令和３（2021）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
水産技術研究所　養殖部門
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 1999～2021 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、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、資源密度指数は上昇に転じ、2000 年代半ばには概ね 50～59 で推移した後、ゆるやかに減少し、2020 年は 42 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、2021 年は 1.4 万トンであった。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。2020 年の親魚量は 3,400 トンであった。加入量は 2020、2021 年に減少する一方、2022 年および 2023 年には増加すると予想される。

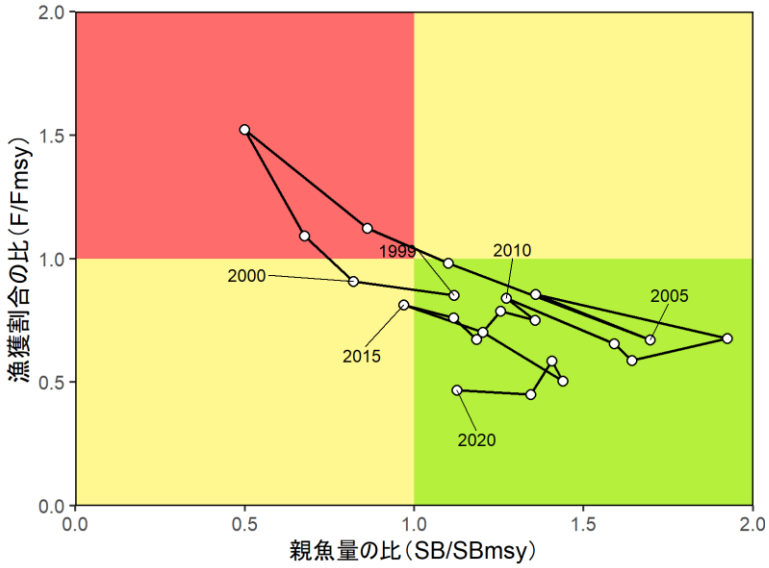
令和 2 年 8 月、10 月および令和 3 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」、ならびに令和 3 年 4 月に行われた「水産政策審議会」を経て、本系群の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準、および漁獲管理規則が定められた。目標管理基準値は最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（3,000 トン）であり、本系群の 2020 年の親魚量は、これを上回る。また、本系群に対する 2020 年漁期の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は、直近 5 年間（2016～2020 年漁期）の推移から「減少」と判断される。2022 年の親魚量および資源量の予測値と、漁獲管理規則に基づき算出された 2022 年の ABC は 2,800 トンである。

項目	値	説明
管理基準値と MSY に関係する値		
SBtarget	3.0 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）
SBlimit	1.5 千トン	過去最低の親魚量（SBmin）
SBban	0.1 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy）
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）	16%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	3.7 千トン	最大持続生産量 MSY
2020 年漁期の親魚量と漁獲圧		
SB2020	3.4 千トン	2020 年漁期の親魚量
F2020	2020 年漁期の漁獲圧（漁獲係数 F） （ミズガニ、カタガニ、雌）=（0.02, 0.34, 0.21）	
%SPR（F2020）	36%	2020 年漁期の%SPR
%SPR（F2018-2020）	34%	現状（2018～2020 年漁期）の漁獲圧に対応する%SPR
目標管理基準値および MSY を実現する水準に対する比率		
SB2020/ SBtarget (SBmsy)	1.13	目標管理基準値（MSY を実現する親魚量）に対する 2020 年漁期の親魚量の比
F2020/ Fmsy	0.47	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2020 年漁期の漁獲圧の比*

*2020 年漁期の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率

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	減少



漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2017	21.1	4.3	2.8	0.50	13
2018	21.9	4.2	2.8	0.59	14
2019	20.9	4.0	2.5	0.45	12
2020	18.1	3.4	2.2	0.47	12
2021	14.4	2.9	1.7	0.50	12
2022	15.4	2.9	―	―	―

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 月～翌年 6 月）における値。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（補足資料 2）。また、漁獲割合は資源全体について求めた。2021 年、2022 年の値は将来予測に基づく推定値である。

2022 年漁期の ABC (千トン)	2022 年漁期の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2020)	2022 年漁期の 漁獲割合(%)
2.8	2.9	1.60	18

コメント:

- ABC の算定には、令和 3 年 3 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取り纏められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。
- 加入尾数は 2021 年に平年並みを下回るが、2022 年以降は雌雄ともに増加すると見込まれる。
- 漁獲割合は資源全体についての値である。

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 200～500 m 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、260～300 m 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 齢までは 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℃ での飼育実験の結果から（Yamamoto et al. 2015）、孵化から加入（雄：11 齢、雌：10 齢）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齢期が推定できる（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 60 mm 台で 10 齢となる（図 2-2）。雄では主に 11 齢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 齢でそれぞれ約 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 齢まで最終脱皮前であり、11 齢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 齢と雄の 11 齢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 齢の夏から秋にかけて最終脱皮し、11 齢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、1.4 万トンを超えた。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。2020 年は 2019 年と同水準の 158 トンであった。カタガニは 2008 年の 1,935 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。カタガニの漁獲量はその後、2019 年にかけて再度増加したが、2021 年は減少して 1,252 トンであった。雌ガニは 2001 年以降増加し、2007 年には 2,100 トン近くとなったが、その後減少し、2008 年以降は 1,500～1,800 トンで、2013 年以降は 1,300 トン前後で推移した。雌ガニの漁獲量は 2019 年に 1,000 トンを下回り、2020 年はさらに減少して 802 トンであった。2020 年の雌雄込みの漁獲量は 2,212 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。2020 年の有効漁獲努力量は雄で 5.5 万網、雌で 3.1 万網と、いずれも昨年よりやや増加したものの、依然、過去最低の水準にある（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、2020 年は 42 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、補足表 2-2）。今年度、兵庫県における 2010 年以降の雄の銘柄キーを更新したが、大部分はカタガニの銘柄に関する変更であり、資源評価への影響は小さい（補足資料 7）。

カタガニでは、13 齢の漁獲尾数が 2008 年以降、減少傾向にあったが、2019 年にかけて再び増加した。これに対し、12 齢の漁獲尾数は 2013 年に最大となった後は減少し、2020 年には 2004 年以降で最低となった。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 齢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 齢以降は 1 年に 1 回、脱皮を行うことから、2021 年の調査時点で最終脱皮前の個体は、2021 年漁期までに最大 1 回、2022 年漁期までに最大 2 回の脱皮を行う。

2021 年の調査結果では、2021 年漁期にカタガニとして漁獲される雄の 13 齢（概ね甲幅 120 mm 以上）および鉗脚の大きい 12 齢（概ね甲幅 94 mm 以上）の現存尾数が少なかった。また、2021 年漁期に漁獲対象となる雌の 11 齢も、2020 年同様、少なかった。一方、10 齢および 9 齢は雄雌ともに昨年より多かった。2021 年の調査における雌の 10 齢は 2022 年漁期に漁獲対象のクロコとなるため、雌の漁獲量は 2022 年に増加に転じると見込まれる（補足表 2-1）。

（5）資源量と漁獲圧の推移

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 1.3 万トンであったが、2007 年には 3 万トン台まで増加した。2008 年以降は減少し、2015 年には 1.7 万トン台となった。その後、資源量は 2016 から 2018 年にかけて増加したものの、以降減少し、2021 年は 1.4 万トンであった。なお、2022 年の資源量は若干回復して 1.5 万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、2020 年は 3,385 トンであった。2021 年漁期後には 2,941 トンになると見込まれる。ここで親魚量は雌の漁期後資源量である。

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。2020 年の漁獲割合（F 値）は、ミズガニで 2%（0.02）、カタガニで 29%（0.34）、雄全体で 10%（0.11）、雌で 19%（0.21）、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、2020 年は 2019 年同様に低かった。

項目	値	説明
SB2020	3.4 千トン	2020 年漁期の親魚量
F2020	（ミズガニ、カタガニ、雌）=（0.02, 0.34, 0.21）	
U2020	12.0%	2020 年漁期の雌雄全体の漁獲割合

（6）今後の加入量の見積もり

2021 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、2022 年以降の加入尾数を求めた。この際、2022 年の加入尾数は、雄では 2021 年の 10 齢から遷移率を用いて計算した 11 齢の現存尾数予測値、雌では 2021 年の 10 齢の現存尾数とした。2023 年の加入尾数は、2021 年の 9 齢の現存尾数から遷移率を用いて予測した（補足資料 2）。2024 年の加入尾数は、2021 年のトロール調査における 8 齢（コホート解析では扱わない）の現存尾数から予測した（補足資料 2）。なお今年度より、8 齢現存尾数から加入量を予測する手法を、原点回帰から非線形回帰に変更した。

2021 年の雄 11 齢未熟の現存尾数は 2020 年から減少して 1400 万尾であった。2022 年には 1700 万尾、2023 年には 2500 万尾、2024 年には 2800 万尾と増加する見込みである（図 4-8、補足表 2-3）。

2021 年の雌 10 齢の現存尾数は 2020 年から増加して 1600 万尾であった。2022 年には 2500 万尾に、2023 年には 2600 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

銘柄別ごとの選択率を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、漁獲圧が無かった場合との比較を行った。計算には漁獲加入までの混獲死亡を考慮した齢構成モデル（補足資料 2）を使用した。ここで、本海域の資源計算における遷移率（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、補足資料 2）に代わり決定論的な自然死亡係数（カタガニおよび 11 齢雌で 0.2、それ以外で 0.35、山崎 1996）を用いるとともに、混獲死亡の影響を考慮するためトロール調査時点の 8 齢から資源計算を開始した。なお、生理的寿命は考慮していない。

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 年に最大となった後、減少傾向にあり、2020 年は 36%となった。現状の漁獲圧として近年 3 年間（2018～2020 年）の平均 F 値から%SPR を算出すると 34%となった。現状の漁獲圧に対する YPR と%SPR の関係を図 4-10 に示す。Fmsy は%SPR に換算すると 16%に相当する。現状の漁獲圧（F2018-2020）は雌における F0.1 に近い値であり、F30%SPR および雌雄いずれの Fmax を下回る。

項目	値	説明
%SPR（F2020）	36%	2020 年漁期の%SPR
%SPR（F2018-2020）	34%	現状（2018～2020 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 4-11 に示す。ここで親魚量は 1999～2014 年の雌の漁期後資源量であり、加入量は 7 年後（2006～2021 年）の調査時点における 10 齢の現存尾数である。「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 を実現する水準および管理基準値等

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」では現在（2019 年漁期以降）の環境下における最大持続生産量 MSY は 3,700 トンと推定された。令和 2 年 4 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て、この MSY を実現する親魚量（SBmsy：3,000 トン）を目標管理基準値とする資源管理目標が定められた。また、過去最低の親魚量（1,500 トン）が限界管理基準値、MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（100 トン）が禁漁水準とされた。MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）と共に諸数値を下表に示す。

項目	値	説明
SBtarget	3.0 千トン	目標管理基準値。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）。
SBlimit	1.5 千トン	限界管理基準値。過去最低の親魚量（SBmin）
SBban	0.1 千トン	禁漁水準。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy）。
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）	16%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	3.7 千トン	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（図 4-12）。本系群における 2020 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、2020 年

漁期の親魚量は SBmsy の 1.13 倍である。また、2020 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「減少」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
SB2020/ SBmsy (SBtarget)	1.13	最大持続生産量を実現する親魚量（目標管理基準値）に対する 2020 年漁期の親魚量の比
F2020/ Fmsy	0.47	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2020 年漁期の漁獲圧の比*

* 2020 年漁期の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率

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	減少

5. 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（補足資料 2）。将来予測における加入量は調査時点における雌雄 10 齢の現存尾数とした。2022 年の加入量は 2021 年のトロール調査結果に基づく 9 齢の現存尾数から遷移率を用いて予測した（補足資料 2）。2023 年の加入量は、2021 年のトロール調査における 8 齢（コホート解析では扱わない）の現存尾数から予測した（補足資料 2）。2024 年以降の加入量は 7 年前（2017 年～）の親魚量から予測される 10 齢の現存尾数を再生産関係式から与えた。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、10,000 回の繰り返し計算を行った。2021 年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2020）に基づき仮定した。2022 年漁期以降の漁獲圧には、「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオにおける漁獲管理規則を用いた。各漁期後に予測される親魚量をもとに漁獲管理規則で定められる漁獲圧と、各漁期年に予測される資源量から、漁獲量を算出した。なお、本系群の親魚量は雌の漁期後資源量であり、当年の漁獲の制御は前年の親魚量に基づき行う。

（2）漁獲管理規則

漁獲管理規則は、目標管理基準値以上に親魚量を維持・管理するため、親魚量が限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する規則である（図 5-1）。親魚量が限界管理基準値以上にある場合には Fmsy に調整係数 β を乗じた漁獲圧とする。

（3）2022 年漁期の予測値と ABC の算定

本系群の「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでは、親魚量が 2030 年漁期に目標管理基準値を 50%以上の確率で上回ることを前提とし、2021 年の漁獲量を 3,000 トン、2022 年以降は β=0.8 とする漁獲管理規則が用いられる。本系群では、この漁獲管理規則に基づき算定される 2022 年漁期の予測漁獲量である 2,800 トンを ABC として提示する。2022 年漁期に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値を上回り、平均 2,900 トンと見込まれた。

2022 年漁期の ABC（千トン）	2022 年漁期の親魚量予測平均値（千トン）	現状の漁獲圧に対する比（F/F2018-2020）	2022 年漁期の漁獲割合（%）
2.8	2.9	1.60	18

コメント:

・ABC の算定には、令和 3 年 3 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオにおける漁獲管理規則を用いた。

・加入量は 2021 年漁期に平年並みを下回るが、2022 年漁期以降は雌雄ともに増加すると見込まれる。

・漁獲割合は資源全体についての値である。

（4）2023 年漁期以降の予測

2023 年以降も含めた将来予測の結果を図 5-2 および表 5-1、5-2 に示す。漁獲管理規則に基づく管理を 10 年間継続した場合、2030 年漁期の親魚量の予測値は 3,500 トン（80%信頼区間は 2,800～4,400 トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は 80%、限界管理基準値を上回る確率は 100%である。

参考情報として、異なる β を使用した場合、および現状の漁獲圧（F2018-2020）を継続した場合の将来予測結果についても示す。2030 年漁期の親魚量の予測値は、β を 0.6 とした場合は平均 4,300 トン（80%信頼区間は 3,400～5,300 トン）、β を 0.4 とした場合は平均 5,200 トン（80%信頼区間は 4,200～6,400 トン）であり、目標管理基準値を上回る確率はそれぞれ 98%および 100%である。一方、現状の漁獲圧を継続した場合の親魚量の予測値は 4,700 トン（80%信頼区間は 3,800～5,800 トン）であり目標管理基準値を上回る確率は 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（千トン）	80% 信頼区間（千トン）	2030 年漁期に親魚量が以下の管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する β					
β=0.8	3.5	2.8 – 4.4	80	100	100
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合）					
β=1.0	2.9	2.3 – 3.6	38	100	100
β=0.6	4.3	3.4 – 5.3	98	100	100
β=0.4	5.2	4.2 – 6.4	100	100	100
β=0.2	6.4	5.1 – 7.7	100	100	100
β=0	7.7	6.3 – 9.3	100	100	100
F2018-2020	4.7	3.8 – 5.8	100	100	100

6. 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たものの、2000 年代半ば以降ゆるやかに減少し、2020 年は 42 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 年から 2021 年にかけて減少した。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「減少」と判断される。2020 年の親魚量は SBmsy を上回っており、2020 年の漁獲圧は Fmsy を下回っていた。

7. 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 3-1）。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 3-2）。

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 200～350 m 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きている。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 1,300 トンであった（図 7-1、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 90 mm 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。

8. 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 (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

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 (2020) 令和元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、白川北斗、
内藤大河、飯田真也、山本岳男）

