

令和元（2019）年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価

担当水研：中央水産研究所

参画機関：三重県水産研究所、和歌山県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、高知県水産試験場、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、宮崎県水産試験場

要 約

本系群の資源状態について、卵稚仔調査に基づく産卵量と、半年単位のコホート解析により計算した資源量から、水準と動向を判断した。漁獲の大部分を占める宮崎県～三重県の漁獲量は2015年に過去最高となったが、2016年以降は減少している。1978年以降の卵稚仔調査に基づいて求めた日向灘～潮岬（海区Ⅲ）の年間産卵量は、2016年には134兆粒で高位水準であったが、2017年より減少して2018年は64兆粒となり、資源水準は中位と判断された。最近5年間（2015～2019年）の資源量は66千～125千トンの範囲にあり、その推移から、資源動向は減少と判断した。コホート解析では、半期（1～6月、7～12月）単位で寿命24月齢までの4期とし、0～5月齢（0歳）を1期、6～11月齢（0歳）を2期、12～17月齢（1歳）を3期、18～23月齢（1歳）を4期とした。産卵量は長期的には増加傾向にあり、2003年以降は中位～高位水準を保っている。さらに、2007年以降の資源量、親魚量、加入量は、増減を繰り返しながらも全体としては安定して推移している。これは、長期的には再生産は高い水準で順調に行われていることを示唆しているものの、直近の資源は減少傾向にあることから、親魚量を増加に転じさせることを管理方策として、 $F_{current}$ の削減率 β_2 を乗じた $0.9F_{current}$ を管理基準として、 $ABClimit$ を算出した。 $0.9F_{current}$ を $Flimit$ として、ABC算定のための基本規則1-3)-(3)に基づき2020年ABCを算定した。

管理基準	Target / Limit	2020 年 ABC (千トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)
0.9 $F_{current}$	Target	26	16	0.24 (－27%)
	Limit	30	19	0.30 (－8%)

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、より安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha Flimit$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。 $F_{current}$ は 2009～2018 年の 1～4 期の F の平均値、漁獲割合は 2020 年の 1 期および 3 期の漁獲量/資源量と 2 期および 4 期の漁獲量/資源量の平均値、F 値は 1～4 期の平均値、親魚量は 3 期の資源量である。2019 年の親魚量は 43 千トン。

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2015	125	86	47	0.35	21
2016	101	73	38	0.34	21
2017	66	49	30	0.44	26
2018	70	36	24	0.33	20
2019	73	43	30	0.33	21
2020	89	49	—	—	—

資源量は 1 期および 3 期の合計値、親魚量は 3 期の資源量、漁獲量は 1～4 期の合計値、F 値は 1～4 期の平均値、漁獲割合は 1 期および 3 期の資源量と 2 期および 4 期の資源量に対する漁獲割合の平均値である。2019 年の 2 期と 4 期、2020 年の値は、将来予測に基づく値である。

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、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 主要港水揚量（宮崎県、大分県、愛媛県、高知県、徳島県、和歌山県、三重県） 月別体長組成調査（宮崎県、大分県、愛媛県、高知県、徳島県、和歌山県、三重県） ・ 市場測定
資源量指数 ・ 産卵量	卵稚仔調査（2～3 月、水研、毎月、鹿児島～青森（18）都県） ・ ノルパックネット鉛直曳網調査（日向灘～潮岬）
自然死亡係数（M）	年当たり $M = 1.250$ （期当たり $M = 0.625$ ）を仮定（田中 1960）

1. まえがき

漁獲量の大部分を占める宮崎県～三重県の漁獲量は、2011～2017 年は 30 千～47 千トン台で推移したが、2018 年は 24 千トンとなった。マイワシやカタクチイワシ等比べて、漁獲量、産卵量ともに増減幅は小さく安定している。初期生態や産卵生態に関係する生物特性に未解明の部分が多い。なお、宮崎県～三重県の漁獲量は太平洋岸各県（宮崎県～千葉県）の総漁獲量の約 90%を占めることから、本資源評価では宮崎県～三重県のデータを用いる。

2. 生態

(1) 分布・回遊

沿岸性が強く、分布・回遊範囲は、資源増大期に 150°E 以東の沖合域へ拡大するカタクチイワシやマイワシのような広がりを見せず、本州～九州の太平洋岸沿いに集中する（図

1)。

(2) 年齢・成長

2歳までに被鱗体長で約22cmに達する(山田 1994、図2)。月別体長組成と主要港水揚量から推定した月別漁獲尾数の体長組成からは、春季に0歳魚が出現し、前年生まれの1歳魚とともに分布し、夏季に1歳魚はほぼ見られなくなり、冬季まで単一年級群となることが伺える(図3)。寿命は2歳とされるが(真田ほか 1994、1996)、漁獲の大部分は0～1歳魚である。

(3) 成熟・産卵

1歳までに成熟する(図4)。雌は16cm前後から成熟個体が出現し、18cm以上の個体はほぼ全て成熟する(大下ほか 2011、Nyuji and Takasuka 2017)。産卵期は10～7月に亘る(図5)。産卵盛期は明瞭でないが、3～6月の産卵量の割合が大きい年が多い。産卵場は土佐湾周辺海域を中心に形成されるが、産卵盛期後半には伊豆諸島～関東近海でもかなりの産卵が見られる(図6)。仔魚の出現時期は主に11～6月である(高須賀ほか 2018)。

(4) 被捕食関係

動物プランクトン等を捕食する。大型浮魚等に捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

主にまき網、定置網により漁獲される。和歌山県では棒受網、高知県では多鈎釣りでも漁獲される。仔稚魚(シラス)期は船びき網で漁獲される。外国船による漁獲はない。

(2) 漁獲量の推移

本年度より、漁業・養殖業生産統計年報の1994年以降の宮崎県、愛媛県の漁獲量においては、太平洋区に所属する大中まき網漁船による東シナ海域での漁獲量(漁獲成績報告書による)を差し引いた値を用いることとした。宮崎県～三重県の漁獲量は、1985～1991年は5千～6千トン台であったが、1992～1998年に増加し、20千トン前後となった(図7、表1)。1999～2004年は10千～14千トンまで減少したが、2005年以降再び増加傾向となり、2007～2009年は28千トン前後となった。2010年は20千トンを下回ったが、2011～2017年は30千～47千トン台で推移し、2015年は47千トンと過去最高の漁獲量となった。2018年は30千トンを下回り、24千トンとなった。

主要港水揚量では、年の前期(1～6月)と後期(7～12月)の間に高い相関が認められる(図8)。さらに、主要港水揚量と漁業・養殖業生産統計における全漁獲量の間にも強い相関が認められる(図9)。これらの関係を利用して、2019年前期の主要港水揚量(8千トン)から後期の主要港水揚量を予測し(18千トン)、その合計値(26千トン)から予測した全漁獲量(31千トン)を前期と後期の割合で分けると、2019年前期の全漁獲量は10千トンに相当する(表1)。以上のように、漁獲量は、過去最高であった2015年から2018年にかけて減少はしたものの、長期的には増減を繰り返しながら安定して推移している。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

年齢別・年別（半年別）漁獲尾数等に基づくコホート解析により資源量を推定した（表 2）。年齢別漁獲尾数は、1999 年以降の主要港水揚量と体長組成、漁業・養殖業生産統計年報の漁獲量を使用して計算した（補足資料 1、2）。資源の大部分は 0～1 歳であり、2 歳は存在しても極めて僅かであると考えられるため、資源の年齢構成を 0～1 歳と仮定した。年齢は、半期（1～6 月、7～12 月）単位で寿命 24 月齢までの 4 期とし、0～5 月齢（0 歳）を 1 期、6～11 月齢（0 歳）を 2 期、12～17 月齢（1 歳）を 3 期、18～23 月齢（1 歳）を 4 期として、半年単位のコホート解析により年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数を推定した。コホート解析は Pope（1972）の近似式を用い、4 期に対する漁獲係数が 2 期に対する漁獲係数に等しく、2019 年の漁獲係数は過去 10 年間（2009～2018 年）の平均値に等しいと仮定した。また、2019 年 2 期の平均体重は過去 10 年間（2009～2018 年）の平均値に等しく、4 期の平均体重は 3 期に等しいと仮定した。

なお、漁獲には強い地理的な偏りがある。漁獲は愛知県～千葉県でもあるが、宮崎県～三重県の漁獲量は太平洋岸各県（宮崎県～千葉県）の総漁獲量の約 90%を占める。従って、漁獲量は宮崎県～三重県を扱うものとする。一方、沿岸性であるために、卵稚仔調査によって産卵場が網羅されている。ただし、産卵量では漁獲対象に含まれる 0 歳魚の変動を把握しきれない。現在、産卵量を用いた卵数法の適用に必要な産卵生態情報の解析を進めており、産卵時間帯や雌 1 個体 1 回当たり産卵数（バッチ産卵数）の知見を得た（Nyuji and Takasuka 2017）。将来的にコホート解析と卵数法の併用が望まれる。

