

平成 28 (2016) 年度ウルメイワシ対馬暖流系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（安田十也、鈴木 圭、黒田啓行、高橋素光）

参画機関：日本海区水産研究所、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、兵庫県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、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

本系群の資源量について、コホート解析により推定した。資源量は、2003～2013 年にかけて増加傾向を示し、2014 年に減少したが、2015 年に再び増加し 89 千トンとなった。2015 年の再生産成功率（RPS）は 21 尾/kg と推定され、過去 40 年間で 38 番目であった。資源の回復措置をとる閾値である Blimit は再生産関係から親魚量 27 千トンとした。2015 年の親魚量は 62 千トンであり、Blimit を上回っているが、資源量推定期間における親魚量の上位 10%（70 千トン）を下回っているため、水準は中位と判断した。資源動向は過去 5 年間（2011-2015 年）の資源量の推移から横ばいと判断した。親魚量の増加が期待される Fcurrent（現状の漁獲圧の継続）を管理基準として 2017 年 ABC を算定した。

管理基準	Target/Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (千トン)	Blimit= 27 (千トン)
					親魚量 5 年後 (千トン)
Fcurrent	Target	0.92	39	30	102
	Limit	1.15	44	34	62

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が期待される漁獲量である。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。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。漁獲割合は、漁獲量÷資源量である。F 値は各年齢の平均である。2015 年の親魚量は 62 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 (%)
2012	86	41	36	0.93	42
2013	99	59	50	1.44	51
2014	64	33	25	1.07	39
2015	89	62	42	1.15	48
2016	72	36	—	—	—

ただし、F は各年齢の単純平均。2016 年の資源量・親魚量は加入尾数を仮定した値。

水準: 中位 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） 主要港水揚げ量（鳥取～鹿児島（8）県） 月別体長組成調査（水研・鳥取～鹿児島（8）県）
資源量指数 ・魚群量調査 ・産卵量	計量魚探を用いた魚群量調査（8～9月、水研） ・計量魚群探知機、中層トロール 卵稚仔調査（周年、水研、青森～鹿児島（17）府県） ・ノルパックネット
自然死亡係数（M）	年あたり M=0.7 を仮定（大下 2003, 2009）

1. まえがき

我が国周辺に分布するウルメイワシは対馬暖流系群と太平洋系群から構成される。ウルメイワシ対馬暖流系群は、マイワシやカタクチイワシに比べてやや暖かい海域に分布し、その漁獲量の変動幅はマイワシに比べて小さい。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本種は日本の沿岸域を中心に分布し、特に本州中部以南に多い（落合・田中 1986）。ウルメイワシ対馬暖流系群の漁場は、主に九州西方から山陰の沿岸に沿って帯状に形成される。一部は夏季に日本海へ、冬季に九州西岸へ回遊すると考えられる（図 1）。

(2) 年齢・成長

対馬暖流域におけるウルメイワシの成長式は次のように表される（大下ほか 2011; 図 2）。

$$BL_m = 244.77(1 - \exp(-0.10(m - 0.55)))$$

ただし、 BL_m はふ化後月数 m における被鱗体長（mm）である。寿命は 3 年程度である。

(3) 成熟・産卵

卵・稚魚の出現状況から、本系群の産卵は、九州周辺水域ではほぼ周年にわたり行われると考えられる。北方の海域ほど産卵期間は短くなり、青森県以南の日本海北部では、春から夏にかけて行われる（内田・道津 1958）。ウルメイワシは 1 歳で成熟する（図 3、大下ほか 2011）。

(4) 被捕食関係

ウルメイワシはカイアシ類、十脚類幼生、端脚類などを捕食し（Tanaka et al. 2006）、大型魚類、ほ乳類、海鳥類、頭足類などに捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

ウルメイワシ対馬暖流系群を漁獲する主な漁業は、東シナ海区（福岡県から鹿児島県）では中小型まき網や棒受網であり、日本海西区（福井県から山口県）では大中型まき網、中型まき網、定置網である。日本海北区（石川県・富山県）では定置網などで混獲される程度である。また、対馬暖流域では、沿岸での釣りや刺網による漁獲はほとんどない。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、漁業・養殖業生産統計年報の青森県～鹿児島県の合計値とした。対馬暖流系群の海区別漁獲量の経年変化を図4および表1に示した。

東シナ海区の漁獲量は、1980年から1997年まで7千～16千トンで推移していたが、1998年から2000年にかけて減少した。2001年から増加に転じ、2013年は36千トンであった。2014年は大きく減少して21千トンとなったが、2015年は再び増加に転じて36千トン（暫定値）となった。

日本海西区の漁獲量は、1983年から1994年まで15千～31千トンであったが、その後減少し、2001年以降は、2014年（3千トン）を除き、6千～20千トンで推移している。2015年は6千トンであった。

日本海北区では、ウルメイワシはあまり漁獲されず、年間漁獲量は多くても2千トン程度である。2015年の漁獲量は0.8千トンであった。

対馬暖流系群全体の漁獲量は、1976年から1998年まで毎年20千トンを越える漁獲があった。特に1980年代後半から1990年代前半までは40千トンを上回る年が多くみられた。しかし、2000年には10千トンまで減少し、2001年から2006年までは15千トン前後で推移した。その後再び増加に転じ、2013年の漁獲量は1996年以降で最大となる50千トンであったが、2014年は25千トンに大きく減少した。その後再び増加に転じ、2015年は42千トンとなった。

韓国でのウルメイワシの漁獲量は、1990年前半に24千トンと多かったが、その後減少した（表1）。なお、2005年以降の韓国におけるウルメイワシの漁獲量は、2011年を除いて、報告されていない。中国のウルメイワシの漁獲量は不明である。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

