

## 平成29（2017）年度イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源評価

責任担当水研：瀬戸内海区水産研究所（高橋正知、河野悌昌）

参画機関：大阪府立環境農林水産総合研究所、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県農林水産総合センター水産研究所、香川県水産試験場

## 要 約

本系群の資源量をコホート解析により計算した。資源量は1992年に123,166トンで最大となった後、増減しつつも漸減傾向を示し、2009年に6,625トンまで減少した。その後、2011年まで増加し、近年は減少傾向にあり、2016年は16,832トンであった。再生産関係から、**Blimit**を親魚量4,319トンとした。2016年の親魚量（1,723トン）は**Blimit**を下回っていることから、資源水準を低位、最近5年間（2012～2016年）の親魚量の推移から動向を減少と判断した。再生産関係が利用でき、親魚量が**Blimit**を下回っているので、ABC算定規則は1-1)-(2)を適用した。5年後に**Blimit**水準への回復が期待できる**Frec5yr**を**Flimit**とし、ABCを算定した。

管理基準	Target / Limit	2018年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
Frec5yr	Target	3,922	56	2.35 (-38%)
	Limit	4,140	59	2.94 (-23%)

**Target**は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。**Limit**は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。**Ftarget** =  $\alpha$  **Flimit**とし、係数 $\alpha$ には標準値0.8を用いた。現状のF (**Fcurrent**) は2011～2015年のFの平均値であり、3.80である。F値は漁獲の主対象となる0歳魚の漁獲係数である。漁獲割合は2018年のABC/資源量である。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2013	24,602	4,280	15,229	3.73	62
2014	23,315	1,672	14,795	4.13	63
2015	21,360	1,052	13,301	3.96	62
2016	16,832	1,723	11,476	3.94	68
2017	9,820	1,320	6,004	3.80	61
2018	7,069	950	—	—	—

2017年、2018年の値は、将来予測に基づく値。

水準：低位 動向：減少

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
旬別漁獲尾数 旬別漁獲努力量 年齢別漁獲尾数	瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向(中国四国農政局統計部) 漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省大臣官房統計部) 生物情報収集調査-全長、体長、体重、年齢(兵庫県) 生物情報収集調査-主要漁協・標本船の日別漁獲量、 出漁統数*(兵庫県)
親魚量指標値	夏眠親魚密度調査(12月、兵庫県) 空釣りこぎ(文鎮こぎ)漁具
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.83$ を仮定(田中 1960)

\*は旬別コホート解析におけるチューニング指数である。

空釣りこぎ(文鎮こぎ)漁具は鉄の棒に数十個の掛け針を取り付け、底を曳いて漁獲物を引っかける漁法である(金田 2001)。

## 1. まえがき

瀬戸内海東部海域は伊勢・三河湾、東北地方の太平洋沿岸とともに日本における主要なイカナゴ漁場である。兵庫県明石周辺ではシンコ(稚・幼魚)を佃煮の一種「くぎ煮」の材料として使用している。フルセ(成魚)は海産養殖魚の餌として、冷凍したものが生餌として用いられている。岡山、香川県にはフルセを醤油に漬け込んで作る「いかなご醤油」があり、「しょつつる」、「いしる」とともに日本三大魚醤とよばれている。

イカナゴは瀬戸内海東部海域において水産業上の最重要魚種の1つである。関係府県の水産試験研究機関によるイカナゴ漁況予報が実施され、その後、漁業者による試験操業の結果を参考に解禁日、終漁日が漁業者の協議により決定されている。1980年代以降は漁獲量の年変動が激しくなるとともに、減少傾向にある。その原因のひとつとして1960年代後半から1970年代にかけて急増した海砂採取や浚渫による生息場所の荒廃・減少が考えられている。海砂採取が長く継続した備讃瀬戸(岡山県、香川県)ではイカナゴ漁獲量が急減し、1960年代に採取禁止または採取実績のない播磨灘、大阪湾(大阪府、兵庫県)では急

減が認められなかったことから、その影響は大きいと考えられる（反田 2012）。瀬戸内海における海砂採取は1997年頃から徐々に減少し、東部では2005年度には終了したものの、海砂は掘ればなくなる性質が強いため（井内 2001）、海砂採取跡地では生息場所の回復には至っていないものと考えられる。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

イカナゴは、イカナゴ属の中でも最も低緯度海域に生息し、日本沿岸、黄海、東シナ海などの比較的温暖な海域に分布する（井上ほか 1967）。本系群は瀬戸内海東部海域（備讃瀬戸、播磨灘、大阪湾、紀伊水道）に分布する（図1）。

ふ化直後の仔魚は瀬戸内海では5m層に最も多いとされている（日下部ほか 2008）。発生初期には産卵場周辺海域に比較的濃密に分布しているが、気象条件や海象条件によって徐々に分布域が主産卵場から東方域に拡散される傾向がある（浜田 1985）。水温が上昇し、全長が8cmを超えるようになると潜砂し、ほとんど活動しない夏眠と呼ばれる状態になる。また、夏眠場所は冬季には産卵場となる。

### (2) 年齢・成長

寿命は3~4歳、1年で82.5mm（80~85mm）、2年で105mm（80~130mm）、3年で125mm以上に成長する（浜田 1985、図2）。なお、資源量計算で使用する0歳魚の体重は1989~2016年の漁獲期間2月中旬~6月下旬の加重平均値0.34g、1歳魚の体重は2.0g、2歳魚以上（プラスグループ）の体重は5.75gとした。

### (3) 成熟・産卵

1歳で成熟・産卵する（図3）。産卵期は12月~翌年1月である。産卵は底質が砂で潮流の速い海域で行われる。大規模な産卵場は播磨灘北東部（鹿ノ瀬）と備讃瀬戸である（浜田 1985、図4）。

### (4) 被捕食関係

仔・稚魚は小型のカイアシ類、カイアシ類幼生を主な餌とする。体長15mm以上の稚魚は毛顎類、枝角類も捕食する。幼魚や成魚はカイアシ類のほか、珪藻、カニ・エビ幼生、端脚類、尾虫類、イカナゴ仔稚魚を捕食する（浜田 1985）。

イカナゴは他の生物の重要な食物であり、仔稚魚は多様な浮魚類や毛顎類に、幼魚や成魚はスズキ、サワラ、ヒラメ、ブリ等多くの高次捕食者に捕食されている（畑中・関野 1962、Kishida 1986、Tomiyama and Kurita 2011、鶴寄ほか 2015）。

## 3. 漁業の状況

### (1) 漁業の概要

兵庫県の漁獲量が大半を占める（図5）。和歌山県、徳島県、大阪府、兵庫県、岡山県では、主に機船船びき網、香川県では主に込網で漁獲されている。

瀬戸内海におけるイカナゴ漁はシンコ（0歳魚）とフルセ（1歳魚以上）を対象としてお

り、兵庫県では、フルセ漁が通常1月末～2月上旬に始まり、4月上旬頃までに終了する。シンコ漁は2月末～3月上旬に始まり、4月下旬頃に終了する。大阪府では、シンコ漁のみが行なわれ、通常2月末～3月上旬に始まり、1ヶ月ほど続く。兵庫県と大阪府では解禁日や1日の操業時間を共同で取り決めている。香川県ではフルセ漁が1月から3月にかけて行なわれ、シンコ漁は3月上旬に始まり、6月下旬までに終了する。

## (2) 漁獲量の推移

瀬戸内海東部系群のイカナゴ漁獲量（0歳魚および1歳魚以上）は1952年の6,105トンから増加傾向が続き、1971年には63,592トンまで増加した。その後20,000～50,000トンの水準で変動したが、1980年には、過去最高の72,765トンに達した。しかし、1989年には19,589トンまで減少し、1991年には43,223トンに増加したものの、それ以降は減少傾向が続き、2009年には過去最低の4,319トンとなった。2011年には25,131トンに増加したがその後再び減少傾向となり、2016年（概数値）には11,476トンとなった（図5、表1）。

## (3) 漁獲努力量の推移

兵庫県播磨灘の代表漁協（育波浦）における0歳魚および1歳魚以上と兵庫県大阪湾の代表漁協（淡路島岩屋）における0歳魚を対象とした漁期中の操業統数を漁獲努力量として示す（表2）。1989年以降、漁獲努力量は増減しつつ2011年以降は減少傾向が見られる。

## 4. 資源の状態

### (1) 資源評価の方法

各年の年齢別漁獲尾数をもとにした年別コホート解析により、各年の資源量を推定した（補足資料1、2）。なお、昨年度は年別コホート解析の際に親魚密度を指標値とするチューニングを行ったが、今年度評価ではその妥当性検討の結果、チューニングをしない方が精度が高いと判断し、チューニングをしない資源量推定を行った（詳細は補足資料2-6）。

なお、最近年の加入量は、日下部ほか（2004）を参考に旬別コホート解析で得られた漁期開始時の0歳魚推定資源尾数に、最近年を除く過去10年（2006～2015年）の年別コホート解析結果/旬別コホート解析結果の平均値（1.24）を乗じることで推定した（詳細は補足資料2-4）。旬別コホート解析では兵庫県播磨灘における代表漁協（育波浦）と兵庫県大阪湾における代表漁協（淡路島岩屋）のCPUEの平均値を指標値とするチューニングを行った（詳細は補足資料2）。

### (2) 資源量指標値の推移

最近年（2016年）の兵庫県播磨灘における代表漁協（育波浦）と兵庫県大阪湾における代表漁協（淡路島岩屋）の漁期は3月上旬～4月中旬で、CPUEの平均値は4月上旬にピークを示した（図6、補足表2-4）。

鹿ノ瀬における空釣りこぎによる親魚密度は、2008～2010年に過去最低水準となった後、2011年には大幅に増加したものの、2016年は25個体/曳に減少した（図7、表3）。

## (3) 漁獲物の年齢組成

年齢別漁獲量および年齢別漁獲尾数の推移を補足資料3および図8、9に示す。いずれも0歳魚が大半を占めている。

## (4) 資源量と漁獲割合の推移

本資源の資源量は1992年以降減少傾向が続き、2009年に6,625トンとなった。2011年には43,169トンに増加したが、その後再び減少傾向となり2016年には16,832トンとなった(図10、表4)。2016年における0歳魚の漁獲係数、1歳魚以上の漁獲係数はそれぞれ3.94/年、0.96/年、資源量に対する漁獲割合は68%であった(図10、11、表4、補足資料3)。1歳の親魚量と前年の0歳魚の漁獲係数との間には負の相関関係があった(図12)。0歳魚の過剰な漁獲は、親魚となる1歳魚の減少をまねくと考えられる。

