基之 (1993) 熟度指数の季節変化と年変化, 成熟率及びよう卵数. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 II 漁業生物班 B, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, (61), 124-141.
- Shoji, J., T. Kishida and M. Tanaka (1997) Piscivorous habits of Spanish Mackerel larvae in the Seto Inland Sea. *Fish. Sci.*, **63**, 388-392.
- 武田保幸 (1996) 紀伊水道産サワラの近年における漁獲低迷. 水産海洋研究, **60**, 18-25.
- 竹森弘征 (2006) 瀬戸内海東部海域で漁獲されたサワラの成長と成熟. 香川水試研報, (7), 1-11.
- 竹森弘征・坂本 久・植田 豊・山崎英樹・岩本明雄 (2005a) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ標識放流結果-I. 栽培技研, **32**, 25-34.
- 竹森弘征・坂本 久・植田豊・山崎英樹・岩本明雄 (2005b) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ 0 歳魚の成長. 栽培技研, **32**, 35-41.
- 竹森弘征・山田達夫 (2003) 瀬戸内海東部海域におけるサワラの資源水準と成長の関係. 香川水試研報, (4), 1-9.
- 辻野耕實・安部恒之 (1996) 大阪府における漁獲動向. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 I. 漁業生物班, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, (67), 95-112.
- 上田幸男 (1990) 播磨灘産サワラの漁業生物学的研究(要旨). 内海漁業研究会報, (22), 62.
- 和歌山県 (2009) 瀬戸内海海域サワラ. 平成 20 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 全国豊かな海づくり推進協会, 221-229.
- 山崎英樹・藤本 宏 (2006) 放流海域に回帰したサワラ人工 1 歳魚の性比と成熟状況. 栽培技研, **34**, 7-12.
- 横川浩治 (1996) 瀬戸内海東部域におけるサワラの成長および肥満度. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 I. 漁業生物班, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, (67), 179-198.

(執筆者：片町太輔、山本圭介)

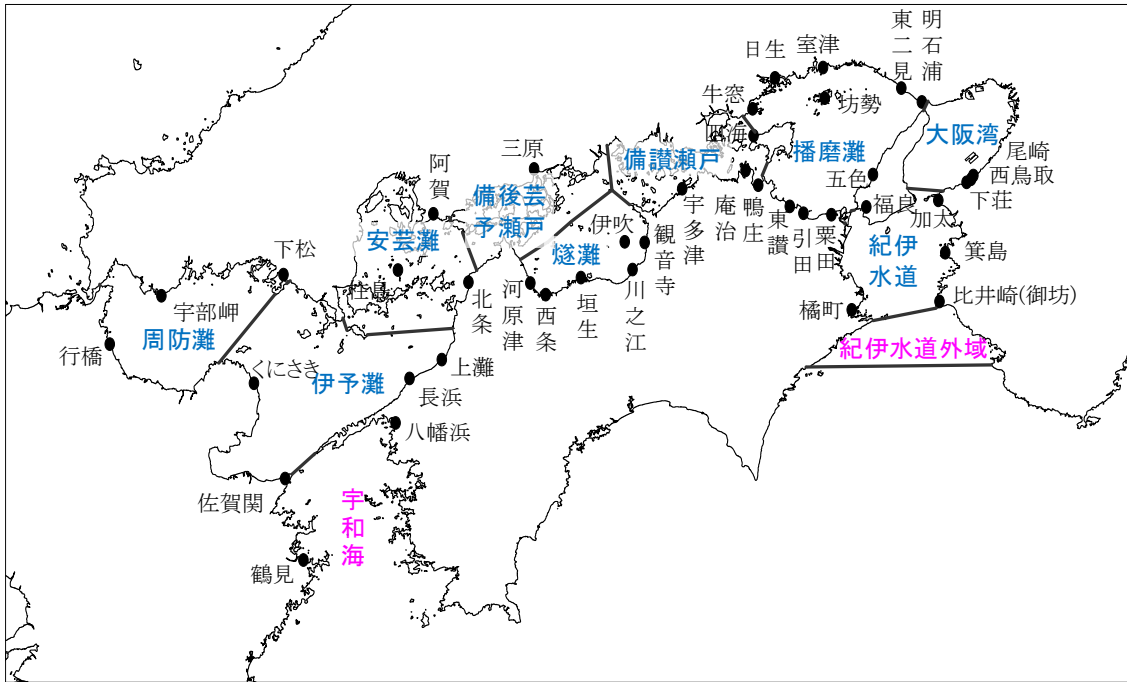


図1. 瀬戸内海の灘区分と調査地

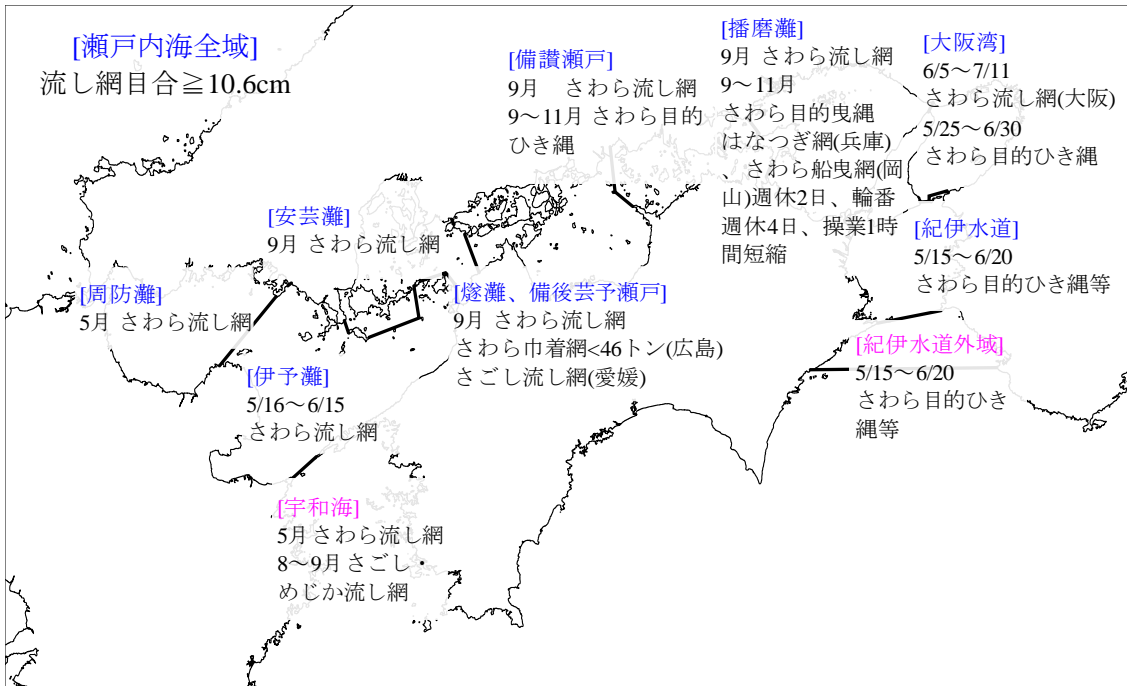


図2. 2020年度の漁獲努力量削減措置（目合い規制、休漁期等）



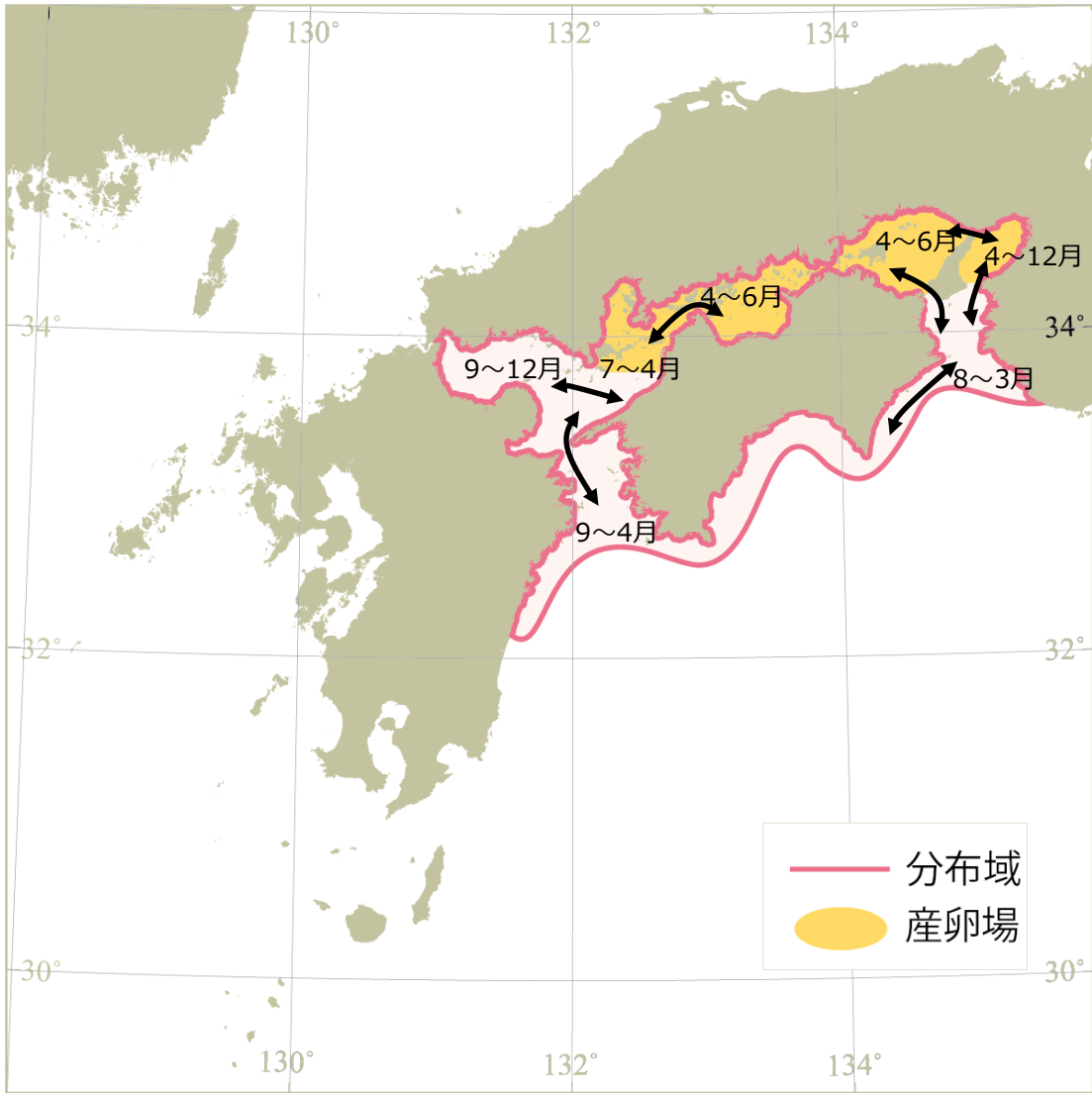


図3. 分布域、回遊および主漁期

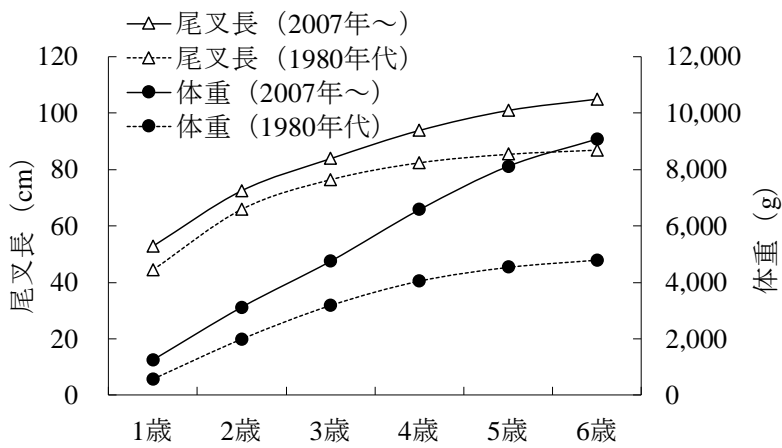


図4. 年齢と成長

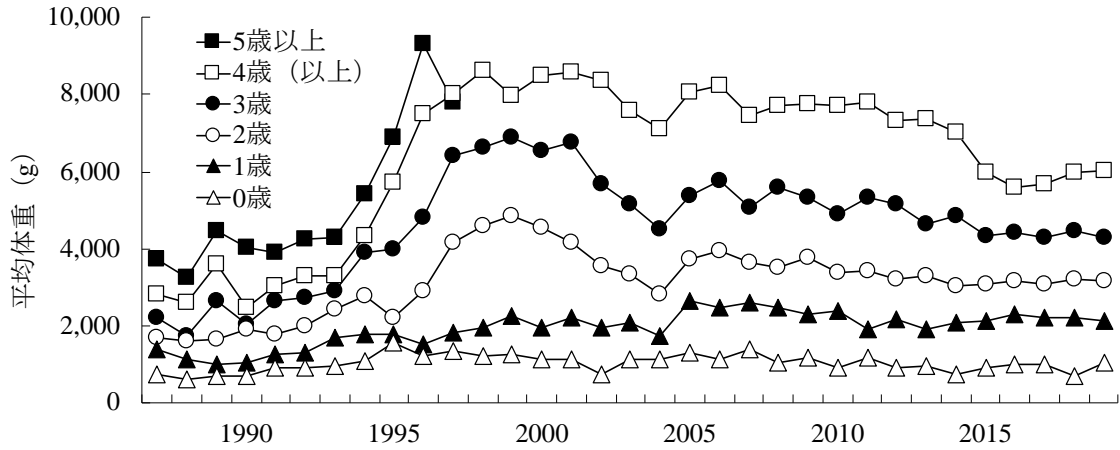


図5. 年齢別平均体重の推移 (1997年まで5歳以上を、1998年から4歳以上を一括した)

