

令和 5（2023）年度キチジ太平洋北部の資源評価

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（金森由妃・成松庸二・富樫博幸・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・永尾次郎・櫻井慎大・山本佑樹・

關野正志・中村洋路・安池元重）

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

要 約

キチジ太平洋北部の1月時点の資源量（以下「資源量」という）を着底トロール調査により推定した。資源量は豊度の高い年級群の成長により長期的に増加傾向を示していた。1996～2023年の資源量の最小値と最大値の間を3等分した資源水準の区分から2023年の資源量（9,977トン）の資源水準は高位、直近5年間（2019～2023年）の資源量の推移から動向は横ばいと判断した。一方、再生産成功率（RPS）は2004年級群以降低く、親魚量が増加しているにもかかわらず加入量の少ない年が続いていた。このため、適切な漁獲で親魚量を確保しつつ今後の加入を促すことを管理目標とした。本報告では、ABC算定のための基本規則1-3)-(1)に基づき、 $F_{limit} = F40\%SPR$ 、 $F_{target} = 0.8 \times F_{limit}$ を管理基準として2024年のABCを算定した。

管理基準	Target/ Limit	2024年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
F40%SPR	Target	360	4.2	0.047 (+18%)
	Limit	460	5.3	0.058 (+46%)

Limitは管理基準のもとで許容される最大レベルの漁獲量、Targetは資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下で安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。本系群のABC算定には、規則1-3)-(1)を用いた。 $F_{limit} = F40\%SPR$ 、 $F_{target} = \alpha \times F_{limit}$ とし、係数 α には標準値0.8を用いた。F値は2歳魚以上の全年齢群で同値と仮定し、漁獲割合から計算した。現状のF値（ $F_{current}$ ）は2020～2022年のF値の平均（ $=0.040$ ）、漁獲割合は2024年の漁獲量/資源量である。なおABCは10トン未満を四捨五入した値である。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2019	9,602	4,474	384	0.043	4.0
2020	12,297	6,090	380	0.033	3.1
2021	12,556	5,982	361	0.031	2.9
2022	12,002	5,981	600	0.055	5.0
2023	9,977	4,970	461	0.040	4.2
2024	8,592	—	—	—	—

年は暦年、資源量は1月時点の漁獲対象資源量、2022年の漁獲量は暫定値である。動向判断に用いた2019年以降の情報を示した。

2023年の資源量は2022年のF値を、2023年の漁獲量と2024年の資源量はF_{current}を用いて算出した。

水準：高位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
漁獲量	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 青森～茨城(5)県の農林統計(農林水産省、1975～2005年の沖底以外) 主要港水揚げ量(青森～茨城(5)県、2006～2022年の沖底以外)
努力量(網数)、CPUE	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)
漁獲物の体長組成	生物情報収集調査(水研、青森～宮城(3)県)
資源量、年齢別資源尾数、資源の体長組成、再生産成功率	底魚類資源量調査(10～11月、水研) 着底トロール(トロール網の採集効率にLogistic式を仮定)
自然死亡係数(M)	$M = 2.5/\text{寿命} = 2.5/20 = 0.125$ を仮定(田中 1960)

1. まえがき

キチジは、東北地方や北海道ではメヌケ類とともに「赤もの」と称され、魚価が高く、重要な漁獲対象資源の1つである。しかし、長期的な漁獲量や単位努力量あたり漁獲量(CPUE)の動向から、1990年代には資源は低位水準にあると考えられた。こうした背景から、太平洋北部(沖合底びき網漁業の太平洋北区に相当し、北海道太平洋側を含まない東北地方太平洋岸沖の海域を指す)のキチジは、水産庁により平成13(2001)年度から実施された「資源回復計画」に基づき、平成15(2003)年以降、保護区の設定による資源回復が図られてきた。資源回復計画は平成23(2011)年度で終了したが、資源回復計画で実施されていた措置は平成24(2012)年度以降も「資源管理指針・計画」に基づき、継続して実施されている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

キチジは、駿河湾以北の太平洋岸沖、北海道・千島列島の太平洋岸沖、オホーツク海、およびベーリング海に広く分布する。我が国周辺では、銚子以北の太平洋岸沖とオホーツク海で漁獲されるが、東北地方では常磐海区以北での漁獲が多い。太平洋北部では、キチジは水深 350~1,300 m 付近の深海域に生息しており（図 1）、水深 500~800 m で分布密度が最も高く、海底谷等の地形が複雑な場所に多い（北川ほか 1985）。

太平洋北部では回遊に関する研究は行われていないが、オホーツク海の北見大和堆で放流した個体の一部が太平洋側で再捕されたことが報告されている（木下ほか 1999）。また、北海道を含む太平洋岸沖の集団において、遺伝的分化は観察されていない（Sakaguchi et al. 2014）。

(2) 年齢・成長

大型魚（体長 25 cm 以上）では耳石縁辺部が透明化し、輪紋をうまく判別できないため、成長は十分に解明されていない。体長 20 cm 程度までは雌雄間で成長にほとんど差がないことが報告されている（服部 1998）。また、資源が増加した近年には、小型魚の成長が以前に比べて悪くなったことが報告されている（濱津・服部 2003、Hattori et al. 2007）。

2011 年の標本から得られた成長式と体長-体重の関係式は以下の通りである（図 2）。

$$SL = 320(1 - e^{-0.4438(t+3.433)}),$$
$$BW = 1.867 \times 10^{-5} \times SL^{3.068}$$

ここで、SL は標準体長（mm）、BW は体重（g）、年齢（t）の起算日は 4 月 1 日である。キチジの成長は個体差が大きいが、平均的には 1 歳で体長 5.6 cm、2 歳で 6.8 cm、3 歳で 7.9 cm、4 歳で 8.9 cm、5 歳で 9.9 cm、6 歳で 10.8 cm と非常に遅い。体長 20 cm に達するには 10 年以上を要し、最大で体長 30 cm 程度となる。なお、寿命については、飼育下で全長 20 cm 程度の個体が 9 年後に全長 27~28 cm となったことから（國廣 1995）、20 歳程度には達するものと考えられる。

(3) 成熟・産卵

キチジの成熟体長は、過去の報告では海域によって異なるとされていたが（三河・伊藤 1981）、組織学的観察により再検討した結果、近年の成熟体長には海域間による差は認められなかった。50%成熟体長は、雌は 15 cm（図 3、服部ほか 2006）、雄は 9 cm（濱津・服部 2004）であることが報告されている。2011 年の年齢-体長関係に基づき年齢別成熟割合を調べると、雌は 10 歳で 11%、11 歳で 35%、12 歳で 69%、16 歳以上で 100%が成熟、雄は 4 歳で 0%、5 歳以上で 100%が成熟していた。ただし、キチジでは年級群による成長差が大きいため、年齢別成熟割合に年変化があると推測される。

産卵期は 1~4 月で、平均卵径 1 mm 強の楕円形の卵を 1 万~15 万粒産出する（三河・伊藤 1981）。また、1 産卵期に 2 回の産卵を行うとの報告がある（Koya et al. 1995、國廣 1996、濱津・服部 2004）。4 月に太平洋北部全域で行われた調査では成魚の集群が認めら

れず、産卵場は青森県～茨城県沖の太平洋岸沖全域に及んでいる可能性が高い（濱津・服部 2002）。卵は浮遊性でゼラチン質のひも状卵囊に包まれた状態で産み出され（深滝 1963、Koya and Matsubara 1995）、稚魚ネット等により表層で採集される。天然の仔稚魚の生態については不明であるが、仔稚魚は中層に生息すると考えられる（服部 1998）。

（4）被捕食関係

キチジは主にエビ類、オキアミ類、クモヒトデ類、端脚類、多毛類および魚類を摂餌する（三河 1952、東北区水産研究所八戸支所 1956、後藤 2004）。特定の索餌期はなく、周年索餌する。被食については、体長 10 cm 以下のキチジが体長 30 cm 以上のマダラに捕食されていた例がある（橋本 1974）。また、アブラガレイによる被食も報告されているが（三河 1955）、現在の太平洋北部ではアブラガレイの漁獲量は少なく、資源量も少ないと推測されるため、キチジ資源への捕食圧は小さいと考えられる。

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

太平洋北部のキチジは主に沖合底びき網漁業（以下「沖底」という）、小型底びき網漁業（以下「小底」という）、底はえ縄、底刺網により漁獲されるが、漁獲量の大部分は沖底であった（表 1）。当海域の沖底は海区により漁法が異なり、尻屋崎海区ではかけまわし、岩手海区では 2 そうびき（一部かけまわし）、金華山海区以南ではトロールによる操業が行われている（小海区の区分は図 4 参照）が、いずれの海区においてもキチジは重要な漁獲対象となっている。なお、沖底では様々な魚種が漁獲対象となるため、各魚種の資源状態により漁獲の主対象が変化する。1990 年代以降、沖底船はイカ類などの沿岸資源を狙って操業することが多くなっており、キチジに対する漁獲圧は低下していると推測される。

（2）漁獲量の推移

全漁業種類を合わせた漁獲量は 1975 年以降減少し、1997 年には 1975 年以降で最低の 258 トンとなった（図 5、表 1）。その後、若干増加して 2006～2010 年には 600 トン前後で推移したが、2011 年の東日本大震災（以下「震災」という）の影響により再び減少した。2015 年以降はやや増加しており、2022 年は 600 トン（暫定値）であった。

漁業種別別の漁獲量では、沖底の漁獲量は 1970 年代には 2,000 トン前後であったが、その後減少傾向が続き、1997 年には 229 トンと最低となった（図 5、表 1）。2003～2010 年には緩やかに増加傾向となり、500 トン前後で推移していた。2011 年には震災の影響により 390 トン、2014 年には 319 トンまで減少したものの、その後は増減を繰り返し、2022 年は 582 トン（暫定値）となった。小底の漁獲量は 1970 年代には 1,000 トン前後であったが、その後減少傾向となり、2014 年以降は非常に低い値で推移している。

沖底の小海区別漁獲量をみると、1998 年以降、金華山海区と常磐海区での漁獲量は増加傾向であったが、常磐海区では 2011 年の震災以降、操業自粛のために漁獲量が激減した（表 2）。また、金華山海区では 2012 年に漁獲量が一時的に増加したが、これは加工場の減少やマダラの水揚げ制限等により、鮮魚として出荷するキチジを狙う操業が増加したためであった。

(3) 漁獲努力量の推移

近年の有漁網数（キチジが漁獲された日の網数を漁船ごとに集計したもの）は、過去の有漁網数と比較してすべての漁法で低い水準にある（図 6、表 3）。尻屋崎～岩手海区のかけまわしでは、1972～1987 年に増減を繰り返しながらも 9,470 網（1984 年）～22,069 網（1980 年）で推移していたが、その後は低い状態が続いており、2022 年は 1,817 網（暫定値）であった。岩手海区の 2 そうびきでは、1993 年（5,444 網）をピークに緩やかに減少し、2010 年以降は 346 網（2013 年）～820 網（2010 年）で推移しており、2022 年は 451 網（暫定値）であった。金華山海区以南のトロールでは、漁獲努力量は大きく増減を繰り返している。1988～1996 年までは減少傾向にあったが、1997 年以降増加に転じ、2004 年には 14,952 網となった。しかし、2005 年以降再び減少傾向を示し、2011 年には震災の影響で 3,536 網と大幅に減少した。その後は低い水準で推移しており、2022 年は 1,992 網（暫定値）であった。震災以降、特に常磐海区の漁獲努力量は低い値となっており、その原因として福島県船が操業自粛してきたことや宮城県船が金華山海区主体で操業していることがあげられる。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源の状態は、毎年秋季に調査船若鷹丸（水産機構所属、692 トン）を用いた着底トロール網による底魚類資源量調査（水深 150～900 m、2022 年は計 143 地点；以下、「着底トロール調査」という）の結果に基づき評価した（補足資料 1）。調査海域は青森県～茨城県沖であり、本系群の分布範囲をほぼ網羅している（補足資料 3）。調査の詳細については、服部ほか（2006）および金森ほか（2021）を参照されたい。調査で得られたデータに対して面積－密度法を用い、年齢別の資源尾数と資源量を求めた（補足資料 2～4）。この時、採集効率は体長に依存して Logistic 型に変化すると仮定した（図 7、補足資料 2、補足表 4-4、4-5、4-6、4-7、4-8、平成 21 年度の報告を参照）。採集効率の詳細は補足資料 2 を参照されたい。

(2) 資源量指標値の推移

いずれの小海区・漁法においても、沖底の CPUE（漁獲量/有漁網数）は 1990 年代まで減少傾向にあったが、その後増加していた（図 8、表 4）。漁業種類別にみると、岩手海区の 2 そうびきおよび金華山海区以南のトロールにおいて、2011 年以降の CPUE の増加が顕著であった（図 8）。また、重み付け CPUE（漁業種類ごとの CPUE を漁業種類ごとの CPUE の平均値で除し、各々の漁獲量を乗じたものを合計し、さらにその年の合計漁獲量で除したものは、漁業種類別の CPUE の推移と同様に、2011 年以降増加していた（図 8）。

(3) 漁獲物の体長組成

2022 年の漁獲物の体長組成をみると、体長 6 cm 程度から漁獲対象となっていた（図 9）。青森県と宮城県では漁獲物の体長組成のモードが異なっており、青森県では大型個体が、宮城県では小型個体と大型個体が漁獲の主体となっていた。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は、1996年以降、増加傾向を示していた（図10）。2014年以降資源量は増加と減少を繰り返しており、2023年の資源量は9,977トンと算定された（補足表4-8）。

1月時点の資源尾数（以下、「資源尾数」という）は2005年にピークに達し（131,833千尾）、その後減少と増加を繰り返している（図11、補足表4-7）。2～4歳の若齢魚の資源尾数は、2005年にピークに達し（113,419千尾）、その後減少傾向である。2023年の若齢魚の資源尾数は3,580千尾であった。

F値と漁獲割合は、1996年以降、減少傾向にある。2022年のF値と漁獲割合は、どちらも低い値を示していた（ $F = 0.055$ 、漁獲割合 = 5.0%；図12、補足表4-9）。

