

平成28（2016）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123千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7千トンまで減少した。その後、2011年まで増加し、近年は横ばい傾向にあり、2015年は41千トンであった。再生産関係から、 B_{limit} を親魚量8千トンとした。2015年の親魚量（15千トン）は B_{limit} を上回っていることから、資源水準を中位、最近5年間（2011～2015年）の親魚量の推移から動向を横ばいと判断した。再生産関係が利用でき、親魚量が B_{limit} を上回っているので、ABC算定規則1-1)-(1)を適用し、2015年の親魚量を維持することを管理目標としてABCを算定した。管理基準として再生産関係の中央値に相当するF値（ $F_{med}=2.46$ ）を F_{limit} とした。

管理基準	Target/ Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (千トン)	$B_{limit}=$ 8 千トン
					親魚量 5 年後 (千トン)
Fmed	Target	1.97	45	18	34
	Limit	2.46	49	19	12

$F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値0.8を用いた。Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。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、より安定的な資源の増大または維持が期待されるF値による漁獲量である。また、F値（漁獲係数）は0歳魚の値、漁獲割合はABC/資源量とした。2015年の親魚量は15千トンであった。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2012	32,119	11,341	16,551	3.00	52
2013	30,684	8,378	15,229	2.20	50
2014	34,614	8,443	14,795	1.68	43
2015	40,804	14,676	12,254	1.21	30
2016	42,746	12,851	—	—	—

水準：中位 動向：横ばい

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)
資源量指数 ・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)

*は旬齢別、**は年齢別コホート解析におけるチューニング指数である。

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)は主に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。当地では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。その原因のひとつに海砂などの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。海砂採取は1997年頃から徐々に減少し、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)、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(井上ら 1967)。

瀬戸内海東部海域では、底質が砂で潮流の速い播磨灘北東部、備讃瀬戸の狭い海域が産卵場である(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(日下部ら 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)。春から夏にかけて水温が上昇し、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1989～2015

年の漁獲期間2月下旬～6月上旬の加重平均値0.33g、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～翌年1月である。大規模な産卵場は播磨灘北東部と備讃瀬戸である（浜田 1985、図4）。

(4) 被捕食関係

仔・稚魚は小型のカイアシ類やその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、幼魚や成魚はヒラメ等多くの底魚類に捕食されている（山下ら 1993、鶴寄ら 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月末から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月末から3月上旬に始まり、4月下旬頃に終了する。大阪府では、シンコ漁のみで通常2月末～3月上旬に始まり、1ヶ月ほど続く。解禁日や1日の操業時間は兵庫県と共同で取り決めている。香川県では通常1月中旬から2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6千トンから増加傾向が続き、1971年には64千トンまで増加した。その後20千～50千トンの水準で変動したが、1980年には、過去最高の73千トンに達した。しかし、1989年には20千トンまで減少し、1991年には43千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4千トンとなった。2011年にはやや増加し25千トン、2015年には12千トンとなった（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）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、漁獲努力量は減少傾向が見られる。

4. 資源の状況

(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齢別コホート解析により、各年の資源量を推定し

た。年齢別コホート解析では、親魚密度を指標値とするチューニングを行った。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のデータを用いた。空釣り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）。

なお、直近年の加入量の推定は日下部ら（2004）を参考に旬齢別コホート解析で行った。旬齢別コホート解析では兵庫県の播磨灘における代表漁協（育波浦）と兵庫県の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

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、2015年は27個体/曳に減少した（図6、表3）。

直近年の兵庫県の播磨灘における代表漁協（育波浦）と大阪湾における代表漁協（淡路島岩屋）の漁期は2月下旬～4月上旬で、CPUEの平均値は3月上旬にピークを示した（図7、補足表2-4）。

（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図8、9および補足資料3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7千トンとなったが、2011年には45千トンに増加し、2015年には41千トンとなった（図10、表4）。2015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1.21/年、0.02/年、資源量に対する漁獲割合は30%であった（図10、11、表4、補足資料3）。

親魚量は1989年以降漸減しており、2010年には186トンまで減少したが、2015年には15千トンに増加した（図12、表4）。加入量（0歳魚の資源尾数）は1991～2009年まで長期的に減少傾向にあったが、2010年に急増し2011年には140十億尾となった。2015年には77十億尾となった（図12、表4）。

（5）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とし、再生産関係（図13）において加入量の上位10%を示す直線とRPSの上位10%を示す直線の交点となる親魚量（8千トン）とした。2015年の親魚量は15千トンでBlimit を上回っている。

（6）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（39千トン）とした（図12）。2015年の親魚量は15千トンであったことから、資源水準は中位と判断した。また、過去5年間（2011～2015年）の親魚量の推移から資源動向は横ばいと

判断した。

(7) 資源と漁獲の関係

1歳の親魚量と前年の0歳魚の漁獲係数Fとの間には負の相関関係があった（図14）。2010年まではFの増加に伴い、親魚量が減少傾向であった。2011年以降Fが減少すると親魚量の増加がみられた（図11、12）。過剰な漁獲は資源の減少をまねく可能性がある。なお、直近年の1歳魚以上のFが低かったが、漁期が短いなどの漁業実態と一致していた。

(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、1.0～536.4尾/gで変動が大きい。近年は減少傾向が認められた（図15、表4）。

