

平成17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、広島県立水産海洋技術センター、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1,424トンまで回復した。

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、資源量は1987年の15,870トンから2004年には3,103トンになった。資源量は1998年を底に2003年まで増加したが、2004年には前年の81%に減少した。2003年までの回復は1999年級以降加入が上向きになったことに支えられた。

2004年の資源量は1987年の20%で、水準は低位、動向は横ばいである。2006年の ABC_{limit} を「ABC算定のための基本規則」の 1-1)-(1)により626トンと算定した。

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るが、2004年の時点では目標を上回っている。

2004年の加入は50万尾を下回ると推定され、現在の漁獲圧力を維持すると、資源量は減少すると予測される。

	2006年ABC (トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合 (%)
ABC_{limit}	626	F 30%	0.82	26
ABC_{target}	529	0.8 F 30%	0.66	22

注) 漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 、F は2歳の値。

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2003	3,847	1,288	1.73	33
2004	3,103	1,423	1.28	46

(水準・動向)

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。

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2004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、3.6万尾である。西部では燧灘で2002年に2.4万尾、2003年に 1.6万尾、2004年に4.4万尾が放流された。

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るとされ（林ほか 1919；中込 1971）、2 系群の存在をうかがわせるが、2 系群を支持する科学的知見がない一方、遺伝学的に均一であるという研究（横山 2005）がなされたことから、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）によれば 5～6 月が産卵期で、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1986年に6,255トンと過去最高になるまで増加した（図５）。

1980年代半ばにサワラの漁獲量が高水準になった理由として、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、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）が指摘したように網糸にナイロンテグスが使用され、罹網率が向上したこと、同時に網目が小型化し小型魚もとるようになったこと、はなつぎ網の復活などで漁獲努力が実質的に増加したこと、更に1983年級や1985年級の加入が多かった（安部 1993）ので、資源量が多くなったことが考えられる。

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1,424トンまで回復した（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。これに対し、2004年４～2005年１月の集計値は流し網では19,480隻日、はなつぎ網352隻日、さごし巾着網312隻日であり、前年比はそれぞれ1.0倍、1.1倍、1.3倍となった。2004年からさわら船曳網が対象となり、操業は４隻日であった。

4. 資源の状態

（１）資源評価の方法

1987～2004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）資源量指標値の推移

東部

播磨灘：兵庫県五色町漁協（鳥飼十都志）のサワラ流し網

2004年の春漁（４～７月）では操業日数は前年の2.2倍、漁獲量は6.8倍、１隻１日当たりの漁獲量は３.1倍であった（図７）。2003年には春漁でいわゆるヌタが発生し、操業の障害となり、操業日数が減ったが、2004年の操業日数は2002年並みになった。秋漁（８～12月）では操業日数は前年の1.2倍、漁獲量は0.2倍、１隻１日当たりの漁獲量は0.1倍であった。

西部

燧灘：愛媛県東予市河原津漁協のサワラ流し網

2004年の春漁（４～７月）で操業日数は前年に比べ０.9倍、漁獲量は3.7倍、１隻１日当たりの漁獲量は4.0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

春漁（４～７月）では操業日数は前年の1.3倍、漁獲量は1.5倍、１隻１日当たりの漁獲量は1.1倍になった（図８）。秋漁（８～12月）の操業日数は前年の1.1倍、漁獲量は1.0倍で引き続き高い水準にあったが、１隻１日当たりの漁獲量は0.9倍となった（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年に多かったが、2004年には加太、御坊とも低水準になった（図９）。

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年並みの低水準となった（図９）。

東部と西部では2004年春に2002年級（２歳魚）が漁獲の主体で、2003年級（１歳魚）は多くはないとみられた（脚注１）。また東西両水道域での2004年のさわら又はさわら・やなぎ銘柄の漁獲量は2003年を下回り、1998年以前の水準に低下している。このことから2004年級は2003年級に比べて少ないことをうかがわせる。

（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）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、資源量は1987年の15,870トンから1998年に674トンに減少した後、2003年に3,847トンまで回復したが、2004年には 3,103トンと減少した。漁獲割合は1999年を底に

１） 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.

増加傾向にあり、2004年には46%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、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）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、加入が減少する状況にあった。しかし1999年級以降加入は上向きに転じた。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（前ページ脚注1）卓越した。

2004年の資源量は1987年に比べ20%まで回復したが、依然1/3を下回るのもので、低位である。資源量は1998年を底に増加してきた。この増加は1999年以降加入が上向きになったことや2002年級が卓越したことによる。しかし2004年に資源量は減少に転じた。

1987年に比較して2004年の資源量は20%で、1/3を下回ることから、資源の水準を低位とする。また2004年に資源量が前年の81%に減少し、更に2004年の加入が多くないことを考慮して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

親仔関係には比較的明瞭な直線関係がみられる（図17）。資源量は1998年に674トンまで減少したので、経験的にこの値を B_{limit} とできる。しかし資源量推定の精度や安全を勘案し、 B_{limit} を1,000トンとする。

なお1980年代後半からサワラ資源が減少するとともに魚体が大型化したことが0歳（辻野・安部 1996；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。

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、とられやすい海況になっていた（永井 2004）。しかし2004年の秋～冬季に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0歳魚と1歳魚が減少したためであろう。

（3）種苗放流効果

東部について種苗放流数とその後の各種調査における有標識率を表2に示した。

これによると有標識率は2002年級で2～4%と低く、2003年級と2004年級では試験漁獲の1例を除いて10～32%と高い。有標識率を同一年級で比べると、9月以降、11月、4～6月と値が小さくなる傾向がある。但し、2004年級では4～6月の値が高い。時間の経過に対して有標識率が一定か、今後の経過を見守りたい。一方、標識放流調査に基づく、

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.

内海東部における2004年級の資源尾数は6万尾で、2000年級以下と推定された。

なお東部では2003年の6～7月に40～108mmの種苗が計17.7万尾放流された。昨年の報告書で指摘したように、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。しかし西部の有標識率は東部の約1/5と明らかに低い。今後知見の充実を期待したい。

6. 2006年ABCの算定

（1）管理評価のまとめ

1987年に比較して2004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2004年に資源量が前年の81%に減少し、更に2004年の加入が多くないことを考慮して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、漁獲係数を定め、1998年以降の親仔関係を使用して、資源予測した。

2004年の資源量は1,000トンの B_{limit} を超えるので、ABCの算定には基本規則1－1）－（1）を用いた。この場合 F_{limit} は基準値（F30%SPRなど）、 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、標準値の0.8を用い、 F_{limit} の80%を F_{target} とした。 F_{limit} と F_{target} を下表に示す。

M	0.25	0.30	0.35
F_{limit}	0.78	0.82	0.87
F_{target}	0.62	0.66	0.70

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2006年のABCの推定値を下表に示した。

	2006年ABC（トン）	資源管理基準	F 値	漁獲割合（%）
ABC _{limit}	626	F 30%	0.82	26
ABC _{target}	529	0.8 F 30%	0.66	22

注） 漁獲割合はABC／資源量、Fは2歳の値。

- 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.