(5) 再生産関係

再生産成功率（2歳魚資源尾数/雌親魚量：RPS）は1999～2002年級群で高かったが、2004年級群以降は低い状態が続いており（図13）、親魚量が増加しているにもかかわらず加入量の少ない年が続いている（図14、補足表4-8）。RPSの値は2012～2014年級で若干の増加が認められたが、2020年級のRPSは0.11尾/kgとなった。着底トロール調査の結果からも、2018年以降、小型の個体が顕著に減少していることが確認された（補足図3-2）。

(6) Blimitの設定

明瞭な再生産関係が認められないため（図15）、Blimitは設定していない。

(7) 資源の水準・動向

資源状態は、秋季の着底トロール調査のデータに面積－密度法を適用して推定した翌年1月時点の資源量を用いて判断した。資源水準の区分は1996～2023年の資源量の最小値（1,611トン、1996年）と最大値（12,556トン、2021年）の間を3等分し、低中位の境界を5,259トン、中高位の境界を8,908トンとした（図10）。2023年の資源量が9,977トンであることから資源水準は高位、動向は資源量の直近5年間（2019～2023年）の推移から横ばいと判断した。同様の方法を親魚量に対して適用し資源状態を確認したが、資源水準・資源動向ともに資源量を用いた場合と同様であった（図14）。

(8) 今後の加入量の見積もり

明瞭な再生産関係が認められないため、加入量を見積もっての将来予測は行っていない。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

YPRとSPRの式を用いてYPRと%SPRを求めた（図16）。キチジでは、資源の増加に伴い成長が悪くなっているため（Hattori et al. 2007）、成長に関するパラメータを2011年時点の成長式および体長－体重関係式から求め、漁獲開始年齢を3歳、加入年齢を1歳6ヶ月（1.5歳）、成熟年齢を12歳、寿命を20歳とした。

本報告では、 $F_{current}$ を2020～2022年のF値の平均とした。図16に示す通り、 $F_{current}$ （=0.040）は、 F_{max} （=0.144）、 $F_{0.1}$ （=0.088）および $F_{40\%SPR}$ （=0.058）のいずれの値より低い値であった。

5. 2024 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

キチジ太平洋北部の資源量は 1996 年以降、増加傾向を示しており、2023 年の資源量は 9,977 トンと高い水準を維持していた（図 10）。その一方で 2004 年級群以降の再生産成功率は低い状態が続いている。加入が少ない状況下での資源の増加の原因（資源量推定方法の妥当性や他海域からの個体の来遊など）について今後知見の収集が必要である。

(2) ABC の算定

2024 年 1 月時点の資源量は、以下の方法で推定した。F2023 は、Fcurrent、すなわち 2020～2022 年の F 値の平均と仮定した。ここで M を 0.125 とすると、2023 年の年間生残率は 0.848 となる。この値を 2023 年 1 月時点の年齢別資源尾数（補足表 4-7）に乘じ、2024 年 1 月時点の 3 歳魚以上の資源尾数を求めた。

年齢別資源尾数の推移から、1 歳魚が翌年の 2 歳魚になる比率を求めると、比率は年間で大きく変動していた（補足図 3-4、補足表 4-1）。そのため、2024 年 1 月の 2 歳魚資源尾数は、採集効率を 1 と仮定した場合の 2023 年 1 月の 1 歳魚資源尾数に直近 3 年間の比率の平均値（= 3.69）を乘じ、Logistic 式から求めた 2021 年の 2 歳魚の採集効率（補足表 4-4）を除して求めた。なお、2023 年 1 月の 1 歳魚資源尾数は 2022 年秋季の 1 歳魚資源尾数から 2 ヶ月分の漁獲および自然死亡分を引いた値である。

また、冬期の成長は悪いと考えられるため（服部 1998）、年齢別の平均体重は 10～11 月時点のものを翌年のものとみなせると仮定し、2024 年 1 月の平均体重は 2022 年秋季と同様と仮定した。以上の方法により資源量を推定した結果、2024 年 1 月の資源量は 8,592 トン、資源尾数は 53,268 千尾となり、ともに 2023 年より減少すると予測された（2023 年の資源量は 9,977 トン、資源尾数は 62,811 千尾）。

1996 年以降、資源量は増加傾向にある一方で、2004 年級群以降の RPS は低い状態が続いている。このため、適切な漁獲で親魚量を確保しつつ今後の加入を促すことを管理目標とした。2023 年の ABC は、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(1)に基づき F_{limit} = 基準値、 $F_{target} = F_{limit} \times \alpha$ として算定した。本資源は成長が遅く、成熟年齢が高齢であることから基準値を $F_{40\%SPR}$ とした。また、不確実性を考慮した安全率 α を 0.8 とした。その結果、2024 年の資源量に対して計算される ABC_{limit} は 460 トン、 ABC_{target} は 360 トンとなった。

管理基準	Target/ Limit	2024年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値から の増減%)
F40%SPR	Target	360	4.2	0.047 (+18%)
	Limit	460	5.3	0.058 (+46%)

Limitは管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量であり、Targetは資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。本系群のABC算定には、規則1-3)-(1)を用いた。Flimit = F40%SPR、Ftarget = $\alpha \times$ Flimitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。F値は2歳魚以上の全年齢群で同値と仮定し、漁獲割合から計算した。現状のF値(Fcurrent)は2020~2022年のF値の平均(=0.040)であり、漁獲割合は2024年の漁獲量/資源量である。ABCは10トン未満を四捨五入した値である。

(3) ABCの評価

将来の加入予測の不確実性が大きいこと、年齢別資源尾数の推定に問題点が残ることから、異なるFに対応した資源量および漁獲量の予測は行っていない。

(4) ABCの再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2021年沖底漁獲量の確定値	2021年沖底漁獲量の確定
2022年秋季の資源量確定値	2022年秋季の資源量の追加
2022年沖底漁獲量の暫定値	2022年沖底漁獲量の暫定値の追加

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン) (実際のF値)
2022年(当初)	F40%SPR	0.058	11,132	590	470	
2022年(2022年再評価)	F40%SPR	0.058	12,002	640	510	
2022年(2023年再評価)	F40%SPR	0.058	11,955	630	510	600 (0.055)
2023年(当初)	F40%SPR	0.058	11,132	590	470	
2023年(2023年再評価)	F40%SPR	0.058	9,977	530	420	

当初と翌年の再評価時の資源量を比較した際、両年ともに資源量が増加しているのは、翌年に着底トロール調査による資源量の推定値が得られるためである。翌々年には、調査結果から翌年1月の資源量を求める際の漁獲量が確定するため、資源量が増加する。

6. ABC 以外の管理方策の提言

価格の安い小型魚（体長 15 cm 以下）を保護することで、親魚量の増加およびその後の加入量の増加が期待できる。また、小型魚が成長すれば単価の上昇も期待でき、漁獲開始年齢の引き上げはキチジの資源管理に有効な方策と考えられる (Noranartragoon et al. 2011)。

7. 引用文献

- 深滝 弘 (1963) 太平洋北西部から採集されたキチジの浮性卵囊. 日水研報告, **11**, 91-100.
- 後藤友明 (2004) 岩手県沖合域に生息するキチジ *Sebastolobus macrochir* の年齢、成長、成熟および食性. 岩手水技セ研報, **4**, 39-47.
- 橋本良平 (1974) 東北海区漁場におけるマダラの食性と生息水深の変動に関する研究. 東北水研研報, **33**, 51-66.
- 服部 努 (1998) 東北太平洋岸沖におけるキチジの年齢と成長. 漁業資源研究会議底魚部会報, **1**, 3-10.
- 服部 努・成松庸二・伊藤正木・上田祐司・北川大二 (2006) 東北海域におけるキチジの資源量と再生産成功率の経年変化. 日水誌, **72**, 374-381.
- Hattori, T., Y. Narimatsu, M. Ito, Y. Ueda, K. Fujiwara and D. Kitagawa (2007) Growth changes in bighead thornyhead *Sebastolobus macrochir* off the Pacific coast of northern Honshu, Japan. Fish. Sci., **73**, 341-347.
- 濱津友紀・服部 努 (2002) キチジ (太平洋北海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書, 北海道区水産研究所, 12-17.
- 濱津友紀・服部 努 (2003) キチジ (太平洋北海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書, 北海道区水産研究所, 12-19.
- 濱津友紀・服部 努 (2004) キチジ (太平洋北海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書, 北海道区水産研究所, 12-21.
- 金森由妃・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・永尾次郎 (2021) 2020 年底魚類現存量調査結果. 東北底魚研究, **41**, 78-101.
- 木下貴裕・國廣靖志・多部田修 (1999) 標識放流に基づくオホーツク海南部におけるキチジの回遊. 日水誌, **65**, 73-77.
- 北川大二・橋本 惇・上野康弘・石田享一・岩切 潤 (1985) 三陸沖深海域におけるキチジの分布特性. 海洋科学技術センター試験研究報告, 107-117.
- Koya, Y. and T. Matsubara (1995) Ultrastructural observations on the inner ovarian epithelia of kichiji rockfish *Sebastolobus macrochir* with special reference to the production of gelatinous material surrounding the eggs. Bull. Hokkaido Natl. Fish. Res. Inst., **59**, 1-17.
- Koya, Y., T. Hamatsu and T. Matsubara (1995) Annual reproductive cycle and spawning characteristics of female kichiji rockfish *Sebastolobus macrochir*. Fish. Sci., **61**, 203-208.
- 國廣靖志 (1995) オホーツク海のキチジの漁業と生態. その 2. 北水試だより, **29**, 14-22.
- 國廣靖志 (1996) オホーツク海で獲れた産卵中のキチジ (短報). 北水試研報, **48**, 27-29.
- 三河正男 (1952) 東北海区における底魚類の消化系と食性について. 第 1 報キチジ. 東北水研研報, **1**, 20-24.
- 三河正男 (1955) 東北海区における底魚類の消化系と食性について. 第 3 報アブラガレイ.

東北水研研報, **4**, 136-146.

三河正男・伊藤勝千代 (1981) キチジの成熟と産卵について. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, **16**, 42-52.

Noranarttragoon, P., Y. Ueda, T. Hattori and T. Matsuishi (2011) Value-per-recruit analysis of bighead thornyhead *Sebastolobus macrochir* caught off the Pacific coast of northern Honshu, Japan. Fish. Sci., **77**, 497-502.

Sakaguchi, S. O., K. Takishita, T. Goto, H. Shibata, S. Kojima, S. Tsuchida, H. Kitazato and K. Fujikura (2014) Analyses of age and population genetic structure of the broadbanded thornyhead *Sebastolobus macrochir* in North Japan suggest its broad dispersion and migration before settlement. J. Oceanogr., **70**, 457-462.

田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研研報, **28**, 1-200.

東北区水産研究所八戸支所 (1956) 東北海区の底魚. 東北水研叢書, **6**, 61-68.