図 2-1.　ズワイガニ日本海系群 A 海域の分布

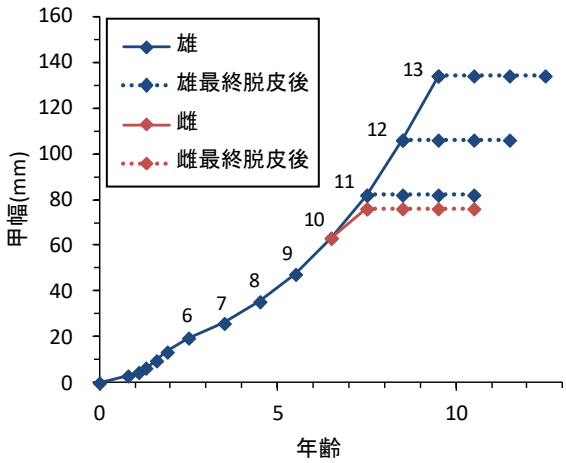


図 2-2.　ズワイガニの年齢、脱皮齢期および甲幅の関係
数字は脱皮齢期を示す。10 齢までは雌雄共通である。

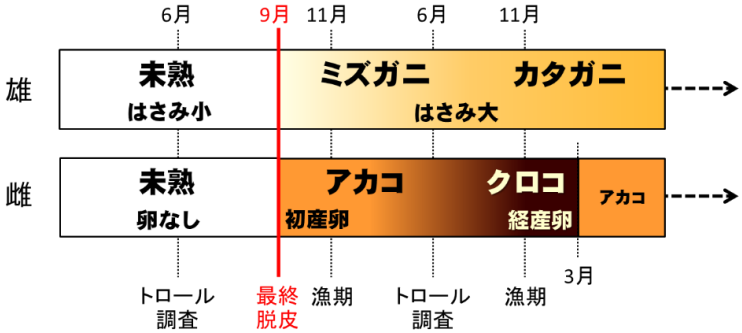


図 2-3.　ズワイガニの生活史と漁獲の模式図

- 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。

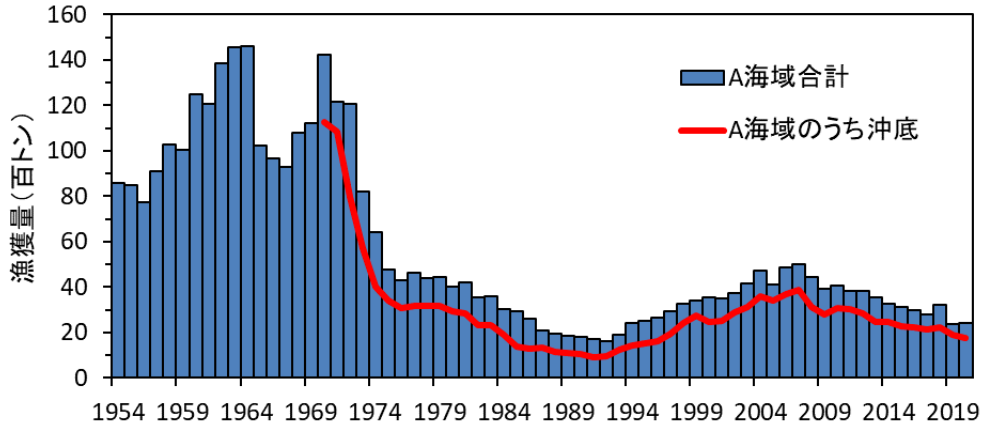


図 3-1.　漁獲量（暦年）および沖合底びき網漁業による漁獲量（漁期年）

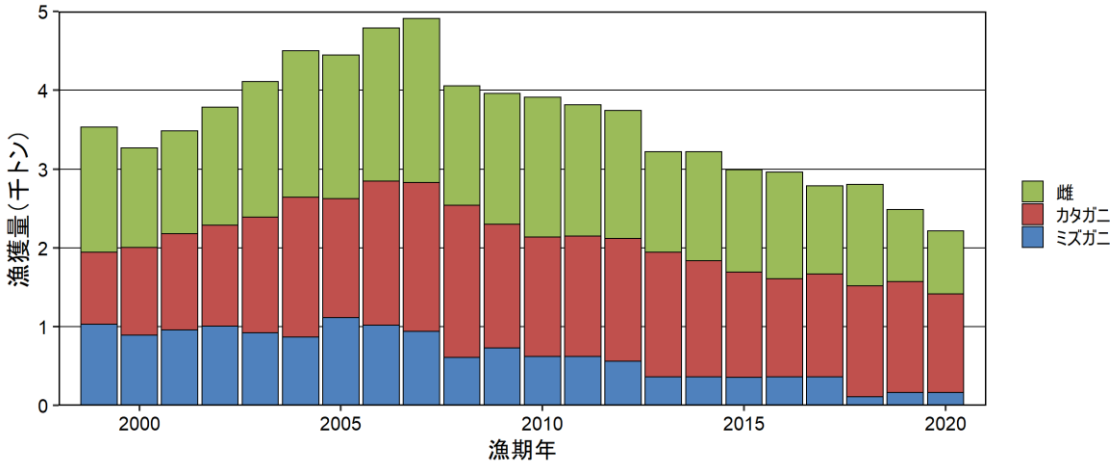


図 3-2.　雌雄別（雄はカタガニ・ミズガニ別）の漁獲量（漁期年）

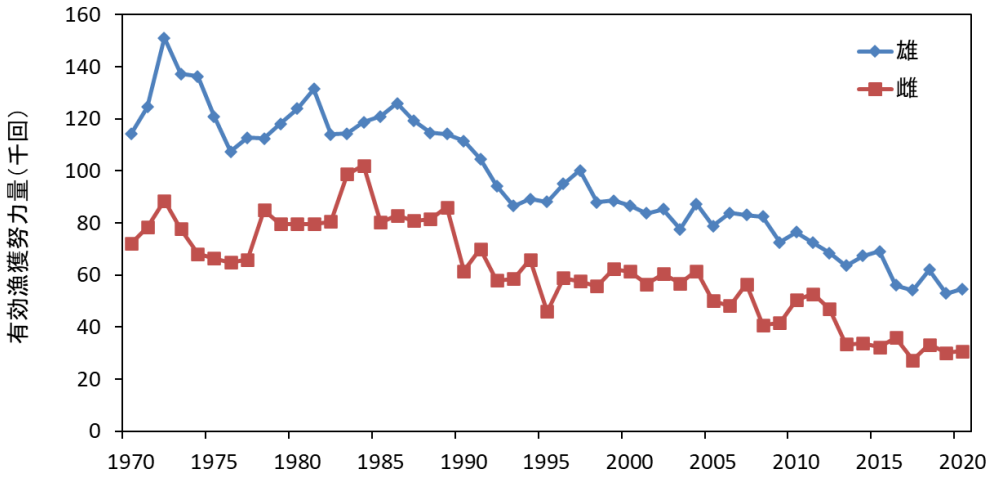


図 3-3.　沖合底びき網の有効漁獲努力量

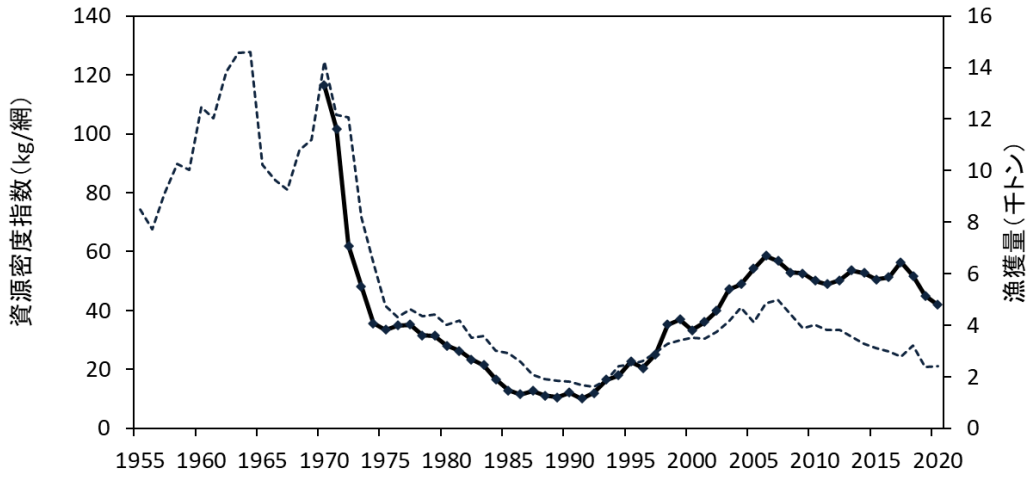


図 4-1.　沖底漁績から求めた資源密度指数（kg/網、雌雄海区合計）　破線にて漁獲量、実線にて資源密度指数を示す。

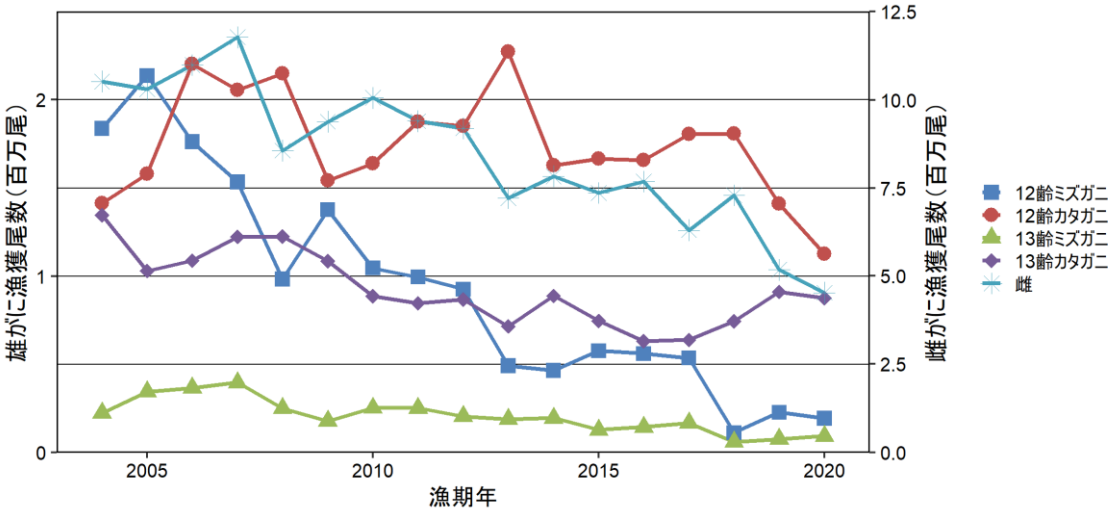


図 4-2.　本海域における銘柄別漁獲尾数

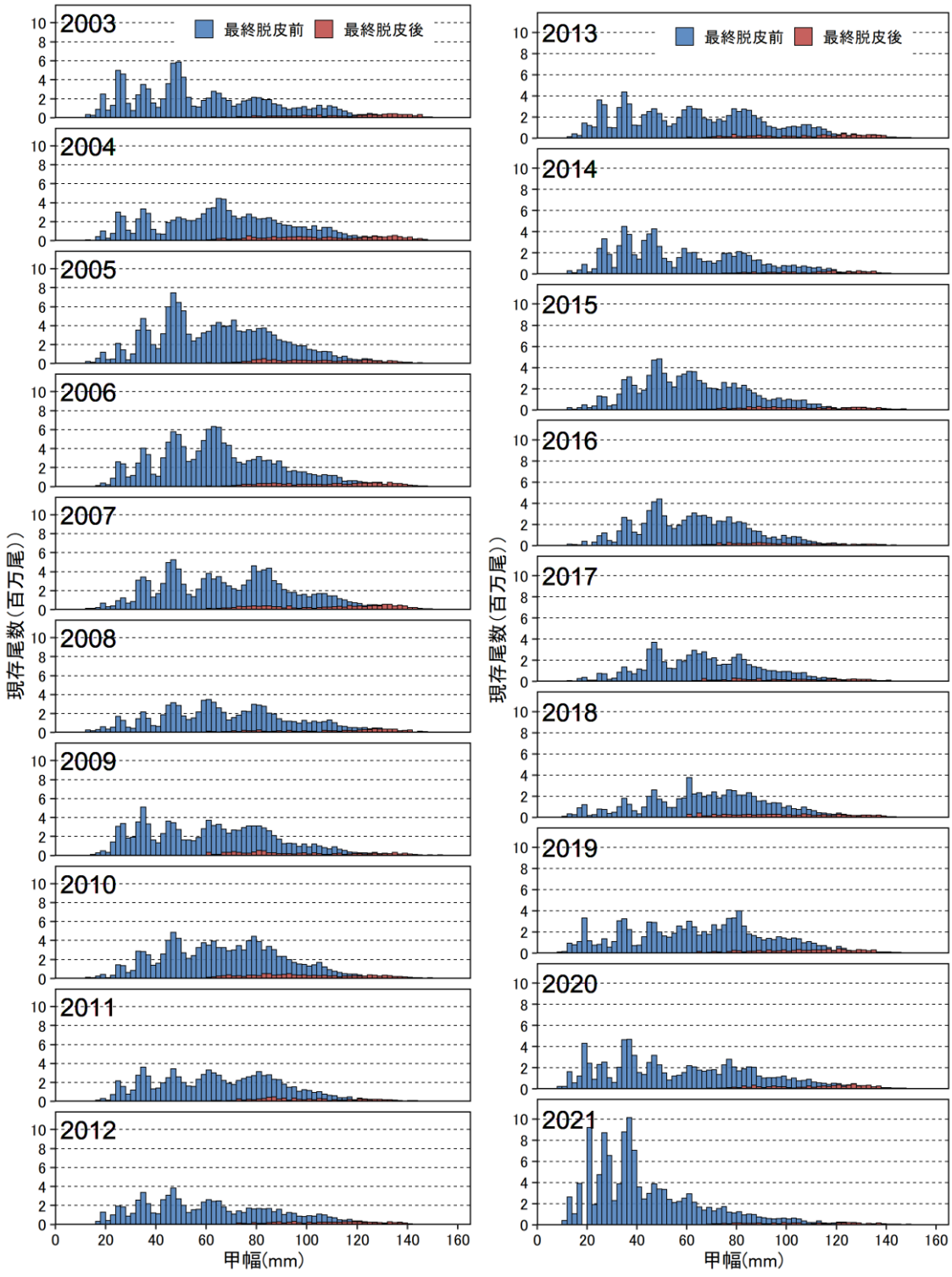


図 4-3.　トロール調査から推定された雄の甲幅組成

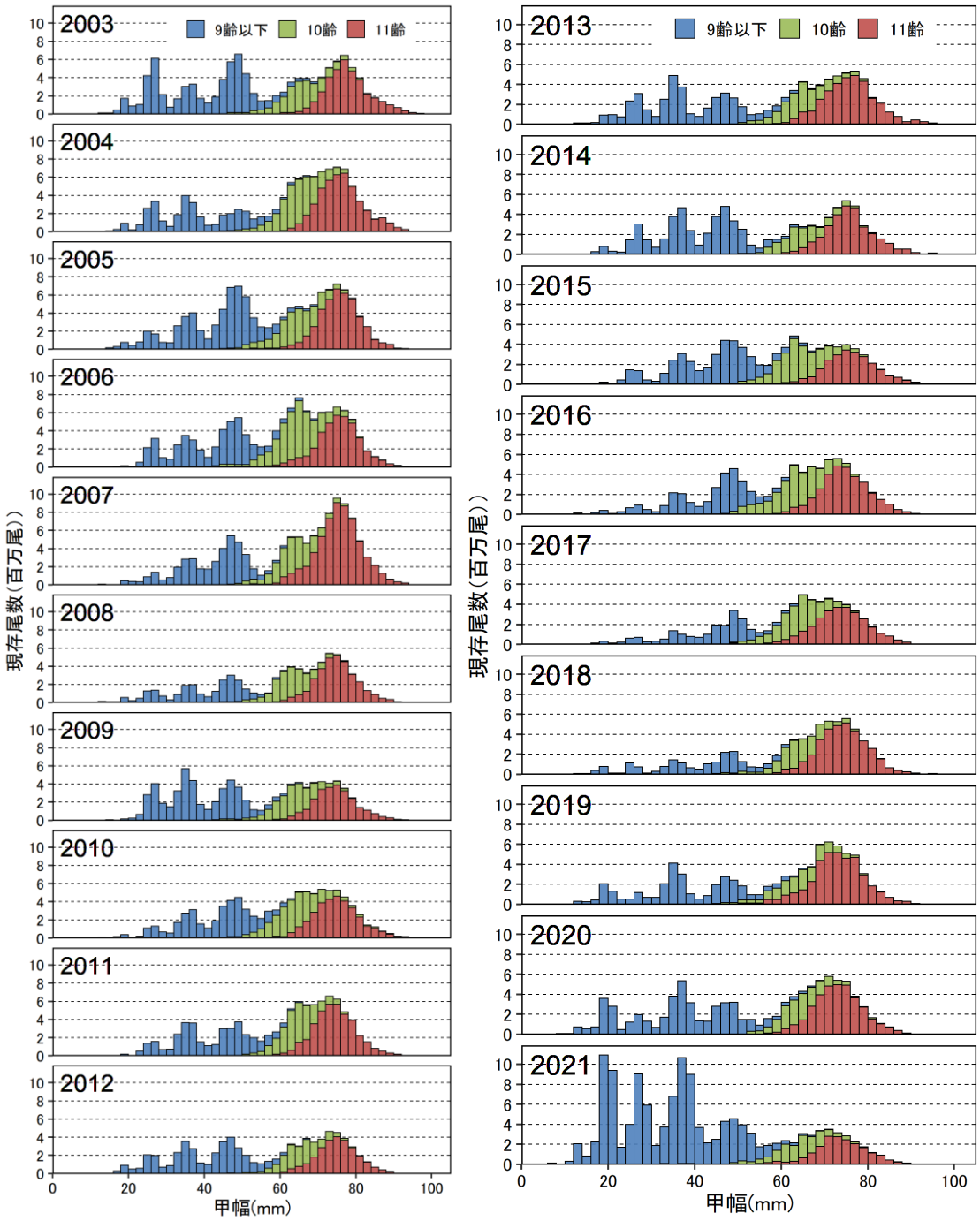


図 4-4.　トロール調査から推定された雌の甲幅組成

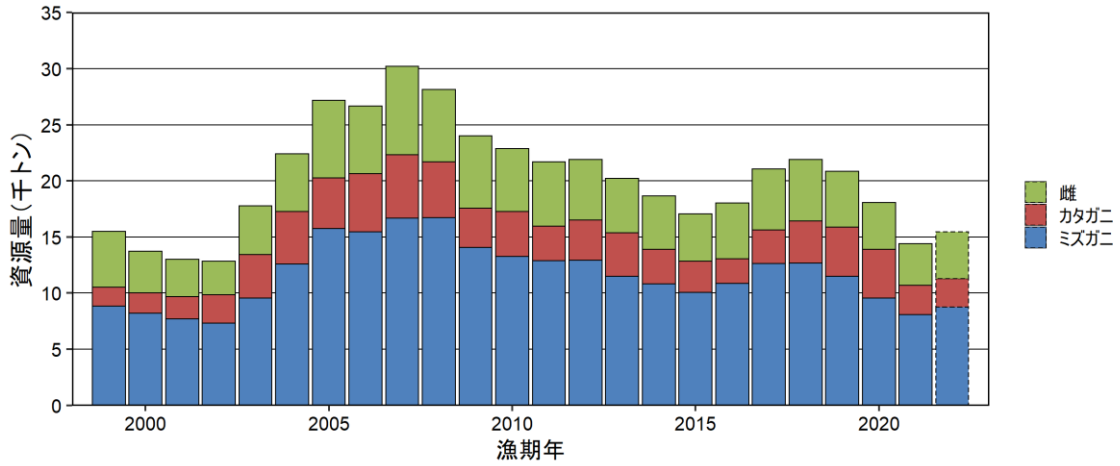


図 4-5.　トロール調査結果に基づくコホート解析により推定された漁期開始時点の資源量
ミズガニとカタガニは 12 齢と 13 齢の合計を、雌は 11 齢をそれぞれ示す。
2022 年は、2021 年の 10 齢以上の齢期別資源尾数等から求めた予測値。

