

令和 2（2020）年度ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、
宮城県水産技術総合センター、福島県水産資源研究所、
福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場

要 約

本系群の資源量について、着底トロール調査から得た資源量推定値（面積－密度法）に状態空間資源評価モデル（Just another state-space stock assessment model: JASAM）を適用することによって推定した。雌雄合計の資源量は 2008 年漁期の 1,344 トンを頂点に減少傾向となり、2019 年漁期は過去最低の 436 トンと推定された。雌の漁期後の親魚量（以下、親魚量）は、1998 年以降長期的には減少傾向にあり、2019 年漁期は過去最低の 114 トンと推定された。2011 年の東日本大震災（以下、震災）の影響により、漁獲圧が非常に低い水準で推移しているにもかかわらず、資源が増加しない状況が続いている。

令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係にはホッカー・スティック型が適用されている。本系群では自然死亡係数（ M ）の上昇が報告されており、近年の M の値は非常に高い水準で推移している。直近 3 年間の M が今後も続くと仮定した場合、漁獲を 0 とした場合であっても持続的に資源を維持することは困難であり、本系群では最大持続生産量（ MSY ）を実現できる水準の親魚量（ SB_{msy} ）を算出することができない。本系群に対する 2019 年漁期の漁獲圧は非常に低くなっている一方で、2019 年漁期の親魚量は過去最低水準にあることから、資源水準は非常に低い水準にあると判断される。また親魚量の動向は近年 5 年間（2015～2019 年漁期）の推移から「減少」と判断される。

本資料における管理基準値等については、資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会合）における検討材料として、研究機関会議において暫定的に提案されたものである。これらについては、ステークホルダー会合を経て最終化される。

項目	値	説明
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SB_{msy}	—	最大持続生産量（ MSY ）を実現する親魚量
F_{msy}	—	最大持続生産量（ MSY ）を実現する漁獲圧
$\%SPR(F_{msy})$	—	F_{msy} に対応する $\%SPR$
MSY	—	最大持続生産量 MSY
2019 年漁期の親魚量と漁獲圧		
SB_{2019}	114 トン	2019 年漁期の親魚量
F_{2019}	(雄未成熟, 雄成熟, 雌) = (0.01, 0.03, 0.02)	

%SPR (F2019)	93.1%	2019 年漁期の%SPR M=0.493 (2019 年漁期) に対応する%SPR
%SPR (F2017-2019)	94.7%	現状(2017～2019 年漁期)の漁獲圧に対応する%SPR M=0.515 (2017～2019 年漁期)に対応する%SPR
MSY を実現する水準に対する比率		
SB2019/ SBmsy	—	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量に対する 2019 年漁期の親魚量の比
F2019/ Fmsy	—	最大持続生産量(MSY)を実現する漁獲圧に対する 2019 年漁期の漁獲圧の比

再生産関係：ホッケー・スティック型（自己相関あり）

親魚量の水準	—
漁獲圧の水準	—
親魚量の動向	減少

本系群においては、最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）を算出することができないため、神戸プロットは提示できない。

漁期年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2016	574	147	11.2	—	2.0
2017	594	153	12.7	—	2.1
2018	520	131	5.2	—	1.0
2019	436	114	9.1	—	2.1
2020	335	82	5.9	—	1.8
2021	285	71	—	—	—

資源量は漁獲対象資源量、親魚量は漁期後の親魚量、2020 年漁期以降の値は推定値である。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり。

データセット	基礎情報、関係調査等
年別漁獲量	県別漁獲統計(農林水産省・各県水試調べ) 太平洋北区 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 市場調査(福島県)
資源量指数 加入量指標値	着底トロール調査(10～11月、水研)
成熟年齢 年別平均体重	着底トロール調査(10～11月、水研)

漁獲量は漁期年（7月～翌年6月）で集計している。また、漁期は12月～翌年3月。

2. 生態

(1) 分布・回遊

太平洋北部では、ズワイガニは青森県～茨城県沖の水深150～750 mに分布し、分布密度は宮城県～福島県沖で高い（図2-1、北川 2000）。太平洋北部では、雄は甲幅80 mm以上、雌は外仔を持つ成熟雌が漁獲対象となるが、それらの個体は水深400～500 mに多く分布し、この水深帯が主漁場となっている（北川 2000）。オホーツク海沿岸の漁場水深は150～250 m（土門 1965）、日本海西部海域の漁場水深は200～400 mであることから（伊藤 1956、金丸 1990）、太平洋北部の漁場水深は他の海域より深いと考えられる。調査船調査で得られた本種の水深別の甲幅組成から、甲幅20～40 mmの若齢ガニは水深400 m以浅の海域に広く生息し、成長すると深所へ移動すると推測されているが（北川 2000）、太平洋北部での生活史、特に季節的な深浅移動や南北方向の移動の詳細は明らかになっていない。

(2) 年齢・成長

本系群では、甲幅によって脱皮齢期を推定している。ズワイガニ日本海系群では、甲幅20 mm程度（6齢期末満）までは1年間に複数回の脱皮を行い、以降は最終脱皮まで毎年1回脱皮すると推定されている（桑原ほか 1995）。ズワイガニ太平洋北部系群の6齢期までの成長が日本海系群と同じと仮定すると、本系群では9齢期までの成長には雌雄差はなく、8齢期で甲幅28～42 mm、9齢期で甲幅42～56 mmとなる（図2-2、表2-1、上田ほか 2007）。

雄では、10齢期となるのは甲幅56～74 mmであり、この齢期以降で最終脱皮をする個体が出現する。その後、雄の最終脱皮をしていない個体は、11齢期で甲幅74～86 mm、12齢期で甲幅86～98 mmとなり、多くの個体は13齢期（甲幅98～110 mm）までに最終脱皮を行う。ごく少数ながら、13齢期でも最終脱皮していない個体（甲幅98 mm以上）が認められる。14齢期となる甲幅110 mm以上では、最終脱皮前の個体は認められていない。

雌では、10齢期の個体は甲幅56～76 mm程度である。太平洋北部では、ほとんどの雌は11齢期になる際、最終脱皮を行うと考えられることから、本系群の資源評価では、すべての雌が11齢期になる際、最終脱皮すると仮定している。なお、雌雄ともに最終脱皮後には個体の成長が停止する。また、6齢期までの成長が日本海系群と同じと仮定すると、寿命は

10 歳以上と考えられる。

(3) 成熟・産卵

本系群では、10 齢期で成熟(=最終脱皮)を開始する雄がみられる(図 2-2、上田ほか 2007)。若齢期に最終脱皮した個体は甲幅が小さいまま成長が止まり、雄では甲幅が 80 mm に満たない場合には漁獲対象資源とならない。

1997～2019 年の着底トロール調査で得た甲幅別成熟割合を図 2-3 に示した。雄では、甲幅 60 mm 未満でも成熟個体がわずかにみられるが、甲幅 80 mm で成熟個体の割合が 50%以上となり、甲幅 110 mm 以上でほとんどの個体が成熟する。本系群の雄の成熟甲幅は日本海より小さい。また、日本海に比べて大型の雄が少ないとされているが、この原因は成長速度の違いによるものではなく、成熟サイズの差に起因すると考えられている(上田ほか 2007)。雌では、甲幅 60 mm から成熟割合が高まり、甲幅 68 mm で 50%以上、甲幅 76 mm 以上で大部分が成熟する。雌の成熟甲幅は日本海とほぼ同じである。産卵期および産卵場の詳細は不明であるが、孵出に近い外仔を有する雌は冬～春に多く採集される。

(4) 被捕食関係

太平洋北部での食性は不明であるが、他海域では底生生物を主体として、甲殻類、魚類、イカ類、多毛類、貝類、棘皮動物など多様な生物を捕食するほか、共食い(大型個体による小型個体の捕食)することが報告されている(安田 1967、尾形 1974、Lovrich and Sainte-Marie 1997、Kolts et al. 2013)。索餌期は周年、索餌場所は水深 150～750 m である。また、小型の個体はマダラ、ゲンゲ類、ガンギエイ類等に捕食されるほか、大型の個体についても脱皮直後と思われる個体がマダラに被食されていた事例が報告されている(伊藤ほか 2014、伊藤 1968、Robichaud et al. 1991)。

(5) 特記事項

本系群では JASAM (Shibata et al., (投稿中) プレプリントは BioRxiv を参照 [https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.02.02.931428v1]) によって自然死亡係数(M)が推定されている。その結果、M の上昇が認められており、震災以降の漁獲圧が非常に低い水準に留まっているにも関わらず、資源が回復しない要因となっている。M が上昇した原因については、東北沖の底水温の上昇がその一因となっている可能性が指摘されている(補足資料 6)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本報告では、漁期年を 7 月～翌年 6 月として漁獲量を集計し、漁期年は 12 月が属する年として表示した。本系群は主に沖合底びき網漁業(以下、沖底)によって漁獲されているが、ズワイガニを選択的に漁獲する専業船は少なく、他の魚種とともに漁獲対象の一つとして扱われている。漁獲量のうち、宮城県以南のオッタートロール漁法(以下、トロール)による漁獲が大部分を占め、特に福島県の占める割合が多い(図 3-1)。福島県では 1975～1980 年頃からズワイガニの漁獲を開始し、1990 年代半ば以降は本系群の漁獲量の大部分を福島

県船が漁獲している（表 3-1）。しかし、震災の影響により福島県船は操業休止・自粛となり、2012 年 11 月以降、福島県では試験操業のみが行われている。

1996 年に農林水産省令に基づき規制が導入され、漁期（12 月 10 日から翌年 3 月 31 日）と漁獲サイズ規制（雄では甲幅 80 mm 未満、雌では外仔を持たない未成熟ガニの漁獲が禁止）が定められた。また、規制の導入とあわせて TAC 対象種に指定されている。これらの公的規制に加え、水揚げの中心である福島県松川浦漁港では、沖底船の 1 隻 1 航海当たりの水揚げ量制限や休漁日の設定が行われており、また茨城県でも 12 月中の漁獲を禁止するなどの自主規制が行われている。

（2）漁獲量の推移

1985 年漁期以降、福島県松川浦漁港では雌雄別漁獲量が把握されている。しかし、青森県～茨城県全体の漁獲量が把握できるのは 1996 年漁期以降である。

全県の合計漁獲量の推移をみると、岩手県が含まれていないものの 1995 年漁期に過去最高の 353 トンに達し、その後 2000 年漁期に 107 トンまで減少した（図 3-1、表 3-1）。2003 年漁期には茨城県の漁獲量が増加して 279 トンと急増したが、これを除けば、全県の合計漁獲量は漁獲の大部分を占める福島県の漁獲量と類似した動向を示し、2008 年漁期に 245 トンとなった後、2010 年漁期には 159 トンに減少した。震災等による福島県船の操業休止のため、漁獲量は 2011 年漁期に 0.5 トンとなった後、試験操業の開始により 2012 年漁期に 5.6 トンとなり、2017 年漁期にはやや増加して 12.7 トンとなった。2018 年漁期は天候に恵まれなかったこともあり、5.2 トンと減少したが、2019 年漁期は 9.1 トンであった。各年の漁獲量と各年の齢期別平均甲幅から雌雄別の漁獲尾数の推移をみると、データのある 1997 年漁期以降、ほぼすべての漁期年で雌の漁獲尾数が雄の漁獲尾数を上回っていた（図 3-2）。なお、当海域のズワイガニの漁獲量は価格の動向や他魚種の漁獲状況等に影響を受けるため、漁獲量の多かった震災前においても、その変動は資源の変動を直接示していない可能性が高いと考えられる。

（3）漁獲努力量

本系群は主に沖底によって漁獲されている。沖底の漁獲成績報告書（以下、沖底漁績）を用い、漁獲努力量として福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの有漁網数（漁船ごとのズワイガニが漁獲された日の網数の合計）を求め、その推移を調べた（図 3-3）。漁獲努力量は、1997～2002 年漁期に 2,000 網前後で推移し、2003 年漁期に 3,600 網に増加した後、2005 年漁期に 1,500 網に減少した。その後、増加傾向となり、2008～2009 年漁期に再び 3,600 網に増加したが、2011 年漁期には、震災の影響により 0 網となった。2012 年漁期以降は試験操業のみとなっており、最大で 56 網（2018 年漁期は 20 網）と極めて低い値である。なお、2010 年漁期の値については震災によって沖底漁績が提出前に流出したために使用できない。

4. 資源の状況

（1）資源評価の方法

齢期別漁獲尾数（補足資料 5）と、1997 年以降、毎年 10～11 月に調査船若鷹丸で実施し

ている底魚類資源量調査（以下、「着底トロール調査」という）（青森県～茨城県沖、水深 150～900 m、2019 年は計 107 地点、ズワイガニの採集地点は 53 地点）から得た資源量推定値（面積－密度法、補足資料 3）を観測値として扱い、状態空間資源評価モデル（State-space stock assessment model: SAM、Nielsen and Berg 2014）を元に開発した JASAM（Just another state-space stock assessment model）を適用し、資源の計算を行った（補足資料 1）。なお、JASAM は現在投稿中であるため、本評価票においては詳細なモデル式を省略し、一部の結果のみ掲載する（モデル式は前述のプレプリントを参照）。

（2）資源量指標値の推移

沖底漁績から得た有漁網数と漁獲量を用い、主漁場である福島県の沖底による単位努力量当たり漁獲量（CPUE）の推移を調べた。その結果、CPUE（kg/網）は 2005 年漁期まで緩やかな減少傾向を示し、2006～2008 年漁期にやや増加したが、2009 年漁期には 2005 年漁期の水準まで減少した（図 4-1）。2011 年漁期は漁業が行われなかったため、また 2014 年漁期は網数が 1 網のみであったため、CPUE を計算していない。2014 年漁期を除く 2012～2017 年漁期の CPUE は 55.4、63.4、122、162、188 kg/網と急激な上昇傾向を示したが、漁獲努力量は最大で 56 網にとどまっていた。2018 年漁期は悪天候等の影響により網数は 20 網にとどまっており、CPUE は 64.6 kg/網と大きく減少した。

沖底漁績では、操業位置や漁獲量等は 1 日毎にまとめて報告されており、狙い操業と混獲の区別が困難である。さらに、震災後には福島県船が試験操業のみとなっており、震災前後の CPUE の質的变化も大きいと考えられる。このため、沖底の CPUE の推移は本系群の資源動向を反映していない可能性があると考えられる。

（3）資源量と漁獲圧の推移

JASAM によって推定された雌雄合計の資源量は、1997～2008 年漁期に 727～1,344 トンの間を変動した後、減少傾向となっており、2019 年漁期は 436 トンと過去最低の資源量であった（図 4-2、表 4-1）。雌雄別の資源量は雌雄ともに 2008 年をピーク（雌：534 トン、雄：810 トン）に減少傾向にある（図 4-3）。2002 年漁期以前は雌雄で異なる動向を示していたが、近年は雌雄でほぼ同じ動向となっており、2019 年の漁獲対象資源量は雌が 191 トン、雄が 245 トンであった。親魚量の推移を見ると、1998 年漁期の 412 トン以降、長期的に減少傾向にある（図 4-4）。2003～2007 年漁期に緩やかに増加したものの、その後は減少傾向にあり、2019 年漁期には過去最低となる 114 トンであった。

震災以降、低い漁獲圧が続いているにもかかわらず、資源量は明確に増加していない。その原因を特定するに至っていないが、下記に原因として考えられる事項を列記する。

- ① 地震や津波の影響により、沖合の比較的深い海底でも物理的な変化が生じた。
- ② 高水温による斃死で自然死亡率が高まった。
- ③ 高水温により好適分布域が狭まり、共食いや雌を巡る競争での自然死亡率が高まった。
- ④ 最終脱皮率が高くなり、一頭あたり平均体重が減少した。
- ⑤ 福島県船の操業休止や放射性物質検出による操業自粛により、底魚類への漁獲圧が大きく下がったため、マダラなどの高次捕食者の個体数が急増した。そのため、ズワイガニへの捕食圧が高まるなど、生態系のバランスが変化し、自然死亡率が高くなった。

②について、東北沖では 2006 年以降、平均底水温の上昇傾向が認められる(補足資料 6)。また JASAM によって推定された自然死亡係数 M の推移をみると、1997 年は $M=0.204$ であったが、2005 年 ($M=0.324$) にかけて徐々に上昇し、2012 年の $M=0.628$ まで明確な上昇傾向が認められた(図 4-5、表 4-2)。2013 年以降、 M は緩やかに低下しており、2019 年は $M=0.493$ と推定され、直近 3 年間の平均値は $M=0.515$ であった。底水温の推移と M の推移は完全には一致していないものの、ズワイガニは 7°C 以上の水温ではエネルギー的に生存できないことが報告されており (Foyle et al., 1989)、底水温の上昇が M の上昇の一因となっている可能性がある。

④について、本系群では JASAM によって最終脱皮率が推定されている。その結果、最終脱皮率は 1997 年漁期から上昇していると推定された(表 4-3)。最終脱皮率が上昇すると、若い齢期で成長が停止する個体が増加するため、成長に伴う資源量の増加が鈍くなるとともに、次年度以降の漁獲対象資源となる尾数が少なくなるため、資源量が減少する。

