

令和 7（2025）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資料

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・下光利明・永尾次郎）

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

提 案

管理基準値

- 目標管理基準値案は、MSY を実現する親魚量（SBmsy）で 243 トン
- 限界管理基準値案は、MSY の 60%を実現する親魚量（SB0.6msy）で 105 トン
- 禁漁水準案は、MSY の 10%を実現する親魚量（SB0.1msy）で 15 トン

漁獲管理規則

- 親魚量が限界管理基準値案を下回ると漁獲圧を下げる規則を適用する。
- 漁獲圧の上限は SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に調整係数 β を乗じたものとする。

調整係数 β

- 現状の齢期別資源尾数から予想される今後の資源量（漁獲対象資源）の減少によって、 β の値（0.0～1.0）にかかわらず、5 年後および 10 年後のいずれでも親魚量は目標管理基準値を 50%以上の確率で上回ることが難しいと推定された。なお、 β が 0.1 以下のとき、2033 年漁期に一時的に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る。
- β の値にかかわらず、管理開始から 3 年以降に親魚量が限界管理基準値案を下回る確率が高いと推定された。一方 β が 1.0 の場合でも、10 年後に親魚量が限界管理基準値案を上回る確率は 80%以上、0.6 以下であれば、90%以上であると推定された。

提案に用いた管理規則

- 「令和 7（2025）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2025-ABCWG02-01）」（水産研究・教育機構 2025）で示された 1A 資源の管理規則

提案に用いた再生産関係

- 再生産関係式には自己相関を考慮したホッカー・スティック型関係式を適用し、パラメータ推定には最小二乗法を用いた。

その他

- 本系群の管理基準値案および将来予測の結果は、令和 7 年度の資源評価における 1997～2024 年漁期の漁獲状況と調査船調査から推定された資源尾数および平均的な生物特性に基づく値である。
- 本系群の漁期年は 7 月から翌年 6 月、漁期は 12 月から翌年 3 月である。
- SBmsy は直近年（2024 年漁期）の親魚量の 0.77 倍、SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）は現状の漁獲圧（2022～2024 年漁期の平均）の 6.64 倍であり、現状の漁獲圧は $\beta=0.15$ に相当する低い値である。しかし、今後 2029 年漁期にかけて資源量が減少する予測となっているため、漁獲圧を低い水準で維持し、資源の回復を待つことが望ましい。

English title (authors)

Scientific meeting report on reference points for the management for snow crab of northern Pacific stock (fiscal year 2025).

(Eisuke Morikawa, Yasutoki Shibata, Kunihiro Fujiwara, Hiroyuki Togashi, Yuto Suzuki, Shun Tokioka, Toshiaki Shitamitsu, and Jiro Nagao)

文中で引用する補足資料、図表番号の後に（SC 図 1-2）（SC 表 4-3）などの記載があるものは本資料後段に結合した資源評価報告書の該当番号の図表を参照してください。

1. 再生産関係

1-1) 使用するデータセット

本資源の再生産関係式の設定は「令和 7（2025）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2025-ABCWG02-01）」（水産研究・教育機構 2025a）に従い、以下のデータセットを使用して実施した。解析には R パッケージ `frasyr`（コミット番号:4be6b86）を用いた。`frasyr` で用いた式の詳細は「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（令和 7 年度研究機関会議版）（FRA2025-ABCWG02-04）」（水産研究・教育機構 2025b）を参照のこと。

データセット	基礎情報、関係調査等
資源量・親魚量	令和 7 年度ズワイガニ太平洋北部系群の資源評価（水産機構）

1-2) 再生産関係の検討

本資源の管理基準値案の算出および将来予測計算に使用する再生産関係（補足資料 1）として、ホッカー・スティック（HS）型再生産関係、リッカー（RI）型再生産関係、およびベバートン・ホルト（BH）型再生産関係を仮定した場合について検討した。最適化方法として、最小二乗法および最小絶対値法を候補とした。また、加入量の残差に対して自己相関を考慮するか否かでモデルを比較した。自己相関パラメータを推定する際は、再生産関係式のパラメータを推定したのちに自己相関パラメータを推定する手法（2 段階推定法）を用いた。再生産関係の検討は、資源評価で推定された 1997～2019 年漁期の親魚量およびその 5 年後の加入量に基づいて行った。再生産関係の検討候補を表 1a に示す。

補正赤池情報量規準（AICc）を比較すると HS 型を当てはめた場合の方が RI 型および BH 型を当てはめた場合よりも低く、また、最小二乗法を用いた場合の方が最小絶対値法を用いた場合よりも低くなった。RI 型および BH 型を仮定した場合、再生産関係は親魚量の観察範囲内では直線に近い形となった。RI 型および BH 型では加入尾数の期待値が過去に観察された最大加入尾数よりも極端に大きくなることから、本資源の再生産関係の候補としては HS 型再生産関係式を用いることが適当と考えられる。なお HS 型を最小二乗法により当てはめた場合の自己相関プロットからは加入残差に自己相関が認められた。従って、本資源においては再生産関係のモデルに自己相関を考慮する必要があると判断した（表 1a、補足資料 1）。

1-3) 再生産関係の候補

上述の通り、本系群の再生産関係の候補としては、「再生産関係の決定に関するガイドライン（FRA-SA2025-ABCWG02-05）」（水産研究・教育機構 2025c）の a（予測力）および d（観察された最大親魚量以上で、加入尾数が過去に観察された最大尾数以上の極端な外挿値になるような場合の回避）の基準に従い、最小二乗法で最適化した自己相関を考慮した HS 型再生産関係式を候補として提案する（図 1、SC 図 4-11）。この再生産関係のパラメータ推定値を表 1b に示した。

2. 管理基準値

2-1) データセットおよび計算方法

最大持続生産量 (MSY) に対応する管理基準値案等の算出、および将来予測は、「令和 7 (2025) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2025-ABCWG02-01)」(水産研究・教育機構 2025a) の 1 系資源の管理規則に従い、1-3) で候補とした再生産関係と、令和 7 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 (自然死亡係数、成熟率、齢期別平均体重) を使用して実施した。本年度の資源評価では $F_{current}$ を「2022～2024 年漁期の平均の F 値」としたが、今回の解析においても同様の値を用いた (表 2)。また、自然死亡係数 M は本年度の資源評価で推定された 1997～2024 年の平均値 ($M_{1997-2024}$, $M=0.400$) が 2025 年以降継続すると仮定した。本系群では、平均世代時間 (15 年) の 20 倍の年数のシミュレーション期間後を平衡状態と仮定し、その際の平均漁獲量が最大化される F 値を F_{msy} 、その F_{msy} で漁獲した場合の平衡状態での平均親魚量を SB_{msy} とした。

2-2) 管理基準値案と禁漁水準案

目標管理基準値 (SB_{target}) として MSY 水準における親魚量 (SB_{msy} : 243 トン)、限界管理基準値 (SB_{limit}) として MSY の 60% の漁獲が得られる親魚量 ($SB_{0.6msy}$: 105 トン)、禁漁水準 (SB_{ban}) として MSY の 10% の漁獲が得られる親魚量 ($SB_{0.1msy}$: 15 トン) を用いることを提案する。これらの基準値案について、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB_0) に対する比、対応する漁獲圧の下での平衡状態における平均漁獲量、対応する漁獲圧の現状の漁獲圧に対する比などを表 3 に示す。目標管理基準値として提案する SB_{msy} は SB_0 の 59% に相当し、その親魚量において期待できる漁獲量の平均値 (MSY) は 80 トンである。また、目標管理基準値案に対応する漁獲圧 (SB_{msy} を維持する漁獲圧 : F_{msy}) の、現状の漁獲圧に対する比 ($F_{msy}/F_{current}$) は 6.64 で、その時の漁獲割合 (U_{msy}) は 9% である。限界管理基準値として提案する $SB_{0.6msy}$ は SB_0 の 25%、禁漁水準として提案する $SB_{0.1msy}$ は SB_0 の 4% である。

様々に F 値を変えた場合の平衡状態における親魚量、およびこれに対する年齢別漁獲量の平均値を図 3 (SC 補足図 3-2) に示す。平均親魚量が目標管理基準値に近い値をとるとき、雌および雄 (成熟) の割合が高いが、親魚量が増加するにつれてこれらの成熟個体の比率が低下する傾向がみられる。

2-3) 神戸プロット

目標管理基準値案である SB_{msy} と、その時の漁獲圧 F_{msy} を基準にした神戸プロットを図 4 (SC 補足図 3-1) に示す。本系群における漁獲死亡係数 (F 値) は、東日本大震災以降低い水準で推移しており、2011 年漁期以降の全ての年で SB_{msy} を維持する漁獲圧 (F_{msy}) を大きく下回っていたと判断される。現状の親魚量 (2024 年漁期の親魚量 : 302 トン) は目標管理基準値案 SB_{msy} を上回っている。現状の親魚量に対する目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案の比は、それぞれ 0.80、0.35 および 0.05 である。

2-4) 漁獲管理規則の試算

本資料では、漁獲管理規則として限界管理基準値案および禁漁水準案となる親魚量を閾値として漁獲管理の基礎となる漁獲係数 (F 値) を変えるルールを検討した。具体的には、親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げるルールである。 F 値の上限は、 F_{msy} に調整係数 β を乗じたものである。限界管理基準値案および禁漁水準案に標準値を用いた場合（すなわち、 SB_{limit} は $SB_{0.6msy}$ 、 SB_{ban} は $SB_{0.1msy}$ の場合）の漁獲管理規則案における親魚量と F 値の関係を図 5a（SC 補足図 4-1a）に、この漁獲管理規則案で漁獲した場合に期待できる平均的な漁獲量との関係を図 5b（SC 補足図 4-1b）に示す。図に例示した漁獲管理規則案は、いずれも β に標準値である 0.8 を用いた。また、自然死亡係数 M は令和 7 年度の資源評価で推定された 1997～2024 年の平均値 ($M_{1997-2024}$ 、 $M=0.400$) が 2025 年以降継続すると仮定した（補足資料 3）。

2-5) 漁獲管理規則の試算に基づく資源の将来予測

(1) 調整係数 β に標準値を用いた場合

限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用いて、 β を 0.8 とした漁獲管理規則案で将来予測した場合の、資源量、親魚量、漁獲量、加入量、および努力量の増減率の推移を図 6（SC 補足図 4-2）に示す。なお今回の将来予測では、漁獲管理規則案による漁獲制御は 2026 年漁期から開始し、2025 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 ($F_{2022-2024}$) から仮定した。将来予測の方法は補足資料 2 に示した。

本系群の親魚量は長期的に減少傾向を示し、2019～2021 年漁期にかけて過去最低の親魚量となり、最新年（2024 年漁期）にかけて加入尾数が少ない状況が続いていた（SC 図 4-5）。この低加入を反映し、親魚量は 2029 年漁期頃にかけて減少すると予測された（補足資料 4、補足図 4-2）。一方、2023～2024 年漁期の親魚量は増加しており、この親魚量を反映して 2031 年漁期以降に親魚量の増加が予測された（図 6、SC 補足図 4-2）。しかし上述のとおり、2029 年漁期には再度親魚量が減少しており、その結果として 2034 年漁期（2029 年漁期の 5 年後）以降に加入量の減少、2037 年漁期（8 年後）にかけて親魚量が減少すると予測された。このように「親魚量が多いが、加入が少ない」、「親魚量が少ないが、加入が多い」を繰り返すために、資源量の予測に周期的な変動が生じる。なお再生産関係に基づく加入量の予測に不確実性が考慮されるため、徐々にこの周期性は解消される。

予測される 2026 年漁期の親魚量は限界管理基準値案を上回っているため、漁獲管理規則案に従い、まず βF_{msy} での漁獲が行われる。 $\beta=0.8$ の場合、 βF_{msy} での漁獲圧は、現在の漁獲努力量の 5.3 倍の漁獲圧に相当する。中長期的には、 βF_{msy} での漁獲の継続により漁獲量および親魚量は平均的には MSY 水準へ向かって推移していくと予測される。

(2) 調整係数 β を変えた場合

漁獲管理規則案を用いた将来予測について、調整係数 β を 0.0～1.0 の間で変えた場合の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率、限界管理基準値案を上回る確率、禁漁水準案を上回る確率、親魚量平均値の推移、および漁獲量平均値の推移を表 4～9 に示した。それぞれの表には、現状の漁獲圧 ($F_{current}$) で漁獲を継続した場合の結果も比較のため示した。

本資源の親魚量は 2024 年漁期時点で目標管理基準値案を上回っているが、今後漁獲対

象に加わる齢期（主に 8～10 齢期）の資源尾数が少なく、 β の値にかかわらず 2029 年漁期にかけて資源が減少する予測となっている。10 年後の 2036 年漁期には、 β を 0.0 にした場合であっても、50%の確率で目標管理基準値案を上回することは難しいと予測された（表 4、SC 補足表 4-1a）。ただし、2023、2024 年漁期の親魚量が多く、その 5 年後（2028、2029 年漁期）に一時的に加入量が増加する。このため、 β が 0.1 以下のとき、2033、2034 年漁期に一時的に目標管理基準値を 50%以上の確率で上回る。また、 β が 1.0 の場合でも、2036 年漁期には 80%以上の確率で限界管理基準値案以上に親魚量を維持できると予測される（表 5、SC 補足表 4-1b）。2026 年漁期以降の親魚量は β が低い程多くなり（表 7、SC 補足表 4-2）、 β が 0.2 以上であれば 2026 年漁期の漁獲量は現状（ F_{current} による漁獲：10 トン）より多くなった（表 8、SC 補足表 4-3）。表 9 に上述の結果を要約したものを示した。

3. まとめ

本資源では、資源評価で推定された 1997～2019 年漁期の親魚量およびその 5 年後の加入量に基づき、再生産関係モデルとして自己相関を考慮した HS 型再生産関係式を適用し、そのパラメータを最小二乗法により推定することを提案する。

目標管理基準値案は MSY を実現する資源水準と定められていることから、上記の再生産関係から推定される SB_{msy} （243 トン）とすることを提案する。限界管理基準値案、禁漁水準案には、標準値である $SB_{0.6\text{msy}}$ （105 トン）、 $SB_{0.1\text{msy}}$ （15 トン）をそれぞれ提案する。

現在の本系群の親魚量は目標管理基準値案以上にあると考えられ、 SB_{msy} を維持する漁獲割合は 17%、漁獲圧は F_{current} の 6.64 倍である（表 3）。しかし、現状の齢期別資源尾数から予想される今後の資源量（漁獲対象資源）の減少によって、 β の値（0.0～1.0）にかかわらず、5 年後および 10 年後のいずれでも親魚量は目標管理基準値を 50%以上の確率で上回することは難しい。このため、漁獲圧を低い水準で維持し、資源の回復を待つことが望ましい。

4. 今後の検討事項

本系群では東日本大震災以降、漁獲量が少ないために漁獲物の測定を実施できていない。このため、雄の齢期別漁獲尾数の推定は、水研機構が実施する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いる。現時点では漁獲圧が低いため影響は限定的とみられるが、将来的に漁獲量が増加した場合には、漁獲量の予測値、MSY 管理基準値の算出値、管理目標の達成確率などに影響をもたらす可能性がある。

5. 引用文献

- 水産研究・教育機構 (2025a) 令和 7 (2025) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2025-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜.
- 水産研究・教育機構 (2025b) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート(令和 7 年度研究機関会議版). FRA-SA2025-ABCWG02-04, 水産研究・教育機構, 横浜.
- 水産研究・教育機構 (2025c) 再生産関係の決定に関するガイドライン. FRA-SA2025-

ABCWG02-05, 水産研究・教育機構, 横浜.

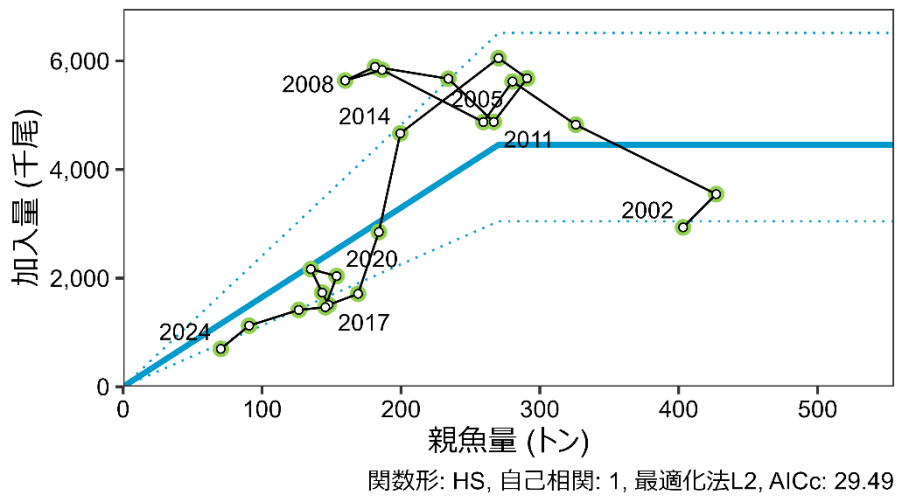


図 1. 再生産関係 (SC 図 4-11)

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) 型再生産関係式を用い、最小二乗法によりパラメータ推定を行った。丸印は分析に使用した 1997～2019 年漁期の親魚量とその 5 年後の加入量を示す。図中の数字は加入群の年級 (生まれ年) を示す。図中の再生産関係式 (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範囲である。

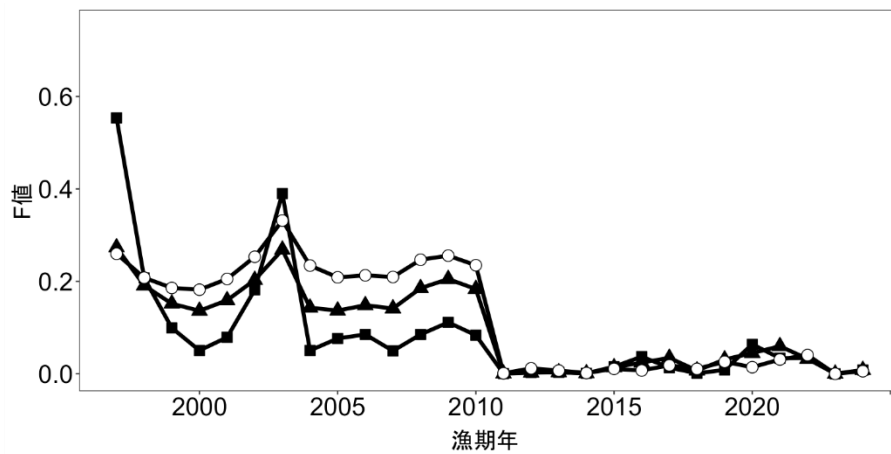


図 2. 雌雄・成熟状態別の漁獲係数（F 値）（SC 図 4-8）

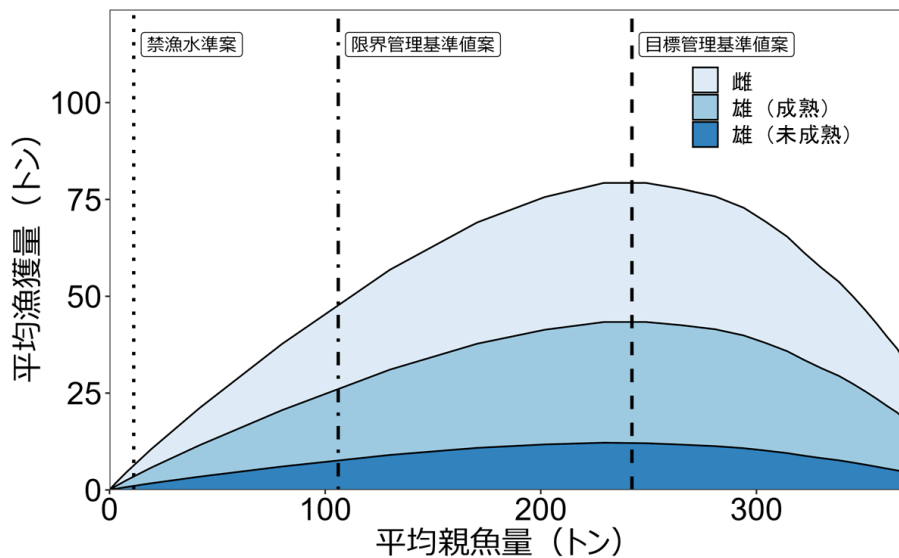


図 3. 管理基準値案および禁漁水準案と年齢別漁獲量曲線の関係（SC 補足図 3-2）

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値案の位置関係を示す。赤線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量の推移を、緑線は提案する漁獲管理規則案（HCR）で漁獲を行った場合の将来予測での平均親魚量と平均漁獲量の推移を示す。HCR で使用した調整係数 β は 0.8 である。なお、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）は 412 トンである。

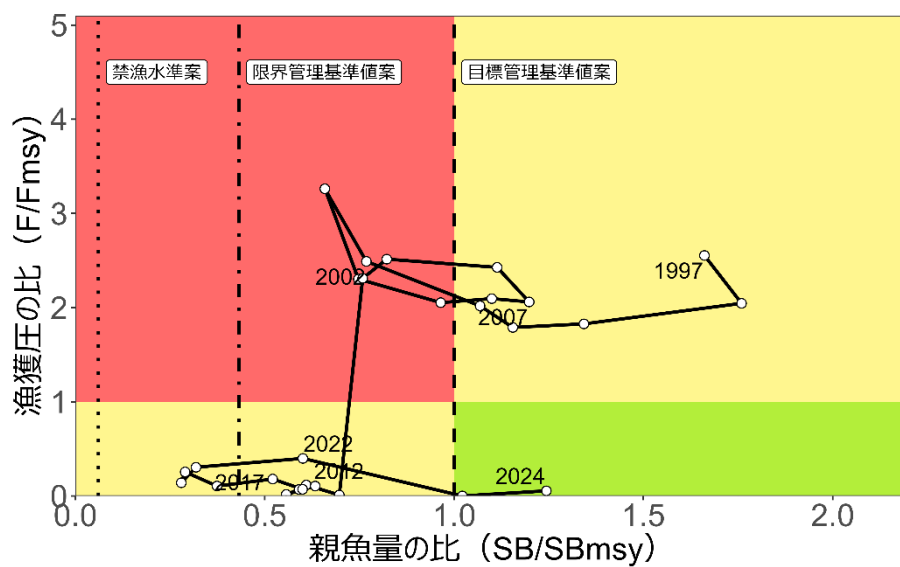
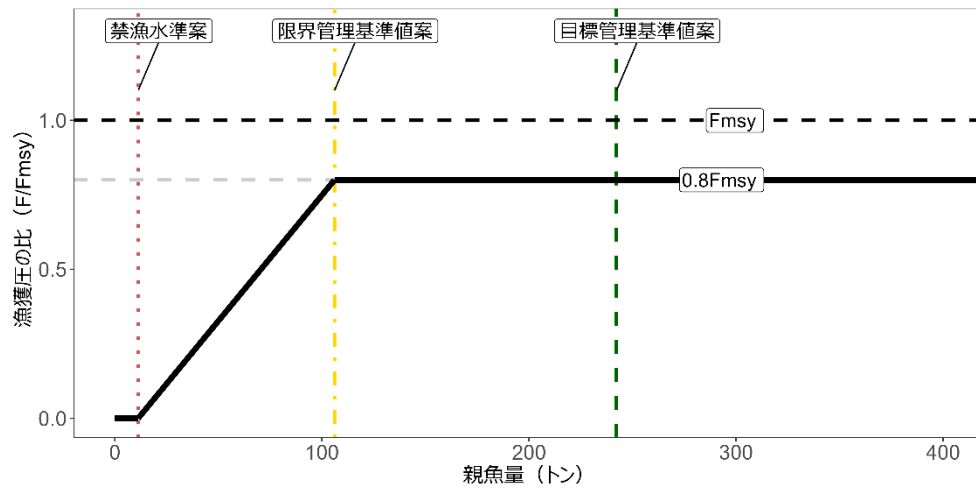


図 4. 神戸プロット

縦軸は各年の漁獲圧 F の F_{msy} との比である。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

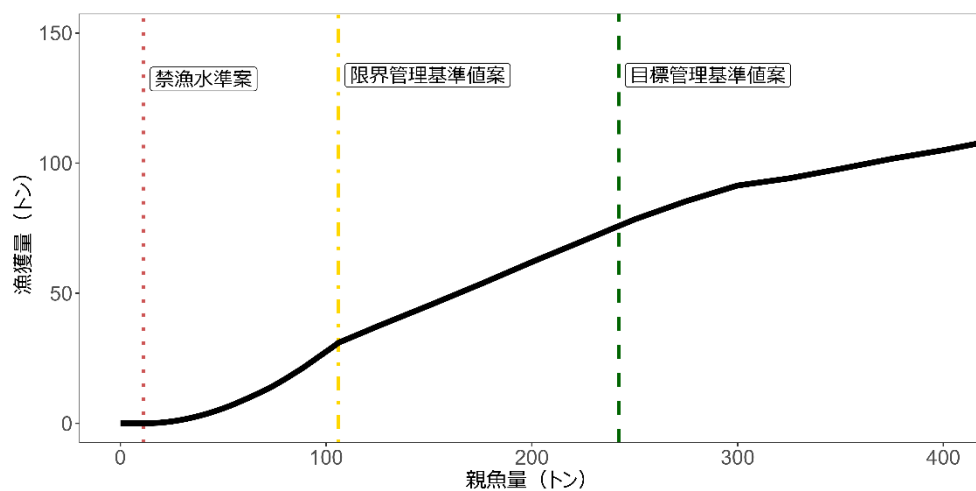


図 5. 漁獲管理規則案 (SC 補足図 4-1)

目標管理基準値 (SBtarget) 案は HS 再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を例として用いた。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.8F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。

