

平成 30（2018）年度ハタハタ日本海西部系群の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（藤原邦浩、上田祐司、八木佑太、吉川 茜、佐久間啓、飯田真也、山本岳男、山田達哉）

参画機関：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

要 約

本系群の資源状態について、漁業依存情報および 2004～2018 年の日本海ズワイガニ等底魚資源調査に基づく面積密度法による資源量推定の結果により評価した。漁獲量は、1970 年代から 1980 年代半ばには 80 百トンを超える年もあったが、1990 年代は 50 百トンを下回る年が多くなった。1990 年代後半から増加し、2003 年に過去最高（9,475 トン）となった。2009 年からは 35～60 百トンで推移し、2017 年は 4,330 トンであった。沖合底びき網（1 そうびき）の資源密度指数（kg/網）は中長期的には漁獲量と同様に推移している。資源密度指数の直近 3 年（2015～2017 年）の平均は 2013 年級群により高く、水準は高位と判断した。また、資源量の直近 5 年間（2014～2018 年）の推移から動向は減少と判断した。2018 年の資源量は 1 万 7 千トンであった。現状の漁獲圧で資源量は維持されることが予想される。現状の漁獲圧を維持しながら、資源を有効利用することを管理目標として、算定規則 1-3) - (2) に基づき、2019 年 ABC を算定した。

管理基準	Target / Limit	2019 年 ABC (百トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
F _{current}	Target	31	15	0.17 (－20%)
	Limit	38	19	0.21 (0%)

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、管理基準の下でより安定的な資源の維持が期待されるF値による漁獲量である。 $ABC_{target} = \alpha \cdot ABC_{limit}$ とし、係数 α には標準値0.8を用いた。ABCの値は十の位を四捨五入した。漁獲割合は2019年のABCを4月1日時点の資源量で除した値（補足資料2）。

年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2014	336	78	36	0.13	12
2015	571	267	53	0.11	10
2016	251	108	46	0.22	20
2017	242	85	43	0.22	20
2018	168	45	25	0.17	16
2019	215	63	—	—	—

2018年の漁獲量は1～5月の漁獲量からの予測値であり、2018年の親魚量、F値、漁獲割合は予測を含む。また、2019年の値は将来予測に基づく値。資源量は1月1日時点の値。F値は、全年齢群の値であり、漁獲割合から算出した値。漁獲割合は2019年のABCを4月1日時点の資源量で除した値（補足資料2）。

水準：高位 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
資源量・年齢別資源尾数	日本海ズワイガニ等底魚資源調査（5～6 月、日本海西部海域、水深 190～550m、日水研） （以下、トロール調査と呼ぶ）
トロール調査採集効率（q）	q=0.3 を仮定
漁獲量	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 月別漁法別水揚げ量の速報値（石川～島根（6）府県） 韓国漁獲統計資料（URL: http://fs.fips.go.kr/main.jsp ）
体長組成	トロール調査（5～6 月、水研） 生物情報収集調査（石川～島根（6）府県） 月別体長組成調査（水研、石川県、兵庫県、鳥取県）
自然死亡係数（M）	年当たり M=0.5 を仮定
資源密度指数・漁獲努力量	日本海区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計調査資料（水産庁）

1. まえがき

日本海西部（島根県～石川県）のハタハタは、この海域の底びき網の重要資源であり、我が国周辺における本種の漁獲量の半分近くを占める。本系群は、秋田県と朝鮮東岸で生まれた群で構成されているとされるが、両群の来遊・移出の機構は不明である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群は能登半島以西の日本海西部に分布し漁獲対象となるものである（図 1）。日本海西部は、秋田県沿岸生まれ群と朝鮮半島東岸生まれ群の双方の成育場であり、両群の出現割合はそれぞれの資源状態によって年変動するとされている（沖山 1970）。ミトコンドリア DNA 調節領域の塩基配列多型により、秋田県沿岸の産卵場に由来する集団が隠岐西方の海域にまで達していることが示唆された（Shirai et al. 2006）。

(2) 年齢・成長

本系群も本種の日本海北部系群と同様に満 1 歳の 2～3 月頃には体長 100mm に達し、2 歳で体長 150mm、3 歳 170mm、4 歳 190mm となる。いずれの年齢でも雌の方が大きい（池端 1988）（図 2）。寿命はおおよそ 5 歳とされる。

なお、ここでのいう年齢はふ化（2 月頃）からその年の末までを 0 歳、以降暦年によって 1 歳、2 歳と呼ぶこととした。また、「年級」にはふ化時の年（西暦）を冠することとし、例えば 2017 年級は 2017 年にふ化した年級を指す。

(3) 成熟・産卵

産卵場は、主に朝鮮半島東岸および秋田県や青森県沿岸と推察される。能登半島以西の本州沿岸では、産み付けられた卵やふ化直後の仔魚の報告は若干あるものの、秋田県沿岸

のような大規模な産卵場はない。日本海西部では成熟した個体の多くが本海域外に移出すると考えられる。産卵場や産卵期の詳細は不明であるが、移出していく先の海域の一つとされる日本海北部における情報やトロール調査での採集物の成熟状況等を参考に、年齢と成熟率の関係を図 3 に示した。雄は 1 歳時の夏期からその半数が成熟を始め、この年の年末（近年では 12 月）には再生産に関わる。一方、雌は 1 歳時ではその多くは成熟せず、主に 2 歳時の年末から産卵に参加すると推察される（藤原 未発表）。

(4) 被捕食関係

ハタハタ成魚の主餌料はニホンウミノミ（*Themisto japonica*：端脚類）で、そのほかオキアミ類、橈脚類、イカ類、魚類が多い。沖合ではニホンウミノミの割合が高くなる（秋田県水産振興センターほか 1989）。一方、マダラやアカガレイに捕食されている（藤原 未発表）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

日本海西部では、ほぼ全てが底びき網漁業で漁獲されている。兵庫県と鳥取県は全て沖合底びき網（1 そうびき）（以下、沖底（1 そうびき）という）であり、石川県、福井県、京都府および島根県では小型底びき網が多い。主漁期は 3～5 月であり、休漁期明けの 9～10 月は漁獲されるものの春より少なく、11～1 月はほぼ漁獲されていない。なお、底びき網漁業の本州沿岸域における休漁期は、福井県～島根県では 6～8 月、石川県では 7～8 月である。本州沿岸域の夏期の休漁中にも、日本海中央部の大和堆では操業でき、ホッコクアカエビなどと漁獲されたハタハタが石川県などに水揚げされている。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、1970 年代から 1980 年代半ばには 80 百トンを超える年もあったが、1980 年代後半に減少し、1990 年代は 50 百トンを下回る年が多くなった。1990 年代後半から増加し、2003 年に過去最高（9,475 トン）となった。その後、1～2 年ごとに増減を繰り返していたが、2009 年からは 35～60 百トンで推移し、2017 年は 4,330 トンであった（図 4、図 5、表 1）。府県別では、2002 年までは、兵庫、鳥取両県だけで日本海西部の 7～9 割を占めていた。2003～2013 年は石川県の割合も高かったが、2014 年以降は低下傾向である（図 6、表 1）。なお、2017 年の韓国の漁獲量は 4,965 トンであった（表 1）。

(3) 漁獲努力量

日本海西部における沖底（1 そうびき）のハタハタの有効漁獲努力量を、図 7 および表 1 に示す。1980 年代後半が最高で、その後減少し、1990 年代半ばに約 16 万回となった。2000 年代に入っても減少傾向が続き、2017 年は 8 万 6 千回であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

日本海西部における沖底（1 そうびき）の資源密度指数の 1972～2017 年の推移から資源

水準を判断した。動向については、最新の 2018 年のデータもあるトロール調査（補足資料 3、4 および 5）に基づき面積密度法により推定した資源量により判断した。資源量の推定方法は補足資料 1 および補足資料 2 に、その計算結果を表 2-1 と 2-2 および表 3 に示した。なお、調査結果に基づき推定した資源量から、2004 年以降の漁獲割合と F 値なども把握した。

（2）資源量指標値の推移

沖底（1 そうびき）の資源密度指数（kg/網）（補足資料 6）を図 8 および表 1 に示す。1970 年代前半は 50 前後で非常に高かったが、1970 年代後半に低下して 1993 年に最低の 13.2 となった。1995 年以降は漸増傾向に転じ、2002 年に 25.4 に達し、2003 年には急増して 51.9 となった。その後は 20～50 前後で大きく増減し、2017 年は 2016 年と連続して高く 44.7 であった。

（3）漁獲物の体長組成

鳥取県の漁獲物の体長組成（2007～2017 年）を図 9 に示す。同県によるハタハタの漁獲はほぼ全て沖底（1 そうびき）によるもので、浜田沖、隠岐周辺、隠岐北方および但馬沖における漁獲である。近年、鳥取県では、上半期（1～5 月）の漁獲が多く、下半期（9～12 月）は少ない。

日本海西部では水揚げサイズ制限はなく、1 歳魚は、春に来遊していれば 3 月から漁獲加入して下半期から本格的に漁獲しうるものの、2011 年以降、体長 100～120mm の 1 歳魚とされるものの漁獲は少ない。漁獲量が多かった 2008 年は 2 歳魚が主体で、これは卓越年級とされる 2006 年級である。2009 年の上半期の 180～200mm にみられたものも 2006 年級（3 歳魚）と思われる。そして、2017 年は 150mm 前後の 2 歳魚主体であったが、2016 年にみられた大きいサイズも漁獲されてはいた。

（4）トロール調査に基づく年齢組成

2007～2018 年のトロール調査結果に基づくハタハタの日本海西部における体長組成を図 10 に示す。この体長組成に複合正規分布をあてはめて年齢分解し、調査時点（6 月 1 日）の各年級群各年齢時の現存尾数を求め、図 11 に示す。2015 年調査時点 2 歳の 2013 年級群は、2016 年（3 歳）も多く、2017 年（4 歳）でも認められたことから、豊度が高い年級であったと考えられる。そして、2019 年に 3 歳および 2 歳で漁獲対象となる 2016 年級と 2017 年級の豊度について述べる。2016 年級は 2 歳時点では少なかった。2017 年級は 1 歳時点では非常に多い 2010 年級や 2013 年級を除く、2009 年級以降の平均であった。2017 年級（1 歳時点）は、2018 年調査で体長 100mm 以下の個体が雄でわずかに出現し、また平均体長が雌雄ともに小さめで、来遊遅れの可能性がややあるものの、2006 年級（2007 年 1 歳）や 2013 年級（2014 年 1 歳）に比べるとその程度は低い。

（5）資源量と漁獲割合の推移

2004～2018 年の年齢別資源尾数（1 月 1 日時点）と、資源量（1 月 1 日時点）および漁獲割合の推移を、図 12、図 13 および表 2-1、表 3 に示す。資源尾数では、基本的には 1

歳魚が最も多いが、豊度の高い年級が2歳になる年は2歳魚主体の年齢組成となる。2004年以降の資源量は9千トン～5万7千トンまで大きく変動してきた。2014年は3万4千トンであったが、2015年には5万7千トンとなった。2016年は2万5千トンに減少し、2018年は16,843トンであった。なお、2010年以降について、漁獲情報に基づく資源密度指数は大きく上昇しており、1歳魚情報も含む資源量の推移とは異なる。このような推移の違いは、2009年に始まった1歳魚保護の取り組みにより資源密度指数には1歳魚の情報が反映されにくくなっていることによると推察される。

本報告では、2017年までの漁獲量および2018年の漁獲量の予測値（1～5月の漁獲量速報値と年間漁獲量は相関している）と資源量推定値を用いて漁獲割合を重量ベースで求め、2004～2018年の全年齢群のF値（年齢別選択率は全て1を仮定）を計算している（補足資料2）。漁獲割合（図13、表3）は低下傾向にあり、2009年以降はそれより以前に比べて全体的に低い。2018年の漁獲割合は16%であった。全年齢群のF値（図14、表3）も低下傾向にあり、2013年以降0.11～0.22で推移し、2018年は0.17であった。親魚量（前年）と加入量（1歳魚）（翌年）を図15および表3に示す。親魚量は1,159トンから2万7千トンで推移し、2018年は4,505トンであった。加入量は52～776百万尾の間で大きく変動し、2017年は244百万尾であった。

（6）資源の水準・動向

資源水準の判断には沖底（1そうびき）の資源密度指数（kg/網）を用いた。ただし、水準判断には、本種特有の数年ごとの半減・倍増の影響を取り除く目的で、3年の平均値を用いることとした。3年の平均値とは、当年とその前年および前々年の平均である。水準区分の基準値として、資源密度指数の3年平均の最高値（50.6）を3等分し、33.7を高位と中位の境、16.9を中位と低位の境とした（図8）。2015～2017年の資源密度指数の平均は43.4であったことから、水準は高位と判断した。

