FRA-SA2024-AC069

令和５（2023）年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源評価

水産研究・教育機構
水産資源研究所　水産資源研究センター（三澤　遼・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡　駿・金森由妃・冨樫博幸・永尾次郎・櫻井慎大）
参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産資源研究所、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター

要　　約

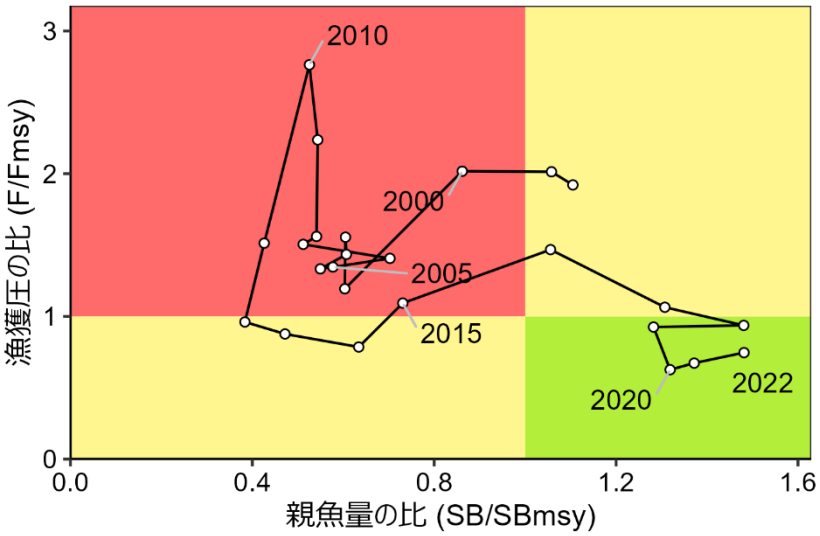
ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源状態について本資源の主漁場である金華山～房総海区の沖合底びき網漁業の標準化 CPUE を考慮したチューニング VPA（コホート解析）により推定した。本資源の漁獲量は周期的に変動しており、1997 年以降では 1995 年から増加して 1998 年には過去最高の 386 トンを記録した。2001 年には 133 トンまで急減したが、その後徐々に増加し、2009、2010 年には 200 トンを超えた。東日本大震災（以下、「震災」という）以降は、主漁場である福島県沖の漁獲圧の低下などにより漁獲量は 2012 年には 69 トンまで減少したものの、2016～2021 年は 172～248 トンに増加した。2022 年は暫定値ながら 198 トンと前年（179 トン）よりやや増加した。コホート解析で推定されたヤナギムシガレイの資源量は 1990 年代後半に多かったが、2000～2001 年にかけて減少した。震災後、資源量はやや減少したが、2013～2016 年級が多かったことから 2017 年には過去最高の 1,438 トンに達した。2018 年以降はゆるやかに減少したものの、2022 年の資源量は前年より約 50 トン多い 1,265 トンで、この値は 2000 年代前半や震災直後よりも高い値である。

令和 4 年 8 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本資源の再生産関係にはホッケー・スティック型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は 758 トンである。この基準に従うと、本資源の 2022 年の親魚量は、MSY を実現する水準を上回る。また、本資源に対する 2022 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2018～2022 年）の推移から「横ばい」と判断される。

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

FRA-SA2024-AC069

要　約　図　表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	758 トン
2022 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2022 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2022 年の親魚量の動向	横ばい
最大持続生産量（MSY）	197 トン
2024 年の ABC	-
コメント: ・ABC は、本資源の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 （トン）	親魚量 （トン）	漁獲量 （トン）	F/Fmsy	漁獲割合 （%）
2018	1,370	1,123	240	0.94	17
2019	1,190	973	196	0.93	16
2020	1,261	1,000	172	0.63	14
2021	1,213	1,040	179	0.67	15
2022	1,265	1,123	198	0.75	16
2023	1,372	1,236	330	1.02	24
2024	1,161	1,000	-	-	-

・2023、2024 年の値は将来予測に基づく平均値である。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲量、漁獲尾数	・県別漁獲統計（農林水産省・各県水試調べ） ・太平洋北区沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） ・全長、年齢測定データ（水研、福島県、茨城県） ・市場買い付け ・カレイ類分布調査（水研、着底トロール、6 月） ・漁獲量調査（青森～千葉（6）県） ・市場データ
資源量指数	小型底びき網漁業漁獲成績報告書（水研、青森～千葉（6）県） 太平洋北区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料（水研）*
成熟年齢	・月別精密測定調査（水研、福島県、茨城県） ・市場買い付け ・カレイ類分布調査（水研、着底トロール、6 月）
自然死亡係数（M）	年当たり M=0.250 を仮定（田中 1960）

*はチューニング指数の算出に使用した情報・調査である。

2. 生態

（1）分布・回遊

本種は日本各地に広く分布しているものの、太平洋岸の分布は北海道噴火湾以南であり（中坊・土居内 2013）、太平洋北部は分布の北限域にあたる（図 2-1）。そのため漁獲も茨城県や福島県沖（房総、常磐海区）を中心に行われており、青森県では少ない。福島県の標本船調査による漁獲量、単位努力量あたりの漁獲量（CPUE）の月別変化を見ると、水深 50～200 m が主漁場となっており、CPUE は 4～11 月には水深 120～140 m で高く、12 月～翌年 3 月には水深 80～100 m で高い。また、漁場も冬季の方が南北に広がっていることから、季節によって若干の移動をすると考えられる（島村・五十嵐 2000）。

（2）年齢・成長

東シナ海・黄海（西海区水産研究所 1957）、山口県沖合（中原 1969）、若狭湾（Yabuki 1989）および福島県沿岸（橋本 1955、島村・五十嵐 2000）において成長に関する情報が報告されている。水域間で成長パターンは異なるが、いずれの水域でも 5 歳前後までは急速に成長する。雌の方が雄より成長が早く、寿命も長い。福島県沿岸では、1955 年以前と 1998～1999 年に採集された個体について年齢と体長との関係が示されており（橋本 1955、島村・五十嵐 2000）、雌雄ともに 1955 年以前よりも 1998～1999 年の方が成長は早い。また、寿命は雄では 6 歳、雌では 20 歳と報告されているが（島村・五十嵐 2000）、10 歳以上まで生きる雌は稀である。

なお、近年の成長式と体長体重関係は以下のとおりである（図 2-2）。

雄： $SL = 305.1(1-\exp(-0.220(t+0.948)))$

$BW = 5.4\times10^{-6}SL^{3.167}$

雌： $SL = 337.7(1-\exp(-0.300(t+0.042)))$

$BW = 2.6\times10^{-6}SL^{3.318}$

ここで、SL は標準体長（mm）、t は年齢（起算日は 1 月 1 日）、BW は体重（g）である。

（3）成熟・産卵

産卵期は 10 月～翌年 7 月とされているが、海域によって異なる（坂本 1984）。福島県の沿岸では、1～3 月をピークに 6 月まで続く（Narimatsu et al. 2007）。成熟個体が通常の分布水深よりもやや浅海域の南北に広い範囲で漁獲されていることから、水深 100 m 前後の広い範囲で集団繁殖場を作らずに産卵していると考えられる。成熟体長は雄で体長 120 mm 以上、雌で 150 mm 以上である。雄では満 2 歳で多くの個体が成熟し、雌では満 2 歳の一部と 3 歳魚以上のほとんどが成熟しているが、年齢別の成熟率は年代によって異なることが明らかになっている（島村・五十嵐 2000、Narimatsu et al. 2007、図 2-3）。親魚量の計算では、2 歳の成熟率を 0.3、3 歳以上の成熟率を 1 とした。

（4）被捕食関係

餌生物は多毛類と甲殻類が主で、若齢期には甲殻類を主食とするが、成長にともない多毛類が主食になる（五十嵐 1980、五十嵐・島村 2000）。なお、被食に関する情報は報告されていない。

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

本州太平洋北部海域において、ヤナギムシガレイのほとんどは沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）もしくは小型底びき網漁業（以下、「小底」という）で漁獲されている（図 3-1、表 3-1）。寒流系の種ではないため、本海域の南側に位置する福島県と茨城県での漁獲が多く、北側の青森県では少ない（図 3-1、3-2、表 3-1）。

（2）漁獲量の推移

全ての漁業種類の漁獲量データは 1997 年から利用可能であり、1997～2000 年には 288～386 トンを記録していた（図 3-1、表 3-1）。2001～2008 年には 133～179 トンで 1998 年のピーク時（386 トン）の半分以下で推移していたが、2009、2010 年には 220 トン前後に増加した。震災の起きた 2011 年には大きく減少したが、2016～2018 年には 238～248 トンに回復し、その後やや減少したものの、2022 年は前年より増えて 198 トンであった。

沖合底びき網漁業漁獲成績報告書の集計値によると、沖底漁獲量は 1970 年代前半には 210 トン以上を記録していたが、その後減少し、1980 年代後半から 1990 年代前半にかけては 18～30 トン前後と非常に低い水準で推移した（図 3-2）。1990 年代中盤から急激に増加し、1998、1999 年には 240 トン以上となり過去最高の漁獲を記録した。しかしその後は減少に転じ、2001 年には 100 トンを下回った。2001 年以降は再び徐々に増加し、2009 年は 144 トン、2010 年は 160 トンとなった。2011 年以降は震災の影響で大きく減少した（2012

年には 53 トン）ものの、2016～2022 年は 87～139 トンに回復している。

1998 年から現在に至るまでの年別年齢別漁獲尾数の推移を図 3-3 および補足表 2-1 に示した。2010 年以前は 127 万～429 万尾で推移したのち、2011～2014 年は震災の影響で 69 万～116 万尾と大きく減少した。その後 2016 年に 338 万尾と再び増加したのち、現在にかけてゆるやかに減少している（2022 年は 187 万尾）。また、これまで本資源では 1、2 歳魚が漁獲の主体であったが、2017 年以降は 3 歳魚以上が主体となっている。

（3）漁獲努力量

金華山～房総海区の沖底の有漁網数（漁船ごとのヤナギムシガレイが漁獲された日の網数の合計）は 1990 年代後半に急増した（図 3-4、表 3-2）。その後は 2010 年まで増減を繰り返しながら減少したが、1990 年代前半以前と比較すると高い水準にあった。震災の影響で主漁場である常磐海域の網数が大きく減少したため、2011～2013 年は全体で 10,000 網を下回ったが、網数は現在にかけて徐々に回復しつつある（2022 年は暫定で 18,254 網）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

1998～2022 年の年齢別漁獲尾数を用いてコホート解析によって資源量を推定した。年齢別漁獲尾数は茨城県と福島県で漁獲されたヤナギムシガレイを用いて毎年作成している前後期別（1～6 月と 7～12 月）、雌雄別の全長階級別年齢組成（age-length key）と、福島県・茨城県の漁獲物の全長組成をもとに求めた（図 3-3、補足表 2-1）。コホート解析は、1～7 歳以上の 7 年齢群について解析を行い、年別年齢別資源尾数および漁獲係数 F を推定した（補足資料 2、補足表 2-1）。加えて、チューニング指数としてヤナギムシガレイの主漁場である金華山～房総海区の標準化 CPUE を用いた（補足資料 7）。また、ヤナギムシガレイの寿命や成長には雌雄差があるが、年齢別の性比の情報が得られていない。そのため、各年齢の体重には、6 歳以下は雌雄の平均体重の平均値、7 歳以上では雌の年齢別の体重を用いた資源量を計算した。この年齢別体重と先に求めた年齢別資源尾数を用いて年齢別の資源量を計算した（補足表 2-1）。

一昨年度までは震災の影響を考慮し、主要な漁場である金華山～房総海区の沖底有漁網数から稼働率を算出し、最近年の F に乗じて補正していた。しかし、近年は福島県における試験操業が終了し、本格操業への取り組みがなされているとともに漁獲の中心であるこの海域での漁獲量が増加してきたことから、昨年度から標準化 CPUE を指数として VPA のチューニングを行っている。そのため、稼働率で補正したコホート解析の結果は補足資料 8 への記載に留めた。

（2）資源量指標値の推移

主要な漁場である金華山、常磐および房総海区の沖底のノミナル CPUE（年間漁獲量/年間有漁網数）を図 4-1、表 3-2 に示した。また、沖底のノミナル CPUE から年、季節および海域の影響を除去する CPUE の標準化を行い、資源量指標値とした（図 4-2、表 3-2、補足資料 7）。1973 年以降のノミナル CPUE および標準化 CPUE の増減は沖底漁獲量の増減と類似しており、漁獲が少ない年には低い傾向が認められた。2001 年以降では、各海区のノ

ミナル CPUE は 2009～2012 年に比較的高く、2013 年および 2014 年にはやや低くなっていた（図 4-1）。2016 年以降は海区ごとに変動が異なり、金華山海区ではゆるやかに減少、房総海区では 2016 年に過去最高を記録した後に急減し、常磐海区では 2018 年に過去最高を記録した後は減少傾向ではあるものの、2022 年も非常に高い状態となっている。金華山～房総海区を合わせたノミナル CPUE では 2016 年をピークとして減少はしているものの、2022 年も比較的高い状態を保っている（図 4-1）。標準化 CPUE も同様の傾向を示し、2018 年をピークとして減少しているものの、2022 年も高い水準を保っている（図 4-2）。金華山から房総海区において本種の重要性は高く、本種を主要な対象とした操業も行われている（島村・五十嵐 2000）。そのため、これら海区の CPUE は資源状態を表す指標として有効であると考えられる。震災直後には漁獲の中心である常磐海区での漁業活動が限定的となったため、指標としての精度は震災以前に比べると低下している時期もあったが、現在にかけて漁業活動は回復しつつある。

（3）資源量と漁獲圧の推移

コホート解析により推定された年齢別資源量および親魚量、年齢別資源尾数、1 歳魚の加入尾数および再生産成功率の推移を図 4-3～4-5、表 4-1 および補足表 2-1 に示す。資源量は 1998 年の 1,205 トンから減少し、2001～2013 年は 432～689 トンで推移していた（図 4-3）。その後 2015 年は 1,027 トン、2017 年には過去最高の 1,438 トンと増加したが、2018 年以降はやや減少し、2022 年は 1,265 トンと推定された。年齢別にみると、2018 年以降は 3 歳魚以上が占める割合が増加している。親魚量は 1998 年の 838 トンから減少したものの、2001～2015 年には 291～554 トンと比較的安定して推移していた。2016 年以降は大きく増加し、2022 年は過去最高の 1,123 トンと推定された。

資源尾数も 1998 年の 1,536 万尾から減少し、2000～2013 年は 622 万～1,055 万尾で推移していた（図 4-4）。その後 2014 年から急増し、2016 年には過去最高の 2,534 万尾を記録した後ゆるやかに減少し、2022 年は 1,702 万尾と推定された。資源量と同様、資源尾数も 2018 年以降は 3 歳魚以上が占める割合が増加している。加入尾数（1 歳魚）は 2013 年まで 175 万～591 万尾で推移していたが 2014～2016 年に 957 万～1,114 万尾と急増し、その後ゆるやかに減少したものの、2017～2021 年は 543 万～765 万尾と比較的良好な加入が認められた（図 4-5）。2022 年の加入尾数は不確実性が高いものの 215 万尾と上記期間より低く推定されている。再生産成功率（1 歳魚加入尾数/親魚量）も 2013 年までは 2.4～11.2 尾/kg と比較的安定して推移していたが、2014～2016 年に 18.9～31.1 尾/kg と急増した。その後は減少し、2017～2021 年は 5.1～8.6 尾/kg と急増前と同程度の水準となり、2022 年は 2.06 尾/kg とこれまでより低く推定された。

コホート解析に使用した自然死亡係数（M）の値が資源計算に与える影響を検討するために、M を変化させた場合の 2022 年の資源量、親魚量、加入尾数を図 4-6 に示す。M を基準値である 0.25 から 0.1 増減させた際に生じる資源量、親魚量、加入尾数の増減は約 30%であったが、加入尾数に与える M の不確実性の影響が他の指定値よりもやや大きい傾向がみられた。

年齢別漁獲係数（F）の推移を図 4-7 および補足表 2-1 に示す。F 値は年変動があるとともに年齢によっても異なるが、全体的には 2009～2010 年に増加したのち、震災後に減少傾

