

令和 4（2022）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

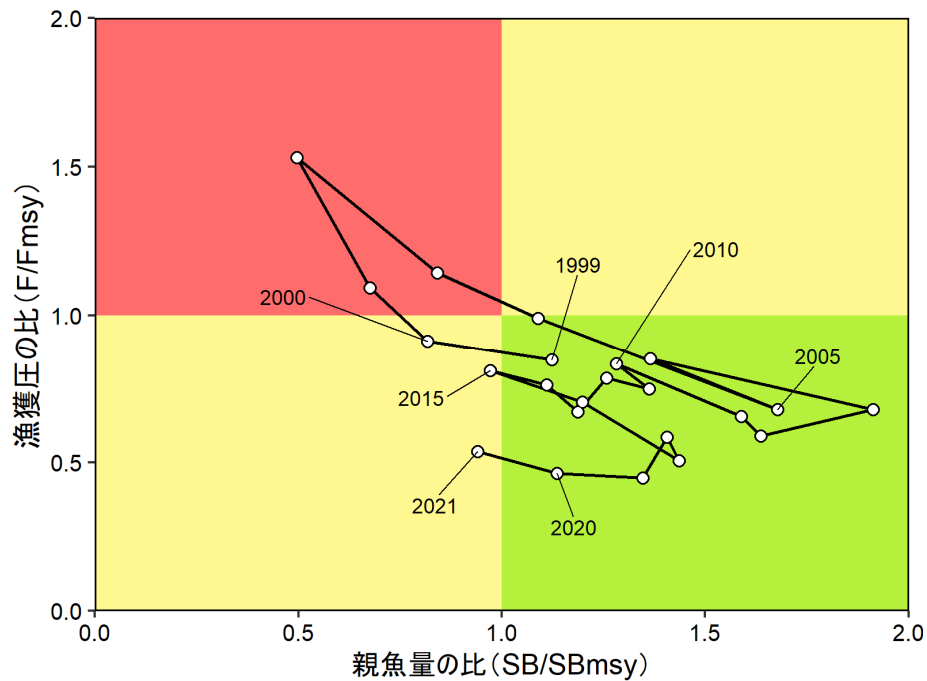
参画機関：富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター

要 約

本系群 A 海域（富山県以西）の資源状態について、1999～2022 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。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。2016 年から 2018 年にかけて資源量は再び増加したが、2019 年から減少傾向となり、2022 年は 2021 年と同水準の 1.5 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。2021 年の親魚量は 2,829 トンであった。加入量は 2023 年にかけて増加すると予測される。

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 2021 年の親魚量は、これを下回る。また、本系群に対する 2021 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、直近 5 年間（2017～2021 年漁期）の推移から「減少」と判断される。2023 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 2023 年の ABC は 3,400 トンである。

要 約 図 表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC

MSY を実現する水準の親魚量	3.0 千トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の親魚量の動向	減少
最大持続生産量 (MSY)	3.7 千トン
2023 年の ABC	3.4 千トン

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での漁獲管理規則を用いた。
- ・ 本系群では漁獲管理規則で調整係数 $\beta=0.8$ を用いることが定められている。
- ・ 加入尾数は 2022 年以降、雌雄ともに増加すると見込まれる。
- ・ 親魚量は漁期後の雌の資源量、漁獲圧は雌に対する漁獲圧、ABC および最大持続生産量は雌雄合計の値である。

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
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	20.9	4.3	2.8	0.51	13.4
2018	21.7	4.2	2.8	0.59	12.9
2019	20.7	4.0	2.5	0.45	12.0
2020	17.9	3.4	2.2	0.46	12.3
2021	14.0	2.8	1.9	0.54	13.7
2022	14.5	3.1	1.8	0.48	12.7
2023	19.9	3.7	3.4	0.80	16.9
・2022年、2023年の値は、2022年の資源量を除き、将来予測に基づく平均値である。 ・2022年のFには過去3年(2019～2021年)の平均値を仮定した。 ・2023年の漁獲にはABCの値を用いた。なお、2023年の漁獲圧が2022年と同様と仮定した場合、2023年の漁獲量は2.2千トンである。 ・資源量は雌雄合計の値、親魚量は漁期後の雌の資源量、漁獲圧は雌に対する値、漁獲割合は雌雄合計の値である。					

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 標準化 CPUE	沖合底びき網漁業 1 そうびき漁獲成績報告書(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がなく、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 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、年によ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）によるものであるが（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 歳と 13 歳）のカタガニとミズガニ、雌ではクロコ（すべて 11 歳）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 6）。

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 トン前後では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。2021 年は 2020 年の 158 トンから若干増加して 188 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 年の 948 トンにかけて再び減少した。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。雌ガニは 2019 年以降減少傾向となり、2021 年は 784 トンであった。2021 年の雌雄込みの漁獲量は 1,920 トンであった。

（3）漁獲努力量

沖底の漁獲成績報告書に基づき、雄、雌、および雌雄いずれかを漁獲した網数（有漁網数）について漁期年（7 月～翌年 6 月）別に集計した（図 3-3、表 3-3）。いずれも長期的に減少し 2021 年は雄で 4.8 万網、雌で 2.3 万網、雌雄全体で 4.9 万網であり、いずれも過去最低となった。これ以降、年の記述は断りが無い限り漁期年を示す。

4. 資源の状態

（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、4）。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、沖底の漁獲成績報告書に基づく 1972 年以降の標準化 CPUE を資源量指標値として、長期的な資源状況を判断した（補足資料 7）。

（2）資源量指標値の推移

平均値で除して基準化した標準化 CPUE は、雌雄ともに 1972 年以降低下し、雄では 1989 年（0.27）に、雌では 1986 年（0.17）に、それぞれ過去最低となった（図 4-1、表 3-3、補足資料 7）。その後、標準化 CPUE は雌雄ともに 2007 年（雄 1.87、雌 2.32）まで上昇したが、2008 年以降はいずれも増減を伴いながら緩やかに低下し、雄では 2021 年（0.92）に、雌では 2020 年（0.86）に、それぞれ 2000 年代以降で最低となった。雌では 2021 年に 1.07 まで上昇した。

（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）。

カタガニでは、13 齢の漁獲尾数が 2008 年以降、減少傾向にあり、2019 年に一旦増加したものの、2021 年にかけて再度減少した。また、12 齢の漁獲尾数は 2013 年に最大となっ

た後は減少し、2021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。各年の甲幅組成では雌雄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5）。

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、2022年の調査時点で最終脱皮前の個体は、2022年漁期までに最大1回、2023年漁期までに最大2回の脱皮を行う。

2022年の調査結果では、2022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。2022年漁期に漁獲対象となる雌の11齢は、2021年からやや増加する傾向が見られた。7齢から10齢の若齢ガニは雌雄ともに多かった。2022年の調査において特に現存尾数の多かった雄および雌の10齢は、それぞれ、2023年漁期の12齢ミズガニおよびクロコとなる。従って雌雄合計の漁獲量は2023年以降大きく増加すると見込まれる。

(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3.0万トンまで増加した。2008年以降は減少し、2015年には1.7万トンとなった。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、2021年の1.4万トンまで減少した。2022年はやや回復し、1.5万トンであった。なお、2023年の資源量は2.0万トンまで回復すると予測される。

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、2021年は2,829トンであった。2022年漁期後には3,098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、2-6）。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。2021年の漁獲割合（F値）は、ミズガニで2%（0.02）、カタガニで36%（0.45）、雄全体で11%（0.12）、雌で22%（0.25）、雌雄全体で14%（0.15）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おり、2016年をピークに近年低下していたものの、2021年にかけて再度上昇した。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、2021年も低い水準にあった。

(6) 今後の加入量の見積もり

2022 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、2023 年以降の加入尾数を求めた。この際、2023 年の加入尾数は、雄では 2022 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 2022 年の 10 齢の現存尾数とした。2024 年の加入尾数は、2022 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）。2025 年の加入尾数は、2022 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）。

2022 年の雄 11 齢未熟の現存尾数は 2021 年からやや増加して 1500 万尾であった。2023 年には 2600 万尾、2024 年には 3200 万尾と増加したのち、2025 年にはやや減少して 2400 万尾になると見込まれる（図 4-8、補足表 2-7）

2022 年の雌 10 齢の現存尾数は 2021 年から大きく増加して 2400 万尾であった。2023 年にかけて 3200 万尾に増加したのち、2024 年には 2300 万尾に減少すると予測された（図 4-8、補足表 2-7）。

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、2021 年は 35%となった（補足表 3-2）。現状の漁獲圧として近年 3 年間（2019～2021 年）の平均 F 値から %SPR を算出すると 36%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。 F_{msy} は %SPR に換算すると 16%に相当する。現状の漁獲圧（ $F_{2019-2021}$ ）は雌における $F_{0.1}$ に近い値であり、 $F_{30\%SPR}$ および雌雄いずれの F_{max} も下回る。

(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 1999～2015 年の雌の漁期後資源量であり、加入量は 7 年後（2006～2022 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 2020）。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 2020)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補足表 3-3 に示す。

(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 が 3,700 トンと推定された(補足表 3-4)。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。なお、平衡状態における平均親魚量と齢期別平均漁獲量、および管理基準値の関係(上田ほか 2020)を図 4-12 に示す。

(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図 4-13 に示す。本系群における 2021 年漁期の親魚量は MSY を実現する親魚量(SBmsy)を下回っているが、過去最低の親魚量(SBmin)を上回っている。2021 年漁期の親魚量は SBmsy の 0.94 倍である。また、2021 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 0.54 倍であった。ここで、神戸プロットに示した漁獲圧の比(F/F_{msy})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(2017～2021 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 を上回っていた。2021 年には、2005 年以降で初めて SBmsy を下回った。

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2021 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2022～2031 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 歳の現存尾数とした。2023 年の加入量は 2022 年のトロール調査結果に基づく 9 歳の現存尾数から遷移率を用いて予測した(補足資料 2)。2024 年の加入量は、2022 年のトロール調査における 8 歳(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)。2025 年以降の加入量は 7 年前(2018 年～)の親魚量から予測される 10 歳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。2022 年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧($F_{2019-2021}$)に基づき仮定した。2023 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。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

資源管理基本方針で定められた本系群の漁獲シナリオに則った漁獲管理規則を図 5-1 に示す。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。親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた漁獲圧とする。

(3) 2023 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 $\beta=0.8$ 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、 $\beta=0.8$ を用いて算定される 2023 年漁期の予測漁獲量である 3,400 トンを ABC として提示する（補足表 3-5）。なお、2022 年漁期に予測される親魚量は 3,100 トンと見込まれた（補足表 2-6）。

(4) 2024 年漁期以降の予測

2024 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 3,400 トン（80%予測区間は 2,700～4,300 トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は 74%、限界管理基準値を上回る確率は 100%である（補足表 3-6）。

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（ $F_{2019-2021}$ ）を継続した場合の将来予測結果についても補足表 3-6 に示す。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%予測区間は 3,300～5,300 トン）、 β を 0.4 とした場合は平均 5,300 トン（80%予測区間は 4,200～6,500 トン）であり、目標管理基準値を上回る確率はそれぞれ 97%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 4,800 トン（80%予測区間は 3,800～5,900 トン）であり目標管理基準値を上回る確率は 100%である。

6. 資源評価のまとめ

本海域における長期的な資源水準の指標である標準化 CPUE は、雌雄ともに 1972 年以降低下し、雄では 1989 年に、雌では 1986 年に、それぞれ過去最低となった。その後、標準化 CPUE は雌雄ともに 2007 年まで上昇したが、2008 年以降はいずれも増減を伴いながら緩やかに低下し、雄では 2021 年に、雌では 2020 年に、それぞれ 2000 年代以降で最低となった。なお、雌では 2021 年に再び上昇した。

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 2022 年にかけて大きく減少した。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。2021 年の親魚量は SB_{msy} を下回っており、2021 年の漁獲圧は F_{msy} を下回っていた。

7. その他

(1) 省令およ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）。特に漁期に制限のあるミズガニ（海域により 2 月～3 月）およびメス（11 月および 12 月）は、漁期外に混獲されるすべての個体が放流対象となり、混獲死亡の影響が大きいと考えられる。

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 2021 年は 1,974 トンであった（図 7-1、補足表 6-1）。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・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 (2021) 2020 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

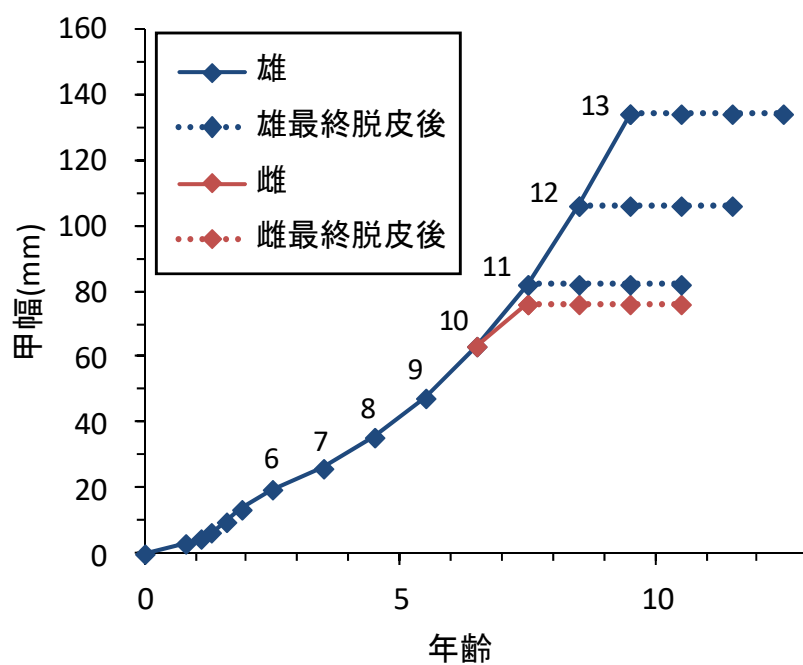


図 2-2. ズワイガニの年齢、脱皮齢期および甲幅の関係
 数字は脱皮齢期を示す。10 齢までは雌雄共通である。

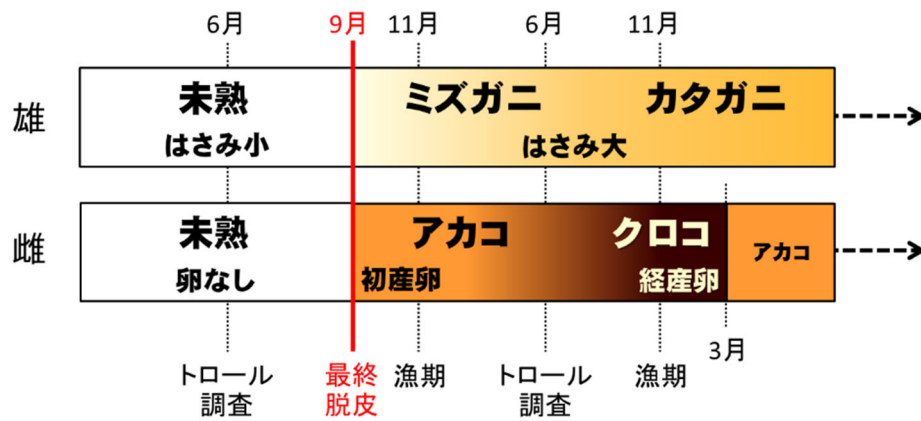
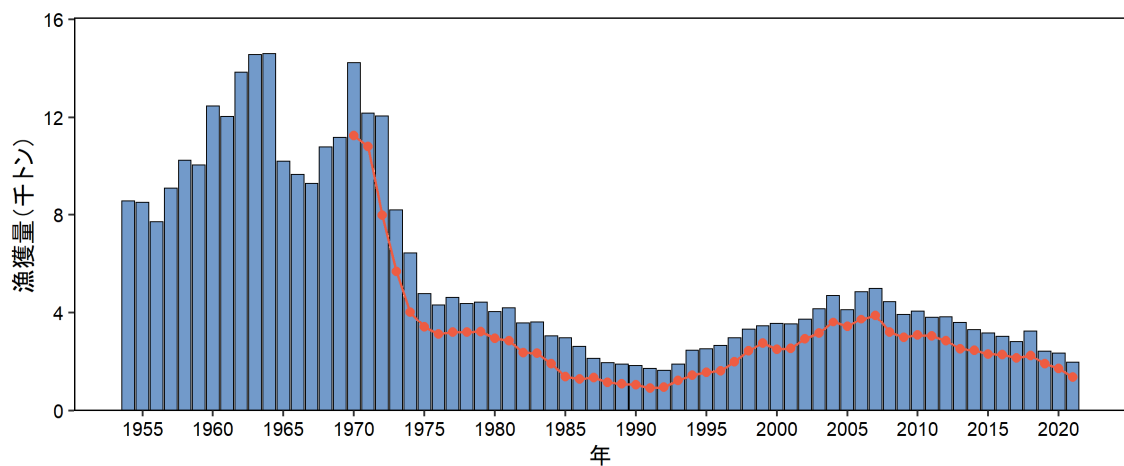


図 2-3. ズワイガニの生活史と漁獲の模式図

- ・ 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. 漁業・養殖業生産統計年報(農林統計)に基づく漁獲量(暦年、棒グラフ)および
沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書による漁獲量(漁期年、赤折れ線)

