

平成 29（2017）年度ズワイガニ日本海系群 A 海域の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（上田祐司、養松郁子、藤原邦浩、佐久間啓、吉川 茜、松倉隆一、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、沖合底びき網漁業の資源密度指数、1999～2017 年の日本海ズワイガニ等底魚資源調査（トロール調査）および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。資源水準の指標値である資源密度指数は、1960 年代から 1970 年代初めには 100kg 以上で高位水準にあったが、その後 1980 年代後半には 10kg 近くまで低下した。1990 年代以降は上昇に転じた後、近年はやや減少している。2016 年の資源密度指数は 51kg であり、資源水準を中位と判断した。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 年から 2007 年まで増加傾向にあったが、2008 年から 2015 年は減少傾向であった。2017 年の資源量は 21,300 トンに増加したものの、資源が減少した 2008 年以降の平均的なレベルである。過去 5 年間（2013～2017 年）の資源量の推移から、資源動向は横ばいと判断した。加入量は 2018 年までは比較的良好な一方、2020 年には大きく減少すると見込まれ、現状の漁獲圧では従来と同様な資源の維持が困難と考えられる。今後の悪い加入を考慮した場合でも資源を大きく減少させないことを管理目標とし、これらの状況を考慮した漁獲シナリオにより、2018 年漁期の ABC を算定した。

ズワイガニ日本海系群A海域－2－

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2018 年 漁期 ABC (雄, 雌) (百ト ン)	漁獲 割合 (雄, 雌) (%)	F 値 (ミズガニ, カタガニ, 雌) (現状 の F 値から の増減%)	2022 年 漁期の 親魚量 (百ト ン) (80%区 間)	確率評価 (%)		
						2022 年 漁期に 2017 年 漁期 親魚量 を維持	2022 年 漁期に 近年の 平均 親魚量 を維持	2022 年 漁期に Blimit を維持
現状の親魚量 の維持* (Fsus1)	Target	14 (9, 6)	7 (5, 10)	0.07 (0.011, 0.218, 0.109) (-69%)	43 (26~60)	55	79	99
	Limit	17 (10, 7)	8 (6, 13)	0.08 (0.013, 0.272, 0.136) (-61%)	41 (25~58)	50	76	98
近年の 平均親魚量の 維持* (Fsus2)	Target	30 (18, 12)	14 (11, 22)	0.15 (0.025, 0.507, 0.253) (-27%)	35 (21~50)	29	62	97
	Limit	36 (21, 15)	17 (13, 27)	0.18 (0.031, 0.634, 0.316) (-9%)	33 (19~46)	19	50	96
		2018 年 漁期 算定 漁獲量						
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	33 (19, 13)	15 (12, 24)	0.16 (0.028, 0.559, 0.279) (-20%)	34 (20~48)	25	57	96
	Limit	39 (23, 16)	18 (14, 29)	0.20 (0.035, 0.699, 0.349) (±0%)	31 (18~44)	15	44	96
コメント ・本系群の ABC 算定には、規則 1-3)-(2)を用いた。 ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「資源の維持若しくは増大を基本方向として、安定的な漁獲量を継続できるよう管理を行うものとする」とされている。維持すべき親魚量を近年の平均 (2014～2016 年) 水準とし、同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。 ・現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent) では、近年の平均親魚量の維持が困難なため、算定漁獲量扱いとした。								

- ・ Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大が期待される F 値による漁獲量である。
- ・ Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。
- ・ $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、 α には標準値 0.8 を用いた。
- ・ 漁期年は 7～翌年 6 月。
- ・ Fcurrent は、2014～2016 年漁期の漁獲係数の平均を示す。

- ・現状の親魚量は 2017 年の漁期後に想定される 11 齢雌資源量（4,100 トン）を、Blimit は 2002 年の漁期後 11 齢雌資源量（1,500 トン）をそれぞれ示す。また、近年の平均親魚量（2014～2016 年）は 3,300 トンである。

漁獲シナリオ（管理基準）の設定については以下の通りである。

- ・親魚量の維持：2022 年の親魚量が現状（Fsus1）もしくは近年の平均（Fsus2）と同値となる F 値で漁獲する。
- ・近年の平均親魚量を「資源が減少に転じた 2008 年以降における少ない親魚量」と定義した。2008 年以降では、親魚量は 2015 年まで減少傾向の後、2016、2017 年は増加した。そこで、資源を大きく減少させないためにも、親魚量が減少から増加に転じた 2015 年ころの水準を維持するべきと考えた。親魚量が増加に転じた 2015 年ころの水準として、本評価ではコホート解析の不確実性も考慮し、2014～2016 年の平均値を採用した。

年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2013	202	35	32	0.17	16
2014	186	33	32	0.19	17
2015	170	29	30	0.19	18
2016	180	36	30	0.18	16
2017	213	41	31	0.16	14
2018	217	—	—	—	—

資源量は漁期開始時点（雌：11 月 1 日、カタガニ：12 月 1 日、ミズガニ：2 月 1 日）、漁獲量は漁期年（7～翌年 6 月）における値。親魚量は雌の漁期後の値を示す。2017 年の親魚量は、2017 年の雌の漁獲量が 2014～2016 年の平均と仮定したときの、漁期後に想定される値（補足資料 2）である。

	指標	水準	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	2002 年水準 (1,500 トン)	資源が回復したことがある最も少ない親魚量であるため
2017 年	親魚量	2002 年水準以上 (4,100 トン)	

2017 年の親魚量は、2017 年の雌の漁獲量が 2014～2016 年の平均と仮定したときの、漁期後に想定される値（補足資料 2）である。

水準：中位 動向：横ばい

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

1. まえがき

ズワイガニは本州日本海沿岸における最も重要な底魚資源である。中でも石川県から鳥取県に至る底びき網漁業においては、ズワイガニ漁期（11月から翌年3月）の水揚げ金額の68%を本種が占めている（全国底曳網漁業連合会 2016）。本州日本海沿岸におけるズワイガニ漁業では、富山県以西のA海域と新潟県以北のB海域で異なる漁業規制が行われ、TACも別々に設定されている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

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

(2) 年齢・成長

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

ズワイガニでは甲幅組成等より脱皮齢期が推定できる（今ほか 1968、山崎・桑原 1991、山崎ほか 1992）。稚ガニおよび未成熟ガニでは成長に雌雄差はなく、甲幅60mm台で10歳となる（図2）。雄では主に11歳から最終脱皮後の個体が出現し、最終脱皮後の個体の割合

は11、12、13 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3）。雌ではすべての個体が10 齢までは最終脱皮前であり、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3）。初産卵後は、1年半の抱卵期間を経て、翌々年の2～3 月に幼生が孵化する。孵化後まもなく2 回目の産卵（経産卵）を行う。経産卵後の抱卵期間は1 年であり、毎年2～3 月に産卵を行う。外卵の色は、産卵後は橙色であり、幼生のふ化が近づくにつれ、茶褐色から黒紫色に変化する。

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

ズワイガニでは性別、成長および性別によって「ミズガニ」「カタガニ」「アカコ」「クロコ」のように呼称が変化する。これらの呼称は地域により異なる場合もある。本報告書では、雄の脱皮後1 年未満の個体を「ミズガニ」、1 年以上経過した個体を「カタガニ」と定義する。通常、カタガニは最終脱皮後の（鉗脚掌部が大きい）個体であるが、一部には最終脱皮前の（鉗脚掌部が小さい）個体も存在し、これらを「モモガニ（京都府における呼称）」とした。モモガニのほとんどすべては、2 年以内に脱皮することが飼育実験より明らかになっている（2012 年度本報告の補足資料6）。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 未発表データ）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」という）によるものであり（図4）、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11～翌年3 月であり、漁獲対象は、雄では甲幅90mm 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1 を参照のこと。なお、大和堆では農林水産省令により本系群の漁獲は禁止されている。

（2）漁獲量の推移

漁獲量（暦年）は、1960 年代半ばと1970 年頃にピークを迎え、14,000 トンを超えた。その後、1970 年以降に急減し、1988～1993 年には2,000 トンを下回った。1990 年代半ば以降

は増加傾向に転じ、2007 年には 5,000 トン近くとなったものの、以後は減少している（図 4、補足資料 5）。

1999 年以降の漁獲量（漁期年）について、各府県集計の統計資料をもとに、漁期年別、雌雄別に集計した（図 5、補足表 2-6）。ミズガニの漁獲量は、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ミズガニ保護の取り組み等により、2016 年には 359 トンまで減少している。カタガニは 2008 年の約 1,900 トンまで増加傾向を示し、2009 年に減少して以降は 1,500 トン前後で安定していたが、2016 年は 1,244 トンに減少した。雌ガニは 2001 年から毎年増加し、2007 年には 2,100 トン近くとなった後、2008 年は 1,500 トン近くに大きく減少した。その後は 1,500～1,800 トンで推移していたが、2013 年以降 1,300 トン台に減少し、2016 年は 1,360 トンであった。なお、2016 年の雌雄込みの漁獲量は 2,963 トンであった。

（3）漁獲努力量

沖底の雄に対する有効漁獲努力量には 1970 年代以降、雌に対しては 1984 年以降、長期的な減少傾向がみられる。2016 年の有効漁獲努力量は雄で 56,136 回、雌で 35,913 回と、いずれもピーク時の半分以下であった（図 6、表 3）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

資源水準の判断については、長期間の情報が得られる沖底の漁獲成績報告書から求めた、1970 年以降の雌雄海区合計の資源密度指数を資源量指標値として用いた（補足資料 6）。

資源動向については、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から判断した。なお、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 2、補足資料 3）。若齢の現存尾数を用いて雄 11 齢、雌 10 齢の加入予測を行った。

これ以降、年の記述は断りが無い限り漁期年（7 月～翌年 6 月）を示す。

（2）資源量指標値の推移

雌雄海区合計の資源密度指数は 1970 年に 116kg と最高となったが、1974 年まで大きく減少した。その後も減少傾向が続き、1985～1992 年は 10～13kg と低い値であった。1993 年以降は増加傾向となり、2006 年には 59kg まで増加した。その後 2011 年には 49kg まで減少したが、再び 50kg を超え、2016 年は 51kg であった（図 7、表 4）。

（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 8）。

カタガニでは、2010 年から 13 齢の漁獲尾数が大きく減少している。これに対し、12 齢の漁獲尾数は 2011 年から多くなり、2013 年はさらに増加したが、2016 年は 2010 年レベルまで減少した。ミズガニの漁獲尾数は、自主規制の強化等により、全体に減少傾向であるが、2015～2016 年は 13 齢で特に少なかった。

(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推定された甲幅組成を図 9、10 に示す。各年の甲幅組成ともに複数のモードが存在し、それぞれが齢期群に相当すると考えられている。なお、2015 年のトロール調査から新型網を用いているが、2015～2016 年には旧型網との明確な採集効率の違いがみられなかった。2017 年のトロール調査では小型サイズで旧型網との採集効率に違いがあると判断されたため、10 齢期以下の採集効率を補正し、面積密度法により甲幅組成を推定した（補足資料 4）。

トロール調査の実施時期は 5～6 月であり、漁期開始は 11 月である（図 3）。7 齢以降は 1 年に 1 回、脱皮を行うことから、2017 年の調査時点で最終脱皮前の個体は、2017 年漁期までに最大 1 回、2018 年漁期までに最大 2 回の脱皮を行う。

2017 年の調査結果では、雄の 12 齢（概ね甲幅 100mm）および 13 齢（概ね甲幅 120mm 以上）の現存尾数が比較的多く、2017 年漁期には 12 齢の多くはミズガニ、13 齢はカタガニとして漁獲される。2017 年漁期に漁獲対象となる雌の 11 齢は、2016 年よりやや少なかった。2018 年漁期に漁獲加入する 10 齢は雄雌ともに前年並みであったが、2019 年漁期に加入する 9 齢はやや少なく、2020 年漁期に加入する 8 齢はかなり少なかった（補足表 2-1）。

(5) 資源量と漁獲割合の推移

漁期開始時点の資源量について、トロール調査時点の年別齢期別現存尾数を用いたコホート解析結果より求めた（補足資料 2）。漁期開始時点の資源量（図 11）は、2002 年に 12,800 トンであったが、2007 年には 30,200 トンまで増加した。2008 年以降は減少を続け、2015 年には 17,000 トンとなったが、2017 年には 21,300 トンに増加した。なお、2018 年の資源量は 21,700 トンになると予測される（補足表 2-6）。

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 12、補足表 2-6）。漁獲割合と F は、カタガニの値が最も高く、ミズガニの値はかなり低い。2016 年の漁獲割合（F 値）は、ミズガニでは 3%（0.03）、カタガニでは 56%（0.83）、雄全体では 12%（0.13）、雌では 28%（0.32）、雌雄全体では 17%（0.18）であった。2005 年頃まで、漁獲割合、F とともに低下傾向であったが、資源が減少した 2008 年以降、カタガニでは上昇している。

(6) Blimit の設定

本評価では、再生産関係は使われていない。そこで、資源量が推定されている 1999 年以降で、資源が回復したことがある最も少ない親魚量（2002 年水準、1,500 トン）を Blimit とした（図 13）。なお、2017 年の親魚量は 4,100 トンであり、Blimit を上回っている。

(7) 資源の水準・動向

資源水準の区分は、雌雄海区合計の資源密度指数の最高値（116kg）と 0 の間を三等分し、39kg 未満を低位、39kg 以上 78kg 未満を中位、78kg 以上を高位とした。2016 年の資源密度指数は 51kg であることから、資源水準は中位と判断した（図 7、表 4）。

資源動向は、直近 5 年間（2013～2017 年）の漁期開始時点における資源量の推移から、横ばいと判断した（図 11）。

(8) 今後の加入量の見積もり

2017 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、ABC 算定対象である 2018 年漁期以降の加入尾数を求めた。この際、2018 年漁期の加入尾数は、雄では 2017 年の 10 齢から遷移率を用いて計算した 11 齢の予測値、雌では 2017 年の 10 齢の現存尾数とした。2019 年漁期の加入尾数は 2017 年の 9 齢、2020 年漁期は同様に 2017 年の 8 齢の現存尾数から遷移率を用いてそれぞれ予測した（補足資料 2）。なお、2017 年の 8 齢はコホート解析では扱われないので、雄雌の現存尾数の平均値を、雄雌それぞれに適用した。

2017 年の雄 11 齢の現存尾数は 2016 年よりやや増加し 23 百万尾であった。2018 年には 22 百万尾、2019 年には 18 百万尾と推移し、2020 年には 1999 年以降最少の 8 百万尾に減少すると予測される（図 14、補足表 2-3）。

2017 年の雌 10 齢の現存尾数は 2016 年よりやや減少し、21 百万尾であった。2018 年には 17 百万尾、2019 年には 1999 年以降最少の 8 百万尾に減少すると予測される（図 14、補足表 2-5）。

資源の将来予測の際は、2018、2019 および 2020 年漁期については上記で予測される加入尾数を用い、2021 および 2022 年漁期については 2016～2020 年漁期の平均加入尾数（雄：2016～2020 年の 11 齢の平均、雌：2015～2019 年の 10 齢の平均）を用いた。

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）。また、海洋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 2016）。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

