

令和2（2020）年度イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

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

本系群の資源状態を資源量指標値の推移により評価した。漁獲量は1980年に過去最高の72,765トンとなった後は漸減傾向を示し、2009年には4,307トンと大きく減少した。2011年には25,131トンに増加したものの、その後は減少傾向となり、2017年に過去最低となる1,480トンを経て、2019年は過去2番目に低い2,301トンとなった。資源水準の判断に用いた兵庫県の播磨灘と大阪湾の代表漁協における0歳魚の単位努力量当たり漁獲量（CPUE）の平均値は、2001年の3,544 kg/統をピークに減少傾向にあり、2017年の269 kg/統以降は特に低迷が続き、2019年は252 kg/統と過去最低値となった。漁獲量と資源量指標値が使用できることから、ABC算定規則2-1)を適用した。2019年の資源水準は低位、資源動向は減少と判断した。2019年の漁獲量は過去2番目に低く、資源量指標値は過去最低と、いずれも極めて低い水準にあることから、資源の確実な回復に向けたより効果的な資源管理に早急に着手すべきである。

管理基準	Target/ Limit	2021年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値
0.7・C2019・0.64	Target	828	—	—
	Limit	1,035	—	—

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。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。ABCtarget = α ABClimitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (トン)	F値	漁獲割合 (%)
2015	—	—	13,301	—	—
2016	—	—	12,140	—	—
2017	—	—	1,480	—	—
2018	—	—	2,841	—	—
2019	—	—	2,301	—	—

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、標準体長、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

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・三河湾や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(0歳の稚・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(1歳以上の成魚)は冷凍したものが海産養殖魚の餌として用いられている。岡山県と香川県にはフルセを塩に漬け込んで作る「いかなご醤油」があり、「しょつつる」や「いしる」とともに日本三大魚醤と呼ばれている。

イカナゴは瀬戸内海東部海域の水産業における最重要魚種の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た後、漁業者による試験操業の結果を参考に解禁日と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。海砂採取が長く続いた備讃瀬戸(岡山県と香川県)ではイカナゴ漁獲量が急減したのに対し、1960年代に採取禁止または採取実績のない播磨灘と大阪湾(大阪府および兵庫県)では急減が認められなかったことから、海砂採取の影響は大きいと考えられる(反田 2012)。瀬戸内海の過去約1万~2万年間にわたる地史に基づくと、海砂資源は化石資源のように掘ればなくなるといった回復しにくい性質が強い(井内 2001)。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年度には終了したにもかかわらず、このような性質から、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、黄海および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、大阪湾および紀伊水道)に分布する(図1、2)。

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、

標準体長（体長：吻端より尾鰭下辺基部）が 8 cm 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 歳であり、体長は 1 年で 82.5 mm (80~85 mm)、2 年で 105 mm (80~130 mm)、3 年で 125 mm 以上となる（浜田 1985、図 3）。なお、資源量指標値の妥当性を判断するためのコホート解析による資源量推定（補足資料 3）で使用する 0 歳魚の体重については、1989~2018 年の各年において漁期（2 月中旬~6 月下旬）の加重平均値としたが、1 歳魚および 2 歳魚以上（プラスグループ）の体重については、それぞれ全ての年において 2.0 g および 5.75 g とした。

(3) 成熟・産卵

1 歳で 100% の個体が成熟・産卵する（図 4）。産卵期は 12 月~翌年 1 月で、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 2）。

(4) 被捕食関係

仔・稚魚は小型のカイアシ類やカイアシ類幼生を主な餌とする。体長 15 mm 以上の稚魚は毛顎類や枝角類も捕食する。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、尾虫類および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餌となっており、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、ヒラメおよびブリ等の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

2018 年までは兵庫県の漁獲量が総漁獲量の大半を占めていたが（平均 71%）、2018 年から 2019 年にかけて兵庫県の漁獲量がほぼ半減した。このため、2019 年においては香川県の漁獲量が最も多くなった（図 5、表 1）。和歌山県、徳島県、大阪府、兵庫県および岡山県では、主に船びき網で漁獲されているのに対し、香川県では主にその他の網漁業（込瀬網）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）を対象としている。兵庫県ではフルセ漁は通常 1 月末~2 月上旬に始まり、4 月上旬頃までに終了し、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が、兵庫県では近年、フルセの漁獲量の低迷やその保護のため、漁期初日で終漁することが多くなり、2019 年には操業の完全自粛により水揚げはされなかった。また、シンコもフルセ同様に漁獲量が低迷し、兵庫県と大阪府はともに近年では漁期が 1 ヶ月に満たない状況となっている。香川県ではフルセ漁は 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。

瀬戸内海においては 1960 年代後半頃までは小型底びき網、込瀬網および船びき網が主要な漁法で、資源的には未利用の部分が残存していたと考えられる。一方、1960 年代後半～1970 年代前半はパッチ網や船びき網が主体となり、積極的かつ効率的な漁獲が行われ多獲傾向を示した。1980 年代以降の漁業種類には大きな変化はないものの漁獲量は減少傾向となり、1970 年代における多獲がその要因と考えられている（橋本 1991）。

(2) 漁獲量の推移

総漁獲量は 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（図 5、表 1）。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 72,765 トンに達した。しかし、1989 年には 19,589 トンまで減少し、1992 年には 46,477 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 4,307 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、2017 年の過去最低となる 1,480 トンを経て、2019 年は過去 2 番目に低い 2,301 トンとなった。1989 年以降の年齢別漁獲量および年齢別漁獲尾数の推移を図 6、7 および補足表 3-3 に示す。いずれの年も 0 歳魚が漁獲の主体となり、総漁獲量の平均 86%、総漁獲尾数の平均 98% をそれぞれ占めている。1989 年以降の海域別年齢別漁獲量（補足表 2-3）をみると、播磨灘と備讃瀬戸の 0 歳魚漁獲量は 1990 年の 27,381 トンをピークに減少傾向で、2017 年には 787 トンと過去最低となり、2019 年は 2,138 トンと過去 3 番目の低さであった。1 歳魚以上の漁獲量も増減を繰り返し、2006 年の 12,272 トンをピークに減少し、2012 年には一時 3,536 トンまで増加したものの、2019 年はフルセ漁の完全自粛に伴い 0 トンとなった。大阪湾と紀伊水道では 0 歳魚のみが漁獲されており、0 歳魚漁獲量は 2001 年の 18,004 トンをピークに減少傾向にあり、2019 年は過去最低の 163 トンであった。今年度（2020 年度）漁期は 4 月までに終漁しており、0 歳魚漁獲量はいずれの府県においても前年度を下回った（大阪府：8 トン、兵庫県：147 トン、岡山県：20 トン、香川県：516 トン（大阪府と兵庫県は府県全体の集計値、岡山県と香川県は代表漁協または標本船の集計値））。

(3) 漁獲努力量

近年の兵庫県大阪湾の代表漁協（淡路島岩屋）における 0 歳魚と、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 歳魚以上に関する漁獲量と延べ出漁統数を表 2 に示す。1989 年以降、延べ出漁統数は両漁協とも増減を繰り返し、大阪湾（0 歳魚のみを漁獲）では 1991 年の 1,992 統をピークに減少傾向で、2019 年は 99 統と過去最低となった。播磨灘の 0 歳魚を対象とした漁業の延べ出漁統数は、2001 年の 1,783 統をピークに減少傾向にあり、2019 年は過去 2 番目に低い 418 統であった。播磨灘における 1 歳魚以上を対象とした漁業の延べ出漁統数は、1993 年の 929 統をピークに減少傾向にあり、2019 年は操業の完全自粛を行ったため 0 統となった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

本系群の資源評価については、平成 30（2018）年度から ABC 算定規則 2-1) を適用し、1989 年以降の漁獲量と資源量指標値に基づく ABC 算定を行っている。これは、平成 29

(2017)年度評価まではABC算定規則1-1)-(2)を適用していたが、コホート解析の前進法による将来予測において、予測開始年(2018年)の予測資源量よりも同年漁期の0歳魚漁獲量(代表漁協における途中集計の値)が多くなるという矛盾が生じたためである。その主要因としては、漁獲の主体である0歳魚の出現が特異的であったこと(漁期終盤に例年になく大型個体が漁獲された:香川県担当者私信)が考えられている。したがって、自然死亡係数や再生産成功率に過去の値を仮定した将来予測では、資源量を適切に予測できない状況にあると判断し、評価手法の変更に至った(補足資料3)。2018年度評価からABC算定規則2-1)を適用しているが、今年度(2020年度)評価においては、漁獲量データの直近年である2019年における代表漁協による1歳魚以上を対象とした操業が完全に自粛されたため、1歳魚以上の漁獲量が0となり、コホートの追跡が困難となった。このため、今年度評価においてもABC算定規則2-1)により、1989年以降の漁獲量と資源量指標値を用いてABC算定を行った(補足資料1、4)。ただし、昨年度(2019年度)評価まで適用していた算定式では、漁獲量と資源量指標値が2018年から2019年にかけてともに減少しているにもかかわらず、2021年ABCが、昨年度評価において算定された2020年ABCの約2倍に算定されるという不合理が生じた。このことから、昨年度評価まで適用していた算定式では適切なABC算定ができないと判断し、係数の一部を変更してABC算定を行った(補足資料2)。

ABC算定規則2-1)の適用にあたり、資源量指標値としては0歳魚CPUEの平均値を用いた(表2、補足資料2)。0歳魚CPUEは兵庫県の代表漁協(大阪湾:淡路島岩屋、播磨灘:育波浦)におけるデータを用いて算出した。これらの漁協の漁獲量は瀬戸内海東部海域の大半を占めるとともに、資源量との間に有意な直線関係が認められている(補足資料2)。本系群の漁獲の主体は0歳魚であり(図6、7)、近年の親魚量の低迷(4. 資源の状態(2) 資源量指標値の推移、図8、表3)により0歳魚の多寡が資源全体に与える影響が大きくなっていることから、0歳魚CPUEは本系群の資源量指標値として有効であると考えられる(補足資料2)。なお、この資源量指標値に基づき資源水準を決定するに際して、0歳魚CPUEが得られていない期間があるため(1990、1991および1997年)、コホート解析で推定された親魚量を用いて0歳魚CPUEの最大値を仮定した(4. 資源の状態(3) 資源の水準・動向)。このため、コホート解析による資源量等の推定結果を補足資料3に記載した。

(2) 資源量指標値の推移

1989年以降、兵庫県大阪湾における代表漁協(淡路島岩屋)と兵庫県播磨灘における代表漁協(育波浦)の0歳魚CPUEは、ともに増減を繰り返している中で、大阪湾では2001年の3,890 kg/統をピークに減少傾向にあり、2019年には145 kg/統と過去最低値となった(表2)。播磨灘では2005年の4,262 kg/統をピークに減少傾向にあり、2019年は過去3番目に低い359 kg/統となった。資源量指標値(両漁協の0歳魚CPUEの平均値)は、1989年の1,593 kg/統以降増減を繰り返している中で、2001年の3,544 kg/統をピークに減少傾向にあり、2019年は過去最低の252 kg/統となった(図9、表2)。

