令和４（2022）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
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 1998〜2021 年の年齢別漁獲尾数を用いてチューニング VPA によって資源量を推定した。チューニング指数にはヤナギムシガレイの主漁場である金華山〜房総海区の沖合底びき網漁業の標準化 CPUE を用いた。本資源の漁獲量は周期的に変動しており、近年（1990 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、2016〜2020 年は 172〜248 トンに増加した。2021 年は暫定値ながら 183 トンと前年（172 トン）よりやや増加した。チューニング VPA 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。震災以降、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 1,726 トンに達した。2018 年以降は再び減少し、2021 年の資源量は 2017 年より約 400 トン少ない 1,343 トンだった。ただし、この値は 2000 年代前半や震災直後よりも高い値である。近年（2016〜2020 年）の資源は幅広い年齢層で構成されているのが特徴だったが、若齢魚（1〜2 歳魚）の占める割合は減少しており、2021 年は 3 歳魚以上が多い年齢構成となった。なお、近年は 1 歳魚の漁獲が少なく、2021 年の加入量は不確実性が高いものの 2 トンと非常に低く推定された。

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

年	資源量（トン）	親魚量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合（%）
2017	1,726	1,105	238	0.23	14
2018	1,636	1,309	240	0.22	15
2019	1,497	1,176	196	0.24	13
2020	1,448	1,224	172	0.12	12
2021	1,343	1,275	183	0.15	14

各年の資源量は漁獲対象資源量を示す。年は暦年、2021 年の漁獲量は暫定値である。漁獲係数 F は各年齢の平均値。

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲量、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） ・体長、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 VPA におけるチューニング指数である。

1. まえがき

ヤナギムシガレイは体長 40 cm ほどに達する中型の異体類で、北海道南部以南の日本各地から黄海、渤海および東シナ海の水深 400 m 以浅の砂泥域に分布している。本種の産業的価値は高く、特に抱卵している雌を天日で干したものは「子持ちヤナギ」とよばれ最高級の干物魚として利用されている。本種は太平洋北部では主に大陸棚上で底びき網によって漁獲されている。本海域における沖合底びき網漁業の漁獲量は長期的に大きく変動しており、資源量の変動も大きいと考えられる。本海域のヤナギムシガレイは平成 13（2001）年度より資源回復計画の対象魚種に指定され、平成 15（2003）年度から保護区および保護期間の設定により漁獲圧を削減し、資源を回復する措置が図られている。さらにこれまでの措置は引き続き資源管理指針および計画の下で継続して取り組まれている。

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 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（表 1）。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、12～3 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）。

雄：
$$SL = 305.1(1 - \exp(-0.220(t + 0.948)))$$
$$BW = 5.4 \times 10^{-6} SL^{3.167}$$

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

産卵期は 10～翌 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 3）。

（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

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。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 4、図 5、図 6）。

（2）漁獲量の推移

沖合底びき網漁業漁獲成績報告書の集計値によると、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 4、表 2）。1990 年代中盤から急激に増加し、1998 年、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、2016～2021 年は 87～139 トンで推移している。

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 5、表 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 年、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 年には 248 トン、2017 年には 238 トン、2021 年には 183 トンに回復した。

（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 年代後半にかけて急増した（図 7）。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。主漁場である常磐海域では、2010 年には 1.8 万網を超えたが、2011～2017 年には震災の影響で大きく減少し、その後は緩やかに回復している（2021 年は暫定で 6,300 網）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

1998～2021 年の年齢別漁獲尾数を用いてチューニング VPA 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 9～12 月）雌雄別の体長階級別年齢組成（age-length key）と、漁獲物の体長組成をもとに求めた（補足表 2-1）。VPA 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 1、2、補足表 2-2、2-3）。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。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 2-4）。

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、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標準化 CPUE によるチューニング結果を重視し、稼働率を用いた VPA の結果は補足資料 4 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 CPUE（年間漁獲量/年間有漁網数）を図 8 に示した。また、沖底の 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 9、補足資料 3)。1973 年以降、沖底 CPUE および標準化 CPUE の増減は漁獲量の増減（図 4）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。各海区の沖底 CPUE は 2009～2012 年に比較的高かったが、2013 年および 2014 年にはやや低くなっていた（図 8a)。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 2021 年でも非常に高い状態となっている（図 8a)。

金華山～房総海区を合わせた沖底の CPUE では 2016 年をピークとして減少はしているものの、比較的高い状態を保っている（図 8b)。標準化 CPUE で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、高い水準を保っている（図 9)。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、この海区の 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）漁獲物の体長組成

漁獲物の全長組成の経年変化を図 10 に示した。近年では、2011～2013 年には全長 10 cm 台の小型個体はほとんど見られていないが、2015 年および 2016 年の上半期には数多く見られていた。これらは、2013 年および 2014 年生まれの個体が漁獲加入し、大量に漁獲されたと考えられる。2017 年上半期になると小型魚の全長組成のピークは 20 cm となっており、2016 年に比べるとやや大きくなっていた。2021 年には 21～26 cm の個体が多く、この全長階級が漁獲の中心になっていた。また、2021 年は 2020 年と比べて 29 cm 以上の大型個体や 15 cm 前後の小型個体も多く漁獲されており、漁獲物は幅広いサイズで構成されていた。

（4）資源量と漁獲割合の推移

チューニング VPA により求めた F 値の推移を図 11 に示した。2001～2008 年には 0.29～0.44 で安定していたが、2009 年、2010 年にはそれぞれ 0.64、0.66 とやや高くなった。2011 年以降は 0.12～0.43 となっている。なお、2016～2020 年の漁獲圧（F2016-2020）は 0.24 であった。

資源量は 1998 年の 1,304 トンから減少し、2001～2013 年は 483～759 トンで推移していたが、その後 2015 年は 1,160 トン、2017 年には過去最高の 1,726 トンと増加した。2018 年以降は減少傾向となり、2021 年は 1,343 トンとなっている。漁獲割合は 2001～2010 年には 20～39%で推移していたが、2011 年以降には震災の影響で減少し、2021 年は 14%となっている（図 12）。

加入量（1 歳魚）は 1998～2013 年には 62～234 トンで推移し、2014～2017 年には 298～510 トンと高い値になったが、2018～2020 年には 103～184 トンと減少した。近年は 1 歳魚の漁獲が少なく、2021 年の加入量は不確実性が高いものの 2 トンと非常に低く推定されており、今後の加入動向に注意が必要である（図 13、補足表 2-4）。

（5）生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

1998～2021 年の漁獲係数 F 値は 0.11～0.66 で推移しており（図 11）、震災以前には沖底 CPUE の変化（図 9）と似た推移を示していた。また、漁獲割合は 2001～2008 年に安定しており、2009、2010 年に増加したが、震災以降は低い値で推移している（図 12）。

2021 年を除く直近 5 年間（2016～2020 年）の漁獲パターンに基づく YPR 曲線と SPR 曲線を図 14 に示した。1 歳の途中から漁獲され始める漁業実態をふまえ、漁獲開始年齢は 1 歳とした。2016～2020 年の漁獲圧の平均値（Fcurrent）は F30%SPR よりも低く（F50.5%SPR）、震災前の漁獲圧（F2006-2010）や F0.1 よりも低い。

5．資源評価のまとめ

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（図 13）。その後の資源は安定した加入があったこともあり、比較的堅調に推移した。震災以降、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 1,726 トンに達した。2018 年以降は再び減少し、2021 年の資源量は 2017 年より約 400 トン少ない 1,343 トンだった。ただし、この値は 2000 年代前半や震災直後よりも高い値である。近年（2016～2020 年）の資源は幅広い年齢層で構成されているのが特徴だったが、2021 年には若齢魚（1～2 歳魚）の占める割合は減少しており、3 歳魚以上が多い年齢構成となった。

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。震災以降には加入が大きく変動しており、2014～2017 年には非常に多くの加入があった一方、2018 年以降は減少した。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、不確実性は高いものの、2021 年の加入量は低い水準であると推定された。本資源は 1980 年代後半から 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.

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.

