

平成 28 (2016) 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、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および 1999～2016 年の日本海ズワイガニ等底魚資源調査（トロール調査）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。2015 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。トロール調査から推定された 1999 年以降の資源量は、2002 年から 2007 年まで増加傾向にあったが、2008 年に大きく減少し、その後は増加と減少を繰り返している。2016 年の資源量は 17,100 トンと前年並みであり、資源が減少した 2008 年以降の中でも低いレベルが続いている。過去 5 年間（2012～2016 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と予測され、現状の漁獲圧でも資源の維持が可能と考えられる。比較的良好な加入により増える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、2017 年漁期の ABC を算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	F 値 (ミズガニ, カタガ ニ, 雌) (Fcurrent との比較)	漁獲 割合 (雄, 雌) (%)	2017 年 漁期 ABC (雄, 雌) (百トン)	Blimit= 24 百トン
					親魚量 5 年後 (百トン)
親魚量の増大* (0.55Fcurrent)	Target	0.09 (0.015, 0.284, 0.145) (0.44Fcurrent)	9 (7, 14)	16 (8, 8)	60
	Limit	0.12 (0.019, 0.355, 0.182) (0.55Fcurrent)	11 (8, 17)	20 (10, 10)	54
現状の漁獲圧の 維持* (Fcurrent)	Target	0.16 (0.027, 0.516, 0.264) (0.80Fcurrent)	15 (11, 23)	28 (14, 14)	44
	Limit	0.20 (0.034, 0.645, 0.330) (1.00Fcurrent)	18 (14, 28)	33 (17, 17)	38
現状の親魚量の 維持* (Fsus1)	Target	0.17 (0.029, 0.541, 0.277) (0.84Fcurrent)	16 (12, 24)	29 (15, 14)	43
	Limit	0.21 (0.036, 0.677, 0.346) (1.05Fcurrent)	19 (14, 29)	35 (17, 17)	37
2014 年の親魚量の 維持* (Fsus2)	Target	0.18 (0.031, 0.587, 0.300) (0.91Fcurrent)	17 (13, 26)	31 (16, 15)	41
	Limit	0.23 (0.039, 0.734, 0.376) (1.14Fcurrent)	20 (15, 31)	37 (19, 19)	34
<p>コメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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」とされており、現状の漁獲圧を維持すれば、資源を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。 					

- ・ 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、2013～2015 年漁期の漁獲係数の平均を示す。
- ・ 現状の親魚量は 2016 年の漁期後に想定される 11 齢雌資源量 (3,700 トン) を、Blimit は 2002 年の漁期後 11 齢雌資源量 (2,400 トン) をそれぞれ示す。また、2014 年および 2016 年の親魚量はそれぞれ 3,400 トン、3,700 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。

- ・ 親魚量の増大 (0.55Fcurrent) : 2021 年の親魚量が 2004 年 (近年では 2007 年の次に高い値) と同値となる F 値で漁獲する。

- ・親魚量の維持：2021年の親魚量が現状（Fsus1）もしくは2014年（Fsus2）と同値となるF値で漁獲する。
- ・2014年親魚量の維持（Fsus2）は、2016年漁期TAC設定の根拠となった管理基準である。加入状況が比較的良好な2012年以降の本評価では、5年後にBlimitを1,000トン程度上回る漁獲シナリオがABCの上限となっている。したがって、本年度も「2014年親魚量の維持」をABCの上限とした。

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 (%)
2012	169	26	37	0.25	22
2013	223	45	32	0.16	14
2014	167	34	32	0.22	19
2015	176	26	30	0.19	17
2016	171	37	—	—	—

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。2016年の親魚量は、過去の親魚量と漁獲量の関係から得られた、2016年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	2,400トン	2002年の親魚量（中位と低位の境界）とした
2016年	親魚量	3,700トン	

2016年の親魚量は、過去の親魚量と漁獲量の関係から得られた、2016年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
資源量	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 65% を本系群が占めている (全国底曳網漁業連合会 2015)。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 ズエア期、第 2 ズエア期、メガロパ期) を経て稚ガニに変態し、着底する (今 1980、Yamamoto et al. 2014)。標識放流結果から、水平的に大きな移動を行う例は少ないことが知られている (尾形 1974)。

(2) 年齢・成長

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

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

(3) 成熟・産卵

雌は、10歳の夏から秋にかけて最終脱皮し、11歳となった直後に交尾と初産卵（外卵を持つ）を行う（図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、カレイ類、ヒトデ類およびマダラなどに捕食される（上田未発表データ）。

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歳と13歳）のカタガニとミズガニ、雌ではクロコ（すべて11歳）である。詳細については表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年は5,000トン近くとなったものの、再び減少し、2015年は3,123トンとなった（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2-4）。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、2015年には356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、2015年は1,335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、2015年は1,303トンであった。なお、2015年の雌雄込みの漁獲量は2,993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。2015年の有効漁獲努力量は雄で69,060回、雌で32,402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、トロール調査による面積密度法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歳以上のミズガニとカタガニ、雌では11歳のクロコの値とした（補足資料2、補足資料3）。

これ以降、年の記述は断りが無い限り漁期年（7月～翌年6月）を示す。

(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と最大となったが、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、2015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歳の漁獲尾数が大きく減少している。これに対し、12歳の漁獲尾数は2011年から多くなり、2013年はさらに増加したが、2015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年は13歳で特に少なかった。

(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 に示す。各年の甲幅組成ともに複数のモードが存在し、それぞれが齡期群に相当すると考えられている。なお、2015 年度のトロール調査から新型網を用いているが、従来型網との並行調査の結果、現時点では採集効率の違いが明確になっていないことから、両網の採集効率は同じと仮定して、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 齡以降は 1 年に 1 回、脱皮を行うことから、2016 年の調査時点で最終脱皮前の個体は、2016 年漁期までに最大 1 回、2017 年漁期までに最大 2 回の脱皮を行う。

2016 年の調査結果では、9 齡（概ね甲幅 48mm）、10 齡（概ね甲幅 61mm）および 11 齡（概ね甲幅 80mm）が比較的多く、これらは 2016 年漁期以降順次 12 齡となり、ミズガニとして漁獲対象になると考えられる。2016 年漁期にカタガニとして漁獲対象となる、雄の 13 齡（概ね甲幅 120mm 以上）の現存尾数は 2015 年より少なかった（補足表 2-1）。2016 年漁期に漁獲対象となる雌の 11 齡の現存尾数は、2015 年より多く、2017 年漁期に漁獲加入する 10 齡の現存尾数も、2015 年に比べやや多かった（補足表 2-3）。

(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現存量から求めた（補足資料 2）。漁期開始時点の資源量（図 10）は、2001 年に 11,900 トンであったが、2007 年には 33,700 トンまで増加した。2008 年に大きく減少した後は、増減を繰り返し、2016 年は 17,100 トンであった。なお、2017 年の資源量は 18,400 トンになると予測される（補足表 2-4）。

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 11、補足表 2-4）。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。2015 年の漁獲割合 (F 値) は、ミズガニでは 3% (0.03)、カタガニでは 47% (0.63)、雄全体では 12% (0.13)、雌では 33% (0.40)、雌雄全体では 17% (0.19) 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、カタガニと雌ではやや上昇している。海域別では、2008 年と 2009 年には浜田沖で雌の漁獲割合が上昇したが、2010 年以降は 2007 年以前の水準に低下しており、また 2014 年以降は但馬以東のカタガニの漁獲割合が上昇している（図 12）。

(6) Blimit の設定

トロール調査により資源量が推定されている 1999 年以降で、資源密度指数が中位と低位水準の境界と同値である年の親魚量 (2,400 トン) を Blimit とした。中位と低位水準の境界である資源密度指数は 39kg であり、2002 年の値 (40kg) と近い（図 7）、2002 年の親魚量 (2,400 トン) を Blimit とした（図 13）。なお、2016 年の親魚量は 3,700 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。2015 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（2012～2016 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 10）。

(8) 今後の加入量の見積もり

2016 年のトロール調査結果から推定された齢別現存尾数より、ABC 算定対象である 2017 年漁期以降の加入尾数を求めた。この際、2017 年漁期の加入尾数は、雄では 2016 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 2016 年の 10 齢の現存尾数とした。2018 年漁期の加入尾数は雄雌ともに 2016 年の 9 齢、2019 年漁期は同様に 2016 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）。

2016 年の雄 11 齢の現存尾数は 2015 年とほぼ同様の 19 百万尾であった。2017 年には 18 百万尾、2018 年には 25 百万尾に増加し、2019 年には 17 百万尾に減少すると予測される。

2016 年の雌 10 齢の現存尾数は 2015 年より増加し、25 百万尾であった。2017 年には 21 百万尾、2018 年には 14 百万尾に減少すると予測される（図 14、補足表 2-1、2-3）。

資源の将来予測の際は、2017、2018 および 2019 年漁期については上記で予測される加入尾数を用い、2020 および 2021 年漁期については 2015～2019 年漁期の平均加入尾数（雄：2015～2019 年の 11 齢の平均、雌：2014～2018 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 0.33 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 23%であった。

5. 2017 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。トロール調査から推定された 1999 年以降の資源量は、2002 年から 2007 年まで増加傾向にあったが、2008 年に大きく減少した。2016 年の資源量は、2008 年以降では低いレベルであるものの 2014 年以降安定しており、資源動向を横ばいと判断した。

2016、2017 年には雌、2018 年には雄の加入が多いと予測され、現状の漁獲圧でも資源の

維持および増大が可能である。比較的良好な加入により増える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2017年ABCを算定した。

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

$$Ftarget = Flimit \times \alpha$$

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、比較的良好な加入により増える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「親魚量の増大」、「現状の漁獲圧の維持」、「現状の親魚量の維持」および「2014年の親魚量の維持」を設定した。「2014年の親魚量の維持」は、2016年漁期TAC設定の根拠となった管理基準である。加入状況が比較的良好な2012年以降の本評価では、5年後にBlimitを1,000トン程度上回る漁獲シナリオがABCの上限となっている。したがって、本年度も「2014年親魚量の維持」をABCの上限とした。

上記の各漁獲シナリオにおいて、「親魚量の増大」は2021年の親魚量が2004年（近年では2007年の次に高い値）と同値となるF、「現状の漁獲圧の維持」は2013～2015年の平均のF、「現状の親魚量の維持」および「2014年の親魚量の維持」は2021年の親魚量がそれぞれ2016年および2014年と同値となる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、「親魚量の増大(0.55Fcurrent)」ではF=0.12(0.55Fcurrent)、「現状の親魚量の維持(Fsus1)」ではF=0.21(1.05Fcurrent)、「2014年の親魚量の維持(Fsus2)」ではF=0.23(1.14Fcurrent)となった。なお、2013～2015年の平均のF(Fcurrent)は0.20であった。

2017年の資源量は18,400トンと予測されることから、2017年のABC(Limit値)は、「親魚量の増大」では2,000トン、「現状の漁獲圧の維持」では3,300トン、「現状の親魚量の維持」では3,500トン、「2014年の親魚量の維持」では3,700トンとそれぞれ算定された。

2021年までの将来予測の結果、漁獲量は2018年以降、「親魚量の増大」では増加、「現状の漁獲圧の維持」、「現状の親魚量の維持」および「2014年の親魚量の維持」では横ばいである(図17)。資源量はいずれのシナリオでも2018年まで増加した後、やや減少し、横ばいである。雌の親魚量は、いずれのシナリオでも2017年に増加する。以後は「親魚量の増大」では5,000トン以上を維持し、「現状の漁獲圧の維持」、「現状の親魚量の維持」および「2014年の親魚量の維持」では2019年に減少するものの、2020～2021年は若干増加して、Blimit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、2019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 2021 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 2019 年までは広がり、2020 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 年程度で年齢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。

各シナリオとも、5 年後に 2016 年の親魚量を維持できる確率は 38%以上、2014 年の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 91%以上であった。

漁獲シナリオ (管理基準)		F値	漁獲量 (百トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
親魚量の増大 (0.55Fcurrent)	Target	0.09	30	34	16	20	21	22	23
	Limit	0.12	30	34	20	23	24	26	26
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.16	30	34	28	31	31	32	31
	Limit	0.20	30	34	33	35	34	35	34
現状の親魚量の維持 (Fsus1)	Target	0.17	30	34	29	31	31	33	32
	Limit	0.21	30	34	35	36	35	36	35
2014年の親魚量の維持 (Fsus2)	Target	0.18	30	34	31	33	33	34	33
	Limit	0.23	30	34	37	38	36	37	36
			資源量 (百トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
親魚量の増大 (0.55Fcurrent)	Target	0.09	176	171	184	217	213	210	219
	Limit	0.12	176	171	184	210	202	195	201
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.16	176	171	184	209	199	192	197
	Limit	0.20	176	171	184	205	193	184	189
現状の親魚量の維持 (Fsus1)	Target	0.17	176	171	184	208	198	190	196
	Limit	0.21	176	171	184	204	191	182	187
2014年の親魚量の維持 (Fsus2)	Target	0.18	176	171	184	206	196	187	192
	Limit	0.23	176	171	184	202	189	180	184
			親魚量 (百トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
親魚量の増大 (0.55Fcurrent)	Target	0.09	26	37	51	57	54	58	60
	Limit	0.12	26	37	49	54	50	53	54
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.16	26	37	45	47	42	43	44
	Limit	0.20	26	37	43	42	36	37	38
現状の親魚量の維持 (Fsus1)	Target	0.17	26	37	45	46	41	42	43
	Limit	0.21	26	37	42	41	35	36	37
2014年の親魚量の維持 (Fsus2)	Target	0.18	26	37	44	44	39	40	41
	Limit	0.23	26	37	41	39	33	34	34

