

令和 7（2025）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（佐久間啓・木下 堇・白川北斗・
内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・井桁庸介・秋田鉄也・平尾 章）
水産技術研究所 養殖部門（山本岳男）

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

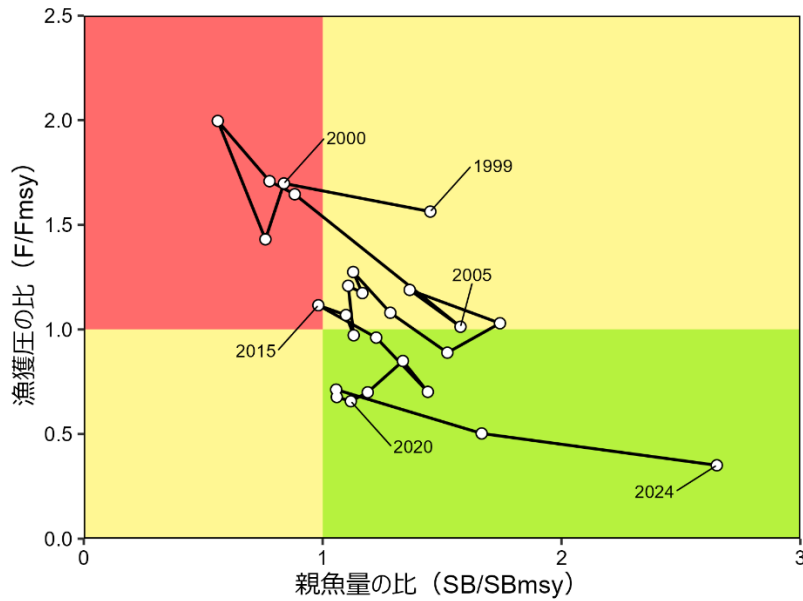
要 約

本系群 A 海域（富山県以西）の資源状態について、1999～2025 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、2002 年に最低となった後、2003 年から 2007 年まで増加し、以後 2022 年までゆるやかに減少した。しかし、2023 年からは増加に転じ、2024 年は 2.4 万トンであった。親魚量も資源量同様の年変化を示し、2024 年の親魚量は 6,886 トンであった。齢期別現存尾数に基づく加入量は雌で 2023 年から 2024 年にかけて、雄で 2024 年から 2025 年にかけて、それぞれ増加したのち、その後はいずれも減少すると予想される。

令和 7 年度の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において、本系群には残差の自己相関を考慮したホッケー・スティック型の再生産関係が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は 2.6 千トンである。この基準に従うと、本系群の 2024 年の親魚量は、MSY を実現する水準を上回る。また、本系群に対する 2024 年の漁獲圧は SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を上回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2020～2024 年）の推移から「増加」と判断される。

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

要 約 図 表



最大持続生産量 (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 (SBmsy)	2.6 千トン
2024 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る (2.64 倍)
2024 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る (0.35 倍)
2024 年の親魚量の動向	増加
MSY	2.9 千トン
2026 年の ABC	-
コメント： ・ ABC は、本系群の漁獲シナリオが「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」を経て定められた後に算定される。 ・ 加入尾数は増加傾向にあるが、雌では 2025 年、雄では 2026 年にそれぞれ減少の見込み。 ・ 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。	

直近 5 年と将来 2 年の資源量、親魚量、漁獲量、F/Fmsy、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 (%)
2020	13.5	2.9	2.2	0.66	16.5
2021	12.3	2.8	1.9	0.68	15.3
2022	12.1	2.7	2.0	0.71	16.5
2023	16.1	4.3	2.0	0.50	12.5
2024	23.6	6.9	2.2	0.35	9.5
2025	27.8	7.1	3.7	0.52	13.2
2026	24.7	-	-	-	-
・ 2025、2026 年の値は、将来予測に基づく平均値である。 ・ 2025 年の F には直近 3 年間 (2022～2024 年) の平均値を仮定した。 ・ 現状の漁獲圧が維持されると仮定した場合、2026 年の漁獲量は 3.7 千トンである。 ・ 親魚量は漁期後の雌の資源量、F 値は雌に対する値、資源量、漁獲量および漁獲割合は雌雄合計の値である。					

English tile (authors)

Stock assessment and evaluation for Snow crab Sea of Japan Stock Area A (fiscal year 2025).

(Kay Sakuma, Sumire Kinoshita, Hokuto Shirakawa, Taiga Naito, Nobuhiko Sato, Tetsuya Akita, Akira Hirao, Takeo Yamamoto)

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、水産機構)
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: https://www.fips.go.kr) 全国底曳網漁業連合会資料(全国底曳網漁業連合会 2024)
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(水産機構)
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 ゴエア期、第 2 ゴエア期、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)。集団遺伝学的解析により、日本海および太平洋北部に分布するズワイガニでは、距離による隔離(Isolation by distance)の効果が見られず、対馬暖流の勢力下で日本海系群を上流とする長距離分散が生じている可能性があることが示されている(佐久間ほか 2024)。一方、これらの海域とオホーツク海では、ズワイガニの集団間の遺伝子流動が制限されていると示唆されている。

(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 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、漁獲開始時点（11 月）で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：7. その他）。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が禁止されている。

(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 11）。

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、雌雄銘柄別に集計した（図 3-2、補足表 2-1）。本評価は 7 月～翌年 6 月の漁期年単位で行い、これ以降、年の記述は断りがない限り漁期年を示す。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 2018 年まで減少した。ミズガニの漁獲量はその後、150 トン前後で推移し、2024 年は 154 トンであった。カタガニは 2008 年の 1,920 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 年の 1,410 トンから 2021 年の 908 トンまで減少したが、以後増加傾向にあり、2024 年は 1,102 トンであった。雌ガニは 2001 年以降増加し、2007 年には 2,085 トンとなったが、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ったが、2022 年以降は増加に転じ、2024 年は 964 トンであった。2024 年の雌雄込みの漁獲量は 2,220 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 2023 年は雄で 4.2 万網、雌で 2.1 万網、雌雄全体で 4.3 万網であり、いずれも過去最低であった。

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獲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、9）。若齢の観測尾数に基づく前進計算により、雄 12 齢ミズガニ、雌 11 齢クロコの予測を行った。

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 13）。

(2) 資源量指標値の推移

平均値で除して規格化した標準化 CPUE は、雌雄ともに 1972 年以降低下し、雄では 1989 年（0.28）に、雌では 1986 年（0.21）に、それぞれ過去最低となった（図 4-1、表 3-3、補足資料 13）。その後、標準化 CPUE は雌雄ともに 2007 年（雄 1.83、雌 2.25）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 2023 年（0.87）に、雌では 2020 年（0.80）に、それぞれ 2000 年代以降で最低となった。雌雄ともにその後回

復し、2024 年は雄で 1.03、雌で 1.68 であった。

(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 2-1）。

13 齢カタガニの漁獲尾数は 2007 年をピークに減少傾向にあり、2019 年に一旦増加したものの、2020 年以降、再び減少傾向にある。また、12 齢カタガニの漁獲尾数は 2013 年をピークに減少傾向にあったが、2021 年に最低となって以降は増加している。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、大幅に減少している。

雌の漁獲尾数は A 海域全体の漁獲量を個体あたり重量（11 齢雌、177 g）で除して求めた。雌の漁獲尾数は長期的に減少傾向にある。近年では、2021 年に過去最低値となったのち、2022 年以降は漁獲尾数が増加している。

(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 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おり、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 10）。

漁獲開始は 11 月であり、トロール調査の実施時期は漁期後の 4～6 月である（図 2-3）。一方、将来の資源量については、7 齢以降は 1 年に 1 回、脱皮を行うことから、2024 年漁期（2024 年 11 月～）後の調査時点（2025 年 5～6 月）で最終脱皮前の個体は、2025 年漁期（2025 年 11 月～）までに最大 1 回、2026 年漁期（2026 年 11 月～）までに最大 2 回の脱皮を行う。2024 年漁期後の調査結果（2025 年 4～6 月）では、2025 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）の観測尾数が少なかった。一方、雄では 10～12 齢、雌では 10 齢およびアカコが多かった。これらはそれぞれ、2026～2028 年漁期の 13 齢カタガニおよび 2025～2026 年漁期のクロコに相当する。従って、来漁期も 2024 年漁期に引き続き高い資源状態が維持されると見込まれる。

(5) 資源量と漁獲圧の推移

漁獲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）。漁獲開始時点の資源量（図 4-4、4-5、補足表 2-5）は、2002 年に 1.2 万トンであったが、2007 年には 2.3 万トンまで増加した。2008 年以降は減少し、2015 年には 1.4 万トンとなった。その後、資源量は 2016～2018 年にかけて増加したものの、以降、2022 年の 1.2 万トンまで減少した。2024 年は回復し、2.4 万トンであった。

親魚量も資源量と同様、2002～2007 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 2-8)。その後、親魚量は 2017 年にかけて増加したのち、再び減少傾向となったが、2023 年以降は増加しており、2024 年は 6.9 千トンであった。2025 年漁期後には 8.6 千トンになると見込まれ、これは 1999 年以降の最高値である。なお、ここで親魚量は雌の漁期後資源量である。

漁獲開始時点の資源量と当該漁期の漁獲量より漁獲割合（補足表 2-6）と漁獲係数（F）（図 4-7、補足表 2-7）を求めた。全体の漁獲割合および F 値は長期的に下降傾向にある。カタガニの F 値はいずれも高いものの、2010 年代以降、13 齢では横ばいで推移したのに対し、12 齢ではカタガニの自主的甲幅規制等の影響により下降傾向にある。ミズガニの漁獲割合および F 値はいずれも齢期によらず下降傾向にあり、直近年はかなり低い。雌でも近年特に漁獲割合および F 値の低下が顕著であり、2024 年は過去最低値となった。

(6) 今後の加入量の見積もり

コホート解析により、2025 年以降の漁期開始時点の加入尾数を求めた（図 4-8、補足表 2-9）。この際、当年漁期開始時点の雄の加入尾数は、前年の漁期開始時点（11 月）の 11 齢未熟から遷移率（補足表 2-10）を用いて前進計算した 12 齢ミズガニ（成熟および未成熟）の資源尾数、雌では同様に前年の漁期開始時点の 10 齢未熟から遷移率を用いて前進計算した 11 齢アカコの資源尾数とした。なお、アカコは当該漁期には漁獲加入しないが、漁獲可能となるクロコには複数の年級群が含まれるため、便宜的に単一年級群を代表する雌の加入量として扱った。翌年以降についても同様に遷移率を用いて前進計算により予測した（補足資料 2）。

雄の加入尾数（雄 11 齢未熟の現存尾数）は 2022 年以降増加傾向にあり、2024 年は、2600 万尾であった。2025 年に 2,540 万尾と高い水準を維持したのち、2026 年には 1,660 万尾、2027 年には 880 万尾、2028 年には 720 万尾と減少が見込まれる。

雌の加入尾数（雌 10 齢の現存尾数）も 2020 年の 1,650 万尾から 2023 年の 4,340 万尾まで大きく増加した。その後、2024 年も 4,230 万尾と高い水準を維持したのち、2025 年以降は減少に転じると予測された。

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）。海洋同化モデル JADE2（Hirose et al., 2013、Igeta et al., 2023）にもとづく粒子追跡実験の結果、本海域におけるズワイガニ資源の変動が海洋構造と関連することが強く示唆された（佐久間ほか 2024）。隠岐海脚東方に分布する暖水渦が、主産卵域である隠岐周辺海域から孵出した幼生を補足し、日本海西部海域に留めることで着底総数の増加に寄与すると考えられる（補足資料 15）。

(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 齢クロコで 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漁

期開始時点（11 月）の 8 齢から資源計算を開始した。ここで、混獲死亡率は資源計算における仮定同様、漁獲圧の 0.4 倍とした。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、増加傾向にあり、2024 年は 43.8%となった（補足表 6-3）。現状の漁獲圧として直近 3 年間（2022～2024 年）の平均 F 値から %SPR を算出すると 35.5%となった。

最大持続生産量 MSY を実現する親魚量水準（SBmsy）を維持する F（Fmsy）に対する YPR と %SPR の関係を図 4-10 に示す。ここで雌の F に対する齢期銘柄別 F の選択率には、過去 3 年平均の F に基づく値を適用した（補足表 5-1）。Fmsy は、%SPR に換算すると 17.6%に相当する（補足表 6-2）。現状の漁獲圧（F2022-2024）は、Fmsy や F30%SPR を下回り、F40%SPR に近い値である。また、YPR 管理の観点からも、F2022-2024 は Fmax を下回っている。

（8）再生産関係

令和 7 年 9 月に公開された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において、本海域の親魚量（重量）と加入量（尾数）との関係（再生産関係）にはホッカー・スティック（HS）型再生産関係式が用いられている（図 4-11、佐久間ほか 2025）。再生産関係のパラメータ推定に使用されたデータは、本年度の資源評価に基づく親魚量・加入量であり、最適化手法には最小絶対値法が用いられている。加入量の残差には自己相関が考慮され、再生産関係式のパラメータが推定されたのち、自己相関係数が事後的に推定されている。なお、残差の自己相関は本系群の加入動向に影響する日本海西部の海洋環境における漸次的変化（補足資料 15）に起因するものと考えられる。再生産式の各パラメータを補足表 6-1 に示す。

（9）現在の環境下において MSY を実現する水準

令和 7 年 9 月に公開された管理基準値等に関する研究機関会議資料（佐久間ほか 2025）で示された現在（1999 年以降）の環境下における最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量（SBmsy）、および SBmsy を維持する F（Fmsy）を補足表 6-2 に示す。

（10）資源の水準・動向および漁獲圧の水準

本系群における 2024 年の親魚量は 6.9 千トンであり、MSY を実現する親魚量（SBmsy）を上回る（図 4-12）。2024 年の親魚量は SBmsy の 2.64 倍である（補足表 6-3）。また、2024 年の漁獲圧は、SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、Fmsy の 0.35 倍である。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、直近 5 年間（2020～2024 年漁期）の推移から「増加」と判断される。なお、本系群の親魚量は海洋環境の変動に伴う加入量の変化により大きく変動してきたが、2000 年から 2004 年および 2015 年を除く全ての年で SBmsy を上回っていた。ま

た本系群に対する漁獲圧は漸次的に低下しており、2008 年、2013 年および 2016 年以降全ての年で F_{msy} を下回っていた。

5. 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沖底の標準化 CPUE は、雌雄ともに 1972 年以降低下した。1990 年代以降、標準化 CPUE は雌雄ともに上昇したが、いずれも 2007 年をピークに緩やかに低下した。雄では 2023 年に、雌では 2020 年に、それぞれ 2000 年以降最低値となったが、2024 年は雌雄ともに増加した。

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 年から 2022 年にかけて減少したのち、2025 年にかけて再び増加した。親魚量も資源量とほぼ同様に推移しており、2024 年の親魚量は MSY を実現する水準 (SB_{msy}) を上回っている。親魚量の動向は近年 5 年間 (2020～2024 年) の推移から「増加」と判断される。また、2024 年の漁獲圧は SB_{msy} を維持する漁獲圧 (F_{msy}) を下回った。

6. 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が設けられている (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いることに加え (Yamasaki 2002、森山 2011、三浦ほか 2014)、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)。

(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 2～3 月) および雌 (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。

A 海域のズワイガニは、解禁直後である 11 月の努力量が最も多く、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 月にミズガニの混獲死亡が多くなっている (上田ほか 2016)。2020 年に新たな資源管理体制へ移行して以降、混獲死亡を低減するための取り組みは 2010 年代以前と比較して大きく進歩しており、2025 年漁期は兵庫・鳥取両県の底びき網漁業において 11 月に 108 時間に及ぶ公休が設定される見込みとなった。今後混獲死亡の影響を定量化し、資源評価に反映させることで、より漁業の実態に即した資源評価が可能になる

と見込まれる。

(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 4,817 トンとなったが、その後減少し 2022 年は 1,937 トンであった（図 6-1、補足表 11-1）。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、<https://www.jfa.maff.go.jp/sakaiminato/kantoku/ihansougyou.html>, 2025/8/27）による漁獲も含まれていると考えられる。

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。加えて、暫定水域内の設置型漁具はトロール調査の支障となっており、資源評価精度向上の妨げとなっている。以上のことから、日韓漁業協定に基づき、両国間で建設的な協議が行われ、日韓暫定水域等における適切な資源管理措置が講じられることが必要である。

7. 引用文献

- Hirose, N., Takayama, K., Moon, J.-H., Watanabe, T., Nishida, T. (2013) Regional data assimilation system extended to the east Asian marginal seas. UMI Sora (Sea and Sky), **89**, 1-9.
- Igeta, Y., C. Sassa, M. Takahashi, M. Kuga, S. Kitajima, T. Wagawa, S. Abe, C. Watanabe, T. Setou, H. Nakamura and N. Hirose (2023) Effect of interannual variations of Kuroshio–Tsushima Warm Current system on the transportation of juvenile Japanese jack mackerel (*Trachurus japonicus*) to the Pacific coast of Japan. Fish. Oceanogr., **32**, 133-146.
- 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.
- 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.
- 佐久間啓・木下 堇・白川北斗・内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・井桁庸介・秋田鉄也・平尾 章・山本岳男 (2025) 令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2025-BRP04-01.
- 佐久間啓・吉川 茜・白川北斗・内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・秋田鉄也・平尾 章 (2024) 令和 5 (2023) 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. 1-38. FRA-SA2024-AC015. <https://abchan.fra.go.jp/>
- 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.
- 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 moults 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 (2024) 2023 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.



図 2-1. ズワイガニ日本海系群 A 海域の分布

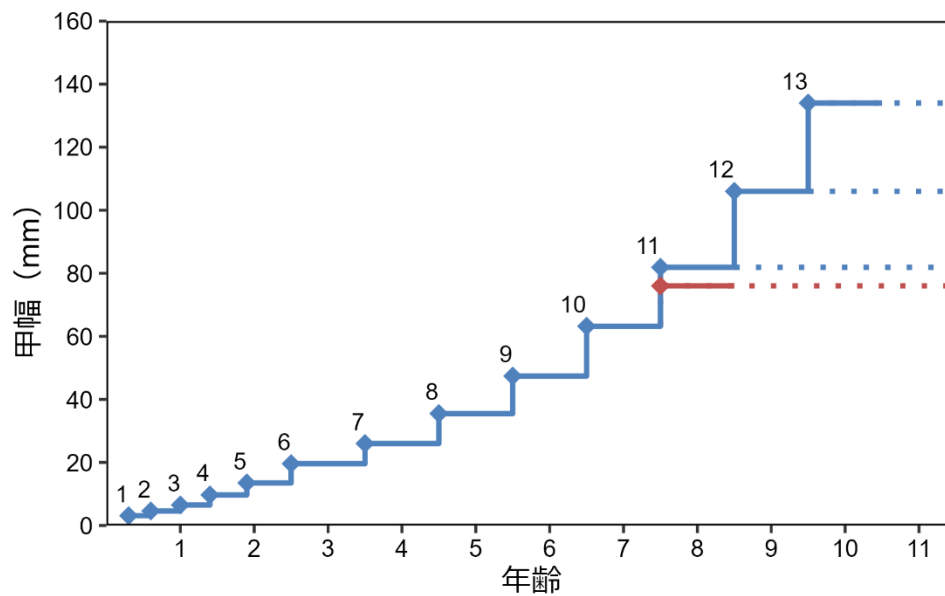


図 2-2. ズワイガニの年齢、脱皮齢期および甲幅の関係

雄・雌をそれぞれ青線および赤線にて示した。雄・雌の実線、点線はそれぞれミズガニ、カタガニ、およびアカコ、クロコを、数字は脱皮齢期を示す。10 齢までは雌雄共通である。

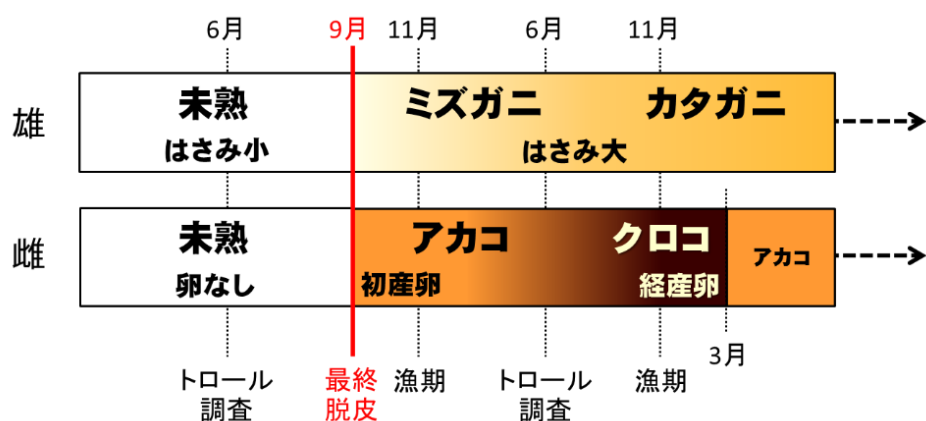
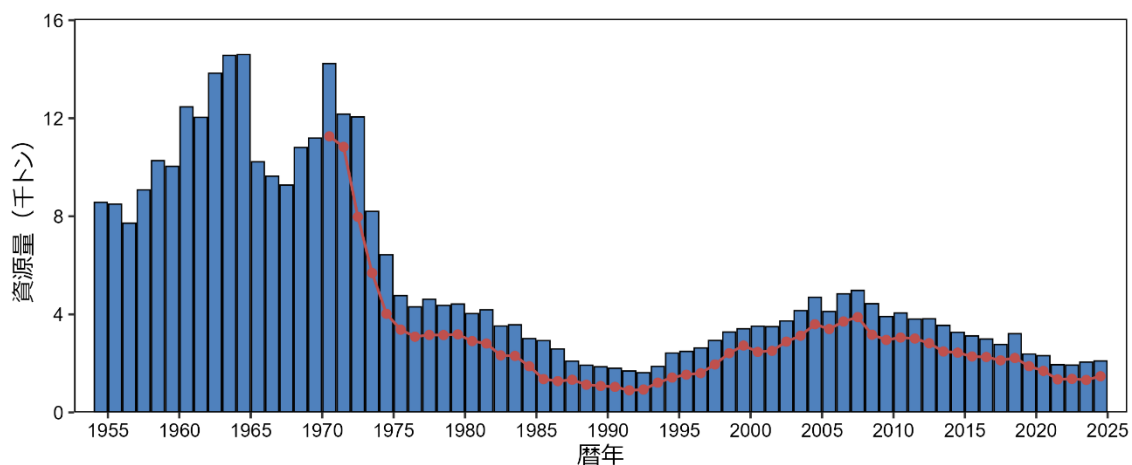


図 2-3. ズワイガニの生活史と漁獲の模式図

- ・ 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
沖底の漁獲成績報告書による漁獲量(漁期年、赤折れ線)

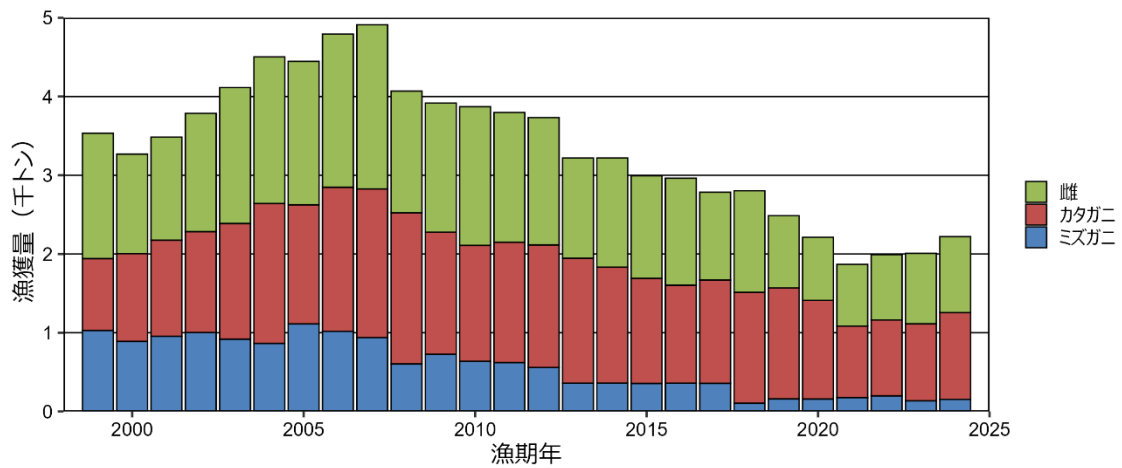


図 3-2. 雌雄別（雄はカタガニ・ミズガニ別）の漁獲量（漁期年、県統計）

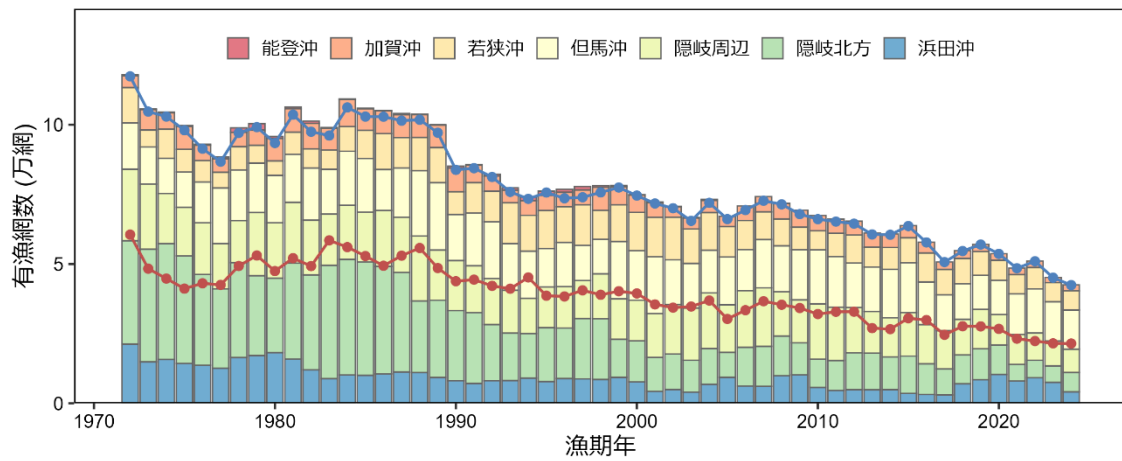


図 3-3. 沖底の漁獲成績報告書に基づく有漁網数 雄（折れ線、青）、雌（折れ線、赤）および雄雌込み（棒グラフ、小海區別）の値を示す。

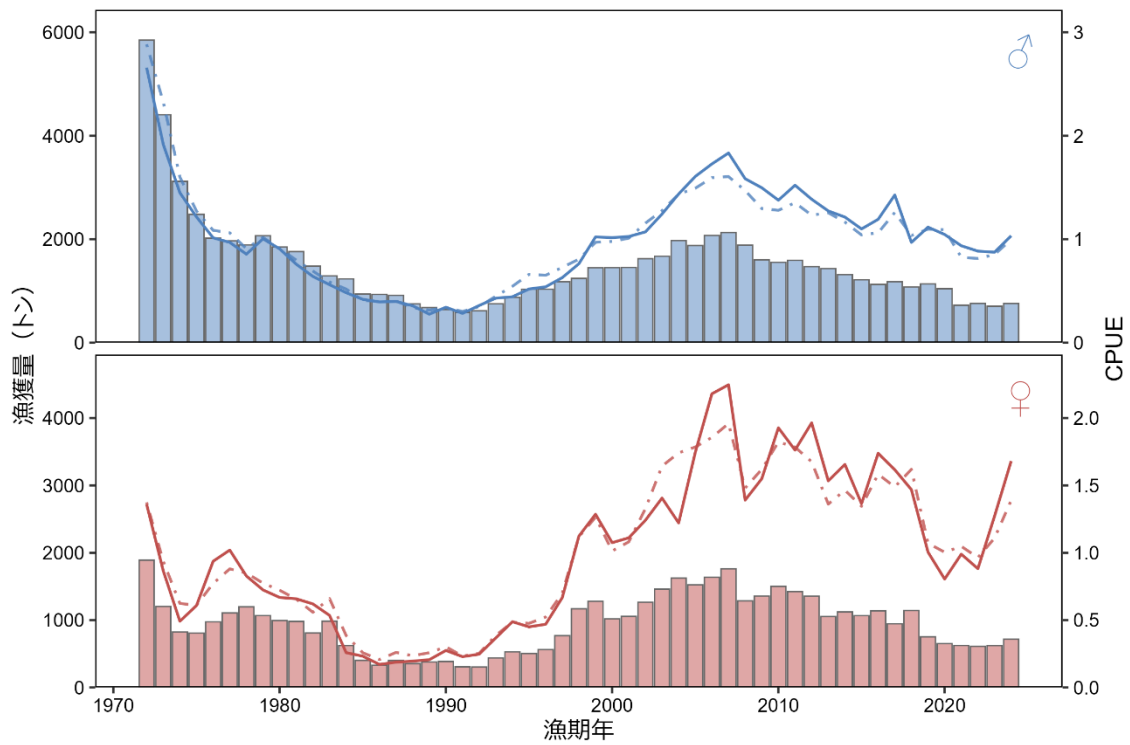


図 4-1. 沖底漁績にもとづく雌雄別漁獲量（棒グラフ）、標準化 CPUE（実線）およびノミナル CPUE（破線） 標準化 CPUE およびノミナル CPUE はいずれも平均値で除して規格化した値を示す。

