# 令和元（2019）年度アカガレイ日本海系群の資源評価

担当水研：日本海区水産研究所
参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター

## 要　　約

本系群の資源状態について漁業依存情報および調査船調査により評価した。本系群の沖合底びき網（1 そうびき）の漁獲量は、1981 年に最高、1992 年に最低となった。全漁業種類による漁獲量は、1992 年の 2,281 トンから増加して 2007～2014 年は 5,500 トン前後で推移し、その後減少し、2018 年は 4,185 トンであった。沖合底びき網（1 そうびき）の資源密度指数（kg/網）は中長期的には漁獲量と同様の変動を示した。直近 5 年間（2014～2018 年）では、2014 年の 20.8 から漸減し、2018 年は 18.3 であった。資源密度指数の推移から、水準は中位、動向は減少と判断した。ABC 算定のための基本規則 2-1）に基づき、資源水準および資源量指標値に合わせて漁獲することを管理目標として 2020 年の ABC を算定した。

| 管理基準 | Target/ Limit | 2020 年 ABC（百トン） | 漁獲割合（%） | F 値（現状の F 値からの増減%） |
|---|---|---|---|---|
| 0.9·C2018·0.99 | Target | 30 | － | － |
| | Limit | 37 | － | － |

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。ABC の値は十の位を四捨五入した。

| 年 | 資源量 | 親魚量 | 漁獲量（百トン） | F 値 | 漁獲割合（%） |
|---|---|---|---|---|---|
| 2014 | － | － | 56 | － | － |
| 2015 | － | － | 50 | － | － |
| 2016 | － | － | 46 | － | － |
| 2017 | － | － | 45 | － | － |
| 2018 | － | － | 42 | － | － |

水準：中位　　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、関連調査等 |
|---|---|
| 漁獲量および資源量指標値 | 府県別農林生産統計値（農林水産省）<br>2007 年以降、水産庁 HP にて公表<br>(http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html)<br>生物情報収集調査（青森～島根（11）府県）<br>日本海区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計調査資料<br>（水産庁・水研） |
| 卵稚仔分布量 | 卵稚仔調査（3～6 月、水研、青森～島根（11）府県） |
| 漁獲物体長組成 | 生物情報収集調査（鳥取県、兵庫県、福井県、石川県） |
| 体長組成および推定資源量 | 日本海ズワイガニ等底魚資源調査（5～6 月、水研）（以下、トロール調査という）<br>日本海北部底魚資源調査（7 月、水研） |
| 新規加入量<br>（漁獲加入前の小型魚の出現状況） | 新規加入量調査<br>・金沢沖桁網（2 月、石川県）<br>・丹後半島沖桁網（6～7 月、京都府）<br>・但馬沖着底トロールおよび稚魚桁網（10 月、兵庫県）<br>日本海ズワイガニ等底魚資源調査（5～6 月、水研） |

## 1. まえがき

日本海におけるアカガレイは、ズワイガニやハタハタと並ぶ底びき網漁業の最重要資源である。本系群の漁獲量は 1980 年代をピークとしてその後大きく減少したため、2002（平成 14）年度に日本海西部資源回復計画の対象魚種に指定され、石川県から島根県において、底びき網漁業者による漁獲努力量の削減措置（休漁・網目拡大・改良網導入など）が取り組まれた。資源回復計画は 2011（平成 23）年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、2012（平成 24）年度以降、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下、継続されている。

## 2. 生態

（1）分布・回遊

日本海におけるアカガレイは、隠岐東方、若狭湾および加賀沖を主分布域とし、本州沿岸全域に分布する（図 1）。また、鉛直的には、本系群は日本海固有水の影響を受ける水深帯（150～900 m）に分布し、成長段階ごとに分布水深が異なる。さらに成魚は季節的に水平および浅深移動も行う（永澤 1993、内野ほか 1997、山崎ほか 1999、廣瀬ほか 2002）。本種は 2～4 月に水深 180～200 m に産卵場を形成し、産卵期終了後もしばらくは産卵場付近に留まるが、6 月下旬頃より深場への移動を始める（廣瀬・南 2003）。夏季の若狭沖では、雄成魚は水深 200～300 m に、雌成魚は水深 300 m 台を中心に分布する。一方、但馬沖では、雌雄とも 500 m 以深を中心に分布し、水深 900 m にも分布するとの情報もある（廣瀬氏、私信）。晩秋には、深場から浅場の産卵場へと移動を始める（永澤 1993）。

本種の日本海西部（石川県以西）における主産卵場は、若狭湾内、経ヶ岬周辺および赤

碕沖を中心とする隠岐諸島周辺の海域であると考えられ（永澤 1993）、能登半島周辺の海域が未成魚の成育場となっている（廣瀬ほか 2002）。また、日本海北部海域（富山県以北）では、新潟県粟島北方に小規模な産卵場が確認されている。

本種の移動特性に関して、標識放流の結果に基づき、若狭沖から但馬沖以西への成魚の移動が報告されている（内野ほか 1997）。また、能登沖、加賀沖には大型の成魚が比較的少ないことから、成熟に伴う加賀沖から若狭沖への移動も想定されており、アカガレイは能登半島以西の海域を広く移動していると考えられている。日本海北部海域においても、100 km を超える大きな移動を行う個体が存在し、秋田沖から能登内浦までの間で移動した個体も確認されているが（森本ほか 2004）、日本海西部海域のような方向性のある移動は確認されていない。

（2）年齢・成長

日本海西部のアカガレイの年齢と成長について、2011 年の日本海ズワイガニ等底魚資源調査（以下、トロール調査という）で採集された個体の一部を標本とし年齢査定した結果を示す。得られた成長式は以下の通りである（図 2）。

$$雌：L_t = 342(1 - \exp(-0.24(t + 0.25)))$$

$$雄：L_t = 227(1 - \exp(-0.46(t + 0.25)))$$

ここで、Lt は t 歳時（5 月）における標準体長（mm）、t は年齢である。体長は 2 歳で 140 mm 前後、5 歳では 200 mm 前後、10 歳では雄が 230 mm 前後、雌は 300 mm 前後となる。2011 年の調査で確認された最高齢は、雄 19 歳、雌 24 歳であり、寿命はおよそ 20 歳と考えられる。

（3）成熟・産卵

京都府沖合海域における 50%成熟体長は雄 170 mm、雌 270 mm であり、雄 240 mm、雌 360 mm で全ての個体が成熟するとされていたが（内野ほか 1995）、2008 年京都府沖合で調査された 50%成熟体長は雄 170 mm、雌 250 mm であり、100%成熟体長は雄 220 mm、雌 300 mm であった。Logistic 曲線に近似させた体長 BL に対する群成熟率 $L^m$(%)の関係式は以下の通りであり、50%成熟体長は、雄で 169 mm，雌で 246 mm であった（図 3、藤原ほか 2009）。

$$雌(\%)：\ L^m = \frac{100}{1+\exp(-0.113(BL-246))}$$

$$雄(\%)：\ L^m = \frac{100}{1+\exp(-0.130(BL-169))}$$

産卵期は 2～4 月で、産卵場は分布域の最も浅い場所（水深 180～200 m 付近）に局所的に形成される。繁殖期間中、雄は性的活性を長く保ち、長期間産卵場に留まる（山崎ほか 1999）。一方、雌は水深 250 m 前後から順次産卵に加わり、産卵後速やかに 220 m 以深に移動するため、産卵場では常に雄が多く分布する。主な産卵場は、若狭湾、経ヶ岬周辺、隠岐周辺（赤碕沖が中心）および粟島北方と言われている。

（4）被捕食関係

浮遊期仔魚は珪藻やカイアシ類幼生などの小型プランクトンを捕食する（宮本ほか 1993）。着底後のアカガレイは年間を通してクモヒトデ類を捕食する。しかし、オキアミ類やホタルイカモドキ類などのマイクロネクトンが多くなる季節は、これらを選択的に捕食する（内野ほか 1994、倉長 1997、森本ほか 2003）。一方、マダラがアカガレイの幼稚魚を捕食していることがある（藤原 未発表）。なお、成魚の捕食者は不明である。

## 3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

本系群の 9 割以上が沖合底びき網（1 そうびきおよび 2 そうびき）と小型底びき網で漁獲される。その他には僅かに刺網で漁獲される。府県別農林水産統計値のある 1991 年以降では、沖合底びき網の 1 そうびき（以下、沖底（1 そうびき）という）が全体の 4～6 割を占めており、鳥取県、兵庫県、福井県、石川県の漁獲量が多い（表 1 および表 2）。

（2）漁獲量の推移

1972 年以降の沖底（1 そうびき）の漁獲量を表 1 および図 4 に示す。沖底（1 そうびき）の漁獲量は、1970 年代後半には 5,000 トン以上あったが、80 年代後半に減少して、1992 年に 1,405 トンと最低値となった。その後、1,500 トン前後で推移して 2004 年に増加し、2007 年以降は 3,000 トン前後で推移した。2014 年以降は減少し、2018 年は 2,569 トンであった。

