

平成25年度サワラ瀬戸内海系群の資源評価

責任担当水研：瀬戸内海区水産研究所（石田 実、森岡泰三、片町太輔）

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

年齢別漁獲尾数の解析により資源量と漁獲の強さを推定した。1987年に15,000トンを超えていた資源量は大きく減少し、1998年は684トンの最低となった。その後、次第に増加し、2012年は4,980トンとなった。現在の親魚量(B)が資源の回復措置をとる閾値(Blimit)を下回っているので、ABC算定のための基本規則1-1)-(2)を用い、再生産関係の中央値に相当する漁獲係数(Fmed)をB/Blimitで引き下げたFrecによりABCを算定した。本種は栽培対象種で、2012年の有効放流尾数は7.6万尾で、放流魚の混入率は0.7%、添加効率は0.11と推定された。

	2014年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	1,710トン	Frec	0.62	29%
ABCtarget	1,453トン	0.8Frec	0.50	25%

F値（漁獲係数）は全年齢の平均、漁獲割合は漁獲重量/資源重量。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合
2011	4,549	1,384	1.02	30%
2012	4,980	1,765	0.78	35%
2013	5,620			

水準：低位 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（瀬戸内海漁業調整事務所） 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（瀬戸内海漁業調整事務所）
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	標識放流魚混入率調査（和歌山～愛媛(7)府県、水研セ）
種苗放流尾数	（大阪、岡山等(7)府県、水研セ）

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最も重要な魚種のひとつである。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で秋漁の自主休漁が始まり、2002～2011年度に実施した資源回復計画では、種苗を放流するとともに、流し刺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、継続して実施している（図2）。

2. 生態

(1) 分布・回遊

3～4月に紀伊水道外域～紀伊水道、及び豊後水道～伊予灘より播磨灘～安芸灘に親魚が産卵回遊する。備讃瀬戸西部へは東西から来遊する（林ほか 1919、中込 1971）。燧灘へは東部からの群も一部移動する（竹森ほか 2005）。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（図3、4）。

(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、中村 2010a）（図5）。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7、表5）。

(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）。

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。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・10⁷）が4以上とした（篠原 1991）。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

5～10m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。

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

春季に内海へ来遊する1～2歳以上を、秋季に内海から紀伊水道と豊後水道域に移動する0～1歳魚を漁獲する。流し刺網が最も多く、2012年は漁獲量の72%を占め、曳縄および延縄が13%であった。そのほかの漁法として、はなつぎ網でも漁獲する。なお、両水道では曳縄等の釣りが主体である。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1975年までは約1千～2千トン、1976～1984年は3千～4千トンで推移した。1985～1987年は6千トン前後の最多となり、1988年から急減して1998年には2百トンを下回った。その後やや増加して2002～2012年は1千トン台で推移している（図8、表1、2）。

（3）漁獲努力量

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）とともに流し刺網の隻数が増加し、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）。1998年から播磨灘と備讃瀬戸で漁業者が秋漁を自主休漁するとともに瀬戸内海東部海域で種苗放流が開始され、2002年4月から資源回復計画に基づく流し刺網の目合制限と休漁期設定を主体とする規制を開始し、同計画が2012年3月に終了した後も同様の規制を実施している（図2）。2003～2011年の春季の流し刺網の操業日数は香川県と広島県を除いて減少傾向にあったが、2012年は兵庫、岡山両県で増加した（図9）。秋季の流し刺網漁は概ね減少傾向で（図10）、兵庫県のはなつぎ網は2010年まで減少した後やや増加し、広島県の巾着網は減少傾向にある（図11）。

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-年齢関係に基づいて暦年の年齢別漁獲尾数を集計し、主要漁業の流し刺網、延縄および曳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（コホート解析）により資源尾数を推定した（補足資料2(1)～(3)）。

（2）資源量指標値の推移

操業隻日数当たり漁獲尾数は、流し刺網では最近3年間顕著に増加し、曳縄・延縄では6年間で増加傾向にある（図12）。両漁業で瀬戸内海における漁獲量の80%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(3)）。

(3) 漁獲物の年齢組成

資源水準の高かった1980年代は3～4歳魚が主体であった（上田 1990、岸田 1990）。1990年代は3歳魚以上の割合が低下し（武田 1996、河野ほか 1997）、漁獲がやや回復した2002年から現在に至るまで少ない状態が続いている。2000年以降の主体は1、2歳魚である。0歳魚の漁獲尾数は1994年までは数十万尾を越えていたが、その後は低水準となっている（図13、表3、4）。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

1987年に15,000トンを超えていた資源量は大きく減少し、1998年は684トンの最低となった。その後、2003年まで増加、2004～2007年は3,000トン前後で伸び悩んだが、2008年から再び増加に転じ、2012年は4,980トンとなった。近年の漁獲割合は30%台で推移している（図14、表7）。

自然死亡係数(M)の値を変更した場合、資源量、親魚量、加入量推定値の動向に大きな違いはなかった。M=0.3に対してM=0.4または0.2として求めた値は、資源量と親魚量で6～21%、加入量で10～33%の差を示した（図15～17）。

(5) 資源の水準・動向

資源水準は資源量を指標とし、最多と最少の間を3等分して10,833トン以上を高位、10,832～5,759トンを中位、5,759トン未満を低位とした。2012年の資源量は4,980トンであるので「低位」と判断した。動向は最近5年（2008～2012年）の資源尾数と資源量の推移から「増加」と判断した（図14、表6、7）。

(6) 再生産関係

コホート解析により計算した0歳魚資源尾数から放流種苗に由来する0歳魚尾数（表9、補足資料2(6)）を差し引いて天然由来の0歳魚資源尾数である加入量を求めた（表12）。1998年まで親魚量、加入量ともに減少、1999～2002年は増加、2003～2007年はほぼ横ばいとなった。2008年以降親魚量は増加、加入量は百万尾を挟んで1年毎に増減した（図18）。親魚量当たり加入量である再生産成功率(RPS)の経年変化を見ると0.17尾/kgの最低となった1996年まで低下傾向をたどり、1998年まで0.5尾/kgを下回る低水準、2002年にかけて上昇し、最高の1.13尾/kgとなった。2003～2007年は0.5尾/kgを下回る低い年が続き、2008年と2010年は0.8尾/kgを上回る高い値を示したが、2011年、2012年は0.5尾/kgを下回った（図19、表12）。

(7) Blimitの設定

資源計算した1987年から推定誤差が大きい2012年を除く2011年までについて、RPSの高い方から10%のRPS_{high}は0.80尾/kg、加入量の多い方から10%のR_{high}は3,040千尾であった。これらの交点から、高い再生産成功率(RPS_{high})があったときに高い加入量(R_{high})が期待できる親魚量3,810トン Blimitとした（図18）。2012年の親魚量3,100トンはBlimitを下回っている。

(8) 資源と漁獲の関係

2歳魚以上のFは2000年前後から高くなったが、最近1～2年はやや低下した。1歳魚のFは2006年以降低下傾向にある。一方、0歳魚のFは概ね0.1未満の低めを維持している（図20、21、表8）。2011年の全年齢のFの平均値(F_{current})は0.78で、経験的な資源管理基準のF_{30%SPR}、F_{0.1}、F_{max}より高い（図22）。

(9) 種苗放流効果

種苗放流は1999年播磨灘で始まり、2002年以降瀬戸内海の東西両海域で実施している。2012年の種苗の有効放流尾数は7万6千尾、2002～2012年の平均は16万1千尾であった。近年の放流魚混入率は資源の増加にともなって低下傾向にあり、2008～2011年は2～3%、2012年は0.7%であった。放流魚が資源に加入するまでの生残率である添加効率（補足資料2(6)）の2012年の値は0.11、2002～2012年の平均は0.22であった（表9）。2007～2010年の放流魚混入率は備讃瀬戸以東の東部放流群の方が燧灘以西の西部放流群より高い（愛媛県 2008、和歌山県 2009、大阪府 2010、香川県 2011）。なお、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）。系群全体の年級群別、年齢別の放流魚混入率とその調査尾数を表10と11に、親魚量、天然由来の0歳魚尾数、RPSを表12に示す。

5. 2014年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

資源水準は低位で、動向は増加である。現在の親魚量はB_{limit}を下回っている。資源水準を中位に回復させるためには漁獲圧を現状より削減する必要がある。また、1990年代後半の資源量減少に伴い顕著となった魚体の大型化と早熟傾向は解消されていない。少なくとも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並びに推定漁獲量の算定

親魚量が B_{limit} を下回っているので、「平成 25 年度 ABC 算定のための基本規則」1-1)-(2)を用いた。基準値は RPS の中央値の逆数から導いた F_{med} とした。管理方策の確実性を考慮して、RPS が最大を記録した 2002 年の翌年の 2003 年から 2011 年を計算期間とし、RPS の中央値=0.39 尾/kg、F_{med}=0.76 を求めた。この基準値を B/B_{limit}(0.81)で引き下げた F を F_{rec}=F_{limit}=0.62 とし、F_{limit}に安全率 α (標準値の 0.8) を乗じて F_{target}=0.50 とした。これらの F と 2013 年における推定資源尾数と体重から、ABC_{limit} を 1,710 トン、ABC_{target} を 1,453 トンと算定した。

