

平成 29（2017）年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価

責任担当水研：中央水産研究所（入路光雄、高須賀明典、亘真吾、梨田一也）

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、産卵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～三重県の漁獲量は増減を繰り返しながらも全体としては増加傾向にあり、2011～2016 年は過去最高水準となった。1978 年以降の産卵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、長期的に増加傾向にあり、2016 年の産卵量（134 兆粒）から、資源水準は高位と判断した。最近 5 年間（2013～2017 年）の資源量は 99 千～160 千トンの範囲にあり、その推移から、資源動向は横ばいと判断した。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。産卵量は長期的に増加傾向にあり、最近年は中位～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増加傾向にある。これは、再生産が順調に行われていることを示唆しており、最近年の漁獲は資源状態に悪影響を及ぼしていないと考えられる。従って、現状の漁獲圧の維持する管理方策で $F_{current}$ を管理基準とし、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(1) を適用して、2018 年 ABC を算定した。

管理基準	Target / Limit	2018 年 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
$F_{current}$	Target	40	15	0.23 (-17%)
	Limit	47	18	0.28 (+4%)

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 2014～2016 年の 1～4 期の F の平均値、漁獲割合は 2018 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。2017 年の親魚量は 71 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 (%)
2013	99	70	37	0.26	17
2014	154	87	48	0.27	17
2015	160	113	54	0.31	19
2016	130	93	42	0.27	18
2017	119	71	42	0.28	18
2018	138	87	—	—	—

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。2017 年の 2 期と 4 期、2018 年の値は、将来予測に基づく値である。

水準：高位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり。

データセット	基礎情報、関係調査等
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	産卵調査（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、1992～2010 年に 10 千～32 千トン台で推移したが、2011 年以降は 37 千～54 千トンとなった。マイワシやカタクチイワシ等と比べて、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)。卵や成魚の分布状況から、土佐湾周辺海域が主分布域と考えられる。

(2) 年齢・成長

2歳までに被鱗体長で約22 cm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16 cm前後から成熟個体が出現し、18 cm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 2016)。

(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

漁業・養殖業生産統計における宮崎県～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、25千トン前後となった(表1、図7)。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30千トン前後となった。2010年は20千トン以下となったが、2011年以降40千トンを超える年が増え、2015年は54千トンと過去最高の漁獲量となった。2016年は42千トンとなった。

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、2017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(34千トン)を前期と後期の割合で分けると、2017年前期の全漁獲量は11千トンに相当する(表1)。以上のように、漁獲量は、長期時系列では増減を繰り返しながらも増加傾向、最近5年間は特に高い水準を保っている。

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、2017 年 3 期の漁獲係数が過去 3 年間(2014～2016 年)の平均値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、産卵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産卵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 2016)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 年は 66 兆粒と減少したが、2009 年以降は 80 兆粒以上の範囲にあり、2016 年は 134 兆粒と推定された。2017 年(2016 年 9 月～)は利用できる 6 月までの産卵量で 84 兆粒であった。2005～2016 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、2017 年の年間産卵量

を予測すると、87 兆粒と見込まれる。

(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 52 千トン（2003 年）から最大 160 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（2013～2017 年）の資源量は 99 千～160 千トンの範囲にあり、2017 年の資源量は 119 千トンであった。漁獲割合は、9～20%の範囲で推移してきた（図 12）。漁獲割合は安定しており、資源量が増加した時期でもほぼ一定を保ってきた。

(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、漁業に依存しない産卵調査（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 38 年間（1979～2016 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。2016 年の産卵量（134 兆粒）は高位と中位の境界値を上回っていることから、資源水準は高位と判断した。なお、2017 年の産卵量（海区 III）予測値は中位にある。

過去 19 年間（1999～2017 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、全体としては増加傾向にあり、2017 年は 119 千トンであった。最近 5 年間（2013～2017 年）の資源量の推移から、動向は横ばいと判断した。

(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 28 千～114 千トン、加入量は 14 億～81 億尾の範囲で、減少した年もあるものの、全体としては増加してきた（表 2、図 14）。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 2016 年の資源量、親魚量、加入量の推定値

は、それぞれ 106 千～161 千トン、78 千～110 千トン、37 億～68 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（表 2、図 12）、漁獲係数（図 16）は、大きな増加をすることなく、安定して推移してきた。資源量と漁獲係数に特段の関係は見られない（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）は 34～121 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、 $F_{current}$ （2014～2016 年の平均値）は 0.28 で、 $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ 、 F_{max} を下回っている（図 19）。最近年の漁獲は資源状態に悪影響を及ぼしていないと考えられる。

5. 2018 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

産卵調査に基づいて求めた産卵量（海区 III）の推移から、本資源の水準は高位と判断した。半年単位のコホート解析による最近 5 年間（2013～2017 年）の資源量の推移から、本資源の動向は横ばいと判断した。漁獲量（宮崎県～三重県）は、2000 年以降増加傾向にあり、特に 2011～2016 年は過去最高水準にある。産卵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、2007 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。これは、再生産が順調に行われていることを示唆しており、長期的な漁獲量の増加は資源の増加を反映していると考えられる。従って、最近年の漁獲は資源状態に悪影響を及ぼしていないと考えられる。

(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高位、資源量から動向は横ばいと判断されることから、平成 29 年度 ABC 算定のための基本規則 1-3)-(1) を適用して、以下の式により 2018 年 ABC を算定した。

$$F_{limit} = F_{current}$$

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

ここで $F_{current}$ は、最近 3 年間（2014～2016 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、2017 年漁獲係数は過去 3 年間（2014～2016 年）の平均を仮定して、2017 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（2007～2016 年）の RPS 中央値を使用した。年々の親魚量と RPS 中央値から 2018 年以降の新規加入量を仮定して、2018 年以降の資源量、親魚量を求め、2018 年 ABC を算定した。産卵調査による産卵量の推定結果から、資源水準は高位であると判断され、また、現在の漁獲圧を継続しても将来の資源に悪影響を及ぼす状況に無いと判断される。従って、現状の漁獲圧を維持する管理方策で $F_{current}$ を管理基準とした。