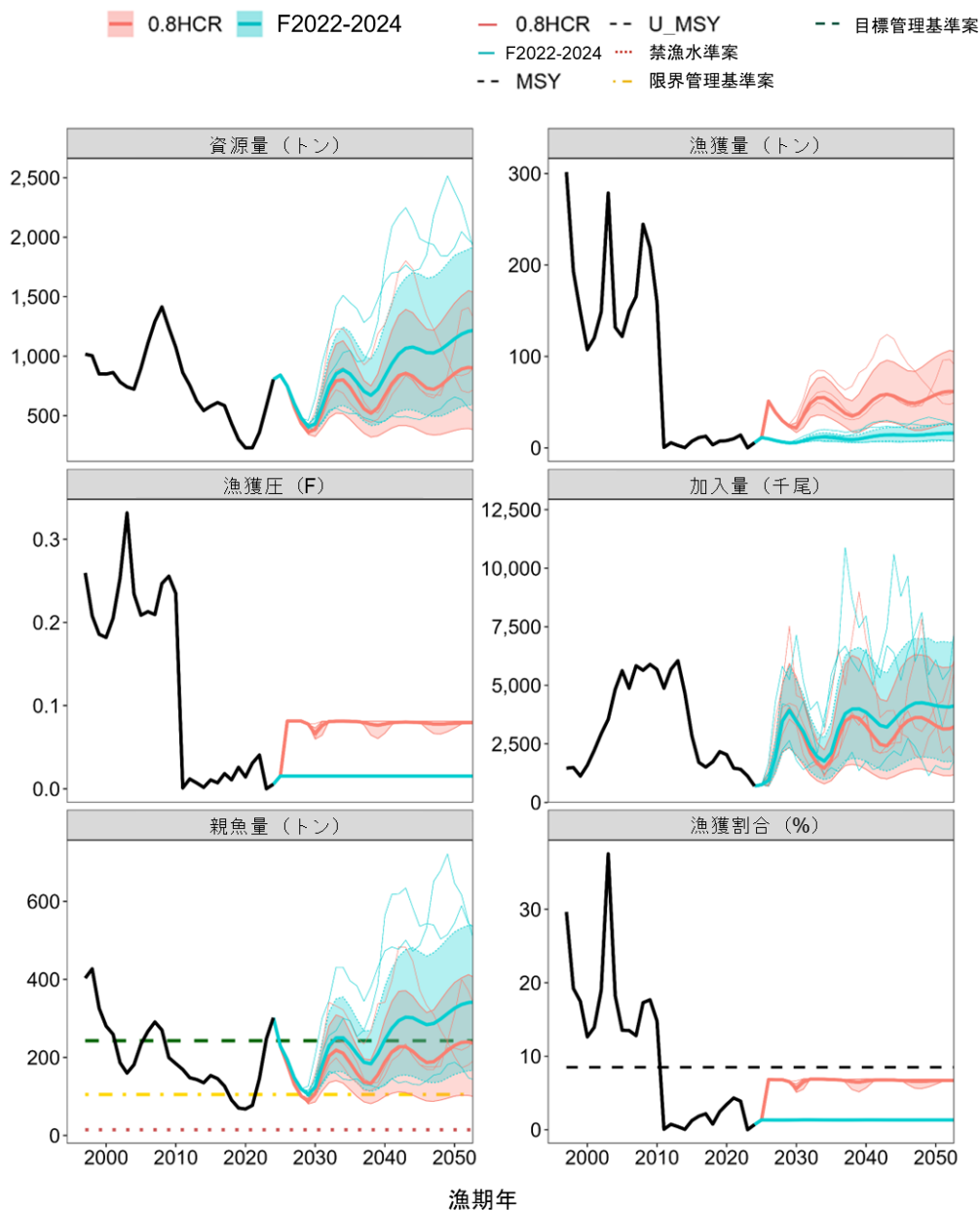


図 6. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）の比較（SC 補足図 4-2）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2025 年漁期の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 ($F_{current}$) により仮定し、2026 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則案（図 5）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を例として用いた。

表 1. 再生産関係式の検討候補と選択した再生産関係のパラメータ推定値

a) 再生産関係式の検討候補

再生産関係式	最適化法	自己相関	AICc	$\Delta AICc$	順位
ホッケー・スティック(HS)	最小二乗法	有	29.5	0	1
ホッケー・スティック(HS)	最小絶対値法	有	35.1	5.6	4
ベバートン・ホルト(BH)	最小二乗法	有	34.1	4.6	2
ベバートン・ホルト(BH)	最小絶対値法	有	39.2	9.7	5
リッカー(RI)	最小二乗法	有	34.1	4.6	2
リッカー(RI)	最小絶対値法	有	39.2	9.7	5

推奨する再生産関係式を太字とした。順位は AICc の値に基づくものであり、最終的に推奨する再生産関係の順位を示したものではない。自己相関パラメータの推定には、再生産関係式のパラメータと 2 段階で推定する手法を用いた。

b) 選択した再生産関係のパラメータ推定値

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
HS 型	最小二乗法	有	16.485	270.292	0.231	0.82

a は原点から折れ点までの傾き（百万尾/トン）、b は折れ点での親魚量（トン）、S.D. は加入のばらつきの大きさをあらわす指標（対数残差の標準偏差）、 ρ は自己相関係数である。

表 2. MSY 管理基準値等の算出および将来予測計算に用いた各種設定

性別	齢期	自然死亡 係数	未／成	成熟率	平均重量 (g)	選択率	現状の漁獲圧 (F _{current})
雄	11	0.400	未	0.26	203	0.014	0.014
	12			0.48	251		
	13			0.70	367		
	11		成	-	220	0.013	0.013
	12			-	298		
	13			-	415		
	14			-	630		
	11		成	-	142	0.015	0.015

F_{current} は 2022～2024 年漁期の F 値の平均値である。

表 3. 各種管理基準値案における平衡状態のときの平均親魚量、直近（2024 年漁期）の親魚量に対する比、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）に対する比、期待できる平均漁獲量、%SPR 換算した漁獲圧、漁獲割合、現状の漁獲圧（2022～2024 年漁期の漁獲圧）に対する漁獲圧の比、および SBmsy を維持する漁獲圧における年齢別漁獲係数（Fmsy）

管理 基準値案	親魚量 (トン)	現状の 親魚量に 対する比	初期 親魚量に 対する比	期待できる 平均漁獲量 (トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲 割合	現状の 漁獲圧に 対する比
目標管理 基準値							
最大持続生産量 MSY を実現する 親魚量(SBmsy)	243	0.80	0.59	80	71.0	0.09	6.64
限界管理 基準値							
MSY の 60%の 漁獲が得られる 親魚量 (SB0.6msy)	105	0.35	0.25	48	64.4	0.11	9.03
禁漁水準 MSY の 10%の 漁獲が得られる 親魚量 (SB0.1msy)	15	0.05	0.04	8	59.4	0.14	10.87
SBmsy を 維持する 漁獲圧 (Fmsy)	(雄未熟, 雄成熟, 雌成熟) = (0.09, 0.09, 0.10)						

表 4. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%) (SC 補足表 4-1a)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	0	0	0	0	0	0	3	19	26	21	11	4
0.9		0	0	0	0	0	3	20	28	24	13	5
0.8		0	0	0	0	0	4	23	32	28	16	7
0.7		0	0	0	0	0	4	23	32	28	18	8
0.6		0	0	0	0	0	5	26	35	33	21	10
0.5		0	0	0	0	0	6	30	39	37	25	13
0.4		0	0	0	0	0	6	29	40	39	28	15
0.3		0	0	0	0	0	9	34	44	43	33	21
0.2		0	0	0	0	0	8	35	46	48	38	24
0.1		0	0	0	0	0	10	40	51	51	42	29
0.0		0	0	0	0	0	11	42	54	55	46	34
現状の漁獲圧		0	0	0	0	0	9	37	49	48	39	27

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年漁期の漁獲量は、現状の漁獲圧 (F_{current}) から予測される 11 トンとし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F_{current} 、 $\beta = 0.15$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%) (SC 補足表 4-1b)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	100	100	100	0	0	41	94	99	99	98	93	82
0.9		100	100	0	1	44	94	99	99	98	94	85
0.8		100	100	0	1	50	95	99	99	99	96	89
0.7		100	100	0	2	54	96	99	99	99	97	90
0.6		100	100	100	4	60	97	99	100	99	98	93
0.5		100	100	100	8	65	98	100	100	99	98	95
0.4		100	100	100	13	71	98	100	100	100	98	96
0.3		100	100	100	24	77	98	100	100	100	99	97
0.2		100	100	100	40	83	99	100	100	100	99	98
0.1		100	100	100	61	88	99	100	100	100	99	99
0.0		100	100	100	80	92	100	100	100	100	100	99
現状の漁獲圧		100	100	100	50	86	99	100	100	100	100	98

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年漁期の漁獲量は、現状の漁獲圧 (F_{current}) から予測される 11 トンとし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F_{current} 、 $\beta = 0.15$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 6. 将来の親魚量が禁漁水準を上回る確率 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
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

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年漁期の漁獲量は、現状の漁獲圧 (F_{current}) から予測される 11 トンとし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F_{current} 、 $\beta = 0.15$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 7. 将来の平均親魚量 (トン) (SC 補足表 4-2)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	229	178	126	96	84	103	154	197	210	200	174	146
0.9		180	128	98	86	105	156	199	213	204	179	152
0.8		182	131	101	88	107	159	204	219	212	187	159
0.7		184	133	103	90	109	161	206	222	215	192	165
0.6		186	136	106	92	111	164	211	227	222	199	172
0.5		188	139	109	95	114	168	216	234	229	207	181
0.4		190	141	112	98	116	170	218	237	234	213	188
0.3		191	144	115	101	120	176	226	244	243	223	198
0.2		193	147	118	104	122	178	229	249	250	231	206
0.1		195	149	121	107	126	183	235	256	257	239	215
0.0		197	152	124	110	130	187	240	262	265	248	224
現状の漁獲圧		194	148	119	106	124	180	231	251	251	234	210

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧 (F_{current}) から予測される 11 トンとし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F_{current} 、 $\beta = 0.15$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 8. 将来の平均漁獲量（トン）（SC 補足表 4-3）

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	11	63	47	36	27	25	42	59	66	66	60	51
0.9		57	43	33	25	23	39	54	60	60	55	48
0.8		51	39	30	24	22	35	48	55	55	51	44
0.7		45	34	27	22	20	31	43	48	49	45	40
0.6		39	30	23	19	18	28	37	42	43	40	35
0.5		32	25	20	17	16	24	32	36	37	34	31
0.4		26	20	16	14	13	19	26	29	30	28	25
0.3		20	16	12	10	11	15	20	22	23	22	20
0.2		13	10	8	7	7	10	13	15	16	15	14
0.1		7	5	4	4	4	5	7	8	8	8	7
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧		10	8	6	5	6	8	10	11	12	11	10

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧（ F_{current} ）から予測される 11 トンとし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（ F_{current} 、 $\beta = 0.15$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 9. 漁獲管理規則の試算のパフォーマンス評価の概要

β	2026 年漁期の平均漁獲量(トン)	2027-2036 年漁期の平均漁獲量(トン)	2031 年漁期に親魚資源量が目標管理基準値案を上回る確率	2036 年漁期に親魚資源量が目標管理基準値案を上回る確率	親魚資源量が 10 年間で限界管理基準値案を下回る平均年数	漁獲圧が 10 年間で F_{msy} を上回る平均年数	2027-2036 年漁期の漁獲量の平均年変動	2036 年漁期の平均親魚量(トン)
1.0	63	48	3%	4%	2.9	0.9	2%	146
0.9	57	44	3%	5%	2.9	0.9	2%	152
0.8	51	40	4%	7%	2.7	1.1	1%	159
0.7	45	36	4%	8%	2.6	1.1	2%	165
0.6	39	32	5%	10%	1.5	1.3	2%	172
0.5	32	27	6%	13%	1.4	1.5	2%	181
0.4	26	22	6%	15%	1.2	1.6	2%	188
0.3	20	17	9%	21%	1.1	1.8	2%	198
0.2	13	12	8%	24%	0.8	2.0	3%	206
0.1	7	6	10%	29%	0.5	2.2	2%	215
0.0	0	0	11%	34%	0.3	2.4		224
$F_{current}$ ($F_{2022-2024}$)	10	9	9%	27%	0.7	2.1	2%	210

補足資料 1 再生産関係式のモデル診断結果について

最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量の算出および将来予測計算に使用する再生産関係として、ホッケー・スティック（HS ; Clark et al., 1985）型、ベバートン・ホルト（BH ; Beverton and Holt 1957）型、およびリッカー（RI ; Ricker 1954）型の再生産関係式を検討候補とした。R_y を y 年の加入量、B_y を y 年当初の親魚量、A_{min} を加入年齢（本系群の場合は A_{min} は 8 齢期）としたときのそれぞれの再生産関係式の数式は以下の通りである；

$$R_y = \begin{cases} ab & \text{if } B_{y-A_{min}} > b \\ aB_{y-A_{min}} & \text{if } B_{y-A_{min}} \leq b \end{cases} \quad (\text{Hockey stick, HS})$$

$$R_y = \frac{aB_{y-A_{min}}}{(1 + bB_{y-A_{min}})} \quad (\text{Beverton Holt, BH})$$

$$R_y = aB_{y-A_{min}} \exp(-bB_{y-A_{min}}) \quad (\text{Ricker, RI})$$

いずれの再生産関係式でも、推定するパラメータは a および b の 2 つである。HS 型の場合、a は折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/トン）、b は折れ点となる親魚量（トン）を示す。再生産関係の検討の際には、推定された再生産曲線からの加入量の残差標準偏差（S.D.）も併せて算出した。

本資源の再生産関係として、HS 型、RI 型、および BH 型の再生産関係式を、最小二乗法および最小絶対値法により 1997～2019 年漁期の親魚量およびその 5 年後の加入量のデータに当てはめた。残差の自己相関（AR）については、再生産関係式のパラメータを推定したのちに残差に対して自己相関係数を推定する“2 段階推定法”を用いた（詳細は「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（FRA-SA2025-ABCWG02-04）」（水産研究・教育機構 2025）を参照）。推定された再生産関係式のパラメータを補足表 1-1 に示す。親魚量の観察範囲内で密度降下がほとんど認められず、再生産関係が直線に近い形となった。RI 型および BH 型では加入尾数の期待値が過去に観察された最大加入尾数よりも極端に大きくなることから、本資源の再生産関係の候補としては HS 型再生産関係式を用いることが適当と考えられた。

HS 型再生産関係式を最小二乗法により当てはめた場合の残差トレンドと自己相関プロットを補足図 1-2 に示す。HS 型再生産関係を仮定した場合、Lag=1 のとき自己相関プロットの信頼区間に収まっておらず、本資源については自己相関を考慮する必要があると考えられた。なお、残差の時系列に着目すると、HS 型再生産関係を仮定した場合には近年の加入量がモデルからの予測値よりも低く、減少傾向にあると解釈された。再生産関係モデルに対する残差の正規性については、Shapiro-Wilk 検定および Kolmogorov-Smirnov 検定により検討したが優位な逸脱は検出されなかった。（表 1、補足図 1-3）。

自己相関を考慮しないモデルについて、HS 型再生産関係式を最小二乗法により当てはめる上での個々のデータの影響をジャックナイフ法により検討したところ、推定の頑健性に大きな問題はみられなかった（補足図 1-4 および 1-5）。パラメータ推定の信頼区間は残差ブートストラップにより検討した（補足図 1-6 および 1-7）。また、プロファイル尤度を補足図 1-8 に示した。これらの結果からは、パラメータ推定において特段の問題は認められず、最適解として推定されていると考えられた。

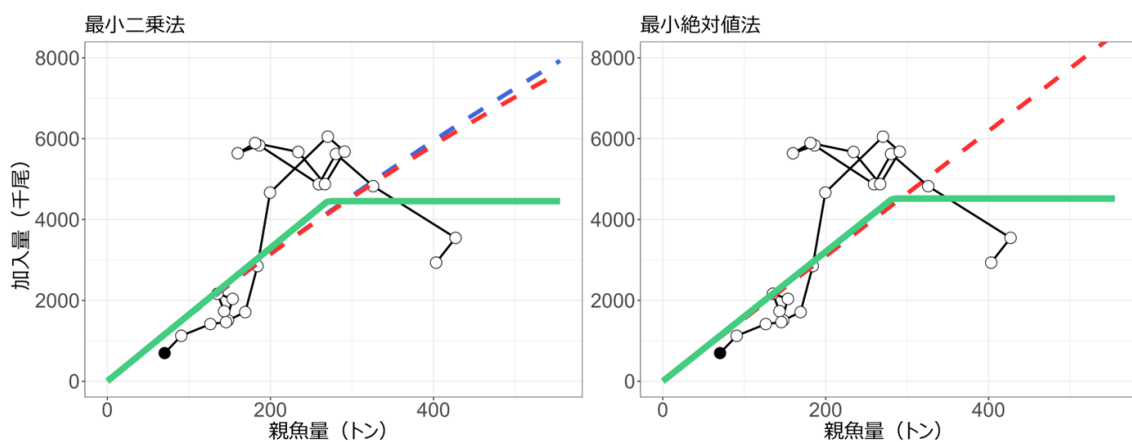
引用文献

水産研究・教育機構 (2025) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート(令和 7 年度研究機関会議版). FRA-SA2025-ABCWG02-04.

Beverton R. J. H., and S. J. Holt (1957). On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationary Office, London.

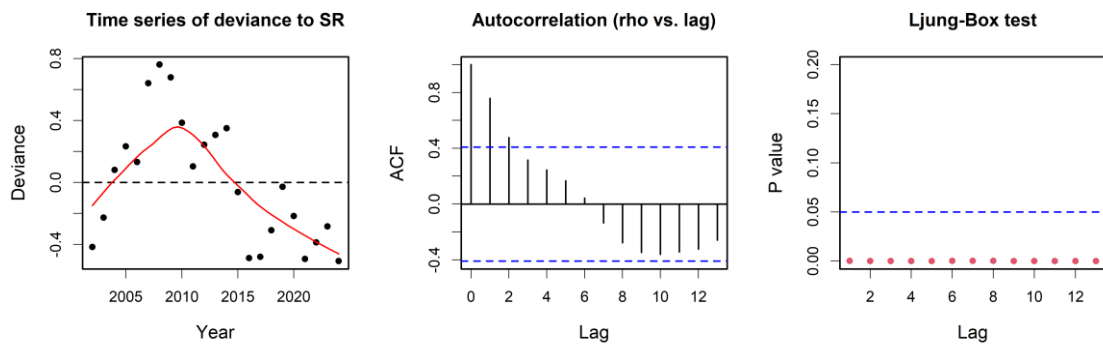
Clark C. W., A. T. Charles, J. R. Beddington, and M. Mangel (1985). Optimal capacity decisions in a developing fishery. Mar. Resour. Econ., 2, 25-53.

Ricker W. E. (1954). Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can., 11, 559-623.



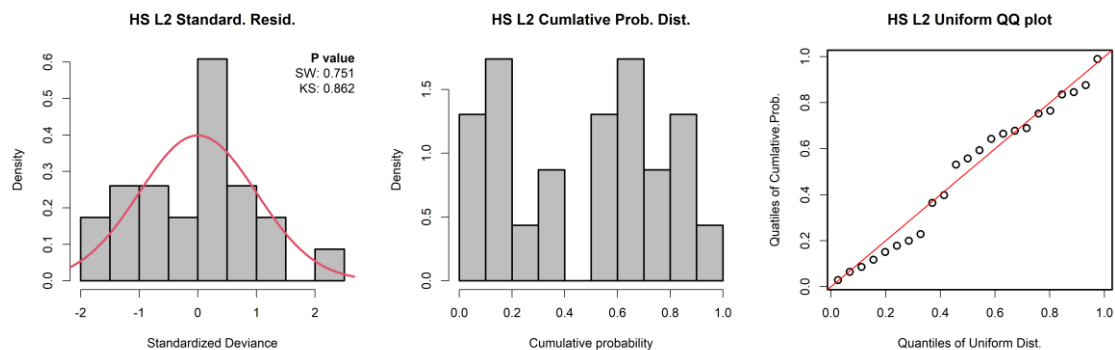
補足図 1-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケースティック型 (HS、緑実線)、リッカー型 (RI、赤破線)、ベバートン・ホルト型 (BH、青破線) の再生産関係式を、最小二乗法 (左) および最小絶対値法 (右) により当てはめた。黒丸および白丸は分析に使用した親魚量・加入尾数 (1997~2019 年漁期) であり、2019 年漁期の親魚量 (および 2024 年漁期の加入量) を黒丸、それ以外の漁期年を白丸で示した。



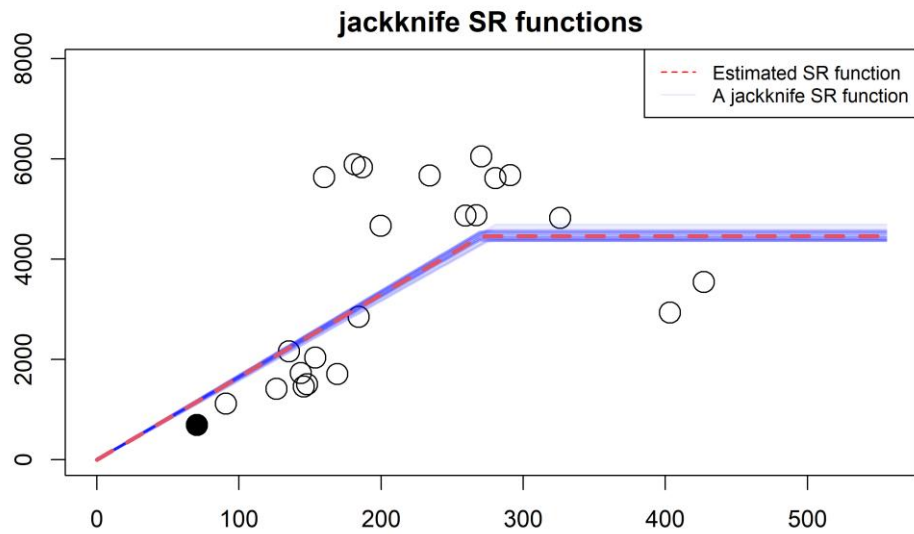
補足図 1-2. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差トレンド（左図）、自己相関プロット（中央図）、および Ljung-Box 検定における P 値（右図）

残差の時系列の図中の赤線は平滑化された曲線を示す。自己相関プロットの青色の点線は 95%信頼区間を示す。Ljung-Box 検定における P 値（縦軸）の青色の点線は 5%水準を表す。



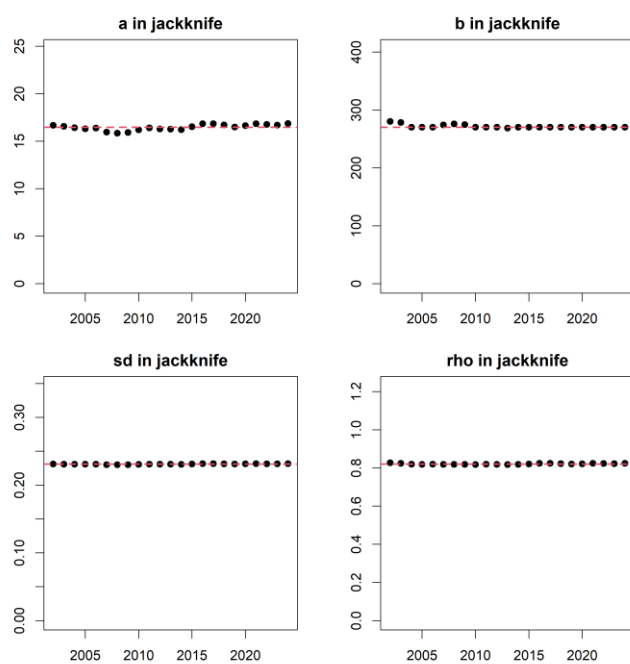
補足図 1-3. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の標準化残差のヒストグラムと正規性テスト結果（左図）、残差の累積確率密度のヒストグラム（中央図）、および一様分布を仮定した QQ プロット（右図）

残差のヒストグラムの右上の数値は Shapiro-Wilk 検定 (SW) と Kolmogorov-Smirnov 検定 (KS) の結果である。どちらも、帰無仮説は「正規分布に従っている」である。QQ プロットの赤線は理論値を示している。

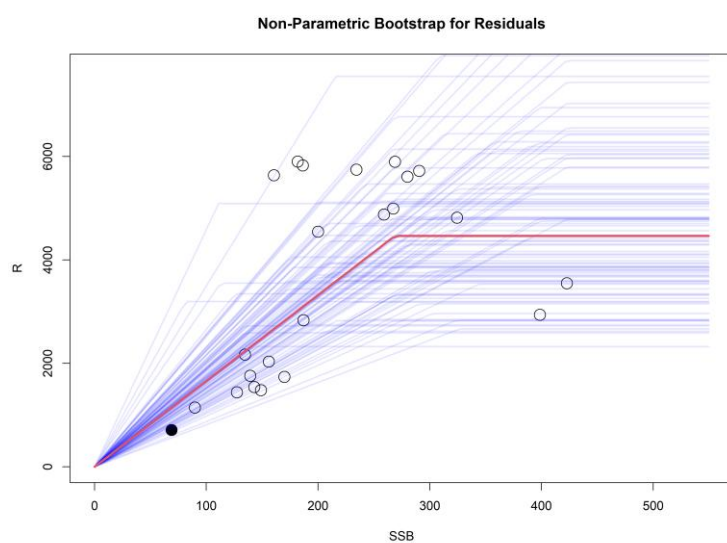


補足図 1-4. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析での推定結果

赤線は全データでの推定値、青線は各年のデータを除外した場合の推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（千尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（2019 年漁期親魚量）を示す。