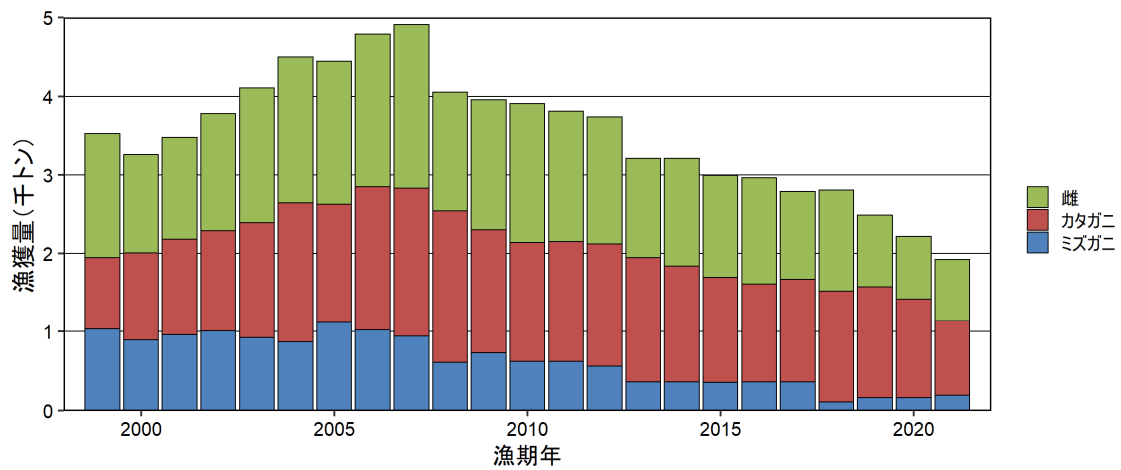


図 3-2. 雌雄別（雄はカタガニ・ミズガニ別）の漁獲量（漁期年、県統計）

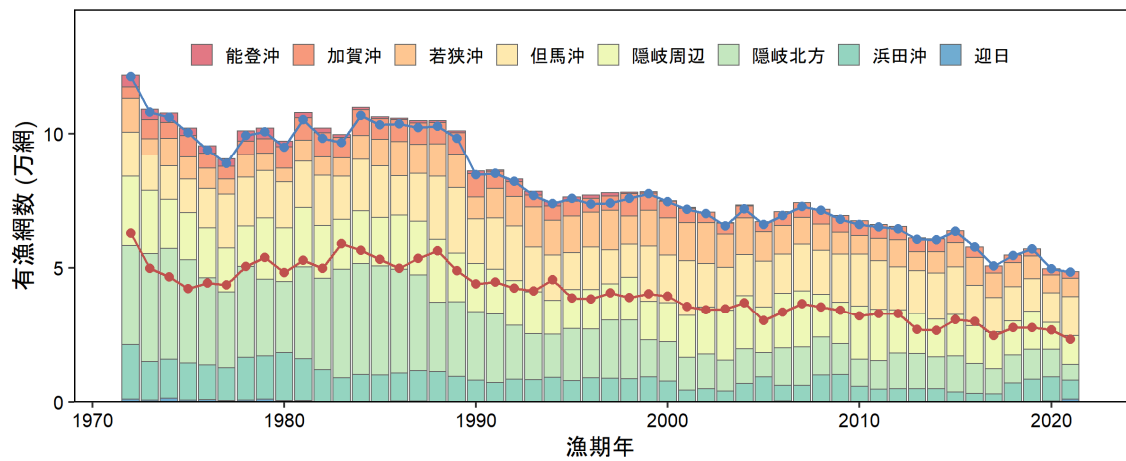


図 3-3. 沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書に基づく有漁網数 雄（折れ線、青）、雌（折れ線、赤）および雄雌込み（棒グラフ、小海区別）の値を示す。

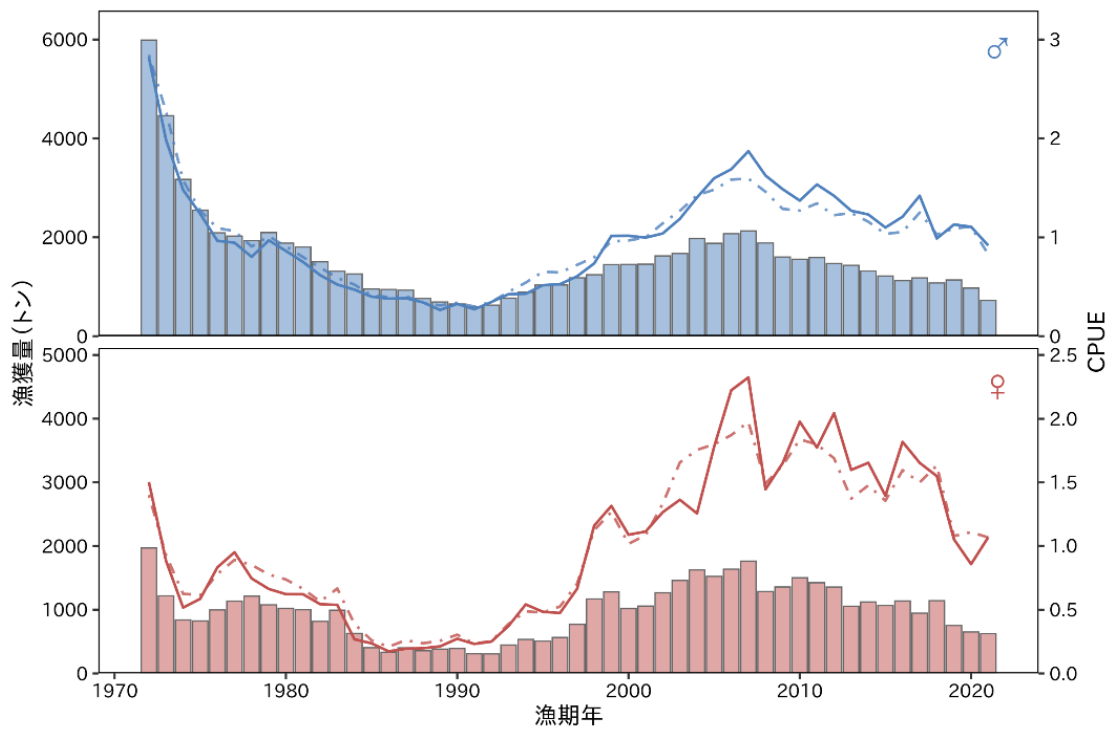


図 4-1. 沖底漁績にもとづく雌雄別漁獲量（棒グラフ）、標準化 CPUE（実線）およびノミナル CPUE（破線） CPUE はいずれも平均値で除して基準化した値を示す。

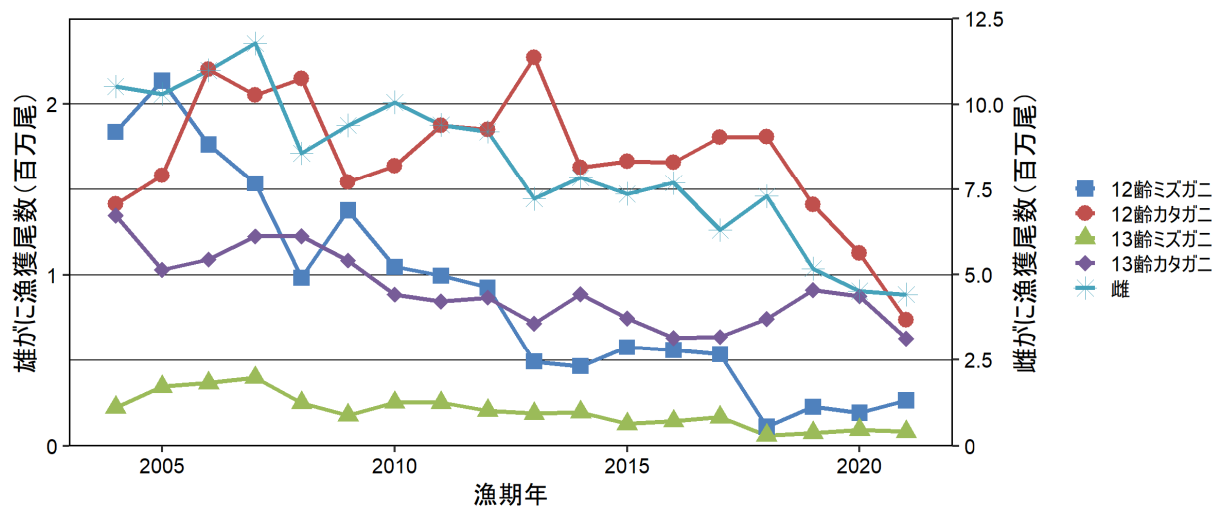


図 4-2. 本海域における銘柄別漁獲尾数

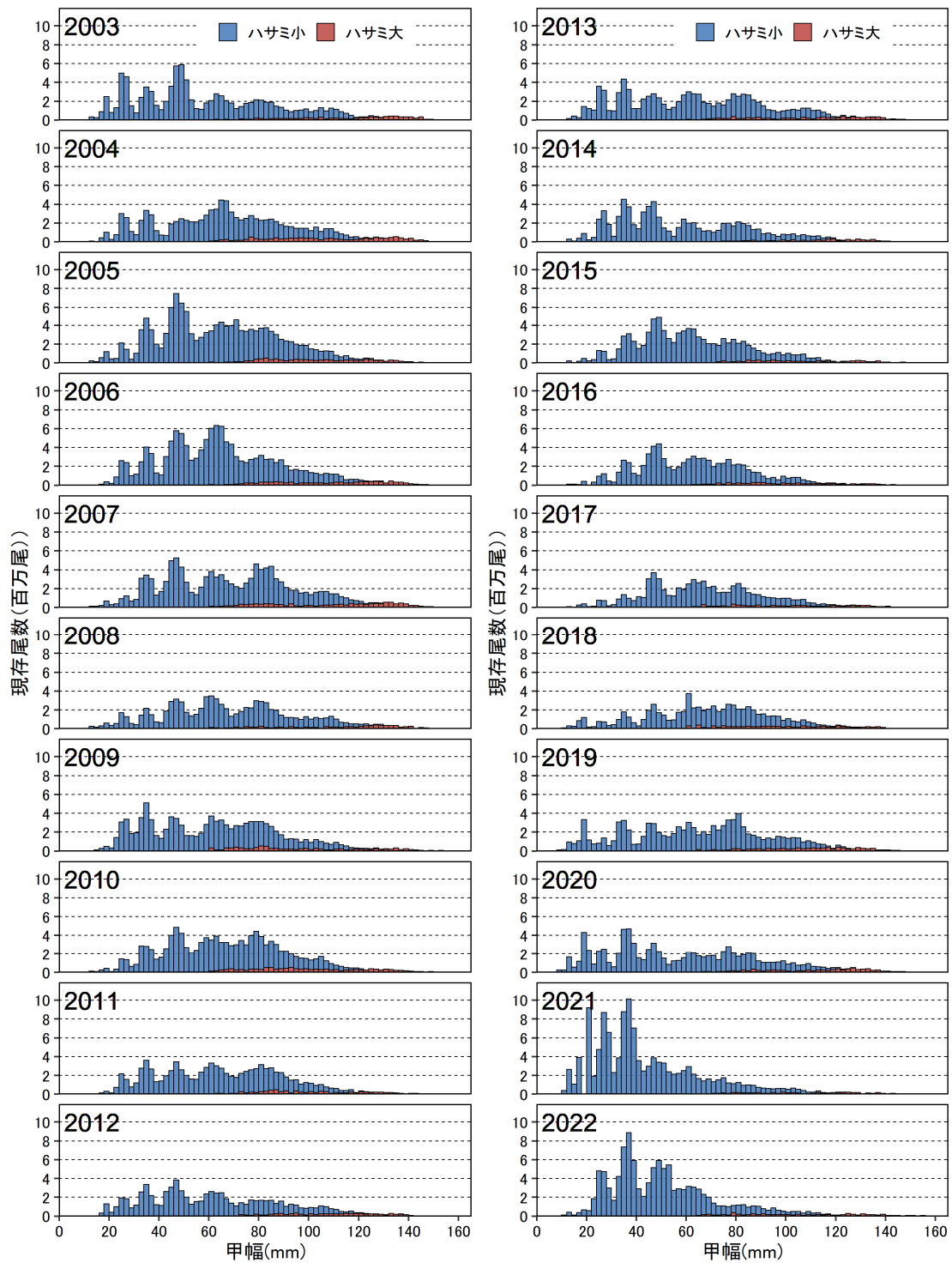


図 4-3. トロール調査から推定された雄の甲幅組成

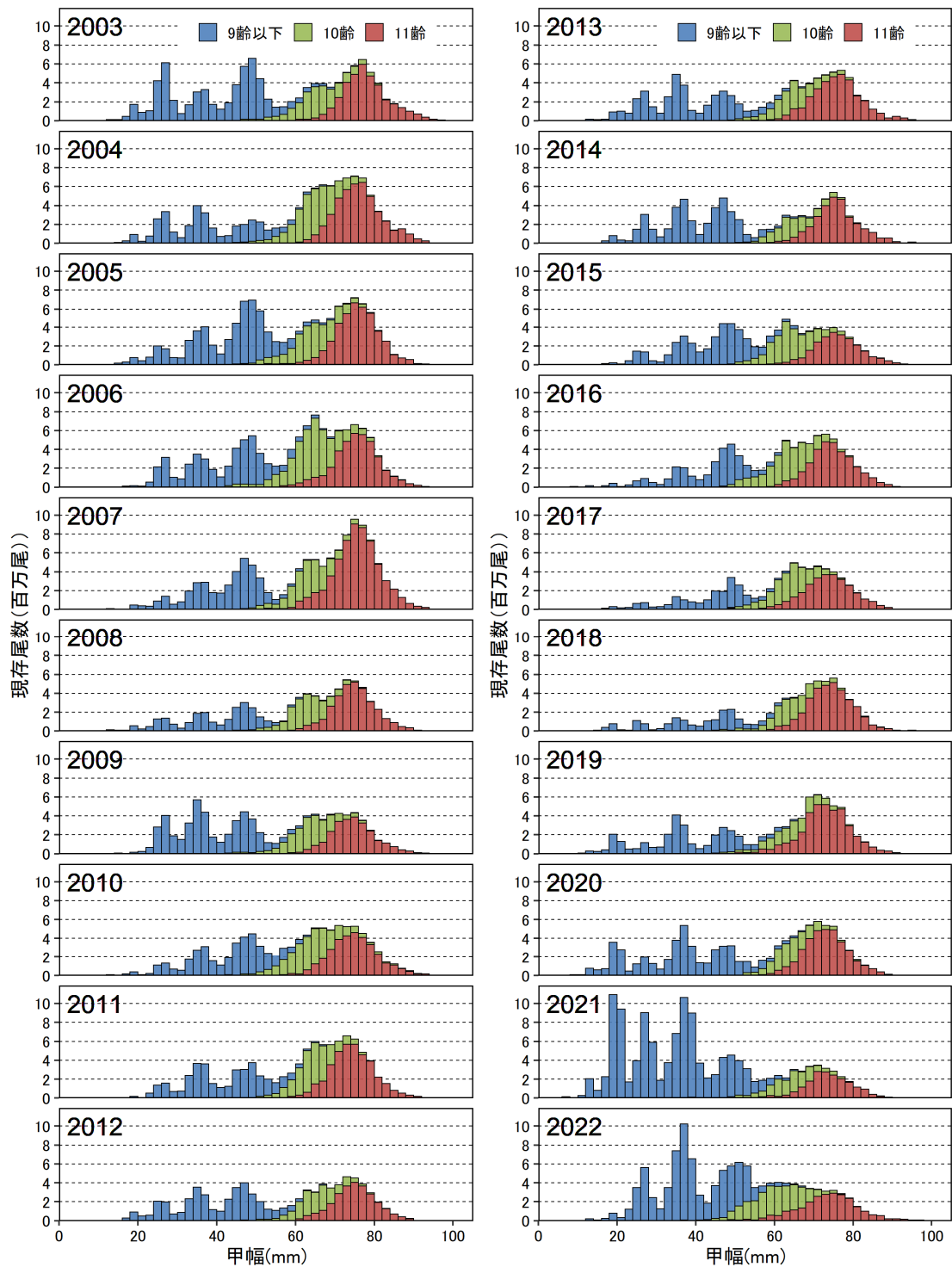


図 4-4. トロール調査から推定された雌の甲幅組成

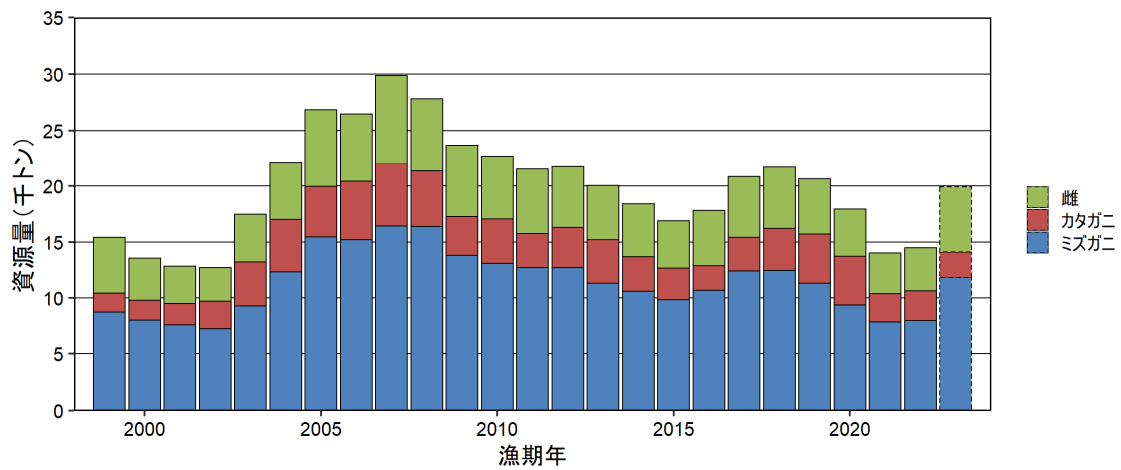


図 4-5. トロール調査結果に基づくコホート解析により推定された漁期開始時点の資源量
ミズガニとカタガニは 12 齢と 13 齢の合計を、雌は 11 齢をそれぞれ示す。

