

## 令和 3（2021）年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産資源研究所、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、愛知県水産試験場漁業生産研究所、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、香川県水産試験場、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

ウルメイワシ太平洋系群の資源状態について、太平洋および瀬戸内海における漁獲量と、卵稚仔調査で得られる卵密度データを標準化した資源量指標値(平均値を1とする相対値)により評価した。漁獲量は、2015年に4.9万トンと過去最高となったが、2016年以降は減少し、2020年は2.1万トンとなった。1979年以降の卵稚仔調査に基づいて求めた資源量指標値は、2016年に1.89と過去最高となり、2017年～2019年はやや減少したものの1.36～1.58と比較的高い水準で推移したが、2020年は0.82と減少した。

管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2016	—	—	42	—	—
2017	—	—	33	—	—
2018	—	—	23	—	—
2019	—	—	25	—	—
2020	—	—	21	—	—

年は暦年、2020年の漁獲量は暫定値である

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
漁獲量 漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 漁獲成績報告書(農林水産省) 主要港月別水揚量 主要港月別体長組成
資源量指標値	卵稚仔調査(2～3月、水研、毎月、鹿児島～青森(27)都道府県、ノルパックネット鉛直曳網調査(日向灘～北海道太平洋沿岸および瀬戸内海))

## 1. まえがき

太平洋と瀬戸内海を合わせた漁獲量は、1980年代には概ね1万トン以下の低い水準で推移した後、1990年代以降変動しつつ増加し、2015年に過去最高の4.9万トンに達した。その後は減少に転じ、2019年は2.5万トン、2020年は2.1万トン(暫定値)となった。他のイワシ類(マイワシ・カタクチイワシ)に比べ、漁獲量、産卵量ともに増減幅は小さい。

## 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～九州の太平洋沿岸に集中する(図1)。

### (2) 年齢・成長

1歳末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、秋～冬季には0歳魚は1歳魚と同程度の体長に成長することが窺える(図4)。寿命は2年とされるが(真田ほか1994、1996)、2歳以上の高齢魚も認められている(岡田2015)。漁獲の大部分は0～1歳魚が占める。

### (3) 成熟・産卵

1歳までに成熟する(図2)。雌は16cm前後から成熟個体が出現し(本多ほか2003)、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(補足図2-2、渡井ほか2020)。産卵盛期は明瞭でないが、3～6月に卵密度が高くなる傾向がある(補足図2-2)。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(補足図2-5)。仔魚の出現時期は主に11～6月である(渡井ほか2020)。仔魚期の成長速度は餌料環境よりも環境水温の影響を強く受けると考えられている(Watanabe et al 2013, 2014)。

### (4) 被捕食関係

動物プランクトン等を捕食する。土佐湾における胃内容物調査では橈脚類が最も多く出現し、次いでおきあみ類も確認された。その他、十脚類、毛顎類などが確認されている(広

田ほか 2003)。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

本資源の主漁場は熊野灘以西で、宮崎～三重県の漁獲量が太平洋岸各県（宮崎県～千葉県）の総漁獲量の約 90%を占めるため、令和 2（2020）年度評価までは漁獲量として宮崎～三重県のみを扱ってきたが、愛知県以东や瀬戸内海でも少なからず漁獲はされているため、本年度評価においては、漁獲量として、漁業・養殖業生産統計年報に基づき、太平洋区と瀬戸内海区の合計漁獲量を用いた。なお 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。漁獲量は 1968～1970 年は 1.2 万トン前後であったが、1971 年に 2.7 万トンに増加した後は減少し、1985～1991 年は 5,000～9,000 トン台で推移した。その後 1992 年には 1.6 万トンに、1997 年には 2.6 万トンまで増加した（図 5、表 1）。1999～2004 年はやや減少して 1.1 万～1.7 万トンで推移したが、2005 年以降再び増加傾向となった。とくに太平洋中区の増加が顕著であった。2007 年以降は、一時的に減少した 2010 年を除き概ね 3 万トン以上の高い水準で推移し、2015 年は 4.9 万トンと過去最高となった。その後は減少し、2018 年以降は 3 万トン以下で推移している。2020 年の漁獲量は 2.1 万トンであった。

### 4. 資源の状態

#### (1) 資源評価の方法

本年度は資源評価手法を改定した。本系群は、昨年度評価まで半年単位のコホート解析による資源量推定を行ってきたが、当該コホート解析においては、すべての年の最高齢の F（1 歳後期の F）を 0 歳後期の F のすべての年の平均値に等しいと仮定しているため、評価毎に最高齢の F が過去に遡って変化し、資源量および親魚量の推定値も全評価対象期間にわたって変化するという問題があった。新たな 1 系の資源評価においては再生産関係を用いた将来予測により MSY 水準を算定するが、当該コホート解析の結果に基づく再生産関係については、毎年すべての年の再生産プロットの位置が過去から現在に渡って同程度に移動するため、それに基づいて算定される MSY 水準についても、再生産プロットの移動に伴った変化を毎年示す。これは、基本的に 5 年間は同じ管理基準値を使用し続けるという新たな 1 系の資源評価の方針にはなじまない性質である。また本資源は主漁場が三重県以西の海域に限られ、愛知県以东では分布は認められるもののほぼ漁獲対象となっていないため、漁業情報を基本にした資源量推定方法だけでは評価を誤る可能性がある。これらのことなどから、資源量推定方法について抜本的な見直しが必要と判断し、本年度評価においては、資源評価手法を半年単位のコホート解析から、産卵量を資源量指標値として活用する方法へ移行することとした。なお、半年単位のコホート解析の結果については補

足資料3に示した。

資源量指標値の算出には、水産資源研究所が開発してきた卵稚仔データベース(Oozeki et al, 2007、大関ほか 2013)に集計されている、1978年9月～2020年8月までの緯度経度5分昇目の平均卵密度のデータを使用した。標準化は Vector Autoregressive Spatio-Temporal モデル (VAST model、Thorson, 2019) を用いて行い、標準化された平均卵密度の時系列を、平均値を1として規格化し、本系群の親魚量を反映する資源量指標値とした。なお、昨年度評価まで、本系群の資源量指標値としては、日向灘～潮岬までの海域(海区Ⅲ)の産卵量を用いてきたが、本年度評価では漁獲量の集計範囲を拡充することから、産卵量の対象海域についても、海区Ⅲに加え、海区Ⅰ～Ⅱ(潮岬以東)と海区Ⅶ(瀬戸内海)も含む形へ拡充した(補足資料2)。

## (2) 資源量指標値の推移

資源量指標値は1979～2007年は0.36～1.83の範囲で増減を繰り返しながら全体としては増加傾向を示した。その後2008年に0.97となった後は再び増加傾向が続き、2016年に1.89と過去最高の値となった。その後2019年までは1.36～1.58と比較的高い水準で推移したものの減少傾向となり、2020年は0.82に減少した(図6、表1)。

## (3) 漁獲物の体長組成

漁獲の中心である宮崎～三重県の主要港水揚量と体長組成(被鱗体長)から推定した体長別漁獲尾数の推移を図4に示した。例年2～3月から5cm前後の新規加入群が漁獲されるはじめ7～12月には10～20cmに成長する。漁獲の中心はこれら7～12月に漁獲される0歳魚(6～11月齢)である。翌年1月以降は20cm以上に成長する。長い産卵期(補足図2-2)を反映して体長組成の幅は比較的広い。

## 5. 資源評価のまとめ

漁獲量、資源量指標値ともに近年は減少傾向にある。

## 6. その他

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. 2008)。一方、ウルメイワシ資源は太平洋十年規模変動指数の正負にかかわらず、漁獲量の変動幅は小さく比較的安定している。ウルメイワシは沿岸性が強く、物理環境・餌料環境が安定した黒潮内側域に分布域が限られていることが、資源の安定性につながっていることが指摘されている(Watanabe et al. 2013)。一方で、資源の大部分が0～1歳で構成され、世代が短いため、年々の再生産の成功の可否がその年の資源量に強く影響する。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、その漁獲圧は低いと考えられる。今後も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

- 広田祐一・本多 仁・市川忠史・三谷卓美 (2003) 土佐湾におけるウルメイワシの胃内容物. 黒潮の資源海洋研究, **4**, 35-44.
- 本多 仁・広田祐一・三谷卓美・上原伸二・阪地英男・梨田一也 (2002) 土佐湾におけるウルメイワシ産卵群の体長組成及び成熟状態の季節変化と幼魚の出現時期. 黒潮の資源海洋研究, **3**, 75-83.
- 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.
- 岡田 誠 (2016) 熊野灘における大型ウルメイワシの出現. 黒潮の資源海洋研究, **17**, 55-63.
- 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.
- Takasuka, A., Y. Oozeki and H. Kubota (2008) 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.
- Thorson, J. T. (2019) Guidance for decisions using the Vector Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) package in stock, ecosystem, habitat and climate assessments. Fish. Res., **210**, 143-161.
- 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.
- 渡井幹雄・安田十也・入路光雄・宇田川美穂・渡邊千夏子・木下順二 (2020) 2019 年~2020 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. 令和元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, **40**, 153-168.
- Watanabe, Y., T. Suzuki, K. Tsuno (2013) Temperature determines growth rates of larval round herring *Etrumeus teres* in the Pacific coastal waters off southern Japan. Fish. Sci., **79**, 757-766.
- Watanabe, Y., S. Ochiai, K. Fukamichi (2014) Larval growth rates differ in response to seasonal

temperature variations among clupeoid species inhabiting the Pacific coastal waters of Japan.  
Fish. Sci., **80**, 43-51.