動向は、2018年のデータもあるトロール調査に基づく資源量の直近5年間（2014～2018年）の推移より判断した。資源量は、2014年の3万4千トンから2015年は5万7千トンまで増加したものの、2018年は1万7千トンであった。動向は減少と判断した。

（7）今後の加入量の見積もり

前年親魚量と翌年加入量（1歳魚）の関係を図16に、再生産成功率（RPS）の経年推移を図17および表3に示す。本報告では、t年の再生産成功率（RPS）は、(t+1)年の加入尾数（1歳）を(t-1)年の産卵親魚量で除した値である。再生産成功率は、2010年以降高く、2013年に過去最高となったが、その後低下した。2017年はやや上昇して22.6（尾/kg）であった。2005～2017年の中央値は31.5（尾/kg）であった。

（8）資源と漁獲の関係

YPRおよび%SPRを求めた（図18）。ハタハタの年齢別体重は、トロール調査に基づきそれぞれ1歳33g、2歳55g、3歳75g、4歳88gとした（藤原 未発表）。漁獲開始年齢は1歳とした。成熟率は1歳で0.0、2歳以上1.0とした。

現状のF（F_{current}）を2016～2018年の平均のFとした。F_{current}（=0.21）は、F_{med}

(=0.17) よりも高いが、F0.1 や F30%SPR を大きく下回っている。

5. 2019 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

本系群の漁獲量は、1970 年代から 1980 年代半ばには 80 百トンを超える年もあったが、1980 年代後半に減少し、1990 年代は 50 百トンを下回る年が多くなった。2000 年以降は増加し、2003 年には過去最高（9,475 トン）となった。その後も半減・倍増を繰り返していたが、2009 年以降は 35～60 百トンで推移し、2017 年は 4,330 トンであった。沖底（1 そうびき）の資源密度指数は中長期的には漁獲量と同様に推移している。資源密度指数（kg/網）の 2015～2017 年の平均は 43.4 であったことから、水準は高位と判断した。また、直近 5 年間（2014～2018 年）の資源量の推移から、動向は減少と判断した。2018 年の資源量は 1 万 7 千トンであった。

(2) ABC の算定

現在、得られている再生産成功率のデータは年数が少なく、再生産関係に基づく Blimit の設定はできないため、ABC 算定の規則の 1-3) - (2) に基づき、

$$Flimit = \text{基準値} \times \beta_1$$

$$Ftarget = Flimit \times \alpha$$

によって、現状の漁獲圧を維持しながら資源を有効利用することを管理目標として、2019 年 ABC を算定した。基準値は Fcurrent とした。現状の F (Fcurrent) による 2019 年の漁獲量を補足資料 2 に基づき 3,755 トンと推定した。水準は高位であることから、 β_1 は 1.0 とした。ABClimit=3,755 トン、ABCtarget=3,064 トンと算定した。

管理基準	Target / Limit	2019 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの増減%)
Fcurrent	Target	31	15	0.17 (-20%)
	Limit	38	19	0.21 (0%)

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、管理基準の下でより安定的な資源の維持が期待される F 値の漁獲量である。ABCtarget = α ABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。ABC の値は十の位を四捨五入した。漁獲割合は 2019 年の ABC を 4 月 1 日時点の資源量で除した値（補足資料 2）。

(3) ABC の評価

各管理基準に基づく漁獲量、資源量および親魚量の変化を下表および図 19～21 に示した。現状の漁獲（Fcurrent=0.21）であれば、2023 年まで現状の資源量は維持される。現状の漁獲圧を維持しながら、資源を有効利用するべきである。なお、将来予測では、2005 年以降の中央値 RPSmed を用いた。

管理基準	F値	漁獲量(トン)						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fcurrent	0.21	4,330	2,507	3,755	3,418	3,140	3,234	3,040
0.8Fcurrent	0.16	4,330	2,507	3,064	2,879	2,718	2,884	2,794
Fmed	0.16	4,330	2,507	2,958	2,793	2,647	2,822	2,746
F30%SPR	0.45	4,330	2,507	7,282	5,545	4,350	3,740	2,944
F0.1	0.67	4,330	2,507	9,842	6,431	4,373	3,167	2,121
		資源量(トン)						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fcurrent	0.21	24,223	16,843	21,506	19,579	17,987	18,524	17,411
0.8Fcurrent	0.16	24,223	16,843	21,506	20,206	19,075	20,244	19,608
Fmed	0.16	24,223	16,843	21,506	20,302	19,244	20,515	19,961
F30%SPR	0.45	24,223	16,843	21,506	16,377	12,848	11,046	8,696
F0.1	0.67	24,223	16,843	21,506	14,053	9,555	6,920	4,635
		親魚量(トン)						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Fcurrent	0.21	8,510	4,505	6,263	7,361	5,675	5,378	5,691
0.8Fcurrent	0.16	8,510	4,505	6,526	7,993	6,333	6,152	6,710
Fmed	0.16	8,510	4,505	6,566	8,092	6,438	6,278	6,878
F30%SPR	0.45	8,510	4,505	4,918	4,539	3,005	2,458	2,164
F0.1	0.67	8,510	4,505	3,941	2,915	1,699	1,211	893

Fcurrent は 2016～2018 年の平均、各年齢の F 値は等しいと仮定した。親魚量は漁期後の値である。

(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
2016 年漁獲量（農林統計）確定値	2016 年漁獲量の確定
2017 年漁獲量（農林統計）暫定値	2017 年漁獲量（農林統計）の追加
2017 年漁獲量（府県集計）6～12 月の速報値	2017 年漁獲量（府県集計）6～12 月の追加 2017 年の年齢別漁獲尾数の確定
2018 年漁獲量（府県集計）1～5 月の速報値	2018 年漁獲量（府県集計）1～5 月の追加 2018 年の年齢別漁獲尾数の更新
2017 年資源尾数確定値	2017 年資源尾数の確定 2017 年の年齢別資源尾数、F 値の確定
2018 年現存尾数	2018 年資源尾数の更新 2018 年の年齢別資源尾数、F 値の更新

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F 値	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2017 年 (当初)	Fcurrent	0.14	451	56	45	
2017 年 (2017 年 再評価)	Fcurrent	0.15	242	32	26	
2017 年 (2018 年 再評価)	Fcurrent	0.15	242	32	26	43 (0.22)
2018 年 (当初)	Fcurrent	0.18	256	40	33	
2018 年 (2018 年 再評価)	Fcurrent	0.18	168	27	22	

2018 年 (2018 年再評価) では、トロール調査で直接得られた資源量が当初の推定値よりも少なく、ABClimit が下方修正された。また、2017 年 (2018 年再評価) では、漁獲量の暫定値と確定値が同値であったため、変更はなかった。

6. ABC 以外の管理方策の提言

2008 年は、非常に多く水揚げされ、市場での単価の低下、処理能力の限界から、各府県で水揚げ量の制限・網目拡大などの自主的な取り組みが実施された。そして、2009 年以降、単価が極端に安い 1 歳魚が多く混じると水揚げが控えられており、1 歳魚が保護されやすくなっている。1 年保護して 2 歳以上になってから漁獲する方が経済効率は高くなる (志村 2012) ことから、今後も網目拡大の取り組みは続け、経済効率の高い 2 歳魚主体に漁獲することが重要である。

7. 引用文献

- 秋田県水産振興センター・山形県水産試験場・鳥取県水産試験場・島根県水産試験場(1989) ハタハタの生態と資源管理に関する研究報告書. 昭和 63 年度水産業地域重要新技術開発促進事業報告書, 118 pp.
- 池端正好(1988) ハタハタの耳石に関する基礎的研究. 第 2 回ハタハタ研究協議会報告書, 40-50.
- 日本海区水産研究所(1980~2011) 日本海沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計調査資料.
- 沖山宗雄(1970) ハタハタの資源生物学的研究 II 系統群(予報). 日水研報, 22, 59-69.
- 志村 健(2012) 鳥取県のハタハタの資源動向、資源管理について. 第 13 回日韓水産セミナー(講演要旨集), 24-27.
- Shirai, S. M., R. Kuranaga, H. Sugiyama and M. Higuchi. (2006) Population structure of the sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Trichodontidae), in the Sea of Japan. Ichthyol. Res., 53, 357-368.



図1. ハタハタ日本海西部系群の分布

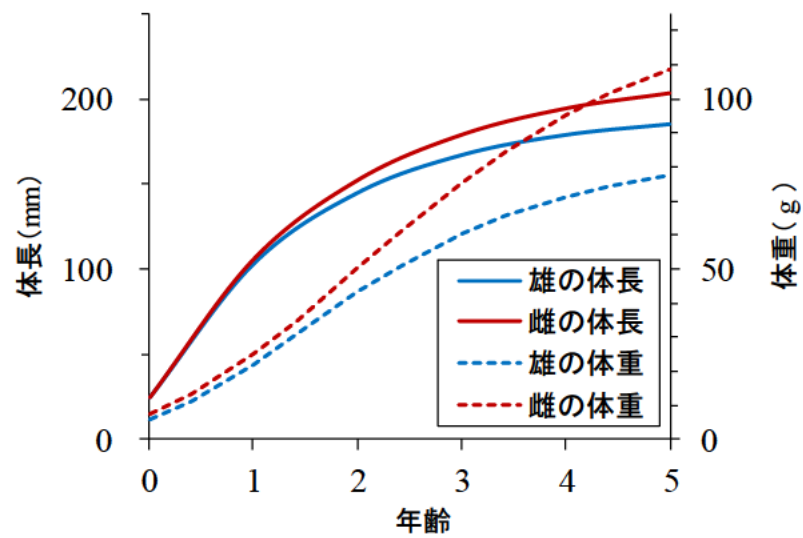


図2. ハタハタの年齢と体長および体重の関係

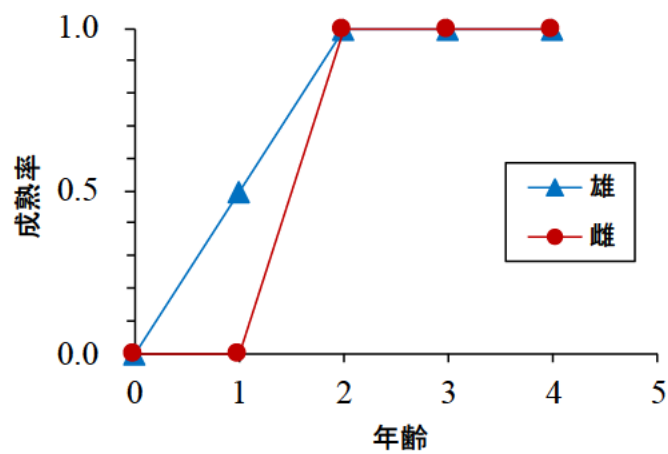


図3. ハタハタの年齢と成熟率の関係

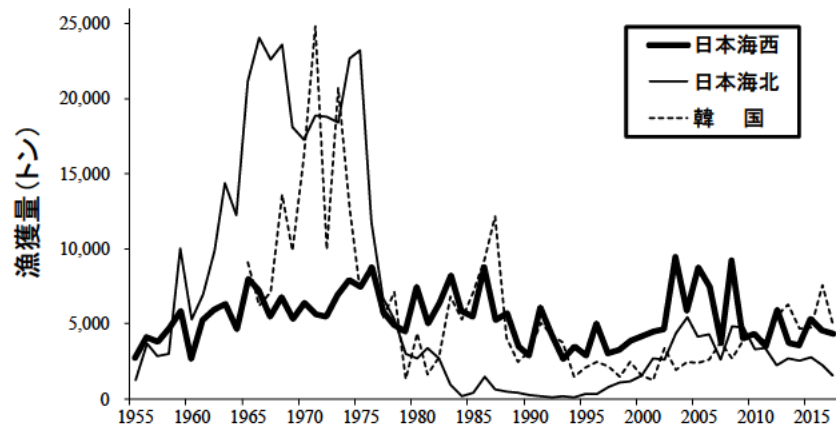


図4. 日本海3海域におけるハタハタの漁獲量（1955～2017年）
日本海西：島根県～石川県、日本海北：富山県～青森県、
韓国：韓国国内全域（主な漁場は朝鮮半島東岸）。