月別漁獲量と体長測定資料から推定した年齢別漁獲尾数を用いたコホート解析により資源量を推定した（補足資料1, 2, 3）。

(2) 資源量指標値の推移

日本海（1979年以降）および九州西岸（1997年以降）において実施された卵稚仔調査（改良型NORPACネットの鉛直曳きによる卵採集調査）の結果に基づいて産卵量を算出した（図5）。日本海の産卵量は、1980年代後半から1990年代後半にかけて一度大きなピークを示したが、その後は緩やかな増加傾向を示している。九州西岸の産卵量も近年増加傾向にある。両海域ともに2015年の産卵量は2014年より増加した。

夏季の九州西岸域から対馬海峡において実施された音響調査により求められたウルメイワシの現存量指標値 (Ohshimo 2004) と中層トロール調査による CPUE (kg/網) の推移を図 6 に示した。計量魚群探知機により求められた現存量指標値は年変動が大きく、とくに 2014 年は高い値を示したが、2015 年は減少した。2015 年の中層トロールの CPUE は、(17 kg/網) は 2014 年 (15 kg/網) より増加した。CPUE と現存量指標値との関係は近年不明瞭となっている。これらの資源調査結果を本系群の親魚量または加入量の指標として利用するには精査が必要であるため本評価では参考程度に留めた。

(3) 漁獲物の年齢組成

月別の年齢－体長キーにより年齢別漁獲尾数を求めた。漁獲は 0～1 歳魚が主体であった (図 7)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

コホート解析により資源量を推定した (図 8、補足資料 3)。自然死亡係数 (M) は 0.7 を仮定した (大下 2003, 2009)。推定した資源量は、1970 年代後半から 1980 年代半ばにかけて減少し、1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて増加した。その後、2000 年代前半まで再び減少したが、2003 年から 2013 年は増加傾向にあった。しかし、2014 年に再び減少した。2015 年の資源量は、前年 64 千トンより増加し、89 千トンと推定された。1976 年以降の漁獲割合は、1984 年の 60% をピークとして緩やかな減少傾向を示したが、近年 5 年間は増加傾向にある。2015 年は 48% であった (図 8)。漁獲割合は、資源量減少期にやや高くなる傾向がある。M を 0.5 から 0.8 の間で 0.1 刻みに変えたときの 2015 年の資源量、親魚量、加入尾数の推定値を図 9 に示した。M=0.5 を仮定した際の資源量、親魚量、加入尾数は、M=0.7 を仮定した際の 84%、85%、81% となった。M=0.8 を仮定すると、それぞれ 110%、109%、112% となった。

(5) 再生産関係

図 10 に再生産関係を示した。親魚量と加入尾数との間には正の相関が認められたが、親魚量が多くなると加入尾数は頭打ちになる傾向が認められた。

(6) Blimit の設定

資源回復の閾値となる Blimit は、加入尾数の上位 10% を示す直線と再生産成功率の上位 10% を示す直線の交点に近く、低い親魚量でも高い加入がみられた 1984 年の親魚量 (27 千トン) とした (図 10)。図 11 に親魚量と 0 歳魚尾数の経年変化を示す。親魚量は近年増加傾向にあり、2015 年の親魚量は 62 千トンで Blimit を上回っている。その一方で、加入量は 2012 年より減少が続いている。図 12 に RPS の経年変化を示した。RPS は 1980 年代に高く、この時期に高い加入が認められた。近年では 2012 年に比較的高い値を示し、良好な加入が認められた。しかし、2015 年の RPS は 21.1 尾/kg であり、過去 40 年間で最低に近い値であった。

(7) 資源の水準・動向

資源水準の基準について、低位と中位の境は B_{limit} の値とし、中位と高位の境は資源量推定期間における親魚量の上位 10% の値 (70 千トン) とした (図 10, 11)。資源の動向は、過去 5 年間 (2011~2015 年) の資源量の推移から判断した。2015 年の資源の水準は中位で、動向は横ばいであった。

(8) 資源と漁獲の関係

資源量が少なくなるときの漁獲係数が高くなる傾向が認められた (図 13)。また、経年的にみると、資源量が減少した 1980 年代半ばと 1990 年代後半から 2000 年代前半、2010 年から 2015 年にかけて漁獲係数が高かった。

5. 2017 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量および親魚量は 1970 年代後半に高い水準にあったが、1990 年代に減少し、2000~2002 年には過去最低水準で推移した。近年、本系群の資源量は増加傾向となったが、2014 年に減少した。2015 年の親魚量は 62 千トンで B_{limit} (親魚量 27 千トン) を上回っており、近年 5 年間 (2011~2015 年) の資源量の動向は横ばいとなっていることから、資源水準は中位、動向は横ばいと判断した。

(2) ABC の算定

ABC を算定するにあたり、不確実性の高い最近年を除く近年 5 年間 (2010~2014 年) の RPS の中央値 (49.0 尾/kg) と親魚量から 2016 年以降の加入量を仮定した。また、親魚量が上位 10% (70 千トン) を超えた場合は、加入尾数が上限に達して一定になると仮定し、その時の加入尾数は親魚量 70 千トンに最近年を除く近年 5 年間の RPS 中央値を乗じた値 (34 億尾) とした。2016 年の各年齢の漁獲係数は 2015 年と同じとした。2016 年以降の年齢別体重は、直近年を含む近年 3 年間 (2013~2015 年) の平均値と仮定した。