(2) 資源量指標値の推移

我が国太平洋岸では、1978 年以降、水産庁委託事業における国立研究開発法人水産研究・教育機構（旧水産庁水産研究所、旧独立行政法人水産総合研究センター）と各都県水産研究機関の共同によって、主に小型浮魚類の再生産状況を把握するために年間卵稚仔調査が実施されてきた（Oozeki et al. 2007、大関ほか 2013）。毎月の調査により、太平洋岸全体で毎年 3,000～4,000 件のプランクトンネット（近年は改良型ノルパックネット）の鉛直曳網データが蓄積されている（Takasuka et al. 2008a）。ここでは中央水産研究所が開発してきた卵稚仔データベースによって、緯経度 30 分升目で集計される産卵量（高須賀ほか 2017）を資源量指標値として用いた。産卵周期（Plaza et al. 2007）や水温と卵発生時間の関係（Uehara and Mitani 2009）に関する知見はあるものの、産卵生態情報が揃っていないため、親魚量は不明であるが、産卵量を親魚量の指標値とした。年間産卵量は、月別産卵量（図 5）に見られる産卵期を考慮して、前年 9 月～当年 8 月を 1 年として合計して算出した。対象海域は、主産卵場である土佐湾を含み、コホート解析の対象海域に相当する日向灘～潮岬（図 6、海区 III）とした。

年間産卵量（前年 9 月～当年 8 月）の推移（表 3、図 10）より、海区 III の産卵量は、1979 年以降増減を繰り返しながらも全体としては増加傾向にある。1990 年代前半までは 20 兆～60 兆粒の範囲であったが、1990 年代半ばから、例外的に低かった 2002 年を除いて、60 兆粒を超え、2007 年は過去最高の 139 兆粒に及んだ。2008 年以降は、134 兆粒に達した 2016 年を除いて、60 兆～100 兆粒の範囲で推移しており、2018 年は 64 兆粒となっ

た。2005～2018 年の産卵期前年 9 月から当年 6 月までの産卵量と当年 10 月までの産卵量の関係を用いて、2019 年の年間産卵量を予測した（補足資料 3）。2019 年の産卵量は 75 兆粒と予測され、2018 年からはやや増加することが見込まれており、最近 10 年間の変動の範囲内にある。

（3）漁獲物の年齢組成

漁獲物は 0～1 歳がほとんどであり、2 歳は存在しても極めて僅かであると考えられるため、漁獲物を 0～1 歳と仮定して解析を行った。漁獲尾数の組成では、1～3 期（0～17 月齢）が主体である（図 11）。特に 2 期（6～11 月齢）の割合が大きく、4 期（18～23 月齢）の割合は小さい。この傾向は、全体の漁獲尾数の増加に伴って顕著に見られた。2 期の割合は、全体の漁獲尾数が 3 億尾未満の年が多かった 2004 年までは概ね 50%未満であったが、全体の漁獲尾数が急増した 2005 年以降は概ね 50%以上となった。

（4）資源量と漁獲割合の推移

資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、漁獲割合は 1～6 月と 7～12 月の平均値とした。1999 年以降の資源量は、最小 46 千トン（2003 年）から最大 125 千トン（2015 年）の範囲で推移してきた（図 12）。1999～2003 年は僅かながら減少傾向が見られたが、2003 年以降、増加傾向に転じた。最近 5 年間（2015～2019 年）の資源量は 66 千～125 千トンの範囲にあり、2019 年の資源量は 73 千トンであった。漁獲割合は、10～26%の範囲で推移してきた（図 12）。

（5）資源の水準・動向

漁獲量の推移（図 7）から、コホート解析の対象期間（1999 年以降）は、資源状態が中位～高位の期間に相当すると考えられる。従って、コホート解析で得られた資源量から資源の動向を判断した一方、漁業に依存しない卵稚仔調査（1978 年以降）の結果から算出した産卵量を資源量指標値として、資源の水準を判断した。

過去 40 年間（1979～2018 年）の年間産卵量（海区 III）の最大値（139 兆粒）と最小値（21 兆粒）の間を三等分し、高位、中位、低位の水準を定義すると、高位と中位の境界値は 99 兆粒、中位と低位の境界値は 60 兆粒となる（図 10）。2018 年の産卵量（64 兆粒）より、資源水準は中位と判断した。なお、2019 年の産卵量（海区 III）予測値も中位にある。

過去 21 年間（1999～2019 年）の年齢別・年別（半年別）漁獲尾数等に基づいた半年単位のコホート解析により推定した資源量は、増減を繰り返しながらも全体としては安定して推移しており、2019 年は 73 千トンであった（図 12）。最近 5 年間（2015～2019 年）の資源量の推移から、過去最高となった 2015 年の 125 千トンから減少しているため、動向は減少と判断した。

（6）資源と漁獲の関係

親魚量（3 期の資源量）と加入量（1 期の資源尾数）には正の関係が見られた（図 13）。資源水準が中位～高位にあると考えられる 1999 年以降、資源量の増加に伴って（図 12）、親魚量は 24 千～86 千トン、加入量は 13 億～67 億尾の範囲で、安定して推移してきた（図

14、表 2)。なお、コホート解析の M 値 (0.625) が 80% (0.500) ～120% (0.750) の範囲で変化すれば、例えば 2018 年の資源量、親魚量、加入量の推定値は、それぞれ 49 千～118 千トン、25 千～60 千トン、26 億～62 億尾の範囲で変動するものである (図 15)。漁獲量 (図 7)、漁獲尾数 (図 11) も全体として増加傾向にあるが、漁獲割合 (図 12、表 2) は大きな増加をすることなく、安定して推移している。漁獲係数には、緩やかな増加傾向が見られる (図 16)。また、資源量と漁獲係数には弱い正の関係が見られる (図 17)。親魚量に対する加入量の割合として算出した再生産成功率 ($RPS = \text{加入量} \div \text{親魚量}$) は 34～134 尾/kg の範囲で増減しており、2008 年に一時的に落ち込んだものの、長期的な減少傾向は見られなかった (図 18)。年齢別漁獲係数は経年的に横ばいであり、 F_{current} は 0.33 で、 $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ 、 F_{max} を下回っている (図 19)。

5. 2020 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

卵稚仔調査に基づいて求めた産卵量 (海区 III) の推移から、本資源の水準は中位と判断した。半年単位のコホート解析による最近 5 年間 (2015～2019 年) の資源量の推移から、本資源の動向は減少と判断した。最近 3 年間 (2017～2019 年) の資源量は 66 千～73 千トンの間にあり大きな減少はなく、2019 年の加入量は 2018 年からわずかに増加した。本種は、世代が短いため、短期的には、前年の加入の成否が資源量に直結することから、資源はやや回復傾向にあると考えられる。一方、長期的には、漁獲量 (宮崎県～三重県) は、2000 年以降増加傾向にあり、特に 2011～2017 年は高い水準を維持している。卵稚仔調査から求めた産卵量も長期的に増加傾向にあり、中位～高位水準を保っている。コホート解析によって推定された資源量、親魚量、加入量は、2003 年以降、増減を繰り返しながらも全体としては安定して推移している。これらは、長期的には再生産は高い水準で順調に行われていることを示唆しているものの、直近の資源は減少傾向にあることから、その動向には注視が必要である。

(2) ABC の算定

資源量推定値としてコホート解析結果、資源量指標値として産卵量が利用できる。産卵量から資源水準は中位、資源量から動向は減少と判断されることから、令和元年度 ABC 算定のための基本規則 1-3)-(3) を適用して、以下の式により 2020 年 ABC を算定した。

$$F_{\text{limit}} = 0.9F_{\text{current}}$$

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

ここで F_{current} は、最近 10 年間 (2009～2018 年) の 1～4 期に対する F の平均値とした。 α は不確実性を考慮した安全率で標準値 0.8 を用いた。

コホート解析 (補足資料 1、補足資料 2) により、2019 年漁獲係数は過去 10 年間 (2009～2018 年) の平均を仮定して、2019 年 7～12 月期への前進計算を行った。将来予測においては、2000 年代後半以降の RPS は 2000 年代前半に比べて高い傾向が見られることから、過去 10 年 (2009～2018 年) の RPS 中央値を使用した。年々の親魚量と RPS 中央値から 2020 年以降の新規加入量を仮定して、2020 年以降の資源量、親魚量を求め、2020 年 ABC を算定した。卵稚仔調査による産卵量の推定結果から、資源水準は中位であると判断され

た。資源の将来予測により、親魚量を増加に転じさせることを管理方策として、 $F_{current}$ の削減率 β_2 を乗じた $0.9F_{current}$ を管理基準として、 ABC_{limit} を算出した。 F_{target} は不確実性を考慮した安全率 α (標準値 0.8) を乗じた $0.8 F_{limit}$ とし、 ABC_{target} を算出した。

なお、コホート解析の結果が得られた期間 (1999 年以降) は、資源量指標値である産卵量の結果が得られた期間 (1978 年以降) に対して短く、資源状態が中位～高位の期間に相当するため、コホート解析の結果による B_{limit} は設定していない。