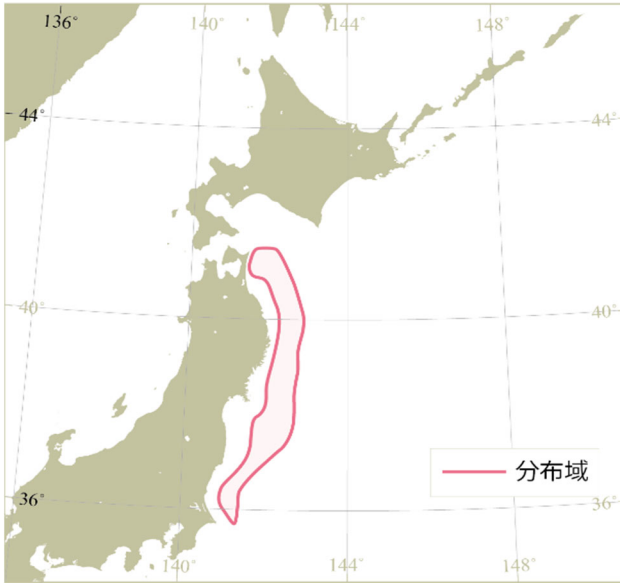


図1. 太平洋北部におけるキチジの分布域

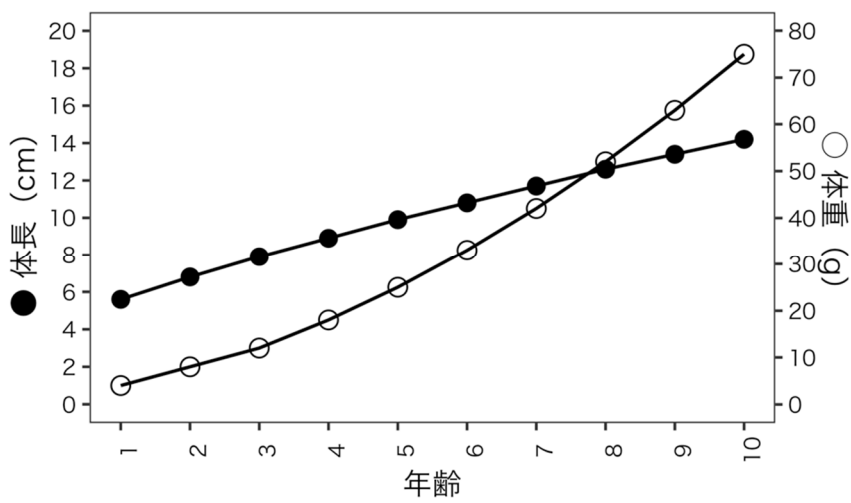


図2. 年齢と成長（体長・体重）の関係

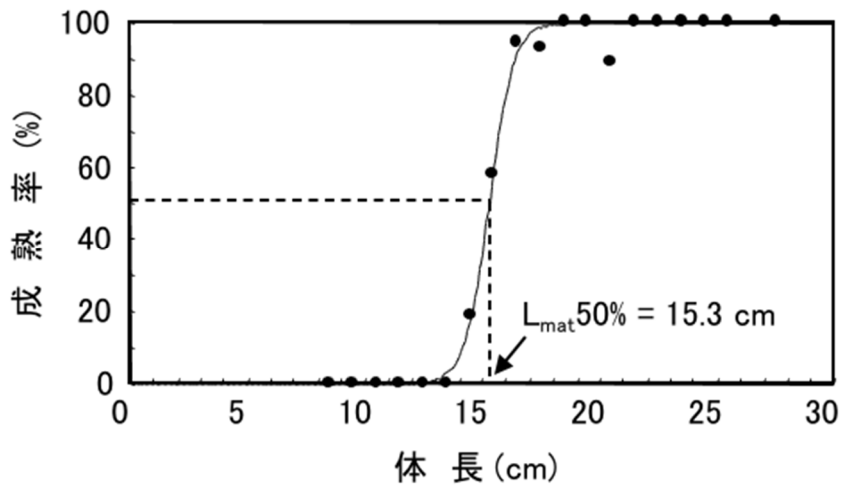


図3. 体長と成熟率の関係

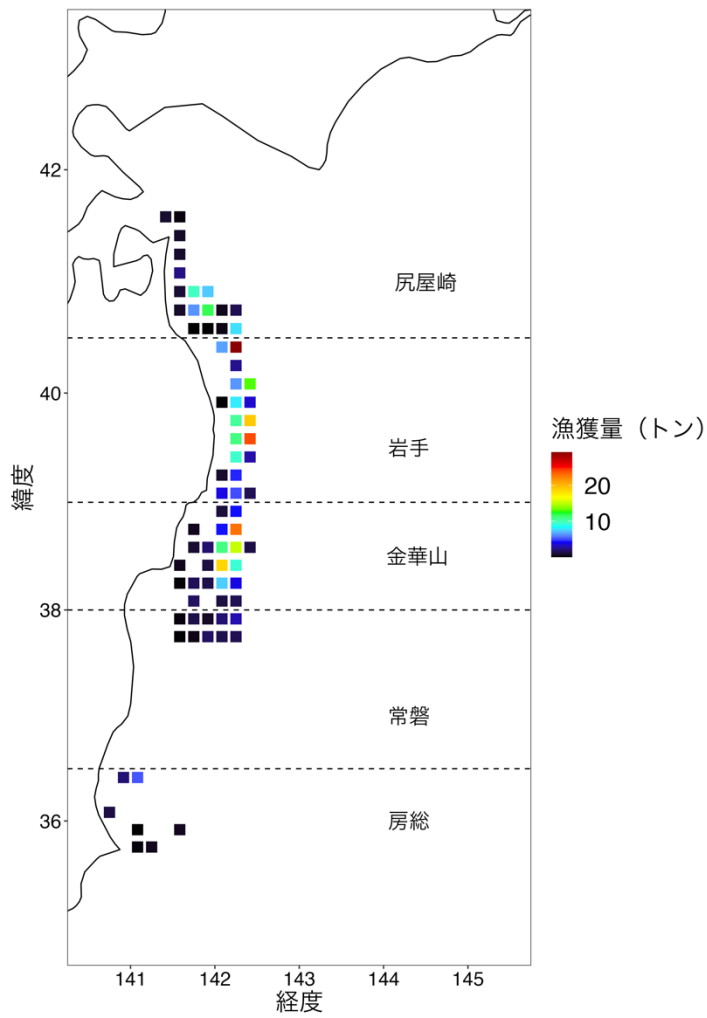


図4. 2021年の沖底の漁場 単位はトン。

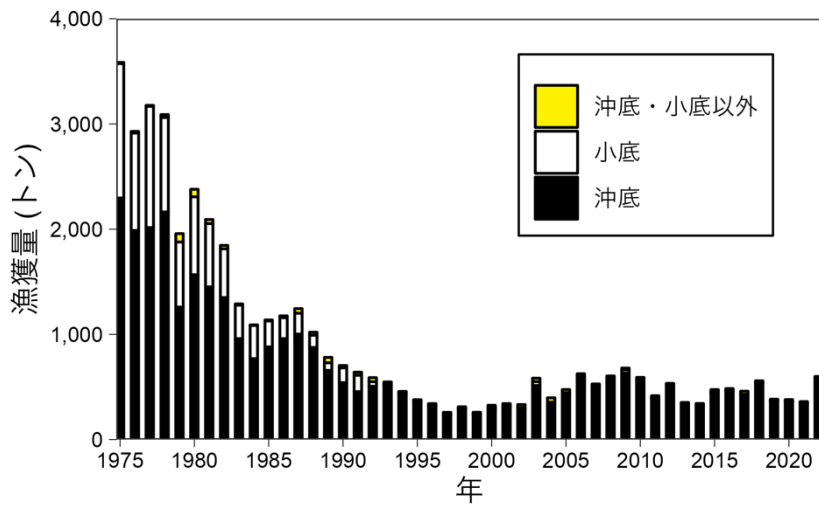


図 5. 漁業種類別漁獲量の推移 最新年（2022 年）の値は暫定値。

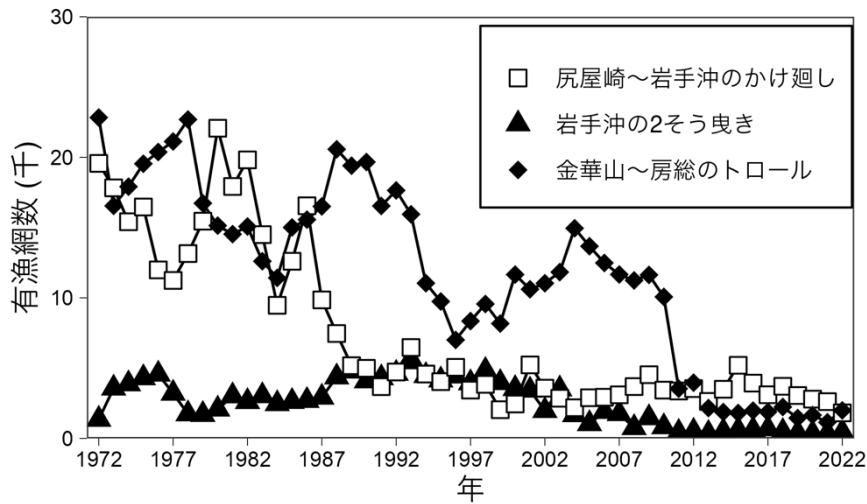


図 6. 沖底による漁獲努力量の推移 最新年の値は暫定値。

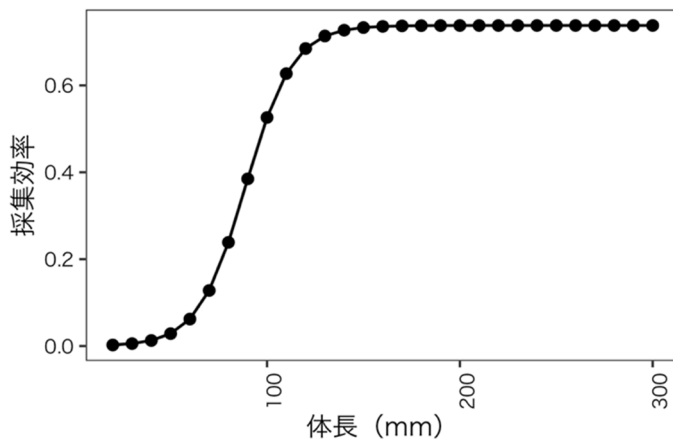


図 7. 体長と採集効率の関係

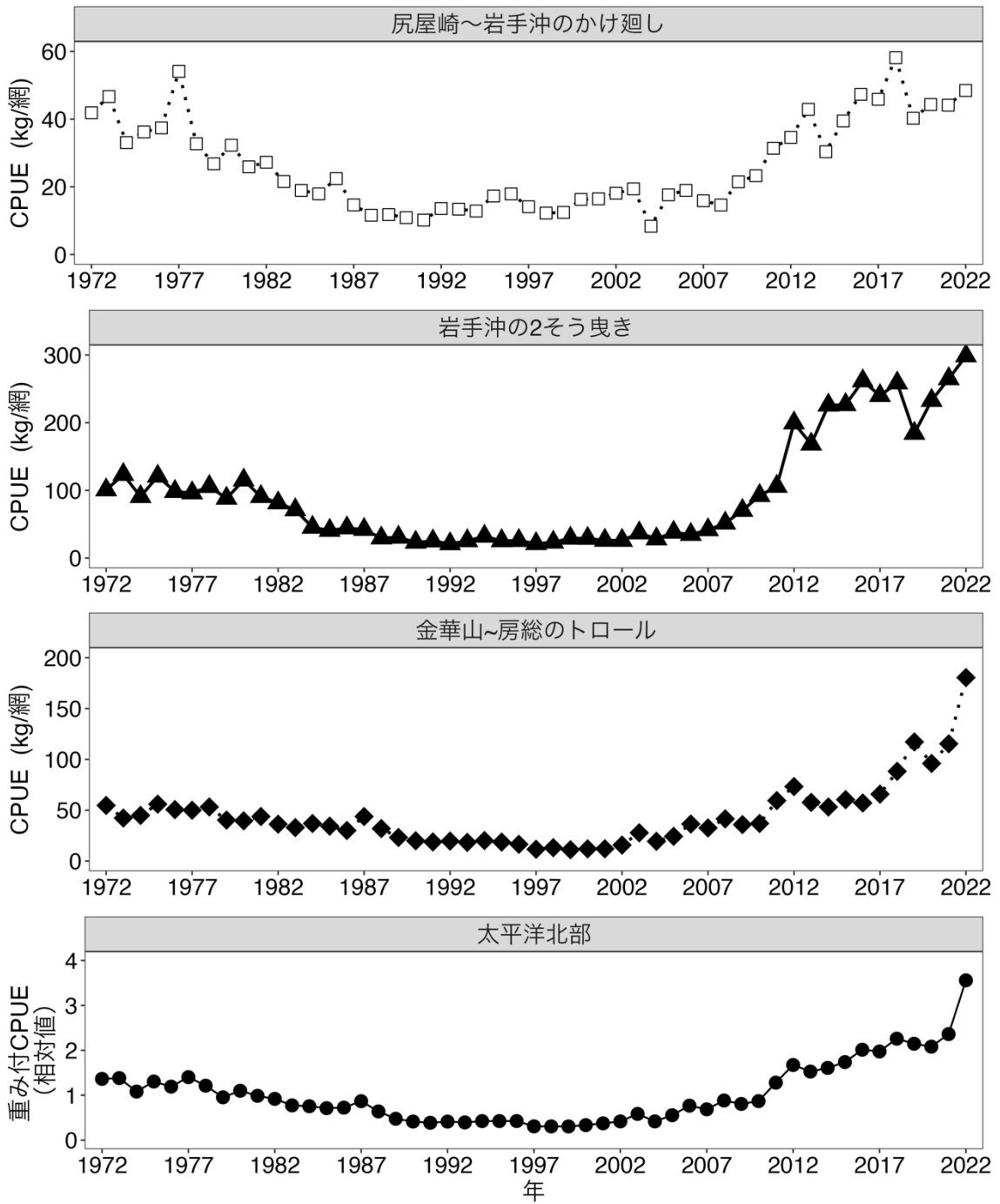


図 8. 沖底の CPUE および重み付け CPUE の推移 最新年の値は暫定値。

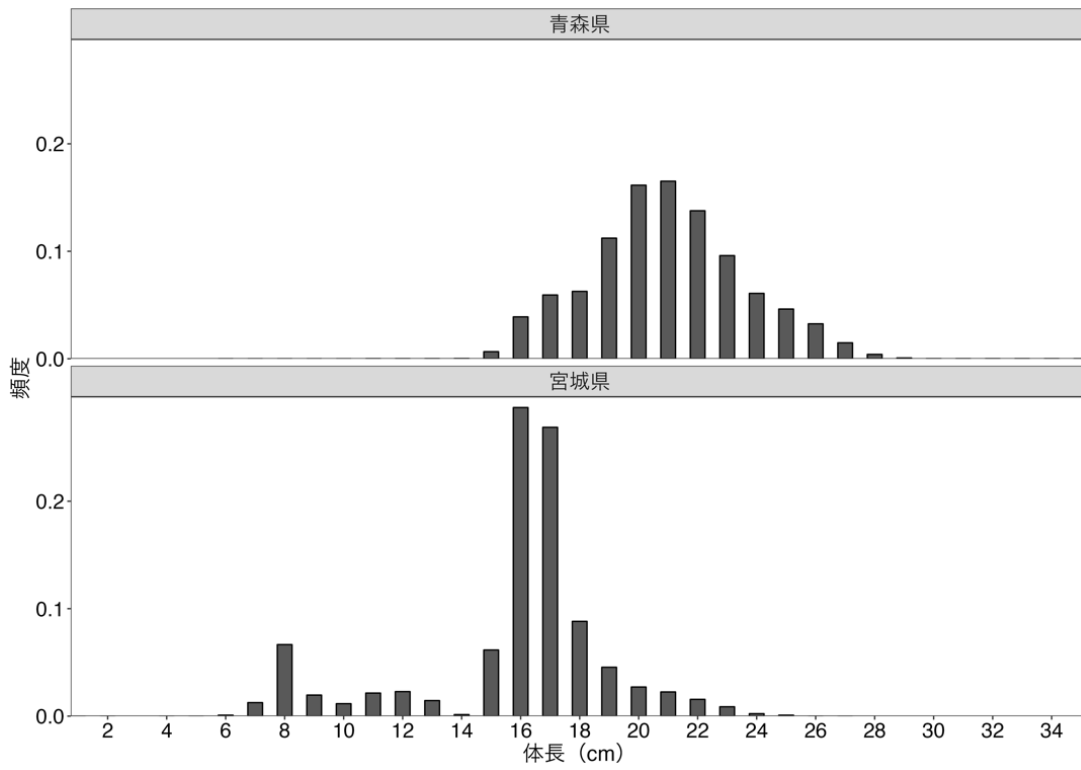


図 9. 2022 年の漁獲物の体長組成

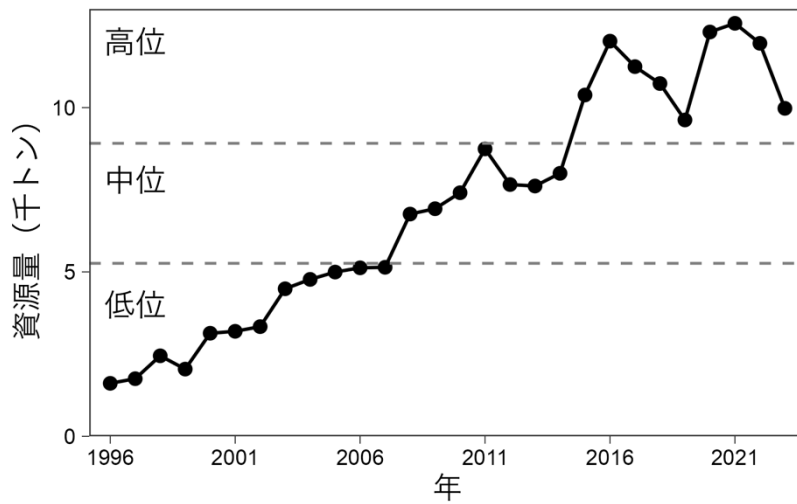


図 10. 資源量（1月時点）の推移と資源水準 破線は水準の境界を示す。

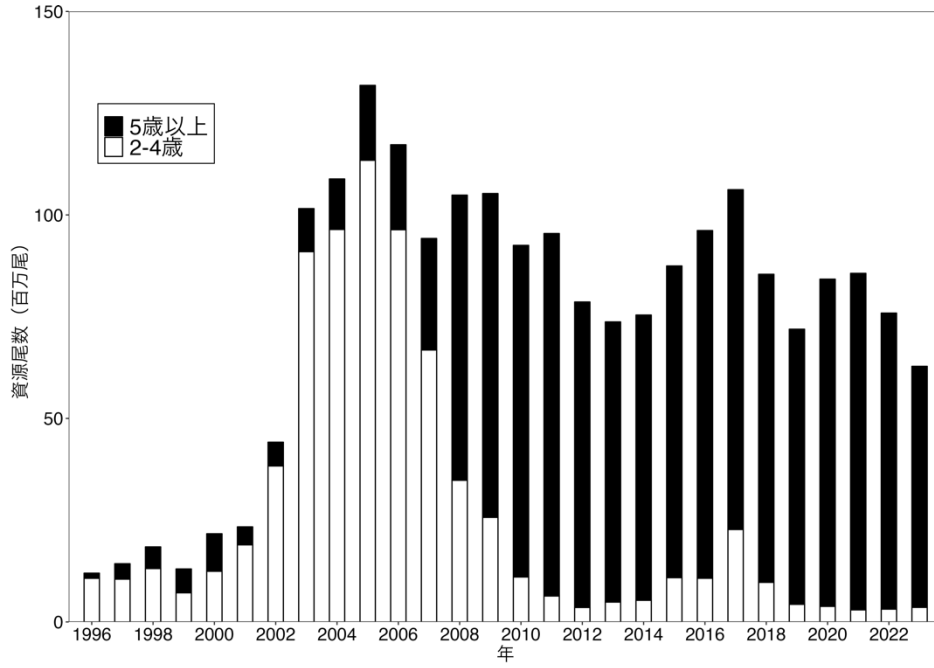


図 11. 資源尾数（1月時点）の推移

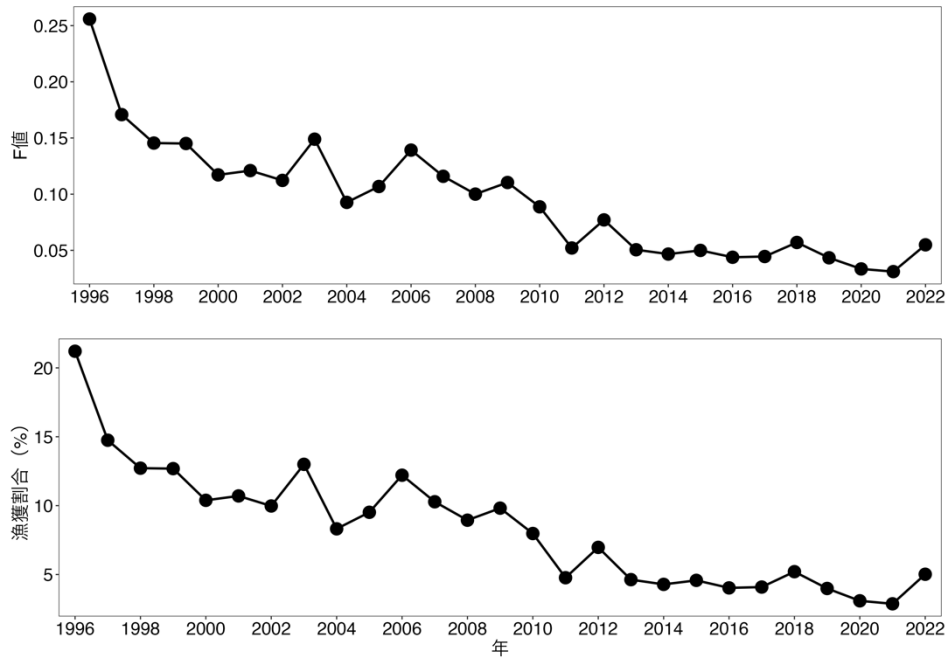


図 12. F 値（上）と漁獲割合（下）の推移 F 値は 2 歳魚以上の全年齢群で同値とした。

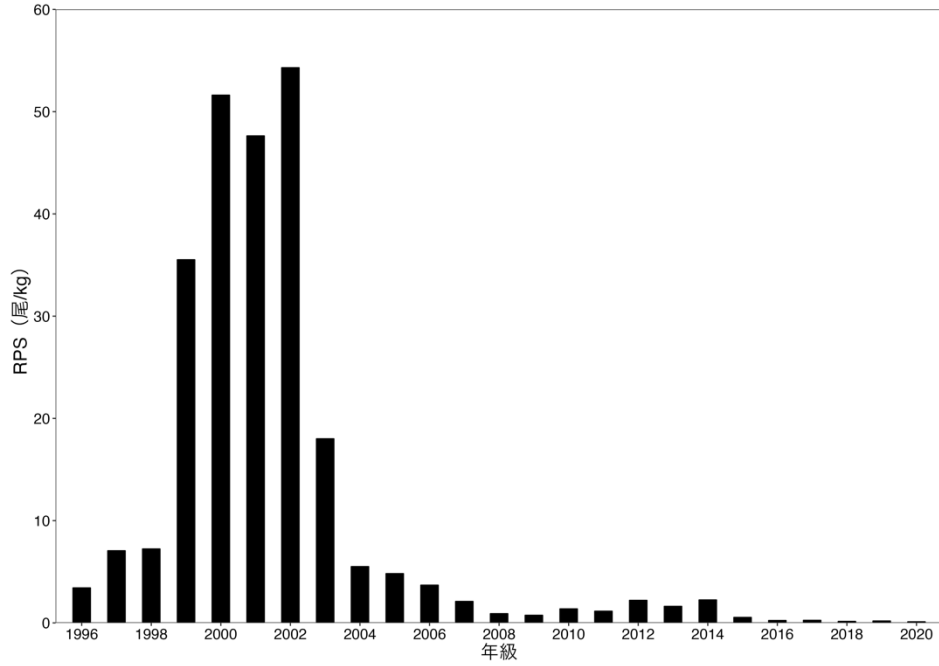


図 13. 再生産成功率（RPS）の推移 雌親魚 1 kg あたりの 2 歳魚尾数として計算。

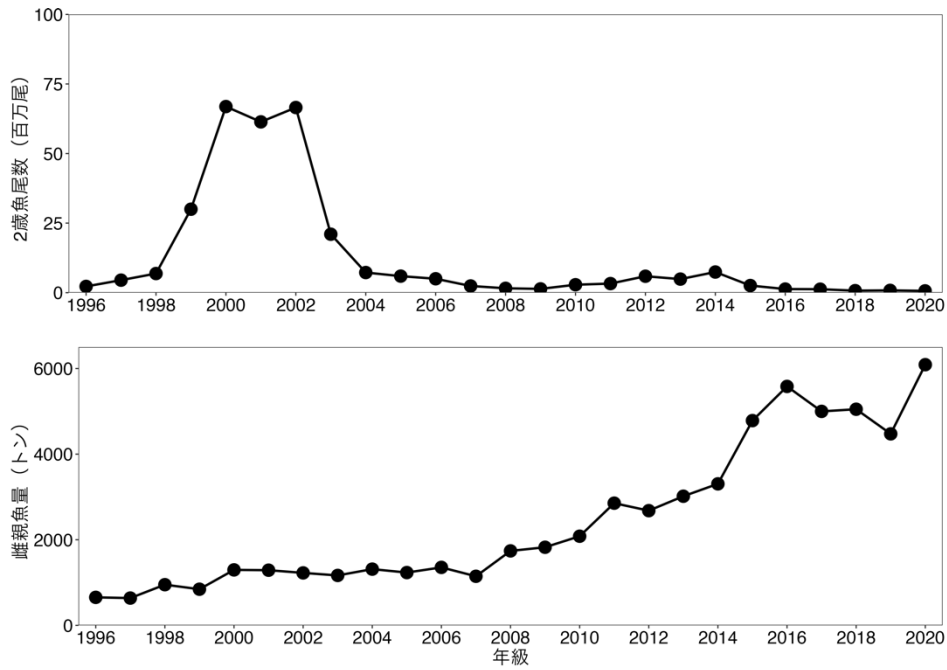


図 14. 雌親魚量（下）と加入量（上）の推移

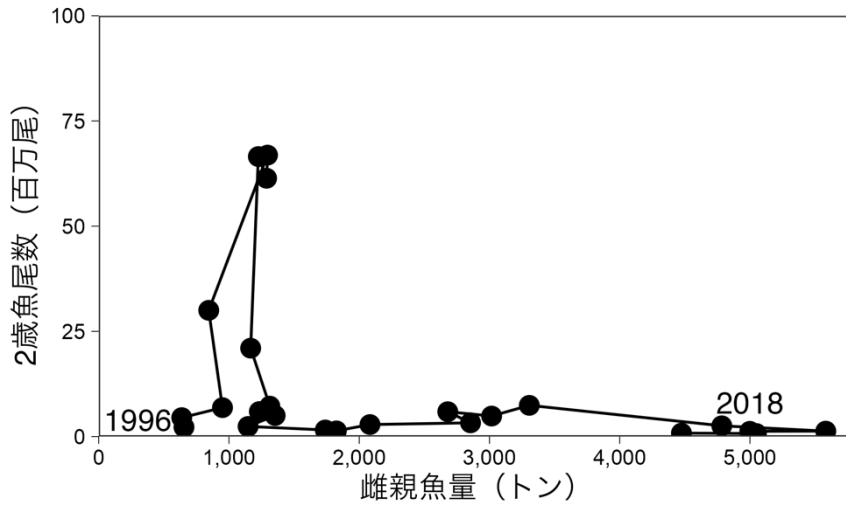


図 15. 再生産関係

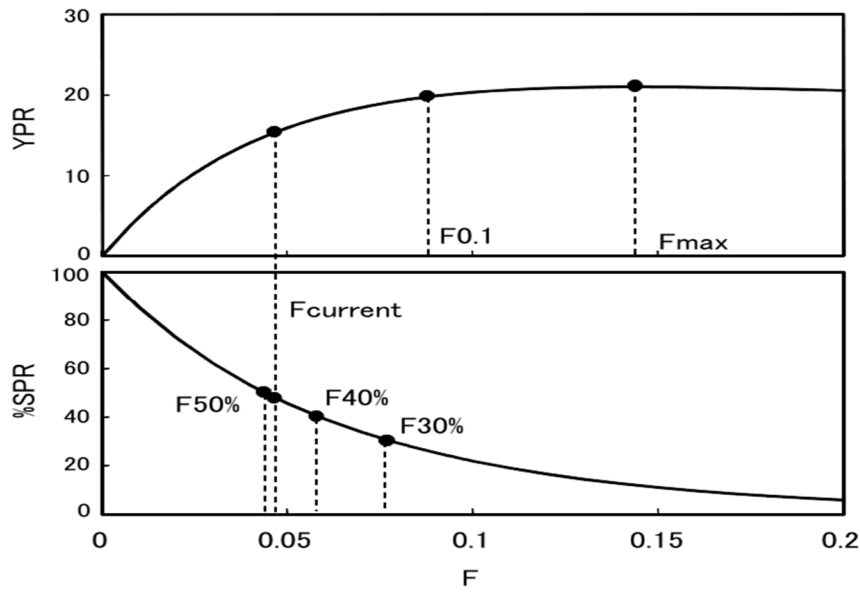


図 16. 様々な管理基準値と YPR 曲線 (上) および %SPR 曲線 (下) との関係

表 1. 太平洋北部における漁業種類別のキチジの漁獲量（トン）

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
沖底	2,296	1,987	2,015	2,164	1,259	1,567	1,451	1,350	960	769	881	960	1,003
小底	1,277	926	1,152	897	618	740	601	463	318	315	246	198	198
刺網	6	8	3	9	17	19	2	7	1	0	0	1	1
延縄	6	8	7	19	63	53	36	25	9	5	9	14	42
定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	3	1
合計	3,585	2,929	3,177	3,089	1,957	2,379	2,091	1,846	1,290	1,090	1,137	1,176	1,245

