

令和 6（2024）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・藤原邦浩・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・富樫博幸・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

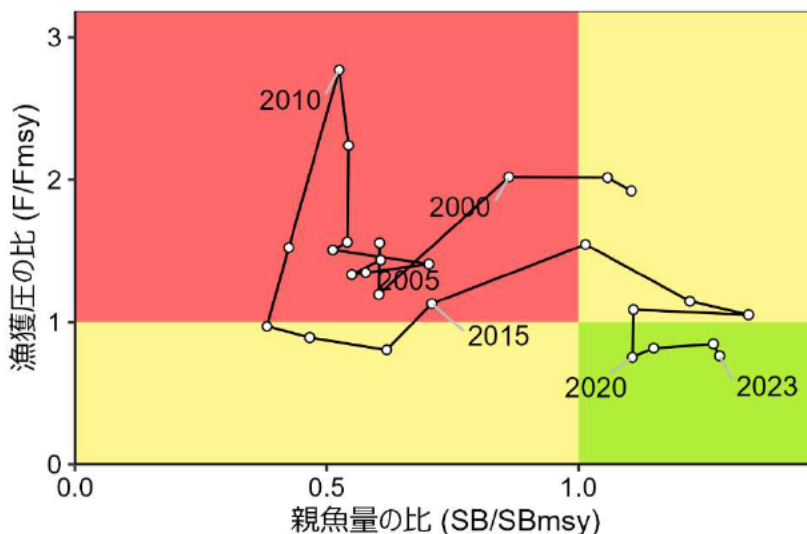
要 約

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、2016～2022 年は 172～248 トンに増加した。2023 年は暫定値ではあるものの 186 トンと前年（196 トン）よりやや減少した。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、2013～2015 年級が多かったことから 2017 年には過去最高の 1,319 トンに達した。2018 年以降は緩やかな減少傾向となり、2023 年の資源量は前年より約 130 トン少ない 1,026 トンであったが、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）を実現する水準の親魚量（SBmsy）は 758 トンである。この基準に従うと、本資源の 2023 年の親魚量は、MSY を実現する水準を上回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2019～2023 年）の推移から「増加」と判断される。また、本資源に対する 2023 年の漁獲圧は SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を下回る。

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。

要 約 図 表



最大持続生産量(MSY)、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量 (SBmsy)	758トン
2023 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2023 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る
2023 年の親魚量の動向	増加
最大持続生産量 (MSY)	197トン
2025 年の ABC	-
コメント: ・ ABC は、本資源の漁獲シナリオが「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・ 近年、本資源は成長の鈍化とそれに伴い 1 歳魚の多くが漁獲対象となっていないことが考えられ、コホート解析による最近年 (2023 年) の加入尾数は過小評価している可能性が高いと判断される。そのため、最近年の加入尾数は再生産関係式から予測された値 (平均値 4,750 千尾) を外部から与えた。	

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 (%)
2019	1,041	841	196	1.09	19
2020	1,103	840	172	0.75	16
2021	1,069	872	179	0.82	17
2022	1,153	962	196	0.85	17
2023	1,026	971	186	0.76	18
2024	1,266	1,036	288	1.06	23
2025	1,177	953	-	-	-

・ 2024、2025 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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場別漁獲統計資料(水産機構) ・全長、年齢測定データ(水産機構、福島県、茨城県) ・市場買い付け ・カレイ類分布調査(水産機構、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	<ul style="list-style-type: none"> ・小型底びき網漁業漁獲成績報告書(水産機構、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(水産機構)*
成熟年齢	<ul style="list-style-type: none"> ・月別精密測定調査(水産機構、福島県、茨城県) ・市場買い付け ・カレイ類分布調査(水産機構、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50～200mが主漁場となっており、CPUEは4～11月には水深120～140mで高く、12月～翌年3月には水深80～100m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されると考えられる(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、柳下ほか 2005)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）。

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

$$BW = 5.4 \times 10^{-6} SL^{3.167}$$

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

$$BW = 2.6 \times 10^{-6} SL^{3.318}$$

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

太平洋北部においては福島～茨城県沖に産卵場が確認されている。産卵期は 10 月～翌年 7 月で、北ほど遅いとされる（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（ただし千葉県は 2001 年以降）、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 トンに回復した。その後はやや減少し、2023 年は前年より 10 トン減少して 186 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、2016～2023 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 万尾と大きく増加したのち、現在にかけて緩やかに減少している（2023 年は 184 万尾）。また、2016 年以前は 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、その後は徐々に回復し、2023 年は暫定で 17,737 網となっている。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1998～2023 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。年齢査定の結果から、雄はおおむね 6 歳まで確認されており、7 歳以上の個体は稀であるため、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て資源量を計算した。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）。

令和 3 年度までの評価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、一昨年度から標準化 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、金華山海区では緩やかに減少、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、2023 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、2023 年も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、2023 年も比較的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 427～689 トンで推移していた（図 4-3）。その後 2015 年は 990 トン、2017 年には過去最高の 1,319 トンと増加したが、2018 年以降はやや減少し、2023 年は 1,026 トンと推定された。年齢別にみると、2017 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 289～537 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、2018 年には過去最高の 1,015 トンとなり、2023 年は 971 トンと推定された。

資源尾数も高い水準であった 1998 年の 1,536 万尾から減少し、2000～2013 年は 622 万～1,053 万尾で推移していた（図 4-4）。その後 2014 年から急増し、2016 年に過去最高の 2,362 万尾を記録した後は減少し、2023 年は 1,279 万尾と推定された。資源量と同様、資源尾数も 2017 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 174 万～591 万尾で推移していたが 2014～2016 年に 948 万～1,088 万尾と急増し、その後緩やかに減少したものの、2017～2021 年は 519 万～758 万尾と比較的良好な加入が認められた（図 4-5）。2023 年の加入尾数は不確実性が高いものの 19 万尾とこれまでよりも極めて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 17.6～30.8 尾/kg と急増した。その後は減少し、2017～2022 年は 3.2～9.0 尾/kg と急増前と同程度の水準となり、2023 年は不確実性が高いものの 0.2 尾/kg とこれまでより低く推定された（図 4-5）。ただし、近年、本資源は成長の鈍化とそれに伴い 1 歳魚の多くが漁獲対象となっていないこと

が考えられ（図 3-3）、コホート解析による最近年（2023 年）の加入尾数は過小評価している可能性が高いと判断される（補足図 2-2）。

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 2023 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続いている。

漁獲割合は 2010 年までは 22～42%で推移していたが、2011 年以降は震災の影響で減少し、2011～2023 年は 13～25%と低い水準で推移している（図 4-8、表 4-1）。

(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、表 4-1 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、2023 年は 41%となった。

SBmsy を維持する漁獲圧（ F_{msy} ）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 F_{msy} 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 F_{msy} 算出時の値を使用した。 F_{msy} は %SPR に換算すると 34%に相当し、現状の漁獲圧（ $F_{2018-2022}$ ）を上回り、 $F_{30\%SPR}$ および F_{max} 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カー・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）の環境下における最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量（ SB_{msy} ）、および SB_{msy} を維持する F （ F_{msy} ）について、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 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を基準にした神戸プロットを図 4-12 に示す。また、2023 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 2023 年の親魚量は SBmsy を上回っており、SBmsy の 1.28 倍である。また、2023 年の漁獲圧は Fmsy を下回っており、Fmsy の 0.76 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 (2019~2023 年) の推移から増加と判断される。

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、2020 年以降については SBmsy を維持する漁獲圧 (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、とくに 2014~2016 年の加入尾数は非常に多かった。近年の加入は減少傾向となっているものの、2017~2021 年は震災以前より高い水準で推移していた (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、2023 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・富樫博幸・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・富樫博幸・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 willow 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.
- 柳下直己・大木 繁・山崎 淳 (2005) 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの年齢
と成長および年齢組成. 日水誌, **71**, 138-145.

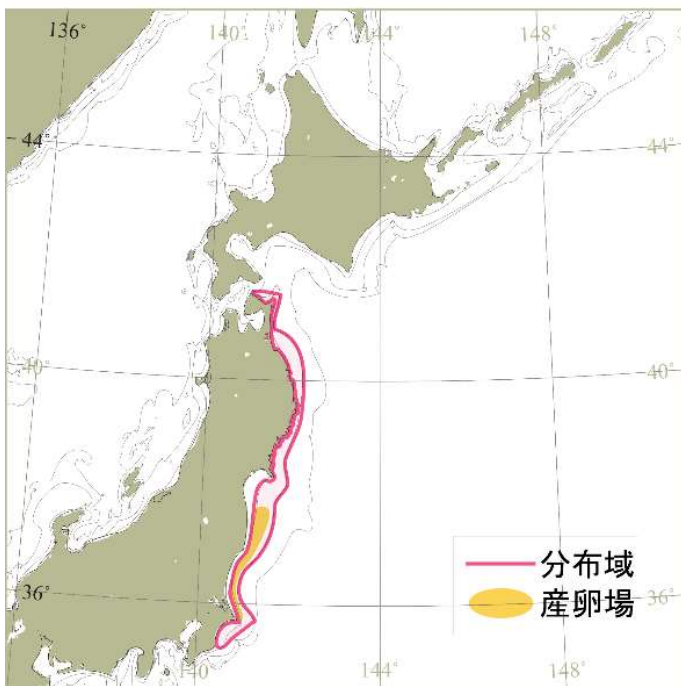


図 2-1. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの分布

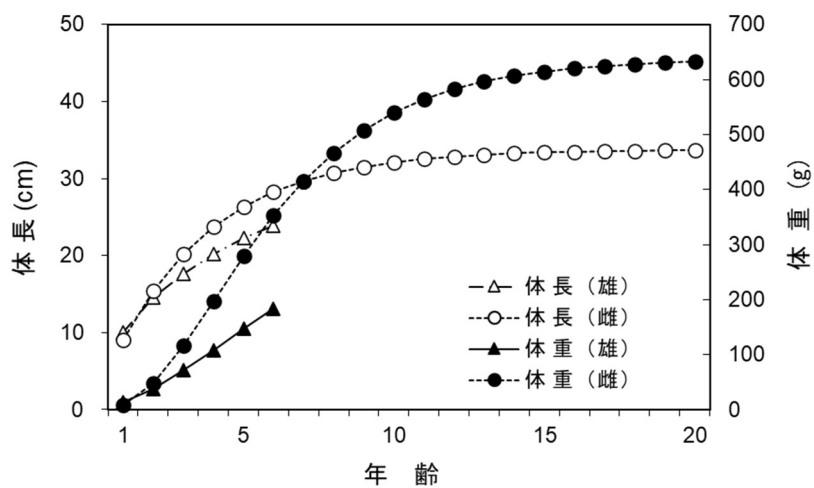


図 2-2. 年齢と成長

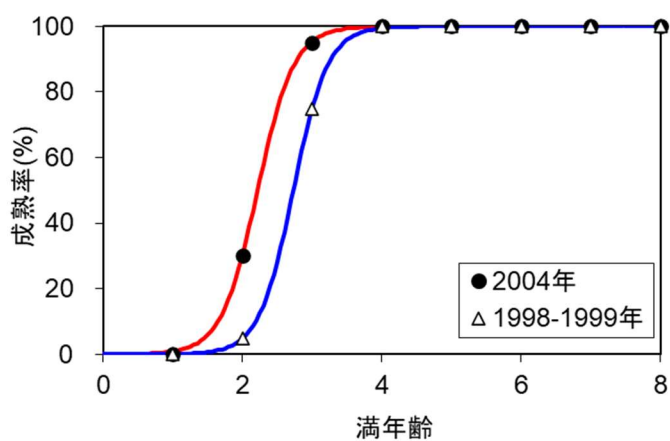


図 2-3. 年齢と成熟率の関係

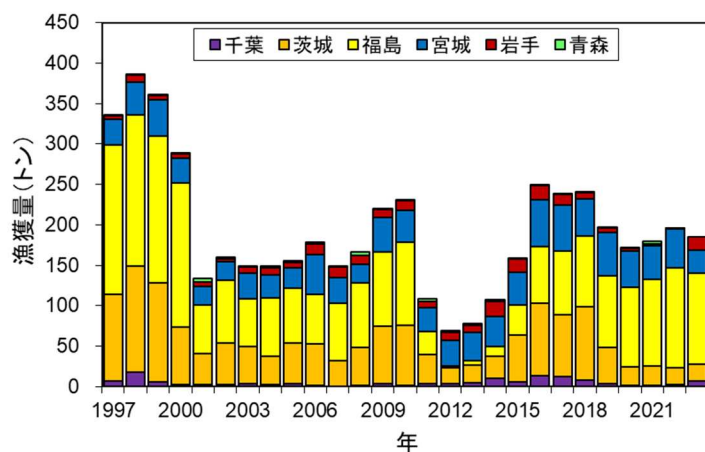
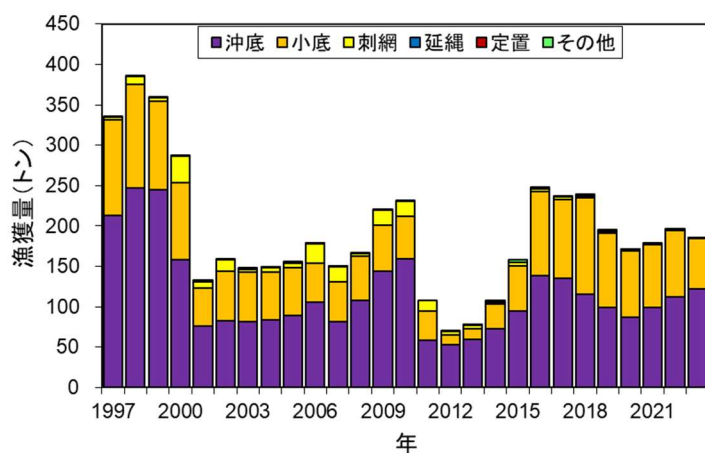