親魚量の指標値としては、兵庫県が12月に鹿ノ瀬(播磨灘北東部の夏眠・産卵場)で実施している空釣りこぎ(文鎮こぎ)による夏眠親魚密度調査で得られた年齢別親魚密度を用いている。空釣りこぎは、鉄の棒に数十個の掛け針を取り付けた漁具で底を曳いて漁獲

物を引っかける漁法である（金田 2001）。親魚密度は、1 歳魚と 2 歳魚以上（調査時はそれぞれ 0 歳魚と 1 歳魚以上）のいずれについても変動が大きく、1 歳魚以上の合計親魚密度は 2008～2010 年に 24.1～31.4 個体／曳と低水準となった後、2011 年には 769.3 個体／曳と大幅に増加したものの、その後は減少傾向を示し、2019 年には 4.9 個体／曳と過去最低値となった（図 8、表 3）。

(3) 資源の水準・動向

平成 30（2018）年度の資源評価においては、コホート解析による評価実施年の資源量予測値が、同年の実漁獲量（代表漁協における途中集計の値）を下回ったため、資源量を適切に推定できていないと考えられた。このため、ABC 算定規則 2-1)を適用し、兵庫県大阪湾の代表漁協（淡路島岩屋）と兵庫県播磨灘の代表漁協（育波浦）における 0 歳魚 CPUE の平均値を資源量指標値として用いることとした（表 2、補足資料 2）。しかしながら、資源水準の判断基準とする指標について、平成 29（2017）年度までの資源評価で採用していたコホート解析による親魚量推定値と、平成 30（2018）年度以降の資源評価で採用している 0 歳魚 CPUE の平均値では、その推移は必ずしも一致していない（図 9、補足図 3-3）。これは、親魚量については 1989 年に最大値を示した後、減少傾向にあるのに対して、0 歳魚 CPUE の平均値については 1990 および 1991 年の情報がなく、親魚量が高位で推移している年の情報が乏しいことによるものと考えられる。そこで、1997 年を除いて連続的に 0 歳魚 CPUE のデータが存在する最初の年である 1992 年を基準として、コホート解析によって推定された 1989 年の親魚量（86,185 トン）と 1992 年の親魚量（56,812 トン）の比（1.52）を、1992 年の 0 歳魚 CPUE の平均値（3,110 kg／統）に乗じることによって得られる 4,718 kg／統を、0 歳魚 CPUE の平均値の最大値と仮定した。こうして求めた 0 歳魚 CPUE の平均値の最大値と最小値（2019 年：252 kg／統）の間を 3 等分し、資源水準を区分した。その結果、資源水準の低位と中位の境界は 1,741 kg／統、中位と高位の境界は 3,229 kg／統となり、0 歳魚 CPUE が過去最低値である 2019 年の資源水準は低位となった（図 9）。また、過去 5 年（2015～2019 年）の 0 歳魚 CPUE の推移から、資源動向は減少と判断した。

5. 2021 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

2019 年の資源量指標値（0 歳魚 CPUE の平均値）が 252 kg／統と過去最も低く、低位と中位の境界（1,734 kg／統）を大きく下回っていることから資源水準は低位、また、資源量指標値の最近 5 年間（2015～2019 年）の推移から動向は減少と判断した。

(2) ABC の算定

資源量指標値の水準および動向に合わせた漁獲を行うことを管理目標とした。兵庫県大阪湾における代表漁協（淡路島岩屋）と兵庫県播磨灘における代表漁協（育波浦）における 0 歳魚 CPUE の平均値を資源量指標値とし、ABC 算定規則 2-1)に基づき ABC を算定した。ただし、昨年度（2019 年度）評価まで適用した算定式では、漁獲量および資源量指標値がともに 2018 年から 2019 年にかけて減少しているにもかかわらず、2021 年 ABC は 2020 年 ABC の約 2 倍に算定されるという不合理が生じた。このことから、昨年度評価ま

で適用していた算定式では適切な ABC 算定ができないと判断し（補足資料 2）、下記の算定式については市野川ほか（2015）の管理ルール「cpue5、1-1-0.7-1」に基づくものとした。

$$ABC_{limit} = \delta_1 \times C_t \times \gamma_1$$

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

$$\gamma_1 = (1 + k \times (b/I))$$

ここで、 C_t は 2019 年の漁獲量（2,301 トン）、 δ_1 は資源水準によって決まる係数、 γ_1 は資源量指標値の変動を基に算定する係数である。また、 k は係数、 b と I は昨年度まで使用していた直近 3 年分（2017～2019 年）から直近 5 年分（2015～2019 年）に変更した資源量指標値の傾きと平均値、 α は不確実性を考慮した安全率である。 δ_1 は資源水準が低位にあるため 0.7 とした。 k は標準値の 1.0 とし、 b は -204.72、 I は 573 と算出されたため、 γ_1 は 0.64 と算出された。 α は基準値の 0.8 とした。

管理基準	Target/ Limit	2021 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値
0.7・C2019・0.64	Target	828	—	—
	Limit	1,035	—	—

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。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。ABCtarget = α ABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

(3) 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
2018 年漁獲量確定値	2018 年漁獲量、資源量推定値、0 歳魚加重平均体重
2019 年漁獲量概数値 2019 年親魚年齢組成 2019 年旬齢別漁獲尾数	2019 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)
2019 年(当初)	$0.8 \cdot C_{2017} \cdot 0.54$	—	—	537	430	
2019 年(2019 年 再評価)	$0.8 \cdot C_{2017} \cdot 0.54$	—	—	635	508	
2019 年(2020 年 再評価)	$0.7 \cdot C_{2017} \cdot 0.70$	—	—	729	583	2,301 (-)
2020 年(当初)	$0.8 \cdot C_{2018} \cdot 0.43$	—	—	894	715	
2020 年(2020 年 再評価)	$0.7 \cdot C_{2018} \cdot 0.59$	—	—	1,182	946	

今年度(2020年度)の評価において、ABC算定式の係数を変更したことにより(補足資料2)、2019年(2020年再評価)のABCは、2019年(2019年再評価)のABCよりも上方修正された。2020年(2020年再評価)のABCも、漁獲量確定値が概数値より増加したことと、算定式の係数を変更したことにより、2020年(当初)のABCよりも上方修正された。

6. ABC以外の管理方策の提言

イカナゴ漁は、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。そのため、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漁獲量を削減し、翌年の親魚に繋がる資源を残せば、翌年の再生産の安定化が期待できる。さらに、孕卵数が多く産卵量の増大がより期待できる2歳魚以上についても、産卵量確保の観点からの保護が必要と考えられ、適切な保護に向けた情報収集を行いつつ、フルセ自体の漁獲を控えることが望ましい。しかし近年のように不漁が続く中で、特に2016年以降に伊勢・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から、本来であれば終漁と判断される状況の中でも漁期が延長されることもあった。2019年の漁獲量は過去2番目の低さであり、同年の資源量指標値も過去最低を更新し、資源状態が悪化の一途をたどる中で、今後もこのような漁期の延長などの傾向が続けば、さらなる資源状況の悪化を招くこととなり、禁漁も見据えた早急な資源保護施策の提言が必要である。また、施策の実施については関連府県、漁業関係者および業界団体が足並みを揃えることも重要で、湾灘単位ではなく瀬戸内海東部海域全体としての資源保護および管理を推し進めるべきである。

資源量減少の要因については明確でないものの、夏眠中の水温や捕食圧の上昇による夏眠魚の減耗率の上昇や、海域の貧栄養化による主要な餌であるカイアシ類個体密度の低下に伴う再生産能力の低下などが指摘されている(中村ほか 2017、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター 2020、Nishikawa et al. 2020)。近年では他海域においてもイカナゴの資源量の減少が顕著であり、環境変動が漁獲以外の死亡に与える影響が大きくな

っている可能性も指摘されている（宮内・的場 2011、伊藤 2013、佐伯ほか 2017）。本種の資源変動と海洋環境との関係等に関する科学的根拠の提示に向けた調査研究体制の構築と情報収集が重要である。

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, 82 pp.
- 橋本博明 (1991) 日本産イカナゴの資源生態学的研究. J. Fac. Appl. Biol. Sci., Hiroshima Univ., **30**, 135-192.
- 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.
- 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター (2020) 豊かな瀬戸内海の再生を目指して●豊かな瀬戸内海再生調査事業の成果●, 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター, 1-8. <http://www.hyogo-suigi.jp/suisan/topics/pdf/ikanagopampf8p.pdf>
- 市野川桃子・岡村 寛・黒田啓行・由上龍嗣・田中寛繁・柴田泰宙・大下誠二 (2015) 管理目標の数値化による最適な ABC 算定規則の探索. 日水誌, **81**, 206-218.
- 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.
- 伊藤欣吾 (2013) 陸奥湾周辺のイカナゴ (コウナゴ) 禁漁. 青森県水産研究情報”水と漁”, **13**, 6.
- 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, 637 pp.
- 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・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.
- 宮内正幸・的場達人 (2011) 福岡湾口域におけるイカナゴの発生初期段階の成長と夏眠期の生残に及ぼす水温の影響. 福岡水海技セ研報, **21**, 1-6.
- 中村元彦・植村宗彦・林 茂幸・山田大貴・山本敏博 (2017) 伊勢湾におけるイカナゴの生態と漁業資源. 黒潮の資源海洋研究, **18**, 3-15.
- Nishikawa, T., Y. Nakamura, S. Okamoto and H. Ueda (2020) Interannual decrease in condition factor of the western sand lance *Ammodytes japonicus* in Japan in the last decade: Evidence for food - limited decline of the catch. Fish. Oceanogr., **29**, 52-55.
- 佐伯光広・稲田真一・小野寺毅・小野寺恵一 (2017) 長期的な気象・海況変化に伴う仙台湾におけるイカナゴの資源状況. 宮城水産研報, **17**, 17-27.
- 反田 實 (2012) イカナゴの漁獲動向と瀬戸内海の家砂採取. 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-, 東京水産振興会, 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.