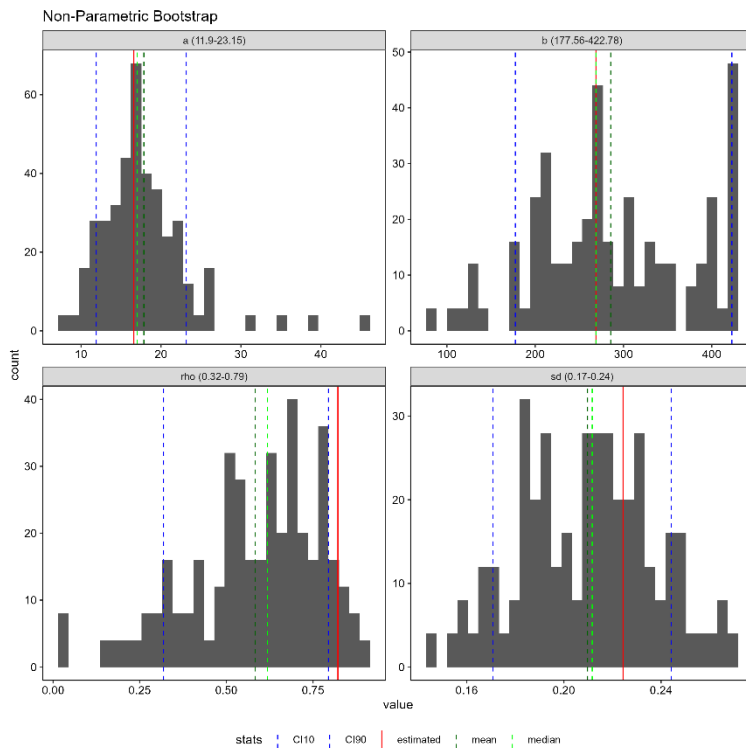


補足図 1-5. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響

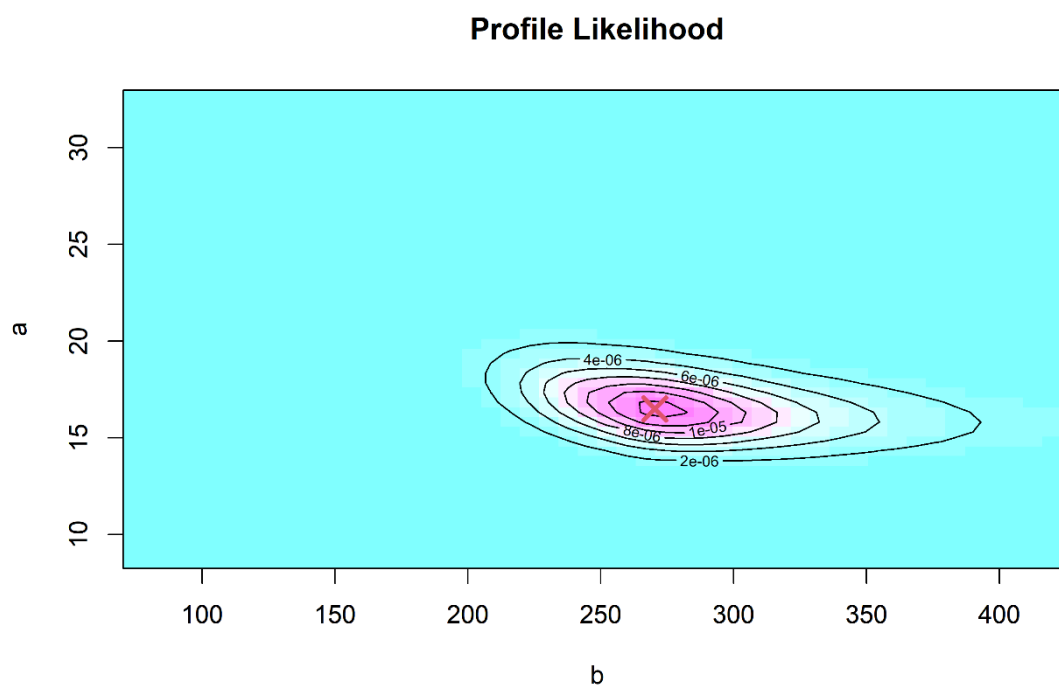


補足図 1-6. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析の結果

赤線は元データでの推定値、青線はノンパラメトリックブートストラップでの推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（千尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（2019 年漁期親魚量）を示す。



補足図 1-7. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析での中央値（緑点線）と 80%信頼区間（青線）
赤線はパラメータの点推定値である。



補足図 1-8. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の推定
パラメータのプロファイル尤度
×印は推定されたパラメータ値における尤度に相当する。

補足表 1-1. MSY 管理基準値算出に使用した再生産関係式における各パラメータ推定値

再生産関係式	最適 化法	自己 相関	推定 法	a	b	S.D.	ρ	R0	h	デー タ数
ホッケー・ スティック	L2*1	有	2段階	16.485	270.292	0.231	0.820	412	0.344	23
リッカー	L2	有	2段階	16.978	3.77e-04	0.250	0.847	413	0.346	23
ベバートン・ ホルト	L2	有	2段階	16.667	3.01e-04	0.252	0.845	1,726	2.34e- 04	23
ホッケー・ スティック	L1*2	有	2段階	16.023	282.128	0.230	0.821	413	0.346	23
リッカー	L1	有	2段階	15.477	3.74e-09	0.258	0.837	4.68e+ 07	4.29e- 09	23
ベバートン・ ホルト	L1	有	2段階	15.477	6.90e-10	0.258	0.837	1.59e+ 08	1.26e- 09	23

*1 最小二乗法、*2 最小絶対値法

推奨する再生産関係式を太字とした。S.D.は加入のばらつきの大きさをあらわす指標で、対数残差の標準偏差（Standard Deviation、平均二乗誤差の平方根）である。加入残差の自己相関を考慮した場合は、自己相関パラメータ ρ についても示した。R0 は SB0 のときの平均加入尾数である。h（ステープネス）は再生産関係の密度補償効果の程度を示す指標であり、RI 型および BH 型の場合は 0.2SB0 のときの平均加入尾数を R0 で割った値、HS 型の場合は 1-SBhs/SB0（SBhs は HS の折れ点）となる値である。

補足資料 2 将来予測の計算方法

資源尾数や漁獲量の予測は、統計ソフトウェア R (version 4.4.1) を用い、本資源の個体群動態やパラメータの設定は Shibata et al. (2021) に従って実施した。将来予測における加入量は、令和 7 年度の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において提案されたホッケ・スティック型再生産関係と、年々推定される親魚量およびその 5 年後の加入量から求めた。

将来予測における漁獲係数 F は、「令和 7 (2025) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2025-ABCWG02-01)」(水産研究・教育機構 2025) における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値もしくは現状の漁獲圧 ($F_{2022-2024}$) を用いた。また直近年の翌年 (本年度資源評価では 2025 年) 以降の自然死亡係数 M について、一律に $M_{1997-2024}$ ($M=0.400$) を仮定した (補足資料 3)。将来予測における選択率や漁獲物平均体重等の値には、各種管理基準値案の推定に用いた値を引き続き用いた (表 2)。これらは再生産関係と同じく、令和 7 (2025) 年度の資源評価に基づく値であり、漁獲物平均体重はこの計算結果における 1997~2024 年漁期の平均値である。

引用文献

- 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.
- 水産研究・教育機構 (2025) 令和 7 (2025) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2025-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜.

補足資料 3 本系群の将来予測における自然死亡係数の仮定

本系群は 2011 年 3 月に発生した東日本大震災以降、漁獲圧が低い状態が継続したにもかかわらず、2020 年漁期には資源量が 1997 年以降最低の水準まで減少した。この漁獲以外の資源の変動を表現するため、自然死亡係数 M を年毎に推定されるパラメータとして扱う状態空間資源評価モデル JASAM を令和元年度の資源評価において導入した（柴田ほか 2019、Shibata et al., 2021）。令和元年度の資源評価で推定された M は 2000 年代以降に明確な上昇傾向を示し、漁獲以外の要因によって資源が減少していると指摘された。

将来予測の際、 M にどのような値を仮定するかは特に重要であり、また上記の経緯から、令和 2 年度以降の研究機関会議や資源評価会議において、将来予測における M の仮定について議論が行われてきた。令和 2 年度の研究機関会議では、推定された M は単調に増加したのち高止まりしていたため、将来の動向を予測することは困難と判断された（森川ほか 2020）。令和 3 年度および令和 4 年度の資源評価では M は単調増加の傾向であったが、令和 5 年度の資源評価では 2019 年以降の値が低下に転じ、令和 6 年度の資源評価においても低下傾向を継続した。このことから、 M は概ねこれまでに推定された値の範囲内で変化するものとし、将来予測には推定された全期間の平均値を用いることとした（森川ほか 2025）。本資料においても 2025 年以降の将来予測では、 M は 1997～2024 年の平均値（ $M_{1997-2024} = 0.400$ ）で一律と仮定した。

本系群の資源量は 2029 年漁期にかけて減少する予測となっており、これは現状の齢期別資源尾数から予想される今後の資源量の減少に加え、 M の仮定による影響も大きい。また、直近年の M については推定値の不確実性が高い傾向があり、将来的なデータの追加などにより、特に直近年の推定値が大きく変化する可能性がある（森川ほか 2025）。現時点のように、長期的な減少を経て近年回復し始めた本資源に対し、実際よりも低い M を仮定していた場合は楽観的な将来予測結果となるリスクを伴う。本資源においては、今後も M の動向について調査を継続し、検討していく必要がある。

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
- 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・櫻井慎太 (2025) 令和 6 (2024) 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, 76pp,
https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2025/03/details_2024_14.pdf
- 柴田泰宙・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・永尾次郎 (2019) 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, 45pp, https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2019_014.pdf
- 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.

令和 7（2025）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・下光利明・永尾次郎）

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

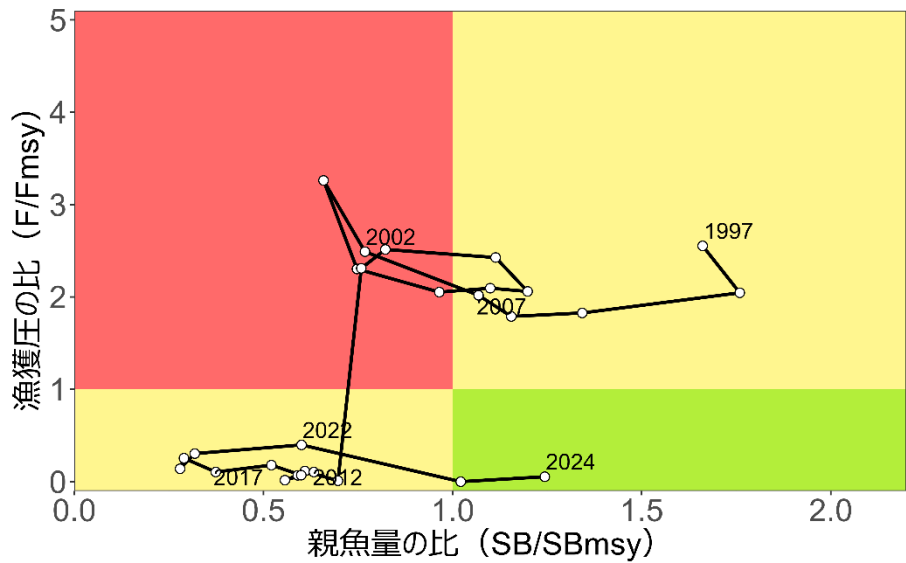
要 約

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（1,415 トン）以降減少し、2020 年漁期には 230 トンまで減少した。その後資源量は回復傾向を示し、2024 年漁期は 805 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、2024 年漁期は 302 トンと推定された。

令和 7 年度の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において、本系群の再生産関係には自己相関を考慮したホッケー・スティック型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は 243 トンである。この基準に従うと、本系群の 2024 年の親魚量は、MSY を実現する水準を上回る。また、本系群に対する 2024 年の漁獲圧は SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2020～2024 年）の推移から「増加」と判断される。

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

要 約 図 表



最大持続生産量 (MSY)、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量 (SBmsy)	243 トン
2024 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る (1.24 倍)
2024 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る (0.05 倍)
2024 年の親魚量の動向	増加
MSY	80 トン
2026 年漁期の ABC	-
コメント: ・ ABC は、本系群の漁獲シナリオが「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・ 近年の加入量は、再生産関係から期待される平均値を継続して下回っている。	

直近 5 年と将来 2 年の資源量、親魚量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合					
漁期年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2020	230	68	7.9	0.14	3.4
2021	231	77	10.0	0.30	4.3
2022	359	146	14.0	0.40	3.9
2023	580	248	0.0	0.0	0
2024	805	302	5.6	0.05	0.7
2025	841	229	11.2	0.15	1.3
2026	749	194	9.9	—	—
・ 2025、2026 年漁期の値は将来予測に基づく平均値である。 ・ 2024 年漁期以降の自然死亡係数には 1997～2024 年の平均値 (M1997-2024) を用いた。 ・ 2025、2026 年漁期の漁獲圧は、2022～2024 年漁期の平均値 (F2022-2024) とした。					

English title (authors)

Stock assessment and evaluation for snow crab of northern Pacific stock (fiscal year 2025).

(Eisuke Morikawa, Yasutoki Shibata, Kunihiro Fujiwara, Hiroyuki Togashi, Yuto Suzuki, Shun Tokioka, Toshiaki Shitamitsu, and Jiro Nagao.)

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)。日本海系群では、甲幅20 mm程度(6 齢期未満)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、Wieczorek and Hooper 1995、Lovrich and Sainte-Marie 1997、Kolts et al. 2013）。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、谷内 2009、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）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、このことは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）。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トロール漁法（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の操業は休止・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、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、2011～2024 年漁期における漁獲量は 0.0～14.0 トンと震災以前に比べて低い水準で推移している。特に 2023、2024 年漁期は主漁場である福島県ではまとまった漁獲がなく、漁獲量は青森～茨城の全県で 2023 年漁期は 0 トン、2024 年漁期は 5.6 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（트롤）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、2024 年漁期の沖底漁績は使用できない。そのため、本報告では 2023 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、2012～2019 年漁期は概ね 50 網前後であった。その後 2020～2022 年漁期は 103～241 網とゆるやかに増加していたが、2023 年漁期は 27 網にとどまった。漁場分布について震災前（2009 年漁期）と 2022、2023 年漁期を比較すると、その分布は大きく変化している。特に 2023 年漁期は主な漁場であった常磐海区での漁獲がなかった（図 3-4）。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失したために使用できない。

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 9）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、2024 年は計 126 地点）から得た現存量（面積－密度法、補足資料 7）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、現存量は増加傾向を示しており、2024 年漁期の現存量は 412 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）は 2020 年漁期まで長期的に減少傾向を示し、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、2024 年漁期には 65 トンとなった。なお、2023 年漁期の現存量（特に現存親魚量）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を強く反映している（森川ほか 2025）。したがって、2022～2024 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、1997～2023 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、2010～2011 年漁期は震災の影響で漁積が流失また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、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

資源量は 2008 年漁期の 1,415 トンをピークに減少傾向を示し、2020 年漁期には 1997 年漁期以降最低の 230 トンを記録した。その後は回復傾向にあり、2024 年漁期の資源量は 805 トンと推定された（図 4-3、表 4-2）。親魚量も同様に 2020 年漁期にかけて減少傾向を示してきたが、2021 年漁期以降は増加傾向を示しており、2024 年漁期は 302 トンであっ

た（図 4-4、表 4-2）。加入量（JASAM で推定された 8 齢期資源尾数）は 2005～2013 年漁期にかけて 5,000 千尾以上であったが、その後減少傾向にあり、2024 年漁期は 697 千尾と推定された（図 4-5、表 4-2）。再生産成功率（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 35.2 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、2024 年加入群では 9.9 尾/kg となっていた（図 4-5）。自然死亡係数 M は、2000 年代後半から徐々に上昇し、2009 年には 0.5 を上回った。その後、2010 年代は比較的高い値で推移した。2020 年以降、資源量の増加に合わせて低下傾向を示している（図 4-6）。本年度の資源評価における 1997～2024 年の M の平均値は 0.400 であった。本資源の漁獲割合および漁獲圧は、雄の未成熟、成熟、雌の成熟のいずれも東日本大震災以降に大きく低下し、その後横ばいで推移している（図 4-7、図 4-8）。

本資源で適用している資源評価モデル JASAM では、データの追加によりすべての漁期の資源量、自然死亡係数 M などのパラメータが更新される。昨年度の評価と比べると、推定された資源量の動向に大きな違いはないものの、全漁期年で資源量が更新された。特に 2023 年漁期の資源量は 739 トンから 580 トンに下方修正されたが、当該年は着底トロール調査において高密度点が出現したことによる過大推定の可能性が指摘されていた（森川ほか 2025）。

（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

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、漁獲が無かった場合との比較を行った。ズワイガニの最終脱皮を組み込んだ年齢構成モデル（Ueda et al. 2009）を用いて、本系群の %SPR と YPR を雌雄別に求めた（図 4-10）。 M は $M_{1997-2024}$ ($M=0.400$) とし、最終脱皮率には JASAM で得られた推定値を用いた。また漁獲対象外の年齢区分については漁獲対象の年齢区分と同様の F 値で漁獲され、漁獲後に放流される際、50%が生残すると仮定した。なお、ここでは生理的寿命を考慮せずに計算を行った。図 4-9 に、年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する漁獲があった場合の SPR の割合（%SPR）の推移を示す。漁獲圧が低いほど %SPR は大きな値となる。%SPR は、1997～2010 年漁期にかけては 38.6～56.9%で推移していたが、東日本大震災以降は大きい値で推移しており、2024 年は 98.1%であった。また現状の漁獲圧として、直近 3 年間（2022～2024 年漁期）の平均 F 値から %SPR を算出すると 94.8%となった（補足表 6-3）。

最大持続生産量 MSY を実現する親魚量水準（ SB_{msy} ）を維持する F （ F_{msy} ）に対する YPR と %SPR の関係を図 4-10 に示す。ここでの F の選択率としては令和 7 年度の「管理基準値等に関する研究機関会議報告書」において F_{msy} の推定に用いた値（森川ほか 2025）を使用した（補足表 5-1）。また、年齢別平均体重および成熟割合についても F_{msy} 算出時の値を使用した。 F_{msy} は、%SPR に換算すると 71.8%に相当する（補足表 6-2）。現状の漁獲圧（ $F_{2022-2024}$ ）は、 F_{msy} や $F_{30\%SPR}$ を下回る（図 4-10）。また、YPR 管理の観点からも、 $F_{2022-2024}$ は $F_{0.1}$ や F_{max} を下回っている。

（5）再生産関係

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において、本系群の親魚量（重量）

と加入量（尾数）との関係（再生産関係）には加入量の残差に自己相関を考慮したホッケー・スティック（HS）型再生産関係式を用いることが提案されている（図 4-11、森川ほか 2025）。再生産関係のパラメータ推定に使用されたデータは、本年度の資源評価に基づく親魚量・加入量であり、最適化手法には最小二乗法が用いられている。再生産式の各パラメータを補足表 6-1 に示す。ただし、本系群では浮遊幼生期から加入までの情報が不足しており、その経路や年数といったプロセスが不明である。本報告では、ズワイガニ日本海系群に倣い加入までの年数を 5 年と仮定して計算を行った。なお、資源量推定に用いた資源評価モデル JASAM 内では、加入尾数にランダムウォークを仮定している（Shibata et al. 2021）。今後、引き続き調査・実験等を通じて本系群の加入に関する情報収集を行い、将来課題として JASAM 内の加入尾数に再生産関係（ホッケー・スティック型など）を適用することを検討する。

（6）現在の環境下において MSY を実現する水準

令和 7 年 8 月に公開された管理基準値等に関する研究機関会議資料（森川ほか 2025）で示された現在（1982 年以降）の環境下における最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量（SBmsy）、および SBmsy を維持する F（Fmsy）を補足表 6-2 に示す。

（7）資源の水準・動向および漁獲圧の水準

本系群における 2024 年の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を上回る（図 4-12）。2024 年の親魚量は SBmsy の 1.24 倍である（補足表 6-3）。また、2024 年の漁獲圧は、SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、Fmsy の 0.05 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）とは、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、直近 5 年間（2020～2024 年漁期）の推移から増加と判断される。本系群の親魚量は 2009 年漁期以降 SBmsy を下回っていたが、2021 年漁期以降は増加傾向を示しており、2024 年漁期の親魚量は SBmsy を上回る水準となった。

5. 資源評価のまとめ

2020 年漁期以降の資源量は増加傾向にある。2024 年漁期の親魚量は MSY を実現する水準（SBmsy）を上回り、動向は近年 5 年間（2020～2024 年）の推移から「増加」と判断される。漁獲圧は SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を大きく下回る水準であった。

6. その他

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。

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.
- 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・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
- 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・櫻井慎太 (2025) 令和 6 (2024) 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, 76pp, https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2025/03/details_2024_14.pdf
- 森川英祐・柴田泰宙・成松庸二・富樫博幸・鈴木勇人・時岡 駿・下光利明・永尾次郎 (2025) 令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2025-BRP03-01.
- 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. Elner, 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*. 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. Pop. Ecol., 63, 41-60.

谷内 透 (2009) 日本海におけるガンギエイ類 2 種の生態と重要魚介類に与える影響. 科学研究費補助金研究成果報告書 <https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-19580218/19580218seika.pdf>.

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.

Wieczorek, S. K. and R. G. Hooper (1995) Relationship between diet and food availability in the snow crab *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) in Bonne Bay, Newfoundland. Journal of Crustacean Biology 15: 236-247.

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. 分布域

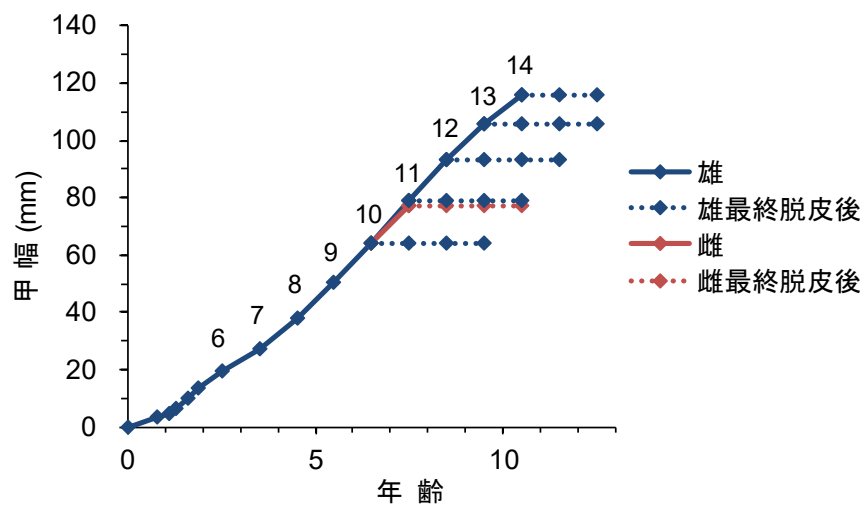


図 2-2. 太平洋北部におけるズワイガニの年齢、脱皮齢期および甲幅の関係

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。

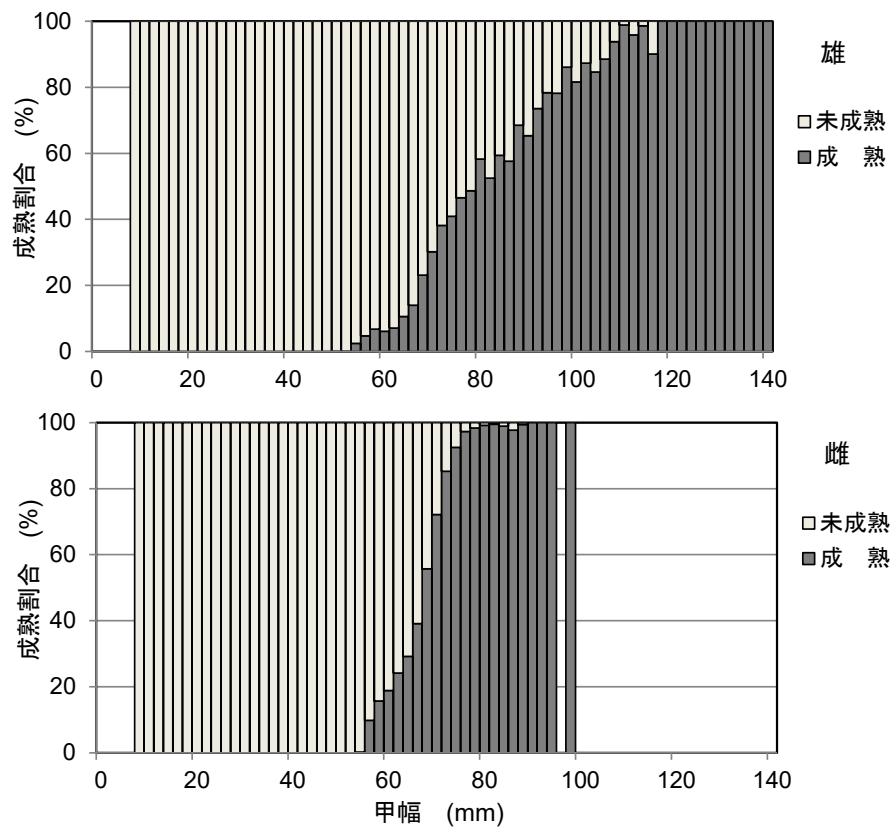


図 2-3. ズワイガニの甲幅別成熟割合 (1997～2024 年漁期)