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	2018 年 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
Fcurrent	Target	40	15	0.23 (－17%)
	Limit	47	18	0.28 (＋4%)

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。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は 2014～2016 年の 1～4 期の F の平均値、漁獲割合は 2018 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

Fcurrent 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）。1.0Fcurrent で漁獲を継続した場合でも、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（2007～2016 年）の RPS 中央値は 77 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 F0.1、F30%SPR、Fmax 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 2017 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。2017 年 1 期と 3 期の資源量はそれぞれ 2017 年の加入量と親魚量に相当する。よって、2018 年加入群の予測 1 回のみで ABC 算定が可能である。また、2018 年に親魚となる群は 2017 年 1～6 月の加入群として資源量推定値が得られている。2023 年の予測は 6 世代後の予測に相当し、不確実性が高いことも考慮すると、本資源はコホート解析および産卵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)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.60Fcurrent	0.17	42	42	31	43	58	79	107	145
0.80Fcurrent	0.23	42	42	40	47	57	68	82	98
1.00Fcurrent	0.28	42	42	47	50	52	55	59	62
1.20Fcurrent	0.34	42	42	53	50	46	43	40	38
		資源量 (千トン)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.60Fcurrent	0.17	130	119	138	187	255	346	470	638
0.80Fcurrent	0.23	130	119	138	165	198	238	285	342
1.00Fcurrent	0.28	130	119	138	146	154	163	173	183
1.20Fcurrent	0.34	130	119	138	129	120	112	105	98
		親魚量 (千トン)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.60Fcurrent	0.17	93	71	87	119	161	219	298	405
0.80Fcurrent	0.23	93	71	87	105	126	151	181	216
1.00Fcurrent	0.28	93	71	87	92	98	103	109	116
1.20Fcurrent	0.34	93	71	87	82	76	71	66	62

(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
2015 年漁獲量確定値	2015 年漁獲量の確定
2016 年漁獲量概数	2016 年漁獲量
2015 年主要港水揚量	2016 年主要港水揚量の確定
2017 年主要港水揚量	2017 年 1～6 月主要港水揚量
2017 年体長組成	月別推定漁獲尾数組成
2016 年産卵量	2016 年期産卵量 (2015 年 9 月～2015 年 8 月)
2017 年産卵量	2017 年期産卵量 (2016 年 9 月～2016 年 6 月)
	2017 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)
2016 年 (当初)	1.0・Cave 3-yr・1.01			43	35	
2016 年 (2016 年再評価)	1.0・Cave 3-yr・1.01			43	35	
2016 年 (2017 年再評価)	1.0・Cave 3-yr・1.01			43	35	42
2017 年 (当初)	Fcurrent	0.25	114	34	29	
2017 年 (2017 年再評価)	Fcurrent	0.28	119	42	37	

本年度の再評価において、2017 年の ABC が上方修正された。これは、当初評価で用いた RPS 値が過小であったため、2017 年 0 歳魚の資源量が上方修正されたことによる。加えて、Fcurrent および平均体重の増加も関係している。

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変動幅は比較的安定しており、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 (図 21)。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。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・梨田一也・宇田川美穂・亘真吾・入路光雄 (2016) 2015 年～2016 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 27 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, **36**, 130–145.
- 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.