(執筆者：高橋正知、河野悌昌)



図1. イカナゴ瀬戸内海東部系群の分布域

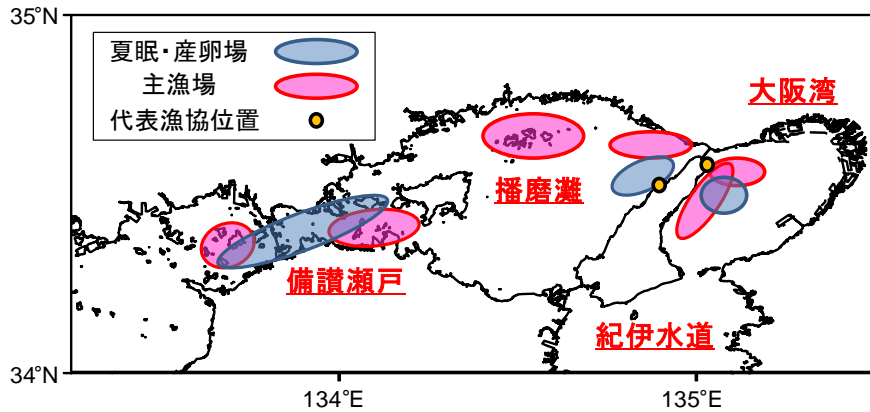


図2. 夏眠・産卵場と主漁場

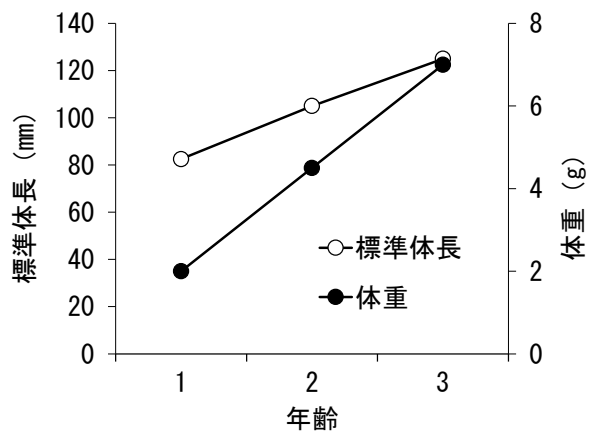


図3. 年齢と成長

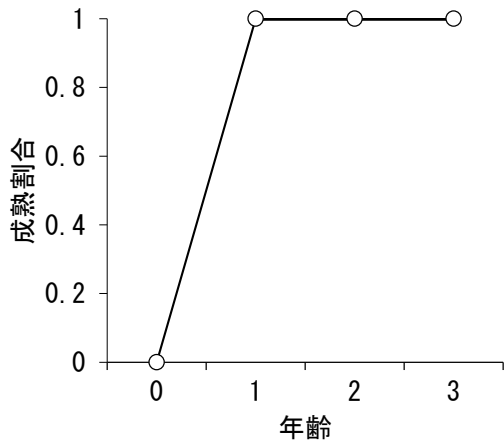


図4. 年齢と成熟率

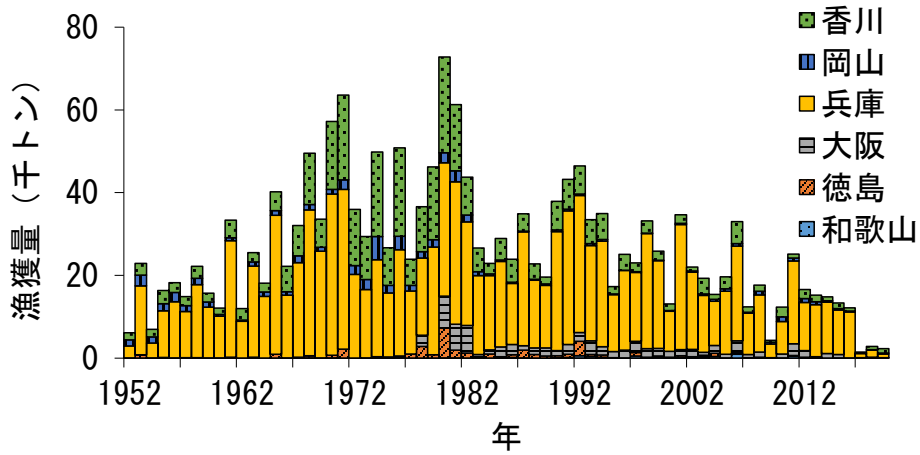


図5. 府県別漁獲量の推移

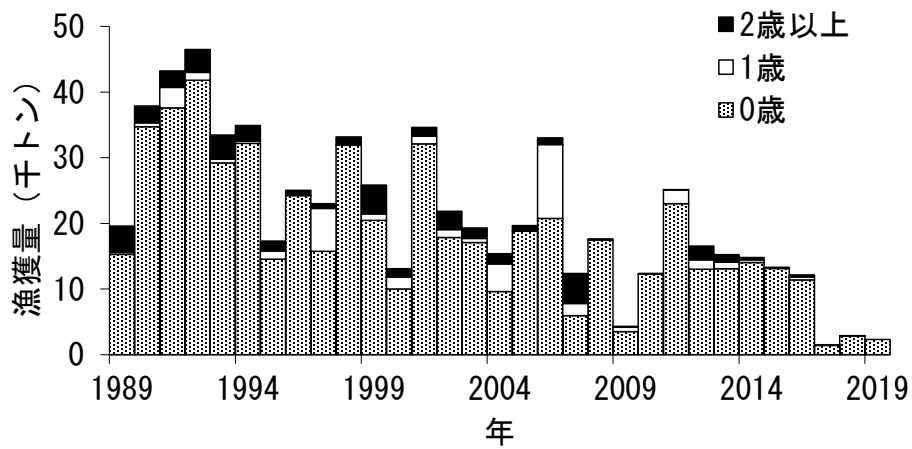


図6. 年齢別漁獲量の推移

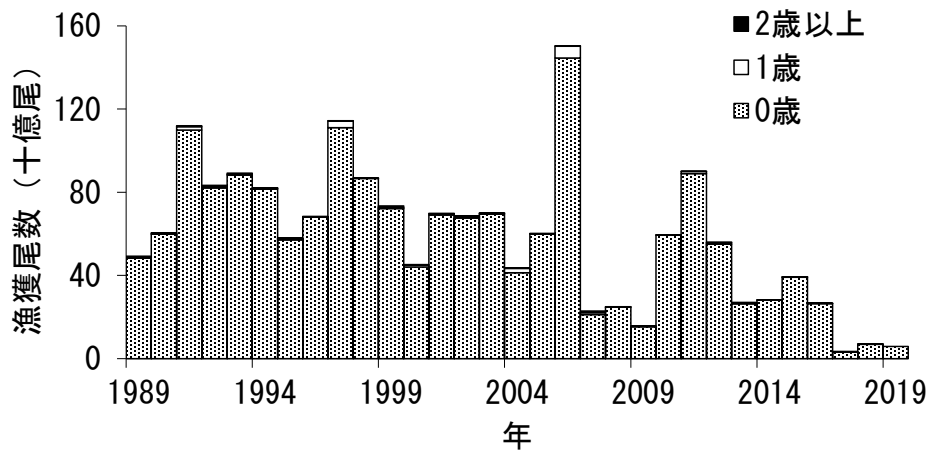


図7. 年齢別漁獲尾数の推移

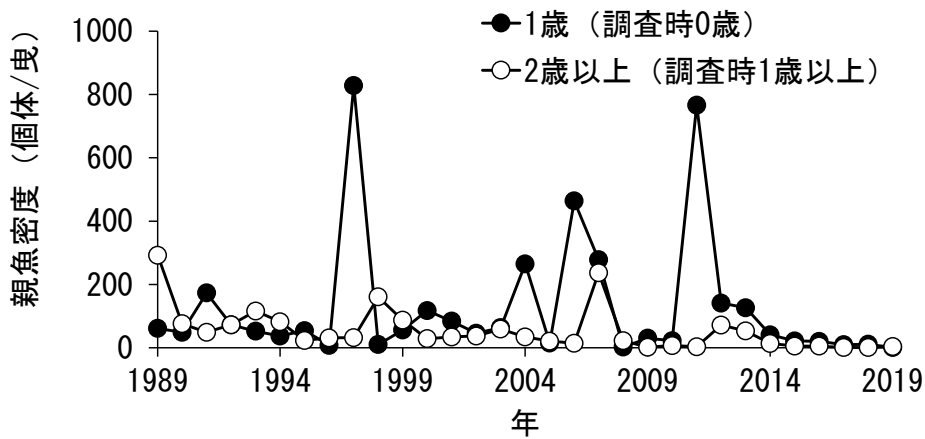


図8. 鹿ノ瀬（播磨灘北東部）における空釣りこぎ調査に基づく親魚密度の推移

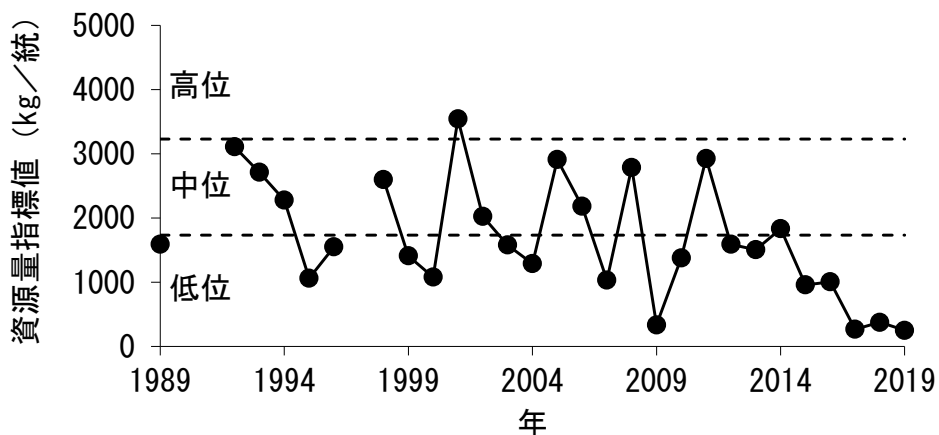


図9. 資源量指標値の推移 資源量指標値は兵庫県播磨灘における代表漁協（育波浦）と兵庫県大阪湾における代表漁協（淡路島岩屋）の0歳漁 CPUE の平均値。

表 1. イカナゴ瀬戸内海東部系群の府県別漁獲量（トン）の推移

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	477	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	33,454	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府県別漁獲量（トン）の推移（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	939	3,792	1,168	2,900	5,351	1,252	1,502	470	2,398	931
計	21,999	19,303	15,387	19,658	33,006	12,353	17,641	4,307	12,340	25,131

年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
和歌山	17	0	0	0	0	0	0	0
徳島	222	1	0	42	8	1	19	18
大阪	1,594	356	1,129	803	47	110	183	67
兵庫	11,620	12,534	12,372	10,792	11,082	1,001	1,715	894
岡山	906	718	346	350	262	77	105	232
香川	2,192	1,620	948	1,314	741	291	819	1,090
計	16,551	15,229	14,795	13,301	12,140	1,480	2,841	2,301

0：単位に満たないもの、-：漁獲のないもの。

表2. 大阪湾と播磨灘の代表漁協における漁獲量(トン)、延べ出漁統数およびCPUE(kg/統)

