

平成 29（2017）年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源評価

責任担当水研：東北区水産研究所（成松庸二、服部 努、鈴木勇人、森川英祐、柴田泰宙）
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、福島県水産試験場、茨城県水産試験場

要 約

ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源状態は VPA による資源量推定により評価している。漁獲量は周期的に変動しており、近年では 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、徐々に増加し、2009、2010 年には 200 トンを超えた。東日本大震災以降は、主漁場である福島沖の漁獲量の低下などにより漁獲量は減少したもののその後増加し、2015 年は 162 トン、2016 年は 239 トンであった。近年は加入がやや少なかったが 2013 年級、2015 年級は多く、VPA による資源量推定値および沖底の CPUE から、資源の水準は高位、動向は増加と判断した。現在の資源は幅広い年齢で構成されており、比較的安定している。一定量の親魚量を確保できれば資源が急激に減少することはないと考えられることから、親魚量確保を資源の管理目標とし、F30%SPR を管理基準とした。ABC 算定のための基本規則 1-3)-(1)に基づき、基準値を Flimit、Ftarget=Flimit×0.8 とし、2018 年 ABC を算出した。

管理基準	Target/ Limit	2018 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの増減%)
F30%SPR	Target	275	22	0.39 (-3%)
	Limit	331	27	0.48 (+21%)

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。Ftarget = $\alpha \times \text{Flimit}$ とし、係数には 0.8 を用いた。高位水準、増加傾向にあるため、本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(1)を用いた。F 値は各年齢の平均値である。ここでの現状の F は 2012～2016 年の F の平均値に 2017 年の漁船の稼働率/2012～2016 年の漁船の平均稼働率を乗じたものである。漁獲割合は 2018 年の漁獲量/資源量である。2017 年以降の加入量は直近 10 年（2007 年～2016 年）の平均値とした。

年	資源量（トン）	親魚量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合（％）
2013	498	194	77	0.31	16
2014	676	180	108	0.32	16
2015	770	204	162	0.47	21
2016	1,212	426	239	0.40	20
2017	1,189	408	245	0.40	21
2018	1,236	492	—	—	—

2017、2018 年の値は将来予測に基づいた推定値である。各年の資源量は漁獲対象資源量を示す。年は暦年、2016 年の漁獲量は暫定値である。F 値は各年齢の平均値。

水準：高位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下の通り

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（着底トロール、6 月） 漁獲量調査（青森～茨城（5）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～茨城（5）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（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）

1. まえがき

ヤナギムシガレイは体長 40cm 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 400m 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、太平洋岸の分布は青森県尻屋崎以南であり

(橋本 1955)、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を中心に行われており、青森県や岩手県では少ない(表 1)。福島県の標本船調査による漁獲量、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、12～3 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)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 1998～99 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 1998～99 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)。

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

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

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

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

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

産卵期は 10～7 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)。産卵場は特定されていないが、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 100m 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 120mm 以上、雌で 150mm 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、北側の青森県や岩手県では少ない（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、1998～1999 年には 240 トン以上となり過去最高の漁獲を記録した。しかしながらその後減少に転じ、2001 年には 100 トンを割り込んだ。2001 年以降は徐々に増加し、2009 年は 144 トン、2010 年は 152 トンとなった。2011 年以降は震災の影響で大きく減少したが徐々に増加しており、2015 年は 98 トン、2016 年は 129 トンであった。

全ての漁業種類の漁獲量データは 1997 年から揃っており、1997～2000 年には 288～386 トンを記録していた。2001～2008 年には 133～179 トンでピーク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 2013 年以降回復傾向にあり、2015 年には 162 トン、2016 年には 239 トンになっている（図 5、表 1）。

（3）漁獲努力量

沖底の有漁網数は 1990 年代後半にかけて急増した（図 7）。その後は増減を繰り返しながらも減少しているが、1990 年代前半以前と比較すると高い水準にあった。2010 年は高い水準となり、主漁場である常磐海域では 18 千網を超えたが、2011～2016 年は東日本大震災の影響で大きく減少し、回復は緩やかである（2016 年は暫定で 3.9 千網）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

1998～2016 年に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、前後期別（1～6 月と 9～12 月）雌雄別の age-length key を毎年作成している。漁獲物の体長組成と age-length key をもとに年齢別漁獲尾数を求め（補足表 2-1）、1～7 歳以上の 7 年齢群についてコホート解析を行い、年別年齢別資源尾数および漁獲死亡係数 F を推定した（補足表 2-2、2-3）。なお、ヤナギムシガレイの寿命や成長には雌雄差があるため、資源量は以下のように求めた。6 歳以下については、それぞれの年齢における雌雄の平均体重の平均値を年齢別体重とし、7 歳以上では雌の体重を年齢別の体重とした。先に求めた年齢別資源尾数に年齢別の体重を乗じたものを年齢別の資源量とした（補足表 2-4）。資源量ならびに金華山～房総海区の沖底の CPUE を基に資源水準と動向を判断した。

（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 を図 8 および図 9 に示した。1973 年以降、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る。各海区の沖底の 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。しかし 2015 年および 2016 年には極めて高い値となっている（図 8）。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。ただし、震災以降には漁獲の中心である常磐海区での漁業活動が極めて限定的であるため、現在の指標としての精度は震災以前に比べると低下していると考えられる。

(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。1998 年の後期には全長 15～19cm と 20～25cm に 2 つのモードが認められる。ヤナギムシガレイは 1 歳の後期頃から漁獲加入しており、2 歳の途中で全長 20cm 台前半に達することから、この 2 つのモードは 2 年続けての卓越年級群の発生を示していると考えられる。2003～2005 年の 3 年間は後期に 15～19cm のモードが認められており、比較的安定した加入があった。2006 年には漁獲物に小型魚のモードが認められなかった一方で、2007 年には小さいながらも小型魚のモードが認められ、2008～2010 年にも比較的大きいモードが認められた。また、2001 年以前と比べて 2002 年以降は全長 30cm 以上の個体が若干増加しており、大型個体の個体数が増加していることが示唆されている。2016 年上半期には全長 16～20cm の個体が非常に多く漁獲され、下半期には全長 20cm をピークとした 18～23cm の個体が多く漁獲されている。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

VPA により求めた F 値の推移を図 11 に示した。2001～2008 年には 0.29～0.45 で安定していたが、2009 年、2010 年にはそれぞれ 0.65、0.66 とやや高くなった。2011 年以降は 0.28～0.47 となっている。資源量は 1998 年の 1,198 トンから減少し、2001～2014 年は 480～700 トンで推移していたが、2015 年は 770 トン、2016 年は 1,212 トンと増加の傾向が認められている（図 12、補足表 2-4）。漁獲割合は 2001～2010 年には 22～34% で推移していたが、2011 年以降には震災の影響で減少し、2016 年には 20% になっている（図 12）。また、1998～2016 年の加入量（1 歳魚）は 35～240 トンで推移しており、1998～2013 年には 35～135 トンで推移していたが、2014 年には 240 トンと非常に高い値になり、2016 年も 220 トンと高い値になった（図 13）。これは 2013 および 2015 年級の仔稚魚期の生き残りが良かったことに加えて、主漁場である常磐海域の漁獲圧が極めて低いため、2 歳までの生き残りがよかったためと考えられる。

(5) 再生産関係

1998 年以降の再生産関係には明瞭な相関関係は認められなかった（図 14）ことから、再生産関係を将来の加入量予測には用いていない（試算は補足資料 5）。なお、近年の再生産成功率は上昇傾向にある（図 15）。