## (5) 再生産関係

親魚量は1989年以降漸減しており、2005年には4,746トンまで減少した。2006年には24,976トンに増加したが、その後再び減少し、2010年には168トンとなった。2012年に8,417トンに増加したが、以降減少傾向となり、2016年には1,723トンとなった。(図13、表4、補足資料3)。加入量(0歳魚の資源尾数)は1991~2004年まで増減しつつも減少傾向で、2004年には64十億尾となった。その後2006年に223十億尾に増加したが急減し、2009年には23十億尾となった。2011年に139十億尾に増加したが、再び減少し2016年には35十億尾となった(図13、表4、補足資料3)。1989~2016年の親魚量と加入量から再生産関係を図14に示す。親魚量と加入量の間には明確な関係はみられない。

## (6) Blimitの設定

Blimitは、高い再生産成功率があったときに高い加入量が期待できる親魚量であり、再生産関係(図14)において加入量の上位10%を示す直線とRPSの上位10%を示す直線の交点から求めたところ4,319トンとなり昨年度(7,604トン)から下方修正された。これは、今年度評価では、昨年度と異なり、チューニングせずに資源量を推定する方法を採用した結果、特に2014年以降の親魚量が大きく下方修正されたためである(詳細は補足資料2-6)。2016年の親魚量は1,723トンとなりBlimitを下回った。

## (7) 資源の水準・動向

資源水準の低位と中位の境界をBlimit、中位と高位の境界をBlimitと最大親魚量の間値(45,252トン)とした(図13)。2016年の親魚量は1,723トンであり、2015年(1,052トン)より増加しているにもかかわらず、前項の理由によりBlimit(4,319トン)を下回る結果となった。このことから、資源水準は低位と判断した。また、過去5年間(2012~2016年)の親魚量の推移から資源動向は減少と判断した。

## (8) 今後の加入量の見積もり

再生産成功率RPS(加入量/親魚量)は、1.0~585.4尾/gで変動が大きい。近年(2011~2015年)は9.6~57.5尾/gで推移していた(図15、表4)。

2017年以降の年間加入量については、RPSが最近年を除く過去5年間（2011～2015年）の中央値（19.1尾/g）で推移するという仮定の下で推定した。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

0歳魚のFを横軸として、加入量当たり親魚量（SPR）について漁獲がない場合に対する百分率、及び加入量当たり漁獲量（YPR）を図16に示した（補足資料2-7）。Fcurrent（2011～2015年の平均値）は3.80であり、2011～2015年のRPSの中央値（RPSmed=19.1尾/g）に相当するF値（Fmed=3.27、補足資料2）より高く、経験的に推奨されるF30%SPR（1.07）よりもかなり高かった。

5. 2018年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

2016年の親魚量（1,723トン）はBlimit（4,319トン）を下回っている。本系群の資源水準は低位、近年5年間（2012～2016年）の親魚量の推移から減少と判断した。

(2) ABCの算定

資源量推定値としてコホート解析結果、再生産関係が利用でき、親魚量がBlimitを下回ることから、ABC算定規則1-1)-(2)を適用し、2018年のABCを算定した（補足資料1）。資源水準は低位、動向は減少であることから、5年後（2023年）に親魚量をBlimit水準まで回復させることを管理目標とし、Flimit = Frec5yrを管理基準値として、2018年ABCを算出した。

$$Flimit = Frec5yr$$

$$Ftarget = Flimit \times \alpha$$

$\alpha$ は不確実性を考慮した安全率で、基準値0.8とした。Flimit = Frec5yrの時の漁獲量をABClimit、Ftarget = 0.8Flimitの時の漁獲量をABCtargetとした（補足資料4、5）。Fmedでの漁獲の際にはFcurrent（2011～2015年の平均値）における選択率を適用した。2017年以降の加入量は、最近年を除く過去5年間（2011～2015年）のRPSの中央値（19.1尾/g）と親魚量により求めた。その際に2007～2015年の最大値を上限とした。2017年の漁獲係数はFcurrentと仮定した。

管理基準	Target / Limit	2018年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
Frec5yr	Target	3,922	56	2.35 (-38%)
	Limit	4,140	59	2.94 (-23%)

Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Ftarget =  $\alpha$  Flimitとし、係数 $\alpha$ には標準値0.8を用いた。現状のF (Fcurrent) は2011～2015年のFの平均値であり、3.80である。F値は漁獲の主対象となる0歳魚の漁獲係数である。漁獲割合は2018年のABC/資源量である。

### (3) ABCの評価

各漁獲シナリオでの予測漁獲量、資源量、親魚量を下表および図17～19に示した。なお、2017年の漁獲係数はFcurrent（最近年を除く5年（2011～2015年）の平均値）とし、RPSは最近年を除く5年（2011～2015年）の中央値が続くと仮定した。2018年以降、Flimitで管理するシナリオにおける2023年に期待される漁獲量、資源量、親魚量は、Fcurrentを継続するシナリオより増加する。2018年以降にFtargetで管理するシナリオでは、2023年に期待される親魚量は2016年の12.3倍の水準となり、資源量は4.0倍となる。

管理基準	F 値	漁獲量 (トン)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.6Fcurrent	2.28	11,476	6,004	3,889	8,545	19,823	30,862	33,053	34,154
0.8Frec5yr =Ftarget	2.35	11,476	6,004	3,922	8,147	17,873	30,654	32,820	33,979
Frec5yr=Flimit	2.94	11,476	6,004	4,140	5,420	7,445	10,130	13,810	18,820
0.8Fcurrent	3.04	11,476	6,004	4,169	5,048	6,394	8,026	10,092	12,686
1.0Fcurrent	3.80	11,476	6,004	4,322	3,111	2,239	1,611	1,160	835
1.2Fcurrent	4.57	11,476	6,004	4,412	2,051	873	380	164	71
		資源量 (トン)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.6Fcurrent	2.28	16,832	9,820	7,069	15,529	36,027	58,021	65,991	69,993
0.8Frec5yr =Ftarget	2.35	16,832	9,820	7,069	14,683	32,211	56,297	64,001	68,127
Frec5yr=Flimit	2.94	16,832	9,820	7,069	9,253	12,711	17,296	23,579	32,132
0.8Fcurrent	3.04	16,832	9,820	7,069	8,559	10,841	13,607	17,111	21,508
1.0Fcurrent	3.80	16,832	9,820	7,069	5,088	3,662	2,636	1,897	1,365
1.2Fcurrent	4.57	16,832	9,820	7,069	3,287	1,398	608	263	114
		親魚量 (トン)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.6Fcurrent	2.28	1,723	1,320	950	2,087	4,843	11,140	19,110	23,112
0.8Frec5yr =Ftarget	2.35	1,723	1,320	950	1,974	4,330	9,416	17,120	21,245
Frec5yr=Flimit	2.94	1,723	1,320	950	1,244	1,709	2,325	3,169	4,319
0.8Fcurrent	3.04	1,723	1,320	950	1,150	1,457	1,829	2,300	2,891
1.0Fcurrent	3.80	1,723	1,320	950	684	492	354	255	184
1.2Fcurrent	4.57	1,723	1,320	950	442	188	82	35	15

(4) ABCの再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2015年漁獲量確定値	2015年漁獲量、資源量推定値、0歳魚加重平均体重
2016年漁獲量概数値 2016年親魚年齢組成 2016年旬齢別漁獲尾数	2016年漁獲量、資源量推定値、0歳魚加重平均体重

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン) (実際のF 値)
2017年(当初)	Fmed	2.46	39,600	19,441	17,993	
2017年(2017年 再評価)	Frec5yr*	2.60	9,820	2,540	2,377	

F値は0歳魚の値で代表する。

再評価において、今年度評価ではチューニングせずに資源量を推定する方法が精度が高いと判断し(詳細は補足資料2-6)、その結果、資源量が下方修正されたため、2017年のABCは当初評価時より低い値となった。また、親魚量がBlimitを下回ったことから、ABC算定規則1-1)-(2)を適用し、管理基準をFrec5yrとした。

6. ABC以外の管理方策への提言

イカナゴ漁業は、その年に新たに発生した稚魚や幼魚を主な対象とするため、稚魚の加入量によって漁獲量が大きく左右される。加入量が少ないと予測される年には解禁日を遅らせて1尾当たりの体重増加を待つなどの、加入量変動の影響を緩和して漁獲量の安定化を図るための操業管理を継続する必要がある。また、当歳魚の漁期の終了を早めることでFを削減し翌年の親魚に繋がる残存資源を調整すれば、翌年の再生産の安定化が期待できる。近年の不漁が続く中で、2016年には伊勢・三河湾で禁漁措置が取られたことによる価格高騰の影響で漁期が延長された。今後もこの状況が続くようであれば、新たな措置の検討も必要となる。

7. 引用文献

浜田尚雄 (1985) 我が国におけるイカナゴの生態と漁業資源. 水産研究叢書, **36**, 日本水産資源保護協会, 東京, pp. 82.

畑中正吉・関野清成 (1962) スズキの生態学的研究-I. 日水誌, **28**, 851-856.

井上明・高森茂樹・国行一正・小林真一・仁科重巳 (1967)イカナゴの漁業生物学的研究.内海区水研報, **25**, 1-335.

井内美郎 (2001) 瀬戸内海の家砂問題と砂堆の形成. 地球環境, **6**, 53-59.

金田禎之 (2001) 日本漁具・漁法図説. 成山堂書店, 東京, pp. 637.

Kishida T. (1986) Feeding habits of Japanese Spanish mackerel in the central and western waters of

the Seto Inland Sea. Bull. Nansei Reg. Fish Res. Lab., **20**, 73-89.

日下部敬之・保正竜哉・玉木哲也 (2004) 漁獲努力量でチューニングしたコホート解析による瀬戸内海東部3海域のイカナゴ*Ammodytes personatus*当歳魚の資源尾数推定. 大阪水試研報, **15**, 9-15.

日下部敬之・中嶋昌紀・佐野雅基・渡辺和夫 (2008) 大阪湾におけるイカナゴ*Ammodytes personatus*仔魚の鉛直分布と摂餌に対する水中照度の影響. 日水誌, **66**, 713-718.

田中昌一 (1960) 自然死亡係数と寿命の関係. 水産生物のPopulation Dynamicsと資源管理, 東海水研, **28**, 162-168.

反田 實 (2012) イカナゴの漁獲動向と瀬戸内海の海砂採取.「日本沿岸における漁業資源の動向と漁業管理体制の実態調査-平成23年度事業報告-」一般財団法人東京水産振興会編, 東京, 79-94.

Tomiya, T. and Y. Kurita (2011) Seasonal and spatial variation in prey utilization and condition of a piscivorous flat fish *Paralichthys olivaceus*. Aquatic Biology, **11**, 279-288.

鵜寄直文・日比野学・澤田知希 (2015) イカナゴ伊勢・三河湾系群の夏眠魚における被食状況. 黒潮の資源海洋研究, **16**, 93-102.