日本海における全漁業種類の漁獲量は府県別漁獲量として 1991 年より集計されている。1991 年以降の府県別漁獲量を図 5 および表 2 に示す。青森県～島根県における漁獲量は、1992 年の 2,281 トンを最低とし、その後増加して 2000 年ごろは 3,500 トン程度で推移した。2005 年前後から顕著に増加し、2007～2010 年は 5,500 トン前後で推移した。2011 年はさらに増加し、近年最高の 6,158 トンとなった。2012～2014 年は再び 5,500 トン前後で推移し、その後減少し、2018 年は 4,185 トンであった。

（3）漁獲努力量

日本海における沖底（1 そうびき）の有効漁獲努力量（補足資料 2）を、図 6 および表 1 に示す。1980 年代後半には 30 万回を超えていたが、その後減少し、1990 年代半ばには約 20 万回となった。2000 年代に入っても減少を続けている。2011 年と 2012 年にやや増加したものの、2013 年以降は再び減少し、2018 年は 14 万回であった。

## 4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

日本海全域における沖底（1 そうびき）の漁獲成績報告書から求めた資源密度指数（補足資料 2）から資源水準と動向を判断した（補足資料 1）。また、生物情報収集調査（鳥取県、兵庫県、福井県および石川県）から漁獲状況を、トロール調査の結果から年齢組成を推察した。さらに新規加入量調査（石川県、京都府および兵庫県）から加入状況を推察した。

（2）資源量指標値の推移

沖底（1そうびき）の資源密度指数（kg/網）（図4、表1）は、1981年（29.1）をピークに減少し、1987年以降10を下回る年が続いたが、2004年から10以上となり、2009年以降は17以上で推移している。直近5年間（2014～2018年）では、2014年の20.8から漸減し、2018年は18.3であった。

2000～2019年の5～6月に実施されたトロール調査（補足資料3）の結果から推定された日本海西部の現存量、現存尾数を図7に示す。現存量、現存尾数ともに2000年以降大きく変動しながらも増加傾向を示し、2015年は12,000トンとなった。しかし、2016年は大きく減少し6,600トンになり、2019年は7,000トンであった。なお、現存量、現存尾数とも漁獲量や資源密度指数よりも変動が大きいため、トロール調査の結果に基づいたコホート解析による資源量を推定する方法を検討している（補足資料3）。

（3）日本海西部における漁獲物の体長組成

石川県～島根県における市場調査及び精密測定に基づく2018年の漁獲物の体長組成を図8に示した。雌は、体長300 mm前後を主体に、鳥取県や兵庫県で多く漁獲されていた。また、体長250～300 mmについては石川県で多く漁獲されていた。雄は、体長230 mm前後が漁獲主体であり、例年、雄の漁獲が多い島根県が2018年では少なかった。

（4）調査船調査に基づく年齢組成および加入状況

トロール調査結果の体長組成を図9に示した。雌の体長組成では、2003年に130 mm前後に出現したモードが年を追うごとに少しずつ大型へシフトし、2010年に300 mmに達した。これは卓越とされる2001年級群の成長に伴うものであった。モードが小さい方にややシフトした2011年の年齢査定結果では、資源の主体はすでに2001年級ではなかった（木下ほか2013）。2013年以降は300 mm以上にモードがあるとともに、徐々に250 mm前後の現存尾数が減少し、大型個体に偏る傾向が著しい。また、体長100～150 mmの新規加入サイズは2013～2015年が少なく、2016年、2018年、2019年はそれよりは多い。なお、卵稚仔調査の結果（補足資料4）では、直近5年間（2014～2018年）は、卵の動向は横ばいであるが、仔魚は変動を伴いながら増加傾向にある。

石川県、京都府および兵庫県による新規加入量調査での体長100～150 mm（2歳魚相当）の単位努力量あたりの採集個体数を図10に示す。兵庫県（オッタートロール）では2003年（当時の2歳魚が2001年級とされる）が最も多く、2010年もやや多かったが、その後は少ない。石川県では2006年にやや多かったがそれ以降は少ない。その一方で、京都府では2010～2017年は少なかったが2018年に過去最高となった。2019年は減少したものの2014年と同値となり、2015年以降では漸増していた。兵庫県（稚魚桁網）でも、2015年以降、漸増していた。また、同調査の結果の単位努力量あたり採集個体数に基づく体長組成を、新規加入サイズ（2歳魚相当）とともにそれよりも小さいサイズを含め、図11に示した。2014年以降、2003年に3府県でみられたような体長150 mm前後の明瞭なモードはみられない。しかし、体長50～100 mmについては、京都府では2018年に2003年よりも多く採集され、石川県と兵庫県の桁網では2017年に続き2018年もやや多く採集された。これら調査結果から、加入量は、漸増している地域も有り、徐々に増加していると推察さ

れた。

（5）資源の水準・動向

水準・動向の判断には、沖底（1 そうびき）の資源密度指数（kg/網）を用いた。1972 年以降の最高値レベルの 30 と 0 との間を三等分し、20 を高位と中位の境、10 を中位と低位の境とした（図 4）。直近 5 年間（2014～2018 年）の資源密度指数は、高位と中位の境界付近で推移して 2018 年は 18.3 となった。水準は中位、動向は減少と判断した。

## 5. 2020 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

本系群の資源量指標値とした沖底（1 そうびき）の資源密度指数から、水準は中位、動向は減少と判断した。調査船調査により、加入量は徐々に増加していると推察された。

（2）ABC の算定

沖底（1 そうびき）の資源密度指数を資源量指標値として使用できることから、以下に示す ABC 算定のための基本規則 2-1)によって、資源水準および資源量指標値（沖底（1 そうびき）の資源密度指数）に合わせて漁獲を行うことを管理目標とし、2020 年 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、Ct は 2018 年の漁獲量、$\delta_1$ は資源水準で決まる係数、$\gamma_1$ は資源量指標値の変動から算定する。k は係数、b と I は、資源量指標値の傾きと平均値、α は安全率である。

本系群の資源動向を示す指標値として沖底（1 そうびき）のアカガレイの資源密度指数を用い、直近 3 年間（2016～2018 年）の動向から b（-0.27）と I（18.9）を求め、$\gamma_1$ を 0.99 とした。また、k は標準値の 1.0、$\delta_1$ は 0.9、α は標準値の 0.8 とした。

| 管理基準 | Target/ Limit | 2020 年 ABC（百トン） | 漁獲割合（%） | F 値（現状の F 値からの増減%） |
|---|---|---|---|---|
| 0.9·C2018·0.99 | Target | 30 | － | － |
| | Limit | 37 | － | － |

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。ABC の値は十の位を四捨五入した。

（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 年漁獲量の確定 |
| 2018 年漁獲量暫定値 | 2018 年漁獲量の追加 |

| 評価対象年<br>（当初・再評価） | 管理基準 | 資源量<br>（百トン） | ABClimit<br>（百トン） | ABCtarget<br>（百トン） | 漁獲量<br>（百トン） |
|---|---|---|---|---|---|
| 2018 年（当初） | 0.9·C2016·0.95 | － | 39 | 31 | |
| 2018 年（2018 年再評価） | 0.9·C2016·0.95 | － | 39 | 31 | |
| 2018 年（2019 年再評価） | 0.9·C2016·0.95 | － | 39 | 31 | 42 |
| 2019 年（当初） | 0.9·C2017·1.01 | － | 40 | 32 | |
| 2019 年（2019 年再評価） | 0.9·C2017·1.01 | － | 40 | 32 | |

## 6. ABC 以外の管理方策の提言

日本海西部のアカガレイ資源については、水産庁が平成 14（2002）年度から実施した資源回復計画により、加賀沖以西で保護区域の拡大や保護礁の増設ならびに新たな休漁期間の設定などの漁獲努力量削減措置がなされた。そして、生息環境整備のための海底清掃、海底耕耘、網目拡大や改良漁具（二段式分離選択網）の導入なども取り組まれてきた。資源回復計画は平成 23（2011）年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、平成 24（2012）年度以降、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下で継続されており、今後も引き続き実施する必要がある。なお、アカガレイでは漁獲努力可能量（TAE*）による底びき網漁業の漁獲努力量の上限が設定され、過度の漁獲圧がかからないように制限が加えられている。（資源管理指針・計画の詳細は水産庁 HP を参照 http://www.jfa.maff.go.jp/form/kanri.html（2019 年 8 月 25 日））