2016年以降の年間加入量については、RPSが直近年を除く過去4年間（2011～2014年）の中央値（7.0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2-6）。Fcurrent（2011～2014年の平均値）は2.54であり、2011～2014年のRPSの中央値（RPSmed=7.0尾/g）に相当するF値（Fmed=2.46）より高く、経験的に推奨されるF30%SPR（1.06）よりもかなり高かった。

5. 2017年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

2015年の親魚量（15千トン）はBlimit（8千トン）を上回っている。本系群の資源水準は中位、近年5年間（2011～2015年）の親魚量の推移から横ばいと判断した。

(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を上回ることから、ABC算定規則1-1)-(1)を適用し、2017年のABCを算定した（補足資料1）。資源水準は中位、動向は横ばいで比較的安定していることから、2015年の親魚量を維持することを管理目標とし、再生産関係の中央値に相当するF値（Fmed = 2.46）を管理基準とした。

$$F_{limit} = F_{med}$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

α は不確実性を考慮した安全率で、基準値0.8とした。Flimit = Fmedの時の漁獲量をABClimit、Ftarget = 0.8Fmed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（2011～2014年の平均値）における選択率を適用した。2016年以降の加入量は、最近年を除く過去4年間（2011～2014年）のRPSの中央値（7.0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。2016年の漁獲係数はFcurrentと仮定した。

管理基準	Target / Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (千トン)
Fmed	Target	1.97	45	18
	Limit	2.46	49	19

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 = α Flimitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。Fmedは2011～2014年のRPSの中央値 (RPSmed = 7.0尾/g) に相当するF値である。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2017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、親魚量は下表および図17～19に示した。2017年以降にFlimitで管理した場合は、2021年に期待される漁獲量、資源量、親魚量は現状の漁獲係数Fcurrent (2011～2014年の平均値) を継続するより増加する。2017年以降にFtargetで管理した場合は、2021年に期待される親魚量は現在の3.5倍の水準となり、資源量は2.5倍となる。

漁獲量 (トン)								
F	管理基準	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.51	0.2Fcurrent	12,254	21,189	7,940	15,148	18,744	21,394	22,324
1.02	0.4Fcurrent	12,254	21,189	12,925	23,250	27,020	29,597	30,497
1.52	0.6Fcurrent	12,254	21,189	16,116	27,575	30,441	32,271	32,925
1.97	0.8Fmed=Ftarget	12,254	21,189	17,993	24,260	30,938	32,317	33,003
2.03	0.8Fcurrent	12,254	21,189	18,210	23,509	30,943	32,271	32,961
2.46	Fmed=Flimit	12,254	21,189	19,441	19,012	19,212	19,179	19,165
2.54	Fcurrent	12,254	21,189	19,629	18,302	17,558	16,590	15,723
3.05	1.2Fcurrent	12,254	21,189	20,630	14,513	10,131	6,742	4,618
3.55	1.4Fcurrent	12,254	21,189	21,365	11,833	6,191	2,894	1,476

		資源量 (トン)						
F	管理基準	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.51	0.2Fcurrent	40,804	42,746	39,600	98,008	163,001	210,915	227,727
1.02	0.4Fcurrent	40,804	42,746	39,600	80,047	115,605	139,912	148,407
1.52	0.6Fcurrent	40,804	42,746	39,600	69,035	87,832	99,837	104,128
1.97	0.8Fmed=Ftarget	40,804	42,746	39,600	53,392	69,618	76,878	80,492
2.03	0.8Fcurrent	40,804	42,746	39,600	51,123	67,692	74,500	78,040
2.46	Fmed=Flimit	40,804	42,746	39,600	38,726	39,132	39,066	39,038
2.54	Fcurrent	40,804	42,746	39,600	36,922	35,420	33,468	31,720
3.05	1.2Fcurrent	40,804	42,746	39,600	27,859	19,447	12,941	8,865
3.55	1.4Fcurrent	40,804	42,746	39,600	21,932	11,475	5,364	2,736

		親魚量 (トン)						
F	管理基準	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.51	0.2Fcurrent	14,676	12,851	11,905	51,154	116,148	164,062	180,874
1.02	0.4Fcurrent	14,676	12,851	11,905	33,193	68,752	93,059	101,553
1.52	0.6Fcurrent	14,676	12,851	11,905	22,181	40,979	52,983	57,275
1.97	0.8Fmed=Ftarget	14,676	12,851	11,905	16,051	22,764	30,025	33,638
2.03	0.8Fcurrent	14,676	12,851	11,905	15,369	20,839	27,647	31,187
2.46	Fmed=Flimit	14,676	12,851	11,905	11,642	11,764	11,744	11,736
2.54	Fcurrent	14,676	12,851	11,905	11,100	10,648	10,061	9,536
3.05	1.2Fcurrent	14,676	12,851	11,905	8,375	5,846	3,890	2,665
3.55	1.4Fcurrent	14,676	12,851	11,905	6,593	3,450	1,613	823

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変動が激しい。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翌年の親魚に繋がる残存資源を増加させれば、翌年の再生産の安定化を図ることが期待できる。

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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 山下 洋・山本知稔・長胴幸夫・五十嵐和昭・石川 豊・佐久間修・山田秀秋・中本宣典（1993）岩手県沿岸における放流ヒラメ種苗の被食．水産増殖，41，497-505.