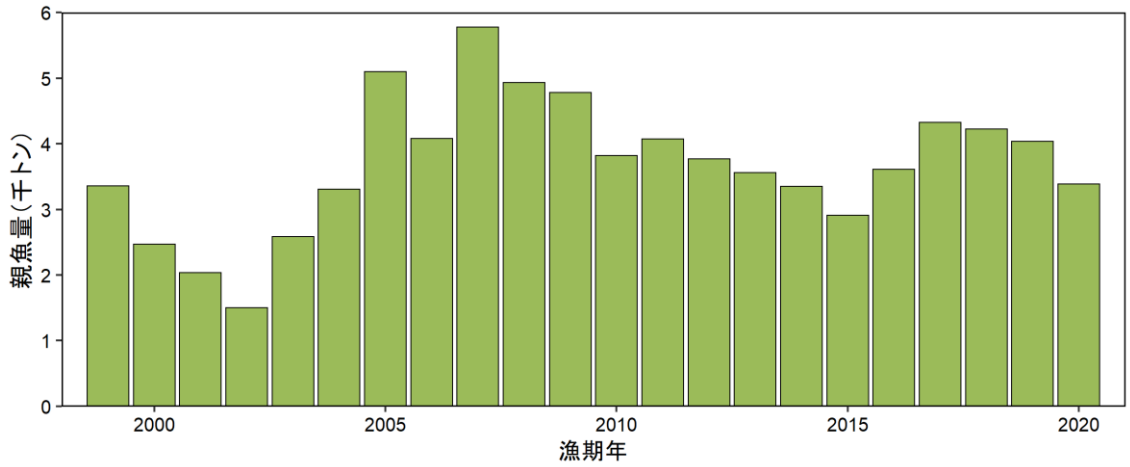


図 4-6.　雌の親魚量
本資源の親魚量は雌の漁期後資源量である。

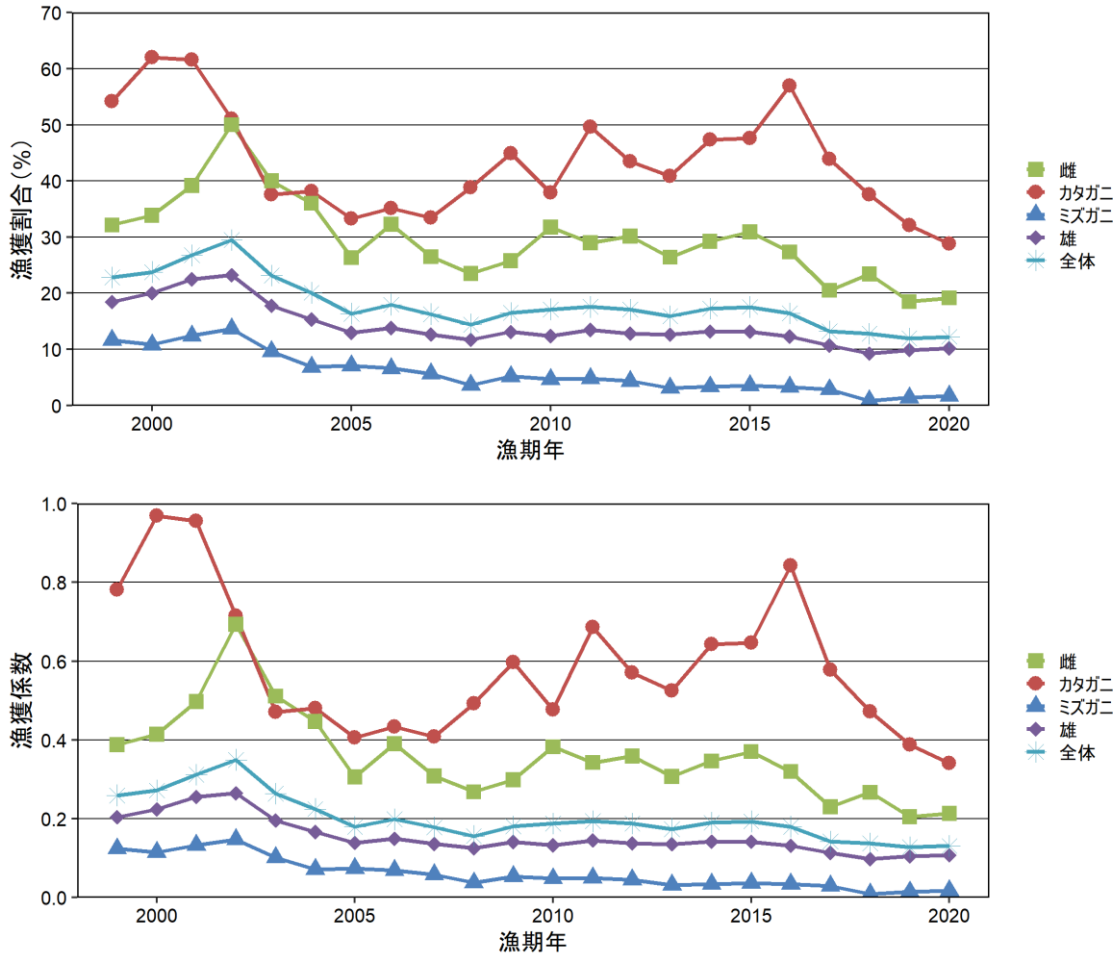


図 4-7.　漁獲割合（上図）と漁獲係数（F）（下図）

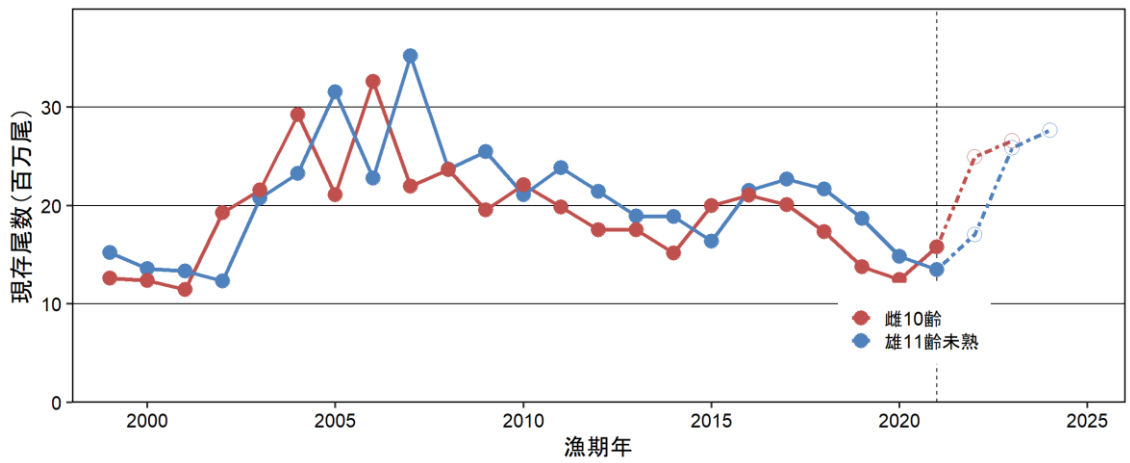


図 4-8.　2021 年漁期に漁獲加入する雄 11 齢および 2022 年漁期に漁獲加入する雌 10 齢の現存尾数　点線は将来予測に用いる予測値を示し、2021 年の 8 齢および 9 齢の現存尾数からそれぞれ求めた。トロール調査（5～6 月）における雌 11 齢のうち、2021 年漁期に漁獲加入する個体と 2020 年漁期以前に漁獲加入していた個体の判別は不可能であり、2021 年漁期の雌の漁獲加入尾数は不明である。

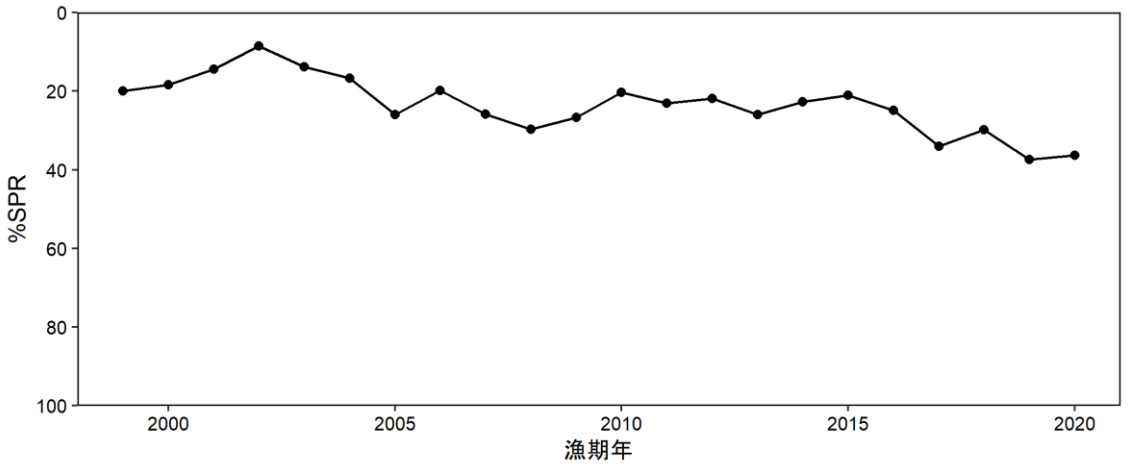


図 4-9.　漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合（%SPR）の推移

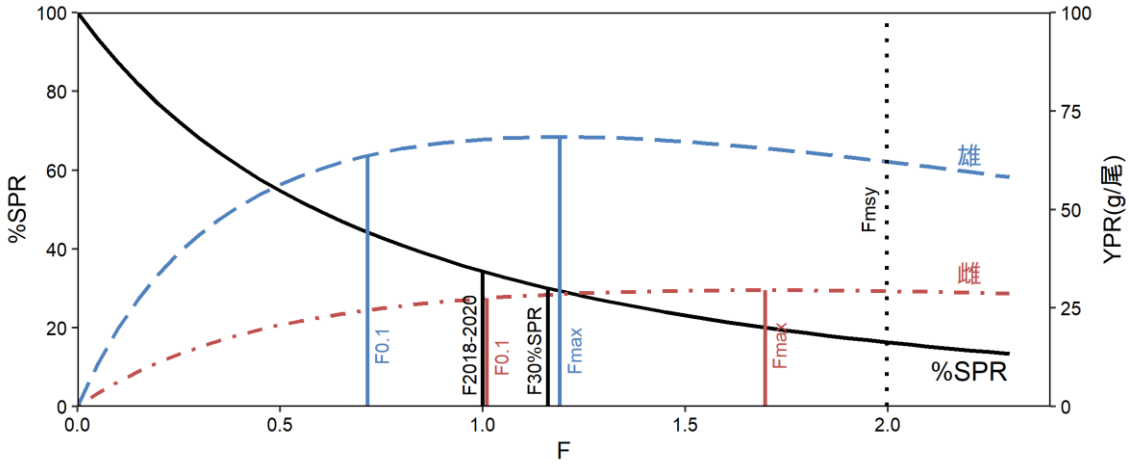


図 4-10.　現状の漁獲圧（F2018-2020）に対する YPR と%SPR の関係

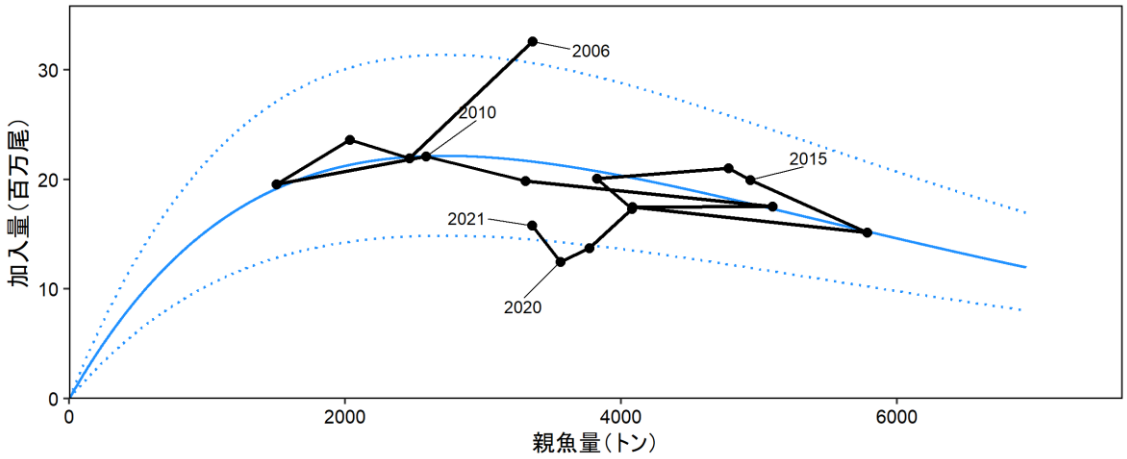


図 4-11.　親魚量と加入量の関係（再生産関係）　令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（上田ほか 2020）で提案された再生産関係式。青実線および破線は採択されたリッカー型再生産モデルの中央値、および観測データの 90%が含まれると推定される範囲。黒点は親魚量および加入量の観測値。図中の数字は加入年を示す。本海域では加入（10 齢）までの期間を 7 年と仮定しており、1999 年から 2014 年における親魚量が、2006 年から 2021 年の加入量に対応する。

