

平成16年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）

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、大阪府立水産試験場、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、広島県水産試験場、大分県海洋水産研究センター及び同浅海研究所

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。漁獲量は2003年に1,247トン（前年の1.3倍）、東部（備讃瀬戸以東）で543トン（1.1倍）、西部（燧灘以西）で704トン（1.5倍）まで回復した。1999年から種苗放流が行われている。後述する資源量推定値は放流分を含む。年齢別漁獲尾数を用いたコホート解析により、東部では資源量が1987年の約12,000トンから2003年には1,773トンに、西部では約5,500トンから2,033トンになった。資源は東部で1997年、西部では1998年を底に増加傾向にある。この回復は1999年級以降加入が良いことに支えられている。2003年の資源量は東西込みで1987年の約1/5、水準は低位、動向は増加である。2005年の ABC_{limit} を「ABC算定のための基本規則」の1-3)-(2)により東部849トン、西部963トンと算定した。

資源が枯渇する恐れがあったので、1998年から播磨灘と備讃瀬戸では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2006年の東西込みの資源量を2000年に比べ1.2倍程度に増加させることであるが、2003年は目標を上回る2.7倍に達している。

資源が大きく回復した理由は1999年以降加入が上向きのなか2002年生まれが卓越しているからである。2002年生まれは0歳秋から2004年春の2歳の時点まで多獲されている。仮定した親子関係の下では2002年級が親魚資源量を嵩上げするため、2004～2007年まで平均で東西それぞれ104万尾と107万尾の0歳加入を見込んでいる。この高い加入に支えられ、2004年以降2003年と同じ漁獲率で漁獲を続けても、資源は増加すると予測される。しかし2004年以降0歳の加入が東西それぞれ40～50万尾を下回ると、資源は持続できない。

瀬戸内海東部

	2005年ABC（トン）	資源管理基準	F 値	漁獲割合（％）
ABC_{limit}	849	F 30%	0.95	32
ABC_{target}	718	0.8 F 30%	0.76	27

注） 漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 、F は2歳の値。

年	資源量 (ト)	漁獲量 (ト)	F 値	漁獲割合 (%)
2002	1,565	516	1.47	33
2003	1,773	543	1.11	31
2004	2,659	-	-	-

瀬戸内海西部

	2005年ABC (ト)	資源管理基準	F 値	漁獲割合 (%)
ABC _{limit}	963	F 30%	0.82	34
ABC _{target}	828	0.8 F 30%	0.66	29

注) 漁獲割合はABC / 資源量、F は2 歳の値。

年	資源量 (ト)	漁獲量 (ト)	F 値	漁獲割合 (%)
2002	1,701	467	1.22	27
2003	2,033	704	1.02	35
2004	2,798	-	-	-

(水準・動向)

水準：低位

動向：増加

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我が国のさくら類漁獲量（ヨコジマサワラやウシサワラを若干含む）の1 / 3 ～ 1 / 2 を占めた時期もあるが、1998年にはわずかに196トンと戦後最低となり、資源の枯渇が懸念された。

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ている。

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。体長8～10cmの大型種苗に換算した放流尾数は1999年から2003年までそれぞれ0.6万尾、3.3万尾、0.7万尾、9.3万尾、10.2万尾である。西部では燧灘で2002年に2.4万尾、2003年に1.6万尾が放流された。

2 . 生態

(1) 分布・回遊

内海でのサワラの分布を図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以東と燧灘以西の2系群の存在が想定されている（林ほか 1919；中込 1971）。

（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年代の成長と、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）によれば雌は1歳で32%、2歳でほぼ100%成熟する（図4）。

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）。

（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。

内海では一貫して流し網（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）による漁獲が復活した。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1980年代半ばまで増加し、1986年に6,255トンと過去最高となった（図5）。

1980年代半ばにサワラの漁獲量が高水準となった理由として、1968年にローラー巻きが導入され、この頃から秋漁が普通に行われるようになったこと、上田（1990）や中村（1991）が指摘したようにテグス網の使用と網目の小型化、はなつぎ網の復活、またこの頃に2～3の卓越年級の加入があったことなどによると思われる。

漁獲量はその後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。しかし漁獲量は2003年に1,247トンまで回復した（図5）

(3) 漁獲努力量

1987年以降紀伊水道及び外域の冬漁は極度に不振が続いた(武田 1996)。この頃東部では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、サワラ資源が枯渇するのではないかと、漁業者に危機意識が芽生え、1998年から播磨灘と備讃瀬戸で秋漁期の休漁が漁業者の自主的努力により実施されるに至った。

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施策が実行され始めた(図6)。更に2003年4月にTAE(漁獲努力量の総量管理) 制度が適用された。

TAE制度による2003年4月～2004年1月の漁獲努力量の集計値は流し網 19,677隻日、はなつぎ網 330隻日、さごし巾着網 236隻日であった。

4 . 資源の状態

(1) 資源評価の方法

東西別に2つの系群が想定されていることと漁業管理を実施する際の地域的まとまりを考慮し、東西別に資源計算を行う。

1987～2002年の水域・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)。

(2) 資源量指標値の推移

内海東部

播磨灘：兵庫県五色町漁協(鳥飼 + 都志) のサワラ流し網

2003年の春漁(4～7月) では操業日数は前年の0.4倍、漁獲量は0.2倍、1隻1日当たりの漁獲量は0.4倍であった(図7)。春漁ではヌタが発生し、操業の障害となり、操業日数が減った。秋漁(8～12月) では操業日数は前年の0.5倍、漁獲量は0.8倍、1隻1日当たりの漁獲量は1.6倍であった。

内海西部

燧灘：愛媛県東予市河原津漁協のサワラ流し網

河原津では2003年の春漁(4～7月) で操業日数は前年に比べ1.2倍、漁獲量は2.5倍、1隻1日当たりの漁獲量は2.0倍に増加した(図8)。

伊予灘：愛媛県双海町上灘漁協のサワラ流し網

上灘では春漁(4～7月) の操業日数は前年の0.5倍、漁獲量は0.4倍に減少したが、1隻1日当たりの漁獲量は前年並みであった(図8)。秋漁(8～12月) では操業日数は前年の0.7倍、漁獲量は0.6倍、1隻1日当たりの漁獲量は0.9倍に減少したものの、前年に続き高い水準にあった(図8)。

水道域

和歌山県の加太(釣り) と御坊(釣り)

加太ではさわらが2002年と2003年に、御坊ではさわら・やなぎが2000年と2002～2003年に多かった(図9)。

大分県の佐賀関(釣り)

1999～2003年にさわらの漁獲量は最近15年間のなかで高い水準にある(図9)。

以上東西水道域での漁獲状況から1999年級と2001～2002年級の加入が多いことがうかが

える。

(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; 図1)いずれも3~4歳が主体であった。その後1987年以降は2~3歳が、また1992年以降は2歳と1歳が主体になり、若齢化した(図10; 河野ほか 1997)。

(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1~2に、資源量と漁獲割合及び加入尾数の年変化を図11に示す。なおこれらは種苗放流分を含んだ値である。

これによると、東部では資源量が1987年の約12,000トンから1997年に296トンに減少した後、2003年には1,773トンまで回復した。同様に西部では約5,500トンから1998年に320トンに減少した後、2003年には2,033トンに回復した。

漁獲割合は1999年を底に増加傾向にあり、2003年には東西いずれも30%を超えた。

サワラのRPS(親魚量当たり加入尾数)の推移を図12に、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、更にプレコーショナリー・プロットを図15に、SPR(産卵親魚量)及びYPR(加入当たりの漁獲量)図を図16に示す。

(5) 資源の水準・動向

東部と西部いずれも親が減少するにつれ、加入が減少する加入乱獲の状況にあった。ただし1999年級以降加入は上向きに転じてきた。特に2002年級は2002年の秋から2003年の春までにサゴシとして近年になく多獲され(脚注1)、更に2004年春にも2歳魚として多獲され(脚注2)、卓越した年級である。

2003年の資源量は1987年に比べ東部で約1/7、西部で約1/3で、東西込みでは約1/5と依然低位である。

資源量は東部で1997年、西部で1998年を底として増加している。この増加は1999年級以降加入が上向きになってきたことや2002年級が卓越していることに支えられている。

東西込みの資源量水準から資源水準・動向を低位・増加とする。

5. 資源管理の方策

(1) 資源と漁獲の関係

親仔関係は東部で比較的明瞭な直線関係がみられるが、西部では明瞭な関係がみられない(図17)。親魚資源量が3,000トンの場合、東部では200万尾、西部ではおよそ100万尾の加入が期待される。

西部の漁獲物年齢組成には1996年以前に0歳や5歳+で0が散見される(表2)。当時西部では年齢組成のもとになる尾叉長組成の測定月・地が5月の河原津(燧灘)と9月の上灘(伊予灘)に限られていた。最近の愛媛県の調査により、上灘では8~10月には1歳

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.

を主に2歳が出現するが、11月と12月には0歳と1歳を主に2歳と3歳が出現することが分かってきた（参考図1；瀬戸内水研 2002）。最近4年間に西部では尾叉長組成の測定月・地や標本数が飛躍的に増した。しかし1996年以前は調査目的が異なっていたため、正確な漁獲物年齢組成を得るほど十分な調査がなされなかった。このため西部の漁獲物年齢組成の信頼性は高くない。従ってコホート解析の結果を基にした西部の親子関係の信頼性は高くないと考えられる。そこで以下の分析では東部の親子関係を西部にも使用した。

なおサワラでは1980年代後半から資源が減って、それとともに魚体が大型化していることが0歳（横川 1996）や1～4歳（竹森・山田 2001）で知られている。

（2）資源と海洋環境の関係

サワラでは1999年級以降加入が上向きになってきた。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が1999年以降それ以前の7年間に比べ高い（河野・銭谷 2003）ことはサワラ仔魚の生残に有利に働いている。

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て、とられやすい海況になっている（永井 2004）。

サワラのRPS（親魚量当たり加入尾数）と水温との間に明瞭な関係はうかがえない（図12）が、近年の水温上昇と資源量増加との関係を検討することなどは今後の課題である。

（3）種苗放流効果

大型種苗に換算した放流尾数は2002年と2003年にそれぞれ9.2万尾と10.3万尾となったが（表3）、2004年には種苗の生産状況が不調のため放流は3万尾程度の見込みである。

内海東部についてコホート解析によって求めたサワラの加入尾数に対し、大型種苗に換算した放流尾数の割合を求めると、その値は1999年と2001年には1.8～3.5%、2002年には9.3%と低い、2000年と2002年には22～29%と高い（表3）。

東部の2002年級の資源尾数はコホート解析で100万尾、ペターセン法による標識放流法（竹森ほか 2004）で179万尾と推定値の差が大きい（表3）。

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たところ、0歳190尾中11尾が上述した東部での放流魚と見られ、有標識率は6%であった（脚注1）。このように東部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。

東部において1999年から2003年までに行われた標識放流調査の有標識率を竹森ほか（2004）に基づき、0歳のみ7～8月と9月以降に2分し、1歳以降を年齢別に整理すると、5年間の有標識率の平均値は0歳9月以降を1とする相対値として2歳まで順に1.80、1、0.76、0.24となった。

このように0歳に比べ1歳以降の有標識率が一貫して小さくなるのが真実なら、1歳以降標識魚の生残率が天然魚に比べて低い可能性がある。

0歳の9月以降1歳未満の再捕に基づき、ペターセン法により資源尾数を計算した場合、

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.

1999～2001年の3年間についての推定値はコホート解析による値と比較的良く一致している（表3）。ところが2002年に関しては前述したように差が大きい。2002年には宇多津と日生放流分の再捕率がほかの地域に比べて低い。これらの地ではこの年に初めて中間育成・放流を実施したことや西部に近い位置にあり、放流魚の一部が西へ向かいやすいことを考慮し、この2か所を除くと、ペターセン法による推定値は130万尾となり、差は小さくなる。従ってコホート解析とペターセン法による推定値はほぼ一致したと考える。

種苗放流効果を考えるにあたって、放流魚の生残を天然魚と同じと考えて良いか検討の余地はあるが、今のところ両者に差がないとして試算を行った。

10万尾の大型種苗が毎年放流されると、2003年の年齢別の漁獲係数が維持される場合、資源量は東部で年間374トン、西部では367トン嵩上げされ、漁獲量はそれぞれ年間157トンと155トン増えると思込まれる。

6. 2005年ABCの算定

（1）管理評価のまとめ

東部では資源量が1987年の約12,000トンから1997年に296トンに減少した後、2003年には1,773トンまで回復した。同様に西部では約5,500トンから1998年に320トンに減少した後、2003年には2,033トンに回復した。2003年の資源量は1987年に比べ東部で約1/7、西部で約1/3で、東西込みでは約1/5と依然低位である。近年の資源量の増加は1999年級以降加入が上向きになってきたことや2002年級が卓越していることに支えられていることから、資源水準・動向を低位・増加とする。

なお2002年の東西込みの資源量を前年度の評価報告書と今年度の評価報告書で比べると、前者が1,908トン、後者が3,266トンとなっている。前年度の評価報告書では2002年生まれを東部49万尾、西部46万尾と推定したが、今年度にはそれぞれ100万尾、112万尾と推定した。秋の0歳サゴシや春の1歳サゴシの豊度に関する指標がいくつかあるが（参考図2-1及び2-2）、その内のいずれの豊度をコホート計算に使うかで資源量推定の結果が異なる。前年度は東西いずれも秋サゴシ（9～12月）の漁獲尾数を使ったため、控えめな推定となった。2002年級の卓越振りから、今年度の評価報告書で行ったように、秋の試験漁獲による0歳サゴシの豊度や春1歳サゴシの1隻1日当たりの漁獲量などの指標を使うのがより適切であると分かった。