- ・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。
- ・ $F_{target} = \alpha F_{limit}$ 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	F 値 (ミズガニ, カタガニ, 雌) (Fcurrent と の比較)	漁獲 割合 (雄, 雌) (%)	将来漁獲量 (百トン)		確率評価 (%)		2017 年 漁期 ABC (雄, 雌) (百トン)
				5 年後 (雄, 雌)	5 年 平均 (雄, 雌)	2016 年 親魚量を 維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
親魚量の増大* (0.55Fcurrent)	Target	0.09 (0.015, 0.284, 0.145) (0.44Fcurrent)	9 (7, 14)	18~27 (11~16, 7~11)	20 (12, 9)	99	100	16 (8, 8)
	Limit	0.12 (0.019, 0.355, 0.182) (0.55Fcurrent)	11 (8, 17)	21~31 (12~19, 8~13)	24 (14, 10)	97	100	20 (10, 10)
現状の漁獲圧の 維持* (Fcurrent)	Target	0.16 (0.027, 0.516, 0.264) (0.80Fcurrent)	15 (11, 23)	24~38 (14~22, 10~17)	30 (17, 13)	81	99	28 (14, 14)
	Limit	0.20 (0.034, 0.645, 0.330) (1.00Fcurrent)	18 (14, 28)	26~42 (15~24, 11~19)	34 (19, 15)	57	96	33 (17, 17)
現状の親魚量の 維持* (F _{sus1})	Target	0.17 (0.029, 0.541, 0.277) (0.84Fcurrent)	16 (12, 24)	25~39 (14~23, 10~17)	31 (17, 14)	77	99	29 (15, 14)
	Limit	0.21 (0.036, 0.677, 0.346) (1.05Fcurrent)	19 (14, 29)	27~43 (15~25, 11~19)	35 (20, 16)	50	95	35 (17, 17)
2014 年の親魚量 の維持* (F _{sus2})	Target	0.18 (0.031, 0.587, 0.300) (0.91Fcurrent)	17 (13, 26)	26~41 (15~23, 10~18)	33 (18, 15)	69	98	31 (16, 15)
	Limit	0.23 (0.039, 0.734, 0.376) (1.14Fcurrent)	20 (15, 31)	27~45 (16~26, 11~20)	37 (20, 16)	38	92	37 (19, 19)

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」とされており、現状の漁獲圧を維持すれば、資源を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。
- ・「2014 年の親魚量の維持」では、5 年後に 2014 年の親魚量を維持する確率は 50%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} = 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。
- ・ $F_{current}$ は、2013～2015年漁期の漁獲係数の平均を示す。
- ・漁獲割合はABCを資源量で除した値である。雄では各シナリオのF値から計算された漁獲量に、尾数-重量変換時の誤差を補正する係数（1.084）を乗じた値をABCとしているので、F値と漁獲割合は対応していない（補足資料2）。
- ・将来漁獲量において、5年後は2021年の漁獲量の上側および下側10%を、5年平均は2017～2021年の平均漁獲量をそれぞれ示す。
- ・確率評価は雌に対しての値である。
- ・現状の親魚量は2016年の漁期後に想定される11齢雌資源量（3,700トン）を、 B_{limit} は2002年の漁期後11齢雌資源量（2,400トン）をそれぞれ示す。また、2014年の親魚量は3,400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。

- ・親魚量の増大（ $0.55F_{current}$ ）：2021年の親魚量が2004年（近年では2007年の次に高い値）と同値となるF値で漁獲する。
- ・親魚量の維持：2021年の親魚量が現状（ F_{sus1} ）もしくは2014年（ F_{sus2} ）と同値となるF値で漁獲する。
- ・2014年親魚量の維持（ F_{sus2} ）は、2016年漁期TAC設定の根拠となった管理基準である。加入状況が比較的良好な2012年以降の本評価では、5年後に B_{limit} を1,000トン程度上回る漁獲シナリオがABCの上限となっている。したがって、本年度も「2014年親魚量の維持」をABCの上限とした。

(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
2016年調査時点現存量	2016年漁期開始時点資源量
2015年漁期漁獲量確定値	2015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)
2015年漁期 (当初)	1.24Fcurrent	0.25	147	35*	29	
2015年漁期 (2015年再評価)	1.24Fcurrent	0.24	176	37	31	
2015年漁期 (2016年再評価)	1.24Fcurrent	0.24	176	37	31	30
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	

・2015、2016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。

本海域ではトロール調査により資源量を推定しており、2015年の資源量は、2015年再評価時点で確定しているため、2016年再評価でも変わらない。2016年再評価では2015年漁期の漁獲量が既知となる。2015年の漁獲量は3,000トンであった。2016年の資源量は2016年の再評価時点で確定するが、この際、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値は変化する可能性がある。

2016年の資源量は、2015年当初評価時の18,300トンから、2016年再評価時に17,100トンへ下方修正された。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-1,200トン(-12%)、カタガニで-600トン(-20%)、雌で+500トン(+12%)、全体で-1,300トン(-7%)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、2016年漁期のFsus2'は0.24のまま変わらず、ABCも36百トンで変わらなかった。

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

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

(3) 韓国による漁獲状況の把握

日本海では韓国も本系群を漁獲している。韓国の漁獲量は 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 2015 年は 1,900 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

¹ http://www.jfa.maff.go.jp/sakaiminato/press/kantoku/160630_1.html
（2016 年 6 月 30 日参照）

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 (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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 上田祐司・藤原邦浩・志村 健・大谷徹也・木下貴裕 (2014) ズワイガニの保護区設置状況と資源の分布の関係. 東北底魚研究, 34, 119-122.
- 上田祐司・藤原邦浩・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.
- 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.
- 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・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.

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・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.

全国底曳網漁業連合会 (2015) 平成 26 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

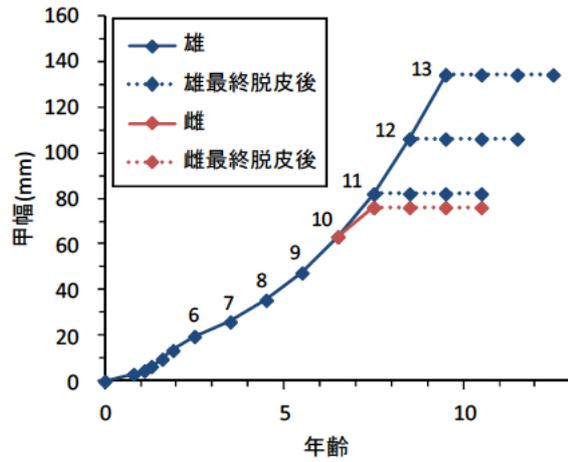


図2. ズワイガニの年齢、脱皮年齢および甲幅の関係

- ・数字は脱皮年齢を示す。
- ・10 歳までは雌雄共通である。

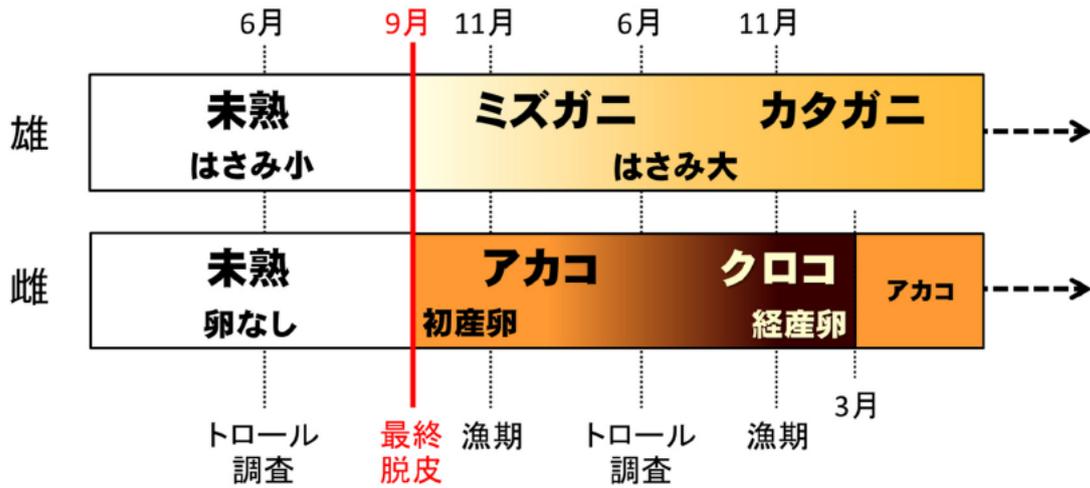


図3. ズワイガニの生活史と漁獲の模式図

- ・ミスガニ：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。

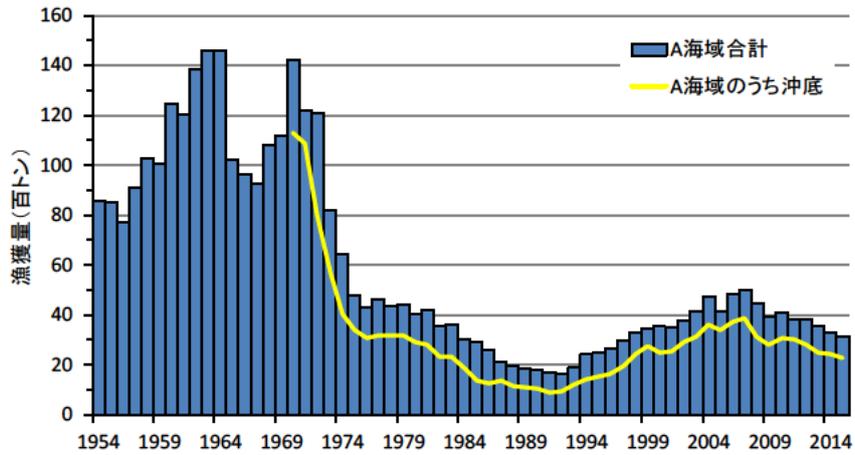


図4. A海域全体の漁獲量（暦年）および沖合底びき網漁業による漁獲量（漁期年）

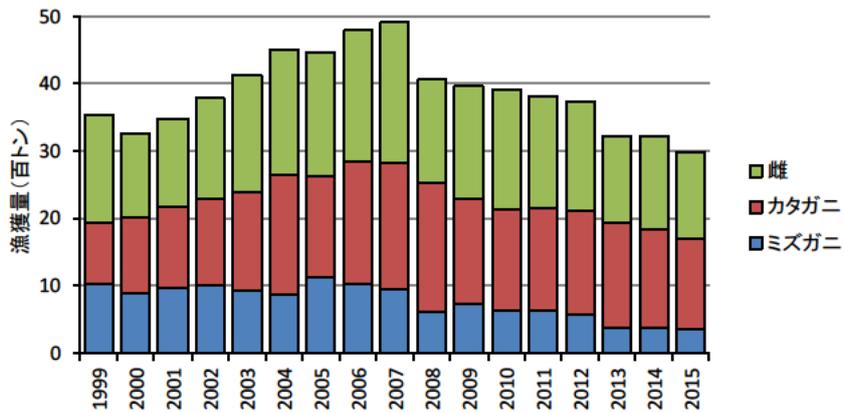


図5. 雌雄別（雄はカタガニ・ミズガニ別）の漁獲量（漁期年）

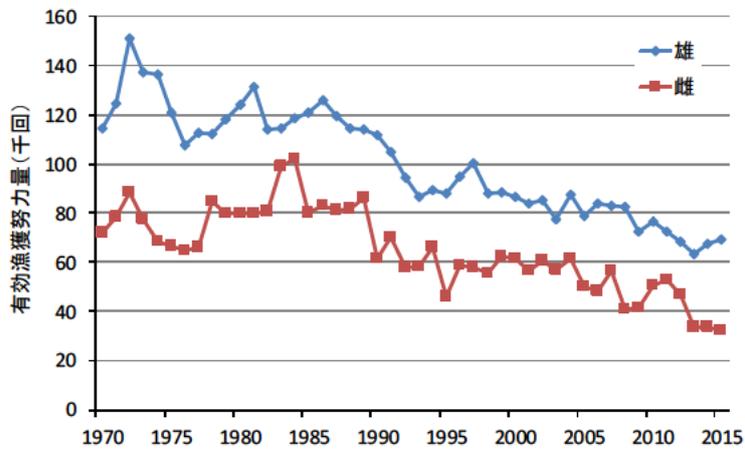


図6. 沖合底びき網の有効漁獲努力量

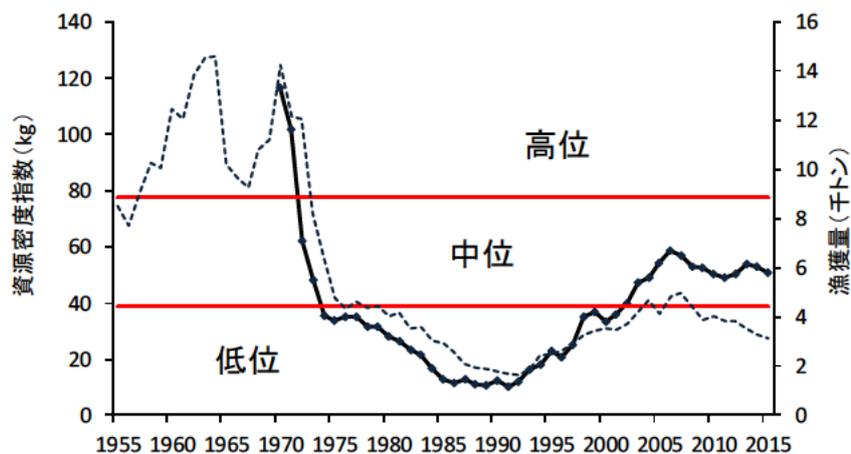


図 7. 沖底漁績から求めた資源密度指数（雌雄海区合計）
赤線は最高値（116kg：1970年）と0の間を三等分した値であり、高位と中位の境界は78kg、中位と低位の境界は39kgをそれぞれ示す。点線は漁獲量を示す。

