# 令和４（2022）年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価

水産研究・教育機構　水産資源研究所　水産資源研究センター
参画機関：石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県栽培漁業センター、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター、全国豊かな海づくり推進協会

## 要　　約

本系群の資源量について、島根県大型定置網漁業の標準化資源量指標値をチューニング指標値としたコホート解析により推定した。資源量は 1997 年までは 4,300 トン前後であったが、1998 年から 2002 年は 3,100～3,400 トンで推移した。2003～2013 年はやや回復し 3,800～4,400 トンで推移したが、2013 年以降は緩やかに減少傾向にあり、2021 年は 3,071 トンと推定された。親魚量は、1999～2000 年に 2,000 トンを下回ったが、そのほかの年では 2,000～3,000 トンを維持しており，2021 年は 2,205 トンと推定された。

本種は栽培漁業対象種であり、2020 年の放流尾数は 372.9 万尾、2021 年の混入率は 11.3%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.04 と推定された。

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（百トン） | 親魚量（百トン） | 漁獲量（百トン） | F 値 | 漁獲割合（%） |
|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 36 | 25 | 12 | 0.49 | 34 |
| 2018 | 36 | 26 | 13 | 0.50 | 36 |
| 2019 | 34 | 25 | 13 | 0.53 | 38 |
| 2020 | 31 | 23 | 10 | 0.46 | 34 |
| 2021 | 31 | 22 | 9 | 0.40 | 30 |

年は暦年、2021 年の漁獲量は暫定値である。F 値は各年齢（1～7+歳）の単純平均、漁獲割合は各年の漁獲量／資源量で示す。

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

| データセット | 基礎情報、関係調査等 |
|---|---|
| 年齢別・年別漁獲尾数 | 漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省）<br>生物情報収集調査（石川～鹿児島（12）県）<br>・市場測定<br>・耳石による年齢査定 |
| 資源量指標値 | 島根県大型定置網日別漁獲量（島根県）* |
| 自然死亡係数（M） | 年当たり M=0.208 を仮定（田中 1960） |
| 人工種苗放流数 | 2020 年までの県別・水域別放流尾数（水産機構） |
| 漁労体数・出漁日数<br>（漁獲努力量参考値） | 漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省）<br>（平成 18 年度まで） |
| 放流魚混入率 | 栽培漁業用種苗等の生産・入手・放流実績（水産庁増殖推進部、国立研究開発法人水産研究・教育機構、公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会および県単独事業データ（石川～鹿児島（11）県）<br>・市場測定 |

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

## 1. まえがき

2021 年の全国のヒラメ漁獲量 5,717 トンに対し、その 16.1%にあたる 920 トンが日本海中西部（石川県以西）から九州西岸（鹿児島県佐多岬以西）に至る水域で漁獲された。本報告では、この海域に分布する群を単一の系群として扱う。ヒラメは栽培漁業の対象種として、1980 年代から事業規模で放流が実施されてきたが、近年の本系群の放流尾数は減少しており、1999 年には 913.5 万尾であったが（補足表 3-2）、2020 年は 372.9 万尾となっている。

## 2. 生態

（1）分布・回遊

本系群のヒラメは、石川県以西の日本海中西部海域と福岡県から鹿児島県の九州西岸海域に分布する（図 1）。1989～1993 年に実施された成魚の標識放流結果では、福岡県から長崎県の海域において個体の活発な交流が認められている（田代・一丸 1995）。

幼魚は 5 月頃に内湾及び河口域の水深 10 m 以浅の細砂底に多く分布する。2～3 ヶ月間を浅海域の成育場で過ごし、成長とともに深い海域へ移動、分散していく。

（2）年齢・成長

成長はふ化後 1 年で全長 25～30 cm、2 年で 36～46 cm、3 年で 44～58 cm、4 年で 47～67 cm、5 年で 49～73 cm 程度となる。九州北西部海域のヒラメについては、雌雄別の成長曲線（図 2）が下記の式によって示されている（金丸ほか 2007）。

体長

雄　$Lt = 664.4(1 - e^{-0.2914(t+1.1196)})$
雌　$Lt = 949.7(1 - e^{-0.2120(t+0.861)})$
ここでの Lt は t 歳魚の全長（mm）。

体重
雌雄込み: $W = 2.5766 \times 10^{-6} \cdot L^{3.217}$
ここで W は全長 L（mm）のときの体重（g）。

雄は雌よりも成長が遅く極限体長も小さい。体重に関しては、1 歳までは雌雄間の差はみられないが、満 2 歳を越えると雌は雄より成長が良い傾向にある（金丸ほか 2007、図 2）。

