

令和元（2019）年度イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源評価

担当水研：瀬戸内海区水産研究所

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 72,765 トンで過去最高となった後は漸減傾向を示し、2009 年に 4,307 トンと大きく減少した後に 2011 年には 25,131 トンに増加したものの、以降は減少傾向となり、2017 年に過去最低の 1,480 トンを経て、2018 年には過去 2 番目に低い 2,623 トンとなった。資源水準の判断に用いた兵庫県の播磨灘および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）の平均値は減少傾向で、2001 年の 3,544 kg／統をピークに、2017 年に過去最低の 269 kg／統を経て 2018 年には過去 3 番目に低い 376 kg／統となった。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。2018 年の資源水準は低位、資源動向は減少と判断された。2018 年の漁獲量、資源量指標値はともに過去最低の 2017 年について極めて低い水準であることから、現状の資源状態を踏まえ、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	2020 年 ABC (トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
0.8・C2018・0.43	Target	715	—	—
	Limit	894	—	—

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。 $ABC_{target} = \alpha ABC_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2014	—	—	14,795	—	—
2015	—	—	13,301	—	—
2016	—	—	12,140	—	—
2017	—	—	1,480	—	—
2018	—	—	2,623	—	—

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、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）は海産養殖魚の餌として、冷凍したものが用いられている。岡山、香川県にはフルセを醤油に漬けて作る「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）。瀬戸内海の過去約 1 万～2 万年間にわたる地史から、海砂資源は化石資源的で掘ればなくなり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、このような理由から、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、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、2）。

ふ化直後の仔魚は瀬戸内海では 5 m 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、1 年で体長 82.5 mm（80～85 mm）、2 年で 105 mm（80～130 mm）、3 年で 125 mm 以上に成長する（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計算（補足資料 3）で使用する 0 歳魚の体重は 1989～2018 年の各年における漁獲期間（2 月中旬～6 月下旬）の加重平均値、1 歳魚の体重は 2.0 g、2 歳魚以上（プラスグループ）の体重は 5.75 g とした。

(3) 成熟・産卵

1 歳で 100%が成熟・産卵する（図 4）。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 2）。

(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 15 mm 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、ブリ等多数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（平均 71%、図 5、表 1）。和歌山県、徳島県、大阪府、兵庫県、岡山県では、主に船びき網、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。兵庫県では近年フルセ漁獲量の低迷およびその保護のため、漁期初日で終漁することが多くなってきた。また、シンコもフルセ同様に漁獲量が低迷し、両府県とも近年では漁期が 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。

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、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。1960 年代後半～1970 年代前半はパッチ網や船びき網が主となり、積極的効率的な漁獲となり多獲傾向を示した。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。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、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 年に過去最低の 1,480 トンを経て、2018 年には過去 2 番目に低い 2,623 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・備讃瀬戸の 0 歳魚は 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、2018 年も 1,707 トンと過去 2 番目の低さであった。1 歳魚以上も増減を繰り返し、2006 年の 12,272 トンをピークに、2018 年は 16 トンと過去最低となった。大阪湾・紀伊水道では 0 歳魚のみを漁獲しており、1989 年以降は 2001 年の 18,004 トンをピークに減少し、2018 年は 900 トンであった。今年度（2019 年）漁期は 4 月までに終漁しており、0 歳魚漁獲量は前年をやや上回る府県もあるものの、依然として低迷しており（大阪府：75 トン、兵庫県：164 トン、岡山県：83 トン、香川県：995 トン（いずれも代表漁協または標本船集計値）、資源は回復していないと考えられる。

(3) 漁獲努力量

近年の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 歳魚の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、播磨灘の 0 歳魚を対象とした漁業では 2001 年の 1,783 統をピークに減少傾向で 2018 年には過去 2 番目の低さの 602 統となり、大阪湾では 1991 年の 1,992 統をピークに減少傾向で、2018 年は 461 統と過去 2 番目の低さとなった。播磨灘における 1 歳魚以上の延べ出漁統数は、1993 年の 929 統をピークに減

少傾向で 2018 年は 2017 年と同じ 36 統と過去最低が続いた。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

本系群の資源評価は、昨年度から 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を用いた ABC 算定に変更している。これは従来適用してきた ABC 算定規則 1-1)-(2)による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)の推定資源量よりも同年漁期の 0 歳魚漁獲量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、漁獲の主体である 0 歳魚の出現が特異的(漁期終盤に例年になく大型個体が漁獲、ただし漁獲尾数は平年比(2009~2017 年の平均) 34%と減少:香川県担当者私信)であったことが考えられる。このため、過去の自然死亡係数や再生産成功率を仮定した値を用いる将来予測では、資源量を適切に推定できない状況にあると判断し、評価手法の変更に至った。今年度においても同様の現象(2019 年推定資源量:886 トン、各府県の代表漁協 0 歳魚漁獲量合計:1,317 トン、補足資料 3)が確認されたため、昨年度に引き続き 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、2)。

ABC 算定規則 2-1)の適用にあたり、資源量指標値には 0 歳魚 CPUE の平均値を用いた(表 2、補足資料 2)。0 歳魚 CPUE には兵庫県の代表漁協(播磨灘:育波浦、大阪湾:淡路島岩屋)における値を用いた。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、また、資源量との間に有意な回帰関係が認められた(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(図 8、表 3、後述)により 0 歳魚の多寡が資源全体に占める割合が大きくなっていることから、0 歳魚の 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、資源評価の直近の漁獲情報を含めてコホート解析などを行うことにより、上記のような問題点が解決されれば、ABC 算定規則 1-1)への再移行が望まれる(補足資料 4)。そのため、コホート解析による資源量の推定結果について補足資料 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 歳魚 CPUE は、両漁協とも増減を繰り返し、播磨灘では 2005 年の 4,262 kg/統をピークに減少傾向で 2018 年には過去 2 番目の低さの 346 kg/統となり、大阪湾では 2001 年の 3,890 kg/統をピークに減少傾向で、2018 年は 405 kg/統と過去 5 番目の低さとなった(表 2)。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/統から増減を繰り返し、2001 年の 3,544 kg/統をピークに、2017 年に過去最低の 269 kg/統を経て 2018 年には過去 3 番目に低い 376 kg/統となった(図 9、表 2)。

親魚量の指標値は、兵庫県が 12 月に鹿ノ瀬(播磨灘北東部の夏眠・産卵場)で空釣りこぎ(文鎮こぎ)により実施してい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)。その結果、1 歳魚、2 歳魚以上(調査時はそれぞれ 0 歳魚、1 歳魚以上)のいずれも変動が大きく、1 歳魚以上のすべての親魚量は 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再び減少し、2018 年は 11.4 個体／曳と過去 2 番目の低さとなった（図 8、表 3）。