漁獲量、資源量等の予測方法と、その際の放流種苗の扱いは補足資料2に記述した。

	2014年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC _{limit}	1,710トン	F _{rec}	0.62	29%
ABC _{target}	1,453トン	0.8F _{rec}	0.50	25%

F値（漁獲係数）は全年齢の平均、漁獲割合は漁獲重量/資源重量。

(3) ABClimit の評価

Frec、0.8Frec、Fcurrent×0～1.0で漁獲を継続した場合の2018年までの漁獲量と親魚量の推定値は次の通りとなった。なお、RPSは2003～2011年の中央値が続くと仮定した。また、本系群では個体の成長が加入量によって変動するので、過去の両者の関係に基づいて各年齢における体重を年級群毎に推定した（補足資料2(5)）。

		漁獲量 (トン)						
F 値	管理基準	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0.00	禁漁	1,765	1,882	0	0	0	0	0
0.08	0.1Fcurrent	1,765	1,882	286	485	714	956	1,178
0.16	0.2Fcurrent	1,765	1,882	548	864	1,193	1,511	1,770
0.24	0.3Fcurrent	1,765	1,882	788	1,158	1,508	1,823	2,054
0.31	0.4Fcurrent	1,765	1,882	1,009	1,384	1,707	1,976	2,145
0.39	0.5Fcurrent	1,765	1,882	1,211	1,557	1,825	2,030	2,132
0.47	0.6Fcurrent	1,765	1,882	1,397	1,687	1,887	2,024	2,081
0.50	0.8Frec=0.63Fcurrent	1,765	1,882	1,453	1,721	1,898	2,013	2,056
0.55	0.7Fcurrent	1,765	1,882	1,568	1,784	1,910	1,980	1,995
0.62	Frec=0.79Fcurrent	1,765	1,882	1,710	1,847	1,907	1,920	1,902
0.63	0.8Fcurrent	1,765	1,882	1,725	1,853	1,906	1,913	1,891
0.71	0.9Fcurrent	1,765	1,882	1,871	1,902	1,884	1,833	1,780
0.78	Fcurrent	1,765	1,882	2,005	1,934	1,850	1,748	1,667
		資源量 (トン)						
0.00	禁漁	4,980	5,620	5,820	8,866	12,871	17,874	23,337
0.08	0.1Fcurrent	4,980	5,620	5,820	8,376	11,426	14,936	18,485
0.16	0.2Fcurrent	4,980	5,620	5,820	7,927	10,198	12,593	14,806
0.24	0.3Fcurrent	4,980	5,620	5,820	7,515	9,244	10,848	12,189
0.31	0.4Fcurrent	4,980	5,620	5,820	7,137	8,413	9,419	10,135
0.39	0.5Fcurrent	4,980	5,620	5,820	6,789	7,687	8,275	8,562
0.47	0.6Fcurrent	4,980	5,620	5,820	6,468	7,050	7,405	7,491
0.50	0.8Frec=0.63Fcurrent	4,980	5,620	5,820	6,370	6,862	7,150	7,212
0.55	0.7Fcurrent	4,980	5,620	5,820	6,172	6,491	6,651	6,661
0.63	0.8Fcurrent	4,980	5,620	5,820	5,925	6,042	6,056	5,999
0.62	Frec=0.79Fcurrent	4,980	5,620	5,820	5,899	5,996	5,996	5,931
0.71	0.9Fcurrent	4,980	5,620	5,820	5,647	5,559	5,426	5,294
0.78	Fcurrent	4,980	5,620	5,820	5,413	5,169	4,927	4,738

Frec、予防的措置の0.8Frec、およびFcurrentで漁獲を継続した場合の将来5年間の漁獲量、資源量、親魚量を1,000回の繰り返し計算を行った（図23～25）。その際、RPSは加入量の変動と管理方策の確実性を考慮して、過去最大であった2002年の次の2003年から直近年の前の2011年までの値（図16）から無作為抽出した。

Frecで管理した場合、5年後の親魚量がBlimitを回復する確率は82%、0.8Frecでは100%、Fcurrentで漁獲を継続した場合は45%であった。

漁獲シナリオ (管理基準)	F値 ($F_{current}$ との 比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価 Blimit回復 (5年後)	2014年ABC
			5年後	5年 平均		
親魚量の増大 ($B/Blimit \times F_{med}$) (Frec)	0.62 (0.79 $F_{current}$)	29%	1,817～ 3,541トン	1,857 トン	82%	1,710トン
上記の予防的措置 (αF_{rec})	0.50 (0.63 $F_{current}$)	25%	1,964～ 3,821トン	1,828 トン	100%	1,453トン
						2014年算定漁獲量
漁獲圧の維持 ($F_{current}$)	0.78 (1.00 $F_{current}$)	34%	1,582～ 3,109トン	1,841 トン	45%	2,005トン

2012年の親魚量はBlimitを下回っている。
本系群のABC算定には基本規則1-1)-(2)を用いた。
不確実性を考慮して安全率 α を0.8とした。
5年後漁獲量の幅は80%区間を示す。この幅と評価の達成確率は、加入量の変動および加入量の多寡による成長の遅速を考慮した1,000回繰り返し計算により求めた。

(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
2011年漁獲量確定値	2011年の漁獲量及び年齢別・年別漁獲尾数 2007年以降の年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数 将来の資源量及び漁獲量の予測値
2012年漁獲量速報値 2012年年齢組成	2012年の漁獲量及び年齢別・年別漁獲尾数 2008年以降の年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数 将来の資源量及び漁獲量の予測値
2012年種苗放流魚混入率 2012年種苗放流尾数	2012年添加効率、放流魚の生残率 将来の資源量及び漁獲量の予測値

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)
2012 年(当初)	Frec	0.33	6,824	1,216	1,004	
2012 年(2012 年再評価)	Frec	0.49	3,761	959	807	
2012 年(2013 年再評価)	Frec	0.62	4,980	1,509	1,284	1,765
2013 年(当初)	Frec	0.49	3,798	920	771	
2013 年(2013 年再評価)	Frec	0.62	5,620	1,606	1,364	

F値はFlimit、年齢平均。

F値が再評価に従って大きくなっているのは、親魚量が年々増加したため $B/Blimit$ の値が大きくなり、 F_{med} に $B/Blimit$ を乗じたFrecが大きくなったためである。なお、2012年当初評価時は0歳魚の割合が高かったため資源量が多いものの親魚量推定値は少なかった。

2012年の資源量が2011年当初の評価時より2012年の再評価時に少なくなったのは、主体となる2010年級群の1歳魚の漁獲情報が追加されたことと、この年からチューニング操作を開始して推定精度が上がったためである。また、2013年の再評価時に多くなったのは、2010年級群が2歳魚で多獲されたこととチューニング指標である流し刺網CPUEの著しい増大を反映してFが下方修正されたためである。

6. ABC以外の管理方策の提言

サワラ瀬戸内海系群の近年の資源量は、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2千5百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、2012年の推定資源量4,980トンは計算期間中最多であった1987年の31%にとどまっている。また、資源減少に伴う魚体の大型化と早熟傾向は解消されていない。さらに、高齢になるまでに漁獲し尽くす結果、年齢組成が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水準が低下する可能性が高い。

サワラの生態に配慮した管理を考えると、近年5%を下回って推移している資源尾数全体に占める3歳魚以上の割合が10%程度までに増加し、現状より魚体の小型化と晩熟が認められることを本格回復の指標とすることが望ましい。そのためには、特に若齢魚に対して現状以上の漁獲規制を実施・継続し、資源量をより増加させることが必要である。

種苗放流と漁獲圧調整の組合せによる5年後2018年の資源量と漁獲量の推定結果を図26に示す。この結果によれば、Fを10%増加させた場合の資源量の減少を補うために必要な放流尾数は51万尾、漁獲量を補うためには39万尾と計算される。一方、放流を実施せずに漁獲規制によって現状継続と同じ資源量を実現するためにはFの5%削減が、漁獲量実現には7%削減が必要となる。

7. 引用文献

- 安部恒之(1993) 大阪府における漁獲動向.「瀬戸内海東部域における回遊性魚類の資源生態調査 サワラの資源生態調査」(林小八編), 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, 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), 36-40.
- 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, 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 191-197.
- 林満作・重田瑞穂・藍沢虎馬雄(1919) 鯖漁業調査第1報. 香川水試, 50pp.
- 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～22年度)総括報告書, 社団法人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. 日本水産学会誌, 54(1), 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. 日本水産学会誌, 55(12), 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. 日本水産学会誌, 51(4), 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(1), 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(1), 99-103.

- 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), 水産庁ほか, 1194-1225.
- 永井達樹・武田保幸(1993) 漁獲量. 「瀬戸内海東部域における回遊性魚類の資源生態調査 サワラの資源生態調査」(林小八編). 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, 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. 南西水研報告, (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, 44pp.
- 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) 水揚げ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. 「瀬戸内海東部域における回遊性魚類の資源生態調査 サワラの資源生態調査」(林小八編), 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, 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), 17-27.
- 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. 日本水産学会誌, 74(5), 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, 社団法人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」. 72pp.
- 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. 「瀬戸内海東部域における回遊性魚類の資源生態調査 サワラの資源生態調査」(林小八編), 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, 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), 124-141.
- Shoji, J., T. Kishida and M. Tanaka (1997) Piscivorous habits of Spanish Mackerel larvae in the Seto Inland Sea. Fish. Sci., 63(3), 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(1), 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(2005) 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(1), 35-41.
- 竹森弘征・坂本久・山崎英樹・岩本明雄(2005) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ標識放流結果 III. 当歳魚の資源尾数および再捕率について. 栽培技研, 33(1), 15-20.
- 竹森弘征・山田達夫(2001) 播磨灘におけるサワラの生態調査. 平成12年度瀬戸内海水産資源担当者会議議事要録, 90-105.
- 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.「瀬戸内海東部域における回遊性魚類の資源生態調査 サワラの資源生態調査」(林小八編). 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告,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, (67), 95-112.

