

令和 4（2022）年度キンメダイ太平洋系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、静岡県水産・海洋技術研究所、愛知県水産試験場、三重県水産研究所、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、高知県水産試験場、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

本系群は、漁獲物組成と年齢査定を含む生物測定データが長期間得られる関東沿岸から伊豆諸島周辺海域における資源量指標値を考慮したコホート解析により評価した。資源量指標値には、海洋環境に関する要因を除去し年変動のみを抽出した主要水揚港の標準化 CPUE を用いた。2021 年における本系群の漁獲量は 4,491 トン、資源量推定を実施している関東沿岸から伊豆諸島周辺海域では 3,841 トンであった。2021 年の資源量は 2.86 万トン、親魚量は 2.31 万トンと推定された。

将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述する。

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	29.2	19.9	4.4	0.19	15
2018	29.7	20.4	4.4	0.20	15
2019	29.7	21.1	3.8	0.18	13
2020	29.7	22.3	3.8	0.16	13
2021	28.6	23.1	3.8	0.16	13

年は暦年、2021 年漁獲量は暫定値、F 値は各年齢の平均値。

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	水揚港別漁獲量(水産機構、千葉～鹿児島(10)都県) 月別漁獲物組成(銘柄組成または体長組成)、年齢査定を含む 生物測定(水産機構、千葉～静岡(4)都県)
資源量指標値	主要水揚港の漁獲量と努力量(千葉～静岡(4)都県)* 主要水揚港の漁獲量と努力量(高知) FRA-ROMS II、黒潮流軸情報(水産機構)
自然死亡係数(M)	年当たり M = 0.1 を仮定(田中 1960)

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

1. まえがき

キンメダイ (*Beryx splendens*) は日本の太平洋岸では北海道釧路沖以南の陸棚縁辺や海山周辺などに分布し (落合・田中 1998)、房総半島から伊豆半島沿岸、御前崎沖、伊豆諸島周辺 (以下、関東沿岸から伊豆諸島周辺海域)、四国沖、南西諸島周辺海域で立て縄、樽流し、底立てはえ縄等による漁業がおこなわれている。1990年代に1万トンを超える漁獲があったが、近年は半分程度に減少している (表1)。このうち関東沿岸から伊豆諸島周辺海域は我が国における最大の漁場となっており、我が国のキンメダイ漁獲量の8割を占める。

2. 生態

(1) 分布・回遊

太平洋、大西洋、インド洋の熱帯から温帯域の海山および大陸棚縁辺部に世界的規模で分布する。日本では、北海道釧路以南の太平洋と新潟県以南の日本海に、未成魚は大陸棚の水深100~250m、成魚は沖合の水深200~800mに分布する (落合・田中 1998、林 2013)。我が国太平洋岸における主な生息域 (漁場) は房総半島から伊豆半島沿岸、御前崎沖、伊豆諸島周辺、四国沖、南西諸島周辺海域などである (図1)。関東地方の沿岸部からの小型魚の標識放流結果によると、放流海域付近にとどまる個体と、伊豆諸島などのより深い水深の海域に移動する個体がいることが示唆されている。沿岸の大陸斜面上部には若齢の小型魚が多く、伊豆諸島や海山等の沖合の深場には高齢の大型魚が多い傾向がある。長距離の移動では、関東沿岸で放流した個体が伊豆諸島周辺海域を南下、また南西諸島周辺海域で再捕された個体の例がある。これらの標識放流結果を集約すると、関東沿岸で放流された個体は、関東沿岸から伊豆諸島周辺海域で4年を経ても95%以上が、10年を経ても70%以上が再捕されることから、長距離の移動はごく一部であると想定される (亘ほか 2017)。

(2) 年齢・成長

年齢と体長の関係は、雌雄、生息海域、年代により若干異なる結果が得られているが、各年齢の尾叉長は概ね、満1歳で19cm、満2歳で22cm、満3歳で25cm、満4歳で28cm、満5歳で30cm、満10歳で39cm前後である (秋元 2007) (図2)。耳石の年齢査定による最高齢魚は26歳である (明神・浦 2003)。

(3) 成熟・産卵

日本周辺海域における産卵場は、関東沿岸、伊豆諸島周辺海域、四国沖、南西諸島周辺海域、小笠原周辺にかけての広範囲で知られており、成魚が生息する海域であれば、どこでも産卵が行われていると考えられている (増沢ほか 1975、秋元 2007)。産卵期は6~10月で盛期は7、8月 (大西 1985、芝田 1985、久保島 1999、秋元ほか 2005)。成熟率は3歳まで0、4歳で0.5、5歳以上で1.0とされる (図3)。

(4) 被捕食関係

主要な餌料生物としては、ハダカイワシ類などの中深層性魚類、イカ類、エビ類、オキアミ類などが知られている (増沢ほか 1975、亘ほか 2017)。サメ類やイルカ類による捕食、

操業中の食害がある（堀井 2011、大泉 2011）。また、大型のキンメダイは、キンメダイ稚魚を捕食することもある（池田 1980）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

キンメダイは陸棚斜面や海山や海丘の斜面や頂上に多く分布し、房総半島から南西諸島にいたる太平洋岸、伊豆諸島、沖合の海山周辺に漁場が点在する。主に自由漁業、知事許可漁業として立て縄、底立てはえ縄、樽流しといった釣り漁業で漁獲されている。また大臣許可漁業としては、東シナ海区ではえ縄漁業、太平洋南区、中区、北区で沖合底びき網漁業による漁獲があるが総漁獲量に占める割合は小さい。関東沿岸から伊豆諸島周辺海域北部では明治時代にすでに漁業がおこなわれ歴史も古い。一方、伊豆諸島周辺海域南部や四国沖、南西諸島周辺海域では 1980 年代以降に本格的な漁業が始まった。千葉県、東京都、神奈川県、静岡県（以下、一都三県）ならびに高知県では立て縄、樽流し漁業、底立てはえ縄漁業について休漁期、縄の本数の制限、針数の制限などの漁具の規制が設けられている。一都三県では、1996 年より一都三県キンメダイ資源管理実践推進漁業者協議会のもと、調査研究を踏まえ、漁業者が自主的に資源管理措置の合意形成を図るという資源管理の流れが構築されている。2014 年にキンメダイの資源管理に関する漁業者代表部会が設置され、関係者間でさらなる資源管理の推進に向けた協議が進んでおり、本系群の資源評価の解析結果等も参考に議論がなされている。

(2) 漁獲量の推移

キンメダイは 2022 年現在、農林水産省の漁獲統計の調査対象となっていないため、自由漁業、知事許可漁業については千葉～鹿児島県の主要港の水揚量、大臣許可漁業については太平洋北区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計年報ならびに、主要港の水揚量を集計し漁獲量を把握した（図 4、表 1）。2021 年の漁獲量は 4,491 トンでそのうち、関東沿岸から伊豆諸島周辺海域（千葉県、東京都、神奈川県、静岡県）が 3,841 トン、四国沖（和歌山県、徳島県、高知県）が 296 トン、南西諸島周辺海域（鹿児島県、東シナ海区）が 176 トンであった。都県別に見ると増加、横ばい、減少などまちまちであるが、全体としては増減を繰り返すものの、長期的にみると 2010 年以降は低い水準にある。キンメダイは漁獲物の体長組成の経年変化からも卓越年級群の発生が認識でき、発生後数年間は漁獲量が増加するといった傾向もみられる（米沢ほか 2011）。また、資源評価を実施している 1998 年以降、千葉県、東京都、神奈川県、静岡県について、地区別、漁法別に記載した（表 2）。

太平洋中区における遊漁による採捕量は、1992 年は 129 トン、2002 年は 516 トン、2008 年は 113 トン、そのうち一都三県での採捕量は、2002 年は 503 トン、2008 年は 102 トンと報告されている（農林水産省統計情報部 1998、2003、水産庁資源管理部沿岸沖合課 平成 20 年度遊魚採捕量調査報告書 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00502002&tstat=000001031445&cycle=8&year=20081&month=0&tclass1=000001031446&tclass2=000001031447>、2022 年 6 月 24 日閲覧）。これ以降は遊漁漁獲量情報が公表されていないため、本系群の資源評価においては遊漁による採捕の影響は考慮していない。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

長寿命であること、卓越年級群が発生することなどの資源特性を踏まえ、コホート解析（VPA）（Pope 1972）により資源量を推定し資源評価を行った（補足資料 1）。漁獲物組成と年齢査定を含む生物測定データは一都三県においては 1990 年代後半から利用可能であるが、それ以外の県では、高知県において長期的な漁獲物の体長組成の把握がおこなわれているのみで、多くは漁獲量の把握にとどまる。また、標識放流結果より関東沿岸から四国沖や南西諸島海域への長距離の移動は短期間に起こるものではないと考えられる。本系群の資源評価では、我が国最大の漁場であり、漁獲物組成と年齢査定を含む生物測定データが長期間蓄積されている関東沿岸から伊豆諸島周辺海域を 1 つの単位として、単位努力量あたり漁獲量 CPUE（kg/操業隻数）を資源量指標値としたチューニング VPA を実施し、海域外への移出入は考慮せず、海域内での資源の持続的利用方策、有効利用方策について検討した。資源評価には一都三県の情報のみを使用しており、高知県の情報で利用可能なものについては参考として掲載した。なお、四国沖と南西諸島周辺海域についても本調査事業により漁獲物組成や年齢査定を含む生物測定データなどが蓄積されれば、海域ごとに年齢構造の把握、資源量、親魚量の推定を実施し、系群全体の資源管理方策の提案につなげることが望ましい。

本系群資源評価のチューニングに用いる資源量指標値（CPUE）については、昨年度まで標準化を行わない CPUE（以下、ノミナル CPUE）を用いていた。資源評価に使用する情報について、過年度において、試験研究、漁業関係者から、黒潮流路や海況など海洋環境に係る影響を考慮した形で取り扱うべきとの指摘がなされた。昨年度評価では、海洋環境情報として海洋速報に記載されている黒潮流軸距離のみを説明変数とした CPUE の試行結果を参考に提示した。昨年度資源評価会議以降、資源評価参画機関で、標準化 CPUE の算出方法の検討と協議、試算を重ねた。本年度資源評価において、千葉県船が操業する 2 地区（銚子、勝浦）、東京都船が操業する 2 地区（神津島、八丈島）、静岡県船が操業する 2 地区（伊東、稲取）、神奈川県船と千葉県船が入会で操業する東京湾口部のそれぞれの海域、計 7 地区（うち東京湾口部は 2 海域）について標準化 CPUE を算出し、原則としてこれらをチューニング VPA の指標として用いた（補足資料 2）。ただし、東京湾口部については神奈川県船と千葉県船で一部漁場が重複することから、各県の CPUE は、別の地区ではなく、同一地区内の異なる海域の指標であると考えた。したがって、チューニング VPA においては、各海域における標準化 CPUE の平均値を東京湾口部の指標とした。八丈島については、今年度推定された標準化 CPUE の妥当性が懸念されたことから、ノミナル CPUE を指標として用いた（補足資料 2、3）。

(2) 資源量指標値の推移

一都三県の 7 地区（うち東京湾口部は 2 海域）における標準化 CPUE とノミナル CPUE の推移を比較すると、東京湾口部、伊東などでは 2021 年は 2000 年代と比較して低い値にあるが、勝浦、銚子、稲取、神津島では 2000 年代と同程度の地区も見られた（図 5）。また、年毎に標準化 CPUE とノミナル CPUE を比較すると、総じて 2004～2005 年、また、2018 年以降は標準化 CPUE の方が高い傾向が見られた。これらの期間は黒潮大蛇行の発生

とも一致し (https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/b_2/kuroshio_stream/kuroshio_stream.html、2022年7月13日閲覧)、海洋環境の要因を除去していない、ノミナル CPUE では近年実際の資源状態を過小に評価する可能性があることが示唆された (図 5、補足資料 2、補足表 2-1)。なお、図 5 に表示している CPUE は全期間の平均値で除した相対値としている。

高知県については樽流し、手釣とも横ばいで推移しているが、キンメダイ漁業者の高齢化や他漁業への転換などにより操業隻数が減少しており、資源状況を的確に反映しているかは検討が必要である (図 6)。

(3) 漁獲物の年齢組成

1998 年以降の一都三県の 10 ヶ所 (千葉県：銚子・勝浦・富浦・勝山、東京都：大島・神津島・八丈島、神奈川県：三崎、静岡県：下田 (底立はえ縄)・伊豆半島東岸地区) の水揚港について、漁業種類別、操業海域別に計 13 の漁獲物の体長組成や銘柄組成、年齢査定を含む生物測定データ、漁獲量を収集した。これらの情報により水揚港、漁法、操業海域ごとに年齢別漁獲尾数を求め合算し、海域全体の年齢別漁獲尾数を推定した (図 7、補足表 3-4)。若齢 (2~3 歳) の漁獲尾数は少なく、4~10 歳が漁獲の中心であった。漁獲物の年齢組成に、年による大きな変化は見られなかった。なお、千葉県、神奈川県沿岸部の漁獲物は銘柄別漁獲量情報をもとに、年齢分解を行った。これらの銘柄は体重により 5~9 区分されているが、1 つの銘柄区分に複数の年齢群が含まれるため、年級群ごとに高い精度で年齢分解を実施するには限界があると考えられる (補足資料 3)。

2020 年と 2021 年の漁獲物の体長組成を比較すると、いずれの海域においても、小型魚の漁獲物における頻度が大きく変化するという傾向はみられず、卓越年級群と考えられる発生は認められなかった (図 8)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は 2000 年代前半まで 4 万トン台で横ばい、その後減少傾向で推移し、2021 年は 2.86 万トンであった (図 9、表 3、補足表 3-4)。漁獲割合は 12~19% の範囲で推移し、2019~2021 年は 13% であった (表 3)。漁獲係数 (F) の全年齢の平均値は 0.14~0.25 の範囲で推移し、2021 年は 0.16 であった (図 10、補足表 3-4)。年齢別の漁獲係数は、2 歳が平均 0.03、5 歳までは年齢に伴い上昇し 6 歳以降は 0.13~0.4 程度で推移しており、成熟後の 6 歳魚以上を中心に漁獲しているものと考えられた (補足表 3-4)。加入量は 2 歳資源尾数で、親魚量は年齢別資源量に成熟割合 (図 3) を乗じた合計値である。再生産成功率 (RPS = 加入量 / 親魚量) は 0.19~0.54 (尾/kg) で推移し、中央値は 0.36 であった。2015 年は 0.54 と高い値であった。2019 年は 0.19 となった (図 11、表 3)。また、親魚量と加入量の関係は親魚量 1.99 万~3.37 万トンの情報のみで現時点で傾向は読み取れなかった (図 12)。親魚量は 2000 年代前半まで 3 万トン前後で横ばいであったが、2017 年に 1.99 万トンまで減少した後、増加傾向となり 2021 年は 2.31 万トンであった (図 11、表 3)。一方、加入量は 2000 年以降減少傾向であったが、2017 年前後に一時的に増加し 1,094 万尾となり、2021 年は 395 万尾となった (図 13、表 3)。

自然死亡係数の値を ±50% 変化させた場合の資源量と親魚量および加入尾数の感度解析

を行ったところ、2021年推定値で資源量では83～125%、親魚量では84～123%、加入尾数で77～135%の変化となり、それらは自然死亡係数の変化より小さかった（図14）。

(5) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

関東周辺から伊豆諸島周辺海域の漁業は立て縄や底立てはえ縄など釣漁業が主体であり、漁獲係数は0.14～0.25の範囲で推移していた（図10、補足表3-4）。資源量と漁獲係数の間には特定の関係性はみられなかった（図15）。年齢別漁獲係数は2010～2018年までは横ばい傾向であるが、2019年以降減少傾向にあった。この減少は、休漁などの自主的管理措置の実施、黒潮大蛇行などの環境要因による操業効率の低下、新型コロナウイルス感染拡大による出漁控えなどが要因として推察された。F_{current}（2021年のF値）は0.16で、経験的管理基準値であるF_{30%SPR}と同程度で、F_{0.1}を上回り、F_{max}を下回っていた。F_{current}とF_{max}における加入当たり漁獲量（YPR）は、ほぼ同値であり、現状を上回る漁獲圧をかけても、漁獲量の総量は変わらないことが示唆された（図16）。

5. 資源評価のまとめ

海洋環境の影響も考慮した標準化CPUEを用いたチューニングVPAで資源評価を実施した。親魚量は2000年代前半まで3万トン台で推移し、その後減少傾向であったが、2017年以降増加傾向に転じた。

6. その他

現状のFはF_{max}を下回っているが漁獲圧を増大させても、YPRがほぼ頭打ちとなっているため漁獲量の更なる増加は期待できない（図16）。一方、YPRを年齢群別に分析すると、漁獲圧の変化により年齢群別の期待漁獲量は増減する（図17）。6歳以下は現状でも漁獲圧が低いことから、現状の選択率かつ、現実的な漁獲圧の変化の範囲でYPRの最大化は困難である。年齢群別にYPRを最大化する漁獲圧は、7～9歳は現状の1.3倍、10～12歳は現状の0.8倍、13～14歳は現状の0.6倍、15歳以上では現状の0.3倍となった。漁獲圧の削減による若齢魚の獲り残しが高齢魚の漁獲量の増加につながる。本系群の資源評価で用いた解析手法は空間分布を考慮したものではないが、漁業実態として、小～中型魚は関東沿岸で主に漁獲され、中～大型は伊豆諸島で主に漁獲されている。関東沿岸（若齢）での漁獲を重視するか、伊豆諸島（高齢）での漁獲を重視するかで最適な漁獲圧が異なることから、資源管理の検討においては、主な漁獲対象とするサイズについても考慮する必要がある。

年齢群別に資源量の経年変化をみると、2010年以降2～4歳は一時的に増加傾向でその後減少傾向あるのに対し、5～8歳は増加傾向、9～12歳は減少し横ばい傾向にあった（図18）。年齢群ごとに資源量の変動の推移が異なることから、主漁獲対象の年齢が異なる漁業現場での感覚も異なることも想定される。本資源は幅広い年齢範囲を漁業で利用していることから、資源全体の動向に加え、年齢群別の資源動向についても併せて注視する必要がある。

本系群の資源評価は、平成28年度に資源評価対象種となって以来7年目となる。チューニング指標の検討、年齢組成の検討を進め、今年度は海洋環境の要因を説明変数としたCPUEの標準化を実施した。一方で、評価手法自体の改善、食害の影響、遊漁の影響、漁

業種類の考慮など現時点で未達の課題もある。これまでの経緯と、次年度以降の資源評価のさらなる高度化に向けて、資源評価参画機関で議論した課題を補足資料として整理した(補足資料4)。

7. 引用文献

- 秋元清治 (2007) 伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイの年齢と成長. 神奈川水技報, **2**, 13-19.
- 秋元清治・瀬崎啓次郎・三谷 勇・渡部終五 (2005) ミトコンドリア 16S rRNA 遺伝子判別法によるキンメダイ卵および仔魚の同定と伊豆諸島周辺海域における分布様式. 日水誌, **71**, 205-211.
- 林 公義 (2013) キンメダイ科. 「日本産魚類検索 全種の同定 第三版」中坊徹次編, 東海大学出版会, 東京, 577-578.
- 堀井善弘 (2011) 八丈島周辺海域におけるサメ類と鯨類による食害の現状把握. 日水誌, **77**, 123.
- 池田郁夫 (1980) 海山、バンクの底魚資源. 「底魚資源」青山恒雄編, 恒星社厚生閣, 東京, 331-342.
- 久保島康子 (1999) 伊豆諸島海域における資源減少期のキンメダイ *Beryx splendens* の成熟(1). 神水総研研報, **4**, 37-41.
- 増沢 寿・倉田洋二・大西慶一 (1975) 「キンメダイその他底魚類の資源生態」. 日本水産資源保護協会, 東京, 71 pp.
- 明神寿彦・浦 吉徳 (2003) 高知県産キンメダイの年齢と成長. 黒潮の資源海洋研究, **4**, 11-17.
- 農林水産省統計情報部 (1998) 平成9年遊漁採捕量調査報告書. 115 pp.
- 農林水産省統計情報部 (2003) 平成14年遊漁採捕量調査報告書. 72 pp.
- 落合 明・田中 克 (1998) 「新版魚類学(下)改訂版」. 恒星社厚生閣, 東京, 1139 pp.
- 大泉 宏 (2011). 八丈島周辺海域のサメ類と鯨類による食害被害軽減に向けた基礎調査. 日水誌, **77**, 124.
- 大西慶一 (1985) キンメダイの資源補給に関する研究(2). 静岡県水産試験場伊豆分場だより, **219**, 6-8.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., **9**, 65-74.
- 芝田健二 (1985) 房総海域におけるキンメダイについて-2-成熟と性比. 千葉水試研報, **43**, 3-9.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海区水研報, **28**, 1-200.
- 亘 真吾・米沢純爾・武内啓明・加藤正人・山川正巳・萩原快次・越智洋介・米崎史郎・藤田 薫・酒井 猛・猪原 亮・宍道弘敏・田中栄次 (2017) キンメダイの資源生態と資源管理. 水産研究・教育機構研究報告, **44**, 1-46.
- 米沢純爾・小埜田 明・橋本 浩・鈴木達也・岡部 久・飯沼紀雄・林 芳弘・阪地英男 (2011) 漁獲量, CPUE, 尾叉長組成からみた日本近海におけるキンメダイの資源動向. 黒潮の資源海洋研究, **12**, 9-97.