図 3-1. 漁業種別（上）および県別（下）漁獲量の推移 2023 年は暫定値。

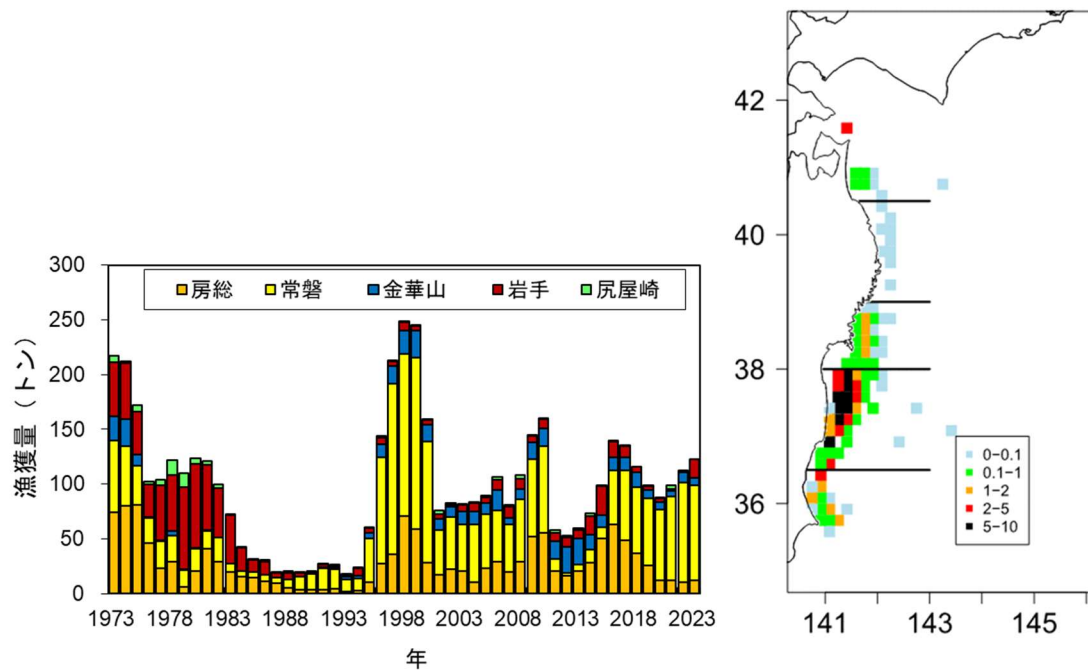


図 3-2. 沖底による漁獲量の推移 (左) および 2022 年の漁獲量 (トン) の分布 (右)
2023 年は暫定値。

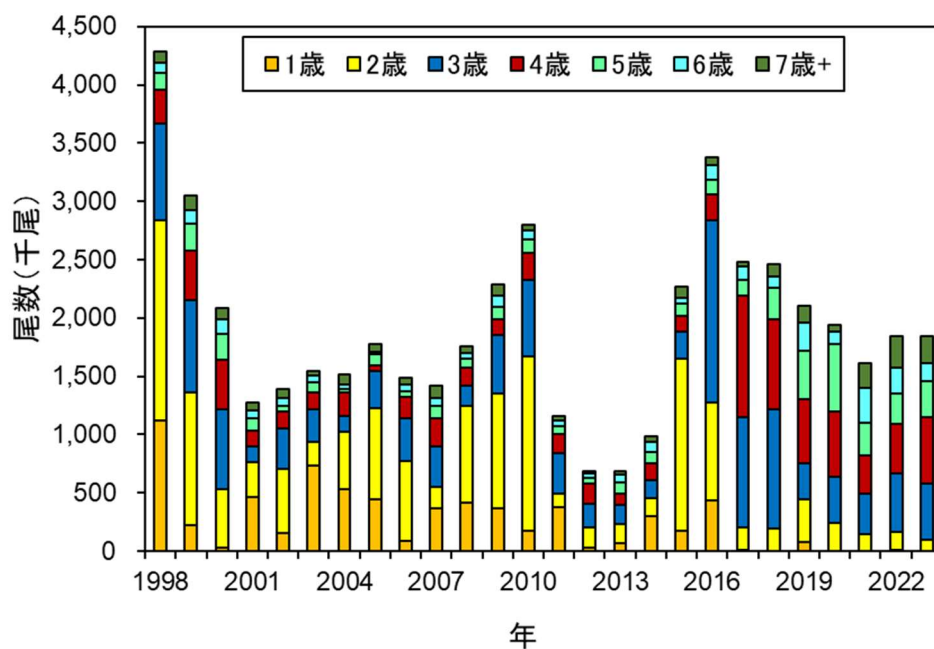


図 3-3. 年齢別漁獲尾数の推移

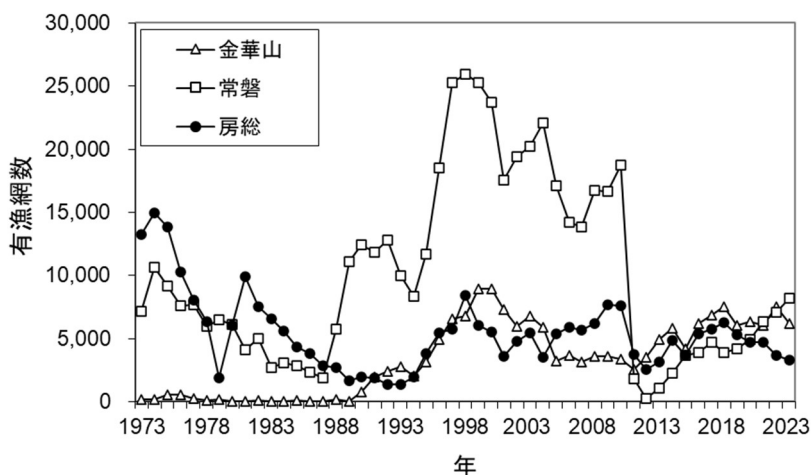


図 3-4. 沖底の海区別漁獲努力量の推移 2023 年は暫定値。

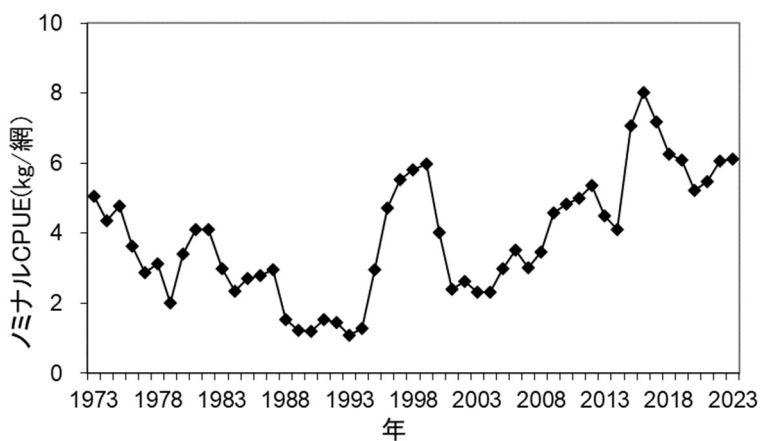
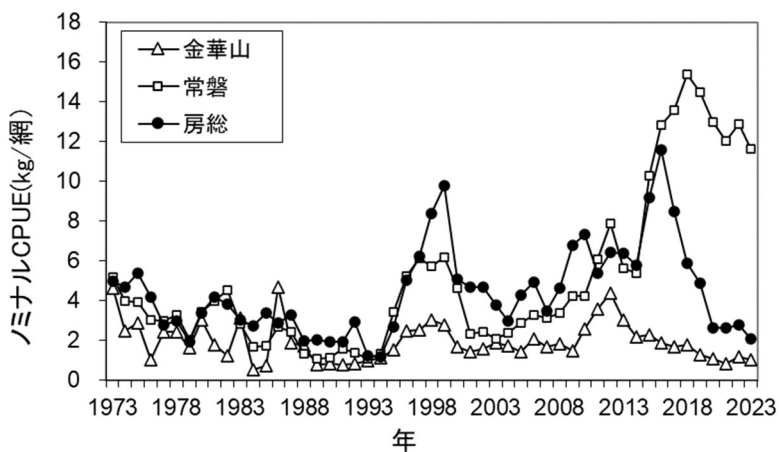