図1. イカナゴ瀬戸内海東部系群の分布域

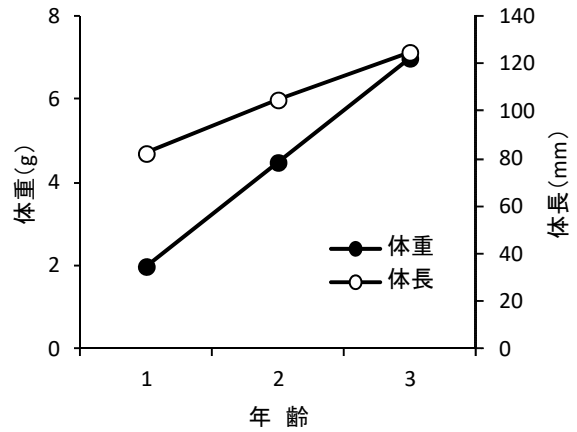


図2. 年齢と成長

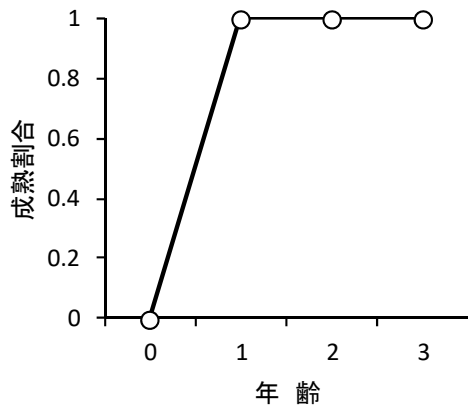


図3. 年齢と成熟率

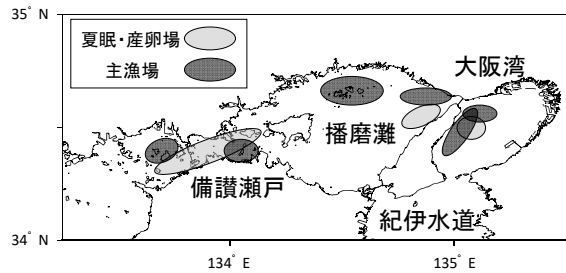


図4. 瀬戸内海東部の夏眠・産卵場、主漁場

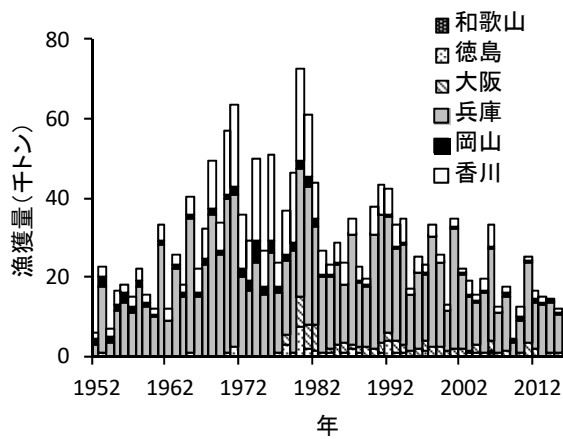


図5. 県別漁獲量の経年推移

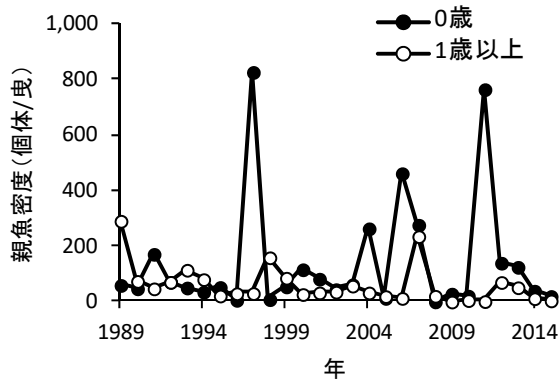


図6. 鹿ノ瀬（播磨灘北東部）における空釣りこぎによる親魚密度の経年推移

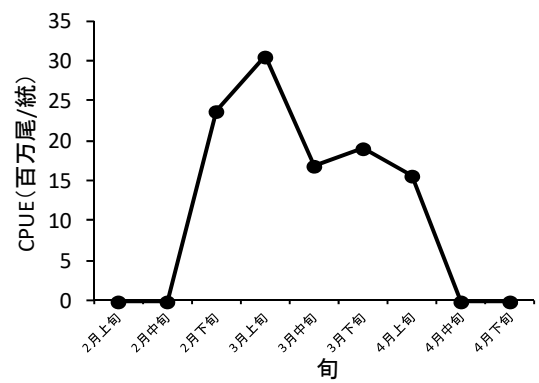


図7. 2015年の播磨灘、大阪湾の代表漁協におけるCPUE平均値の推移

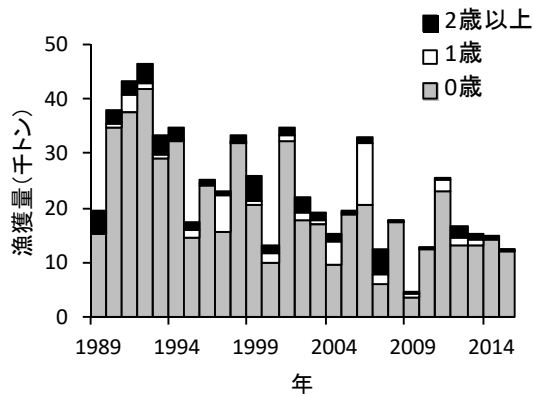


図8. 年齢別漁獲量の経年推移

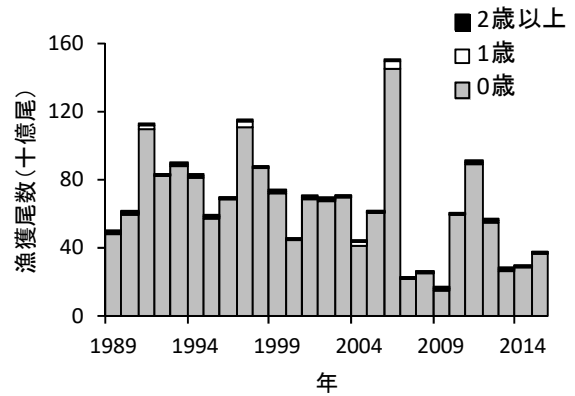


図9. 年齢別漁獲尾数の経年推移

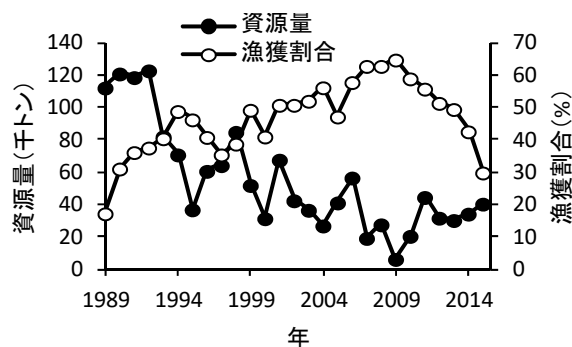


図10. 資源量と漁獲割合の経年推移

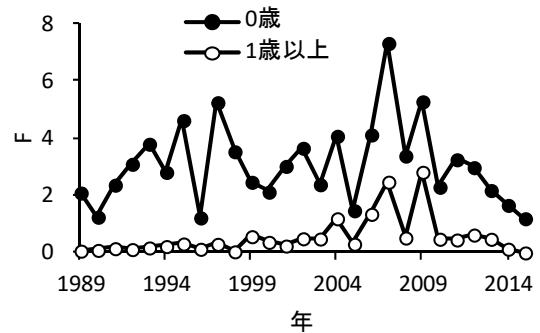


図11. 年齢別Fの経年推移

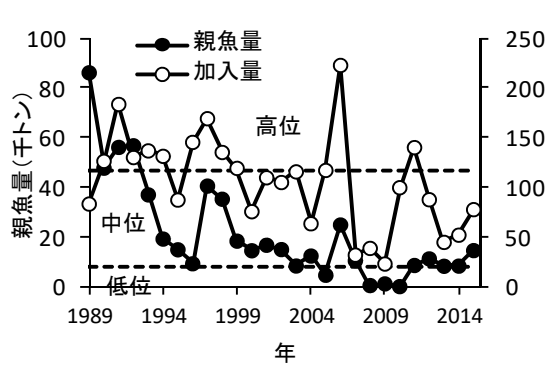