(執筆者：亘 真吾、川内陽平、青木一弘、竹村紫苑、竹茂愛吾、半沢祐大)

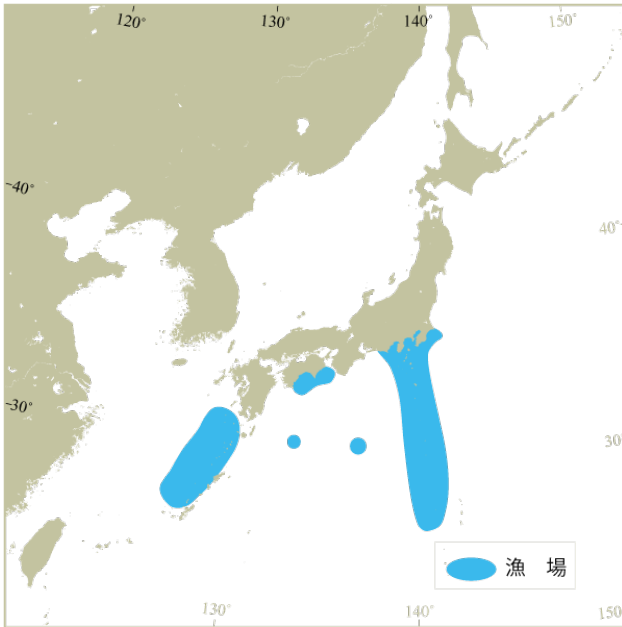


図1. キンメダイ太平洋系群の主要漁場

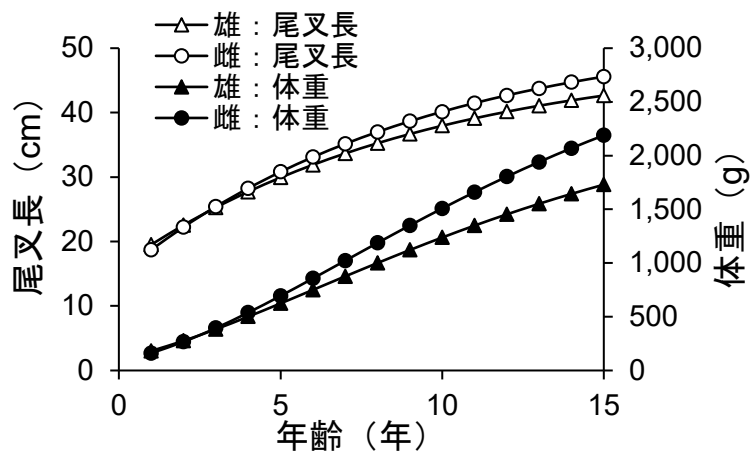


図2. 年齢と成長の関係

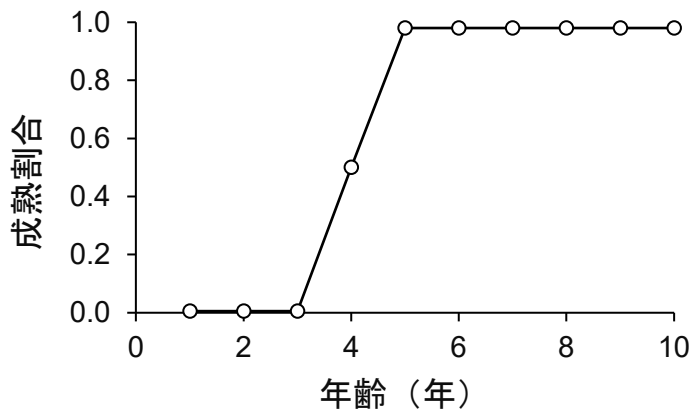


図3. 年齢別成熟割合

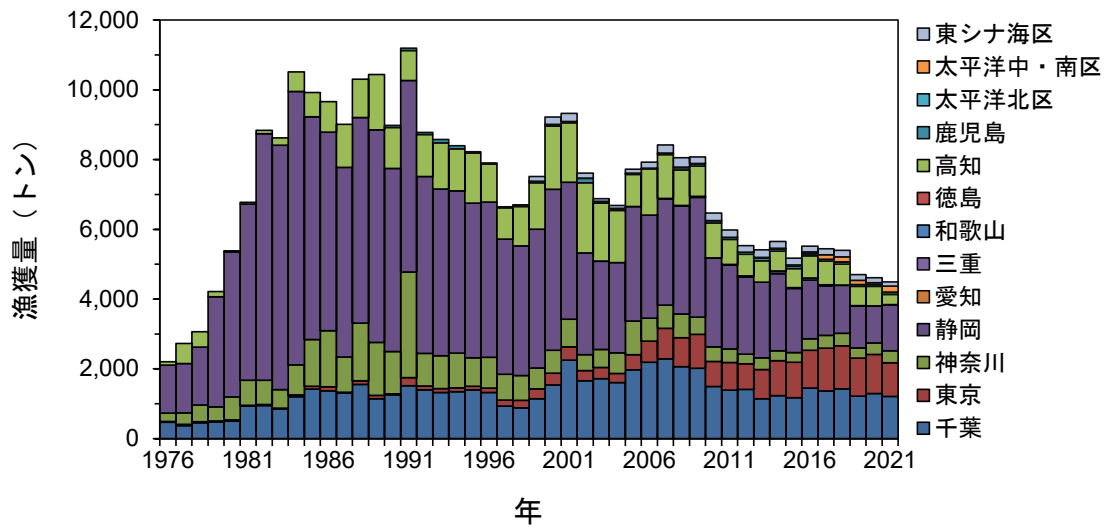


図4. キンメダイ太平洋系群の漁獲量の推移

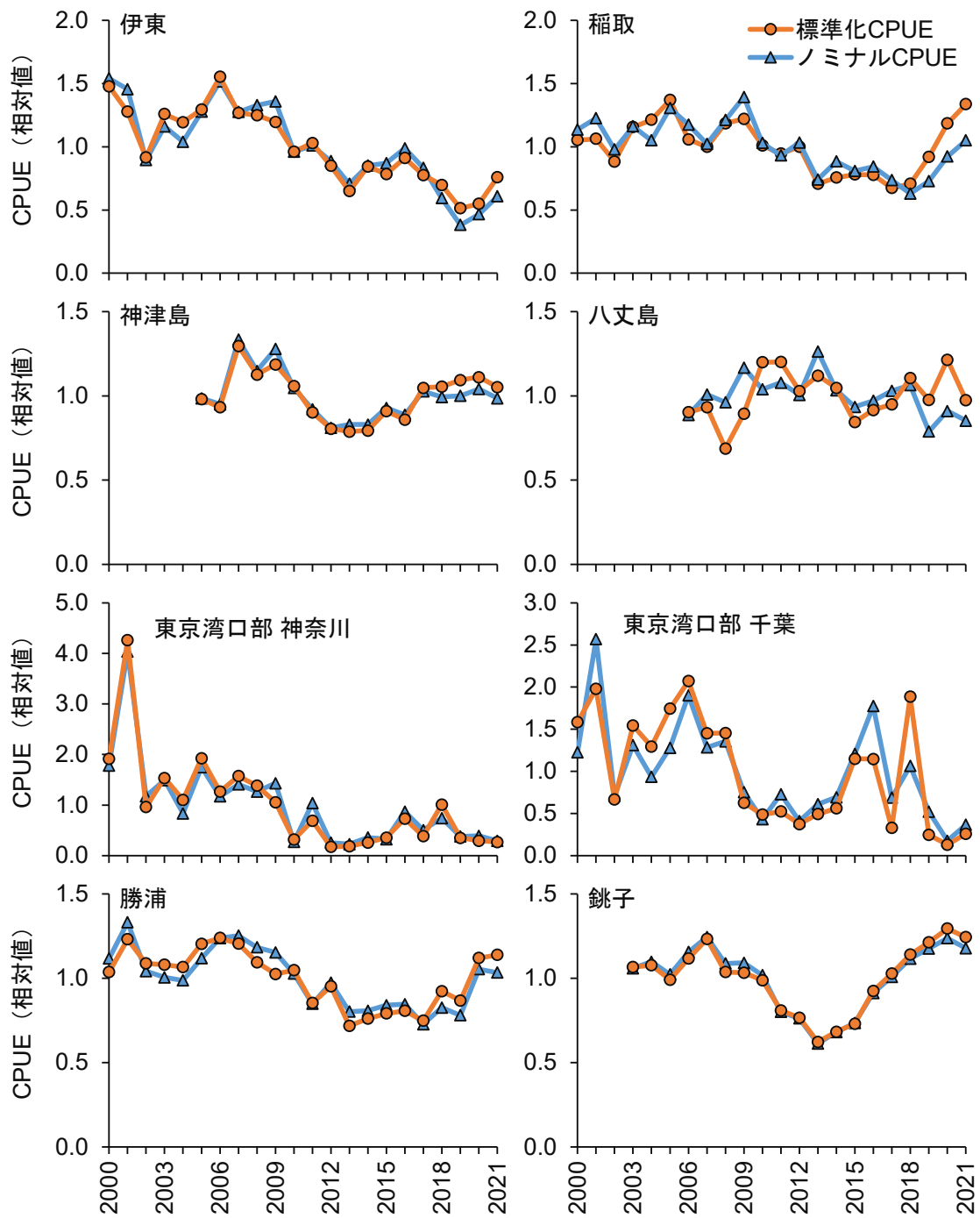


図 5. 伊東、稲取、神津島、八丈島、東京湾口部（神奈川）、東京湾口部（千葉）、勝浦、銚子における立て縄漁業の標準化 CPUE とノミナル CPUE（全期間の平均値で除した相対値）

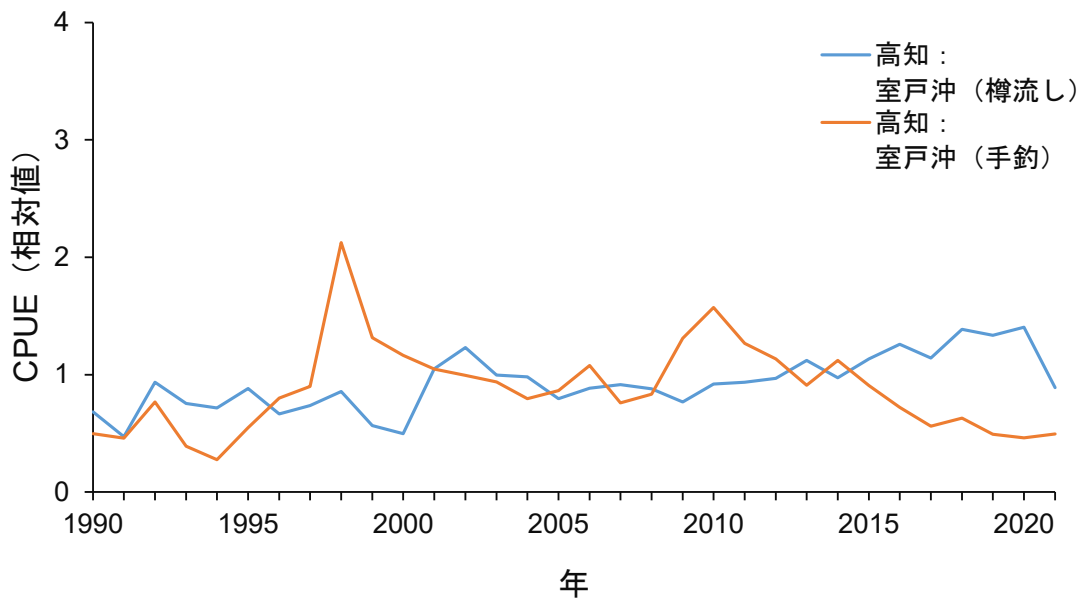


図 6. 1990～2021 年の平均値で除した高知県の室戸沖樽流しと手釣りの CPUE (相対値)