2023 年は、2022 年の 10 齢以上の齢期別資源尾数等から前進計算により求めた予測値。

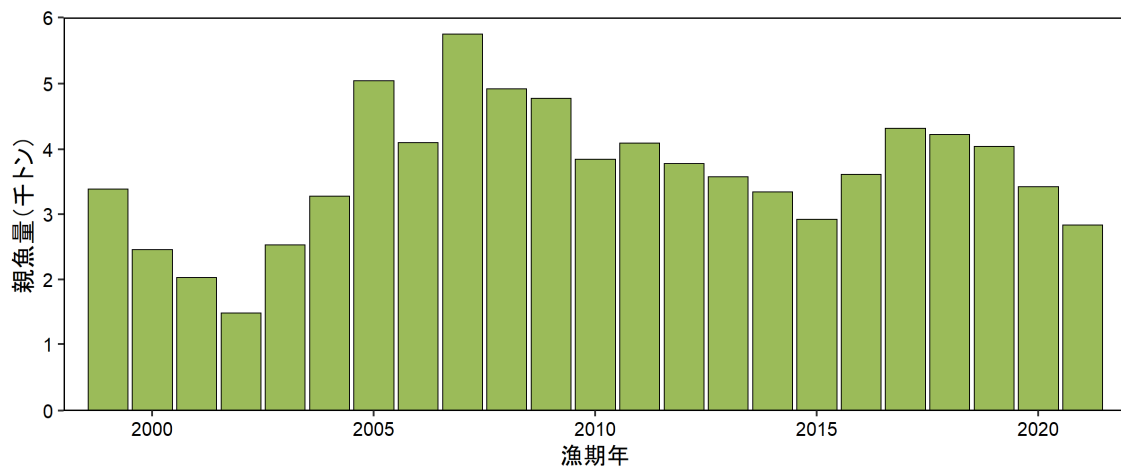


図 4-6. 親魚量の経年変化 本海域の親魚量は雌の漁期後資源量である。

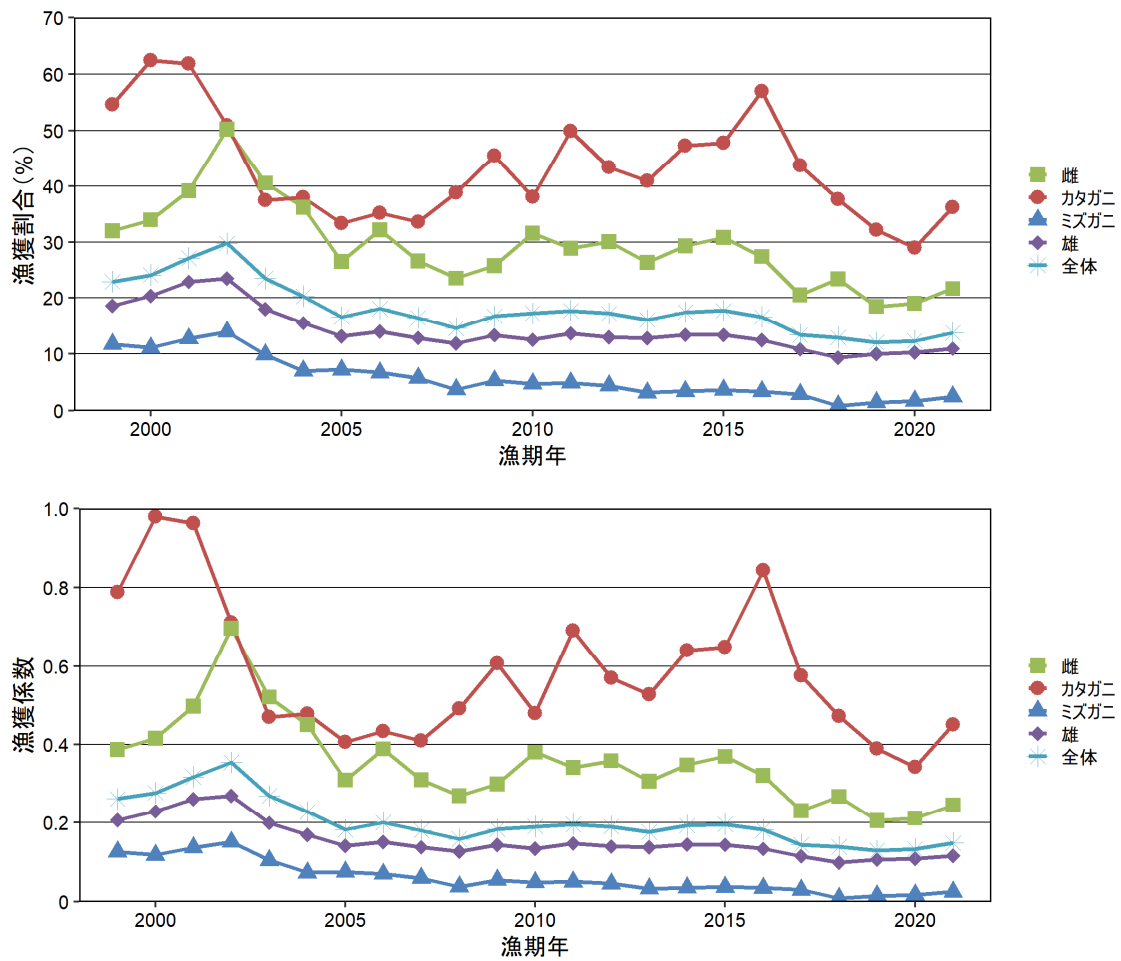


図 4-7. 漁獲割合（上図）と漁獲係数（F）（下図）

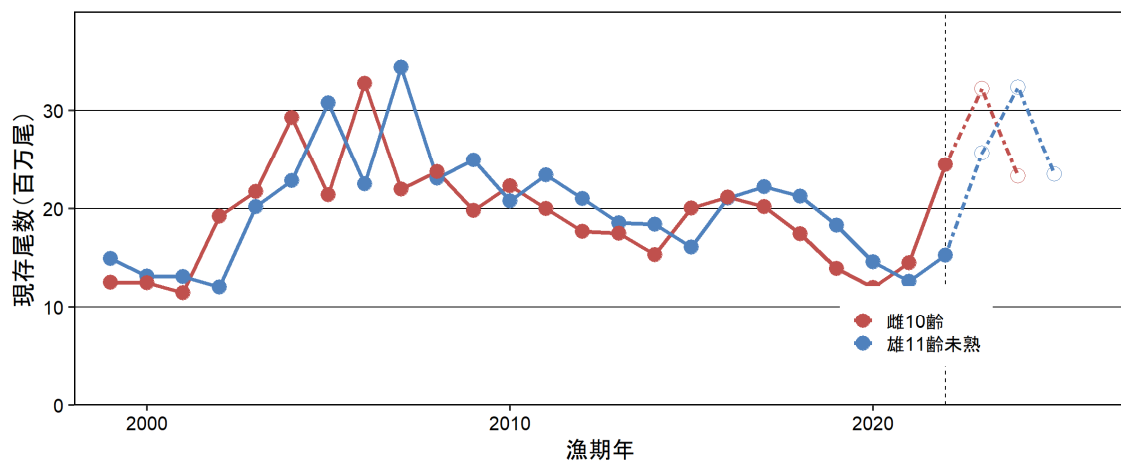


図 4-8. 雄 11 齢および雌 10 齢の加入尾数 点線は将来予測に用いる値を示し、2022 年の 8 齢および 9 齢の現存尾数からそれぞれ求めた。トロール調査（5～6 月）における雌 11 齢のうち、2022 年漁期に漁獲加入する個体と 2021 年漁期以前に漁獲加入していた個体の判別は不可能であり、2022 年漁期の雌の漁獲加入尾数は不明である。従って、雌では 10 齢の現存尾数を加入尾数とした。

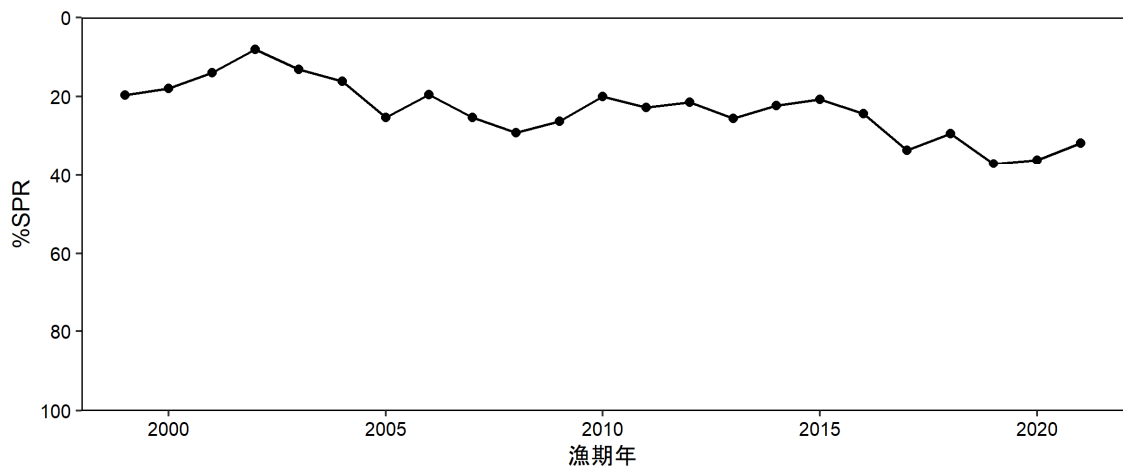


図 4-9. 漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移

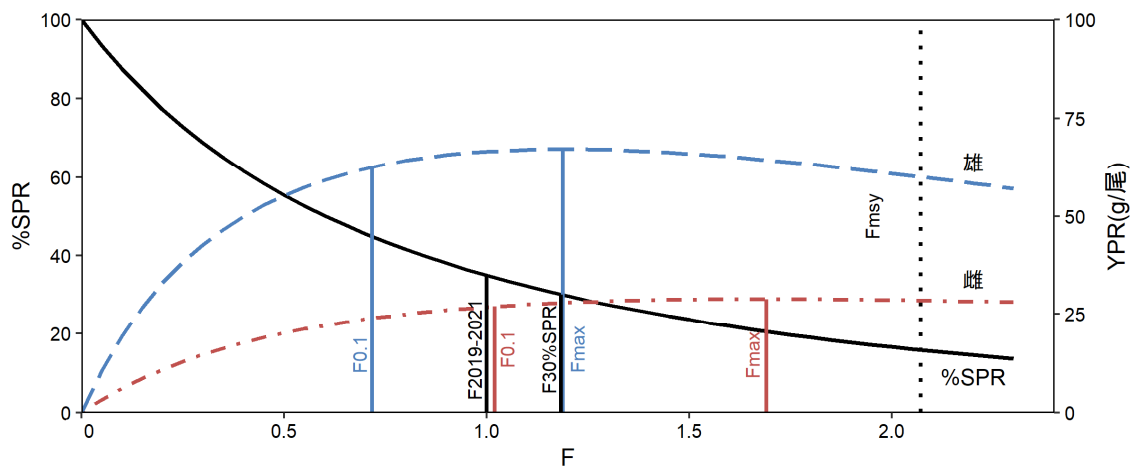


図 4-10. 現状の漁獲圧 (F2019-2021) に対する YPR と %SPR の関係

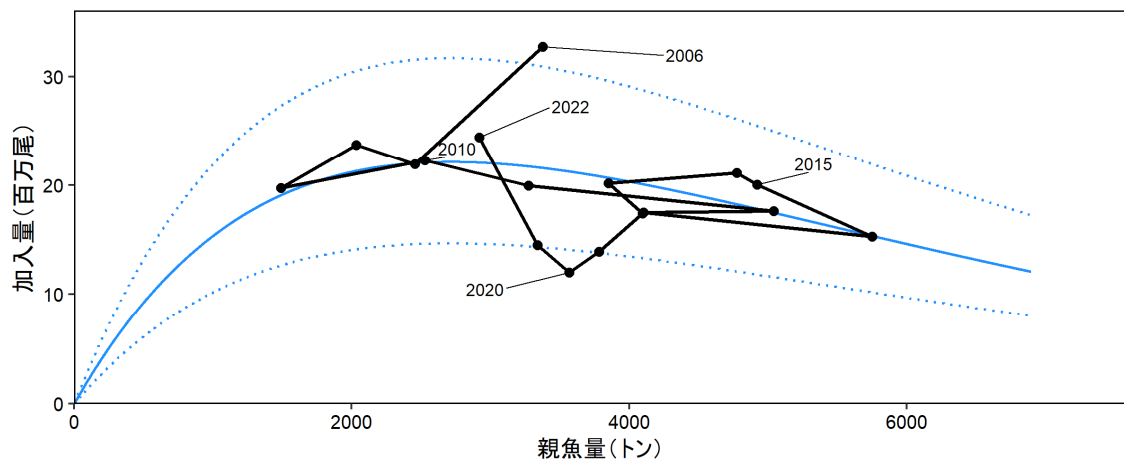


図 4-11. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（上田ほか 2020）で提案された再生産関係式。青実線および破線は採択されたリッカー型再生産モデルの中央値、および観測データの 90%が含まれると推定される範囲。黒点は親魚量および加入量の観測値。図中の数字は加入年を示す。本海域では加入（10 齢）までの期間を 7 年と仮定しており、1999 年から 2015 年における親魚量が、2006 年から 2022 年の加入量に対応する。

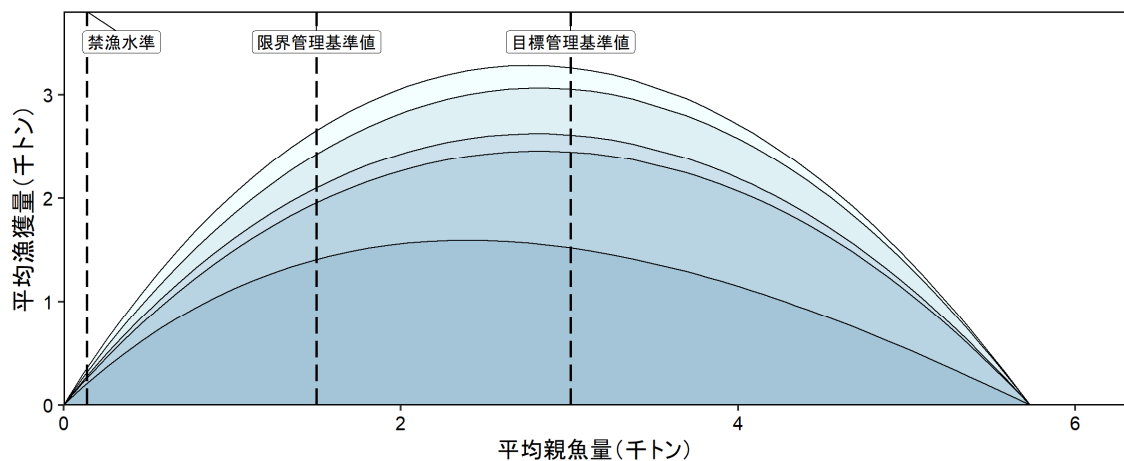


図 4-12. 目標管理基準値、限界管理基準値および禁漁水準と、平衡状態における平均親魚量と齢期別平均漁獲量との関係

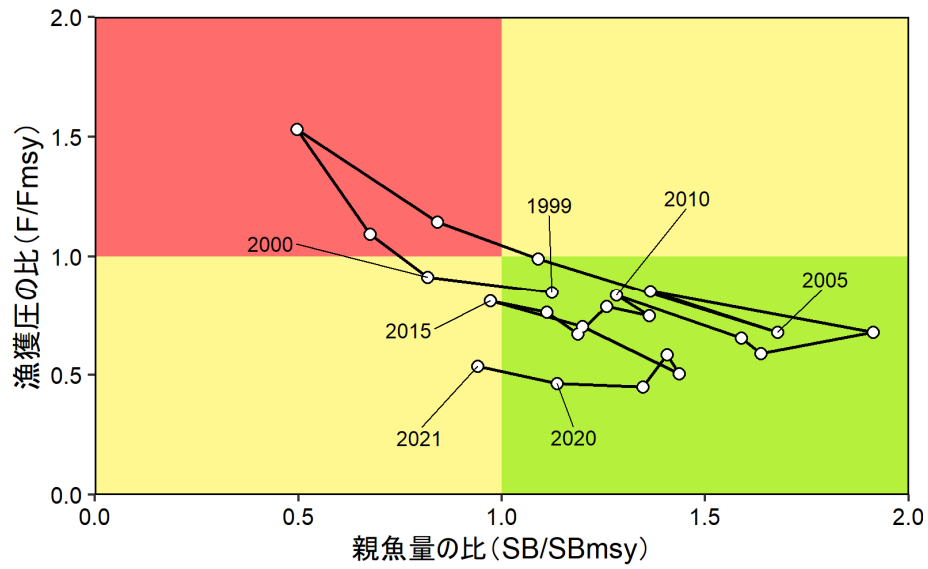
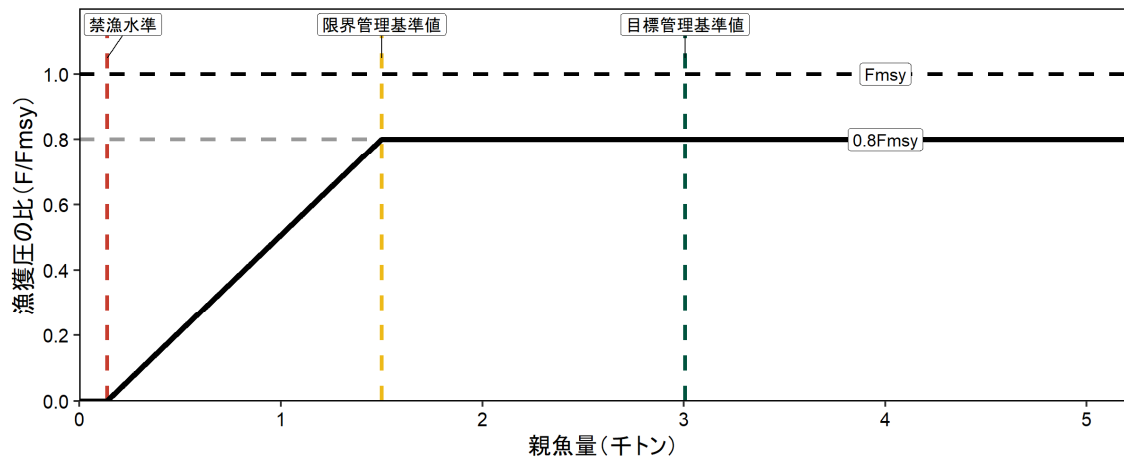


図 4-13. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) と MSY を実現する漁獲圧 (F_{msy}) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