ズワイガニの最終脱皮を組み込んだ齢構成モデル（Ueda et al. 2009）を用い、雌雄別の YPR と雌の %SPR を求めた（図 15、16）。この際、雌雄とも 8 齢から資源計算を行い、雄では 11 齢まで、雌では 10 齢までが、水揚げ対象個体（雄：12～13 齢、雌：11 齢クロコ）と同様の F で混獲、放流され、放流後の生残率を 0.5 と仮定して計算した。このとき、生理的寿命は考慮していない。

雄の F_{max} および $F_{0.1}$ はそれぞれ 0.28 および 0.16 である。雄の $F_{current}$ は 0.15 で、 F_{max} および $F_{0.1}$ より小さかった。

雌では、 F_{max} および $F_{0.1}$ はそれぞれ 0.23 および 0.16 である。雌の $F_{current}$ は 0.35 であり、漁獲圧はやや過大と判断される。雌の $F_{current}$ における %SPR は 21%であった。

5. 2018 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

本海域における長期間の資源量指標値である沖合底びき網漁業の資源密度指数は、1960 年代から 1970 年代初めには 100kg 以上で高位水準にあったが、その後 1980 年代後半には 10kg 近くまで低下した。1990 年代以降は上昇に転じ、2002 年以降の資源水準は中位で推移している。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 年は増加傾向にあったが、2008～2015 年は減少傾向であった。2017 年の資源量は、2008 年以降の平均的なレベルであるものの増加しており、資源動向を横ばいと判

断した。

加入量は 2018 年までは比較的良好な一方、2020 年には大きく減少すると見込まれ、現状の漁獲圧では従来と同様な資源の維持が困難と考えられる。今後の悪い加入を考慮した場合でも資源を大きく減少させないように漁獲するべきである。

(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

本海域では、資源水準は中位、動向は横ばいであり、加入予測に基づく将来予測により資源水準が維持できると考えられる。したがって、ABC 算定規則 1-3)-(2)を適用して、以下の式により 2018 年 ABC を算定した。

$$F_{\text{limit}} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta_1$$

$$F_{\text{target}} = F_{\text{limit}} \times \alpha$$

ここで β_1 は 1、 α は安全率であり標準値の 0.8 を用いた。

本海域では、今後悪い加入を考慮した場合でも資源を大きく減少させないことを管理目標とし、漁獲シナリオとして「現状の漁獲圧の維持 (F_{current})」、「現状の親魚量の維持 (F_{sus1})」および「近年の平均親魚量の維持 (F_{sus2})」を設定した。

近年の平均親魚量を「資源が減少に転じた 2008 年以降における少ない親魚量」と定義した。2008 年以降で親魚量が最も少ないのは 2015 年であり、コホート解析の不確実性も考慮し、2014～2016 年の平均値を採用した。「現状の漁獲圧の維持」では、近年の平均親魚量の維持が困難なため、算定漁獲量扱いとした。

上記の各漁獲シナリオにおいて、「現状の漁獲圧の維持」は 2014～2016 年の平均の F 、「現状の親魚量の維持」および「近年の平均親魚量の維持」は 2022 年の親魚量がそれぞれ 2017 年および 2014～2016 年の平均と同値となる F と、それぞれ定義した。

以上の各シナリオについて、「4. (8) 今後の加入量の見積もり」で設定した加入条件に基づき雌の資源の将来予測を行い、各漁獲シナリオを達成する F を求めた。その結果、「現状の親魚量の維持 (F_{sus1})」では $F=0.08$ (F_{current} に対し-61%)、「近年の平均親魚量の維持 (F_{sus2})」では $F=0.18$ (同-9%) となった。なお、2014～2016 年の平均の F (F_{current}) は 0.20 であった。

2018 年の資源量は 21,700 トンと予測されることから、2018 年の ABC (Limit 値) は、「現状の親魚量の維持」では 1,700 トン、「近年の平均親魚量の維持」では 3,600 トンとそれぞれ算定された。

2022 年までの将来予測の結果、漁獲量は 2019 年以降、いずれのシナリオでも 2020 年に大きく減少した後横ばいである (図 17)。資源量および雌の親魚量ともに、いずれのシナリオでも 2020 年に大きく減少するが、2021 および 2022 年は増加する。雌の親魚量は、いずれのシナリオでも 2022 年には B_{limit} を 1,000 トン以上上回る (図 18)。

(3) 2017 年 ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

上述の各シナリオについて、加入量の不確実性を考慮した将来予測を行った。この際、2020 年までの加入尾数は、トロール調査結果から得られた加入前の齢期別現存尾数に基づく、遷移率の変動を考慮した予測値、以降は「4. (8) 今後の加入量の見積もり」で設定した平均加入量に不確実性を考慮した予測値とした (補足資料 2)。漁獲シナリオごとに、 F 値の変化に対応した 2022 年までの資源量、漁獲量および親魚量計算を 1,000 回試行した。

各シナリオとも、予測幅の違いは小さかった。中央値の 80%信頼区間は 2020 年までは広がり、2021 年以降安定していたが（図 19）、これは、不確実性を考慮してから 2 年程度で齢期別資源尾数のほぼすべてが将来予測によって与えられた値に置き換わるからである。

「現状の親魚量の維持」および「近年の平均親魚量の維持」では、5 年後に 2017 年の親魚量を維持できる確率は 19%以上、近年の平均親魚量を維持できる確率は 50%以上、Blimit を維持できる確率は 96%以上であった。「現状の漁獲圧の維持」では同様に 15%、44%、96%であった。加入量が大きく減少する 2020 年に親魚量が Blimit を上回る確率は、「現状の親魚量の維持」、「近年の平均親魚量の維持」および「現状の漁獲圧の維持」でそれぞれ 98%、89%および 85%であった。

漁獲シナリオ（管理基準）		F値	漁獲量（百トン）						
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
現状の親魚量の維持（F _{sus1} ）	Target	0.07	30	31	14	14	11	10	10
	Limit	0.08	30	31	17	17	13	13	12
近年の平均親魚量の維持（F _{sus2} ）	Target	0.15	30	31	30	29	22	21	21
	Limit	0.18	30	31	36	34	26	25	25
現状の漁獲圧の維持（F _{current} ）	Target	0.16	30	31	33	31	24	23	22
	Limit	0.20	30	31	39	37	28	27	27
			資源量（百トン）						
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
現状の親魚量の維持（F _{sus1} ）	Target	0.07	180	213	217	201	139	145	173
	Limit	0.08	180	213	217	201	138	145	172
近年の平均親魚量の維持（F _{sus2} ）	Target	0.15	180	213	217	198	135	143	170
	Limit	0.18	180	213	217	197	134	142	169
現状の漁獲圧の維持（F _{current} ）	Target	0.16	180	213	217	198	135	142	170
	Limit	0.20	180	213	217	197	133	141	169
			親魚量（百トン）						
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
現状の親魚量の維持（F _{sus1} ）	Target	0.07	36	41	49	46	28	39	43
	Limit	0.08	36	41	48	44	27	38	41
近年の平均親魚量の維持（F _{sus2} ）	Target	0.15	36	41	43	38	22	32	35
	Limit	0.18	36	41	40	35	20	30	33
現状の漁獲圧の維持（F _{current} ）	Target	0.16	36	41	42	37	21	31	34
	Limit	0.20	36	41	39	33	19	29	31

- ・資源量は漁期開始時点の値を、親魚量は漁期後の雌の値をそれぞれ示す。
- ・F 値、漁獲量、資源量は、いずれも雌雄込みの値である。
- ・Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。
- ・Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。
- ・F_{target} = α F_{limit} とし、α には標準値 0.8 を用いた。
- ・年は漁期年（7～翌年 6 月）を示す。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2018 年 漁期 ABC (雄, 雌) (百ト ン)	漁獲 割合 (雄, 雌) (%)	F 値 (ミズガニ, カタガニ, 雌) (現状 の F 値から の増減%)	2022 年 漁期の 親魚量 (百ト ン) (80%区 間)	確率評価 (%)		
						2022 年 漁期に 2017 年 漁期 親魚量 を維持	2022 年 漁期に 近年の 平均 親魚量 を維持	2022 年 漁期に Blimit を維持
現状の親魚量 の維持* (Fsus1)	Target	14 (9, 6)	7 (5, 10)	0.07 (0.011, 0.218, 0.109) (-69%)	43 (26~60)	55	79	99
	Limit	17 (10, 7)	8 (6, 13)	0.08 (0.013, 0.272, 0.136) (-61%)	41 (25~58)	50	76	98
近年の 平均親魚量の 維持* (Fsus2)	Target	30 (18, 12)	14 (11, 22)	0.15 (0.025, 0.507, 0.253) (-27%)	35 (21~50)	29	62	97
	Limit	36 (21, 15)	17 (13, 27)	0.18 (0.031, 0.634, 0.316) (-9%)	33 (19~46)	19	50	96
		2018 年 漁期 算定 漁獲量						
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	33 (19, 13)	15 (12, 24)	0.16 (0.028, 0.559, 0.279) (-20%)	34 (20~48)	25	57	96
	Limit	39 (23, 16)	18 (14, 29)	0.20 (0.035, 0.699, 0.349) (±0%)	31 (18~44)	15	44	96
コメント ・本系群の ABC 算定には、規則 1-3)-(2)を用いた。 ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「資源の維持若しくは増大を基本方向として、安定的な漁獲量を継続できるよう管理を行うものとする」とされている。維持すべき親魚量を近年の平均 (2014～2016 年) 水準とし、同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。 ・現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent) では、近年の平均親魚量の維持が困難なため、算定漁獲量扱いとした。								

- ・ Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大が期待される F 値による漁獲量である。
- ・ Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。
- ・ $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、 α には標準値 0.8 を用いた。
- ・ 漁期年は 7～翌年 6 月。
- ・ Fcurrent は、2014～2016 年漁期の漁獲係数の平均を示す。

- ・現状の親魚量は 2017 年の漁期後に想定される 11 齢雌資源量（4,100 トン）を、Blimit は 2002 年の漁期後 11 齢雌資源量（1,500 トン）をそれぞれ示す。また、近年の平均親魚量（2014～2016 年）は 3,300 トンである。

漁獲シナリオ（管理基準）の設定については以下の通りである。

- ・親魚量の維持：2022 年の親魚量が現状（Fsus1）もしくは近年の平均（Fsus2）と同値となる F 値で漁獲する。
- ・近年の平均親魚量を「資源が減少に転じた 2008 年以降における少ない親魚量」と定義した。2008 年以降では、親魚量は 2015 年まで減少傾向の後、2016、2017 年は増加した。そこで、資源を大きく減少させないためにも、親魚量が減少から増加に転じた 2015 年ころの水準を維持するべきと考えた。親魚量が増加に転じた 2015 年ころの水準として、本評価ではコホート解析の不確実性も考慮し、2014～2016 年の平均値を採用した。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2017 年調査時点現存量	1999～2017 年漁期開始時点資源量
2016 年漁期漁獲量確定値	2016 年漁期漁獲量

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン) (実際の F 値)
2016 年漁期 (当初)	Fsus2' (1.15Fcurrent)	0.24	183	38*	32	
2016 年漁期 (2016 年再評価)	Fsus2' (1.15Fcurrent)	0.24	171	36	30	
2016 年漁期 (2017 年再評価)	Fsus2' (1.15Fcurrent)	0.21	180	35	29	30 (0.18)
2017 年漁期 (当初)	Fsus2 (1.14Fcurrent)	0.23	184	37*	31	
2017 年漁期 (2017 年再評価)	Fsus2 (1.14Fcurrent)	0.23	213	43	36	
・2016、2017 年とも、TAC 設定の根拠となった管理基準について行った。 ・*は TAC 設定の根拠となった値である。 ・資源量は漁期開始時点の値である。 ・いずれも雌雄込みの値である。						

本海域では、昨年度本評価まではトロール調査による資源量直接推定値を ABC 算定に用いており、2016 年の資源量は、2016 年再評価時点で確定したが、本年度からトロール調査結果に基づくコホート解析を導入したことにより、2017 年再評価においても更新された。2016 年の漁獲量は 3,000 トンであった。2017 年の資源量は当初評価時には直接推定値であり、

2017 年再評価時にはコホート解析による推定値に更新された。資源量が更新される際、カタガニ、ミズガニ、雌ガニの資源量の比率が変わるので、同じ管理基準でも再評価時の雌雄合計の F 値は変化する場合がある。

2017 年の資源量は、2016 年当初評価時の 18,400 トンから、2017 年再評価時に 21,300 トンへ上方修正された。この要因としては、トロール調査の観測誤差や、混獲死亡の多寡による生残率の年変化等が挙げられ、修正の内訳は、ミズガニで+2,900 トン(+29%)、カタガニで+500 トン(+18%)、雌で-400 トン(-7%)、全体で+2,900 トン(+16%)であった。

本海域における再評価では、再評価時に F 値を更新せず、資源量のみを予測値から確定値に更新して ABC を再計算している。資源量に加え F 値も更新した場合、2020 年に予測される加入の減少が考慮されるため、2017 年漁期の F_{sus2} は 0.14、ABC は 2,700 トンに下方修正される。

6. ABC 以外の管理方策の提言

(1) 省令及び自主規制などによる資源の保護

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

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

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

(2) 混獲死亡の低減

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

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

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

(3) 韓国による漁獲状況の把握

日本海では韓国も本系群を漁獲している。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 2016 年は 1,570 トンであった（図 20、補足表 5-1）。これらには韓国東岸や日韓暫定水域内に加え、我が国 EEZ 内（暫定水域外）における違法操業（水産庁境港漁業調整事務所 HP¹）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（甲長 90mm 以上）に相当する雄ガニがほとんど採集されず、本水域における雄ガニの資源状態は非常に悪いことが示唆されている。

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

7. 引用文献

- 伊藤勝千代 (1968) 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 II. 稚蟹期の形態およびその分布について. 日水研報, **19**, 43-50.
- 伊藤勝千代 (1970) 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 III. 甲幅組成および甲殻硬度の季節変化から推測される年令と成長について. 日水研報, **22**, 81-116.
- 木下貴裕 (2009) ズワイガニ日本海系群. 平成 20 年度資源変動要因分析調査報告書, 水産庁増殖推進部漁場資源課・水産総合研究センター, 86-91.
- 今 攸 (1980) ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) の生活史に関する研究. 新潟大学理学部附属佐渡臨海実験所特別報告, **2**, 1-64.
- 今 攸・丹羽正一・山川文男 (1968) ズワイガニに関する研究-II. 甲幅組成から推定した脱皮回数. 日水誌, **34**, 138-142.
- 小西光一・養松郁子・廣瀬太郎・南 卓志 (2012) 日本海の中深層底棲魚に捕食されたズワイガニ属幼生と稚ガニの水深分布について. 日水誌, **78**, 976-978.
- 本多直人・井桁庸介・山本岳男・上田祐司・白井 滋 (2015) ズワイガニ幼生の分布特性の解明および加入量予測モデルの開発. 平成 27 年度資源変動要因分析調査報告書, 水産庁増殖推進部漁場資源課・水産総合研究センター, 70-71.
- 三浦 浩・伊藤 靖・下山宗生・澤田竜美・本田耕一 (2014) 日本海西部地区におけるズワイガニ・アカガレイ保護育成礁の効果. 漁港漁場漁村総合研究所調査研究論文集, **24**, 55-60.
- 森山 充 (2011) ズワイガニ, アカガレイ保護礁の効果について. 水産工学, **47**, 223-225.
- 尾形哲男 (1974) 日本海のズワイガニ資源. 水産研究叢書, 26, 日本水産資源保護協会, 東京. 64pp.
- 上田祐司・藤原邦浩・筆谷拓郎・金岩 稔・原田泰志・岡本繁好・大谷徹也・太田武行 (2016) 大臣管理漁業等の資源管理計画および資源管理措置にかかる調査 沖合底びき網漁業の資源管理計画に係る調査 (対象魚種: ズワイガニ・アカガレイ). 平成 27 年度資源管

¹ http://www.jfa.maff.go.jp/sakaiminato/press/kantoku/160630_1.html
(2017 年 8 月 8 日参照)

- 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.
- 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.
- 山崎 淳 (1994) ズワイガニの生態特性にもとづく資源管理に関する研究. 京都海セ研究論文, **4**, 1-53.
- Yamasaki A. (2002) Establishment of preserved area for snow crab *Chionoecetes opilio* and consequent recovery of the crab resources. Fish. Sci., **68**, suppl. II, 1699-1702.
- 山崎 淳・桑原昭彦 (1991) 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. 日水誌, **57**, 1839-1844.
- 山崎 淳・宮嶋俊明 (2013) 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ混獲量とリリース直後の生残率. 水産技術, **5**, 141-149.
- 山崎 淳・宮嶋俊明・藤原邦浩 (2011) 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ水ガニの入網数とリリース直後の生残率. 日水誌, **77**, 372-380.
- 山崎 淳・篠田正俊・桑原昭彦 (1992) 雄ズワイガニの最終脱皮後の生残率推定について. 日水誌, **58**, 181-186.
- 全国底曳網漁業連合会 (2016) 平成 27 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.