図 4-1. 金華山～房総海区における海区別（上）および3海区合算（下）の沖底ノミナル CPUE 2023 年は暫定値。

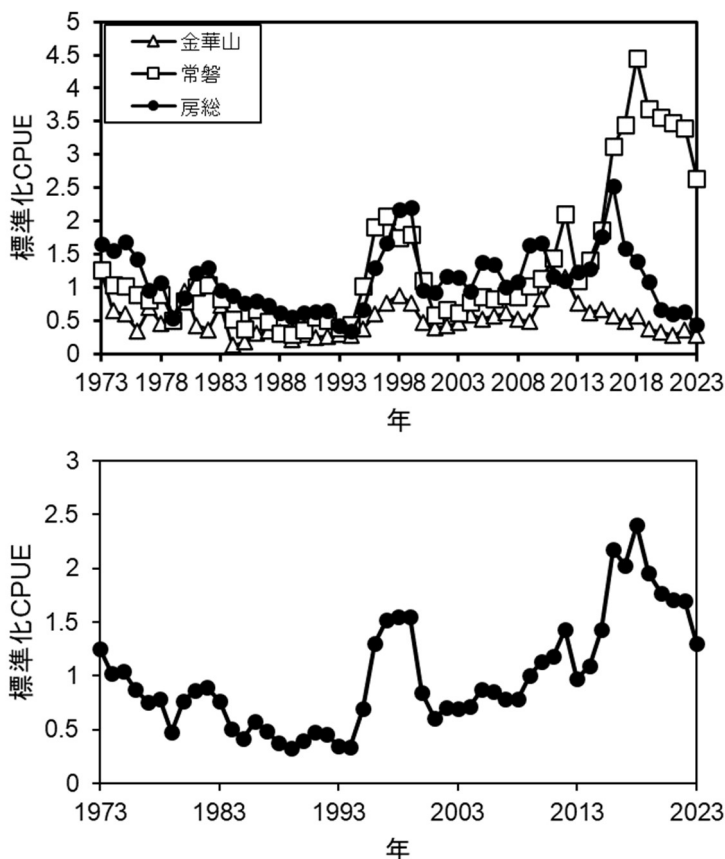


図 4-2. 金華山～房総海区の海区別（上）および3海区合算（下）の沖底標準化 CPUE それぞれ平均値で除すことで規格化した。

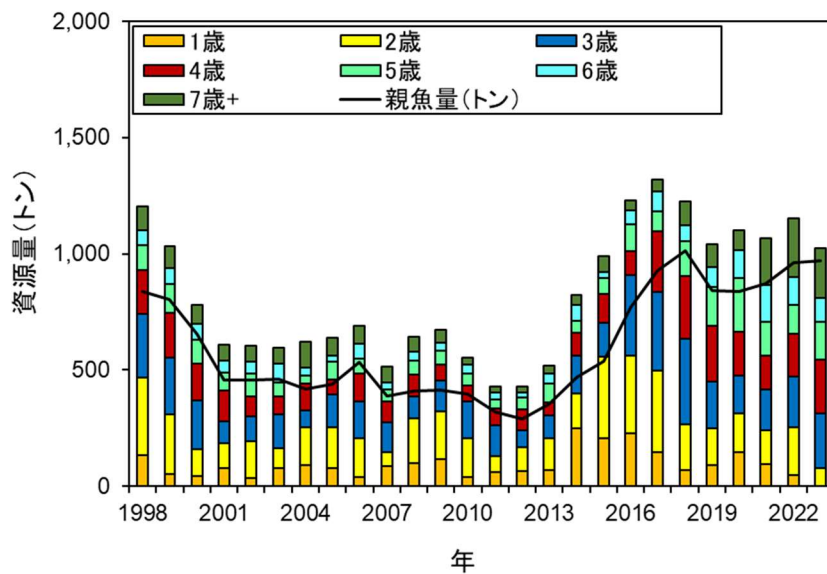


図 4-3. コホート解析によって求めた年齢別資源量および親魚量の推移

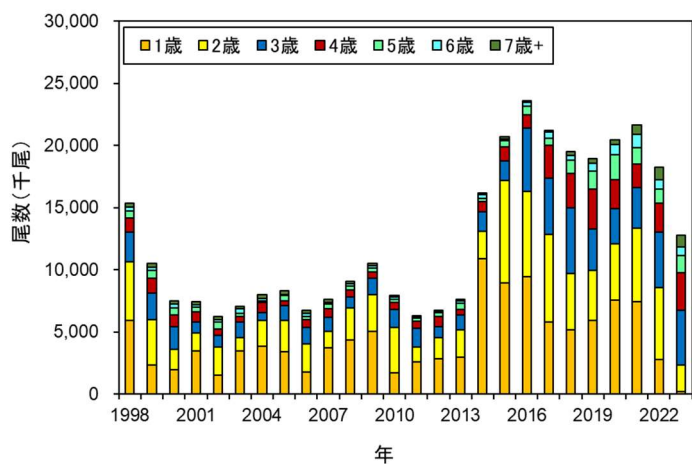


図 4-4. コホート解析によって求めた年齢別資源尾数の推移

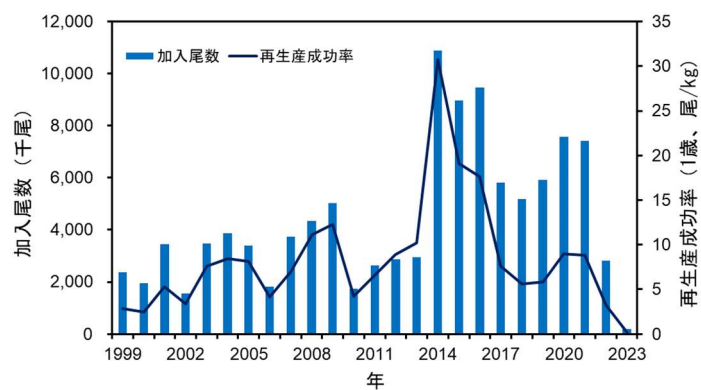


図 4-5. 1 歳魚の加入尾数および再生産成功率の推移

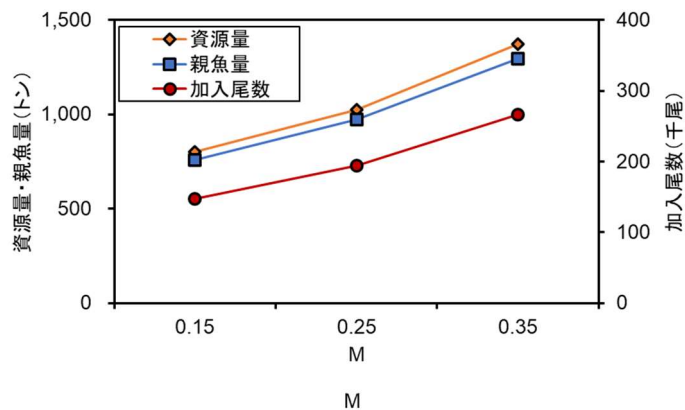


図 4-6. 自然死亡係数 (M) と 2023 年の資源量、親魚量、加入尾数の関係

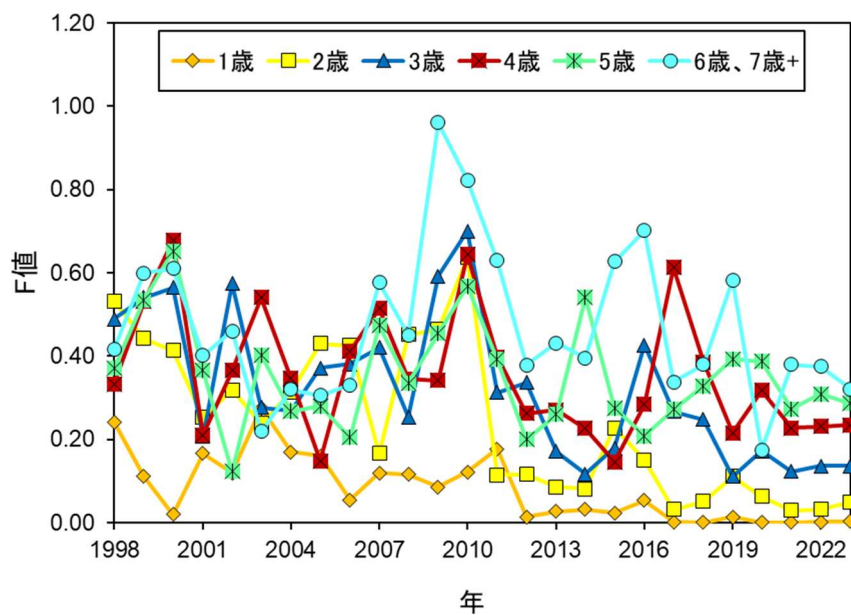


図 4-7. 年齢別漁獲係数 (F 値) の推移

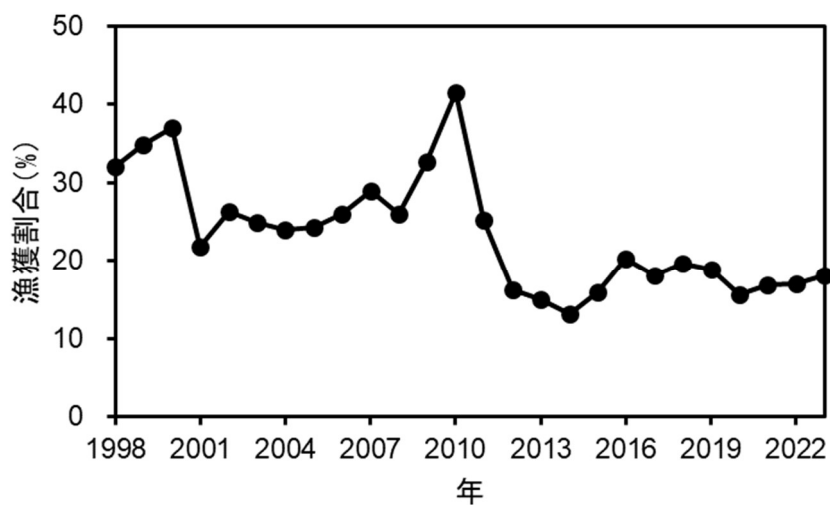


図 4-8. 漁獲割合の推移

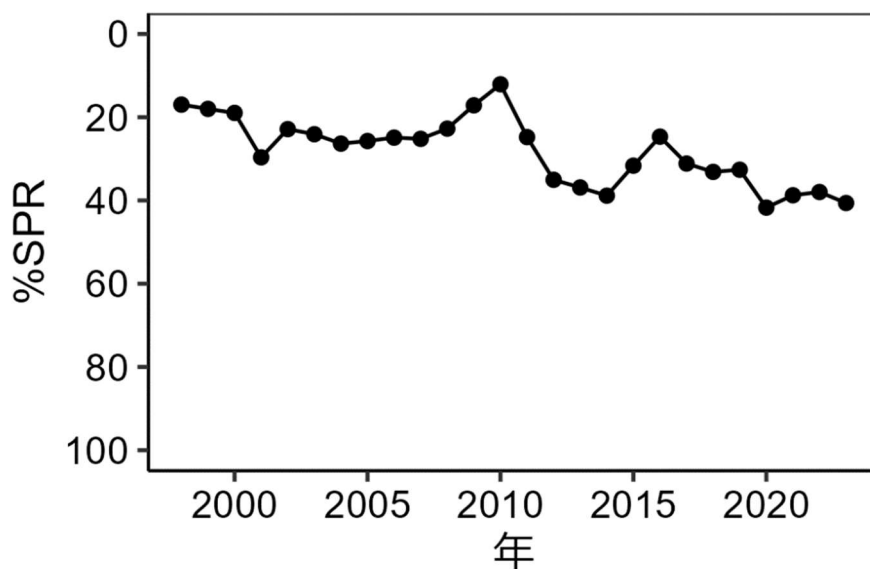


図 4-9. %SPR の推移 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と%SPR は小さく（大きく）なる。

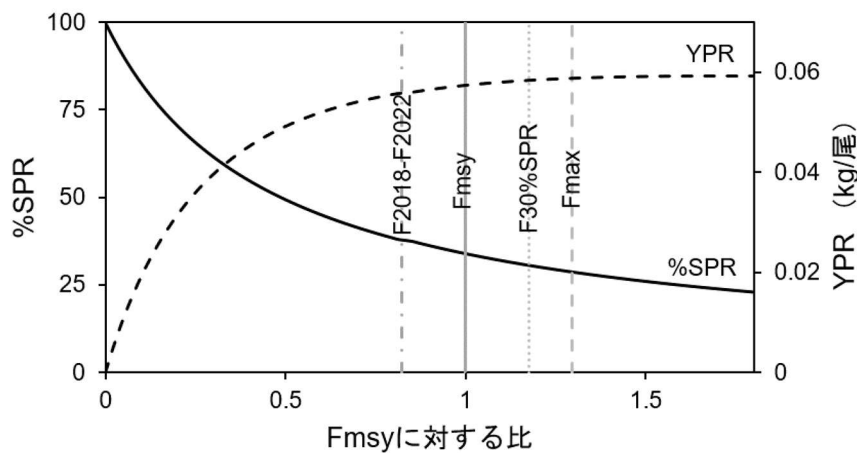


図 4-10. Fmsy に対する YPR と%SPR の関係

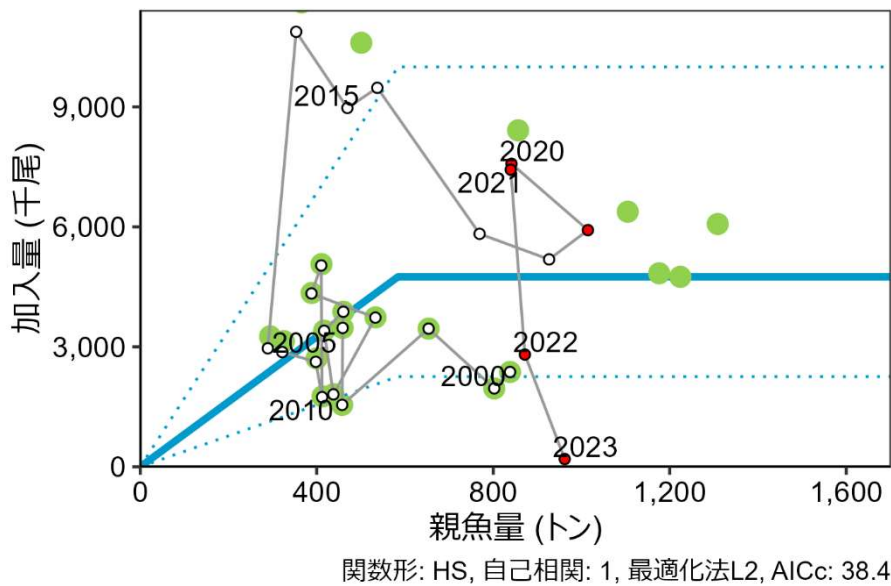


図 4-11. 親魚量と加入量（1 歳魚資源尾数）の関係（再生産関係）

緑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）で提案された観測データと再生産関係式。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。白色および赤色の丸は令和 6（2024）年度の資源評価における資源量と加入量の推定値である。