（執筆者：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）

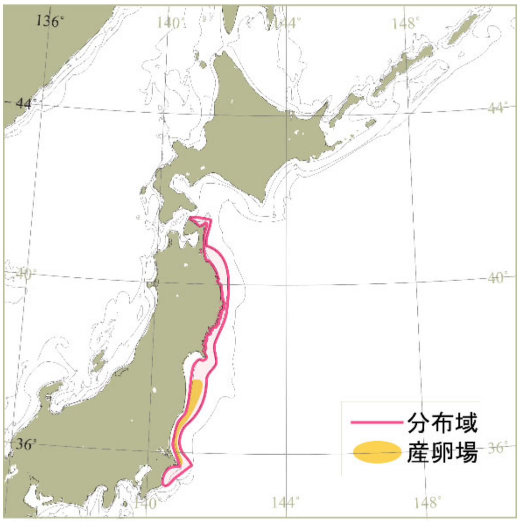


図 1.　太平洋北部におけるヤナギムシガレイの分布

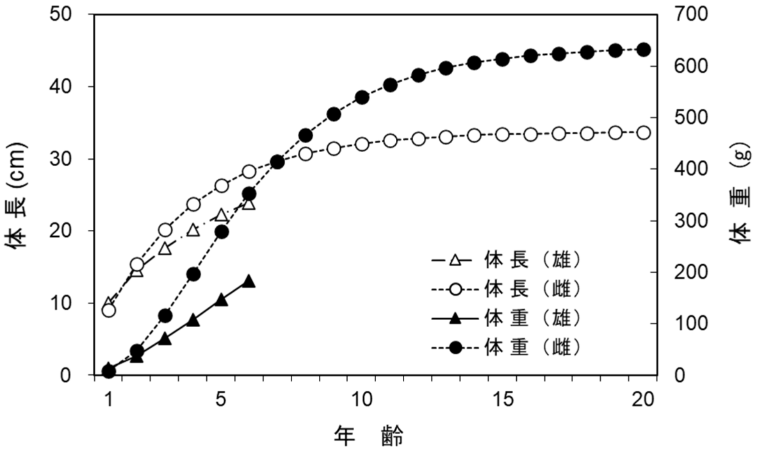


図 2.　太平洋北部におけるヤナギムシガレイの成長

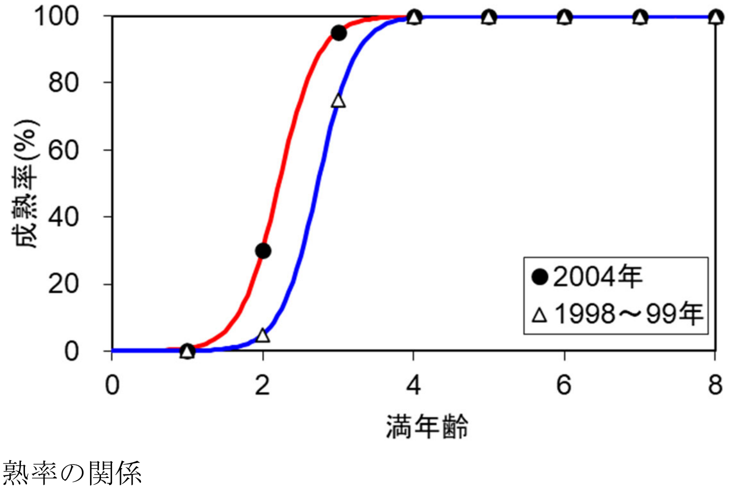


図 3.　年齢と成熟率の関係

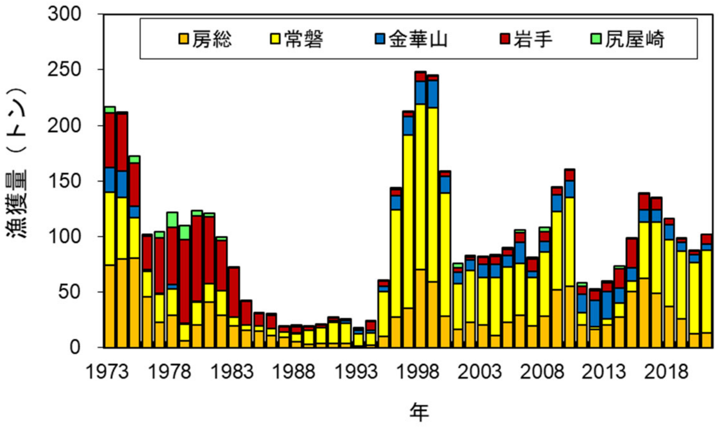


図 4.　太平洋北部の沖底による漁獲量の推移　2021 年は暫定値。

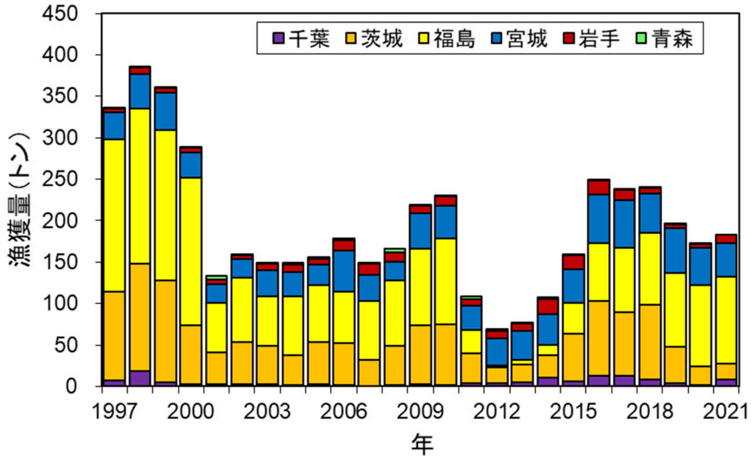


図 5.　全漁業種による漁獲量の推移　2021 年は暫定値。

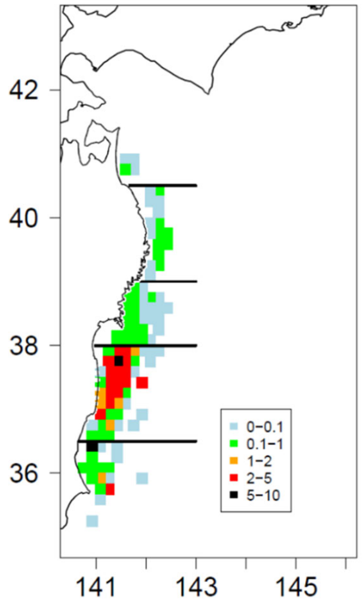


図 6.　沖底による 2021 年の漁獲量（トン）の分布

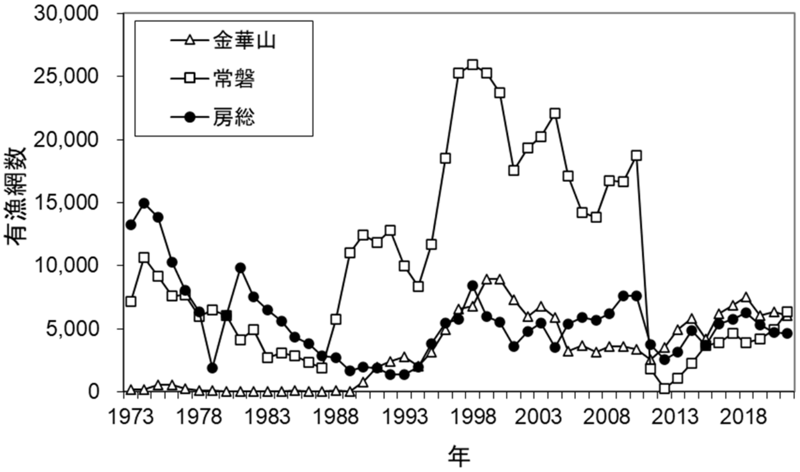


図 7.　沖底の漁業努力量の推移　2021 年は暫定値。

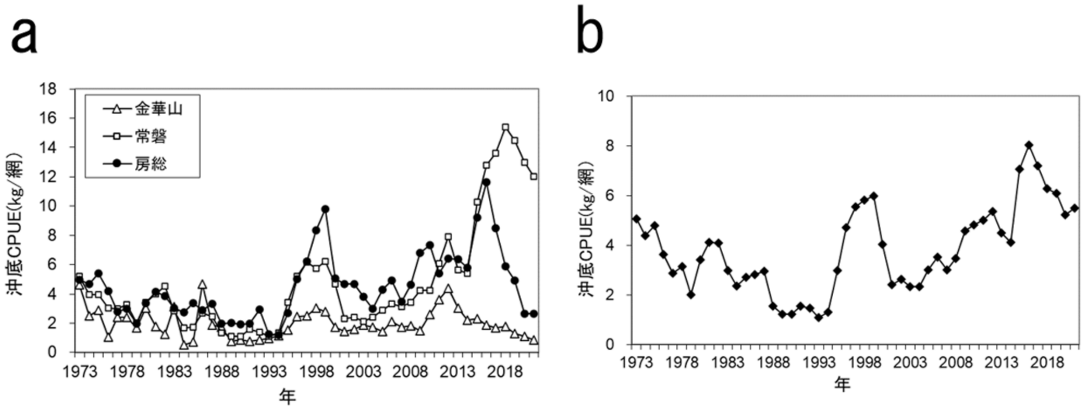


図 8.　　金華山～房総海区の沖底の CPUE　2021 年は暫定値。

（a）海区別、（b）3 海区の合算

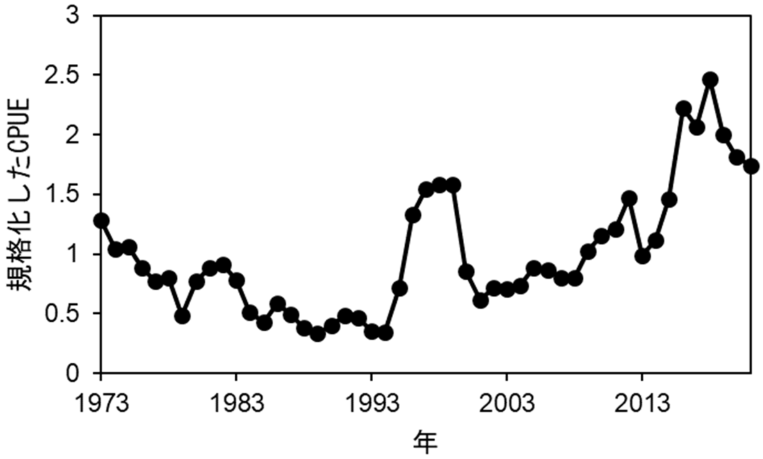


図 9.　金華山～房総海区の沖底の標準化 CPUE

それぞれ平均値で除すことで規格化した。

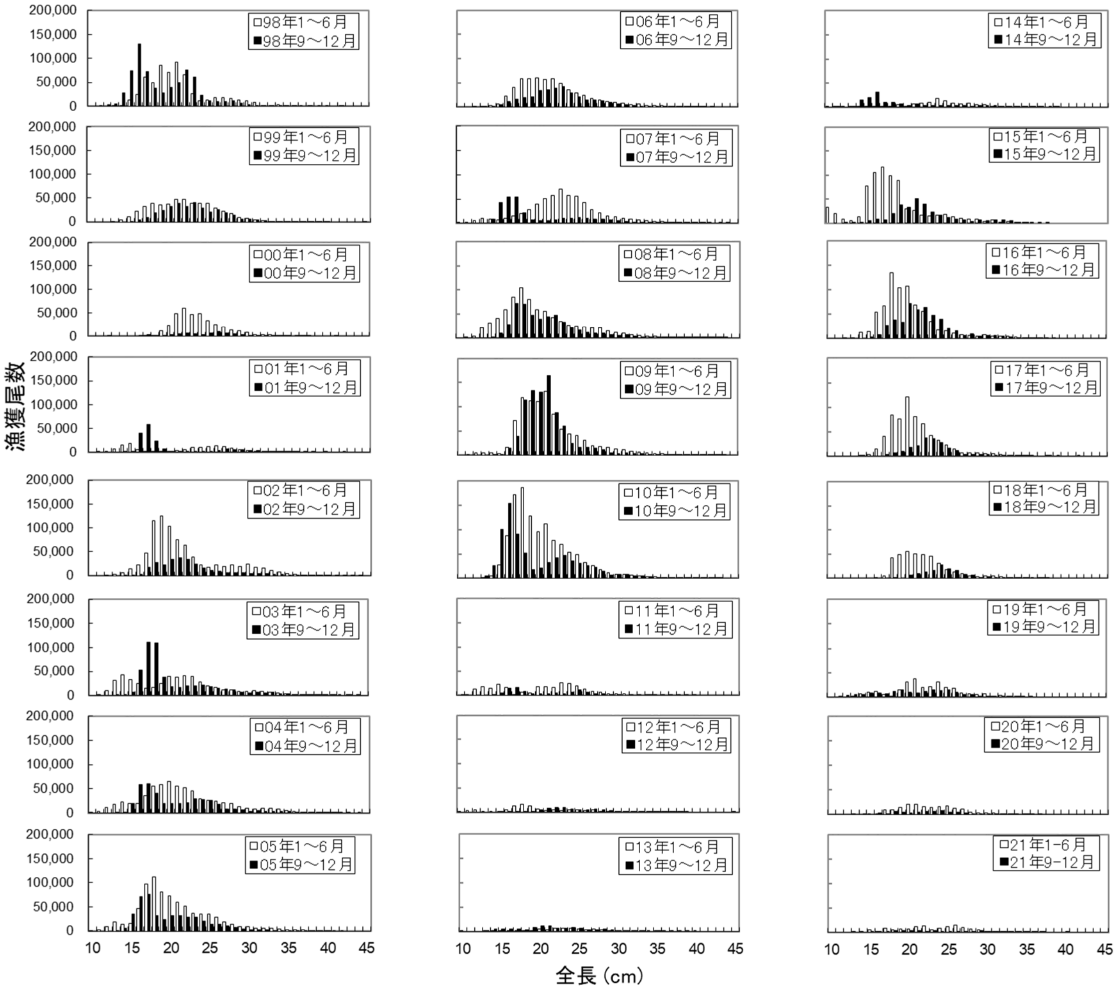


図 10.　ヤナギムシガレイ漁獲物の年別前後期別の全長組成

1998～2001 年、2011～2021 年は茨城県水揚げ分、2002～2010 年は福島県水揚げ分。

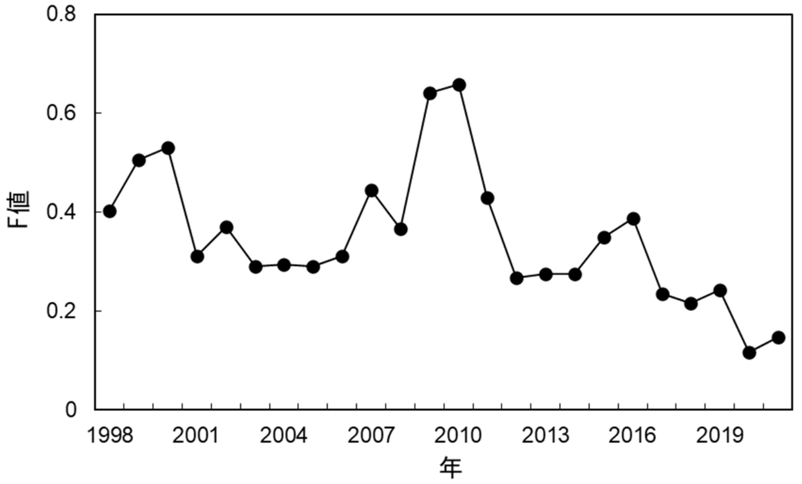


図 11.　F 値（各年齢平均）の推移

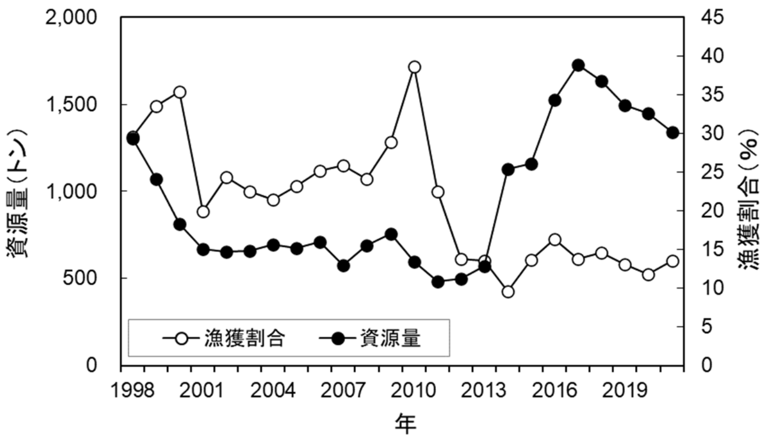


図 12.　資源量と漁獲割合の推移

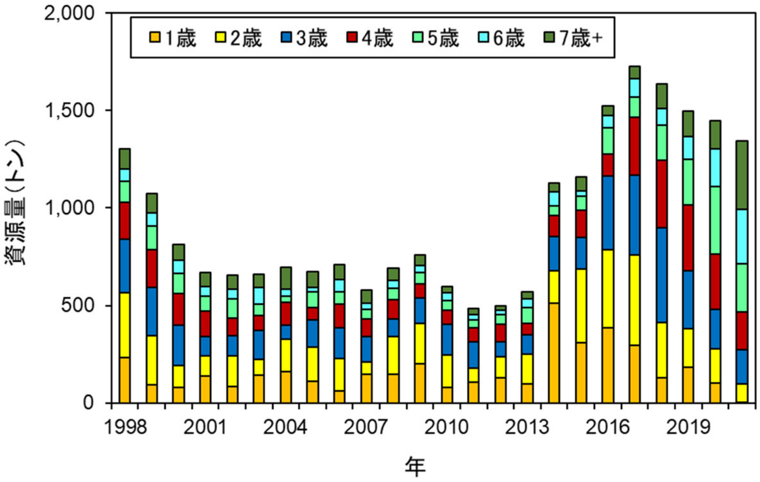


図 13.　年齢別資源量の推移

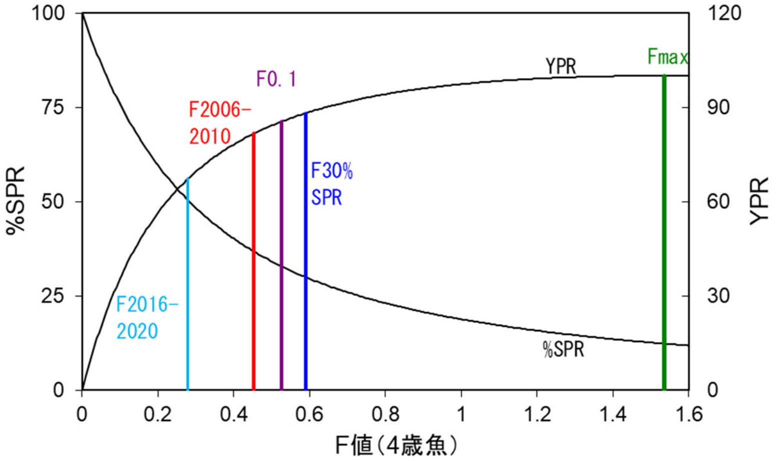


図 14.　漁獲係数（F）と%SPR および YPR

表1.　県別漁業種類別のヤナギムシガレイの漁獲量（トン）

県名	漁業種	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
青森	沖底	1.3	0.4	0	0	0	4.0	1.4	0.6	1.5	1.5	2.2	1.4	3.8	0.6	0.5	2.8	1.8	1.8	2.3	0.3	0.1	0.2	0.1	0.4	0.3	0
	小底	0.5	0.3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	0.5	0.5	0	0.1	0.7	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岩手	沖底	-	4.1	7.6	3.9	4.3	3.9	2.4	6.2	7.7	5.4	9.1	10.7	8.8	5.8	8.9	7.4	8.6	8.1	16.9	12.9	14.4	10.7	5.3	3.6	3.3	8.9