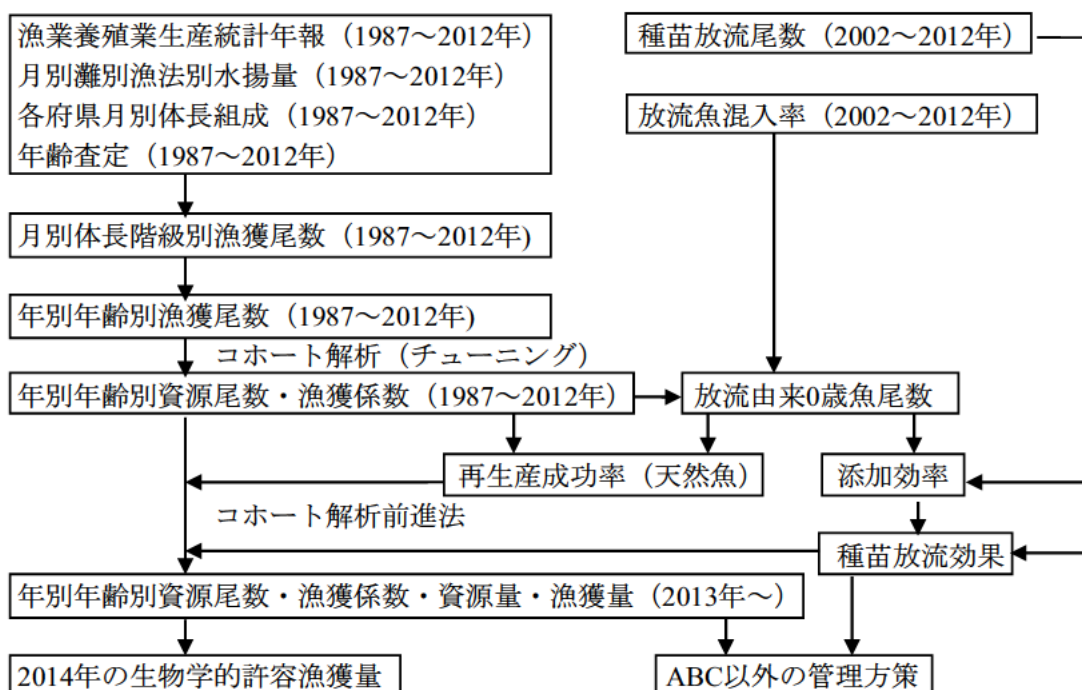
上田幸男(1990) 播磨灘産サワラの漁業生物学的研究(要旨). 内海漁業研究会報, (22), 62.

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, 社団法人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(1), 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.「瀬戸内海東部域における回遊性魚類の資源生態調査」,本州四国連絡架橋漁業影響調査報告,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, (67), 179-198.

補足資料1 データと資源評価の関係を示すフロー



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)の値を用いた。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[和歌山曳縄等、徳島延縄等、兵庫曳縄]

大阪湾[大阪サワラ流し刺網、兵庫曳縄]

播磨灘[兵庫サワラ流し刺網、兵庫曳縄、兵庫ヒラ流し刺網]、[兵庫はなつぎ網]、[岡山サワラ流し刺網、岡山サワラ船曳網]、[徳島サワラ流し刺網等]、[香川サワラ流し刺網]

備讃瀬戸[岡山サワラ流し刺網、岡山サワラ曳釣]、[香川サワラ流し刺網]

燧灘[広島サワラ流し網、広島サゴシ巾着網]、[香川サワラ流し刺網]

燧灘・安芸灘[愛媛サワラ流し刺網、愛媛アジ・エソ流し刺網等]、[愛媛その他]

安芸灘[広島サワラ流し刺網、山口サワラ流し刺網]

伊予灘[山口サワラ流し刺網、愛媛サワラ流し刺網]、[愛媛その他]、[大分サワラ流し刺網]

周防灘[山口サワラ流し刺網、福岡サワラ流し刺網、大分サワラ流し刺網]

・月別灘別漁法別水揚量と各府県による月別灘別漁法別体長組成から月別灘別漁法別の体長階級別漁獲尾数を求めた。体長組成が揃わなかった部分は前後月または隣接海域の値を参考に推定した。体長（尾叉長）FL(cm)と体重w(kg)の関係は竹森(2006)の

$$\begin{aligned} \text{雄 } w &= 1.42 \times 10^{-5} \times \text{FL}^{2.865} & \text{雌 } w &= 1.20 \times 10^{-5} \times \text{FL}^{2.913} \\ w &= 1.31 \times 10^{-5} \times \text{FL}^{2.89} \end{aligned}$$

を参考に、雌雄共にとした。

・各灘及び漁法別の体長階級別漁獲尾数を瀬戸内海全域について月毎に集計した。

・香川、愛媛両県による年齢査定結果と五利江(2002)の最小二乗法による混合正規分布の分解から月別に求めた体長階級毎年齢組成(Age-length key)に基づいて、月別体長階級別漁獲尾数から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)コホート解析による資源尾数等の推定（チューニング以前）

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。

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

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。

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

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

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

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

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。

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

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

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

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

2012年のFと資源尾数は次の式で求めた。

$$F_{a,2012}=\frac{F_{a,2009}+F_{a,2010}+F_{a,2011}}{3}$$

$$N_{a,2012}=C_{a,2012} \frac{\exp(M/2)}{1-\exp(-F_{a,2012})}$$

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は自然死亡係数で田内・田中の方法（田中 1960）により、寿命を8歳として $2.5/8 \div 0.3$ より、年当たり0.3とした。

(3)チューニングによる直近年の漁獲係数の推定

指数として次の表と図12に示す二つの指標値を用いた。これらは各府県の情報に基づいて瀬戸内海漁業調整事務所が集計した値である。

指数	対象	2007	2008	2009	2010	2011	2012
①流し刺網の2kg以上のサワラの漁獲尾数/出漁隻日数(尾/隻日)	1歳魚以上の資源尾数	10.56	10.56	7.91	10.08	12.05	17.99
②曳縄及び延縄のサワラの漁獲尾数/出漁隻日数(尾/隻日)	全資源尾数	2.32	2.86	6.41	6.70	5.62	6.12

両指数について、設定した目的関数を①の漁獲量1,123トンと②の漁獲量338トンの比で重みづけした和が最小になる2012年の漁獲係数を探索的に求めた。その際、①の流し刺網については瀬戸内海では目合いが10.6cm以上に規制されているため、安定して羅網すると考えられる1歳魚以上の尾数を対象とし、一方、②の曳縄と延縄では魚体の大きさの選択性が低いと推定されるので全年齢の合計尾数を対象とした。また、各年齢の選択率(=Fの年齢別相対比)は2009～2011年の平均と等しいと仮定した。

指数①の目的関数は次の式とした。

$$\sum_{y=2007}^{2012} \left\{ \ln(I_y) - \ln \left(q \sum_{a=1}^{4+} N_{a,y} \right) \right\}^2$$

ここで、 I_y はy年における指数、 q は比例定数を示す。また、指数②は次の式とした。

$$\sum_{y=2007}^{2012} \{ \ln(I_y) - \ln(qN_y) \}^2$$

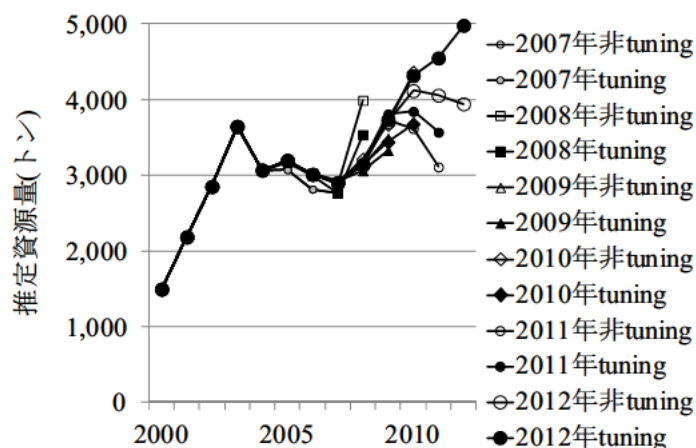
このチューニングにより2012年のFは次の通り下方修正された。

2012年のF	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	平均
チューニング前	0.07	0.55	1.33	1.68	1.68	1.06
チューニング後	0.05	0.40	0.98	1.25	1.25	0.78