（2）ABCの算定

自然死亡係数（ M ）は0.30のほか、0.25と0.35の3つの場合について、漁獲係数と親仔関係を定めて、資源予測した。資源予測にはいずれの水域とも東部の1998年以降の親仔関係を使用した。サワラの親仔関係は十分解明されていないため、ABC算定のための基本規則1-3）によることとした。資源水準が低位であるので、本来なら1-3）-（3）を用いるところであるが、2002年級が卓越しており、シミュレーションにより資源水準が維持できると考えられたため、1-3）-（2）を用いることとした。この場合、 F_{limit} は基準値（ $F_{30\%SPR}$ など）か現状の F に β_1 をかけて用いる。東西いずれも現状の F が高い。 β_1 としては1を用い、下表に示した $F_{30\%}$ を基準値とした。

一方、 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得る。サワラでは資源水準が低

位であることを考慮し、標準値の0.8を用い、 F_{limit} の80%を F_{target} とした。

	東部			西部		
	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35
M						
F_{limit}	0.90	0.95	1.05	0.80	0.82	0.85
F_{target}	0.72	0.76	0.84	0.64	0.66	0.68

自然死亡係数（M）が0.30の場合において資源予測した結果を東部と西部それぞれ表4と表5に、またこの場合の2005年のABCの推定値を下表に示した。

瀬戸内海東部

	2005年ABC（ト）	資源管理基準	F 値	漁獲割合（％）
ABC_{limit}	849	F 30%	0.95	32
ABC_{target}	718	0.8 F 30%	0.76	27

注） 漁獲割合はABC / 資源量、F は2 歳の値。

年	資源量（ト）	漁獲量（ト）	F 値	漁獲割合（％）
2002	1,565	516	1.47	33
2003	1,773	543	1.11	31
2004	2,659	-	-	-

瀬戸内海西部

	2005年ABC（ト）	資源管理基準	F 値	漁獲割合（％）
ABC_{limit}	963	F 30%	0.82	34
ABC_{target}	828	0.8 F 30%	0.66	29

注） 漁獲割合はABC / 資源量、F は2 歳の値。

年	資源量 (ト)	漁獲量 (ト)	F 値	漁獲割合 (%)
2002	1,701	467	1.22	27
2003	2,033	704	1.02	35
2004	2,798	-	-	-

(3) 漁獲圧と資源動向

表 4 と表 5 には自然死亡係数が0.30でも、2004年以降のF値が現状（2003年）のFである $F_{current}$ 、資源を持続させる漁獲係数 F_{sus} 、それぞれ ABC_{limit} と ABC_{target} をもたらす $F_{30\%}$ と $0.8F_{30\%}$ という管理方策の違いによる 4 つのシナリオの下における資源量と漁獲量の推移を東西それぞれ示した。

これによれば $F_{current}$ で漁獲を続けても、資源は今後増加する。これはひとえに2002年生まれが卓越しており、仮定した親仔関係の下では、2002年級が親魚資源量を嵩上げするため、2004年以降2007年まで平均で東では100万尾、西では107万尾の0歳魚の加入が期待されるからである。

(4) ABC_{limit} の検証

自然死亡係数を0.25や0.35とした場合の上記 4 つのシナリオの下における資源量と漁獲量の推移を東西それぞれ表 6 と表 7 に示した。

また自然死亡係数が0.30であっても、年々の加入水準が変化した場合に、資源量と漁獲量の推移がどうなるか、東部と西部それぞれ表 8 と表 9 に示した。これによると、2004年以降0歳が毎年東西それぞれ40～50万尾加入しないと、資源は持続できないと予測される。

(5) ABC の再評価

サワラは2003年から資源評価対象種となった。資源量を1987年の値 (B_{1987}) の $1/3$ まで回復させることが管理目標とされた（脚注 1）。

2003年に東部では上記目標の44%、西部では目標を達成したが、東西込みでは66%である（表 4）。同様に東西込みでは2004～2005年に上記目標をほぼ達成する見込みであるが、2004年以降毎年の加入が東西それぞれ40～50万尾を下回ると、目標を達成できない。

上述したように西部では管理目標を達成しているが、東部では管理目標を依然達成していないことを勘案し、当面は東西とも現行の管理措置を続け、毎年の加入水準と資源量の推移を見守るべきである。

1) 瀬戸内海区水研 1998：平成 9 年度資源評価票（サワラ）、平成 9 年度瀬戸内海水産資源担当者会議配布資料、10pp。

瀬戸内海東部

評価対象年（当初・再評価）	管理基準	資源量	ABC _{limit}	ABC _{target}	管理目標
2003年（当初）	F30%SPR(0.55)	984ト	324ト	281ト	B ₁₉₈₇ / 3
2003年（再評価）	F30%SPR(0.56)	950ト	271ト	225ト	B ₁₉₈₇ / 3
2003年（2004年再評価）	F30%SPR(0.56)	1,773ト	482ト	403ト	B ₁₉₈₇ / 3
2004年（当初）	F30%SPR(0.56)	854ト	257ト	215ト	B ₁₉₈₇ / 3
2004年（再評価）	F30%SPR(0.95)	2,659ト	1,003ト	858ト	B ₁₉₈₇ / 3

瀬戸内海西部

評価対象年（当初・再評価）	管理基準	資源量	ABC _{limit}	ABC _{target}	管理目標
2003年（当初）	F30%SPR(0.57)	835ト	266ト	224ト	B ₁₉₈₇ / 3
2003年（再評価）	F30%SPR(0.58)	914ト	236ト	196ト	B ₁₉₈₇ / 3
2003年（2004年再評価）	F30%SPR(0.58)	2,033ト	592ト	499ト	B ₁₉₈₇ / 3
2004年（当初）	F30%SPR(0.58)	729ト	188ト	157ト	B ₁₉₈₇ / 3
2004年（再評価）	F30%SPR(0.82)	2,798ト	1,027ト	881ト	B ₁₉₈₇ / 3

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は、3年間の全面禁漁、秋漁の禁漁、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負担が大きく、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。

自然死亡係数が0.3の場合の資源予測によると、東部では2000年の708トンが2003年に1,773トン（150%増）、西部では同じく682トンが2,033トン（198%増）となり、既に目標を大きく上回った（表1～2）。

しかし2003年の加入は東部35万尾、西部30万尾と、ともに比較的小さく、2004年以降毎年東西それぞれ40～50万尾の加入が継続してないと、資源は減少すると予測される（表8～9）から、2006年に上記目標を達成できるかどうかは今後の加入の如何による。

引用文献

- 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 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.
- 瀬戸内海区水産研究所 2002：平成14年サワラ瀬戸内海系群の資源評価，平成14年度瀬戸内海水産資源評価会議議事要録，78-101.
- 瀬戸内海水産開発協議会 1972：「瀬戸内海の魚介類 Vol. 1」.
- 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・植田 豊・山崎英樹 2004：瀬戸内海東部海域におけるサワラ人工
種苗の標識放流，栽培技研（投稿中）．
- 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．
- 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．

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

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作成した。

東部では主要漁協の月別漁獲量と体長組成資料、及び上記の体長 - 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 - を掛けて、年齢別の漁獲尾数を計算し、年齢別に合計して東部全体の値とした。なお東部では2002年から9 - 12月を月別に取り扱った。

西部では全期間そして東部でも1997年以降、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、更に灘別を合計して暦年の値とした。但し西部では2000年また東部では2002年以降8 - 12月を月別に取り扱った。西部伊予灘の月別体長組成の一例を参考図1に示す。

上記の作業に際し、体長組成資料を欠いた場合、次のような代用をした。

東部では高松中央卸売り市場におけるさわらとさごしの月別入荷尾数を年別季節別に調べ、さわらとさごし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さわらとさごしの組成比で漁期の漁獲量を配分し、さごしの漁獲量を0歳、さわら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って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0.74として、1歳の年齢別尾数を1.35倍した。

また西部の1997年の秋漁は1998年の秋漁で代用した。

2. コホート解析の方法

1で得た水域・年・年齢別漁獲尾数を基に、自然死亡係数(M)を0.3として、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。

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、

$$N_{ij} = C_{ij} * Z_{ij} / (F_{ij} * (1 - \exp (- Z_{ij})))$$

から N_{ij} を求める。

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。

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

$F_{i-1,j-1}$ を下式から求める。

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

～ 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。

東西それぞれ1990年級から1995年級までの年級群毎の全減少係数 (Z) を年齢を横軸に漁獲尾数の対数値を縦軸にプロットした漁獲物曲線に直線をあてはめて直線の傾きから推定した Z から M を引いて漁獲係数 (F) を求め、これを F_t とした。直線をあてはめる際、1 歳では直線から下にはずれる例もあったが、便宜上 1 歳以上を完全加入とした。こうして求めた 5 つの年級の F の平均値を各年級の F_t としたが、東西別の年間の漁獲量を、東部では五色、西部では河原津、いずれも春漁期の 1 隻 1 日当たり漁獲量の値で割って得たいわば標準化した努力量で F_t を重み付け年々の値とした。この場合基準年を1995年と1996年とした。

但し2001年の西部では春は河原津、秋は上灘の操業日数の前年比を加重して用いた。これは2001年の河原津の 1 隻 1 日当たり漁獲量が前年に比べ低下し、愛媛県燧灘の他の調査地における傾向と異なったからである。また2003年の東部ではヌタが発生したため五色では春の盛漁期に操業ができなかった。そこで上記手法で求めた重み1.64は過大と考え、前年の重み1.2との平均値1.42を使用した。

2003年における東部で 4 歳、西部で 3 歳以下の年齢別 F_t は次のようにした。

東部： 4 ～ 2 歳には前 3 年間ににおける同一年齢の F の平均値を使用した。

1 歳 (2002年級) には香川県が毎年秋に行っている試験漁獲のサゴシ (0 歳魚) の漁獲尾数が2001年に対して2002年は2.75倍であった (香川県 2003) ことから、この比率を満足する F_t を探索して入れた。0 歳 (2003年級) にはペターセン法による資源尾数を満足する F_t を入力した。

西部： 3 ～ 2 歳には前 3 年間ににおける同一年齢の F の平均値を使用した。1 歳 (2002年級) には愛媛県の河原津、新居浜 (垣生)、川之江における2002年から2004年の 4 ～ 6 月の春サゴシ (1 歳魚) の 1 隻 1 日当たりの漁獲尾数を求め、この比がそれぞれ 1 年前の 0 歳魚の資源尾数となると仮定して、これを満足する F_t を探索して使用した。

なおサゴシの豊度に関する各種の数値を参考図 2 に、また2003年の 0 歳と 1 歳の F_t として同年齢について求めた 3 年間の平均 F を使った場合と上述したようなサゴシ豊度を選択してそれを満足するような F_t を探索した場合との推定値の違いを参考図 3 に示した。

これによると 3 年間の平均 F を使う場合、2002年級と2003年級との差が小さく、2003年級は2002年級の数分の一とならない。従ってサワラの場合今回のようなチューニング方法が妥当と思われる。

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、 $F_{30\%SPR}$ 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。なお成熟率は 1 歳雌で30%、2 歳以上で 100%とし、体重と部分加入は下表

の値を使用した。

水域 / 年齢		0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳 +
体重 (kg)	東部	1.06	2.17	3.39	4.96	7.07	9.18
	西部	1.18	1.97	3.37	5.38	7.78	9.0
部分加入	東部	0.095	0.221	1.0	1.0	1.0	1.0
	西部	0.089	0.287	1.0	1.0	1.0	1.0