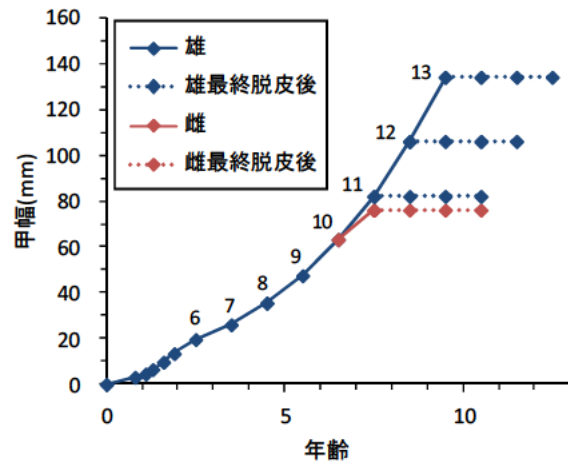


図 1. ズワイガニ日本海系群 A 海域の分布

図 2. ズワイガニの年齢、脱皮年齢および甲幅の関係

- ・ 数字は脱皮年齢を示す。
- ・ 10 歳までは雌雄共通である。

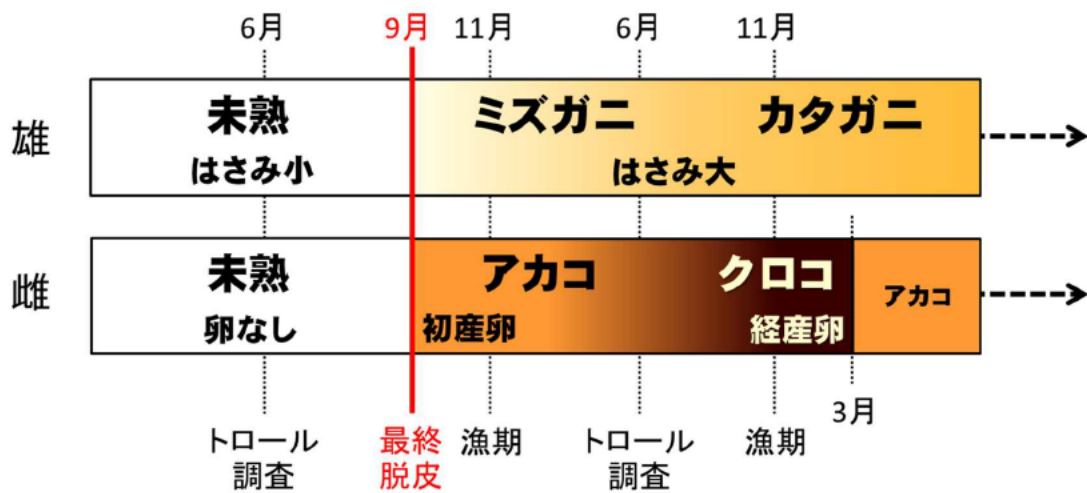


図 3. ズワイガニの生活史と漁獲の模式図

- ・ 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。

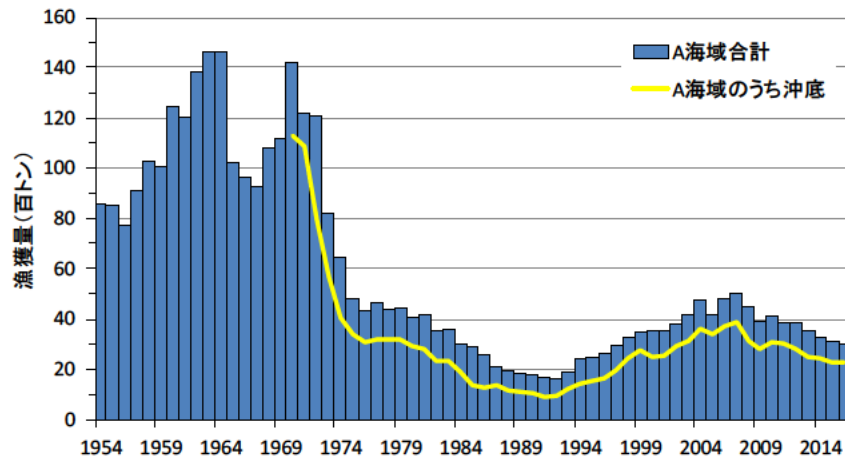


図 4. A 海域全体の漁獲量（暦年）および沖合底びき網漁業による漁獲量（漁期年）

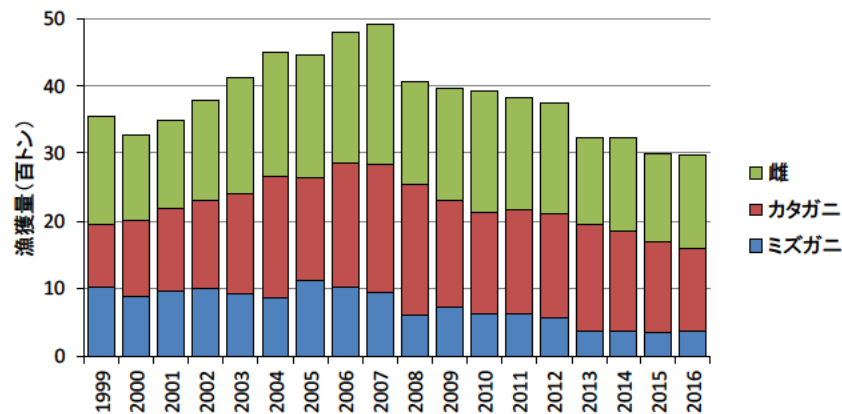


図 5. 雌雄別（雄はカタガニ・ミズガニ別）の漁獲量（漁期年）

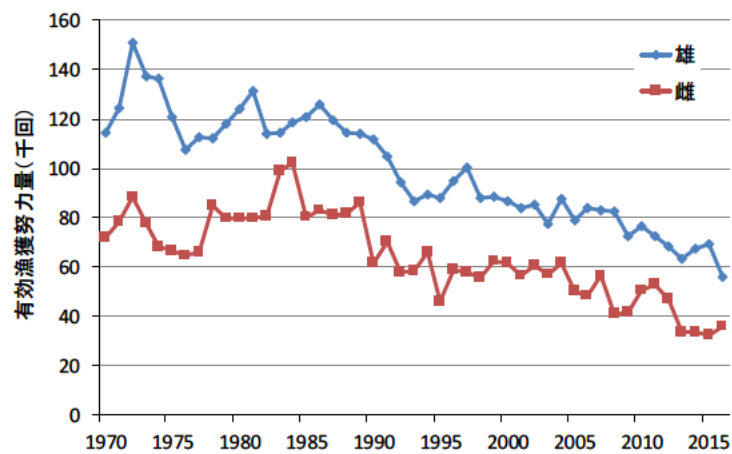


図 6. 沖合底びき網の有効漁獲努力量

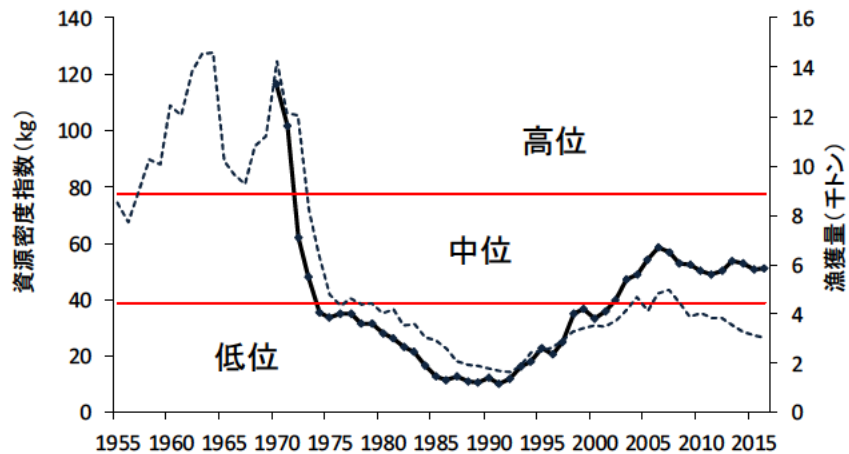


図 7. 沖底漁績から求めた資源密度指数（雌雄海区合計）

赤線は最高値（116kg：1970年）と0の間を三等分した値であり、高位と中位の境界は78kg、中位と低位の境界は39kgをそれぞれ示す。点線は漁獲量を示す。

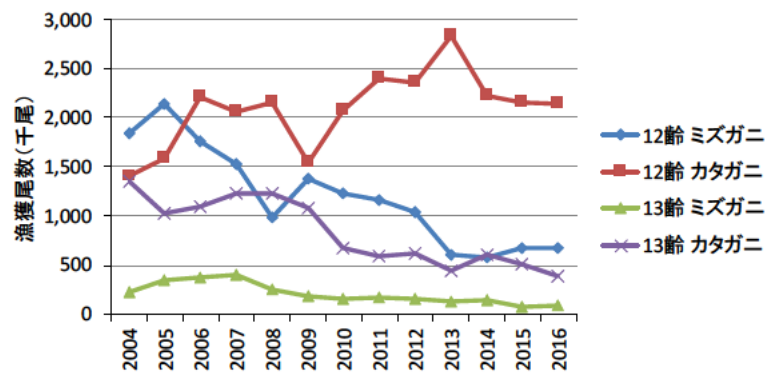


図 8. 主要港における雄の齢期別カタガニ・ミズガニ別漁獲尾数

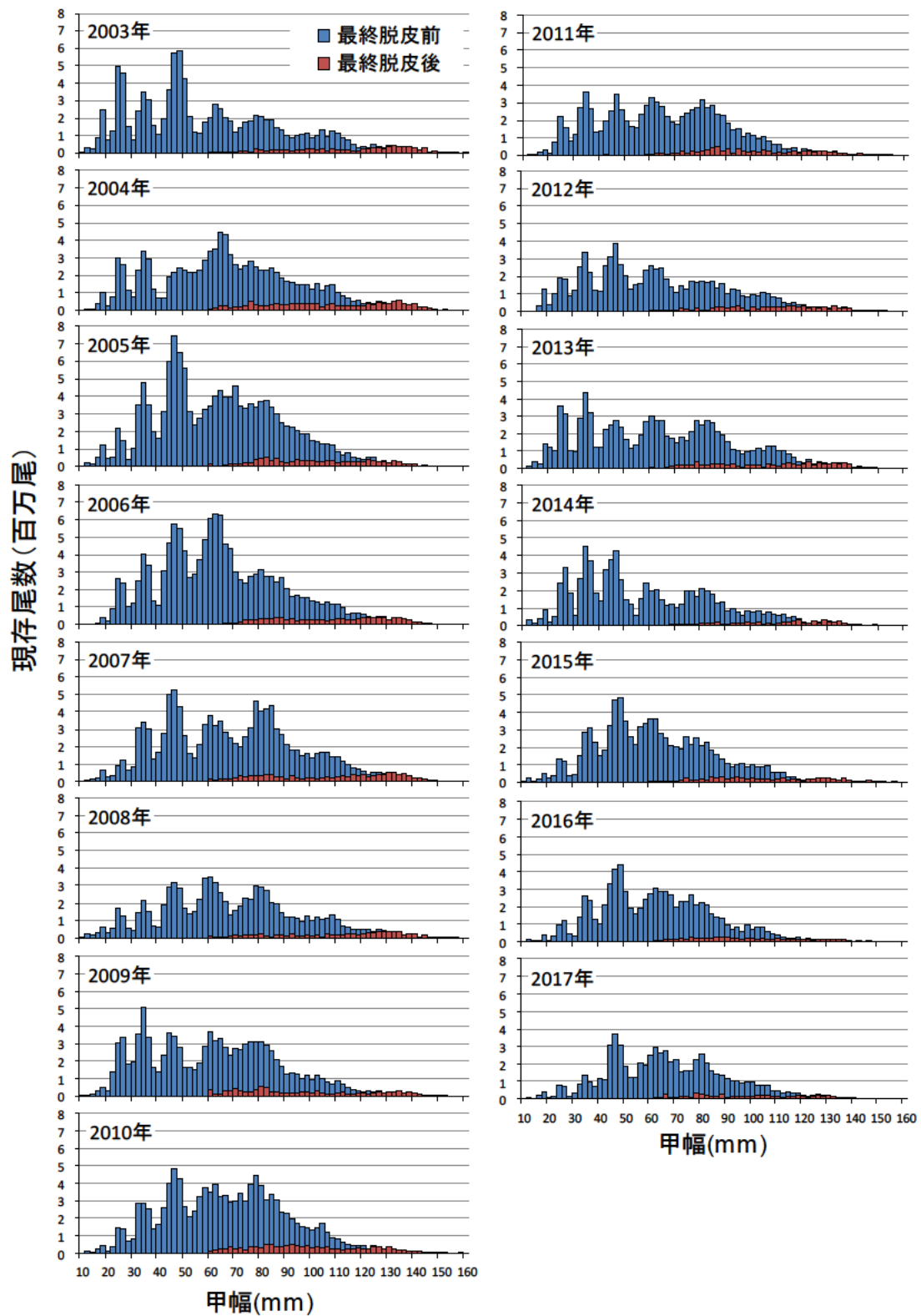


図9. トロール調査から推定された雄の甲幅組成

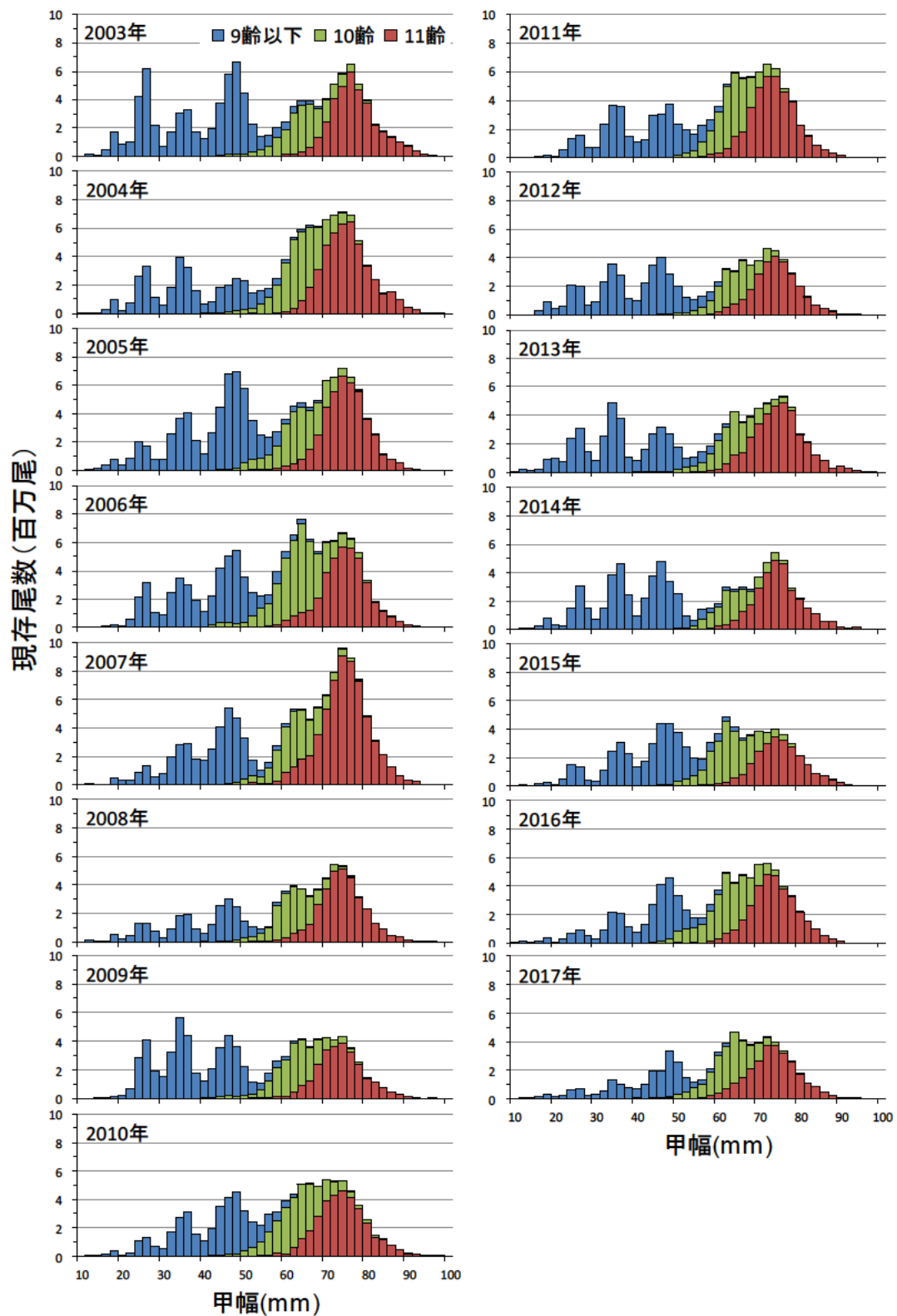


図 10. トロール調査から推定された雌の甲幅組成

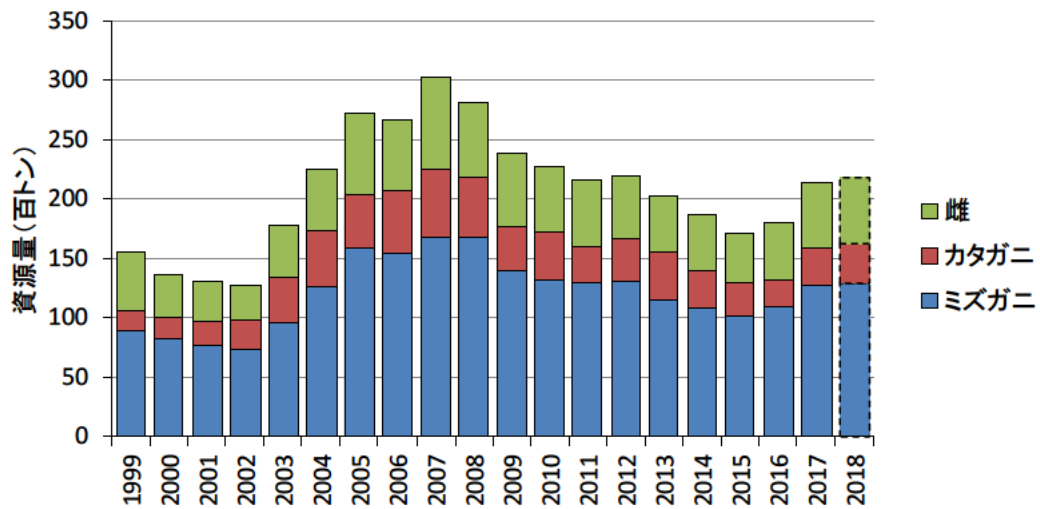