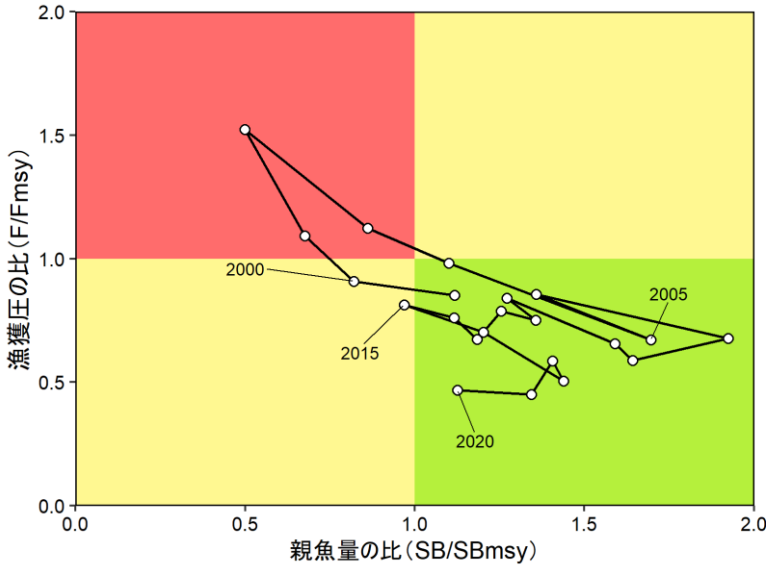
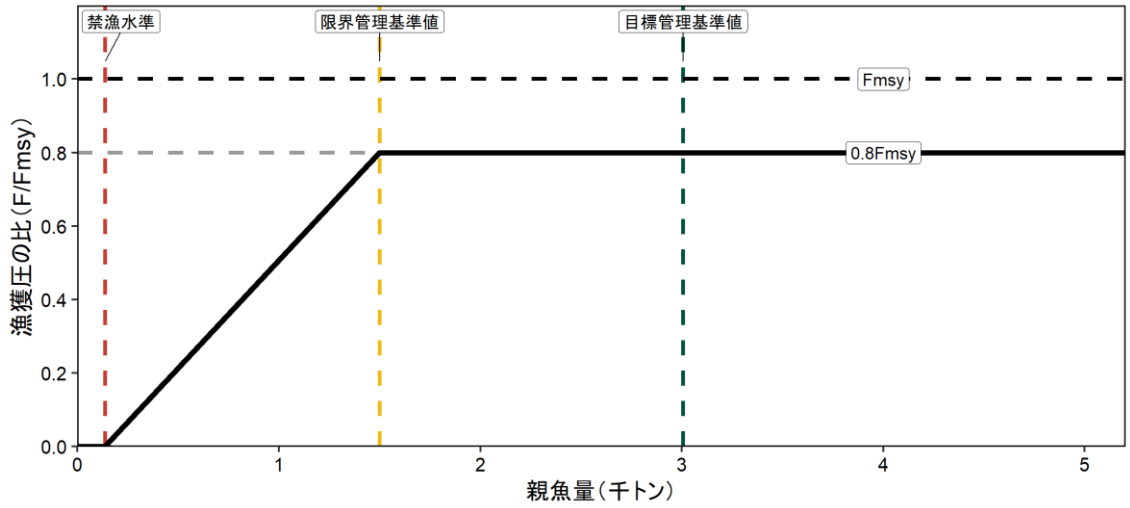


図 4-12.　最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）と MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

（a）縦軸を漁獲圧にした場合



（b）縦軸を漁獲量にした場合

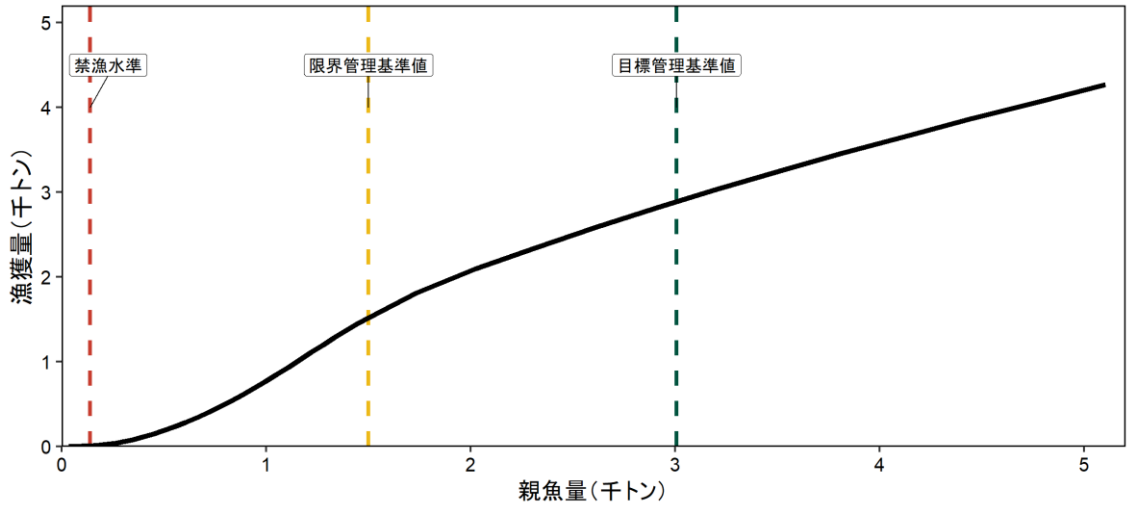


図 5-1.　漁獲管理規則（β=0.8）　黒太線は漁獲管理規則、黒破線は Fmsy、灰色破線は 0.8Fmsy、赤破線は禁漁水準、黄色破線は限界管理基準値、緑色破線は目標管理基準値を示す。a）は縦軸を漁獲圧にした場合、b）は縦軸を漁獲量で表した場合である。

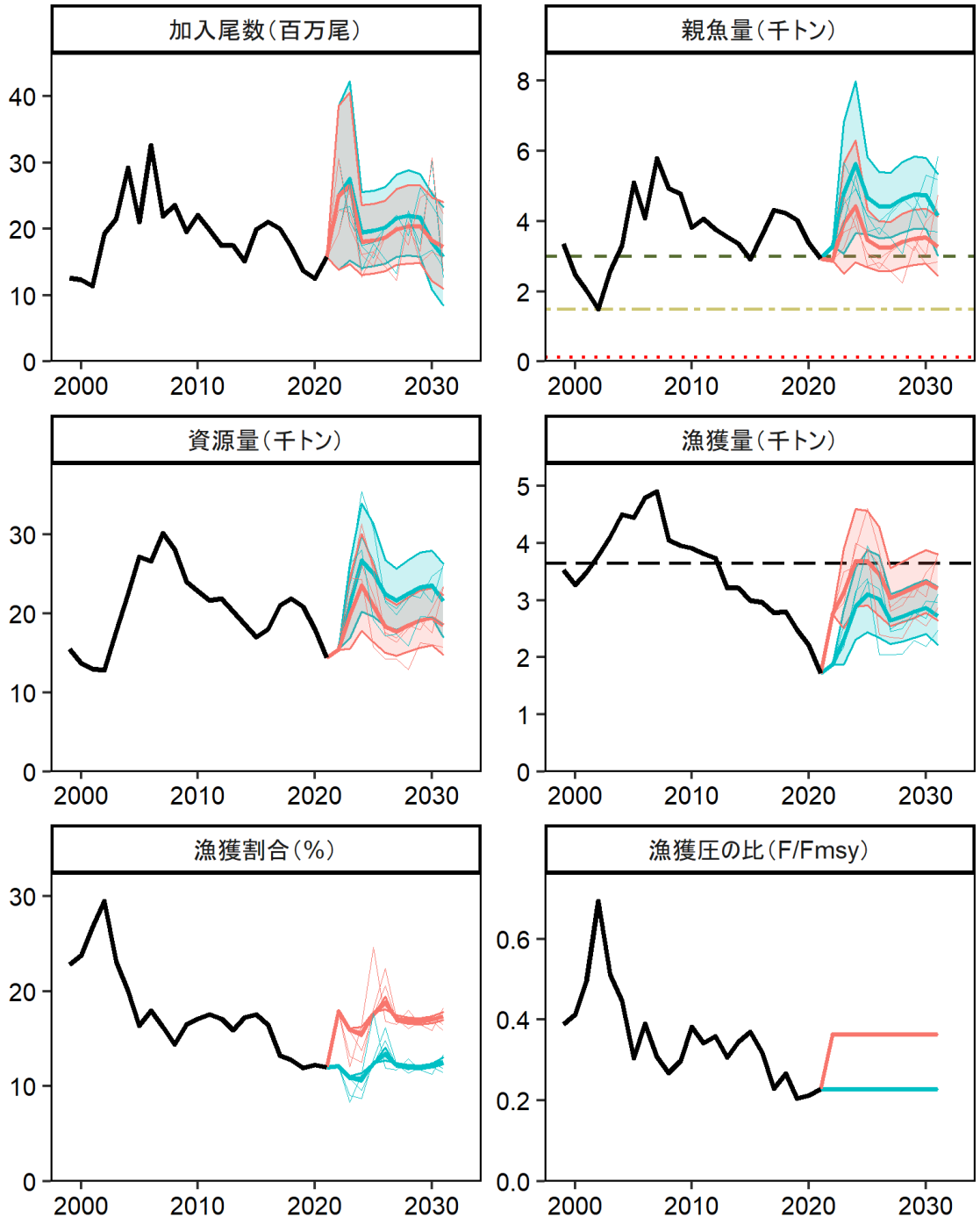


図 5-2.　漁獲シナリオで定められた管理基準値に基づく漁獲管理規則を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）
実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。2021 年の漁獲量は予測される資源量と F2018-2020 により仮定した。調整係数 β には 0.8 を用いた。

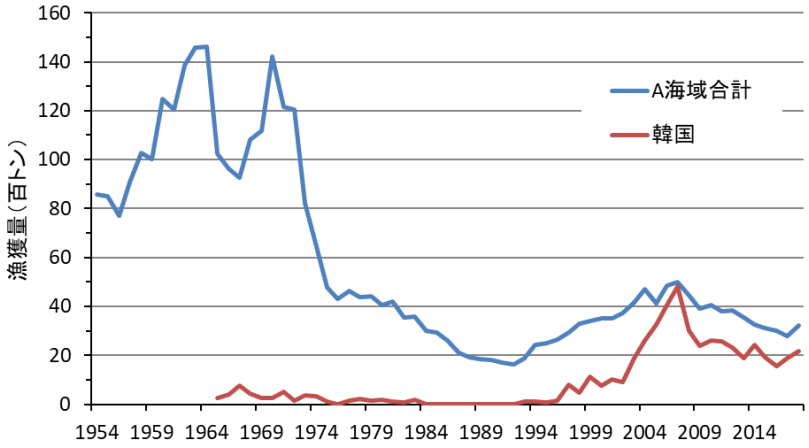


図 7-1.　日本（A 海域合計）および韓国における漁獲量（暦年集計）

表 3-1.　漁期規制およびサイズ規制（2020 年）

			漁期		漁獲規制（サイズは甲幅）	
雄	省令		11月6日～3月20日		90 mm以上	
	自主規制		（ミズガニ）	（カタガニ）	（ミズガニ）	（カタガニ）
		鳥取･兵庫･島根	2月1日～2月末日	省令に同じ	105 mm以上	105 mm以上
		京都	禁漁	省令に同じ	禁漁	省令に同じ
		福井	2月19日～3月20日	省令に同じ	100 mm以上	省令に同じ
		石川	禁漁	省令に同じ	禁漁	省令に同じ
雌	省令		11月6日～1月20日		成熟ガニ	
	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 ･32時間以上の在港を3回 または ･24時間以上の在港を4回			

表 3-2.　本海域におけるミズガニおよびクロコの 1 航海あたり漁獲量自主規制（2020 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
2020	54,617	30,795

表 4-1.　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
2020	20	13	23	22	14	24	42

表 5-1.　将来の親魚量が目標管理基準値（a）および限界管理基準値（b）を上回る確率（パーセント値）　β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2021 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2018-2020）から予測される 1,700 トンとし、2022 年から漁獲管理規則による漁獲とした。

目標管理基準値を上回る確率

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.0	100	0	0	60	70	35	22	22	31	36	38
0.9	100	0	0	68	79	56	41	41	52	58	61
0.8	100	0	0	75	86	75	64	64	74	78	80
0.7	100	0	100	81	91	89	84	84	89	92	93
0.6	100	0	100	87	95	96	95	95	97	98	98
0.5	100	0	100	92	98	99	99	99	100	100	100
0.4	100	0	100	95	99	100	100	100	100	100	100
0.3	100	0	100	97	99	100	100	100	100	100	100
0.2	100	0	100	99	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrernt	100	0	100	92	98	99	99	99	100	100	100

限界管理基準値を上回る確率

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	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrernt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表 5-2.　将来の親魚量（a）および漁獲量（b）の平均値の推移（千トン）

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2021 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2018-2020）から予測される 1,700 トンとし、2022 年から漁獲管理規則による漁獲とした。

平均親魚量

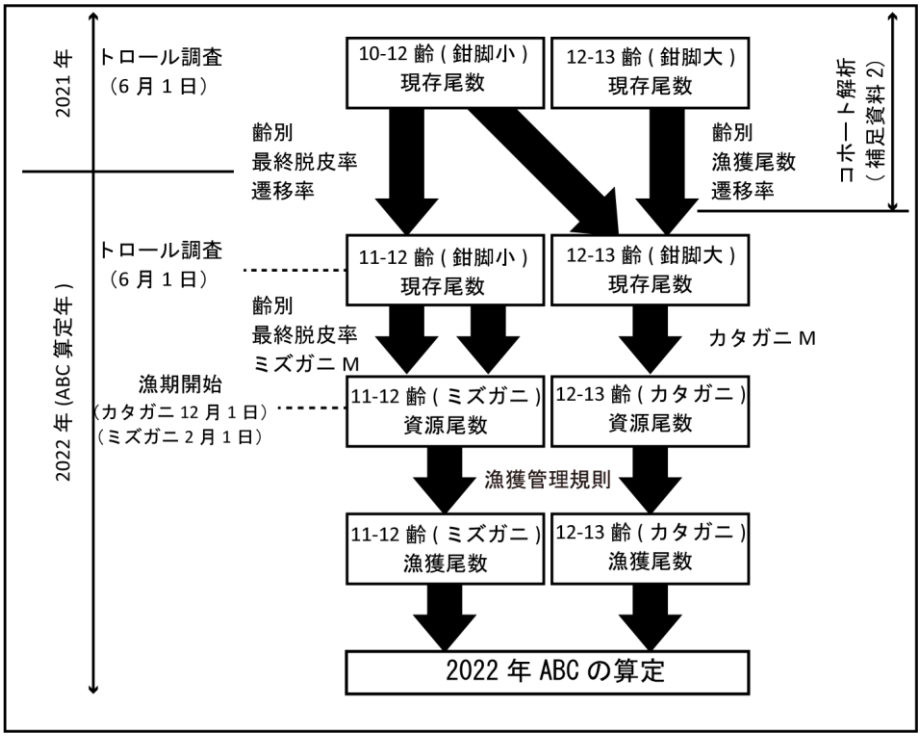
β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.0	3.4	2.9	2.6	3.5	3.8	2.9	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9
0.9	3.4	2.9	2.7	3.7	4.1	3.1	2.9	2.9	3.1	3.2	3.2
0.8	3.4	2.9	2.9	3.9	4.4	3.5	3.3	3.3	3.4	3.5	3.5
0.7	3.4	2.9	3.0	4.2	4.8	3.8	3.6	3.6	3.8	3.9	3.9
0.6	3.4	2.9	3.2	4.5	5.2	4.2	4.0	4.0	4.2	4.3	4.3
0.5	3.4	2.9	3.3	4.8	5.6	4.7	4.4	4.4	4.6	4.8	4.7
0.4	3.4	2.9	3.5	5.1	6.1	5.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.2
0.3	3.4	2.9	3.6	5.5	6.6	5.7	5.5	5.5	5.7	5.9	5.8
0.2	3.4	2.9	3.8	5.8	7.2	6.3	6.1	6.1	6.4	6.5	6.4
0.1	3.4	2.9	4.0	6.2	7.8	7.0	6.8	6.8	7.1	7.3	7.0
0.0	3.4	2.9	4.1	6.7	8.5	7.8	7.5	7.6	7.9	8.1	7.7
Fcurrernt	3.4	2.9	3.3	4.8	5.6	4.7	4.4	4.4	4.6	4.8	4.7