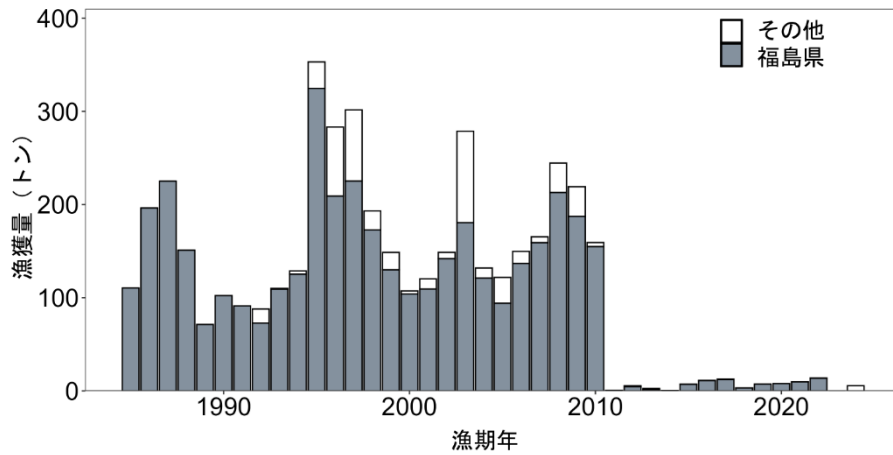


図 3-1. 漁獲量の推移

1985～1991 年漁期の福島県の漁獲量は、相馬港のみの値。

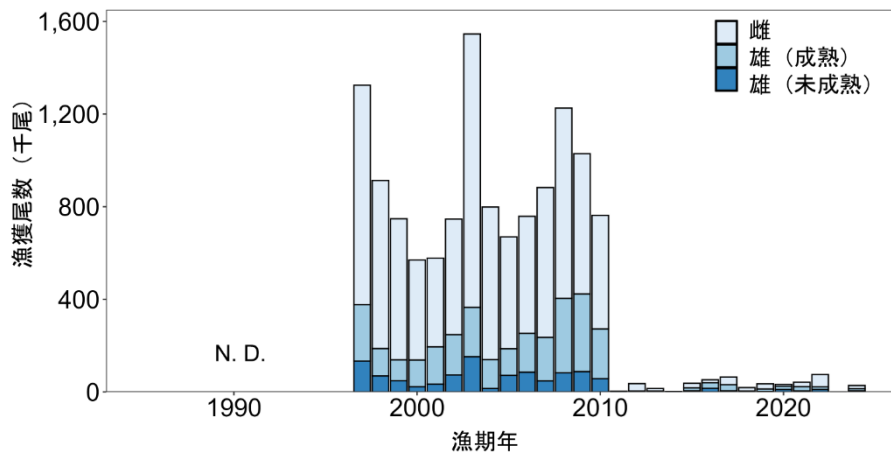


図 3-2. 雌雄、成熟段階別の漁獲尾数の推移

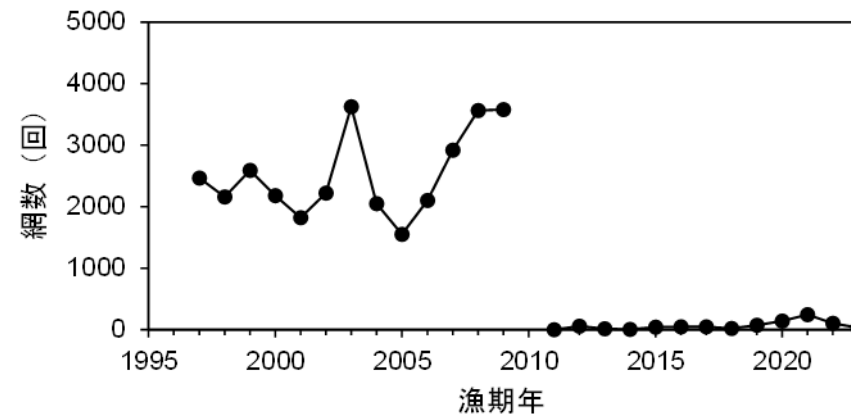


図 3-3. 沖底漁績による福島県船の漁獲努力量（有漁網数）の推移
震災による沖底漁績流失のため、2010 年漁期の値は使用できない。

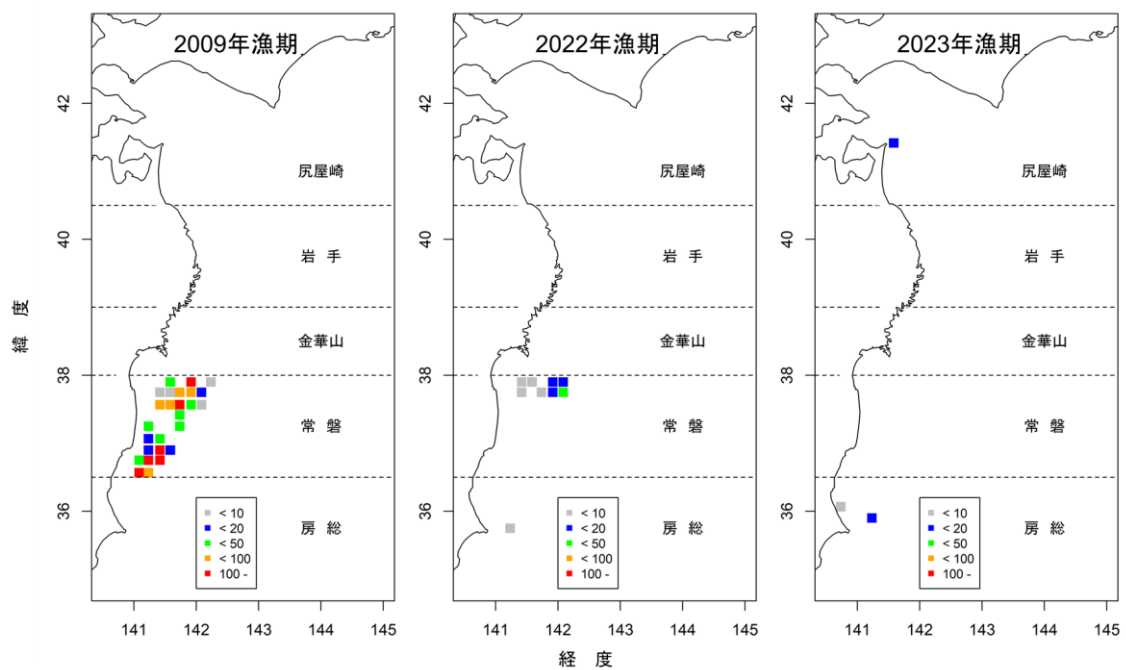


図 3-4. 沖底漁績による 2009 年漁期と 2023 年漁期の漁獲努力量（有漁網数）の比較

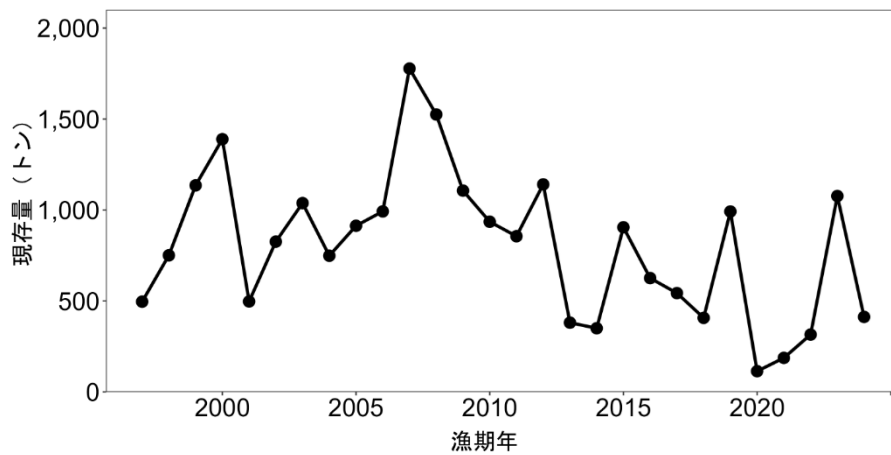


図 4-1. 着底トロール調査で得られた現存量の推移

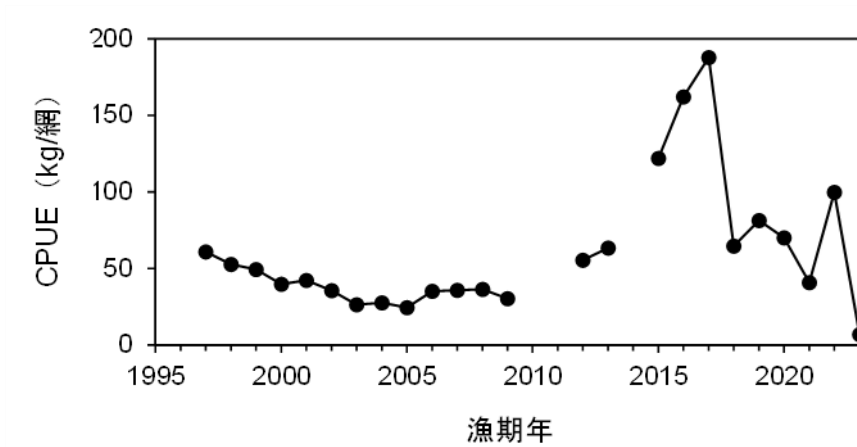


図 4-2. 沖底漁績による福島県船の CPUE

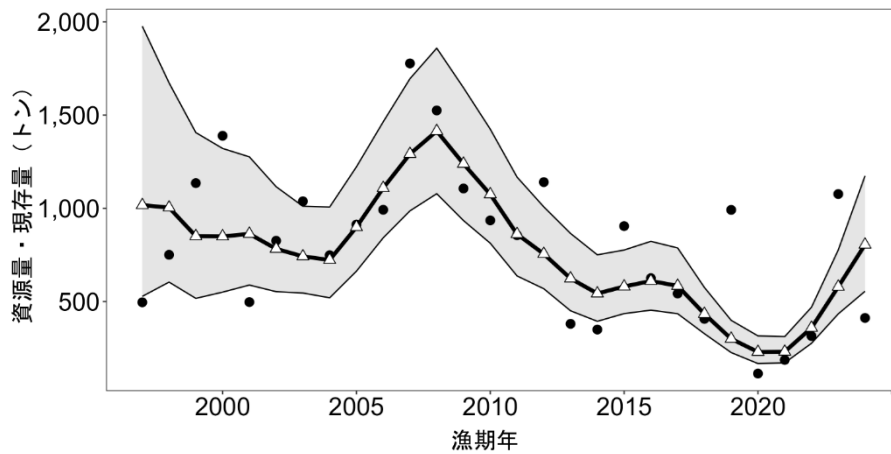


図 4-3. 資源量の推移

三角点は JASAM で推定した漁獲対象資源量、網掛けは推定値の 95%信頼区間を示す。
黒点は着底トロール調査による現存量を示す。

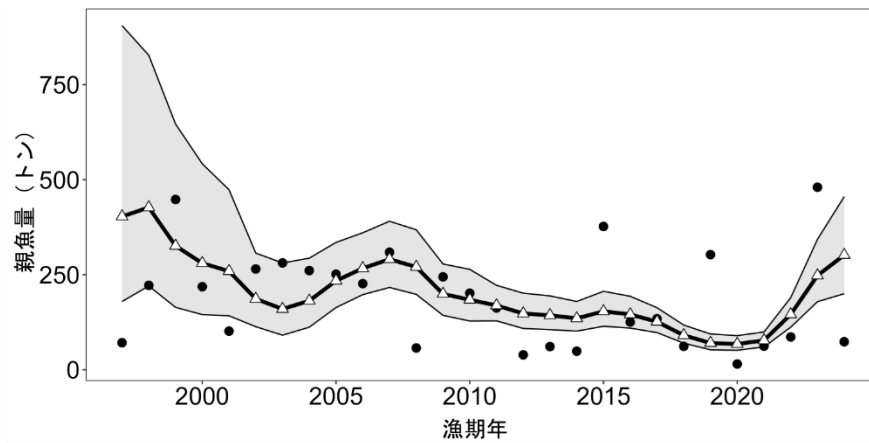


図 4-4. 親魚量の推移

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。

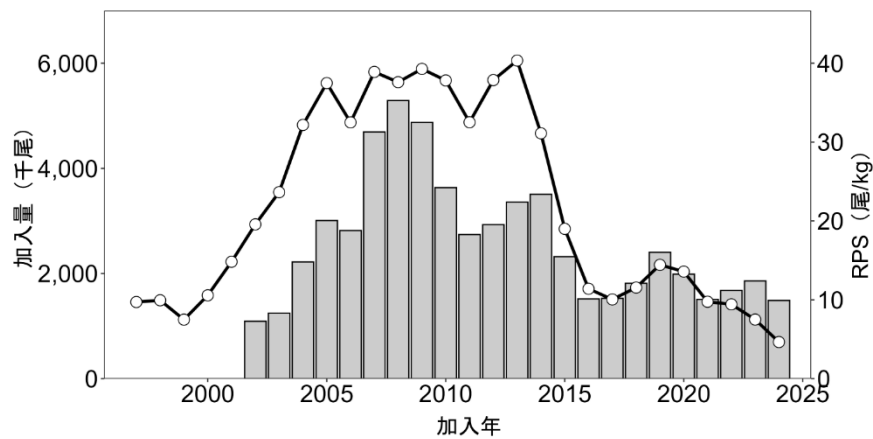


図 4-5. 加入量（折れ線）と再生産成功率（棒グラフ）の推移

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、例えば 1997 年漁期の親魚量には 2002 年漁期の加入量が対応する。

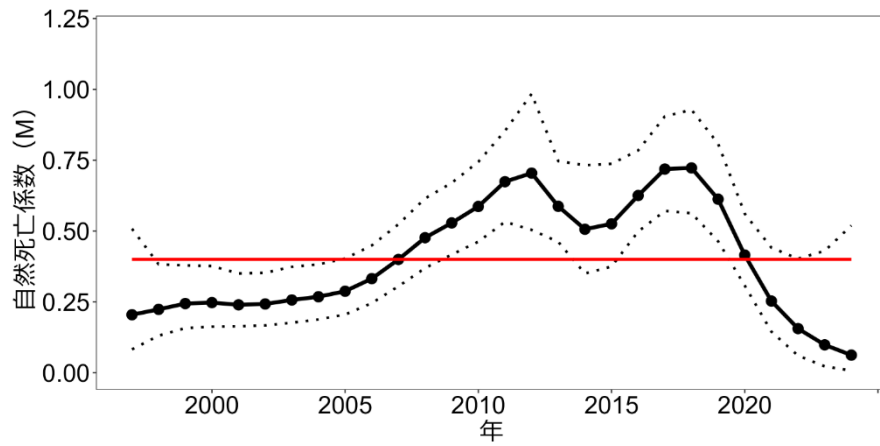


図 4-6. 自然死亡係数 M の推移

点線は 95%信頼区間、赤線は 1997～2024 年の平均値 ($M_{1997-2024}$) である。

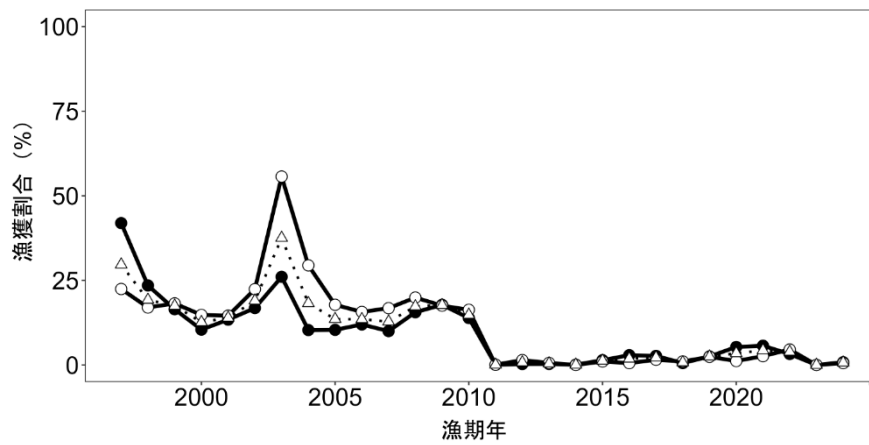


図 4-7. 漁獲割合（雄：黒点、雌：白点、雌雄計：三角点）の推移

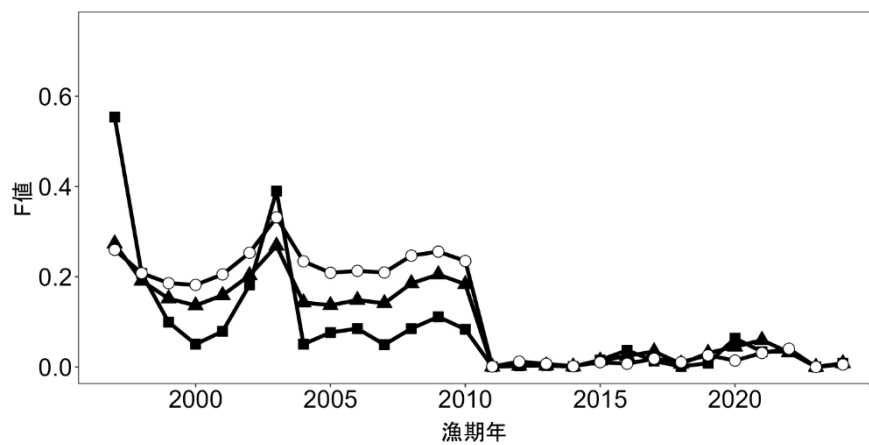


図 4-8. F 値（未成熟雄：黒四角点、成熟雄：黒三角点、雌：白点）の推移

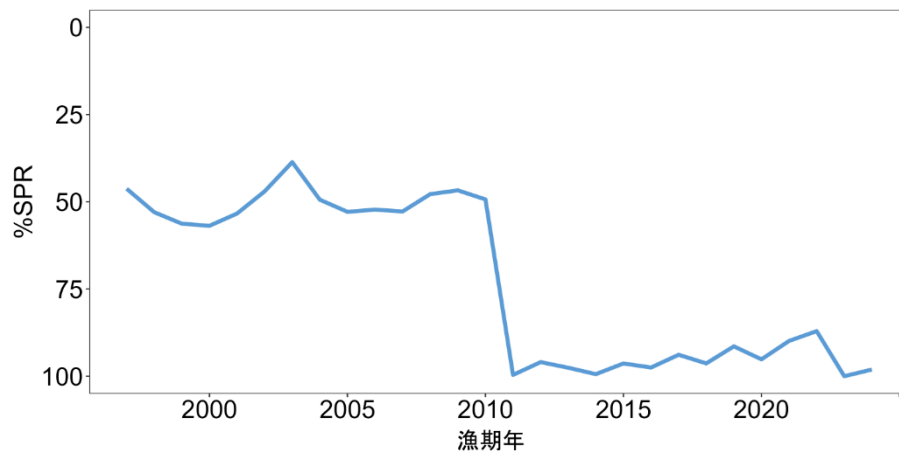


図 4-9. 各漁期年における%SPR 値の推移

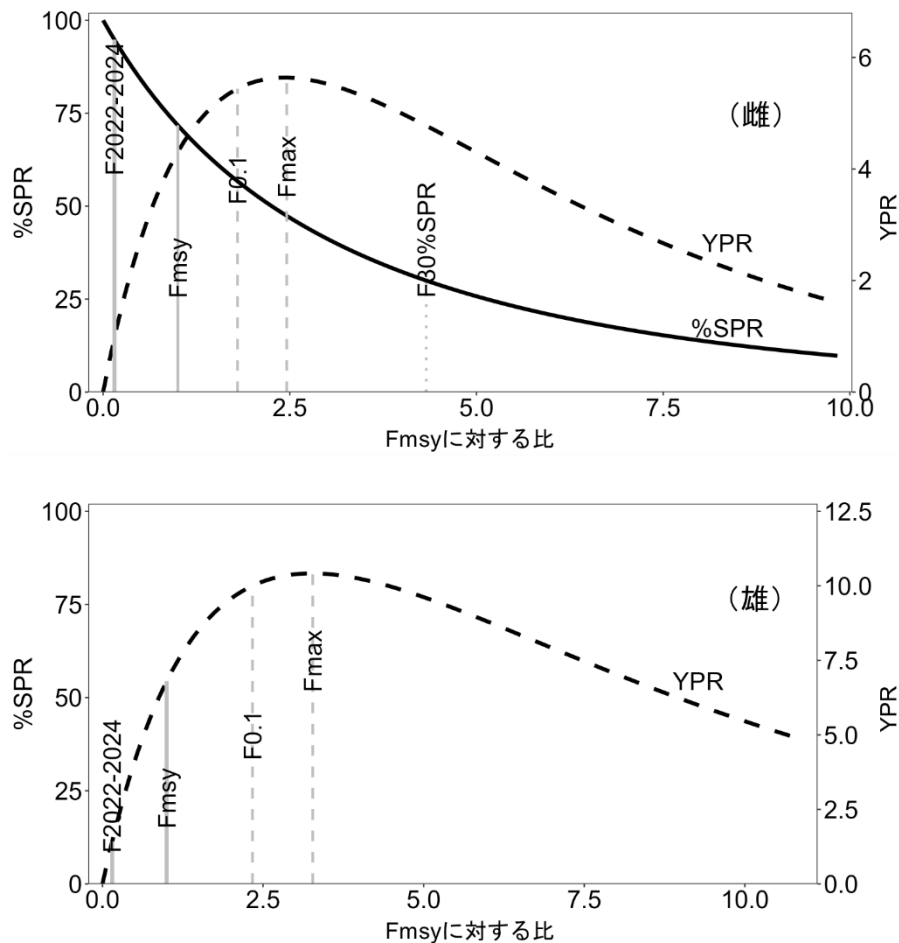


図 4-10. F_{msy} に対する YPR および %SPR の関係

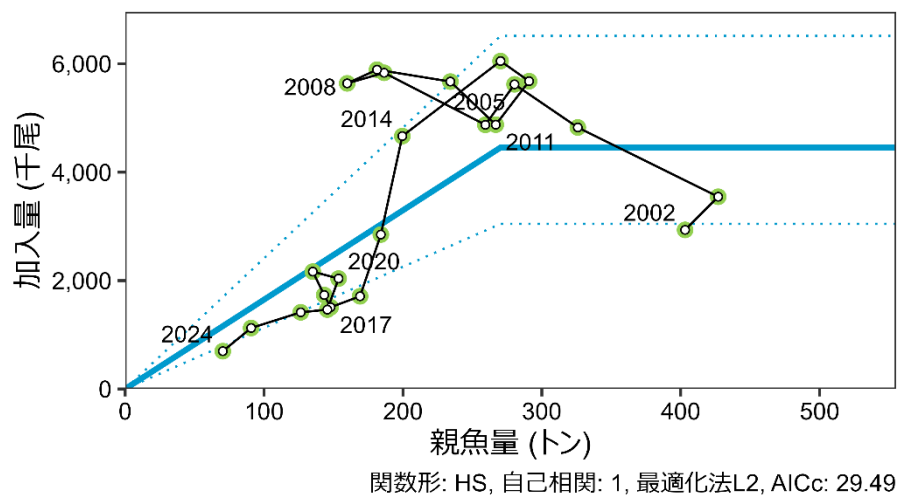


図 4-11. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

再生産関係には自己相関を考慮したホッカー・スティック（HS）型再生産関係式を用い、最小二乗法によりパラメータ推定を行った。白抜丸印は再生産関係の分析に使用した本年度評価における 1997～2019 年漁期の親魚量と 2002～2024 年漁期の加入量を示す。図中の数字は加入群の年級（加入年）を示す。図中の再生産関係式（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範囲である。

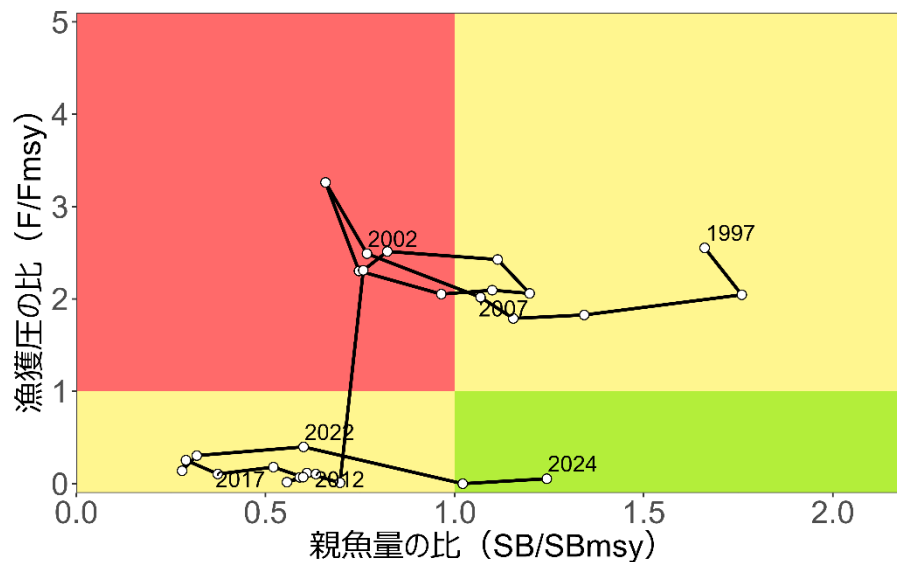


図 4-12. 最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）と SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

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	0.008	0	3.8	136.8	9.1	149.8	91.4
2007	0.002	0.2	2.9	159.1	3.2	165.4	96.2
2008	0.002	0.3	15.7	212.9	15.7	244.5	87.1
2009	0.002	0.1	5.5	187.3	26.2	219.1	85.5
2010	0	0.04	1.1	154.9	3.2	159.3	97.3
2011	0.3	0.01	0.2	0	0	0.5	0
2012	0.4	0.3	0.3	4.6	0.002	5.6	82.0
2013	0.7	0.05	0.4	1.5	0	2.6	57.0
2014	0	0.001	0.3	0	0	0.3	3.6
2015	0	0	0.004	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	0.02	0.2	9.7	0.1	10.0	97.5
2022	0.02	0	0.3	13.7	0	14.0	99.8
2023	0	0	0	0	0	0	—
2024	0	0.02	5.6	0	0	5.6	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
2024	1,197	634	1,831	332	80	412	65

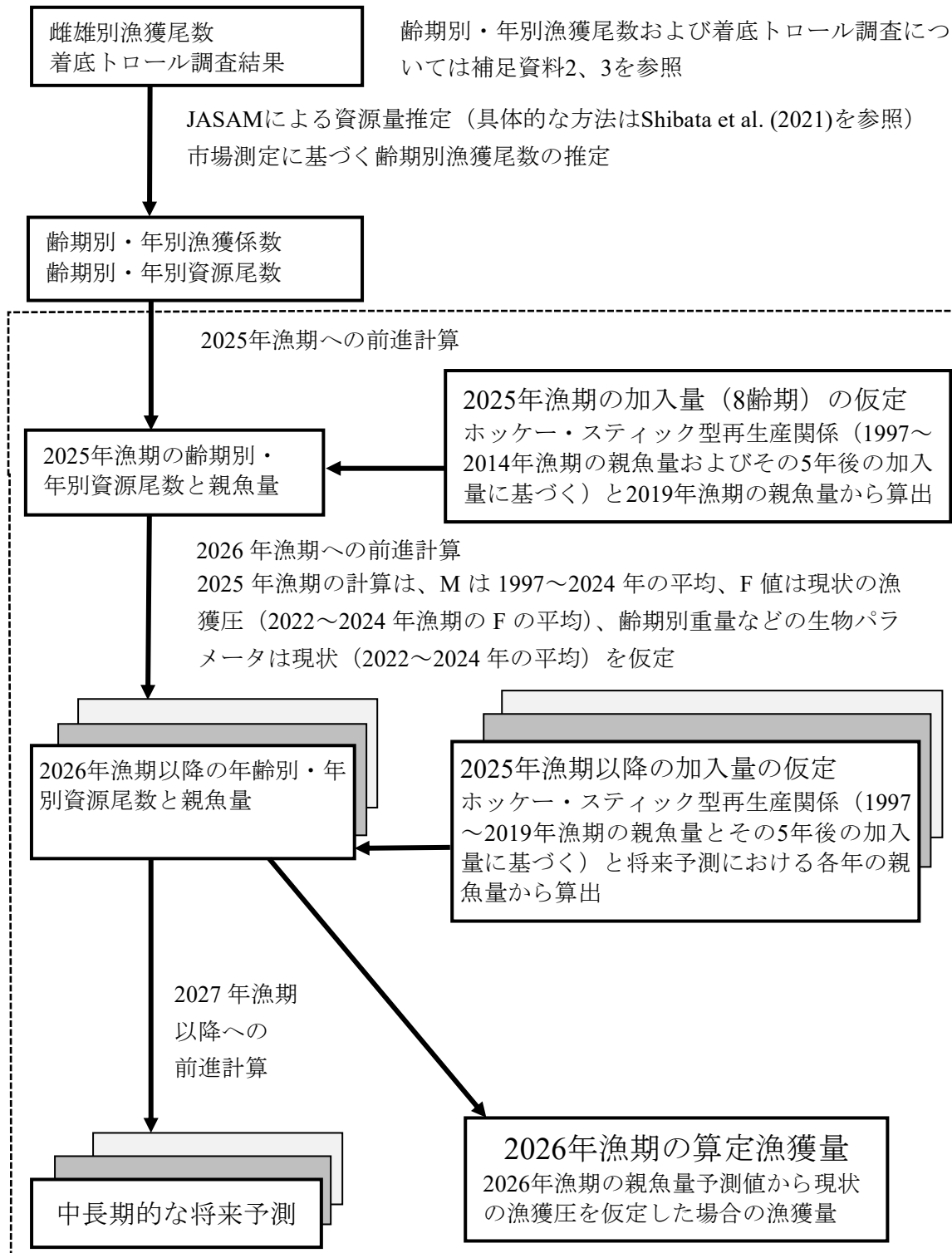
表 4-2. JASAM で推定した漁獲対象資源（甲幅 80 mm 以上の雄および成熟雌ガニ）の資源尾数、資源量、漁期後の親魚量（SSB）、自然死亡係数の推移