図1. イカナゴ瀬戸内海東部系群の分布域

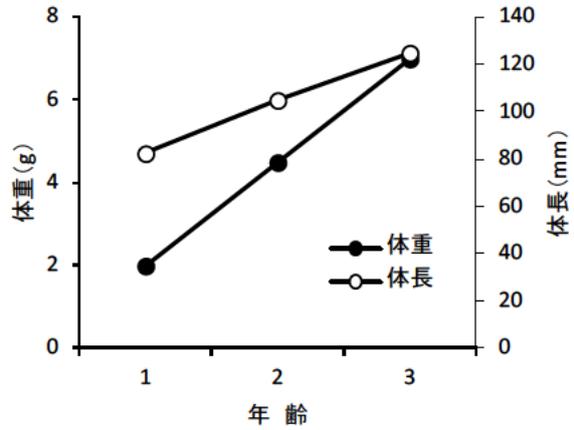


図2. 年齢と成長

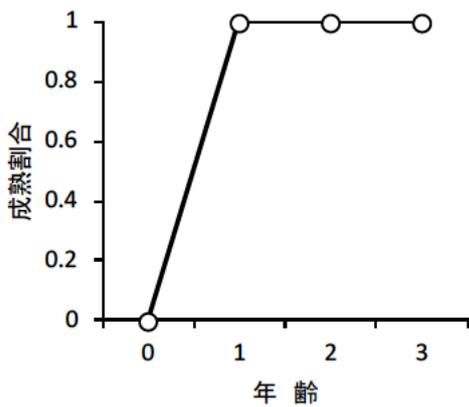


図3. 年齢と成熟率

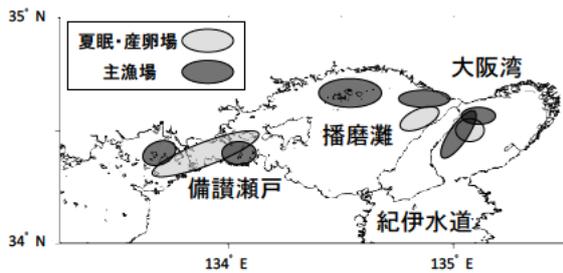


図4. イカナゴ瀬戸内海東部系群の夏眠・産卵場、主漁場

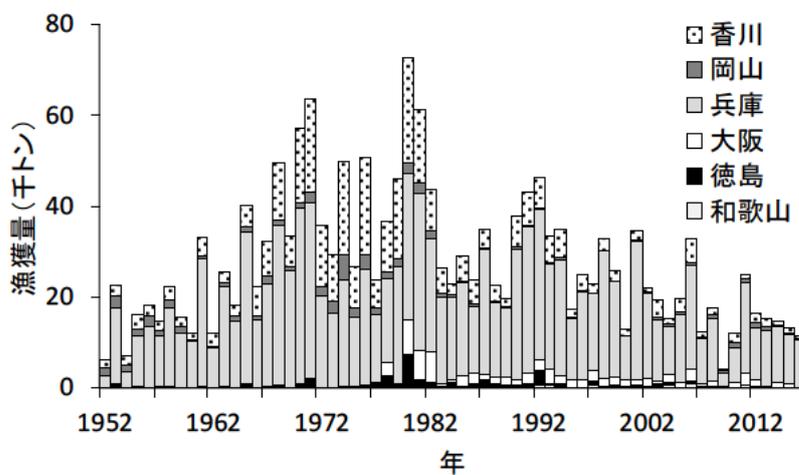


図5. 県別漁獲量の経年推移

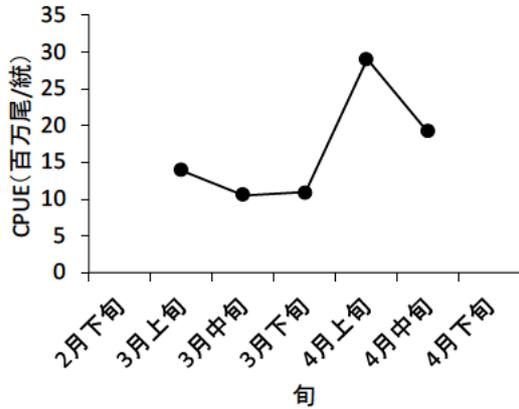


図6. 2016年の播磨灘、大阪湾の代表漁協におけるCPUE平均値の推移

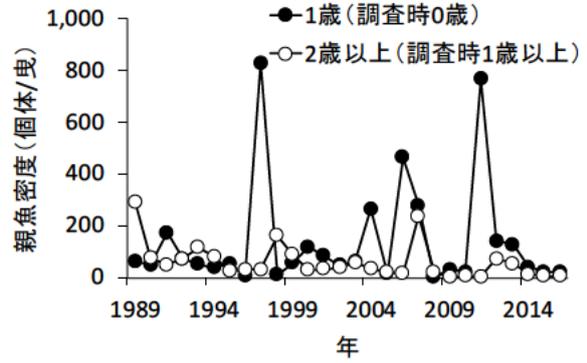


図7. 鹿ノ瀬（播磨灘北東部）における空釣りこぎによる親魚密度の経年推移

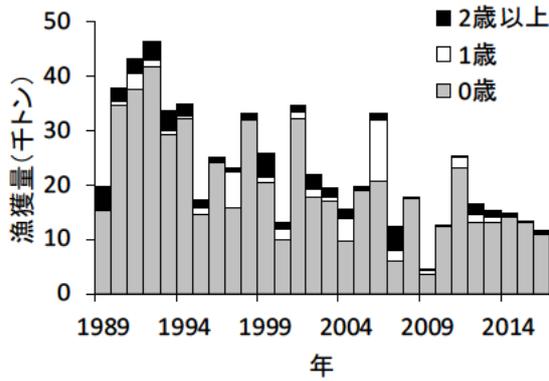


図8. 年齢別漁獲量の経年推移

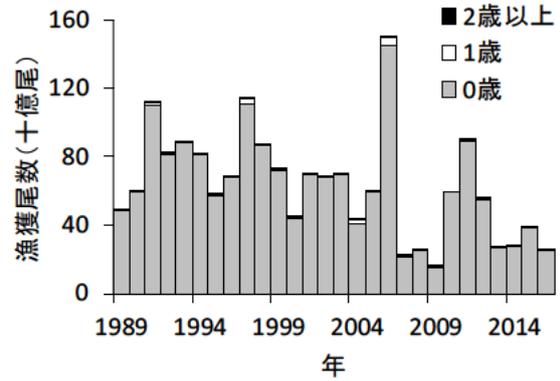


図9. 年齢別漁獲尾数の経年推移

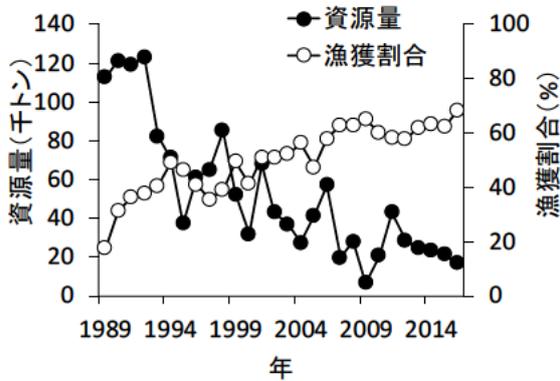


図10. 資源量と漁獲割合の経年推移

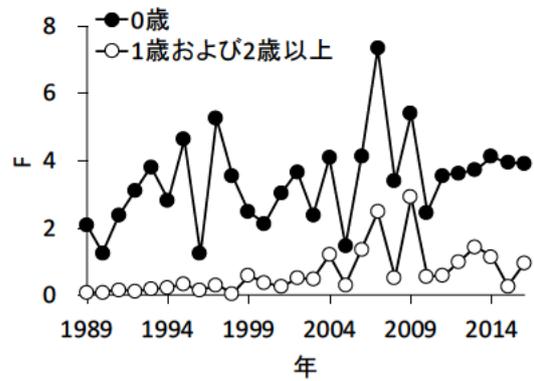


図11. 年齢別Fの経年推移

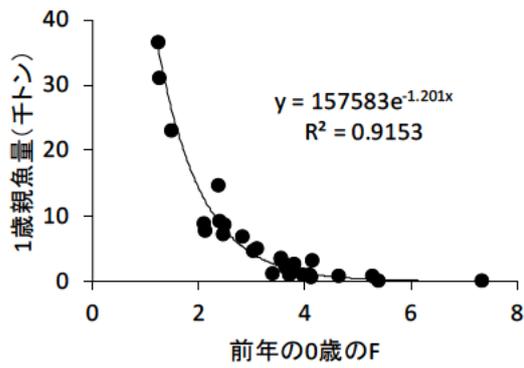


図12. 前年の0歳のFと1歳親魚量の関係

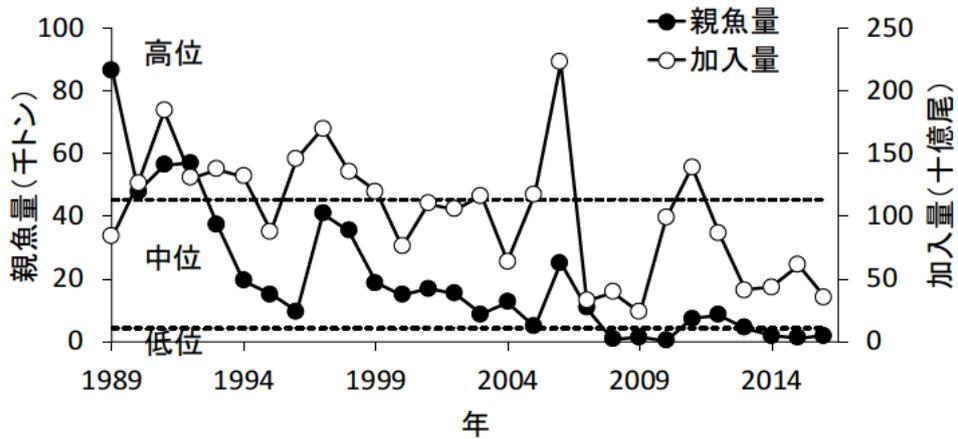


図13. 親魚量と加入量の経年推移

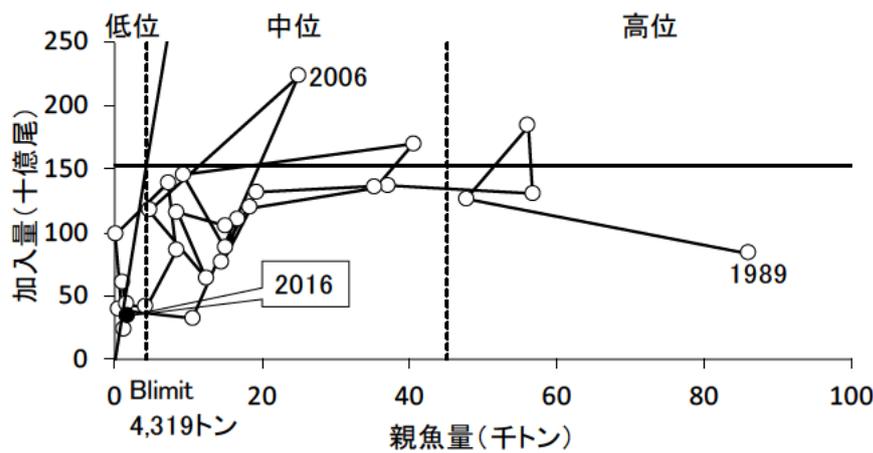


図14. 再生産関係

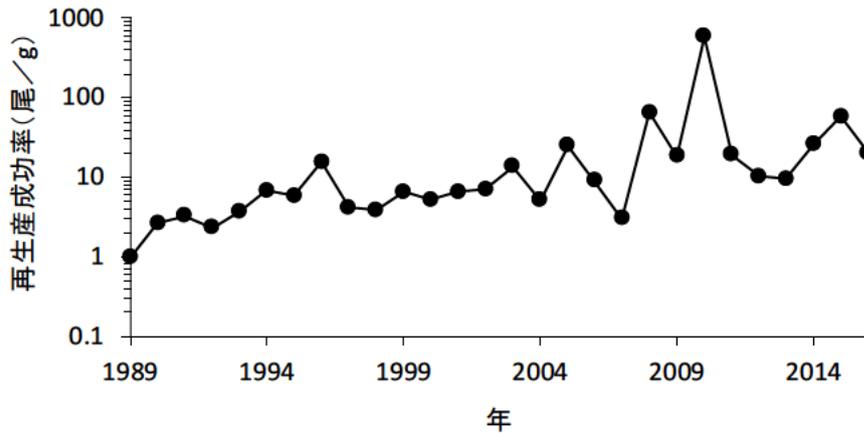


図15. 再生産成功率の経年推移

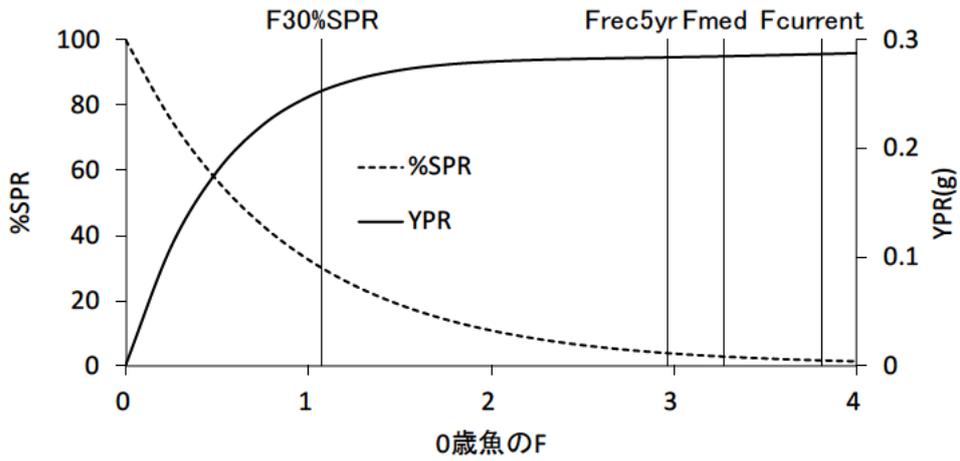


図16. Fと%SPR、YPRとの関係

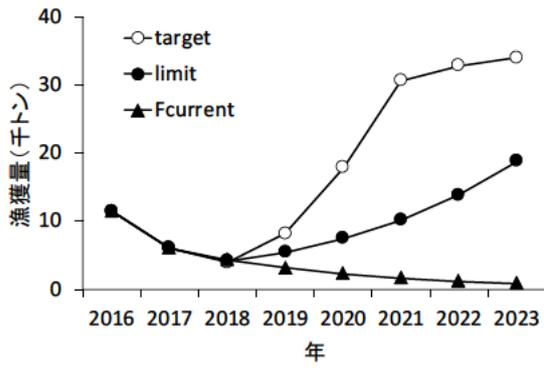


図17. 漁獲量の将来予測結果

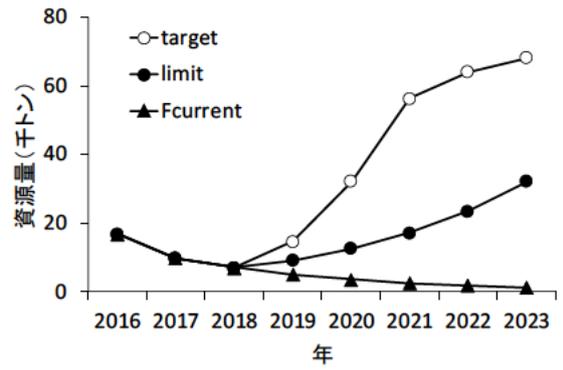


図18. 資源量の将来予測結果

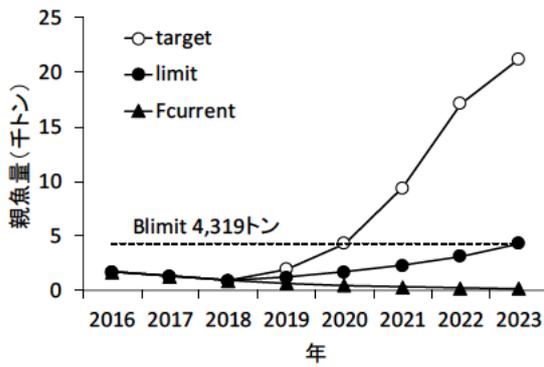


図19. 親魚量の将来予測結果

表1. イカナゴ瀬戸内海東部系群の県別漁獲量（トン）の経年推移

年	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
和歌山	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
徳島	25	749	15	169	30	98	93	65	42	228
大阪	0	85	4	0	4	0	30	-	-	1
兵庫	2,914	16,653	3,630	11,296	13,613	11,164	17,623	12,243	10,121	28,153
岡山	1,454	2,576	1,454	1,679	2,209	1,410	1,554	1,251	366	737
香川	1,713	2,808	1,859	3,190	2,370	2,171	2,895	2,143	1,576	4,196
計	6,105	22,871	6,962	16,334	18,226	14,843	22,195	15,702	12,105	33,315
年	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
和歌山	-	-	-	-	0	40	33	-	14	3
徳島	0	199	0	937	32	152	546	13	674	2,185
大阪	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
兵庫	8,896	22,036	14,900	33,594	15,163	22,856	35,221	25,856	38,948	38,590
岡山	312	1,032	1,100	1,120	861	1,646	1,302	929	1,172	2,314
香川	2,751	2,211	2,100	4,541	6,104	7,351	12,427	6,753	16,405	20,500
計	11,959	25,478	18,100	40,192	22,160	32,045	49,532	33,551	57,213	63,592
年	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
和歌山	-	1	7	-	-	-	8	-	20	40
徳島	8	49	353	171	252	981	2,823	822	7,234	1,895
大阪	-	-	-	85	289	-	2,721	-	7,706	6,246
兵庫	20,201	16,538	23,436	15,473	25,661	15,235	18,632	26,031	32,282	34,446
岡山	2,148	2,394	5,584	1,872	3,217	1,355	1,538	1,739	2,393	2,626