平均漁獲量

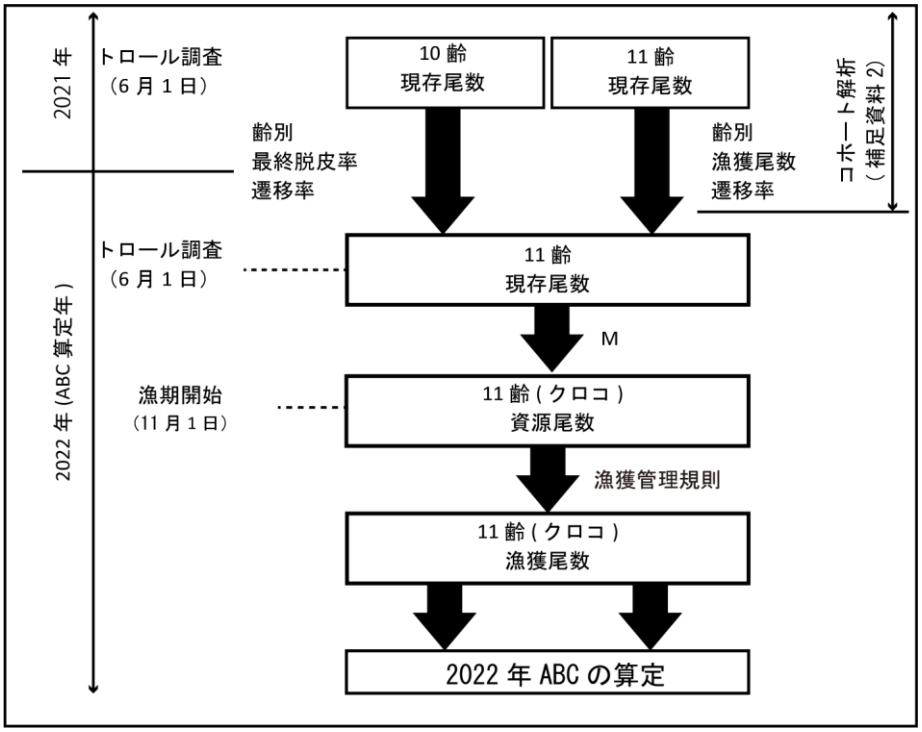
β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.0	2.2	1.7	3.3	3.5	4.0	3.8	3.5	3.1	3.2	3.3	3.4
0.9	2.2	1.7	3.0	3.4	3.8	3.8	3.5	3.1	3.2	3.3	3.4
0.8	2.2	1.7	2.8	3.1	3.7	3.7	3.5	3.0	3.1	3.2	3.3
0.7	2.2	1.7	2.5	2.9	3.5	3.6	3.4	3.0	3.0	3.1	3.2
0.6	2.2	1.7	2.2	2.6	3.2	3.4	3.2	2.8	2.9	3.0	3.1
0.5	2.2	1.7	1.9	2.3	2.9	3.1	3.0	2.6	2.7	2.8	2.9
0.4	2.2	1.7	1.5	2.0	2.5	2.8	2.7	2.4	2.4	2.5	2.6
0.3	2.2	1.7	1.2	1.5	2.0	2.3	2.3	2.0	2.1	2.1	2.2
0.2	2.2	1.7	0.8	1.1	1.5	1.7	1.7	1.5	1.5	1.6	1.6
0.1	2.2	1.7	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
0.0	2.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fcurrernt	2.2	1.7	1.9	2.3	2.9	3.1	3.0	2.7	2.7	2.8	2.9

補足資料１　資源評価の流れ

（1）雄



（2）雌



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 2000～2020 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 2001～2021（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。

未熟：　$\widehat{N}_{i,a+1,1,t+1} = \left(1-\gamma_{i,a+1}\right)\left(R_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t}\right)S_{i,a,1}$　　(1)

成熟：　$\widehat{N}_{i,a+1,2-3,t+1} = \gamma_{i,a+1}\left(R_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t}\right)S_{i,a,1} + \left(R_{i,a+1,2-3,t} - C_{i,a,2-3,t}\right)S_{i,a+1,2-3}$　　(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②a 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。

2001～2021 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。

未熟：　$\widehat{N}_{i,a+1,1,t+1} = \left(1-\gamma_{i,a+1}\right)\left(\widehat{N}_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t}\right)S_{i,a,1,t}$　　(3)

成熟：　$\widehat{N}_{i,a+1,2-3,t+1} = \gamma_{i,a+1}\left(\widehat{N}_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t}\right)S_{i,a,1,t} + \left(\widehat{N}_{i,a+1,2-3,t} - C_{i,a,2-3,t}\right)S_{i,a+1,2-3,t}$　　(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 齢の現存尾数（$R_{i,a,1,t}$）、2000～2021 年（t）の 9 齢の現存尾数（$R_{i,a,1,t}$）、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 v4.0.2 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。

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

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

9 齢と 10 齢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 齢と 10 齢の現存尾数は雌雄で同値とした。

雄の 13 齢については、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 齢を解析から除いた場合でも、2022 年の現存尾数および将来予測のため雄 12 齢未熟の遷移率（$S_{12,1}$）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（2017～2021 年）のみ（5）式による 13 齢の尤度計算を行い、$S_{12,1}$ 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（$\hat{N}^{lower}_{i,a,j,t}$、$\hat{N}^{upper}_{i,a,j,t}$）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。

$$\mu^b_{i,a,j,t} = ln(\hat{N}_{i,a,j,t}) + \varepsilon^b_{i,a,j,t} \quad (7)$$

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

$$N^b_{i,a,j,t} = exp(\mu^b_{i,a,j,t}) \quad (9)$$

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$N^b_{i,a,j,t}$を用いて、再び（3）～（6）式によりパラメータ推定を行い$\hat{N}^b_{i,a,j,t}$を得た。これを 1,000 回繰り返し（B=1000）、得られた$\hat{N}^b_{i,a,j,t}$のうち下から 50 番目を$\hat{N}^{lower}_{i,a,j,t}$、上から 50 番目を$\hat{N}^{upper}_{i,a,j,t}$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 齢および 1999 年の 10 齢の加入尾数（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。

2-2. 将来予測における加入量（10 齢）の仮定

本海域の資源計算では、トロール調査から得られる若齢個体の情報を利用することで、将来予測における直近の加入量の精度を高めることができる。2021 年の加入量はコホート解析結果から得られる 10 齢現存尾数であり、2022 年の加入尾数は 2021 年の 9 齢現存尾数と遷移率から求めた 10 齢現存尾数とした。

2023 年の加入尾数については、各年のトロール調査結果から得られている 8 齢現存尾数と、コホート解析結果から得られる 10 齢現存尾数の関係性に基づき、予測した。ズワイガ

ニでは若齢時に共食いの影響を受けることが知られており、また調査では若齢個体がしばしば高密度でまとまって採集される。従って、8 齢現存尾数と加入量の非線形性を考慮し、誤差構造に対数正規分布を仮定した加入量予測を行った。パラメータの最適化に最小絶対値法を用いることで、データの欠損や外れ値に対する頑健性を確保した。作成したモデルに基づき、2023 年の 10 齢加入尾数は雌雄ともに 2,800 万尾と想定された。なお、加入に際しては、後述の通り 8 齢から混獲死亡の影響を受けるため、将来予測に実際に用いる加入量の値は上記の予測値と若干異なる。

2-3. 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。

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

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。

$$N_{10} = N_{10}^{'}\, exp(-2G_{8-9})\, S_{8-9} \qquad (2)$$

上式で　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、$G_{8\text{-}9}$ は 8 齢期と 9 齢期の混獲係数、$S_{8\text{-}9}$ 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 2022 年から 1 年後の 2023 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、α=1 のとき混獲死亡は漁獲死亡と同等に変化し、α=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、$S_{8\text{-}9}$ については雄雌合計の現状の漁獲圧（Fcurrent=0.130：2018～2020 年の F の平均）における値とし、以下のように求めた。

$$S_9 = \frac{1}{\exp\left(-\alpha F_{2018-2020}\right)} \quad (5)$$

$$S_{8-9} = \frac{1}{\exp\left(-2\alpha F_{2018-2020}\right)} \quad (6)$$

本資料では将来予測および管理基準値の計算にα=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、$S_{8\text{-}9}$ はそれぞれ 1.15 および 1.18 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。

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

成熟：

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

上式でγ 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 齢期未熟の遷移率 $S_{i,10,1}$ 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（Fcurrent=0.130：2018～2020 年の F の平均）における値とし、以下のように求めた。

$$S_{i,10,1} = S'_{i,10,1} \frac{1}{\exp\left(-2\alpha F_{2018-2020}\right)} \quad (9)$$

上式で$S'_{i,10,1}$は Fcurrent のときの混獲死亡を含んだ遷移率を示す。

混獲死亡を除いた雄の 11 齢期および 12 齢期未熟の遷移率 $S_{2,11,1}$、$S_{2,12,1}$ については、雄のカタガニの現状の漁獲圧（Fcurrent=0.400：2018～2020 年の F の平均）における値とし、以下のように求めた。

$$S_{2,a,1} = S'_{2,a,1} \frac{1}{\exp\left(-\alpha F_{2018-2020}\right)} \quad (10)$$

上式で$S_{2,a,1}$は Fcurrent のときの混獲死亡を含んだ遷移率を示し、それぞれ 0.607、0.345 である。

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。

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

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

$$カタガニ：N'_{2,a,3,t} = N_{2,a,2-3,t}\, exp\left(-\frac{6}{12}M_{2-3}\right) \quad (13)$$

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。

$$B_{i,a,j,t} = N'_{i,a,j,t} w_{i,a,j} \quad (14)$$

$$Y_{i,a,j,t} = N'_{i,a,j,t}\left[1 - exp\left(-F_{i,a,j,t}\right)\right] w_{i,a,j} \quad (15)$$

上式で $w_{a,j}$ 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（$w_{12,1\text{-}2}$）：373 g、カタガニ（$w_{12,3}$）：403 g

13 齢ミズガニ（$w_{13,1\text{-}2}$）：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。

$$SB_{1,t} = B_{1,11,3,t} - Y_{1,t} \quad (16)$$

将来予測では、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。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

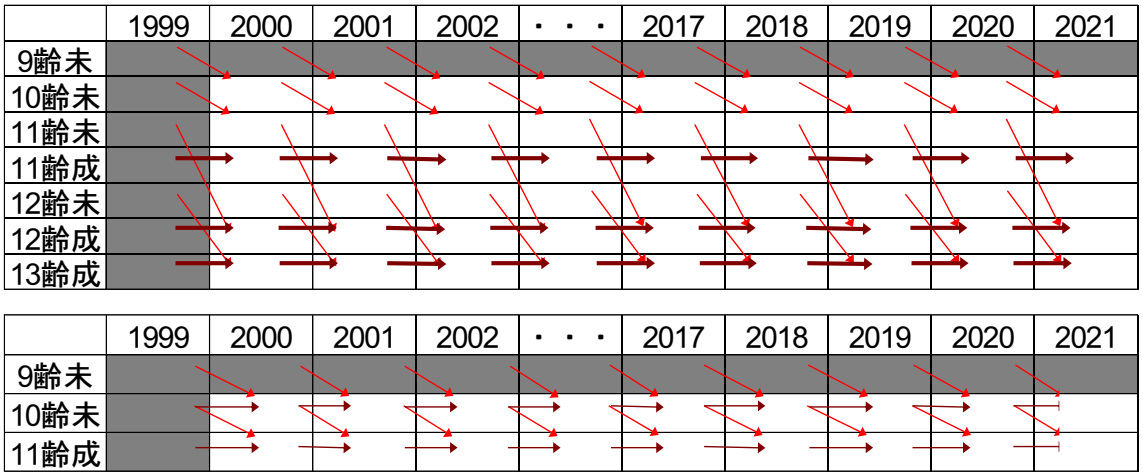
で、両者の差を補正する係数を求め（1.08、2016～2020 年の平均)、将来の漁獲量予測に使用した。

引用文献

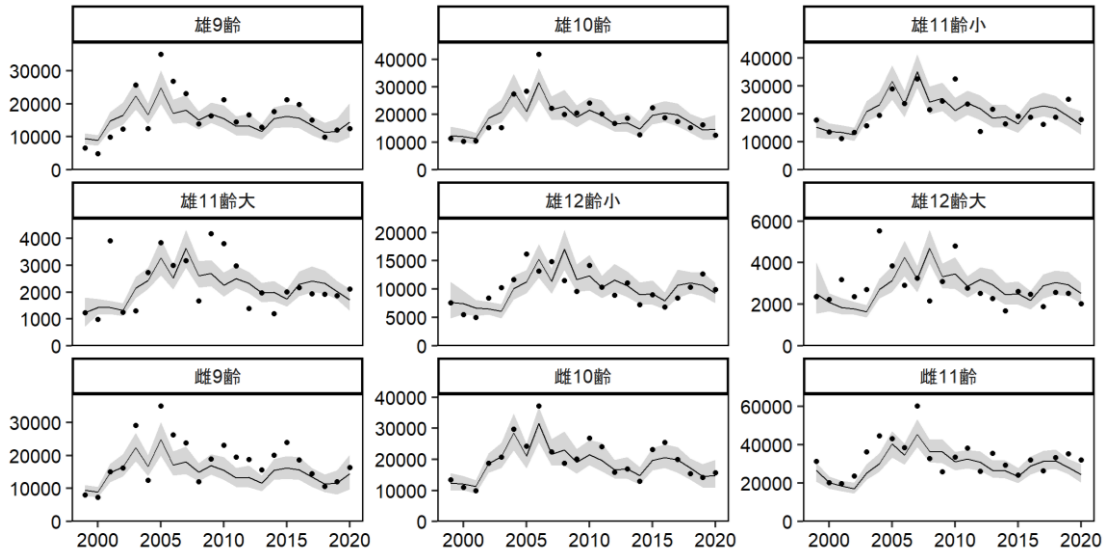
山崎　淳 (1996) 日本海における雄ズワイガニの漁獲サイズ．日水誌，**62**，623-630.

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.