ABC の算定については、資源量および再生産関係が分かっており、2015 年の親魚量は B_{limit} (27 千トン) を上回っていることから、ABC 算定規則の 1-1)-(1) を用いて ABC を算定した。2015 年の親魚量 (62 千トン) は B_{limit} を上回っているが、2016 年の F が 2015 年と同等だと仮定すると、親魚量は 2016 年に 36 千トン程度まで減少すると予測される。また、最近年の RPS は、不確実性が高いと考えられるものの、過去 40 年間で 3 番目に低い値となっており、今後も加入量の減少が継続することが懸念される。現状の漁獲圧を維持した場合、2017 年以降に親魚量の増加が期待されることから、管理基準は現状の漁獲圧を維持する $F_{current}$ とし、資源評価の不確実性を考慮した予防的措置としての係数 α を 0.8 とした。ABC を算定する式は次のとおりである。

$$F_{limit} = \text{基準値}$$

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

図 14 に 2015 年の選択率をもとにした F に対する %SPR と YPR の関係を示した。2015 年の F (1.15) は、 F_{med} (1.31) や $F_{30\%SPR}$ (1.23) より低く、 F_{max} (1.13) と同程度で

あり、F40%SPR (0.89) や F50%SPR (0.65) より高かった。昨年度の評価では、Fcurrent や F40%SPR では親魚量を増加が見込めなかったことから、親魚量を増加させる漁獲圧の指標として F50%SPR を管理基準とした。

管理基準	Target/Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (千トン)
Fcurrent	Target	0.92	39	30
	Limit	1.15	44	34

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が期待される漁獲量である。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。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。漁獲割合は、漁獲量÷資源量である。F 値は各年齢の平均である。

(3) ABC の評価

図 15 および下表に 2017 年以降の F を Fcurrent (F2015)、Fmed および F30%SPR とした場合の資源量、漁獲量、親魚量について示した。Fmed と F30%SPR の値は Fcurrent にそれぞれ 1.14 と 1.07 を乗じた値に等しい。Fmed で漁獲した場合、親魚量は Blimit (27 千トン) 以上が維持されるが、2017 年以降の親魚量、資源量、漁獲量ともに 2015 年水準は下回ると予想される。Fcurrent および F30%SPR で漁獲した場合は、2016 年以降より親魚量の増加が見込まれ、Fcurrent で漁獲した場合は 5 年後の親魚量が 2015 年水準程度になると予測される。

管理基準	漁獲量 (千トン)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fcurrent	42	31	34	38	43	48	54
F30%SPR	42	31	35	38	40	42	44
Fmed	42	31	37	37	37	37	37
管理基準	資源量 (千トン)						
	Fcurrent	89	72	78	87	98	109
F30%SPR	89	72	78	83	87	92	97
Fmed	89	72	78	78	78	78	78
管理基準	親魚量 (百トン)						
	Fcurrent	62	36	39	44	49	55
F30%SPR	62	36	39	42	44	46	49
Fmed	62	36	39	39	39	39	39

(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
2014 年漁獲量確定値 2015 年漁獲量暫定値	2014 年、2015 年年齢別漁獲尾数
2015 年年齢別体重	再生産関係、%SPR

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)
2015 年 (当初)	Fmed	1.02	109	42	37	
2015 年 (2015 年再評価)	Fmed	0.79	41	15	13	
2015 年 (2016 年再評価)	Fmed	1.31	89	45	41	42
2016 年 (当初)	F50%SPR	0.60	32	10	8	
2016 年 (2016 年再評価)	F50%SPR	0.65	80	25	21	

2015 年の資源量は、2015 年再評価において加入量が評価当初に見積もった値より少なかったため減少したが、本年再評価において増加した。また、2016 年資源量は当初の値よりも増加し、ABC も上方修正された。これは、2015 年の年齢別漁獲尾数の修正によって 2014 年の 0 歳魚が当初の見通しより多くなり、2014 年および 2015 年の資源量が上方修正されたことが要因と考えられる。

6. ABC 以外の管理方策の提言

本種は寿命が短く、漁獲物の大半は 0~1 歳魚である。親魚量と加入尾数には正の相関が見られるので、資源を安定して利用するためには、親魚量を一定以上に保つことが有効である。そのため、加入が少ないと判断された場合には、0 歳魚を獲り控えるなどの方策が効果的だと考えられる。

7. 引用文献

- 落合 明・田中 克 (1986) 新版魚類学 (下) . 恒星社厚生閣, 1140pp.
- 大下誠二 (2003) 平成 14 年度ウルメイワシ対馬暖流系群の資源評価, 我が国周辺水域の漁業資源評価 (平成 14 年度) , 789-802.
- Ohshimo, S. (2004) Spatial distribution and biomass of pelagic fish in the East China Sea in summer, based on acoustic surveys from 1997 to 2001. *Fish. Sci.*, **70**, 389-400.
- 大下誠二 (2009) 平成 20 年度ウルメイワシ対馬暖流系群の資源評価, 我が国周辺水域の漁業資源評価 (平成 20 年度) , 659-674.
- 大下誠二・後藤常夫・大塚 徹・梶島光次郎 (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.
- Tanaka, H., I. Aoki and S. Ohshimo (2006) Feeding habits and gill raker morphology of three planktivorous pelagic fish species off the coast of northern and western Kyushu in summer. *J. Fish Biol.*, **68**, 1041-1061.
- 内田恵太郎・道津善衛 (1958) 第 1 篇 対馬暖流域の表層に現れる魚卵・稚魚概説. 対馬暖流開発調査報告書. 第 2 輯, 水産庁, pp. 3-65.
- 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, pp. 9-29.
- 銭谷 弘・石田 実・小西芳信・後藤常夫・渡邊良朗・木村 量 (編) (1995) 日本周辺水域におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類、ウルメイワシ、およびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況: 1991 年 1 月~1993 年 12 月. 水産庁研究所資源管理報告 A, **1**, 368pp.