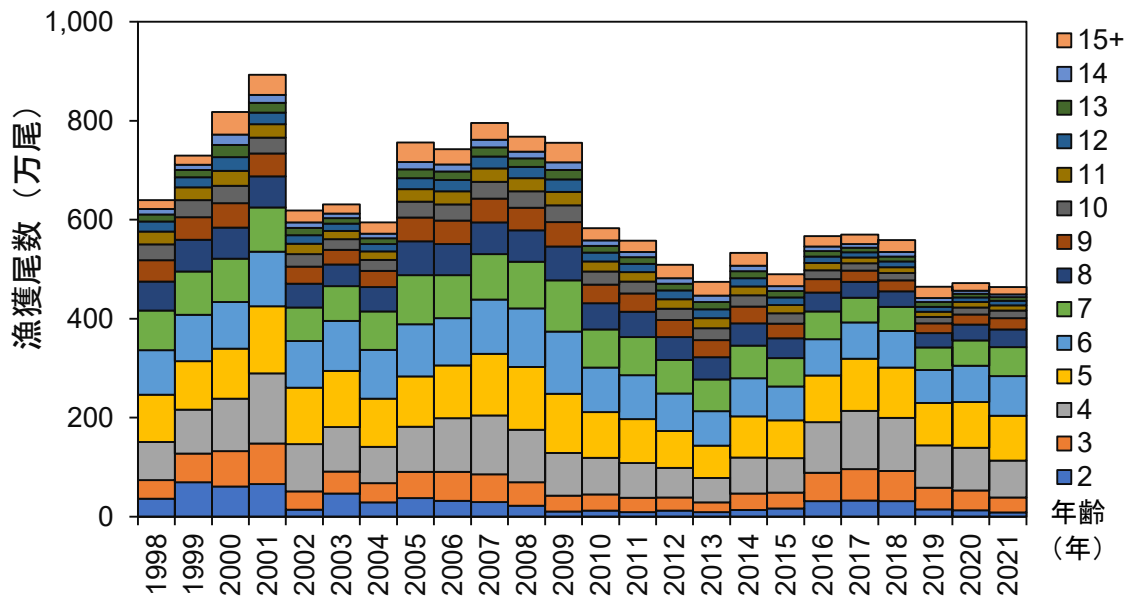


図 7. 年別年齢別漁獲尾数

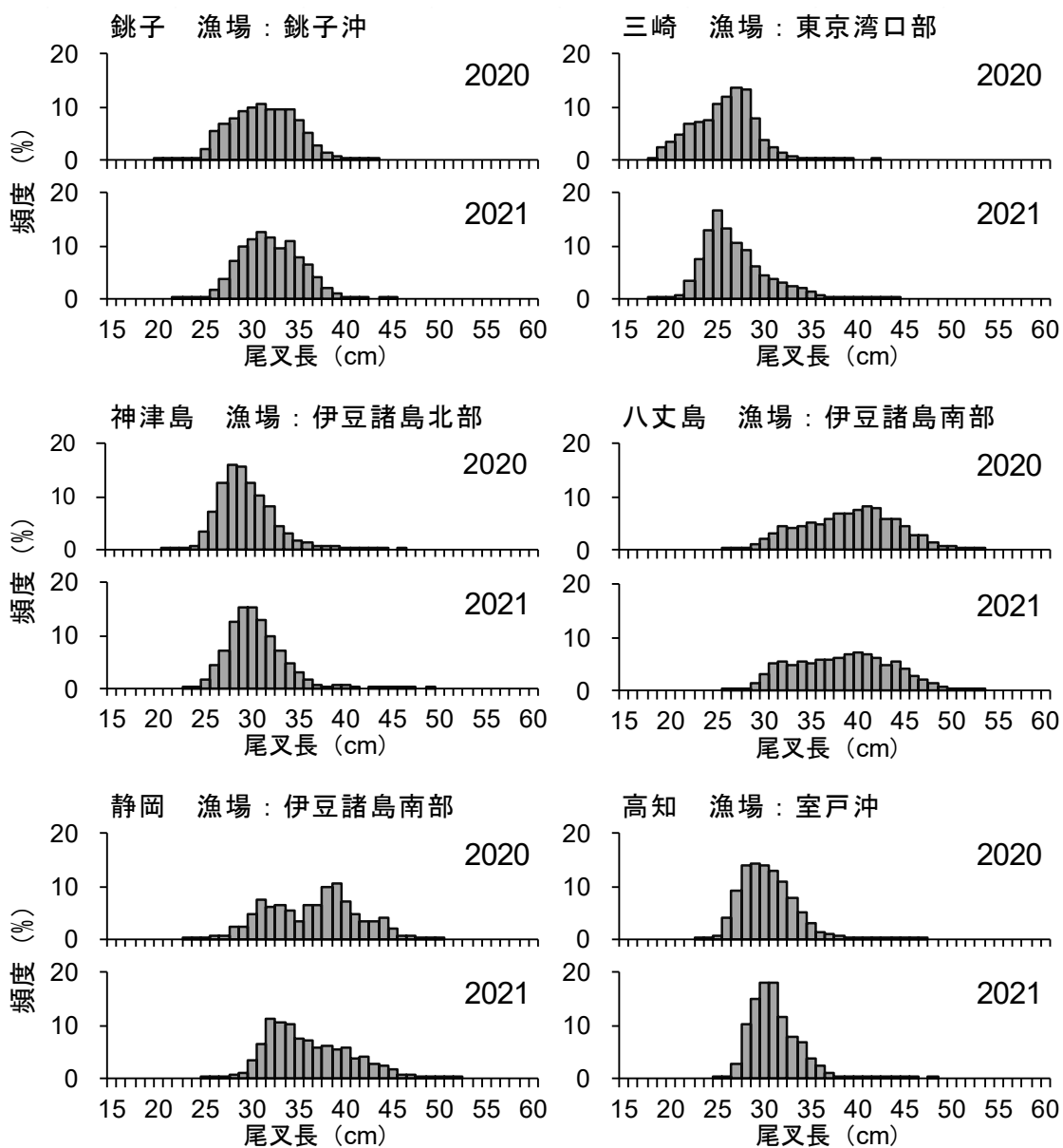


図 8. 2020 年と 2021 年の年間の各地区における漁獲物の体長組成

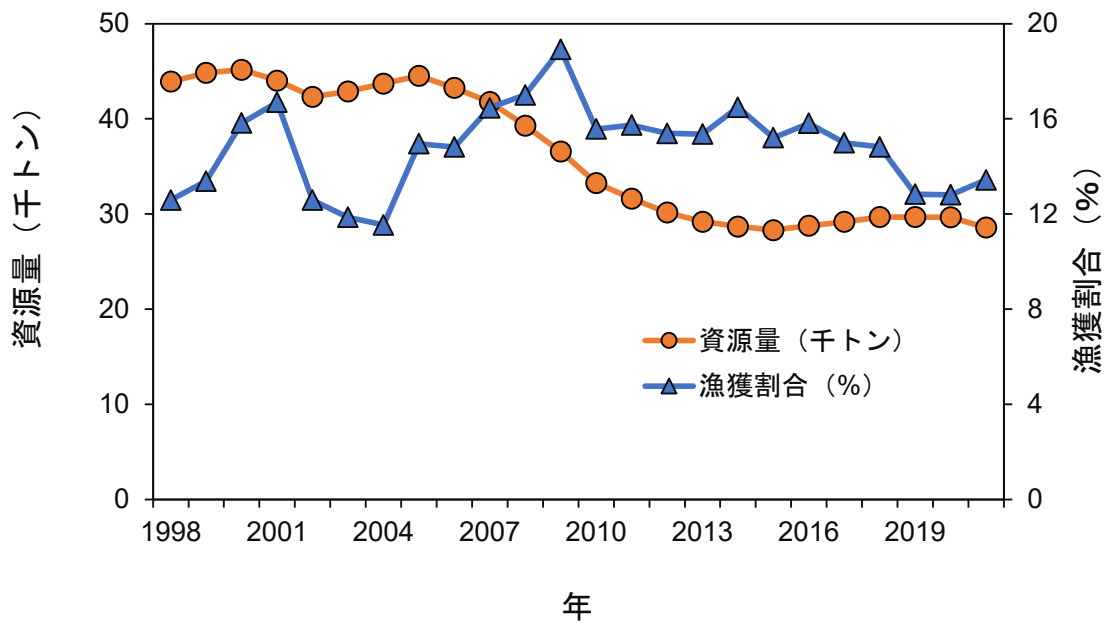


図9. 資源量と漁獲割合の推移

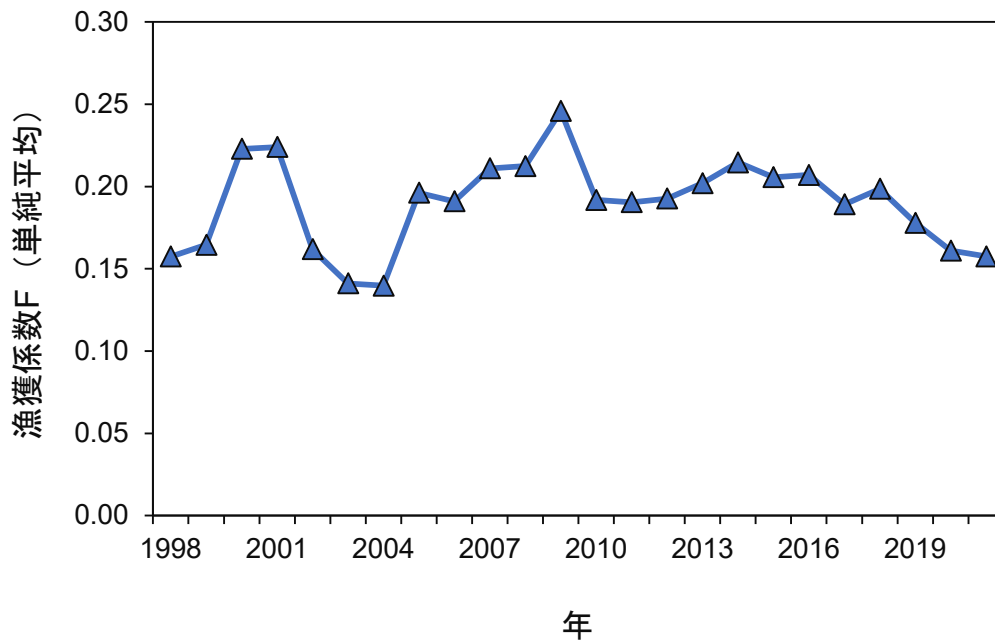


図10. 全年齢の漁獲係数 F の平均値の推移

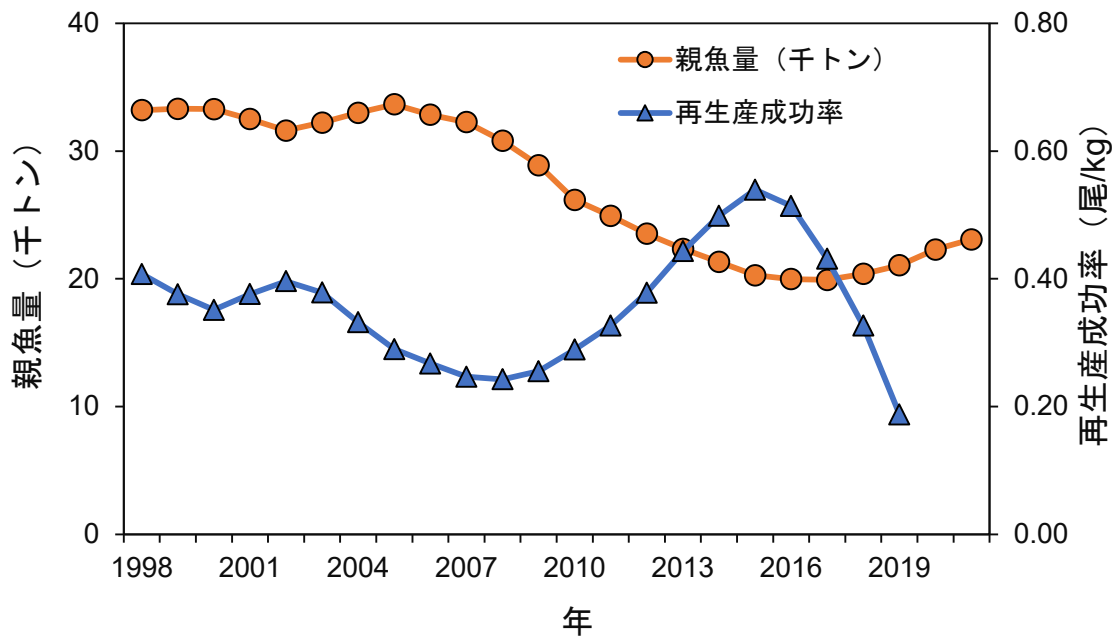


図 11. 親魚量と再生産成功率 (RPS) の推移

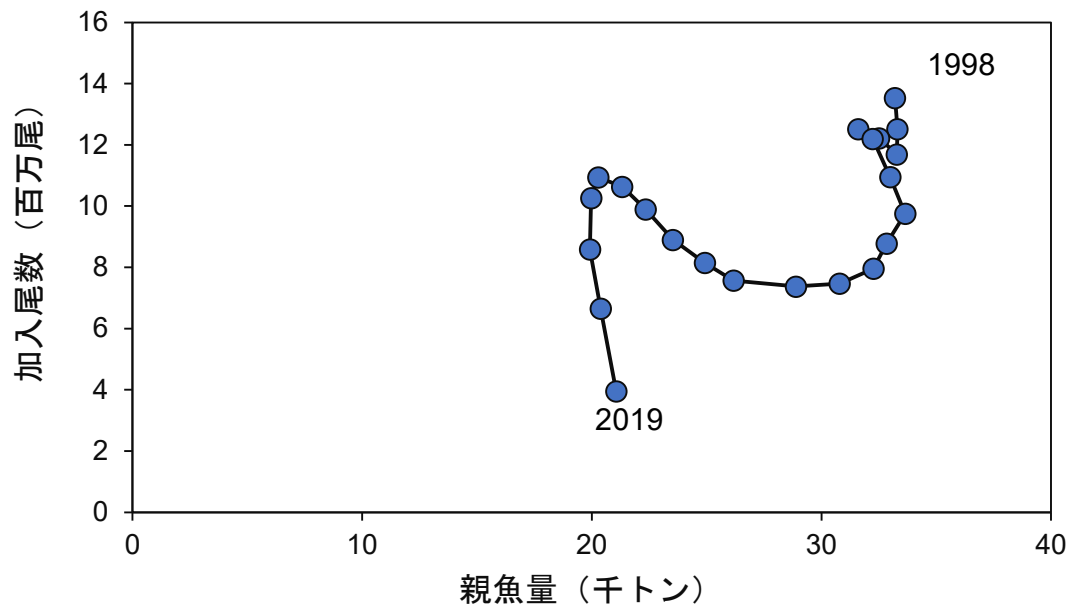


図 12. 親魚量と加入量の関係

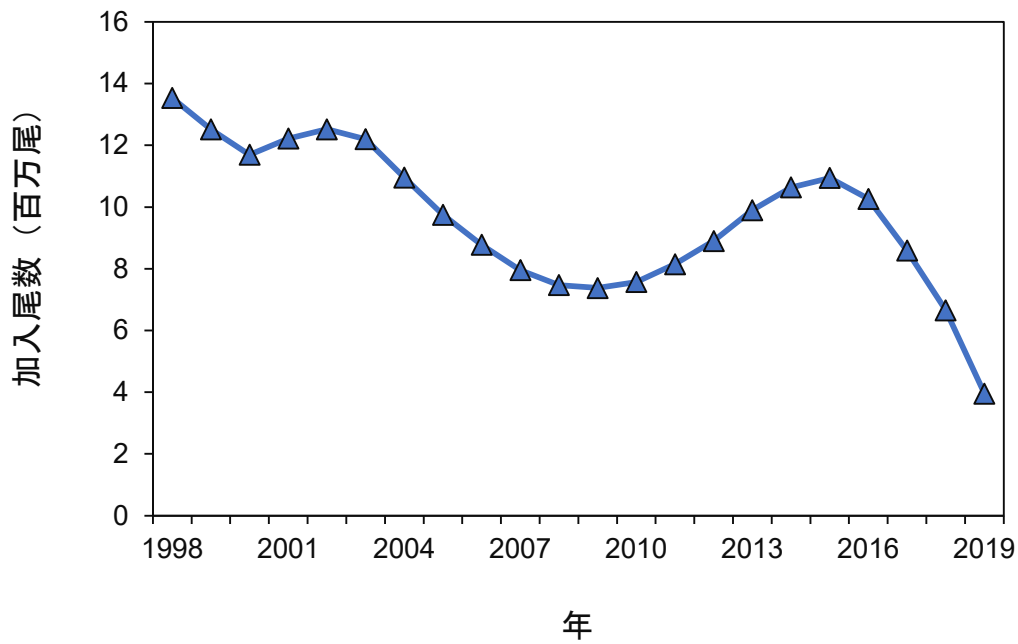


図 13. 加入量の推移

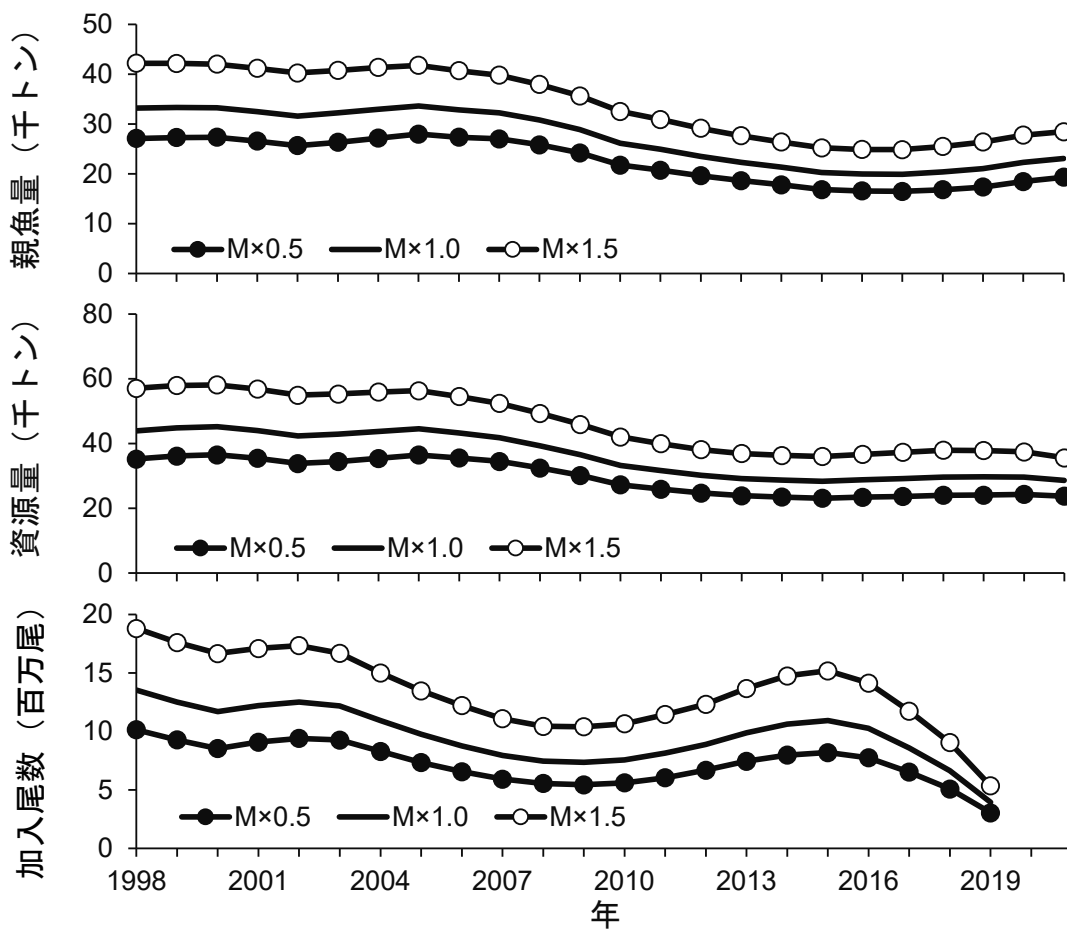


図 14. 自然死亡係数 M を ±50% 変化させたときの親魚量、資源量、加入量の感度解析の結果

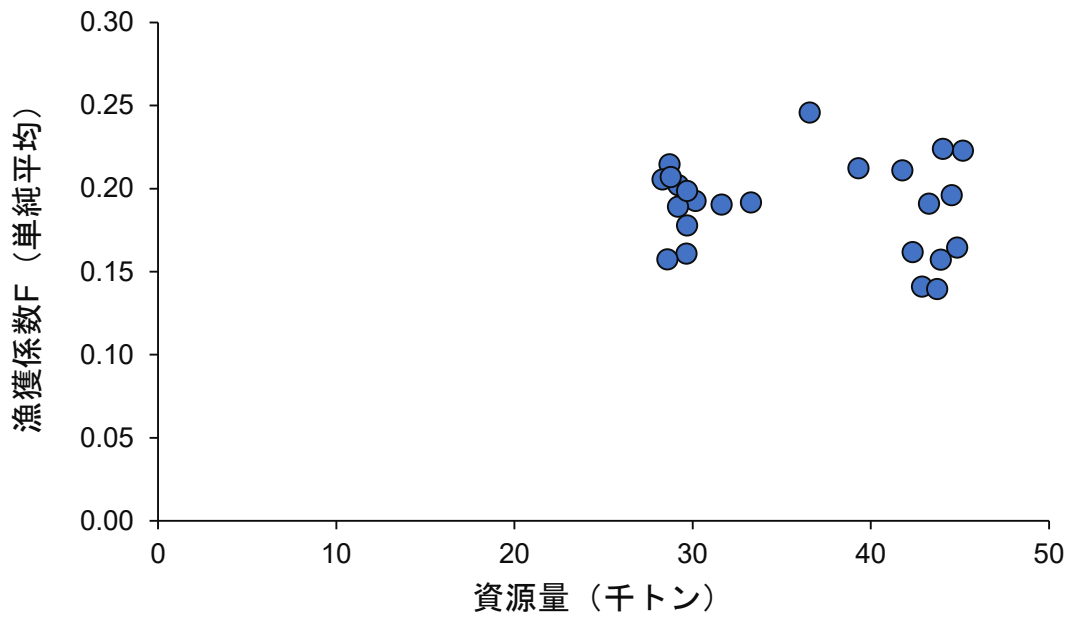


図 15. 資源量と漁獲係数 F の関係

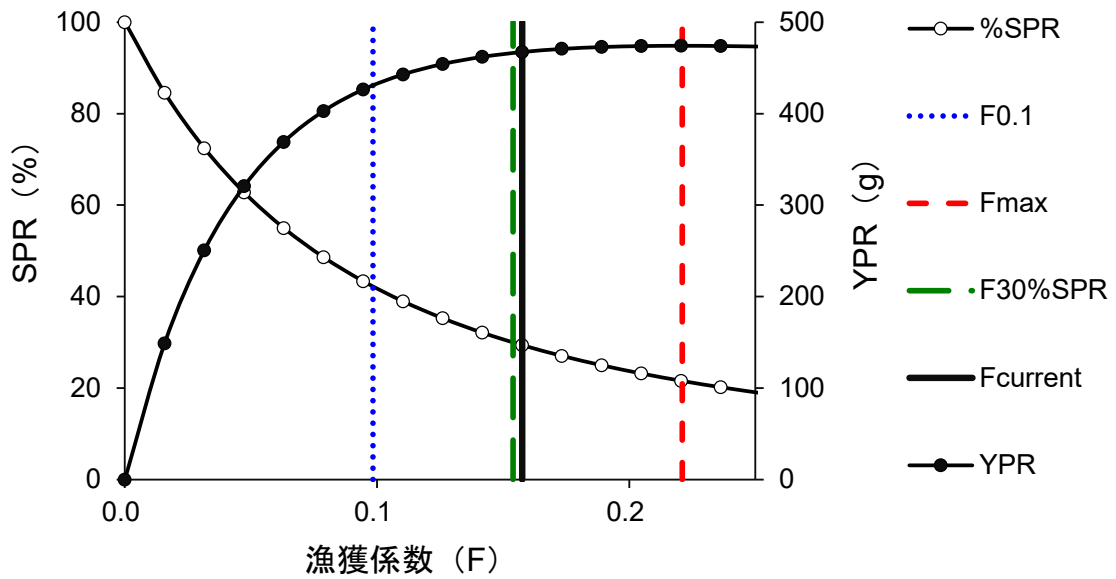


図 16. 加入量当り漁獲量 YPR と加入量あたり産卵量 SPR と漁獲係数 F の関係

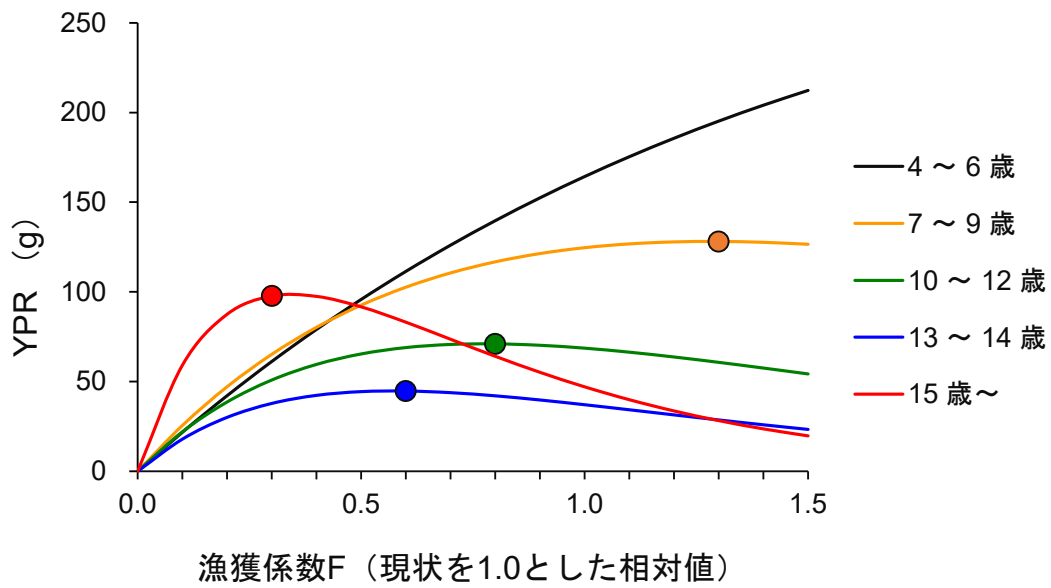


図 17. 年齢群別の漁獲係数 F と YPR の関係 グラフ上の丸が極大値を示す。

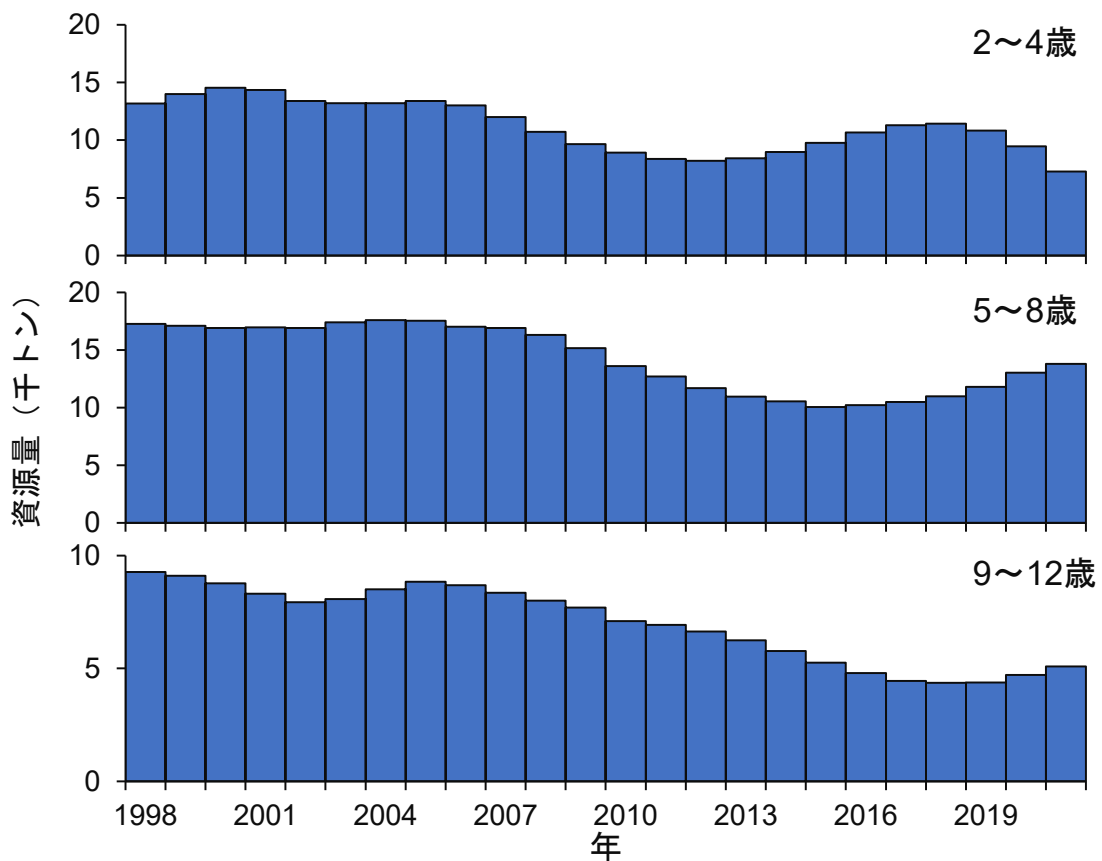


図 18. 年齢群ごとの資源量の推移

表 1. 各都県の自由漁業と知事許可漁業、大臣許可漁業の主要港での水揚量、統計資料より算出したキンメダイの漁獲量（トン）の推移（「空欄」は未集計または記録なし、「-」は漁獲実績がないことを示す。）

年	自由漁業・知事許可漁業										大臣許可漁業			合計
	千葉	東京	神奈川	静岡	愛知	三重	和歌山	徳島	高知	鹿児島	太平洋 北区	太平洋 中区・南区	東シナ 海区	
1976	471	25	233	1,378					98				2,205	
1977	374	34	334	1,414					575				2,731	
1978	455	28	484	1,660					440				3,067	
1979	479	27	407	3,155					147				4,215	
1980	500	34	664	4,155					28				5,381	
1981	933	26	717	5,047					49				6,772	
1982	950	30	693	7,067					97				8,837	
1983	848	24	536	7,007					205				8,620	
1984	1,202	54	856	7,844					559				10,515	
1985	1,418	81	1,342	6,388					695				9,924	
1986	1,369	121	1,603	5,697					869				9,659	
1987	1,308	26	1,003	5,442					1,232				9,011	
1988	1,557	104	1,649	5,898					1,099				10,307	
1989	1,146	98	1,512	6,099					1,582				10,437	
1990	1,257	30	1,207	5,250					1,179	58			8,981	
1991	1,521	225	3,032	5,493					853	73			11,198	
1992	1,400	109	936	5,068					1,205	64			8,782	
1993	1,321	117	937	4,783					1,325	91			8,575	
1994	1,348	113	990	4,652					1,206	91			8,400	
1995	1,400	99	817	4,433					1,442	34			8,224	
1996	1,324	127	881	4,448					1,093	35			7,907	
1997	936	173	740	3,874					892	24	8		6,646	
1998	882	215	708	3,724					1,125	37	2		6,694	
1999	1,141	285	597	3,978					1,336	42	2	134	7,515	
2000	1,537	338	658	4,613					1,816	44	3	209	9,218	
2001	2,252	381	788	3,930					1,707	34	4	230	9,326	
2002	1,656	298	455	2,916				-	2,011	125	9	142	7,612	
2003	1,722	321	512	2,529				6	1,661	47	8	74	6,880	
2004	1,604	264	595	2,582				-	1,502	45	11	85	6,688	
2005	1,972	439	964	3,283				-	0	915	34	5	113	7,725
2006	2,187	612	658	2,953				-	1	1,324	12	3	176	7,927
2007	2,291	872	665	3,048				9	1	1,258	25	21	232	8,423
2008	2,060	832	685	3,104				2	1	1,020	68	16	262	8,050
2009	2,022	968	497	3,431				31	0	869	60	9	192	8,079
2010	1,492	720	421	2,548				3	0	1,004	60	0	219	6,468
2011	1,392	788	394	2,403				-	15	0	721	61	204	5,979
2012	1,410	734	281	2,217	1	2	18	1	624	56	1	187	5,532	
2013	1,144	838	334	2,168	0	-	-	2	613	78	2	221	5,414	
2014	1,236	998	287	2,209	0	7	68	2	570	60	0	19	200	5,656
2015	1,177	1,011	279	1,839	0	6	12	2	552	79	1	22	191	5,171
2016	1,453	1,083	326	1,687	0	-	54	1	636	65	1	50	162	5,518
2017	1,368	1,230	362	1,415	0	12	27	1	676	55	2	121	177	5,446
2018	1,429	1,234	360	1,375	0	-	7	2	594	67	2	145	187	5,402
2019	1,219	1,093	287	1,210	0	-	-	2	558	53	0	114	167	4,704
2020	1,294	1,123	329	1,051	7	-	-	1	564	48	1	57	142	4,617
2021	1,214	961	345	1,321	1	-	-	0	295	57	6	172	119	4,491

千葉県の2006年までは関東農政事務所による千葉県の属人統計、2007年以降は主要3港における水揚量。

神奈川県は2006年までは関東農政事務所による神奈川県の属人統計、2007年以降は三崎魚市場における水揚量。

静岡県は2002年以降は静岡県属人統計と県外籍底立延縄船漁獲量の和、2007年以降は主要港における水揚量。

愛知県は主要2港における水揚量。

三重県は主要4港における水揚量。

高知県は1988年までは主要3港、1989～2003年は主要4港、2004～2009年は主要5港、2010年以降は県漁協全体におけ

鹿児島県は鹿児島魚市水揚量。

太平洋北区は旧東北区水産研究所による沖合底びき網漁業のキンメダイ類の漁獲統計。

太平洋中区・南区は愛知県の主要2港における沖合底びき網漁業の水揚量集計、2013年は4～12月の水揚量。

東シナ海区ははえ縄漁業による長崎魚市での水揚量。

表 2. 千葉県、東京都、神奈川県、静岡県の地区、漁法別の漁獲量（トン）の詳細

都・県	千葉			東京			神奈川	静岡			
地区	銚子	勝浦	館山	大島・ 利島・ 新島・ 式根島	神津島	三宅島 御蔵島	八丈島		底立て はえ縄	立て縄・ たる流し	底立て はえ縄
漁法	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄			
1998	299	249	298	96	32	20	67	339	369	958	2,766
1999	427	308	359	106	45	14	120	269	328	1,200	2,778
2000	514	650	328	168	23	12	134	413	245	1,289	3,324
2001	665	1,035	456	139	28	25	189	522	266	1,128	2,802
2002	628	903	117	76	23	11	188	250	205	661	2,255
2003	628	828	248	62	44	11	204	255	257	792	1,737
2004	656	697	184	61	61	9	133	181	414	687	1,895
2005	705	854	361	103	124	10	202	458	506	1,065	2,218
2006	738	1,046	386	121	249	15	227	164	494	866	2,087