年	大阪湾代表漁協(0歳魚)			播磨灘代表漁協(0歳魚)			0歳魚CPUE			播磨灘代表漁協(1歳魚以上)			
	漁獲量 (トン)	延べ出漁統数	CPUE (kg/統)	漁獲量 (トン)	延べ出漁統数	CPUE (kg/統)	平均値 (kg/統)	漁獲量 (トン)	延べ出漁統数	CPUE (kg/統)	漁獲量 (トン)	延べ出漁統数	CPUE (kg/統)
1989	868	1,237	702	2,670	1,075	2,484	1,593	1,183	646	1,831	1,183	646	1,831
1990	2,176	1,484	1,466	8,552	-	-	-	980	703	1,394	980	703	1,394
1991	3,670	1,992	1,842	7,049	-	-	-	1,599	-	-	1,599	-	-
1992	4,245	1,852	2,292	6,335	1,613	3,928	3,110	1,214	868	1,398	1,214	868	1,398
1993	1,872	1,427	1,312	6,937	1,686	4,114	2,713	1,621	929	1,745	1,621	929	1,745
1994	1,714	1,415	1,212	5,608	1,675	3,348	2,280	622	596	1,043	622	596	1,043
1995	750	1,180	636	1,438	966	1,489	1,063	391	633	618	391	633	618
1996	916	1,118	819	3,743	1,640	2,283	1,551	158	583	272	158	583	272
1997	1,833	1,181	1,552	2,012	-	-	-	2,549	-	-	2,549	-	-
1998	2,278	1,178	1,933	5,635	1,724	3,269	2,601	299	482	620	299	482	620
1999	1,347	1,090	1,236	1,987	1,252	1,587	1,411	792	648	1,223	792	648	1,223
2000	981	1,006	976	1,137	960	1,184	1,080	624	691	903	624	691	903
2001	6,384	1,641	3,890	5,702	1,783	3,198	3,544	1,015	836	1,214	1,015	836	1,214
2002	1,366	713	1,916	2,397	1,121	2,138	2,027	833	510	1,633	833	510	1,633
2003	1,192	900	1,325	2,557	1,392	1,837	1,581	447	353	1,267	447	353	1,267
2004	1,308	738	1,773	746	925	806	1,289	1,477	595	2,482	1,477	595	2,482
2005	1,232	790	1,559	5,929	1,391	4,262	2,911	337	499	676	337	499	676
2006	3,922	1,347	2,912	1,092	751	1,455	2,183	2,720	587	4,634	2,720	587	4,634
2007	496	796	624	1,881	1,304	1,443	1,033	2,904	724	4,011	2,904	724	4,011
2008	775	490	1,581	6,095	1,526	3,994	2,787	70	209	335	70	209	335
2009	111	514	216	392	858	457	336	111	253	440	111	253	440
2010	953	755	1,262	1,359	907	1,498	1,380	8	39	207	8	39	207
2011	3,580	1,215	2,947	4,298	1,478	2,908	2,928	815	585	1,394	815	585	1,394
2012	1,034	866	1,194	2,707	1,361	1,989	1,592	1,100	503	2,188	1,100	503	2,188
2013	238	611	389	3,629	1,382	2,626	1,507	648	312	2,078	648	312	2,078
2014	1,653	859	1,924	1,521	873	1,743	1,834	170	315	538	170	315	538
2015	581	675	860	963	909	1,059	960	20	97	201	20	97	201
2016	111	504	221	1,964	1,094	1,795	1,008	135	224	603	135	224	603
2017	103	332	311	94	414	226	269	10	36	269	10	36	269
2018	187	461	405	209	602	346	376	2	36	53	2	36	53
2019	14	99	145	150	418	359	252	0	0	0	0	0	0

-: 情報の欠損したものの。

表3. 空釣りこぎ調査に基づく親魚密度（個体／曳）

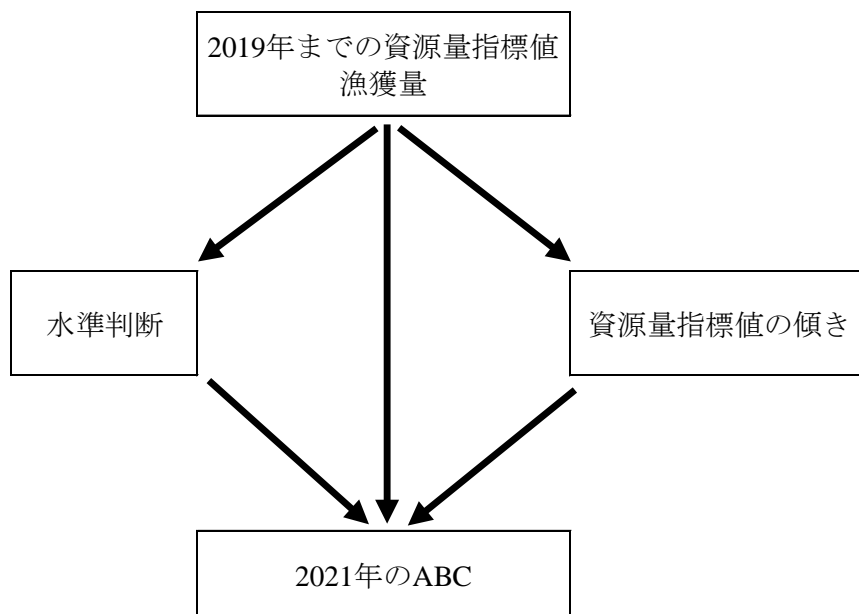
年	1歳*	2歳以上**	計
1989	61.1	292.3	353.4
1990	49.0	75.6	124.6
1991	173.2	48.8	222.0
1992	72.4	72.4	144.7
1993	52.0	115.9	167.9
1994	36.9	82.1	119.0
1995	54.0	23.1	77.1
1996	7.6	31.2	38.8
1997	828.2	31.8	860.0
1998	10.1	160.7	170.8
1999	55.8	87.2	143.0
2000	117.5	28.5	146.0
2001	83.8	34.2	118.0
2002	46.0	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
2017	9.7	0.8	10.5
2018	10.8	0.6	11.4
2019	1.0	3.9	4.9

*：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。

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図に記す。



補足資料 2 資源計算方法

1) 海域・年齢別漁獲量の推定方法（補足表 2-1～2-3）

1989～2005年の海域・年齢別漁獲量については以下のような方法で算出した。

①大阪湾と紀伊水道については0歳魚のみが漁獲されるため、0歳魚のみの漁獲量とした。

②大阪湾の漁獲量から大阪府の漁獲量を減じた残りを兵庫県大阪湾の0歳魚漁獲量とした。

③兵庫県の漁獲量から兵庫県大阪湾の漁獲量を減じた残りを兵庫県播磨灘の漁獲量とした。

④播磨灘と備讃瀬戸における0歳魚と1歳魚以上の漁獲量については、兵庫県播磨灘の代表漁協（育波浦）における銘柄比（シンコ（0歳魚）とフルセ（1歳魚以上）の漁獲量比）で香川県、岡山県および兵庫県播磨灘の漁獲量を案分して求めた。

一方、2006年以降については府県別統計のみが公表されるようになったため、海域・年齢別漁獲量を算出する方法について以下のような変更を行った。

⑤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の漁獲量を案分し、兵庫県大阪湾の漁獲量と兵庫県播磨灘の漁獲量を算出した。

⑥2019年は、兵庫県播磨灘の代表漁協（育波浦）での操業自粛により1歳魚以上の水揚げがなかったため、播磨灘と備讃瀬戸における漁獲量を全て0歳魚とした。

2) 代表漁協における0歳魚CPUEの平均値

1989年からの各年において、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）のそれぞれについて、0歳魚漁獲量と延べ出漁統数からCPUE（kg/統）を求めた（表2）。得られた播磨灘代表漁協と大阪湾代表漁協のCPUEを算術平均することにより0歳魚CPUEの平均値を求めた。

3) 資源水準・動向の判断とABC算定に使用する資源量指標値の検討

平成29（2017）年度までのコホート解析を用いた1系の資源評価においては、親魚量を資源水準・動向の判断やABC算定のための指標として使用していたが、播磨灘代表漁協における1歳魚以上のCPUE（表2）と、コホート解析により推定された親魚量の間には、近年（2008～2017年）では有意な直線関係が認められるものの（ $R^2 = 0.79$ 、 $p < 0.001$ 、補足図2-1左）、長期的（1989～2017年）には直線関係は認められない（ $R^2 = 0.07$ 、 $p = 0.19$ 、補足図2-1右）。これに対し、コホート解析により推定された0歳魚資源量と全年齢資源量の間には、近年（2008～2017年、 $R^2 = 0.95$ 、 $p < 0.001$ 、補足図2-2左）および長期（1989～2017年、 $R^2 = 0.74$ 、 $p < 0.001$ 、補足図2-2右）において直線関係が認められる。また、播磨灘および大阪湾における0歳魚CPUEの平均値（表2）と、コホート解析により推定された0歳魚資源量の間にも、近年（2008～2017年、 $R^2 = 0.87$ 、 $p < 0.001$ 、補足図2-3左）および長期（1989～2017年、 $R^2 = 0.65$ 、 $p < 0.001$ 、補足図2-3右）において直線関係が認められる。さらに、0歳魚CPUEの平均値と、コホート解析により推定された全年齢資源量の間にも、近年（2008～2017年、 $R^2 = 0.82$ 、 $p < 0.001$ 、補足図2-4左）および長期（1989～2017年、 $R^2 = 0.39$ 、 $p < 0.001$ 、補足図2-4右）において直線関係が認められる。これらの結果は、本系群の漁獲の主体が0歳魚である中で（図6、7）、近年の親魚量の減少（図8、表3）に伴い0歳魚の多寡が資源全体に与える影響が大きくなっていることを反映しているものと考えられる。そのため、平成30（2018）年度以降の2系の資源評価においては、資源水準・動向の判断やABC算定のために使用する資源量指標値として、播磨灘および大阪湾における0歳魚CPUEの平均値を採用している。

