

令和 6（2024）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（森川英祐・柴田泰宙・藤原邦浩・

富樫博幸・鈴木勇人・時岡 駿・三澤 遼・永尾次郎・櫻井慎大）

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、漁業情報サービスセンター、海洋生物環境研究所

要 約

本系群の資源量は、着底トロール調査から得られた現存量に状態空間資源評価モデル（Just another state-space stock assessment model: JASAM）を適用して推定した。雌雄合計の資源量は 2008 年漁期（1,430 トン）以降減少し、2020 年漁期には 213 トンまで減少した。その後資源量は回復傾向を示し、2023 年漁期は 739 トンと推定された。親魚量（漁期後の雌の資源量）も長期的に減少していたが、資源量と同様に回復傾向を示しており、2023 年漁期は 339 トンと推定された。

本系群の資源量は、2011 年の東日本大震災（以下、「震災」という）以降、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減少していた。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、本系群では自然死亡係数（ M ）が高く、この状態が今後も続くと仮定した場合、適用された再生産関係では、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と判断された。そのため、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} ）の提案が見送られ、令和 3 年 3 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て、本系群の資源管理においては 2019 年漁期の資源量（令和 2（2020）年度の資源評価結果では 436 トン）を目標とすると定められた。

本系群の 2023 年漁期の資源量は 739 トンであり、資源管理基本方針で目標値とされた令和元年（2019 年）漁期の資源量（436 トン）を上回っている（ただし、本年度の評価結果では 2019 年漁期の資源量は 291 トンに修正されている）。また直近 5 年間（2019～2023 年漁期）の推移から親魚量の動向は「増加」傾向にあると判断される。本系群の漁獲シナリオは「本系群をとることを目的とする操業を避ける」とされ、震災のあった 2011 年漁期以降の最大漁獲量を考慮して漁獲可能量（20 トン）が算定されている。震災以降の漁獲圧は低い水準で推移しており、2023 年漁期の漁獲圧は 0 であった。2025 年漁期の資源量予測値、および現状の漁獲圧による算定漁獲量は、それぞれ 786 トンおよび 18.0 トンと算出された。

要 約 図 表

最大持続生産量 (MSY)、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量 (SBmsy)	—
2023 年漁期の親魚量の水準	—
2023 年漁期の漁獲圧の水準	—
2023 年漁期の親魚量の動向	増加
MSY	—
2025 年漁期の算定漁獲量	18.0トン
コメント: ・令和 3 年 3 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」において、本系群をとることを目的とする操業が行われていない平成 23 年 (2011 年) 以降の最大漁獲量を考慮して漁獲可能量を算定すると取りまとめられた。 ・2025 年漁期の算定漁獲量は、漁獲圧に 2021～2023 年漁期の平均値 (F2021-2023)、自然死亡係数に 1997～2023 年の平均値 (M1997-2023) を用いて算定した。	

直近 5 年と将来 2 年の資源量、親魚量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合					
漁期年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2019	291	66	7.4	—	2.5
2020	216	69	7.9	—	3.7
2021	240	90	10.0	—	4.2
2022	407	180	13.7	—	3.4
2023	739	339	0	—	0.0
2024	819	228	18.4	—	2.3
2025	786	209	18.0	—	2.3
・2024、2025 年漁期の値は将来予測に基づく平均値である。 ・自然死亡係数には 1997～2023 年の平均値 (M1997-2023) を用いた。 ・2024、2025 年漁期の漁獲圧は、2021～2023 年漁期の平均値 (F2021-2023) とした。					

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
漁期年別漁獲量・ 漁獲努力量	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、水産機構)
成熟年齢 齢期別平均体重	着底トロール調査(10～11月、水産機構)

本系群の漁期年は7月～翌年6月、漁期は12月～翌年3月である。

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に分布する(図2-1、北川 2000)。太平洋北部では、雄は甲幅80 mm以上、雌は最終脱皮後のみ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も深いことが特徴である。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移動の詳細は明らかになっていない。遺伝解析の結果、我が国周辺のズワイガニには2つの遺伝的クラスターが存在し、日本海系群、北海道西部系群、太平洋北部系群が1つの遺伝的クラスターを構成することが示されている(森川ほか 2024)。

(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。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)。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回脱皮するとされている(桑原ほか 1995)。本系群における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

本報告では最終脱皮をすることを「成熟」とし、最終脱皮前の個体を未成熟個体、最終脱皮後の個体を成熟個体と表記した。

雄では、10 齢期(甲幅56～74 mm)以降に成熟個体が出現する(図2-3)。その後、11 齢

期（甲幅 74～86 mm）、12 齢期（甲幅 86～98 mm）と成長し、多くの個体は 13 齢期（甲幅 98～110 mm）までに成熟する。少数ながら、13 齢期でも未成熟個体も認められるが、14 齢期（甲幅 110 mm 以上）までにほぼすべての個体が成熟する。本系群は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）。

雌も同様に、10 齢期（甲幅 56 mm 以上）以降に成熟個体が出現するが、成熟割合は甲幅 70 mm 前後で急激に変化することから、ほとんどの雌は 11 齢期になる際に成熟すると考えられる。したがって、本系群の資源評価では、すべての雌は 11 齢期になる際に成熟すると仮定した。なお雌の成熟サイズは日本海とほぼ同じである。孵出が近い外仔を有する雌は冬～春に多く採集されるが、産卵時期の異なる個体が混在し、それらの出現割合は年によって異なる可能性が指摘されている（永尾ほか 2017）。

(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、脱皮直後と思われる大型の個体をマダラが被食していた事例が報告されている（伊藤 1968、Robichaud et al. 1991、伊藤ほか 2014）。

(5) 特記事項

本系群では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（Shibata et al. 2021、補足資料 2 を参照）によって自然死亡係数（M）が推定されている。2000 年代後半から 2010 年代後半にかけて、M は長期的に上昇傾向を示し、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かかわらず、資源が回復しない要因となっていた（図 4-6、表 4-2）。M が上昇した原因については明らかになっていないが、東北沖の底水温の上昇との関係が指摘されている（Shibata et al. 2021、補足資料 7）。なお、本報告における M は、ある年の 12 月 1 日から翌年の 12 月 1 日までにかかる自然死亡係数であり、例えば「1997 年の M」は、1997 年 12 月 1 日から 1998 年 12 月 1 日までにかかる自然死亡係数である。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

漁期年を 7 月～翌年 6 月として漁獲量を集計した。本系群は主に沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）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門船は少なく、他の魚種とともに漁獲対象の一つとして扱われている。漁獲量の大部分は、宮城県以南のオッターロール漁法（以下、「トロール」という）により占められ、特に福島県が高い割合を占めている（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占めるようになった

(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 月から 2021 年 3 月までは「試験操業」、2021 年 4 月以降は「拡大操業」へと移行しているが、本種に対する漁獲圧は依然として低い水準で推移している。

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。これらの行政的規制に加え、水揚の中心である福島県松川浦漁港では、沖底船の 1 隻 1 航海当たりの水揚量制限や休漁日の設定が行われている。

(2) 漁獲量の推移

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。全県の合計漁獲量は、その大部分を占める福島県の漁獲量と連動して推移している。1995 年漁期の漁獲量は 353 トン(岩手県を含まない)を記録したが、2000 年漁期には 107 トンまで減少した(図 3-1、表 3-1)。また 2003 年漁期には茨城県の漁獲量が急増して 279 トンとなったものの、2005 年漁期には 122 トンに減少するなど、漁獲量の増減幅は大きい。

2011 年漁期以降、震災の影響により福島県船が操業を休止したため、2011～2022 年漁期における漁獲量は 0.5～13.7 トンと震災以前に比べて低い水準で推移している。2023 年漁期は、本系群の主分布域において操業が行われたものの、まとまった漁獲はなく 2023 年漁期の漁獲量は青森～茨城の全県で 0 トンであった。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場合もあると考えられる。

雌雄別、成熟段階別漁獲尾数の推移をみると、漁獲の多かった 1997～2010 年漁期では、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)。

(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。沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料(以下、「沖底漁績」という)を用い、漁獲努力量として福島県船の沖底(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)。なお、沖底漁績は暦年集計のため、2023 年漁期の沖底漁績は使用できない。そのため、本報告では 2022 年漁期までの動向について述べる。

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、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 年漁期以降は福島県船が試験操業、拡大操業を再開したものの、極めて低い値で推移している。2012～2019 年漁期は概ね 50 網前後であったが、2020～2022 年漁期は 103～241 網とゆるやかに増加していた。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。また、漁獲努力量の分布について震災前(2009 年漁期)と 2022 年漁期を比較すると、その分布は大きく変化しており、2022 年漁期に漁獲が報告されたのは相馬沖の一部の海域のみであった(図 3-4)。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

雌雄別の齢期別漁獲尾数（補足資料 6）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現存量調査（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、2023 年は計 120 地点）から得た現存量（面積－密度法、補足資料 4）を資源量指標値とし、JASAM を適用して資源の計算を行った（補足資料 1）。

(2) 資源量指標値の推移

着底トロール調査から得た現存量は、長期的には 1997 年漁期（496 トン）から 2007 年漁期（1,777 トン）にかけて増加し、その後減少傾向にある（図 4-1、表 4-1）。調査期間を通じて大きく増減を繰り返しており、2019 年漁期には前年の 407 トンから大きく増加して 992 トンとなったが、2020 年漁期は大きく減少して 1997 年の調査開始以降最低の 114 トンとなった。2021 年漁期以降、現存量はごく短期間で大きく増加し、2023 年漁期の現存量は 1,077 トンであった。また、各漁期年の調査結果から求めた現存親魚量（雌の成熟個体の漁期後現存量）も長期的には減少傾向を示しており、2020 年漁期には調査開始以降最低の 18 トンを記録した。その後、現存量と同様に増加に転じ、2022 年漁期は 78 トン、さらに 2023 年漁期には 411 トンへと急増した。なお、2023 年漁期の現存量（特に現存親魚量）の急増は、福島県沖の水深 500～600 m 帯に出現した高密度点による影響が大きい（補足資料 2）。したがって、2023 年漁期における現存量の急激な変動は、本来の資源動向を示していない可能性がある。

沖底漁績から得た有漁網数と漁獲量を用い、1997～2022 年漁期の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 4-2）。2011 年漁期以降は大きく変化しており、2012 年漁期の CPUE は 55.4 kg/網であったのに対し、2017 年漁期には 187.8 kg/網へと急増した。その後は急減して 2018 年漁期以降は 70 kg/網前後で推移し、2022 年漁期は 99.8 kg/網であった。なお、2011 年漁期は漁業が行われず、また 2014 年漁期は網数が 1 網のみであったため、いずれも CPUE を計算しなかった。

震災後以降、本系群の漁獲の大部分を占めていた福島県船は試験操業、拡大操業のみとなっており、漁獲努力量の変化が著しく、またその分布も大きく変化している（図 3-4）。漁業者からの聞き取り情報によると、近年の操業は漁期中に数回、キチジ・ズワイガニ等の多い深場（水深 400～500 m）の漁場に行く程度とのことであった。以上のことから、震災後の沖底 CPUE の推移は本系群の資源動向を反映していないと考えられる。

(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 710～1,430 トンの間で推移した後に減少し、2020 年漁期には 213 トンと過去最低の資源量となった（図 4-3、表 4-2）。2021 年漁期以降は増加に転じ、2023 年漁期の資源量は 739 トンであった。雌雄別の資源量は、2008 年漁期（雌：563 トン、雄：868 トン）以降、雌雄ともに減少傾向を示していた（図 4-4）。雌雄ともに 2021 年漁期以降は増加に転じ、2023 年漁期の雌雄別資

源量は雌が 345 トン、雄が 394 トンであった。親魚量（雌成熟個体の漁期後資源量）は、1998～2019 年漁期にかけて長期的に減少傾向を示していた（図 4-5）。2019 年漁期には過去最低となる 65 トンを記録したが、2021 年漁期以降は増加に転じ、2023 年漁期は 339 トンとなった。

推定された自然死亡係数 M は、大きく増減を繰り返している（図 4-6、表 4-2）。 M は 1997 年から 2012 年にかけて上昇し、その後 2014 年にかけて一度は低下したものの、2017 年にかけて再度上昇した。2018 年（ $M=0.762$ ）以降は下降傾向であり、2023 年は 1997 年以降最も低い $M=0.016$ と推定され、直近 3 年間の平均値（ $M_{2021-2023}$ ）は 0.065 であった。

漁獲割合の推移をみると、1997～2010 年漁期にかけては雌雄ともにいくつかの年を除いて 20%程度で推移していたが、2011 年漁期は震災の影響により 0.1%まで激減した（図 4-7、表 4-3）。2012 年漁期に福島県船の試験操業が開始されたものの、2012 年漁期以降の漁獲割合は雌雄ともに 0.1～5.8%と低い値に留まっている（2023 年漁期は雌雄とも 0%、2022 年漁期は雌で 4.8%、雄で 3.4%）。また、 F 値の推移をみると、未熟雄、成熟雄、雌いずれも震災以降は低い値となっており、2012 年漁期以降の F 値はいずれも 0.1 を下回っていた（図 4-8）。2023 年漁期は漁獲量が 0 であることから、 F 値は未熟雄、成熟雄、雌のいずれも 0 であった。

加入量と再生産成功率（RPS）の推移を図 4-9 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 年加入群で増加しており、2008 年加入群では 37.1 尾/kg であった。その後は減少し、長期的には減少傾向で推移しており、2023 年加入群では 15.0 尾/kg となっていた。

本系群では、データの追加によって自然死亡係数 M をはじめとする各パラメータが再推定され、資源量の数値が更新される。データの追加による資源量推定値および M の推定値の変化を見るために、最新年から 1 年ずつデータを取り除いたレトロスペクティブ解析を行った（補足資料 2）。令和 5（2023）年度の資源評価と比較すると、資源量推定値は -65.2 ～ +69.5 トンの修正があったものの、その動向は変化していなかった（補足図 2-5）。一方、 M の動向は大きく変化している（補足図 2-6）。令和 4（2022）年度の資源評価以前において、 M はデータの範囲内（1997～2021 年）で一貫して上昇傾向を示していたが、令和 5（2023）年度の資源評価において 2019 年以降の M が大きく低下し、 M が低下していることが示唆された。なお、令和 5（2023）年度の資源評価における M の値は着底トロール調査に基づく現存量やその CV に対して非常に敏感であり、また 2023 年秋季の着底トロール調査の結果によってその動向が大きく変化することが指摘されていた（森川ほか 2024）。本年度の資源評価においてデータを追加した結果、 M は昨年度の資源評価に続いて 2019 年以降低下していた。このため、近年の M は低下傾向にあると判断された。

本系群の着底トロール調査に基づく現存量は、2021 年以降ほぼ全ての齢期で継続して増加している。特に 2023 年の着底トロール調査では、雌の 11 齢期、雄の 12～14 齢期といった高齢個体の現存量が増加した。前述のとおり、震災以降の本系群の漁獲量および漁獲努力量は非常に低い水準で推移し、2020 年以降も漁業の状況に大きな変化は生じていない。したがって、本系群の資源量は回復傾向にあり、2000 年代後半から 2010 年代にかけて見られた M の上昇と、これに伴う資源の減少に一定の歯止めがかかったと考えられる。一方、本年度の資源評価で推定された 2021～2023 年の M は過去 1～3 番目に低い値であり、

その平均値 (M2021-2023、 $M=0.065$) も過去に例のない値となった (表 4-2)。特に 2023 年の M の値は 0.016 であり、この数値が現実的な自然死亡率とは考えにくい。

ズワイガニ (特に雌) は集群し、規模の異なるパッチ状に分布する性質が知られている (山崎・桑原 1991)。着底トロール調査では、網がパッチに接触するかどうかで推定される現存量が大きく変動する。2023 年の着底トロール調査では、福島県沖の 1 地点がパッチに接触し、漁獲したズワイガニの大半を雌 11 齢期が占めたが、隣接する調査点ではズワイガニの分布密度は低く、周辺の調査地点との類似性が認められなかった (補足資料 2)。2023 年漁期の現存量はこの高密度点の影響によって過大に推定されている可能性がある。2023 年漁期に同海域を操業した福島県船において漁獲量が 0 トンであったことは、この説を強く支持した。当該地点のデータを含めずに本系群の資源量、親魚量および M を JASAM によって推定した場合、資源量、親魚量は少なく、 $M_{2021-2023}$ は高く推定された (補足資料 4)。

以上のことから、本系群の M は 2010 年代後半に比べて低下していると考えられるものの、 $M_{2021-2023}$ ($M=0.065$) まで低下しているとは判断できない。現状の漁獲圧の評価、管理基準値等の計算に際し、 M を過小に評価した場合には資源水準の判断を誤るリスクが大きい。このため、本年度の資源評価において $M_{2021-2023}$ を用いた漁獲圧の評価、管理基準値の計算を行うことは適切ではないと判断した。本報告では、 M は今後推定された値の範囲内 (0.016~0.856) で推移するものと仮定し、その平均的な M の値として全期間の平均値 ($M_{1997-2023}$ 、 $M=0.400$) を使用することとした。

(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

加入量当たり漁獲量 (YPR) と加入量当たり親魚量 (SPR) を用いて現状の漁獲圧および漁獲圧の経年変化について検討した。加入量当たり親魚量 (SPR) は、漁獲圧が無かった場合とあった場合の SPR の比 (%SPR) を用いて評価した (図 4-10)。

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て、本系群の %SPR と YPR を雌雄別に求めた (Ueda et al. 2009、図 4-10)。 M は $M_{1997-2023}$ ($M=0.400$) とし、最終脱皮率には JASAM で得られた推定値を用いた。また漁獲対象外の齢期区分については漁獲対象の齢期区分と同様の 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、漁獲対象外の齢期区分が放流される際、50%が生残すると仮定した。その結果、 F_{max} は雄で 0.30、雌で 0.25、 $F_{0.1}$ は雄で 0.21、雌で 0.18、 $F_{30\%SPR}$ は雌で 0.44 であった。 $F_{2021-2023}$ (2021~2023 年漁期の平均) は雄で 0.024、雌で 0.021 であり、 $F_{0.1}$ などと比較して非常に小さい値となっている。なお、震災前の平均的な漁獲圧 ($F_{2006-2009}$ 、2008 年漁期を除く) は、雄で 0.12、雌で 0.22 であり、雌に関しては $F_{0.1}$ よりも大きい値であった。

JASAM で得られた 1997~2023 年漁期の各年の雌の F 値と $M_{1997-2023}$ ($M=0.400$) を用いて雌の %SPR を算出した (図 4-11)。その値の推移をみると、2010 年漁期以前は 34~58% で推移していたが、2011 年漁期以降は震災によって漁獲圧が大きく低下し、90%以上となっていた。2021、2022 年漁期は 88.3%まで上昇したものの、2023 年漁期の漁獲量が 0 トンであったため、2023 年漁期の %SPR は 100%となった (補足表 3-3)。

(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 4-12 に示す。なお本系群では、親魚量は雌の成熟個体（11 齢期）の漁期後資源量、加入量はその 5 年後の 8 齢期の資源尾数である。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式にはホッカー・スティック型再生産関係が適用された（森川ほか 2020、補足表 3-1）。その際、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・加入量を用い、最適化方法は最小二乗法とし、加入量の残差には自己相関が考慮された。ただし、本系群では加入までのプロセスが不明なため、日本海系群と同様に加入までの年数を 5 年と仮定して推定した。なお、資源量推定に用いた JASAM 内では 8 齢期の加入尾数はランダムウォークで与えており、再生産の仮定が異なっている点は留意する必要がある。しかし、JASAM に再生産関係を組み込むにはモデル選択をはじめ様々な検討が必要であることから、本系群では JASAM への再生産関係の組み込みは行わず、一例として再生産関係を JASAM 外で推定することとした（森川ほか 2020）。今後、引き続き調査・実験等を通じて情報収集を行い、将来課題として JASAM 内部に再生産関係を組み込むことを検討する。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値等

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、本系群において現状の M（令和元年度の資源評価における M2016-2018）が今後も継続した場合、適用したホッカー・スティック（HS）型再生産関係では漁獲を 0 とした場合でも資源量が減少するため、資源を持続的に維持するための管理基準値の提案を見送った（森川ほか 2020）。このため、本系群では最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量（SB_{msy}）、および SB_{msy} を維持する漁獲圧（F_{msy}）とこれを達成する漁獲シナリオ、管理基準値等は定められていない（補足表 3-2）。

また上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」では、本系群における M の直近 3 年間の平均値が管理基準値設定水準（M=0.432）を下回った場合、管理基準値案について検討するとした（森川ほか 2020）。本年度の資源評価における M の直近 3 年間の平均値（M2021-2023）の値は 0.065 であり、この値を大きく下回っている。しかし前述のとおり、この値が実際の自然死亡を評価できているとは考えにくく、また今後のデータの追加によって修正される可能性がある。このため、この値を用いた将来予測および管理基準値の算定は不確実性が大きく、適切ではないと判断した。なお、M1997-2023（M=0.400）の下では、管理基準値および漁獲管理規則を算定することは可能である。しかし、2023 年漁期に福島県船が本系群の主分布域で操業が行われたにもかかわらず漁獲量は 0 トンであり、本系群を取り巻く状況は決して楽観的ではない。このため、本年度は M1997-2023 を仮定した場合における試算値を補足資料 8 に示すにとどめ、管理基準値、漁獲管理規則については提案しない。本系群の M の動向については今後も調査、実験等を継続してデータの収集、蓄積に努める。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

本系群では前述のとおり、管理基準値の提案が見送られている。このため、MSY を実現

する親魚量および漁獲圧、目標管理基準値（SB_{msy}）、神戸プロット、MSY 水準に基づく資源水準は提示できない。なお、JASAM によって推定された 2023 年漁期の資源量は 739 トンであり、資源管理基本方針で目標値とされた令和元年（2019 年）漁期の資源量（令和 2 年（2020 年）度の資源評価における推定値 436 トン）を上回った（ただし、本年度の評価結果では 2019 年漁期の資源量は 291 トンに修正されている）。親魚量の動向は直近 5 年間（2019～2023 年漁期）の推移から「増加」と判断される。

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

本年度の資源評価で推定した齢期別資源量に基づき、2024～2035 年漁期の将来予測計算を行った（補足資料 2）。将来予測における加入量（8 齢期）は、森川ほか（2020）で適用されたホッケー・スティック型再生産関係を用いて各年漁期の親魚量から予測した。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、5,000 回の繰り返し計算を行った。8 齢期以降の生残には本年度の資源評価における M1997-2023（M=0.400）を用い、2024 年漁期以降の漁獲量は、予測される資源量（漁獲対象となる雄の甲幅 80 mm 以上および成熟雌の重量）と現状の漁獲圧（F2021-2023）から計算した。

(2) 漁獲管理規則

本系群は「管理基準値等に関する研究機関会議」において管理基準値の提案が見送られており、漁獲管理規則は提案されていない。

(3) 2025 年漁期の予測値と ABC の算定

本系群については「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て、本系群をとることを目的とする操業が行われていない平成 23 年（2011 年）以降の最大漁獲量を考慮して漁獲可能量を算定すると定められている。したがって、目標管理基準値が提案されていない現状においては、資源量の推定結果と漁獲シナリオを用いて ABC の算定を行う状況には至っていない。そのため、本報告では、2024 年の予測資源量に現状の漁獲圧（F2021-2023）で漁獲した場合の予測漁獲量を参考値として示した。その結果、2025 年漁期に予測される漁獲量は 18.0 トン、親魚量は平均 209 トンと見込まれた（補足表 3-4）。

(4) 2026 年漁期以降の予測

2026 年漁期以降も含めた将来予測の結果を図 5-1 および表 5-1 に示す。8 齢期以降の生残に本年度の資源評価における M1997-2023（M=0.400）を用い、現状の漁獲圧（F2021-2023）による漁獲を 10 年間継続した場合、2035 年漁期の親魚量の予測値は平均 212 トン（80%予測区間は 115～332 トン）、漁獲量は 17.7 トン（80%予測区間は 9.7～27.3 トン）であった。

6. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は 2008 年漁期の 1,430 トンをピークに減少傾向が続いていたが、2020 年漁期以降は増加に転じており、2023 年漁期の資源量は 739 トンであった。この値は資源管

理基本方針で目標値とされた令和元年（2019年）漁期の資源量（436トン）を上回っており、また親魚量の動向は、直近5年間（2019～2023年漁期）の推移から「増加」傾向にあると判断された。本系群の再生産関係に令和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」において適用されたホッケー・スティック型再生産関係に基づく加入、Mに本年度の資源評価におけるM1997-2023（ $M=0.400$ ）を仮定し、現状の漁獲圧（F2021-2023）で漁獲を行った場合、資源量は緩やかに増加すると推定された。一方で、2023年漁期は本系群の主漁場で操業が行われたにもかかわらず漁獲量は0トンであり、本系群を取り巻く状況は決して楽観的ではない。このため、本年度はM1997-2023を仮定した場合における管理基準値の試算値を示すにとどめ、管理基準値、漁獲管理規則については提案しない。

7. その他

本系群の漁獲シナリオでは「本系群をとることを目的とする操業を避ける」とされており、他魚種狙いの操業においても混獲を極力避ける、漁獲対象外の小型個体が入網する場所では操業を控える、漁獲可能な個体であっても小さいサイズ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取り組みを継続することが重要である。

8. 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.
- 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.
- 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.
- Lovrich, G. A. and 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.
- 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 08 August 2024)

- 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・秋田鉄也・平尾 章 (2024) 令和 5 (2023) 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, 80pp, https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details_2023_14.pdf
- 永尾次郎・服部 努・成松庸二・鈴木勇人・柴田泰宙・矢野寿和 (2017) 東北地方太平洋沖の秋季および春季におけるズワイガニ雌の生殖腺成熟状況. 東北底魚研究, **37**, 64-72.
- Nielsen, A. and C. W. Berg (2014) Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. *Fish. Res.*, **158**, 96-101.
- 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.
- Robichaud, D. A., R.W. Elnor, R. F. J. Bailey (1991) Differential selection of crab *Chionoecetes opilio* and *Hyas* spp. as prey by sympatric cod *Gadus morhua* and thorny skate *Raja radiata*. *Fish. Bull.*, **89**, 669-680.
- Shibata, Y., J. Nagao, Y. Narimatsu, E. Morikawa, Y. Suzuki, S. Tokioka, M. Yamada, S. Kakehi, H. Okamura (2021). Estimating maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku Japan via a state-space assessment model with time-varying natural mortality. *Popul. Ecol.*, **63**, 41-60.
- 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.
- 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.
- 山崎 淳・桑原昭彦 (1991) カニカゴ操業結果からみたズワイガニの分布と甲幅組成. 日水誌, **57**, 439-446.