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2003	3,847	1,288	1.73	33
2004	3,103	1,423	1.28	46
2005	2,646	—	—	—

(3) 漁獲圧と資源動向

F currentで漁獲を続けると、今後資源量は減少を続けると予測される(表3)。2005年には2002年級が3歳親魚として産卵し、仮定した親仔関係の下では79万尾の比較的高い加入が期待される。しかしこの加入があっても資源の減少は続くと言われる。もし2005年に実際の加入が79万尾を下回るようなら、2006年以降資源量の減少はより大きくなる。

(4) ABC_{limit}の検証

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の資源量と漁獲量の推移を図18に示した。これによると、2005年以降0歳魚が毎年80万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2006年のABC_{limit}とABC_{target}を図19に示した。

(5) 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
2004年 (当初)	F30%SPR(0.61)	1,583トン	445トン	372トン	—
2004年 (再評価)	F30%SPR(0.75)	5,457トン	2,030トン	1,739トン	—
2004年 (2005年再評価)	F30%SPR(0.82)	3,103トン	1,009トン	857トン	1,423トン
2005年 (当初)	F30%SPR(0.75)	5,498トン	1,812トン	1,546トン	—
2005年 (再評価)	F30%SPR(0.82)	2,646トン	735トン	625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1,497トンであったが、2004年には3,103トン(107%増)となり(表1)、2004年時点では目標を上回った。

2004年の加入は50万尾を下回り比較的小さい。2005年の加入水準を見極め、加入が小さい場合には、2006年以降の管理措置を見直すべきである。

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：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」.
- 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 2005：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（印刷中）。
- 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.
- 辻野耕實・安部恒之：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.

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、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。

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で得た水域・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。

2004年に5歳+となる1999年級とこれに続く2000年級について、それぞれ1～4歳まで年齢を横軸に、漁獲尾数の対数値を縦軸にプロットし、あてはめた直線の傾きから年級群毎の全減少係数 (Z) を求め、 Z から M を引いて漁獲係数 (F) を求めた。上記2つの年級の F を平均し、2004年の4歳と5歳+の F_t とした。2004年における3歳以下の F_t には前3年間における同一年齢の F の平均値を使用した。なお2003年以前では5歳+と4歳の漁獲係数を同一と仮定し、最高齢の F_t を入力した。

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、 F 30%SPRを資源管理の基準値とした。

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

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

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%とした。なお体重には2004年の年齢別漁獲物平均体重を、また部分加入は2004年の年齢別 F 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

資源予測に際し2004年以降の1歳雌の成熟率を30%としたほか、1998年以降について求めた親子関係を使用した。資源予測では2004年の漁獲圧が1年後(2005年)に続いたとした上で、2年後(2006年)のABCを求めた。

表2 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		
	標識放流調査 0歳資源尾数	放流尾数 (大型種苗換算)	小型種苗 (尾数)	大型種苗 (尾数)	9月以降の 有標識率(%)	試験漁獲(11月) 有標識率(%)	2000年4-6月の 有標識率(%)	2001年4-6月の 有標識率(%)	2002年4-6月の 有標識率(%)	2003年4-6月の 有標識率(%)	2004年4-6月の 有標識率(%)	2005年46月の 有標識率(%)
1998年級						0/13=0						
1999年級	114,759	6,154	2,778	5,598	4/120=3.3	2/73=2.7	0/17=0	0/28=0	0/14=0	0/2=0		
2000年級	86,473	32,719	50,500	22,619	36/308=11.7	0/10=0		4/76=5.3	1/18=5.6	1/7=14.3	0/1=0	
2001年級	261,097	6,568	5,500	5,468	13/695=1.9	0/105=0			2/75=2.7	0/23=0	0/2=0	0/10=0
2002年級	924,492	93,192	51,000	82,992	48/1160=4.0	9/289=3.1				52/650=8.0	2/105=1.9	5/142=3.5
2003年級	219,169	102,293	94,000	83,493	157/486=32.3	11/43=25.6				217/510=42.6	28/113=24.8	
2004年級	60,081	36,000		36,000	7/70=10.0	0/1=0					42/123=34.2	
出典	竹森他(印刷中)			香川県(2005a)			香川県(2005a)			香川県(2005b)他		

- 注) 1. 標識放流調査でのベタセーゼン法による資源尾数の推定には放流直後からの再捕数から再捕率が使用された。但し、2003年は8月以降とされた。なお2003年と2004年の値は発表予定外の内部資料である。
2. 再捕率の差から小型種苗の効率を大型種苗の1/5として大型種苗換算の放流尾数を求めた。なお2000年は放流後種苗の斃死があり、1/50とした。
3. 香川県 2005a (2004年のサワラ漁況および2005年春漁について、5p)
4. 香川県 2005b (平成17年春のサワラ漁獲状況、さわら流し網漁業者検討会資料、8p) 及び内部資料を使用した。但し大型・小型種苗込みで燐燐での再捕を除いた。

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

漁獲量

管理方策／年	2004	2005	2006	2007	2008
Fcurrent	1423	991	860	906	828
Fsus	1423	991	857	827	848
Flimit	1423	991	626	819	873
Ftarget	1423	991	529	751	850

資源量

管理方策／年	2004	2005	2006	2007	2008
Fcurrent	3103	2646	2430	2424	2256
Fsus	3103	2646	2430	2430	2430
Flimit	3103	2646	2430	2919	3234
Ftarget	3103	2646	2430	3128	3708

漁獲割合

管理方策／年	2004	2005	2006	2007	2008
Fcurrent	0.46	0.37	0.35	0.37	0.37
Fsus	0.46	0.37	0.35	0.34	0.35
Flimit	0.46	0.37	0.26	0.28	0.27
Ftarget	0.46	0.37	0.22	0.24	0.23