管理基準	Target / Limit	2020 年 ABC (千トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)
0.9 $F_{current}$	Target	26	16	0.24 (−27%)
	Limit	30	19	0.30 (−8%)

$Limit$ は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。 $Target$ は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、より安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。 $F_{current}$ は 2009～2018 年の 1～4 期の F の平均値、漁獲割合は 2020 年の 1 期および 3 期の漁獲量/資源量と 2 期および 4 期の漁獲量/資源量の平均値、F 値は 1～4 期の平均値である。

(3) ABC の評価

$F_{current}$ を変化させた場合に期待される資源量、親魚量、漁獲量を示した (下表、図 20)。管理基準の $0.9F_{current}$ で漁獲を継続した場合、資源量、親魚量、漁獲量は緩やかに増加傾向となる。なお、将来予測に用いた過去 10 年 (2009～2018 年) の RPS 中央値は 88 尾/kg であるが、急減することもあるため留意が必要である (表 2)。しかし、現状の漁獲圧は $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ 、 F_{max} などの経験的な管理基準値を下回っている (図 19)。さらに、本資源評価では、半年単位のコホート解析を採用したことにより、直近 2019 年 1～6 月 (1 期と 3 期) についても主要港漁獲量から推定した総漁獲量と体長組成データを用いて資源量推定が可能である。2019 年 1 期と 3 期の資源量はそれぞれ 2019 年の加入量と親魚量に相当する。よって、2020 年加入群の予測のみで ABC 算定が可能である。また、2020 年に親魚となる群は 2019 年 1～6 月の加入群として資源量推定値が得られている。本資源は世代が短く、RPS の変動も大きく不確実性が高いことを考慮すると、コホート解析および卵稚仔調査から得られる資源情報に基づいて、翌年の適切な漁獲量を算定することに重点を置くのが妥当であると考えられる。

管理基準	F 値	漁獲量 (千トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.7F _{current}	0.23	24	30	25	32	41	53	68	87
0.8F _{current}	0.27	24	30	28	33	39	47	55	66
0.9F _{current}	0.30	24	30	30	34	37	40	44	49
1.0F _{current}	0.33	24	30	33	33	34	35	35	36
1.1F _{current}	0.37	24	30	35	33	31	29	28	26
		資源量 (千トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.7F _{current}	0.23	70	73	89	114	146	186	238	305
0.8F _{current}	0.27	70	73	89	106	125	148	176	209
0.9F _{current}	0.30	70	73	89	98	108	118	130	143
1.0F _{current}	0.33	70	73	89	91	92	94	96	98
1.1F _{current}	0.37	70	73	89	84	79	75	71	67
		親魚量 (千トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.7F _{current}	0.23	36	43	49	63	80	102	131	167
0.8F _{current}	0.27	36	43	49	58	69	82	97	115
0.9F _{current}	0.30	36	43	49	54	59	65	71	78
1.0F _{current}	0.33	36	43	49	50	51	52	53	54
1.1F _{current}	0.37	36	43	49	46	44	41	39	37

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2017 年漁獲量確定値	2017 年漁獲量の確定
2018 年漁獲量概数	2018 年漁獲量
2017 年主要港水揚量	2018 年主要港水揚量の確定
2019 年主要港水揚量	2019 年 1～6 月主要港水揚量
2019 年体長組成	月別推定漁獲尾数組成
2018 年産卵量	2018 年産卵量(2017 年 9 月～2018 年 8 月)
2019 年産卵量	2019 年産卵量(2018 年 9 月～2019 年 6 月)
	2019 年 7～8 月産卵量予想値

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン) (実際の F 値)
2018 年 (当初)	Fcurrent	0.28	138	47	40	
2018 年 (2018 年 再評価)	Fcurrent	0.32	100	35	29	
2018 年 (2019 年 再評価)	Fcurrent	0.34	70	25	21	25 (0.34)
2019 年 (当初)	0.9Fcurrent	0.27	85	28	24	
2019 年 (2019 年 再評価)	0.9Fcurrent	0.29	73	28	24	

本年度の再評価において、2018 年の ABC が下方修正された。これは、2018 年の加入量が予測より低くなったことや、本年度は太平洋区に所属する大中まき網漁船による東シナ海域での漁獲量（漁獲成績報告書による）を差し引いた漁獲量の値を用いたことが関係している。

6. ABC 以外の管理方策の提言

北西太平洋において、小型浮魚類の資源は、気候変動に伴って数十年規模で周期的かつ劇的な変動を繰り返してきた。例えば、太平洋十年規模変動指数（PDO index）が正偏差の期間はマイワシ、負偏差の期間はカタクチイワシの資源が高水準となる魚種交替が知られている（Takasuka et al. 2008b）。しかしながら、ウルメイワシの資源は、太平洋十年規模変動指数の正負にかかわらず、長期的に増加傾向を辿ってきた。ウルメイワシは沿岸性が強いいため、沖合域を含む広域の環境変動よりも沿岸の局所的な環境の方が重要であると推察される。また、資源が 0～1 歳で構成され、世代が短いため、年々の再生産の成功がその年の資源量に大きく影響する。現在、主産卵場である土佐湾では、釣りによる漁獲の割合が大きいため、その漁獲圧は低く、漁獲量変動もまき網中心の他海域に比べて安定している。漁獲係数には緩やかな増加傾向が見られることから、このような再生産の場となる沿岸の産卵場を維持し、かつ、再生産状況をモニタリングすることが重要であると考えられる。

7. 引用文献

- Nyuji, M. and A. Takasuka (2017) Spawning cycle and fecundity of a multiple spawner round herring *Etrumeus teres* off southern Japan: oocyte growth and maturation analysis. J. Sea Res., **122**, 11-18.
- 大下誠二・後藤常夫・大塚 徹・槐島光次郎 (2011) 東シナ海におけるウルメイワシの年齢・成長と成熟特性. 日本水産学会誌, **77**, 15-22.
- Oozeki, Y., A. Takasuka, H. Kubota and M. Barange (2007) Characterizing spawning habitats of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*), and Pacific round herring (*Etrumeus teres*) in the northwestern Pacific. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep., **48**, 191-203.

- 大関芳沖・高須賀明典・坪井守夫・木立 孝・鈴木秀彌・服部茂昌 (2013) 産卵調査と資源変動研究—その研究を継続させた想い— 中井甚二郎 (1901～1984). 水産海洋研究, **77** (創立 50 周年記念特別号), 6-12.
- Plaza, G., H. Sakaji, H. Honda, Y. Hirota and K. Nashida (2007) Spawning pattern and type of fecundity in relation to ovarian allometry in the round herring *Etrumeus teres*. Mar. Biol., **152**, 1051-1064.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., **9**, 65-74.
- 真田康広・藤田正夫・石田 実 (1994) 太平洋南部におけるウルメイワシの耳石日周輪に基づく年齢と成長. 南西外海の資源・海洋研究, **10**, 55.
- 真田康広・藤田正夫・石田 実 (1996) 太平洋南部におけるウルメイワシの耳石日周輪に基づく年齢と成長. 平成 2～4 年度地域性浮魚資源管理方式開発調査報告書, 南西海区水産研究所・三重県水産技術センター・和歌山県水産試験場・徳島県水産試験場・高知県水産試験場・愛媛県水産試験場・大分県水産試験場・宮崎県水産試験場・鹿児島県水産試験場, 54-58.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.
- Takasuka, A., H. Kubota and Y. Oozeki (2008a) Spawning overlap of anchovy and sardine in the western North Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser., **366**, 231-244.
- Takasuka, A., Y. Oozeki and H. Kubota (2008b) Multi-species regime shifts reflected in spawning temperature optima of small pelagic fish in the western North Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser., **360**, 211-217.
- 高須賀明典・入路光雄・渡井幹雄・亘 真吾・宇田川美穂 (2018) 2017 年～2018 年春季の我が国太平洋岸におけるウルメイワシ卵・仔魚の分布状況. 平成 30 年度中央ブロック卵・稚仔、プランクトン調査研究担当者協議会研究報告, **38**, 148-163.
- Uehara, S. and T. Mitani (2009) Effect of temperature on the development of eggs and the daily pattern of spawning of round herring *Etrumeus teres*. Fish. Sci., **75**, 159-165.
- 山田浩且 (1994) 熊野灘におけるウルメイワシの資源生態. 水産海洋研究, **58**, 286-292.