本系群の漁獲量は、2000 年代の加入が良好で、2007～2014 年は 5,000 トン以上であったが、徐々に減少し、2018 年は 4,185 トンに留まった。直近年の漁獲量の減少は、努力量の減少とともに加入量（2 歳）が 2013 年以降少なかったことが理由と考えられる。一方、新規加入量調査の結果から、加入量が徐々に増加していると推察された。しかし、本種は長寿命であり、2 歳で新規加入するものの、本格的に漁獲されるのは 6 歳前後からであり、漁獲量の増加は数年後になる（図 9）。木下ほか（2014b）は、極めて単価が安い体長 200 mm 未満（福井県・廣瀬氏私信）を保護した場合、現在の漁獲状況を続けた場合と比較して、加入量あたりの漁獲量を現状維持しながら産卵親魚量が 1.2 倍となることが期待されると報告している。保護目標サイズについては各地先での水揚げ実態を十分に考慮しながら、議論をさらに深めることが必要である。先に述べたような現状においては、漁獲加入が増加するように小型魚の保護に努めるべきである。日本海西部では、従来の網にくらべて本種を約 2 割排出（保護）する（サイズは不問）とされる改良網（木下ほか 2014b）が普及しており、その使用を促進することは小型魚保護に有効である。さらに、但馬以西では、

ズワイガニのさらなる保護のため、9 月 1 日から 11 月 5 日（ズワイガニ解禁前日）まで操業を自粛する水深帯もしくは海域が 2013 年以降、拡大されている（木下ほか 2014a）。この取り組みは、ズワイガニと同所的に生息するアカガレイに対しても有効な保護方策と考えられ（上田・藤原 2017）、継続的な実施が望まれる。

＊：TAE 制度とは、資源状況等を踏まえて資源の回復を図ることが必要な魚種について、対象となる漁業と海域を定めた上であらかじめ漁獲努力量の上限を「漁獲努力可能量」として定め、その範囲内に漁獲努力量を収めるように対象漁業を管理する制度である。

## 7. 引用文献

藤原邦浩・廣瀬太郎・宮嶋俊明・山﨑　淳 (2009) 京都府沖合におけるアカガレイ *Hippoglossoides dubius*　雌の成熟体長の小型化. 日水誌, **75**, 704-706.

廣瀬太郎・永澤　亨・白井　滋・南　卓志 (2002) 夏季の山陰・北陸海域におけるアカガレイの分布. 平成 14 年度日本水産学会大会講演要旨集, 34.

廣瀬太郎・南　卓志 (2003) 西部日本海における産卵期終了後のアカガレイの水深帯別分布. 平成 15 年度日本水産学会大会講演要旨集, 58.

木下貴裕・上田祐司・藤原邦浩 (2013)　3. アカガレイ(1 そう曳き沖底), 沖合底びき網漁業の資源管理計画に係る調査(対象魚種 : ズワイガニ・アカガレイ・アカムツ). 平成 24 年度資源管理指針等推進事業報告書, 水産庁・水産総合研究センター, 40-43.

木下貴裕・上田祐司・藤原邦浩 (2014a)　5. ズワイガニの保護区拡大と資源の分布の関係, 沖合底びき網漁業の資源管理計画に係る調査(対象魚種 : ズワイガニ・アカガレイ). 平成 25 年度資源管理指針等推進事業報告書, 水産庁・水産総合研究センター, 28-34.

木下貴裕・上田祐司・藤原邦浩 (2014b)　6. アカガレイの漁獲適正サイズと改良漁具との関係, 沖合底びき網漁業の資源管理計画に係る調査(対象魚種 : ズワイガニ・アカガレイ). 平成 25 年度資源管理指針等推進事業報告書, 水産庁・水産総合研究センター, 28-34.

倉長亮二 (1997) 鳥取県におけるアカガレイの生態と資源に関する研究. アカガレイの生態と資源に関する研究報告書, 鳥取県水産試験場, 1-47.

宮本孝則・高津哲也・中谷敏邦・前田辰昭・高橋豊美 (1993) 噴火湾とその沖合におけるアカガレイ卵・稚仔の分布と食性. 水産海洋研究, **57**, 1-14.

森本晴之・井口直樹・廣瀬太郎・木暮陽一・梶原直人 (2003) アカガレイ(佐渡北方海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書(平成 14 年度), 水産総合研究センター, 29-51.

森本晴之・井口直樹・廣瀬太郎・木暮陽一・梶原直人 (2004) アカガレイ(佐渡北方海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書(平成 15 年度), 水産総合研究センター, 30-41.

永澤　亨 (1993) 山陰海域におけるアカガレイの産卵場. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報 **26**, 19-25.

上田祐司・藤原邦浩 (2017)　6. アカガレイの 2013 年前後の漁獲・資源状況の変化, 沖合底びき網漁業の資源管理計画に係る調査(平成 28 年度)(対象魚種 : ズワイガニ・アカガレイ), 大臣管理漁業等の資源管理計画及び資源管理措置に係る調査. 平成 28 年度資源管理指針等推進事業報告書, 水産庁・水産研究･教育機構, 33-42.

内野　憲・山崎　淳・藤田真吾・戸嶋　孝 (1994) 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究- I. 食性. 京都海洋センター研報, **17**, 41-45.

内野　憲・山崎　淳・藤田真吾・戸嶋　孝 (1995) 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究-Ⅱ. 主産卵期・成熟体長. 京都海洋センター研報, **18**, 41-45.

内野　憲・藤田眞吾・戸嶋　孝 (1997) 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究-III. 標識放流からみたアカガレイの移動. 京都海洋センター研報, **19**, 7-13.

山崎　淳・大木　繁・内野　憲・葭矢　護 (1999) 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究-IV. 産卵期の分布様式. 京都海洋センター研報, **21**, 1-7.