図1. ウルメイワシ対馬暖流系群の分布図

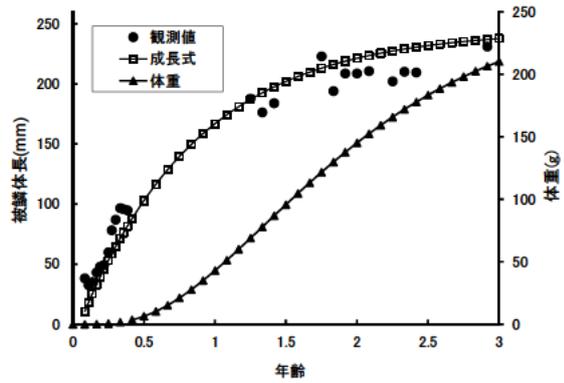


図2. 月別体長組成からもとめた成長式
●は鱗と耳石日輪による年齢査定結果。

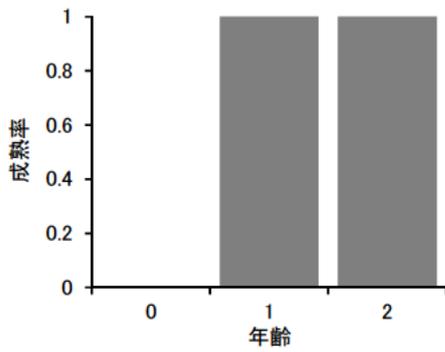


図3. 年齢別の成熟率

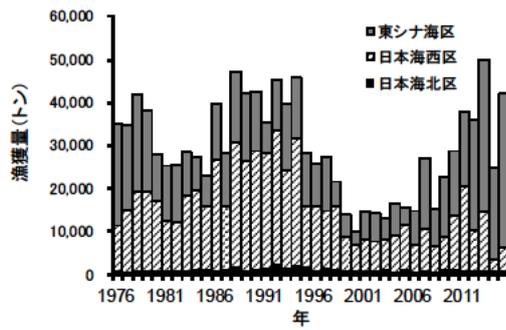


図4. ウルメイワシの漁獲量

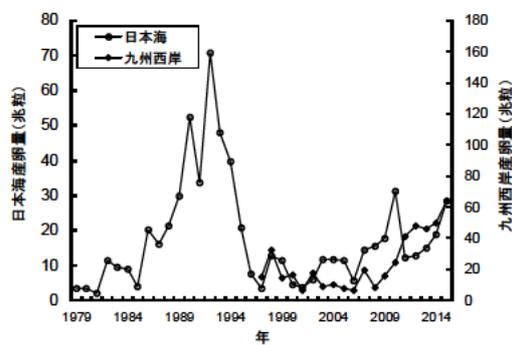


図5. 産卵量の経年変化

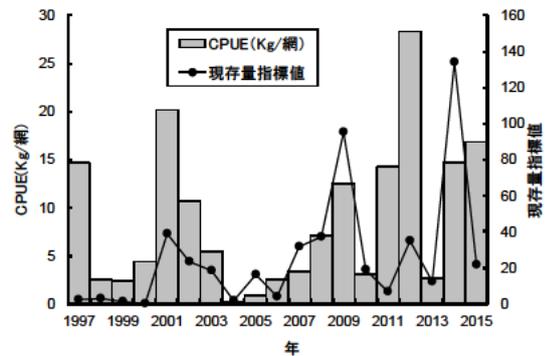


図6. 計量魚探・中層トロール調査結果
棒：CPUE、折線：現存量指標値。

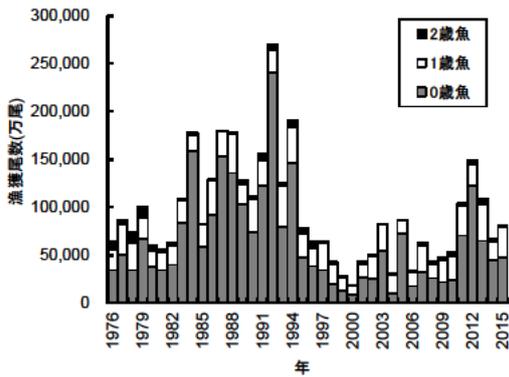


図 7. 年齢別漁獲尾数

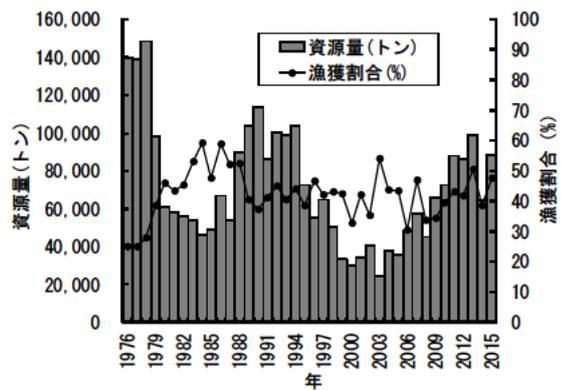


図 8. 推定された資源量と漁獲割合
棒：資源量、折線：漁獲割合。

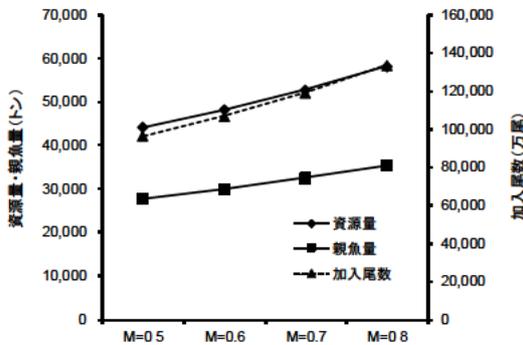


図 9. M を変えた時の資源量・
親魚量・加入尾数

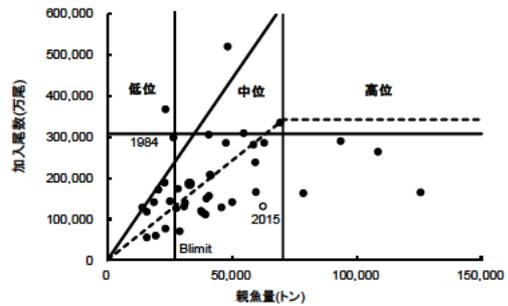


図 10. 親魚量と加入尾数の関係
白丸は 2015 年。実線は加入尾数の
上位 10%、再生産成功率の上位 10%、
Blimit (1984 年の親魚量：27 千トン)
を示す。破線は加入尾数を推定する
際の関係。