図 11. トロール調査結果に基づくコホート解析により推定された漁期開始時点における資源量 ミズガニとカタガニは 12 齢と 13 齢の合計を、雌は 11 齢をそれぞれ示す。2018 年は、2017 年の 10 齢以上の齢期別資源尾数等から求めた予測値。

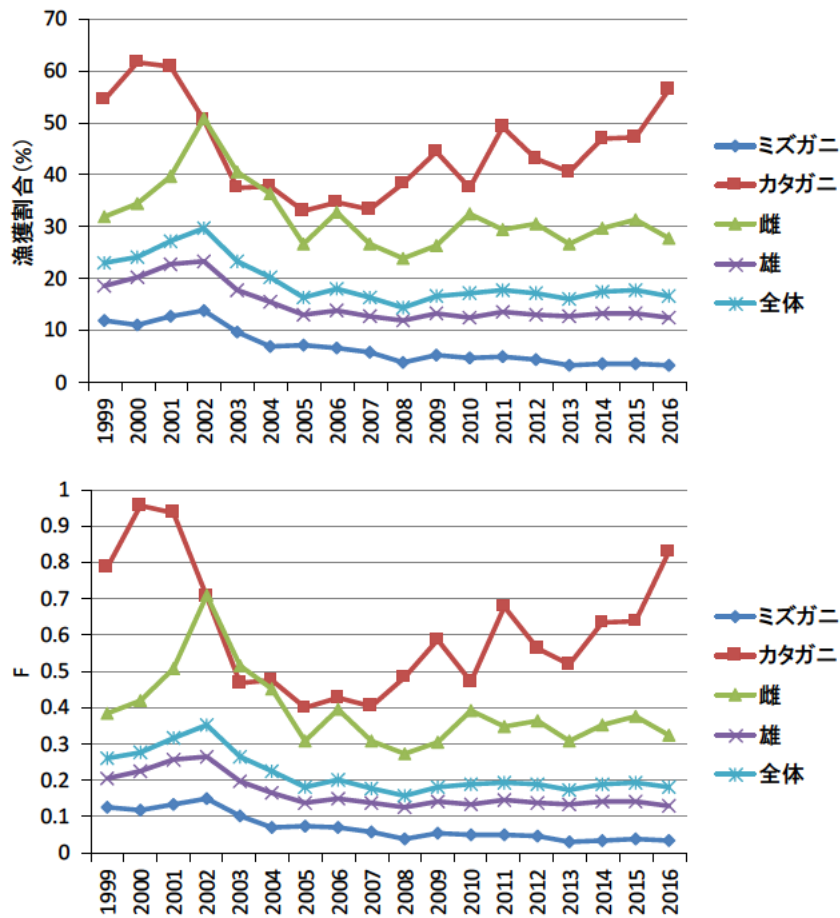


図 12. 漁獲割合（上図）と漁獲係数（F）（下図）

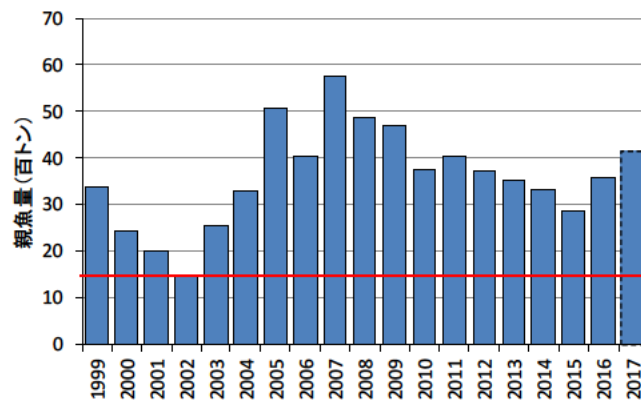


図 13. 雌の親魚量 親魚量は各年の漁期後の値、すなわち漁期開始時点の親魚量から漁獲量を除いた値である。2017 年の親魚量は、2017 年の雌の漁獲量が 2014～2016 年の平均と仮定したときの、漁期後に想定される予測値。赤線は Blimit (15 百トン) を示す。

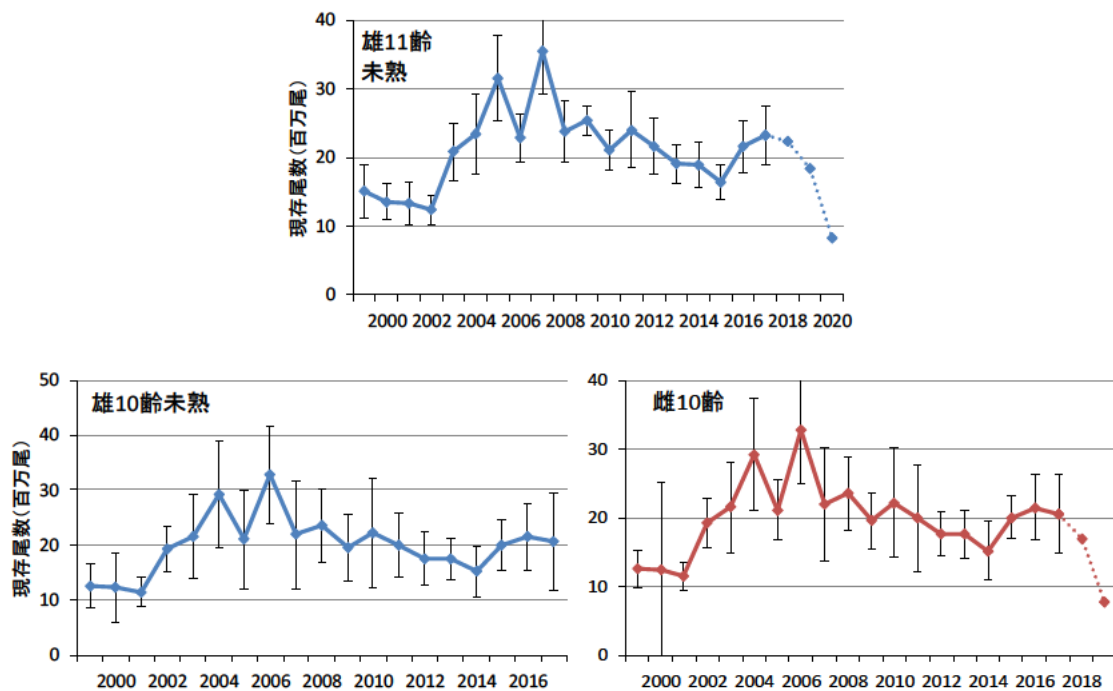


図 14. 2017 年漁期に漁獲加入する年級群 (雄 11 齢) および 2018 年漁期に漁獲加入する年級群 (雄雌とも 10 齢) の現存尾数 縦棒は 95%信頼区間を示す。点線は資源の将来予測に用いる予測値を示し、2017 年の 8 齢および 9 齢の現存尾数からそれぞれ求めた。トロール調査の 5～6 月時点で採集された雌 11 齢のうち、2017 年漁期に漁獲加入する個体と 2016 年漁期以前に漁獲加入していた個体の判別は不可能であることから、2017 年漁期の雌の漁獲加入尾数は不明である。

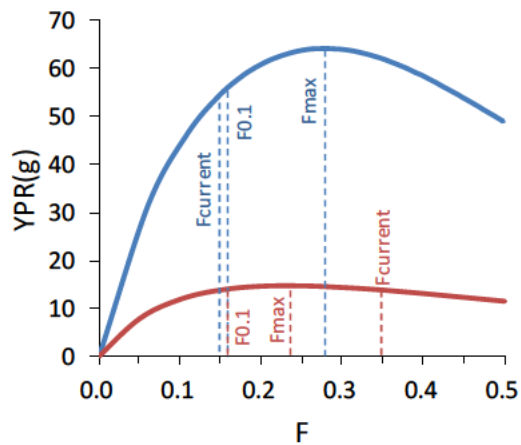


図 15. F と YPR の関係

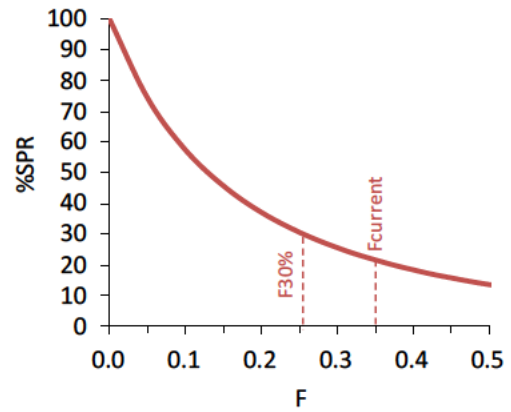


図 16. F と %SPR の関係

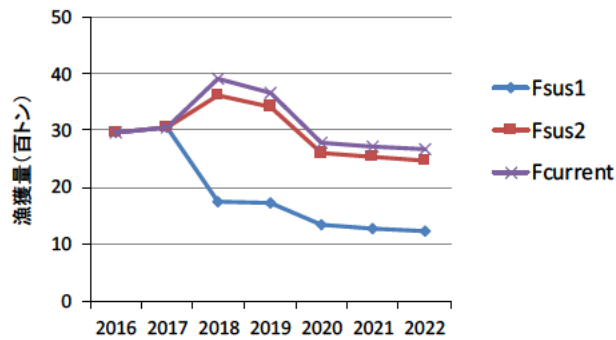


図 17. 各漁獲シナリオにおける漁獲量の予測

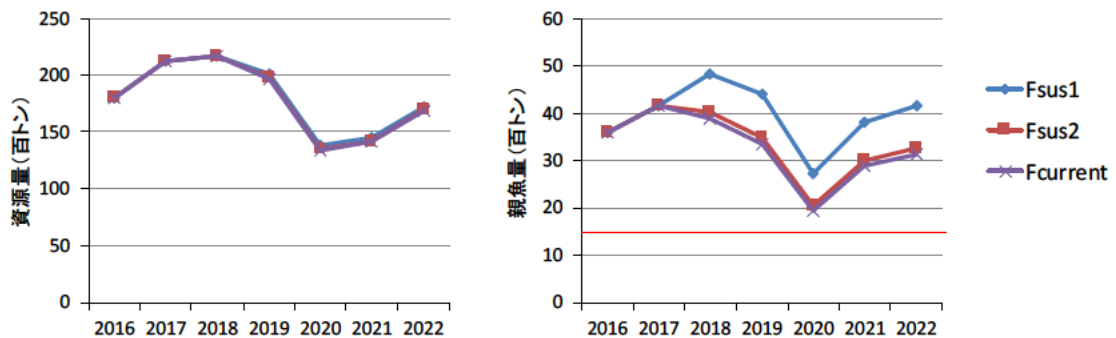


図 18. 各漁獲シナリオにおける資源量（左図）および雌の親魚量（右図）の予測
親魚量は各年の漁期後の値である。
親魚量の赤線は Blimit（15 百トン）を示す。