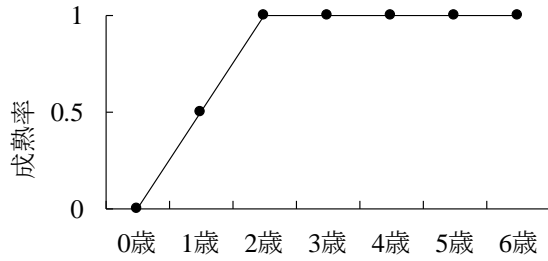


図6. 年齢別成熟率

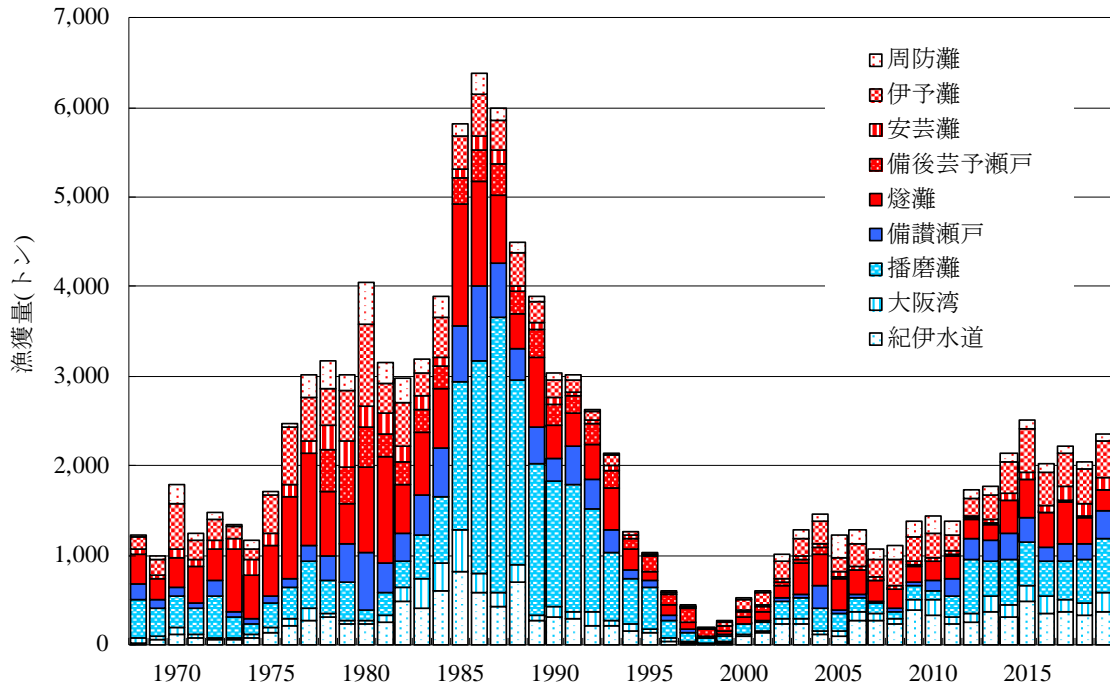


図7. 年別灘別漁獲量の推移

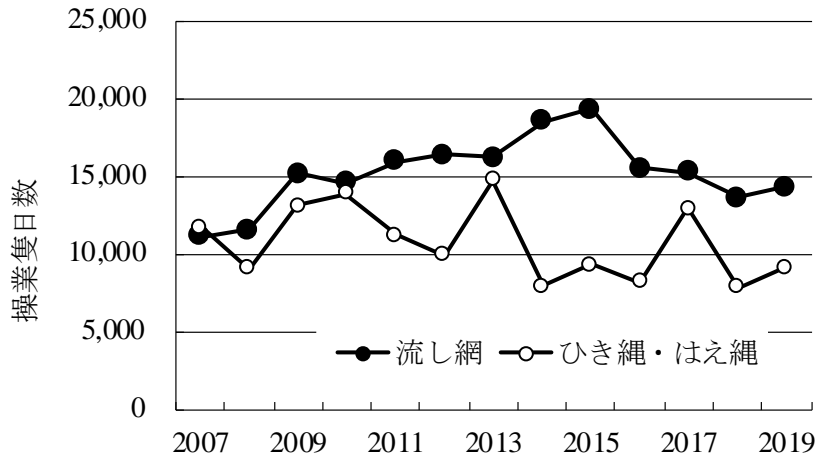


図8. 流し網とひき縄・はえ縄の操業隻日数の推移

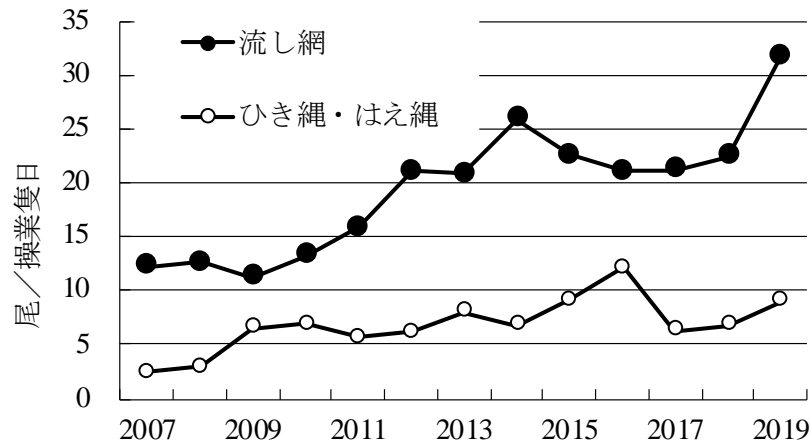


図9. 流し網とひき縄・はえ縄の操業隻日数当たりの漁獲尾数の推移

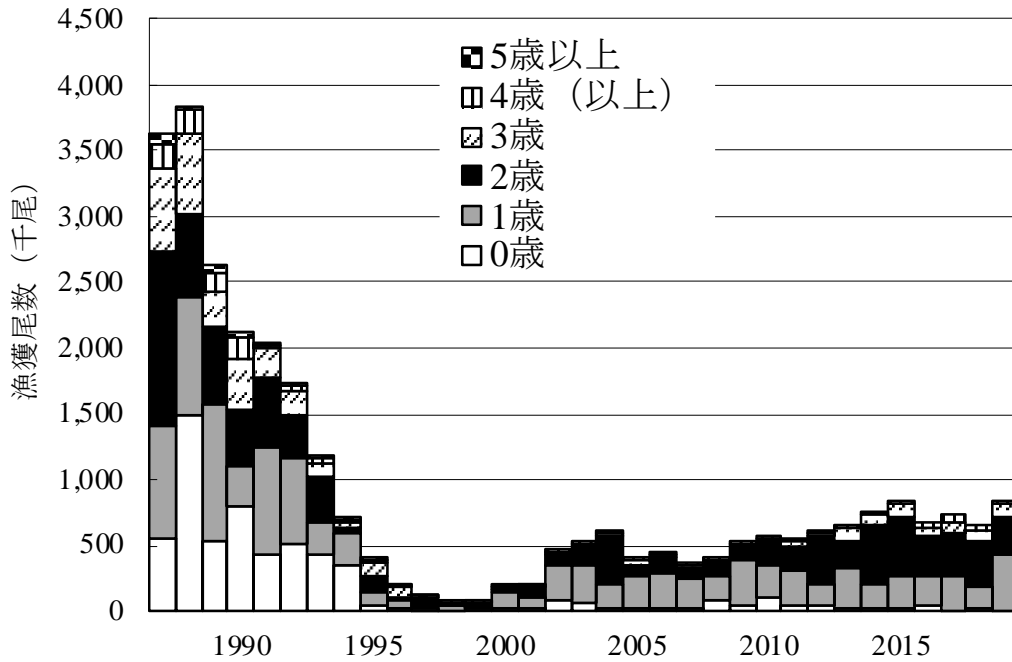


図 10. 年齢別漁獲尾数の推移(1997年まで5歳以上を、1998年から4歳以上を一括した)

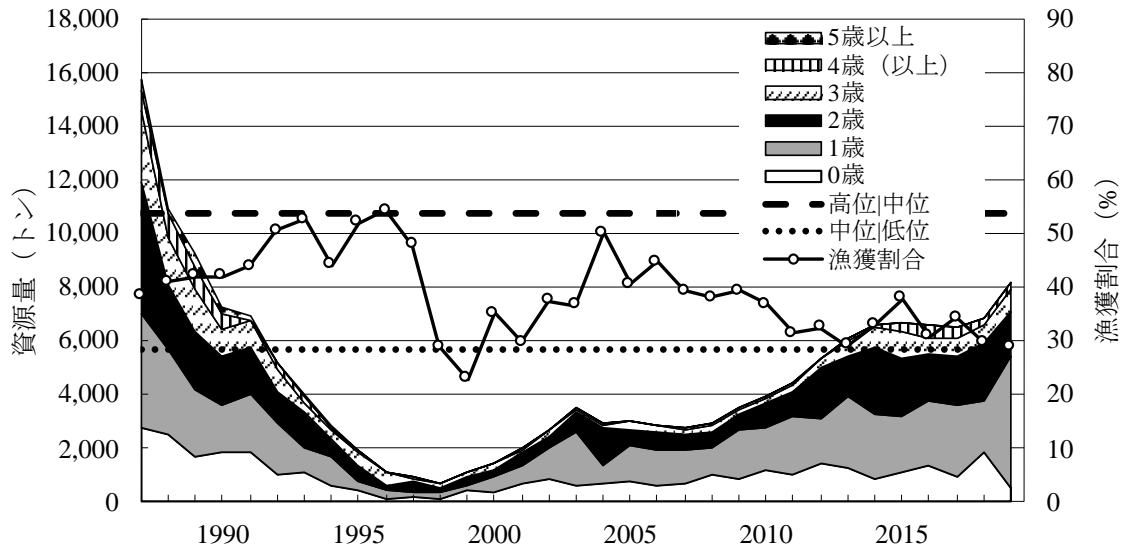


図 11. 資源量と漁獲割合の推移(1997年まで5歳以上を、1998年から4歳以上を一括した)

