

平成19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（永井達樹、片町太輔）

参画機関：愛媛県中予水産試験場及び同東予分場、香川県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所、和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場、大阪府環境農林水産総合研究所水産研究部、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県水産試験場、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、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センター水産試験場及び同浅海研究所

要 約

1986年に 6,255 トンと最高を記録した漁獲量は1998年に 196 トンで最低になった。その後漁獲量は2004年に1,464 トンまで回復したが、2006年に1,258 トンとなった。1999年から種苗放流が行われている。年齢別漁獲尾数を用いたコホート解析によると、放流分を含む資源量は近年増加し、2003年に 3,687 トンまで回復し、その後 3,033 トンから 3,123 トンで推移している。漁獲割合は1999年を底に増加傾向にあり、2006年には40%となった。2006年の資源量は1987年の20%で、水準は低位、最近5年間の動向は横ばいである。2008年の ABC_{limit} を「ABC算定のための基本規則」の1-3)-(3)により、803 トンと算定した。最近3か年の平均漁獲圧力を維持すれば資源量は今後やや減少気味に推移すると予測される。

播磨灘と備讃瀬戸では1998年から漁業者による秋漁の自粛が行われた。2002年4月から水産庁の資源回復計画として春・秋漁の部分的禁漁と流し網の網目拡大などの資源管理が瀬戸内海で開始され、更に2003年4月から TAE（漁獲努力量の総量管理）制度が適用された。資源回復計画の目標は2000年に比べ2006年の資源量を 1.2倍程度に増加させることであったが、資源量は2006年に2.1倍となった。

	2008年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	803トン	0.9 F 30%	0.84	26%
ABC_{target}	674トン	0.8・0.9 F 30%	0.67	22%

注) 漁獲割合は $ABC/資源量$ 、Fは2歳の値で過去3年の平均値。

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2005	3,107	1,222	1.51	39
2006	3,123	1,258	1.80	40
2007	3,276	-	-	-

水準：低位

動向：横ばい

1. まえがき

瀬戸内海（以下内海と呼ぶ）産サワラの漁獲量は1986年に 6,255トンと過去最高となったが、1998年にはわずか 196トンと戦後最低となった。この頃紀伊水道及び外域の冬漁でも極度に不振が続いた（武田 1996）。このようななかで備讃瀬戸以東の東部を対象に資源管理方策として秋漁の禁漁効果が試算された（永井ら 1996）。一方東部の漁業者はサワラ資源を保護するため、1998年から播磨灘と備讃瀬戸で秋漁期の休漁（一部は漁期短縮）を開始した。このような背景の下で2002年4月から内海のサワラ資源は水産庁の資源回復計画の対象となり、様々な管理措置がとられるようになった。

2. 生態

(1) 分布・回遊

サワラの分布を図1-1と図1-2に、主要漁協の位置を図2に示す。

サワラは冬を東部では紀伊水道以南の太平洋沿岸、西部では伊予灘・豊後水道域で過ごし、春に東は紀伊水道、西は豊後水道を経て内海へ来遊し、秋に外海に移出する。

漁場の形成と移動状況から備讃瀬戸西部において東から来遊する群と西から来遊する群が交わり（林ほか 1919；中込 1971）、2系群の存在をうかがわせるが、断定する根拠とは言えない。一方遺伝学的に均一であるという研究（横山 2005）がなされつつあることから、瀬戸内海を単一の系群として扱う。

(2) 年齢・成長

寿命は6～8歳で、雌が雄に比べ長命（岸田ら 1985）である。

雌雄込みの年齢別尾叉長と体重は図3の通りである。図3では岸田ら（1985）と中村・上田（1993）による平均値を使い1980年代の成長を、また各年齢で個体の大型化が顕著となった1990年代後半の成長（香川県 1999）を示した。

田中（1960）によれば、寿命（X）と自然死亡係数（M）の間には $M = 2.5/X$ の関係が成り立つ。サワラの場合、Xを8とすれば、Mは0.3となる。

(3) 成熟・産卵

篠原（1993）によると、5～6月が産卵期で、生殖腺熟度指数が4以上の個体の出現率を成熟率とすれば、1987～1990年には雌は1歳で32%、2歳でほぼ100%成熟していた（図4）。竹森（2006）の表6から5～6月の平均をとると、1歳雌の成熟率は2000年と2001年には30%以下であったが、2003～2005年には約50%であった。一方1歳雌の卵巣には吸水卵が少ないという所見もあり、成熟率を上記の値の1/2とした。

主な産卵場は東部では播磨灘の鹿ノ瀬、室津の瀬、備讃瀬戸の中の瀬、また西部では豊後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）。

(4) 被捕食関係

サワラ仔魚は初期に動物性プランクトンを一部捕食するが、主にカタクチシラスを捕食

する (Shoji et al. 1997)。大きくなると魚食性が更に強くなり、カタクチイワシやイカナゴを捕食する。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

漁期は春（4～7月）と秋（8～12月）に二分される。春は内海への入り込み期に1歳の索餌群と2歳以上の産卵群を、秋は内海からの移出期に主に0歳及び1歳を対象とする。水道付近では冬漁が行われるが、漁獲量は少ない。

内海では流し網（その他の刺し網）による漁獲が過半を占めている。1986年以降播磨灘ではなつぎ網（その他のまき網）が復活した。水道域では釣りが主体である。

(2) 漁獲量の推移

内海でのさわら類漁獲量（サワラのみであり、ほかのサワラ類を含まない）は1953～1975年までの間は900～1,700トンの間で推移し、1976年に約2,500トンとなり、その後1986年に6,255トンと過去最高になるまで増加した（図5）。

サワラ流し網漁業では1968年にいわゆるローラー巻きが導入され、網揚げが機械化された（中村 1971）。この新しい漁具は2～3年で内海各地に普及した。これを契機に流し網の着業隻数が増え、また秋漁が普通に行われるようになった。このため1970年代後半からサワラの漁獲量は徐々に増加し始めた。そして上田（1990）や中村（1991）が指摘したように1985年頃には流し網の網糸にナイロンテグスが使用されるようになって罹網率が向上したこと、同時に網目が小型化して小型魚もとるようになったこと、更に播磨灘北部ではなつぎ網が復活したことなどで、1980年代半ばにサワラの漁獲量が最高になった。このように漁具・漁法の改善や努力量の増加で漁獲量が増加したが、別の要因として1983年級や1985年級の加入が多く（安部 1993）、資源量が増大したことが漁獲量増加の背景にある。しかし漁獲量は1986年以降一転して減少に転じ、1998年にはわずか196トンで最低となった。その後漁獲量は徐々に増え、2004年には1,464トンまで回復したが、2005年に1,222トン、2006年に1,258トンとなった（図5）

(3) 漁獲努力量

2002年4月から水産庁による資源回復計画の第1号として内海のサワラ資源がとりあげられ、資源回復に向け様々な管理方策が実行され始めた（図6）。

2003年4月にTAE（漁獲努力量の総量管理）制度が適用された。この制度による2005年4月～2006年1月の集計値は流し網では19,481隻日、はなつぎ網448隻日、さごし巾着網218隻日、船曳網20隻日であった。これに対し、2006年4月～2006年12月の集計値は流し網では16,400隻日、はなつぎ網378隻日、さごし巾着網242隻日、船曳網7隻日であり、前年比はそれぞれ0.8、0.8、1.1、0.4倍となった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1987～2006年の年・年齢別漁獲尾数を基に、自然死亡係数を0.3として、Pope(1972)の

簡便法によるコホート解析を補足資料に記述したように行った（表1）。

（2）資源量指標値の推移

東部

播磨灘：兵庫県五色町漁協（鳥飼＋都志）のサワラ流し網

2006年の春漁（4～7月）では操業日数は前年の0.7倍、漁獲量は0.5倍、1隻1日当たりの漁獲量は0.6倍であった（図7）。

秋漁（8～12月）では操業日数は前年の1.9倍、漁獲量は15.5倍、1隻1日当たりの漁獲量は8.2倍であった。

西部

宍粟灘：愛媛県東予市河原津漁協のサワラ流し網

2006年の春漁（4～7月）では操業日数は前年に比べ0.6倍、漁獲量は0.6倍、1隻1日当たりの漁獲量は0.9倍となった（図8）。

伊予灘：愛媛県双海町上灘漁協のサワラ流し網

2006年の春漁（4～7月）では操業日数は前年の1.2倍、漁獲量は0.5倍、1隻1日当たりの漁獲量は0.5倍になった（図8）。秋漁（8～12月）の操業日数は前年の1.2倍、漁獲量は0.8倍に低下したが、依然高い水準にあり、1隻1日当たりの漁獲量は0.7倍となった（図8）。

水道域

和歌山県の加太（釣り）と御坊（釣り）

2005年に加太ではサワラが多かったが、御坊ではサワラ・ヤナギは多くはなかった。2006年の加太でのさわら漁獲は前年の1/3程度と少なかった。

大分県の佐賀関（釣り）

1999～2002年にさわらの漁獲量は最近17年間のなかで高い水準にあったが、2003年以降は1989～1998年並みの低水準で推移した（図9）。

上述したように、2006年春漁期には東部の五色や西部の河原津及び上灘で春漁の漁獲量が前年を下回った。同様に香川県でも春漁の漁獲量は前年比0.7倍であった。銘柄別にみると、香川県ではサゴシが前年比1.4倍漁獲されたが、サワラが0.6倍の漁獲にとどまった（脚注1）。これは2005年生まれの1歳魚であるサゴシが春漁での漁獲の主体となり、2004年級（2歳魚）や2003年級（3歳魚）から成るサワラが少なかったことによるとみられる。一方2006年秋漁での漁獲量は五色で前年を上回り、上灘でも依然高い水準にあった。五色での秋漁の好漁はサワラが多獲されたためであり、比較的優勢な2005年級（1歳魚）に支えられたからであろう。一方、加太、御坊、佐賀関での2006年秋から翌年春のサゴシ銘柄の漁獲量の推移からみて、2006年級は優勢でなく並みかそれ以下であろう。

（3）漁獲物の年齢組成

サワラの漁獲年齢は1980年代当初東部（上田 1990）と西部（岸田 1990）いずれも3

1) 香川県水産試験場 2006：平成18年春のサワラ漁獲状況、香川県漁業者説明会配布資料、4pp.

～4歳が主体で、その後1987年以降2～3歳が、また1992年以降2歳と1歳が主体となり、若齢化した（図10；河野ほか 1997）。図10から1998年以降0歳魚の漁獲がそれ以前に比べて減少したことが分かる。これには同年から播磨灘と備讃瀬戸で行われた秋漁期の自主的休漁や2002年以降に開始された資源回復計画が貢献している。

（4）資源量の推移

年・年齢別の漁獲尾数、資源尾数、漁獲係数、資源量を表1に、資源量と漁獲割合及び加入尾数の年変化を図11に示した。これらは種苗放流分を含んだ値である。

これによると、資源量は1987年の15,870トンから1998年に678トンに減少した後、2003年に3,687トンまで回復し、その後3,033トンから3,123トンで推移している。漁獲割合は1999年を底に増加傾向にあり、2006年には40%となった。

サワラのRPS（親魚量当たり加入尾数）の推移を図12に示した。また年齢別漁獲係数の推移を図13に、自然死亡係数を0.30から0.25と0.35に変化させた時の資源量と加入尾数の変化を図14に、親魚量と漁獲係数との関係を図15、SPR（加入当たり産卵親魚量）及びYPR（加入当たりの漁獲量）を図16に示した。

（5）資源の水準・動向

1987年以降親魚量が減少するにつれ、加入量が減少する状況にあった（図11）。しかし1999年級以降加入量は上向きに転じた。特に2002年級は2002年の秋から2003年の春までサゴシとして（脚注1）、更に2004年春に2歳魚として近年になく多獲され（脚注2）、卓越した。このようなことから資源量は1998年を底に2003年まで増加してきたが、2004年に前年の0.8倍に減少し、その後その水準を維持している。

2006年の資源量は1987年に比較すると20%であり、資源水準は低位である。また2002年から2006年までの5年間の資源量には増減が見られるが、ほぼ横ばいに推移したことから、動向を横ばいとする。

5．資源管理の方策

（1）資源と漁獲の関係

親魚量は1998年の325トンが最少で、2006年は1,108トンであった（表1）。親魚量と加入尾数の関係に原点を通る直線をあてはめた（図17）。瀬戸内海では1990年代初期にサワラ資源が減少するとともに各年齢で魚体の大型化が目立った（辻野・安部 1996；横川 1996；竹森・山田 2001）。そこでこのような大型化が目立つ以前の1991 - 1992年頃の資源量5,800トンに資源を回復させることを当面の管理目標とする。

-
- 1) 香川県水産試験場 2003：平成15年サワラ漁獲状況（概要）、香川県漁業者説明会配布資料、4pp.
 - 2) 香川県水産試験場 2004：平成16年サワラ漁獲状況（概要）、香川県漁業者説明会配布資料、7pp.