	小底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	刺網	-	0.6	0.6	0.5	0.5	1.1	1.4	0.3	0.8	1.0	3.4	1.7	2.6	3.7	2.9	0.7	1.0	0.8	1.5	3.2	2.6	2.2	1.9	1.0	0.7	0.6
	延縄	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	0.1	0.2	0.9	0.7	0.3	0.4	1.0	0.4	0.6	0.6	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
宮城	沖底	12.2	16.5	20.5	25.0	15.3	10.4	9.4	12.1	11.3	10.5	18.8	6.1	9.9	15.4	15.6	16.6	23.9	23.8	14.1	9.8	11.5	11.6	13.8	8.1	6.9	5.2
	小底	12.8	15.2	19.9	18.5	13.6	8.9	9.3	17.0	15.8	10.4	10.5	10.9	11.7	13.1	9.1	6.0	5.4	6.4	20.5	27.1	42.9	43.4	30.4	42.5	36.8	34.0
	刺網	0.2	0.3	0.4	0.4	1.2	0.8	3.0	1.2	1.7	2.3	19.9	15.1	1.2	13.7	14.8	6.4	3.2	4.0	0.4	0.7	0.6	0.4	0.5	0.7	0.1	0.2
	延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	2.5	0.7	1.6	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	3.1	2.8	1.9	2.1	2.7	1.3	1.5
福島	沖底	96.9	155.8	148.9	156.7	110.8	41.0	47.0	42.5	52.8	49.5	47.0	43.3	57.0	70.3	79.1	11.2	2.1	6.2	12.0	37.6	50.0	63.8	59.7	60.8	64.4	74.1
	小底	14.5	26.8	29.7	22.2	36.0	13.0	21.3	15.8	16.3	16.7	13.9	25.8	21.9	21.2	22.7	11.0	0	0	0	0	20.4	14.4	27.2	28.3	33.3	31.0
	刺網	0.4	1.9	8.8	3.1	31.5	5.9	9.8	1.2	2.3	2.4	0.7	1.8	0.3	0.9	1.3	6.4	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	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	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨城	沖底	24.1	29.1	52.5	53.4	25.3	14.9	19.9	17.6	8.7	19.8	27.4	18.9	27.7	48.9	54.0	16.5	12.8	15.7	17.8	28.4	49.9	36.7	28.7	22.2	10.8	5.7