山田浩且 (1994) 1. 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：渡邊千夏子、安田十也、渡井幹雄、  
宇田川美穂、井元順一、木下順二)

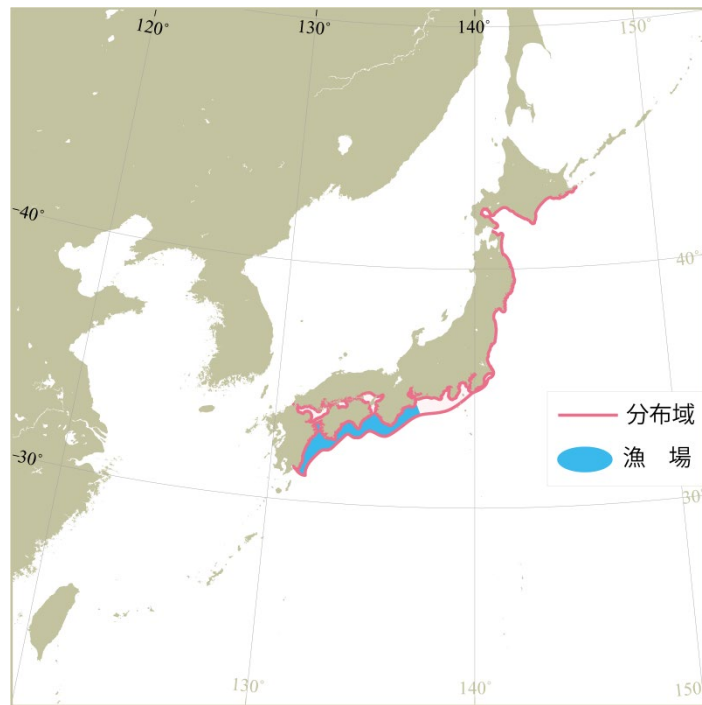


図1. ウルメイワシ太平洋系群の分布域 主な漁場を青色で示した。

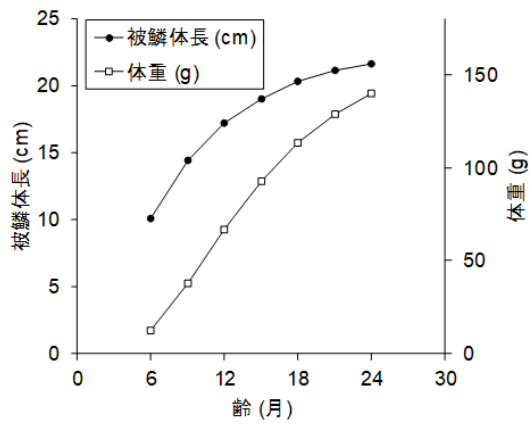


図2. 月齢と成長

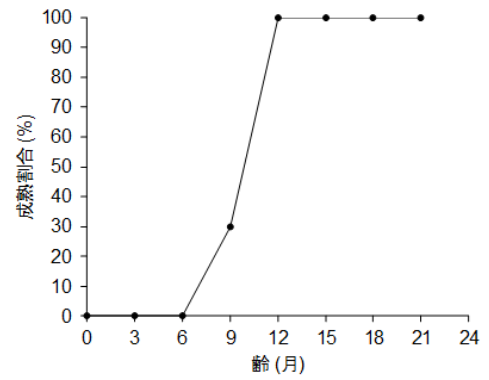


図3.月齢と成熟割合

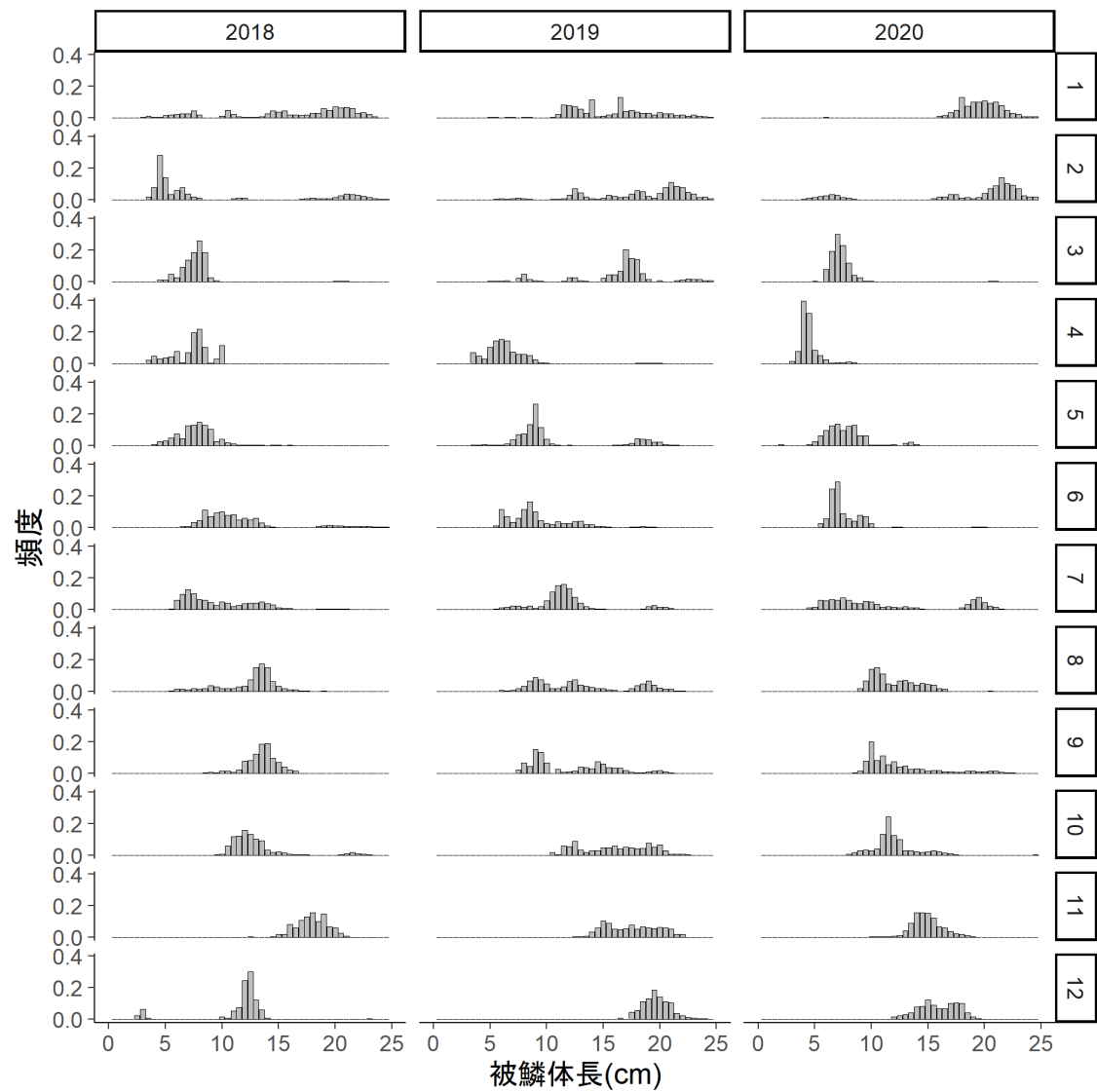


図4. 月別推定漁獲尾数の体長組成の推移の例（2018～2020年） 宮崎～三重県の主要港  
水揚量と体長測定結果から求めた。図の上端の数字は年、右端の数字は月を表す。