図1. 分布・回遊域

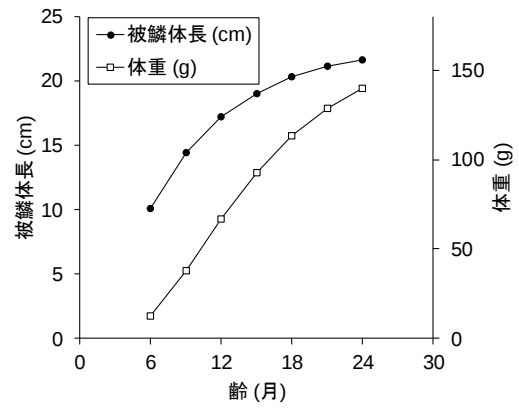


図2. 年齢と成長

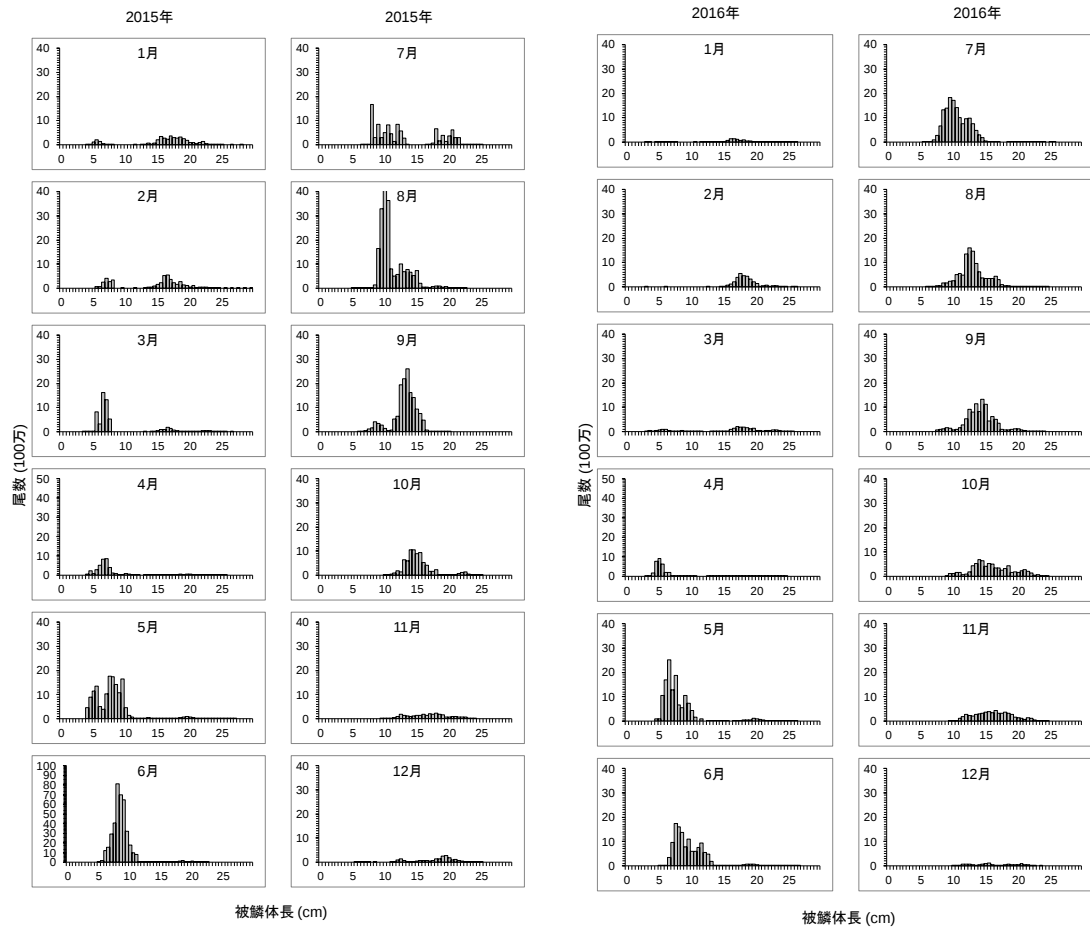


図3. 月別推定漁獲尾数の体長組成の推移の例（2015～2016年） 宮崎県～三重県の主要港水揚量と体長測定結果から求めた。

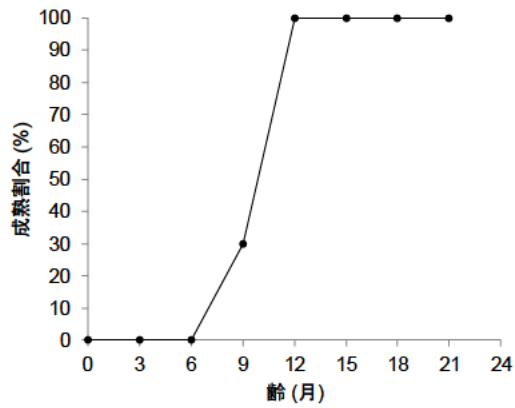


図 4. 年齢（月齢）と成熟率

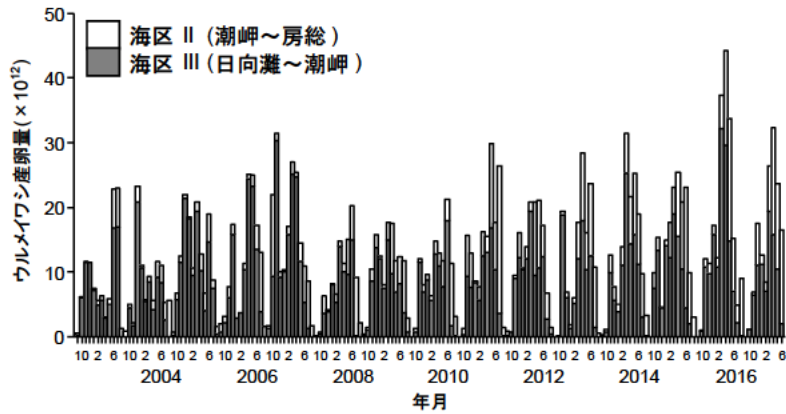


図 5. 月別産卵量の推移 海区 III は日向灘～潮岬、海区 II は潮岬～房総に相当する。
海区 III の産卵量を資源量指標値として採用した。

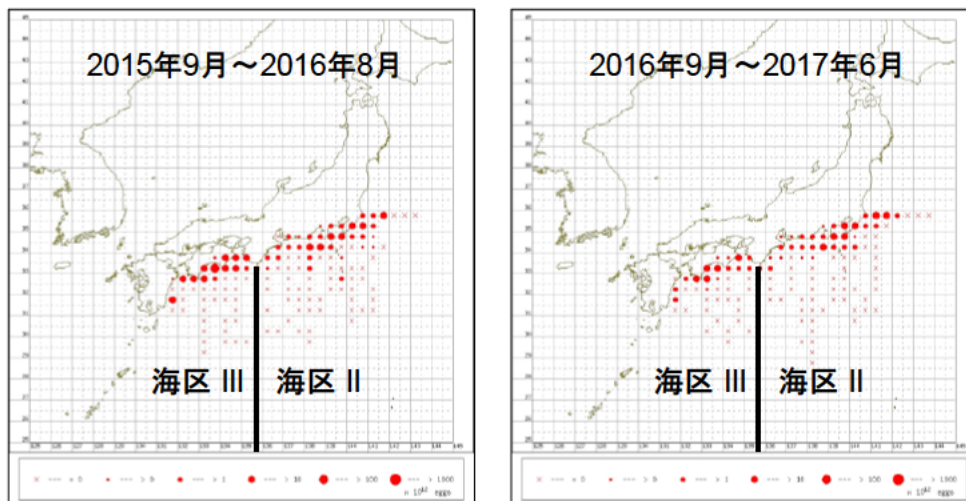


図 6. 最近年の年間産卵量分布 海区 III（日向灘～潮岬）および海区 II（潮岬～房総）
における緯経度 30 分升目の集計値を示す。海区 III の産卵量を資源量指標値とし
て採用した。