向となった。とくに 1 歳および 2 歳の若齢魚で震災後に低い傾向が認められた。

漁獲割合は 2010 年までは 22～41%で推移していたが、2011 年以降は震災の影響で減少し、2011～2022 年は 13～25%と低い水準で推移している（図 4-8）。

（4）加入量当たり漁獲量（YPR）、加入量当たり親魚量（SPR）および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、その漁獲圧がなかった場合との比較を行った。図 4-9 に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合（%SPR）の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。震災以前の%SPR は 12～30%で推移していたが、近年は増加傾向にあり、2022 年は 42%となった。

現状の漁獲圧に対する YPR と%SPR の関係を図 4-10 に示す。このとき F の選択率としては令和 4 年 8 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F（Fmsy）の推定に用いた値（三澤ほか 2022b）を用いた。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy 算出時の値を使用した。Fmsy は%SPR に換算すると 34%に相当する。現状の漁獲圧（F2017-2021）は Fmsy および F30%SPR を下回る。

（5）再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 4-11 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本資源の再生産関係式にはホッケー・スティック型再生産関係が適用されている（三澤ほか 2022b）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは令和 4（2022）年度の資源評価（三澤ほか 2022a）に基づく 1998～2019 年の親魚量と翌年（1999～2020 年）の 1 歳魚時点の加入尾数とした。最適化法には最小二乗法を用い、加入量残差の自己相関を考慮した。再生産関係式の各パラメータを補足表 6-1 に示す。

（6）現在の環境下において MSY を実現する水準

現在（1998 年以降）の環境下において最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）および MSY を実現する漁獲量として上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値（三澤ほか 2022b）を補足表 6-2 に示す。

（7）資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-12 に示す。また、2022 年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表 6-3 に示した。本資源における 2022 年の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を上回っており、2022 年の親魚量は SBmsy の 1.48 倍である。また、2022 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、2022 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧の 0.75 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）とは、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、直近 5 年間（2018～2022 年）の推移から横ばいと判断される。

5. 資源評価のまとめ

親魚量は 2013 年以降増加傾向にあり、2016 年以降の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を上回っている。また、本資源に対する漁獲圧は近年低下傾向であり、2018 年以降については MSY を実現する F（Fmsy）を下回っている。資源量は横ばいと判断される。

6. その他

震災以前の 10 年間は比較的加入が安定しており、そのため資源量も安定していた。震災以降は加入が大きく増加し、2014～2016 年の加入尾数は非常に多かった一方、2017 年以降はゆるやかに減少している（図 4-5）。また、近年、本資源は成長の鈍化とそれに伴い 1 歳魚が漁獲されにくい状況となっており（図 3-3）、不確実性は高いものの、2022 年の加入量は低い水準であると推定された。本資源は 1980 年代後半～1990 年代前半に非常に低い水準の資源状態を経験している。このような状態を避けるためにも、特に加入状況が悪いと認められた場合に若齢魚の漁獲を控え、親魚に成長するまで保護する等の方策が必要となる。

7. 引用文献

橋本良平 (1955) ヤナギムシガレイの年令に関する基礎的研究. 東北水研報, **4**, 156-164.

五十嵐敏 (1980) ヤナギムシガレイの胃中にみられる底生動物について (短報) . 福島水試研報, **6**, 91-92.

五十嵐敏・島村信也 (2000) 福島県海域におけるヤナギムシガレイの食性. 福島水試研報, **9**, 53-58.

三澤　遼・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡　駿・金森由妃・冨樫博幸・永尾次郎 (2022a) 令和 4 (2022) 年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産研究・教育機構, 1-28. FRA-SA2022-RC06-03. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_69.pdf (last accessed 28 Jul. 2023)

三澤　遼・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡　駿・金森由妃・冨樫博幸・永尾次郎 (2022b) 令和 4 (2022) 年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-40. FRA-SA2022-BRP06-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220825/FRA-SA2022-BRP06-01.pdf (last accessed 28 Jul. 2023)

中坊徹次・土居内龍 (2013) ヤナギムシガレイ. 「日本産魚類検索　全種の同定　第 3 版」中坊徹次編, 東海大学出版会, 1680.

中原民男 (1969) 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物特性. 山口外海水試研報, **11**, 1-70.

Narimatsu, Y., A. Yamanobe and M. Takahashi (2007) Reproductive cycle, age and body size at maturity and fecundity of female willowy flounder (*Tanakius kitaharai*). Fish. Sci., **73**, 55-62.

坂本一男 (1984) ヤナギムシガレイ. 「日本産魚類大図鑑 (解説) 」益田　一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編, 東海大学出版会, 東京, 339.

西海区水産研究所 (1957) ヤナギムシガレイ. 東海・黄海における底魚資源の研究, **4**, 50-55.

島村信也・五十嵐敏 (2000) 福島県沿岸で漁獲されたヤナギムシガレイについて. 福島水試研報, **9**, 29-52.

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

Yabuki, K. (1989) Age determination of yanagimushigarei *Tanakius kitaharai* (Pleuronectidae) from otoliths in the Sea of Japan off Kyoto Prefecture. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **55**, 1331-1338.