	資源尾数(千尾)			加入量 (千尾)	資源量(トン)			親魚量 (トン)	M
	雄	雌	合計		雄	雌	合計		
1997	1,127	4,222	5,349	1,458	376	641	1,017	403	0.205
1998	1,038	4,275	5,313	1,491	347	657	1,004	427	0.224
1999	1,159	3,349	4,508	1,123	350	501	851	326	0.244
2000	1,350	2,923	4,273	1,585	419	431	850	280	0.248
2001	1,478	2,632	4,110	2,224	458	405	863	259	0.240
2002	1,447	2,227	3,675	2,935	477	306	783	186	0.243
2003	1,399	2,120	3,519	3,547	454	288	742	160	0.257
2004	1,445	2,239	3,684	4,826	424	300	723	181	0.268
2005	1,832	2,717	4,549	5,622	515	385	900	234	0.288
2006	2,267	3,227	5,494	4,874	649	460	1,109	267	0.332
2007	2,693	3,857	6,550	5,834	757	535	1,292	291	0.400
2008	2,970	4,125	7,095	5,640	857	557	1,415	270	0.477
2009	2,649	3,457	6,105	5,892	802	437	1,239	200	0.529
2010	2,195	3,009	5,205	5,672	656	419	1,075	184	0.587
2011	1,803	2,471	4,274	4,877	530	332	862	169	0.674
2012	1,535	2,241	3,777	5,679	453	303	756	148	0.705
2013	1,251	1,890	3,140	6,051	364	260	624	143	0.587
2014	1,090	1,726	2,815	4,667	319	225	543	135	0.507
2015	1,132	1,978	3,110	2,849	318	263	581	154	0.526
2016	1,272	2,355	3,628	1,710	336	274	610	146	0.625
2017	1,186	2,140	3,327	1,508	320	264	584	126	0.719
2018	859	1,463	2,323	1,733	245	189	434	91	0.723
2019	568	919	1,487	2,165	167	133	300	70	0.612
2020	421	679	1,100	2,037	126	104	230	68	0.415
2021	440	743	1,182	1,464	128	103	231	77	0.253
2022	665	1,161	1,826	1,414	182	177	359	146	0.156
2023	1,119	1,848	2,966	1,125	306	274	580	248	0.098
2024	1,674	2,556	4,230	697	482	323	805	302	0.062

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	0.554	0.273	0.260	41.9	22.5	2.55
1998	81.5	111.7	193.2	0.207	0.191	0.208	23.5	17.0	2.04
1999	57.6	91.1	148.7	0.099	0.152	0.186	16.5	18.2	1.83
2000	43.7	63.7	107.4	0.050	0.136	0.182	10.4	14.8	1.79
2001	61.4	58.9	120.3	0.079	0.159	0.205	13.4	14.6	2.02
2002	80.2	68.6	148.7	0.182	0.203	0.253	16.8	22.4	2.49
2003	118.4	160.4	278.7	0.390	0.268	0.332	26.1	55.7	3.26
2004	43.7	88.2	131.9	0.050	0.143	0.234	10.3	29.4	2.30
2005	53.4	68.4	121.8	0.076	0.137	0.209	10.4	17.8	2.05
2006	77.6	72.1	149.8	0.085	0.148	0.213	12.0	15.7	2.09
2007	75.6	89.8	165.4	0.050	0.141	0.209	10.0	16.8	2.06
2008	133.5	111.0	244.5	0.085	0.185	0.247	15.6	19.9	2.43
2009	142.5	76.6	219.1	0.111	0.205	0.256	17.8	17.5	2.51
2010	91.0	68.2	159.3	0.083	0.183	0.235	13.9	16.3	2.31
2011	0.3	0.3	0.5	0.001	0.001	0.001	0.1	0.1	0.01
2012	1.3	4.3	5.6	0.003	0.002	0.012	0.3	1.4	0.12
2013	1.1	1.5	2.6	0.003	0.003	0.007	0.3	0.6	0.07
2014	0.3	0.0	0.3	0.001	0.001	0.002	0.1	0.0	0.02
2015	4.5	2.7	7.2	0.015	0.014	0.011	1.4	1.0	0.10
2016	9.7	1.5	11.2	0.037	0.024	0.007	2.9	0.5	0.07
2017	8.6	4.1	12.7	0.013	0.034	0.018	2.7	1.5	0.18
2018	1.3	2.0	3.3	0.001	0.007	0.011	0.6	1.0	0.10
2019	4.2	3.2	7.4	0.008	0.031	0.026	2.5	2.4	0.25
2020	6.7	1.2	7.9	0.064	0.045	0.014	5.3	1.2	0.14
2021	7.3	2.7	10.0	0.034	0.060	0.031	5.7	2.6	0.30
2022	5.9	8.1	14.0	0.034	0.032	0.041	3.2	4.6	0.40
2023	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00
2024	3.9	1.7	5.6	0.008	0.008	0.006	0.8	0.5	0.05

補足資料 1 資源評価の流れ



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

補足資料 2 計算方法

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。

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

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

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 として、 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、 $\rho_A = 9.4\%$ 、 $\rho_M = 210.4\%$ であった。 M の値は令和

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

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

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）。

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

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

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

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

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.

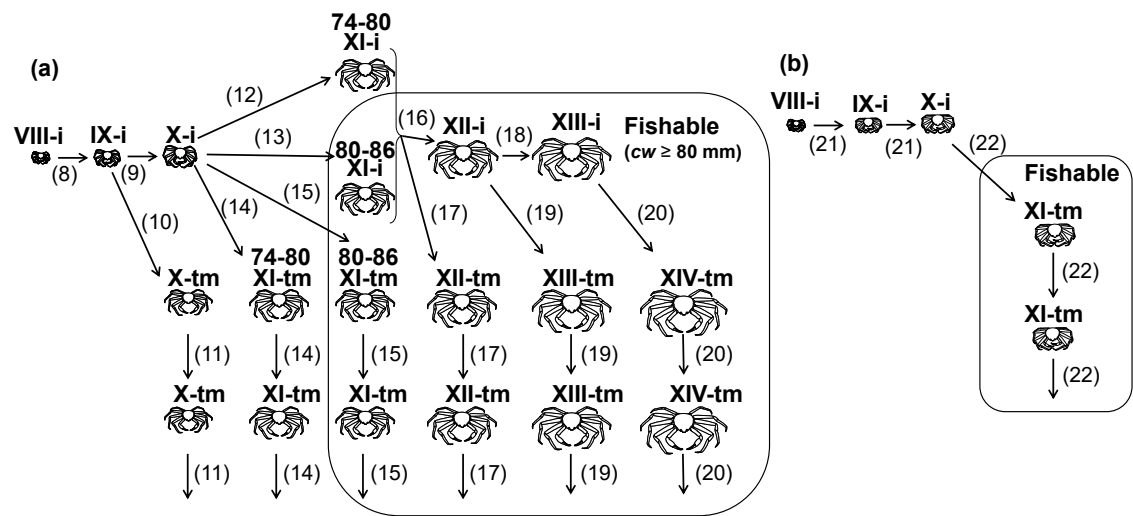
Kitakado, T. and H. Okamura (2009). Estimation of additional variance for Antarctic minke whales based on the abundance estimates from the revised OK method. *Paper presented to the Scientific Committee of the International Whaling Commission, Madeira, Portugal*. **SC/61/IA8**.

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.

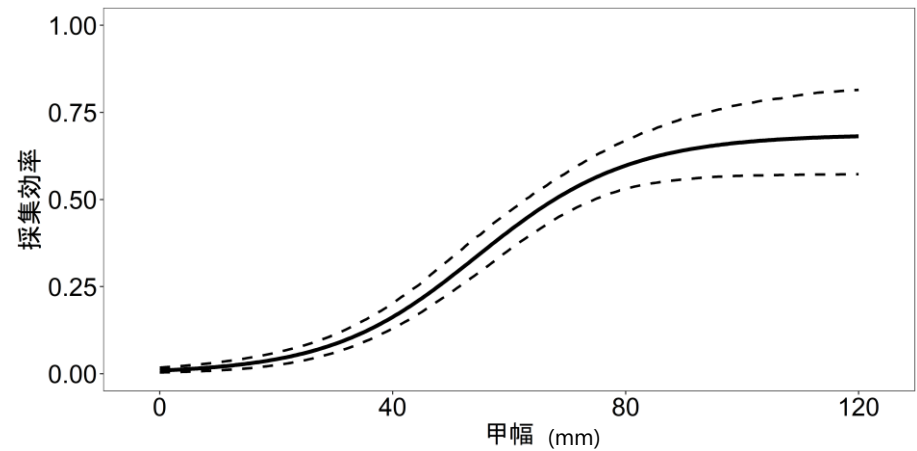
Nielsen, A. and C. W. Berg (2014) Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. Fish. Res., **158**, 96-101.

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.

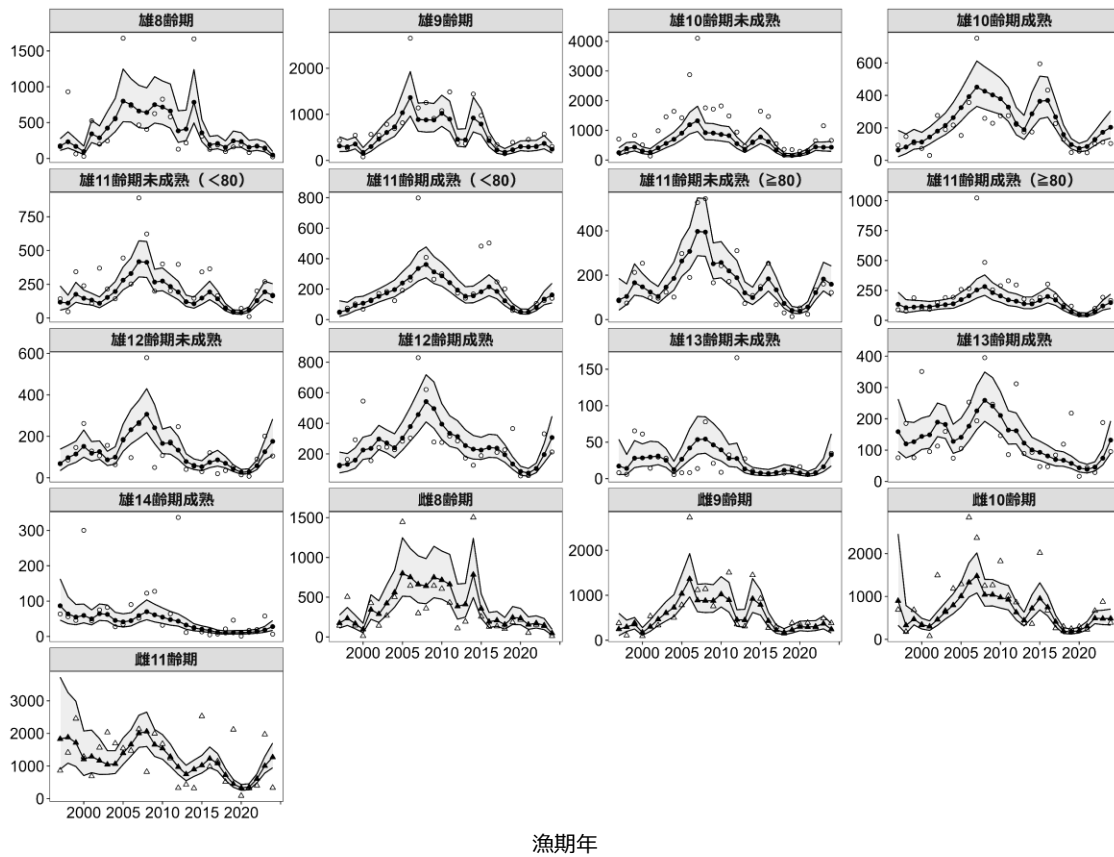


補足図 2-1. ズワイガニの個体群動態モデル

(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。

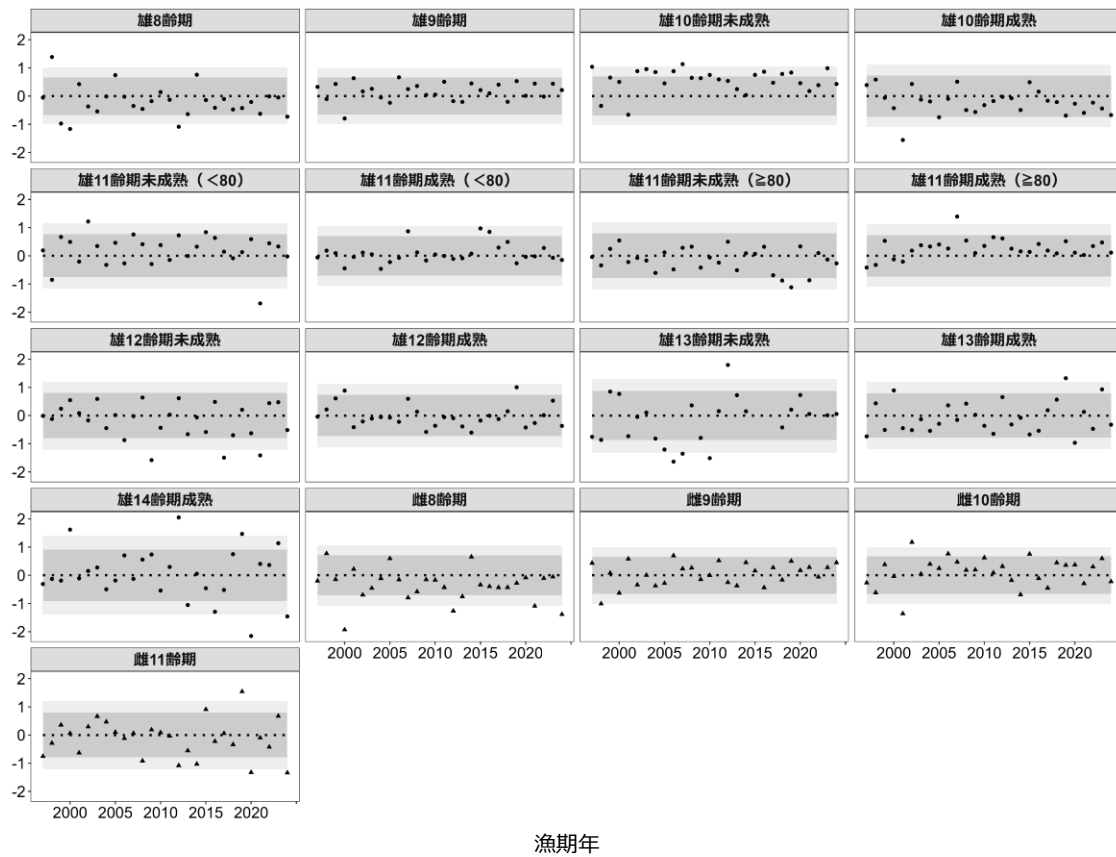


補足図 2-2. 甲幅に対する採集効率



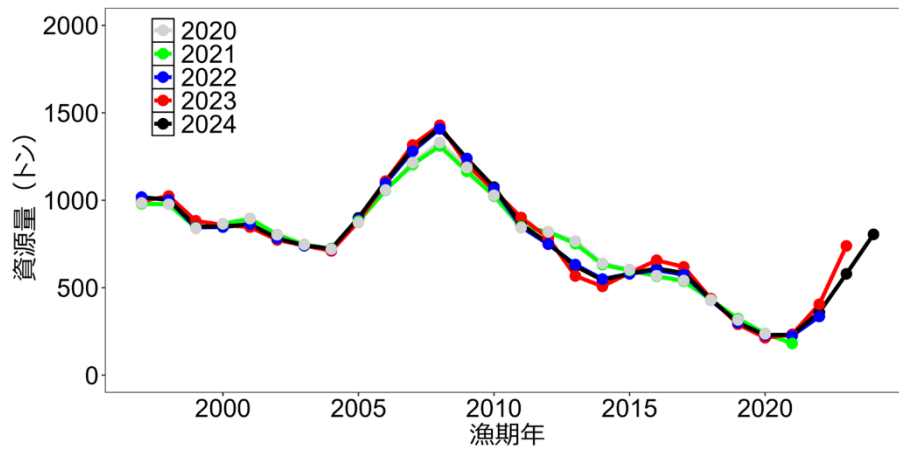
補足図 2-3. 雌雄別、齢期別資源尾数（千尾、採集効率未考慮）の推移

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。

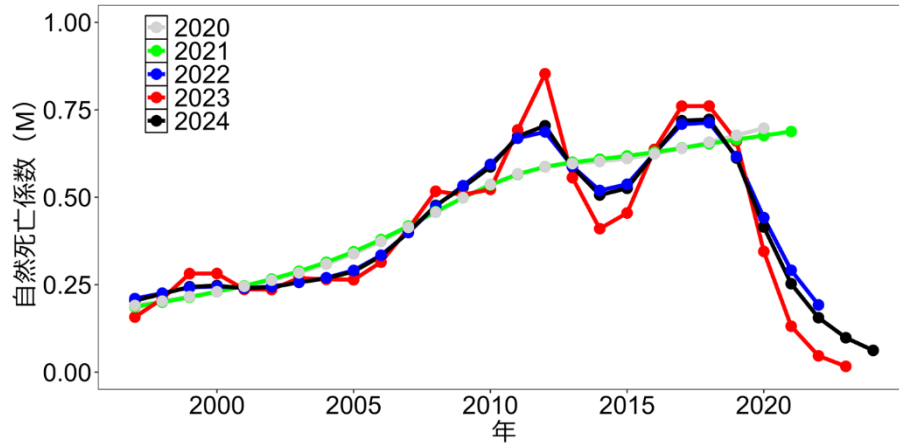


補足図 2-4. 雌雄別、齢期別資源尾数の残差プロット

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	未	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
2024	23	301	660	104	165	140	122	166	105	213	0	96	6

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
2024	12	381	388	333

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	未	未	成	80 mm未満		80 mm以上		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	0.651	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	0.518	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	0.533	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	0.568	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	0.410	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	0.612	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	0.696
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	0.657	0.642	0.758
2019	0.339	0.335	0.184	0.472	0.396	0.249	0.607	0.486	0.785	0.835	0.612	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	0.658	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
2024	0.228	0.150	0.305	0.469	0.398	0.412	0.514	0.385	0.427	0.395	0.000	0.394	0.784

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	0.505	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
2024	0.755	0.241	0.382	0.823

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	未	未	成	80 mm未満		80 mm以上		未	成	未	成	成
1997	175	314	249	63	117	50	88	134	68	127	17	159	87
1998	233	295	386	82	111	63	104	106	97	132	14	120	64
1999	168	355	433	114	176	93	166	111	114	159	28	127	55
2000	96	174	308	113	146	107	147	116	152	225	28	144	59
2001	344	300	265	144	133	128	124	114	118	236	30	149	50
2002	288	465	407	180	109	152	104	123	126	298	31	189	65
2003	423	607	560	215	153	175	146	131	87	272	25	182	62
2004	560	728	699	263	197	197	186	139	99	240	12	128	45
2005	799	1,035	906	325	281	240	264	173	182	304	27	141	41
2006	751	1,363	1,189	393	330	279	308	205	232	379	42	177	45
2007	662	888	1,321	451	417	335	398	254	266	457	53	226	59
2008	641	879	920	426	413	362	395	282	306	542	54	259	70
2009	750	877	909	403	266	313	252	231	241	496	46	241	61
2010	717	1,023	862	379	274	287	257	204	165	395	39	211	55
2011	662	896	823	328	234	243	219	171	168	335	28	164	48
2012	386	457	551	227	193	194	188	160	133	314	28	162	43
2013	411	446	365	189	121	153	120	138	78	255	13	123	32
2014	784	921	588	287	106	155	99	138	60	231	9	101	24
2015	358	789	777	364	148	183	139	167	53	225	0	93	21
2016	192	428	618	369	193	215	184	200	74	242	0	81	17
2017	209	229	341	267	142	185	134	170	86	238	0	70	12
2018	156	178	164	159	76	123	73	113	70	195	11	68	10
2019	245	231	152	97	43	78	41	71	43	134	11	58	11
2020	236	299	185	74	40	51	38	46	26	86	8	43	11
2021	156	292	271	85	59	50	57	45	29	75	6	38	12
2022	173	305	442	129	129	80	122	71	58	104	0	46	14
2023	147	369	430	173	194	134	183	120	125	196	0	74	19
2024	48	243	431	204	168	162	159	148	176	307	0	132	28

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	175	247	899	1,832
1998	233	295	327	1,884
1999	168	355	470	1,717
2000	96	174	344	1,213
2001	344	300	299	1,295
2002	288	465	461	1,169
2003	423	607	636	1,047
2004	560	728	797	1,063
2005	799	1,035	1,007	1,395
2006	751	1,363	1,327	1,659
2007	662	888	1,478	2,005
2008	641	879	1,041	2,059
2009	750	877	1,043	1,657
2010	717	1,023	978	1,541
2011	662	896	928	1,286
2012	386	457	630	972
2013	411	446	444	749
2014	784	921	721	897
2015	358	789	952	1,020
2016	192	428	749	1,228
2017	209	229	409	1,081
2018	156	178	192	724
2019	245	231	172	453
2020	236	299	205	332
2021	156	292	302	351
2022	173	305	492	609
2023	147	369	483	1,005
2024	48	243	485	1,269

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。

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

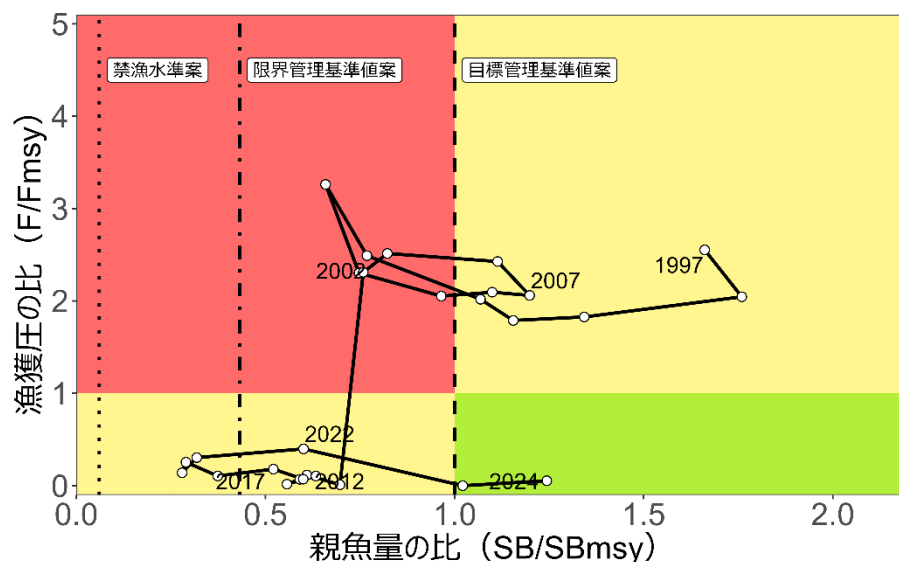
令和 7 年 8 月に公開された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 234 トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy : 105 トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy : 15 トン) を用いることが提案されている (森川ほか 2025、補足表 6-2)。

目標管理基準値案と、SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。資源評価モデル JASAM によって推定した 2024 年漁期の親魚量 (SB2024 : 302 トン) は目標管理基準値案を上回る。本系群の親魚量は、2018~2021 年漁期を除く全ての年で限界管理基準値案を上回り、2024 年漁期は目標管理基準値案を上回った。本系群の漁獲圧は、東日本大震災以降低い水準で推移しており、2011 年漁期以降の全ての年で SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を大きく下回っている。

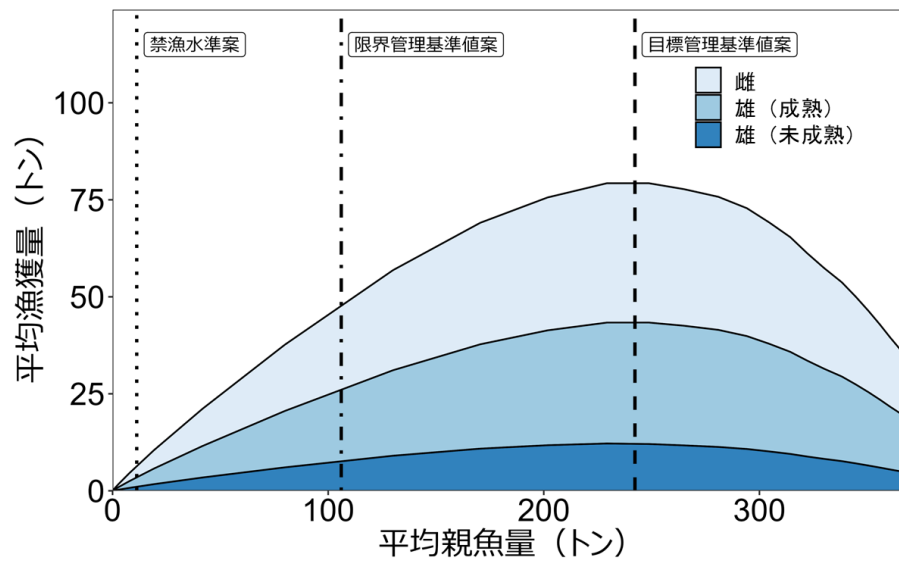
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。平均親魚量が目標管理基準値に近い値をとるとき、雌および雄 (成熟) の割合が高いが、親魚量が増加するにつれてこれらの成熟個体の比率が低下する傾向がみられる。

引用文献

森川英祐・柴田泰宙・藤原邦浩・富樫博幸・鈴木勇人・時岡 駿・下光利明・永尾次郎 (2025) 令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2025-BRP03-01.