チューニングで求めた2012年の各年齢の漁獲係数により、2012年の資源尾数は修正され、

それによってもなつて、2011年以前の資源尾数も修正された。

なお、2011年から2007年まで遡り、同様のチューニング操作を行つて推定した資源量とチューニングせずに算出した資源量を次の図に示す。いずれの年もチューニングを経て推定した資源量の方が翌年の情報を加えて計算した推定値に近い結果となつた。このことから、上記のチューニング処理により資源量等の推定精度が向上すると考えられる。



補足図1. 2007年以降のチューニングの有無による資源量推定値の変化

(4)SPR、YPRの計算

SPR、YPRは次の式で計算した。

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

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

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

ここで、 S_a は a 歳における残存率、 $f_r a$ は同様に成熟割合、 W_a は同様に平均体重を示す。

(5)将来予測

将来の資源尾数と漁獲尾数は次の式で求めた。

$$N_{0,y} = \sum_{a=0}^{4+} N_a f_r a W_a \times RPS + \text{有効放流尾数} \times \text{放流魚生残率}$$

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

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

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

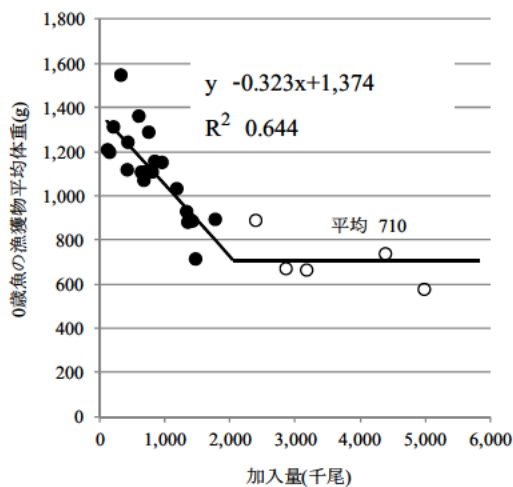
2013年の各年齢の漁獲係数は2012年と等しいと仮定した。2014年以降の漁獲係数は、各年齢の選択率が2009～2011年の平均と同一との仮定のもと、条件により変化させた。また、決定論的予測におけるRPSは2003～2011年の中央値（0.39尾/kg）、放流尾数は2002～2012年の

平均(16万1千尾)、放流魚の生残率は2002～2012年における計算上の年初の0歳魚資源尾数を有効放流尾数で除した商の平均(0.26)とした。

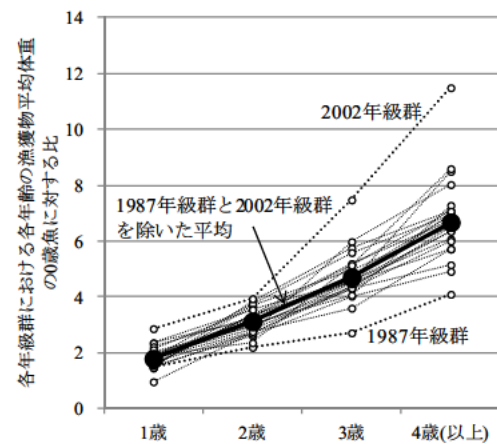
ここで、過去の0歳魚の体重(W_0)と加入量の関係を見ると、加入量200万尾未満で右下がり、200万尾以上で横ばいであった(補足図2)。また、年級群毎に1歳魚以上の体重($W_1 \sim W_{4+}$)と W_0 の間に一定の関係が見られた(補足図3)。このため、 W_0 は過去における加入量200万尾未満の年の直線回帰式から推定し、下限を加入量200万尾以上の年の平均(710g)とした。 $W_1 \sim W_{4+}$ は成長が極端に遅かった1978年級群と速かった2002年級群を除く過去の年級群における W_0 と $W_1 \sim W_{4+}$ の比から推定した。

$$W_{0,y} = -0.323N_{0,y}/1,000 + 1,374 \quad \text{ただし、} W_0 \geq 710$$

$$W_{1,y} = 1.80W_{0,y-1}, \quad W_{2,y} = 3.12W_{0,y-2}, \quad W_{3,y} = 4.71W_{0,y-3}, \quad W_{4+,y} = 6.67W_{0,y-4}$$



補足図2. 加入量と0歳魚の漁獲物平均体重の関係



補足図3. 各年級群における各年齢の漁獲物平均体重の0歳魚に対する割合

(6)放流由来0歳魚尾数と添加効率の計算

通年のMの0.3に9月以降の4か月が1年に占める割合を乗じて得た0.1をMとしてコホート解析により9月1日における資源尾数を推定した。各府県による耳石のアリザリンコンプレクソン標識調査結果に基づいて求めた灘毎の混入率を漁獲量で加重平均して系群全体の放流魚混入率を推定した。9月1日の資源尾数に標識魚混入率を乗じて放流由来0歳魚尾数を求め、これを有効放流尾数で除して添加効率を計算した。なお、0歳魚の放流魚混入率は放流場所近くで実施した試験操業の値を含むこともあって不安定と考えられるので、0歳魚の値しか得られていない2012年を除いて1歳時の放流魚混入率を用いた。また、有効放流尾数における大型放流魚は7cm以上、小型は7cm未満とした。

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.
- 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.