（3）資源の水準・動向

昨年度資源評価から評価実施年の資源量推定値が、その時点での実漁獲量を下回り、資源状態を適切に推定できない状況と考えられた。このため、ABC 算定規則 2-1)を適用し、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）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決定に際して、2017 年度までの資源評価で採用していたコホート解析において指標値としていた親魚量と、昨年度評価からの指標値とした 0 歳魚 CPUE 平均値では、その推移において必ずしも一致しない年があった（図 9、補足図 3-3）。これは親魚量では評価開始の 1989 年に最大値を示したのち減少傾向であるのに対して、0 歳魚 CPUE では評価開始初期（1990、1991 年）の 0 歳魚 CPUE の情報がなく、親魚量が最大および高位で推移している年の情報が得られていないことによる。そこで 1997 年を除いて連続的にデータが得られ始めた 1992 年を基準として、コホート解析による 1989 年の親魚量（86,185 トン）／1992 年の親魚量（56,812 トン）の比（1.52）を 1992 年の 0 歳魚 CPUE（3,110 kg／統）に乗じて 0 歳魚 CPUE の最大値を 4,718 kg／統と仮定した。こうして求めた 0 歳魚 CPUE の最大値と最小値（2017 年）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 1,752 kg／統、中位と高位の境界は 3,235 kg／統となり、2018 年（376 kg／統）の資源水準は低位となった（図 9）。また、過去 5 年（2014～2018 年）の資源量指標値の傾向から、資源動向は減少と判断した。コホート解析（旧基準）による 2018 年の資源水準は低位、動向は減少となり、本結果と一致している（補足図 3-3）。また、旧基準による 1989～2018 年の資源水準を比較すると（0 歳魚 CPUE の情報がない年を除く）、高位が 2 例から 1 例、中位が 17 例から 10 例、低位が 8 例から 16 例となり、新基準の方が厳しい水準判断となる。

5. 2020 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

2018 年の資源量指標値が 376 kg／統と過去 3 番目に低く、低位と中位の境界（1,752 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、最近 5 年間（2014～2018 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）における CPUE 平均値を資源量指標値として使用し、ABC 算定規則 2-1)を適用し ABC を算定した。

$$ABClimit = \delta_1 \times Ct \times \gamma_1$$

$$ABCtarget = ABClimit \times \alpha$$

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

ここで、 C_t は 2018 年の漁獲量 (2,623 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元に算定する係数である。 k は係数、 b と I はそれぞれ直近 3 年 (2016～2018 年) における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。2020 年の ABC は δ_1 が低位水準にあるので推奨値の 0.8 とした。 k が標準値の 1.0、 b が -316.02、 I が 551 であるので、 γ_1 は 0.43 と計算された。 α は基準値の 0.8 とした。

管理基準	Target/ Limit	2020 年 ABC (トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
0.8・C2018・0.43	Target	715	—	—
	Limit	894	—	—

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。 $ABC_{target} = \alpha ABC_{limit}$ 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
2017 年漁獲量確定値	2017 年漁獲量、資源量推定値、0 歳魚加重平均体重
2018 年漁獲量概数値 2018 年親魚年齢組成 2018 年旬齢別漁獲尾数	2018 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)
2018 年 (当初)	Frec5yr	2.94	7,069	4,140	3,922	
2018 年 (2018 年 再評価)	$0.8 \cdot C_{2016} \cdot 0.67$	—	—	6,547	5,238	
2018 年 (2019 年 再評価)	$0.8 \cdot C_{2016} \cdot 0.67$	—	—	6,547	5,238	2,623 (—)
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	

F 値は 0 歳魚の値で代表する。2018 年 (当初) は ABC 算定規則 1-1)-(2)により ABC を算定していたが、昨年度 (2018 年評価) より ABC 算定規則 2-1)により算定したため、これに基づき再評価を行った。2019 年 (2019 年再評価) は、2017 年の漁獲量が確定し、やや増加した。

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漁獲量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。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、そのための情報収集が必要である。しかし近年の不漁が続く中で、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傾向にある。漁獲量、資源量指標値ともに昨年度は過去最低、今年度もそれに次ぐ中で、今後もこのような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（補足資料 4）。資源量減少の要因については明確でないものの、夏眠中の水温上昇や捕食圧による夏眠魚の減耗などが指摘されている（中村ほか 2017）。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ことも指摘されている（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も留意し、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.
- 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・山本敏弘 (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.
- 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.
- Tomiyaama, 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：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