2007	854	1,179	257	116	470	24	268	181	485	892	2,156
2008	695	1,106	268	119	434	36	242	290	395	930	2,174
2009	779	1,086	165	114	462	28	364	210	287	1,073	2,358
2010	576	840	107	63	385	11	260	103	318	484	2,064
2011	456	825	110	46	392	16	334	85	309	779	1,624
2012	412	892	106	34	374	21	341	55	226	691	1,526
2013	313	701	130	34	356	20	429	87	247	685	1,484
2014	344	725	167	33	479	61	425	75	212	791	1,418
2015	313	747	117	54	501	56	402	104	175	672	1,167
2016	469	781	203	67	470	75	471	165	161	725	962
2017	478	677	213	64	575	90	500	189	173	660	754
2018	492	790	147	34	572	104	525	154	206	580	794
2019	513	648	57	24	589	102	378	75	212	493	717
2020	469	805	21	61	539	97	427	68	261	444	607
2021	408	777	29	39	453	92	377	78	266	563	758

※漁獲統計による集計値と主要港の集計値の差のため表 1 の県合計と一致しない年がある。

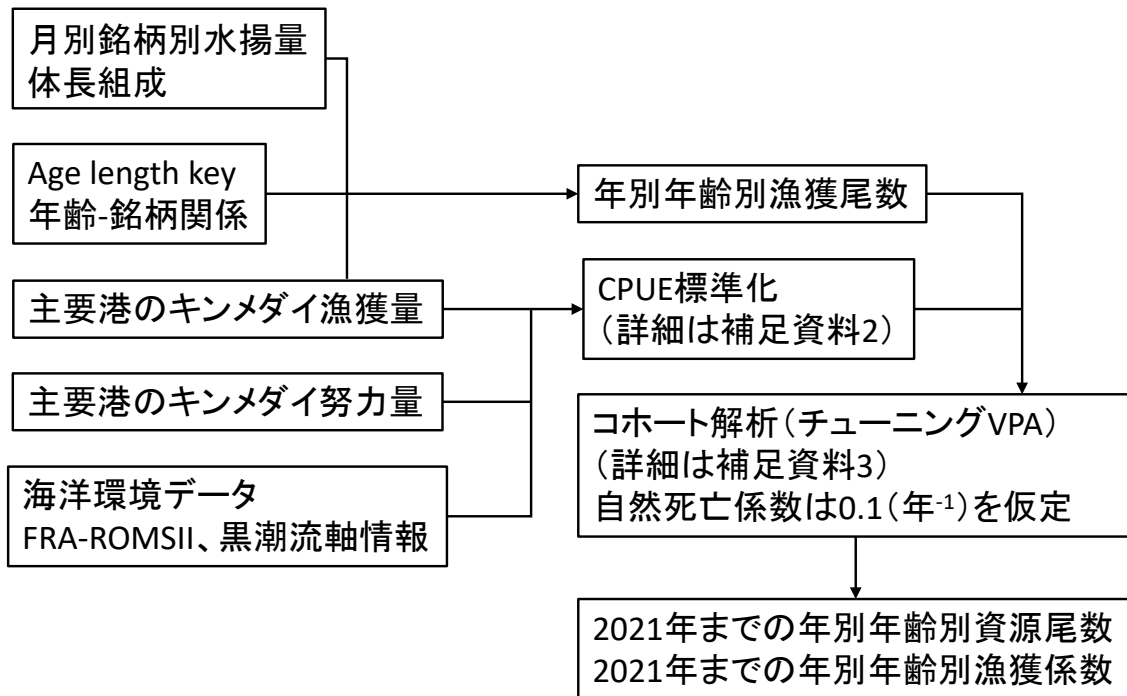
※千葉県館山立て縄と神奈川県立て縄には東京湾口部と伊豆諸島北部海域での操業を含む。

表3. キンメダイ太平洋系群の関東沿岸から伊豆諸島における資源解析結果

年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲割合 (%)	2歳加入尾数 (百万尾)	再生産成功率 (尾/Kg)
1998	5.53	43.9	33.2	13	14	0.41
1999	6.00	44.8	33.3	13	13	0.38
2000	7.15	45.2	33.3	16	12	0.35
2001	7.35	44.0	32.5	17	12	0.38
2002	5.32	42.3	31.6	13	13	0.40
2003	5.08	42.9	32.2	12	12	0.38
2004	5.05	43.7	33.0	12	11	0.33
2005	6.66	44.5	33.7	15	10	0.29
2006	6.41	43.3	32.8	15	9	0.27
2007	6.88	41.8	32.3	16	8	0.25
2008	6.68	39.3	30.8	17	7	0.24
2009	6.92	36.6	28.9	19	7	0.26
2010	5.18	33.3	26.2	16	8	0.29
2011	4.98	31.6	24.9	16	8	0.33
2012	4.64	30.2	23.5	15	9	0.38
2013	4.48	29.2	22.3	15	10	0.44
2014	4.73	28.7	21.3	16	11	0.50
2015	4.31	28.3	20.3	15	11	0.54
2016	4.55	28.8	20.0	16	10	0.51
2017	4.37	29.2	19.9	15	9	0.43
2018	4.40	29.7	20.4	15	7	0.33
2019	3.81	29.7	21.1	13	4	0.19
2020	3.80	29.7	22.3	13	—	—
2021	3.84	28.6	23.1	13	—	—

2歳加入尾数と再生産成功率（2歳加入尾数÷親魚量）は、0歳時の年にずらして表示した。2019、2020年に発生した年級群は2020年時点ではまだ漁獲対象資源に加入していないため「—」で示す。

補足資料 1 資源評価の流れ



将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述する。

補足資料 2 単位努力量当たり漁獲量 (CPUE)

昨年度の資源評価では、コホート解析における確度の高いチューニング指数を得るため、千葉県、東京都、神奈川県、静岡県的主要地区における立て縄漁業操業記録を集約し、黒潮流路等の環境要因を考慮した CPUE 標準化を試行した (亘・半沢 2022)。しかし、昨年度のモデルでは、漁場への黒潮接近に伴う漁獲効率の変化の影響が十分に除外していないこと、地区ごとの使用漁具等の操業形態や漁獲対象資源の年齢構造に違いがあること、さらにモデル診断の結果も良くなかったことが問題点として挙げられた。したがって、今年度は、千葉県船が操業する 2 地区 (銚子、勝浦)、東京都船が操業する 2 地区 (神津島、八丈島)、静岡県船が操業する 2 地区 (伊東、稲取)、神奈川県船と千葉県船が入会で操業する東京湾口部地区において各県が主に操業する 2 海域の、7 地区 (うち東京湾口部は 2 海域) 計 8 の海域に対して、別々に CPUE 標準化を実施することとした。データは、過去年において月別情報のみが利用できるケースが存在したことから、月別操業記録を使用した。また、気象庁海洋情報部が提供する海洋速報から黒潮北縁 (流軸から 13 海里) の位置情報を抽出するとともに、FRA-ROMS II (Kuroda et al. 2017、データアクセス日: 2022 年 1 月 4 日) から漁場内における海洋環境情報を抽出して説明変数として導入することとした。今年度、全地区・海域で導入した CPUE 標準化モデルは、誤差分布を対数正規分布とした一般化線形モデル (log-normal GLM) であり、フルモデルは主効果のみを考慮した以下のモデルとした。

$$\log(\text{CPUE}) = \text{切片} + \text{年} + \text{季節} + \text{水温} + \text{流速} + \text{流向} +$$

$$\text{地先における黒潮北縁の緯度} + \text{経度間の黒潮北縁の緯度差}$$

水温、流速、流向には FRA-ROMS II の再解析値を用いた。なお、フルモデルでは、水深の浅い地区・海域を除き、0 m 層、100 m 層、200 m 層、400 m 層、底層の 5 深度帯の値をすべて説明変数として導入した。FRA-ROMS II から抽出する漁場の位置は、補足図 2-1 に示した緯度経度 0.1 度グリッドの中から一都三県の資源評価参画機関との協議の上で決定した。なお、上記のとおり、東京湾口部において、神奈川県船と千葉県船が入会で操業を行っているが、両県の漁船は主漁場が若干異なっている (神奈川県: 野島崎西側、千葉県: 野島崎東側)。したがって、当該地区については、両県の操業海域で別々の標準化モデルを構築するとともに、それぞれのモデルで別々のグリッドにおける再解析値を説明変数に用いた (詳細は、FRA-SA2022-SC02-06、FRA-SA2022-SC02-07 を参照)。地先における黒潮北縁の緯度は、東経 138、139、140、141 度のうち、一都三県との協議で決定した漁場に最も近い位置の緯度を使用することとした (補足図 2-2)。黒潮流路に係る説明変数としては、経度間の黒潮北縁の緯度差 (東経 138 度 - 東経 139 度、東経 139 度 - 東経 140 度、東経 140 度 - 東経 141 度の 3 つ) を計算した。この値は黒潮北縁の緯度差/経度差 (経度差は常に 1 度) とも書き換えられるため、黒潮北縁の傾きと同義である。傾きが正を示せば黒潮は南東方向、負を示せば北東方向への流れとなることから、本系群の資源評価ではこれを沿岸域への「黒潮の入込」指標と捉え、説明変数として採用した。なお、現在利用できるデータは月別 CPUE であり、様々な交互作用を考慮すると、推定パラメータ数がデータ数を上

回ってしまうこと、また解釈が煩雑になる可能性もあることからフルモデルには導入しなかった。

ベストモデルは、フルモデルについて、説明変数総当りの赤池情報量規準 (AIC) によるモデル選択を実施したのち、最小 AIC+2 の範囲にあるモデルのうち、説明変数の数が最小のモデルを、環境・漁業面での説明力を加味して決定した。ただし、AIC による変数選択において、FRA-ROMS II から得られた特定の説明変数で、複数の深度層が選択された場合、(例えば、0 m 水温と 100 m 水温が同時に選択された場合)、解釈の簡便さや過適合を考慮して、1 層のみをベストモデルとして採用した。

以上のプロセスにより選択された 7 地区(うち東京湾口部は 2 海域)のベストモデルと、最小 AIC+2 の範囲に頻繁に含まれる説明変数を以下に示した。

地区 (海域)	伊東	稲取	神津島	八丈島	東京湾口部 (神奈川)	東京湾口部 (千葉)	勝浦	銚子
黒潮北縁緯度を抽出した経度	139	139	139	139	140	140	140	141
流向	0 m							△
	100 m			○			○	△
	200 m	■	○	△				
	400 m	■	■	△	■			
	底層							
黒潮北縁緯度	○	△				△	△	△
経度間の黒潮北縁の緯度差	138-139	○	○		△	△	△	△
	139-140	○	△			○		
	140-141			○		△	○	△
流速	0 m		△	△		○	○	
	100 m		○			○		
	200 m	■				△		
	400 m	■	■			■		
	底層	○						
水温	0 m		△			△	○	△
	100 m		△	○	△			
	200 m	■						○
	400 m	■	■		○	■		
	底層							
季節	○	○	○	○	○	○	○	○
年	○	○	○	○	○	○	○	○