	小底	52.0	77.0	78.0	69.0	45.0	24.0	31.0	28.5	26.8	30.6	23.6	12.5	19.6	22.1	19.5	19.3	6.3	5.9	9.7	29.2	40.3	40.1	61.6	22.0	12.1	13.0
	刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	1.0	1.0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0.3681
千葉	沖底	3.3	6.8	18.0	5.4	2.9	2.0	2.6	3.0	1.9	3.1	1.6	0.6	1.1	3.1	1.6	3.8	3.8	4.4	10.2	5.4	12.9	12.3	8.4	3.6	1.6	8.0
	小底	-	-	-	-	-	0.1	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	沖底	143.7	212.7	247.5	244.5	158.6	76.2	82.7	81.9	83.9	89.7	106.1	81.1	108.3	144.2	159.8	58.4	52.9	60.1	73.3	94.4	138.8	135.3	116.0	98.7	87.3	102.0
	小底	-	119.3	128.1	109.9	94.9	46.4	61.7	61.4	59.4	58.2	48.0	49.3	53.9	56.7	51.7	36.5	11.8	12.4	30.2	56.3	103.6	97.9	119.2	92.8	82.2	78.0
	刺網	-	2.8	9.8	4.0	33.2	7.8	14.2	2.7	4.8	5.7	24.0	18.6	4.1	18.3	19.0	13.5	4.2	4.8	1.9	3.9	3.2	2.6	2.4	1.7	0.7	0.8
	延縄	-	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	定置	-	0	0	0	0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	その他	-	1.2	0.4	1.3	1.2	2.8	1.1	2.7	0.6	2.1	0.6	0.3	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	3.4	2.8	1.9	2.1	2.8	1.3	1.9
計		-	336	386	360	288	133	160	149	149	156	179	149	167	219	231	108	69	77	108	158	248	238	240	196	172	183

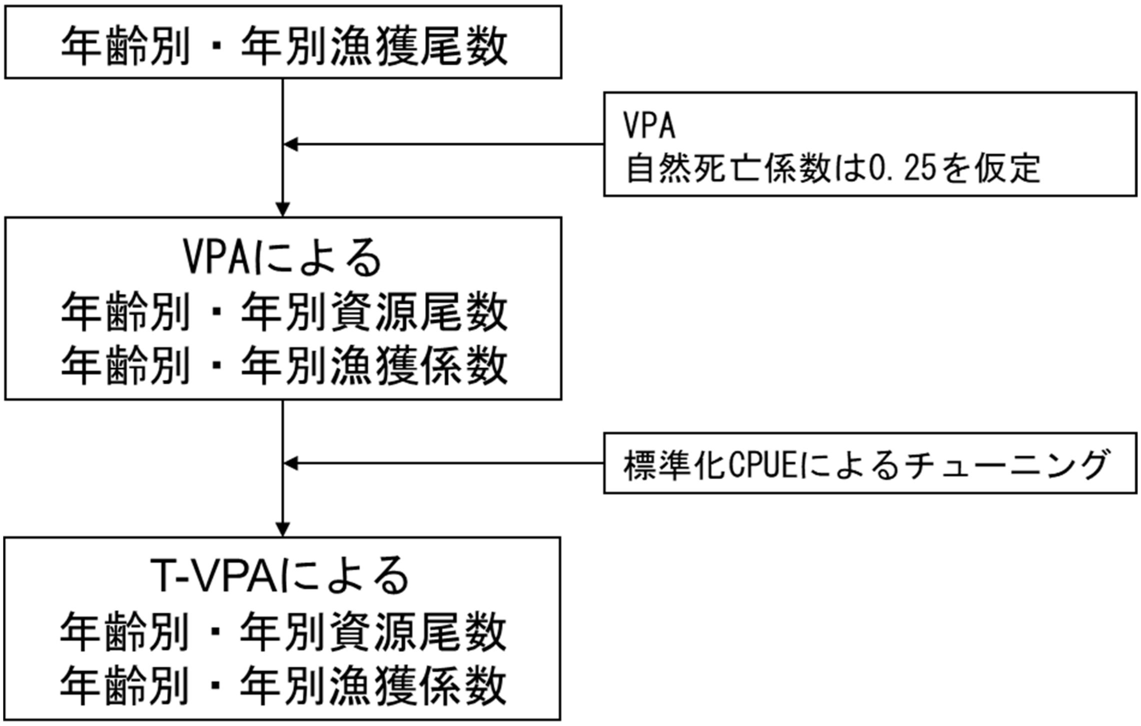
各県水試調べ。2020年以前の沖底の小計は漁場別漁獲統計資料による。
2010年の岩手、宮城はデータ消失のため、沖底以外の漁業は過去5年間の他県との漁獲量比から推定。
各県の沖底漁獲量は小海区別の漁獲量を適用（例：宮城=金華山海区、福島=常磐海区）。ただし、房総海区の漁獲量のうち千葉県船の漁獲は千葉県の漁獲量に含めた
2016～2018年福島県の小底の漁獲量は、福島県の底びき網漁獲量の合計から沖底統計から求めた沖底の漁獲量を引いた値。
2021年は暫定値。