(執筆者：入路光雄、安田十也、亘 真吾、宇田川美穂、渡井幹雄)

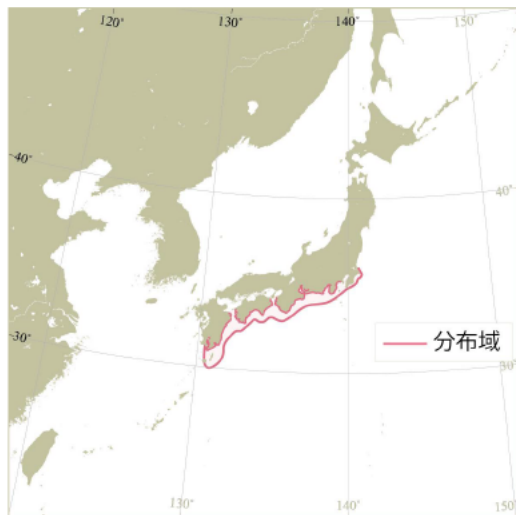


図1. 分布・回遊域

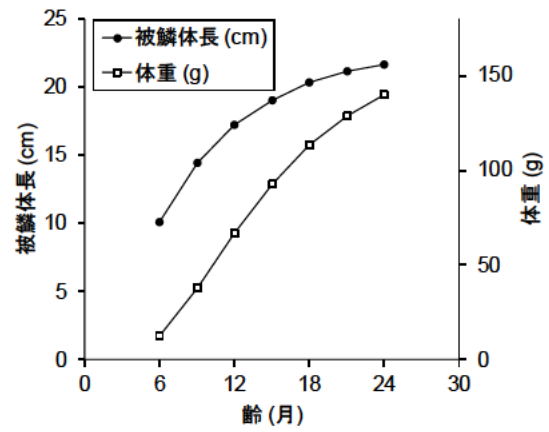


図2. 年齢と成長

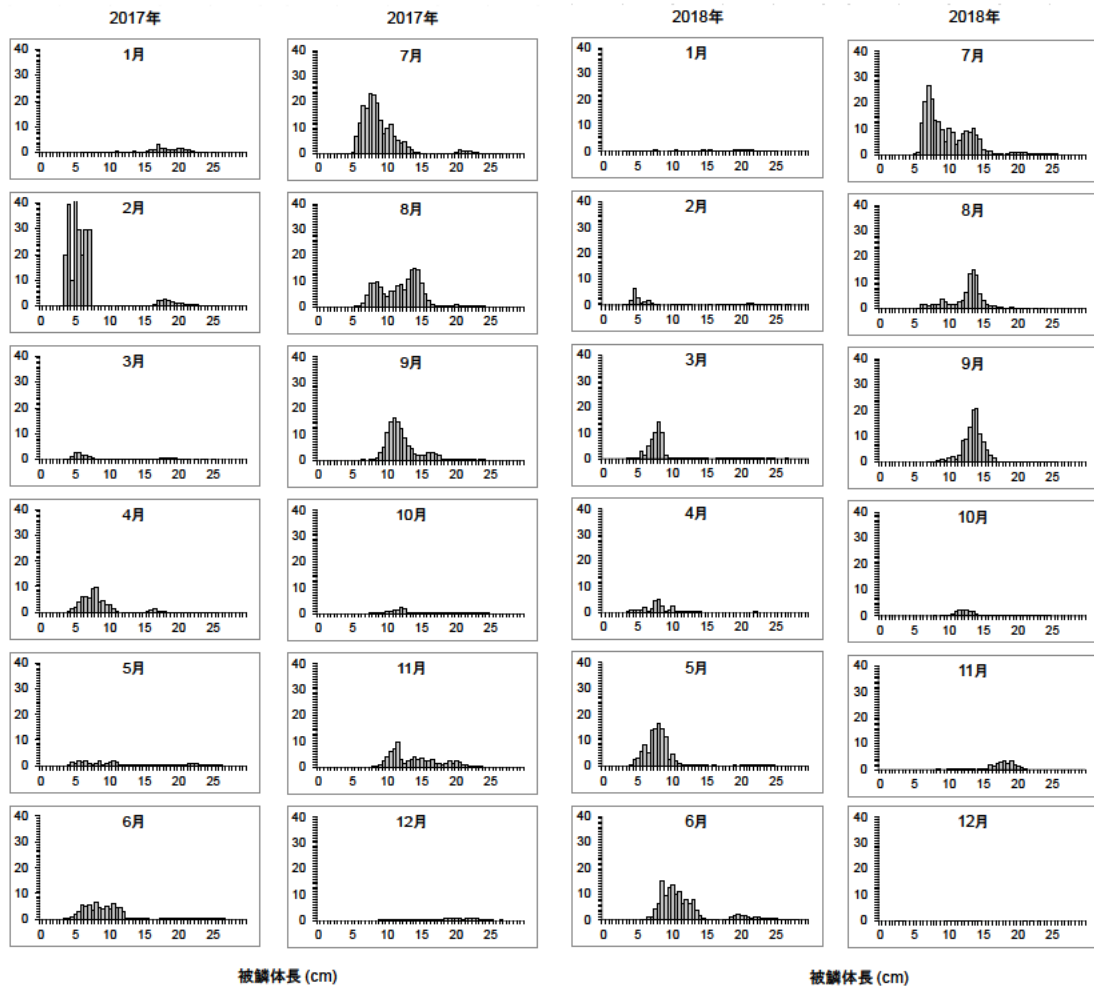


図3. 月別推定漁獲尾数の体長組成の推移の例（2017～2018年） 宮崎県～三重県の主要港水揚量と体長測定結果から求めた。

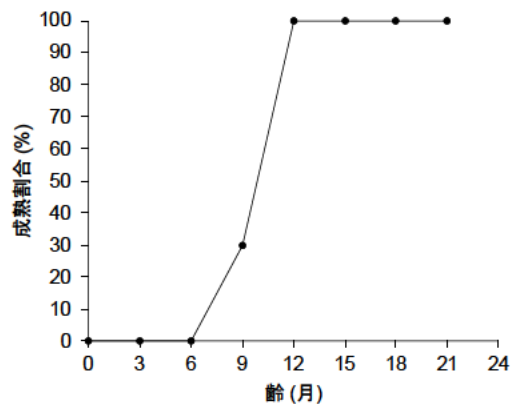


図4. 年齢（月齢）と成熟率

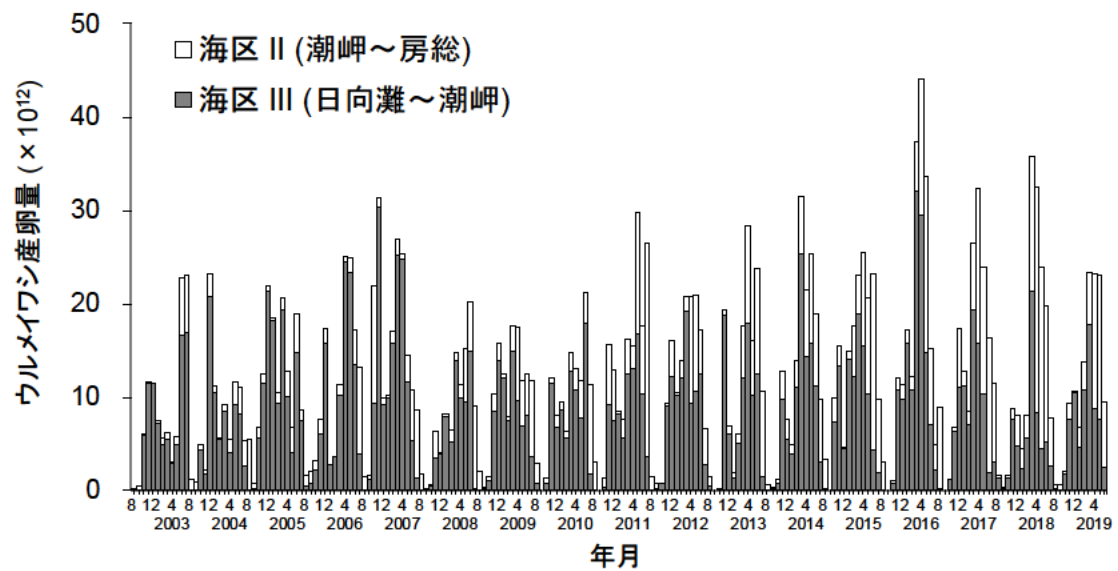


図5. 月別産卵量の推移 海区Ⅲは日向灘～潮岬、海区Ⅱは潮岬～房総に相当する。
海区Ⅲの産卵量を資源量指標値として採用した。

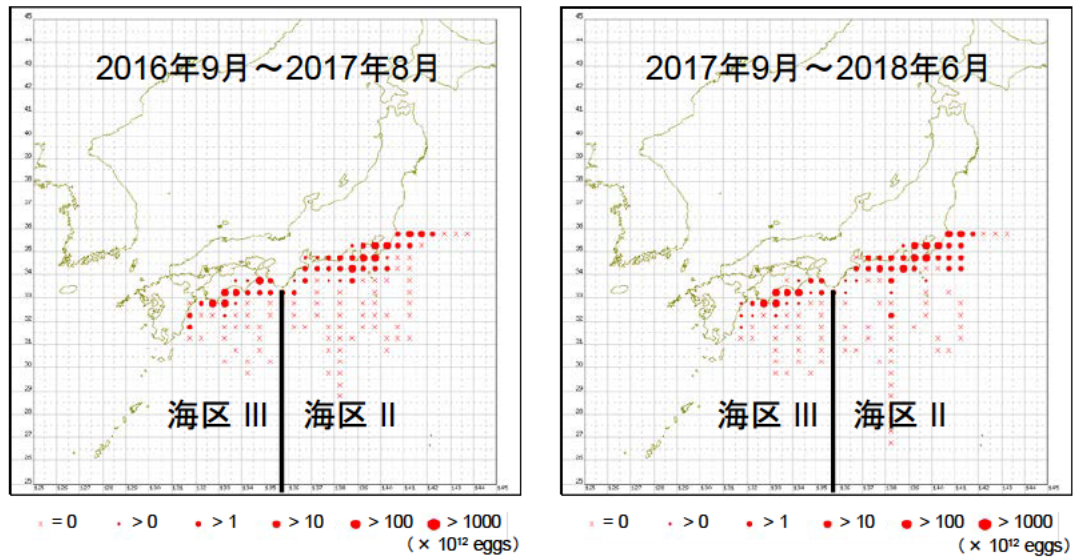


図 6. 最近年の年間産卵量分布 海区 III（日向灘～潮岬）および海区 II（潮岬～房総）における緯経度 30 分目集計値を示す。海区 III の産卵量を資源量指標値として採用した。

