

令和 2（2020）年度ズワイガニ日本海系群 A 海域の資源評価

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：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

要 約

本系群 A 海域（富山県以西）の資源状態について、沖合底びき網漁業の資源密度指数および 1999～2020 年の日本海ズワイガニ等底魚資源調査（トロール調査）結果に基づくコホート解析により評価した。長期的な資源水準の指標である資源密度指数（kg/網）は、1960 年代から 1970 年代初めには 100 以上であったが減少し、1991 年には最低値の 10 まで低下した。その後は上昇に転じ、2000 年代半ば以降は概ね 50～59 で推移した。2019 年の資源密度指数は 45 であった。トロール調査結果に基づくコホート解析により推定された 1999 年以降の資源量は、2003 年から 2007 年まで増加し、以後 2015 年まで減少した。資源量は 2016 年から 2018 年にかけて再び増加したが、2019 年から減少傾向となり、2020 年は 18,700 トンであった。親魚量も資源量同様、2003 年から 2007 年まで増加、2008 年以後減少し、2016 年から再び増加した。2019 年の親魚量は 4,100 トンであり、2020 年は減少して 3,500 トンになると見込まれる。加入量は 2020、2021 年に減少する一方、2022 年には増加すると予想される。

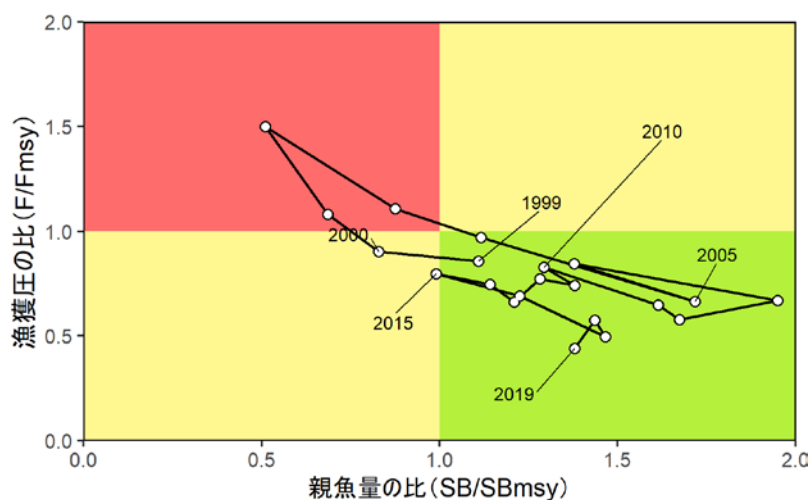
令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係にはリッカー型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SB_{msy}）は 3,000 トンである。従って、本系群の 2019 年漁期の親魚量は、MSY を実現する水準を上回る。また、本系群に対する 2019 年漁期の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（F_{msy}）を下回る。親魚量の動向は近年 5 年間（2015～2019 年漁期）の推移から「横ばい」と判断される。

（本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて最終化される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した。）

項目	値	説明
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	30 百トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Fmsy		最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧(漁獲係数 F) (雌)=(0.46)
%SPR (Fmsy)	45.2%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	37 百トン	最大持続生産量 MSY
2019 年漁期の親魚量と漁獲圧		
SB2019	41 百トン	2019 年漁期後の親魚量
F2019		2019 年漁期の漁獲圧(漁獲係数 F) (カタガニ, ミズガニ, 雌)=(0.39, 0.01, 0.20)
%SPR (F2019)	69.4%	2019 年漁期の%SPR
%SPR (F2017-2019)	66.0%	現状(2017~2019 年漁期)の漁獲圧に対応する%SPR
MSY を実現する水準に対する比率		
SB2019/ SBmsy	1.38	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2019 年漁期の親魚量の比
F2019/ Fmsy	0.44	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2019 年漁期の漁獲圧の比

再生産関係：リッカー型（自己相関なし）

親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
親魚量の動向	横ばい



年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2016	182	37	30	0.69	16
2017	213	44	28	0.50	13
2018	221	43	28	0.58	13
2019	211	41	25	0.44	12
2020	187	35	27	0.50	13
2021	162	—	—	—	—

資源量は漁期開始時点（雌：11月1日、カタガニ：12月1日、ミズガニ：2月1日）、漁獲量は漁期年（7～翌年6月）における値。親魚量は雌の漁期後の値を示す（補足資料2）。本資源の親魚量は雌の漁期後資源量、Fは雌の漁獲圧である。また、漁獲割合は資源全体について求めた。2020年、2021年の値は将来予測に基づく推定値である。

1. データセット

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
年別齢期別現存尾数	トロール調査(日本海ズワイガニ等底魚資源調査、5～6月、水研)
漁獲量	県別、漁法別、月別、雌雄別水揚量 漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 韓国漁業生産統計(URL: http://fs.fips.go.kr/main.jsp) 全国底曳網漁業連合会資料
齢期別漁獲尾数	甲幅組成調査(鳥取県、兵庫県、京都府、福井県)・市場測定
漁獲努力量 CPUE・資源密度指数	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水研)
自然死亡係数(M) (年当たり)	最終脱皮後1年以上経過した個体 M=0.2 未最終脱皮および最終脱皮後1年未満 M=0.35

2. 生態

(1) 分布・回遊

日本海における本系群の分布範囲は、大陸棚斜面の縁辺部および日本海中央部の大和堆であり、水深200～500mに多い(図2-1)。雌の最終脱皮とそれに続く初産は、比較的水深の浅い限られた海域で集中して行われることが知られている(今1980)。また、成熟後は雌雄で主分布水深が異なり、260～300mを境に深い海域では主に雄ガニが、浅い海域では主に雌ガニが分布する。本系群は孵化後、約2～3ヶ月の浮遊幼生期(プレゾエア期、第1ゾエア期、第2ゾエア期、メガロパ期)を経て稚ガニに変態し、着底する(今1980、Yamamoto et al. 2014)。標識放流結果から、水平的に大きな移動を行う例は少ないことが知られている(尾形1974)。

(2) 年齢・成長

孵化から6歳までは1年間に複数回脱皮するが（伊藤 1970）、以後は概ね1年に1回脱皮する。加えて、日本海における本系群の主分布水温である1°Cでの飼育実験の結果から（Yamamoto et al. 2015）、孵化から加入（雄：11歳、雌：10歳）までの期間は7～8年、寿命は10歳以上と考えられる。

ズワイガニでは甲幅組成等より脱皮年齢が推定できる（今ほか 1968、山崎・桑原 1991、山崎ほか 1992）。稚ガニおよび未成熟ガニでは成長に雌雄差はなく、甲幅60mm台で10歳となる（図2-2）。雄では主に11歳から最終脱皮後の個体が出現し、最終脱皮後の個体の割合は11、12、13歳でそれぞれ約5%、約20%、100%である。最終脱皮後は体サイズに対し鉗脚掌部（はさみ）が大きくなる（図2-3）。雌ではすべての個体が10歳まで最終脱皮前であり、11歳で最終脱皮後となる。最終脱皮後は腹部が大きくなり外卵を持つ。最終脱皮後は体成長が止まるため、雌の11歳と雄の11歳以降には複数の年級群が含まれている。

(3) 成熟・産卵

雌は、10歳の夏から秋にかけて最終脱皮し、11歳となった直後に交尾と初産卵（外卵を持つ）を行う（図2-3）。初産卵後は、1年半の抱卵期間を経て、翌々年の2～3月に幼生が孵化する。孵化後まもなく2回目の産卵（経産卵）を行う。経産卵後の抱卵期間は1年であり、毎年2～3月に産卵を行う。外卵の色は、産卵後は橙色であり、幼生のふ化が近づくにつれ、茶褐色から黒紫色に変化する。

初産卵直後の雌は、漁期開始時（11月）には外卵が橙色であり「アカコ」と呼ばれ、1年後の翌漁期には外卵が茶褐色から黒紫色に変わり「クロコ」と呼ばれる。

ズワイガニでは性別、成長および性別によって「ミズガニ」「カタガニ」「アカコ」「クロコ」のように呼称が変化する。これらの呼称は地域により異なる場合もある。本報告書では、雄の脱皮後1年未満の個体を「ミズガニ」、1年以上経過した個体を「カタガニ」と定義する。通常、カタガニは最終脱皮後の（鉗脚掌部が大きい）個体であるが、一部には最終脱皮前の（鉗脚掌部が小さい）個体も存在し、これらを「モモガニ（京都府における呼称）」とした。モモガニのほとんどすべては、2年以内に脱皮することが飼育実験より明らかになっている（Yamamoto et al. 2018）。本評価では資源のカタガニのうちのモモガニの割合は、年に寄らず一定と仮定した。また雌では、水揚げ対象となる個体をすべて「クロコ」として扱った。

(4) 被捕食関係

本系群は脱皮時を除き周年索餌を行い、底生生物を主体に、甲殻類、魚類、イカ類、多毛類、貝類、棘皮動物などを捕食する（尾形 1974）。

小型個体はゲンゲ類（伊藤 1968、小西ほか 2012）、マダラ（上田 2018）などに捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本海域ではズワイガニの漁獲の多くが沖合底びき網（かけまわし）（以下「沖底」と表記）によるものであり（図3-1）、小型底びき網およびかごによっても漁獲されている。本海域でズワイガニを対象とする漁業には、農林水産省令と自主規制により、細かい漁獲規制が設け

られている（後述：6. ABC 以外の管理方策への提言）。本海域における漁期は省令で雄は 11 月 6 日～翌年 3 月 20 日、雌は 11 月 6 日～翌年 1 月 20 日に定められており、漁獲対象は、雄では甲幅 90 mm 以上（実質 12 齢と 13 齢）のカタガニとミズガニ、雌ではクロコ（すべて 11 齢）である。詳細については表 3-1 および 3-2 を参照のこと。なお、大和堆では農林水産省令により本種の漁獲は禁止されている。

(2) 漁獲量の推移

漁獲量（暦年）は、1960 年代半ばと 1970 年頃にピークを迎え、14,000 トンを超えた。その後、1970 年以降に急減し、1988～1993 年には 2,000 トンを下回った。1990 年代半ば以降は増加傾向に転じ、2007 年には 5,000 トン近くとなったものの、以後は減少している（図 3-1、補足資料 5）。

1999 年以降の漁獲量（漁期年）について、各府県集計の統計資料をもとに、漁期年別、雌雄別に集計した（図 3-2、補足表 2-6）。ミズガニは、2007 年までは 1,000 トン前後でほぼ横ばいであったが、その後は漁業者による資源保護の取り組み等により減少傾向にある。2019 年は過去最低であった 2018 年（104 トン）に次ぐ 159 トンであった。カタガニは 2008 年の約 1,900 トンまで増加した後、減少し、2009 年以降は 1,500 トン前後で、2015 年以降は 1,300 トン前後で安定していたが、2018 年に再度増加し、2019 年は前年並みの 1,410 トンであった。雌ガニは 2001 年から毎年増加し、2007 年には 2,100 トン近くとなった後、減少し、2008 年以降は 1,500～1,800 トンで、2013 年以降は 1,300 トン前後で推移していた。2019 年は大きく減少して 917 トンであった。2019 年の雌雄込みの漁獲量は 2,486 トンであった。

(3) 漁獲努力量

沖底の雄に対する有効漁獲努力量には 1970 年代以降、雌に対しては 1984 年以降、長期的な減少傾向がみられる。2019 年の有効漁獲努力量は雄で 52,931 回、雌で 30,153 回と、いずれも過去最低レベルであった（図 3-3、表 3-3）。

これ以降、年の記述は断りが無い限り漁期年（7 月～翌年 6 月）を示す。

4. 資源の状況

(1) 資源評価の方法

トロール調査結果に基づくコホート解析を用いて推定した各年の漁期開始時点における漁獲対象資源量に基づき資源評価を行った。ここで、漁獲対象資源量は、雄では 12 齢以上のミズガニとカタガニ、雌では 11 齢のクロコの値とした（補足資料 1、2、3）。若齢の現存尾数を用いて雄 11 齢、雌 10 齢の加入予測を行った。

また、長期間の情報が得られる沖底の漁獲成績報告書から求めた、1970 年以降の雌雄海区合計の資源密度指数を資源量指標値として、資源状況を判断した（補足資料 6）。

(2) 資源量指標値の推移

雌雄海区合計の資源密度指数（kg/網）は 1970 年に 116 と最高となったが、1974 年にかけて大きく減少した。その後も減少傾向が続き、1985～1992 年は 10～13 と低い値であった。1993 年以降は増加傾向となり、2006 年には 59 まで増加した。その後はゆるやかに減少し、

2019年は45であった（図4-1、表4-1、補足資料6）。

(3) 漁獲物の齢期組成

鳥取県、兵庫県、京都府の主要港における雄の齢期別、ミズガニ・カタガニ別の漁獲尾数を求め、これらとA海域における各府県の漁獲量を用いて、A海域全体の齢期別漁獲尾数を推定した（図4-2）。

カタガニでは、2010年から13歳の漁獲尾数が大きく減少している。これに対し、12歳の漁獲尾数は2013年に最大となった後はやや減少し、安定して推移したが、2019年に再び増加した。ミズガニでは、自主規制の強化等により漁獲尾数が減少しており、2013年以降はピーク時の1/3以下となっている。特に2018年から2019年にかけて自主規制を強化したことで、ミズガニの漁獲尾数は、2017年以前と比較して、大幅に減少した。

(4) トロール調査から推定された甲幅組成

トロール調査結果から面積密度法により推定された甲幅組成を図4-3、4-4に示す。各年の甲幅組成ともに複数のモードが存在し、それぞれが齢期群に相当すると考えられている。なお、2015年のトロール調査から新型網を用いているが、新型網と旧型網の採集効率の比較調査結果に基づき、2017年より10歳期以下の採集効率を補正している（補足資料4）。

トロール調査の実施時期は5～6月であり、漁期開始は11月である（図2-3）。7歳以降は1年に1回、脱皮を行うことから、2020年の調査時点で最終脱皮前の個体は、2020年漁期までに最大1回、2021年漁期までに最大2回の脱皮を行う。

2020年の調査結果では、雄の13歳（概ね120mm）の現存尾数が多く、2020年漁期にはカタガニとして漁獲される。2020年漁期に漁獲対象となる雌の11歳は、2019年から大きく減少した。雄雌ともに、2020年漁期に漁獲加入する10歳は平年より少なく、2021年漁期に漁獲加入する9歳も平年並みを下回る。一方、2022年漁期に漁獲加入する8歳はやや多く、漁獲量は2023年にかけて増加すると見込まれた（補足表2-1）。

(5) 資源量と漁獲割合の推移

漁期開始時点の資源量について、トロール調査時点の年別齢期別現存尾数を用いたコホート解析結果より求めた（補足資料2）。漁期開始時点の資源量（図4-5、補足表2-6）は、2002年に約12,900トンであったが、2007年には約30,000トンまで増加した。2008年以降は減少し、2015年には約17,200トンとなった。その後、資源量は2016年から2018年にかけて増加したものの、以降減少し、2020年は約18,700トンであった。なお、2021年の資源量は、さらに減少して概ね16,200トンになると予測される。

親魚量も資源量と同様、2002年から2007年にかけて増加したのち、2015年まで減少した（図4-6、補足表2-5）。2016年および2017年には増加したが、その後減少し、2019年は約4,100トンであった。2020年漁期後には概ね3,500トンになると見込まれる。ここで親魚量は雌の漁期後の資源量である。

漁期開始時点の資源量と当該漁期の漁獲量より漁獲割合と漁獲係数（F）を求めた（図4-7、補足表2-4、2-5）。漁獲割合とF値はカタガニで最も高く、ミズガニではかなり低い。2019年の漁獲割合（F値）は、ミズガニで1%（0.01）、カタガニで32%（0.39）、雄全体で

10% (0.10)、雌で 18% (0.20)、雌雄全体で 12% (0.13) であった。漁獲割合および F 値ともに、資源が減少した 2008 年以降、カタガニでは上昇していたが、2016 年をピークに近年、低下している。雌では 2008 年以降概ね横ばいであったが、2016 年以降、低下傾向にある。ミズガニの漁獲圧および漁獲割合は長期的に低下傾向にあり、2019 年は 2018 年同様、過去最低レベルであった。なお、2019 年の雌雄全体の漁獲割合は 11.8% であった。

項目	値	説明
SB2019	41 百トン	2019 年漁期の親魚量
F2019	(ミズガニ、カタガニ、雌)=(0.01, 0.39, 0.20)	
U2019	11.8%	2019 年漁期の漁獲割合

(6) 今後の加入量の見積もり

2020 年のトロール調査結果およびコホート解析から推定された齢別現存尾数より、2021 年漁期以降の加入尾数を求めた。この際、2021 年漁期の加入尾数は、雄では 2020 年の 10 齢から遷移率を用いて計算した 11 齢の予測値、雌では 2020 年の 10 齢の現存尾数とした。2022 年漁期の加入尾数は 2020 年の 9 齢、2023 年漁期は 2020 年の 8 齢の現存尾数から遷移率を用いてそれぞれ予測した (補足資料 2)。なお、2019 年の 8 齢はコホート解析では扱われないので、雄雌の現存尾数の平均値を、雄雌それぞれに適用した。

2020 年の雄 11 齢未熟の現存尾数は 2019 年から減少して 16 百万尾であった。2021 年も 2020 年と同レベルの 16 百万尾と予測されるが、2022 年には 18 百万尾、2023 年には 32 百万尾に増加すると見込まれる (図 4-8、補足表 2-3)。

2020 年の雌 10 齢の現存尾数は 2019 年と同程度の 14 百万尾であった。2021 年には 17 百万尾に、2022 年には 31 百万尾に、それぞれ増加すると予測される (図 4-8、補足表 2-5)。

本系群の長期的な資源変動は、寒冷期には資源が減少して低水準となり、温暖期には増加傾向となっている (木下 2009)。また、数値輸送モデルによるシミュレーションの結果、ズワイガニ幼生の孵出海域への帰還率と加入尾数の年変動は概ね一致しており、加入量変動には幼生の浮遊期の流況が大きな影響を与えていると考えられる (本多ほか 2015)。

(7) 加入量当たり漁獲量 (YPR)、加入量当たり親魚量 (SPR) および現状の漁獲圧

図 4-9 に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPR は 2002 年に最小となって以降、長期的に増加しており、2019 年漁期は 66.9% であった。

項目	値	説明
%SPR (F2019)	69.4%	2019 年漁期の %SPR
%SPR (F2017-2019)	66.0%	現状 (2020 年漁期) の漁獲圧に対応する %SPR

(8) 再生産関係

親魚量 (重量) と加入量 (尾数) の関係 (再生産関係) を図 4-10 に示す。上述の「管理

基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはリッカー型再生産関係が適用されている（上田ほか 2020a）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、令和元（2019）年度の資源評価（上田ほか 2020b）に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小絶対値法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産関係式の各パラメータを下表に示す。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
リッカー型	最小絶対値法	無	22.2	3.68e-4	0.182	-