（執筆者：藤原邦浩、上田祐司、八木佑太、吉川　茜、佐久間　啓、久保田　洋）

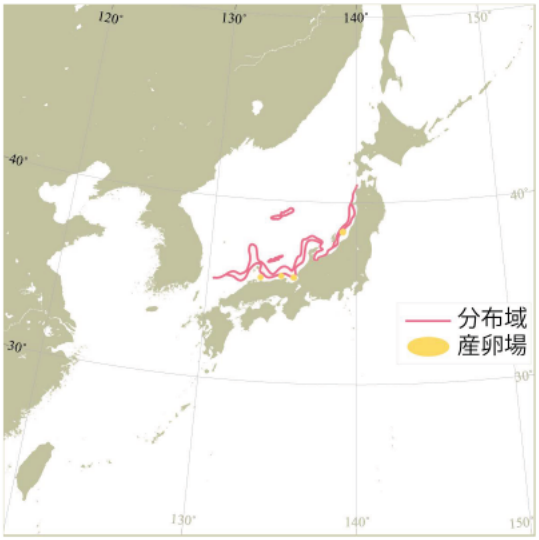



図 1.　日本海のアカガレイの分布

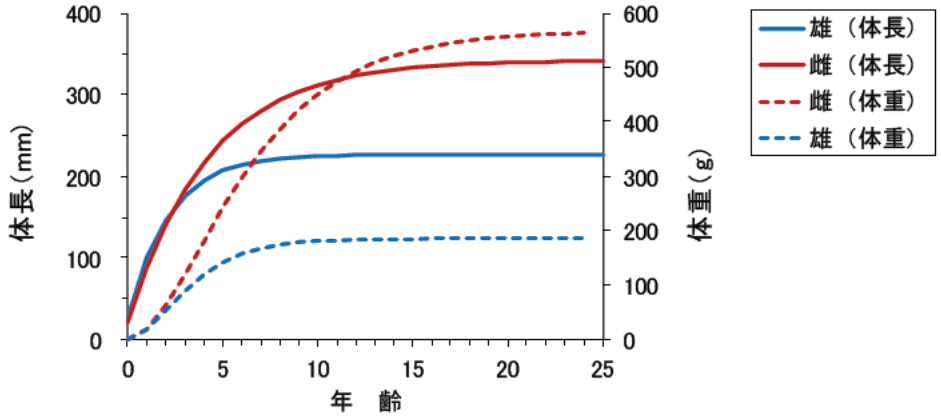



図 2.　2011 年に実施されたズワイガニ等底魚資源調査の採集物を用いた年齢査定結果から得られたアカガレイの年齢と成長および体重

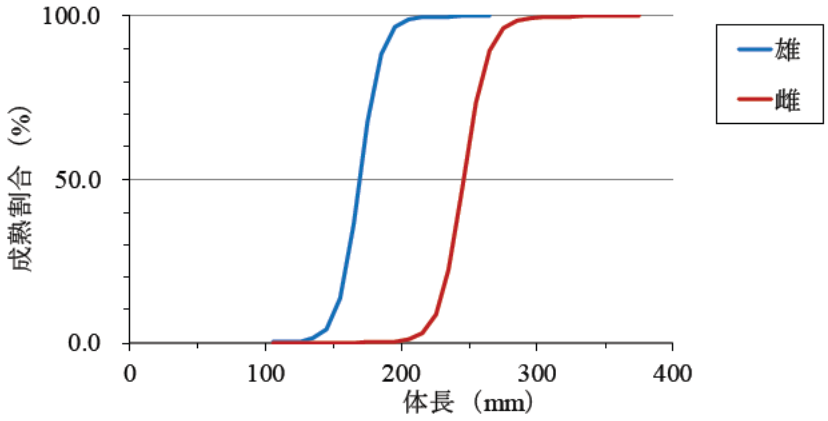



図 3.　日本海（京都府沖）におけるアカガレイの体長と群成熟率の関係（藤原ほか 2009）

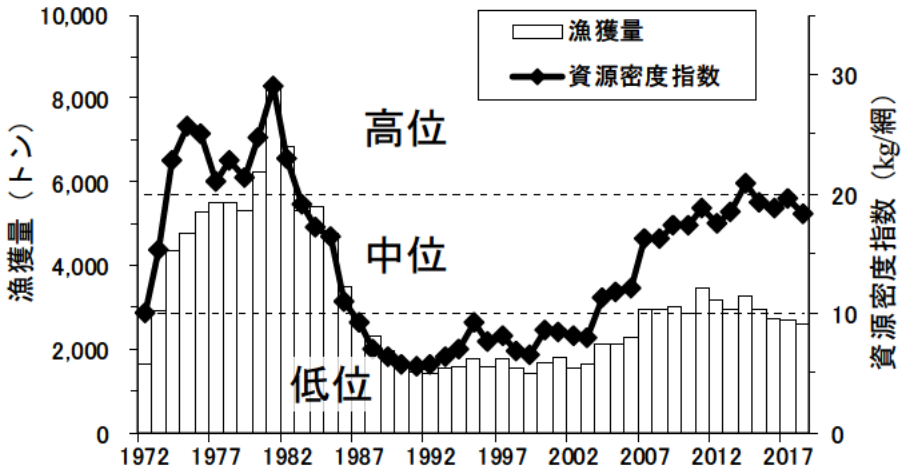



図 4.　日本海における沖底（1 そうびき）の漁獲量と資源密度指数
破線は水準の区分であり、資源密度指数 20（高－中）、10（中－低）。

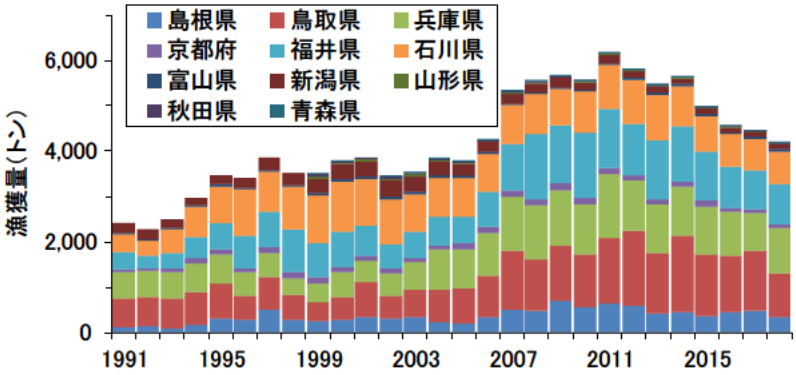



図 5.　日本海におけるアカガレイの府県別漁獲量
青森県、秋田県、山形県については 1998 年以前の統計資料はない。

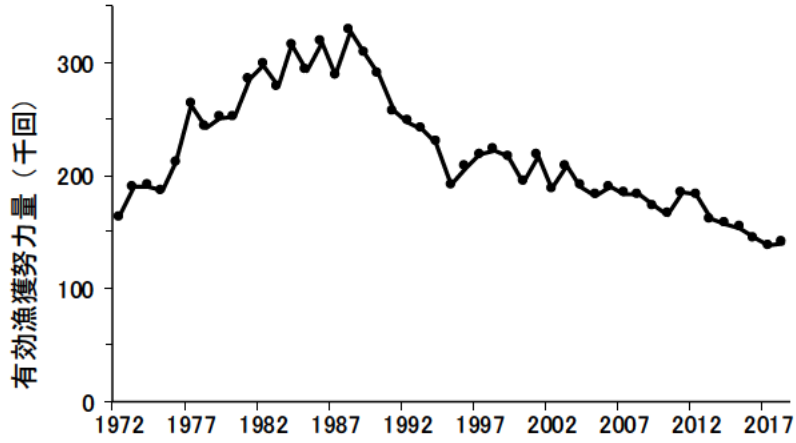



図 6.　日本海における沖底（1 そうびき）のアカガレイに対する有効漁獲努力量

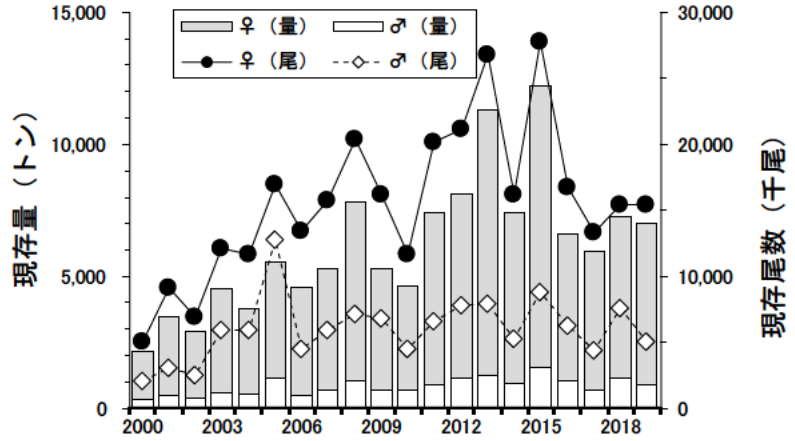



図 7.　ズワイガニ等底魚資源調査（但州丸）に基づく
日本海西部におけるアカガレイの現存量と現存尾数