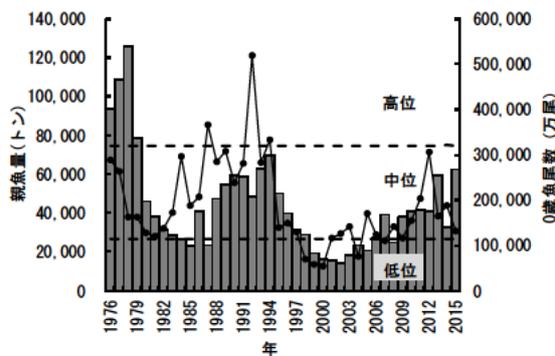


図 11. 親魚量 (棒グラフ) と 0 歳魚尾数
(折れ線) の経年変化 破線は低
位～中位及び中位～高位の境界線。

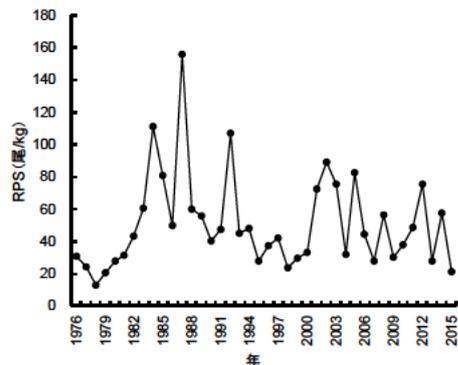


図 12. RPS の経年変化

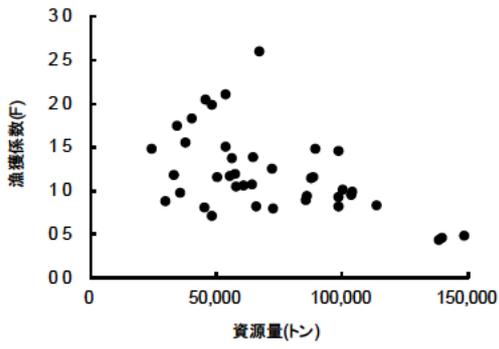


図 13. 資源量と漁獲係数 (F) の関係

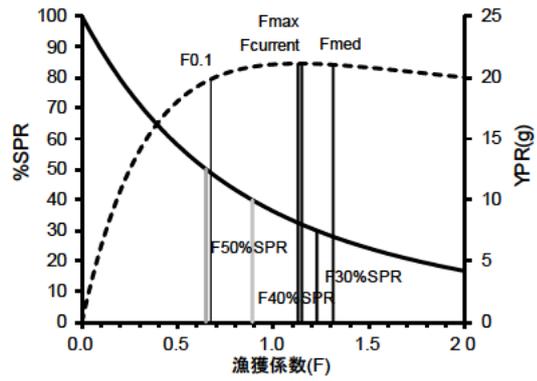


図 14. 漁獲係数 (F) と%SPR および YPR の関係

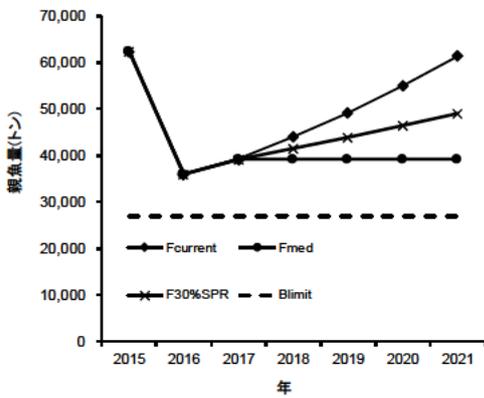
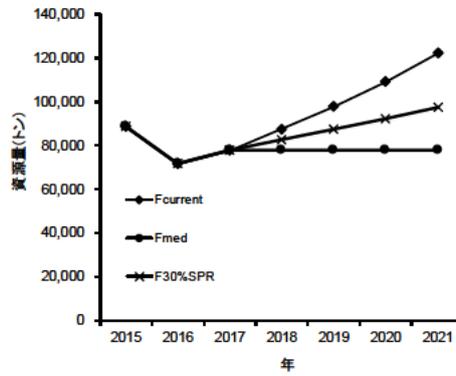
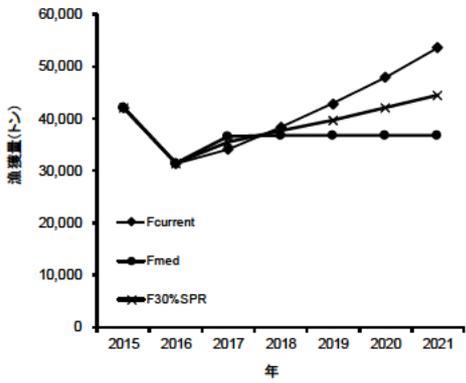