(9) 現在の環境下において MSY を実現する水準

現在の環境下において最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）および MSY を実現する漁獲量として上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値（引用）を下表に示す。

項目	値	説明
SBmsy	30 百トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量。
Fmsy	(雌)=(0.46)	
%SPR (Fmsy)	45.2%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	37 百トン	最大持続生産量 MSY

(10) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを示す（補足図 8-1）。本系群における 2019 年漁期の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を上回っており、2019 年漁期の親魚量は SBmsy の 1.38 倍である。また、2019 年漁期の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、MSY を実現する漁獲圧の 0.44 倍であった。ここで、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）とは Fmsy（雌の F）と、各年の雌の F 値との比である。親魚量の動向は、近年 5 年間（2016～2020 年漁期）の推移から横ばいと判断される。本系群の漁獲圧は 2004 年以降 Fmsy を下回っている。親魚量は 1999～2003 年漁期には SBmsy を下回っていたが、2004 年以降、増減はあるものの、概ね SBmsy を上回っている。

項目	値	説明
SB2019/ SBmsy	1.38	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2019 年漁期の親魚量の比
F2019/ Fmsy	0.44	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2019 年漁期の漁獲圧の比

親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
親魚量の動向	横ばい

5. 資源評価のまとめ

本海域における長期間の資源量指標値である沖合底びき網漁業の資源密度指数 (kg/網) は、1960 年代から 1970 年代初めには 100 以上で高位水準にあったが減少し、1991 年には最低値の 10 まで低下した。その後は上昇に転じ、2019 年は 45 であった。

トロール調査結果に基づくコホート解析により推定された 1999 年以降の資源量は、2003～2007 年まで増加傾向にあったが、2008～2015 年は減少傾向であった。2016 年以降は再び増加したものの、2019 年、2020 年と減少した。親魚量も資源量とほぼ同様に推移しており、親魚量の動向は横ばいと判断される。2019 年の親魚量は SB_{msy} を上回っており、2019 年の漁獲圧は F_{msy} を下回っていた。

6. その他

(1) 省令及び自主規制などによる資源の保護

ズワイガニは農林水産省令において、漁期や甲幅制限、また雌の未成熟個体や日本海大和堆における採捕禁止等が定められている。加えて A 海域では、漁期やサイズ規制について、漁業者の自主的な取り組みによって省令よりも厳しい制限を設けている (表 1)。さらに、単価が安く再生産に関与しにくいミズガニや、解禁直後に集中的に漁獲される雌ガニについては、1 航海当たりの漁獲量の上限を設定している (表 2)。

また、ズワイガニの産卵・育成場を確保するため、県や国によるコンクリートブロック等を用いた保護育成礁が A 海域の広い範囲に設置されており (Yamasaki 2002、森山 2011、三浦ほか 2014)、加えてズワイガニの脱皮時期と重なる底びき網漁業解禁 (9 月) からズワイガニ解禁 (11 月 6 日) までは、A 海域における水深 200～350m の大部分で操業が自粛されている (上田ほか 2014)。

今後も、以上のような規制措置を継続的に遵守していくことが、資源を持続的に利用するために重要である。

(2) 混獲死亡の低減

以上に述べたさまざまな規制が遵守される際、相当量の水揚げ対象外個体が、入網後に放流され、死亡していると考えられる (山崎ほか 2011、山崎・宮嶋 2013)。

従来から、石川県、福井県および京都府では、ズワイガニ漁期外にアカガレイ等を漁獲対象とする際の、ズワイガニの混獲死亡を低減するために、底びき網の改良網が導入されている。改良網とは、底びき網のコッドエンドに漁獲物が到達する前に、遊泳力のあるアカガレイと遊泳力のないズワイガニを分離する構造を設けた網のことである。この改良網は、その後、鳥取県および兵庫県の沖底船への導入が完了し、現在、さらに効果的な魚網の仕立て等の改良への検討が進められている。これらの改良網の使用を徹底し、混獲死亡を低減することが、ミズガニや小型個体等の生残率を高めるためには不可欠である。

A 海域のズワイガニは、解禁直後である 11 月の漁獲量や努力量が最も多く、12 月以降は減少する。一方で、ミズガニを入網後に放流した場合の生残率は、11 月が低く 12 月以降は上昇しており（山崎ほか 2011）、11 月においてミズガニの混獲死亡が多くなっている（上田ほか 2016）。11 月をはじめとして、混獲死亡を低減するための漁期の変更や操業方法等を検討していくことが必要である。

(3) 韓国による漁獲状況の把握

日本海では韓国も本系群を漁獲しており、韓国の漁獲対象は雄のみである。韓国の漁獲量（暦年）は 1990 年代後半から急増し、2007 年には 4,800 トンとなったが、その後減少し 2019 年は 2,136 トンであった（図 6-1、補足表 5-1）。これらには韓国東岸や日韓暫定水域内に加え、我が国 EEZ 内（暫定水域外）における違法操業（水産庁境港漁業調整事務所 HP）による漁獲も含まれていると考えられる。

また、本評価で行っているトロール調査では、日韓暫定水域内の調査点で韓国の漁獲サイズ（甲幅 90mm 以上）に相当する雄ガニがほとんど採集されず、本水域における雄ガニの資源状態は非常に悪いことが示唆されている。

以上のことから、日韓漁業協定に基づき、両国間で建設的な協議が行われ、日韓暫定水域等における適切な資源管理措置が講じられることが必要である。

7. 引用文献

- 伊藤勝千代 (1968) 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 II. 稚蟹期の形態およびその分布について. 日水研報, 19, 43-50.
- 伊藤勝千代 (1970) 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 III. 甲幅組成および甲殻硬度の季節変化から推測される年令と成長について. 日水研報, 22, 81-116.
- 木下貴裕 (2009) ズワイガニ日本海系群. 平成 20 年度資源変動要因分析調査報告書, 水産庁増殖推進部漁場資源課・水産総合研究センター, 86-91.
- 今 攸 (1980) ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) の生活史に関する研究. 新潟大学理学部附属佐渡臨海実験所特別報告, 2, 1-64.
- 今 攸・丹羽正一・山川文男 (1968) ズワイガニに関する研究-II. 甲幅組成から推定した脱皮回数. 日水誌, 34, 138-142.
- 小西光一・養松郁子・廣瀬太郎・南 卓志 (2012) 日本海の中深層底棲魚に捕食されたズワイガニ属幼生と稚ガニの水深分布について. 日水誌, 78, 976-978.
- 本多直人・井桁庸介・山本岳男・上田祐司・白井 滋 (2015) ズワイガニ幼生の分布特性の解明および加入量予測モデルの開発. 平成 27 年度資源変動要因分析調査報告書, 水産庁増殖推進部漁場資源課・水産総合研究センター, 70-71.
- 三浦 浩・伊藤 靖・下山宗生・澤田竜美・本田耕一 (2014) 日本海西部地区におけるズワイガニ・アカガレイ保護育成礁の効果. 漁港漁場漁村総合研究所調査研究論文集, 24, 55-60.
- 森山 充 (2011) ズワイガニ, アカガレイ保護礁の効果について. 水産工学, 47, 223-225.
- 尾形哲男 (1974) 日本海のズワイガニ資源. 水産研究叢書, 26, 日本水産資源保護協会, 東京. 64pp.

- 上田祐司・藤原邦浩・筆谷拓郎・金岩 稔・原田泰志・岡本繁好・大谷徹也・太田武行
(2016)大臣管理漁業等の資源管理計画および資源管理措置にかかる調査 沖合底びき網
漁業の資源管理計画に係る調査 (対象魚種:ズワイガニ・アカガレイ). 平成 27 年度
資源管理指針等高度化推進事業報告書, 水産庁資源管理部管理課・水産総合研究セン
ター, 1-36.
- 上田祐司・藤原邦浩・志村 健・大谷徹也・木下貴裕 (2014) ズワイガニの保護区設置状
況と資源の分布の関係. 東北底魚研究, 34, 119-122.
- 上田祐司・藤原邦浩・八木佑太・佐久間啓・吉川 茜・松倉隆一・山本岳男 (2020) 令和
元 (2019) 年度ズワイガニ日本海系群 A 海域の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域
の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 958-985.
- 上田祐司・佐久間啓・藤原邦浩・八木佑太・吉川 茜・松倉隆一・山本岳男 (2020) 令和 2
(2020) 年度ズワイガニ日本海系群 A 海域の管理基準値等に関する研究機関会議資料.
水産庁・水産研究・教育機構. FRA-SA2020-BRP02-01
- Ueda Y., M. Ito, T. Hattori, Y. Narimatsu and D. Kitagawa (2009) Estimation of terminal molting
probability of snow crab *Chionoecetes opilio* using instar- and state-structured model in the
waters off the Pacific coast of northern Japan. Fish. Sci., 75, 47-54.
- Yamamoto T., T. Yamada, H. Fujimoto and K. Hamasaki (2014) Effect of temperature on snow crab
(*Chionoecetes opilio*) larval survival and development under laboratory conditions. J. Shellfish
Res., 33, 19-24.
- Yamamoto T., T. Yamada, T. Kinoshita, Y. Ueda, H. Fujimoto, A. Yamasaki and K. Hamasaki (2015)
Effect of temperature on growth of juvenile snow crabs *Chionoecetes opilio*, in the laboratory.
J. Crustacean Biol., 35, 140-148.
- Yamamoto T., T. Yamada, T. Kinoshita, Y. Ueda, A. Yamasaki and K. Hamasaki (2018) Moulting and
growth in earlier and later moulters of adolescent male snow crabs (*Chionoecetes opilio*)
(Brachyura: Majoidea) under laboratory conditions. Invertebrate Reproduction & Dev., 62, 49-
55.
- Yamasaki A. (2002) Establishment of preserved area for snow crab *Chionoecetes opilio* and
consequent recovery of the crab resources. Fish. Sci., 68, suppl. II, 1699-1702.
- 山崎 淳・桑原昭彦 (1991) 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. 日水誌,
57, 1839-1844.
- 山崎 淳・宮嶋俊明 (2013) 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ混獲量とリリース
直後の生残率. 水産技術, 5, 141-149.
- 山崎 淳・宮嶋俊明・藤原邦浩 (2011) 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ水ガ
ニの入網数とリリース直後の生残率. 日水誌, 77, 372-380.
- 山崎 淳・篠田正俊・桑原昭彦 (1992) 雄ズワイガニの最終脱皮後の生残率推定につい
て. 日水誌, 58, 181-186.
- 全国底曳網漁業連合会 (2018) 平成 29 年度日本海ズワイガニ漁獲結果総まとめ資料. 全国
底曳網漁業連合会, 東京.

(執筆者: 佐久間啓、藤原邦浩、八木佑太、吉川 茜、松倉隆一、山本岳男)



図 2-1. ズワイガニ日本海系群 A 海域の分布

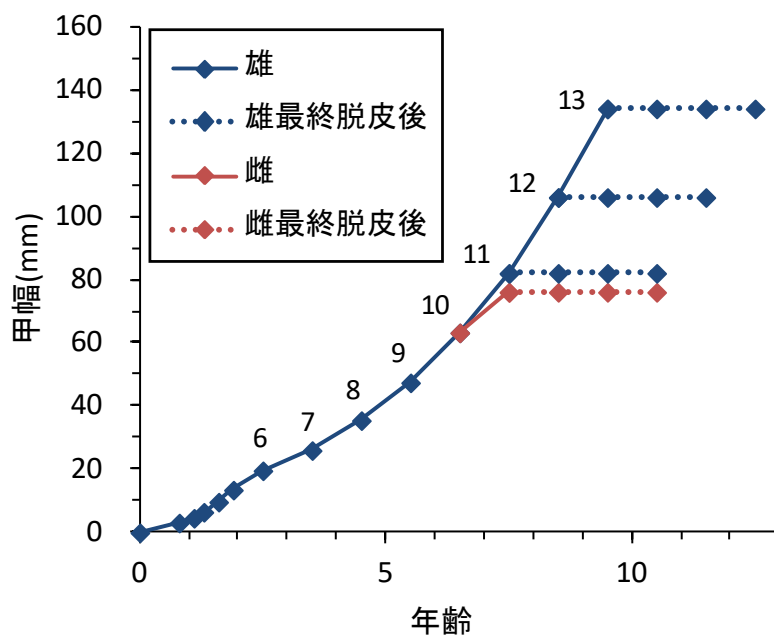


図 2-2. ズワイガニの年齢、脱皮齢期および甲幅の関係
 数字は脱皮齢期を示す。
 10 齢までは雌雄共通である。

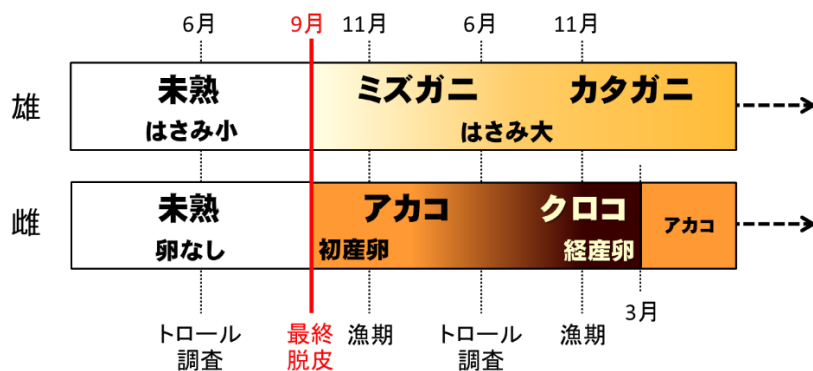


図 2-3. ズワイガニの生活史と漁獲の模式図

- ・ミズガニ：脱皮後 1 年未満の雄。
- ・カタガニ：脱皮後 1 年以上経過した雄。
- ・アカコ：橙色の外卵を腹部に有する雌。
- ・クロコ：茶褐色から黒紫色の外卵を持つ雌。

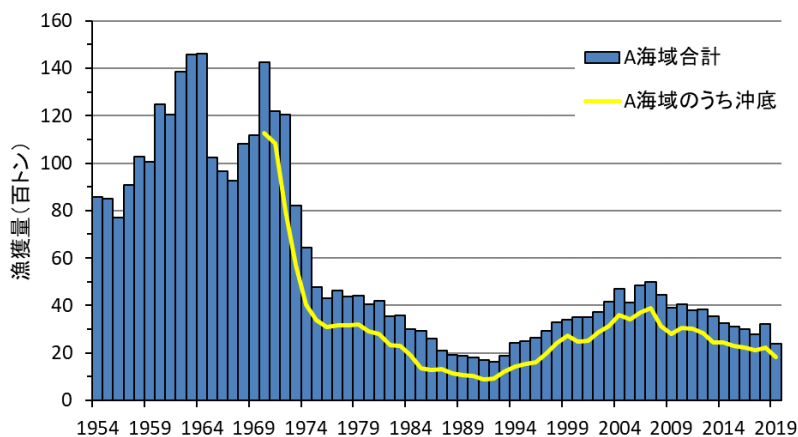


図 3-1. 漁獲量（暦年）および沖合底びき網漁業による漁獲量（漁期年）

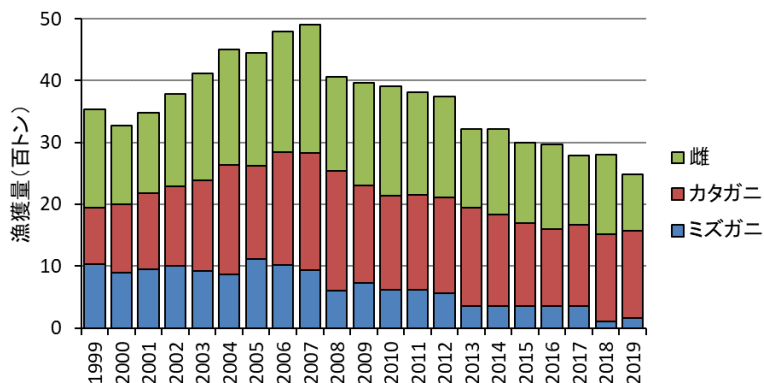


図 3-2. 雌雄別（雄はカタガニ・ミズガニ別）の漁獲量（漁期年）

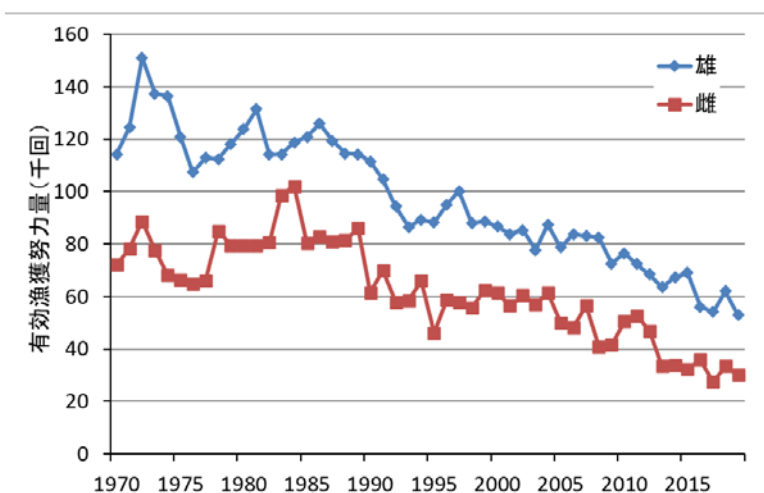


図 3-3. 沖合底びき網の有効漁獲努力量

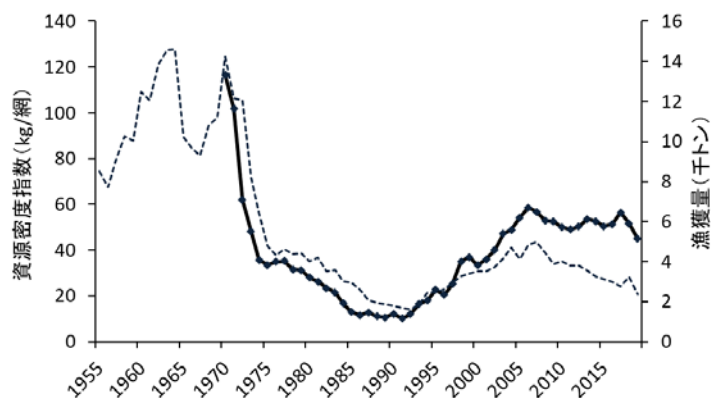


図 4-1. 沖底漁績から求めた資源密度指数 (kg/網、雌雄海区合計)