(6) Blimit の設定

明瞭な再生産関係が認められていないこと（図 14）、1997 年以前に連続して発生した卓越

年級は非常に少ない親から発生したと考えられること、卓越年級を発生させることができない最低親魚量が不明瞭であることから、Blimit は設定していない。

(7) 資源の水準・動向

沖底の CPUE の変化から、資源は 1997～1999 年にかけて高い水準にあったと考えられる（図 4、図 9）。漁獲量は 2001 年から再度増加し始め、CPUE も 2003、2004 年ごろから増加に転じている。2009 年には沖底の漁獲量、CPUE とともに 1990 年代後半に準ずる水準にまで回復した。その後も CPUE は高い状態が続き、2016 年には過去最高を記録している。また、VPA で求めた資源量も 2009 および 2010 年には高かったが、2011～2013 年にはやや低くなった。資源量は 2014 年から増加傾向が見られ、2016 年には非常に高い水準となっている（図 13）。震災以前 38 年間（1973～2010 年）の金華山～房総海区の沖底の CPUE および過去 19 年間（1998～2016 年）の資源量の最大値と 0 の範囲を 3 等分し、水準の判断基準とした。なお、沖底の CPUE を震災前までのデータとしたのは、震災後、主漁場である常磐沖での漁獲がほとんどない状態で判断基準を変更することを避けるためである。その結果、CPUE および資源量はともに高位と中位の境界を上回ることから、資源水準は高位と判断した。また、最近 5 年間の CPUE および資源量はともに増加していたことから、動向は増加と判断した。

(8) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

1998～2016 年の漁獲係数 F 値は 0.28～0.66 で推移しており（図 11）、沖底の CPUE の変化（図 9）と F 値の変化傾向は震災以前には類似していた。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、震災以降には低い値で推移している（図 12）。

直近 5 年間の漁獲パターンにもとづく YPR 曲線と SPR 曲線を図 16 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。2012～2016 年の漁獲圧の平均値（ $F_{2012-2016}$ ）は $F_{30\%SPR}$ よりも低く（ $35.2\%SPR$ ）、 $F_{0.1}$ よりもやや高い値であった。

5. 2018 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

VPA による解析では、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 年にかけて急減した。その後の資源は 2003～2009 年に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 年級および 2015 年級が多かったこともあり、回復している。2016 年の沖底の CPUE は過去最高レベルにあり、また資源量も非常に高い水準にあることから、資源水準は高位、動向は増加と判断した。現在の資源は幅広い年齢層で構成されているのが特徴となっており、比較的安定している。そのため、漁獲圧を高すぎないように抑え、次世代の加入を阻害しないように親魚量を確保することが重要である。

(2) ABC の算定

2018 年の ABC 算定は以下のように行った。

2003 年以降毎年行っている年齢査定の結果、10 歳以上の個体は非常に少なかったことから、通常の寿命 (λ) を 10 歳とし、自然死亡係数 M を田内・田中の式 (田中 1960) より $2.5/\lambda=0.25$ とした。

2017 年以降の年齢別の F の比率 (選択率) は 2012～2016 年の平均値と同じと仮定した。震災以降には漁獲圧が経年的に変化していたことから、2017 年の F の値は 2012～2016 年の平均稼働率を 2017 年の稼働率で除し、その値を 2012～2016 年の F に乗じたものとした。なお、2011～2017 年の震災による漁獲圧への影響を年別、漁業種別に求めた (補足資料 4)。

体重は年別年齢別雌雄別に 5～6 月に採集した個体の平均値を用いた。成熟割合は 2 歳魚で 0.3、3 歳魚以上で 1 とした。また、これまでの漁獲物の体長組成や年齢査定結果から漁獲は 1 歳から始まるとし、2017 年以降の加入量は 2007～2016 年の満 1 歳魚の加入尾数の平均値とした (4,589 千尾)。

この条件の漁獲が 2017 年末まで続くと仮定すると、2018 年初期資源量は 1,236 トンとなる。現在の資源は幅広い年齢の個体から構成されており、近年には大きな加入もあった。そのため、一定量の親魚量を維持できれば、資源が急激に減少することはないと考えられる。以上のことから、親魚量を一定水準確保することを管理目標とし、 $F_{30\%SPR}$ を基準値とした。水準と動向は高位、増加と判断されるので、ABC 算定のための規則 1-3)-(1)に基づき F_{limit} =基準値で ABC を算定した。

先述のように基準値を $F_{30\%SPR}$ とし、不確実性を考慮して安全率 α を標準値の 0.8 とした。その値を F_{limit} に乗じたものを F_{target} とし、このときの漁獲量を ABC_{target} とした。その結果、 $ABC_{limit}=331$ トン、 $ABC_{target}=275$ トンと算出された。

管理基準	Target/Limit	2018 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値 からの増減%)
F30%SPR	Target	275	22	0.39 (-3%)
	Limit	331	27	0.48 (+21%)

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。 $F_{target} = \alpha \times F_{limit}$ とし、係数には 0.8 を用いた。高位水準、増加傾向にあるため、本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(1)を用いた。F 値は各年齢の平均値である。ここでの現状の F は 2012～2016 年の F の平均値に 2017 年の漁船の稼働率/2012～2016 年の漁船の平均稼働率を乗じたものである。漁獲割合は 2018 年の漁獲量/資源量である。2017 年以降の加入量は直近 10 年 (2007 年～2016 年) の平均値とした。

(3) ABC の評価

参考資料として、2018 年以降の管理基準として $F_{0.1}$ 、 $F_{2012-2016}$ 、 $0.8F_{30\%SPR}$ 、 $F_{30\%SPR}$ 、 $F_{2006-2010}$ 、 F_{max} について検討した。 $F_{30\%SPR}$ を基準値とすることにより、2018 年以降の漁獲量、資源量および親魚量は 2018 年が最も高くその後減少する。これは、近年では 2014

年や 2016 年の加入量（1 歳魚）が多かった一方で、2017 年以降にはそれよりも少ない過去 10 年の平均の加入量を与えているためである。ただし、そのような加入を与えても 2019 年以降の減少は緩やかで、2023 年の資源量は 856 トンとなり、高位水準は維持される。

その他の管理基準を用いると、資源量のピークは 2018 年で、漁獲量のピークは管理基準に応じて 2018～2020 年で変化し、その後は減少する（図 17）。F0.1 や F2012-2016 で漁獲すると、2023 年の資源量は 953～1,018 トンになるが、2018 年の漁獲量はそれぞれ 255 トン、283 トンに抑えられる。震災以前の 2006～2010 年の平均的な漁獲圧（F2006-2010）で漁獲すると、2018 年の漁獲量は 380 トンと高くなるが、2023 年の漁獲量は 212 トンとなる。

管理基準	F 値	漁獲量（トン）							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
F0.1	0.36	239	245	255	261	262	252	239	223
0.8F30%SPR	0.39	239	245	275	274	269	256	240	224
F2012-2016	0.40	239	245	283	279	272	257	240	224
F30%SPR	0.48	239	245	331	306	283	259	238	224
F2006-2010	0.49	239	245	380	324	283	255	230	212
Fmax	1.29	239	245	664	356	246	211	201	199
管理基準	F 値	資源量（トン）							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
F0.1	0.36	1,212	1,189	1,236	1,182	1,157	1,099	1,062	1,018
0.8F30%SPR	0.39	1,212	1,189	1,236	1,160	1,118	1,053	1,012	972
F2012-2016	0.40	1,212	1,189	1,236	1,151	1,102	1,034	993	953
F30%SPR	0.48	1,212	1,189	1,236	1,096	1,013	933	888	856
F2006-2010	0.49	1,212	1,189	1,236	1,027	908	809	749	705
Fmax	1.29	1,212	1,189	1,236	718	549	496	484	481
管理基準	F 値	親魚量（トン）							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
F0.1	0.36	426	408	498	471	459	430	411	389
0.8F30%SPR	0.39	426	408	498	460	440	407	387	366
F2012-2016	0.40	426	408	498	456	432	398	377	357
F30%SPR	0.48	426	408	498	429	387	347	325	309
F2006-2010	0.49	426	408	498	398	338	289	259	237
Fmax	1.29	426	408	498	245	160	134	128	127