(a) 縦軸を漁獲圧にした場合



(b) 縦軸を漁獲量にした場合

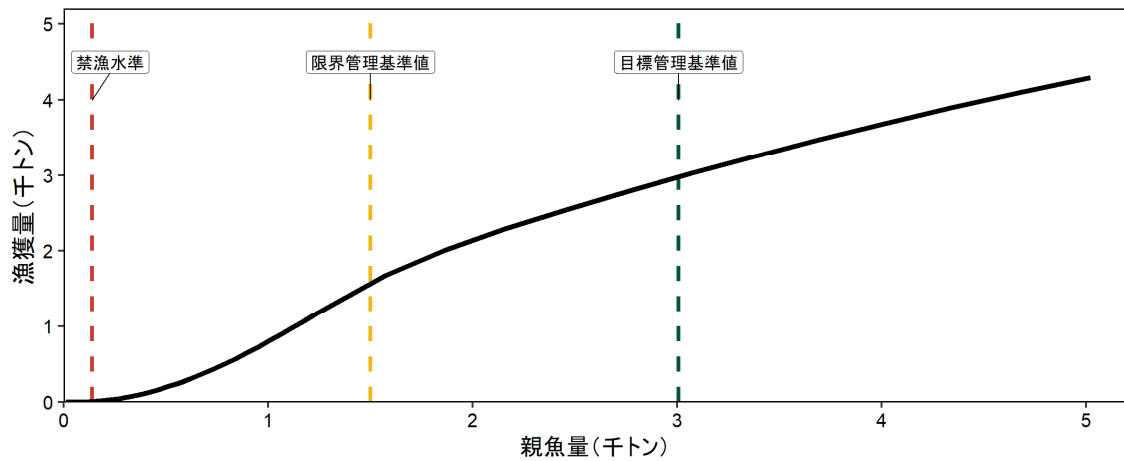


図 5-1. 漁獲管理規則($\beta=0.8$) 黒太線は漁獲管理規則、黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.8F_{msy}$ 、赤破線は禁漁水準、黄色破線は限界管理基準値、緑色破線は目標管理基準値を示す。
a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。

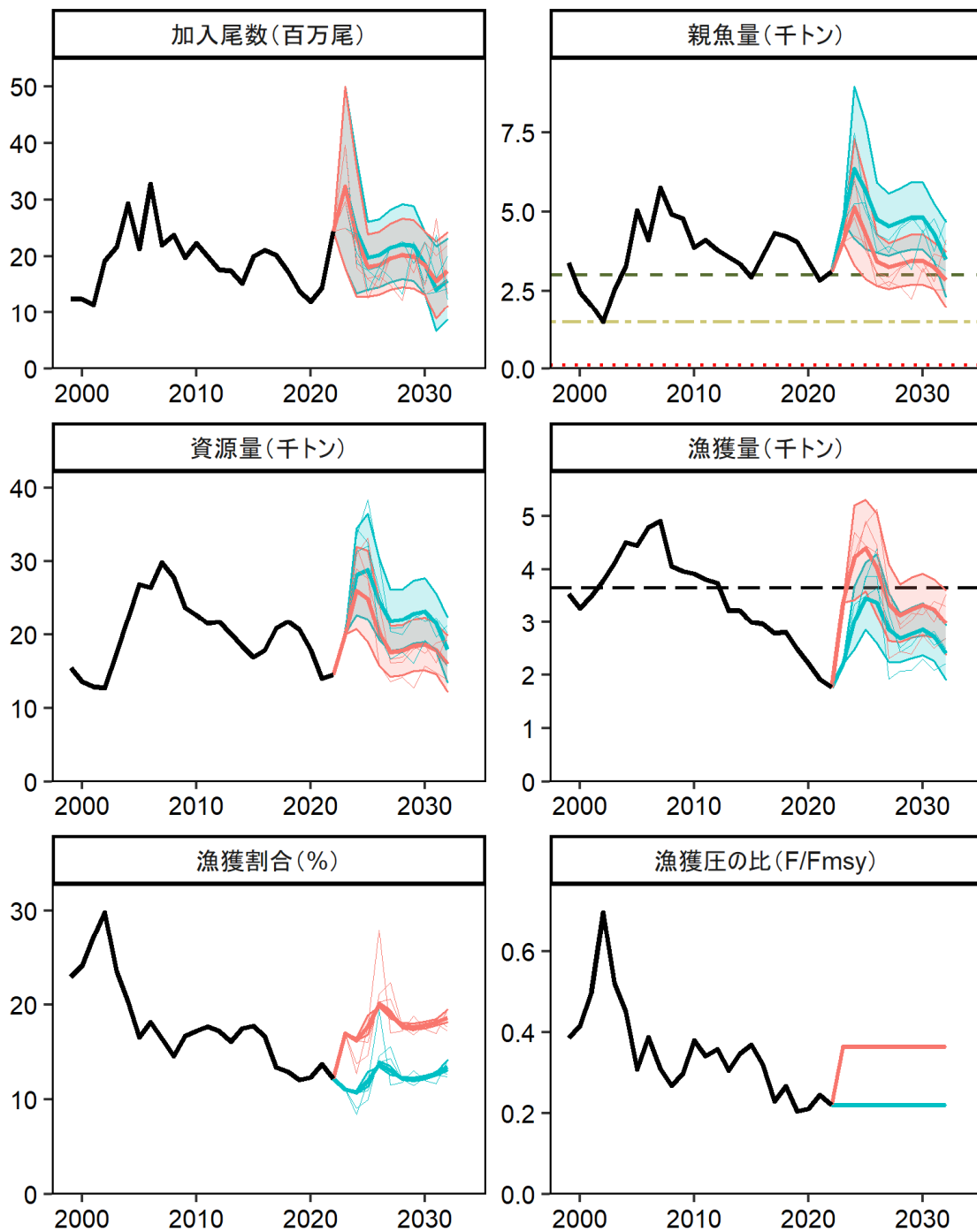


図 5-2. 漁獲シナリオで定められた管理基準値に基づく漁獲管理規則を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）
 実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。2022 年の漁獲量は予測される資源量と F2019-2021 により仮定した。調整係数 β には 0.8 を用いた。

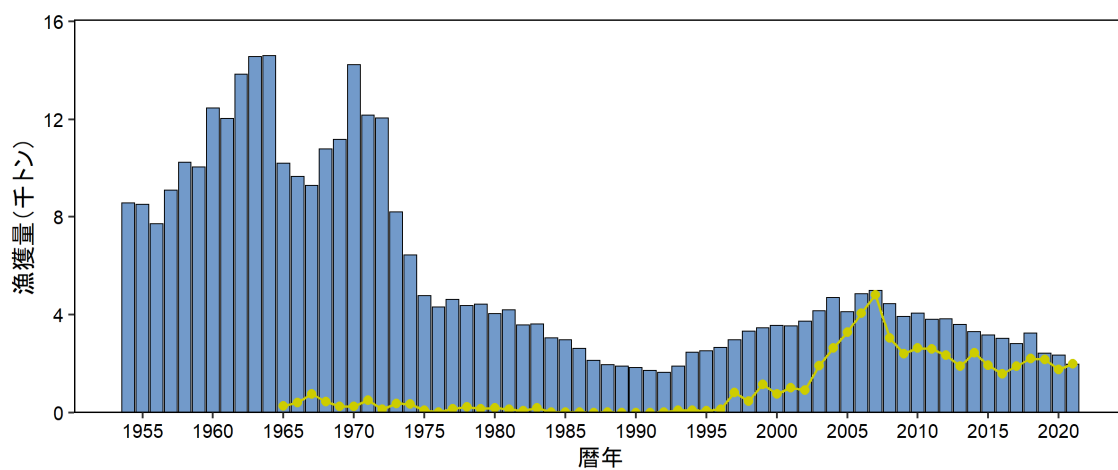


図 7-1. 漁業・養殖業生産統計年報(農林統計)に基づく A 海域全体の漁獲量 (棒グラフ) および韓国における漁獲量 (折れ線グラフ、いずれも暦年集計)

表 3-1. 漁期規制およびサイズ規制（2021 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	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
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 ・32時間以上の在港を3回以上			

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（2021 年）

航海時間	漁獲量上限			
	ミズガニ		クロコ	
24時間未満	800尾	（300尾）	5,000尾	（3,500尾）
48時間未満	1,600尾	（500尾）	8,000尾	（6,000尾）
48時間以上	2,300尾	（1,000尾）	16,000尾	（12,000尾）

（）内は兵庫・鳥取・島根の各県における規制尾数。

表 3-3. 日本海沖合底びき網漁業の有漁網数と標準化 CPUE

漁期年	有漁網数			標準化CPUE	
	雄	雌	雌雄	雄	雌
1972	121,315	62,885	121,955	2.82	1.50
1973	108,234	49,782	109,265	1.99	0.88
1974	106,186	46,648	107,814	1.48	0.52
1975	100,470	42,200	102,189	1.24	0.59
1976	93,823	44,349	95,416	0.96	0.83
1977	88,781	43,577	90,473	0.95	0.95
1978	99,293	50,591	101,097	0.80	0.75
1979	100,846	53,912	102,099	0.97	0.66
1980	94,879	48,179	97,258	0.86	0.62
1981	105,295	52,870	107,982	0.75	0.62
1982	98,280	49,771	102,126	0.62	0.54
1983	96,776	58,943	99,676	0.52	0.54
1984	106,964	56,488	110,009	0.47	0.27
1985	103,480	53,138	106,485	0.40	0.24
1986	103,684	49,833	105,907	0.38	0.17
1987	102,424	53,533	105,003	0.38	0.19
1988	102,970	56,412	105,014	0.34	0.20
1989	98,355	48,912	101,175	0.27	0.21
1990	84,624	44,100	85,987	0.33	0.27
1991	85,055	44,668	86,385	0.27	0.23
1992	82,087	42,428	83,045	0.35	0.25
1993	76,885	41,425	78,324	0.43	0.37
1994	73,883	45,538	74,567	0.43	0.54
1995	75,762	38,661	76,284	0.52	0.48
1996	73,653	38,394	76,910	0.53	0.47
1997	74,022	40,620	77,878	0.61	0.66
1998	75,717	38,989	78,117	0.74	1.16
1999	77,477	40,257	78,232	1.01	1.31
2000	74,593	39,472	74,941	1.02	1.09

表 3-3. 日本海沖合底びき網漁業の有漁網数と標準化 CPUE (続き)

漁期年	有漁網数			標準化CPUE	
	雄	雌	雌雄	雄	雌
2001	71,762	35,527	72,313	1.00	1.11
2002	70,052	34,371	70,700	1.04	1.27
2003	65,477	34,740	66,733	1.19	1.36
2004	71,948	36,893	73,190	1.40	1.26
2005	66,110	30,285	67,159	1.60	1.78
2006	69,363	33,421	70,846	1.69	2.22
2007	72,698	36,637	74,195	1.87	2.32
2008	71,413	35,379	71,738	1.62	1.44
2009	67,901	34,198	69,324	1.49	1.65
2010	66,095	32,037	67,429	1.37	1.98
2011	65,222	32,847	66,122	1.53	1.77
2012	64,477	32,879	65,381	1.42	2.04
2013	60,607	26,993	61,136	1.27	1.60
2014	60,492	26,617	60,786	1.23	1.65
2015	63,626	30,539	63,789	1.10	1.39
2016	57,752	29,884	57,831	1.21	1.82
2017	50,686	24,593	50,741	1.42	1.65
2018	54,645	27,668	54,789	0.99	1.55
2019	56,981	27,615	57,046	1.13	1.05
2020	49,646	26,715	49,720	1.11	0.86
2021	48,439	23,200	48,511	0.92	1.07

表 5-1. 将来の親魚量が (a) 目標管理基準値 (b) 限界管理基準値および (c) 禁漁水準を上回る確率 (パーセント値)

(a) 目標管理基準値を上回る確率

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1.0	0	100	100	87	68	32	20	26	32	31	25	16
0.9	0	100	100	92	78	52	40	46	53	53	43	27
0.8	0	100	100	95	86	72	63	69	75	74	63	38
0.7	0	100	100	97	92	88	83	87	90	90	81	49
0.6	0	100	100	99	96	96	95	96	97	97	93	59
0.5	0	100	100	100	98	99	99	99	100	100	98	67
0.4	0	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	73
0.3	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	79
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	83
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	88
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93
Fcurrent	0	100	100	100	99	99	99	100	100	100	99	68

(b) 限界管理基準値を上回る確率

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(c) 禁漁水準を上回る確率

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2022 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2019-2021) から予測される 1,800 トンとし、2023 年から漁獲管理規則による漁獲とした。

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)

(a) 平均親魚量

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1.0	2.8	3.1	3.7	4.5	3.6	2.8	2.6	2.7	2.8	2.8	2.7	2.5
0.9	2.8	3.1	3.9	4.8	3.9	3.1	2.9	3.0	3.1	3.1	3.0	2.6
0.8	2.8	3.1	4.0	5.1	4.3	3.4	3.2	3.3	3.4	3.4	3.2	2.8
0.7	2.8	3.1	4.2	5.5	4.7	3.8	3.6	3.7	3.8	3.8	3.6	3.0
0.6	2.8	3.1	4.4	5.9	5.1	4.2	4.0	4.1	4.2	4.3	3.9	3.2
0.5	2.8	3.1	4.6	6.3	5.6	4.7	4.5	4.6	4.7	4.7	4.2	3.4
0.4	2.8	3.1	4.9	6.7	6.1	5.2	5.0	5.1	5.3	5.3	4.6	3.7
0.3	2.8	3.1	5.1	7.2	6.6	5.8	5.5	5.7	5.9	5.9	5.1	3.9
0.2	2.8	3.1	5.3	7.7	7.2	6.4	6.2	6.4	6.6	6.6	5.6	4.1
0.1	2.8	3.1	5.6	8.2	7.9	7.1	6.9	7.1	7.3	7.4	6.1	4.4
0	2.8	3.1	5.8	8.8	8.7	7.9	7.7	8.0	8.2	8.2	6.7	4.6
Fcurrent	2.8	3.1	4.7	6.3	5.7	4.8	4.5	4.7	4.8	4.8	4.3	3.5

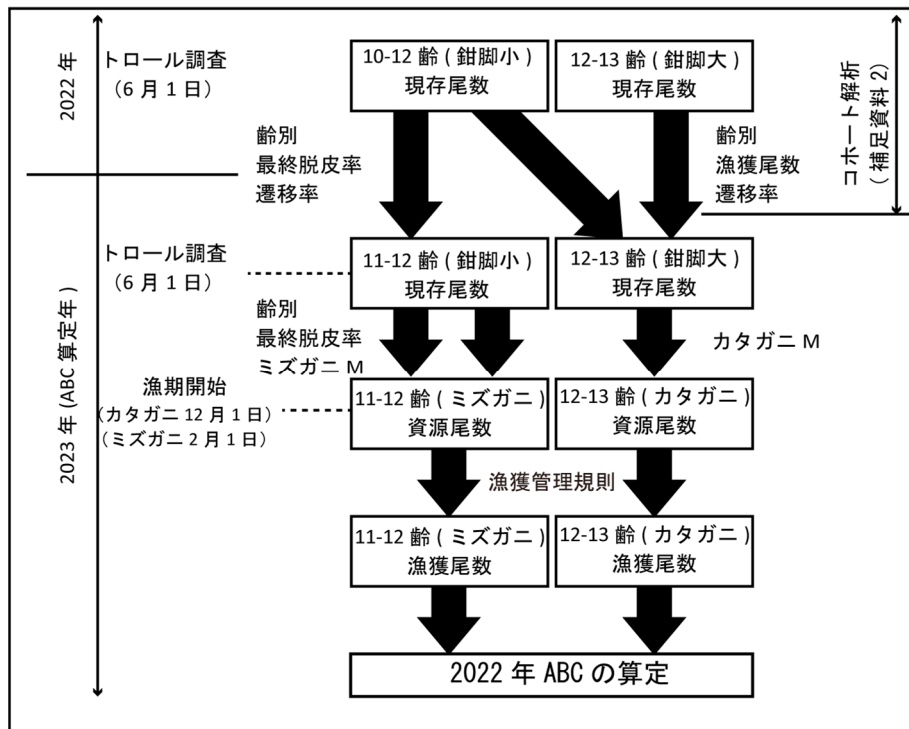
(b) 平均漁獲量

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1.0	1.9	1.8	4.0	4.8	4.7	4.1	3.4	3.2	3.3	3.4	3.3	3.1
0.9	1.9	1.8	3.7	4.5	4.6	4.1	3.4	3.2	3.3	3.4	3.3	3.1
0.8	1.9	1.8	3.4	4.2	4.4	4.0	3.3	3.1	3.2	3.3	3.2	3.0
0.7	1.9	1.8	3.0	3.9	4.2	3.9	3.3	3.1	3.2	3.2	3.1	2.8
0.6	1.9	1.8	2.7	3.5	3.9	3.7	3.1	2.9	3.0	3.1	3.0	2.7
0.5	1.9	1.8	2.3	3.1	3.5	3.4	2.9	2.7	2.8	2.9	2.8	2.4
0.4	1.9	1.8	1.9	2.6	3.1	3.1	2.6	2.4	2.5	2.6	2.5	2.2
0.3	1.9	1.8	1.4	2.1	2.5	2.5	2.2	2.1	2.1	2.2	2.1	1.8
0.2	1.9	1.8	1.0	1.5	1.8	1.9	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.3
0.1	1.9	1.8	0.5	0.8	1.0	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7
0	1.9	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fcurrent	1.9	1.8	2.2	3.0	3.5	3.4	2.9	2.7	2.8	2.8	2.7	2.4