（3）成熟・産卵
2 歳で約 50%、3 歳ですべてが成熟する（図 3）。寿命は約 12 年とされる。産卵期は南ほど早く、鹿児島沿岸では 1～3 月、長崎から熊本沿岸では 2～3 月、北九州沿岸では 2～4 月、鳥取沿岸では 3～4 月とされている（南 1997）。

（4）被捕食関係
着底後の稚魚はアミ類や魚類の仔魚等を摂餌するが、成魚は魚類、甲殻類、イカ類を捕食する。着底期稚魚の捕食者として、ヒラメ、アイナメ、ホウボウ、ハゼ類等が報告されている（乃一ほか 1993）。

## 3. 漁業の状況

（1）漁業の概要
本系群を対象とする 2021 年の漁業種別漁獲量は、刺網（403 トン：44%）、定置網（146 トン：16%）、小型底びき網（140 トン：15%）、沖合底びき網（121 トン：13%）、釣り・延縄（93 トン：10%）など多種多様である（図 4、図 5）。また、県ごとの主要な漁法も異なる（図 6）。本系群を対象とする 2021 年の県ごとの漁獲量は、長崎県（265 トン）が最も多く、次いで、福岡（154 トン）、熊本（124 トン）、島根（116 トン）と続く（図 7、表 1）。これらの漁業を行う漁労体数は、資源解析を開始した 1986 年以降の期間で漸減しており、2006 年の統計では 1986 年と比べて刺網で約 6 割、小型底びき網で約 5 割、釣りで約 8 割に減少した（図 8）。
また、1990 年代後半から各府県で行われている漁獲の体長制限による 0 歳魚の漁獲規制により、漁獲対象のほとんどが 1 歳以上の個体と考えられる。
本系群においては遊漁によるヒラメの採捕状況は十分把握されていないが、石川県から鹿児島県における遊漁採捕量は年間 12～99 トンであり（農林水産省統計情報部 1998、農林水産省統計部 2003、農林水産省統計部 2009）、採捕物の生物学的な基礎情報も整備されていないため、本報告ではその影響は考慮していない。

（2）漁獲量の推移
本系群の漁獲量は 1970 年の 1,246 トンから増加傾向を示し、1984 年には 2,512 トンを記

録した後、1997 年までは 1,700～2,400 トンを維持していたが、1998 年以降減少し 2002 年には 1,314 トンとなった。2003～2008 年の漁獲量は緩やかに増加したものの、2009 年以降は再び減少傾向にあり、2021 年は 920 トン（概数値）となった（図 9、表 1）。

2021 年全国における漁獲量は 5,717 トン（概数値）となり、全国のヒラメ漁獲量に対する本系群の占める割合は 16.1%であった。本海域におけるヒラメ養殖生産量は 1990 年代には漁獲量を上回る 2,000～2,500 トンであったが、近年では漁獲量を下回る 400 トン程度となっている（図 9）。

## 4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

資源量計算には各府県における 1986 年～2021 年の年齢別漁獲尾数を使用した（図 10、補足表 2-1）。本系群は前年まで、チューニングを行わないコホート解析によって資源評価が行われてきた。2020 年以降の COVID-19 の蔓延や魚価の低迷、燃油の高騰などの影響で漁業を取り巻く状況が大きく変化しており、減船や漁獲努力量の減少が懸念されている。チューニングを行わないコホート解析は漁獲量から資源量を推定するため、上記のような社会情勢による漁獲努力量の減少を反映できているわけではない。そこで、本年度から島根県大型定置網 CPUE（以降、島根定置 CPUE）を資源量指標値としたチューニングコホート解析を実施し、年齢別資源尾数および漁獲係数を推定した（補足資料 1、2）。

資源量指標値として使用した定置網漁業などの商業船のデータには、資源トレンド以外の様々な要因が含まれており、資源の動向を正確に知るにはこれらの要因を取り除く（CPUE 標準化）必要があると報告されている（Maunder and Punt 2004、 庄野 2004）。定置網漁業は受動的な漁業であり、設置場所が経営体ごとにある程度固定されていることから、経営体ごとの漁獲状況にばらつきがある。そのため、島根定置 CPUE を標準化した上で、チューニング VPA の指標として用いた（補足資料 2）。自然死亡係数 M は寿命を 12 年として田内・田中の式（田中 1960）で求めた 0.208 とした。

（2）資源量指標値の推移

コホート解析のチューニングに利用した島根定置の標準化 CPUE を図 11、補足表 2-2 に示す。

推定されたヒラメの島根定置 CPUE は 2013 年から増加傾向を示し、2017 年に最高値となった。その後増減があったものの、2021 年は大幅に減少した。

（3）漁獲物の年齢組成

2021 年の漁獲物全体に占める年齢別漁獲尾数は, 0 歳魚が 7%、1 歳が 28%、2 歳が 30%、3 歳が 18%、4 歳が 9%、5 歳が 4%、6 歳が 2%、7 歳以上が 2%であり、2 歳から 3 歳の漁獲尾数が多い傾向にあった（図 12）。また、成熟率が 100%となる 3 歳魚以上が占める漁獲重量割合は 1986～2004 年までは 50%を下回っていたが、それ以降は 50%を上回り、2021 年には 66.8%となった。