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



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

補足資料 4 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

本年度の資源評価で推定した齢期別資源量に基づいて、2025 年漁期以降の将来予測計算を行った。この将来予測では、再生産関係式を用いて各年に予測される親魚量からその 5 年後の加入量を予測し、その予測値に対数正規分布に従う誤差を与えることで加入量の不確実性を考慮した。対数正規分布から無作為抽出した誤差を予測値に与える計算を 5,000 回行い、それらの平均値と 90%予測区間を求めることにより、不確実性の程度を示した。

2025 年漁期の漁獲圧は現状の漁獲圧 (F2022-2024) を仮定した。現状の漁獲圧は、管理基準値案を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ (平均体重等) の条件下で、今年度評価における 2022~2024 年漁期の漁獲圧に対応する %SPR を与える F 値とした。2025 年漁期に予測される資源量と現状の漁獲圧から同年の漁獲量を算出した。2026 年漁期以降の漁獲圧は、下記の漁獲管理規則の試算または現状の漁獲圧に従って、各年に予測される親魚量をもとに算出した。

(2) 漁獲管理規則の試算

漁獲管理規則は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧 (F) 等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」に例示された漁獲管理規則を示す。なお、ここでの調整係数 β は 0.8 とした。なお、研究機関からの提案では「 β を 0 から 1.0 の値の範囲で変化させた場合、10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ることは困難であると推定される」とされている。

(3) 2026 年漁期の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2026 年漁期の平均漁獲量は、 β を 0.8 とした場合には 51 トン、現状の漁獲圧を維持した場合には 10 トンであった (補足表 6-4)。なお、本資源においては、2028 年漁期までの資源量は 2024 年漁期に得られている齢期別資源尾数の先送り計算によって算出されるため、90%予測区間は計算されない。2026 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値案を上回り、 β を 0.8 とした場合には 182 トン、現状の漁獲圧を維持した場合には 194 トンと見込まれた。

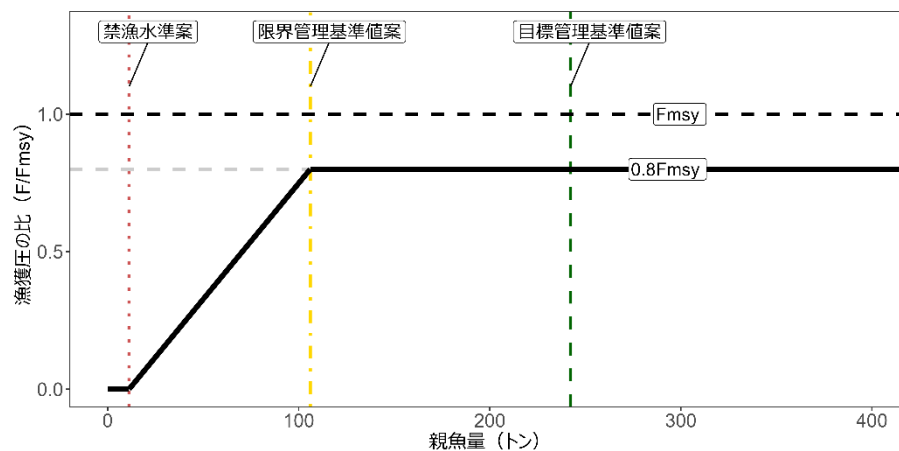
(4) 2027 年以降の予測

2027 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2 および補足表 4-1、4-2 に示す。漁獲管理規則の試算に基づく管理を 10 年間継続した場合、2036 年漁期の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には平均 159 トン (90%予測区間は 103~227 トン) であり、現状の漁獲圧を維持した場合には平均 210 トン (90%予測区間は 133~299 トン) である (補足表 6-5)。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.8 のとき 7%、 β が 0.0 のとき 34%、現状の漁獲圧を維持した場合には 27%である。限界管理基準値案を上回る確率は β が 1.0 の場

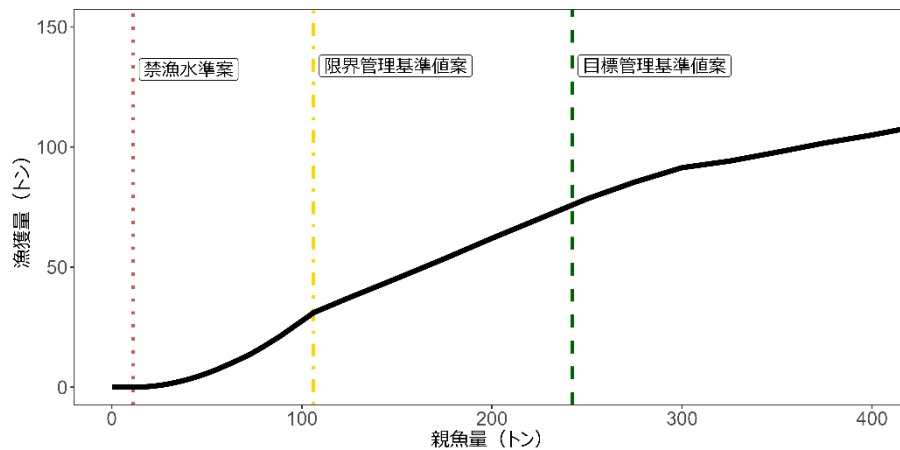
合でも 80%を上回る。

漁獲管理規則の試算に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る漁期年は、 β を 0.8 とした場合には今後 30 年（2056 年漁期まで）の間には出現しないと予測された（補足表 6-5）。一方、現状の漁獲圧を維持した場合には、目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は、2041 年漁期と予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（ $\beta=0.0$ ）、親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回るのは 2033 年漁期になると予測された。また、 β が 1.0 以下のとき、すべての β で限界管理基準値を 50%以上の確率で上回る年は、2031 年漁期と予測された。

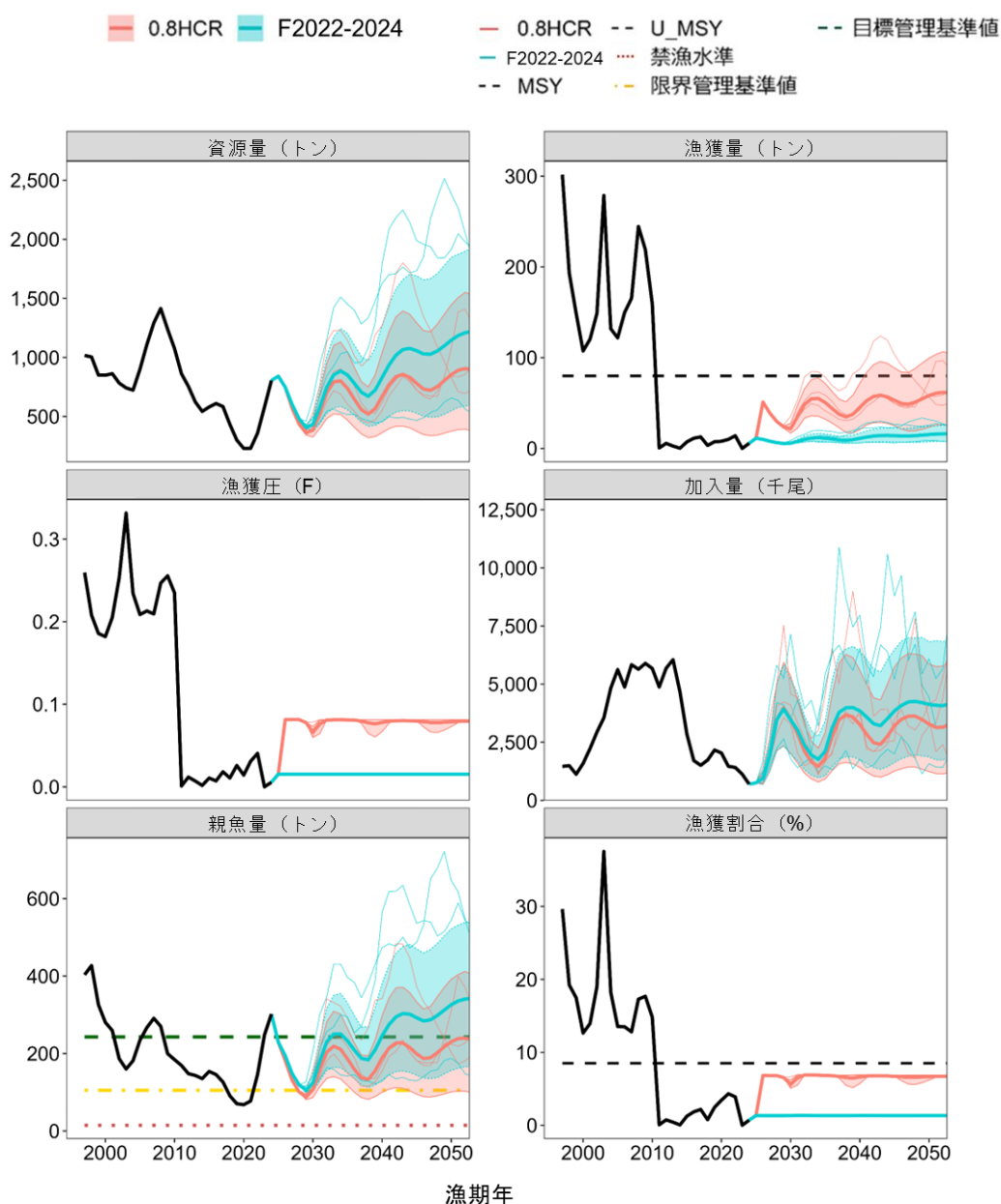
a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合



補足図 4-1. 漁獲管理規則案



補足図 4-2. β に 0.8 を仮定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（F2022-2024）で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量 MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値案を維持する漁獲割合の水準 (Umsy) を示す。漁獲管理規則の試算において、調整係数 β には 0.8 を用いた。2025 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2022-2024) により仮定した。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	0	0	0	0	0	0	3	19	26	21	11	4
0.9		0	0	0	0	0	3	20	28	24	13	5
0.8		0	0	0	0	0	4	23	32	28	16	7
0.7		0	0	0	0	0	4	23	32	28	18	8
0.6		0	0	0	0	0	5	26	35	33	21	10
0.5		0	0	0	0	0	6	30	39	37	25	13
0.4		0	0	0	0	0	6	29	40	39	28	15
0.3		0	0	0	0	0	9	34	44	43	33	21
0.2		0	0	0	0	0	8	35	46	48	38	24
0.1		0	0	0	0	0	10	40	51	51	42	29
0.0		0	0	0	0	0	11	42	54	55	46	34
現状の漁獲圧		0	0	0	0	0	9	37	49	48	39	27

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	100	100	100	0	0	41	94	99	99	98	93	82
0.9		100	100	0	1	44	94	99	99	98	94	85
0.8		100	100	0	1	50	95	99	99	99	96	89
0.7		100	100	0	2	54	96	99	99	99	97	90
0.6		100	100	100	4	60	97	99	100	99	98	93
0.5		100	100	100	8	65	98	100	100	99	98	95
0.4		100	100	100	13	71	98	100	100	100	98	96
0.3		100	100	100	24	77	98	100	100	100	99	97
0.2		100	100	100	40	83	99	100	100	100	99	98
0.1		100	100	100	61	88	99	100	100	100	99	99
0.0		100	100	100	80	92	100	100	100	100	100	99
現状の漁獲圧		100	100	100	50	86	99	100	100	100	100	98

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧（F2022-2024）から予測される 11 トンとし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2022-F2024、 $\beta=0.15$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-2. 将来の平均親魚量 (トン)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	229	178	126	96	84	103	154	197	210	200	174	146
0.9		180	128	98	86	105	156	199	213	204	179	152
0.8		182	131	101	88	107	159	204	219	212	187	159
0.7		184	133	103	90	109	161	206	222	215	192	165
0.6		186	136	106	92	111	164	211	227	222	199	172
0.5		188	139	109	95	114	168	216	234	229	207	181
0.4		190	141	112	98	116	170	218	237	234	213	188
0.3		191	144	115	101	120	176	226	244	243	223	198
0.2		193	147	118	104	122	178	229	249	250	231	206
0.1		195	149	121	107	126	183	235	256	257	239	215
0.0		197	152	124	110	130	187	240	262	265	248	224
現状の漁獲圧		194	148	119	106	124	180	231	251	251	234	210

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022-2024) から予測される 11 トンとし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2022-2024、 $\beta=0.15$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-3. 将来の平均漁獲量 (トン)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	11	63	47	36	27	25	42	59	66	66	60	51
0.9		57	43	33	25	23	39	54	60	60	55	48
0.8		51	39	30	24	22	35	48	55	55	51	44
0.7		45	34	27	22	20	31	43	48	49	45	40
0.6		39	30	23	19	18	28	37	42	43	40	35
0.5		32	25	20	17	16	24	32	36	37	34	31
0.4		26	20	16	14	13	19	26	29	30	28	25
0.3		20	16	12	10	11	15	20	22	23	22	20
0.2		13	10	8	7	7	10	13	15	16	15	14
0.1		7	5	4	4	4	5	7	8	8	8	7
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧		10	8	6	5	6	8	10	11	12	11	10

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022-2024) から予測される 11 トンとし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2022-F2024、 $\beta=0.15$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足資料 5 将来予測の方法

将来予測における各種設定には補足表 5-1 の値を用いた。資源尾数や漁獲量の予測は、統計ソフトウェア R (version 4.4.1) を用い、本資源の個体群動態やパラメータの設定は Shibata et al. (2021) に従って実施した。将来予測における加入量は、令和 7 年度の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において提案されたホッケー・スティック型再生産関係 (森川ほか 2025) と、年々推定される親魚量およびその 5 年後の加入量から求めた。

将来予測における漁獲係数 F は、「令和 7 (2025) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2025-ABCWG02-01)」(水産研究・教育機構 2025) における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値もしくは現状の漁獲圧 ($F_{2022-2024}$) を用いた。将来予測における選択率や漁獲物平均体重等の値には、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」にて提案された各種管理基準値案の推定に用いた値を引き続き用いた (森川ほか 2025)。これらは再生産関係と同じく、令和 7 (2025) 年度の資源評価に基づく値であり、漁獲物平均体重はこの計算結果における 1997~2024 年漁期の平均値である。

引用文献

- 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. Pop. Ecol., 63, 41-60.
- 水産研究・教育機構 (2025) 令和 7 (2025) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2025-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, 23pp. https://abchan.fra.go.jp/reference_list/FRA-SA2025-ABCWG02-01.

補足表 5-1. 将来予測のパラメータ

性別	齢期	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2022-2024 (注 3)	平均 体重 (g)	自然 死亡 係数	成熟 率
雄	11	0.014	0.09	0.014	203	0.400	0.26
	12				251		0.48
	13				367		0.70
	11	0.013	0.09	0.013	220		—
	12				298		—
	13				415		—
	14				630		—
	雌	11	0.015	0.10	0.015	142	—

注 1：令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率。

注 2：令和 7 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料で推定された Fmsy。

注 3：この F 値は 2025 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 6 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小二乗法	有	16.485	270.292	0.231	0.82

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 6-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	243 トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	105 トン	限界管理基準値案。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	15 トン	禁漁水準案。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (雄未熟, 雄成熟, 雌成熟) = (0.09, 0.09, 0.10)	
%SPR	71.8%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	80 トン	最大持続生産量

補足表 6-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2024	302トン	2024 年漁期の親魚量
F2024	2024 年漁期の漁獲圧(漁獲係数 F) (雄未熟, 雄成熟, 雌成熟) = (0.01, 0.01, 0.01)	
U2024	0.7%	2024 年の漁獲割合
%SPR (F2024)	98.1%	2024 年の%SPR
%SPR (F2022-2024)	94.8%	現状(2022～2024 年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2024/ SBmsy (SBtarget 案)	1.24	最大持続生産量を実現する親魚量(SBmsy、目標管理基準値案)に対する 2024 年漁期の親魚量の比
F2024/ Fmsy	0.05	SBtarget を維持する漁獲圧(Fmsy)に対する 2024 年漁期の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る(1.24 倍)	
漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る(0.05 倍)	
親魚量の動向	増加	

* 2024 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

2025 年漁期後の親魚量(予測平均値):229トン				
項目	2026 年漁期の 漁獲量 予測平均値 (トン)	90% 予測区間 (トン) (注)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022-2024)	2026 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	63	—	6.64	—
$\beta=0.9$	57	—	5.97	—
$\beta=0.8$	51	—	5.31	—
$\beta=0.7$	45	—	4.65	—
$\beta=0.6$	39	—	3.98	—
$\beta=0.5$	32	—	3.32	—
$\beta=0.4$	26	—	2.65	—
$\beta=0.3$	20	—	1.99	—
$\beta=0.2$	13	—	1.33	—
$\beta=0.1$	7	—	0.66	—
$\beta=0.0$	0	—	0	0
F2022-2024	10	—	1.00	1.3

注：2028 年漁期までの資源量は 2024 年漁期に得られている齢期別資源尾数の先送り計算によって算出されるため、90%予測区間は計算されない。

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2036 年漁期の親魚量 予測平均値 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2036 年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	146	94 – 209	4	82	100
$\beta=0.9$	152	98 – 214	5	85	100
$\beta=0.8$	159	103 – 227	7	89	100
$\beta=0.7$	165	105 – 235	8	90	100
$\beta=0.6$	172	110 – 243	10	93	100
$\beta=0.5$	181	116 – 255	13	95	100
$\beta=0.4$	188	122 – 264	15	96	100
$\beta=0.3$	198	125 – 282	21	97	100
$\beta=0.2$	206	131 – 291	24	98	100
$\beta=0.1$	215	139 – 306	29	99	100
$\beta=0.0$	224	144 – 314	34	99	100
F2022-2024	210	133 – 299	27	98	100

補足表 6-5. (続き)

考慮している不確実性: 加入量			
	親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る漁期年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	2056 年漁期以降	2031 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.9$	2056 年漁期以降	2031 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.8$	2056 年漁期以降	2031 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.7$	2056 年漁期以降	2030 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.6$	2051 年漁期	2030 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.5$	2050 年漁期	2030 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.4$	2042 年漁期	2030 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.3$	2042 年漁期	2030 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.2$	2041 年漁期	2030 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.1$	2033 年漁期(注)	2024 年漁期	2024 年漁期
$\beta=0.0$	2033 年漁期(注)	2024 年漁期	2024 年漁期
F2022-2024	2041 年漁期	2024 年漁期	2024 年漁期

補足資料 7 調査結果の概要

調査名：底魚類現存量調査

調査期間：2024 年 9 月 30 日～11 月 25 日

調査海域および調査地点：補足図 7-1

(1) 調査の概要

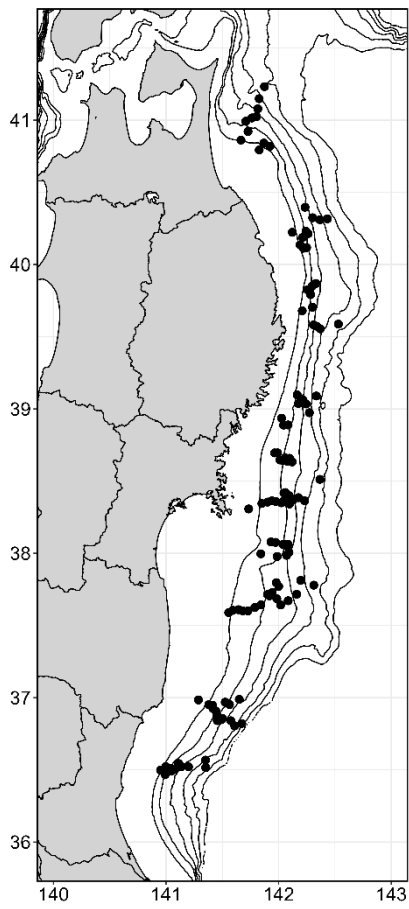
着底トロールによる現存量調査は 1997 年に開始し、以降毎年実施してきた。2002 年に推定精度向上を目的とした調査地点の増加・配置変更を行い、2004 年以降は現在の調査点数および配置となっている。現存量推定にあたり、1997～2003 年には対象海域の南北方向を 4 区分、水深帯を 100 m 毎の 8 区分の合計 32 層、2004 年以降はさらに水深 200～500 m を水深 50 m 幅に区分した合計 48 層として現存量を計算した。

2024 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、126 地点で調査を実施した（補足図 7-1）。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。

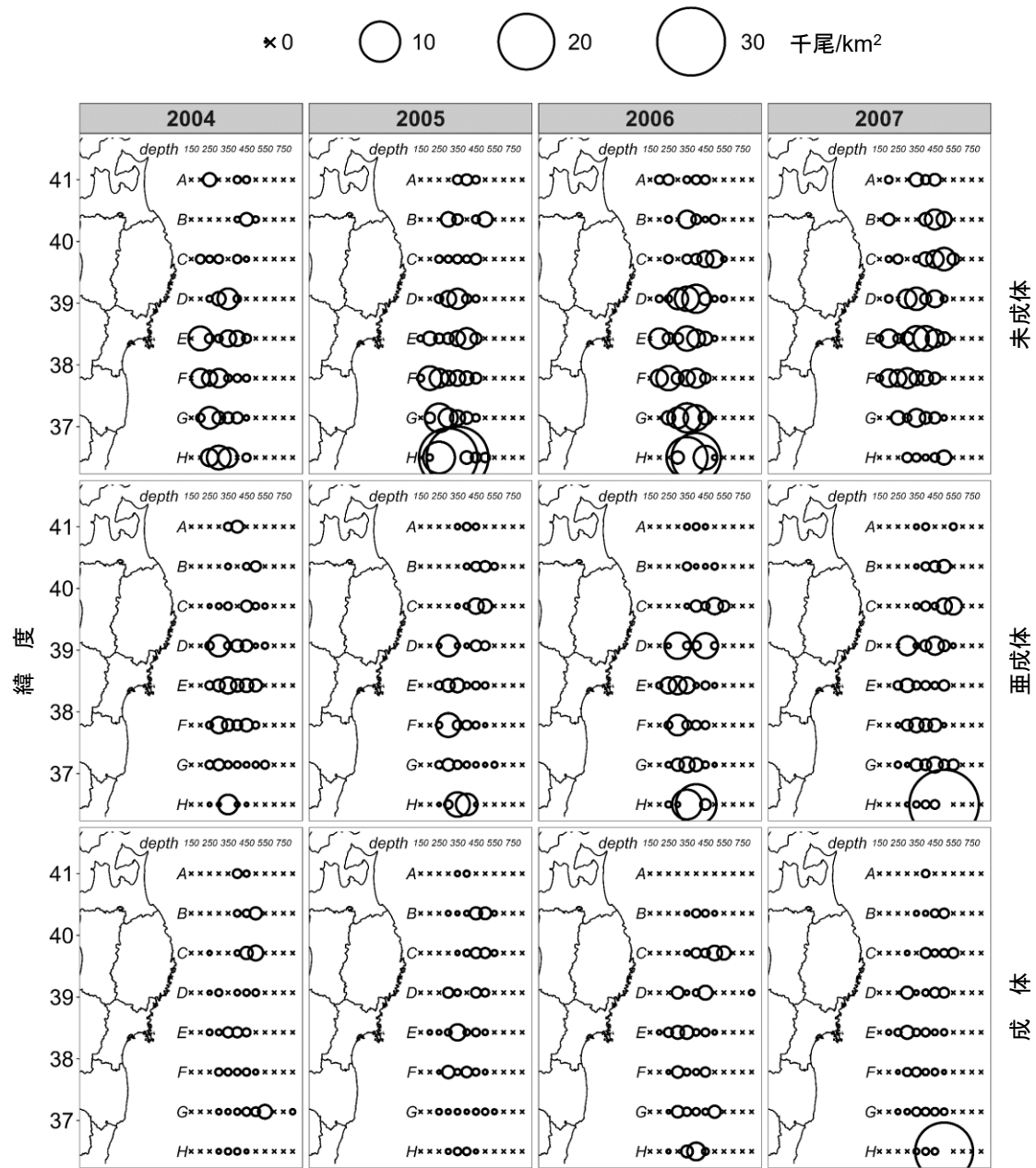
(2) 分布密度の経年変化

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 7-2～7-13）。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 56 mm 以上）および未成体（最終脱皮前かつ甲幅 56 mm 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、数年おきに高分布密度点が出現する状況が続いている。高分布密度点は、2015 年の調査では金華山沖の水深 500 m 帯、2019 年は岩手県沖の水深 600 m 帯、2023 年は福島県沖の水深 550 m 帯に出現しており、海域や出現する間隔に連続性は認められていない。なお、2019 年、2023 年の高分布密度点は成熟雌のみが分布していた。