図 15. 各 F に対応する漁獲量、資源量、親魚量の将来予測

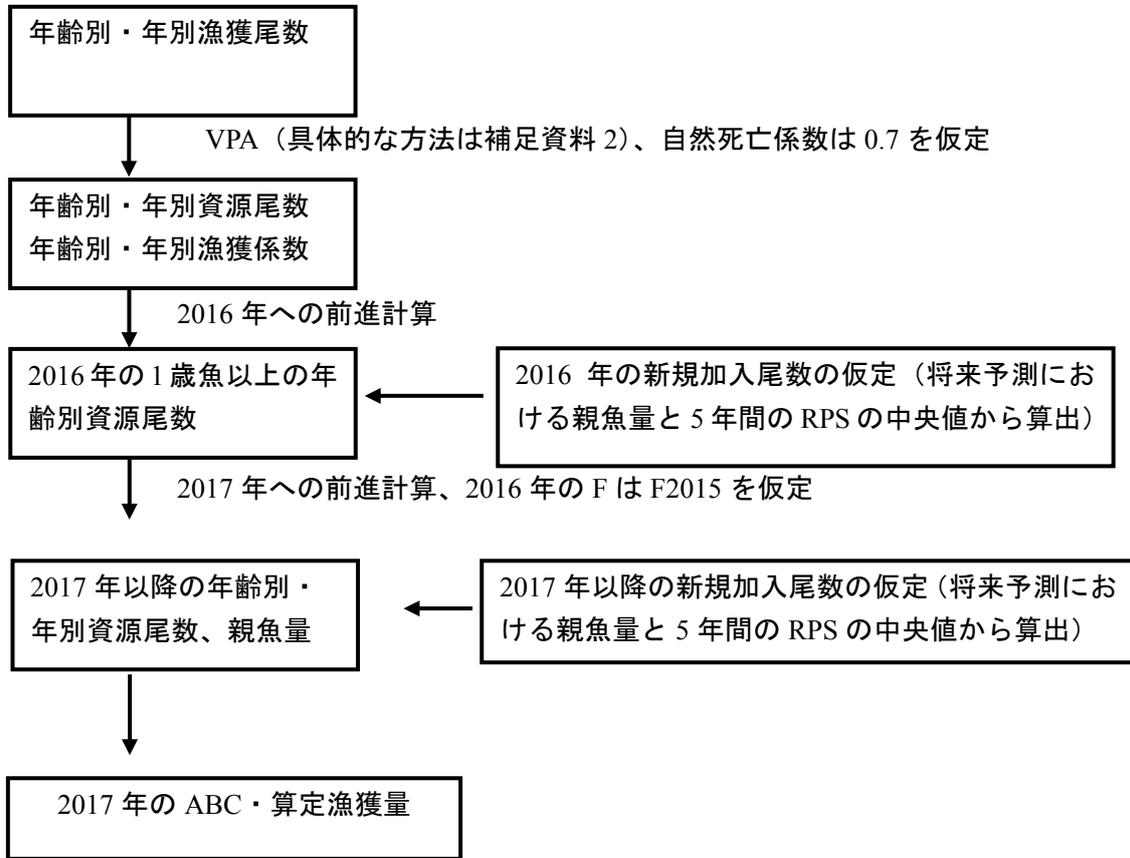
表1. ウルメイワシの漁獲量（トン）

年	東シナ海区	日本海西区	日本海北区	合計	韓国
1975	20,553	8,851	561	29,965	
1976	23,586	10,614	718	34,918	2,869
1977	19,516	14,671	428	34,615	6,227
1978	22,369	18,693	675	41,737	9,607
1979	18,586	18,671	828	38,085	4,212
1980	10,975	16,235	782	27,992	5,102
1981	12,585	11,698	949	25,232	4,244
1982	13,268	11,535	802	25,605	5,625
1983	9,949	17,699	910	28,558	10,606
1984	7,745	18,551	1,088	27,384	10,829
1985	7,244	14,684	1,186	23,114	8,994
1986	12,897	25,713	1,042	39,652	14,033
1987	12,244	14,826	1,115	28,185	10,300
1988	16,421	28,863	1,794	47,078	10,693
1989	15,789	25,488	854	42,131	7,280
1990	13,798	27,431	1,211	42,440	4,205
1991	7,152	26,755	1,420	35,327	4,463
1992	11,816	31,200	2,266	45,282	3,597
1993	15,709	22,671	1,548	39,928	24,383
1994	14,268	29,546	2,045	45,859	23,974
1995	12,165	14,222	1,668	28,055	18,345
1996	9,985	14,803	1,052	25,840	10,663
1997	12,327	13,518	1,421	27,266	5,593
1998	5,872	14,710	1,125	21,707	1,974
1999	5,247	8,068	780	14,095	6,674
2000	2,983	6,244	700	9,927	4,603
2001	6,195	7,520	863	14,578	766
2002	6,678	7,063	580	14,321	788
2003	5,057	7,064	1,101	13,222	885
2004	7,530	8,621	487	16,638	755
2005	3,823	10,638	1,083	15,544	—
2006	7,902	6,739	229	14,870	—
2007	16,512	9,952	499	26,963	—
2008	8,837	6,036	441	15,314	—
2009	13,767	7,813	1,146	22,726	—
2010	15,091	12,486	1,114	28,691	—
2011	17,300	19,914	631	37,845	0
2012	25,938	9,174	1,030	36,142	—
2013	35,602	14,007	540	50,149	—
2014	21,289	2,887	664	24,840	—
2015	35,733	5,552	774	42,059	—