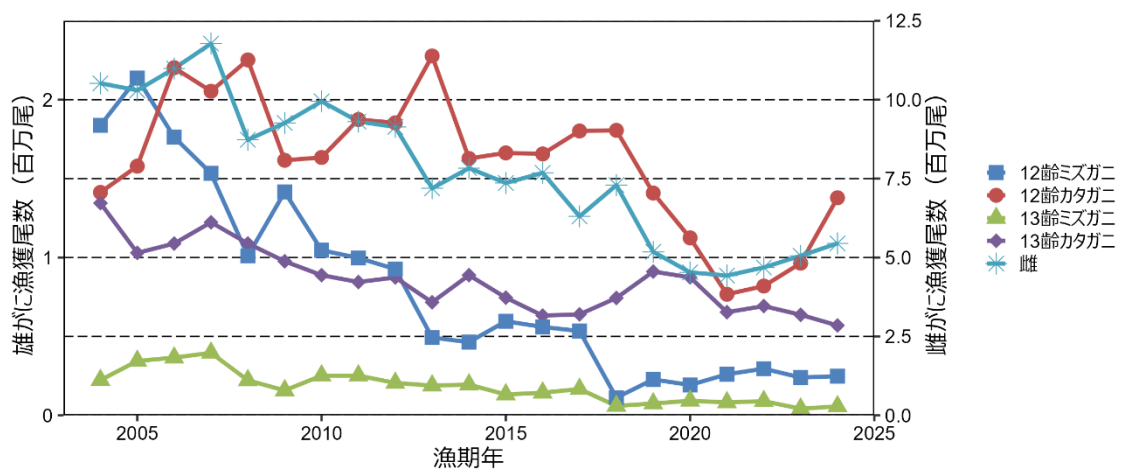


図 4-2. 本海域における銘柄別漁獲尾数

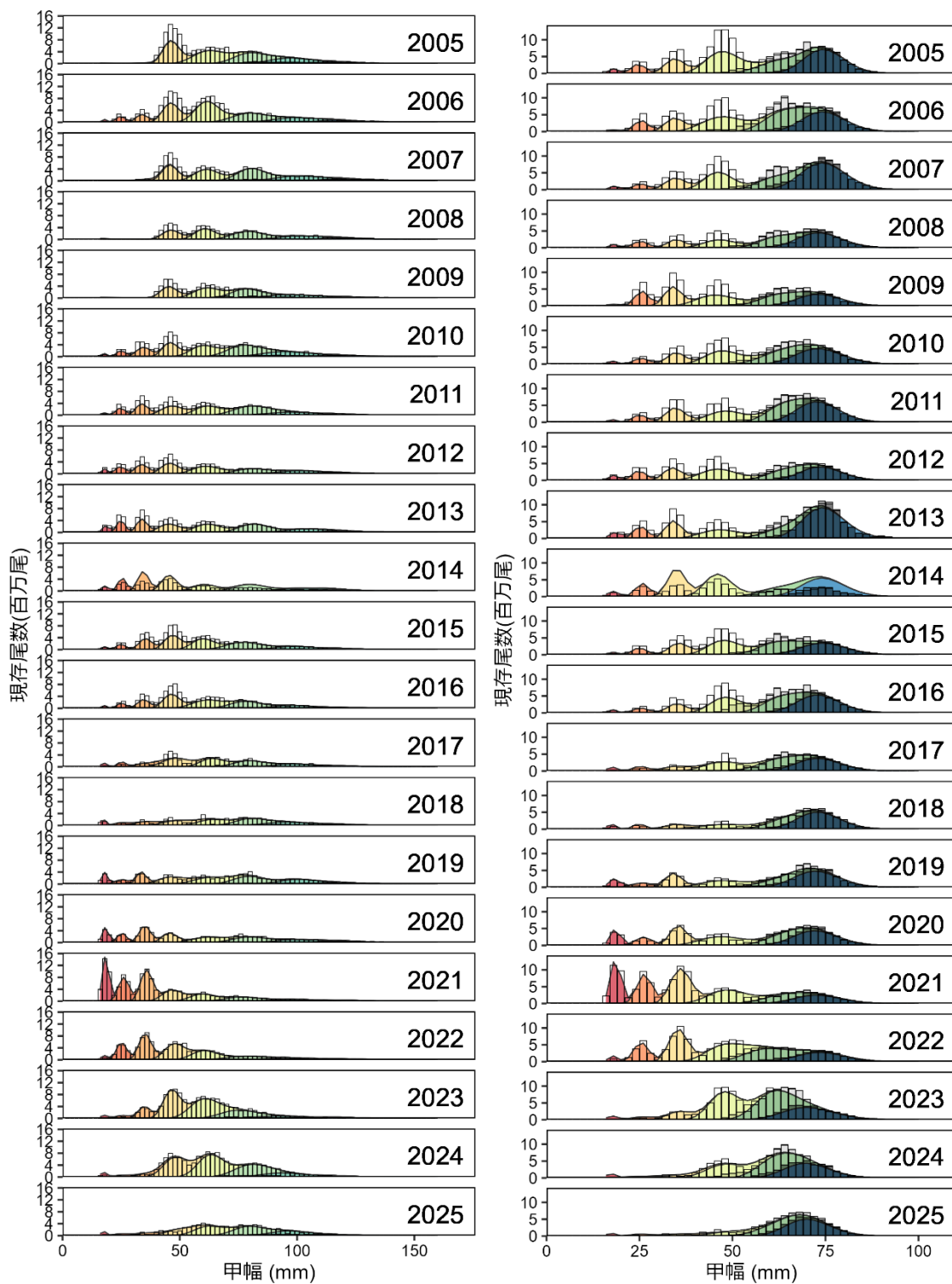


図 4-3. トロール調査から推定された甲幅組成 (左側が雄、右側が雌)

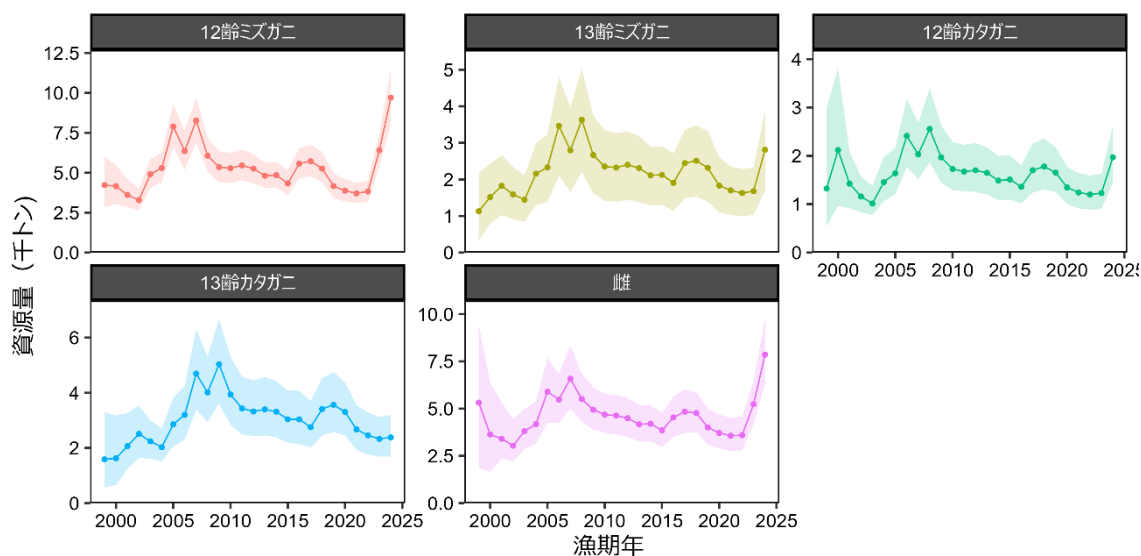


図 4-4. トロール調査結果に基づくコホート解析により推定された漁獲開始時点の資源量
実線および網掛け部分にてベイズ推定に基づく齢期銘柄別資源量の平均値および
90%事後確率区間をそれぞれ示す。

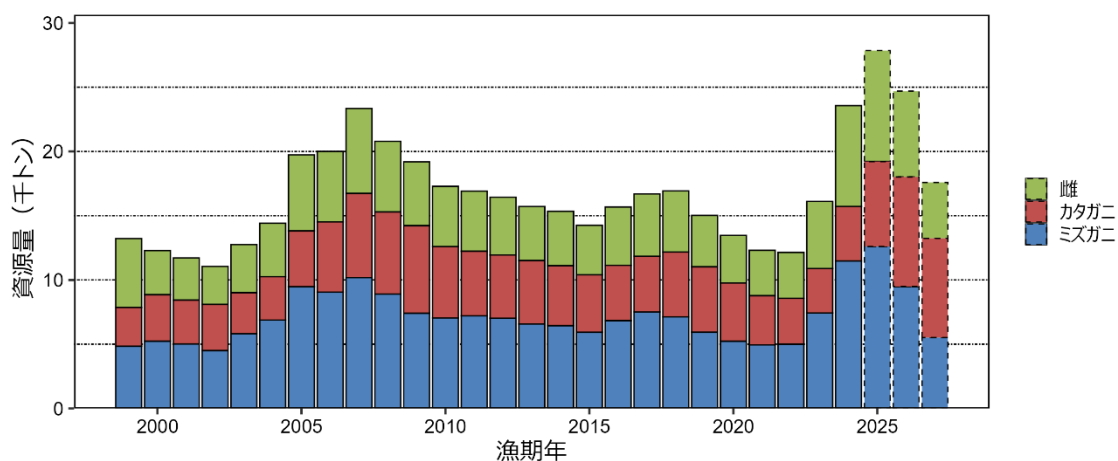


図 4-5. トロール調査結果に基づくコホート解析により推定された漁獲開始時点の資源量
ミズガニとカタガニは 12 歳と 13 歳の合計を、雌は 11 歳クロコをそれぞれ示す。
2025 年以降の値（枠点線）は現状の漁獲圧を仮定した前進計算に基づく予測値。

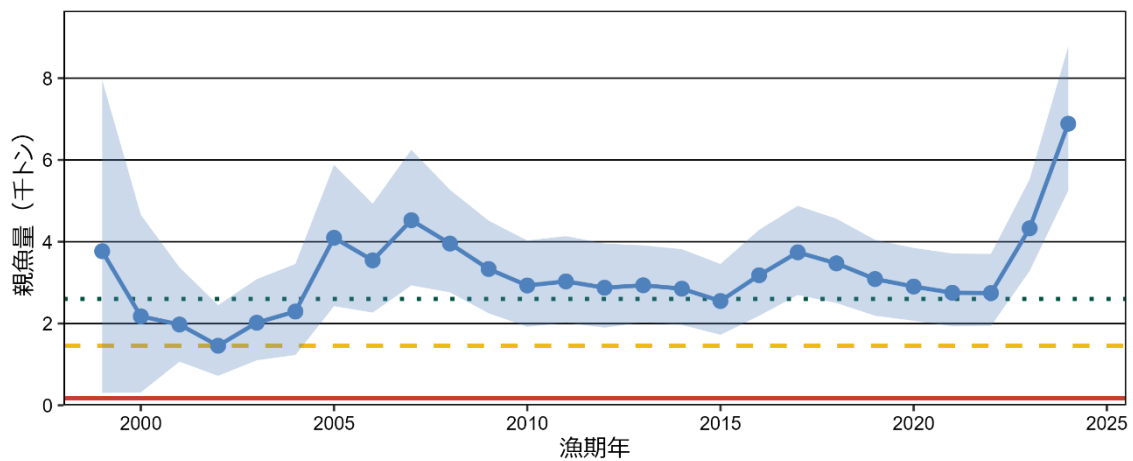


図 4-6. 親魚量の経年変化

実線および網掛け部分にてベイズ推定に基づく平均値および 90%事後確率区間を、それぞれ示した。緑点線、黄色鎖線、赤実線はそれぞれ SBmsy、過去最低の親魚量 (SBmin) および SB0.1 を示す。本海域の親魚量は雌の漁期後資源量である。

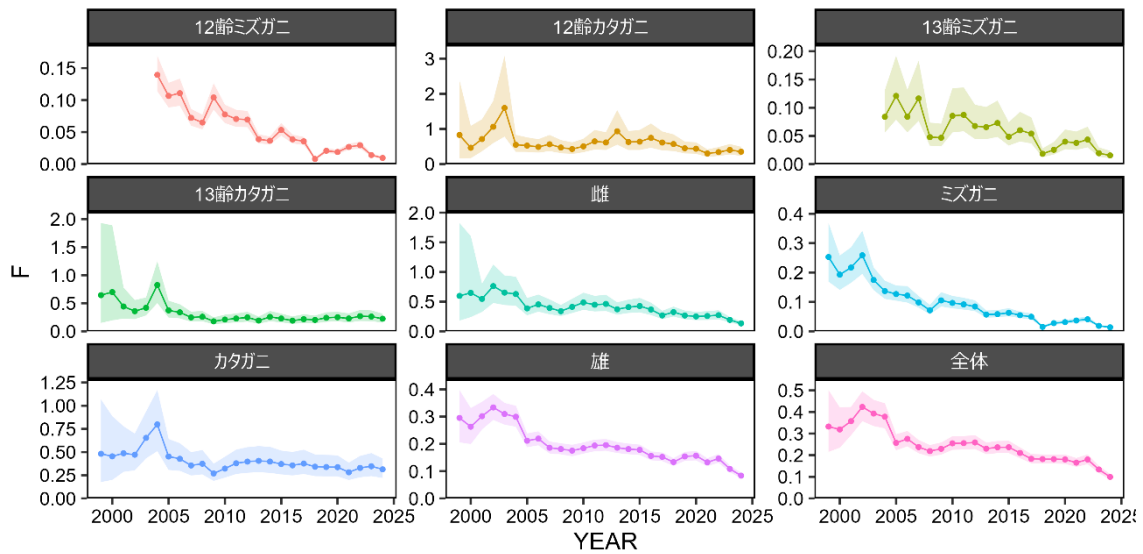


図 4-7. 齢期・銘柄別漁獲係数 (F)

点線および網掛け部分にてベイズ推定に基づく平均値および 90%事後確率区間。

1999 年から 2003 年までのミズガニ齢期別漁獲尾数が不明なため、プロットから外した。

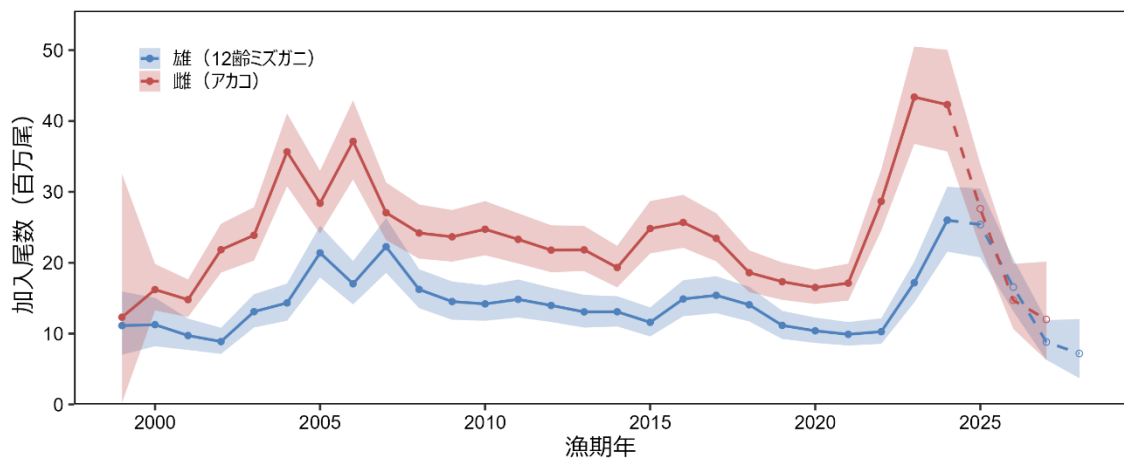


図 4-8. 雄 11 齢および雌 10 齢の加入尾数 (百万尾)

実線および網掛け部分はベイズ推定に基づく平均値および 90%事後確率区間。漁期開始時点 (11 月) の雄の 12 齢ミズガニ (未熟・成熟) および雌の 11 齢アカコをそれぞれ加入尾数とした。コホートモデルの解析期間を実線で、将来予測期間を点線で示した。将来予測においては現状と同程度の混獲死亡を仮定した。

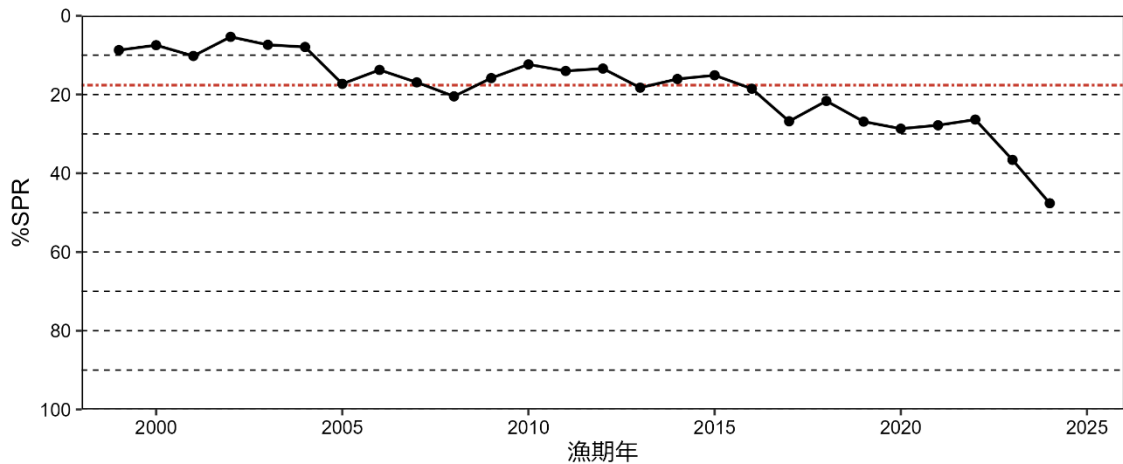


図 4-9. 漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移 赤の一点鎖線で F_{msy} に相当する %SPR を示した。

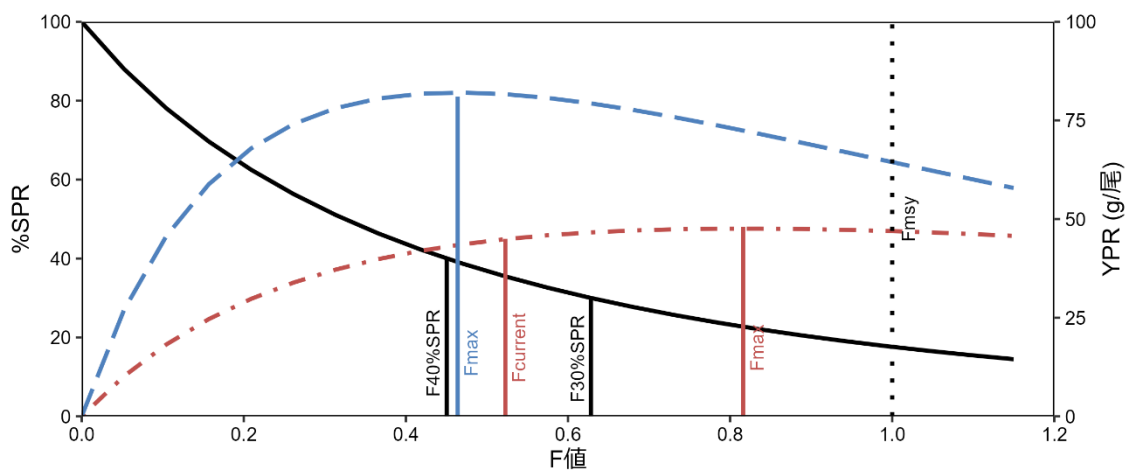


図 4-10. F_{msy} に対する YPR (雌雄別) と %SPR の関係

%SPR (黒実線) は雌の F に基づき、雄の F と F_{msy} の関係は現状の漁獲圧 ($F_{2022-2024}$) の銘柄別選択率 (雌・カタガニ) に基づく。雄と雌の YPR はそれぞれ青破線および赤一点鎖線により示した。本系群の F は雌の F であり、雌についてのみ現状の漁獲圧 ($F_{current}$) を示した。

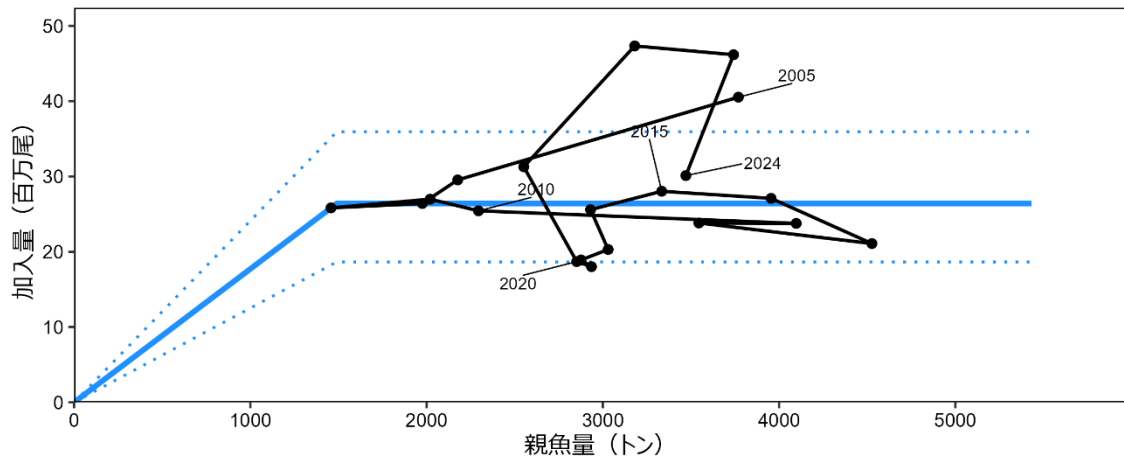


図 4-11. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 令和 7 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（佐久間ほか 2025）で提案された再生産関係式。青実線および破線は採択されたホッケースティック型再生産関係式、および観測データの 90% が含まれると推定される範囲。黒点は親魚量および加入量の観測値。図中の数字は加入年を示す。本海域では親魚による産卵（漁期後、2～4 月）から加入（漁期開始時点の 10 齢、11 月）までの期間を 6 年と仮定しており、1999～2018 年における親魚量が、2005～2024 年の加入量に対応する。

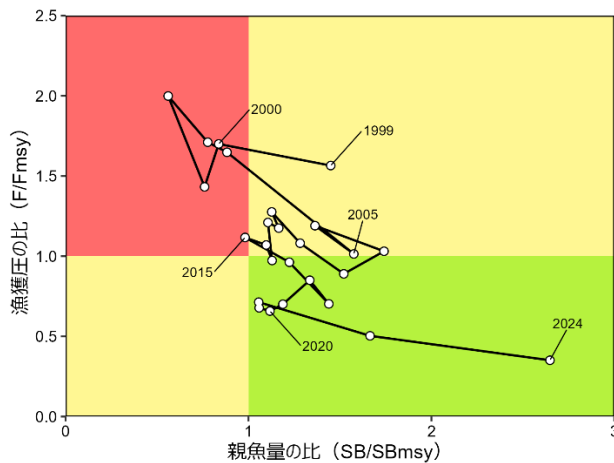


図 4-12. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）と MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

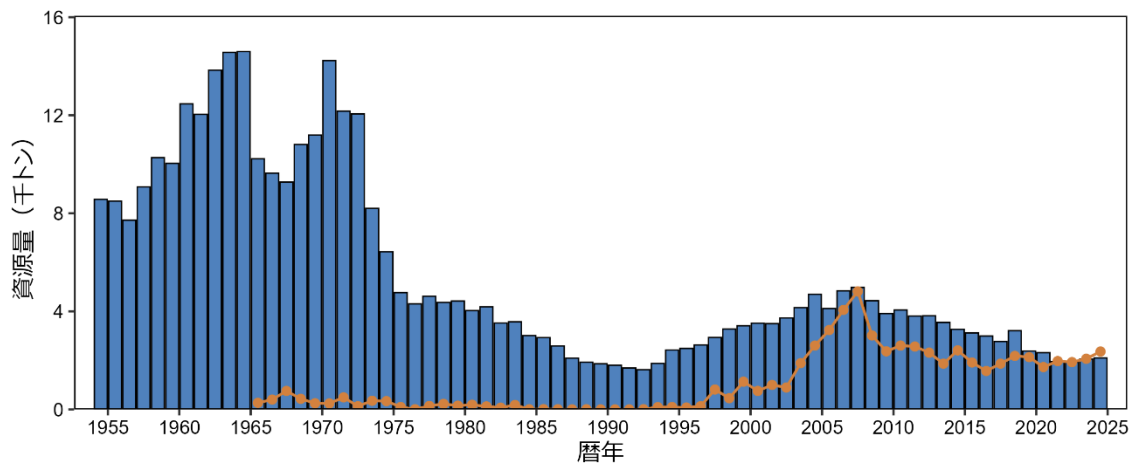


図 6-1. 漁業・養殖業生産統計年報（農林統計）に基づく A 海域全体の漁獲量（棒グラフ）および韓国における漁獲量（折れ線グラフ、いずれも暦年集計）

表 3-1. 漁期規制およびサイズ規制 (2024 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	全面自粛	省令に同じ	全面自粛	100 mm 以上
		福井	2 月 19 日～3 月 20 日	省令に同じ	100 mm 以上	100 mm 以上
			日			
		石川	全面自粛	省令に同じ	全面自粛	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	11 月 6 日～12 月 31 日	クロコ・70 mm 以上		
		福井・京都・石川				
雄	自主規制	鳥取・兵庫・島根	11 月の公休日の設定			
雌			・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雌の 1 航海あたり漁獲量自主規制 (2023 年)

航海時間	漁獲量上限(尾数)				
	ミズガニ			雌(クロコ)	
	鳥取・兵庫・島根	福井	石川県・京都府	鳥取・兵庫・島根・福井	石川県・京都府
24 時間未満	300	500		3,500	5,000
48 時間未満	500	1,000	全面自粛	6,000	8,000
48 時間以上	1,000	1,500		12,000	16,000