⑤については、マダラの食性分析を行った結果、マダラによる捕食がズワイガニ資源に与える影響は小さくないことが示唆されている(伊藤ほか 2014)。

雌雄合計の漁獲割合は、1997 年漁期の 30.6% をピークに 2000 年漁期に 12.7% まで減少した後、2003 年に 37.6% まで上昇した(図 4-6、表 4-1)。その後、2004~2010 年漁期には 13~18% 程度を推移した。2011 年漁期には、震災の影響による福島県船の操業休止に伴い、漁獲量はごくわずかとなり、漁獲割合は 0.1% まで激減した。2012 年漁期に試験操業が開始されたものの、2012~2018 年漁期の漁獲割合は 0.1~2.1% (2019 年漁期は 2.1%) と低い値に留まっている。漁獲割合と同様に、 F 値も震災以降は低い値となっており、2012~2018 年漁期の F 値は 0.001~0.022 (雌雄合計の値、2019 年漁期は 0.021) である(図 4-7)。

加入量と再生産成功率 (RPS) の推移を図 4-8 に示した。なお、ここでの加入量は JASAM で推定された雌の 8 齢期資源尾数である。RPS は加入量の増加とともに 2002~2008 年級で増加しており、2008 年級は 33.9 尾/kg であった。その後は増減しながら推移しているが、長期的には減少傾向にあり、2017 年級は 8.2 尾/kg、2019 年級は 10.7 尾/kg と低い水準で推移している。

項目	値	説明
SB2019	114 トン	2019 年漁期の親魚量
F2019	(雄未成熟, 雄成熟, 雌) = (0.01, 0.03, 0.02)	
U2019	2.1%	2019 年漁期の漁獲割合

(4) 加入量当たり漁獲量 (YPR)、加入量当たり親魚量 (SPR) および現状の漁獲圧

ズワイガニの最終脱皮を組み込んだ齢構成モデルを用い (Ueda et al. 2009)、雌雄別の YPR と %SPR を求めた(図 4-9)。 M 、最終脱皮率には JASAM で得られた推定値を用い、 M は直近 3 年間の平均値 ($M=0.515$) とした。本系群では、雄は甲幅 80 mm 以上、雌は成熟個体が漁獲対象となるが、漁獲対象外資源は漁獲対象資源と同様の F 値で漁獲され、漁獲後に放流されると仮定した。なお、ここでは生理的寿命を考慮せずに計算を行い、漁獲対象外資源が放流される際、50% が生残すると仮定した。その結果、 $F_{\max}$ は雄で 0.33、雌で 0.26、 $F_{0.1}$

は雄で 0.24、雌で 0.20、F30%SPR は雌で 0.50 であった。F2017-2019（2017～2019 年漁期の平均）は雄で 0.015、雌で 0.018 であり、F0.1 などと比較して非常に小さい値となっている。なお、震災前の平均的な Fave3-yr（F2006-2009、2008 年漁期を除く）は、雄で 0.13、雌で 0.23 であり、雌に関しては F0.1 よりも大きい値であった。

1997～2019 年漁期の各年の雌の F 値に対して、各年の M に対応する雌の %SPR を算出した（図 4-10）。2019 年の M を仮定して 2019 年漁期の %SPR を計算したところ、雌の F2019（0.023）に対応する %SPR は 93.1%であった。

項目	値	説明
%SPR (F2019)	93.1%	2019 年漁期の %SPR M=0.493（2019 年漁期）に対応する %SPR
%SPR (F2017-2019)	94.7%	現状（2017～2019 年漁期）の漁獲圧に対応する %SPR M=0.515（2017～2019 年漁期）に対応する %SPR

（5）再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 4-11 に示す。令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはホッカー・スティック型再生産関係が適用されている（森川ほか 2020）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、令和元（2019）年度の資源評価（柴田ほか 2020）に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いている。加入量の残差には自己相関を考慮している。ただし本系群では加入までのプロセスが不明なため、日本海系群の仮定を適用し、加入までの年数を 5 年と仮定して再生産関係を推定しているほか、JASAM によって 8 齢期の資源尾数を推定する際にはランダムウォークを仮定している。このため、本系群の再生産関係は JASAM 外で再生産関係を推定した場合の試算値である（森川ほか 2020）。再生産関係式の各パラメータを下表に示す。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ホッカー・スティック型	最小二乗法	有	18.169	259.85	0.275	0.861

ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/kg）、b は HS の折れ点となる親魚量（トン）である。

（6）現在の環境下において MSY を実現する水準

上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」では、本系群において現状の M が今後も継続した場合、仮に禁漁したとしても資源を維持することは不可能であることから、本系群では資源を持続的に維持するための管理基準値案は検討されていない。

項目	値	説明
SBmsy	—	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量。
Fmsy		

%SPR (Fmsy)	—	Fmsy に対応する%SPR
MSY	—	最大持続生産量 MSY

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

本系群では、高い M により MSY を実現する親魚量および漁獲圧を計算できないため、神戸プロットは提示せず、 MSY 水準に基づく資源水準は判断できない。しかし、 $JASAM$ によって推定された資源量の推移をみると、2019 年漁期の資源量は過去最低の水準にあることから、資源の水準は非常に低い状態にあると考えられる。また親魚量の動向は近年 5 年間（2015～2019 年漁期）の推移から「減少」と判断される。

項目	値	説明
SB2019/ SBmsy	—	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量に対する 2019 年漁期の親魚量の比
F2019/ Fmsy	—	最大持続生産量(MSY)を実現する漁獲圧に対する 2019 年漁期の漁獲圧の比

親魚量の水準	—
漁獲圧の水準	—
親魚量の動向	減少

5. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は 2008 年漁期の 1,344 トンをピークに減少傾向が続いており、2019 年漁期の資源量は過去最低の 436 トンであることから、資源水準は非常に低いと判断される。また親魚量の動向は近年 5 年間（2015～2019 年漁期）の推移から「減少」と判断される。

本系群では、近年の高い M により MSY を実現する管理基準値を求めることができない。令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、将来的に M が低下した場合に管理基準値等を設定する水準である「管理基準値設定水準案」が提案されている（森川ほか 2020）。管理基準値設定水準案は「現状の漁獲圧（ $F_{current}$ ）のもとで資源が回復し得る親魚量を維持する基準」と定義され、これを達成する M の直近 3 年間の平均値として $M \leq 0.432$ が提案されている。現状の M （2017～2019 年の平均値）は 0.515 であることから、本系群では引き続き管理基準値案、漁獲管理規則案は検討できない。

6. その他

本系群では近年の M が非常に高くなっており、 M を現状の M （2017～2019 年の平均値）、将来の加入量としてホッケ－・スティック型再生産関係に基づく加入を仮定した場合、仮に F 値を 0 とした場合であっても、資源量は回復しないことが予測されている（参考資料）。そのため、漁期以外の混獲を極力避ける、小型個体が多く入網する場所では操業を控える、成体については可能な限り放流するなど、少しでも親魚量を確保することが重要である。ま

た雌雄別の漁獲重量の推移を見ると、雌雄でほぼ等しい、あるいは雌が雄より多い傾向にある。本格的な漁業再開後には、雌雄別の漁獲方策を検討していく必要がある。

7. 引用文献

- 土門 隆 (1965) ズワイガニ調査 (1964). 北水試月報, **22**, 219-234.
- 伊藤勝千代 (1956) 日本海の底魚漁業とその資源. 重要水族の漁業生物学的研究 (ズワイガニの項). 日水研報告, **4**, 293-305.
- 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. 日水研報告, **19**, 43-50.
- 伊藤正木・服部 努・成松庸二・柴田泰宙 (2014) 東北沖太平洋におけるズワイガニの捕食について. 東北底魚研究, **34**, 123-132.
- 金丸信一 (1990) 日本海区のズワイガニ類の漁獲状況について. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, **23**, 13-23.
- 北川大二 (2000) 東北海域におけるズワイガニの分布と生物特性. 東北水研研報, **63**, 109-118.
- Lovrich, G. A., B. Sainte-Marie (1997) Canibalism in the snow crab, *Chionoecetes opillio* (O. Fabricius) (Brachyura: Majidae), and its potential importance to recruitment. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **221**, 225-245.
- Kolts, J. M., J. R. Lovvorn, C. A. North, J. M. Grebmeier and L. W. Cooper (2013) Effects of body size, gender, and prey availability on diets of snow crabs in the northern Bering Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., **483**, 209-220.
- Robichaud, D. A., R.W. Elnor, R. F. J. Bailey (1991) Differential selection of crab *Chionoecetes opillio* and *Hyas* spp. as prey by sympatric cod *Gadus morhua* and thorny skate *Raja radiata*. Fishery Bulletin, U.S., **89**, 669-680.
- 桑原昭彦・篠田正俊・山崎 淳・遠藤 進 (1995) 「日本海西部海域におけるズワイガニの資源管理」. 日本水産資源保護協会, 東京, 89 pp.
- 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, 64 pp.
- Nielsen, A. and C. W. Berg (2014) Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. Fish. Res., **158**, 96-101.
- Shibata, Y., J. Nagao, Y. Narimatsu, E. Morikawa, Y. Suzuki, S. Tokioka, M. Yamada, S. Kakehi, H. Okamura. Estimating maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku Japan via a state-space assessment model with time-varying natural mortality. bioRxiv931428, <https://doi.org/10.1101/2020.02.02.931428>
- Foyle T. P., O'Dor R. K. and Elnor R. W. (1989) Energetically defining the thermal limits of the snow crab. J. Exp. Biol. **145**, 371-393.
- 上田祐司・伊藤正木・服部 努・成松庸二・藤原邦浩・吉田哲也・北川大二 (2007) 東北地方太平洋岸沖におけるズワイガニの甲幅組成解析により推定された成長. 日水誌, **73**, 487-494.
- 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.

安田 徹 (1967) 若狭湾におけるズワイガニの食性. I.胃内容物組成について. 日水誌, **33**, 315-319.

森川英祐・成松庸二・柴田泰宙・鈴木勇人・時岡 駿・金森由妃・三澤 遼・永尾次郎 (2020) 令和 2 (2020) 年度ズワイガニ太平洋北部系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. 水産研究・教育機構, 1-27. FRA-SA2020-BRP02-5. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_zuwai_pacific_north_r.pdf (last accessed 05 August 2020)

柴田泰宙・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・永尾次郎 (2020) 令和元 (2019) 年度ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京.

(執筆者: 森川英祐、柴田泰宙、成松庸二、富樫博幸、鈴木勇人、時岡 駿、三澤 遼、金森由妃、永尾次郎)



図 2-1. 太平洋北部（北海道を除く）のズワイガニの分布

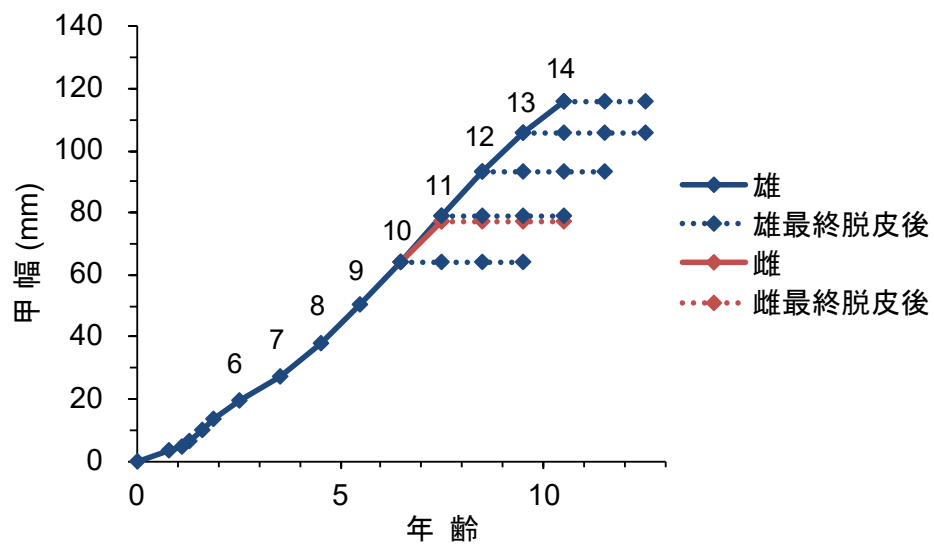


図 2-2. 太平洋北部におけるズワイガニの年齢、脱皮齢期および甲幅の関係
数字は脱皮齢期を示す。10 齢期までは雌雄共通。

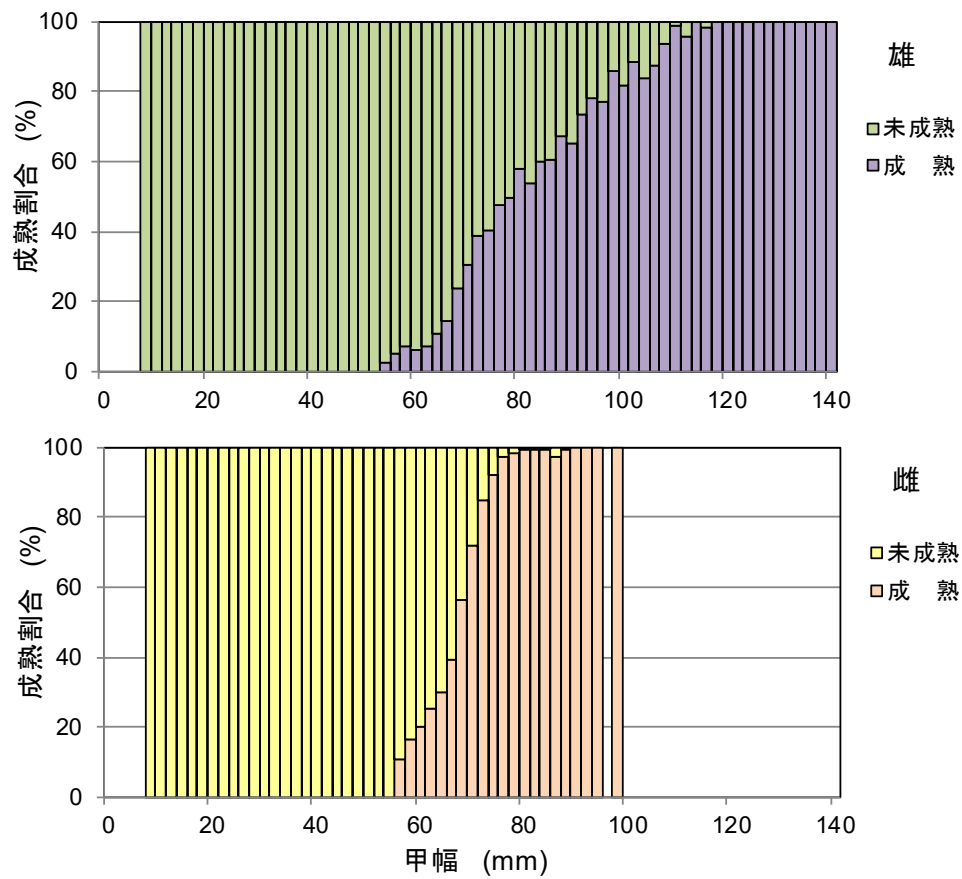


図 2-3. ズワイガニの甲幅別成熟割合 (1997～2019 年漁期)