図 2-1. 太平洋北部（北海道を除く）のズワイガニの分布

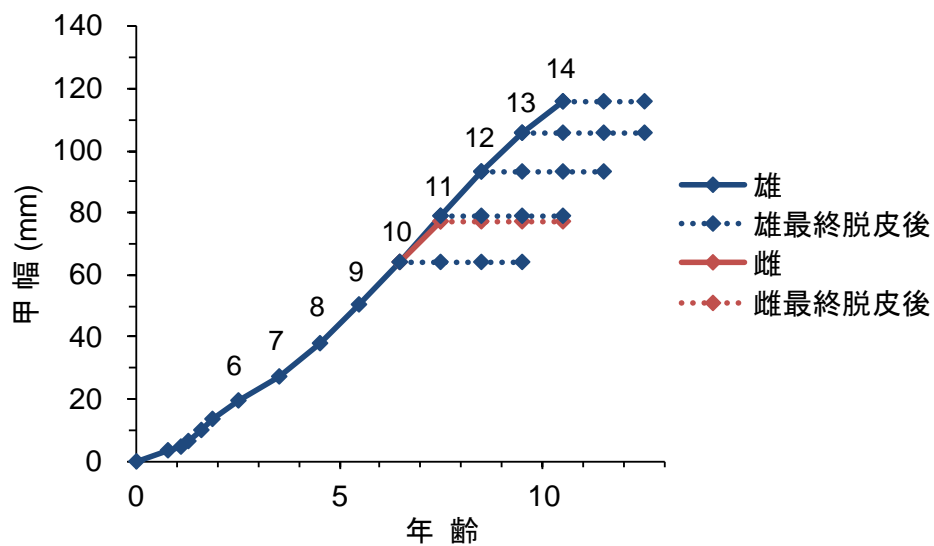


図 2-2. 太平洋北部におけるズワイガニの年齢、脱皮齢期および甲幅の関係
 数字は脱皮齢期を示す。6 齢期以降は 1 年に 1 回脱皮すると仮定し、資源計算上の加入は 8 齢期（5 歳）とした。9 齢期までの成長は雌雄共通と仮定した。

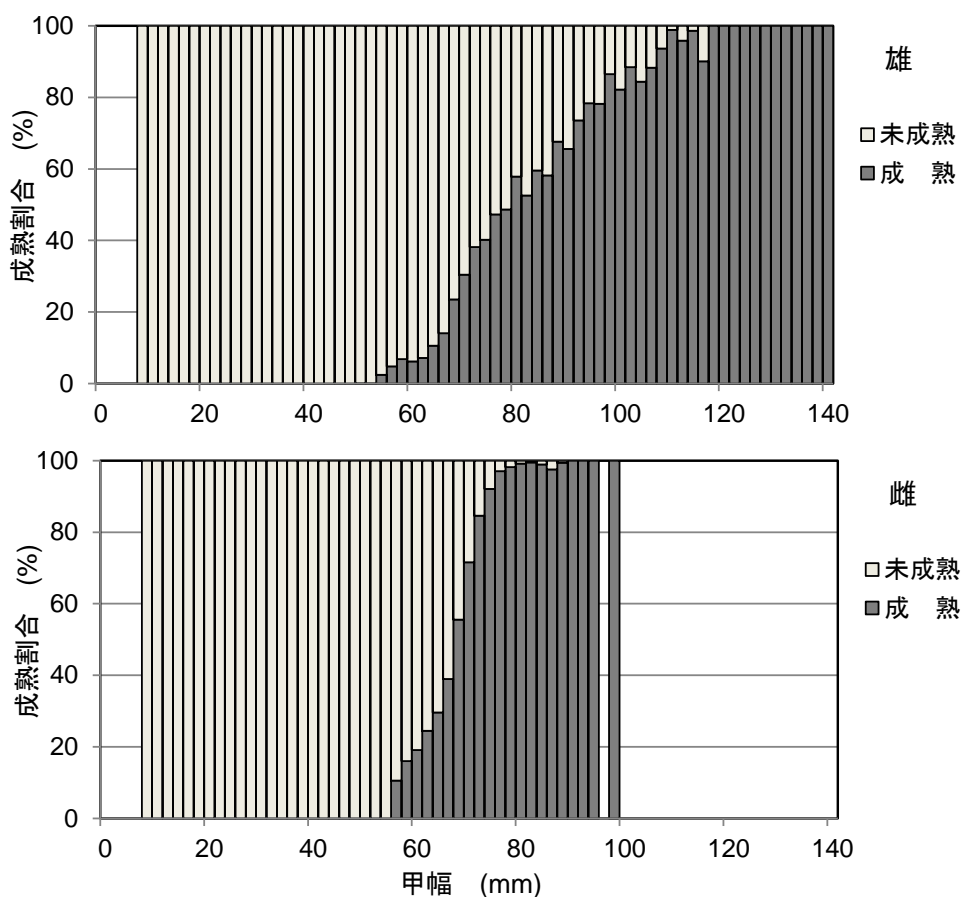


図 2-3. ズワイガニの甲幅別成熟割合 (1997~2022 年漁期)

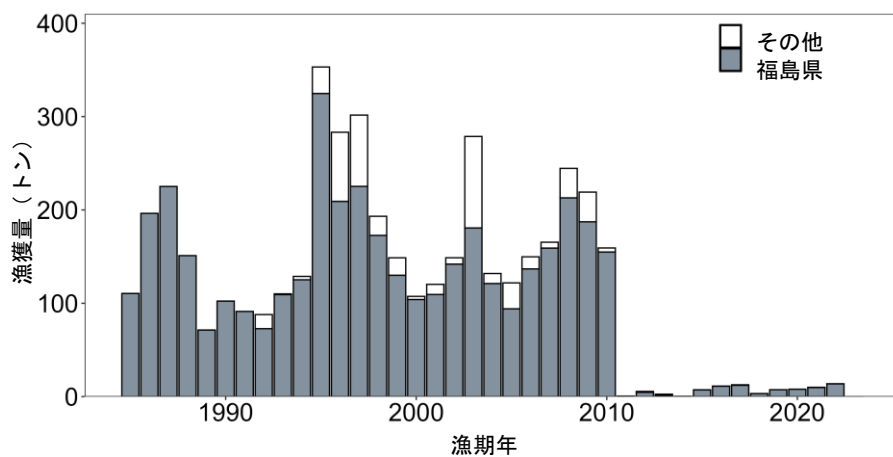


図 3-1. 漁獲量の推移

1985~1991 年漁期の福島県の漁獲量は、相馬港のみの値。
 2023 年漁期の漁獲量は 0 トンである。

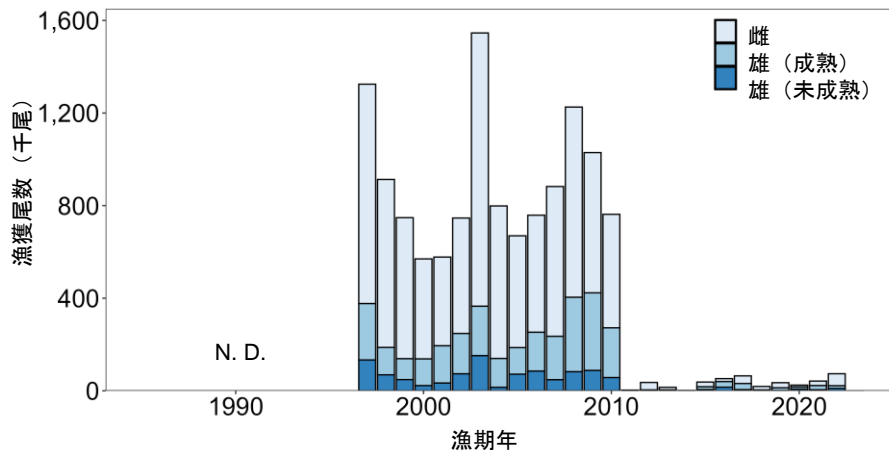


図 3-2. 雌雄、成熟段階別の漁獲尾数の推移

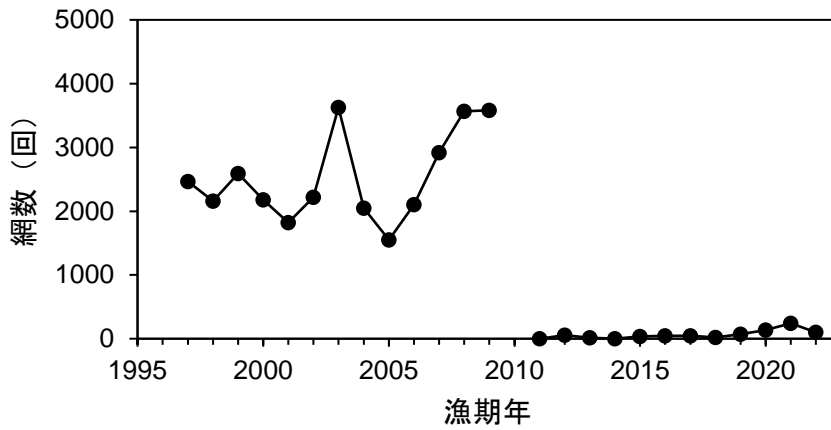


図 3-3. 沖底漁績による福島県船の漁獲努力量（有漁網数）の推移
震災による沖底漁績流出のため、2010 年漁期の値は使用できない。

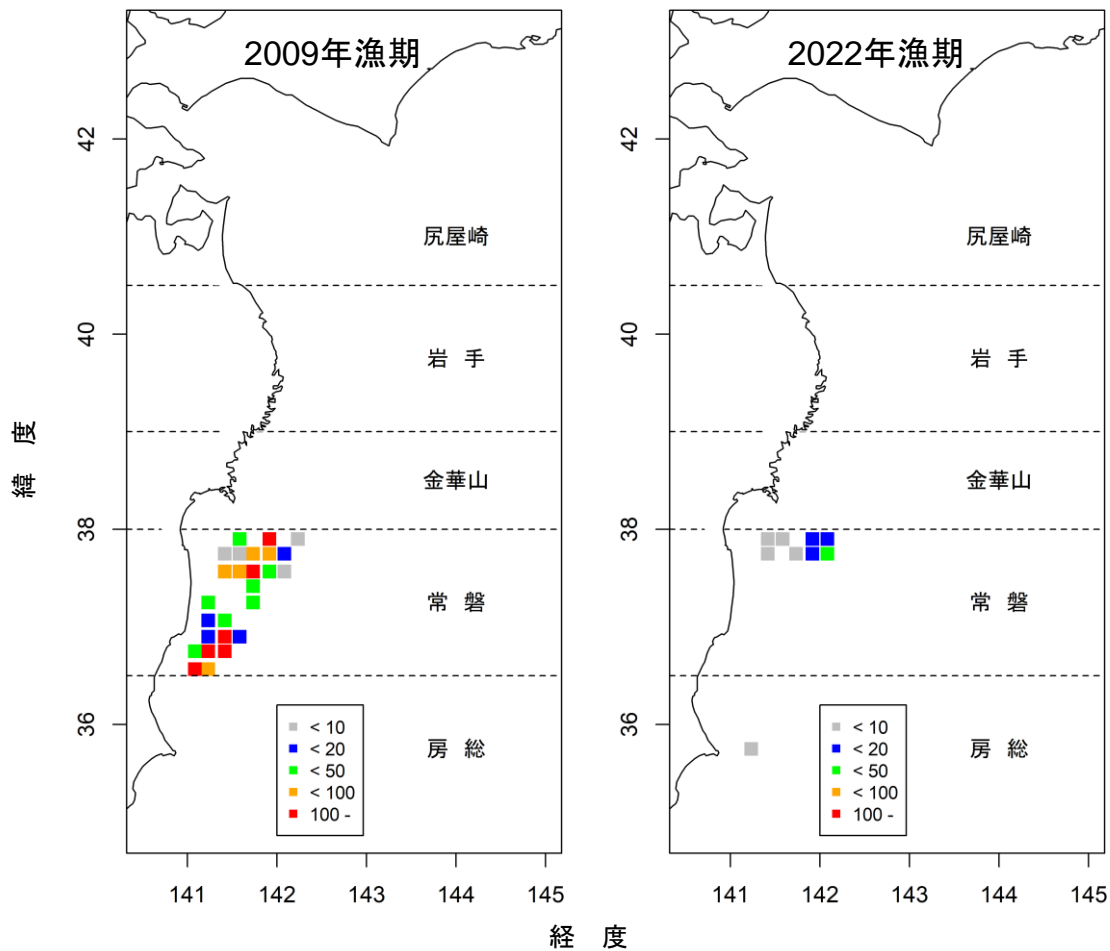


図 3-4. 沖底漁績による 2009 年漁期と 2022 年漁期の漁獲努力量（有漁網数）の比較

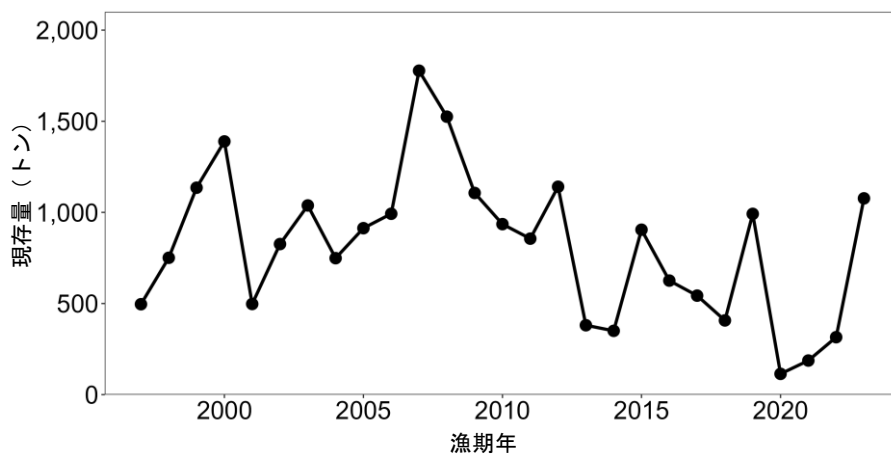


図 4-1. 着底トロール調査で得られた現存量の推移

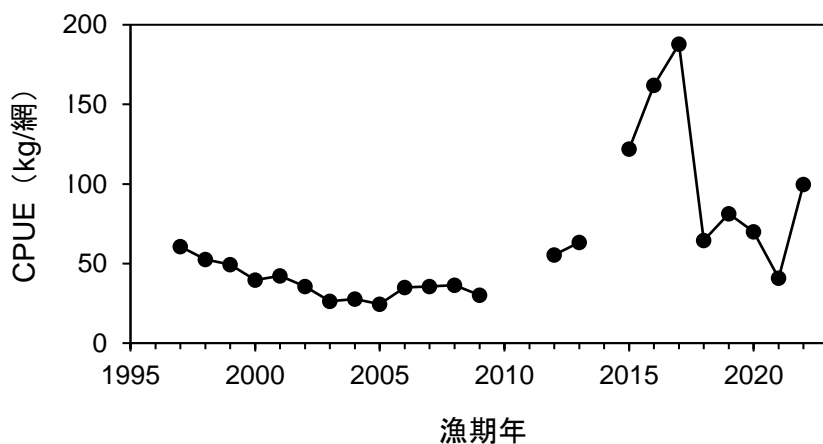


図 4-2. 沖底漁績による福島県船の CPUE

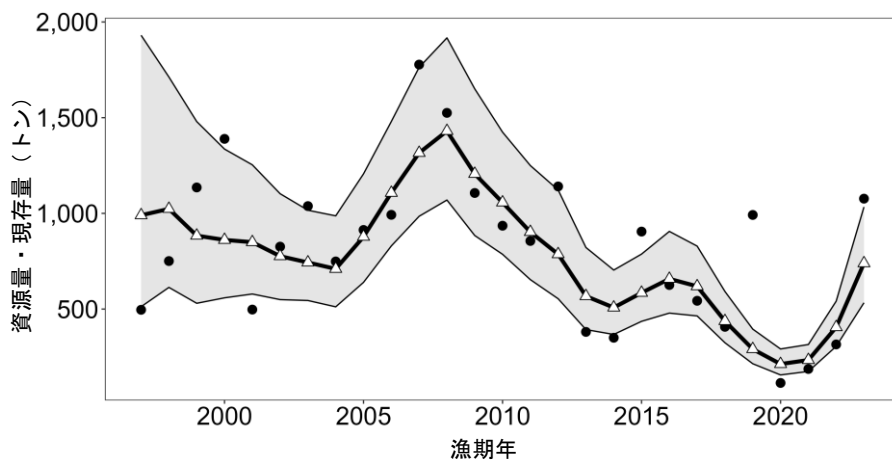


図 4-3. 漁獲対象資源量（三角点）、および着底トロール調査による現存量（黒点）の推移
網掛けは推定値の 95%信頼区間を示す。

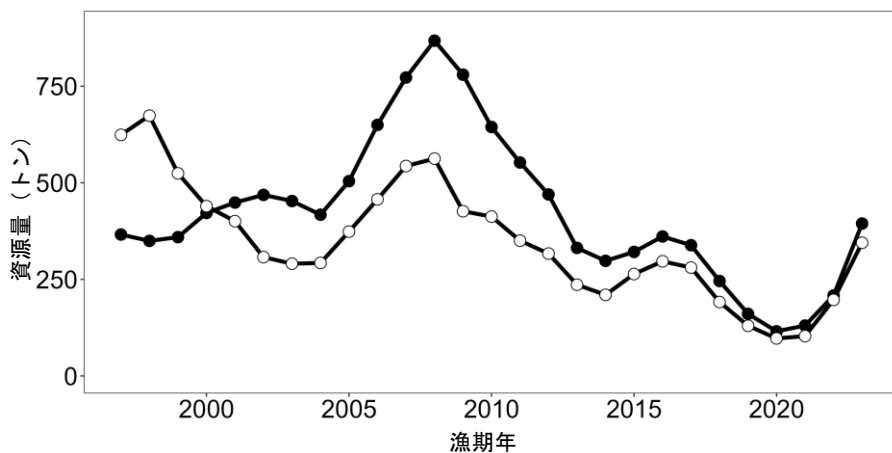


図 4-4. 雌雄別漁獲対象資源量（雄：黒点、雌：白点）の推移

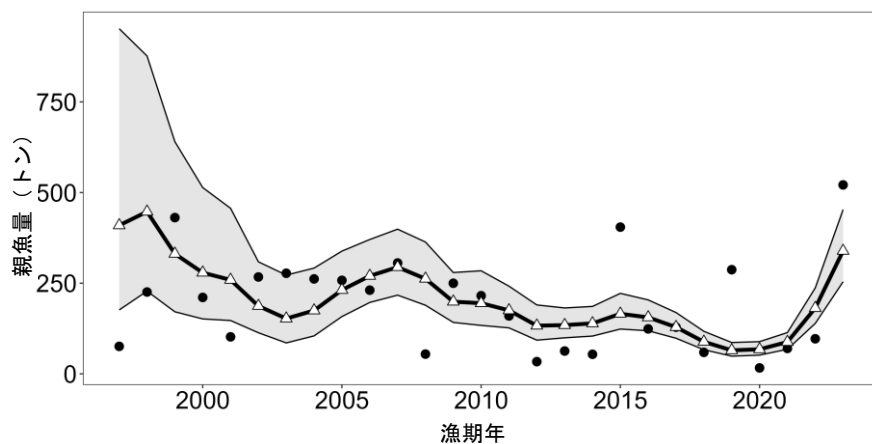


図 4-5. 親魚量の推移

三角点は JASAM による推定値、網掛けは推定値の 95%信頼区間である。
 黒点は着底トロール調査の現存量から求めた現存親魚量を示す。

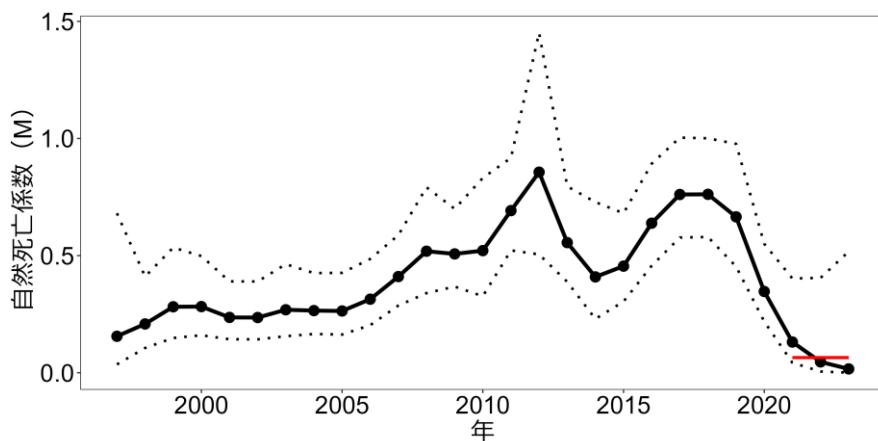


図 4-6. 自然死亡係数 M の推移

点線は 95%信頼区間、赤線は 2021~2023 年の平均値 (M2021-2023) である。

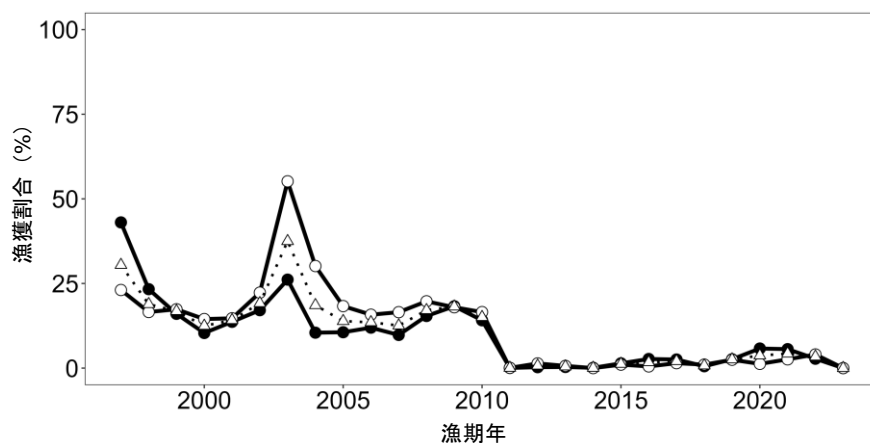


図 4-7. 漁獲割合 (雄：黒点、雌：白点、雌雄計：三角点) の推移

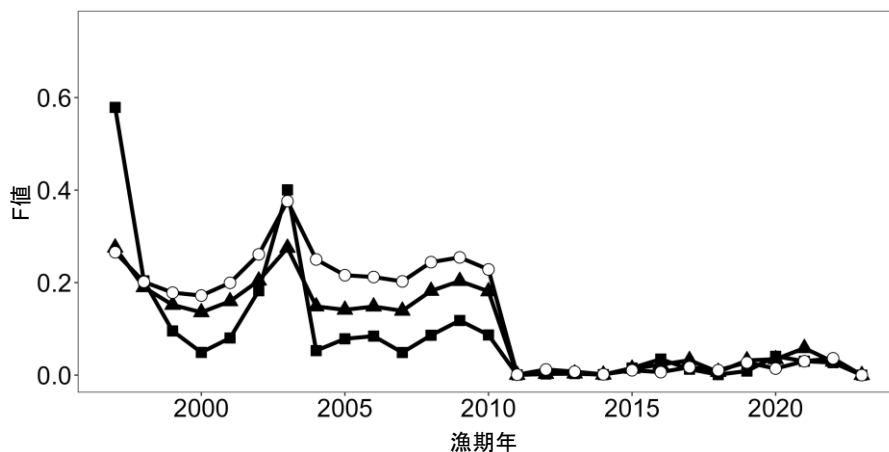


図 4-8. F 値（未成熟雄：黒四角点、成熟雄：黒三角点、雌：白点）の推移
 なお、ここでは最終脱皮の有無で未成熟、成熟を区分した。

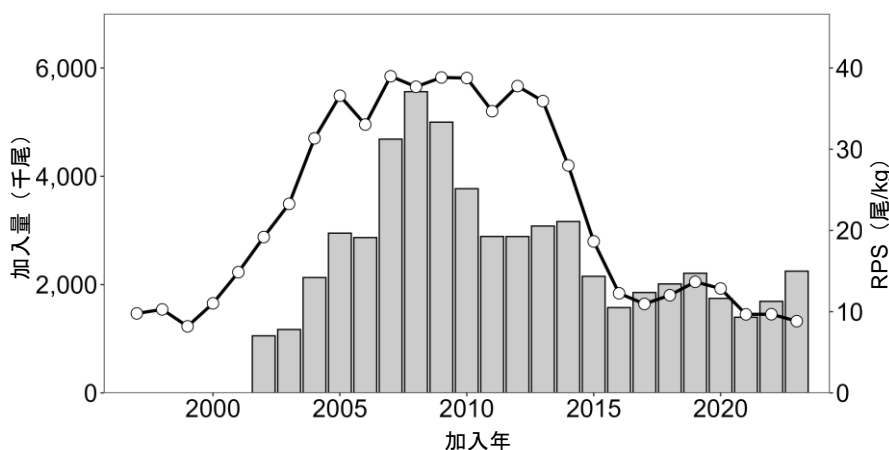


図 4-9. 加入量（折れ線）と再生産成功率（棒グラフ）の推移
 再生産成功率は、加入年に対応した値である。本系群では加入までの年数を 5 年と仮定しているため、1997 年漁期の親魚量に対応する加入量は 2002 年漁期の値である。