ここでの F 値は各年齢の平均値である。また、F2006-2010 の年齢別の選択率は当時のものを用いている。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2015 年漁獲量確定値 2016 年漁獲量 2016 年年齢別・年別漁獲尾数 過去に遡及した年別・年齢別漁獲尾数の見直し	2015 年漁獲量の確定 2016 年漁獲量の暫定値 2016 年までの年齢別資源尾数、漁獲係数

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (トン)	ABC _{limit} (トン)	ABC _{target} (トン)	漁獲量 (トン) (実際の F)
2016 年 (当初)	0.8F2006-2010	0.38	931	249	206	
2016 年 (2016 年再評価)	0.8F2006-2010	0.38	1,159	304	252	
2016 年 (2017 年再評価)	0.8F2006-2010	0.38	1,212	310	257	239 (0.31)
2017 年 (当初)	F30%SPR	0.44	1,141	312	259	
2017 年 (2017 年再評価)	F30%SPR	0.44	1,189	279	231	

F 値は各年齢の平均値。漁獲量は暫定値。なお、2016 年 (2017 年再評価) の実際の F 値は、2016 年当時の年齢別の選択率に基づく値である。

2016 年の資源量は 2017 年再評価で 2016 年再評価よりも若干増加した。これに伴い、ABC の値も若干増加した。また、2017 年の資源量は当初と比べて再評価で増加したが、漁獲量は減少した。これは、年齢別資源尾数の構成の変化と年齢別の F の違いによるものである。

6. ABC 以外の管理方策への提言

2003 年以降は比較的加入が安定しており、2007 および 2008 年級の加入は多かった。2009 年級以降の年級は若干少なめで、東日本大震災以降の 2011 および 2012 年級は少なかった。2013 年級および 2015 年級は漁獲物に多く見られ、資源量が多いと考えられる (図 10、図 13)。この資源は長期的に見れば卓越年級の発生によって増加すると考えられる。近年は加入量が極端に少ない年級群は見られない一方で、ある程度加入量の多い年級群が時折見られることから、世代交代は比較的円滑に行われていると言える。ただし、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おり、このような状態になることを避けるためにも、加入状況を早期、かつ的確に把握するとともに、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努力が必要となるだろう。

漁業は震災後に大きく変化し、主要な産地であった福島県における水揚げが非常に少ない状態が続いている。そのため、震災以降には 2 番目に漁獲の多い茨城県のデータを使って資源量の推定を行っているが、主産地の漁獲量や漁獲努力量が大きく減少しているため、震

災以前に比べて資源量推定の精度は落ちていると考えられる。

7. 引用文献

- 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.
- 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.
- 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), 339pp, 東海大学出版, 東京.
- 西海区水産研究所 (1957) 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

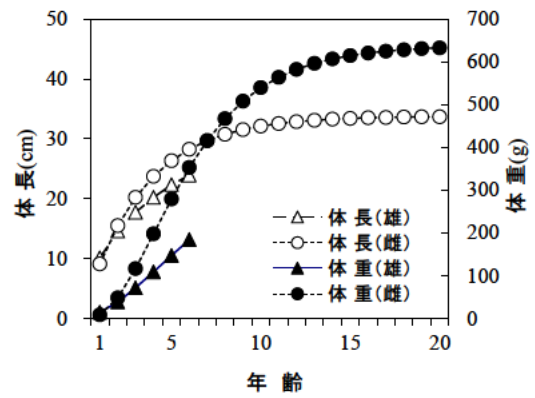


図2. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの成長

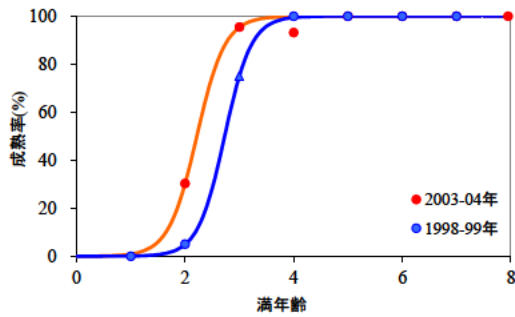


図3. 年齢と成熟率の関係

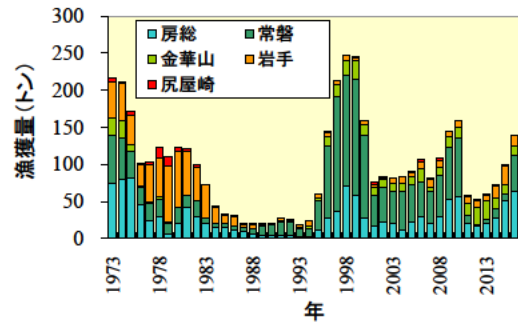


図4. 太平洋北部の沖底による漁獲量の推移
2016年は暫定値。

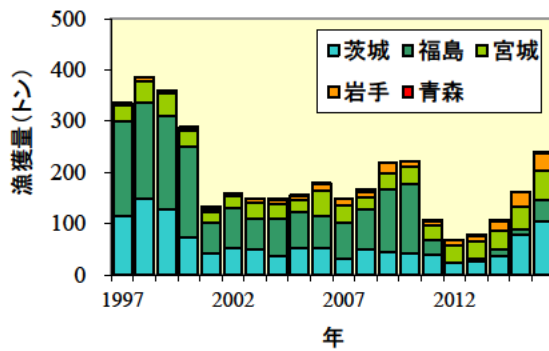


図5. 全漁業種による漁獲量の推移
2016年は暫定値。

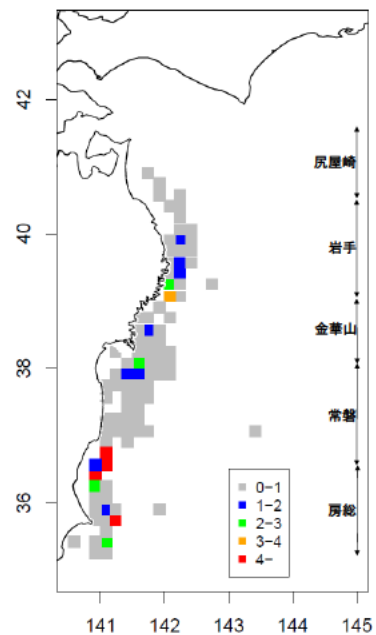


図6. 2015年の沖底の漁獲量分布図 (トン)