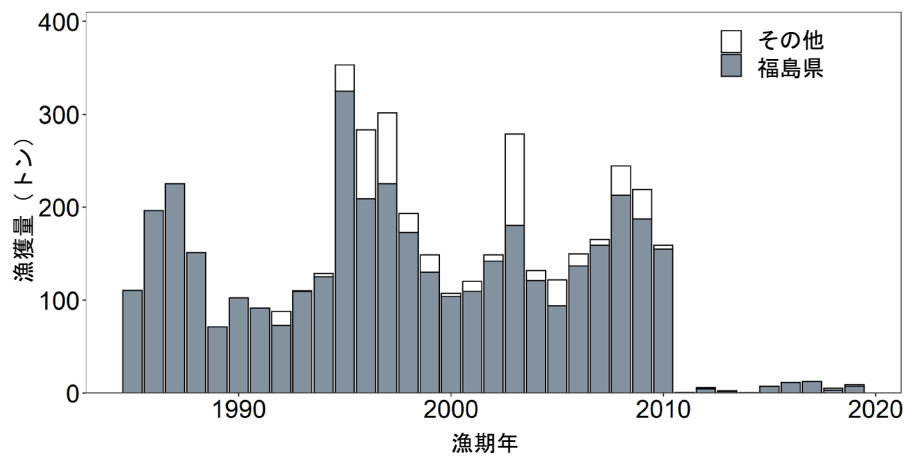


図 3-1. 漁獲量の推移

1985～1991 年漁期の福島県の漁獲量は、相馬港のみの値。

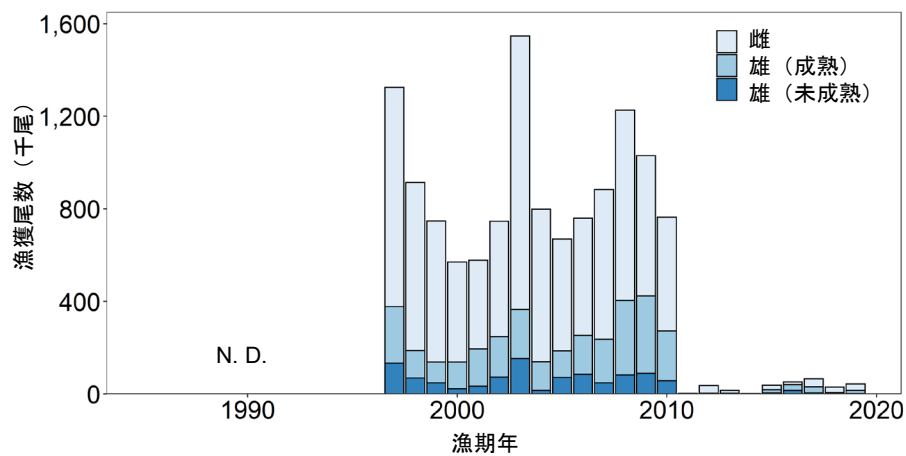


図 3-2. 齢期別漁獲尾数

雄の齢期別漁獲尾数については補足資料 5 参照。

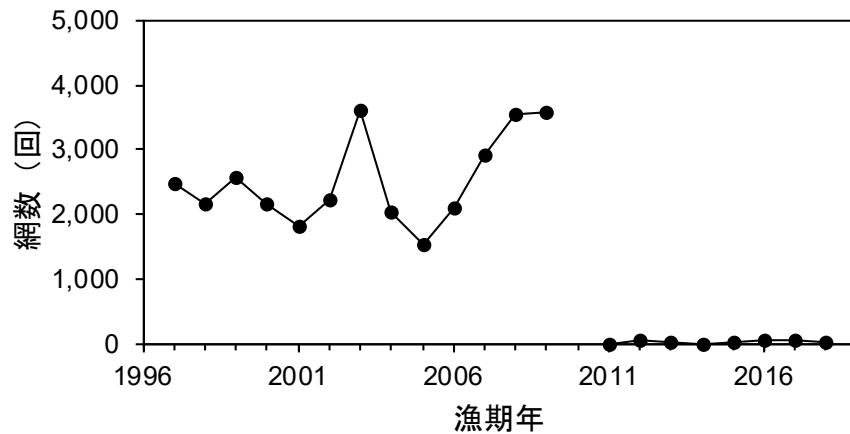


図 3-3. 漁獲努力量（有漁網数）の推移（福島県の沖底）

震災による沖底漁績流出のため、2010 年漁期の値は使用できない。

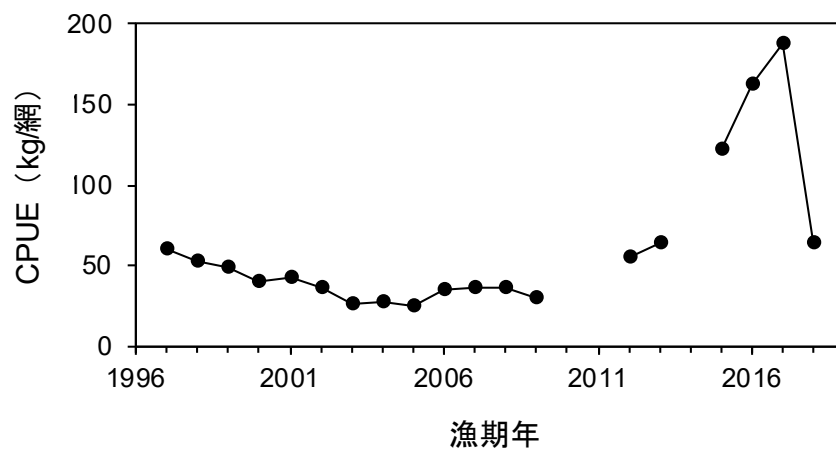


図 4-1. 福島県の沖底（トロール）によるズワイガニの CPUE

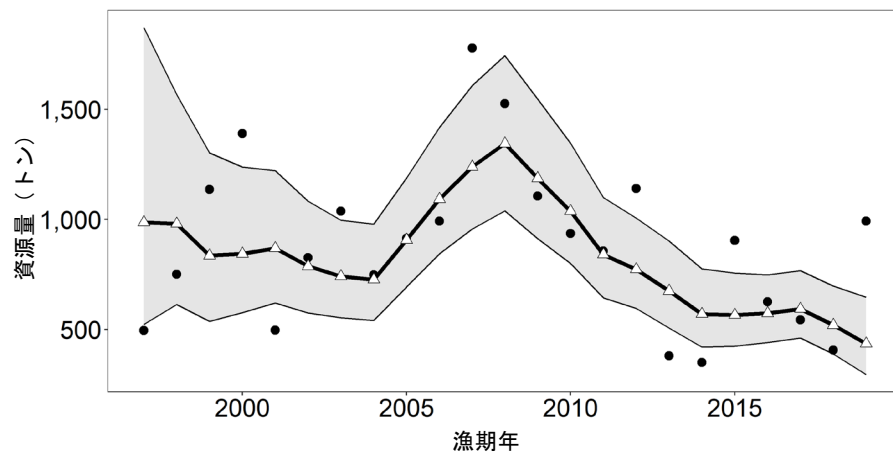


図 4-2. 漁獲対象資源量（三角点）、トロール調査による資源量の観測値（黒点）の推移
灰色部分は 95%信頼区間を示す。

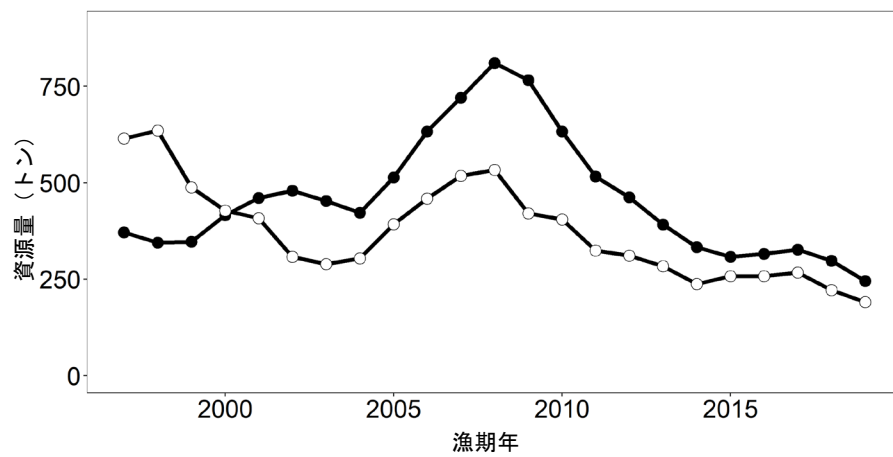


図 4-3. 雌雄別漁獲対象資源量（雄：黒点、雌：白点）の推移

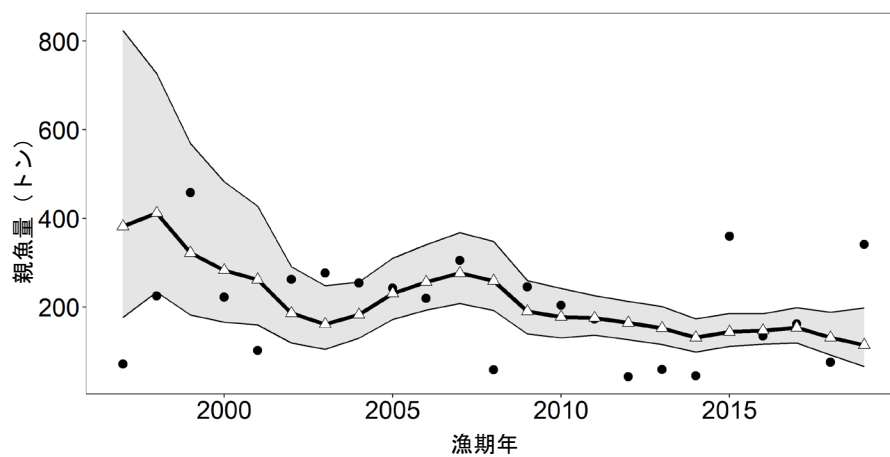


図 4-4. 漁期後親魚量（SSB）の推移

三角点は JASAM による推定値、灰色は 95%信頼区間である。
黒点はトロール調査による観測値を示す。

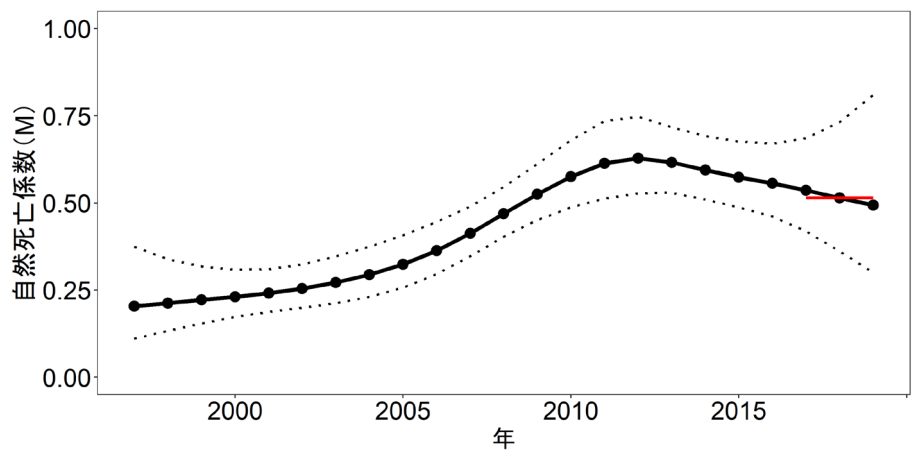


図 4-5. 自然死亡係数 M の推移

なお、点線は 95%信頼区間、赤線は現状の M (2017～2019 年の平均値) である。

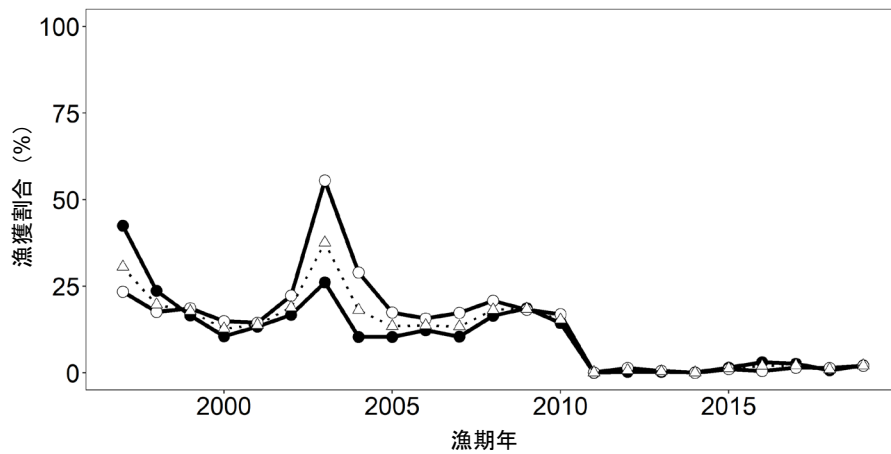


図 4-6. 漁獲割合 (雄：黒点、雌：白点、雌雄計：三角点) の推移

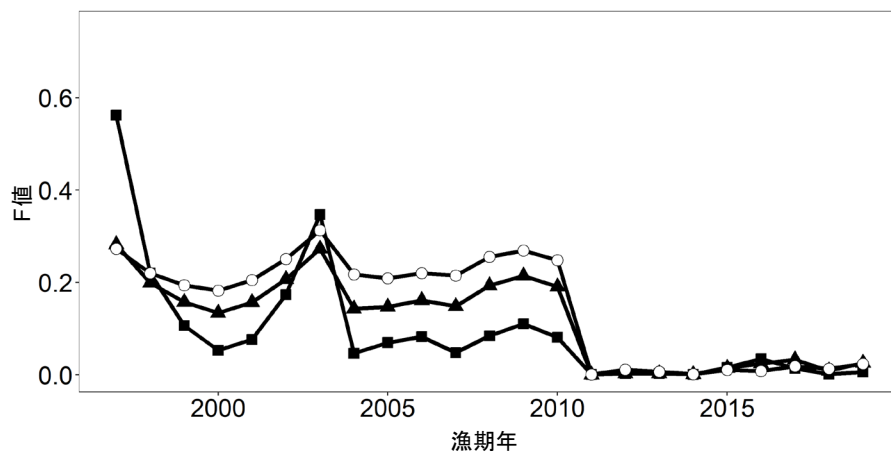


図 4-7. F 値 (未熟雄：黒四角点、成熟雄：黒三角点、雌：白点) の推移

なお、ここでは最終脱皮の有無で未熟、成熟を区分した。

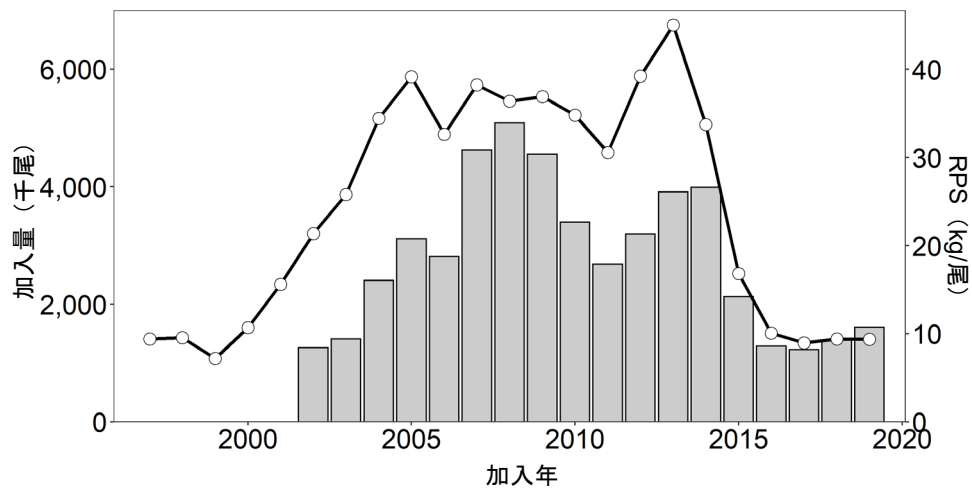


図 4-8. 加入量（折れ線）と再生産成功率（棒グラフ）の推移

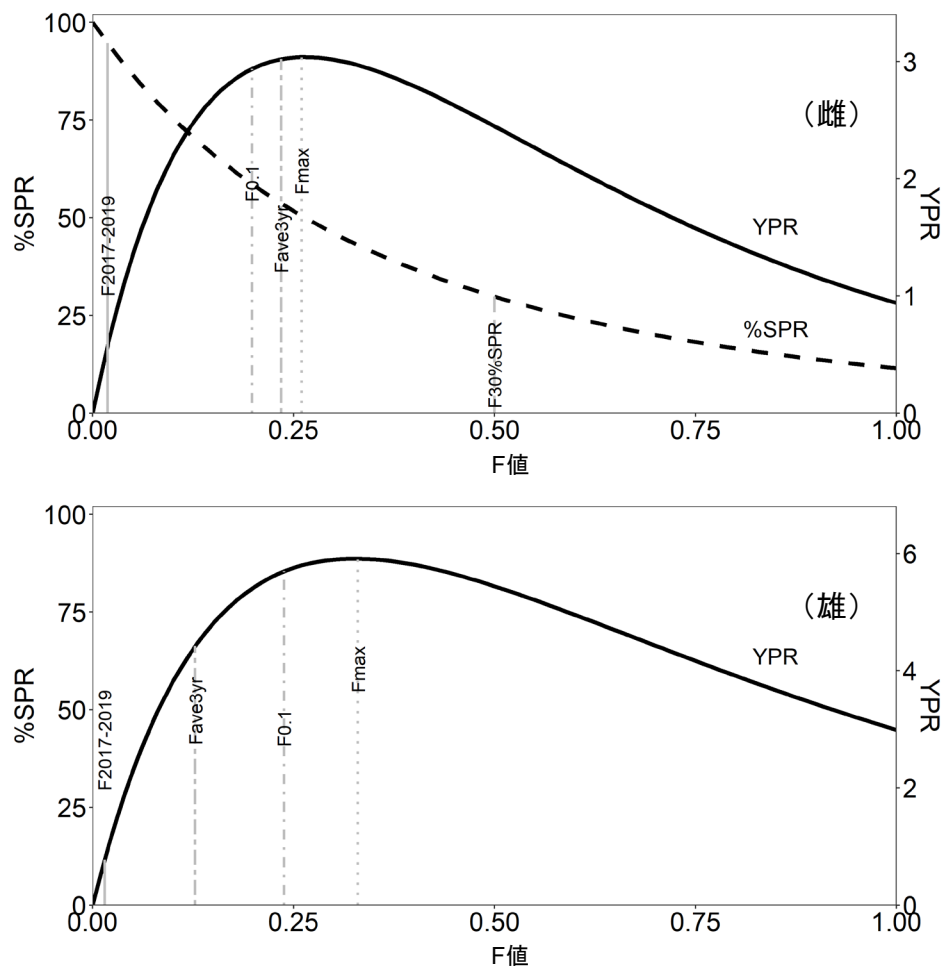


図 4-9. 雌雄別の F 値と YPR および %SPR の関係

現状の M（2017～2019 年の平均値）を仮定し、漁獲対象とならない小型個体の混獲後の再放流による生残率が 50%の場合で計算した。

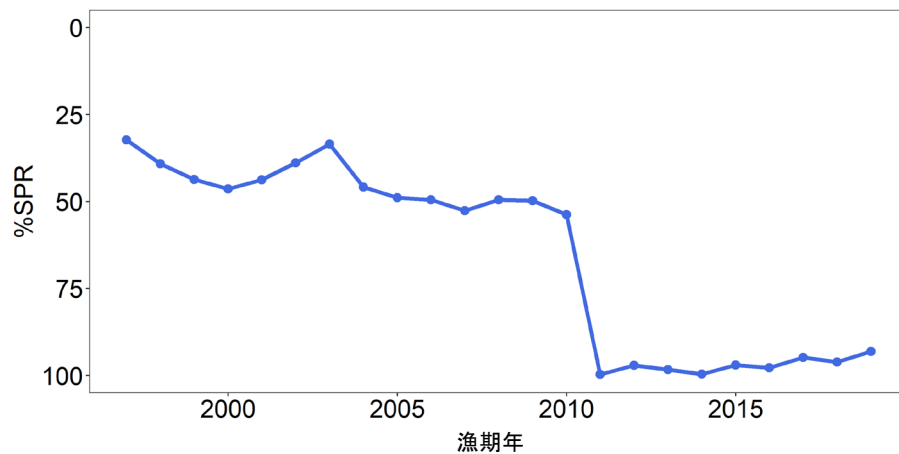


図 4-10. 各年の M に対応した雌の %SPR の推移

%SPR は、漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、 F が高い（低い）と %SPR は小さく（大きく）なる。なお、 M が高い（低い）と、同じ F 値においても %SPR は高く（低く）なる。