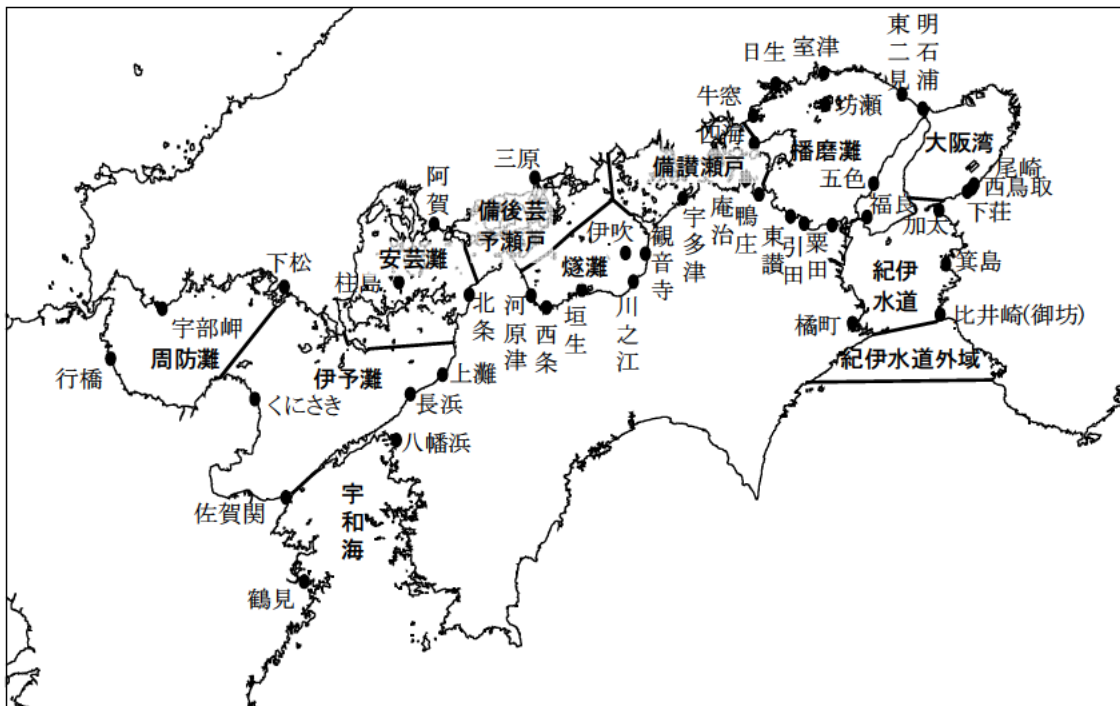


図1. 瀬戸内海の灘区分と調査地

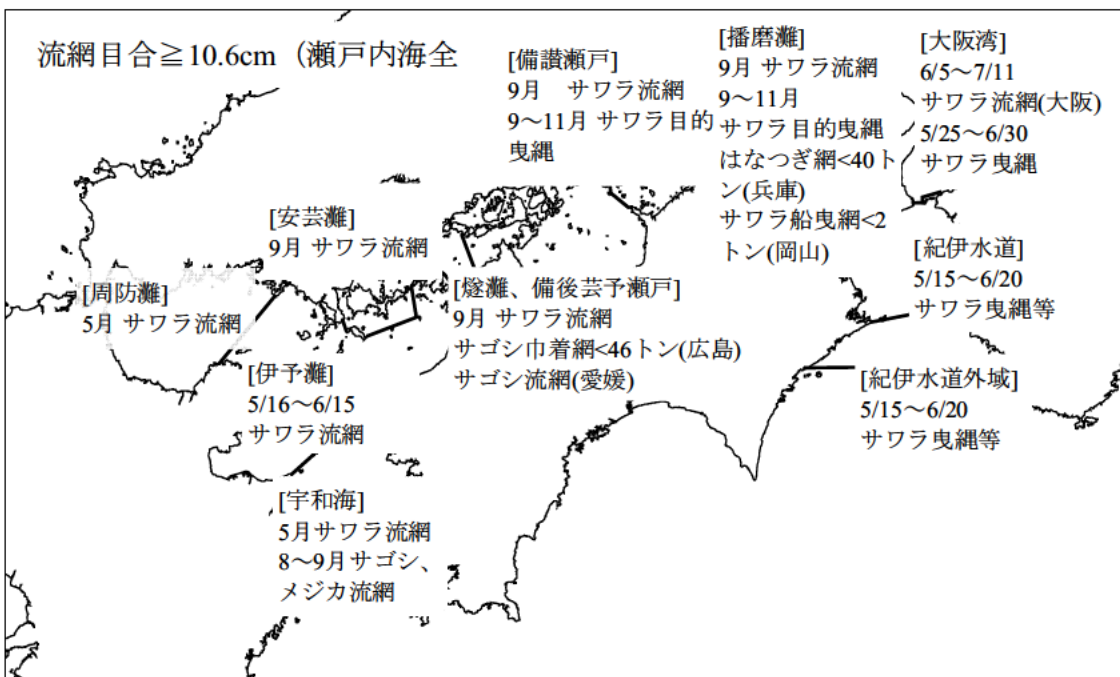


図2. 平成25年度の漁獲努力量削減措置（休漁等）



図3. サワラ瀬戸内海系群の分布

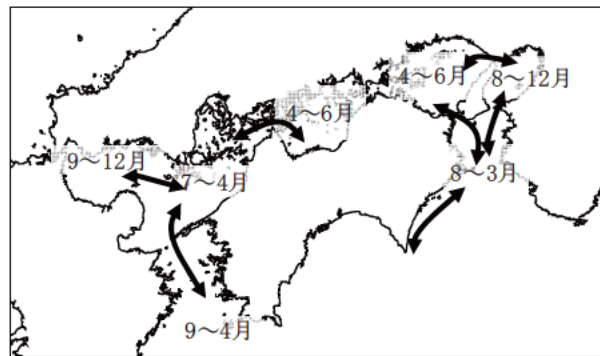


図4. 回遊と主漁期

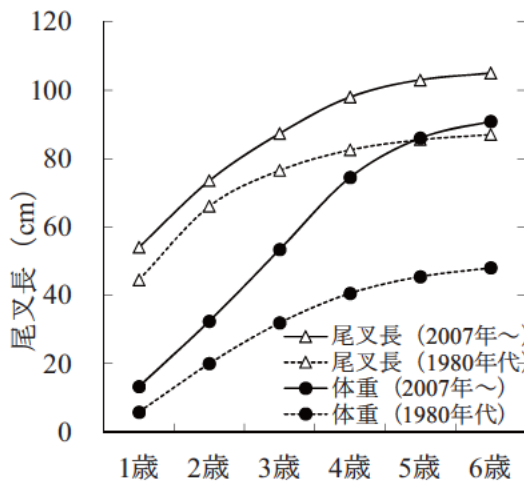


図5. 年齢と成長

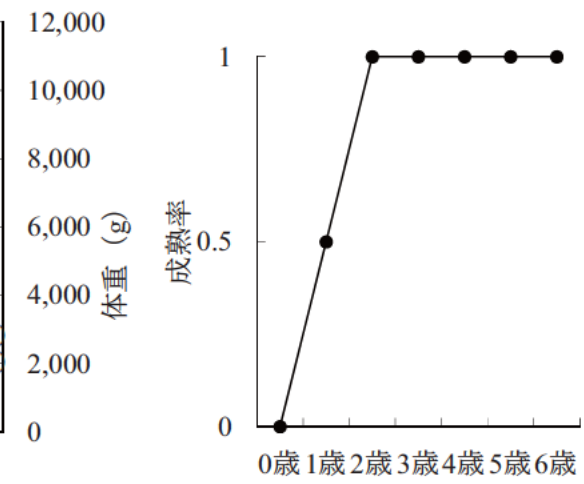


図6. 年齢別成熟率

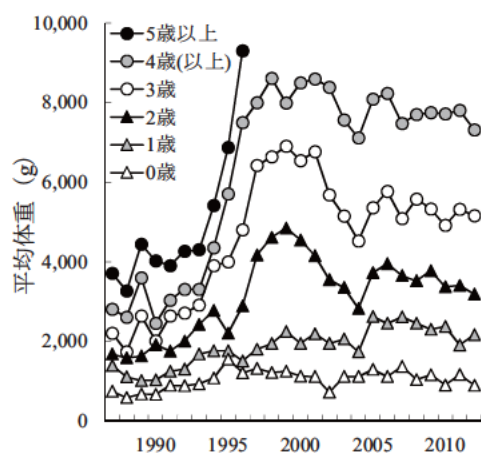


図7. 漁獲物の年齢別平均体重

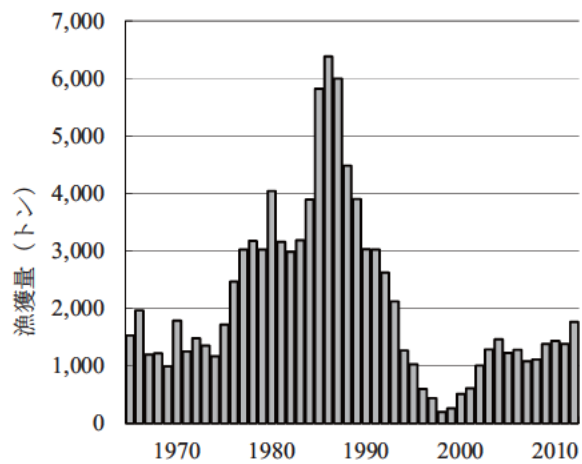


図8. 年別漁獲量（漁業養殖業生産統計年報）

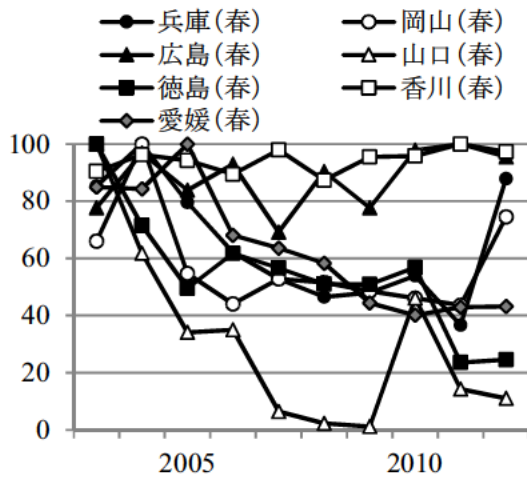


図9. サワラ流刺網春漁の操業隻日数
(期間中最多を100とした)

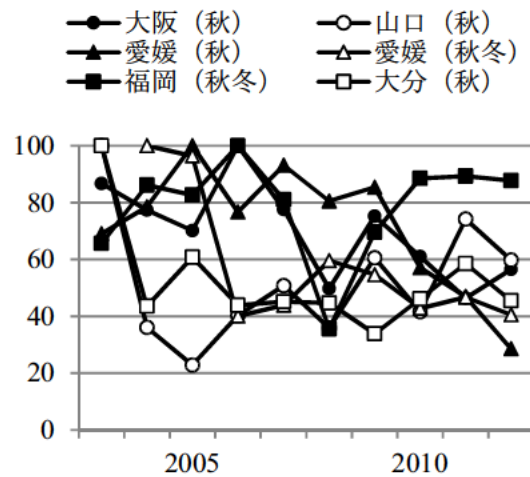


図10. サワラ流刺網秋冬漁の操業隻日数
(期間中最多を100とした)

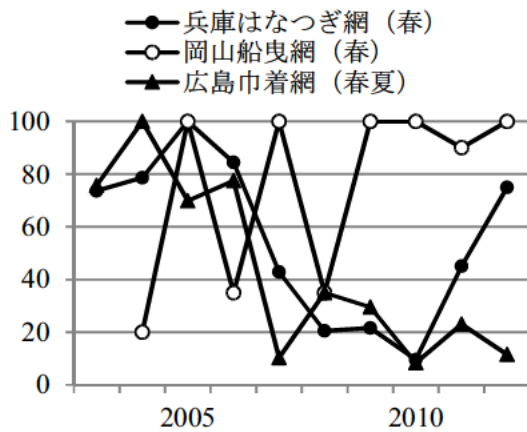


図11. サワラはなつぎ網、船曳網、巾着網の
操業隻日数(期間中最多を100とした)

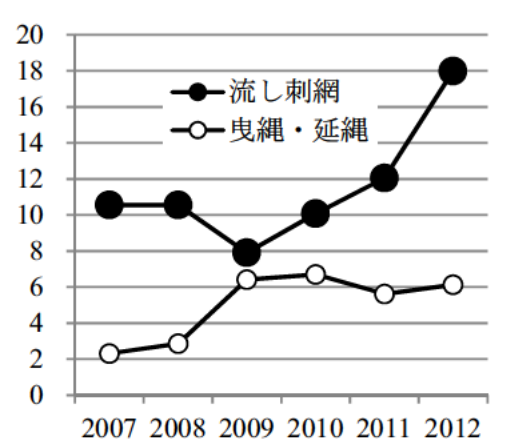


図12. サワラ流し刺網と曳縄・延縄の操業
隻日数当たりの漁獲尾数(流し刺網
は2kg以上の尾数)