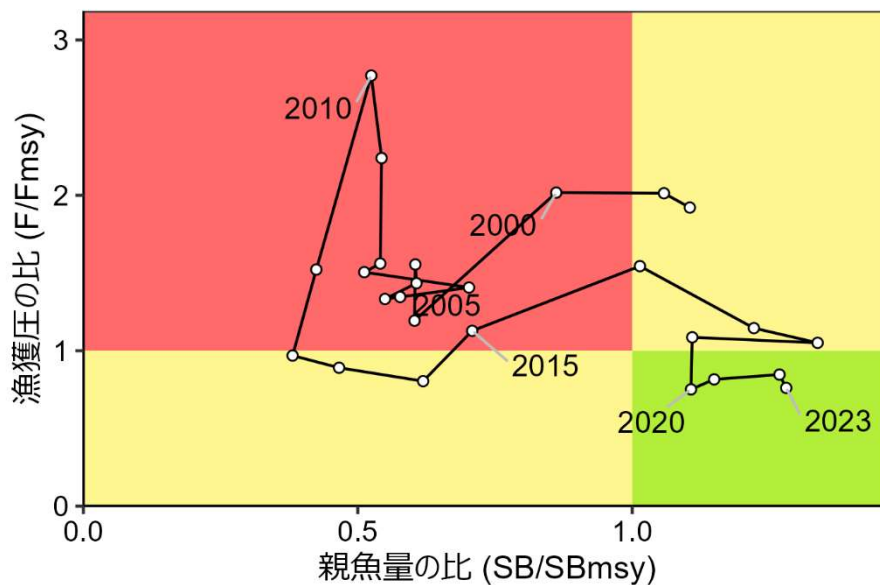


図 4-12. 最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）および SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）に対する、親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

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

県名	漁業種	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
青森	沖底	1	0	0	0	0	4	1	1	1	2	2	1	4	1
	小底	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	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	-	4	8	4	4	4	2	6	8	5	9	11	9	6
	小底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	刺網	-	1	1	1	1	1	1	0	1	1	3	2	3	4
	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	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
宮城	沖底	12	17	21	25	15	10	9	12	11	11	19	6	10	15
	小底	13	15	20	19	14	9	9	17	16	10	11	11	12	13
	刺網	0	0	0	0	1	1	3	1	2	2	20	15	1	14
	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	1	2	0	2	0	0	0	0
福島	沖底	97	156	149	157	111	41	47	43	53	49	47	43	57	70
	小底	15	27	30	22	36	13	21	16	16	17	14	26	22	21
	刺網	0	2	9	3	32	6	10	1	2	2	1	2	0	1
	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	24	29	52	53	25	15	20	18	9	20	27	19	28	49
	小底	52	77	78	69	45	24	31	29	27	31	24	13	20	22
	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	1	1	0	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	3
	小底	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	刺網	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	-	-	-	-	0	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	144
	小底	-	119	128	110	95	46	62	61	59	58	48	49	54	57
	刺網	-	3	10	4	33	8	14	3	5	6	24	19	4	18
	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	0	1	1	3	1	3	1	2	1	0	0	0
計		-	336	386	360	288	133	160	149	149	156	179	149	167	219

各県水試調べ。2022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。
 2023年は暫定値。

表 3-1. (続き)

県名	漁業種	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
青森	沖底	0	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	3	1	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	9	7	9	8	17	13	14	11	5	4	3	2	0	16
	小底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	刺網	3	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	1	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
宮城	沖底	16	17	24	24	14	10	12	12	14	8	7	5	9	6
	小底	9	6	5	6	21	27	43	43	30	43	37	34	37	21
	刺網	15	6	3	4	0	1	1	0	1	1	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	2	3	3	2	2	3	1	1	1	1
福島	沖底	79	11	2	6	12	38	50	64	60	61	64	76	91	87
	小底	23	11	0	0	0	0	20	14	27	28	33	31	33	25
	刺網	1	6	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
茨城	沖底	54	17	13	16	18	28	50	37	29	22	11	11	8	6
	小底	20	19	6	6	10	29	40	40	62	22	12	13	12	16
	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	2	4	4	4	10	5	13	12	8	4	2	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	160	58	53	60	73	94	139	135	116	99	87	99	112	122
	小底	52	37	12	12	30	56	104	98	119	93	82	78	82	63
	刺網	19	14	4	5	2	4	3	3	2	2	1	1	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	3	3	3	2	2	3	1	2	1	1
計		231	108	69	77	108	158	248	238	240	196	172	179	196	186

各県水試調べ。2022 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。

2023 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	1999	241	40,217	5.98	1.55
1974	113	25,751	4.37	1.02	2000	154	38,250	4.03	0.84
1975	113	23,596	4.78	1.04	2001	68	28,487	2.40	0.60
1976	67	18,440	3.63	0.87	2002	79	30,147	2.62	0.71
1977	46	15,936	2.88	0.76	2003	75	32,457	2.32	0.70
1978	39	12,420	3.13	0.79	2004	74	31,523	2.33	0.72
1979	17	8,523	2.01	0.48	2005	77	25,656	3.00	0.87
1980	42	12,192	3.40	0.76	2006	84	23,821	3.51	0.85
1981	58	14,013	4.11	0.87	2007	68	22,602	3.02	0.79
1982	52	12,581	4.10	0.89	2008	92	26,594	3.48	0.79
1983	28	9,300	2.98	0.77	2009	128	27,932	4.58	1.01
1984	21	8,763	2.36	0.51	2010	144	29,738	4.83	1.13
1985	20	7,297	2.71	0.42	2011	41	8,150	4.99	1.18
1986	17	6,190	2.81	0.57	2012	34	6,330	5.35	1.43
1987	14	4,834	2.96	0.49	2013	41	9,196	4.50	0.97
1988	13	8,610	1.53	0.38	2014	53	12,962	4.11	1.09
1989	16	12,753	1.23	0.33	2015	81	11,494	7.07	1.43
1990	18	15,176	1.21	0.39	2016	124	15,488	8.03	2.18
1991	24	15,753	1.54	0.48	2017	124	17,326	7.18	2.02
1992	24	16,634	1.45	0.46	2018	111	17,641	6.27	2.40
1993	15	14,143	1.09	0.35	2019	95	15,541	6.09	1.95
1994	16	12,356	1.29	0.34	2020	84	15,986	5.24	1.77
1995	55	18,597	2.97	0.70	2021	94	17,049	5.49	1.71
1996	136	28,961	4.71	1.30	2022	111	18,254	6.06	1.70
1997	208	37,607	5.54	1.52	2023	109	17,737	6.13	1.30
1998	240	41,153	5.83	1.55					

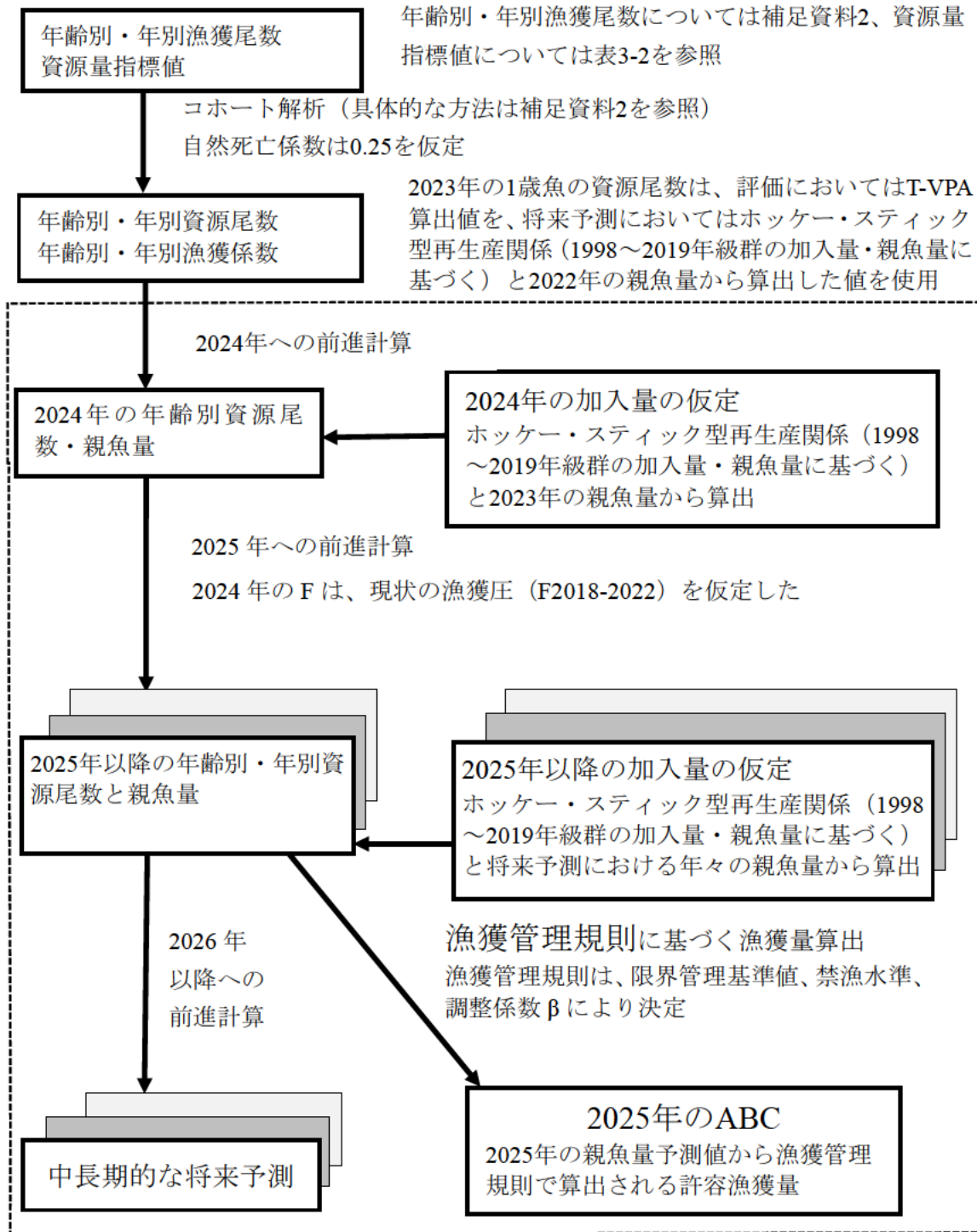
2023 年は暫定値。

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	3,402	24	1.35	26
2006	689	179	533	1,811	26	1.41	25
2007	516	149	388	3,731	29	1.51	25
2008	643	167	410	4,334	26	1.56	23
2009	671	219	412	5,034	33	2.24	17
2010	555	231	398	1,742	42	2.77	12
2011	430	108	322	2,626	25	1.52	25
2012	427	69	289	2,869	16	0.97	35
2013	517	77	353	2,962	15	0.89	37
2014	824	108	469	10,877	13	0.80	39
2015	990	158	537	8,972	16	1.13	32
2016	1,231	248	769	9,477	20	1.54	25
2017	1,319	238	927	5,825	18	1.15	31
2018	1,223	240	1015	5,186	20	1.05	33
2019	1,041	196	841	5,918	19	1.09	33
2020	1,103	172	840	7,576	16	0.75	42
2021	1,069	179	872	7,428	17	0.82	39
2022	1,153	196	962	2,807	17	0.85	38
2023	1,026	186	971	194	18	0.76	41

補足資料 1 資源評価の流れ



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

補足資料 2 資源計算方法

2002～2010年は福島県、2011～2015年、2017～2020年は茨城県、2016、2021～2023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30cm以下の雌雄比は1:1とし、7歳以上、全長31cm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 $N_{a,y}$ 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（2023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。

$$N_{a,2023} = C_{a,2023} \exp(M/2) / (1 - \exp(-F_{a,2023})) \quad (2)$$

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

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

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歳の 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2023年の F は、まず1～6歳については2023年を除く近年5年間（2018～2022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 (2023 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 2018～2022 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 F_t を探索的に求めた。

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

また、 \hat{q} の推定値は以下の (2) 式で解析的に求めた。

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

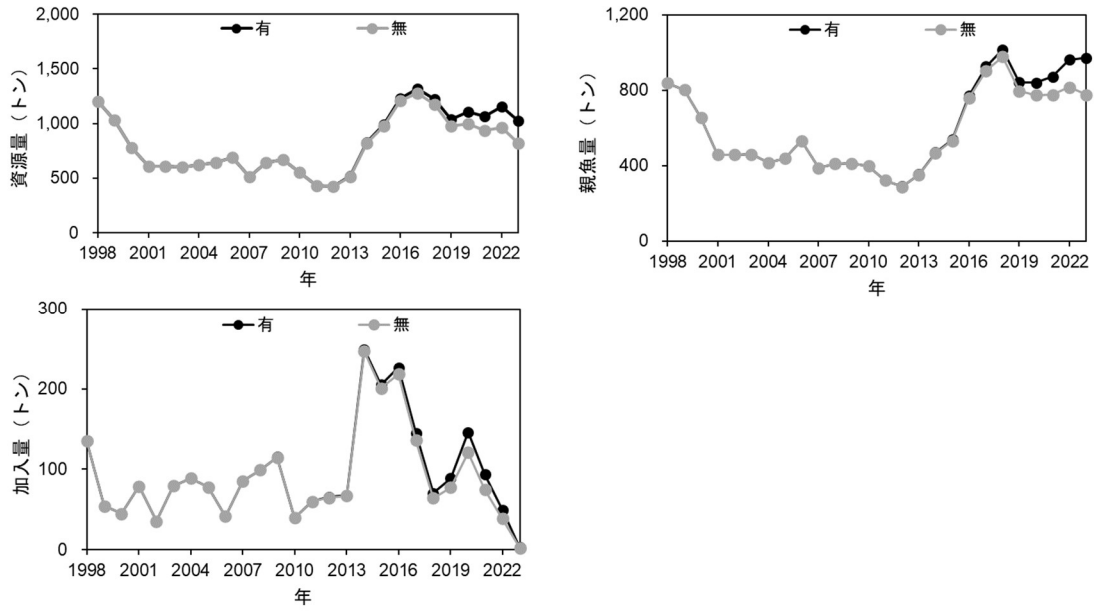
ここで B は資源量、I には 1998～2023 年の沖底金華山～房総海区の標準化 CPUE を用いた。