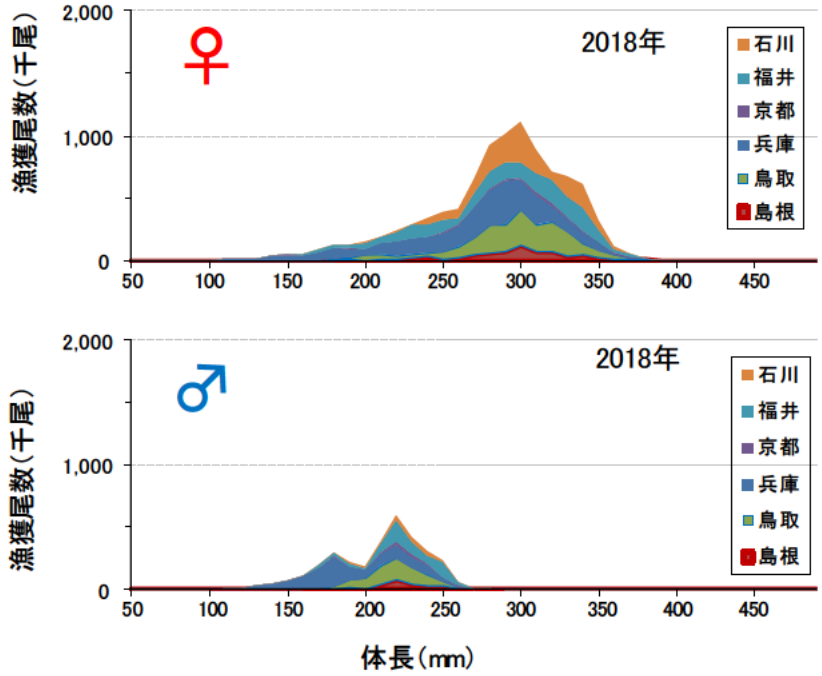



図 8.　日本海西部における 2018 年の漁獲物の雌雄別および府県別の体長組成

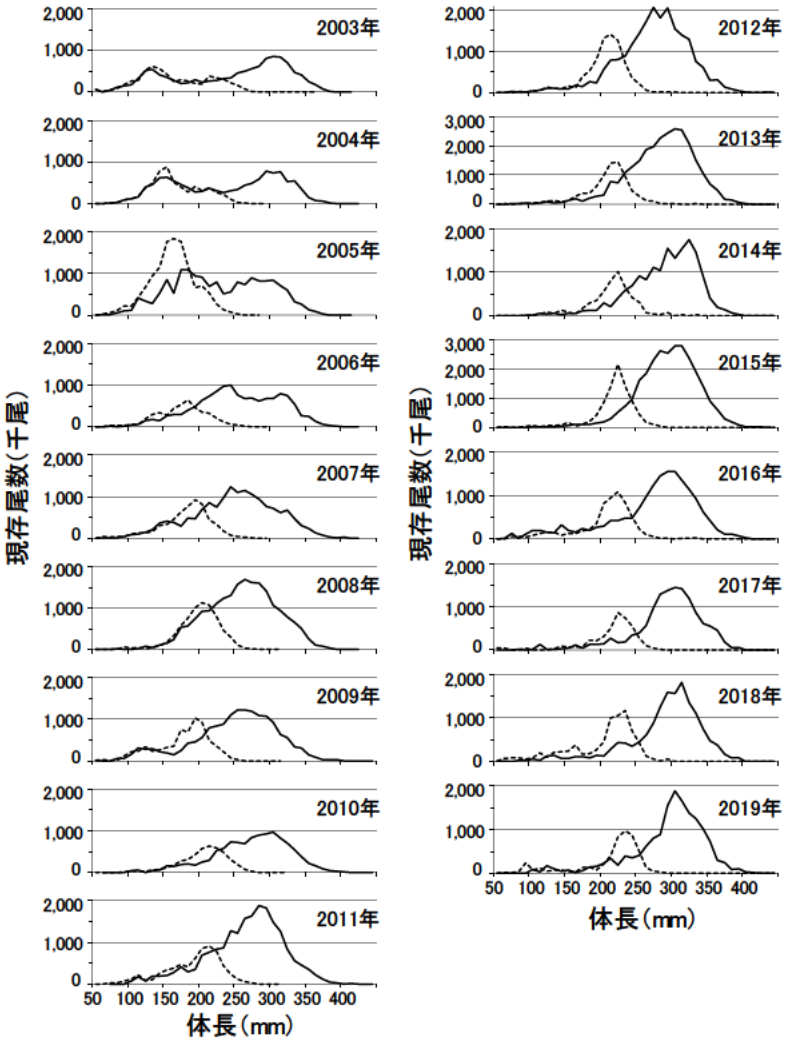



図 9.　ズワイガニ等底魚資源調査（但州丸）に基づく日本海西部における
アカガレイの体長組成　実線は雌、破線は雄。

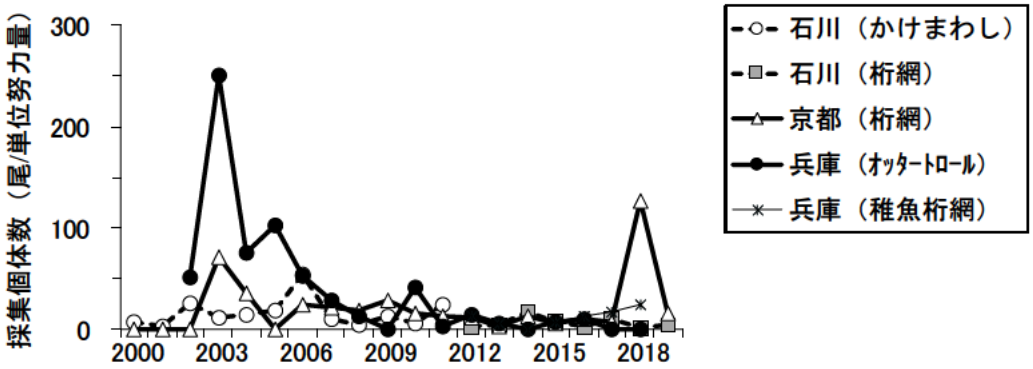



図 10.　3 府県における新規加入量調査結果に基づく小型個体（体長 100～150 mm（2 歳魚））の単位努力量あたり採集数　石川県は 2011 年以前かけまわし 1 曳網、2012 年以降桁網 1 曳網、京都府は桁網 10 曳網、兵庫県はオッタートロール 5 曳網、稚魚桁網曳網面積 10,000 $m^2$ の、各努力量あたりの採集個体数。

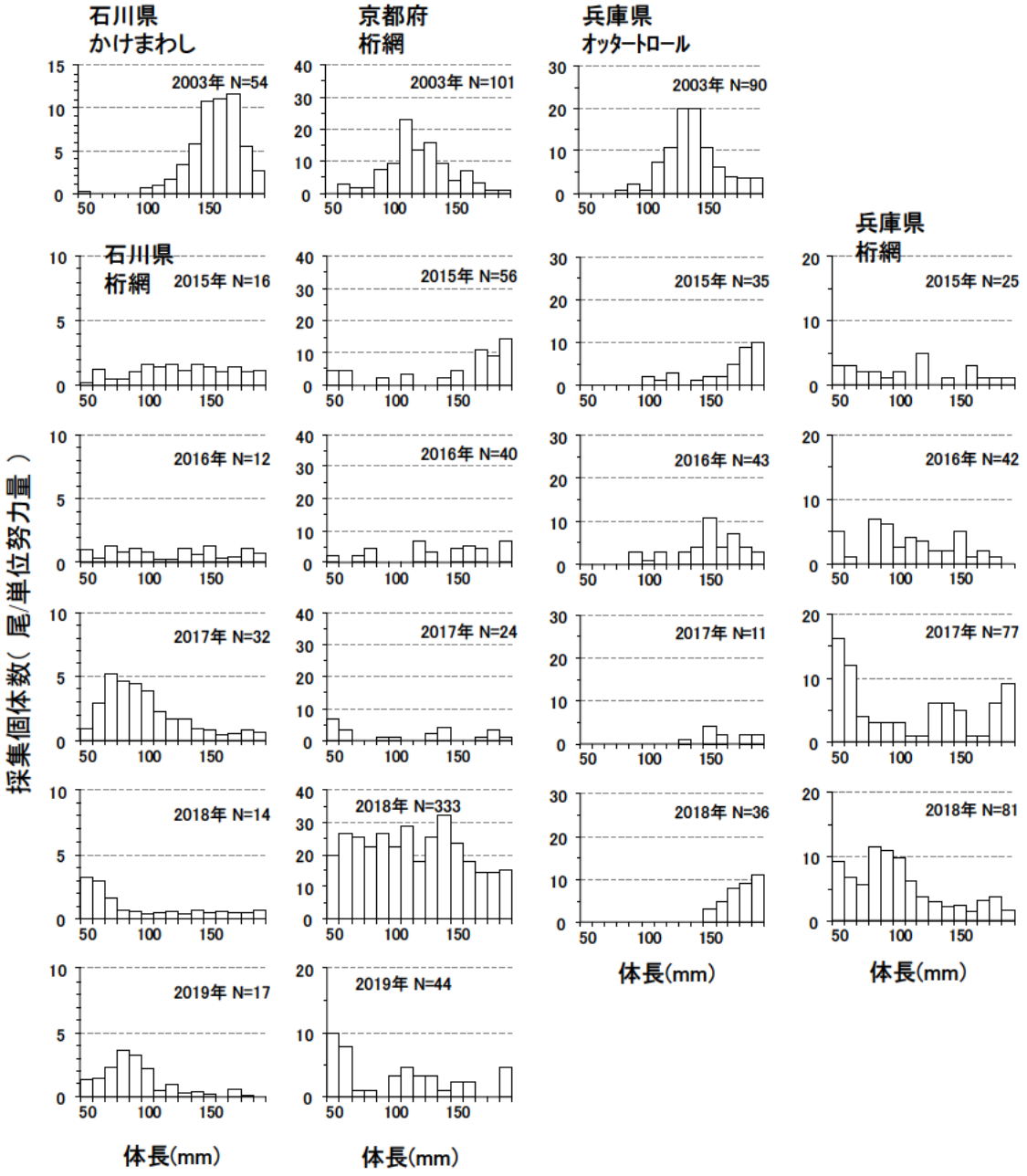



図 11.　3 府県の新規加入量調査に基づく体長組成（2003 年、2014～2018 年）
左から石川県（白山丸）、京都府（平安丸）、兵庫県（たじま）の結果である。石川県については、2003 年はかけまわし、2014～2018 年は桁網による結果であり、兵庫県については、オッタートロールと桁網による結果である。石川県の 2003 年はかけまわし 1 曳網および 2012 年以降は桁網 1 曳網、京都府は桁網 10 曳網、兵庫県はオッタートロール 5 曳網および稚魚桁網曳網面積 10,000 $m^2$ の各努力量あたりの採集個体数に、それぞれ換算。