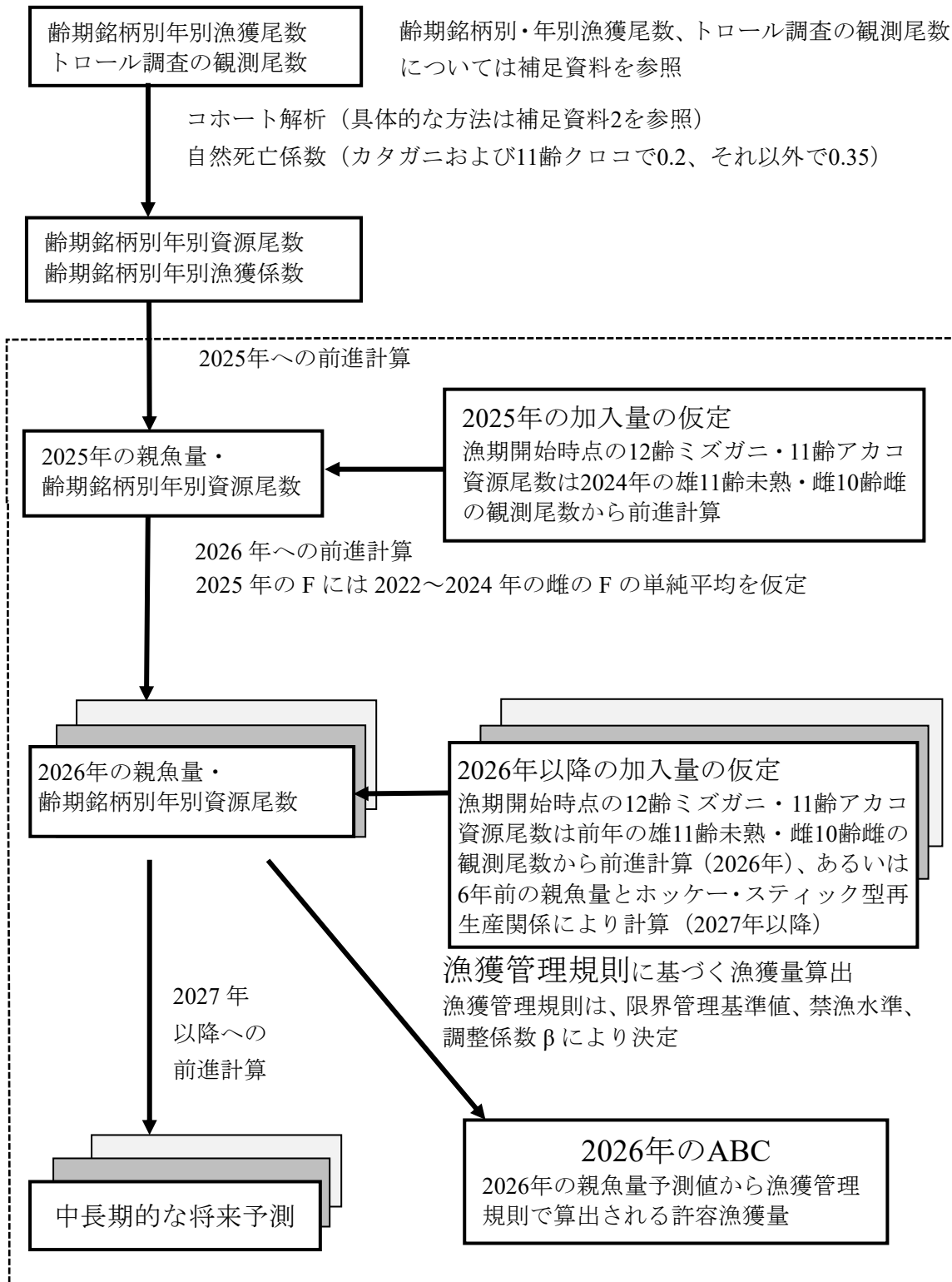
表 3-3. 沖底の有漁網数と標準化 CPUE

漁期年	有漁網数			標準化 CPUE	
	雄	雌	雌雄	雄	雌
1972	117,348	60,547	117,988	2.66	1.36
1973	104,689	48,319	105,720	1.92	0.87
1974	102,916	44,766	104,528	1.45	0.49
1975	97,996	41,157	99,715	1.22	0.61
1976	91,393	43,075	92,986	1.01	0.94
1977	86,725	42,497	88,417	0.97	1.02
1978	97,058	49,282	98,862	0.86	0.83
1979	99,122	53,054	100,362	1.00	0.72
1980	93,406	47,464	95,785	0.91	0.67
1981	103,606	52,094	106,293	0.76	0.66
1982	97,456	49,254	101,302	0.64	0.62
1983	96,094	58,488	98,994	0.56	0.54
1984	106,193	56,053	109,238	0.48	0.26
1985	102,896	52,854	105,901	0.42	0.23
1986	102,871	49,368	105,088	0.39	0.17
1987	101,440	52,987	104,008	0.40	0.19
1988	101,773	55,748	103,799	0.36	0.20
1989	97,112	48,540	99,927	0.28	0.21
1990	83,788	43,814	85,118	0.34	0.27
1991	84,385	44,395	85,715	0.28	0.23
1992	81,231	42,149	82,189	0.36	0.25
1993	75,886	41,122	77,325	0.43	0.37
1994	73,380	45,178	74,058	0.44	0.49
1995	75,653	38,617	76,165	0.52	0.45
1996	73,581	38,348	76,838	0.54	0.47
1997	73,952	40,553	77,808	0.63	0.67
1998	75,683	38,955	78,083	0.76	1.12
1999	77,450	40,230	78,205	1.02	1.29
2000	74,557	39,436	74,905	1.02	1.07

表 3-3. (続き)

漁期年	有漁網数			標準化 CPUE	
	雄	雌	雌雄	雄	雌
2001	71,722	35,499	72,273	1.03	1.11
2002	70,026	34,345	70,674	1.07	1.24
2003	65,477	34,740	66,733	1.24	1.41
2004	71,948	36,893	73,190	1.44	1.22
2005	66,110	30,285	67,159	1.61	1.74
2006	69,363	33,421	70,846	1.73	2.18
2007	72,698	36,637	74,195	1.83	2.25
2008	71,413	35,379	71,738	1.58	1.39
2009	67,901	34,198	69,324	1.50	1.55
2010	66,095	32,037	67,429	1.38	1.93
2011	65,222	32,847	66,122	1.52	1.76
2012	64,477	32,879	65,381	1.39	1.96
2013	60,607	26,993	61,136	1.27	1.53
2014	60,492	26,617	60,786	1.21	1.66
2015	63,626	30,539	63,789	1.10	1.36
2016	57,752	29,884	57,831	1.19	1.74
2017	50,686	24,593	50,741	1.43	1.62
2018	54,645	27,668	54,789	0.97	1.47
2019	56,981	27,615	57,046	1.12	1.00
2020	53,637	26,715	53,711	1.05	0.80
2021	48,474	23,200	48,546	0.94	0.99
2022	50,980	22,348	51,059	0.88	0.88
2023	45,092	21,524	45,206	0.87	1.27
2024	42,424	21,465	42,516	1.03	1.68

補足資料 1 資源評価の流れ



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

補足資料 2 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齢期成熟段階別観測尾数（補足表 2-1）を用いてコホート解析を行った。

コホート解析では、 y 年漁期後のトロール調査における雌雄 s （雄, $s=1$; 雌, $s=2$ ）、齢期 i 、成熟段階 m （未成熟, $m=1$; 成熟, $m=2$ ）の観測尾数 $Obs_{s,y,i,m}$ を目的変数とする。トロール調査ではシグモイド型の採集効率 q を仮定し、漁獲対象である 12-13 歳の採集効率は漸近値の 0.442 に達していると仮定する。一方、漁獲対象外の若齢個体についてはトロール調査における齢期別採集効率が現時点で不明である。従って、本解析では齢期別観測尾数の前進計算に遷移率 $\eta_{s,i,c}$ を用いる（補足表 2-10）。ここで遷移率 η は生残率 $\exp(-M)$ に加えて齢期間のトロール網の採集効率 q の差分および混獲死亡率 G 等、現時点で個別に切り分けることが困難なパラメータを込みにした係数である。なお、漁獲対象となるカタガニ・クロコ個体については混獲死亡および齢期別の採集効率の差分が発生しないため、純粋な生残率に近い値となる。

齢期別観測尾数は従ってトロール網の齢期別採集効率を一定として推定した値とし、若齢ほど真の資源尾数より過小となる。

本方法では、ズワイガニ脱皮齢期の起算日を漁期開始時点（11 月）とし、解析期間の 1 年目の漁期開始時点（1999 年 11 月）の齢期別観測尾数を起点として前進計算を行う。トロール調査時期は漁期開始時点の齢期別観測尾数から 6 月とし、11 月から 7 か月分の自然死亡（カタガニおよびアカコ, $M_1=0.2$; それ以外, $M_2=0.35$ 、山崎 1996）によって減耗したものを観測すると仮定した。ここで、 y 年漁期開始時点（11 月）における雌雄 s （雄, $s=1$; 雌, $s=2$ ）、齢期 i 、脱皮段階 c （雌雄未熟, $c=1$; 雄成熟ミズガニ/雌成熟アカコ, $c=2$; 雄成熟カタガニ/雌成熟クロコ, $c=3$ ）の観測尾数を $N_{s,y,i,c}$ としたとき、

雌雄の未熟個体（雄 8～12 歳、雌 8～10 歳、 $m=1$ 、 $c=1$ ）は自然死亡のみ考慮し、

$$\ln(Obs_{s,y,i,m=1}) = \ln(N_{s,y,i,c=1}) - \frac{7}{12}M_1, \quad 8 \leq i \leq 12, s = 1, 2 \quad (1)$$

また、漁獲のない雄 11 歳成熟個体はミズガニとカタガニを含み、

$$\ln(Obs_{s=1,y,i=11,m=2}) = \ln\left(N_{s=1,y,i=11,c=2}\exp\left(-\frac{7}{12}M_1\right) + N_{s=1,y,i=11,c=3}\exp\left(-\frac{7}{12}M_2\right)\right) \quad (2)$$

一方、12-13 歳成熟個体はミズガニとカタガニを含み、このうちカタガニは 12 月にパルス的に漁獲されると仮定し、

$$\ln(Obs_{s=1,y,i,m=2}) = \ln \left(N_{s=1,y,i,c=2} \exp \left(-\frac{7}{12} M_1 \right) + \left(N_{s=1,y,i,c=3} - C_{s=1,y,i} \exp \left(\frac{1}{12} M_2 \right) \right) \exp \left(-\frac{7}{12} M_2 \right) \right), \quad i = 12, 13 \quad (3)$$

と表現される。

一方、雌の場合、漁期が短く漁獲は漁期開始直後（11 月）と仮定できるため、

$$\ln(Obs_{s=2,y,i=11,m=2}) = \ln \left(N_{s=1,y,i=11,c=2} \exp \left(-\frac{7}{12} M_1 \right) + \left(N_{s=1,y,i=11,c=3} - C_{s=2,y,i=11} \right) \exp \left(-\frac{7}{12} M_2 \right) \right) \quad (4)$$

漁期時点の観測尾数 N は前述の遷移率 η （補足表 2-10）および雄の齢期別成熟率 p によって説明される。雄では 11～13 齢への脱皮に際してそれぞれ成熟個体が発生し、11、12 齢では一部が、13 齢では全個体が成熟する（成熟脱皮、あるいは最終脱皮）。齢期 i の全脱皮個体に占める成熟脱皮個体の割合 p_i は従って 10 齢以下で 0、11 齢、12 齢ではそれぞれ p_{11} 、 p_{12} 、13 齢で 1 となる。

当年の雌雄 9 齢および 10 齢は前年の 8 齢および 9 齢からそれぞれ直接遷移し、

$$\ln(N_{s,y,i,c=1}) = \ln(N_{s,y-1,i-1,c=1}) + \ln(\eta_{s,i-1,c=1}), \quad i = 9, 10, s = 1, 2 \quad (5)$$

前年の 10 齢および 11 齢未熟は当年の 11 齢および 12 齢の未熟（ $c=1$ ）もしくはミズガニ（ $c=2$ ）に遷移する

$$\ln(N_{s=1,y,i,c=1}) = \ln(N_{s=1,y-1,i-1,c=1}) + \ln(\eta_{s=1,i-1,c=1}) + \ln(1 - p_i), \quad i = 11, 12 \quad (6)$$

$$\ln(N_{s=1,y,i,c=2}) = \ln(N_{s=1,y-1,i-1,c=1}) + \ln(\eta_{s=1,i-1,c=1}) + \ln(p_i), \quad i = 11, 12 \quad (7)$$

一方、11 齢カタガニはプラスグループであり、その尾数は前年の 11 齢ミズガニからの遷移個体と 11 齢カタガニからの遷移個体の総和となる。

$$\ln(N_{s=1,y,i=11,c=3}) = \ln(N_{s=1,y-1,i=11,c=2} \eta_{s=1,i=11,c=2} + N_{s=1,y-1,i=11,c=3} \eta_{s=1,i=11,c=3}) \quad (8)$$

また、12 齢カタガニは前年の 12 齢ミズガニからの遷移個体と漁獲後の 12 齢カタガニからの遷移個体を含み、

$$\ln(N_{s=1,y,i=12,c=3}) = \ln \left(N_{s=1,y-1,i=12,c=2} \eta_{s=1,i=12,c=2} + \left(N_{s=1,y-1,i=12,c=3} - \right. \right.$$

$$C_{s=1,y-1,i=12} \exp\left(\frac{1}{12} M_2\right) \eta_{s=1,i=12,c=3} \quad (9)$$

13 齢はすべて成熟個体であり、ミズガニは前年の 12 齢未熟からの遷移による。

$$\ln(N_{s=1,y,i=13,c=2}) = \ln(N_{s=1,y-1,i=12,c=1}) + \ln(\eta_{s=1,i=12,c=1}) \quad (10)$$

また、13 齢カタガニは前年の 13 齢ミズガニからの遷移個体と漁獲後の 13 齢カタガニからの遷移個体を含み、

$$\ln(N_{s=1,y,i=13,c=3}) = \ln\left(N_{s=1,y-1,i=13,c=2} \eta_{s=1,i=13,c=2} + \left(N_{s=1,y-1,i=13,c=3} - C_{s=1,y-1,i=13} \exp\left(\frac{1}{12} M_2\right) \eta_{s=1,i=13,c=3}\right)\right) \quad (11)$$

と表現される。

上記の(1)～(4)式は観測、(5)～(11)式は遷移に関わる。12～13 齢についてはミズガニの漁獲死亡も見込まれるものの、これらは遷移率（生残率）の枠内で扱った（明示的には示されていないものの考慮されている）。また、カタガニおよびミズガニの遷移率は齢期によらず共通とした（補足表 2-10）。

解析期間の 1 年目の漁期開始時点（1999 年 11 月）の齢期銘柄別観測尾数（雄 11 パラメータ：8～12 齢未熟、11～13 齢カタガニおよびミズガニ、雌 2 パラメータ：11 齢アカコおよびクロコ、8～10 齢の未熟個体数では雌雄の分布の違いがみられないため、雌雄同一パラメータとした）、および 2 年目以降の加入尾数（2000～2024 年の 8 齢個体数、25 パラメータ）を与えることで、上式によって表現される前進計算のプロセスによりすべての齢期銘柄別観測尾数について漁期開始時点の値 $\hat{N}$ およびトロール調査時点の値 $\hat{Obs}$ を求めることができる。ここで、トロール調査時点の齢期銘柄別観測尾数の実測値について平均を Obs 、分散を σ として以下の通り対数正規分布を仮定した。

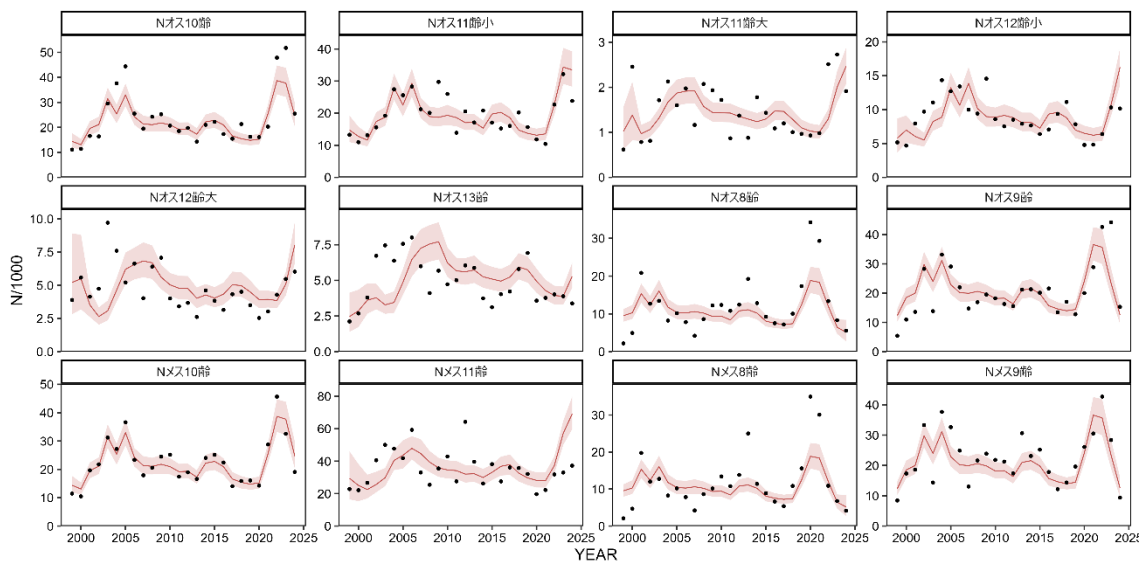
$$\ln(SurveyObservation_{s,y,i,m}) \sim \text{Normal}(\ln(Obs_{s,y,i,m}), \sigma_{s,i,m}) \quad (12)$$

前進計算の初年度資源量、各年 8 齢の加入尾数、遷移率および成熟率の各パラメータに加えて分散について、上式(12)の対数尤度を最小化する値を、統計解析ソフト R 4.3.3、および R のパッケージである cmdstanr 上にて動作するベイズ統計ソフトウェア stan 2.3.6 を用いて求めた。最適化は stan のデフォルトである No U-Turn Sampler (NUTS) を用いた Markov Chain Monte Carlo (MCMC) アルゴリズムにより、25,000 step の burn-in ののち、25,000 step の解析を 4 本並列して実施し、それぞれから 10 step に 1 回、サンプリングを行った（合計 10,000 サンプル）。解析終了後、すべてのパラメータについて結果の収束の指標である Rhat が 1.01 未満であることを確認し、大局的なパラメータ推定値を得ることができた。トロール調査時点の齢期銘柄別観測尾数 Obs について、モデル値は実測値をよく

表現していた（補足図 2-1、補足表 2-2、2-3）。また、齢期銘柄別のモデル残差では齢期によって偏りが見られた（補足図 2-2）。これらは歴史的な混獲死亡率の低下傾向等による遷移率の経年的変化を反映している可能性がある。将来的には個体群動態モデルのさらなる改変等による対応が求められる。

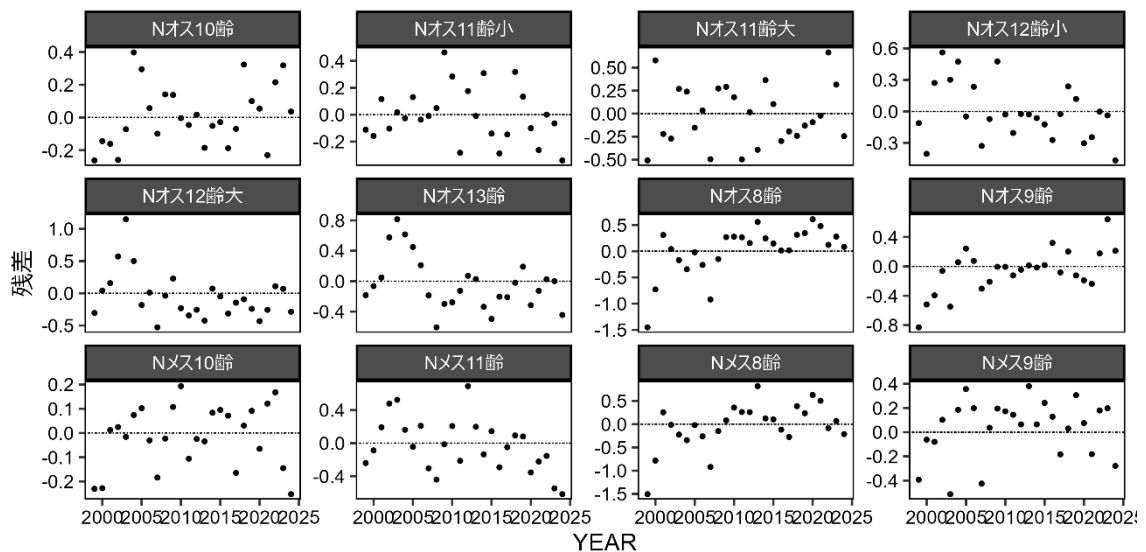
引用文献

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



補足図 2-1. トロール調査時点の齢期成熟段階別観測尾数

赤色の網掛け部分は 90%ベイズ事後確率区間、黒点は実測値を示す。



補足図 2-2. トロール調査時点の齢期成熟段階別残差プロット

補足表 2-1. コホート解析に用いた齢期銘柄別漁獲尾数（千尾）および銘柄別漁獲量（トン）

	齢期銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲尾数	12 齢ミズガニ	-	-	-	-	-	1,838	2,137	1,763	1,534	1,010	1,416	1,046	997
	12 齢カタガニ	1,253	1,442	1,626	1,756	1,836	1,413	1,579	2,203	2,054	2,252	1,616	1,634	1,874
	13 齢ミズガニ	-	-	-	-	-	223	344	365	396	222	158	252	251
	13 齢カタガニ	626	721	813	878	918	1,345	1,029	1,088	1,223	1,089	976	888	845
	雌クロコ	8,990	7,141	7,393	8,485	9,754	10,520	10,297	10,988	11,777	8,730	9,261	9,948	9,308
漁獲量	ミズガニ	1,029	891	955	1,002	919	865	1,113	1,018	939	604	727	638	621
	カタガニ	913	1,114	1,220	1,282	1,469	1,776	1,512	1,829	1,887	1,920	1,550	1,472	1,529
	雌	1,591	1,264	1,309	1,502	1,726	1,862	1,823	1,945	2,085	1,545	1,639	1,761	1,647
	合計	3,533	3,269	3,484	3,786	4,114	4,503	4,448	4,792	4,911	4,069	3,916	3,871	3,797

	齢期銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
漁獲尾数	12 齢ミズガニ	927	493	464	596	560	534	112	227	192	260	295	240	248
	12 齢カタガニ	1,853	2,277	1,628	1,663	1,656	1,802	1,806	1,408	1,125	767	819	964	1,378
	13 齢ミズガニ	205	188	195	132	143	167	60	75	92	82	90	42	56
	13 齢カタガニ	874	716	888	746	632	640	744	911	874	653	692	637	570
	雌クロコ	9,137	7,193	7,832	7,361	7,681	6,304	7,292	5,180	4,529	4,428	4,686	5,054	5,447
漁獲量	ミズガニ	559	359	361	356	359	357	105	160	158	176	198	135	154
	カタガニ	1,556	1,587	1,473	1,334	1,244	1,311	1,408	1,410	1,252	908	964	978	1,102
	雌	1,617	1,273	1,386	1,303	1,360	1,116	1,291	917	802	784	829	895	964
	合計	3,732	3,219	3,220	2,993	2,963	2,784	2,804	2,487	2,212	1,868	1,991	2,008	2,220

1999 年から 2003 年までのミズガニ齢期別漁獲尾数は不明

補足表 2-2. トロール調査に基づく直接推定(面積密度法)による観測尾数の実測値(千尾)

雌雄	齢期	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
雄	8 齢	未	2,198	4,946	20,859	12,687	13,450	8,239	10,175	7,819	4,230	8,614	12,238	12,358	10,819
	9 齢	未	5,444	10,971	13,591	28,288	13,847	33,160	29,090	22,000	14,743	16,913	19,534	18,246	16,288
	10 齢	未	11,086	11,385	16,539	16,395	29,531	37,608	44,393	25,496	19,501	24,243	25,248	20,666	18,511
	11 齢	未	13,287	10,951	13,146	15,580	19,222	27,470	25,600	28,303	21,229	20,108	29,736	25,988	13,893
		成	617	2,457	784	812	1,713	2,130	1,601	1,976	1,164	2,074	1,934	1,720	868
	12 齢	未	5,163	4,685	7,950	9,706	11,052	14,344	12,710	13,429	9,995	9,415	14,573	8,595	7,534
		成	3,896	5,586	4,143	4,743	9,716	7,602	5,216	6,633	4,033	6,409	7,075	4,013	3,416
	13 齢	未	2,119	2,683	3,796	6,725	7,452	6,383	7,563	8,007	5,991	4,108	5,677	4,724	5,014
雌	8 齢	未	2,082	4,685	19,757	12,017	12,740	8,239	10,175	7,819	4,230	8,614	10,149	13,399	10,778
	9 齢	未	8,422	17,315	18,601	33,306	14,343	37,674	32,614	24,892	13,042	21,620	23,887	21,825	21,255
	10 齢	未	11,451	10,478	19,675	21,778	31,230	27,218	36,620	23,364	17,915	20,579	24,501	25,168	17,426
	11 齢	成	22,784	22,123	26,671	40,604	50,086	47,759	41,853	59,313	33,054	25,465	35,543	42,936	27,614
雌雄	齢期	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
雄	8 齢	未	12,444	19,248	12,861	9,252	7,539	7,212	10,055	17,350	34,241	29,322	13,373	8,334	5,568
	9 齢	未	15,574	21,210	21,328	20,143	21,602	13,460	17,041	12,777	20,004	28,867	42,605	44,194	15,325
	10 齢	未	19,755	14,287	20,988	22,218	17,298	15,437	21,303	16,237	16,087	20,263	47,857	51,752	25,463
	11 齢	未	20,540	17,105	20,811	17,068	15,236	16,015	20,226	15,675	11,811	10,418	22,691	32,168	23,821
		成	1,373	879	1,779	1,433	1,089	1,201	1,005	965	930	981	2,513	2,729	1,914
	12 齢	未	8,507	7,918	7,663	6,384	7,067	9,370	11,131	7,837	4,782	4,829	6,394	10,321	10,163
		成	3,677	2,619	4,617	3,835	3,151	4,328	4,513	3,505	2,541	3,030	4,293	5,480	6,027
	13 齢	未	6,051	5,879	3,742	3,117	4,033	4,221	5,794	6,919	3,580	3,772	4,019	3,888	3,388
雌	8 齢	未	13,808	25,001	11,403	8,863	6,614	5,380	10,841	15,587	34,962	30,086	10,881	6,762	4,146
	9 齢	未	17,378	30,635	23,100	25,192	17,820	12,163	14,350	19,614	26,074	30,513	42,685	28,367	9,372
	10 齢	未	18,954	16,612	24,022	25,137	22,420	14,040	15,892	16,096	14,279	28,798	45,659	32,558	19,076
	11 齢	成	64,294	39,674	26,257	38,210	27,556	36,127	35,804	32,146	19,672	22,236	31,847	33,024	37,238

トロール調査における齢期別の観測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。トロール調査は漁期後であり、表の年は漁期を示す。従って実際の調査時期は表中の漁期年の翌年 4-6 月である。

補足表 2-3. トロール調査に基づく直接推定（面積密度法）による観測尾数のモデル値（千尾）

雌雄	齢期	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
雄	8 齢	未	9,379	10,253	15,313	12,194	15,945	11,623	10,390	10,160	10,617	10,006	9,351	9,371	8,299
	9 齢	未	12,472	18,421	20,141	30,080	23,946	31,318	22,830	20,409	19,952	20,851	19,656	18,367	18,410
	10 齢	未	14,418	13,159	19,436	21,249	31,739	25,271	33,050	24,087	21,533	21,058	22,002	20,740	19,378
	11 齢	未	14,853	12,822	11,701	17,278	18,893	28,213	22,465	29,377	21,415	19,144	18,718	19,561	18,437
		成	1,027	1,378	978	1,065	1,310	1,678	1,865	1,909	1,910	1,579	1,447	1,440	1,426
	12 齢	未	5,776	7,022	6,060	5,531	8,167	8,931	13,341	10,619	13,890	10,123	9,053	8,851	9,247
		成	5,286	5,359	3,540	2,679	3,079	4,606	6,256	6,563	6,840	6,647	5,627	5,059	4,823
	13 齢	未	2,549	2,862	3,616	3,781	3,300	3,449	4,822	6,487	7,221	7,538	7,652	6,237	5,689
	8 齢	未	9,379	10,253	15,313	12,194	15,945	11,623	10,390	10,160	10,617	10,006	9,351	9,371	8,299
	9 齢	未	12,472	18,421	20,141	30,080	23,946	31,318	22,830	20,409	19,952	20,851	19,656	18,367	18,410
雌	10 齢	未	14,418	13,159	19,436	21,249	31,739	25,271	33,050	24,087	21,533	21,058	22,002	20,740	19,378
	11 齢	成	28,987	24,158	21,992	25,133	29,628	40,610	43,751	48,095	44,828	39,612	36,052	34,892	34,234
齢期	齢期	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
雄	8 齢	未	10,658	11,027	10,068	7,988	7,439	7,089	7,353	12,311	18,629	18,164	11,850	6,310	5,131
	9 齢	未	16,296	20,936	21,660	19,778	15,687	14,611	13,921	14,444	24,178	36,576	35,677	23,267	12,389
	10 齢	未	19,423	17,195	22,090	22,856	20,867	16,553	15,419	14,691	15,240	25,511	38,599	37,648	24,556
	11 齢	未	17,231	17,269	15,289	19,638	20,321	18,551	14,718	13,708	13,059	13,549	22,681	34,317	33,473
		成	1,351	1,301	1,237	1,292	1,465	1,457	1,280	1,099	1,021	1,003	1,293	1,990	2,445
	12 齢	未	8,715	8,145	8,162	7,227	9,283	9,607	8,769	6,956	6,478	6,174	6,406	10,720	16,218
		成	4,750	4,007	4,295	4,028	4,312	5,004	4,946	4,460	3,915	3,918	3,846	5,109	8,031
	13 齢	未	5,638	5,719	5,243	5,124	4,946	5,212	5,914	5,716	4,912	4,283	3,917	3,884	5,284
	8 齢	未	10,658	11,027	10,068	7,988	7,439	7,089	7,353	12,311	18,629	18,164	11,850	6,310	5,131
	9 齢	未	16,296	20,936	21,660	19,778	15,687	14,611	13,921	14,444	24,178	36,576	35,677	23,267	12,389
雌	10 齢	未	19,423	17,195	22,090	22,856	20,867	16,553	15,419	14,691	15,240	25,511	38,599	37,648	24,556
	11 齢	成	32,218	32,555	30,093	33,064	36,933	37,931	32,619	29,654	28,061	27,797	37,174	57,124	69,113