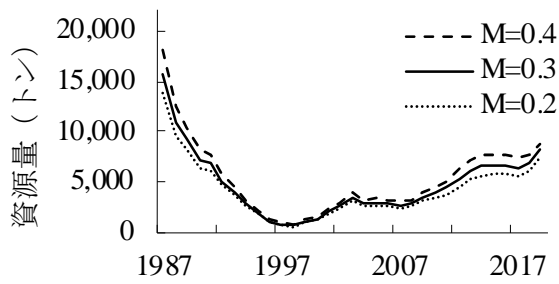


図 12. 資源量についての M の感度分析

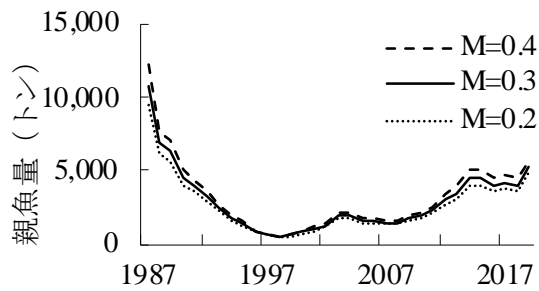


図 13. 親魚量についての M の感度分析

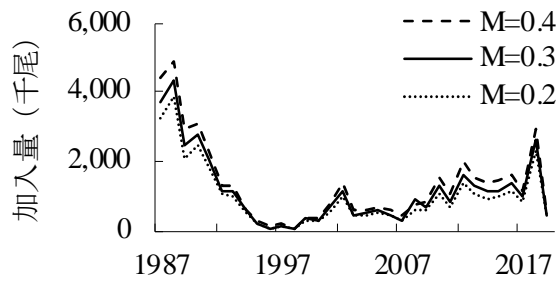


図 14. 加入量についての M の感度分析

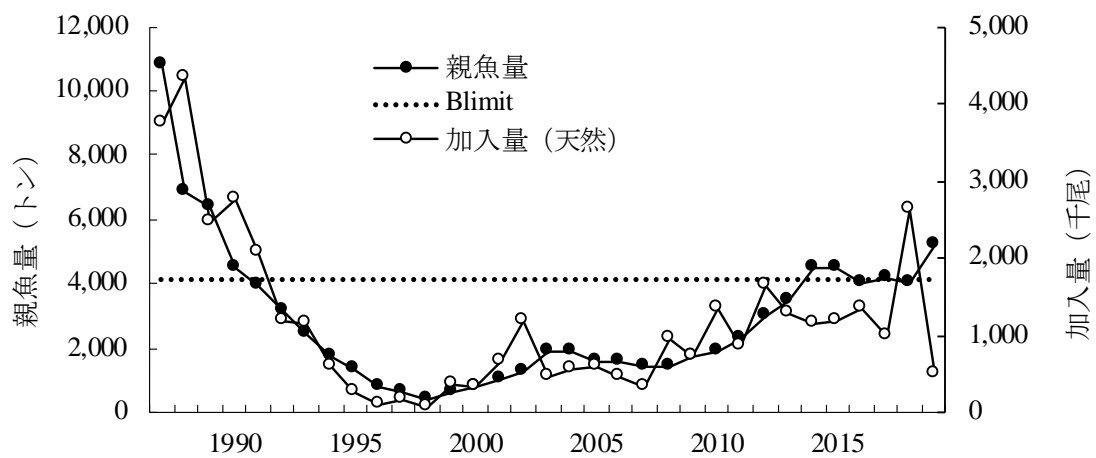


図 15. 親魚量と加入量(天然)の推移

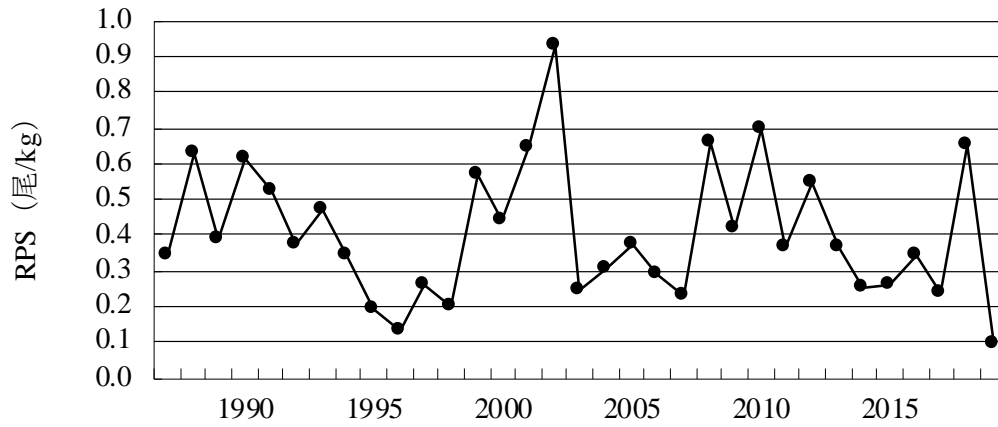


図 16. RPS の推移

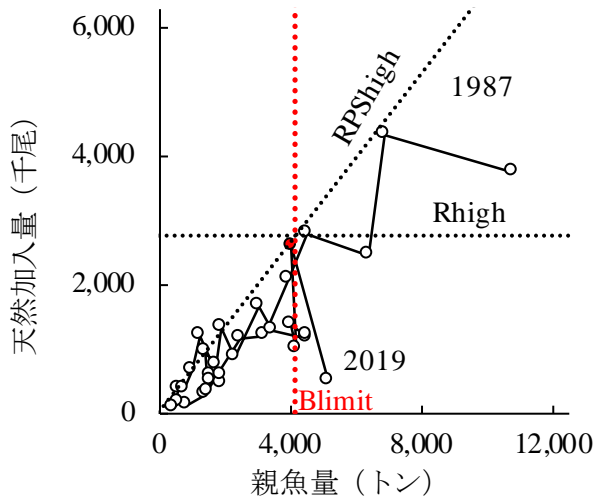


図 17. 再生産関係と Blimit

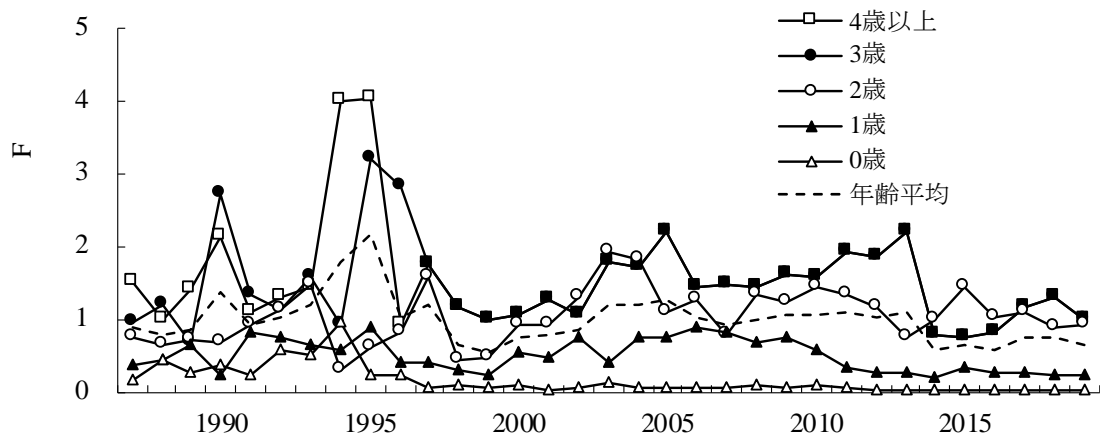


図 18. F の推移

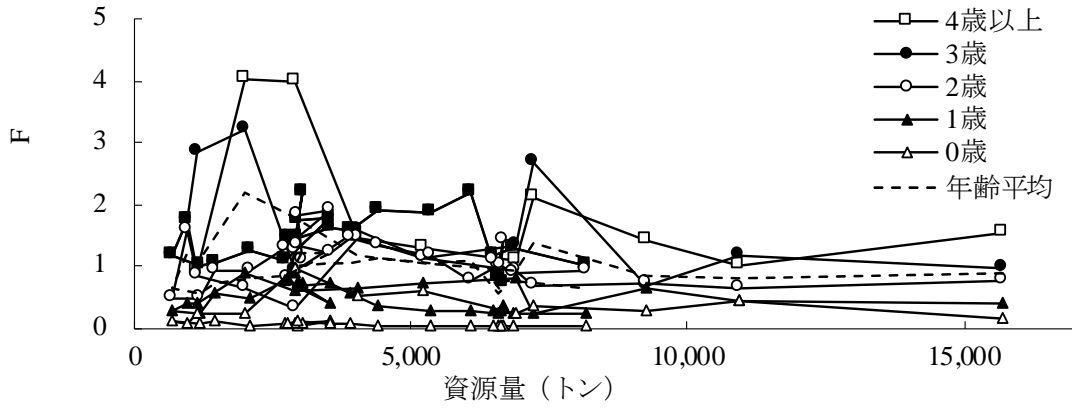


図 19. 資源量と F の関係

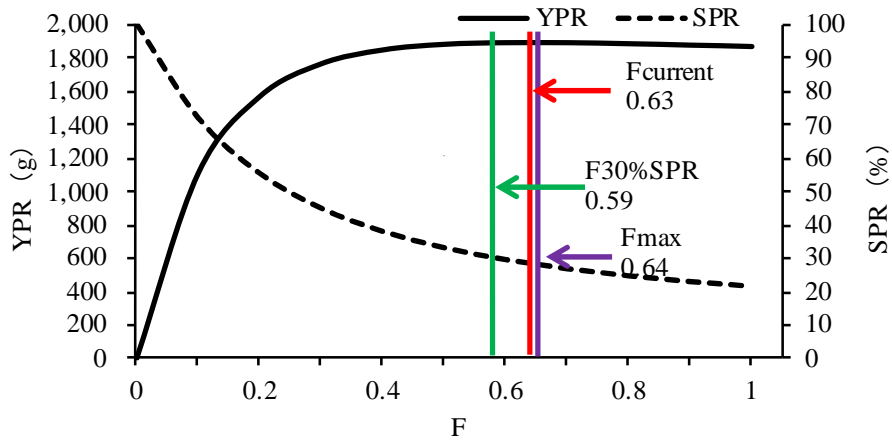


図 20. F と SPR、YPR (2009~2018 年の平均体重により計算) の関係

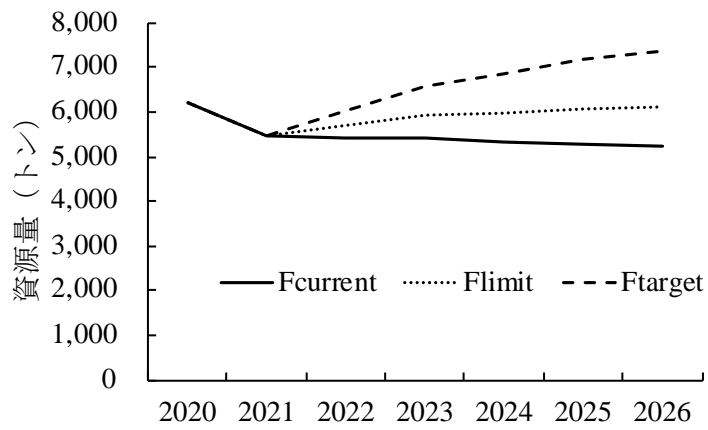


図 21. 資源量の将来予測

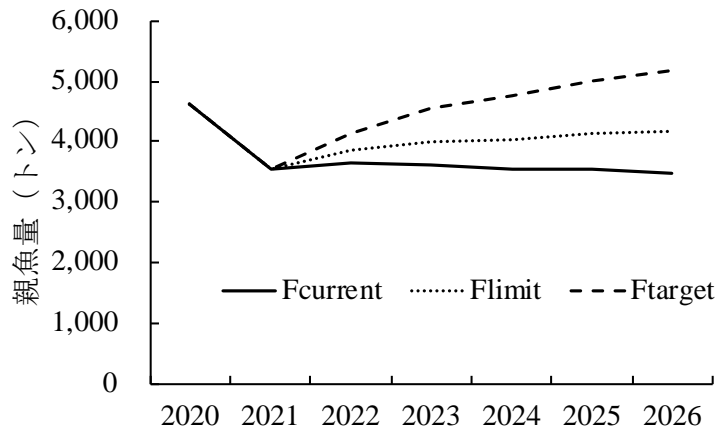


図 22. 親魚量の将来予測

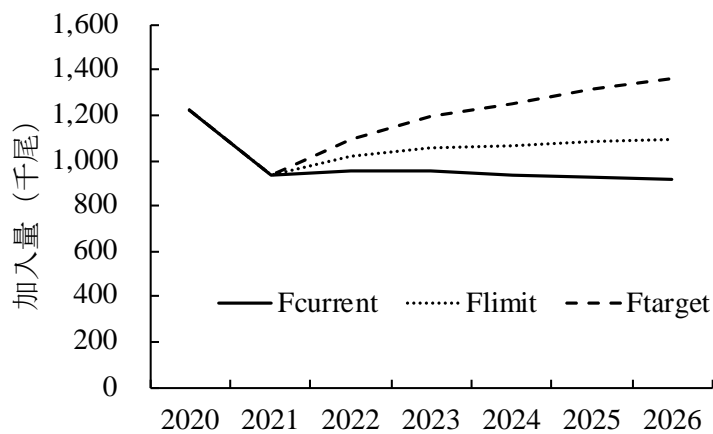


図 23. 加入量の将来予測



表 1. 瀬戸内海区の府県別漁獲量の推移 (トン)