(2) 資源と海洋環境の関係

サワラの仔魚はカタクチシラスを選択的に捕食する (Shoji et al. 1997)。カタクチイワシ資源は1999年以降それ以前の7年間に比べ高かった (河野・銭谷 2003)。このことはサワラ仔魚の生残に有利に働き、1999年級以降サワラの加入を上向きにした要因の一つと考えられる。

一方東西水道域周辺では近年秋～冬季に水温が上昇し、1999年以降サワラが滞留し、捕られやすい海況にあった (永井 2004)。しかし2004年の秋～冬季には水道域での高い漁獲は見られなかった。これは漁獲の主体となる2003年級と2004年級がそれほど多くなかったためであろう。

サワラのRPS (親魚量当たり加入尾数) は2002年に高く、2003～2004年に低い (図12)。これに関連して主産卵場である播磨灘 (兵庫県家島) から燧灘 (愛媛県丹原) にかけての6地点における1998～2004年の4～8月の気象観測データが検討された (脚注1)。その結果、最大風速の月別基準偏差値は、2002年では6～8月を通して小さく、2003年では6月と8月に大きく、2004年では6～8月の全期間を通じて大きかった。サワラの仔魚が育つ6～8月に最大風速が大きいと、海が時化て、仔魚の生残が悪くなると推察された。

また2006年に関しては1963年以来およそ40年振りに厳冬を経験し、冬場の水温が平年比4.5℃低く、この低温が5～6月に10m層水温を前年比1.5℃ほど低下させ、サワラの春漁期の遅れなどの異変をもたらした (脚注1)。2006年のサワラのRPSは2003～2004年に比べやや高いと推定されているが、サワラ以外の魚種を含め、今後の推移を見守りたい。

(3) 種苗放流効果

1999年からサワラの種苗放流が東部の播磨灘で開始された。東部では大型種苗 (全長8～10cm) に換算して1999年から2006年までそれぞれ0.6万尾、3.3万尾、0.7万尾、9.3万尾、10.2万尾、3.6万尾、11.3万尾、10.5万尾が、西部では燧灘で2002年から2006年まで同様に2.6万尾、1.6万尾、4.5万尾、4.3万尾、4.2万尾が放流された (図18)。

放流魚には耳石へのALC (アリザリンコンプレクソン) 標識 (図19) や魚体への焼き印標識などがなされて放流されてきた。

年々の種苗放流尾数とその後の各種調査における放流魚の出現率である有標識率を表2-1～表2-3に示した。これによると標本魚が10尾以上でみて、東部の2歳までの有標識率は2002年級まで12%以下であるが、2003～2006年級では9～38%と高い。

灘別の年別年齢別有標識率 (表2-3) に対応する漁獲尾数をかけ、種苗放流由来の漁獲量と漁獲割合を求めた。その結果、2006年までの最近4年間における種苗放流による漁獲量のかさあげは平均で52.2トン、その漁獲割合を4.1%と推定した (図20)。

年齢別有標識率をそれぞれの年級で0歳 (9～12月) の値を基準にして示すと、有標識率は1歳で高いが、2歳以上で低下する傾向が見られる (図21)。この理由として、放流魚が1歳までとられやすい、2歳以上で逸散が進むか生残率が低下するなど、いくつかの原因が考えられるが、今のところ特定できない。

1) 永井達樹 2007: サワラ資源の管理措置と資源状況、平成18年度第3回資源回復計画ブロック漁業者協議会配布資料、10pp.

東部では2003年の6～7月に40～108mmの種苗が計17.7万尾放流された。同年9～12月に486尾が調べられたが、そのうちの157尾が小型種苗を含む標識魚で、有標識率は32%であった（竹森ほか 2004）。一方、同時期に愛媛県が燧灘の川之江、新居浜（垣生）、河原津で入手した頭部標本の耳石を調べ、0歳190尾中11尾が上記東部での放流魚とし、有標識率は6%であった（脚注1）。このように東部での放流魚の一部が燧灘以西の西部に回遊することが確かめられた。しかし西部での有標識率は東部の約1/5と低い。一方で西部から東部への移動例も見られる（表2-3）。

9月以降の大型種苗の有標識率（表2-1）、0歳漁獲尾数及び同漁獲係数を基に、2002年級から2006年級までの資源への添加効率を計算すると、それぞれ0.58、2.0、1.4、0.46、2.4となる。添加効率は前述の推定値を基に計算するため誤差が大きいが、0歳の資源尾数が過少に推定されている可能性がある。2002年級と2005年級の平均値0.52を添加効率として当面使用する。これは7月1日に10万尾の種苗を放流すると、9月1日に40cm程度に成長した5.2万尾が資源に加入するという意味である。

6. 2008年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

1987年に比較して2005年の資源量が20%と低いことから資源の水準を低位とした。また2002年から2006年までの5年間の資源量には増減が見られるが、ほぼ横ばいに推移することから、動向を横ばいとした。

(2) ABCの算定

自然死亡係数(M)を0.30としたほか、0.25と0.35の3つの場合について、親仔関係を使用して、2007年以降を資源予測した。

ABCの算定には基本規則1-3)-(3)を用いた。2006年の資源量は低位であるので、この場合 F_{limit} は基準値(F30%など)か現状のFに1未満の係数 β_2 を掛けた値となる。また F_{target} は $F_{limit} \times \alpha$ である。ここで α は安全率で、資源の状況や特性を考慮して定める。

サワラでは資源水準が低位にあるので、基準値としてF30%を用い、 β_2 と α にはそれぞれ0.9と0.8を用い、 F_{limit} の80%を F_{target} とした。

	M	0.25	0.30	0.35
$F_{limit} = 0.9 F_{30\%}$		0.79	0.84	0.90
$F_{target} = 0.8 \cdot 0.9 F_{30\%}$		0.63	0.67	0.72

自然死亡係数(M)を0.30として資源予測した結果を表3に、この場合の2008年のABCの推定値を次の表に示した。

- 1) 愛媛県中予水産試験場及び同東予分場 2004：平成15年度漁期の操業状況等、平成15年度第2回資源回復計画行政・研究担当者会議配布資料、4pp.

	2008年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	803トン	0.9 F 30%	0.84	26%
ABC _{target}	674トン	0.8・0.9 F 30%	0.67	22%

注) 漁獲割合はABC/資源量、Fは2歳の値で過去3年の平均値。

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2005	3,107	1,222	1.51	39
2006	3,123	1,258	1.80	40
2007	3,276	-	-	-

F_{current}で漁獲を続けると、添加効率0.52で10万尾の放流があっても、資源量はほぼ横ばいに近いがやや減少気味に推移すると予測される(表3、図22-1)。F_{limit}やF_{target}で漁獲を続けると、1991-1992年の資源量水準に相当する5,800トンに回復させる資源管理目標を2011年に達成すると見込まれる。

しかしながら加入は不安定であり、今後の資源動向は2007年級以降の加入の如何による。自然死亡係数が0.30及びF_{current}の下で、放流を含めた年々の加入尾数が60万尾、80万尾、100万尾と一定水準で変化した場合の資源量の推移を図22-2に示した。これによると、2007年以降0歳魚が毎年90万尾程度加入しないと、資源は持続しない。

なお自然死亡係数を0.25や0.35とした場合の2008年のABC_{limit}を図23に示した。

(3) ABC の再評価

評価対象年(当初・再評価)	管理基準	資源量	ABC _{limit}	ABC _{target}	漁獲量
2006年(当初)	F30%(0.82)	2,430トン	626トン	529トン	-
2006年(再評価)	0.9F30%(0.90)	2,242トン	610トン	513トン	-
2006年(2007年再評価)	0.9F30%(0.84)	3,123トン	749トン	625トン	1,258トン
2007年(当初)	0.9F30%(0.90)	2,259トン	630トン	534トン	-
2007年(再評価)	0.9F30%(0.84)	3,276トン	892トン	753トン	-

7. ABC以外の管理方策の提言

水産庁が指導する資源回復計画の下で、①3年間の全面禁漁、②秋漁の禁漁、③春・秋漁の部分的禁漁と流し網の網目拡大などの資源管理方策が検討された(永井 2002)。

全面禁漁や秋漁の完全禁漁は漁業者の負担が大きく、③の資源管理が2002年4月から開

始された（図6参照）。この際、資源の減少をくい止め、2006年の東西込みの資源量を2000年に比べ20%程度増加させることが当面の目標とされた。

資源量推定の結果によると、2000年の資源量は1,482トンであったが、2006年には3,123トン（2000年の2.1倍）となり（表1）、目標を上回った。しかし今後資源はやや減少気味に推移すると予測されるので、資源回復計画での取り組みの強化が望まれる。

8. 引用文献

- 安部恒之（1993）大阪府における漁獲動向。「サワラの資源生態調査」（林 小八編），本四架橋漁業影響調報，(61), 36-40.
- 林満作・重田瑞穂・藍沢虎馬雄（1919）鱈漁業調査第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（2003）さわら資源評価調査実施結果，第6回瀬戸内海広域漁業調整委員会議事録，38-39，瀬戸内海漁業調整事務所.
- 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，南西水研報告，(30)，1-8.
- 河野悌昌・銭谷 弘（2003）平成15年カタクチイワシ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2分冊），水産庁ほか，535-567.
- 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(4)，529-537.
- 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，南西水研報告，(23)，35-41.
- 永井達樹（2002）瀬戸内海産サワラの資源管理と資源予測，第3回瀬戸内海広域漁業調整委員会議事録，20-24，瀬戸内海漁業調整事務所.
- 永井達樹（2004）平成15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2分冊），水産庁ほか，927-958.
- 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・上田幸男（1993）年齢と成長，「サワラの資源生態調査」（林 小八 編），本四架橋漁業影響調報，(61)，17-27.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. ICNAF Res. Bull., (9), 65-74.
- 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（1993）熟度指数の季節変化と年変化，成熟率及びよう卵数，「サワラの資源生態調査」（林 小八編），本四架橋漁業影響調報，(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・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・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), 15-20.
- 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.
- 田中昌一（1960）水産生物の Population Dynamicsと漁業資源管理, 東海研報, (28), 1 - 200.
- 辻野耕實・安部恒之（1996）大阪府における漁獲動向, 「漁業生物調査」, 本四架橋漁業影響調報, (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.
- 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」, 本四架橋漁業影響調報, (67), 179-198.
- 横山恵美（2005）瀬戸内海におけるサワラの集団構造と人工種苗の遺伝的変異性に関する研究, 東京海洋大学修士学位論文, 86pp.

補足資料 使用した年齢別漁獲尾数、コホート解析の方法、及び資源量予測

1. 年齢別漁獲尾数

1987年以降の灘別漁法別漁獲量、主要漁協の月別漁獲量、体長組成から年齢別漁獲尾数を推定した。

東部では主要漁協の月別漁獲量と体長組成資料、及び体長－体重関係式を用い、灘別・漁法別・3半期（1－4月、5－8月、9－12月）別の漁獲物体長組成を作成し、これに体長－年齢変換キーを掛けて、0－5歳＋までの年齢別漁獲尾数を計算し、年齢別に合計して東部全体の値とした。

1997年以降の東部及び西部では全期間いずれも体長－年齢変換キーの作成を行っていない。これらの場合、まず灘別に漁獲が集中する春と秋の漁期別（便宜上1－7月と8－12月に2分）に体長組成を作成した。次に体長組成に見られるモードを手がかりに正規分布をあてはめ、それらの体長群を0－4歳＋までの年齢群とし、この年齢別の尾数に漁期の漁獲量を体長組成を調べた標本の重量で割って得た引き伸ばし係数を掛け、漁期別年齢別漁獲尾数とした。そして春と秋の年齢別漁獲尾数を合計し、更に灘を合計して暦年の値とした。但し東部では2002年以降、また西部では2000年以降、いずれも8－12月を月別に取り扱った。

上記の作業に際し、体長組成資料を欠いた場合、次のような代用を行った。

東部では高松中央卸売り市場におけるサワラとサゴシの月別入荷尾数を年別季節別に調べ、サワラとサゴシの組成比が類似することから、1997年と1998年の春漁期を1999年の春漁期で代用した。また1997～2001年の秋漁期では上記市場のサワラとサゴシの組成比で漁期の漁獲量を配分し、サゴシの漁獲量を0歳、サワラの漁獲量には春漁期の年齢組成を使って、それぞれの年齢の平均体重で割り、年齢別の尾数を求めた。この際2歳魚以上に比べ1歳魚の部分加入の割合を当時の年齢別漁獲係数（永井ほか 1996）から0.74として、1歳の年齢別尾数を1.35倍した。