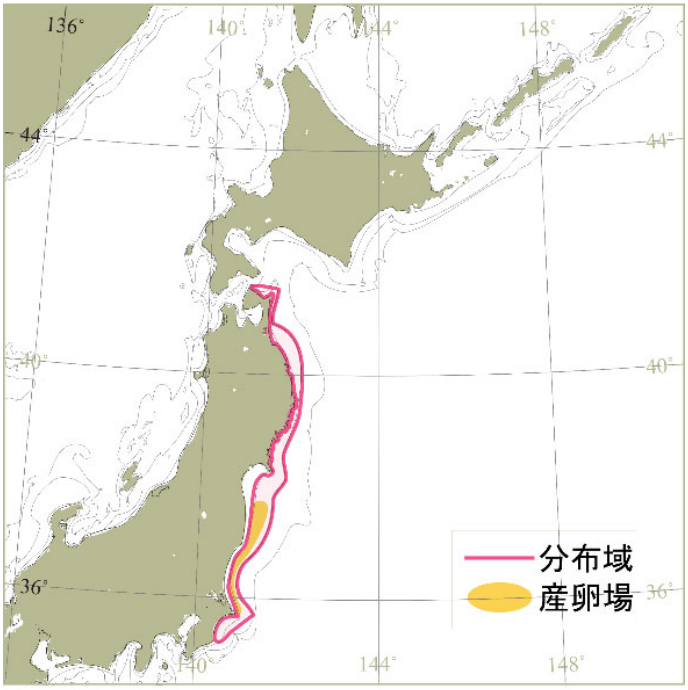


図 2-1.　太平洋北部におけるヤナギムシガレイの分布

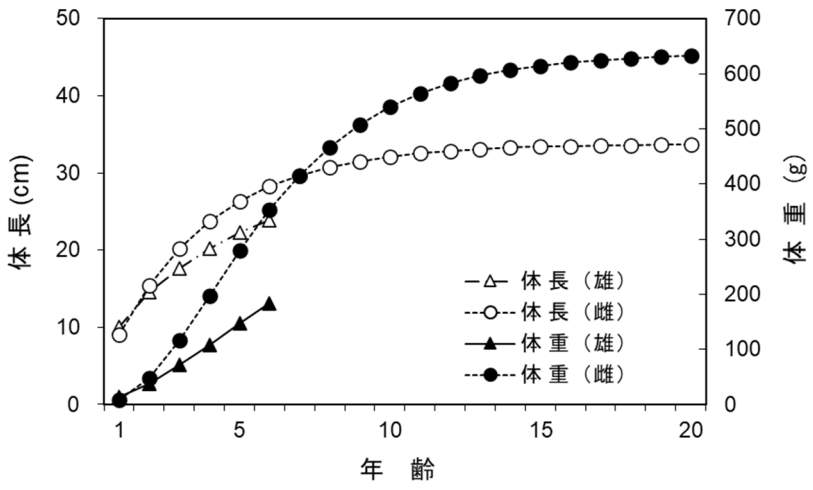


図 2-2.　年齢と成長

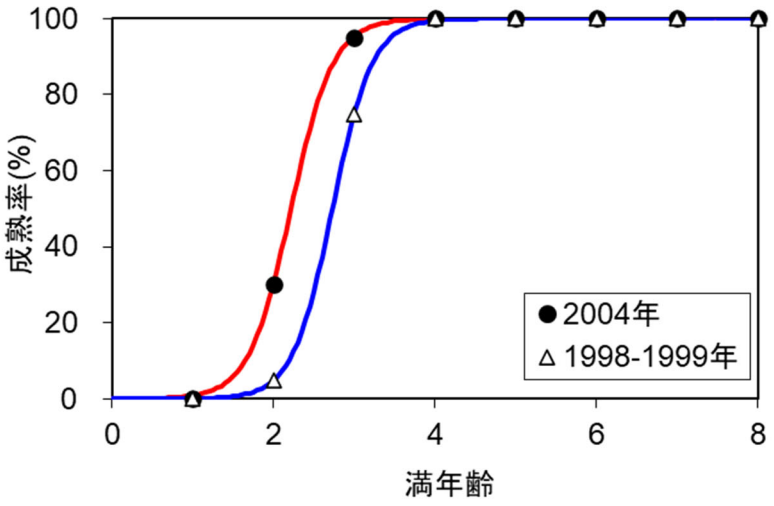


図 2-3.　年齢と成熟率の関係

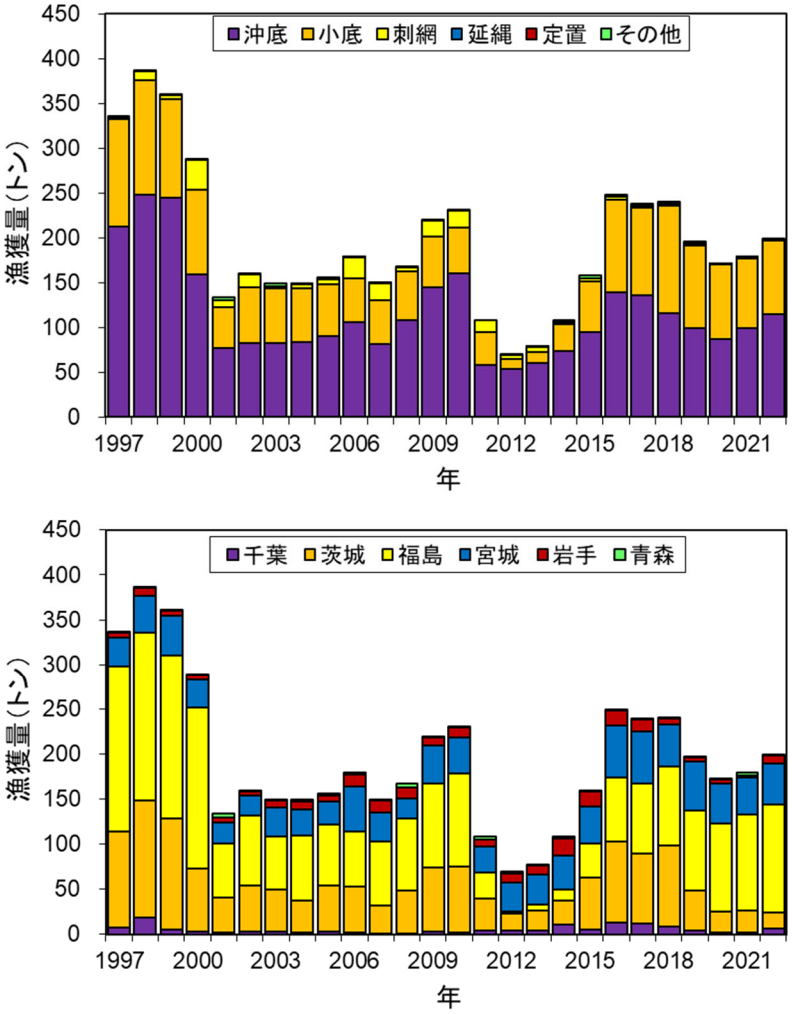


図 3-1.　漁業種別（上）および県別（下）漁獲量の推移　2022 年は暫定値。

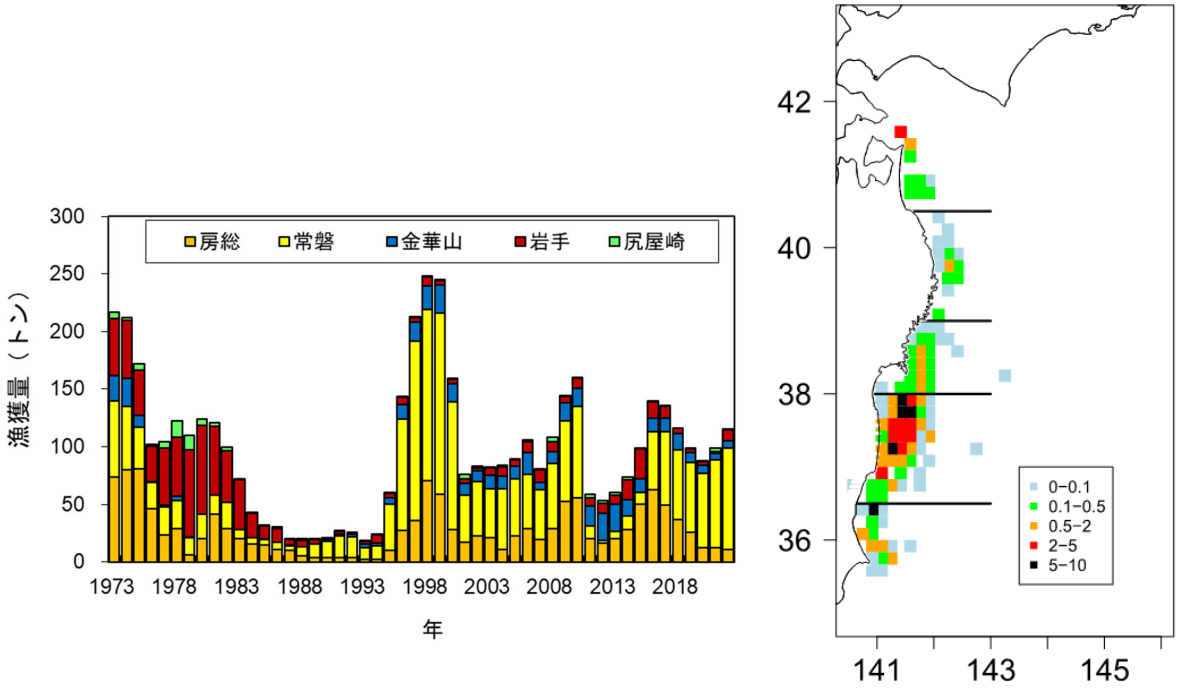


図 3-2.　沖底による漁獲量の推移（左）および 2021 年の漁獲量（トン）の分布（右）
沖底漁獲量の 2022 年は暫定値。

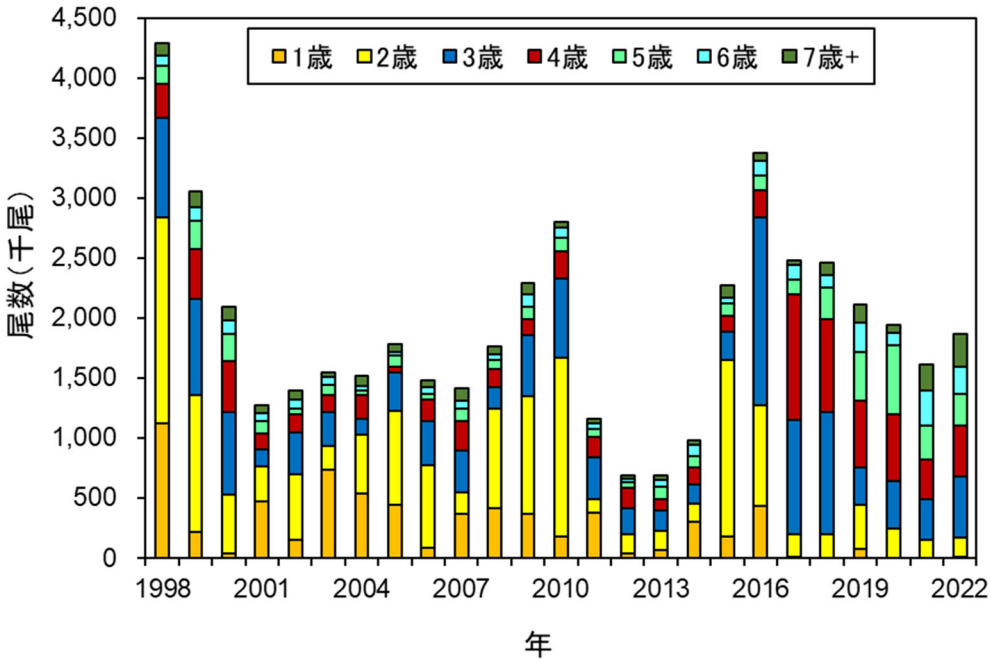


図 3-3.　年齢別漁獲尾数の推移

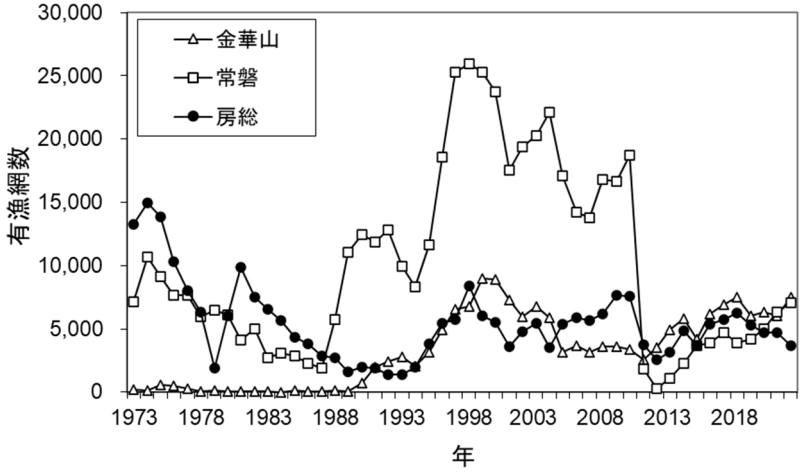
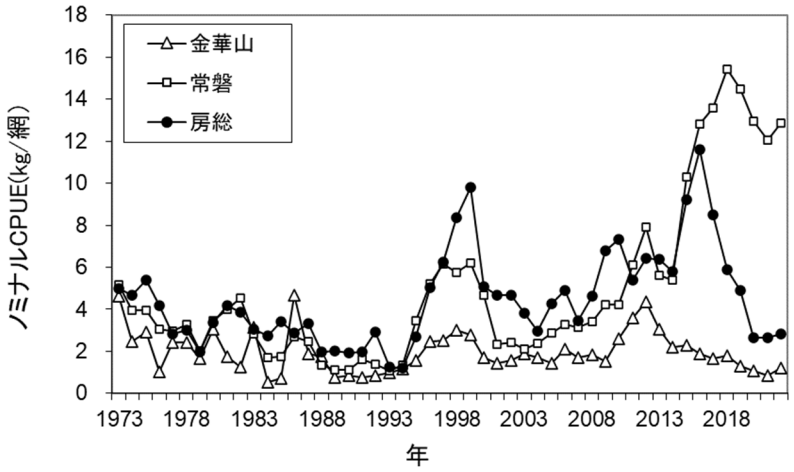


図 3-4.　沖底の海区別漁獲努力量の推移　2022 年は暫定値。



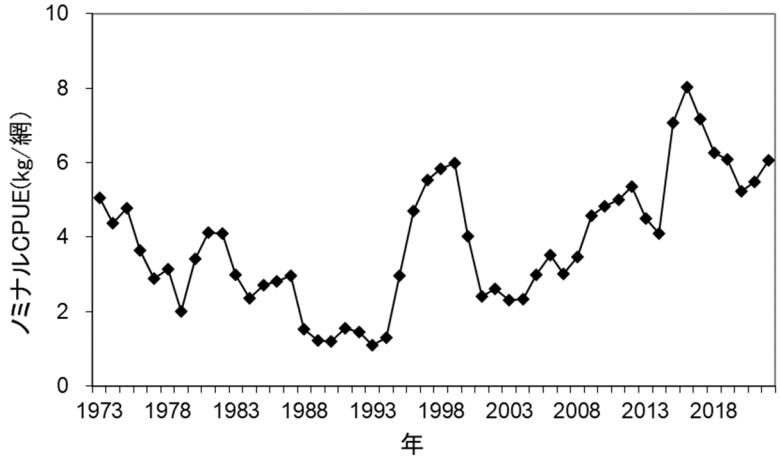


図 4-1.　金華山～房総海区における海区別（上）および 3 海区合算（下）の沖底ノミナル CPUE　2022 年は暫定値。

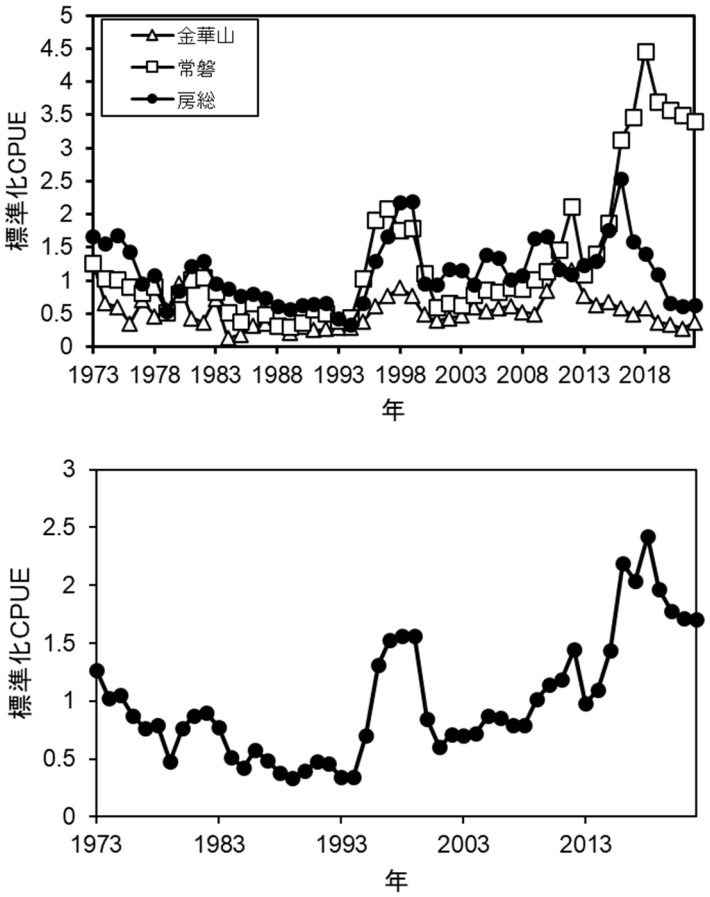


図 4-2.　金華山～房総海区の海区別（上）および 3 海区合算（下）の沖底標準化 CPUE
それぞれ平均値で除すことで規格化した。

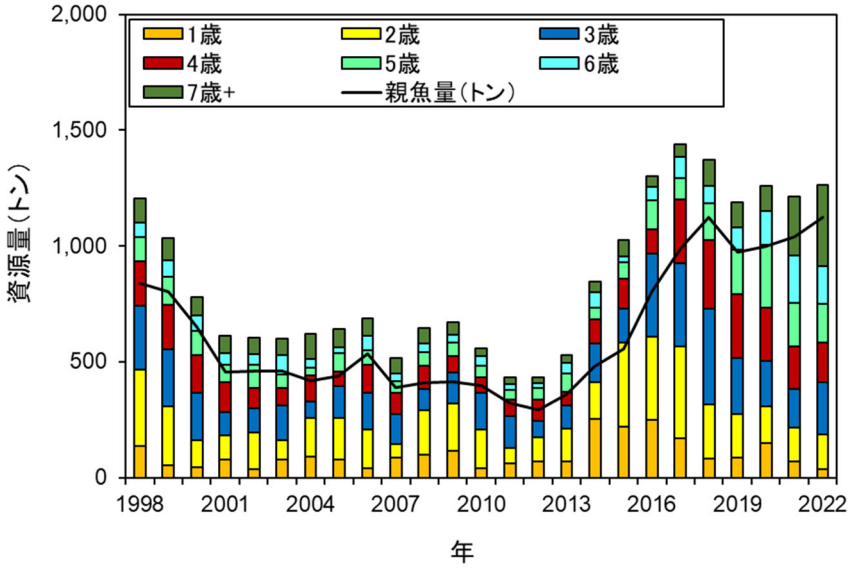


図 4-3.　コホート解析によって求めた年齢別資源量および親魚量の推移

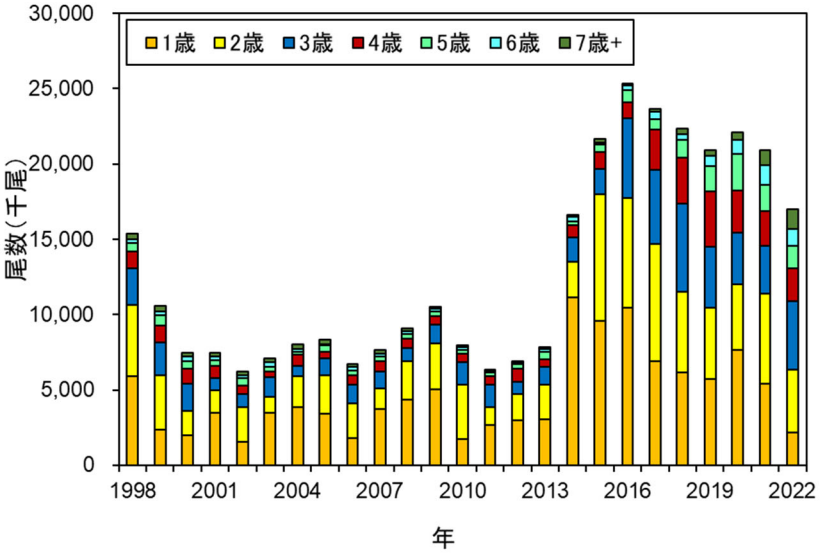


図 4-4.　コホート解析によって求めた年齢別資源尾数の推移

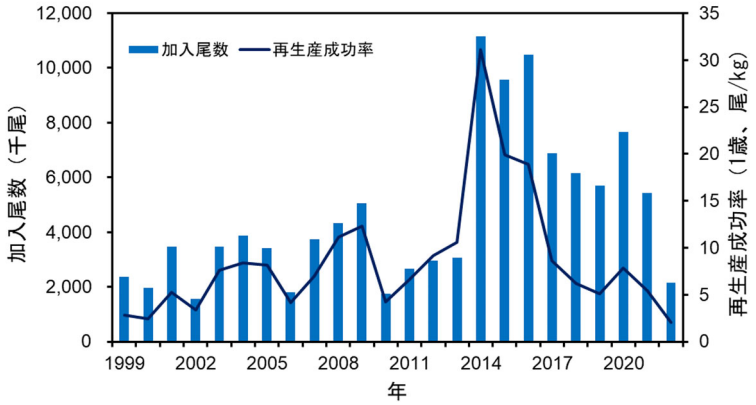


図 4-5.　1 歳魚の加入尾数および再生産成功率の推移

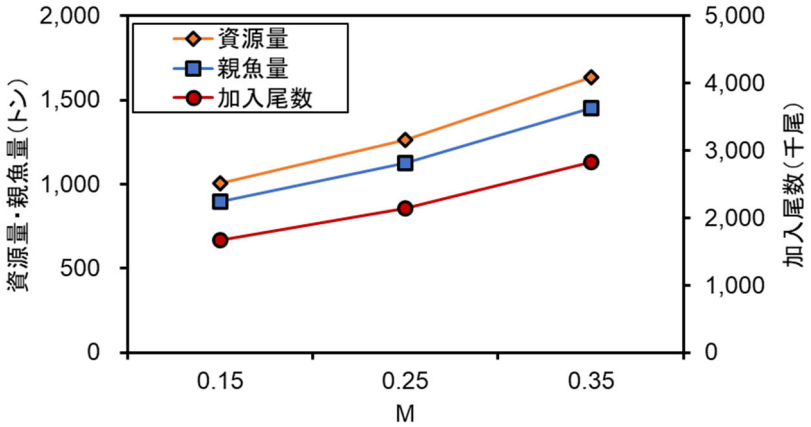


図 4-6.　自然死亡係数（M）と 2022 年の資源量、親魚量、加入尾数の関係

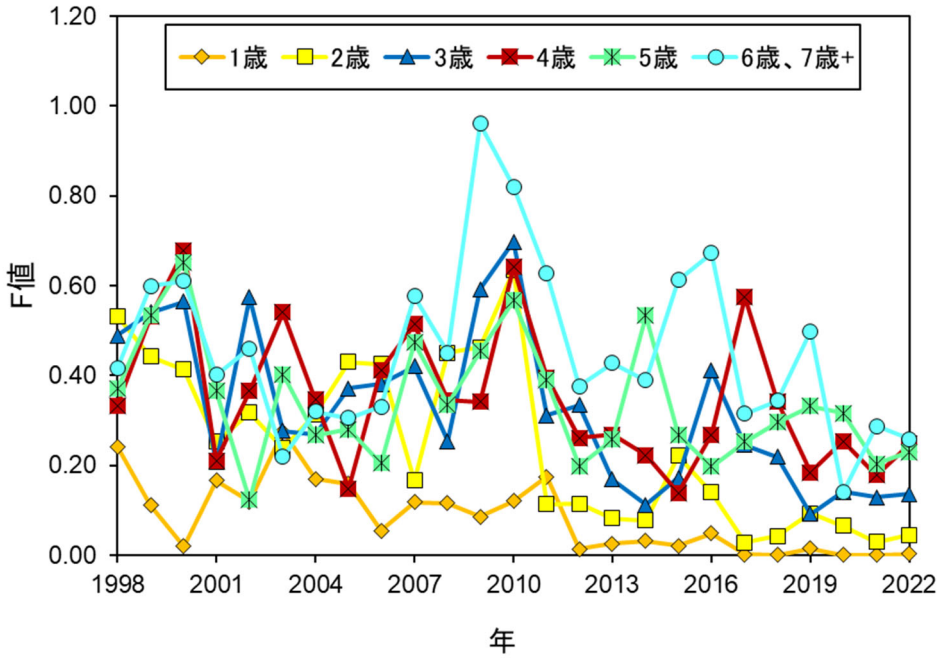


図 4-7.　年齢別漁獲係数（F 値）の推移

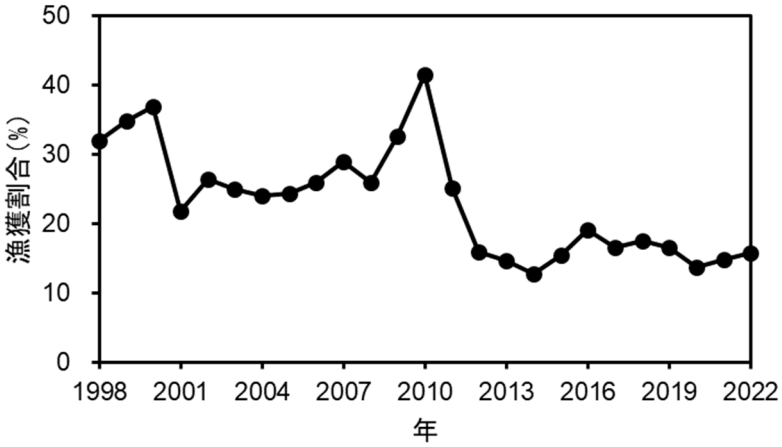


図 4-8.　漁獲割合の推移

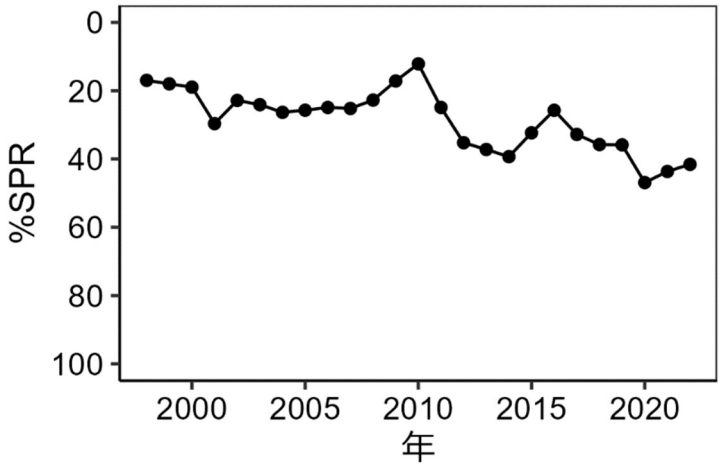


図 4-9.　%SPR の推移　%SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と%SPR は小さく（大きく）なる。