トロール調査における齢期別の観測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。トロール調査は漁期後であり、表の年は漁期を示す。従って実際の調査時期は表中の漁期年の翌年 4-6 月である。

補足表 2-4. コホートモデルに基づく漁期開始時点(11 月 1 日)の観測尾数のモデル値(千尾)

雌雄	齢期	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
雄	8 齢	未	11,503	12,575	18,782	14,956	19,557	14,255	12,743	12,461	13,021	12,273	11,469	11,493	10,178
	9 齢	未	15,297	22,594	24,703	36,893	29,370	38,411	28,002	25,032	24,471	25,574	24,108	22,527	22,579
	10 齢	未	17,683	16,140	23,838	26,062	38,928	30,994	40,535	29,542	26,411	25,827	26,985	25,438	23,768
	11 齢	未	18,217	15,727	14,351	21,192	23,172	34,604	27,554	36,030	26,265	23,480	22,958	23,992	22,613
		ミズガニ	878	483	441	648	709	1,058	842	1,099	802	719	702	734	691
		カタガニ	349	1,106	695	603	822	916	1,324	1,139	1,411	1,115	983	945	970
	12 齢	未	7,085	8,612	7,433	6,783	10,017	10,954	16,362	13,025	17,036	12,415	11,104	10,855	11,341
		ミズガニ	4,045	2,646	2,294	2,093	3,082	3,375	5,032	4,009	5,234	3,816	3,418	3,337	3,494
		カタガニ	3,507	5,064	3,528	2,879	2,504	3,521	4,025	5,941	4,979	6,264	4,835	4,290	4,124
	13 齢	ミズガニ	1,558	2,086	2,544	2,209	2,016	2,966	3,248	4,843	3,858	5,036	3,673	3,290	3,212
		カタガニ	2,074	2,039	2,559	3,117	2,795	2,526	3,489	3,959	5,824	4,964	6,226	4,897	4,308
雌	8 齢	未	11,503	12,575	18,782	14,956	19,557	14,255	12,743	12,461	13,021	12,273	11,469	11,493	10,178
	9 齢	未	15,297	22,594	24,703	36,893	29,370	38,411	28,002	25,032	24,471	25,574	24,108	22,527	22,579
	10 齢	未	17,683	16,140	23,838	26,062	38,928	30,994	40,535	29,542	26,411	25,827	26,985	25,438	23,768
	11 齢	アカコ	12,312	16,210	14,792	21,840	23,881	35,661	28,396	37,130	27,068	24,199	23,660	24,726	23,304
		クロコ	30,283	19,436	18,555	16,718	21,168	23,481	33,445	31,015	37,352	31,073	28,097	26,503	26,427

コホートモデルによる齢期別の観測尾数は齢期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。表の年は漁期年を示し、すべての齢期成熟段階について 11 月 1 日の値。漁獲までにミズガニについては 3 か月、カタガニについては 1 か月の自然死亡が見込まれる。

補足表 2-4. (続き)

雌雄	齢期	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
雄	8 齢	未	13,072	13,525	12,349	9,797	9,124	8,694	9,019	15,099	22,849	22,279	14,534	7,739	6,293
	9 齢	未	19,987	25,678	26,567	24,257	19,240	17,921	17,074	17,715	29,655	44,861	43,758	28,537	15,195
	10 齢	未	23,823	21,090	27,094	28,033	25,594	20,302	18,912	18,018	18,692	31,289	47,342	46,175	30,118
	11 齢	未	21,134	21,180	18,752	24,086	24,924	22,752	18,052	16,813	16,017	16,618	27,819	42,090	41,054
		ミズガニ	646	647	573	736	761	696	552	514	489	508	849	1,285	1,255
		カタガニ	926	870	864	778	949	1,000	933	765	699	662	675	1,059	1,597
	12 齢	未	10,690	9,989	10,011	8,863	11,386	11,783	10,755	8,531	7,946	7,572	7,857	13,148	19,891
		ミズガニ	3,286	3,076	3,076	2,729	3,500	3,622	3,314	2,626	2,445	2,326	2,415	4,041	6,117
		カタガニ	4,211	4,000	3,664	3,717	3,323	4,137	4,359	4,038	3,304	3,051	2,943	3,020	4,821
	13 齢	ミズガニ	3,362	3,163	2,960	2,961	2,626	3,369	3,485	3,189	2,528	2,352	2,238	2,325	3,889
		カタガニ	4,143	4,258	4,083	3,803	3,795	3,421	4,209	4,427	4,093	3,323	3,054	2,882	2,954
雌	8 齢	未	13,072	13,525	12,349	9,797	9,124	8,694	9,019	15,099	22,849	22,279	14,534	7,739	6,293
	9 齢	未	19,987	25,678	26,567	24,257	19,240	17,921	17,074	17,715	29,655	44,861	43,758	28,537	15,195
	10 齢	未	23,823	21,090	27,094	28,033	25,594	20,302	18,912	18,018	18,692	31,289	47,342	46,175	30,118
	11 齢	アカコ	21,780	21,827	19,325	24,822	25,685	23,449	18,604	17,327	16,506	17,125	28,668	43,375	42,309
		クロコ	25,387	23,778	23,943	21,774	25,651	27,444	26,902	22,628	20,939	19,974	20,194	29,505	44,348

コホートモデルによる齢期別の観測尾数は齢期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。表の年は漁期年を示し、すべての齢期成熟段階について 11 月 1 日の値。漁獲までにミズガニについては 3 か月、カタガニについては 1 か月の自然死亡が見込まれる。

補足表 2-5. コホートモデルに基づく漁獲開始時点の齢期銘柄別資源量（トン）

齢期銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12 齢ミズガニ	3,804	3,848	3,324	3,034	4,477	4,897	7,312	5,821	7,611	5,547	4,963	4,850	5,070
12 齢カタガニ	1,390	2,007	1,398	1,141	992	1,395	1,595	2,355	1,973	2,483	1,916	1,700	1,634
13 齢ミズガニ	1,039	1,391	1,697	1,474	1,344	1,979	2,166	3,230	2,573	3,359	2,450	2,195	2,143
13 齢カタガニ	1,630	1,602	2,011	2,449	2,196	1,985	2,742	3,111	4,577	3,901	4,892	3,848	3,385
雌クロコ	5,360	3,440	3,284	2,959	3,747	4,156	5,920	5,490	6,611	5,500	4,973	4,691	4,678
ミズガニ	4,843	5,239	5,021	4,507	5,821	6,875	9,478	9,052	10,184	8,906	7,413	7,045	7,213
カタガニ	3,020	3,609	3,409	3,590	3,188	3,380	4,337	5,466	6,550	6,383	6,809	5,548	5,020
雄	7,863	8,848	8,431	8,097	9,009	10,256	13,815	14,517	16,734	15,289	14,221	12,593	12,232
合計	13,223	12,288	11,715	11,056	12,756	14,412	19,735	20,007	23,345	20,789	19,195	17,284	16,910

齢期銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
12 齢ミズガニ	4,776	4,465	4,472	3,962	5,087	5,265	4,808	3,813	3,551	3,383	3,510	5,874	8,889
12 齢カタガニ	1,669	1,585	1,452	1,473	1,317	1,640	1,727	1,601	1,309	1,209	1,166	1,197	1,911
13 齢ミズガニ	2,243	2,110	1,975	1,975	1,751	2,247	2,325	2,127	1,686	1,569	1,493	1,550	2,594
13 齢カタガニ	3,256	3,346	3,208	2,989	2,982	2,688	3,307	3,479	3,216	2,611	2,400	2,265	2,321
雌クロコ	4,493	4,209	4,238	3,854	4,540	4,858	4,762	4,005	3,706	3,535	3,574	5,222	7,850
ミズガニ	7,019	6,575	6,447	5,936	6,839	7,511	7,133	5,940	5,237	4,952	5,003	7,425	11,483
カタガニ	4,925	4,931	4,660	4,462	4,299	4,328	5,035	5,079	4,525	3,820	3,566	3,462	4,232
雄	11,944	11,506	11,107	10,398	11,138	11,839	12,168	11,020	9,762	8,772	8,570	10,887	15,715
合計	16,437	15,714	15,345	14,252	15,678	16,697	16,929	15,025	13,469	12,307	12,144	16,109	23,564

補足表 2-6. コホートモデルに基づく漁獲開始時点の齢期銘柄別漁獲割合(%)

齢期銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12 齢ミズガニ	-	-	-	-	-	13.0	10.1	10.5	7.0	6.3	9.9	7.5	6.8
12 齢カタガニ	48.1	34.3	49.2	63.2	75.6	41.7	40.5	38.3	42.6	37.2	34.6	39.3	47.0
13 齢ミズガニ	-	-	-	-	-	8.0	11.3	8.0	10.9	4.7	4.6	8.2	8.3
13 齢カタガニ	40.6	44.2	34.7	29.7	34.0	55.0	30.7	28.5	21.8	22.7	16.3	18.8	20.3
雌クロコ	38.0	42.8	41.5	52.4	47.3	46.0	31.8	36.2	32.3	28.7	33.6	38.3	35.9
ミズガニ	22.2	17.5	19.5	22.7	16.0	12.8	11.9	11.4	9.3	6.9	10.0	9.2	8.7
カタガニ	36.0	35.0	37.9	37.1	47.3	54.0	36.0	34.5	29.7	31.0	23.5	27.4	31.4
雄	25.5	23.1	26.0	28.4	26.6	25.9	19.1	19.7	17.0	16.6	16.1	16.8	17.6
全体	28.0	27.2	30.0	34.5	32.4	31.4	22.7	24.1	21.1	19.7	20.5	22.5	22.6

齢期銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
12 齢ミズガニ	6.7	3.8	3.6	5.2	3.8	3.5	0.8	2.1	1.9	2.7	2.9	1.4	1.0
12 齢カタガニ	45.4	58.9	46.0	46.4	51.6	45.1	42.9	36.0	35.2	26.0	28.8	33.0	29.6
13 齢ミズガニ	6.5	6.3	7.0	4.7	5.8	5.2	1.8	2.5	3.9	3.7	4.3	1.9	1.5
13 齢カタガニ	21.8	17.4	22.5	20.3	17.2	19.4	18.3	21.3	22.1	20.4	23.5	22.9	20.0
雌クロコ	36.7	30.9	33.3	34.5	30.6	23.4	27.6	23.4	22.1	22.7	23.7	17.4	12.5
ミズガニ	8.1	5.5	5.7	6.1	5.3	4.8	1.5	2.7	3.1	3.6	4.0	1.8	1.4
カタガニ	32.5	33.1	32.6	30.8	29.8	31.2	28.8	28.6	28.5	24.5	27.9	29.2	26.8
雄	17.8	17.0	16.6	16.3	14.4	14.1	12.5	14.3	14.5	12.4	13.6	10.3	8.0
全体	22.8	20.6	21.1	21.1	19.0	16.7	16.6	16.6	16.5	15.3	16.5	12.5	9.5

1999 年から 2003 年までのミズガニ齢期別漁獲尾数が不明なため、漁獲割合についても不明

補足表 2-7. コホートモデルに基づく漁獲開始時点の齢期銘柄別 F 値

齢期銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12 齢ミズガニ	-	-	-	-	-	0.139	0.107	0.111	0.072	0.065	0.104	0.078	0.070
12 齢カタガニ	0.830	0.466	0.715	1.062	1.599	0.551	0.528	0.491	0.565	0.472	0.430	0.506	0.649
13 齢ミズガニ	-	-	-	-	-	0.084	0.121	0.084	0.116	0.048	0.047	0.086	0.087
13 齢カタガニ	0.644	0.699	0.442	0.358	0.420	0.825	0.372	0.339	0.247	0.259	0.178	0.209	0.228
雌クロコ	0.597	0.648	0.546	0.762	0.652	0.628	0.387	0.454	0.393	0.339	0.412	0.487	0.448
ミズガニ	0.253	0.193	0.217	0.259	0.175	0.137	0.127	0.122	0.098	0.071	0.105	0.097	0.092
カタガニ	0.482	0.454	0.487	0.471	0.653	0.799	0.453	0.427	0.356	0.374	0.270	0.322	0.379
雄	0.296	0.263	0.302	0.334	0.310	0.300	0.212	0.219	0.186	0.181	0.175	0.184	0.194
全体	0.333	0.319	0.357	0.423	0.393	0.378	0.257	0.276	0.238	0.219	0.229	0.255	0.256

齢期銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
12 齢ミズガニ	0.069	0.039	0.036	0.053	0.039	0.036	0.008	0.021	0.019	0.027	0.030	0.014	0.010
12 齢カタガニ	0.618	0.935	0.630	0.639	0.748	0.615	0.572	0.452	0.438	0.303	0.343	0.404	0.353
13 齢ミズガニ	0.068	0.066	0.073	0.048	0.060	0.054	0.018	0.025	0.040	0.038	0.044	0.019	0.016
13 齢カタガニ	0.248	0.192	0.257	0.228	0.190	0.216	0.203	0.241	0.251	0.229	0.270	0.262	0.224
雌クロコ	0.461	0.371	0.408	0.426	0.367	0.268	0.324	0.267	0.251	0.259	0.272	0.192	0.134
ミズガニ	0.084	0.057	0.058	0.063	0.055	0.049	0.015	0.028	0.031	0.037	0.041	0.019	0.014
カタガニ	0.397	0.406	0.397	0.371	0.357	0.377	0.342	0.339	0.337	0.283	0.329	0.348	0.314
雄	0.196	0.186	0.181	0.178	0.156	0.153	0.133	0.154	0.157	0.133	0.146	0.108	0.084
全体	0.259	0.230	0.237	0.237	0.211	0.183	0.182	0.182	0.180	0.166	0.180	0.134	0.100

1999 年から 2003 年までのミズガニ齢期別漁獲尾数が不明なため、F 値についても不明

補足表 2-8. コホートモデルに基づく親魚量（トン）

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
親魚量	3,769	2,176	1,976	1,457	2,020	2,294	4,097	3,545	4,527	3,955	3,334	2,930	3,030

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
親魚量	2,876	2,936	2,852	2,551	3,181	3,742	3,471	3,088	2,905	2,752	2,745	4,328	6,886

親魚量は漁期後の雌の資源量

補足表 2-9. コホートモデルに基づく漁期開始時点の加入尾数（千尾）

	齢期銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
加入尾数	雄 12 齢ミズガニ	1,110	1,130	970	890	1,310	1,430	2,140	1,700	2,230	1,620	1,450	1,420	1,480
	雌 11 齢アカコ	1,230	1,620	1,480	2,180	2,390	3,570	2,840	3,710	2,710	2,420	2,370	2,470	2,330

	齢期銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
加入尾数	雄 12 齢ミズガニ	1,400	1,310	1,310	1,160	1,490	1,540	1,410	1,120	1,040	990	1,030	1,720	2,600
	雌 11 齢アカコ	2,180	2,180	1,930	2,480	2,570	2,340	1,860	1,730	1,650	1,710	2,870	4,340	4,230

	齢期銘柄	2025	2026	2027	2028
加入尾数	雄 12 齢ミズガニ	2,540	1,660	880	720
	雌 11 齢アカコ	2,760	1,470	1,200	-

イタリアック体は予測値。

補足表 2-10. コホートモデルに基づく遷移率および成熟率

遷移	遷移率
8 齢→9 齢(雌雄共通)	1.974
9 齢→10 齢(雌雄共通)	1.057
10 齢→11 齢(雌雄共通)	0.917
11 齢→12 齢(雄)	0.619
12 齢→13 齢(雄)	0.297
ミズガニ→カタガニ(雄 11-13 齢)	1.216
カタガニ→カタガニ(雄 11-13 齢)	0.152
アカコ→クロコ(雌 11 齢)	0.815
クロコ→クロコ(雌 11 齢)	0.381

脱皮齢期	成熟率
11 齢	0.030
12 齢	0.234

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

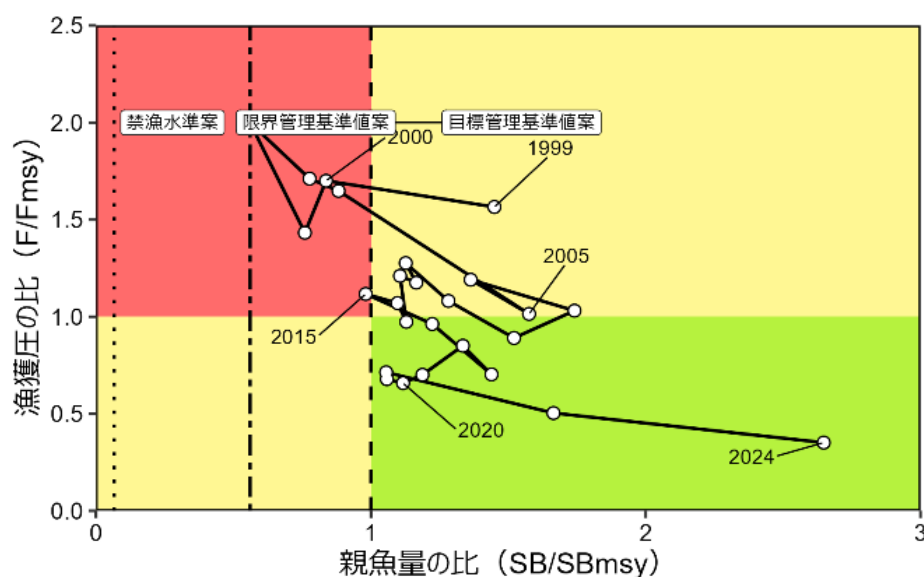
令和 7 年 9 月に公開された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」により、目標管理基準値（SBtarget）には MSY 水準における親魚量（SBmsy : 2.6 千トン）、限界管理基準値（SBlimit）には過去最低の親魚量（SBmin : 1.5 千トン）、禁漁水準（SBban）には MSY の 10%が得られる親魚量（SB0.1msy : 0.2 千トン）を用いることが提案されている（佐久間ほか 2025、補足表 6-2）。

目標管理基準値案と、SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。コホート解析により得られた 2024 年の親魚量（SB2024 : 6.9 千トン）は目標管理基準値案、限界管理基準値案および禁漁水準案を上回る。本系群の親魚量は海洋環境の変動に伴う加入量の変化を受けてより大きく変動してきたが、2000～2004 年および 2015 年を除く全ての年で SBmsy を上回っていた。また本系群に対する漁獲圧は漸次的に低下しており、2016 年以降全ての年で Fmsy を下回っていた。

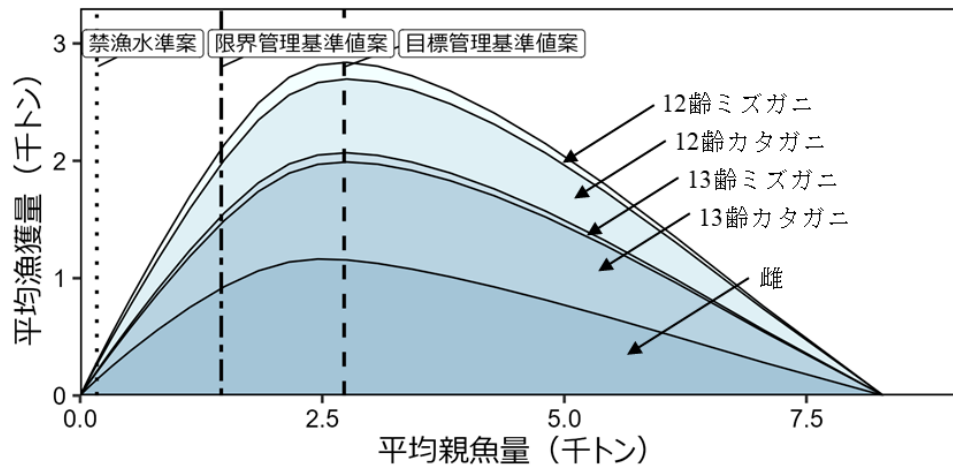
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。いずれの親魚量においても齢期構成は大きく変化せず、雌、雄の 13 齢カタガニ、12 齢カタガニが大勢を占める。これら 3 銘柄はいずれも独立したプラスグループの 2 年目以降であり（1 年目はミズガニ）、12 齢カタガニは 11 齢未熟から、13 齢カタガニは 12 齢未熟から、それぞれミズガニを経て脱皮成長するためである。これら齢期における成熟率は一定であり、漁獲に占める各齢期銘柄の割合は漁獲圧を変化させても大きく変化しない。

引用文献

佐久間啓・木下 堇・白川北斗・内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・井桁庸介・秋田鉄也・平尾 章・山本岳男（2025）令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料．FRA-SA2025-BRP04-01．



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）



補足図 3-2. 平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係（漁獲量曲線）

補足資料 4 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2024 年漁期の齢期銘柄別観測尾数から、コホートモデル（補足資料 2）の前進計算により 2025～2036 年の将来予測計算を行った。この将来予測では加入量およびコホートモデルによる推定パラメータ（1999～2024 年漁期）の不確実性を考慮した。2025 年漁期開始時点の 9 齢以上の観測尾数は 2024 年漁期開始時点の 8 齢以上を、2026 年漁期開始時点の 10 齢以上の観測尾数は 2025 年漁期開始時点の 9 齢以上を、それぞれ 1 齢期前進させて求めた。これら観測尾数の前進計算に基づく値はパラメータ推定の不確実性を考慮するため MCMC に基づく 10,000 サンプルから個別計算した。2027 年漁期以降は再生産関係式を用いて各年に予測される親魚量から加入量を予測し、その予測値に 10,000 サンプルにそれぞれ対応するよう対数正規分布に従う誤差を与えることで加入量の不確実性を考慮した。これら 10,000 通りの将来予測結果について平均値と 90% 予測区間を求めることにより、不確実性の程度を示した。

2025 年の漁獲圧は現状の漁獲圧（F2022-2024）を仮定した。現状の漁獲圧は、雌の F 値であり、コホートモデルに基づく 10,000 サンプルの個体群動態のそれぞれについて得られた F2022-2024 の平均値によって代表される。2025 年に予測される資源量と現状の漁獲圧から同年の漁獲量を算出した。2026 年の漁獲圧は、下記の漁獲管理規則案に従い、各年に予測される親魚量をもとに算出した。なお、将来予測の計算方法は補足資料 5 に示した。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関からの提案では「資源評価の不確実性等を考慮すると、 β は 0.8 以下とすることが望ましい」とされている（佐久間ほか 2025）。

(3) 2026 年の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2026 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 5.4 千トン（90% 予測区間は 4.4 千～6.5 千トン）、 β を 1.0 とした場合には 6.4 千トン（90% 予測区間は 5.2 千～7.7 千トン）であった（補足表 6-4）。2026 年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案を上回り、 β を 0.8 とした場合、平均 4.9 千トンと見込まれた。

(4) 2027 年以降の予測

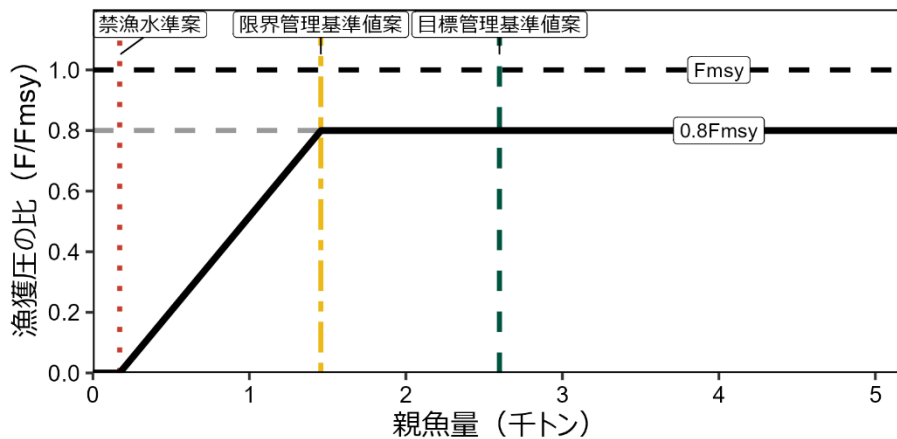
2027 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2 および補足表 4-1、4-2 および 4-3 に示

す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2036 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 3.0 千トン（90%予測区間は 2.3 千～3.5 千トン）であり、 β を 1.0 とした場合には 2.4 千トン（90%予測区間は 1.7 千～2.9 千トン）である（補足表 6-5）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率は β が 1.0 以下で 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2022-2024）を継続した場合の 2036 年の親魚量の予測値は 4.2 千トン（90%予測区間は 3.3 千～5.1 千トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 99%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

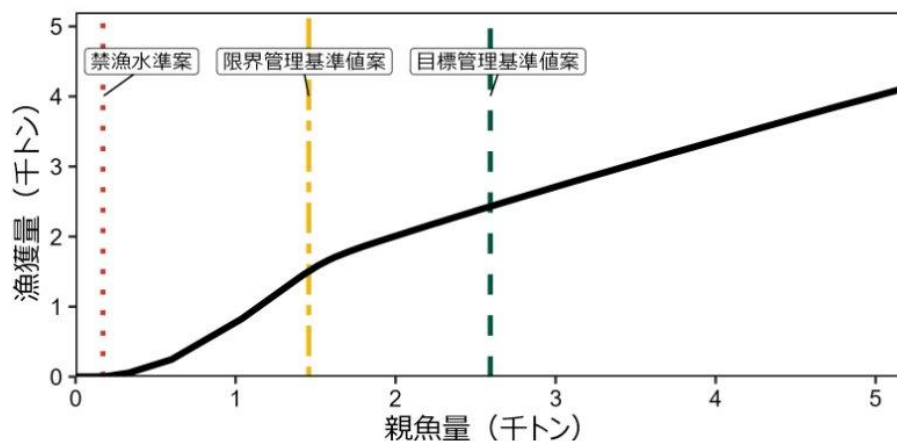
引用文献

佐久間啓・木下 薫・白川北斗・内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・井桁庸介・秋田鉄也・平尾 章・山本岳男 (2025) 令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2025-BRP04-01.