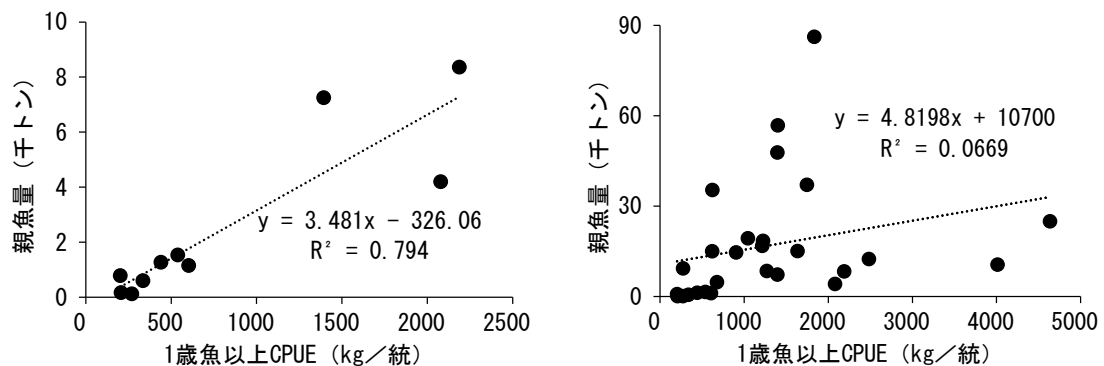
4) ABC算定式に用いる係数の検討

令和元（2019）年度まで用いていた2系の算定式により2021年ABCを算定したところ、ABC_{limit}は1,790トン、ABC_{target}は1,432トンとなり、令和元（2019）年度評価において算定した2020年ABC（limit：894トン、target：715トン）の約2倍となった（補足表2-4）。これは、ABC算定式で用いる資源量指標値の傾き**b**が、令和元（2019）年度まで採用していた直近3年間の資源量指標値に基づく場合では、-8.23とほぼ横ばいを表す値となったことによるものである（補足図2-5）。2019年の漁獲量（2,301トン）および資源量指標値（252kg/統）が、ともに2018年の漁獲量（2,841トン）および資源量指標値（376kg/統）よりも減少しているにもかかわらず（図5、9、表1、2）、ABCを倍近くに増やすことは、資源管理方策としては適切でないと考えられる。そこで、資源量指標値の減少傾向を捉えるために、係数**b**を求めるための期間を直近5年（2015～2019年）に変更した（補足図2-5、 $b : -204.72$ ）。市野川ほか（2015）は、現行の2系のABC算定規則について、係数等を様々な組み合わせで変化させた場合の管理目標の達成度を、複数のパフォーマンス指

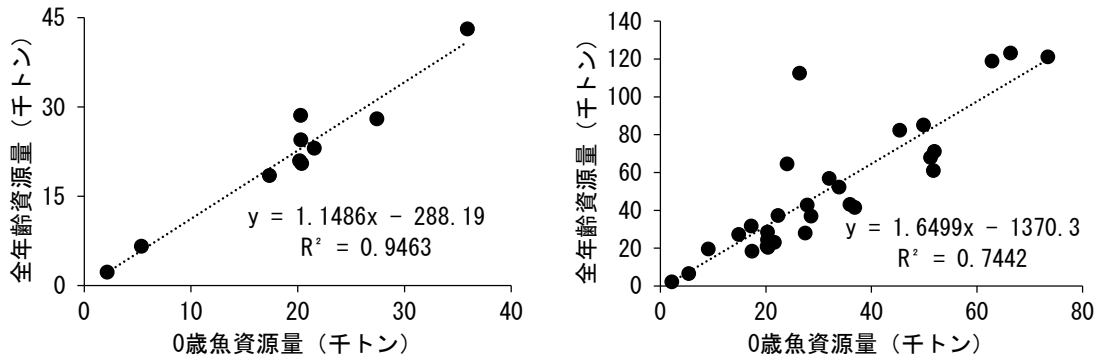
標（乱獲回避率、平均漁獲量比およびそれらから算出される総合得点）を用いて評価している。この中で直近5年間の資源量指標値を用いた場合の検討も行われており、総合得点が上位10位以内の係数の組み合わせ（管理ルール）の中では、資源水準によって決まる係数 δ が0.7で、資源量指標値の増減がABCに与える影響の大きさを調整する係数 k が1.0の管理ルール（今年度管理ルール）において乱獲回避率（0.78）が最も高かった（補足表2-4）。また、今年度管理ルールの総合得点（0.63）は、現行のABC算定規則2-1)に相当する標準的な管理ルールの総合得点（0.71）より低いものの、乱獲回避率（標準的な管理ルールで0.77）については上回っている。本系群のような漁獲量や資源量指標値が過去に類を見ないほどに低下している資源においては、乱獲回避率を重視する方策は妥当であると考えられる。また、今年度管理ルールを適用した結果、2020年のABClimitは1,182トン、2021年のABClimitは1,035トンと算定され、ABCは漁獲動向に対応した変動を示した。したがって、今年度のABC算定においては、資源量指標値の傾き b と平均値 I を求める際の計算期間を直近5年（2015～2019年）とするとともに、資源水準によって決まる係数 δ を0.7とした。

引用文献

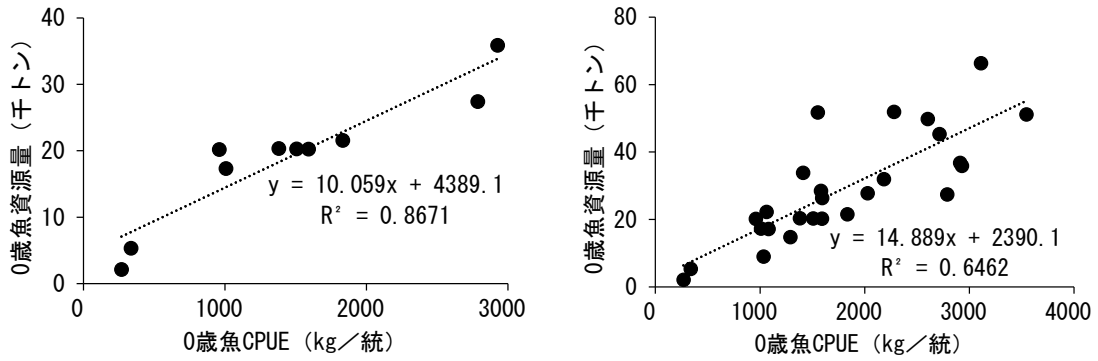
市野川桃子・岡村 寛・黒田啓行・由上龍嗣・田中寛繁・柴田泰宙・大下誠二（2015）管理目標の数値化による最適なABC算定規則の探索. 日水誌, **81**, 206-218.



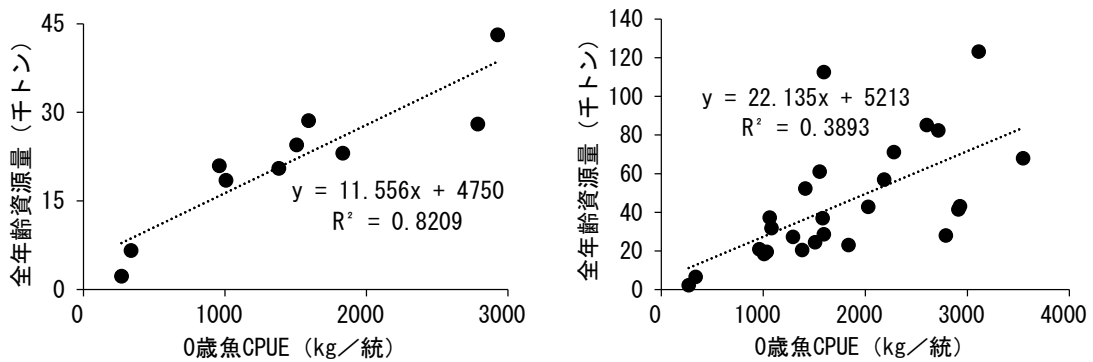
補足図 2-1. 代表漁協における1歳魚以上のCPUEとコホート解析により推定された親魚量の関係（左：2008～2017年、右：1989～2017年）



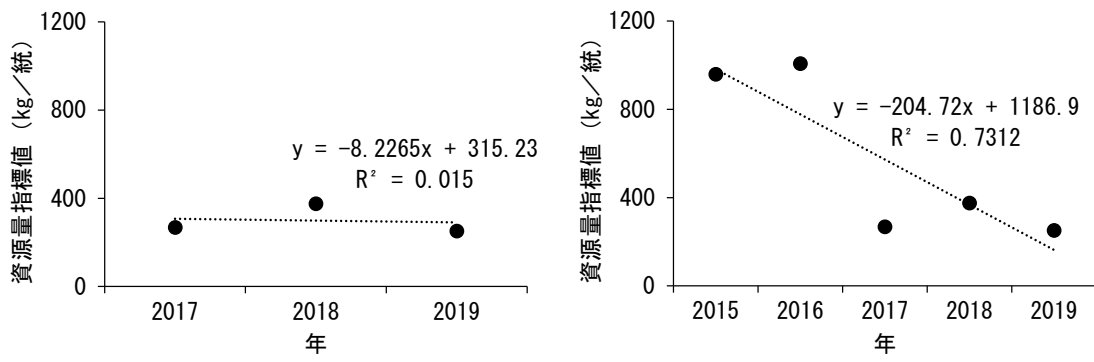
補足図 2-2. コホート解析により推定された 0 歳魚資源量と全年齢資源量の関係
(左：2008～2017 年、右：1989～2017 年)



補足図 2-3. 代表漁協における 0 歳魚の平均 CPUE とコホート解析により推定された 0 歳魚資源量の関係 (左：2008～2017 年、右：1989～2017 年)



補足図 2-4. 代表漁協における 0 歳魚の平均 CPUE とコホート解析により推定された全年齢資源量の関係 (左：2008～2017 年、右：1989～2017 年)



補足図 2-5. 資源量指標値（代表漁協における 0 歳魚の平均 CPUE）の動向
（左：2017～2019 年、右：2015～2019 年）

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)

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	11,082	262	741	12,140	
2017						0	1	110	1,001	77	291	1,480	
2018						0	19	183	1,715	105	819	2,841	
2019						0	18	67	894	232	1,090	2,301	

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・年齢別漁獲量 (トン)

年	播磨灘代表漁協 0歳魚	播磨灘代表漁協 1歳魚以上	大阪湾代表漁協 0歳魚	大阪湾における 漁獲量	播磨灘における 漁獲量	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	2,670	1,183	868	3,063	12,037	0.20	0.69
1990	8,552	980	2,176	5,464	23,289	0.19	0.90
1991	7,049	1,599	3,670	9,127	23,134	0.28	0.82
1992	6,335	1,214	4,245	10,319	22,810	0.31	0.84
1993	6,937	1,621	1,872	6,596	16,478	0.29	0.81
1994	5,608	622	1,714	4,840	20,664	0.19	0.90
1995	1,438	391	750	2,560	11,198	0.19	0.79
1996	3,743	158	916	2,736	16,526	0.14	0.96
1997	2,012	2,549	1,833	5,509	11,176	0.33	0.44
1998	5,635	299	2,278	5,699	22,088	0.21	0.95
1999	1,987	792	1,347	4,297	16,874	0.20	0.71
2000	1,137	624	981	2,712	6,956	0.28	0.65
2001	5,702	1,015	6,384	15,386	14,828	0.51	0.85
2002	2,397	833	1,366	3,949	14,676	0.21	0.74
2003	2,557	447	1,192	2,931	10,853	0.21	0.85
2004	746	1,477	1,308	3,429	7,257	0.32	0.34
2005	5,929	337	1,232	2,661	12,536	0.18	0.95
2006	1,092	2,720	3,922	11,615	11,290	0.51	0.29
2007	1,881	2,904	496	936	9,025	0.09	0.39
2008	6,095	70	775	1,542	12,272	0.11	0.99
2009	392	111	111	597	2,712	0.18	0.78
2010	1,359	8	953	3,244	4,652	0.41	0.99
2011	4,298	815	3,580	8,236	11,763	0.41	0.84
2012	2,707	1,100	1,034	2,481	9,139	0.21	0.71
2013	3,629	648	238	660	11,874	0.05	0.85
2014	1,521	170	1,653	6,116	6,256	0.49	0.90
2015	963	20	581	4,010	6,782	0.37	0.98
2016	1,964	135	111	558	10,524	0.05	0.94
2017	94	10	103	501	500	0.50	0.91
2018	209	2	187	806	909	0.47	0.99
2019	150	0	14	78	816	0.09	1.00