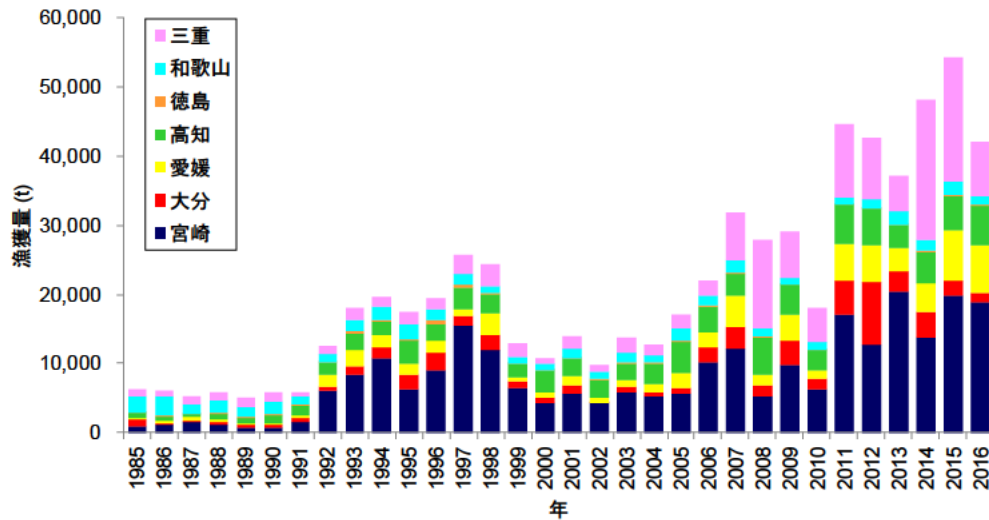


図 7. 漁獲量（宮崎県～三重県）の推移 漁業・養殖業生産統計による。

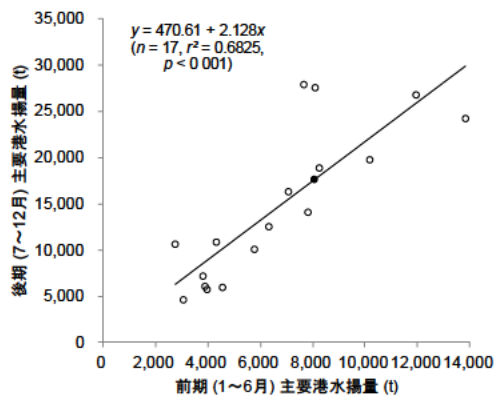


図 8. 2000～2016 年の宮崎県～三重県の主要港における前期（1～6 月）水揚量と後期（7～12 月）水揚量の関係 この関係を用いて 2017 年前期水揚量から予測される後期水揚量を黒丸で示す。

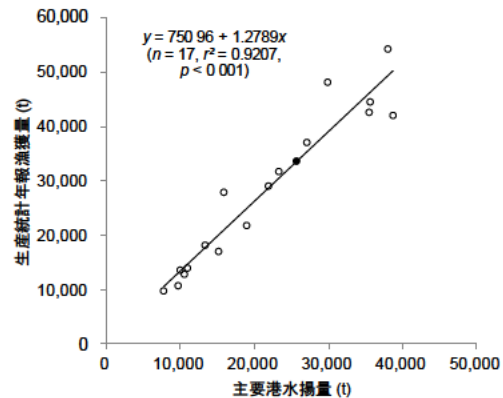


図 9. 2000～2016 年の宮崎県～三重県の主要港における主要港水揚量と生産統計年報からの漁獲量の関係 この関係を用いて 2017 年主要港水揚量から予測される漁獲量を黒丸で示す。

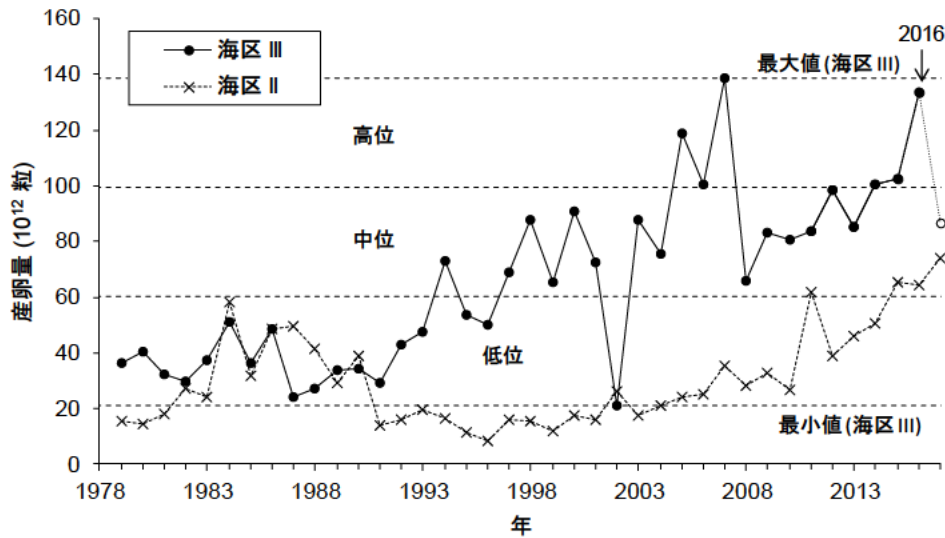


図 10. 年間産卵量の推移 年間産卵量は前年 9 月～当年 8 月の月別産卵量の合計値。海区 III は日向灘～潮岬、海区 II は潮岬～房総に相当する。海区 III の産卵量を資源量指標値として用いた。2017 年は 6 月までの産卵量から予測される年間産卵量。点線は産卵量（海区 III）の最大値と最小値の間の 3 等分を示す。2016 年の海区 III の産卵量から水準を判断した。

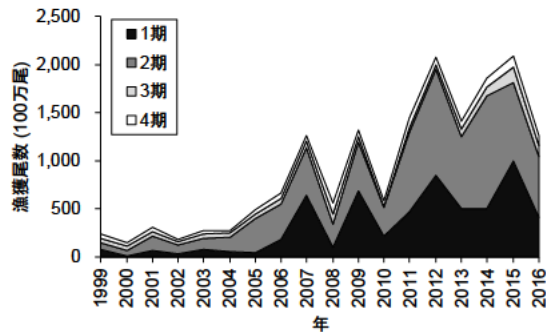


図 11. 年齢別（期別）漁獲尾数の推移 半年単位コホート解析による。2017 年 1 期と 3 期の漁獲尾数はそれぞれ 615 (100 万尾) と 83 (100 万尾)。1～4 期は以下のように定義した。1 期：0～5 月齢（0 歳）；2 期：6～11 月齢（0 歳）；3 期：12～17 月齢（1 歳）；4 期：18～23 月齢（1 歳）。