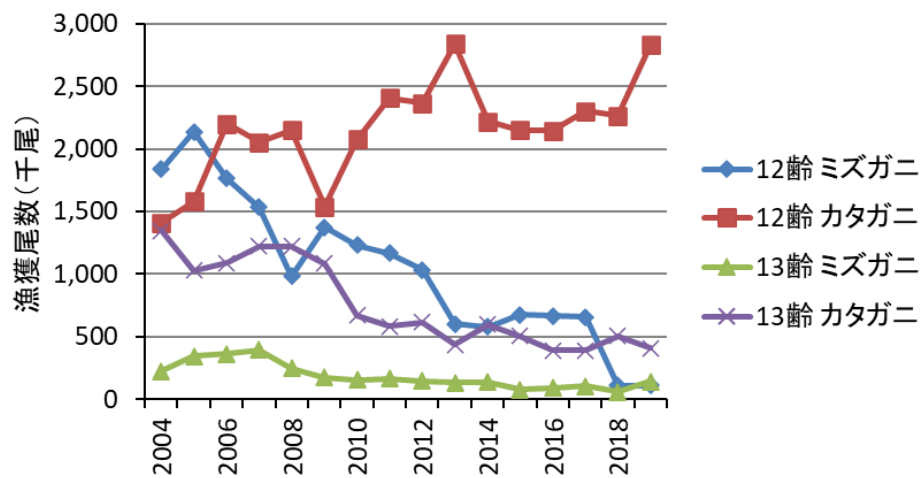


図 4-2. 主要港における雄の齢期別カタガニ・ミズガニ別漁獲尾数

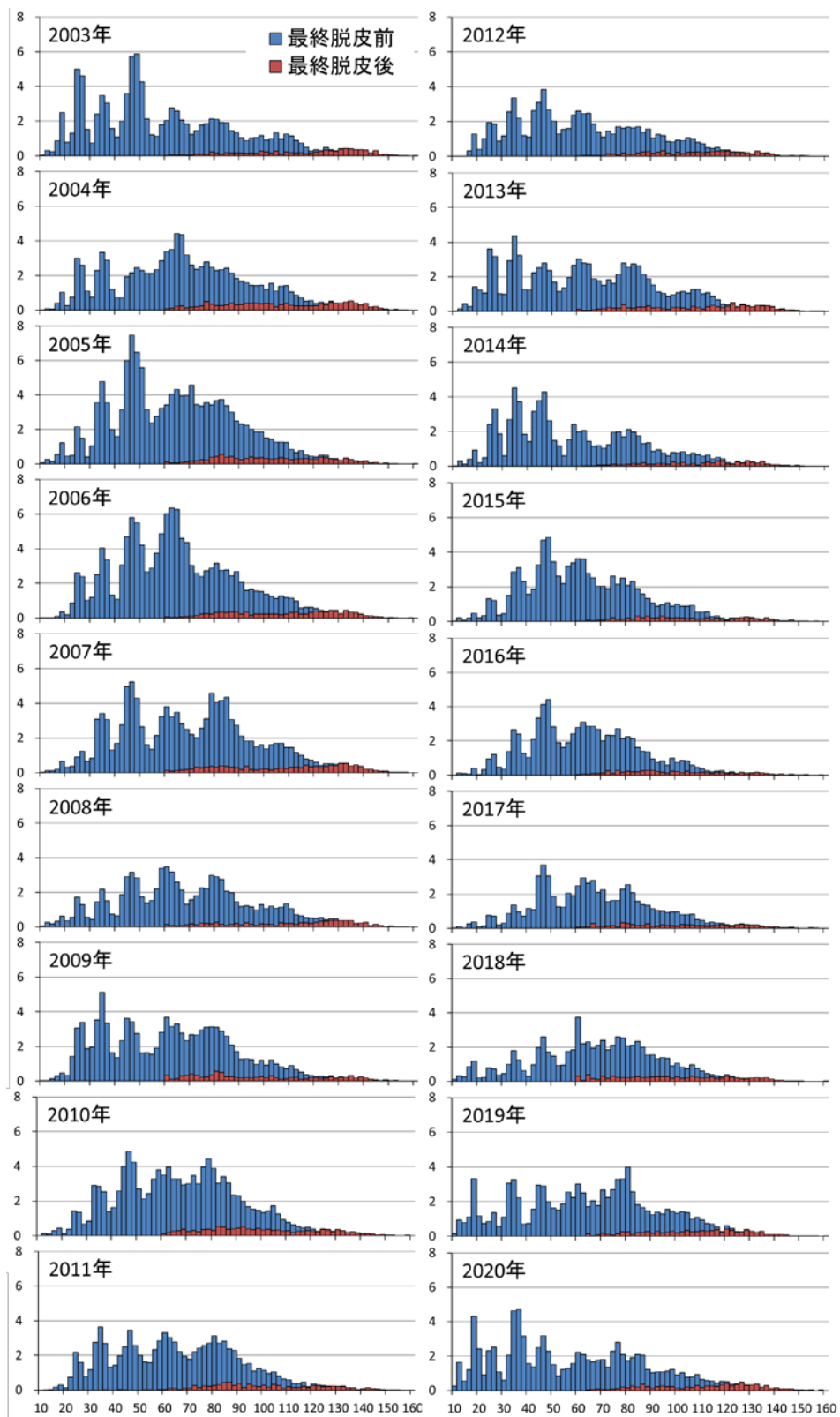


図 4-3. トロール調査から推定された雄の甲幅組成

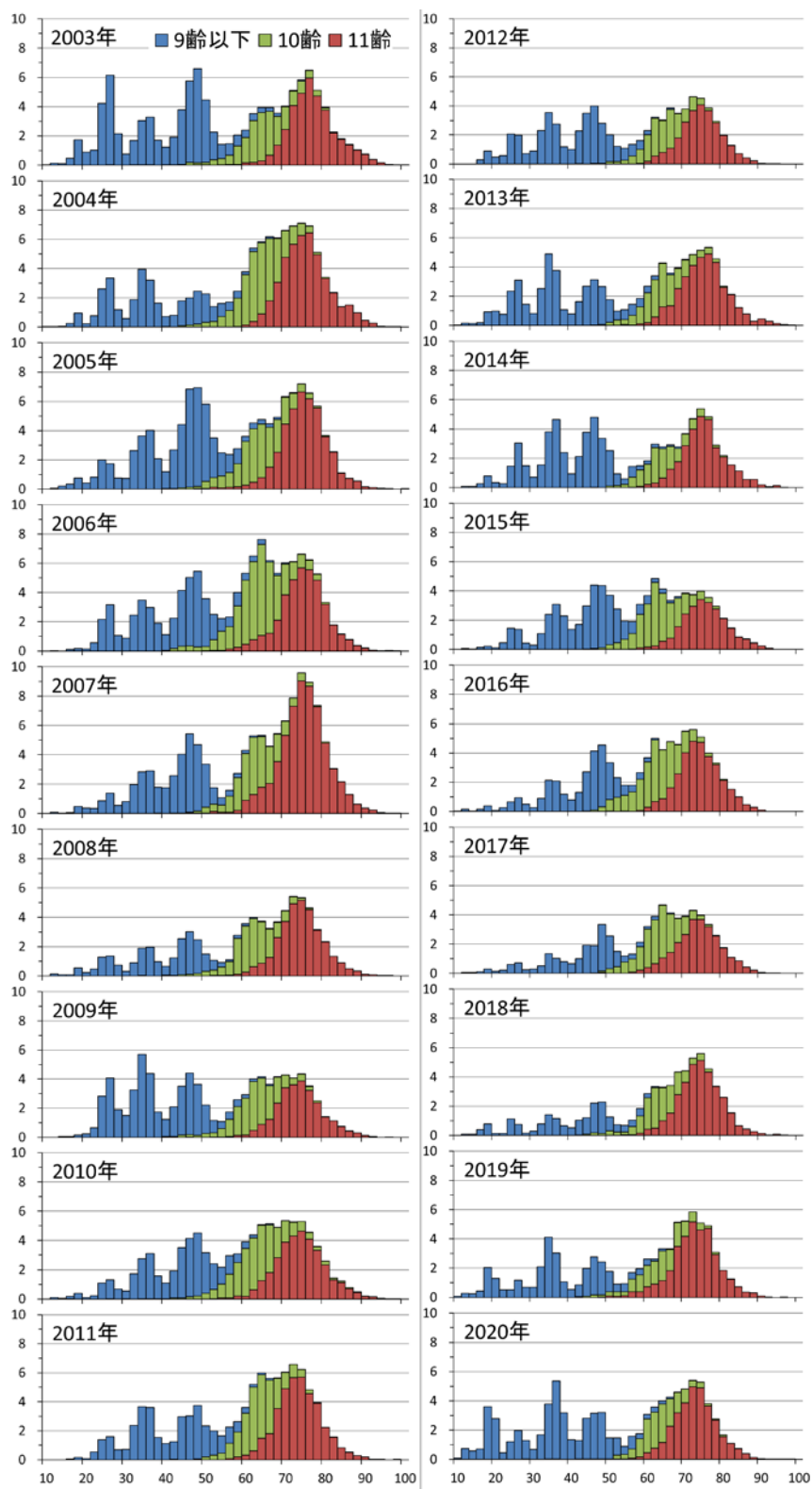


図 4-4. トロール調査から推定された雌の甲幅組成

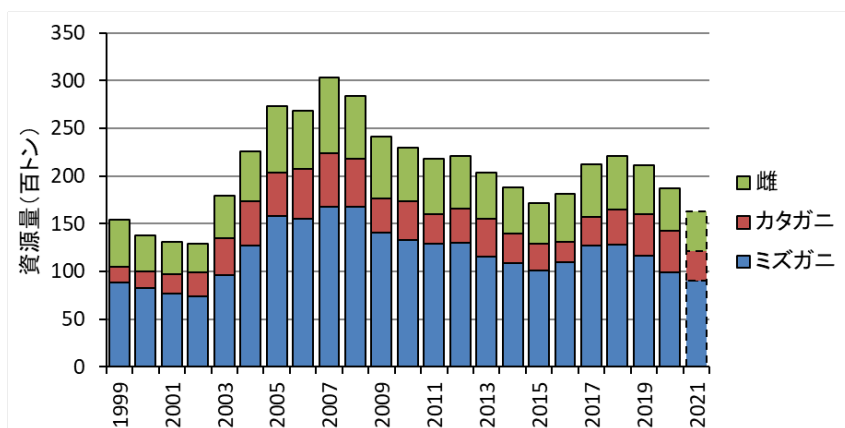


図 4-5. トロール調査結果に基づくコホート解析により推定された漁期開始時点の資源量
 ミズガニとカタガニは 12 歳と 13 歳の合計を、雌は 11 歳をそれぞれ示す。
 2021 年は、2020 年の 10 歳以上の年齢別資源尾数等から求めた予測値。

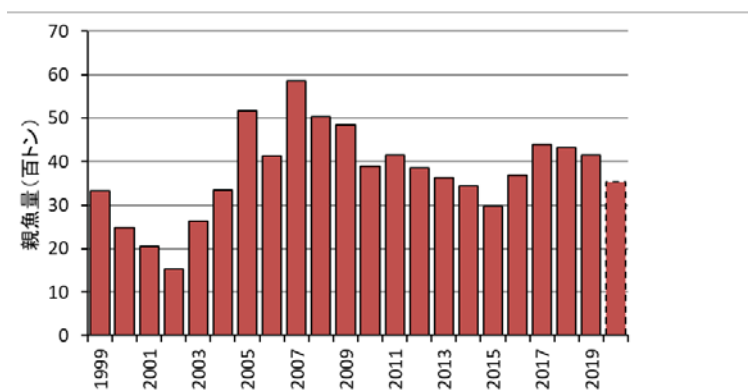


図 4-6. 雌の親魚量
 親魚量は各年の漁期後の値、すなわち漁期開始時点の親魚量から漁獲量を除いた値である。2020 年の親魚量は、2020 年の雌の漁獲量を仮定した際、漁期後に想定される予測値。

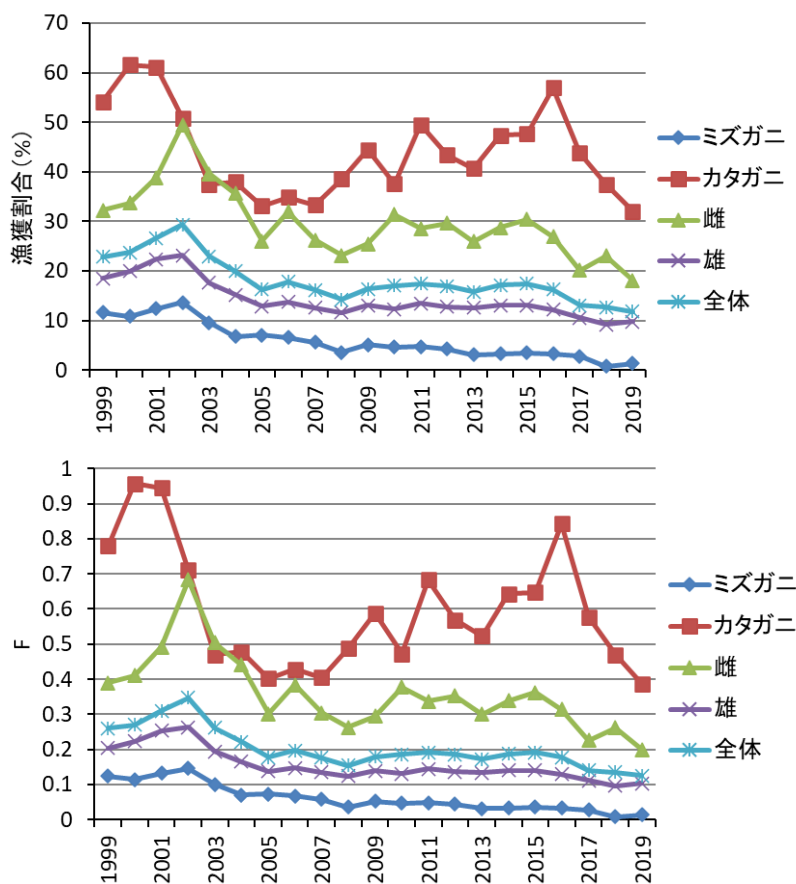


図 4-7. 漁獲割合 (上図) と漁獲係数 (F) (下図)

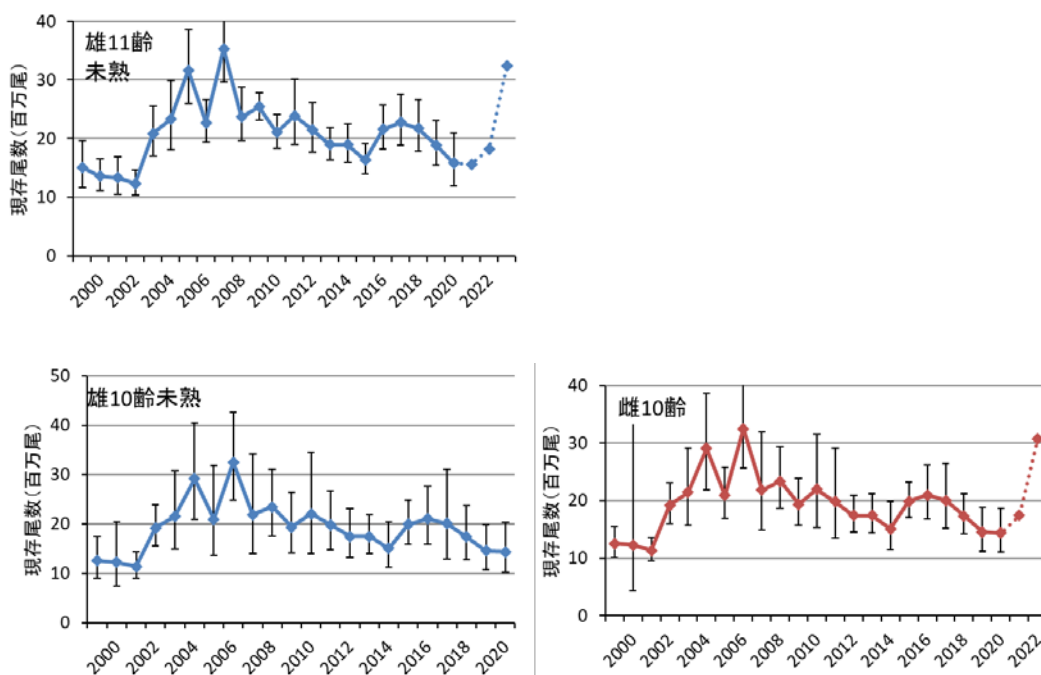


図 4-8. 2020 年漁期に漁獲加入する年級群（雄 11 歳）および 2020 年漁期に漁獲加入する年級群（雄雌とも 10 歳）の現存尾数 縦棒は 95%信頼区間を示す。点線は資源の将来予測に用いる予測値を示し、2020 年の 8 歳および 9 歳の現存尾数からそれぞれ求めた。トロール調査の 5～6 月時点に採集された雌 11 歳のうち、2020 年漁期に漁獲加入する個体と 2019 年漁期以前に漁獲加入していた個体の判別は不可能であることから、2020 年漁期の雌の漁獲加入尾数は不明である。

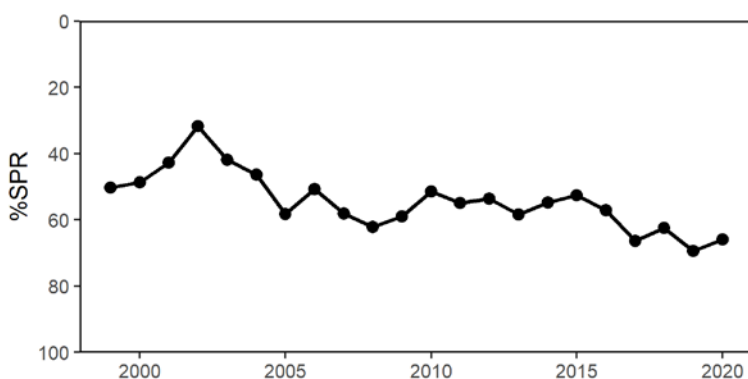


図 4-9. 漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移

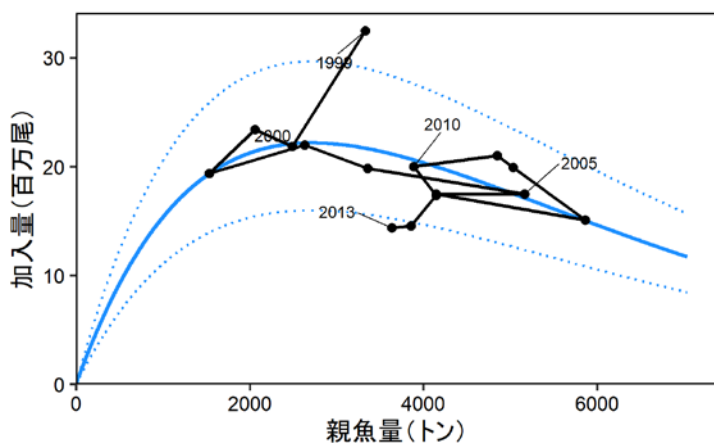


図 4-10. 親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係） 青の太線および破線は「管理基準値等に関する研究機関会議」において採択されたリッカー型再生産モデルの中央値、および 90%が含まれると推定される範囲。黒点は親魚量および加入量の観測値。本海域では加入までの期間を 7 年と仮定しており、1999 年から 2013 年における親魚量は、2006 年から 2020 年の加入量に対応する。