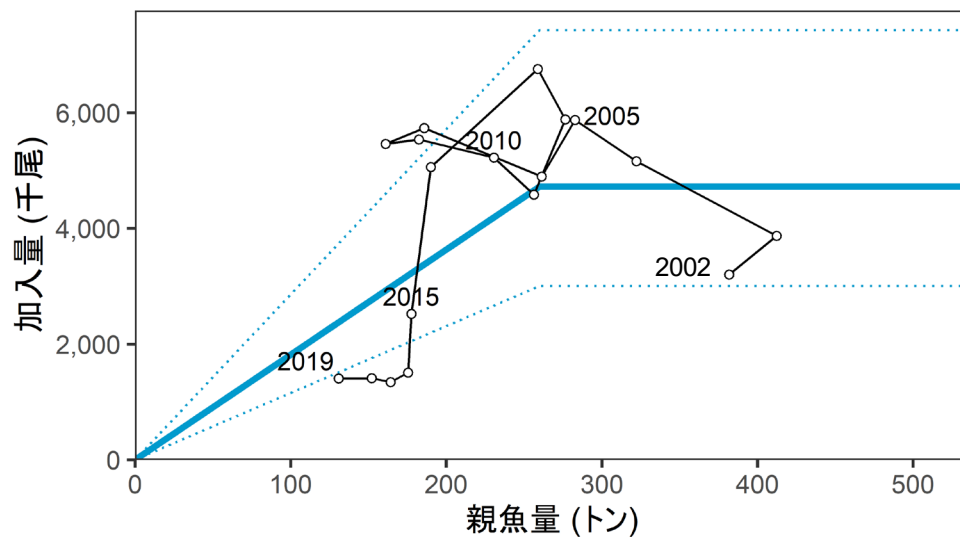


図 4-11. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」で提案された再生産関係式

1997～2014 年の親魚量と 2002～2019 年の加入量を示す。図中の数字は加入群の年級（加入年）を示す。再生産関係には自己相関を考慮したホッケー・スティック（HS）型再生産関係を用い、最小二乗法によりパラメータを推定した。図中の再生産関係（青実線）の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90% が含まれると推定される区間である。

表 2-1. 切断法による脱皮齢期分解に用いた甲幅範囲 (mm)

脱皮齢	雄		脱皮齢	雌	
	以上	未満		以上	未満
8齢期	28	42	8齢期	28	42
9齢期	42	56	9齢期	42	56
10齢期	56	74	10齢期、最終脱皮前 (未成熟)	56以上	
11齢期	74	86	11齢期、最終脱皮後 (成熟)	—	
12齢期	86	98			
13齢期、最終脱皮前	98以上				
13齢期、最終脱皮後	98	110			
14齢期、最終脱皮後	110以上				

表 3-1. ブワイガニの県別漁獲量 (トン)

漁期年	青森県	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	合 計	福島県の割合(%)
1985	—	—	—	110.5	—	110.5	—
1986	—	—	—	196.3	—	196.3	—
1987	—	—	—	225.1	—	225.1	—
1988	—	—	—	151.1	—	151.1	—
1989	—	—	—	71.3	—	71.3	—
1990	—	—	—	102.3	—	102.3	—
1991	—	—	—	91.3	—	91.3	—
1992	—	—	—	72.8	15.1	87.9	—
1993	—	—	—	109.3	0.8	110.1	—
1994	—	—	2.0	125.2	1.6	128.8	—
1995	19.6	—	3.7	324.7	5.1	353.1	—
1996	31.0	0	43.0	209.1	0.1	283.2	73.8
1997	3.8	0.2	72.3	225.2	0.1	301.6	74.7
1998	1.1	0	19.4	172.7	0	193.2	89.4
1999	8.8	0	9.9	130.0	0	148.7	87.4
2000	1.0	0.3	2.1	104.0	0	107.4	96.8
2001	0.1	0.2	4.0	109.4	6.6	120.3	90.9
2002	0	1.3	5.5	141.9	0	148.7	95.4
2003	0.3	0.1	7.5	180.6	90.2	278.7	64.8
2004	0.4	0	4.0	121.1	6.4	131.9	91.8
2005	0.3	0.1	4.0	94.0	23.5	121.8	77.2
2006	0	0	3.8	136.8	9.1	149.8	91.4
2007	0	0.2	2.9	159.1	3.2	165.4	96.2
2008	0	0.3	15.7	212.9	15.7	244.5	87.1
2009	0	0.1	5.5	187.3	26.2	219.1	85.5
2010	0	0	1.1	154.9	3.2	159.3	97.3
2011	0.3	0	0.2	0	0	0.5	0
2012	0.4	0.3	0.3	4.6	0	5.6	82.0
2013	0.7	0	0.4	1.5	0	2.6	57.0
2014	0	0	0.3	0	0	0.3	3.6
2015	0	0	0	7.2	0	7.2	99.4
2016	0.1	0	0	11.1	0	11.2	99.1
2017	0	0.5	0.1	12.1	0	12.7	95.5
2018	0	0	1.9	3.2	0	5.2	62.5
2019	0	0	1.7	7.4	0	9.1	81.4

1995年漁期以前の値 (福島県以外) にカニ類を一部含む。

福島県では2011年漁期に操業を休止し、2012年漁期以降は試験操業のみを行っている。

1985～1991年漁期の福島県の漁獲量は、相馬港のみの値。

漁獲量は、漁期年(7月～翌年6月)で集計。漁期は、12月～翌年3月である。

表 4-1. 面積－密度法と JASAM で推定したズワイガニの漁獲対象資源（甲幅 80 mm 以上の雄および成熟雌ガニ）の資源量、漁期後の親魚量（SSB）、漁獲量、F 値および漁獲割合の推移

		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
資源尾数 (千尾)	雄 トロール	816	1,025	1,653	2,959	1,007	1,291	1,571	1,117	1,898	1,936	4,721	4,538
	JASAM	1,110	1,029	1,145	1,340	1,486	1,455	1,391	1,441	1,827	2,212	2,563	2,803
	雌 トロール	1,556	2,559	4,457	2,350	1,239	2,979	3,908	3,239	2,876	2,749	4,017	1,574
	JASAM	4,047	4,131	3,264	2,900	2,654	2,239	2,127	2,273	2,775	3,219	3,733	3,951
	トロール合計	2,371	3,584	6,110	5,309	2,247	4,270	5,479	4,357	4,774	4,684	8,738	6,111
	JASAM合計	5,157	5,160	4,408	4,240	4,140	3,694	3,518	3,713	4,602	5,431	6,296	6,754
資源量 (トン)	雄 トロール	260	357	469	1,043	307	417	507	315	506	600	1,220	1,313
	JASAM	371	345	347	416	461	480	453	423	514	633	721	810
	雌 トロール	236	394	667	346	191	410	531	434	407	392	557	213
	JASAM	615	635	488	427	408	308	289	304	393	459	518	534
	トロール合計	496	751	1,135	1,389	497	826	1,038	749	913	992	1,777	1,525
	JASAM合計	986	980	835	844	869	788	742	727	907	1,092	1,239	1,344
親魚量 (トン)	トロール	63	206	430	210	97	252	268	256	252	236	347	72
	JASAM	382	412	322	283	261	186	161	182	231	256	277	259
漁獲量 (トン)	雄	157.6	81.5	57.6	43.7	61.4	80.2	118.4	43.7	53.4	77.6	75.6	133.5
	雌	144	111.7	91.1	63.7	58.9	68.6	160.4	88.2	68.4	72.1	89.8	111
	合計	301.6	193.2	148.7	107.4	120.3	148.7	278.7	131.9	121.8	149.8	165.4	244.5
F値	雄未熟	0.562	0.220	0.107	0.053	0.077	0.173	0.347	0.047	0.070	0.083	0.048	0.085
	雄成熟	0.282	0.199	0.157	0.134	0.157	0.207	0.273	0.143	0.147	0.161	0.148	0.193
	雌	0.273	0.220	0.194	0.182	0.205	0.250	0.313	0.218	0.209	0.220	0.215	0.255
	合計	0.365	0.220	0.196	0.136	0.149	0.209	0.471	0.200	0.144	0.148	0.143	0.201
漁獲割合 (%)	雄	42.5	23.6	16.6	10.5	13.3	16.7	26.2	10.3	10.4	12.3	10.5	16.5
	雌	23.4	17.6	18.7	14.9	14.4	22.3	55.5	29.0	17.4	15.7	17.3	20.8
	合計	30.6	19.7	17.8	12.7	13.9	18.9	37.6	18.2	13.4	13.7	13.4	18.2

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
資源尾数 (千尾)	雄 トロール	1,825	1,780	1,894	3,101	953	937	1,010	1,585	959	898	1,312
	JASAM	2,526	2,108	1,749	1,558	1,343	1,136	1,096	1,192	1,203	1,030	818
	雌 トロール	3,940	3,143	2,375	624	811	624	4,825	2,031	2,270	1,001	3,883
	JASAM	3,326	2,908	2,412	2,302	2,063	1,822	1,941	2,216	2,163	1,719	1,317
	トロール合計	5,766	4,923	4,269	3,725	1,764	1,561	5,835	3,617	3,229	1,899	5,195
	JASAM合計	5,852	5,015	4,161	3,860	3,406	2,959	3,037	3,408	3,366	2,749	2,135
資源量 (トン)	雄 トロール	608	498	537	1,056	269	269	264	389	263	278	429
	JASAM	766	632	516	462	392	333	308	316	326	298	245
	雌 トロール	498	437	319	84	111	81	641	236	280	129	562
	JASAM	421	405	324	311	284	237	258	258	267	222	191
	トロール合計	1,107	935	856	1,141	381	350	905	626	543	407	992
	JASAM合計	1,187	1,037	840	773	675	570	566	573	593	520	436
親魚量 (トン)	トロール	313	276	240	60	83	62	493	180	213	97	432
	JASAM	190	178	175	164	152	131	144	147	153	131	114
漁獲量 (トン)	雄	142.5	91	0.3	1.3	1.1	0.3	4.5	9.7	8.6	2.1	5.2
	雌	76.6	68.2	0.3	4.3	1.5	0	2.7	1.5	4.1	3.1	3.9
	合計	219.1	159.3	0.5	5.6	2.6	0.3	7.2	11.2	12.7	5.2	9.1
F値	雄未熟	0.110	0.081	0.001	0.003	0.003	0.001	0.016	0.035	0.014	0.002	0.006
	雄成熟	0.214	0.191	0.000	0.003	0.003	0.001	0.014	0.024	0.033	0.009	0.026
	雌	0.269	0.248	0.001	0.011	0.006	0.001	0.011	0.008	0.019	0.013	0.024
	合計	0.204	0.167	0.001	0.007	0.004	0.001	0.013	0.020	0.022	0.010	0.021
漁獲割合 (%)	雄	18.6	14.4	0.1	0.3	0.3	0.1	1.5	3.1	2.6	0.7	2.1
	雌	18.2	16.9	0.1	1.4	0.5	0.0	1.1	0.6	1.5	1.4	2.1
	合計	18.5	15.4	0.1	0.7	0.4	0.1	1.3	2.0	2.1	1.0	2.1

表 4-2. JASAM によって推定された自然死亡係数（全齢期・雌雄・熟度共通）

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
M	0.204	0.212	0.222	0.231	0.241	0.254	0.271	0.294	0.324	0.363	0.412	0.469

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	現状のM
M	0.525	0.576	0.613	0.628	0.616	0.594	0.574	0.556	0.536	0.514	0.493	0.515

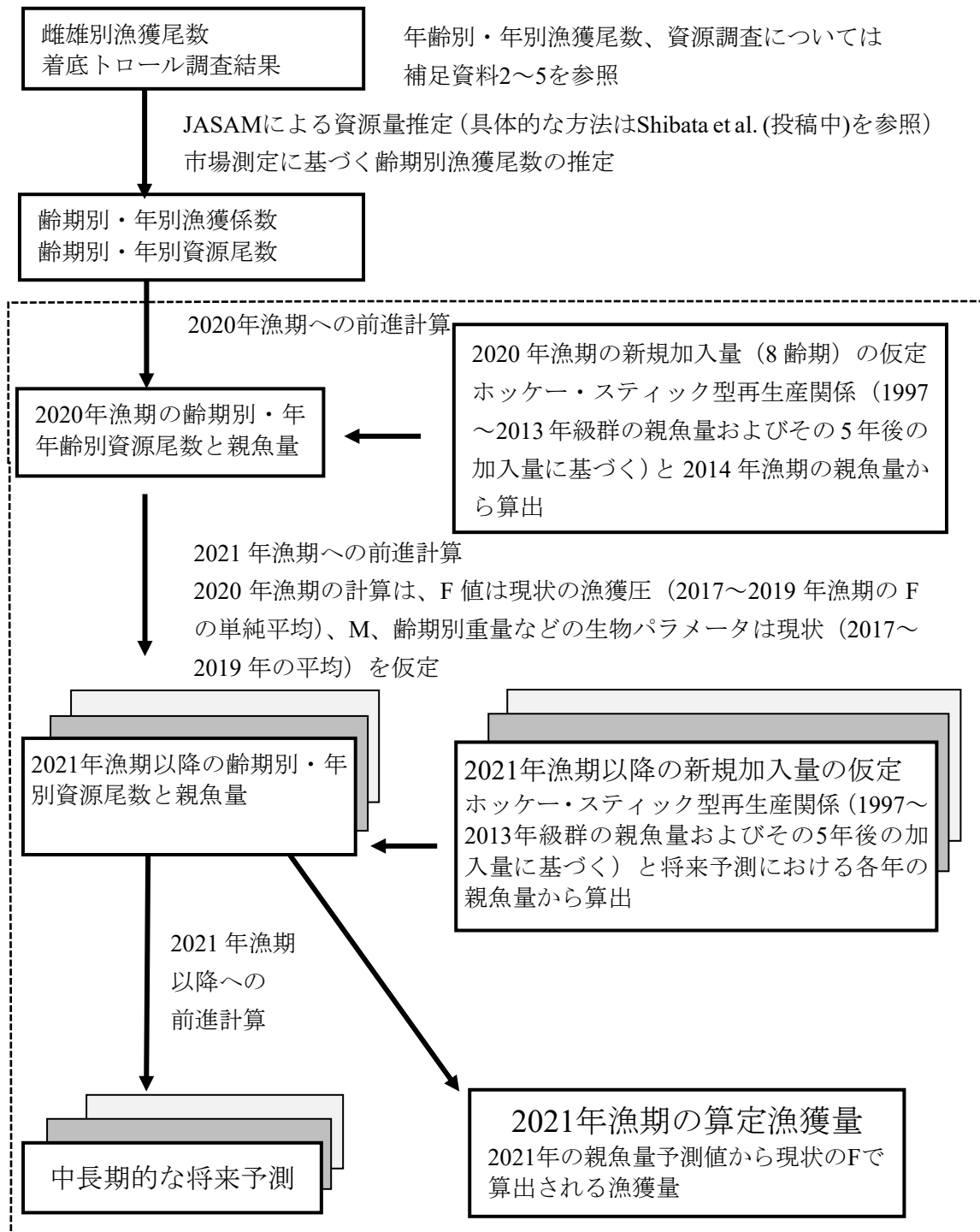
現状の M は直近 3 年間（2017～2019 年）の平均値である。

表 4-3. JASAM によって推定された最終脱皮率

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
9齢期	0.09	0.09	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13
10齢期	0.20	0.20	0.23	0.25	0.25	0.26	0.25	0.23	0.23	0.24	0.25	0.27
11齢期	0.39	0.40	0.44	0.46	0.47	0.47	0.47	0.43	0.44	0.45	0.47	0.49
12齢期	0.62	0.63	0.67	0.69	0.69	0.69	0.69	0.66	0.67	0.67	0.69	0.71