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
沖底	875	657	541	456	507	518	424	357	320	229	286	232	282
小底	116	72	140	155	43	21	26	16	8	7	14	10	22
刺網	0	0	4	0	0	0	0	0	3	16	0	0	0
延縄	29	52	19	29	39	9	6	6	9	6	10	16	20
定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
その他	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
合計	1,020	781	704	641	589	548	457	379	342	258	311	259	326

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
沖底	304	291	514	332	427	584	502	563	631	545	390	524	316
小底	17	12	36	23	18	15	8	19	30	25	18	5	26
刺網	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
延縄	20	27	29	39	30	16	13	14	11	12	2	3	6
定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	1	1	2	1	0	11	5	9	7	9	7	1	4
合計	342	333	583	397	475	626	529	605	680	591	417	534	352

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
沖底	319	448	458	427	537	364	365	344	582
小底	2	1	0	2	4	2	1	0	1
刺網	0	0	0	0	1	0	0	0	0
延縄	10	14	12	21	14	15	8	9	5
定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	11	13	14	10	4	2	6	8	11
合計	343	475	484	460	559	384	380	361	600

沖底の値は漁場別漁獲統計資料による（最新年の値は暫定値）。

2005年以前の沖底以外の値は農林統計、2006年以降の値は水試調べによる。

震災以降の福島県では、試験操業において沖底と小底は「底びき網」として合計されている。

「底びき網」から漁場別漁獲統計資料の値を引いたものを小底の値として集計した。

表 2. 沖底による小海区別のキチジの漁獲量（トン）

小海区	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
尻屋崎	137	57	39	54	50	186	100	260	124	110	101	252	70
岩手	989	844	895	605	518	768	639	498	404	188	232	239	207
金華山	426	361	303	353	231	219	198	172	165	164	240	258	358
常磐	530	532	630	773	348	261	264	285	175	176	156	119	296
房総	215	193	146	379	112	133	251	135	91	131	152	92	72
合計	2,296	1,987	2,015	2,164	1,259	1,567	1,451	1,350	960	769	881	960	1,003