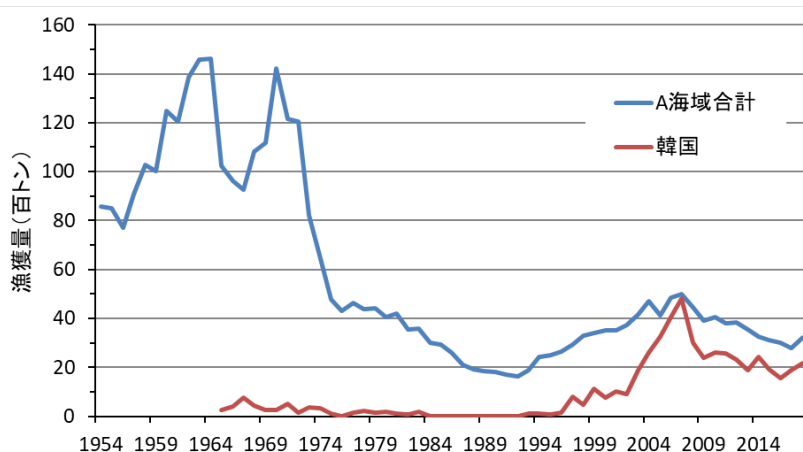


図 6-1. 日本（A 海域合計）および韓国における漁獲量（暦年集計）

表 3-1. 漁期規制およびサイズ規制 (2019 年)

		漁期		漁獲規制 (サイズは甲幅)	
省令		11月6日～3月20日		90 mm以上	
		(ミズガニ)	(カタガニ)	(ミズガニ)	(カタガニ)
雄	自主規制	鳥取・兵庫・島根	2月1日～2月末日	省令に同じ	105 mm以上
		京都	禁漁	省令に同じ	禁漁
		福井	2月19日～3月20日	省令に同じ	100 mm以上
		石川	禁漁	省令に同じ	禁漁
省令		11月6日～1月20日		成熟ガニ	
雌	自主規制	鳥取・兵庫・島根 福井・京都・石川	11月6日～12月31日	クロコ・70 mm以上	
雄雌	自主規制	鳥取・兵庫・島根	11月の公休日の設定 ・30時間以上の在港を4回 または ・24時間以上の在港を5回		

表 3-2. ミズガニおよびクロコの1航海あたり漁獲量規制 (2019 年)

航海時間	漁獲量上限	
	ミズガニ	クロコ
24時間未満	800尾	5,000尾
48時間未満	1,600尾	8,000尾
48時間以上	2,300尾	16,000尾

表 3-3. 沖合底びき網の有効漁獲努力量（網）

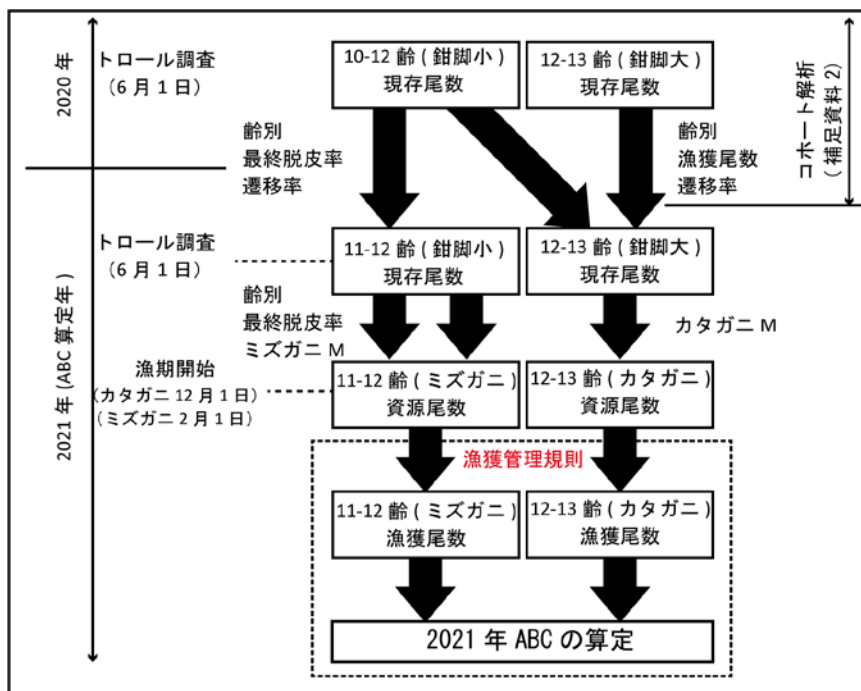
漁期年	雄	雌
1970	114,223	72,019
1971	124,530	78,378
1972	151,020	88,650
1973	137,288	77,692
1974	136,372	68,184
1975	120,915	66,411
1976	107,409	64,848
1977	112,818	65,947
1978	112,376	84,993
1979	118,133	79,600
1980	123,839	79,598
1981	131,444	79,549
1982	114,006	80,548
1983	114,285	98,747
1984	118,754	102,112
1985	120,892	80,298
1986	126,009	82,864
1987	119,322	80,956
1988	114,592	81,444
1989	114,162	86,059
1990	111,532	61,609
1991	104,668	69,972
1992	94,306	57,888
1993	86,501	58,535
1994	89,255	65,978
1995	88,167	46,073
1996	95,009	58,844
1997	100,166	57,707
1998	87,936	55,779
1999	88,589	62,347
2000	86,732	61,424
2001	83,742	56,547
2002	85,305	60,481
2003	77,661	56,806
2004	87,392	61,586
2005	78,785	50,048
2006	83,846	48,201
2007	83,078	56,501
2008	82,508	40,827
2009	72,592	41,601
2010	76,453	50,431
2011	72,339	52,797
2012	68,488	46,983
2013	63,539	33,463
2014	67,386	33,808
2015	69,060	32,402
2016	56,136	35,913
2017	54,122	27,340
2018	61,979	33,382
2019	52,931	30,153

表 4. 沖合底びき網の資源密度指数 (kg/網)

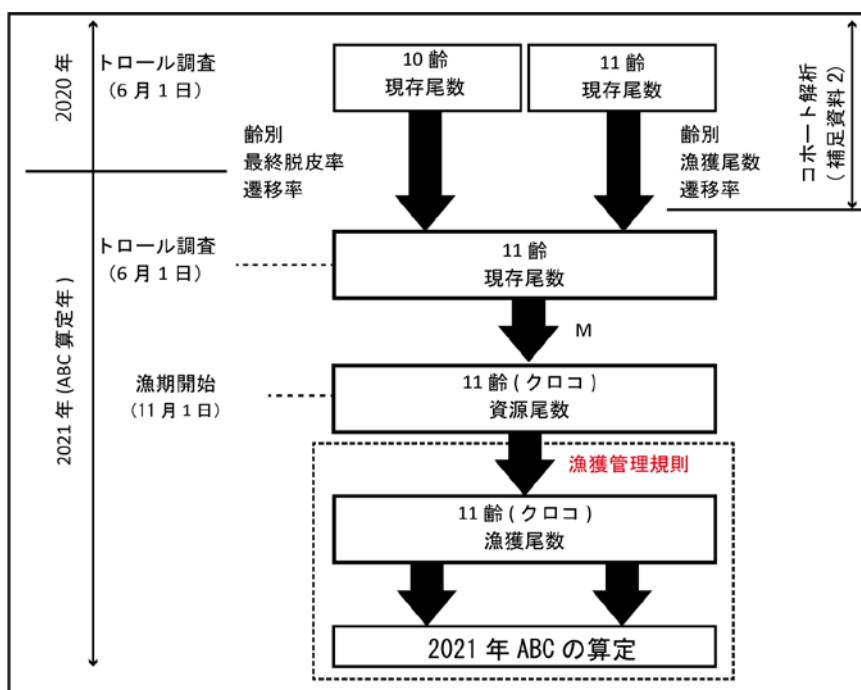
漁期年	雄			雌			雄雌
	A海域 全体	中区	西区	A海域 全体	中区	西区	A海域 合計
1970	68	32	85	48	23	61	116
1971	62	26	78	40	17	49	102
1972	40	20	52	22	11	29	62
1973	33	14	42	16	8	20	48
1974	23	13	29	12	8	15	36
1975	21	16	23	12	11	13	34
1976	19	22	19	15	13	16	35
1977	18	15	20	17	12	20	35
1978	17	13	19	14	9	17	32
1979	18	12	21	14	8	16	31
1980	15	11	17	13	13	13	28
1981	14	14	14	13	11	13	26
1982	13	16	12	10	10	10	23
1983	11	12	11	10	10	10	22
1984	11	13	10	6	5	6	17
1985	8	12	6	5	6	5	13
1986	8	10	7	4	5	4	12
1987	8	12	6	5	7	4	13
1988	7	12	5	4	6	4	11
1989	6	10	5	4	4	5	11
1990	6	10	5	6	9	6	12
1991	6	10	4	4	5	4	10
1992	7	12	5	5	7	5	12
1993	9	17	5	8	11	6	17
1994	10	19	6	8	11	7	18
1995	12	21	8	11	16	9	23
1996	11	18	8	10	13	9	21
1997	12	15	11	13	10	15	25
1998	14	17	13	21	10	26	35
1999	16	15	17	21	11	25	37
2000	17	16	17	17	8	22	33
2001	17	19	17	19	13	22	36
2002	19	19	19	21	10	26	40
2003	22	17	24	26	12	32	47
2004	23	16	26	26	11	33	49
2005	24	20	26	30	15	36	54
2006	25	18	27	34	20	40	59
2007	26	20	28	31	19	36	57
2008	23	21	24	30	22	32	53
2009	20	20	20	32	14	40	53
2010	20	22	20	30	15	36	50
2011	22	21	23	27	12	33	49
2012	21	21	22	29	23	31	50
2013	22	19	23	32	26	33	54
2014	20	16	21	33	20	38	53
2015	18	16	18	33	36	32	51
2016	20	15	21	32	18	35	51
2017	22	17	24	35	17	40	56
2018	17	15	18	34	12	42	52
2019	20	15	22	25	8	30	45

補足資料 1 資源評価の流れ

(1) 雄



(2) 雌



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。

http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html

補足資料 2 資源計算方法

2-1. トロール調査による年別齢期別現存尾数を用いたコホート解析

ズワイガニではトロール調査による直接推定法により資源量を推定している。直接推定は漁業と独立に資源量が推定可能である一方、推定値はトロール調査の観測誤差の影響を受けており、観測誤差の影響を受けた資源量推定値に基づいて算定される ABC に対して不確実性を与えている。そこで、観測誤差の影響を低減するため、トロール調査による年別齢期別現存尾数（補足表 2-1）を用いてコホート解析を行った。

本方法では、解析期間の 1 年目の齢期別現存尾数および各年の加入尾数を起点とし、最終脱皮を考慮して前進計算を行う。計算過程を模式的に補足図 2-1 に示す。

性別 i 、 t 年、 a 齢、脱皮状態 j の現存尾数を $N_{i,a,j,t}$ とする。脱皮状態 j と未熟・成熟、ミズガニ・カタガニの関係を以下のように定義する。

脱皮状態 1： 未熟、ミズガニ

脱皮状態 2： 成熟、ミズガニ

脱皮状態 3： 成熟、カタガニ

1999 (t) 年の 9~12 齢の現存尾数 ($R_{i,a,j,t}$) および 2000~2019 年 (t) の 9 齢の現存尾数 ($R_{i,a,1,t}$) を用いて、2000 ($t+1$) 年の 10~13 齢（雌は 9~11 齢）および 2001~2020 ($t+1$) 年の 10 齢の現存尾数を、以下の式を用いて前進計算した。

$$\text{未熟： } \hat{N}_{i,a+1,1,t+1} = (1 - \gamma_{i,a+1})(R_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t})S_{i,a,1} \quad (1)$$

$$\text{成熟： } \hat{N}_{i,a+1,2-3,t+1} = \gamma_{i,a+1}(R_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t})S_{i,a,1} + (R_{i,a+1,2-3,t} - C_{i,a,2-3,t})S_{i,a+1,2-3} \quad (2)$$

上式で $\gamma_{i,a}$ は a 齢に脱皮するときの最終脱皮率、 $C_{i,a,j,t}$ は t 年、 a 齢、脱皮状態 j の漁獲尾数である。

$S_{i,a}$ は t 年、 a 齢の資源尾数から ($t+1$) 年、① ($a+1$) 齢もしくは② a 齢の資源尾数への遷移率である。①のとき遷移率は、生残率に加え、 a 齢と ($a+1$) 齢のトロール網の採集効率の違いによる影響も込みにした係数であり、②のときは、生残率のみを示した係数である。資源計算の際、齢別漁獲尾数と M 等から翌年の資源尾数を求めるのが通常であるが、A 海域では、漁獲を除いた生残率に混獲死亡や日韓暫定水域内の韓国の漁獲量を考慮する必要がある。現状では十分に考慮することが不可能であるため、遷移率を用いた計算を行っている。

$\gamma_{i,a}$ および $S_{i,a}$ はすべての年で一定とした。漁獲尾数 ($C_{i,a,j,t}$) は、雄では 12~13 齢成熟（カタガニ）、雌では 11 齢について用い、他の齢期については 0 とした。実際には雄 12 齢未熟ではミズガニとして漁獲されており、他の齢期でも混獲死亡があるが、これらはすべて遷移率に含めてパラメータとして推定した。

2001~2020 年の 11~13 齢（雌は 11 齢）の現存尾数を、以下の式を用いて順次前進計算した。

$$\text{未熟： } \hat{N}_{i,a+1,1,t+1} = (1 - \gamma_{i,a+1})(\hat{N}_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t})S_{i,a,1,t} \quad (3)$$

$$\text{成熟： } \hat{N}_{i,a+1,2-3,t+1} = \gamma_{i,a+1}(\hat{N}_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t})S_{i,a,1,t} + (\hat{N}_{i,a+1,2-3,t} - C_{i,a,2-3,t})S_{i,a+1,2-3,t} \quad (4)$$

計算された現存尾数 ($\hat{N}_{i,a,j,t}$) とトロール調査による現存尾数の観測値 ($N_{i,a,j,t}$) に関する尤度関数 (L) を (5) 式に示す。1999 (t) 年の 9~13 歳の現存尾数 ($R_{i,a,1,t}$)、2000~2020 年 (t) の 9 歳の現存尾数 ($R_{i,a,1,t}$)、最終脱皮率 ($\gamma_{i,a}$) および遷移率 ($S_{i,a,j}$) を推定パラメータとし、R v3.6.3 の optim 関数を用いて尤度関数 (L) を最大化する各パラメータを求めた。

$$L = \prod_i \prod_a \prod_j \prod_t \frac{1}{N_{i,a,j,t} \sqrt{2\pi\sigma_i^2}} \exp \left[-\frac{(\ln(\hat{N}_{i,a,j,t}) - \ln(N_{i,a,j,t}))^2}{2\sigma_i^2} \right] \quad (5)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{AJT} \sum_a \sum_j \sum_t (\ln(\hat{N}_{i,a,j,t}) - \ln(N_{i,a,j,t}))^2 \quad (6)$$

9 歳と 10 歳は雄雌ともに未熟個体であり、未熟個体では雌雄の分布の違いはみられていない。したがって、パラメータ推定の際、9 歳と 10 歳の現存尾数は雌雄で同値とした。

雄の 13 歳については、トロール調査の観測誤差の影響は小さいと考えられること、また遷移率に年変化があると考えられることから、本解析から除き、観測値を ABC 算定に用いた。なお、雄 13 歳を解析から除いた場合でも、2021 年の現存尾数および将来予測のため雄 12 歳未熟の遷移率 ($S_{12,1}$) が必要である。そこで、遷移率の年変化が小さいと考えられる直近 5 年 (2016~2020 年) のみ (5) 式による 13 歳の尤度計算を行い、 $S_{12,1}$ を推定した。

現存尾数の推定値 ($\hat{N}_{i,a,j,t}$) の 90% 信頼区間 ($\hat{N}_{i,a,j,t}^{\text{lower}}$ 、 $\hat{N}_{i,a,j,t}^{\text{upper}}$) を、以下のパラメトリックブートストラップ法によって求めた。

$$\mu_{i,a,j,t}^b = \ln(\hat{N}_{i,a,j,t}) + \varepsilon_{i,a,j,t}^b \quad (7)$$

$$\varepsilon_{i,a,j,t}^b \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (8)$$

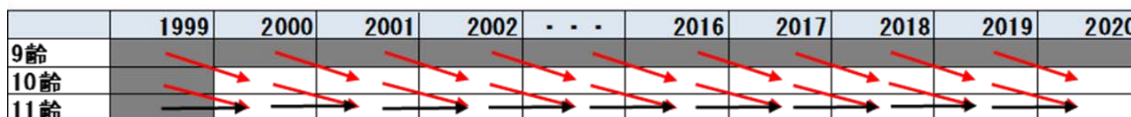
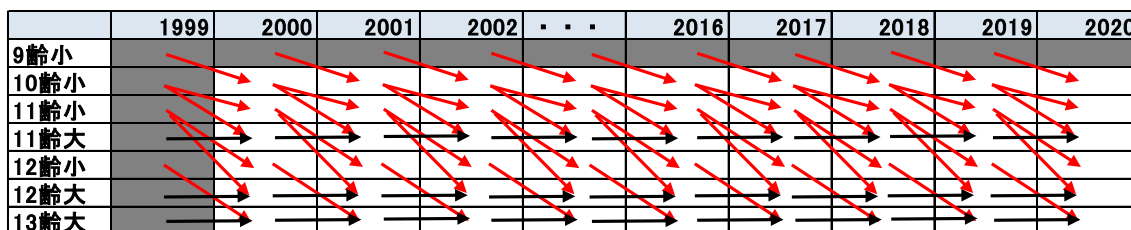
$$N_{i,a,j,t}^b = \exp(\mu_{i,a,j,t}^b) \quad (9)$$

ここで、b はブートストラップ標本を示す変数である (b=1, ..., B)。得られた $N_{i,a,j,t}^b$ を用いて、再び (3) ~ (6) 式によりパラメータ推定を行い $\hat{N}_{i,a,j,t}^b$ を得た。これを 1,000 回繰り返し (B=1000)、得られた $\hat{N}_{i,a,j,t}^b$ のうち下から 50 番目を $\hat{N}_{i,a,j,t}^{\text{lower}}$ 、上から 50 番目を $\hat{N}_{i,a,j,t}^{\text{upper}}$ とした。