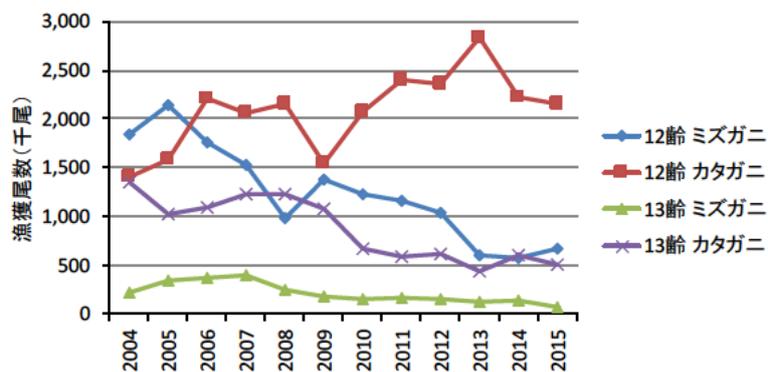


図 8. 主要港における雄の齢別カタガニ・ミズガニ別漁獲尾数

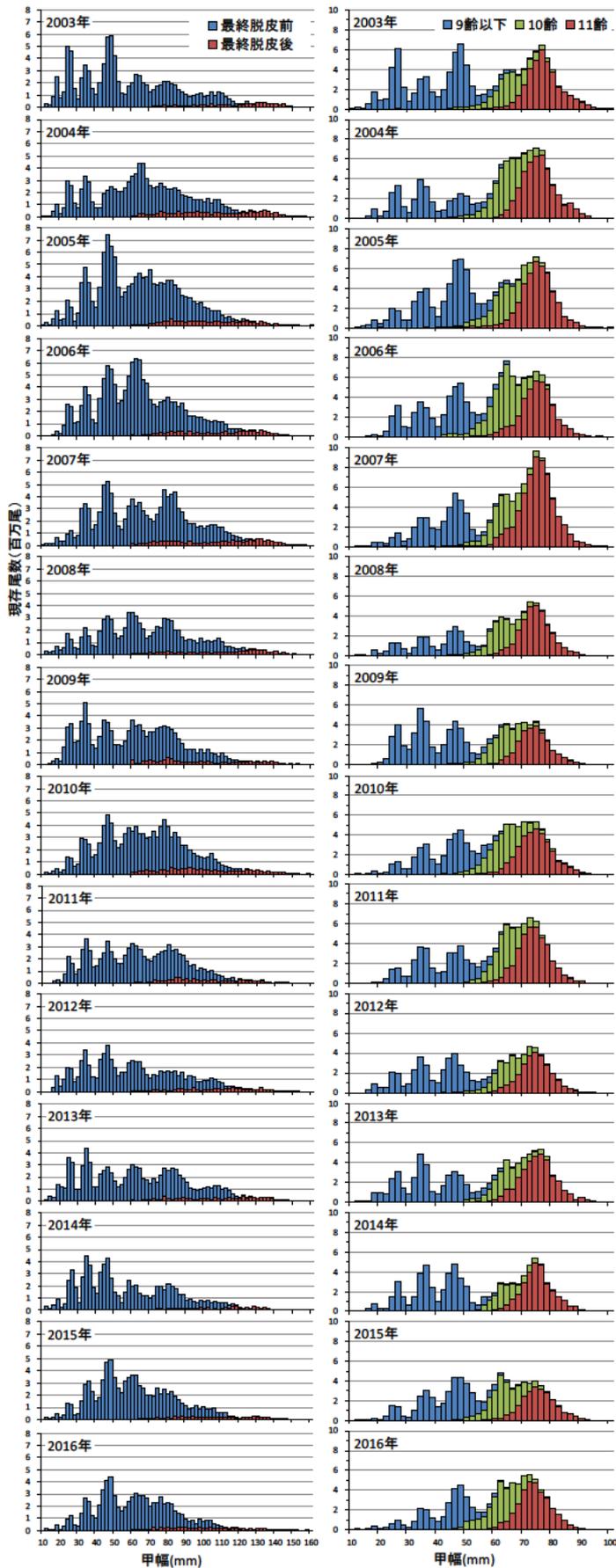


図9. トロール調査から推定された甲幅組成 (左図:雄、右図:雌)

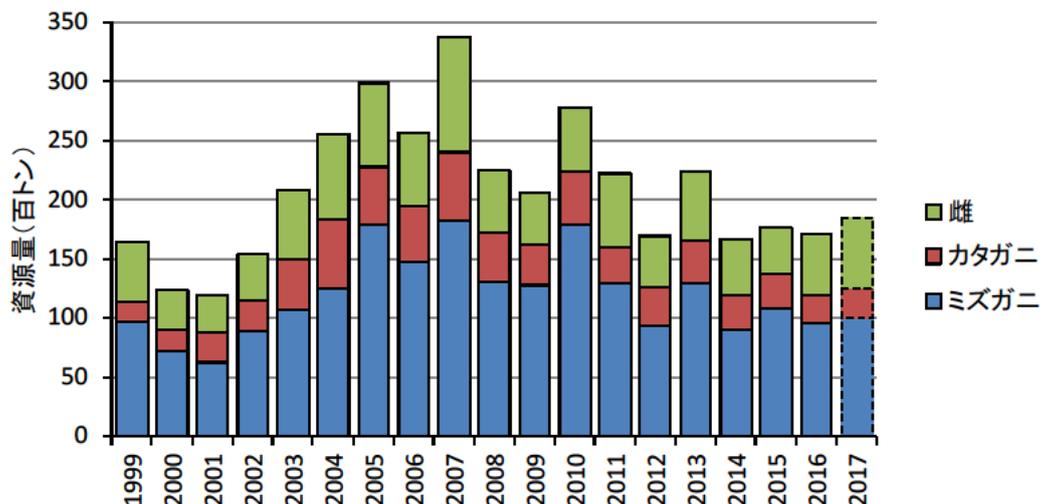


図 10. トロール調査から推定された漁期開始時点における資源量
 ミズガニとカタガニは 12 齢と 13 齢の合計を、雌は 11 齢をそれぞれ示す。
 2017 年は、2016 年の 10 齢以上の齢別資源尾数等から求めた予測値。

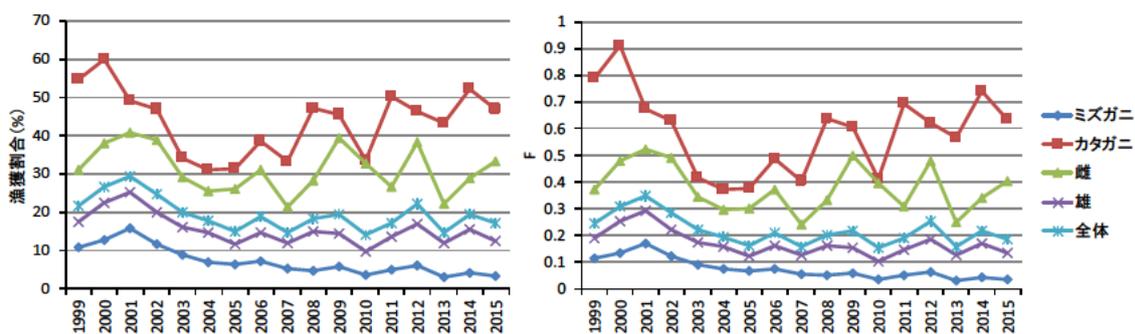


図 11. 漁獲割合 (左図) と漁獲係数 (F) (右図)

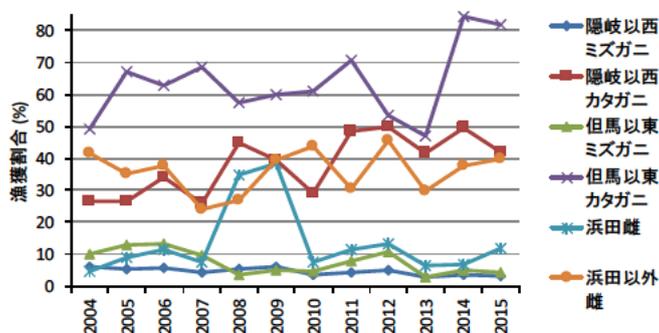


図 12. 海域別漁獲割合

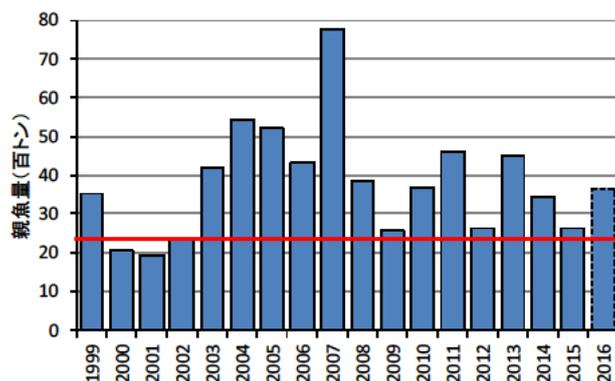


図 13. 雌の親魚量

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した値である。2016 年は調査時点現存量と漁獲量の関係（補足図 2-1）から求めた漁獲量による予測値。赤線は Blimit（24 百トン）を示す。

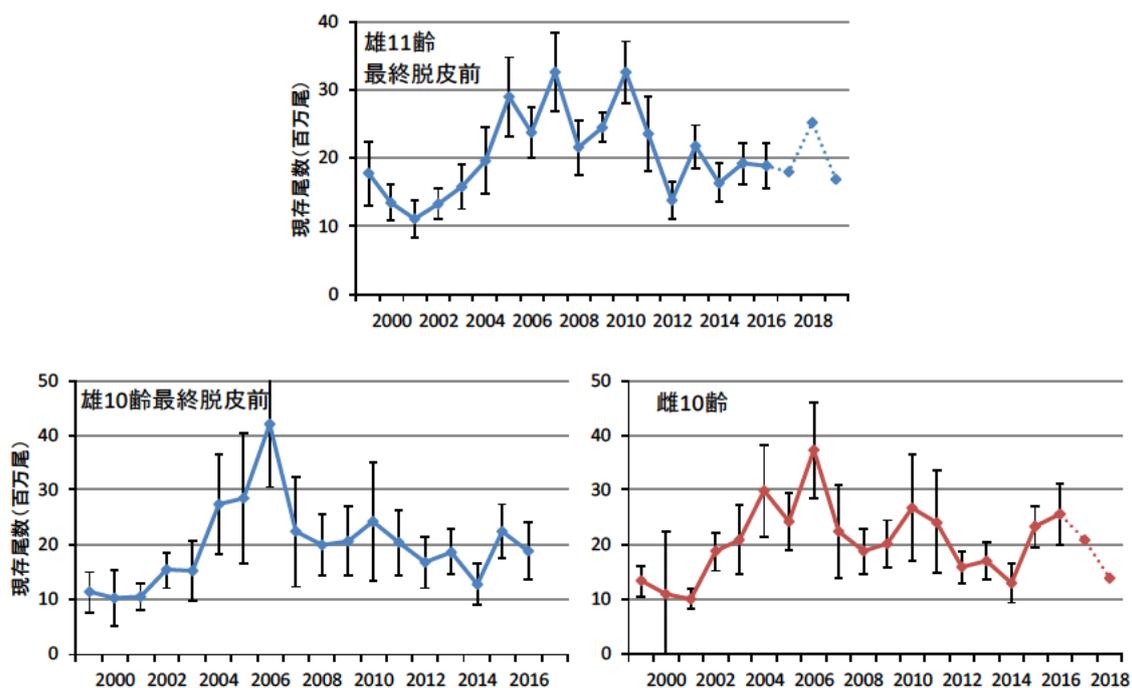


図 14. 2016 年漁期に漁獲加入する年級群（雄 11 歳）および 2017 年漁期に漁獲加入する年級群（雄雌とも 10 歳）の現存尾数 縦棒は 95%信頼区間を示す。点線は資源の将来予測に用いる予測値を示し、2016 年の 8 歳および 9 歳の現存尾数からそれぞれ求めた。トロール調査の 5~6 月時点で採集された雌 11 歳のうち、2016 年漁期に漁獲加入する個体と 2015 年漁期以前に漁獲加入していた個体の判別は不可能であることから、2016 年漁期の雌の漁獲加入尾数は不明である。