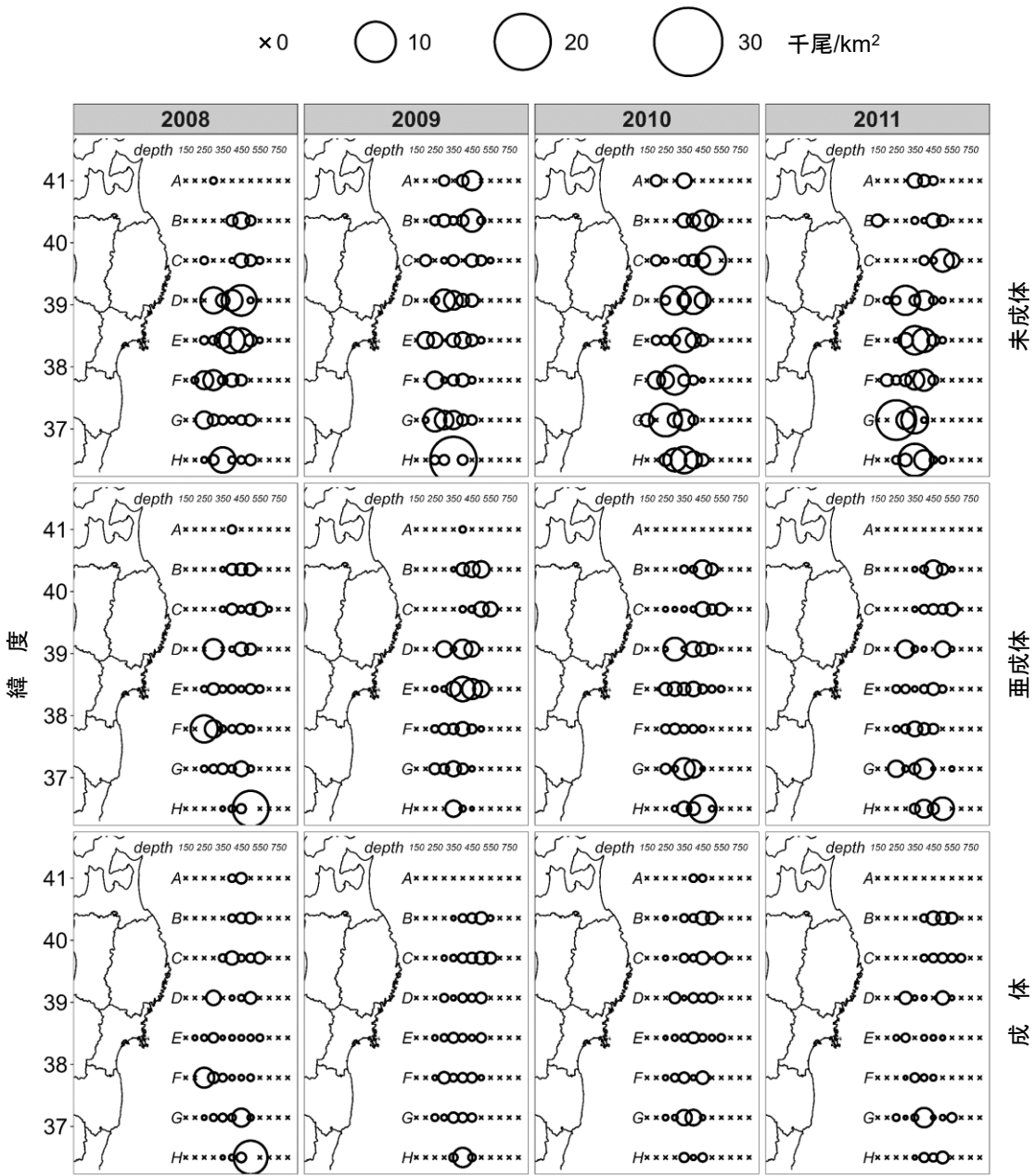
ズワイガニは 2000 年代には東北海域全体に広く分布しており、本系群の分布の南限となる日立沖でも分布密度の高い層が出現していたが、近年の福島県南部～茨城県沖では高分布密度点を除き、分布密度は低い水準で推移している。なお、分布密度の経年変化において、成体の分布は 2～3 年程度でみられなくなることから、本系群では漁獲対象となる年数は短く、加入の良否が資源量に大きく影響すると考えられる。