4 . 資源量予測

資源予測に際し2004年以降の1歳雌の成熟率は30%としたほか、1998年以降について求めた東部の親子関係を東西いずれにも使用した。

資源予測では1年後の漁獲量を予測した上で2年後のABCを求めた。これまでに求めたそれらの値を参考表1と参考図4に示した。

表 1 瀬戸内海東部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																			
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
0歳	458256	1072737	319669	539051	300720	338440	255563	226418	36774	11774	8267	5000	16053	18309	14636	25968	30513		
1歳	701637	649219	630588	202280	591679	442135	141463	158443	72727	30278	5982	6773	3619	24063	4892	127163	136018		
2歳	1098916	455242	354279	278982	373267	222568	202796	35669	72273	16436	14460	5813	8683	13913	36604	42913	48196		
3歳	518761	438232	157800	261527	161523	118781	54030	30502	72000	45628	7746	3281	4652	12768	5061	10498	6233		
4歳	149244	133028	89853	114031	9851	28425	27824	11493	15263	1100	1496	559	711	1348	6370	1935	2665		
5歳+	59903	23956	43449	31312	10256	5160	6281	8503	291	100							286		
合計	2986717	2772414	1595638	1427183	1447296	1155509	687957	471028	269328	105316	37951	21426	33718	70401	67563	208477	223911		
資源尾数																			
	M =		0.3		Ft =		1.38 exp(M/2) =		1.162 exp(M) =		1.350								
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
0歳	3114997	3430175	1970739	2225722	1618697	901796	834941	436681	132954	54100	100387	64343	176495	146796	364168	1002251	354693		
1歳	2232736	1913222	1617823	1184818	1184890	940328	376769	398575	128621	66843	29944	67253	43363	116934	92991	257185	720135		
2歳	2245710	1050147	858561	655761	703630	368525	316063	157359	158898	32688	23458	17034	43993	29009	65916	64679	81077		
3歳	901406	717817	386137	331107	245677	199988	81444	59597	85874	55509	10070	4932	7616	25117	9516	17326	10980		
4歳	211060	221276	154582	150238	20192	42978	45919	13831	17897	1646	1849	793	830	1638	7618	2693	3800		
5歳+	71326	27901	49427	37180	13152	6480	7373	10070	354	122							330		
合計	8777234	7360538	5037270	4584825	3786238	2460096	1662510	1076113	524599	210908	165708	154356	272297	319495	540207	1344134	1171014		
																	N02, 0/N01, 0	2.752	
																	N03, 0/N01, 0	0.974	
漁獲係数																			
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
0歳	0.187	0.452	0.209	0.330	0.243	0.573	0.439	0.922	0.388	0.291	0.101	0.095	0.112	0.157	0.048	0.031	0.105		
1歳	0.454	0.501	0.603	0.221	0.868	0.790	0.573	0.620	1.070	0.747	0.264	0.124	0.102	0.273	0.063	0.854	0.245		
2歳	0.841	0.700	0.653	0.682	0.958	1.210	1.368	0.306	0.752	0.878	1.259	0.505	0.260	0.815	1.036	1.473	1.108		
3歳	1.105	1.235	0.644	2.497	1.443	1.171	1.473	0.903	3.655	3.102	2.242	1.482	1.237	0.893	0.962	1.217	1.024		
4歳	1.723	1.199	1.125	2.136	0.837	1.463	1.217	3.365	4.691	1.380	1.270	0.718	1.794	1.394	1.532	1.656	1.527		
5歳+	1.573	1.822	2.180	1.601	1.063	1.173	1.725	1.628	1.380	1.380							1.960		
合計	5.884	5.909	5.414	7.467	5.412	6.380	6.796	7.744	11.934	7.778	5.136	2.924	3.505	3.531	3.641	5.232	4.009		
注) Ftの重	1.14	1.32	1.58	1.16	0.77	0.85	1.25	1.18	1	1	0.92	0.52	1.3	1.01	1.11	1.2	1.42		
資源量(トン)																			
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
0歳	2304	1963	1332	1479	1464	807	790	473	206	53	120	50	194	161	401	802	284		
1歳	3103	2089	1644	1213	1492	1240	642	707	226	100	45	175	69	222	149	411	1152		
2歳	3760	1638	1413	1253	1246	745	772	442	349	94	68	83	172	145	257	226	259		
3歳	1984	1235	1028	664	655	549	242	234	343	266	48	31	48	166	60	104	51		
4歳	593	570	559	368	41	144	153	60	101	12	15	7	7	13	62	22	25		
5歳+	264	91	220	150	52	28	32	55	3	1							3		
合計	12008	7586	6196	5125	4950	3513	2631	1970	1229	527	296	345	490	708	929	1565	1773		
												資源量比		1.0	1.4	2.0	2.7	4.5	5.1
漁獲量(トン)																			
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
0歳	339	621	215	359	268	299	238	243	57	14	11	6	20	20	16	25	32		
1歳	975	716	635	207	735	575	237	279	128	45	16	20	10	47	9	256	295		
2歳	1840	719	576	533	653	445	490	99	159	47	75	30	46	67	160	155	163		
3歳	1142	758	416	526	426	322	157	119	288	219	58	25	35	88	35	65	31		
4歳	419	346	323	280	30	94	92	50	87	8	14	5	7	12	55	16	19		
5歳+	222	78	193	126	40	22	27	46	2	1							3		
合計	4937	3239	2358	2030	2152	1757	1241	836	721	335	174	86	118	234	274	516	543		
漁獲物の平均体重(kg)																			
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
0歳	0.74	0.58	0.67	0.67	0.89	0.88	0.93	1.07	1.55	1.20	1.30	1.10	1.24	1.10	1.10	0.97	1.06		
1歳	1.39	1.10	1.01	1.02	1.24	1.30	1.68	1.76	1.76	1.50	2.70	2.90	2.90	1.94	1.78	2.01	2.17		
2歳	1.67	1.58	1.63	1.91	1.75	2.00	2.42	2.78	2.20	2.89	5.20	5.20	5.28	4.83	4.37	3.61	3.39		
3歳	2.20	1.73	2.64	2.01	2.64	2.71	2.91	3.90	4.00	4.80	7.50	7.60	7.58	6.87	6.86	6.16	4.96		
4歳	2.81	2.60	3.60	2.45	3.03	3.31	3.31	4.35	5.70	7.50	9.30	9.30	9.30	9.00	8.58	8.26	7.07		
5歳+	3.71	3.26	4.44	4.02	3.90	4.26	4.30	5.41	6.87	9.30				9.00	8.58		9.18		
資源の平均体重(kg)																			
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		
0歳	0.74	0.57	0.68	0.66	0.90	0.90	0.95	1.08	1.55	0.98	1.20	0.77	1.10	1.10	1.10	0.80	0.80		
1歳	1.39	1.09	1.02	1.02	1.26	1.32	1.70	1.77	1.76	1.50	1.50	2.60	1.60	1.90	1.60	1.60	1.60		
2歳	1.67	1.56	1.65	1.91	1.77	2.02	2.44	2.81	2.20	2.89	2.89	4.90	3.90	5.00	3.90	3.50	3.20		
3歳	2.20	1.72	2.66	2.01	2.67	2.75	2.97	3.93	4.00	4.80	4.80	6.30	6.30	6.60	6.30	6.00	4.60		
4歳	2.81	2.58	3.62	2.45	2.03	3.35	3.34	4.33	5.65	7.00	8.00	8.20	8.20	8.20	8.20	8.00	6.50		
5歳+	3.71	3.27	4.46	4.02	3.93	4.27	4.36	5.45	7.85	8.00				8.20	8.20	0.00	8.50		

表 2 瀬戸内海西部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																	
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳								10612			1473	2946	1647	9559	5134	37736	22435
1歳	128904	64574	50743	11848	57222	120070	70725	25736	40000	76296	17908	22937	9912	82225	87793	134785	175811
2歳	504273	378947	455820	255297	93168	144266	255141	103669	12424	14286	48443	6700	15442	7089	29228	32152	76711
3歳	139342	124291	178034	101563	132142	39158	16107	22461	25000	13169	5930	4938	5235	6826	2413	9754	8539
4歳	23607	2027	8723	23533	31804	18435	17213	2556	14400	6539	1619	1258	1362	2051	232	578	3499
5歳+					10902				4000		835						
合計	796126	569839	693320	392241	325238	321929	359186	165034	95824	110290	76208	38779	33598	107750	124800	215005	286995
資源尾数																	
		M =	0.3	Ft =	0.61 exp(M/2) =		1.162	exp(M) =	1.350								
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	1587743	1083540	409962	477784	912000	432838	118825	128033	243023	67456	91019	43625	236202	245257	464837	1123966	301039
1歳	1239250	1176229	802706	303707	353951	675626	320654	88027	85715	180036	49973	66161	29783	173565	173464	339941	800175
2歳	806725	807110	815792	550984	214794	212962	397171	176673	43061	29071	67705	21607	29271	13532	57808	52941	135824
3歳	165444	163605	271759	212026	188443	78933	33595	74630	41654	21207	9240	8462	10240	8393	3923	17669	11546
4歳	37595	2631	14223	48089	69657	25866	24771	11025	35955	9340	4376	1741	2019	3080	343	830	4694
5歳+					15370				5967		1291						
合計	3836756	3233115	2314443	1592591	1754215	1426226	895017	478387	455375	307110	530714	365200	307514	443828	700376	1535347	1253278
																N02,0/N01,0	2.418
																N03,0/N01,0	0.648
漁獲係数																	
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳								0.101			0.019	0.082	0.008	0.046	0.013	0.040	0.090
1歳	0.129	0.066	0.076	0.046	0.208	0.231	0.296	0.415	0.781	0.678	0.538	0.515	0.489	0.799	0.887	0.617	0.291
2歳	1.296	0.789	1.047	0.773	0.701	1.547	1.372	1.145	0.408	0.846	1.780	0.447	0.949	0.938	0.885	1.223	1.015
3歳	3.841	2.143	1.432	0.813	1.686	0.859	0.814	0.430	1.195	1.278	1.369	1.133	0.901	2.898	1.254	1.026	1.726
4歳	0.506	1.007	0.476	0.519	0.732	0.744	0.683	0.561	0.610	0.610	0.549	0.781	0.622	0.598	0.628	0.689	0.878
5歳+					0.732				0.610		0.549						
合計	5.772	4.004	3.031	2.151	7.440	6.546	3.165	5.818	6.257	3.412	4.804	2.958	2.970	5.280	3.667	3.595	4.001
注) Ftの重	0.83	1.65	0.78	0.85	1.2	1.22	1.12	0.92	1	1	0.9	1.28	1.02	0.98	1.03	1.13	1.44
資源量																	
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	1152	787	298	347	662	314	86	93	195	51	127	61	260	270	511	899	241
1歳	2182	1985	1297	513	637	1001	535	120	120	243	75	107	48	281	281	544	1280
2歳	1568	1497	1496	1107	399	509	836	465	142	110	236	84	114	53	225	164	421
3歳	473	427	705	597	485	270	119	276	167	103	41	53	65	53	25	88	58
4歳	155	11	72	201	249	122	120	59	180	59	25	14	17	25	3	6	33
5歳+					78				42		10						
合計	5531	4708	3867	2764	2510	2217	1696	1013	845	566	514	320	503	682	1045	1701	2033
												資源量比					
												1.0					
												1.6					
												2.1					
												3.3					
												5.3					
												6.4					
漁獲量																	
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳								13			2	4	2	11	6	38	26
1歳	227	109	82	20	103	178	118	35	56	103	27	38	20	160	194	267	346
2歳	980	703	836	513	173	345	537	273	41	54	187	27	71	28	113	108	259
3歳	399	325	462	286	340	134	57	83	100	64	30	30	33	41	16	48	46
4歳	97	9	44	98	114	87	84	14	72	41	11	10	10	17	2	5	27
5歳+					55				28		7						
合計	1703	1146	1424	917	785	744	796	418	297	262	263	110	136	257	331	467	704
漁獲物の平均体重 (kg)																	
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳								1.23			1.40	1.40	1.30	1.16	1.14	1.02	1.18
1歳	1.76	1.69	1.62	1.69	1.80	1.48	1.67	1.36	1.40	1.35	1.50	1.66	2.00	1.95	2.21	1.98	1.97
2歳	1.94	1.86	1.83	2.01	1.86	2.39	2.10	2.63	3.30	3.78	3.86	4.10	4.60	3.98	3.88	3.37	3.37
3歳	2.86	2.61	2.60	2.82	2.57	3.42	3.54	3.70	4.00	4.86	5.00	6.00	6.30	5.94	6.58	4.97	5.38
4歳	4.11	4.44	5.04	4.16	3.58	4.72	4.88	5.48	5.00	6.27	6.80	8.30	7.30	8.17	8.90	8.58	7.78
5歳+					5.04				7.00		7.80			8.17			
資源の平均体重 (kg)																	
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.80	0.76	1.40	1.40	1.10	1.10	1.10	0.80	0.80
1歳	1.76	1.69	1.62	1.69	1.80	1.48	1.67	1.36	1.40	1.35	1.51	1.62	1.62	1.62	1.62	1.60	1.60
2歳	1.94	1.85	1.83	2.01	1.86	2.39	2.10	2.63	3.30	3.78	3.48	3.90	3.90	3.90	3.90	3.10	3.10
3歳	2.86	2.61	2.59	2.81	2.57	3.42	3.53	3.70	4.00	4.85	4.40	6.30	6.30	6.30	6.30	5.00	5.00
4歳	4.13	4.25	5.04	4.18	3.58	4.72	4.86	5.40	5.00	6.28	5.80	8.20	8.20	8.20	8.20	7.00	7.00
5歳+					5.05				7.02		7.70	8.20	8.20	8.20	8.20	8.00	8.00

表3 瀬戸内海東部におけるサワラの加入尾数(0歳魚の資源尾数)と種苗放流尾数、及び加入に占める放流魚の割合の推移

実施機関 調査方法 データ	水研・水試	香川水試ほか					香川水試	水研・水試
	コホート解析 0歳資源尾数	標識放流調査 0歳資源尾数	有効放流尾数	(小型種苗) 尾数	(大型種苗) 尾数	有標識率	試験漁獲11月 有標識率	放流魚 / 加入尾数 (%)
1995年	132326							
1996年	53796							
1997年	100161							
1998年	64292						0 / 13=0	
1999年	176327	205260	6154	2778	5598	3 / 110=0.027	2 / 73=0.027	3.49
2000年	146796	165571	32719	50500	22619	25 / 183=0.137	0 / 10=0	22.29
2001年	364168	349952	6568	5500	5468	8 / 512=0.016	0 / 105=0	1.80
2002年	1002251	1789936	93192	51000	82992	46 / 1160=0.040	9 / 289=0.031	9.30
2003年	354693	359093	102293	94000	83493	157 / 486=0.323	11 / 43=0.26	28.84
出典		竹森他(2004)					香川県(2003)	

- 注) 1. 標識放流調査におけるペターセン法による資源尾数の推定には45cm以上の再捕魚が使用された。
2. 標識放流調査による2002年の資源尾数は再捕率の低い宇多津と日生分を除くと1,320,031尾となる。
3. 再捕率の差から小型種苗の効率を大型種苗の1 / 5として有効放流尾数を求めた。なお2000年は放流後に小型種苗の斃死があり、1 / 50とした。

表4 瀬戸内海東部の漁獲量と資源量の将来予測(自然死亡係数は0.3)

F値は2歳の漁獲係数で、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を実現する値で、1.11、2.00、0.95、0.76

漁獲量

管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	543	1108	947	1362	1385
Fsus	543	1108	1374	1251	1311
Flimit	543	1108	849	1302	1389
Ftarget	543	1108	718	1195	1367

資源量

管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	1773	2659	2666	3396	3698
Fsus	1773	2659	2666	2666	2666
Flimit	1773	2659	2666	3567	4084
Ftarget	1773	2659	2666	3795	4641

漁獲割合

管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	0.31	0.42	0.36	0.40	0.37
Fsus	0.31	0.42	0.52	0.47	0.49
Flimit	0.31	0.42	0.32	0.37	0.34
Ftarget	0.31	0.42	0.27	0.31	0.29