表 2.　沖底によるヤナギムシガレイの漁獲量

年	房総	常磐	金華山	岩手	尻屋崎	計
1973	74	66	22	49	6	217
1974	80	55	24	51	2	212
1975	81	36	10	39	6	172
1976	46	23	1	30	2	102
1977	23	25	1	50	5	104
1978	29	24	4	51	14	122
1979	6	15	1	75	13	110
1980	20	21	0	77	5	124
1981	41	16	0	60	3	121
1982	29	22	0	45	4	100
1983	20	8	0	44	1	72
1984	15	5	0	21	1	43
1985	15	5	0	11	1	32
1986	11	6	0	11	2	31
1987	10	5	0	5	0	19
1988	5	8	0	6	1	20
1989	3	12	0	3	0	19
1990	4	14	1	2	0	20
1991	4	19	2	2	0	27
1992	4	18	2	1	0	25
1993	2	11	3	2	0	18
1994	2	11	2	7	0	24
1995	10	40	5	4	0	60
1996	27	97	12	6	1	144
1997	36	156	17	4	0	213
1998	70	149	21	8	0	247
1999	59	157	25	4	0	245
2000	28	111	15	4	0	159
2001	17	41	10	4	4	76
2002	23	47	9	2	1	83
2003	21	43	12	6	1	82
2004	11	53	11	8	1	84
2005	23	49	11	5	2	90
2006	29	47	19	9	2	106
2007	20	43	6	11	1	81
2008	29	57	10	9	4	108
2009	52	70	15	6	1	144
2010	56	79	16	9	0	160
2011	20	11	17	7	3	58
2012	17	2	24	9	2	53
2013	20	6	24	8	2	60
2014	28	12	14	17	2	73
2015	50	10	11	27	0	98
2016	63	50	12	14	0	139
2017	49	64	12	10	0	135
2018	37	60	14	5	0	116
2019	26	61	8	4	0	99
2020	12	64	7	3	0	87
2021	14	74	5	9	0	102
2021沖底	12	76	5	2	3	99

上の2021年は各県水試調べ、下は沖合底びき網漁業漁業統計資料。
房総海区の漁獲量には千葉県の漁獲量も含まれる。

補足資料１　資源評価の流れ



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

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 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体長階級別の年齢組成を作成した。体長階級別年齢組成の作成は 1～6 月および 9～12 月の二期に分けて毎年行った（7、8 月は沖底、小底の休漁期）。体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（補足図 2-1）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、雌雄別の体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体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（補足表 2-1）。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 VPA により年別年齢別資源尾数（補足図 2-2）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。

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（2021 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。

$$N_{a,2021} = C_{a,2021}\exp(M/2)/(1-\exp(-F_{a,2021})) \quad (2)$$

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

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

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。VPA における最近年である 2021 年の F は、まず 1～6 歳については近年 5 年間（2016～2020 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 3）を用いた。最近年（2021 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 VPA（ステップ 1）から推定された 2016～2020 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。

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

ここで B は資源量、I には 1998～2020 年の沖底金華山～房総海区の標準化 CPUE を用いた。

その結果、資源尾数は 2014 年から増加し、2016 年には 2,800 万尾を超えた。その後は減少に転じ、2020 年および 2021 年にはそれぞれ 2,155 万尾および 1,520 万尾となっている（補足表 2-2）。2021 年の資源尾数は過去 5 年間では最も少なくなっており、3～7 歳以上は多いものの、1 歳魚はこれまでと比べて低い水準と推定された（補足表 2-2）。ただし、上述のように近年は 1 歳魚が漁獲されにくい状況になっており、推定精度が低いことに注意が必要である。漁獲係数 F の値は震災前に比べると全体的に減少傾向であり、特に若齢魚で低い傾向が認められた（補足図 2-3、補足表 2-3）。2021 年の資源量は 1,343 トンで 2016～2019 年と比べると少ないものの、2010 年以降では 6 番目に多い（補足表 2-4）。

また、資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（令和 4 年度）FRA-SA2022-ABCWG02-03」に従って、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。レトロスペクティブ解析では、データの追加・更新が行われることで資源量は増加、F 値は減少する傾向がみられたものの、それぞれの推定値に大きな変化は確認されなかった（補足図 2-4、2-5）。

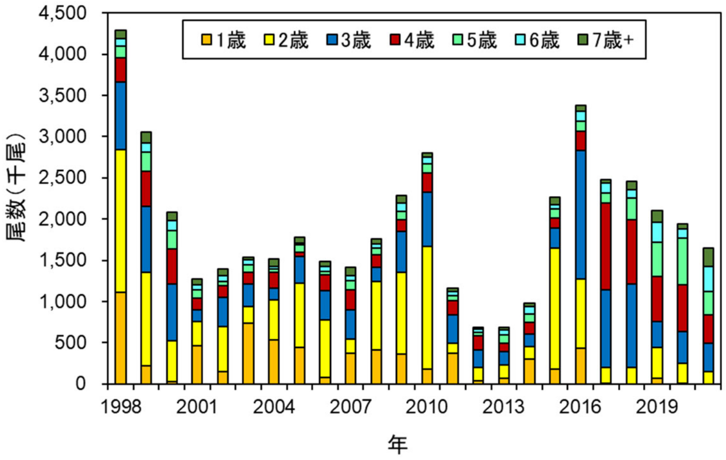
引用文献

ABCWG (2022) 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（令和 4 年度）. FRA-SA2022-ABCWG02-03.

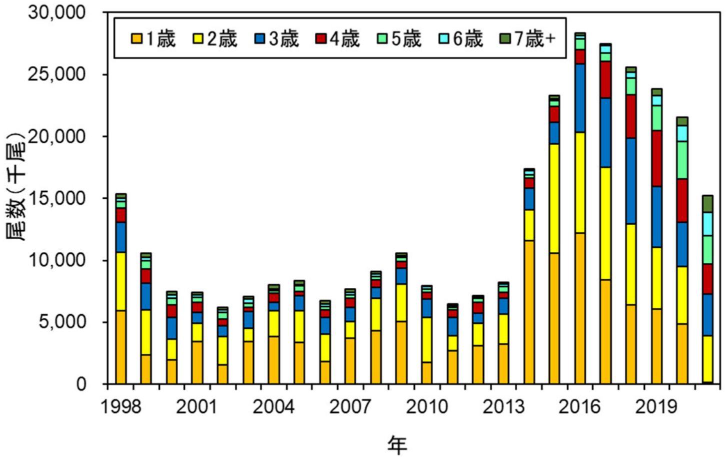
Pope, J. G (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.

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.

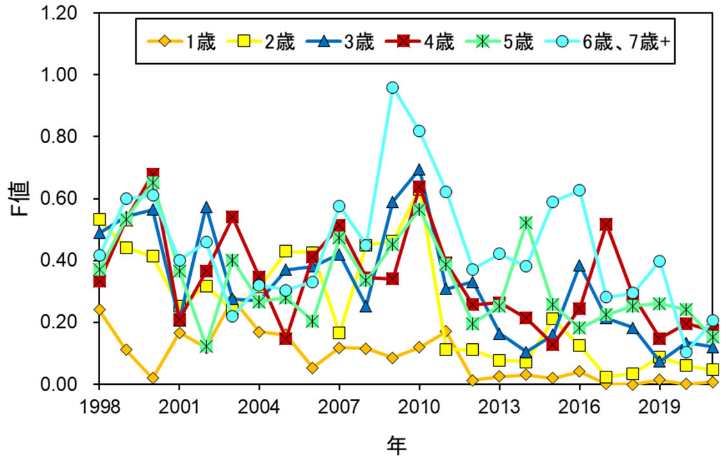
田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.