西部の1997年の秋漁は1998年の秋漁で代用した。また西部では体長組成資料が少なく、1996年以前には東部の年齢組成を代用した。

上述した東部と西部の年齢組成を合計して内海産サワラの年齢組成とした。

2. コホート解析の方法

1で得た年・年齢別漁獲尾数を基に、自然死亡係数(M)を仮定して、Pope(1972)の簡便法によるコホート解析を行った。

コホート解析の計算方法は以下の通りである。

- ① ある年級群の最高齢の漁獲尾数がi年j歳に C_{ij} とする。 C_{ij} が複数の年齢群を含む＋グループなら、資源尾数 N_{ij} は全減少係数 Z_{ij} と漁獲係数 F_{ij} を使って、

$$N_{ij} = C_{ij} * Z_{ij} / F_{ij}$$

C_{ij} が単一の年齢で構成されていれば、

$$N_{ij} = C_{ij} * Z_{ij} / (F_{ij} * (1 - \exp (- Z_{ij}))) \text{ から } N_{ij} \text{ を求める。}$$

- ② 次に年と年齢を一つさかのぼり $N_{i-1,j-1}$ を下式から求める。

$$N_{i-1,j-1} = N_{ij} * \exp(M) + C_{i-1,j-1} * \exp (M / 2)$$

③ $F_{i-1, j-1}$ を下式から求める。

$$F_{i-1, j-1} = \ln (N_{i-1, j-1} / N_{ij}) - M$$

④ ①～③を繰り返して順次若齢部分にさかのぼる。

なお年級群ごとにみて最高齢の F_{ij} をターミナルFと呼び F_t とする。その与え方は以下の通りとした。2006年の4歳+にFを与え、1年前の3歳のFを求める。求めた値を2005年の4歳+のFとする。同様に2004年以前の最高齢のFを求める。2006年の3歳より若いFには同一年齢における2003 - 2005年のFの平均値を入力する。このように各年級の F_t を入力するが、2006年の3歳のFと4歳+のFとが同値となるような4歳+のFを F_t とした。

2006年の0歳の F_t は2006年級の資源尾数を決定付け、2007年以降の資源の将来予測に大きく影響するので、チューニングの根拠がないか検討した。そこで、前述の方法で推定した1998年級から2004年級までの1歳時の資源尾数（y値）と、これに対して東部の荷受け会社（香川県魚市場株式会社）での春1歳サゴシの入荷尾数及び西部の愛媛県燧灘河原津、垣生、川之江の3漁協を合計した春1歳サゴシの1隻1日当たり漁獲量をそれぞれ2001年級に対する相対値として求め、両者の平均値を豊度（x値）とし、両者の相関を調べた。その結果、両者の相関は高度に有意であることが分かった（付図1）。

2006年級の1歳時の豊度に関しては2007年4～6月の愛媛県の資料が得られなかったため、香川県魚市場株式会社の数値（2001年に比べ0.52）を使用し、2006年級の0歳時の資源尾数を決定した。

3. %SPRとYPRの計算

%SPRとYPRを下式に基づき0～5歳について計算し、F30%を資源管理の基準値とした。

$$\%SPR = \sum W_a M_a S_a / \sum W_a M_a S_a^*$$

$$YPR = \sum S_a W_a F_a / (F_a + M)$$

ここで、 W_a と M_a はa歳の体重と成熟率、また S_a はa歳までの生残率（*は漁業がない場合）である。成熟率は1歳で30%、2歳以上で100%とした。なお体重には2006年の年齢別漁獲物平均体重を、また部分加入は2003～2005年の年齢別Fの平均値を2歳を1とした相対値で表して使用した。

4. 資源量予測

2007年以降の0歳加入を予測するには図17に示した親仔関係式を使用した。この際種苗放流数を2007年202,000尾、2008年以降100,000尾とし、添加効率0.52を掛けて加入にプラスした。資源予測では2003 - 2005年の平均漁獲圧が2007年に続いたとした上で、1歳雌の成熟率を0.15(=0.30×0.5)として、2008年のABCを求めた。

表1 瀬戸内海産サワラの漁獲尾数、資源尾数、漁獲係数及び資源量

漁獲尾数	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	546,157	1,452,305	512,716	782,514	410,424	481,789	419,501	339,633	51,922	20,977	9,740	7,946	17,700	27,868	19,705	83,441	59,939	25,619	81,252	22,416
1歳	836,223	876,933	1,011,398	293,640	807,527	629,405	332,208	237,669	102,665	53,975	23,890	29,710	13,531	106,288	92,379	258,441	282,085	184,912	237,608	336,417
2歳	1,309,707	613,321	568,227	404,985	509,437	316,838	332,885	53,505	102,044	29,284	62,903	12,513	24,125	21,002	65,614	78,920	146,247	362,845	128,108	98,411
3歳	618,268	593,292	253,095	379,646	220,448	169,092	89,689	45,754	101,659	81,284	13,676	8,219	9,887	19,594	7,449	20,874	18,334	15,309	34,227	22,541
4歳	177,872	180,097	144,115	165,533	13,445	46,672	17,240	21,550	1,960	1,960	3,616	1,817	2,073	3,389	6,580	2,702	7,767	3,247	3,031	5,612
5歳+	71,393	32,432	69,688	46,454	13,997	7,346	10,310	12,755	4,111	1,781	835									
合計	3,559,620	3,753,380	2,559,238	2,071,772	1,915,278	1,644,934	1,129,267	706,555	380,272	187,638	114,159	60,205	67,316	178,151	191,727	444,378	514,372	591,932	484,226	485,397

資源尾数	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	4,393,054	4,972,437	2,856,085	3,168,294	2,383,395	1,339,692	1,320,484	666,013	310,363	130,956	193,064	107,658	416,366	409,595	793,411	1,427,377	707,833	640,911	1,176,227	717,455
1歳	3,010,323	2,784,372	2,434,402	1,674,541	1,673,614	1,412,407	1,077,788	617,170	201,069	185,233	78,959	134,642	72,915	293,217	279,449	570,813	985,608	472,786	452,748	801,436
2歳	2,884,720	1,510,358	1,306,209	932,931	887,792	544,799	504,603	228,173	252,647	60,574	90,792	37,932	74,174	42,371	125,377	127,510	200,426	487,384	191,093	130,893
3歳	1,186,935	1,003,778	588,429	478,586	342,559	283,298	130,891	87,302	122,983	99,335	19,669	13,120	17,331	34,185	13,313	36,674	26,535	22,603	48,744	31,302
4歳	263,255	325,412	237,411	218,078	27,781	64,033	71,742	20,631	25,294	3,609	987	2,800	2,645	4,329	8,460	3,451	9,202	3,877	3,568	6,651
5歳+	85,327	41,929	86,800	51,838	19,080	9,009	12,609	13,837	446	190	987									
合計	11,795,614	10,646,286	7,509,337	6,524,269	5,434,221	3,663,237	2,618,117	1,633,126	912,802	479,896	387,091	296,151	583,430	783,696	1,220,370	2,165,824	1,929,605	1,627,541	1,872,381	1,687,737

漁獲係数	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	0.156	0.414	0.234	0.338	0.223	0.541	0.461	0.998	0.216	0.206	0.060	0.090	0.051	0.082	0.029	0.070	0.104	0.048	0.084	0.037
1歳	0.390	0.457	0.659	0.228	0.922	0.729	0.629	0.593	0.900	0.413	0.433	0.296	0.243	0.547	0.485	0.747	0.404	0.608	0.941	0.650
2歳	0.750	0.643	0.704	0.702	0.914	1.126	1.454	0.318	0.633	0.825	1.634	0.483	0.475	0.858	0.932	1.270	1.882	2.002	1.509	1.798
3歳	0.967	1.148	0.693	2.546	1.377	1.108	1.948	0.939	3.229	3.012	1.301	1.087	1.087	1.096	1.050	1.083	1.623	1.546	1.692	1.798
4歳	1.537	1.025	1.222	1.236	0.826	1.325	1.348	3.535	3.552	4.561	1.649	1.301	1.087	1.096	1.050	1.083	1.623	1.546	1.692	1.620
5歳+	1.537	1.025	1.222	1.236	0.826	1.325	1.348	3.535	3.552	4.561	1.649	1.301	1.087	1.096	1.050	1.083	1.623	1.546	1.692	1.620
合計	5.337	4.711	4.733	8.087	4.989	6.154	6.783	9.818	12.092	13.578	7.075	3.472	2.942	3.680	3.546	4.252	5.637	5.748	5.917	5.725

資源量(トン)	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	3,250	2,878	1,921	2,110	2,124	1,183	1,230	715	481	157	254	130	519	459	881	1,022	786	711	1,212	709
1歳	4,183	3,071	2,451	1,715	2,079	1,836	968	1,087	354	278	142	261	163	570	610	1,110	2,024	818	892	1,742
2歳	2,551	1,747	1,551	962	903	795	380	341	492	477	126	87	120	224	90	208	137	102	235	463
3歳	739	850	853	535	84	212	237	90	144	29	29	24	21	37	73	29	70	28	25	45
4歳	316	137	386	209	74	38	54	75	3	2	8	0	0							
5歳+	15,870	11,069	9,286	7,312	6,993	5,153	4,088	2,940	2,030	1,115	937	678	1,182	1,482	2,176	2,822	3,687	3,033	3,107	3,123
合計	9,064	5,581	5,282	3,744	3,102	2,410	2,036	1,301	1,248	722	562	325	525	538	776	967	1,383	1,709	1,152	1,108

漁獲量(トン)	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	404	840	345	521	366	425	381	364	80	25	13	10	22	31	22	60	67	28	84	22
1歳	1,162	969	1,018	301	1,003	818	389	419	181	43	43	58	30	207	202	503	579	320	520	731
2歳	2,193	974	924	774	891	633	804	149	224	85	262	58	117	95	272	280	490	1,023	432	348
3歳	1,361	1,026	667	763	581	458	258	178	407	390	88	55	68	128	50	119	94	69	165	119
4歳	499	469	518	406	41	134	151	75	123	15	25	16	17	29	57	23	59	23	21	38
5歳+	265	106	310	183	55	31	44	69	3	2	7	0	0							
合計	5,884	4,385	3,782	2,947	2,337	1,521	2,037	1,254	1,018	597	437	196	254	490	603	983	1,289	1,464	1,222	1,258

漁獲物の平均体重(kg)	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	0.74	0.58	0.67	0.67	0.89	0.88	0.93	1.07	1.55	1.20	1.32	1.21	1.25	1.12	1.11	0.72	1.11	1.11	1.03	0.99
1歳	1.39	1.10	1.01	1.02	1.24	1.30	1.68	1.76	1.76	1.50	1.80	1.94	2.24	1.94	2.18	1.94	2.05	1.73	2.19	2.17
2歳	1.67	1.58	1.63	1.91	1.75	2.00	2.42	2.78	2.20	2.89	4.17	4.61	4.84	4.54	4.15	3.55	3.35	2.82	3.37	3.53
3歳	2.20	2.73	2.64	2.01	2.20	2.71	2.91	3.90	4.60	4.00	6.42	6.64	6.90	6.54	6.77	5.68	5.15	4.52	4.82	5.27
4歳	2.81	2.60	3.60	2.45	3.03	3.31	3.31	4.35	5.70	7.50	8.00	8.61	7.99	8.50	8.59	8.38	7.56	7.11	7.02	6.71
5歳+	3.71	3.26	4.44	4.02	3.90	4.26	4.30	5.41	6.87	9.30	7.80	8.61	8.61	8.50	8.59	8.38	7.56	7.11	7.02	6.71
合計	1.65	1.17	1.48	1.42	1.49	1.52	1.80	1.77	2.68	3.18	3.83	3.24	3.77	2.75	3.15	2.21	2.51	2.47	2.52	2.59