○ (薄灰色塗) : ベストモデルの変数、△ : 最小 AIC+2 モデルで頻出した変数、黒塗 : 該当水深なし

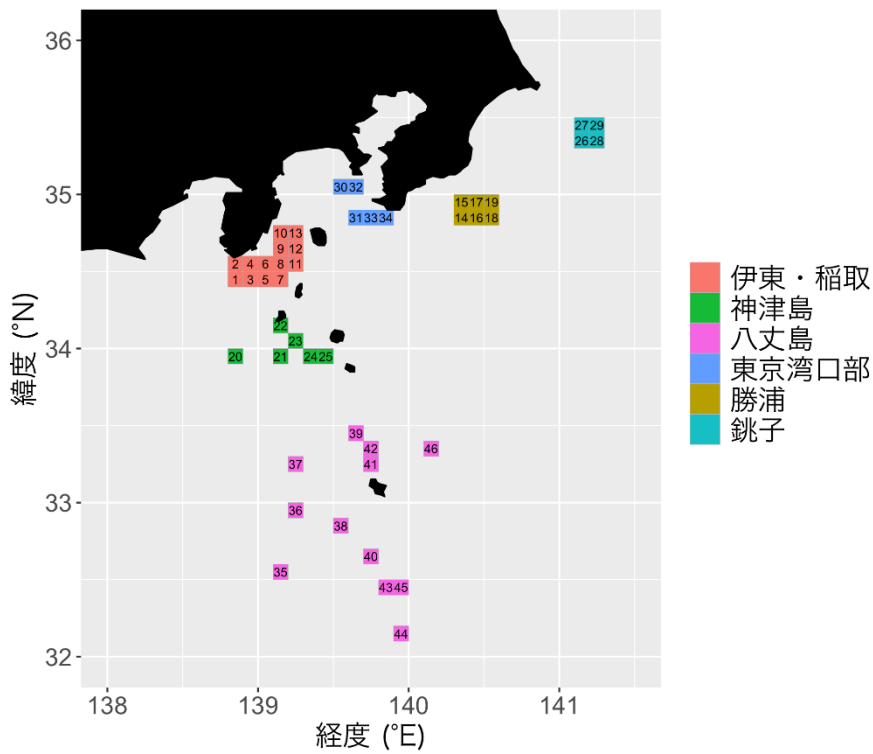
*八丈島では、年効果を含む条件下での最小 AIC+2 以内のモデルを表示

八丈島のモデルでは、標準化により海洋環境の影響を十分に取り除けていない可能性も考えられたことから、今年度の資源評価では資源量指標値として標準化 CPUE を採用せず、ノミナル CPUE を使用することとした。したがって、上記は年効果を含むモデルの中でのベストモデルであり、参考として示している。ベストモデルでは、年と季節の効果に加え、経度間の黒潮北縁の緯度差で 138 度と 139 度の差が選択される地区が多かった。黒潮大蛇行期にあたる 2018 年 12 月の例（補足図 2-3 c）のように、この付近で蛇行の流れが北東方向に向くことから、この説明変数は大蛇行か否かの情報になっているものと考えられる。また 2009 年 5 月の例（補足図 2-3 a）のように、140 度と 141 度の差については、ここで北北東方向の流れの向きであると伊豆諸島全体が黒潮内側域に入るケースが多い。地先における黒潮北縁の緯度については、伊東、稲取、東京湾口部（千葉）、勝浦、銚子と本州沿岸の各地区では選択されるが、神津島、八丈島では選択されない傾向があった。一方、水温の効果も、黒潮が接近することによる漁場内での水温上昇、流速の上昇、流向の変化といった複合的な変化の一つとして検出された可能性が考えられる。

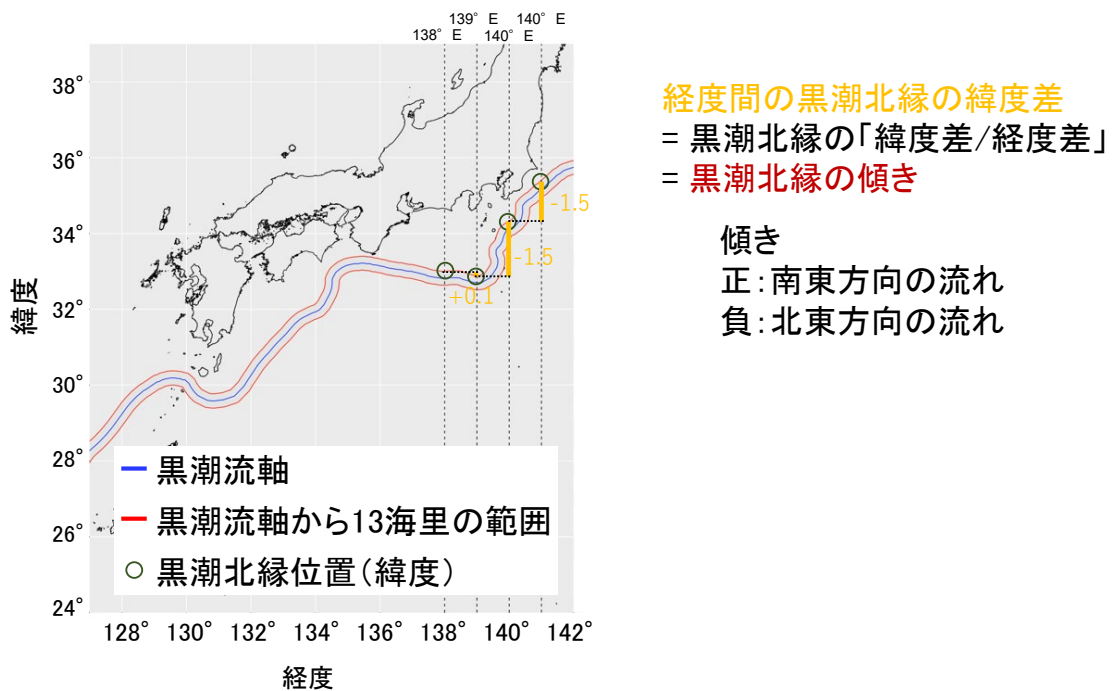
以上のベストモデルにおける切片の値と年効果の係数を抽出し、図 5 における標準化 CPUE の年トレンドを計算した。7 地区（うち東京湾口部は 2 海域）の標準化 CPUE とノミナル CPUE の年トレンドの相対値を補足表 2-1 に示した。年トレンドの計算方法および上記のモデル作成の手順、モデル診断結果等の標準化の詳細は標準化 CPUE に関する文書（伊東：FRA-SA2022-SC02-02、稲取：FRA-SA2022-SC02-03、神津島：FRA-SA2022-SC02-04、八丈島：FRA-SA2022-SC02-05、東京湾口部（神奈川）：FRA-SA2022-SC02-06、東京湾口部（千葉）：FRA-SA2022-SC02-07、勝浦：FRA-SA2022-SC02-08、銚子：FRA-SA2022-SC02-09）に示した。

引用文献

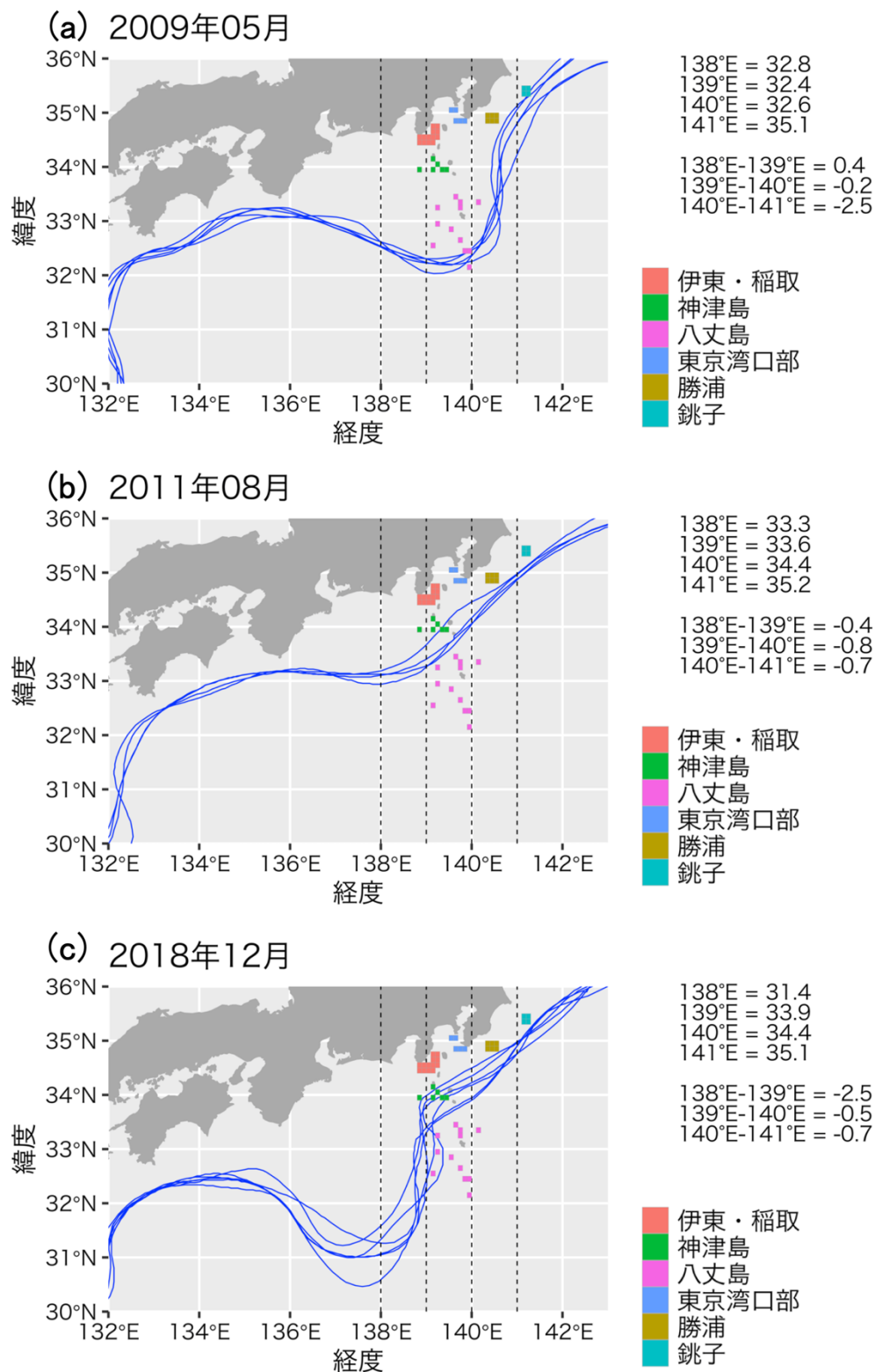
- Kuroda, H., Setou, T., Kakehi, S., Ito, S., Taneda, T., Azumaya, T., Inagake, D., Hiroe, Y., Morinaga, K., Okazaki, M., Yokota, T., Okunishi, T., Aoki, K., Shimizu, Y., Hasegawa, D., Watanabe, T. (2017) Recent advances in Japanese fisheries science in the Kuroshio-Oyashio region through development of the FRA-ROMS ocean forecast system: Overview of the reproducibility of reanalysis products. *Open Journal of Marine Science*, 7, 62–90.
- 亘 真吾・半沢祐大 (2022) 令和 3 (2021) 年度キンメダイ太平洋系群の資源評価. 令和 3 年度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. FRA-SA2021-RC02-2. <https://abchan.fra.go.jp/digests2021/details/202137.pdf>



補足図 2-1. FRA-ROMS II再解析値の抽出に用いた各地区の漁場範囲



補足図 2-2. CPUE 標準化で用いた黒潮に関する各指標の概念図



補足図 2-3. 黒潮北縁の緯度と経度間の黒潮北縁の緯度差の例

補足表 2-1. 7 地区（東京湾口部は千葉県側と神奈川県側と平均）の標準化 CPUE（上）とノミナル CPUE（下）、各地区の全期間の平均で除した相対値、太字はチューニングに使用した CPUE を示す

地区 海域	伊東	稲取	神津島	八丈島	東京湾口部 (神奈川県)	東京湾口部 (千葉)	東京湾口部 平均	勝浦	銚子
2000	1.48	1.05			1.91	1.58	1.75	1.04	
2001	1.28	1.06			4.26	1.98	3.12	1.23	
2002	0.91	0.88			0.96	0.67	0.81	1.09	
2003	1.26	1.16			1.53	1.54	1.54	1.08	1.07
2004	1.19	1.21			1.10	1.29	1.20	1.07	1.08
2005	1.29	1.37	0.98		1.93	1.74	1.84	1.20	0.99
2006	1.55	1.06	0.93	0.90	1.27	2.07	1.67	1.24	1.12
2007	1.27	1.00	1.30	0.93	1.57	1.45	1.51	1.20	1.23
2008	1.25	1.19	1.13	0.69	1.38	1.45	1.42	1.09	1.04
2009	1.20	1.22	1.19	0.89	1.06	0.63	0.84	1.03	1.03
2010	0.96	1.01	1.06	1.20	0.32	0.49	0.40	1.05	0.99
2011	1.03	0.95	0.90	1.20	0.69	0.52	0.61	0.85	0.81
2012	0.85	1.00	0.81	1.03	0.17	0.37	0.27	0.95	0.77
2013	0.65	0.71	0.79	1.12	0.19	0.49	0.34	0.72	0.62
2014	0.84	0.76	0.79	1.05	0.26	0.56	0.41	0.76	0.68
2015	0.78	0.78	0.91	0.84	0.36	1.15	0.75	0.79	0.73
2016	0.91	0.78	0.86	0.92	0.73	1.15	0.94	0.81	0.92
2017	0.78	0.67	1.05	0.95	0.38	0.33	0.36	0.75	1.03
2018	0.70	0.71	1.05	1.11	1.01	1.89	1.45	0.92	1.14
2019	0.51	0.92	1.09	0.98	0.35	0.25	0.30	0.87	1.21
2020	0.55	1.18	1.11	1.21	0.30	0.13	0.21	1.12	1.30
2021	0.76	1.34	1.05	0.98	0.27	0.26	0.26	1.14	1.24

地区 海域	伊東	稲取	神津島	八丈島	東京湾口部 (神奈川県)	東京湾口部 (千葉)	勝浦	銚子
2000	1.54	1.14			1.78	1.23	1.12	
2001	1.46	1.23			4.03	2.57	1.33	
2002	0.90	0.98			1.17	0.71	1.04	
2003	1.16	1.16			1.49	1.31	1.01	1.06
2004	1.04	1.05			0.83	0.94	0.99	1.10
2005	1.28	1.31	0.99		1.75	1.28	1.12	1.02
2006	1.52	1.18	0.95	0.89	1.17	1.90	1.24	1.16
2007	1.28	1.02	1.33	1.01	1.41	1.28	1.25	1.24
2008	1.33	1.21	1.15	0.96	1.27	1.36	1.18	1.09
2009	1.36	1.39	1.28	1.17	1.43	0.75	1.15	1.09
2010	0.96	1.03	1.05	1.04	0.27	0.43	1.03	1.02
2011	1.01	0.93	0.92	1.08	1.04	0.73	0.85	0.80
2012	0.89	1.03	0.81	1.01	0.25	0.41	0.97	0.76
2013	0.71	0.74	0.83	1.26	0.23	0.61	0.80	0.61
2014	0.85	0.88	0.83	1.03	0.36	0.69	0.81	0.68
2015	0.87	0.81	0.93	0.93	0.32	1.21	0.84	0.73
2016	0.99	0.84	0.89	0.97	0.87	1.77	0.85	0.91
2017	0.83	0.74	1.03	1.03	0.50	0.69	0.73	1.01
2018	0.59	0.63	0.99	1.06	0.74	1.06	0.83	1.12
2019	0.38	0.73	1.00	0.79	0.38	0.52	0.78	1.18
2020	0.47	0.92	1.04	0.91	0.39	0.18	1.05	1.24
2021	0.61	1.05	0.99	0.85	0.29	0.37	1.03	1.18

補足資料 3 資源計算方法

(1) 年齢別漁獲尾数

これまでの生物測定結果より、関東近海など沿岸部で採集された個体の最高年齢は 14 歳で 10 歳以下が大半を占める。一方、伊豆諸島南部など沖合部で捕獲された個体は 14 歳以上の個体も多く存在した。Age length key の作成に当たり沖合部の情報を沿岸部に当てはめると、沿岸部に高齢魚が多数存在することになり、調査で得られた実態と異なる。そこで Age length key は沿岸と沖合で 2 種類作成するとともに、水揚げ港ごと、漁法ごとに適用し、2 歳から 14 歳と 15 歳以上で構成される年齢別漁獲尾数を算出した（補足表 3-1）。

なお、令和元（2020）年度評価までは、加入を 1 歳として、年齢別漁獲尾数を 1～14 歳と 15 歳以上をプラスグループとしていた。しかし、主漁獲対象サイズではなく、混獲に相当するものが資源評価に含まれる点について、漁業現場からも実態に即していないとの意見があり、その後の資源評価参画機関での協議と検討を経て、漁獲尾数の 1、2 歳に占める 1 歳の割合が年々低下していること、漁獲量全体に占める 1 歳の割合が 0.1%以下と小さいことを考慮し、令和 2 年（2021）年度の資源評価から、漁獲物の年齢構成を 2～14 歳と 15 歳以上で構成されると判断し変更している。

年齢別漁獲尾数の算出は以下の手順に従った。このうち⑥の過程において 1 歳の尾数を除き、2 歳以上の年齢別漁獲尾数、計算漁獲量を使用した。

①	各地の銘柄組成、体長組成の整理集計
②	沿岸用と沖合用の Age length key で各年齢について体長階級別漁獲尾数の割合を計算し、年齢別尾数割合にする
③	地区ごとに漁獲量と平均体重から総漁獲尾数を計算
④	地区ごとに年齢別漁獲尾数を計算
⑤	全地区を合計し年齢別漁獲尾数を算出
⑥	プラスグループの平均体重の設定などにより、⑤の年齢別漁獲尾数と年齢別平均体重を乗じて求めた漁獲量（計算漁獲量）は、表 3 に示す漁獲統計と厳密には一致しない。そのため、以下の式で年齢別漁獲尾数を補正 各年各年齢の漁獲尾数×表 3 の漁獲量÷計算漁獲量

(2) コホート解析

1998～2021 年までの 24 年間の 2～14 歳と 15 歳以上をプラスグループとした年別年齢別漁獲尾数を用い、コホート解析で資源量推定を行った（Pope 1972）。年別年齢別漁獲尾数 $C_{a,y}$ から、 a 歳、 y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ 、漁獲係数 $F_{a,y}$ は、それぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (a=2,\dots,13, y=1998,\dots,Y-1) \quad (1)$$

$$F_{a,y} = \ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (y=1998,\dots,Y) \quad (2)$$

ここで、Y は最近年の 2021 年を示し、15 歳以上はプラスグループとし、14 歳と 15+歳の漁獲係数は等しいと仮定した。資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{14,y} = \frac{C_{14,y}}{C_{14,y} + C_{15+,y}} N_{15+,y+1} \exp(M) + C_{14,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (y=1998,\dots,Y-1) \quad (3)$$

$$N_{15+,y} = \frac{C_{15+,y}}{C_{14,y} + C_{15+,y}} N_{15+,y+1} \exp(M) + C_{15+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (y=1998,\dots,Y-1) \quad (4)$$

最近年 Y の資源尾数は、

$$N_{a,Y} = \frac{C_{a,Y}}{1 - \exp(-F_{a,Y})} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (a=2,\dots,15+) \quad (5)$$