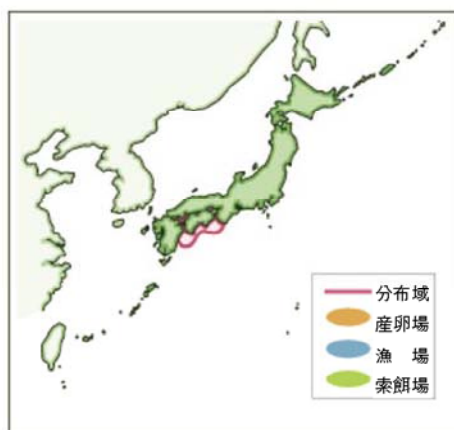


図 1-1 瀬戸内海におけるサワラの分布図

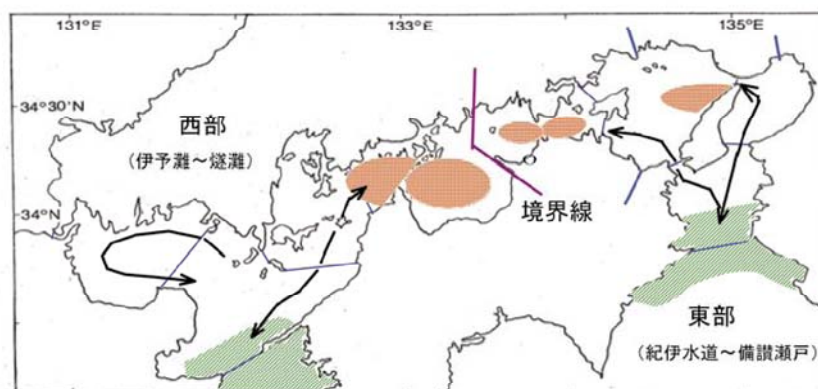


図 1-2 サワラの回遊図

産卵場 越冬場

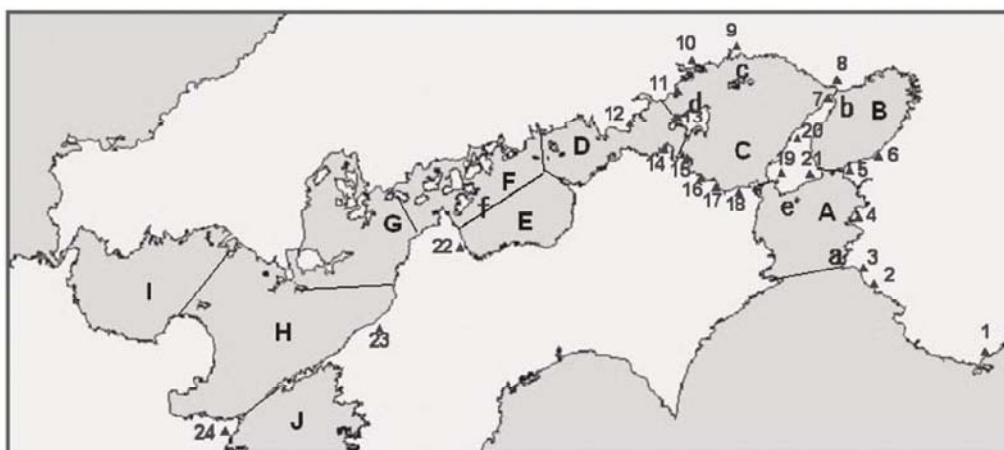


図2 灘区分および調査地

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: 東讃 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