ヤナギムシガレイ太平洋北部-12-

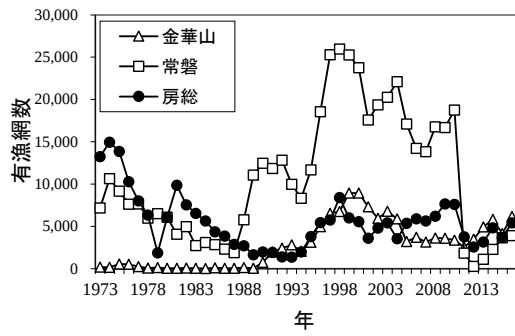


図7. 沖底の漁業努力量の推移
2016年は暫定値。

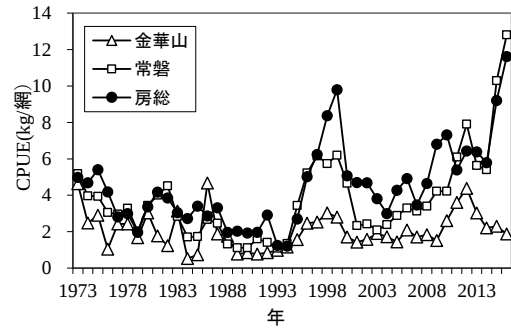


図8. 沖底の海区別CPUE
2016年は暫定値。

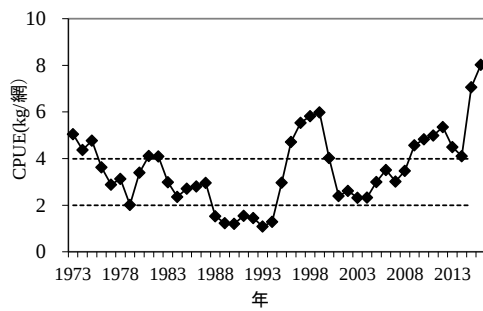


図9. 金華山～房総海区の沖底のCPUE
の推移 破線は水準の境界を示す。

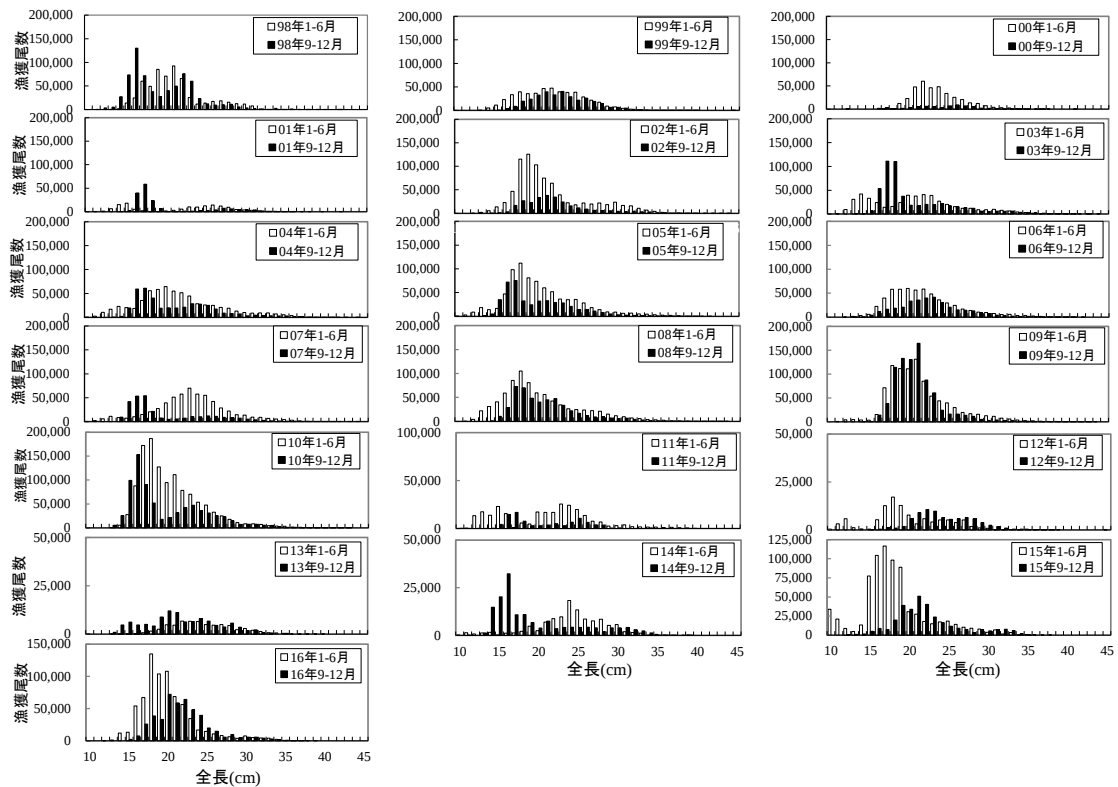


図10. ヤナギムシガレイ漁獲物の年別前後期別の全長組成
1998～2001、2011～2016年は茨城県水揚げ分で、2002～2010年は福島県水揚げ分。

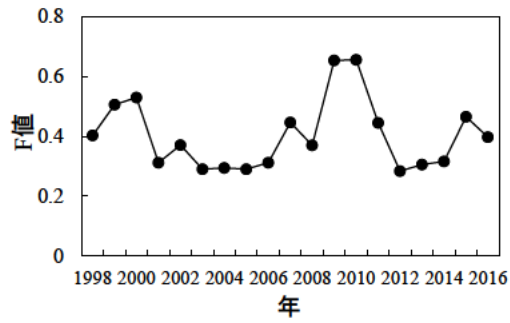


図11. F値（各年齢平均）の推移

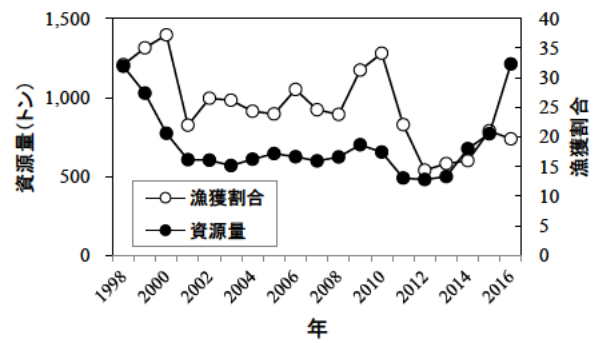


図12. 資源量と漁獲割合の推移

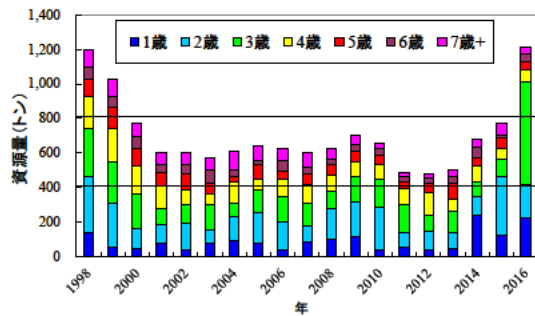


図13. 年齢別資源量の推移
横線は水準の境界を示す。

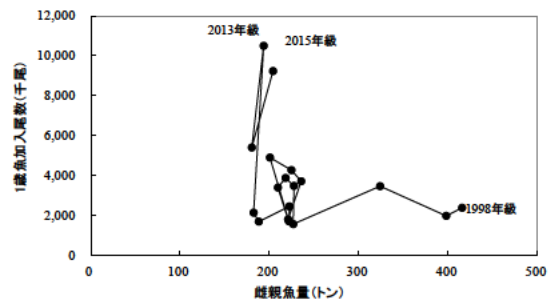


図14. 再生産関係

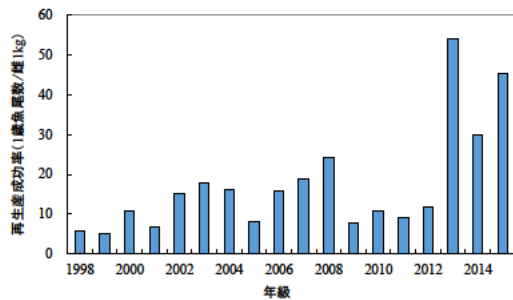


図15. 再生産成功率の推移

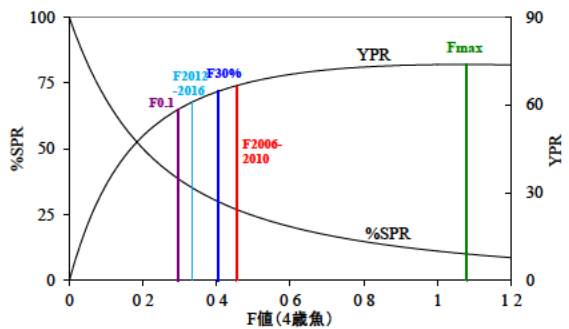


図16. 漁獲係数(F)と%SPRおよびYPR

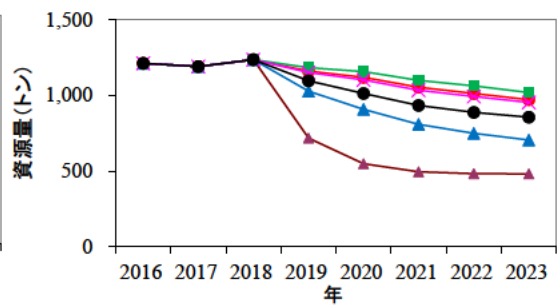
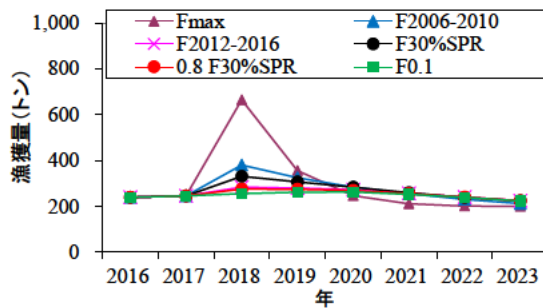


図17. さまざまな管理基準に基づく漁獲量（左図）と資源量（右図）の予測

表1. 県別漁業種類別のヤナギムシガレイの漁獲量（トン） 2016年は暫定値。

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
青森	沖底	13	04	0	0	0	40	14	06	15	15	22	14	38	05	05	28	18	18	23	01	01
	小底	05	03	05	02	03	04	01	01	05	05	0	01	07	03	04	02	01	01	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	01	03	0	02	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
岩手	沖底	-	41	76	39	43	39	24	62	77	54	91	107	88	159	89	74	86	81	169	266	318
	小底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	刺網	-	06	06	05	05	11	14	03	08	10	34	17	26	37	29	07	10	08	15	32	26
	延縄	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01	0	0	0	0	0	01	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
	その他	-	01	02	09	07	03	04	10	04	06	06	03	01	01	0	0	0	0	04	02	0
宮城	沖底	122	165	205	25	153	104	94	121	113	105	188	61	99	46	97	166	239	238	141	114	127
	小底	128	152	199	185	136	89	93	170	158	104	105	109	117	131	91	60	54	64	205	271	429
	刺網	02	03	04	04	12	08	3	12	17	23	199	151	12	137	148	64	32	4	04	07	06
	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	01	01	02	04	04	25	07	16	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	21	31	28
福島	沖底	969	1558	1489	1567	1108	41	47	425	528	495	47	433	570	1009	1104	112	21	62	12	10	196
	小底	145	268	297	222	36	13	213	158	163	167	139	258	219	212	227	11	0	0	0	0	204
	刺網	04	19	88	31	315	59	98	12	23	24	07	18	03	09	13	64	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
茨城	沖底	273	359	704	589	282	169	226	206	106	229	29	196	288	223	225	204	165	202	28	503	648
	小底	52	77	78	69	45	24	31	29	268	306	236	125	196	221	195	193	63	59	97	292	403