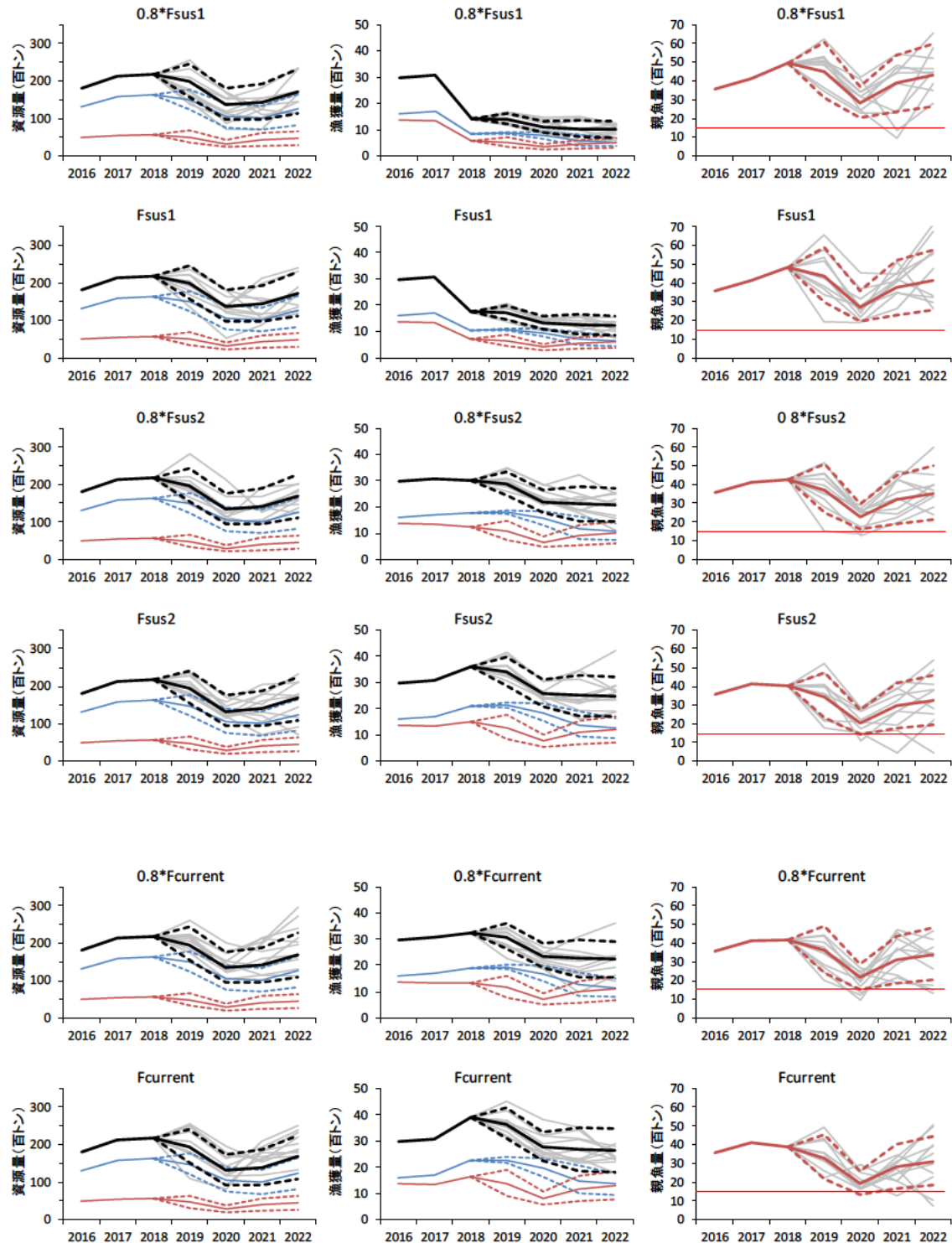


図 19. 各漁獲シナリオにおける、資源量（左図）、漁獲量（中図）および雌の親魚量の将来予測。資源量と漁獲量については黒色が雄雌合計、青色が雄、赤色が雌を、2018 年以降の実線は 1,000 回の試行のうち中央値を、破線は上側 10%、下側 10%を、灰色は 1,000 回の試行のうち任意の 10 回をそれぞれ示す。親魚量は漁期後の値である。親魚量の赤線は $Blimit$ （15 百トン）を示す。

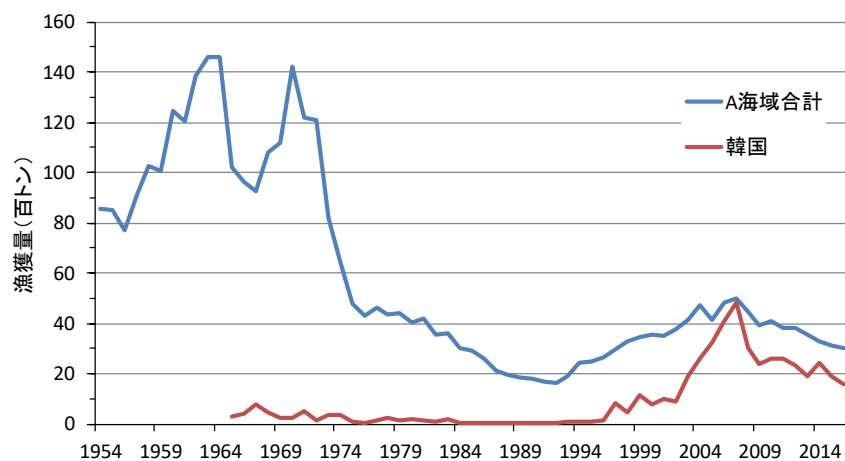


図 20. A 海域および韓国における漁獲量（暦年集計）

表 1. A 海域におけるズワイガニの漁期規制およびサイズ規制（2016 年）

		漁期		漁獲規制（サイズは甲幅）		
省令		11月6日～3月20日		90mm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	1月20日～2月末日	省令に同じ	105mm以上	95mm以上
		京都	禁漁	省令に同じ	禁漁	省令に同じ
		福井	2月9日～3月20日	省令に同じ	100mm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・70mm以上	

表 2. A 海域におけるズワイガニの 1 航海あたり漁獲量規制（2016 年）

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

表 3. A 海域における沖合底びき網の有効漁獲努力量

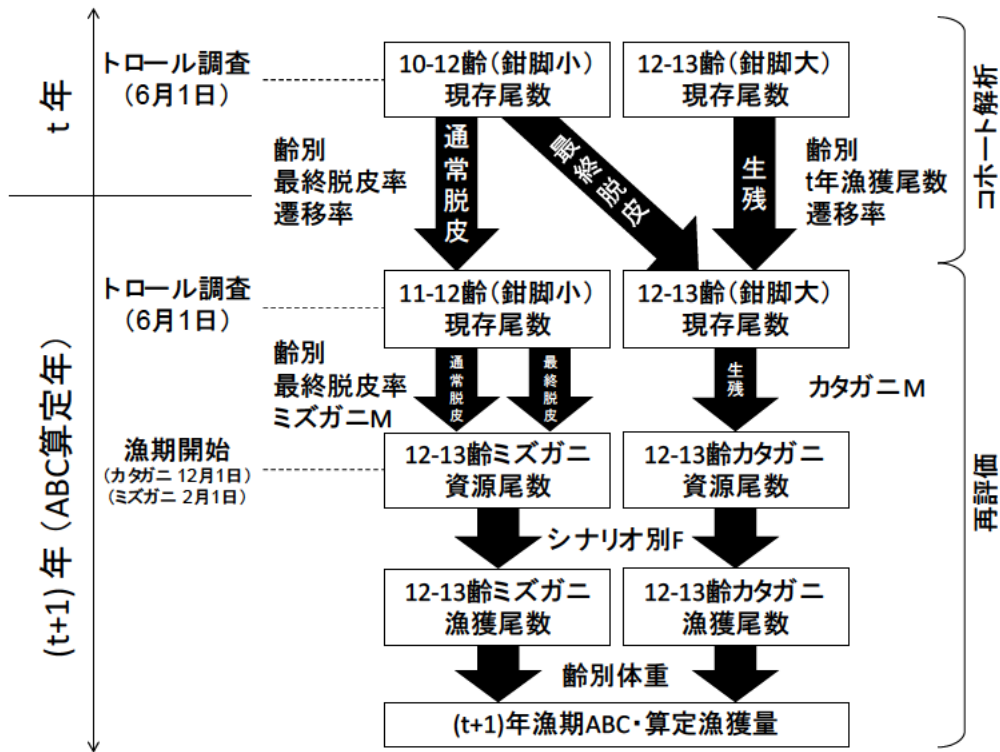
漁期年	雄	雌
1970	114,223	72,019
1971	124,530	78,378
1972	151,020	88,650
1973	137,288	77,692
1974	136,372	68,184
1975	120,915	66,411
1976	107,409	64,848
1977	112,818	65,947
1978	112,376	84,993
1979	118,133	79,600
1980	123,839	79,598
1981	131,444	79,549
1982	114,006	80,548
1983	114,285	98,747
1984	118,754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

表 4. 沖合底びき網の資源密度指数

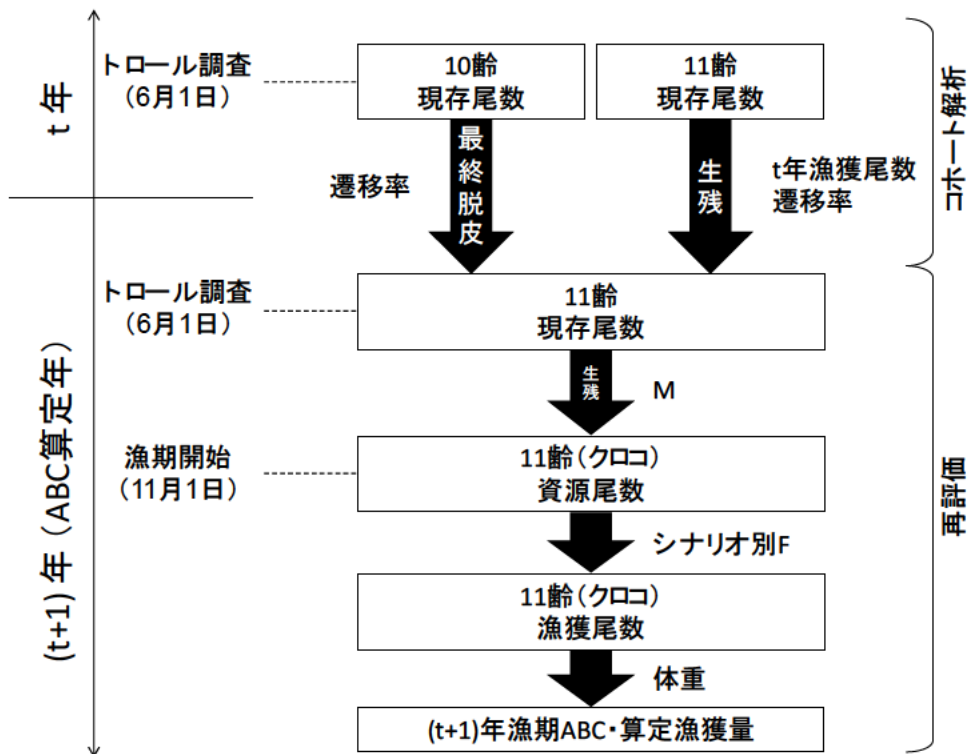
漁期年	雄			雌			雄雌
	A海域 全体	中区	西区	A海域 全体	中区	西区	A海域 合計
1970	68	32	85	48	23	61	116
1971	62	26	78	40	17	49	102
1972	40	20	52	22	11	29	62
1973	33	14	42	16	8	20	48
1974	23	13	29	12	8	15	36
1975	21	16	23	12	11	13	34
1976	19	22	19	15	13	16	35
1977	18	15	20	17	12	20	35
1978	17	13	19	14	9	17	32
1979	18	12	21	14	8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

補足資料1 資源評価の流れ

(1) 雄



(2) 雌

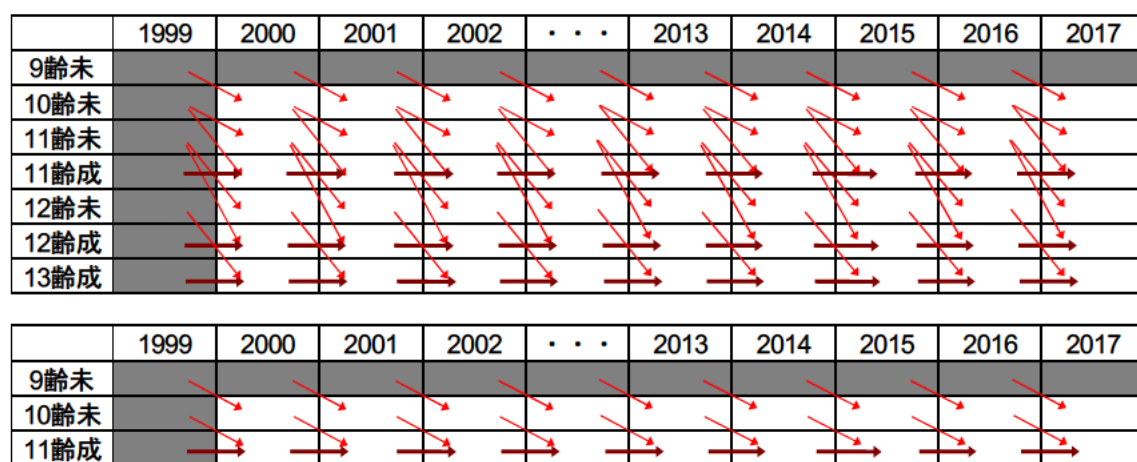


補足資料 2 資源計算方法

2-1 トロール調査による年別齢期別現存尾数を用いたコホート解析

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

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



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

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 2000～2016 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 2001～2017 ($t+1$) 年の 10 齢の現存尾数を、以下の式を用いて前進計算した。

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

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

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

ある。

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

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

2001～2017 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。

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

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

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 齢の現存尾数 ($R_{i,a,j,t}$)、2000～2017 年 (t) の 9 齢の現存尾数 ($R_{i,a,1,t}$)、最終脱皮率 ($\gamma_{i,a}$) および遷移率 ($S_{i,a,j}$) を推定パラメータとし、MS-excel のソルバーを用いて尤度関数 (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 齢と 10 齢は雄雌ともに未熟個体であり、未熟個体では雌雄の分布の違いはみられていない。したがって、パラメータ推定の際、9 齢と 10 齢の現存尾数は雌雄で同値とした。