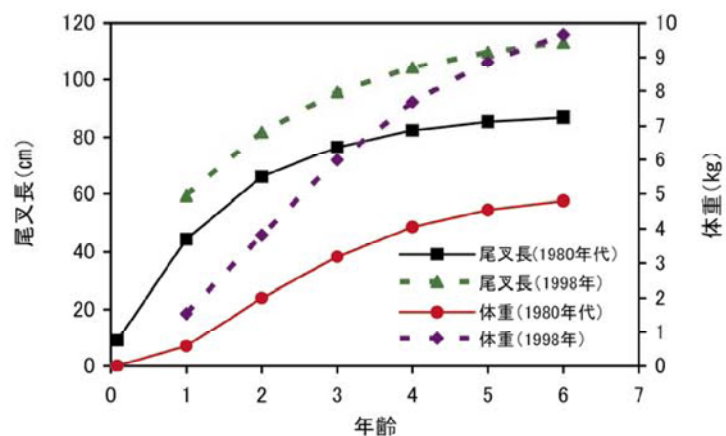


図 3 瀬戸内海産サワラの年齢別成長

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

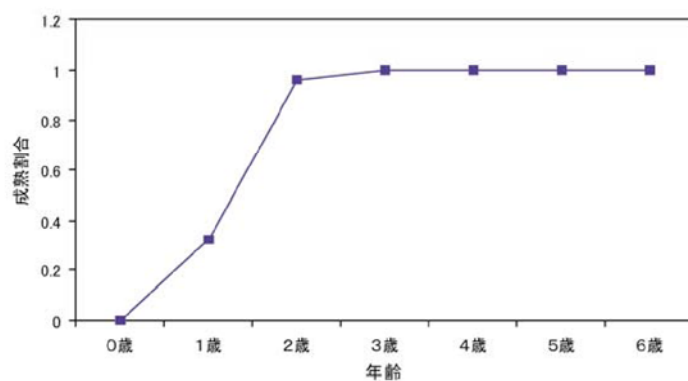


図 4 瀬戸内海産サワラの年齢別成熟割合

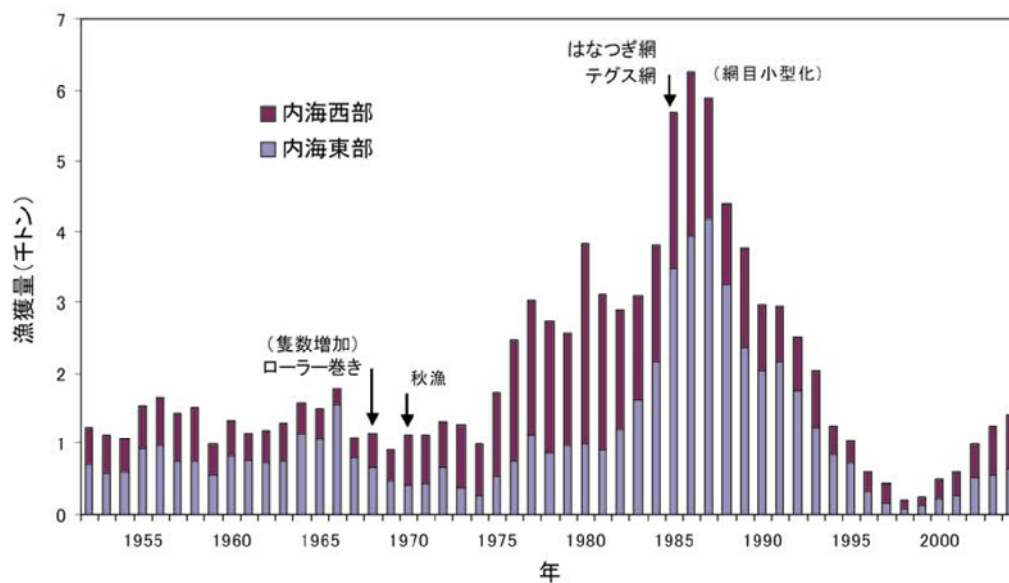


図 5 瀬戸内海におけるサワラ漁獲量の年変化

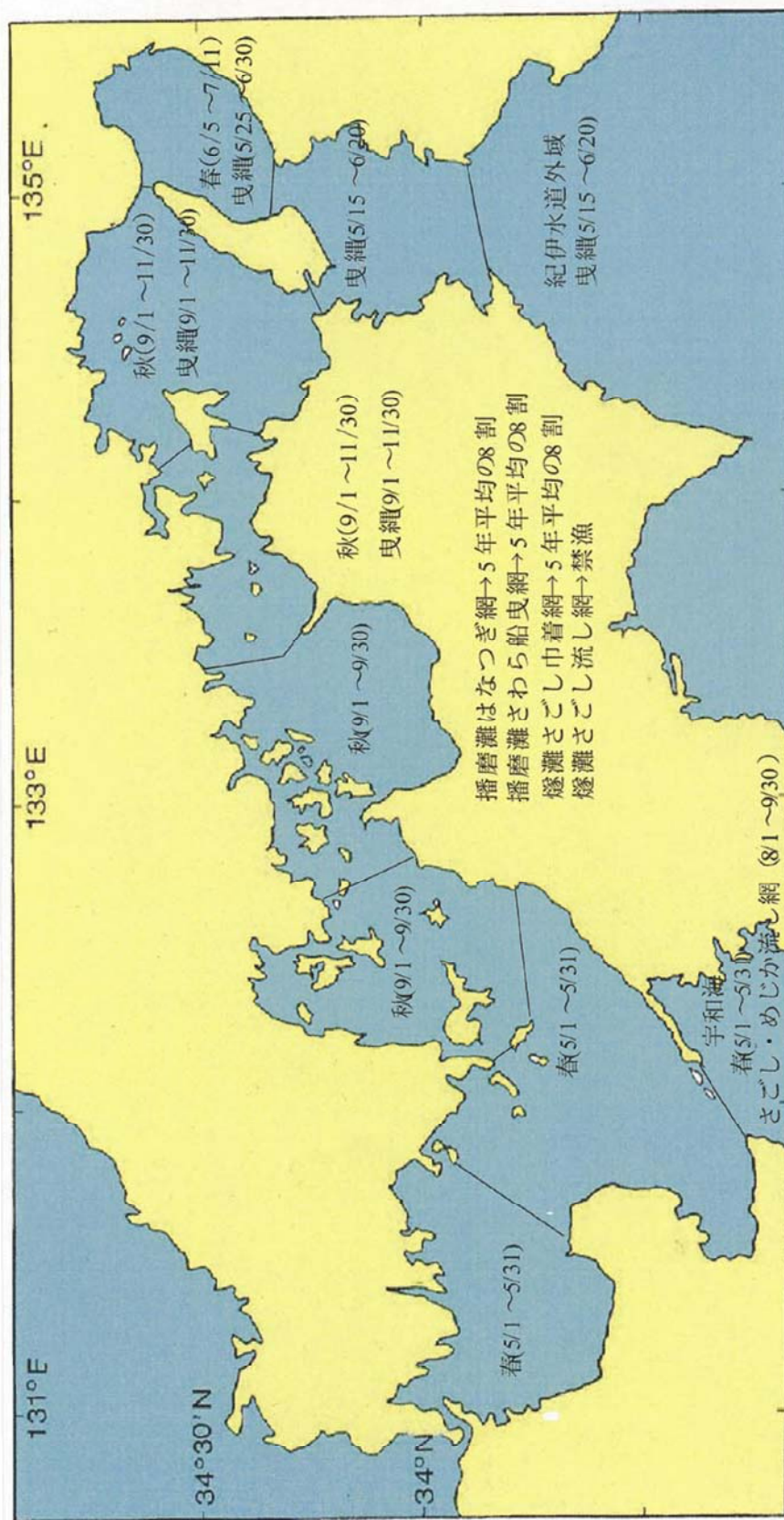


図 6 サワラの漁業種類別規制内容

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。

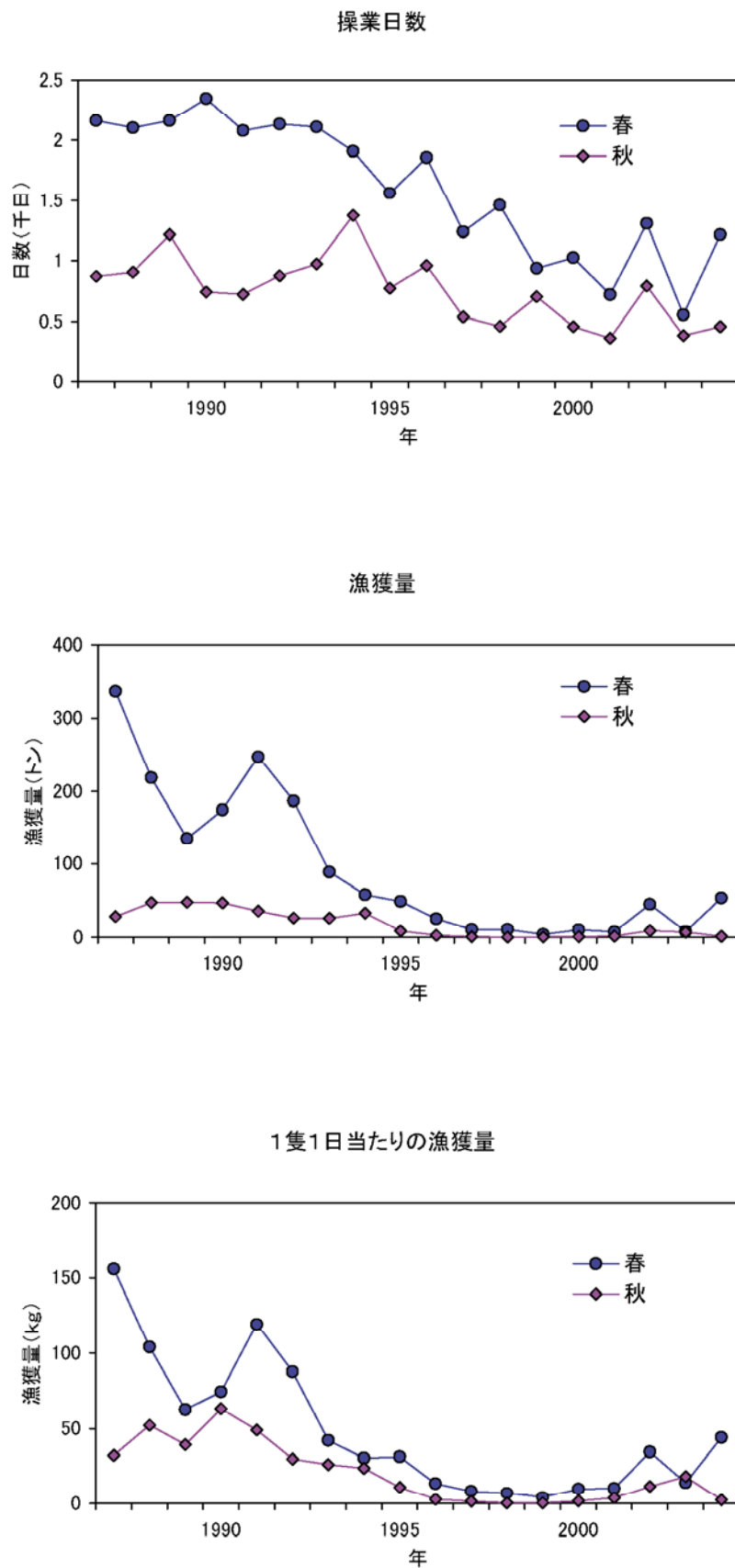
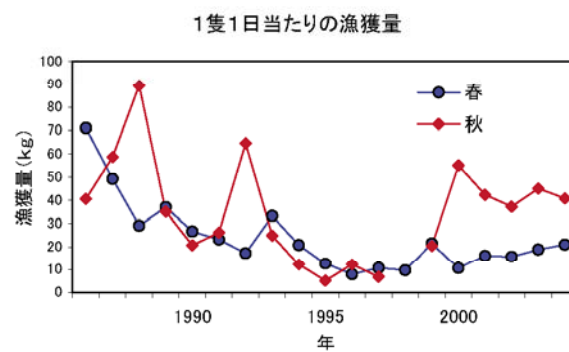
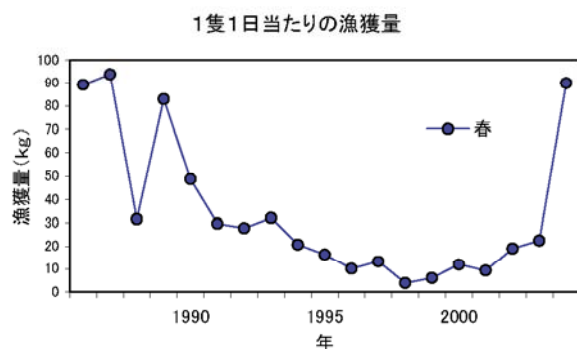
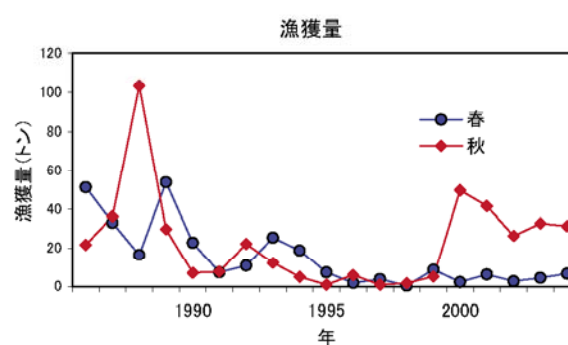
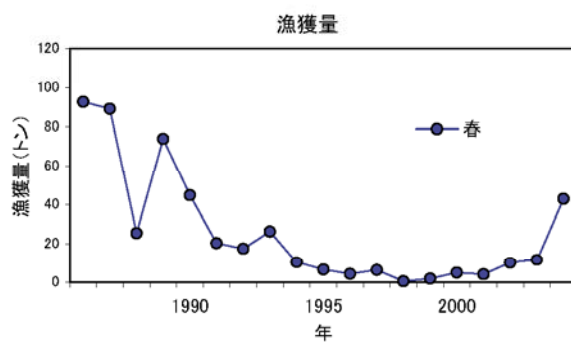
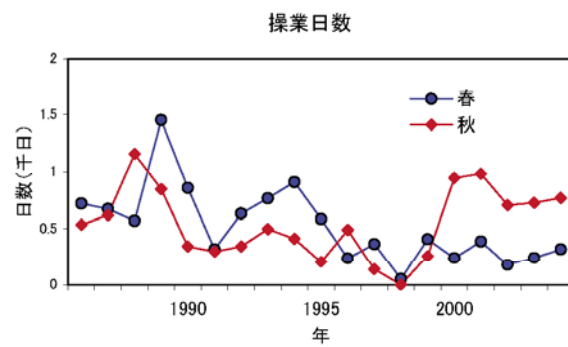
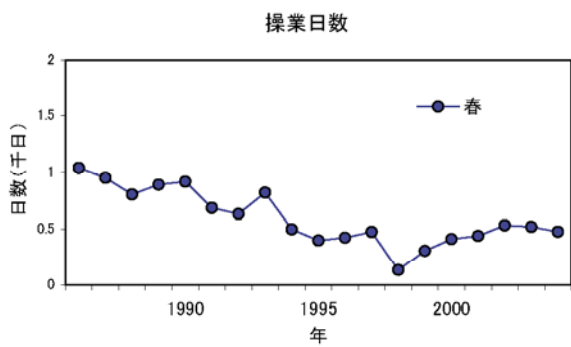