	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	10	10	0	0	0	0	0	01	02	0	0	0	03	0	0	0	0	0	0	01	0
小計	沖底	1437	2127	2475	2445	1586	762	827	819	839	897	1061	811	1083	1442	1520	584	529	601	733	984	1290
	小底	-	1193	1281	1099	949	463	617	614	594	582	48	493	539	567	517	365	118	124	302	563	1036
	刺網	-	28	98	4	332	78	142	27	48	57	24	186	41	183	190	135	42	48	19	39	32
	延縄	-	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	01	03	0	02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	12	04	13	12	28	11	27	06	21	06	03	04	01	0	0	0	0	25	34	28
計		-	336	386	360	288	133	160	149	149	156	179	149	167	219	223	108	69	77	108	162	239

各県水試調べ。2015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。

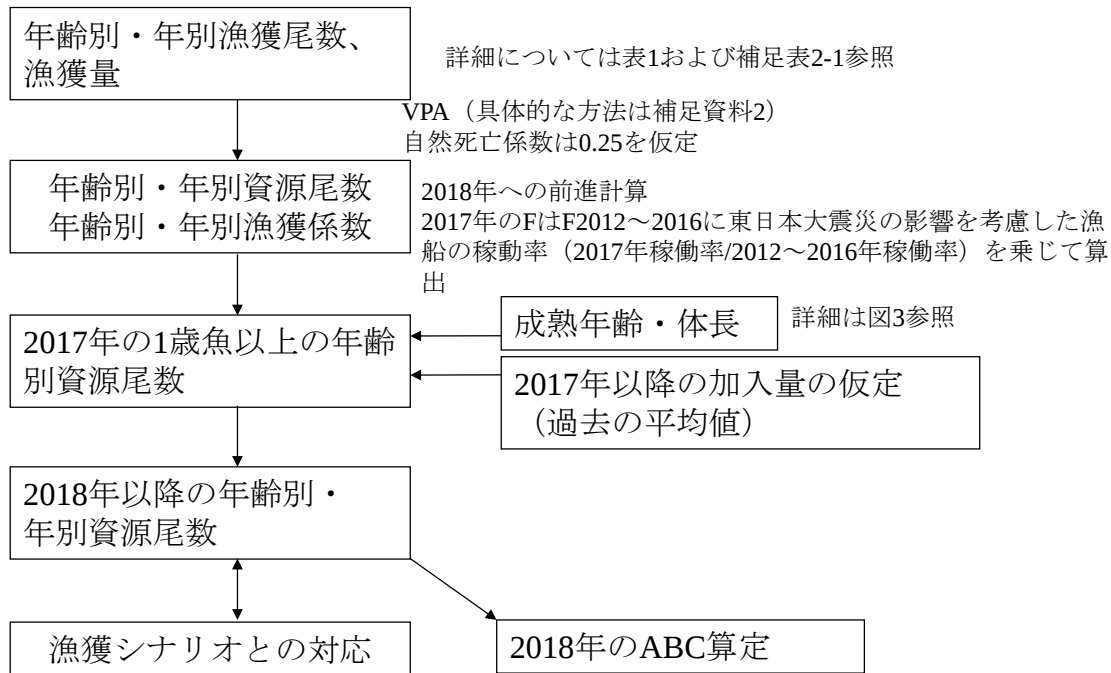
各県の沖底漁獲量は小海区別の漁獲量を適用（例：宮城=金華山海区、福島=常磐海区）。

2016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。

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

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

2002～2010 年は福島県、2011～2015 年は茨城県、2016 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 age-length key を作成した。age-length key 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)。age-length key 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 age-length key 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 age-length key 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 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 VPA により年別年齢別資源尾数を推定した。

各年齢、各年における資源尾数 $N_{a,y}$ は、以下の Pope (1972) の近似式を用いて求めた。

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

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 (2016 年)、最高齢 (7 歳、プラスグループ) および最高齢-1 歳魚の資源尾数はそれぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,2016}=C_{a,2016} \exp(M/2)/(1-\exp(-F_{a,2016}))$$

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

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

ターミナル F を除く漁獲死亡係数 F 値の計算は以下の式で求めた。

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

最高齢の F は最高齢-1 齢魚の F と等しくなるように求め、最近年、最高齢の F は最高齢-1 歳と等しくなるように探索的に求めた (表 4)。また、2016 年の F は 2011~2015 年の F の平均値に 2016 年稼働率/2011~2015 年平均稼働率を乗じたものとした。

ヤナギムシガレイは 20 年以上生きること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) より自然死亡係数は $2.5/10=0.25$ で一定とした。

その結果、2016 年の資源尾数は過去最高レベルになり、特に 1~3 歳の若齢魚が多かった (補足表 2-2)。F の値は震災前に比べると、特に若齢魚で低い傾向が認められた (補足表 2-3) また、尾数の増加に伴い、資源量も多くなっており、2016 年の資源量は 1998 年以降で最も多かった (補足表 2-4)。

引用文献

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.