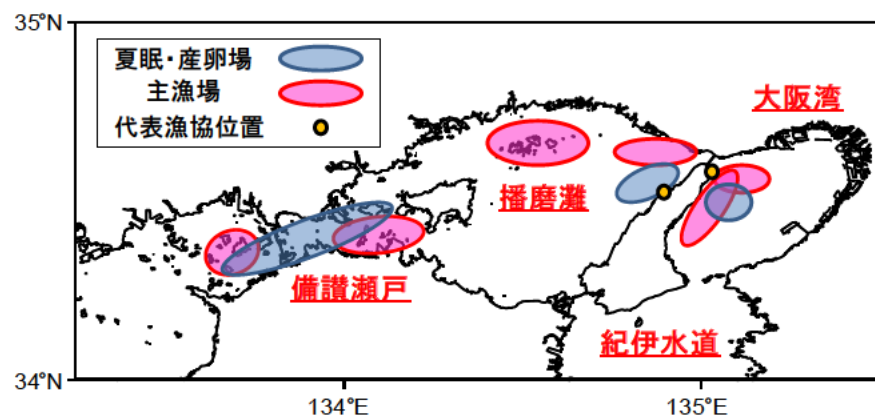


図2. イカナゴ瀬戸内海東部系群の夏眠・産卵場、主漁場

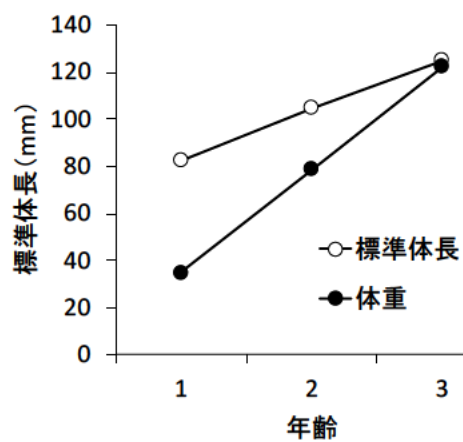


図3. 年齢と成長

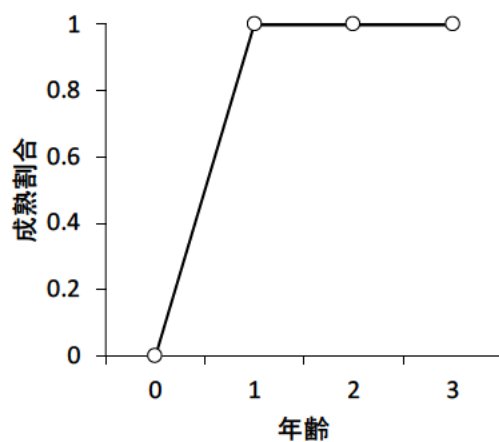


図4. 年齢と成熟率

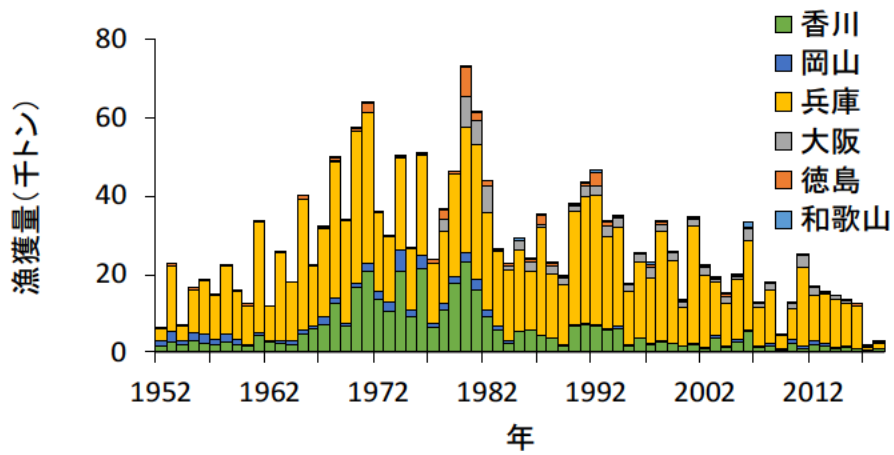


図5. 府県別漁獲量の経年推移

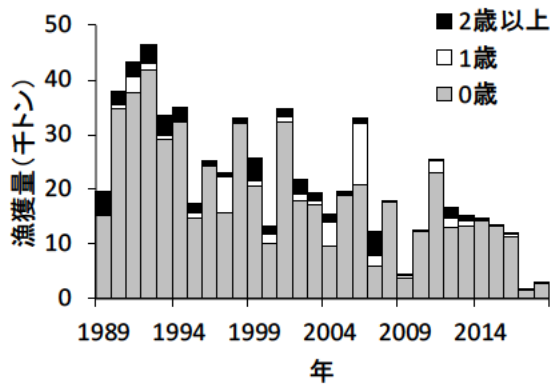


図6. 年齢別漁獲量の推移

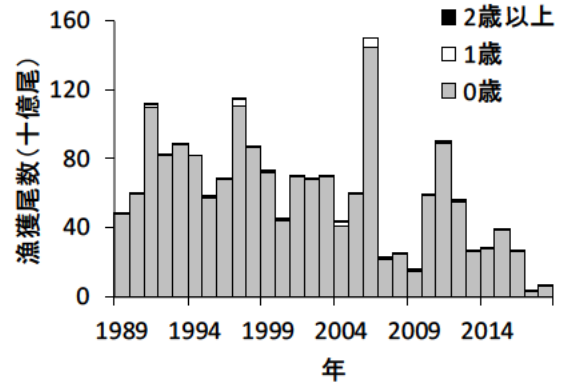


図7. 年齢別漁獲尾数の推移

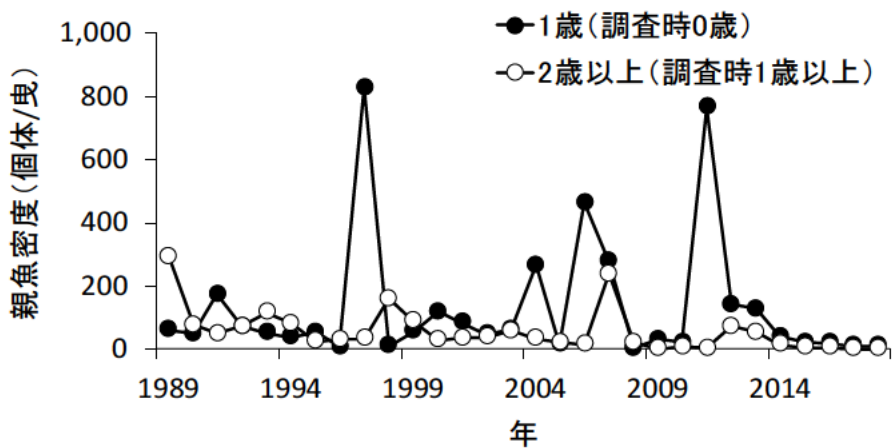


図8. 鹿ノ瀬（播磨灘北東部）における空釣りこぎによる親魚密度の経年推移

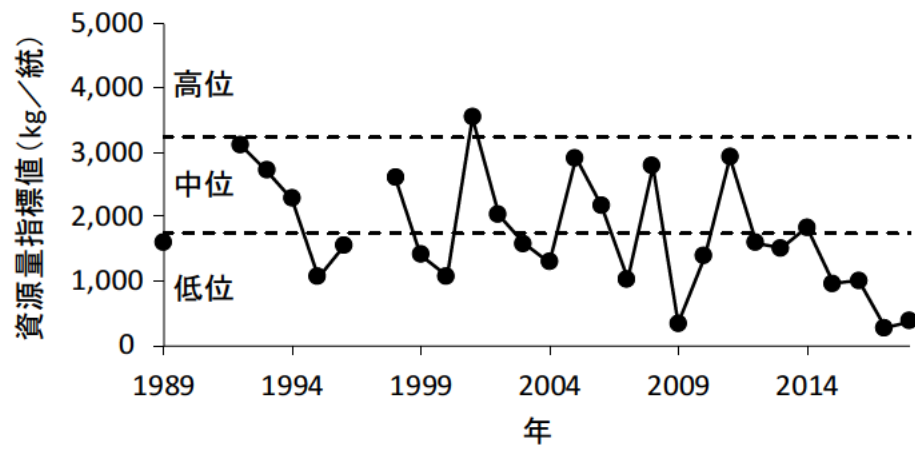


図9. 資源量指標値（0歳魚CPUE）の推移 指標値は兵庫県播磨灘における代表漁協（育波浦）と兵庫県大阪湾における代表漁協（淡路島岩屋）の平均値。

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	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	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
和歌山	17	0	0	0	0	0	0
徳島	222	1	0	42	8	1	19
大阪	1,594	356	1,129	803	47	110	173
兵庫	11,620	12,534	12,372	10,792	11,082	1,001	1,507
岡山	906	718	346	350	262	77	105
香川	2,192	1,620	948	1,314	741	291	819
計	16,551	15,229	14,795	13,301	12,140	1,480	2,623

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代表漁協の漁獲量（トン）、延べ出漁統数、CPUE（kg／統）