図 7 五色(鳥飼及び都志)におけるサワラ流し網船の操業日数、漁獲量および1隻1日当たりの漁獲量



[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

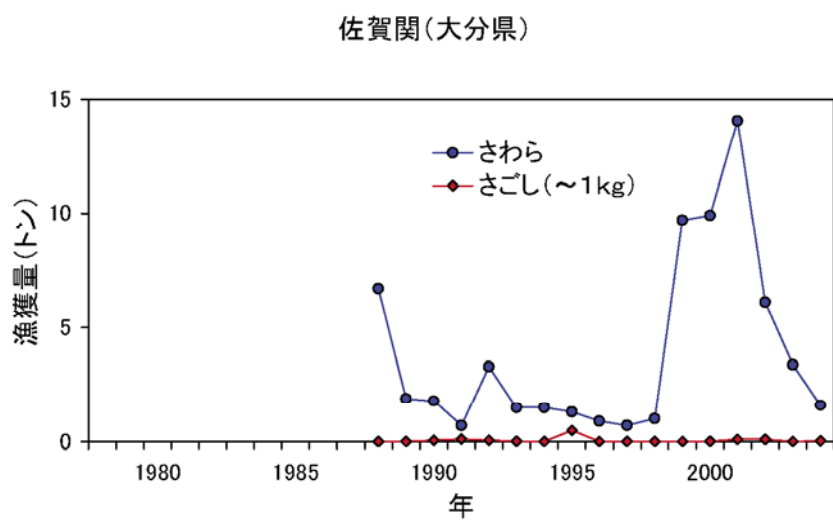
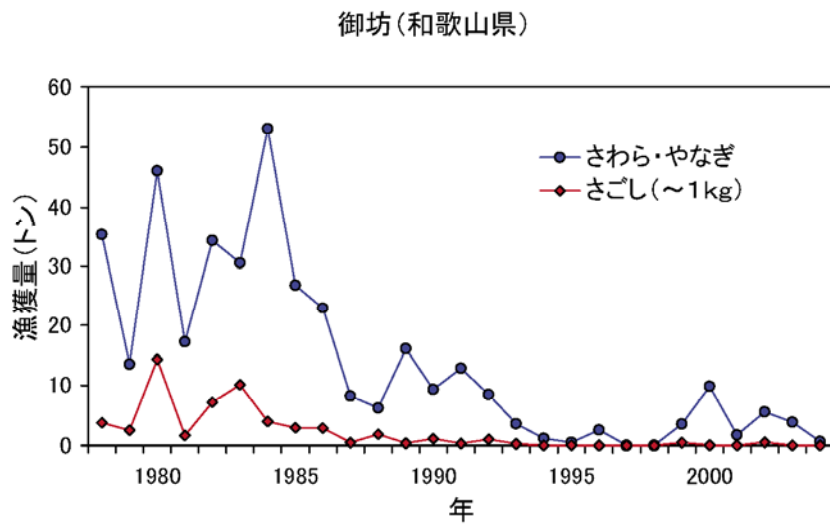
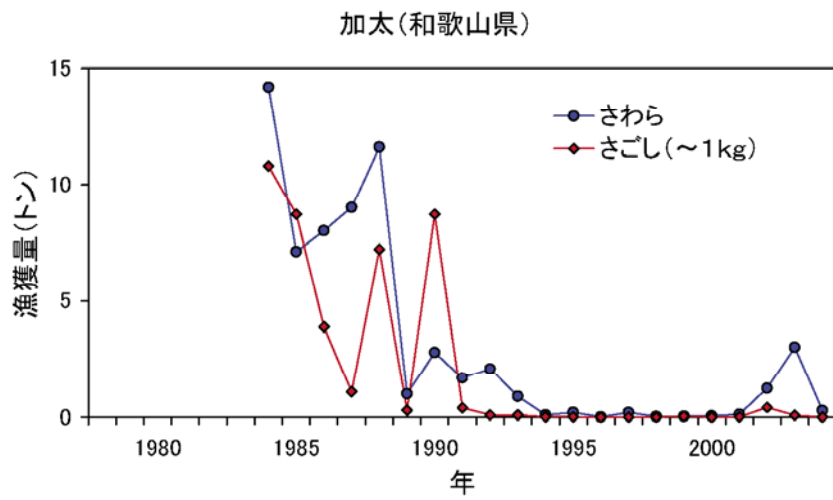