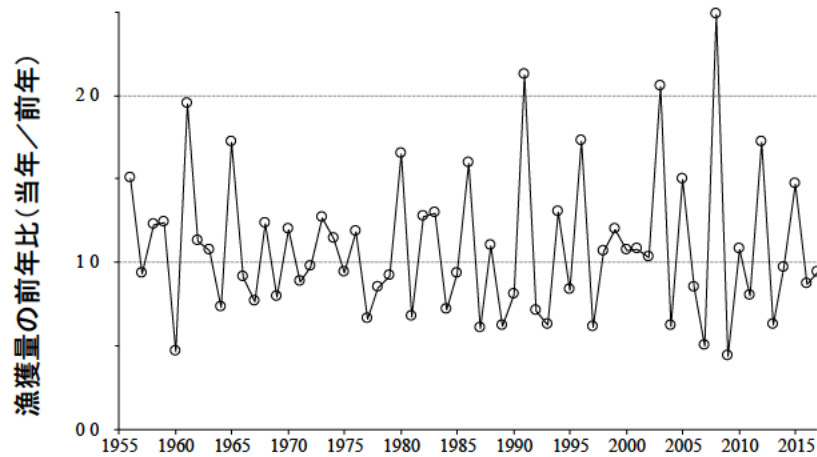


図5. 日本海西部における漁獲量の前年比（当年／前年）

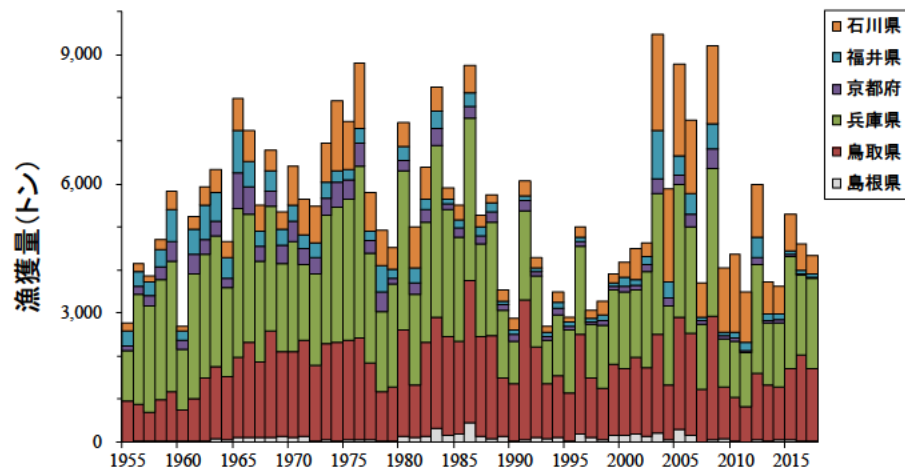


図6. 日本海西部における漁獲量（1955～2017年）

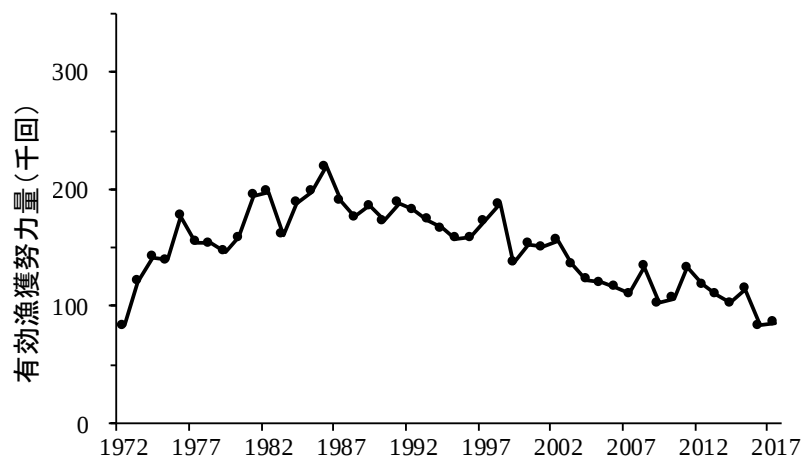


図7. 日本海西部におけるハタハタの有効漁獲努力量（1972～2017年）
沖合底びき網（1そうびき）の漁獲成績報告書に基づいた。

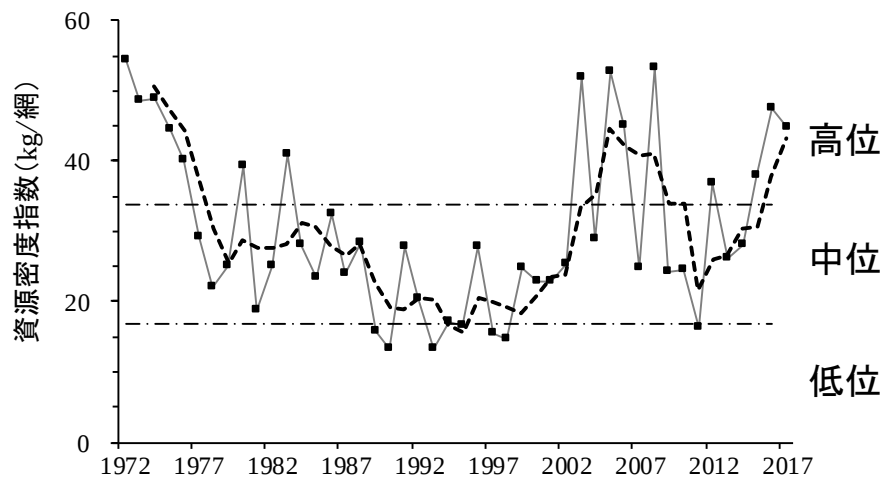


図8. 日本海西部におけるハタハタの資源密度指数とその平均
沖合底びき網（1そうびき）の漁獲成績報告書に基づいた。
実細線：資源密度指数、太破線：3年平均。
長破線：水準の判断の区分。

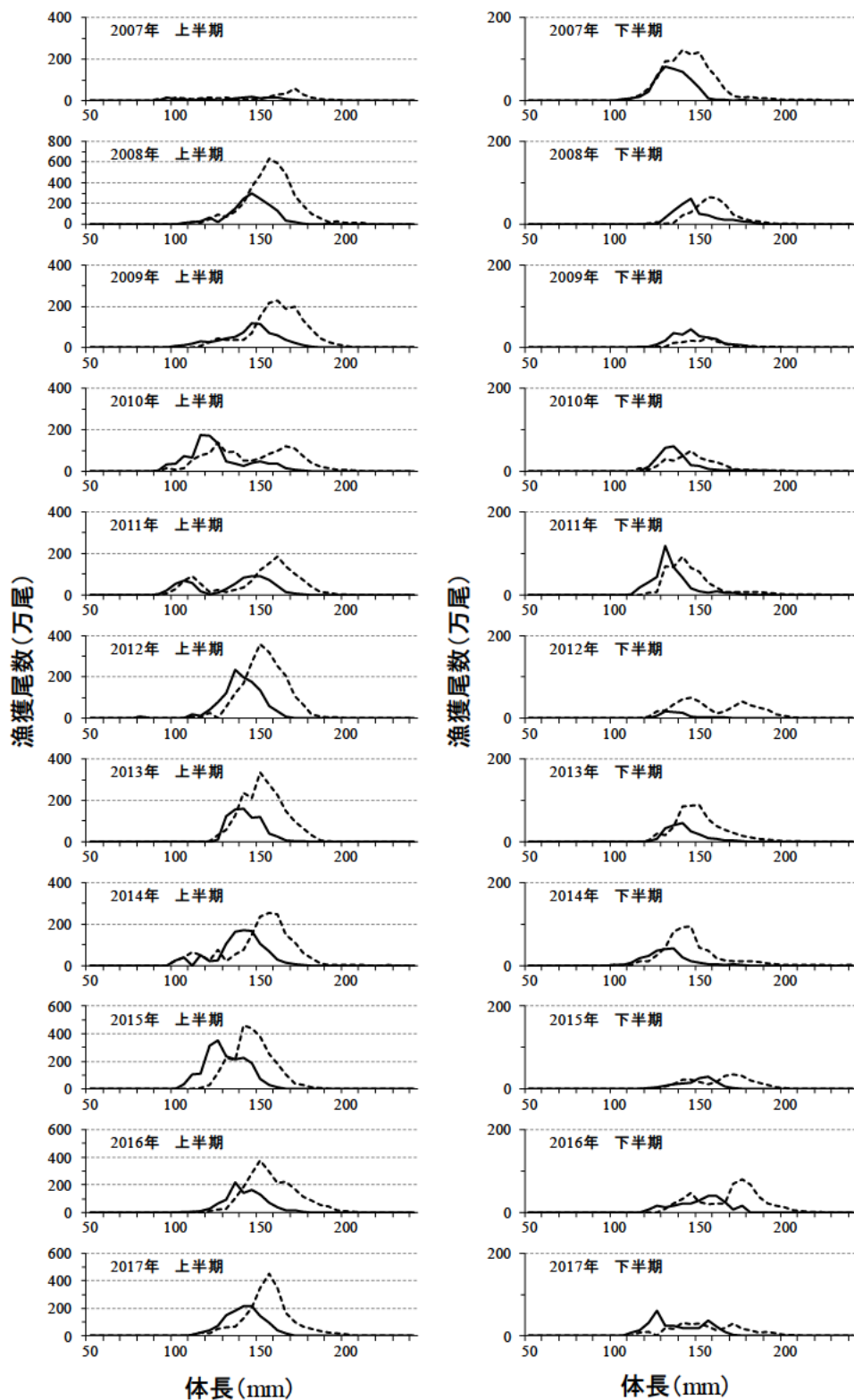


図9. 鳥取県に水揚げされた漁獲物の体長組成 (2007～2017年)
 左は上半期 (1～5月)、右は下半期 (9～12月) である。
 実線：雄、破線：雌。

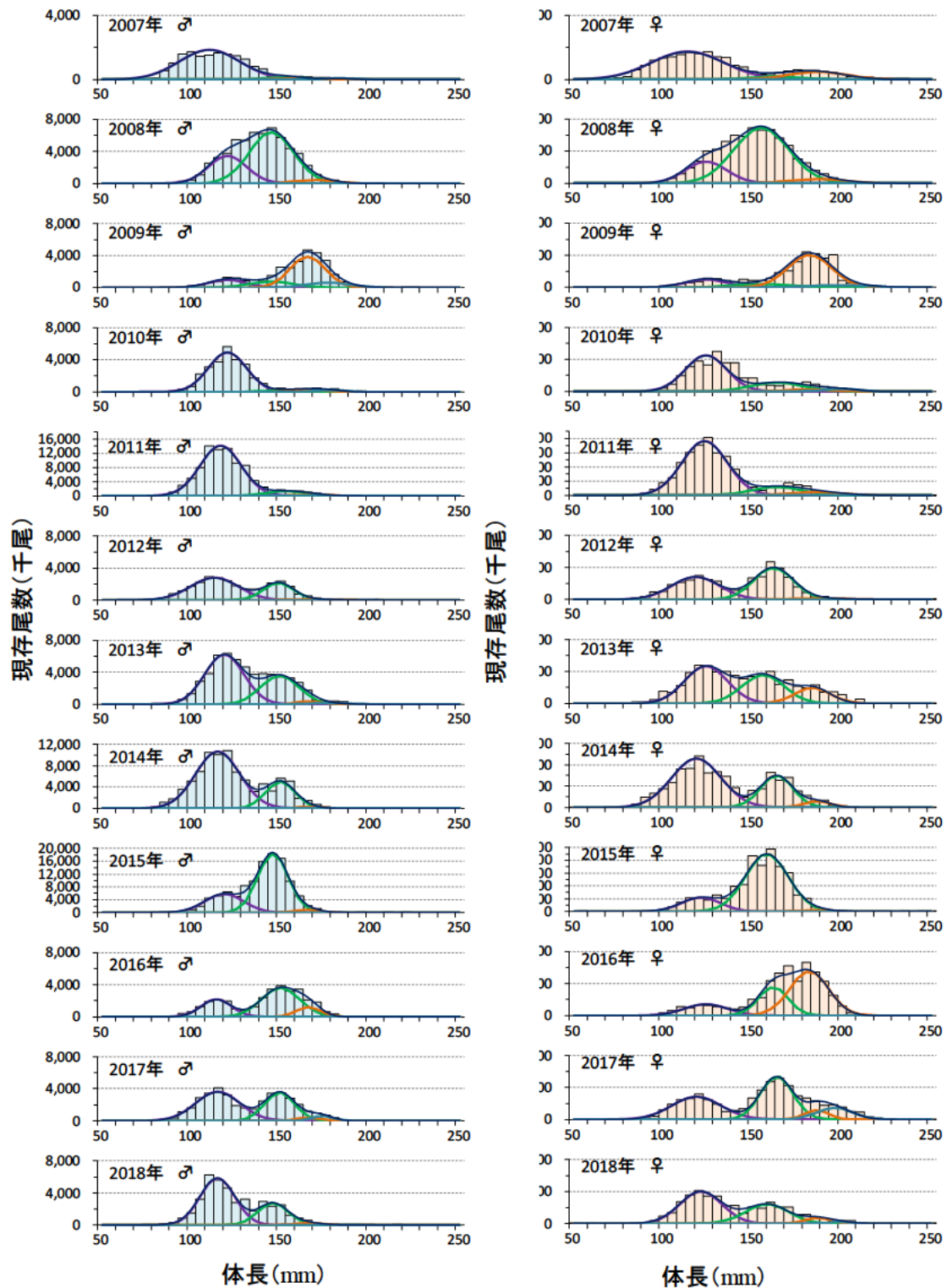


図10. 2007～2018年までのズワイガニ等底魚資源調査（但州丸）を基にした
日本海西部におけるハタハタの体長組成（左図：雄、右図：雌）
紫線：1歳魚、緑線：2歳魚、橙線：3歳魚、黒線：合計。