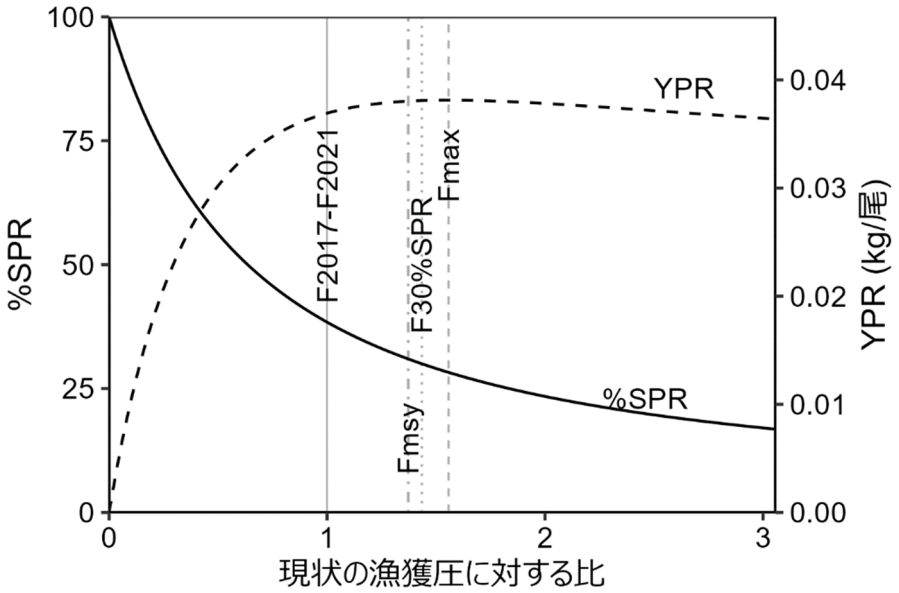


図 4-10.　現状の漁獲圧（F2017-2021）に対する YPR、%SPR の関係

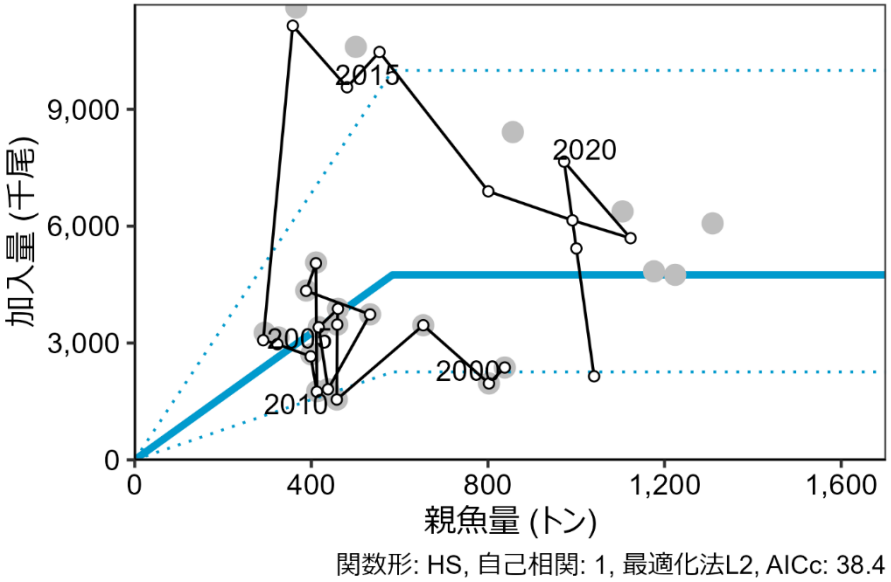


図 4-11.　親魚量と加入量（1 歳魚尾数）の関係（再生産関係）
灰色の丸および青線は令和 4 年 8 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（三澤ほか 2022b）で提案された再生産関係式。点線は観測データの 90%が含まれると推定される範囲を示す。白色の丸は令和 5（2023）年度の資源評価における資源量と加入量のデータである。

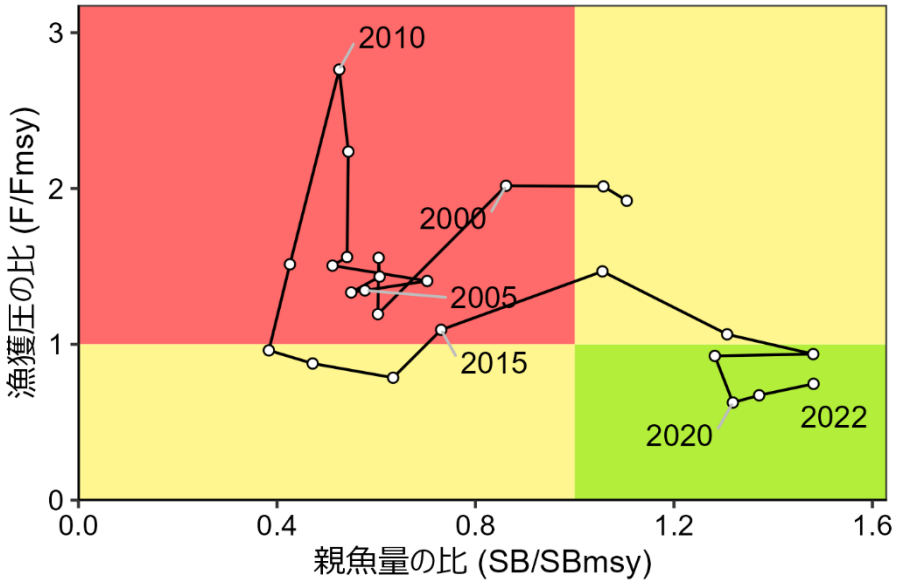


図 4-12.　最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）および MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）に対する、親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

表 3-1. ヤナギムシガレイ太平洋北部における県別・漁業種類別の漁獲量（トン）の推移（1996～2008 年）

県名	漁業種	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
青森	沖底	1	0	0	0	0	4	1	1	1	2	2	1	4
	小底	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岩手	沖底	-	4	8	4	4	4	2	6	8	5	9	11	9
	小底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	刺網	-	1	1	1	1	1	1	0	1	1	3	2	3
	延縄	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
宮城	沖底	12	17	21	25	15	10	9	12	11	11	19	6	10
	小底	13	15	20	19	14	9	9	17	16	10	11	11	12
	刺網	0	0	0	0	1	1	3	1	2	2	20	15	1
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	3	1	2	0	2	0	0	0
福島	沖底	97	156	149	157	111	41	47	43	53	49	47	43	57
	小底	15	27	30	22	36	13	21	16	16	17	14	26	22
	刺網	0	2	9	3	32	6	10	1	2	2	1	2	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨城	沖底	24	29	52	53	25	15	20	18	9	20	27	19	28
	小底	52	77	78	69	45	24	31	29	27	31	24	13	20
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千葉	沖底	3	7	18	5	3	2	3	3	2	3	2	1	1
	小底	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	刺網	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	沖底	144	213	247	245	159	76	83	82	84	90	106	81	108
	小底	-	119	128	110	95	46	62	61	59	58	48	49	54
	刺網	-	3	10	4	33	8	14	3	5	6	24	19	4
	延縄	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	1	0	1	1	3	1	3	1	2	1	0	0
計		-	336	386	360	288	133	160	149	149	156	179	149	167

各県水試調べ。2021 年以前の沖底の小計は漁場別漁獲統計資料による。
各県の沖底漁獲量は小海区別の漁獲量を適用（例: 宮城=金華山海区、福島=常磐海区）。
ただし、房総海区の漁獲量のうち千葉県船の漁獲は千葉県の漁獲量に含めた。
2016～2018 年福島県の小底の漁獲量は、福島県の底びき網漁獲量の合計から沖底統計から求めた沖底の漁獲量を引いた値。
2022 年は暫定値。

表 3-1.　ヤナギムシガレイ太平洋北部における県別・漁業種類別の漁獲量（トン）の推移（2009～2022 年）

県名	漁業種	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
青森	沖底	1	0	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	3	0
	小底	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岩手	沖底	6	9	7	9	8	17	13	14	11	5	4	3	2	9
	小底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	刺網	4	3	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	1	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宮城	沖底	15	16	17	24	24	14	10	12	12	14	8	7	5	7
	小底	13	9	6	5	6	21	27	43	43	30	43	37	34	37
	刺網	14	15	6	3	4	0	1	1	0	1	1	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	2	3	3	2	2	3	1	1	1
福島	沖底	70	79	11	2	6	12	38	50	64	60	61	64	76	88
	小底	21	23	11	0	0	0	0	20	14	27	28	33	31	33
	刺網	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨城	沖底	49	54	17	13	16	18	28	50	37	29	22	11	11	5
	小底	22	20	19	6	6	10	29	40	40	62	22	12	13	12
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千葉	沖底	3	2	4	4	4	10	5	13	12	8	4	2	2	6
	小底	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	沖底	144	160	58	53	60	73	94	139	135	116	99	87	99	114
	小底	57	52	37	12	12	30	56	104	98	119	93	82	78	82
	刺網	18	19	14	4	5	2	4	3	3	2	2	1	1	0
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	3	3	3	2	2	3	1	2	1
計		219	231	108	69	77	108	158	248	238	240	196	172	179	198

各県水試調べ。2021 年以前の沖底の小計は漁場別漁獲統計資料による。

2010 年の岩手、宮城はデータ消失のため、沖底以外の漁業は過去 5 年間の他県との漁獲量比から推定。

各県の沖底漁獲量は小海区別の漁獲量を適用（例: 宮城=金華山海区、福島=常磐海区）。ただし、房総海区の漁獲量のうち千葉県船の漁獲は千葉県の漁獲量に含めた。

2016～2018 年福島県の小底の漁獲量は、福島県の底びき網漁獲量の合計から沖底統計から求めた沖底の漁獲量を引いた値。

2022 年は暫定値。

表 3-2.　金華山～房総海区の沖底におけるヤナギムシガレイの漁獲動向

年	漁獲量（トン）	有漁網数	ノミナル CPUE	標準化 CPUE	年	漁獲量（トン）	有漁網数	ノミナル CPUE	標準化 CPUE
1973	104	20,614	5.05	1.26	1998	240	41,153	5.83	1.56
1974	113	25,751	4.37	1.03	1999	241	40,217	5.98	1.56
1975	113	23,596	4.78	1.05	2000	154	38,250	4.03	0.85
1976	67	18,440	3.63	0.87	2001	68	28,487	2.40	0.61
1977	46	15,936	2.88	0.76	2002	79	30,147	2.62	0.71
1978	39	12,420	3.13	0.79	2003	75	32,457	2.32	0.70
1979	17	8,523	2.01	0.48	2004	74	31,523	2.33	0.72
1980	42	12,192	3.40	0.77	2005	77	25,656	3.00	0.88
1981	58	14,013	4.11	0.87	2006	84	23,821	3.51	0.86
1982	52	12,581	4.10	0.90	2007	68	22,602	3.02	0.79
1983	28	9,300	2.98	0.77	2008	92	26,594	3.48	0.79
1984	21	8,763	2.36	0.51	2009	128	27,932	4.58	1.01
1985	20	7,297	2.71	0.42	2010	144	29,738	4.83	1.14
1986	17	6,190	2.81	0.58	2011	41	8,150	4.99	1.19
1987	14	4,834	2.96	0.49	2012	34	6,330	5.35	1.44
1988	13	8,610	1.53	0.38	2013	41	9,196	4.50	0.98
1989	16	12,753	1.23	0.33	2014	53	12,962	4.11	1.10
1990	18	15,176	1.21	0.40	2015	81	11,494	7.07	1.44
1991	24	15,753	1.54	0.48	2016	124	15,488	8.03	2.19
1992	24	16,634	1.45	0.46	2017	124	17,326	7.18	2.04
1993	15	14,143	1.09	0.35	2018	111	17,641	6.27	2.42
1994	16	12,356	1.29	0.34	2019	95	15,541	6.09	1.97
1995	55	18,597	2.97	0.71	2020	84	15,986	5.24	1.78
1996	136	28,961	4.71	1.31	2021	94	17,049	5.49	1.72
1997	208	37,607	5.54	1.53	2022	111	18,254	6.06	1.71

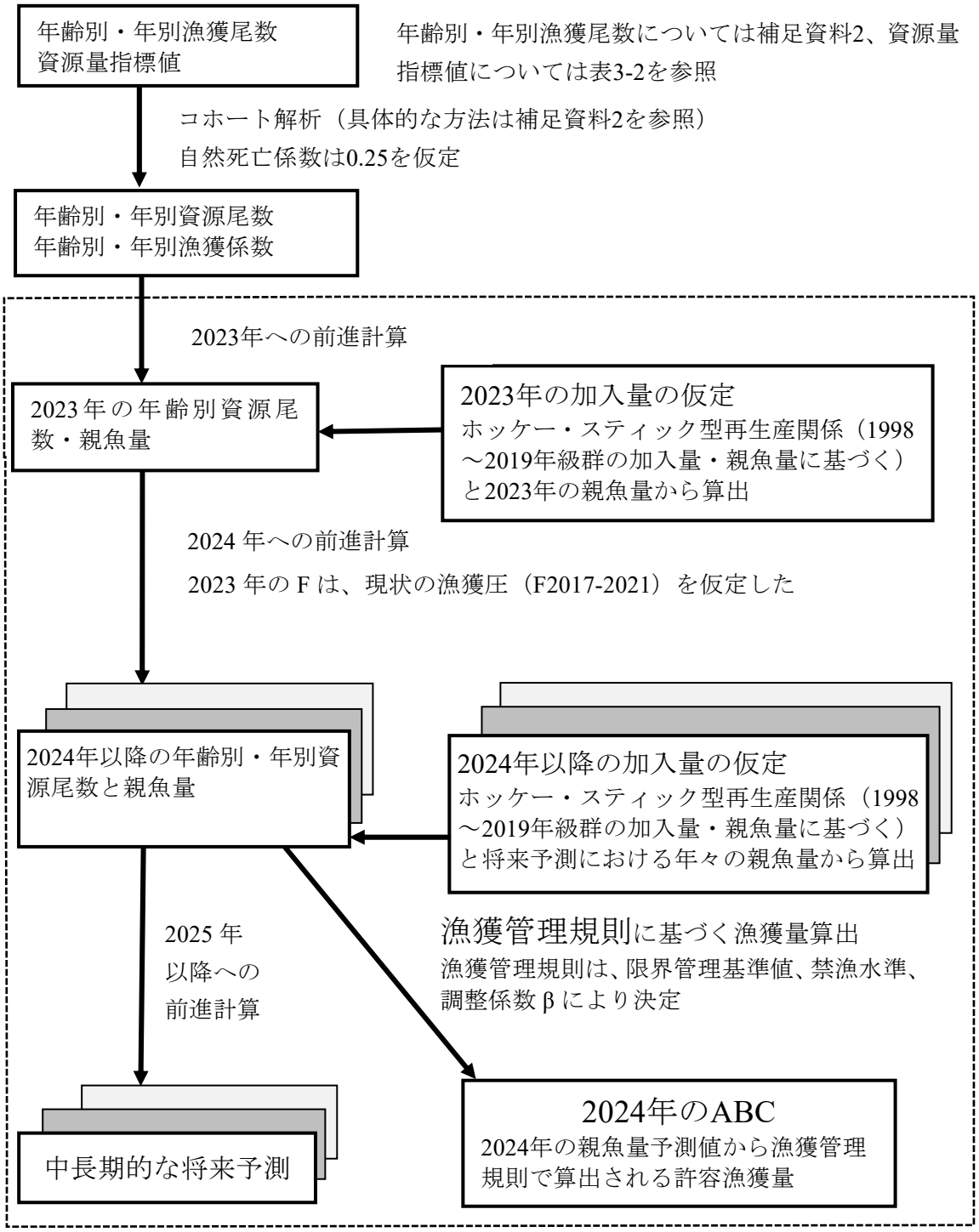
2022 年は暫定値。

標準化 CPUE は規格化した値（平均を 1 とした時の相対値）。

表 4-1.　ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源量解析結果

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	親魚量（トン）	加入尾数（千尾）	漁獲割合（%）	F/Fmsy	%SPR
1998	1,205	386	838	5,905	32	1.92	17
1999	1,034	360	802	2,371	35	2.01	18
2000	779	288	653	1,961	37	2.02	19
2001	610	133	458	3,455	22	1.19	30
2002	606	160	459	1,549	26	1.56	23
2003	598	149	460	3,473	25	1.43	24
2004	622	149	417	3,877	24	1.33	26
2005	640	156	438	3,403	24	1.35	26
2006	689	179	533	1,812	26	1.41	25
2007	516	149	388	3,733	29	1.51	25
2008	644	167	410	4,338	26	1.56	23
2009	672	219	412	5,046	33	2.24	17
2010	556	231	399	1,749	41	2.76	12
2011	432	108	323	2,656	25	1.51	25
2012	432	69	291	2,968	16	0.96	35
2013	528	77	358	3,071	15	0.88	37
2014	845	108	481	11,144	13	0.79	39
2015	1,027	158	554	9,565	15	1.09	32
2016	1,303	248	801	10,470	19	1.47	26
2017	1,438	238	991	6,893	17	1.06	33
2018	1,370	240	1,123	6,148	17	0.94	36
2019	1,190	196	973	5,691	16	0.93	36
2020	1,261	172	1,000	7,654	14	0.63	47
2021	1,213	179	1,040	5,427	15	0.67	44
2022	1,265	198	1,123	2,145	16	0.75	42