補足表2-1. ヤナギムシガレイ太平洋北部の年齢別漁獲尾数（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	368	418	366	170
2	1,724	1,138	494	294	547	201	488	785	691	181	827	984	1,446
3	824	798	688	140	349	275	137	320	361	348	174	505	633
4	287	419	426	134	145	146	197	48	187	243	151	136	223
5	149	235	223	105	52	85	37	90	43	108	80	105	109
6	83	117	118	63	68	61	37	25	62	64	50	97	77
7以上	101	125	105	68	76	38	86	66	56	102	60	94	50
合計	4,286	3,052	2,089	1,272	1,391	1,542	1,516	1,777	1,484	1,415	1,762	2,286	2,709

補足表2-2. VPAによって推定したヤナギムシガレイ太平洋北部の資源尾数（千尾）

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	5,903	2,370	1,960	3,452	1,546	3,469	3,870	3,387	1,791	3,699	4,262	4,888	1,687
2	4,730	3,612	1,651	1,497	2,276	1,069	2,052	2,543	2,247	1,321	2,556	2,951	3,483
3	2,415	2,163	1,808	850	906	1,290	656	1,167	1,287	1,140	869	1,260	1,430
4	1,150	1,153	980	801	538	397	762	390	627	684	581	523	536
5	545	642	528	387	505	291	180	419	262	323	318	319	287
6	276	293	293	214	209	348	152	107	247	166	156	176	156
7以上	337	315	260	234	234	218	354	285	225	264	188	170	102
合計	15,356	10,547	7,481	7,436	6,215	7,082	8,025	8,299	6,686	7,596	8,929	10,287	7,682

注) コホート解析による推定値。

補足表2-3. VPAによって推定したヤナギムシガレイ太平洋北部の漁獲死亡係数

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	0.28	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	0.46	0.47	0.64
3	0.49	0.54	0.56	0.21	0.57	0.28	0.27	0.37	0.38	0.42	0.26	0.60	0.70
4	0.33	0.53	0.68	0.21	0.37	0.54	0.35	0.15	0.41	0.52	0.35	0.35	0.64
5	0.37	0.53	0.65	0.37	0.12	0.40	0.27	0.28	0.21	0.48	0.34	0.46	0.56
6	0.42	0.60	0.61	0.40	0.46	0.22	0.32	0.31	0.33	0.58	0.45	0.98	0.81
7以上	0.42	0.60	0.61	0.40	0.46	0.22	0.32	0.31	0.33	0.58	0.45	0.98	0.81
平均	0.40	0.51	0.53	0.31	0.37	0.29	0.29	0.29	0.31	0.45	0.37	0.65	0.66

注) コホート解析による推定値。

補足表2-4. VPAによって推定したヤナギムシガレイ太平洋北部の資源量（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	77	41	85	98	112	39
2	331	253	115	105	159	75	143	178	157	92	179	206	244
3	273	245	205	96	103	146	74	132	146	129	98	143	162
4	186	187	159	130	87	64	124	63	102	111	94	85	87
5	105	124	102	75	97	56	35	81	50	62	61	61	55
6	64	68	68	50	48	80	35	25	57	38	36	41	36
7以上	103	97	80	72	72	67	108	88	69	81	58	52	31
合計	1,198	1,027	773	606	602	568	608	644	622	598	624	700	654

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. ヤナギムシガレイ太平洋北部の年齢別漁獲尾数（千尾、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016
374	34	70	295	184	308
114	166	159	149	1511	599
350	211	164	149	239	1111
164	172	96	136	134	163
64	48	101	99	105	87
53	33	58	85	53	91
37	25	34	43	101	48
1,158	689	683	956	2,326	2,406

補足表2-2. VPAによって推定したヤナギムシガレイ太平洋北部の資源尾数（千尾、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016
2,437	1,678	2,126	10,495	5,390	9,231
1,164	1,567	1,277	1,594	7,914	4,036
1,436	806	1,074	855	1,110	4,830
555	810	442	692	534	653
221	287	479	259	419	298
128	115	181	283	114	233
89	89	107	143	219	124
6,029	5,352	5,686	14,321	15,700	19,405

補足表2-3. VPAによって推定したヤナギムシガレイ太平洋北部の漁獲死亡係数（続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016
0.19	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04
0.12	0.13	0.15	0.11	0.24	0.18
0.32	0.35	0.19	0.22	0.28	0.30
0.41	0.28	0.28	0.25	0.33	0.33
0.40	0.21	0.27	0.57	0.34	0.40
0.64	0.39	0.45	0.42	0.74	0.58
0.64	0.39	0.45	0.42	0.74	0.58
0.45	0.28	0.31	0.32	0.47	0.40

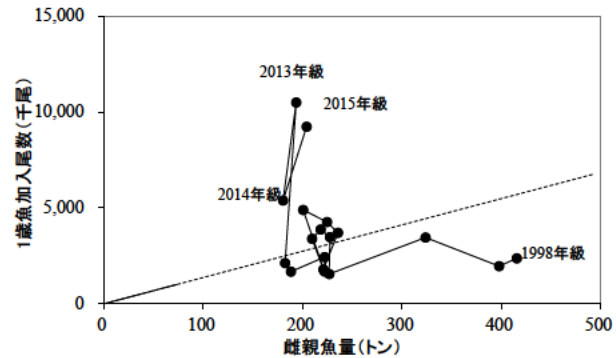
補足表2-4. VPAによって推定したヤナギムシガレイ太平洋北部の資源量（トン、続き）

2011	2012	2013	2014	2015	2016
56	38	49	240	123	220
81	110	89	107	341	199
163	91	122	87	99	594
90	131	72	90	60	67
43	55	92	46	60	48
30	27	42	63	22	46
27	27	33	42	65	38
489	480	498	676	770	1,212