図12. 親魚量と加入量の経年推移

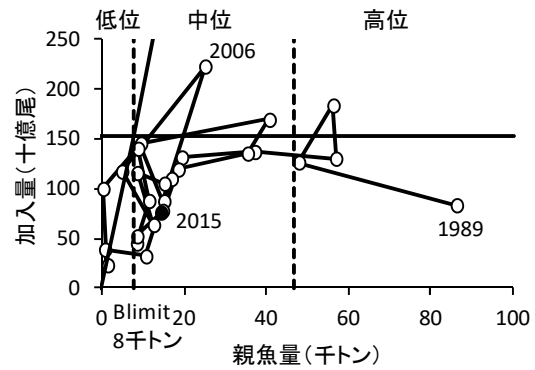


図13. 再生産関係

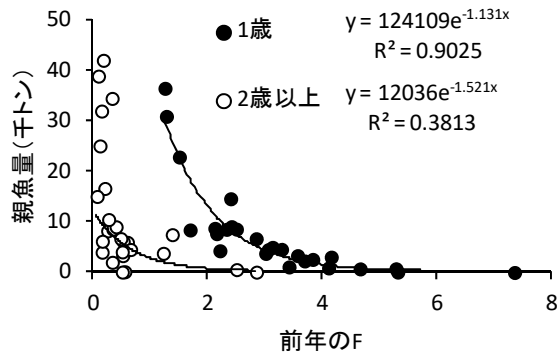


図14. 前年のFと親魚量の関係

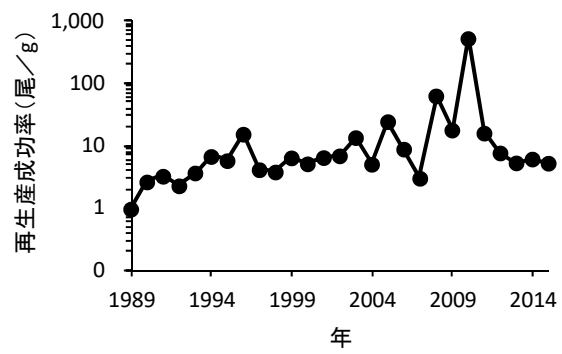


図15. 再生産成功率の経年推移

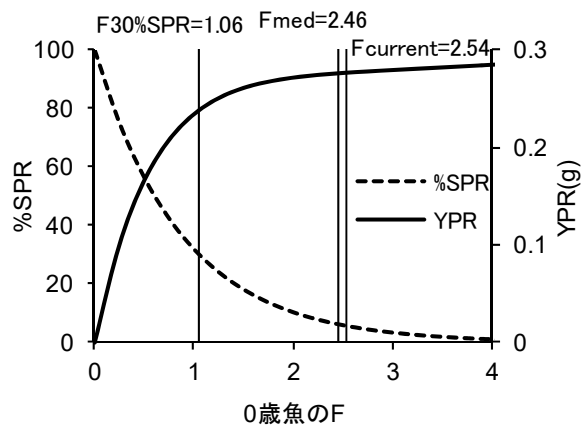


図16. Fと%SPR、YPRとの関係

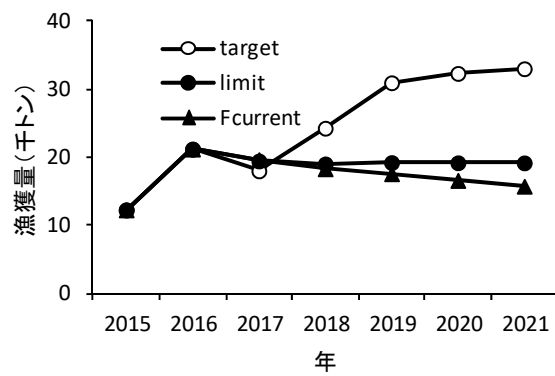


図17. 漁獲量の将来予測結果

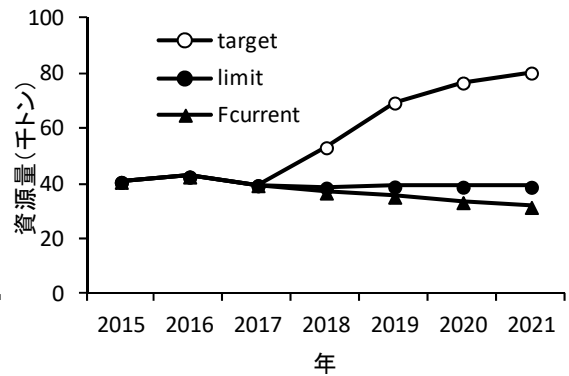


図18. 資源量の将来予測結果

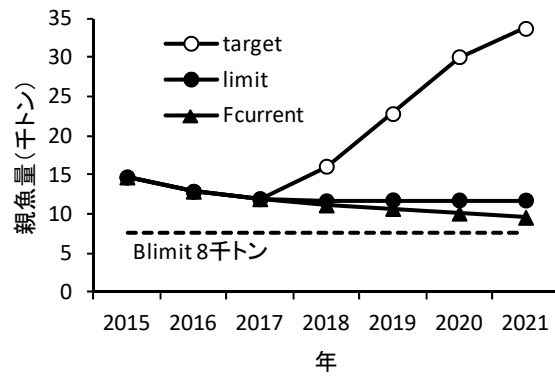


図19. 親魚量の将来予測結果

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	29,129	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	42,477	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、－: 事実のないもの。

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	530
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	25,132

年	2012	2013	2014	2015
和歌山	17	0	0	0
徳島	222	1	0	42
大阪	1,594	356	1,129	809
兵庫	11,620	12,534	12,372	9,720
岡山	906	718	346	350
香川	2,192	1,620	948	1,333
計	16,551	15,229	14,795	12,254

0: 単位に満たないもの、－: 事実のないもの。

表2. 大阪湾と播磨灘における標本
漁協の0歳魚の漁獲努力量（統）

年	漁獲努力量	
	大阪湾	播磨灘
1989	1,237	1,075
1990	1,484	－
1991	1,992	－
1992	1,852	1,613
1993	1,427	1,686
1994	1,415	1,675
1995	1,180	966
1996	1,118	1,640
1997	1,181	－
1998	1,178	1,724
1999	1,090	1,252
2000	1,006	960
2001	1,641	1,783
2002	713	1,121
2003	900	1,392
2004	738	925
2005	790	1,391
2006	1,347	751
2007	796	1,304
2008	490	1,526
2009	514	858
2010	755	907
2011	1,215	1,478
2012	866	1,361
2013	611	1,382
2014	859	873
2015	675	909