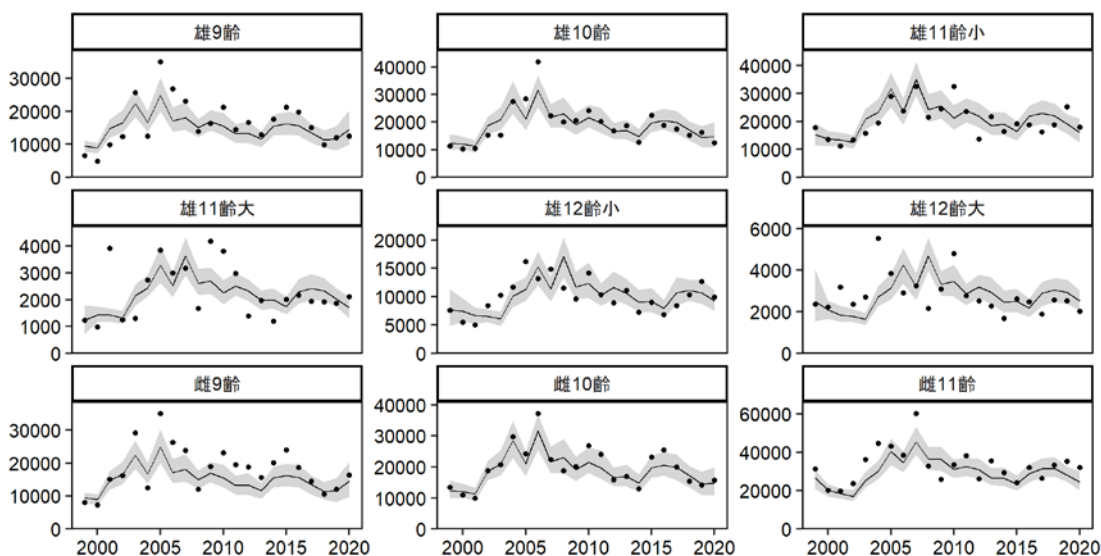
解析に用いた漁獲尾数 (C)、推定された遷移率 (S) および雄の最終脱皮率 (γ) を補足表 2-2 に、推定された各年の 9 歳および 1999 年の 10 歳の加入尾数 (R) を補足表 2-3 および 2-5 に、それぞれ示す。また、解析に用いられた齢期別現存尾数の観測値および推定値を補足図 2-2 に、これらの残差を補足図 2-3 に、それぞれ示す。

引用文献

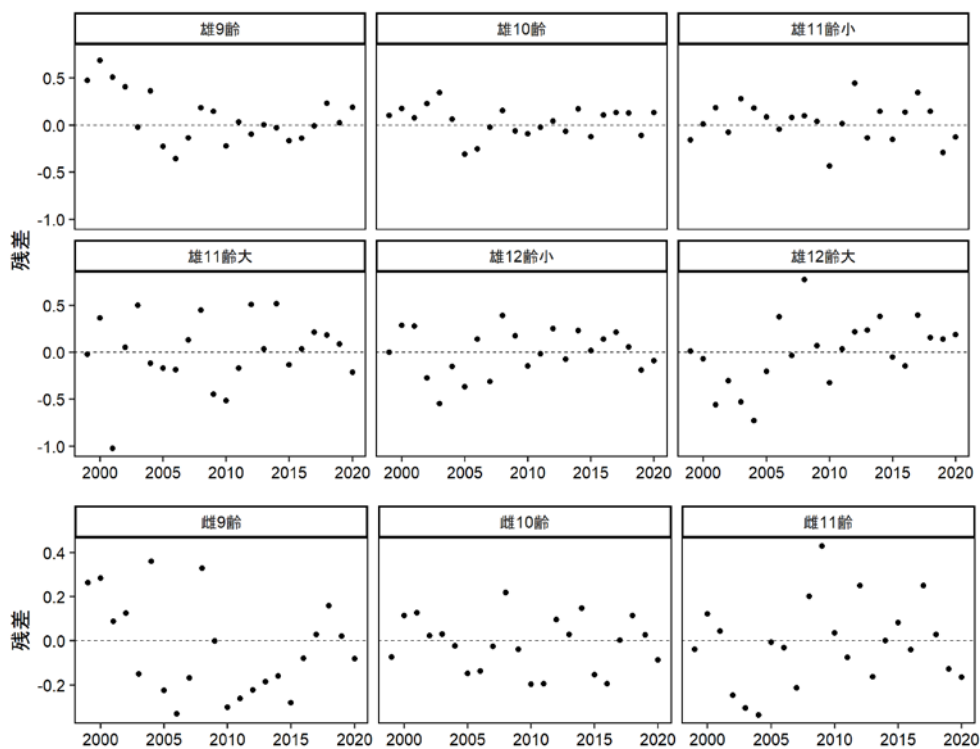
山崎 淳 (1996) 日本海における雄ズワイガニの漁獲サイズ. 日水誌, 62, 623-630.



補足図 2-1. 資源計算の模式図 上図は雄、下図は雌を、細線は脱皮による齢期の遷移、太線は最終脱皮後の同一齢期の遷移、「小」は鋏脚小（未成熟・最終脱皮前）を、「大」は鋏脚大（成熟・最終脱皮後）を、それぞれ示す。



補足図 2-2. トロール調査による年別齢別現存尾数の観測値（黒点）および推定値（黒実線） 網掛けは推定値の 90%信頼区間を、縦軸は現存尾数（千尾）を、「小」は鋏脚小（未成熟・最終脱皮前）を、「大」は鋏脚大（成熟・最終脱皮後）を、それぞれ示す。



補足図 2-3. トロール調査による年別年齢別現存尾数の観測値 (対数) に対する推定値 (対数) の残差。点線は 0 を、縦軸は残差を、「小」は鯀脚小 (未成熟・最終脱皮前) を、「大」は鯀脚大 (成熟・最終脱皮後) を、それぞれ示す。

補足表 2-1. 直接推定（面積密度法）によるトロール調査時点の現存尾数

雄の現存尾数（千尾）															
年齢	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
6歳	未	0	22	150	898	3,960	1,485	1,776	553	1,069	1,023	890	717	491	
7歳	未	702	699	1,393	6,322	12,432	7,193	3,985	6,254	2,835	3,825	9,022	3,437	4,973	
8歳	未	3,714	2,082	4,835	18,942	11,401	11,239	14,348	12,433	11,615	6,285	15,900	10,095	11,800	
9歳	未	6,566	4,930	9,937	12,309	25,621	12,541	35,047	26,863	23,101	13,883	16,333	21,291	14,531	
10歳	未	11,297	10,271	10,548	15,322	15,189	27,359	28,492	41,899	22,348	20,013	20,576	24,133	20,279	
	成	103	98	943	276	263	977	529	357	703	471	1,247	1,209	508	
11歳	未	17,696	13,456	11,090	13,313	15,779	19,466	28,992	23,697	32,490	21,517	24,493	32,526	23,502	
	成	1,231	985	3,919	1,251	1,294	2,732	3,858	3,004	3,174	1,682	4,191	3,818	2,976	
12歳	未	7,559	5,464	4,958	8,413	10,271	11,696	16,199	13,234	14,899	11,516	9,592	14,186	10,312	
	成	2,372	2,223	3,188	2,364	2,707	5,545	3,854	2,913	3,253	2,166	3,106	4,809	2,769	
13歳	成	1,117	1,454	1,841	2,605	4,615	5,114	4,728	5,110	6,250	4,577	3,212	3,822	2,838	
年齢	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020					
6歳	未	1,978	2,715	1,403	799	498	645	2,081	5,520	7,698					
7歳	未	5,137	8,527	7,708	3,247	2,611	1,686	1,768	3,034	6,634					
8歳	未	10,541	13,174	13,575	10,748	8,220	3,919	5,026	10,727	16,574					
9歳	未	16,581	12,955	17,590	21,296	19,786	15,117	9,922	12,106	12,503					
10歳	未	16,774	18,649	12,681	22,456	18,889	17,550	15,278	16,216	12,406					
	成	200	361	122	238	399	636	1,016	257	197					
11歳	未	13,792	21,696	16,396	19,115	18,837	16,186	18,777	25,279	17,919					
	成	1,390	1,969	1,203	2,018	2,168	1,942	1,929	1,866	2,120					
12歳	未	8,937	11,134	7,253	8,986	6,843	8,426	10,386	12,659	9,963					
	成	2,522	2,269	1,678	2,610	2,490	1,891	2,573	2,517	2,032					
13歳	成	3,383	3,934	3,054	2,625	1,934	2,723	3,677	4,625	4,741					

雌の現存尾数（千尾）															
年齢	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
6歳	未	121	143	35	621	2,987	1,344	1,441	323	972	983	407	566	247	
7歳	未	723	735	610	5,326	13,787	7,686	5,216	6,967	3,231	3,773	9,419	3,132	3,820	
8歳	未	3,832	1,712	3,704	17,069	10,502	11,981	13,640	11,562	10,432	6,223	16,780	9,959	12,475	
9歳	未	8,111	7,362	15,137	16,261	29,117	12,539	35,017	26,209	23,848	12,001	18,947	23,035	19,526	
10歳	未	13,466	10,928	10,000	18,777	20,784	29,805	24,245	37,239	22,388	18,786	20,125	26,791	24,097	
11歳	成	31,423	20,398	19,806	23,877	36,351	44,839	43,212	38,532	60,364	32,854	25,999	33,543	38,432	
年齢	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020					
6歳	未	1,481	2,145	1,240	361	672	530	1,186	3,896	7,396					
7歳	未	5,153	7,296	6,338	3,606	2,261	1,847	2,144	2,545	4,785					
8歳	未	10,794	13,713	13,303	10,026	6,913	4,207	4,281	11,322	15,627					
9歳	未	18,776	15,631	20,100	23,914	18,671	14,518	10,674	12,126	16,412					
10歳	未	15,855	16,978	12,984	23,214	25,501	19,977	15,492	14,155	15,695					
11歳	成	26,210	35,501	29,539	24,200	32,198	26,368	33,441	35,325	32,165					

2002 年までは切断法による年齢分解。年齢別現存尾数はトロール網のサイズ別採集効率を一定として推定した値であり、若齢ほど実際の資源尾数より過小である。

補足表 2-2. コホート解析に用いた漁獲尾数 (C)、推定された齢期別遷移率 (S) および 雄の最終脱皮率 (γ)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
雄12齢カタガニ	1,253	1,442	1,626	1,756	1,836	1,413	1,579	2,203	2,054	2,150	1,541	2,075	
漁獲尾数 雄13齢カタガニ	626	721	813	878	918	1,345	1,029	1,088	1,223	1,224	1,084	670	
雌11齢	8,990	7,141	7,393	8,485	9,754	10,520	10,297	10,988	11,777	8,561	9,380	10,056	
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019					
雄12齢カタガニ	2,364	2,837	2,219	2,150	2,147	2,303	2,266	2,830					
漁獲尾数 雄13齢カタガニ	614	437	596	506	390	392	507	409					
雌11齢	9,192	7,215	7,832	7,360	7,681	6,304	7,292	5,180					
	年齢	成熟											
遷移率	雄雌9齢	未	1.162										
	雄雌10齢	未	1.191										
	雄11齢	未	0.610										
	雄12齢	未	0.316										
	雄11-13齢	成	0.100										
	雌11齢	成	0.383										
	年齢												
最終脱皮率	11齢	0.087											
	12齢	0.212											

各年の9歳および1999年の10歳の加入尾数 (R) については補足表 2-3 および 2-5 を参照のこと。

補足表 2-3. コホート解析による雄のトロール調査時点の現存尾数、漁期開始時点の資源尾数および資源量

調査時点の現存尾数 (千尾)		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
9歳	未	10,554	9,786	16,546	18,453	25,057	17,994	27,967	18,803	20,142	16,676	18,930	17,057	15,034
10歳	未	12,514	12,259	11,367	19,219	21,434	29,105	20,901	32,486	21,841	23,396	19,370	21,988	19,812
11歳	未	15,134	13,601	13,325	12,355	20,889	23,297	31,635	22,718	35,309	23,739	25,429	21,053	23,899
	成	1,205	1,418	1,413	1,320	2,125	2,436	3,262	2,494	3,619	2,627	2,689	2,278	2,508
12歳	未	7,558	7,279	6,542	6,409	5,943	10,048	11,206	15,216	10,927	16,983	11,418	12,231	10,126
	成	2,408	2,074	1,823	1,744	1,598	2,679	3,142	4,250	3,145	4,678	3,325	3,469	2,864
13歳	成	1,117	1,454	1,841	2,605	4,615	5,114	4,728	5,110	6,250	4,577	3,212	3,822	2,838

漁期開始時点の資源尾数 (千尾)		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
12歳	未	ミズガニ	9,443	8,487	8,315	7,710	13,035	14,537	19,740	14,176	22,033	14,813	15,868	13,137	14,913
	成	ミズガニ	2,541	2,283	2,237	2,074	3,507	3,911	5,311	3,814	5,928	3,985	4,269	3,535	4,012
	成	カタガニ	2,179	1,877	1,650	1,578	1,446	2,424	2,843	3,846	2,845	4,233	3,009	3,139	2,591
13歳	成	ミズガニ	5,985	5,764	5,181	5,075	4,706	7,957	8,874	12,050	8,653	13,449	9,042	9,686	8,019
	成	カタガニ	1,010	1,316	1,666	2,357	4,176	4,627	4,278	4,623	5,655	4,142	2,906	3,458	2,568

漁期開始時点の資源量 (トン)		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
12歳	未	ミズガニ	3,522	3,166	3,101	2,876	4,862	5,422	7,363	5,288	8,218	5,525	5,919	4,900	5,563
	成	ミズガニ	948	852	834	774	1,308	1,459	1,981	1,423	2,211	1,487	1,592	1,318	1,497
	成	カタガニ	878	756	665	636	583	977	1,146	1,550	1,147	1,706	1,212	1,265	1,044
13歳	成	ミズガニ	4,357	4,196	3,771	3,695	3,426	5,792	6,460	8,772	6,299	9,791	6,583	7,051	5,838
	成	カタガニ	807	1,051	1,331	1,883	3,337	3,697	3,418	3,694	4,518	3,309	2,322	2,763	2,052

調査時点の現存尾数 (千尾)		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
9歳	未	15,033	12,974	17,137	18,070	17,233	14,957	12,522	12,381	15,134
10歳	未	17,463	17,461	15,070	19,905	20,989	20,017	17,373	14,545	14,381
11歳	未	21,534	18,981	18,979	16,380	21,635	22,813	21,757	18,883	15,809
	成	2,306	2,042	2,015	1,765	2,241	2,401	2,316	2,034	1,712
12歳	未	11,495	10,358	9,130	9,129	7,879	10,406	10,973	10,465	9,083
	成	3,139	2,864	2,459	2,480	2,153	2,800	3,002	2,889	2,450
13歳	成	3,383	3,934	3,054	2,625	1,934	2,723	3,677	4,625	4,741

漁期開始時点の資源尾数 (千尾)		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
12歳	未	ミズガニ	13,437	11,844	11,843	10,221	13,500	14,235	13,576	11,783	9,865
	成	ミズガニ	3,615	3,187	3,186	2,750	3,632	3,830	3,653	3,170	2,654
	成	カタガニ	2,840	2,592	2,225	2,244	1,948	2,534	2,716	2,614	2,216
13歳	成	ミズガニ	9,103	8,202	7,230	7,229	6,239	8,241	8,689	8,287	7,192
	成	カタガニ	3,061	3,560	2,763	2,375	1,750	2,463	3,327	4,185	4,290

漁期開始時点の資源量 (トン)		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
12歳	未	ミズガニ	5,012	4,418	4,417	3,812	5,036	5,310	5,064	4,395	3,680
	成	ミズガニ	1,348	1,189	1,188	1,026	1,355	1,429	1,362	1,182	990
	成	カタガニ	1,144	1,044	897	904	785	1,021	1,095	1,054	893
13歳	成	ミズガニ	6,627	5,971	5,263	5,263	4,542	5,999	6,326	6,033	5,236
	成	カタガニ	2,446	2,844	2,208	1,897	1,398	1,968	2,658	3,344	3,428

イタリックは予測値。13歳は直接推定による値である。年齢別現存尾数はトロール網のサイズ別採集効率を一定として推定した値であり、若齢ほど実際の資源尾数より過小である。各年の9歳および1999年の10歳の現存尾数は雄雌同値である。加入尾数は、11歳未熟の現存尾数である。

補足表 2-4. 銘柄別の雄の漁期開始時点の資源量、漁獲量（漁期年）、漁獲割合および漁獲係数（F）

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源量 (トン)	ミズガニ	8,827	8,214	7,707	7,344	9,596	12,674	15,804	15,482	16,729	16,803	14,094	13,270	12,897
	カタガニ	1,685	1,808	1,996	2,519	3,919	4,674	4,564	5,244	5,665	5,015	3,535	4,028	3,096
	合計	10,513	10,021	9,703	9,864	13,515	17,348	20,368	20,726	22,394	21,818	17,628	17,298	15,993
漁獲量 (トン)	ミズガニ	1,029	891	955	1,002	919	865	1,113	1,018	939	604	727	618	619
	カタガニ	913	1,114	1,220	1,282	1,469	1,776	1,512	1,829	1,887	1,935	1,572	1,516	1,532
	合計	1,942	2,004	2,176	2,284	2,387	2,641	2,625	2,848	2,826	2,539	2,299	2,134	2,151
漁獲割合 (%)	ミズガニ	11.7	10.8	12.4	13.6	9.6	6.8	7.0	6.6	5.6	3.6	5.2	4.7	4.8
	カタガニ	54.2	61.6	61.1	50.9	37.5	38.0	33.1	34.9	33.3	38.6	44.5	37.6	49.5
	全体	18.5	20.0	22.4	23.2	17.7	15.2	12.9	13.7	12.6	11.6	13.0	12.3	13.4
漁獲係数 (F)	ミズガニ	0.124	0.115	0.132	0.147	0.101	0.071	0.073	0.068	0.058	0.037	0.053	0.048	0.049
	カタガニ	0.780	0.958	0.945	0.711	0.470	0.478	0.402	0.429	0.405	0.487	0.588	0.472	0.683
	全体	0.204	0.223	0.254	0.263	0.194	0.165	0.138	0.148	0.135	0.124	0.140	0.132	0.144
資源量 (トン)		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
	ミズガニ	12,988	11,578	10,869	10,101	10,933	12,738	12,752	11,610	9,906				
	カタガニ	3,591	3,889	3,105	2,802	2,183	2,989	3,753	4,397	4,321				
合計	16,578	15,466	13,974	12,903	13,116	15,727	16,505	16,008	14,226					
漁獲量 (トン)		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
	ミズガニ	558	358	361	356	359	358	104	159	165				
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335	1,244	1,311	1,408	1,410	1,641				
合計	2,116	1,942	1,833	1,691	1,603	1,669	1,513	1,569	1,806					
漁獲割合 (%)		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019					
	ミズガニ	4.3	3.1	3.3	3.5	3.3	2.8	0.8	1.4					
	カタガニ	43.4	40.7	47.4	47.6	57.0	43.8	37.5	32.1					
全体	12.8	12.6	13.1	13.1	12.2	10.6	9.2	9.8						
漁獲係数 (F)		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	F 2017-2019				
	ミズガニ	0.044	0.031	0.034	0.036	0.033	0.029	0.008	0.014	0.017				
	カタガニ	0.569	0.523	0.643	0.647	0.843	0.577	0.471	0.387	0.478				
全体	0.137	0.134	0.141	0.140	0.130	0.112	0.096	0.103	0.104					