表 1.　日本海におけるアカガレイの沖合底びき網（1 そうびき）の
漁獲量（トン）・資源密度指数（kg/網）・資源量指数（kg）・有効漁獲努力量（回）

| 年 | 漁獲量 | 資源密度指数 | 資源量指数 | 有効漁獲努力量 |
|---|---|---|---|---|
| 1972 | 1,634 | 10.1 | 11,652 | 162,567 |
| 1973 | 2,905 | 15.3 | 19,447 | 189,715 |
| 1974 | 4,362 | 22.9 | 31,783 | 190,772 |
| 1975 | 4,767 | 25.6 | 34,648 | 186,000 |
| 1976 | 5,285 | 25.0 | 33,147 | 211,719 |
| 1977 | 5,506 | 21.0 | 29,832 | 262,433 |
| 1978 | 5,529 | 22.8 | 37,056 | 242,149 |
| 1979 | 5,346 | 21.3 | 34,478 | 250,583 |
| 1980 | 6,240 | 24.8 | 36,636 | 251,925 |
| 1981 | 8,289 | 29.1 | 42,527 | 285,168 |
| 1982 | 6,811 | 22.9 | 33,330 | 297,328 |
| 1983 | 5,340 | 19.2 | 27,387 | 278,031 |
| 1984 | 5,437 | 17.2 | 25,516 | 315,385 |
| 1985 | 4,799 | 16.4 | 23,650 | 292,578 |
| 1986 | 3,506 | 11.0 | 16,520 | 317,677 |
| 1987 | 2,658 | 9.2 | 12,801 | 288,439 |
| 1988 | 2,307 | 7.0 | 10,876 | 327,955 |
| 1989 | 1,940 | 6.3 | 9,736 | 308,111 |
| 1990 | 1,675 | 5.8 | 8,592 | 289,055 |
| 1991 | 1,444 | 5.6 | 8,242 | 256,226 |
| 1992 | 1,405 | 5.7 | 8,199 | 247,056 |
| 1993 | 1,532 | 6.4 | 8,168 | 240,480 |
| 1994 | 1,596 | 7.0 | 8,791 | 229,273 |
| 1995 | 1,774 | 9.3 | 10,968 | 191,219 |
| 1996 | 1,586 | 7.7 | 9,133 | 206,975 |
| 1997 | 1,757 | 8.1 | 9,758 | 217,833 |
| 1998 | 1,528 | 6.9 | 8,043 | 222,406 |
| 1999 | 1,420 | 6.6 | 8,077 | 216,669 |
| 2000 | 1,659 | 8.6 | 10,485 | 193,515 |
| 2001 | 1,817 | 8.4 | 9,966 | 217,288 |
| 2002 | 1,525 | 8.1 | 9,396 | 188,137 |
| 2003 | 1,642 | 7.9 | 8,668 | 207,676 |
| 2004 | 2,146 | 11.3 | 12,385 | 190,212 |
| 2005 | 2,135 | 11.7 | 12,504 | 182,048 |
| 2006 | 2,289 | 12.1 | 12,361 | 189,254 |
| 2007 | 2,978 | 16.2 | 16,477 | 183,464 |
| 2008 | 2,978 | 16.3 | 16,709 | 183,211 |
| 2009 | 2,984 | 17.3 | 17,917 | 172,551 |
| 2010 | 2,879 | 17.4 | 17,619 | 165,191 |
| 2011 | 3,463 | 18.7 | 18,664 | 184,823 |
| 2012 | 3,204 | 17.5 | 17,136 | 183,217 |
| 2013 | 2,968 | 18.4 | 17,887 | 161,142 |
| 2014 | 3,262 | 20.8 | 20,391 | 156,781 |
| 2015 | 2,957 | 19.3 | 19,349 | 153,440 |
| 2016 | 2,724 | 18.9 | 18,550 | 144,511 |
| 2017 | 2,704 | 19.6 | 18,325 | 137,696 |
| 2018 | 2,569 | 18.3 | 17,386 | 140,216 |

*1988年以降は平成23年度版評価票にて再集計した値。1987年以前は参考値。

表 2.　日本海各府県におけるアカガレイの漁獲量（トン）

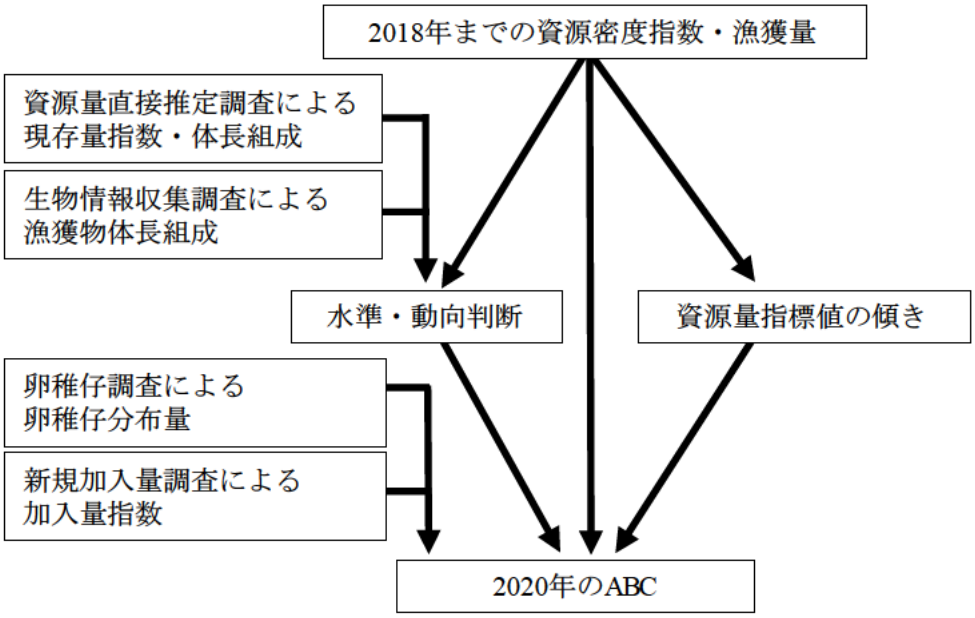
| | 島根県 | 鳥取県 | 兵庫県 | 京都府 | 福井県 | 石川県 | 富山県 | 新潟県 | 山形県 | 秋田県 | 青森県 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1991 | 120 | 647 | 564 | 71 | 380 | 387 | 32 | 217 | | | | 2,418 |
| 1992 | 148 | 648 | 577 | 54 | 271 | 337 | 29 | 217 | | | | 2,281 |
| 1993 | 90 | 664 | 576 | 78 | 348 | 533 | 29 | 197 | | | | 2,515 |
| 1994 | 177 | 712 | 644 | 98 | 491 | 647 | 28 | 162 | | | | 2,959 |
| 1995 | 306 | 784 | 632 | 111 | 583 | 812 | 37 | 203 | | | | 3,468 |
| 1996 | 281 | 539 | 508 | 94 | 727 | 1,004 | 43 | 225 | | | | 3,421 |
| 1997 | 503 | 713 | 527 | 152 | 762 | 893 | 44 | 273 | | | | 3,867 |
| 1998 | 297 | 529 | 368 | 132 | 963 | 930 | 44 | 277 | | | | 3,540 |
| 1999 | 251 | 429 | 407 | 130 | 769 | 1,041 | 45 | 324 | 51 | 42 | 2 | 3,491 |
| 2000 | 274 | 512 | 551 | 106 | 787 | 1,097 | 54 | 333 | 43 | 20 | 1 | 3,778 |
| 2001 | 342 | 781 | 464 | 125 | 650 | 1,019 | 62 | 328 | 50 | 31 | - | 3,852 |
| 2002 | 305 | 502 | 517 | 111 | 509 | 991 | 77 | 341 | 47 | 42 | 3 | 3,445 |
| 2003 | 330 | 614 | 606 | 82 | 579 | 835 | 72 | 336 | 38 | 34 | 4 | 3,530 |
| 2004 | 231 | 710 | 893 | 82 | 650 | 855 | 52 | 302 | 39 | 21 | 3 | 3,838 |
| 2005 | 196 | 769 | 884 | 115 | 594 | 848 | 56 | 259 | 25 | 19 | 4 | 3,769 |
| 2006 | 352 | 895 | 955 | 125 | 786 | 825 | 53 | 215 | 22 | 16 | 2 | 4,246 |
| 2007 | 520 | 1,286 | 1,190 | 155 | 1,017 | 845 | 49 | 207 | 24 | 21 | 2 | 5,316 |
| 2008 | 491 | 1,138 | 1,182 | 128 | 1,445 | 880 | 43 | 200 | 21 | 20 | 3 | 5,551 |
| 2009 | 697 | 1,217 | 1,220 | 167 | 1,274 | 807 | 40 | 205 | 18 | 14 | 3 | 5,662 |
| 2010 | 566 | 1,168 | 1,087 | 157 | 1,431 | 911 | 35 | 171 | 16 | 10 | 3 | 5,555 |
| 2011 | 644 | 1,442 | 1,411 | 137 | 1,317 | 948 | 41 | 187 | 19 | 10 | 2 | 6,158 |
| 2012 | 591 | 1,649 | 1,109 | 121 | 1,123 | 982 | 48 | 152 | 15 | 8 | 2 | 5,800 |
| 2013 | 418 | 1,330 | 1,076 | 113 | 1,317 | 994 | 40 | 142 | 15 | 9 | 1 | 5,454 |
| 2014 | 461 | 1,680 | 1,069 | 112 | 1,230 | 894 | 40 | 123 | 16 | 11 | 1 | 5,637 |
| 2015 | 379 | 1,342 | 1,064 | 124 | 1,080 | 794 | 41 | 132 | 13 | 8 | 1 | 4,979 |
| 2016 | 457 | 1,231 | 992 | 77 | 918 | 702 | 34 | 123 | 16 | 6 | 1 | 4,557 |
| 2017 | 488 | 1,321 | 839 | 70 | 856 | 708 | 35 | 116 | 14 | 6 | 1 | 4,453 |
| 2018 | 334 | 972 | 1,014 | 76 | 872 | 739 | 32 | 118 | 19 | 8 | 1 | 4,185 |