表5 瀬戸内海西部の漁獲量と資源量の将来予測(自然死亡係数は0.3)

F値は2歳の漁獲係数で、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を実現する値で、1.02、1.82、0.82、0.66

漁獲量

管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	704	1181	1105	1318	1482
Fsus	704	1181	1413	1331	1362
Flimit	704	1181	963	1235	1498
Ftarget	704	1181	828	1133	1470

資源量

管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	2033	2798	2832	3374	3786
Fsus	2033	2798	2832	2832	2832
Flimit	2033	2798	2832	3627	4363
Ftarget	2033	2798	2832	3867	4950

漁獲割合

管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	0.35	0.42	0.39	0.39	0.39
Fsus	0.35	0.42	0.50	0.47	0.48
Flimit	0.35	0.42	0.34	0.34	0.34
Ftarget	0.35	0.42	0.29	0.29	0.30

表6 自然死亡係数(M)を変えた場合の瀬戸内海東部産サワラの漁獲量及び資源量の変化

漁獲量 / M	0.25					0.30					0.35				
管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	543	1145	1025	1518	1608	543	1108	947	1362	1385	543	1074	878	1228	1200
Fsus	543	1145	1527	1409	1469	543	1108	1374	1251	1311	543	1074	1238	1108	1170
Flimit	543	1145	860	1410	1615	543	1108	849	1302	1389	543	1074	869	1223	1201
Ftarget	543	1145	726	1287	1580	543	1108	718	1195	1367	543	1074	738	1135	1194

資源量 / M	0.25					0.30					0.35				
管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	1703	2649	2764	3648	4126	1773	2659	2666	3396	3698	1849	2677	2582	3181	3341
Fsus	1703	2649	2764	2764	2764	1773	2659	2666	2666	2666	1849	2677	2582	2582	2582
Flimit	1703	2649	2764	3943	4828	1773	2659	2666	3567	4084	1849	2677	2582	3195	3372
Ftarget	1703	2649	2764	4184	5458	1773	2659	2666	3795	4641	1849	2677	2582	3417	3867

表7 自然死亡係数(M)を変えた場合の瀬戸内海西部産サワラの漁獲量及び資源量の変化

漁獲量 / M	0.25					0.30					0.35				
管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	704	1196	1132	1395	1596	704	1181	1105	1318	1482	704	1164	1079	1247	1379
Fsus	704	1196	1473	1391	1425	704	1181	1413	1331	1362	704	1164	1353	1269	1299
Flimit	704	1196	946	1282	1626	704	1181	963	1235	1498	704	1164	988	1195	1385
Ftarget	704	1196	809	1171	1592	704	1181	828	1133	1470	704	1164	848	1097	1362

資源量 / M	0.25					0.30					0.35				
管理方策 / 年	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007
Fcurrent	1906	2679	2757	3372	3862	2033	2798	2832	3374	3786	2171	2925	2915	3384	3722
Fsus	1906	2679	2757	2756	2757	2033	2798	2832	2832	2832	2171	2925	2915	2915	2915
Flimit	1906	2679	2757	3712	4671	2033	2798	2832	3627	4363	2171	2925	2915	3542	4068
Ftarget	1906	2679	2757	3963	5315	2033	2798	2832	3867	4950	2171	2925	2915	3786	4634

表8 漁獲圧力を現状維持する が、2003年以降の加入尾数の水準を親子関係式から推定する以外に一定の水準に固定した場合の瀬戸内海東部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）

漁獲量					
加入尾数 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
親子関係式より	543	1108	947	1362	1385
50万尾に固定	543	1059	776	808	784
40万尾に固定	543	1050	740	694	643
30万尾に固定	543	1041	703	579	502
20万尾に固定	543	1032	667	465	361
資源量					
加入尾数 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
親子関係式より	1773	2659	2666	3396	3698
50万尾に固定	1773	2230	1881	1891	1866
40万尾に固定	1773	2150	1694	1581	1512
30万尾に固定	1773	2070	1508	1270	1157
20万尾に固定	1773	1990	1321	959	803
漁獲割合					
加入尾数 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
親子関係式より	0.31	0.42	0.36	0.40	0.37
50万尾に固定	0.31	0.47	0.41	0.43	0.42
40万尾に固定	0.31	0.49	0.44	0.44	0.43
30万尾に固定	0.31	0.50	0.47	0.46	0.43
20万尾に固定	0.31	0.52	0.50	0.48	0.45

表9 漁獲圧力を現状維持する が、2003年以降の加入尾数の水準を親子関係式から推定する以外に一定の水準に固定した場合の瀬戸内海西部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）

漁獲量					
加入尾数 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
親子関係式より	704	1181	1105	1318	1482
50万尾に固定	704	1127	898	731	764
40万尾に固定	704	1118	860	621	614
30万尾に固定	704	1109	822	512	465
20万尾に固定	704	1100	783	402	315
資源量					
加入尾数 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
親子関係式より	2033	2798	2832	3374	3786
50万尾に固定	2033	2304	1924	1796	1841
40万尾に固定	2033	2224	1735	1491	1486
30万尾に固定	2033	2144	1547	1187	1131
20万尾に固定	2033	2064	1359	882	776
漁獲割合					
加入尾数 / 年	2003	2004	2005	2006	2007
親子関係式より	0.35	0.42	0.39	0.39	0.39
50万尾に固定	0.35	0.49	0.47	0.41	0.41
40万尾に固定	0.35	0.50	0.50	0.42	0.41
30万尾に固定	0.35	0.52	0.53	0.43	0.41
20万尾に固定	0.35	0.53	0.58	0.46	0.41



図 1-1 瀬戸内海におけるサワラの分布図

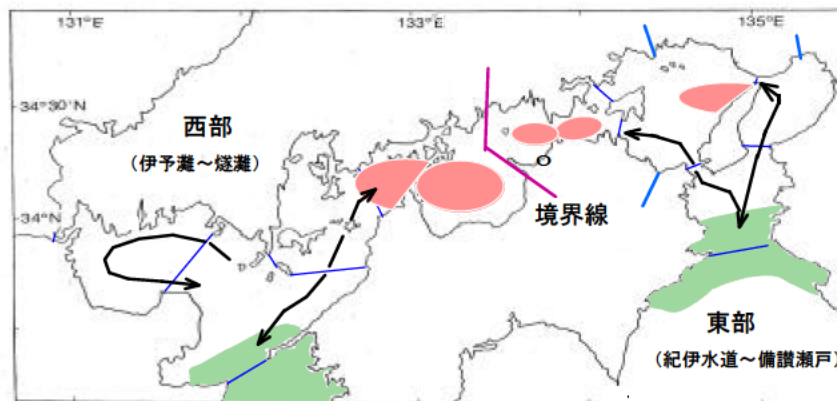


図 1-2 サワラの回遊図

産卵場 越冬場

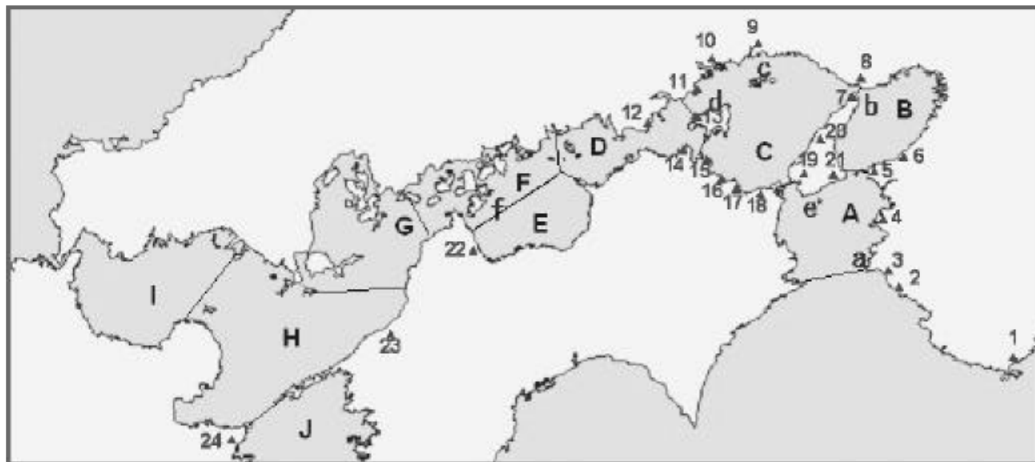


図2 灘区分および調査地

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: 串本 2: 印南 3: 御坊 4: 箕島 5: 加太 6: 尾崎 7: 岩屋 8: 明石
 9: 相生 10: 日生 11: 牛窓 12: 日比 13: 四海 14: 庵治 15: 鴨庄
 16: 東瀬 17: 引田 18: 北灘 19: 福良 20: 五色 21: 由良 22: 河原津
 23: 上灘 24: 佐賀関