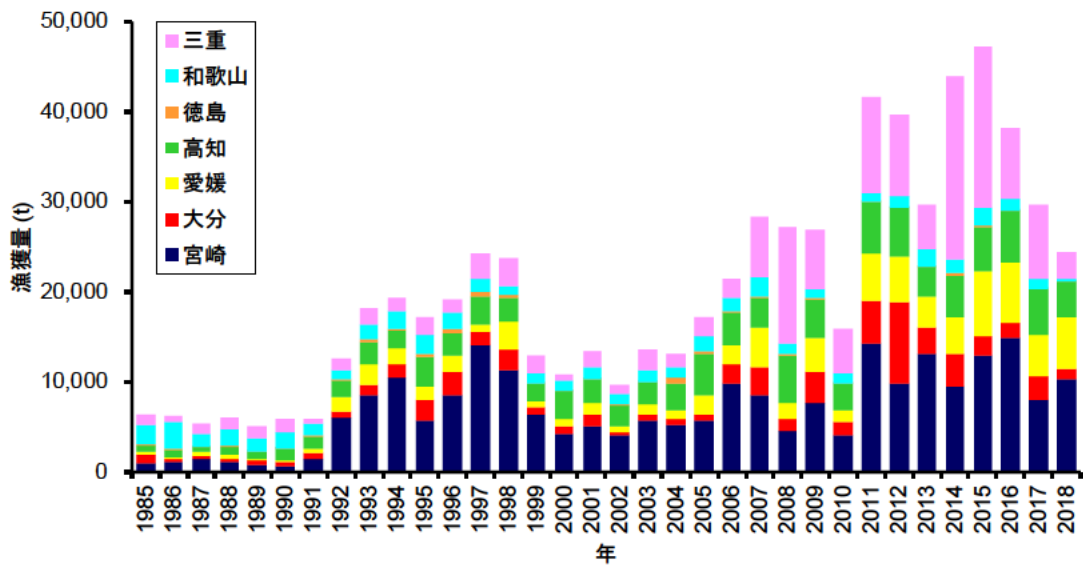


図 7. 漁獲量（宮崎県～三重県）の推移 漁業・養殖業生産統計による。

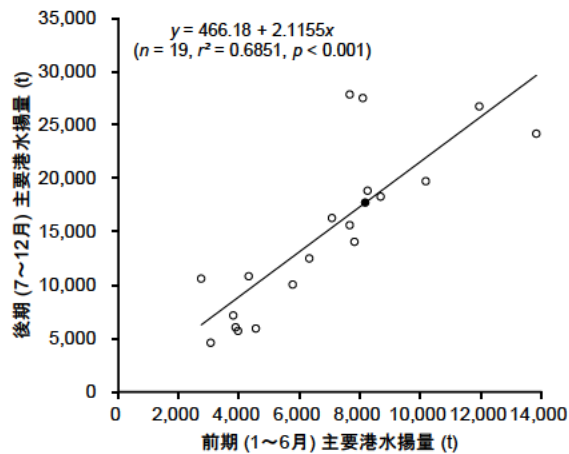


図 8. 2000～2018 年の宮崎県～三重県の主要港における前期（１～６月）水揚量と後期（７～１２月）水揚量の関係 この関係を用いて 2019 年前期水揚量から予測される後期水揚量を黒丸で示す。

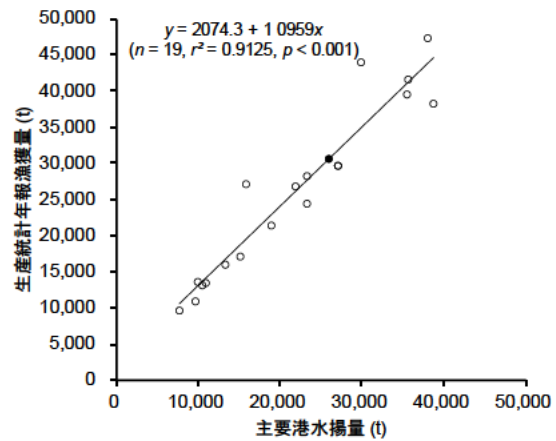


図 9. 2000～2018 年の宮崎県～三重県の主要港における主要港水揚量と生産統計年報からの漁獲量の関係 この関係を用いて 2019 年主要港水揚量から予測される漁獲量を黒丸で示す。

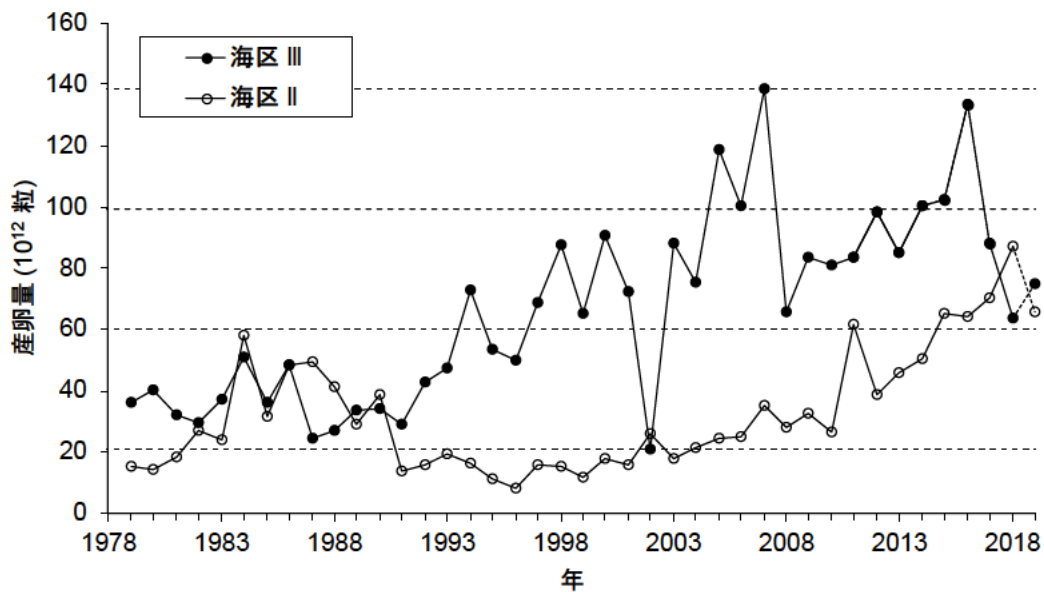


図 10. 年間産卵量の推移 年間産卵量は前年 9 月～当年 8 月の月別産卵量の合計値。海区Ⅲは日向灘～潮岬、海区Ⅱは潮岬～房総に相当する。海区Ⅲの産卵量を資源量指標値として用いた。2019 年は 6 月までの産卵量から予測される年間産卵量。点線は産卵量（海区Ⅲ）の最大値と最小値およびそれらを 3 等分した値を示す。2018 年の海区Ⅲの産卵量から水準を判断した。

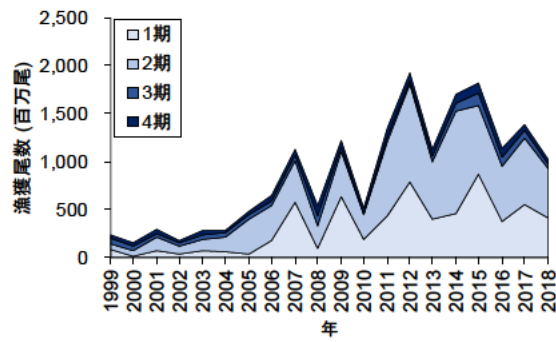


図 11. 年齢別（期別）漁獲尾数の推移 半年単位コホート解析による。2019 年 1 期と 3 期の漁獲尾数はそれぞれ 480（百万尾）と 53（百万尾）。1～4 期は以下のように定義した。1 期：0～5 月齢（0 歳）；2 期：6～11 月齢（0 歳）；3 期：12～17 月齢（1 歳）；4 期：18～23 月齢（1 歳）。