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。

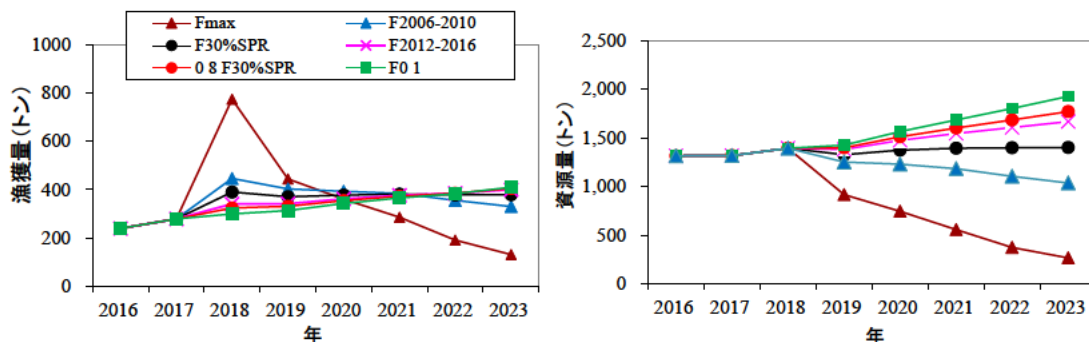
補足資料 3 再生産関係を用いた漁獲量、資源量予測

1998年級～2015年級での再生産関係に基づき、RPSの中央値を求めた（補足図3-1）。その結果、RPSの中央値は13.7尾/kgと算定された。また、これをもとに $RPS \times SPR = 1$ となるF（Fmed）を求めたところ、4歳魚のFは0.346（各年齢平均で0.334）と算出された。RPSメジアンと親魚量を用いて親魚量に応じた加入量を推定し、さまざまな基準で漁獲した際の2016年以降の資源量と漁獲量の変動をシミュレートした（補足図3-2）。F0.1、0.8F30%SPRおよびF2012-2016で漁獲すると2023年の資源量は2017年よりも大幅に増加するが、2018年の漁獲量は282～341トンになる。また、F30%SPRで漁獲すると漁獲量、資源量ともに2017年に近い値で安定する。F2006-2010やFmaxで漁獲すると当面の漁獲量は多くなるものの、漁獲量、資源量ともにその後は減少する。ただし、先述のように1990年代の卓越年級は非常に少ない親魚量で発生したと考えられ、この再生産関係は大きく変化する可能性があること、現在震災以前の漁獲の中心であった福島県の漁獲が非常に少ないこと、卓越年級を発生させることのできる親魚量の下限や加入量の上限などが不明確なことから、ABC算定には用いていない。



補足図 3-1. 1998～2015 年級における再生産関係
破線はRPSメジアン、実線はRPSの平均値を示す。

をシミュレートした（補足図3-2）。F0.1、0.8F30%SPRおよびF2012-2016で漁獲すると2023年の資源量は2017年よりも大幅に増加するが、2018年の漁獲量は282～341トンになる。また、F30%SPRで漁獲すると漁獲量、資源量ともに2017年に近い値で安定する。F2006-2010やFmaxで漁獲すると当面の漁獲量は多くなるものの、漁獲量、資源量ともにその後は減少する。ただし、先述のように1990年代の卓越年級は非常に少ない親魚量で発生したと考えられ、この再生産関係は大きく変化する可能性があること、現在震災以前の漁獲の中心であった福島県の漁獲が非常に少ないこと、卓越年級を発生させることのできる親魚量の下限や加入量の上限などが不明確なことから、ABC算定には用いていない。



補足図 3-2. 再生産関係を用いて求めた、様々な管理基準における漁獲量（左）と資源量（右）

補足資料 4 2011～2017 年の漁獲状況について

2011年3月11日に発生した巨大地震と津波により、東北地方太平洋岸の漁業は壊滅的な打撃を受けた。ヤナギムシガレイを漁獲する各漁業種の船舶も数多く被災したことから、2011～2017年の漁獲状況は2010年以前とは異なる様相となっている。本資源評価では、VPAで求めた前年の資源尾数に近年の漁獲死亡係数を乗じて先送りし、翌年の資源尾数を求めてきた。これは本年の漁獲状況が前年以前と変わらないという前提の下では有効であるが、震災以降のように漁獲状況が大きく変わるときには適用できない。そこで、各県およ

び各漁業種の被災および復旧に関する情報をまとめ、震災が漁獲に与えた影響を可能な限り数値化し、稼働率として示した。

- ・ ヤナギムシガレイが漁獲されている青森、岩手、宮城、福島および茨城の漁船について被災状況を調べた。
- ・ 漁業種は沖合底びき網漁業、小型底曳き網漁業および沿岸漁業（延縄、刺し網、定置網およびその他）に分けた。
- ・ 被災および復旧の状況は、組合等からの聞き取り、各県および水産庁に寄せられた情報から調べ、震災以前の漁船数については農林統計資料も用いた。
- ・ 2011年3月11日以降の操業再開日は組合からの聞き取り、各県からの情報から調べた。
- ・ がれき撤去などに従事していた船はその期間は操業していないものとした。2011年3月に被災して2017年8月までに復旧していない船については2017年12月まで操業を再開しないものとした。
- ・ 県別、漁業種別に操業隻数と操業期間の減少から予測される努力量の減少割合を求め、2005～2009年の平均漁獲量に占める各県、各漁業種の割合を算出した。それに上で求めた努力量の減少割合を乗じることで、漁獲の状況に応じた重み付けを行った。なお、茨城県では、放射性セシウムなどの影響によって、稼働可能な隻数に比べて実際の網数が大きく減少していた年もあるため、沖底の網数の比率によって稼働率を推定した。
- ・ この値を2011～2015年の年齢別Fの平均値に乘じることで2016年の年齢別のFを求めた。
- ・ その結果、青森県から茨城県の操業の稼働率は、沖底で0～100%、小底で0～100%、沿岸漁業で0～92%であった（補足表4-1）。重み付けした稼働率は2017年では46.5%であった（補足表4-2）。ヤナギムシガレイの漁獲の多い南部海域での稼働率の減少幅が大きく、それが重み付けした稼働率低下の要因となっていた。2011～2017年の稼働率は28～51%で変動しており（補足資料4-3）、2011年が高いのは震災以前の漁獲努力量を含んでいるためである。

補足表4-1. 2017年におけるヤナギムシガレイの漁獲比率と操業稼働率

県	沖底			小底			沿岸漁業（刺し網、延縄、定置）		
	漁獲比率 (a)	稼働率(b)	a*b	漁獲比率 (c)	稼働率(d)	c*d	漁獲比率 (e)	稼働率(f)	e*f
青 森	0.018	1.000	0.018	0.006	1.000	0.006	0.250	1.000	0.250
岩 手	0.094	1.000	0.094	-	-	-	0.415	0.888	0.369
宮 城	0.094	0.963	0.091	0.213	0.667	0.142	0.292	0.768	0.224
福 島	0.562	0.064	0.036	0.374	0.057	0.021	0.022	0.017	0.000
茨 城	0.231	0.733	0.170	0.407	0.733	0.299	0.021	0.733	0.016
合 計	1.000		0.408	1.000		0.468	1.000		0.859

補足表4-2. 2017年の全体の漁獲に占める漁法別の比率と稼働率

	漁獲量（トン、 直近5年平均）	漁法別の比 率(g)	稼働率(h)	比率g*比率h
沖底	106	0.608	0.408	0.249
小底	53	0.306	0.468	0.143
沿岸漁業	15	0.086	0.859	0.074
合計	174	1.000		0.465

補足表4-3. 2011～2017年における稼働率の推移

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
重み付け した稼働 率	0.505	0.282	0.423	0.443	0.457	0.464	0.465

補足資料5 チューニング VPA の試算結果

最近年（2016 年）の 6 歳ならびに 7+歳の漁獲係数 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 1～5 歳の F の年齢別選択率には、チューニングをしない VPA から推定された 2011-2015 年の平均値を用い、最近年以前の F については補足資料 2 で示したものをを用いた。平松（2001）に基づき、(1) 式の右辺を最小化する最近年の F_t を探索的に求めた。

$$\sum_y (I_y - qN_y)^2 \quad (1)$$

また、 $\hat{q}$ の推定値は (2) 式で解析的に求めた。

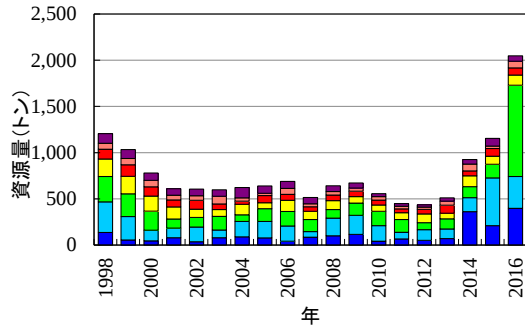
$$\hat{q} = \frac{\sum_y I_y N_y}{\sum_y N_y^2} \quad (2)$$