2021 (Y) 年の漁獲係数は CPUE を用いてチューニングを行い、14 歳と 15 歳以上の漁獲係数は等しく、2～14 歳の漁獲係数は過去の年齢別選択率 $S_{a,y}$ の平均に等しいとの条件で最適な F を推定した。

$$F_{a,y} = \frac{\frac{1}{5} \sum_{y=2016}^{Y-1} S_{a,y}}{\frac{1}{5} \sum_{y=2016}^{Y-1} S_{15+,y}} F_{15+,y} \quad (a=2,\dots,14) \quad (6)$$

$$S_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{F_{15+,y}} \quad (7)$$

チューニングには補足資料 2 および標準化 CPUE に関する文書 (FRA-SA2022-SC02-02～09) で示した地区 (i) 別の標準化 CPUE $u_{y,i}$ を使用した (補足表 2-1)。八丈島の CPUE のみ一連の標準化のモデル選択において、年効果が選択されず、また海洋環境による漁獲効率への影響を十分に考慮できなかったことから、本解析ではノミナル CPUE を使用した。また、東京湾口部は神奈川県船と千葉県船の各操業海域の標準化 CPUE を平均したものを使用した。

y 年における対数変換した CPUE の観測値 $\ln(u_{y,i})$ と CPUE の計算値の残差を最小にする未知パラメータ q_i と $F_{15+,Y}$ を最小二乗法で推定した。各地区の CPUE について、漁獲物のサイズ組成を参考に漁獲年齢範囲 ($age_i - A_i$) を設定した (補足表 3-2)。地区ごとの年齢範囲を変えた設定について複数検討したが、年齢範囲の違いが資源量推定結果に与える影響は小さいと判断した (補足図 3-1、補足表 3-2)。東京湾口部以外は、全地区共通で最小年齢

age_i は 2 歳、最高年齢 A_i は 15+歳、東京湾口部については 12 歳（体重 1.5 kg 以上）を超える個体の漁獲がほとんどないことから、 age_i は 2 歳、 A_i を 11 歳と設定した。

$$\ln(\hat{u}_y) = \ln q_i \sum_{age_i}^{A_i} N_{a,y} W_a \quad (8)$$

$$RSS = \sum_i^I \sum_{y_i}^Y (\ln(u_{i,y}) - \ln(\hat{u}_{i,y}))^2 \quad (9)$$

自然死亡係数 M は田内・田中の式 ($M = 2.5 \div$ 寿命) (田中 1960) を参考に 0.1 とした。 y 年の親魚量 SSB_y は資源尾数 $N_{a,y}$ と a 歳の平均体重 W_a 、 a 歳の成熟率 (雌) fr_a より算出した。

$$SSB_y = \sum_{a=2}^{15+} N_{a,y} W_a fr_a \quad (10)$$

平均体重と成熟率は年によらず一定の情報を用いている (補足表 3-3)。資源解析結果の詳細を補足表 3-4 にまとめた。資源量は Excel と RVPA により推定し、同じ結果が算出されることを確認した。

(3) YPR、SPR の解析

加入あたり漁獲量 (YPR) と加入あたり親魚量 (SPR) は、以下の式で求めた。

$$YPR = \sum_{a=2}^{26} \frac{F_a}{F_a + M} \{1 - \exp(-F_a - M)\} S_a W_a \quad (11)$$

$$SPR = \sum_{a=2}^{26} fr_a S_a W_a \quad (12)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp(-(F_a + M)) \quad (\text{ただし } S_2=1) \quad (13)$$

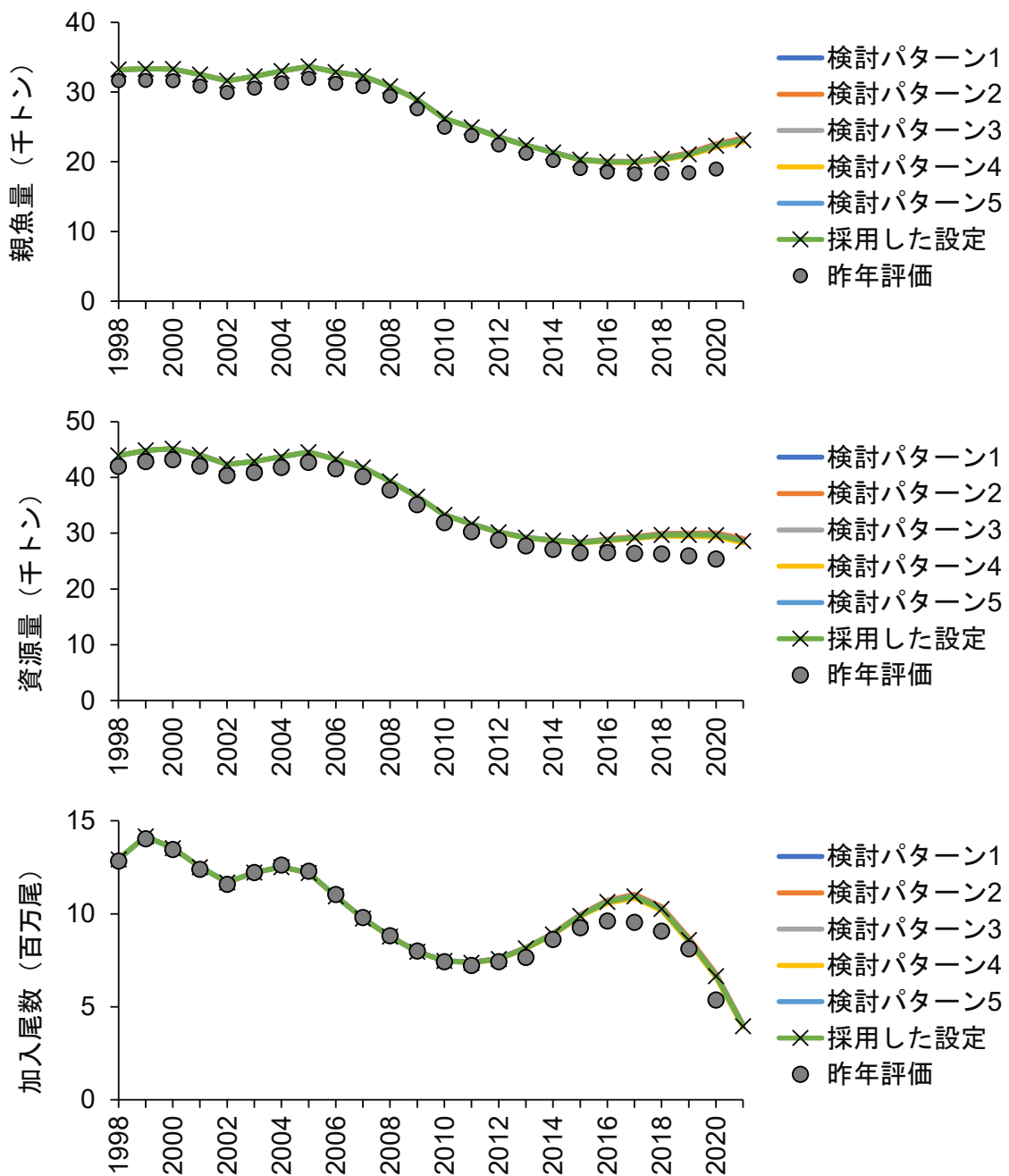
(4) モデル診断

「資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（令和4年度）（FRA-SA2022-ABCWG02-03）」に従って、本系群の資源評価に用いたVPAの統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。補足図3-2、3-3、3-4に、チューニング指数の観測値とモデルの予測値との残差を示す。7地区の中では東京湾口部の当てはまりが悪い傾向がみられた。点推定値において、親魚量には増加傾向、資源量には横ばいの傾向がみられ、またブートストラップ解析の結果においてCPUEの誤差を考慮した場合であっても、同様の解釈が可能と考えられた（補足図3-5）。

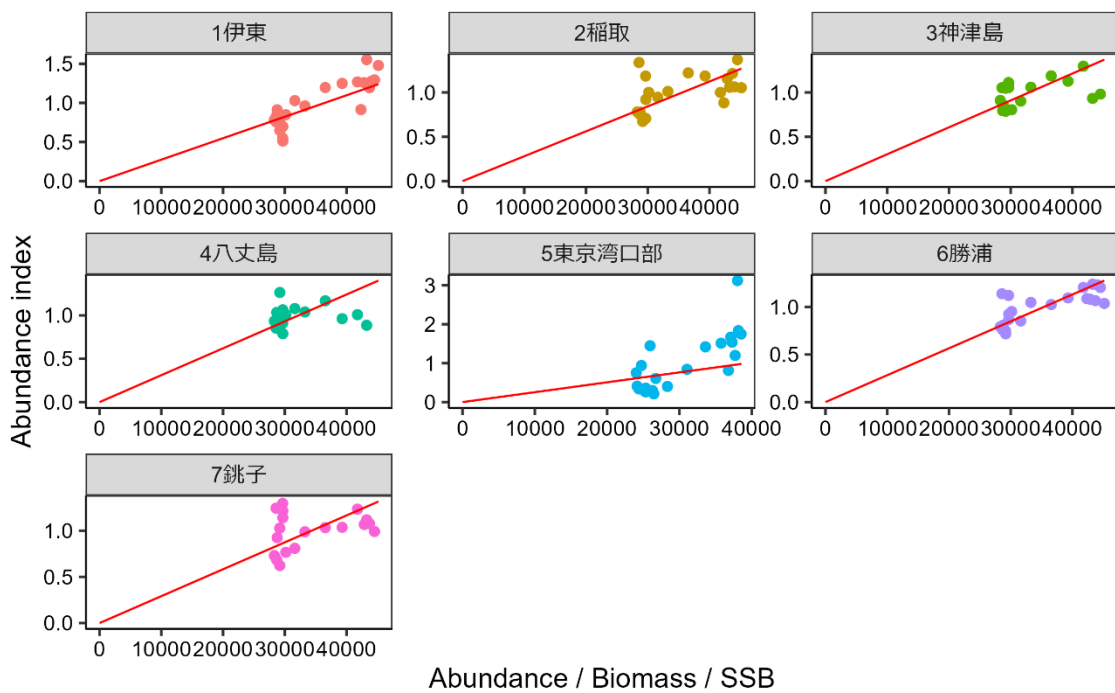
本系群資源評価に用いたチューニングVPAの結果について、5年間のレトロスペクティブ解析により、データの追加・更新が行われることでFの値や資源量推定値に生じる変化を確認した。レトロスペクティブバイアス（Mohn's ρ ; Mohn 1999）は、資源量で0.02、親魚量で-0.07、Fで0.10であった（補足図3-6）。

引用文献

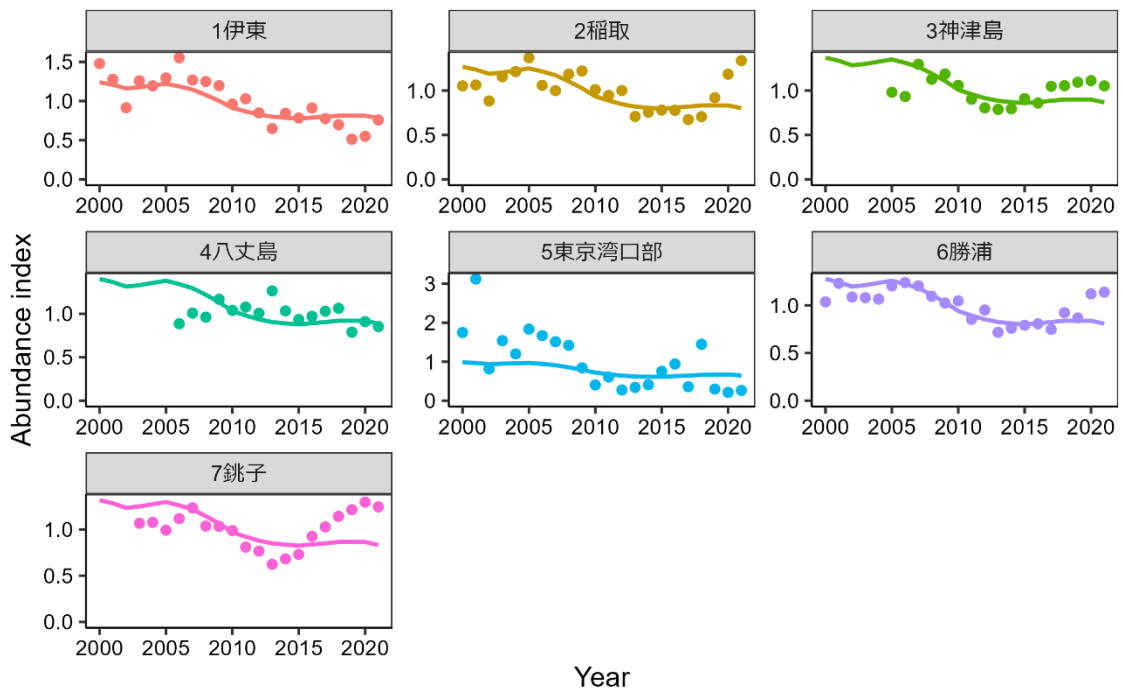
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 473-488.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. *東海区水研報*, **28**, 1-200.



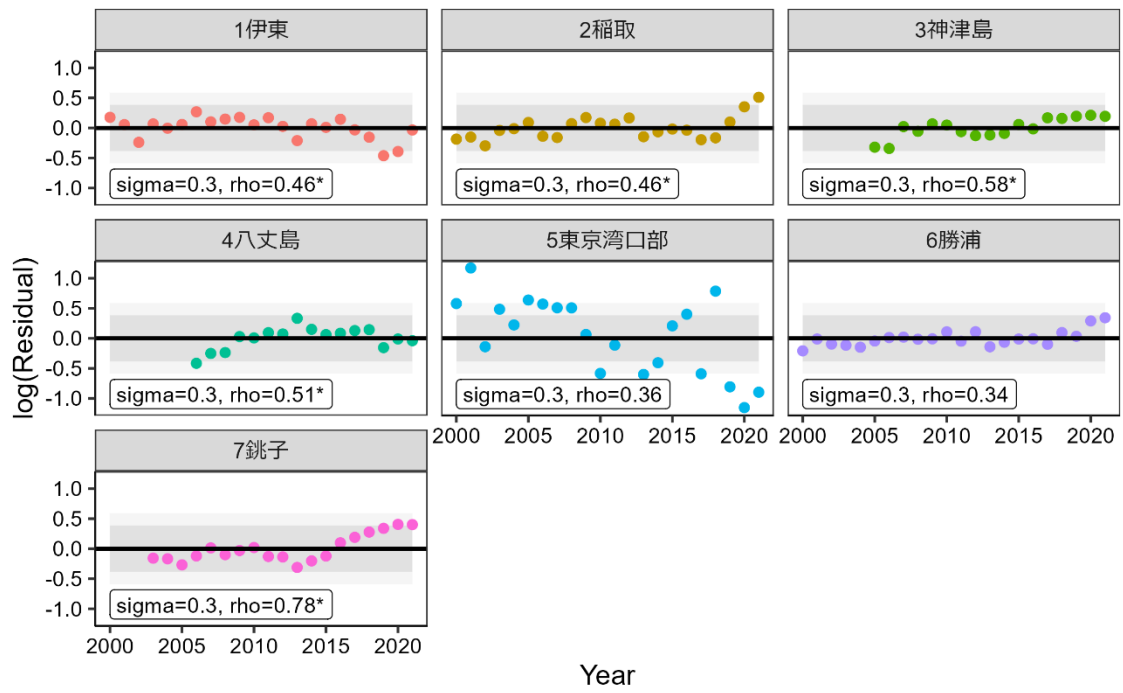
補足図 3-1. 補足表 3-2 に示す地区ごとの年齢設定範囲として採用した設定と検討した 5 パターンの地区と年齢の設定で推定した親魚量、資源量、加入尾数の変化



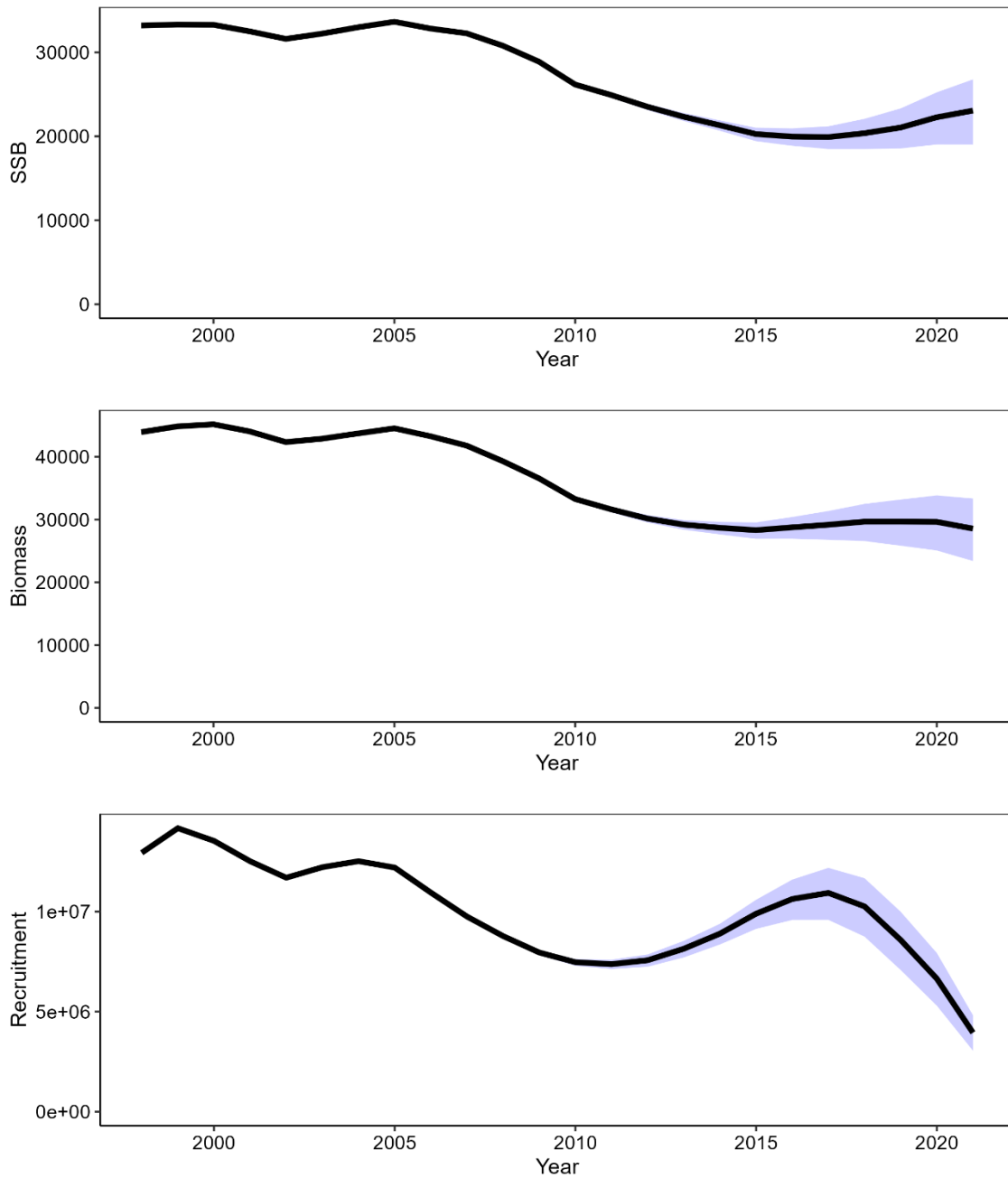
補足図 3-2. 資源量指数に対する推定資源量指数のプロット



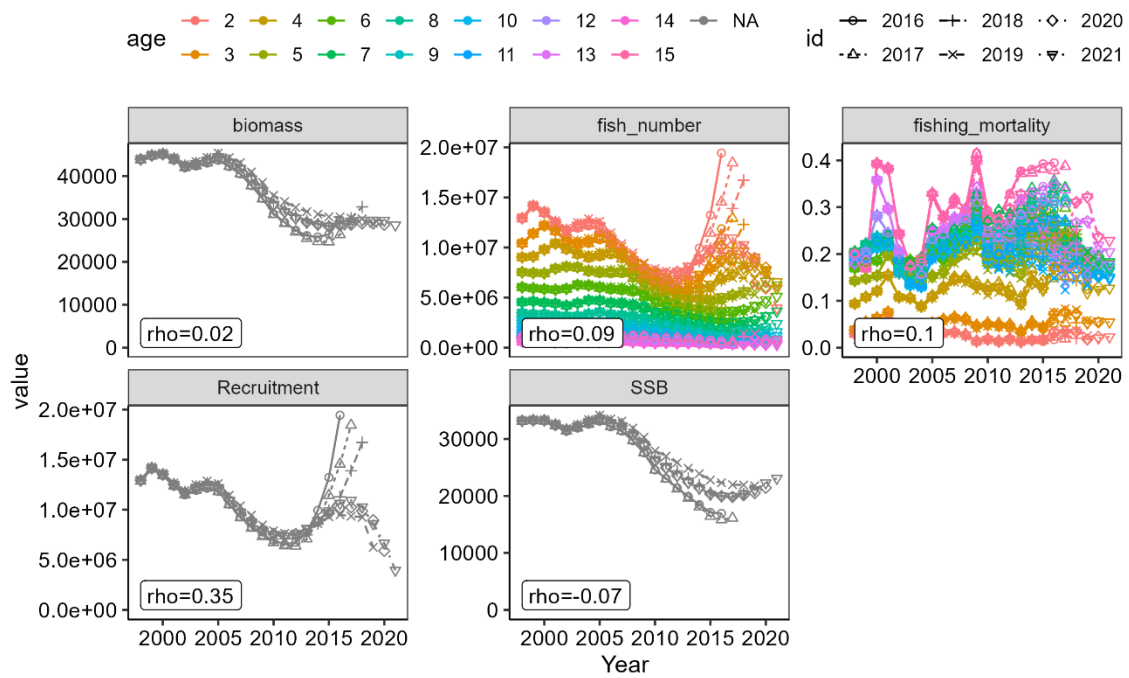
補足図 3-3. 指標値の観測値（丸印）とモデルの予測値（実線）の時系列プロット