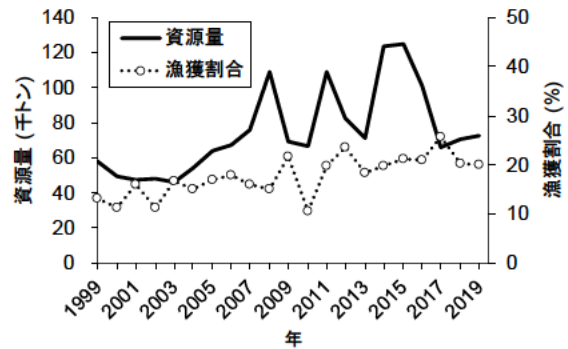


図 12. 資源量と漁獲割合の推移 資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、漁獲割合は 1～6 月と 7～12 月の平均値とした。ただし、2019 年の 2 期と 4 期は将来予測に基づく。1～4 期の定義は図 11 同様。

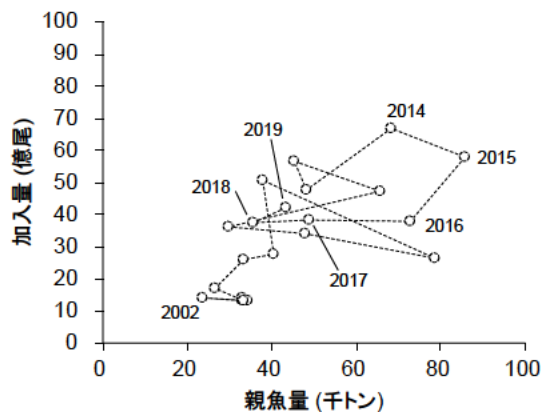


図 13. 親魚量と加入量の関係 親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

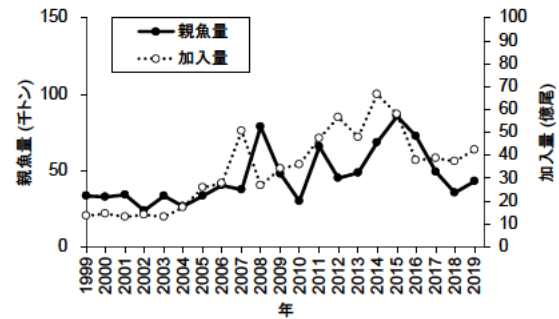


図 14. 親魚量と加入量の推移 親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

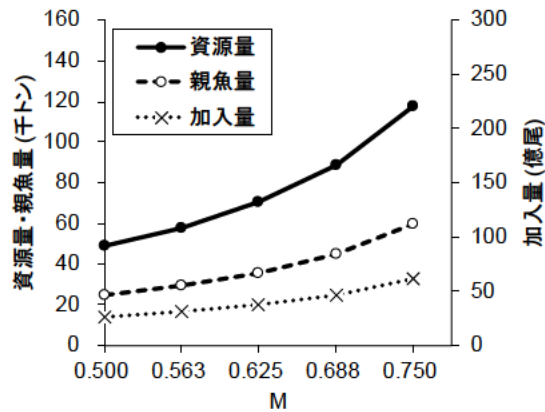


図 15. M と資源量、親魚量、加入量の関係 異なる M 値の下での資源量、親魚量、加入量の値を示す(2018 年の例)。資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

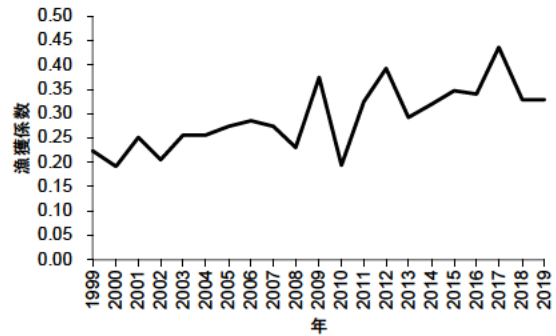


図 16. 漁獲係数 (F) の推移 F は 1～4 期の平均値とした。ただし、2019 年の 2 期と 4 期は将来予測に基づく。1～4 期の定義は図 11 同様。

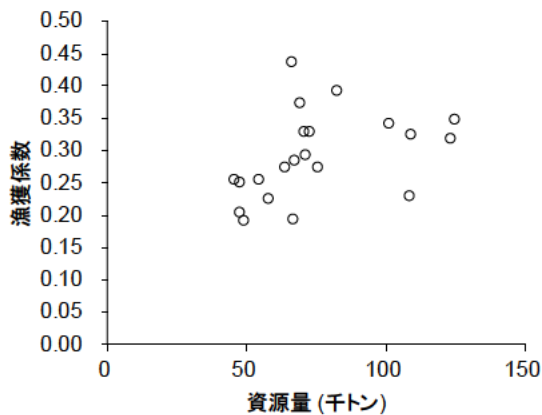


図 17. 資源量と漁獲係数 (F) の関係 資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、F は 1～4 期の平均値とした。2019 年の F は将来予測に基づく。1～4 期の定義は図 11 同様。

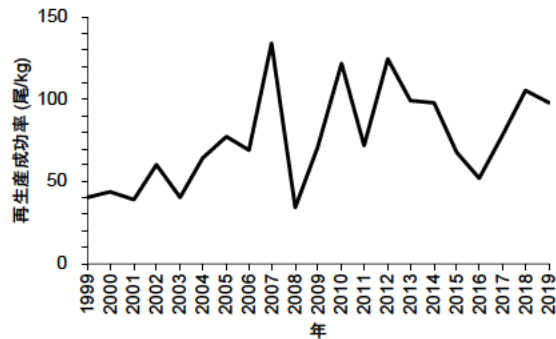


図 18. 再生産成功率の推移 再生産成功率は親魚量に対する加入量の割合とし、親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

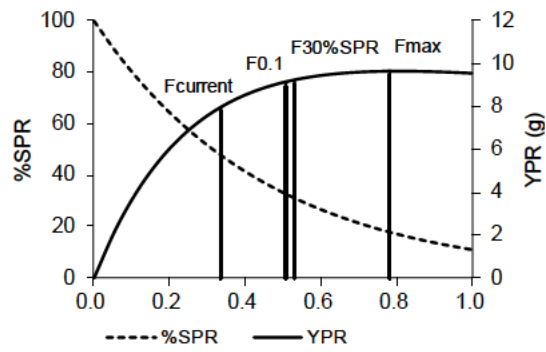


図 19. 漁獲係数 (F) と%SPR、YPR の関係
F は 1～4 期の平均値とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

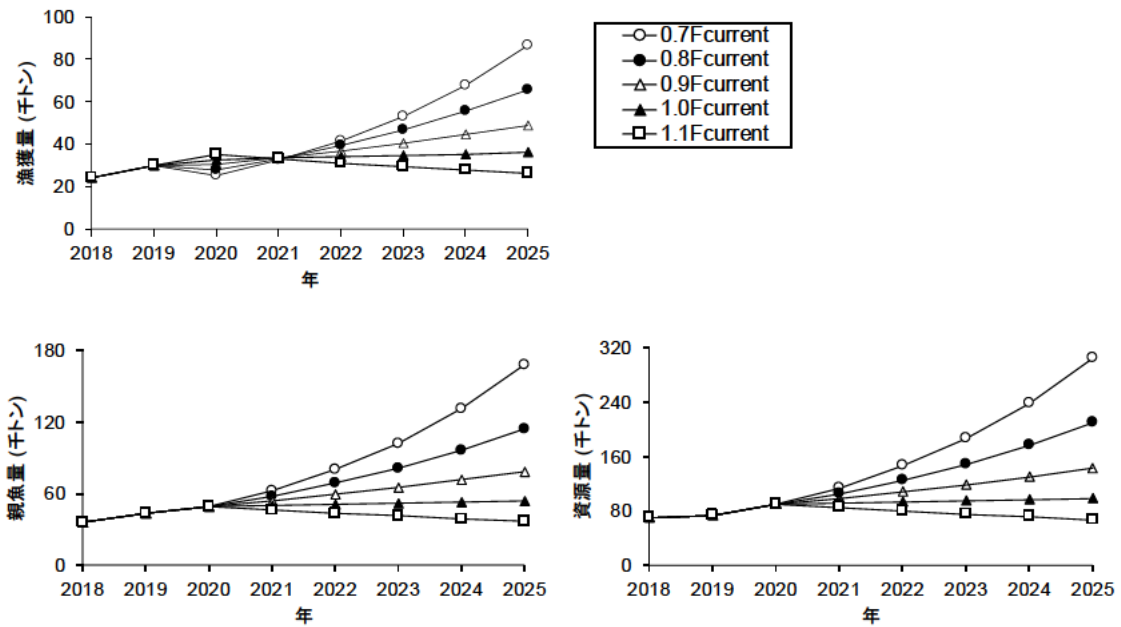


図 20. 漁獲係数 (F) の変化による漁獲量、資源量、親魚量の推移 資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