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

－：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）

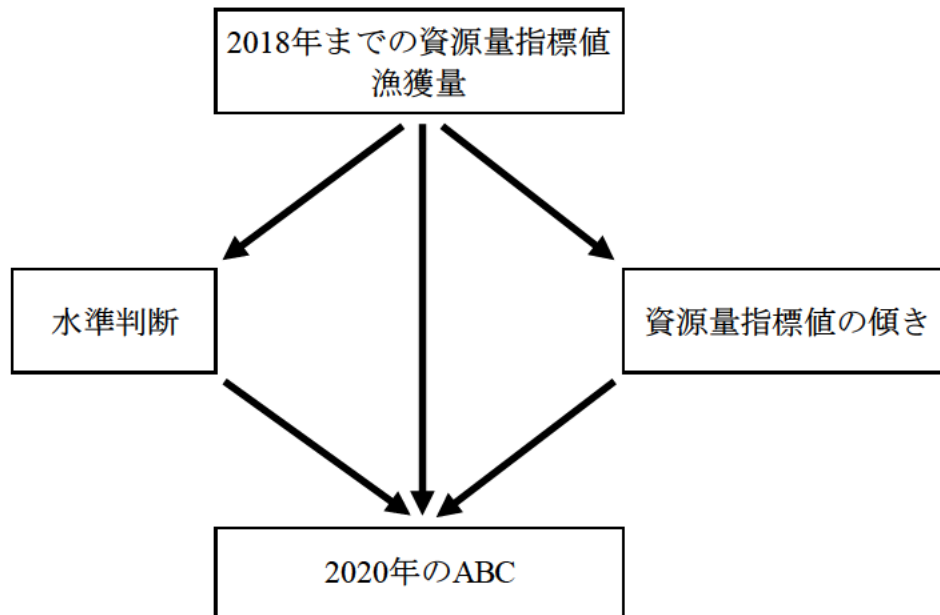
年	1歳*	2歳以上**	計
1989	61.1	292.3	353.4
1990	49.0	75.6	124.6
1991	173.2	48.8	222.0
1992	72.4	72.4	144.7
1993	52.0	115.9	167.9
1994	36.9	82.1	119.0
1995	54.0	23.1	77.1
1996	7.6	31.2	38.8
1997	828.2	31.8	860.0
1998	10.1	160.7	170.8
1999	55.8	87.2	143.0
2000	117.5	28.5	146.0
2001	83.8	34.2	118.0
2002	46.0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

*: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に記す。



補足資料2 資源量指標値の計算方法

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年以降は府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。

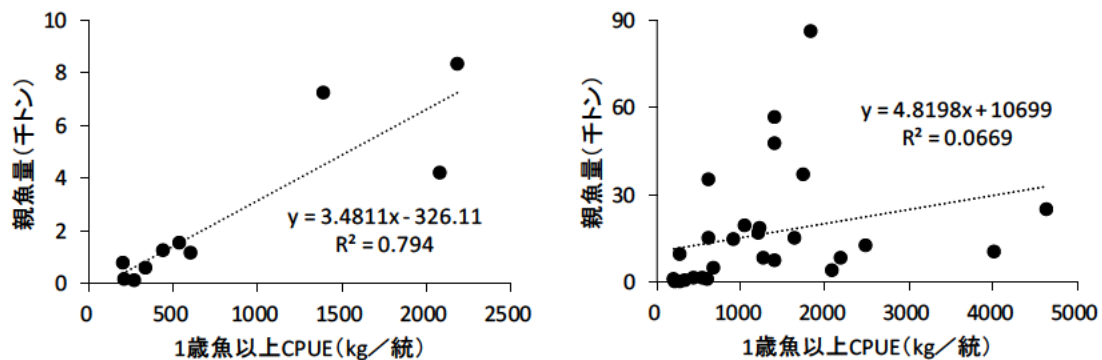
- ①大阪湾では0歳魚のみの漁獲されているので、1989～2005年において大阪湾漁獲量から大阪府漁獲量を引いた残りを兵庫県大阪湾の0歳魚漁獲量とした。
- ②1989～2005年において兵庫県漁獲量から兵庫県大阪湾漁獲量を引いた残りを兵庫県播磨灘漁獲量とした。
- ③2006～2018年においては兵庫県播磨灘の代表漁協（育波浦）と兵庫県大阪湾の代表漁協（淡路島岩屋）の漁獲量比で兵庫県漁獲量を案分し、兵庫県大阪湾漁獲量と兵庫県播磨灘漁獲量を求めた。
- ④2006～2018年の播磨灘、備讃瀬戸における0歳魚、1歳魚以上別の漁獲量は、兵庫県播磨灘の代表漁協（育波浦）における0歳魚と1歳魚以上の漁獲量比で香川県、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) 代表漁協における0歳魚CPUEの平均値

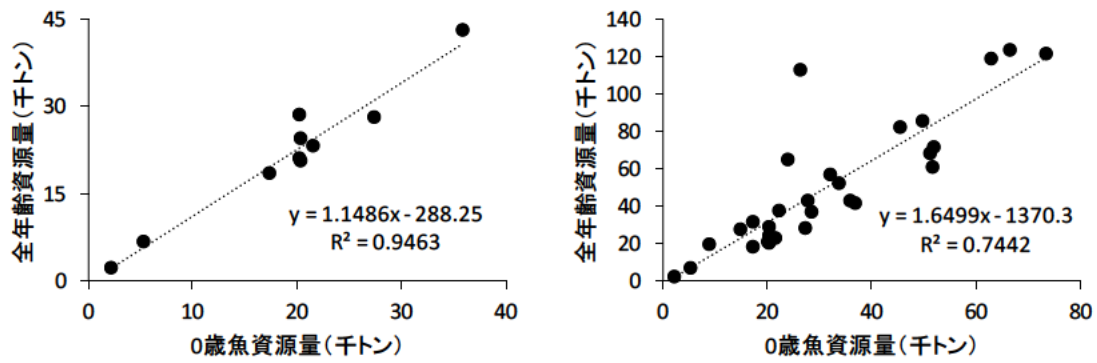
1989年からの各年において、兵庫県播磨灘の代表漁協（育波浦）と兵庫県大阪湾の代表漁協（淡路島岩屋）のそれぞれについて、0歳魚漁獲量と延べ出漁統数からCPUE (kg/統) を求めた。得られた播磨灘代表漁協CPUEおよび大阪湾代表漁協CPUEから0歳魚CPUEの平均値を求めた（表2）。