表2-1 瀬戸内海東部におけるサワラの種苗放流による加入尾数(0歳資源尾数)の推定値と有標識率の推移

実施機関 調査方法 年級・データ	香川水試ほか		香川水試		香川水試		香川水試		香川水試		香川水試		香川水試		香川水試		
	種苗放流調査 0歳資源尾数 (尾数)	放流尾数 (尾数)	9-12月大型種苗 有標識率(%)	試験漁獲(11月) 有標識率(%)	2000年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2001年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2002年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2003年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2004年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2005年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2006年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2007年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2008年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2009年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2010年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	2011年4-6月の大型 種苗の有標識率(%)	
1999年級	114,759	6,283	4/120=3.3	2/73=2.7	0/17=0	0/28=0	0/14=0	0/2=0	0/1=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0
2000年級	86,473	23,629	22,619	36,208=11.7	0/10=0	4/76=5.3	1/18=5.6	1/7=14.3	0/2=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0	0/10=0
2001年級	261,097	6,843	5,468	11,693=1.6	0/105=0	2/75=2.7	0/23=0	50/648=7.7	180/473=38.1	24/109=22.0	42/123=34.0	6/66=9.1	6/43=14.0				
2002年級	924,492	95,742	51,000	82,992	40/1154=3.5	9/289=3.1											
2003年級	219,169	106,993	83,493	113,442=25.6	11/43=25.6												
2004年級	53,660	36,000	36,000	7/70=10.0	0/1=0												
2005年級	1,198,170	113,419	113,419	60/787=7.6	8/134=6.0												
2006年級	161,100	104,781	104,781	56/164=34.1	42/125=33.6												
出典	竹森他(2005)ほか 香川水試(2006)、香川水試(2007)																

注) 1. 竹森他(2005)による標識放流調査でのベタ-セーン法での資源尾数の推定には放流直後からの再捕獲が使用された。但し2003年は8月以降とされた。なお2005年以降の数字は香川県資料から同様の手法で求めた。

2. 大型種苗換算の放流尾数を求めるときは、再捕獲の差から小型種苗の比率を大型種苗の1/4とした。なお2000年は放流直後の種苗の死亡が顕著のため1/50とした。

3. 香川県 2007(さわら)流し漁漁船による試験操業結果、平成18年度第3回資源回復計画担当者会議資料、1p)。

4. 香川水試 2006(平成18年春漁期のサワラ漁獲状況、平成18年度第2回資源回復計画担当者会議資料、4p)。

5. 香川水試 2007(平成18年秋漁期のサワラ漁獲状況、平成18年度第3回資源回復計画担当者会議資料、2p)。

6. 竹森他(2006)「サワラ生態調査」サワラの成長と2006年春季の漁況予測、香川県水産研究発表会資料、H18年3月14日、11p)。

7. 1999年級と2000年級では小型種苗と大型種苗のALC標識が同一であったため、すべての再捕獲を大型種苗と仮定した。

表2-2 瀬戸内海西部におけるサワラの種苗放流と有標識率の推移

実施機関 調査方法 年級・データ	愛媛中予水試東予ほか		愛媛中予水試東予		愛媛中予水試東予		愛媛中予水試東予		愛媛中予水試東予		愛媛中予水試東予		愛媛中予水試東予		愛媛中予水試東予	
	種苗放流調査 0歳資源尾数 (尾数)	放流尾数 (尾数)	2005年4月以降の 西部有標識率(%)	2005年4月以降の 有標識率(%)	2006年4月以降の 有標識率(%)	2007年4月以降の 有標識率(%)	2008年4月以降の 有標識率(%)	2009年4月以降の 有標識率(%)	2010年4月以降の 有標識率(%)	2011年4月以降の 有標識率(%)	2012年4月以降の 有標識率(%)	2013年4月以降の 有標識率(%)	2014年4月以降の 有標識率(%)	2015年4月以降の 有標識率(%)	2016年4月以降の 有標識率(%)	2017年4月以降の 有標識率(%)
2002年級	25,674	9,099	0/190=0	0/130=0	0/47=0	0/38=0	0/130=0	0/56=0	0/39=0	0/39=0	0/39=0	0/39=0	0/39=0	0/39=0	0/39=0	0/39=0
2003年級	15,689	15,689	0/21=0	0/190=0	0/38=0	0/71=0	(0/190=0)	0/71=0	0/46=0	0/46=0	0/46=0	0/46=0	0/46=0	0/46=0	0/46=0	0/46=0
2004年級	45,273	20,000	0/218=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0	0/21=0
2005年級	42,836	3,000	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0	0/218=0
2006年級	41,800	41,800	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29	1/340=0.29
出典	未発表資料 愛媛県(2004)、愛媛県(2005MS)、愛媛県(2006MS)、愛媛県(2007MS)															

注) 1. 有標識率は小型種苗蓄心値で、カッコ内は9-12月の値を示す。

2. 愛媛県2004(平成15年度第2回資源回復計画担当者会議資料、4p)。

サワラ瀬戸内海系群-15-

表2-3 瀬戸内海における放流サワラの瀬別府県別有標識率

海域	紀伊水道						
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
0歳							23/155=14.8
1歳							0/38=0
2歳							0/2=0
3歳							
4歳+							
出典	和歌山水試ほか(2007MS)						

海域	大阪湾						
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
0歳					0/18=0	9/52=17.3	49/90=54.4
1歳					0/28=0		3/50=6.0
2歳					0/5=0		0/4=0
3歳							0/9=0
4歳+							0/3=0
出典	大阪水研(2007)		大阪水研(2007)		大阪水研(2007)		

海域	播磨灘							
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2006年
0歳								90/282=31.9
0歳西部								1/282=0.35
1歳	0/3=0	4/37=10.8	1/51=2.0	13/150=8.7	24/49=49.0	5/39=12.8	14/46=30.4	34/205=16.6
2歳		1/28=3.6	1/76=1.3	0/123=0	2/257=0.8	13/62=21.0	1/30=3.3	1/53=1.9
3歳			1/26=3.8	0/10=0	0/22=0	2/83=2.4	0/34=0	4/22=18.2
4歳+				0/1=0	0/6=0	0/3=0	0/14=0	
出典	兵庫水技(2005)	兵庫水技(2005)	兵庫水技(2005)	兵庫水技(2005)	兵庫水技(2005)	兵庫水技(2005)	兵庫水技ほか(2007MS)	屋島裁セ(2007MS)

注) 0歳は9~12月、1歳から4歳+は春漁。

海域	播磨灘						
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
0歳					1/9=11.1	13/96=13.5	104/242=43.0
1歳					41/103=39.8	3/14=21.4	13/86=15.1
2歳					2/26=7.7	19/77=24.7	2/28=7.1
3歳						5/136=3.7	4/58=6.9
4歳+							3/36=8.3
出典	岡山水試(2007)		岡山水試(2007)		岡山水試(2007)		

注) 0歳は秋の試験操業、1歳以上は春漁。

海域	播磨灘、備讃瀬戸(海域に関しては注を参照)						
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
0歳	(36/308=11.7)	11/693=1.6	40/1154=3.5	113/442=25.6	7/70=10.0	60/787=7.6	80/203=39.4
1歳	(0/17=0)	(4/76=5.3)	2/75=2.7	50/648=7.7	180/473=38.1	42/123=34.1	6/46=13.0
2歳		(0/28=0)	(1/18=5.6)	0/23=0	2/105=1.9	24/109=22.0	4/66=6.1
2歳西部							2/66=3.0
3歳			(0/14=0)	(1/7=14.3)	0/2=0	5/142=3.5	3/47=6.4
4歳+				(0/2=0)	(0/1=0)	0/10=0	0/1=0
出典	香川水試(2006)ほか香川水試(2006)ほか香川水試(2006)ほか香川水試(2006)ほか香川水試(2006)ほか香川水試(2006)ほか香川水試ほか(2007MS)						

注) 0歳は9~12月、1歳から4歳+は春漁で、2001年級以降は大型種苗、それ以前は小型種苗を含む(カッコ内)。2005年までは県外産を含み、紀伊水道や大阪湾を含めた内海東部を対象とした有標識率である。

海域	備讃瀬戸						
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
0歳						(0/42=0)	(0/384=0)
1歳						6/102=5.9	13/86=15.1
2歳							
3歳							
4歳+							
出典	岡山水試(2007)		岡山水試(2007)				

注) 0歳は7~8月の小型定置網(カッコ内)、1歳は市場水揚げ魚(春?)。

海域	燧灘						
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
0歳						2/199=1.0	1/390=0.26
0歳東部							4/390=1.03
1歳							0/7=0
1歳東部						2/40=5.0	
2歳							1/55=1.8
3歳							
4歳+							
出典	香川水試(2006)		香川水試ほか(2007MS)				

注) 0歳は9~12月の集計値。

海域	燧灘						
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
0歳				0/190=0	0/21=0	0/218=0	1/340=0.29
0歳東部				8/190=4.2	0/21=0	5/218=2.3	13/340=3.8
1歳				0/130=0	0/38=0	1/439=0.23	0/308=0
1歳東部				0/130=0	2/38=5.3	1/439=0.23	2/308=0.65
2歳				0/21=0	0/47=0	6/71=8.5	0/135=0
2歳東部				0/21=0	0/47=0	1/71=1.4	0/135=0
3歳				0/2=0	0/1=0	0/56=0	0/46=0
3歳東部				1/2=50.0	0/1=0	0/56=0	1/46=2.2
4歳+						0/4=0	0/38=0
4歳+東部						0/4=0	0/38=0
出典	愛媛東予(2006)		愛媛東予(2006)		愛媛東予(2005MS)		愛媛東予(2007MS)

注) 年間の集計値。

海域	安芸灘及び伊予灘						
調査年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
0歳			0/35=0		0/5=0	1/287=0.35	2/230=0.87
1歳				0/81=0	0/41=0	0/231=0	0/264=0
1歳東部							1/124=0.81
2歳				0/21=0	0/15=0	0/25=0	0/63=0
3歳				0/7=0		0/6=0	0/8=0
4歳+					0/1=0	0/1=0	0/1=0
出典	愛媛中予(2007)		愛媛中予(2007)		愛媛中予(2007)		愛媛中予(2007)

注) 年間の集計値で、再捕は西部放流魚のみ。

出典
 愛媛中予水試東予分場(2006):平成18年度第2回資源回復行政研究担当者会議資料
 愛媛中予水試(2007):平成18年度第3回資源回復行政研究担当者会議資料
 兵庫水技(2005):平成17年度第1回資源回復行政研究担当者会議資料
 香川水試(2006):平成18年度第2回資源回復行政研究担当者会議資料
 香川水試(2007):平成18年度第3回資源回復行政研究担当者会議資料
 大阪水研(2007):平成18年度第3回資源回復行政研究担当者会議資料
 岡山水試(2007):平成18年度第3回資源回復行政研究担当者会議資料
 和歌山水試、兵庫水技、香川水試、伯方島裁セほか(2007MS):平成18年度瀬戸内海海域サワラ資源回復等対策事業報告書

表3 瀬戸内海産サワラの漁獲量と資源量の将来予測(自然死亡係数は0.3)

Fcurrent、Fsus、Flimit、Ftargetはそれぞれ漁獲圧力を現状維持する、資源量を維持する、ABClimit及びABCtargetを実現する管理方策を示す。
 添加効率を0.52とした10万尾放流を前提とした。

漁獲量							
管理方策／年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Fcurrent(放流なし)	1258	1442	1329	1278	1139	1066	966
Fcurrent	1258	1442	1332	1314	1218	1177	1111
Fsus	1258	1442	1278	1267	1270	1269	1270
Flimit	1258	1442	803	1138	1362	1759	2171
Ftarget	1258	1442	674	1031	1310	1799	2361

資源量							
管理方策／年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Fcurrent(放流なし)	3123	3276	3033	2839	2574	2382	2176
Fcurrent	3123	3276	3084	2975	2800	2683	2550
Fsus	3123	3276	3084	3084	3084	3084	3084
Flimit	3123	3276	3084	4041	5009	6304	7816
Ftarget	3123	3276	3084	4304	5675	7561	9937

漁獲割合							
管理方策／年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Fcurrent(放流なし)	0.40	0.44	0.44	0.45	0.44	0.45	0.44
Fcurrent	0.40	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44	0.44
Fsus	0.40	0.44	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Flimit	0.40	0.44	0.26	0.28	0.27	0.28	0.28
Ftarget	0.40	0.44	0.22	0.24	0.23	0.24	0.24

親魚資源量							
管理方策／年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Fcurrent(放流なし)	1108	1497	1278	1322	1125	1086	965
Fcurrent	1108	1497	1278	1341	1196	1183	1100
Fsus	1108	1497	1278	1407	1342	1375	1358
Flimit	1108	1497	1278	1985	2288	2998	3659
Ftarget	1108	1497	1278	2145	2630	3640	4719