（4）資源量と漁獲割合の推移

本系群の資源量についてチューニングコホート解析により推定した。資源量は 1986～1997 年までは 4,300 トン前後であったが、1998 年から 2002 年は若干減少して、3,100～3,400 トンで推移した。2003～2013 年はやや回復して概ね 3,800～4,400 トンであったが、2010 年以降は減少傾向が続き，2021 年は 3,071 トンと推定された。（図 13、補足表 2-3）。資源尾数は 1986～1996 年に 560 万～690 万尾で推移していた。1998～2012 年の間には、緩やかな増減傾向を示し 450 万尾前後を維持していたが、2013 年以降は減少傾向にあり、2021 年は 319.1 万尾と推定された（図 14、補足表 2-4）。

親魚量は、1999～2000 年に 2,000 トンを下回ったが、その他の年では 2,000～3,000 トンを維持しており，2021 年は 2,205 トンと推定された（図 13、補足表 2-5）

漁獲割合については、2000～2005 年において、資源量が増加する一方で、漁獲割合は低下した。その後、両者ともに緩やかな減少傾向を示した（図 13）。漁獲係数（F：年齢平均値）は、1986～2001 年は 0.5～0.8 で推移し、1998 年には 0.82 の最大値を示した。2001 年以降は概ね 0.4～0.5 で推移し、2021 年の F は 0.40 と推定された（図 15、補足表 2-6）。

自然死亡係数（M）の誤差が、コホート解析の結果に与える影響を検討した。M を 0.23、0.31、0.4、0.5 と変化させた場合の資源量、親魚量、加入尾数の変動を図 16 に示す。ヒラメ瀬戸内海系群で採用されている M（0.31）の場合、その資源量、親魚量及び加入尾数の推定値が受ける影響は 9～36%と推定された。

（5）生物学的管理基準値と現状の漁獲圧の関係

生物学的管理基準値と現状の漁獲圧の関係を図 17 に示す。現状の漁獲圧（2021 年、F2021）は 0.40 であり、30%SPR を達成する F30%SPR（0.25）、YPR が最大となる Fmax（0.28）を上回る値であった。

（6）種苗放流効果（補足資料 3）

2021 年の調査で得られた放流種苗の混入率は日本海中部海域の各県で 2.4～6.3%、日本海西部海域の各県で 0.8～13.0%、東シナ海海域の各県で 4.8～21.7%となった（補足表 3-1）。福岡県を除くすべての府県でヒラメ種苗が放流されており、2020 年における放流数は合計で 372.9 万尾であった（補足表 3-2）。2021 年における系群全体での放流種苗の混入率は 11.3%と推定された（補足表 3-3）。なお、石川県、福井県、京都府、兵庫県、山口県、熊本県の混入率は年度報告の情報を年の情報として使用した。また、2020 年放流群における添加効率は 0.04 と推定された（補足表 3-3）。

## 5. 資源評価のまとめ

（1）資源評価のまとめ

本系群の資源量は 1997 年までは 4,300 トン前後であったが、1998 年～2002 年は 3,100～3,400 トンで推移した。2003～2013 年はやや回復し 3,800～4,400 トンで推移したが、2013 年以降は緩やかに減少傾向にあり、2021 年は 3,071 トンと推定された。（図 14、補足表 2-3）。

## 6. その他

令和 3 年度から、系群区分を変更し、日本海中部（石川～兵庫）から日本海西部・東シナ海（鳥取～鹿児島）に分布するヒラメを 1 系群とし、日本海中西部・東シナ海系群として資源評価を行っている。動向に伴った大きな違いは観察されなかったが、引き続き、生態的知見を蓄積し、より適切な系群区分に関する検討を続ける必要がある。

本系群の資源評価で使用している成長や成熟等の生物情報は平成 7 年度の資源評価以降更新されていないが、これらの情報は海洋環境や資源量の変化等の影響を受けて変化する可能性があるため、数年単位での更新が推奨されている。また、各府県の年齢別漁獲尾数についても年齢分解能や分解方法などが異なるため、Age-Length Key の更新が必要である。上記の更新は、魚体の精密計測および年齢査定等情報の蓄積が不可欠であり、漁獲量の多い県および漁法を中心に生物情報収集を行い、協議を重ねて早急に更新していく必要がある。