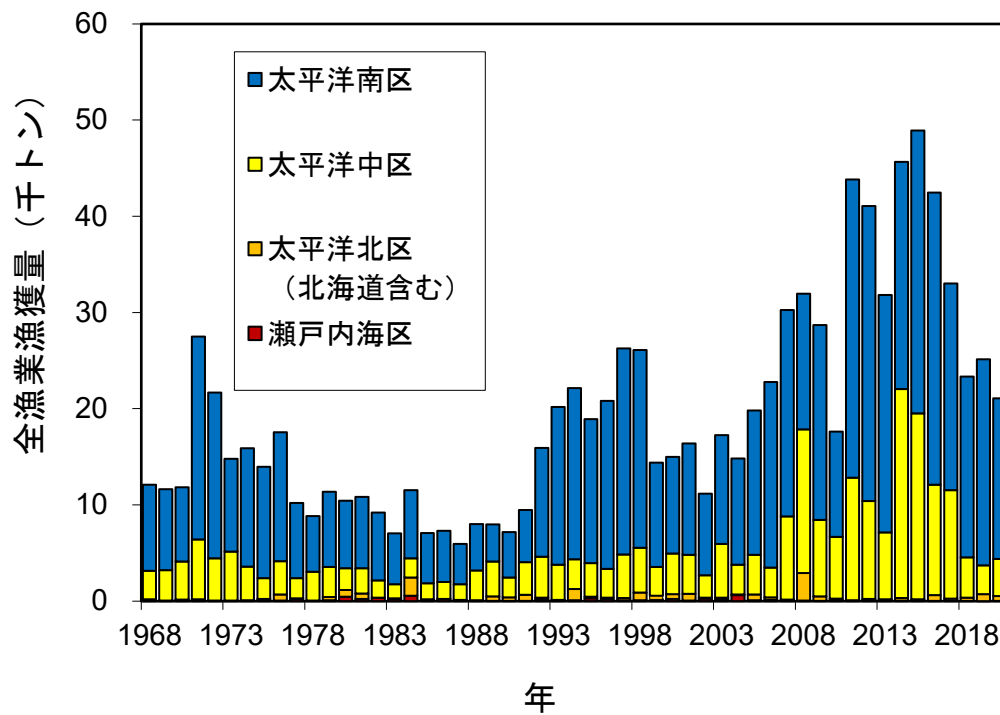


図 5. 漁獲量（太平洋および瀬戸内海）の推移 漁業・養殖業生産統計による。年は暦年。

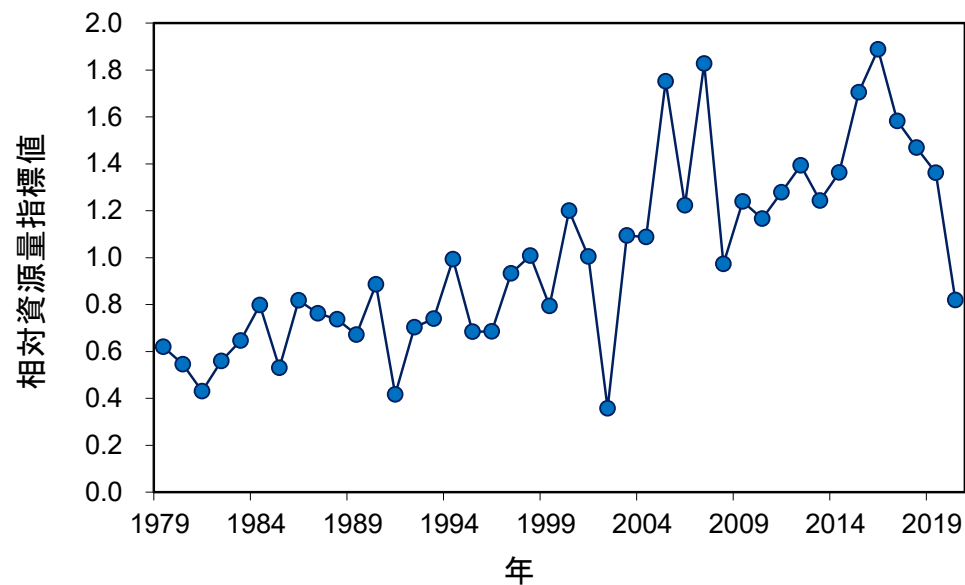


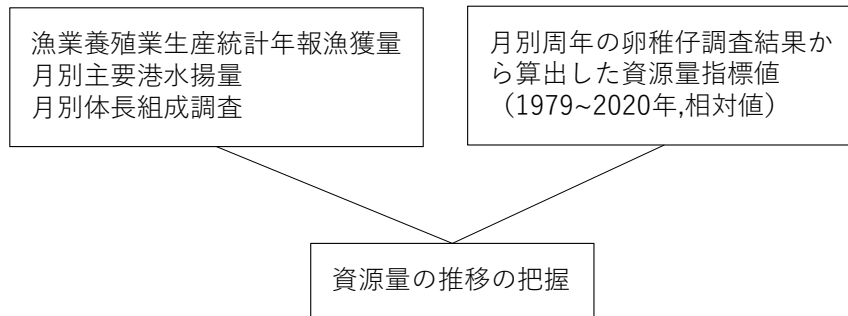
図 6. 資源量指標値の推移 標準化によって得られた卵密度の時系列を、平均値を 1 として規格化した。横軸の年は産卵期に対応した年であり、1979 年であれば 1978 年 9 月～1979 年 8 月までを指す。

表 1. ウルメイワシ太平洋系群の漁獲量および資源量指標値 漁獲量は 1~12 月（暦年）、資源量指標値は前年 9~当年 8 月（産卵期）について集計した。

年	漁獲量（トン）					資源量指標値 （相対値）
	太平洋南区	太平洋中区	太平洋北区 （北海道含む）	瀬戸内海区	計	
1968	8,961	2,938	33	161	12,093	
1969	8,423	3,152	14	46	11,635	
1970	7,732	3,949	17	143	11,841	
1971	21,061	6,224	1	196	27,482	
1972	17,229	4,373	1	61	21,664	
1973	9,640	5,080	7	47	14,774	
1974	12,316	3,500	15	61	15,892	
1975	11,600	2,136	45	190	13,971	
1976	13,404	3,471	617	66	17,558	
1977	7,846	2,096	4	268	10,214	
1978	5,794	2,975	3	62	8,834	
1979	7,821	3,123	352	80	11,376	0.62
1980	7,024	2,237	714	449	10,424	0.55
1981	7,429	2,608	573	223	10,833	0.43
1982	7,054	1,795	8	332	9,189	0.56
1983	5,293	1,470	64	211	7,038	0.65
1984	7,092	2,014	1,889	550	11,545	0.80
1985	5,237	1,674	42	130	7,083	0.53
1986	5,349	1,739	16	213	7,317	0.82
1987	4,186	1,626	79	54	5,945	0.76
1988	4,823	3,079	18	81	8,001	0.74
1989	3,853	3,627	456	32	7,968	0.67
1990	4,718	2,051	368	35	7,172	0.89
1991	5,433	3,387	620	36	9,476	0.42
1992	11,326	4,249	204	147	15,926	0.70
1993	16,397	3,639	8	123	20,167	0.74
1994	17,791	3,107	1,167	78	22,143	0.99
1995	14,996	3,477	185	272	18,930	0.68
1996	17,471	3,013	115	227	20,826	0.69
1997	21,437	4,521	225	89	26,272	0.93
1998	20,547	4,679	799	76	26,101	1.01
1999	10,851	3,000	367	187	14,405	0.79
2000	10,036	4,240	478	233	14,987	1.20
2001	11,569	4,057	698	46	16,370	1.00
2002	8,501	2,306	116	248	11,171	0.36
2003	11,295	5,592	161	202	17,250	1.09
2004	11,032	3,095	67	613	14,807	1.09
2005	15,016	4,111	595	102	19,824	1.75
2006	19,288	3,102	254	131	22,775	1.22
2007	21,441	8,635	34	130	30,240	1.83
2008	14,126	14,930	2,864	43	31,963	0.97
2009	20,262	7,947	480	12	28,701	1.24
2010	10,953	6,421	160	93	17,627	1.17
2011	30,988	12,748	70	18	43,824	1.28
2012	30,642	10,187	137	88	41,054	1.39
2013	24,692	6,944	177	18	31,831	1.24
2014	23,595	21,714	291	43	45,643	1.36
2015	29,393	19,345	98	76	48,912	1.71
2016	30,371	11,472	591	24	42,458	1.89
2017	21,488	11,282	211	28	33,009	1.58
2018	18,773	4,198	356	5	23,332	1.47
2019	21,415	2,996	711	2	25,124	1.36
2020	16,702	3,839	522	7	21,070	0.82

**補足資料 1 資源評価の流れ**

管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。



## 補足資料2 Vector Autoregressive Spatio-Temporal(VAST)モデルによる産卵量の標準化

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卵稚仔調査が周年実施されてきた（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. 2008）。

ウルメイワシ太平洋系群の資源評価においては、資源水準の判断に卵稚仔調査によって得られる産卵量のうち、ウルメイワシの主漁場にあたる海区Ⅲ（日向灘～潮岬）の産卵量を資源量指標値として用いてきた（入路ほか 2021）。しかし潮岬以東でも相当量の産卵が認められており、その動向は漁獲量の増加傾向に一致していることから、海区Ⅲの産卵量に基づいて資源水準を判断することについては批判もあった（岡田2015）。このため本報告では、太平洋全体に相当する海区Ⅰ～Ⅲおよび瀬戸内海に相当する海区Ⅶの調査で得られる平均卵密度を用いて資源量指標値を得ることとした。しかし卵稚仔調査の調査海域や調査点数は年・月により一定ではなく、ウルメイワシの産卵の活発さや産卵場の位置も年や季節による変化があることから、平均卵密度の標準化を行った。標準化にはVector Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) モデルを使用した（Thorson and Barnett 2017）。VASTは、空間自己相関を考慮することで、相対密度の時空間変動の柔軟な取り扱いを可能にしたCPUE標準化の手法である。VASTによる卵密度の標準化はゴマサバ太平洋系群で行われており、マサバ卵との区別が困難なために生じると考えられる卵密度の誤差を解消でき、資源評価推定値の改善に貢献していることが報告されている（Kanamori et al. 2020）。またマサバ太平洋系群における平均卵密度に対してVASTを適用した研究では、温暖化に伴いマサバの産卵場が北にシフトしつつあることが報告されている（Kanamori et al. 2019）。

### 1. データ

本報告では、水産資源研究所が開発してきた卵稚仔データベースから、海区Ⅰ～Ⅲ（日向灘～本州東方沖）および海区Ⅶ（瀬戸内海）の調査結果で得られる1979～2020年の平均卵密度を使用した。期間を通じた全調査点の分布は補足図2-1のとおりである。