香川	13,582	10,392	20,449	9,082	21,403	6,303	10,886	17,611	23,130	16,001
計	35,939	29,374	49,829	26,683	50,822	23,874	36,608	46,203	72,765	61,254
年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
和歌山	-	-	0	15	132	27	2	10	84	130
徳島	1,225	363	1,012	303	648	1,914	865	525	509	799
大阪	6,682	528	991	2,358	2,504	1,031	1,597	1,917	1,202	2,372
兵庫	25,033	19,026	17,942	20,704	14,736	27,527	16,353	15,100	28,753	32,261
岡山	1,659	946	425	341	320	189	209	377	410	419
香川	9,163	5,722	2,539	5,173	5,548	4,216	3,739	1,660	6,922	7,242
計	43,762	26,585	22,909	28,894	23,888	34,904	22,765	19,589	37,880	43,223
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
和歌山	558	392	207	-	2	501	48	360	62	185
徳島	3,510	479	525	72	62	849	177	145	159	413
大阪	2,100	3,279	2,007	1,497	1,856	2,695	2,075	1,866	1,404	1,459
兵庫	33,129	23,074	25,504	13,758	19,262	16,685	27,787	21,171	9,668	30,214
岡山	382	428	429	160	85	170	138	102	173	310
香川	6,798	5,804	6,238	1,820	3,794	2,117	2,938	2,225	1,638	2,067
計	46,477	33,456	34,910	17,307	25,061	23,017	33,163	25,869	13,104	34,648

0: 単位に満たないもの、-: 漁獲のないもの。

表1. イカナゴ瀬戸内海東部系群の県別漁獲量（トン）の経年推移（続き）

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
和歌山	62	317	377	8	897	16	125	-	25	529
徳島	279	389	757	25	368	84	90	0	35	76
大阪	1,778	691	1,943	914	2,925	757	1,228	110	909	2,857
兵庫	18,625	13,784	10,686	15,197	22,905	9,961	13,814	3,309	7,896	19,999
岡山	316	330	456	614	560	283	882	418	1,077	739
香川	938	3,792	1,167	2,899	5,351	1,252	1,502	470	2,398	931
計	21,998	19,303	15,386	19,657	33,006	12,353	17,641	4,307	12,340	25,131

年	2012	2013	2014	2015	2016
和歌山	17	0	0	0	0
徳島	222	1	0	42	8
大阪	1,594	356	1,129	803	47
兵庫	11,620	12,534	12,372	10,792	10,411
岡山	906	718	346	350	269
香川	2,192	1,620	948	1,314	741
計	16,551	15,229	14,795	13,301	11,476

0: 単位に満たないもの、-: 漁獲のないもの。

表2. 大阪湾と播磨灘における標本漁協の漁獲努力量(統)

年	漁獲努力量		
	大阪湾(0歳)	播磨灘(0歳)	播磨灘(1歳以上)
1989	1,237	1,075	646
1990	1,484	-	703
1991	1,992	-	-
1992	1,852	1,613	868
1993	1,427	1,686	929
1994	1,415	1,675	596
1995	1,180	966	633
1996	1,118	1,640	583
1997	1,181	-	-
1998	1,178	1,724	482
1999	1,090	1,252	648
2000	1,006	960	691
2001	1,641	1,783	836
2002	713	1,121	510
2003	900	1,392	353
2004	738	925	595
2005	790	1,391	499
2006	1,347	751	587
2007	796	1,304	724
2008	490	1,526	209
2009	514	858	253
2010	755	907	39
2011	1,215	1,478	585
2012	866	1,361	503
2013	611	1,382	312
2014	859	873	315
2015	675	909	97
2016	504	1,094	224