3) 資源水準・動向の判断とABC算定のための資源量指標値の検討

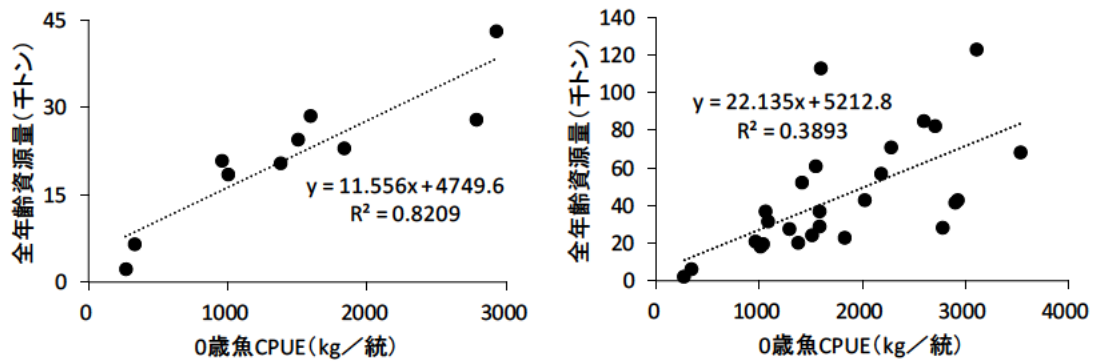
2017年度までのコホート解析を用いた1系の資源評価では親魚量を指標としていたが、播磨灘代表漁協における1歳魚以上のCPUE（表2）とコホート解析により推定された親魚量の変動は、近年（2008～2017年）では有意な回帰関係がみられたものの（ $R^2=0.79$ 、 $p<0.001$ 、補足図2-1左）、長期的（1989～2017年）には回帰関係はみられなかった（ $R^2=0.07$ 、 $p=0.19$ 、補足図2-1右）。これに対し、コホート解析により推定された0歳魚資源量と全年齢資源量の間では、近年（2008～2017年、 $R^2=0.95$ 、 $p<0.001$ 、補足図2-2左）および長期（1989～2017年、 $R^2=0.74$ 、 $p<0.001$ 、補足図2-2右）においてその変動は一致する傾向にあった。また、播磨灘・大阪湾における0歳魚CPUEの平均値（表2）と0歳魚推定資源量の間においてもその変動は近年（2008～2017年、 $R^2=0.87$ 、 $p<0.001$ 、補足図2-3左）と長期（1989～2017年、 $R^2=0.65$ 、 $p<0.001$ 、補足図2-3右）で一致していた。さらに、0歳魚CPUEの平均値と全年齢資源量においても近年（2008～2017年、 $R^2=0.82$ 、 $p<0.001$ 、補足図2-4左）と長期（1989～2017年、 $R^2=0.39$ 、 $p<0.001$ 、補足図2-4右）での動向は一致していた。これは本系群の漁獲の主体が0歳魚であり（図6、7）、近年の親魚量の減少（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を反映しているからである。以上のことから、2系でのABC算定のための資源量指標値として播磨灘・大阪湾における0歳魚CPUEの平均値を採用した。



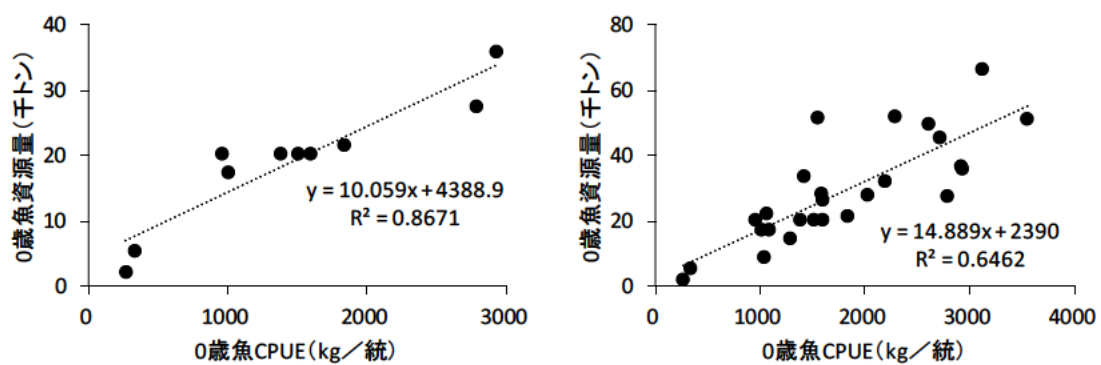
補足図2-1. 代表漁協1歳魚以上CPUEとコホート解析により推定された親魚量の関係
（左：2008～2017年、右：1989～2017年）



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0歳魚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0歳魚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	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	173	1,507	105	819	2,623

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）の推定値

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	708	799	0.47	0.99

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）の推定値

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	900	1,707	2,607	16

補足資料3 コホート解析による資源量推定

平成29年度まで採用されていたコホート解析の方法およびその方法に基づいて試算した最近年の資源量推定結果を以下に示す。

1) 最近年（2018年）の0歳魚旬別漁獲尾数の推定（補足表3-1）

大阪湾、紀伊水道の2018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2017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

$$BW = 1.52 \times 10^{-3} \times TL^{3.18}$$

から各年、各旬の漁獲物の平均体重を求めた。ただし、BWは体重（g）を、TLは全長（mm）を表す（兵庫県 未発表）。また、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

$$TL = D \times 0.4496 + 43.942$$

で得られた各年の値を用いた。ただし、Dは解禁日からの経過日数を表す（兵庫県 未発表）。（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。

2) 年齢別漁獲尾数の推定

0歳魚の年間漁獲尾数は、1) で求めた0歳魚の旬別漁獲尾数の総和とする。

1歳魚、2歳魚以上（プラスグループ）の漁獲尾数は、補足資料2-1) で求めたフルセ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。

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

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

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

3) 最近年（2018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、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概ね過小推定となることから（補足図3-1）、最近年を除く過去10年（2008～2017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1.25を最近年（2018年）の旬別コホート解析結果に乗じた値を加入量とした。

旬別コホート解析の基本式は以下に示したPope（1972）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～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よりも遡った2月1日までの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求めた（補足表3-1）。

漁獲係数 F_j の計算は、以下の式による。

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

4) 資源量等推定方法（補足表3-2、3-3）

平松（2001）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（1972）の近似式を用いた（上述の（5）式と同じ）。

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

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（ $y_{last}=2018$ 年）の0歳魚の資源尾数 $N_{0,y_{last}}$ 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 $F_{0,y_{last}}$ および $F_{1,y_{last}}$ は、最近年を除く過去3年（2015～2017年）の平均とした。最近年（ y_{last} ）の2歳魚以上（プラスグループ）の漁獲係数 $F_{2+,y_{last}}$ 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。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。

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

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

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

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

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

コホート解析の結果、資源量推定値は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43,135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3,548トンとなった（補足図3-2、補足表3-2、3-3）。2018年における資源量に対する漁獲割合は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5.15/年、2.61/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8,360トンに増加したが、以降減少傾向となり、2018年には過去最低の26トンとなった（補足図3-3、補足表3-2、3-3）。加入量（0歳魚の資源尾数）は1991～2004年まで減少傾向で、2004年には636億尾となった。その後2006年に2,229億尾に増加したが急減し、2009年には232億尾となった。2011年に1,388億尾に増加したが、再び減少し2018年には過去2番目に低い85億尾となった（補足図3-3、補足表3-2、3-3）。0歳魚の資源量も、1990年の73,421トンピークに減少傾向で、2018年には過去2番目に低い3,522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（89%: 2008～2017年平均）。

再生産成功率RPS（加入量／親魚量）は、1.0～586.4尾/gで変動が大きい。最近年を除く過去5年間（2013～2017年）は9.7～76.3尾/gで推移していた（補足表3-2）。

1989～2018年の親魚量と加入量から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で、2018年は2017年に引き続き原点近い値まで落ち込んでいる。