$y$ 年 $m$ 月の平均卵密度を $E_{y,m}$ とし、以下のように定義した。

$$E_{y,m} = \sum_i \left( \frac{1}{S} \frac{D_m}{d_i} \right) \bar{X}_i$$

ここで $S$ は卵時代の平均生残率、 $D_m$ は $m$ 月の日数、 $d_i$ は区画  $i$  における平均孵化日数であり、卵採集時の水温、採集時の卵の発生ステージおよび水温別の卵発生速度（Uehara et al 2009）を用いて算出される（渡部1983）。 $\bar{X}_i$ は区画  $i$  における1 m<sup>2</sup>あたり平均卵数である（渡部1983）。本報告は緯度経度5分柵目を区画として算出された $E_{y,m}$ を用いた。平均卵密度の年別・月別平均値の季節変化をみると、ウルメイワシの卵はほぼ周年観察されるものの、9月に卵密度が減少する傾向がみられた（補足図2-2）。このことから、産卵期は渡井ら（2020）

に従い前年9月～当年8月とした。なおウルメイワシ卵は正確に同定でき、他魚種卵と混同されることはないことから、ゴマサバ太平洋系群で考慮したような他魚種卵による採集率への影響は考慮していない。卵密度に対する環境水温の影響もVASTにより評価した。VASTにおいて水温の影響を考慮するためには、対象とするすべての年・月・位置の水温情報が必要である。卵稚仔データでは年・月によって調査点にばらつきがあるため、条件を満たした水温情報を得るため、COBE SST (<https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/elnino/cobesst/cobe-sst.html>) から該当する年・月・位置の表面水温を取得した。

## 2. モデルの構造

VASTは卵密度を、サンプル*i* の遭遇確率（の線形予測子） $(p_1(i))$  と、卵が採集された場合のサンプル*i* の卵密度（の線形予測子） $(p_2(i))$  に分けて、以下のように表す。

$$\begin{aligned} p_1(i) &= \beta_1(y_i) + \omega_1(s_i) + \varepsilon_1(s_i, y_i) + \eta_1(y_i, m_i) + \gamma_p \times SST_i \\ p_2(i) &= \beta_2(y_i) + \omega_2(s_i) + \varepsilon_2(s_i, y_i) + \eta_2(y_i, m_i) + \gamma_p \times SST_i \end{aligned}$$

右辺の第1項の $\beta(y_i)$ は調査年*y*の固定効果で、調査年の効果は各調査年で独立とした。第2項の $\omega(s_i)$ は調査年*t*における空間のランダム効果、第3項の $\varepsilon(s_i, y_i)$ は調査年*y*と場所*s*における時空間のランダム効果を表している。第4項の $\eta(y_i, m_i)$ は要因が卵の採集率（卵の採れやすさ）の過分散を生じさせるランダム効果を表しており、卵の採れやすさの年・月による変化を考慮するため調査年*y*と調査月*m*の交互作用を使用した。第5項は卵密度に影響する環境要因として表面水温の固定効果を表している。

## 3. パラメータの推定

初めに、空間情報から、クラスタリングの一種であるk-平均法により空間分布を近似するノットを決め、ノットにおける相対密度の時空間変化をモデル化する。先行研究ではノット数は100以上とすることを推奨されているので(Thorson 2019)、これに倣い今回はノット数を100とした。空間効果の確率密度関数は多変量正規分布(MVN)を使って、

$$\omega_1(\cdot, f) \sim MVN(0, \mathbf{R}_1), \quad \omega_2(\cdot, f) \sim MVN(0, \mathbf{R}_2)$$

と表す。ここで、 $\mathbf{R}_1$ ,  $\mathbf{R}_2$  はMatérn 相関関数であり、

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_1(s_n, s_m) &= \frac{1}{2^{\phi-1}\Gamma(\phi)} \times (\kappa_1 |\mathbf{d}(s_n, s_m) \mathbf{H}|)^\phi \times K_\nu(\kappa_1 |\mathbf{d}(s_n, s_m) \mathbf{H}|) \\ \mathbf{R}_2(s_n, s_m) &= \frac{1}{2^{\phi-1}\Gamma(\phi)} \times (\kappa_2 |\mathbf{d}(s_n, s_m) \mathbf{H}|)^\phi \times K_\nu \kappa_2 |\mathbf{d}(s_n, s_m) \mathbf{H}| \end{aligned}$$

と表される。ここでは、 $\phi$ は推定しない。 $\Gamma$ はガンマ関数、 $K_\nu$ は第2種の変形ベッセル関数、 $\kappa_1$ と $\kappa_2$ は非相関率、 $\mathbf{d}(s_n, s_m)$ はノット間の距離、 $\mathbf{H}$ は地理的な異方性（方角によって相関の程度が異なること）を表す行列である。同様に、時空間効果の確率密度関数は

$$\varepsilon_2(\cdot, f, y) \sim f(x) = \begin{cases} MVN(0, \mathbf{R}_2), & \text{if } y = 1 \\ MVN(\rho_{\varepsilon_2} \varepsilon_2(\cdot, f, y-1), \mathbf{R}_2), & \text{if } y > 1 \end{cases}$$

$$\varepsilon_2(\cdot, f, y) \sim f(x) = \begin{cases} MVN(0, \mathbf{R}_2), & \text{if } y = 1 \\ MVN(\rho_{\varepsilon_2} \varepsilon_2(\cdot, f, y-1), \mathbf{R}_2), & \text{if } y > 1 \end{cases}$$

で与えられるが、本解析では調査年で独立と仮定した ( $\rho_{\varepsilon_1} = \rho_{\varepsilon_2} = 0$ )。上記モデルのパラメータは、Template Model Builder (Kristensen et al. 2016) と呼ばれる高速最適化ソフトを用い、最尤法によって推定される。

本データを使用した解析では二項分布と対数正規分布を使用したデルタ型のモデルを使用し、予測遭遇率 ( $r_1(i)$ ) と予測卵密度 ( $r_2(i)$ ) を以下の式で表した (Thorson 2017)。

$$r_1(i) = \text{logit}^{-1} p_1(i)$$

$$r_2(i) = a_i \log^{-1} p_2(i)$$

$a_i$  はオフセット項であり、今回の場合は平均卵密度を目的変数として用いているので1とした。卵密度  $B$  が観測される確率は以下で表され、周辺尤度が最大となるパラメータを推定した。

$$\Pr(b_i = B) = \begin{cases} 1 - r_i(i), & \text{if } B = 0 \\ r_1(i) \times g\{B|r_2(i), \sigma_m^2(c)\} & \text{if } B > 0 \end{cases}$$

推定されたパラメータから、各年における各位置の予測卵密度を

$$d^*(s, y) = r_1^*(s, y) \times r_2^*(s, y)$$

で計算し、各ノットの面積と予測卵密度を掛け合わせた値の総和を算出した。

$$I(y) = \sum_{s=1}^{n_s} (a(s) \times d(s, y))$$

この際、ランダム効果の平均補正を行った (Thorson and Kristensen 2016)。VASTのモデル構造の詳細については、Thorson (2019) やGitHub (<https://github.com/James-Thorson-NOAA/VAST>) を参照されたい。本報告では各年の  $I(y)$  を1979~2020年の平均値で除して規格化した相対値を資源量指標値とした。

#### 4. 結果

資源量指標値について、1979~1986年は、標準化した指標値が標準化しない場合よりも低く、逆に2008~2020年は標準化したほうが高くなっており、標準化したことにより、指標値の動向がより明瞭となった(補足図2-3)。遭遇確率の予測値と実測値の関係および予測卵密度のQQプロットから、パラメータは適切に推定されていると考えられた(補足図2-4)。水温の影響をみるため、1) 水温を説明変数に加えない場合、2) 水温を説明変数に加

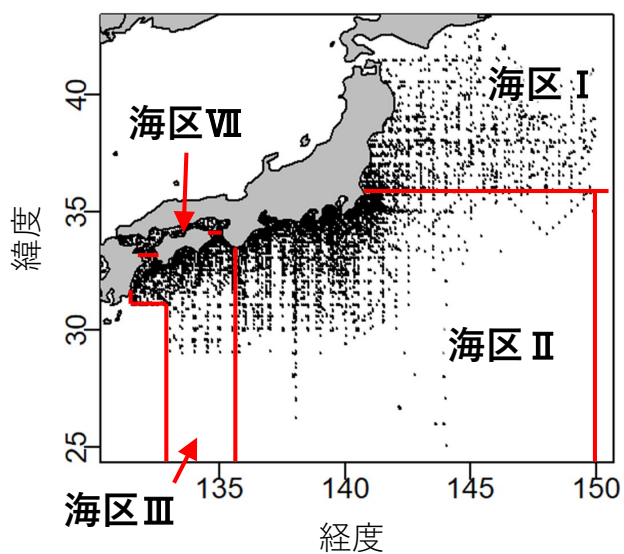
えた場合、3) 水温および水温の二乗を説明変数に加えた場合について比較すると、標準化された指標値のトレンドはほぼ変化がなく、AICはそれぞれ1) の場合328078.1、2) の場合328078.9、3) の場合328072.3であり、その差は小さかったため、本報告書では水温を説明変数に加えない場合の結果を指標値として採用した。

各年の相対卵密度は土佐湾を中心とする四国沖および伊豆諸島周辺で高かった（補足図2-5）。四国沖の相対卵密度は対象期間の1979～2020年を通じて高く、安定した産卵場であることが示された。伊豆諸島周辺海域の相対卵密度も増減はあるものの調査期間を通じて周辺海域より高い傾向がみられた（補足図2-5）。