- : 情報の欠損したもの。

表 3. イカナゴ瀬戸内海東部系群の親魚密度 (個体/曳)

年	1歳*	2歳以上**	計
1989	61.1	292.3	353.4
1990	49.0	75.6	124.6
1991	173.2	48.8	222.0
1992	72.4	72.4	144.7
1993	52.0	115.9	167.9
1994	36.9	82.1	119.0
1995	54.0	23.1	77.1
1996	7.6	31.2	38.8
1997	828.2	31.8	860.0
1998	10.1	160.7	170.8
1999	55.8	87.2	143.0
2000	117.5	28.5	146.0
2001	83.8	34.2	118.0
2002	46.0	37.0	83.0
2003	63.3	58.7	122.0
2004	265.0	34.0	299.0
2005	14.5	21.0	35.5
2006	463.7	14.3	478.0
2007	278.0	236.9	514.9
2008	2.0	22.1	24.1
2009	29.9	1.5	31.4
2010	22.4	6.7	29.1
2011	766.2	3.1	769.3
2012	141.1	71.8	212.9
2013	126.4	52.9	179.3
2014	40.6	13.4	54.0
2015	21.5	5.5	27.0
2016	20.0	5.0	25.0

\*:調査時(前年12月)の0歳の値を各年1月の1歳の指標とした。

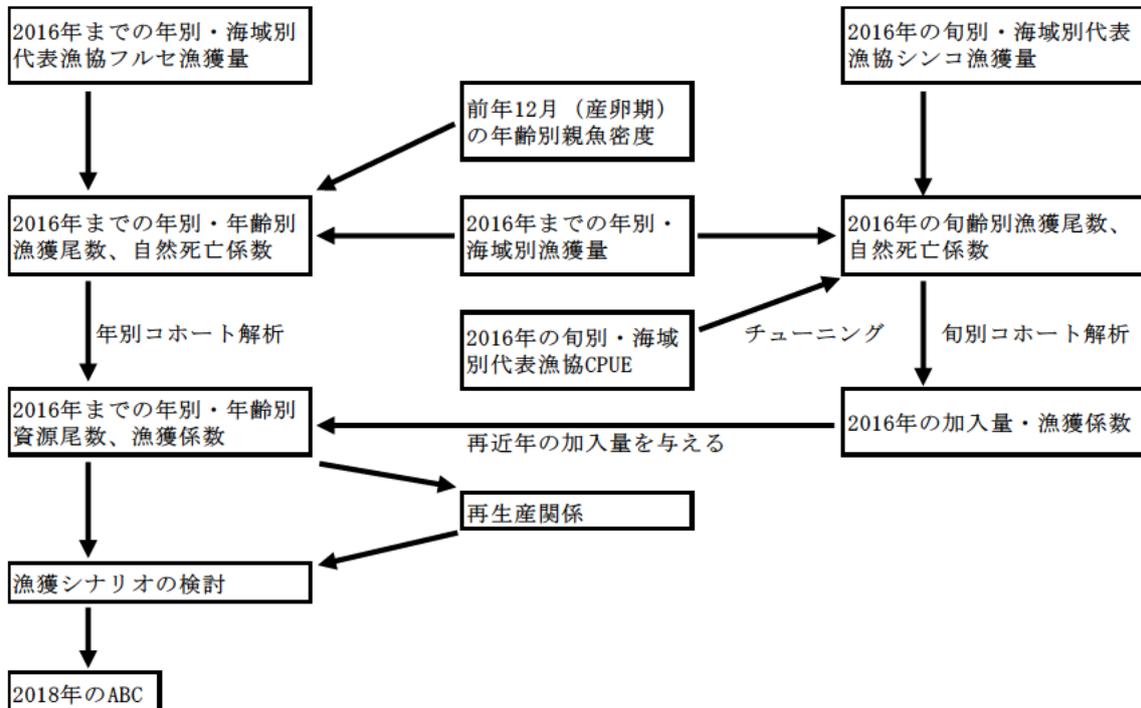
\*\*:調査時(前年12月)の1歳以上の値を各年1月の2歳以上の指標とした。

表4. イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/g)
1989	19,589	112,546	86,185	83,468	17.4	1.0
1990	37,880	121,219	47,798	126,429	31.2	2.6
1991	43,223	118,985	56,165	183,642	36.3	3.3
1992	46,477	123,166	56,812	130,235	37.7	2.3
1993	33,454	82,403	37,080	136,927	40.6	3.7
1994	34,909	71,212	19,313	131,447	49.0	6.8
1995	17,306	37,265	15,005	87,465	46.4	5.8
1996	25,048	61,075	9,364	145,472	41.0	15.5
1997	23,003	64,613	40,629	169,299	35.6	4.2
1998	33,156	85,158	35,335	135,368	38.9	3.8
1999	25,838	52,301	18,476	119,334	49.4	6.5
2000	13,084	31,795	14,620	75,810	41.2	5.2
2001	34,631	67,983	16,824	109,913	50.9	6.5
2002	21,837	42,871	15,084	105,133	50.9	7.0
2003	19,302	36,981	8,463	115,835	52.2	13.7
2004	15,376	27,286	12,479	63,646	56.4	5.1
2005	19,658	41,540	4,746	117,283	47.3	24.7
2006	33,006	56,933	24,976	222,855	58.0	8.9
2007	12,353	19,618	10,595	32,127	63.0	3.0
2008	17,641	28,016	604	38,854	63.0	64.3
2009	4,307	6,625	1,275	23,188	65.0	18.2
2010	12,340	20,529	168	98,296	60.1	585.4
2011	25,131	43,169	7,280	138,853	58.2	19.1
2012	16,551	28,688	8,417	85,655	57.7	10.2
2013	15,229	24,602	4,280	40,950	61.9	9.6
2014	14,795	23,315	1,672	43,167	63.5	25.8
2015	13,301	21,360	1,052	60,524	62.3	57.5
2016	11,476	16,832	1,723	34,987	68.2	20.3

補足資料1. 資源評価の流れ

使用したデータと、資源評価の関係を以下のフローに記す。



補足資料2. 資源計算方法

1) 海域別銘柄別漁獲量の推定方法 (補足表2-1~2-3)

1989~2005年の播磨灘と備讃瀬戸における銘柄別(シンコ:0歳魚、フルセ:1歳魚以上)漁獲量は、兵庫県播磨灘の代表漁協(育波浦)における0歳魚と1歳魚以上の漁獲量比を使って播磨灘、備讃瀬戸の合計漁獲量を案分して求めた。大阪湾、紀伊水道は0歳魚のみの漁獲量とした。

2006年以降、県別統計のみが公表されるようになったため、海域別の漁獲量を以下の方法で計算した。

- ①和歌山県、徳島県、大阪府では0歳魚のみが漁獲されているので、1989~2005年において大阪湾漁獲量から大阪府漁獲量を引いた残りを兵庫県大阪湾の0歳魚漁獲量とした。
- ②1989~2005年において兵庫県漁獲量から兵庫県大阪湾漁獲量を引いた残りを兵庫県播磨灘漁獲量とした。
- ③2006~2016年においては兵庫県播磨灘の代表漁協(育波浦)と兵庫県大阪湾の代表漁協(淡路島岩屋)の漁獲量比で兵庫県漁獲量を案分し、兵庫県大阪湾漁獲量と兵庫県播磨灘漁獲量を求めた。
- ④2006~2016年の播磨灘、備讃瀬戸における0歳魚、1歳魚以上別の漁獲量は、兵庫県播磨灘の代表漁協(育波浦)における0歳魚と1歳魚以上の漁獲量比で香川県、岡山県漁獲量、兵庫県播磨灘の合計漁獲量を案分して求めた。

## 2) 最近年(2016年)の0歳魚旬別漁獲尾数の推定方法(補足表2-4)

大阪湾、紀伊水道の2016年の0歳魚漁獲量を、兵庫県大阪湾の代表漁協(淡路島岩屋)における旬別漁獲量データをもとに旬別に案分した。また、播磨灘、備讃瀬戸の2016年の0歳魚漁獲量を、兵庫県播磨灘の代表漁協(育波浦)における旬別漁獲量データをもとに旬別に案分した。次に、(大阪湾・紀伊水道)、(播磨灘・備讃瀬戸)別に各海域代表漁協における出漁日ごとの平均全長と全長-体重関係式: $BW=1.52 \times 10^{-3} \times TL^3$ <sup>18</sup>(BW:体重g、TL:全長mm;兵庫県 未発表)から各年、各旬の漁獲物の平均体重を求めた。出漁日ごとの平均全長は代表漁協の漁獲物測定結果を元に算定した解禁日からの経過日数との関係式: $D \times 0.4496 + 43.942$ (D:解禁日からの経過日数;兵庫県 未発表)で得られた各年の値を用いた。(大阪湾・紀伊水道)、(播磨灘・備讃瀬戸)別に各旬の漁獲量を各旬の平均体重で除して旬別の漁獲尾数を推定し、足し合わせたものを瀬戸内海東部海域における旬別漁獲尾数とした。

## 3) 年齢別漁獲尾数の推定方法

0歳魚の年間漁獲尾数は、2)で求めた0歳魚の旬別漁獲尾数の総和とする。

1歳、2歳以上魚(プラスグループ)の漁獲尾数は、1)で求めたフルセ漁獲量を親魚密度調査データで得られた前年の年齢別親魚密度で重み付けした平均体重で除して漁獲尾数を求め、さらに上記の年齢別親魚密度の比でこの漁獲尾数を年齢別に案分して求めた。

$$1\text{歳魚以上の漁獲尾数} = 1\text{歳魚以上の漁獲重量} / \text{平均体重} \quad (1)$$

$$\text{平均体重} = \sum_{a=0}^{1+} (\text{前年}a\text{歳の親魚密度} \times a+1\text{歳の体重}) / \text{前年の親魚密度} \quad (2)$$