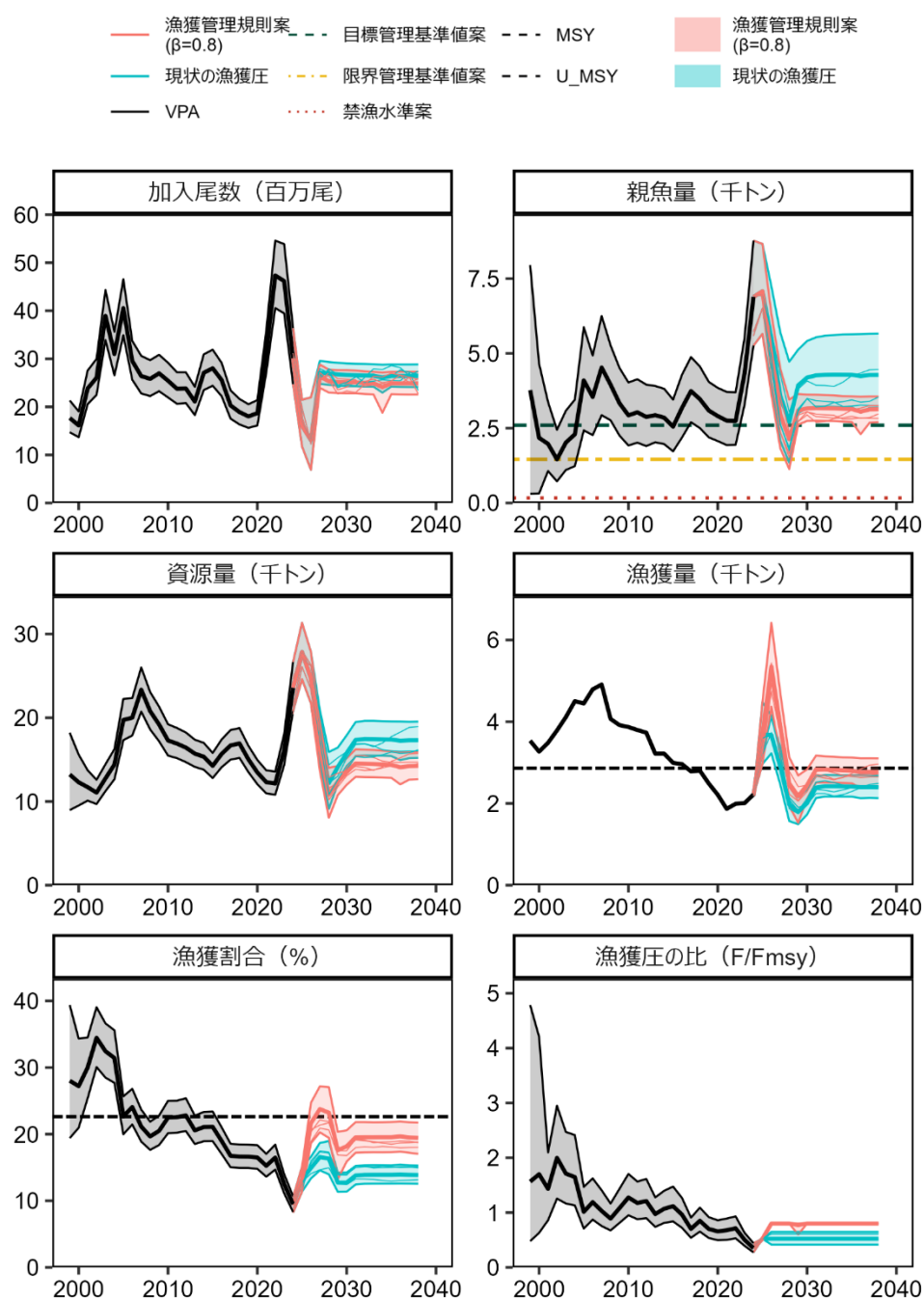
a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合



補足図 4-1. 漁獲管理規則案



補足図 4-2. 漁獲管理規則案に従って漁獲を続けた場合 (赤線) と現状の漁獲圧 (F2022-2024) で漁獲を続けた場合の将来予測 (青色)

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量 MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値案を維持する漁獲割合の水準 (U_{msy}) を示す。漁獲管理規則案での調整係数 β には 0.8 を用いた。2025 年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2022-2024) により仮定した。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

B	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	100	100	46	10	46	48	47	44	42	40	39	30
0.9		100	54	16	76	87	88	87	86	86	85	73
0.8		100	63	24	95	98	98	98	98	98	98	90
0.7		100	71	32	99	100	100	100	100	100	100	96
0.6		100	77	41	100	100	100	100	100	100	100	98
0.5		100	84	50	100	100	100	100	100	100	100	99
0.4		100	89	57	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3		100	92	66	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2		100	95	73	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1		100	97	79	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0		100	98	84	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧		100	82	48	100	100	100	100	100	100	100	99

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

B	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	100	100	98	70	100	100	100	100	100	100	100	98
0.9		100	99	77	100	100	100	100	100	100	100	99
0.8		100	99	83	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7		100	100	87	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6		100	100	91	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5		100	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4		100	100	96	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3		100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2		100	100	98	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1		100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0		100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧		100	100	93	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の結果を示す。2025 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2022-2024）から予測される 3.7 千トンとし、2026 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2022-F2024、 $\beta=0.52$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-2. 将来の平均親魚量（千トン）

B	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	7.1	4.6	2.6	1.8	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.4
0.9		4.7	2.8	2.0	2.8	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7
0.8		4.9	3.0	2.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0
0.7		5.1	3.2	2.3	3.3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4
0.6		5.3	3.4	2.5	3.6	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8
0.5		5.5	3.6	2.7	4.0	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
0.4		5.7	3.8	3.0	4.3	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
0.3		6.0	4.1	3.2	4.7	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
0.2		6.2	4.4	3.5	5.2	5.8	5.9	6.0	6.1	6.1	6.1	6.1
0.1		6.4	4.7	3.8	5.7	6.4	6.6	6.8	6.8	6.9	6.9	6.9
0.0		6.7	5.0	4.2	6.2	7.1	7.4	7.6	7.7	7.8	7.8	7.8
現状の漁獲圧		5.5	3.6	2.7	3.9	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2022-2024）から予測される 3.7 千トンとし、2026 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2022-F2024、 $\beta=0.52$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-3. 将来の平均漁獲量（千トン）

B	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	3.7	6.4	4.4	2.7	2.4	2.6	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8
0.9		5.9	4.2	2.6	2.3	2.5	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8
0.8		5.4	3.9	2.5	2.2	2.4	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
0.7		4.8	3.6	2.3	2.1	2.3	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
0.6		4.2	3.2	2.2	2.0	2.2	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5
0.5		3.6	2.8	1.9	1.8	2.0	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
0.4		2.9	2.4	1.7	1.5	1.7	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
0.3		2.3	1.9	1.4	1.2	1.4	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
0.2		1.5	1.3	1.0	0.9	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
0.1		0.8	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧		3.7	2.9	2.0	1.8	2.0	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2022-2024）から予測される 3.7 千トンとし、2026 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2022-F2024、 $\beta=0.52$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足資料 5 将来予測の計算方法

将来予測は統計解析ソフト R 4.3.3 にて実施した。将来予測における加入量は、コホートモデルの 2025 年 8 齢および 9 齢を前進させて得られる値、および令和 7 年 9 月に公開された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において提案されたホッケー・スティック型再生産関係と推定される親魚量から求めた（佐久間ほか 2025）。将来予測における漁獲係数 F は、「令和 7（2025）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」（水産研究・教育機構 2025）における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。将来予測におけるその他設定値には、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」にて提案された各種管理基準値案の推定に用いた値を用いた（佐久間ほか 2025）。これらは再生産関係と同じく、令和 7（2025）年度の資源評価に基づく値である（補足表 5-1）。

資源尾数の予測はコホートモデルの前進計算を用いた。将来予測では調査による観測を考慮する必要がないため、漁期開始時点の齢期銘柄別観測尾数 N についてのみ計算を行う。ここで前進計算はコホートモデル同様、遷移率を利用し、漁獲開始までの減耗分（カタガニで 1 か月、ミズガニで 3 か月）については自然死亡係数（カタガニおよびアカコ、 $M_1=0.2$ ；それ以外、 $M_2=0.35$ 、山崎 1996）の値を用いた。

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 8 齢以降の混獲死亡の影響を以下のように考慮した。

$$G = \alpha S_l(x - F_{\text{current}}) \quad (1)$$

ここで、 G は混獲死亡係数、 x は将来予測で適用する雌の F 値、 F_{current} は現状の漁獲圧（雌）である。コホートモデルの遷移率には混獲死亡による減耗が含まれている。従って、現状の漁獲を継続する限り、混獲死亡の増減による将来予測結果のバイアスは発生しない。一方、漁獲管理規則に基づく漁獲係数 F を適用する場合、 F 値の差分によって発生した混獲死亡率の増減を考慮する必要がある。そこで今回は混獲死亡係数 G が、未熟について全体の（ $l=1$ ）、ミズガニについてカタガニの（ $l=2$ ）、アカコについてクロコ（ $l=3$ ）の F にそれぞれ比例すると仮定した。従って雌の現状の F 値に対する選択率 S_l を掛け合わせることで上式のように表現される。ここで、係数 α は現状の F 値と漁獲管理規則に基づく F 値の差分に乘じる係数であり、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」にて提案された値と同様、 $\alpha=0.4$ を適用した。

8 齢以降の漁獲対象外の未熟個体の前進計算では雌雄ともに全体の F 値に対応する 1 年分の混獲死亡が見込まれる。

$$G_{s,y,i,c=1} = \alpha S_{l=1}(F_y - F_{\text{current}}), \quad s = 1, 2; 9 \leq i \leq 11 \quad (2)$$

雄 12 齢ミズガニ (c=1,2) および 13 齢ミズガニ (c=2) については、カタガニの F 値に対応する 1 年分の混獲死亡が見込まれる。これは海域によってカタガニとミズガニの分布が重複し、場合によって混獲死亡が見込まれるためである。

$$G_{s=1,y,i,c} = \alpha S_{l=2}(F_y - F_{current}), \quad c = 1, 2; i = 12, 13 \quad (3)$$

雌アカコ (c=2) についても、雌の F 値に対応する 1 年分の混獲死亡が見込まれる。ここで、雌の F の選択率 $S_{l=3}=1$ である。アカコとクロコの分布は完全に重複しており、アカコは A 海域において採捕されないため、漁期中の混獲死亡が見込まれる。

$$G_{s=2,y,i=11,c=2} = \alpha S_{l=3}(F_y - F_{current}) = \alpha(F_y - F_{current}) \quad (4)$$

上式(2)～(4)の混獲死亡係数を用いて、漁期の資源尾数は以下の通り表現される

雌雄 9～10 齢 :

$$\ln(N_{s,y,i,c=1}) = \ln(N_{s,y-1,i-1,c=1}) + \ln(\eta_{s,i-1,c=1}) - G_{s,y-1,i,c=1}, \quad s = 1, 2; i = 9, 10 \quad (5)$$

雄 11～12 齢未熟 :

$$\ln(N_{s=1,y,i,c=1}) = \ln(N_{s=1,y-1,i-1,c=1}) + \ln(\eta_{s=1,i-1,c=1}) + \ln(1 - p_i) - G_{s=1,y-1,i,c=1}, \quad i = 11, 12 \quad (6)$$

雄 11～12 齢ミズガニ :

$$\ln(N_{s=1,y,i,c=2}) = \ln(N_{s=1,y-1,i-1,c=1}) + \ln(\eta_{s=1,i-1,c=1}) + \ln(p_i) - G_{s=1,y-1,i,c=1}, \quad i = 11, 12 \quad (7)$$

雄 13 齢ミズガニ :

$$\ln(N_{s=1,y,i=13,c=2}) = \ln(N_{s=1,y-1,i=12,c=1}) + \ln(\eta_{s=1,i=12,c=1}) - G_{s=1,y-1,i,c=1} - F_{s=1,y-1,i=12,c=1} \quad (8)$$

雄 12～13 齢カタガニ :

$$\begin{aligned} \ln(N_{s=1,y,i,c=3}) &= \ln(N_{s=1,y-1,i,c=2} \eta_{s=1,i,c=2} \exp(-G_{s=1,y-1,i,c=2} - F_{s=1,y-1,i,c=2}) \\ &\quad + N_{s=1,y-1,i,c=3} \eta_{s=1,i,c=3} \exp(-F_{s=1,y-1,i,c=3})), \quad i = 12, 13 \end{aligned} \quad (9)$$

雌 11 齢アカコ :

$$\ln(N_{s=2,y,i=11,c=2}) = \ln(N_{s=2,y-1,i=10,c=1}) + \ln(\eta_{s=2,y-1,i=10,c=1}) - G_{s=2,y-1,i=10,c=1} \quad (10)$$

雌 11 齢クロコ :

$$\begin{aligned} \ln(N_{s=2,y,i=11,c=3}) &= \ln(N_{s=2,y-1,i=11,c=2} \eta_{s=2,i=11,c=2} \exp(-G_{s=2,y-1,i=11,c=2}) \\ &\quad + N_{s=2,y-1,i=11,c=3} \eta_{s=2,i=11,c=3} \exp(-F_{s=2,y-1,i=11,c=3})) \end{aligned} \quad (11)$$

上式(5)～(11)によって得られた漁期開始時点の齢期銘柄別観測尾数から、以下の通り漁獲

開始時点の資源量を計算した。カタガニおよび雌の漁獲はコホートモデル同様、それぞれ 12 月、11 月とし、カタガニでは漁獲までにひと月分の自然死亡を見込んだ。また、コホートモデルで漁獲を明示的に含めなかったミズガニについては、将来における漁獲量計算のため、2 月の漁獲を仮定し、漁期開始時点から 3 か月分の自然死亡を見込んだ。

12 齢ミズガニ：

$$B_{s=1,y,i=12,c=1,2} = (N_{s=1,y,i=12,c=2} + N_{s=1,y,i=12,c=1}) \exp\left(-\frac{3}{12}M_1\right) W_{s=1,i=12,c=1,2} \quad (12)$$

$$12 \text{ 齢カタガニ} : B_{s=1,y,i=13,c=3} = N_{s=1,y,i=12,c=3} \exp\left(-\frac{1}{12}M_2\right) W_{s=1,i=12,c=3} \quad (13)$$

$$13 \text{ 齢ミズガニ} : B_{s=1,y,i=13,c=2} = N_{s=1,y,i=13,c=2} \exp\left(-\frac{1}{12}M_1\right) W_{s=1,i=13,c=2} \quad (14)$$

$$13 \text{ 齢カタガニ} : B_{s=1,y,i=12,c=3} = N_{s=1,y,i=13,c=3} \exp\left(-\frac{3}{12}M_2\right) W_{s=1,i=13,c=3} \quad (15)$$

$$\text{雌 11 齢クロコ} : B_{s=2,y,i=11,c=3} = N_{s=2,y,i=11,c=3} W_{s=2,i=11,c=3} \quad (16)$$

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 ($W_{s=1,i=12,c=1,2}$) : 373 g、カタガニ ($W_{s=1,i=12,c=3}$) : 403 g

13 齢ミズガニ ($W_{s=1,i=13,c=2}$) : 728 g、カタガニ ($W_{s=1,i=13,c=3}$) : 799 g

また、雌 11 齢クロコ ($W_{s=2,i=11,c=3}$) についても同様に値を求め、177 g とした。

上式(13)～(17)によって求めた資源量 B について、それぞれ以下の通り既定の F 値により漁獲した。なお、前述の通り本資源における F 値は雌の F 値であり、前進計算における齢期銘柄別の F 値は現状の漁獲圧における雌の F 値に対する比 S を用いて引き延ばした値とした。

$$F'_{s,y,i,c} = F_y S_{s,i,c} \quad (18)$$

$$C_{s,y,i,c} = B_{s,y,i,c} \left(1 - \exp(-F'_{s,y,i,c})\right) \quad (19)$$

引用文献

水産研究・教育機構 (2025) 令和 7 (2025) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2024-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, 23pp.

資源評価高度化作業部会 (2025) 令和 7 (2025) 年度 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート. FRA-SA-2024-ABCWG02-04, 水産研究・教育機構, 横浜, 14pp.

佐久間啓・木下 董・白川北斗・内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・井桁庸介・秋田鉄也・平尾 章・山本岳男 (2025) 令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2025-BRP04-01.

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.

補足表 5-1. 将来予測のパラメータ

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2022-2024 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数
12 齢ミズガニ	0.091	0.035	0.018	373	0.35
12 齢カタガニ	1.867	0.713	0.372	403	0.20
13 齢ミズガニ	0.134	0.051	0.027	728	0.35
13 齢カタガニ	1.284	0.290	0.256	799	0.20
雌クロコ	0.96	0.382	0.199	177	0.20

注 1：令和 7 年度資源評価での F2022-2024 の選択率の平均値。

注 2：令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料で推定された Fmsy（雌の F）に F2022-2024 の選択率の平均値を掛け合わせたもの。

注 3：令和 7 年度資源評価での F2022-2024 の選択率の平均値。

補足資料 6 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1. 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.	P
ホッケー・スティック型	最小絶対値法	有	17.72	1490	0.199	0.677

a は折れ点までの再生産曲線の傾き (尾/kg)、b は折れ点となる親魚量 (トン)、S.D. は加入のばらつきの大きさをあらわす指標 (対数残差の標準偏差)、 ρ は自己相関係数である。

補足表 6-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	2.6 千トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	1.5 千トン	限界管理基準値案。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	0.2 千トン	禁漁水準案。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (雌) = (0.38)	
%SPR	17.6%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	2.9 千トン	最大持続生産量

補足表 6-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2024	6.9 千トン	2024 年の親魚量
F2024	2024 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (12 齢ミズガニ、12 齢カタガニ、13 齢ミズガニ、13 齢カタガニ、雌) =(0.012, 0.230, 0.018, 0.172, 0.134)	
U2024	9.5%	2024 年の漁獲割合
%SPR (F2024)	43.8%	2024 年の%SPR
%SPR (F2022-2024)	35.5%	現状(2022～2024 年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2024/ SBmsy (SBtarget 案)	2.64	最大持続生産量を実現する親魚量(SBmsy、目標管理基準値案)に対する 2024 年の親魚量の比
F2024/ Fmsy	0.35	SBtarget を維持する漁獲圧(Fmsy)に対する 2024 年の漁獲圧の比
親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る	
漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を上回る	
親魚量の動向	増加	

補足表 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

2026 年の親魚量(予測平均値):31 千トン				
項目	2026 年の 漁獲量 予測平均値 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022-2024)	2026 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	6.4	5.2 – 7.7	1.92	34
$\beta=0.9$	5.9	4.8 – 7.1	1.72	32
$\beta=0.8$	5.4	4.4 – 6.5	1.53	29
$\beta=0.7$	4.8	3.9 – 5.8	1.34	26
$\beta=0.6$	4.2	3.4 – 5.1	1.15	23
$\beta=0.5$	3.6	2.9 – 4.3	0.96	20
$\beta=0.4$	2.9	2.4 – 3.6	0.77	16
$\beta=0.3$	2.3	1.8 – 2.8	0.57	13
$\beta=0.2$	1.5	1.2 – 1.9	0.38	9
$\beta=0.1$	0.8	0.6 – 1	0.19	5
$\beta=0.0$	0	0 – 0	0	0
F2022-2024	3.7	3 – 4.5	1.00	43

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量、コホートモデルのパラメータ推定					
項目	2036 年 の親魚量 予測平均値 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2036 年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	2.4	1.7 – 2.9	30	98	100
$\beta=0.9$	2.7	2.0 – 3.2	73	99	100
$\beta=0.8$	3.0	2.3 – 3.5	90	100	100
$\beta=0.7$	3.4	2.7 – 4.0	96	100	100
$\beta=0.6$	3.8	3.0 – 4.6	98	100	100
$\beta=0.5$	4.3	3.4 – 5.3	99	100	100
$\beta=0.4$	4.8	3.8 – 6.2	100	100	100
$\beta=0.3$	5.4	4.2 – 7.3	100	100	100
$\beta=0.2$	6.1	4.6 – 8.6	100	100	100
$\beta=0.1$	6.9	5.1 – 10.4	100	100	100
$\beta=0.0$	7.8	5.6 – 12.6	100	100	100
F2022-2024	4.2	3.3 – 5.1	99	100	100

補足資料 7 前回管理基準値等の提案後の経過

(1) 評価を取り巻く状況

1) 過年度の経緯

本系群では令和 2 年 4 月の研究機関会議で管理基準値と漁獲管理規則が提案・合意された。令和 2 年 7 月の資源管理手法検討部会で管理方策について議論がなされた後、令和 2 年 8 月および 10 月の資源管理方針に関する検討会で管理方策が議論され、令和 3 年 3 月に合意された。MSY に基づく管理は令和 3 年 7 月から開始された。これまでに本系群を対象として開催された資源管理、資源評価に関連する会議について補足表 7-1 に取りまとめた。

2) 資源管理基本方針に関連するパラメータ

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」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て資源管理基本方針が定められた。同方針の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準、調整係数 β などは佐久間ほか (2024) の補足資料 3 を参照されたい。

3) 前回管理基準値提案以降の大きな出来事

令和 6 年 4 月の水産政策審議会において、令和 5 年度評価における令和 6 年度 ABC が旧 MSY (3.7 千トン) を大きく超えることに鑑み、令和 6 年漁期の TAC を MSY 水準とすることについて決定された。令和 6 年度評価についても同様の状況が継続したため、令和 7 年 4 月の水産政策審議会において令和 7 年度 TAC を MSY 水準とする決定がなされた。

また近年、本資源の加入過程解明につながる重要な研究成果として、本海域におけるズワイガニの加入量変動が日本海西部における対馬暖流の渦形成による幼生輸送過程に大きな影響を受けてきたことが明らかになりつつある (佐久間ほか 2024、補足資料 15)。

4) 資源評価の変更点

目標管理基準値の設定以降の資源評価において行った変更点は以下の通りである。

① トロール調査結果に基づく甲幅組成の齢期分解手法の改良 (令和 7 年度)

本海域のコホートモデルに適用する齢期銘柄別観測尾数は、令和 6 年度評価まで、A 海域全体の甲幅組成について、成長等の仮定を置かない混合正規分布モデルを適用することで分解してきた。令和 7 年度評価では、時空間的ばらつきおよび成熟を考慮した成長式に基づく混合正規分布モデル (Relaxed exponential growth gaussian mixture model) を新規に開発し、これを適用した。本モデルの適用によって漁獲主対象となる 11-13 齢成熟個体の齢期分解が安定し、より高精度な評価が可能となった。

② コホートモデルの改良 (令和 7 年度)

本海域ではトロール調査における齢期成熟段階別観測尾数の直接推定値に基づくコホートモデルにより、観測の不確実性を減じた頑健な評価を行ってきた。一方、既存のコホートモデルでは現実の個体群動態を十分に反映できていない可能性があり、令和 7 年度、コホートモデルを改良した。従前のモデルは観測時点 (6 月) を起点とした構造であったのに対し、改良したモデルでは漁期開始時点 (11 月) を起点とした状態空

間的構造となっている。変更によって、従来のモデルでは明示的に含まれなかったミズガニ・アカコの尾数・生残が加わり、従前のモデルで非常に低かった成熟雄の遷移率（生残率）がより現実的な値となった。

③ 将来予測における計算方法の変更（令和 7 年度）

令和 6 年度までの資源評価において将来予測の F は銘柄別（ミズガニ・カタガニ・雌）に設定していたが、令和 7 年度評価ではこれを齢期銘柄別（12 齢ミズガニ、12 齢カタガニ、13 齢ミズガニ、13 齢カタガニ、雌）に設定することとした。また、将来の混獲死亡率を決定する係数 α について、従来は 0.5 と仮定していた（現状の漁獲圧と将来予測の漁獲圧の差分に 0.5 を乗じた死亡係数を混獲死亡率の差分と仮定）が、令和 7 年度評価では漁業現場における昨今の混獲死亡低減の取り組みに鑑み、 $\alpha=0.4$ とした。

5) ピア ビュー

水産研究・教育機構では、資源評価に関する透明性や客観性を確保するため、その科学的妥当性について国内外の専門家に諮問するピア ビューのプロセスを令和 2（2020）年度から導入している。本系群については、令和 4 年 11 月 8～11 日に米国の専門家によるビューを、令和 4 年 11 月 16～17 日に国内の専門家によるビューを受けた。レビューの詳細はオンライン上で公開されている報告書を参照されたい。
(https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/peer_review/index.html)

（2）過年度資源評価の結果の比較

前回管理基準値等を用いた令和 2（2020）年度から令和 6（2024）年度までの資源評価結果を比較した（補足表 7-2）。本海域では、評価当年漁期および翌年の加入について、トロール調査に基づく齢期銘柄別観測尾数により現実的に即した値を与えて将来予測を行ってきた。これらの加入量は評価当年の 1～3 年後の親魚量に反映され、安定した将来予測結果に寄与してきた。一方、翌年の加入量の推定方法については 2021 年に変更を行ったため、前後で推定値にばらつきがみられる。また、本海域の漁獲管理規則に基づく F 値は、2020 年以降現状の漁獲圧よりも高い値が続いていた。現状の漁獲圧よりも高い値を設定することによって将来の加入の混獲死亡率に差分が生じ、将来予測の不確実性につながったと考えられる。

（3）まとめ

本海域では、近年の研究によってズワイガニの加入過程に海洋環境が影響していることが示唆された。最新のデータに基づいて推定されたホッカー・スティック型再生産関係は従来適用されてきたリッカー型よりも AICc において優れており、上記研究で指摘された加入のランダム性とも整合する（佐久間ほか 2025）。令和 7 年度の資源評価においてこれまで指摘されてきた資源評価手法上の問題点のいくつかが改善された一方、アレビューにおける指摘にもあるように、さらなる改善が求められる点も残されている。その中で優先的に取り組むべき課題について補足資料 8 に整理した。

引用文献

佐久間啓・吉川 茜・白川北斗・内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・秋田鉄也・平尾 章 (2024)
 令和 5 (2023) 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. 1-
 38. FRA-SA2024-AC015. <https://abchan.fra.go.jp/>
 佐久間啓・木下 董・白川北斗・内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・井桁庸介・秋田鉄也・
 平尾 章・山本岳男 (2025) 令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料.
 FRA-SA2025-BRP04-01.

補足表 7-1. 本系群資源評価を取り巻く過年度の経緯

年月	資源評価をめぐる主な経緯
2020 年 4 月	資源管理目標等に関する研究機関会議 https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html 再生産関係の設定、管理基準値と漁獲管理規則の提案、将来予測の検討
2020 年 8 月	資源管理方針に関する検討会（ズワイガニ日本海系群A海域、日本海系群B海 域、太平洋北部系群、第 1 回） https://www.jfa.maff.go.jp/j/study/kanri/231027_10.html
2020 年 9 月	令和 2 (2020) 年度ズワイガニ（日本海系群）資源評価会議 https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html
2020 年 10 月	資源管理方針に関する検討会（ズワイガニ日本海系群A海域、日本海系群B海 域、太平洋北部系群、第 2 回）
2020 年 11 月	ズワイガニ資源に関する研究機関会議（web 会議）
2020 年 12 月	資源管理方針に関する検討会（ズワイガニ日本海系群A海域、日本海系群B海 域、太平洋北部系群）における依頼事項に対する試算結果の公表
2021 年 3 月	資源管理方針に関する検討会（ズワイガニ日本海系群A海域、日本海系群B海 域、太平洋北部系群、第 3 回）
2021 年 9 月	令和 3 (2021) 年度ズワイガニ（日本海系群）資源評価会議 https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html
2022 年 11 月	ピアレビュー
2022 年 9 月	令和 4 (2022) 年度ズワイガニ（日本海系群）資源評価会議 https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html
2023 年 9 月	令和 5 (2023) 年度ズワイガニ（日本海系群）資源評価会議 https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html
2024 年 9 月	令和 6 (2024) 年度ズワイガニ（日本海系群）資源評価会議 https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html

補足表 7-2. 各年の評価年度別の親魚量、資源量、加入尾数

a) 親魚量(千トン)

評価年度 / 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
MSY 算定時(2019 年度)	3.7	3.0	2.7	3.6	3.7	3.6
2020 年度評価	4.1	3.5	2.9	3.1	4.8	3.8
2021 年度評価	4.0	3.4	2.9	2.9	3.9	4.4
2022 年度評価	4.0	3.4	2.8	3.1	4.0	5.1
2023 年度評価	4.0	3.4	2.8	3.0	4.4	6.3
2024 年度評価	4.0	3.3	2.7	2.9	4.2	6.2

b) 資源量(千トン)

評価年度 / 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
MSY 算定時(2019 年度)	20.9	16.6	15.1	18.1	19.7	19.4
2020 年度評価	21.1	18.7	16.2	15.9	23.3	15.2
2021 年度評価	20.9	18.1	14.4	15.4	13.6	11.8
2022 年度評価	20.7	17.9	14.0	14.5	19.9	26.0
2023 年度評価	20.5	17.8	13.9	14.3	19.2	30.9
2024 年度評価	20.2	17.6	13.7	14.0	17.8	27.0

c) 加入尾数(百万尾)

評価年度 / 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
MSY 算定時(2019 年度)	13.4	14.1	21.1	21.2	19.4	17.8
2020 年度評価		14.4	17.8	31.8	19.7	12.9
2021 年度評価			15.8	24.6	19.2	11.8
2022 年度評価				24.4	32.4	23.4
2023 年度評価					39.5	54.0
2024 年度評価						45.5

d) 漁獲量(千トン)

評価年度 / 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
MSY 算定時(2019 年度)	2.8	2.8	3.1	3.1	3.4	3.7
2020 年度評価	2.7	2.7	3.2	2.8	3.6	3.6
2021 年度評価	2.5	2.2	1.7	2.8	3.1	3.7
2022 年度評価	2.5	2.2	1.9	1.8	3.4	4.2
2023 年度評価	2.5	2.2	1.9	2.0	2.3	5.1
2024 年度評価	2.5	2.2	1.9	2.0	2.0	3.3

β を 0.8 とした場合の漁獲シナリオに基づく将来予測結果を示す。将来予測結果は白背景で示し、それ以外の推定値・統計値は灰色背景で示した。

補足資料 8 今後検討すべき課題の整理

今年度以降における本資源評価において取り組むべき課題を以下のように整理した（補足表 8-1）。

(1) 齢期銘柄別漁獲尾数

本海域の資源計算では切断法あるいは齢期-銘柄キーに基づく齢期分解によって齢期銘柄別漁獲尾数を推定している。現在のところ兵庫県（齢期銘柄キー）、鳥取県・京都府（切断法）における齢期銘柄別推定値を漁獲量によって全体に引き延ばして適用しているが、今後海域別コホートモデルやさらなる高度化を図るには海域内北部に位置する福井県・石川県における齢期銘柄別漁獲尾数の導入が望ましい。また、齢期分解手法についても、現状で用いている切断法では加入量変動に伴う年級群豊度の変化によって漁獲尾数の過大・過小数推定が発生する可能性がある。従って、今後はデータの充実とともに混合正規分布による齢期分解等についても検討する必要がある。