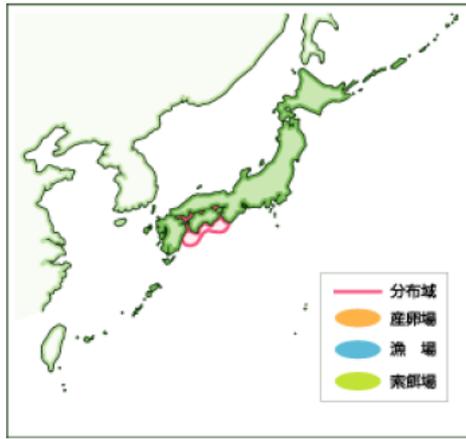


図 1-1 瀬戸内海におけるサワラの分布図

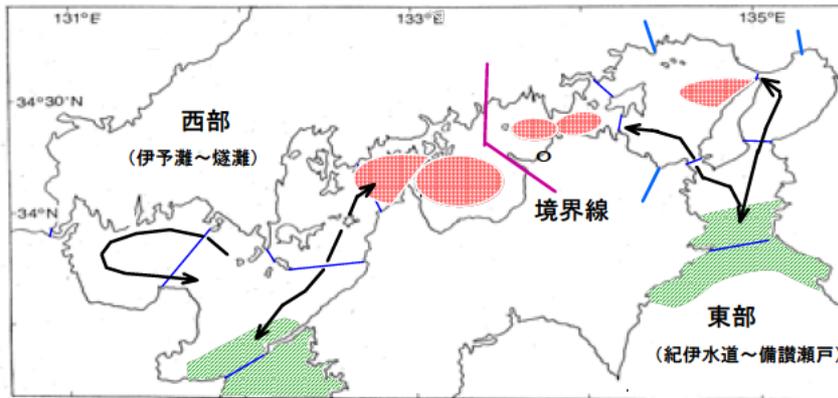


図 1-2 サワラの回遊図

産卵場 越冬場

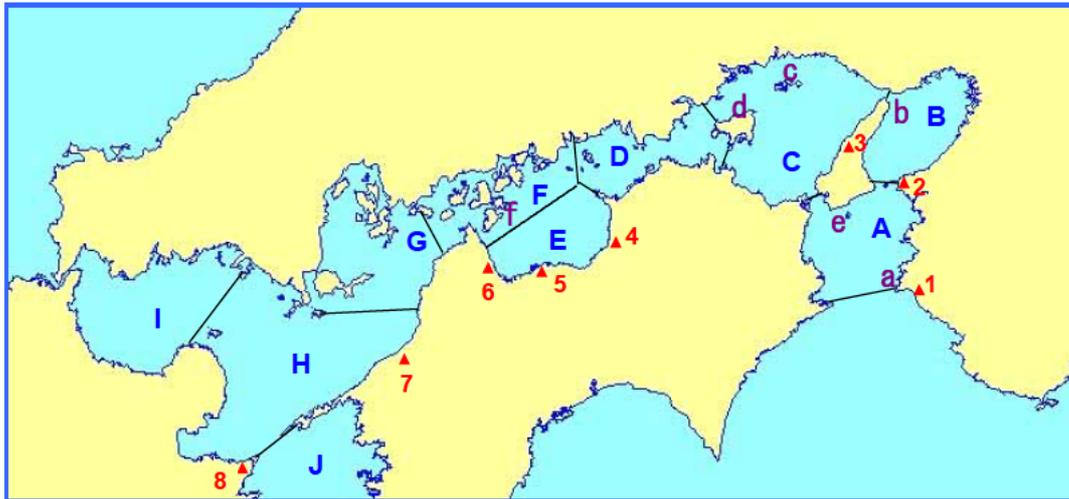


図2 灘区分および標本漁協の位置

A: 紀伊水道 B: 大阪湾 C: 播磨灘 D: 備讃瀬戸 E: 燧灘
 F: 備後・芸予瀬戸 G: 安芸灘 H: 伊予灘 I: 周防灘 J: 豊後水道
 a: 日ノ岬 b: 淡路島 c: 家島諸島 d: 小豆島 e: 沼島 f: 岡村島
 1: 御坊 2: 加太 3: 五色 4: 川之江
 5: 垣生 6: 河原津 7: 上灘 8: 佐賀関

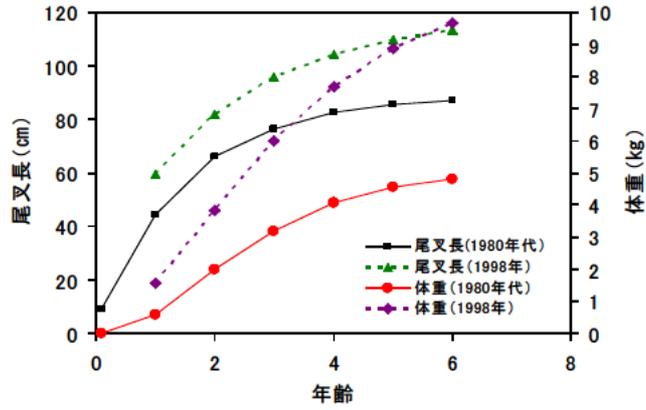


図 3 瀬戸内海産サワラの年齢別成長
1980年代は岸田ら(1985)及び中村・上田(1993)、
1998年は香川県(1999)による

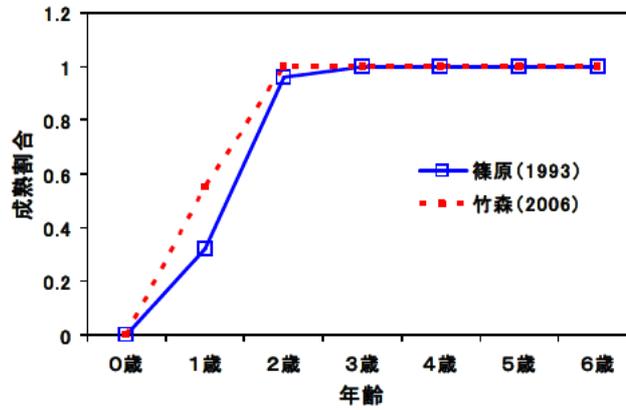


図 4 瀬戸内海産サワラの年齢別成熟割合

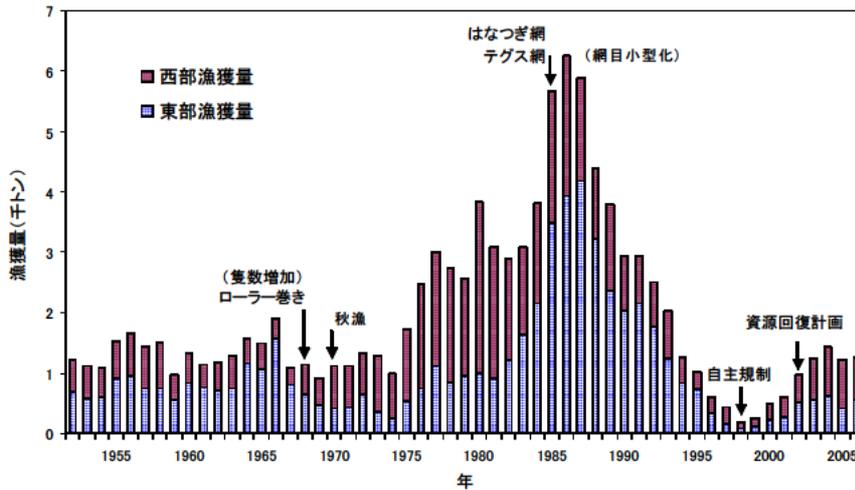


図 5 瀬戸内海におけるサワラ漁獲量の年変化
東部は紀伊水道～備讃瀬戸
西部は燧灘～伊予灘・周防灘



図 6 サワラの漁業種類別規制内容
 (注) 春と秋はさわら流し網(網目は10.6cm以上)の規制。
 ()内は禁漁期間を示す。但し曳縄は主対象とした操業の禁止。