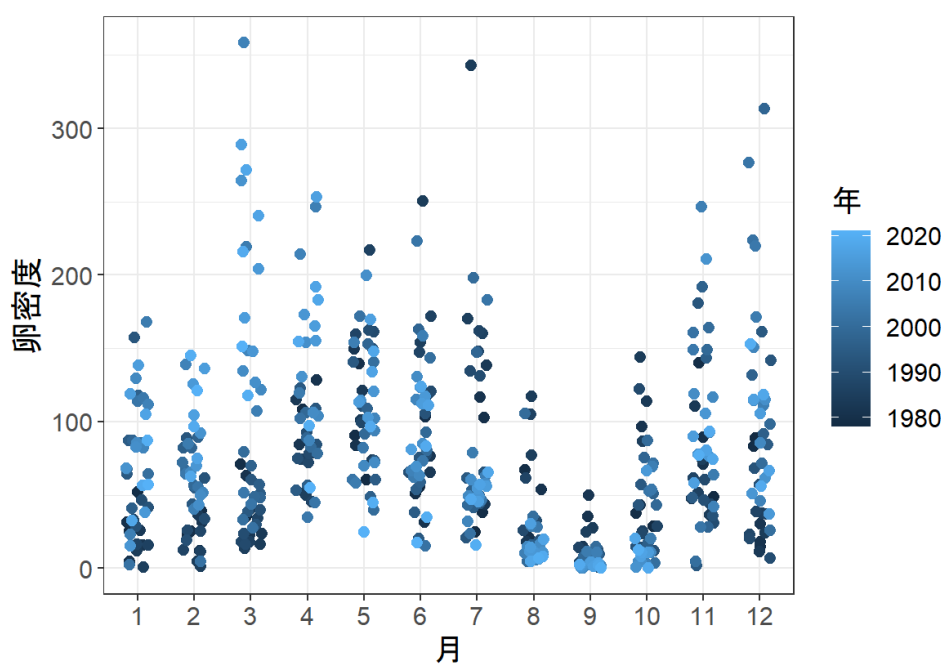
## 5. 引用文献

- Kanamori, Y., S. Nishijima, H. Okamura, R. Yukami, M. Watai, A. Takasuka (2021) Spatio-temporal model reduces species misidentification bias of spawning eggs in stock assessment of spotted mackerel in the western North Pacific. *Fis. Res.*, 236, 105825.
- Kanamori, Y., A. Takasuka, S. Nishijima, H. Okamura (2019) Climate change shifts the spawning ground northward and extends the spawning period of chub mackerel in the western North Pacific. *Mar.Ecol. Prog. Ser.* 624, 155-166.
- Kristensen, K., A. Nielsen, C. E. Berg, H. Skaug, and B. M. Bell (2016) TMB: automatic differentiation and Laplace approximation. *J. Stat. Softw.*, **70**, 1-21.
- 入路光雄・安田十也・亘 真吾・渡邊千夏子・宇田川美穂・渡井幹雄・木下順二（2020）令和 2（2020）年度ウルメイワシ太平洋系群の資源評価. <http://abchan.fra.go.jp/digests/2020/details/202021.pdf>
- 岡田 誠（2015）熊野灘における小型浮魚類の加入群別漁獲動向. *黒潮の資源海洋研究*. 16, 29-42.
- 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.
- Takasuka, A., H. Kubota and Y. Oozeki (2008) Spawning overlap of anchovy and sardine in the western North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **366**, 231-244.
- Thorson, J. T. (2017) Three problems with the conventional delta-model for biomass sampling data, and a computationally efficient alternative. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **75**, 1369-1382.
- Thorson, J. T. and L. A. K. Barnett (2017) Comparing estimates of abundance trends and distribution shifts using single- multispecies models of fishes and biogenic habitat. *ICES J. Mar. Sci.* **74**, 1311-1321.
- Thorson, J. T. (2019) Guidance for decisions using the Vector Autoregressive Spatio - Temporal (VAST) package in stock, ecosystem, habitat and climate assessments. *Fish. Res.*, **210**, 143-161.

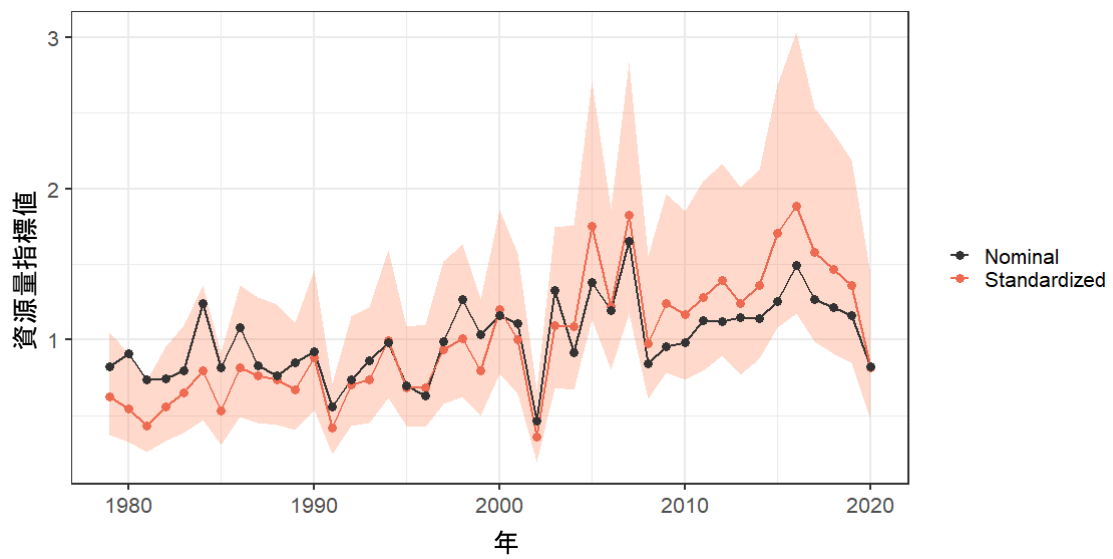
- Uehara, S. and T. Mitani (2009) Effect of temperature on the development of eggs and the daily pattern of spawning of round herring *Etrumeus teres*. Fish. Sci., **75**, 159-165.
- 渡井幹雄・安田十也・入路光雄・宇田川美穂・渡邊千夏子・木下順二 (2020) 2019年～2020年春季の我が国太平洋岸におけるウルメイワシ卵・仔魚の分布状況. 令和元年度中央ブロック卵・稚仔、プランクトン調査研究担当者協議会研究報告, **40**, 153-168.
- 渡部泰輔 (1983) 卵数法. 水産資源の解析と評価. 石井丈夫編, 恒星社厚生閣. 東京, 9-29pp.