「令和 6 (2024) 年度 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-SA2024-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。

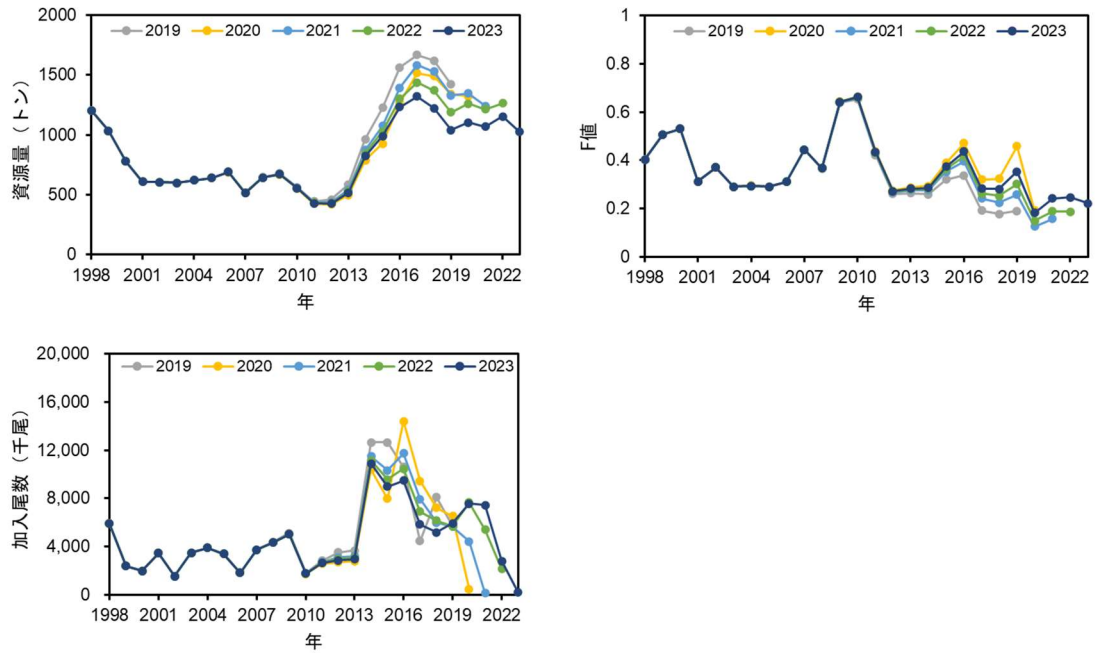
チューニングの有無によるコホート解析結果の違いを補足図 2-1 に示した。その結果、チューニングした場合はしなかった場合と比べて、資源量、親魚量、加入量のいずれの値もやや高く推定されていた。また、データの追加・更新の影響を検証するレトロスペクティブ解析の結果を補足図 2-2 に示した。資源量はやや減少する傾向がみられたものの、推定値に顕著な変化は確認されなかった。F 値は 2019 年の乖離が大きかったものの、その他の年では推定値に大きな変化は確認されなかった。1 歳魚の加入尾数はデータの追加・更新によって大きく上方修正される年が複数みられ、先述のように、本資源ではコホート解析による最近年の加入尾数は過小評価している可能性が高いと判断される。

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 (左上)、F 値 (右上) および加入尾数 (左下) 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 (1998~2023 年)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	1,117	220	34	468	153	736	534	443	84	369	418	367	176
2	1,724	1,138	494	294	547	201	488	786	691	181	827	984	1,495
3	824	798	688	140	349	275	137	320	361	348	174	505	654
4	287	419	426	134	145	146	197	48	187	244	151	136	231
5	149	235	223	105	52	85	37	90	43	108	80	105	113
6	83	117	118	63	68	61	37	25	62	64	50	97	79
7以上	101	125	105	68	76	38	86	66	56	102	60	94	52
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	2,800

年齢別平均体重 (g)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	23	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	46
3	114	114	114	114	114	115	108	119	123	113	106	103	106
4	165	165	165	165	165	186	150	162	193	132	166	132	123
5	193	193	193	193	193	206	193	185	239	151	187	185	178
6	235	235	235	235	235	240	236	233	262	193	244	194	247
7以上	306	306	306	306	306	319	313	277	336	257	334	314	302

漁獲死亡係数 (F)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
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	0.12
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	0.64
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	0.70
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	0.64
5	0.37	0.53	0.65	0.37	0.12	0.40	0.27	0.28	0.20	0.47	0.34	0.45	0.57
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	0.82
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	0.82

年齢別資源尾数 (千尾)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	5,905	2,371	1,961	3,455	1,549	3,473	3,877	3,402	1,811	3,731	4,334	5,034	1,742
2	4,731	3,613	1,652	1,498	2,278	1,071	2,055	2,548	2,259	1,336	2,580	3,006	3,597
3	2,415	2,163	1,809	851	907	1,291	657	1,170	1,291	1,150	881	1,279	1,473
4	1,150	1,153	981	802	539	398	763	391	629	687	588	532	551
5	545	642	528	387	506	291	181	420	263	324	320	324	295
6	276	293	293	214	209	348	152	108	247	167	157	178	160
7以上	337	315	260	234	234	218	354	286	226	265	189	172	104
合計	15,359	10,550	7,484	7,441	6,221	7,090	8,039	8,325	6,726	7,659	9,049	10,527	7,923

年齢別資源量 (トン)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	135	54	45	79	35	79	89	78	41	85	99	115	40
2	331	253	116	105	160	83	167	177	164	60	191	206	167
3	276	247	206	97	103	148	71	139	159	130	94	132	157
4	190	190	162	132	89	74	114	63	121	91	98	70	68
5	105	124	102	75	98	60	35	78	63	49	60	60	53
6	65	69	69	50	49	83	36	25	65	32	38	35	40
7以上	103	96	80	72	72	70	111	79	76	68	63	54	31
合計	1,205	1,034	779	610	606	598	622	640	689	516	643	671	555

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	376	34	70	303	179	432	9	0	73	4	1	6	1
2	115	166	160	153	1,474	841	191	196	374	243	149	161	94
3	351	210	165	154	234	1,560	947	1,021	311	393	339	502	490
4	165	172	97	140	130	229	1,046	771	548	562	332	418	560
5	64	48	102	102	103	122	129	269	414	571	279	269	311
6	54	33	59	87	51	127	118	102	239	107	298	217	158
7以上	37	25	35	44	99	68	43	98	149	61	217	272	229
合計	1,162	689	687	982	2,270	3,379	2,482	2,458	2,108	1,941	1,615	1,844	1,843

年齢別平均体重(g)

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	23	23	23	23	23	24	25	14	15	19	13	18	15
2	57	60	62	67	43	49	51	44	39	37	25	35	34
3	90	88	83	102	89	68	73	70	60	57	52	50	54
4	126	107	122	131	113	97	101	99	75	81	80	79	77
5	178	159	159	178	143	162	143	134	115	114	109	112	116
6	210	186	223	222	193	195	181	186	138	158	150	151	155
7以上	306	273	306	292	295	306	304	291	257	205	260	256	229

漁獲死亡係数(F)

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	0.18	0.01	0.03	0.03	0.02	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.11	0.12	0.09	0.08	0.23	0.15	0.03	0.05	0.11	0.06	0.03	0.03	0.05
3	0.31	0.34	0.17	0.12	0.18	0.43	0.27	0.25	0.11	0.17	0.12	0.14	0.14
4	0.40	0.26	0.27	0.23	0.15	0.28	0.61	0.39	0.21	0.32	0.23	0.23	0.23
5	0.39	0.20	0.26	0.54	0.28	0.21	0.27	0.33	0.39	0.39	0.27	0.31	0.29
6	0.63	0.38	0.43	0.39	0.63	0.70	0.34	0.38	0.58	0.17	0.38	0.38	0.32
7以上	0.63	0.38	0.43	0.39	0.63	0.70	0.34	0.38	0.58	0.17	0.38	0.38	0.32

年齢別資源尾数(千尾)

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	2,626	2,869	2,962	10,877	8,972	9,477	5,825	5,186	5,918	7,576	7,428	2,807	194
2	1,201	1,713	2,204	2,245	8,204	6,829	6,999	4,529	4,039	4,545	5,897	5,784	2,181
3	1,482	835	1,188	1,576	1,613	5,089	4,577	5,283	3,354	2,816	3,325	4,461	4,362
4	570	844	464	780	1,092	1,050	2,586	2,728	3,213	2,338	1,846	2,291	3,031
5	226	298	506	276	484	735	616	1,091	1,445	2,019	1,325	1,145	1,415
6	130	119	190	304	125	286	465	366	613	760	1,068	786	654
7以上	91	92	112	153	240	152	169	352	383	433	780	984	947
合計	6,325	6,770	7,627	16,211	20,730	23,619	21,237	19,535	18,963	20,485	21,669	18,258	12,786

年齢別資源量(トン)

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	60	66	68	249	205	226	145	71	89	146	94	50	3
2	68	103	138	151	354	337	354	197	159	168	147	202	74
3	134	73	98	161	143	345	336	368	202	161	174	222	234
4	72	90	57	102	124	102	261	270	242	188	147	181	233
5	40	47	81	49	69	119	88	147	166	231	144	128	164
6	27	22	42	68	24	56	84	68	85	120	161	119	101
7以上	28	25	34	45	71	46	52	102	98	89	203	252	217
合計	430	427	517	824	990	1,231	1,319	1,223	1,041	1,103	1,069	1,153	1,026

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

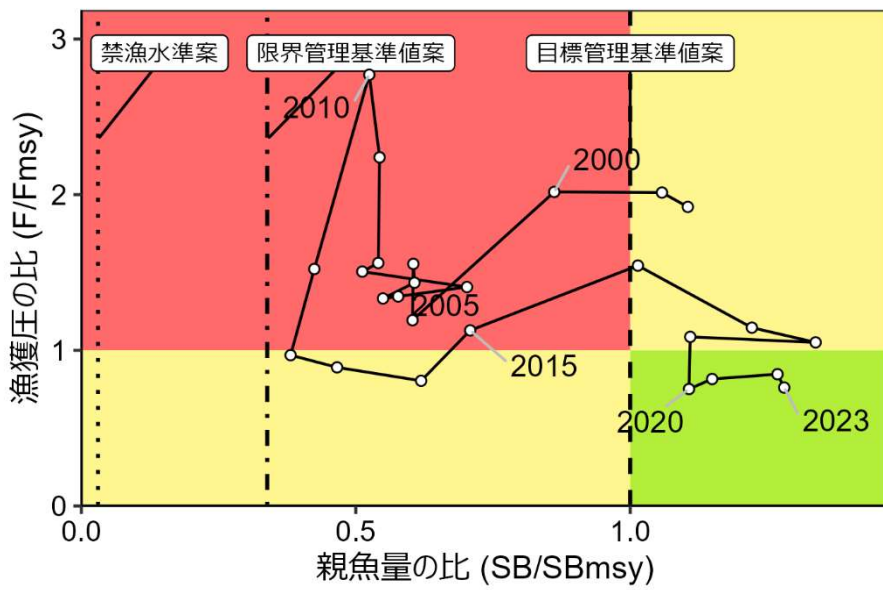
令和 4 年 8 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY を実現する親魚量 (SBmsy : 758 トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy : 257 トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy : 23 トン) を用いることが提案されている (三澤ほか 2022b、補足表 6-2)。

目標管理基準値案と、SBmsy を維持する漁獲圧 (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 2023 年の親魚量 (SB2023 : 971 トン) は目標管理基準値案を上回る。本資源における 2020 年以降の漁獲圧は、SBmsy を維持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)。