補足資料１　資源評価の流れ



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

（http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html）

補足資料２　資源計算方法

2002～2010 年は福島県、2011～2015 年、2017～2020 年は茨城県、2016、2021～2022 年は福島県と茨城県で漁獲されたヤナギムシガレイの精密測定結果と耳石の年齢査定結果から全長階級別の年齢組成を作成した。全長階級別年齢組成の作成は 1～6 月および 7～12 月の二期に分けて毎年行った。全長階級別の年齢組成と漁獲物全体の全長組成から年齢別漁獲尾数を求めた。ヤナギムシガレイの成長、体重および寿命には雌雄差があるため、雌雄別の全長階級別年齢組成を用いて年齢分解を行った。1998～2001 年については 2002～2010 年すべてのサンプルから求めた上下半期別雌雄別の全長階級別年齢組成をもとに漁獲物の全長組成を分解した。なお、6 歳以下、全長 30 cm 以下の雌雄比は 1:1 とし、7 歳以上、全長 31 cm 以上はすべて雌とした。また、年級間で成長差があるため、毎年 5～6 月に採集された個体から、年別年齢別雌雄別の体重を求めた。本種は 1 歳の途中から漁獲され始めるため、計算は 1 歳以上を対象とし、7 歳以上の個体は少ないため、7 歳は 8 歳以上を含めたプラスグループとした。得られた年別年齢別漁獲尾数を用いて、以下に示すコホート解析により年別年齢別資源尾数（補足表 2-1）を推定した。なお、ヤナギムシガレイは 20 年以上生きることも報告されているが、2002～2008 年に漁獲、年齢査定された約 11,266 個体のうち、11 歳以上の個体は 47 個体と少なかった。そこで寿命を 10 年と仮定し、田内・田中の式（田中 1960）より自然死亡係数 M は 2.5/10=0.25 で一定とした。また、年齢別成熟割合は前述のように 1 歳では 0、2 歳では 0.3、3 歳以上で 1.0 とした。

1．Pope の近似式を用いた資源尾数の計算（ステップ 1）

各年齢、各年における資源尾数 Na, y を、以下の Pope（1972）の近似式を用いて求めた。

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

ここで $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、$C_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の漁獲尾数である。最近年（2022 年）、最高齢（7 歳、プラスグループ）および最高齢－1 歳の資源尾数はそれぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,2022} = C_{a,2022} \exp(M/2)/(1 - \exp(-F_{a,2022})) \quad (2)$$

$$N_{7+,y} = C_{7+,y}/(C_{7+,y} + C_{6,y}) \times N_{7+,y+1} \times \exp(M) + C_{7+,y} \times \exp(M/2) \quad (3)$$

$$N_{6,y} = C_{6,y}/(C_{7+,y} + C_{6,y}) \times N_{7+,y+1} \times \exp(M) + C_{6,y} \times \exp(M/2) \quad (4)$$

ターミナル F を除く漁獲係数 F 値の計算は以下の（5）式で求めた。

$$F_{a,y} = -\ln(1 - (C_{a,y} \exp(M/2) / N_{a,y})) \quad (5)$$

最高齢の F は最高齢－1 齢の F と等しくなるように求めた。コホート解析における最近年である 2022 年の F は、まず 1～6 歳については 2022 年を除く近年 5 年間（2017～2021 年）の F の平均値とした。最高齢（プラスグループ）の F については、最高齢－1 歳と等しくなるように探索的に求めた。その後、ステップ 2 の方法によりさらに最近年の F を調

整した。

2．最近年の F の調整（ステップ 2）

チューニング指数とした年齢別の資源量指標値には、ヤナギムシガレイの主漁場である金華山～房総海区の標準化 CPUE（補足資料 7）を用いた。最近年（2022 年）の各年齢の漁獲係数 F を以下のようにチューニングし、資源尾数および F を推定した。最近年の年齢別 F の比率（選択率）には、チューニングをしないコホート解析（ステップ 1）から推定された 2017～2021 年の平均値を用いた。平松（2001）に基づき、(1) 式を最小化する最近年の Ft を探索的に求めた。

$$\sum(I_y - qB_y)^2 \qquad (1)$$

また、q^の推定値は 以下の（2）式で解析的に求めた。

$$q\hat{} = \frac{\sum_y I_y B_y}{\sum_y B_y^2} \qquad (2)$$

ここで B は資源量、I には 1998～2022 年の沖底金華山～房総海区の標準化 CPUE を用いた。

「令和 5（2023）年資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針（FRA-SA2023-ABCWG02-03」に従って、本資源の評価に用いたコホート解析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。

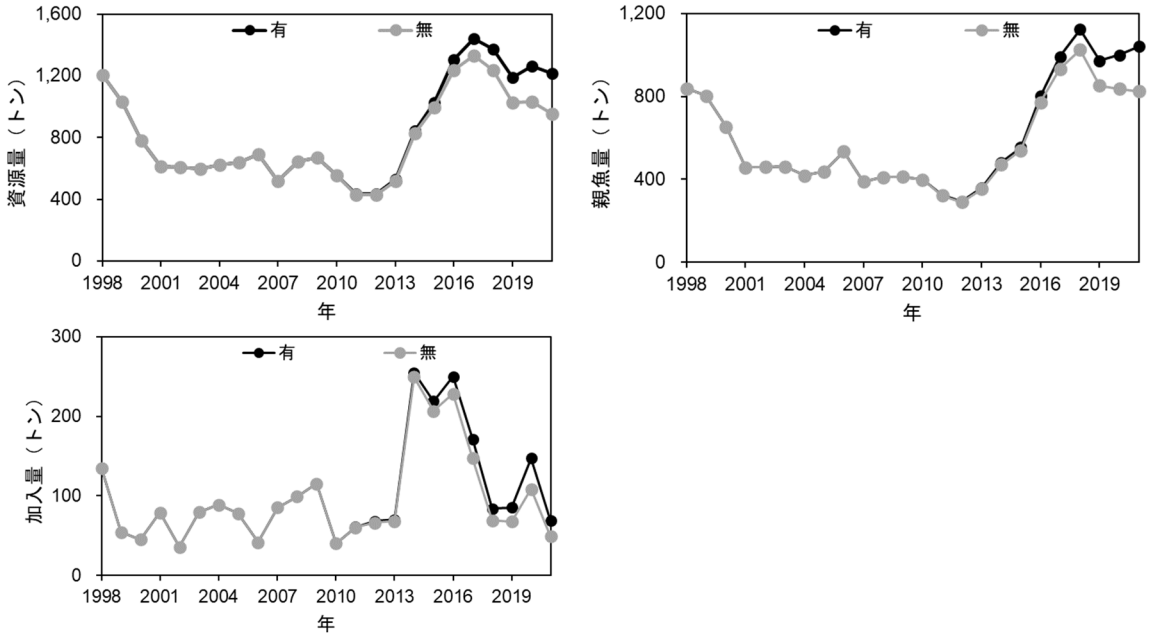
チューニングの有無によるコホート解析結果の違いを補足図 2-1 に示した。その結果、チューニングした場合はしなかった場合と比べて、資源量、親魚量、加入量のいずれの値もやや高く推定されていた。また、データの追加・更新の影響を検証するレトロスペクティブ解析の結果を補足図 2-2 に示した。資源量はやや減少する傾向がみられたものの、推定値に大きな変化は確認されなかった。F 値は 2018 年の乖離が大きかったものの、その他の年では推定値に大きな変化は確認されなかった。

引用文献

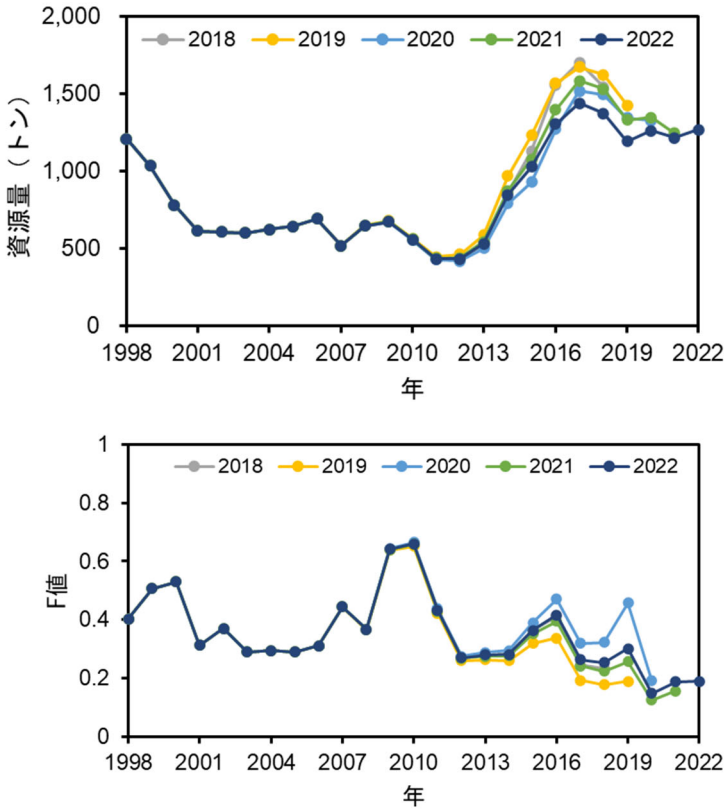
平松一彦 (2001) VPA. 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書 －資源解析手法教科書－, 日本水産資源保護協会, 104-128.

Pope, J. G (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.

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



補足図 2-1.　チューニングの有無によるコホート解析結果の比較
　　資源量（左上）、親魚量（右上）、加入量（左下）



補足図 2-2.　資源量（上）および F 値のレトロスペクティブ解析結果

補足表 2-1.　コホート解析に用いたデータ（1998～2009 年）

年齢別漁獲尾数（千尾）

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	1,117	220	34	468	153	736	534	443	84	369	418	367
2	1,724	1,138	494	294	547	201	488	786	691	181	827	984
3	824	798	688	140	349	275	137	320	361	348	174	505
4	287	419	426	134	145	146	197	48	187	244	151	136
5	149	235	223	105	52	85	37	90	43	108	80	105
6	83	117	118	63	68	61	37	25	62	64	50	97
7以上	101	125	105	68	76	38	86	66	56	102	60	94
合計	4,286	3,052	2,089	1,272	1,391	1,542	1,516	1,777	1,484	1,416	1,762	2,286

年齢別平均体重(g)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
2	70	70	70	70	70	78	81	70	73	45	74	68
3	114	114	114	114	114	115	108	119	123	113	106	103
4	165	165	165	165	165	186	150	162	193	132	166	132
5	193	193	193	193	193	206	193	185	239	151	187	185
6	235	235	235	235	235	240	236	233	262	193	244	194
7以上	306	306	306	306	306	319	313	277	336	257	334	314

漁獲死亡係数(F)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	0.24	0.11	0.02	0.17	0.12	0.27	0.17	0.16	0.05	0.12	0.12	0.09
2	0.53	0.44	0.41	0.25	0.32	0.24	0.31	0.43	0.43	0.17	0.45	0.46
3	0.49	0.54	0.56	0.21	0.57	0.28	0.27	0.37	0.38	0.42	0.25	0.59
4	0.33	0.53	0.68	0.21	0.36	0.54	0.35	0.15	0.41	0.51	0.34	0.34
5	0.37	0.53	0.65	0.37	0.12	0.40	0.27	0.28	0.20	0.47	0.33	0.45
6	0.42	0.60	0.61	0.40	0.46	0.22	0.32	0.30	0.33	0.58	0.45	0.96
7以上	0.42	0.60	0.61	0.40	0.46	0.22	0.32	0.30	0.33	0.58	0.45	0.96

年齢別資源尾数(千尾)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	5,905	2,371	1,961	3,455	1,549	3,473	3,877	3,403	1,812	3,733	4,338	5,046
2	4,731	3,613	1,652	1,498	2,278	1,071	2,055	2,548	2,259	1,337	2,582	3,010
3	2,415	2,163	1,809	851	907	1,291	657	1,170	1,291	1,150	882	1,281
4	1,150	1,153	981	802	539	398	763	391	629	687	589	533
5	545	642	528	387	506	291	181	420	263	324	320	325
6	276	293	293	214	209	348	152	108	247	167	157	178
7以上	337	315	260	234	234	218	354	286	226	265	189	172
合計	15,359	10,550	7,485	7,441	6,222	7,091	8,039	8,326	6,728	7,662	9,056	10,545

年齢別資源量(トン)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	135	54	45	79	35	79	89	78	41	85	99	115
2	331	253	116	105	160	83	167	177	164	60	192	206
3	276	247	206	97	103	148	71	139	159	130	94	132
4	190	190	162	132	89	74	114	63	121	91	98	70
5	105	124	102	75	98	60	35	78	63	49	60	60
6	65	69	69	50	49	83	36	25	65	32	38	35
7以上	103	96	80	72	72	70	111	79	76	68	63	54
合計	1,205	1,034	779	610	606	598	622	640	689	516	644	672

補足表 2-1.　コホート解析に用いたデータ（2010～2022 年）

年齢別漁獲尾数（千尾）

年齢	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	176	376	34	70	303	179	432	9	0	73	4	1	6
2	1,495	115	166	160	153	1,474	841	191	196	374	243	149	163
3	654	351	210	165	154	234	1,560	947	1,021	311	393	339	508
4	231	165	172	97	140	130	229	1,046	771	548	562	332	422
5	113	64	48	102	102	103	122	129	269	414	571	279	272
6	79	54	33	59	87	51	127	118	102	239	107	298	220
7以上	52	37	25	35	44	99	68	43	98	149	61	217	275
合計	2,800	1,162	689	687	982	2,270	3,379	2,482	2,458	2,108	1,941	1,615	1,866

年齢別平均体重(g)

年齢	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	23	23	23	23	23	23	24	25	14	15	19	13	18
2	46	57	60	62	67	43	49	51	44	39	37	25	35
3	106	90	88	83	102	89	68	73	70	60	57	52	50
4	123	126	107	122	131	113	97	101	99	75	81	80	79
5	178	178	159	159	178	143	162	143	134	115	114	109	112
6	247	210	186	223	222	193	195	181	186	138	158	150	151
7以上	302	306	273	306	292	295	306	304	291	257	205	260	256

漁獲死亡係数(F)