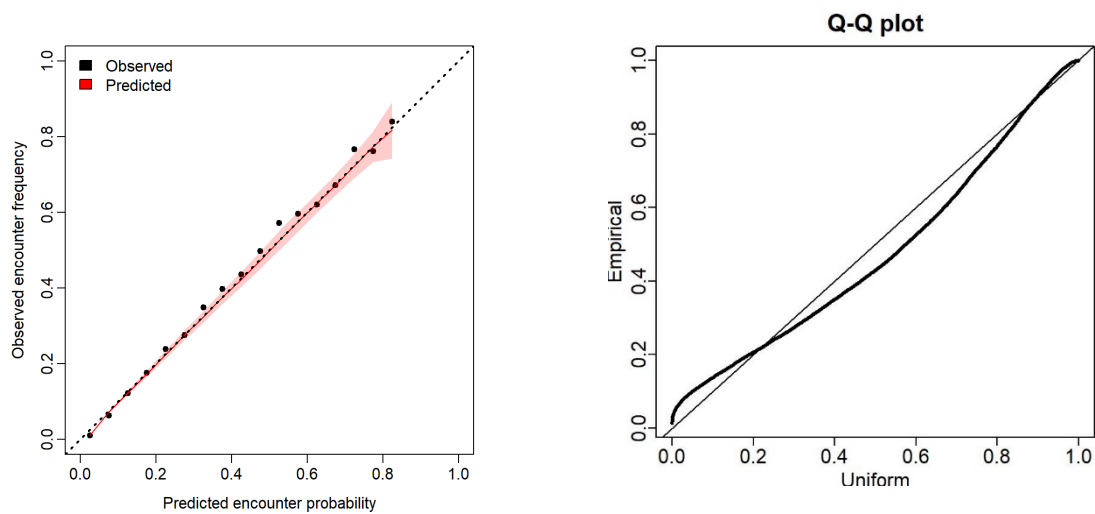
補足図 2-1 産卵調査における海区の区分および本資料で使用了全データの分布



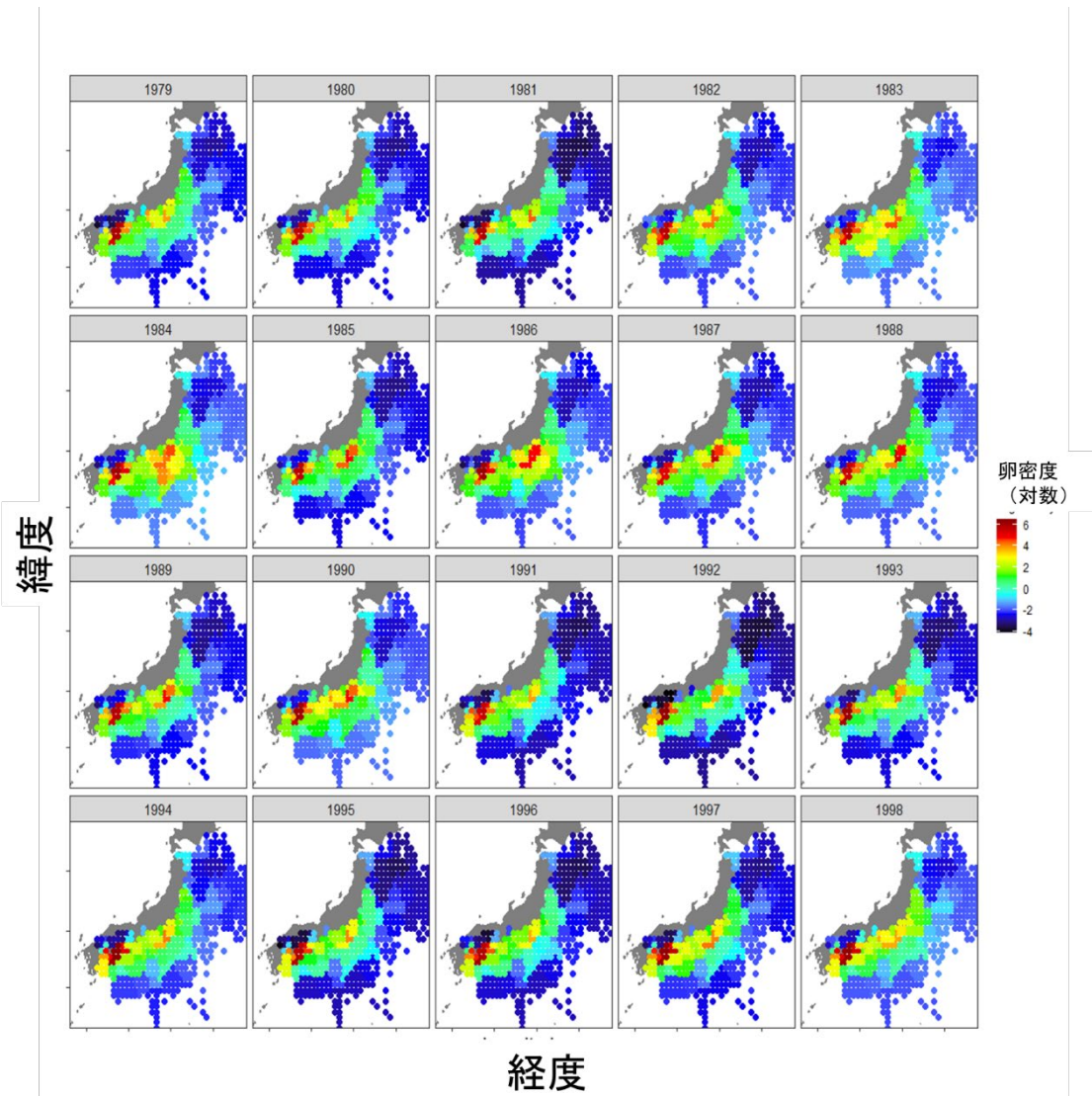
補足図2-2. 1978～2020年における月平均卵密度の季節変化



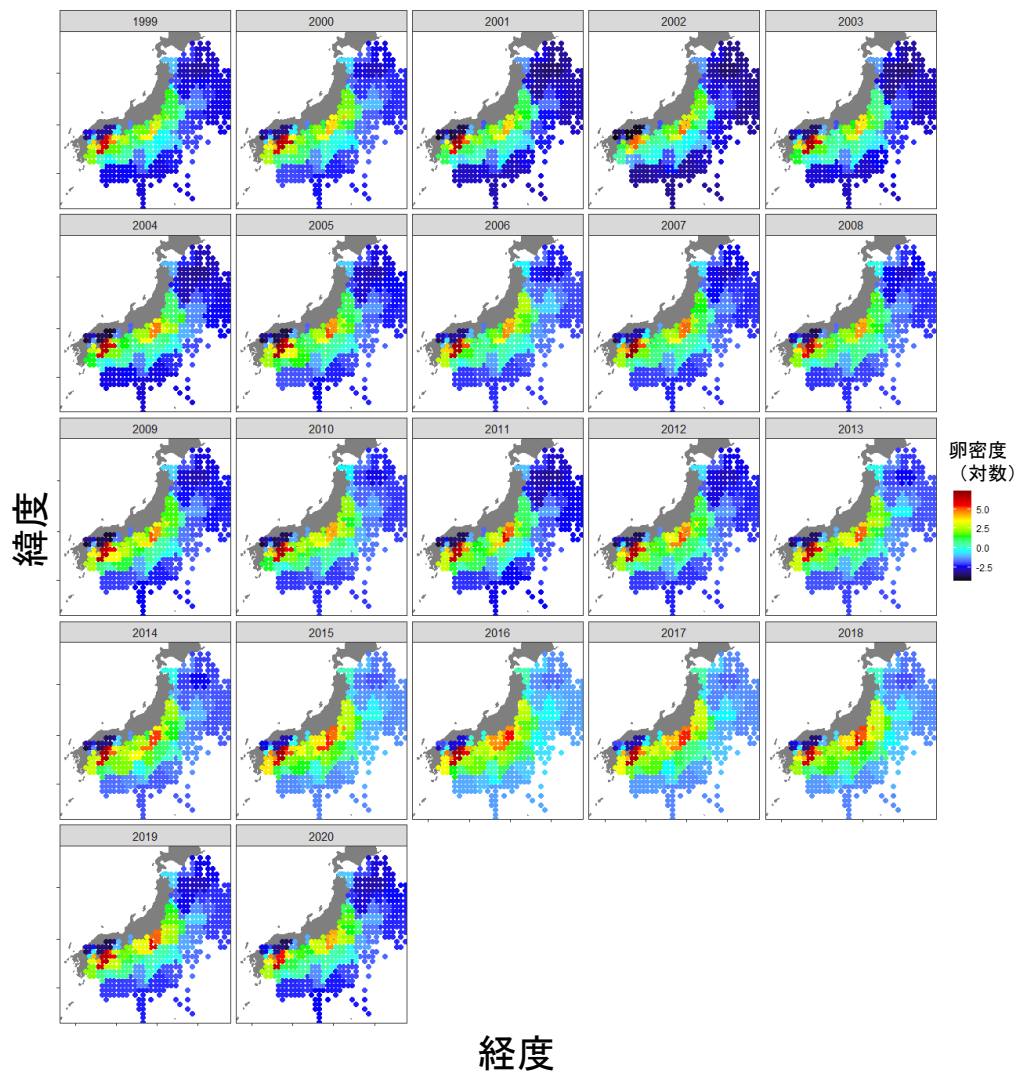
補足図2-3 標準化した場合 (standardized) としない場合 (Nominal) の資源量指標値のトレンド オレンジ色の領域は標準化した指標値の95%信頼区間。



補足図2-4. 左図：観測された遭遇確率と予測された遭遇確率の関係 オレンジの領域は予測値の95%信頼区間を示す。右図：予測卵密度のQQplot.



補足図2-5. VASTから推定された各年の資源量指標値の空間分布（1979～1998年） 色は資源量指標値の多寡を示す。



補足図 2-5 (続き) .VAST から推定された各年の資源量指標値の空間分布 (1999～2020 年) 色は資源量指標値の多寡を示す。

### 補足資料 3 VPA による資源量推定

ウルメイワシ太平洋系群について、令和 2 (2020) 年度評価まで実施されてきた VPA による資源量推定を行った。本年度評価では漁獲量は太平洋および瀬戸内海の全漁獲量としているが、令和 2 (2020) 年度評価との比較のため、宮崎県～三重県の漁獲量に基づいた解析も行い、両者を比較した。なお、昨年度まで適用していた VPA には、4. (1) 資源評価の方法でも述べたように、データが付け加わると過去の全期間に遡って親魚量や漁獲係数が変化するという問題点などが認められている。そのため、今後はプロダクションモデルなどの適用による資源量の推定を検討する予定である。

#### 1. 方法

資源量推定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、太平洋区および瀬戸内海区) 主要港水揚量(宮崎～三重県(7)) 月別体長組成調査(宮崎～三重県(7)) 市場測定
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)

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。年齢別漁獲尾数は、漁業・養殖業生産統計年報による太平洋区および瀬戸内海区の漁獲量(以下全漁獲量)、宮崎～三重県の 1999 年以降の主要港水揚量および月別体長組成のデータを用いて求めた。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, cm)と体重(BW, g)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、過去の研究(大下ほか 2011、真田ほか 1994、山田 1994)に基づく 4 つの成長式のうち、上述し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。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、寿命を 2 年(24 月齢)とした。ウルメイワシの生活史に基づき 1 月を起点とし、0～5 月齢(1 期)、6～11 月齢(2 期)、12～17 月齢(3 期)、18～23 月齢(4 期)とした。

資源計算は Pope (1972) の近似式を用い、4 期を寿命とし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 年)より 0.625 (半年当たり)とした。各年  $y$  (1999～2020 年) 各期  $a$  (1～4 期) の資源尾数、漁獲尾数は、それぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (a = 1, 3, y = 1999, \dots, 2020)$$

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (a = 2, y = 1999, \dots, 2020)$$