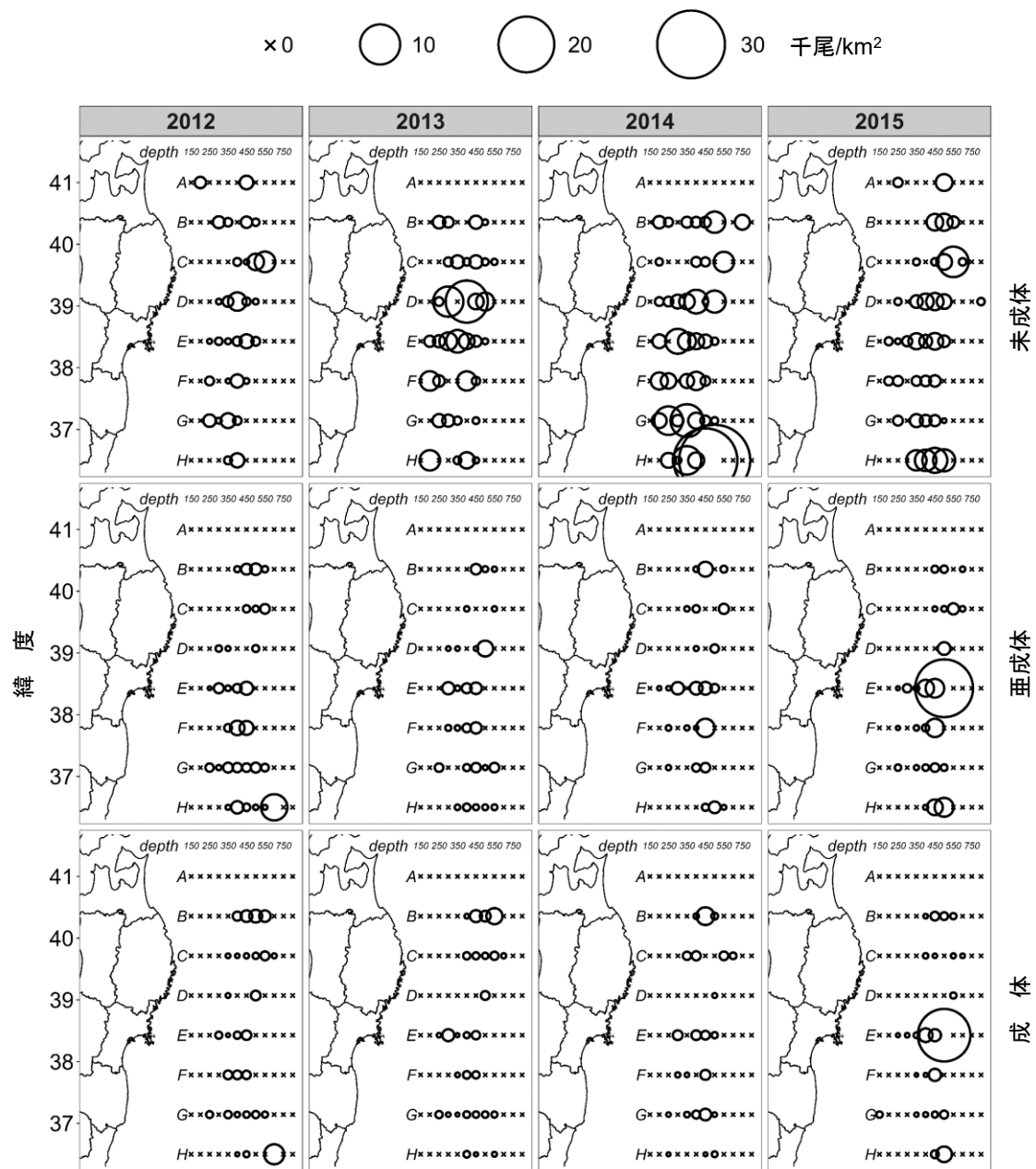
補足図 7-1. 2024 年の着底トロール調査点



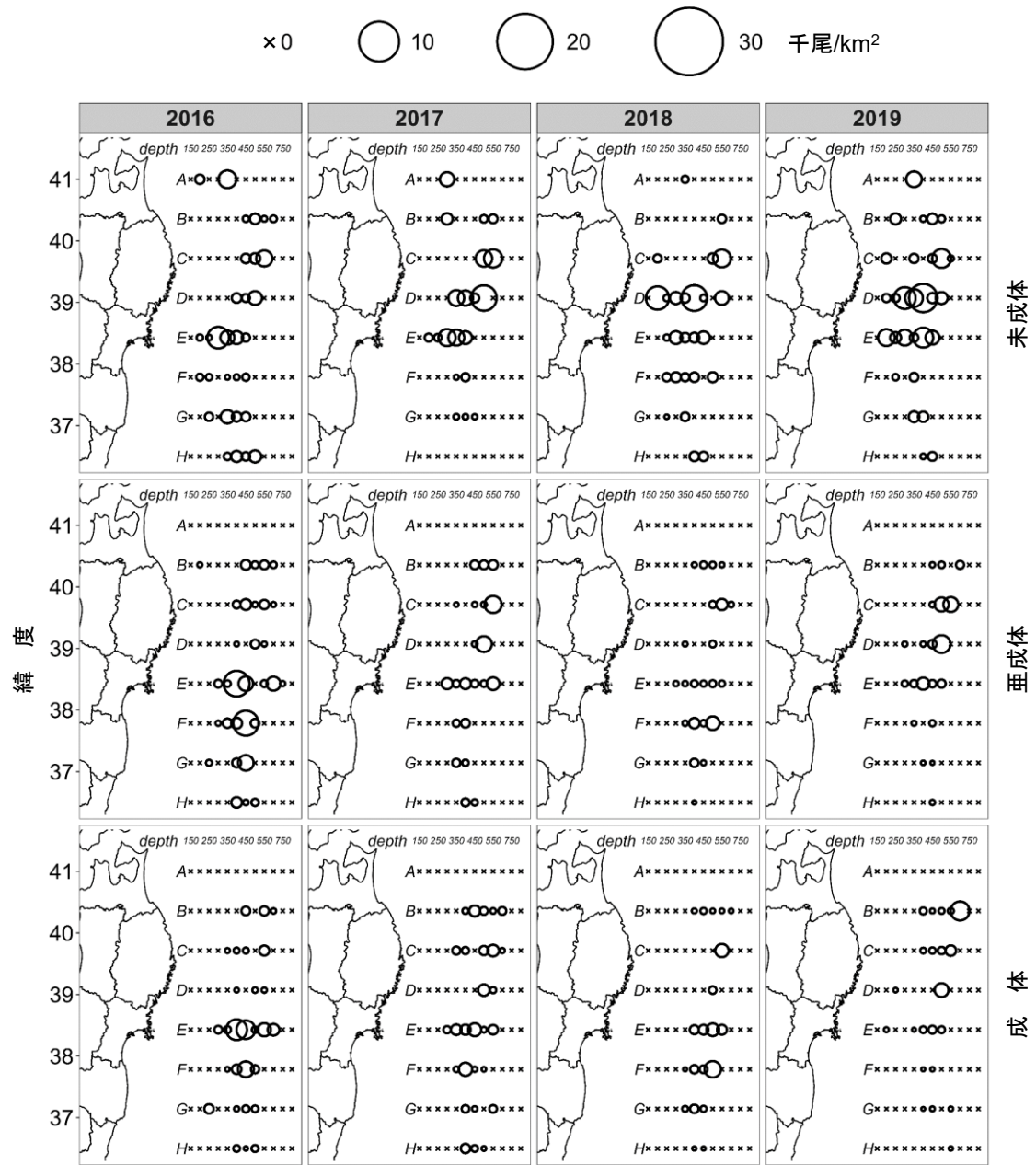
補足図 7-2. 2004～2007 年における雄の調査地点別の分布密度



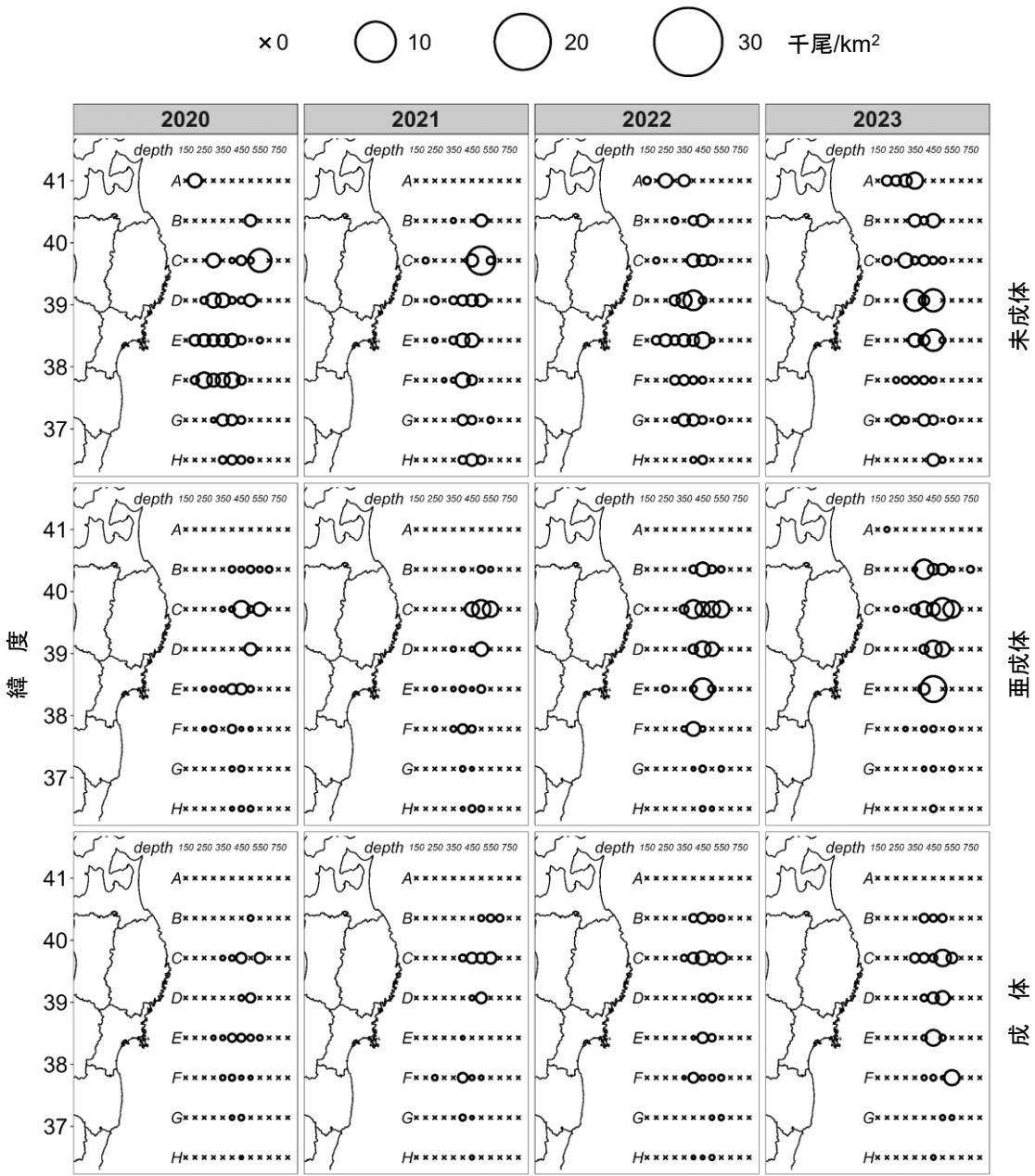
補足図 7-3. 2008～2011 年における雄の調査地点別の分布密度



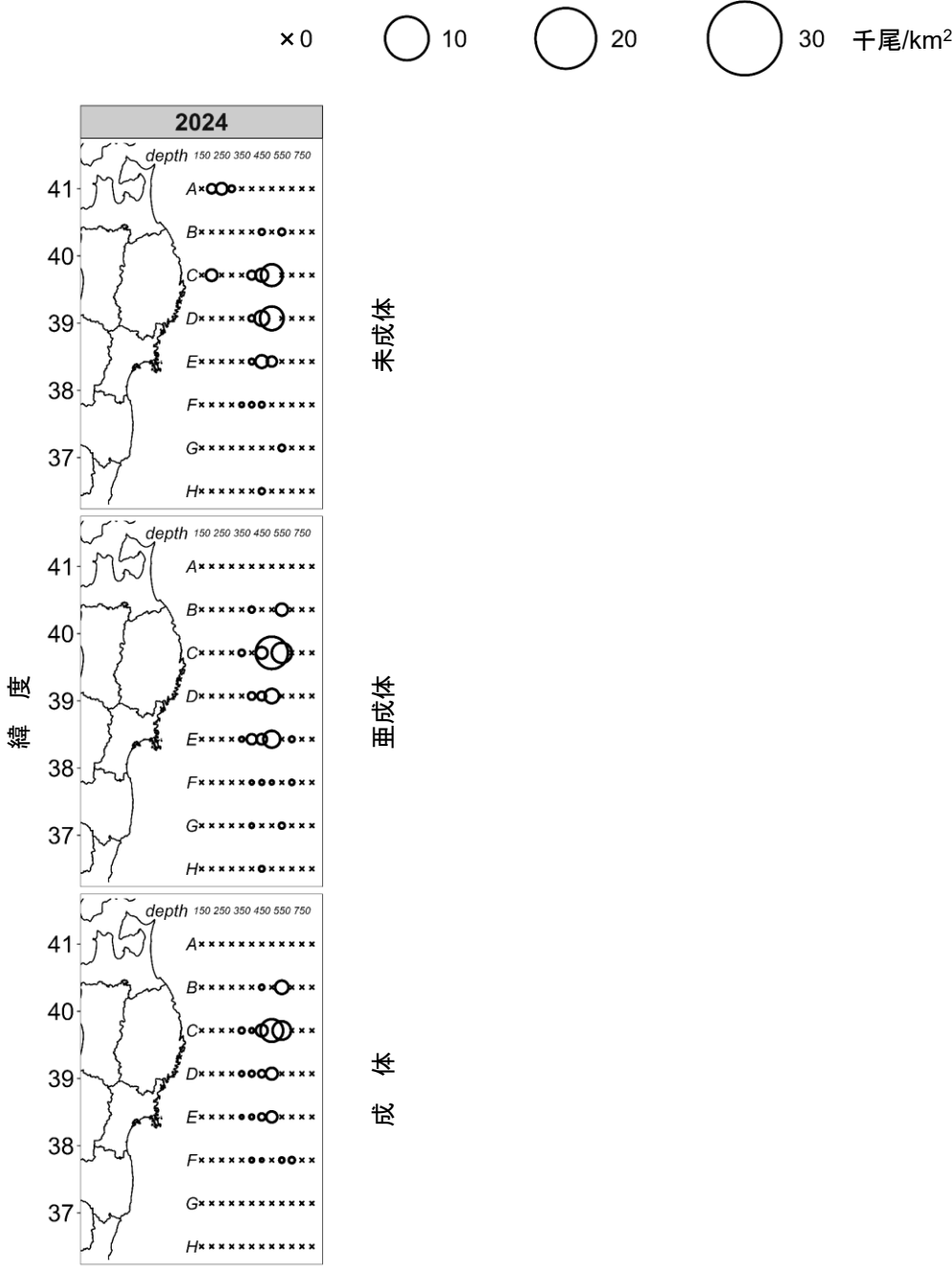
補足図 7-4. 2012～2015 年における雄の調査地点別の分布密度



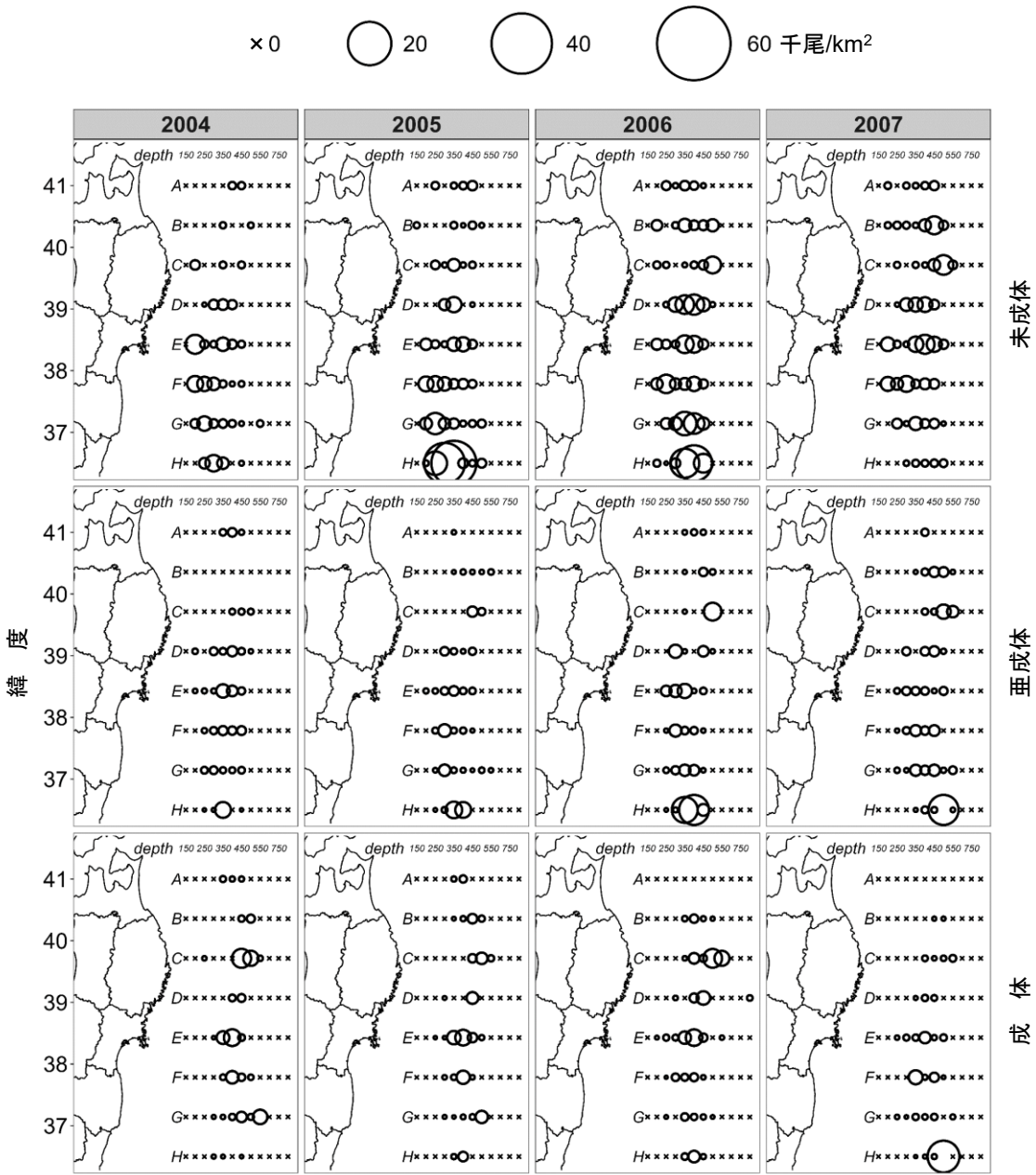
補足図 7-5. 2016～2019 年における雄の調査地点別の分布密度



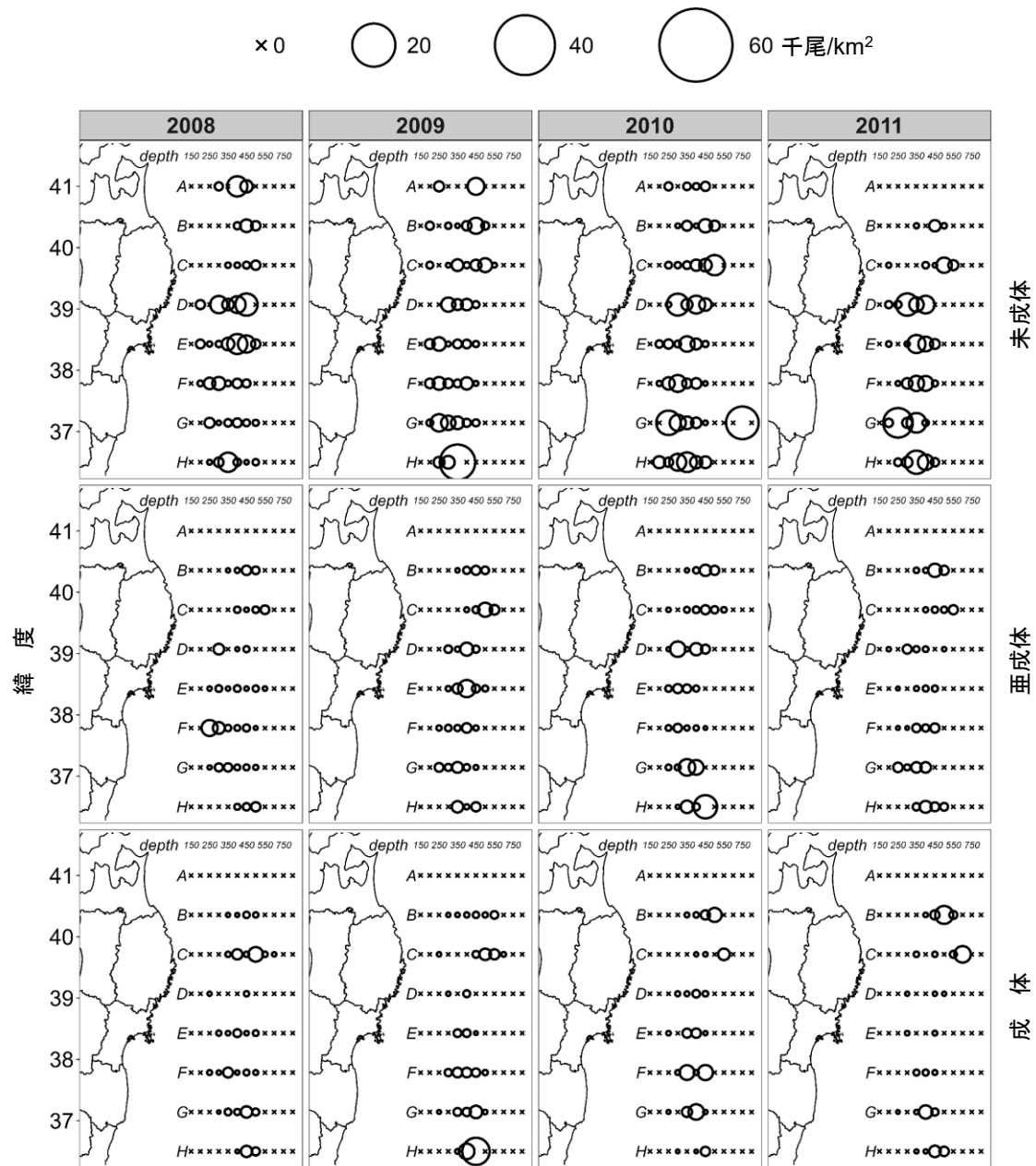
補足図 7-6. 2020～2023 年における雄の調査地点別の分布密度



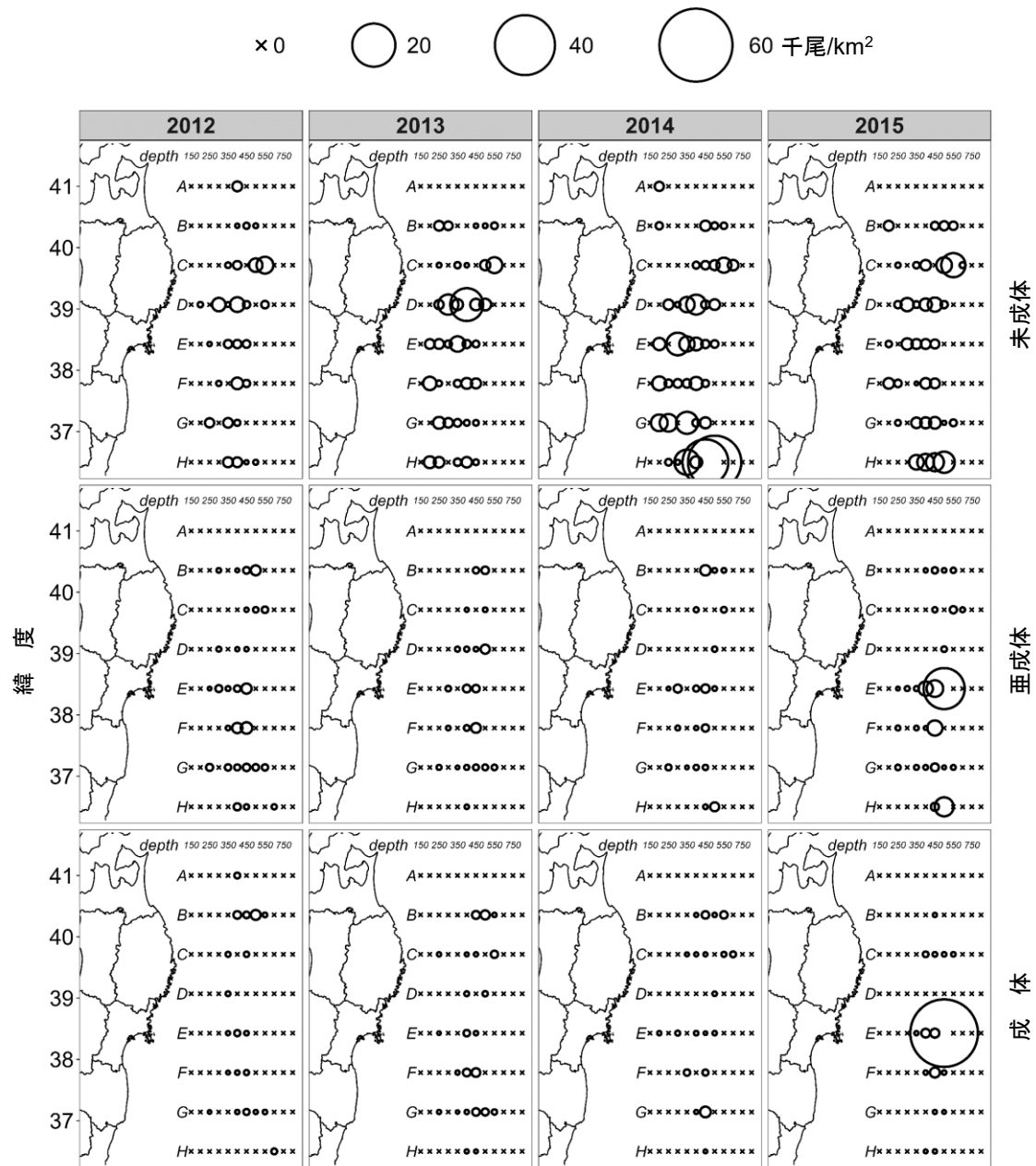
補足図 7-7. 2024 年における雄の調査地点別の分布密度



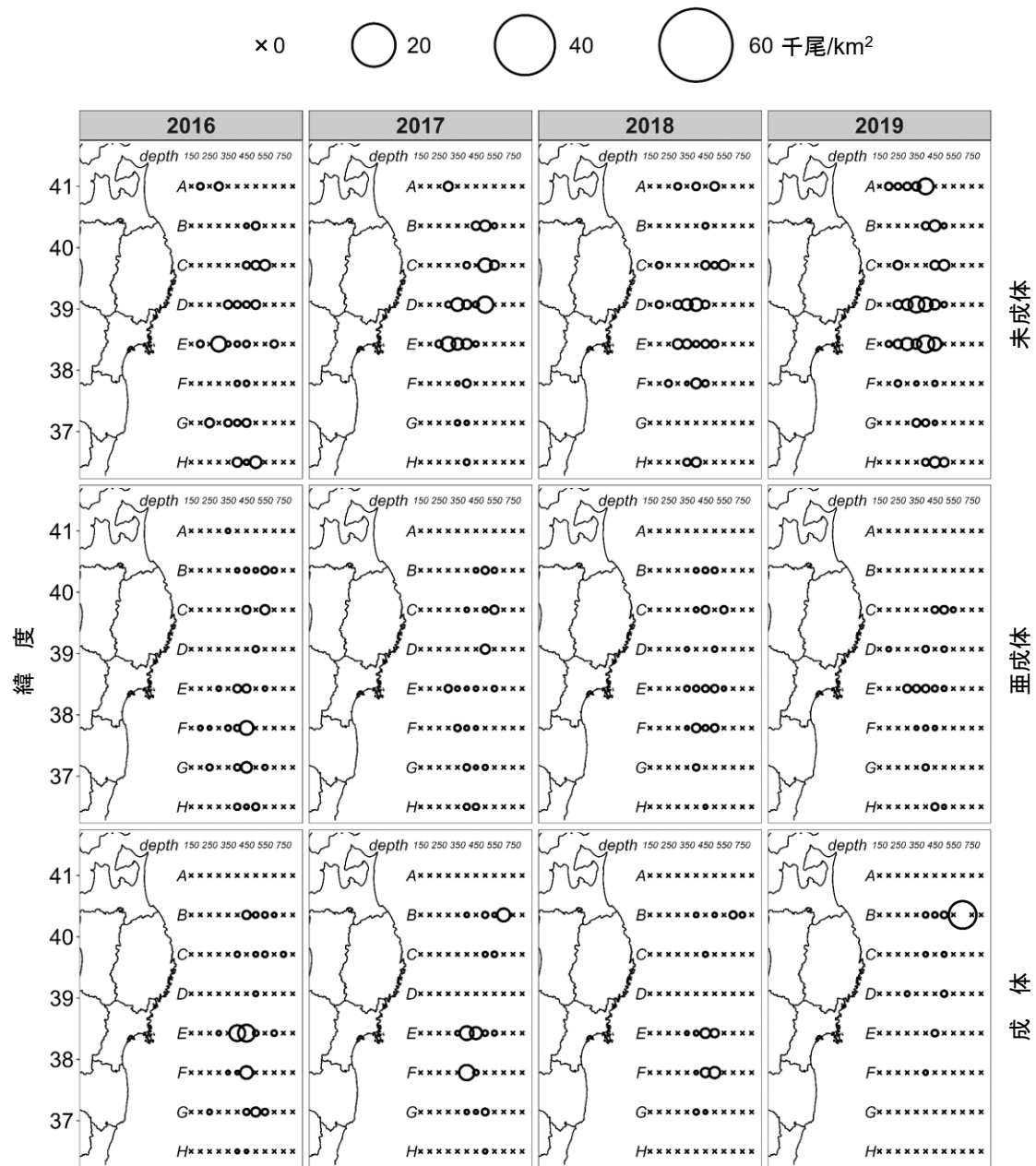
補足図 7-8. 2004～2007 年における雌の調査地点別の分布密度



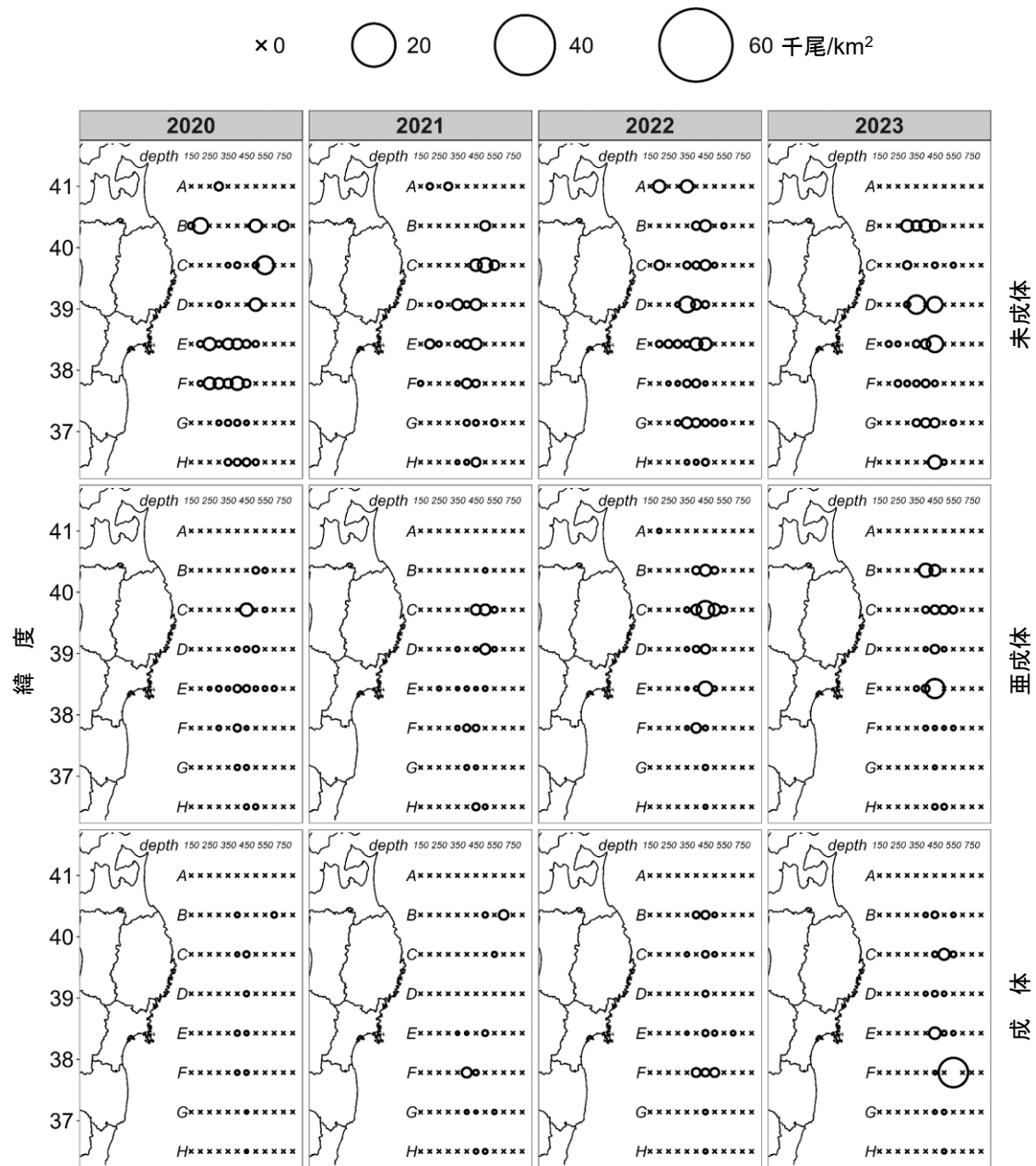
補足図 7-9. 2008～2011 年における雌の調査地点別の分布密度



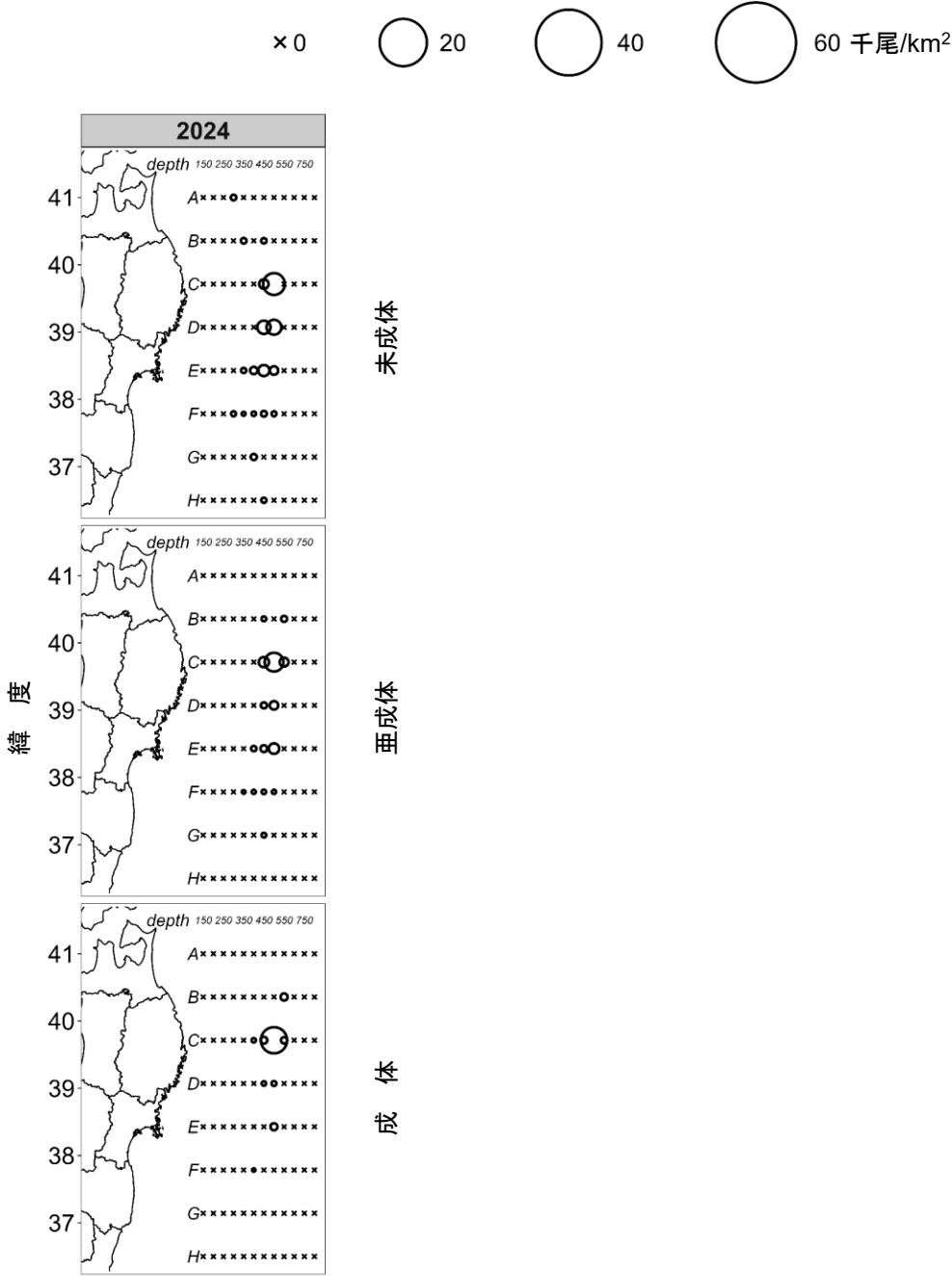
補足図 7-10. 2012～2015 年における雌の調査地点別の分布密度



補足図 7-11. 2016～2019 年における雌の調査地点別の分布密度



補足図 7-12. 2020～2023 年における雌の調査地点別の分布密度

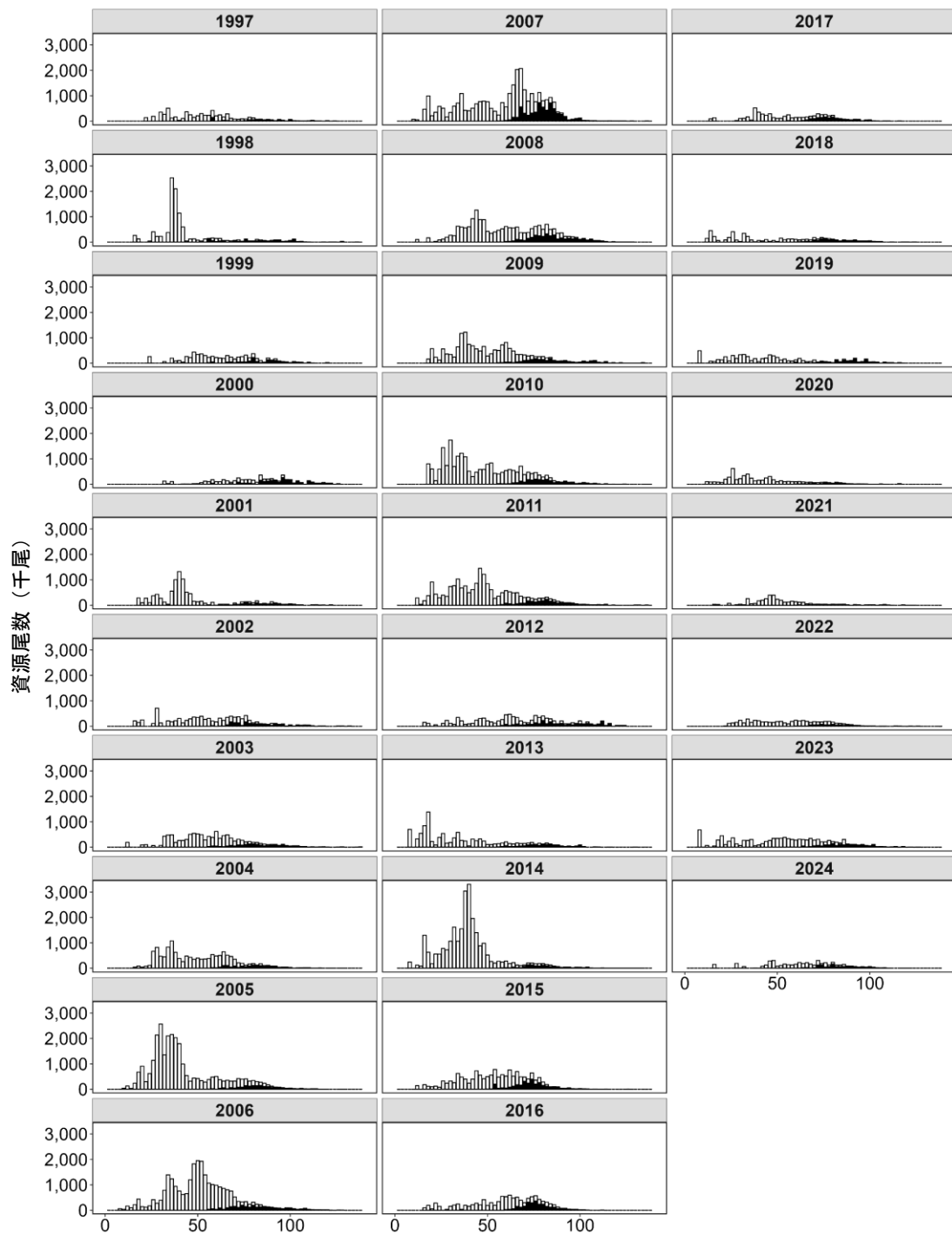


補足図 7-13. 2024 年における雌の調査地点別の分布密度

補足資料 8 着底トロール調査で得られた甲幅組成の推移

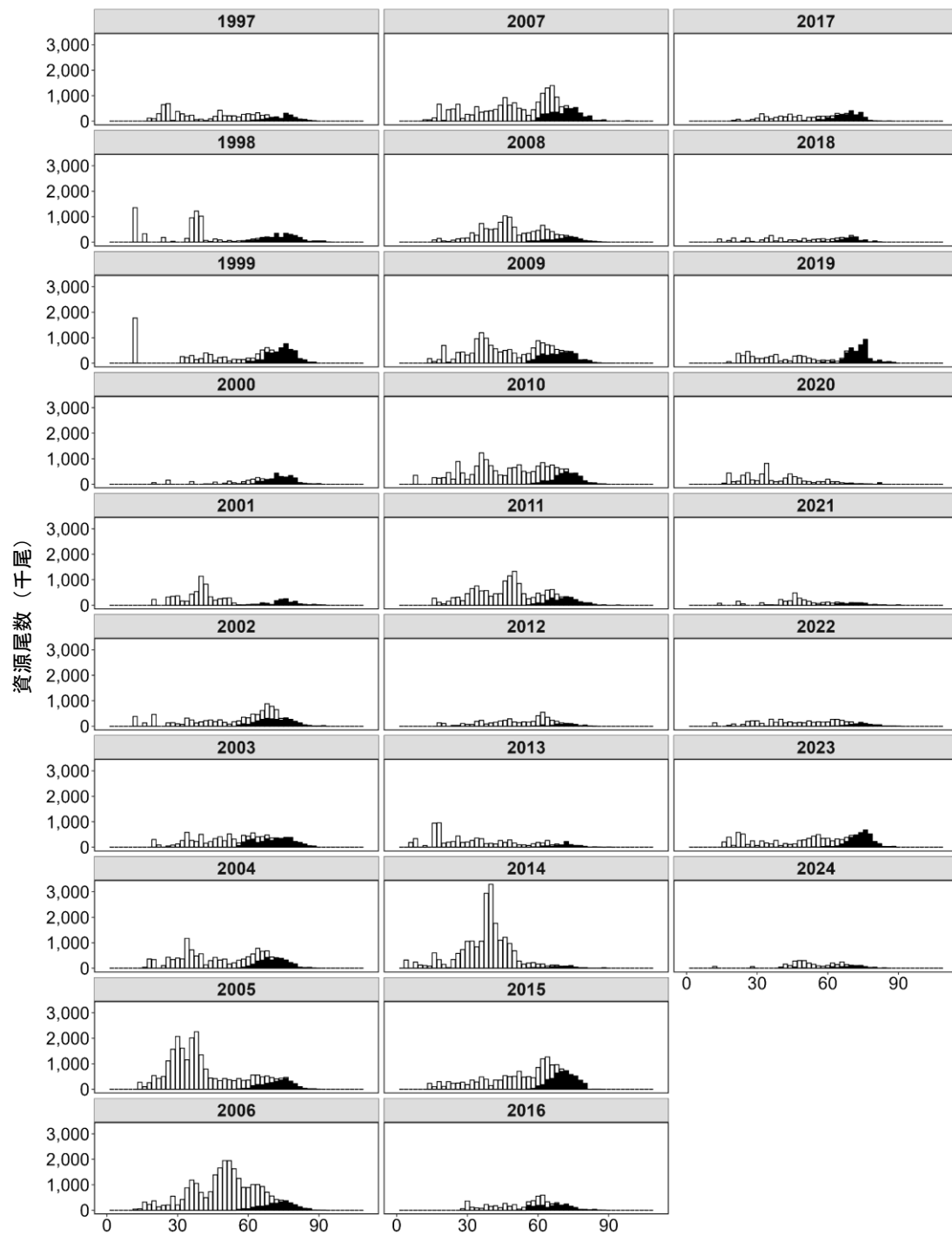
着底トロール調査で得られた甲幅組成の推移を補足図 8-1 および 8-2 に示した。雄の甲幅は概ね 10～140 mm の範囲にあり、成熟個体は甲幅 60 mm 前後から出現した。甲幅 80 mm 以上の漁獲対象資源では半数近くが成熟個体であり、甲幅 100 mm 以上では 8 割以上の個体が成熟していた。1998 年には 8 齢期に相当する甲幅 30 mm 級の個体が多く採集され、漁獲対象資源への加入が期待されたが、その後の数年間では漁獲対象となるような個体の増加は認められなかった。続いて 2005 年にも 8 齢期相当の個体が多く採集され、それらが成長したことで 2007～2008 年に甲幅 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。その後 2024 年にかけて現存尾数が増加したが、2024 年においても資源の多かった 2007、2008 年と比較すると現存尾数は依然として少ない。さらに、今後成長して漁獲対象となるような若齢個体が顕著に少なく、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。2024 年は前年に比べて現存尾数が減少し、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 8-1. 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 8-2. 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 9 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、雄の齢期別漁獲量を推定した（補足表 6-1）。なお、データの無い年については近傍のデータを用いて補完した（1997～1998 年漁期は 1999 年漁期、2002 年漁期は 2003 年漁期、2008～2010 年漁期は 2007 年漁期）。2011 年漁期以降は、2018 年漁期を除いて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 9-1. 雄の齢期別漁獲量（トン）

	11				12		13		14	合計
	80 mm未満	成	80 mm以上	成	未	成	未	成	成	
1997	11.9	7.1	13.5	12.9	10.5	17.4	9.7	27.2	37.4	147.6
1998	6.1	3.7	7.0	6.7	5.4	9.0	5.0	14.1	19.4	76.4
1999	4.3	2.6	4.9	4.7	3.8	6.4	3.5	9.9	13.7	53.9
2000	0.6	0.5	3.0	6.5	1.9	17.1	0.3	12.8	0.9	43.6
2001	0.0	0.0	2.2	10.4	5.1	17.8	1.0	20.5	4.4	61.4
2002	1.0	0.6	5.0	9.9	11.6	21.4	1.7	22.2	6.8	80.2
2003	2.8	1.7	10.6	9.3	24.5	28.9	2.9	26.1	11.4	118.4
2004	0.0	0.0	1.5	9.1	1.7	15.1	0.4	8.8	7.2	43.7
2005	0.0	0.0	5.7	11.2	9.8	10.3	1.7	6.0	8.6	53.4
2006	0.8	0.9	7.7	10.5	9.0	20.4	4.6	17.4	6.2	77.6
2007	0.9	0.3	3.2	6.4	6.7	27.0	2.0	20.5	8.8	75.6
2008	1.6	0.5	5.6	11.2	11.9	47.7	3.5	36.1	15.5	133.5
2009	1.7	0.5	6.0	12.0	12.6	50.8	3.7	38.5	16.5	142.4
2010	1.1	0.3	3.8	7.7	8.1	32.5	2.4	24.6	10.6	91.0
2011	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3
2012	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	1.3
2013	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	0.0	1.1
2014	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3
2015	0.0	0.0	0.8	1.2	0.2	1.5	0.0	0.5	0.2	4.5
2016	0.0	0.0	2.2	2.8	1.2	2.8	0.0	0.7	0.1	9.7
2017	0.0	0.0	0.7	2.5	0.3	3.2	0.0	1.7	0.2	8.6
2018	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.4	0.1	1.2
2019	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	1.7	0.1	1.3	0.4	4.2
2020	0.0	0.0	1.3	1.3	0.4	1.9	1.0	0.8	0.1	6.7
2021	0.0	0.0	0.6	1.2	0.2	1.8	0.3	2.1	1.2	7.3
2022	0.0	0.0	1.3	1.1	1.0	1.4	0.0	0.5	0.6	5.9
2023	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2024	0.0	0.0	0.5	0.7	0.5	1.2	0.2	0.7	0.1	3.9