年齢	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	0.12	0.17	0.01	0.03	0.03	0.02	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
2	0.63	0.11	0.11	0.08	0.08	0.22	0.14	0.03	0.04	0.09	0.07	0.03	0.04
3	0.70	0.31	0.33	0.17	0.11	0.17	0.41	0.25	0.22	0.09	0.14	0.13	0.14
4	0.64	0.40	0.26	0.27	0.22	0.14	0.27	0.57	0.34	0.18	0.25	0.18	0.25
5	0.57	0.39	0.20	0.26	0.53	0.27	0.20	0.25	0.30	0.33	0.32	0.20	0.23
6	0.82	0.63	0.38	0.43	0.39	0.61	0.67	0.32	0.34	0.50	0.14	0.29	0.26
7以上	0.82	0.63	0.38	0.43	0.39	0.61	0.67	0.32	0.34	0.50	0.14	0.29	0.26

年齢別資源尾数(千尾)

年齢	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	1,749	2,656	2,968	3,071	11,144	9,565	10,470	6,893	6,148	5,691	7,654	5,427	2,145
2	3,606	1,207	1,737	2,281	2,330	8,412	7,291	7,772	5,360	4,788	4,367	5,958	4,226
3	1,476	1,489	839	1,207	1,636	1,679	5,251	4,936	5,885	4,001	3,399	3,187	4,509
4	552	572	850	468	794	1,138	1,102	2,712	3,008	3,682	2,842	2,300	2,183
5	295	226	300	510	279	495	772	656	1,190	1,663	2,384	1,718	1,499
6	161	130	119	191	307	127	295	493	397	689	929	1,353	1,092
7以上	104	91	92	113	155	244	157	180	382	431	529	987	1,368
合計	7,944	6,372	6,905	7,841	16,645	21,661	25,336	23,642	22,370	20,944	22,105	20,930	17,020

年齢別資源量(トン)

年齢	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	40	61	68	70	255	219	250	171	84	85	147	69	38
2	168	69	104	143	156	363	360	393	234	188	162	149	148
3	157	135	74	100	167	149	356	362	410	241	195	166	224
4	68	72	91	57	104	129	107	273	298	278	229	183	172
5	53	40	48	81	50	71	125	94	160	191	273	186	167
6	40	27	22	43	68	25	58	89	74	95	147	203	165
7以上	31	28	25	35	45	72	48	55	111	111	108	257	351
合計	556	432	432	528	845	1,027	1,303	1,438	1,370	1,190	1,261	1,213	1,265

補足資料３　管理基準値案と禁漁水準案等

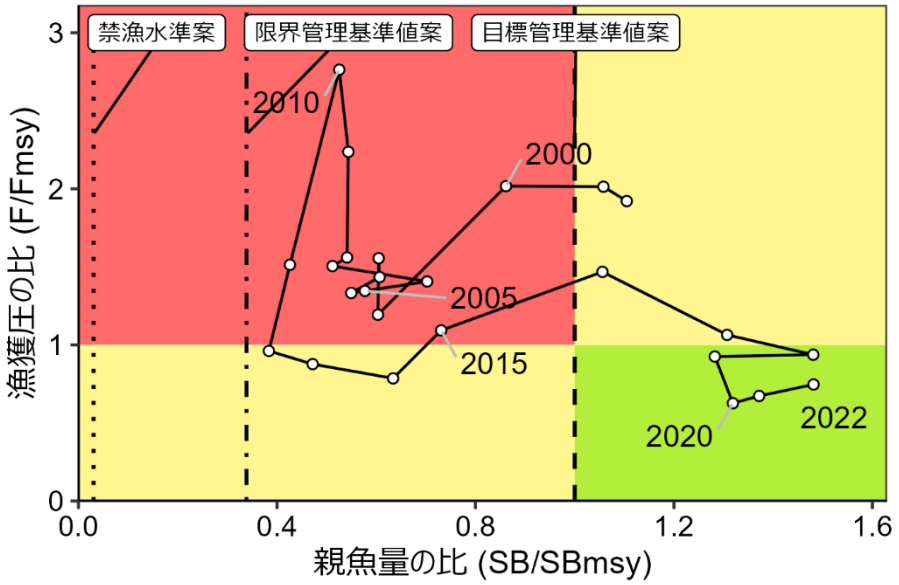
令和 4 年 8 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値（SBtarget）には MSY 水準における親魚量（SBmsy：758 トン）、限界管理基準値（SBlimit）には MSY の 60%が得られる親魚量（SB0.6msy：257 トン）、禁漁水準（SBban）には MSY の 10%が得られる親魚量（SB0.1msy：23 トン）を用いることが提案されている（三澤ほか 2022b、補足表 6-2）。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧（F）を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。コホート解析により得られた 2022 年の親魚量（SB2022：1,123 トン）は目標管理基準値案を上回る。本資源における 2018 年以降の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧を下回っていたと判断される（補足図 3-1、補足表 6-3）。

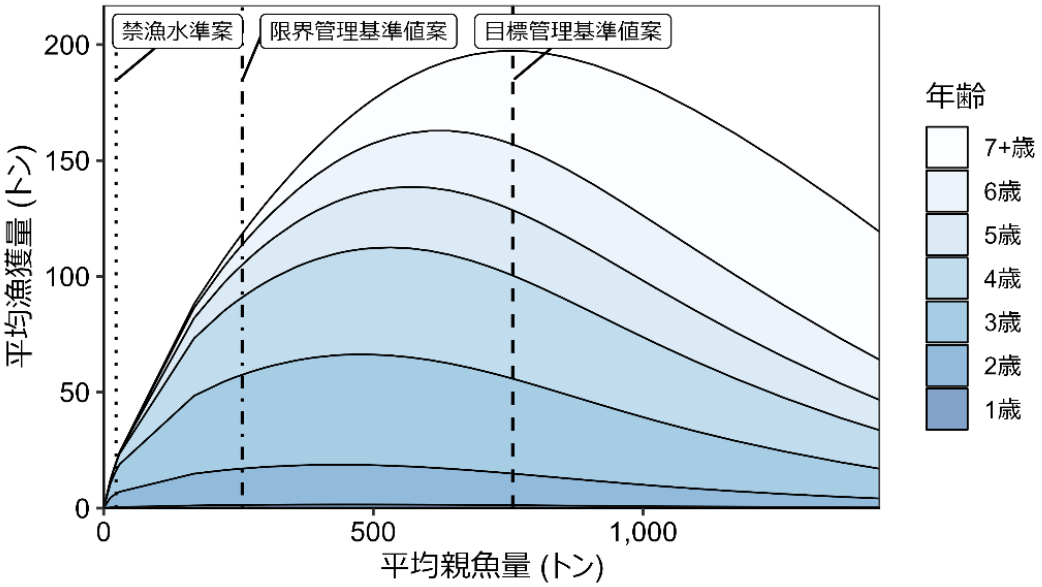
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。平均親魚量が限界管理基準値以下では 2～4 歳の個体がほとんどの割合を占めている。しかし、親魚量が増加するにつれてより高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

引用文献

三澤　遼・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡　駿・金森由妃・冨樫博幸・永尾次郎 (2022b) 令和 4（2022）年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-40. FRA-SA2022-BRP06-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220825/FRA-SA2022-BRP06-01.pdf (last accessed 28 Jul. 2023)



補足図 3-1.　管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）



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

補足資料４　漁獲管理規則案に対応した将来予測

（1）将来予測の設定

資源評価で推定した 2022 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2023～2054 年までの将来予測計算を行った（補足資料 5 参照）。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、3,000 回の繰り返し計算を行った。

本資源では資源尾数と体重の間に負の相関がある可能性が指摘されており、将来予測においては資源尾数の増減による年齢別体重の変化を考慮した（三澤ほか 2022b）。ただし、将来予測に用いられた各年齢別体重の最大・最小値はそれぞれ過去に観測された値の範囲内であることを確認した。

2023 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2017-2021）から仮定した。2024 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

（2）漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には Fmsy に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本資源の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。

（3）2024 年の予測値

漁獲管理規則に基づき試算された 2024 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 229 トン、β を 1.0 とした場合には 277 トンであった（補足表 6-4）。2024 年に予測される親魚量は限界管理基準値を上回り、平均 1,000 トンと見込まれた。

（4）2025 年以降の予測

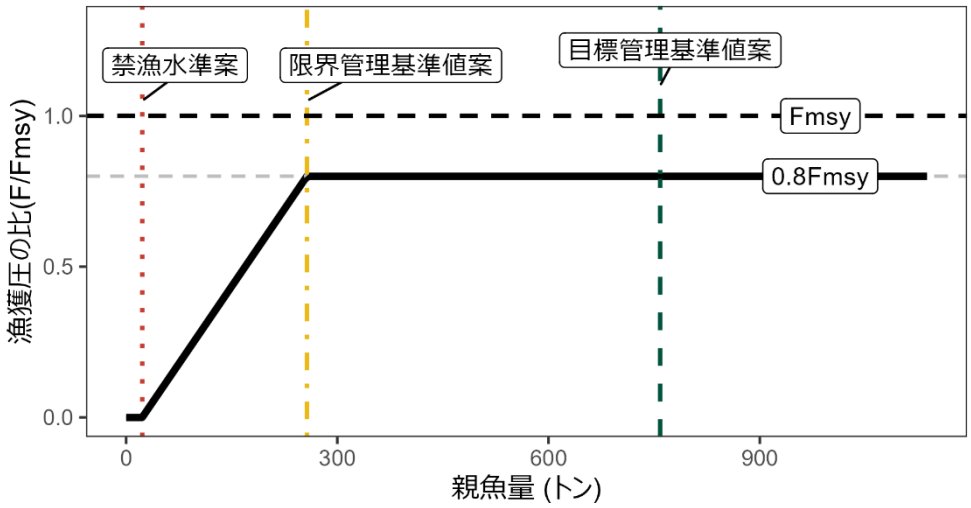
2025 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2 および補足表 4-1、4-2 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2034 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 821 トン（90%予測区間は 507～1,160 トン）であり、β を 1.0 とした場合には 715 トン（90%予測区間は 425～1,032 トン）である（補足表 6-5）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.8 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率は β が 1.0 でも 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2017-2021）を継続した場合の 2034 年の親魚量の予測値は 730 トン（90%予測区間は 436～1,049 トン）であり、目標管理基準値案を上回る確率は 40%、限界管理基準値案を上回る確率は 99%である。

引用文献

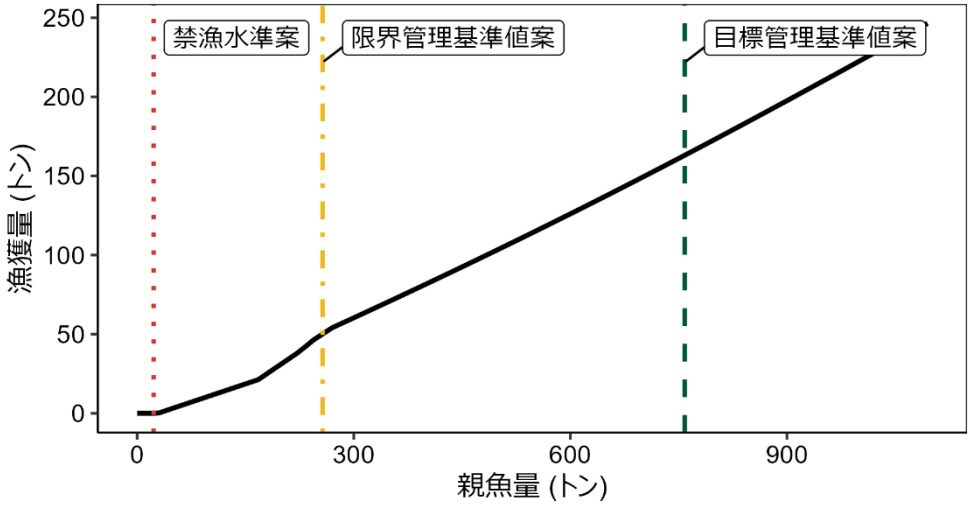
三澤　遼・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡　駿・金森由妃・冨樫博幸・永尾次郎 (2022b)

令和4 (2022) 年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-40. FRA-SA2022-BRP06-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220825/FRA-SA2022-BRP06-01.pdf (last accessed 28 Jul. 2023)

a）縦軸を漁獲圧にした場合

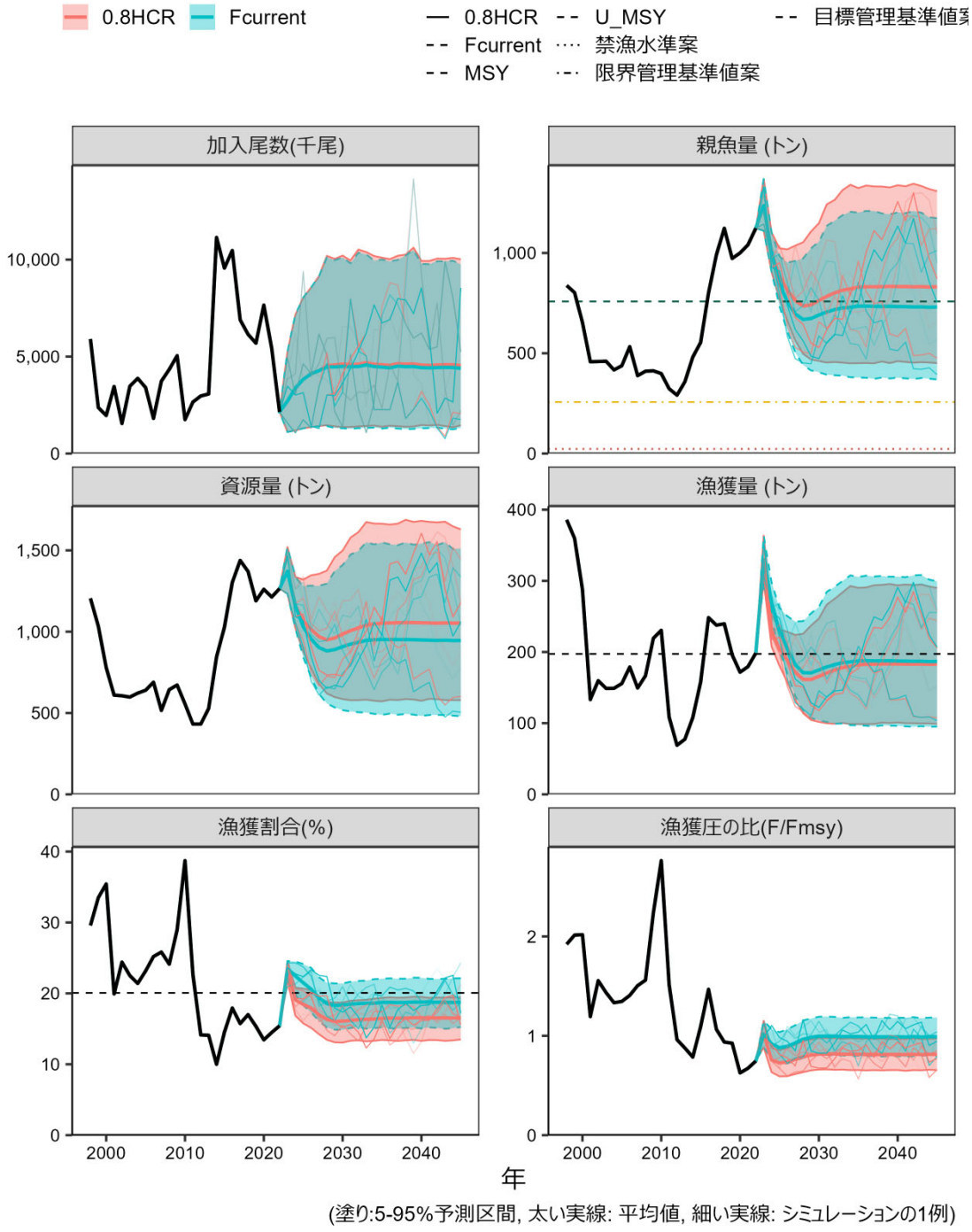


b）縦軸を漁獲量にした場合



補足図 4-1.　漁獲管理規則（HCR）案

目標管理基準値案（SBtarget）は HS 型再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値案（SBlimit）および禁漁水準案（SBban）にそれぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線：Fmsy、灰色破線：0.8Fmsy、黒太線：HCR、赤点線：禁漁水準案、黄色一点鎖線：限界管理基準値案、緑色破線：目標管理基準値案を示す。a）は縦軸を漁獲圧にした場合、b）は縦軸を漁獲量で表した場合である。b)については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。