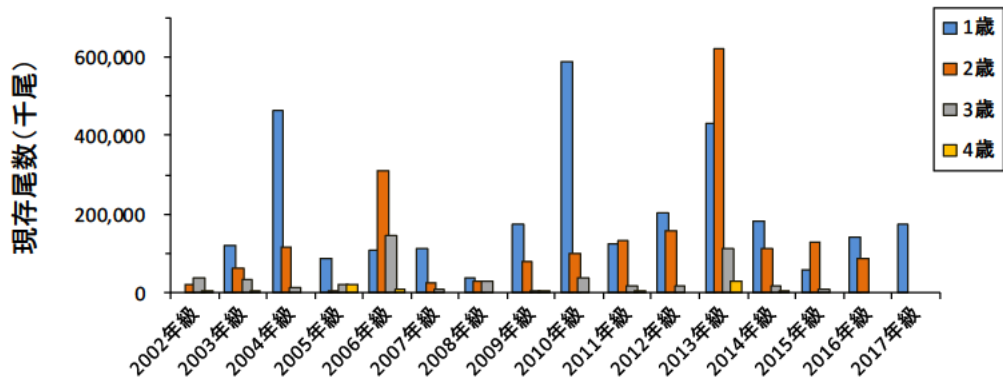


図11. 日本海西部におけるハタハタの年級群別現存尾数
(調査時点(6月1日))

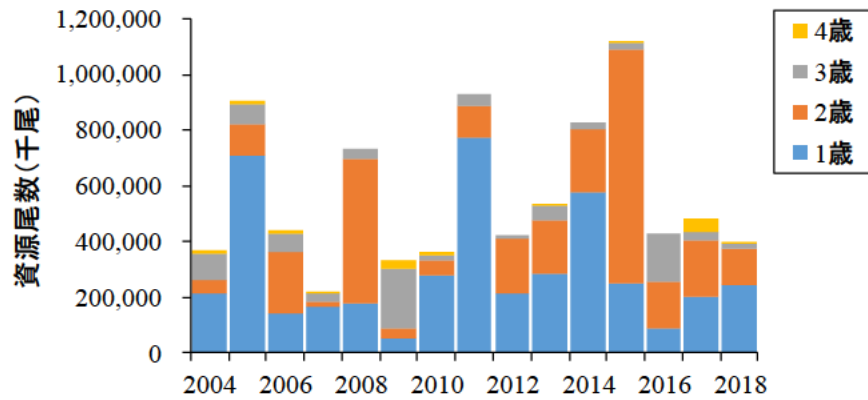


図12. 年齢別資源尾数(1月1日時点)

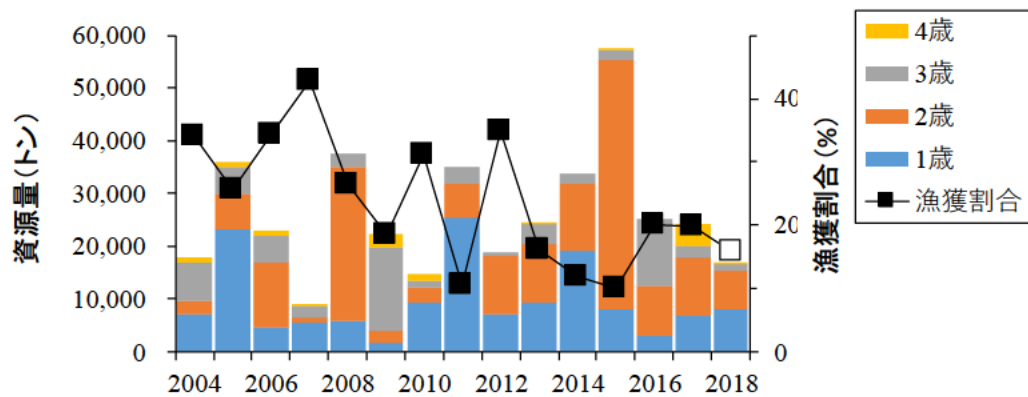


図13. 資源量(1月1日時点)と漁獲割合の経年推移
白抜きは計算に予測値を含む2018年である。

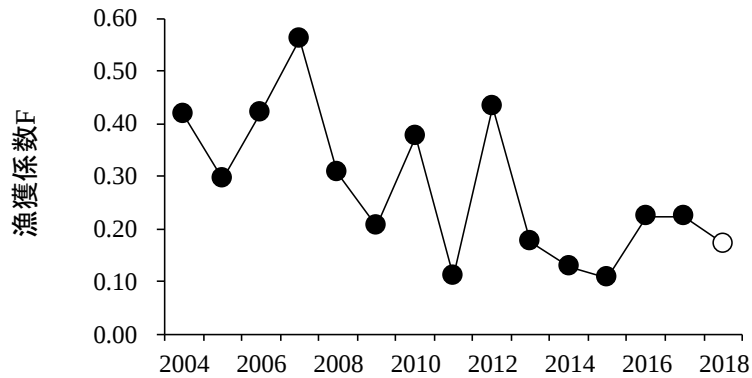


図14. 漁獲係数F（全年齢群のF値）の推移
 白抜きは計算に予測値を含む2018年である。
 全年齢群のF値は、各年齢のF値は等しいと仮定し、漁獲割合より算出した値（補足資料2）。

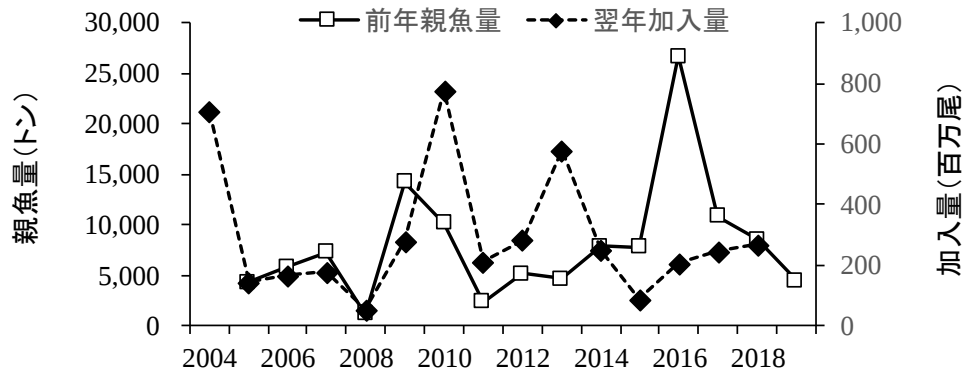


図15. 前年親魚量と翌年加入量（1歳魚）の推移

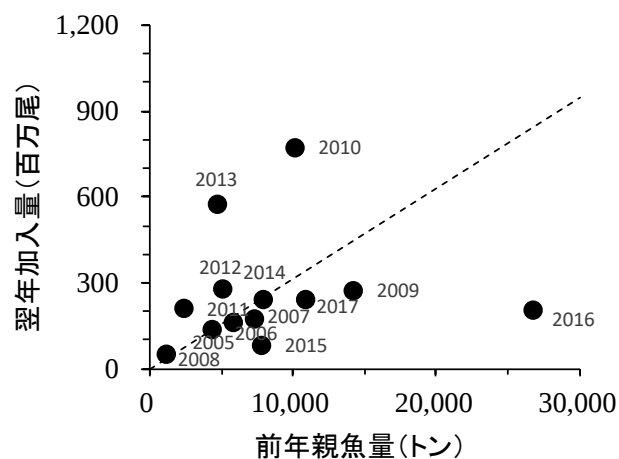


図16. 前年親魚量と翌年加入量（1歳魚）の関係
 ラベルは加入量とした年級がふ化した年を示す。破線は RPS_{med} である。t年の再生産成功率（RPS）はt+1年の加入尾数（1歳）をt-1年の産卵親魚量で除した値である。