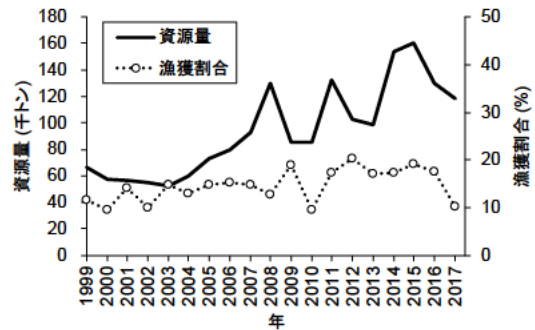


図 12. 資源量と漁獲割合の推移 資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、漁獲割合は 1～6 月と 7～12 月の平均値とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

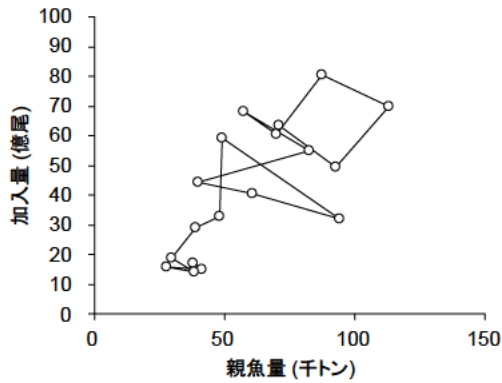


図 13. 親魚量と加入量の関係 親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

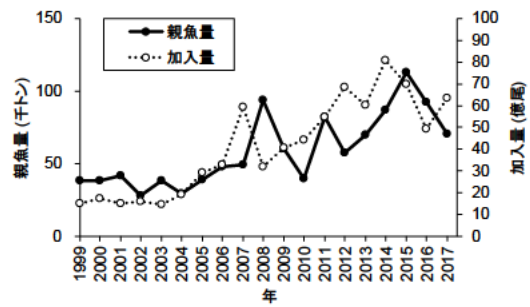


図 14. 親魚量と加入量の推移 親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

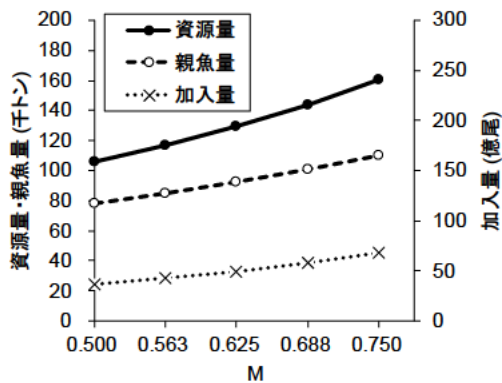


図 15. M と資源量、親魚量、加入量の関係 異なる M 値の下での資源量、親魚量、加入量の値を示す(2016 年の例)。資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

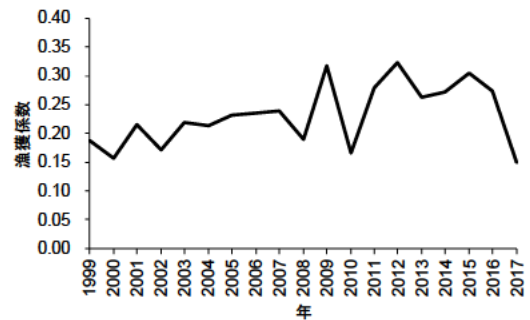


図 16. 漁獲係数 (F) の推移 F は 1～4 期の漁獲係数の平均値とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

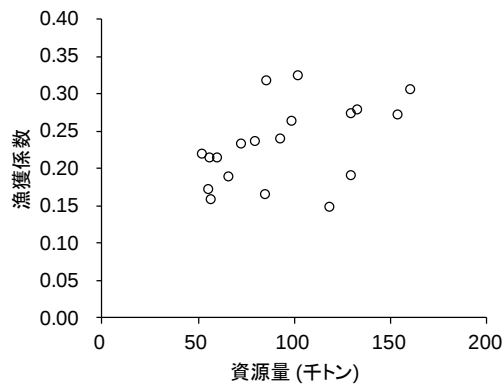


図 17. 資源量と漁獲係数 (F) の関係 資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、F は 1～4 期の平均値とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

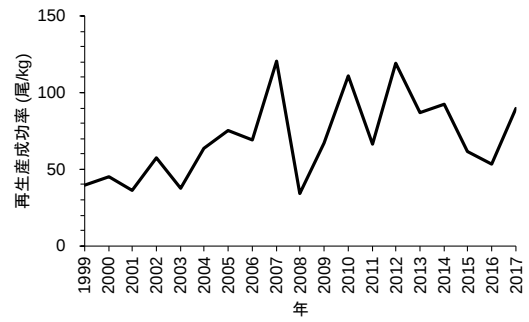


図 18. 再生産成功率の推移 再生産成功率は親魚量に対する加入量の割合とし、親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

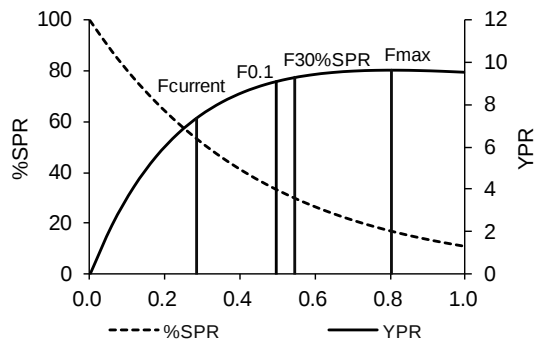


図 19. 漁獲係数 (F) と %SPR、YPR の関係 F は 1～4 期の平均値とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