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}}{1 - \exp(-F_{a,y})} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (a = 4, y = 1999, \dots, 2020, a = 1, 3, y = 2021)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp(M/2)}{N_{a,y}}\right) \quad (a = 1, 2, 3, Y = 1999, \dots, 2020)$$

ターミナル F は 1999～2020 年までの 4 期と 2021 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、1999～2020 年の 4 期の漁獲係数は 2 期の漁獲係数の平均（1999～2020 年の平均）に等しく、2021 年の 1 期と 3 期の漁獲係数は過去 3 年（2018～2020 年）の平均に等しいと仮定した。なお、 $F_{4,y}$  は探索的に推定した。

$$F_{a,2021} = \frac{1}{3} \sum_{y=2018}^{2020} F_{a,y} \quad (a = 1, 3)$$

$$F_{4,y} = \frac{1}{22} \sum_{y=1999}^{2020} F_{2,y}$$

現時点では 2021 年の漁業・養殖業生産統計年報に基づく全漁獲量は得られていないが、2021 年の主要港の 1～6 月水揚量は得られている。そこで 2021 年の全漁獲量を、主要港の 1～6 月水揚量と 7～12 月水揚量の関係（補足図 3-1）や、主要港水揚量と全漁獲量の関係（補足図 3-2）を用いて予測し、さらにこの 2021 年の全漁獲量から 2021 年の 1～6 月の漁獲量を予測した。

資源量は 1 期および 3 期の合計値、親魚量は 3 期の資源量とした。

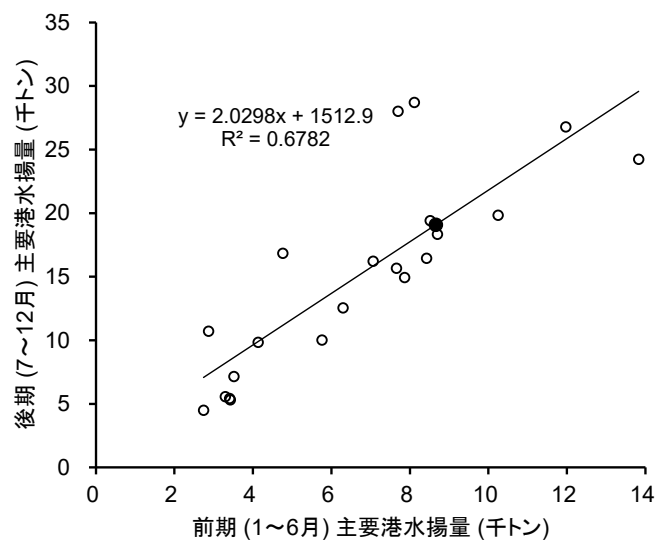
なお、令和 2（2020）年度評価までは漁業・養殖業生産統計年報のうち宮崎～三重県の漁獲量を集計し、ここから太平洋側の漁船が東シナ海などの他海域で漁獲した分の漁獲量を差し引いた値を本系群の漁獲量として用いた。本年度評価では、全漁獲量（太平洋＋瀬戸内海区）の集計値から、昨年と同様に他海域で漁獲した分の漁獲量を差し引いた値を用いた。そのため、令和 2（2020）年度評価との比較を目的に、令和 2（2020）年度評価と同様、宮崎～三重県の漁獲量に基づく年齢別漁獲尾数も算出し、資源量推定を行った。

## 2. 結果

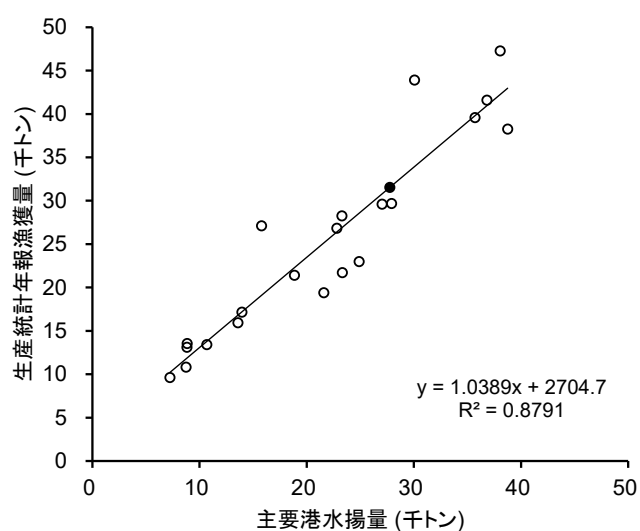
漁獲尾数は近年減少傾向にある（補足図 3-3）。全漁獲量に基づいて推定された 2020 年資源量は 58 千トン、親魚量は 39 千トンとなり、2019 年を下回った（補足図 3-4、補足表 3-1）。2020 年度までと同様、宮崎～三重県の漁獲量に基づく推定値は、全漁獲量に基づく推定値よりやや少ないものの動向は一致した（補足図 3-4、補足表 3-1）。2021 年 1～6 月の主要港水揚量が近年では比較的高く（補足図 3-1）、2021 年 1～6 月の漁獲尾数が前年を上回ったことにより、2021 年の資源量と親魚量の推定値は 2020 年を上回った（補足図 3-4、補足表 3-1）。ただし 2021 年の推定値は予測された漁獲量に基づく推定値であることに留意する必要がある。

### 3. 引用文献

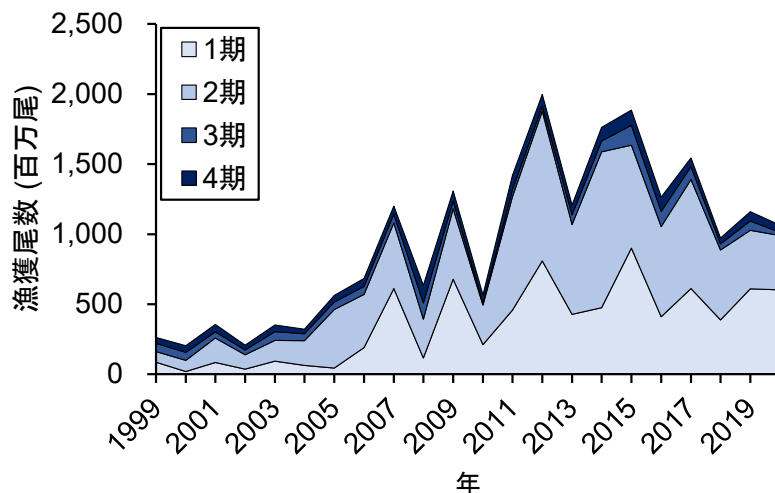
- 大下誠二・後藤常夫・大塚 徹・槐島光次郎 (2011) 東シナ海におけるウルメイワシの年齢・成長と成熟特性. 日本水産学会誌, **77**, 15-22.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, **9**, 65-74.
- 真田康広・藤田正夫・石田 実 (1994) 太平洋南部におけるウルメイワシの耳石日周輪に基づく年齢と成長. *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.
- 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.



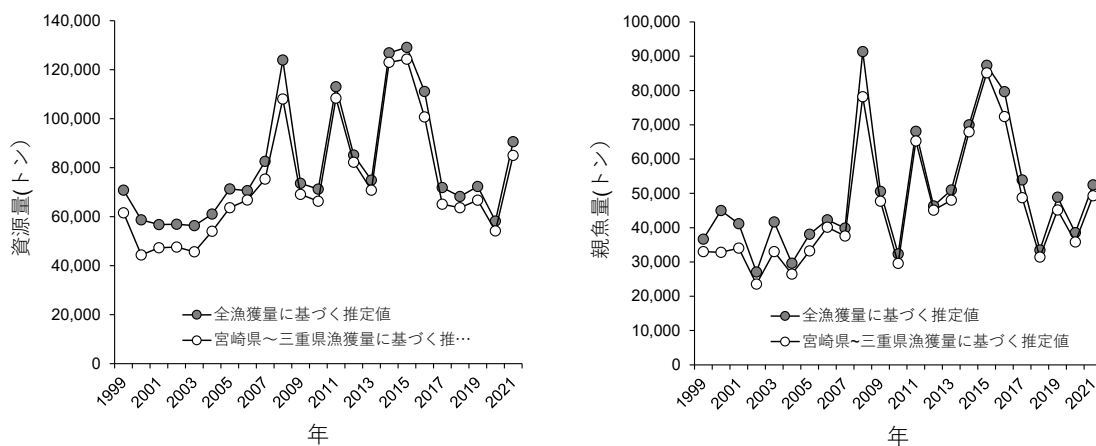
補足図 3-1. 2000~2020 年の宮崎~三重県の主要港における前期 (1~6 月) 水揚量と後期 (7~12 月) 水揚量の関係 この関係を用いて 2021 年前期水揚量から予測される後期水揚量を黒丸で示す。



補足図 3-2. 2000~2020 年の宮崎~三重県の主要港における主要港水揚量と漁業・養殖業生産統計年報からの全漁獲量 (太平洋区+瀬戸内海区) の関係 この関係を用いて 2021 年主要港水揚量から予測される全漁獲量を黒丸で示す。



補足図 3-3. 年齢別（期別）漁獲尾数の推移 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）。漁獲量は全漁獲量（太平洋区+瀬戸内海区）。