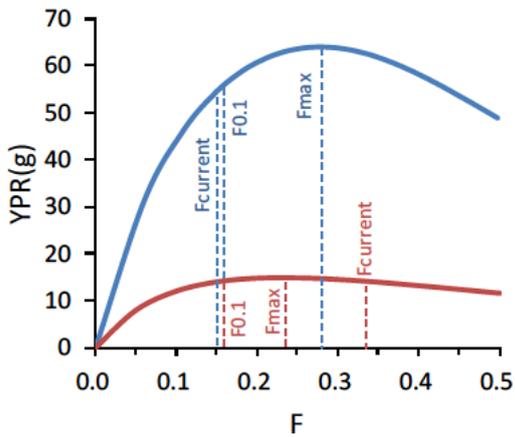


図 15. F と YPR の関係

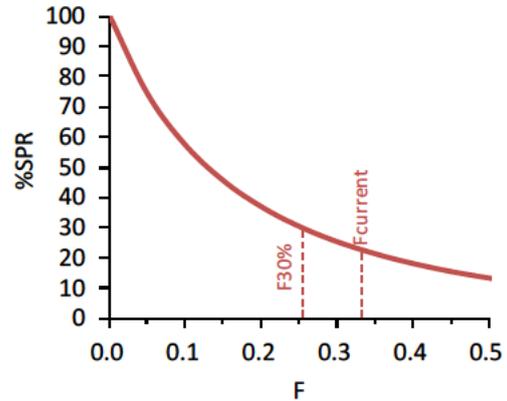


図 16. F と %SPR の関係

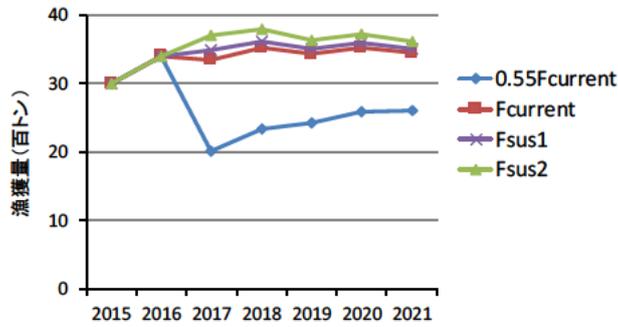


図 17. 各漁獲シナリオにおける漁獲量の予測

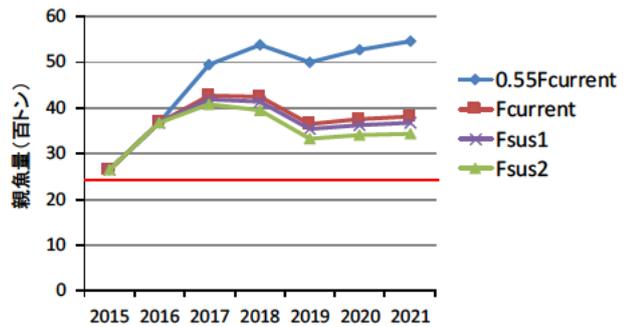
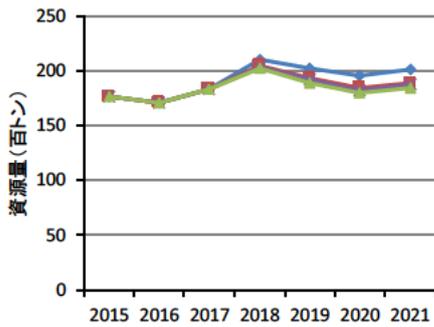


図 18. 各漁獲シナリオにおける資源量 (左図) および雌の親魚量 (右図) の予測
親魚量は各年の漁期後の値である。
親魚量の赤線は Blimit (24 百トン) を示す。

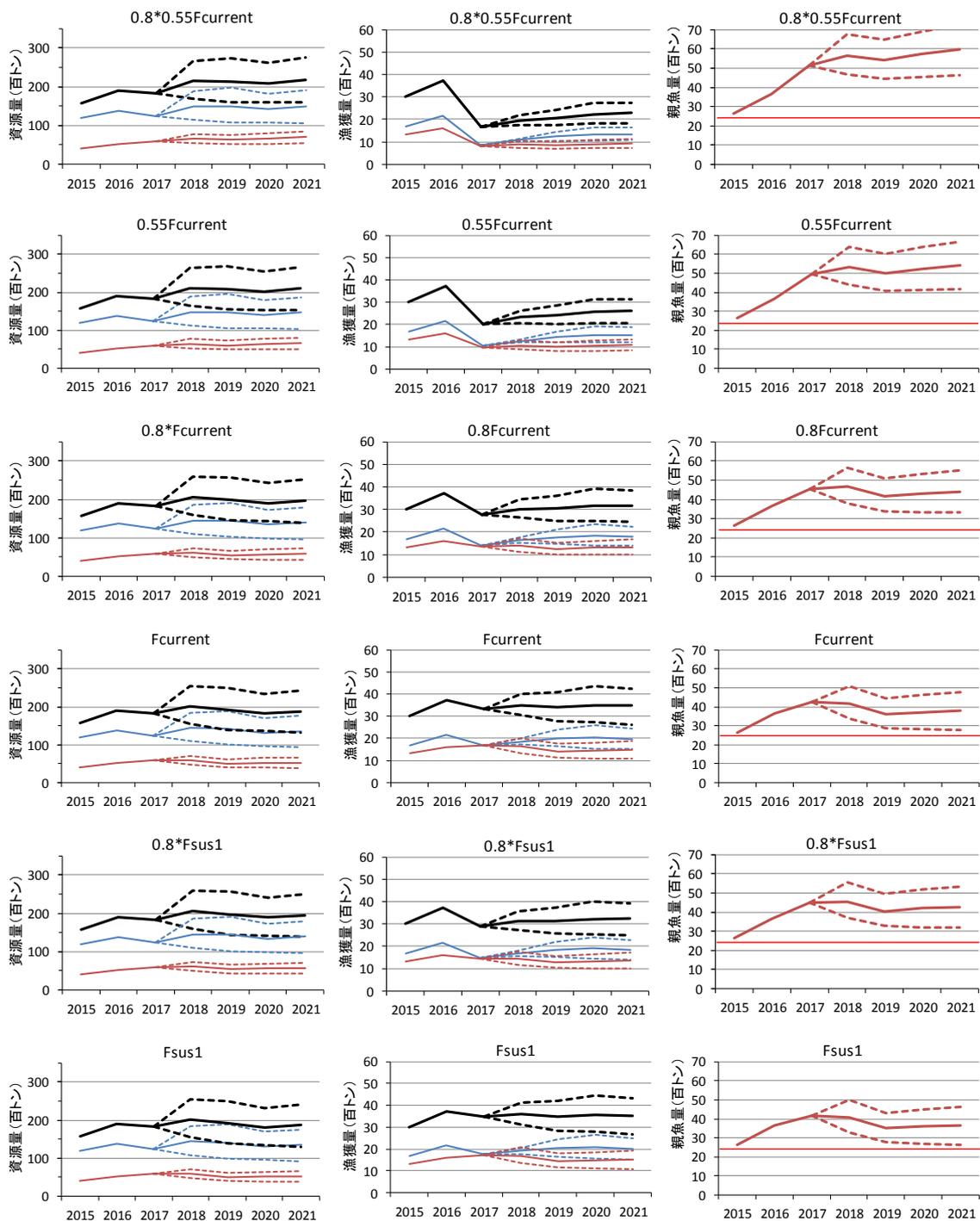


図 19. 各漁獲シナリオにおける、資源量 (左図)、漁獲量 (中図) および雌の親魚量の将来予測。資源量と漁獲量については黒色が雄雌合計、青色が雄、赤色が雌を、2017年以降の実線は中央値を、破線は上側 10%、下側 10%をそれぞれ示す。親魚量は漁期後の値である。親魚量の赤線は Blimit (24 百トン) を示す。

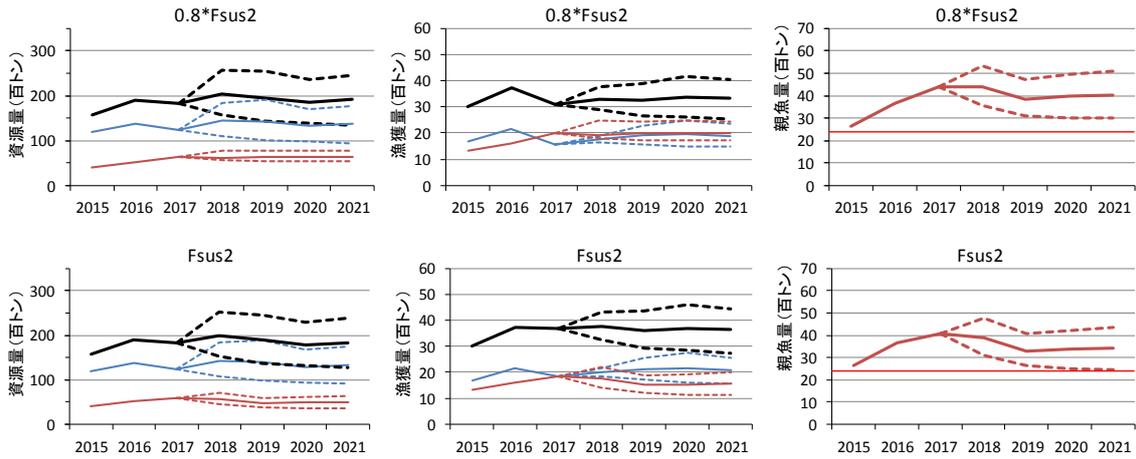


図 19. (つづき)

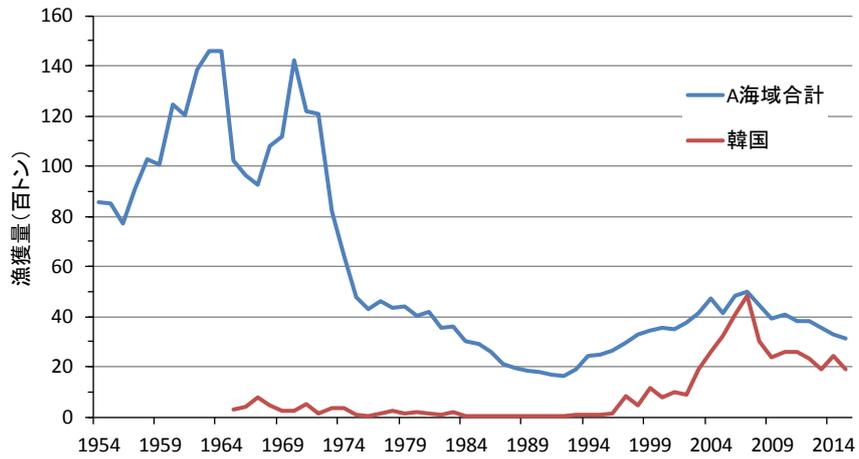


図 20. A 海域および韓国における漁獲量 (暦年集計)

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

		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

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

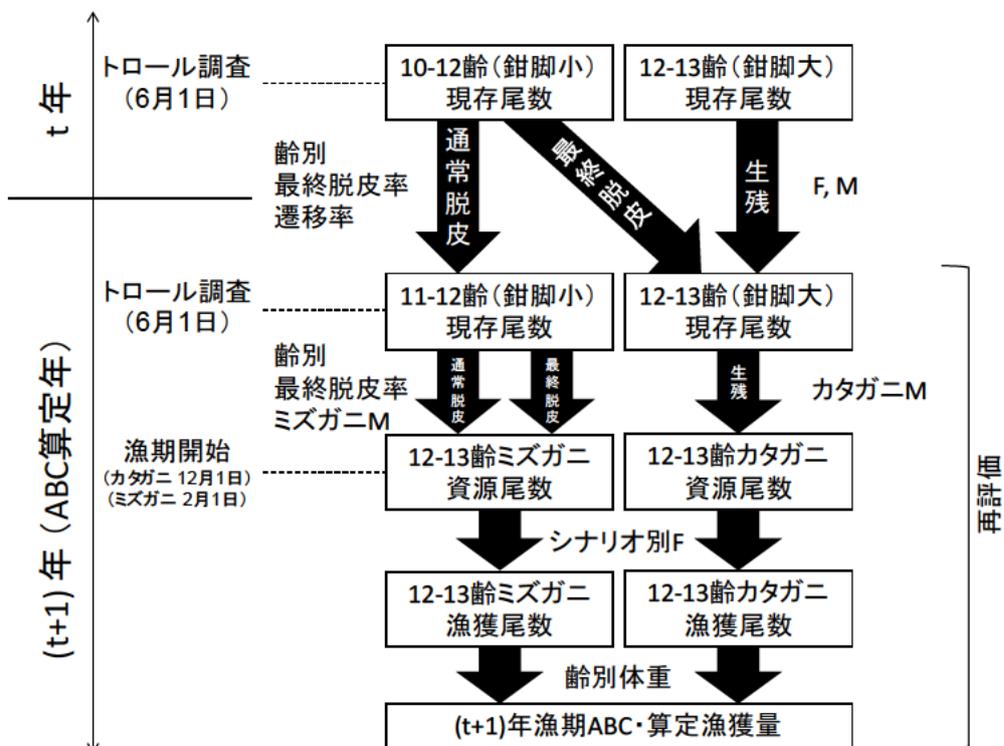
漁期年	雄	雌
1970	114,223	72,019
1971	124,530	78,378
1972	151,020	88,650
1973	137,288	77,692
1974	136,372	68,184
1975	120,915	66,411
1976	107,409	64,848
1977	112,818	65,947
1978	112,376	84,993
1979	118,133	79,600
1980	123,839	79,598
1981	131,444	79,549
1982	114,006	80,548
1983	114,285	98,747
1984	118,754	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