1991～2011年の石川県～島根県は、農林水産統計海面漁業生産統計調査 資源回復計画対象魚種の漁獲動向資料。

1991～2012年の青森県～富山県および2012年以降の石川県～島根県は、各府県による集計値。

1991～1998年の合計は、青森県、秋田県、山形県を除く、新潟県～島根県の値。

補足資料１　資源評価の流れ



## 補足資料 2　沖底漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

沖底漁獲成績報告書では、月別漁区（10 分枡目）別の漁獲量と網数が集計されている。これらより、月 i 漁区 j における CPUE(U)は次式で表される。

$$U_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{X_{i,j}}$$

上式で C は漁獲量を、X は努力量（網数）をそれぞれ示す。
集計単位（月または小海区）における資源量指数(P)は CPUE の合計として、次式で表される。

$$P = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} U_{i,j}$$

集計単位における有効漁獲努力量(X')と漁獲量(C)、資源量指数(P)の関係は次式のように表される。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

上式で J は有漁漁区数であり、資源量指数(P)を有漁漁区数(J)で除したものが資源密度指数(D)である。

$$D = \frac{P}{J} = \frac{C}{X'}$$

本系群では、努力量には、月別漁区別の有漁漁区または有漁網における値を合計したものを用いている。資源が極めて少ない場合（分布域なのに対象種の漁獲のない操業がある場合）、有漁漁区数や有漁網数を用いると、CPUE が過大推定される可能性がある。しかし、沖底の対象種では、10 分枡目の漁区内に均一に分布していないことがほとんどであり、ある魚種に対する狙い操業下では、同漁区内に分布する他の魚種に対し全く努力が掛からないことが起こり得る。この場合、操業された漁区の全努力量を用いると、他の魚種の CPUE は過小推定になる。沖底が複数の魚種を対象にしていることからも、有漁漁区数や有漁網数を用いたほうが、対象種に掛かる努力量として妥当であると考える。

## 補足資料 3　トロール調査に基づく現存量の計算方法およびコホート解析による資源量の試算結果

2000～2019 年の 5～6 月に、日本海西部の水深 190～550 m において但州丸（358 トン）（兵庫県立香住高等学校所属）による着底トロール調査を実施した。本海域を沖底小海区と同様の 8 海区（浜田沖はさらに東西に分けた）と 3 水深帯に区分し、計 23 区分に基づいて層化し、140 点前後の調査点を配置した。曳網時の袖先間隔が約 17 m のトロール網を用い、曳網時間を原則 30 分とした。調査結果に基づき面積密度法により調査時点（6 月 1 日）の海域別現存尾数を算出し、体長－体重関係を用いて現存量を推定した。採集効率は 1.0 と仮定した。

また、上記のように求めた現存尾数に基づくコホート解析による資源量の試算結果を示す。資源量は、以下の方法に従って雌雄別に推定し、その雌雄の合計とした。まず、トロール調査に基づき面積密度法で求めた体長組成と 2011 年同調査の標本による ALK により年齢組成を得た。さらに、年齢別採集効率（$q_a$）と年齢組成により年齢別現存尾数の観測値（$N'_{t,a}$）を算出した。そして、年齢別資源尾数（$\hat{N}_{t,a}$）の算出は、上田ら（2018）に従い、解析期間の 1 年目の年齢別資源尾数（$R_{t,a}$）と t 年の加入尾数（$R_{t,2}$）を起点に、各年齢の遷移率（$S_a$）で前進計算する次式を基本とした。

$$\hat{N}_{t+1,a+1} = R_{t,a} \cdot S_a \quad (1)$$

$$\hat{N}_{t+1,11} = R_{t,10} \cdot S_{10} + R_{t,11} \cdot S_{11} \quad (2)$$

解析期間の 2 年目以降は、（1）と（2）式の $R_{t,a}$ を年齢別資源尾数（$\hat{N}_{t,a}$）に置き換え、順次求めた。$R_{2019,2}$ は調査誤差を考慮するために、2 歳と体長組成が一部重なる 3～5 歳の年齢別資源尾数（$\hat{N}_{2019,a}$）を年齢別現存尾数の観測値（$N'_{2019,a}$）で除した値（比）の平均を、年齢別現存尾数の観測値（$N'_{2019,2}$）に乗じる値とした。遷移率（$S_a$）と採集効率（$q_a$）は年によらず一定とした。年齢別資源尾数（$\hat{N}_{t,a}$）に各年の年齢別平均体重を乗じ、資源量（$B_t$）を求めた。平均体重はトロール調査に基づく年齢組成と体長－体重関係により算出した。漁獲死亡係数（$F_t$）を次式よりそれぞれ求めた。

$$F_t = -\ln(1 - E_t) \quad (3)$$

上式では、$E_t$ は t 年の漁獲割合であり、t 年の漁獲量（$Y_t$）を t 年の資源量（$B_t$）で除した値である。本報では日本海西部の漁獲量（府県調べ）を用いることとし、各県の漁獲量に占める雄の割合を、島根県 0.54、鳥取県 0.13、兵庫県 0.29、京都府 0.24、福井県 0.14、石川県 0.10 と仮定し、雌雄別漁獲量を得た（上田・藤原 2016）。また、t 年の a 歳の漁獲死亡係数（$F_{a,t}$）は、次式により求めた。

$$F_{t,a} = f_t \cdot s_a \quad (4)$$

上式では、$f_t$ は t 年の漁獲強度係数であり、$s_a$ は各年齢の選択率である。選択率（$s_a$）は t 年の各年齢の漁獲尾数（$C_{t,a}$）を t 年の各年齢の資源尾数（$\hat{N}_{t,a}$）で除した値であり、市場調査等で漁獲物体長組成が得られた 2015～2018 年について求め、その平均値とした。また、

t 年の a 歳の漁獲尾数（$C_{t,a}$）（計算値）は、推定した資源尾数（$\hat{N}_{t,a}$）を 7 月 1 日のものとみなすとともに、2019 年の $F_{2019}$ は 2016～2018 年の平均とし、次式により求めた。

$$C_{t,a} = \hat{N}_{t,a}\left(1-\exp\left(-F_{t,a}\right)\right) \quad (5)$$

上式では、$\hat{N}_{t,a}$ は a 歳の資源尾数、$F_{t,a}$ は a 歳の漁獲死亡係数である。そして、年齢別漁獲尾数（$C_{t,a}$）に年齢別平均体重（$w_{t,a}$）を乗じ、漁獲量（$Y_t$）を求めた。

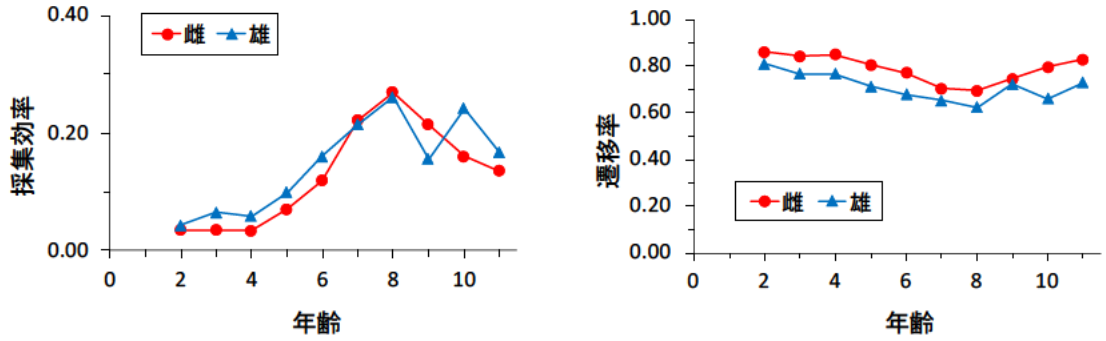
資源尾数の観測値と推定値の残差平方和、漁獲量の観測値と計算値の残差平方和、および、各年齢の遷移率（≒生残率）から換算される各年齢の全死亡係数（$Z_a$）と、各年齢の漁獲死亡係数（$F_{a,t}$）の平均と自然死亡係数（M）の和との残差平方和、これらを最小化する、観測開始年（t）の 2～11 歳以上の資源尾数（$R_{t,a}$）、t+1 年以降の 2 歳の資源尾数（$R_{t,2}$）、年齢別遷移率（$S_a$）、年齢別採集効率（$q_a$）を推定パラメータとし、MS-excel のソルバーを用いて探索的に求めた。なお、自然死亡係数は、寿命を雌 20 歳、雄 15 歳として田内・田中の式（田中 1960）で求め、雌 0.125，雄 0.167 とした。以上のようにして求めた年齢別雌雄別採集効率および遷移率を補足図 3-1 に示した。また、資源量と漁獲割合を補足図 3-2 に、雌雄別の漁獲係数 F（全年齢群）を沖底の有効漁獲努力量とともに補足図 3-3 に、加入量と親魚量を補足図 3-4 に示した。そして、2020 年の資源量と漁獲量を以下のように推定した。2020 年の F は $F_{2019}$ と同値とした。トロール調査に基づき推定された加入量では、直近 5 年間が最低レベルで推移し、新規加入量調査の結果（図 10、11）に比べ、まだ増加傾向が不明瞭である。この直近 5 年（2015～2019 年）の平均を、2020 年の 2 歳魚（加入量）と仮定した。最後に、日本海西部のデータに基づき算出された値を、日本海西部と全域の漁獲量の比により日本海全域にそれぞれ換算した。2020 年の資源量は 379 百トン、漁獲量は 39 百トンと推定された。