イタリックは予測値。F 2017-2019 は、2017～2019 年の F の平均（現状の F）を示す。

補足表 2-5. コホート解析による雌の調査時点の現存尾数、漁期開始時点の資源尾数、資源量、漁獲量（漁期年）、漁獲割合、漁獲係数（F）および親魚量

調査時点の現存尾数（千尾）														
年齢	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
9歳	未	10,554	9,786	16,546	18,453	25,057	17,994	27,967	18,803	20,142	16,676	18,930	17,057	15,034
10歳	未	12,514	12,259	11,367	19,219	21,434	29,105	20,901	32,486	21,841	23,396	19,370	21,988	19,812
11歳	成	30,237	23,044	20,693	18,633	26,773	32,044	42,905	37,387	48,799	40,197	39,984	34,795	35,663

漁期開始時点の11歳（クロコ）の資源尾数（千尾）および資源量（トン）														
年齢	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
資源尾数	11歳	27,819	21,202	19,039	17,143	24,632	29,482	39,475	34,397	44,897	36,983	36,787	32,013	32,812
資源量	11歳	4,924	3,753	3,370	3,034	4,360	5,218	6,987	6,088	7,947	6,546	6,511	5,666	5,808

漁獲量（トン）	1,591	1,264	1,309	1,502	1,726	1,862	1,823	1,945	2,085	1,515	1,660	1,780	1,663
漁獲割合(%)	32.3	33.7	38.8	49.5	39.6	35.7	26.1	31.9	26.2	23.1	25.5	31.4	28.6
漁獲係数(F)	0.390	0.411	0.492	0.683	0.504	0.441	0.302	0.385	0.304	0.263	0.294	0.377	0.337

親魚量（トン）													
年齢	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
11歳	3,333	2,489	2,061	1,533	2,633	3,356	5,164	4,143	5,862	5,031	4,851	3,886	4,145

調査時点の現存尾数（千尾）										
年齢	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
9歳	未	15,033	12,974	17,137	18,070	17,233	14,957	12,522	12,381	15,134
10歳	未	17,463	17,461	15,070	19,905	20,989	20,017	17,373	14,545	14,381
11歳	成	33,659	30,172	29,591	26,284	30,955	33,912	34,417	31,084	27,248

漁期開始時点の11歳（クロコ）の資源尾数（千尾）および資源量（トン）										
年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
資源尾数	11歳	30,968	27,760	27,225	24,183	28,480	31,201	31,665	28,598	25,069
資源量	11歳	5,481	4,913	4,819	4,280	5,041	5,523	5,605	5,062	4,437

漁獲量（トン）	1,627	1,277	1,386	1,303	1,360	1,116	1,291	917	908	
漁獲割合(%)	29.7	26.0	28.8	30.4	27.0	20.2	23.0	18.1		
漁獲係数(F)	0.352	0.301	0.339	0.363	0.314	0.226	0.262	0.200		0.229

親魚量（トン）										
年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
11歳	3,854	3,636	3,432	2,978	3,681	4,407	4,314	4,145	3,529	

イタリックは予測値。F 2017-2019 は、2017～2019 年の F の平均（現状の F）を示す。

親魚量は、漁期後の資源量を示す。

年齢別現存尾数はトロール網のサイズ別採集効率を一定として推定した値であり、若齢ほど実際の現存尾数より過小である。

各年の 9 歳および 1999 年の 10 歳の現存尾数は雄雌同値である。

加入尾数は、10 歳の現存尾数である。

補足表 2-6. ミズガニ、カタガニ、雌および合計の漁獲開始時点の資源量、漁獲量(漁期年)、漁獲割合および漁獲係数 (F)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
資源量 (トン)	ミズガニ	8,827	8,214	7,707	7,344	9,596	12,674	15,804	15,482	16,729	16,803	14,094	13,270	12,897
	カタガニ	1,685	1,808	1,996	2,519	3,919	4,674	4,564	5,244	5,665	5,015	3,535	4,028	3,096
	雌	4,924	3,753	3,370	3,034	4,360	5,218	6,987	6,088	7,947	6,546	6,511	5,666	5,808
	合計	15,437	13,774	13,073	12,898	17,875	22,566	27,355	26,814	30,341	28,364	24,140	22,964	21,801
漁獲量 (トン)	ミズガニ	1,029	891	955	1,002	919	865	1,113	1,018	939	604	727	618	619
	カタガニ	913	1,114	1,220	1,282	1,469	1,776	1,512	1,829	1,887	1,935	1,572	1,516	1,532
	雌	1,591	1,264	1,309	1,502	1,726	1,862	1,823	1,945	2,085	1,515	1,660	1,780	1,663
	合計	3,533	3,268	3,484	3,786	4,114	4,503	4,447	4,793	4,911	4,055	3,959	3,914	3,814
漁獲割合 (%)	ミズガニ	11.7	10.8	12.4	13.6	9.6	6.8	7.0	6.6	5.6	3.6	5.2	4.7	4.8
	カタガニ	54.2	61.6	61.1	50.9	37.5	38.0	33.1	34.9	33.3	38.6	44.5	37.6	49.5
	雌	32.3	33.7	38.8	49.5	39.6	35.7	26.1	31.9	26.2	23.1	25.5	31.4	28.6
	全体	22.9	23.7	26.7	29.4	23.0	20.0	16.3	17.9	16.2	14.3	16.4	17.0	17.5
F	ミズガニ	0.124	0.115	0.132	0.147	0.101	0.071	0.073	0.068	0.058	0.037	0.053	0.048	0.049
	カタガニ	0.780	0.958	0.945	0.711	0.470	0.478	0.402	0.429	0.405	0.487	0.588	0.472	0.683
	雌	0.390	0.411	0.492	0.683	0.504	0.441	0.302	0.385	0.304	0.263	0.294	0.377	0.337
	全体	0.260	0.271	0.310	0.348	0.262	0.223	0.177	0.197	0.177	0.154	0.179	0.187	0.192
資源量 (トン)	ミズガニ	12,988	11,578	10,869	10,101	10,933	12,738	12,752	11,610	9,906				
	カタガニ	3,591	3,889	3,105	2,802	2,183	2,989	3,753	4,397	4,321				
	雌	5,481	4,913	4,819	4,280	5,041	5,523	5,605	5,062	4,437				
	合計	22,059	20,380	18,792	17,183	18,157	21,250	22,110	21,070	18,663				
漁獲量 (トン)	ミズガニ	558	358	361	356	359	358	104	159	165				
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335	1,244	1,311	1,408	1,410	1,641				
	雌	1,627	1,277	1,386	1,303	1,360	1,116	1,291	917	908				
	合計	3,743	3,219	3,219	2,993	2,963	2,784	2,804	2,486	2,714				
漁獲割合 (%)	ミズガニ	4.3	3.1	3.3	3.5	3.3	2.8	0.8	1.4					
	カタガニ	43.4	40.7	47.4	47.6	57.0	43.8	37.5	32.1					
	雌	29.7	26.0	28.8	30.4	27.0	20.2	18.1	0.0					
	全体	17.0	15.8	17.1	17.4	16.3	13.1	12.7	11.8					
F	ミズガニ	0.044	0.031	0.034	0.036	0.033	0.029	0.008	0.014		F 2017-2019			
	カタガニ	0.569	0.523	0.643	0.647	0.843	0.577	0.471	0.387			0.017		
	雌	0.352	0.301	0.339	0.363	0.314	0.226	0.262	0.200			0.478		
	全体	0.186	0.172	0.188	0.191	0.178	0.140	0.136	0.126			0.229		

イタリックは予測値。F 2017-2019 は、2017~2019 年の F の平均 (現状の F) を示す。

補足資料3 直接推定法による現存量推定

2020年5月8日～6月25日に、日本海西部の水深190～550mにおいて但州丸（兵庫県所属）による着底トロール調査を行った。本海域を沖底小海区と同様の8海区（浜田沖はさらに東西に分けた）と、3水深帯に区分し、計23層に139調査点を配置した（補足図3-1）。曳網時の袖先間隔が約17mのトロール網を用い、曳網時間を原則30分とした。

漁獲物のうち、ズワイガニでは全数（雄：7,438、雌：7,399個体）の測定を行った。雄では、甲幅に加え鉗脚掌部幅を測定し、成熟状態（最終脱皮前後）の判別を行った。雌では、甲幅に加え腹節の状態、内卵の有無等を記録し、未熟、10歳（初産前）、11歳（経産）を判別した。

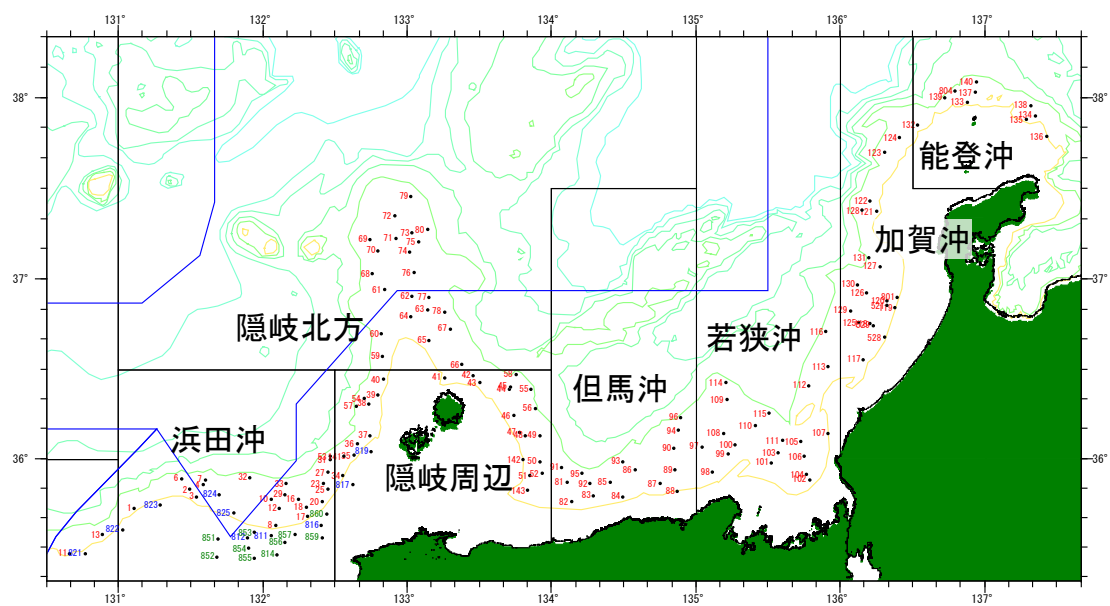
調査点ごとの雌雄別成熟状態別の漁獲尾数より、面積密度法を用いて甲幅組成を推定した（甲幅階級幅は2mm、採集効率は0.442）。なお、2015年から新型トロール網を用いているが、今年から新型網の採集効率を従来型網に対し9歳以下、10歳、11歳以上でそれぞれ0.6、0.8、1と仮定した（補足資料4）。推定された雌雄別成熟状態別の甲幅組成に複合正規分布をそれぞれ当てはめ、齢期に分解した（補足表2-1）。

海域別雌雄別の甲幅組成を補足図3-2に示す。鉗脚大や11歳雌のような、成熟個体（最終脱皮後）は、例年浜田沖など、西側の海域に多い。

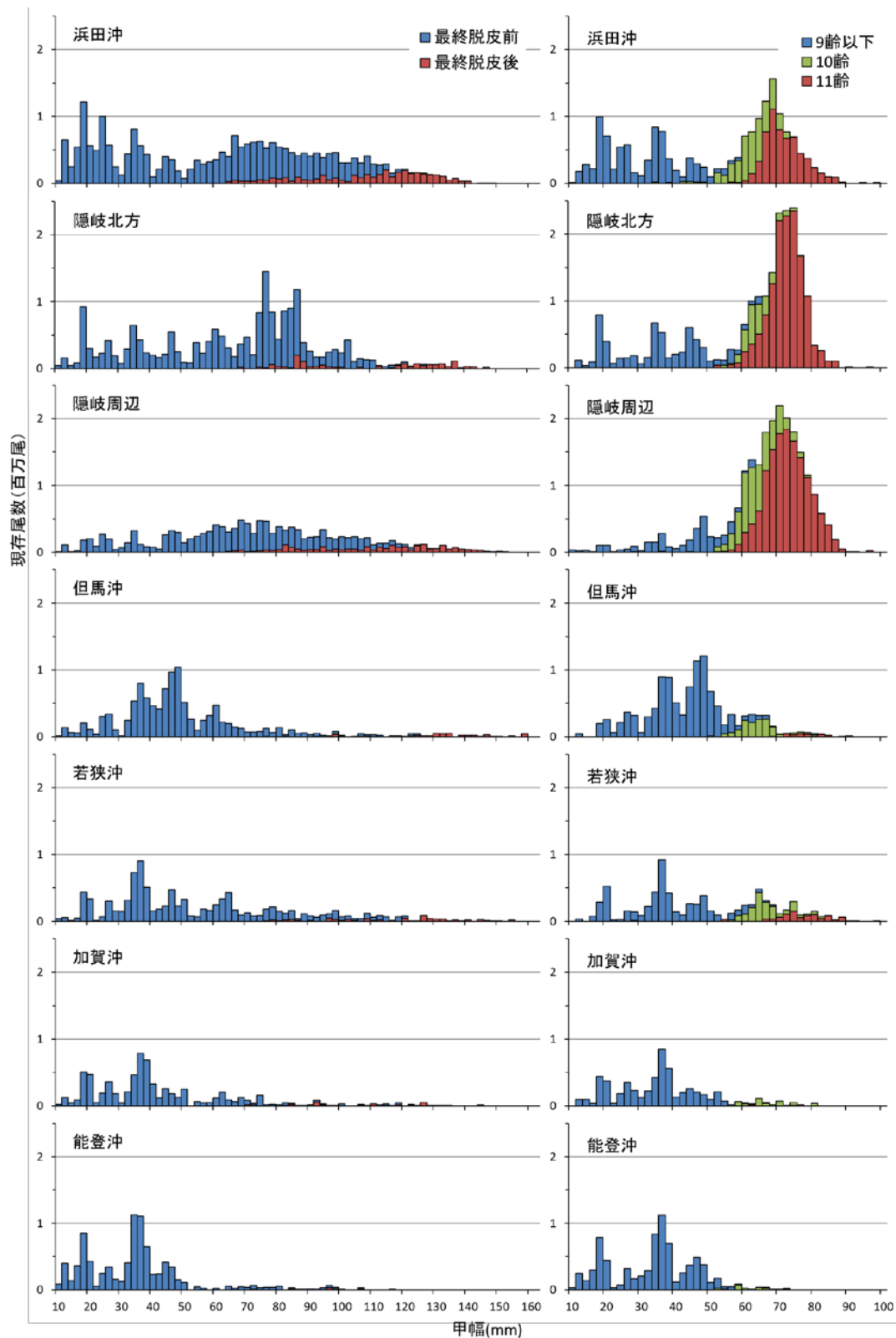
トロール調査から推定された2020年の雄の現存量（甲幅90mm以上）は、2019年からやや減少し、1999年以降22年間で11番目、2011年をやや上回る程度であった（補足図3-3）。雌（11歳）も2019年から減少し、1999年以降22年間で13番目、2016年と同程度であった。雄は浜田沖の現存量がやや増加したものの、他の海域ではいずれも減少した。2004年までの増加と2008年以降の減少も、隠岐以西（浜田沖、隠岐周辺、隠岐北方）の変化によるところがほとんどである。2020年の雄について、現存量に占める隠岐以西の割合は過去最高の79%であった。雌ではこの割合が雄よりも高く、2020年は96%であった。

2011年より、浜田沖と隠岐周辺西側の水深160～190mの海域において（補足図3-1）、日水研（但州丸）と島根県水産技術センター（島根丸）によるトロール調査を行っている。齢期別現存尾数では、漁獲対象の齢期は非常に少なく、漁獲対象前の齢期が多い（補足図3-4）。水深190m以浅の現存量をA海域に含めた場合も漁獲量予測値への影響は極めて小さい。水深190m以浅の海域の資源分布は、浜田沖冷水の分布の影響を受けているが、この海域の資源のほとんどは成熟とともにより深い水深へ移動すると考えられる。今後もこの海域の調査を継続し、ズワイガニの分布の年変化等を把握していく必要がある。

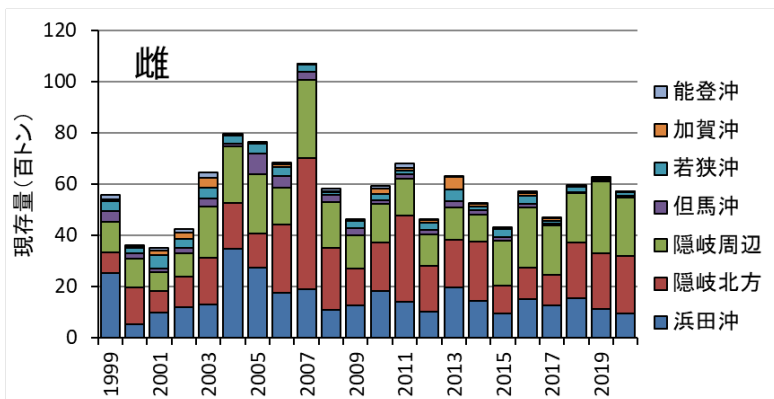
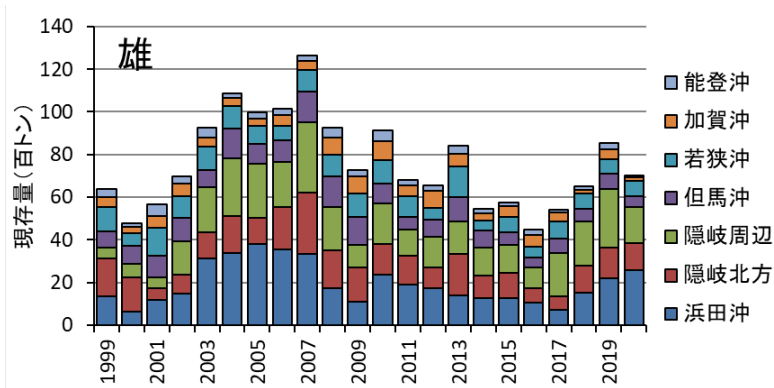
日本海西部には、コンクリートブロックを設置して底びき網の操業を不可能にした保護区が設置されている。現状ではすべての保護区内の現存量を推定することは困難である。一方で、保護区内の雌ガニの増加により想定される、再生産関係を経た加入の増加はトロール調査で把握されており、また保護区から染み出してくる資源の一部もトロール調査で把握されている。保護区による、これらの効果については、本評価におけるABCの算定に反映されている。