表3. イカナゴ瀬戸内海東部系群の親魚
密度（個体/曳）

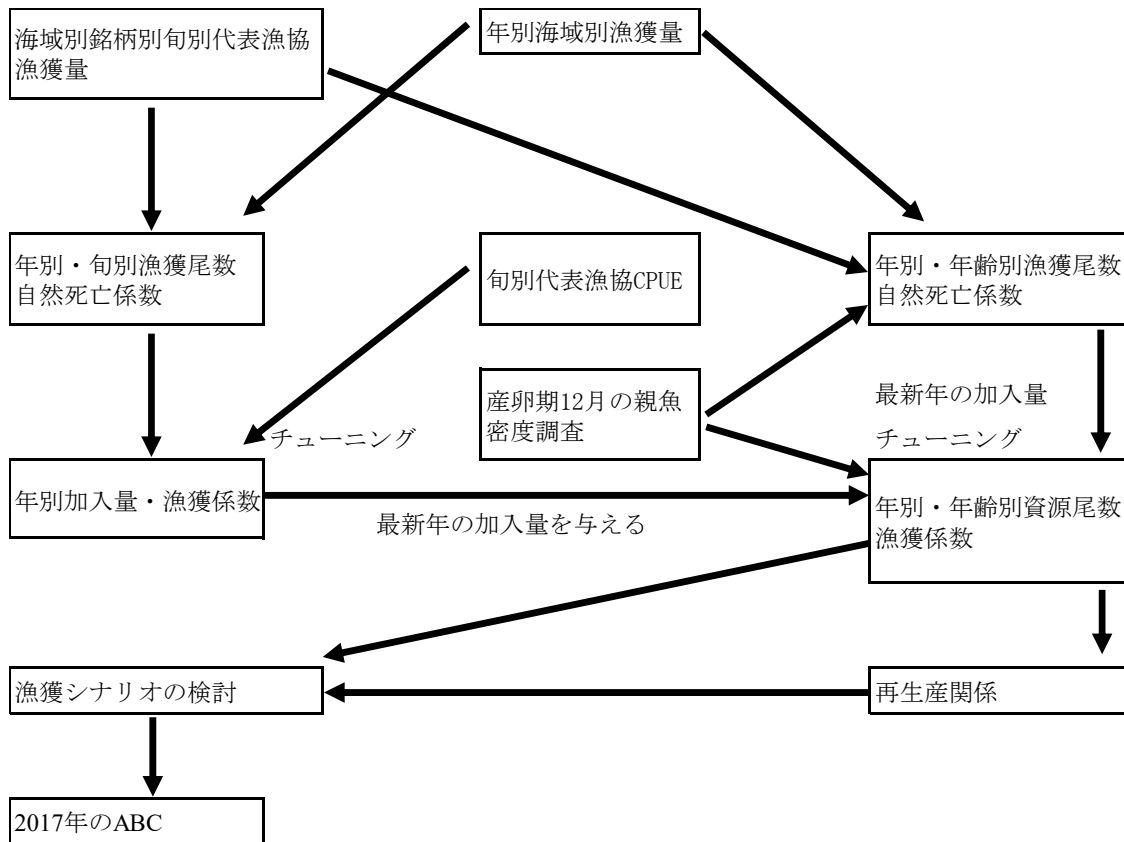
年	0歳	1歳以上	計
1989	61.1	292.3	353.4
1990	49.0	75.6	124.6
1991	173.2	48.8	222.0
1992	72.4	72.4	144.7
1993	52.0	115.9	167.9
1994	36.9	82.1	119.0
1995	54.0	23.1	77.1
1996	7.6	31.2	38.8
1997	828.2	31.8	860.0
1998	10.1	160.7	170.8
1999	55.8	87.2	143.0
2000	117.5	28.5	146.0
2001	83.8	34.2	118.0
2002	46.0	37.0	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

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)	0歳加入尾数 (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	1.0
1990	37,880	121,219	47,798	126,429	31	2.6
1991	43,223	118,985	56,165	183,642	36	3.3
1992	46,477	123,166	56,812	130,235	38	2.3
1993	33,454	82,403	37,080	136,927	41	3.7
1994	34,909	71,212	19,313	131,447	49	6.8
1995	17,306	37,265	15,005	87,465	46	5.8
1996	25,048	61,075	9,364	145,472	41	15.5
1997	23,003	64,613	40,629	169,299	36	4.2
1998	33,156	85,158	35,335	135,368	39	3.8
1999	25,838	52,301	18,476	119,334	49	6.5
2000	13,084	31,795	14,620	75,810	41	5.2
2001	34,631	67,983	16,824	109,913	51	6.5
2002	21,837	42,871	15,084	105,133	51	7.0
2003	19,302	36,981	8,463	115,835	52	13.7
2004	15,376	27,286	12,479	63,646	56	5.1
2005	19,658	41,541	4,746	117,285	47	24.7
2006	33,006	56,935	24,978	222,856	58	8.9
2007	12,353	19,621	10,598	32,127	63	3.0
2008	17,641	28,023	606	38,862	63	64.1
2009	4,307	6,635	1,283	23,199	65	18.1
2010	12,340	20,877	186	99,889	59	536.4
2011	25,131	44,922	8,680	140,218	56	16.2
2012	16,551	32,119	11,341	87,795	52	7.7
2013	15,229	30,684	8,378	44,947	50	5.4
2014	14,795	34,614	8,443	52,199	43	6.2
2015	12,254	40,804	14,676	77,851	30	5.3

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（シンコ、フルセ）別漁獲量の推定方法（補足表2-1～2-3）

1989～2005年の播磨灘、備讃瀬戸におけるシンコ（0歳魚）、フルセ（1歳魚以上）別漁獲量は、兵庫県播磨灘の代表漁協（育波浦）における0歳魚：1歳魚以上漁獲量比で播磨灘、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が兵庫県大阪湾の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。
- ③2006～2015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。
- ④2006～2015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：1歳魚以上漁獲量比で香川県、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) 直近年の旬別漁獲尾数の推定方法（補足表2-4）