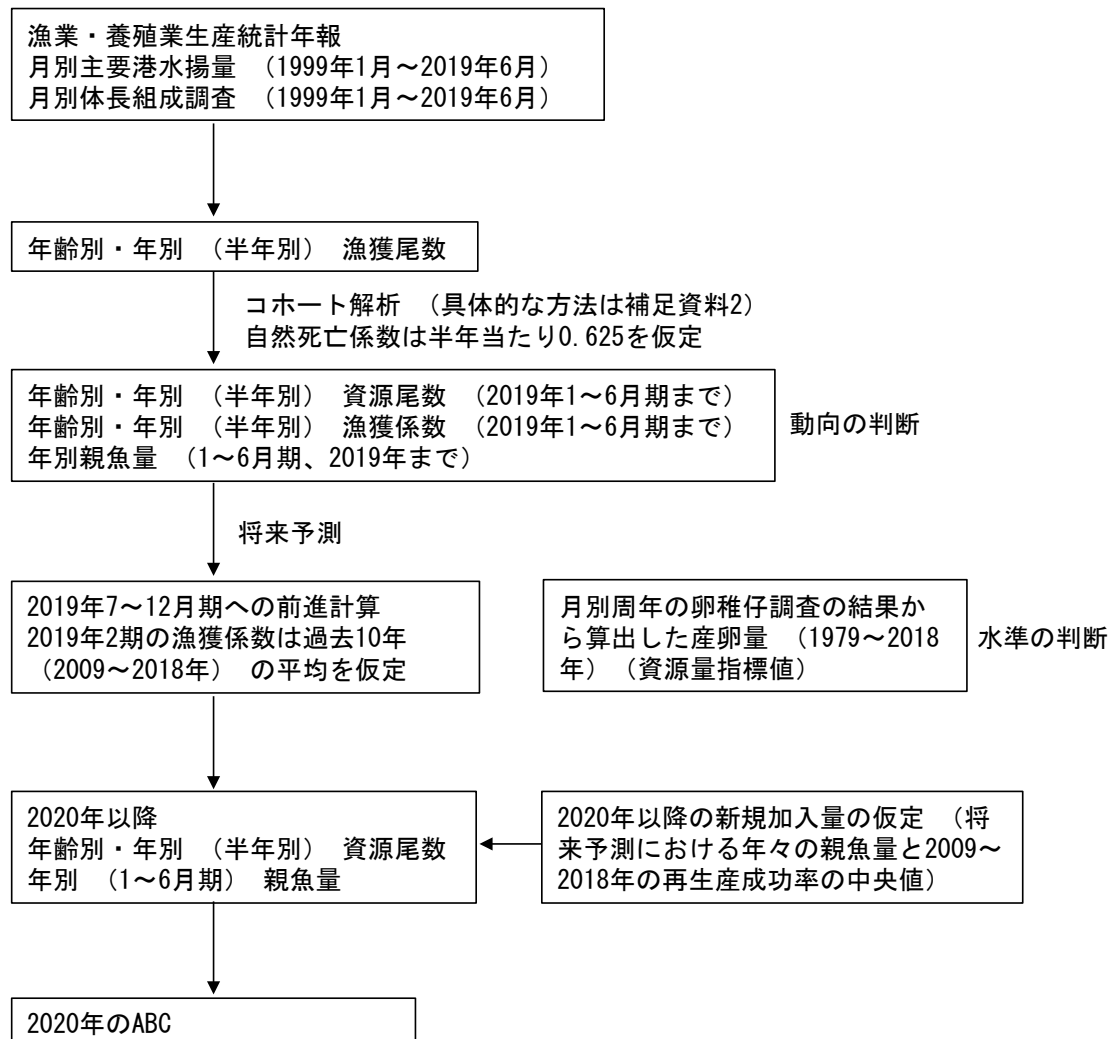
表 2. ウルメイワシ太平洋系群の資源解析結果

年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	0歳加入尾数 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1999	13	58	33	1,348	13	41
2000	11	49	33	1,442	11	44
2001	13	48	34	1,326	16	39
2002	10	48	24	1,423	11	60
2003	14	46	33	1,326	17	40
2004	13	54	27	1,712	15	64
2005	17	64	33	2,593	17	78
2006	21	67	40	2,786	18	69
2007	28	76	38	5,061	16	134
2008	27	109	79	2,675	15	34
2009	27	69	48	3,417	22	71
2010	16	67	30	3,619	10	122
2011	42	109	66	4,734	20	72
2012	40	83	45	5,666	23	125
2013	30	71	48	4,783	18	99
2014	44	124	68	6,672	20	98
2015	47	125	86	5,778	21	68
2016	38	101	73	3,789	21	52
2017	30	66	49	3,857	26	79
2018	24	70	36	3,748	20	105
2019	—	73	43	4,237	—	98

表 3. ウルメイワシ太平洋系群の年間（前年 9 月～当年 8 月）産卵量 日向灘～潮岬（海区 III）に相当する海域の産卵量を採用した。2019 年の産卵量は 6 月までの産卵量を基にした予測値である。

年	産卵量 (兆粒)	年	産卵量 (兆粒)
1979	36.5	2000	90.7
1980	40.6	2001	72.3
1981	32.1	2002	20.9
1982	29.9	2003	88.0
1983	37.6	2004	75.4
1984	51.1	2005	118.9
1985	36.4	2006	100.5
1986	48.5	2007	138.6
1987	24.4	2008	65.9
1988	27.3	2009	83.5
1989	33.8	2010	80.9
1990	34.4	2011	83.6
1991	29.3	2012	98.4
1992	42.9	2013	85.3
1993	47.7	2014	100.7
1994	73.1	2015	102.5
1995	53.5	2016	133.6
1996	50.2	2017	88.4
1997	68.8	2018	63.8
1998	87.9	2019	(75.1)
1999	65.3		

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

漁獲量の大部分を占める宮崎県～三重県を対象として、主要港水揚量および月別体長組成のデータを用いて、月別漁獲尾数の体長組成を求めた。具体的には、主要港水揚量に対する体長測定標本の抽出率により、月別体長組成から主要港水揚量に対する月別漁獲尾数の体長組成を求め、さらに、これを漁業・養殖業生産統計年報による全漁獲量に相当する漁獲尾数に換算した。計算過程での体長 (BL) と体重 (BW) の関係には、過去の測定データから得られた式 ($BW = 0.08 BL^{3.181}$) を用いた。さらに、過去研究 (大下ほか 2011、真田ほか 1994、山田 1994) にある 4 つの成長式のうち、上で求めた漁獲尾数の体長組成に最も当てはまりが良かった山田 (1994) の成長式 ($L(t) = 22.70 (1 - e^{-0.1368(t + 0.6868)})$) を採用して、半年ごとの年齢別漁獲尾数を求めた。

半年単位のコホート解析により年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数を推定した (補足表 2)。ウルメイワシの生活史に基づき 1 月を起点、寿命を 2 歳 (24 月齢) とし、0～5 月齢 (1 期)、6～11 月齢 (2 期)、12～17 月齢 (3 期)、18～23 月齢 (4 期) とし、各期の資源尾数、漁獲係数を推定した。資源計算は Pope (1972) の近似式を用い、4 期が寿命でプラスグループは設定しなかった。自然死亡係数は、田内・田中の式 (田中 1960) に従い $M = 2.5/\text{寿命}$ (寿命 2 歳) より 0.625 (半年当たり) とした。各年 y (1999～2018 年) 各期 a (1 期～4 期) の資源尾数、漁獲尾数は、それぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y} \exp(M) + C_{a,y} \exp(M/2) \quad (a = 1, 3, y = 1999, \dots, 2018)$$

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp(M/2) \quad (a = 2, y = 1999, \dots, 2018)$$

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}}{1 - \exp(-F_{a,y})} \exp(M/2) \quad (a = 4, y = 1999, \dots, 2018; a = 1, 3, y = 2019)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \exp(M/2)}{N_{a,y}} \right) \quad (a = 1, 2, 3, y = 1999, \dots, 2018)$$

ターミナル F は 1999～2018 年までの 4 期と 2019 年の 1 期と 3 期である。1 期と 3 期の平均体長の差は約 13 cm であるが、2 期と 4 期の平均体長の差は約 6 cm と小さい。そこで 2 期と 4 期の漁獲係数に差はないと仮定し、1999～2018 年の 4 期の漁獲係数は 2 期の漁獲係数の平均 (1999～2018 年) に等しい、2019 年の 1 期と 3 期の漁獲係数は過去 10 年の平均 (2009～2018 年) に等しいと仮定した。なお、 $F_{4,y}$ は探索的に推定した。

$$F_{a,2019} = \frac{1}{10} \sum_{y=2009}^{2018} F_{a,y} \quad (a = 1, 3)$$

$$F_{4,y} = \frac{1}{20} \sum_{y=1999}^{2018} F_{2,y} \quad (y = 1999, \dots, 2018)$$

引用文献

- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, **9**, 65-74.
- 大下誠二・後藤常夫・大塚徹・槐島光次郎 (2011) 東シナ海におけるウルメイワシの年齢・成長と成熟特性. *日本水産学会誌*, **77**, 15-22.
- 真田康広・藤田正夫・石田実 (1994) 太平洋南部におけるウルメイワシの耳石日周輪に基づく年齢と成長. *南西外海の資源・海洋研究*, **10**, 55.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. *東海水研報*, **28**, 1-200.
- 山田浩且 (1994) 熊野灘におけるウルメイワシの資源生態. *水産海洋研究*, **58**, 286-292.