年	和歌山	大阪	兵庫	岡山	広島	山口	徳島	香川	愛媛	福岡	大分	計
1965	39	24	432	133	106	45	46	409	245	0	54	1,533
1966	51	10	461	256	121	36	35	793	151	0	54	1,968
1967	58	20	288	76	60	70	25	364	176	0	61	1,198
1968	21	14	181	114	207	21	18	308	240	0	98	1,222
1969	28	11	134	74	147	31	32	202	196	0	136	991
1970	24	31	182	44	102	52	37	92	254	0	972	1,790
1971	33	15	211	31	252	65	37	110	319	12	169	1,254
1972	28	8	244	114	191	41	24	236	411	7	176	1,480
1973	29	8	154	41	389	24	23	113	469	3	101	1,354
1974	24	21	93	19	268	63	30	75	495	4	80	1,172
1975	55	11	283	13	424	31	47	143	526	22	167	1,722
1976	68	41	334	56	477	42	68	192	873	1	315	2,467
1977	62	41	605	102	479	106	115	201	847	6	457	3,021
1978	84	27	325	100	670	80	63	270	1,054	37	463	3,173
1979	40	13	367	149	746	109	64	332	784	20	400	3,024
1980	48	9	171	88	512	223	71	727	1,387	27	782	4,045
1981	77	12	291	111	311	143	70	436	1,426	71	212	3,160
1982	125	35	571	108	340	164	79	361	807	64	331	2,985
1983	124	240	546	154	258	150	75	590	872	45	130	3,184
1984	174	116	854	274	240	190	208	593	893	37	314	3,893
1985	238	198	1,683	376	253	146	277	821	1,602	0	222	5,816
1986	223	106	1,877	535	348	215	232	1,077	1,479	0	286	6,378
1987	237	62	2,378	365	369	136	209	1,000	1,055	2	184	5,997
1988	300	41	1,666	271	275	118	338	684	647	10	135	4,485
1989	152	37	1,078	329	307	85	172	657	1,004	0	81	3,902
1990	135	39	994	224	268	74	227	464	538	0	66	3,029
1991	132	16	952	237	234	71	258	622	415	0	84	3,021
1992	65	114	780	153	238	11	217	482	530	0	33	2,623
1993	88	43	518	108	185	9	123	414	598	0	34	2,120
1994	57	54	345	71	115	4	122	215	275	0	13	1,271
1995	52	28	289	49	85	2	114	209	199	0	2	1,029
1996	30	19	140	29	87	1	23	110	162	0	2	603
1997	16	13	70	17	75	0	13	57	174	1	6	442
1998	15	3	33	6	65	0	12	20	44	0	1	199
1999	16	14	40	5	49	1	18	33	83	0	4	263
2000	36	12	105	7	41	2	55	38	185	0	31	512
2001	45	12	87	8	18	12	83	58	195	1	96	615
2002	78	46	172	23	32	79	153	72	231	2	120	1,008
2003	64	19	248	19	46	96	149	85	441	5	117	1,289
2004	54	19	183	76	60	78	79	308	454	7	147	1,465
2005	43	33	124	29	57	146	58	143	425	8	158	1,224
2006	47	67	187	15	40	139	162	127	383	8	108	1,283
2007	45	44	144	18	31	82	172	104	323	4	115	1,082
2008	47	24	85	20	48	82	159	141	312	12	183	1,113
2009	73	59	213	17	50	123	255	143	339	4	106	1,382
2010	58	41	218	22	48	116	228	233	293	3	176	1,436
2011	52	46	217	38	45	117	125	374	248	4	118	1,384
2012	62	58	338	102	37	73	134	568	292	3	73	1,740
2013	78	94	374	58	40	87	216	401	308	4	115	1,775
2014	72	91	329	85	47	106	199	571	504	4	140	2,148
2015	80	118	380	97	38	132	303	543	637	5	186	2,519
2016	54	114	355	74	44	128	212	384	438	5	219	2,027
2017	61	108	325	79	78	150	227	434	494	8	257	2,220
2018	54	81	328	94	96	133	227	431	411	7	176	2,038
2019	57	155	447	151	79	162	244	541	354	8	160	2,358

表 2. 瀬戸内海区、紀伊水道外域および豊後水道の灘別漁獲量の推移 (トン)

年	紀伊水道	大阪湾	播磨灘	備讃瀬戸	燧灘	備後芸予瀬戸	安芸灘	伊予灘	周防灘	瀬戸内海計	紀伊水道外域	豊後水道
1968	31	45	434	173		*338	61	125	16	1,221	312	234
1969	68	26	317	105		*233	40	173	28	991	135	176
1970	115	75	361	97		*332	102	490	217	1,790	171	232
1971	83	38	294	66		*395	78	211	90	1,254	182	233
1972	59	26	465	173		*357	97	228	74	1,480	122	335
1973	63	20	226	74		*688	129	129	26	1,354	122	154
1974	75	45	120	62		*481	165	133	91	1,172	91	169
1975	140	64	262	75		*564	142	420	55	1,722	135	144
1976	211	87	354	92		*916	125	640	41	2,467	113	117
1977	282	132	530	178		*1,027	137	475	260	3,021	159	157
1978	315	46	359	274	722	465	268	418	306	3,173	173	327
1979	238	34	430	424	459	396	299	564	181	3,024	173	166
1980	241	31	121	649	944	440	238	926	455	4,045	144	267
1981	262	63	268	330	1,178	255	227	342	235	3,160	163	363
1982	492	157	282	325	536	263	159	488	283	2,985	112	124
1983	409	333	493	446	703	249	153	259	139	3,184	157	121
1984	600	323	738	535	660	251	110	451	225	3,893	196	119
1985	829	460	1,653	618	1,366	286	106	354	144	5,816	240	229
1986	581	229	2,354	848	1,162	346	159	463	235	6,378	154	202
1987	432	163	3,062	604	764	345	163	315	149	5,997	100	142
1988	707	196	2,062	348	394	248	61	361	108	4,485	80	107
1989	272	67	1,685	409	778	317	76	224	74	3,902	49	109
1990	316	114	1,410	247	367	240	70	199	67	3,029	156	73
1991	298	82	1,405	428	380	200	36	129	64	3,021	70	50
1992	224	151	1,155	313	389	241	32	113	5	2,623	61	42
1993	209	75	748	259	465	196	61	103	3	2,120	46	44
1994	167	69	500	112	218	120	46	41	0	1,271	46	34
1995	140	32	467	90	102	175	6	17	0	1,029	16	150
1996	54	20	209	56	114	124	3	23	0	603	128	15
1997	28	13	107	27	75	162	10	13	6	442	105	18
1998	25	3	51	8	20	75	6	10	0	199	113	103
1999	31	22	58	11	36	60	9	34	1	263	47	56
2000	96	21	113	15	75	65	12	115	2	512	46	244
2001	139	21	102	16	99	47	19	136	36	615	61	180
2002	232	63	201	34	141	37	38	185	79	1,008	67	351
2003	246	45	234	39	347	39	40	205	93	1,289	42	71
2004	131	26	250	259	352	76	41	251	79	1,465	45	65
2005	106	54	194	31	368	13	57	151	250	1,224	35	182
2006	268	98	162	41	262	10	32	257	154	1,283	53	189
2007	276	86	114	23	226	6	26	192	134	1,082	75	312
2008	238	51	82	50	196	11	37	287	160	1,113	43	250
2009	401	119	143	34	189	17	33	267	179	1,382	78	118
2010	343	161	107	118	202	12	42	271	179	1,436	61	275
2011	232	93	232	181	262	12	37	182	154	1,384	77	201
2012	253	110	592	238	217	12	26	196	96	1,740	90	261
2013	372	175	390	229	188	12	29	273	105	1,775	89	96
2014	318	140	492	308	356	6	67	357	104	2,148	200	172
2015	490	171	485	275	433	5	70	480	109	2,519	238	101
2016	352	191	395	161	380	5	76	366	99	2,027	305	177
2017	365	148	426	192	474	9	158	380	68	2,220	93	128
2018	333	130	499	166	305	3	152	383	66	2,038	99	42
2019	374	223	594	313	230	3	142	392	87	2,358	86	72

\* 燧灘と備後芸予瀬戸の合計。

表3. サワラ瀬戸内海系群の資源解析結果（加入量は天然と放流由来の合算）

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (千尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1987	5,997	15,718	10,813	3,734	38	0.35
1988	4,485	10,945	6,863	4,338	41	0.63
1989	3,902	9,272	6,351	2,463	42	0.39
1990	3,029	7,219	4,497	2,760	42	0.61
1991	3,021	6,887	3,966	2,071	44	0.52
1992	2,623	5,197	3,193	1,186	50	0.37
1993	2,120	4,027	2,459	1,149	53	0.47
1994	1,271	2,891	1,711	587	44	0.34
1995	1,029	1,978	1,391	264	52	0.19
1996	603	1,113	835	114	54	0.14
1997	442	924	632	166	48	0.26
1998	199	688	443	89	29	0.20
1999	263	1,145	622	354	23	0.57
2000	512	1,456	777	343	35	0.44
2001	615	2,061	1,021	658	30	0.64
2002	1,008	2,697	1,273	1,205	37	0.93
2003	1,289	3,528	1,917	518	37	0.24
2004	1,465	2,926	1,909	595	50	0.30
2005	1,224	3,026	1,570	607	40	0.37
2006	1,283	2,875	1,607	566	45	0.29
2007	1,082	2,760	1,466	482	39	0.23
2008	1,113	2,926	1,426	962	38	0.66
2009	1,382	3,512	1,733	755	39	0.42
2010	1,436	3,903	1,922	1,357	37	0.69
2011	1,384	4,405	2,296	895	31	0.37
2012	1,740	5,351	3,039	1,663	33	0.54
2013	1,775	6,084	3,480	1,309	29	0.37
2014	2,148	6,557	4,498	1,149	33	0.25
2015	2,519	6,645	4,499	1,182	38	0.26
2016	2,027	6,601	4,014	1,369	31	0.34
2017	2,220	6,469	4,166	990	34	0.24
2018	2,038	6,861	4,053	2,627	30	0.65
2019	2,358	8,165	5,203	485	29	0.09

表 4. 種苗放流尾数、加入量、混入率、添加効率の推移

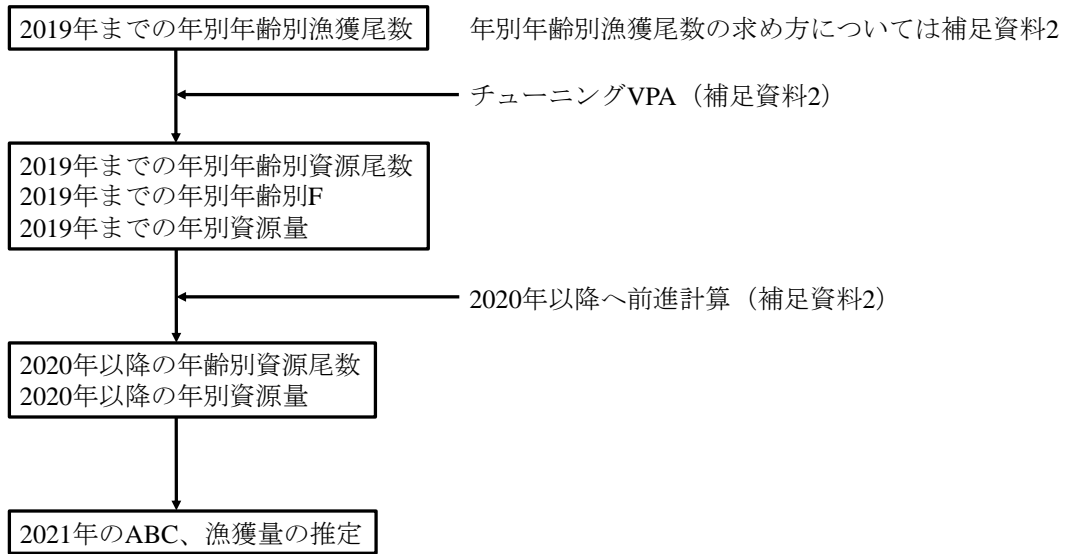
年	人工種苗放流尾数 (尾)				有効放流尾数 (千尾)	加入量 (千尾)		混入率 (%)	添加効率
	東部		西部			天然魚	放流魚		
	大型	小型	大型	小型					
2002	82,992	51,000	9,099	66,300	121	1,175	30	2.5	0.24
2003	83,493	94,000	15,689		123	434	84	16.1	0.68
2004	36,000		40,273	20,000	81	571	24	4.0	0.29
2005	113,419		42,086	3,000	156	583	24	4.0	0.16
2006	104,781		41,800		147	517	49	8.7	0.33
2007	216,532		53,468	80,000	290	448	34	7.0	0.12
2008	118,947		73,019	20,000	197	945	17	1.8	0.09
2009	163,248		67,088	41,000	241	738	16	2.2	0.07
2010	164,922	18,000	34,830		204	1,331	26	1.9	0.13
2011	126,525		7,690		134	866	29	3.3	0.22
2012	54,000	32,000	14,000		76	1,646	16	1.0	0.21
2013	60,000		18,000		78	1,296	14	1.0	0.17
2014	55,000	12,000	17,000		75	1,136	13	1.1	0.17
2015	25,500	6,000	700	4,500	29	1,182	0	0.0	0.00
2016	54,491		15,245		70	1,359	10	0.7	0.14
2017	43,770		20,902		65	989	1	0.1	0.01
2018	52,865		17,188		70	2,627	0	0.0	0.00
2019	38,000		7,100		45	485	0	0.0	0.00

