

## 令和 3（2021）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。キンメダイは我が国の太平洋の関東沿岸、伊豆諸島周辺海域、四国沖、南西諸島周辺海域などの陸棚斜面や海山、海丘などを主な漁場として漁獲されている。2020年における本系群の漁獲量は4,617トン、ABCを算定した関東沿岸から伊豆諸島周辺海域では3,797トンであった。関東沿岸から伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイ資源の水準は1976～2020年の漁獲量の推移より低位、動向はコホート解析で推定した親魚量の直近5年（2016～2020年）の推移より横ばいと判断した。2020年の資源量は2.53万トン、親魚量は1.89万トンと推定された。現状の漁獲圧では資源水準の維持は困難であると判断できることから、基準値 $F_{current}$ に親魚量の増加に必要な削減率、係数 $\beta_2$ （=0.8）を用い令和3（2021）年度ABC算定のための基本規則1-3）（FRA-SA2021-ABCWG02-02）に基づき2022年ABCを算定した。

管理基準	Target/ Limit	2022年ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
0.8 $F_{current}$	Target	25	10	0.12 (-36%)
	Limit	30	12	0.15 (-20%)

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。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、より安定的な資源の増大または維持が期待されるF値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 $\alpha$ には標準値0.8を用いた。 $F_{current}$ は2020年のF値、漁獲割合は2022年の漁獲量/資源量、F値は2～15歳の平均値である。ABCは太平洋系群の中で、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の値。2020年親魚量は1.89万トン。

年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	264	182	44	0.20	17
2018	263	183	44	0.22	17
2019	259	184	38	0.20	15
2020	253	189	38	0.18	15
2021	249	193	38	0.18	15
2022	245	188			

2021 年、2022 年の値は将来予測に基づいた推定値である。F 値は各年齢の平均値。

水準：低位 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
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)
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 1985)、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 100～250 m、成魚は沖合の水深 200～800 m に分布する(落合・田中 1985、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ものと、伊豆諸島などのより深い水深の海域に移動するものがあ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小笠原海嶺を南下、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19 cm、満2歳で22 cm、満3歳で25 cm、満4歳で28 cm、満5歳で30 cm、満10歳で39 cm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ごくわずかである。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

本種は 2021 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）。2020 年の漁獲量は 4,617 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 3,797 トン、四国沖（和歌山県、徳島県、高知県）が 566 トン、南西諸島周辺海域（鹿児島県、東シナ海区）が 190 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。本種は漁獲物の体長組成の経年変化からも卓越年級の発生が認識でき、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）。2007 年以降の神奈川県で、昨年度まで本評価としては把握できていなかった漁獲量の追加があり、漁獲量の値が変更となった。また、詳細な漁獲量を提示するよう要望があり、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）。

## 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 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。

チューニングに用いた資源量指標（CPUE）については、試験研究、漁業関係者から、黒潮の流路など環境要因の影響が除去した上で扱うべきとの指摘があり、現在、CPUE の標準化の導入に向け試行段階である（補足資料 2）。このため、今年度評価では、実施に向け、整理集計した CPUE をノミナル CPUE として取り扱い、チューニング VPA の指標に用いた（図 6、補足資料 2、補足表 3-1）。また、昨年度まで加入海域の 1 つと考えられ、小型個体が多く漁獲される千葉県と神奈川県の東京湾口部の小型魚銘柄の CPUE を加入動向の資

源量指標値としてチューニングに用いていたが、他海域での加入動向が評価に組み込まれないことから、今年度は使用しなかった。

## (2) 資源量指標値の推移

立て縄、底立てはえ縄による主要港の CPUE（相対値）の平均値の推移を見ると、2010 年以降 1.0 を下回る年が多く、2020 年は 0.70 で 2000 年代と比較し低い値にある（図 5）。しかし、釣やはえ縄という漁法の特性から海況との関連も強く、地域による変動も大きい（図 5）。昨年度は、小型魚の CPUE（1～3 歳の指標）と成魚を中心とする資源動向の CPUE（4 歳以上の指標）の 2 種類をチューニングに使用していた。今年度は標準化 CPUE をコホート解析に使用することを念頭に月別に整理し、集計可能であった 2005 年以降の情報をノミナル CPUE として整備した（図 6、補足資料 2、補足表 3-1）。いずれの CPUE もノミナル CPUE の期間である 2005～2020 年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 7）。

## (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（底立てはね縄）・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 8、補足表 3-2）。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、神奈川県の沿岸部の漁獲物は銘柄別漁獲量情報をもとに、年齢分解している。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。また、小型魚保護を目的とした休漁水面の設定や、期間休漁が各地区で実施されており、1 歳相当の漁獲サイズの個体の漁獲の減少が進んでいることから、今年度評価から年齢別漁獲尾数を 2～14 歳、15 歳以上をプラスグループとした（補足資料 3）。

2019 年と 2020 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、卓越年級群の発生は認められない（図 9）。

## (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 2020 年は 2.53 万トンであった（図 10、表 3、補足表 3-3）。漁獲割合は 12～20%の範囲で横ばいで推移し、2020 年は 15%であった。漁獲係数（F）の全年齢の平均値は 0.15～0.26 の範囲で推移し、2020 年は 0.18 であった（図 11）。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る（補足表 3-2）。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 0.25~0.50（尾/kg）で推移し、中央値は 0.39 であった。2015 年前後に一時的に増加し 2018 年は 0.29 となった（図 12、表 3）。また、親魚量と加入量の関係は親魚量 1.82 万~3.20 万トンの情報のみで現時点で傾向は読み取れない（図 13）。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、その後減少傾向で推移し 2020 年は 1.89 万トンであった（図 12）。一方、加入量は 2000 年以降減少傾向であったが、2014 年前後に一時的に増加し 900 万尾となり、2020 年は 500 万尾となった（図 14）。

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、2020 年推定値で資源量では 81~126%、親魚量では 83~125%、加入尾数で 76~136%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 15）。

#### (5) 資源の水準・動向

近年は卓越年級の発生も見られず、親魚量と漁獲量は経年的に減少している。水準判断には一都三県の過去 45 年間（1976~2020 年）の漁獲量の推移を用い、漁獲量の最高値と最低値の間を三等分して判断した（図 16）。1980 年代以前はキンメダイ漁業が本格的に発展する以前であるが、漁獲量は本資源において長期間利用できる唯一の情報であることから、これを水準判断の指標とした。高位と中位の境は漁獲量 7,550 トン、中位と低位の境は漁獲量 4,828 トンで 2020 年は 3,797 トンであることから、水準は低位と判断した。また、動向は親魚量の直近 5 年（2016~2020 年）の推移より横ばいと判断した（図 14）。

#### (6) 資源と漁獲の関係

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 0.15~0.26 の範囲で推移している（図 11）。資源量と漁獲係数の間には特定の関係性はみられない（図 17）。年齢別漁獲係数は経年的に横ばいであり、 $F_{current}$ （2020 年の  $F$  で各年齢の平均値）は 0.18 で、経験的管理基準値である  $F_{30\%SPR}$  や  $F_{0.1}$  を上回っていた。 $F_{current}$  は  $F_{max}$  を下回っていたが加入当たり漁獲量（YPR）はほぼ同値である。YPR 解析の結果は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を示した（図 18）。

5. 2022 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源水準は低位、動向は横ばいと判断した。親魚量や加入量も長期的に減少傾向にあることから、将来の親魚量を増加させることを管理目標とした。

(2) ABC の算定

再生産関係に基づき、持続的に系群全体の資源を維持するための適切な親魚量水準を求めるには、関東沿岸から伊豆諸島周辺海域のみならず南西諸島周辺海域や四国沖それぞれの親魚量の把握と、黒潮の流路など海況条件を踏まえた海域ごとの加入に占める産卵場別の貢献度の検討などが必要であるが、現時点では関東沿岸から伊豆諸島周辺海域における親魚量の把握のみが可能となっている。このため、再生産関係を用いた管理基準値および  $B_{limit}$  の設定は行っていない。資源水準は低位、動向は横ばいであることから、令和 3 (2021) 年度 ABC 算定のための基本規則 1-3) (FRA-SA2021-ABCWG02-02) に基づき、以下の式により 2022 年 ABC を算定した。

$$F_{limit} = \text{現状の } F (F_{current}) \times \beta_2$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

$\beta_2$  は将来予測において親魚量が増加するために必要な削減率、係数  $\alpha$  は安全率で標準値の 0.8 を用いた。2020 年以降の資源量は 2 歳加入尾数を親魚量と再生産成功率 (1998~2018 年の中央値: 0.39) より推定し、2 歳以降をコホート解析前進法で推定した (補足資料 3)。  $F_{current}$  は経験的管理基準値を上回っている。ABC の評価で示すように  $1.0F_{current}$  では資源は減少傾向を示す。管理基準は資源の将来予測により、親魚量を増加に転じるために必要な  $F_{current}$  の削減率  $\beta_2$  を乗じた  $0.8F_{current}$  とし  $ABC_{limit}$  を算出した。  $F_{target}$  は不確実性を考慮した安全率の係数  $\alpha$  (標準値 0.8) を乗じた  $0.8F_{limit}$  とし、  $ABC_{target}$  を算出した。

管理基準	Target/ Limit	2022 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの増減%)
0.8 $F_{current}$	Target	25	10	0.12 (-36%)
	Limit	30	12	0.15 (-20%)

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。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、より安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。  $F_{target} = \alpha F_{limit}$  とし、係数  $\alpha$  には標準値 0.8 を用いた。  $F_{current}$  は 2020 年の F 値、漁獲割合は 2022 年の漁獲量/資源量、F 値は 2~15+歳の平均値である。ABC は太平洋系群の中で、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の値。2020 年親魚量は 1.89 万トン。

(3) ABC の評価

F<sub>current</sub> を変化させた場合に期待される資源量、親魚量、漁獲量をみると、1.0F<sub>current</sub> で漁獲を継続した場合、将来の資源量、親魚量、漁獲量はいずれも減少する (図 19)。漁獲圧を 0.9F<sub>current</sub> にすると親魚量は横ばい、0.8F<sub>current</sub> にすると親魚量は増加傾向に転じる。本種は主漁獲年齢が 5~10 歳であり、若齢の漁獲圧は低い。成熟も 4 歳以降であることから漁獲係数を大幅に削減しても 5 年程度では漁獲量の大幅な回復は見込めず、長期的な視点が必要である (補足資料 4)。

管理基準	F 値	漁獲量(百トン)								
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
0.6F <sub>current</sub>	0.11	38	38	23	24	25	26	27	29	
0.64F <sub>current</sub> (F <sub>target</sub> )	0.12	38	38	25	25	26	27	28	29	
0.7F <sub>current</sub>	0.13	38	38	27	27	28	29	30	31	
0.8F <sub>current</sub> (F <sub>limit</sub> )	0.15	38	38	30	30	31	31	32	32	
0.9F <sub>current</sub>	0.16	38	38	34	33	33	33	34	34	
1.0F <sub>current</sub>	0.18	38	38	37	36	35	35	35	35	
		資源量(百トン)								
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
0.6F <sub>current</sub>	0.11	253	249	245	258	269	280	291	302	
0.64F <sub>current</sub> (F <sub>target</sub> )	0.12	253	249	245	256	266	275	285	294	
0.7F <sub>current</sub>	0.13	253	249	245	254	262	269	276	283	
0.8F <sub>current</sub> (F <sub>limit</sub> )	0.15	253	249	245	250	255	258	262	265	
0.9F <sub>current</sub>	0.16	253	249	245	247	248	248	249	249	
1.0F <sub>current</sub>	0.18	253	249	245	243	241	239	237	234	
		親魚量(百トン)								
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
0.6F <sub>current</sub>	0.11	189	193	188	195	205	216	225	233	
0.64F <sub>current</sub> (F <sub>target</sub> )	0.12	189	193	188	193	203	212	220	226	
0.7F <sub>current</sub>	0.13	189	193	188	191	198	205	212	217	
0.8F <sub>current</sub> (F <sub>limit</sub> )	0.15	189	193	188	187	191	195	199	202	
0.9F <sub>current</sub>	0.16	189	193	188	184	185	186	188	188	
1.0F <sub>current</sub>	0.18	189	193	188	180	178	177	177	175	



(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
2020 年漁獲量 2007～2019 年神奈川県漁獲量 2020 年月別体長組成、銘柄組成 2005～2020 年千葉～静岡県月別 CPUE	年別年齢別漁獲尾数(全年) 水準・動向判断 資源尾数、資源量、親魚量、漁獲量

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F 値	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン) (実際の F 値)
2020 年 (当初)	0.7Fcurrent	0.16	249	32	26	
2020 年 (2020 年 再評価)	0.7Fcurrent	0.12	239	28	22	
2020 年 (2021 年 再評価)	0.7Fcurrent	0.15	253	32	26	38 (0.18)
2021 年 (当初)	0.7Fcurrent	0.10	227	23	19	
2021 年 (2021 年 再評価)	0.7Fcurrent	0.14	249	28	23	

2020年および2021年のABCについて本評価による推定結果により再評価を行った。F値、資源量、ABCは当初、2020年再評価では1～15+歳の値であるが、今年度評価では1歳魚は漁獲されないと扱ったため、2021年再評価では2～15+歳の値である。資源量とABC値の更新は、資源量推定を2歳からとしたこと、チューニングに用いる資源量指標値を変更したこと、2020年のデータが追加されたこと、2007年からの神奈川県の漁獲量の追加修正となったことに起因する。

6. ABC 以外の管理方策の提言

現状のFはFmaxを下回っているがYPRはほぼ同値であり、漁獲圧を増大させてもさらなる漁獲量の増加は期待できない(図18)。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。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1.1倍、10～12歳は現状の0.6倍、13～14歳は現状の0.4倍、15歳以上では現状の0.3倍となる(図20)。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、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は異なることから、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であるのに対し、5～8歳は増加傾向、9～12歳は減少傾向である(図21)。年

齡群ごとに資源量の変動の推移は異なることから、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。

本種は卓越年級群が発生し、一時的に漁獲量が増大することが報告されている（亘ら2017）。図22に2022年に卓越年級群（2022年のRPSが3倍を想定）の発生の有無と、漁獲圧削減の有無（ $F_{current}$ と $F_{limit}$ ）を組み合わせた資源量、親魚量、漁獲量の将来予測を示す。このような高水準の加入の兆候を的確にとらえ、それを保護する資源管理方策を実施することでも、長期にわたりキンメダイ資源の漁獲の維持、増大を図ることが可能である。