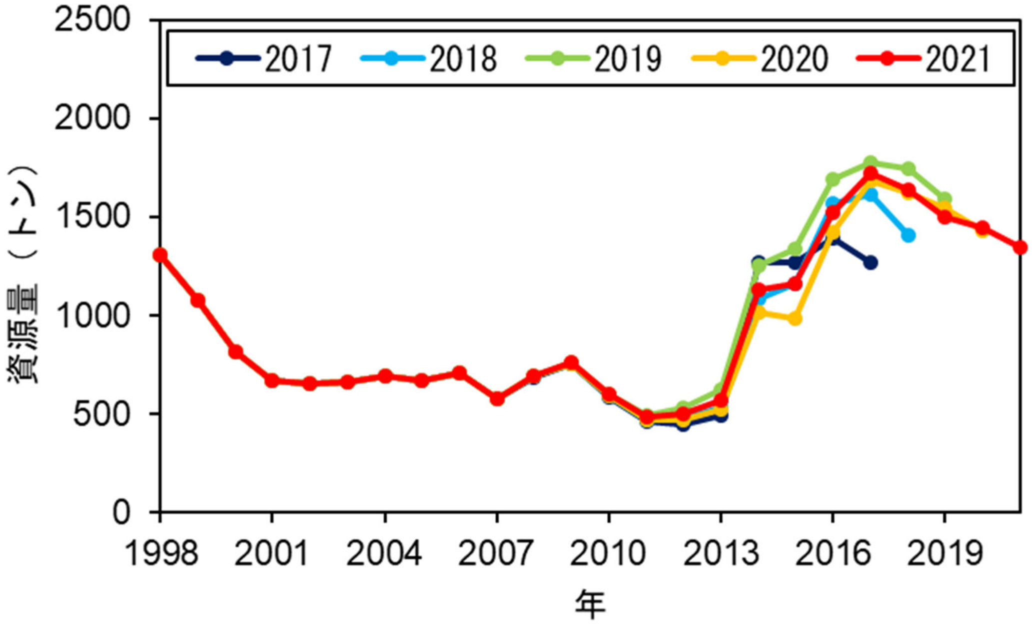
補足図 2-1.　ヤナギムシガレイ太平洋北部の年齢別漁獲尾数



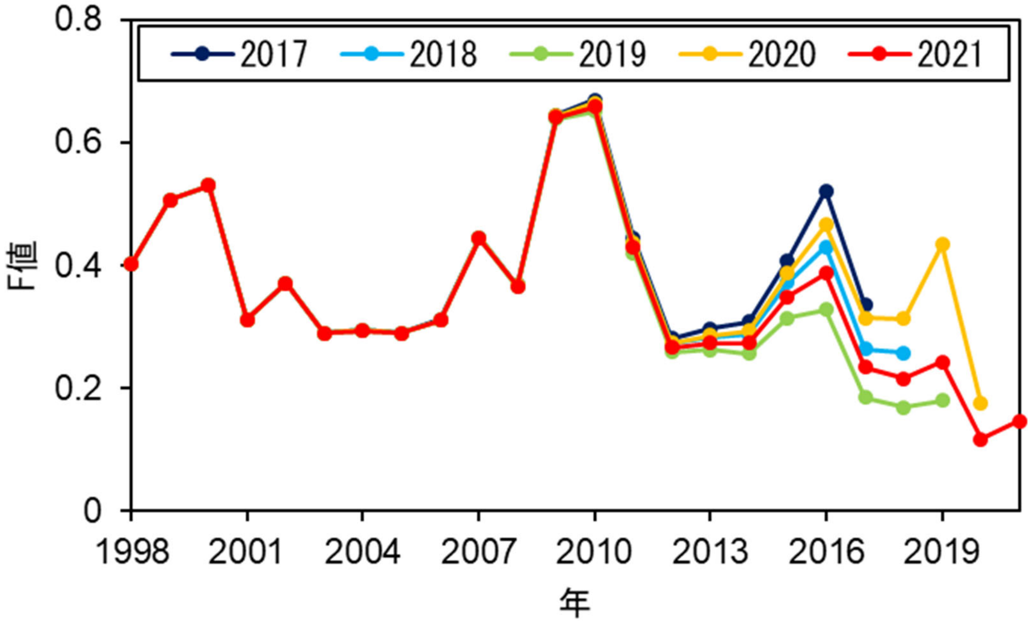
補足図 2-2.　ヤナギムシガレイ太平洋北部の年齢別資源尾数



補足図 2-3.　ヤナギムシガレイ太平洋北部の年齢別 F 値



補足図 2-4.　資源量推定値のレトロスペクティブ解析結果



補足図 2-5.　F 値のレトロスペクティブ解析結果

補足表2-1.　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

補足表2-2.　チューニングVPAによって推定した資源尾数（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	3,878	3,404	1,815	3,737	4,349	5,072	1,765
2	4,731	3,613	1,652	1,498	2,278	1,071	2,055	2,548	2,261	1,339	2,585	3,018	3,627
3	2,415	2,163	1,809	851	907	1,291	657	1,170	1,292	1,151	883	1,283	1,482
4	1,150	1,153	981	802	539	398	763	391	629	687	589	534	554
5	545	642	528	387	506	291	181	420	263	324	320	325	296
6	276	293	293	214	209	348	152	108	248	167	158	178	161
7以上	337	315	260	234	234	218	354	286	226	265	189	172	105
合計	15,359	10,550	7,485	7,441	6,222	7,092	8,040	8,328	6,732	7,671	9,073	10,584	7,991

補足表2-3.　チューニングVPAによって推定した漁獲死亡係数

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	0.63
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	0.69
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	0.33	0.45	0.56
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
平均	0.40	0.51	0.53	0.31	0.37	0.29	0.29	0.29	0.31	0.44	0.37	0.64	0.66

補足表2-4.　チューニングVPAによって推定した資源量（トン）

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	234	94	78	137	84	143	163	111	62	148	147	201	80
2	331	253	116	105	160	83	167	177	164	60	192	207	168
3	276	247	206	97	103	148	71	139	159	130	94	132	158
4	190	190	162	132	89	74	114	63	122	91	98	70	68
5	105	124	102	75	98	60	35	78	63	49	60	60	53
6	65	69	69	50	49	84	36	25	65	32	38	35	40
7以上	103	96	80	72	72	70	111	79	76	68	63	54	32
合計	1,304	1,074	812	668	655	661	696	673	711	579	692	759	598

注）資源尾数に各年各年齢の平均体重（5～6月）を乗じたもの。
　　性比は1:1と仮定し、7歳魚以上の個体はすべて雌とした。

補足表2-1.　年齢別漁獲尾数（千尾、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
376	34	70	303	179	432	9	0	73	4	1
115	166	160	153	1,474	841	191	196	374	243	151
351	210	165	154	234	1,560	947	1,021	311	393	345
165	172	97	140	130	229	1,046	771	548	562	338
64	48	102	102	103	122	129	269	414	571	284
54	33	59	87	51	127	118	102	239	107	303
37	25	35	44	99	68	43	98	149	61	221
1,162	689	687	982	2,270	3,379	2,482	2,458	2,108	1,941	1,644

補足表2-2.　チューニングVPAによって推定した資源尾数（千尾、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2,709	3,141	3,262	11,611	10,602	12,206	8,414	6,378	6,071	4,839	127
1,217	1,778	2,416	2,478	8,776	8,098	9,124	6,545	4,967	4,664	3,765
1,501	846	1,239	1,741	1,795	5,534	5,565	6,938	4,924	3,539	3,418
576	859	474	819	1,220	1,192	2,933	3,498	4,502	3,560	2,409
228	303	517	283	515	835	726	1,361	2,044	3,023	2,277
131	120	194	313	131	310	543	452	823	1,226	1,850
91	93	114	158	250	165	198	435	514	699	1,351
6,453	7,141	8,215	17,403	23,288	28,340	27,502	25,606	23,845	21,549	15,196

補足表2-3.　チューニングVPAによって推定した漁獲死亡係数（続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.17	0.01	0.02	0.03	0.02	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
0.11	0.11	0.08	0.07	0.21	0.13	0.02	0.03	0.09	0.06	0.05
0.31	0.33	0.16	0.11	0.16	0.38	0.21	0.18	0.07	0.13	0.12
0.39	0.26	0.26	0.21	0.13	0.25	0.52	0.29	0.15	0.20	0.17
0.39	0.20	0.25	0.52	0.26	0.18	0.22	0.25	0.26	0.24	0.15
0.62	0.37	0.42	0.38	0.59	0.63	0.28	0.30	0.40	0.10	0.21
0.62	0.37	0.42	0.38	0.59	0.63	0.28	0.30	0.40	0.10	0.21
0.43	0.27	0.27	0.27	0.35	0.39	0.23	0.22	0.24	0.12	0.15

補足表2-4.　チューニングVPAによって推定した資源量（トン、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
109	131	98	510	311	388	298	128	184	103	2
69	107	151	166	379	400	462	285	195	173	94
136	74	102	178	160	375	408	484	297	203	178
73	92	58	107	138	116	296	346	339	287	192
41	48	82	50	73	135	104	183	235	346	247
28	22	43	70	25	60	98	84	114	194	278
28	25	35	46	74	50	60	126	132	143	351
483	500	569	1,127	1,160	1,524	1,726	1,636	1,497	1,448	1,343

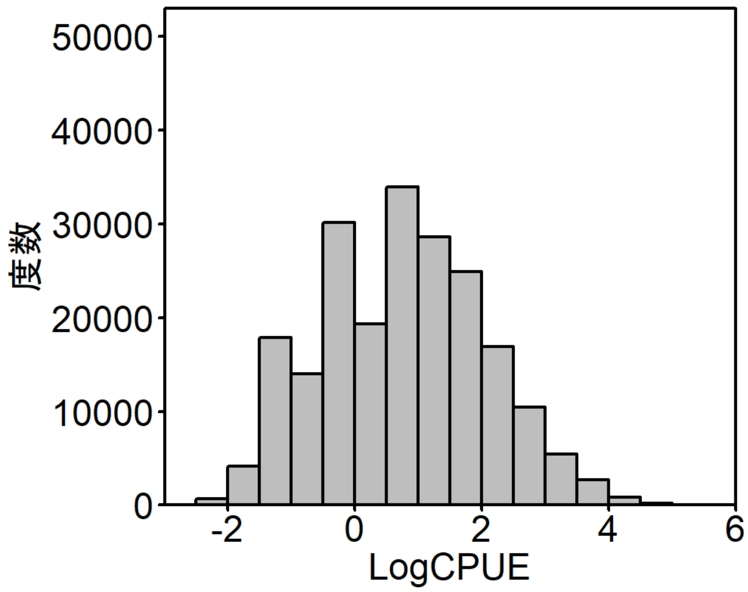
補足資料 3　チューニングに用いた標準化 CPUE

年、月および海域の影響を除去するため、GLM（一般化線型モデル）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。