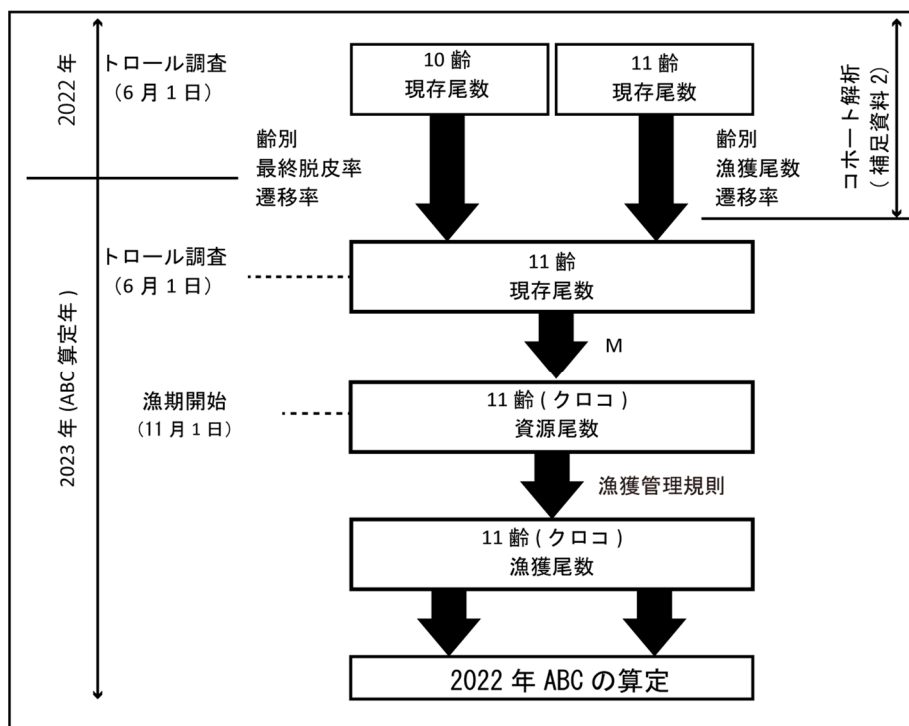
β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2022 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2019-2021) から予測される 1,800 トンとし、2023 年から漁獲管理規則による漁獲とした。

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

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 2000～2021 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 2001～2022 ($t+1$) 年の 10 齢の現存尾数を、以下の式を用いて前進計算した。

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

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

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。

2001～2022 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 ($R_{i,a,1,t}$)、2000～2022 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 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。

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

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

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、2023 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 (2018～2022 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 回繰り返す (B=1,000)、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、解析に用いられた年齢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. 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。2022 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、2023 年の加入尾数は 2022 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。

2024 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、2024 年の 10 齢加入尾数は雌雄ともに 2400 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。

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。

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

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 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 2023 年から 1 年後の 2024 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 ($F_{\text{current}}=0.136$: 2019～2021 年の F の平均) における値とし、以下のように求めた。

$$S_9 = \frac{1}{\exp(-\alpha F_{2019-2021})} \quad (5)$$

$$S_{8-9} = \frac{1}{\exp(-2\alpha F_{2019-2021})} \quad (6)$$

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 1.15 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。

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

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 ($F_{\text{current}}=0.14$: 2019～2021 年の F の平均) における値とし、以下のよう
に求めた。

$$S_{i,10,1} = S'_{i,10,1} \frac{1}{\exp(-2\alpha F_{2019-2021})} \quad (9)$$

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す。

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 ($F_{\text{current}}=0.39$: 2019～2021 年の F の平均) における値とし、
以下のように求めた。

$$S_{2,a,1} = S'_{2,a,1} \frac{1}{\exp(-\alpha F_{2019-2021})} \quad (10)$$

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 0.75、0.42 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。

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

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

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

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。

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

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

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、177 g とした。

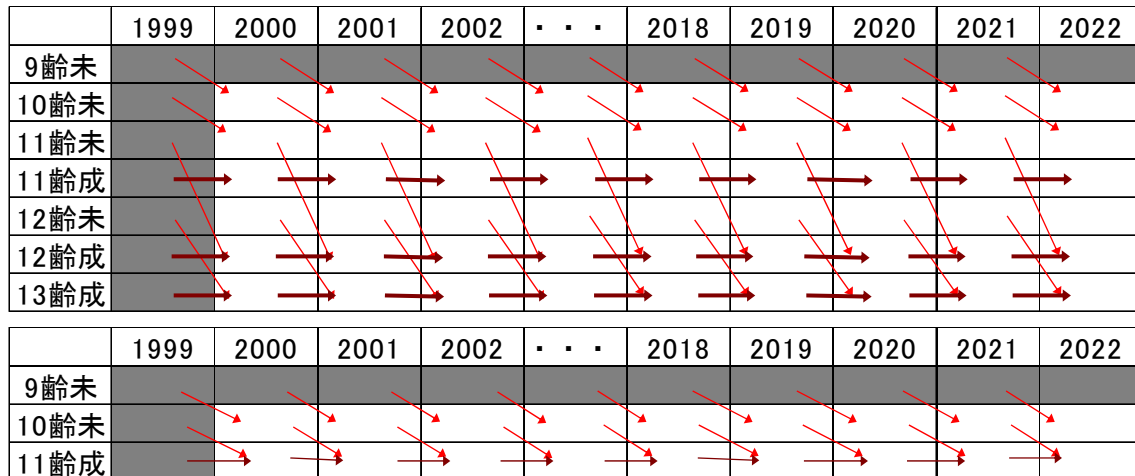
雌の親魚量 (SB) は、雌の漁期開始時点の資源量から雌の漁獲量 (Y) を減じた値とした。

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

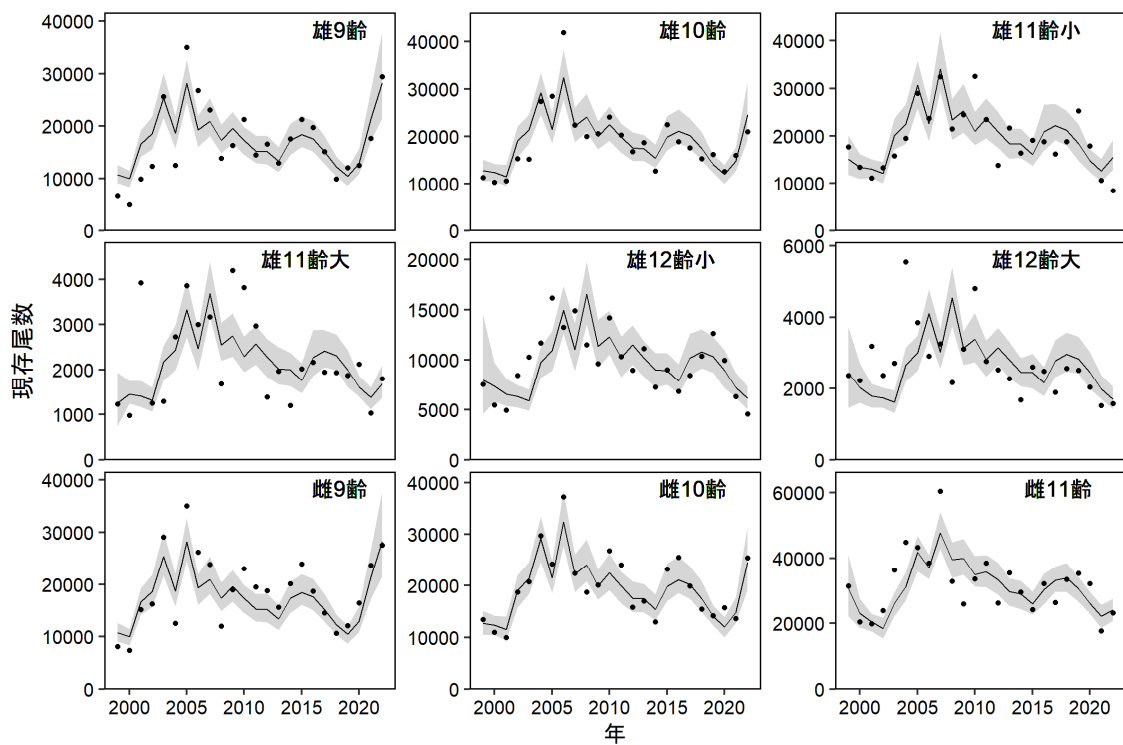
将来予測では、雌の F 値の $F_{current}$ に対する比を、雄の $F_{current}$ に乗じた値を、雄の F 値とした。漁獲物の齢期組成から重量変換した漁獲量と実際の漁獲量は完全には一致しないので、両者の差を補正する係数を求め (1.10、2017～2021 年の平均)、将来の漁獲量予測に使用した。

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.

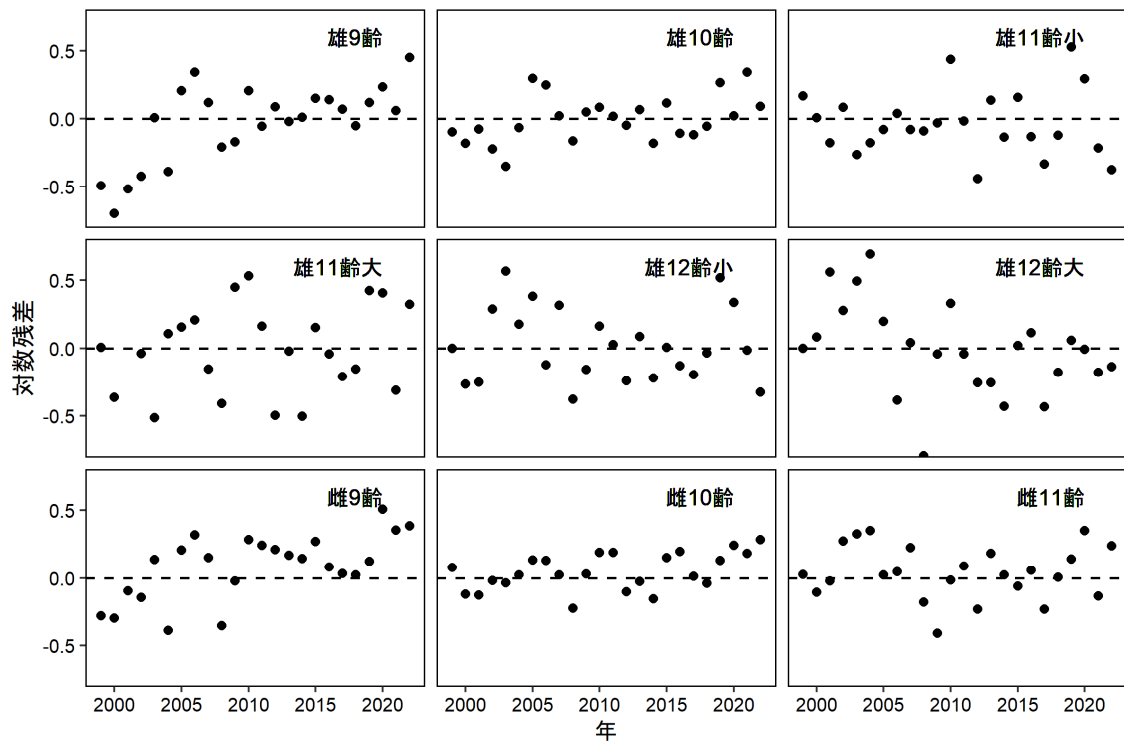


補足図 2-1. 資源計算の模式図 上図は雄、下図は雌を、細赤線は脱皮による齢期の遷移、太黒線は最終脱皮後の同一齢期の遷移、「未」は未成熟（鋏脚小・最終脱皮前）を、「成」は成熟（鋏脚大・最終脱皮後）を、それぞれ示す。



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」は缺脚小（未成熟・最終脱皮前）を、「大」は缺脚大（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	2021	2022
6歳	未	1,978	2,715	1,403	799	498	645	2,081	5,520	7,698	27,823	1,296
7歳	未	5,137	8,527	7,708	3,247	2,611	1,686	1,768	3,034	6,634	23,064	14,079
8歳	未	10,541	13,174	13,575	10,748	8,220	3,919	5,026	10,727	16,574	35,592	31,326
9歳	未	16,581	12,955	17,590	21,296	19,786	15,117	9,922	12,106	12,503	17,721	29,427
10歳	未	16,774	18,649	12,681	22,456	18,889	17,550	15,278	16,216	12,406	15,915	20,495
	成	200	361	122	238	399	636	1,016	257	197	85	450
11歳	未	13,792	21,696	16,396	19,115	18,837	16,186	18,777	25,279	17,919	10,659	8,414
	成	1,390	1,969	1,203	2,018	2,168	1,942	1,929	1,866	2,120	1,029	1,793
12歳	未	8,937	11,134	7,253	8,986	6,843	8,426	10,386	12,659	9,963	6,298	4,564
	成	2,522	2,269	1,678	2,610	2,490	1,891	2,573	2,517	2,032	1,525	1,567
13歳	成	3,383	3,934	3,054	2,625	1,934	2,723	3,677	4,625	4,741	2,627	2,775

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	2021	2022
6歳	未	1,481	2,145	1,240	361	672	530	1,186	3,896	7,396	23,306	1,175
7歳	未	5,153	7,296	6,338	3,606	2,261	1,847	2,144	2,545	4,785	21,304	12,367
8歳	未	10,794	13,713	13,303	10,026	6,913	4,207	4,281	11,322	15,627	34,957	31,083
9歳	未	18,776	15,631	20,100	23,914	18,671	14,518	10,674	12,126	16,412	23,695	27,572
10歳	未	15,855	16,978	12,984	23,214	25,501	19,977	15,492	14,155	15,695	13,658	25,422
11歳	成	26,210	35,501	29,539	24,200	32,198	26,368	33,441	35,325	32,165	17,765	23,123

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	2011
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
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	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	2021			
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	737			
漁獲尾数 雄13齢カタガニ	868	715	887	745	631	638	744	911	874	628			
雌11齢	9,192	7,215	7,832	7,360	7,681	6,304	7,292	5,180	4,529	4,428			

	齢期	成熟
遷移率	雄雌9齢	未 1.149
	雄雌10齢	未 1.162
	雄11齢	未 0.617
	雄12齢	未 0.345
	雄11-13齢	成 0.012
	雌11齢	成 0.385

	齢期	
最終脱皮率	11齢	0.096
	12齢	0.216

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）															
年齢	成熟		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
9歳	未		10,829	9,968	16,708	18,888	25,492	18,616	28,474	19,111	20,661	17,197	19,399	17,373	15,351
10歳	未		12,520	12,447	11,457	19,203	21,709	29,300	21,397	32,727	21,966	23,747	19,766	22,297	19,968
11歳	未		14,939	13,150	13,073	12,034	20,170	22,801	30,774	22,474	34,374	23,071	24,942	20,761	23,419
	成		1,226	1,418	1,413	1,302	2,169	2,460	3,315	2,439	3,699	2,508	2,693	2,249	2,527
12歳	未		7,556	7,221	6,356	6,319	5,817	9,750	11,022	14,876	10,864	16,616	11,153	12,057	10,036
	成		2,374	2,007	1,761	1,746	1,605	2,688	3,058	4,124	3,022	4,598	3,108	3,347	2,791
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）															
年齢	成熟	銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12歳	未	ミズガニ	9,271	8,161	8,113	7,468	12,517	14,151	19,099	13,947	21,332	14,318	15,479	12,884	14,534
	成	ミズガニ	2,559	2,252	2,239	2,061	3,455	3,906	5,271	3,850	5,888	3,952	4,272	3,556	4,011
	成	カタガニ	5,983	5,718	5,034	5,004	4,606	7,721	8,728	11,780	8,603	13,158	8,832	9,548	7,947
13歳	成	ミズガニ	2,148	1,816	1,594	1,580	1,453	2,432	2,767	3,732	2,734	4,160	2,812	3,028	2,525
	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）															
年齢	成熟	銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12歳	未	ミズガニ	3,458	3,044	3,026	2,786	4,669	5,278	7,124	5,202	7,957	5,341	5,774	4,806	5,421
	成	ミズガニ	954	840	835	769	1,289	1,457	1,966	1,436	2,196	1,474	1,594	1,326	1,496
	成	カタガニ	866	732	642	637	585	980	1,115	1,504	1,102	1,677	1,133	1,220	1,018
13歳	成	ミズガニ	4,356	4,163	3,664	3,643	3,353	5,621	6,354	8,576	6,263	9,579	6,429	6,951	5,786
	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）															
年齢	成熟		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
9歳	未		15,223	13,303	17,445	18,399	17,567	15,150	12,089	10,445	12,624	21,262	28,126		
10歳	未		17,644	17,497	15,291	20,050	21,148	20,192	17,414	13,895	12,006	14,509	24,438		
11歳	未		20,973	18,531	18,377	16,060	21,059	22,212	21,208	18,290	14,594	12,610	15,239		
	成		2,269	2,006	1,986	1,738	2,269	2,398	2,293	1,980	1,582	1,365	1,643		
12歳	未		11,321	10,138	8,958	8,883	7,763	10,180	10,737	10,252	8,841	7,055	6,096		
	成		3,136	2,814	2,479	2,462	2,152	2,816	2,976	2,844	2,458	1,963	1,697		
13歳	成		3,383	3,934	3,054	2,625	1,934	2,723	3,677	4,625	4,741	2,627	2,775		
漁期開始時点の資源尾数（千尾）															
年齢	成熟	銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
12歳	未	ミズガニ	13,016	11,501	11,405	9,967	13,069	13,785	13,161	11,351	9,057	7,826	9,458		
	成	ミズガニ	3,592	3,174	3,148	2,751	3,607	3,805	3,633	3,133	2,500	2,160	2,610		
	成	カタガニ	8,965	8,028	7,094	7,035	6,148	8,061	8,503	8,118	7,001	5,587	4,827		
13歳	成	ミズガニ	2,837	2,546	2,243	2,228	1,948	2,548	2,693	2,573	2,224	1,777	1,536		
	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	2,511		
漁期開始時点の資源量（トン）															
年齢	成熟	銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
12歳	未	ミズガニ	4,855	4,290	4,254	3,718	4,875	5,142	4,909	4,234	3,378	2,919	3,528		
	成	ミズガニ	1,340	1,184	1,174	1,026	1,345	1,419	1,355	1,169	932	806	974		
	成	カタガニ	1,143	1,026	904	898	785	1,027	1,085	1,037	896	716	619		
13歳	成	ミズガニ	6,526	5,845	5,164	5,121	4,476	5,869	6,190	5,910	5,097	4,067	3,514		
	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	2,007		