コホート解析における資源水準判断では、資源水準の低位と中位の境界をBlimitとした。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（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%を示す直線の交点から求めたところ2,257トンとなった。これはこれまでのコホート解析による評価の4,319トンよりも低い値であったが、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ため、Blimitは4,319トンのままとした。中位と高位の境界はBlimitと最大親魚量の間値（45,252トン）とした。2018年の親魚量は26トンであり、Blimit（4,319トン）を下回る結果となった（補足図3-3）。このことから、コホート解析における資源水準は低位、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。

2019年以降の将来予測において、2019年の各年齢のF値は最近年を除く過去5年間（2013～2017年）の平均値（4.73）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、加入量=RPS×親魚量で求めた（補足表3-4）。しかし、この仮定に基づく2019年の将来予測において、資源量推定値886トンよりも2019年漁期の0歳魚漁獲量（代表漁協における最新の集計値1,317トン）が多くなるという矛盾が生じた。

5) 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について

資源量推定の際に、親魚密度を指標値としてチューニングを行った場合と行わなかっ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歳魚（調査時0歳魚）および2歳魚以上（調査時1歳魚以上）の親魚密度（個体/曳）（表3）を用いた。また指標値の標準化として親魚密度の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。

1歳魚の y_{last} 年の資源尾数の推定において

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

および指標値を標準化した

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

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、 $U_{0,y-1}$ 、 $U_{1+,y-1}$ は $y-1$ 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）を表す。 q_1 、 q_{2+} は比例定数であり、以下の式で求めた。

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

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

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1歳魚および2歳魚以上（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。

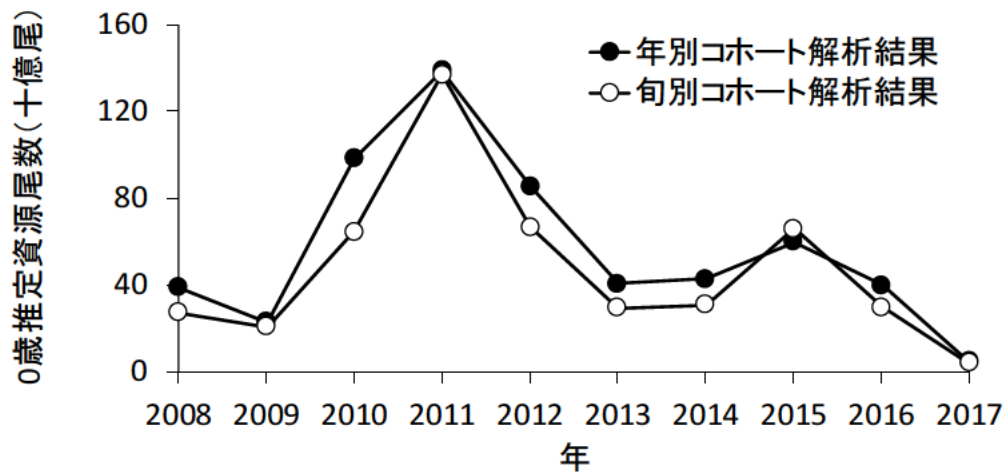
2018年から2011年に遡るレトロスペクティブ解析により、各チューニング条件における資源量推定結果を補足図3-6に示す。資源量推定方法の判断には以下の式で計算されるレトロスペクティブバイアス（Mohn's ρ 、Mohn 1999）が0に最も近くなる条件とした。

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

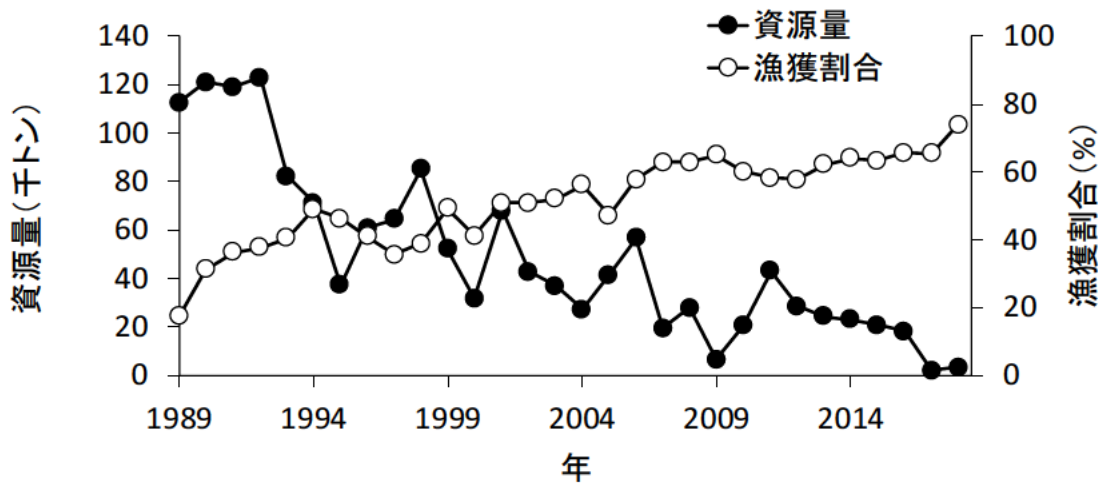
ここで、 P はレトロスペクティブ計算においてデータを遡る年数、 Y はデータ全体の最終年、 $\hat{\theta}_{Y-i}^{R_i}$ は i 年分のレトロスペクティブ計算の最終年の推定資源量、 $\hat{\theta}_{Y-i}$ は最近年（2018年漁期）までのデータを用いた計算における2018- i 年の推定資源量である。チューニングあり（標準化なし）、チューニングあり（標準化あり）、およびチューニングなしの各レトロスペクティブバイアスは、それぞれ1.098、1.059、0.061となり、チューニングを行わない資源量推定結果が0に最も近い値となった。このため、コホート解析ではチューニングを行わない資源量推定方法を採用した。

引用文献

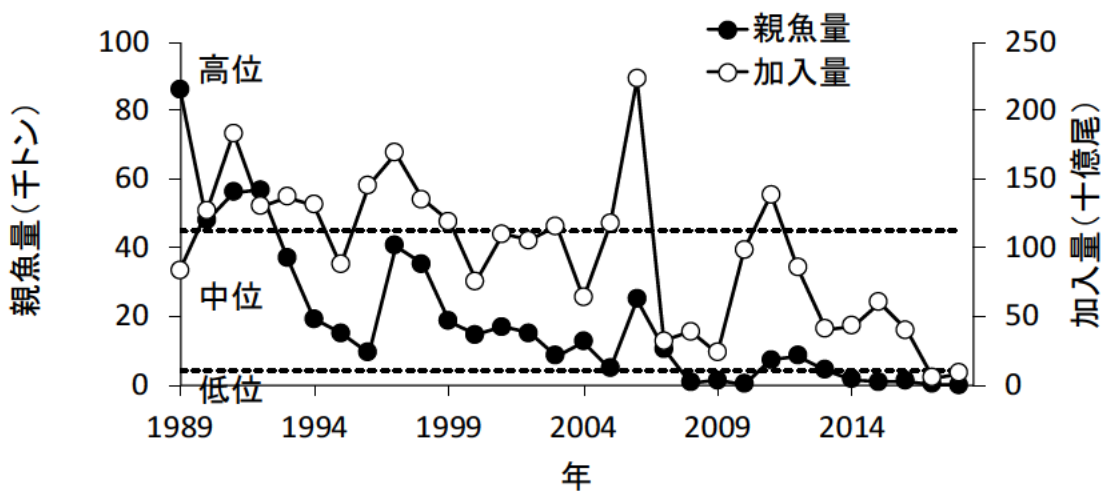
- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書-資源解析手法教科書-, 日本水産資源保護協会, 東京, 104-128.
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci., **56**, 473-488.
- Pope, J. G. (1972) An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