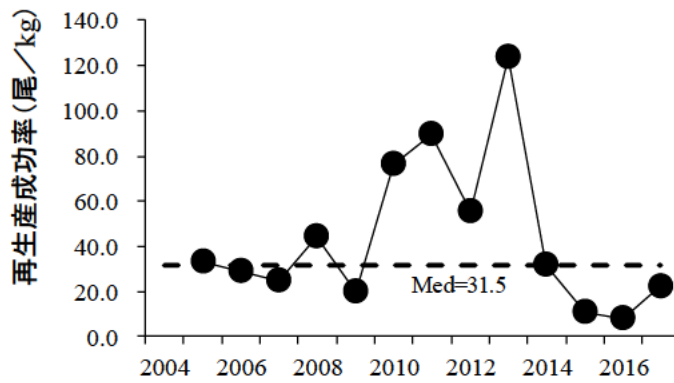


図17. 再生産成功率の推移
横軸は、再生産成功率の計算において加入量とした年級群が
ふ化した年を示す。破線は2005～2017年の中央値 (Med) である。

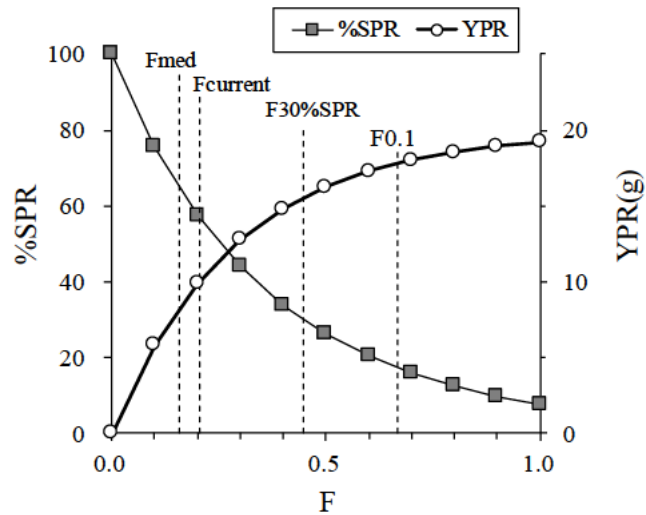


図18. %SPR、加入量あたり漁獲量 (YPR) と漁獲係数Fの関係

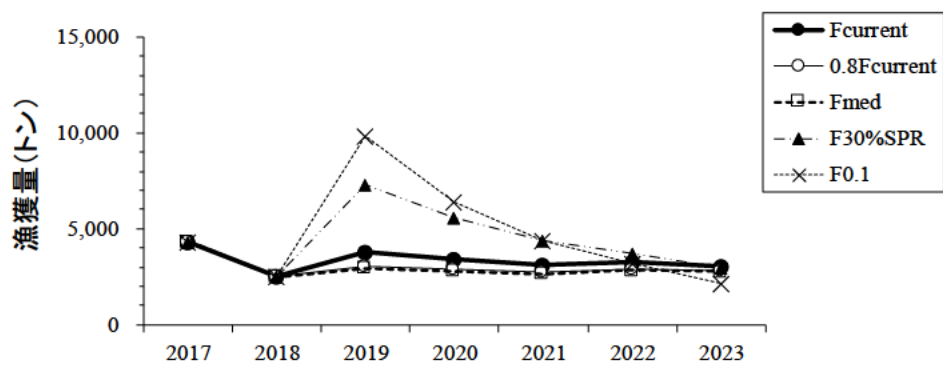


図19. 様々な管理基準に基づく漁獲量の変化

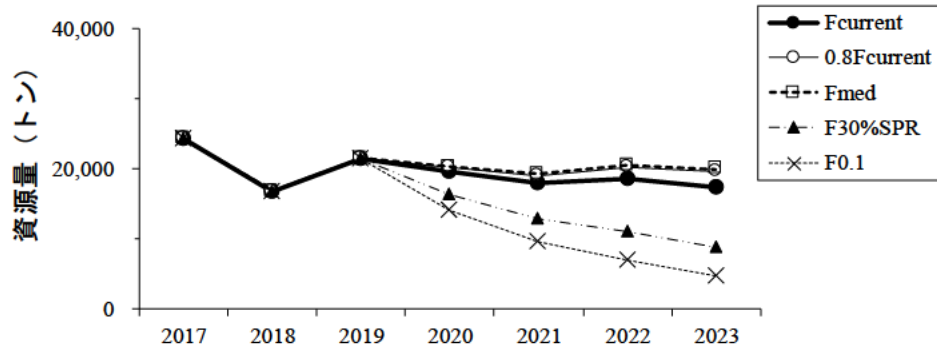


図20. 様々な管理基準に基づく資源量の変化

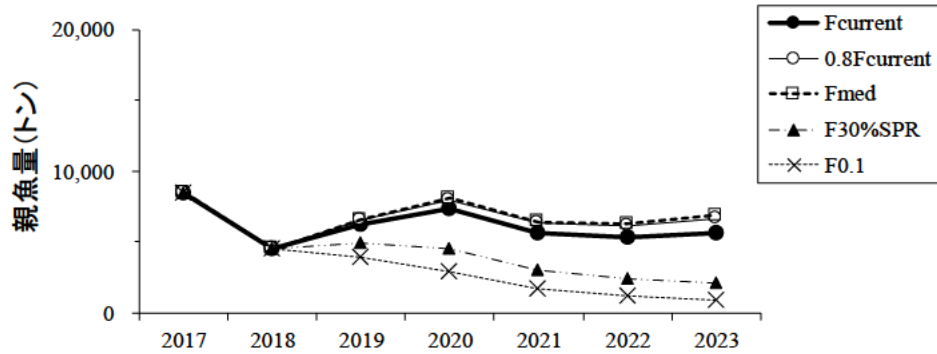


図21. 様々な管理基準に基づく親魚量の変化

表 1. 日本海西部の各府県の漁獲量（トン）と日本海西区・中区・沖合区における沖合底びき網（1 そうびき）の資源密度指数と有効漁獲努力量（回）並びに韓国の漁獲量（トン）

年	島根	鳥取	兵庫	京都	福井	石川	西部計	密度指数	漁獲努力量	韓国
1971	118	2,246	1,769	351	332	817	5,633			24,809
1972	19	1,767	2,111	399	339	840	5,475	54.3	83,711	9,961
1973	49	2,232	2,979	402	386	892	6,940	48.6	121,070	20,736
1974	17	2,297	3,135	585	282	1,607	7,923	48.9	141,554	12,723
1975	58	2,299	3,281	453	244	1,113	7,448	44.4	139,288	7,267
1976	45	2,366	4,015	510	350	1,522	8,808	40.0	177,217	9,065
1977	42	1,800	2,541	294	222	896	5,795	29.2	154,647	5,363
1978	19	1,146	1,859	464	617	819	4,924	22.0	153,866	7,097
1979	18	1,267	2,393	136	209	488	4,511	25.0	146,347	1,367
1980	130	2,473	3,716	216	339	562	7,436	39.1	158,790	4,348
1981	91	1,241	2,111	254	338	978	5,013	18.9	194,792	1,631
1982	131	2,183	2,787	291	241	743	6,376	24.9	197,591	2,748
1983	314	2,591	3,980	403	397	553	8,238	40.8	161,241	6,834
1984	168	2,270	2,952	138	125	247	5,900	28.0	187,872	5,295
1985	183	2,163	2,426	216	186	322	5,496	23.3	198,082	7,100
1986	446	3,303	3,791	256	326	634	8,756	32.4	218,995	9,346
1987	121	2,322	2,166	184	196	266	5,255	23.8	189,780	12,169
1988	70	2,409	2,638	238	211	187	5,753	28.4	176,495	4,099
1989	119	1,369	1,573	124	92	265	3,542	15.9	185,438	2,470
1990	17	1,335	994	158	98	261	2,863	13.3	172,956	3,163
1991	53	3,248	2,079	246	86	363	6,075	27.7	187,947	5,034
1992	101	2,111	1,643	117	69	247	4,288	20.3	182,483	4,202
1993	73	1,281	1,012	92	84	131	2,673	13.2	173,418	3,781
1994	103	1,424	1,426	151	140	234	3,478	17.0	166,614	1,466
1995	21	1,119	1,469	70	101	116	2,896	16.7	157,994	2,065
1996	190	2,321	2,025	127	100	237	5,000	27.7	158,334	2,501
1997	95	1,385	1,246	65	70	207	3,068	15.3	173,310	2,194
1998	42	1,209	1,449	110	135	316	3,261	14.6	187,057	1,490
1999	161	1,643	1,723	93	66	223	3,909	24.8	136,808	2,449
2000	160	1,532	1,805	121	207	354	4,179	22.9	152,846	1,571
2001	181	1,778	1,580	115	114	723	4,491	22.9	150,614	1,286
2002	124	1,593	2,255	151	197	298	4,618	25.4	155,890	3,382
2003	217	2,292	3,253	360	1,105	2,248	9,475	51.9	136,085	1,928
2004	52	1,268	1,846	198	367	2,142	5,873	28.9	122,944	2,472
2005	295	2,612	3,090	203	458	2,124	8,782	52.7	120,371	2,401
2006	152	2,361	2,483	299	476	1,695	7,466	45.2	116,527	2,647
2007	6	1,219	1,512	84	86	799	3,706	24.8	111,073	3,769
2008	52	2,881	3,437	443	593	1,811	9,217	53.2	133,950	2,720
2009	66	1,201	1,113	86	84	1,496	4,046	24.2	102,487	3,939
2010	10	1,023	1,307	76	142	1,814	4,372	24.5	107,083	4,236
2011	3	819	1,256	61	177	1,168	3,484	16.4	132,669	3,834
2012	43	1,555	2,535	140	489	1,218	5,980	36.8	118,642	5,494
2013	17	1,316	1,430	63	141	768	3,735	26.2	110,105	6,305
2014	39	1,225	1,508	64	155	623	3,614	28.1	103,127	4,684
2015	54	1,647	2,608	50	87	861	5,307	38.0	114,771	4,762
2016	14	1,995	1,864	41	86	601	4,601	47.4	83,913	7,592
2017	18	1,682	2,107	30	71	422	4,330	44.7	86,171	4,965

* 漁業・養殖業生産統計年報より。 韓国の値は韓国統計庁 漁業生産統計による。

表 2-1. トロール調査に基づく各時点における資源尾数と資源量

調査時点（6月1日）の現存尾数（千尾）									
	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
現存尾数 （千尾）	1歳	122,529	465,183	88,216	110,014	113,905	37,139	173,813	588,859
	2歳	22,692	62,439	118,341	6,259	310,210	26,767	29,432	79,218
	3歳	49,396	37,641	34,684	13,410	22,114	145,343	9,003	28,377
	4歳	5,101	6,506	6,253	843	0	19,796	7,873	0
	計	199,718	571,770	247,494	130,527	446,229	229,045	220,121	696,454

調査時点（6月1日）の現存量（トン）									
	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
現存量* （トン）	1歳	4,027	15,288	2,899	3,616	3,743	1,221	5,712	19,352
	2歳	1,271	3,497	6,628	351	17,375	1,499	1,649	4,437
	3歳	3,701	2,820	2,599	1,005	1,657	10,890	675	2,126
	4歳	449	572	550	74	0	1,741	692	0
	計	9,447	22,178	12,676	5,045	22,775	15,350	8,728	25,916

1月1日時点の資源尾数（千尾）									
	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源尾数 （千尾）	1歳	213,318	707,888	142,522	167,158	177,585	51,568	278,151	776,260
	2歳	45,176	116,359	220,246	14,661	518,431	38,881	55,515	113,496
	3歳	98,340	70,145	64,551	31,410	36,958	211,123	16,981	40,656
	4歳	10,155	12,125	11,638	1,976	0	28,756	14,851	0
	計	366,989	906,516	438,958	215,205	732,974	330,328	365,499	930,412

1月1日時点の資源量（トン）									
	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源量* （トン）	1歳	7,011	23,264	4,684	5,494	5,836	1,695	9,141	25,511
	2歳	2,530	6,517	12,336	821	29,038	2,178	3,109	6,357
	3歳	7,368	5,255	4,836	2,353	2,769	15,818	1,272	3,046
	4歳	893	1,066	1,023	174	0	2,529	1,306	0
	計	17,802	36,103	22,880	8,842	37,643	22,219	14,829	34,914

4月1日**時点の資源尾数（千尾）									
	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源尾数 （千尾）	1歳	188,253	624,709	125,775	147,516	156,718	45,509	245,468	685,047
	2歳	39,868	102,686	194,367	12,939	457,514	34,312	48,992	100,159
	3歳	86,784	61,903	56,966	27,720	32,615	186,315	14,986	35,879
	4歳	8,962	10,700	10,271	1,743	0	25,377	13,106	0
	計	323,867	799,997	387,379	189,918	646,847	291,513	322,552	821,086

4月1日**時点の資源量（トン）									
	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源量* （トン）	1歳	6,187	20,531	4,134	4,848	5,150	1,496	8,067	22,514
	2歳	2,233	5,752	10,887	725	25,626	1,922	2,744	5,610
	3歳	6,502	4,638	4,268	2,077	2,444	13,959	1,123	2,688
	4歳	788	941	903	153	0	2,232	1,152	0
	計	15,710	31,861	20,191	7,803	33,220	19,608	13,087	30,812

*各年齢の平均体重は、7月1日時点の値、1歳33g、2歳56g、3歳75g、4歳以上88gと仮定した。

**春漁が最盛期であり、4月1日にパルス的に漁獲すると仮定した。

表 2-1. トロール調査に基づく各時点における資源尾数と資源量（続き）

調査時点（6月1日）の現存尾数（千尾）

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
現存尾数 （千尾）	1歳	125,475	204,885	430,428	183,626	58,660	140,309	173,110
	2歳	101,980	132,900	158,451	619,937	113,139	130,209	87,164
	3歳	5,418	36,851	17,756	15,837	113,492	17,629	10,939
	4歳	0	2,837	0	466	0	31,009	2,328
	計	232,873	377,473	606,634	819,866	285,291	319,157	273,542

調査時点（6月1日）の現存量（トン）

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
現存量* （トン）	1歳	4,124	6,733	14,146	6,035	1,928	4,611	5,689
	2歳	5,712	7,444	8,875	34,723	6,337	7,293	4,882
	3歳	406	2,761	1,330	1,187	8,503	1,321	820
	4歳	0	249	0	41	0	2,727	205
	計	10,242	17,188	24,351	41,986	16,768	15,952	11,596

1月1日時点の資源尾数（千尾）

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
資源尾数 （千尾）	1歳	212,297	282,558	578,237	247,533	85,450	204,534	243,912	268,381
	2歳	197,376	195,819	226,489	844,972	170,002	200,942	130,266	124,468
	3歳	10,486	54,298	25,380	21,586	170,533	27,206	16,349	66,475
	4歳	0	4,180	0	635	0	47,855	3,479	8,343
	計	420,158	536,855	830,105	1,114,726	425,985	480,537	394,007	467,667

1月1日時点の資源量（トン）

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
資源量* （トン）	1歳	6,977	9,286	19,003	8,135	2,808	6,722	8,016	8,820
	2歳	11,055	10,968	12,686	47,328	9,522	11,255	7,296	6,972
	3歳	786	4,068	1,902	1,617	12,777	2,038	1,225	4,981
	4歳	0	368	0	56	0	4,208	306	734
	計	18,818	24,690	33,591	57,136	25,107	24,223	16,843	21,506

4月1日**時点の資源尾数（千尾）

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
資源尾数 （千尾）	1歳	187,351	249,357	510,292	218,447	75,409	180,501	215,251	236,845
	2歳	174,183	172,810	199,876	745,685	150,027	177,331	114,960	109,843
	3歳	9,253	47,918	22,397	19,049	150,495	24,009	14,428	58,664
	4歳	0	3,688	0	560	0	42,232	3,071	7,363
	計	370,788	473,773	732,565	983,742	375,931	424,073	347,710	412,714