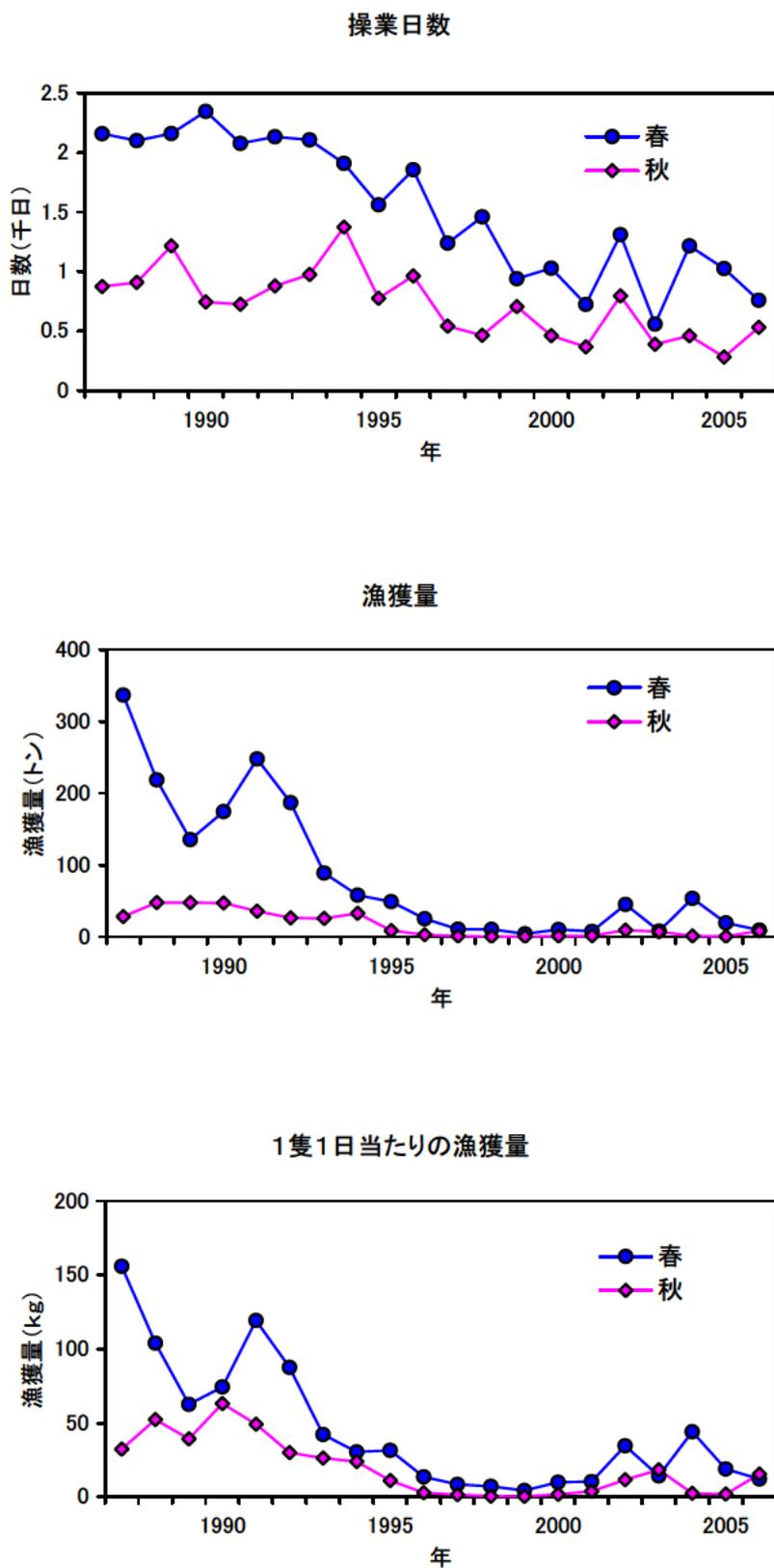


図 7 五色(鳥飼及び都志)におけるサワラ流し網船の操業日数、漁獲および1隻1日当たりの漁獲量

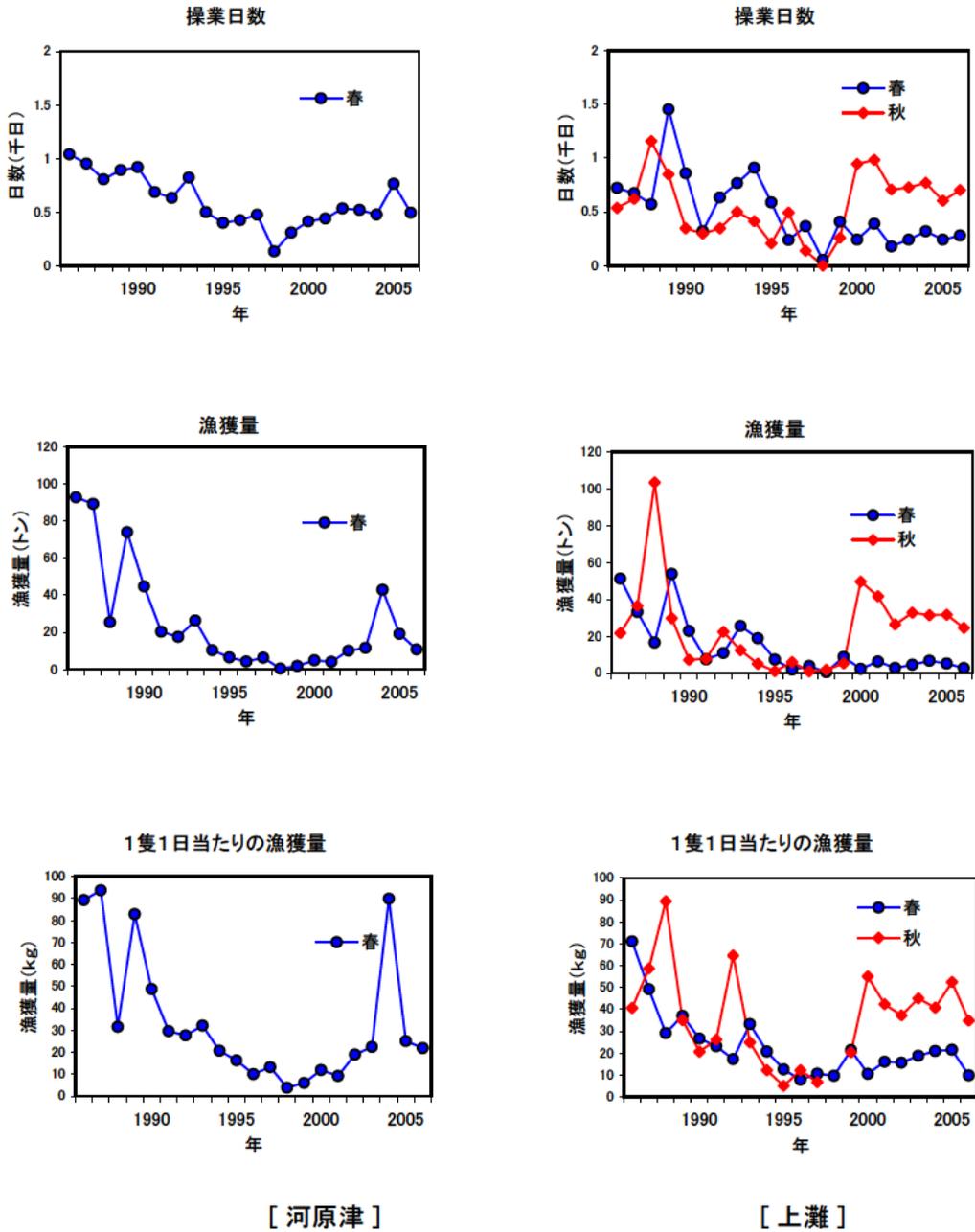
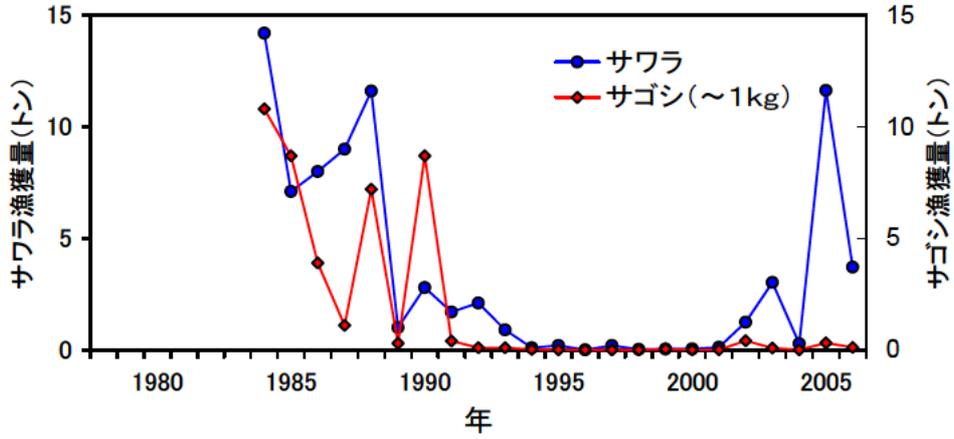
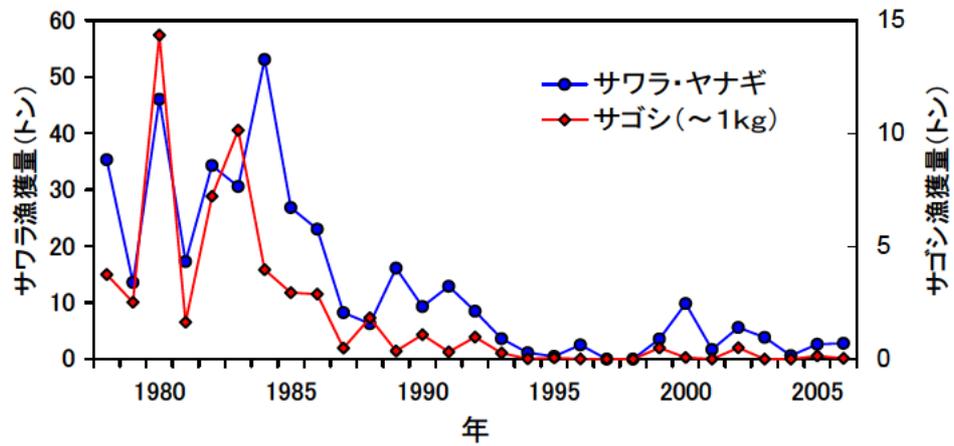


図 8 瀬戸内海西部におけるサワラ流し網船の操業日数、漁獲量及び1隻1日当たりの漁獲量

加太(和歌山県)



御坊(和歌山県)



佐賀関(大分県)