補足表 2-3. イカナゴ瀬戸内海東部系群の海域・年齢別漁獲量（トン）

年	0歳魚			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	播磨灘・備讃瀬戸
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	613	10,785	11,398	742
2017	612	787	1,399	81
2018	1,008	1,816	2,824	17
2019	163	2,138	2,301	0

補足表 2-4. 市野川ほか (2015) における複数の管理ルールのパフォーマンスおよびイカナゴ瀬戸内海東部系群への適用結果

管理ルールを表現する数値は、資源水準が ABC に与える影響の大きさを調整する係数 δ (高位: δ_{high} - 中位: δ_{mid} - 低位: δ_{low}) と資源量指標値の増減が ABC に与える影響の大きさを調整する係数 k の組み合わせを $\delta_{\text{high}}-\delta_{\text{mid}}-\delta_{\text{low}}-k$ の順に示している。上段: 係数を求める際の計算に用いる資源量指標値の計算期間が 3 年かつ $\delta_{\text{low}}=0.8$ (現行の 2 系ルール)、下段: 係数を求める際の計算に用いる資源量指標値の計算期間が 5 年かつ $\delta_{\text{low}}=0.7$ 。

管理ルール※	総合得点※	乱獲回避率※	平均漁獲量比※	2020年ABClimit (トン)	2021年ABClimit (トン)
ALL_1-1-0.8-1	0.71	0.77	0.84	894	1,790
cpue5_1-1-0.7-1	0.63	0.78	0.69	1,091	1,035

※市野川ほか (2015)。

補足資料3 コホート解析による資源量推定

コホート解析により推定した資源量等に基づくABCの算定は平成29(2017)年度評価まで実施していたが、平成30(2018)年度評価では将来予測において2018年の資源量予測値よりも同年の0歳魚漁獲量(代表漁協における途中集計の値)が多くなるという矛盾が生じた。このため、平成30(2018)年度評価から本系群に適用するABC算定規則を1-1-2)から2-1)に変更した。ただし、ABC算定規則2-1)で使用する資源量指標値(代表漁協における0歳魚CPUEの平均値)についてはデータが得られていない期間が存在するため(1990、1991および1997年)、資源量指標値に基づき資源水準を判断する際には、コホート解析で推定された親魚量を用いて資源量指標値の最大値を仮定している。このため、コホート解析の方法およびその試算結果(2018年までの資源量推定値等)を以下に示す。

1) 0歳魚旬別漁獲尾数の推定(補足表3-1)

大阪湾と紀伊水道の各年の0歳魚旬別漁獲量については、同海域の各年の0歳魚漁獲量(補足資料2-1))を、兵庫県大阪湾の代表漁協(淡路島岩屋)における各年の旬別漁獲量データをもとに旬別に案分することにより推定した。また、播磨灘と備讃瀬戸の各年の0歳魚旬別漁獲量についても、同海域の各年の0歳魚漁獲量(補足資料2-1))を、兵庫県播磨灘の代表漁協(育波浦)における各年の旬別漁獲量データをもとに旬別に案分することにより推定した。

「大阪湾および紀伊水道」と「播磨灘および備讃瀬戸」における各年および各旬の0歳魚漁獲物の平均体重については、それぞれの海域の代表漁協における出漁日ごとの0歳魚平均全長を、以下の全長-体重関係式に代入することにより算出した。

$$BW = 1.52 \times 10^{-3} \times TL^{3.18} \quad (\text{兵庫県 未発表})$$

ここで、BWは体重(g)、TLは全長(mm)である。また、出漁日ごとの0歳魚平均全長は、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全長の関係式

$$TL = D \times a + b \quad (\text{兵庫県 未発表})$$

を用いて算出した。ここで、Dは解禁日からの経過日数、aとbは一次回帰式の傾きと切片である。

瀬戸内海東部海域における0歳魚旬別漁獲尾数については、「大阪湾および紀伊水道」と「播磨灘および備讃瀬戸」のそれぞれの海域において、各旬の0歳魚漁獲量を各旬の0歳魚平均体重で除して旬別の漁獲尾数を推定した後、両海域のそれらを足し合わせることで算出した。

2) 年齢別漁獲尾数の推定

0歳魚の年別漁獲尾数は、1)で求めた0歳魚の旬別漁獲尾数の年毎の合計値とした。

1歳魚と2歳魚以上(プラスグループ)の年別漁獲尾数は、補足資料2-1))で求めた1歳魚以上の年別漁獲量を、兵庫県の親魚密度調査で得られた前年の年齢別親魚密度(表3)

で重み付けした平均体重で除して年別漁獲尾数を求めた後、本年齢別親魚密度の年齢比で、この年別漁獲尾数を年齢別に案分して算出した。

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

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

$$a+1 \text{ 歳魚の漁獲尾数} = \text{前年 } a \text{ 歳魚の親魚密度} / \text{前年の親魚密度} \times 1 \text{ 歳魚以上の漁獲尾数} \quad (3)$$

3) 2018 年の加入量の推定方法

2018 年の加入量推定に際し、自然死亡係数 (M) は田中 (1960) の式

$$M = 2.5 / \text{寿命} \quad (4)$$

における寿命を 3 歳とすることにより、 $0.83 / \text{年} = 0.023 / \text{旬}$ と仮定した。シンの漁期は年によって多少変動するが、2~6 月の間ではあるため、2 月 1 日の資源尾数を旬別コホート解析における 0 歳魚資源尾数とした。

旬別コホート解析で推定された 0 歳魚資源尾数は、後述の年別コホート解析の結果よりも概ね過小推定となることから (補足図 3-1)、年別コホート解析で推定した 0 歳魚資源尾数を旬別コホート解析で推定した 0 歳魚資源尾数で除した値の過去 10 年 (最近年である 2018 年を除く 2008~2017 年) 平均 (1.25) を、旬別コホート解析で推定した 2018 年の 0 歳魚資源尾数に乗じることにより 2018 年の加入量を推定した。

旬別コホート解析の基本式としては以下に示す Pope (1972) の近似式を用い、旬別 CPUE を資源量指標値とするチューニングも行った (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 0 歳魚資源尾数、 C_j は j 旬における 0 歳魚漁獲尾数である。漁期の最終旬 (6 月下旬) j_{last} の 0 歳魚資源尾数 $N_{j_{\text{last}}}$ を適当に与え、(5) 式による後退法で遡って、旬別 CPUE が漁期内で最大の旬 ($j=1$) までの 0 歳魚資源尾数 (N_j , $j=1 \sim j_{\text{last}}-1$) を求めた。次に、目的関数である

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

を最小にする $N_{j_{\text{last}}}$ 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、 $CPUE_j$ は兵庫県大阪湾の代表漁協 (淡路島岩屋) と兵庫県播磨灘の代表漁協 (育波浦) の旬別 CPUE の平均値、 j_{tune} は CPUE が 2 回目に増加する直前の旬、 q は以下の式で表される比例定数である。旬別 CPUE は 1) で推定した旬別漁獲尾数を、各代表漁協の旬別延べ出漁統数で

除すことにより求めた。

$$q = \frac{\sum_{j=1}^{j_{\text{tune}}} (\text{CPUE}_j \times N_j)}{\sum_{j=1}^{j_{\text{tune}}} (N_j^2)} \quad (7)$$

$j=1$ よりも遡った 2 月 1 日までの 0 歳魚資源尾数については、上記で求めた N_1 から漁獲尾数 0 として (5) 式による後退法により推定した (補足表 3-1)。旬別漁獲係数 F_j については、以下の式により算出した。

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

4) 資源量の推定方法 (補足表 3-2、3-3)

年別コホート解析により年齢別資源尾数、年齢別漁獲係数および資源量等を推定した。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 (平松 2001)。年別コホート解析の基本式としては以下に示す Pope (1972) の近似式を用いた (上述の (5) 式と同じ)。

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

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 歳魚の漁獲尾数であり、 M は田中 (1960) の式に基づき $0.83/\text{年}$ とした。

最近年 ($y_{\text{last}}=2018$ 年) の 0 歳魚の資源尾数 $N_{0,y_{\text{last}}}$ は、3) 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 $F_{0,y_{\text{last}}}$ および $F_{1,y_{\text{last}}}$ は、最近年を除く過去 3 年 (2015~2017 年) の平均値とした。最近年 (y_{last}) の 2 歳魚以上 (プラスグループ) の漁獲係数 $F_{2+,y_{\text{last}}}$ については、1 歳魚の漁獲係数 $F_{1,y_{\text{last}}}$ と等しくなるような値を探索的に求めた。得られた $F_{1,y_{\text{last}}}$ および $F_{2+,y_{\text{last}}}$ を元に、 y_{last} 年の 1 歳魚および 2 歳魚以上 (プラスグループ) の資源尾数を以下の式で求めた。さらに、得られた年齢別資源尾数に各年齢の体重を乗じ、年齢別資源量を推定した。

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

y_{last} 年より前の年の 1 歳魚および 2 歳魚以上 (プラスグループ) の資源尾数と漁獲係数については以下の式で推定した。

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

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

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

コホート解析により推定された資源量は1992年以降減少傾向が続き、2009年には6,625トンとなった(補足図3-2、補足表3-2、3-3)。2011年には43,135トンに増加したが、その後再び減少傾向となり、2018年には過去2番目に低い3,842トンとなった。2018年における漁獲割合(漁獲量/資源量)は74%と過去最も高く、0歳魚および1歳魚以上の漁獲係数はそれぞれ5.13/年および2.59/年であった(補足図3-2、補足表3-2~3-4)。親魚量は1989年以降漸減傾向を示し、2005年には4,746トンまで減少した(補足図3-3、補足表3-2、3-3)。2006年には24,976トンに増加したが、その後再び減少傾向を示し、2010年には168トンとなった。2012年に8,360トンに増加したが、その後も減少傾向となり、2018年には過去最低の27トンとなった。加入量(0歳魚の資源尾数)は1991~2004年まで減少傾向を示し、2004年には636億尾となった(補足図3-3、補足表3-2、3-3)。2006年に2,229億尾に増加したが、その後急減し、2009年には232億尾となった。2011年に1,388億尾に増加したが、再び減少傾向となり、2018年には過去2番目に低い92億尾となった。0歳魚の資源量も、1990年の73,421トンをピークに減少傾向を示し、2018年には過去2番目に低い3,815トンとなった(補足図3-4、補足表3-3)。近年では親魚量の減少に伴い、資源量全体に占める0歳魚の割合が大きくなっている(2008~2017年平均で89%)。