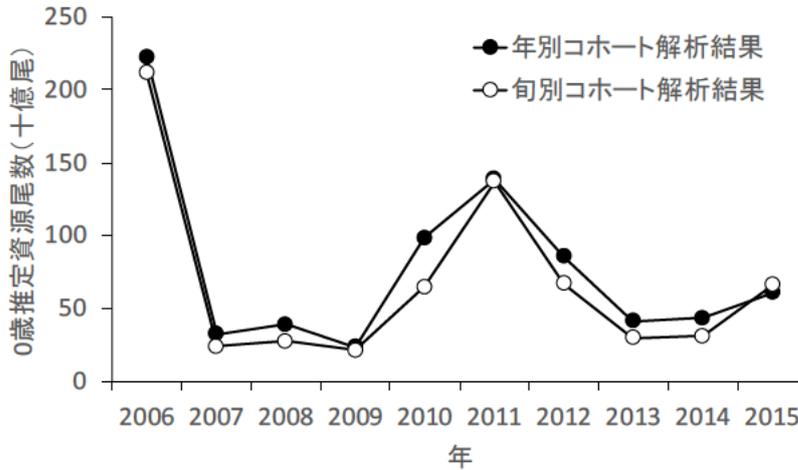
$$a+1\text{歳魚漁獲尾数} = \text{前年}a\text{歳魚の親魚密度} / \text{前年の親魚密度} \times \text{フルセ漁獲尾数} \quad (3)$$

## 4) 最近年(2016年)の加入量等の推定方法

加入量計算に際し、自然死亡係数(M)は田中(1960)の式、

$$M = 2.5 / \text{寿命} \quad (4)$$

により $0.83/\text{年} = 0.023/\text{旬}$ とした。ここで、寿命は3歳とする。シンの漁獲時期は年によって多少変動するが、2~6月の間である。したがって2月1日の資源尾数を旬別コホート解析で推定した0歳魚の資源尾数とした。旬別コホート解析結果で推定された0歳魚の資源尾数は、後述の年別コホート解析結果よりも過小推定であることから(補足図2-1)、最近年を除く過去10年(2006~2015年)の年別コホート解析結果/旬別コホート解析結果の平均値1.24を最近年(2016年)の旬別コホート解析結果に乗じた値を加入量とした。



補足図2-1. 年別コホート解析と旬別コホート解析で推定した0歳資源尾数

旬別コホート解析の基本式は以下に示したPopeの近似式を用いた。その際に、CPUEを指標値とするチューニングを行った（平松 2001）。

$$N_j = N_{j+1} \times \exp(M) + C_j \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (5)$$

ここで、 $N_j$ はj旬における資源尾数、 $C_j$ はj旬における漁獲尾数である。その年の漁期の最終旬（6月下旬）jlastの資源尾数 $N_{jlast}$ を適当に与え、(5)式による後退法で遡って、CPUEが漁期間で最大の旬（ $j=1$ ）までの資源尾数 $N_j$ （ $j=1 \sim jlast-1$ ）を求める。

次に、

$$SSQ = \sum_{j=1}^{jtune} (CPUE_j - q \times N_j)^2 \quad (6)$$

を最小にする $N_{jlast}$ をエクセルのソルバーを使用して探索的に求めた。ここで、 $CPUE_j$ は兵庫県大阪湾の標本漁協（淡路島岩屋）と兵庫県播磨灘の標本漁協（育波浦）の旬別CPUEの平均値、 $q$ は比例定数であり、

$$q = \frac{\sum_{j=1}^{jtune} (CPUE_j \times N_j)}{\sum_{j=1}^{jtune} (N_j^2)} \quad (7)$$

とした。SSQ、 $q$ の計算は漁期間で行うことを基本とし、 $jtune$ をCPUEが2回目に増加する直前の旬とした。 $j=1$ よりも前の旬から遡って2月1日までの旬の資源尾数は、上記で求めた $N_1$ から(5)式による後退法により求めた。

漁獲係数 $F_j$ の計算は、以下の式による。

$$F_j = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_j \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_j} \right\} \quad (8)$$

#### 5) 資源量等推定方法

平松(1999)のコホート解析により年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数を算定した。2歳魚以上をプラスグループとして扱い、1歳魚と2歳魚以上の漁獲係数は同じ年では等しいと仮定した。年別コホート解析の基本式は以下に示したPopeの近似式を用いた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \times \exp(M) + C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (9)$$

ここで、 $N_{a,y}$ は $y$ 年における $a$ 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は $y$ 年における $a$ 歳魚の漁獲尾数、 $M$ は田中(1960)の式により0.83/年とした。

最近年 ( $y_{last}=2016$ 年) の0歳魚の資源尾数 $N_{0,y_{last}}$ は、4) で求めた加入量とした。

最近年 ( $y_{last}$ ) の0歳魚および1歳魚の漁獲係数 $F_{0,y_{last}}$ および $F_{1,y_{last}}$ は、最近年を除く過去3年(2013~2015年)の平均とした。最近年 ( $y_{last}$ ) の2歳以上(プラスグループ)の漁獲係数 $F_{2+,y_{last}}$ は、1歳魚の漁獲係数 $F_{1,y_{last}}$ と等しくなるような値を探索的に求めた。得られた $F_{1,y_{last}}$ および $F_{2+,y_{last}}$ を元に、 $y_{last}$ 年の1歳および2歳以上(プラスグループ)の資源尾数を以下の式で求めた。

$$N_{a,y_{last}} = \frac{C_{a,y_{last}} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,y_{last}})} \quad (10)$$

$y_{last}$ 年より前の2歳以上魚(プラスグループ)、1歳魚の資源尾数、漁獲係数は以下の式で計算した。

$$N_{1,y} = \frac{C_{1,y}}{C_{2+,y} + C_{1,y}} \times N_{2+,y+1} \times \exp(M) + C_{1,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (11)$$

$$N_{2+,y} = \frac{C_{2+,y}}{C_{2+,y} + C_{1,y}} \times N_{2+,y+1} \times \exp(M) + C_{2+,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (12)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right\} \quad (13)$$

## 6) 年別年齢別漁獲尾数を用いたコホート解析におけるチューニングの妥当性の検討

昨年度採用したチューニングコホート解析による資源評価手法の妥当性検討のため、親魚密度を指標値とする資源量を推定し、チューニングをしない場合とした場合の資源量推定値の比較を行った。親魚密度の指標値には、兵庫県が毎年産卵期の12月（漁期前年）に実施している鹿ノ瀬（播磨灘北東部に位置する産卵・夏眠場）における、空釣りこぎ漁具による親魚密度調査で得られた1歳（調査時0歳）および2歳以上（調査時1歳以上）の親魚密度（個体/曳）（表3）を用いた。

1歳魚の $y_{last}$ 年の資源尾数は

$$SSQ_1 + SSQ_{2+} = \sum_{y=1989}^y (U_{0,y-1} - q_1 \times N_{1,y})^2 + \sum_{y=1989}^y (U_{1+,y-1} - q_{2+} \times N_{2+,y})^2 \quad (14)$$

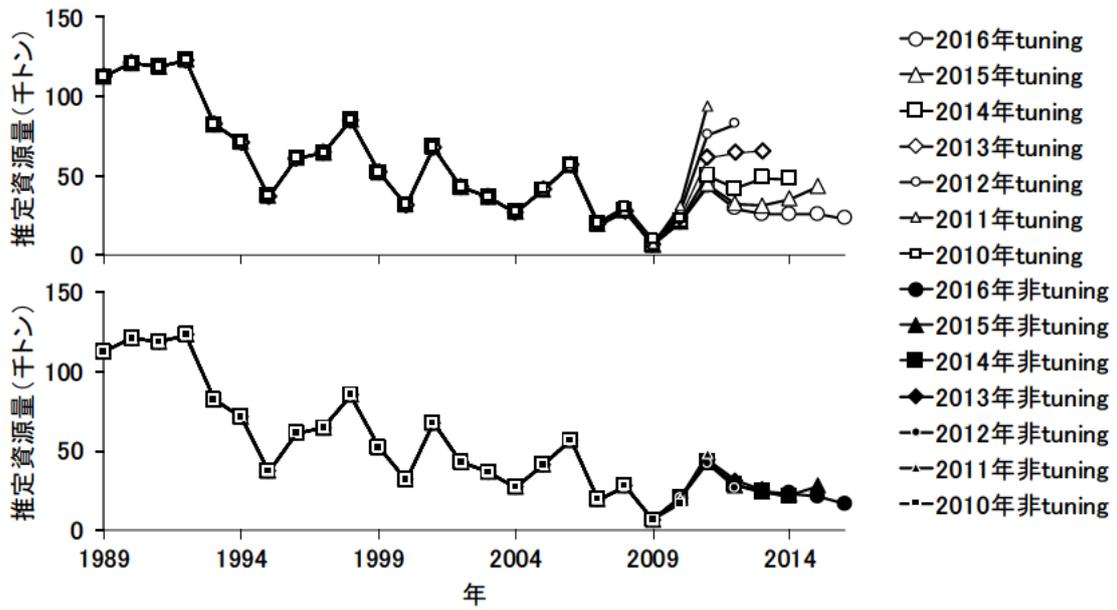
を最小にする $F_{1,y_{last}}$ および $F_{2+,y_{last}}$ を探索的に求めた。ここで、 $U_{0,y-1}$ 、 $U_{1+,y-1}$ は $y-1$ 年の鹿ノ瀬における0歳および1歳以上の親魚密度（個体/曳）を表す。 $q_1$ 、 $q_{2+}$ は比例定数であり、以下の式で求めた。

$$q_1 = \frac{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (U_{0,y-1} \times N_{1,y})}{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (N_{1,y}^2)} \quad (15)$$

$$q_{2+} = \frac{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (U_{1+,y-1} \times N_{2+,y})}{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (N_{2+,y}^2)} \quad (16)$$

得られた $F_{1,y_{last}}$ および $F_{2+,y_{last}}$ を元に、 $y_{last}$ 年の1歳および2歳以上（プラスグループ）の資源尾数を(10)式で、 $y_{last}$ 年より前の1歳魚および2歳以上（プラスグループ）の資源尾数、漁獲係数を(11)~(13)式で計算した。

2016年から2010年まで遡り、同様のチューニングをして推定した資源量とチューニングをしないで推定した資源量を補足図2-2に示す。いずれの年もチューニングを行って推定した資源量が過大となり、チューニングをしないで推定した資源量の方が推定精度が高かった。



補足図2-2. 2010年以降のチューニングの有無による資源量推定値の変化

7) SPR、YPRの計算

SPR、YPRは次式を用いて計算した。

$$SPR = \sum_{a=0}^{2+} (W_a \times SR_a \times \exp(-\sum_{k=1}^{a-1} (F_k + M))) \quad (17)$$

$$YPR = \sum_{a=0}^{2+} \left( \frac{F_a}{F_a + M} \times (1 - \exp(-(M + F_a))) \times W_a \times \exp(-\sum_{k=1}^{a-1} (F_k + M)) \right) \quad (18)$$

$$F_a = S_a \times F_0 \quad (19)$$

以下にSPR、YPR計算のための仮定を示す。

- 年齢a別体重 $W_a$ は、0歳魚については兵庫県の播磨灘の代表漁協（育波浦）、および大阪湾の代表漁協（淡路島岩屋）の各年における漁獲量加重平均値とした（補足資料3）。1歳以上については浜田（1985）により以下のように定めた。

年齢	1歳	2歳以上
体重 (g)	2.0	5.75

- 成熟割合 $SR_a$ は成熟に関する情報をもとに0歳以下は0、1歳以上は1と仮定する。
- a歳以上の漁獲係数 $F_1, F_{2+}$ と0歳魚の漁獲係数 $F_0$ の比（年齢別漁獲選択率： $S_a = F_a / F_0$ ）を2011～2015年の平均値0.24とする。

引用文献

- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis) 「平成12年度資源評価体制確立推進事業  
報告書-資源解析手法教科書-」. 社団法人日本水産資源保護協会, 東京, 104-128.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort  
analysis. Intern Comm. Northw Atl Res Bull, **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 自然死亡係数と寿命の関係. 水産生物のPopulation Dynamicsと資源管理.  
東海水研報, **28**, 162-168.