表 4. 沖合底びき網の資源密度指数

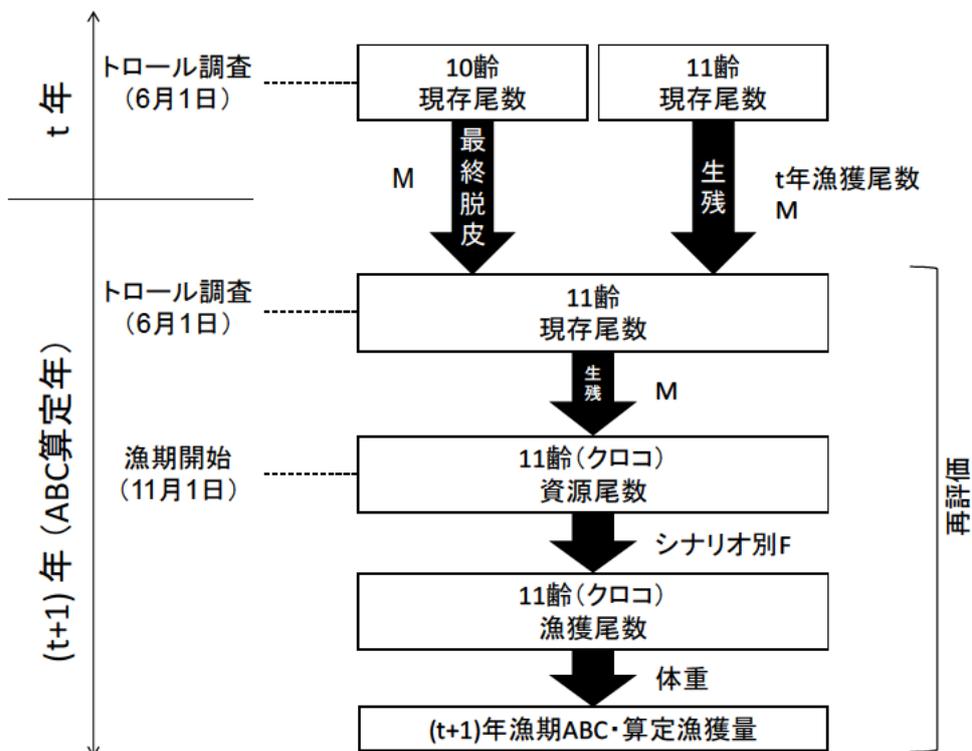
漁期年	雄			雌			雄雌
	A海域 全体	中区	西区	A海域 全体	中区	西区	A海域 合計
1970	68	32	85	48	23	61	116
1971	62	26	78	40	17	49	102
1972	40	20	52	22	11	29	62
1973	33	14	42	16	8	20	48
1974	23	13	29	12	8	15	36
1975	21	16	23	12	11	13	34
1976	19	22	19	15	13	16	35
1977	18	15	20	17	12	20	35
1978	17	13	19	14	9	17	32
1979	18	12	21	14	8	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

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

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。

t 年に脱皮状態 j 、 a 齢の現存尾数を $N_{a,j,t}$ と表す。脱皮状態については、最終脱皮前を 1、最終脱皮後 1 年未満を 2、1 年以上を 3 と定義した。

① 雄

雄の脱皮状態 (j) と鉗脚 (はさみ) 大・小、ミズガニ・カタガニとの関係は次のようになる。

脱皮状態 1： 鉗脚小、最終脱皮前、ミズガニ

脱皮状態 2： 鉗脚大、最終脱皮後、ミズガニ

脱皮状態 3： 鉗脚大、最終脱皮後、カタガニ

2016 (t) 年調査時点の 10~13 齢の現存尾数 ($N_{a,j,t}$) から、2017 ($t+1$) 年調査時点の 11~13 齢の現存尾数 ($N_{a+1,j,t+1}$) を次式より求めた。調査時点では脱皮状態 2 と 3 の判別は不可能である。

$$\text{最終脱皮前： } N_{a+1,1,t+1} = (1 - \gamma_{a+1}) N_{a,1,t} S_{a,1,t} \quad (1)$$

$$\text{最終脱皮後： } N_{a+1,2-3,t+1} = \gamma_{a+1} N_{a,1,t} S_{a,1,t} + N_{a+1,2-3,t} S_{a+1,2-3,t} \quad (2)$$

上式で γ_a は a 齢に脱皮するときの最終脱皮率、 $S_{a,j,t}$ は t 年における a 齢の脱皮状態 j の資源尾数から ($t+1$) 年における ($a+1$) 齢の脱皮状態 j の資源尾数への遷移率 ($N_{a,j,t}$ と $N_{a+1,j,t+1}$ について採集効率の違いによる影響と生残率を込みにした係数) 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、混獲死亡や暫定水域内の韓国の漁獲量を考慮する必要がある。現状では妥当な仮定を置くことが不可能であるため、上記の遷移率を用いた計算を行っている。

最終脱皮率 γ_a については、調査で得られた齢別最終脱皮割合 (= 鉗脚大の尾数 / 雄全体の尾数) をもとに、11 齢、12 齢、13 齢でそれぞれ 0.05、0.2、1 と仮定した。

遷移率 $S_{a,j,t}$ を次のように求めた。10 齢以降の比 $S_{a,j,t}$ (初期値) を与え翌年の 11 齢以降の現存尾数をそれぞれ求め、翌年の調査で推定された現存尾数との残差平方和を小さくする値を探索的に求めた。残差は直近 5 年 (2012~2016 年) の合計とした。トロール網の採集効率は若齢のほうが低いため、10 齢の遷移率は 1 を超える場合がある。12 齢と 13 齢の鉗脚大では、トロール網の選択率は十分高く、混獲死亡や暫定水域内の現存量は非常に少ないと考えられるので、カタガニの直近 3 年平均の F と M より生残率を求めた。

10 齢 最終脱皮前 ($S_{10,1,t}$) :	1.00
11 齢 最終脱皮前 ($S_{11,1,t}$) :	0.53
12 齢 最終脱皮前 ($S_{12,1,t}$) :	0.17
12~13 齢 最終脱皮後 ($S_{12,2-3,t} = S_{13,2-3,t}$) :	0.43 (=exp(- $F_{3yr} - M_{2-3}$)=exp(-0.65-0.2))

2017 (t+1) 年調査時点の 11~13 歳の現存尾数から、2017 (t+1) 年漁期開始時点の 12~13 歳の資源尾数 (N') および資源量 (B) を次式より求めた。

$$\text{ミズガニ: } N'_{a+1,1-2,t+1} = N_{a,1,t+1} \exp\left(-\frac{8}{12} M_1\right) \quad (3)$$

$$\text{カタガニ: } N'_{a+1,3,t+1} = N_{a+1,2-3,t+1} \exp\left(-\frac{6}{12} M_{2-3}\right) \quad (4)$$

$$B_{a,j,t} = N'_{a,j,t} w_{a,j} \quad (5)$$

上式で $w_{a,j}$ は体重を表し、甲幅組成解析で推定された年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 歳ミズガニ ($w_{12,1-2}$) : 373g、カタガニ ($w_{12,3}$) : 403g

13 歳ミズガニ ($w_{13,1-2}$) : 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 2-1 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 2-2)。

$$E_{12-13,j,t} = \frac{C_{12-13,j,t}}{N_{12-13,j,t}} = \frac{Y_{12-13,j,t}}{B_{12-13,j,t}} \quad (6)$$

$$F_{12-13,j,t} = -\ln(1 - E_{12-13,j,t}) \quad (7)$$

(6) 式において Y は漁獲量を示す。雄では 12、13 歳ともに同じ 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。

$$ABC = \sum_a N'_{a,j} [1 - \exp(-F)] w_{a,j} \quad (8)$$

各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。

漁獲物の年齢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、2011~2015 年の平均)、この係数を 2016 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 歳と 13 歳の遷移率 $S_{a,j,t}$ 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 $S_{a,j,t}^p$ を以下のように求めた。

$$\begin{aligned} S_{12,1,t}^p &= S'_{12,1,t} \exp(-F_{12,1,t}) \\ S_{12,1,t} &= S'_{12,1,t} \exp(-F_{12,1,13-15}) \quad \text{より、} \quad S'_{12,1,t} = S_{12,1,t} \exp(F_{12,1,13-15}) \\ S_{12,1} &= 0.17、F_{12,1,13-15} = 0.034 \quad \text{より、} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{12,1,t}^p &= S_{12,1,t} \exp(F_{12,1,13-15}) \exp(-F_{12,1,t}) = 0.17 \cdot \exp(0.034) \exp(-F_{12,1,t}) \\ &= 0.178 \exp(-F_{12,1,t}) \end{aligned} \quad (9)$$

$$S_{12,2-3,t}^p = S_{13,2-3,t}^p = \exp(-F_{12-13,2-3,t} - M_{2-3}) \quad (10)$$

資源の将来予測の際、2016 (t) 年は ABC の通りに漁獲されると仮定した。

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

2016 (t) 年の 10 齢の現存尾数 ($N_{10,1,t}$) および 11 齢の現存尾数 ($N_{11,2-3,t}$) より、2017 年の調査時点 (6 月) の 11 齢の現存尾数 ($N_{11,2-3,t+1}$) を次式により求めた。雌の漁期は 11 月 1 日とした。

$$N_{11,2-3,t+1} = \left[N_{10,1,t} \exp(-M_1) \right] + \left[N_{11,2-3,t} \exp\left(-\frac{5}{12} M_{2-3}\right) - C_t \right] \exp\left(-\frac{7}{12} M_{2-3}\right) \quad (11)$$

上式で C_t は t 年の漁獲尾数であり、11 齢クロコの平均体重 (177g) と漁獲量より求めた。2016 年漁期の漁獲量は、過去の調査時点の現存量と漁獲量の関係 (補足図 2-1) より求めた。2016 年調査時点の現存量が 5,699 トンだったので、予測漁獲量は 1,590 トンとなる。

2017 年調査時点の 11 齢の現存尾数から、2017 年漁期開始時点の 11 齢の資源尾数 (N') を (12) 式より、資源量 (B) を (5) 式より求めた。

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

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、(6)、(7) 式を用いて漁獲割合と F をそれぞれ求めた (補足表 2-3)。

雄、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 2-4 に示す。

漁期開始時点の資源尾数 (N') とシナリオ別の F を用い、(8) 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 齢の鉗脚小 (最終脱皮前) の現存尾数とした。雄の 2018 年と 2019 年の最終脱皮前の 11 齢、雌の 2017 年と 2018 年の 10 齢の現存尾数 (N) について、それぞれ 2016 年の雄の 9 齢と 8 齢、雌の 9 齢と 8 齢の現存尾数より以下の式で計算した。

$$\text{雄: } N_{11,1,t+2} = N_{9,1,t} S_{9,1,t} \quad \text{および} \quad N_{11,1,t+3} = N_{8,1,t} S_{8,1,t} \quad (13)$$

$$\text{雌: } N_{10,1,t+1} = N_{9,1,t} S_{9,1,t} \quad \text{および} \quad N_{10,1,t+2} = N_{8,1,t} S_{8,1,t} \quad (14)$$

上式でSは、(1)、(2)式で用いた同一年級群の遷移率（漁具の選択率と生残率を込みにした係数）である。補足表 2-1 に、2003 年以降の S を示す。

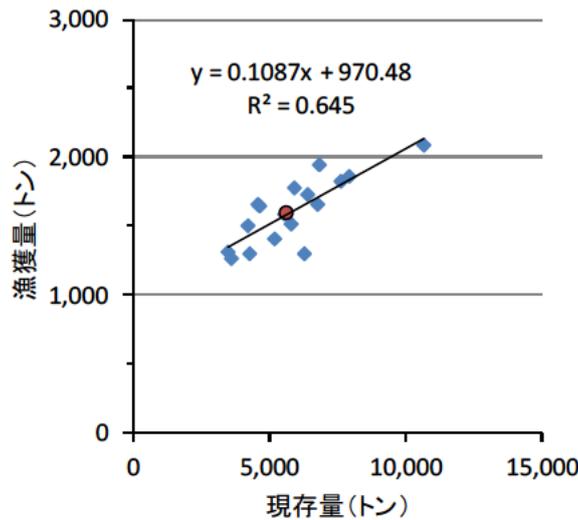
今後の加入量の見積りおよび資源の将来予測では、S を 2003 年以降の値の平均値とした。雄の 2020～2021 年の最終脱皮前の 11 齢、雌の 2019～2020 年の 10 齢についてはそれぞれ 2015～2019 年、2014～2018 年の平均現存尾数を用いた。