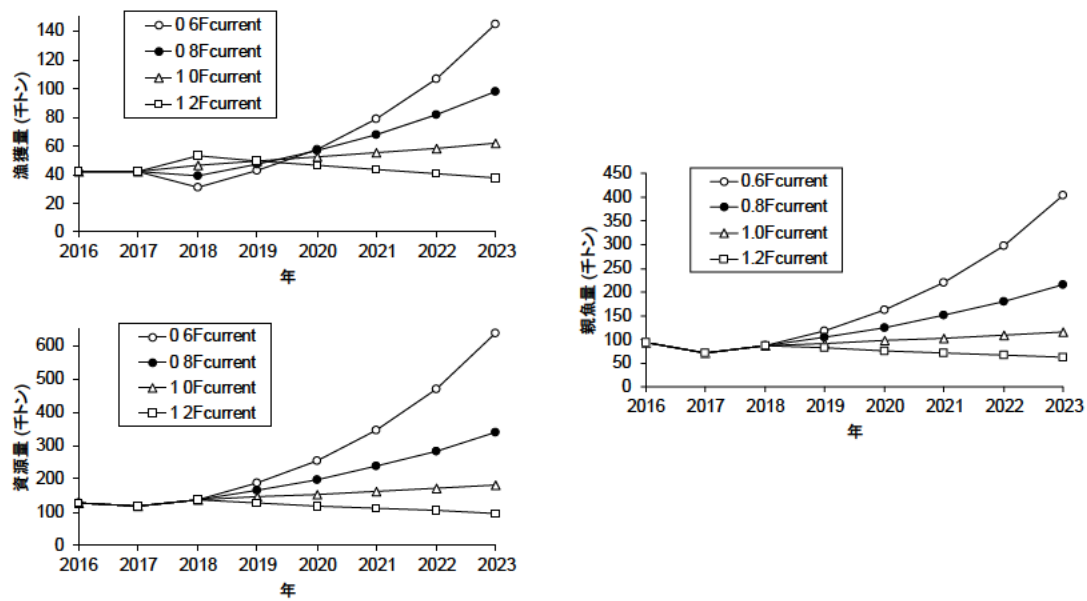


図 20. 漁獲係数 (F) の変化による漁獲量、資源量、親魚量の推移 資源量は 1～6 月における資源量として 1 期と 3 期の資源量の合計値、親魚量は 3 期の資源量、加入量は 1 期の資源尾数とした。1～4 期の定義は図 11 同様。

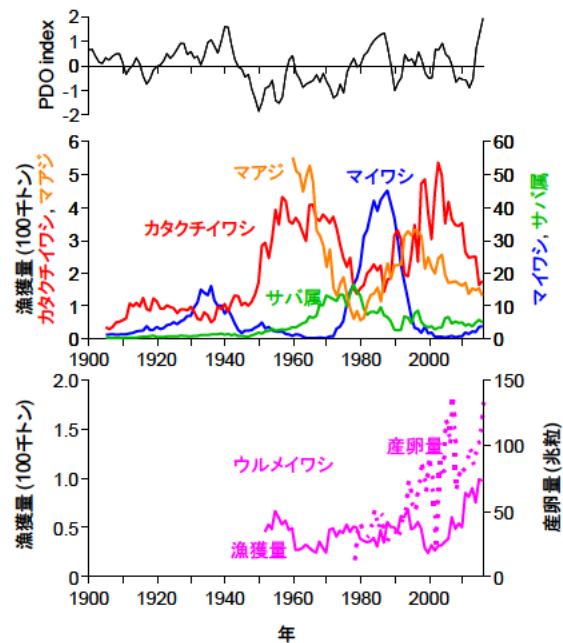


図 21. ウルメイワシと魚種交替の関係 ウルメイワシ漁獲量と産卵量の長期変動を太平洋十年規模変動指数 (PDO index) および小型浮魚類の漁獲量の長期変動と比較。漁獲量は漁業・養殖業生産統計年報による日本全体の漁獲量、ウルメイワシ産卵量は太平洋系群 (海区 III) の年間産卵量。

表 1. ウルメイワシ太平洋系群の漁獲量（宮崎県～三重県） 漁業・養殖業生産統計（農林水産省）による県別漁獲量（トン）と各県の主要港水揚量（トン）合計値を記した。ただし、2017 年の漁獲量合計値および主要港水揚量は前期（1～6 月）の値（漁獲量は予測値）である。

年	宮崎	大分	愛媛	高知	徳島	和歌山	三重	合計	主要港
1985	876	1,130	171	677	120	2,199	1,092	6,265	－
1986	1,133	293	222	709	125	2,834	690	6,006	－
1987	1,464	359	434	488	50	1,332	1,225	5,352	－
1988	1,181	286	460	877	22	1,877	1,225	5,928	－
1989	737	471	196	788	66	1,527	1,215	5,000	－
1990	693	401	255	1,189	111	1,785	1,403	5,837	－
1991	1,479	657	419	1,312	153	1,320	468	5,808	－
1992	6,050	586	1,732	1,723	116	1,099	1,245	12,551	－
1993	8,421	1,171	2,393	2,357	309	1,733	1,770	18,154	－
1994	10,852	1,447	1,726	1,998	213	1,922	1,435	19,593	－
1995	6,314	2,182	1,533	3,259	252	2,061	1,920	17,521	－
1996	8,960	2,596	1,725	2,485	514	1,607	1,463	19,350	－
1997	15,572	1,360	929	3,137	378	1,533	2,809	25,718	－
1998	11,918	2,214	3,188	2,697	186	977	3,185	24,365	－
1999	6,512	900	593	1,925	75	1,015	1,902	12,922	6,219
2000	4,251	878	751	3,063	60	1,056	758	10,817	9,707
2001	5,650	1,186	1,384	2,576	66	1,281	1,827	13,970	10,937
2002	4,244	95	678	2,683	55	1,080	992	9,827	7,701
2003	5,792	770	1,152	2,355	81	1,320	2,202	13,672	9,980
2004	5,306	615	1,151	2,982	74	1,114	1,547	12,789	10,499
2005	5,743	711	2,082	4,605	267	1,661	2,104	17,173	15,209
2006	10,250	2,104	2,239	3,627	147	1,472	2,099	21,938	18,891
2007	12,079	3,168	4,506	3,227	133	1,922	6,710	31,745	23,354
2008	5,351	1,394	1,694	5,329	100	1,143	12,951	27,962	15,802
2009	9,865	3,406	3,836	4,276	90	1,007	6,564	29,044	21,938
2010	6,255	1,489	1,299	2,894	36	1,178	4,982	18,133	13,325
2011	17,101	4,874	5,257	5,757	29	971	10,601	44,590	35,677
2012	12,792	9,023	5,305	5,338	51	1,307	8,913	42,729	35,501
2013	20,383	2,933	3,472	3,284	25	1,966	4,998	37,061	27,057
2014	13,808	3,644	4,104	4,605	221	1,568	20,307	48,257	29,937
2015	19,913	2,059	7,310	4,974	44	2,103	17,864	54,267	38,058
2016	18,757	1,530	6,871	5,720	42	1,337	7,895	42,152	38,743
2017	－	－	－	－	－	－	－	(10,547)	(8,063)