4月1日**時点の資源量（トン）

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
資源量* （トン）	1歳	6,157	8,195	16,770	7,179	2,478	5,932	7,074	7,784
	2歳	9,756	9,679	11,195	41,767	8,403	9,933	6,439	6,152
	3歳	693	3,590	1,678	1,427	11,276	1,799	1,081	4,395
	4歳	0	324	0	49	0	3,714	270	647
	計	16,607	21,789	29,644	50,422	22,157	21,377	14,864	18,979

*各年齢の平均体重は、7月1日時点の値、1歳33g、2歳56g、3歳75g、4歳以上88gと仮定した。

**春漁が最盛期であり、4月1日にパルス的に漁獲すると仮定した。

表 2-2. 資源計算に用いた漁獲量および 1～5 月の漁獲尾数

各年1～2月および3～5月および年計の漁獲量（トン）（速報値）

	月	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲量 （トン）	1～2月	1,100	1,912	1,949	955	1,733	735	700	610
	3～5月	3,907	5,224	3,952	1,179	6,055	1,955	2,612	1,823

各年の年計の漁獲量（トン）の速報値と農林統計値

		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲量 （トン）	速報値	5,365	8,144	6,930	3,349	8,764	3,632	4,086	3,205
	農林値	5,873	8,782	7,466	3,706	9,217	4,046	4,372	3,484

1～2月の年齢別漁獲尾数（千尾）

	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲尾数* （千尾）	1歳	0	0	0	0	0	0	0	0
	2歳	4,604	17,328	23,590	4,182	28,251	1,392	6,833	7,362
	3歳	10,022	10,446	6,914	8,960	2,014	7,560	2,090	2,637
	4歳	1,035	1,806	1,247	564	0	1,030	1,828	0

3～5月の年齢別漁獲尾数（千尾）

	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲尾数* （千尾）	1歳	50,672	109,576	27,503	25,707	30,283	4,731	52,028	41,415
	2歳	9,384	14,708	36,895	1,463	82,472	3,410	8,810	5,572
	3歳	20,428	8,866	10,813	3,133	5,879	18,515	2,695	1,996
	4歳	2,109	1,533	1,950	197	0	2,522	2,357	0

*月別漁獲量（府県調べの速報値）とトロール調査結果の年齢別重量組成に基づき計算した（補足資料2）。

表 2-2. 資源計算に用いた漁獲量および 1～5 月の漁獲尾数（続き）

各年1～2月および3～5月および年計の漁獲量（トン）（速報値）

	月	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
漁獲量 （トン）	1～2月	1,210	801	713	437	553	787	410
	3～5月	3,828	2,058	2,210	3,968	3,064	2,929	1,670

各年の年計の漁獲量（トン）の速報値と農林統計値

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
漁獲量 （トン）	速報値	5,807	3,485	3,506	5,081	4,444	4,240	2,358
	農林値	5,980	3,735	3,614	5,307	4,601	4,330	2,507

1～2月の年齢別漁獲尾数（千尾）

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
漁獲尾数* （千尾）	1歳	0	0	0	0	0	0	0
	2歳	20,161	10,179	11,063	7,534	4,216	9,038	6,051
	3歳	1,071	2,822	1,240	192	4,229	1,224	759
	4歳	0	217	0	6	0	2,152	162

3～5月の年齢別漁獲尾数（千尾）

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
漁獲尾数* （千尾）	1歳	46,896	24,534	39,064	17,355	10,720	25,760	24,931
	2歳	38,115	15,914	14,380	58,592	20,676	23,905	12,553
	3歳	2,025	4,413	1,611	1,497	20,741	3,237	1,575
	4歳	0	340	0	44	0	5,693	335

*月別漁獲量（府県調べの速報値）とトロール調査結果の年齢別重量組成に基づき計算した（補足資料2）。

表 3. トロール調査に基づく資源計算の結果

漁獲割合 とF値

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲量 (トン) * ¹	5,365	8,144	6,930	3,349	8,764	3,632	4,086	3,205
資源量 * ²	15,710	31,861	20,191	7,803	33,220	19,608	13,087	30,812
漁獲割合 (%)	34.1	25.6	34.3	42.9	26.4	18.5	31.2	10.4
F値 * ³	0.42	0.30	0.42	0.56	0.31	0.20	0.37	0.11

*¹ 府県調べの速報値に基づく値。*² 漁獲割合やF値の算出に用いた4月1日時点の値。*³ 各年齢のFは等しいと仮定した。

年齢別親魚量 (トン)

	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
親魚量 * ⁴ (トン)	1歳	0	0	0	0	0	0	0	0
	2歳	1,011	2,943	4,914	284	12,966	1,076	1,297	3,455
	3歳	2,943	2,373	1,927	815	1,236	7,817	531	1,655
	4歳	357	481	408	60	0	1,250	545	0
	計	4,310	5,797	7,248	1,159	14,203	10,143	2,373	5,110

*⁴ 各年齢の成熟率は、1歳0.0、2歳1.0、3歳1.0、4歳以上1.0と仮定した (補足資料2)。

翌年加入 (1歳) 尾数と前年親魚量 (トン) および再生産成功率RPS

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
翌年 加入尾数 (百万尾)	708	143	167	178	52	278	776	212
前年 親魚量 (トン)		4,310	5,797	7,248	1,159	14,203	10,143	2,373
RPS (尾/kg)		33.1	28.8	24.5	44.5	19.6	76.5	89.5

各年の年齢別漁獲尾数 (千尾)

	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲尾数 (千尾)	1歳	64,288	159,691	43,171	63,306	41,343	8,430	76,635	71,257
	2歳	13,615	26,249	66,714	5,553	120,695	6,356	15,295	10,418
	3歳	29,637	15,824	19,553	11,896	8,604	34,514	4,679	3,732
	4歳	3,060	2,735	3,525	748	0	4,701	4,092	0

各年の年齢別漁獲量 (トン)

	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲量 * ⁶ (トン)	1歳	2,113	5,248	1,419	2,081	1,359	277	2,519	2,342
	2歳	763	1,470	3,737	311	6,760	356	857	584
	3歳	2,220	1,186	1,465	891	645	2,586	351	280
	4歳	269	241	310	66	0	413	360	0
	計	5,365	8,144	6,930	3,349	8,764	3,632	4,086	3,205

*⁶ 各年齢の平均体重は、7月1日時点の値、1歳33g、2歳56g、3歳75g、4歳以上88gと仮定した。

表 3. トロール調査に基づく資源計算の結果(続き)

漁獲割合とF値

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
漁獲量(トン)* ¹	5,807	3,485	3,506	5,081	4,444	4,240	2,358	3,532
資源量* ²	16,607	21,789	29,644	50,422	22,157	21,377	14,864	18,979
漁獲割合(%)	35.0	16.0	11.8	10.1	20.1	19.8	15.9	18.6
F値* ³	0.43	0.17	0.13	0.11	0.22	0.22	0.17	0.21

*1 府県調べの速報値に基づく値。

*2 漁獲割合やF値の算出に用いた4月1日時点の値。

*3 各年齢のFは等しいと仮定した。

年齢別親魚量(トン)

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
親魚量* ⁴ (トン)	1歳	0	0	0	0	0	0	0	0
	2歳	4,361	5,589	6,784	25,813	4,617	5,473	3,723	3,442
	3歳	310	2,073	1,017	882	6,195	991	625	2,459
	4歳	0	187	0	30	0	2,046	156	362
	計	4,671	7,849	7,801	26,726	10,812	8,510	4,505	6,263

*4 各年齢の成熟率は、1歳0.0、2歳1.0、3歳1.0、4歳以上1.0と仮定した(補足資料2)。

翌年加入(1歳)尾数と前年親魚量(トン)および再生産成功率RPS

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
翌年加入尾数 (百万尾)	283	578	248	85	205	244	268	142
前年親魚量 (トン)	5,110	4,671	7,849	7,801	26,726	10,812	8,510	4,505
RPS* ⁵ (尾/kg)	55.3	123.8	31.5	11.0	7.7	22.6	31.5	31.5

*5 斜字で示した2018年以降のRPSは、2005年以降の中央値(RPSmed)。

各年の年齢別漁獲尾数(千尾)

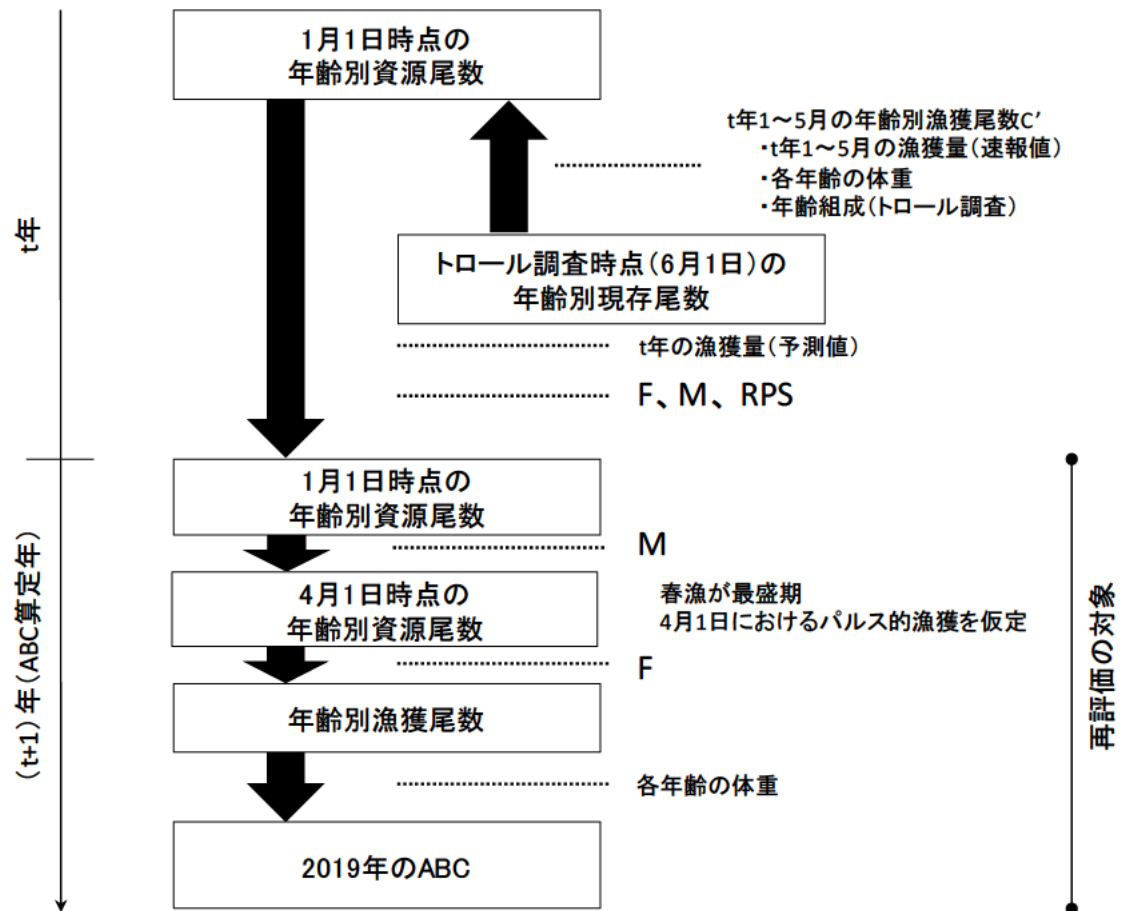
	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
漁獲尾数 (千尾)	1歳	65,512	39,878	60,361	22,014	15,124	35,801	34,152	44,072
	2歳	60,907	27,636	23,643	75,146	30,089	35,172	18,239	20,439
	3歳	3,236	7,663	2,649	1,920	30,183	4,762	2,289	10,916
	4歳	0	590	0	56	0	8,376	487	1,370

各年の年齢別漁獲量(トン)

	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
漁獲量* ⁶ (トン)	1歳	2,153	1,311	1,984	723	497	1,177	1,122	1,448
	2歳	3,412	1,548	1,324	4,209	1,685	1,970	1,022	1,145
	3歳	242	574	198	144	2,261	357	172	818
	4歳	0	52	0	5	0	737	43	120
	計	5,807	3,485	3,506	5,081	4,444	4,240	2,358	3,532

*6 各年齢の平均体重は、7月1日時点の値、1歳33g、2歳56g、3歳75g、4歳以上88gと仮定した。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料2 資源計算の方法