再生産成功率RPS(加入量/親魚量)は、1.0~586.4尾/gと変動が大きい。直近年である2018年を除く過去5年間(2013~2017年)においては9.7~76.3尾/gで推移した(補足表3-2)。

1989~2018年の親魚量と加入量に基づく再生産関係を補足図3-5に示す。2011年以降、親魚量も加入量も減少傾向にあり、2018年は2017年に引き続き原点付近となっている。

参考として、コホート解析により推定された親魚量に基づく資源水準の判断を行った。低位と中位の境界である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(補足図3-5)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して求めたところ2,257トンとなった。この値は、令和元(2019)年度評価における4,319トンよりも低い値であるが、資源状況が低迷している中でのBlimitの引き下げは推奨されるべきものではないと考えられるため、Blimitは令和元(2019)年度評価と同様に4,319トンとした。また、中位と高位の境界はBlimitと最大親

魚量の間中値である 44,221 トンとした。2018 年の親魚量は過去最低の 27 トンであり、Blimit (4,319 トン) を大きく下回っているため、コホート解析の結果に基づく資源水準は低位と判断されるとともに、過去 5 年間 (2014~2018 年) の親魚量の推移から動向は減少と判断した。

参考として、コホート解析の前進法による 2019 年以降の資源量の将来予測も行った。その際、2019 年の各年齢の F 値は、直近年である 2018 年を除く過去 5 年間 (2013~2017 年) の平均値 (4.72) とした。また、2019 年以降の加入量については、RPS が直近年を除く過去 5 年間 (2013~2017 年) の中央値 (34.9 尾/g) で推移すると仮定し、親魚量にこの RPS を乗じることにより算出した。しかし、この将来予測に基づくと、2019 年の資源量の予測値である 974 トンよりも 2019 年の 0 歳魚漁獲量である 2,301 トンの方が多くなるという矛盾が生じる (補足表 3-4)。

5) 年別コホート解析におけるチューニングについて

年別コホート解析による資源量推定の際に、資源量指標値によるチューニングを行った場合と行わなかった場合についての比較を行った。資源量指標値には、兵庫県が毎年産卵期の 12 月 (漁期の前年) 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、空釣りこぎを用いた親魚密度調査で得られた 1 歳魚 (調査時は 0 歳魚) および 2 歳魚以上 (調査時は 1 歳魚以上) の親魚密度 (個体/曳) を用いた (表 3)。また、資源量指標値として標準化した親魚密度 (対数変換値) を用いた場合のチューニングについても検討した。

資源尾数を推定するために、目的関数である

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

や、標準化した親魚密度に基づく目的関数である

$$SSQ_1 + SSQ_{2+} = \sum_{y=1989}^y (\ln(1 + U_{0,y-1}) - \ln(1 + q_1 \times N_{1,y}))^2 + \sum_{y=1989}^y (\ln(1 + U_{1+,y-1}) - \ln(1 + q_{2+} \times N_{2+,y}))^2 \quad (15)$$

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、 $U_{0,y-1}$ および $U_{1+,y-1}$ は、それぞれ $y-1$ 年の鹿ノ瀬における 0 歳魚および 1 歳魚以上の親魚密度 (個体/曳) である。 q_1 と q_{2+} は比例定数であり、以下の式で求めた。

$$q_1 = \frac{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (U_{0,y-1} \times N_{1,y})}{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (N_{1,y}^2)} \quad (16)$$

$$q_{2+} = \frac{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (U_{1+,y-1} \times N_{2+,y})}{\sum_{y=1989}^{y_{last}} (N_{2+,y}^2)} \quad (17)$$

得られた $F_{1,y_{last}}$ および $F_{2+,y_{last}}$ を元に、 y_{last} 年の 1 歳魚および 2 歳魚以上（プラスグループ）の資源尾数を (10) 式で、 y_{last} 年より前の年の 1 歳魚および 2 歳魚以上の資源尾数と漁獲係数を (11) ~ (13) 式で推定した。

2018 年から 2011 年に遡るレトロスペクティブ解析を行った場合の、それぞれのチューニング条件の下での資源量推定値の変化を補足図 3-6 に示す。資源量推定方法の比較には以下の式で計算されるレトロスペクティブバイアス (Mohn's ρ 、Mohn 1999) を用いたが、レトロスペクティブバイアスが 0 に近い値になるほど頑健な資源量推定方法と考えられる。

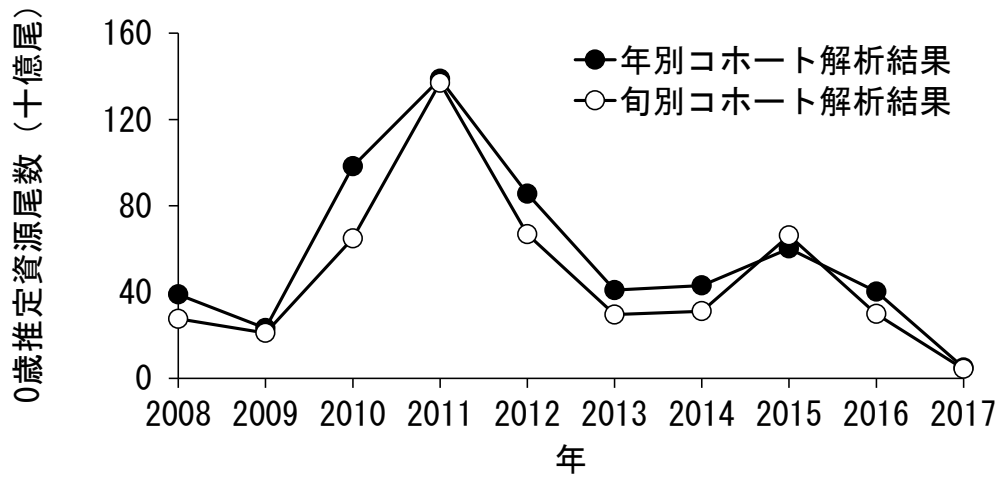
$$\rho = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \left(\frac{\hat{\theta}_{Y-i}^{R_i} - \hat{\theta}_{Y-i}}{\hat{\theta}_{Y-i}} \right) \quad (18)$$

ここで、 P はレトロスペクティブ解析においてデータを遡る年数、 Y はデータが存在する最近年 (2018 年)、 $\hat{\theta}_{Y-i}^{R_i}$ は i 年分のレトロスペクティブ解析における最終年 (2018- i 年) の推定資源量、 $\hat{\theta}_{Y-i}$ は最近年までのデータを用いた計算における 2018- i 年の推定資源量である。

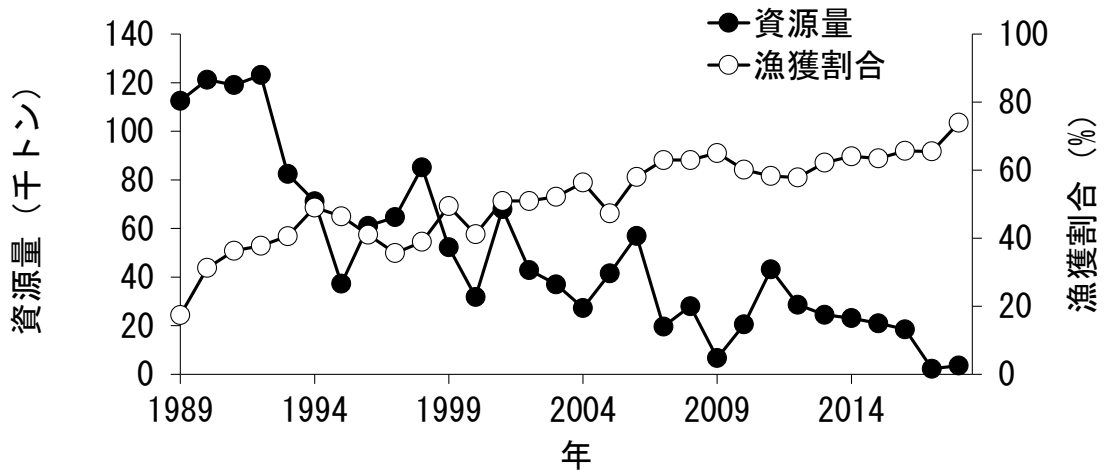
親魚密度 (標準化なし) によるチューニングあり、親魚密度 (標準化あり) によるチューニングあり、およびチューニングなしのコホート解析に関するレトロスペクティブバイアスは、それぞれ 1.098、1.059、0.061 であり、チューニングを行わない場合に 0 に最も近い値となった。このため、年別コホート解析としてはチューニングを行わない方法が最も頑健と考えられる。

引用文献

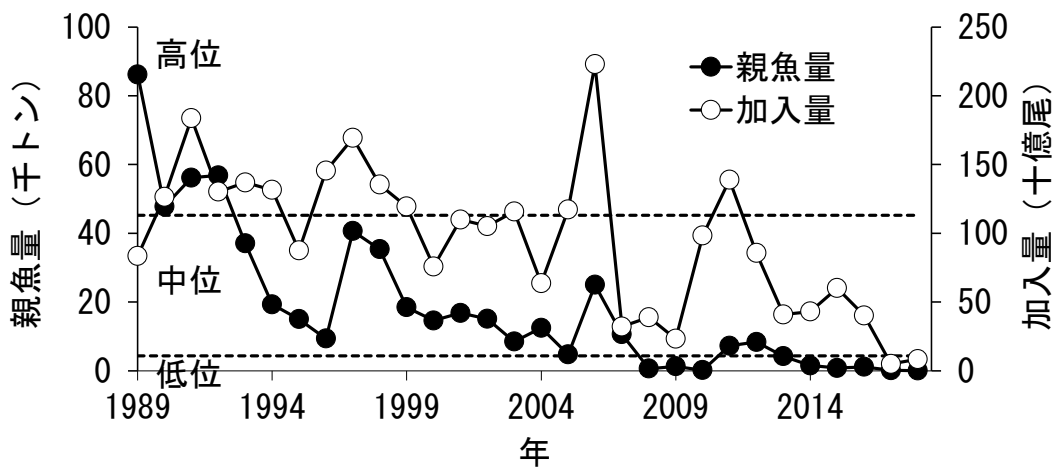
- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書-資源解析手法教科書-, 日本水産資源保護協会, 東京, 104-128.
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci., **56**, 473-488.
- Pope, J. G. (1972) 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.