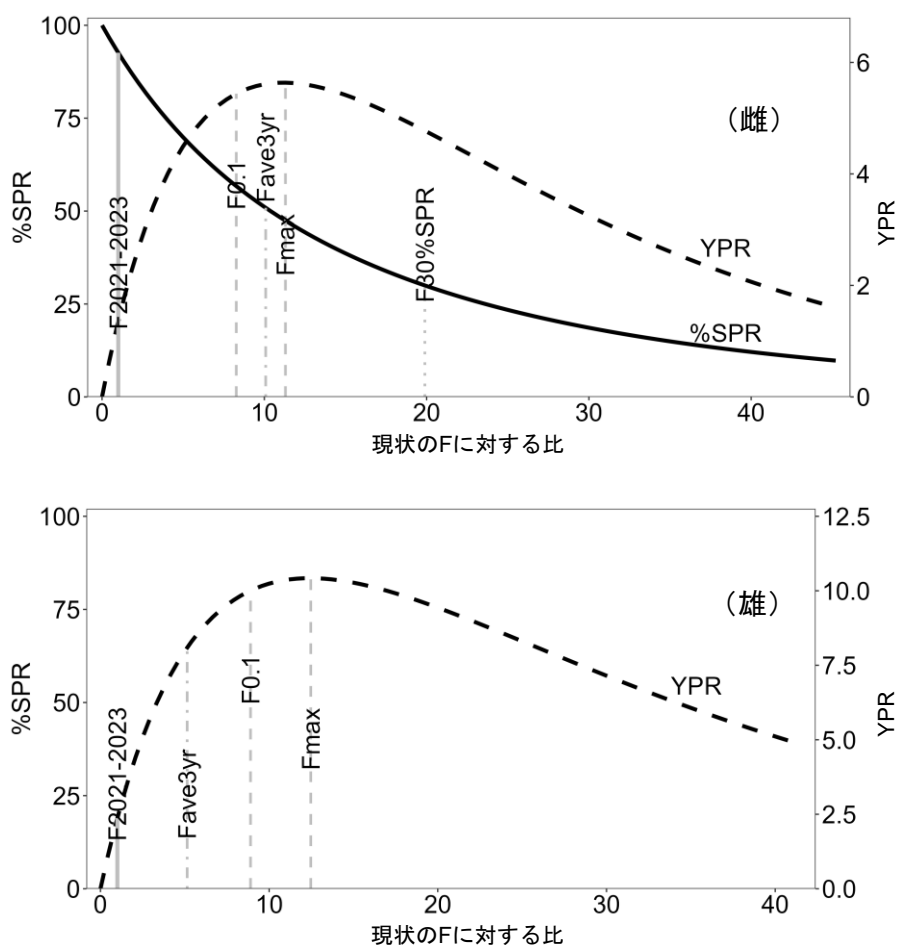


図 4-10. 雌雄別の F 値と YPR および%SPR の関係

横軸は現状の漁獲圧 (F2021-2023) に対する比である。自然死亡係数 M には M1997-2023 (M=0.400) を仮定した。Fave3yr は震災前 (2008 年を除く F2006-2009) の漁獲圧である。また、漁獲対象とならない小型個体は現状の漁獲圧で混獲され、再放流による生残率は 50%として計算した。

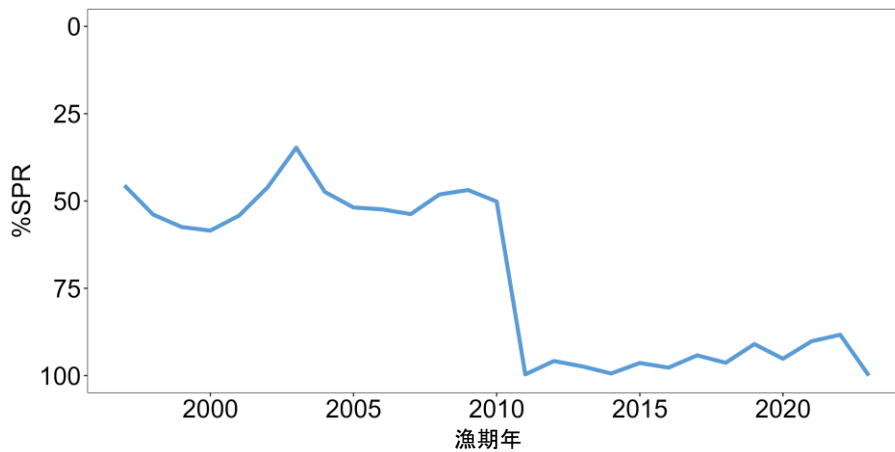


図 4-11. 各漁期年における%SPR 値の推移

%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、自然死亡係数 M には M1997-2023 (M=0.400) を仮定した。

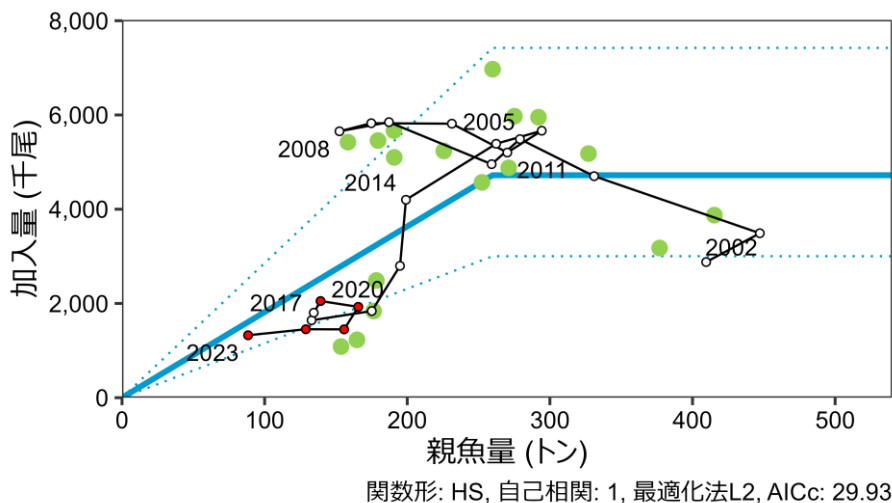


図 4-12. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

図中の緑点は令和元（2019）年度の資源評価で推定された 1997～2013 年の親魚量と 2002～2018 年の加入量、青実線は両者から求めた再生産関係式を示す。また、白点および赤点は本年度の資源評価で推定された各年の親魚量および加入量である（赤点は直近 5 年間の値）。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。

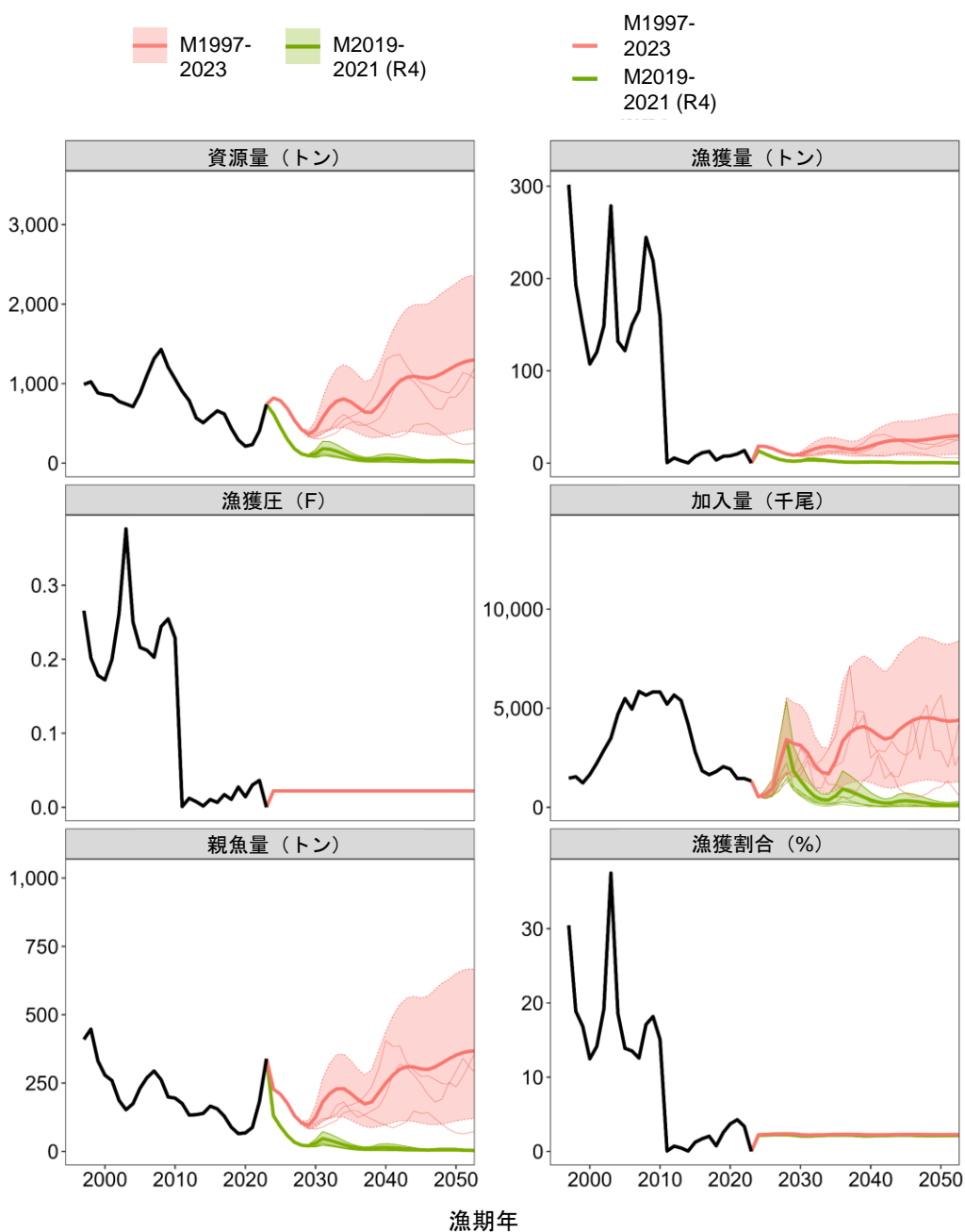


図 5-1. 現状の漁獲圧 (F2021-2023) で漁獲を続けた場合の将来予測

自然死亡係数 M について、本年度の資源評価における $M_{1997-2023}$ ($M=0.400$ 、赤) と、参考として昨年度までの資源評価で使用していた令和 4 (2022) 年度の資源評価における $M_{2019-2021}$ ($M=0.679$ 、緑) を示した。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%が含まれる予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。

表 2-1. 切断法による脱皮齢期分解に用いた甲幅範囲 (mm)

雄			雌		
脱皮齢	以上	未満	脱皮齢	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(未成熟)	98	以上			
13齢期、最終脱皮後(成熟)	98	110			
14齢期、最終脱皮後(成熟)	110	以上			

表 3-1. ズ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	福島県の占める割合(%)
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	0.1	3.2	0	3.3	97.9
2019	0	0	0	7.4	0	7.4	100.0
2020	0	0	0	7.9	0	7.9	100.0
2021	0	0	0.2	9.7	0.1	10.0	97.5
2022	0	0	0	13.7	0	13.7	99.8
2023	0	0	0	0	0	0	—

1995年漁期以前の値（福島県以外）にカニ類を一部含む。また、1985～1991年漁期における福島県の漁獲量は相馬港のみの値である。

漁獲量は漁期年（7月～翌年6月）で集計し、漁期は12月～翌年3月である。

表 4-1. 着底トロール調査に基づく面積-密度法で推定した漁獲対象資源（甲幅 80 mm 以上の雄および成熟雌ガニ）の現存尾数、現存量、漁期後の現存親魚量の推移

	現存尾数(千尾)			現存量(トン)			現存親魚量 (トン)
	雄	雌	合計	雄	雌	合計	
1997	816	1,556	2,371	260	236	496	63
1998	1,025	2,559	3,584	357	394	751	206
1999	1,653	4,457	6,110	469	667	1,135	430
2000	2,959	2,350	5,309	1,043	346	1,389	210
2001	1,007	1,239	2,247	307	191	497	97
2002	1,291	2,979	4,270	417	410	826	252
2003	1,571	3,908	5,479	507	531	1,038	268
2004	1,117	3,239	4,357	315	434	749	256
2005	1,898	2,876	4,774	506	407	913	252
2006	1,936	2,749	4,684	600	392	992	236
2007	4,721	4,017	8,738	1,220	557	1,777	347
2008	4,538	1,574	6,111	1,313	213	1,525	72
2009	1,825	3,940	5,766	608	498	1,107	313
2010	1,780	3,143	4,923	498	437	935	276
2011	1,894	2,375	4,269	537	319	856	240
2012	3,101	624	3,725	1,056	84	1,141	60
2013	953	811	1,764	269	111	381	83
2014	937	624	1,561	269	81	350	62
2015	1,010	4,825	5,835	264	641	905	493
2016	1,585	2,031	3,617	389	236	626	180
2017	959	2,270	3,229	263	280	543	213
2018	898	1,001	1,899	278	129	407	98
2019	1,312	3,883	5,195	429	562	992	433
2020	336	159	495	89	24	114	18
2021	322	599	920	104	83	187	62
2022	775	715	1,491	206	109	315	78
2023	1,839	3,577	5,416	547	530	1,077	411

表 4-2. JASAM で推定した漁獲対象資源（甲幅 80 mm 以上の雄および成熟雌ガニ）の資源尾数、資源量、漁期後の親魚量（SSB）、自然死亡係数の推移

	資源尾数(千尾)			資源量(トン)			親魚量 (トン)	M
	雄	雌	合計	雄	雌	合計		
1997	1,098	4,108	5,206	366	624	990	410	0.156
1998	1,046	4,381	5,426	350	674	1,023	447	0.208
1999	1,192	3,506	4,697	359	524	884	331	0.282
2000	1,362	2,983	4,344	422	440	861	279	0.282
2001	1,446	2,606	4,052	449	401	849	259	0.236
2002	1,426	2,237	3,663	469	308	776	187	0.236
2003	1,399	2,140	3,538	453	291	743	152	0.269
2004	1,427	2,186	3,613	417	293	710	175	0.265
2005	1,797	2,639	4,436	504	374	878	231	0.264
2006	2,271	3,206	5,477	650	457	1,107	270	0.314
2007	2,747	3,918	6,665	773	543	1,316	294	0.410
2008	3,001	4,165	7,166	868	563	1,430	262	0.519
2009	2,573	3,372	5,944	780	426	1,206	199	0.507
2010	2,155	2,964	5,119	644	413	1,057	195	0.521
2011	1,885	2,604	4,489	553	350	903	175	0.692
2012	1,597	2,345	3,942	470	317	787	133	0.856
2013	1,138	1,718	2,856	331	236	567	134	0.556
2014	1,016	1,613	2,629	298	210	508	139	0.409
2015	1,137	1,987	3,124	321	264	585	166	0.455
2016	1,365	2,550	3,915	361	297	658	156	0.638
2017	1,253	2,273	3,526	338	281	619	129	0.761
2018	863	1,482	2,345	246	191	437	88	0.762
2019	548	897	1,445	161	130	291	65	0.665
2020	390	633	1,022	116	97	213	68	0.347
2021	447	747	1,194	130	103	234	88	0.131
2022	756	1,290	2,046	208	197	405	181	0.046
2023	1,437	2,328	3,765	394	345	739	339	0.016

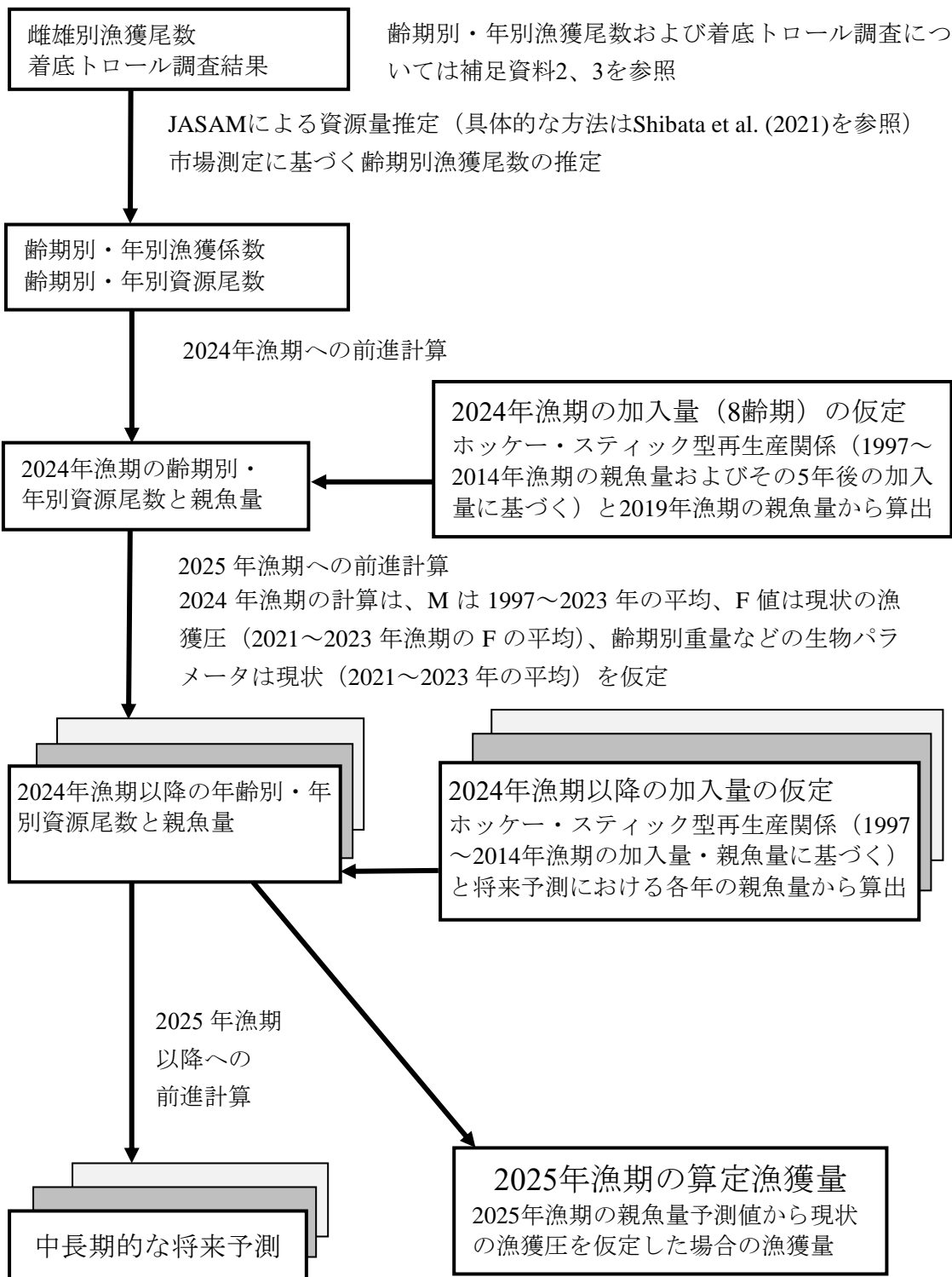
表 4-3. 漁獲量、F 値、漁獲割合の推移

	漁獲量(トン)			F値			漁獲割合(%)		F/Fmsy
	雄	雌	合計	雄未熟	雄成熟	雌	雄	雌	
1997	157.6	144.0	301.6	0.579	0.276	0.266	43.1	23.1	—
1998	81.5	111.7	193.2	0.204	0.190	0.202	23.3	16.6	—
1999	57.6	91.1	148.7	0.096	0.152	0.178	16.0	17.4	—
2000	43.7	63.7	107.4	0.049	0.136	0.172	10.4	14.5	—
2001	61.4	58.9	120.3	0.080	0.160	0.200	13.7	14.7	—
2002	80.2	68.6	148.7	0.183	0.204	0.261	17.1	22.3	—
2003	118.4	160.4	278.7	0.401	0.275	0.376	26.1	55.2	—
2004	43.7	88.2	131.9	0.053	0.149	0.250	10.5	30.2	—
2005	53.4	68.4	121.8	0.079	0.141	0.216	10.6	18.3	—
2006	77.6	72.1	149.8	0.084	0.148	0.212	11.9	15.8	—
2007	75.6	89.8	165.4	0.049	0.139	0.203	9.8	16.5	—
2008	133.5	111.0	244.5	0.086	0.182	0.244	15.4	19.7	—
2009	142.5	76.6	219.1	0.118	0.203	0.255	18.3	18.0	—
2010	91.0	68.2	159.3	0.087	0.181	0.229	14.1	16.5	—
2011	0.3	0.3	0.5	0.001	0.001	0.001	0.1	0.1	—
2012	1.3	4.3	5.6	0.003	0.003	0.012	0.3	1.4	—
2013	1.1	1.5	2.6	0.003	0.003	0.008	0.3	0.7	—
2014	0.3	0.0	0.3	0.001	0.001	0.002	0.1	0.0	—
2015	4.5	2.7	7.2	0.015	0.014	0.011	1.4	1.0	—
2016	9.7	1.5	11.2	0.035	0.023	0.007	2.7	0.5	—
2017	8.6	4.1	12.7	0.013	0.032	0.017	2.5	1.5	—
2018	1.3	2.0	3.3	0.001	0.007	0.011	0.5	1.0	—
2019	4.2	3.2	7.4	0.009	0.032	0.027	2.6	2.5	—
2020	6.7	1.2	7.9	0.041	0.034	0.014	5.8	1.3	—
2021	7.3	2.7	10.0	0.030	0.058	0.030	5.6	2.6	—
2022	5.8	7.9	13.7	0.027	0.029	0.036	2.8	4.0	—
2023	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	—

表 5-1. 将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移

		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
M1997-2023	親魚量	228	209	175	130	104	96	125	181	211	229	230	212
F2021-2023	漁獲量	18	18	16	13	10	9	9	13	15	17	18	18

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 計算方法

(1) 資源計算方法

ズワイガニ太平洋北部系群では、着底トロール調査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-密度法により現存量（尾数、重量）を推定している（補足資料 3）。こうして得た現存量を資源量指標値（観測値）として扱い、状態空間資源評価モデル SAM（State-space stock assessment model, Nielsen and Berg 2014）を基に開発された JASAM（Just another state-space stock assessment model, Shibata et al. 2021）を適用し、資源量および資源動態に関するパラメータの推定を行った。モデルの詳細は Shibata et al. (2021) を参照されたい。

1. 漁獲死亡係数 F

本系群は甲幅 80 mm 以上の雄（未成熟・成熟）および成熟雌が漁獲対象となる。また、北川（2000）によると、本系群では大型個体ほど深所に生息する。このため、未成熟個体と成熟個体で空間分布が分かるとみられ、F を雄未成熟、雄成熟、雌の 3 グループに分けて推定した。また、2011 年に発生した東日本大震災（以下、震災）の影響を考慮し、t を年（t = 1997, ..., 2020）とし、t が 2010 以外のときはそれぞれのカテゴリーにおいて、

$$\ln(F_{k,t+1}) = \ln(F_{k,t}) + \varepsilon_{k,t}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{k,t} \sim \text{MVN}(0, \Sigma_F), \quad (2)$$

のようにランダムウォーク（以下、RW）で変動するとした。ここで、添え字 k は、k=1（雄未成熟）、k=2（雄成熟）、k=3（雌）を意味する。また、t が 2010 のときは、震災による急激な漁獲圧の減少は RW で表現せず、固定の効果 EQ とし、

$$\ln(F_{k,t+1}) = \ln(F_{k,t}) + EQ_k + \varepsilon_{k,t}, \quad (3)$$

と表せると仮定した。ただし、 $\varepsilon = (\varepsilon_{k,1997}, \dots, \varepsilon_{k,2017})$ は多変量正規分布（MVN: multivariate normal distribution）に従う過程誤差ベクトルで、その分散共分散行列 Σ は、

$$\Sigma_F = \rho_k \sigma_{F,k} \sigma_{F,\tilde{k}} = \begin{pmatrix} \sigma_{F,k=1}^2 & & \\ \rho_{k=1} \sigma_{F,k=1} \sigma_{F,k=2} & \sigma_{F,k=2}^2 & \\ \rho_{k=3} \sigma_{F,k=3} \sigma_{F,k=1} & \rho_{k=2} \sigma_{F,k=2} \sigma_{F,k=3} & \sigma_{F,k=3}^2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