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	8,768	8,047	7,526	7,198	9,311	12,356	15,444	15,214	16,416	16,394	13,797	13,083	12,703
	カタガニ	1,673	1,783	1,973	2,520	3,922	4,678	4,533	5,198	5,620	4,986	3,456	3,984	3,069
	合計	10,441	9,830	9,499	9,718	13,233	17,034	19,977	20,412	22,036	21,380	17,253	17,067	15,772
		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	2,005	2,175	2,284	2,388	2,641	2,625	2,847	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	11.7	11.1	12.7	13.9	9.9	7.0	7.2	6.7	5.7	3.7	5.3	4.7	4.9
	カタガニ	54.6	62.5	61.8	50.9	37.5	38.0	33.4	35.2	33.6	38.8	45.5	38.1	49.9
	全体	18.6	20.4	22.9	23.5	18.0	15.5	13.1	14.0	12.8	11.9	13.3	12.5	13.6
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲係数 (F)	ミズガニ	0.125	0.117	0.136	0.150	0.104	0.073	0.075	0.069	0.059	0.038	0.054	0.048	0.050
	カタガニ	0.789	0.980	0.963	0.711	0.469	0.478	0.406	0.434	0.409	0.491	0.607	0.479	0.691
	全体	0.206	0.228	0.260	0.268	0.199	0.168	0.141	0.150	0.137	0.126	0.143	0.134	0.147
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
資源量 (トン)	ミズガニ	12,721	11,318	10,592	9,865	10,696	12,430	12,454	11,312	9,408	7,792	8,015		
	カタガニ	3,589	3,870	3,112	2,795	2,183	2,995	3,743	4,381	4,324	2,615	2,626		
	合計	16,310	15,188	13,704	12,660	12,879	15,425	16,197	15,693	13,732	10,407	10,641		
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
漁獲量 (トン)	ミズガニ	558	358	361	356	359	358	104	159	158	188	147		
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335	1,244	1,311	1,408	1,410	1,252	948	854		
	合計	2,116	1,943	1,833	1,691	1,603	1,669	1,512	1,569	1,410	1,136	1,001		
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
漁獲割合 (%)	ミズガニ	4.4	3.2	3.4	3.6	3.4	2.9	0.8	1.4	1.7	2.4			
	カタガニ	43.4	40.9	47.3	47.8	57.0	43.8	37.6	32.2	29.0	36.3			
	全体	13.0	12.8	13.4	13.4	12.4	10.8	9.3	10.0	10.3	10.9			
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	F 2019-2021		
漁獲係数 (F)	ミズガニ	0.045	0.032	0.035	0.037	0.034	0.029	0.008	0.014	0.017	0.024	0.018		
	カタガニ	0.569	0.527	0.641	0.649	0.843	0.576	0.472	0.388	0.342	0.450	0.393		
	全体	0.139	0.137	0.144	0.143	0.133	0.114	0.098	0.105	0.108	0.116	0.110		

イタリアックは予測値。F 2019-2021 は、2019～2021 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	10,829	9,968	16,708	18,888	25,492	18,616	28,474	19,111	20,661	17,197	19,399	17,373	15,351
10歳	未	12,520	12,447	11,457	19,203	21,709	29,300	21,397	32,727	21,966	23,747	19,766	22,297	19,968
11歳	成	30,508	22,840	20,514	18,371	26,129	31,541	42,155	37,141	48,114	39,527	39,529	34,587	35,366
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	28,068	21,013	18,874	16,902	24,040	29,019	38,784	34,171	44,267	36,367	36,368	31,822	32,538
資源量	11歳	4,968	3,719	3,341	2,992	4,255	5,136	6,865	6,048	7,835	6,437	6,437	5,632	5,759
		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(%)		32.0	34.0	39.0	50.0	41.0	36.0	27.0	32.0	27.0	24.0	26.0	32.0	29.0
漁獲係数(F)		0.386	0.415	0.497	0.697	0.520	0.450	0.309	0.388	0.309	0.268	0.298	0.380	0.341
親魚量（トン）														
	年齢	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	11歳	3,377	2,455	2,032	1,490	2,529	3,274	5,042	4,103	5,751	4,922	4,777	3,852	4,096
調査時点の現存尾数（千尾）														
年齢	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
9歳	未	15,223	13,303	17,445	18,399	17,567	15,150	12,089	10,445	12,624	21,262	28,126		
10歳	未	17,644	17,497	15,291	20,050	21,148	20,192	17,414	13,895	12,006	14,509	24,438		
11歳	成	33,213	29,760	29,020	25,934	30,460	33,354	33,889	30,484	25,897	22,184	23,704		
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	2021	2022		
資源尾数	11歳	30,557	27,380	26,700	23,860	28,024	30,688	31,179	28,047	23,826	20,411	21,809		
資源量	11歳	5,409	4,846	4,726	4,223	4,960	5,432	5,519	4,964	4,217	3,613	3,860		
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	F 2019-2021	
漁獲量（トン）		1,627	1,277	1,386	1,303	1,360	1,116	1,291	917	802	784	762		
漁獲割合(%)		30.0	26.0	29.0	31.0	27.0	21.0	23.0	18.0	19.0	22.0			
漁獲係数(F)		0.358	0.306	0.347	0.369	0.320	0.230	0.266	0.204	0.211	0.245		0.220	
親魚量（トン）														
	年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
	11歳	3,782	3,569	3,340	2,921	3,601	4,316	4,228	4,047	3,416	2,829	3,098		

イタリアックは予測値。F 2019-2021 は、2019～2021 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	8,768	8,047	7,526	7,198	9,311	12,356	15,444	15,214	16,416	16,394	13,797	13,083	12,703
	カタガニ	1,673	1,783	1,973	2,520	3,922	4,678	4,533	5,198	5,620	4,986	3,456	3,984	3,069
	雌	4,968	3,719	3,341	2,992	4,255	5,136	6,865	6,048	7,835	6,437	6,437	5,632	5,759
	合計	15,409	13,549	12,840	12,710	17,488	22,170	26,842	26,460	29,871	27,817	23,690	22,699	21,531
		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	3,269	3,484	3,786	4,114	4,503	4,448	4,792	4,911	4,054	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	11.7	11.1	12.7	13.9	9.9	7.0	7.2	6.7	5.7	3.7	5.3	4.7	4.9
	カタガニ	54.6	62.5	61.8	50.9	37.5	38.0	33.4	35.2	33.6	38.8	45.5	38.1	49.9
	雌	32.0	34.0	39.0	50.0	41.0	36.0	27.0	32.0	27.0	24.0	26.0	32.0	29.0
	全体	22.9	24.1	27.1	29.8	23.5	20.3	16.6	18.1	16.4	14.6	16.7	17.2	17.7
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
F	ミズガニ	0.125	0.117	0.136	0.150	0.104	0.073	0.075	0.069	0.059	0.038	0.054	0.048	0.050
	カタガニ	0.789	0.980	0.963	0.711	0.469	0.478	0.406	0.434	0.409	0.491	0.607	0.479	0.691
	雌	0.386	0.415	0.497	0.697	0.520	0.450	0.309	0.388	0.309	0.268	0.298	0.380	0.341
	全体	0.260	0.276	0.317	0.354	0.268	0.227	0.181	0.200	0.180	0.158	0.183	0.189	0.195
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
資源量 (トン)	ミズガニ	12,721	11,318	10,592	9,865	10,696	12,430	12,454	11,312	9,408	7,792	8,015		
	カタガニ	3,589	3,870	3,112	2,795	2,183	2,995	3,743	4,381	4,324	2,615	2,626		
	雌	5,409	4,846	4,726	4,223	4,960	5,432	5,519	4,964	4,217	3,613	3,860		
	合計	21,719	20,034	18,430	16,883	17,839	20,857	21,716	20,657	17,949	14,020	14,501		
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
漁獲量 (トン)	ミズガニ	558	358	361	356	359	358	104	159	158	188	147		
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335	1,244	1,311	1,408	1,410	1,252	948	854		
	雌	1,627	1,277	1,386	1,303	1,360	1,116	1,291	917	802	784	762		
	合計	3,743	3,220	3,219	2,994	2,963	2,785	2,803	2,486	2,212	1,920	1,763		
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
漁獲割合 (%)	ミズガニ	4.4	3.2	3.4	3.6	3.4	2.9	0.8	1.4	1.7	2.4			
	カタガニ	43.4	40.9	47.3	47.8	57.0	43.8	37.6	32.2	29.0	36.3			
	雌	30.0	26.0	29.0	31.0	27.0	21.0	23.0	18.0	19.0	22.0			
	全体	17.2	16.1	17.5	17.7	16.6	13.4	12.9	12.0	12.3	13.7			
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	F 2019-2021		
F	ミズガニ	0.045	0.032	0.035	0.037	0.034	0.029	0.008	0.014	0.017	0.024		0.018	
	カタガニ	0.569	0.527	0.641	0.649	0.843	0.576	0.472	0.388	0.342	0.450		0.393	
	雌	0.358	0.306	0.347	0.369	0.320	0.230	0.266	0.204	0.211	0.245		0.220	
	全体	0.189	0.175	0.192	0.195	0.182	0.143	0.138	0.128	0.132	0.147		0.136	

イタリックは予測値。F 2019-2021 は、2019～2021 年の F の平均（現状の F）を示す。

補足表 2-7. 雄 11 齢、雌 10 齢の現存尾数（加入量）

調査時点の現存尾数(万尾)		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
加入量	雄11齢	1,490	1,310	1,310	1,200	2,020	2,280	3,080	2,250	3,440	2,310	2,490	2,080	2,340
	雌10齢	1,250	1,240	1,150	1,920	2,170	2,930	2,140	3,270	2,200	2,370	1,980	2,230	2,000
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
加入量	雄11齢	2,100	1,850	1,840	1,610	2,110	2,220	2,120	1,830	1,460	1,260	1,520	2,570	3,240
	雌10齢	1,760	1,750	1,530	2,010	2,110	2,020	1,740	1,390	1,200	1,450	2,440	3,220	2,330
		2025												
加入量	雄11齢	2,350												
	雌10齢	-												

イタリックは予測値。2023 年の雄 11 齢と雌 10 齢は 2022 年の雌雄 10 齢および 9 齢から、2024 年の雄 11 齢と雌 10 齢は 2022 年の雌雄 9 齢および雌雄 8 齢（コホート対象外）から、2025 年の雄 11 齢は 2022 年の雌雄 8 齢（コホート対象外）から、それぞれ推定した。

補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 2021 年の親魚量、漁獲係数および漁獲割合

項目	値	説明
SB2021	2.8 千トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (ミズガニ、カタガニ、メスガニ、雄全体、全体) =(0.02, 0.45, 0.25, 0.12, 0.15)	
U2021	14%	2021 年の漁獲割合

漁獲割合は雌雄を含めた漁獲対象資源全体に対する値。

補足表 3-2. 2021 年の%SPR と現状の漁獲圧に対応する%SPR

項目	値	説明
%SPR (F2021)	34.9%	2021 年の%SPR
%SPR (F2019-2021)	36.1%	現状(2019～2021 年)の漁獲圧に対応する%SPR

補足表 3-3. 再生産関係式のパラメータ

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	-

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D.は加入量の標準偏差である。

補足表 3-4. 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

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)	16.0%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	3.7 千トン	最大持続生産量 MSY

補足表 3-5. 2023 年の ABC

2023 年の ABC (千トン)	2023 年の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2019-2021)	2023 年の 漁獲割合(%)
3.4	4.0	1.66	17
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での漁獲管理規則を用いた。 ・ 本系群では漁獲管理規則で調整係数 $\beta=0.8$ を用いることが定められている。 ・ 親魚量は漁期後の雌の資源量、漁獲圧は雌に対する漁獲圧、ABC および漁獲割合は雌雄合計の値である。			

補足表 3-6. 将来予測における親魚量

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)	90% 予測区間 (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					
$\beta=0.8$	3.4	2.7 – 4.3	74	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）					
$\beta=1.0$	2.8	2.2 – 3.5	31	100	100
$\beta=0.6$	4.3	3.3 – 5.3	97	100	100
$\beta=0.4$	5.3	4.2 – 6.5	100	100	100
F2019-2021	4.8	3.8 – 5.9	100	100	100

補足資料 4 直接推定法による現存量推定

2022 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 7 海区（浜田沖、隠岐北方、隠岐周辺、但馬沖、若狭沖、加賀沖、能登沖）と、3 水深帯に区分し（浜田沖のみ 4 水深帯）、計 22 層に 139 調査点を配置した（補足図 4-1）。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、ズワイガニ全数（雄：9,536、雌：10,319 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 5）。推定された雌雄別成熟状態別の甲幅組成に混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 4-2 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。

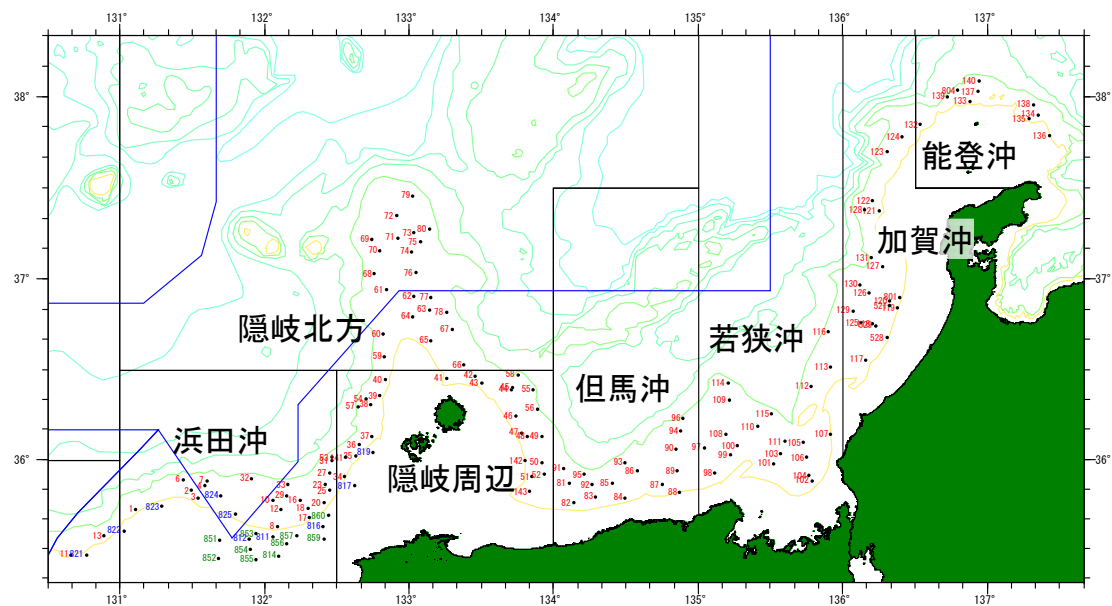
トロール調査から推定された 2022 年の雄（甲幅 90 mm 以上）および雌（11 齢）の現存量は、いずれも過去最低水準となった 2021 年をやや上回り（補足図 4-3）、雄では隠岐周辺、但馬沖、若狭沖、加賀沖で、雌では浜田沖以外で、それぞれ増加した。現存量の経年変化は隠岐以西（浜田沖、隠岐周辺、隠岐北方）の変化によるところがほとんどである。2022 年の雄および雌について、現存量に占める隠岐以西の割合は、それぞれ 74%および 75%であった。

本年度調査において、鳥取県水産試験場（第一鳥取丸）および福井県水産試験場（福井丸）と水産資源研究所（但州丸）の並行操業を、隠岐西方（12 調査点）および若狭沖（8 調査点）において、それぞれ実施した（補足図 4-4）。並行操業は、操業位置・水深、コース、ワープ長、曳網中の網の挙動といった調査の確実性に対する結果の頑健性を確認する上で有効である。隠岐西方では、雌の 11 齢および雌雄 10 齢が多く、各脱皮齢期の現存量の割合は類似していた（補足図 4-5）。また、若狭湾では雌雄 8 齢から 11 齢が多く、雄の 12 齢未熟個体も一定数含まれている様子が調査船によらず確認された（補足図 4-6）。いずれの海域においても、調査結果には機関によらず一定の傾向が見られたため、トロール調査結果は曳網時点における不確実性を考慮した上でも妥当であると考えられる。なお、いずれの調査海域においても但州丸の調査結果で若齢の現存量割合が高かった。これは、但州丸のトロール網でコッドエンドの目合いがもっとも小さい（但州丸 20 mm、第一鳥取丸 40 mm、福井丸 27 mm）ため、小型個体の採集効率が相対的に高いことに起因する。

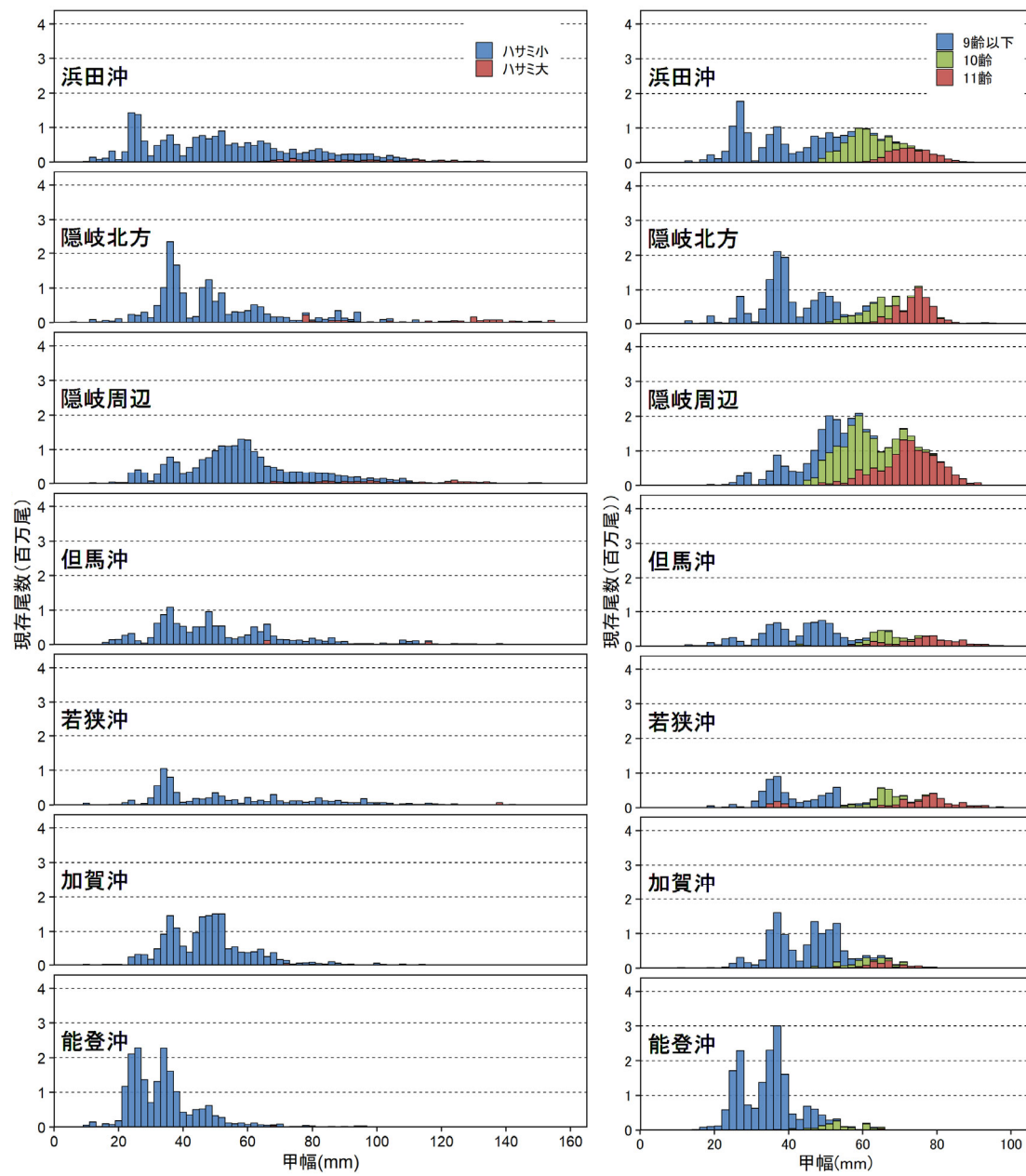
2011 年より、浜田沖と隠岐西方の水深 160～189 m の海域において、水産資源研究所（但州丸）と島根県水産技術センター（島根丸）によるトロール調査を行っている（補足図 4-7）。当該海域の齢期別現存尾数では、漁獲対象となる齢期が少なく、漁獲加入前の齢期が多い（補足図 4-8）。従って、水深 160～189 m の現存量を A 海域に含めた場合も漁獲量予測値への影響は極めて小さい。水深 160～189 m における資源分布は、浜田沖冷水の分布の