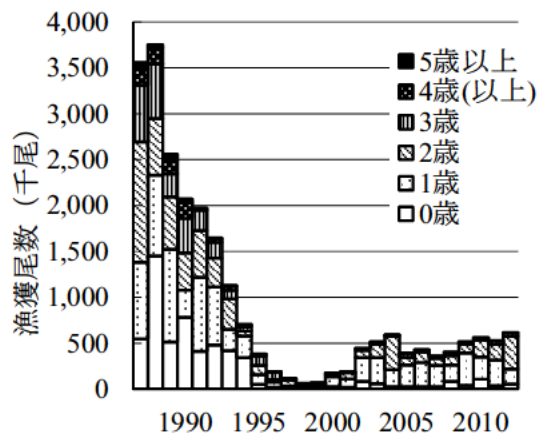


図13. 年齢別漁獲尾数

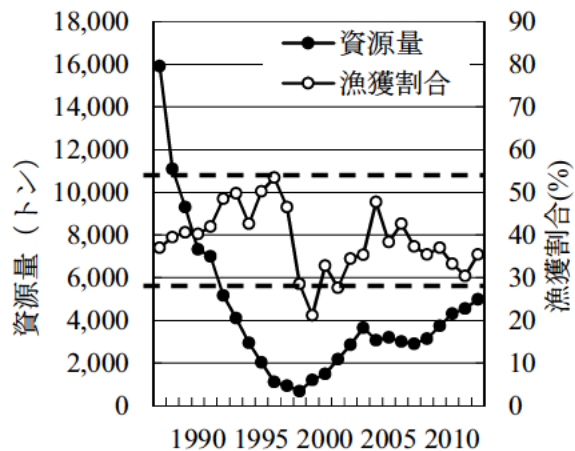


図14. 資源量と漁獲割合(重量比)
破線は資源水準高、中、低位の境界。

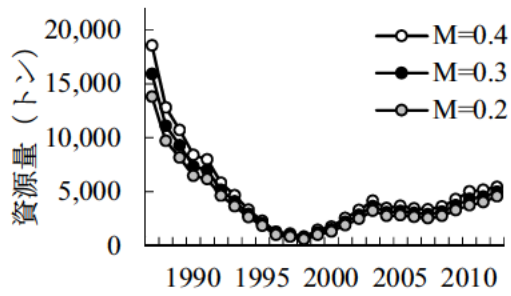


図15. 自然死亡係数(M)と資源量推定値

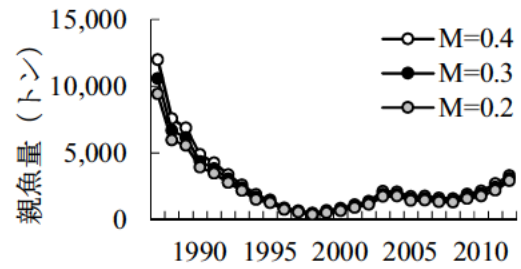


図16. 自然死亡係数(M)と親魚量推定値

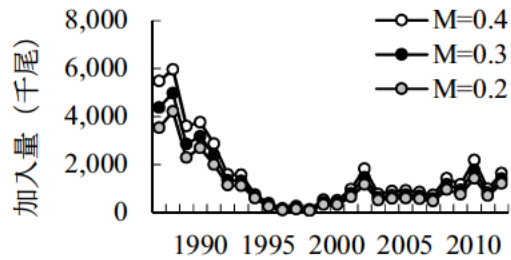


図17. 自然死亡係数(M)と加入量推定値

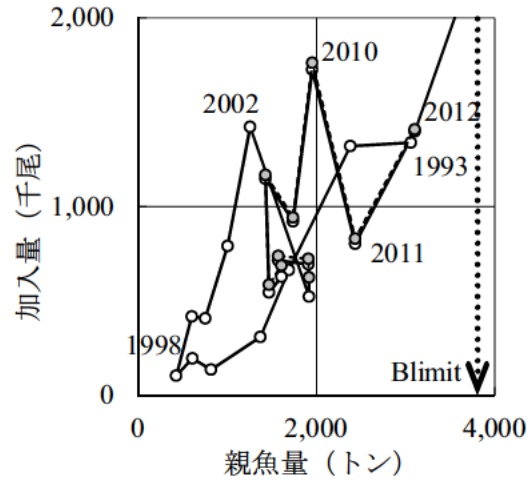
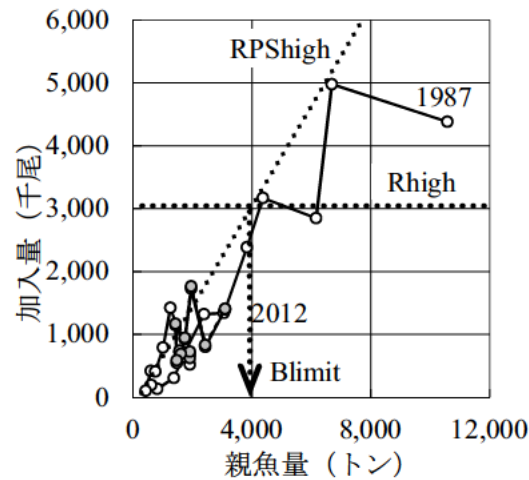