小海区	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
尻屋崎	49	44	31	21	41	66	38	54	76	40	39	20	35
岩手	167	164	118	125	120	160	164	121	129	92	120	121	108
金華山	319	168	165	126	117	122	102	75	58	48	64	41	61
常磐	271	218	155	139	176	128	96	92	53	45	59	44	70
房総	70	63	73	45	53	42	25	15	5	4	3	6	9
合計	875	657	541	456	507	518	424	357	320	229	286	232	282

小海区	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
尻屋崎	80	60	48	13	44	47	37	48	81	66	89	87	64
岩手	95	56	138	52	46	75	86	48	119	90	61	136	107
金華山	58	62	124	81	120	155	85	157	140	116	169	283	128
常磐	61	101	181	149	163	215	226	252	256	236	48	10	4
房総	9	12	24	36	55	91	69	58	35	37	23	9	13
合計	304	291	514	332	427	584	502	563	631	545	390	524	316

小海区	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
尻屋崎	67	103	64	36	99	55	47	50	44
岩手	150	236	280	268	241	139	159	161	179
金華山	72	94	98	105	146	141	140	111	329
常磐	3	5	7	5	6	7	4	12	28
房総	27	10	8	14	46	22	15	9	2
合計	319	448	458	427	537	364	365	344	582

値は漁場別漁獲統計資料による（最新年の値は暫定値）。

表 3. 沖底の小海区別漁獲努力量（キチジの有漁網数）の推移

年	尻屋崎 かけまわし	岩手 かけまわし	岩手 2そうびき	金華山 トロール	常磐 トロール	房総 トロール
1972	3,269	16,299	1,350	7,106	13,610	2,113
1973	1,931	15,896	3,569	4,331	10,101	2,114
1974	1,615	13,800	3,871	4,691	9,793	3,426
1975	2,425	14,039	4,305	5,706	10,240	3,597
1976	1,420	10,569	4,561	4,982	12,029	3,364
1977	614	10,625	3,203	6,107	12,265	2,753
1978	814	12,338	1,739	5,853	12,426	4,411
1979	2,097	13,359	1,693	5,752	8,231	2,746
1980	5,281	16,788	2,073	4,646	5,993	4,501
1981	3,649	14,276	3,019	3,694	4,751	6,089
1982	6,658	13,160	2,613	3,423	7,180	4,474
1983	3,339	11,162	3,028	3,944	5,191	3,471
1984	3,218	6,252	2,461	3,652	4,000	3,770
1985	4,093	8,509	2,618	5,886	4,621	4,505
1986	8,012	8,541	2,691	7,475	4,367	3,724
1987	3,667	6,187	2,924	7,129	6,554	2,822
1988	3,527	3,936	4,364	8,873	9,218	2,481
1989	2,278	2,896	4,783	9,012	7,657	2,734
1990	1,888	3,098	4,086	9,232	7,604	2,829
1991	1,327	2,356	4,302	7,696	6,809	2,034
1992	2,112	2,613	4,619	7,187	7,535	2,922
1993	3,834	2,634	5,444	6,206	7,149	2,589
1994	2,424	2,156	4,458	4,366	5,268	1,406
1995	2,895	1,141	4,149	4,652	4,311	778
1996	3,946	1,110	4,431	3,508	3,149	350
1997	2,345	1,093	3,943	3,838	4,035	474
1998	2,465	1,382	4,828	4,603	4,649	311
1999	1,164	878	3,958	4,662	2,982	527
2000	1,678	771	3,536	5,928	5,174	556
2001	4,338	892	3,425	5,157	4,523	931

表 3. 沖底の小海区別漁獲努力量（キチジの有漁網数）の推移（つづき）

年	尻屋崎 かけまわし	岩手 かけまわし	岩手 2そうびき	金華山 トロール	常磐 トロール	房総 トロール
2002	2,890	684	1,974	5,181	4,830	1,026
2003	2,057	800	3,511	4,853	5,678	1,300
2004	1,462	719	1,679	6,226	6,743	1,983
2005	2,034	858	1,039	5,342	6,623	1,708
2006	2,252	676	1,911	5,510	5,174	1,799
2007	2,374	727	1,754	3,287	5,475	2,900
2008	2,881	806	760	4,133	5,214	1,893
2009	3,828	705	1,459	4,458	5,735	1,439
2010	3,020	415	820	3,640	4,744	1,687
2011	3,016	356	421	1,910	737	889
2012	2,612	933	500	3,150	207	606
2013	1,867	763	346	1,553	135	471
2014	2,516	980	492	891	92	891
2015	4,006	1,196	588	1,211	135	460
2016	2,789	1,145	606	1,354	162	462
2017	2,021	1,085	671	1,404	132	345
2018	2,747	960	478	1,604	130	502
2019	2,190	871	388	971	156	319
2020	1,957	837	352	1,147	84	425
2021	1,985	631	363	669	150	328
2022	1,297	520	451	1,606	302	84

値は漁場別漁獲統計資料による（最新年の値は暫定値）。

表 4. 沖底の小海区別、漁法別の CPUE (kg/網) の推移

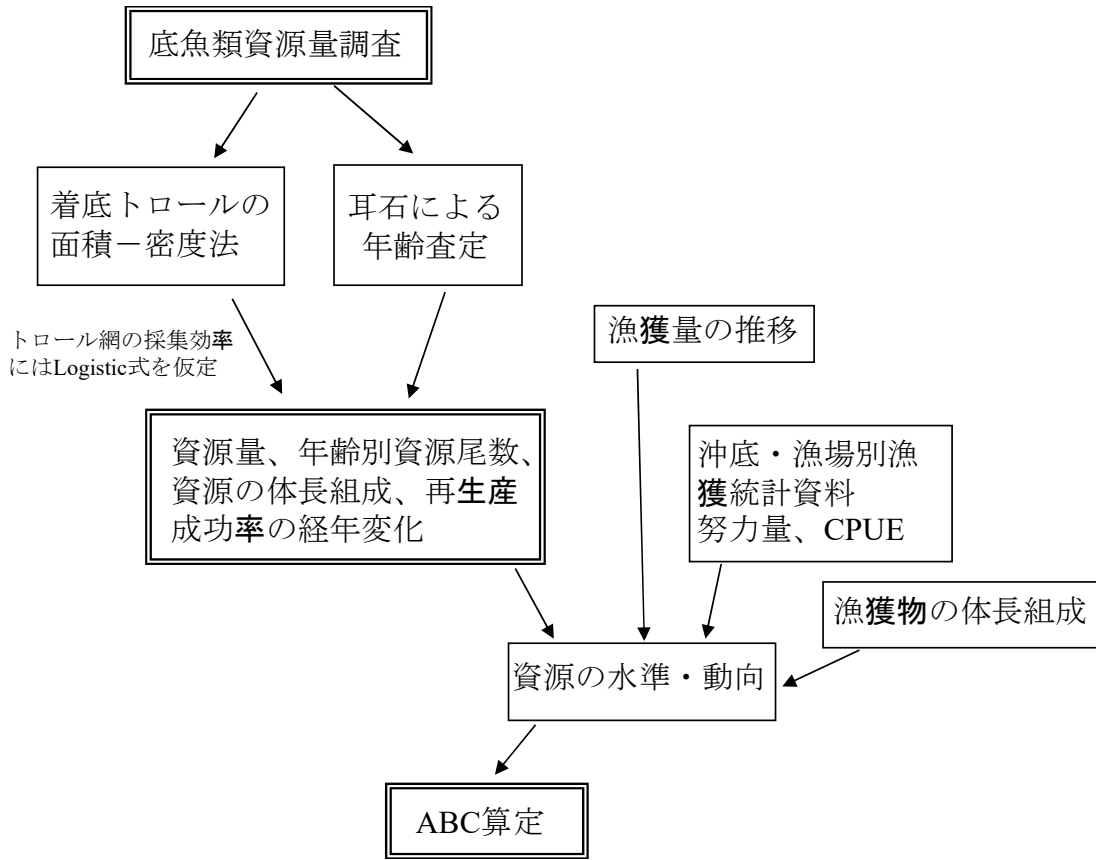
年	尻屋崎 かけまわし	岩手 かけまわし	岩手 2そうびき	金華山 トロール	常磐 トロール	房総 トロール
1972	44.1	41.4	100.6	59.3	53.1	49.1
1973	45.6	46.8	123.4	50.2	39.3	40.6
1974	48.8	31.2	90.7	44.4	42.1	53.4
1975	55.2	32.9	120.8	64.1	51.6	55.2
1976	37.0	37.5	98.2	68.0	42.8	52.6
1977	34.1	55.3	96.2	49.1	50.9	47.6
1978	59.8	30.9	105.6	47.2	54.5	57.5
1979	22.0	27.6	88.2	39.4	40.8	40.7
1980	34.6	31.6	115.1	44.7	43.1	29.5
1981	27.4	25.5	90.7	43.9	49.8	39.0
1982	39.0	21.3	81.4	36.9	39.7	30.1
1983	37.1	16.9	71.1	38.3	33.3	26.2
1984	32.0	12.2	45.3	38.6	37.9	34.2
1985	24.7	14.7	40.8	35.8	32.9	33.8
1986	31.4	14.0	44.4	34.4	27.2	24.7
1987	16.5	13.6	42.1	49.8	45.2	25.3
1988	13.9	9.6	29.5	35.6	29.4	28.3
1989	19.2	5.9	30.6	18.6	28.5	23.1
1990	16.5	7.5	23.2	17.8	20.3	25.6
1991	15.5	7.2	25.1	16.4	20.4	22.2
1992	19.2	9.0	21.0	16.3	23.3	18.2
1993	17.1	8.0	25.4	19.7	18.0	16.2
1994	15.7	9.7	32.1	23.3	18.1	17.8
1995	18.6	14.0	25.5	16.1	21.4	18.5
1996	19.3	13.0	25.8	16.4	16.8	13.2
1997	17.0	7.9	21.2	12.4	11.2	8.2
1998	16.0	5.6	23.3	13.9	12.6	9.6
1999	17.4	5.9	29.2	8.7	14.6	12.2
2000	20.8	6.4	29.0	10.2	13.5	16.4
2001	18.5	6.6	26.1	11.1	13.6	10.0

表 4. 沖底の小海区別、漁法別の CPUE (kg/網) の推移 (つづき)

年	尻屋崎 かけまわし	岩手 かけまわし	岩手 2そうびき	金華山 トロール	常磐 トロール	房総 トロール
2002	20.7	7.0	26.0	11.5	21.0	11.7
2003	23.2	9.7	37.0	25.1	32.2	18.6
2004	9.0	6.9	28.2	13.6	24.7	19.1
2005	21.7	8.0	38.0	21.6	24.6	31.8
2006	20.8	12.9	34.8	27.1	41.3	50.7
2007	15.4	17.3	41.7	25.8	41.3	23.8
2008	15.8	10.5	51.5	37.9	48.3	30.9
2009	21.3	22.8	70.2	28.3	44.6	24.3
2010	21.9	33.6	92.2	27.2	49.8	21.8
2011	29.5	47.5	105.8	73.2	64.8	25.6
2012	33.2	38.5	199.5	86.1	46.8	15.6
2013	34.2	64.1	168.2	69.3	30.7	26.9
2014	26.8	39.5	225.9	78.0	37.6	29.9
2015	25.6	85.9	226.6	77.6	39.6	21.3
2016	23.1	106.3	261.7	72.6	43.5	16.5
2017	17.6	98.4	240.0	74.9	35.0	40.4
2018	35.9	121.8	258.6	90.8	46.6	90.9
2019	25.3	77.7	184.2	144.7	43.6	69.4
2020	24.1	91.6	232.8	121.9	45.0	36.2
2021	25.3	103.2	264.9	165.8	79.4	28.9
2022	34.0	84.6	298.6	205.0	93.5	23.9

値は漁場別漁獲統計資料による（最新年の値は暫定値）。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

キチジ太平洋北部の資源量は、調査船による着底トロール調査の結果（補足資料 3）に面積－密度法を適用して推定した。北緯 38°50′で調査海域を南北に分け、2022 年は 100～200 m、200～300 m、300～400 m、400～500 m、500～600 m、600～700 m、700～800 m および 800～1,000 m の 8 水深帯、16 層 (i) に海域を層化した。各調査点 (j) において網着底から網離底までの距離を求め、それを曳網距離とした。オッターボード間隔を測定し、漁具構成から得られたオッターボード間隔と袖先間隔の比 (1 : 0.258) により袖先間隔を推定し、曳網距離に袖先間隔を乗じて i 層 j 地点の曳網面積 (a_{ij}) を求めた。 i 層 j 地点の漁獲重量あるいは漁獲尾数 (C_{ij}) を a_{ij} で除し、 i 層 j 地点の密度 (d_{ij}) を算出し、その平均を i 層における密度 d_i とした。また、 n_i は i 層の調査地点数を表す。さらに、 i 層の平均密度 (d_i) に i 層の海域面積 (A_i) を乗じ、 i 層の資源量あるいは資源尾数 (B_i) を求め、これらを合計することにより東北海域全体のキチジの資源量あるいは資源尾数 (B) とした。なお、ここで示す資源量と資源尾数は、採集効率（網口の前にいる魚の何割が漁獲されるかを示す係数）を 1 と仮定している。

$$d_{ij} = \frac{C_{ij}}{a_{ij}}$$

$$d_i = \frac{1}{n_i} \sum_j n_i d_{ij}$$

$$B_i = A_i d_i$$

$$B = \sum B_i$$

資源尾数については、体長 1 cm ごとの計算も行い、資源全体の体長組成を求めた。 i 層の密度の標準偏差 (SD_{d_i}) を求め、 n_i と A_i により i 層における資源量あるいは資源尾数の標準誤差 (SE_{B_i}) を計算し、調査海域全体における資源の標準誤差 (SE) および変動係数 (CV, %) を下式により求めた（結果は補足資料 3 に記述）。なお、信頼区間の上限と下限は、 $\exp(\log(B)+1.96 \times CV)$ および $\exp(\log(B)-1.96 \times CV)$ により求めた。また、ここで得られる CV とは、採集効率を 1 と仮定した場合の資源量および資源尾数に対する値であり、採集効率の推定誤差は含んでいない。