1. 資源量の算出方法

2018 (t) 年 1 月 1 日における a 歳の資源尾数 ($N_{a,t}$) を次式により求めた。

$$N_{a,t} = N'_{a,t} \exp\left(\frac{5}{12}M\right) + C'_{a,t} \exp\left(\frac{5}{12}M\right) \quad (1)$$

上式において、 $N'_{a,t}$ は t 年の調査時点 (6 月 1 日) における 1～4 (a) 歳の現存尾数 (補足資料 3)、 $C'_{a,t}$ は t 年 a 歳の 1～5 月における漁獲尾数であり、1～5 月の漁獲量を、1 歳が漁獲加入していない 1～2 月と漁獲加入後の 3～5 月に分け、それぞれ調査時点の年齢別重量組成により案分し、各年齢の平均体重で除して求めた。自然死亡係数 M は、寿命を 5 歳とし、田内・田中の式で求めた ($M=0.5$)。そして、a 歳の t 年 1 月 1 日における資源量 ($B_{a,t}$) は次式により求めた。

$$B_{a,t} = N_{a,t} w_a \quad (2)$$

上式では、 w_a は a 歳の平均体重であり、それぞれ 1 歳 33g、2 歳 56g、3 歳 75g、4 歳以上 88g とした。次に、t 年 4 月 1 日における資源尾数 ($N''_{a,t}$) を次式により求めた。

$$N''_{a,t} = N_{a,t} \exp\left(-\frac{3}{12}M\right) \quad (3)$$

そして、a 歳の t 年 4 月 1 日における資源量 ($B''_{a,t}$) を次式により求めた。

$$B''_{a,t} = N''_{a,t} w_a \quad (4)$$

上式では、 w_a は a 歳の平均体重であり、(2) 式と同じ値とした。そして、春漁が最盛期であることから 4 月 1 日にパルス的に漁獲すると仮定し、a 歳の 4 月 1 日における資源量 ($B''_{a,t}$) と t 年の漁獲量 (Y_t) より、漁獲割合 (E_t) と漁獲死亡係数 (F_t) を次式よりそれぞれ求めた。

$$E_t = \frac{Y_t}{\sum_{a=1}^4 B''_{a,t}} \quad (5)$$

$$F_t = -\ln(1 - E_t) \quad (6)$$

また、 F は各年齢とも等しい (選択率 (1.0)) と仮定した。

*計算に用いた漁獲量は、各府県調べによる速報値であり、大和堆における漁獲は除いた。

(t+1) 年の 2～4 歳の資源尾数 (N_a) を次式により求めた。

$$N_{a+1,t+1} = N_{a,t} \exp(-M - F_t) \quad (7)$$

(t+1) 年の 1 歳の資源尾数 (加入尾数) は、次式より求めた。

$$N_{1,t+1} = RPS_{med} S_{t-1} \quad (8)$$

上式では、 RPS_{med} は 2005～2017 年の再生産成功率（RPS）の中央値 31.5（尾/kg）である。 S_{t-1} は、(t-1) 年の産卵親魚量であり、12 月 31 日に産卵すると仮定し、以下の式で求めた。

$$S_{t-1} = \sum_{a=1}^4 N_{a,t-1} \exp(-F_{t-1} - M) w_a m_a \quad (9)$$

上式では、 w_a は a 歳の平均体重であり、(2) 式と同じ値とした。また、 m_a は a 歳の成熟率を表し、それぞれ 1 歳 0.0、2 歳 1.0、3 歳 1.0、4 歳 1.0 とした。

以上のようにして、推定した年齢別資源尾数を補足図 2-1 に、年齢別資源量を補足図 2-2 に示す。

2. 漁獲量の算出方法

(t+1) 年の漁獲量を次のように求めた。まず、(6)～(10) 式による (t+1) 年の各年齢（a 歳）の資源尾数 $N_{a,t+1}$ と F を用い、次式より各年齢（a 歳）の漁獲尾数 $C_{a,t+1}$ を求めた。

$$C_{a,t+1} = N_{a,t+1} \exp\left(-\frac{3}{12}M\right) [1 - \exp(-F)] \quad (10)$$

次に、漁獲量（Y）を次式で求めた。

$$Y = \sum C_{a,t+1} w_a \quad (11)$$

上式では、 w_a は a 歳の平均体重（7 月 1 日）であり、(2) 式と同じ値とした。

具体的には、以下のような条件で求めた。まず、2019 年の資源尾数の推定に関する条件を記す（参照：表 2 および表 3）。

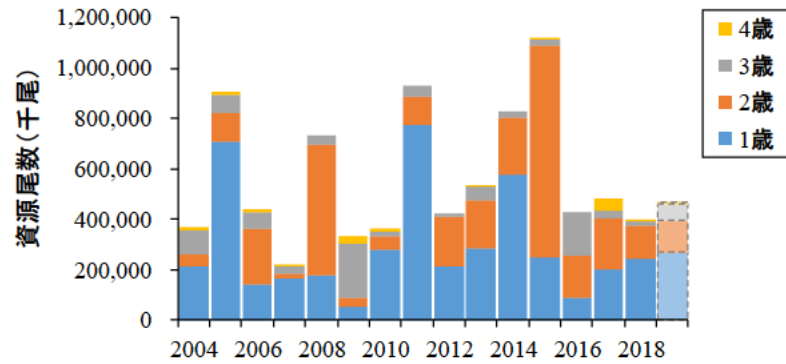
- ・ 2018 年の RPS は、2005 年以降の中央値（31.5 尾/kg）
- ・ 2017 年の親魚量は、8,510 トン
- ・ 2019 年の加入量は、(8) 式により算出し、268,381 千尾
- ・ 2018 年 1 月 1 日時点の年齢別資源尾数は、1 歳 243,912 千尾、2 歳 130,266 千尾、3 歳 16,349 千尾、4 歳 3,479 千尾

次に、F 値に関する条件を記す。なお、漁獲量の速報値の 1～5 月と年計には相関関係（補足図 2-3）があり、2018 年の漁獲量 Y_{2018} を 1～5 月の速報値に基づき予測し、 F_{2018} を算出した。 $F_{current}$ は、当年を含む直近 3 年（2016～2018 年）の平均値とした。

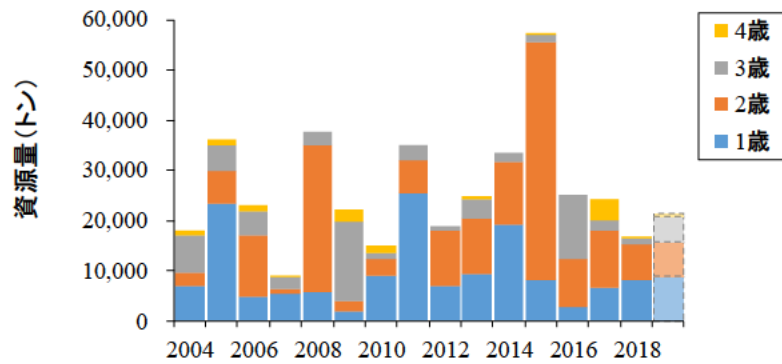
- ・ 2018 年の推定漁獲量（速報値）は、2,358 トン
- ・ F_{2018} は 0.17（漁獲割合 E_{2018} は 16%）
- ・ $F_{current}$ は 2016～2018 年の平均値 0.21（2019 年の漁獲割合 E_{2019} は 19%）
- ・ 各年齢の F は等しいと仮定した。

以上で算出した漁獲量の数値を、農林統計値に換算（大和堆における漁獲量および速報値

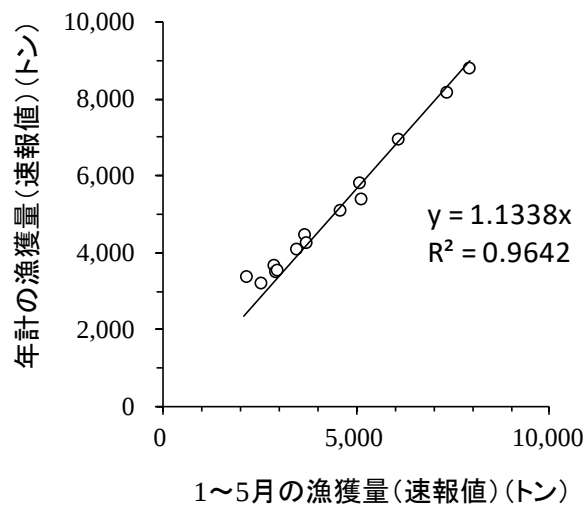
の誤差を考慮)した。漁獲量の速報値と農林統計値の関係は補足図2-4に示す。2019年における漁獲量(農林統計値)は3,755トンと推定した。



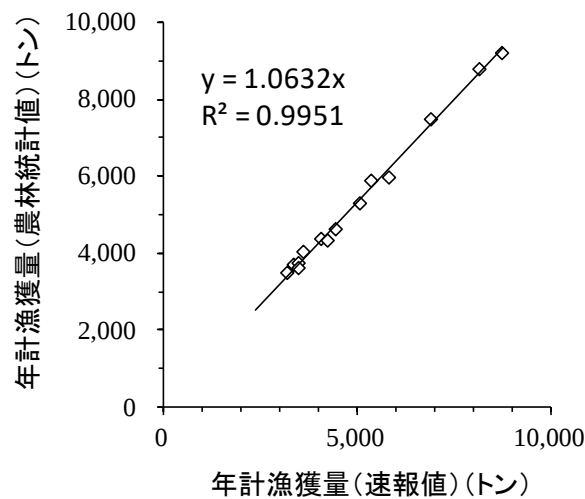
補足図2-1. 年齢別資源尾数 (1月1日時点)



補足図2-2. 年齢別資源量 (1月1日時点)



補足図2-3. 府県調べの漁獲量速報値1～5月と年計の関係
年計は暦年であり、大和堆を除いた値である。



補足図2-4. 漁獲量（年計）に関する速報値と農林統計値の関係
漁獲量の速報値は各府県調べの月別漁法別漁獲量で、一部は主要港のみの値である。農林統計値は漁業・養殖業生産統計年報（水産庁）の数値で、府県別年計の水揚げ量で大和堆の漁獲量も含む。

補足資料3 面積密度法による現存量の推定方法

ハタハタ日本海西部系群の現存量の推定は、調査船による着底トロール調査（補足資料4、5）の結果を用いた面積密度法により行っている。2004～2018年の5～6月に、日本海西部の水深190～550mにおいて但州丸（358トン）（兵庫県立香住高等学校所属）による着底トロール調査を実施した。本海域を沖底小海区に沿った9海区（能登、加賀、若狭、但馬、隠岐周辺、隠岐北方、西浜田、東浜田、浜田沖）と190-300m、300-400m、400-550mの3水深帯（西浜田、東浜田は2水深帯、浜田沖は1水深帯）に区分した計23層に層化し、約140の調査点を配置した。使用したトロール網は、コッドエンドの目合は20mm、曳網時の袖先間隔が約17mである。各曳網で、袖先間隔を漁網監視装置により計測した。曳網速度を3ノット、曳網時間を原則30分とした。網着底から曳網終了までを曳網距離とし計測した。そして、調査結果に基づき面積密度法により調査時点（6月1日）の現存量および現存尾数を推定した。

海区と水深帯で層化した層（i）ごとに各調査点（j）における曳網距離に袖先間隔を乗じてi層j地点の曳網面積（ a_{ij} ）を求めた。i層j地点の採集重量あるいは採集尾数（ C_{ij} ）を a_{ij} で除し、i層j地点の密度（ d_{ij} ）を算出し、その平均をi層における密度 d_i とした。なお、 n_i はi層の調査地点数を表す。

$$d_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{a_{i,j}} \quad (1)$$

$$d_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} d_{i,j} \quad (2)$$

次に、i層の平均密度（ d_i ）にi層の海域面積（ A_i ）を乗じ、i層の現存量あるいは現存尾数（ B_i ）を求め、これらを合計することにより日本海西部における現存量あるいは現存尾数（ B ）とした。

$$B_i = A_i \cdot d_i \quad (3)$$

$$B = \sum B_i \quad (4)$$

トロール網の採集効率（東北太平洋のイトヒキダラ（成松ほか2013）やズワイガニ（渡部・北川2004）のものとはほぼ同値の0.3とした。さらに、i層の密度の標準偏差（ SD_i ）を求め、 n_i と A_i によりi層における現存量あるいは現存尾数の標準誤差（ SE_i ）を計算し、調査海域全体における資源の標準誤差（ SE ）および変動係数（ CV ）を下式により求めた（参照：補足図3-1および補足表3-1）。なお、ここで得られる CV とは現存尾数および現存量の指標値に対する値であり、採集効率に伴う推定誤差は含んでいない。

$$SE_i = \frac{A_i \cdot SD_i}{\sqrt{n_i}} \quad (5)$$

$$SE = \sqrt{\sum SE_i^2} \quad (6)$$

$$CV = \frac{SE}{B} \quad (7)$$

また、 t 年の体長階級 1 (体長 5mm 間隔) の調査時点 (6 月 1 日) における現存尾数 ($N'_{t,l}$) は以下のように表される。

$$N'_{t,l} = \sum_{a=1}^A N'_{t,a} p_{t,a,l} \quad (8)$$

上式で a は年齢、 $p_{t,a,l}$ は t 年の a 歳の現存尾数 ($N'_{t,a}$) のうち体長階級 1 に属する割合である。 $p_{t,a,l}$ は以下の正規分布に従うと仮定した。

$$p_{t,a,l} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{t,a}^2}} \exp\left(-\frac{(l - \mu_{t,a})^2}{2\sigma_{t,a}^2}\right) \quad (9)$$