## 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.
- 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、半沢祐大)

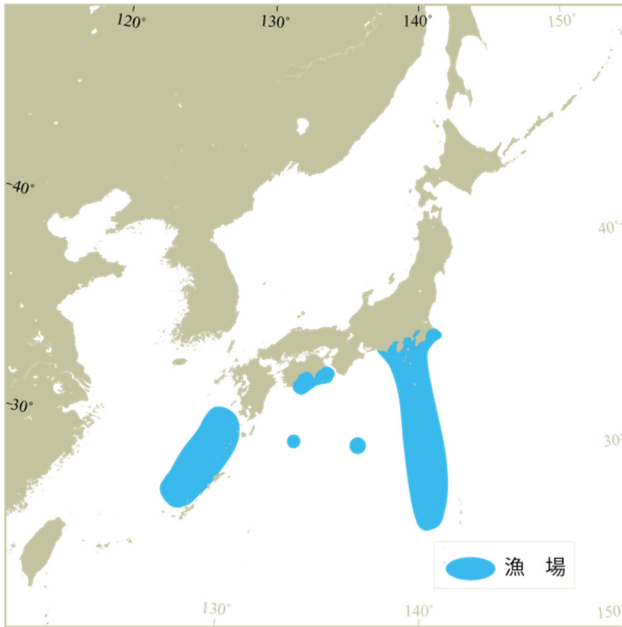


図1. キンメダイ太平洋系群の主要漁場

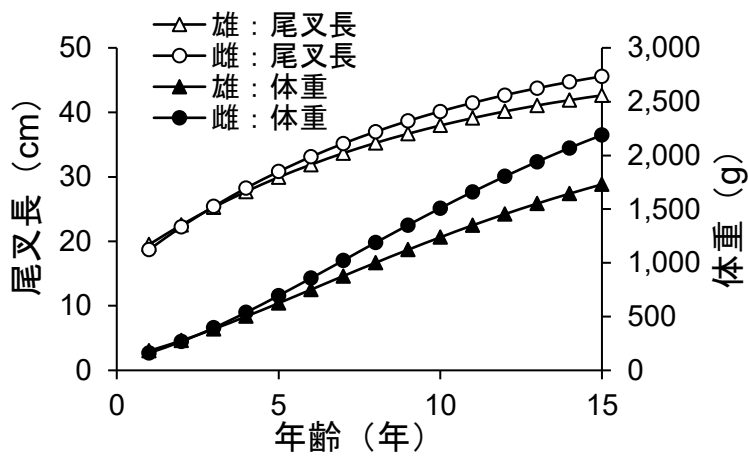


図2. 年齢と成長の関係

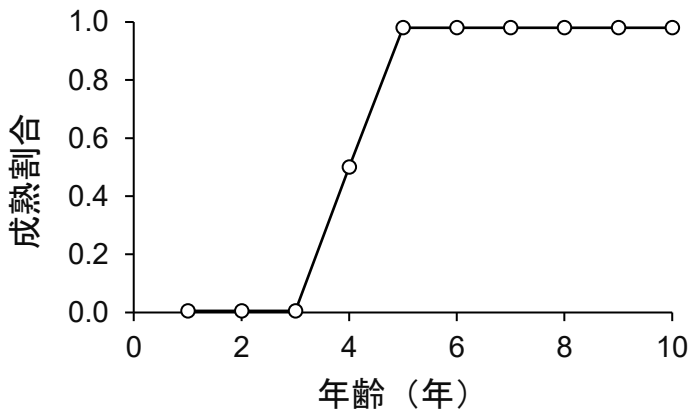


図3. 年齢別成熟割合

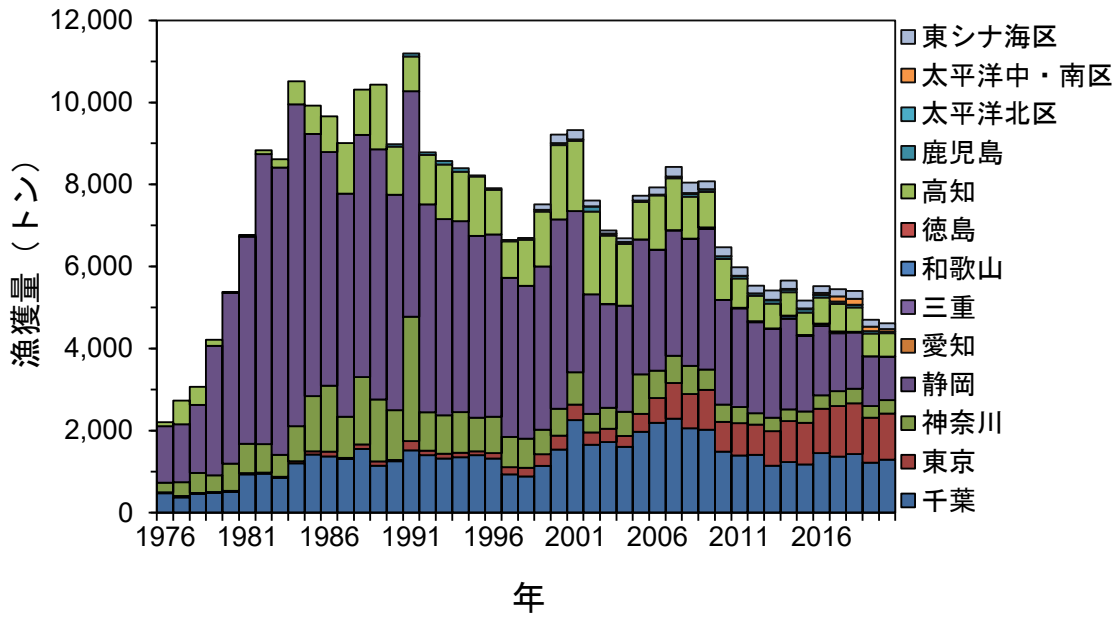


図4. キンメダイ太平洋系群の漁獲量の推移

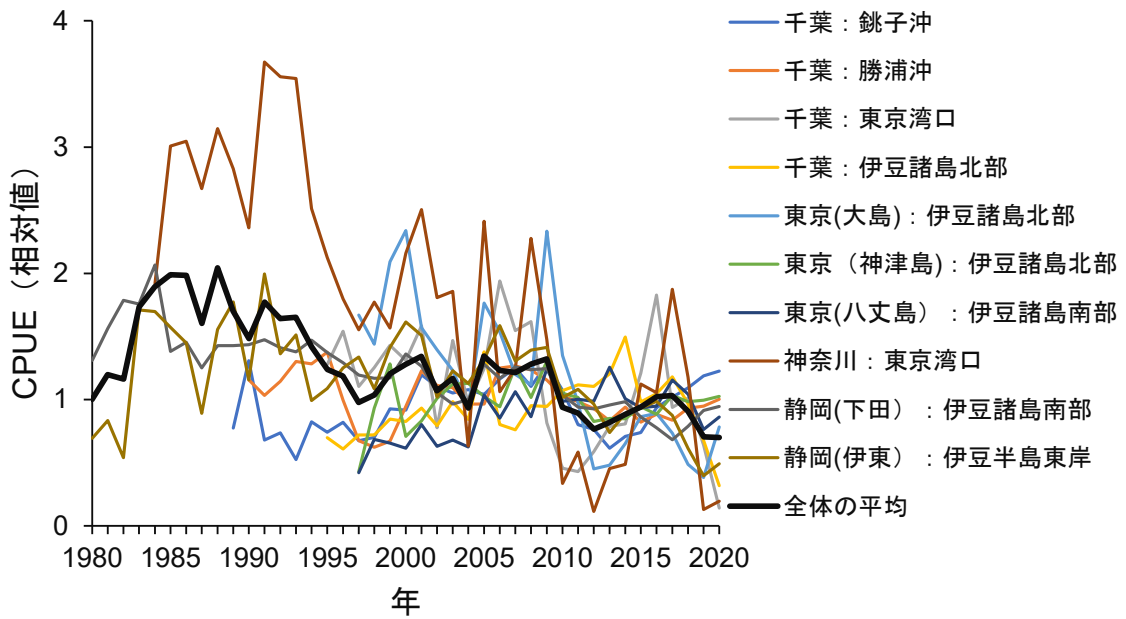


図5. 立て縄、底立てはえ縄の水揚げ港 CPUE (2005～2020年の平均値で除した相対値) の推移 (凡例は都県：操業海域) 黒実線は CPUE の平均値。

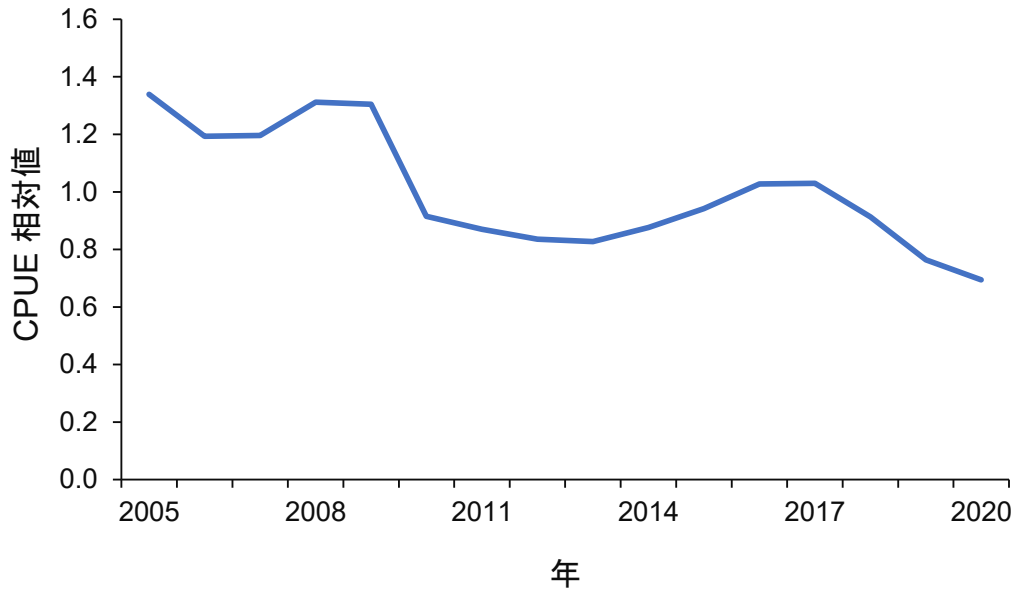


図 6. 立て縄の水揚げ港（銚子、勝浦、館山、三崎、神津島、八丈島、伊東、稲取）において月別漁獲量と操業隻数情報を整備し、チューニング VPA の資源量指標値として使用したノミナル CPUE（2005～2020 年の平均値で除した相対値）