雄の 13 齢については、トロール調査の観測誤差の影響は小さいと考えられること、また遷移率に年変化があると考えられることから、本解析から除き、観測値を ABC 算定に用いた。なお、雄 13 齢を解析から除いた場合でも、2018 年の現存尾数および将来予測のため雄 12 齢未熟の遷移率 ($S_{12,1}$) が必要である。そこで、遷移率の年変化が小さいと考えられる直近 5 年 (2013～2017 年) のみ (5) 式による 13 齢の尤度計算を行い、 $S_{12,1}$ を推定した。

現存尾数の推定値 ($\hat{N}_{i,a,j,t}$) の 90%信頼区間 ($\hat{N}_{i,a,j,t}^{\text{lower}}$ 、 $\hat{N}_{i,a,j,t}^{\text{upper}}$) 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 ($b=1, \dots, B$)。得られた $N_{i,a,j,t}^b$ を用いて、再び (3) ～ (6) 式によりパラメータ推定を行い $\hat{N}_{i,a,j,t}^b$ を得た。これを 1,000 回繰り返し ($B=1000$)、得られた $\hat{N}_{i,a,j,t}^b$ のうち下から 50 番目を $\hat{N}_{i,a,j,t}^{\text{lower}}$ 、上から 50 番目を $\hat{N}_{i,a,j,t}^{\text{upper}}$ とした。

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

2-2 漁期開始時点の資源尾数および ABC の計算、および資源の将来予測の方法

計算にあたり、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。

① 雄

雄の脱皮状態 (j) と未熟・成熟、ミズガニ・カタガニの関係を以下のようなものである。

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

2017 (t) 年調査時点の 10～13 齢の現存尾数 ($N_{a,j,t}$) から、2018 ($t+1$) 年調査時点の 11～13 齢の現存尾数 ($N_{a+1,j,t+1}$) を (3)、(4) 式より求めた。この際、2017 年の 12～13 齢成熟 (カタガニ) の漁獲尾数は、それぞれ 2014～2016 年の平均とした。

2018 ($t+1$) 年調査時点の 11～13 齢の現存尾数から、2018 ($t+1$) 年漁期開始時点の 12～13 齢の資源尾数 (N') および資源量 (B) を次式より求めた。

$$\text{ミズガニ: } N'_{a+1,1-2,t+1} = N_{a,1,t+1} \exp\left(-\frac{8}{12}M_1\right) \quad (10)$$

$$\text{カタガニ: } N'_{a+1,3,t+1} = N_{a+1,2-3,t+1} \exp\left(-\frac{6}{12}M_{2-3}\right) \quad (11)$$

$$B_{a,j,t} = N'_{a,j,t} w_{a,j} \quad (12)$$

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

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

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

求めた漁期開始時点の資源尾数および資源量を補足表 2-3 に示す。

漁期開始時点の資源尾数 (N') をミズガニ・カタガニ別 (j) にまとめ、これと漁獲尾数 (C) より、漁獲率 (E) と F を次式よりそれぞれ求めた (補足表 2-4)。

$$E_{12-13,j,t} = \frac{C_{12-13,j,t}}{N_{12-13,j,t}} = \frac{Y_{12-13,j,t}}{B_{12-13,j,t}} \quad (13)$$

$$F_{12-13,j,t} = -\ln(1 - E_{12-13,j,t}) \quad (14)$$

(13) 式において Y は漁獲量を示す。雄では 12、13 齢ともに同じ F で漁獲されると仮定している。したがって、カタガニとミズガニそれぞれについて、漁獲率 (尾数ベース) と漁獲割合 (重量ベース) は等しくなる。

漁期開始時点の資源尾数 (N') と漁獲シナリオ別の F を用い、次式よりミズガニ・カタガニ別に ABC を求めた。

$$ABC = \sum_a N'_{a,j} [1 - \exp(-F)] w_{a,j} \quad (15)$$

各漁獲シナリオにおける雌の 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 (1.08、2012～2016 年の平均)、この係数を 2018 年の漁獲量に乗じたものを ABC とした。

シナリオ別に資源量や漁獲量の将来予測を行う際、 $F_{a,j,t}$ の変化に応じ 12 齢と 13 齢の遷移率 $S_{a,j,t}$ も変化させる必要がある。 $F_{a,j,t}$ の変化に対応した遷移率 $S^p_{a,j,t}$ を以下のように求めた。

$$\begin{aligned} S^p_{12,1,t} &= S'_{12,1,t} \exp(-F_{12,1,t}) \\ S_{12,1,t} &= S'_{12,1,t} \exp(-F_{12,1,14-16}) \quad \text{より、} \quad S'_{12,1,t} = S_{12,1,t} \exp(F_{12,1,14-16}) \\ S_{12,1} &= 0.279、F_{12,1,14-16} = 0.035 \quad \text{より、} \\ S^p_{12,1,t} &= S_{12,1,t} \exp(F_{12,1,14-16}) \exp(-F_{12,1,t}) = 0.279 \cdot \exp(0.035) \exp(-F_{12,1,t}) \\ &= 0.289 \exp(-F_{12,1,t}) \end{aligned} \quad (16)$$

また、(4) 式における $(N-C)$ を $N \exp(-F)$ として扱い、

$$S^p_{12,2-3,t} = S^p_{13,2-3,t} = S_{12-13,2-3,t} \exp(-F_{12-13,2-3,t}) = 0.064 \exp(-F_{12-13,2-3,t}) \quad (17)$$

② 雌

雌の脱皮状態 (j) と最終脱皮、アカコ・クロコとの関係は次のようになる。

脱皮状態 1 : 最終脱皮前、アカコ

脱皮状態 2-3 : 最終脱皮後、クロコ

2017 (t) 年調査時点の 10 齢の現存尾数 ($N_{a,j,t}$) から、2018 (t+1) 年調査時点の 11 齢の現存尾数 ($N_{a+1,j,t+1}$) を (3)、(4) 式より求めた。この際、2017 年の 11 齢の漁獲尾数は、2014～2016 年の平均とした。

2018 年調査時点の 11 齢の現存尾数から、2018 年漁期開始時点の 11 齢の資源尾数 (N') を (18) 式より、資源量 (B) を (12) 式より、それぞれ求めた。

$$N'_{11,3,t+1} = N_{11,2-3,t+1} \exp\left(-\frac{5}{12}M_{2-3}\right) \quad (18)$$

以上により得られた、漁期開始時点の資源量と漁獲量から、(13)、(14) 式を用いて漁獲割合と F をそれぞれ求めた (補足表 2-5)。

ミズガニ、カタガニ、雌および雄雌合計の資源量、漁獲量、漁獲割合および F 値を補足表 2-6 に示す。

漁期開始時点の資源尾数 (N') と漁獲シナリオ別の F を用い、(15) 式を用いて ABC を求めた。

③ 加入の設定

今後の加入量の見積りおよび資源の将来予測を行う際、加入を次のように設定した。雌の加入尾数は 10 齢、雄の加入尾数は 11 齢未熟 (最終脱皮前) の現存尾数とした。雄の 2019 年と 2020 年の 11 齢未熟、雌の 2018 年と 2019 年の 10 齢の現存尾数 (N) について、それぞれ 2017 年の 9 齢と 8 齢の現存尾数より以下の式で計算した。

$$\text{雄: } N_{11,1,t+2} = N_{9,1,t} S_{9,1,t} \quad \text{および} \quad N_{11,1,t+3} = N_{8,1,t} S_{8,1,t} \quad (19)$$

$$\text{雌: } N_{10,1,t+1} = N_{9,1,t} S_{9,1,t} \quad \text{および} \quad N_{10,1,t+2} = N_{8,1,t} S_{8,1,t} \quad (20)$$

上式で S は遷移率である。補足表 2-7 に、2003 年以降の S を示す。

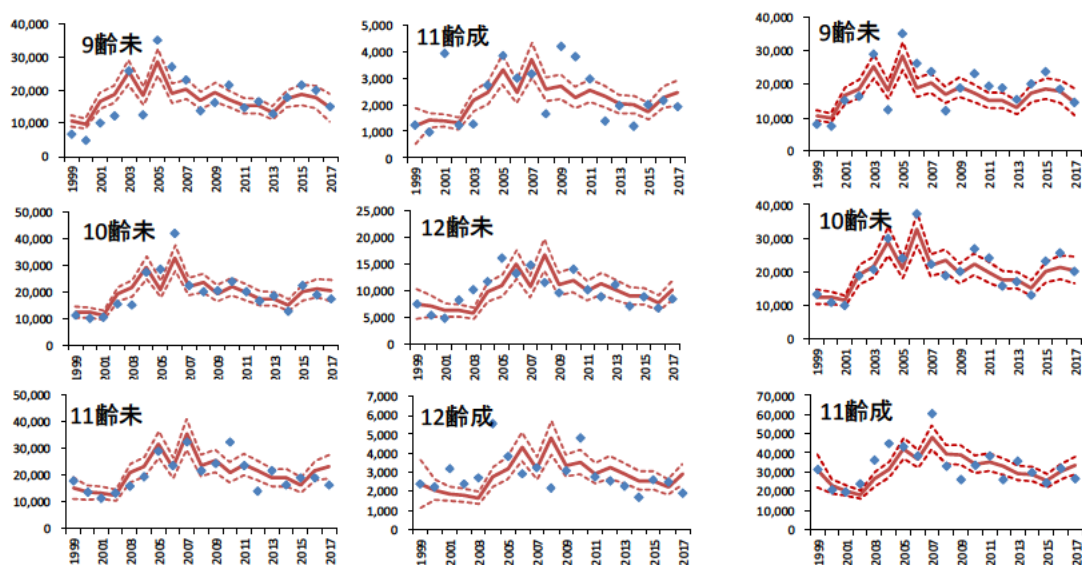
今後の加入量の見積りおよび資源の将来予測では、S を 2003 年以降の値の平均値とした。雄の 2021～2022 年の 11 齢未熟、雌の 2020～2021 年の 10 齢についてはそれぞれ 2016～2020 年、2015～2019 年の平均現存尾数を用いた。

加入量の不確実性を考慮した将来予測では、資源の将来予測に用いた、雄の 2019～2022 年の最終脱皮前の 11 齢、雌の 2018～2021 年の 10 齢の現存尾数にそれぞれ平均 1、標準偏差 v の正規乱数を乗じた値を加入尾数とした。この際、標準偏差 v は、雄では 8 齢～11 齢の S の変動係数 (CV)、雌では 8 齢～10 齢の S の CV と同値とした (補足表 2-7)。

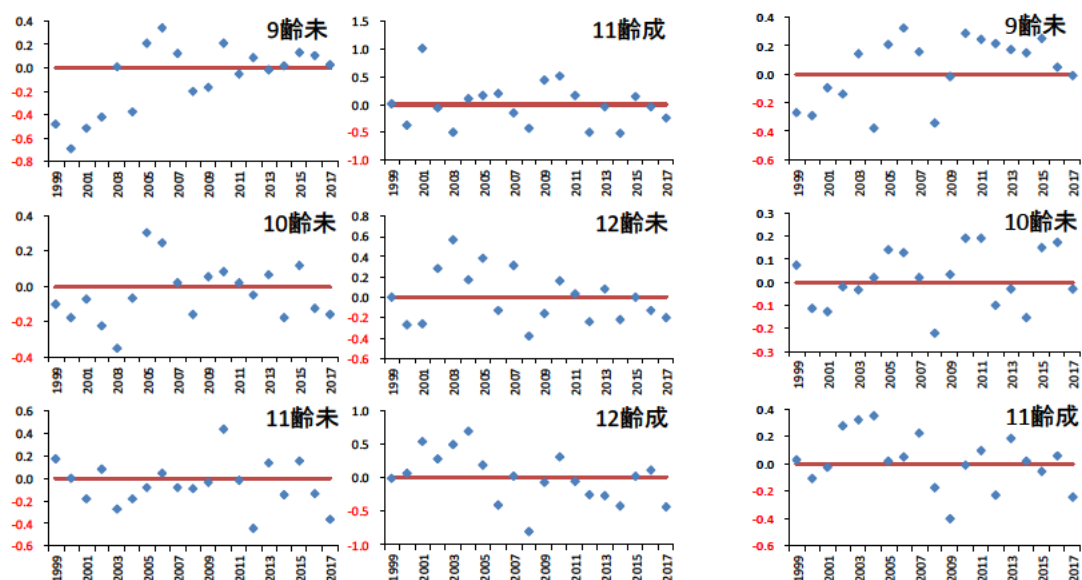
以上の加入条件で、漁獲シナリオごとに、F 値の変化に対応した 2022 年までの資源量、漁獲量および雌 (11 齢クロコ) の漁期後資源量を 1,000 回試行した。

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.



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（青点）および推定値（赤実線）
左図は雄、右図は雌を、赤点線は推定値の 90%信頼区間を、縦軸は現存尾数（千尾）を、「未」は未熟（最終脱皮前）を、「成」は成熟（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 左図は雄、右図は雌を、赤線は 0 を、縦軸は残差を、「未」は未熟（最終脱皮前）を、「成」は成熟（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							
6歳	未	1,978	2,715	1,403	799	498	645							
7歳	未	5,137	8,527	7,708	3,247	2,611	1,686							
8歳	未	10,541	13,174	13,575	10,748	8,220	3,919							
9歳	未	16,581	12,955	17,590	21,296	19,786	15,117							
10歳	未	16,774	18,649	12,681	22,456	18,889	17,550							
	成	200	361	122	238	399	636							
11歳	未	13,792	21,696	16,396	19,115	18,837	16,186							
	成	1,390	1,969	1,203	2,018	2,168	1,942							
12歳	未	8,937	11,134	7,253	8,986	6,843	8,426							
	成	2,522	2,269	1,678	2,610	2,490	1,891							
13歳	成	3,383	3,934	3,054	2,625	1,934	2,723							

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							
6歳	未	1,481	2,145	1,240	361	672	530							
7歳	未	5,153	7,296	6,338	3,606	2,261	1,847							
8歳	未	10,794	13,713	13,303	10,026	6,913	4,207							
9歳	未	18,776	15,631	20,100	23,914	18,671	14,518							
10歳	未	15,855	16,978	12,984	23,214	25,501	19,977							
11歳	成	26,210	35,501	29,539	24,200	32,198	26,368							

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	2,075	2,405
漁獲尾数 雄13齢カタガニ	626	721	813	878	918	1,345	1,029	1,088	1,223	1,224	1,084	670	584
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							
雄12齢カタガニ	2,364	2,837	2,219	2,150	2,147	2,172							
漁獲尾数 雄13齢カタガニ	614	437	596	506	390	497							
雌11齢	9,192	7,215	7,832	7,360	7,681	7,625							

	齢期	成熟
遷移率	雄雌9齢	未 1.153
	雄雌10齢	未 1.189
	雄11齢	未 0.611
	雄12齢	未 0.279
	雄11-13齢	成 0.064
	雌11齢	成 0.363