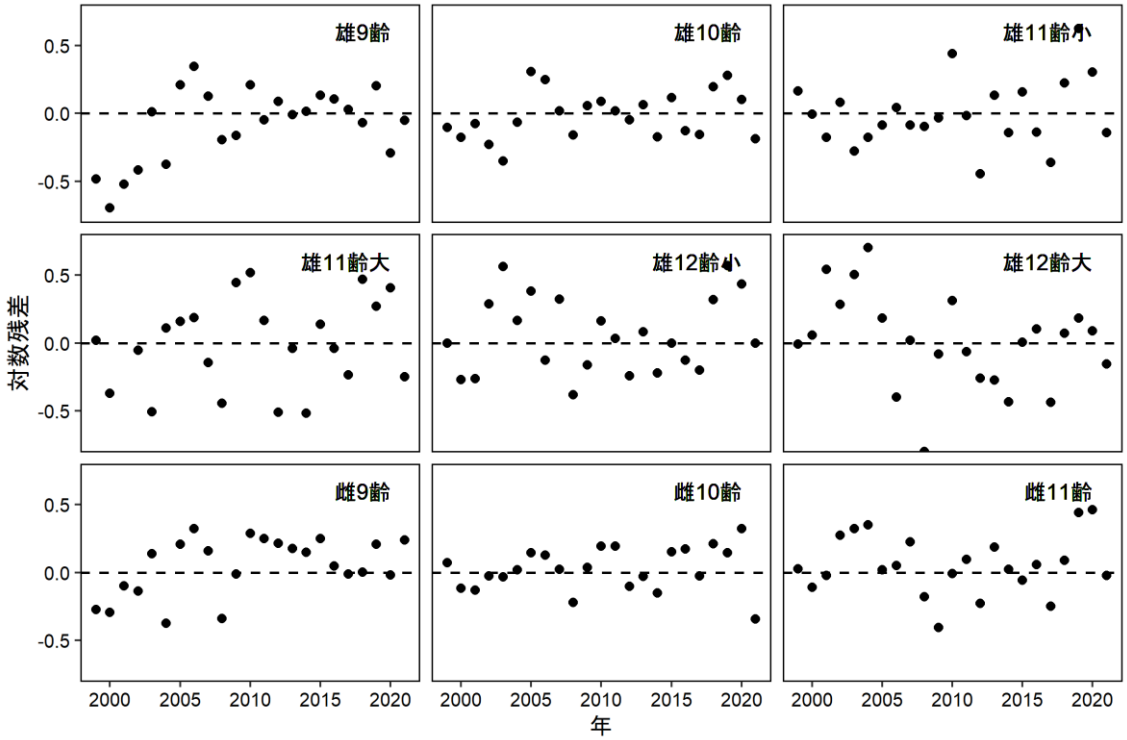
山崎　淳・宮嶋俊明・藤原邦浩 (2011) 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ水ガニの入網数とリリース直後の生残率. 日水誌, **77**, 372-380.



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、「未」は未成熟（鋏脚小・最終脱皮前）を、「成」は成熟（鋏脚大・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）

齢期	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
6齢	未	0	22	150	898	3,960	1,485	1,776	553	1,069	1,023	890	717	491
7齢	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齢	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齢	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齢	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齢	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齢	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齢	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

齢期	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
6齢	未	1,978	2,715	1,403	799	498	645	2,081	5,520	7,698	27,823
7齢	未	5,137	8,527	7,708	3,247	2,611	1,686	1,768	3,034	6,634	23,064
8齢	未	10,541	13,174	13,575	10,748	8,220	3,919	5,026	10,727	16,574	35,592
9齢	未	16,581	12,955	17,590	21,296	19,786	15,117	9,922	12,106	12,503	17,721
10齢	未	16,774	18,649	12,681	22,456	18,889	17,550	15,278	16,216	12,406	15,915
	成	200	361	122	238	399	636	1,016	257	197	85
11齢	未	13,792	21,696	16,396	19,115	18,837	16,186	18,777	25,279	17,919	10,659
	成	1,390	1,969	1,203	2,018	2,168	1,942	1,929	1,866	2,120	1,029
12齢	未	8,937	11,134	7,253	8,986	6,843	8,426	10,386	12,659	9,963	6,298
	成	2,522	2,269	1,678	2,610	2,490	1,891	2,573	2,517	2,032	1,525
13齢	成	3,383	3,934	3,054	2,625	1,934	2,723	3,677	4,625	4,741	2,627

雌の現存尾数（千尾）

齢期	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
6齢	未	121	143	35	621	2,987	1,344	1,441	323	972	983	407	566	247
7齢	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齢	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齢	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齢	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齢	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

齢期	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
6齢	未	1,481	2,145	1,240	361	672	530	1,186	3,896	7,396	23,306
7齢	未	5,153	7,296	6,338	3,606	2,261	1,847	2,144	2,545	4,785	21,304
8齢	未	10,794	13,713	13,303	10,026	6,913	4,207	4,281	11,322	15,627	34,957
9齢	未	18,776	15,631	20,100	23,914	18,671	14,518	10,674	12,126	16,412	23,695
10齢	未	15,855	16,978	12,984	23,214	25,501	19,977	15,492	14,155	15,695	13,658
11齢	成	26,210	35,501	29,539	24,200	32,198	26,368	33,441	35,325	32,165	17,765

2002 年までは切断法による齢期分解。齢期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	2011
漁獲尾数	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	1,638	1,876
	雄13齢カタガニ	626	721	813	878	918	1,345	1,029	1,088	1,223	1,224	1,084	886	845
	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	9,395

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
漁獲尾数	雄12齢カタガニ	1,850	2,274	1,628	1,665	1,658	1,805	1,808	1,409	1,125
	雄13齢カタガニ	868	715	887	745	631	638	744	911	874
	雌11齢	9,192	7,215	7,832	7,360	7,681	6,304	7,292	5,180	4,529

	齢期	成熟	
遷移率	雄雌9齢	未	1.151
	雄雌10齢	未	1.183
	雄11齢	未	0.607
	雄12齢	未	0.345
	雄11-13齢	成	0.083
	雌11齢	成	0.374

	齢期	
最終脱皮率	11齢	0.088
	12齢	0.210

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

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）

齢期	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
9齢	未	10,737	9,935	16,719	18,716	25,380	18,333	28,326	19,052	20,514	16,984	19,194	17,242	15,227
10齢	未	12,601	12,362	11,439	19,251	21,550	29,223	21,109	32,615	21,936	23,620	19,555	22,100	19,853
11齢	未	15,219	13,596	13,338	12,342	20,770	23,251	31,530	22,775	35,189	23,668	25,484	21,099	23,845
	成	1,208	1,409	1,401	1,304	2,108	2,413	3,235	2,461	3,592	2,577	2,667	2,253	2,482
12齢	未	7,558	7,294	6,516	6,393	5,915	9,955	11,144	15,112	10,916	16,866	11,344	12,214	10,113
	成	2,404	2,039	1,786	1,717	1,573	2,630	3,071	4,151	3,071	4,578	3,225	3,395	2,841
13齢	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）

齢期	成熟	銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12齢	未	ミズガニ	9,516	8,501	8,340	7,717	12,988	14,539	19,715	14,241	22,004	14,799	15,935	13,193	14,910
	成	ミズガニ	2,535	2,265	2,222	2,056	3,460	3,874	5,253	3,794	5,862	3,943	4,246	3,515	3,972
	成	カタガニ	2,175	1,845	1,616	1,553	1,423	2,380	2,778	3,756	2,778	4,143	2,918	3,072	2,570
13齢	成	ミズガニ	5,985	5,776	5,160	5,062	4,684	7,883	8,825	11,967	8,644	13,356	8,983	9,673	8,008
	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）

齢期	成熟	銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12齢	未	ミズガニ	3,550	3,171	3,111	2,879	4,844	5,423	7,354	5,312	8,207	5,520	5,944	4,921	5,561
	成	ミズガニ	946	845	829	767	1,291	1,445	1,959	1,415	2,187	1,471	1,584	1,311	1,482
	成	カタガニ	876	744	651	626	574	959	1,120	1,514	1,120	1,669	1,176	1,238	1,036
13齢	成	ミズガニ	4,357	4,205	3,757	3,685	3,410	5,739	6,425	8,712	6,293	9,723	6,540	7,042	5,830
	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）

齢期	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
9齢	未	15,198	13,159	17,340	18,261	17,435	15,046	11,941	10,839	13,709	21,671
10齢	未	17,533	17,499	15,151	19,966	21,025	20,074	17,324	13,749	12,480	15,785
11齢	未	21,420	18,917	18,881	16,347	21,542	22,685	21,659	18,692	14,834	13,465
	成	2,268	2,010	1,984	1,739	2,218	2,368	2,282	1,989	1,593	1,429
12齢	未	11,429	10,266	9,067	9,049	7,835	10,325	10,873	10,381	8,959	7,110
	成	3,125	2,842	2,463	2,481	2,156	2,792	2,979	2,863	2,508	2,010
13齢	成	3,383	3,934	3,054	2,625	1,934	2,723	3,677	4,625	4,741	2,627

漁期開始時点の資源尾数（千尾）

齢期	成熟	銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
12齢	未	ミズガニ	13,394	11,828	11,806	10,222	13,470	14,185	13,543	11,688	9,276	8,420
	成	ミズガニ	3,568	3,151	3,145	2,723	3,589	3,779	3,608	3,114	2,471	2,243
	成	カタガニ	2,828	2,571	2,229	2,245	1,950	2,527	2,696	2,591	2,269	1,818
13齢	成	ミズガニ	9,050	8,130	7,180	7,166	6,205	8,176	8,610	8,221	7,094	5,630
	成	カタガニ	3,061	3,560	2,763	2,375	1,750	2,463	3,327	4,185	4,290	2,377

漁期開始時点の資源量（トン）

齢期	成熟	銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
12齢	未	ミズガニ	4,996	4,412	4,404	3,813	5,024	5,291	5,052	4,360	3,460	3,141
	成	ミズガニ	1,331	1,175	1,173	1,016	1,339	1,410	1,346	1,162	922	837
	成	カタガニ	1,140	1,036	898	905	786	1,018	1,086	1,044	915	733
13齢	成	ミズガニ	6,589	5,919	5,227	5,217	4,517	5,952	6,268	5,985	5,165	4,099
	成	カタガニ	2,446	2,844	2,208	1,897	1,398	1,968	2,658	3,344	3,428	1,899

イタリックは予測値。13 齢は直接推定による値である。齢期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 齢および 1999 年の 10 齢の現存尾数は雄雌同値である。

加入尾数は、11 齢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	8,853	8,221	7,696	7,331	9,545	12,607	15,738	15,439	16,687	16,714	14,067	13,274	12,873
	カタガニ	1,684	1,795	1,982	2,509	3,910	4,656	4,538	5,208	5,638	4,979	3,498	4,001	3,087
	合計	10,536	10,016	9,679	9,840	13,455	17,263	20,275	20,647	22,325	21,693	17,565	17,275	15,960

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
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

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲割合(%)	ミズガニ	11.6	10.8	12.4	13.7	9.6	6.9	7.1	6.6	5.6	3.6	5.2	4.7	4.8
	カタガニ	54.2	62.1	61.6	51.1	37.6	38.1	33.3	35.1	33.5	38.9	44.9	37.9	49.6
	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

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲係数(F)	ミズガニ	0.124	0.115	0.133	0.147	0.101	0.071	0.073	0.068	0.058	0.037	0.053	0.048	0.049
	カタガニ	0.781	0.969	0.956	0.715	0.471	0.480	0.405	0.433	0.408	0.492	0.597	0.476	0.686
	全体	0.204	0.223	0.255	0.264	0.195	0.166	0.139	0.148	0.135	0.124	0.140	0.132	0.145

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
資源量（トン）	ミズガニ	12,915	11,506	10,804	10,046	10,880	12,653	12,666	11,506	9,546	8,076
	カタガニ	3,586	3,880	3,106	2,802	2,184	2,986	3,744	4,388	4,342	2,632
	合計	16,501	15,386	13,910	12,848	13,064	15,639	16,410	15,894	13,888	10,708

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
漁獲量（トン）	ミズガニ	558	358	361	356	359	358	104	159	158	*104*
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335	1,244	1,311	1,408	1,410	1,252	*868*
	合計	2,116	1,942	1,833	1,691	1,603	1,669	1,513	1,569	1,411	*1,513*

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
漁獲割合(%)	ミズガニ	4.3	3.1	3.3	3.5	3.3	2.8	0.8	1.4	1.7
	カタガニ	43.5	40.8	47.4	47.6	56.9	43.9	37.6	32.1	28.8
	全体	12.8	12.6	13.1	13.1	12.2	10.6	9.2	9.8	10.4

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	F 2018-2020
漁獲係数(F)	ミズガニ	0.044	0.032	0.034	0.036	0.034	0.029	0.008	0.014	0.017	0.130
	カタガニ	0.570	0.525	0.642	0.647	0.843	0.578	0.472	0.388	0.340	0.400
	全体	0.137	0.135	0.141	0.141	0.131	0.113	0.097	0.104	0.107	0.103

イタリックは予測値。F 2018-2020 は、2018 年～2020 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）

齢期	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
9齢	未	10,737	9,935	16,719	18,716	25,380	18,333	28,326	19,052	20,514	16,984	19,194	17,242	15,227
10齢	未	12,601	12,362	11,439	19,251	21,550	29,223	21,109	32,615	21,936	23,620	19,555	22,100	19,853
11齢	成	30,401	22,912	20,520	18,439	26,492	31,749	42,504	37,012	48,309	39,609	39,548	34,413	35,249

漁期開始時点の11齢（クロコ）の資源尾数（千尾）および資源量（トン）

	齢期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源尾数	11齢	27,970	21,080	18,879	16,965	24,374	29,210	39,106	34,053	44,446	36,442	36,386	31,661	32,430
資源量	11齢	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

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
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(%)	32.1	33.9	39.2	50.0	40.0	36.0	26.3	32.3	26.5	23.5	25.8	31.8	29.0
漁獲係数(F)	0.388	0.414	0.497	0.693	0.511	0.446	0.306	0.390	0.308	0.268	0.298	0.382	0.342

親魚量（トン）

	齢期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	11齢	3,359	2,467	2,033	1,501	2,588	3,308	5,099	4,082	5,782	4,935	4,780	3,824	4,077

調査時点の現存尾数（千尾）

齢期	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
9齢	未	15,198	13,159	17,340	18,261	17,435	15,046	11,941	10,839	13,709	21,671
10齢	未	17,533	17,499	15,151	19,966	21,025	20,074	17,324	13,749	12,480	15,785
11齢	成	33,150	29,698	29,106	25,877	30,540	33,418	33,884	30,436	25,708	22,682

漁期開始時点の11齢（クロコ）の資源尾数（千尾）および資源量（トン）

	齢期	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
資源尾数	11齢	30,500	27,323	26,779	23,808	28,099	30,746	31,175	28,002	23,652	20,868
資源量	11齢	5,398	4,836	4,740	4,214	4,973	5,442	5,518	4,956	4,186	3,694

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	F 2018-2020
漁獲量（トン）	1,627	1,277	1,386	1,303	1,360	1,116	1,291	917	802	*753*	
漁獲割合(%)	30.1	26.4	29.2	30.9	27.3	20.5	23.4	18.5	19.1		
漁獲係数(F)	0.359	0.307	0.346	0.370	0.319	0.229	0.266	0.205	0.213		0.228

親魚量（トン）

	齢期	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	11齢	3,771	3,559	3,354	2,911	3,614	4,326	4,227	4,040	3,385	*2,941*

イタリックは予測値。F 2018-2020 は、2018～2020 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。

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 齢および 1999 年の 10 齢の現存尾数は雄雌同値である。

加入尾数は、10 齢の現存尾数である。

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	8,853	8,221	7,696	7,331	9,545	12,607	15,738	15,439	16,687	16,714	14,067	13,274	12,873
	カタガニ	1,684	1,795	1,982	2,509	3,910	4,656	4,538	5,208	5,638	4,979	3,498	4,001	3,087
	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	15,460	13,769	13,049	12,874	17,815	22,482	27,262	26,735	30,272	28,239	24,077	22,941	21,768

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
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

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲割合(%)	ミズガニ	11.6	10.8	12.4	13.7	9.6	6.9	7.1	6.6	5.6	3.6	5.2	4.7	4.8
	カタガニ	54.2	62.1	61.6	51.1	37.6	38.1	33.3	35.1	33.5	38.9	44.9	37.9	49.6
	雌	32.1	33.9	39.2	50.0	40.0	36.0	26.3	32.3	26.5	23.5	25.8	31.8	29.0
	全体	22.9	23.7	26.7	29.4	23.1	20.0	16.3	17.9	16.2	14.4	16.4	17.1	17.5