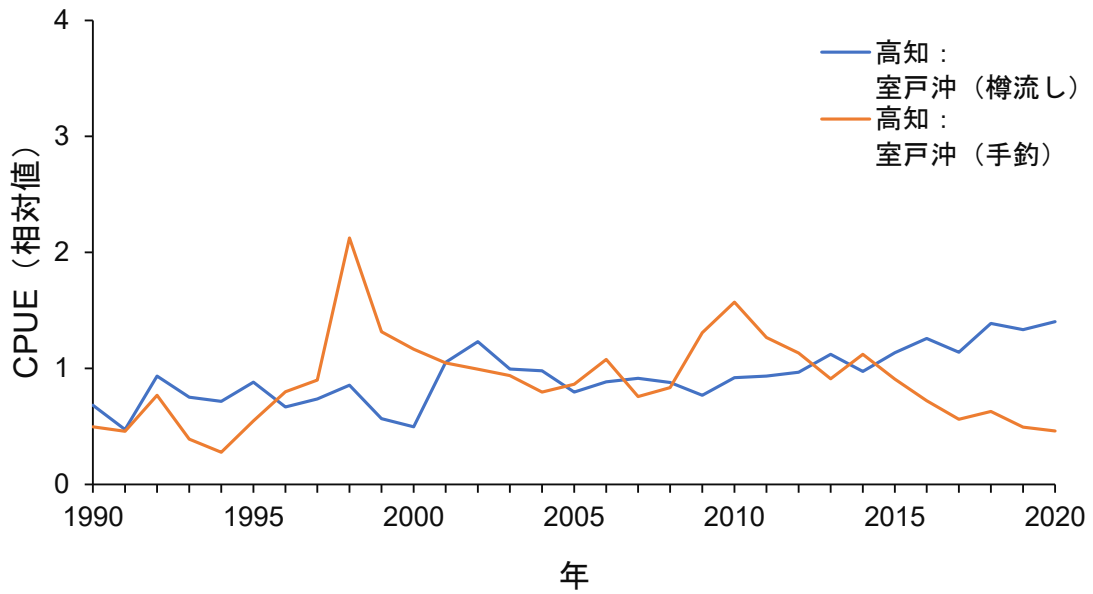


図 7. 1990～2020 年の平均値で除した高知県の室戸沖樽流しと手釣りの CPUE（相対値）

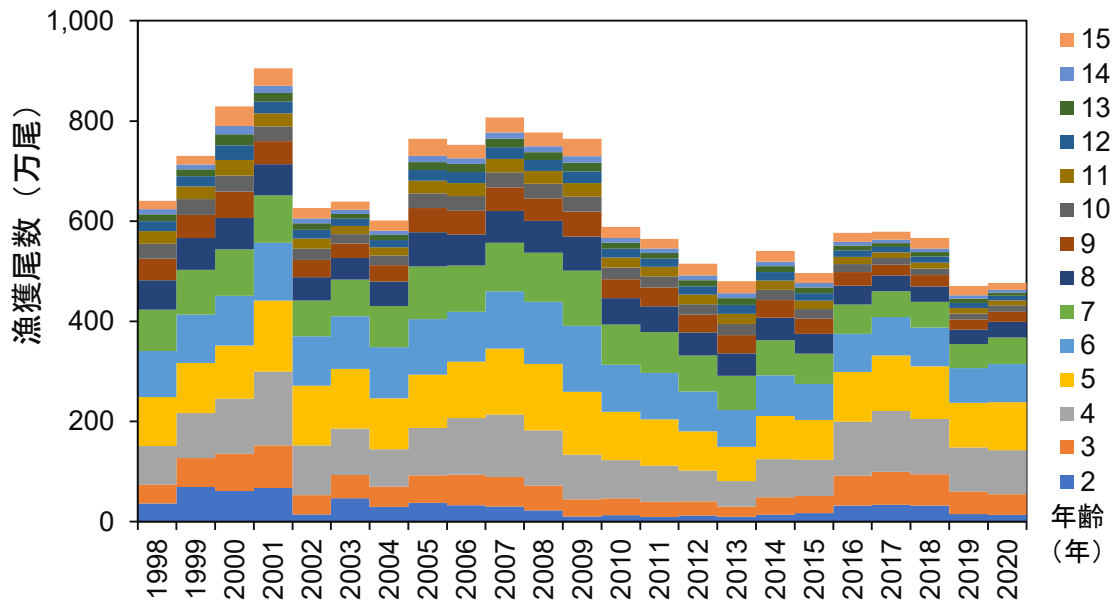


図 8. 年別年齢別漁獲尾数

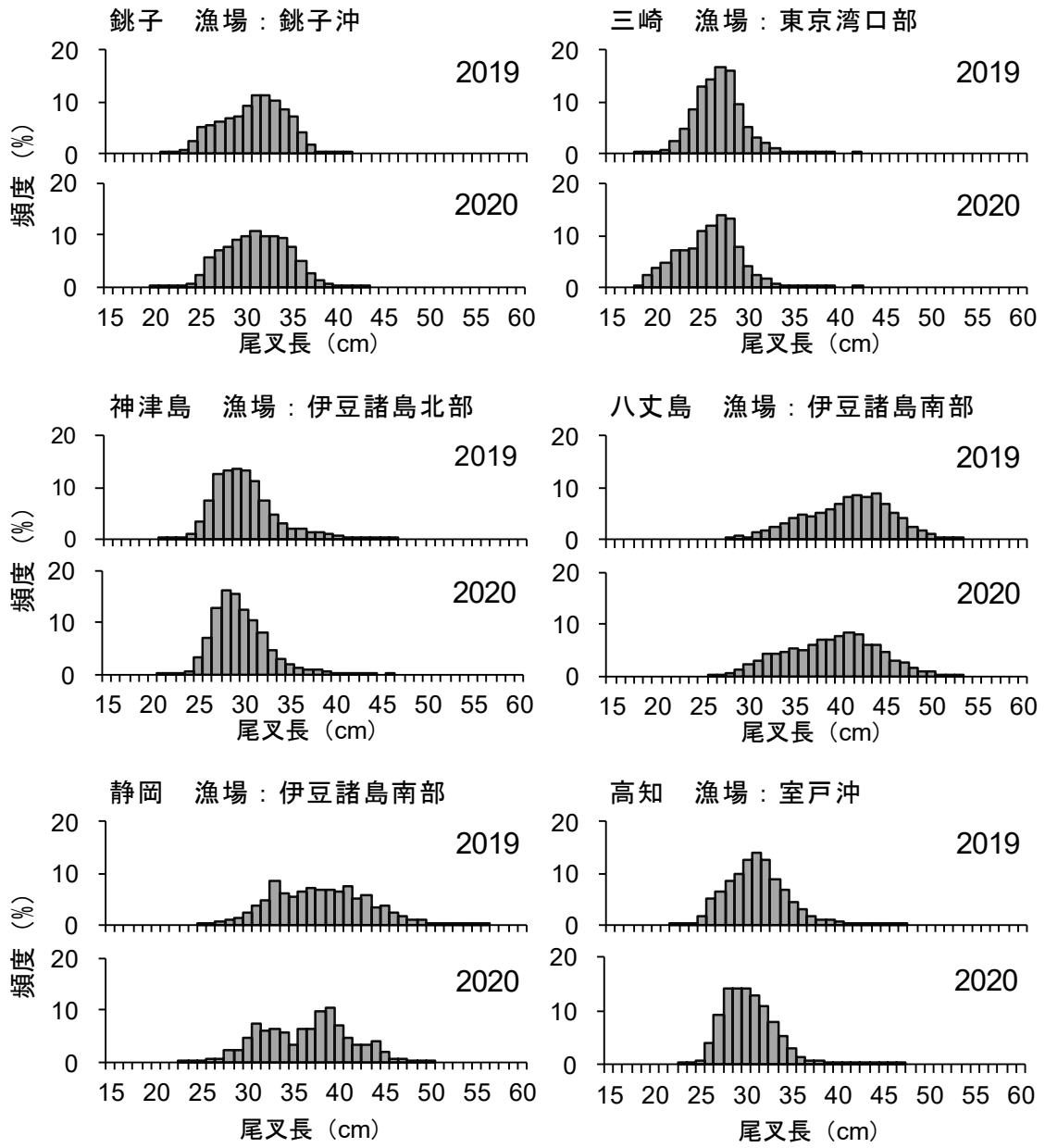


図9. 2019年と2020年の年間の各地区における漁獲物の体長組成



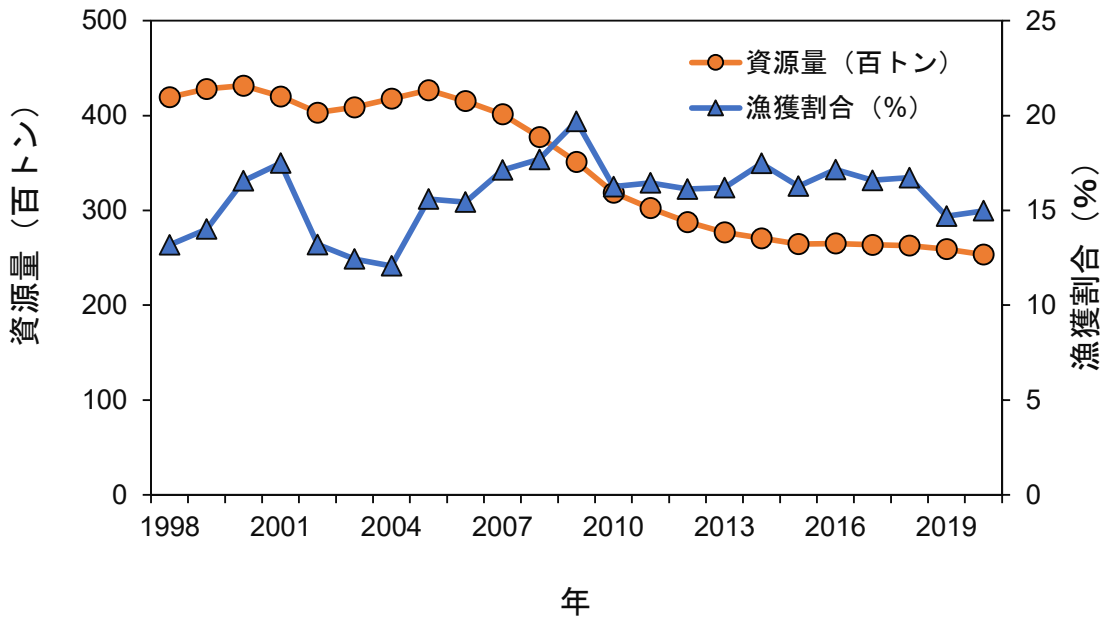


図 10. 資源量と漁獲割合の推移

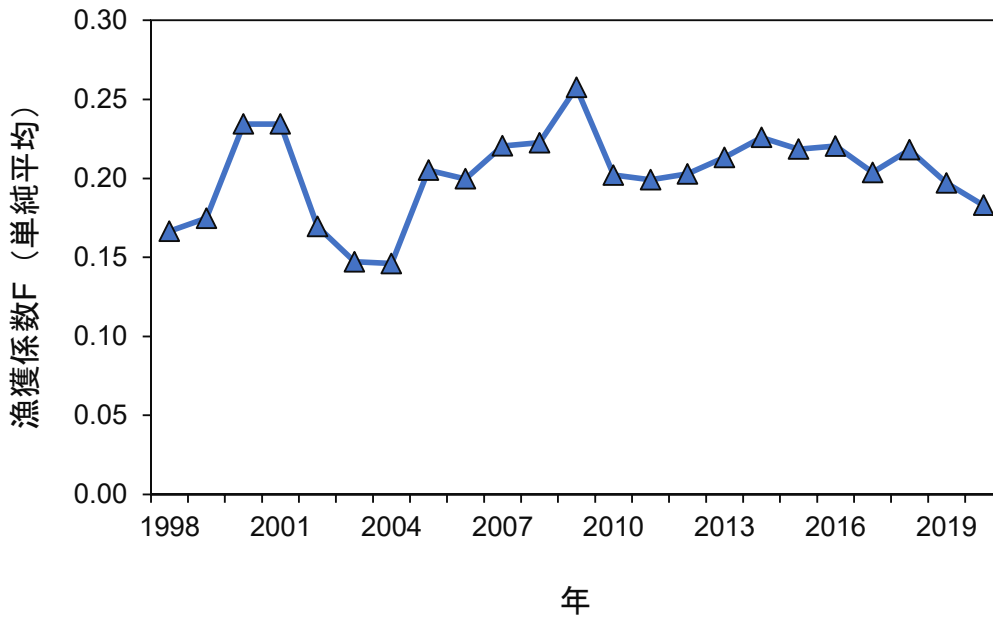


図 11. 全年齢の漁獲係数 F の平均値の推移

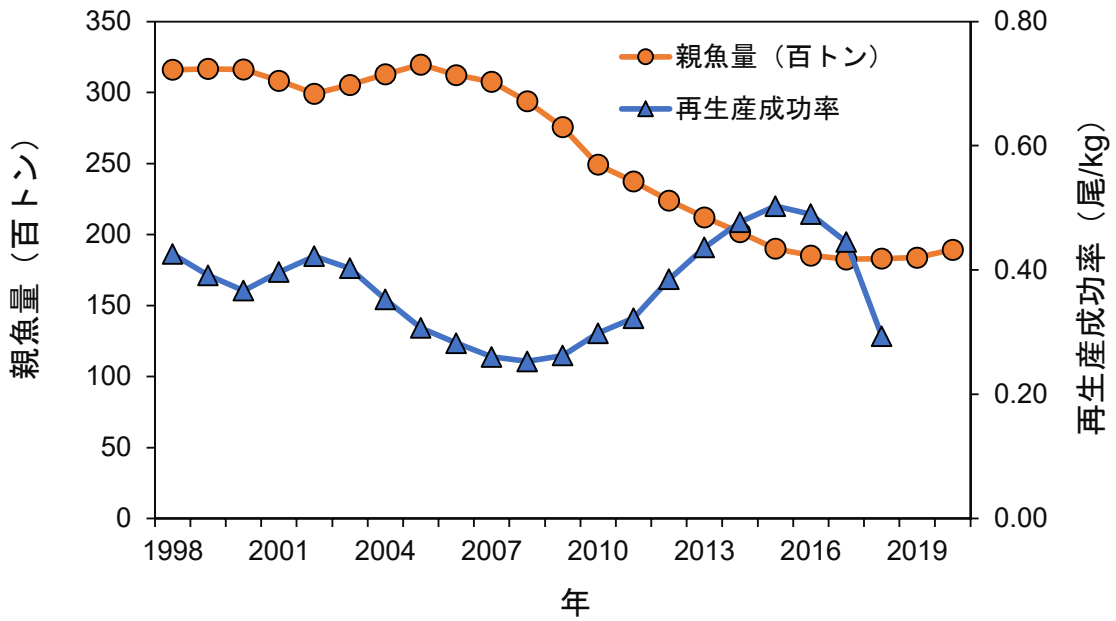


図 12. 親魚量と再生産成功率 (RPS) の推移 再生産成功率 (2 歳加入尾数 ÷ 親魚量) は、0 歳時の年にずらして表示した。2019、2020 年に発生した年級群は 2020 年時点ではまだ漁獲対象資源に加入していないため 2018 年までとなる。

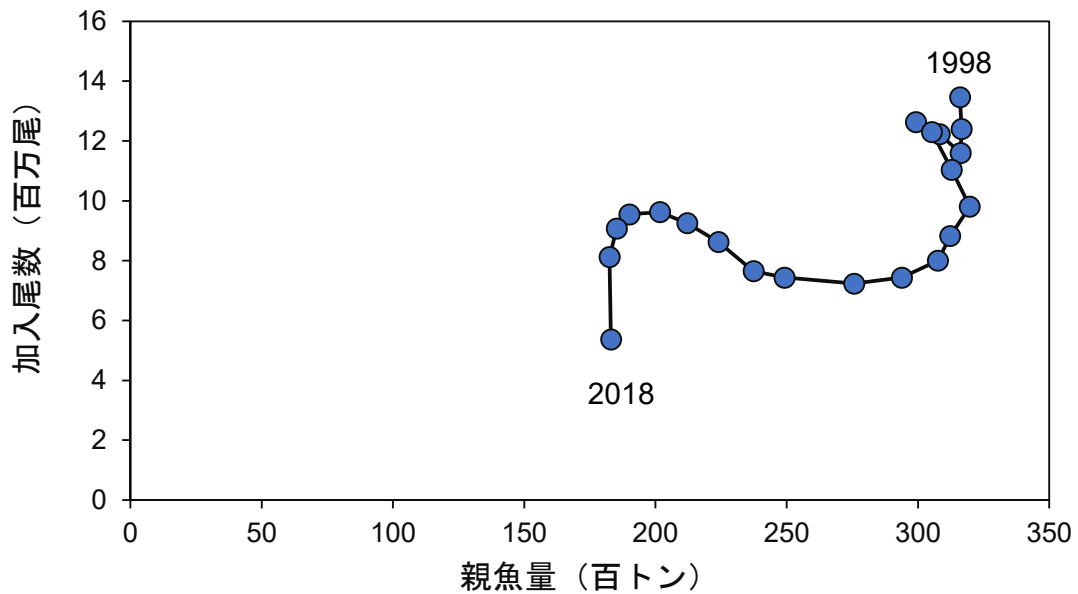


図 13. 親魚量と加入量の関係 加入尾数は 0 歳時の年にずらして表示した。2019、2020 年に発生した年級群は 2020 年時点ではまだ漁獲対象資源に加入していないため 2018 年までとなる。