補足表 2-1. イカナゴ瀬戸内海東部系群の灘・府県別漁獲量（トン）の推定値

年	灘別										府県別					計
	紀伊水道	大阪湾	播磨灘	備讃瀬戸	計	和歌山	徳島	大阪	兵庫	岡山	香川					
1989	552	4,980	12,020	2,037	19,589	10	525	1,917	15,100	377	1,660	19,589				
1990	694	6,666	23,188	7,332	37,880	84	509	1,202	28,753	410	6,922	37,880				
1991	1,368	11,499	22,750	7,606	43,223	130	799	2,372	32,261	419	7,242	43,223				
1992	5,011	12,419	21,994	7,053	46,477	558	3,510	2,100	33,129	382	6,798	46,477				
1993	1,241	9,875	16,245	6,093	33,454	392	477	3,279	23,074	428	5,804	33,454				
1994	926	6,847	20,678	6,458	34,909	207	525	2,007	25,504	429	6,238	34,910				
1995	286	4,057	11,086	1,877	17,306	0	72	1,497	13,758	160	1,820	17,307				
1996	194	4,592	16,410	3,852	25,048	2	62	1,856	19,262	85	3,794	25,061				
1997	1,786	8,204	10,785	2,228	23,003	501	849	2,695	16,685	170	2,117	23,017				
1998	590	7,774	21,789	3,003	33,156	48	177	2,075	27,787	138	2,938	33,163				
1999	767	6,163	16,651	2,257	25,838	360	145	1,866	21,171	102	2,225	25,869				
2000	248	4,116	6,968	1,752	13,084	62	159	1,404	9,668	173	1,638	13,104				
2001	1,159	16,845	14,493	2,134	34,631	185	413	1,459	30,214	310	2,067	34,648				
2002	666	5,727	14,339	1,105	21,837	62	279	1,778	18,625	316	939	21,999				
2003	878	3,622	10,942	3,860	19,302	317	389	691	13,784	330	3,792	19,303				
2004	1,311	5,372	7,481	1,212	15,376	377	757	1,943	10,686	456	1,168	15,387				
2005	113	3,575	13,004	2,966	19,658	8	25	914	15,197	614	2,900	19,658				
2006						897	368	2,925	22,905	560	5,351	33,006				
2007						16	84	757	9,961	283	1,252	12,353				
2008						125	90	1,228	13,814	882	1,502	17,641				
2009						0	0	110	3,309	418	470	4,307				
2010						25	35	909	7,896	1,077	2,398	12,340				
2011						529	76	2,857	19,999	739	931	25,131				
2012						17	222	1,594	11,620	906	2,192	16,551				
2013						0	1	356	12,534	718	1,620	15,229				
2014						0	0	1,129	12,372	346	948	14,795				
2015						0	42	803	10,792	350	1,314	13,301				
2016						0	8	47	10,411	269	741	11,476				

補足表 2-2. イカナゴ瀬戸内海東部系群の兵庫県における海域・銘柄別漁獲量（トン）の推定値

年	播磨灘代表漁協 シンコ（0歳魚）	播磨灘代表漁協 フルセ（1歳魚以上）	大阪湾代表漁協 シンコ（0歳魚）	大阪湾における 漁獲量	播磨灘における 漁獲量
1989	2,670	1,183	868	3,063	12,037
1990	8,552	980	2,176	5,464	23,289
1991	7,049	1,599	3,670	9,127	23,134
1992	6,335	1,214	4,245	10,319	22,810
1993	6,937	1,621	1,872	6,596	16,478
1994	5,608	622	1,714	4,840	20,664
1995	1,438	391	750	2,560	11,198
1996	3,743	158	916	2,736	16,526
1997	2,012	2,549	1,833	5,509	11,176
1998	5,635	299	2,278	5,699	22,088
1999	1,987	792	1,347	4,297	16,874
2000	1,137	624	981	2,712	6,956
2001	5,702	1,015	6,384	15,386	14,828
2002	2,397	833	1,366	3,949	14,676
2003	2,557	447	1,192	2,931	10,853
2004	746	1,477	1,308	3,429	7,257
2005	5,929	337	1,232	2,661	12,536
2006	1,092	2,720	3,922	11,615	11,290
2007	1,881	2,904	496	936	9,025
2008	6,095	70	775	1,542	12,272
2009	392	111	111	597	2,712
2010	1,359	8	953	3,244	4,652
2011	4,298	815	3,580	8,236	11,763
2012	2,707	1,100	1,034	2,481	9,139
2013	3,629	648	238	660	11,874
2014	1,521	170	1,653	6,116	6,256
2015	963	20	581	4,010	6,782
2016	1,964	135	111	524	9,887

補足表 2-2. イカナゴ瀬戸内海東部系群の兵庫県における海域別銘柄別漁獲量（トン）の推定値（続き）

年	兵庫県のイカナゴ 漁獲量に占める 大阪湾の割合	播磨灘の代表漁協の 漁獲量に占める 0歳魚の割合
1989	0.20	0.69
1990	0.19	0.90
1991	0.28	0.82
1992	0.31	0.84
1993	0.29	0.81
1994	0.19	0.90
1995	0.19	0.79
1996	0.14	0.96
1997	0.33	0.44
1998	0.21	0.95
1999	0.20	0.71
2000	0.28	0.65
2001	0.51	0.85
2002	0.21	0.74
2003	0.21	0.85
2004	0.32	0.34
2005	0.18	0.95
2006	0.51	0.29
2007	0.09	0.39
2008	0.11	0.99
2009	0.18	0.78
2010	0.41	0.99
2011	0.41	0.84
2012	0.21	0.71
2013	0.05	0.85
2014	0.49	0.90
2015	0.37	0.98
2016	0.05	0.94

補足表 2-3. イカナゴ瀬戸内海東部系群の海域・銘柄別漁獲量（トン）の推定値

年	シンコ（0歳魚）			フルセ（1歳魚以上）
	紀伊水道・大阪湾	播磨灘・備讃瀬戸	瀬戸内海東部	
1989	5,532	9,742	15,274	4,315
1990	7,360	27,381	34,741	3,139
1991	12,867	24,743	37,610	5,613
1992	17,430	24,377	41,807	4,670
1993	11,116	18,107	29,223	4,231
1994	7,773	24,428	32,201	2,708
1995	4,343	10,191	14,534	2,772
1996	4,786	19,440	24,226	822
1997	9,990	5,740	15,730	7,273
1998	8,364	23,543	31,907	1,249
1999	6,930	13,516	20,446	5,392
2000	4,364	5,629	9,993	3,091
2001	18,004	14,115	32,119	2,512
2002	6,393	11,463	17,856	3,981
2003	4,500	12,598	17,098	2,204
2004	6,683	2,916	9,599	5,777
2005	3,688	15,111	18,799	859
2006	15,805	4,929	20,734	12,272
2007	1,793	4,151	5,945	6,408
2008	2,985	14,490	17,475	166
2009	707	2,804	3,511	796
2010	4,213	8,079	12,292	48
2011	11,698	11,291	22,989	2,142
2012	4,314	8,701	13,015	3,536
2013	1,017	12,057	13,075	2,154
2014	7,245	6,793	14,038	757
2015	4,855	8,278	13,133	168
2016	579	10,196	10,775	701

補足表 2-4. 最近年のイカナゴ瀬戸内海東部系群 0 歳魚の漁獲尾数（百万尾）、  
CPUE（百万尾/統）、漁獲係数（1/旬）、資源尾数（百万尾）  
斜字は解析期間を表す。

2016年		漁獲尾数	CPUE	漁獲係数	資源尾数
2月	上旬				28,158
	中旬				27,518
	下旬				26,892
3月	上旬	4,146	13.9	0.174	26,281
	中旬	6,093	10.5	0.336	21,585
	下旬	7,487	11.0	0.698	15,071
4月	上旬	6,497	29.0	2.273	7,327
	中旬	728	19.2	6.443	738
	下旬				

## 補足資料3. コホート解析結果の詳細(1989~1995年)

## 年齢別漁獲尾数(百万尾)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	48,362	59,823	109,944	82,056	88,288	81,557	57,108
1歳	146	288	1,550	603	286	183	621
2歳以上	700	446	437	603	636	407	266
計	49,208	60,557	111,931	83,261	89,210	82,147	57,995

## 年齢別漁獲量(トン)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	15,274	34,741	37,610	41,807	29,223	32,201	14,534
1歳	293	577	3,100	1,205	572	366	1,242
2歳以上	4,023	2,562	2,514	3,465	3,659	2,342	1,530
計	19,589	37,880	43,223	46,477	33,454	34,909	17,306

## 年齢別漁獲係数

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	2.11	1.27	2.39	3.12	3.82	2.83	4.65
1歳	0.08	0.10	0.16	0.13	0.19	0.24	0.33
2歳以上	0.08	0.10	0.16	0.13	0.19	0.24	0.33
計	2.27	1.47	2.72	3.38	4.20	3.31	5.31

## 年齢別資源尾数(百万尾)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	83,468	126,429	183,642	130,235	136,927	131,447	87,465
1歳	2,923	4,393	15,508	7,331	2,506	1,305	3,361
2歳以上	13,972	6,785	4,374	7,331	5,577	2,905	1,440
計	100,363	137,606	203,523	144,896	145,010	135,657	92,266

## 年齢別資源量(トン)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	26,361	73,421	62,820	66,354	45,323	51,899	22,260
1歳	5,846	8,786	31,015	14,661	5,011	2,610	6,722
2歳以上	80,340	39,013	25,150	42,151	32,069	16,703	8,283
計	112,546	121,219	118,985	123,166	82,403	71,212	37,265