で定義されるとした（上三角部分は省略）。また、下記のように震災を境に ρ と σ が切り替わるモデルとした。

$$\rho_k = \begin{cases} \frac{1}{1 + \exp(-T_{\rho_k})} & \text{If } t < 2011 \\ \frac{1}{1 + \exp(-(T_{\rho_k} + T_{\rho}))} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$$\ln(\sigma_{F,k}) = \begin{cases} \ln(\sigma_{F,k}) & \text{If } t < 2011 \\ \ln(\sigma_{F,k}) + T_{\sigma_{F,k}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

2. 自然死亡係数 M

自然死亡係数 M の年変化には、Shibata et al. (2021) のモデル選択結果に従い、2 階差分の RW を仮定した。ここで σ_M は RW の標準偏差である。

$$\ln(M_{t+1}) \sim \text{Normal}(2\ln(M_t) - \ln(M_{t-1}), \sigma_M^2) \quad (7)$$

3. 個体群動態モデル

資源尾数を N、齢期を a (a = 8, 9, ..., 14)、最終脱皮後の経過年数を j (j = 0, 1, 2) とする。ここで、j=0 は最終脱皮を経験していない未成熟個体であり、j=1 で最終脱皮直後 (1 年以内)、j=2 で最終脱皮 2 年目以降である。

a) 8 齢期の資源尾数の推定方法

本系群では加入のタイミングを 8 齢期と仮定している。雌雄の加入尾数を同一と仮定し、8 齢期の資源尾数を 1 階差分の RW で与えた。

$$\ln(N_{a=8,j=0,t+1}) \sim \text{Normal}(\ln(N_{a=8,j=0,t}), \sigma_{rec}^2) \quad (8)$$

b) 雄の個体数に対する状態モデル

8 齢期から 9 齢期への脱皮では、最終脱皮を考慮していない。しかし、これ以降の脱皮では、すべての個体が最終脱皮をする 14 齢期を除き、最終脱皮をせずに翌年次の齢期へ進む未成熟個体と、最終脱皮を行い成熟する個体が出現するとした。このため、各齢期において最終脱皮をした場合としなかった場合について考慮した。また、本系群の漁獲対象は甲幅 80 mm 以上であることから、漁獲死亡は 11 齢期の甲幅 80 mm 以上の個体と 12 齢期以降の個体について考慮した。このとき、10 齢期から 11 齢期となる個体のうち r を乗じたものが漁獲対象となるとした。なお、10 齢期で最終脱皮した個体および 11 齢期で最終脱皮した個体のうち甲幅 80 mm 未満の個体については、生涯資源として加入することはないとした。最終脱皮をした個体は翌年も同一齢期のままであり、最終脱皮 2 年目以降の個体はその前の年に 2 年目以降だった個体と混じるため、プラスグループとした。各齢期の状態モデルを式 (9)~(21) に示す (補足図 2-1)。

・ 8 齢期から 9 齢期 (a=8)

$$\ln(N_{a+1,j=0,t+1}) = \ln(N_{a,j=0,t}) - M_t \quad (9)$$

・ 9 齢期から 10 齢期 (a=9)

$$\ln(N_{a+1,j=0,t+1}) = \ln(N_{a,j=0,t}) - M_t + \ln(1 - p_{a,t}) \quad (10)$$

$$\ln(N_{a+1,j=1,t+1}) = \ln(N_{a,j=0,t}) - M_t + \ln(p_{a,t}) \quad (11)$$

$$\ln(N_{a+1,j=2,t+1}) = \ln(\sum_{j=1}^2 N_{a+1,j,t} \exp(M_t)) \quad (12)$$

- 10 齢期から 11 齢期 (a=10)

$$\ln(N_{a+1,j=0,t+1,74-80}) = \ln(N_{a,j=0,t}) - M_t + \ln(1 - p_{a,t}) + \ln(1 - r) \quad (13)^*$$

$$\ln(N_{a+1,j=0,t+1,80-86}) = \ln(N_{a,j=0,t}) - M_t + \ln(1 - p_{a,t}) + \ln(r) \quad (14)^*$$

$$\ln(N_{a+1,t+1,74-80}) = \ln(N_{a,j=0,t} \exp(-M_t) p_{a,t} (1 - r) + \sum_{j=1}^2 N_{a+1,j,t,74-80} \exp(-M_t)) \quad (15)^*$$

$$\ln(N_{a+1,t+1,80-86}) = \ln(N_{a,j=0,t} \exp(-M_t) p_{a,t} r + \sum_{j=1}^2 N_{a+1,j,t,80-86} \exp(-M_t - F_{k=2,t})) \quad (16)^*$$

- 11 齢期から 12 齢期 (a=11)

$$\ln(N_{a+1,j=0,t+1}) = \ln((N_{a,j=0,t,74-80} \exp(-M_t) + N_{a,j=0,t,80-86} \exp(-M_t - F_{k=1,t}))(1 - p_{a,t})) \quad (17)$$

$$\ln(N_{a+1,t+1}) = \ln((N_{a,j=0,t,74-80} \exp(-M_t) + N_{a,j=0,t,80-86} \exp(-M_t - F_{k=1,t})) p_{a,t} + \sum_{j=1}^2 N_{a+1,j,t} \exp(-M_t - F_{k=2,t})) \quad (18)$$

- 12 齢期から 13 齢期 (a=12)

$$\ln(N_{a+1,j=0,t+1}) = \ln(N_{a,j=0,t}) - M_t - F_{k=1,t} + \ln(1 - p_{a,t}) \quad (19)$$

$$\ln(N_{a+1,t+1}) = \ln(N_{a,j=0,t} \exp(-M_t - F_{k=1,t}) p_{a,t} + \sum_{j=1}^2 N_{a+1,j,t} \exp(-M_t - F_{k=2,t})) \quad (20)$$

- 13 齢期から 14 齢期 (a=13)

$$\ln(N_{a+1,t+1}) = \ln(N_{a,j=0,t} \exp(-M_t - F_{k=1,t}) + \sum_{j=1}^2 N_{a+1,j,t} \exp(-M_t - F_{k=2,t})) \quad (21)$$

*ただし、 $r = 1/(1 + \exp(-T_r))$

c) 雌の状態モデル

雌は 8~10 齢期で成熟する個体はおらず、11 齢期への脱皮ですべての個体が最終脱皮をし、成熟個体となる。また、雌は成熟個体のみが漁獲対象となる。

- 8 齢期から 9 齢期、9 齢期から 10 齢期 (a=8, 9)

$$\ln(N_{a+1,j=0,t+1}) = \ln(N_{a,j,t}) - M_t \quad (22)$$

- 10 齢期から 11 齢期 (a=10)

$$\ln(N_{a+1,t+1}) = \ln(N_{a,j=0,t} \exp(-M_t) + \sum_{j=1}^2 N_{a+1,j,t} \exp(-M_t - F_{k=2,t})) \quad (23)$$

d) 最終脱皮率の推定

最終脱皮率は齢期の関数とした。また、最近の資源量減少の要因の一つとして、最終脱皮率が年変化している可能性を考慮し、RW で最終脱皮率のパラメータが変化するものと仮定した。

$$p_{a,t} = 1/(1 + \exp(-(\beta_{0,t} + \beta_1 \times a))) \quad (24)$$

$$\beta_{0,t+1} \sim \text{Normal}(\beta_{0,t}, \sigma_{\beta_0}) \quad (25)$$

4. 着底トロール調査で得られた現存量

面積－密度法によって推定した現存尾数（採集効率未考慮）を n とし、 n が真の資源尾数 N から採集効率 q で得られたものとした（補足表 2-1、2-2）。なお、着底トロール調査では、最終脱皮後経過年数はわからず、最終脱皮の有無 ($u=0, 1$) のみが判別可能である。このとき、資源尾数の尤度関数を式 (26) および式 (27) とした。また、雄の 11 齢期（甲幅 74～86 mm）に関しては、甲幅 80 mm を境に漁獲対象資源か否かが分かれるため、甲幅 74～80 mm と甲幅 80～86 mm に区分し、それぞれで尤度を計算した。変動係数（CV）は着底トロール調査で得られた既知の CV を用い、資源尾数推定値の不確実性が過小推定とならないよう、調査誤差を考慮した（補足表 2-3、2-4、Kitakado and Okamura 2009）。なお、 $CV=1$ となる箇所はテイラーのべき乗法則に従って補完した。

着底トロール調査で使用している調査網に対する、甲幅サイズ別の採集効率 q は式 (28) で表される（補足図 2-2）。なお、 $cw_{a,t}$ は毎年のトロール調査から得られる各齢期の平均甲幅を用いた。 $q_{a,t}$ はランダム効果として扱い、採集効率の推定誤差を考慮した。 $\gamma_1 \sim \gamma_3$ の平均値と分散共分散行列は服部ほか（2014）から与えた。

・資源尾数の尤度関数

$$\ln(n_{a,u,t}) \sim \text{Normal}(\ln(q_{a,t}N_{a,u,t}), \log(1 + \omega_{a,u,t}^2) + \log(1 + CV_{a,u,t}^2)), \quad (26)$$

$$\ln(\omega_{a,u,t}) \sim \text{Normal}(\mu_{\omega}, \sigma_{\omega}^2), \quad (27)$$

・甲幅サイズ別の採集効率

$$q_{a,t} = \gamma_0 / (1 + \exp(-(\gamma_2 + \gamma_3 cw_{a,t}))), \quad (28)$$

$$\gamma_0 = 1 / (1 + \exp(-\gamma_1)), \quad (29)$$

$$\gamma_h \sim \text{MVN}(\hat{\gamma}_h, \Sigma_{\gamma}), \quad (30)$$

$$\Sigma_{\gamma} = \begin{pmatrix} 0.214 & & \\ -0.003 & 8.758 \times 10^{-5} & \\ 0.002 & -0.001 & 0.074 \end{pmatrix} \quad (31)$$

なお、上三角部分は省略している。また、 $\hat{\gamma}_{h=1} = 0.683$ 、 $\hat{\gamma}_{h=2} = -4.276$ 、 $\hat{\gamma}_{h=3} = 0.0792$ である。

5. 齢期別漁獲尾数

福島県水産試験場（現：福島県水産資源研究所）が測定した漁獲物中の甲幅組成データおよび齢期ごとの平均重量を用いて、漁獲量を齢期別漁獲尾数に分解した。ただし、データのない年は近傍のデータを用いて補完した（1997～1998 年は 1999 年のデータ、2002 年は 2003 年のデータ、2008～2010 年は 2007 年のデータ）。2011 年以降は漁獲物の測定は行われていないが、漁獲量が少ないことから、着底トロール調査によって得られた甲幅組成データを適用して齢期別漁獲尾数を得た。なお、2018 年は福島県の沖底漁業者への委託調査で得られた漁獲物を測定して得られたデータを用いた。観測された齢期別漁獲尾数を c 、推定された漁獲尾数を C とおき、漁獲量の部分の尤度関数は、下記の式で定義した。

$$\ln(C_{a,u,t}) \sim \text{Normal}(\ln(C_{a,u,t}), \tau_{a,u}^2), \quad (32)$$

$$C_{a,u=0,t} = N_{a,u=0,j=1,t} \exp(-M_t/6) (1 - F_{k=1,t}) w_{a,u=0,t}, \quad (33)$$

$$C_{a,u=1,t} = \sum_{j=2}^3 N_{a,u=1,j,t} \exp(-M_t/6) (1 - F_{k,t}) w_{a,u=1,t}, \quad (34)$$

雄の場合は、式 (33)、(34) の両方を用い、雌の場合は最終脱皮後の個体の漁獲のみであるため、式 (33) のみ用いた。

推定された各年の齢期別資源尾数を補足図 2-3、および補足表 2-5、2-6 に、また着底トロール調査から得た現存量と JASAM による資源量推定値の残差を補足図 2-4 に示した。さらに、資源量推定値と自然死亡係数 M について、レトロスペクティブ解析を行った結果を補足図 2-5 および 2-6 にそれぞれ示した。また、レトロスペクティブバイアスの指標として、資源量および M の Mohn's rho (ρ , Mohn 1999) をそれぞれ下式 (35)、(36) により求めたところ、 $\rho_A = 19.57\%$ 、 $\rho_M = 315.52\%$ であった。資源量の Mohn's rho は昨年度までの資源評価との差異は小さいが、M の Mohn's rho は大きな動向の変化が継続した影響により、昨年度までの資源評価では見られなかった値となっている。

$$\rho_A = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \left(\frac{A_{T-i,R_i} - A_{T-i}}{A_{T-i}} \right) \times 100 \quad (35)$$

$$\rho_M = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \left(\frac{M_{T-i,R_i} - M_{T-i}}{M_{T-i}} \right) \times 100 \quad (36)$$

なお、ここで、 $i=1, 2, \dots, 5$ 、 $T=2022$ であり、1997 年から $T-i$ 年までのデータで推定された資源量を A_{T-i,R_i} 、M を M_{T-i,R_i} ($R_i=R_1, \dots, R_5$) として示した。なお、 R_i は何年分のデータが除かれたかを示す添え字である。

本報告の全ての計算過程において、資源尾数を重量換算する際、下記の甲幅-体重の関係式を用いた (北川 2000)。CW は甲幅 (mm)、BW は体重 (g) を示す (補足図 2-1)。

$$\text{雄未成熟} \quad BW = 7.943 \times 10^{-4} \times CW^{2.815}$$

$$\text{雄成熟} \quad BW = 4.954 \times 10^{-4} \times CW^{2.946}$$

$$\text{雌未成熟} \quad BW = 9.616 \times 10^{-4} \times CW^{2.755}$$

$$\text{雌成熟} \quad BW = 3.556 \times 10^{-3} \times CW^{2.464}$$

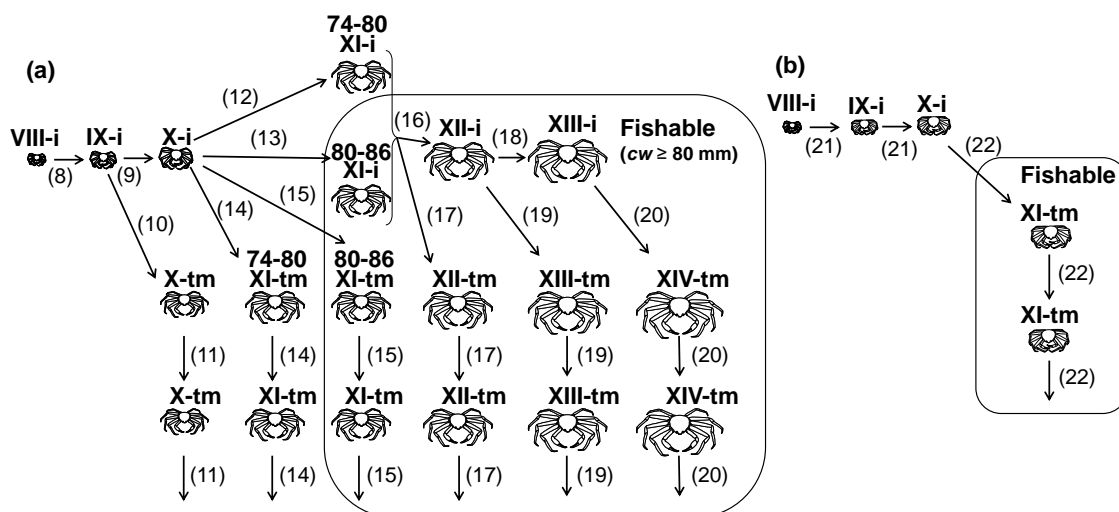
(2) 将来予測方法

資源評価で推定した 2023 年漁期の齢期別資源量、現状の漁獲圧 (F2021-2023)、および本年度の資源評価における M1997~2023 年の平均値、 $M=0.400$ に基づき、2024~2035 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 2-7 に示す。2024 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カー・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、5,000 回の繰り返し計算を行った。2024 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（F2021-2023）から算出した。計算に用いる個体群動態モデルは（1）資源計算方法で示したものと同一である。

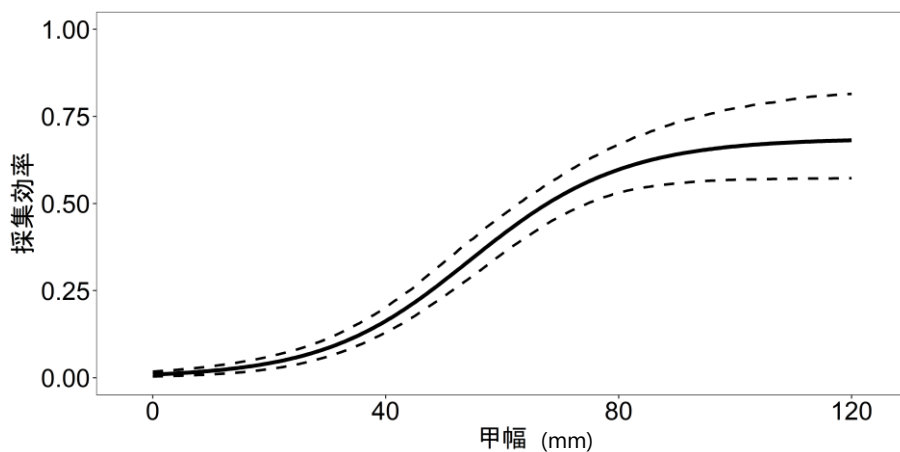
引用文献

- 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
- 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.
- Kitakado, T. and H. Okamura (2009). Estimation of additional variance for Antarctic minke whales based on the abundance estimates from the revised OK method. *Paper presented to the Scientific Committee of the International Whaling Commission, Madeira, Portugal*. **SC/61/IA8**.
- Mohn, R (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 473-488.
- 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
- 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 (2021). Estimating maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku Japan via a state-space assessment model with time-varying natural mortality. *Popul. Ecol.*, **63**, 41-60.
- 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.

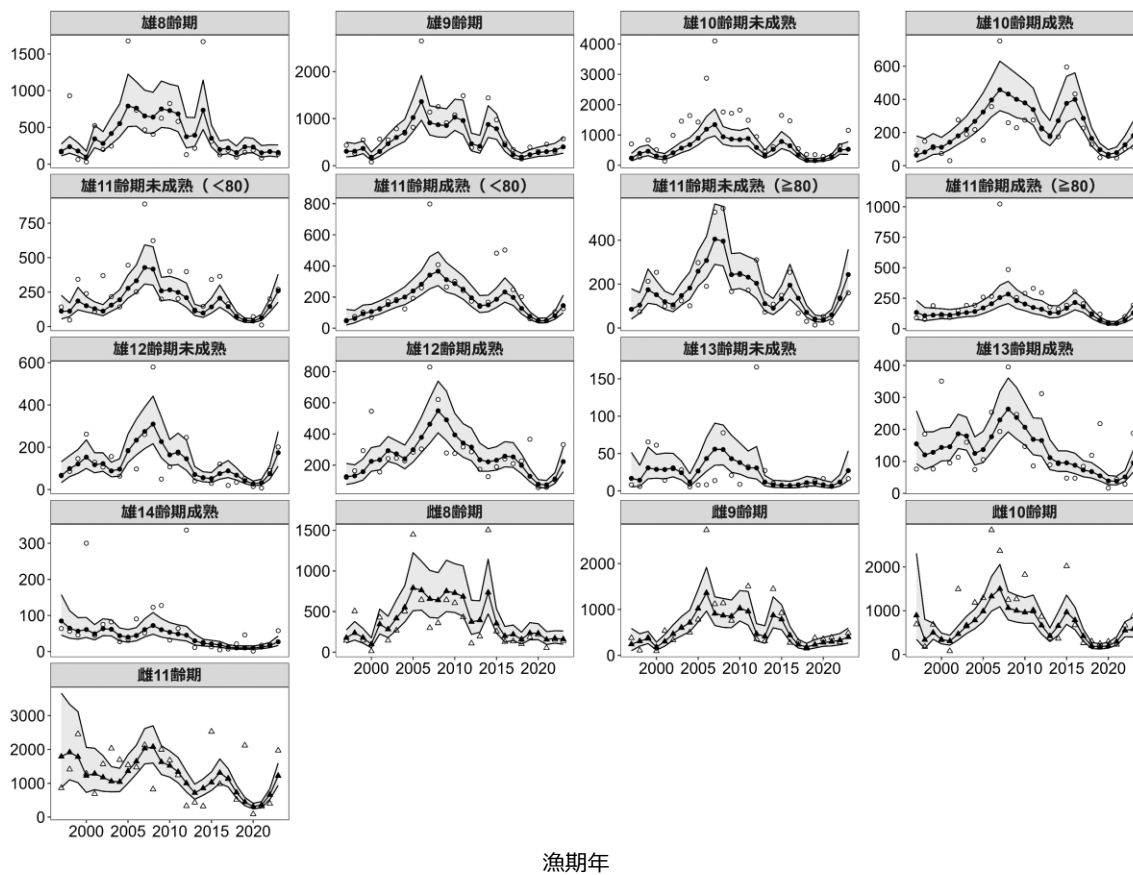


補足図 2-1. ズワイガニの個体群動態モデル

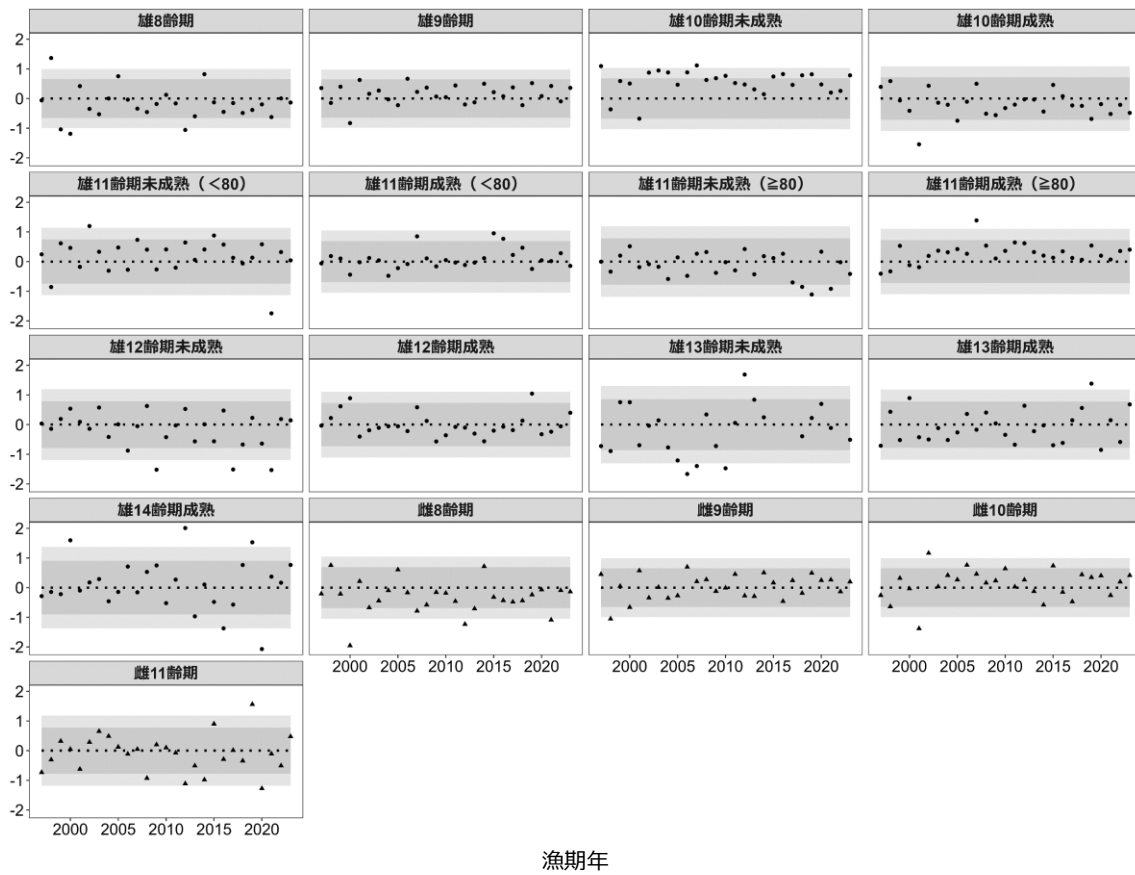
(a)、(b) はそれぞれ雄、雌の個体群動態モデルを表す。また、図中の () 内の数字は補足資料 2 本文中の数式を表す。