上式で l は体長階級 1 の階級値、 $\mu_{t,a}$ は t 年の a 歳の平均体長、 $\sigma_{t,a}$ は t 年の a 歳の体長の標準偏差である。 $p_{t,a,l}$ は下式の条件に従うと仮定した。

$$\sum_{l=0}^L p_{t,a,l} = 1 \quad (10)$$

$\mu_{t,a}$ は年齢群 (x) ごとにベルタランフィーの成長式に従い、 $\sigma_{t,a}$ は $\mu_{t,a}$ と線形関係にあると仮定した。

$$\mu_{x,a} = L_{\infty x} (1 - \exp(-K_x (a - a_{0x}))) \quad (11)$$

$$\sigma_{t,a} = \alpha \mu_{t,a} + \beta \quad (12)$$

以上の条件のとき、 $N'_{t,a}$ 、 $L_{\infty x}$ 、 K_x 、 a_{0x} 、 α 、 β を推定パラメータとし、MS-excel のソルバーを用いて下式の尤度関数 (L) を最大化する各パラメータを求めた。

$$L = \prod_{l=0}^L \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(N'_{t,l} - N_{t,l}^{ob})^2}{2\sigma^2}\right) \quad (13)$$

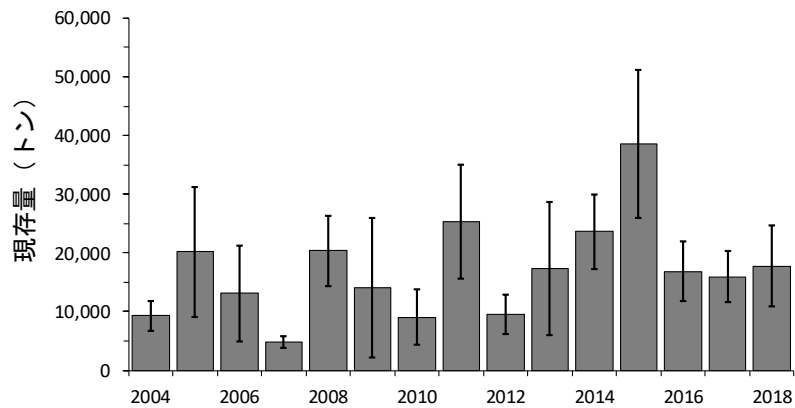
$$\sigma^2 = \frac{1}{L} \sum_{l=0}^L (N'_{t,l} - N_{t,l}^{ob})^2 \quad (14)$$

上式で、 $N_{t,l}^{ob}$ は体長階級 1 の採集尾数と (1) ～ (4) 式により推定された t 年の体長階級 1 の現存尾数の観測値である。

引用文献

成松庸二・伊藤正木・服部 努・稲川 亮(2013) 平成 24 年度イトヒキダラ太平洋系群の資源評価。平成 24 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 833-843.

渡部俊広・北川大二(2004) 曳航式深海用ビデオカメラを用いたズワイガニ類に対する調査用トロール網の採集効率の推定. 日水誌, **70**, 297-303.



補足図 3-1. トロール調査に基づく現存量および信頼区間の年変化

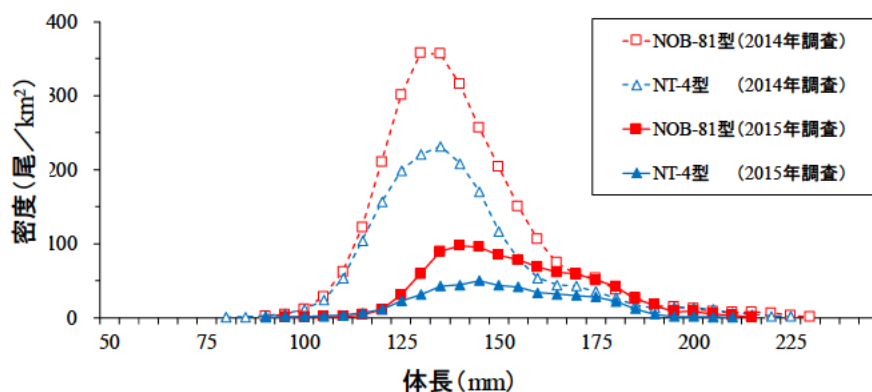
補足表 3-1. トロール調査に基づく現存量および変動係数 (CV)、信頼区間の年変化
示した値は、調査点ごとに、各体長階級 (5mm 刻み) の尾数(密度) に平均体重を乗じた値の総和、つまり調査点ごとの重量 (密度) に基づくものであり、年齢構成による誤差は含まれていない。

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
調査点数	132	132	132	132	132	132	136	140
現存量 (トン)	9,296	20,186	13,088	4,821	20,367	14,101	9,012	25,322
変動係数CV (%)	13.76	28.06	31.91	10.19	14.87	43.00	26.72	19.63
標準誤差SE(トン)	1,279	5,663	4,177	491	3,030	6,063	2,408	4,970
信頼区間(上限、トン)	11,803	31,285	21,275	5,785	26,305	25,985	13,733	35,064
信頼区間(下限、トン)	6,789	9,086	4,902	3,858	14,429	2,218	4,292	15,580

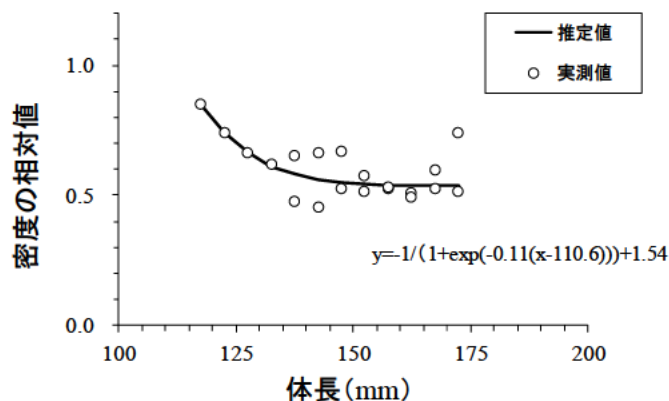
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
調査点数	133	135	130	124	131	137	131
現存量 (トン)	9,533	17,313	23,615	38,624	16,804	15,955	17,761
変動係数CV (%)	18.03	33.57	13.74	16.70	15.46	14.06	19.85
標準誤差SE(トン)	1,718	5,812	3,245	6,448	2,599	2,243	3,526
信頼区間(上限、トン)	12,901	28,704	29,974	51,263	21,897	20,351	24,672
信頼区間(下限、トン)	6,165	5,922	17,256	25,985	11,711	11,558	10,850

補足資料4 トロール調査の新旧網の採集尾数の比較

2014年9月と2015年9月に、但州丸（旧船499トン、新船358トン）（兵庫県立香住高等学校所属）による着底トロール網の新旧網比較調査を隠岐周辺海域の水深200～500m帯において実施した。旧網としてNT-4型（ニチモウ社製）を、新網としてNOB-81型（ニチモウ社製）を用いた。曳網は、2014年調査では新旧網それぞれ14回ずつ、2015年調査では15回ずつ行った。曳網速度は3.0ノット、曳網時間は原則30分とした。また、曳網時の袖先間隔を漁網監視装置（スキャンマー社製）で計測した。採集されたハタハタは雌雄別に尾数および重量を測定するとともに体長を測定した。そして、ハタハタ（雌雄込み）の体長階級別平均密度（尾／km²）を、新網を用いた場合と旧網を用いた場合それぞれについて算出した。その結果を調査年別に補足図4-1に示す。また、新網に対する旧網の相対値（旧／新）について、平均採集数が2尾以上であった体長階級の実測値（2年分）およびそれらを用いて最小二乗法により求めた近似曲線を補足図4-2に示す。推定した体長階級別相対値（110mm以下は115mm階級の推定値と、170mm以上は165mm階級の推定値と等しいと仮定した。）により、新網を用いてトロール調査を実施した2015年と2016年の調査結果を、旧網を用いた場合の値に換算した。



補足図4-1. 新旧網それぞれに基づくハタハタの体長階級別平均密度
各体長階級の値はその前後の階級を含む計3階級（15mm）分の
平均値であり、採集効率を1.0と仮定したものである。



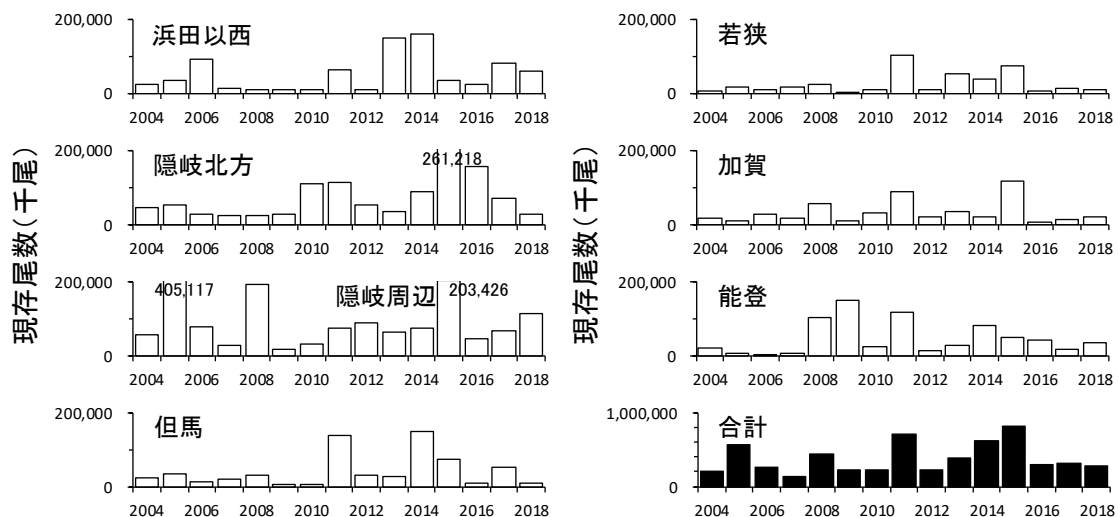
補足図4-2. 新旧網の体長階級別密度の相対値（旧網／新網）

補足資料 5 調査船調査の経過及び結果

トロール調査の結果に基づく海域別現存尾数を補足図 5-1 に示す。2004 年以降の海域組成は、基本的には隠岐周辺および隠岐北方が多い傾向はあるが、日本海西部の両端に位置する浜田以西と能登・加賀の資源尾数の増減により大きく変化している。この変化は、本資源が対象海域外から来遊する 2 群、すなわち、秋田県由来と朝鮮東岸由来、それぞれの日本海西部への来遊状況や各年における構成年齢の豊度を反映していると考えられる。

例えば、2008 年、2009 年に能登で多かったのは、卓越していた 2006 年級が秋田県由来であったことを示している。2015 年、2016 年の隠岐北方での増加や 2017 年の但馬以西での増加は 2013 年級によると考えられるが、加賀や能登では 2015 年は増加したが 2016 年と 2017 年は減少している。2006 年級と 2013 年級の分布特性および由来産卵場が異なっていたと推察される。

そして、2018 年の現存尾数は、隠岐周辺、浜田以西および能登が多く、日本海西部の合計では 2016 年とほぼ同値であった。ただし、年齢組成は異なっており、現存量では 2016 年よりも少なかった（表 2-1）。



補足図 5-1. 海域別現存尾数（調査時点（6月1日））

補足資料 6 沖底漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

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

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

上式で C は漁獲量を、 X は努力量（網数）をそれぞれ示す。

集計単位（月または小海区）における資源量指数（ P ）は CPUE の合計として、次式で表される。

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

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

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

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

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

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