大阪湾、紀伊水道の2015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、2015年の播磨灘、備讃瀬戸の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）別に各旬の中央日の平均全長と靄田・大関（1991）の全長－体重関係式： $BW=8.8492 \times 10^{-7} \times TL^{3.2803}$ （BW:体重g、TL:全長mm）から各年、各旬の漁獲物の平均体重を求めた。各旬の中央日の平均全長は漁期中に定期的に漁獲物を測定して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出現量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出現量の比でこの漁獲尾数を年齢別に案分して求めた。

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

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

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

4) 最近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/年＝0.023/旬とした。ここで、寿命は3歳とする。シンコの漁獲時期は年によって多少変動するが、ほとんどの場合2～5月の間であり、それ以外の月には全く漁獲されないか、されてもごくわずかである。したがって2月1日の資源尾数を加入量とした。

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。

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

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jlastの資源尾数 N_{jlast} を適当に与え、(7)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～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、 $jtune=jlast$ 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(7)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。

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

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。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。

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

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（ $ylast=2015$ 年）の0歳魚の資源尾数 $N_{0,ylast}$ は4）で求めた加入量とした。

1歳魚の y_{last} 年の資源尾数は

$$SSQ_1 + SSQ_{2+} = \sum_{y=1989}^y (U_{0,y-1} - q_1 \times N_{1,y})^2 + \sum_{y=1989}^y (U_{1+,y-1} - q_{2+} \times N_{2+,y})^2 \quad (10)$$

を最小にする $F_{1,y_{last}}$ および $F_{2+,y_{last}}$ エクセルのソルバーを使用して探索的に求めた。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。

$$q_1 = \frac{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (U_{0,y-1} \times N_{1,y})}{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (N_{1,y}^2)} \quad (11)$$

$$q_{2+} = \frac{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (U_{1+,y-1} \times N_{2+,y})}{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (N_{2+,y}^2)} \quad (12)$$

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。

$$N_{a,y_{last}} = \frac{C_{a,y_{last}} \times \exp(\frac{M}{2})}{1 - \exp(-F_{a,y_{last}})} \quad (13)$$

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。

$$N_{2+,y} = \frac{C_{2+,y}}{C_{2+,y} + C_{1,y}} \times N_{2+,y+1} \times \exp(M) + C_{2+,y} \times \exp(\frac{M}{2}) \quad (14)$$

$$N_{1,y} = \frac{C_{1,y}}{C_{2+,y} + C_{1,y}} \times N_{2+,y+1} \times \exp(M) + C_{1,y} \times \exp(\frac{M}{2}) \quad (15)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left[1 - \frac{C_{a,y} \times \exp(\frac{M}{2})}{N_{a,y}} \right] \quad (16)$$

6) SPR、YPRの計算

SPR、YPRは次式を用いて計算した。

$$SPR = \sum_{a=0}^3 (W_a \times SR_a \times \exp(-\sum_{k=1}^{a-1} (F_k + M))) \quad (17)$$

$$YPR = \sum_{a=0}^3 \left(\frac{F_a}{F_a + M} \times (1 - \exp(-(M + F_a))) \times W_a \times \exp(-\sum_{k=1}^{a-1} (F_k + M)) \right) \quad (18)$$

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

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	3歳
体重 (g)	2.0	4.5	7.0

- ・ 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 、 F_3 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2011～2014年の平均値0.17とする。

引用文献

Pope JG (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，28，162-168.

鶴田義成・大関芳沖（1991）東北海域におけるイカナゴの生態と資源－VIII，仙台湾におけるイカナゴの再生産力の評価．昭和63年度－平成2年度イカナゴ資源研究会議報告書，77-82.

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				
	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	計			
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	809	9,720	350	1,333	12,254			

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	3,612	6,108

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（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

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	4,463	7,636	12,099	155

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) 斜字の期間は解析期間を表す。

2015年		漁獲尾数	CPUE	漁獲係数	資源尾数
2月	上旬				77,851
	中旬				76,081
	下旬	4,390	23.8	0.062	74,351
3月	上旬	13,175	30.6	0.217	68,320
	中旬	8,061	17.0	0.165	53,743
	下旬	9,259	19.2	0.236	44,552
4月	上旬	1,165	15.7	0.035	34,386
	中旬				
	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	7.34	3.41	5.30
1歳	0.50	1.21	0.32	1.37	2.49	0.54	2.84
2歳以上	0.50	1.21	0.32	1.37	2.49	0.54	2.84
計	3.41	6.52	2.13	6.88	12.33	4.48	10.98

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	115,835	63,646	117,285	222,856	32,127	38,862	23,199
1歳	1,154	4,558	460	11,469	1,536	9	560
2歳以上	1,070	585	666	355	1,309	102	28
計	118,060	68,789	118,410	234,679	34,972	38,973	23,787

年齢別資源量（トン）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	28,518	14,806	36,795	31,958	9,023	27,417	5,352
1歳	2,308	9,117	919	22,938	3,073	18	1,120
2歳以上	6,155	3,363	3,827	2,040	7,525	588	162
計	36,981	27,286	41,541	56,935	19,621	28,023	6,635

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	9,117	919	22,938	3,073	18	1,120
2歳以上	6,155	3,363	3,827	2,040	7,525	588	162
計	8,463	12,479	4,746	24,978	10,598	606	1,283