※有効放流尾数＝大型放流尾数＋小型放流尾数／4。

※放流魚混入率は2002～2018年は1歳時、2019年は0歳時の値。

※ 将来予測に用いる有効放流尾数及び添加効率は、瀬戸内海海域栽培漁業推進協議会による共同種苗生産・放流が開始された2012年から2018年(種苗生産時のビタミン不足により種苗の活力が低下したことから放流尾数が少なかった2015年を除く)の平均とした。

補足資料 1 資源評価の流れ



## 補足資料 2 資源計算方法

### (1) 年齢別漁獲尾数の推定

2004年以前の年齢別漁獲尾数は永井・片町(2009)の値を元に、漁業・養殖業生産統計年報と整合させた。より詳細な資料が入手可能な2005年以降は次の方法によった。

・漁業・養殖業生産統計年報の漁獲量に一致するように、瀬戸内海漁業調整事務所が集計した月別灘別漁法別水揚量を、府県別年別把握率を計算して引き延ばした。なお、灘と漁法は次の通り18に区分した。

紀伊水道[和歌山ひき縄等、徳島はえ縄等、兵庫ひき縄]

大阪湾[大阪さわら流し網、兵庫ひき縄]

播磨灘[兵庫さわら流し網、兵庫ひき縄、兵庫ひら流し網]、[兵庫はなつぎ網]、[岡山さわら流し網、岡山さわら船曳網]、[徳島さわら流し網等]、[香川さわら流し網]

備讃瀬戸[岡山さわら流し網、岡山さわらひき釣]、[香川さわら流し網]

燧灘[広島さわら流し網、広島さごし巾着網]、[香川さわら流し網]

燧灘・安芸灘[愛媛さわら流し網、愛媛あじ・えそ流し網等]、[愛媛その他]

安芸灘[広島さわら流し網、山口さわら流し網]

伊予灘[山口さわら流し網、愛媛さわら流し網]、[愛媛その他]、[大分さわら流し網]

周防灘[山口さわら流し網、福岡さわら流し網、大分さわら流し網]

・月別灘別漁法別水揚量を月別灘別体長組成比で振り分けて、月別に合算し、体長階級別重量を使って重量比に換算した。月別水揚量に体長階級別重量比を乗じて、体長階級別重量で除すことで月別体長階級別漁獲尾数を求めた。体長(尾叉長)FL(cm)と体重w(kg)の関係は竹森(2006)の

$$\text{雄 } w = 1.42 \times 10^{-5} \times FL^{2.865}$$

$$\text{雌 } w = 1.20 \times 10^{-5} \times FL^{2.913}$$

を参考に、雌雄共に

$$w = 1.31 \times 10^{-5} \times FL^{2.89}$$

とした。

・五利江(2002)の最小二乗法による混合正規分布の分解により、月別体長階級別漁獲尾数から月別体長階級別年齢別漁獲尾数を算出し、これを集計して月別年齢別漁獲尾数を計算した。なお、1998年までの5歳以上と1999年以降の4歳魚以上の尾数は極めて少ないので一括した。

・月別年齢別漁獲尾数を年毎に集計して、年別年齢別漁獲尾数とした。

### (2) 年齢別漁獲物平均体重の計算

(1)の月別体長階級別年齢別漁獲尾数と体長体重関係式から月別体長階級別年齢別漁獲量を求め、これを集計して月別年齢別漁獲量を計算した。これを1年分合計して年齢別漁獲量を算出、その年の年齢別漁獲尾数で除して年齢別漁獲物平均体重とした。

### (3) VPAによる資源尾数等の推定(チューニング前)

年別年齢別漁獲尾数に基づいてPope(1972)により年齢別資源尾数と漁獲係数を計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M_a) + C_{a,y} \exp(M_a/2)$$

1987～1998年は5歳以上を一括し、4歳と5歳以上の漁獲係数が等しいと仮定した。

$$N_{4,y} = N_{5,y+1} \exp(M_4) \frac{C_{4,y}}{C_{4,y} + C_{5,y}} + C_{4,y} \exp(M_4/2)$$

$$N_{5,y} = N_{4,y} \frac{C_{5,y}}{C_{4,y}}$$

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

$$F_{5,y} = F_{4,y}$$

1999年以降は4歳以上を一括し、3歳と4歳以上の漁獲係数が等しいと仮定した。

$$N_{3,y} = N_{4,y+1} \exp(M_3) \frac{C_{3,y}}{C_{3,y} + C_{4,y}} + C_{3,y} \exp(M_3/2)$$

$$N_{4,y} = N_{3,y} \frac{C_{4,y}}{C_{3,y}}$$

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

$$F_{4,y} = F_{3,y}$$

2019年のFと資源尾数は次の式で求めた。

$$F_{a,2019} = \frac{F_{a,2016} + F_{a,2017} + F_{a,2018}}{3}$$

$$N_{a,2019} = C_{a,2019} \frac{\exp(M_a/2)}{1 - \exp(-F_{a,2019})}$$

ここで、 $N_{a,y}$ はy年のa歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は同様に漁獲尾数、 $F_{a,y}$ は漁獲係数。 $M_a$ はa歳魚の自然死亡係数で、田内・田中の方法(田中 1960)により、寿命を8年として  $2.5/8 \doteq 0.3$  より、年当たり 0.3 とした。ただし、0歳魚は9月加入とし、 $M_a$ には  $4/12$  を乗じた 0.1 を与えた。

#### (4) チューニングによる直近年の漁獲係数の推定

指数として図9に示す2つの指標値を用いた。この指標値は各府県の情報に基づいて水産庁瀬戸内海漁業調整事務所が集計した値である。この指標値を流し網とひき縄・はえ縄の漁獲量で加重平均した値(下表)をチューニング指標値として計算に用いた。

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
9.49	10.81	9.56	11.28	14.18	18.69	17.71	23.32	19.70	19.06	18.21	19.45	27.86

目的関数が最小となる2019年の漁獲係数を探索的に求めた。各年齢の選択率は2016～2018年の平均と等しいと仮定した。

目的関数は次の式とした。

$$\sum_{y=2007}^{2019} \{\ln(I_y) - \ln(qN_y)\}^2$$

ここで、 $I_y$  は  $y$  年における指数、 $q$  は比例定数を示す。

このチューニングにより 2019 年の  $F$  は次の通り下方修正された。

2019年のF	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	平均
チューニング前	0.02	0.27	1.02	1.11	1.11	0.71
チューニング後	0.02	0.24	0.91	0.99	0.99	0.63

チューニングで求めた 2019 年の各年齢の漁獲係数により、2019 年の資源尾数は修正され、それにともなって、2018 年以前の資源尾数も修正された。

なお、上述したように、本年度評価では、0 歳魚の  $M$  を昨年度評価の 0.3 から 0.1 へ変更した。昨年度評価のように 0 歳魚の  $M$  と 0.3 とした場合の資源量や親魚量の推移を補足資料 6 に示す。

#### (5) SPR、YPR の計算

SPR、YPR は次の式で計算した。

$$SPR = \sum_{a=0}^8 S_a fr_a W_a$$

$$YPR = \sum_{a=0}^8 \frac{F_a}{F_a + M_a} \{1 - \exp(-F_a - M_a)\} S_a W_a$$

$$S_0 = 1, \quad S_{a+1} = S_a \exp(-F_a - M_a)$$

ここで、 $S_a$  は  $a$  歳における残存率、 $fr_a$  は同様に成熟割合、 $W_a$  は同様に平均体重を示す。ただし、次の小項目で記載した通り、加入量により体重が変動するとしているため、一定の体重を前提とする SPR と YPR は解析的には求まらない。よって、これらの値は 2009～2018 年の年齢別平均体重を用いて上記の式で計算したものである。

#### (6) 将来予測

将来の資源尾数と漁獲尾数は次の式で求めた。

$$N_{0,y} = \sum_{a=0}^{4+} N_a fr_a W_a \times RPS + \text{有効放流尾数} \times \text{添加効率}$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-F_{a-1,y-1} - M_a)$$

$$N_{4+,y} = N_{3,y-1} \exp(-F_{3,y-1} - M_3) + N_{4+,y-1} \exp(-F_{4+,y-1} - M_4)$$

$$C_{a,y} = N_{a,y} \{1 - \exp(-F_{a,y})\} \exp(-M_a/2)$$

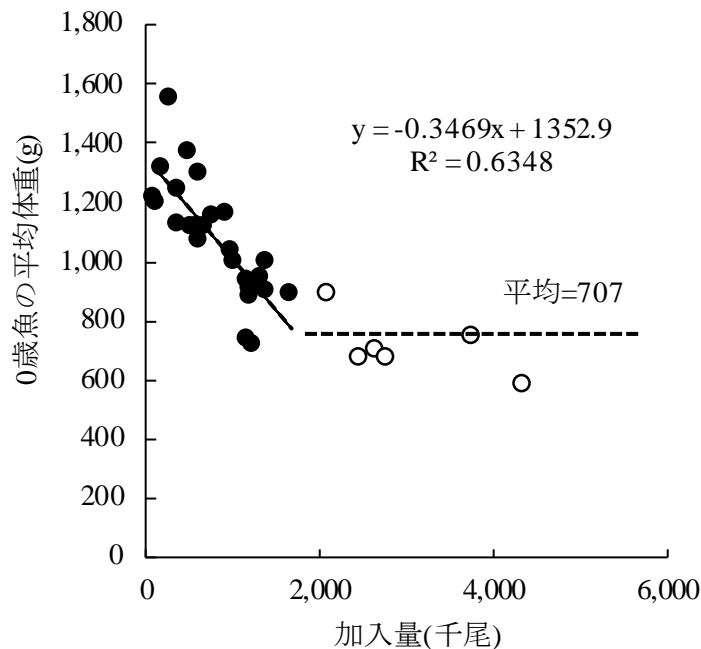


2020年の各年齢の漁獲係数は2019年と等しいと仮定した。2021年以降の漁獲係数は、各年齢の選択率が2016～2018年の平均と同一と仮定し、条件により変化させた。今後の天然加入量は直近年を除く5年(2014～2018年)のRPSの中央値(0.26尾/kg)と親魚量の積によって推定した。さらに、2020年の放流由来の加入量は、2012～2019年(種苗生産時のビタミン不足により種苗の活力が低下したことから放流尾数が少なかった2015年を除く)の有効放流尾数の平均値(68千尾)と直近年を除く2012～2018年の添加効率(0.1)の積によって推定した。

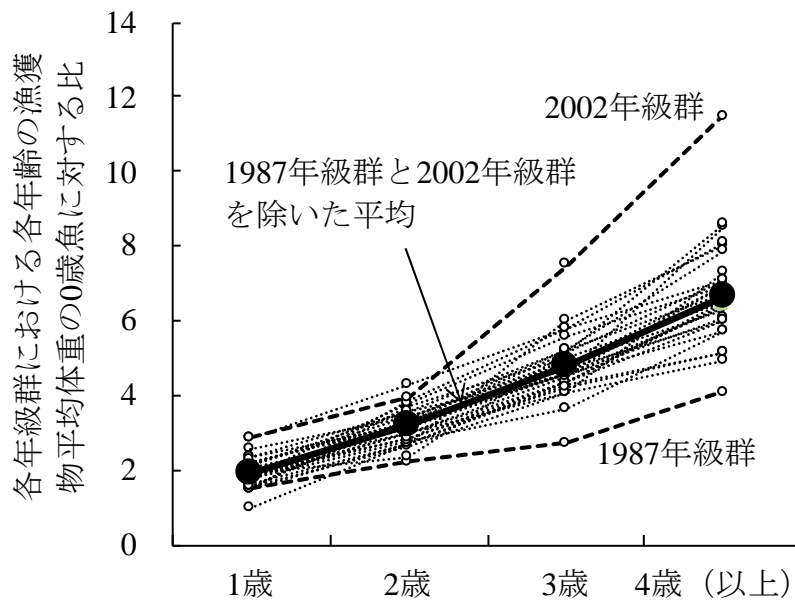
過去の0歳魚の平均体重と加入量の関係を見ると、加入量200万尾未満で右下がり、200万尾以上で横ばいであった(補足図2-1)。また、1987年から2017年までの年級群毎に0歳魚の漁獲物平均体重と1歳魚以上の漁獲物平均体重の間に一定の関係が見られた(補足図2-2)。このため、将来の0歳魚の体重 $W_0$ は過去における加入量200万尾未満の年の直線回帰式から推定し、下限を加入量200万尾以上の年の平均(707g)とした。将来の年齢別体重 $W_1\sim W_4$ は成長が極端に遅かった1978年級群と速かった2002年級群を除く過去の年級群における0歳魚と1歳魚以上の漁獲物平均体重の比の平均値から推定した。

$$W_{0,y} = -0.3469N_{0,y}/1,000 + 1,352.9 \quad \text{ただし、} W_0 \geq 707$$

$$W_{1,y} = 1.913W_{0,y-1}, \quad W_{2,y} = 3.181W_{0,y-2}, \quad W_{3,y} = 4.762W_{0,y-3}, \quad W_{4+,y} = 6.662W_{0,y-4}$$



補足図 2-1. 加入量と0歳魚の平均体重



補足図 2-2. 1987～2017 年級群における各年齢の平均体重の 0 歳魚に対する割合

#### 引用文献

- 五利江重昭 (2002) MS-Excel を用いた混合正規分布のパラメータ推定. 水産増殖, **50**(2), 243-249.
- 竹森弘征 (2006) 瀬戸内海東部海域で漁獲されたサワラの成長と成熟. 香川水試研報, (7), 1-11.
- 永井達樹・片町太輔 (2009) 平成 20 年サワラ瀬戸内海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価 (第 3 分冊), 水産庁・水産総合研究センターほか, 1194-1225.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. ICNAF Res. Bull., (9), 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, (28), 1-200.