$$SE_{B_i} = \frac{A_i SD_{d_i}}{\sqrt{n_i}}$$

$$SE = \sqrt{\sum SE_{B_i}^2}$$

$$CV = SE / B$$

資源評価に用いた年齢別資源尾数と資源量は、Logistic 式による採集効率を仮定して計算した。採集効率は、渡部ら (2002) のデータを用いて、曳航式深海用ビデオカメラで撮影された映像による尾数密度と、着底トロール調査による尾数密度との比較によって推定した。映像による尾数密度を真値として、この値と 1 cm 刻みの体長組成に対する採集効率で補正した着底トロール調査による尾数密度との差が最小になるように係数を求めた。得られた体長と採集効率の関係式を下記に示す (SL は標準体長、単位は mm)。

$$Net\ efficiency = \frac{0.738}{1 + 1525e^{0.08245L}}$$

自然死亡係数の算定には、寿命を 20 歳として田内・田中の式（田中 1960）を用いた（ $M = 2.5 / 20 = 0.125$ ）。各年の F および M を用い、秋季の年齢別資源尾数から 2 ヶ月分の漁獲および自然死亡分を引いて翌年 1 月時点の資源尾数を求めた（補足表 4-7）。なお、すべての年齢で F は同値と仮定し、以下の式を用いて漁獲割合（ E ）から F を求めた。

$$F = -\ln(1 - Ee^{0.5M})$$

漁獲物の体長組成から 1 歳魚の漁獲は少ないと考えられるため、漁獲対象資源は 2 歳魚（2 歳 9 ヶ月）以上とした。各年、各年齢における平均体長（補足表 4-2）から体長－体重関係を用いて年齢別平均体重（補足表 4-3）を求め、それに乗じて年齢別資源重量を求めた（補足表 4-8）。なお、冬季の成長は悪いと考えられることから（服部 1998）、体長は 10～11 月時点のものを翌年 1 月のものとみなせると仮定した。

引用文献

- 渡部俊広・渡辺一俊・北川大二 (2002) ズワイガニ類とキチジに対するトロール網の採集効率 (要旨). 東北底魚研究, **22**, 32-33.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研研報, **28**, 1-200.
- 服部 努 (1998) 東北太平洋岸沖におけるキチジの年齢と成長. 漁業資源研究会議底魚部会報, **1**, 3-10.

補足資料 3 調査船調査の概要と結果

(1) 2022 年の資源量調査の概要

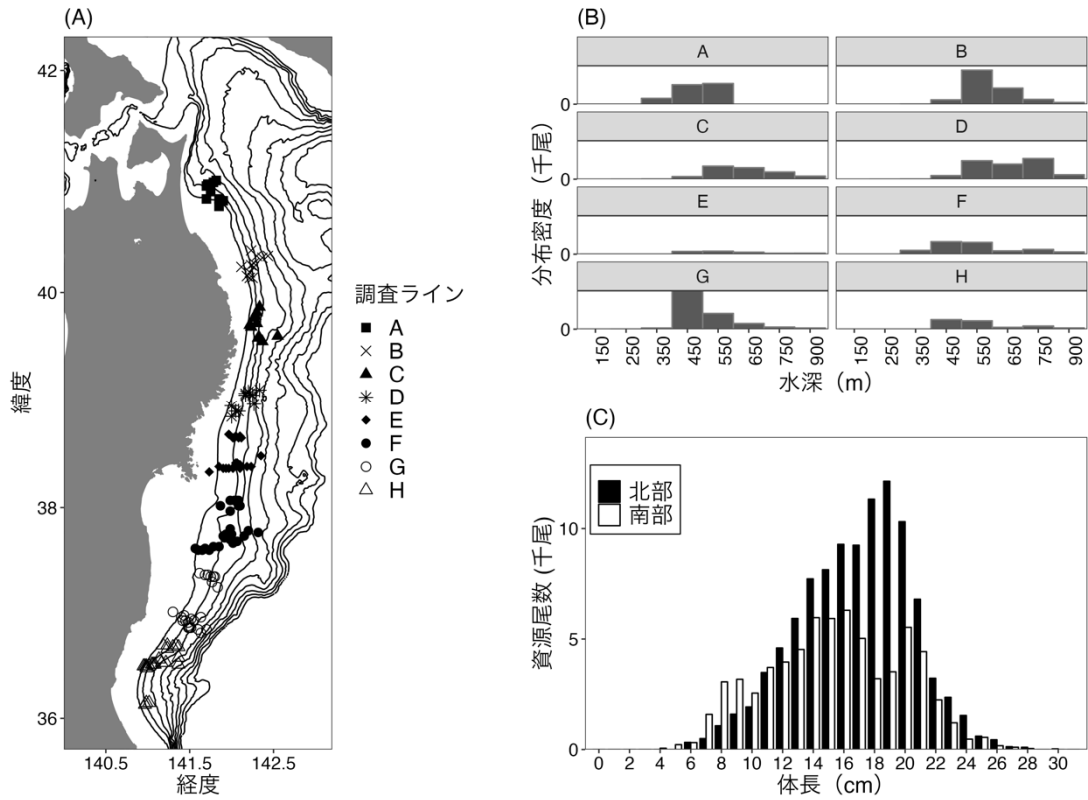
若鷹丸による資源量調査は、1995 年以降、秋季（10～11 月）に着底トロールを用いて実施されている。この調査で使用している着底トロール網の構成は、袖網長 13.0 m、身網長 26.1 m、網口幅が 5.4 m であり、コッドエンドの長さは 5.0 m である。コッドエンドは 3 重構造となっており、内網の目合が 50 mm、外網の目合が 8 mm 角、すれ防止用の最も外側を覆う網の目合が 60 mm であり、小型個体も外網により採集可能な構造となっている。1 回の曳網時間は原則として 30 分間とし、全ての曳網は日の出から日没までの間に船速 2.5～3.5 ノットで行われている。船上で各々の曳網で採集されたキチジの尾数と重量を計数・計量した後、標準体長を計測し、年齢査定用の耳石の採取を実施している。

2022 年 10～11 月の調査では、水深 150～900 m において計 143 地点の着底トロール調査を実施した（補足図 3-1A）。水深帯別の分布密度をみると、キチジは主に水深 450～750 m に分布していた（補足図 3-1B）。面積一密度法（補足資料 2）により採集効率を 1 と仮定して体長組成を調べた結果、東北南部海域に比べて東北北部海域で体長 18 cm 前後の個体が多いことが明らかとなった（補足図 3-1C）。

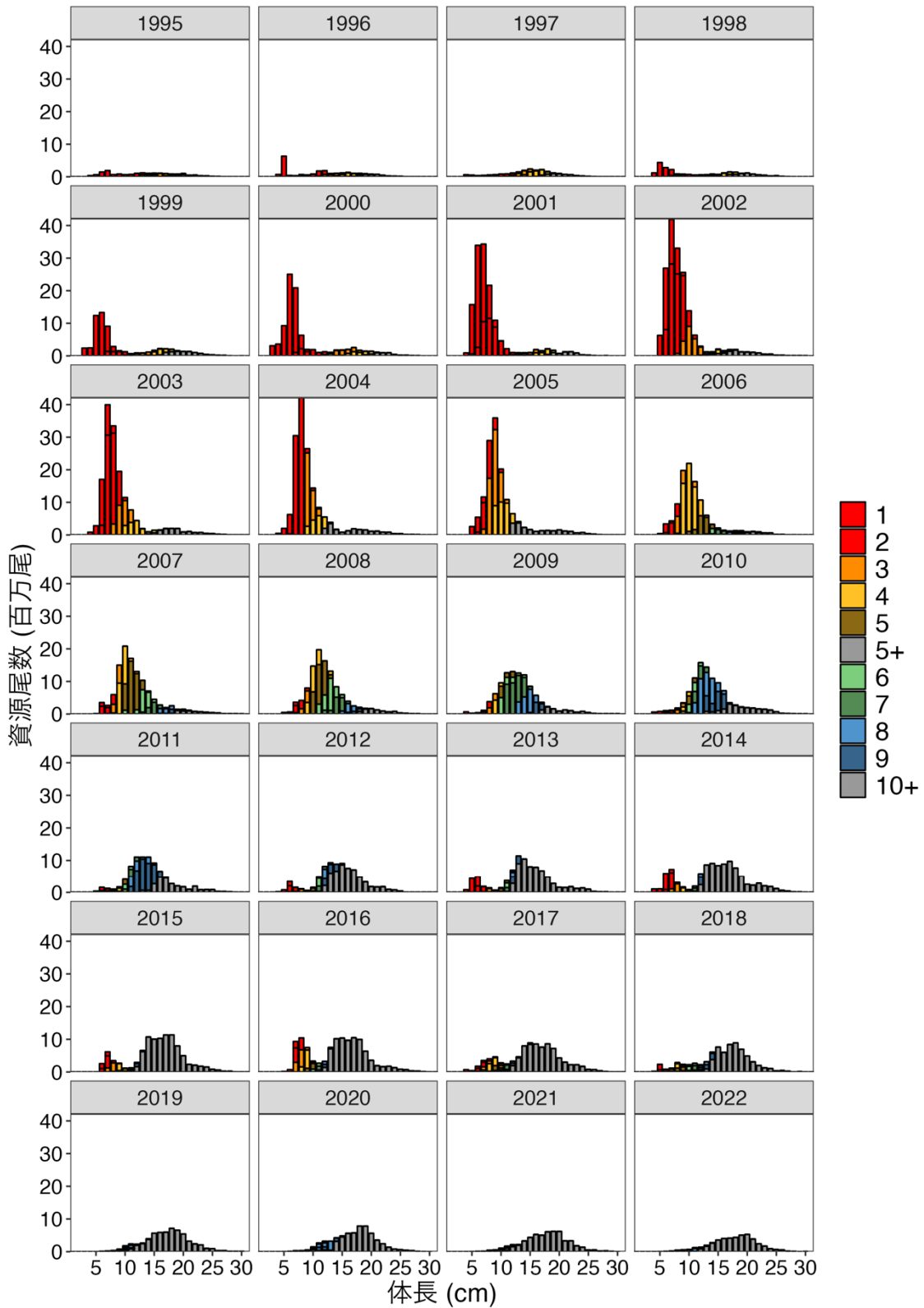
(2) 資源量調査の結果

資源量調査は、1995 年以降、秋季（10～11 月）に着底トロールを用いて実施されており、太平洋北部全体のキチジの資源量および資源尾数の推定に用いられている。補足表 3-1 に、調査地点数、資源量および資源尾数の変動係数 CV、標準誤差 SE、信頼区間を示した。なお、本表には 0 歳魚の資源尾数を含むため、本文で用いた年齢別資源尾数の合計とは完全には一致しない。

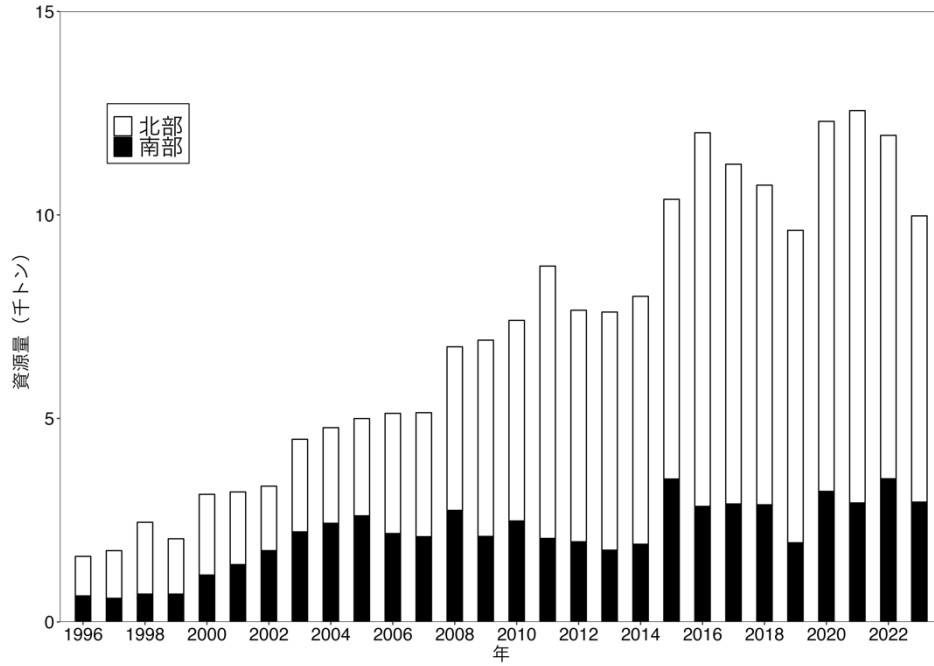
Logistic 式から得られた採集効率を用いた場合の資源の年齢別体長組成（補足図 3-2）および太平洋北部を北部と南部に分けた資源量の推移（補足図 3-3）を示した。