補足表 2-1. コホート解析結果の詳細（1999～2005 年）

期別漁獲尾数（100万尾）

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1期	78	14	69	32	73	55	39
2期	66	57	143	88	117	157	362
3期	53	42	36	29	49	44	45
4期	38	35	44	29	36	28	40
計	235	148	292	178	276	285	486

期別漁獲量（トン）

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1期	1,439	158	694	546	697	895	456
2期	2,754	2,494	5,242	3,579	4,247	4,951	8,618
3期	4,897	4,319	3,589	2,933	5,000	4,731	4,556
4期	3,768	3,866	3,895	2,569	3,610	2,541	3,519
計	12,858	10,836	13,420	9,628	13,554	13,118	17,149

期別漁獲係数

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1期	0.08	0.01	0.07	0.03	0.08	0.05	0.02
2期	0.15	0.11	0.35	0.18	0.28	0.28	0.45
3期	0.23	0.20	0.15	0.17	0.23	0.26	0.19
4期	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
平均	0.22	0.19	0.25	0.20	0.26	0.25	0.27

期別資源尾数（100万尾）

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1期	1,348	1,442	1,326	1,423	1,326	1,712	2,593
2期	665	761	659	738	657	876	1,360
3期	347	307	366	249	331	266	354
4期	147	134	169	112	141	110	157

期別資源量（トン）

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1期	24,957	16,159	13,328	24,133	12,646	27,660	30,560
2期	27,545	33,163	24,243	29,970	23,778	27,683	32,414
3期	33,162	32,988	34,229	23,644	33,178	26,606	33,399
4期	14,069	14,388	15,839	10,641	14,129	10,999	14,758
1期 + 3期	58,119	49,147	47,557	47,777	45,824	54,266	63,959

期別平均体重（g）

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1期	19	11	10	17	10	16	12
2期	41	44	37	41	36	32	24
3期	95	107	94	95	100	100	94
4期	95	107	94	95	100	100	94

補足表 2-2. コホート解析結果の詳細（続き）（2006～2012 年）

期別漁獲尾数（100万尾）

期	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1期	179	572	99	634	192	435	780
2期	358	438	235	471	256	768	1,030
3期	52	58	98	50	13	47	35
4期	54	54	107	67	51	98	80
計	644	1,122	539	1,222	512	1,348	1,925

期別漁獲量（トン）

期	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1期	1,723	4,283	1,106	3,972	1,951	3,974	5,119
2期	10,442	14,967	8,221	12,699	9,057	25,343	26,125
3期	5,055	5,493	8,204	4,378	1,232	5,023	3,206
4期	4,205	3,524	9,583	5,782	3,705	7,260	5,117
計	21,424	28,267	27,114	26,831	15,946	41,600	39,567

期別漁獲係数

期	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1期	0.09	0.17	0.05	0.29	0.08	0.13	0.21
2期	0.45	0.30	0.27	0.64	0.22	0.64	0.85
3期	0.17	0.19	0.16	0.13	0.05	0.09	0.08
4期	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
平均	0.29	0.27	0.23	0.37	0.19	0.32	0.39

期別資源尾数（100万尾）

期	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1期	2,786	5,061	2,675	3,417	3,619	4,734	5,666
2期	1,360	2,290	1,360	1,365	1,797	2,216	2,462
3期	463	466	905	556	386	774	624
4期	210	207	413	261	197	380	308

期別資源量（トン）

期	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1期	26,774	37,865	29,982	21,405	36,867	43,239	37,173
2期	39,681	78,253	47,536	36,839	63,485	73,064	62,430
3期	40,331	37,777	78,593	47,987	29,745	65,660	45,366
4期	18,264	16,798	35,823	22,505	15,176	32,253	22,432
1期 + 3期	67,104	75,643	108,575	69,392	66,612	108,900	82,539

期別平均体重（g）

期	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1期	10	7	11	6	10	9	7
2期	29	34	35	27	35	33	25
3期	87	81	87	86	77	85	73
4期	87	81	87	86	77	85	73

補足表 2-3. コホート解析結果の詳細（続き）（2013～2019 年 6 月）

期別漁獲尾数（100万尾）							
期	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1期	399	457	870	370	549	407	480
2期	599	1,070	709	581	699	524	－
3期	63	75	137	98	81	44	53
4期	66	93	105	92	56	44	－
計	1,127	1,695	1,822	1,139	1,385	1,019	－

期別漁獲量（トン）							
期	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1期	1,908	3,782	5,915	2,774	2,426	3,787	3,321
2期	16,748	25,298	19,484	18,182	14,183	12,410	－
3期	6,455	7,461	11,737	9,086	7,613	4,837	4,328
4期	4,582	7,365	10,123	8,204	5,393	3,431	－
計	29,693	43,905	47,259	38,246	29,616	24,466	－

期別漁獲係数							
期	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1期	0.12	0.10	0.23	0.14	0.22	0.16	0.17
2期	0.45	0.60	0.50	0.60	0.85	0.54	－
3期	0.17	0.14	0.22	0.18	0.24	0.17	0.15
4期	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	－
平均	0.29	0.32	0.35	0.34	0.44	0.33	0.16

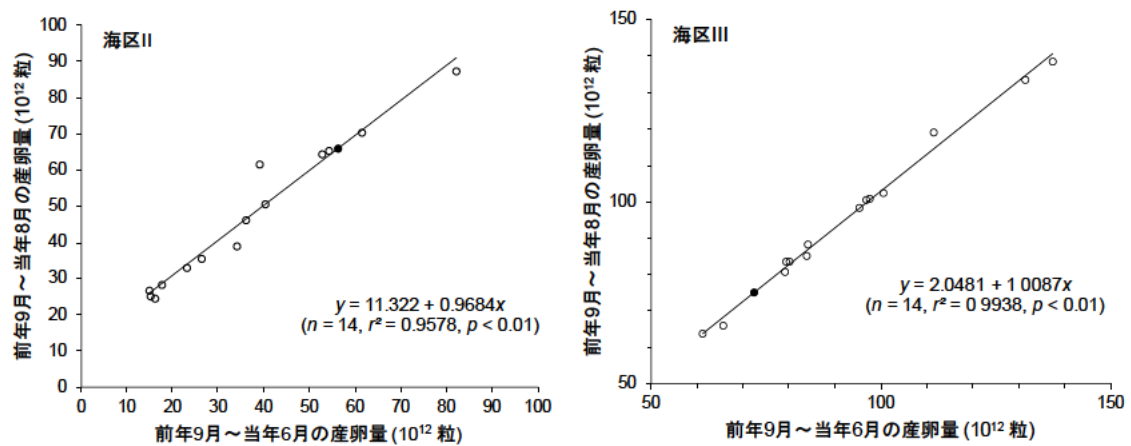
期別資源尾数（100万尾）							
期	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1期	4,783	6,672	5,778	3,789	3,857	3,748	4,237
2期	2,268	3,237	2,456	1,758	1,663	1,708	－
3期	564	776	950	796	516	379	531
4期	256	360	408	355	217	171	－

期別資源量（トン）							
期	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1期	22,897	55,199	39,264	28,442	17,039	34,847	29,343
2期	63,396	76,534	67,499	55,028	33,758	40,475	－
3期	48,257	68,306	85,566	72,760	49,003	35,600	43,264
4期	21,892	31,706	36,752	32,423	20,607	16,036	－
1期 + 3期	71,154	123,505	124,831	101,202	66,042	70,447	72,608

期別平均体重（g）							
期	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1期	5	8	7	8	4	9	7
2期	28	24	27	31	20	24	28
3期	86	88	90	91	95	94	81
4期	86	88	90	91	95	94	81

補足資料3 産卵量予測

2005～2018年の産卵量においては、産卵期前年9月から当年6月までの産卵量と当年8月までの産卵量の高に相関が認められる。この関係を用いて、2018年9月から2019年6月までの産卵量から2019年の年間産卵量を予測すると、海区Ⅱは66兆粒、海区Ⅲは75兆粒と見込まれる（補足図3-1）。



補足図 3-1. 2005～2018年の前年9月から当年6月までの産卵量と当年8月までの産卵量の関係 この関係を用いて2018年9月から2019年6月までの産卵量から予測される2019年の年間産卵量を黒丸で示す。