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 2017～2021 年の最終脱皮前の 11 齢、雌の 2016～2020 年の 10 齢の現存尾数にそれぞれ平均 μ 、標準偏差 σ 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 σ 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 2-5）。

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 2021 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 2-1. 1999 年以降の調査時点 11 齢雌現存量と漁獲量の関係
赤丸は 2016 年漁期漁獲量の予測値。

補足表2-1. 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	最終脱皮	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
6歳	前	0	22	150	898	3,960	1,485	1,776	553	1,069	1,023	890	717	491
7歳	前	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	前	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	前	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	前	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
	後	103	98	943	276	263	977	529	357	703	471	1,247	1,209	508
11歳	前	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
	後	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	前	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
	後	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	後	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	最終脱皮	銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12歳	前	ミズガニ	11,211	8,524	7,026	8,434	9,996	12,332	18,367	15,012	20,583	13,631	15,517	20,605	14,889
	後	ミズガニ	2,803	2,131	1,756	2,108	2,499	3,083	4,592	3,753	5,146	3,408	3,879	5,151	3,722
	後	カタガニ	2,146	2,012	2,885	2,139	2,450	5,017	3,487	2,636	2,944	1,960	2,811	4,351	2,506
13歳	後	ミズガニ	5,986	4,327	3,926	6,662	8,134	9,262	12,828	10,480	11,799	9,119	7,596	11,234	8,166
	後	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	最終脱皮	銘柄	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
12歳	前	ミズガニ	4,182	3,180	2,621	3,146	3,728	4,600	6,851	5,600	7,677	5,084	5,788	7,686	5,554
	後	ミズガニ	1,045	795	655	786	932	1,150	1,713	1,400	1,919	1,271	1,447	1,921	1,388
	後	カタガニ	865	811	1,162	862	987	2,022	1,405	1,062	1,186	790	1,133	1,754	1,010
13歳	後	ミズガニ	4,358	3,150	2,858	4,850	5,921	6,743	9,339	7,629	8,589	6,639	5,530	8,178	5,945
	後	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	最終脱皮	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
6歳	前	1,978	2,715	1,403	799	498			
7歳	前	5,137	8,527	7,708	3,247	2,611			
8歳	前	10,541	13,174	13,575	10,748	8,220			
9歳	前	16,581	12,955	17,590	21,296	19,786			
10歳	前	16,774	18,649	12,681	22,456	18,889			
	後	200	361	122	238	399			
11歳	前	13,792	21,696	16,396	19,115	18,837	17,884	25,174	16,909
	後	1,390	1,969	1,203	2,018	2,168			
12歳	前	8,937	11,134	7,253	8,986	6,843			
	後	2,522	2,269	1,678	2,610	2,490			
13歳	後	3,383	3,934	3,054	2,625	1,934			

漁期開始時点の資源尾数 (千尾)

年齢	最終脱皮	銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017
12歳	前	ミズガニ	8,738	13,745	10,387	12,109	11,934	11,330
	後	ミズガニ	2,184	3,436	2,597	3,027	2,983	2,832
	後	カタガニ	2,282	2,053	1,518	2,362	2,253	2,768
13歳	後	ミズガニ	7,077	8,817	5,743	7,116	5,419	6,301
	後	カタガニ	3,061	3,560	2,763	2,375	1,750	1,819

漁期開始時点の資源量 (トン)

年齢	最終脱皮	銘柄	2012	2013	2014	2015	2016	2017
12歳	前	ミズガニ	3,259	5,127	3,874	4,517	4,451	4,226
	後	ミズガニ	815	1,282	969	1,129	1,113	1,057
	後	カタガニ	920	827	612	952	908	1,115
13歳	後	ミズガニ	5,152	6,419	4,181	5,181	3,945	4,587
	後	カタガニ	2,446	2,844	2,208	1,897	1,398	1,453

イタリックは予測値。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。加入尾数は、11歳最終脱皮前の現存尾数である。

補足表2-2. 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	9,585	7,125	6,134	8,782	10,582	12,492	17,902	14,629	18,186	12,995	12,764	17,785	12,887
	カタガニ	1,672	1,862	2,494	2,745	4,324	5,719	4,823	4,756	5,705	4,099	3,455	4,517	3,061
	合計	11,257	8,987	8,628	11,528	14,906	18,212	22,726	19,385	23,891	17,094	16,219	22,302	15,948
		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	0.107	0.125	0.156	0.114	0.087	0.069	0.062	0.070	0.052	0.047	0.057	0.035	0.048
	カタガニ	0.546	0.598	0.489	0.467	0.340	0.311	0.313	0.385	0.331	0.472	0.455	0.336	0.500
	全体	0.173	0.223	0.252	0.198	0.160	0.145	0.115	0.147	0.118	0.149	0.142	0.096	0.135
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲係数 (F)	ミズガニ	0.114	0.134	0.169	0.121	0.091	0.072	0.064	0.072	0.053	0.048	0.059	0.035	0.049
	カタガニ	0.790	0.912	0.672	0.629	0.415	0.372	0.376	0.486	0.402	0.639	0.607	0.409	0.694
	全体	0.189	0.252	0.291	0.221	0.175	0.157	0.123	0.159	0.126	0.161	0.153	0.101	0.145
		2012	2013	2014	2015	2016	2017							
資源量 (トン)	ミズガニ	9,226	12,827	9,024	10,827	9,509	9,869							
	カタガニ	3,366	3,672	2,820	2,849	2,307	2,569							
	合計	12,592	16,499	11,844	13,676	11,815	12,438							
		2012	2013	2014	2015									
漁獲量 (トン)	ミズガニ	558	358	361	356									
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335									
	合計	2,116	1,942	1,833	1,691									
		2012	2013	2014	2015									
漁獲割合	ミズガニ	0.060	0.028	0.040	0.033									
	カタガニ	0.463	0.432	0.522	0.468									
	全体	0.168	0.118	0.155	0.124									
		2012	2013	2014	2015	F 12-14	F 13-15							
漁獲係数 (F)	ミズガニ	0.062	0.028	0.041	0.033	0.044	0.034							
	カタガニ	0.622	0.565	0.738	0.632	0.642	0.645							
	全体	0.184	0.125	0.168	0.132									

イタリックは予測値。F 12-14 とF 13-15は、2012～2014年と2013～2015年のFの平均をそれぞれ示す。

補足表2-3. 雌の現存尾数、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	最終脱皮	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
6歳	前	121	143	35	621	2,987	1,344	1,441	323	972	983	407	566	247
7歳	前	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	前	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	前	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	前	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	後	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

漁期開始時点の11歳(クロコ)の資源尾数(千尾)および資源量(トン)

年齢	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
資源尾数	11歳	28,910	18,767	18,222	21,968	33,445	41,254	39,757	35,451	55,538	30,227	23,920	30,861	35,359
資源量	11歳	5,117	3,322	3,225	3,888	5,920	7,302	7,037	6,275	9,830	5,350	4,234	5,462	6,259

	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	0.311	0.380	0.406	0.386	0.292	0.255	0.259	0.310	0.212	0.283	0.392	0.326	0.266
漁獲係数(F)	0.372	0.479	0.520	0.488	0.345	0.294	0.300	0.371	0.238	0.333	0.498	0.394	0.309

親魚量(トン)

年齢	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
11歳	3,526	2,058	1,917	2,387	4,193	5,440	5,214	4,330	7,746	3,835	2,574	3,682	4,596

調査時点の現存尾数(千尾)

年齢	最終脱皮	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
6歳	前	1,481	2,145	1,240	361	672		
7歳	前	5,153	7,296	6,338	3,606	2,261		
8歳	前	10,794	13,713	13,303	10,026	6,913		
9歳	前	18,776	15,631	20,100	23,914	18,671		
10歳	前	15,855	16,978	12,984	23,214	25,501	20,923	13,896
11歳	後	26,210	35,501	29,539	24,200	32,198		

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	
資源尾数	11歳	24,114	32,663	27,177	22,265	29,624	33,432
資源量	11歳	4,268	5,781	4,810	3,941	5,243	5,918

	2012	2013	2014	2015	2016	F 12-14	F 13-15
漁獲量(トン)	1,627	1,277	1,386	1,303	1,590		
漁獲割合	0.381	0.221	0.288	0.331	0.303		
漁獲係数(F)	0.480	0.250	0.340	0.401	0.361	0.357	0.330

親魚量(トン)

年齢	2012	2013	2014	2015	2016
11歳	2,641	4,504	3,424	2,638	3,653

イタリックは予測値。

F 12-14とF 13-15は、2012~2014年と2013~2015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。

加入尾数は、10歳の現存尾数である。

補足表2-4. 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	9,585	7,125	6,134	8,782	10,582	12,492	17,902	14,629	18,186	12,995	12,764	17,785	12,887
	カタガニ	1,672	1,862	2,494	2,745	4,324	5,719	4,823	4,756	5,705	4,099	3,455	4,517	3,061
	雌	5,117	3,322	3,225	3,888	5,920	7,302	7,037	6,275	9,830	5,350	4,234	5,462	6,259
	合計	16,374	12,308	11,853	15,416	20,825	25,514	29,763	25,660	33,721	22,444	20,453	27,765	22,207
		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	0.107	0.125	0.156	0.114	0.087	0.069	0.062	0.070	0.052	0.047	0.057	0.035	0.048
	カタガニ	0.546	0.598	0.489	0.467	0.340	0.311	0.313	0.385	0.331	0.472	0.455	0.336	0.500
	雌	0.311	0.380	0.406	0.386	0.292	0.255	0.259	0.310	0.212	0.283	0.392	0.326	0.266
	全体	0.216	0.266	0.294	0.246	0.198	0.176	0.149	0.187	0.146	0.181	0.194	0.141	0.172
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
F	ミズガニ	0.114	0.134	0.169	0.121	0.091	0.072	0.064	0.072	0.053	0.048	0.059	0.035	0.049
	カタガニ	0.790	0.912	0.672	0.629	0.415	0.372	0.376	0.486	0.402	0.639	0.607	0.409	0.694
	雌	0.372	0.479	0.520	0.488	0.345	0.294	0.300	0.371	0.238	0.333	0.498	0.394	0.309
	全体	0.243	0.309	0.348	0.282	0.220	0.194	0.162	0.207	0.157	0.199	0.215	0.152	0.188
		2012	2013	2014	2015	2016	2017							
資源量 (トン)	ミズガニ	9,226	12,827	9,024	10,827	9,509	9,869							
	カタガニ	3,366	3,672	2,820	2,849	2,307	2,569							
	雌	4,268	5,781	4,810	3,941	5,243	5,918							
	合計	16,860	22,280	16,654	17,617	17,059	18,356							
		2012	2013	2014	2015									
漁獲量 (トン)	ミズガニ	558	358	361	356									
	カタガニ	1,558	1,585	1,472	1,335									
	雌	1,627	1,277	1,386	1,303									
	合計	3,743	3,219	3,219	2,993									
		2012	2013	2014	2015									
漁獲割合	ミズガニ	0.060	0.028	0.040	0.033									
	カタガニ	0.463	0.432	0.522	0.468									
	雌	0.381	0.221	0.288	0.331									
	全体	0.222	0.144	0.193	0.170									
		2012	2013	2014	2015	F 13-15								
F	ミズガニ	0.062	0.028	0.041	0.033	0.034								
	カタガニ	0.622	0.565	0.738	0.632	0.645								
	雌	0.480	0.250	0.340	0.401	0.330								
	全体	0.251	0.156	0.215	0.186	0.186								

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

補足表2-5. 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	2014	2015	平均	SD	CV
雄	8齢-11齢	2.08	2.89	1.50	1.97	2.80	3.74	0.87	2.15	1.39	1.81	1.43			2.06	0.82	0.40
	9齢-11齢	1.13	1.89	0.93	0.80	1.06	2.34	1.44	0.65	1.49	0.99	1.48	1.07		1.27	0.48	0.38
雌	8齢-10齢	2.31	3.11	1.64	1.62	1.93	4.31	1.44	1.59	1.36	1.20	1.69	1.92		2.01	0.88	0.44
	9齢-10齢	1.02	1.93	1.06	0.85	0.79	1.68	1.41	1.05	0.81	0.90	0.83	1.15	1.07	1.12	0.35	0.31

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。

補足資料 3 直接推定法による現存量推定

2016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：9,168、雌：10,086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、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、従来型網と同様の採集効率と仮定した（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、2-3）。

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、最終脱皮後の個体は、例年浜田沖など、西側の海域に多い。