補足図 3-4 全漁獲量（太平洋区+瀬戸内海区）に基づく推定値と、宮崎～三重県漁獲量に基づく推定値の比較 左図：資源量、右図：親魚量

補足表 3-1. ウルメイワシ太平洋系群の資源解析結果

	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量(百万尾)
1999	14,405 ( 12,859 )	70,789 ( 61,601 )	36,661 ( 32,996 )	1,843 ( 1,545 )
2000	14,987 ( 10,836 )	58,698 ( 44,347 )	45,005 ( 32,818 )	1,221 ( 1,029 )
2001	16,370 ( 13,420 )	56,750 ( 47,324 )	41,152 ( 34,042 )	1,552 ( 1,321 )
2002	11,171 ( 9,628 )	56,920 ( 47,553 )	27,049 ( 23,518 )	1,761 ( 1,417 )
2003	17,250 ( 13,554 )	56,360 ( 45,614 )	41,666 ( 33,011 )	1,541 ( 1,322 )
2004	14,807 ( 13,118 )	61,094 ( 54,032 )	29,646 ( 26,476 )	1,947 ( 1,706 )
2005	19,824 ( 17,149 )	71,349 ( 63,683 )	38,079 ( 33,225 )	2,823 ( 2,585 )
2006	22,775 ( 21,424 )	70,606 ( 66,807 )	42,270 ( 40,115 )	2,948 ( 2,777 )
2007	30,240 ( 28,267 )	82,547 ( 75,317 )	39,855 ( 37,579 )	5,706 ( 5,044 )
2008	31,963 ( 27,114 )	123,968 ( 108,032 )	91,336 ( 78,170 )	2,912 ( 2,665 )
2009	28,701 ( 26,831 )	73,632 ( 69,075 )	50,583 ( 47,721 )	3,680 ( 3,409 )
2010	17,627 ( 15,946 )	71,237 ( 66,273 )	32,358 ( 29,566 )	3,816 ( 3,603 )
2011	43,824 ( 41,600 )	113,032 ( 108,403 )	68,114 ( 65,280 )	4,918 ( 4,721 )
2012	41,054 ( 39,567 )	85,166 ( 82,205 )	46,347 ( 45,101 )	5,917 ( 5,655 )
2013	31,831 ( 29,693 )	74,933 ( 70,825 )	51,002 ( 47,999 )	4,999 ( 4,768 )
2014	45,643 ( 43,905 )	126,864 ( 122,992 )	69,985 ( 67,932 )	6,875 ( 6,655 )
2015	48,912 ( 47,259 )	129,142 ( 124,298 )	87,376 ( 85,133 )	6,146 ( 5,763 )
2016	42,458 ( 38,246 )	111,091 ( 100,753 )	79,654 ( 72,378 )	4,188 ( 3,780 )
2017	33,009 ( 29,616 )	71,876 ( 65,116 )	53,902 ( 48,759 )	4,068 ( 3,702 )
2018	23,332 ( 21,722 )	68,244 ( 63,669 )	33,474 ( 31,439 )	3,740 ( 3,467 )
2019	25,124 ( 22,992 )	72,346 ( 66,750 )	48,913 ( 45,155 )	3,295 ( 3,036 )
2020	21,070 ( 19,414 )	58,174 ( 54,168 )	38,529 ( 35,843 )	4,681 ( 4,367 )
2021*	10,565 ( 9,842 )	90,599 ( 85,049 )	52,465 ( 49,314 )	3,961 ( 3,712 )

\* ( ) 内は 2020 年度までと同様に、宮崎県～三重県の漁獲量に基づいて推定した値。

\* 2021 年の漁獲量は 1～6 月について予測した値、2021 年資源量・親魚量・加入量は 2021 年の 1～12 月について予測した値。

補足表 3-2. 全漁獲量（太平洋区＋瀬戸内海区）に基づくコホート解析結果

期別漁獲尾数（100万尾）											
期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1期	87	20	84	37	93	63	45	191	612	116	678
2期	74	79	174	102	149	177	418	380	469	277	503
3期	59	58	44	34	63	50	52	55	62	116	54
4期	43	48	53	34	46	32	47	58	57	126	72
計	263	204	356	207	351	321	562	684	1,200	635	1,308

期別漁獲量（トン）											
期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1期	1,613	219	846	634	887	1,010	527	1,832	4,582	1,303	4,249
2期	3,085	3,449	6,394	4,153	5,405	5,588	9,962	11,100	16,012	9,691	13,585
3期	5,486	5,973	4,378	3,404	6,364	5,341	5,267	5,373	5,876	9,671	4,683
4期	4,221	5,347	4,751	2,980	4,595	2,868	4,068	4,470	3,770	11,297	6,185
計	14,405	14,987	16,370	11,171	17,250	14,807	19,824	22,775	30,240	31,963	28,701

期別漁獲係数											
期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1期	0.07	0.02	0.08	0.03	0.09	0.04	0.02	0.09	0.16	0.06	0.29
2期	0.12	0.19	0.37	0.17	0.31	0.28	0.49	0.45	0.28	0.30	0.63
3期	0.24	0.21	0.15	0.18	0.23	0.26	0.19	0.17	0.19	0.16	0.13
4期	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
平均	0.22	0.22	0.26	0.20	0.27	0.26	0.29	0.29	0.27	0.24	0.37

期別資源尾数（100万尾）											
期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1期	1,843	1,221	1,552	1,761	1,541	1,947	2,823	2,948	5,706	2,912	3,680
2期	923	640	769	915	757	996	1,479	1,439	2,606	1,473	1,473
3期	384	419	440	284	415	296	404	486	492	1,052	586
4期	162	182	203	128	176	122	178	219	218	478	274

期別資源量（トン）											
期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1期	34,128	13,692	15,597	29,871	14,694	31,448	33,271	28,336	42,691	32,632	23,050
2期	38,248	27,860	28,278	37,170	27,414	31,485	35,244	41,979	89,051	51,509	39,760
3期	36,661	45,005	41,152	27,049	41,666	29,646	38,079	42,270	39,855	91,336	50,583
4期	15,500	19,568	18,999	12,141	17,683	12,208	16,776	19,093	17,671	41,527	23,673
1期＋3期	70,789	58,698	56,750	56,920	56,360	61,094	71,349	70,606	82,547	123,968	73,632

期別平均体重（g）											
期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1期	19	11	10	17	10	16	12	10	7	11	6
2期	41	44	37	41	36	32	24	29	34	35	27
3期	95	107	94	95	100	100	94	87	81	87	86
4期	95	107	94	95	100	100	94	87	81	87	86

補足表 3-2. 全漁獲量（太平洋区＋瀬戸内海区）に基づくコホート解析結果（続き）

期別漁獲尾数（100万尾）												
期	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1期	212	458	810	427	475	901	410	612	389	611	603	556
2期	283	810	1,069	642	1,112	734	645	779	500	417	386	-
3期	15	49	36	67	78	142	108	90	42	66	24	82
4期	56	103	83	71	97	109	102	62	42	65	52	-
計	566	1,421	1,997	1,208	1,762	1,886	1,265	1,543	972	1,160	1,064	638

期別漁獲量（トン）												
期	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1期	2,157	4,187	5,311	2,046	3,932	6,122	3,080	2,704	3,612	4,345	2,529	5,352
2期	10,012	26,698	27,107	17,953	26,299	20,165	20,185	15,808	11,835	9,175	11,287	-
3期	1,362	5,292	3,326	6,920	7,756	12,147	10,086	8,486	4,613	5,364	2,753	5,213
4期	4,096	7,648	5,309	4,912	7,656	10,477	9,107	6,011	3,272	6,240	4,501	-
計	17,627	43,824	41,054	31,831	45,643	48,912	42,458	33,009	23,332	25,124	21,070	10,565

期別漁獲係数												
期	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1期	0.08	0.14	0.21	0.12	0.10	0.22	0.14	0.23	0.15	0.29	0.19	0.21
2期	0.23	0.66	0.84	0.46	0.61	0.48	0.60	0.96	0.51	0.57	0.30	-
3期	0.05	0.09	0.08	0.17	0.14	0.22	0.19	0.24	0.18	0.18	0.08	0.15
4期	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	-
平均	0.20	0.33	0.39	0.30	0.32	0.34	0.34	0.47	0.32	0.37	0.25	-

期別資源尾数（100万尾）												
期	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1期	3,816	4,918	5,917	4,999	6,875	6,146	4,188	4,068	3,740	3,295	4,681	3,961
2期	1,888	2,297	2,575	2,363	3,332	2,631	1,941	1,730	1,718	1,317	2,065	-
3期	420	803	637	596	795	970	871	567	356	554	399	823
4期	214	394	315	270	368	415	387	238	160	248	197	-

期別資源量（トン）												
期	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1期	38,880	44,918	38,819	23,931	56,879	41,766	31,437	17,973	34,770	23,433	19,645	38,133
2期	66,699	75,747	65,292	66,039	78,790	72,303	60,782	35,121	40,697	28,954	60,349	-
3期	32,358	68,114	46,347	51,002	69,985	87,376	79,654	53,902	33,474	48,913	38,529	52,465
4期	16,496	33,412	22,888	23,077	32,412	37,404	35,395	22,586	15,038	21,899	18,959	-
1期＋3期	71,237	113,032	85,166	74,933	126,864	129,142	111,091	71,876	68,244	72,346	58,174	90,599

期別平均体重（g）												
期	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1期	10	9	7	5	8	7	8	4	9	7	4	10
2期	35	33	25	28	24	27	31	20	24	22	29	26
3期	77	85	73	86	88	90	91	95	94	88	96	64
4期	77	85	73	86	88	90	91	95	94	88	96	64