補足図 4-2.　漁獲管理規則（HCR）案を用いた将来予測（赤線）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑線）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。

補足表 4-1.　将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a）目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	**2034**	2044	2054
1.0	100	100	100	88	40	25	24	27	31	33	35	36	**38**	38	39
0.9	100	100	100	93	53	35	31	33	37	40	43	45	**46**	47	48
0.8	100	100	100	97	67	45	39	40	45	49	50	53	**54**	57	58
0.7	100	100	100	99	79	57	49	50	54	58	60	62	**63**	66	67
0.6	100	100	100	100	90	72	61	60	64	66	70	72	**72**	75	77
0.5	100	100	100	100	97	85	73	72	73	75	78	80	**81**	83	85
0.4	100	100	100	100	99	94	85	82	83	84	86	88	**88**	91	91
0.3	100	100	100	100	100	99	94	91	92	92	93	94	**94**	96	96
0.2	100	100	100	100	100	100	98	97	97	96	97	98	**98**	99	99
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	**99**	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
F2017-2021	100	100	100	90	44	28	26	29	32	35	38	38	**40**	40	42

b）限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	**2034**	2044	2054
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	**99**	99	99
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
F2017-2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**99**	99	99

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2017-2021）から予測される 330 トンとし、2024 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2017-F2021、β＝1.0 に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則案による管理開始から 10 年後を示す。

補足表 4-2.　将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移

a)　親魚量の平均値の推移（トン）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	**2034**	2044	2054
1.0	1,123	1,236	1,000	841	747	686	658	663	679	694	705	713	**715**	714	724
0.9	1,123	1,236	1,000	862	780	723	695	700	719	736	751	761	**766**	769	781
0.8	1,123	1,236	1,000	884	816	763	736	741	763	783	801	814	**821**	830	843
0.7	1,123	1,236	1,000	907	853	807	781	788	812	836	857	873	**883**	897	911
0.6	1,123	1,236	1,000	931	893	856	832	842	869	896	920	940	**952**	974	989
0.5	1,123	1,236	1,000	955	936	910	890	903	934	964	993	1,016	**1,032**	1,063	1,078
0.4	1,123	1,236	1,000	980	981	968	955	973	1,009	1,044	1,078	1,105	**1,125**	1,168	1,185
0.3	1,123	1,236	1,000	1,007	1,030	1,033	1,029	1,054	1,097	1,139	1,179	1,211	**1,236**	1,297	1,315
0.2	1,123	1,236	1,000	1,034	1,082	1,105	1,112	1,147	1,201	1,251	1,299	1,339	**1,371**	1,459	1,480
0.1	1,123	1,236	1,000	1,061	1,137	1,184	1,206	1,256	1,323	1,386	1,446	1,496	**1,538**	1,669	1,693
0.0	1,123	1,236	1,000	1,090	1,196	1,271	1,314	1,382	1,469	1,549	1,626	1,691	**1,747**	1,947	1,982
F2017-2021	1,123	1,236	1,000	847	757	696	668	673	691	706	718	726	**730**	729	740

b）漁獲量の平均値の推移（トン）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	**2034**	2044	2054
1.0	198	330	277	233	207	184	172	172	176	180	183	186	**187**	187	189
0.9	198	330	253	220	199	178	168	167	172	176	180	183	**184**	186	188
0.8	198	330	229	204	189	171	162	161	166	171	175	178	**180**	183	185
0.7	198	330	204	187	176	163	154	154	158	163	168	171	**174**	178	180
0.6	198	330	178	168	162	151	144	145	149	154	159	162	**165**	170	172
0.5	198	330	151	146	145	138	132	133	137	142	147	151	**153**	159	161
0.4	198	330	123	123	124	120	117	118	122	127	131	135	**138**	144	146
0.3	198	330	94	96	100	99	97	99	103	107	111	114	**117**	124	126
0.2	198	330	64	67	72	72	72	74	77	81	84	87	**89**	96	98
0.1	198	330	33	35	39	40	40	42	44	46	48	50	**52**	57	58
0.0	198	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0
F2017-2021	198	330	270	230	205	182	171	171	175	179	182	185	**186**	187	189

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2017-2021）から予測される 330 トンとし、2024 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2017-F2021、β＝1.0 に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則案による管理開始から 10 年後を示す。

補足資料５　将来予測の方法

将来予測は、令和 4 年 8 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F（Fmsy）の推定に用いた再生産関係（三澤ほか 2022b）と、補足表 5-1 に示した各種設定（自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重、現状の漁獲圧）を使用して実施した。なお、上述のように将来予測には資源尾数の増減による年齢別体重の変化（補足図 5-1）を考慮して親魚量を計算した。資源尾数の予測には、コホート解析の前進法を用いた。

資源尾数や漁獲量の予測計算には、「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（FRA-SA2023-ABCWG02-04）」に基づき、統計ソフトウェア R（version 4.3.1）および計算パッケージ frasyr（ver.2.2.0.3）を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y}\, exp(-F_{a,y} - M) \quad \text{（1～6 歳魚）} \qquad (1)$$

$$N_{7+,y+1} = (N_{7+,y} + N_{6,y})\, exp(-F_{6,y} - M) \quad \text{（7 歳以上）} \qquad (2)$$

また、漁獲尾数は上記で求めた資源尾数と各漁獲シナリオから仮定される F 値をもとに以下の式から求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y}\{1 - exp(-F_{a,y})\}\, exp(-\frac{M}{2}) \qquad (3)$$

将来予測における資源量および漁獲量は、ここで求めた資源尾数または漁獲尾数に補足表 5-1 の体重を乗じて求め、親魚量はこの資源量に成熟割合を乗じて算出した。

引用文献

三澤　遼・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡　駿・金森由妃・冨樫博幸・永尾次郎 (2022b) 令和 4 (2022) 年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-40. FRA-SA2022-BRP06-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220825/FRA-SA2022-BRP06-01.pdf (last accessed 28 Jul. 2023)

補足表 5-1.　将来予測計算に用いたパラメータ

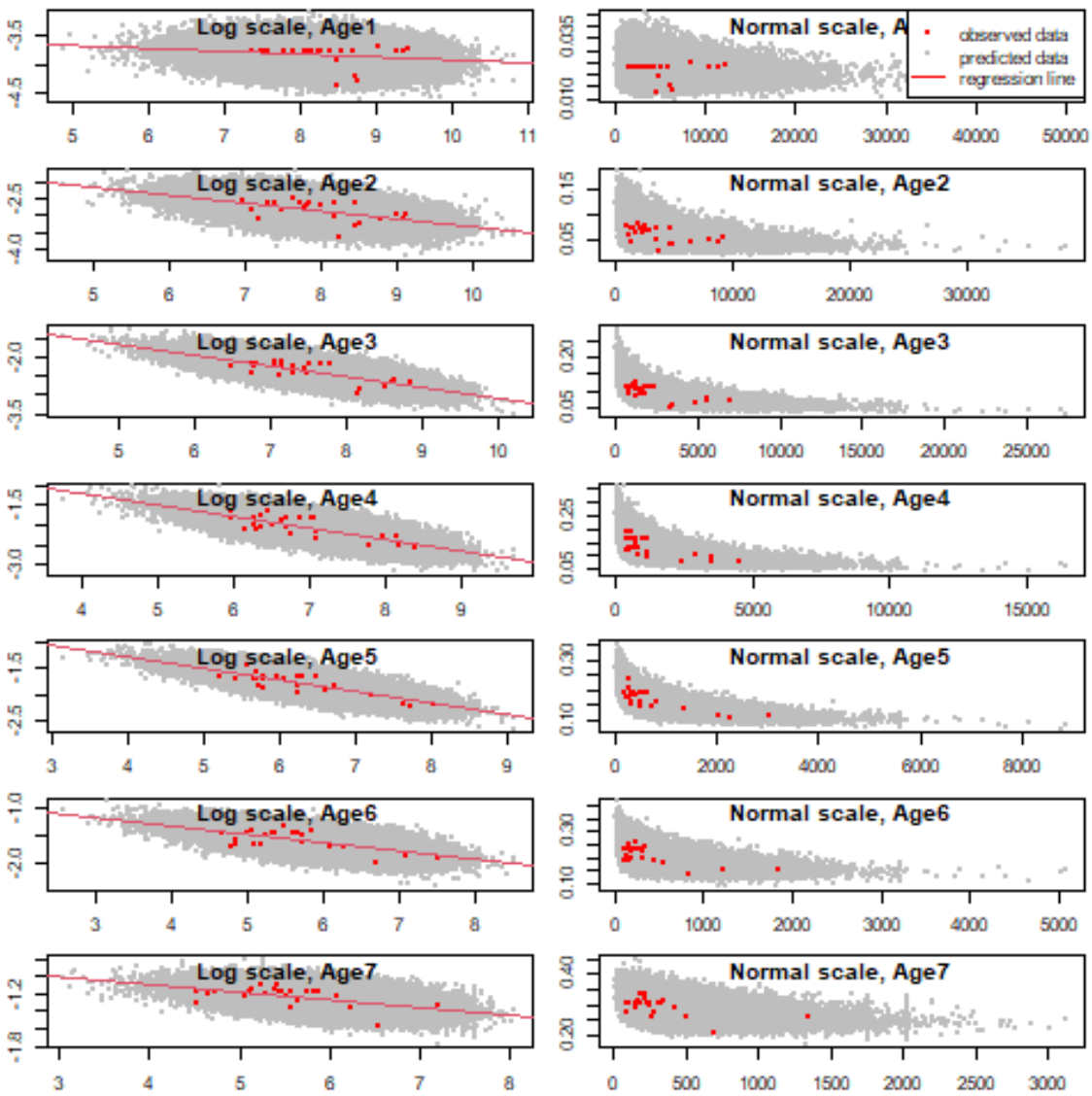
	選択率（注 1）	Fmsy（注 2）	F2017-2021（注 3）	平均体重（g）（注 4）	自然死亡係数	成熟割合
1 歳	0.04	0.01	0.003	21 (21～22)	0.25	0
2 歳	0.24	0.09	0.05	57 (56～66)	0.25	0.3
3 歳	0.71	0.26	0.17	87 (76～102)	0.25	1
4 歳	1.00	0.37	0.31	112 (87～134)	0.25	1
5 歳	0.83	0.31	0.28	146 (122～168)	0.25	1
6 歳	1.22	0.45	0.32	186 (164～205)	0.25	1
7 歳以上	1.22	0.45	0.32	266 (251～271)	0.25	1

注 1 : 令和 4 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 4 年度度資源評価での Fcurrent の選択率）。

注 2 : 令和 4 年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、令和 4 年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent を掛けたもの）。

注 3 : 本資源では 2017～2021 年の F の平均値を現状の漁獲圧としており、この F 値を 2023 年の漁獲量の仮定に使用した。

注 4 : 将来の年齢別の体重は資源尾数に応じて変化するオプションを用いた。ここでは漁獲管理規則案の下で予測された 2023～2054 年の平均および最小・最大の体重を示す。



補足図 5-1.　年齢別資源尾数（横軸）と体重（縦軸）の関係（右は実測値、左は対数変換したもの）

赤点は 1998～2022 年における実際のデータ、赤線はその回帰、灰色は将来予測における推定値である。

補足資料６　各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1.　再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小二乗法	有	8.133	583.991	0.453	0.630

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

補足表 6-2.　管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	758 トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）
SBlimit 案	257 トン	限界管理基準値案。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）
SBban 案	23 トン	禁漁水準案。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy）
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧（漁獲係数 F） （1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳以上） =（0.01, 0.09, 0.26, 0.37, 0.31, 0.45, 0.45）	
%SPR（Fmsy）	34%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	197 トン	最大持続生産量 MSY

補足表 6-3.　最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2022	1,123 トン	2022 年の親魚量
F2022	2022 年の漁獲圧（漁獲係数 F） （1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳以上） ＝（0.003, 0.04, 0.14, 0.25, 0.23, 0.26, 0.26）	
U2022	16%	2022 年の漁獲割合
%SPR（F2022）	42%	2022 年の%SPR
%SPR（F2017-2021）	38%	現状（2017～2021 年）の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2022/ SBmsy (SBtarget)	1.48	最大持続生産量を実現する親魚量（目標管理基準値案）に対する 2022 年の親魚量の比
F2022/ Fmsy	0.75	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2022 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る	
親魚量の動向	横ばい	

* 2022 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 6-4.　予測漁獲量と予測親魚量

2024 年の親魚量（予測平均値）: 1,000 トン			
項目	2024 年の漁獲量（トン）	現状の漁獲圧に対する比（F/F2017-2021）	2024 年の漁獲割合（%）
β=1.0	277	1.03	23
β=0.9	253	0.93	21
β=0.8	229	0.82	19
β=0.7	204	0.72	17
β=0.6	178	0.62	15
β=0.5	151	0.51	13
β=0.4	123	0.41	10
β=0.3	94	0.31	8
β=0.2	64	0.21	5
β=0.1	33	0.10	3
β=0.0	0	0	0
F2017-2021	270	1	22

補足表 6-5.　異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量					
β	2034 年の平均親魚量（トン）	90% 予測区間（トン）	2034 年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率（%）		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
β=1.0	715	425–1,032	38	99	100
β=0.9	766	465–1,092	46	100	100
β=0.8	821	507–1,160	54	100	100
β=0.7	883	554–1,239	63	100	100
β=0.6	952	609–1,329	72	100	100
β=0.5	1,032	668–1,430	81	100	100
β=0.4	1,125	735–1,561	88	100	100
β=0.3	1,236	816–1,713	94	100	100
β=0.2	1,371	913–1,900	98	100	100
β=0.1	1,538	1,033–2,118	99	100	100
β=0.0	1,747	1,183–2,398	100	100	100
F2017-2021	730	436–1,049	40	99	100

補足資料７　チューニングに用いた標準化 CPUE

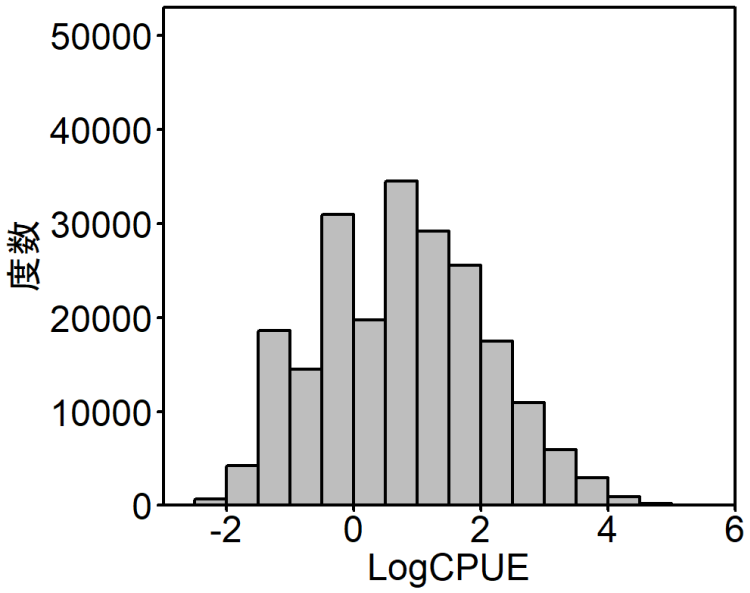
年、月および海域の影響を除去するため、GLM（一般化線形モデル）を用いてヤナギムシガレイの主要な漁場である金華山～房総海区の CPUE の標準化を行った。分析には 1973 年以降の沖底漁績のデータより抽出した、本種の有漁網データを用いた。自然対数を取った本種の CPUE を応答変数として採用し、モデルの誤差は正規分布に従うと仮定した。説明変数には、年（Year）、季節（Season）、海区（Area）とそれらの 1 次の交互作用を用い、以下の初期モデルを作成した。

*Ln(CPUE) = Intercept + Year + Season+ Area + Year*Season+ Year*Area + Season* Area*