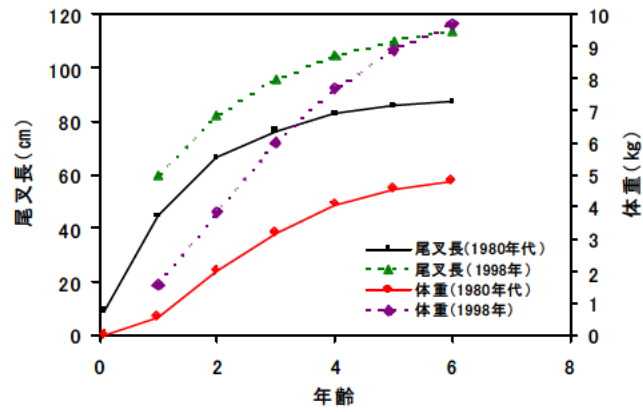


図 3 瀬戸内海産サワラの年齢別成長

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

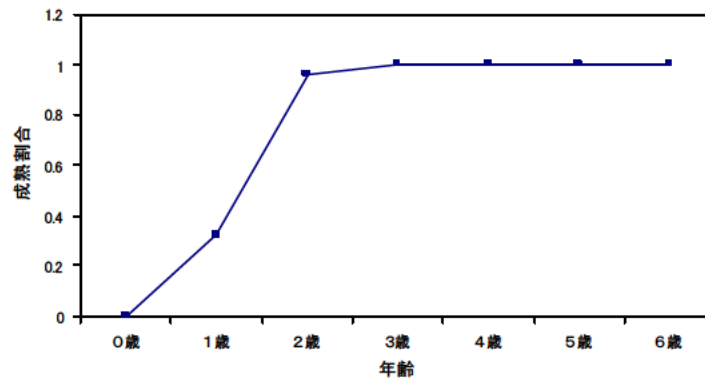


図 4 瀬戸内海産サワラの年齢別成熟割

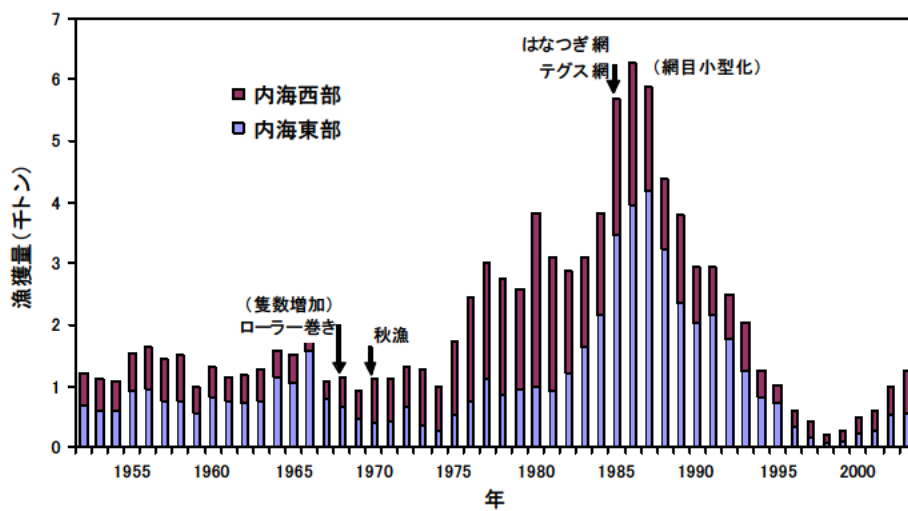


図 5 瀬戸内海におけるサワラ漁獲量の年変化

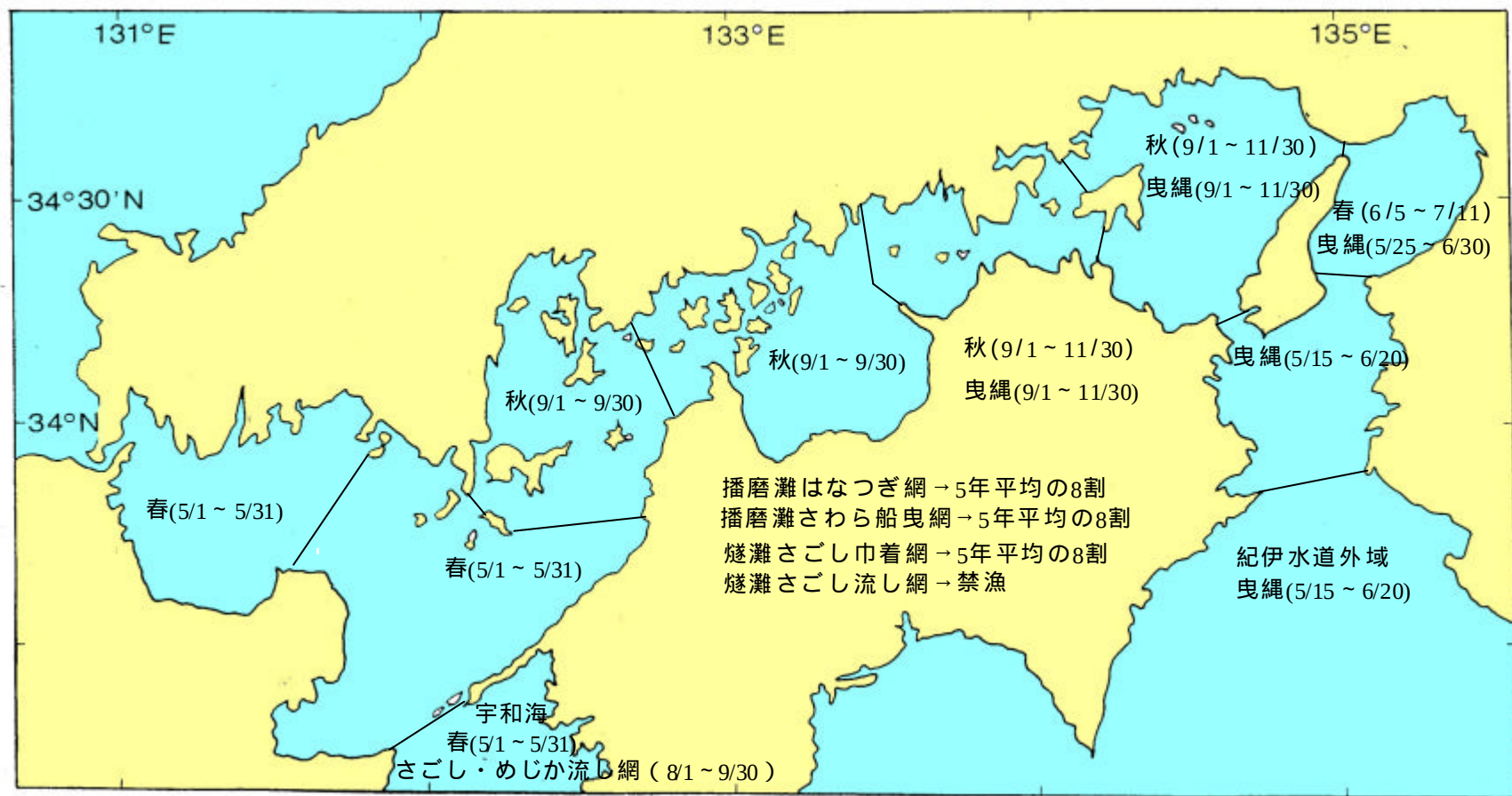


図 6 サワラの漁業種別規制内容

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。

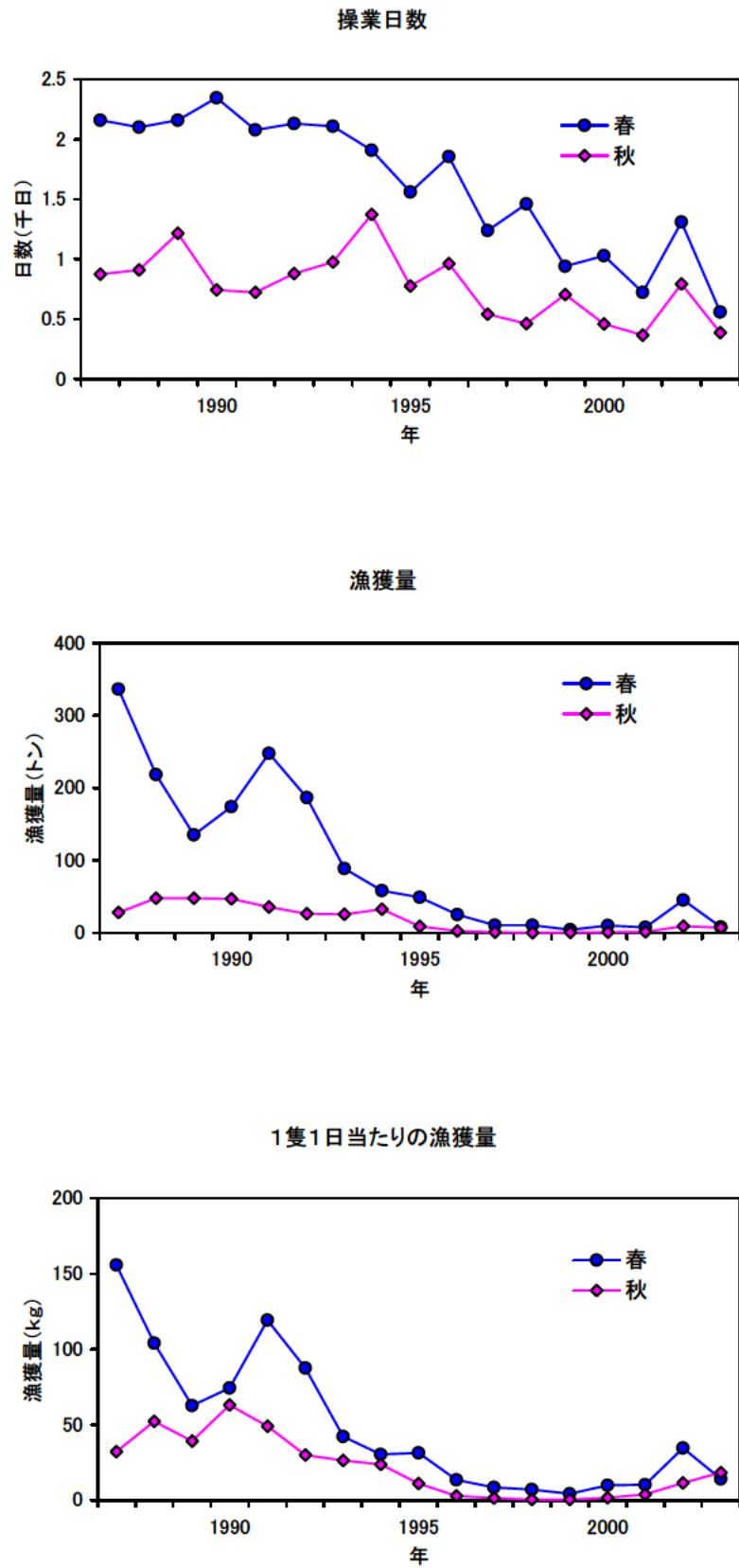
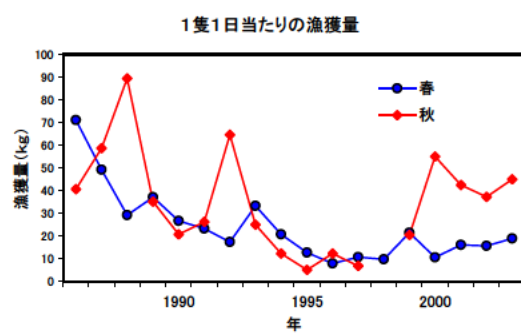
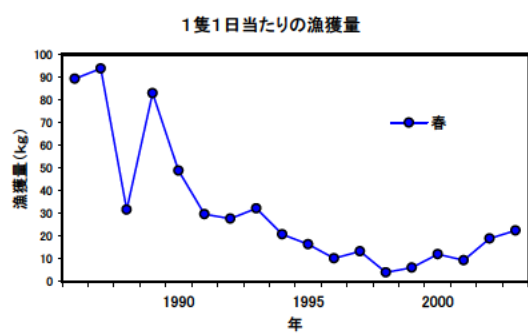
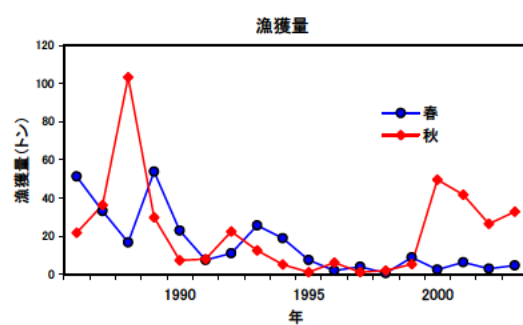
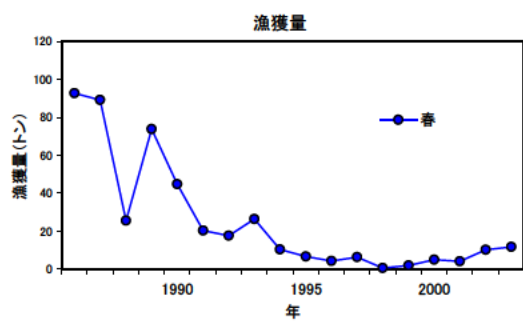
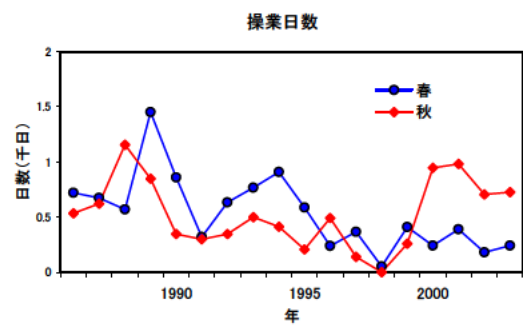
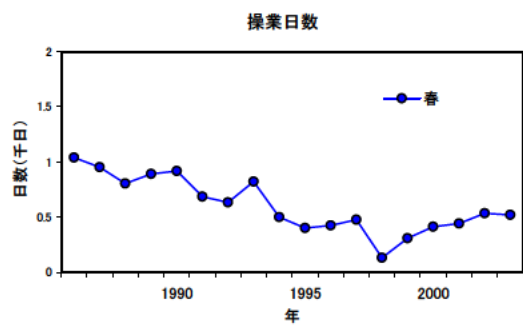


図 7 五色(鳥飼及び都志)におけるサワラ流し網船の作業日数、漁獲および1隻1日当たりの漁獲量



[河原津]

[上灘]

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

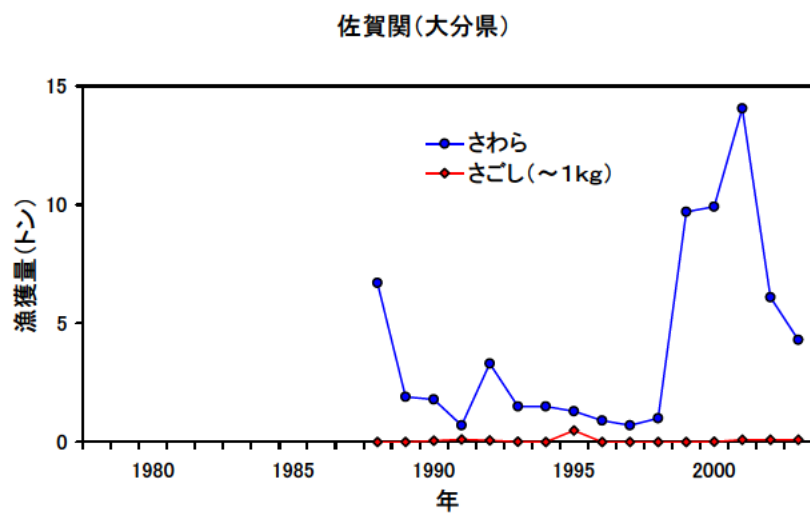
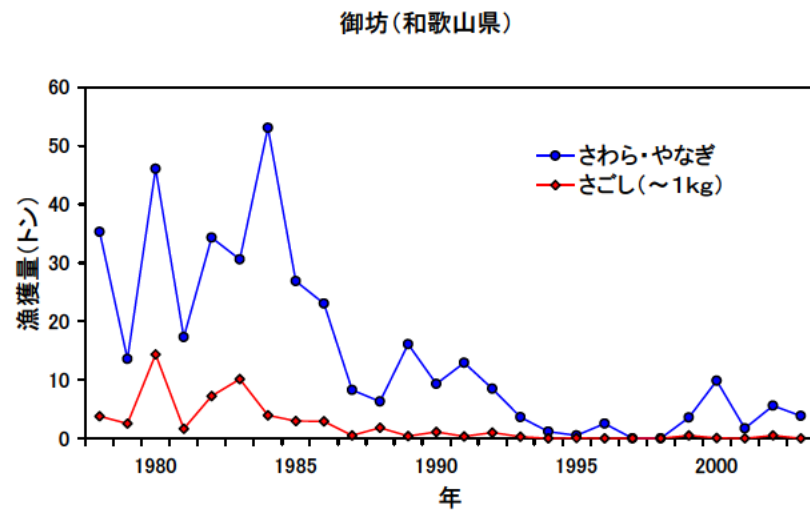
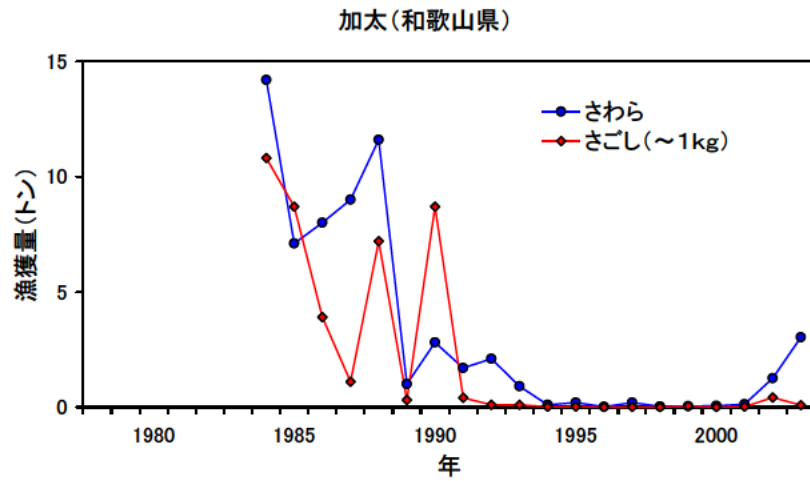