ここで N は資源量、 I は以下の 2 つの情報を用いた（補足表 5-1）。1. 2001～2016 年の沖底房総海区の CPUE、2. 2001～2016 年の沖底金華山～房総海区の CPUE である。各資源量指標値を用いた際の資源尾数、漁獲係数 F （補足表 5-2～5-5）および資源量（補足図 5-1、5-2）を比較した。

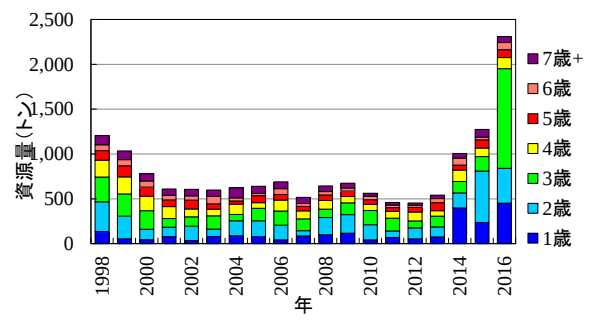
その結果、どの資源量指標値を使ってチューニングしても、震災以降の資源量は増加していることが示された。いずれの場合でも、傾向は類似していて、2016 年の資源量は 2,000 トンを超えて過去最高になった。ヤナギムシガレイは単価は高いものの漁獲量は少ないため、狙い操業が行われる時期は短い。さらに震災以降、全体の漁獲圧が下がっており、漁場の中心である福島沖の漁獲がほとんどない。この状況でそれぞれのチューニングの妥当性を判断することは困難であり、ここで得られた資源量の値を採択することにはリスクをとまなうことから、この結果は ABC 算定に用いず、参考値にとどめた。

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。一資源解析手法教科書一, 104-128.



補足図 5-1. 房総海区 CPUE をチューニングに用いて推定した資源量



補足図 5-2. 金華山～房総海区 CPUE をチューニングに用いて推定した資源量

補足表5-1. チューニングに用いた資源量指標値

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
房総CPUE	4.69	4.69	3.81	2.99	4.28	4.92	3.47	4.64	6.80	7.32	5.39	6.42	6.39	5.79	9.20	11.61
金華山～房総CPUE	2.40	2.62	2.32	2.33	3.00	3.51	3.02	3.48	4.58	4.83	4.99	5.35	4.50	4.11	7.07	8.03

補足表5-2 房総海区CPUEをチューニングに用いて推定した年齢別資源尾数（千尾）

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1歳	5,904	2,370	1,961	3,454	1,548	3,471	3,874	3,396	1,808	3,728	4,331	5,057	1,791	2,891	2,174	3,015	15,742	9,153	16,642
2歳	4,730	3,612	1,652	1,497	2,277	1,070	2,054	2,546	2,254	1,334	2,579	3,004	3,615	1,245	1,921	1,662	2,286	12,000	6,969
3歳	2,415	2,163	1,809	850	906	1,290	657	1,169	1,289	1,146	880	1,278	1,471	1,539	869	1,350	1,155	1,649	8,037
4歳	1,150	1,153	980	801	539	398	762	391	628	685	586	531	550	587	890	491	907	768	1,077
5歳	545	642	528	387	506	291	180	420	262	324	319	322	294	231	312	541	297	586	482
6歳	276	293	293	214	209	348	152	108	247	166	157	177	159	133	124	201	332	144	365
7歳+	337	315	260	234	234	218	354	286	226	264	188	171	103	92	95	119	167	276	194

補足表5-3 房総海区CPUEをチューニングに用いて推定した年齢別漁獲係数F

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1歳	0.241	0.111	0.020	0.167	0.119	0.275	0.170	0.160	0.054	0.119	0.116	0.086	0.114	0.159	0.018	0.027	0.021	0.023	0.021
2歳	0.533	0.442	0.414	0.252	0.318	0.239	0.314	0.430	0.427	0.167	0.452	0.464	0.604	0.110	0.103	0.114	0.077	0.151	0.102
3歳	0.489	0.541	0.564	0.207	0.574	0.276	0.269	0.371	0.382	0.421	0.254	0.593	0.669	0.298	0.321	0.148	0.158	0.176	0.170
4歳	0.332	0.531	0.679	0.210	0.365	0.540	0.347	0.149	0.413	0.515	0.347	0.342	0.616	0.381	0.248	0.252	0.186	0.215	0.188
5歳	0.371	0.534	0.652	0.366	0.123	0.402	0.267	0.280	0.205	0.474	0.336	0.458	0.546	0.378	0.190	0.239	0.474	0.223	0.229
6歳	0.416	0.600	0.610	0.402	0.460	0.220	0.320	0.305	0.331	0.578	0.452	0.967	0.793	0.609	0.361	0.399	0.343	0.523	0.330
7歳+	0.416	0.600	0.610	0.402	0.460	0.220	0.320	0.305	0.331	0.578	0.452	0.967	0.793	0.609	0.361	0.399	0.343	0.523	0.330

補足表5-4 金華山～房総海区CPUEをチューニングに用いて推定した年齢別資源尾数（千尾）

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1歳	5,905	2,371	1,961	3,454	1,548	3,472	3,875	3,399	1,814	3,738	4,354	5,114	1,825	3,038	2,333	3,298	17,403	10,314	18,893
2歳	4,731	3,613	1,652	1,497	2,278	1,071	2,054	2,547	2,257	1,338	2,586	3,022	3,659	1,271	2,036	1,787	2,507	13,294	7,874
3歳	2,415	2,163	1,809	850	906	1,291	657	1,169	1,290	1,148	883	1,284	1,485	1,573	889	1,439	1,252	1,821	9,045
4歳	1,150	1,153	980	801	539	398	763	391	628	686	587	534	555	598	916	507	976	843	1,211
5歳	545	642	528	387	506	291	180	420	262	324	319	324	296	235	321	562	310	640	541
6歳	276	293	293	214	209	348	152	108	247	167	157	178	160	134	126	208	348	154	407
7歳+	337	315	260	234	234	218	354	286	226	265	189	172	104	94	97	123	175	295	216

補足表5-5 金華山～房総海区CPUEをチューニングに用いて推定した年齢別漁獲係数F

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1歳	0.241	0.111	0.020	0.167	0.119	0.275	0.170	0.160	0.054	0.118	0.115	0.085	0.112	0.150	0.017	0.024	0.019	0.020	0.019
2歳	0.533	0.442	0.414	0.252	0.318	0.239	0.314	0.430	0.426	0.166	0.450	0.460	0.594	0.107	0.097	0.106	0.070	0.135	0.090
3歳	0.489	0.541	0.564	0.207	0.574	0.276	0.269	0.371	0.382	0.420	0.253	0.589	0.660	0.290	0.312	0.138	0.145	0.158	0.150
4歳	0.332	0.531	0.679	0.210	0.365	0.540	0.346	0.149	0.412	0.514	0.346	0.340	0.609	0.373	0.239	0.243	0.172	0.194	0.165
5歳	0.371	0.534	0.652	0.366	0.123	0.402	0.267	0.280	0.204	0.473	0.336	0.456	0.541	0.371	0.185	0.229	0.449	0.202	0.201
6歳	0.416	0.600	0.610	0.401	0.460	0.219	0.320	0.305	0.331	0.577	0.451	0.963	0.786	0.599	0.352	0.384	0.324	0.480	0.291
7歳+	0.416	0.600	0.610	0.401	0.460	0.219	0.320	0.305	0.331	0.577	0.451	0.963	0.786	0.599	0.352	0.384	0.324	0.480	0.291