## 年齢別親魚量(トン)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	0	0	0	0	0	0	0
1歳	5,846	8,786	31,015	14,661	5,011	2,610	6,722
2歳以上	80,340	39,013	25,150	42,151	32,069	16,703	8,283
計	86,185	47,798	56,165	56,812	37,080	19,313	15,005

## 年齢別平均体重(g)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	0.32	0.58	0.34	0.51	0.33	0.39	0.25
1歳	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2歳以上	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75

## コホート解析結果の詳細（続き）（1996～2002年）

## 年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	68,152	111,037	86,691	72,134	44,108	69,008	67,557
1歳	32	3,275	13	490	911	578	601
2歳以上	132	126	213	767	221	236	484
計	68,316	114,437	86,917	73,391	45,240	69,821	68,641

## 年齢別漁獲量（トン）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	24,226	15,730	31,907	20,446	9,993	32,119	17,856
1歳	64	6,550	27	981	1,822	1,155	1,201
2歳以上	759	723	1,222	4,411	1,269	1,357	2,780
計	25,048	23,003	33,156	25,838	13,084	34,631	21,837

## 年齢別漁獲係数

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	1.24	5.27	3.56	2.49	2.14	3.04	3.68
1歳	0.14	0.32	0.06	0.58	0.39	0.26	0.51
2歳以上	0.14	0.32	0.06	0.58	0.39	0.26	0.51
計	1.53	5.91	3.67	3.66	2.92	3.56	4.70

## 年齢別資源尾数（百万尾）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	145,472	169,299	135,368	119,334	75,810	109,913	105,133
1歳	364	18,294	377	1,681	4,309	3,869	2,275
2歳以上	1,502	703	6,014	2,629	1,044	1,580	1,832
計	147,338	188,295	141,759	123,643	81,163	115,362	109,240

## 年齢別資源量（トン）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	51,710	23,984	49,823	33,825	17,176	51,158	27,787
1歳	728	36,587	754	3,361	8,618	7,738	4,551
2歳以上	8,637	4,042	34,581	15,115	6,002	9,087	10,533
計	61,075	64,613	85,158	52,301	31,795	67,983	42,871

## 年齢別親魚量（トン）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	0	0	0	0	0	0	0
1歳	728	36,587	754	3,361	8,618	7,738	4,551
2歳以上	8,637	4,042	34,581	15,115	6,002	9,087	10,533
計	9,364	40,629	35,335	18,476	14,620	16,824	15,084

## 年齢別平均体重（g）

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	0.36	0.14	0.37	0.28	0.23	0.47	0.26
1歳	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2歳以上	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75

## コホート解析結果の詳細（続き）（2003～2009年）

## 年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	69,449	41,261	59,922	144,585	21,166	24,770	15,218
1歳	301	2,110	83	5,635	929	2	348
2歳以上	279	271	120	174	791	28	18
計	70,028	43,642	60,126	150,395	22,886	24,800	15,583

## 年齢別漁獲量（トン）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	17,098	9,599	18,799	20,734	5,945	17,475	3,511
1歳	601	4,220	166	11,270	1,858	5	695
2歳以上	1,603	1,557	693	1,002	4,550	161	101
計	19,302	15,376	19,658	33,006	12,353	17,641	4,307

## 年齢別漁獲係数

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	2.40	4.10	1.49	4.14	7.35	3.41	5.41
1歳	0.50	1.21	0.32	1.37	2.49	0.54	2.94
2歳以上	0.50	1.21	0.32	1.37	2.49	0.54	2.94
計	3.41	6.52	2.13	6.88	12.34	4.49	11.28

## 年齢別資源尾数（百万尾）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	115,835	63,646	117,283	222,855	32,127	38,854	23,188
1歳	1,154	4,558	460	11,468	1,536	9	557
2歳以上	1,070	585	666	355	1,308	102	28
計	118,059	68,789	118,409	234,678	34,971	38,965	23,773

## 年齢別資源量（トン）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	28,518	14,806	36,794	31,957	9,023	27,411	5,349
1歳	2,308	9,116	919	22,936	3,072	18	1,114
2歳以上	6,155	3,363	3,827	2,039	7,523	586	161
計	36,981	27,286	41,540	56,933	19,618	28,016	6,625

## 年齢別親魚量（トン）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	0	0	0	0	0	0	0
1歳	2,308	9,116	919	22,936	3,072	18	1,114
2歳以上	6,155	3,363	3,827	2,039	7,523	586	161
計	8,463	12,479	4,746	24,976	10,595	604	1,275

## 年齢別平均体重（g）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	0.25	0.23	0.31	0.14	0.28	0.71	0.23
1歳	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2歳以上	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75

## コホート解析結果の詳細（続き）（2010～2016年）

## 年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	59,342	88,945	54,994	26,345	27,998	39,139	24,951
1歳	13	1,059	718	489	194	48	204
2歳以上	4	4	365	205	64	12	51
計	59,359	90,008	56,077	27,039	28,256	39,200	25,206

## 年齢別漁獲量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	12,292	22,989	13,015	13,075	14,038	13,133	10,775
1歳	26	2,117	1,436	978	389	97	408
2歳以上	22	24	2,100	1,177	369	71	293
計	12,340	25,131	16,551	15,229	14,795	13,301	11,476

## 年齢別漁獲係数

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	2.47	3.56	3.65	3.73	4.13	3.96	3.94
1歳	0.57	0.59	1.01	1.44	1.16	0.28	0.96
2歳以上	0.57	0.59	1.01	1.44	1.16	0.28	0.96
計	3.61	4.75	5.67	6.61	6.45	4.52	5.86

## 年齢別資源尾数（百万尾）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	98,296	138,853	85,655	40,950	43,167	60,524	34,987
1歳	45	3,599	1,709	971	429	303	501
2歳以上	13	14	870	406	142	78	125
計	98,355	142,465	88,233	42,328	43,737	60,904	35,613

## 年齢別資源量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	20,361	35,889	20,271	20,323	21,643	20,308	15,109
1歳	90	7,197	3,417	1,942	858	606	1,003
2歳以上	78	83	5,000	2,337	814	446	721
計	20,529	43,169	28,688	24,602	23,315	21,360	16,832

## 年齢別親魚量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	0	0	0	0	0	0	0
1歳	90	7,197	3,417	1,942	858	606	1,003
2歳以上	78	83	5,000	2,337	814	446	721
計	168	7,280	8,417	4,280	1,672	1,052	1,723

## 年齢別平均体重（g）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	0.21	0.26	0.24	0.50	0.50	0.34	0.43
1歳	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2歳以上	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75

## 補足資料4 将来予測の詳細

Flimit=Frec5yrを適用した場合の将来予測

イカナゴ瀬戸内海東部系群の平均体重(g)、自然死亡係数

年齢	平均体重	自然死亡係数
0歳	0.34	0.83
1歳	2.00	0.83
2歳+	5.75	0.83

イカナゴ瀬戸内海東部系群の漁獲係数

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	選択率
0歳	3.80	3.80	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	1.00
1歳	0.90	0.90	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.24
2歳+	0.90	0.90	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.24
平均	1.87	1.87	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	

2016年は2011～2015年の平均値、2017以降は選択率が2016年と同じと仮定した。

イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源尾数(百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	34,987	25,176	18,121	23,722	32,587	44,342	60,449	82,377
1歳	501	340	245	418	548	752	1,024	1,396
2歳+	125	111	80	71	107	143	195	266
合計	35,613	25,627	18,446	24,211	33,241	45,237	61,668	84,038

イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源量(トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	15,109	8,500	6,118	8,009	11,002	14,971	20,410	27,813
1歳	1,003	680	489	837	1,095	1,505	2,047	2,791
2歳+	721	640	461	407	613	820	1,122	1,528
合計	16,832	9,820	7,069	9,253	12,711	17,296	23,579	32,132
親魚量	1,723	1,320	950	1,244	1,709	2,325	3,169	4,319

イカナゴ瀬戸内海東部系群の漁獲尾数(百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	24,951	16,254	11,333	14,835	20,379	27,731	37,804	51,517
1歳	204	133	81	138	181	248	338	461
2歳+	51	44	26	23	35	47	64	88
合計	25,206	16,431	11,440	14,997	20,595	28,026	38,206	52,065

イカナゴ瀬戸内海東部系群の漁獲量(トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	10,775	5,488	3,826	5,009	6,881	9,363	12,764	17,394
1歳	408	266	161	276	362	497	676	922
2歳+	293	251	152	134	202	271	370	504
合計	11,476	6,004	4,140	5,420	7,445	10,130	13,810	18,820
漁獲割合	68%	61%	59%	59%	59%	59%	59%	59%

## 補足資料5 将来予測の詳細

Ftarget=0.8Frec5yrを適用した場合の将来予測

イカナゴ瀬戸内海東部系群の平均体重(g)、自然死亡係数

年齢	平均体重	自然死亡係数
0歳	0.34	0.83
1歳	2.00	0.83
2歳+	5.75	0.83

イカナゴ瀬戸内海東部系群の漁獲係数

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	選択率
0歳	3.80	3.80	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	1.00
1歳	0.90	0.90	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.24
2歳+	0.90	0.90	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.24
平均	1.87	1.87	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	

2016年は2011～2015年の平均値、2017以降は選択率が2016年と同じと仮定した。

イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源尾数(百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	34,987	25,176	18,121	37,641	82,578	138,853	138,853	138,853
1歳	501	340	245	753	1,564	3,431	5,770	5,770
2歳+	125	111	80	81	209	444	971	1,688
合計	35,613	25,627	18,446	38,476	84,351	142,728	145,593	146,310

イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源量(トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	15,109	8,500	6,118	12,709	27,881	46,881	46,881	46,881
1歳	1,003	680	489	1,506	3,128	6,863	11,539	11,539
2歳+	721	640	461	468	1,201	2,553	5,581	9,706
合計	16,832	9,820	7,069	14,683	32,211	56,297	64,001	68,127
親魚量	1,723	1,320	950	1,974	4,330	9,416	17,120	21,245

イカナゴ瀬戸内海東部系群の漁獲尾数(百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	24,951	16,254	10,826	22,487	49,333	82,953	82,953	82,953
1歳	204	133	69	212	440	964	1,622	1,622
2歳+	51	44	23	23	59	125	273	474
合計	25,206	16,431	10,917	22,722	49,832	84,042	84,847	85,049

イカナゴ瀬戸内海東部系群の漁獲量(トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	10,775	5,488	3,655	7,593	16,656	28,008	28,008	28,008
1歳	408	266	137	423	879	1,929	3,243	3,243
2歳+	293	251	130	131	338	718	1,569	2,728
合計	11,476	6,004	3,922	8,147	17,873	30,654	32,820	33,979
漁獲割合	68%	61%	55%	55%	55%	54%	51%	50%