補足図 3-1. トロール調査海域 数字は調査点を、沿岸寄りの黄線は 200 m 等深線を示す。

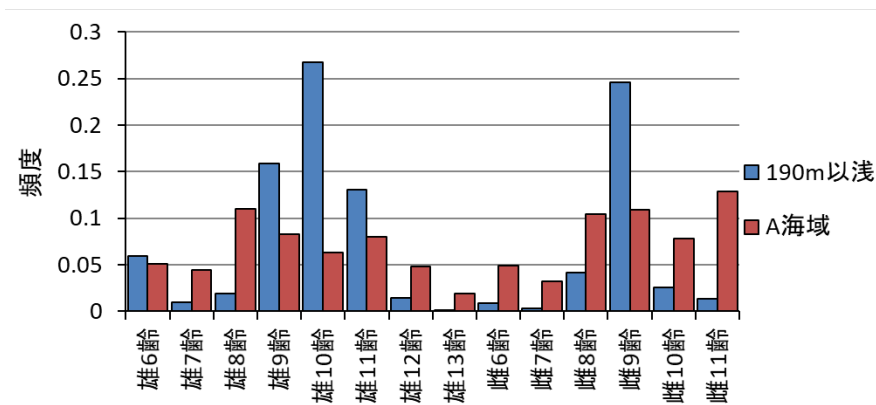


補足図 3-2. トロール調査より推定された海域別甲幅組成 (左：雄、右：雌)



補足図 3-3. トロール調査から推定された海域別現存量

雄は甲幅 90 mm 以上の、雌は 11 歳の現存量をそれぞれ示す。



補足図 3-4. ト水深 190 m 以浅の現存尾数の年齢組成

補足資料 4 新型トロール網の旧型に対する採集効率の違いについて

(協力：底魚資源部 底魚第 2 グループ)

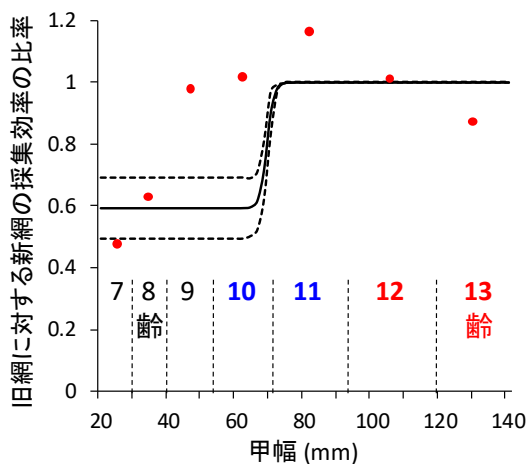
日本海ズワイガニ等底魚資源調査は、2014 年まで但州丸 (499 トン) により、NT-4 型着底トロール網 (旧網) を用いて行われてきたが、2015 年からは但州丸代船 (358 トン) を含む 350 トンクラスの調査船によっても円滑な漁撈作業が可能な、小型の NOB-81 型着底トロール網 (新網) を使用している。新網と旧網の採集効率の違いを明らかにするため、2014 および 2015 年に新網と旧網による並行調査を行った。

並行調査は、2014 年と 2015 年の 9 月下旬に、隠岐諸島東西の海域の 16 調査点で行われた。2014 年は旧網で調査を実施した後、入港して新網に交換し、引き続き調査を実施した。2015 年は新網の調査を先に行った。両網の曳網ラインは、互いに隣接する同一水深とした。新網と旧網ともに、雄では甲幅 10 mm 台から 150 mm 台の、雌では 10 mm 台から 90 mm の個体が採集された。雌雄別網別の甲幅組成に、同一調査点において両網が遭遇するズワイガニの分布の違いを考慮したガウス関数を当てはめ、両網の甲幅別の採集効率の違いに一般化ロジスティック式を仮定し、パラメータ推定を行った。

その結果、旧網に対する新網の採集効率の比率 (fx) は、甲幅 70 mm 以上 (11~13 齢) では 1、すなわち両網の違いはなかったが、70 mm 以下 (6~10 齢) では 0.6 であった (補足図 4-1 の黒実線および式)。これに対し、実際のトロール調査による年別齢期別資源尾数を用いて年別遷移率 (y 年 i 齢期の資源尾数に対する (y+1) 年 (i+1) 齢期の資源尾数の比) を計算し、旧網で調査が行われた 2004~2014 年までの遷移率に対する新網に変更した 2015 年の遷移率の違いを求めた (補足図 4-1 の赤丸)。7 齢および 8 齢の遷移率は 2014 年までに対し 2015 年はそれぞれ 0.46、0.65 に低下しており、モデルによる推定値と近い値であった。一方で 9 齢および 10 齢ではそれぞれ 0.96、1.04 であり、モデルによる推定値と異なっていた。11~13 齢については実際のトロール調査の値にばらつきがあるが、1 前後と推察される。

9 齢および 10 齢において、モデルと実際のトロール調査により両網の採集効率の違いを示す値が異なった。これは、モデルでは海底が固く安定した曳網が容易な海域で行われた並行操業データを用いたのに対し、実際のトロール調査は泥底などの曳網が容易ではない海域も多く含むため、泥などが入網した際の採集効率が高くなっていた影響が考えられる。その後、2016 年のトロール調査までに、新網を多様な底質において安定的に曳網するためのワープ繰り出し長等の検討および調整が終了した。したがって、2017 年のトロール調査データから、新網の採集効率を補正することとした。その際、9 齢については並行操業の結果の通り、旧網に対する新網の採集効率の比率は 0.6 とした。10 齢については、並行操業の結果では大部分が 0.6 である一方、その他は 1 であること (補足図 4-1)、また 2017 年のトロール調査でも、採集効率が高くなっていたと考えられる 2016 年までの資源尾数に対し大きく減少していないことを考慮し、0.6 と 1 の中間的な値として、0.8 と仮定した。

以上のように決定した、齢期別の旧網に対する新網の採集効率の比率および齢期別採集効率を補足表 4-1 に示す。



$$f_x = 0.593 + \frac{0.407}{1 + \exp(68.7 - 0.998x)}$$

補足図 4-1. 並行調査および実際のトロール調査結果から推定された、旧網に対する新網の採集効率の比率
 黒実線は並行調査による一般化ロジスティック式、赤丸は2015年の実際のトロール調査による年齢別の値をそれぞれ示す。

補足表 4-1. 年齢別の旧網の採集効率、旧網に対する新網の採集効率の比率、および新網の採集効率

	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳
旧網の採集効率	0.442	0.442	0.442	0.442	0.442	0.442	0.442	0.442
旧網に対する新網の採集効率の比率	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	1	1	1
新網の採集効率	0.265	0.265	0.265	0.265	0.354	0.442	0.442	0.442

値はすべて雌雄共通である。

補足資料 5 日本海 A 海域におけるズワイガニ漁獲量

日本海 A 海域におけるズワイガニの漁獲量をまとめた（補足表 5-1）。

A 海域の漁獲量における 1960 年代と 1970 年代のピークの間には漁獲物の銘柄組成に変化がみられており、当時から主漁場であった隠岐諸島周辺では、1960 年代半ばに多かった大型のカタガニの割合が低下し、それまで海中投棄されていた安価な小型のカタガニやミズガニの割合が 1970 年にかけて上昇した（尾形 1974）。この安価な銘柄への依存度の上昇から、1970 年のピーク時には 1960 年代よりも資源状態が悪化していたことが推察される。

引用文献

尾形哲男 (1974) 日本海のズワイガニ資源. 水産研究叢書, 26, 日本水産資源保護協会, 東京. 64pp.

補足表 5-1. 日本海 A 海域におけるズワイガニ漁獲量 (トン)

年	A海域全体 (暦年)	A海域沖底 (漁期年)	韓国 (暦年)	年	A海域全体 (暦年)	A海域沖底 (漁期年)	韓国 (暦年)
1954	8,573			1991	1,691	903	2
1955	8,501			1992	1,621	935	11
1956	7,721			1993	1,880	1,215	94
1957	9,079			1994	2,424	1,424	98
1958	10,274			1995	2,490	1,541	79
1959	10,039			1996	2,631	1,602	133
1960	12,468			1997	2,938	1,959	815
1961	12,041			1998	3,282	2,418	459
1962	13,841			1999	3,415	2,733	1,134
1963	14,568			2000	3,521	2,472	756
1964	14,600			2001	3,501	2,514	1,001
1965	10,228		271	2002	3,735	2,891	896
1966	9,641		403	2003	4,155	3,132	1,889
1967	9,275		756	2004	4,698	3,600	2,605
1968	10,811		435	2005	4,120	3,402	3,240
1969	11,194		253	2006	4,841	3,706	4,062
1970	14,234	11,265	247	2007	4,978	3,891	4,817
1971	12,172	10,834	494	2008	4,434	3,115	3,019
1972	12,056	7,980	132	2009	3,913	2,808	2,372
1973	8,205	5,689	355	2010	4,058	3,060	2,606
1974	6,434	4,024	340	2011	3,810	3,016	2,567
1975	4,767	3,378	100	2012	3,822	2,822	2,317
1976	4,308	3,091	9	2013	3,550	2,458	1,868
1977	4,619	3,162	144	2014	3,271	2,439	2,411
1978	4,367	3,158	228	2015	3,123	2,284	1,917
1979	4,424	3,185	155	2016	2,996	2,242	1,570
1980	4,035	2,911	193	2017	2,774	2,126	1,869
1981	4,187	2,813	125	2018	3,213	2,225	1,449
1982	3,529	2,329	73	2019	2,386	1,816	1,251
1983	3,577	2,307	183				
1984	3,015	1,885	6				
1985	2,932	1,361	14				
1986	2,591	1,278	9				
1987	2,096	1,334	4				
1988	1,929	1,131	10				
1989	1,863	1,081	3				
1990	1,806	1,044	3				

※2019年のA海域全体は概数値
 ※韓国の漁獲量のうちA海域の割合
 不明

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を基にした資源量指標値をまとめた（補足図 6-1、表 4）。

沖底漁獲成績報告書では、月別漁区（緯度経度 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（年または漁期など）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。

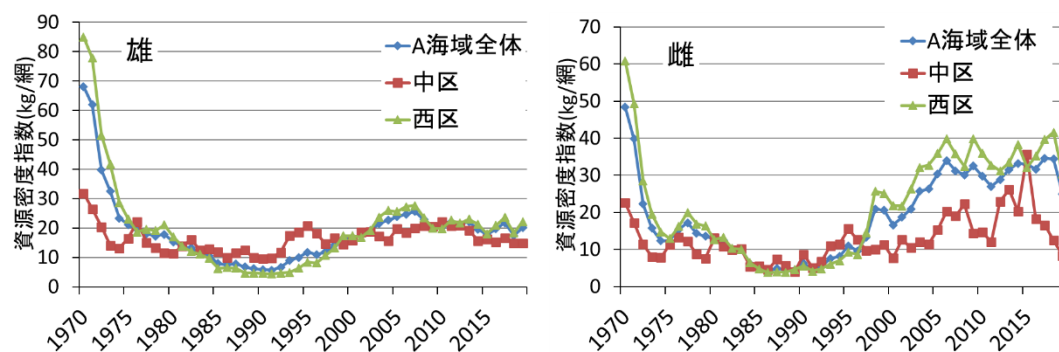
$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

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、努力量には漁績の有漁データによる網数を合計したものをを用いている。本系群は沖底の最重要種であることに加え漁期が限られていることから、漁期中の曳網の多くは有漁網であり、これらは狙い操業によるものが多い（井上・原田 未発表データ）。したがって、努力量に有漁網数と漁期中の全網数のいずれを用いても、資源密度指数等の計算値の違いは小さい。

本種では、資源量の変化にともなう、分布域の拡大または縮小等の変化は小さいと考えられ、漁区数を考慮しない資源密度指数を長期的な資源量指標値として用いている。



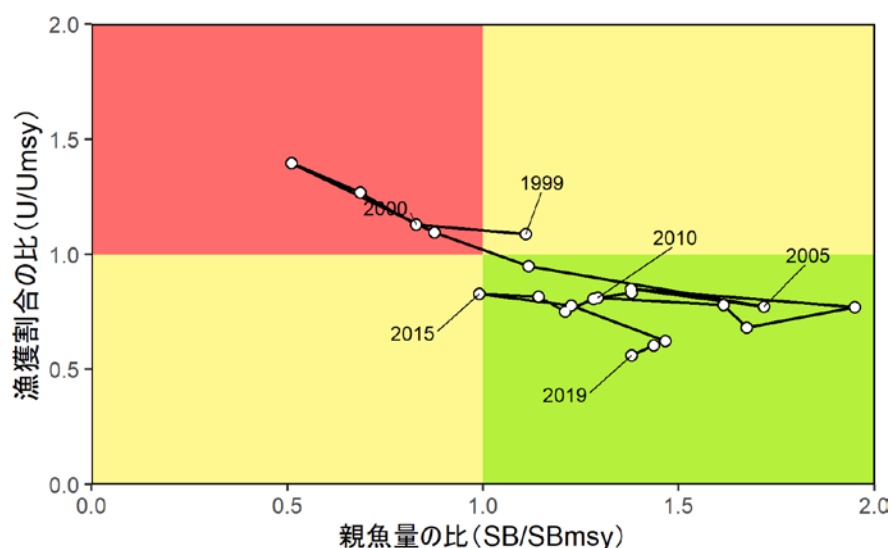
補足図 6-1. A 海域における資源密度指数（西区：但馬沖以西、中区：若狭沖以東）

補足資料 7 漁獲割合に基づく神戸プロット

親魚量とその時の漁獲割合 (U) を基準にした神戸プロットを下図に示す。本系群の漁獲割合は 2004 年以降 U_{msy} を下回っている。親魚量は 1999～2003 年漁期には SB_{msy} を下回っていたが、2004 年以降、増減はあるものの、概ね SB_{msy} を上回っている。

本系群における 2019 年漁期の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) を上回っており、2019 年漁期の親魚量は SB_{msy} の 1.1 倍である。また、2019 年漁期の漁獲率は、 MSY を実現する漁獲割合 (U_{msy}) を下回っており、 MSY を実現する漁獲割合の 0.56 倍であった。

項目	値	説明
SB_{msy}	30 百トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
U_{msy}	21.0%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
U_{2019}	11.8%	2019 年漁期の漁獲割合
U_{2019}/U_{msy}	0.56	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合に対する 2019 年漁期の漁獲割合の比



補足図 7-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) と漁獲割合 (U_{msy}) に対する、過去の親魚量および漁獲割合の関係 (神戸プロット)

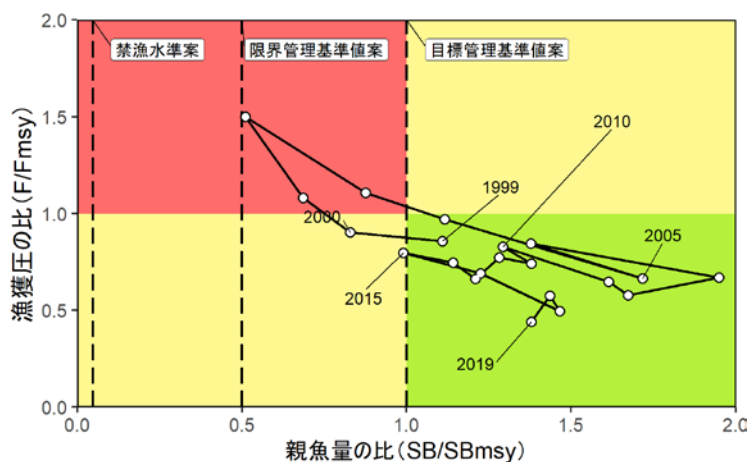
補足資料 8 管理基準値案と禁漁水準案等

本系群の管理基準値案や禁漁水準案等について以下に示す。

項目	値	説明
SBtarget 案	30 百トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	15 百トン	過去最低の親魚量 (SBmin)
SBban 案	1 百トン	MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)

令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy: 30 百トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には過去最低の親魚量 (SBmin: 15 百トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy: 1 百トン) を用いることが提案されている。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 8-1 に示す。コホート解析により得られた 2019 年漁期の親魚量 (SB2019: 41 百トン) は目標管理基準値案を上回っている。本系群における 2019 年漁期の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧を下回ると見込まれる。



補足図 8-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)

補足資料 9. 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2020 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2021～2030 年漁期までの将来予測計算を行った。2021 年は 2020 年調査時点の 9 齢現存尾数（コホート解析結果）と遷移率を用いた前進計算により、2022 年は 2020 年調査時点の 8 齢現存尾数（観測値、雌雄平均）に基づく加入量予測値に従い、2023 年以降は 7 年前の親魚量から再生産関係に基づき、それぞれ加入量（雌雄 10 齢尾数）を求めた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、10000 回の繰り返し計算を行った。2020 年漁期の F には現状の F を仮定し、2020 年の資源量から漁獲量を計算した。本海域の親魚量は漁期後の雌の資源重量であり、2021 年の親魚量は 2021 年の漁獲量によって変化する。従って、2021 年漁期以降の漁獲圧には、2020 年漁期の親魚量を元に下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧 (F) 等を定める漁獲シナリオ案である。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に安全係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 9-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として安全係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では「 β が 0.9 以下であれば、10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ると推定される」とされている。

(3) 2021 年漁期の予測値

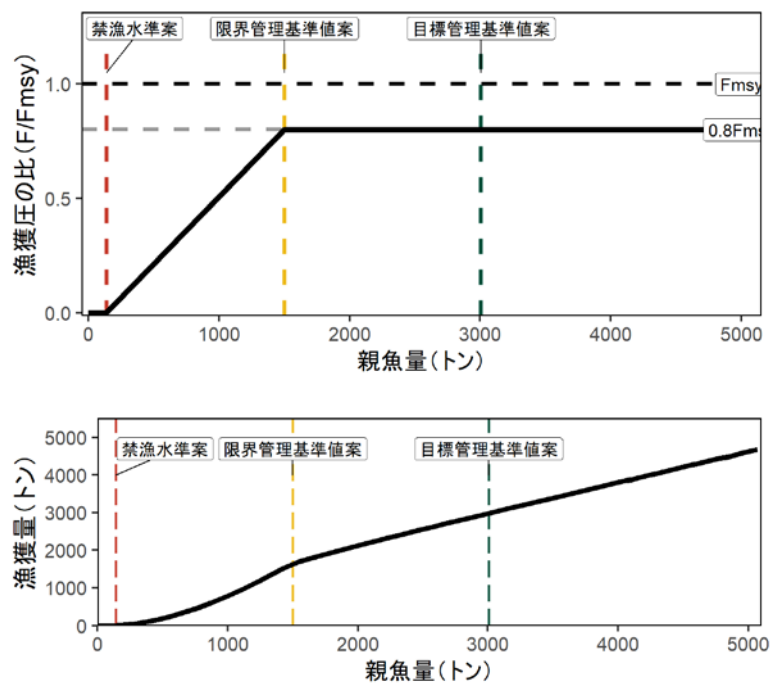
漁獲管理規則に基づき試算された 2021 年漁期の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 32 百トン、 β を 1.0 とした場合には 37 百トンであった。2020 年漁期の親魚量は、35 百トンであり、限界管理基準値 ($SB_{min}=15$ 百トン) を上回っている。従って、2021 年漁期の漁獲圧は βF_{msy} とした。