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
9齢期	0.13	0.13	0.14	0.17	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.15
10齢期	0.27	0.27	0.29	0.34	0.35	0.35	0.34	0.33	0.31	0.30	0.31
11齢期	0.49	0.49	0.51	0.57	0.58	0.58	0.57	0.56	0.54	0.53	0.54
12齢期	0.71	0.71	0.73	0.78	0.78	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.75

補足資料 1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。(http://www.jfa.maff.go.jp/j/press/sigen/190612.html)

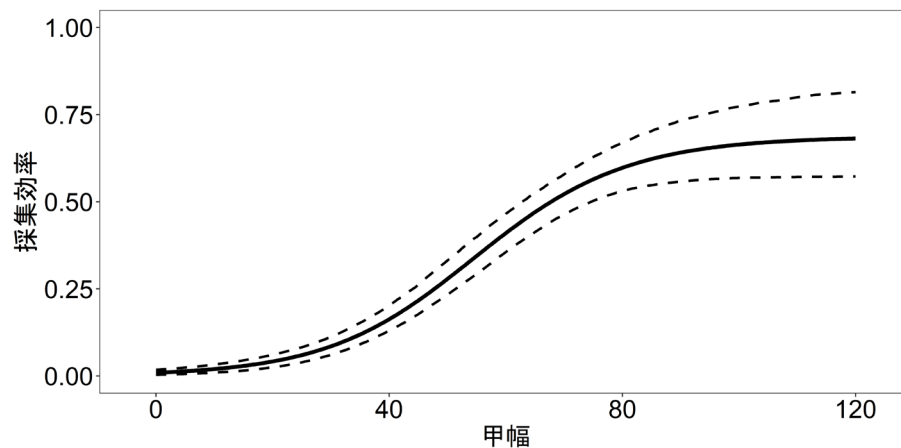
補足資料 2 資源計算方法

(1) 面積－密度法による資源量推定

着底トロール調査（補足資料 3 を参照）によるズワイガニの採集個体数および甲幅組成を用い、面積－密度法により資源量（尾数、重量）を推定した。その際、若鷹丸の着底トロール網に対して得られた甲幅サイズ別の採集効率（下式、補足図 2-1）を用いた（服部ほか 2014）。 Q は採集効率、 CW は甲幅（mm）を示す。

$$Q = \frac{0.664}{1 + \exp[-(-4.276 + 0.079 \times CW)]}$$

最終脱皮の判別は、雄は甲幅とはさみの大きさの比から、雌は腹節の大きさから判別した。この基準に従って採集された個体を雌雄別に成熟と未成熟に区分し、甲幅別の資源尾数および重量を推定した。



補足図 2-1. 甲幅に対する採集効率

(2) 状態空間資源評価モデルによる資源量推定

(1) で得た資源量推定値を観測値として扱い、SAM（State-space stock assessment model、Nielsen and Berg 2014）を元に開発された状態空間資源評価モデル（JASAM、Shibata et al. (投稿中)）を適用し、資源の計算を行った。なお JASAM は現在投稿中であるため、本項においては詳細なモデル式は省略した（モデル式についてはプレプリントを参照）。

引用文献

- 服部 努・伊藤正木・柴田泰宙・矢野寿和・成松庸二（2014）調査用トロール網によるズワイガニの採集効率の推定。日水誌, **80**, 178-184
- Nielsen, A. and C. W. Berg (2014) Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. Fish. Res., **158**, 96-101.
- Shibata, Y., J. Nagao, Y. Narimatsu, E. Morikawa, Y. Suzuki, S. Tokioka, M. Yamada, S. Kakehi, H. Okamura. Estimating maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku Japan via a state-space assessment model with time-varying natural mortality. bioRxiv931428, <https://doi.org/10.1101/2020.02.02.931428>

補足資料 3 調査船調査の概要および結果

調査名：底魚類資源量調査

調査期間：2019 年 9 月 27 日～11 月 21 日

調査海域および調査地点：補足図 3-1

着底トロールによる資源量調査は 1997 年から実施されているが、2002 年以降は資源量推定精度向上のため、調査点数の増加や配置変更を行い、2004 年から現在の調査点数および配置となっている。資源量推定にあたり、1997～2003 年には対象海域の南北方向を 4 区分、水深帯を 100 m 毎の 8 区分とし、合計 32 層で資源量を計算した。2004 年以降には、南北方向の 4 区分に加え、ズワイガニの主分布水深帯である 200～500 m を水深 50 m 幅に区分し、合計 48 層で計算を行っている。なお、2012 年の調査では南部のズワイガニ主分布水深帯で調査点が 1 地点しかない層があったため、1 地点となる層では隣接する水深帯と統合した。2015 年の調査では E ラインの水深 510 m (調査点名は E510) において高密度点が認められ、CV (変動係数) が極めて高かったため、この地点を単独の層に切り離して資源量の計算を行った (平成 28 年度の報告を参照)。

(1) 2019 年の調査の概要

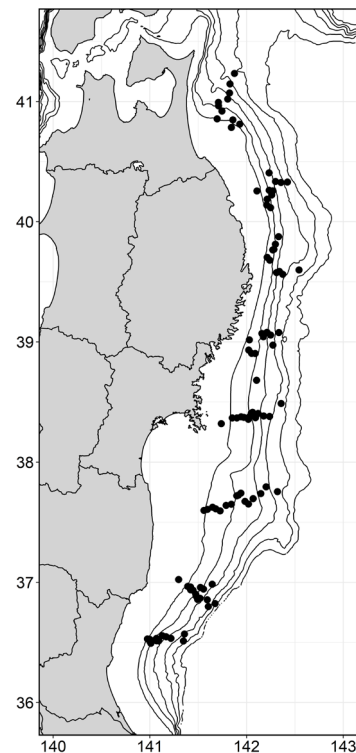
2019 年は水深 150～900 m で合計 150 地点の着底トロール曳網を計画し、107 地点で調査を実施した (補足図 3-1)。合計 53 地点でズワイガニが採集され、その多くは例年と同様にズワイガニの主漁場である宮城県～茨城県沖であった。

(2) 分布密度の経年変化

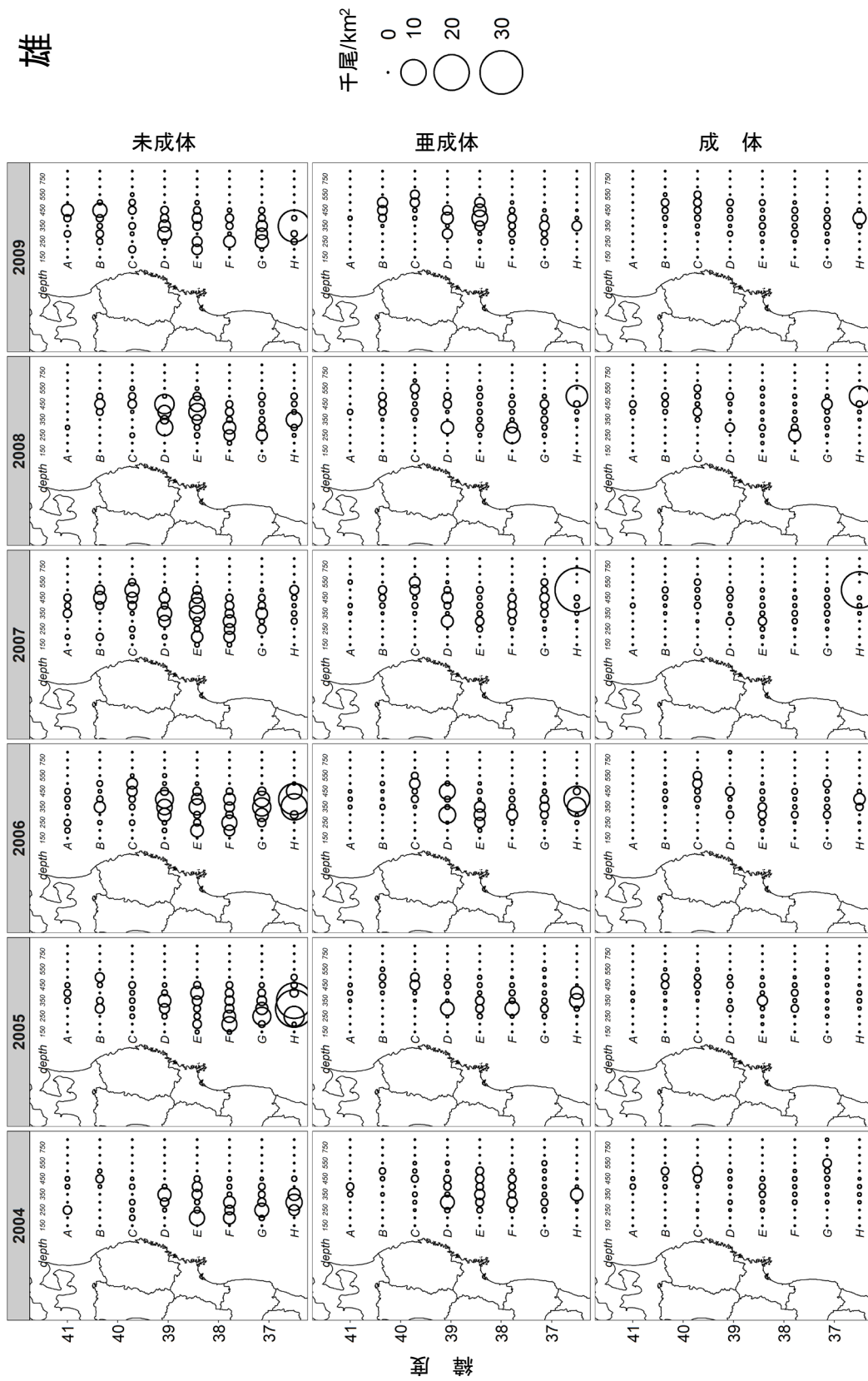
調査点数が増加した 2004 年以降の分布の推移を雌雄別、成熟段階別に調べた (補足図 3-2～補足図 3-7)。その結果、2010 年以前には成熟段階の推移とともに経年的な分布の連続性が雌雄ともに認められたが、2011 年以降は明瞭な連続性は認められず、突発的な高分布密度点が出現するような状況が続いている。2019 年には岩手県沖で成体の分布密度が高い点が出現し、成体に限れば当該年で最も高い分布密度となっていた。

また 2000 年代にはズワイガニは東北海域全体に広く分布しており、当海域の南限となる日立沖でも分布密度の高い層が出現していたが、近年の福島県南部～茨城県沖では分布密度は低い水準で推移している。

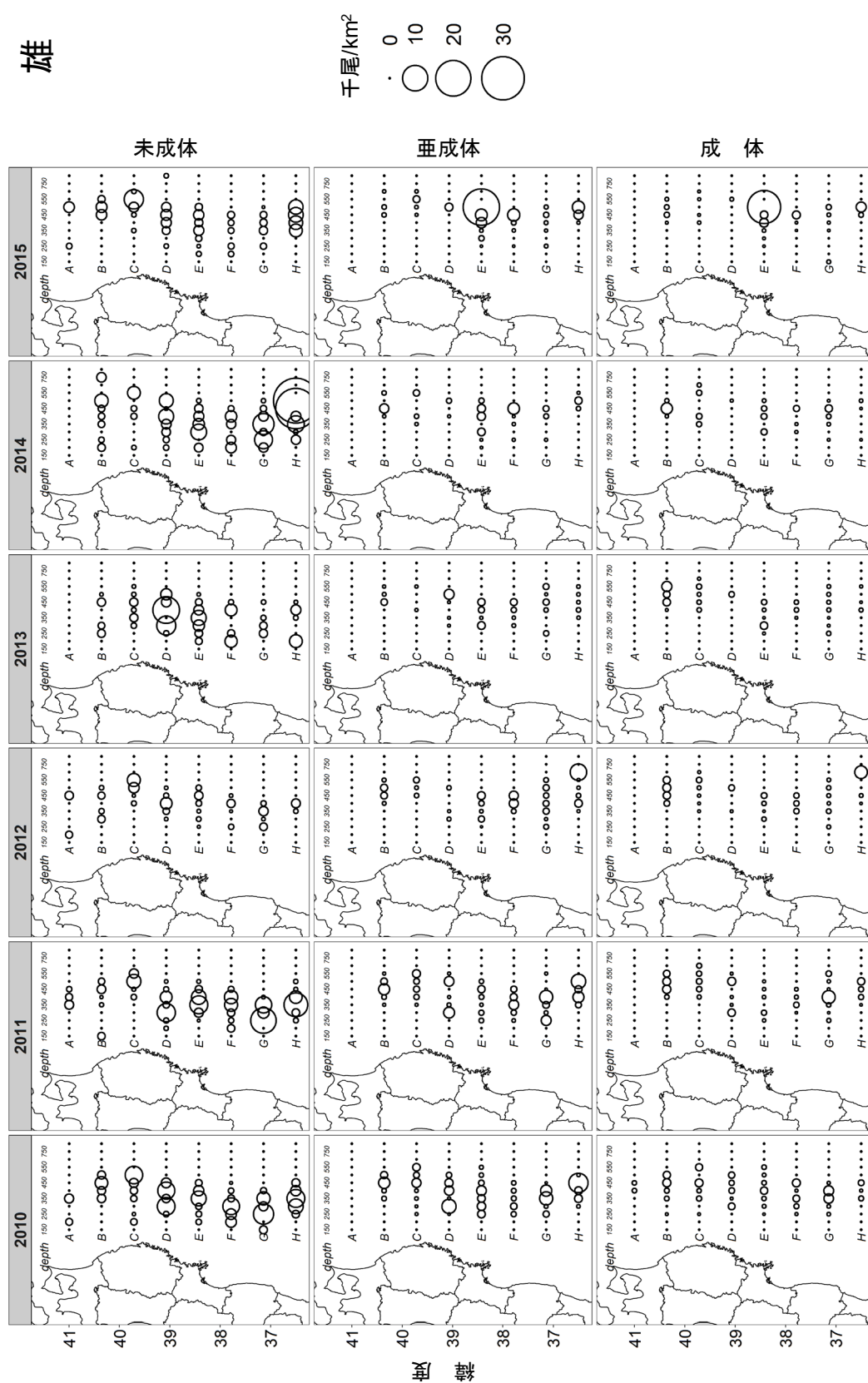
なお、分布密度の経年変化において、成体の分布は 2～3 年程度でみられなくなることから、本系群では漁獲対象となる年数は短く、加入の良否が資源量に大きく影響すると思われる。