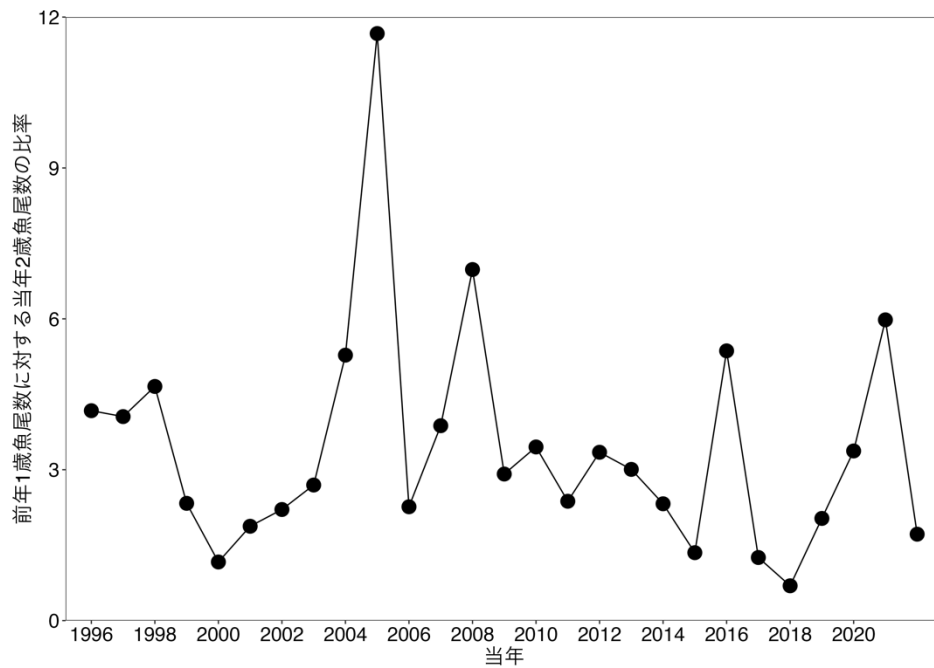
補足図 3-1. 2022 年 10～11 月の資源量調査の概要 (A) 曳網地点、(B) 各調査ラインにおける水深帯別の分布密度 (千尾/km²)、(C) 東北部海域 (北緯 38°50'以北; A から D)・南部海域 (北緯 38°50'以南; E から H) における体長組成 ここでは、採集効率を 1 と仮定した場合の結果を示している。



補足図 3-2. Logistic 式から得られた採集効率を用いた場合の資源の年齢別体長組成 (10～11 月時点) ここでは、1995～2005 年は 5 歳魚以上をプラスグループ (5+)、2006 年以降は 10 歳魚以上をプラスグループ (10+) とした。



補足図 3-3. 南北別の資源量 (1 月時点) 採集効率は体長に依存して Logistic 型に変化することを仮定した。



補足図 3-4. 採集効率を 1 と仮定した場合の前年 1 歳魚尾数に対する当年 2 歳魚尾数の比率

補足資料 4 面積－密度法による資源量推定結果

補足表 4-1. 採集効率を 1 とした場合の年齢別資源尾数 (10～11 月時点、単位：千尾)

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	710	537	304	1,065	3,759	7,838	11,868	7,284	3,745	628	834	376	229
2	3,109	2,964	2,177	1,415	2,482	4,380	14,701	26,215	19,633	19,766	7,331	1,887	1,457
3	3,157	2,107	2,901	1,224	2,241	5,354	2,891	13,827	12,265	16,999	22,385	4,510	3,381
4	2,009	2,725	4,781	2,557	3,829	3,903	3,489	2,612	9,852	10,527	18,813	32,080	12,185
5	988	2,943	4,103	4,519	7,079	3,404	4,483	8,179	9,505	14,115	16,090	10,520	25,551
6												1,916	10,645
7												2,784	5,547
8												1,499	3,264
9												577	1,772
10+												3,324	4,353
合計	9,973	11,277	14,265	10,780	19,390	24,878	37,431	58,117	55,001	62,035	65,453	59,472	68,385

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	241	123	123	132	173	481	711	356	420	190	88	37	20
2	1,598	702	424	292	441	521	1,116	961	1,911	527	131	179	107
3	2,194	1,504	917	413	410	373	1,140	1,083	2,577	647	344	405	405
4	10,027	2,534	1,352	490	453	430	651	1,026	3,351	2,271	700	490	200
5	20,118	4,192	2,811	1,020	795	1,031	372	745	1,527	1,242	1,134	530	612
6	15,402	6,615	3,998	1,478	1,838	1,384	465	364	1,098	764	1,516	644	471
7	9,053	23,619	6,438	2,937	1,688	1,048	629	296	788	1,076	1,691	760	903
8	4,003	13,618	23,540	6,514	2,676	1,139	876	439	1,046	794	1,741	1,165	5,554
9	1,637	4,442	13,345	24,946	5,412	3,192	1,755	960	936	1,164	2,662	1,110	3,394
10+	6,189	7,639	15,362	18,865	39,056	44,756	53,666	61,585	57,017	51,517	41,258	55,904	50,848
合計	70,462	64,987	68,309	57,087	52,942	54,354	61,381	67,816	70,670	60,193	51,264	61,224	62,514

年齢	2021	2022
1	33	21
2	122	57
3	517	181
4	257	912
5	720	588
6	844	279
7	357	302
8	793	1,202
9	890	561
10+	51,086	41,580
合計	55,617	45,683

0歳魚はごく僅かであるため、本表から除外した。

2005年以前は5歳魚以上、2006年からは10歳魚以上をプラスグループとした。

補足表 4-2. 10～11 月時点の平均体長 (mm)

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2	125	116	116	107	100	108	96	89	85	83	87	81	80
3	168	141	145	139	138	158	153	112	102	100	95	96	92
4	197	168	166	168	167	185	178	156	124	113	109	108	103
5	222	209	207	209	207	227	218	198	198	175	171	128	118
6												149	137
7												164	153
8												184	177
9												192	190
10+												224	223

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2	85	83	82	78	72	73	76	76	81	77	66	71	72
3	92	91	90	87	85	85	85	84	85	86	85	83	79
4	109	97	100	94	105	97	96	94	94	92	88	91	90
5	110	113	107	104	107	109	104	102	102	99	95	98	99
6	124	117	113	109	114	115	113	112	110	105	109	107	107
7	147	129	122	116	119	117	115	115	115	113	115	108	118
8	167	150	135	129	126	124	123	120	121	119	130	112	126
9	180	168	152	140	136	130	125	127	128	134	139	125	130
10+	215	209	197	189	169	168	174	176	174	179	183	183	187

年齢	2021	2022
2	72	64
3	84	80
4	91	91
5	101	97
6	108	105
7	113	119
8	116	117
9	125	134
10+	187	188

補足表 4-3. 10～11 月時点の平均体重 (g)

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2	51	40	40	32	26	33	22	18	16	15	16	13	13
3	125	73	79	71	69	103	93	36	27	25	22	23	20
4	206	126	122	127	124	168	150	99	49	37	33	32	28
5	294	247	238	246	238	316	278	208	207	144	134	55	43
6												88	67
7												117	95
8												167	147
9												191	182
10+												303	301

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2	15	15	14	12	9	10	11	11	13	11	7	9	9
3	20	19	18	17	16	15	15	15	16	16	15	15	12
4	33	24	26	21	29	23	22	21	21	20	17	19	19
5	34	37	31	29	31	34	29	27	27	24	22	24	24
6	49	41	37	33	38	40	38	36	35	29	33	31	32
7	84	56	48	40	43	42	39	39	39	38	39	32	42
8	123	89	64	55	52	49	49	45	46	44	57	36	52
9	156	125	92	72	66	58	50	53	55	63	70	51	58
10+	267	245	206	179	129	125	141	144	140	151	165	163	175

年齢	2021	2022
2	9	7
3	15	13
4	19	19
5	27	24
6	32	30
7	37	44
8	41	42
9	51	63
10+	174	178

補足表 4-4. Logistic 式から得られた採集効率

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2	0.70	0.67	0.67	0.60	0.53	0.61	0.47	0.37	0.31	0.29	0.33	0.25	0.24
3	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.73	0.64	0.55	0.52	0.46	0.48	0.42
4	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.70	0.65	0.62	0.61	0.56
5	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.71	0.68
6												0.73	0.72
7												0.74	0.73
8												0.74	0.74
9												0.74	0.74
10+												0.74	0.74

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2	0.31	0.28	0.26	0.21	0.15	0.16	0.18	0.19	0.25	0.20	0.10	0.14	0.14
3	0.42	0.40	0.38	0.35	0.31	0.30	0.31	0.29	0.31	0.33	0.31	0.28	0.23
4	0.62	0.49	0.53	0.45	0.58	0.48	0.47	0.45	0.45	0.42	0.35	0.40	0.39
5	0.62	0.65	0.60	0.57	0.60	0.62	0.57	0.55	0.55	0.51	0.46	0.50	0.51
6	0.70	0.67	0.65	0.62	0.65	0.66	0.65	0.64	0.63	0.58	0.62	0.60	0.61
7	0.73	0.71	0.69	0.67	0.68	0.67	0.66	0.66	0.66	0.65	0.66	0.61	0.67
8	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.70	0.70	0.69	0.69	0.68	0.71	0.64	0.70
9	0.74	0.74	0.73	0.73	0.72	0.71	0.70	0.71	0.71	0.72	0.73	0.70	0.71
10+	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74

年齢	2021	2022
2	0.14	0.09
3	0.29	0.24
4	0.40	0.40
5	0.54	0.49
6	0.61	0.58
7	0.65	0.68
8	0.67	0.67
9	0.70	0.72
10+	0.74	0.74

補足表 4-5. Logistic 式から得られた採集効率を用いた場合の年齢別資源尾数（10～11 月時点、単位：千尾）

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2	4,428	4,454	3,269	2,342	4,682	7,159	31,204	69,985	63,654	69,154	21,945	7,527	6,168
3	4,284	2,895	3,970	1,685	3,090	7,279	3,938	21,648	22,239	32,523	48,314	9,481	8,032
4	2,722	3,698	6,488	3,469	5,196	5,290	4,730	3,554	14,102	16,203	30,421	52,550	21,933
5	1,339	3,988	5,559	6,123	9,591	4,612	6,073	11,083	12,879	19,139	21,824	14,812	37,750
6												2,613	14,705
7												3,780	7,553
8												2,031	4,425
9												782	2,402
10+												4,503	5,898
合計	12,772	15,035	19,286	13,619	22,559	24,340	45,944	106,270	112,874	137,019	122,504	98,082	108,867
年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2	5,195	2,492	1,615	1,402	2,937	3,358	6,080	5,013	7,630	2,637	1,330	1,281	742
3	5,278	3,787	2,398	1,196	1,306	1,227	3,736	3,758	8,304	1,984	1,126	1,429	1,794
4	16,253	5,162	2,554	1,089	784	891	1,387	2,275	7,431	5,394	1,998	1,221	510
5	32,287	6,465	4,689	1,795	1,327	1,656	651	1,345	2,798	2,446	2,490	1,062	1,208
6	22,051	9,890	6,165	2,386	2,811	2,087	714	568	1,743	1,318	2,454	1,073	779
7	12,365	33,140	9,274	4,411	2,487	1,557	953	449	1,193	1,653	2,555	1,243	1,339
8	5,432	18,573	32,607	9,161	3,801	1,632	1,257	640	1,517	1,166	2,440	1,816	7,879
9	2,219	6,027	18,183	34,303	7,480	4,467	2,505	1,358	1,319	1,616	3,665	1,582	4,750
10+	8,385	10,349	20,815	25,566	52,984	60,727	72,771	83,502	77,316	69,839	55,920	75,773	68,911
合計	109,466	95,885	98,301	81,310	75,916	77,602	90,053	98,907	109,251	88,054	73,979	86,480	87,911
年齢	2021	2022											
2	846	663											
3	1,769	744											
4	637	2,282											
5	1,327	1,194											
6	1,380	480											
7	549	443											
8	1,186	1,786											
9	1,265	779											
10+	69,234	56,349											
合計	78,193	64,720											

1歳魚はほとんど漁獲されないなので、漁獲対象資源に含めない。

補足表 4-6. Logistic 式から得られた採集効率を用いた場合の年齢別資源重量 (10～11 月時点、単位：トン)

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2	225	179	132	74	121	233	701	1,267	987	1,014	362	100	79
3	537	212	315	119	212	752	368	775	607	825	1,067	215	161
4	560	465	793	439	645	887	711	353	696	606	1,011	1,701	605
5	394	984	1,322	1,506	2,285	1,455	1,690	2,302	2,660	2,747	2,915	814	1,610
6												229	982
7												441	716
8												340	652
9												149	437
10+												1,363	1,776
合計	1,716	1,841	2,561	2,138	3,264	3,327	3,470	4,696	4,950	5,192	5,355	5,352	7,018

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2	80	36	22	17	28	33	66	56	102	30	10	12	7
3	105	72	44	20	21	19	57	55	129	32	17	21	22
4	538	121	66	23	23	21	31	49	160	108	34	23	10
5	1,091	241	147	51	41	56	19	37	75	60	54	25	29
6	1,086	404	229	80	107	83	27	21	60	39	81	34	25
7	1,041	1,872	442	178	107	65	37	18	47	62	101	40	56
8	670	1,644	2,099	508	197	80	61	29	70	51	139	66	410
9	346	755	1,669	2,463	496	258	126	72	72	102	257	80	274
10+	2,243	2,533	4,288	4,582	6,820	7,619	10,266	12,027	10,853	10,578	9,203	12,327	12,060
合計	7,200	7,678	9,006	7,921	7,840	8,232	10,690	12,364	11,568	11,062	9,897	12,628	12,894

年齢	2021	2022
2	8	4
3	26	10
4	12	44
5	35	28
6	45	14
7	21	19
8	48	75
9	65	49
10+	12,058	10,037
合計	12,318	10,280

補足表 4-7. Logistic 式から得られた採集効率を用いた場合の年齢別資源尾数（1 月時点、単位：千尾）

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2	4,157	4,240	3,126	2,239	4,497	6,872	29,995	66,884	61,382	66,536	21,003	7,231	5,941
3	4,021	2,755	3,796	1,611	2,968	6,987	3,785	20,689	21,445	31,292	46,242	9,108	7,737
4	2,555	3,520	6,203	3,316	4,991	5,078	4,546	3,396	13,598	15,590	29,116	50,482	21,127
5	1,257	3,796	5,315	5,853	9,213	4,427	5,838	10,592	12,419	18,415	20,888	14,229	36,362
6												2,510	14,165
7												3,631	7,275
8												1,951	4,263
9												751	2,314
10+												4,326	5,681
合計	11,989	14,310	18,439	13,020	21,669	23,364	44,165	101,561	108,844	131,833	117,250	94,221	104,865