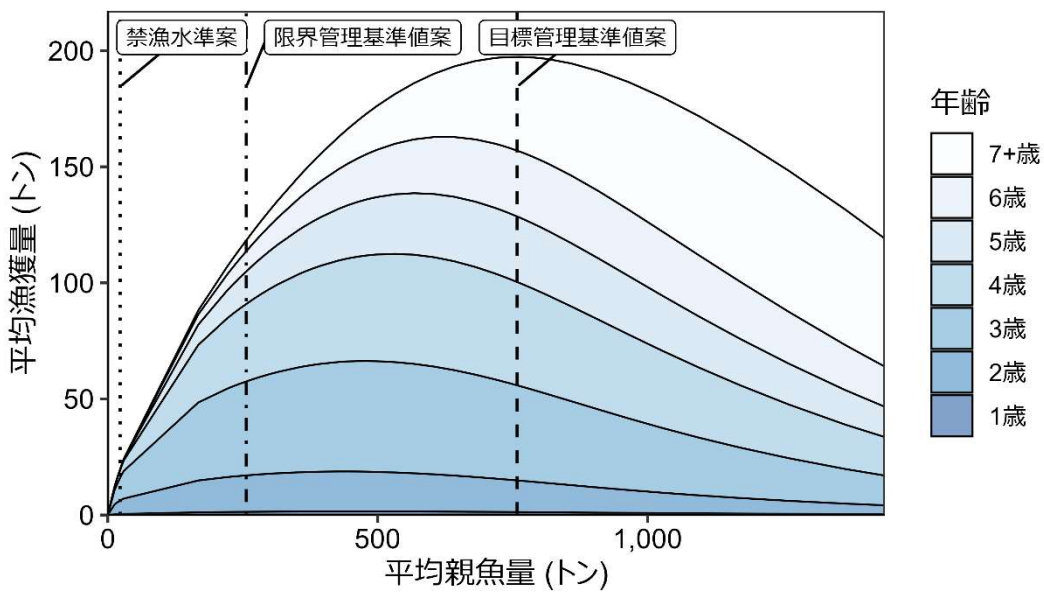
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。平均親魚量が限界管理基準値案以下では 2~4 歳魚が多く割合を占めている。しかし、親魚量が増加するにつれてより高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

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・富樫博幸・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 2023 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024~2055 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。

近年、本資源は成長の鈍化に伴い 1 歳魚の多くが漁獲対象となっていないことが考えられ（図 3-3）、コホート解析による最近年（2023 年）の加入尾数は過小評価されている可能性が高いと判断される（補足図 2-2）。そのため、最近年の加入尾数は再生産関係式から予測された値（平均値 4,750 千尾）を外から与えた（三澤ほか 2022b）。

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。

2024 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2022）から仮定した。2025 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案以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本資源の「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) 2025 年の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2025 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 212 トン、 β を 1.0 とした場合には 256 トンであった（補足表 6-4）。2025 年に予測される親魚量は目標管理基準値案を上回り、平均 953 トンと見込まれた。

(4) 2026 年以降の予測

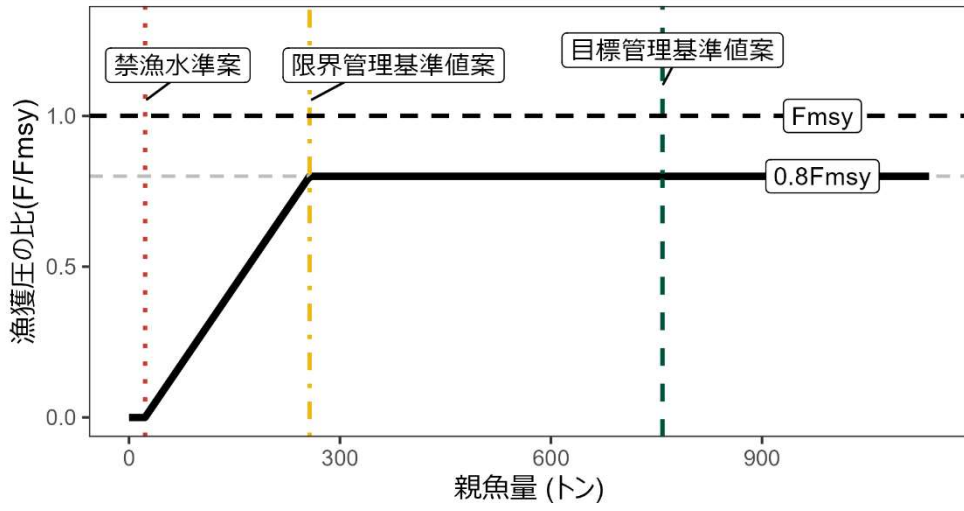
2026 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2 および補足表 4-1、4-2 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2035 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には平均 822 トン（90%予測区間は 520~1,160 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には平均 721 トン（90%予測区間は 442~1,033 トン）である（補足表 6-5）。親魚量予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.8 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率は β が 1.0 でも 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2018-2022）を継続した場合の 2035 年の親魚量の予測値は平均 706 トン（90%予測区間は 430~1,014 トン）であり、目標管理

基準値案を上回る確率は 35%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

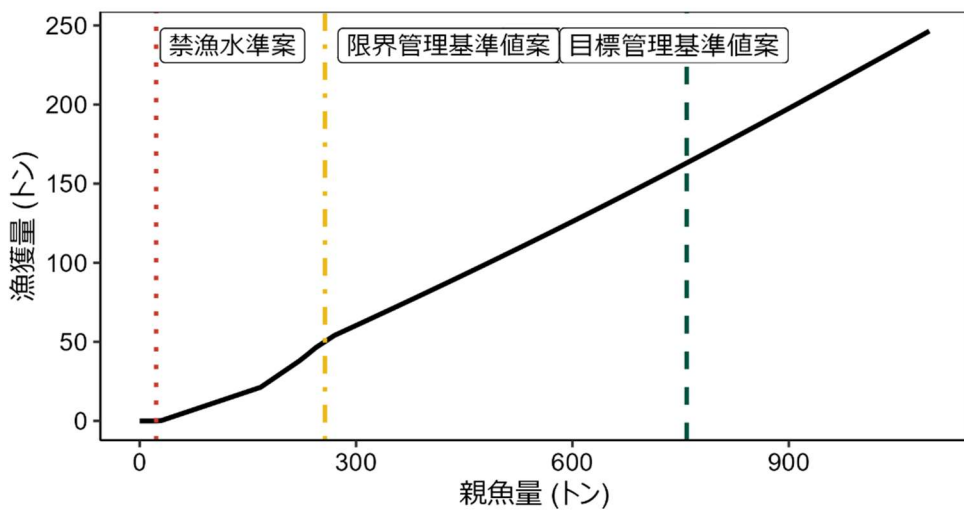
引用文献

三澤 遼・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・金森由妃・富樫博幸・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)

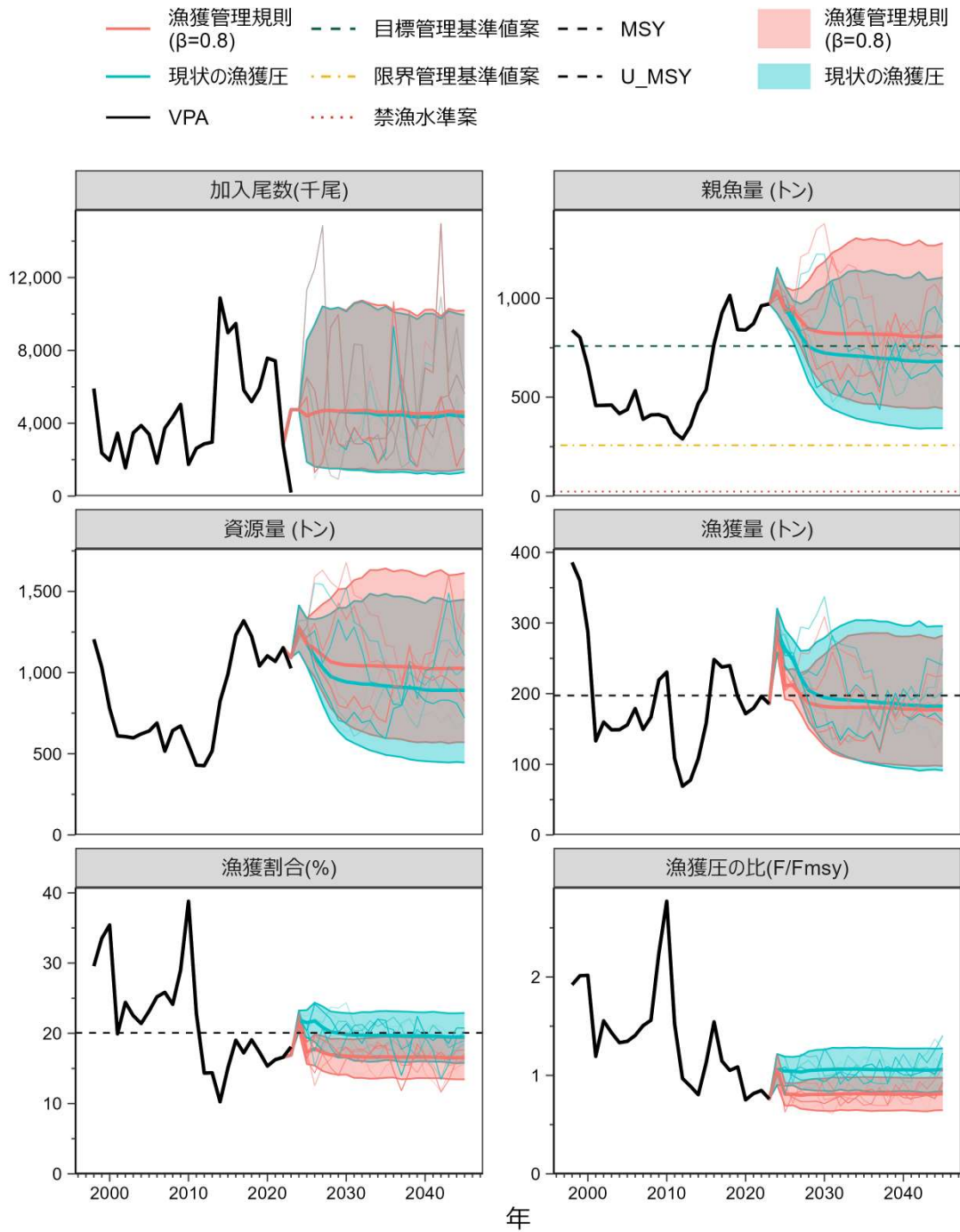
a) 縦軸を漁獲圧にした場合



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



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 (青線)

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。漁獲量の図の破線は MSY、漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。最近年 (2023 年) の加入尾数は再生産関係式から予測された値 (平均値 4,750 千尾) を外部から与えた。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055	
1.0	100	100	99	75	47	41	40	40	39	39	39	38	34	37	
0.9			100	87	59	53	49	48	46	47	47	47	46	44	46
0.8			100	94	72	65	59	57	55	55	55	55	55	53	55
0.7			100	98	85	76	71	66	64	64	64	64	64	63	63
0.6			100	100	93	86	80	77	75	73	73	73	73	72	73
0.5			100	100	98	94	89	86	84	82	81	81	81	81	83
0.4			100	100	100	99	96	93	91	90	89	89	88	89	90
0.3			100	100	100	100	99	98	97	96	95	95	95	95	96
0.2			100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	98	98	98
0.1			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
F2018-2022			99	70	43	38	36	37	37	37	36	35	32	34	

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055	
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	
0.9			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
0.7			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
0.5			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
0.3			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
0.1			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
F2018-2022			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	