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
F	ミズガニ	0.124	0.115	0.133	0.147	0.101	0.071	0.073	0.068	0.058	0.037	0.053	0.048	0.049
	カタガニ	0.781	0.969	0.956	0.715	0.471	0.480	0.405	0.433	0.408	0.492	0.597	0.476	0.686
	雌	0.388	0.414	0.497	0.693	0.511	0.446	0.306	0.390	0.308	0.268	0.298	0.382	0.342
	全体	0.259	0.271	0.311	0.348	0.263	0.224	0.178	0.198	0.177	0.155	0.180	0.187	0.193

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
資源量（トン）	ミズガニ	12,915	11,506	10,804	10,046	10,880	12,653	12,666	11,506	9,546	8,076
	カタガニ	3,586	3,880	3,106	2,802	2,184	2,986	3,744	4,388	4,342	2,632
	雌	5,398	4,836	4,740	4,214	4,973	5,442	5,518	4,956	4,186	3,694
	合計	21,900	20,223	18,650	17,062	18,038	21,081	21,928	20,850	18,075	14,402

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
漁獲量（トン）	ミズガニ	558	358	361	356	359	358	104	159	158	104
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335	1,244	1,311	1,408	1,410	1,252	868
	雌	1,627	1,277	1,386	1,303	1,360	1,116	1,291	917	802	753
	合計	3,743	3,219	3,219	2,993	2,963	2,784	2,804	2,486	2,212	1,725

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
漁獲割合(%)	ミズガニ	4.3	3.1	3.3	3.5	3.3	2.8	0.8	1.4	1.7
	カタガニ	43.5	40.8	47.4	47.6	56.9	43.9	37.6	32.1	28.8
	雌	30.1	26.4	29.2	30.9	27.3	20.5	23.4	18.5	19.1
	全体	17.1	15.9	17.3	17.5	16.4	13.2	12.8	11.9	12.2

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	F 2017-2019
F	ミズガニ	0.044	0.032	0.034	0.036	0.034	0.029	0.008	0.014	0.017	0.013
	カタガニ	0.570	0.525	0.642	0.647	0.843	0.578	0.472	0.388	0.340	0.400
	雌	0.359	0.307	0.346	0.370	0.319	0.229	0.266	0.205	0.213	0.228
	全体	0.187	0.173	0.189	0.193	0.179	0.142	0.137	0.127	0.131	0.131

イタリックは予測値。F 2018-2020 は、2018～2020 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

2021 年 5 月 6 日～6 月 28 日に、日本海西部の水深 190～550 m 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 17 m 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：9,308、雌：9,246 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 齢（初産前）、11 齢（経産）を判別した。

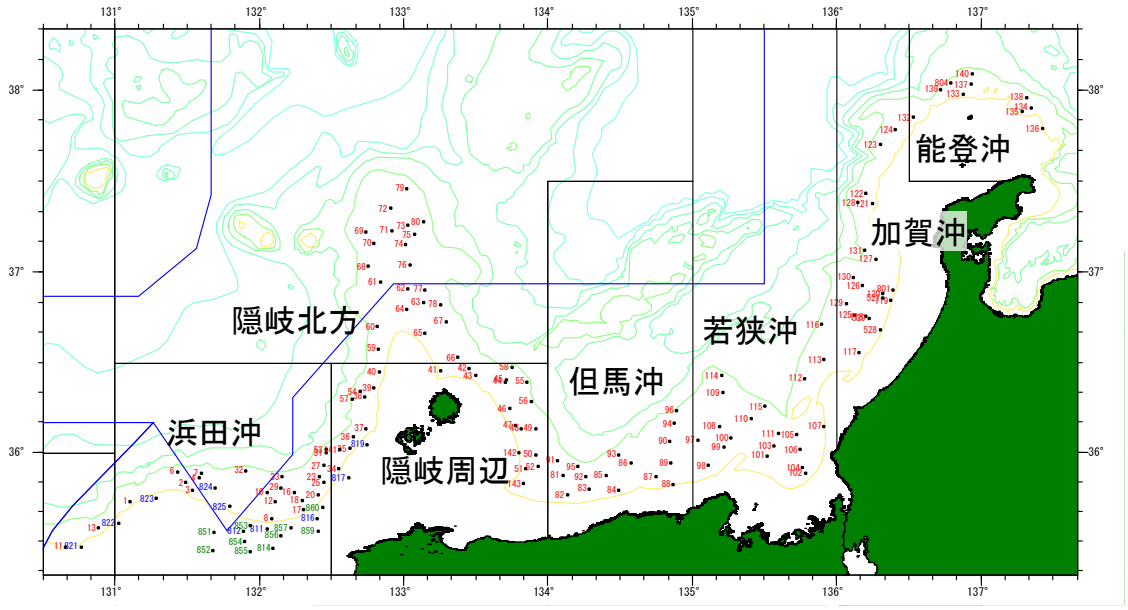
調査点ごとの雌雄別成熟状態別の漁獲尾数より、面積密度法を用いて甲幅組成を推定した（甲幅階級幅は 2 mm、採集効率は 0.442）。なお、2015 年から新型トロール網を用いているが、今年から新型網の採集効率を従来型網に対し 9 齢以下、10 齢、11 齢以上でそれぞれ 0.6、0.8、1 と仮定した（補足資料 4）。推定された雌雄別成熟状態別の甲幅組成に複合正規分布をそれぞれ当てはめ、齢期に分解した（補足表 2-1）。

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 齢雌のような、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。

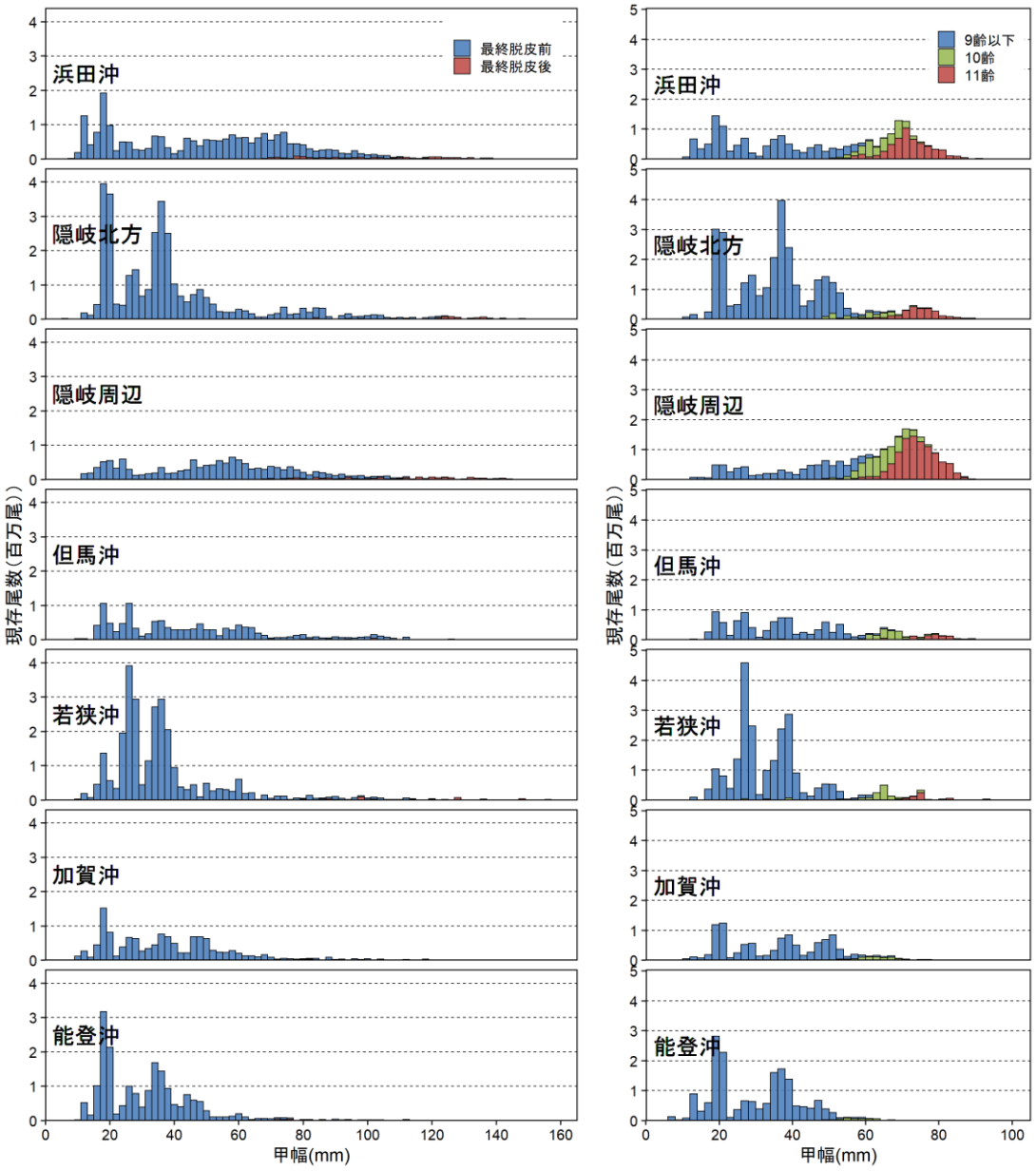
トロール調査から推定された 2021 年の雄（甲幅 90 mm 以上）および雌（11 齢）の現存量は、いずれも 2020 年から大きく減少し、過去最低となった（補足図 3-3）。雄は但馬沖の現存量がやや増加したものの、他の海域ではいずれも減少した。現存量の経年変化は隠岐以西（浜田沖、隠岐周辺、隠岐北方）の変化によるところがほとんどである。2021 年の雄について、現存量に占める隠岐以西の割合は 71%であった。雌ではこの割合が雄よりも高く、2021 年は 91%であった。

2011 年より、浜田沖と隠岐周辺西側の水深 160～190 m の海域において（補足図 3-4）、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 190 m 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 190 m 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。

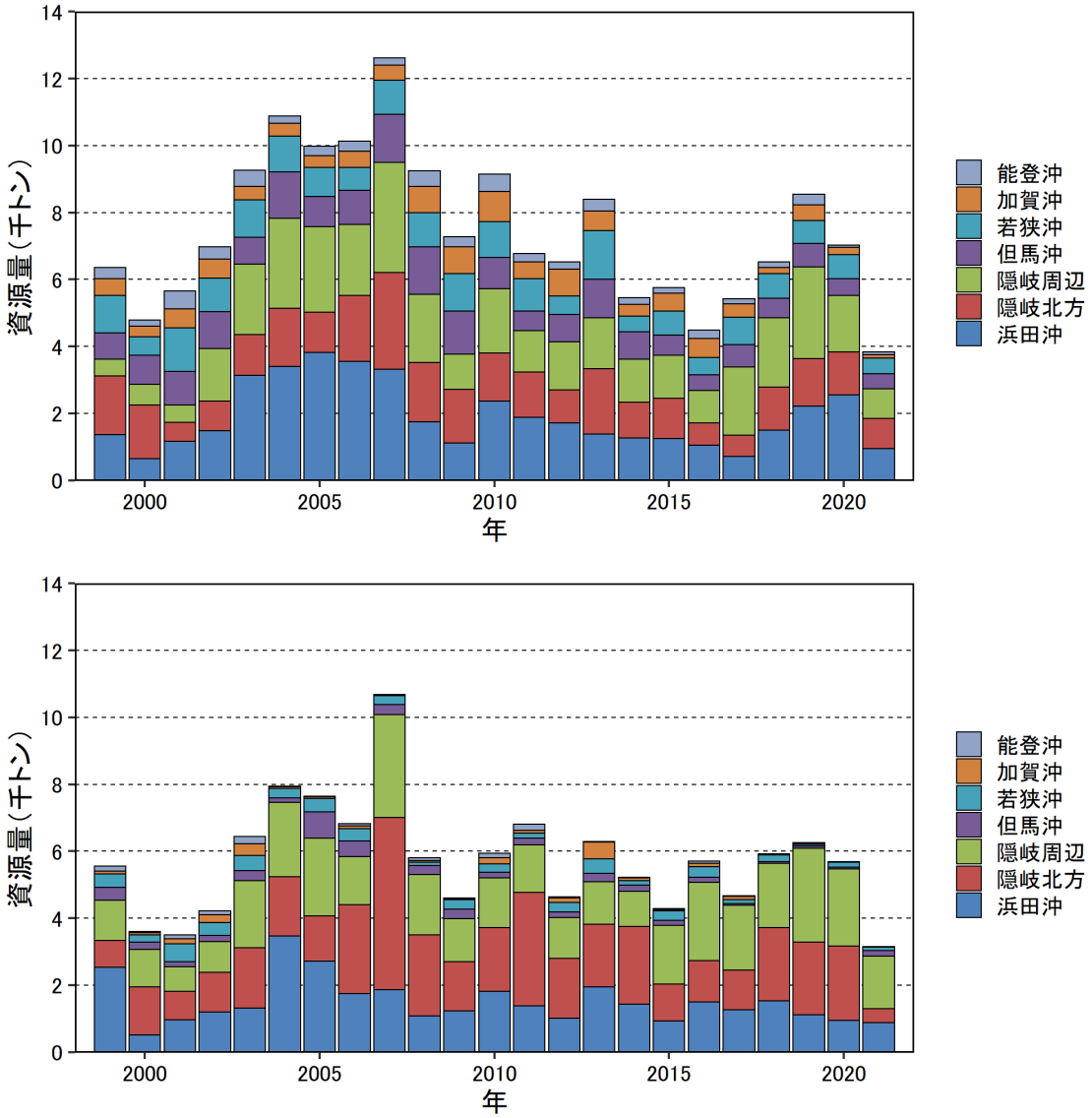
日本海西部には、コンクリートブロックを設置して底びき網の操業を不可能にした保護区が設置されている。現状ではすべての保護区内の現存量を推定することは困難である。一方で、保護区内の雌ガニの増加により想定される、再生産関係を経た加入の増加はトロール調査で把握されており、また保護区から染み出してくる資源の一部もトロール調査で把握されている。保護区による、これらの効果については、本評価における ABC の算定に反映されている。



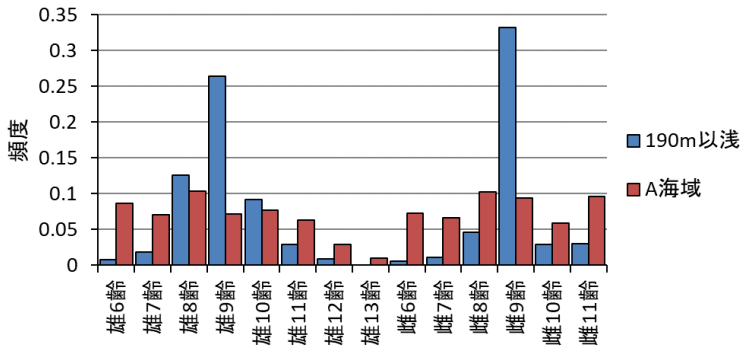
補足図 3-1.　トロール調査海域　数字は調査点を、沿岸寄りの黄線は 200 m 等深線を示す。



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（上図）は甲幅 90 mm 以上、雌（下図）は 11 齢の現存量を示す。



補足図 3-4.　水深 190 m 以浅の現存尾数の齢期組成

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。

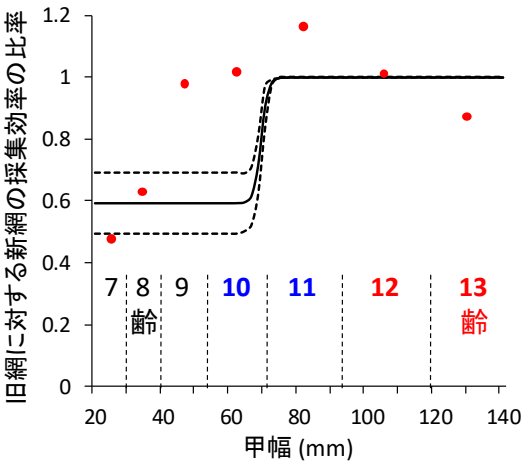
並行調査は、2014 年と 2015 年の 9 月下旬に、隠岐諸島東西の海域の 16 調査点で行われた。2014 年は旧網で調査を実施した後、入港して新網に交換し、引き続き調査を実施した。2015 年は新網の調査を先に行った。両網の曳網ラインは、互いに隣接する同一水深とした。新網と旧網ともに、雄では甲幅 10 mm 台から 150 mm 台の、雌では 10 mm 台から 90 mm の個体が採集された。雌雄別網別の甲幅組成に、同一調査点において両網が遭遇するズワイガニの分布の違いを考慮したガウス関数を当てはめ、両網の甲幅別の採集効率の違いに一般化ロジスティック式を仮定し、パラメータ推定を行った。