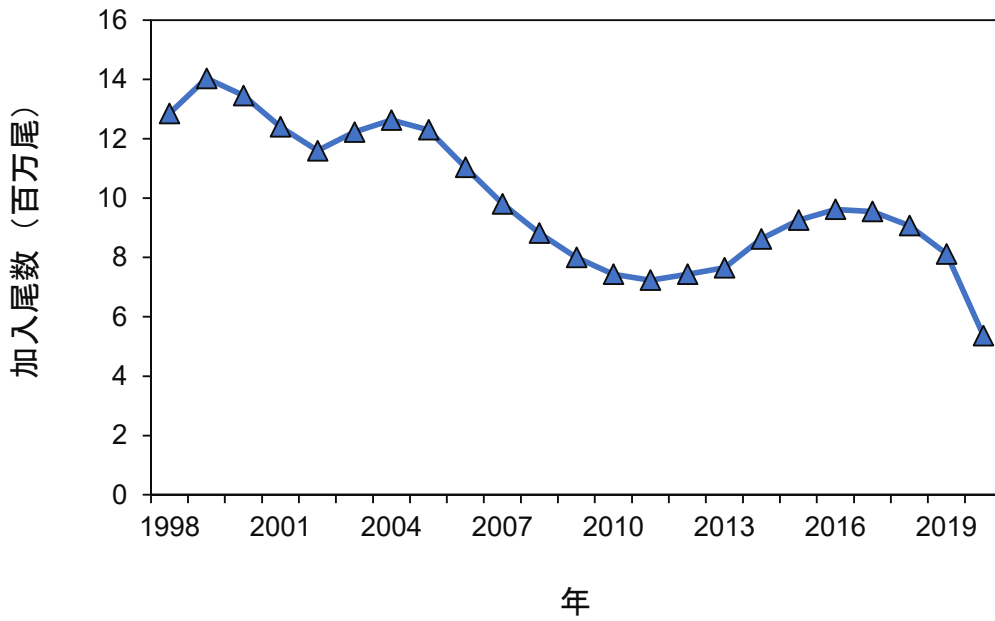


図 14. 加入量の推移

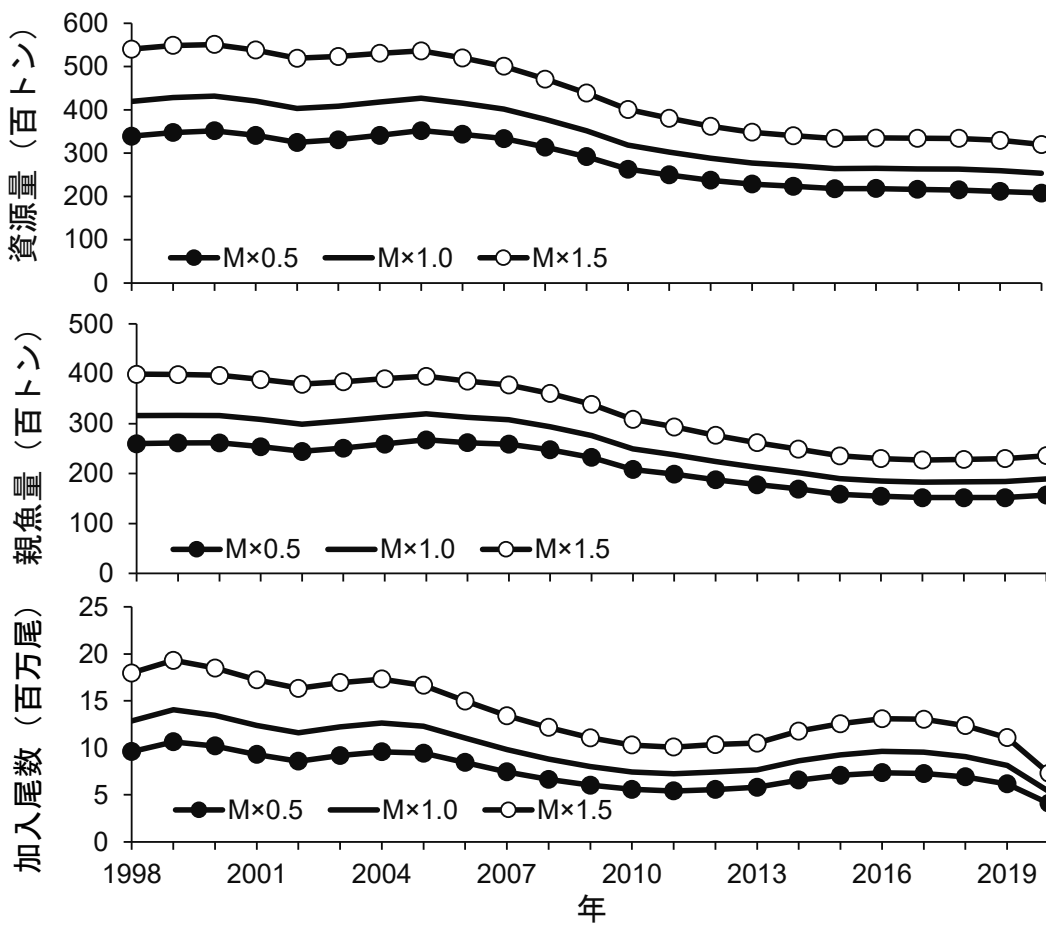


図 15. 自然死亡係数 M を±50%変化させたときの資源量、親魚量、加入量の感度解析の結果

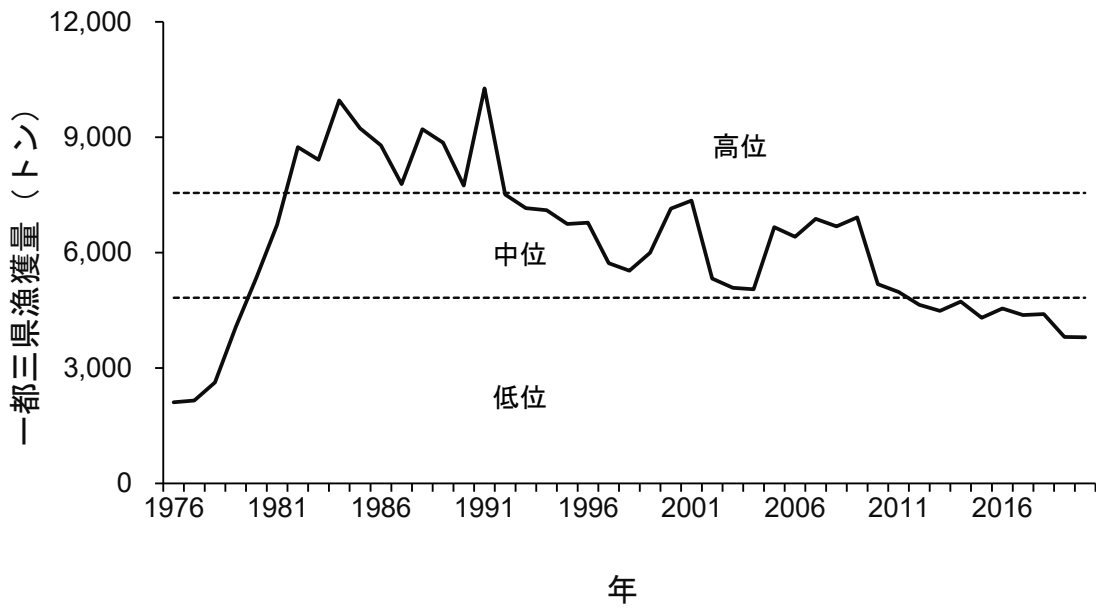


図 16. 千葉県、東京都、神奈川県、静岡県（一都三県）の漁獲量の推移と水準 点線は水準の境界を示す。

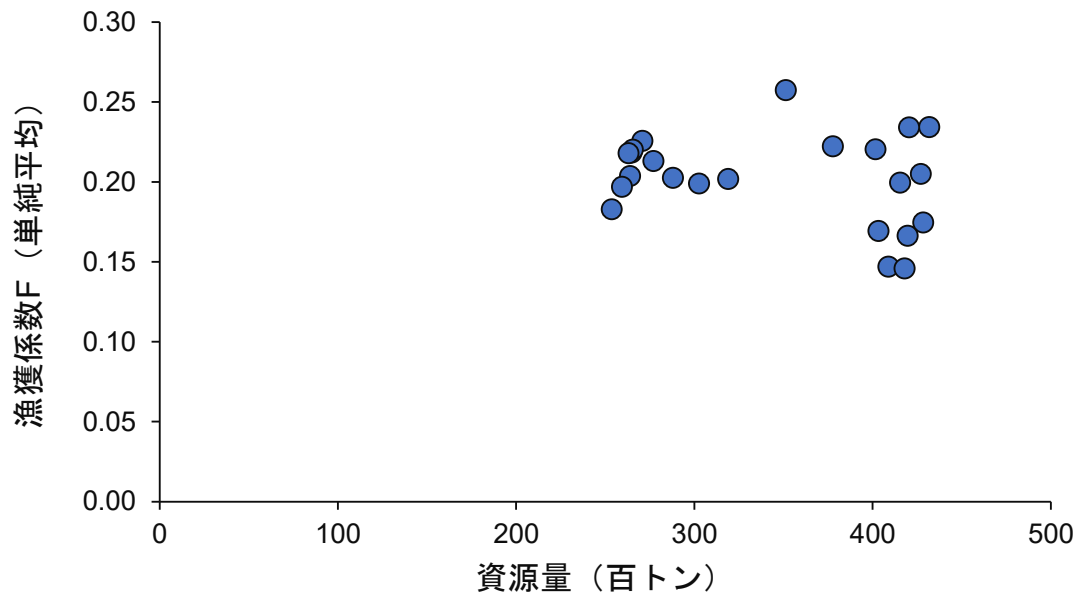


図 17. 資源量と漁獲係数 F の関係

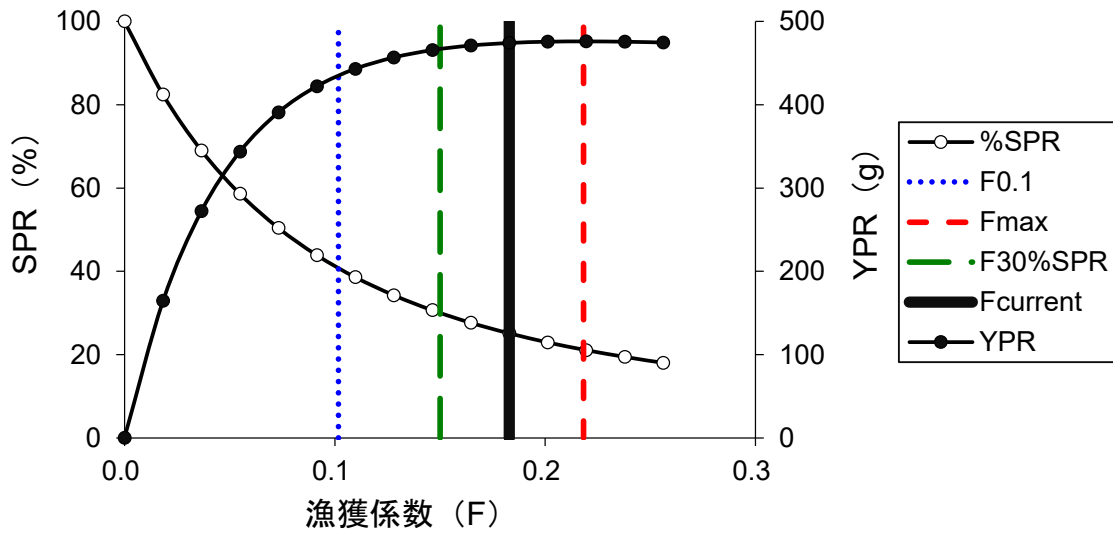


図 18. 加入量当り漁獲量 YPR と加入量あたり産卵量 SPR と漁獲係数 F の関係

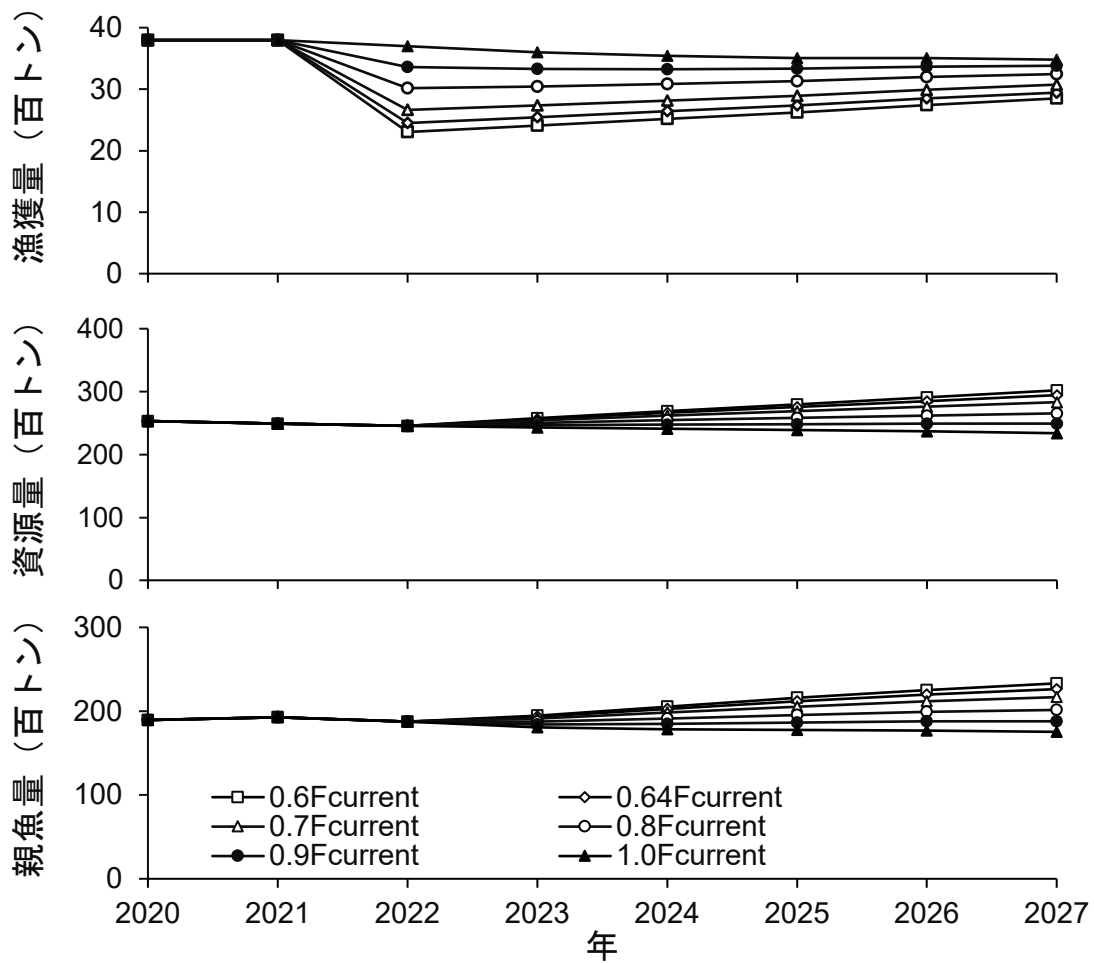


図 19. 漁獲係数 F の変化による資源量、親魚量、漁獲量の推移

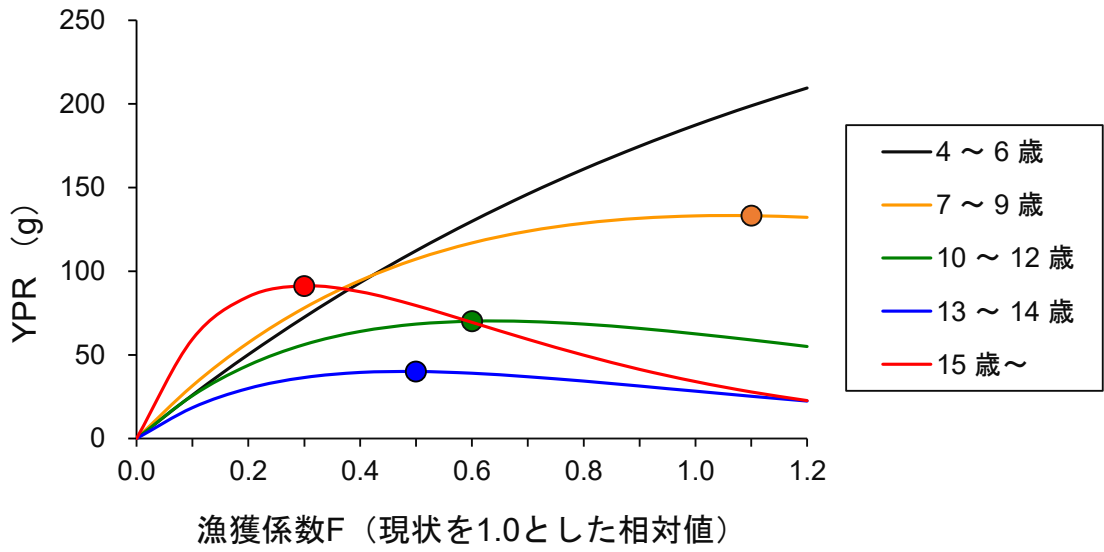


図 20. 年齢群別の漁獲係数 F と YPR の関係 グラフ上の丸が極大値を示す。

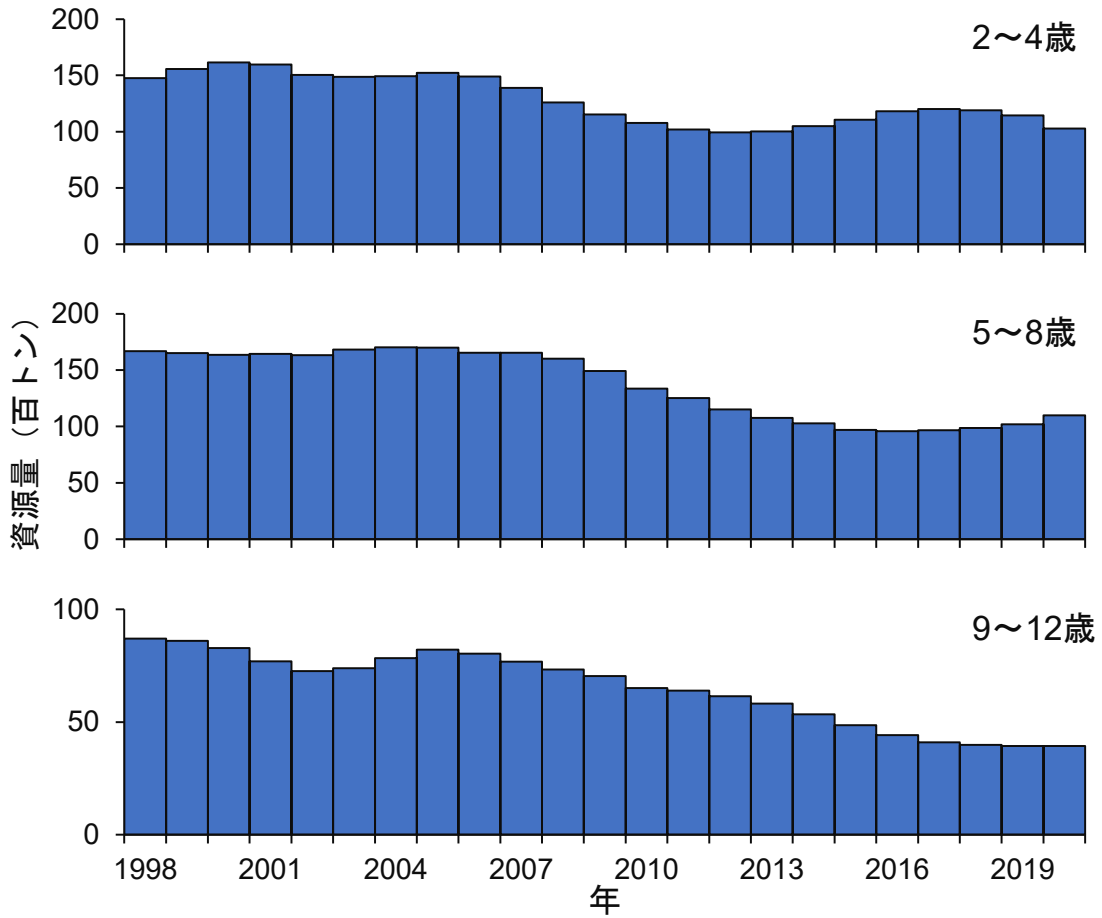


図 21. 年齢群ごとの資源量の推移

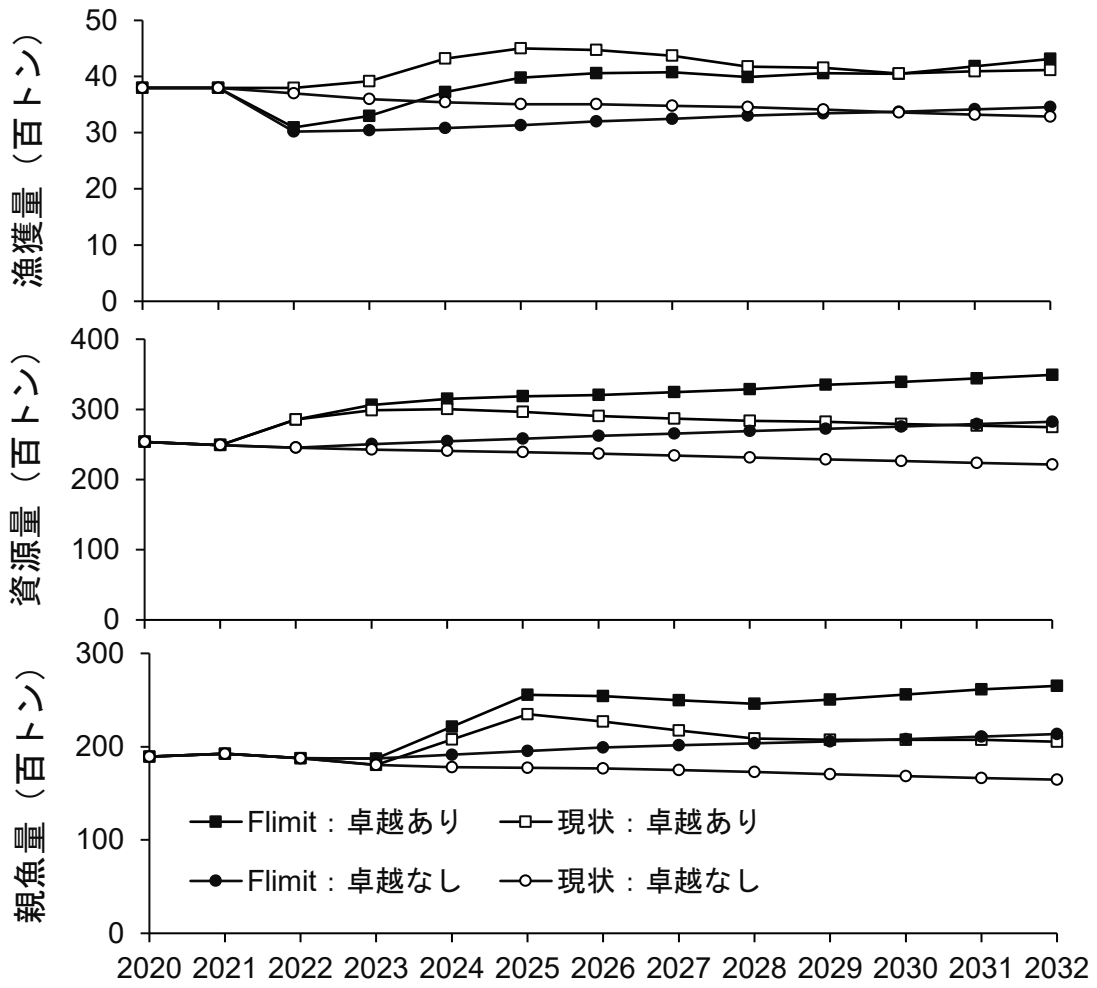


図 22. 2022 年に卓越年級群の発生の有無と、2022 年以降の漁獲圧削減策の有無を考慮した漁獲量、資源量、親魚量の将来予測結果

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	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	9	142	7,612	
2003	1,722	321	512	2,529			6	1,661	47	8	8	74	6,880	
2004	1,604	264	595	2,582			-	1,502	45	11	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	200	5,656	
2015	1,177	1,011	279	1,839	0	6	12	2	552	79	1	191	5,171	
2016	1,453	1,083	326	1,687	0	-	54	1	636	65	1	162	5,518	
2017	1,368	1,230	362	1,415	0	12	27	1	676	55	2	177	5,446	
2018	1,429	1,234	360	1,375	0	-	7	2	594	67	2	187	5,402	
2019	1,219	1,093	287	1,210	0	-	0	2	558	53	0	167	4,704	
2020	1,294	1,123	329	1,051	7	-	0	2	564	48	1	142	4,617	

千葉県は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る水揚量。

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

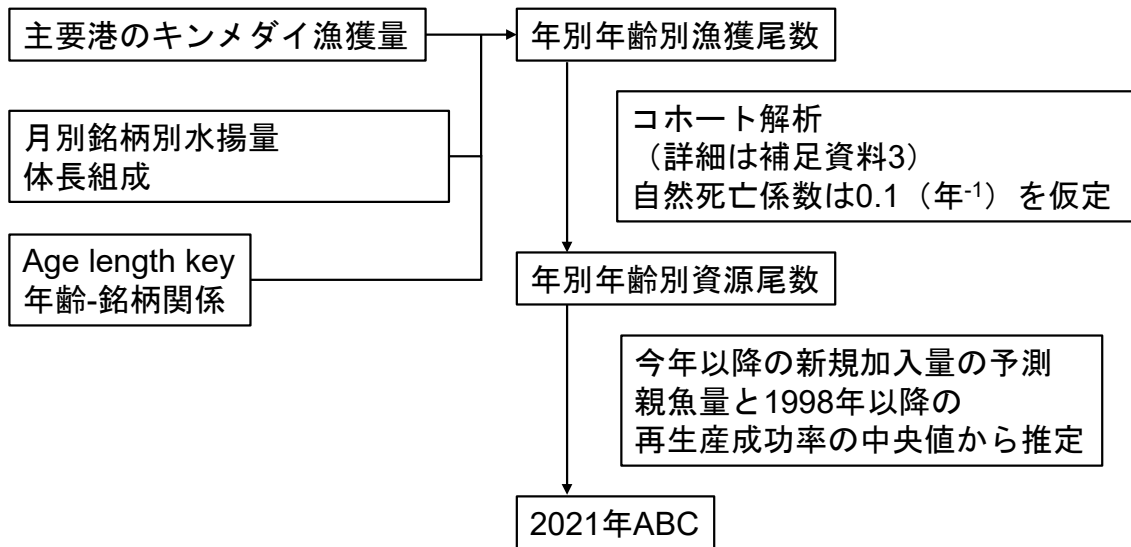
都・県	千葉			東京				神奈川		静岡	
地区	銚子	勝浦	館山	大島・ 利島・ 新島・ 式根島	神津島	三宅島 御蔵島	八丈島				
漁法	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	立て縄	底立て はえ縄	立て縄・ たる流し	底立て はえ縄
1998	299	249	298	96	32	20	67	339	369	958	2,766
1999	427	308	359	106	45	14	120	269	328	1,200	2,778
2000	514	650	328	168	23	12	134	413	245	1,289	3,324
2001	665	1,035	456	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

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 (百トン)	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲割合 (%)	2歳加入尾数 (百万尾)	再生産成功率 (尾/Kg)
1998	55	419	316	17	13	0.43
1999	60	428	317	14	12	0.39
2000	71	432	316	17	12	0.37
2001	74	420	308	17	12	0.40
2002	53	403	299	13	13	0.42
2003	51	409	305	12	12	0.40
2004	50	418	313	12	11	0.35
2005	67	427	320	16	10	0.31
2006	64	415	312	15	9	0.28
2007	69	401	308	17	8	0.26
2008	67	378	294	18	7	0.25
2009	69	351	276	20	7	0.26
2010	52	319	249	16	7	0.30
2011	50	303	237	16	8	0.32
2012	46	288	224	16	9	0.39
2013	45	277	212	16	9	0.44
2014	47	271	202	17	10	0.48
2015	43	265	190	16	10	0.50
2016	45	265	185	17	9	0.49
2017	44	264	182	17	8	0.44
2018	44	263	183	17	5	0.29
2019	38	259	184	15	—	—