補足図 2-2. 甲幅に対する採集効率

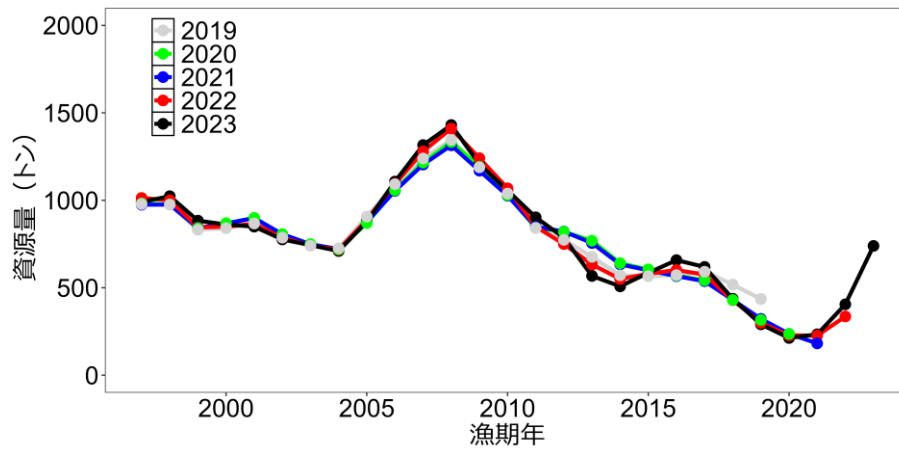


補足図 2-3. 雌雄別、齢期別資源尾数（千尾、採集効率未考慮）の推移
 白点は着底トロール調査によって得られた資源尾数、黒点は JASAM によって推定された資源尾数である。網掛けは推定された資源量の 95%信頼区間を示す。

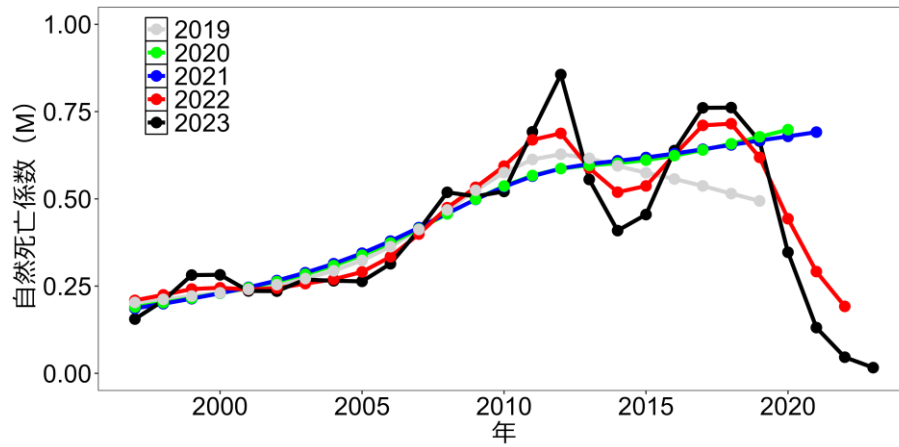


補足図 2-4. 雌雄別、齢期別資源尾数の残差プロット

着底トロール調査によって得られた資源尾数に対する JASAM で推定した資源部数の残差を示した。点線は 0 を、縦軸は残差を示し、網掛けの濃色および淡色は、残差に正規分布をあてはめたときのそれぞれ 80%点および 95%点を示す。



補足図 2-5. JASAM で推定された資源量のレトロスペクティブ解析



補足図 2-6. JASAM で推定された M のレトロスペクティブ解析

補足表 2-1. 着底トロール調査によって得られた雄の齢期別資源尾数（採集効率未考慮）

	8		9		10		11				12		13		14
	未	成	未	成	未	成	80 mm未満		80 mm以上		未	成	未	成	成
1997	166		434		705	94	142	47	85	88	68	122	8	76	64
1998	931		266		273	147	47	75	74	77	86	164	6	185	56
1999	63		546		834	107	343	102	213	189	146	293	65	76	45
2000	30		79		509	73	239	69	254	103	262	546	61	351	300
2001	525		565		136	30	108	123	99	92	129	156	14	95	45
2002	199		548		987	276	369	171	97	148	106	242	30	113	75
2003	246		784		1,456	190	216	184	124	191	156	244	28	160	82
2004	553		693		1,640	217	143	124	101	193	63	228	5	74	28
2005	1,677		816		1,423	153	445	192	298	258	185	283	8	105	34
2006	735		2,652		2,873	356	252	260	190	266	97	304	8	253	90
2007	467		1,140		4,102	752	889	798	528	1,023	260	829	14	193	52
2008	406		1,255		1,757	259	623	408	545	485	579	621	78	395	122
2009	625		912		1,716	229	199	265	166	255	50	278	21	247	128
2010	826		1,078		1,822	275	401	301	243	290	107	275	9	146	32
2011	581		1,487		1,485	275	202	242	172	331	173	316	33	86	64
2012	130		382		942	221	398	174	310	296	247	285	166	312	337
2013	216		363		466	175	120	140	72	178	40	173	27	89	11
2014	1,668		1,440		610	175	147	168	108	161	56	126	10	93	25
2015	311		974		1,646	595	342	482	149	192	29	189	0	48	13
2016	127		473		1,467	432	365	502	254	303	121	240	0	47	5
2017	188		344		546	227	164	248	67	204	19	210	0	84	7
2018	97		145		360	128	70	202	30	123	35	227	7	119	21
2019	160		392		351	49	49	60	14	119	53	366	13	218	46
2020	191		302		293	56	72	49	52	51	14	56	16	17	1
2021	83		455		323	47	11	49	24	46	7	58	6	44	17
2022	172		300		651	102	200	105	134	100	90	105	0	29	20
2023	140		571		1,154	111	270	125	160	193	201	332	0	188	58

単位は千尾。各列の冒頭の数字は齢期、「未」は未成熟、「成」は成熟個体を示す。

補足表 2-2. 着底トロール調査によって得られた雌の齢期別資源尾数（採集効率未考慮）

	8	9	10	11
	未	未	未	成
1997	144	380	689	861
1998	505	107	177	1,413
1999	145	385	686	2,455
2000	14	93	332	1,286
2001	427	536	77	688
2002	144	331	1,494	1,566
2003	268	608	667	2,031
2004	501	500	1,184	1,695
2005	1,446	780	1,289	1,542
2006	643	2,733	2,844	1,472
2007	299	1,119	2,368	2,130
2008	359	1,140	1,249	822
2009	643	756	1,264	1,996
2010	606	1,022	1,824	1,679
2011	432	1,507	1,013	1,242
2012	109	354	864	329
2013	193	308	372	430
2014	1,503	1,449	363	320
2015	256	926	2,019	2,528
2016	129	277	672	981
2017	135	301	261	1,145
2018	102	151	299	517
2019	186	382	246	2,118
2020	217	356	298	88
2021	52	388	226	318
2022	156	289	665	398
2023	139	486	877	1,969

単位は千尾。各列の冒頭の数字は齢期、「未」は未成熟、「成」は成熟個体を示す。

補足表 2-3. 着底トロール調査で得られた雄の齢期別変動係数 (CV)

	8		9		10		11				12		13		14
	未	成	未	成	未	成	80 mm未満 未	80 mm未満 成	80 mm以上 未	80 mm以上 成	未	成	未	成	成
1997	0.187	0.488	0.353	0.861	0.424	0.422	0.416	0.244	0.578	0.292	0.644	0.478	0.284		
1998	0.552	0.444	0.459	0.695	0.518	0.410	0.333	0.595	0.405	0.555	0.716	0.395	0.666		
1999	0.474	0.160	0.298	0.414	0.382	0.568	0.380	0.414	0.251	0.481	0.516	0.603	0.616		
2000	0.128	0.531	0.421	0.420	0.551	0.431	0.880	0.880	0.820	0.834	0.531	0.815	0.932		
2001	0.301	0.638	0.133	0.423	0.267	0.612	0.319	0.329	0.293	0.306	0.816	0.218	0.591		
2002	0.308	0.309	0.308	0.388	0.427	0.300	0.490	0.232	0.386	0.289	0.721	0.331	0.452		
2003	0.252	0.333	0.308	0.243	0.338	0.220	0.404	0.279	0.575	0.262	0.565	0.234	0.528		
2004	0.205	0.229	0.176	0.167	0.194	0.239	0.204	0.246	0.304	0.286	0.467	0.383	0.528		
2005	0.352	0.252	0.304	0.357	0.336	0.249	0.273	0.242	0.240	0.322	0.556	0.554	0.442		
2006	0.196	0.193	0.230	0.193	0.192	0.179	0.188	0.174	0.216	0.228	0.364	0.289	0.354		
2007	0.081	0.141	0.576	0.648	0.809	0.696	0.706	0.795	0.371	0.701	0.491	0.357	0.824		
2008	0.190	0.206	0.328	0.281	0.494	0.353	0.571	0.403	0.678	0.587	0.820	0.490	0.672		
2009	0.392	0.211	0.194	0.171	0.170	0.182	0.350	0.244	0.282	0.224	0.538	0.354	0.438		
2010	0.248	0.200	0.240	0.224	0.296	0.196	0.238	0.195	0.331	0.247	0.451	0.382	0.397		
2011	0.406	0.162	0.203	0.237	0.345	0.285	0.378	0.258	0.575	0.271	0.770	0.259	0.436		
2012	0.207	0.240	0.175	0.284	0.050	0.282	0.043	0.185	0.038	0.167	0.412	0.059	0.011		
2013	0.222	0.318	0.238	0.412	0.301	0.311	0.368	0.347	0.342	0.532	0.607	0.745	0.803		
2014	0.461	0.338	0.287	0.348	0.570	0.345	0.716	0.349	0.547	0.325	0.464	0.353	0.526		
2015	0.186	0.218	0.538	0.741	0.787	0.772	0.762	0.765	0.725	0.542	0.000	0.360	0.553		
2016	0.386	0.286	0.289	0.229	0.319	0.228	0.482	0.323	0.430	0.278	0.000	0.468	0.687		
2017	0.259	0.354	0.246	0.196	0.315	0.226	0.404	0.235	0.402	0.274	0.000	0.352	0.708		
2018	0.190	0.278	0.321	0.263	0.714	0.360	0.761	0.459	0.474	0.371	0.650	0.642	0.758		
2019	0.339	0.335	0.184	0.472	0.396	0.249	0.602	0.486	0.785	0.835	0.607	0.862	0.881		
2020	0.241	0.199	0.204	0.282	0.357	0.241	0.442	0.304	0.519	0.302	0.000	0.386	0.771		
2021	0.348	0.170	0.214	0.318	0.565	0.397	0.505	0.368	0.579	0.358	0.651	0.662	0.746		
2022	0.204	0.193	0.224	0.286	0.253	0.215	0.332	0.301	0.374	0.328	0.000	0.393	0.592		
2023	0.198	0.421	0.408	0.283	0.347	0.362	0.501	0.493	0.389	0.397	0.000	0.475	0.497		

各列の冒頭の数字は齢期、「未」は未成熟、「成」は成熟個体を示す。

補足表 2-4. 着底トロール調査で得られた雌の齢期別変動係数 (CV)

	8	9	10	11
	未	未	未	成
1997	0.357	0.451	0.327	0.511
1998	0.476	0.455	0.364	0.817
1999	0.630	0.212	0.266	0.167
2000	0.504	0.511	0.346	0.207
2001	0.397	0.578	0.326	0.469
2002	0.257	0.265	0.351	0.448
2003	0.393	0.221	0.243	0.340
2004	0.171	0.176	0.218	0.268
2005	0.378	0.216	0.264	0.242
2006	0.194	0.205	0.263	0.217
2007	0.118	0.153	0.379	0.625
2008	0.210	0.219	0.351	0.222
2009	0.327	0.166	0.183	0.429
2010	0.209	0.200	0.331	0.348
2011	0.395	0.176	0.202	0.379
2012	0.304	0.279	0.225	0.259
2013	0.170	0.334	0.250	0.291
2014	0.499	0.356	0.275	0.319
2015	0.233	0.330	0.541	0.936
2016	0.504	0.286	0.256	0.303
2017	0.241	0.447	0.245	0.345
2018	0.300	0.255	0.239	0.373
2019	0.280	0.444	0.265	0.937
2020	0.269	0.200	0.180	0.396
2021	0.223	0.176	0.186	0.560
2022	0.237	0.257	0.254	0.294
2023	0.277	0.378	0.516	0.852

各列の冒頭の数字は齢期、「未」は未成熟、「成」は成熟個体を示す。

補足表 2-5. JASAM によって推定された雄の齢期別資源尾数（採集効率未考慮）

	8		9		10		11				12		13		14
	未	成	未	成	未	成	80 mm未満		80 mm以上		未	成	未	成	成
1997	177		305		236	63	111	50	85	133	65	126	17	155	85
1998	238		308		393	82	111	63	104	106	99	131	14	120	65
1999	179		366		463	114	185	93	174	111	121	158	31	128	57
2000	98		180		307	111	151	107	152	116	153	224	29	144	61
2001	345		302		268	142	129	126	120	112	117	234	28	146	49
2002	282		467		412	180	112	152	106	122	122	293	31	186	63
2003	417		600		566	218	155	177	147	132	88	272	24	179	62
2004	552		713		680	268	194	200	182	141	96	240	12	125	44
2005	791	1,021	893	324	277	239	259	170	183	299	27	137	40		
2006	762	1,361	1,190	396	332	282	308	204	233	378	43	177	44		
2007	656	911	1,343	457	428	341	405	255	275	463	56	230	61		
2008	640	869	940	432	417	366	396	283	309	548	55	263	72		
2009	752	853	864	400	259	312	243	230	226	491	43	237	60		
2010	729	1,030	848	379	266	287	248	202	164	394	38	207	54		
2011	685	958	882	338	248	250	232	174	177	342	31	169	49		
2012	374	466	587	227	209	195	204	160	145	316	31	165	45		
2013	393	413	342	181	114	145	111	129	71	234	12	112	30		
2014	734	875	527	271	97	150	90	132	55	221	8	95	23		
2015	353	786	784	376	142	186	132	168	52	231	0	95	21		
2016	199	439	644	399	206	233	195	215	75	257	0	88	18		
2017	219	236	345	286	145	198	136	181	88	253	0	73	12		
2018	158	182	165	164	74	127	71	115	68	198	11	68	10		
2019	236	233	155	96	43	77	41	69	42	129	11	55	10		
2020	232	278	182	68	40	47	38	42	27	78	8	39	10		
2021	155	298	265	79	63	48	60	43	32	73	7	38	12		
2022	171	330	503	126	146	79	137	70	75	111	0	52	17		
2023	160	399	528	181	259	145	243	129	174	223	0	95	27		

単位は千尾。各列の冒頭の数字は齢期、「未」は未成熟、「成」は成熟個体を示す。

補足表 2-6. JASAM によって推定された雌の齢期別資源尾数（採集効率未考慮）

	8	9	10	11
	未	未	未	成
1997	177	242	893	1,789
1998	238	308	334	1,917
1999	179	366	499	1,781
2000	98	180	344	1,225
2001	345	302	305	1,285
2002	282	467	466	1,176
2003	417	600	645	1,057
2004	552	713	781	1,042
2005	791	1,021	988	1,362
2006	762	1,361	1,328	1,647
2007	656	911	1,499	2,030
2008	640	869	1,064	2,077
2009	752	853	1,000	1,628
2010	729	1,030	961	1,521
2011	685	958	986	1,337
2012	374	466	665	1,000
2013	393	413	422	715
2014	734	875	651	853
2015	353	786	966	1,026
2016	199	439	783	1,311
2017	219	236	418	1,131
2018	158	182	193	728
2019	236	233	174	444
2020	232	278	199	315
2021	155	298	292	354
2022	171	330	549	661
2023	160	399	580	1,223

単位は千尾。各列の冒頭の数字は齢期、「未」は未成熟、「成」は成熟個体を示す。

補足表 2-7. 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 (F2021-2023)
8	0.400	0.0	—	—
9	0.400	0.0	—	—
10	0.400	0.0	—	—
11	0.400	1.0	132	0.022

注：自然死亡係数は 1997～2023 年の平均値 (M1997-2023)。

補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 再生産関係式のパラメータ

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

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

補足表 3-2. 管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBtarget	—	目標管理基準値。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	—	限界管理基準値。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban	—	禁漁水準。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (雄未成熟、雄成熟、雌) = (—, —, —)	
%SPR (Fmsy)	—	Fmsy に対応する %SPR
MSY	—	最大持続生産量

補足表 3-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2023	339トン	2023 年漁期の親魚量
F2023	2023 年漁期の漁獲圧(漁獲係数 F) (雄未成熟, 雄成熟, 雌)=(0, 0, 0)	
U2023	0%	2023 年漁期の漁獲割合
%SPR (F2023)	100%	2023 年漁期の%SPR
%SPR (F2021-2023)	92.6%	現状(2021~2023 年漁期)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値との比較		
SB2023/ SBtarget	—	目標管理基準値(最大持続生産量 MSY を実現する親魚量)に対する 2023 年漁期の親魚量の比
F2023/ Fmsy	—	SBmsy を維持する漁獲圧に対する 2023 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	増加	

* 2023 年漁期の選択率の下で F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 3-4. ABC と予測親魚量

2025 年漁期の 算定漁獲量 (トン)	2025 年漁期の親魚量 予測平均値 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2021-2023)	2025 年漁期の 漁獲割合 (%)
18.0	209	1	2.3
<p>コメント:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・令和 3 年 3 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」において、本系群をとることを目的とする操業が行われていない平成 23 年 (2011 年) 以降の最大漁獲量を考慮して漁獲可能量を算定すると取りまとめられた。 ・現状の漁獲圧には 2021～2023 年漁期の平均値 (F2021-2023) を用いた。 ・現状の自然死亡係数 M には 1997～2023 年の平均値 (M=0.400) を用いた。 ・本系群の資源量は 2020 年漁期に最低の値を記録しており、2023 年漁期はやや回復しているものの、引き続き資源の保護が必要である。 			

補足資料 4 調査結果の概要

調査名：底魚類現存量調査

調査期間：2023年9月28日～11月21日

調査海域および調査地点：補足図 4-1

(1) 調査の概要

着底トロールによる現存量調査は1997年に開始し、以降毎年実施してきた。2002年に推定精度向上を目的とした調査地点の増加・配置変更を行い、2004年以降は現在の調査点数および配置となっている。現存量推定にあたり、1997～2003年には対象海域の南北方向を4区分、水深帯を100m毎の8区分の合計32層、2004年以降はさらに水深200～500mを水深50m幅に区分した合計48層として現存量を計算した。

2023年は水深150～900mで合計150地点の着底トロール曳網を計画し、120地点で調査を実施した(補足図4-1)。採集されたズワイガニの多くは、例年と同様に主漁場である岩手県～福島県沖に分布していた。

(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4-2～4-11)。成熟段階は3段階とし、成体(最終脱皮後)、亜成体(最終脱皮前かつ甲幅56mm以上)および未成体(最終脱皮前かつ甲幅56mm未満)の3つに区分した。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。2015年の調査では金華山沖の水深500m帯において高密度点認められ、CV(変動係数)が極めて高かった(平成28年度の報告を参照)。2019年には岩手県沖の水深600m帯で成熟雄の分布密度が高い点が出現し、当該年で最も高い分布密度を記録した。2023年は福島県沖の水深550m帯において成熟雌が高密度に分布する地点が出現した。なお、この調査点から約1km離れた地点では、ズワイガニはわずか2個体しか漁獲されなかった。

ズワイガニは2000年代には東北海域全体に広く分布しており、本系群の分布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考えられる。

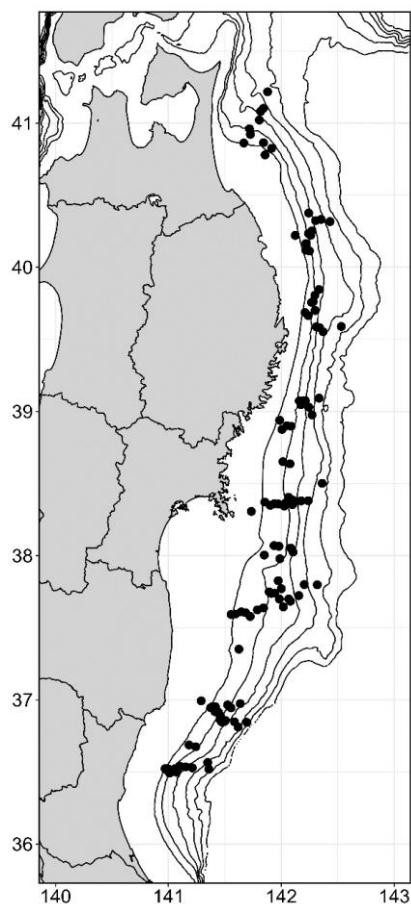
(3) 2023年の高密度点が資源計算におよぼす影響

2023年の着底トロール調査では、上述のとおり福島県沖の水深550m帯において成熟雌の高密度点が出現した。この地点では多数の成熟雌と若干の雄が漁獲されたが、未成熟雌は1個体も漁獲されなかった。その後、数日の猶予を挟んでおよそ1km離れた地点で再度曳網を行ったところ、成熟雌は1個体も漁獲されず、未成熟雌と雄がわずかに1個体ずつ漁獲されたのみであった。さらに、2023年漁期中には福島県船が近接する地点において操業を行ったが、ズワイガニの漁獲量は0トンであった。このことから、2023年の福島県

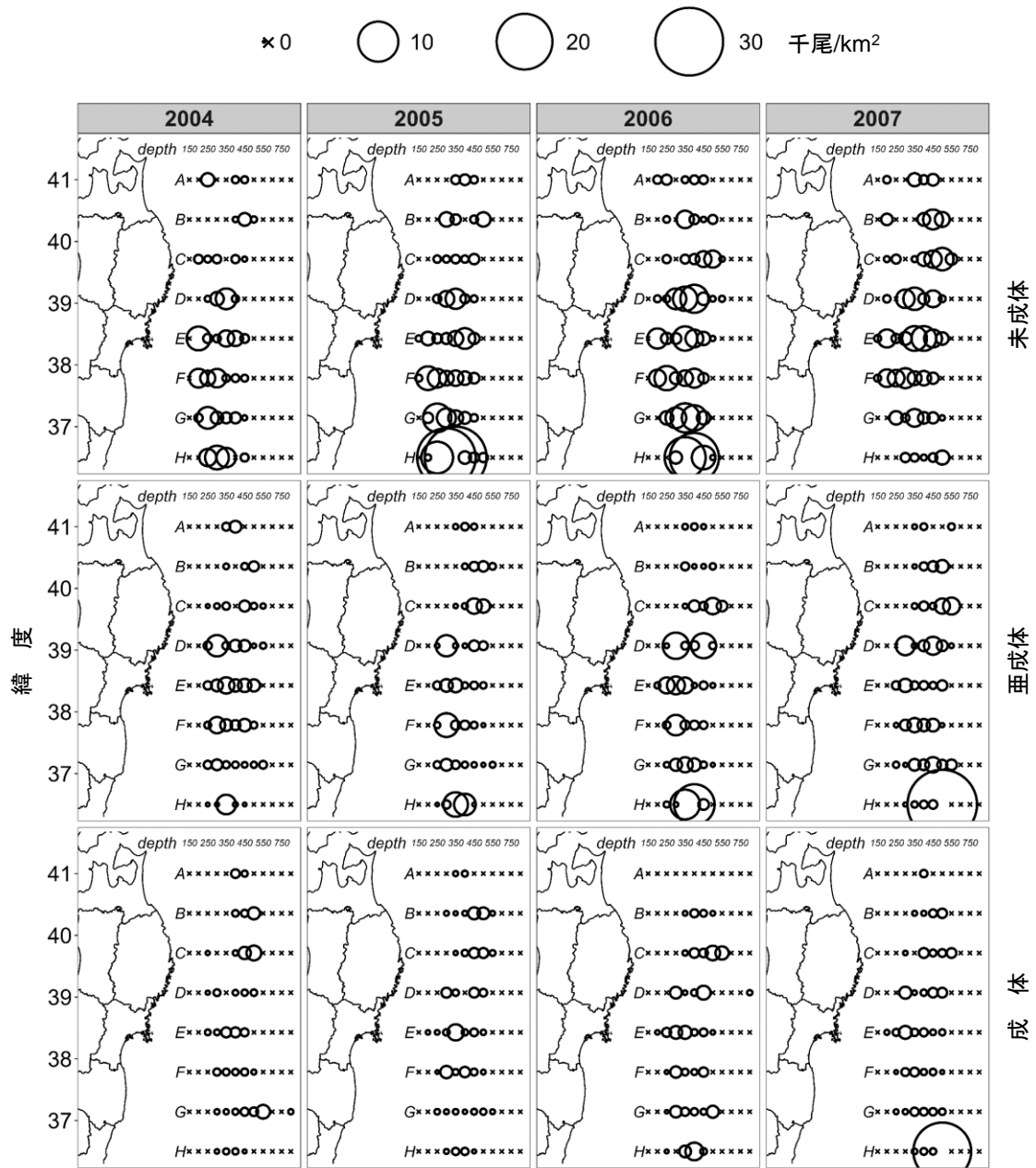
沖における高密度点はごく限られた狭い海域にのみ分布しており、このデータが真の資源動態を示しているとして現存量の推定、動向の判断することは、現存量を過大に評価してしまう可能性がある。本項では、この福島県沖における高密度点のデータが得られなかった場合を仮定し、当該地点のデータを取り除いて現存量を推定し、またこれに基づく JASAM による資源計算を行った。