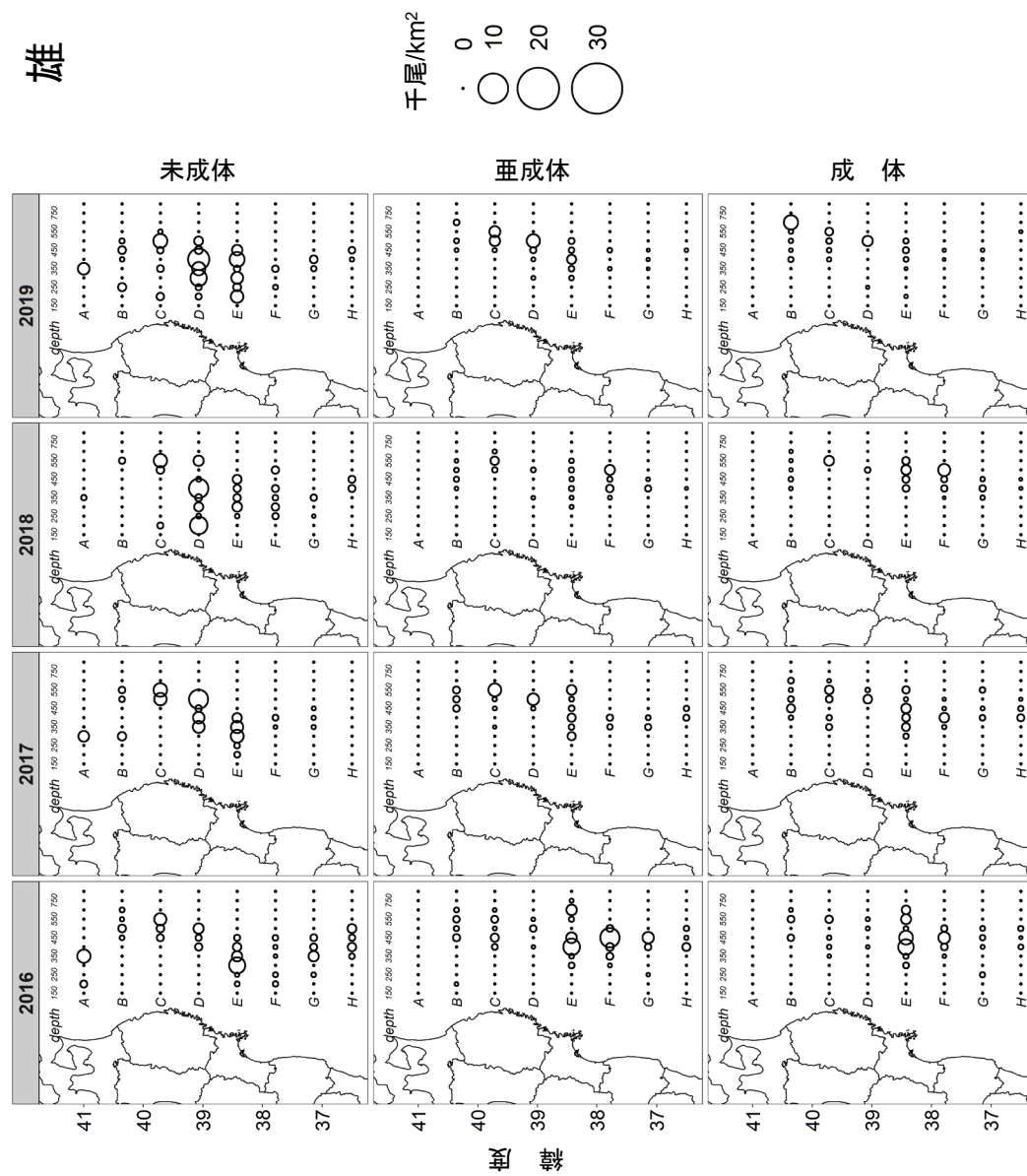
補足図 3-1. 2019 年の着底トロール調査点



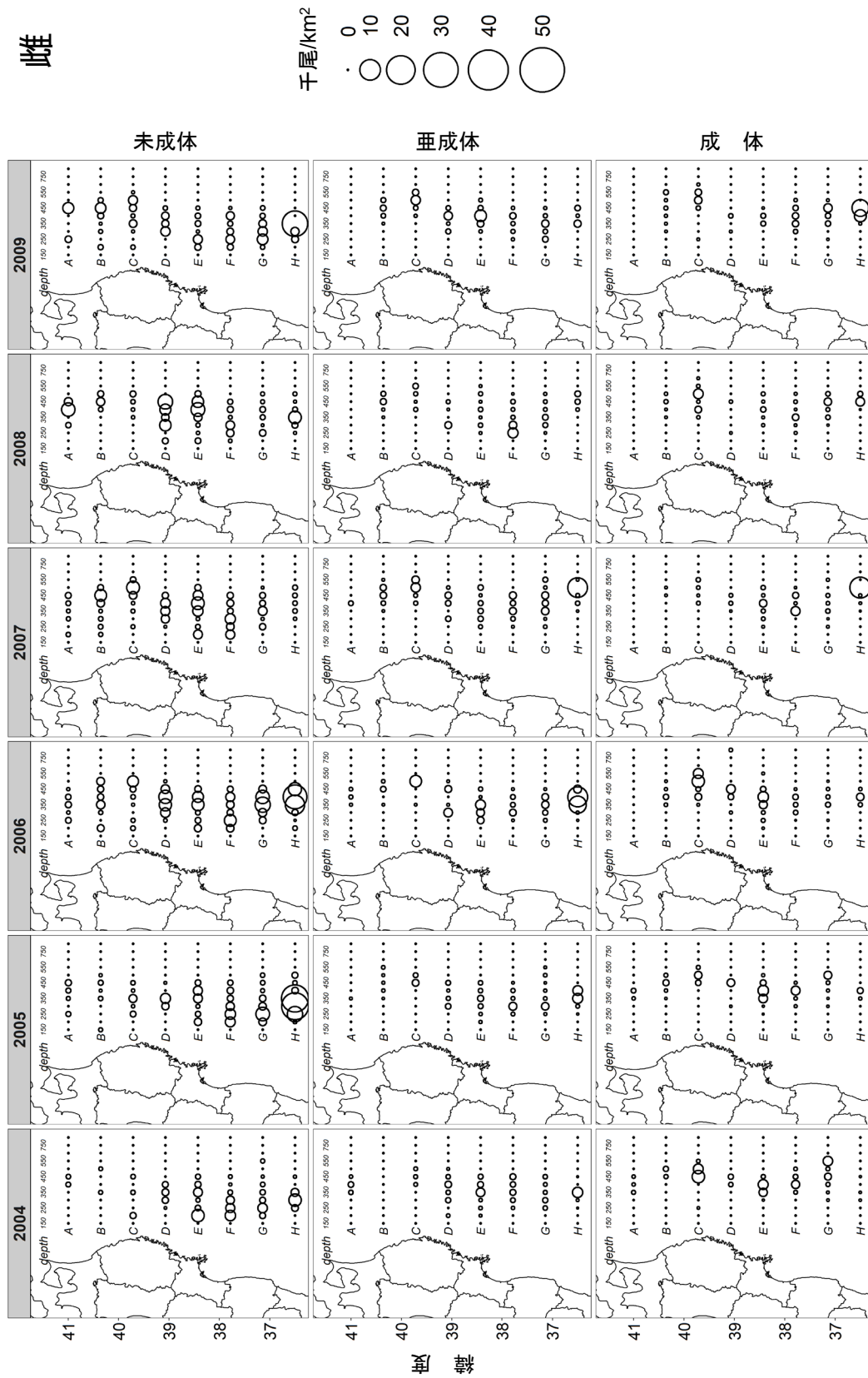
補足図 3-2. 2004～2009 年における雄の調査地点別の分布密度



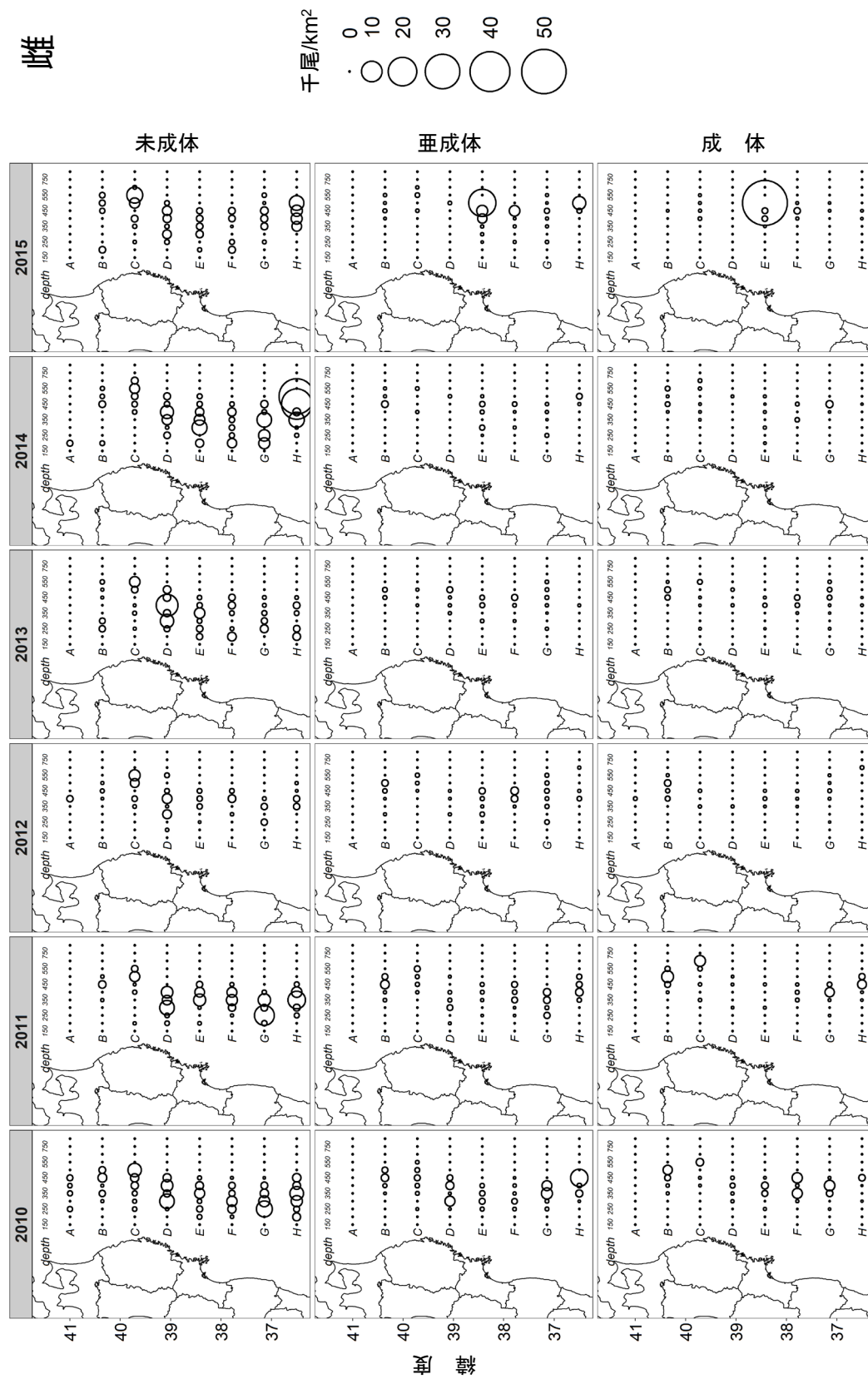
補足図 3-3. 2010～2015 年における雄の調査地点別の分布密度



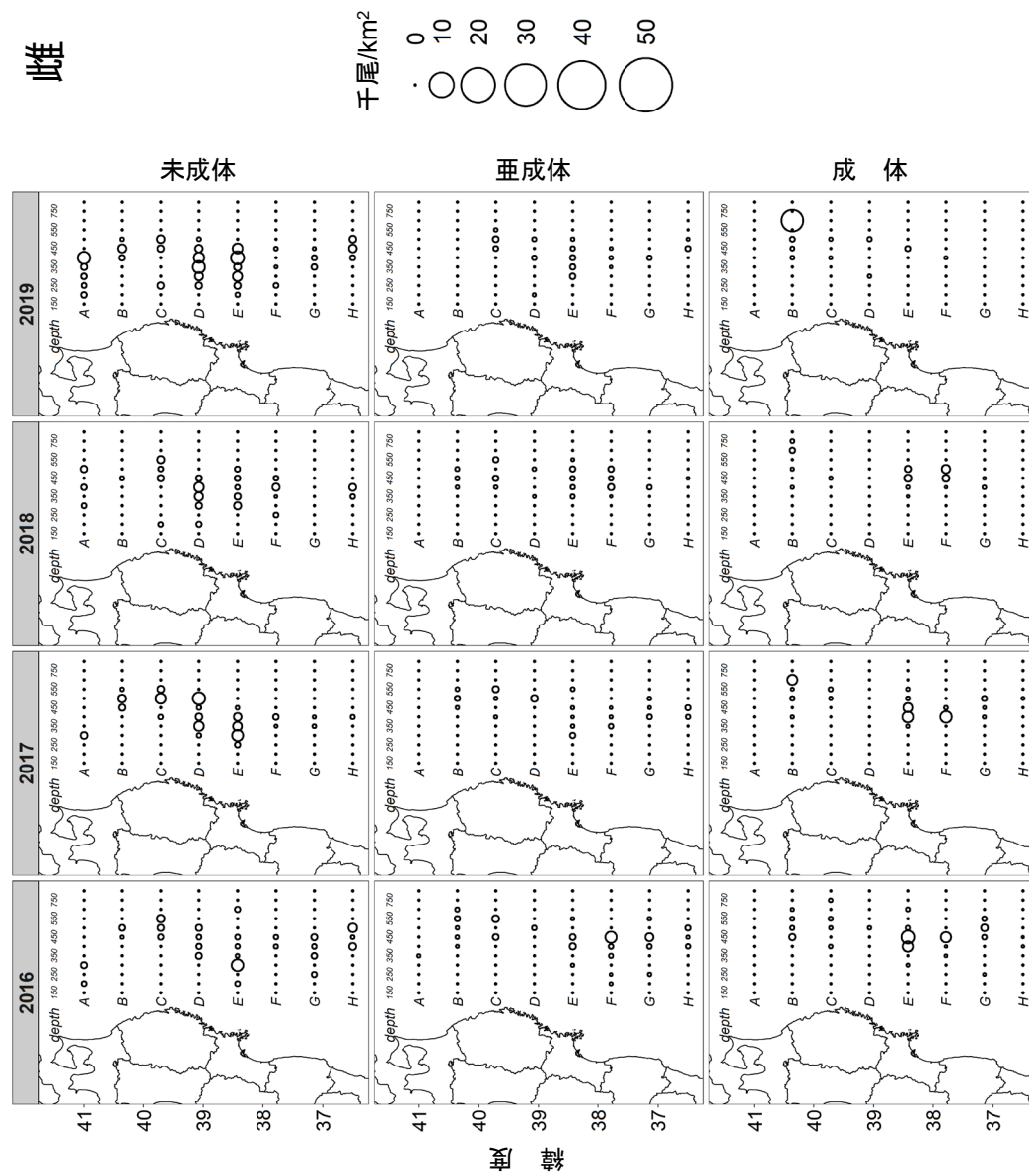
補足図 3-4. 2016～2019 年における雄の調査地点別の分布密度



補足図 3-5. 2004～2009 年における雌の調査地点別の分布密度



補足図 3-6. 2010～2015 年における雌の調査地点別の分布密度

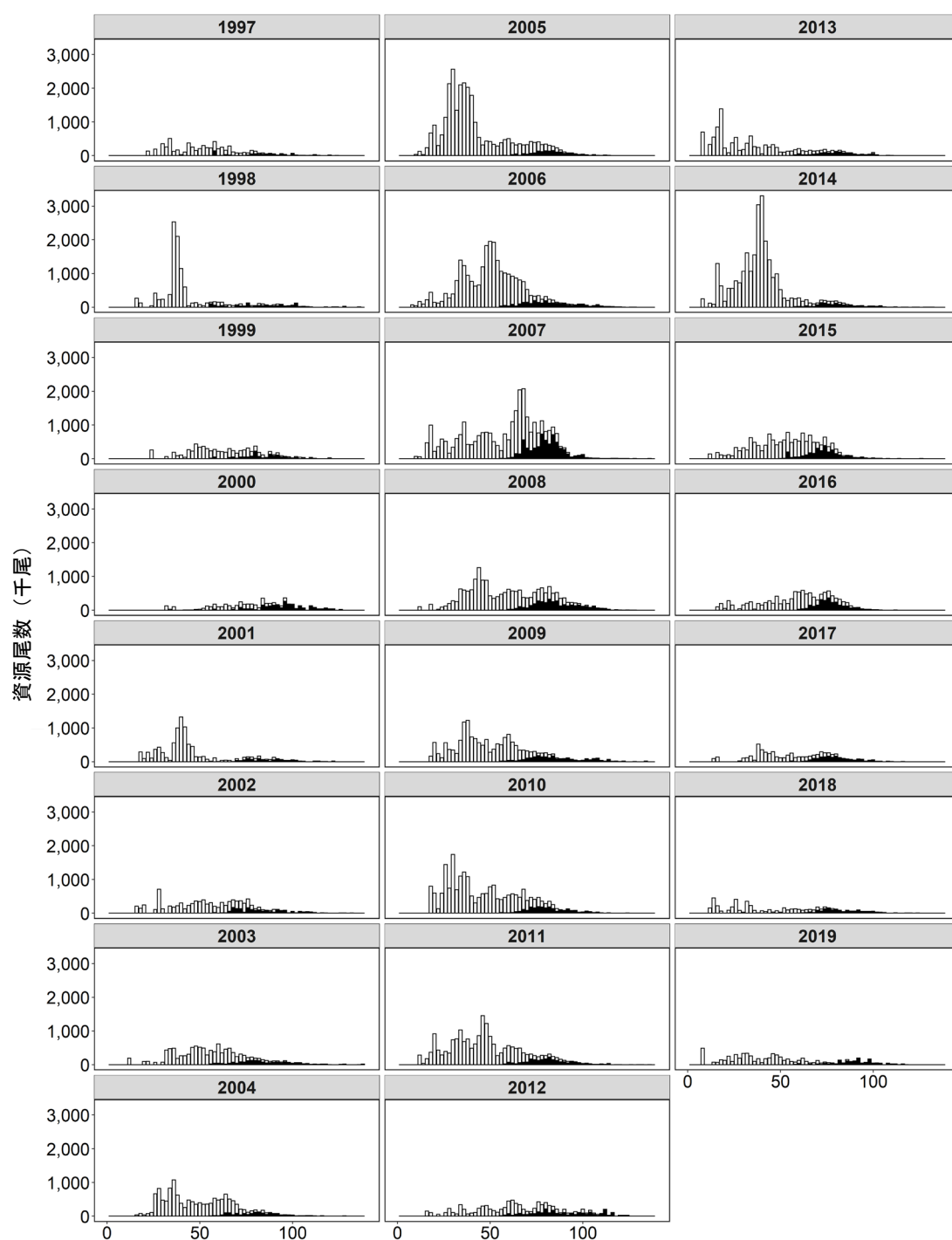


補足図 3-7. 2016～2019 年における雌の調査地点別の分布密度

補足資料 4 甲幅別資源尾数の推移

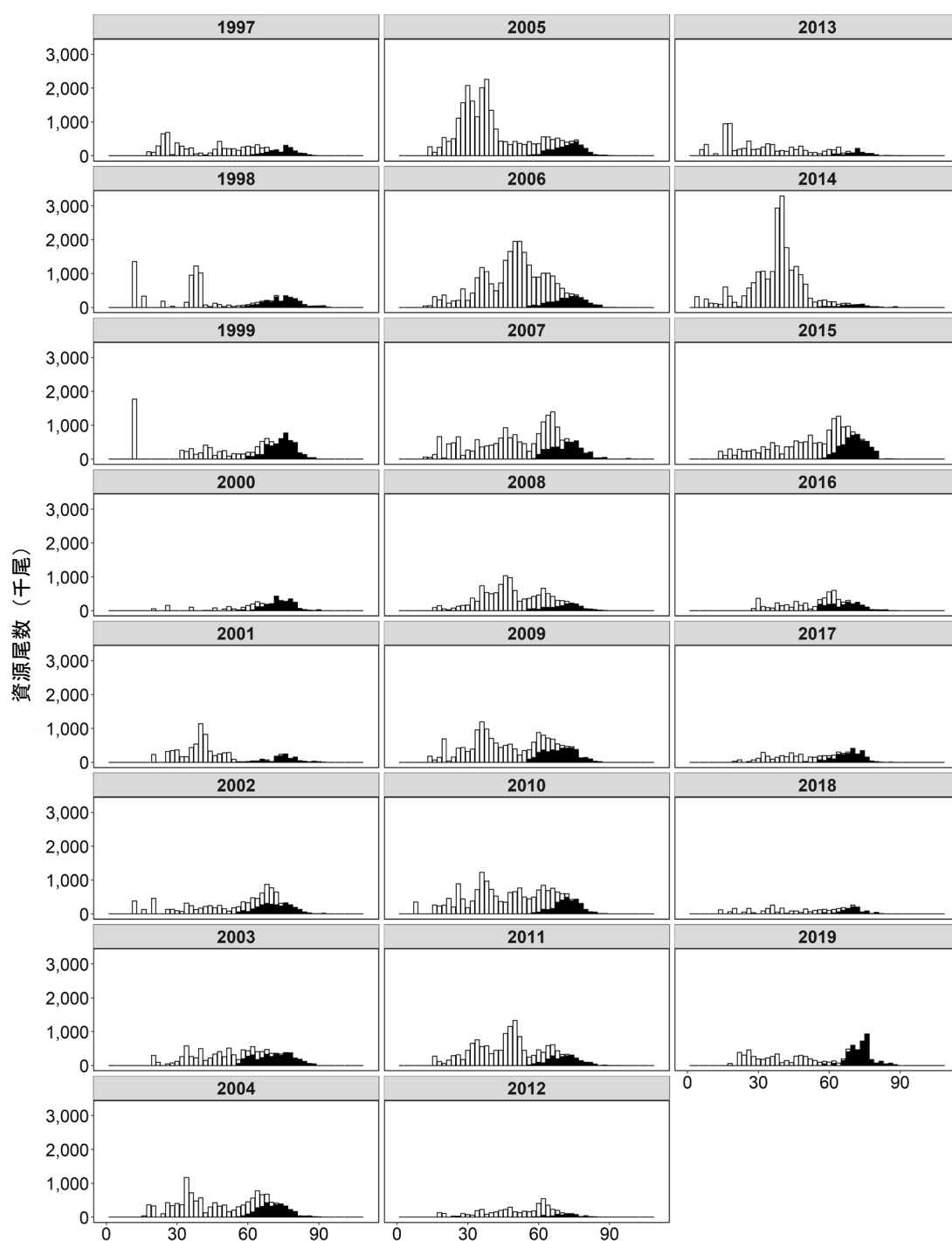
着底トロール調査で得られた甲幅別資源尾数の推移を補足図 4-1 および補足図 4-2 に示した。雄の甲幅は 10～130 mm の範囲にあり、また甲幅 80 mm 以上の漁獲対象資源では大部分が最終脱皮後の個体であった。1998 年には甲幅 38 mm モードの個体が多かったが、その後、甲幅 30～70 mm 程度の漁獲対象外の資源尾数は減少した。2005 年には漁獲対象外の資源尾数が増加し、それらが成長したことで 2007～2008 年に甲幅 80 mm 以上の漁獲対象資源が増加した。震災直後の 2011 年には、2012 年に漁獲対象資源となる予定の 10 齢期と 2013 年に漁獲対象資源となる予定の 9 齢期が比較的多く認められた。しかし、2013 年は震災の影響で漁獲が減少しているにもかかわらず、漁獲対象資源は減少した。2012～2013 年の甲幅組成をみると、両年ともに甲幅 80 mm 未満の個体が少なかった。2012 年は甲幅 100 mm 以上の個体が多かったが、2013 年にはそれらの大型個体はみられなくなった。2014 年には甲幅 50 mm 以下の小型個体が増加し、2015～2016 年には最終脱皮後の個体が増加した。2017 年は 100 mm 以上の個体が 2015～2016 年に比べて増加した。2018 年も 100 mm 以上の個体が昨年より増加したが、全体的には個体数が減少した。2019 年は、甲幅 90 mm 以上の最終脱皮後の個体が増加したほか、甲幅 60 mm 以下の個体も 2018 年に比べて増加した。

雌では、甲幅 76 mm 以上の個体の大部分が成熟しており、漁獲対象資源となっている。雄と同様に、2005～2006 年には甲幅 60 mm 以下の漁獲対象外の資源尾数が多く、それらが成長したことで、2007 年の漁獲対象資源が増加した。しかし、2008 年の漁獲対象資源尾数は 2007 年の半分程度にまで減少した。2009 年の漁獲対象資源が 2002～2007 年に近い値に回復したことから、2008 年の漁獲対象資源の減少は過小推定であった可能性が高い。漁獲対象資源尾数は 2011 年にやや減少し、2012～2013 年にはさらに少なくなった。2014 年には引き続き漁獲対象資源が少なかったが、雄と同様に甲幅 50 mm 以下の小型個体が増加した。その後、漁獲対象資源は 2015 年に増加したが、2016、2017 年は 2011 年の水準まで減少し、2018 年は過去最低の個体数となった。2019 年は前年に比べ、甲幅 20～80 mm の幅広い甲幅階級で個体数が増加し、特に漁獲対象資源で顕著であった。



補足図 4-1. 雄の甲幅別資源尾数

横軸は甲幅 (mm)、未成熟個体を白、成熟個体を黒で示した。なお、ここでは最終脱皮の有無で未成熟、成熟を区分した。



補足図 4-2. 雌の甲幅別資源尾数

横軸は甲幅 (mm)、未成熟個体を白、成熟個体を黒で示した。なお、ここでは最終脱皮の有無で未成熟、成熟を区分した。

補足資料 5 漁獲物の齢期組成

1997 年漁期以降の県別漁獲量データと福島県が 1999 年以降実施している市場調査によって得られた漁獲物の甲幅組成を用いて、雄の齢期別漁獲尾数を推定した（補足表 5-1）。このとき、いくつかの年では甲幅組成が欠損していたため、1997～1998 年漁期は 1999 年漁期、2002 年漁期は 2001 年漁期と 2003 年漁期の平均値、2008～2010 年漁期は 2007 年漁期の甲幅組成を当てはめて齢期別漁獲尾数を推定した。2011～2017 年漁期、2019 年漁期は市場測定が実施されていないため、着底トロール調査で得られた齢期別資源量を代用し、齢期別漁獲尾数を推定した。なお、2018 年漁期については福島の沖底漁業者への調査委託によって得られた甲幅組成を用いた。

補足表 5-1. 雄の齢期別漁獲量（トン）

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
8 齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9 齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10 齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10 齢期、最終脱皮後	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11 齢期、最終脱皮前 （甲幅 80mm 未満）	11.9	6.1	4.3	0.6	0.0	1.0	2.8	0.0	0.0	0.8	0.9	1.6