2020年漁期の親魚量（予測平均値）：35百トン			
項目	2021年漁期の漁獲量（百トン）	現状の漁獲圧に対する比（F/F2017-2019）	2021年漁期の漁獲割合（%）
漁獲管理規則案にて研究機関会議が提案した β を使用した場合			
$\beta=0.8$	32	1.36	20
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	37	1.70	23
$\beta=0.6$	26	1.06	16
$\beta=0.4$	19	0.68	11
$\beta=0.2$	10	0.34	6
$\beta=0$	0	0.00	0
F2020	22	1.00	14

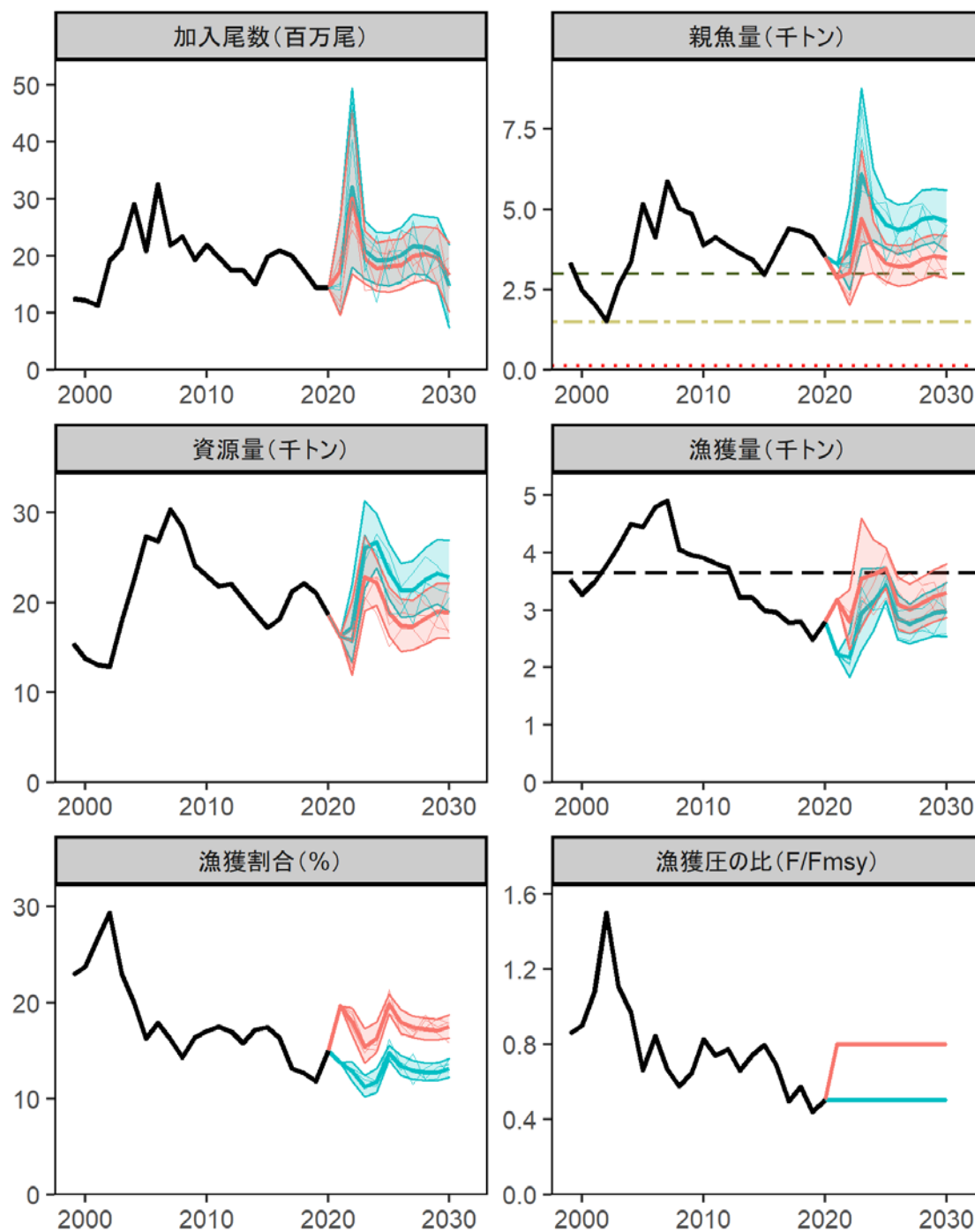
(4) 2022年以降の予測

2022年以降も含めた将来予測の結果を補足図9-2および補足表9-1、9-2に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を10年間継続した場合、2030年漁期の親魚量の予測値は β を0.8とした場合には35百トン（80%信頼区間は28百～41百トン）であり、 β を1.0とした場合には29百トン（80%信頼区間は23百～34百トン）である。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が0.9以下で50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率は β が1.0以下で50%を上回る。現状の漁獲圧（F2017-2019）を継続した場合の2030年漁期の親魚量の予測値46百トン（80%信頼区間は37百～58百トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は98%、限界管理基準値案を上回る確率は100%である。

考慮している不確実性：加入量					
項目	2030年漁期の親魚量（百トン）	80%信頼区間（百トン）	2030年漁期に親魚量が以下の管理基準値を上回る確率（%）		
			SBtarget案	SBlimit案	SBban案
漁獲管理規則案にて研究機関会議が提案した β を使用した場合					
$\beta=0.8$	35	28 - 41	83	100	100
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）					
$\beta=1.0$	29	23 - 34	35	100	100
$\beta=0.6$	44	36 - 52	97	100	100
$\beta=0.4$	50	40 - 61	100	100	100
$\beta=0.2$	59	47 - 73	100	100	100
$\beta=0$	70	55 - 87	100	100	100
F2020	46	37 - 58	98	100	100



補足図 9-1. 本海域において「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則
親魚量に対して与えられる漁獲の強さを F_{msy} に対する漁獲圧の比 (F/F_{msy} 、上図) および漁獲量 (トン) により示す。



補足図 9-2. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80%が含まれる 80%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。2020 年の漁獲量は予測される資源量と $F_{current}$ により仮定した。安全係数 β には 0.8 を用いた。

補足表 6-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.0	100	0	27	79	56	20	16	18	34	41	35
0.9	100	0	33	84	75	45	37	41	54	65	58
0.8	100	0	45	89	91	73	66	70	80	87	83
0.7	100	100	54	95	98	93	88	89	96	97	93
0.6	100	100	65	97	100	99	98	98	99	100	97
0.5	100	100	75	98	100	100	100	100	100	100	98
0.4	100	100	79	99	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	87	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100

b) 限界管理基準値案を上回る確率

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	98	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	98	100	100	100	100	100	100	100	100

補足表 6-2. 将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移

a) 親魚量の平均値の推移

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.0	35	26	27	42	31	27	26	27	28	29	29
0.9	35	27	28	44	34	30	29	29	31	32	31
0.8	35	29	31	48	38	33	32	33	35	36	35
0.7	35	30	33	52	42	37	36	36	38	39	38
0.6	35	32	36	57	46	41	40	40	42	44	42
0.5	35	33	38	60	51	45	44	45	47	48	46
0.4	35	35	40	66	57	50	49	50	53	53	50
0.3	35	36	43	71	62	56	55	55	58	59	55
0.2	35	38	45	77	69	63	61	61	65	64	59
0.1	35	40	49	84	77	70	69	69	73	71	65
0	35	41	53	93	86	80	77	76	80	78	70

b) 漁獲量の平均値の推移

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.0	27	37	31	39	37	36	30	30	31	32	33
0.9	27	35	29	37	36	37	31	30	31	32	33
0.8	27	32	28	36	36	37	31	30	31	33	33
0.7	27	29	27	35	36	37	31	30	31	32	32
0.6	27	26	25	32	34	36	30	29	30	31	31
0.5	27	22	22	29	32	34	29	28	29	30	30
0.4	27	19	19	26	28	31	26	25	26	27	27
0.3	27	15	15	22	24	27	23	22	23	23	23
0.2	27	10	11	16	18	21	18	17	18	18	18
0.1	27	6	7	10	11	13	11	11	11	11	11

補足資料 10. 資源の将来予測の方法

将来予測では、調査（6月1日）および漁獲（ミズガニ：2月1日、カタガニ：12月1日、雌：11月1日）は短期間のうちに行われると仮定した。自然死亡係数 M は、ミズガニでは 0.35（山崎 1996）、10 齢雌も脱皮後 1 年未満であるため 0.35、最終脱皮後であるカタガニと 11 齢雌は 0.2 とそれぞれ仮定した。脱皮は調査直後に起こると仮定した。

ズワイガニ日本海系群 A 海域では、雌では 11 齢期、雄では 12 および 13 齢期が水揚げ対象であるが、雌の 10 齢期以下をはじめとして、水揚げ対象外個体の混獲死亡が起こっている（山崎ほか 2011、山崎・宮嶋 2013）。従って、将来予測の際には混獲死亡の影響を考慮した。

① 漁獲加入までの混獲死亡の考慮

本海域では、漁獲加入前の 8 齢期および 9 齢期の混獲死亡について 10 齢期と同様に起こると仮定した。なお、漁獲加入までは雄雌共通で、すべて未熟個体である。このとき、 t 年の 10 齢期における加入尾数は、 $(t-2)$ 年の 8 齢期および $(t-1)$ 年の 9 齢期の混獲死亡によって以下のように減耗する。

$$N_{10,t} = N_{8,t-2} \exp(-G_{8,t-2}) S_{8,t-2} \exp(-G_{9,t-1}) S_{9,t-1} \quad (1)$$

上式で $G_{8,t-2}$ 、 $G_{9,t-1}$ は、それぞれ $(t-2)$ 年の 8 齢期および $(t-1)$ 年の 9 齢期の混獲係数を、 $S_{8,t-2}$ 、 $S_{9,t-1}$ は混獲死亡を除いた遷移率を示す。遷移率は、8～10 齢期では生残率に加え、 a 齢期と $(a+1)$ 齢期のトロール網の採集効率の違いによる影響も込みにした係数である。ここで、資源の将来予測の際に G は年によらず一定となり、また 8 齢期と 9 齢期で同値と仮定したことから、10 齢期の加入尾数を以下のように計算した。

$$N_{10} = N'_{10} \exp(-2G_{8-9}) S_{8-9} \quad (2)$$

上式で N_{10} は資源の将来予測で再生産関係に基づき与える加入尾数、 G_{8-9} は 8 齢期と 9 齢期の混獲係数、 S_{8-9} は混獲死亡を除いた 8 齢期と 9 齢期の遷移率である。

なお、資源の将来予測の際、管理開始の 2021 年から 1 年後の 2022 年については、10 齢期の加入尾数に与える混獲死亡の影響は 9 齢期の 1 年分のみであり、10 齢期の加入尾数は以下となる。

$$N_{10} = N'_{10} \exp(-G_{8-9}) S_9 \quad (3)$$

混獲係数と漁獲係数には以下の関係を仮定した。

$$G_t = \alpha F_t \quad (4)$$

上式で α は比例定数であり、 $\alpha=1$ のとき混獲死亡は漁獲死亡と同等に変化し、 $\alpha=0$ のとき混獲死亡は漁獲死亡によって変化しない、すなわち混獲死亡が遷移率に含まれていることを示す。

混獲死亡を除いた遷移率 S_9 、 S_{8-9} については雄雌合計の現状の漁獲圧 ($F_{\text{current}}=0.134$: 2017～2019 年の F の平均) における値とし、以下のように求めた。

$$S_9 = \frac{1}{\exp(-\alpha F_{2017-2019})} \quad (5)$$

$$S_{8-9} = \frac{1}{\exp(-2\alpha F_{2017-2019})} \quad (6)$$

本資料では将来予測および管理基準値の計算に $\alpha=0.5$ を用いた。この値は、令和元年度本海域の資源評価の YPR・SPR 解析において設定した仮定と同様であり、 S_9 、 S_{8-9} はそれぞれ 1.07 および 1.14 となる。

② 漁獲加入以降

性別 i 、 t 年、 a 齢、脱皮状態 j の現存尾数を $N_{i,a,j,t}$ とする。性別 i は雌を 1、雄を 2 とし、脱皮状態 j と未熟・成熟、雄のミズガニ（脱皮後 1 年未満）・カタガニ（脱皮後 1 年以上）の関係を以下のように定義する。

脱皮状態 1： 未熟、ミズガニ

脱皮状態 2： 成熟、ミズガニ

脱皮状態 3： 成熟、カタガニ

11 齢期以降について、 t 年の現存尾数を $(t-1)$ 年の現存尾数から以下の式を用いて前進計算する。

$$\text{未熟： } N_{i,a,1,t} = (1 - \gamma_{i,a}) N_{i,a-1,1,t-1} \exp(-G_{i,a-1,1,t-1}) S_{i,a-1,1} \quad (7)$$

$$\text{成熟： } N_{i,a,2-3,t} = \gamma_{i,a} N_{i,a-1,1,t-1} \exp(-G_{i,a-1,1,t-1}) S_{i,a-1,1} + N_{i,a,2-3,t-1} \exp(-F_{i,a,2-3,t-1}) S_{i,a,2-3} \quad (8)$$

上式で $\gamma_{i,a}$ は a 齢に脱皮するときの最終脱皮率である。

混獲死亡を除いた 10 齢期末熟の遷移率 $S_{i,10,1}$ については 8 齢期と 9 齢期同様、雄雌合計の現状の漁獲圧 ($F_{\text{current}}=0.134$: 2017~2019 年の F の平均) における値とし、以下のよう求めた。

$$S_{i,10,1} = S'_{i,10,1} \frac{1}{\exp(-2\alpha F_{2017-2019})} \quad (9)$$

上式で $S'_{i,10,1}$ は F_{current} のときの混獲死亡を含んだ遷移率を示し、1.19 である。このとき、8 齢期と 9 齢期同様に $\alpha=0.5$ における混獲死亡を除いた遷移率 $S_{i,10,1}$ は 1.36 となる。

混獲死亡を除いた雄の 11 齢期および 12 齢期末熟の遷移率 $S_{2,11,1}$ 、 $S_{2,12,1}$ については、雄のカタガニの現状の漁獲圧 ($F_{\text{current}}=0.478$: 2017~2019 年の F の平均) における値とし、以下のよう求めた。

$$S_{2,a,1} = S'_{2,a,1} \frac{1}{\exp(-\alpha F_{2017-2019})} \quad (10)$$

上式で $S_{2,a,1}$ は F_{current} のときの混獲死亡を含んだ遷移率を示し、それぞれ 0.610、0.316 である。このとき、 $\alpha=0.5$ における混獲死亡を除いた遷移率 $S_{2,11,1}$ 、 $S_{2,12,1}$ はそれぞれ 0.775、0.401 となる。

③ 漁獲量および親魚量の計算

②の現存尾数から、漁期開始時点の雌 ($a=11$)、雄のミズガニおよびカタガニ ($a=12$ or

13) の資源尾数 (N') を以下の式より、それぞれ求めた。

$$\text{雌} : N'_{1,11,3,t} = N_{1,11,2-3,t} \exp\left(-\frac{5}{12}M_{2-3}\right) \quad (8)$$

$$\text{ミズガニ} : N'_{2,a,1-2,t} = N_{2,a-1,1,t} \exp\left(-\frac{8}{12}M_1\right) \quad (9)$$

$$\text{カタガニ} : N'_{2,a,3,t} = N_{2,a,2-3,t} \exp\left(-\frac{6}{12}M_{2-3}\right) \quad (10)$$

上式において、資源量 (B) および漁獲量 (Y) を、資源尾数 (N') から以下の式より求めた。

$$B_{i,a,j,t} = N'_{i,a,j,t} w_{i,a,j} \quad (11)$$

$$Y_{i,a,j,t} = N'_{i,a,j,t} \left[1 - \exp(-F_{i,a,j,t})\right] w_{i,a,j} \quad (12)$$

上式で w_{aj} は体重を表し、甲幅組成解析で推定された齢別の甲幅組成とミズガニ・カタガニ別の甲幅-体重関係から、以下のような値を求めた。

12 齢ミズガニ ($w_{12,1-2}$) : 373 g、カタガニ ($w_{12,3}$) : 403 g

13 齢ミズガニ ($w_{13,1-2}$) : 728 g、カタガニ ($w_{13,3}$) : 799 g

また、雌 11 齢についても同様に値を求め、177g とした。

雌の親魚量 (SB) は、雌の漁期開始時点の資源量から雌の漁獲量 (Y) を減じた値とした。

$$SB_{1,t} = B_{1,11,3,t} - Y_{1,t} \quad (13)$$

将来予測では、雌の F 値の F_{current} に対する比を、雄の F_{current} に乗じた値を、雄の F 値とした。漁獲物の齢期組成から重量変換した漁獲量と実際の漁獲量は完全には一致しないので、両者の差を補正する係数を求め (1.05、2016~2020 年の平均)、将来の漁獲量予測に使用した。

補足表 10-1. 将来予測計算に用いたパラメータ

	Fmsy (注 1)	F2017-2019 (注 2)	平均体重 (g)	自然死亡 係数
雌 11 齢	0.46	0.23	177	0.20
雄 12 齢ミズガニ	-	0.02	373	0.35
雄 12 齢カタガニ	-	0.48	403	0.20
雄 13 齢ミズガニ	-	0.02	728	0.35
雄 13 齢カタガニ	-	0.48	799	0.20

注 1： 令和 2 年度研究機関会議で推定された Fmsy (すなわち、令和元年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent を掛けたもの)。

注 2： 雌の F 値の Fcurrent に対する比を、雄の Fcurrent に乗じた値を、雄の F 値とした。

参考文献

山崎 淳・宮嶋俊明 (2013) 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ混獲量とリリース直後の生残率. 水産技術, 5, 141-149.

山崎 淳・宮嶋俊明・藤原邦浩 (2011) 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ水ガニの入網数とリリース直後の生残率. 日水誌, 77, 372-380.