高密度点のデータを取り除いた場合の 2023 年漁期の現存量、資源量、親魚量および各年の M の変化を補足図 4-12~4-15、補足表 4-1 に示した。現存量の差は最も大きく、高密度点を含めるか否かによって 629 トンの差が生じていた。この現存量に基づいて JASAM によって資源量、親魚量、 M を推定したところ、資源量は 149 トン、親魚量は 92 トン低く推定され、また M の直近 3 年間の平均値 ($M_{2021-2023}$) は 0.056 高く推定された。このように推定値に変化はあったものの、資源量、親魚量、 M の動向に大きな変化は見られなかった。ただし、高密度点を除いた場合においても 2023 年の M の値は 0.056 と過去最小値であり、現実的な自然死亡率とは考えにくい値であった。

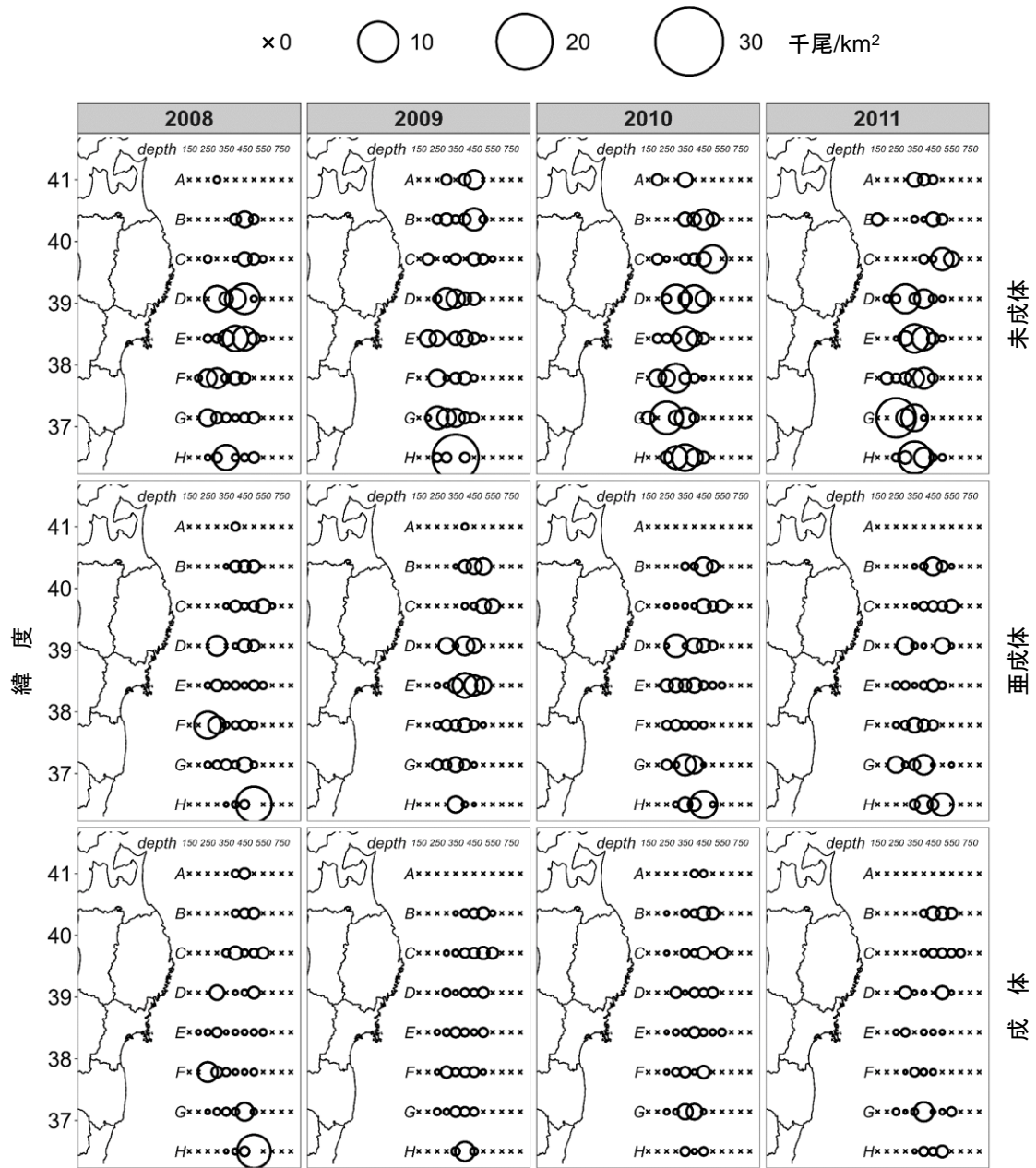
以上のことから、高密度点がなかった場合においても本系群の現存量の増加が示されており、本年度の資源評価において資源量が増加に転じ、また M が低下に転じたと判断することは妥当であると判断した。