補足図 3-4. 指標値の観測値とモデルの予測値の差を示す残差の時系列プロット



補足図 3-5. 親魚量 (SSB)、資源量 (Biomass)、加入尾数 (Recruitment) のブートストラップ解析、推定値 (黒実線) と 95%信頼区間 (青色) を表す



補足図 3-6. レトロスペクティブ解析 (左上：資源量、中上：資源尾数、右上：漁獲係数、左下：加入尾数、中下：親魚量)

補足表 3-1. Age length key

(沖合用)															
体長階級(cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳以上
20	0.03	0.31	0.29	0.32	0.04	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0.29	0.35	0.26	0.08	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0.08	0.3	0.41	0.16	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0.01	0.18	0.35	0.29	0.12	0.04	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0.05	0.23	0.35	0.22	0.11	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0.01	0.09	0.21	0.27	0.2	0.12	0.06	0.02	0.01	0.01	0	0	0
32	0	0	0	0.02	0.11	0.18	0.23	0.19	0.12	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0
34	0	0	0	0	0.02	0.07	0.15	0.16	0.17	0.14	0.11	0.07	0.05	0.03	0.03
36	0	0	0	0.01	0.01	0.02	0.08	0.13	0.13	0.15	0.15	0.11	0.09	0.06	0.06
38	0	0	0	0	0	0.01	0.03	0.05	0.09	0.1	0.14	0.14	0.1	0.09	0.22
40	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0.06	0.08	0.1	0.14	0.11	0.11	0.37
42	0	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0.04	0.05	0.05	0.1	0.11	0.1	0.52
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.01	0.03	0.06	0.08	0.8
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0.04	0.06	0.85
48以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

(沿岸用)															
体長階級(cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳以上
20	0.06	0.77	0.12	0.02	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0.02	0.37	0.25	0.16	0.07	0.06	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0.17	0.4	0.22	0.09	0.05	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0.07	0.22	0.39	0.2	0.05	0.02	0.03	0.02	0	0	0	0	0	0
28	0	0.02	0.11	0.37	0.29	0.1	0.05	0.03	0.01	0	0.01	0	0	0	0
30	0	0.01	0.04	0.22	0.32	0.24	0.08	0.04	0.02	0.02	0.01	0	0	0	0
32	0	0	0.01	0.06	0.25	0.34	0.18	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0	0	0
34	0	0	0	0.03	0.09	0.26	0.31	0.16	0.07	0.05	0.02	0	0	0	0
36	0	0	0	0.01	0.01	0.13	0.29	0.22	0.14	0.07	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02
38	0	0	0	0	0	0.13	0.13	0.11	0.13	0.07	0.13	0.13	0.04	0.07	0.07
40	0	0	0	0	0	0.05	0.05	0	0.29	0	0.05	0.19	0.14	0.1	0.14
42以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0.33	0.33

補足表 3-2. 地区ごとの漁獲年齢範囲として採用した設定と年齢範囲を検討した 5 パターンの設定における地区と年齢の関係

採用した設定	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳以上
伊東	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
稲取	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
神津島	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
八丈島	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
東京湾口部	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
勝浦	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
銚子	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

検討パターン1	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳以上
伊東	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
稲取	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
神津島	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
八丈島	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
東京湾口部	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
勝浦	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
銚子	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

検討パターン2	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳以上
伊東			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
稲取			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
神津島				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
八丈島					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
東京湾口部	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
勝浦			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
銚子			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

検討パターン3	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳以上
伊東		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
稲取		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
神津島				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
八丈島					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
東京湾口部	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
勝浦		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
銚子		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			

検討パターン4	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳以上
伊東	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
稲取	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
神津島			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
八丈島					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
東京湾口部	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
勝浦	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
銚子	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				

検討パターン5	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳	12歳	13歳	14歳	15歳以上
伊東	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
稲取	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
神津島			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
八丈島					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
東京湾口部	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
勝浦	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
銚子	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

補足表 3-3. 資源量推定に用いた年齢別平均体重、成熟率および自然死亡係数

年齢	平均体重 (g)	成熟率	自然死亡係数 (年あたり)
2歳	289	0	0.1
3歳	434	0	0.1
4歳	543	0.5	0.1
5歳	666	1.0	0.1
6歳	783	1.0	0.1
7歳	901	1.0	0.1
8歳	987	1.0	0.1
9歳	1,111	1.0	0.1
10歳	1,204	1.0	0.1
11歳	1,307	1.0	0.1
12歳	1,439	1.0	0.1
13歳	1,503	1.0	0.1
14歳	1,620	1.0	0.1
15歳以上	1,721	1.0	0.1

補足表 3-4. 資源解析結果（年齢別漁獲尾数、漁獲量、漁獲係数。1998～2009年）

年齢別漁獲尾数（千尾）												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2歳	361	696	609	662	141	465	291	375	321	296	221	103
3歳	375	580	717	814	368	445	387	532	584	562	472	325
4歳	771	888	1,061	1,420	960	899	729	914	1,082	1,186	1,060	857
5歳	956	976	1,006	1,353	1,134	1,137	976	1,013	1,067	1,247	1,273	1,198
6歳	897	939	945	1,102	948	1,012	986	1,055	957	1,095	1,183	1,257
7歳	803	874	872	895	677	696	780	994	871	921	939	1,034
8歳	584	637	632	631	476	438	492	681	628	641	638	685
9歳	431	462	492	459	347	296	325	478	474	482	458	491
10歳	325	341	349	325	253	215	222	323	323	334	329	339
11歳	255	261	303	268	208	169	169	252	264	274	265	274
12歳	203	204	278	233	177	147	150	222	230	241	228	249
13歳	145	145	245	198	143	114	117	179	175	186	173	191
14歳	106	105	208	164	113	91	95	149	140	149	135	158
15歳以上	184	184	461	401	238	186	226	391	307	342	306	394
計	6,398	7,293	8,178	8,925	6,183	6,310	5,946	7,557	7,423	7,955	7,680	7,554

年齢別漁獲量（トン）												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2歳	104	201	176	191	41	134	84	108	93	86	64	30
3歳	163	252	311	354	160	193	168	231	254	244	205	141
4歳	419	482	576	771	521	488	396	496	587	644	575	466
5歳	637	651	670	902	756	758	650	675	711	831	849	798
6歳	703	736	740	864	743	793	773	826	750	858	927	985
7歳	724	787	786	807	611	628	703	896	785	830	846	932
8歳	577	629	624	623	470	432	486	672	620	632	630	676
9歳	479	513	546	509	385	329	361	531	527	535	508	545
10歳	392	411	421	391	304	259	267	389	390	402	396	408
11歳	333	341	396	350	272	221	221	330	345	358	346	359
12歳	292	293	399	335	255	211	216	319	331	346	328	359
13歳	218	218	369	298	214	172	175	269	263	280	260	287
14歳	172	169	337	266	183	147	155	242	227	242	219	255
15歳以上	317	317	793	691	410	319	389	673	529	588	527	678
計	5,529	6,001	7,146	7,351	5,325	5,084	5,045	6,658	6,410	6,876	6,681	6,918

年齢別漁獲係数												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2歳	0.03	0.05	0.05	0.06	0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
3歳	0.04	0.05	0.06	0.08	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.04
4歳	0.09	0.11	0.12	0.15	0.11	0.11	0.09	0.11	0.13	0.15	0.15	0.13
5歳	0.14	0.15	0.15	0.20	0.16	0.16	0.14	0.15	0.16	0.19	0.20	0.22
6歳	0.17	0.18	0.19	0.22	0.19	0.19	0.18	0.20	0.19	0.22	0.24	0.28
7歳	0.20	0.22	0.23	0.24	0.19	0.18	0.19	0.25	0.23	0.24	0.26	0.31
8歳	0.19	0.22	0.22	0.23	0.17	0.16	0.17	0.22	0.22	0.23	0.24	0.27
9歳	0.18	0.21	0.24	0.22	0.17	0.14	0.15	0.22	0.21	0.23	0.23	0.26
10歳	0.18	0.19	0.21	0.22	0.16	0.13	0.13	0.19	0.20	0.20	0.22	0.24
11歳	0.19	0.19	0.23	0.22	0.19	0.14	0.13	0.19	0.21	0.23	0.22	0.26
12歳	0.20	0.20	0.28	0.24	0.20	0.17	0.15	0.23	0.24	0.27	0.27	0.30
13歳	0.18	0.19	0.36	0.30	0.21	0.17	0.18	0.25	0.25	0.27	0.28	0.33
14歳	0.20	0.17	0.39	0.38	0.24	0.17	0.19	0.33	0.28	0.31	0.29	0.40
15歳以上	0.20	0.17	0.39	0.38	0.24	0.17	0.19	0.33	0.28	0.31	0.29	0.40
単純平均	0.16	0.16	0.22	0.22	0.16	0.14	0.14	0.20	0.19	0.21	0.21	0.25

補足表 3-4. 資源解析結果（年齢別漁獲尾数、漁獲量、漁獲係数。2010～2021 年）

年齢別漁獲尾数（千尾）												
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2歳	123	91	122	93	138	164	314	329	316	148	128	85
3歳	325	291	268	199	332	326	573	634	606	436	401	300
4歳	742	701	593	488	727	694	1,025	1,174	1,074	856	865	746
5歳	921	892	747	657	829	763	944	1,053	1,013	859	920	909
6歳	903	887	761	697	775	687	729	737	740	663	735	803
7歳	770	766	675	637	655	571	560	495	492	458	510	580
8歳	528	511	460	450	453	399	382	325	313	289	320	360
9歳	376	369	346	345	338	299	274	224	219	196	208	227
10歳	262	243	232	241	225	206	181	148	148	132	142	152
11歳	208	191	191	201	183	170	145	118	121	104	107	109
12歳	179	168	174	180	164	153	130	106	113	96	93	92
13歳	135	132	136	151	140	127	110	90	104	98	74	70
14歳	107	107	112	125	116	104	91	75	90	85	60	56
15歳以上	247	229	268	279	253	235	209	191	238	225	156	151
計	5,827	5,578	5,086	4,742	5,327	4,896	5,665	5,700	5,586	4,644	4,718	4,641

年齢別漁獲量（トン）												
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2歳	36	26	35	27	40	47	91	95	91	43	37	25
3歳	141	126	117	86	144	141	249	275	263	189	174	130
4歳	403	380	322	265	395	377	556	637	583	465	470	405
5歳	614	594	498	438	553	509	629	702	675	572	613	605
6歳	708	695	596	546	607	538	571	577	579	519	576	629
7歳	694	691	608	574	590	515	505	446	444	412	460	523
8歳	521	505	455	444	447	394	377	321	309	285	316	356
9歳	418	410	384	383	376	332	304	249	243	217	231	252
10歳	316	292	279	291	271	248	218	179	178	159	171	183
11歳	272	249	249	263	239	222	189	155	157	136	140	143
12歳	257	241	251	259	235	220	187	152	162	138	133	133
13歳	203	199	205	226	210	190	165	136	157	147	111	105
14歳	174	174	182	203	188	169	148	122	145	138	98	91
15歳以上	424	394	461	480	436	405	360	328	410	387	268	260
計	5,181	4,977	4,642	4,484	4,731	4,306	4,549	4,375	4,398	3,809	3,797	3,841

年齢別漁獲係数												
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2歳	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
3歳	0.05	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.05
4歳	0.12	0.13	0.11	0.09	0.14	0.12	0.17	0.18	0.15	0.12	0.12	0.13
5歳	0.18	0.19	0.17	0.16	0.20	0.19	0.22	0.23	0.21	0.16	0.16	0.17
6歳	0.22	0.24	0.22	0.22	0.25	0.23	0.24	0.23	0.23	0.18	0.18	0.18
7歳	0.25	0.27	0.25	0.25	0.29	0.27	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18
8歳	0.22	0.23	0.23	0.24	0.26	0.25	0.26	0.21	0.20	0.17	0.18	0.17
9歳	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.24	0.24	0.21	0.19	0.16	0.16	0.16
10歳	0.19	0.18	0.18	0.21	0.21	0.21	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.15
11歳	0.20	0.18	0.19	0.21	0.21	0.22	0.20	0.17	0.19	0.17	0.16	0.15
12歳	0.23	0.22	0.23	0.25	0.24	0.24	0.23	0.20	0.22	0.21	0.20	0.18
13歳	0.23	0.24	0.24	0.27	0.27	0.26	0.25	0.22	0.27	0.27	0.22	0.20
14歳	0.28	0.26	0.30	0.33	0.31	0.30	0.27	0.24	0.31	0.32	0.24	0.23
15歳以上	0.28	0.26	0.30	0.33	0.31	0.30	0.27	0.24	0.31	0.32	0.24	0.23
単純平均	0.19	0.19	0.19	0.20	0.21	0.21	0.21	0.19	0.20	0.18	0.16	0.16

補足表 3-4. 資源解析結果（年齢別資源尾数、資源量、親魚量。1998～2009 年）

年齢別資源尾数（千尾）												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2歳	12,938	14,167	13,533	12,516	11,693	12,220	12,519	12,201	10,950	9,753	8,777	7,956
3歳	10,420	11,407	12,205	11,712	10,738	10,487	10,656	11,094	10,725	9,641	8,576	7,762
4歳	9,029	9,107	9,809	10,402	9,863	9,403	9,101	9,310	9,570	9,185	8,221	7,340
5歳	7,538	7,466	7,426	7,899	8,095	8,044	7,684	7,572	7,586	7,662	7,212	6,457
6歳	6,035	5,935	5,851	5,786	5,885	6,272	6,222	6,050	5,912	5,873	5,772	5,338
7歳	4,549	4,627	4,496	4,414	4,205	4,442	4,733	4,712	4,490	4,458	4,291	4,115
8歳	3,468	3,367	3,370	3,253	3,157	3,174	3,371	3,556	3,332	3,249	3,172	3,004
9歳	2,737	2,593	2,451	2,458	2,353	2,414	2,466	2,593	2,581	2,429	2,340	2,273
10歳	2,078	2,075	1,915	1,758	1,796	1,807	1,910	1,930	1,899	1,893	1,747	1,690
11歳	1,539	1,578	1,560	1,407	1,287	1,390	1,437	1,523	1,445	1,417	1,401	1,274
12歳	1,196	1,155	1,185	1,128	1,023	971	1,102	1,143	1,143	1,061	1,026	1,020
13歳	927	893	855	811	803	760	742	858	827	819	734	714
14歳	609	704	673	543	548	593	581	563	609	585	566	503
15歳以上	1,058	1,238	1,489	1,326	1,158	1,215	1,379	1,474	1,335	1,340	1,280	1,256
計	64,122	66,313	66,817	65,414	62,604	63,191	63,904	64,579	62,407	59,364	55,117	50,701

年齢別資源量（トン）												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2歳	3,742	4,097	3,914	3,620	3,382	3,534	3,621	3,529	3,167	2,821	2,539	2,301
3歳	4,527	4,955	5,302	5,088	4,665	4,556	4,629	4,819	4,659	4,188	3,726	3,372
4歳	4,902	4,945	5,326	5,648	5,355	5,106	4,942	5,055	5,196	4,987	4,464	3,986
5歳	5,023	4,975	4,949	5,264	5,395	5,361	5,121	5,046	5,055	5,106	4,807	4,303
6歳	4,728	4,650	4,584	4,533	4,611	4,914	4,875	4,740	4,632	4,601	4,522	4,182
7歳	4,100	4,170	4,052	3,978	3,790	4,004	4,266	4,247	4,047	4,018	3,868	3,709
8歳	3,424	3,325	3,327	3,212	3,117	3,134	3,329	3,511	3,290	3,208	3,132	2,966
9歳	3,040	2,880	2,723	2,731	2,614	2,681	2,739	2,880	2,867	2,698	2,600	2,525
10歳	2,503	2,499	2,307	2,117	2,163	2,176	2,300	2,324	2,288	2,280	2,104	2,035
11歳	2,012	2,062	2,038	1,838	1,682	1,817	1,877	1,991	1,889	1,852	1,831	1,664
12歳	1,721	1,662	1,704	1,623	1,472	1,397	1,586	1,645	1,645	1,527	1,476	1,468
13歳	1,394	1,342	1,285	1,220	1,207	1,142	1,116	1,290	1,243	1,231	1,104	1,074
14歳	987	1,141	1,090	880	888	961	942	912	987	948	918	814
15歳以上	1,821	2,130	2,562	2,281	1,993	2,090	2,373	2,537	2,297	2,305	2,202	2,162
計	43,924	44,835	45,164	44,033	42,332	42,873	43,715	44,526	43,263	41,769	39,291	36,560

年齢別親魚量（トン）												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4歳	2,451	2,473	2,663	2,824	2,678	2,553	2,471	2,528	2,598	2,494	2,232	1,993
5歳	5,023	4,975	4,949	5,264	5,395	5,361	5,121	5,046	5,055	5,106	4,807	4,303
6歳	4,728	4,650	4,584	4,533	4,611	4,914	4,875	4,740	4,632	4,601	4,522	4,182
7歳	4,100	4,170	4,052	3,978	3,790	4,004	4,266	4,247	4,047	4,018	3,868	3,709
8歳	3,424	3,325	3,327	3,212	3,117	3,134	3,329	3,511	3,290	3,208	3,132	2,966
9歳	3,040	2,880	2,723	2,731	2,614	2,681	2,739	2,880	2,867	2,698	2,600	2,525
10歳	2,503	2,499	2,307	2,117	2,163	2,176	2,300	2,324	2,288	2,280	2,104	2,035
11歳	2,012	2,062	2,038	1,838	1,682	1,817	1,877	1,991	1,889	1,852	1,831	1,664
12歳	1,721	1,662	1,704	1,623	1,472	1,397	1,586	1,645	1,645	1,527	1,476	1,468
13歳	1,394	1,342	1,285	1,220	1,207	1,142	1,116	1,290	1,243	1,231	1,104	1,074
14歳	987	1,141	1,090	880	888	961	942	912	987	948	918	814
15歳以上	1,821	2,130	2,562	2,281	1,993	2,090	2,373	2,537	2,297	2,305	2,202	2,162
計	33,204	33,309	33,285	32,501	31,608	32,231	32,994	33,651	32,839	32,267	30,795	28,894

補足表 3-4. 資源解析結果（年齢別資源尾数、資源量、親魚量。2010～2021 年）

年齢別資源尾数（千尾）												
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2歳	7,472	7,375	7,570	8,147	8,901	9,898	10,635	10,940	10,266	8,589	6,656	3,954
3歳	7,129	6,669	6,612	6,760	7,311	7,954	8,835	9,361	9,624	9,024	7,660	5,923
4歳	6,741	6,165	5,781	5,751	5,951	6,325	6,914	7,479	7,899	8,164	7,782	6,576
5歳	5,850	5,416	4,932	4,685	4,758	4,713	5,084	5,304	5,675	6,151	6,599	6,244
6歳	4,724	4,436	4,070	3,768	3,630	3,532	3,554	3,718	3,814	4,189	4,769	5,118
7歳	3,650	3,430	3,183	2,972	2,758	2,559	2,554	2,534	2,675	2,759	3,173	3,631
8歳	2,753	2,582	2,385	2,248	2,092	1,881	1,780	1,786	1,830	1,960	2,070	2,396
9歳	2,075	1,997	1,858	1,728	1,613	1,469	1,329	1,253	1,312	1,364	1,505	1,576
10歳	1,597	1,526	1,462	1,357	1,241	1,143	1,049	946	924	983	1,053	1,169
11歳	1,212	1,200	1,155	1,107	1,003	912	841	781	718	699	767	821
12歳	895	903	909	868	814	737	667	626	596	537	536	595
13歳	689	643	660	659	617	584	524	482	468	434	396	398
14歳	467	497	458	470	455	427	410	371	352	326	301	289
15歳以上	1,072	1,060	1,094	1,048	993	963	940	939	937	858	780	776
計	46,326	43,901	42,131	41,568	42,138	43,097	45,115	46,520	47,089	46,037	44,046	39,465