2020	38	253	189	15	—	—

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



## 補足資料 2 単位努力量当たり漁獲量 (CPUE)

## 昨年度と今年度の CPUE の違い

昨年度の評価ではチューニング VPA の実施において、小型魚 (1~3 歳の指標) の CPUE (千葉、神奈川の東京湾口部の小型魚銘柄 CPUE) と成魚を中心とする資源動向 (4 歳以上の指標) の CPUE (千葉 (銚子、勝浦、館山の伊豆諸島北部)、東京 (大島、神津島、八丈島)、静岡 (伊東、下田) の CPUE 相対値の平均) の 2 種類を使用していた。しかし、資源管理に関する会議や説明会の場において、釣り漁業を主体とするキンメダイ漁業で、資源豊度のみならず黒潮流路等の環境要因が漁獲効率にも影響する可能性について漁業者や参画機関から指摘があった。また、小型魚の CPUE については、小型魚の加入海域のうち東京湾口部のみの情報を指標としており、加入変動が特定海域の情報に大きく依存する点が問題と考えられた。

今年度は標準化 CPUE をコホート解析に使用することを念頭に、月別に整理し、集計可能であった 2005 年以降の情報をノミナル CPUE として整備し、チューニングに用いた。昨年度と今年度の CPUE で使用した地区と漁法は、以下の通りである。

地区	漁法	昨年度評価で使用		今年度評価で使用
		1998~2019 年		2005~2020 年
		小型魚の CPUE	成魚中心の CPUE	ノミナル CPUE
		1~3 歳の指標	4 歳以上の指標	全年齢の指標
銚子	立て縄		○	○
勝浦	立て縄		○	○
館山 (東京湾口)	立て縄	○ (小型魚銘柄のみ使用)		○
館山 (伊豆諸島北部)	立て縄		○	○
三崎	立て縄	○ (小型魚銘柄のみ使用)		○
大島	立て縄		○	
神津島	立て縄		○	○
八丈島	立て縄		○	○
伊東	立て縄		○	○
稲取	立て縄			○
下田	底立てはえ縄		○	

今年度評価で使用したノミナル CPUE は、基本的には昨年度使用した成魚中心の CPUE に近いが、沿岸部で小型魚の情報も含むことから、資源動向全体の CPUE (2 歳以上) としチューニング VPA を行った。昨年度は年合計の漁獲量と努力量データから CPUE を算出している。今年度は月ごとに集計しているが、ノミナル CPUE としては、その年合計値を使用している。なお、今年度評価のノミナル CPUE で使用していない地区は 2005 年からの月別データが入手できないことに起因する。

## CPUE 標準化の進捗状況

キンメダイ太平洋系群の資源評価で導入を検討している CPUE 標準化の途中経過を整理する目的で、補足資料としてとりまとめた。現状、黒潮の流路など海洋環境の要因として、海洋速報に掲載されている黒潮流軸までの距離を使用しているが、黒潮が接近する状況での CPUE が低下する事象が十分に除外していない可能性が指摘されている。今後は日本周辺太平洋域の海況予測システム（FRA-ROMS, Kuroda et al., 2017）の過去解析データの活用など実施し、検討を継続する予定である。

## 概要

データ	千葉県、東京都、神奈川県、静岡県の立て縄漁業操業データ
対象	立て縄漁業の1航海あたりの漁獲量 (kg/網)
データの利用可能な期間	2005～2020年
標準化に使用した期間	2005～2020年
使用した統計ソフト・パッケージ	R (Ver. 4.1.0) モデル選択において MuMin パッケージ (Ver. 1.43) を使用した。
統計モデル	一般化線形モデル
フルモデルの応答変数	自然対数変換した月別船別 CPUE (kg/航海数)
フルモデルの説明変数	CPUE モデル： 年、季節、地区、黒潮、年×季節、季節×黒潮、季節×地区、黒潮×地区（全てカテゴリカル変数・固定効果のみ）
最終モデルの選択方法	総当たり法により AIC が最小のモデルを選択
選択された説明変数	CPUE モデル： 年、季節、地区、黒潮、年×季節、季節×地区、黒潮×地区
年トレンドの抽出方法	CPUE モデルの年の最小二乗平均を計算し、逆対数変換して年トレンドとした。資源量指標値とする際には、さらに平均値で除して規格化した。
標準化の結果	ノミナル CPUE と同様で、標準化により資源量指標値が減少傾向にあった。黒潮が近いと CPUE が低下する傾向があった。

## 1. 背景

商業船による単位努力量当たり漁獲量（以下、CPUE）は、資源量以外に漁獲月や海区による影響を受ける。そのため、適切な資源量指標値にはこれらの要因を取り除く必要がある（庄野 2004）。キンメダイ太平洋系群は主に釣り漁業で漁獲され、資源状態を評価するために千葉県、東京都、神奈川県、静岡県（以下、1都3県）の操業データをチューニング指標として用いている。本資源の主要な漁業が釣りのため、漁業現場からも、黒潮やそれに関連する潮流の影響が釣獲量や漁獲効率にも影響する可能性が指摘されている。この

ような背景もふまえ、環境要因に関する情報も考慮し資源変動を把握することを目的とし、一般化線形モデル（GLM）を用いて CPUE の標準化を試行した。

## 2. 方法

### 使用するデータ

一都三県の主要港で漁獲される立て縄漁業の月別水揚げ量と出漁回数の月別データを使用した。期間は、一都三県すべてから月別水揚げ量と出漁回数情報が整備され利用できる 2005 年以降とした。地区は、千葉県銚子、勝浦、館山（東京湾口）、館山（伊豆諸島北部海域：島回り）、東京都の神津島、八丈島、神奈川県三崎の伊豆諸島北部海域、静岡県伊東、稲取の計 9 地点を対象とした。年、月、地区に加え、環境要因として黒潮流路の情報を、それぞれカテゴリカル変数として用いた。

季節の効果は、7～9 月がキンメダイの産卵期に相当することを考慮し、四半期別（1～3 月、4～6 月、7～9 月、10～12 月）にまとめて扱うことで季節的な変動を捉えることとした。