図 9 水道域におけるサワラの漁獲量の年変化
加太は暦年、それ以外は9月～翌年5月
但し、2004年は翌年3月まで

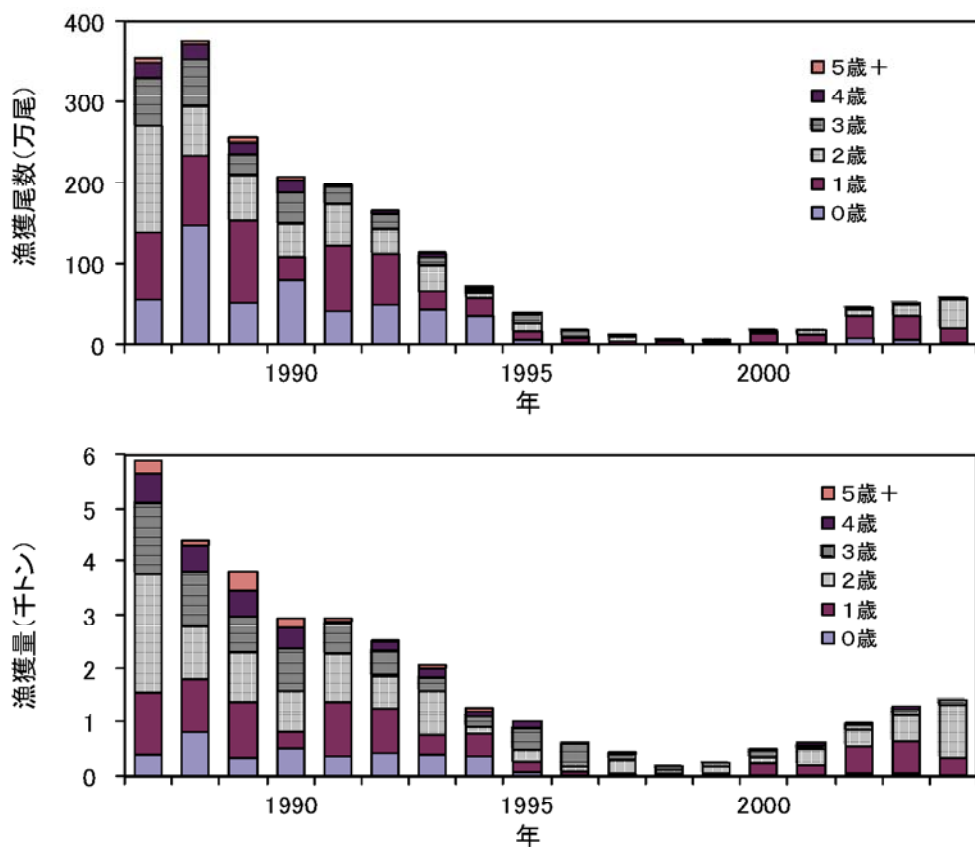


図 10 瀬戸内海産サワラの年齢別漁獲尾数・漁獲量の推移

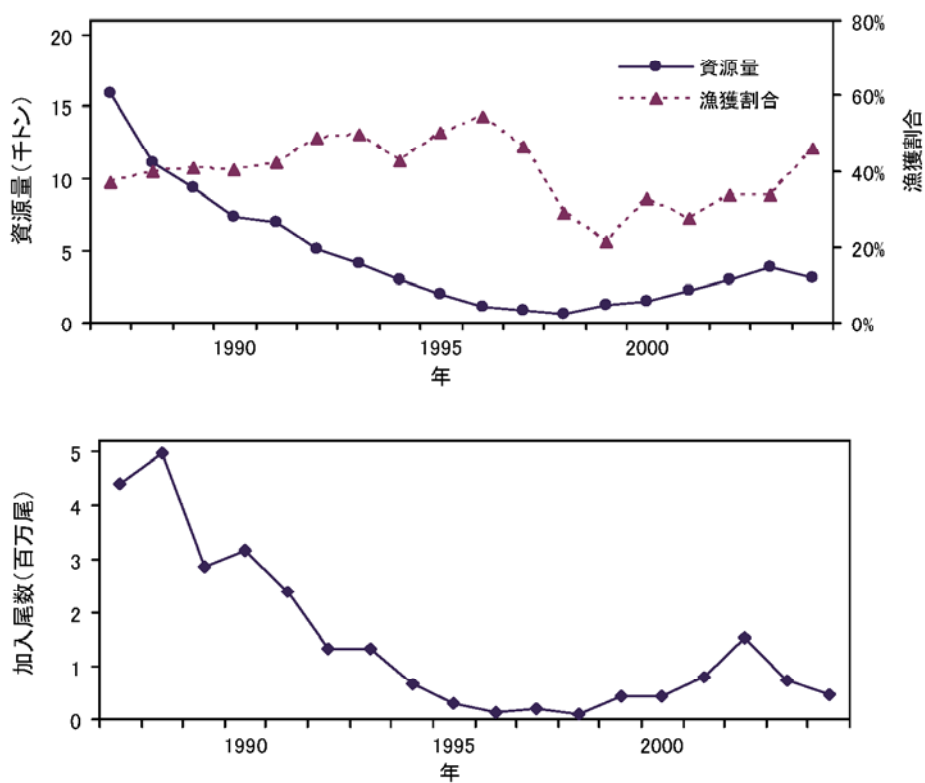


図 11 瀬戸内海におけるサワラの資源量と加入尾数の年変化

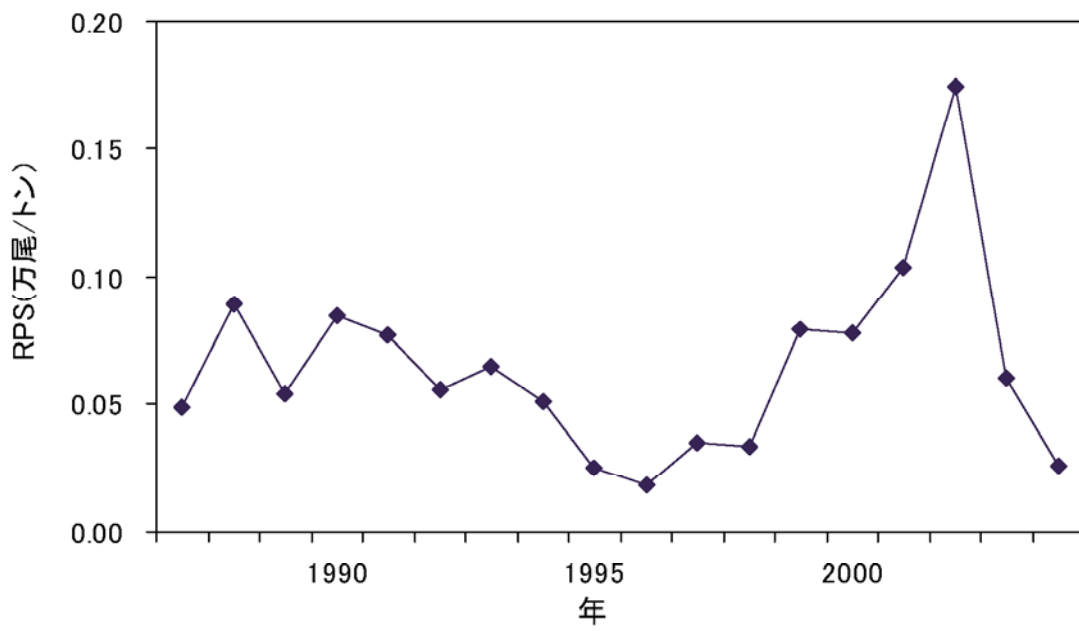


図 12 瀬戸内海におけるサワラのRPSの推移