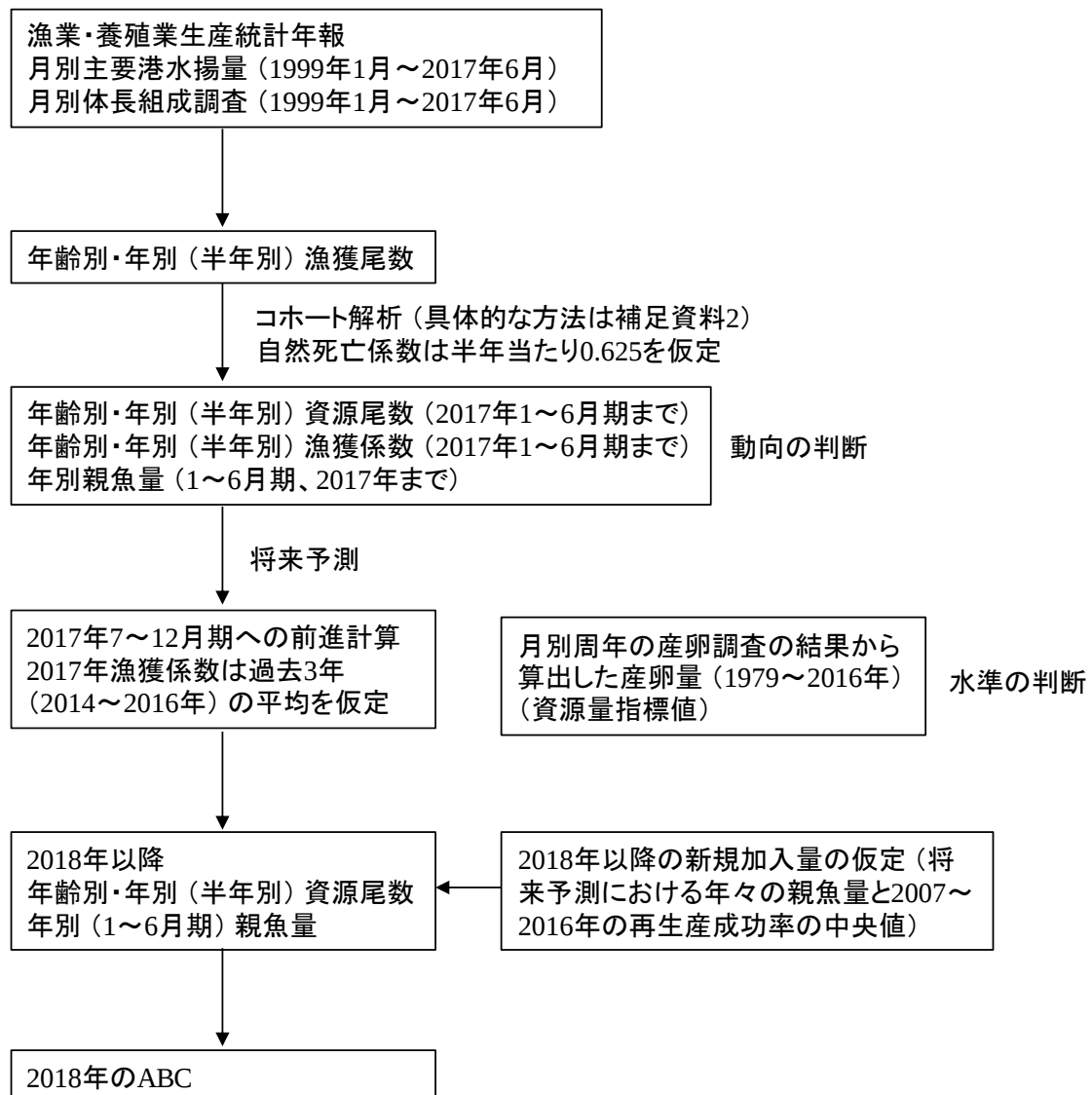
表 2. ウルメイワシ太平洋系群の資源解析結果

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	66	38	1,510	12	39
2000	11	57	38	1,708	10	45
2001	14	56	41	1,502	14	36
2002	10	55	28	1,612	10	58
2003	14	52	38	1,437	15	37
2004	13	60	30	1,893	13	64
2005	17	73	39	2,895	15	75
2006	22	80	48	3,297	15	69
2007	32	93	49	5,912	15	121
2008	28	130	94	3,202	13	34
2009	29	86	60	4,046	19	67
2010	18	85	40	4,435	9	111
2011	45	133	82	5,497	17	67
2012	43	102	57	6,839	20	119
2013	37	99	70	6,048	17	87
2014	48	154	87	8,066	17	92
2015	54	160	113	6,983	19	62
2016	42	130	93	4,942	18	53
2017	－	119	71	6,351	－	90

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。2017 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	1999	65.3
1980	40.6	2000	90.7
1981	32.1	2001	72.3
1982	29.9	2002	20.9
1983	37.6	2003	88.0
1984	51.1	2004	75.4
1985	36.4	2005	118.9
1986	48.5	2006	100.5
1987	24.4	2007	138.6
1988	27.3	2008	65.9
1989	33.8	2009	83.5
1990	34.4	2010	80.9
1991	29.3	2011	83.6
1992	42.9	2012	98.4
1993	47.7	2013	85.3
1994	73.1	2014	100.7
1995	53.5	2015	102.5
1996	50.2	2016	133.6
1997	68.8	2017	87.0
1998	87.9		

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 2-1)。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 (1999～2016 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。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y} \exp(M) + C_{a,y} \exp(M/2) \quad (a=1, 3, y=1999, \dots, 2016)$$