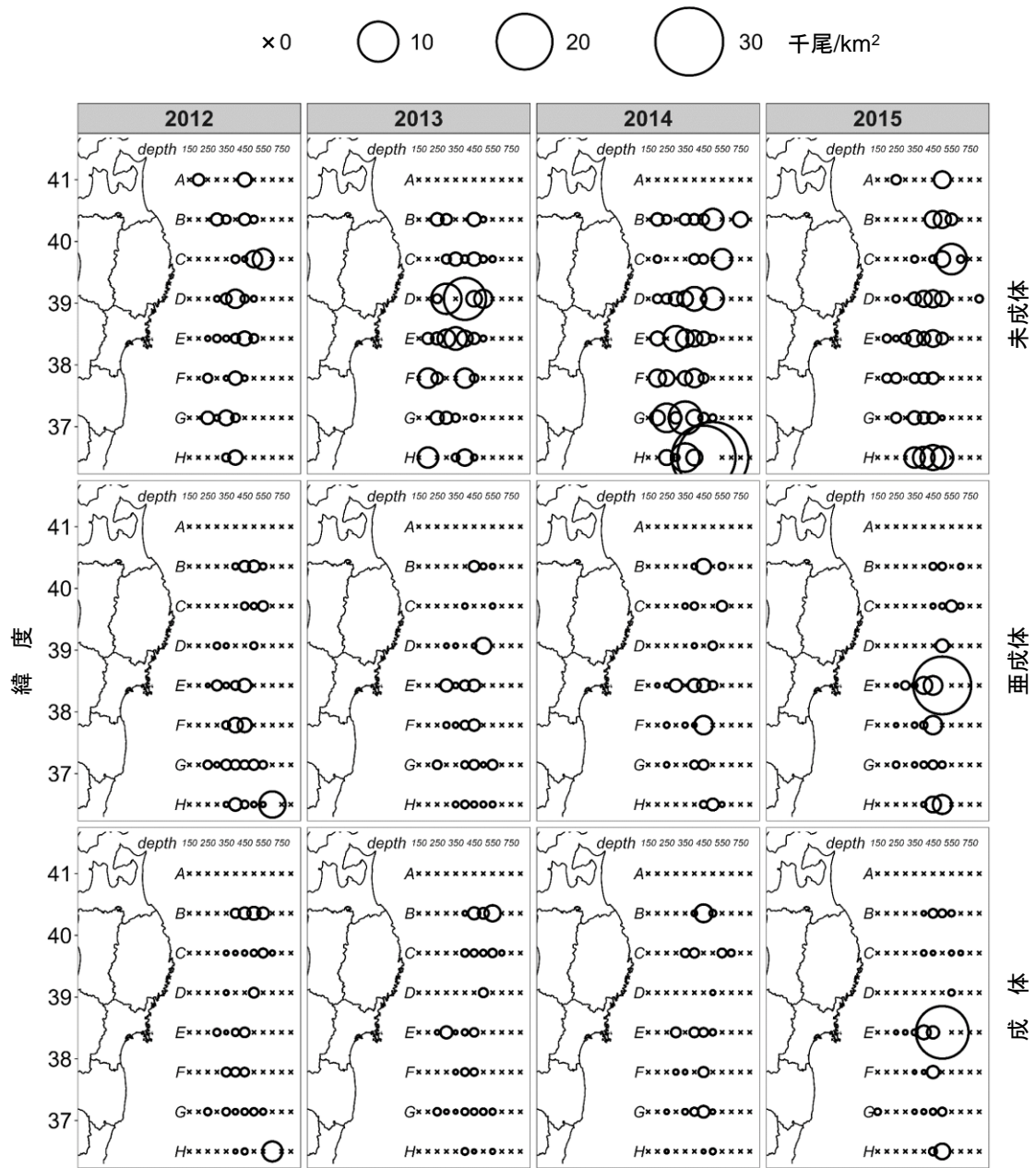
補足図 4-1. 2023 年の着底トロール調査点



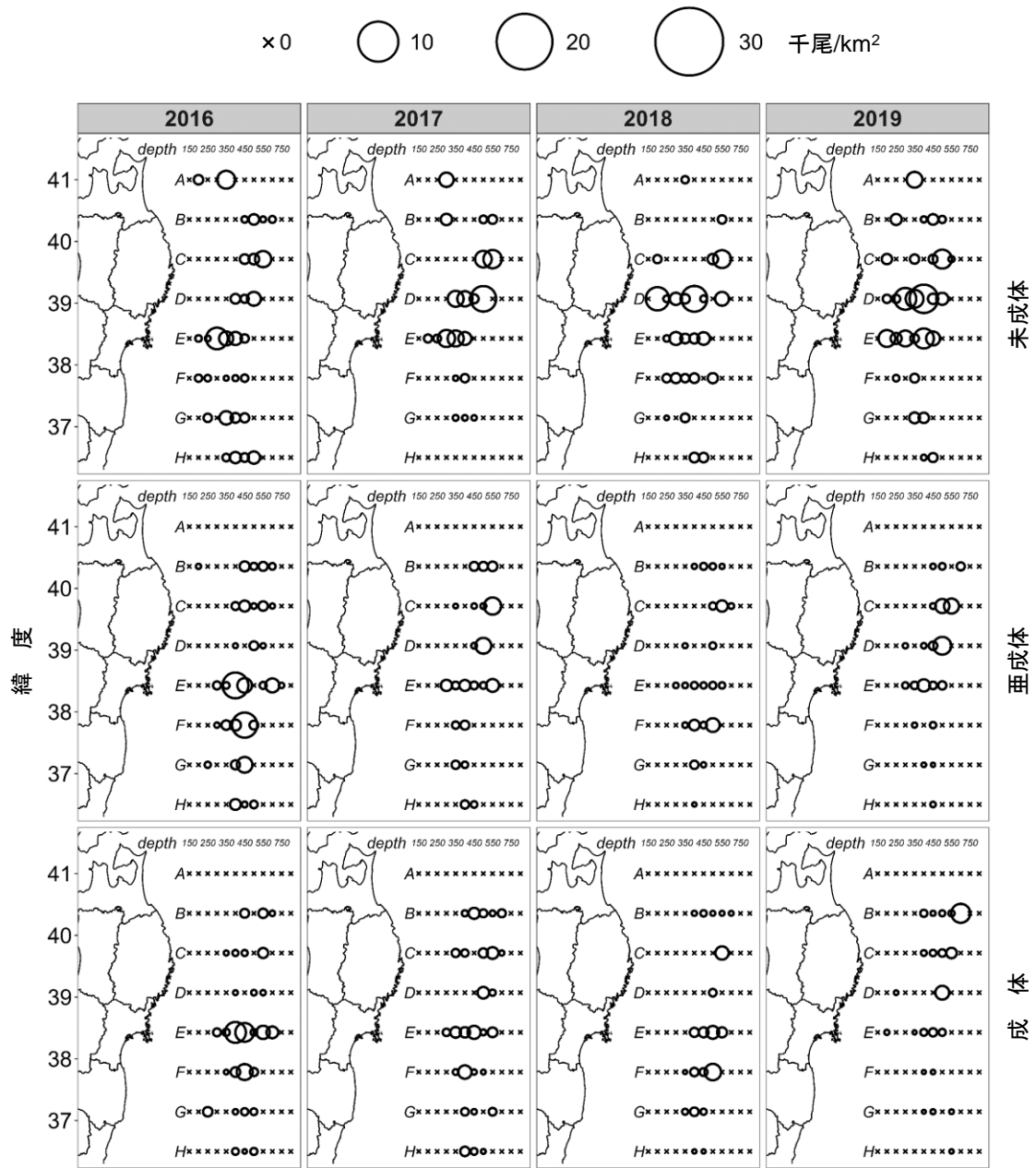
補足図 4-2. 2004～2007 年における雄の調査地点別の分布密度



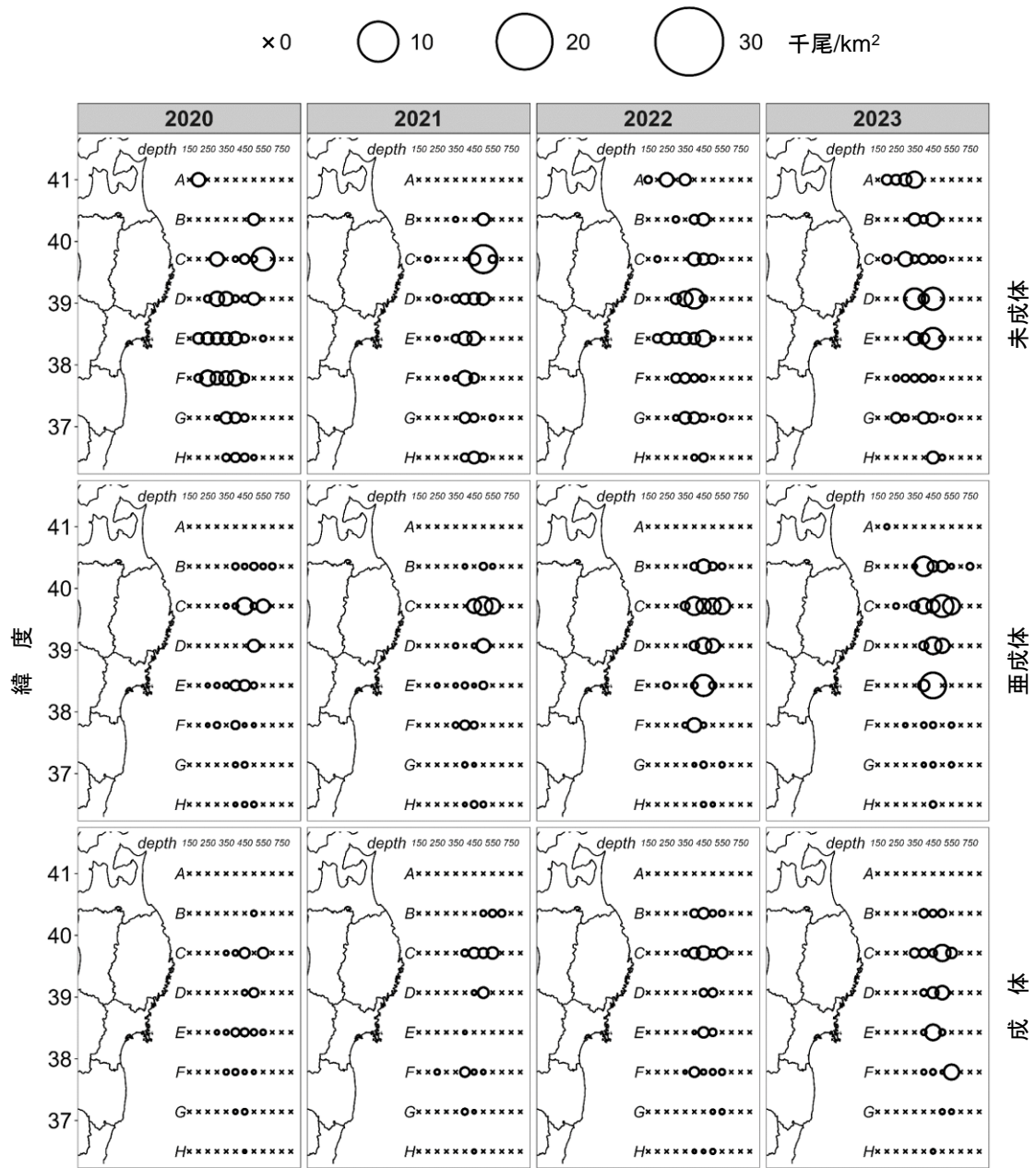
補足図 4-3. 2008～2011 年における雄の調査地点別の分布密度



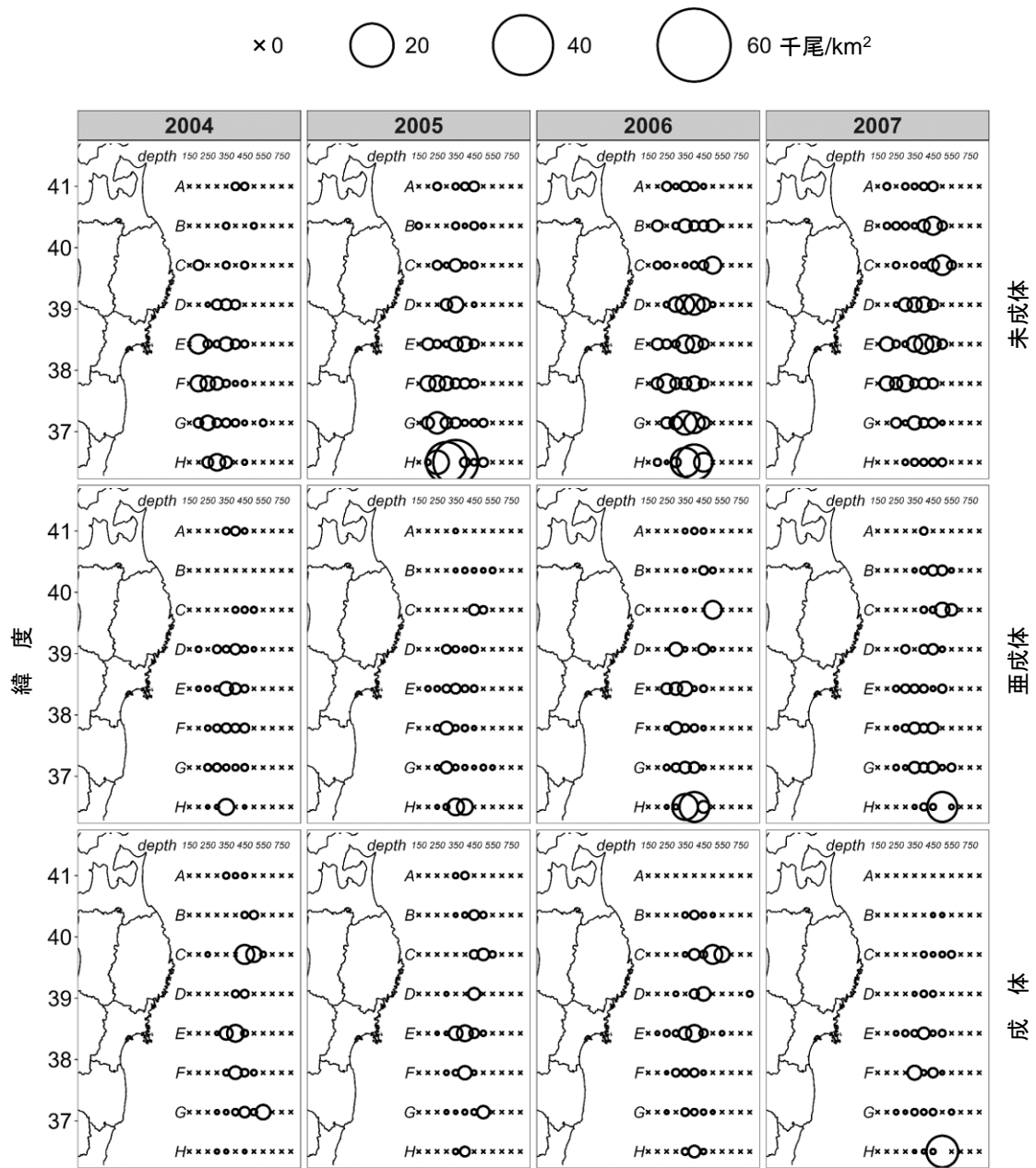
補足図 4-4. 2012～2015 年における雄の調査地点別の分布密度



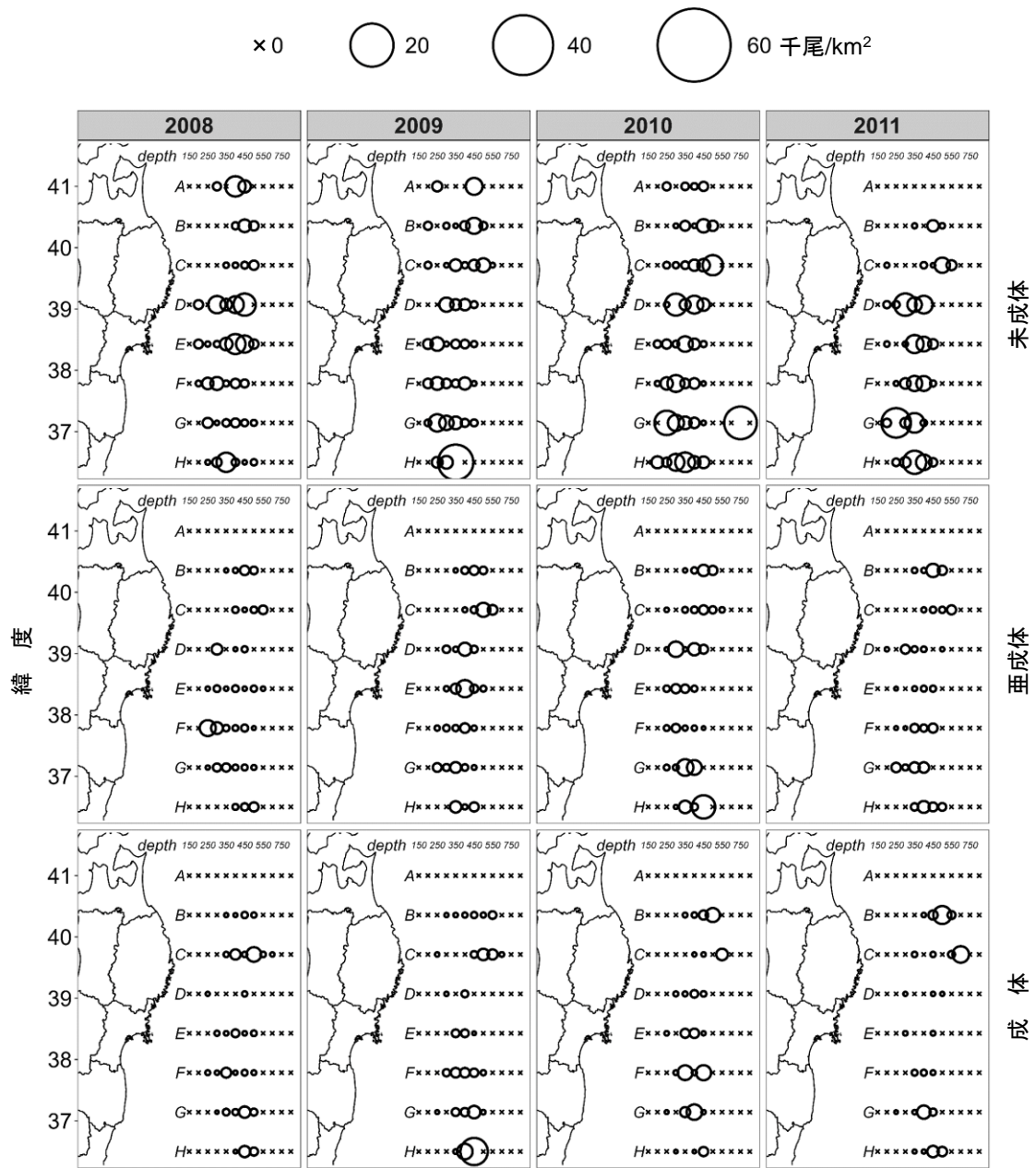
補足図 4-5. 2016～2019 年における雄の調査地点別の分布密度



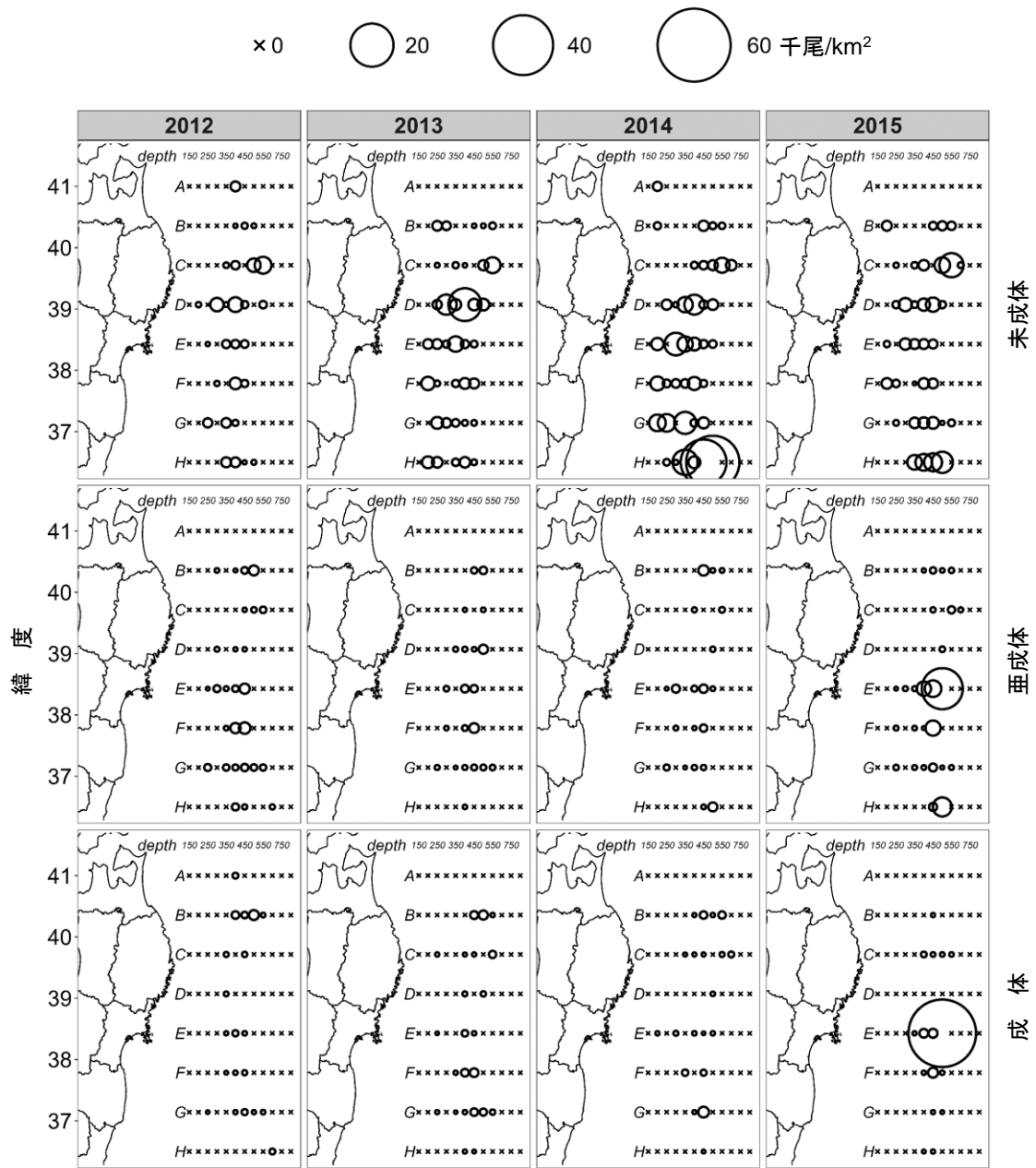
補足図 4-6. 2020～2023 年における雄の調査地点別の分布密度



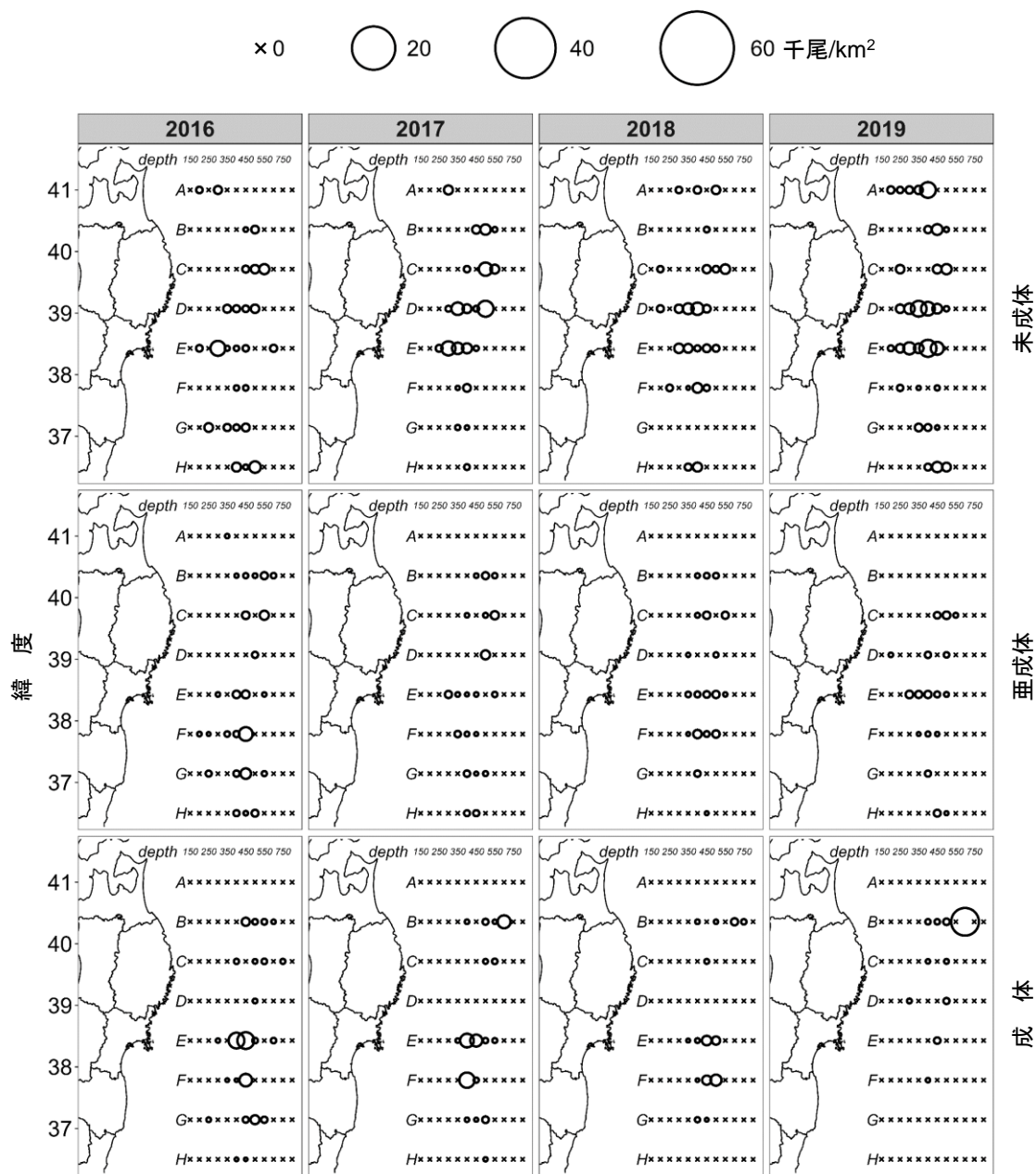
補足図 4-7. 2004～2007 年における雌の調査地点別の分布密度



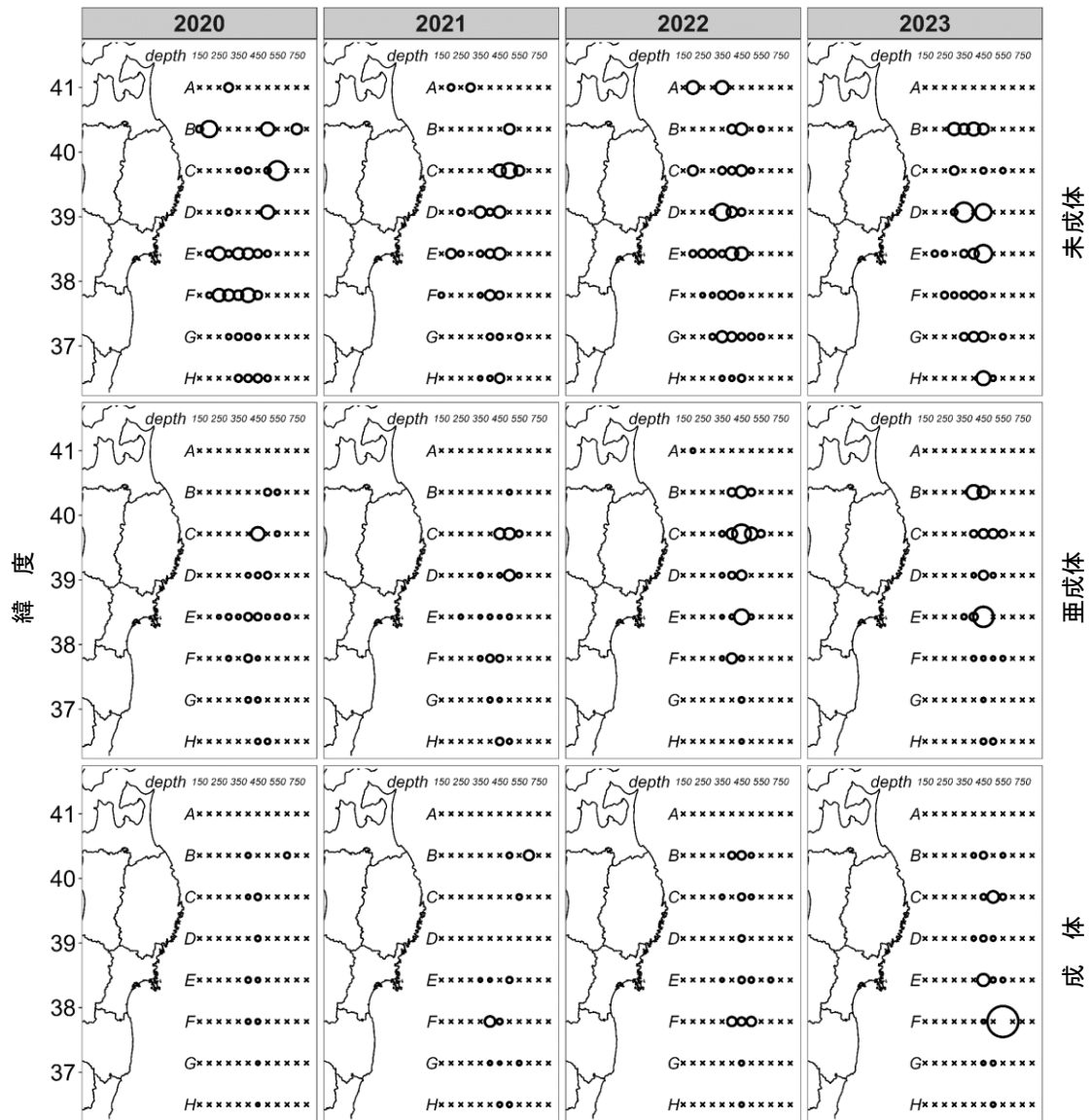
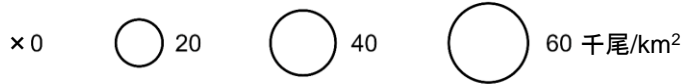
補足図 4-8. 2008～2011 年における雌の調査地点別の分布密度



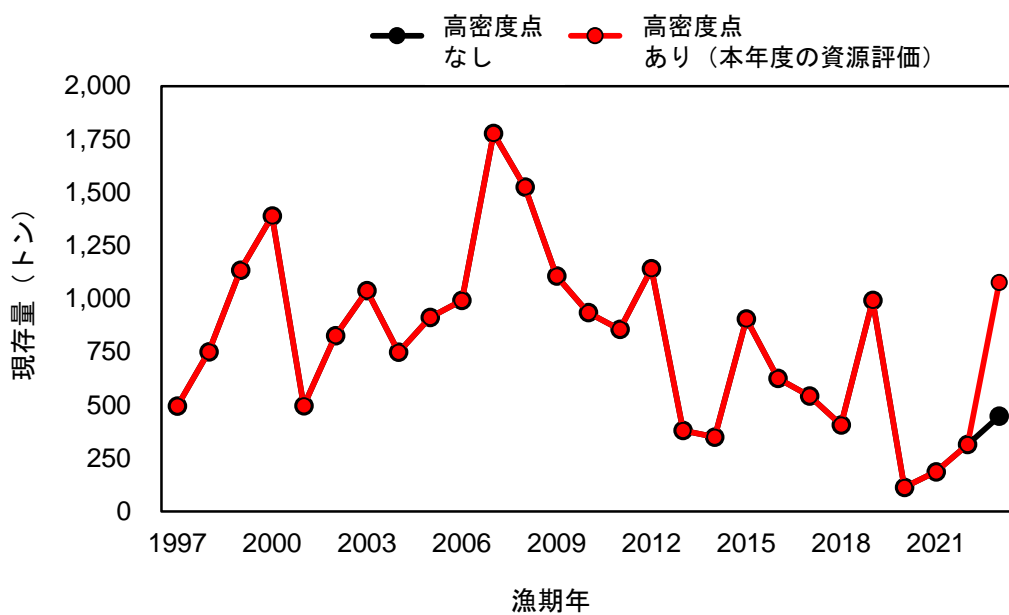
補足図 4-9. 2012～2015 年における雌の調査地点別の分布密度



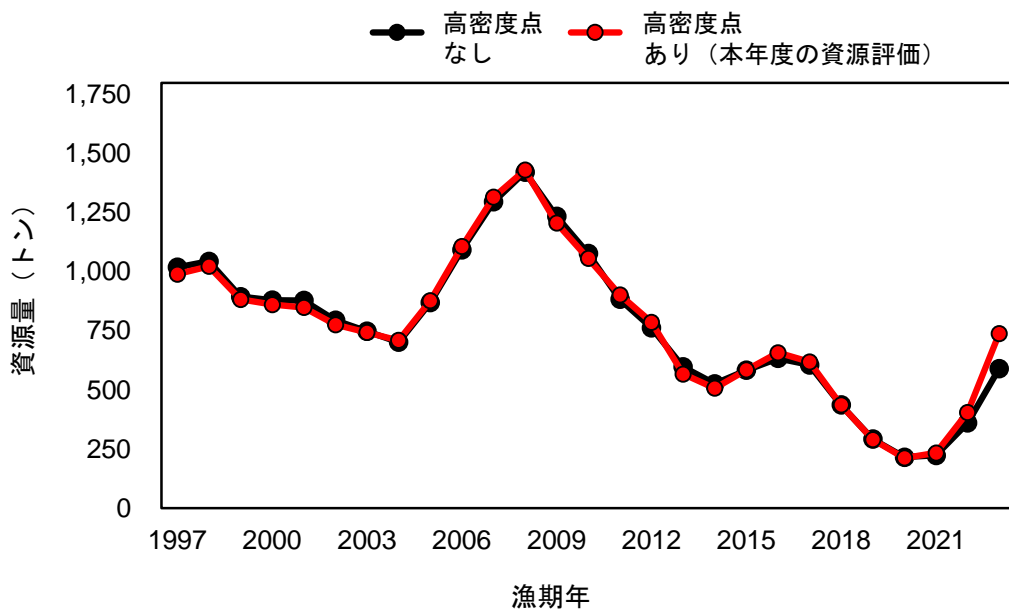
補足図 4-10. 2016～2019 年における雌の調査地点別の分布密度



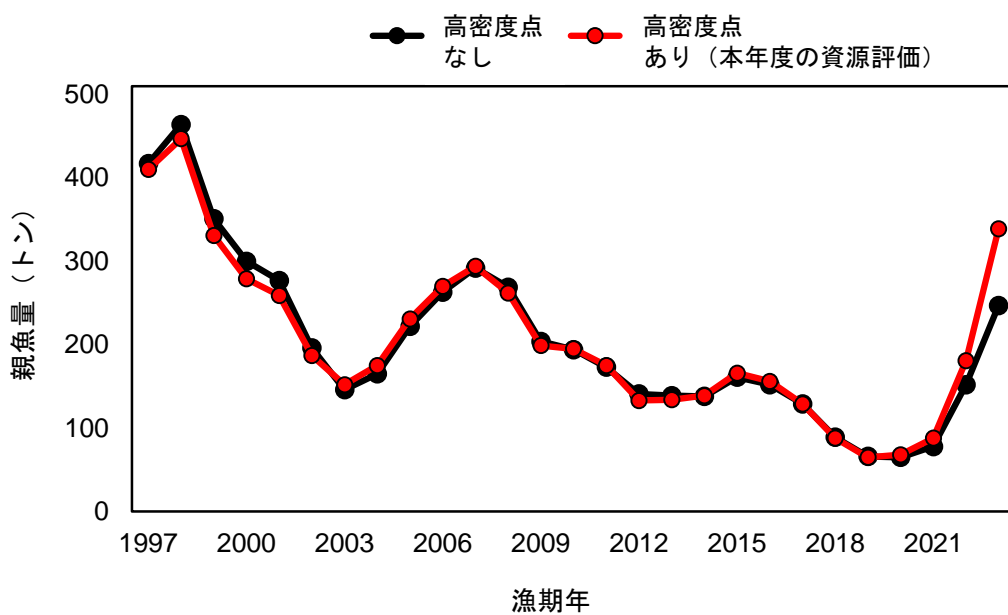
補足図 4-11. 2020～2023 年における雌の調査地点別の分布密度



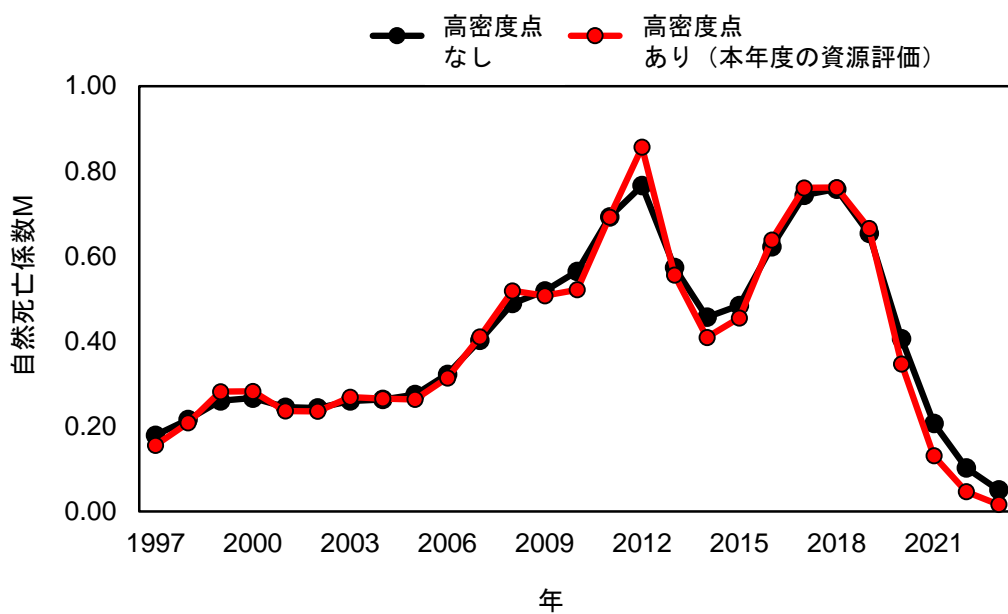
補足図 4-12. 高密度点のデータを除いた場合の現存量の推移
2023 年以外の値に変更はない。



補足図 4-13. 高密度点のデータを除いた場合の資源量の推移



補足図 4-14. 高密度点のデータを除いた場合の親魚量の推移



補足図 4-15. 高密度点のデータを除いた場合の自然死亡係数 M の推移

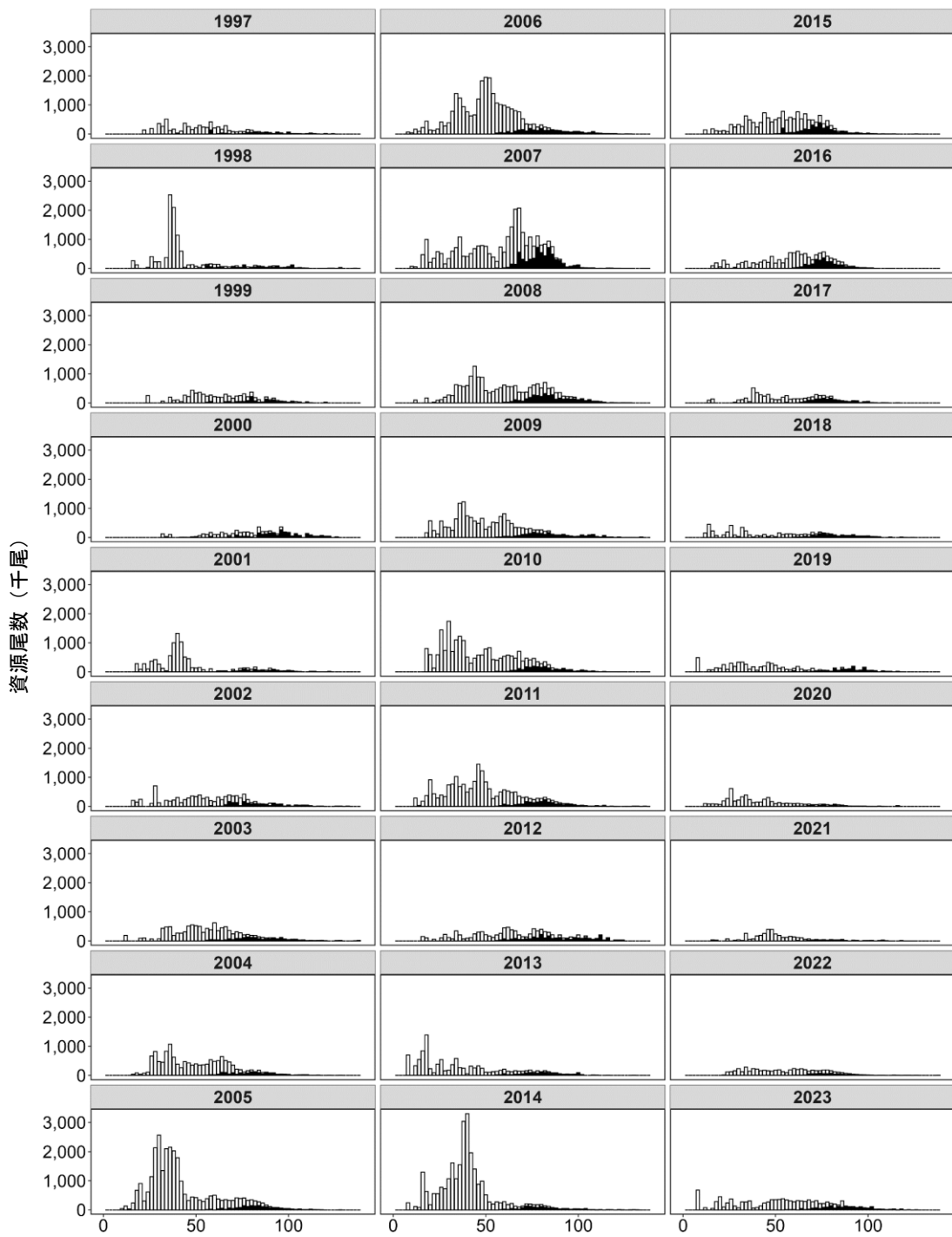
補足表 4-1. 高密度点の有無による現存量、資源量、親魚量、M の比較

	高密度点なし	高密度点あり (本年度の資源評価)	差
現存量(トン)	448	1,077	+ 629
資源量(トン)	591	739	+ 149
親魚量(トン)	247	339	+ 92
M2021	0.213	0.131	- 0.076
M2022	0.109	0.046	- 0.056
M2023	0.056	0.016	- 0.034
M2021-2023	0.120	0.065	- 0.055

補足資料 5 着底トロール調査で得られた甲幅組成の推移

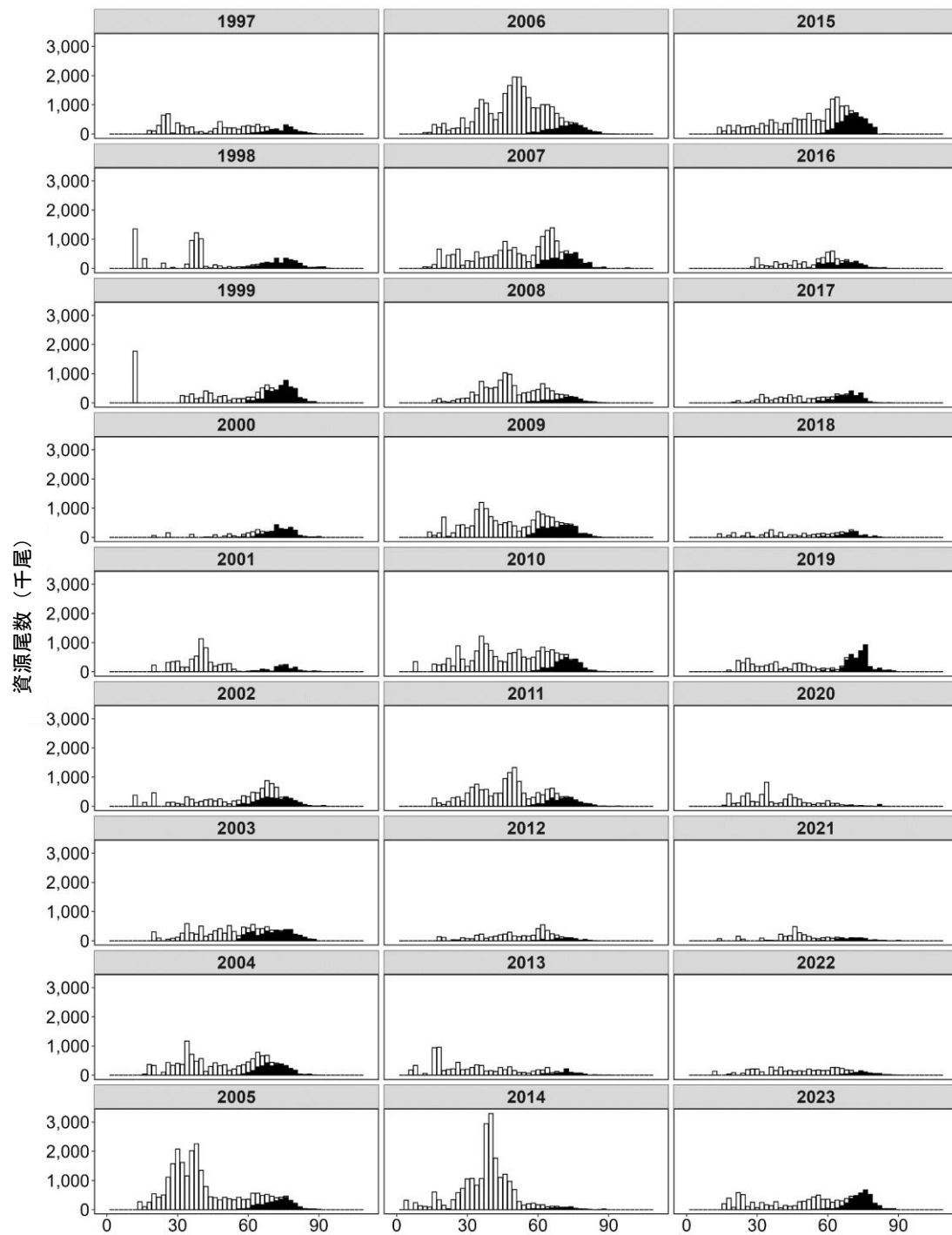
着底トロール調査で得られた甲幅組成の推移を補足図 5-1 および 5-2 に示した。雄の甲幅は概ね 10～140 mm の範囲にあり、成熟個体は甲幅 60 mm 前後から出現した。甲幅 80 mm 以上の漁獲対象資源では半数近くが成熟個体であり、甲幅 100 mm 以上では 8 割以上の個体が成熟していた。1998 年には 8 齢期に相当する甲幅 30 mm 級の個体が多く採集され、漁獲対象資源への加入が期待されたが、その後の数年間では漁獲対象となるような個体の増加は認められなかった。続いて 2005 年にも 8 齢期相当の個体が多く採集され、それらが成長したことで 2007～2008 年に甲幅 80 mm 以上の漁獲対象資源が増加した。震災以降では 2014 年に 8～9 齢期に相当する個体が多く採集され、2015～2016 年にかけて成熟個体がやや増加したものの、2005 年のような大きな加入には繋がらなかった。2017 年以降は甲幅サイズに依らず全体的に現存尾数が少なくなり、2020～2021 年には成熟個体が著しく少なくなった。一方、2023 年は全体的に現存尾数が増加し、直近の 5 年間の比較では、甲幅 40 mm 以下の小型個体が比較的多く分布していた。資源の多かった 2007、2008 年と比較すると現存尾数は依然として少なく、大規模な加入につながるような豊度の高い甲幅階級も現時点では出現していない。