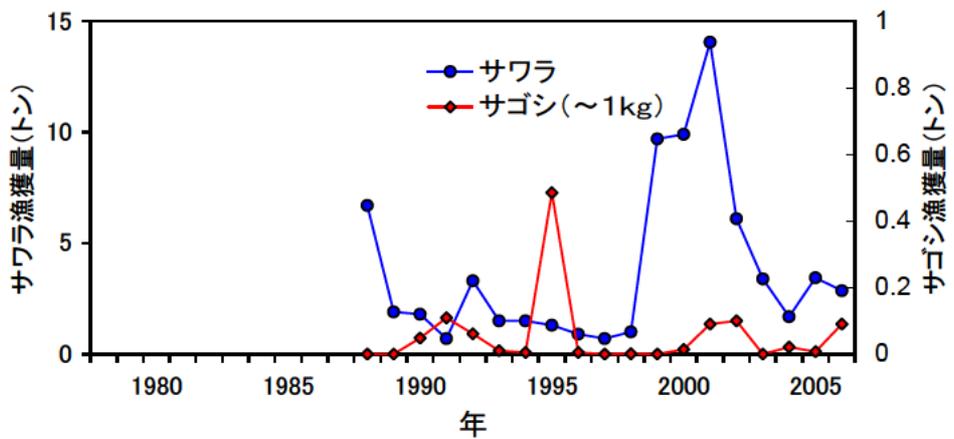


図 9 水道域におけるサワラの漁獲量の年変化
 加太は暦年、それ以外は9月～翌年5月
 但し、2006年は翌年3月まで

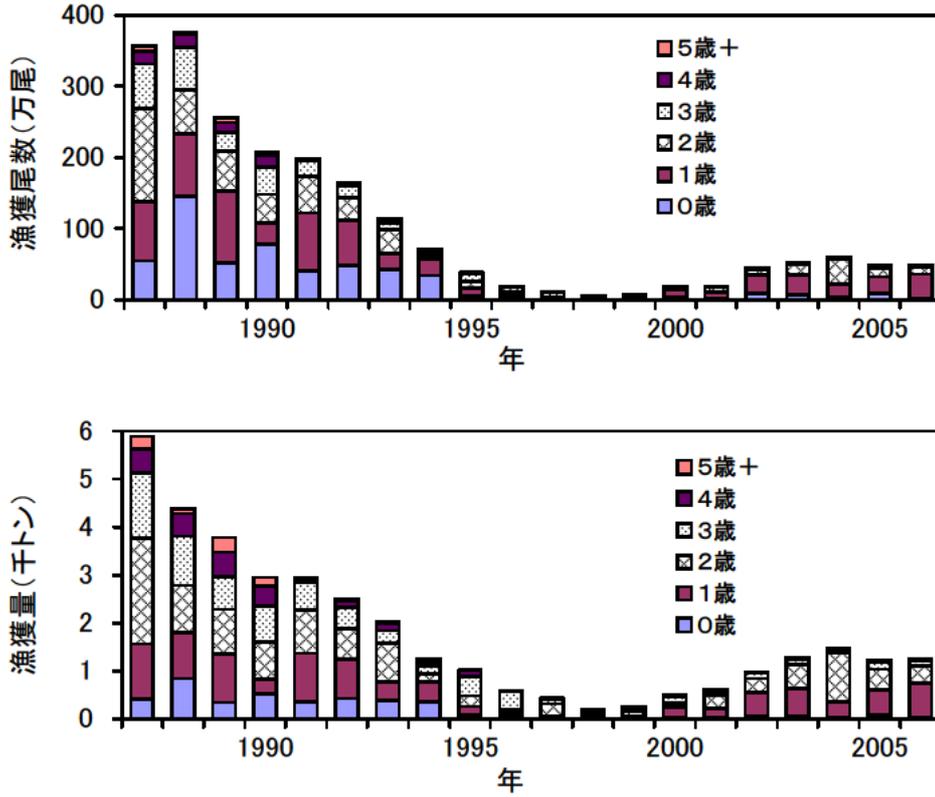


図 10 瀬戸内海産サワラの年齢別漁獲尾数・漁獲量の推移

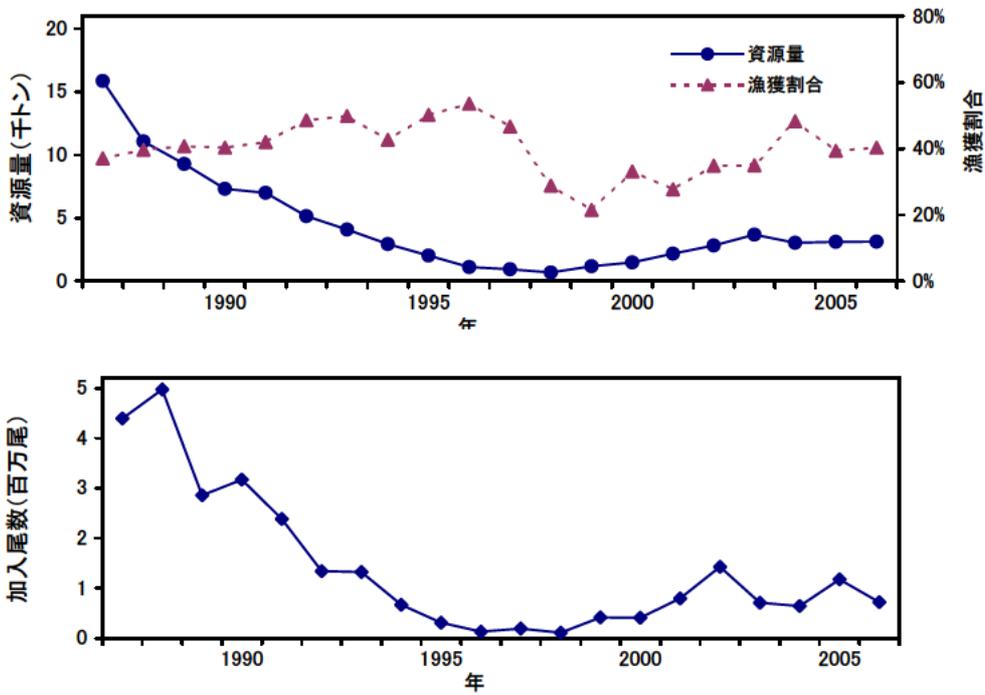


図 11 瀬戸内海におけるサワラの資源量と加入尾数の年変化

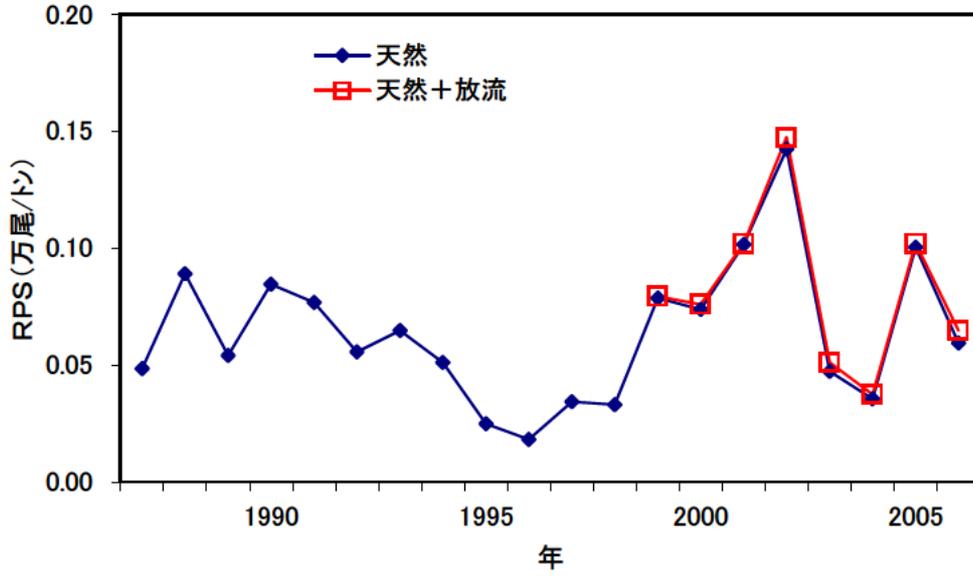


図 12 瀬戸内海におけるサワラのRPSの推移

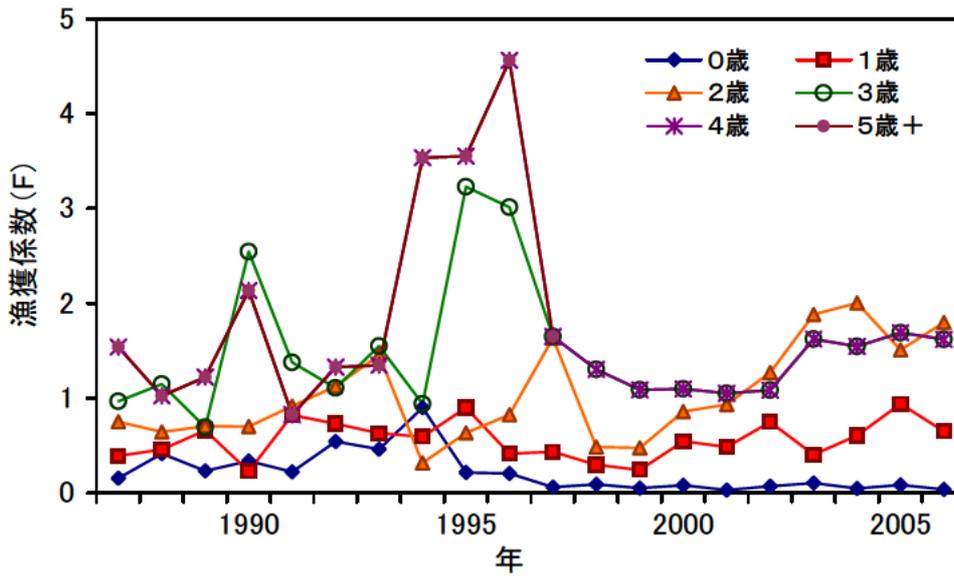


図13 瀬戸内海におけるサワラの年齢別漁獲係数の推移

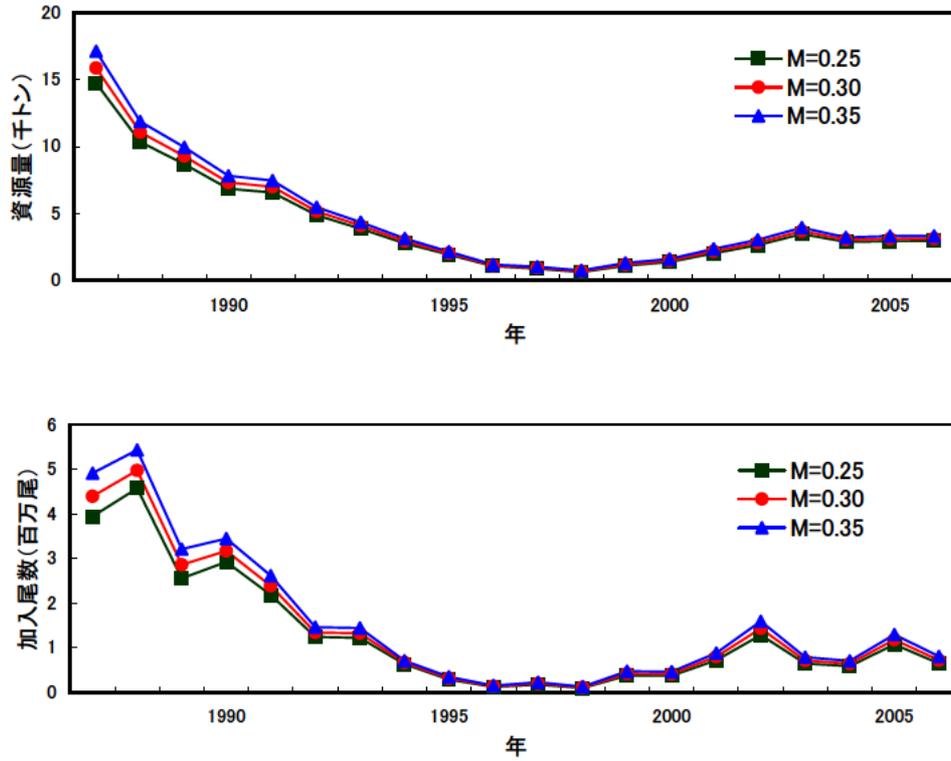


図 14 自然死亡係数(M)の変化による資源量および加入尾数の変化

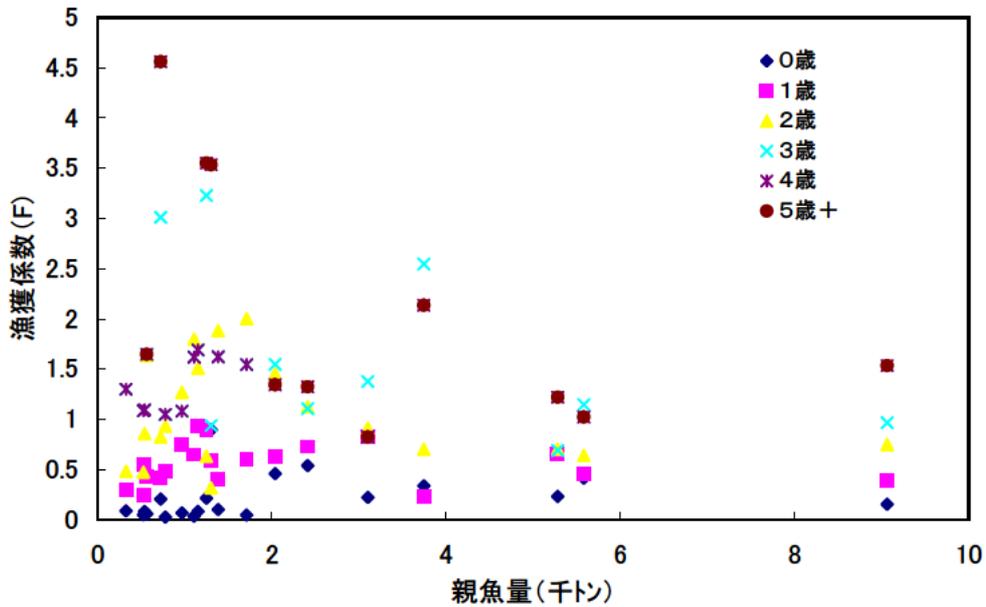


図 15 瀬戸内海産サワラの親魚量と漁獲係数の関係

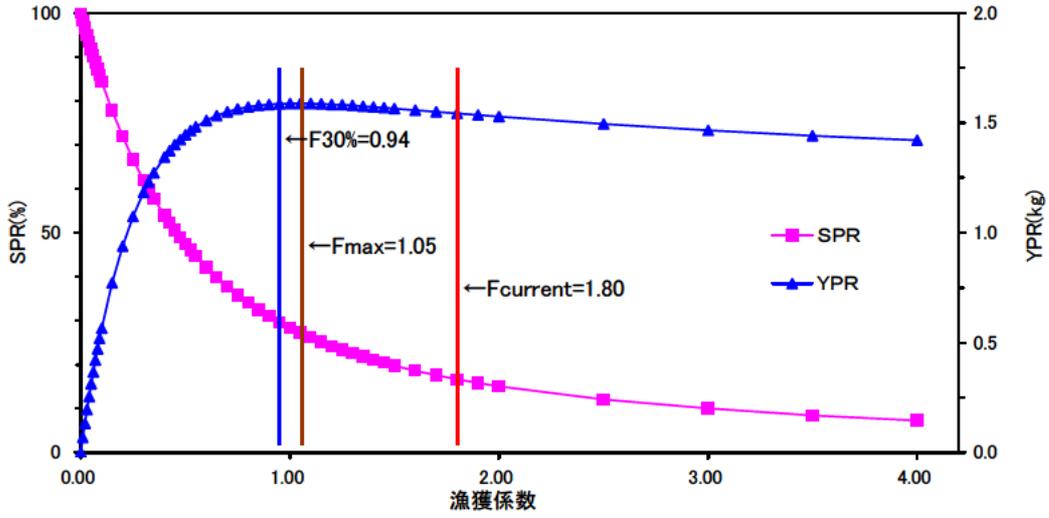


図 16 瀬戸内海産サワラの SPR 及び YPR(M=0.3)
漁獲係数は2歳の値を示す

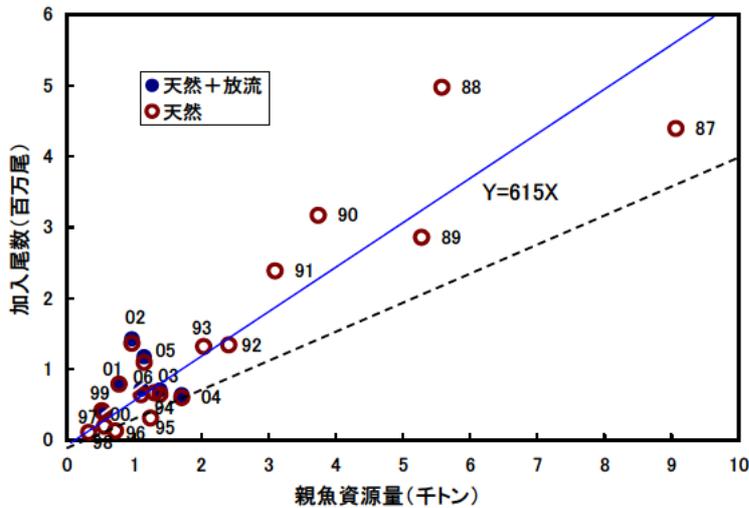
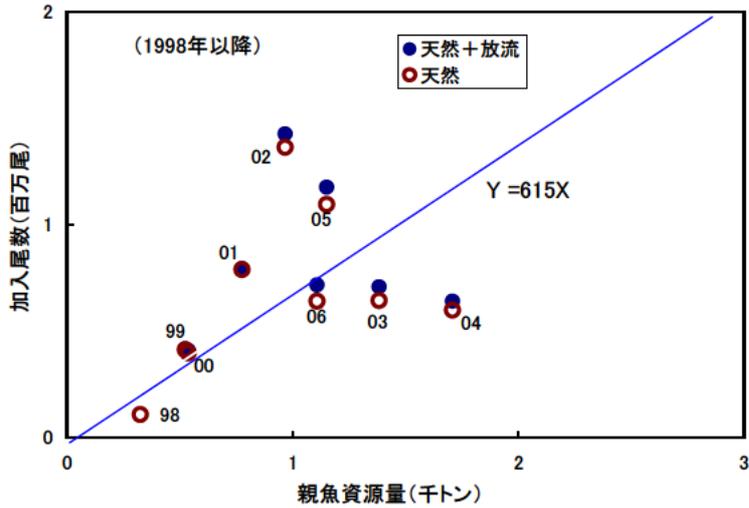