年齢別資源量（トン）												
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2歳	2,161	2,133	2,190	2,356	2,574	2,863	3,076	3,164	2,969	2,484	1,925	1,144
3歳	3,097	2,897	2,872	2,937	3,176	3,455	3,838	4,066	4,181	3,920	3,328	2,573
4歳	3,660	3,348	3,139	3,122	3,231	3,434	3,754	4,061	4,289	4,433	4,225	3,570
5歳	3,899	3,609	3,287	3,122	3,171	3,141	3,388	3,535	3,782	4,099	4,398	4,161
6歳	3,701	3,475	3,189	2,952	2,844	2,767	2,784	2,913	2,988	3,282	3,736	4,009
7歳	3,290	3,091	2,869	2,679	2,486	2,306	2,302	2,284	2,411	2,487	2,860	3,272
8歳	2,718	2,549	2,355	2,220	2,066	1,857	1,758	1,763	1,807	1,936	2,044	2,366
9歳	2,306	2,219	2,063	1,919	1,792	1,632	1,476	1,392	1,458	1,515	1,672	1,750
10歳	1,923	1,838	1,761	1,635	1,494	1,376	1,264	1,139	1,113	1,184	1,268	1,408
11歳	1,584	1,569	1,510	1,447	1,311	1,192	1,100	1,020	938	913	1,002	1,073
12歳	1,288	1,299	1,307	1,249	1,172	1,060	960	901	858	773	771	856
13歳	1,035	967	992	991	927	878	787	725	703	653	596	599
14歳	756	805	742	761	738	692	664	601	571	528	488	469
15歳以上	1,844	1,824	1,883	1,802	1,709	1,658	1,617	1,616	1,611	1,476	1,342	1,335
計	33,262	31,624	30,160	29,192	28,691	28,312	28,767	29,180	29,678	29,682	29,654	28,585

年齢別親魚量（トン）												
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4歳	1,830	1,674	1,569	1,561	1,616	1,717	1,877	2,030	2,144	2,216	2,113	1,785
5歳	3,899	3,609	3,287	3,122	3,171	3,141	3,388	3,535	3,782	4,099	4,398	4,161
6歳	3,701	3,475	3,189	2,952	2,844	2,767	2,784	2,913	2,988	3,282	3,736	4,009
7歳	3,290	3,091	2,869	2,679	2,486	2,306	2,302	2,284	2,411	2,487	2,860	3,272
8歳	2,718	2,549	2,355	2,220	2,066	1,857	1,758	1,763	1,807	1,936	2,044	2,366
9歳	2,306	2,219	2,063	1,919	1,792	1,632	1,476	1,392	1,458	1,515	1,672	1,750
10歳	1,923	1,838	1,761	1,635	1,494	1,376	1,264	1,139	1,113	1,184	1,268	1,408
11歳	1,584	1,569	1,510	1,447	1,311	1,192	1,100	1,020	938	913	1,002	1,073
12歳	1,288	1,299	1,307	1,249	1,172	1,060	960	901	858	773	771	856
13歳	1,035	967	992	991	927	878	787	725	703	653	596	599
14歳	756	805	742	761	738	692	664	601	571	528	488	469
15歳以上	1,844	1,824	1,883	1,802	1,709	1,658	1,617	1,616	1,611	1,476	1,342	1,335
計	26,174	24,920	23,528	22,338	21,325	20,277	19,976	19,919	20,384	21,062	22,289	23,083

補足資料 4 資源評価の経過と今後の検討すべき課題の整理

(1) 令和 3 年度資源評価までの経緯

我が国太平洋岸に生息するキンメダイ資源については、平成 27 年度までは当時の我が国周辺水域資源評価等推進事業において、千葉県、東京都、神奈川県、静岡県、高知県を参画県とする、資源動向調査対象種として、漁獲量や CPUE を取りまとめるといった評価体制であった。関係者からキンメダイ資源の維持・管理を推進するため資源評価体制の強化が必要といった意見もあり、これまでの知見を整理し、今後の課題を整理する目的で、シンポジウム (<https://www.miyagi.kopas.co.jp/JSFS/SHIBU/KANTOU/001.html#17>) を開催し、その成果を総説として関係研究機関で協力して取りまとめた（亘ほか 2017）。また、平成 28 年度以降は、資源評価体制の拡充の目的で、資源評価対象種として毎年資源評価報告書を取りまとめる体制が構築された。今年度まで計 7 回の資源評価が実施されてきた。各年度の評価における親魚量、資源量、加入尾数の推移をそれぞれ示す（補足図 4-1）。親魚量、資源量については直近年の推定値も過去にさかのぼり安定して評価ができていると考えられる。一方、加入尾数については、若齢魚が主漁獲対象でないことなどの要因から、親魚量や資源量と比べ直近年の推定値の変動が大きいという課題がある。

平成 28 年度以降、資源評価結果については、一都三県キンメダイ資源管理実践推進漁業者協議会、キンメダイ資源管理に関する漁業者代表部会において、キンメダイを漁獲する漁業者に説明する機会を有していた。説明の場においては、資源評価結果について漁業現場の感覚と一致しない部分があるとの指摘を受けることもあった。具体的には、当時 1 歳（体重 200 g 以下）からとしていた加入年齢の設定が低すぎる、また、釣りによるキンメダイ漁業に大きな影響を与える海洋環境を考慮した評価にすべきとのご意見である。このような現場の意見を踏まえ、資源評価参画機関で議論、検討を進め、令和 2（2020）年度資源評価まで 1 歳としていた加入年齢を、令和 3（2021）年度資源評価より 2 歳へと設定を変更した。令和 3（2021）年度資源評価までは、海洋環境要因を考慮していないノミナル CPUE を資源評価に用いていたが、今年度の令和 4（2022）年度資源評価では、海洋環境要因の影響を考慮した標準化 CPUE をチューニング指標として採用する手法に変更した。過年度において採用していた、年齢別漁獲尾数を 1 歳魚からとする設定、ノミナル CPUE を使用する設定における資源量推定結果を、今年度資源評価結果と比較した（補足図 4-2）。直近の親魚量の推定値には、加入年齢の設定より標準化 CPUE の導入の方が影響として大きいと考えられる。

(2) 引き続き検討すべき課題

今年度以降における本系群資源評価において、検討すべき課題として、資源評価手法、CPUE 標準化、遊漁・食害・対象海域の漁業について、それぞれ整理し今後取り組むべき課題として取りまとめた（補足表 4-1）。

資源評価手法

年級群ごとの豊度を精度よく把握するには Age length key は年別作成が理想である。しかし、年齢範囲が広範に及ぶこと、また、1 年間の生物測定個体数に限りがあることから、

本系群では、毎年作成するには至っていない。そのため、各年齢の漁獲尾数には他年級群の個体も混ざることが考えられる。その場合、ある年に卓越年級群が出現しても、その前後の年に生まれた年級群の漁獲尾数も同時に増加することになる。再生産関係の推定、将来予測においては、現状の Age length key の構造を考慮することが望まれる。

資源評価の高度化に向けた、VPA の手法のさらなる検討、Age length key の構造の考慮、また、チューニング VPA 以外の手法を検討することは、キンメダイの持続的な利用に向けた中長期的な課題と考える。

CPUE 標準化

東京都八丈島地区では、標準化 CPUE の算出において、AIC により年効果が選択されず、海洋環境の影響も十分に考慮できているとは言い難いことから、チューニング VPA の指標値としてノミナル CPUE を使用している。今後データの蓄積、手法の精査を行い、標準化 CPUE を本系群の資源評価に導入する必要がある。また、たて縄漁業の一部主要港および、底立てはえ縄漁業について情報が入手できていない地区があり、これらの CPUE についてもチューニング VPA の指標として活用することも重要である。加えて、現状、CPUE 標準化には月別のデータを使用しているが、旬別や日別などの細かい単位の情報の収集体制の維持並びに拡充が必要である。底立てはえ縄漁業については、操業海域も広範囲に及ぶことから樋口ら（2022）の手法を応用するなど今後の検討が必要である。

食害・遊漁・対象海域の漁業

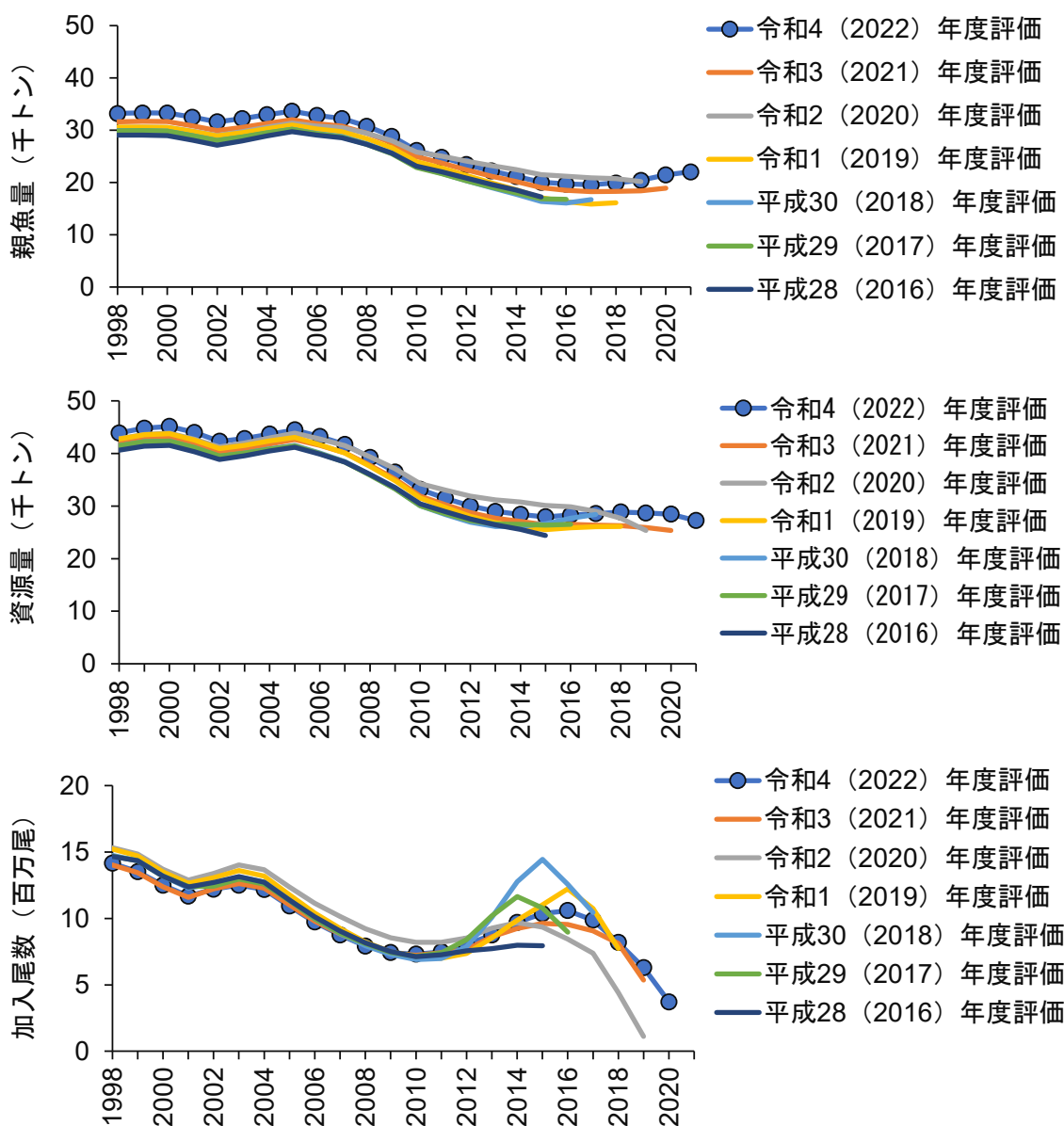
キンメダイ漁業における食害とは、操業中に針にかかった漁獲物がサメ等に捕食される現象である。現在の資源評価における漁獲尾数では、食害により漁獲途中で失われた尾数が考慮されていない。この割合が、経年的に同率であれば、自然死亡係数 M を変化させたときの感度解析のように、親魚量、資源量、加入尾数の傾向は変化しない（図 14）。経年的に増減傾向がある場合、資源量、親魚量、加入量の変動傾向が変わる可能性もある。食害については、高木ら（2022）等を参考に、本資源の評価対象海域全体における情報収集体制の検討が必要である。

遊漁に関しては、本報告の 3. (2) に記載したとおり、2009 年以降のデータがなく、資源評価の漁獲尾数にも考慮されていないため、今後も情報収集が必要と考える。

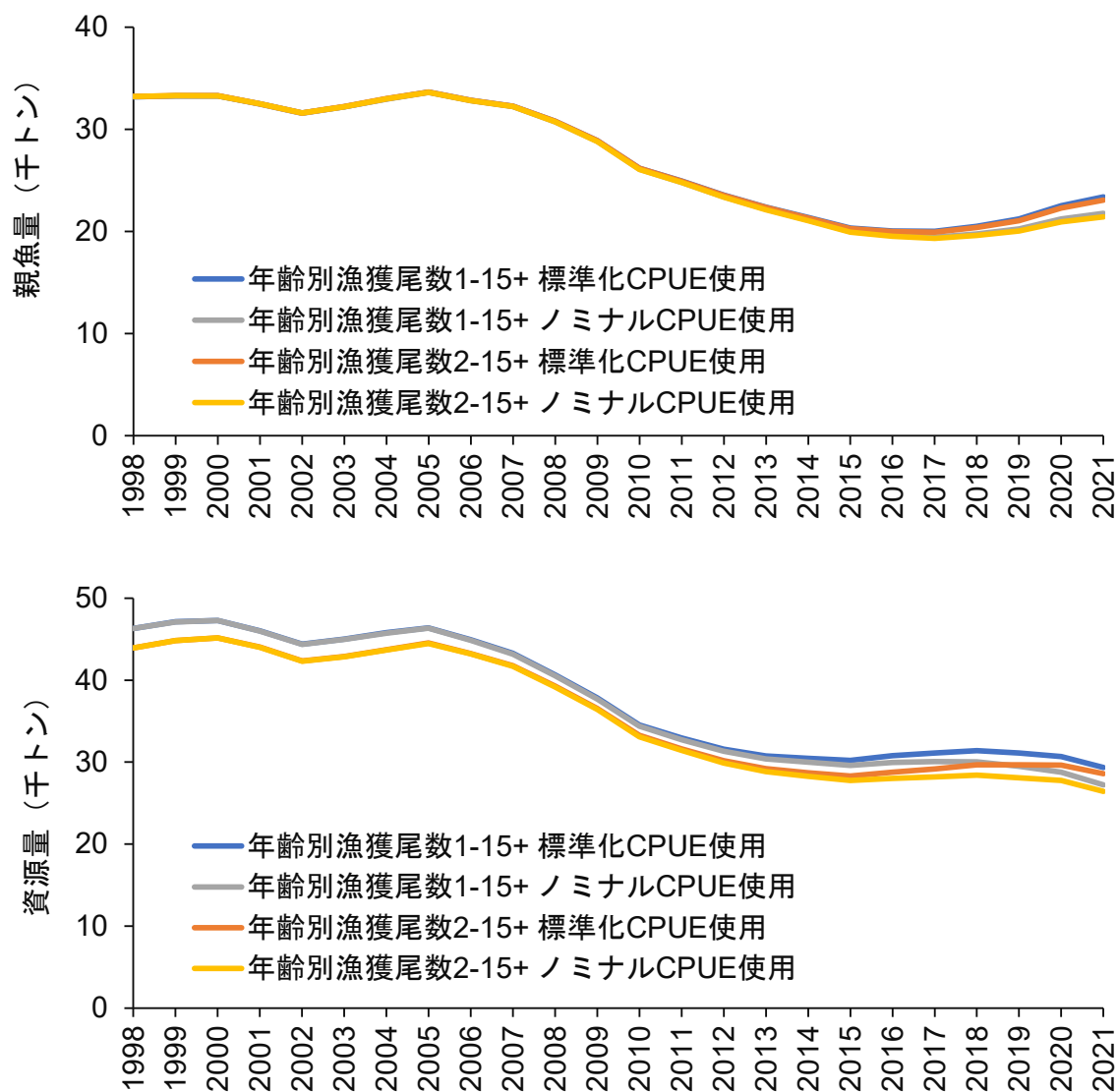
本評価は関東沿岸から伊豆諸島周辺海域のうち立て縄、底立てはえ縄、樽流しによる漁業を対象としたものである。太平洋中・南区における沖合底びき網漁業については、漁獲量として、愛知県主要港における水揚量情報を経年的に収集しており、2021 年は 172 トンであった（表 1）。一方で、令和 2 年 12 月以降太平洋中部・南部で操業する沖合底びき網漁業については、漁獲成績報告書の報告対象魚種としてキンメダイが追加された。太平洋中部・南部沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計年報（令和 4 年 1～12 月）暫定値（印刷中）によると、キンメダイの海域別漁獲量は 108 トンで、海域別には伊豆沖 11.5 トン、遠州沖 89.2 トン、熊野灘 6.6 トン、紀州沖 0.2 トン、紀伊水道 0.7 トン、土佐沖 0.0 トンであった。これらの値は資源評価における年齢別漁獲尾数に考慮されていないため、今後継続的な情報収集が必要であると考える。

引用文献

- 樋口 謙・山口邦久・長野雄太(2022) 東京都海面におけるキンメダイ底立てはえ縄漁業の CPUE. 黒潮の資源海洋研究, **23**, 137-138.
- 太平洋中部・南部沖合底引き網漁業漁場別漁獲統計年報（令和4年1～12月）,印刷中
- 高木康次・高田伸二・永倉靖大・吉川康夫(2022) 伊豆半島東岸沖におけるキンメダイ漁業の食害被害について. 黒潮の資源海洋研究, **23**, 138.
- 亘 真吾・米沢純爾・武内啓明・加藤正人・山川正巳・萩原快次・越智洋介・米崎史郎・藤田 薫・酒井 猛・猪原 亮・宍道弘敏・田中栄次 (2017) キンメダイの資源生態と資源管理. 水産研究・教育機構研究報告, **44**, 1-46.



補足図 4-1. 平成 28 (2016) 年度資源評価以降の各年度評価における親魚量、資源量、加入尾数の推定値の推移、青線青丸が今年度令和 4 (2022) 年度資源評価結果を示す (令和 2 (2020) 年度までは加入年齢を 1 歳、以降は加入尾数を 2 歳としている)



補足図 4-2. 加入年齢の違い (年齢別漁獲尾数で 1 歳魚を考慮するか、2 歳からとするか) とチューニングに使用する CPUE (標準化 CPUE かノミナル CPUE) の違いによる親魚量、資源量、の推定結果の推移

補足表 4-1. 今後の検討すべき課題の整理項目

	検討課題
資源評価手法	<ul style="list-style-type: none">・年別年齢別漁獲尾数の推定精度向上・資源評価の高度化に向けた手法の更なる検討
CPUE 標準化	<ul style="list-style-type: none">・八丈島における標準化 CPUE の精度向上・CPUE 標準化未実施の海域、漁業への拡大・旬別、日別等詳細な情報の収集体制の検討
食害・遊漁・対象海域の漁業	<ul style="list-style-type: none">・情報収集体制の検討