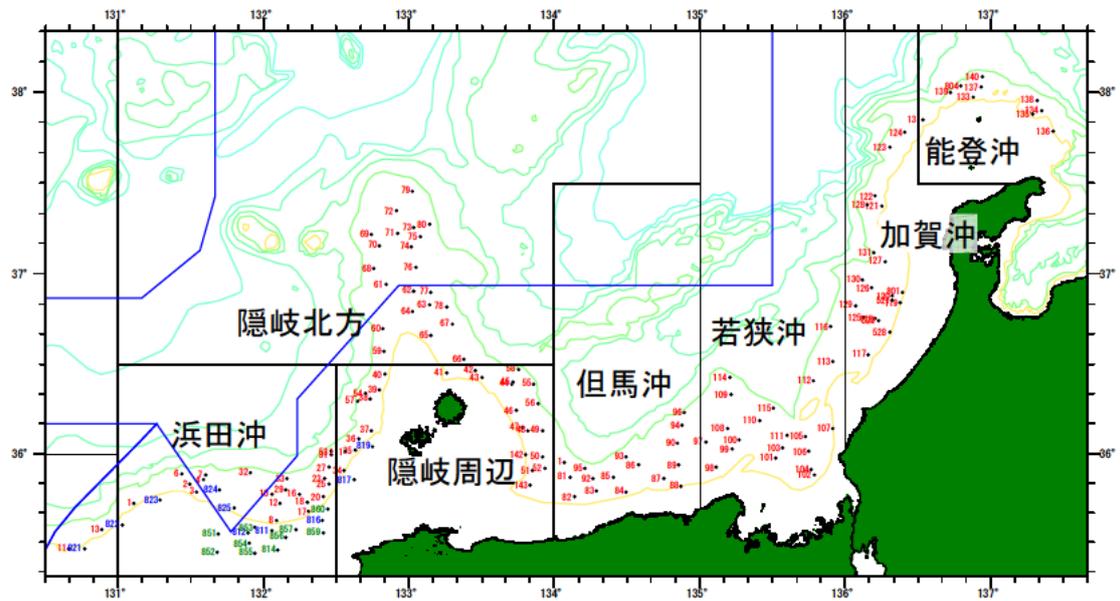
トロール調査から推定された2016年の雄の現存量（甲幅90mm以上）は、2015年より減少し、1999年以降18年間で18番目、2000年をわずかに下回る最低値であった（補足図3-3）。雌（11歳）は2015年より増加し、1999年以降18年間で10番目、現存量が大きく減少した2008年と同程度であった。

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、2016年は60%であった。雌ではこの割合は雄よりも高く、2004年と2007年は94%、2016年も89%と高かった。

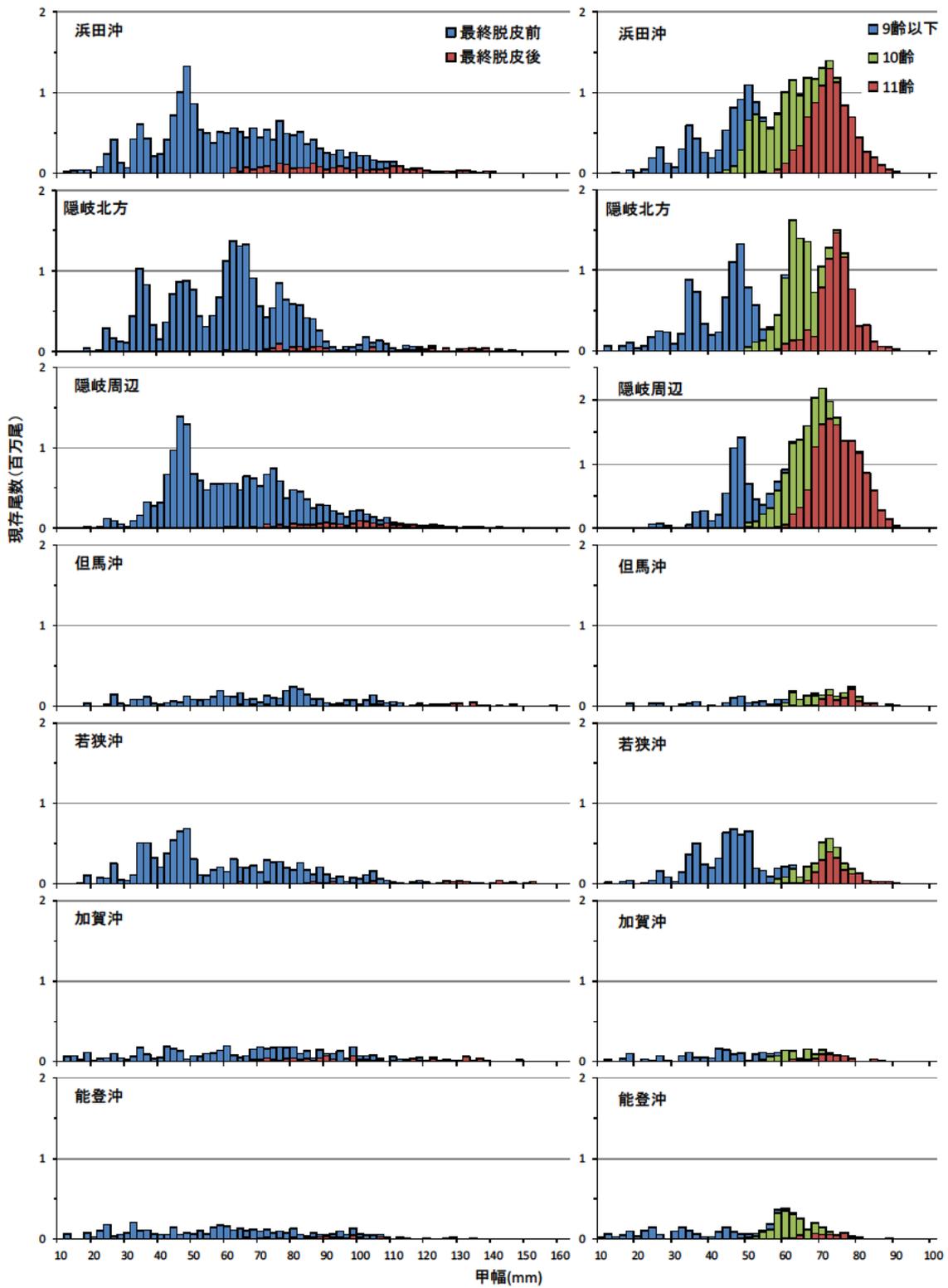
トロール調査日を6月1日として、調査時点の現存量（補足図3-3）より漁期開始時点の資源量を求めた（図10、補足資料2）。

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、2017年のABCは約5%増加する。しかし、2016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。

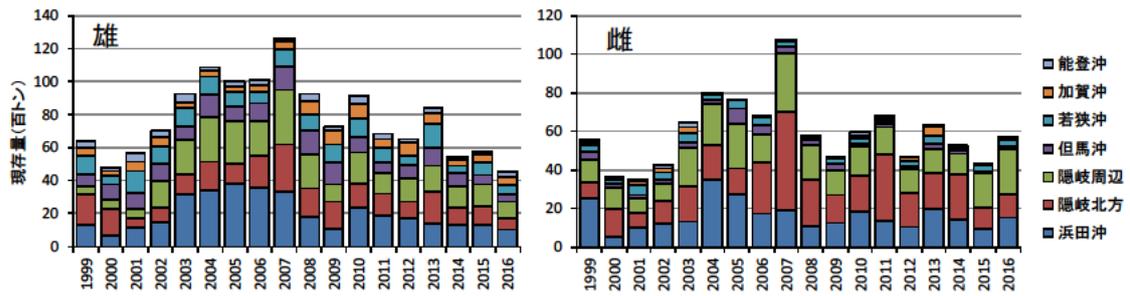
日本海西部海域には、コンクリートブロックを設置して底びき網の操業を不可能にした保護区が設置されている。現状ではすべての保護区内の現存量を推定することは困難である。一方で、保護区内の雌ガニの増加により想定される、再生産関係を経た加入の増加はトロール調査で把握されており、また保護区から染み出してくる資源の一部もトロール調査で把握されている。保護区による、これらの効果については、本評価におけるABCの算定に反映されている。



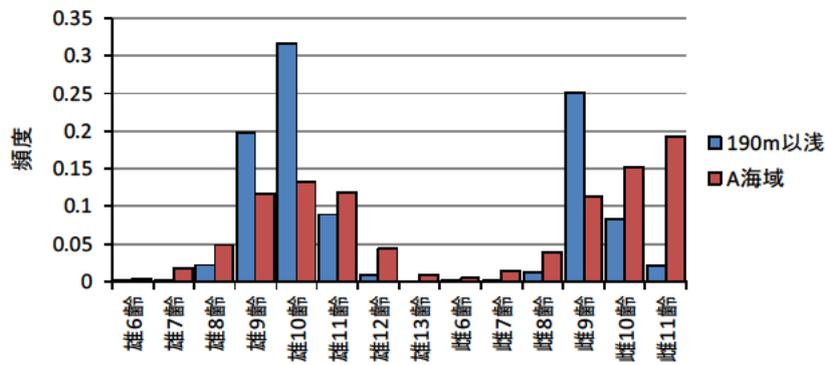
補足図 3-1. トロール調査海域 数字は調査点を、沿岸寄りの黄線は 200m 等深線を示す。



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 2015年以降のトロール調査における新型トロール網の導入について
(協力：東北区水産研究所)

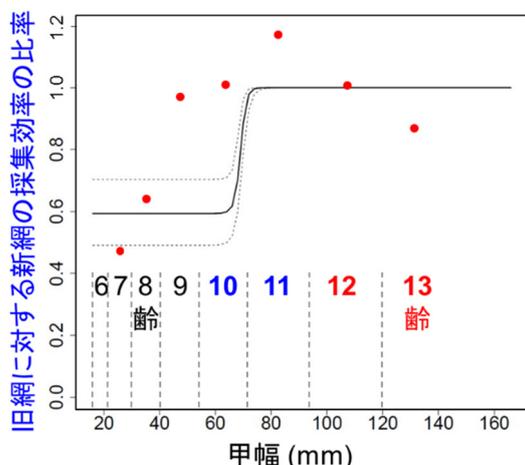
日本海ズワイガニ等底魚資源調査は、2014年まで但州丸(499トン)により、NT-4型着底トロール網(旧網)を用いて行われてきたが、2015年からは但州丸代船(358トン)を含む350トンクラスの調査船によっても円滑な漁撈作業が可能な、小型のNOB-81型着底トロール網(新網)を使用している。新網と旧網の採集効率の違いを明らかにするため、2014および2015年に新網と旧網による並行調査を行い、両網により採集されたズワイガニの甲幅組成を比較した。

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(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の黒実線および下式)。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とについて、これらの齢期が11齢となったときの資源尾数も考慮してさらに検討を進め、来年度以降に新網による齢期別資源尾数の補正を行うこととする。



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

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				
1980	4,035	2,911	193				
1981	4,187	2,813	125				
1982	3,529	2,329	73				
1983	3,577	2,307	183				
1984	3,015	1,885	6				
1985	2,932	1,361	14				
1986	2,591	1,278	9				
1987	2,096	1,334	4				
1988	1,929	1,131	10				
1989	1,863	1,081	3				
1990	1,806	1,044	3				

2015年のA海域全体は概数値

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 分柘目）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。

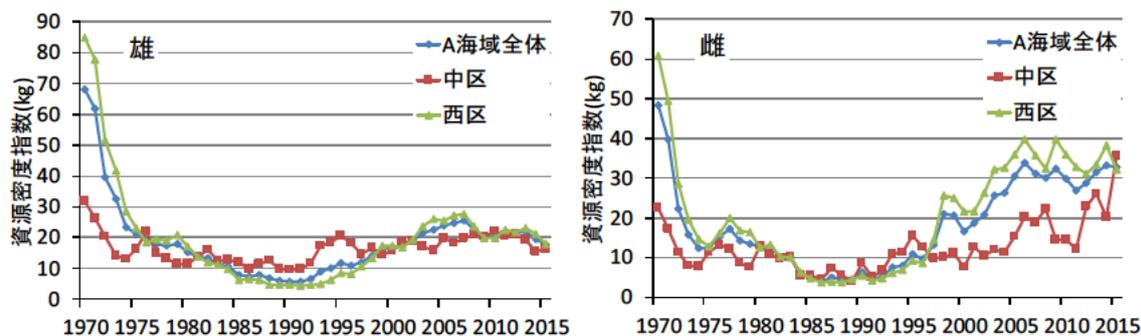
$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

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、これらは狙い操作によるものが多い（井上・原田 未発表データ）。したがって、努力量に有漁網数と漁期中の全網数のいずれを用いても、資源密度指数等の計算値の違いは小さい。