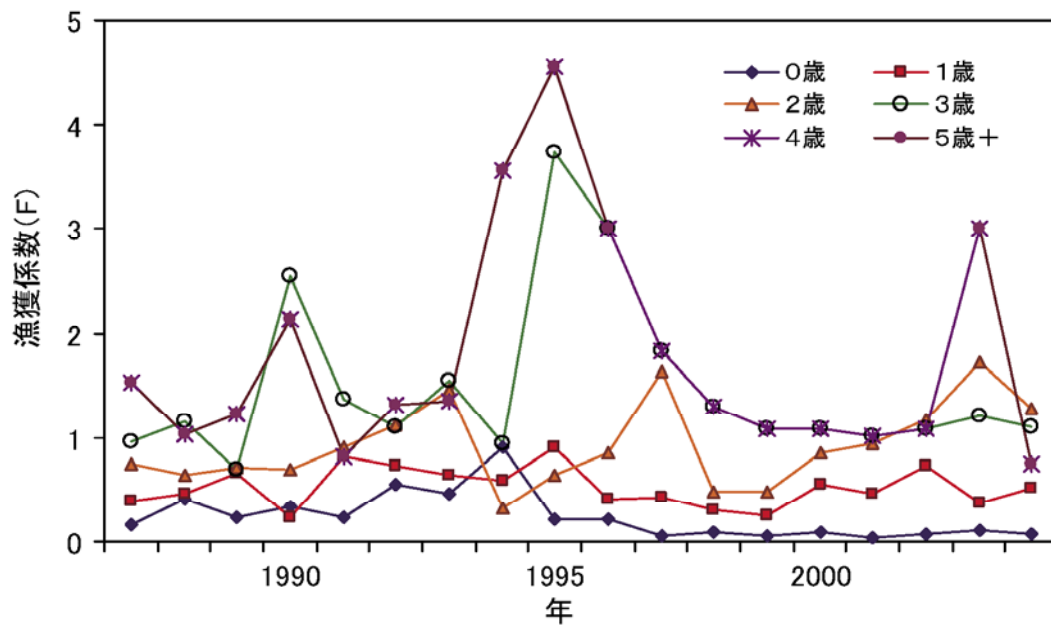


図 13 瀬戸内海におけるサワラの年齢別漁獲係数の推移

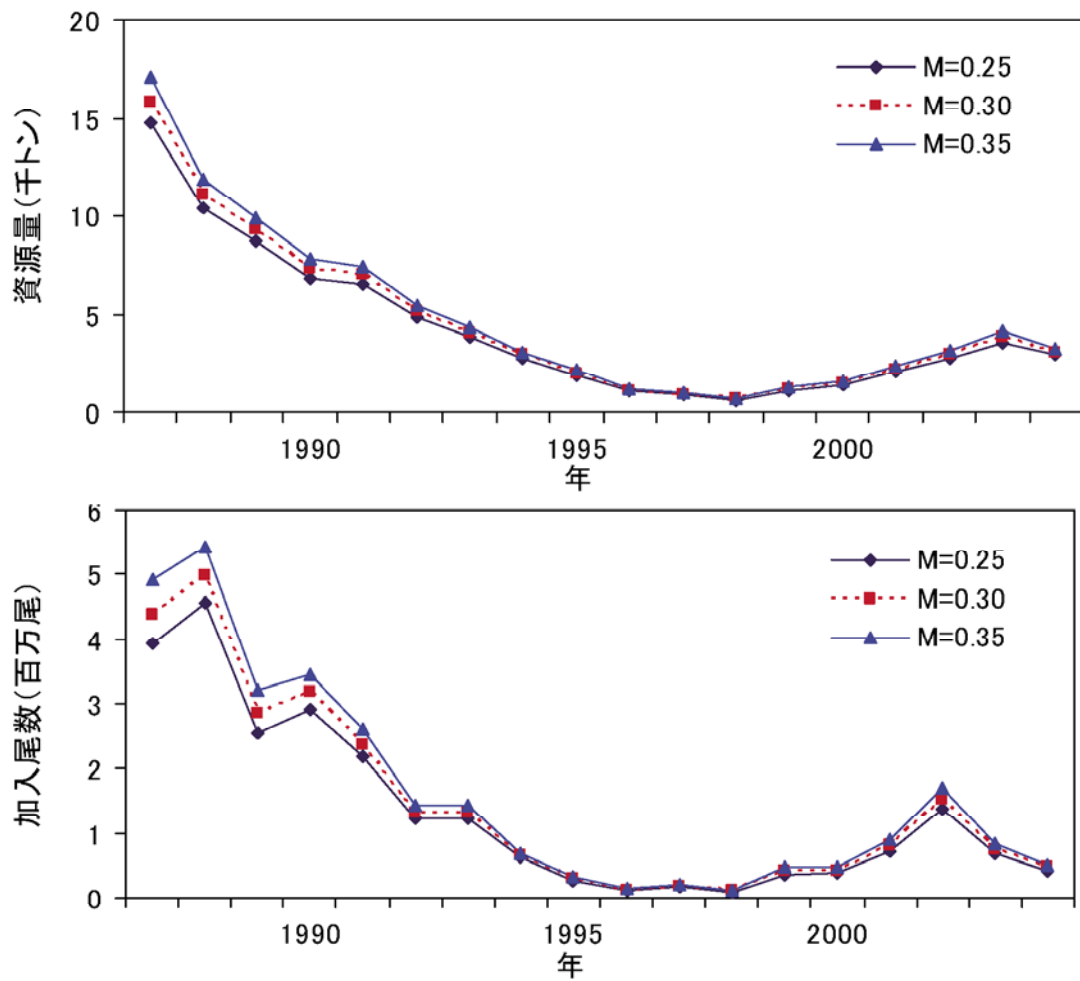


図 14 自然死亡係数(M)の変化による資源量および加入尾数の変化

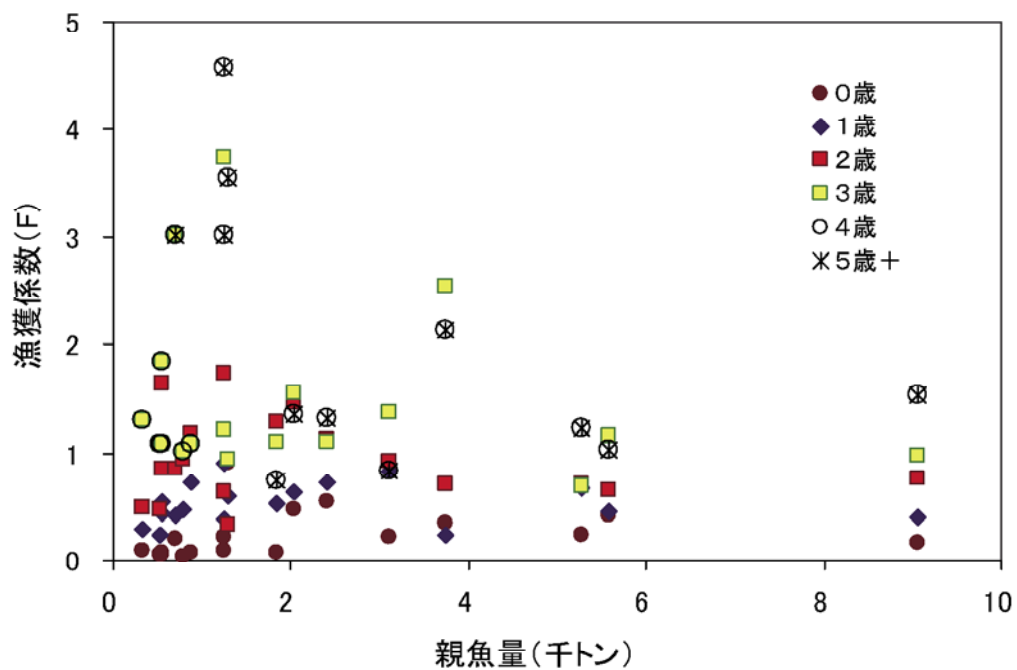


図 15 瀬戸内海産サワラのプレコーショナリー アプローチ プロット

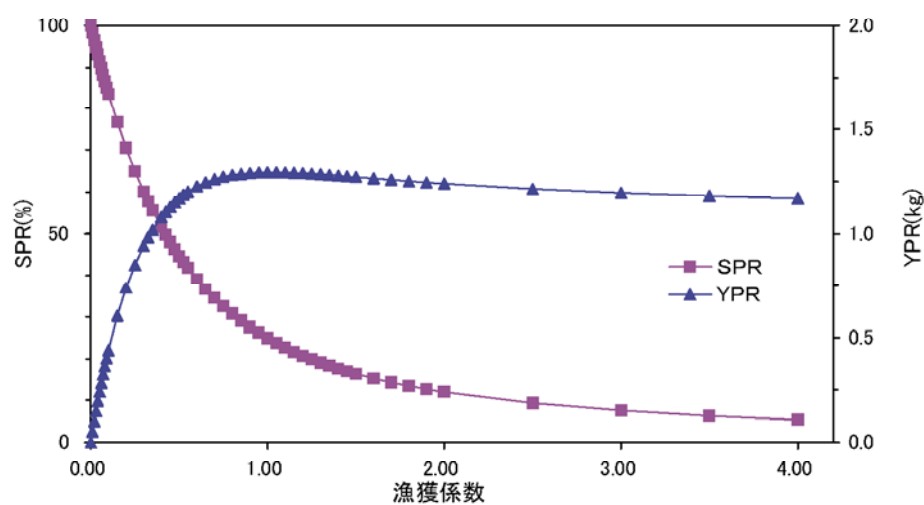


図 16 瀬戸内海産サワラの SPR 及び YPR(M=0.3)