	齢期	
最終脱皮率	11齢	0.091
	12齢	0.220

2017年の漁獲尾数は2018年の資源尾数の計算に用いられ（補足表2-3、2-5）、それぞれ2014～2016年の平均である。

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を参照のこと。

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

調査時点の現存尾数（千尾）

年齢	成熟	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
9歳	未	10,643	9,858	16,643	18,662	25,307	18,245	28,369	18,988	20,331	16,890	19,204	17,254	15,237
10歳	未	12,481	12,267	11,362	19,183	21,509	29,168	21,029	32,697	21,885	23,433	19,467	22,135	19,887
11歳	未	14,970	13,489	13,258	12,280	20,731	23,246	31,523	22,727	35,337	23,652	25,325	21,038	23,922
	成	1,211	1,424	1,414	1,316	2,153	2,458	3,303	2,480	3,685	2,596	2,693	2,272	2,533
12歳	未	7,559	7,135	6,429	6,319	5,852	9,881	11,079	15,024	10,832	16,842	11,273	12,070	10,027
	成	2,390	2,088	1,857	1,800	1,656	2,779	3,217	4,349	3,197	4,831	3,356	3,526	2,926
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
	未	ミズガニ	9,244	8,329	8,186	7,582	12,801	14,353	19,465	14,033	21,820	14,604	15,637	12,991	14,771
12歳	成	ミズガニ	2,611	2,353	2,312	2,142	3,616	4,054	5,498	3,964	6,163	4,125	4,417	3,670	4,172
	成	カタガニ	2,162	1,890	1,681	1,628	1,498	2,515	2,911	3,935	2,893	4,371	3,037	3,190	2,647
13歳	成	ミズガニ	5,986	5,650	5,091	5,004	4,635	7,824	8,773	11,897	8,577	13,337	8,927	9,558	7,940
	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
	未	ミズガニ	3,448	3,107	3,053	2,828	4,775	5,354	7,260	5,234	8,139	5,447	5,833	4,845	5,510
12歳	成	ミズガニ	974	878	863	799	1,349	1,512	2,051	1,479	2,299	1,539	1,648	1,369	1,556
	成	カタガニ	871	762	677	656	604	1,014	1,173	1,586	1,166	1,762	1,224	1,286	1,067
13歳	成	ミズガニ	4,358	4,113	3,706	3,643	3,374	5,696	6,387	8,661	6,244	9,709	6,499	6,958	5,780
	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
9歳	未	15,166	13,118	17,307	18,583	17,796	14,687			
10歳	未	17,562	17,480	15,120	19,948	21,418	20,512	16,928		
11歳	未	21,492	18,980	18,892	16,341	21,559	23,147	22,168	18,295	8,220
	成	2,307	2,042	2,016	1,760	2,264	2,455	2,369		
12歳	未	11,401	10,243	9,046	9,004	7,788	10,275	11,032		
	成	3,254	2,951	2,563	2,565	2,227	2,908	3,163		
13歳	成	3,383	3,934	3,054	2,625	1,934	2,723	3,010		

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
	未	ミズガニ	13,271	11,720	11,665	10,090	13,312	14,293	13,688
12歳	成	ミズガニ	3,749	3,310	3,295	2,850	3,760	4,037	3,866
	成	カタガニ	2,944	2,670	2,319	2,321	2,015	2,631	2,862
13歳	成	ミズガニ	9,028	8,112	7,163	7,130	6,167	8,137	8,736
	成	カタガニ	3,061	3,560	2,763	2,375	1,750	2,463	2,723

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
	未	ミズガニ	4,950	4,371	4,351	3,764	4,965	5,331	5,106
12歳	成	ミズガニ	1,398	1,235	1,229	1,063	1,403	1,506	1,442
	成	カタガニ	1,187	1,076	934	935	812	1,060	1,154
13歳	成	ミズガニ	6,573	5,905	5,215	5,191	4,490	5,923	6,360
	成	カタガニ	2,446	2,844	2,208	1,897	1,398	1,968	2,176

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

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

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源量 (トン)	ミズガニ	8,780	8,097	7,622	7,270	9,497	12,562	15,698	15,374	16,682	16,695	13,979	13,172	12,846
	カタガニ	1,679	1,813	2,008	2,539	3,940	4,711	4,591	5,280	5,684	5,071	3,546	4,049	3,118
	合計	10,458	9,910	9,630	9,809	13,438	17,273	20,289	20,654	22,366	21,766	17,525	17,221	15,965
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲量 (トン)	ミズガニ	1,029	891	955	1,002	919	865	1,113	1,018	939	604	727	618	619
	カタガニ	913	1,114	1,220	1,282	1,469	1,776	1,512	1,829	1,887	1,935	1,572	1,516	1,532
	合計	1,942	2,004	2,176	2,284	2,387	2,641	2,625	2,848	2,826	2,539	2,299	2,134	2,151
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲割合	ミズガニ	0.117	0.110	0.125	0.138	0.097	0.069	0.071	0.066	0.056	0.036	0.052	0.047	0.048
	カタガニ	0.544	0.614	0.608	0.505	0.373	0.377	0.329	0.346	0.332	0.382	0.443	0.374	0.491
	全体	0.186	0.202	0.226	0.233	0.178	0.153	0.129	0.138	0.126	0.117	0.131	0.124	0.135
		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	0.134	0.148	0.102	0.071	0.074	0.069	0.058	0.037	0.053	0.048	0.049
	カタガニ	0.785	0.953	0.936	0.703	0.466	0.473	0.399	0.425	0.403	0.481	0.586	0.469	0.676
	全体	0.205	0.226	0.256	0.265	0.196	0.166	0.139	0.148	0.135	0.124	0.141	0.132	0.145

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
資源量 (トン)	ミズガニ	12,921	11,511	10,795	10,017	10,858	12,761	12,908
	カタガニ	3,633	3,920	3,142	2,833	2,210	3,029	3,329
	合計	16,554	15,432	13,937	12,850	13,068	15,789	16,237

		2012	2013	2014	2015	2016	2017
漁獲量 (トン)	ミズガニ	558	358	361	356	359	359
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335	1,244	1,350
	合計	2,116	1,942	1,833	1,691	1,603	1,709

		2012	2013	2014	2015	2016
漁獲割合	ミズガニ	0.043	0.031	0.033	0.036	0.033
	カタガニ	0.429	0.404	0.469	0.471	0.563
	全体	0.128	0.126	0.132	0.132	0.123

		2012	2013	2014	2015	2016	F 13-15	F 14-16
漁獲係数 (F)	ミズガニ	0.044	0.032	0.034	0.036	0.034	0.034	0.035
	カタガニ	0.560	0.518	0.632	0.637	0.827	0.596	0.699
	全体	0.137	0.135	0.141	0.141	0.131		

イタリックは予測値。F 13-15とF 14-16は、2013～2015年と2014～2016年のFの平均をそれぞれ示す。

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）、漁獲割合および漁獲係数(F)

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	10,643	9,858	16,643	18,662	25,307	18,245	28,369	18,988	20,331	16,890	19,204	17,254	15,237
10歳	未	12,481	12,267	11,362	19,183	21,509	29,168	21,029	32,697	21,885	23,433	19,467	22,135	19,887
11歳	成	30,626	22,695	20,231	18,168	26,318	31,582	42,320	36,628	48,177	39,236	38,995	33,896	34,969

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）

	齡期	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源尾数	11齡	28,177	20,880	18,613	16,716	24,214	29,057	38,936	33,699	44,325	36,098	35,877	31,186	32,173
資源量	11齡	4,987	3,696	3,295	2,959	4,286	5,143	6,892	5,965	7,846	6,389	6,350	5,520	5,695

	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	0.319	0.342	0.397	0.508	0.403	0.362	0.264	0.326	0.266	0.237	0.261	0.322	0.292
漁獲係数(F)	0.384	0.419	0.506	0.708	0.516	0.449	0.307	0.395	0.309	0.271	0.303	0.389	0.345

親魚量（トン）

年齢	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
11歳	3,396	2,432	1,986	1,457	2,559	3,281	5,069	4,020	5,761	4,874	4,690	3,740	4,032

調査時点の現存尾数（千尾）

年齢	成熟	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
9歳	未	15,166	13,118	17,307	18,583	17,796	14,687		
10歳	未	17,562	17,480	15,120	19,948	21,418	20,512	16,928	7,638
11歳	成	32,927	29,496	28,871	25,614	30,341	33,689	33,848	

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
資源尾数	11歳	30,295	27,138	26,563	23,566	27,915	30,995	31,142
資源量	11歳	5,362	4,803	4,702	4,171	4,941	5,486	5,512

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	F 13-15	F 14-16
漁獲量（トン）	1,627	1,277	1,386	1,303	1,360	1,350		
漁獲割合	0.303	0.266	0.295	0.312	0.275			
漁獲係数(F)	0.362	0.309	0.349	0.374	0.322		0.344	0.349

親魚量（トン）

年齢	2012	2013	2014	2015	2016	2017
11歳	3,735	3,526	3,315	2,868	3,581	4,137

イタリックは予測値。F 13-15とF 14-16は、2013～2015年と2014～2016年のFの平均をそれぞれ示す。

親魚量は、漁期後の資源量を示す。

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

各年の9歳および1999年の10歳の現存尾数は雄雌同値である。

加入尾数は、10歳の現存尾数である。

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

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
資源量 (トン)	ミズガニ	8,780	8,097	7,622	7,270	9,497	12,562	15,698	15,374	16,682	16,695	13,979	13,172	12,846
	カタガニ	1,679	1,813	2,008	2,539	3,940	4,711	4,591	5,280	5,684	5,071	3,546	4,049	3,118
	雌	4,987	3,696	3,295	2,959	4,286	5,143	6,892	5,965	7,846	6,389	6,350	5,520	5,695
	合計	15,446	13,606	12,925	12,768	17,724	22,416	27,181	26,619	30,212	28,156	23,875	22,741	21,659
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲量 (トン)	ミズガニ	1,029	891	955	1,002	919	865	1,113	1,018	939	604	727	618	619
	カタガニ	913	1,114	1,220	1,282	1,469	1,776	1,512	1,829	1,887	1,935	1,572	1,516	1,532
	雌	1,591	1,264	1,309	1,502	1,726	1,862	1,823	1,945	2,085	1,515	1,660	1,780	1,663
	合計	3,533	3,268	3,484	3,786	4,114	4,503	4,447	4,793	4,911	4,055	3,959	3,914	3,814
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲割合	ミズガニ	0.117	0.110	0.125	0.138	0.097	0.069	0.071	0.066	0.056	0.036	0.052	0.047	0.048
	カタガニ	0.544	0.614	0.608	0.505	0.373	0.377	0.329	0.346	0.332	0.382	0.443	0.374	0.491
	雌	0.319	0.342	0.397	0.508	0.403	0.362	0.264	0.326	0.266	0.237	0.261	0.322	0.292
	全体	0.229	0.240	0.270	0.297	0.232	0.201	0.164	0.180	0.163	0.144	0.166	0.172	0.176
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
F	ミズガニ	0.125	0.117	0.134	0.148	0.102	0.071	0.074	0.069	0.058	0.037	0.053	0.048	0.049
	カタガニ	0.785	0.953	0.936	0.703	0.466	0.473	0.399	0.425	0.403	0.481	0.586	0.469	0.676
	雌	0.384	0.419	0.506	0.708	0.516	0.449	0.307	0.395	0.309	0.271	0.303	0.389	0.345
	全体	0.260	0.275	0.314	0.352	0.264	0.224	0.179	0.199	0.177	0.156	0.181	0.189	0.194
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018						
資源量 (トン)	ミズガニ	12,921	11,511	10,795	10,017	10,858	12,761	12,908						
	カタガニ	3,633	3,920	3,142	2,833	2,210	3,029	3,329						
	雌	5,362	4,803	4,702	4,171	4,941	5,486	5,512						
	合計	21,916	20,235	18,639	17,021	18,009	21,275	21,749						
		2012	2013	2014	2015	2016								
漁獲量 (トン)	ミズガニ	558	358	361	356	359								
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335	1,244								
	雌	1,627	1,277	1,386	1,303	1,360								
	合計	3,743	3,219	3,219	2,993	2,963								
		2012	2013	2014	2015	2016								
漁獲割合	ミズガニ	0.043	0.031	0.033	0.036	0.033								
	カタガニ	0.429	0.404	0.469	0.471	0.563								
	雌	0.303	0.266	0.295	0.312	0.275								
	全体	0.171	0.159	0.173	0.176	0.165								
		2012	2013	2014	2015	2016	F 14-16							
F	ミズガニ	0.044	0.032	0.034	0.036	0.034	0.035							
	カタガニ	0.560	0.518	0.632	0.637	0.827	0.699							
	雌	0.362	0.309	0.349	0.374	0.322	0.349							
	全体	0.187	0.173	0.190	0.193	0.180	0.188							

イタリックは予測値。F 14-16 は、2014～2016年のFの平均をそれぞれ示す。

補足表2-7. 同一年級群の遷移率(網の選択率と生残率を込みにした係数)

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
雄	8齢－11齢	2.08	3.04	1.69	2.11	1.91	3.83	1.32	1.89	1.56	1.53	1.60
	9齢－11齢	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
雌	8齢－10齢	1.92	2.82	1.56	1.95	1.77	3.54	1.22	1.75	1.44	1.42	1.48
	9齢－10齢	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
		2014	2015	2016		平均	SD	CV				
雄	8齢－11齢	1.72				2.02	0.72	0.35				
	9齢－11齢	1.25	1.25									
雌	8齢－10齢	1.59	1.97			1.88	0.64	0.34				
	9齢－10齢	1.15	1.15	1.15								

例えば2003年の2.08は、2003年の雄8齢と2006年の雄11齢の現存尾数の比を示す。

各年の8齢の現存尾数は雄雌の平均、9齢以上はコホート解析による推定値をそれぞれ用いた。したがって、9齢-11齢および9齢-10齢の遷移率はコホート解析のパラメータであり、すべての年で一定である。

補足資料3 直接推定法による現存量推定

2017年5月9日～6月27日に、日本海西部海域の水深190～550mにおいて但州丸（兵庫県所属）による着底トロール調査を行った。本海域を沖底小海区と同様の8海区（浜田沖はさらに東西に分けた）と、3水深帯に区分し、計23層に135調査点を配置した（補足図3-1）。曳網時の袖先間隔が約17mのトロール網を用い、曳網時間を原則30分とした。

漁獲物のうち、ズワイガニでは全数（雄：6,980、雌：7,259個体）の測定を行った。雄では、甲幅に加え鉗脚掌部幅を測定し、成熟状態（最終脱皮前後）の判別を行った。雌では、甲幅に加え腹節の状態、内卵の有無等を記録し、未熟、10歳（初産前）、11歳（経産）を判別した。