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



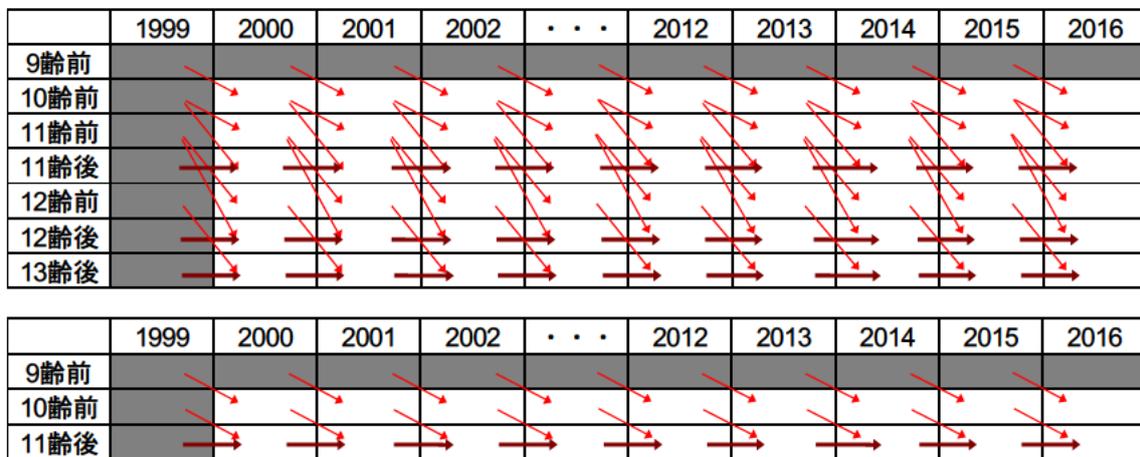
補足図 6-1. A 海域における資源密度指数（西区：但馬沖以西、中区：若狭沖以東）

補足資料7 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を用いたコホート解析を試みた。

①計算方法

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。模式図を補足図7-1に示す。



補足図7-1. 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、「前」は最終脱皮前、「後」は最終脱皮後を、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 と最終脱皮前後、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: 最終脱皮前、ミズガニ

脱皮状態 2: 最終脱皮後、ミズガニ

脱皮状態 3: 最終脱皮後、カタガニ

1999 (t) 年の 9～11 歳の現存尾数 ($R_{i,a,j,t}$) および 2000～2015 年 (t) の 9 歳の現存尾数 ($R_{i,a,1,t}$) を用いて、2000 ($t+1$) 年の 10～12 歳（雌は 9～11 歳）および 2001～2016 ($t+1$) 年の 10 歳の現存尾数を、以下の式を用いて前進計算した。

$$\text{最終脱皮前: } \hat{N}_{i,a+1,1,t+1} = (1 - \gamma_{i,a+1})(R_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t})S_{i,a,1} \quad (15)$$

$$\text{最終脱皮後: } \hat{N}_{i,a+1,2-3,t+1} = \gamma_{i,a+1}(R_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t})S_{i,a,1} + (R_{i,a+1,2-3,t} - C_{i,a,2-3,t})S_{i,a+1,2-3} \quad (16)$$

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

$S_{i,a}$ は t 年、 a 齢、脱皮状態 1 の資源尾数から $(t+1)$ 年、 $(a+1)$ 齢の資源尾数への遷移率 ($N_{i,a,j,t}$ と $N_{i,a+1,j,t+1}$ について採集効率の違いによる影響と生残率を込みにした係数) である。 $\gamma_{i,a}$ および $S_{i,a}$ は年によらず一定とした。漁獲尾数 ($C_{i,a,j,t}$) は、雄では 9~11 齢、雌では 9~10 齢については 0 である。

2001~2016 年の 11~12 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。

$$\text{最終脱皮前： } \hat{N}_{i,a+1,1,t+1} = (1 - \gamma_{i,a+1}) (\hat{N}_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t}) S_{i,a,1,t} \quad (17)$$

$$\text{最終脱皮後： } \hat{N}_{i,a+1,2-3,t+1} = \gamma_{i,a+1} (\hat{N}_{i,a,1,t} - C_{i,a,1,t}) S_{i,a,1,t} + (\hat{N}_{i,a+1,2-3,t} - C_{i,a,2-3,t}) S_{i,a+1,2-3,t} \quad (18)$$

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 ($N_{i,a,j,t}$) について、(19) 式で示される尤度関数 (L) を最大にする 1999 (t) 年の 9~11 齢の現存尾数 ($R_{i,a,j,t}$)、2000~2015 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 ($S_{i,a}$) を推定パラメータとし、MS-excel のソルバーを用いて探索的に求めた。

$$L = \prod_i \prod_a \prod_j \prod_t \frac{1}{N_{i,a,j,t} \sqrt{2\pi\sigma_i^2}} \exp \left[-\frac{(\ln(\hat{N}_{i,a,j,t}) - \ln(N_{i,a,j,t}))^2}{2\sigma_i^2} \right] \quad (19)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{AJT} \sum_a \sum_j \sum_t (\ln(\hat{N}_{i,a,j,t}) - \ln(N_{i,a,j,t}))^2 \quad (20)$$

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。また、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、本解析から除いた。

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

$$\mu_{b,i,a,j,t} = \ln(\hat{N}_{i,a,j,t}) + \varepsilon_{b,i,a,j,t} \quad (21)$$

$$\varepsilon_{b,i,a,j,t} \square N(0, \sigma_i^2) \quad (22)$$

$$N_{b,i,a,j,t} = \exp(\mu_{b,i,a,j,t}) \quad (23)$$

ここで、 b はブートストラップ標本を示す添字である。得られた $N_{b,i,a,j,t}$ を用いて、再び (15) ~ (18) 式により各パラメータの推定を行い $\hat{N}_{b,i,a,j,t}$ を得た。これを 1,000 回繰り返し、以下の式により 90%信頼区間の上限値と下限値を計算した。

$$\hat{N}_{i,a,j,t}^{mean} = \frac{1}{B} \sum_b \hat{N}_{b,i,a,j,t} \quad (24)$$

$$V_{i,a,j,t} = \frac{1}{B-1} \sum_b \left(\hat{N}_{b,i,a,j,t} - \hat{N}_{i,a,j,t}^{mean} \right)^2 \quad (25)$$

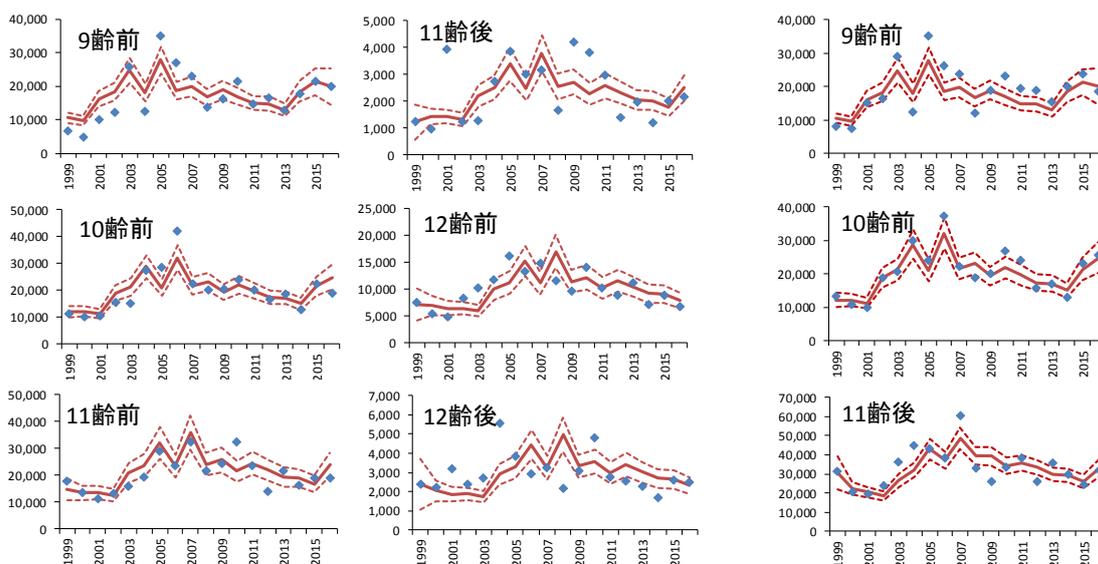
$$\hat{N}_{i,a,j,t}^{upper} = \hat{N}_{i,a,j,t}^{mean} + 1.64\sqrt{V_{i,a,j,t}} \quad \hat{N}_{i,a,j,t}^{lower} = \hat{N}_{i,a,j,t}^{mean} - 1.64\sqrt{V_{i,a,j,t}} \quad (26)$$

②計算結果

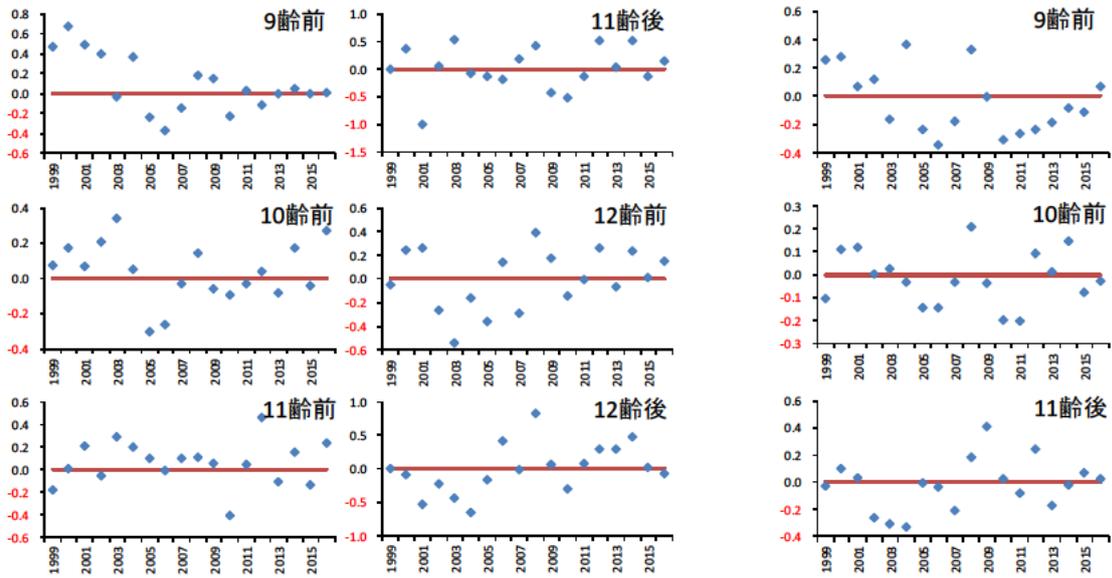
コホート解析により推定された年別齢別現存尾数は、雄の 11 齢および 12 齢の最終脱皮後を除き、トロール調査による観測値によく適合しており（補足図 7-2）、残差の偏りは全体に小さかった（補足図 7-3）。雄の 11 齢および 12 齢の最終脱皮後では、あまり適合していない。この要因としては、最終脱皮後では最終脱皮前に比べ現存尾数が非常に少ないこと、最終脱皮率の年変化や、鉗脚（はさみ）の大小により最終脱皮後と最終脱皮前を判別するため、船上における鉗脚（はさみ）の測定誤差の影響を受けていること等が考えられる。

トロール調査による年別齢別現存尾数とコホート解析による推定値を用いて、それぞれ漁期開始時点の資源量を計算した（計算方法は補足資料 2 を参照）。観測値の年変化が大きい 2007 年以降、コホート解析による推定値では変化が抑えられている（補足図 7-4）。資源が減少した 2008 年以降の平均年変化率は、観測値と推定値でそれぞれ 19%、8%であった。

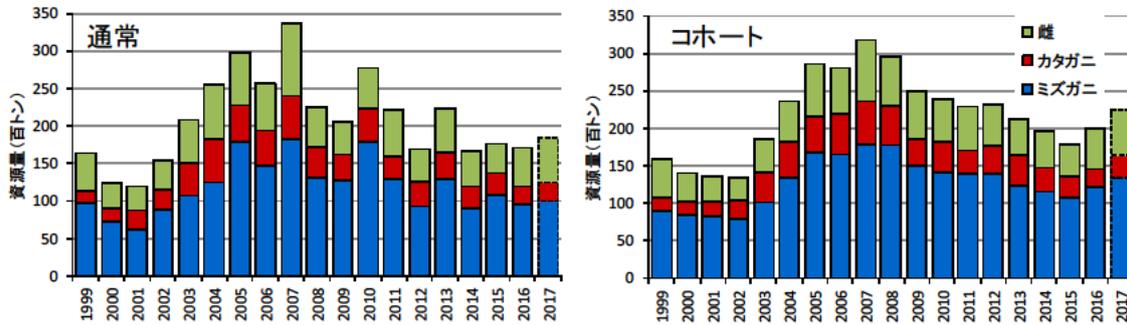
ズワイガニ日本海系群 A 海域では、雌の親魚量維持等の漁獲シナリオを採用している。コホート解析により推定された資源尾数を資源評価に用いることにより、「現状の親魚量」がトロール調査による観測誤差の影響を受けていること等、ABC 算定における不確実性を小さくすることが可能と考えられる。



補足図 7-2. 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、「前」は最終脱皮前を、「後」は最終脱皮後を、それぞれ示す。



補足図 7-3. 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、「前」は最終脱皮前を、「後」は最終脱皮後を、それぞれ示す。



補足図 7-4. トロール調査による漁獲対象資源量の観測値(左図)およびコホート解析による推定値(右図)