## 引用文献

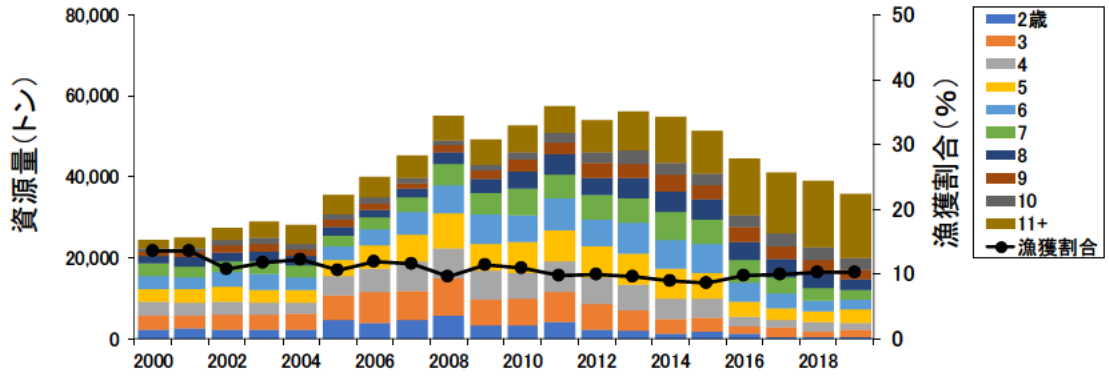
田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海区水産研究所研究報告, **28**, 1-200.

上田祐司・藤原邦浩 (2016) 沖合底びき網漁業の資源管理計画に係る調査(対象魚種：ズワイガニ・アカガレイ). 平成 27 年度資源管理指針等推進事業報告書, 水産庁・水産総合研究センター, 1-36.

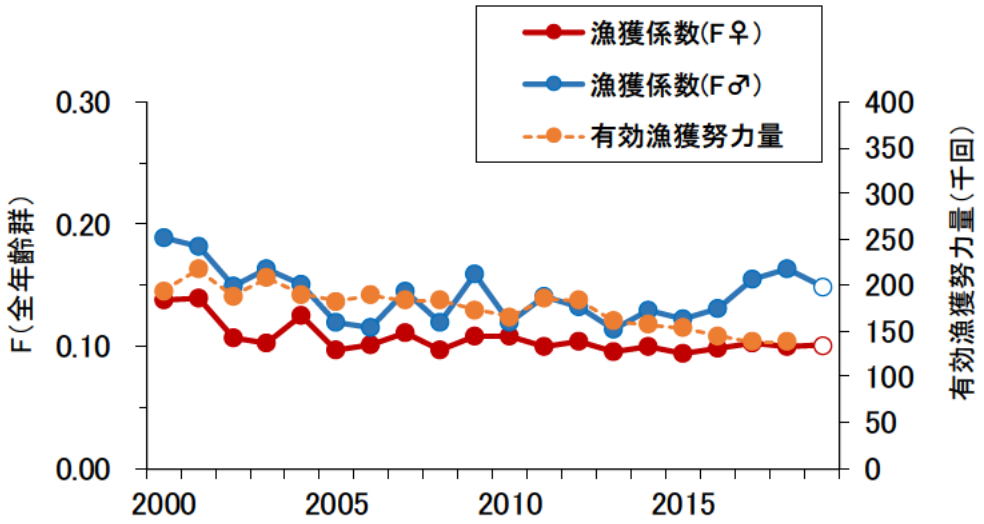
上田祐司・養松郁子・藤原邦浩・佐久間啓・松倉隆一・山本岳男 (2018) 平成 29(2017)年度ズワイガニ日本海系群 A 海域の資源評価. 平成 29 年度我が国周辺水域の漁業資源評価(魚種別系群別資源評価・TAC 種)第 1 分冊, 水産庁・水産研究･教育機構, 533-581.




補足図 3-1.　雌雄別年齢別の採集効率と遷移率

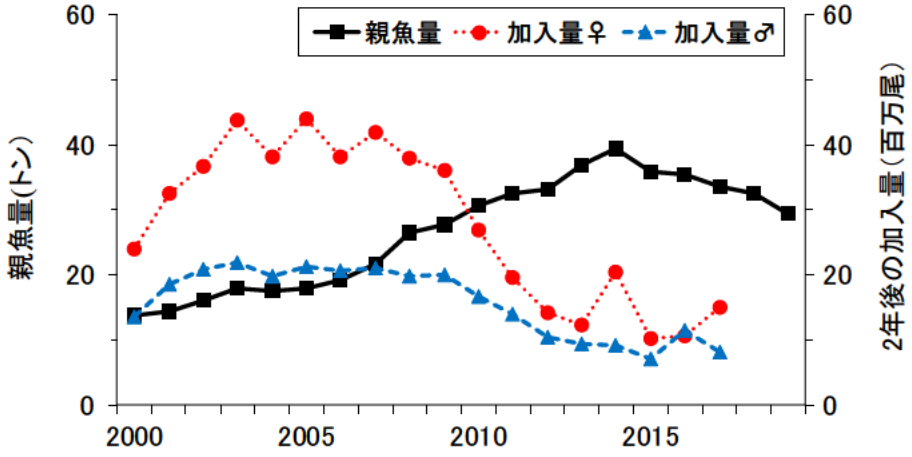



補足図 3-2.　資源量（雌雄合計）と漁獲割合




補足図 3-3.　漁獲係数 F

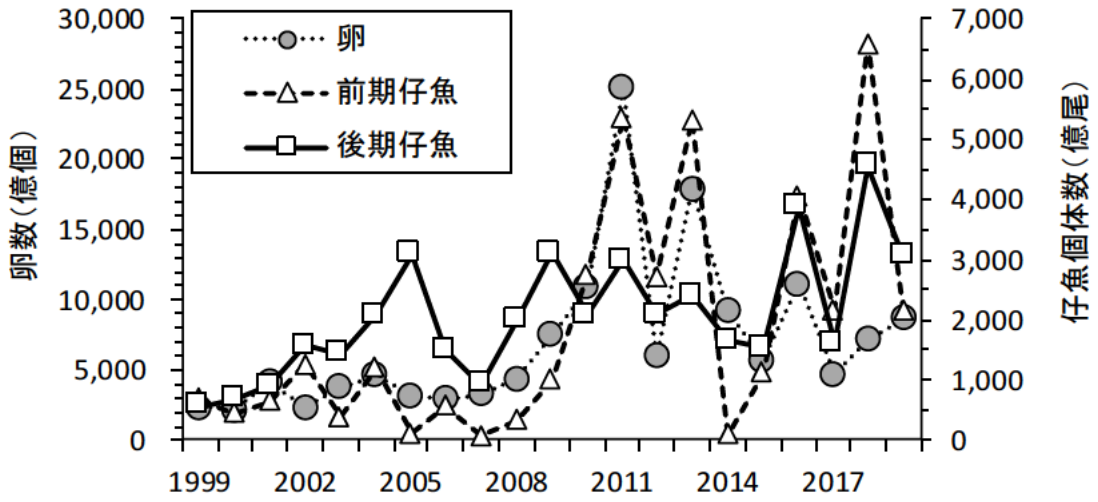
白抜きは、2019 年の F 値であり、2016～2018 年の平均である。




補足図 3-4.　親魚量（雌のみ）と 2 年後の雌雄別加入量

## 補足資料 4　卵・稚仔調査によるアカガレイの卵・仔魚数の経年変化

マイワシを中心とする春季の卵稚仔調査において、1999 年以降アカガレイの卵と前期仔魚・後期仔魚のデータが蓄積されている。1999～2019 年における 3～5 月の調査結果を、補足図 4-1 に示す。2001 年は、新規加入量調査（図 10）やトロール調査（図 9）から、卓越年級が発生したと推察されているものの、2001 年前後は、卵・前期仔魚・後期仔魚いずれも少なく、2009 年以降は明らかに多い。直近 5 年間では、卵の動向は横ばいであるが、仔魚は変動を伴いながら増加傾向にある。環境等の条件が整えば加入が増加する可能性は十分にある。




補足図 4-1.　日本海西部におけるアカガレイの卵・仔魚数（3～5 月の合計値）
卵・仔魚数：フレスコ 1「卵稚仔データベース」を用い、本種の各発育段階での分布密度（30 分升目）（個体数／$m^2$）と対応する面積を掛けて、対象海域内で足し合わせた数値。