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

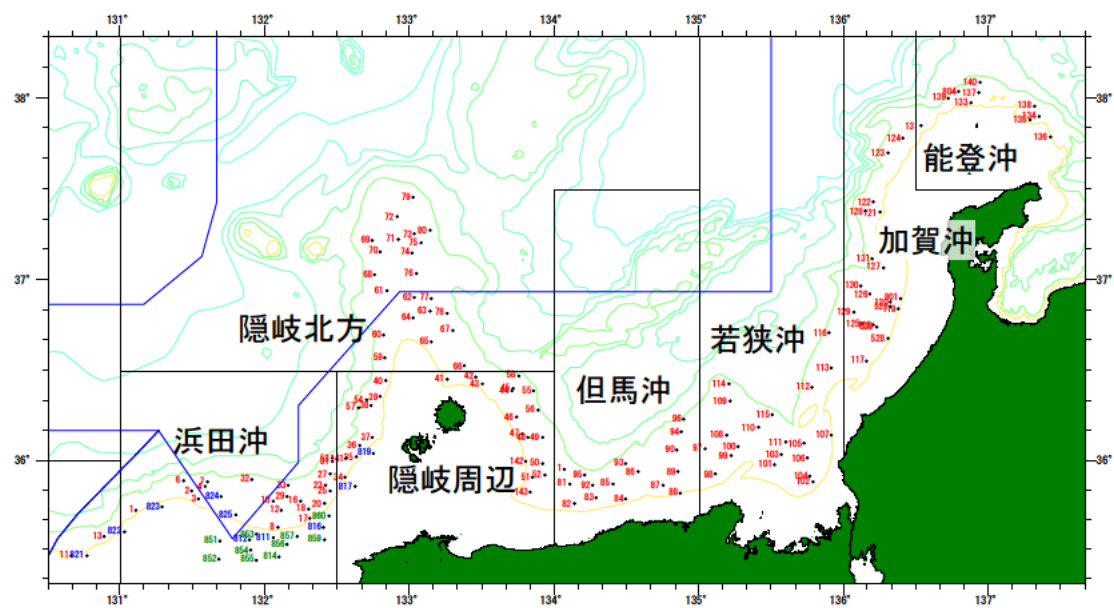
海域別雌雄別の甲幅組成を補足図3-2に示す。鉗脚大や11歳雌のような、成熟個体（最終脱皮後）は、例年浜田沖など、西側の海域に多い。

トロール調査から推定された2017年の雄の現存量（甲幅90mm以上）は、2016年より増加し、1999年以降19年間で17番目、2014年とほぼ同様であった（補足図3-3）。雌（11歳）は2016年より減少し、1999年以降19年間で13番目、2012年と同程度であった。

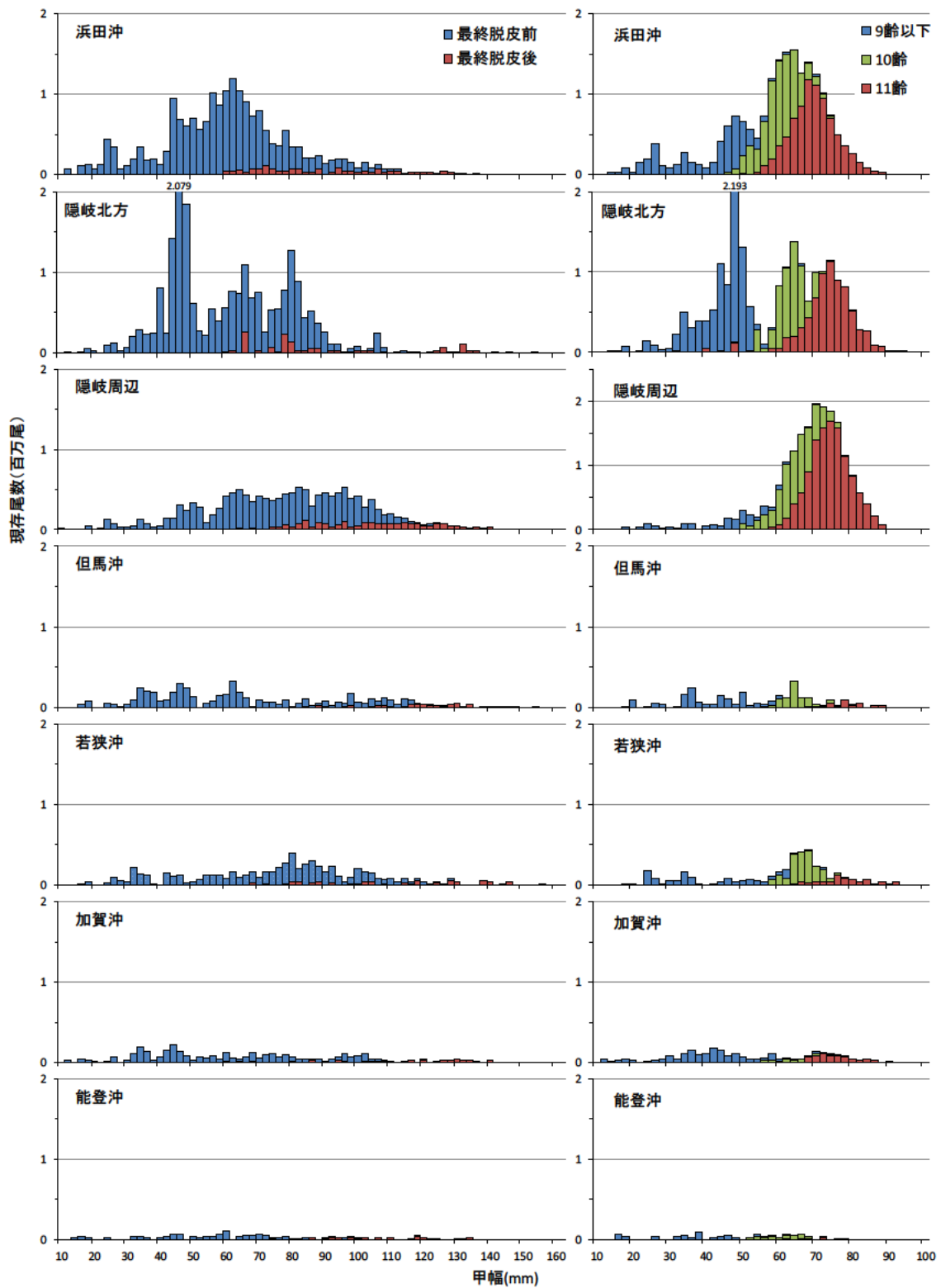
雄は隠岐以西（浜田沖、隠岐北方、隠岐周辺）の現存量が大きく変化していたのに対し、但馬以東（但馬沖、若狭沖、加賀沖、能登沖）の変化は小さかった。2004年までの増加と2008年以降の減少も、隠岐以西の変化によるところがほとんどである。現存量に占める隠岐以西の割合は、2005年が76%とピークであったが、2017年は62%であった。雌ではこの割合は雄よりもかなり高く、2017年は2004年と2007年と並ぶ94%であった。

2011年より、浜田沖と隠岐周辺西側の水深160～190mの海域において（補足図3-1）、日水研（但州丸）と島根県水産技術センター（島根丸）によるトロール調査を行っている。齢期別現存尾数では、漁獲対象の齢期は非常に少なく、漁獲対象前の齢期が多い（補足図3-4）。ABC算定には雌雄とも10歳以上の現存尾数を用いる。水深190m以浅の現存量をA海域に含めた場合、2018年のABCは約5%増加する。しかし、2017年以前も同様の分布状況だった場合、F_{current}などの漁獲シナリオでは過去のF値が数%下がるので、ABCへの影響は極めて小さい。水深190m以浅の海域の資源分布は、浜田沖冷水の分布の影響を受けているが、この海域の資源のほとんどは成熟とともにより深い水深へ移動すると考えられる。今後もこの海域の調査を継続し、ズワイガニの分布の年変化等を把握していく必要がある。

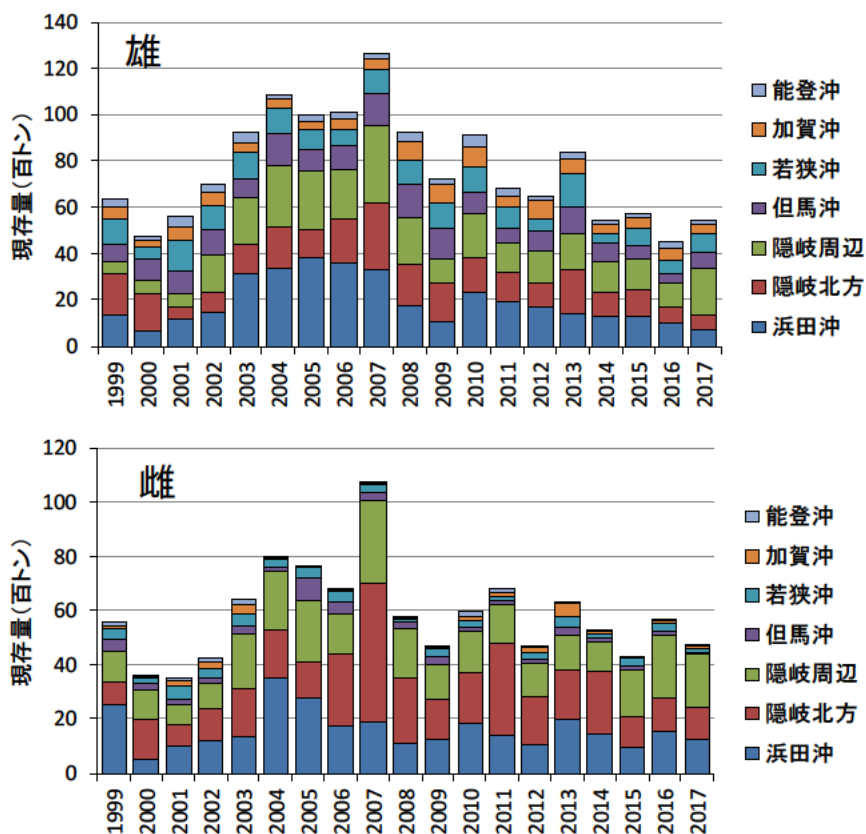
日本海西部海域には、コンクリートブロックを設置して底びき網の操業を不可能にした保護区が設置されている。現状ではすべての保護区内の現存量を推定することは困難である。一方で、保護区内の雌ガニの増加により想定される、再生産関係を経た加入の増加はトロール調査で把握されており、また保護区から染み出してくる資源の一部もトロール調査で把握されている。保護区による、これらの効果については、本評価におけるABCの算定に反映されている。



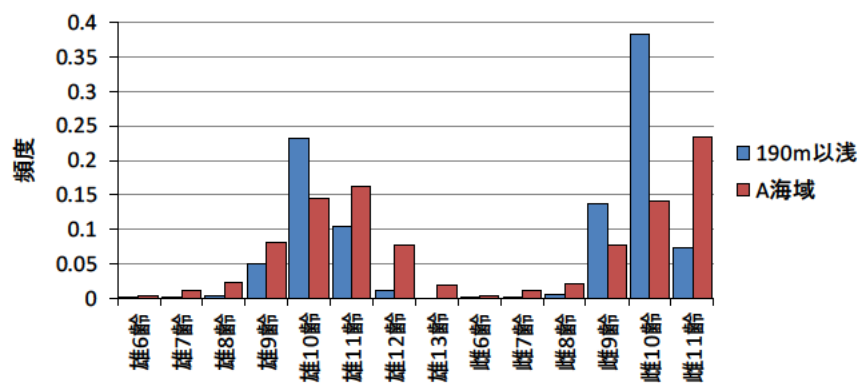
補足図 3-1. トロール調査海域 数字は調査点を、沿岸寄りの黄線は 200m 等深線を示す。



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



補足図 3-3. トロール調査から推定された海域別現存量
雄は甲幅 90mm 以上の、雌は 11 齢の現存量をそれぞれ示す。



補足図 3-4. 水深 190m 以浅の現存尾数の齢期組成

補足資料 4 新型トロール網の旧型に対する採集効率の違いについて
(協力：東北区水産研究所)

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。

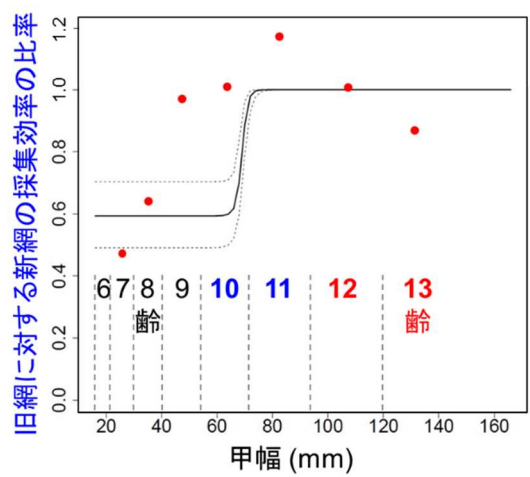
並行調査は、2014 年と 2015 年の 9 月下旬に、隠岐諸島東西の海域の 16 調査点で行われた。2014 年は旧網で調査を実施した後、入港して新網に交換し、引き続き調査を実施した。2015 年は新網の調査を先に行った。両網の曳網ラインは、互いに隣接する同一水深とした。

新網と旧網ともに、雄では甲幅 10mm 台から 150mm 台の、雌では 10mm 台から 90mm 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 70mm 以上（11～13 齢）では 1、すなわち両網の違いはなかったが、70mm 以下（6～10 齢）では 0.6 であった（補足図 4-1 の黒実線および式）。これに対し、実際のトロール調査による年別齢期別資源尾数を用いて年別遷移率（ y 年 i 齢期の資源尾数に対する $(y+1)$ 年 $(i+1)$ 齢期の資源尾数の比）を計算し、旧網で調査が行われた 2004～2014 年までの遷移率に対する新網に変更した 2015 年の遷移率の違いを求めた（補足図 4-1 の赤丸）。7 齢および 8 齢の遷移率は 2014 年までに対し 2015 年はそれぞれ 0.46、0.65 に低下しており、モデルによる推定値と近い値であった。一方で 9 齢および 10 齢ではそれぞれ 0.96、1.04 であり、モデルによる推定値と異なっていた。11～13 齢については実際のトロール調査の値にばらつきがあるが、1 前後と推察される。

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

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



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

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

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

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

値はすべて雌雄共通である。

補足資料 5 日本海 A 海域におけるズワイガニ漁獲量

日本海 A 海域におけるズワイガニの漁獲量をまとめた（補足表 5-1）。

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

引用文献

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

補足表 5-1. 日本海 A 海域におけるズワイガニ漁獲量（トン）

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

補足資料 6 沖底漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

沖底漁獲成績報告書を基にした資源量指標値をまとめた（補足図 6-1、表 4）。

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

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

上式で C は漁獲量を、 X は努力量（網数）をそれぞれ示す。

集計単位（年または漁期など）における資源量指数 (P) は CPUE の合計として、次式で表される。

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

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

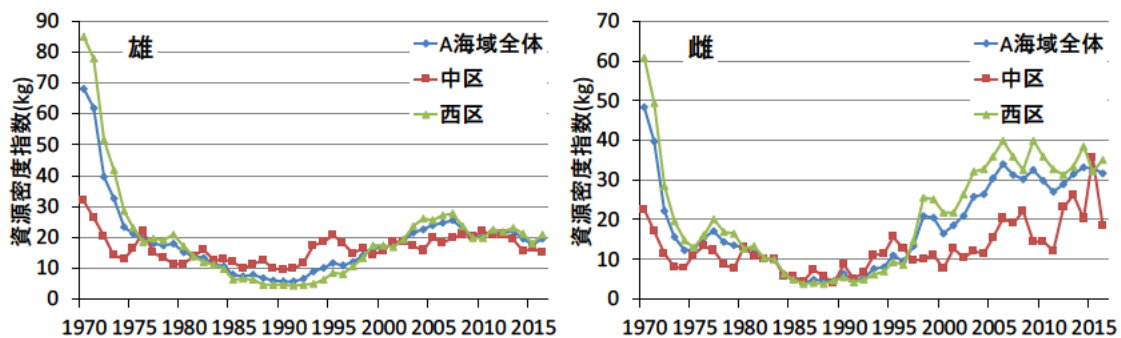
$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

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

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

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

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



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