2015年の日本の漁獲量は暫定値。

2005～2010、2012～2014年の韓国の漁獲量は公表されていない。

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源量の計算方法

年齢別漁獲尾数をもとにコホート解析を行なった。なお、ウルメイワシの寿命は 3 年として計算した。計算方法は次のとおりである。

式 1 により 2014 年以前の 0、1 歳魚の年齢別年別資源尾数を計算した。

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

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年 a 歳魚の漁獲尾数、 M は自然死亡係数 (0.7) である。ただし、最高齢 (2 歳) および最近年 (2015 年) の各年齢の資源尾数については次式により計算した。

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

F は漁獲係数であり、最高齢および最近年以外は以下の式で計算される。

$$F_{a,y} = -\ln\left\{1 - \frac{C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}}\right\} \quad (\text{式 3})$$

2014 年以前の 2 歳魚の F は、1 歳魚の F と同じと仮定して計算した。また、2015 年の 0 歳魚と 1 歳魚の F は 2012 年から 2014 年の同歳魚の F の平均値として計算し、式 1 を用いて資源尾数を計算した。2015 年の 1 歳魚と 2 歳魚の F が同一となるように $F_{2015,2}$ を決めた。

また、2016 年以降の将来予測について、1 歳魚、2 歳魚の資源尾数は次の式を用いて前進法により推定した。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (\text{式 4})$$

0 歳魚の資源尾数は、各年の親魚量と設定した再生産成功率により算出した。

2016 年以降の年齢別の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \times \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \quad (\text{式 5})$$

補足資料3 コホート解析の結果の詳細

年齢 年＼	漁獲尾数（万尾）			漁獲重量（トン）			平均体重（g）		
	0歳	1歳	2歳	0歳	1歳	2歳	0歳	1歳	2歳
1976	33,754	21,925	9,296	5,442	17,771	11,706	16	81	126
1977	49,638	31,779	5,095	5,632	22,557	6,427	11	71	126
1978	34,113	28,098	10,813	4,818	23,872	13,047	14	85	121
1979	67,230	21,596	10,497	8,225	15,796	14,063	12	73	134
1980	37,217	17,119	6,714	4,356	14,950	8,687	12	87	129
1981	34,541	18,933	2,296	5,884	16,320	3,028	17	86	132
1982	39,356	20,505	2,964	7,179	14,294	4,133	18	70	139
1983	83,715	22,932	1,656	12,354	14,034	2,170	15	61	131
1984	158,879	16,960	2,422	10,315	14,343	2,727	6	85	113
1985	58,123	23,448	824	7,887	14,260	967	14	61	117
1986	92,433	35,483	826	11,471	27,153	1,028	12	77	124
1987	153,413	24,884	577	12,715	14,779	691	8	59	120
1988	135,083	42,012	723	19,941	26,209	928	15	62	128
1989	102,529	21,833	3,292	16,379	21,635	4,117	16	99	125
1990	73,529	34,560	3,320	16,864	21,904	3,672	23	63	111
1991	122,892	26,498	6,201	11,900	16,475	6,951	10	62	112
1992	241,214	22,901	6,225	24,131	14,282	6,868	10	62	110
1993	79,828	41,792	4,730	10,098	24,426	5,404	13	58	114
1994	146,540	37,213	6,296	15,312	23,653	6,894	10	64	109
1995	47,121	25,365	6,417	7,606	13,141	7,308	16	52	114
1996	38,037	19,880	7,209	3,994	12,405	9,441	11	62	131
1997	34,478	28,013	2,338	8,923	15,046	3,297	26	54	141
1998	19,072	21,925	2,070	5,814	12,873	3,019	30	59	146
1999	13,548	11,785	2,534	3,122	7,262	3,711	23	62	146
2000	7,628	9,636	1,090	1,984	6,312	1,631	26	66	150
2001	27,057	13,699	1,880	4,333	7,397	2,849	16	54	152
2002	24,337	24,936	619	5,067	8,547	707	21	34	114
2003	54,736	26,973	854	2,213	10,079	929	4	37	109
2004	9,472	19,670	2,345	1,793	11,530	3,315	19	59	141
2005	72,697	13,706	749	6,443	8,165	935	9	60	125
2006	17,661	14,318	2,478	2,945	8,434	3,491	17	59	141
2007	32,612	27,029	3,573	5,282	16,786	4,895	16	62	137
2008	26,203	14,725	2,490	3,772	8,133	3,410	14	55	137
2009	21,203	23,929	2,563	5,165	14,038	3,523	24	59	137
2010	23,804	24,773	5,146	4,829	16,743	7,119	20	68	138
2011	70,267	31,717	1,919	15,937	19,675	2,233	23	62	117
2012	122,749	22,698	3,386	18,254	13,404	4,466	15	59	132
2013	64,772	38,419	5,615	15,523	26,751	7,875	24	70	140
2014	44,794	19,184	2,985	7,573	12,888	4,385	17	67	147
2015	46,399	32,392	2,985	9,145	29,566	3,348	20	91	142

補足資料3 コホート解析の結果の詳細(つづき)