図 17 瀬戸内海産サワラの親魚量(トン)と加入尾数との親子関係
下の図の点線はF30%での親魚量と加入尾数
数字は西暦の下2桁を示す

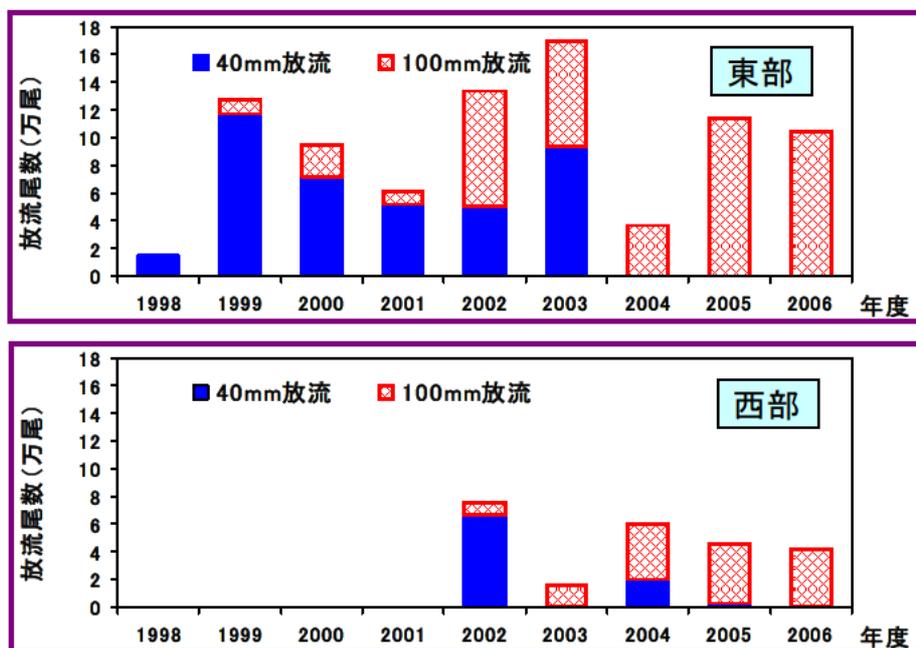


図18 瀬戸内海におけるサワラ種苗放流尾数の経年推移

小型種苗は全長約40mm、大型種苗は約100mm

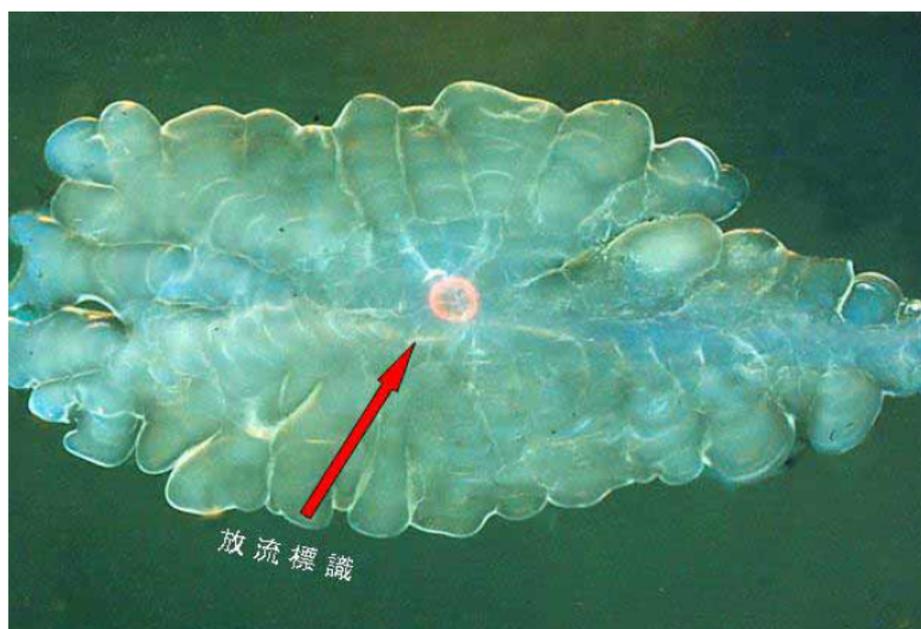


図19 サワラの耳石標識(ALC) (香川水試提供)

- ①受精卵やふ化仔魚をALC染料を入れた液に浸ける。
- ②漁獲魚の耳石を蛍光顕微鏡で見ると、オレンジに蛍光する。
- ③漁獲尾数に占める放流魚の割合から放流由来の漁獲量を推定する。

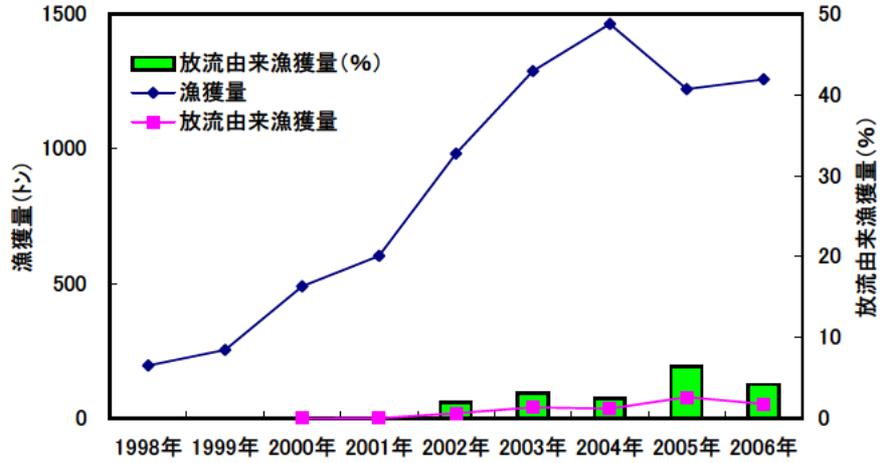


図20 瀬戸内海産サワラの漁獲量及び放流由来漁獲量の推移

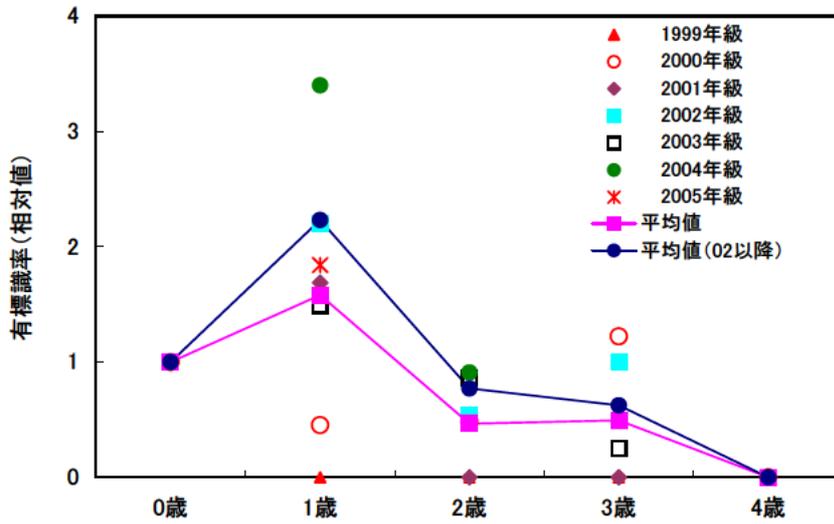


図21 瀬戸内海東部におけるサワラの年齢別有標識率
0歳(9月以降)の値を1とした相対値

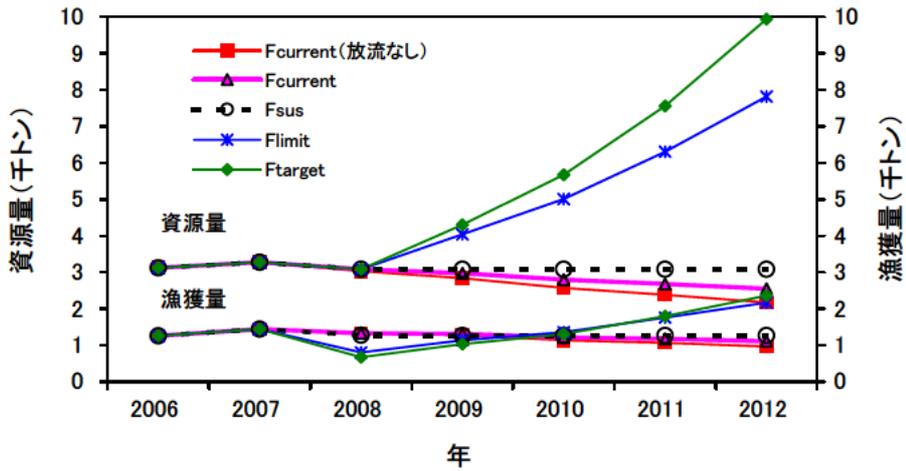


図22-1 瀬戸内海産サワラの資源量の将来予測(自然死亡係数は0.3)
 $F_{current}$ 、 F_{sus} 、 F_{limit} 、 F_{target} はそれぞれ漁獲圧力を現状維持する、
 資源量を維持する、 ABC_{limit} 及び ABC_{target} を実現する管理方策を示す

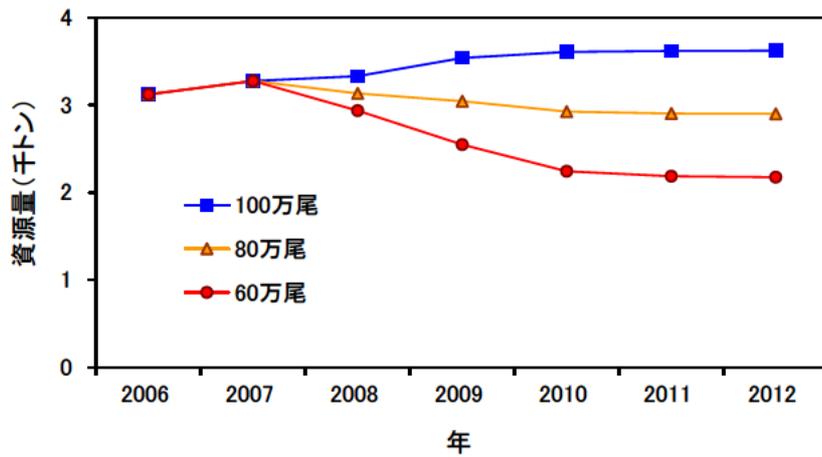


図22-2 瀬戸内海産サワラの資源量の将来予測
 自然死亡係数は0.3で $F_{current}$ を使用、
 加入尾数は60万、80万、100万尾に固定

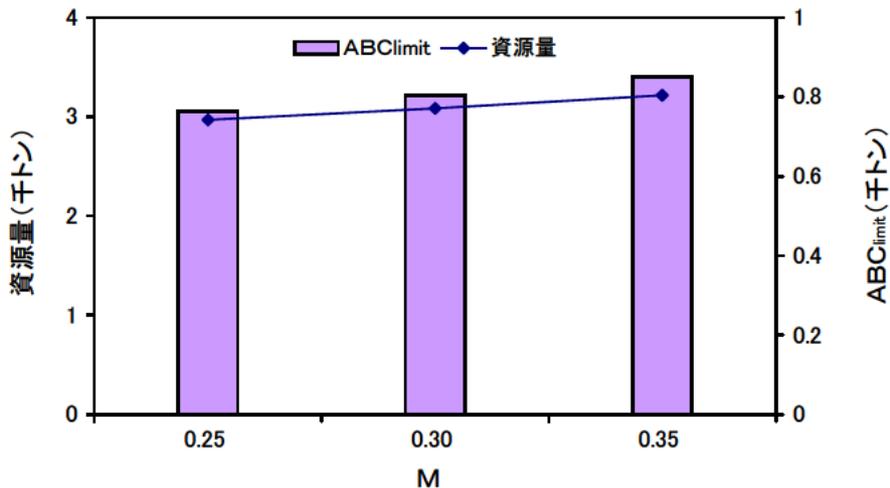
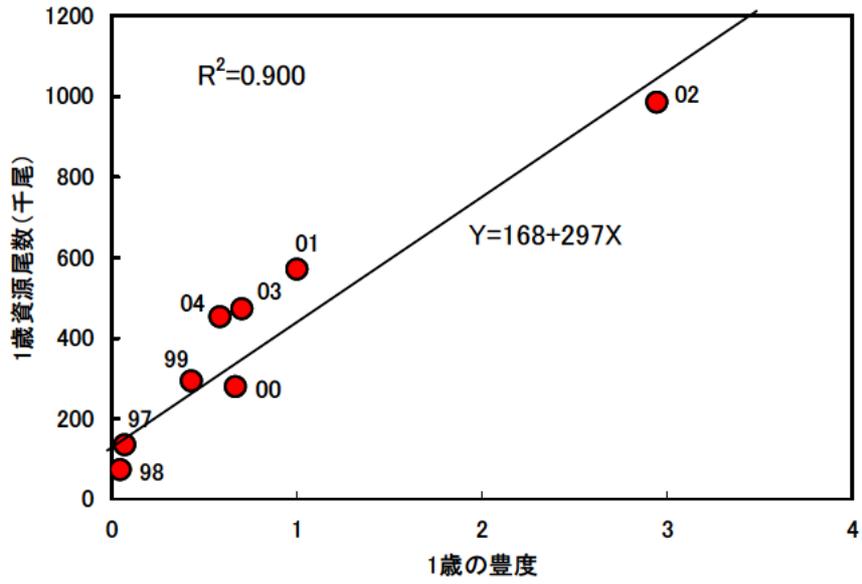


図23 Mを変化させた場合の2007年の資源量と ABC_{limit}



付図1 1歳魚の豊度とコホート解析で得た資源尾数との関係
豊度は2001年を1とする相対値