11 齢期、最終脱皮後 （甲幅 80mm 未満）	7.1	3.7	2.6	0.5	0.0	0.6	1.7	0.0	0.0	0.9	0.3	0.5
11 齢期、最終脱皮前 （甲幅 80mm 以上）	13.5	7.0	4.9	3.0	2.2	5.0	10.6	1.5	5.7	7.7	3.2	5.6
11 齢期、最終脱皮後 （甲幅 80mm 以上）	12.9	6.7	4.7	6.5	10.4	9.9	9.3	9.1	11.2	10.5	6.4	11.2
12 齢期、最終脱皮前	10.5	5.4	3.8	1.9	5.1	11.6	24.5	1.7	9.8	9.0	6.7	11.9
12 齢期、最終脱皮後	17.4	9.0	6.4	17.1	17.8	21.4	28.9	15.1	10.3	20.4	27.0	47.7
13 齢期、最終脱皮前	9.7	5.0	3.5	0.3	1.0	1.7	2.9	0.4	1.7	4.6	2.0	3.5
13 齢期、最終脱皮後	27.2	14.1	9.9	12.8	20.5	22.2	26.1	8.8	6.0	17.4	20.5	36.1
14 齢期、最終脱皮後	37.4	19.4	13.7	0.9	4.4	6.8	11.4	7.2	8.6	6.2	8.8	15.5
合計	147.6	76.4	53.9	43.6	61.4	80.2	118.4	43.7	53.4	77.6	75.6	133.5

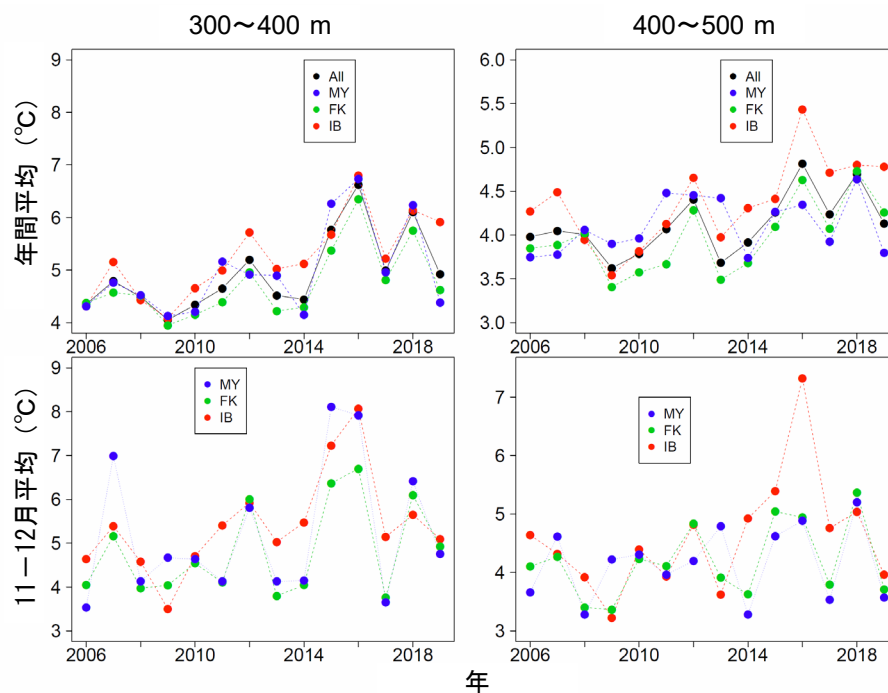
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
8 齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9 齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10 齢期、最終脱皮前	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10 齢期、最終脱皮後	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11 齢期、最終脱皮前 （甲幅 80mm 未満）	1.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11 齢期、最終脱皮後 （甲幅 80mm 未満）	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
11 齢期、最終脱皮前 （甲幅 80mm 以上）	6.0	3.8	0.0	0.1	0.1	0.0	0.8	2.2	0.7	0.0	0.1
11 齢期、最終脱皮後 （甲幅 80mm 以上）	12.0	7.7	0.1	0.1	0.3	0.1	1.2	2.8	2.5	0.3	0.5
12 齢期、最終脱皮前	12.6	8.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	1.2	0.3	0.0	0.3
12 齢期、最終脱皮後	50.8	32.5	0.1	0.2	0.3	0.1	1.5	2.8	3.2	0.7	2.1
13 齢期、最終脱皮前	3.7	2.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
13 齢期、最終脱皮後	38.5	24.6	0.0	0.2	0.2	0.1	0.5	0.7	1.7	0.6	1.7
14 齢期、最終脱皮後	16.5	10.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.2	0.5
合計	142.4	91.0	0.3	1.3	1.1	0.3	4.5	9.7	8.6	1.9	5.2

補足資料 6 本系群の生息域における底水温の変化

東北海域で行われた県水産試験研究機関および水産機構による調査の CTD データから、最大観測深度と当該地点の水温情報を抽出した。抽出した水温から、観測点の水深が 100 m 以浅の場合は海底直上から 10 m 以内のもの、水深が 100 m を越える場合には水深と最大観測深度の差が水深の 10%以内のもの選出し、底水温とした。得られた底水温を可変型ガウシアンフィルター（清水・伊藤，1996）を用いて時間と距離と水深で重み付けしてメッシュ化（5 分×5 分）し、月単位で整備した。

水深帯に関して、比較的小型のズワイガニの生息水深帯である 300～400 m と、大型個体が生息する 400～500 m に分けて整理した。また、年平均と分布南限である茨城県沖が最も高水温となる 11-12 月の平均的な底水温を月別に整理した（補足図 6-1）。

その結果、すべての県で近年底水温が上昇傾向にあることが認められた。また、11-12 月に絞ってみると、底水温が 7～8℃に達していた年があることが明らかとなった。7℃以上の水温では、内部で消費するエネルギーが外部から吸収するエネルギーを上回るため、ズワイガニがその水温帯で生活することはエネルギー収支の観点から不可能（Foyle et al., 1989）という報告があり、底層水温の上昇が M の上昇の一因である可能性が示唆された。



補足図 6-1. 東北沿岸各県別の底水温（2006～2019 年）

All は全県の平均（黒）、MY は宮城県沖（青）、FK は福島県沖（緑）、IB は茨城県沖（赤）を示す。

引用文献

清水勇吾・伊藤進一（1996）東北区水産研究所研究報告 58, 105-117

Foyle T. P., O'Dor R. K. and Elnor R. W. (1989) Energetically defining the thermal limits of the snow crab. J. Exp. Biol. 145: 371-393.