図 9 水道域におけるサワラの漁獲量の年変化
 加太は暦年、それ以外は9月～翌年5月
 但し、2003年は翌年3月まで
 佐賀関は翌年4月まで

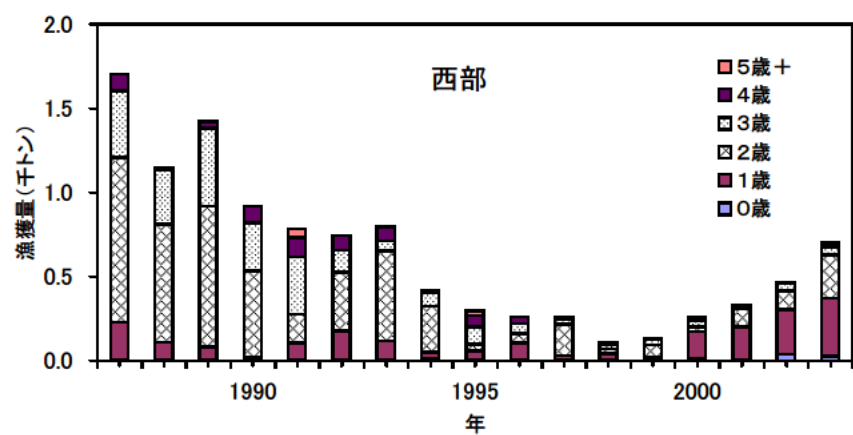
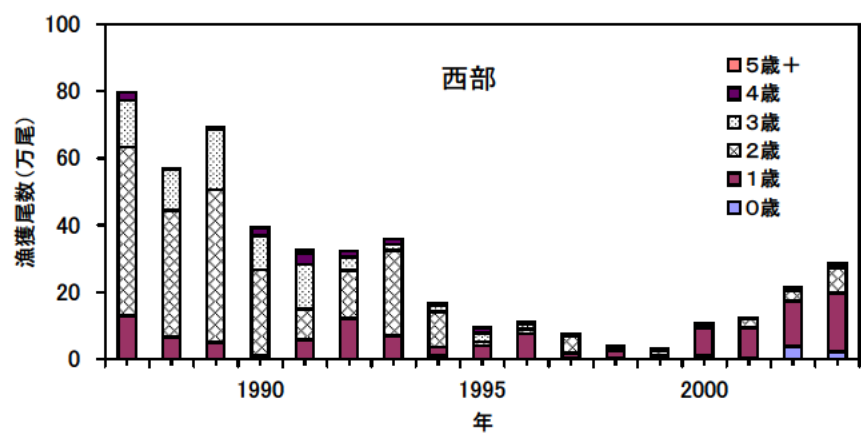
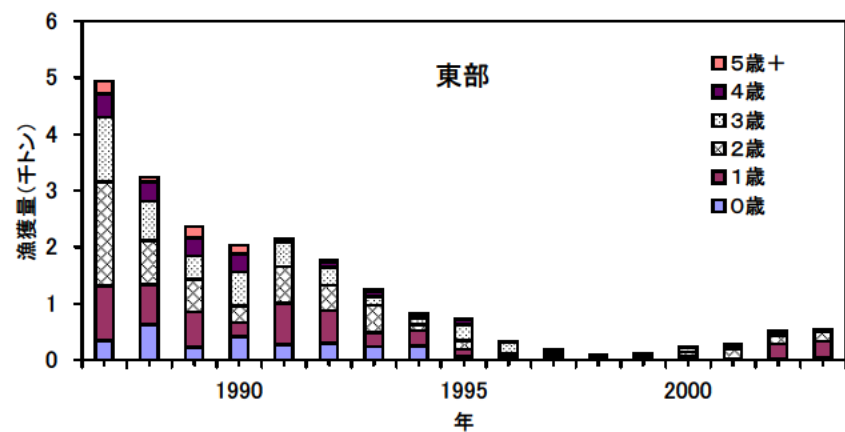
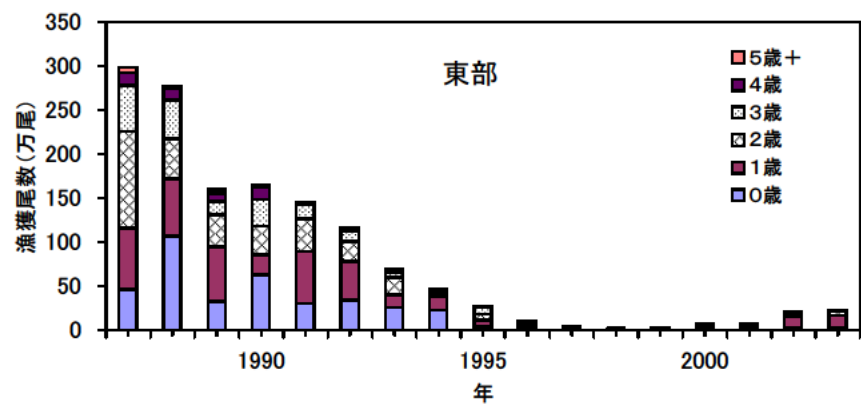


図 10 瀬戸内海産サワラの年齢別漁獲尾数・漁獲量の推移

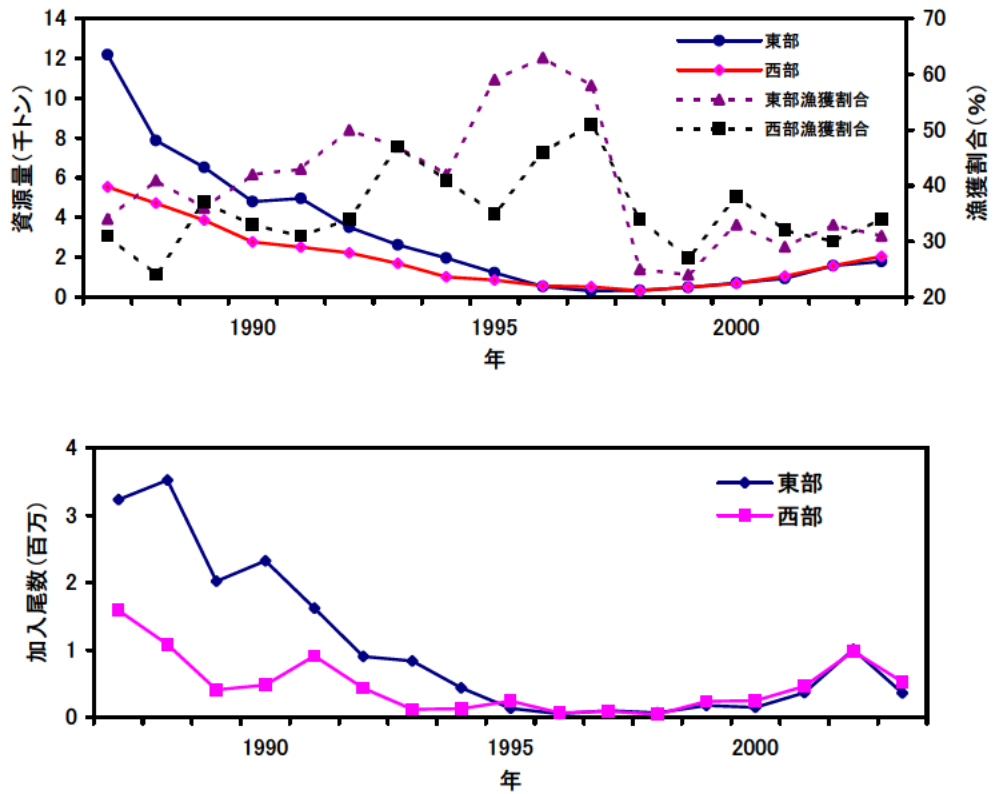


図 11 瀬戸内海におけるサワラの資源量と加入尾数の年変化

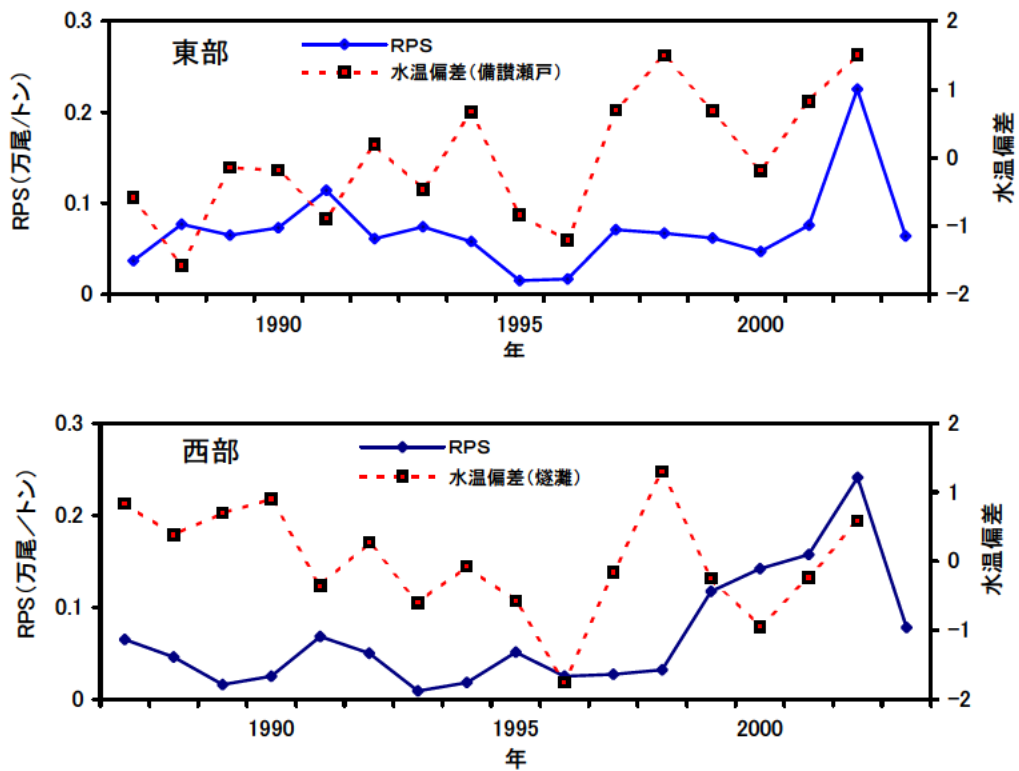


図 12 瀬戸内海におけるサワラのRPSと4～7月の水温偏差

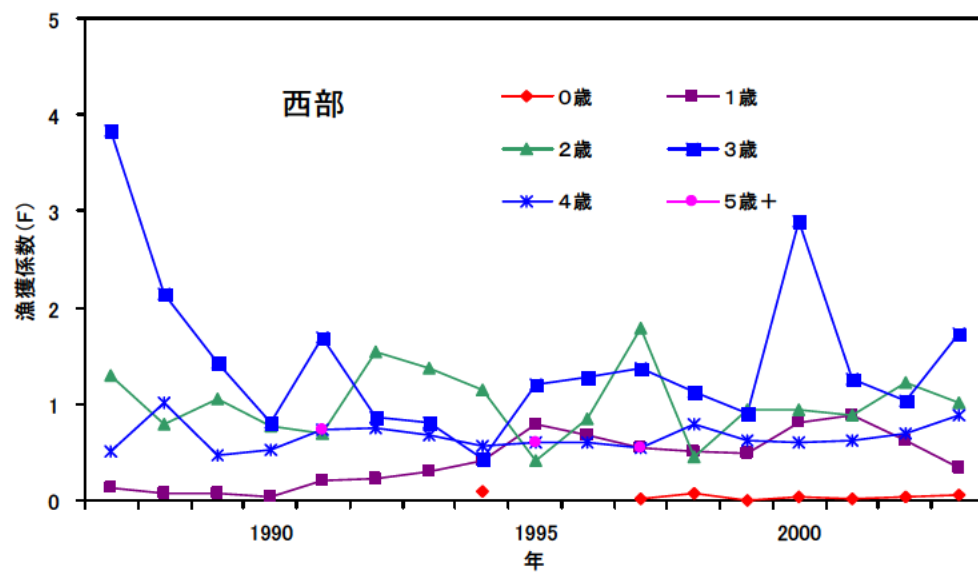
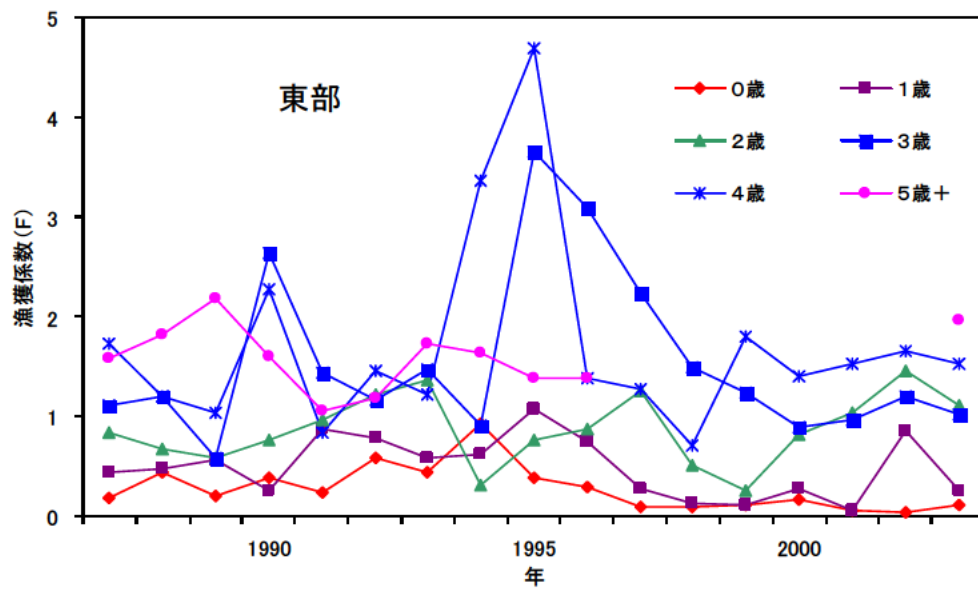