年齢	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2	4,996	2,405	1,568	1,355	2,852	3,263	5,905	4,874	7,417	2,558	1,290	1,247	723
3	5,076	3,655	2,329	1,156	1,268	1,193	3,629	3,654	8,073	1,925	1,092	1,392	1,747
4	15,629	4,982	2,479	1,053	761	866	1,347	2,212	7,224	5,233	1,939	1,189	496
5	31,047	6,238	4,553	1,736	1,289	1,609	632	1,307	2,720	2,373	2,416	1,034	1,176
6	21,205	9,544	5,985	2,307	2,730	2,028	693	552	1,694	1,279	2,381	1,045	759
7	11,890	31,980	9,005	4,266	2,415	1,513	925	436	1,160	1,604	2,479	1,211	1,304
8	5,224	17,923	31,658	8,858	3,691	1,586	1,221	623	1,474	1,131	2,367	1,769	7,672
9	2,134	5,816	17,654	33,168	7,264	4,341	2,433	1,320	1,282	1,567	3,556	1,540	4,625
10+	8,063	9,987	20,209	24,720	51,455	59,014	70,682	81,186	75,163	67,754	54,255	73,785	67,102
合計	105,263	92,530	95,440	78,620	73,726	75,413	87,468	96,163	106,208	85,425	71,777	84,210	85,604

年齢	2022	2023
2	822	643
3	1,717	722
4	618	2,214
5	1,288	1,159
6	1,339	466
7	533	430
8	1,151	1,734
9	1,228	756
10+	67,191	54,687
合計	75,887	62,811

2ヶ月分の漁獲と自然死亡分を減じて1月時点の資源尾数を求めた。M=2.5/寿命（20歳）=0.125を仮定。

補足表 4-8. Logistic 式から得られた採集効率を用いた場合の年齢別資源重量 (1 月時点、単位：トン)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2	211	170	126	71	116	223	674	1,211	952	975	346	97	76
3	504	202	301	114	204	722	354	740	585	794	1,021	207	155
4	526	443	758	420	620	852	683	337	671	583	968	1,634	583
5	370	937	1,264	1,439	2,195	1,397	1,625	2,200	2,565	2,643	2,790	782	1,551
6												220	945
7												424	690
8												326	628
9												143	421
10+												1,309	1,711
合計	1,611	1,752	2,448	2,044	3,135	3,194	3,336	4,488	4,773	4,996	5,125	5,142	6,761
親魚量	704	718	1,042	950	1,445	1,403	1,290	1,299	1,399	1,314	1,354	1,146	1,675

年齢	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2	77	35	22	16	27	32	64	54	99	29	9	11	7
3	101	70	43	20	20	18	56	54	126	31	17	20	22
4	517	117	64	23	22	20	30	48	155	105	33	23	9
5	1,049	232	142	50	40	54	18	36	73	58	52	25	29
6	1,044	390	223	77	104	81	26	20	59	38	79	33	24
7	1,001	1,806	429	172	104	63	36	17	46	60	98	39	55
8	644	1,586	2,038	491	191	78	59	28	68	49	135	64	399
9	333	729	1,620	2,381	482	251	122	70	70	99	249	78	267
10+	2,157	2,445	4,163	4,430	6,624	7,404	9,971	11,694	10,551	10,262	8,929	12,003	11,744
合計	6,923	7,410	8,743	7,659	7,614	8,000	10,383	12,021	11,246	10,732	9,602	12,297	12,556
親魚量	1,837	2,082	2,856	2,679	3,016	3,305	4,783	5,581	4,999	5,049	4,474	6,090	5,982

年齢	2022	2023
2	8	4
3	26	9
4	12	42
5	34	27
6	44	14
7	20	19
8	47	72
9	63	47
10+	11,748	9,741
合計	12,002	9,977
親魚量	5,981	4,970

親魚量は各年、各体長階級別の資源尾数に体長階級別成熟割合を乗じて求めた。性比は雌：雄=1：1を仮定。

補足表 4-9. 漁獲量（トン）、漁獲割合（%）およびF値

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
漁獲量	342	258	311	259	326	342	333	583	397	475	626	529	605
漁獲割合	21.2	14.7	12.7	12.7	10.4	10.7	10.0	13.0	8.3	9.5	12.2	10.3	8.9
F値	0.256	0.171	0.145	0.145	0.117	0.121	0.112	0.149	0.093	0.107	0.139	0.116	0.100
年齢	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
漁獲量	680	591	417	534	352	343	475	484	460	559	384	380	361
漁獲割合	9.8	8.0	4.8	7.0	4.6	4.3	4.6	4.0	4.1	5.2	4.0	3.2	2.9
F値	0.110	0.089	0.052	0.077	0.051	0.047	0.050	0.044	0.044	0.057	0.043	0.033	0.031
年齢	2022												
漁獲量	600												
漁獲割合	5.0												
F値	0.055												

最新年の漁獲量は暫定値。

補足資料 5. ゲノム情報に基づく遺伝的集団構造の解析

背景

キチジ太平洋北部の資源量は 1996 年以降、増加傾向を示しており、2023 年の資源量は 9,977 トンと高い水準を維持していた（図 10）。その一方で再生産成功率は 2004 年級群以降低い状態が続いており、加入が少ない状況下でなぜ資源量が増加しているのかについて科学的知見の収集が必要である。

可能性の一つとして考えられることは、他海域からの個体の来遊である。近年、DNA シーケンス技術は飛躍的に進歩しており、ゲノムデータを用いることでより高解像度な遺伝的集団構造の把握が可能となっている（Benestan 2020）。もしゲノムレベルの解析で太平洋北部と海域の集団間で遺伝的差異が認められなければ、海域をまたぐ個体の交流が示唆され、資源評価・管理の方法について科学的な議論が可能になるだろう。そこで、オホーツク海、北海道太平洋、および太平洋北部までの海域を対象に、キチジの遺伝的集団構造を明らかにした。

方法

調査船調査により漁獲したオホーツク海 140 個体、北海道太平洋 200 個体、東北北部 138 個体の計 478 個体のキチジを対象として筋肉片を収集した（補足図 5-1）。収集したサンプルは、Qiagen 社の DNeasy Blood & Tissue Kit を用いて DNA の抽出を行った。DNA の収量が低かったサンプルについては、再度フェノール・クロロホルム法により DNA の抽出を行った。これらのサンプルの中には、ゲノムが著しく断片化しているものも存在したため、ゲノムの断片化が進行していない 413 個体について、GRAS-Di 法により塩基配列を取得した。

取得した塩基配列は、bowtie2（Langmead and Salzberg 2012）によりキチジの参照ゲノム配列にマッピングし、bcftool mpileup（Li 2011）を用いてジェノタイピングを行った。その後、VCFtools（Danecek et al. 2011）を用いてカバレッジやマイナーアレル頻度、欠損率等を指標としてフィルタリングを行い、シーケンスエラーやジェノタイピングエラー等の影響が少ない信頼性の高い SNPs（一塩基多型）を抽出した。次に、pcadapt（Luu et al. 2017）により、得られた SNPs の中から自然選択の影響が示唆される outlier SNPs を検出し、それ以外の進化的に中立と考えられる SNPs データセットを構築した。各データセットについて主成分分析やクラスタリング解析等を行い、本種の遺伝的集団構造を検討した。

結果と考察

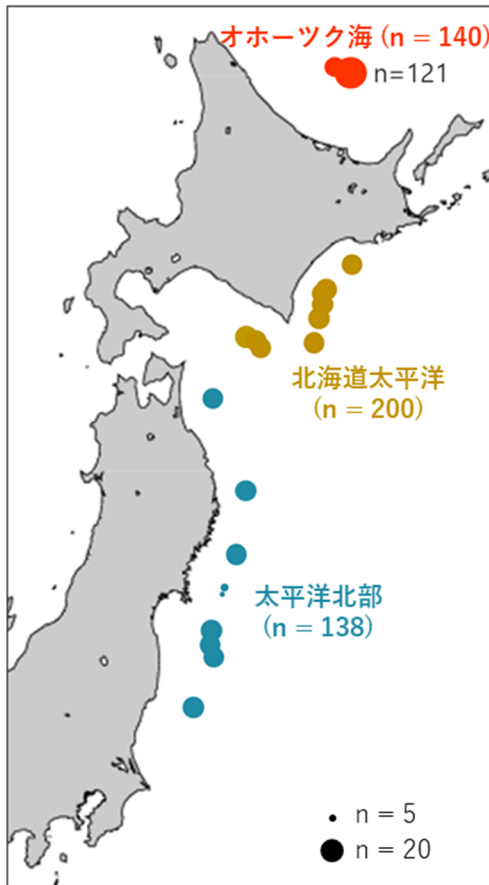
SNPs のフィルタリング処理を行った結果、欠損率の少なかった 392 個体について、11,815 SNPs を得た。pcadapt で検出された 39 SNPs を除外した中立な 11,776 SNPs を用いて解析した結果、海域間の遺伝的分化はなく（ペアワイズ $F_{ST} = -0.00003$ – 0.00017 ）、均質な遺伝的集団構造であった（補足図 5-2）。この結果は、Admixture（Alexander et al. 2009）によって検討したクラスタリング解析結果によっても支持された（補足図 5-3）。また、outlier SNPs だけを用いて同様に遺伝的集団構造を調べたところ、中立な SNPs とほぼ同様な結果を示し、海域ごとの遺伝的分化を特徴づけるような地域適応は生じていないことが示唆された。

これらの結果は、オホーツク海から太平洋北部の集団間で遺伝子流動が大きく、遺伝的

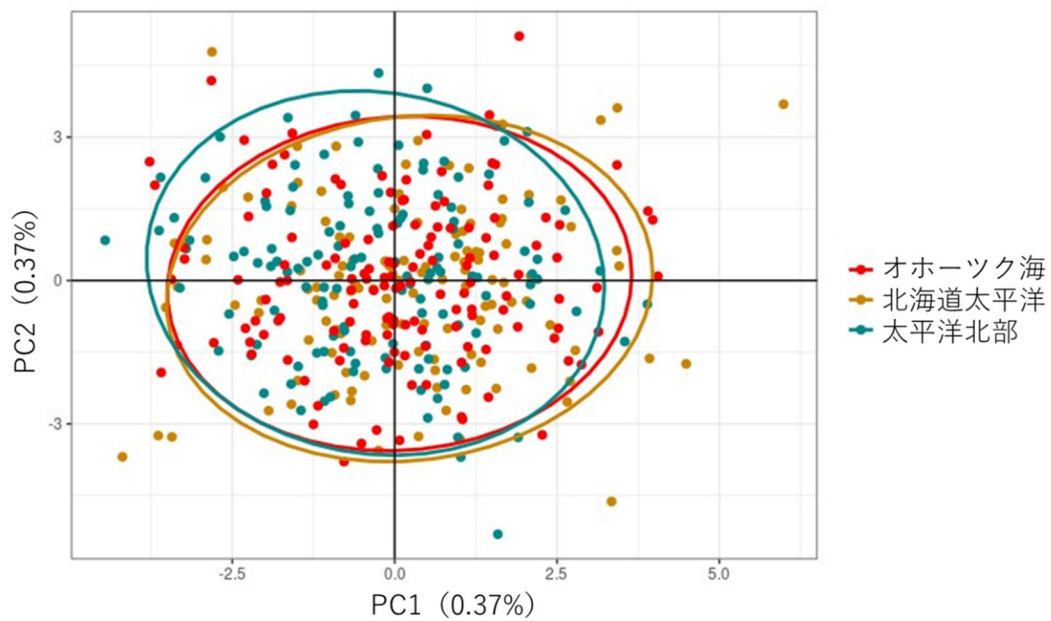
に均質であることを示しており、オホーツク海で放流した個体が太平洋側で再捕されたとする標識放流の結果（木下ほか 1999）とも矛盾しない。したがって、加入が少ない状況下で資源量が増加している理由の一つとして、他海域から太平洋北部に個体が来遊している可能性が考えられる。

引用文献

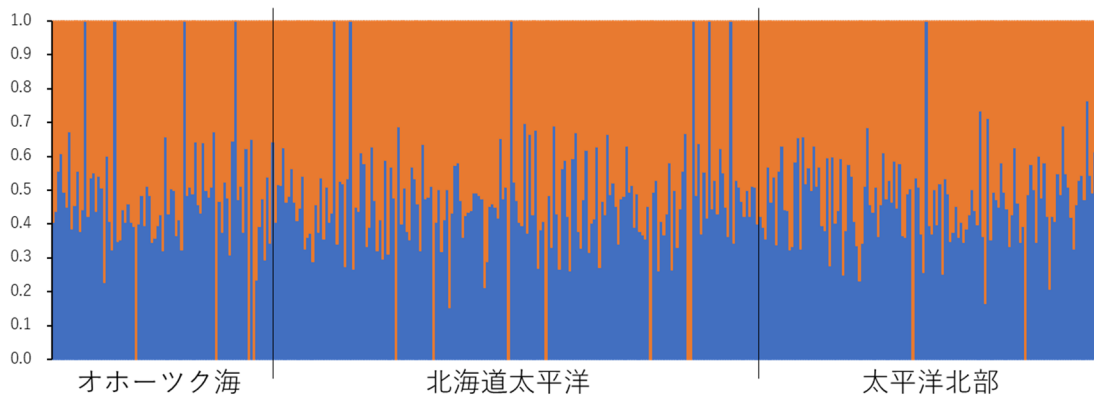
- Alexander, D. H., Novembre, J. and Lange, K. (2009) Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. *Genome Res.*, **19**, 1655-1664.
- Benestan, L. (2020) Population genomics applied to fishery management and conservation. In Oleksiak, M. F., and Rajora, O. P. (Eds.) *Population genomics: Marine organisms*. Springer, p399-421.
- Danecek, P., Auton, A., Abecasis, G., Albers, C. A., Banks, E., DePristo, M. A., Handsaker, R. E., Lunter, G., Marth, G. T., Sherry, S. T., McVean, G., Durbin, R. and 1000 Genomes Project Analysis Group (2011) The variant call format and VCFtools. *Bioinformatics*, **27**, 2156-2158.
- 木下貴裕・國廣靖志・多部田修 (1999) 標識放流に基づくオホーツク海南部におけるキチジの回遊. *日水誌*, **65**, 73-77.
- Li H. (2011) A statistical framework for SNP calling, mutation discovery, association mapping and population genetical parameter estimation from sequencing data. *Bioinformatics*, **27**, 2987-2993.
- Luu, K., Bazin, E. and Blum, M. G. (2017) pcadapt: an R package to perform genome scans for selection based on principal component analysis. *Mol. Ecol. Res.*, **17**, 67-77.



補足図 5-1. サンプルング地点とサンプル数



補足図 5-2. 中立な SNPs を用いて主成分分析により検討したキチジの遺伝的集団構造



補足図 5-3. 中立な SNPs を用いて Admixture 解析 ($K = 2$) により検討したキチジの遺伝的集団構造