令和 2（2020）年度ズワイガニ太平洋北部系群の 資源評価の参考資料 （資源管理目標等の検討材料の提案）

本資料における管理基準値、禁漁水準、将来予測および漁獲管理規則については、資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会合）における検討材料として、研究機関会議において暫定的に提案されたものである。これらについては、ステークホルダー会合を経て最終化される。

要 約

本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型関係式を用いた。本系群では状態空間資源評価モデル（JASAM、Shibata et al. (投稿中)）によって資源量および自然死亡係数 M （以下、 M ）などの生物パラメータが推定されている。本系群の自然死亡係数 M は 2005 年頃から明確な上昇傾向を示しており、近年は非常に高い値で推移している。現状の M （ $M_{2017-2019}$ ）の下では資源を持続的に維持することは困難となっており、令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」では、本系群の管理基準値案および漁獲管理規則案については提案されていない。

本報告では、現状の漁獲圧（ $F_{2017-2019}$ ）に基づく将来予測計算を行い、また参考として漁獲を 0 とした場合の将来予測計算について記述する。

項目	値	説明
SBtarget 案	—	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量(SBmsy)
SBlimit 案	—	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量(SB0.6msy)
SBban 案	—	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量(SB0.1msy)
β	—	漁獲管理規則の漁獲圧の上限の設定のため、 F_{msy} に掛ける安全係数

2021 年漁期の親魚量（予測平均値）：71.3 トン			
項目	2021 年漁期の 漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 ($F/F_{2017-2019}$)	2021 年漁期の 漁獲割合 (%)
$F_{2017-2019}$	4.9	1.00	1.7
【参考】 $F=0$	0	0	0

考慮している不確実性：加入量					
項目	2031 年漁期の親魚量 (トン)	80% 信頼区間 (トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
F2017-2019	42.8	67.3 – 23.2	—	—	—
【参考】 F=0	46.1	72.7 – 24.5	—	—	—

考慮している不確実性：加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年*		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
F2017-2019	—	—	—
【参考】 F=0	—	—	—

*本系群の管理基準値案については提案されていない。

1. 資源の状況

(1) 加入量あたり漁獲量（YPR）および親魚量（SPR）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を用い (Ueda et al. 2009)、雌雄別の YPR と %SPR を求めた (図 1-1)。M、最終脱皮率は JASAM で得られた推定値を用い、M は現状の M (2017～2019 年の平均値、 $M=0.515$) とした。本系群では、雄は甲幅 80 mm 以上、雌は成熟個体が漁獲対象となるが、漁獲対象外資源は漁獲対象資源と同様の F 値で漁獲され、漁獲後に放流されると仮定した。なお、ここでは生理的寿命を考慮せずに計算を行い、漁獲対象外資源が放流される際、50%が生残すると仮定した。現状の漁獲圧 (F2017-2019) は F0.1、F30%SPR を大きく下回っており、震災前の F 値 (F2006-2009、ただし 2008 年を除く) と比較しても非常に低い水準となっている。

(2) 再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 1-2 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはホッケー・スティック型再生産関係が適用されている (森川ほか 2020)。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、令和元（2019）年度の資源評価 (柴田ほか 2020) に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法は最小二乗法とした。また、加入量の残差の自己相関を考慮している (森川ほか 2020)。本系群の将来予測では、このホッケー・スティック型再生産関係に従い将来の加入量を算出した。なお、ここでの加入量は 8 齢期の資源尾数である。

本系群のホッケー・スティック型再生産関係の折れ点は、親魚量が 259 トンの場合であり、この親魚量以上であれば平均的には 4.7 千尾程度の加入量が期待される。

(3) 管理基準値案と禁漁水準案

令和2年4月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、近年の高いMによって資源を持続的に維持することは困難とみられることから、本系群では管理基準値案、禁漁水準案は提案されていない。

項目	値	説明
SBtarget 案	—	最大持続生産量(MSY)を実現する親魚量(SBmsy)
SBlimit 案	—	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量(SB0.6msy)
SBban 案	—	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量(SB0.1msy)

2. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した2019年漁期の齢期別資源量、現状のM(2017～2019年の平均値)に基づき、2020～2051年漁期までの将来予測計算を行った(補足資料1)。将来予測における加入量は、各年漁期の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、5000回の繰り返し計算を行った。2020年漁期以降の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧(F2017-2019)から仮定した。また参考として、2021年漁期以降の漁獲圧を0とした場合についても計算を行った。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧(F)等を定める漁獲シナリオ案である。しかし、本系群は管理基準値案が提案されておらず、「管理基準値等に関する研究機関会議」において漁獲管理規則案は提案されていない。

3) 2021年漁期の予測値

現状の漁獲圧に基づく2021年漁期の平均漁獲量は4.9トンであった。2021年漁期に予測される平均親魚量は、71.3トンと見込まれた(図3、表1)。

2021年漁期の親魚量(予測平均値): 71.3トン			
項目	2021年漁期の 漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2017-2019)	2021年漁期の 漁獲割合(%)
F2017-2019	4.9	1.00	1.7
【参考】F=0	0	0	0

(4) 2022年以降の予測

2022年以降も含めた将来予測の結果を図3および表1に示す。現状の漁獲圧による漁獲

を 10 年間継続した場合、2031 年漁期の親魚量の予測値は 42.8 トン（80%信頼区間は 23.2～67.3 トン）であり、F を 0 とした場合には 46.1 トン（80%信頼区間は 24.5～72.7 トン）である。

考慮している不確実性：加入量					
項目	2031 年漁期の親魚量 (トン)	80% 信頼区間 (トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
F2017-2019	42.8	67.3 – 23.2	—	—	—
【参考】F=0	46.1	72.7 – 24.5	—	—	—

3. 引用文献

- Shibata, Y., J. Nagao, Y. Narimatsu, E. Morikawa, Y. Suzuki, S. Tokioka, M. Yamada, S. Kakehi, H. Okamura. Estimating maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku Japan via a state-space assessment model with time-varying natural mortality. bioRxiv931428, <https://doi.org/10.1101/2020.02.02.931428>
- 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.
- 森川英祐・成松庸二・柴田泰宙・鈴木勇人・時岡 駿・金森由妃・三澤 遼・永尾次郎 (2020) 令和 2 (2020) 年度ズワイガニ太平洋北部系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書 . 水産研究・教育機構 , 1-27. FRA-SA2020-BRP02-5. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_zuwai_pacific_north_r.pdf (last accessed 05 August 2020)
- 柴田泰宙・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・永尾次郎 (2020) 令和元 (2019) 年度ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京.

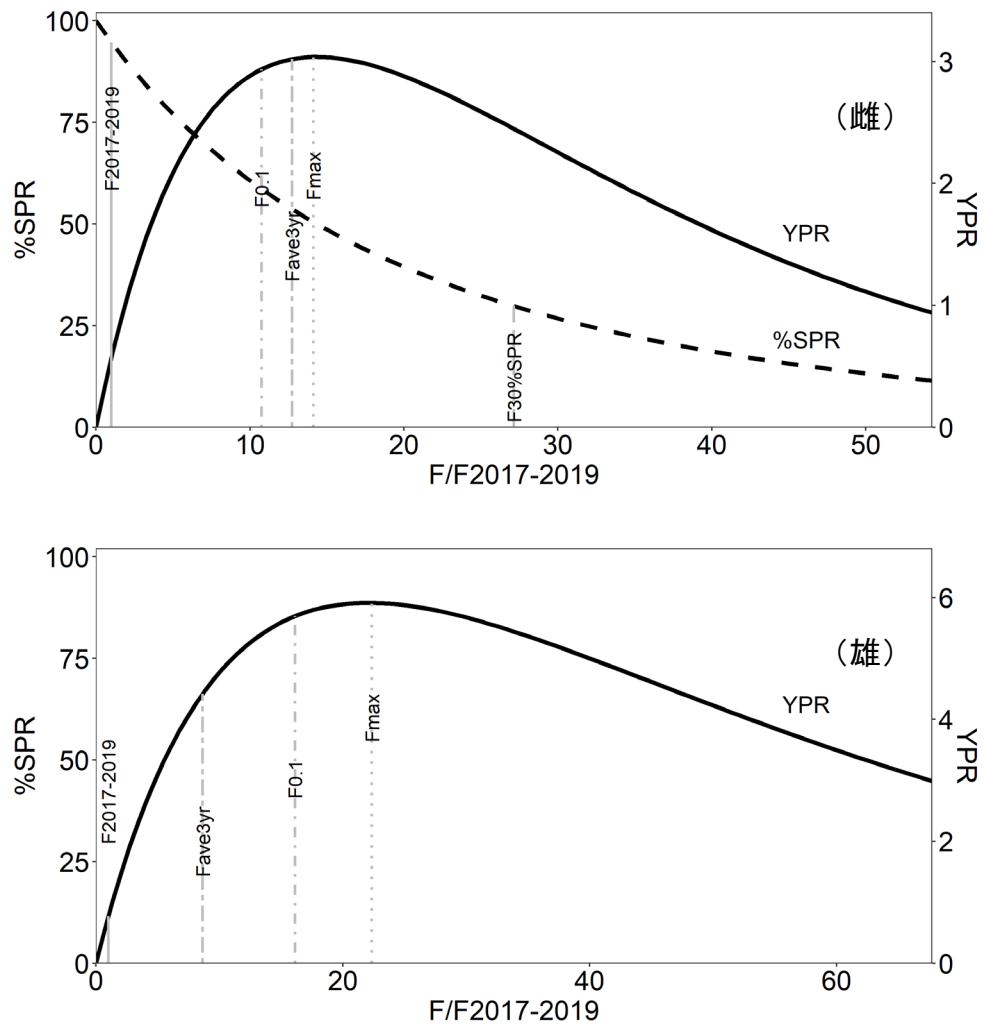


図 1. 現状の漁獲圧に対する雌雄別の YPR および %SPR の関係
 横軸は現状の F 値（2017～2019 年漁期の平均値）との比である。
 現状の M（2017～2019 年の平均値）を仮定し、漁獲対象とならない小型個体の
 混獲後の再放流による生残率が 50%の場合で計算した。

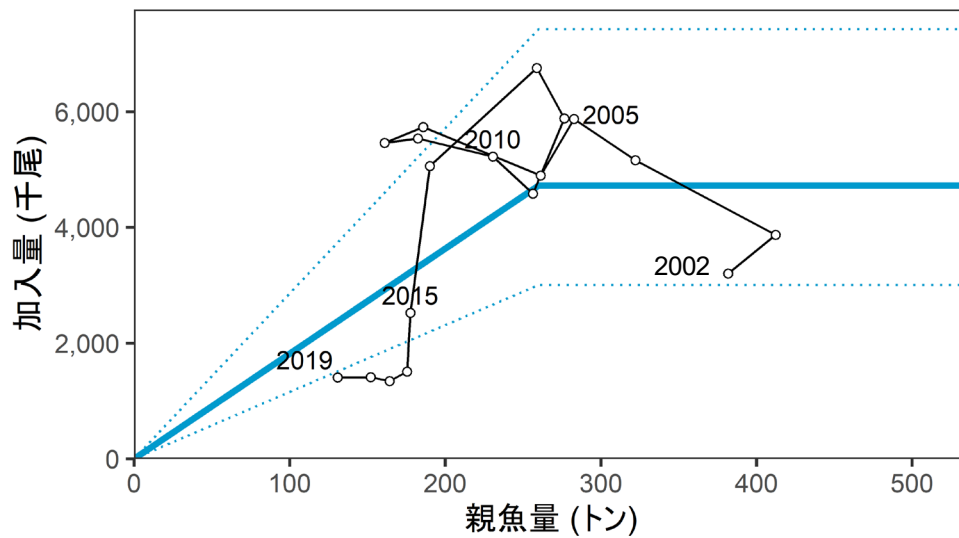


図 2. 親魚量と加入量の関係(再生産関係)

青線は令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究期間会議」(森川ほか 2020) で提案された再生産関係式であり、白点は 1997～2014 年の親魚量と 2002～2019 年の加入量を示す。また図中の数字は加入群の年級(加入年)である。再生産関係には自己相関を考慮したホッケー・スティック(HS)型再生産関係を用い、最小二乗法によりパラメータを推定した。再生産関係式の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される区間である。

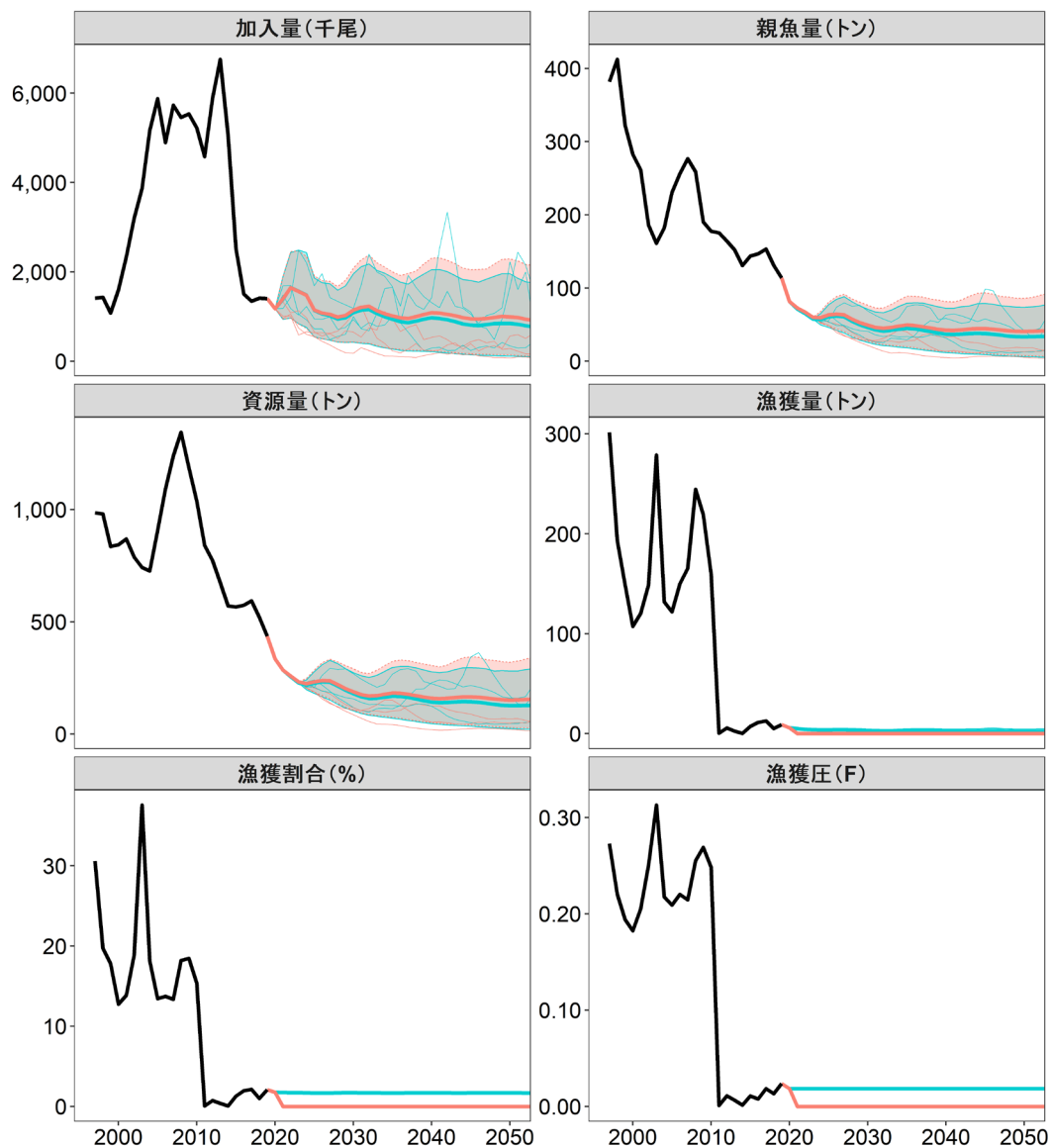


図 3. 現状の漁獲圧(F2017-2019)で漁獲を続けた場合の将来予測(緑色)と漁獲を0とした場合の将来予測(赤色)

横軸は漁期年、太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の80%が含まれる80%予測区間、細線は3通りの将来予測の例示である。

表 1. 将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移

a) 親魚量の平均値の推移

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
F2017-2019	82	71	65	58	57	61	62	61	55	50	46	43	37	34
【参考】F=0	82	73	67	60	60	63	64	63	57	53	49	46	42	41

b) 漁獲量の平均値の推移

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
F2017-2019	5.9	4.9	4.4	3.9	3.7	3.8	3.9	3.9	3.6	3.3	3.1	2.8	2.3	2.1
【参考】F=0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

補足資料 1. 将来予測の方法

資源評価で推定した 2019 年漁期の齢期別資源量、現状の M (2017~2019 年の平均値) および現状の漁獲圧 (F2017-2019) に基づき、2020~2051 年漁期までの将来予測計算を行った。各種パラメータの設定を補足表 1 に示す。2020 年漁期以降の加入量の予測については、令和 2 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において提案されたホッケ・スティック型関係式 ($a=18.169$ 、 $b=259.85$ 、 $SD=0.275$ 、 $\rho=0.861$) から推定される値を用いた (森川ほか 2020)。なお、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、令和元 (2019) 年度の資源評価 (柴田ほか 2020) に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いた。なお、加入量には残差の自己相関を考慮している。将来予測における加入量は、各年漁期の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、5000 回の繰り返し計算を行った。2020 年漁期以降の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2017-2019) から算出した。また、参考として 2021 年漁期以降の漁獲圧を 0 とした場合についても計算を行った。計算に用いる個体群動態モデルは Shibata et al. (投稿中) に従い、状態空間資源評価モデル (JASAM) を適用した。なお JASAM は現在投稿中であるため、本項においては詳細なモデル式は省略した (モデル式についてはプレプリントを参照)。

引用文献

- 森川英祐・成松庸二・柴田泰宙・鈴木勇人・時岡 駿・金森由妃・三澤 遼・永尾次郎 (2020) 令和 2 (2020) 年度ズワイガニ太平洋北部系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書。水産研究・教育機構, 1-27. FRA-SA2020-BRP02-5. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_zuwai_pacific_north_r.pdf (last accessed 05 August 2020)
- 柴田泰宙・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・永尾次郎 (2020) 令和元 (2019) 年度ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価。我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京。
- Shibata, Y., J. Nagao, Y. Narimatsu, E. Morikawa, Y. Suzuki, S. Tokioka, M. Yamada, S. Kakehi, H. Okamura. Estimating maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku Japan via a state-space assessment model with time-varying natural mortality. bioRxiv931428, <https://doi.org/10.1101/2020.02.02.931428>

補足表 1. 将来予測計算に用いたパラメータ

齢期	自然死亡係数 (注)	成熟率	平均重量(g)	現状の漁獲圧 (F2017-2019)
8	0.515	0.0	—	—
9	0.515	0.0	—	—
10	0.515	0.0	—	—
11	0.515	1.0	132	0.018

注：自然死亡係数は現状の M (2017~2019 年の平均値)。