β を 0.0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2022) から予測される 288 トンとし、2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-F2022、 $\beta=1.0$ 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	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055		
1.0	1,036	953	890	822	767	748	737	732	728	726	723	721	698	703		
0.9			910	854	804	789	779	774	772	771	769	769	751	757		
0.8			931	888	844	834	826	822	821	821	821	822	808	816		
0.7			952	924	888	883	879	877	877	878	879	881	871	881		
0.6			973	962	936	939	939	940	941	944	947	949	943	954		
0.5			996	1,003	988	1,001	1,007	1,012	1,017	1,021	1,025	1,029	1,026	1,038		
0.4			1,019	1,047	1,045	1,070	1,085	1,096	1,104	1,112	1,118	1,124	1,125	1,138		
0.3			1,043	1,093	1,108	1,147	1,174	1,193	1,208	1,220	1,230	1,238	1,246	1,261		
0.2			1,067	1,142	1,176	1,234	1,276	1,307	1,331	1,350	1,366	1,378	1,397	1,414		
0.1			1,093	1,194	1,250	1,332	1,394	1,441	1,477	1,508	1,532	1,551	1,592	1,613		
0.0			1,119	1,249	1,332	1,442	1,529	1,598	1,653	1,699	1,737	1,768	1,852	1,881		
F2018-2022					884	811	755	735	723	718	714	711	708	706	681	685

b) 漁獲量の平均値の推移 (トン)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055	
1.0	288	256	243	220	203	197	193	191	190	190	189	189	182	184	
0.9		234	228	210	196	191	188	187	186	186	186	186	181	183	
0.8		212	211	198	187	184	182	181	180	181	181	181	177	179	
0.7		189	193	184	176	175	174	173	173	174	174	174	172	174	
0.6		165	173	168	163	163	163	163	164	164	165	165	164	166	
0.5		140	150	149	147	149	150	151	152	152	153	154	153	155	
0.4		114	125	127	127	131	133	134	136	137	138	138	139	140	
0.3		87	98	102	104	108	111	113	115	116	117	118	119	120	
0.2		59	68	73	75	80	83	85	87	88	90	90	92	93	
0.1		30	36	39	41	44	47	48	50	51	52	53	54	55	
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F2018-2022			263	248	223	205	199	195	193	192	191	190	190	183	184

β を 0.0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2022) から予測される 288 トンとし、2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-F2022、 $\beta=1.0$ 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 SBmsy を維持する 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、先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。また、最近年（2023 年）および翌年の加入尾数は再生産関係式から予測された値を外部から与えた。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、「令和 6（2024）年度 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-SA2024-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.2.4.0.0）を用いた。

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

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

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。

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

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・富樫博幸・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

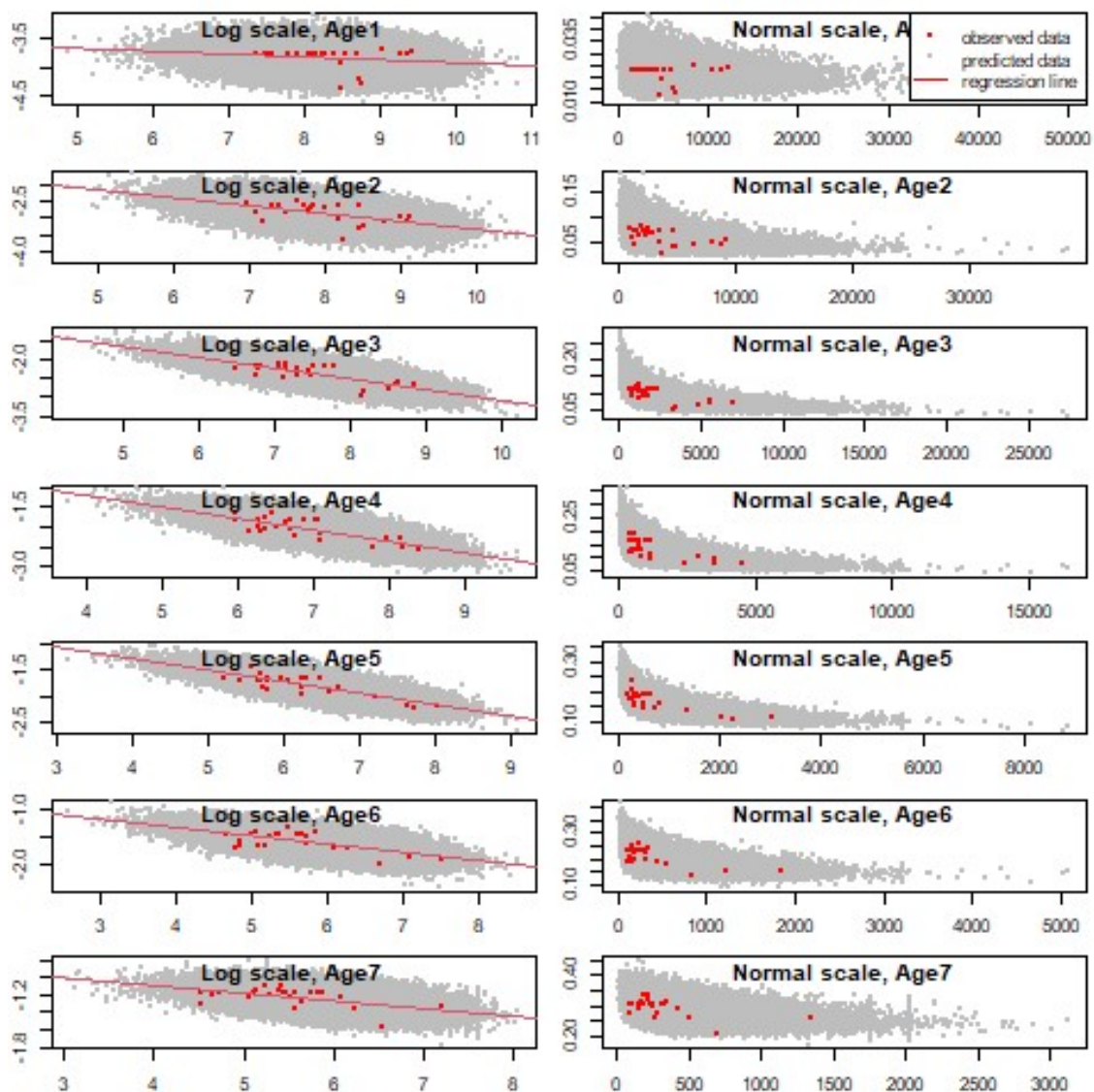
	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2018-2022 (注 3)	平均体重 (g) (注 4)	自然死亡 係数	成熟割合
1 歳	0.04	0.01	0.003	21.1 (20.7~21.3)	0.25	0
2 歳	0.24	0.09	0.06	55 (51~56)	0.25	0.3
3 歳	0.71	0.26	0.16	85 (78~93)	0.25	1
4 歳	1.00	0.37	0.28	112 (84~125)	0.25	1
5 歳	0.83	0.31	0.34	144 (114~159)	0.25	1
6 歳	1.22	0.45	0.38	181 (156~194)	0.25	1
7 歳以上	1.22	0.45	0.38	262 (250~265)	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 年度資源評価での $F_{current}$ 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 $F_{current}$ に $F_{msy}/F_{current}$ を掛けたもの)。

注 3: 本資源では 2018~2022 年の F の平均値を現状の漁獲圧としており、この F 値を 2024 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 2024~2055 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1998～2020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	SBmsy を維持する漁獲圧 (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
SB2023	971トン	2023 年の親魚量
F2023	2023 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, 0.05, 0.14, 0.24, 0.29, 0.32, 0.32)	
U2023	18%	2023 年の漁獲割合
%SPR (F2023)	41%	2023 年の%SPR
%SPR (F2018-2022)	37%	現状(2018~2022 年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2023/ SBmsy (SBtarget)	1.28	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 2023 年の親魚量の比
F2023/ Fmsy	0.76	SBtarget を維持する漁獲圧(Fmsy)に対する 2023 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	SBmsy を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

* 2023 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

2025年の親魚量(予測平均値):953トン			
項目	2025年の平均漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2022)	2025年の 漁獲割合(%)
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案されたβ(最高値)			
β=0.8	212	0.77	17
上記と異なるβを使用した場合			
β=1.0	256	0.97	21
β=0.6	165	0.58	13
β=0.4	114	0.39	9
β=0.2	59	0.19	5
β=0.0	0	0	0
F2018-2022	263	1.00	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	2035年の平均親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035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
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案されたβ(最高値)					
β=0.8	822	520-1,160	55	100	100
上記と異なるβを使用した場合					
β=1.0	721	442-1,033	38	100	100
β=0.6	949	613-1,326	73	100	100
β=0.4	1,124	740-1,557	88	100	100
β=0.2	1,378	923-1,886	98	100	100
β=0.0	1,768	1,216-2,398	100	100	100
F2018-2022	706	430-1,014	35	100	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 年以降の太平洋北区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料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。

$$\ln(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Season} + \text{Area} + \text{Year} * \text{Season} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Season} * \text{Area}$$

ここでの記号は次の通りである。

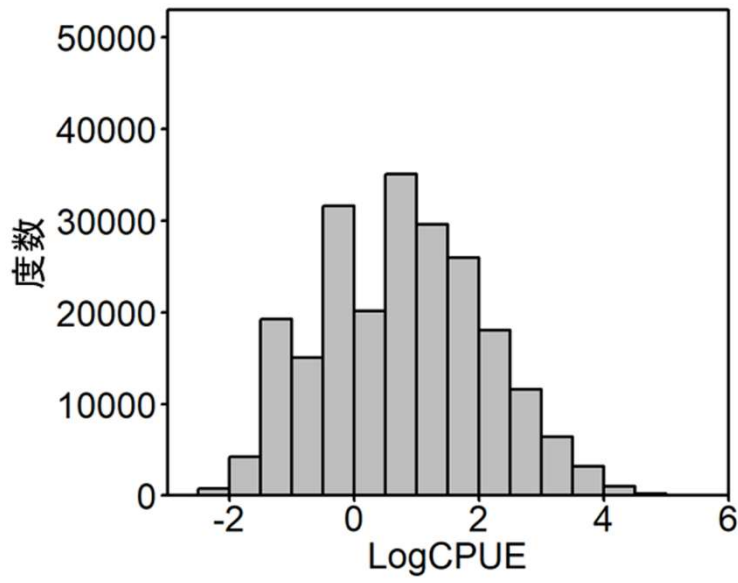
Year: 年 (1973～2023)

Season: 季節 (1～3 月、4～6 月、9 月、10～12 月)

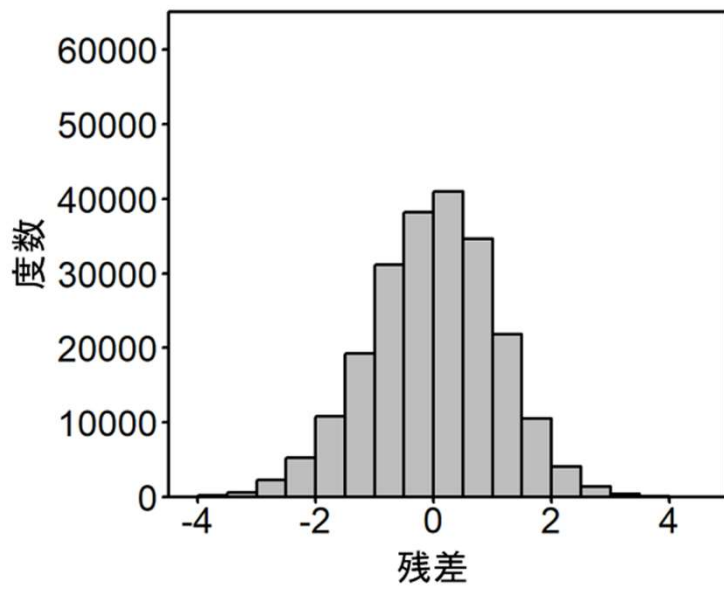
Area: 小海区 (金華山、常磐、房総)

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に 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 の MuMIn パッケージを用いた。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。

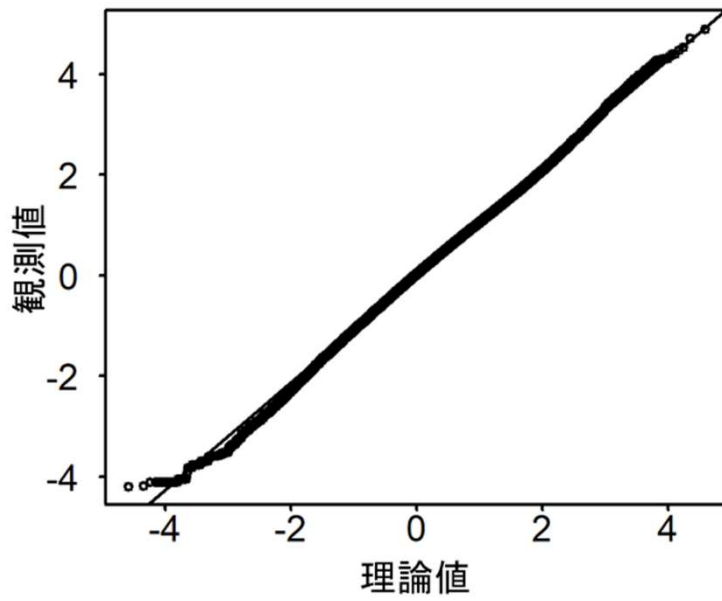
操業ごとの対数 CPUE およびモデルの予測値と実測値の残差は概ね正規分布に従っていた (補足図 7-1、7-2)。正規確率図では、大きな逸脱は観察されなかった (補足図 7-3)。また、年別の残差は 0 周辺に分布することが確認された (補足図 7-4)。ベストモデルを用いて標準化 CPUE を求めたところ、標準化 CPUE の年トレンドは概ねノミナル CPUE (沖底 CPUE を平均値 1 となるよう規格化した値) と類似したトレンドを示したが、一部で標準化 CPUE とノミナル CPUE との乖離がみられた。2018 年以降ではノミナル CPUE が標準化 CPUE と比べて低い値を示していたが、2023 年はノミナル CPUE の方が高い値を示した (補足図 7-5)。これは、ノミナル CPUE では近年努力量割合が相対的に低下している常磐海区の資源動向を反映しにくいことが一因と考えられる。標準化 CPUE では、海域ごとの年トレンドは海域面積比で重み付け平均されることで、ノミナル CPUE に含まれる各海域の努力量の違いによる影響が補正されたと考えられる。