雌の甲幅は 10～90 mm の範囲であり、成熟個体は甲幅 56 mm 前後から出現した。雄と同様に、2005～2006 年には甲幅 60 mm 以下の漁獲対象外の個体が多く認められ、これらが成長したことで 2007 年以降の成熟雌が増加した。また 2011 年以降の成熟雌の現存尾数は、前後の年との連続性がなく突発的に出現するという状況が続いている。こうした成熟雌の現存尾数の突発的な増加は 2015、2019、2023 年と 4 年ごとに認められるが、それぞれ宮城県沖、岩手県沖、福島県沖と海域が異なっており、連続性については不明である。2023 年は前年に比べて漁獲対象外の若齢個体もやや増加したものの、資源の多かった時期と比較すると依然として少ない状況にあり、雄と同様に今後の加入につながるような豊度の高い甲幅階級も出現していない。



補足図 5-1. 雄の甲幅別現存尾数

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 5-2. 雌の甲幅別現存尾数

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。

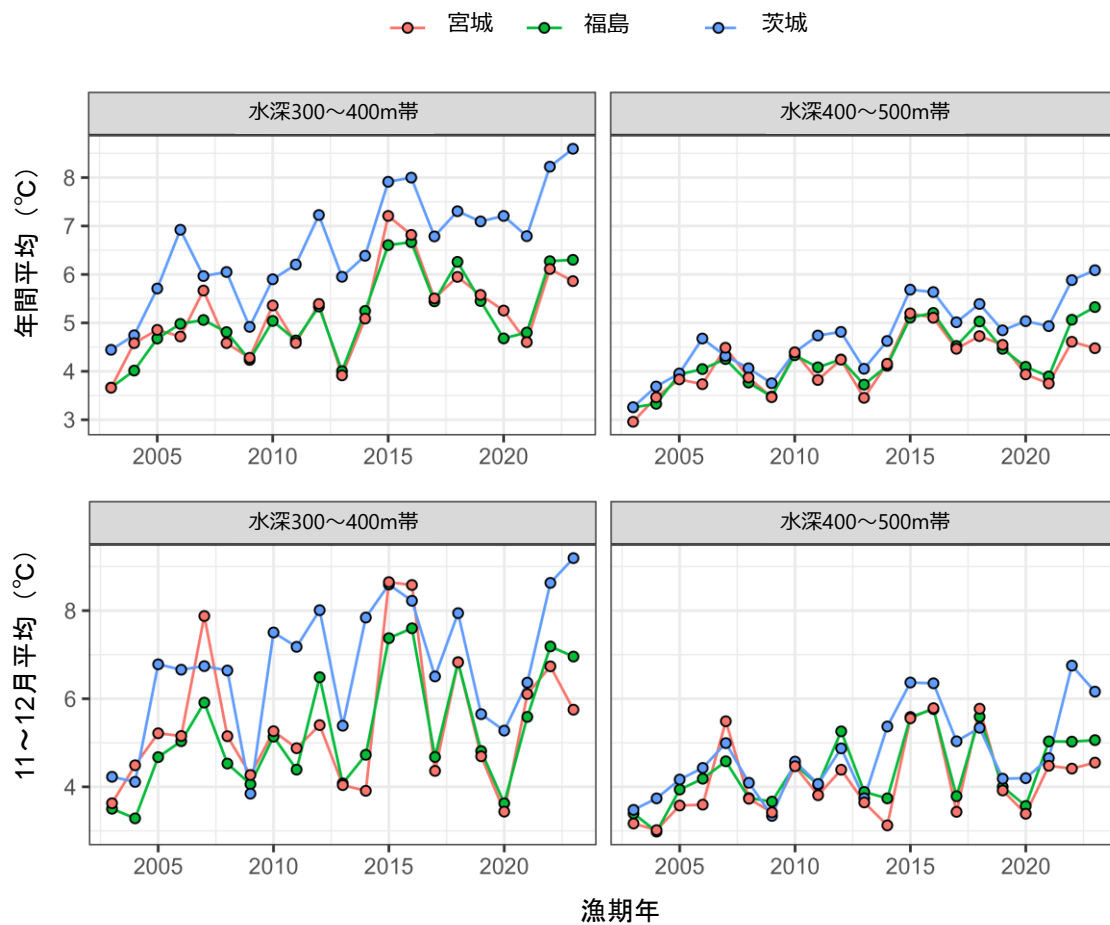
補足資料 7 本系群の資源減少の原因に関する検討

本系群の資源量は、震災以降の低い漁獲圧にもかかわらず減少傾向にある。その要因として、底水温に代表されるような生息域における生息環境の変化、最終脱皮率の上昇、生態系のバランスの変化等が挙げられてきたが、現時点ではその原因を特定するに至っていない。本項では、本資源の動向に影響があると考えられる底水温の動向について述べる。

底水温は宮城県、福島県、茨城県の水産試験研究機関、および水産研究・教育機構が実施した海洋観測データを用いて、Kakehi et al. (2021) に従って月別、水深帯別に整理した。本項ではこのうち、水深 300~400 m 帯と水深 400~500 m 帯の動向について述べる。前者は主に小型個体が、後者は大型個体が生息する水深帯である。両水深帯について漁期年（7月~翌年6月）ごとに集計し、と高水温期（11~12月）の平均水温を算出した。底水温の年間平均は2004年から2016年にかけて上昇傾向を示しており、最も底水温の高かった茨城県沖では、2016年に水深300~400 m 帯で8.2°C、水深400~500 m 帯で5.8°Cに達していた（補足図7-1）。その後、宮城県では下降傾向がみられるものの、福島県と茨城県沖では依然として高い値で推移している。底水温とMの動向は完全には一致しないものの、震災以前から上昇傾向を示し、震災以降高い値で推移した点は類似している。Foyle et al. (1989) によると、7°C以上の水温では、ズワイガニが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。このため、高水温期のような高い水温帯で生活することは、ズワイガニにとって厳しい環境であると考えられ、底水温の上昇がMの上昇の一因である可能性が指摘されている（Shibata et al. 2021）。この両者の関係については、今後更なる研究が望まれる。

引用文献

- Foyle T. P., O'Dor R. K. and Elner R. W. (1989) Energetically defining the thermal limits of the snow crab. *J. Exp. Biol.*, **145**, 371-393.
- Kakehi, S., Y. Narimatsu, Y. Okamura, A. Yagura, S. Ito (2021). Bottom temperature warming and its impact on demersal fish off the Pacific coast of northeastern Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **677**, 177-196.
- Shibata, Y., J. Nagao, Y. Narimatsu, E. Morikawa, Y. Suzuki, S. Tokioka, M. Yamada, S. Kakehi, H. Okamura (2021). Estimating maximum sustainable yield of snow crab (*Chionoecetes opilio*) off Tohoku Japan via a state-space assessment model with time-varying natural mortality. *Popul. Ecol.*, **63**, 41-60.



補足図 7-1. 宮城県～茨城県における底水温の推移 (2003～2023 年漁期)

補足資料 8 令和 6 (2024) 年度の資源評価で推定された自然死亡係数 M を用いた場合の管理基準値の試算

本系群では令和 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、将来的に自然死亡係数 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」が示されている（森川ほか 2020）。その基準は「直近 3 年間の M の平均値が 0.432 以下になること」とされ、本年度の資源評価における M の直近 3 年間（2021～2023 年）の平均値は 0.065 であり、この基準を大きく下回っている。しかし、この値については①数値が非常に小さく現実的ではないと考えられること、②着底トロール調査における高密度点の影響を受けている可能性が高いこと、③直近年の M の推定値は将来的なデータの追加によって大きく変化する可能性があることから、本年度の資源評価においてはこの値を用いた将来予測および管理基準値の算定は不確実性が大きく、適切ではないと判断した。一方で、着底トロール調査に基づく現存量の動向から、本系群の資源状況は回復傾向にあり、 M の動向は低下に転じたと判断された。このため、本年度の資源評価において M は今後データの範囲内（1997～2023 年）で変化するものと仮定し、 M に本年度の資源評価における M の全期間の平均値（ $M_{1997-2023}$ 、 $M=0.400$ ）とした。本項では、 M に $M_{1997-2023}$ （ $M=0.400$ ）、再生産関係にホッケー・スティック型（最小二乗法、加入に自己相関を考慮したモデル）を仮定した場合における管理基準値の試算を行った。なお、本試算による管理基準値等は「限界管理基準試算値」等と表記し、また引用符号（'）によって本来の管理基準値等と区別した。

管理基準試算値の算出、および将来予測は、「令和 6 (2024) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2024-ABCWG02-01）」の 1 系資源の式に従い、ホッケー・スティック型再生産関係（補足資料 3）と、本年度の資源評価における将来予測計算に用いた各種設定を使用した。ここでは、目標管理基準試算値 SB_{target}' を「MSY 試算値を実現する親魚量（ SB_{msy}' ）」、限界管理基準試算値 SB_{limit}' を「MSY 試算値の 60% の漁獲が得られる親魚量（ $SB_{0.6msy}'$ ）」、禁漁水準試算値 SB_{ban}' を「MSY 試算値の 10% の漁獲が得られる親魚量（ $SB_{0.1msy}'$ ）」とした。計算の結果、目標管理基準試算値は 261 トン、限界管理基準試算値は 115 トン、禁漁水準試算値は 11 トンであり、MSY 試算値は 86 トンであった（補足表 8-6）。目標管理基準試算値 SB_{target}' と、MSY 試算値を実現する漁獲圧を基準にした神戸プロットを補足図 8-1 に示した。本系群における F は、2010 年漁期以前には SB_{msy}' を維持する漁獲圧を上回り、またその親魚量は 2009 年漁期以降 SB_{msy}' を下回っていた。2011 年漁期以降は震災の影響により漁獲圧が急激に低下したものの、2020 年漁期にかけて親魚量の減少が続いていた。2020 年漁期以降の親魚量は増加傾向を示しており、JASAM で推定された 2023 年漁期の親魚量（339 トン）は目標管理基準試算値を上回っていた（補足表 8-6、8-7）。

漁獲管理規則の漁獲圧を変える閾値を限界管理基準試算値（ $SB_{limit}' = SB_{0.6msy}'$ ）および禁漁水準試算値（ $SB_{ban}' = SB_{0.1msy}'$ ）とし、安全係数 β を 0 から 1 までの間で変化させ、管理開始後 10 年間の各年において親魚量が目標管理基準試算値、限界管理基準試算値を上回る確率および禁漁水準試算値を下回る確率を計算した。その結果、2035 年漁期の親魚量が目標管理基準試算値を上回る確率は低く、 β を 0.4 以上とした場合には 20% 以下の確率であった（補足表 8-1）。また限界管理基準試算値を上回る確率は、 $\beta=1.0$ とした場合は

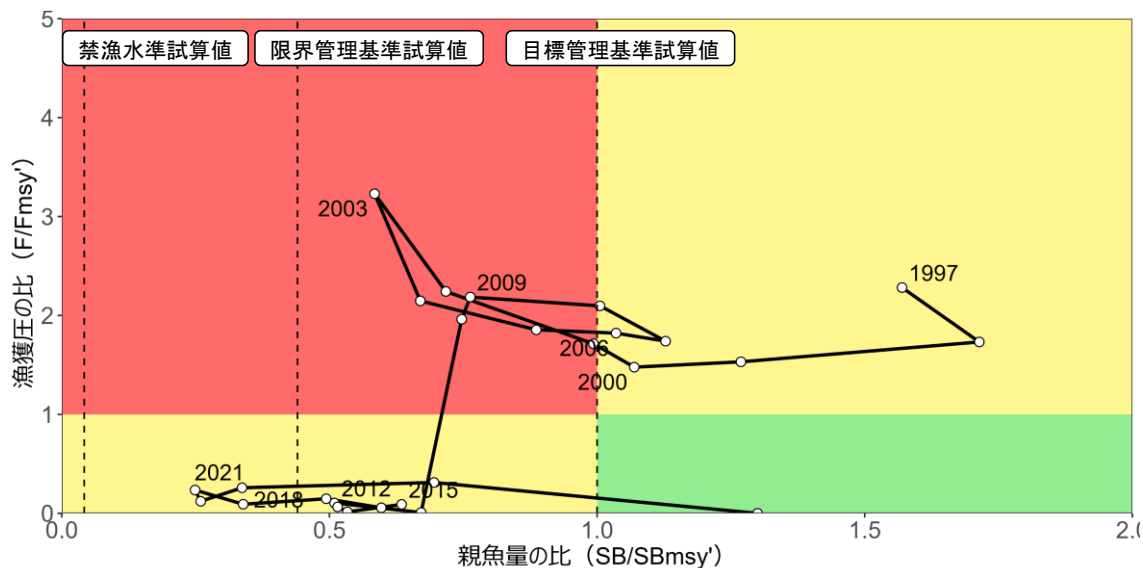
62%、 $\beta=0.5$ 以下とした場合は 80%以上であった（補足表 8-2）。禁漁水準試算値を下回る確率は、 β を 1.0~0.0 の範囲とした場合、あるいは現状の漁獲圧（F2021-2023）とした場合のいずれにおいても 0%であった（補足図 8-2、補足表 8-3）。2035 年漁期時点の平均親魚量は、 $\beta=0.8$ とした場合において 158 トン、平均漁獲量は 43 トンであった（補足表 8-4、8-5）。

引用文献

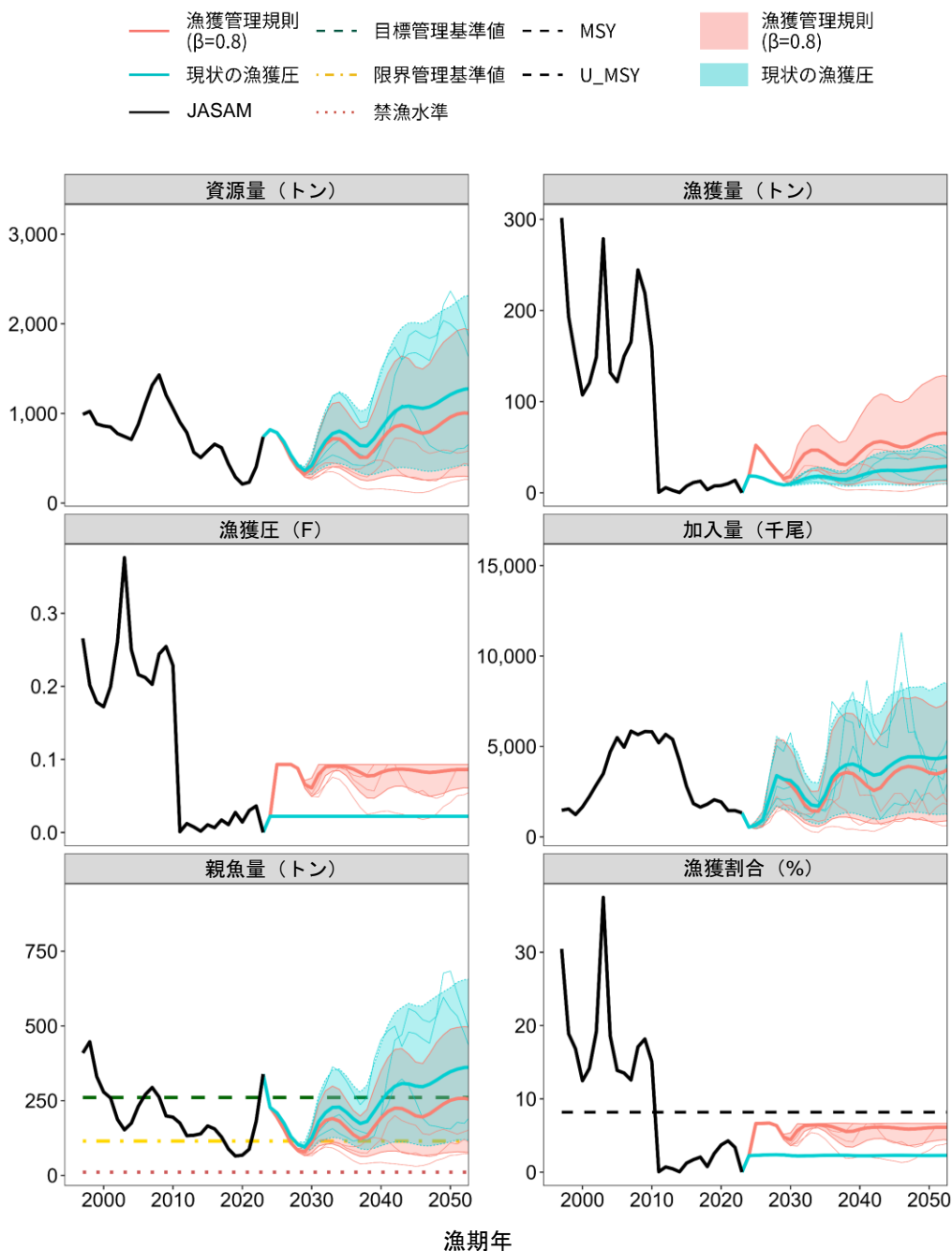
国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 (2024) 令和 6(2024) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2024-ABCWG02-01.

https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-01.pdf (last accessed 1 Aug. 2024)

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 08 August 2024)



補足図 8-1. 管理基準試算値と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）



補足図 8-2. M に本年度の資源評価における 1997~2023 年の平均値 ($M=0.400$) を仮定した場合の漁獲シナリオに則した漁獲管理規則に従って漁獲を続けた場合 (赤線) と現状の漁獲圧 (F2021-2023) で漁獲を続けた場合の将来予測 (青色)

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80% が含まれる予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値を維持する漁獲割合の水準 (Umsy) を示す。ここでは漁獲シナリオとして調整係数 β に 0.8 を例示した。なお 2024 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2021-2023) により仮定した。

補足表 8-1. 将来の親魚量が目標管理基準試算値を上回る確率

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	0	0	0	0	0	0	0	6	11	13	11	6
0.9		0	0	0	0	0	0	5	11	14	11	7
0.8		0	0	0	0	0	0	6	13	16	14	8
0.7		0	0	0	0	0	0	6	14	17	15	10
0.6		0	0	0	0	0	0	7	15	19	17	11
0.5		0	0	0	0	0	0	8	18	22	20	14
0.4		0	0	0	0	0	0	8	17	23	22	15
0.3		0	0	0	0	0	0	10	21	27	27	20
0.2		0	0	0	0	0	0	11	21	28	29	23
0.1		0	0	0	0	0	1	12	24	32	33	27
0.0		0	0	0	0	0	0	13	26	34	35	30
現状の漁獲圧		0	0	0	0	0	0	10	22	28	29	24
震災前の漁獲圧		0	0	0	0	0	0	2	3	2	1	0

補足表 8-2. 将来の親魚量が限界管理基準試算値を上回る確率

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	100	100	100	0	0	1	32	75	83	82	76	62
0.9		100	100	0	0	1	34	76	83	83	79	66
0.8		100	100	0	0	1	36	78	85	86	81	70
0.7		100	100	0	0	1	38	79	87	87	83	74
0.6		100	100	100	0	2	41	81	88	88	86	78
0.5		100	100	100	0	3	45	82	89	90	88	82
0.4		100	100	100	0	3	46	84	90	91	90	84
0.3		100	100	100	1	6	53	86	91	92	91	86
0.2		100	100	100	3	7	56	88	93	94	93	89
0.1		100	100	100	9	11	61	90	93	95	94	91
0.0		100	100	100	23	16	66	92	95	96	95	93
現状の漁獲圧		100	100	100	4	8	55	87	92	93	92	88
震災前の漁獲圧		100	0	0	0	0	10	48	52	46	34	18

補足表 8-3. 将来の親魚量が禁漁水準試算値を上回る確率

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
震災前の漁獲圧		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

補足表 8-4. 将来の親魚量の平均値の推移

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	228	190	148	102	79	75	106	155	176	180	168	145
0.9		193	151	106	82	77	107	156	178	183	173	150
0.8		195	155	109	84	79	109	159	184	190	181	158
0.7		197	158	112	87	81	111	161	186	193	186	165
0.6		199	161	115	90	83	114	165	190	200	193	172
0.5		202	164	119	93	86	117	169	196	207	202	182
0.4		204	168	122	96	89	118	170	198	211	209	190
0.3		206	171	126	100	92	123	177	205	221	219	201
0.2		209	175	130	104	95	125	179	209	227	228	210
0.1		211	179	134	108	99	129	185	215	234	236	220
0.0		214	182	138	111	103	133	189	221	242	245	231
現状の漁獲圧		209	175	130	104	95	125	178	208	225	227	210
震災前の漁獲圧		149	111	72	54	51	79	122	127	121	106	85

補足表 8-5. 将来の漁獲量の平均値の推移

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	18	65	54	40	27	18	20	39	52	56	55	49	
0.9		58	49	37	26	17	19	35	47	51	51	46	
0.8		52	44	33	24	16	18	32	42	47	47	43	
0.7		46	39	30	22	15	16	29	37	41	41	38	
0.6		39	34	26	20	13	15	25	33	36	37	34	
0.5		33	29	22	17	12	13	22	28	31	32	30	
0.4		27	23	18	14	10	11	18	22	25	26	24	
0.3		20	18	14	11	8	9	14	17	20	20	19	
0.2		13	12	9	7	6	6	9	12	13	14	13	
0.1		7	6	5	4	3	3	5	6	7	7	7	
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
現状の漁獲圧			18	16	13	10	9	9	12	15	17	18	17
震災前の漁獲圧			106	85	61	45	38	48	71	80	81	76	64

補足表 8-6 管理基準試算値と MSY

項目	値	説明
SBtarget'	261	目標管理基準試算値。最大持続生産量試算値 MSY' を実現する親魚量 (SBmsy')
SBlimit'	115	限界管理基準試算値。MSY' の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy')
SBban'	11	禁漁水準試算値。MSY' の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy')
Fmsy'	SBmsy' を維持する漁獲圧 (雄未成熟、雄成熟、雌)=(0.04, 0.09, 0.12)	

補足表 8-6. (続き)

項目	値	説明
%SPR (Fmsy')	69%	Fmsy'に対応する%SPR
MSY'	86トン	最大持続生産量試算値

補足表 8-7. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2023	339トン	2023年漁期の親魚量
F2023	2023年漁期の漁獲圧(漁獲係数 F) (雄未成熟, 雄成熟, 雌)=(0, 0, 0)	
U2023	0%	2023年漁期の漁獲割合
%SPR (F2023)	100%	2023年漁期の%SPR
%SPR (F2021-2023)	92.6%	現状(2021~2023年漁期)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準試算値との比較		
SB2023/ SBtarget'	1.3	目標管理基準試算値(最大持続生産量 MSY'を実現する親魚量)に対する2023年漁期の親魚量の比
F2023/ Fmsy'	—	SBmsy'を維持する漁獲圧に対する2023年漁期の漁獲圧の比*
親魚量の水準	目標管理基準試算値の水準を上回る	
漁獲圧の水準	SBtarget'を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

* 2023年漁期の選択率の下で Fmsy'の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。