年齢 年\	漁獲係数 F			資源尾数 (万尾)			資源量 (トン)		
	0歳	1歳	2歳	0歳	1歳	2歳	0歳	1歳	2歳
1976	0.18	0.59	0.59	287,970	69,601	29,509	46,424	56,413	37,159
1977	0.31	0.48	0.48	263,044	119,215	19,112	29,844	84,619	24,109
1978	0.35	0.54	0.54	163,148	95,645	36,806	23,040	81,259	44,412
1979	0.88	0.77	0.77	162,538	56,978	27,695	19,885	41,677	37,104
1980	0.54	1.30	1.30	127,399	33,338	13,076	14,910	29,114	16,917
1981	0.53	1.29	1.29	119,384	37,038	4,492	20,337	31,928	5,923
1982	0.52	1.79	1.79	136,787	34,944	5,051	24,950	24,359	7,043
1983	1.17	1.66	1.66	172,352	40,192	2,903	25,434	24,597	3,804
1984	1.42	2.35	2.35	297,385	26,595	3,799	19,307	22,491	4,276
1985	0.58	2.68	2.68	187,439	35,717	1,255	25,434	21,721	1,473
1986	1.00	3.38	3.38	207,426	52,120	1,213	25,741	39,885	1,510
1987	0.90	2.70	2.70	366,205	37,868	878	30,350	22,491	1,052
1988	1.11	1.65	1.65	285,378	73,744	1,269	42,127	46,004	1,630
1989	0.64	1.10	1.10	307,257	46,523	7,015	49,085	46,100	8,772
1990	0.58	0.94	0.94	238,028	80,328	7,717	54,591	50,913	8,535
1991	0.97	0.84	0.84	280,280	66,386	15,536	27,141	41,276	17,416
1992	1.07	0.96	0.96	519,774	52,582	14,293	51,998	32,794	15,771
1993	0.51	1.12	1.12	283,659	88,131	9,974	35,881	51,509	11,397
1994	0.98	0.98	0.98	333,639	84,607	14,314	34,862	53,777	15,674
1995	0.65	0.86	0.86	139,727	62,415	15,791	22,553	32,336	17,983
1996	0.45	1.51	1.51	149,451	36,181	13,120	15,692	22,577	17,182
1997	0.47	1.82	1.82	130,052	47,411	3,958	33,658	25,464	5,581
1998	0.49	1.48	1.48	69,721	40,286	3,803	21,256	23,654	5,548
1999	0.40	1.56	1.56	58,648	21,183	4,555	13,514	13,053	6,670
2000	0.22	1.20	1.20	53,830	19,576	2,214	14,004	12,823	3,314
2001	0.40	2.41	2.41	115,533	21,356	2,931	18,500	11,531	4,441
2002	0.32	2.57	2.57	126,764	38,305	951	26,393	13,130	1,086
2003	0.80	1.81	1.81	140,780	45,800	1,450	5,693	17,114	1,578
2004	0.19	2.21	2.21	76,073	31,338	3,736	14,399	18,369	5,282
2005	0.93	0.98	0.98	170,493	31,101	1,701	15,111	18,529	2,123
2006	0.23	0.94	0.94	124,286	33,436	5,786	20,724	19,695	8,153
2007	0.54	1.51	1.51	110,829	49,273	6,514	17,952	30,600	8,922
2008	0.31	1.06	1.06	141,389	32,055	5,421	20,351	17,704	7,423
2009	0.30	1.07	1.07	115,723	51,747	5,542	28,187	30,359	7,619
2010	0.24	1.75	1.75	155,630	42,525	8,834	31,572	28,741	12,220
2011	0.67	1.36	1.36	203,618	60,509	3,660	46,181	37,536	4,261
2012	0.84	0.98	0.98	306,838	51,598	7,697	45,630	30,470	10,152
2013	0.82	1.76	1.76	164,876	65,872	9,628	39,514	45,866	13,502
2014	0.41	1.39	1.39	187,399	36,231	5,637	31,683	24,340	8,282
2015	0.69	1.38	1.38	132,184	61,494	4,473	26,053	56,129	6,356

補足資料3 コホート解析の結果の詳細（つづき）

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (万尾)	再生産成功率 (尾/kg)	漁獲割合 (%)
1976	139,996	93,572	287,970	30.78	24.9
1977	138,573	108,728	263,044	24.19	25.0
1978	148,711	125,671	163,148	12.98	28.1
1979	98,666	78,781	162,538	20.63	38.6
1980	60,941	46,031	127,399	27.68	45.9
1981	58,188	37,851	119,384	31.54	43.4
1982	56,352	31,402	136,787	43.56	45.4
1983	53,834	28,400	172,352	60.69	53.0
1984	46,073	26,767	297,385	111.10	59.4
1985	48,628	23,194	187,439	80.81	47.5
1986	67,136	41,395	207,426	50.11	59.1
1987	53,893	23,543	366,205	155.55	52.3
1988	89,761	47,634	285,378	59.91	52.4
1989	103,958	54,872	307,257	55.99	40.5
1990	114,038	59,448	238,028	40.04	37.2
1991	85,832	58,692	280,280	47.75	41.2
1992	100,563	48,565	519,774	107.03	45.0
1993	98,787	62,906	283,659	45.09	40.4
1994	104,313	69,450	333,639	48.04	44.0
1995	72,871	50,318	139,727	27.77	38.5
1996	55,451	39,759	149,451	37.59	46.6
1997	64,703	31,045	130,052	41.89	42.1
1998	50,458	29,201	69,721	23.88	43.0
1999	33,237	19,723	58,648	29.74	42.4
2000	30,141	16,136	53,830	33.36	32.9
2001	34,472	15,972	115,533	72.34	42.3
2002	40,608	14,216	126,764	89.17	35.3
2003	24,385	18,692	140,780	75.32	54.2
2004	38,050	23,651	76,073	32.17	43.7
2005	35,762	20,652	170,493	82.56	43.5
2006	48,572	27,848	124,286	44.63	30.6
2007	57,474	39,522	110,829	28.04	46.9
2008	45,479	25,127	141,389	56.27	33.7
2009	66,164	37,977	115,723	30.47	34.3
2010	72,534	40,962	155,630	37.99	39.6
2011	87,977	41,796	203,618	48.72	43.0
2012	86,252	40,623	306,838	75.53	41.9
2013	98,881	59,368	164,876	27.77	50.7
2014	64,305	32,621	187,399	57.45	38.6
2015	88,538	62,485	132,184	21.15	47.5