図 13 瀬戸内海におけるサワラの年齢別漁獲係数の推移

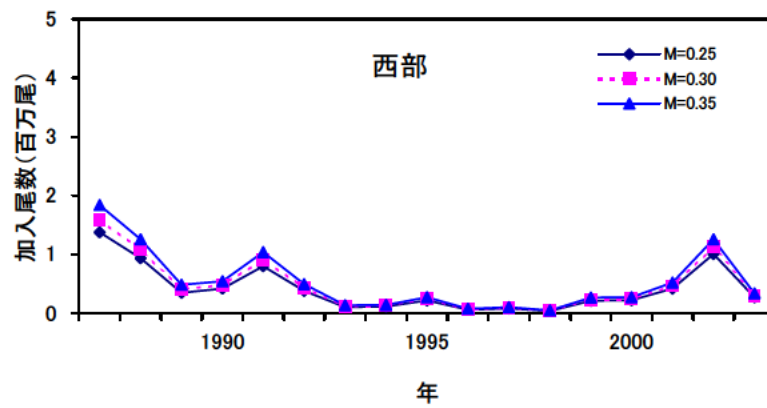
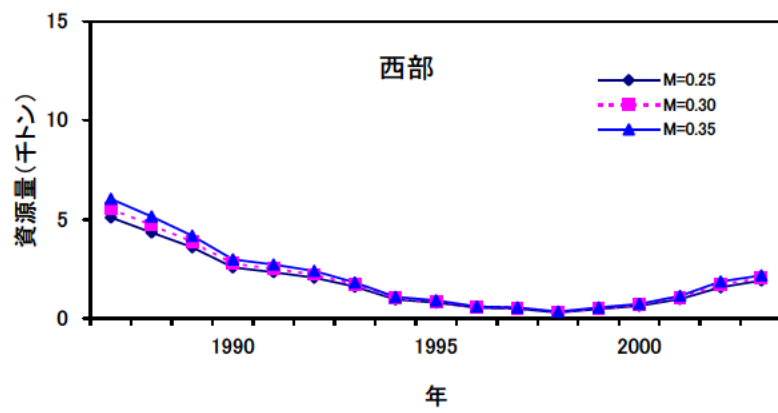
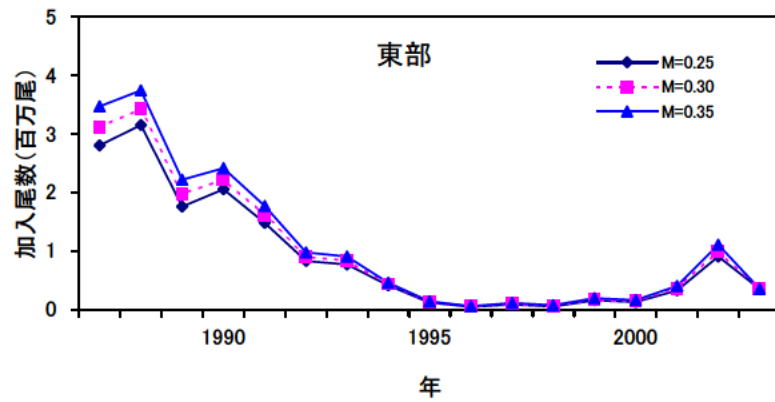
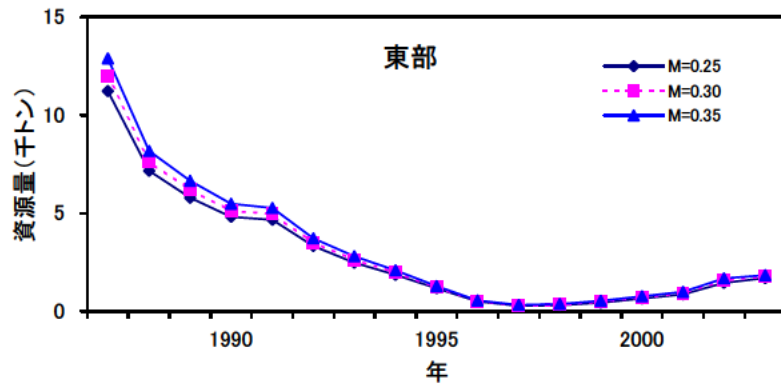


図 14 自然死亡係数(M)の変化による資源量および加入尾数の変化

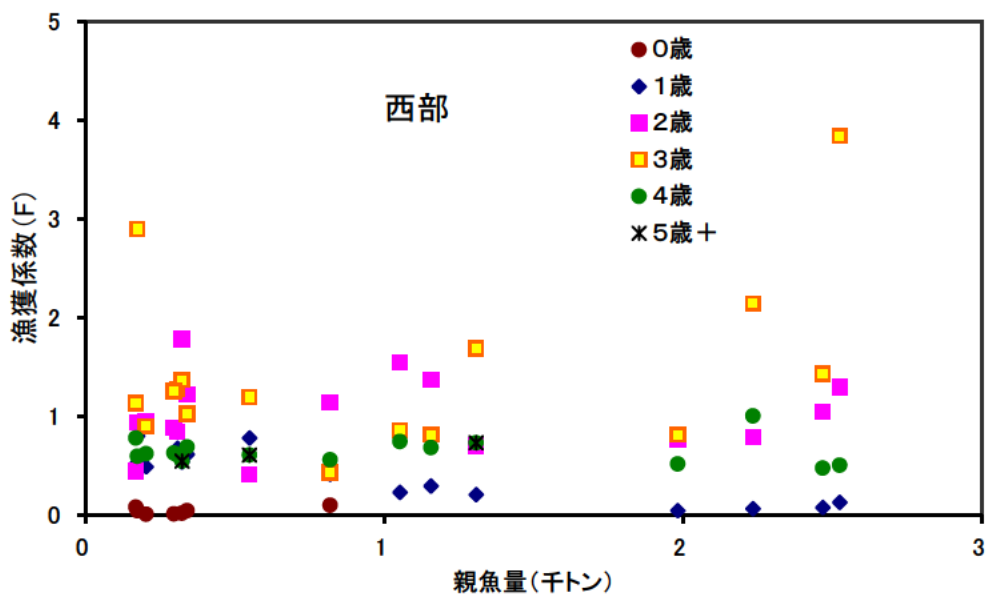
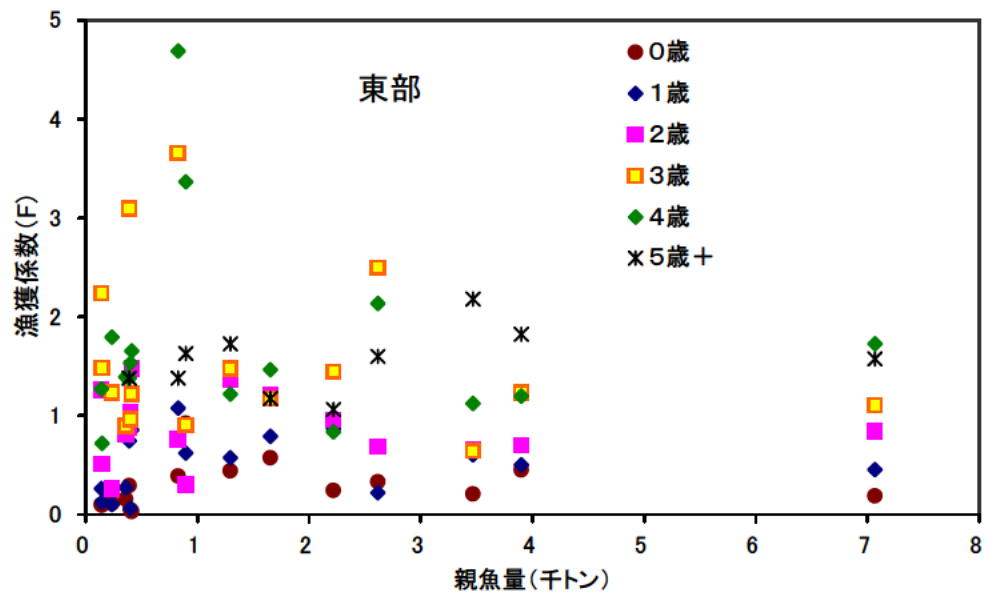
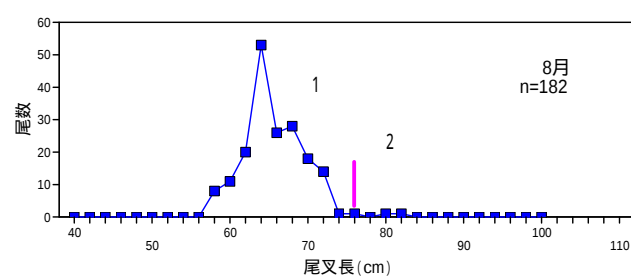
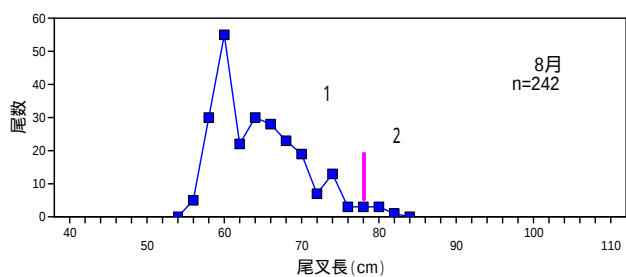
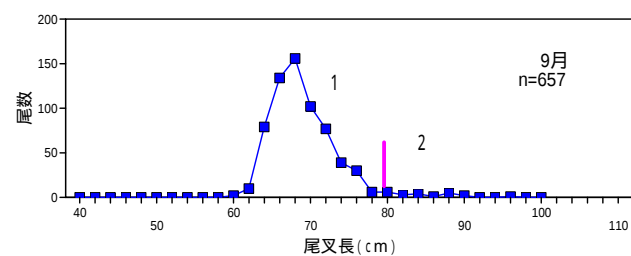
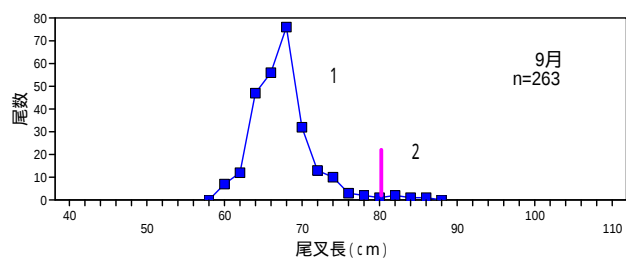
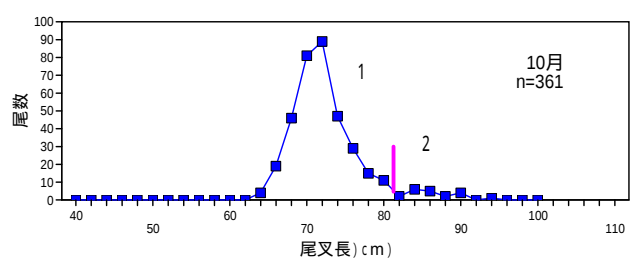
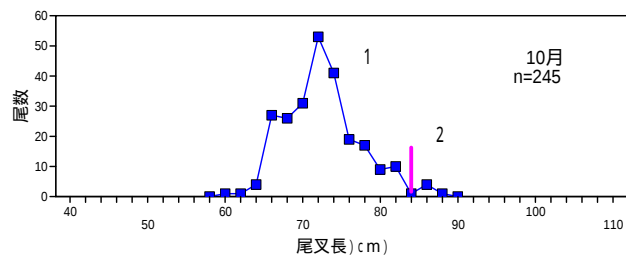
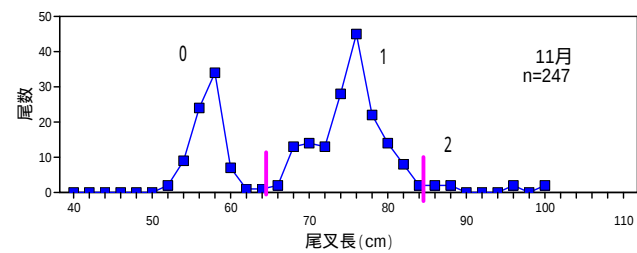
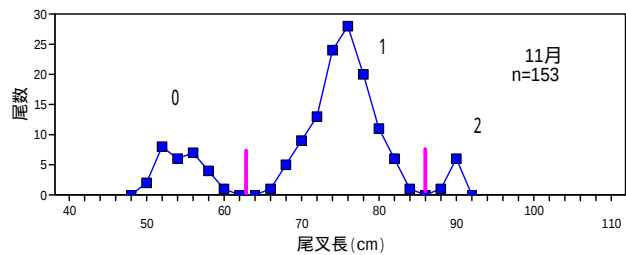
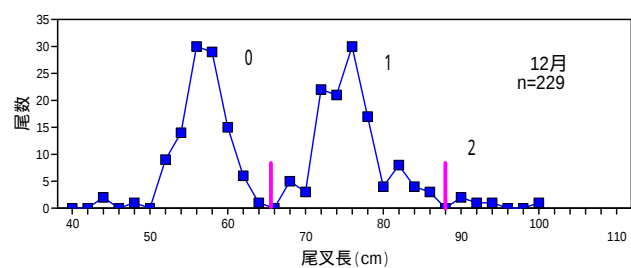
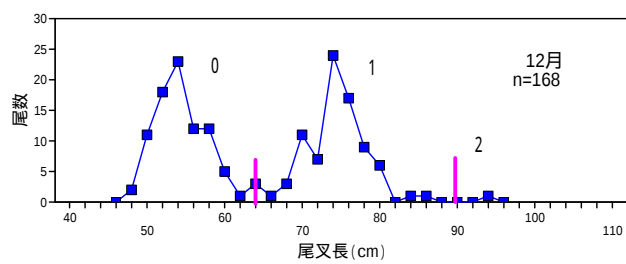
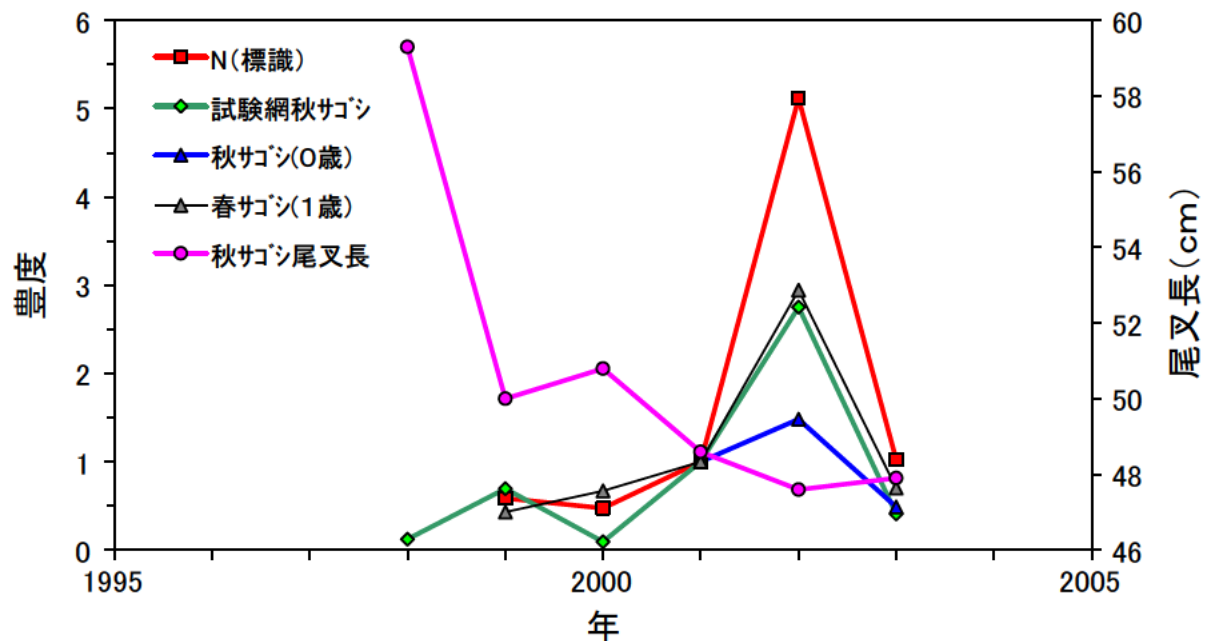