## 補足資料3 VPAの詳細

## 年齢別漁獲尾数(千尾)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	557	1,485	529	804	422	505	437	344	52	21	10
1歳	852	899	1,043	302	831	660	242	241	104	54	24
2歳	1,335	630	586	416	524	332	346	54	103	30	64
3歳	630	607	261	390	227	177	92	46	103	82	14
4歳	181	184	149	170	14	42	48	17	22	2	3
5歳以上	73	33	72	47	14	8	11	13	0	0	1
計	3,628	3,839	2,640	2,129	2,032	1,725	1,175	716	384	189	115

## 年齢別漁獲量(トン)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	412	860	356	536	376	446	407	369	81	25	13
1歳	1,184	992	1,051	309	1,032	858	405	424	183	82	43
2歳	2,235	996	953	795	917	664	837	151	227	85	265
3歳	1,387	1,050	688	784	598	481	268	181	411	394	89
4歳	509	480	535	417	42	140	157	76	124	15	25
5歳以上	270	108	319	188	56	33	46	70	3	2	7
計	5,997	4,485	3,902	3,029	3,021	2,623	2,120	1,271	1,029	603	442

## 年齢別F(漁獲係数)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	0.17	0.45	0.26	0.37	0.24	0.59	0.51	0.96	0.23	0.22	0.06
1歳	0.39	0.46	0.66	0.23	0.81	0.74	0.64	0.59	0.91	0.41	0.42
2歳	0.76	0.64	0.71	0.70	0.91	1.14	1.47	0.32	0.63	0.84	1.58
3歳	0.95	1.19	0.69	2.70	1.35	1.14	1.58	0.94	3.20	2.83	1.74
4歳	1.52	0.99	1.41	2.13	1.09	1.30	1.45	3.99	4.04	0.94	1.74
5歳以上	1.52	0.99	1.41	2.13	1.09	1.30	1.45	3.99	4.04	0.94	1.74
単純平均	0.88	0.79	0.86	1.37	0.92	1.03	1.18	1.80	2.17	1.03	1.21

## 年齢別資源尾数(千尾)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	3,734	4,338	2,463	2,760	2,071	1,186	1,151	586	264	114	166
1歳	3,084	2,849	2,512	1,725	1,733	1,472	593	626	202	189	83
2歳	2,920	1,551	1,337	963	1,018	569	522	231	257	61	93
3歳	1,192	1,014	606	486	355	303	135	89	124	101	20
4歳	270	341	229	224	24	68	72	21	26	4	4
5歳以上	108	61	111	62	25	12	16	15	0	0	1
計	11,307	10,154	7,258	6,220	5,226	3,610	2,490	1,568	874	468	366

## 年齢別資源量、親魚量(トン)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	2,763	2,510	1,656	1,839	1,845	1,047	1,072	628	409	136	218
1歳	4,285	3,143	2,530	1,767	2,152	1,914	993	1,103	356	283	149
2歳	4,888	2,450	2,174	1,839	1,782	1,137	1,262	641	565	175	387
3歳	2,624	1,754	1,598	977	937	822	393	346	498	487	125
4歳	757	887	823	550	73	225	238	90	147	28	36
5歳以上	401	200	491	248	98	53	70	83	3	3	9
計	15,718	10,945	9,272	7,219	6,887	5,197	4,027	2,891	1,978	1,113	924
親魚量	10,813	6,863	6,351	4,497	3,966	3,193	2,459	1,711	1,391	835	632

## 年齢別平均体重(g)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	740	579	673	666	891	883	931	1,073	1,550	1,200	1,315
1歳	1,390	1,103	1,007	1,024	1,242	1,300	1,675	1,761	1,760	1,500	1,800
2歳	1,674	1,580	1,626	1,910	1,749	1,999	2,416	2,776	2,200	2,886	4,166
3歳	2,201	1,730	2,636	2,010	2,637	2,711	2,906	3,901	4,000	4,800	6,416
4歳	2,807	2,604	3,595	2,452	3,030	3,307	3,306	4,350	5,700	7,500	8,001
5歳以上	3,706	3,260	4,442	4,024	3,900	4,264	4,299	5,410	6,873	9,300	7,800

## 補足資料3 VPAの詳細(続き)

## 年齢別漁獲尾数(千尾)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	8	18	29	20	86	60	26	28	26	25	83
1歳	30	14	111	94	265	282	185	232	264	233	177
2歳	13	25	22	67	81	146	363	83	112	75	101
3歳	8	10	20	8	21	18	15	47	24	25	35
4歳以上	2	2	4	7	3	8	3	3	4	5	5
計	61	70	186	196	455	515	592	393	430	364	402

## 年齢別漁獲量(トン)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	10	23	33	22	61	67	28	36	29	35	86
1歳	59	31	216	206	515	579	320	607	646	609	435
2歳	59	121	100	278	287	490	1,024	310	443	274	357
3歳	56	71	134	51	122	94	69	251	136	127	197
4歳以上	16	17	30	58	23	59	23	21	29	36	39
計	199	263	512	615	1,008	1,289	1,465	1,225	1,283	1,082	1,113

## 年齢別F(漁獲係数)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	0.10	0.06	0.09	0.03	0.08	0.13	0.05	0.05	0.05	0.06	0.10
1歳	0.29	0.25	0.55	0.49	0.76	0.39	0.74	0.74	0.89	0.81	0.69
2歳	0.46	0.47	0.93	0.92	1.31	1.92	1.81	1.10	1.27	0.79	1.33
3歳	1.17	0.99	1.06	1.26	1.07	1.77	1.73	2.18	1.43	1.47	1.45
4歳以上	1.17	0.99	1.06	1.26	1.07	1.77	1.73	2.18	1.43	1.47	1.45
単純平均	0.64	0.55	0.74	0.79	0.86	1.20	1.21	1.25	1.01	0.92	1.00

## 年齢別資源尾数(千尾)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	89	354	343	658	1,205	518	595	607	566	482	962
1歳	141	73	303	283	577	1,009	411	514	523	487	412
2歳	40	78	42	129	129	199	505	145	181	160	160
3歳	14	19	36	12	38	26	22	61	36	38	54
4歳以上	3	4	6	11	5	11	5	3	5	7	8
計	287	528	731	1,094	1,953	1,762	1,537	1,331	1,311	1,174	1,595

## 年齢別資源量、親魚量(トン)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	108	441	385	731	863	574	661	784	629	657	996
1歳	273	164	589	618	1,121	2,072	711	1,346	1,279	1,274	1,008
2歳	186	378	191	535	456	667	1,423	541	715	583	564
3歳	94	131	238	84	215	132	98	328	208	192	299
4歳以上	27	32	54	94	41	82	33	28	44	55	59
計	688	1,145	1,456	2,061	2,697	3,528	2,926	3,026	2,875	2,760	2,926
親魚量	443	622	777	1,021	1,273	1,917	1,909	1,570	1,607	1,466	1,426

## 年齢別平均体重(g)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	1,211	1,246	1,121	1,110	716	1,110	1,110	1,291	1,111	1,364	1,035
1歳	1,940	2,241	1,945	2,184	1,945	2,053	1,730	2,618	2,447	2,614	2,449
2歳	4,611	4,845	4,542	4,152	3,545	3,348	2,820	3,720	3,946	3,646	3,518
3歳	6,639	6,902	6,543	6,770	5,680	5,151	4,520	5,353	5,769	5,080	5,576
4歳以上	8,608	7,986	8,499	8,591	8,382	7,564	7,114	8,083	8,229	7,471	7,703

## 補足資料3 VPAの詳細(続き)

## 年齢別漁獲尾数(千尾)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	40	106	39	54	21	23	16	49	12	34	9
1歳	355	242	278	160	310	194	250	225	254	154	432
2歳	93	185	172	352	196	440	455	297	335	336	268
3歳	22	23	36	38	106	72	99	59	85	93	110
4歳以上	7	4	4	4	5	6	25	46	43	31	21
計	516	560	529	608	638	735	845	676	730	649	841

## 年齢別漁獲量(トン)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	46	95	45	48	20	17	15	49	12	24	9
1歳	815	575	528	346	584	404	527	519	561	342	906
2歳	349	623	584	1,121	641	1,338	1,397	938	1,036	1,071	841
3歳	116	111	191	193	492	350	432	261	364	413	473
4歳以上	57	33	35	32	38	40	148	260	246	187	128
計	1,382	1,436	1,384	1,740	1,775	2,148	2,519	2,027	2,220	2,037	2,357

## 年齢別F(漁獲係数)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.06	0.09	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01	0.02
1歳	0.74	0.57	0.34	0.28	0.29	0.22	0.34	0.28	0.28	0.23	0.24
2歳	1.22	1.44	1.35	1.16	0.74	1.00	1.42	1.02	1.08	0.89	0.91
3歳	1.61	1.56	1.91	1.85	2.20	0.79	0.74	0.80	1.17	1.31	0.99
4歳以上	1.61	1.56	1.91	1.85	2.20	0.79	0.74	0.80	1.17	1.31	0.99
単純平均	1.05	1.05	1.11	1.03	1.09	0.56	0.65	0.59	0.74	0.75	0.63

## 年齢別資源尾数(千尾)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	755	1,357	895	1,663	1,309	1,149	1,182	1,369	990	2,627	485
1歳	791	645	1,127	772	1,453	1,165	1,018	1,055	1,192	884	2,344
2歳	152	281	269	596	434	809	696	539	588	664	522
3歳	32	33	49	52	138	153	221	124	143	147	203
4歳以上	11	6	6	6	7	12	55	98	73	50	39
計	1,741	2,323	2,346	3,089	3,342	3,288	3,173	3,184	2,986	4,372	3,593