(2) コホートモデル

令和 7 年度評価においてコホートモデルを更新し、より現実に即した資源量・親魚量および漁獲圧等パラメータ推定が可能になった。一方で、現状のコホートモデルでは過去から現在まで一貫した混獲死亡率・生残率・採集効率を仮定するなどいくつかの大きな仮定を置いており、資源評価精度の向上に向けて、より柔軟な個体群動態モデルの開発が求められる。また、現状のコホートモデルではミズガニからカタガニへの遷移率が 1 以上となっているが、これは現在適用している 12-13 齢に対するトロール網の採集効率 ($q=0.442$) が現実より高い（観測尾数が過小である）可能性を示唆している。トロール調査とは独立の資源量推定手法（たとえば漁獲成績報告書に基づく DeLury 法）等によってより現実的な採集効率パラメータを推定することで、これらの問題を解決できる可能性がある。

(3) 生態研究

ズワイガニ類の生態、特に初期生活史に関する研究は発展途上にある。近年、本資源における幼生の輸送過程に関して海洋物理学的アプローチから検討がなされており、隠岐東方の暖水渦が生育場への幼生の輸送に寄与していることが示唆されている。また、生残過程についても、本種幼生が水柱において不適な水温から逃避することが飼育実験から示された。これら、幼生の加入・生残に関して重要な知見を提供しうる生態研究を継続するとともに、これまで未知であった幼生の餌料に関する研究（胃内容物メタゲノム分析等）や浮遊分散時の分布特性を解明する種分布モデル（SDM）の適用等によって本種の加入過程を明らかにする必要がある。また近年、ズワイガニ成熟個体について水温深度ロガーによる移動特性データの蓄積等も進められており、繁殖行動に伴う季節的な深浅移動等に関してさらなる研究が期待される。

補足表 8-1. 今後検討すべき課題の整理項目

項目	検討課題
齢期銘柄別漁獲尾数	府県別測定データの充実化(現状では兵庫・鳥取・京都の3府県)、漁獲物齢期分解手法の高度化(現状では切断法)
コホートモデル	年別遷移率・海域別パラメータ推定の試行、漁業依存データを活用した採集効率推定手法の開発(DeLury法の適用等)
生態研究	加入過程に関する検討(粒子追跡実験による海流による輸送シミュレーション)、生残過程の検討(飼育実験等)、浮遊分散時における餌生物推定(胃内容物メタゲノム解析)によるSDM適用の検討、水温深度ロガー装着個体の放流実験に基づく成熟個体の移動特性解明等

補足資料 9 トロール調査による齢期銘柄別観測尾数の直接推定

2025 年 4 月 11～23 日、5 月 8 日～31、および 6 月 5～15 日にかけて、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 層に約 140 調査点を配置した（補足図 9-1）。曳網時の袖先間隔が約 17 m のトロール網（ニチモウ社製 NOB-81-K1 型着底トロール）を用い、対地 3 ノットにて 30 分の曳網を原則とした。

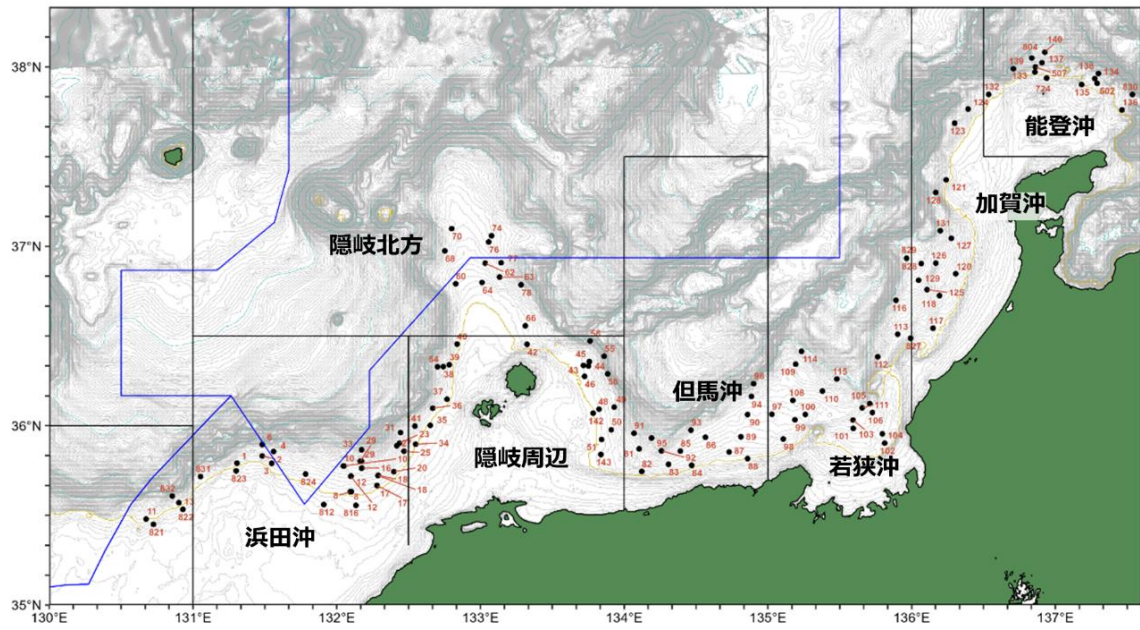
今年度は 119 定点を調査し、雄 7,195 尾、雌 6,018 尾を採捕、計測した。雄では、甲幅に加え鉗脚掌部幅を測定し、成熟段階（最終脱皮前後）の判別を行った。雌では、甲幅に加え腹節の状態、内卵の有無等を記録し、未熟、10 齢（初産前）、11 齢（経産）を判別した。

調査点ごとの雌雄成熟段階別の採捕尾数より、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、2017 年以降の新型網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 10）。採捕個体のデータに混合正規分布を当てはめ、齢期に分解した（補足表 2-2、補足資料 12）。

海域別雌雄別の甲幅組成を補足図 9-2 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、西側の海域に多かったが、本年の調査では但馬以東で雄の現存尾数が多い傾向にあった。また、甲幅組成には海域ごとの特性があり、能登沖では小型個体が多かったのに対し、若狭沖から加賀沖にかけては若齢に対する 13 齢の割合が多い傾向にあった。また、いずれの海域においても 9 齢未満の若齢個体の観測尾数が少ない傾向にあった。

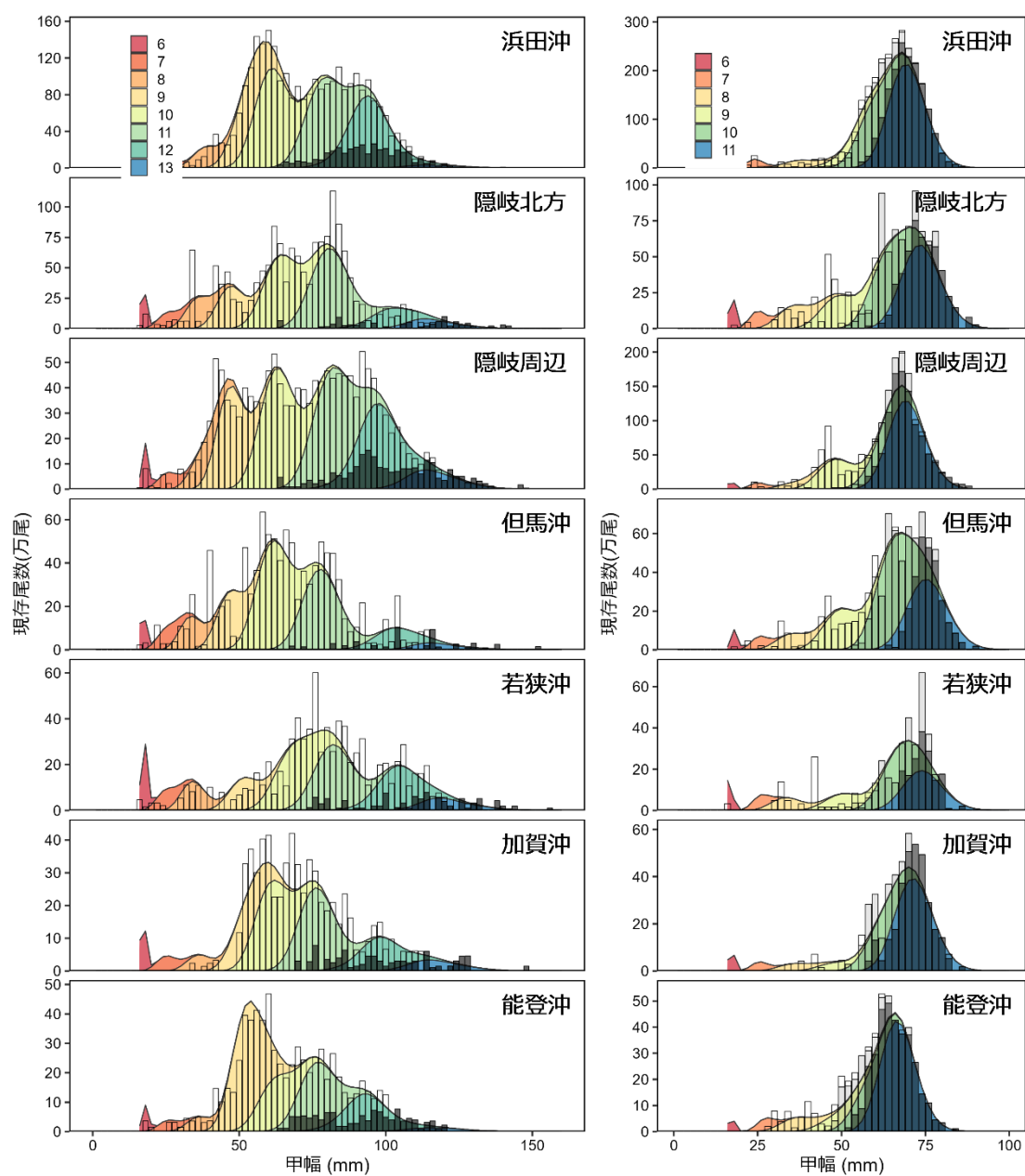
トロール調査から推定された 2025 年の雄（甲幅 90 mm 以上）および雌（11 齢）の現存量は、いずれも過去最低水準となった 2021 年から回復傾向にあり（補足図 9-3、9-4 および 9-5）、雄では浜田沖以外で、雌では隠岐北方以外で、それぞれ増加した。雌の現存量の経年変化は隠岐以西（浜田沖、隠岐周辺、隠岐北方）の変化によるところが大きい。

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。

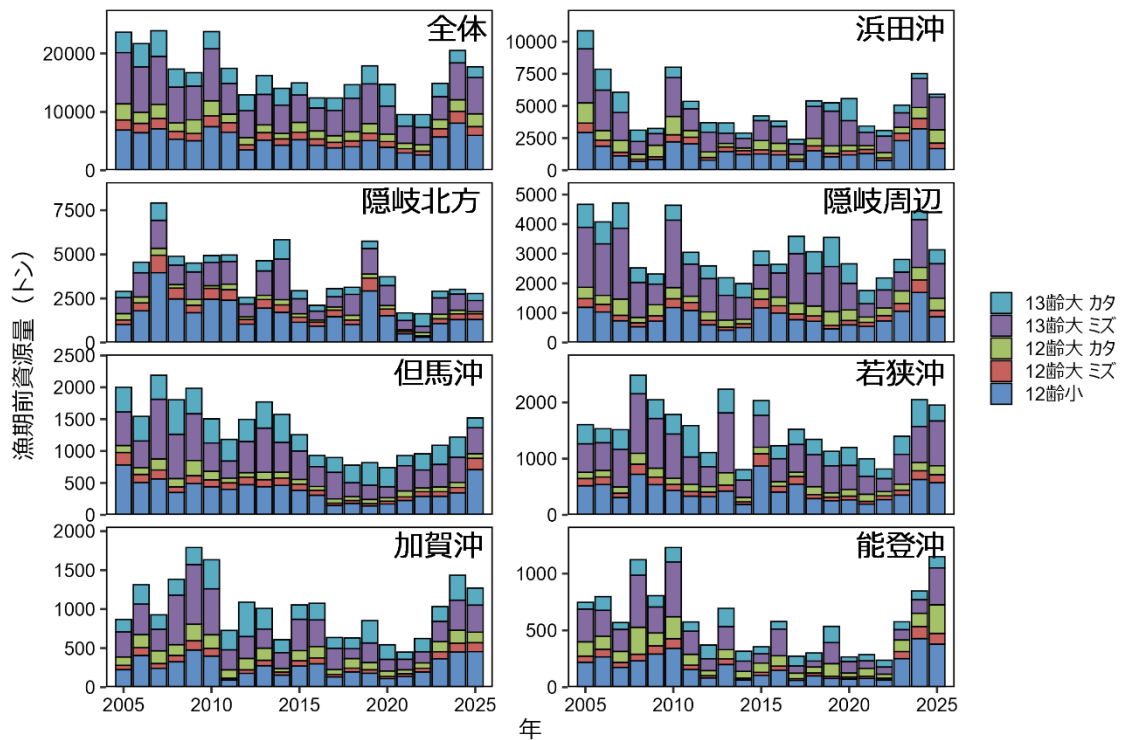


補足図 9-1. トロール調査海域

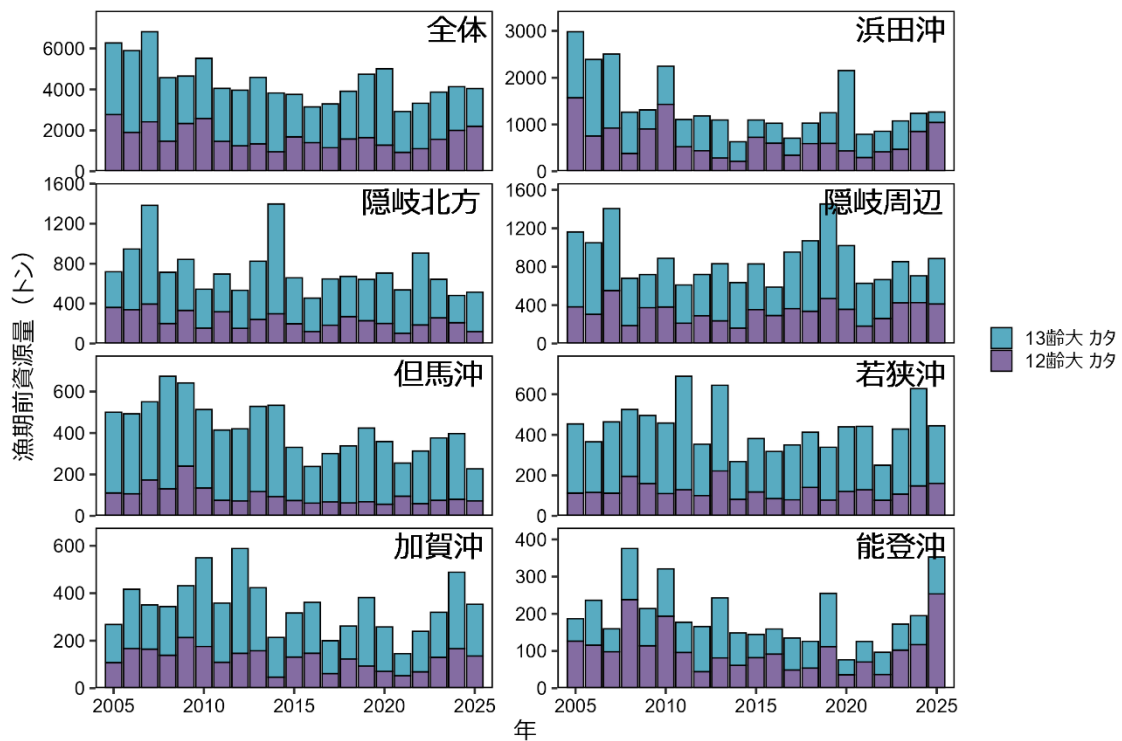
数字は調査点を示す。青枠は日韓暫定水域、黒字は沖底小海区を示す。



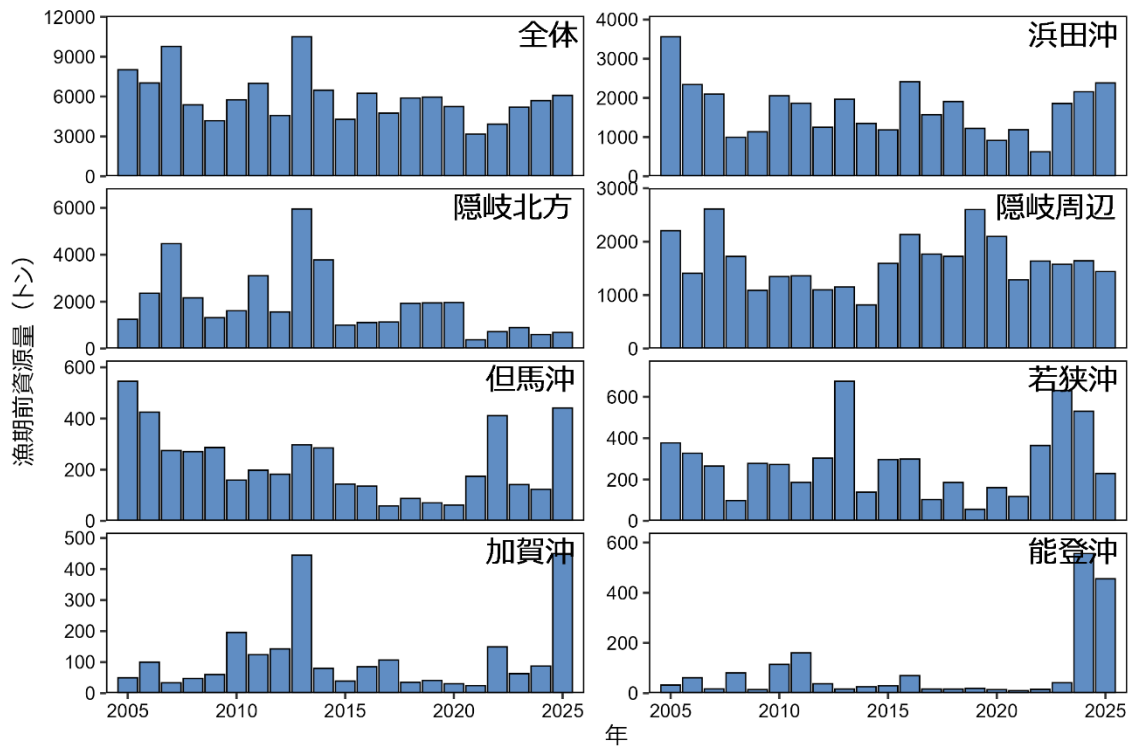
補足図 9-2. 面積密度法に基づく調査時点のサイズ別小海区別現存量 左が雄、右が雌
 ヒストグラムが甲幅 2 mm 区分に基づく実測値、色付き面グラフがモデル値。成熟個
 体をグ ーのヒストグラムで示した。



補足図 9-3. 面積密度法に基づく雄の漁期開始時点の海域別齢期別資源量（12-13 齢）
縦軸のスケールは海域ごとに異なる



補足図 9-4. 面積密度法に基づく雄の漁期開始時点の海域別齢期別資源量（カタガニ 12-13 齢） 縦軸のスケールは海域ごとに異なる



補足図 9-5. 面積密度法に基づく雌の漁期開始時点の海域別資源量 (クロコ)

補足資料 10 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

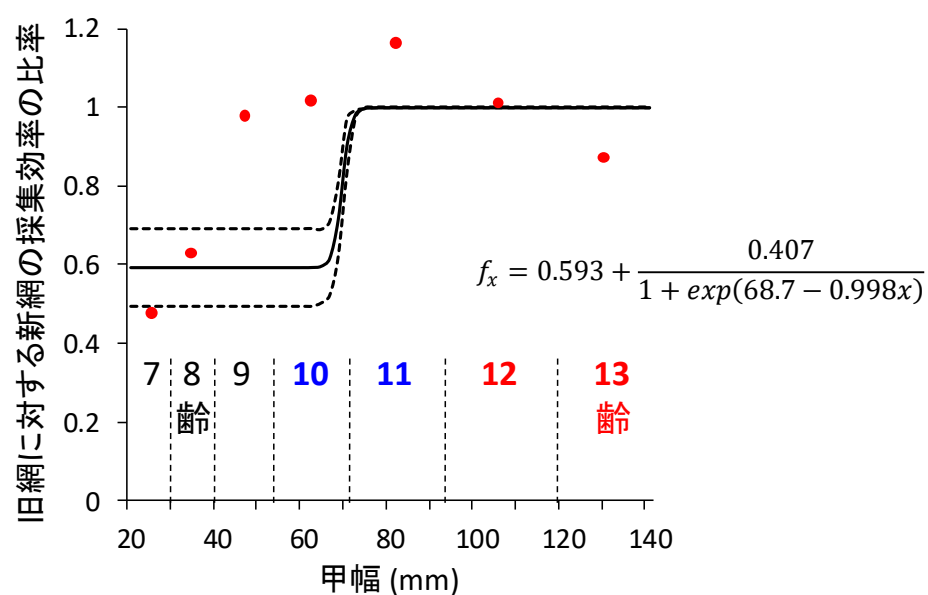
日本海ズワイガニ等底魚資源調査は、2014 年まで但州丸（499 トン）により、NT-4 型着底トロール網（旧網）を用いて行われてきたが、2015 年からは但州丸代船（358 トン）を含む 350 トンクラスの調査船によっても円滑な漁撈作業が可能な、小型の NOB-81 型着底トロール網（新網）を使用している。新網と旧網の採集効率の違いを明らかにするため、2014 および 2015 年に新網と旧網による並行調査を行った。

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 10-1 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 10-1 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、モデルでは海底が硬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 10-1）、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 10-1 に示す。



補足図 10-1. 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 10-1. 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

脱皮齢期	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 11 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 11-1）。

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と考えられる。

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 11-1. 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			1976	4,308	3,091	9
1955	8,501			1977	4,619	3,162	144
1956	7,721			1978	4,367	3,158	228
1957	9,079			1979	4,424	3,185	155
1958	10,274			1980	4,035	2,911	193
1959	10,039			1981	4,187	2,813	125
1960	12,468			1982	3,529	2,329	73
1961	12,041			1983	3,577	2,307	183
1962	13,841			1984	3,015	1,885	6
1963	14,568			1985	2,932	1,361	14
1964	14,600			1986	2,591	1,278	9
1965	10,228		271	1987	2,096	1,334	4
1966	9,641		403	1988	1,929	1,131	10
1967	9,275		756	1989	1,863	1,081	3
1968	10,811		435	1990	1,806	1,044	3
1969	11,194		253	1991	1,691	903	2
1970	14,234	11,265	247	1992	1,621	935	11
1971	12,172	10,834	494	1993	1,880	1,215	94
1972	12,056	7,980	132	1994	2,424	1,424	98
1973	8,205	5,689	355	1995	2,490	1,541	79
1974	6,434	4,024	340	1996	2,631	1,602	133
1975	4,767	3,378	100	1997	2,938	1,959	815

補足表 11-1. (続き)

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)
1998	3,282	2,418	459	2020	2,318	1,695	1,729
1999	3,415	2,730	1,134	2021	1,945	1,349	1,974
2000	3,521	2,471	756	2022	1,933	1,371	1,932
2001	3,501	2,513	1,001	2023	2,057	1,327	2,068
2002	3,735	2,890	896	2024	2,103	1,477	2,363
2003	4,155	3,131	1,889				
2004	4,698	3,600	2,605				
2005	4,120	3,402	3,240				
2006	4,841	3,711	4,062				
2007	4,978	3,891	4,817				
2008	4,434	3,171	3,019				
2009	3,913	2,959	2,372				
2010	4,058	3,057	2,606				
2011	3,810	3,016	2,567				
2012	3,822	2,825	2,317				
2013	3,550	2,488	1,868				
2014	3,271	2,439	2,411				
2015	3,123	2,284	1,917				
2016	2,996	2,263	1,570				
2017	2,774	2,126	1,869				
2018	3,213	2,223	2,184				
2019	2,386	1,889	2,136				

補足資料 12 成長式を仮定した混合正規分布モデルによる定点別齢期組成推定手法

本海域の資源評価におけるトロール調査に基づく齢期成熟段階別観測尾数の推定手法について、以下に説明する。以下に示す作業の概要を補足図 12-1 に掲載した。トロール調査（補足資料 9）では、定点別の雌雄測定データ（甲幅および成熟段階）が得られる。これらについて、成長式および時空間的な齢期・成熟段階別平均甲幅のばらつきを考慮した混合正規分布モデルである緩和混合正規分布モデル（Relaxed Exponential Growth Gaussian mixture model: REG2 モデル）を当てはめることで、定点別齢期成熟段階別の採集個体数を推定した。採集個体数を曳網面積で除すことで密度に換算したのち、定点と小海区-水深帯で表現される層を紐づけ、層別の齢期成熟段階別密度を求めた。個体数密度に層別海域面積を乗じて層別の観測尾数を推定したのち、これを集約して海域全体の齢期成熟段階別観測尾数を求めた。

・ REG2 モデル

トロール調査に基づく定点別の齢期成熟段階別個体数に用いた REG2 モデルについて以下に説明する。本モデルでは、齢期別平均甲幅に対する時空間効果（年別・沖底小海区別）および成熟に伴う優成長・劣成長を考慮したべき乗成長式を仮定した。

$$\ln(\mu_{s,y,a,i,m}) = \ln(\alpha) + \beta \ln(t) + \omega_{s,y,i,t} + \lambda_{s,a,i,m} \quad (1)$$

ここで、 α 、および β は日本海西部のズワイガニの基礎的な成長式のパラメータ、 ω は時空間効果、 λ が成熟効果である。パラメータ s 、 y 、 a 、 i 、 m はそれぞれ、雌雄、年、海域、齢期、成熟段階を表す。

時空間効果は、過程誤差を多変量正規分布として海域間の関係性を考慮した 2 階差分のランダムウォークによって表現した。ここで、隣接するコホートはサイズやハビタットの類似性から、甲幅組成に影響する環境条件が類似していると考えられ、成長式に対する齢期別年別平均甲幅の差分は従って連続的に変化すると仮定できる。たとえば、 y 年 i 齢と $y+1$ 年 i 齢（= y 年 $i-1$ 齢）は隣接するコホートであり、 y 年時点において両者は i 齢と $i+1$ 齢として類似した環境条件を経験している。これを、齢期を i 齢に固定して考えた場合、成長式から予測される i 齢甲幅からの差分も連続的に変化すると考えられる。この i 齢における成長式からの差分の変動は海域間で共通の要素（水温環境・餌料環境・漁獲圧）を含み連動すると見込まれるため、変動をコントロールするランダムウォークは海域間で連動するようパラメータ設定した。

$$\ln(\omega_{s,y+2,a,i}) - \ln(\omega_{s,y+1,a,i}) = \ln(\omega_{s,y+1,a,i}) - \ln(\omega_{s,y,a,i}) + \varepsilon_{\omega,s,y,a,i} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\omega,s,y,a,i} \sim \text{MVN}(0, \Sigma_{\omega,s,i}) \quad (3)$$

ここで、 Σ_{ω} は 2 階差分のランダムウォークをコントロールする過程誤差の行列 ε_{ω} が従う多変量正規分布の共分散行列である。

また、成熟についても同様に海域別年別に連続的に変化すると仮定し、以下のようなロ

ジスティック式を仮定した

$$p_{s,y,a,i} = \frac{1}{1+e^{(-\kappa_s(i-\rho_{s,y,a}))}} \quad (4)$$

ここで、 p は齢期別の成熟率であり、形状は κ 、50%成熟齢期は ρ で表現される。パラメータ ρ については成長式の時空間効果同様に、海域間で連動する 2 階差分のランダムウォークを仮定した。

$$\ln(\rho_{s,y+2,a}) - \ln(\omega\rho_{s,y+1,a}) = \ln(\rho_{s,y+1,a}) - \ln(\rho_{s,y,a}) + \varepsilon_{\rho,s,y,a}, \quad (5)$$

$$\varepsilon_{\rho,s,y,a} \sim \text{MVN}(0, \Sigma_{\rho,s}) \quad (6)$$

ここで、 Σ_{ρ} は 2 階差分のランダムウォークをコントロールする過程誤差の行列 ε_{ρ} が従う多変量正規分布の共分散行列である。

上式(1)~(6)によって表現される平均甲幅・成熟段階により、混合正規分布を仮定した尤度関数は以下の通りとなる。

$$f(CW_j) = \sum_k \left(\pi_k \varphi(\ln(CW_j); \ln(\mu_{s,y,a,m,i}), \sigma_{m,i}^2) \phi(M_i; 1, p_{s,y,a,k}) \right) \quad (7)$$

$$\varphi(\ln(CW_j); \ln(\mu_{s,y,a,i,m}), \sigma_{i,m}^2) = \text{Normal}(\ln(CW_j); \ln(\mu_{s,y,a,i,m}), \sigma_{i,m}^2) \quad (8)$$