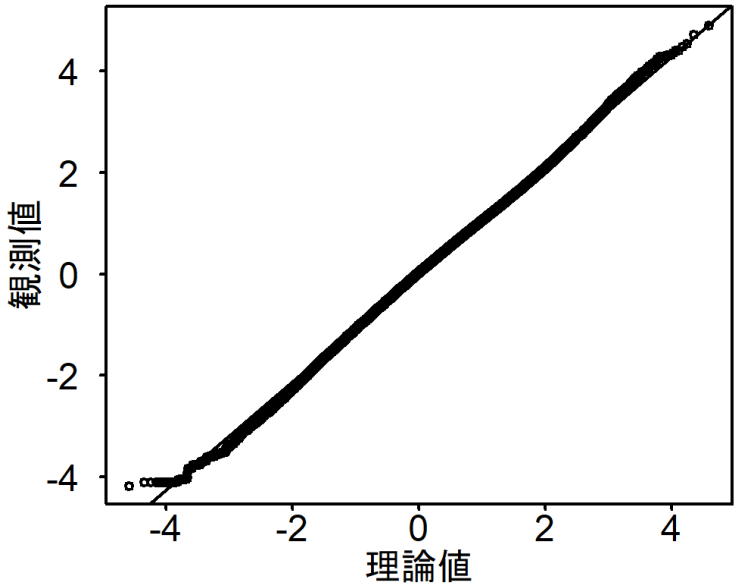
ここでの記号は次の通りである。
Year: 年（1973～2022）
Season: 季節（1～3 月、4～6 月、9 月、10～12 月）
Area: 小海区（金華山、常磐、房総）

説明変数は全てカテゴリカル変数として扱った。季節（Season）はデータ欠損が生じないよう 1～3 か月ごとにまとめた。変数総当たり法により BIC が最小となるモデルをベストモデルとして選択した。変数選択には R Ver 4.1.0 の MuMIn パッケージを用いた（https://www.R-project.org/、2022 年 7 月 22 日）。モデル選択の結果、上記の初期モデルがベストモデルとして選択された。ベストモデルより最小二乗平均（LSMEAN）を用いて海区別の年トレンドを算出し、それらを各海区の面積により重み付け平均することで標準化 CPUE の年トレンドとし、コホート解析のチューニング指数とした。

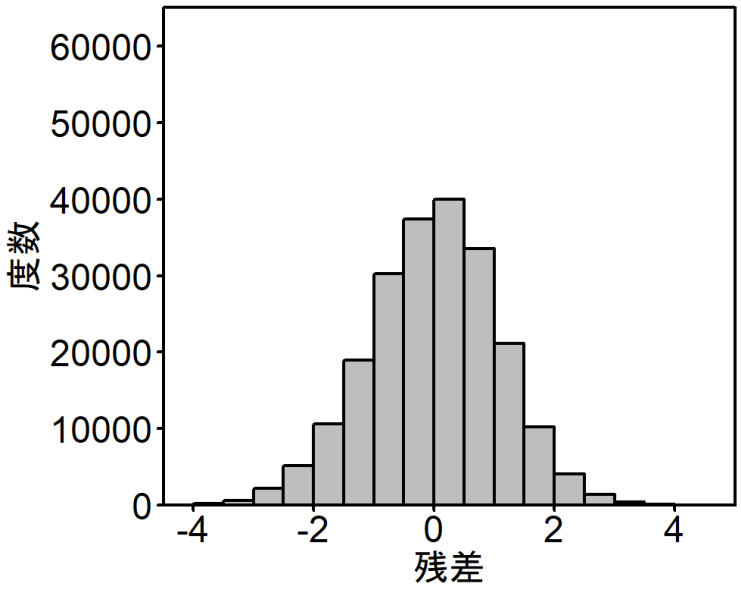
操業ごとの対数 CPUE およびモデルの予測値と実測値の残差は概ね正規分布に従っていた（補足図 7-1、7-2）。正規確率図では、大きな逸脱は観察されなかった（補足図 7-3）。また、年別の残差は 0 周辺に分布することが確認された（補足図 7-4）。ベストモデルを用いて標準化 CPUE を求めたところ、標準化 CPUE の年トレンドは概ねノミナル CPUE（沖底 CPUE を平均値 1 となるよう規格化した値）と類似したトレンドを示したが、一部で標準化 CPUE とノミナル CPUE との乖離がみられ、2018 年以降ではノミナル CPUE が標準化 CPUE と比べて低い値を示した（補足図 7-5）。



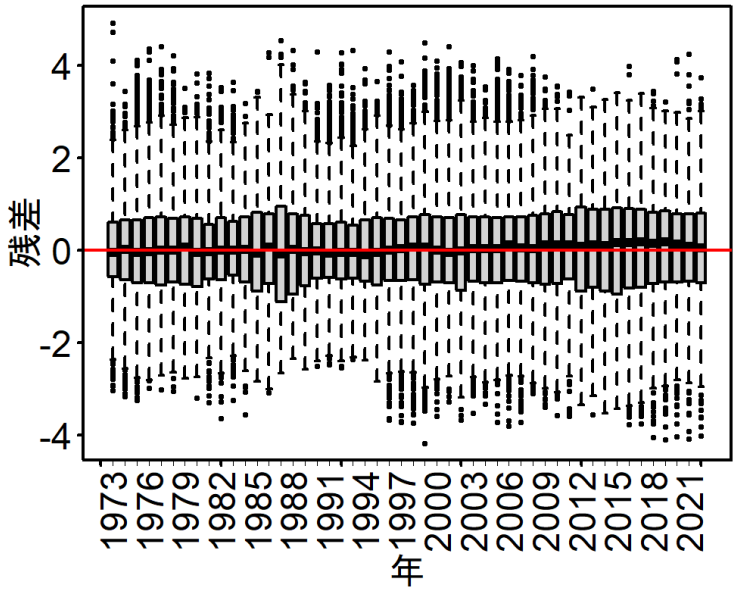
補足図 7-1.　操業ごとの LogCPUE（1973～2022 年データ）



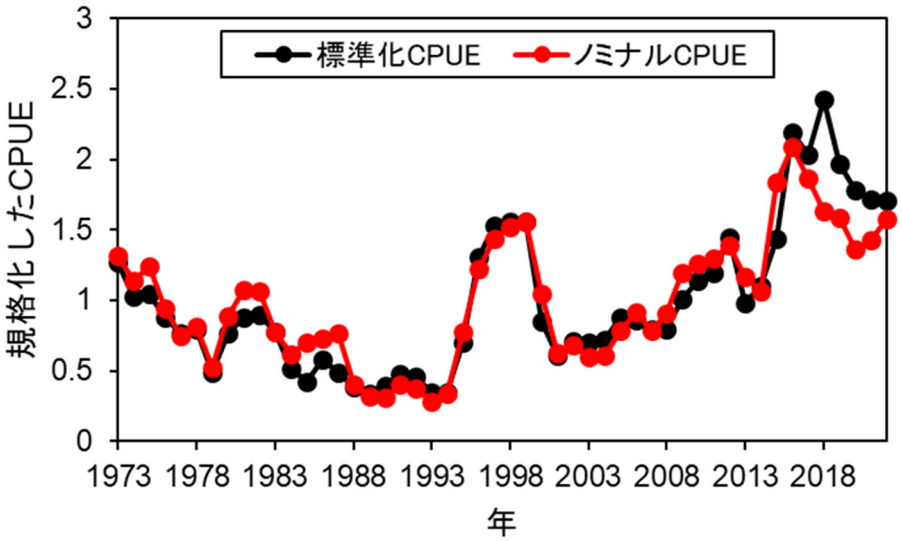
補足図 7-2.　モデル予測値と実測値の残差（1973～2022 年データ）



補足図 7-3.　残差ヒストグラムの正規性の確認



補足図 7-4.　年ごとの残差　箱ひげ図は第一～第三四分位、バーは最大値、最小値の 1.5 倍、バーの外側は外れ値を示す。



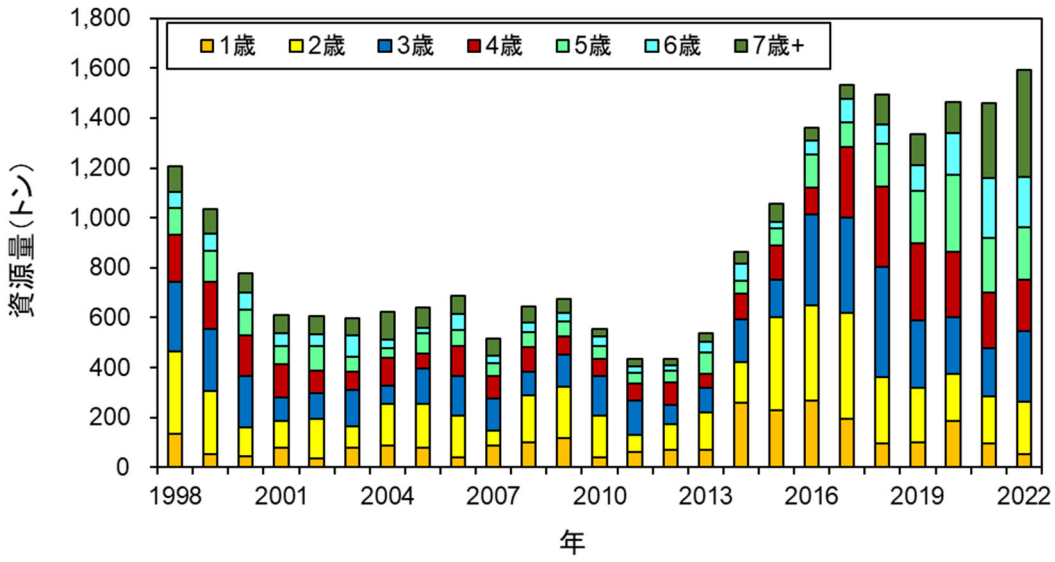
補足図 7-5.　ノミナル CPUE と標準化 CPUE の時系列変化　それぞれ平均値で除すことで規格化した。

補足資料８　稼働率を用いたコホート解析計算結果

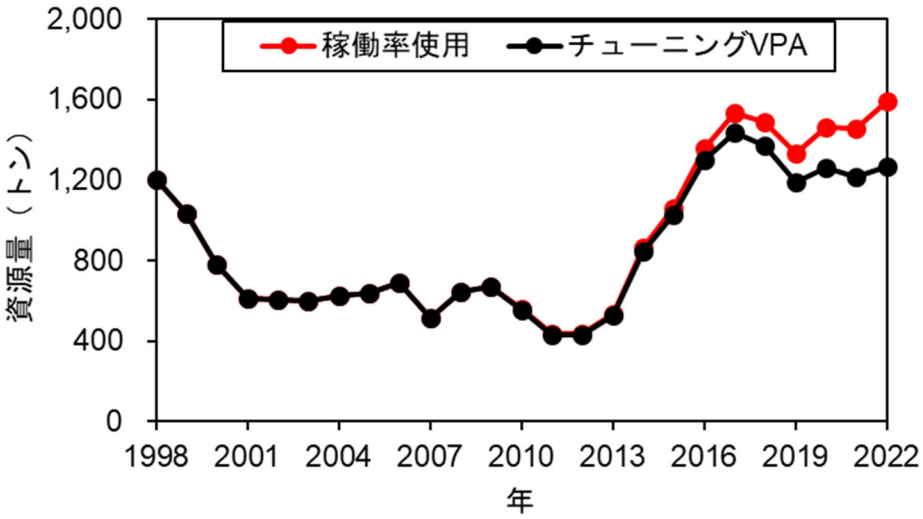
震災後の漁業の影響を考慮するため、主要な漁場である金華山～房総海区における震災前後の沖底の網数を稼働状況の指標として稼働率［震災以降の最大網数（2022 年）を 2005～2009 年の平均網数で除したもの］を求め、その値で 2022 年を除く直近 5 年間（2017～2021 年）の平均 F 値を補正してコホート解析を行った。また、コホート解析の方法は補足資料 2（ステップ 1）と同様である。

その結果、2022 年の資源量は 1,593 トンと推定された（補足図 8-1）。近年（2000 年以降）の資源量は 2014 年から増加しており、2017 年に 1,534 トンを記録して以降はほぼ横ばいで推移していたが、2022 年の資源量は過去最大と推定された。資源量の全体的な傾向は標準化 CPUE でチューニングした場合とほぼ同様であるが、近年（2019 年以降）の資源量は稼働率を用いた場合の方が多く推定される傾向が認められた（補足図 8-2）。本資源の主漁場は福島県沖で、震災後から 2021 年 3 月まで同海域での操業は試験操業にとどまっていたが、現在は本格操業への取り組みがなされており、網数も順調に増加している（図 3-4）。また、震災後の福島県における漁獲量は茨城県の漁獲量を下回っていたが、2019 年以降は福島県における漁獲量が最も多い（図 3-1、3-2）。そのため、ここでは標準化 CPEU によるチューニング結果を重視し、稼働率で補正したコホート解析結果については補足資料への記載に留めた。

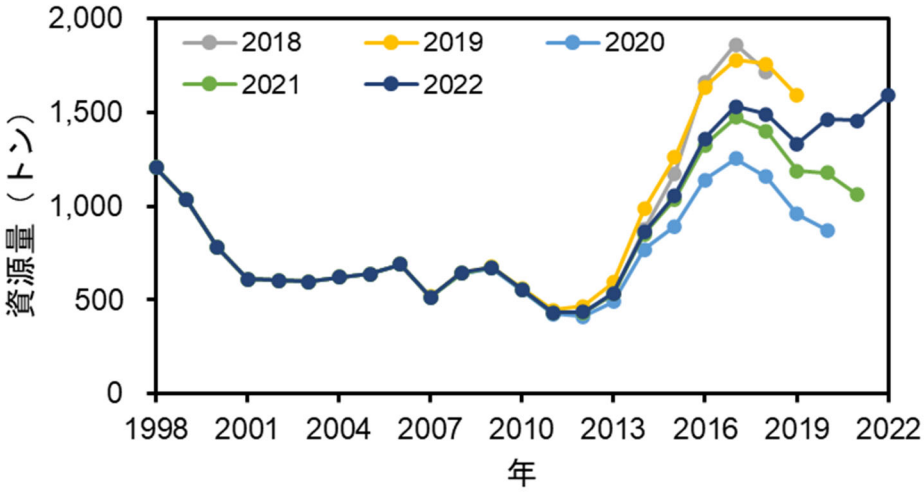
また、稼働率により補正したコホート解析の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性についてレトロスペクティブ解析から診断した。その結果、データの追加・更新が行われることで F 値には目立った傾向はみられなかったものの、資源量は減少する傾向がみられ（補足図 8-3、8-4）、資源量の推定に関しては標準化 CPUE でチューニングした場合（補足図 2-2）の方が頑健性は高いと考えられた。



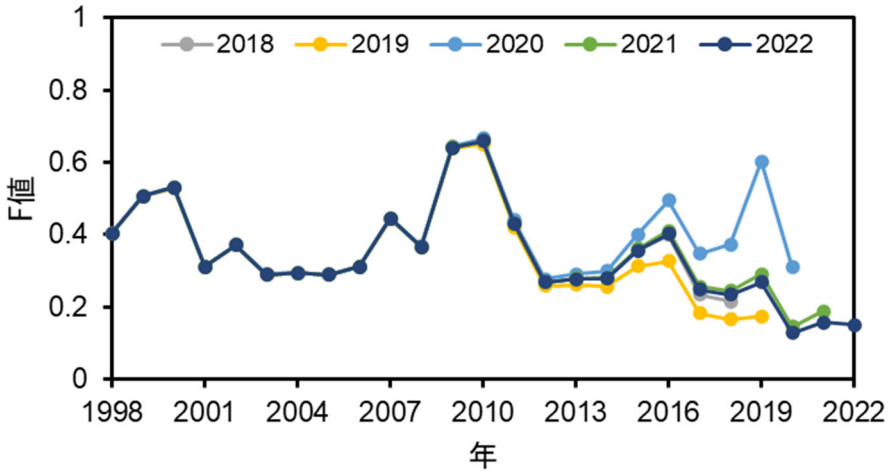
補足図 8-1.　稼働率で補正したコホート解析によって求めた年齢別資源量の推移



補足図 8-2.　稼働率で補正した場合と標準化 CPUE でチューニングした場合のコホート解析結果（資源量）の比較



補足図 8-3.　稼働率で補正したコホート解析による資源量推定値のレトロスペクティブ解析結果



補足図 8-4.　稼働率で補正したコホート解析による F 値のレトロスペクティブ解析結果