図 15 瀬戸内海産サワラのプレコーショナリー アプローチ プロット



参考図1 愛媛県伊予灘におけるサワラの体長組成
 左側：2002年、右側：2003年
 図中の数字は年齢



参考図2-1 瀬戸内海東部におけるサゴシ豊度及び尾叉長モードの経年推移

2001年の豊度を1として表示した

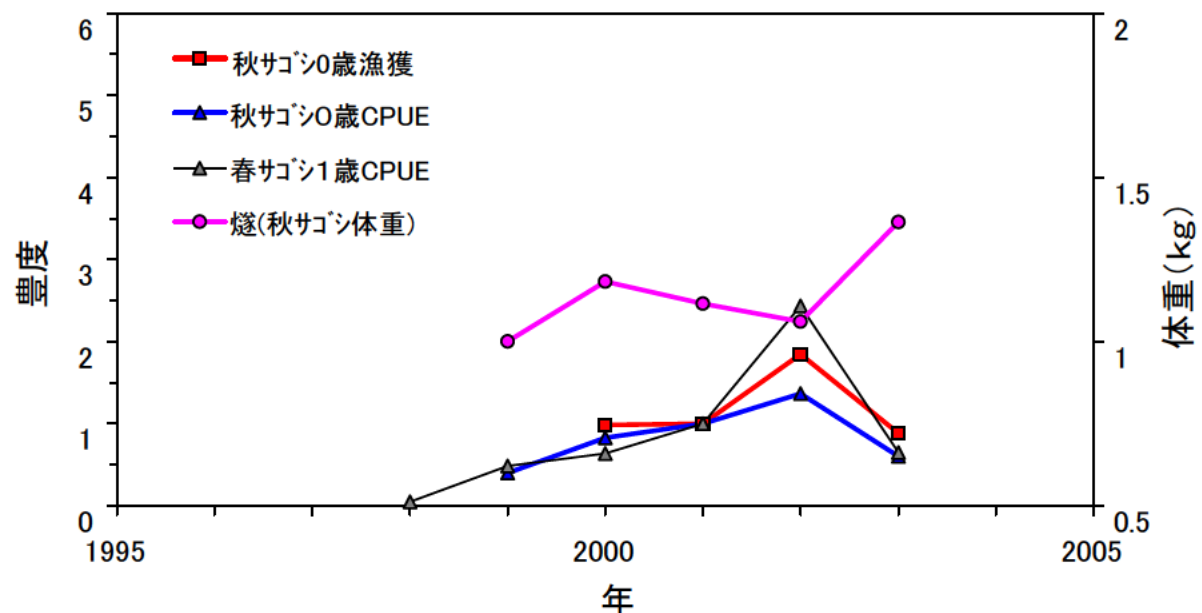
N(標識): 標識放流調査による資源尾数推定値

試験網秋サゴシ: 香川県による秋の試験操業による漁獲尾数

秋サゴシ(0歳): 高松中央卸売市場での9～12月の香川と徳島産の入荷尾数

春サゴシ(1歳): 香川県魚での春1歳の鳴門を除く県内産の入荷尾数

サゴシ尾叉長: 香川県による秋の試験漁獲での平均値



参考図2-2 瀬戸内海西部におけるサゴシ豊度及び平均体重の経年推移

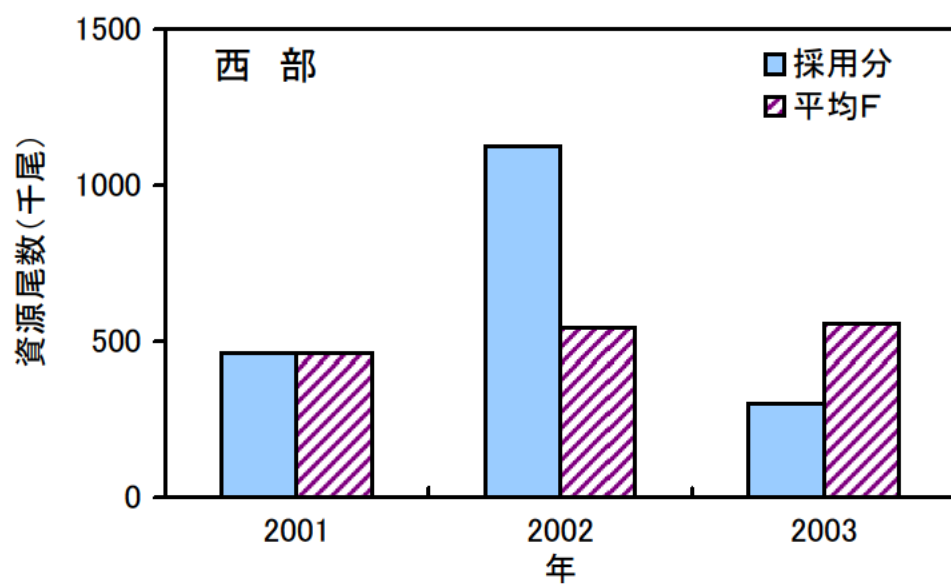
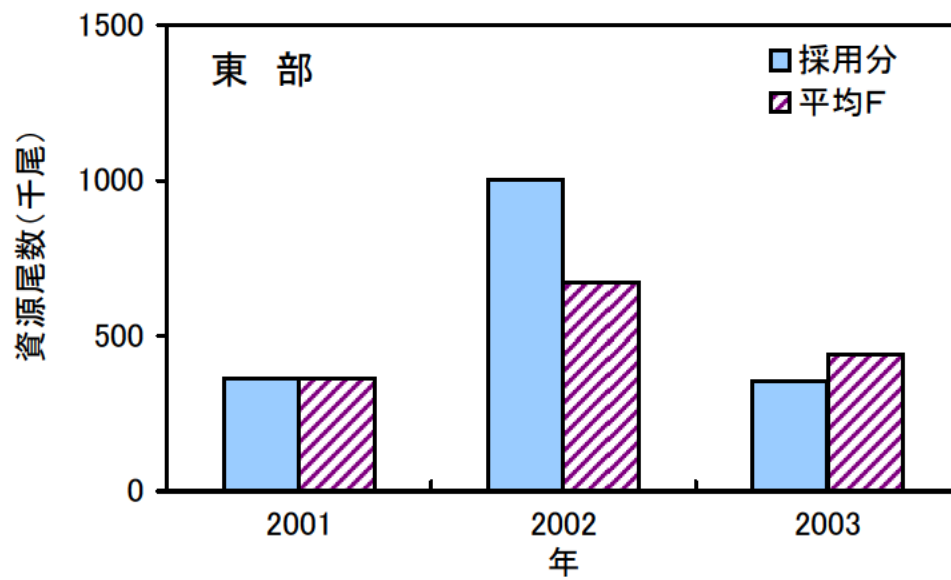
2001年の豊度を1として表示した

秋サゴシ0歳漁獲: 愛媛県燧灘河原津、垣生、川之江の9～12月のサゴシ漁獲尾数

秋サゴシ0歳CPUE: 愛媛県燧灘河原津、垣生、川之江の9～12月の1隻1日当たり漁獲尾数

春サゴシ1歳CPUE: 愛媛県燧灘河原津、垣生、川之江の4～6月の1隻1日当たり漁獲尾数

サゴシ体重: 愛媛県燧灘河原津11月の平均体重

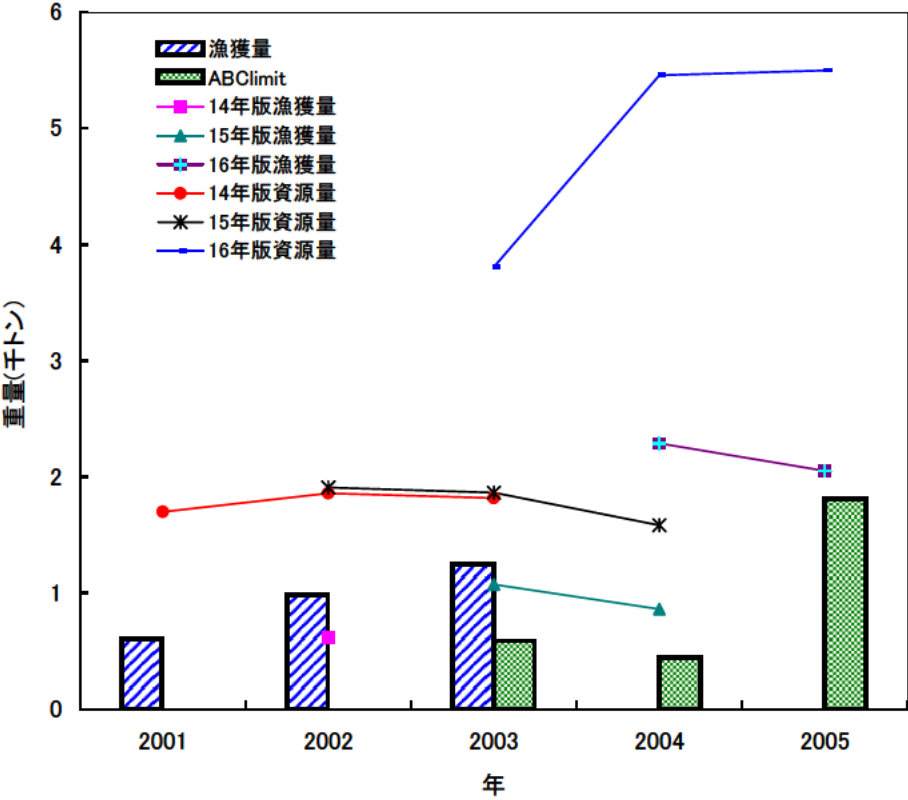


参考図3 チューニング方法の違いによる資源推定値の変化

参考表1 資源の将来予測と結果の対比

年	2001	2002	2003	2004	2005
漁獲量	603	984	1247		
漁獲量(東部	274	516	543		
漁獲量(西部	331	467	704		
平成14年版評価票					
漁獲量予測	(582)	618			
漁獲量予測(東部	(270)	302			
漁獲量予測(西部	(312)	316			
漁獲量予測のずれ(%)		-37			
ABClimit			590		
資源量予測	1699	1859	1819		
資源量予測(東部	892	965	984		
資源量予測(西部	807	894	835		
平成15年版評価票					
漁獲量予測		(983)	1075	861	
漁獲量予測(東部		(520)	546	467	
漁獲量予測(西部		(463)	529	394	
漁獲量予測のずれ(%)			-14		
ABClimit				445	
資源量予測		1908	1864	1583	
資源量予測(東部		1020	950	854	
資源量予測(西部		888	914	729	
平成16年版評価票					
漁獲量予測			(1247)	2289	2052
漁獲量予測(東部			(543)	1108	947
漁獲量予測(西部			(704)	1181	1105
漁獲量予測のずれ(%)					
ABClimit					1812
資源量予測			3806	5457	5498
資源量予測(東部			1773	2659	2666
資源量予測(西部			2033	2798	2832

注) 2003年の漁獲量は概数、カッコ内の漁獲量は予測に使用した数値



参考図4 資源の将来予測と結果の対比