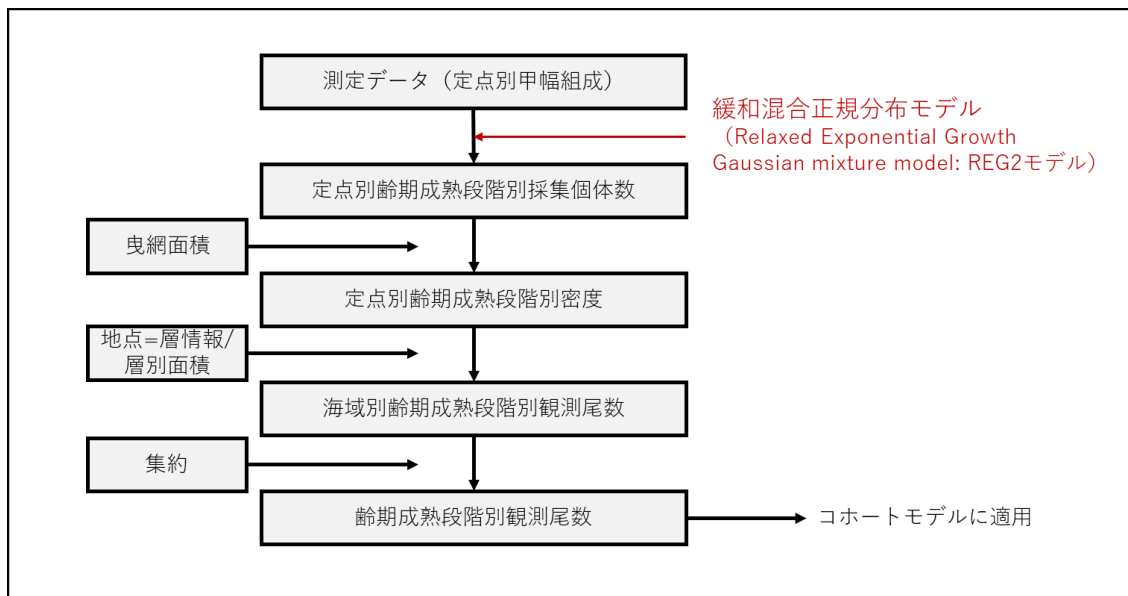
$$\phi(M_j; 1, p_{s,y,a,i}) = \text{Binomial}(M_j; 1, p_{s,y,a,i}) \quad (9)$$

個体別の齢期は得られた事後確率が最大となるよう、以下の通り推定できる。

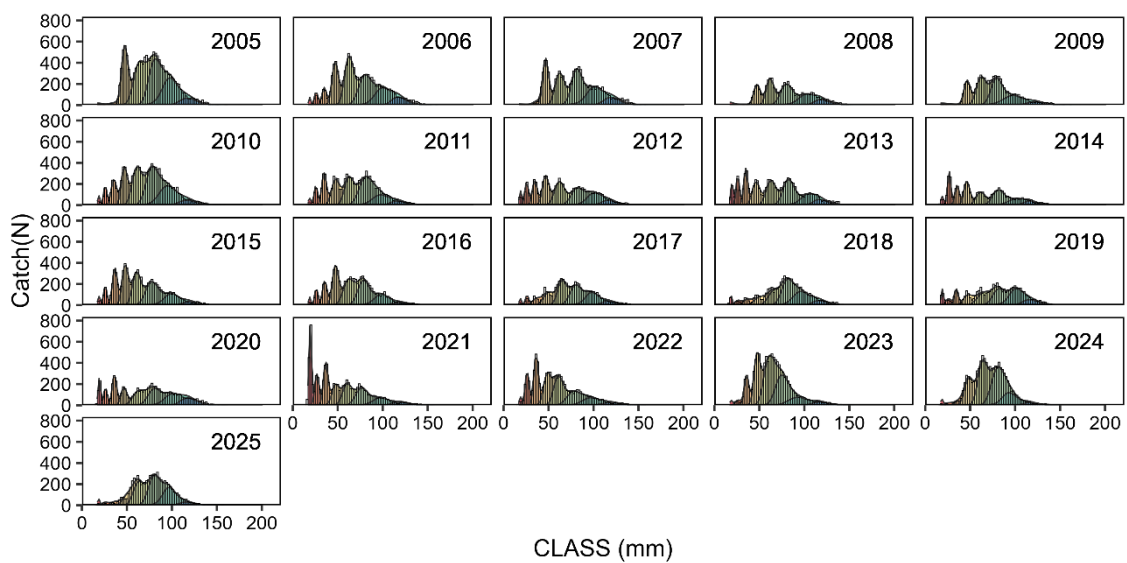
$$\widehat{Instar}_i = \arg_h \max \frac{\pi_h f(\ln(CW_i); \mu_{s,y,a,m,h}, \sigma_{m,h}^2)}{\sum_{k=1}^K \pi_k f(\ln(CW_i); \mu_{s,y,a,m,h}, \sigma_{m,k}^2)} \quad (10)$$

以上のモデルを、統計解析ソフト `stan` を用いて構築し、変分ベイズ法 (Automatic Differentiation Variational Inference, ADVI) によりパラメータ推定を行った。なお、実際の運用上は(10)式を用いず、定点別に推定された齢期別負担率 π を定点別採集尾数に乗じることで、齢期別採集個体数を推定した。

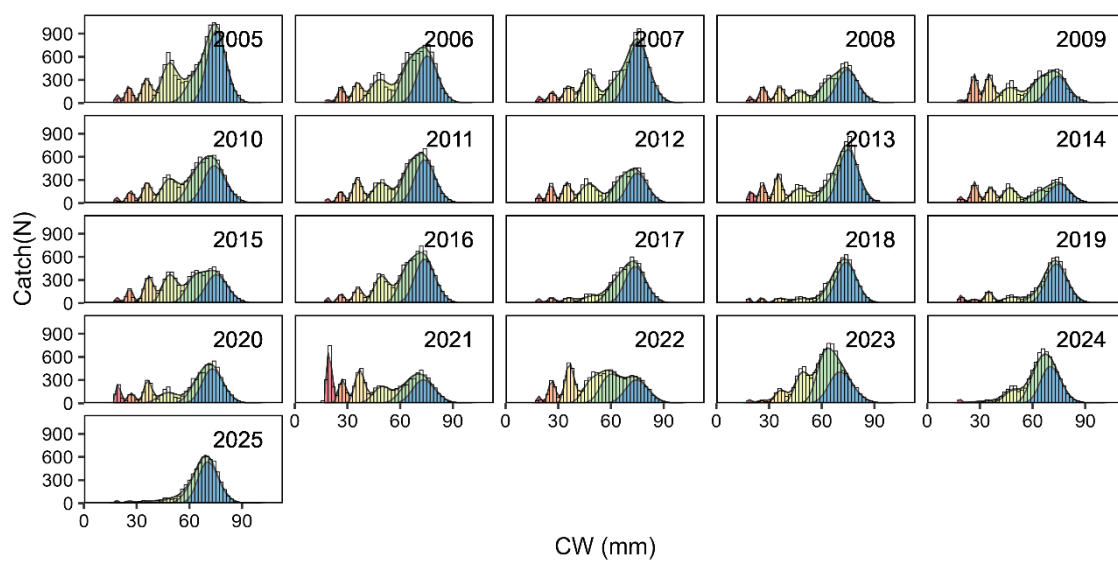
ADVI により取得した各パラメータ 4,000 サンプルの中央値に従い、年別齢期別沖底小海区别の平均甲幅、定点別齢期別負担率、齢期別分散等を求めた。いずれの調査年においても甲幅組成のモデル値は実測値をよく再現しており (補足図 12-2、12-3)、また逸脱度残差にも顕著な偏りが見られなかったことから (補足図 12-4、12-5)、モデルに大きな問題はないと考えられた。



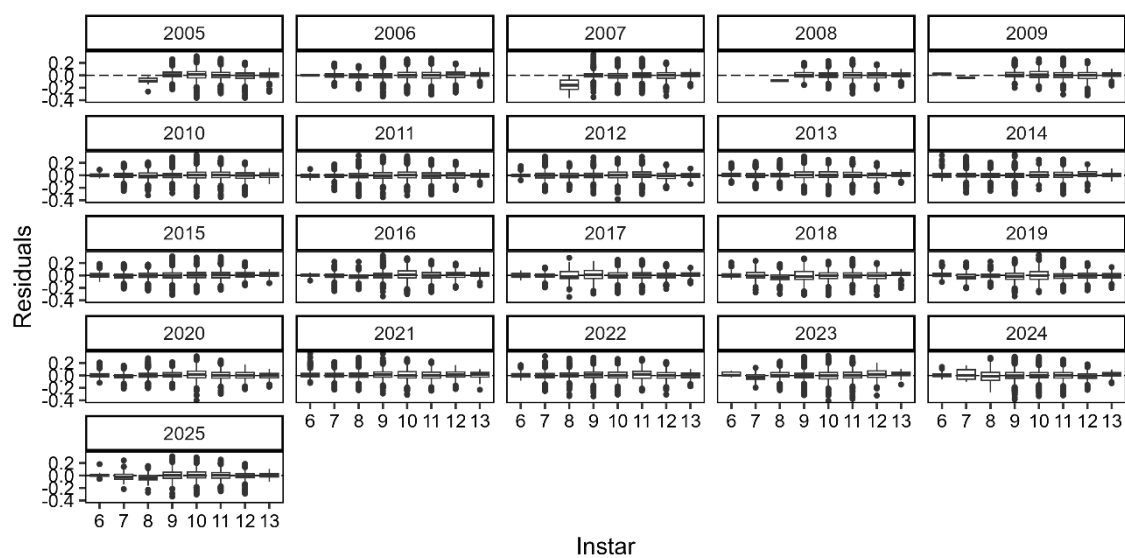
補足図 12-1. 齢期成熟段階別観測尾数を算出するまでの流れ



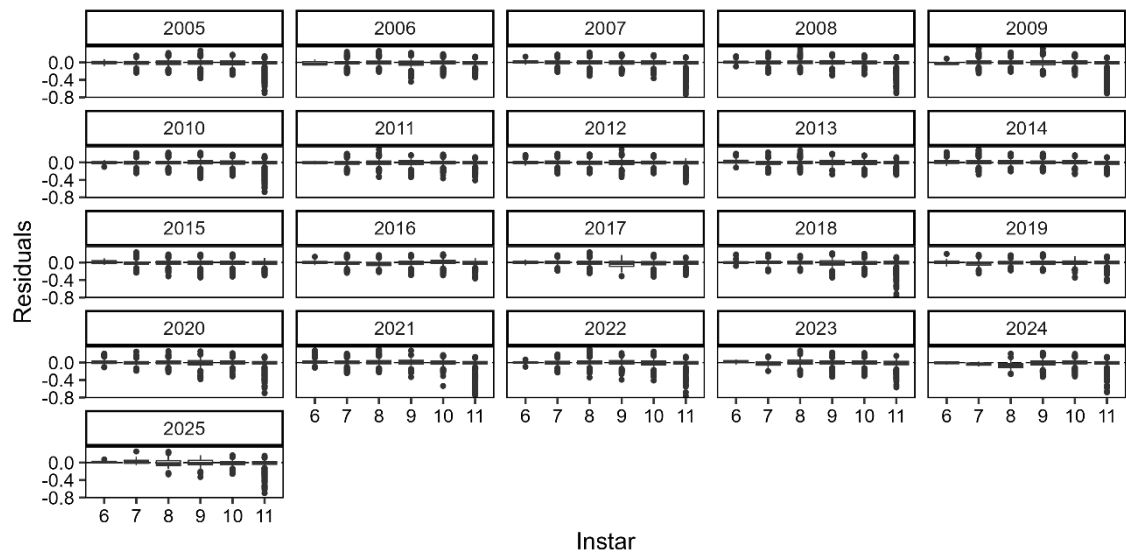
補足図 12-2. 雄の甲幅別採集体数のモデル値（線グラフ、各色は齢期に対応）および実測値（2mm 階級別ヒストグラム）



補足図 12-3. 雌の甲幅別採集個体数のモデル値（線グラフ、各色は齢期に対応）および実測値（2mm 階級別ヒストグラム）



補足図 12-4. 年別齢期別の雄の残差



補足図 12-5. 年別齢期別の雌の残差

補足資料 13 沖底漁獲成績報告書を用いた標準化 CPUE 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）（すべてカテゴリーカル変数・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

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

ここで、年は漁期年を示す。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 13-1）。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。

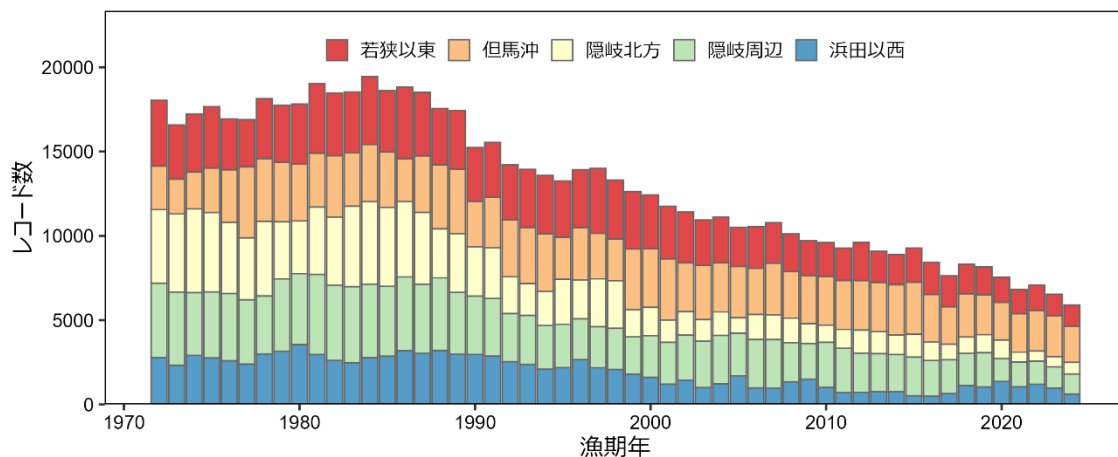
雌雄別の有漁確率モデルおよび有漁 CPUE モデルについて年に対する最小二乗平均（LSMean）を求め（補足図 13-2）、両者を掛け合わせた値を平均値で除して標準化 CPUE とした（補足図 10-3）。なお、雌の漁期終期は 1972 年当時 1 月末日だったが、徐々に漁期が短縮され、現在は年内とされている。そこで、雌の LSMean は、現在と同様の自主的規

制を想定し、11 月および 12 月についてのみ求めた。

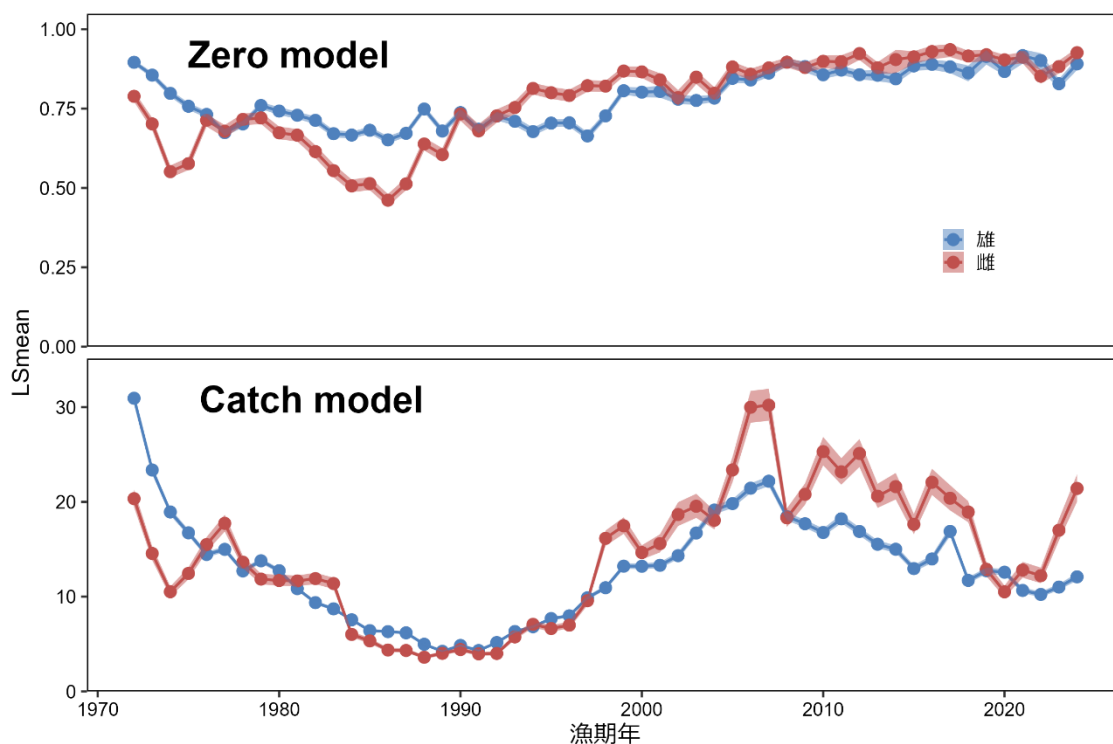
有漁確率は雌雄ともに漁獲が低迷した 1970 年代後半から 1990 年頃にかけて低く、近年に向かって徐々に上昇する傾向が見られた。また、有漁時の CPUE は 1970 年代から 1990 年頃にかけて低下したのち、2007 年まで上昇し、その後増減を伴いながら減少した。標準化 CPUE のトレンドは資源量とよく対応した（補足図 13-4）。特に、直近年の増加傾向は資源量とよく対応した。一方、細かな動向の差異も認められ、例えば雄では 2018 年以降、ミズガニの漁獲抑制と対応する CPUE の抑制傾向が見られた。本海域の漁獲動向は資源の増減に加えて漁業者の自主的な資源保護の取り組みの影響を受けている。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-SA2025-SC07-0101) に示す。

引用文献

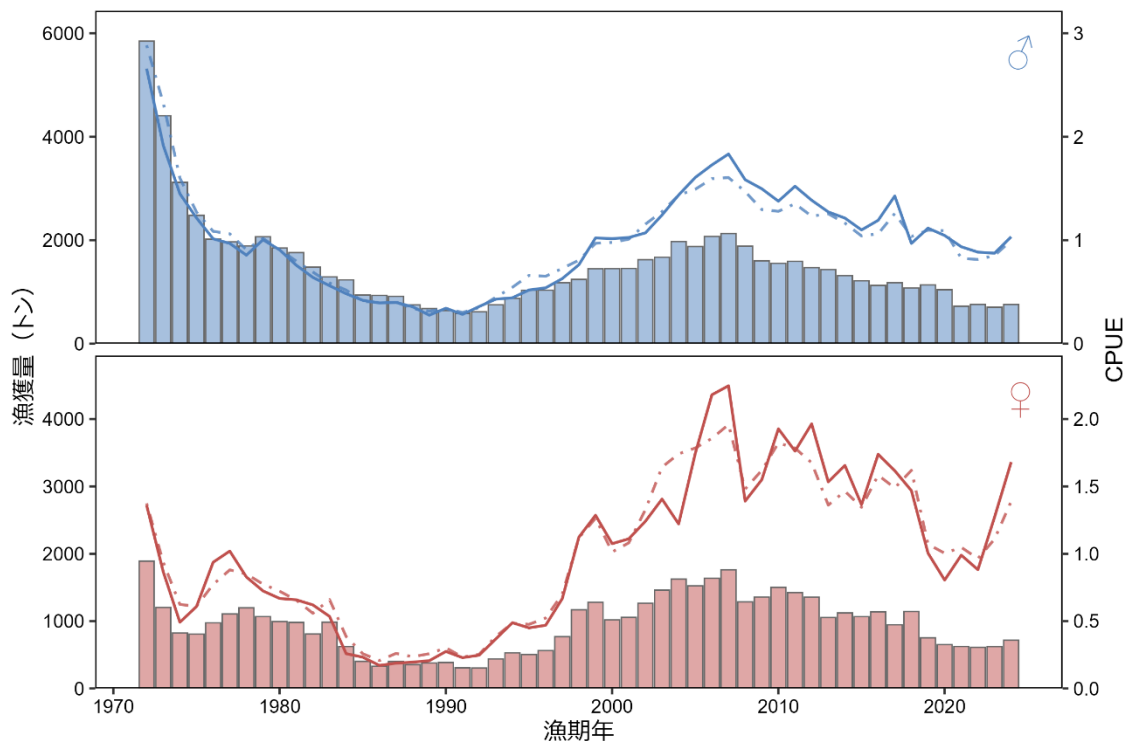
Lo, N. C., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models, Can. J. Fish. Aquat. Sci., **49**, 2515-2526.



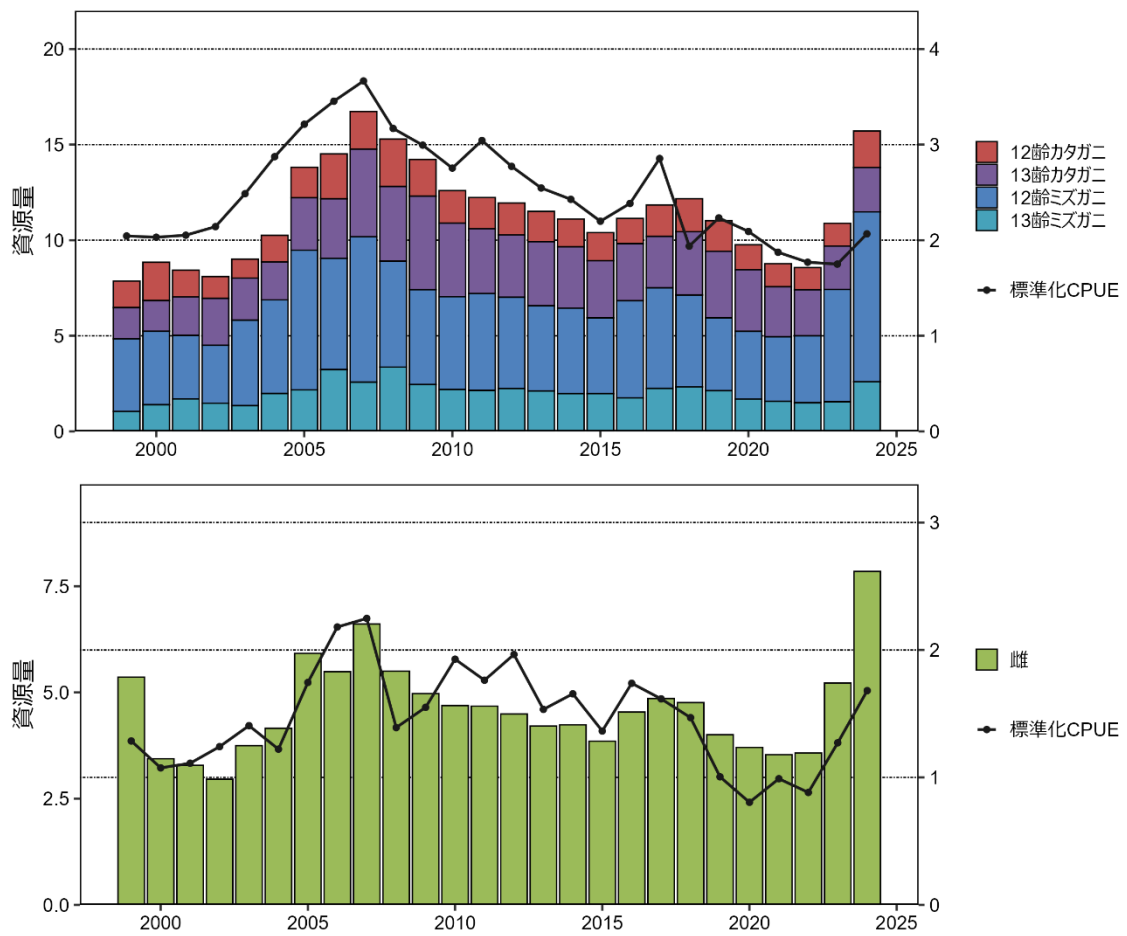
補足図 13-1. 本海域における漁績 コード数の経年変化 海区分けは本文を参照。



補足図 13-2. 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 13-3. 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規格化した。



補足図 13-4. 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）

補足資料 14 資源評価手法の更新に伴う齢期成熟段階別尾数およびコホート解析結果の変化について

本年度、齢期分解手法（補足資料 12）およびコホートモデル（補足資料 2）を改良し、資源評価に導入した。これらの手法を更新したことにより、過去にさかのぼって資源評価結果が変化した。

・データセット更新に伴う変化

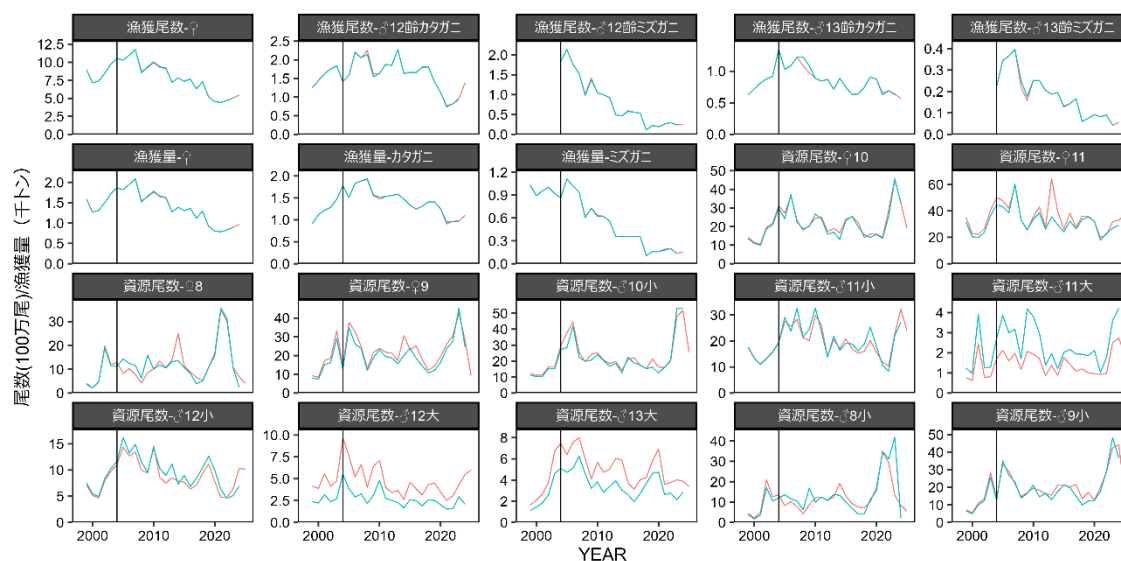
本海域では令和 6 年度評価まで、トロール調査に基づく海域全体の甲幅組成について、成長等の仮定をおかない混合正規分布モデルを適用することで齢期分解を実施してきた。令和 7 年度評価では、これを新規の齢期分解手法である緩和混合正規分布モデル（Relaxed Exponential Growth Gaussian mixture model: REG2 モデル）に更新した。未成熟個体について顕著な結果の変化はなかったものの、成熟個体については特に 11 齢の割合が低下し、12-13 齢の割合が上昇する傾向が見られた（補足図 14-1）。これは成熟個体について平均甲幅の推定値がより小型にシフトしたことに起因する。なお、2004 年以前については REG2 モデルをトロール調査の生データに適用することが困難であったため、既存のデータを 2005～2024 年までの従来手法と REG2 モデルに基づく齢期成熟段階別尾数の比率によって引き延ばした。また、漁獲尾数および漁獲重量についても、それぞれ過去の生データを集約してデータベース化するとともに、これらを用いて R 上で計算可能なスクリプトを作成した。これにより資源評価に係るデータハンドリングから将来予測に至る統合的な解析が可能になった。