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齢期別の値をそれぞれ示す。

補足表 4-1.　齢期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齢	7齢	8齢	9齢	10齢	11齢	12齢	13齢
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）
1954	8,573		
1955	8,501		
1956	7,721		
1957	9,079		
1958	10,274		
1959	10,039		
1960	12,468		
1961	12,041		
1962	13,841		
1963	14,568		
1964	14,600		
1965	10,228		271
1966	9,641		403
1967	9,275		756
1968	10,811		435
1969	11,194		253
1970	14,234	11,265	247
1971	12,172	10,834	494
1972	12,056	7,980	132
1973	8,205	5,689	355
1974	6,434	4,024	340
1975	4,767	3,378	100
1976	4,308	3,091	9
1977	4,619	3,162	144
1978	4,367	3,158	228
1979	4,424	3,185	155
1980	4,035	2,911	193
1981	4,187	2,813	125
1982	3,529	2,329	73
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
1991	1,691	903	2
1992	1,621	935	11
1993	1,880	1,215	94
1994	2,424	1,424	98
1995	2,490	1,541	79
1996	2,631	1,602	133
1997	2,938	1,959	815
1998	3,282	2,418	459
1999	3,415	2,733	1,134
2000	3,521	2,472	756
2001	3,501	2,514	1,001
2002	3,735	2,891	896
2003	4,155	3,132	1,889
2004	4,698	3,600	2,605
2005	4,120	3,402	3,240
2006	4,841	3,706	4,062
2007	4,978	3,891	4,817
2008	4,434	3,115	3,019
2009	3,913	2,808	2,372
2010	4,058	3,060	2,606
2011	3,810	3,016	2,567
2012	3,822	2,822	2,317
2013	3,550	2,458	1,868
2014	3,271	2,439	2,411
2015	3,123	2,284	1,917
2016	2,996	2,242	1,570
2017	2,774	2,126	1,869
2018	3,213	2,225	1,449
2019	2,386	1,894	1,251
2020	2,416	1,777	-

※2020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 4-1）。

沖底漁獲成績報告書では、月別漁区（緯度経度 10 分枡目）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。

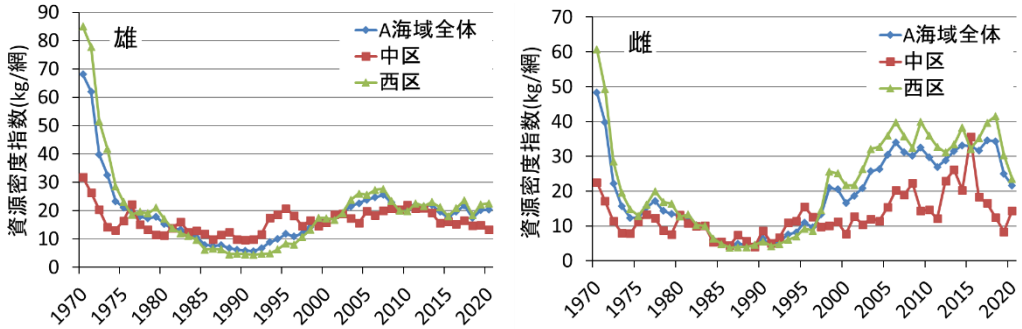
$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

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　兵庫県漁獲物における銘柄キーの変更

本系群では兵庫県、鳥取県および京都府における市場調査結果をもとに海域全体の齢期別漁獲尾数を推定している。兵庫県では銘柄別漁獲量および銘柄-齢期キー（以下、銘柄キー）に基づいて漁獲物の齢期組成分解を行っており、銘柄キーの見直しを随時行うことで、より現実に即した齢期別漁獲尾数の把握が可能になると考えられる。そこで本年度、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の協力のもと、直近 10 年間（2010 年～2020 年漁期）の年齢分解に適用する銘柄キーの見直しを行った。

本海域の年齢別漁獲尾数を図 7-1 に示す。銘柄の見直しの結果、主に 12 齢カタガニの漁獲量が 13 齢カタガニの漁獲量に割り振られる形で漁獲尾数が変化した。また、12 齢および 13 齢ミズガニの漁獲尾数も若干変化したものの、漁獲尾数全体に占めるミズガニの割合は低く、漁獲尾数の変化も小さかった。

兵庫県の銘柄キー見直しに伴う資源評価結果への影響を見るため、銘柄別資源量および F について、銘柄キー見直し前の値に対する見直し後の変化率を年別に求めた（表 7-1）。変化率は資源量で-0.6～0.9%、F で-1.0～0.8%であった。12 齢カタガニおよび 13 齢カタガニはいずれも最終脱皮を終えたプラスグループであり、成長に伴う重量変化が見込まれない。また、コホート解析におけるカタガニの遷移率および自然死亡係数は齢期に関わらず共通であり、カタガニ銘柄としての重量変化がない以上、資源評価結果への影響は小さい。従って本年度の資源評価では兵庫県における銘柄キー見直し後の齢期別漁獲尾数を用いた。

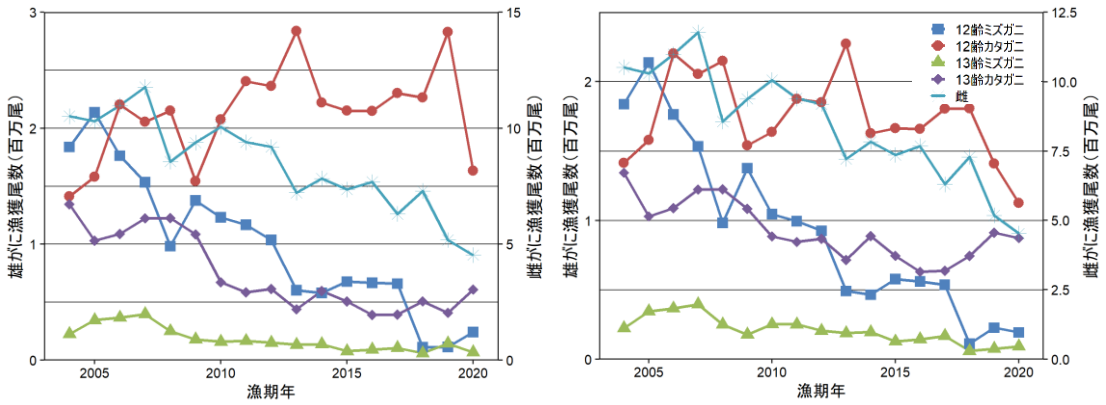


図 7-1.　本海域における銘柄別漁獲尾数　兵庫県における銘柄キー見直し前（左）および見直し後（右）について示した。

表 7-1.　銘柄キー見直しに伴う資源量および F の変化率（%）

漁期年	資源量			F		
	ミズガニ	カタガニ	雌	ミズガニ	カタガニ	雌
1999	0.1	-0.2	0.1	-0.1	0.2	-0.1
2000	0.0	-0.5	-0.1	0.0	0.8	0.1
2001	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.7	0.0
2002	0.0	-0.2	0.0	-0.1	0.2	0.0
2003	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.0
2004	0.0	-0.1	0.1	0.0	0.1	-0.2
2005	0.1	-0.2	0.1	-0.1	0.3	-0.1
2006	0.1	-0.3	0.2	-0.1	0.4	-0.2
2007	0.2	-0.3	0.2	-0.2	0.3	-0.2
2008	0.1	-0.3	0.0	-0.1	0.3	0.0
2009	0.0	-0.6	0.1	0.0	0.8	-0.1
2010	0.1	-0.4	0.0	-0.1	0.5	-0.1
2011	0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.1
2012	0.1	0.3	0.0	-0.1	-0.4	0.0
2013	0.0	0.2	0.0	0.0	-0.3	0.0
2014	-0.1	0.5	-0.2	0.1	-0.6	0.2
2015	-0.1	0.4	-0.1	0.1	-0.6	0.2
2016	0.0	0.5	0.0	0.0	-0.7	0.0
2017	0.0	0.4	0.0	0.0	-0.5	0.0
2018	0.0	0.2	0.0	0.0	-0.3	0.0
2019	-0.1	0.1	-0.2	0.1	-0.2	0.3
2020	-0.1	0.9	-0.1	0.1	-1.0	0.1
2021	0.0	0.4	-0.1	0.1	-0.5	0.1

補足資料 8　隠岐北方および浜田沖における現存量の減少に関して

今年度資源評価結果において、漁獲対象資源の現存量が 2020 年から大きく減少し、特に隠岐北方（沖合底曳網漁業小海区、以下小海区）の雌における減少が著しかった（補足資料 3、補足図 3-3）。これらの資源について減少要因を明らかにすることは、今後の将来予測精度を高め、効果的な管理に向けた知見を提供することにつながると期待される。そこで、分布モデルを用いた生息環境の比較および漁獲成績報告書（漁績）に基づく漁区別漁獲割合の可視化を通じて、資源の減少要因を検討した。

本海域の資源評価に使用しているトロール調査結果（日本海ズワイガニ等底魚資源調査、補足資料 3）について、2018 年から 2021 年に実施した 527 定点における雌ガニ（11 齢）採捕尾数、緯度経度、水深に加え、大洋水深総図（The General Bathymetric Chart of the Oceans, GEBCO）の 0.25 分（約 300 m）メッシュデータより算出した海底の傾斜角および地形の指数（Topographic Position Index, TPI）を使用した。また、漁績から年別漁区別のズワイガニ雌漁獲量を得た。

モデル構築には誤差構造に負の二項分布を仮定した一般化加法モデル（GAM）を利用し、年（Year）の効果に加え、スプラインとして水深（Depth）、傾斜（Slope）、海底地形（TPI）、緯度経度（Latitude, Longitude）、および緯度経度と年、水深と年の交互作用を仮定した。

AIC 総当たり法に基づくモデル選択の結果、以下のモデルが選択された。

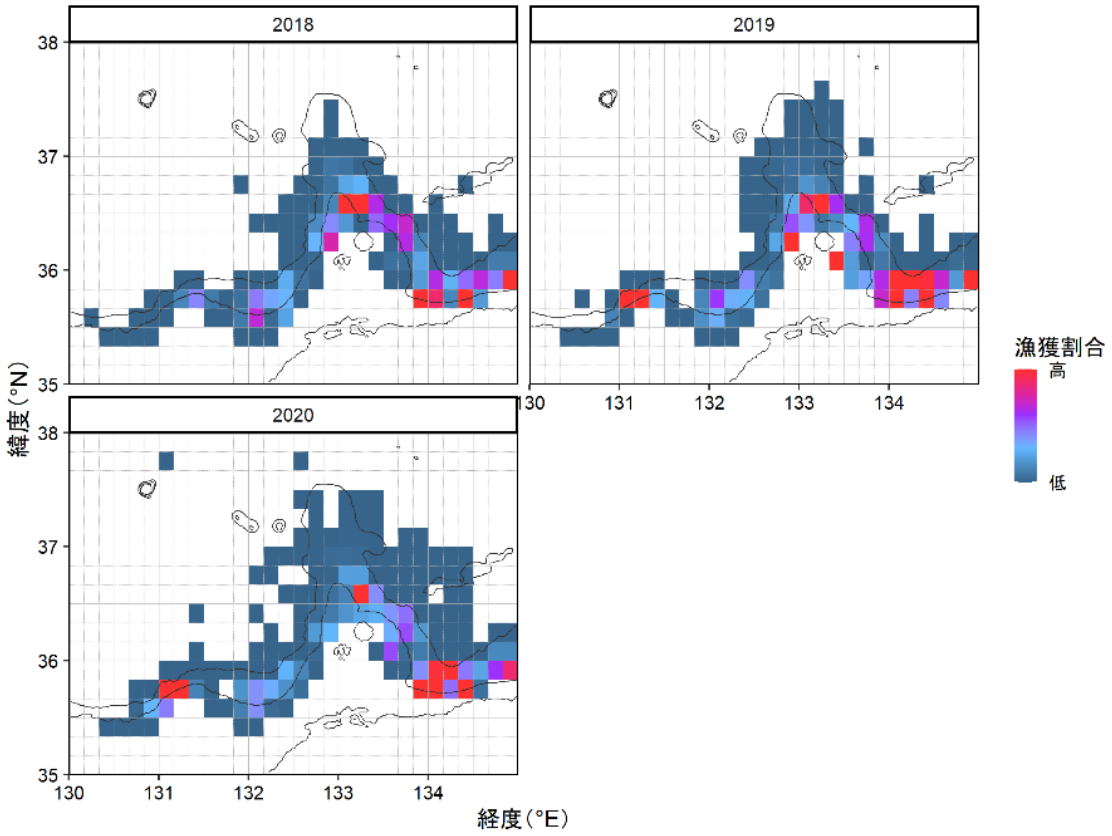
$$N \sim Year + s(Depth) + s(Slope) + s(Latitude, Longitude) + Year \times s(Latitude, Longitude)$$

ベストモデルには水深と年の交互作用が含まれなかったことから、雌ガニにおいて、資源分布に対する水深の年変化の寄与は大きくないと考えられる。一方、年と緯度経度の交互作用がベストモデルに含まれたことから、年級群ごとに資源分布の海域差が見込まれる。

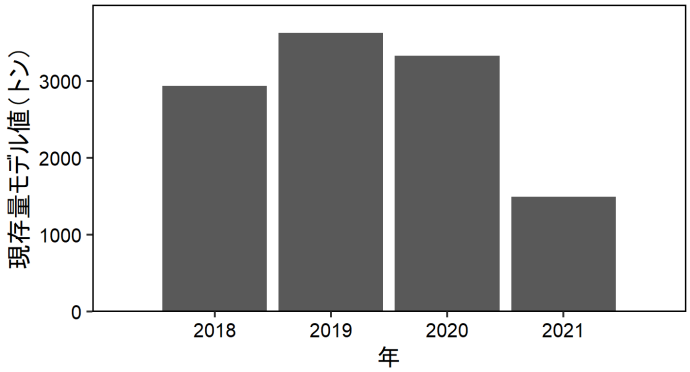
分布モデルに基づく各年の農林漁区（10 分升目）ごとの現存量予測値から、漁期年ごとの漁区別資源量を予測し、漁績に基づく年別漁区別漁獲量を除すことで、各年の漁区別漁獲割合を推定した（補足図 8-1）。漁区別漁獲割合は 2018 年および 2019 年に隠岐北方で高い値がみられたものの、2020 年には海域全体で低下する傾向にあった。従って、資源量の急激な減少が過剰な漁獲圧によるものとは考えにくい。

以上の検討内容から、雌ガニについて、漁獲対象資源の急激な減少が 1. 分布水深帯の変化に伴うものである可能性が低いこと、2, 過剰漁獲によるものでないと考えられることが示された。今後も 2021 年にみられた急激な資源の減少について、原因の究明を進める。

分布モデルに基づき、隠岐北方における現存量予測値を求めたところ、2020 年から 2021 年にかけて減少していることが改めて確認された（補足図 8-2）。一方、分布モデルに基づく現存量では面積密度法に基づく現存量よりも減少幅が小さかった。水深帯別定点数の偏り等に起因するバイアスが分布モデルに基づいて標準化されたことで、より現実に即した予測値が得られた可能性がある。今後、雄ガニについても分布モデルに基づく現存量予測値の有効性について検討するとともに、評価へ組み込むことを検討する。



補足図 8-1.　分布モデルに基づく雌ガニ（11 齢）漁獲割合の経年変化　年別農林漁区別の現存量予測値および漁績の漁期年別漁区別漁獲量も基づいて漁獲割合を算出した。



補足図 8-2.　分布モデルに基づく隠岐北方の雌ガニ現存量（調査時点、アカコ）の経年変化　今年度の資源評価に使用した面積密度法に基づく現存量とは値が異なる。