補足図 3-1. 年別コホート解析と旬別コホート解析で推定した0歳魚資源尾数

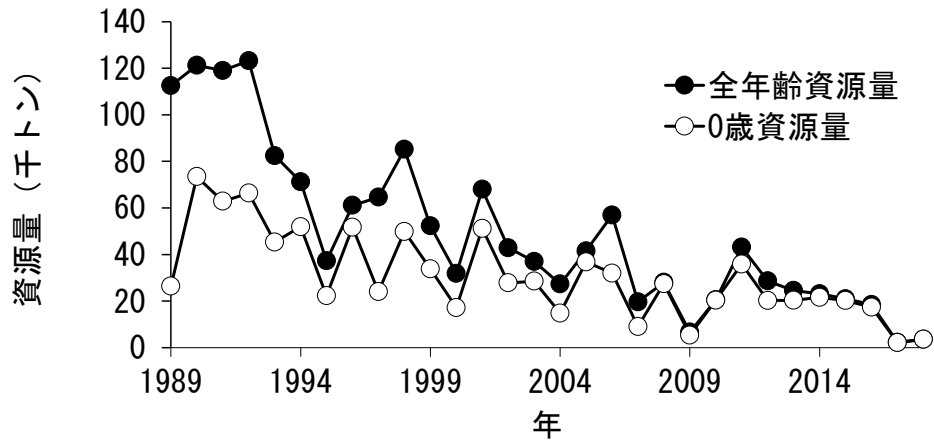


補足図 3-2. 資源量と漁獲割合の推移

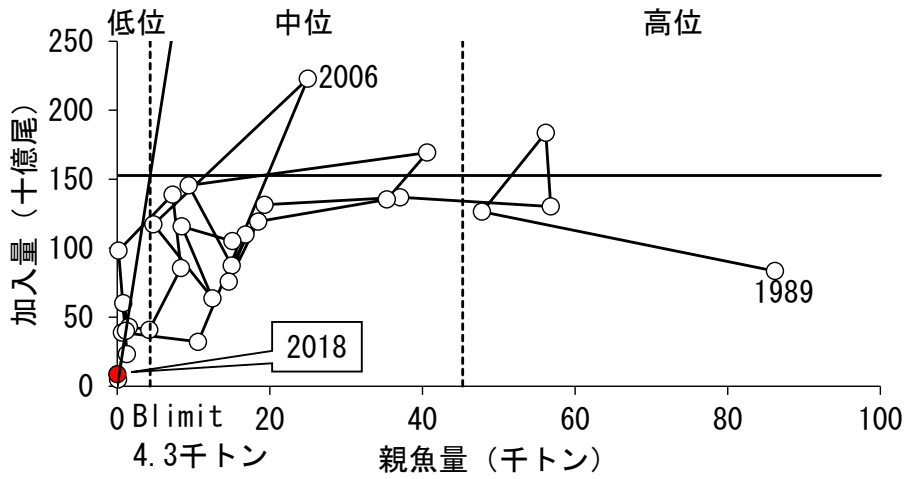


補足図 3-3. 親魚量と加入量の推移

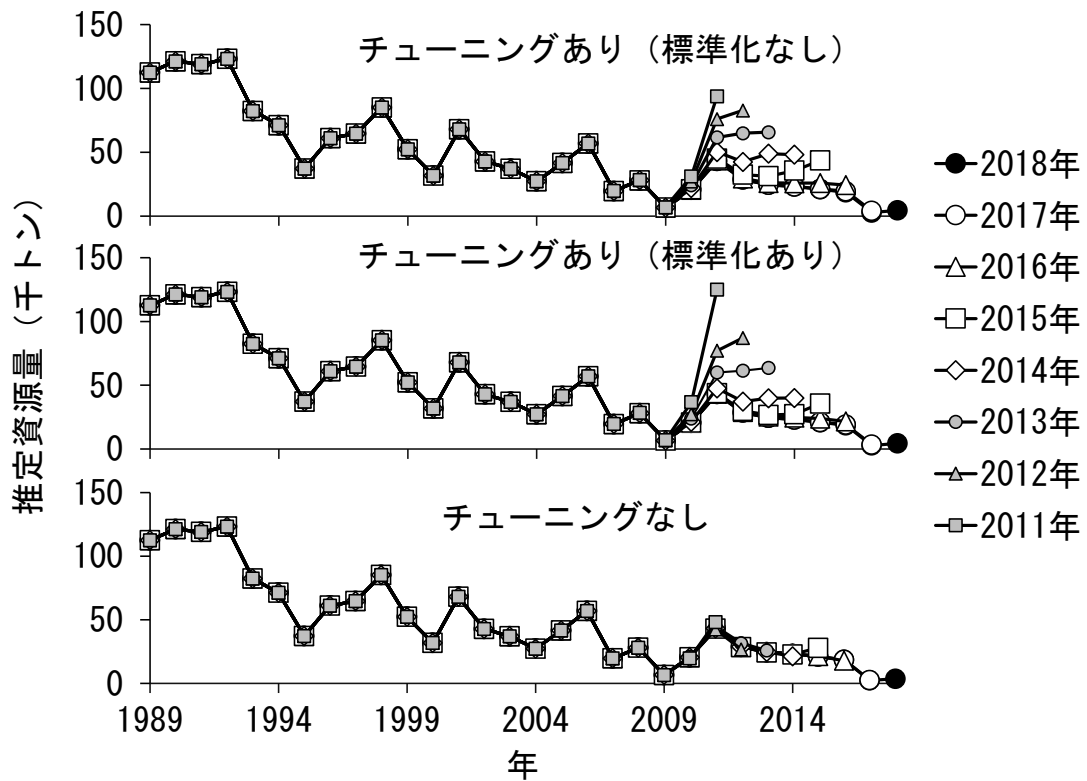
図中点線で示す資源水準の中位と低位の境界は Blimit、高位と中位の境界は Blimit と最大親魚量の間値とした。



補足図 3-4. 0歳魚資源量と全年齢資源量の推移



補足図 3-5. 再生産関係



補足図 3-6. レトロスペクティブ解析による資源量推定値の変化

補足表 3-1. 2018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/続)、漁獲係数(1/旬)および資源尾数(百万尾) 斜字は解析期間を表す。

2018年		漁獲尾数	CPUE	漁獲係数	資源尾数
2月	上旬				7,367
	中旬				7,200
	下旬	2,702	12.6	0.492	7,036
3月	上旬	2,620	6.2	0.995	4,205
	中旬	1,255	2.6	1.804	1,520
	下旬	241	6.7	5.293	245

補足表 3-2. イカナゴ瀬戸内海東部系群のコホート解析による資源解析結果

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	23,187	65.0	18.2
2010	12,340	20,522	168	98,265	60.1	586.4
2011	25,131	43,135	7,253	138,826	58.3	19.1
2012	16,551	28,622	8,360	85,613	57.8	10.2
2013	15,229	24,484	4,200	40,873	62.2	9.7
2014	14,795	23,096	1,540	42,992	64.1	27.9
2015	13,301	20,968	788	60,142	63.4	76.3
2016	12,140	18,493	1,152	40,156	65.6	34.9
2017	1,480	2,260	127	4,933	65.5	38.8
2018	2,841	3,842	27	9,208	73.9	338.6

1989～2005年の漁獲量は灘別統計値を用いているため、表1の計とは数値が異なる。

補足表 3-3. コホート解析結果の詳細（続き）（2017～2018年）

年齢別漁獲尾数（百万尾）		
年	2017	2018
0歳	3,234	6,817
1歳	33	7
2歳以上	3	0.4
計	3,270	6,825

年齢別漁獲量（トン）		
年	2017	2018
0歳	1,399	2,824
1歳	66	14
2歳以上	16	2
計	1,480	2,841

年齢別漁獲係数		
年	2017	2018
0歳	5.21	5.13
1歳	3.61	2.59
2歳以上	3.61	2.59
計	12.43	10.31

年齢別資源尾数（百万尾）		
年	2017	2018
0歳	4,933	9,208
1歳	51	12
2歳以上	4	1
計	4,988	9,221

年齢別資源量（トン）		
年	2017	2018
0歳	2,133	3,815
1歳	103	23
2歳以上	24	4
計	2,260	3,842

年齢別親魚量（トン）		
年	2017	2018
0歳	0	0
1歳	103	23
2歳以上	24	4
計	127	27

年齢別平均体重（g）		
年	2017	2018
0歳	0.43	0.41
1歳	2.00	2.00
2歳以上	5.75	5.75

補足表 3-4. コホート解析による資源量等の推定結果

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2015	20,968	788	13,301	4.36	63
2016	18,493	1,152	12,140	5.82	66
2017	2,259	127	1,480	5.27	66
2018	3,842	27	2,841	5.15	74
2019	974	75	632 [*]	4.72	65
2020	404	31	—	—	—

2019 年および 2020 年の値は将来予測に基づく値。

^{*}実際の 2019 年漁獲量は 2,301 トン。

補足資料4 イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源状態および資源評価手法の変遷と課題

本系群については、漁獲量の大半を占めていた大阪湾と播磨灘の情報を元に、平成 29 (2017) 年度までコホート解析による資源評価を行っていた。補足資料3に示したコホート解析による資源量推定の試算結果では、2013 年以降は親魚量が Blimit (4.3 千トン) を下回り、2018 年の資源量は過去 2 番目の低さ、同年の親魚量は過去最低値となっている。また、2011 年まで見られたような大きな加入は近年見られず、2018 年級群の加入尾数は、過去最低であった 2017 年級群に次いで低い値となっている。本系群については、1987 年から関係府県の水産試験研究機関が実施する漁期前調査の情報を元に、漁業者による解禁日や終漁日の設定等の漁獲量や努力量を抑える自主管理措置が継続して行われているが、資源の回復には至っていない。

一方で、コホート解析に基づく将来予測においては、資源量が実際の漁獲量よりも低く予測されるという矛盾が生じた。その要因としては、備讃瀬戸において漁期終盤に例年にならない大型個体が加入してきた(香川県担当者私信)ことが考えられている。このため、自然死亡係数や再生産成功率に過去の値を仮定した将来予測では、資源量を適切に予測できない状況にあると判断し、平成 30 (2018) 年度の資源評価においては ABC 算定規則 2-1) に基づく評価手法へと変更した。加えて、今年 (2020) 年度評価においては、資源量指標値が 2017 年以降、底を打った状態ではほぼ横ばいとなっているにもかかわらず、2021 年 ABC (ABC limit : 1,790 トン) が昨年 (2019) 年度評価において算定した 2020 年 ABC (limit : 894 トン) よりも極端に増加するという問題が発生した。このため、ABC 算定式の係数を求めるために使用する資源量指標値の期間を直近 3 年 (2017~2019 年) から直近 5 年 (2015~2019 年) に変更することで、ABC 算定に資源の減少傾向を反映できるようにした。

このように本系群の資源は過去に例をみないほど低下しており、より適切な管理方策が求められる。そのため、資源状態をより詳細に把握できるコホート解析に基づく資源評価への復帰を目指していたが、2019 年漁期においては、代表漁協での操業自粛により 1 歳魚以上の水揚げが 0 となった。このため、コホートの追跡が困難となり、現状では復帰に向けた情報が不足している。この 1 歳魚以上の操業自粛は 2020 年漁期においても実施されており、今後もコホートの追跡が困難な状況は継続する可能性がある。