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp(M/2) \quad (a=2, y=1999, \dots, 2016)$$

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}}{1 - \exp(-F_{a,y})} \exp(M/2) \quad (a=4, y=1999, \dots, 2016; a=1, 3, y=2017)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp(M/2)}{N_{a,y}}\right) \quad (a=1, 2, 3, y=1999, \dots, 2016)$$

ターミナル F は 1999～2016 年までの 4 期と 2017 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、1999～2016 年の 4 期の漁獲係数は 2 期の漁獲係数の平均 (1999～2016 年) に等しい、2017 年の 1 期と 3 期の漁獲係数は過去 3 年の平均 (2014～2016 年) に等しいと仮定した。なお、 $F_{4,y}$ は探索的に推定した。

$$F_{a,2017} = \frac{1}{3} \sum_{y=2014}^{2016} F_{a,y} \quad (a=1, 3)$$

$$F_{4,y} = \frac{1}{18} \sum_{y=1999}^{2016} F_{2,y} \quad (y=1999, \dots, 2016)$$

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（1999～2008 年）

期別漁獲尾数(100万尾)

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1期	78	14	72	33	74	54	39	184	643	102
2期	67	57	148	90	118	153	362	366	492	243
3期	53	42	38	30	50	43	45	53	65	101
4期	38	35	45	29	37	28	40	55	60	110
計	236	147	303	182	279	278	487	659	1,260	556

期別漁獲量(トン)

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1期	1,447	158	722	558	703	872	457	1,764	4,810	1,140
2期	2,768	2,489	5,457	3,653	4,284	4,826	8,630	10,692	16,808	8,478
3期	4,922	4,311	3,736	2,994	5,044	4,613	4,563	5,176	6,169	8,461
4期	3,786	3,859	4,054	2,622	3,642	2,477	3,524	4,305	3,958	9,883
計	12,922	10,817	13,970	9,827	13,672	12,789	17,173	21,938	31,745	27,962

期別漁獲係数

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1期	0.07	0.01	0.07	0.03	0.07	0.04	0.02	0.08	0.16	0.04
2期	0.13	0.09	0.31	0.16	0.26	0.24	0.39	0.37	0.29	0.23
3期	0.20	0.18	0.12	0.15	0.20	0.22	0.16	0.14	0.16	0.14
4期	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
平均	0.19	0.16	0.21	0.17	0.22	0.21	0.23	0.24	0.24	0.19

期別資源尾数(100万尾)

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1期	1,510	1,708	1,502	1,612	1,437	1,893	2,895	3,297	5,912	3,202
2期	751	904	751	839	715	974	1,521	1,631	2,694	1,639
3期	401	353	442	294	383	296	409	549	605	1,082
4期	176	159	209	136	169	127	186	255	276	505

期別資源量(トン)

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1期	27,962	19,147	15,096	27,330	13,700	30,578	34,116	31,688	44,232	35,883
2期	31,133	39,378	27,628	34,048	25,904	30,771	36,264	47,576	92,056	57,310
3期	38,259	37,939	41,385	27,923	38,439	29,680	38,601	47,822	49,006	93,940
4期	16,780	17,044	19,567	12,889	16,914	12,725	17,538	22,194	22,387	43,843
1期 + 3期	66,221	57,086	56,480	55,253	52,139	60,258	72,717	79,511	93,238	129,824

期別平均体重(g)

期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1期	19	11	10	17	10	16	12	10	7	11
2期	41	44	37	41	36	32	24	29	34	35
3期	95	107	94	95	100	100	94	87	81	87
4期	95	107	94	95	100	100	94	87	81	87

補足表 2-1. コホート解析結果の詳細（続き）（2009～2017 年 6 月）

期別漁獲尾数(100万尾)

期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1期	686	218	466	843	498	502	1,000	407	615
2期	509	291	824	1,113	748	1,176	814	640	－
3期	55	15	50	38	79	83	158	107	83
4期	73	58	105	86	82	102	121	101	－
計	1,323	582	1,445	2,079	1,406	1,863	2,092	1,256	－

期別漁獲量(トン)

期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1期	4,300	2,219	4,260	5,528	2,382	4,157	6,792	3,058	2,636
2期	13,747	10,299	27,164	28,213	20,903	27,805	22,373	20,039	－
3期	4,739	1,401	5,384	3,462	8,057	8,200	13,477	10,013	7,911
4期	6,258	4,213	7,782	5,526	5,719	8,095	11,624	9,041	－
計	29,044	18,133	44,590	42,729	37,061	48,257	54,267	42,152	－

期別漁獲係数

期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1期	0.26	0.07	0.12	0.18	0.12	0.09	0.22	0.12	0.14
2期	0.54	0.20	0.57	0.69	0.44	0.52	0.46	0.47	－
3期	0.11	0.04	0.07	0.07	0.14	0.12	0.19	0.16	0.16
4期	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	－
平均	0.32	0.17	0.28	0.32	0.26	0.27	0.31	0.27	0.15

期別資源尾数(100万尾)

期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1期	4,046	4,435	5,497	6,839	6,048	8,066	6,983	4,942	6,351
2期	1,663	2,214	2,601	3,044	2,873	3,950	3,006	2,347	－
3期	700	518	972	790	815	991	1,254	1,014	464
4期	335	266	484	395	379	470	556	464	－

期別資源量(トン)

期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1期	25,341	45,182	50,211	44,868	28,954	66,738	47,450	37,099	47,793
2期	44,884	78,242	85,782	77,192	80,299	93,402	82,624	73,490	－
3期	60,443	39,844	82,439	57,441	69,764	87,233	112,978	92,657	70,817
4期	28,910	20,480	41,026	28,748	32,426	41,355	50,082	42,407	－
1期 + 3期	85,784	85,026	132,650	102,309	98,718	153,971	160,427	129,756	118,609

期別平均体重(g)

期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1期	6	10	9	7	5	8	7	8	8
2期	27	35	33	25	28	24	27	31	27
3期	86	77	85	73	86	88	90	91	90
4期	86	77	85	73	86	88	90	91	90