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。

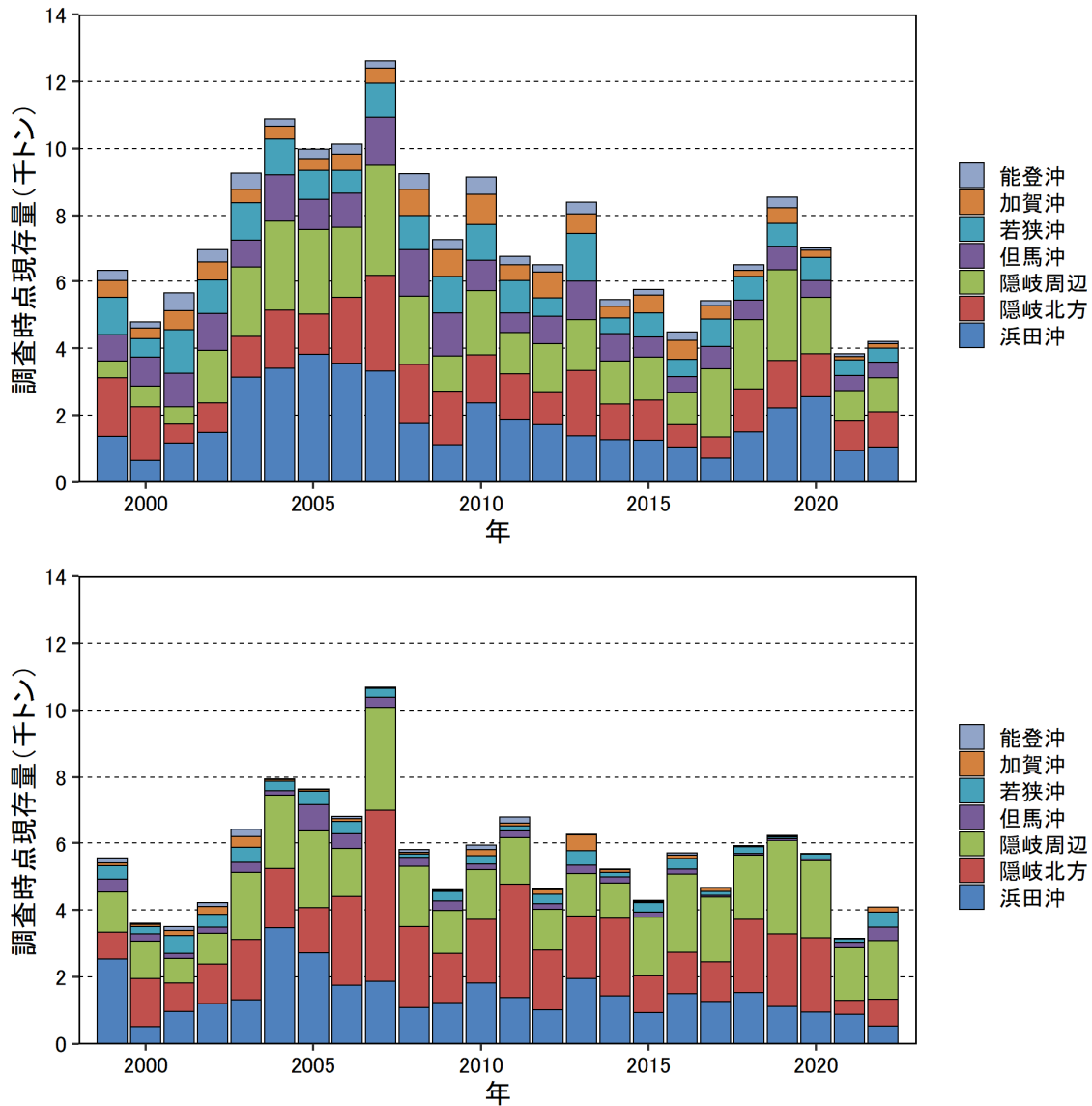
日本海西部には、コンクリートブロックを設置して底びき網の操業を不可能にした保護区が設置されている。現状ではすべての保護区内の現存量を推定することは困難である。一方で、保護区内の雌ガニの増加により想定される、再生産関係を経た加入の増加はトロール調査で把握されており、また保護区から染み出してくる資源の一部もトロール調査で把握されている。保護区による、これらの効果については、本評価におけるABCの算定に反映されている。



補足図 4-1. 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。

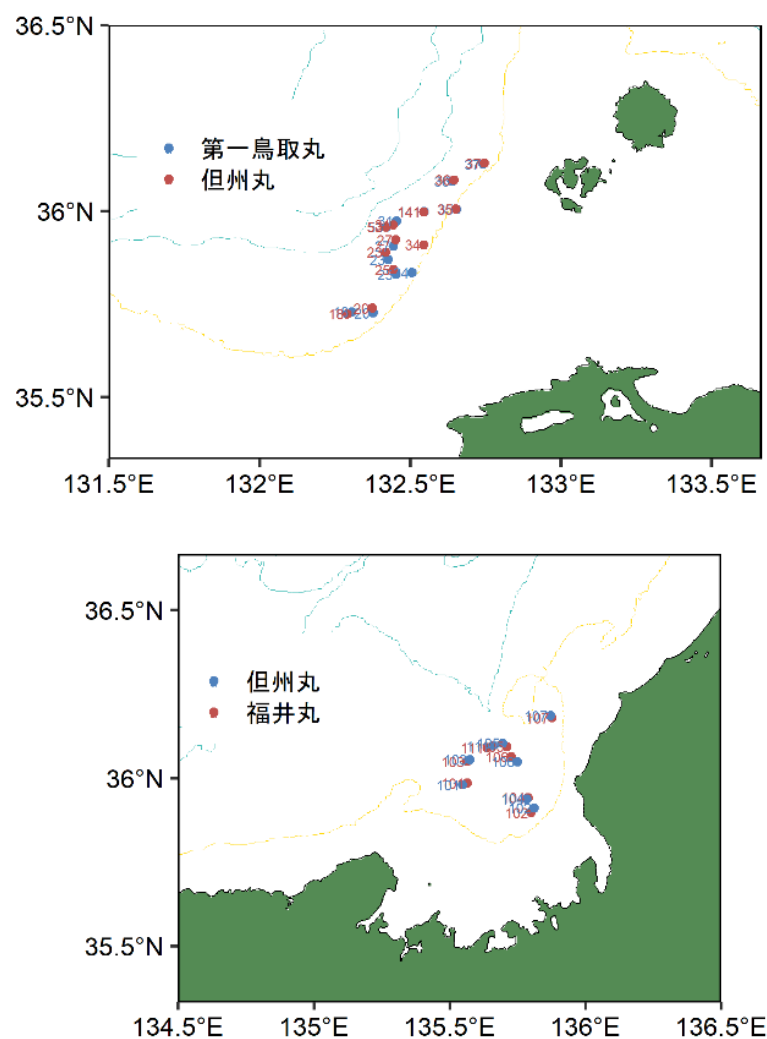


補足図 4-2. トロール調査より推定された海域別甲幅組成 (左：雄、右：雌)

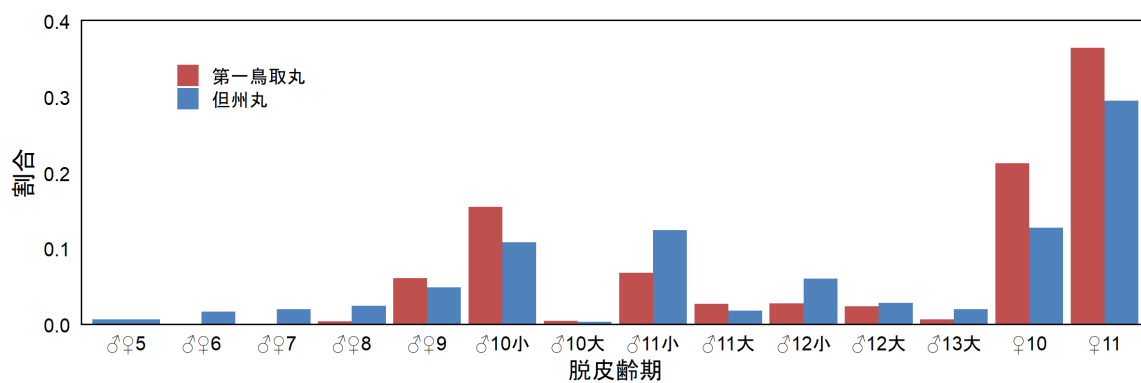


補足図 4-3. トロール調査から推定された海域別現存量

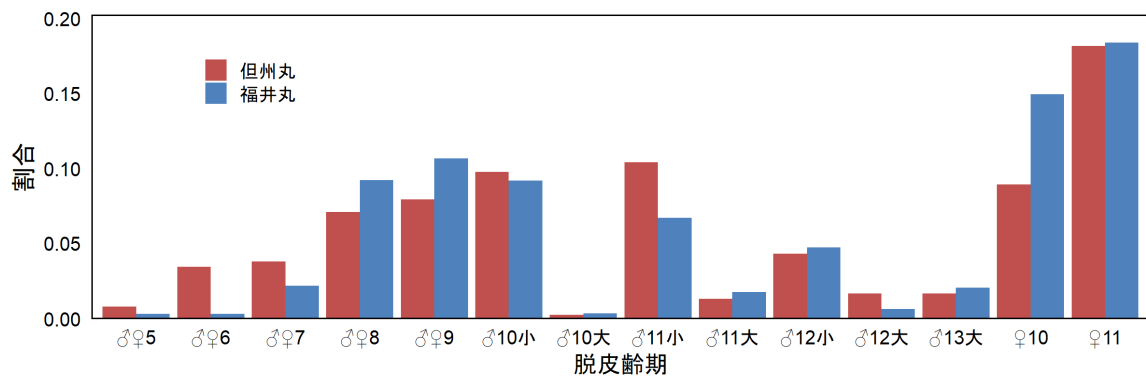
雄（上図）は甲幅 90 mm 以上、雌（下図）は 11 歳の現存量を示す。



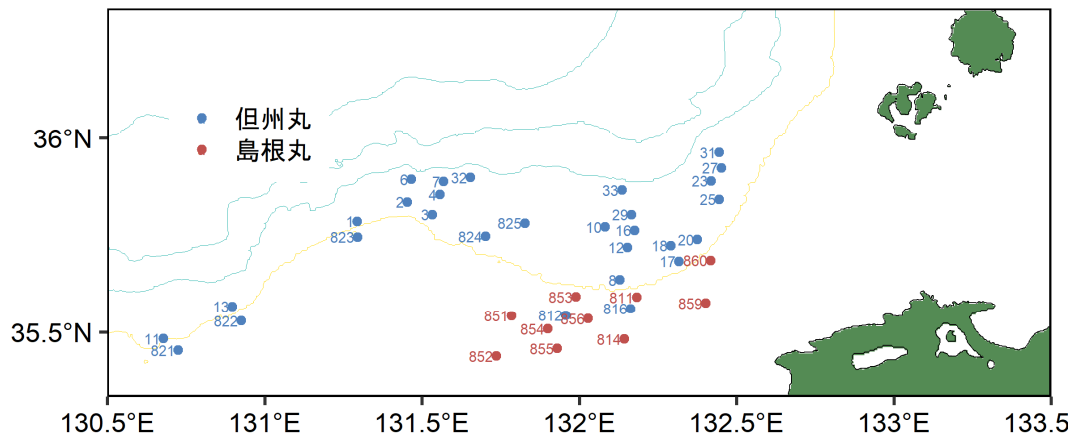
補足図 4-4. 隠岐西方（左図）および若狭沖（右図）での並行操業における調査点



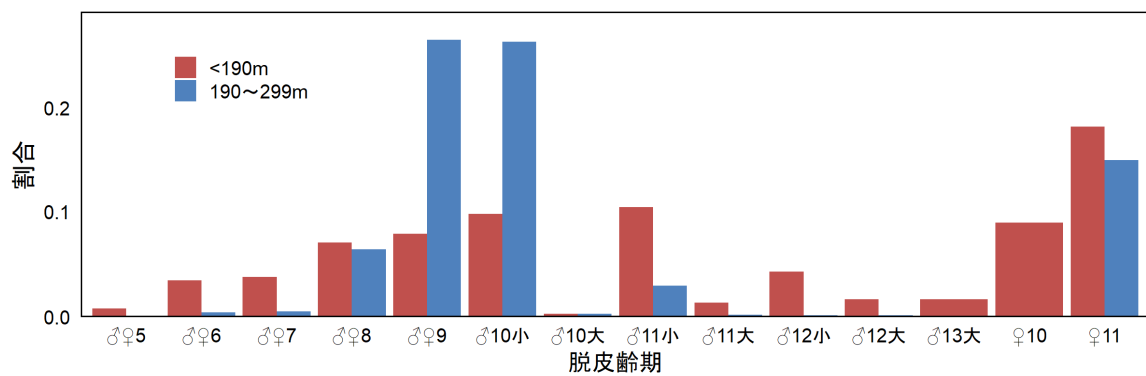
補足図 4-5. 隠岐西方の 12 調査点における結果に基づく脱皮齢期別現存量の割合



補足図 4-6. 若狭沖の 8 調査点における結果に基づく脱皮齢期別現存量の割合



補足図 4-7. 浜田沖と隠岐西方の水深 160～299 m の調査点



補足図 4-8. 浜田沖および隠岐西方の 160～189 m および 190～299 m における調査結果に基づく脱皮齢期別現存量の割合

補足資料 5 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)

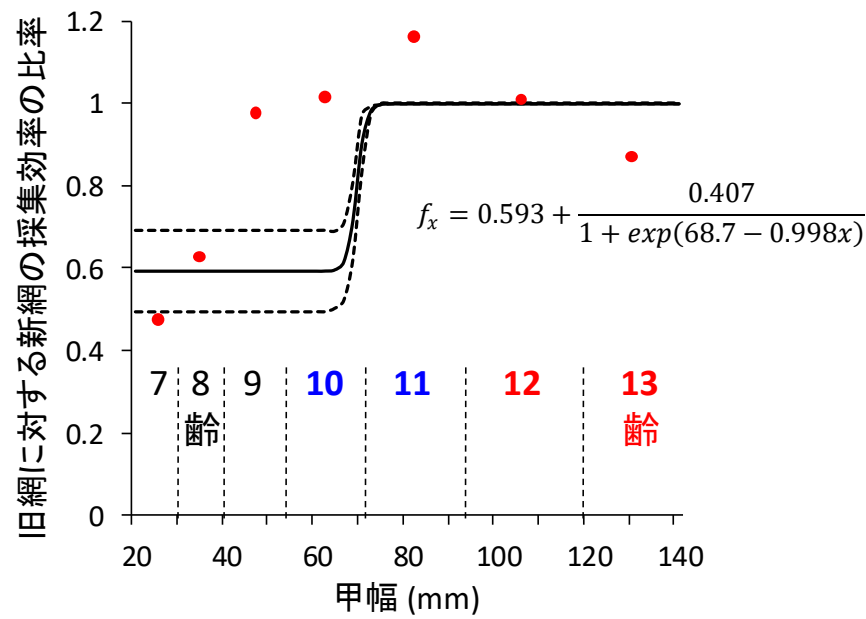
日本海ズワイガニ等底魚資源調査は、2014 年まで但州丸 (499 トン) により、NT-4 型着底トロール網 (旧網) を用いて行われてきたが、2015 年からは但州丸代船 (358 トン) を含む 350 トンクラスの調査船によっても円滑な漁撈作業が可能な、小型の NOB-81 型着底トロール網 (新網) を使用している。新網と旧網の採集効率の違いを明らかにするため、2014 および 2015 年に新網と旧網による並行調査を行った。

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 (f_x) 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 5-1 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 5-1 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 5-1)、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 5-1 に示す。



補足図 5-1. 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（右式）、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 5-1. 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 6 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 6-1）。