・コホートモデルの更新に伴う変化

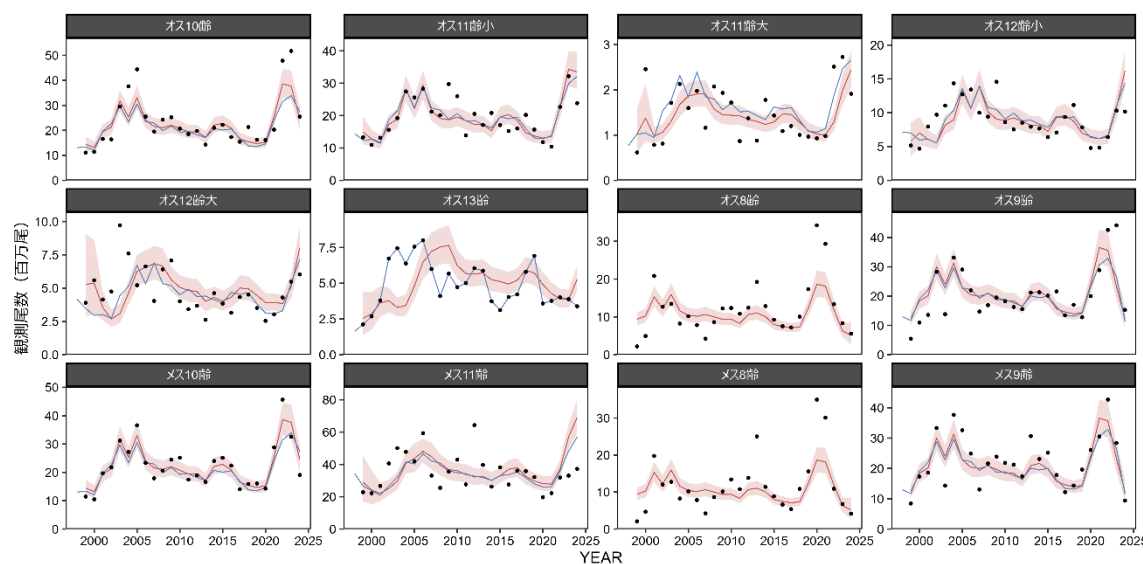
従来のコホートモデルは観測時点（6 月）を起点としており、漁獲や加入および脱皮や自然死亡に伴う遷移の時系列について現実に即していない部分が含まれていた。特に調査直後にカタガニおよび雌の漁獲を差し引く構造は調査-漁期間の自然死亡を考慮しておらず、資源量の過大推定につながる恐れがあった。また、モデルの構造上、ミズガニとカタガニ、あるいはアカコとクロコを明示的に区別した個体群動態とはなっていなかった。これらの齢期・銘柄に対応した遷移率を個別パラメータとして用意しないことで、遷移の過大・過小推定が生じる可能性があった。以上の状況を踏まえ、今年度、コホートモデルを改良した。

今年度適用したモデル（補足資料 2）では漁期開始時点（11 月）を起点とした状態空間的構造を採用し、従来のモデルで明示的に含まれなかったミズガニ・アカコの尾数・生残を加味した。これらの変更によって、従前のモデルで非常に低かった成熟雄の遷移率（生残率）が現実的な値となった。また、13 齢について従前は不確実性が大きいことからモデル値を適用していなかったが、12 齢と 13 齢の残差のばらつきについて検討した結果特に 13 齢でばらつきが特別大きいとは判断できなかったため、今年度からモデルに含めることとした。新規のモデルパラメータについては補足資料 2 を参照のこと。

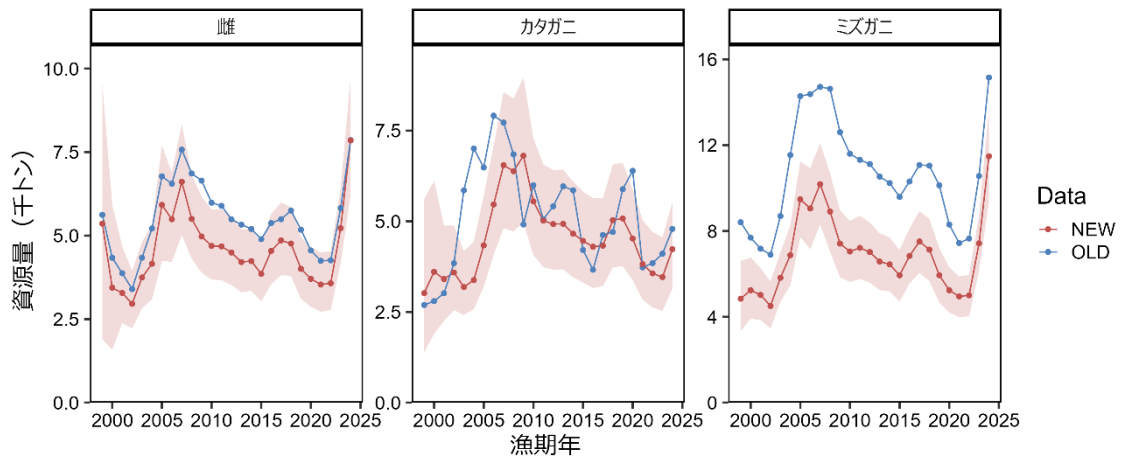
漁期開始時点の資源量を比較すると、カタガニは新旧で同水準となっていることが分かる（補足図 14-3）。一方で、ミズガニは下方修正された。また、雌についても平均的に下方修正されたものの、最低および最大資源量は大きく変化しなかった。これらはミズガニおよびアカコを明示的に含めたモデル構造の変化に伴うものと考えられる。



補足図 14-1. データ統合手法の変化および齢期分解手法の更新による齢期銘柄別漁獲尾数、銘柄別漁獲量、および齢期成熟段階別観測尾数の変化 新旧の尾数および重量についてそれぞれ青および赤の実線にて示した。



補足図 14-2. コホートモデルの更新に伴うトロール調査時点の齢期成熟段階別観測尾数の変化 新旧の観測尾数についてそれぞれ青および赤の実線にて示した。赤の網掛け部分は 90%ベイズ事後確率区間、黒点は実測値を示す。



補足図 14-3. コホートモデルの更新に伴う漁期開始時点の資源量の変化

補足資料 15 加入量変動の海洋環境パラメータによる指標に関する検討

ズワイガニ日本海系群 A 海域における漁獲量は歴史的に大きく変動してきた（補足資料 11）。また、資源量も 1999 年以降、増減を繰り返してきたことが分かっている（本文、図 4-5）。これまでの研究から、本海域の 資源量変動要因として海洋構造の寄与が指摘されてきた。本海域のズワイガニは隠岐海脚とその周辺の大陸斜面上に多く分布する（補足資料 9）。ズワイガニの幼生は 2 月から 3 月にかけて孵化し、海面付近まで浮上したのち、約 2～3 ヶ月の浮遊幼生期（第 1・2 ゾエア、メガロパ）を経て着底する。

浮遊幼生は水平方向の遊泳能力に乏しく、対馬暖流による生育場への受動輸送の成否が加入量の多寡に影響すると考えられる。この仮説に基づき、近年、ズワイガニ浮遊幼生期の対馬暖流による受動輸送過程の、粒子追跡実験による解明が進められてきた。海洋同化モデル JADE2（Hirose et al. 2013; Igeta et al. 2023）に、ズワイガニ幼生の鉛直移動モデルを導入した粒子追跡モデルが開発され、1992 年から近年にかけてのズワイガニ幼生の輸送・着底実験がなされた（井桁ほか 2023）。そして、隠岐東方の暖水域の流動による、ズワイ幼生の隠岐島周辺の生育場への帰還が、ズワイガニの資源量増加の一因であること、暖水域分布域である隠岐北東にズワイガニ資源量と類似する水温変動を見せる海域があることが示されてきた（井桁ほか 2024）。

一連の研究は、ズワイガニ資源量変動を隠岐東方の水温変動で指標できる可能性を示している。この海洋環境パラメータによるズワイガニ資源量の指標は、ズワイガニ資源の資源量推定方法の多重化、ひいてはその高精度化につながる。そこで、資源評価手法の高精度化に繋げることを将来的な目標に掲げ、その第一段階として、隠岐東方暖水域勢力の水温データによる指標化を試みた。

水産庁事業により日本海で観測した水温データに各種公開データを加え、日本海水温のデータセットを作成した。そのデータを用い、ガウス型重み付き平均による空間内挿により 1/12°の水温格子データを作成した。解析対象は 1976～2025 年の 1 月を除いた各月、暖水分布の把握に適する 200m 深とした。隠岐東方暖水域の勢力を、隠岐東方海域（補足図 15-1a 青線領域）内における暖水域面積を抽出することで指標化した。暖水域抽出には、対象領域内で Matsuoka et al (2016)等で用いられる Okubo-Weiss parameter を用いた方法を応用したが、その際に水温勾配から仮想的な流速を算出し（補足図 15-1a ベクトル）、渦度等の計算に用いた。

解析の結果、隠岐東方暖水域は補足図 15-1a の青領域で示すような精度で抽出できた。各月に暖水域として抽出された領域の総面積を、隠岐東方海域の暖水域の勢力として算出した。暖水域勢力の時間変化は、年内の短期的変動に加え約 10 年程度の長周期変動で表現できた（補足図 15-1b 赤線）。この長周期変動に着目するため、暖水域勢力に 13 カ月移動平均を施したところ（補足図 15-1b 青線）、1990、2003、2008、2023 年を中心とした前後約 5 年間、暖水域勢力が強い時期が確認できた。暖水域勢力にみられる 2003、2008 年のピーク間の時間変動は、7 年後の 9 齢ズワイガニの資源尾数の変動と類似した（補足図 15-1bc 点線枠内の青線）。

2～4 月に孵化するズワイガニ幼生が隠岐東方に輸送されるのは 3 月である可能性が高い。そこで、各年 3 月の隠岐東方暖水域勢力と、その 7 年後の 9 齢ズワイガニの資源尾数

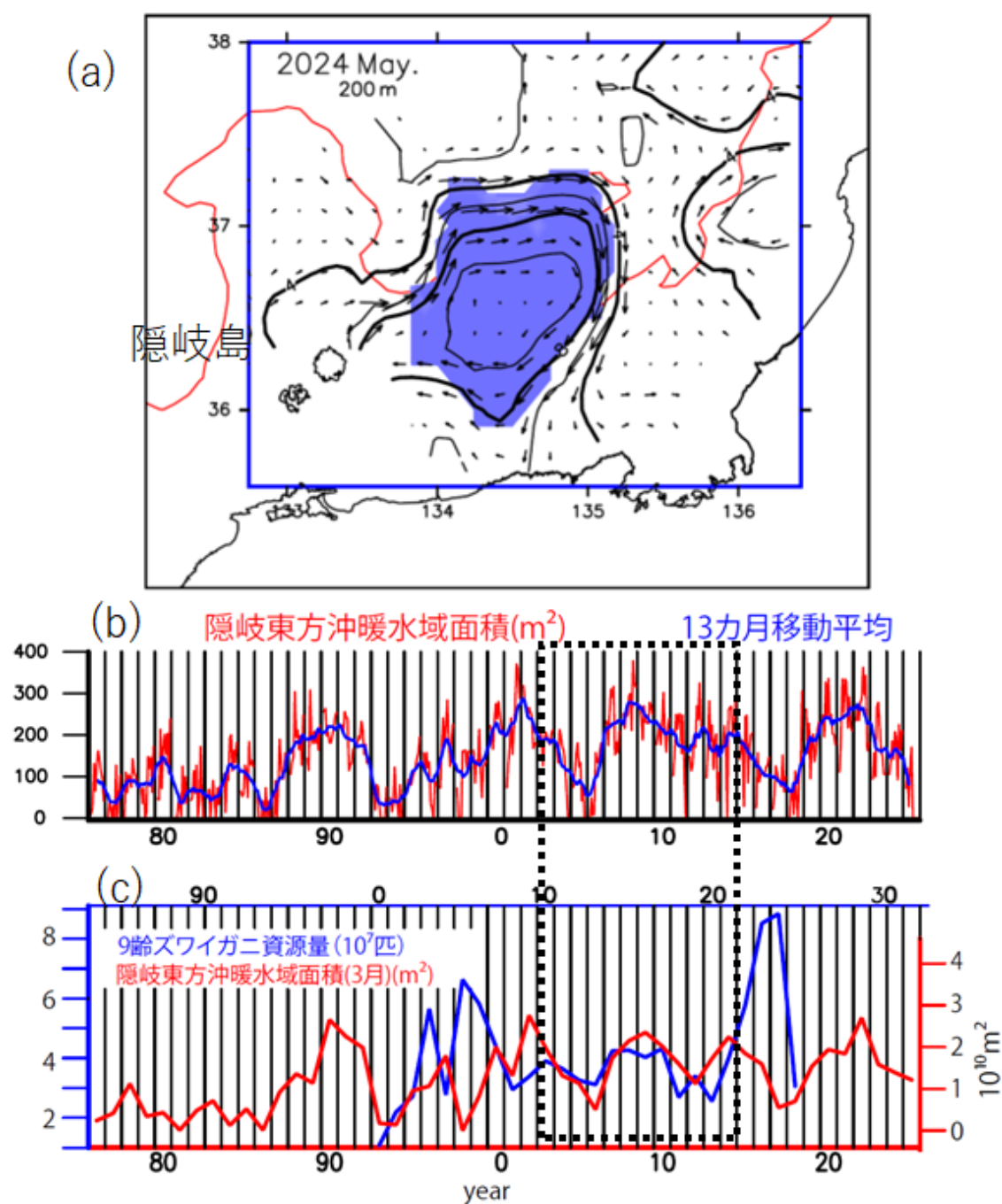
の時間変化とを比較したところ、2007～21 年の 9 齢ズワイガニの資源尾数と 7 年前の 3 月の暖水域勢力の変動がよく一致することが分かった（補足図 15-1c 点線枠内）。

これは、7 年前に隠岐東方の暖水域の勢力が強かった際、幼生が受動輸送によって隠岐周辺のズワイガニ主分布域へ帰還することで資源量が増加した可能性を示唆するとともに、暖水域勢力が 7 年後の 9 齢ズワイガニの資源尾数を指標できる可能性を示す。

一方で、2023、2024 年に見られた、9 齢ズワイガニ資源量の急激な増加は、隠岐東方暖水域勢力の変動傾向とは異なる（補足図 15-1c）。これは、隠岐東方沖暖水域が関連する流動による輸送メカニズム単体では、ズワイガニの資源量変動のすべてを説明できないことを示している。今後は、2023、2024 年の 9 齢ズワイガニが浮遊幼生として隠岐東方沖海域に分布していた 2016～2017 年時に起きていた現象を、流動・水温等の海洋物理的な見地のみならず、餌環境等の生物情報も含めて把握し、この不整合を理解することが求められる。

引用文献

- Hirose, N., Takayama, K., Moon, J.-H., Watanabe, T., Nishida, T. (2013) Regional data assimilation system extended to the east Asian marginals seas. UMI Sora (Sea and Sky), **89**, 1-9.
- Igeta, Y., C. Sassa, M. Takahashi, M. Kuga, S. Kitajima, T. Wagawa, S. Abe, C. Watanabe, T. Setou, H. Nakamura and N. Hirose (2023) Effect of interannual variations of Kuroshio-Tsushima Warm Current system on the transportation of juvenile Japanese jack mackerel (*Trachurus japonicus*) to the Pacific coast of Japan. Fish. Oceanogr., **32**, 133-146.
- 井桁庸介, 佐久間啓, 山本岳男, 広瀬直毅 (2023) : 新たなズワイガニ幼生沈降モデルの海洋モデルへの応用 (2023/11/12). 2023 年度水産海洋学会研究発表大会. 2023 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 68.
- 井桁庸介, 佐久間啓, 山本岳男, 広瀬直毅 (2024) : ズワイガニ資源量増加に対する隠岐海脚東方の暖水渦の影響 (2024/11/23). 2024 年度水産海洋学会研究発表大会. 静岡県総合研修所もくせい会館「静岡県職員会館」2024 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 19.
- Matsuoka, D., Araki F., Inoue Y., Sasaki H., (2016) A new approach to ocean eddy detection, tracking and event visualization- Application to the Northwest Pacific Ocean -, Procedia Computer Science, **80**, 1601–1611.



補足図 15-1. (a) 対象海域の陸岸・海底地形で赤線は 500m 等深線を示す。青枠は暖水域解析対象海域の隠岐東方をしめす。等値線は 200m 深水温、ベクトルは水温勾配から見積もった仮想流速、青ハッチは抽出された暖水域を示し、2024 年 5 月の例。(b) 隠岐東方暖水域面積の時間変化 (赤線) とその 13 カ月移動平均 (青線)。(c) 9 齢ズワイガニの資源尾数推定値 (青線) と 3 月の隠岐東方暖水域面積の時間変化 (赤線)。

補足資料 16 資源評価手法の更新に伴う資源評価結果の変化について

本年度の資源評価において、齢期分解手法（補足資料 12）およびコホートモデルを改良した（補足資料 2）。結果として齢期銘柄別観測尾数および個体群動態が過去にさかのぼって変化した。また、再生産関係を前期（2020～2024 年度評価）のリッカー（RI）型からホッケー・スティック（HS）型に更新したことで管理基準値が更新され、過去の資源動態に対する事後的な評価（神戸プロット等）が変化した。加えて、将来予測における混獲死亡係数（ $G=\alpha F$ で表現される、補足資料 5）を見直し、従来の $\alpha=0.5$ から $\alpha=0.4$ に変更した。

以上の変更点が管理基準値や将来予測結果に対してどのように作用したかを段階的に捉えることで、各変更の重要度を客観的に評価することが可能となる。そこで、今年度の評価における①齢期分解手法の変更、②コホートモデルの変更、③再生産関係の変更、④将来予測における各種設定の変更により、(a) 管理基準値および神戸プロットがどのように変化したか、(b)過去の資源動態がどのように変化したか（①、②のみ）の 2 点について、段階的に確認した（補足表 16-1）。

（1）従来評価と同様の設定

従来と同様の方法で評価した場合、前期（2020～2024 年漁期）から管理基準値が更新されたものの、SBmsy が 3.0 千トンから 3.1 千トン、MSY は 3.7 千トンから 3.5 千トンとなったものの、大きな変化は見られなかった。従って、神戸プロットも従前とほぼ同様の配置であった（補足図 16-1）。

（2）齢期分解手法を更新した場合

本年度の齢期分解手法の更新に伴い、齢期成熟段階別観測尾数が成熟雄を中心に大きく更新された（補足図 16-2）。更新によって従来 11 齢とされていた成熟雄の一部が 12 齢および 13 齢に振り分けられたため、結果として評価結果はより楽観的になった。コホートモデル上、成熟雌と成熟雄は別の動態となっているが、10 齢までの動態は雌雄共通であるため、雄の動態も間接的に雌の動態に影響する。現状の F に対する Fmsy の比（ $F_{msy}/F_{current}$ ）は従来の 2.09 から 2.72 に上昇し、SBmsy も従来の 3.1 千トンから 2.8 千トンに低下した。従って、過去の動態の大部分はグリーンゾーン（親魚量>SBmsy かつ $F<F_{msy}$ ）と判断された。

（3）上記にコホートモデルを更新した場合

コホートモデルの変更によって過去の個体群動態が大きく変化した（補足図 16-3）。親魚量の変動がより大きく見積もられるとともに、各年の F 値は上方修正される傾向にあった。また、遷移率のパラメータ設定が変化したことで、ミズガニの資源量が下方修正された。全体的に過去の資源変動に対する捉え方は悲観的で、（1）従来の設定よりも MSY および Fmsy は低く見積もられた。

（4）さらに再生産関係を変更した場合

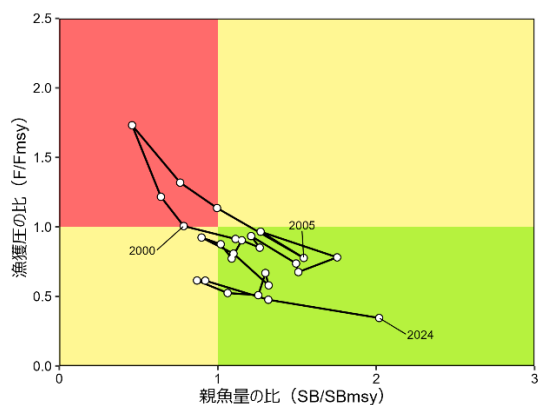
前期に採用されていた RI 型再生産関係では、親魚量が多い場合、HS 型より強い密度効

果が見込まれる。従って、親魚量の極端な外挿値である B0 は選択された再生産関係によって大きく変化する。しかし、親魚量の実測値（内挿値）が存在する範囲において、推定された再生産関係の形状に大きな違いはなく、管理基準値にほとんど影響を与えなかった。

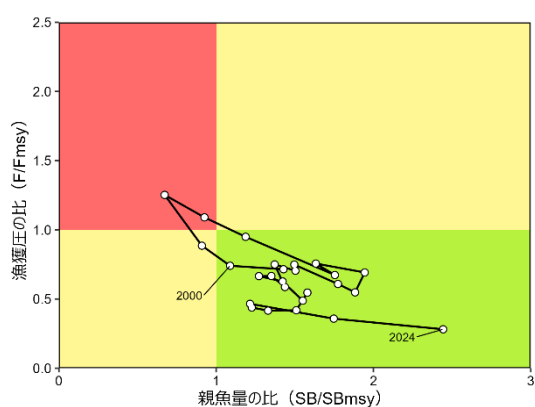
（5） 以上の変更に将来予測における混獲死亡係数を更新した場合（本年度資源評価）

将来予測における混獲死亡係数の設定（補足資料 5）に際して、従来の $\alpha = 0.5$ から $\alpha = 0.4$ に変更すると、管理基準値を得る際に見込まれる混獲死亡係数は低くなる。従って、同じ加入量の際に見込まれる漁獲量は、混獲死亡が減少するため相対的に高くなり、結果的に高い MSY が得られることになる。また、生残率の上昇によって F_{msy} が引き上げられたことによって各年の F/F_{msy} は低下し、神戸チャートにおける各年の点は全体的に y 軸（漁獲圧の比）方向に低い値となった。

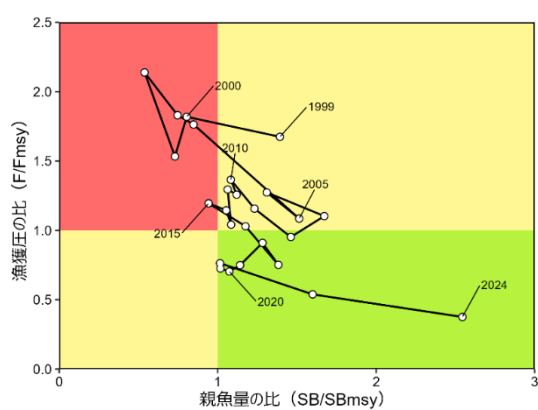
(1) 従来評価と同様の設定



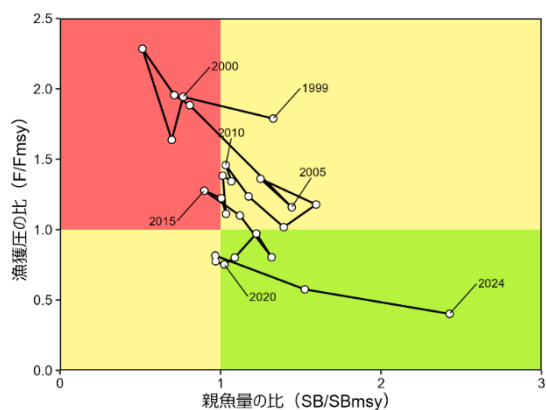
(2) さらに齢期分解手を変更した場合



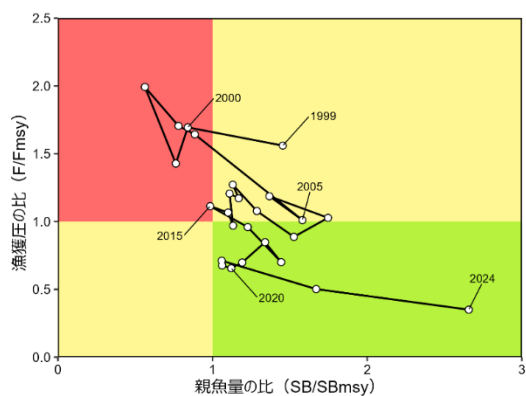
(3) (2)にコホートモデルを変更した場合



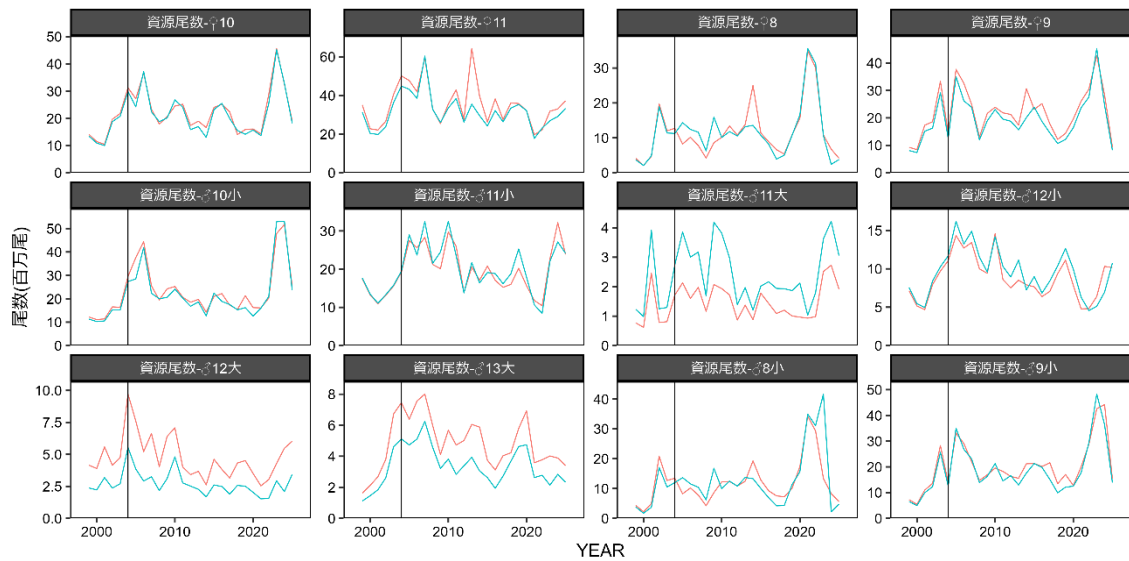
(4) (3)に再生産関係を変更した場合



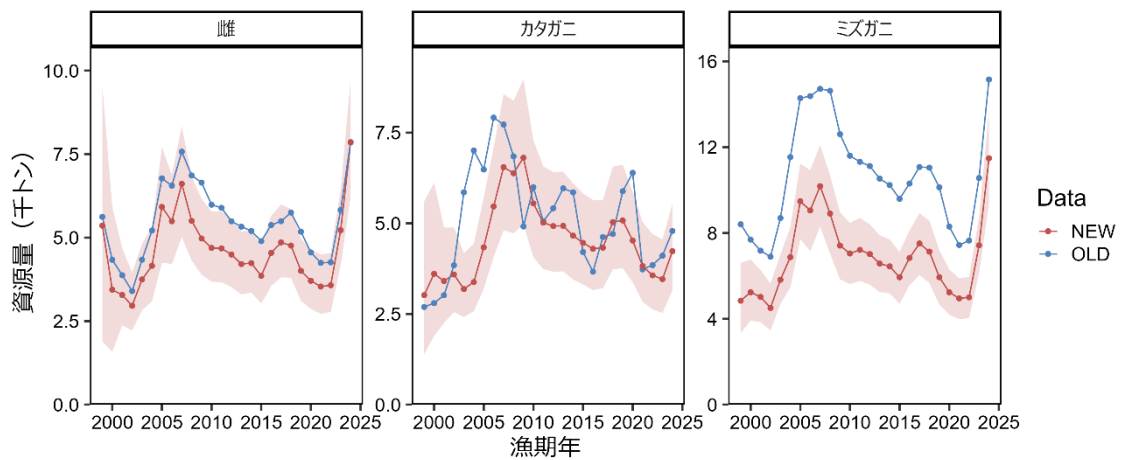
(5) 以上に、混獲死亡係数を更新した場合 (本年度資源評価)



補足図 16-1. 様々な将来予測条件下における神戸プロット



補足図 16-2. データ統合手法の変化および齢期分解手法の更新による齢期成熟段階別観測尾数の変化 新旧の尾数および重量についてそれぞれ青および赤の実線にて示した。



補足図 16-3. コホートモデルの更新に伴う漁期開始時点の資源量の変化 新旧の観測尾数についてそれぞれ青および赤の実線にて示した。赤の網掛け部分は 90%ベイズ事後確率区間を示す。

補足表 16-1. 比較する将来予測の設定

No.	齢期分解	モデル	再生産関係	混獲死亡係数	変更箇所
(1)	—	—	—	—	なし
(2)	○	—	—	—	①
(3)	○	○	—	—	①、②
(4)	○	○	○	—	①、②、③
(5)	○	○	○	○	①、②、③、④

補足表 16-2. 各設定における管理基準値等

(1)～(5)は本文中および補足表 14-1 の設定(1)～(5)に対応する。

No.	SBmsy (千トン)	*Fmsy	MSY (千トン)	SB0 (千トン)	*Fmsy/Fcurrent
(1)	3.1	0.42	3.5	5.7	2.09
(2)	2.8	0.47	3.5	7.3	2.72
(3)	2.7	0.36	2.7	5.6	1.78
(4)	2.8	0.33	2.7	8.8	1.67
(5)	2.6	0.38	2.9	8.3	1.99

*本系群において Fmsy は MSY（雌雄の合計値）を長期的に最大化する雌の F 値