図18. 再生産関係、Blimitの設定 天然由来:白丸、天然+放流由来:灰丸、右は近年を拡大。

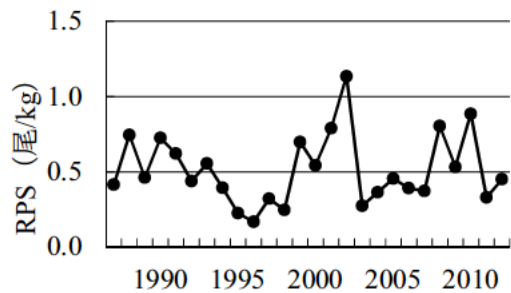


図19. 再生産成功率(RPS)の推移

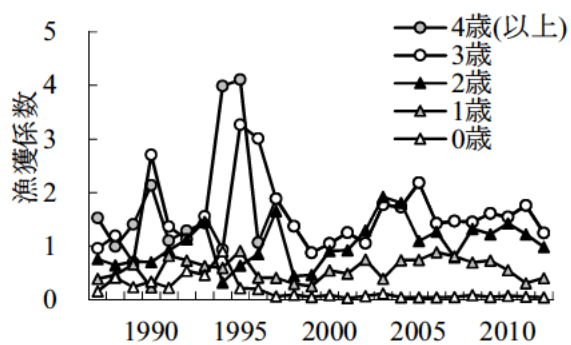


図20. 年齢別漁獲係数の推移

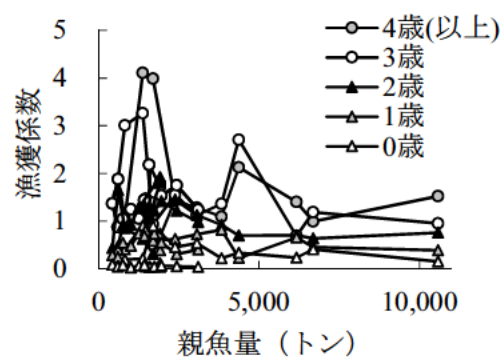


図21. 親魚量と漁獲係数

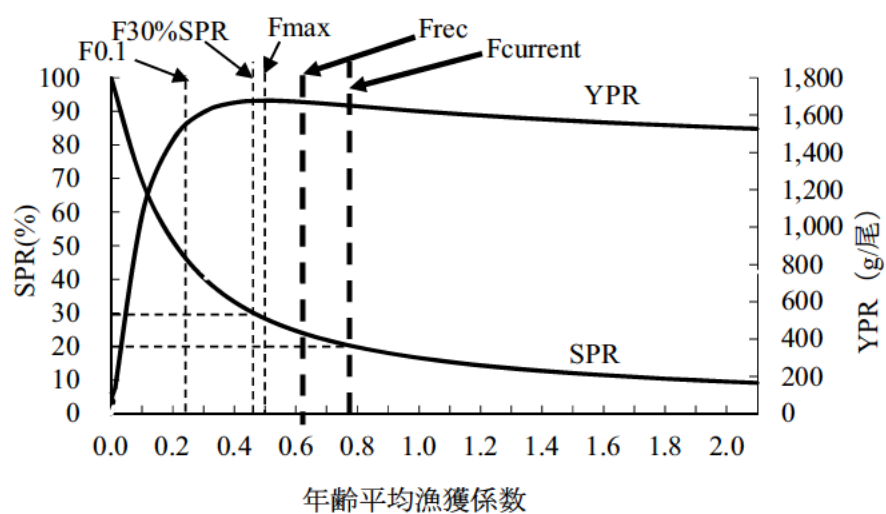


図22. 年齢平均漁獲係数とSPR、YPR

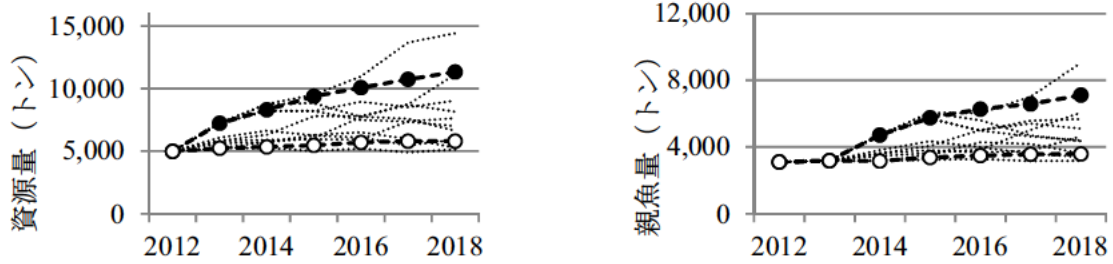


図23. Frecで漁獲した場合の資源量（左）と親魚量（右）の予測、
1,000回試算の上位10%を黒丸、下位10%を白丸、10回の例を記号なし点線で示す。

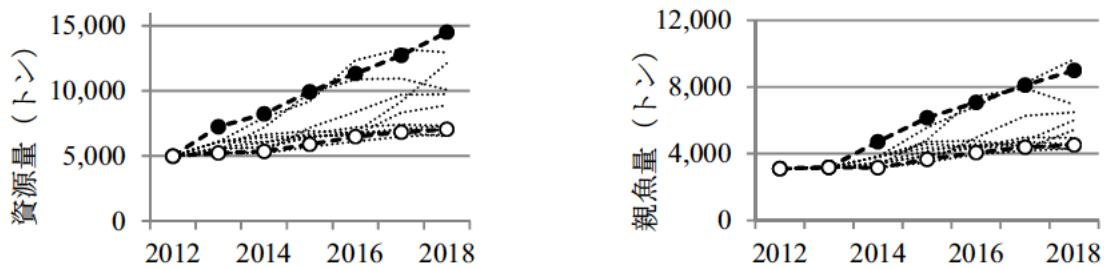


図24. 0.8Frecで漁獲した場合の資源量（左）と親魚量（右）の予測、
1,000回試算の上位10%を黒丸、下位10%を白丸、10回の例を記号なし点線で示す。

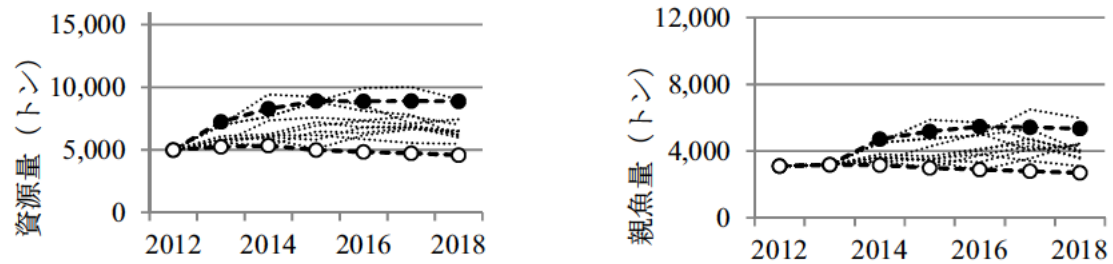


図25. Fcurrentで漁獲した場合の資源量（左）と親魚量（右）の予測、
1,000回試算の上位10%を黒丸、下位10%を白丸、10回の例を記号なし点線で示す。

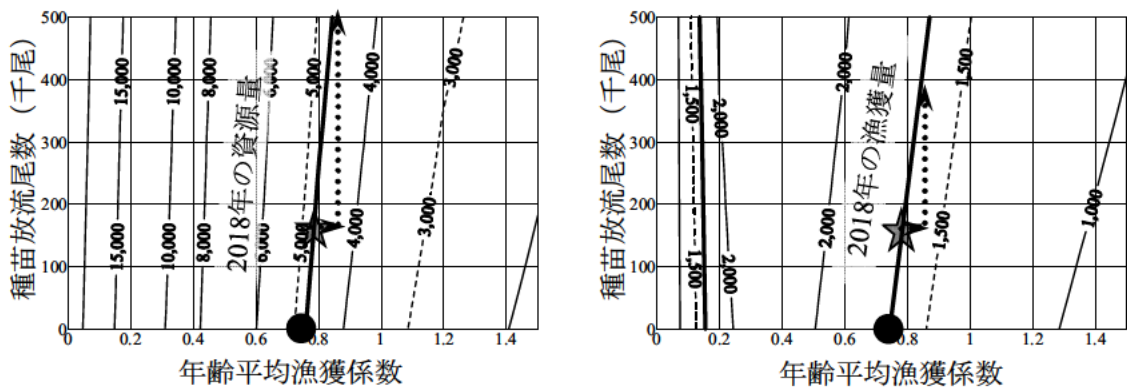


図26. 2014～2018年の漁獲係数、種苗放流尾数と2018年の推定資源量（左）と推定漁獲量（右）（いずれもトン） 星印は現状継続、上向き矢印は漁獲係数10%増加による資源量（左）と漁獲量（右）の減少を補うために必要な放流尾数、黒丸は放流を実施しない場合に現状継続と同じ資源量（左）と漁獲量（右）を実現するのに必要な漁獲数を表す。

表1. 瀬戸内海区のサワラの府県別漁獲量（トン、漁業養殖業生産統計年報）

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	76	352	102	37	73	134	562	291	3	73	1,765

表2. 瀬戸内海区及び紀伊水道外域、豊後水道のサワラの灘別漁獲量（トン）
 瀬戸内海漁業調整事務所集計値の割合を漁業養殖業生産統計年報に換算した。

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	1,222	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	254	154	1,281	53	189
2007	276	86	114	23	226	6	26	191	134	1,081	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	120
2012	256	130	598	236	216	12	26	196	96	1,765	77	120

表3. サワラ瀬戸内海系群の年齢別漁獲尾数（千尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳(以上)	5歳以上	計
1987	546	836	1,310	618	178	71	3,560
1988	1,452	879	616	593	180	32	3,753
1989	513	1,011	568	253	144	70	2,559
1990	783	294	405	380	166	45	2,072
1991	410	808	509	220	13	14	1,975
1992	482	629	317	169	40	7	1,645
1993	420	232	333	89	46	10	1,129
1994	340	238	54	46	17	13	707
1995	52	103	102	102	22	0	380
1996	21	54	29	81	2	0	188
1997	10	24	63	14	3	1	114
1998	8	30	13	8	2		60
1999	18	14	24	10	2		67
2000	28	106	21	20	3		178
2001	20	92	66	7	7		192
2002	83	258	79	21	3		444
2003	60	282	146	18	8		514
2004	26	185	363	15	3		592
2005	28	232	83	47	3		393
2006	26	264	112	24	4		430
2007	25	233	75	25	5		364
2008	83	177	101	35	5		402
2009	40	355	93	22	7		516
2010	106	242	185	23	4		560
2011	39	278	172	36	4		529
2012	54	166	355	38	4		617

表4. サワラ瀬戸内海系群の年齢別漁獲量（トン）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳(以上)	5歳以上	計
1987	404	1,162	2,193	1,361	499	265	5,884
1988	840	969	974	1,026	469	106	4,385
1989	345	1,018	924	667	518	310	3,782
1990	521	301	774	763	406	183	2,947
1991	366	1,003	891	581	41	55	2,937
1992	425	818	633	458	134	31	2,501
1993	391	389	804	258	151	44	2,037
1994	364	419	149	178	75	69	1,254
1995	80	181	224	407	123	3	1,018
1996	25	81	85	390	15	2	597
1997	13	43	262	88	25	7	437
1998	10	58	58	55	16		195
1999	22	30	117	68	17		254
2000	31	207	95	128	29		490
2001	22	202	272	50	57		603
2002	60	503	280	119	23		983
2003	67	579	490	94	59		1,289
2004	28	320	1,023	69	23		1,464
2005	36	607	310	251	21		1,225
2006	29	646	443	136	29		1,283
2007	35	609	274	127	36		1,082
2008	86	435	357	197	39		1,113
2009	46	815	349	116	57		1,382
2010	95	575	623	111	33		1,436
2011	45	528	584	191	35		1,384
2012	48	360	1,129	196	33		1,765

表5. サワラ瀬戸内海系群の漁獲物の年齢別平均体重（グラム）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳(以上)	5歳以上
1987	740	1,390	1,674	2,201	2,807	3,706
1988	579	1,103	1,580	1,730	2,604	3,260
1989	673	1,007	1,626	2,636	3,595	4,442
1990	666	1,024	1,910	2,010	2,452	4,024
1991	891	1,242	1,749	2,637	3,030	3,900
1992	883	1,300	1,999	2,711	3,307	4,264
1993	931	1,675	2,416	2,906	3,306	4,299
1994	1,073	1,761	2,776	3,901	4,350	5,410
1995	1,550	1,760	2,200	4,000	5,700	6,873
1996	1,200	1,500	2,886	4,800	7,500	9,300
1997	1,315	1,800	4,166	6,416	8,001	7,800
1998	1,211	1,940	4,611	6,639	8,608	
1999	1,246	2,241	4,845	6,902	7,986	
2000	1,121	1,945	4,542	6,543	8,499	
2001	1,110	2,184	4,152	6,770	8,591	
2002	716	1,945	3,545	5,680	8,382	
2003	1,110	2,053	3,348	5,151	7,564	
2004	1,110	1,730	2,820	4,520	7,114	
2005	1,291	2,618	3,720	5,353	8,083	
2006	1,111	2,447	3,946	5,769	8,229	
2007	1,364	2,614	3,646	5,080	7,471	
2008	1,035	2,449	3,518	5,576	7,703	
2009	1,154	2,296	3,769	5,326	7,747	
2010	896	2,370	3,372	4,911	7,719	
2011	1,159	1,901	3,403	5,318	7,802	
2012	888	2,163	3,182	5,159	7,317	