## 年齢別資源量、親魚量(トン)

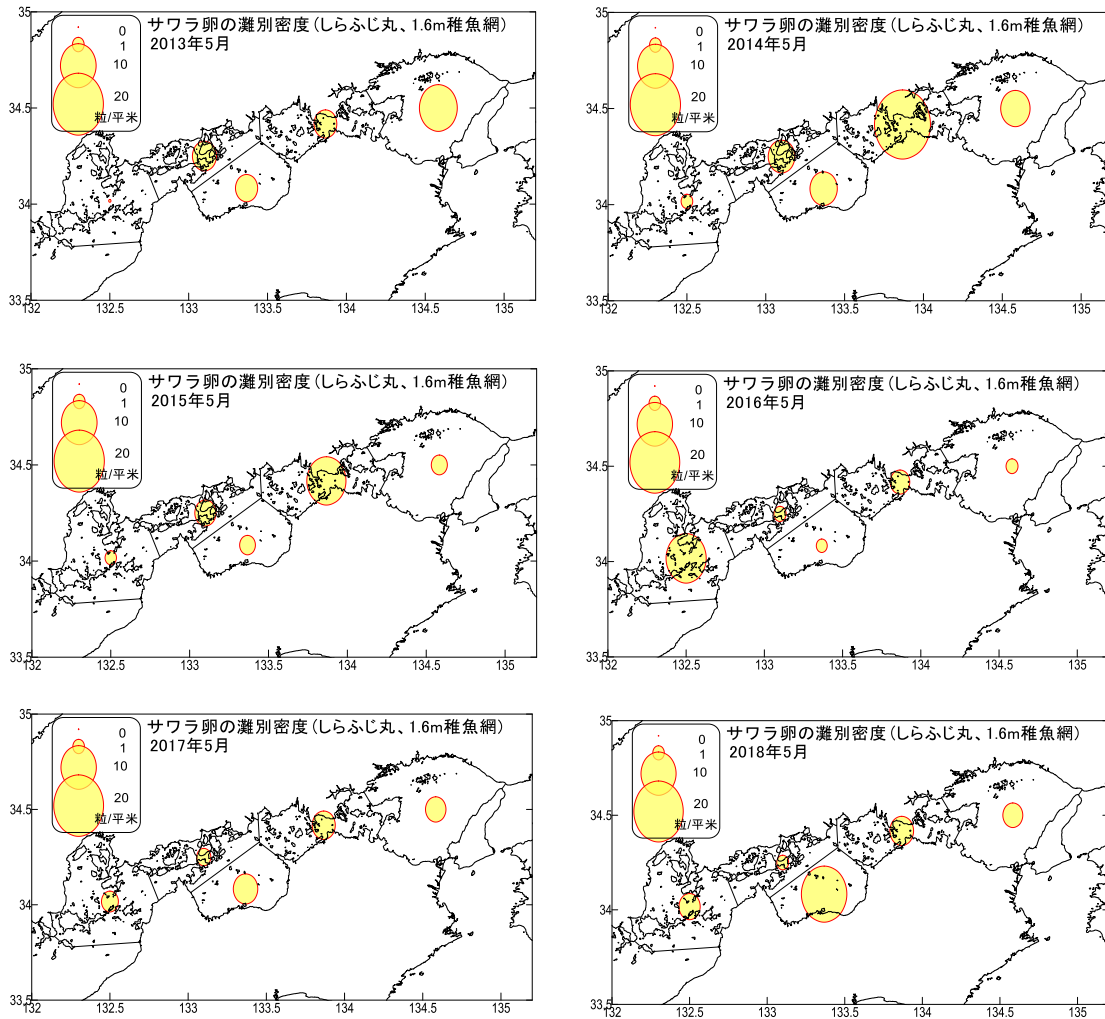
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	871	1,216	1,037	1,478	1,236	847	1,074	1,368	986	1,826	505
1歳	1,817	1,529	2,142	1,667	2,736	2,425	2,144	2,438	2,634	1,964	4,913
2歳	574	947	917	1,895	1,420	2,460	2,138	1,701	1,819	2,116	1,638
3歳	168	163	261	267	643	741	959	548	615	657	872
4歳以上	83	48	48	44	50	84	329	547	415	298	237
計	3,512	3,903	4,405	5,351	6,084	6,557	6,645	6,601	6,469	6,861	8,165
親魚量	1,733	1,922	2,296	3,039	3,480	4,498	4,499	4,014	4,166	4,053	5,203

## 年齢別平均体重(g)

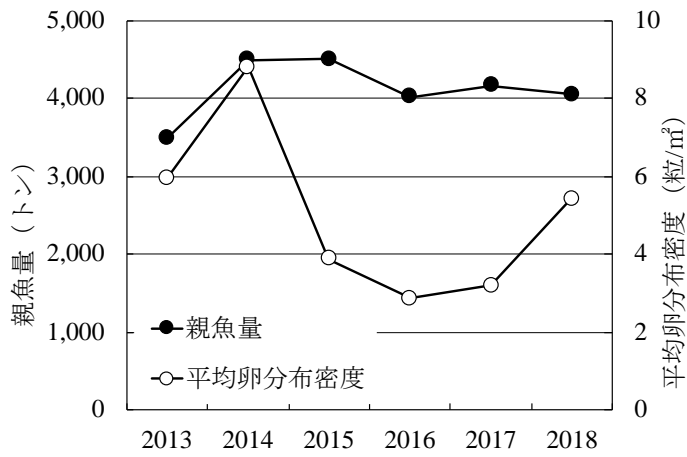
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,154	896	1,159	889	944	737	908	999	996	695	1,042
1歳	2,296	2,370	1,901	2,158	1,883	2,082	2,106	2,312	2,210	2,223	2,096
2歳	3,769	3,372	3,403	3,181	3,269	3,040	3,073	3,156	3,093	3,185	3,137
3歳	5,326	4,911	5,318	5,150	4,654	4,843	4,343	4,414	4,285	4,457	4,300
4歳以上	7,747	7,719	7,802	7,309	7,352	7,039	5,966	5,605	5,655	5,959	6,002

補足資料 4 卵分布調査の結果

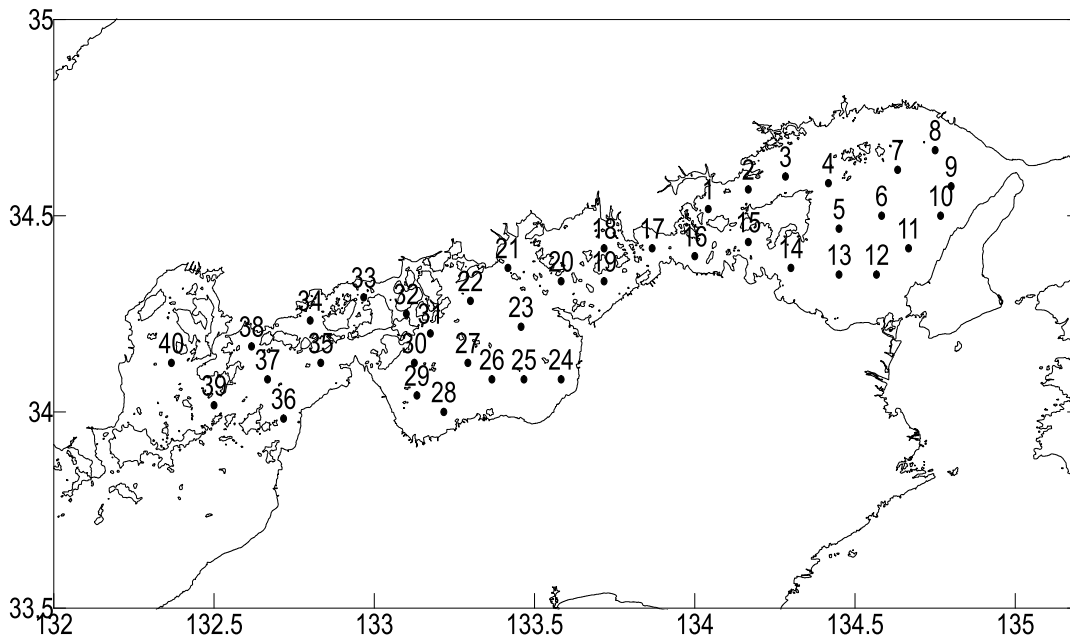
2013年から2018年まで、5月に卵分布調査を行った。調査は、播磨灘、備讃瀬戸、燧灘、備後芸予瀬戸、安芸灘、伊予灘において瀬戸内海区水産研究所しらふじ丸により直径160cmのリングネットの底層、中層、表層を3ノットで各層3分間連続して曳網した(補足図4-3)。[採集個体数]×[鋼索長]×[鋼索傾角の余弦]×[濾水計無網回転数]を[濾水計回転数]×[濾水計無網鋼索長]×[網口面積]で除して単位面積当たりの卵の分布密度を求めた。曳網点の分布密度を灘毎に平均した分布図を補足図4-1に、全域の平均密度の推移とそれぞれの年の親魚量を補足図4-2に示す。



補足図4-1. 2013～2018年の灘別サワラ卵分布密度



補足図 4-2. 瀬戸内海におけるサワラ卵平均分布密度と親魚量の推移



補足図 4-3. しらふじ丸調査定点

補足資料 5 ABC 算定のための将来予測

ABCtarget = 0.8×0.85Fcurrent

漁獲係数(F)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1歳	0.24	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
2歳	0.91	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
3歳	0.99	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
4歳以上	0.99	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
単純平均	0.63	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43

ABClimit = 0.85Fcurrent

漁獲係数(F)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1歳	0.24	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
2歳	0.91	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
3歳	0.99	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
4歳以上	0.99	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
単純平均	0.63	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54

資源尾数(千尾)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	1,223	932	1,090	1,194	1,249	1,319	1,359
1歳	430	1,085	832	973	1,066	1,115	1,177
2歳	1,365	250	682	523	611	670	701
3歳	156	408	100	272	209	244	267
4歳以上	66	61	176	104	141	132	141
計	3,240	2,736	2,880	3,066	3,276	3,479	3,645

資源尾数(千尾)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	1,223	932	1,015	1,054	1,063	1,086	1,096
1歳	430	1,085	829	903	937	945	966
2歳	1,365	250	655	500	545	565	570
3歳	156	408	86	224	171	186	193
4歳以上	66	61	149	74	95	84	86
計	3,240	2,736	2,734	2,756	2,811	2,868	2,911

資源量(トン)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	1,136	960	1,062	1,121	1,148	1,181	1,198
1歳	857	1,927	1,639	1,814	1,914	1,961	2,016
2歳	3,017	830	2,015	1,713	1,896	2,001	2,050
3歳	740	1,350	496	1,203	1,023	1,132	1,195
4歳以上	442	404	816	721	875	903	917
計	6,192	5,471	6,027	6,572	6,856	7,178	7,376
親魚量	4,627	3,547	4,146	4,544	4,751	5,017	5,170

資源量(トン)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	1,136	960	1,016	1,040	1,046	1,060	1,066
1歳	857	1,927	1,633	1,729	1,770	1,780	1,804
2歳	3,017	830	1,934	1,639	1,735	1,776	1,786
3歳	740	1,350	425	989	838	887	909
4歳以上	442	404	689	516	585	578	573
計	6,192	5,471	5,696	5,914	5,975	6,082	6,137
親魚量	4,627	3,547	3,864	4,009	4,044	4,132	4,169

漁獲尾数(千尾)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	23	12	14	15	16	17	17
1歳	79	141	109	127	139	145	153
2歳	701	99	271	208	243	266	278
3歳	85	173	42	115	88	103	113
4歳以上	36	26	75	44	60	56	60
計	924	452	510	509	546	588	622

漁獲尾数(千尾)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	23	15	16	17	17	17	18
1歳	79	173	133	144	150	151	154
2歳	701	116	303	232	253	262	264
3歳	85	201	42	110	84	92	95
4歳以上	36	30	73	37	47	41	42
計	924	535	568	540	550	564	574

漁獲量(トン)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	21	12	14	14	15	15	15
1歳	158	251	214	237	250	256	263
2歳	1,549	330	800	680	753	795	814
3歳	401	572	210	510	434	480	506
4歳以上	240	171	346	306	371	383	389
計	2,369	1,337	1,583	1,747	1,822	1,928	1,988

漁獲量(トン)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	21	15	16	17	17	17	17
1歳	158	308	261	276	283	284	288
2歳	1,549	385	896	760	804	824	828
3歳	401	664	209	487	412	437	447
4歳以上	240	199	339	254	288	284	282
計	2,369	1,571	1,721	1,793	1,804	1,846	1,862

漁獲物の年齢別平均体重(グラム)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	929	1,029	975	939	920	896	882
1歳	1,993	1,776	1,969	1,865	1,795	1,759	1,713
2歳	2,211	3,315	2,954	3,275	3,102	2,986	2,926
3歳	4,743	3,309	4,962	4,421	4,902	4,642	4,469
4歳以上	6,656	6,636	4,630	6,942	6,186	6,858	6,495

漁獲物の年齢別平均体重(グラム)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	929	1,029	1,001	987	984	976	973
1歳	1,993	1,776	1,969	1,914	1,889	1,882	1,867
2歳	2,211	3,315	2,954	3,275	3,183	3,141	3,131
3歳	4,743	3,309	4,962	4,421	4,902	4,765	4,702
4歳以上	6,656	6,636	4,630	6,942	6,186	6,858	6,666



## Fcurrent

## 漁獲係数(F)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1歳	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
2歳	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
3歳	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
4歳以上	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
単純平均	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63

## 資源尾数(千尾)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	1,223	932	958	953	934	928	917
1歳	430	1,085	827	850	846	828	823
2歳	1,365	250	632	481	495	492	482
3歳	156	408	75	189	144	148	147
4歳以上	66	61	128	56	67	58	56
計	3,240	2,736	2,620	2,529	2,485	2,454	2,426

## 資源量(トン)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	1,136	960	978	975	961	957	949
1歳	857	1,927	1,628	1,659	1,653	1,630	1,623
2歳	3,017	830	1,866	1,577	1,606	1,601	1,578
3歳	740	1,350	371	835	705	719	716
4歳以上	442	404	595	387	414	396	383
計	6,192	5,471	5,438	5,432	5,340	5,303	5,250
親魚量	4,627	3,547	3,646	3,628	3,553	3,531	3,489