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）（2010～2015 年）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	59,342	88,945	54,994	26,345	27,998	36,050
1歳	13	1,059	718	489	194	45
2歳以上	4	4	365	205	64	11
計	59,359	90,008	56,077	27,039	28,256	36,106

年齢別漁獲量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	12,292	22,989	13,015	13,075	14,038	12,099
1歳	26	2,117	1,436	978	389	89
2歳以上	22	24	2,100	1,177	369	66
計	12,340	25,131	16,551	15,229	14,795	12,254

年齢別漁獲係数

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	2.31	3.28	3.00	2.20	1.68	1.21
1歳	0.50	0.47	0.64	0.49	0.15	0.02
2歳以上	0.50	0.47	0.64	0.49	0.15	0.02
計	3.30	4.21	4.28	3.19	1.97	1.24

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	99,889	140,218	87,795	44,947	52,199	77,851
1歳	50	4,291	2,302	1,901	2,166	4,228
2歳以上	15	17	1,172	796	715	1,082
計	99,954	144,526	91,269	47,644	55,079	83,161

年齢別資源量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	20,691	36,242	20,778	22,306	26,172	26,128
1歳	100	8,581	4,605	3,802	4,332	8,456
2歳以上	86	99	6,736	4,575	4,111	6,219
計	20,877	44,922	32,119	30,684	34,614	40,804

年齢別親魚量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	0	0	0	0	0	0
1歳	100	8,581	4,605	3,802	4,332	8,456
2歳以上	86	99	6,736	4,575	4,111	6,219
計	186	8,681	11,343	8,381	8,447	14,681

年齢別平均体重（g）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	0.21	0.26	0.24	0.50	0.50	0.34
1歳	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

補足資料4 将来予測の詳細

F_{limit}=F_{med}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、自然死亡係数

年齢	平均体重	自然死亡係数
0歳	0.33	0.83
1歳	2.00	0.83
2歳	4.50	0.83
3歳	7.00	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	選択率
0歳	2.54	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	1.00
1歳	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.17
2歳	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.17
3歳	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.17
平均	0.96	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	

2016年は2011～2014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
0歳	89,467	82,883	81,054	81,904	81,765	81,706
1歳	2,681	3,081	3,089	3,020	3,052	3,047
2歳	1,190	755	879	881	862	871
3歳	305	335	215	251	252	246
合計	93,643	87,054	85,237	86,057	85,931	85,870

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
0歳	29,895	27,695	27,084	27,368	27,322	27,302
1歳	5,362	6,162	6,177	6,041	6,104	6,094
2歳	5,357	3,397	3,957	3,967	3,879	3,920
3歳	2,132	2,346	1,508	1,757	1,761	1,722
合計	42,746	39,600	38,726	39,132	39,066	39,038
親魚量	12,851	11,905	11,642	11,764	11,744	11,736

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
0歳	54,413	50,054	48,949	49,462	49,379	49,343
1歳	627	703	705	689	696	695
2歳	279	172	201	201	197	199
3歳	71	76	49	57	57	56
合計	38,225	51,005	49,903	50,410	50,329	50,293

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
0歳	18,182	16,725	16,356	16,528	16,500	16,488
1歳	1,255	1,406	1,409	1,378	1,393	1,390
2歳	1,253	775	903	905	885	894
3歳	499	535	344	401	402	393
合計	21,189	19,441	19,012	19,212	19,179	19,165
漁獲割合	50%	49%	49%	49%	49%	49%

補足資料5 将来予測の詳細

Ftarget=0.8Fmed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、自然死亡係数

年齢	平均体重	自然死亡係数
0歳	0.33	0.83
1歳	2.00	0.83
2歳	4.50	0.83
3歳	7.00	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	選択率
0歳	2.54	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.00
1歳	0.44	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.17
2歳	0.44	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.17
3歳	0.44	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.17
平均	0.96	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	

2016年は2011～2014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
0歳	89,467	82,883	111,750	140,218	140,218	140,218
1歳	2,681	3,081	5,051	6,811	8,546	8,546
2歳	1,190	755	957	1,569	2,116	2,655
3歳	305	335	234	297	487	657
合計	93,643	87,054	117,993	148,896	151,367	152,076

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
0歳	29,895	27,695	37,341	46,853	46,853	46,853
1歳	5,362	6,162	10,103	13,622	17,092	17,092
2歳	5,357	3,397	4,307	7,061	9,521	11,946
3歳	2,132	2,346	1,641	2,081	3,412	4,601
合計	42,746	39,600	53,392	69,618	76,878	80,492
親魚量	12,851	11,905	16,051	22,764	30,025	33,638

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
0歳	54,413	47,081	63,479	79,650	79,650	79,650
1歳	627	585	959	1,293	1,623	1,623
2歳	279	143	182	298	402	504
3歳	71	64	45	56	93	125
合計	55,390	47,873	64,665	81,298	81,768	81,902

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
0歳	18,182	15,732	21,211	26,615	26,615	26,615
1歳	1,255	1,170	1,919	2,587	3,246	3,246
2歳	1,253	645	818	1,341	1,808	2,269
3歳	499	446	312	395	648	874
合計	21,189	17,993	24,260	30,938	32,317	33,003
漁獲割合	50%	45%	45%	44%	42%	41%