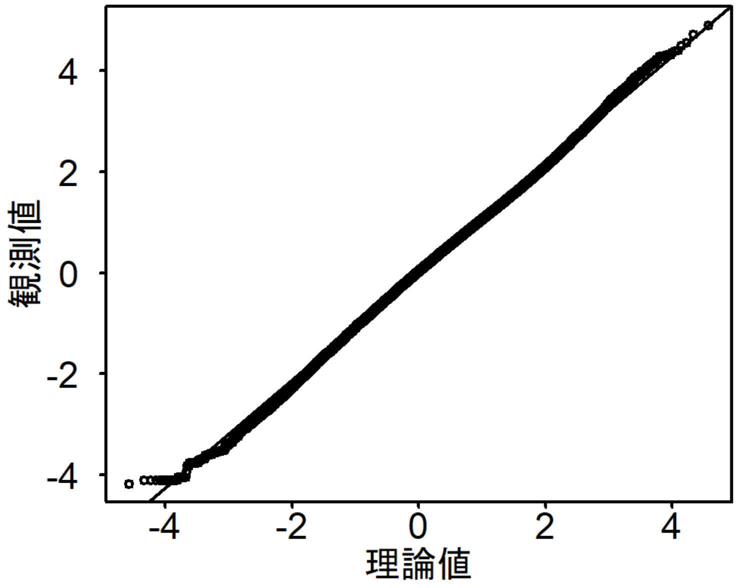
*Ln(CPUE) = Intercept + Year + Season+ Area + Year*Season+ Year*Area + Season* Area*

ここでの記号は次の通りである。
Year: 年（1973～2021）
Season: 季節（1～3、4～6、9、10～12）
Area: 小海区（金華山、常磐、房総）

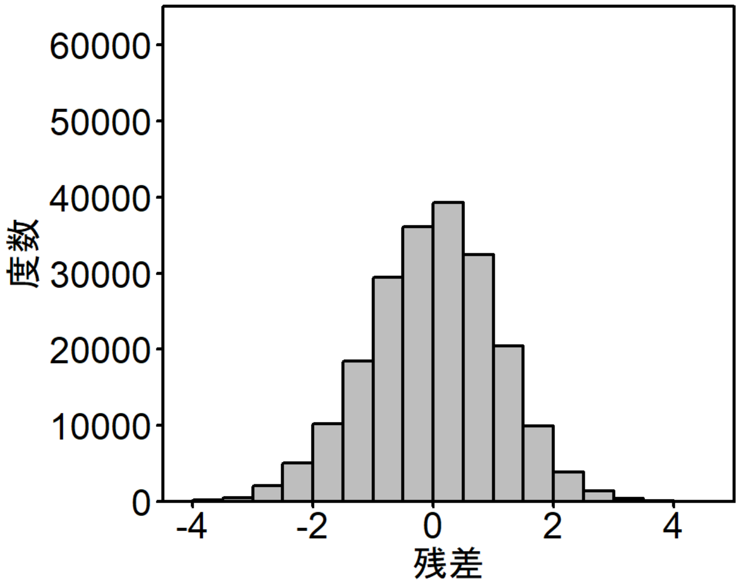
説明変数は全てカテゴリカル変数として扱った。季節（Season）はデータ欠損が生じないよう 1～3 か月ごとにまとめた。変数総当たり法により BIC が最小となるモデルをベストモデルとして選択した。変数選択には R Ver 4.1.0 の MuMIn パッケージを用いた（https://www.R-project.org/、2022 年 7 月 22 日）。モデル選択の結果、上記の初期モデルがベストモデルとして選択された。ベストモデルより最小二乗平均（LSMEAN）を用いて海区別の年トレンドを算出し、それらを各海区の面積により重み付け平均することで標準化 CPUE の年トレンドとし、VPA の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 3-1、3-2）。正規確率図では、大きな逸脱は観察されなかった（補足図 3-3）。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 3-4）。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 と比べて高い値を示した（補足図 3-5）。



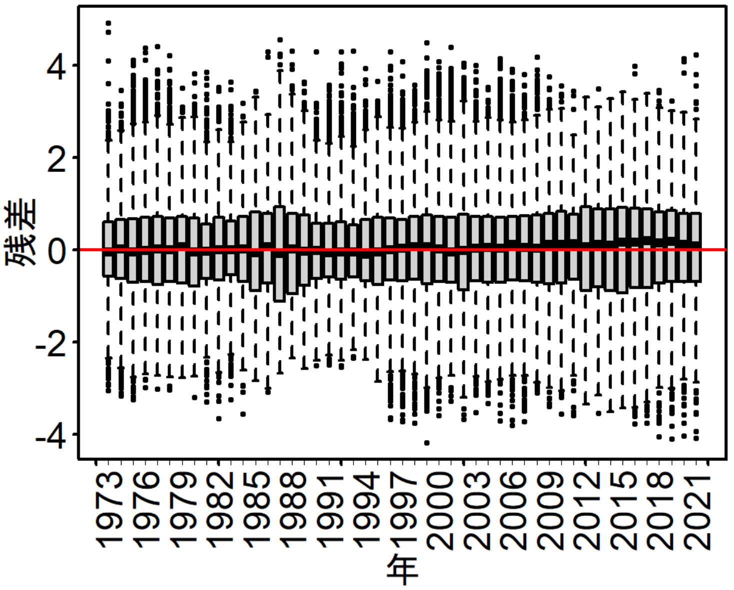
補足図 3-1.　操業ごとの LogCPUE（1973～2021 年データ）



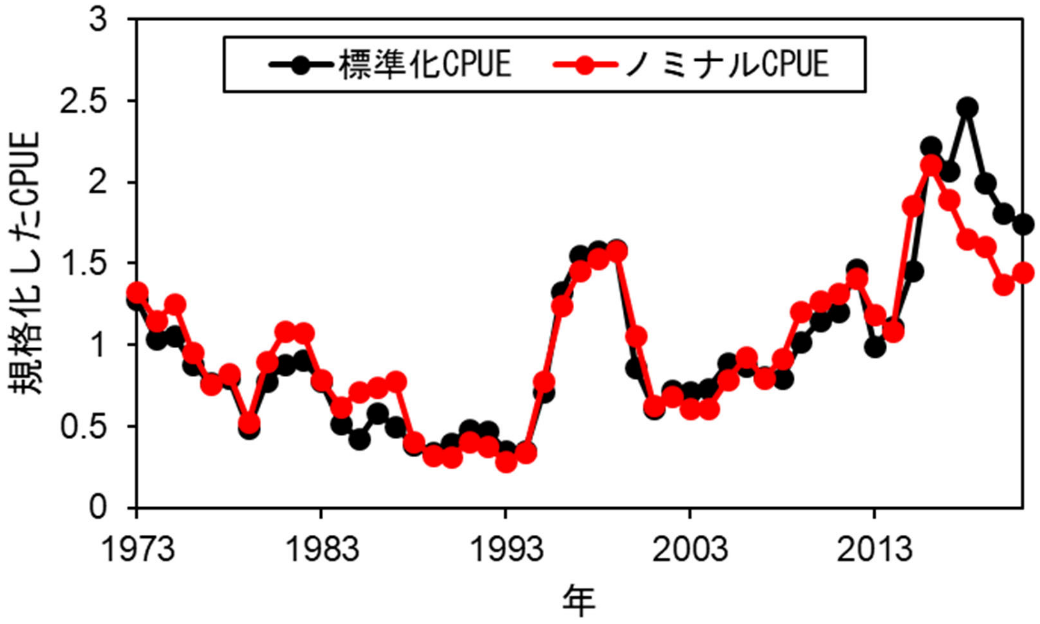
補足図 3-2.　モデル予測値と実測値の残差（1973～2021 年データ）



補足図 3-3.　残差ヒストグラムの正規性の確認



補足図 3-4.　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。



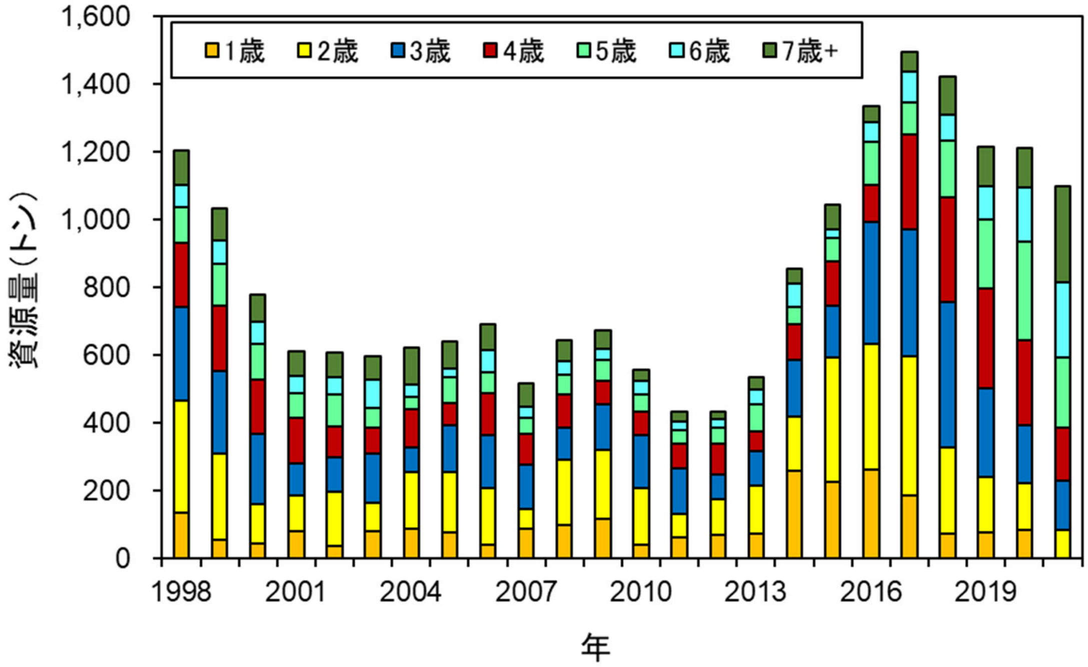
補足図 3-5. ノミナル CPUE と標準化 CPUE の時系列変化 それぞれ平均値で除すことで規格化した。