漁獲係数は2歳の値を示す

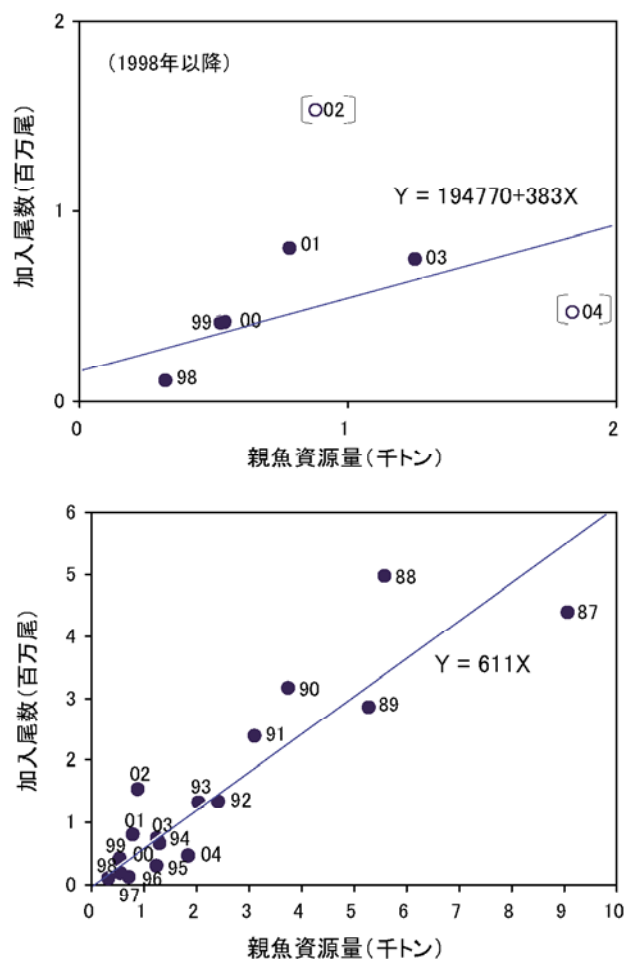


図 17 瀬戸内海産サワラの親魚量(トン)と加入尾数との親仔関係
回帰にはカッコ内の点を除いた
数字は西暦の下2桁を示す

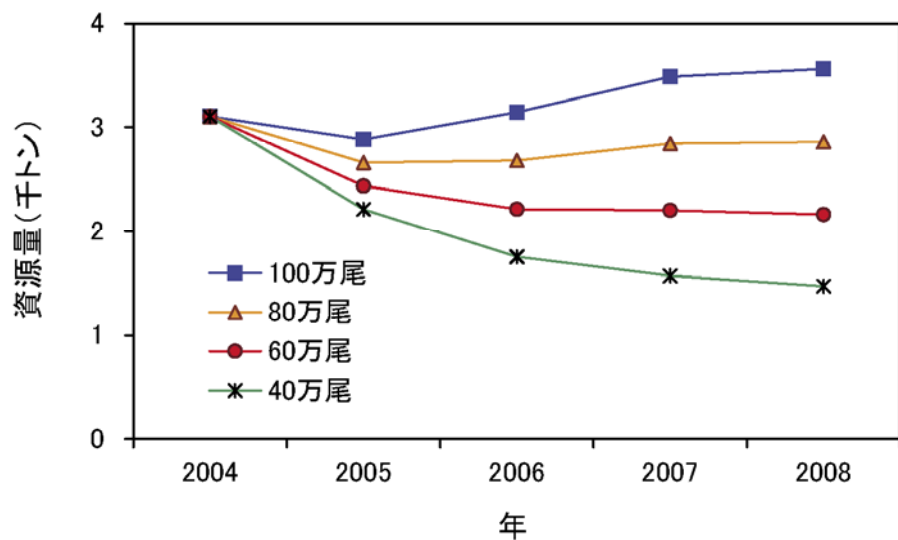


図18 瀬戸内海産サワラの資源量の将来予測(自然死亡係数は0.3)
加入尾数は40万、60万、80万、100万尾に固定

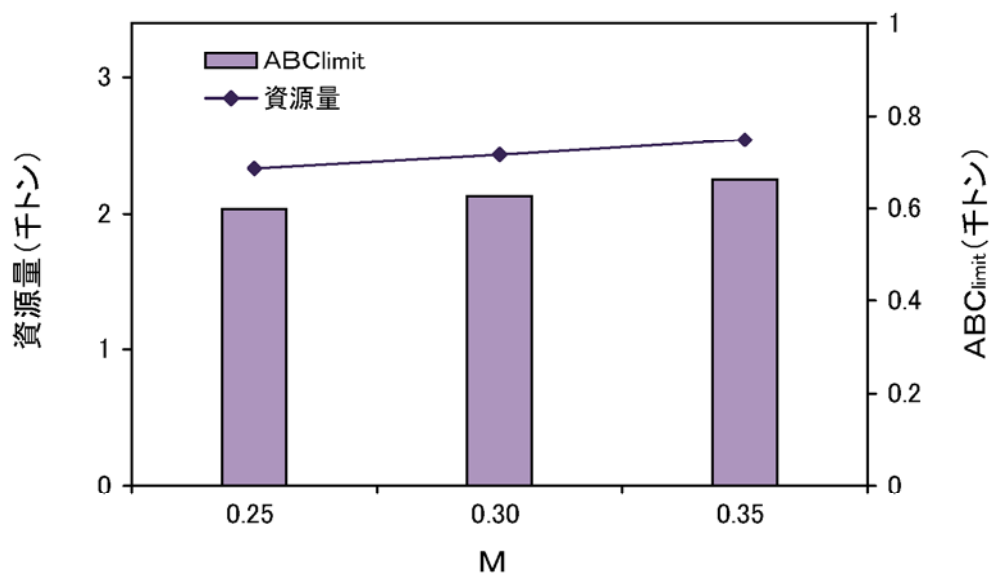


図19 Mを変化させた場合の2006年の資源量とABClimit