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 6-1. 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	2,730	1,134
1963	14,568			2000	3,521	2,471	756
1964	14,600			2001	3,501	2,513	1,001
1965	10,228		271	2002	3,735	2,890	896
1966	9,641		403	2003	4,155	3,131	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	3,711	4,062
1970	14,234	11,265	247	2007	4,978	3,891	4,817
1971	12,172	10,834	494	2008	4,434	3,171	3,019
1972	12,056	7,980	132	2009	3,913	2,959	2,372
1973	8,205	5,689	355	2010	4,058	3,057	2,606
1974	6,434	4,024	340	2011	3,810	3,016	2,567
1975	4,767	3,378	100	2012	3,822	2,825	2,317
1976	4,308	3,091	9	2013	3,550	2,488	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	2,263	1,570
1980	4,035	2,911	193	2017	2,774	2,126	1,869
1981	4,187	2,813	125	2018	3,213	2,223	2,184
1982	3,529	2,329	73	2019	2,386	1,889	2,136
1983	3,577	2,307	183	2020	2,318	1,695	1,729
1984	3,015	1,885	6	2021	1,945	1,352	1,974
1985	2,932	1,361	14	※2021年のA海域全体は概数値。 ※韓国の漁獲量のうちA海域の割合は不明。			
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				

補足資料 7 沖底漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

漁業依存情報である CPUE から資源量の年トレンド情報を得るには、月ごとの分布の違いや漁場の偏り等、時空間的な影響を統計的手法によって取り除く CPUE の標準化を行うことが適切と考えられる。本海域においてズワイガニは狙い魚種であり、狙いの程度は漁期、海域、船団（県籍）等に対応する。そこで、ズワイガニ日本海系群 A 海域の主要漁業である沖合底びき網漁業（以下、沖底）の漁獲成績報告書（以下、漁績）にもとづく CPUE 標準化を行い、資源量の年トレンドの抽出を試みた。漁績には漁獲量（1 航海あたり漁獲量、雌雄別）および漁獲努力量（1 航海あたり網数）が記載されている。CPUE 標準化では、島根県から富山県を根拠地とする沖底船レコードのうち、沖底中海区の中区および西区における操業情報を使用した。さらに、漁期にあたる 11 月～翌年 3 月のデータについて、1972 年漁期（1972 年 11 月～）以降、集計して用いた。これらの操業情報にはズワイガニの漁獲を含まない“ゼロキャッチ”データが一定数含まれる。そこで、ゼロキャッチの割合を推定する有漁確率モデルと、有漁時の CPUE を推定する有漁 CPUE モデルを用いて、それぞれ個別に標準化処理を実施するデルタ型モデル（Lo et al. 1992）を適用した。第 1 段階のモデルでは二項分布を仮定して有漁確率を、第 2 段階のモデルには対数正規分布を仮定して有漁 CPUE を、それぞれ一般化線形モデル（GLM）の枠組みにより推定した。いずれのモデルについても、説明変数を年（Year）、月（Month）、海区（Area）、これらの 1 次の交互作用、および県籍（Prefecture）（すべてカテゴリカル変数・固定効果）とし、有漁確率モデルではズワイガニ漁獲の有無を応答変数（残差が二項分布に従う）、有漁 CPUE モデルでは有漁時の CPUE の対数値を応答変数（残差が正規分布に従う）とした。

有漁確率モデル

$$\text{logit}(P) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{Year} \times \text{Area} + \text{Month} \times \text{Area} + \text{Year} \times \text{Month} + \text{Prefecture}$$

P は有漁確率。

有漁 CPUE モデル

$$\log(\text{CPUE}) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{Year} \times \text{Area} + \text{Month} \times \text{Area} + \text{Year} \times \text{Month} + \text{Prefecture}$$

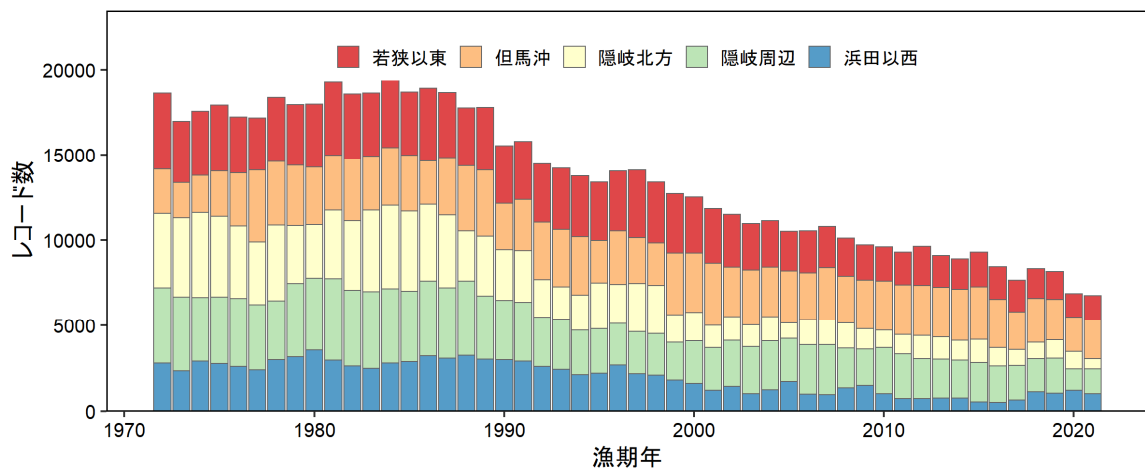
ここで、年は漁期年を示す。レコード数の偏りや交互作用の欠損を考慮しつつ海域ごとの漁業の特性を反映させるため、沖底小海区を浜田（浜田沖、迎日南部、迎日北部）、隠岐周辺、隠岐北方、但馬沖、若狭以東（若狭沖、加賀沖、能登沖）の 5 海区に集約して用いた（補足図 7-1）。ベイズ情報量基準（BIC）の総当たり法に基づくモデル選択を実施した結果、有漁確率モデルおよび有漁 CPUE モデルともに上述のフルモデルが選択された。残差プロット、QQ プロットおよび ROC 曲線等から、いずれのモデルも大きな問題を含まないと判断した（補足図 7-2）

雌雄別の有漁確率モデルおよび有漁 CPUE モデルについて年に対する最小二乗平均（LSMean）を求め（補足図 7-3）、両者を掛け合わせた値を平均値で除して標準化 CPUE とした（補足図 7-4）。なお、雌の漁期終期は 1972 年当時 1 月末日だったが、徐々に漁期が短縮され、現在は年内とされている。そこで、雌の LSMean は、現在と同様の自主的規制を想定し、11 月および 12 月についてのみ求めた。

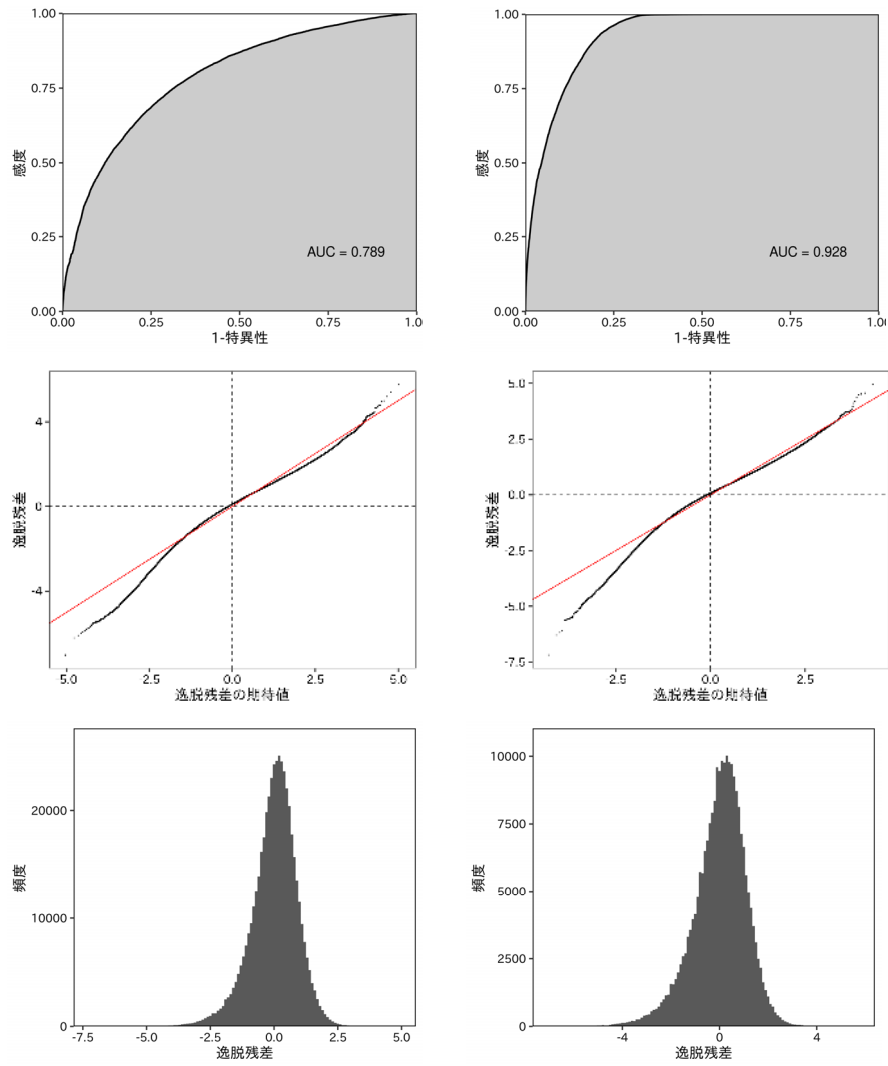
有漁確率は雌雄ともに漁獲が低迷した 1970 年代後半から 1990 年頃にかけて低く、近年に向かって徐々に上昇する傾向が見られた。また、有漁時の CPUE は 1970 年代から 1990 年頃にかけて低下したのち、2007 年まで上昇し、その後増減を伴いながら減少した。標準化 CPUE のトレンドは資源量とよく対応した（補足図 7-5）。一方、細かな動向の差異も認められ、例えば雄では 2018 年以降、ミズガニの漁獲抑制と対応する CPUE の抑制傾向が見られた。本海域の漁獲動向は資源の増減に加えて漁業者の自主的な資源保護の取り組みの影響を受けている。また、漁績では雄の漁獲量がカタガニ・ミズガニの合計値となっており、モデルの精度悪化につながっている可能性が高い。従って、CPUE 標準化の手法について今後も検討を継続することとした。モデル構築、標準化 CPUE およびモデル診断の詳細を別途説明文書（FRA-SA2022-RC04-101）に示す。

引用文献

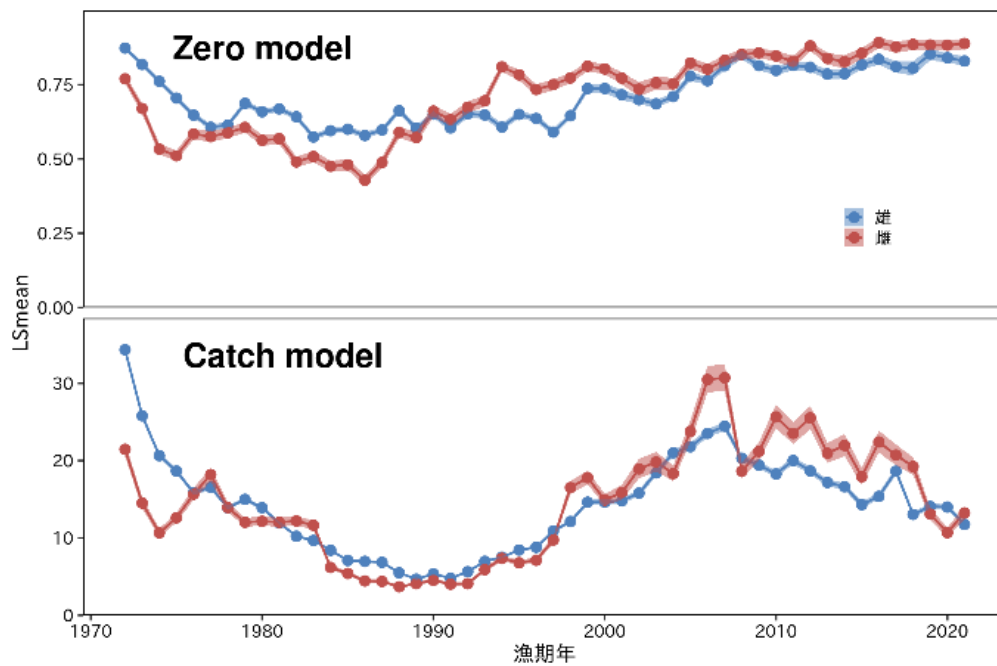
Lo, N. C., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models, Can. J. Fish. Aquat. Sci., **49**, 2515-2526.



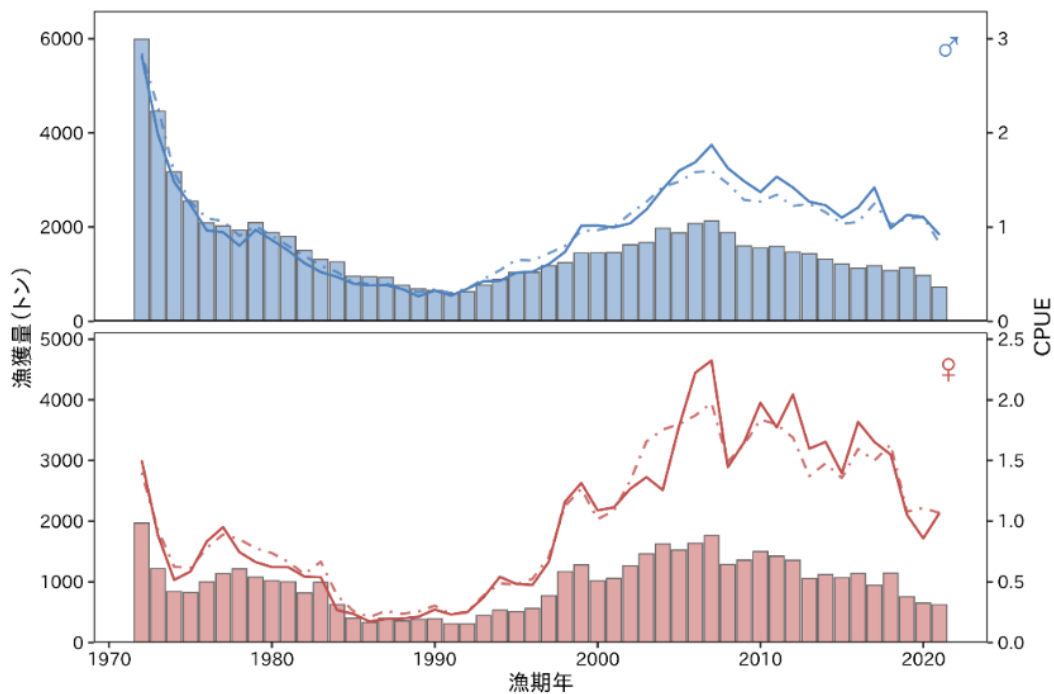
補足図 7-1. 本海域における漁績レコード数の経年変化 海区分けは上記本文に従う。



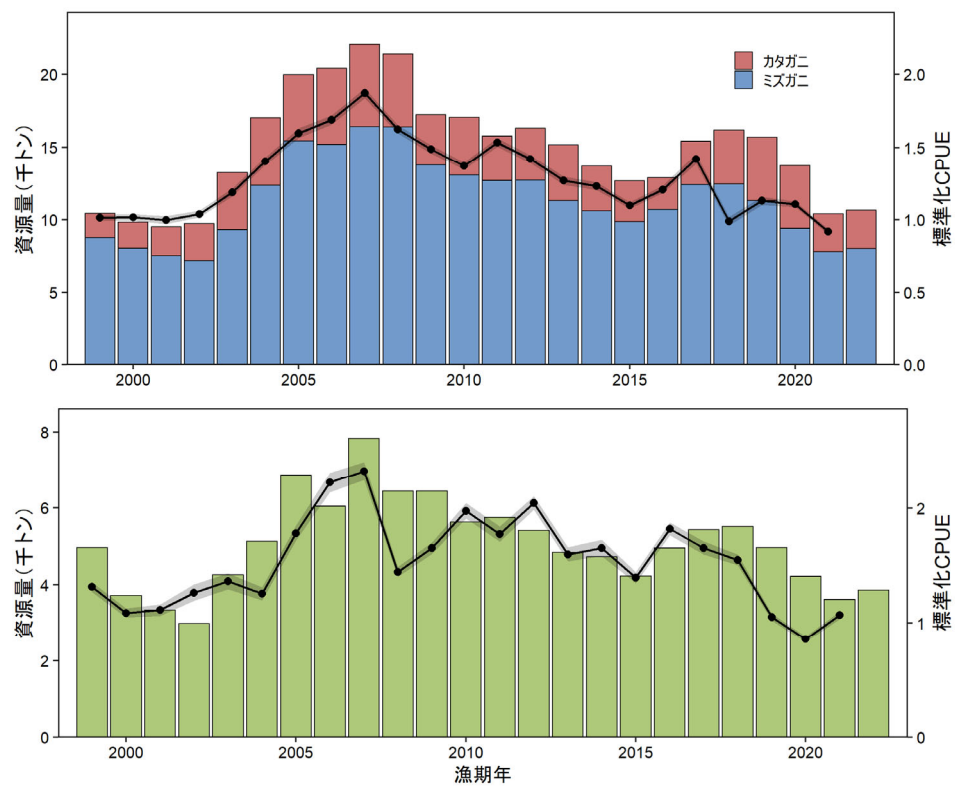
補足図 7-2. 雄（左側）および雌（右側）の有漁確率モデルに関する ROC 曲線（上段）、有漁 CPUE モデルの QQ プロット（中段）および逸脱度残差のヒストグラム（下段）



補足図 7-3. 雌雄別の有漁確率モデル（上）および有漁 CPUE モデル（下）について得られた最小二乗平均（LSMean） 影の範囲は 90%信頼区間を示す。



補足図 7-4. 雌雄別漁獲量（棒グラフ）、標準化 CPUE（実線）およびノミナル CPUE（点線） 標準化 CPUE およびノミナル CPUE はいずれもそれぞれの平均値で除して基準化した。



補足図 7-5. 雄（上）および雌（下）の標準化 CPUE（折れ線）ならびにトロール調査に基づく資源量（棒グラフ） 折れ線の影の範囲は 90%信頼区間を示す。