補足資料 4　稼働率を用いた VPA 計算結果

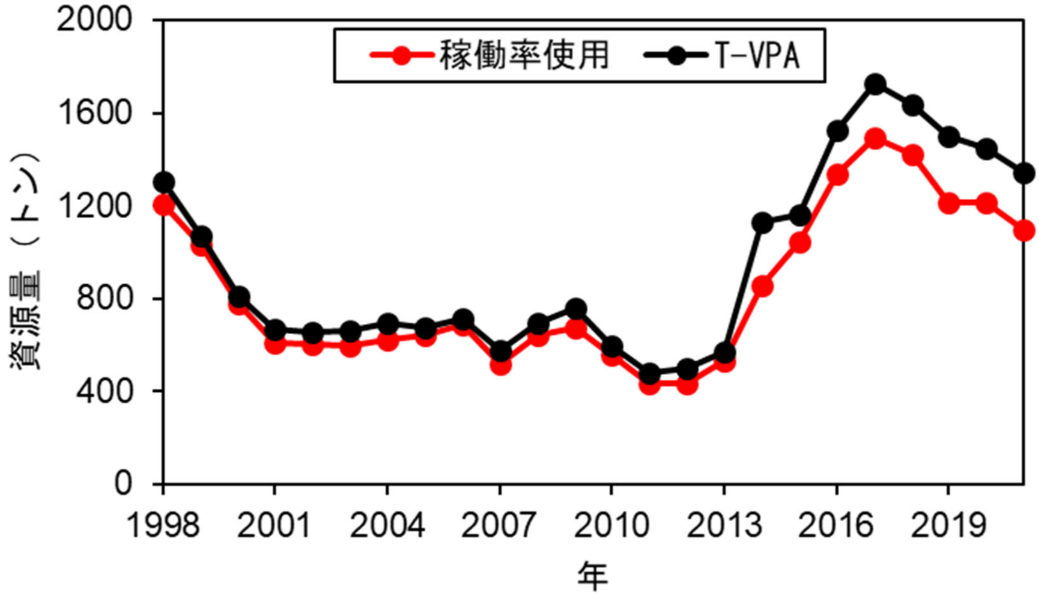
震災後の漁業の影響を考慮するため、主要な漁場である金華山～房総海区における震災前後の沖底の網数を稼働状況の指標として稼働率［震災以降の最大網数（2018 年）を 2005～2009 年平均網数で除したもの］を求め、その値で直近 5 年間（2016～2020 年）の平均 F 値を補正して VPA を行った。また、VPA の方法は補足資料 2（ステップ 1）と同様である。

その結果、2021 年の資源量は 1,097 トンと推定された（補足図 4-1）。近年（2000 年以降）の資源量は 2017 年の 1,494 トンをピークにその後減少傾向となっており、2021 年の資源量は最近 10 年間の中では 6 番目に多かった。資源量の全体的な傾向は標準化 CPUE を用いたチューニング VPA の結果と似ていたが（図 13、補足図 4-1、4-2）、近年（2014 年以降）の資源量は稼働率を用いた場合の方が少なく推定される傾向が認められた（補足図 4-2）。本資源の主漁場は福島県沖で、震災後 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 7）。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（表 1、図 5）。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 VPA 結果については補足資料への記載に留めた。

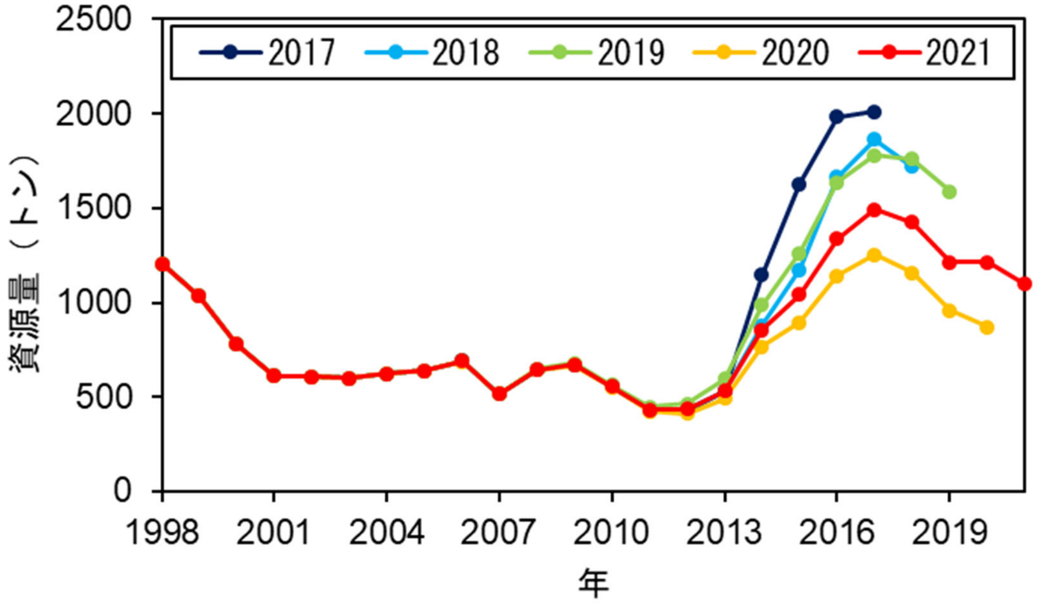
また、稼働率により補正した VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性についてレトロスペクティブ解析から診断した。その結果、データの追加・更新が行われることで F 値には目立った傾向はみられなかったものの、資源量は減少する傾向がみられ（補足図 4-3、4-4）、資源量の推定に関してはチューニング VPA（補足図 2-4）の方が頑健性は高いと考えられた。



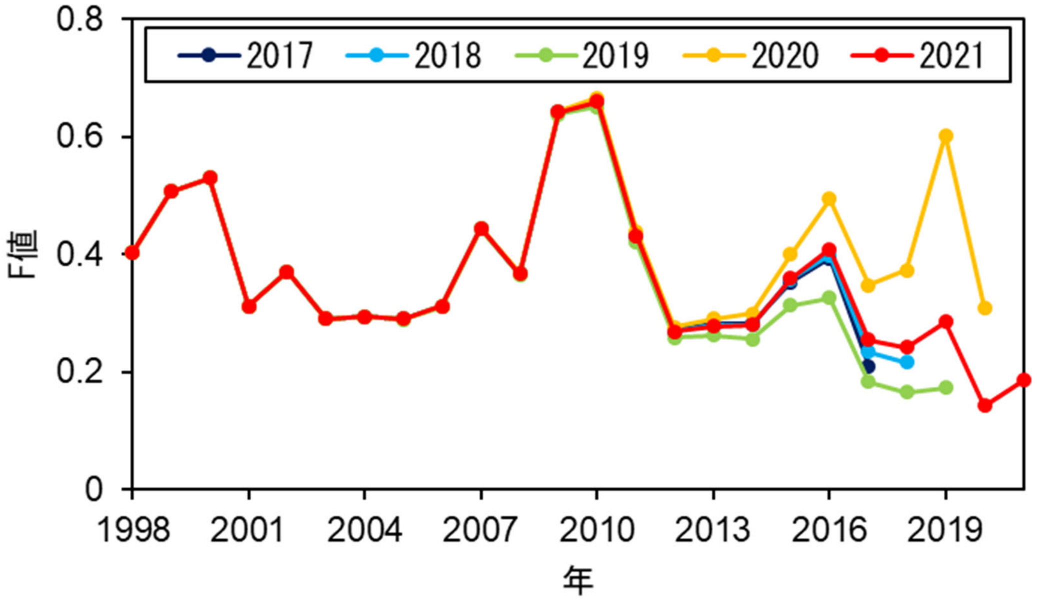
補足図 4-1.　稼働率で補正した VPA によって求めた年齢別資源量の推移



補足図 4-2.　稼働率で補正した VPA（稼働率使用）と標準化 CPUE でチューニングした VPA（T-VPA）の資源量の比較



補足図 4-3.　稼働率で補正した VPA 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 4-4.　稼働率で補正した VPA による F 値のレトロスペクティブ解析結果