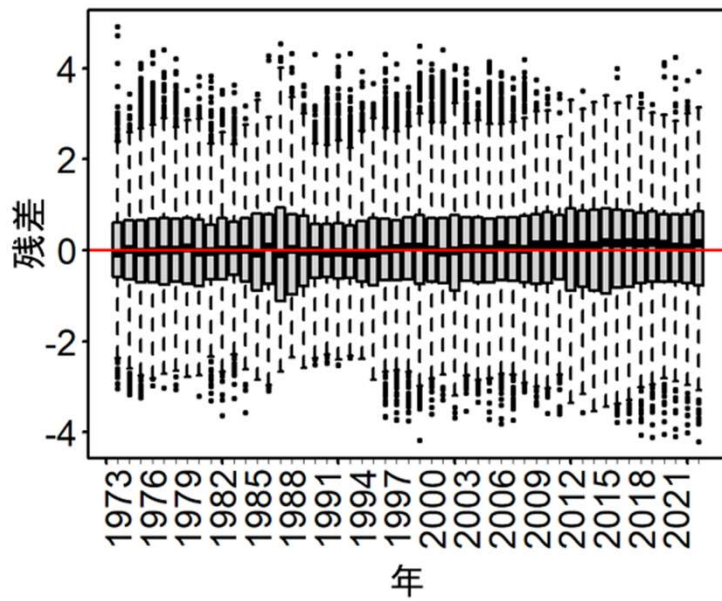
補足図 7-1. 操業ごとの LogCPUE のヒストグラム



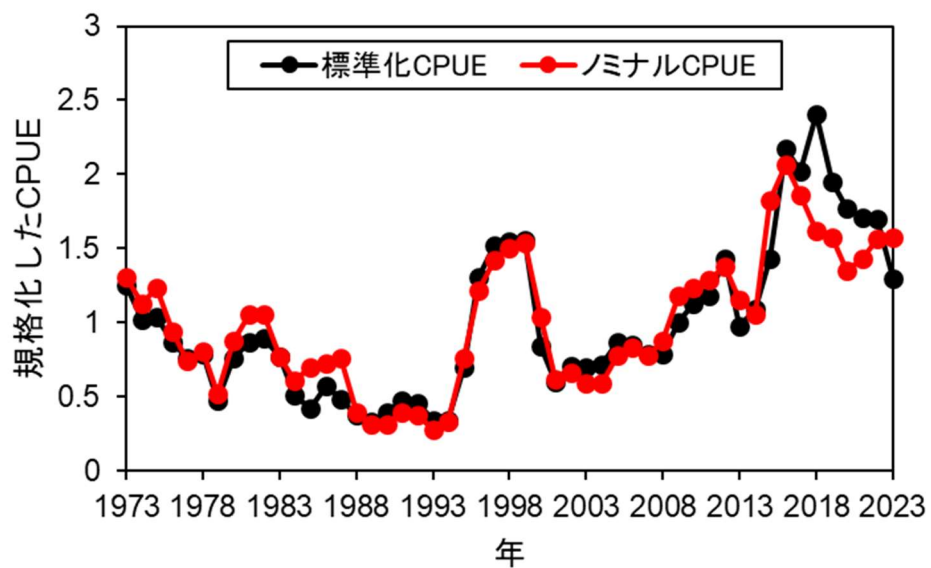
補足図 7-2. モデルの予測値と実測値の残差ヒストグラム



補足図 7-3. モデルの予測値と実測値の正規確率プロット



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。



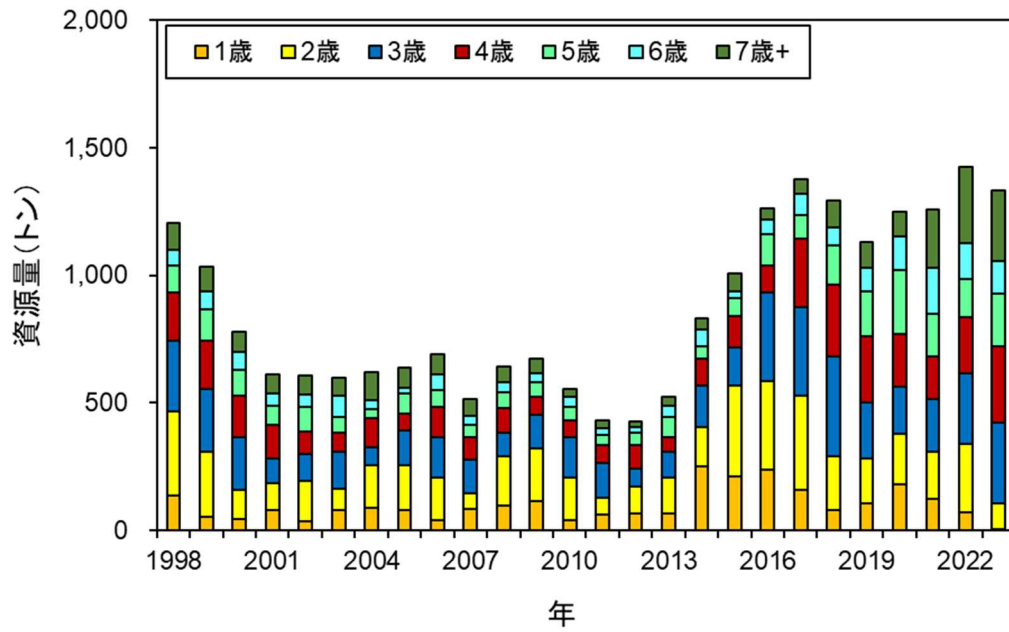
補足図 7-5. ノミナル CPUE と標準化 CPUE の時系列変化 それぞれ平均値で除すことで規格化した。

補足資料 8 稼働率を用いたコホート解析計算結果

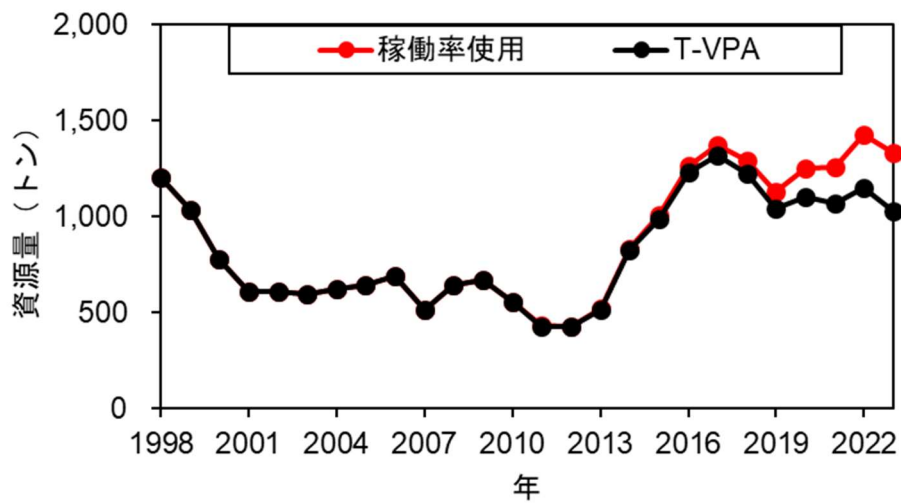
震災後の漁業の影響を考慮するため、主要な漁場である金華山～房総海区における震災前後の沖底の網数を稼働状況の指標として稼働率〔震災以降の最大網数（2022年の18,254網）を2005～2009年の平均網数（25,321網）で除したもの〕を求め、その値で2023年を除く直近5年間（2018～2022年）の平均F値を補正してコホート解析を行った。また、コホート解析の方法は補足資料2（ステップ1）と同様である。

その結果、2023年の資源量は1,332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1,375トンを記録して以降はおおむね横ばいで推移していた。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（2020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。

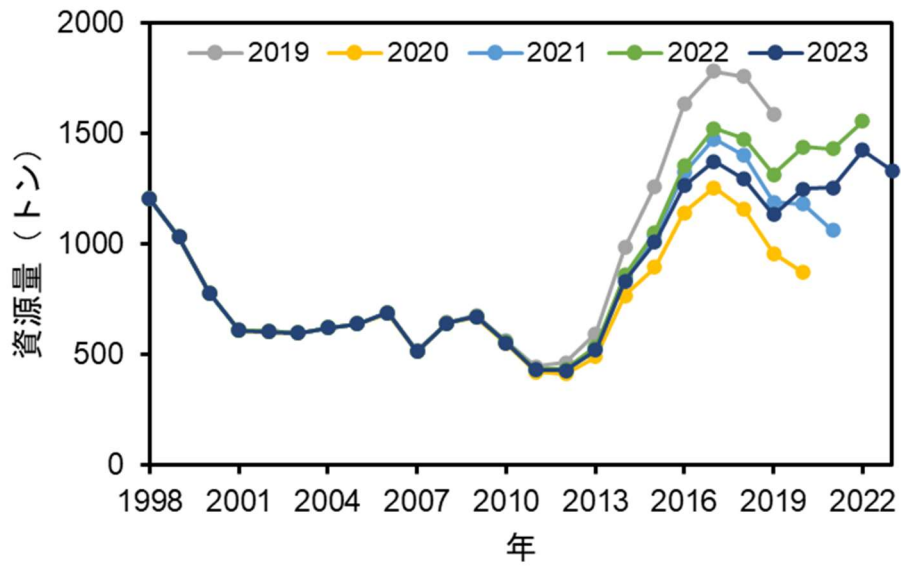
また、稼働率により補正したコホート解析の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性についてトロスぺクティブ解析から診断した。その結果、データの追加・更新が行われることでF値には目立った傾向はみられなかったものの、資源量はデータの更新によって比較的大きな変化がみられ（補足図8-3、8-4）、資源量の推定に関しては標準化CPUEでチューニングした場合（補足図2-2）の方が頑健性は高いと考えられた。



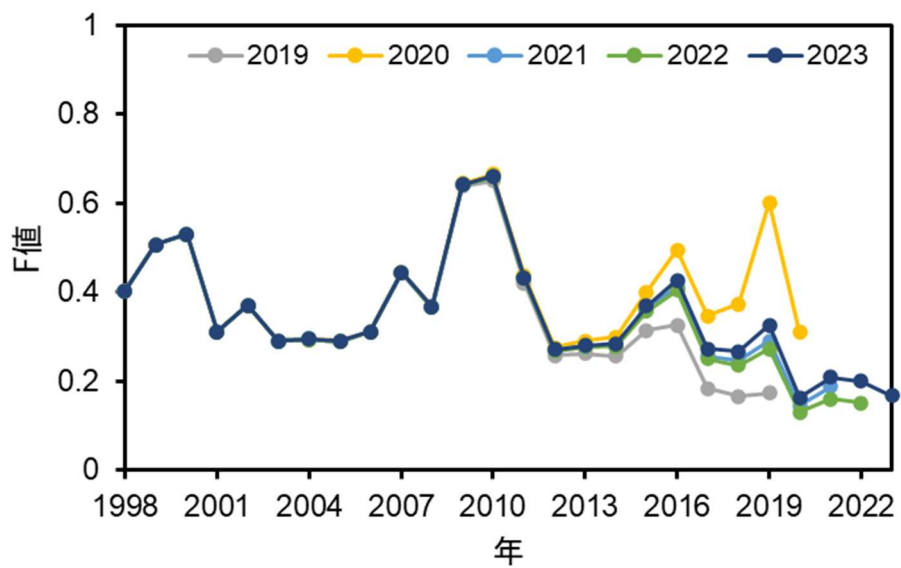
補足図 8-1. 稼働率で補正したコホート解析によって求めた年齢別資源量の推移



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 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