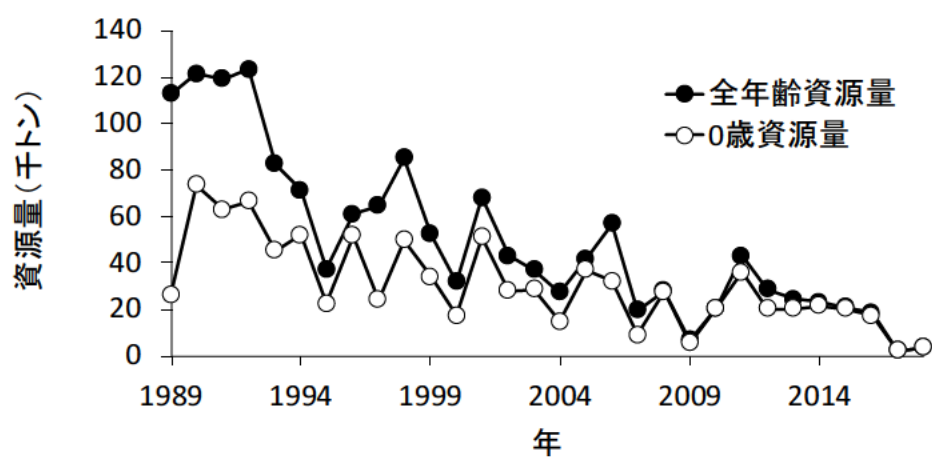


補足図3-2. 資源量と漁獲割合の経年推移

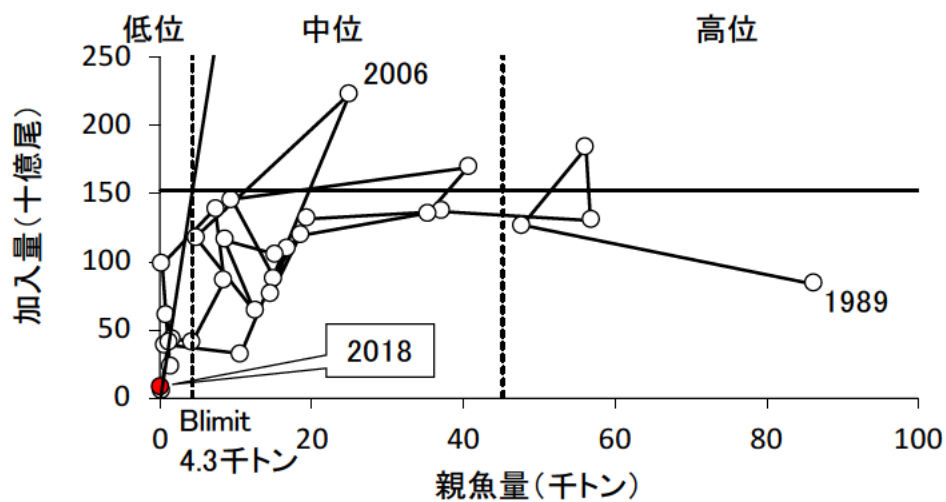


補足図3-3. 親魚量と加入量の経年推移

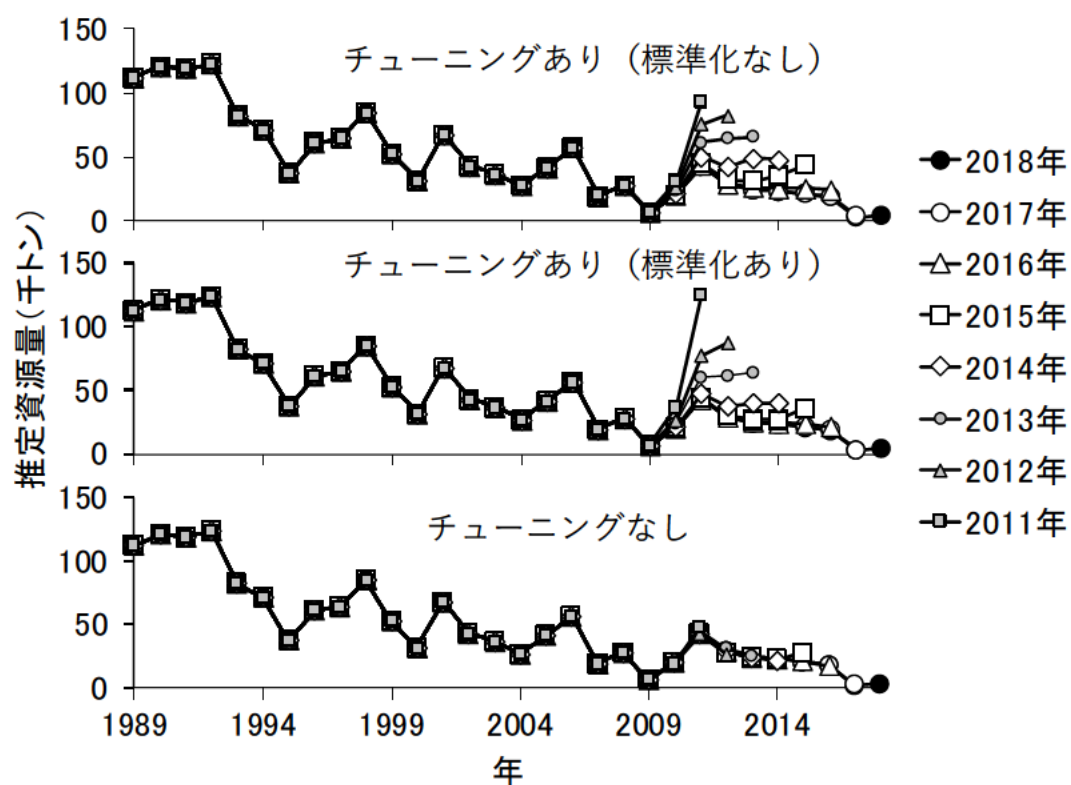
図中点線で示す資源水準の中位と低位の境界はB_{limit}、高位と中位の境界はB_{limit}と最大親魚量の間値とした。



補足図3-4. 0歳魚資源量と全年齢資源量の経年推移



補足図3-5. 再生産関係



補足図3-6. 2011年以降のチューニングの有無による資源量推定値の推移

補足表 3-1. 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。

2018年		漁獲尾数	CPUE	漁獲係数	資源尾数
2月	上旬				6,782
	中旬				6,628
	下旬	2,475	11.5	0.489	6,478
3月	上旬	2,399	5.7	0.980	3,884
	中旬	1,175	2.4	1.800	1,424
	下旬	226	6.3	5.231	230