「地区」とは、漁獲量と操業隻数の集計元となる水揚港を指す。したがって、緯度経度や漁区などの操業位置情報は含んでいない。一都三県のキンメダイ漁業においては、自主管理として地域ごとに操業時間や使用漁具のルールが定められていることから、地区の違いは、海域ごとの資源量水準の違いに加えて、使用漁具の制限などの操業形態の違いをある程度反映しているものと考えられる。

黒潮流路の情報は海上保安庁海洋情報部が提供している海洋速報（<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/>、2021 年 6 月 2 日）に掲載されている石廊崎、八丈島、三宅島、野島崎、犬吠埼からの黒潮流軸までの距離を用いた。データは、2006 年 7 月以前は 1 週間おき、2006 年 8 月以降は土日祝日を除いて毎日更新されている。分析においては、黒潮流軸までの距離は、公表値の月平均値を使用した。海洋速報では流路幅を 40 海里としていることも踏まえ、黒潮流軸までの距離を「近（0～50 海里）」「中（50～100 海里）」「遠（100 海里以遠）」の 3 区分のカテゴリカル変数とした。各地区の接近の指標として、補足表 2-1 に示す対応関係を設定した。

### 標準化モデルの作成

モデルの誤差分布は正規分布に従うと仮定し、自然対数変換したキンメダイの月別海域別ノミナル CPUE（kg/網）を応答変数とした。CPUE の説明変数として、年、季節、地区、黒潮の 4 つの主効果と、その交互作用を含むモデルをフルモデルとし、AIC を基準とした総当たり法によりベストモデルを選択した。

$$\text{Log}(\text{cpue}) = \text{Intercept} + \text{year} + \text{season} + \text{area} + \text{kuro} + \text{year} * \text{season} + \text{season} * \text{area} + \text{season} * \text{kuro} + \text{kuro} * \text{area}$$

ここでの記号は以下の通りである。

year: 年（2005～2020 年）

season: 季節 (1~3月、4~6月、7~9月、10~12月)

area: 地区 (9海域)

kuro: 黒潮流軸までの距離 (近、中、遠)

なお、年と黒潮の交互作用は欠測データの存在により推定できない組み合わせがあったため、フルモデルに含んでいない。

#### 年、季節、地区、黒潮の効果の抽出

ベストモデルから最小二乗平均 (LSMEAN) を算出し、年、季節、黒潮、地区の効果を算出した (高橋ほか 1998、庄野 2004)。

### 3. 結果と考察

AIC を基準としたモデル選択の結果、以下のモデルが選択された (補足表 2-2)。

$\text{Log}(\text{cpue}) = \text{Intercept} + \text{year} + \text{season} + \text{area} + \text{kuro} + \text{year} * \text{season} + \text{season} * \text{area} + \text{kuro} * \text{area}$

簡易的な残差診断の結果、総じて負の残差が大きい傾向があったことが明らかとなった。特に、黒潮流軸までの距離「近」、東京湾口、伊豆諸島北部に相当する三崎や東京湾口部で負の残差が大きかった。黒潮接近時の実測される CPUE 低下を十分にモデルで再現できていない可能性がある (補足図 2-1、2-2、2-3)。

ベストモデルから抽出された標準化 CPUE は、数年単位で振幅はあるもの、期間を通じて減少傾向にあった (補足図 2-4、補足表 2-3)。年以外の主効果のトレンドをみると、季節別では 1~3月、10~12月に CPUE が低下し、4~6月、7~9月には CPUE が上昇する結果となった (補足表 2-4)。黒潮の効果については、各起点から黒潮流軸までの距離が近いと CPUE が低下する傾向が見られた。

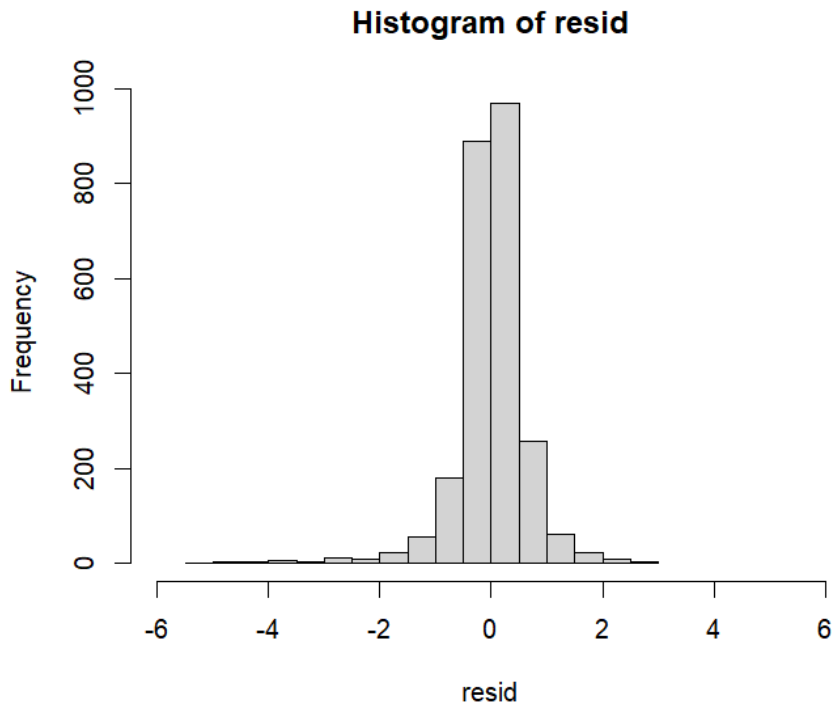
今後は、漁業に与える環境要因の効果として FRA-ROMS の過去解析データで得られ流向や流速等を使用し、検討を継続する予定である。

### 4. 引用文献

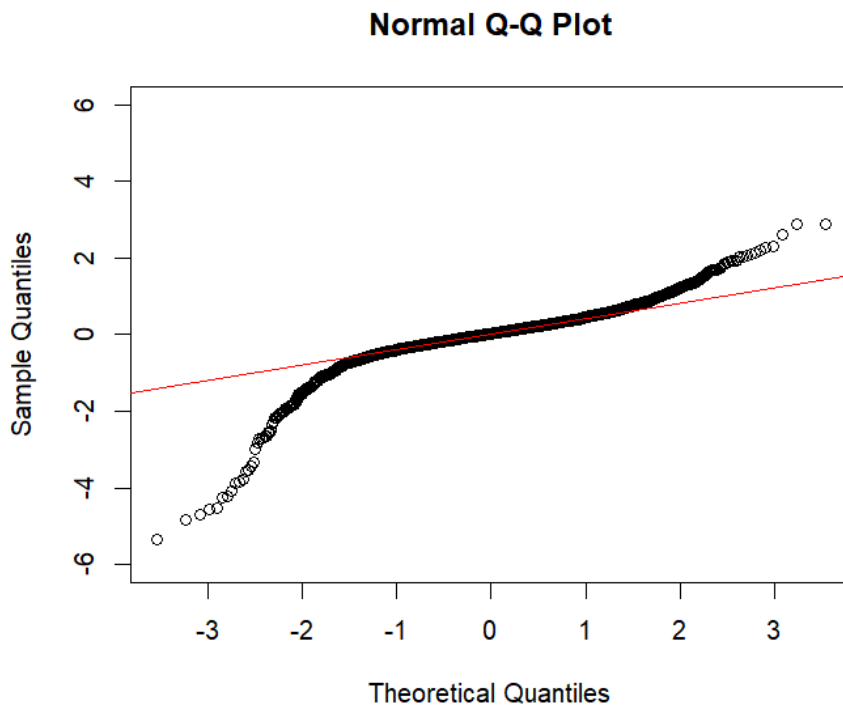
Kuroda, H., T. Setou, S. Kakehi, S. Ito, T. Taneda, T. Azumaya, D. Inagake, Y. Hiroe, K. Morinaga, M. Okazaki, T. Yokota, T. Okunishi, K. Aoki, Y. Shimizu, D. Hasegawa and T. Watanabe (2017) Recent advances in Japanese fisheries science in the Kuroshio-Oyashio region through development of the FRA-ROMS ocean forecast system: Overview of the reproducibility of reanalysis products. *Open J. Mar. Sci.*, **7**, 62-90.

庄野 宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. *水産海洋研究*, **68**, 106-120

高橋行雄・大橋靖雄・芳賀敏郎 (1989) SAS による実験データ解析. 東京大学出版会, 367p

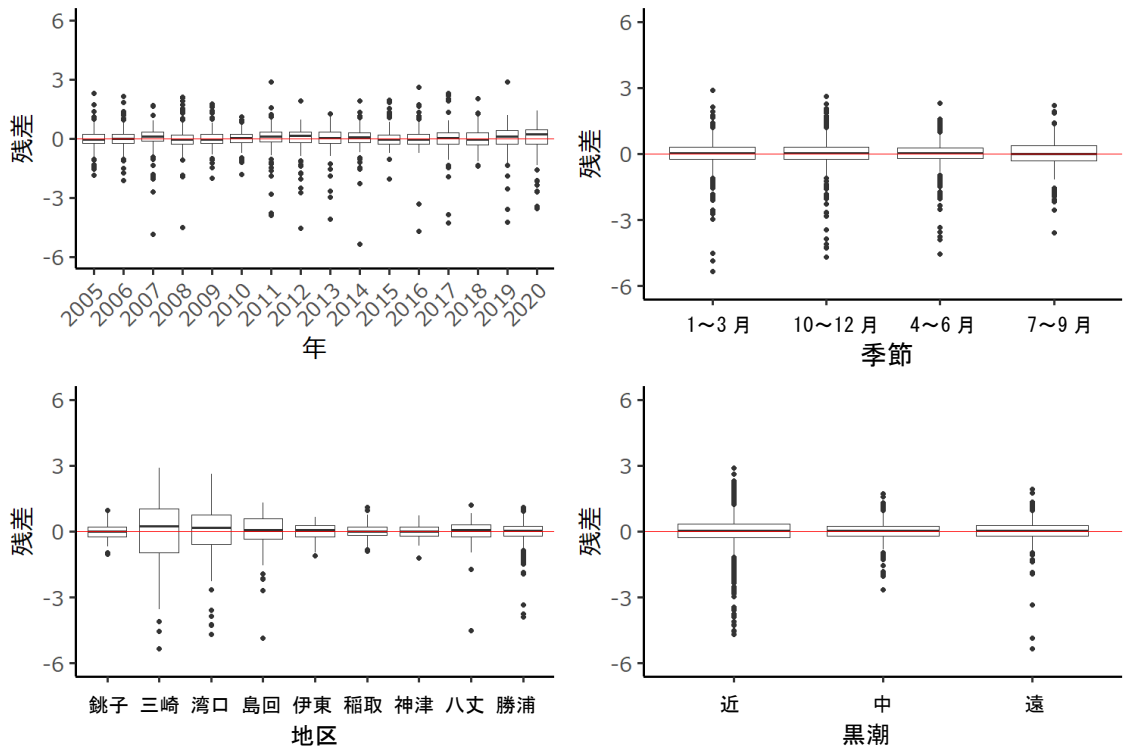


補足図 2-1. ベストモデルの残差のヒストグラム

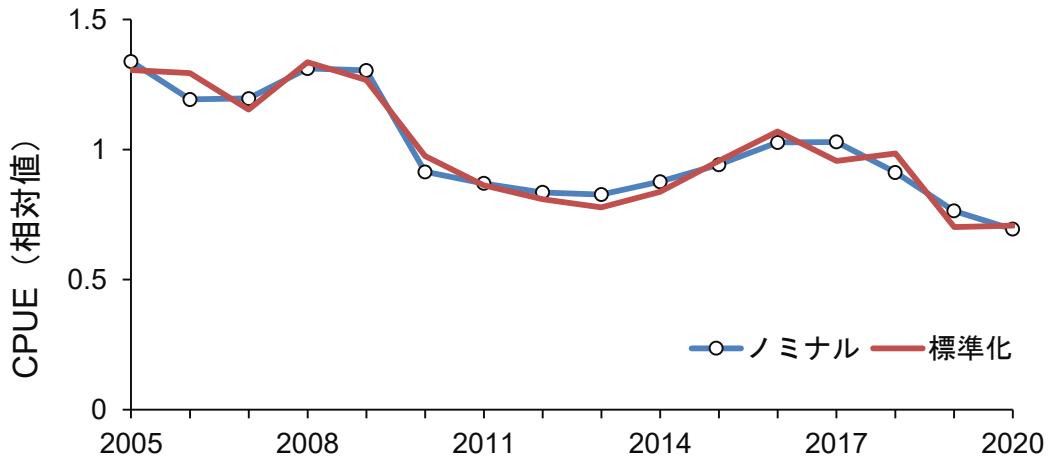


補足図 2-2. ベストモデルの正規確率プロット





補足図 2-3. ベストモデルにおける各変数の残差の箱ひげ図 概ね中央値は 0 付近に集まっているが、黒潮が接近するとき伊豆諸島海域で下側に外れる傾向がみられる。



補足図 2-4. 標準化 CPUE とノミナル CPUE の比較 各 CPUE の平均値で除すことで平均値を 1 に規格化している。

補足表 2-1. 各地区と黒潮流軸距離の起点の対応関係

都県	地区	黒潮流軸距離の起点
千葉	銚子	犬吠埼
	勝浦	野島崎
	館山 (東京湾口)	野島崎
	館山 (島回り)	野島崎
神奈川	三崎	野島崎
東京	神津島	三宅島
	八丈島	八丈島
静岡	伊東	石廊崎
	稲取	石廊崎

補足表 2-2. モデル選択の結果 (上位 15 モデル)

Model	Int	Y	S	A	K	A:S	A:K	Y:S	S:K	df	logLik	AIC	delta	weight
128	4.221	+	+	+	+	+	+	+		115	-2475.5	5181.0	0	0.68
256	4.211	+	+	+	+	+	+	+	+	121	-2470.5	5183.1	2.1	0.24
192	4.545	+	+	+	+	+	+		+	76	-2517.3	5186.6	5.6	0.04
64	4.546	+	+	+	+	+	+			70	-2523.4	5186.8	5.8	0.04
96	4.155	+	+	+	+	+		+		99	-2542.6	5283.1	102.1	0
160	4.489	+	+	+	+	+			+	60	-2581.9	5283.8	102.8	0
224	4.154	+	+	+	+	+		+	+	105	-2537.7	5285.3	104.3	0
88	4.159	+	+	+		+		+		97	-2548.3	5290.7	109.6	0
32	4.489	+	+	+	+	+				54	-2591.8	5291.6	110.6	0
24	4.535	+	+	+		+				52	-2603.2	5310.4	129.3	0
240	4.351	+	+	+	+		+	+	+	97	-2559.0	5312.1	131.0	0
48	4.701	+	+	+	+		+			46	-2610.0	5312.1	131.0	0
112	4.377	+	+	+	+		+	+		91	-2566.3	5314.6	133.5	0
176	4.686	+	+	+	+		+		+	52	-2605.8	5315.6	134.6	0
46	4.693	+		+	+		+			43	-2615.0	5316.0	134.9	0

Int、Y、S、A、K は切片、年、季節、地区、黒潮を示す。

補足表 2-3. 2005~2020 年の標準化 CPUE とノミナル CPUE 各 CPUE の平均値で除すこと  
とで平均値を 1 に規格化している。

	ノミナル	標準化
2005	1.34	1.31
2006	1.19	1.29
2007	1.20	1.15
2008	1.31	1.34
2009	1.30	1.27
2010	0.91	0.98
2011	0.87	0.86
2012	0.84	0.81
2013	0.83	0.78
2014	0.88	0.84
2015	0.94	0.96
2016	1.03	1.07
2017	1.03	0.96
2018	0.91	0.99
2019	0.76	0.70
2020	0.69	0.71