## 漁獲尾数(千尾)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	23	18	18	18	18	17	17
1歳	79	200	152	157	156	153	152
2歳	701	129	324	247	254	253	248
3歳	85	221	41	102	78	80	80
4歳以上	36	33	70	30	36	31	31
計	924	600	605	554	542	534	527

## 漁獲量(トン)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	21	18	18	18	18	18	18
1歳	158	355	300	306	305	300	299
2歳	1,549	426	958	810	825	822	811
3歳	401	732	201	453	383	390	388
4歳以上	240	219	323	210	225	215	208
計	2,369	1,751	1,801	1,796	1,755	1,745	1,724

## 漁獲物の年齢別平均体重(グラム)

年	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	929	1,029	1,020	1,022	1,029	1,031	1,035
1歳	1,993	1,776	1,969	1,952	1,955	1,968	1,972
2歳	2,211	3,315	2,954	3,275	3,246	3,252	3,273
3歳	4,743	3,309	4,962	4,421	4,902	4,859	4,867
4歳以上	6,656	6,636	4,630	6,942	6,186	6,858	6,799

## 補足資料6 0歳魚のMが0.3の場合のVPAの詳細

0歳魚のMを昨年度までと同じく0.3とした場合の資源量推定結果を下記に示す。Mが高くなることから0歳魚の資源尾数および資源量はM=0.1とした場合より高く推定される。ただし、0歳魚は近年ではほぼ漁獲対象となっていないためチューニングへの影響は限定的であり、資源の推移や親魚量はM=0.1とした場合の資源量推定結果とほぼ同様であった。

年齢別漁獲尾数(千尾)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	557	1,485	529	804	422	505	437	344	52	21	10
1歳	852	899	1,043	302	831	660	242	241	104	54	24
2歳	1,335	630	586	416	524	332	346	54	103	30	64
3歳	630	607	261	390	227	177	92	46	103	82	14
4歳	181	184	149	170	14	42	48	17	22	2	3
5歳以上	73	33	72	47	14	8	11	13	0	0	1
計	3,628	3,839	2,640	2,129	2,032	1,725	1,175	716	384	189	115

年齢別漁獲量(トン)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	412	860	356	536	376	446	407	369	81	25	13
1歳	1,184	992	1,051	309	1,032	858	405	424	183	82	43
2歳	2,235	996	953	795	917	664	837	151	227	85	265
3歳	1,387	1,050	688	784	598	481	268	181	411	394	89
4歳	509	480	535	417	42	140	157	76	124	15	25
5歳以上	270	108	319	188	56	33	46	70	3	2	7
計	5,997	4,485	3,902	3,029	3,021	2,623	2,120	1,271	1,029	603	442

年齢別F(漁獲係数)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	0.16	0.41	0.23	0.34	0.22	0.55	0.47	0.90	0.21	0.20	0.06
1歳	0.39	0.46	0.66	0.23	0.81	0.74	0.64	0.59	0.91	0.41	0.42
2歳	0.76	0.64	0.71	0.70	0.91	1.14	1.47	0.32	0.63	0.84	1.58
3歳	0.95	1.19	0.69	2.70	1.35	1.14	1.58	0.94	3.20	2.83	1.74
4歳	1.52	0.99	1.41	2.13	1.09	1.30	1.45	3.99	4.04	0.94	1.74
5歳以上	1.52	0.99	1.41	2.13	1.09	1.30	1.45	3.99	4.04	0.94	1.74
単純平均	0.88	0.78	0.85	1.37	0.91	1.03	1.18	1.79	2.17	1.03	1.21

年齢別資源尾数(千尾)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	4,493	5,117	2,943	3,273	2,477	1,387	1,353	673	316	136	201
1歳	3,084	2,849	2,512	1,725	1,733	1,472	593	626	202	189	83
2歳	2,920	1,551	1,337	963	1,018	569	522	231	257	61	93
3歳	1,192	1,014	606	486	355	303	135	89	124	101	20
4歳	270	341	229	224	24	68	72	21	26	4	4
5歳以上	108	61	111	62	25	12	16	15	0	0	1
計	12,066	10,933	7,738	6,733	5,633	3,811	2,691	1,655	926	491	402

年齢別資源量、親魚量(トン)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	3,324	2,961	1,979	2,180	2,208	1,225	1,260	722	489	163	264
1歳	4,285	3,143	2,530	1,767	2,152	1,914	993	1,103	356	283	149
2歳	4,888	2,450	2,174	1,839	1,782	1,137	1,262	641	565	175	387
3歳	2,624	1,754	1,598	977	937	822	393	346	498	487	125
4歳	757	887	823	550	73	225	238	90	147	28	36
5歳以上	401	200	491	248	98	53	70	83	3	3	9
計	16,279	11,395	9,596	7,561	7,250	5,375	4,215	2,985	2,059	1,140	970
親魚量	10,813	6,863	6,351	4,497	3,966	3,193	2,459	1,711	1,391	835	632

年齢別平均体重(g)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	740	579	673	666	891	883	931	1,073	1,550	1,200	1,315
1歳	1,390	1,103	1,007	1,024	1,242	1,300	1,675	1,761	1,760	1,500	1,800
2歳	1,674	1,580	1,626	1,910	1,749	1,999	2,416	2,776	2,200	2,886	4,166
3歳	2,201	1,730	2,636	2,010	2,637	2,711	2,906	3,901	4,000	4,800	6,416
4歳	2,807	2,604	3,595	2,452	3,030	3,307	3,306	4,350	5,700	7,500	8,001
5歳以上	3,706	3,260	4,442	4,024	3,900	4,264	4,299	5,410	6,873	9,300	7,800

## 補足資料6 0歳魚のMが0.3の場合のVPAの詳細(続き)

## 年齢別漁獲尾数(千尾)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	8	18	29	20	86	60	26	28	26	25	83
1歳	30	14	111	94	265	282	185	232	264	233	177
2歳	13	25	22	67	81	146	363	83	112	75	101
3歳	8	10	20	8	21	18	15	47	24	25	35
4歳以上	2	2	4	7	3	8	3	3	4	5	5
計	61	70	186	196	455	515	592	393	430	364	402

## 年齢別漁獲量(トン)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	10	23	33	22	61	67	28	36	29	35	86
1歳	59	31	216	206	515	579	320	607	646	609	435
2歳	59	121	100	278	287	490	1,024	310	443	274	357
3歳	56	71	134	51	122	94	69	251	136	127	197
4歳以上	16	17	30	58	23	59	23	21	29	36	39
計	199	263	512	615	1,008	1,289	1,465	1,225	1,283	1,082	1,113

## 年齢別F(漁獲係数)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	0.09	0.05	0.08	0.03	0.07	0.12	0.04	0.05	0.05	0.05	0.09
1歳	0.29	0.25	0.55	0.49	0.76	0.39	0.74	0.74	0.89	0.81	0.69
2歳	0.46	0.47	0.93	0.92	1.31	1.92	1.81	1.10	1.27	0.79	1.33
3歳	1.17	0.99	1.06	1.26	1.07	1.77	1.73	2.18	1.43	1.47	1.45
4歳以上	1.17	0.99	1.06	1.26	1.07	1.77	1.73	2.18	1.43	1.47	1.45
単純平均	0.64	0.55	0.74	0.79	0.86	1.20	1.21	1.25	1.01	0.92	1.00

## 年齢別資源尾数(千尾)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	108	430	416	802	1,461	625	724	738	688	585	1,165
1歳	141	73	303	283	577	1,009	411	514	523	487	412
2歳	40	78	42	129	129	199	505	145	181	160	160
3歳	14	19	36	12	38	26	22	61	36	38	54
4歳以上	3	4	6	11	5	11	5	3	5	7	8
計	306	604	803	1,237	2,209	1,870	1,666	1,462	1,434	1,277	1,798

## 年齢別資源量、親魚量(トン)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	131	536	466	890	1,047	694	803	953	765	798	1,206
1歳	273	164	589	618	1,121	2,072	711	1,346	1,279	1,274	1,008
2歳	186	378	191	535	456	667	1,423	541	715	583	564
3歳	94	131	238	84	215	132	98	328	208	192	299
4歳以上	27	32	54	94	41	82	33	28	44	55	59
計	710	1,240	1,538	2,221	2,880	3,647	3,068	3,195	3,011	2,901	3,136
親魚量	443	622	777	1,021	1,273	1,917	1,909	1,570	1,607	1,466	1,426

## 年齢別平均体重(g)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	1,211	1,246	1,121	1,110	716	1,110	1,110	1,291	1,111	1,364	1,035
1歳	1,940	2,241	1,945	2,184	1,945	2,053	1,730	2,618	2,447	2,614	2,449
2歳	4,611	4,845	4,542	4,152	3,545	3,348	2,820	3,720	3,946	3,646	3,518
3歳	6,639	6,902	6,543	6,770	5,680	5,151	4,520	5,353	5,769	5,080	5,576
4歳以上	8,608	7,986	8,499	8,591	8,382	7,564	7,114	8,083	8,229	7,471	7,703

## 補足資料6 0歳魚のMが0.3の場合のVPAの詳細(続き)

## 年齢別漁獲尾数(千尾)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	40	106	39	54	21	23	16	49	12	34	9
1歳	355	242	278	160	310	194	250	225	254	154	432
2歳	93	185	172	352	196	440	455	297	335	336	268
3歳	22	23	36	38	106	72	99	59	85	93	110
4歳以上	7	4	4	4	5	6	25	46	43	31	21
計	516	560	529	608	638	735	845	676	730	649	841

## 年齢別漁獲量(トン)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	46	95	45	48	20	17	15	49	12	24	9
1歳	815	575	528	346	584	404	527	519	561	342	906
2歳	349	623	584	1,121	641	1,338	1,397	938	1,036	1,071	841
3歳	116	111	191	193	492	350	432	261	364	413	473
4歳以上	57	33	35	32	38	40	148	260	246	187	128
計	1,382	1,436	1,384	1,740	1,775	2,148	2,519	2,027	2,220	2,037	2,357

## 年齢別F(漁獲係数)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.05	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02
1歳	0.74	0.57	0.34	0.28	0.29	0.22	0.34	0.28	0.28	0.22	0.24
2歳	1.22	1.44	1.35	1.16	0.74	1.00	1.42	1.02	1.08	0.88	0.89
3歳	1.61	1.56	1.91	1.85	2.20	0.79	0.74	0.80	1.16	1.30	0.97
4歳以上	1.61	1.56	1.91	1.85	2.20	0.79	0.74	0.80	1.16	1.30	0.97
単純平均	1.05	1.04	1.11	1.03	1.09	0.56	0.65	0.59	0.74	0.74	0.62

## 年齢別資源尾数(千尾)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	917	1,645	1,088	2,024	1,597	1,401	1,444	1,673	1,220	3,273	607
1歳	791	645	1,127	772	1,453	1,165	1,019	1,056	1,197	893	2,395
2歳	152	281	269	596	434	809	696	539	589	668	529
3歳	32	33	49	52	138	153	221	124	144	148	205
4歳以上	11	6	6	6	7	12	55	98	73	50	40
計	1,903	2,610	2,540	3,450	3,629	3,540	3,434	3,489	3,223	5,032	3,777

## 年齢別資源量、親魚量(トン)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,058	1,474	1,261	1,800	1,508	1,033	1,311	1,671	1,215	2,274	633
1歳	1,817	1,529	2,142	1,667	2,736	2,425	2,145	2,441	2,645	1,986	5,019
2歳	574	947	917	1,895	1,420	2,461	2,138	1,702	1,821	2,127	1,660
3歳	168	163	261	267	643	741	959	548	615	659	883
4歳以上	83	48	48	44	50	84	330	547	416	299	240
計	3,700	4,161	4,629	5,672	6,356	6,744	6,883	6,908	6,713	7,347	8,436
親魚量	1,733	1,922	2,296	3,039	3,480	4,498	4,500	4,017	4,175	4,079	5,294

## 年齢別平均体重(g)

年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,154	896	1,159	889	944	737	908	999	996	695	1,042
1歳	2,296	2,370	1,901	2,158	1,883	2,082	2,106	2,312	2,210	2,223	2,096
2歳	3,769	3,372	3,403	3,181	3,269	3,040	3,073	3,156	3,093	3,185	3,137
3歳	5,326	4,911	5,318	5,150	4,654	4,843	4,343	4,414	4,285	4,457	4,300
4歳以上	7,747	7,719	7,802	7,309	7,352	7,039	5,966	5,605	5,655	5,959	6,002