補足表 3-2. 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	23,187	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	2,259	127	4,931	65.5	38.9
2018	2,623	3,548	26	8,477	73.9	332.2

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。

1993	1994	1995
88,288	81,557	57,108
286	183	621
636	407	266
89,210	82,147	57,995

1993	1994	1995
29,223	32,201	14,534
572	366	1,242
3,659	2,342	1,530
33,454	34,909	17,306

1993	1994	1995
3.82	2.83	4.65
0.19	0.24	0.33
0.19	0.24	0.33
4.20	3.31	5.31

1993	1994	1995
36,927	131,447	87,465
2,506	1,305	3,361
5,577	2,905	1,440
45,010	135,657	92,266

1993	1994	1995
45,323	51,899	22,260
5,011	2,610	6,722
32,069	16,703	8,283
82,403	71,212	37,265

1993	1994	1995
0	0	0
5,011	2,610	6,722
32,069	16,703	8,283
37,080	19,313	15,005

1993	1994	1995
0.33	0.39	0.25
2.00	2.00	2.00
5.75	5.75	5.75

2 年)

2000	2001	2002
44,108	69,008	67,557
911	578	601
221	236	484
45,240	69,821	68,641

2000	2001	2002
9,993	32,119	17,856
1,822	1,155	1,201
1,269	1,357	2,780
13,084	34,631	21,837

2000	2001	2002
2.14	3.04	3.68
0.39	0.26	0.51
0.39	0.26	0.51
2.92	3.56	4.70

2000	2001	2002
75,810	109,913	105,133
4,309	3,869	2,275
1,044	1,580	1,832
81,163	115,362	109,240

2000	2001	2002
17,176	51,158	27,787
8,618	7,738	4,551
6,002	9,087	10,533
31,795	67,983	42,871

2000	2001	2002
0	0	0
8,618	7,738	4,551
6,002	9,087	10,533
14,620	16,824	15,084

2000	2001	2002
0.23	0.47	0.26
2.00	2.00	2.00
5.75	5.75	5.75

2007	2008	2009
21,166	24,770	15,218
929	2	348
791	28	18
22,886	24,800	15,583

2007	2008	2009
5,945	17,475	3,511
1,858	5	695
4,550	161	101
12,353	17,641	4,307

2007	2008	2009
7.35	3.41	5.41
2.49	0.54	2.94
2.49	0.54	2.94
12.34	4.49	11.29

2007	2008	2009
32,127	38,854	23,187
1,536	9	557
1,308	102	28
34,971	38,965	23,772

2007	2008	2009
9,023	27,411	5,349
3,072	18	1,114
7,523	586	161
19,618	28,016	6,625

2007	2008	2009
0	0	0
3,072	18	1,114
7,523	586	161
10,595	604	1,275

2007	2008	2009
0.28	0.71	0.23
2.00	2.00	2.00
5.75	5.75	5.75

2014	2015	2016
27,998	39,139	26,395
194	48	216
64	12	54
28,256	39,200	26,664

2014	2015	2016
14,038	13,133	11,398
389	97	432
369	71	310
14,795	13,301	12,140

2014	2015	2016
4.41	4.36	5.83
1.37	0.39	3.76
1.37	0.39	3.76
7.15	5.14	13.36

2014	2015	2016
42,992	60,142	40,156
395	227	335
130	58	84
43,517	60,427	40,575

2014	2015	2016
21,556	20,180	17,341
790	454	670
750	334	482
23,096	20,968	18,493

2014	2015	2016
0	0	0
790	454	670
750	334	482
1,540	788	1,152

2014	2015	2016
0.50	0.34	0.43
2.00	2.00	2.00
5.75	5.75	5.75

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	6,275
1歳	33	7
2歳以上	3	0.4
計	3,270	6,282

年齢別漁獲量（トン）		
年	2017	2018
0歳	1,399	2,607
1歳	66	13
2歳以上	16	2
計	1,480	2,623

年齢別漁獲係数		
年	2017	2018
0歳	5.27	5.15
1歳	3.68	2.61
2歳以上	3.68	2.61
計	12.62	10.37

年齢別資源尾数（百万尾）		
年	2017	2018
0歳	4,931	8,477
1歳	51	11
2歳以上	4	1
計	4,986	8,488

年齢別資源量（トン）		
年	2017	2018
0歳	2,132	3,522
1歳	103	22
2歳以上	24	4
計	2,259	3,548

年齢別親魚量（トン）		
年	2017	2018
0歳	0	0
1歳	103	22
2歳以上	24	4
計	127	26

年齢別平均体重（g）		
年	2017	2018
0歳	0.43	0.42
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	3,548	26	2,623	5.15	74
2019	886	68	575	4.73	65
2020	363	28	—	—	—

2019年以降の値は、将来予測に基づく値。

補足資料4 イカナゴ瀬戸内海東部系群の資源状態について

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、親魚量は過去最低を更新している。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の実施する漁期前情報を元に、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。また、本系群に2011年まで見られた大きな加入は近年見られず、減少傾向が続いている。さらに、2018年の加入尾数は、過去最低であった2017年級に次いで低く推定されたことから、今後も資源状態の悪化が継続する可能性がある。

平成30年度ABC算定規則では「資源量(または親魚量)が禁漁水準Bbanを下回るか、Blimit及び過去最低値を著しく下回った場合には、他の資源学的要素や環境要因も考慮したうえで禁漁または禁漁的措置を提案する。その他の規則においても、相当の理由をもって禁漁または禁漁的処置が必要と判断した場合に提案する。」(水産庁増殖推進部・水産研究・教育機構 2019)とあり、Blimitを著しく下回り、過去最低値である2017年に次いで低いことから、禁漁または禁漁的措置を検討し得る水準にある。

本系群の2018年の親魚量(26トン)は、過去の親魚量中央値の10%(1989～2018年:1.2千トン)を下回る水準にある。ホッケ道北系群(森田ほか 2019)では、親魚量の中央値の10%に当たる水準をBbanの候補としており、イカナゴ瀬戸内海東部系群でも、禁漁とすべき資源状態を下回っている可能性がある。本系群の適切な管理方策の検討のため、資源状態を詳細に把握できるコホート解析に基づく資源評価に再度移行することと、漁獲圧を大幅に削減する措置を提言する具体的な数値などの検討を参画機関と進める必要がある。

引用文献

- 森田晶子・境 磨・山下夕帆・山下紀生・磯野岳臣・服部 薫 (2019) 平成30(2018) 年度ホッケ道北系群の資源評価. 平成30年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第2分冊, 水産庁・水産研究・教育機構, 1284-1322.
- 水産庁増殖推進部・水産研究・教育機構 (2019) 平成30年 (2018) 年度ABC 算定のための基本規則. 平成30年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第1分冊, 4-13.