補足表 2-4. 地区、黒潮、季節の主効果の最小二乗平均

銚子	勝浦	館山（東京湾口）	館山（島回り）	
4.22	3.41	3.73	5.39	
三崎	神津島	八丈島	伊東	稲取
3.75	4.17	4.59	3.34	3.30
黒潮：近	黒潮：中	黒潮：遠		
4.22	4.42	4.38		
1~3月	4~6月	7~9月	10~12月	
4.22	4.38	4.28	4.17	

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 種類作成し各水揚げ港、漁法ごと操業海域について、いずれかの Age length key を適用し、年齢別漁獲尾数を算出した。

昨年度まで加入を 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、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 歳の割合は 0.1%以下と小さい状況にある(補足図 3-1)。この背景には、自主的管理として小型魚保護の意識の向上もあると考えられる。このことから、漁獲物の年齢構成が 2~14 歳と 15 歳以上で構成されるとの判断に変更した。なお、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	Age length key で各年齢について体長階級別漁獲尾数の割合計算し、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。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

1998~2020 年までの 23 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。

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

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

ここで、Y は最近年の 2020 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。

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

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

最近年 Y の資源尾数は、

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

で求めた。2020 (Y) 年の漁獲係数はノミナル 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。使用する CPUE を変更したため、動向判断に用いる親魚量について、レトロスペクティブ解析を実施し、直近年の選択率の仮定を、過去 3 年、5 年、10 年の平均に等しいとの仮定の中から、Rho 値が最小になる、過去 5 年 (2015~2019 年) の平均的な選択率であると仮定した (補足図 3-2)。

$$F_{a,y} = \frac{\frac{1}{5} \sum_{y=2015}^{Y-1} S_{a,y}}{\frac{1}{5} \sum_{y=2015}^{Y-1} S_{15+,y}} \quad (a=2,\dots,14) \quad (6)$$

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

チューニングには CPUE 平均値  $u_y$  を使用した (補足表 3-1)。y 年における対数変換した CPUE の観測値  $\ln(u_y)$  と CPUE の計算値の残差を最小にする未知パラメータ  $q$  と  $F_{15+,Y}$  を最小二乗法で推定した。現在、CPUE の標準化の導入に向け試行段階である (補足資料 2)。このため、今年度評価では、実施に向け、整理集計した CPUE をノミナル CPUE として取り扱い、チューニング VPA の指標に用いた。

$$\ln(\hat{u}_y) = \ln q \sum_{a=2}^{15+} N_{a,y} W_a \quad (8)$$

$$RSS = \sum_{y=2005}^Y (\ln(u_y) - \ln(\hat{u}_y))^2 \quad (9)$$

自然死亡係数 M は田内・田中の式 (M = 2.5 ÷ 寿命) (田中 1960) を参考に 0.1 とした。

(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。

$$YPR = \sum_{a=2}^{26} \frac{F_a}{F_a + M} \{1 - \exp(-F_a - M)\} S_a W_a \quad (10)$$

$$SPR = \sum_{a=2}^{26} f r_a S_a W_a \quad (11)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp \{- (F_a + M)\} \quad (\text{ただし } S_2=1) \quad (12)$$

ここで、 $W_a$  は a 歳の平均体重で漁獲物の年齢別平均体重を使用した。 $f r_a$  は a 歳の成熟率 (雌) を示す。

(4) 将来予測

各年齢の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{2,y} = \sum_{a=2}^{15+} N_{a,y-2} f r_a W_a \times RPS \quad (13)$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M) - C_{a-1,y-1} \exp(-M / 2) \quad (a=3, \dots, 14) \quad (14)$$

$$N_{15+,y} = N_{14,y-1} \exp(-M) - C_{14,y-1} \exp(-M / 2) + N_{15+,y-1} \exp(-M) - C_{15+,y-1} \exp(-M / 2) \quad (15)$$

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

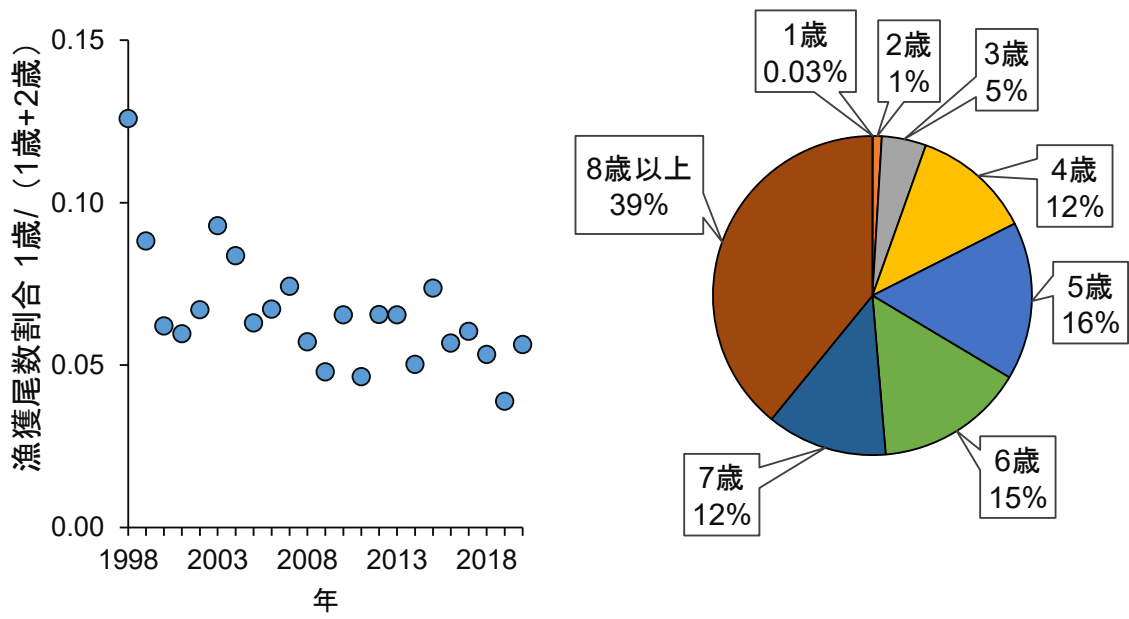
$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp(-M_a / 2) \quad (16)$$

2021年以降の将来予測において、再生産成功率（RPS）は親魚量に対する2歳加入尾数の値で1998～2018年の中央値0.39を使用した。漁獲係数は2021年が2020年の年齢別漁獲係数に等しく、2022年以降が2020年の年齢別選択率に等しいと仮定した。資源量、親魚量、漁獲量の2032年までの長期の推移を補足表4-1に示す。なお、資源量推定はExcel、RVPAにより求め、同じ結果が算出されることを確認した。

#### 引用文献

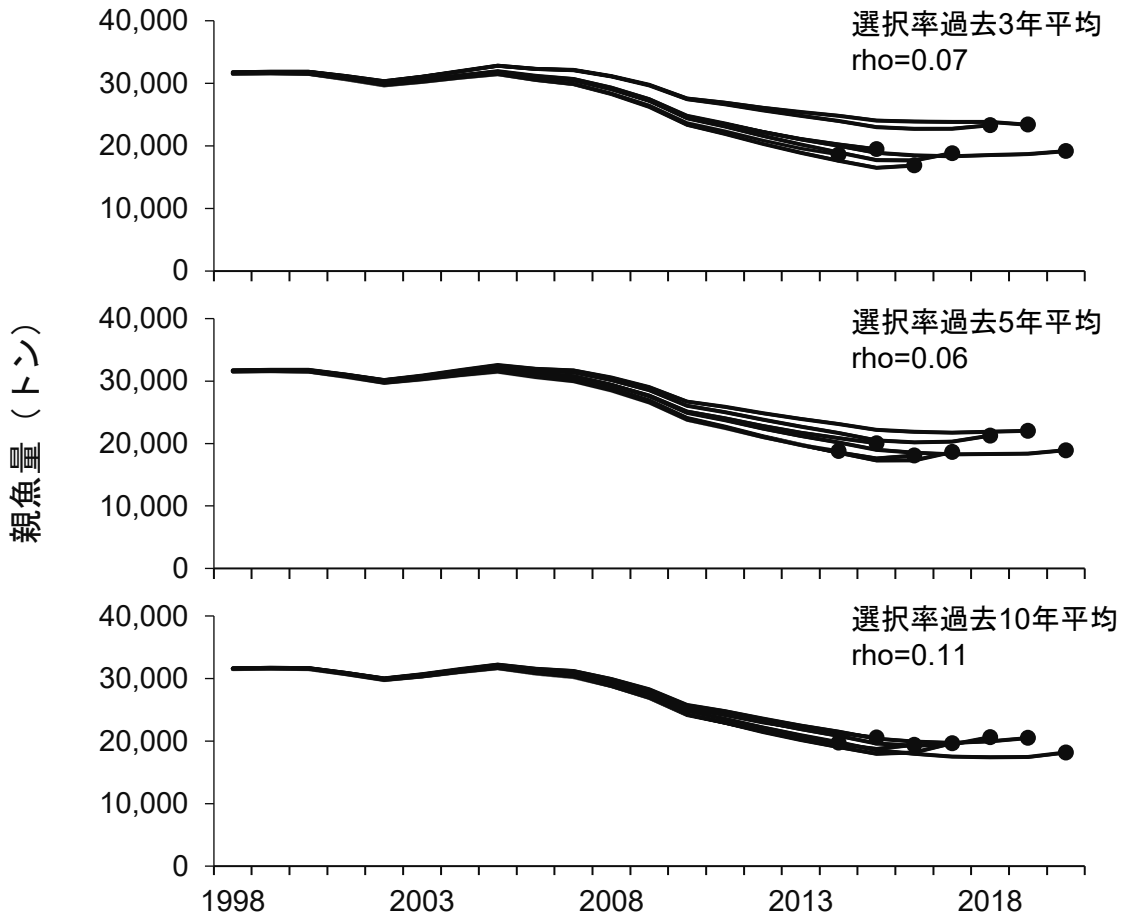
Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, **9**, 65-74.

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. 漁獲尾数の1、2歳に占める1歳の割合の経年変化（左）と2020年に漁獲物のうちの年齢別重量割合（右）





補足図 3-2. 親魚量のレトロスペクティブ解析（感度解析）の結果 上：直近年の選択率が過去3年の平均、中：直近年の選択率が過去5年の平均、下：直近年の選択率が過去10年の平均。

補足表 3-1. チューニングに使用した立て縄のノミナル CPUE (2005~2020 年の平均で除した相対値)

年	ノミナルCPUE (相対値)
2005	1.34
2006	1.19
2007	1.20
2008	1.31
2009	1.30
2010	0.91
2011	0.87
2012	0.84
2013	0.83
2014	0.88
2015	0.94
2016	1.03
2017	1.03
2018	0.91
2019	0.76
2020	0.69

補足表 3-2. 資源解析結果（年齢別漁獲尾数、漁獲量、漁獲係数。1998～2008年）

年齢別漁獲尾数（千尾）											
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2歳	361	691	611	671	144	469	293	374	323	302	225
3歳	376	583	743	850	385	460	400	552	612	593	493
4歳	774	898	1,103	1,472	995	928	752	946	1,132	1,245	1,101
5歳	974	997	1,056	1,420	1,188	1,188	1,016	1,061	1,125	1,313	1,334
6歳	922	965	994	1,156	990	1,055	1,026	1,107	1,003	1,144	1,233
7歳	827	896	931	947	711	729	816	1,058	923	970	985
8歳	584	635	626	619	466	435	493	681	619	632	634
9歳	432	459	525	460	345	289	320	484	473	476	448
10歳	300	315	321	294	226	190	200	294	293	302	295
11歳	250	256	309	262	200	161	164	250	260	267	255
12歳	198	200	294	236	176	141	142	214	220	231	217
13歳	136	137	221	176	128	100	102	160	161	169	156
14歳	100	101	169	140	97	79	85	124	116	126	119
15歳以上	171	172	387	350	207	162	200	342	266	299	273
計	6,406	7,304	8,289	9,051	6,260	6,386	6,008	7,646	7,523	8,069	7,768

年齢別漁獲量（トン）											
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2歳	99	190	168	184	39	129	80	103	89	83	62
3歳	162	251	320	366	166	198	172	238	264	256	212
4歳	418	485	596	795	538	502	406	511	612	673	595
5歳	648	663	702	944	790	790	675	705	748	873	887
6歳	723	757	780	907	777	827	805	868	786	897	967
7歳	751	813	845	859	646	662	741	961	838	881	895
8歳	584	636	626	619	467	435	493	682	620	633	634
9歳	487	519	593	520	389	327	362	546	534	538	506
10歳	368	386	394	361	277	233	246	360	359	370	362
11歳	331	338	409	347	265	213	216	330	345	353	337
12歳	289	291	428	344	256	205	207	312	320	336	316
13歳	207	208	335	267	195	152	154	242	244	256	236
14歳	164	164	275	227	158	129	138	201	188	206	194
15歳以上	298	300	675	610	362	282	348	598	465	522	477
計	5,529	6,001	7,146	7,351	5,325	5,084	5,045	6,658	6,410	6,876	6,681

年齢別漁獲係数											
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2歳	0.03	0.05	0.05	0.06	0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
3歳	0.04	0.06	0.07	0.08	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.07	0.06
4歳	0.10	0.11	0.13	0.16	0.11	0.11	0.09	0.11	0.13	0.15	0.15
5歳	0.15	0.15	0.17	0.21	0.17	0.17	0.15	0.16	0.17	0.20	0.22
6歳	0.18	0.19	0.20	0.24	0.20	0.20	0.20	0.22	0.20	0.23	0.26
7歳	0.22	0.24	0.26	0.27	0.21	0.20	0.21	0.28	0.26	0.27	0.29
8歳	0.21	0.24	0.24	0.24	0.18	0.17	0.18	0.24	0.23	0.25	0.25
9歳	0.19	0.22	0.28	0.24	0.18	0.15	0.16	0.24	0.24	0.25	0.25
10歳	0.18	0.19	0.21	0.22	0.16	0.13	0.13	0.19	0.20	0.21	0.22
11歳	0.21	0.20	0.25	0.24	0.20	0.15	0.14	0.21	0.23	0.24	0.24
12歳	0.22	0.23	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.25	0.25	0.30	0.28
13歳	0.19	0.21	0.37	0.30	0.21	0.17	0.18	0.26	0.26	0.28	0.30
14歳	0.21	0.18	0.37	0.37	0.24	0.17	0.19	0.31	0.26	0.30	0.29
15歳以上	0.21	0.18	0.37	0.37	0.24	0.17	0.19	0.31	0.26	0.30	0.29
単純平均	0.17	0.17	0.23	0.23	0.17	0.15	0.15	0.21	0.20	0.22	0.22

補足表 3-2. 資源解析結果（年齢別漁獲尾数、漁獲量、漁獲係数。2009～2020年）

年齢別漁獲尾数（千尾）												
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2歳	106	126	93	124	95	141	167	319	334	322	152	131
3歳	340	338	301	280	207	347	342	601	660	627	451	413
4歳	893	767	722	616	505	756	724	1,074	1,219	1,102	878	884
5歳	1,255	959	928	782	687	867	800	995	1,104	1,053	892	953
6歳	1,317	940	928	797	733	812	717	761	769	770	692	761
7歳	1,097	806	815	718	682	698	604	587	515	517	482	532
8歳	688	526	513	461	452	450	395	372	313	305	285	316
9歳	491	374	377	351	362	353	305	274	219	225	207	202
10歳	304	238	221	212	222	206	189	162	131	132	120	127
11歳	268	203	189	189	202	183	168	142	114	120	104	102
12歳	234	171	162	168	180	165	152	129	105	119	106	89
13歳	171	122	118	124	134	123	113	97	79	92	83	65
14歳	133	94	86	93	102	92	87	74	62	73	68	53
15歳以上	349	220	190	232	237	210	200	176	165	205	189	139
計	7,646	5,882	5,643	5,147	4,800	5,403	4,964	5,762	5,790	5,661	4,708	4,767