表6. サワラ瀬戸内海系群の年齢別資源尾数（千尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳(以上)	5歳以上	計	3歳以上	0歳(9月1日)
1987	4,379	3,010	2,857	1,166	264	106	11,782	13%	3,640
1988	4,977	2,774	1,510	989	332	60	10,641	13%	4,220
1989	2,849	2,437	1,298	589	222	107	7,502	12%	2,384
1990	3,168	1,669	935	473	218	60	6,522	12%	2,672
1991	2,384	1,673	984	344	23	24	5,433	7%	1,993
1992	1,339	1,413	544	291	65	12	3,664	10%	1,145
1993	1,320	577	505	131	70	16	2,619	8%	1,123
1994	664	617	228	88	20	15	1,632	8%	577
1995	310	199	253	123	25	0	910	16%	259
1996	137	185	59	99	3	0	484	21%	114
1997	195	83	90	19	4	1	392	6%	161
1998	105	136	41	13	2		297	5%	87
1999	418	71	75	20	2		586	4%	344
2000	407	294	41	35	6		784	5%	336
2001	791	278	127	12	11		1,218	2%	650
2002	1,458	569	126	37	5		2,196	2%	1,202
2003	625	1,008	199	26	11		1,869	2%	517
2004	724	411	504	22	5		1,665	2%	595
2005	738	514	145	61	3		1,462	4%	607
2006	688	523	181	36	5		1,434	3%	566
2007	586	487	160	38	7		1,278	4%	482
2008	1,168	412	160	54	8		1,802	3%	965
2009	942	794	153	32	11		1,931	2%	775
2010	1,761	664	283	33	6		2,747	1%	1,453
2011	830	1,213	283	51	6		2,383	2%	684
2012	1,409	581	660	62	7		2,719	3%	1,160

表7. サワラ瀬戸内海系群の年齢別資源量（トン）と漁獲割合

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳(以上)	5歳以上	計	漁獲割合
1987	3,239	4,183	4,783	2,568	742	393	15,908	37%
1988	2,880	3,059	2,387	1,711	865	195	11,096	40%
1989	1,916	2,454	2,111	1,551	798	477	9,307	41%
1990	2,110	1,710	1,785	950	535	241	7,331	40%
1991	2,125	2,078	1,722	907	71	95	6,997	42%
1992	1,183	1,837	1,088	788	215	50	5,160	48%
1993	1,230	967	1,220	379	230	68	4,094	50%
1994	712	1,087	633	341	89	82	2,944	43%
1995	480	351	556	491	145	3	2,026	50%
1996	164	277	171	477	26	3	1,118	53%
1997	257	150	376	120	29	8	940	47%
1998	127	264	190	85	18		684	29%
1999	520	158	365	136	19		1,199	21%
2000	457	572	185	229	52		1,495	33%
2001	878	607	525	82	92		2,184	28%
2002	1,045	1,107	448	212	40		2,851	34%
2003	693	2,071	667	132	82		3,645	35%
2004	803	711	1,422	98	33		3,067	48%
2005	953	1,346	541	328	28		3,196	38%
2006	765	1,279	715	208	44		3,011	43%
2007	799	1,274	583	192	55		2,902	37%
2008	1,209	1,009	564	299	59		3,141	35%
2009	1,087	1,823	575	168	83		3,736	37%
2010	1,578	1,573	953	164	48		4,317	33%
2011	962	2,306	963	269	49		4,549	30%
2012	1,251	1,257	2,099	319	53		4,980	35%

表8. サワラ瀬戸内海系群の年齢別F（漁獲係数）とM（自然死亡係数）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳(以上)	5歳以上	平均
1987	0.16	0.39	0.76	0.96	1.52	1.52	0.89
1988	0.41	0.46	0.64	1.19	0.99	0.99	0.78
1989	0.23	0.66	0.71	0.69	1.40	1.40	0.85
1990	0.34	0.23	0.70	2.70	2.13	2.13	1.37
1991	0.22	0.82	0.92	1.37	1.10	1.10	0.92
1992	0.54	0.73	1.13	1.13	1.29	1.29	1.02
1993	0.46	0.63	1.45	1.56	1.43	1.43	1.16
1994	0.90	0.59	0.32	0.93	3.99	3.99	1.79
1995	0.22	0.91	0.63	3.26	4.11	4.11	2.21
1996	0.20	0.41	0.85	3.01	1.06	1.06	1.10
1997	0.06	0.41	1.65	1.88	1.88	1.88	1.29
1998	0.09	0.29	0.44	1.37	1.37		0.71
1999	0.05	0.25	0.47	0.87	0.87		0.50
2000	0.08	0.54	0.91	1.05	1.05		0.73
2001	0.03	0.49	0.92	1.25	1.25		0.79
2002	0.07	0.75	1.29	1.05	1.05		0.84
2003	0.12	0.39	1.92	1.77	1.77		1.20
2004	0.04	0.74	1.81	1.73	1.73		1.21
2005	0.05	0.74	1.10	2.18	2.18		1.25
2006	0.05	0.88	1.27	1.43	1.43		1.01
2007	0.05	0.81	0.79	1.47	1.47		0.92
2008	0.09	0.69	1.33	1.45	1.45		1.00
2009	0.05	0.73	1.22	1.61	1.61		1.04
2010	0.07	0.55	1.42	1.54	1.54		1.03
2011	0.06	0.31	1.22	1.76	1.76		1.02
2012	0.05	0.40	0.98	1.25	1.25		0.78
M	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

表9. サワラ瀬戸内海系群の種苗放流尾数、混入率、添加効率（＝放流魚の生残率）

年	種苗放流尾数				有効放流 尾数 (千尾)	9月1日の0歳 魚資源尾数 (千尾)	1歳時の 放流魚混 入率(%)	放流由来 0歳魚 (千尾)	添加効 率
	東部		西部						
	大型	小型	大型	小型					
2002	82,992	51,000	9,099	66,300	121	1,202	2.5	30	0.25
2003	83,493	94,000	15,689		123	517	16.1	83	0.68
2004	36,000		40,273	20,000	81	595	4.0	24	0.29
2005	113,419		42,086	3,000	156	607	3.2	19	0.12
2006	104,781		41,800		147	566	8.7	49	0.34
2007	216,532		53,468	80,000	290	482	7.0	34	0.12
2008	118,947		73,019	20,000	197	965	1.8	17	0.09
2009	163,248		67,088	41,000	241	775	2.2	17	0.07
2010	164,922	18,000	34,830		204	1,453	2.0	29	0.14
2011	126,525		7,690		134	684	3.3	23	0.17
2012	54,000	32,000	14,000		76	1,160	0.7	8	0.11
2002～2012年の平均					161		4.7		0.22

※ 有効放流尾数＝大型放流尾数＋小型放流尾数/4。

※ 1歳時の放流魚混入率のうち2012年は0歳魚の値で代用。

表10. サワラ瀬戸内海系群の年級群別、年齢別
放流魚混入率(％、離別漁獲量で加重平均)

年級群	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚	4歳魚
2002	1.5	2.5	2.2	0.9	2.5
2003	10.3	16.1	11.0	2.1	0.0
2004	2.8	4.0	1.4	1.9	2.1
2005	3.1	3.2	3.0	6.7	3.8
2006	15.6	8.7	7.6	8.1	6.1
2007	28.6	7.0	5.1	1.9	4.0
2008	2.6	1.8	3.8	0.9	19.0
2009	3.4	2.2	3.8	1.9	
2010	1.8	2.0	1.1		
2011	5.0	3.3			
2012	0.7				

表11. サワラ瀬戸内海系群の年級群別、年齢別
放流魚混入率調査尾数

年級群	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚	4歳魚
2002	324	361	58	197	79
2003	225	234	173	121	53
2004	33	728	261	117	55
2005	983	1,400	466	149	294
2006	2,815	1,528	472	260	48
2007	2,200	2,117	356	157	38
2008	3,331	1,805	912	407	15
2009	3,083	1,320	756	142	
2010	5,624	1,279	1,044		
2011	1,349	465			
2012	1,758				

表12. サワラ瀬戸内海系群の親魚量
と親魚量当たりの天然由来0歳魚
尾数（＝再生産成功率、尾/kg）

年	親魚量 (トン)	天然由来0歳 尾数(千尾)	再生産 成功率
1987	10,577	4,379	0.41
1988	6,687	4,977	0.74
1989	6,164	2,849	0.46
1990	4,366	3,168	0.73
1991	3,834	2,384	0.62
1992	3,059	1,339	0.44
1993	2,381	1,320	0.55
1994	1,688	664	0.39
1995	1,371	310	0.23
1996	816	137	0.17
1997	608	195	0.32
1998	425	105	0.25
1999	600	418	0.70
2000	752	407	0.54
2001	1,002	791	0.79
2002	1,253	1,422	1.13
2003	1,916	524	0.27
2004	1,908	695	0.36
2005	1,570	714	0.46
2006	1,607	628	0.39
2007	1,466	545	0.37
2008	1,427	1,147	0.80
2009	1,737	921	0.53
2010	1,952	1,726	0.88
2011	2,434	803	0.33
2012	3,100	1,399	0.45