年齢別漁獲量（トン）												
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2歳	29	34	26	34	26	39	46	88	92	88	42	36
3歳	147	146	130	121	89	150	147	259	284	270	194	178
4歳	483	414	390	333	273	409	391	581	659	596	474	478
5歳	834	637	617	520	457	577	532	661	734	700	593	633
6歳	1,032	737	728	625	575	637	563	597	603	604	542	596
7歳	996	732	740	652	619	634	549	533	468	469	437	483
8歳	688	526	513	461	453	450	395	372	313	305	285	316
9歳	555	422	425	396	408	399	345	309	247	254	234	228
10歳	373	292	271	261	273	252	231	199	161	163	147	156
11歳	354	268	250	250	267	243	222	188	151	159	138	135
12歳	341	249	236	244	262	240	221	188	153	173	155	130
13歳	260	185	180	189	203	187	172	147	121	140	127	99
14歳	217	153	139	152	166	150	141	120	101	119	111	86
15歳以上	609	384	332	405	413	366	350	308	289	359	329	243
計	6,918	5,181	4,977	4,642	4,484	4,731	4,306	4,549	4,375	4,398	3,809	3,797

年齢別漁獲係数												
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2歳	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03
3歳	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.08	0.09	0.08	0.06	0.06
4歳	0.14	0.13	0.13	0.12	0.10	0.15	0.14	0.19	0.20	0.18	0.14	0.15
5歳	0.23	0.19	0.20	0.18	0.17	0.22	0.20	0.25	0.26	0.24	0.19	0.20
6歳	0.30	0.24	0.25	0.23	0.23	0.27	0.25	0.27	0.28	0.26	0.22	0.22
7歳	0.34	0.27	0.30	0.28	0.28	0.32	0.30	0.30	0.26	0.27	0.23	0.24
8歳	0.29	0.24	0.25	0.24	0.25	0.27	0.26	0.27	0.23	0.22	0.21	0.21
9歳	0.28	0.23	0.24	0.24	0.27	0.28	0.27	0.26	0.22	0.23	0.20	0.20
10歳	0.24	0.19	0.18	0.18	0.21	0.21	0.21	0.20	0.17	0.18	0.16	0.16
11歳	0.28	0.22	0.20	0.21	0.23	0.24	0.24	0.22	0.18	0.21	0.19	0.18
12歳	0.32	0.26	0.24	0.25	0.28	0.27	0.28	0.26	0.22	0.26	0.26	0.22
13歳	0.34	0.24	0.25	0.26	0.29	0.28	0.27	0.26	0.23	0.28	0.26	0.22
14歳	0.39	0.28	0.24	0.29	0.31	0.29	0.28	0.25	0.23	0.30	0.30	0.24
15歳以上	0.39	0.28	0.24	0.29	0.31	0.29	0.28	0.25	0.23	0.30	0.30	0.24
単純平均	0.26	0.20	0.20	0.20	0.21	0.23	0.22	0.22	0.20	0.22	0.20	0.18

補足表 3-3. 資源解析結果（年齢別資源尾数、資源量、親魚量。1998～2008年）

年齢別資源尾数（千尾）											
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2歳	12,852	14,035	13,460	12,400	11,596	12,227	12,631	12,300	11,038	9,808	8,820
3歳	10,257	11,329	12,090	11,643	10,624	10,396	10,659	11,194	10,816	9,719	8,621
4歳	8,881	8,958	9,735	10,273	9,766	9,283	9,005	9,301	9,642	9,241	8,263
5歳	7,358	7,330	7,281	7,791	7,929	7,923	7,547	7,463	7,546	7,680	7,208
6歳	5,786	5,755	5,707	5,607	5,724	6,070	6,064	5,887	5,767	5,783	5,724
7歳	4,360	4,376	4,307	4,236	3,991	4,255	4,508	4,530	4,292	4,283	4,163
8歳	3,296	3,172	3,121	3,025	2,946	2,947	3,170	3,317	3,106	3,020	2,966
9歳	2,598	2,437	2,276	2,238	2,158	2,231	2,263	2,410	2,364	2,231	2,140
10歳	1,939	1,949	1,776	1,567	1,594	1,632	1,751	1,750	1,728	1,696	1,573
11歳	1,400	1,476	1,470	1,308	1,143	1,232	1,301	1,400	1,310	1,291	1,253
12歳	1,058	1,034	1,097	1,041	938	848	966	1,026	1,033	941	918
13歳	844	772	749	716	720	684	636	742	728	729	635
14歳	549	637	571	470	483	532	526	480	522	508	501
15歳以上	934	1,089	1,307	1,177	1,029	1,084	1,238	1,331	1,202	1,202	1,147
計	62,113	64,348	64,947	63,493	60,642	61,344	62,265	63,131	61,094	58,131	53,932

年齢別資源量（トン）											
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2歳	3,528	3,852	3,694	3,404	3,183	3,356	3,467	3,376	3,030	2,692	2,421
3歳	4,420	4,882	5,210	5,017	4,578	4,480	4,593	4,824	4,661	4,188	3,715
4歳	4,800	4,842	5,262	5,553	5,278	5,017	4,867	5,027	5,211	4,995	4,466
5歳	4,891	4,872	4,840	5,179	5,271	5,266	5,017	4,961	5,016	5,105	4,791
6歳	4,537	4,513	4,476	4,397	4,489	4,760	4,755	4,616	4,523	4,535	4,489
7歳	3,959	3,973	3,910	3,846	3,624	3,863	4,093	4,112	3,897	3,888	3,779
8歳	3,298	3,174	3,122	3,027	2,947	2,949	3,172	3,319	3,107	3,021	2,967
9歳	2,934	2,753	2,570	2,527	2,437	2,520	2,556	2,722	2,669	2,520	2,417
10歳	2,379	2,391	2,179	1,923	1,955	2,002	2,148	2,147	2,120	2,081	1,929
11歳	1,853	1,953	1,945	1,730	1,513	1,631	1,722	1,852	1,733	1,708	1,658
12歳	1,541	1,506	1,598	1,516	1,366	1,235	1,407	1,495	1,505	1,371	1,337
13歳	1,282	1,173	1,137	1,088	1,095	1,039	966	1,127	1,106	1,108	965
14歳	895	1,038	931	765	787	867	857	783	850	828	817
15歳以上	1,631	1,901	2,283	2,055	1,797	1,892	2,162	2,324	2,098	2,098	2,003
計	41,947	42,821	43,157	42,027	40,320	40,877	41,781	42,685	41,527	40,137	37,755

年齢別親魚量（トン）											
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4歳	2,400	2,421	2,631	2,776	2,639	2,509	2,433	2,513	2,606	2,497	2,233
5歳	4,891	4,872	4,840	5,179	5,271	5,266	5,017	4,961	5,016	5,105	4,791
6歳	4,537	4,513	4,476	4,397	4,489	4,760	4,755	4,616	4,523	4,535	4,489
7歳	3,959	3,973	3,910	3,846	3,624	3,863	4,093	4,112	3,897	3,888	3,779
8歳	3,298	3,174	3,122	3,027	2,947	2,949	3,172	3,319	3,107	3,021	2,967
9歳	2,934	2,753	2,570	2,527	2,437	2,520	2,556	2,722	2,669	2,520	2,417
10歳	2,379	2,391	2,179	1,923	1,955	2,002	2,148	2,147	2,120	2,081	1,929
11歳	1,853	1,953	1,945	1,730	1,513	1,631	1,722	1,852	1,733	1,708	1,658
12歳	1,541	1,506	1,598	1,516	1,366	1,235	1,407	1,495	1,505	1,371	1,337
13歳	1,282	1,173	1,137	1,088	1,095	1,039	966	1,127	1,106	1,108	965
14歳	895	1,038	931	765	787	867	857	783	850	828	817
15歳以上	1,631	1,901	2,283	2,055	1,797	1,892	2,162	2,324	2,098	2,098	2,003
計	31,600	31,666	31,622	30,830	29,920	30,533	31,287	31,972	31,231	30,760	29,386

補足表 3-3. 資源解析結果（年齢別資源尾数、資源量、親魚量。2009～2020 年）

年齢別資源尾数（千尾）												
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2歳	8,002	7,434	7,235	7,435	7,653	8,626	9,254	9,623	9,551	9,075	8,120	5,366
3歳	7,797	7,167	6,633	6,483	6,635	6,860	7,701	8,247	8,436	8,357	7,936	7,231
4歳	7,361	6,758	6,188	5,738	5,621	5,829	5,901	6,670	6,918	7,034	6,993	6,779
5歳	6,456	5,835	5,408	4,933	4,625	4,625	4,575	4,670	5,034	5,122	5,339	5,516
6歳	5,276	4,668	4,386	4,028	3,736	3,546	3,374	3,392	3,294	3,521	3,649	4,000
7歳	4,024	3,537	3,344	3,100	2,899	2,695	2,447	2,381	2,356	2,259	2,464	2,656
8歳	2,842	2,609	2,444	2,261	2,131	1,983	1,782	1,646	1,603	1,649	1,560	1,779
9歳	2,090	1,926	1,869	1,732	1,615	1,505	1,372	1,242	1,141	1,158	1,208	1,145
10歳	1,517	1,430	1,393	1,338	1,239	1,122	1,030	956	868	828	838	900
11歳	1,147	1,088	1,072	1,055	1,013	913	823	756	714	663	626	646
12歳	895	787	795	794	779	728	655	588	551	540	488	469
13歳	627	590	552	568	561	536	504	450	411	400	377	342
14歳	429	407	420	389	397	382	369	350	316	297	276	263
15歳以上	1,124	951	934	966	920	874	854	837	840	834	762	697
計	49,586	45,187	42,673	40,818	39,823	40,224	40,641	41,807	42,034	41,737	40,635	37,789

年齢別資源量（トン）												
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2歳	2,196	2,041	1,986	2,041	2,101	2,368	2,540	2,641	2,622	2,491	2,229	1,473
3歳	3,360	3,089	2,858	2,793	2,859	2,956	3,319	3,554	3,635	3,601	3,420	3,116
4歳	3,978	3,653	3,345	3,101	3,038	3,151	3,189	3,605	3,739	3,802	3,780	3,664
5歳	4,292	3,879	3,595	3,279	3,074	3,074	3,041	3,104	3,346	3,405	3,549	3,667
6歳	4,137	3,661	3,440	3,159	2,930	2,781	2,646	2,660	2,583	2,761	2,862	3,137
7歳	3,653	3,211	3,036	2,814	2,632	2,446	2,221	2,162	2,139	2,051	2,237	2,411
8歳	2,843	2,610	2,445	2,262	2,132	1,984	1,783	1,647	1,604	1,650	1,560	1,780
9歳	2,360	2,175	2,111	1,956	1,824	1,699	1,550	1,403	1,289	1,308	1,364	1,294
10歳	1,860	1,755	1,709	1,642	1,519	1,376	1,264	1,172	1,064	1,016	1,028	1,104
11歳	1,518	1,440	1,419	1,396	1,341	1,208	1,089	1,000	944	878	828	855
12歳	1,304	1,146	1,158	1,156	1,134	1,061	954	856	803	786	711	683
13歳	953	896	838	863	852	814	766	684	624	608	573	520
14歳	699	663	684	633	647	623	602	570	516	485	449	428
15歳以上	1,962	1,660	1,630	1,687	1,607	1,526	1,490	1,462	1,467	1,455	1,330	1,217
計	35,116	31,877	30,254	28,782	27,690	27,067	26,454	26,520	26,375	26,296	25,919	25,348

年齢別親魚量（トン）												
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4歳	1,989	1,826	1,672	1,551	1,519	1,575	1,595	1,802	1,870	1,901	1,890	1,832
5歳	4,292	3,879	3,595	3,279	3,074	3,074	3,041	3,104	3,346	3,405	3,549	3,667
6歳	4,137	3,661	3,440	3,159	2,930	2,781	2,646	2,660	2,583	2,761	2,862	3,137
7歳	3,653	3,211	3,036	2,814	2,632	2,446	2,221	2,162	2,139	2,051	2,237	2,411
8歳	2,843	2,610	2,445	2,262	2,132	1,984	1,783	1,647	1,604	1,650	1,560	1,780
9歳	2,360	2,175	2,111	1,956	1,824	1,699	1,550	1,403	1,289	1,308	1,364	1,294
10歳	1,860	1,755	1,709	1,642	1,519	1,376	1,264	1,172	1,064	1,016	1,028	1,104
11歳	1,518	1,440	1,419	1,396	1,341	1,208	1,089	1,000	944	878	828	855
12歳	1,304	1,146	1,158	1,156	1,134	1,061	954	856	803	786	711	683
13歳	953	896	838	863	852	814	766	684	624	608	573	520
14歳	699	663	684	633	647	623	602	570	516	485	449	428
15歳以上	1,962	1,660	1,630	1,687	1,607	1,526	1,490	1,462	1,467	1,455	1,330	1,217
計	27,570	24,921	23,737	22,397	21,211	20,168	19,000	18,523	18,249	18,303	18,380	18,927

## 補足資料 4 将来予測結果

補足表 4-1. 2022 年以降漁獲圧を変化させたときの長期の漁獲量、資源量、親魚量の変化

管理基準	F値	漁獲量 (百トン)												
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0.6Fcurrent	0.11	38	38	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34
0.64Fcurrent	0.12	38	38	25	25	26	27	28	29	31	32	32	34	35
0.7Fcurrent	0.13	38	38	27	27	28	29	30	31	32	32	33	34	35
0.8Fcurrent	0.15	38	38	30	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35
0.9Fcurrent	0.16	38	38	34	33	33	33	34	34	34	34	34	34	34
1.0Fcurrent	0.18	38	38	37	36	35	35	35	35	35	34	34	33	33
		資源量 (百トン)												
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0.6Fcurrent	0.11	253	249	245	258	269	280	291	302	314	326	338	350	363
0.64Fcurrent	0.12	253	249	245	256	266	275	285	294	304	314	324	335	345
0.7Fcurrent	0.13	253	249	245	254	262	269	276	283	290	298	305	312	320
0.8Fcurrent	0.15	253	249	245	250	255	258	262	265	269	272	276	279	282
0.9Fcurrent	0.16	253	249	245	247	248	248	249	249	249	249	249	250	250
1.0Fcurrent	0.18	253	249	245	243	241	239	237	234	232	229	226	224	221
		親魚量 (百トン)												
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0.6Fcurrent	0.11	189	193	188	195	205	216	225	233	241	250	259	269	279
0.64Fcurrent	0.12	189	193	188	193	203	212	220	226	233	240	248	256	264
0.7Fcurrent	0.13	189	193	188	191	198	205	212	217	222	227	232	238	244
0.8Fcurrent	0.15	189	193	188	187	191	195	199	202	204	206	208	211	214
0.9Fcurrent	0.16	189	193	188	184	185	186	188	188	188	187	187	187	187
1.0Fcurrent	0.18	189	193	188	180	178	177	177	175	173	170	168	167	165