加えて、7 歳以上の複数年齢群を含む高齢群の重量として一定の値を与えて計算しているが、実際には漁獲物の組成や年級群ごとの豊度、個体群密度など様々な要因で年々変化していると考えられる。雌雄比を考慮した上で各年の測定重量や高齢群までの個体数比を考慮した重量を充て資源状態を加味した重量に変更していく必要がある。さらに，本種は長命種であるため、最高齢である 7+歳の F と 6 歳の F に比例関係と仮定し、7＋歳の F を調整するような試算を検討することも有効と考えられる。

また、本年度よりチューニングコホート解析を導入し、チューニング指標として島根県の大型定置の標準化 CPUE を使用した。このほかに沖合底びき網漁業による漁獲情報など複数の値を検討したものの資源計算結果の不確実性が高いと判断されたため、結果として、島根県の大型定置の標準化 CPUE のみを利用した。しかしながら、島根県の定置網漁業による漁獲量は本資源の 1.1％程度であり、系群全体の資源動向をより適切にチューニングするために、さらなる指標値の探索と標準化手法の再検討が求められる。

## 7. 引用文献

金丸彦一郎・一丸俊雄・伊藤正博 (2007) 九州北西部におけるヒラメの Age-Length Key. 佐賀玄海水振セ研報, 4, 75-78.

南　卓志 (1997)　産卵期. 「ヒラメの生物学と資源培養」南　卓志・田中　克編, 恒星社厚生閣, 東京, 11-13.

乃一哲久・草野　誠・植木大輔・千田哲資 (1993) 長崎県大瀬戸町柳浜においてヒラメ着底仔稚魚を捕食する魚類の食性. 長崎大学水産学部研報, 73, 1-6.

農林水産省統計情報部 (1998) 平成 9 年遊漁採捕量調査報告書. 58 pp.

農林水産省統計部 (2003) 平成 14 年遊漁採捕量調査報告書. 52 pp.

農林水産省統計部 (2009) 平成 20 年遊漁採捕量調査報告書.

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.

田代征秋・一丸俊雄 (1995) 長崎県近海域におけるヒラメの漁業生物学的特性. 長崎県水産試験場研究報告, 21, 37-49.

（執筆者：増渕隆仁、下瀬　環、井関智明）

図 1.　ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の分布域

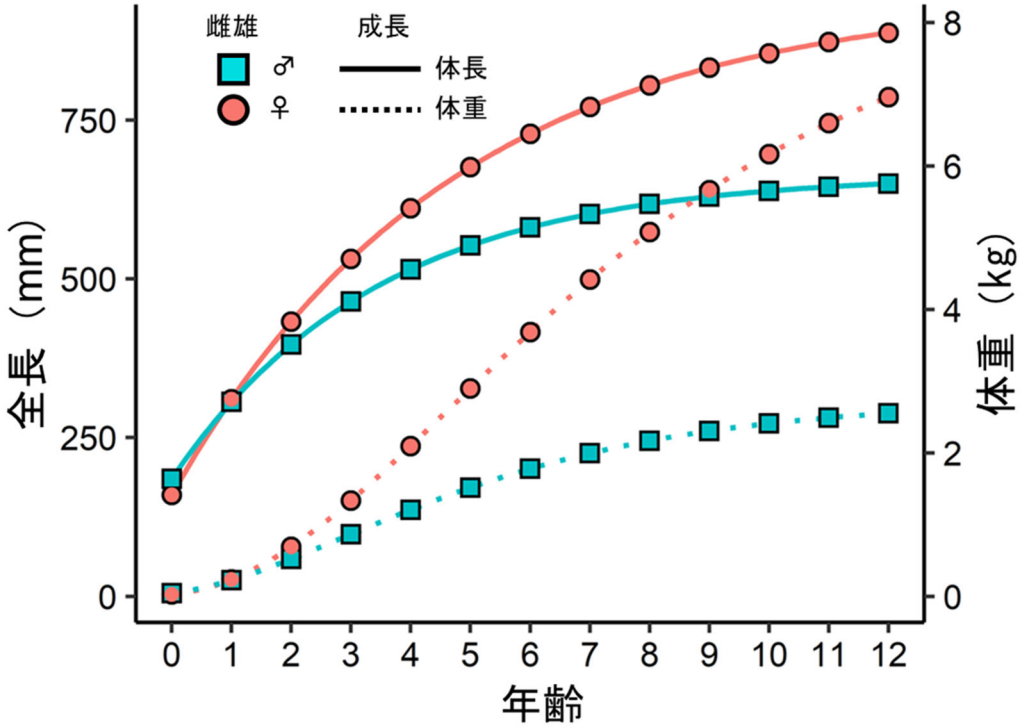


図 2.　ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の成長

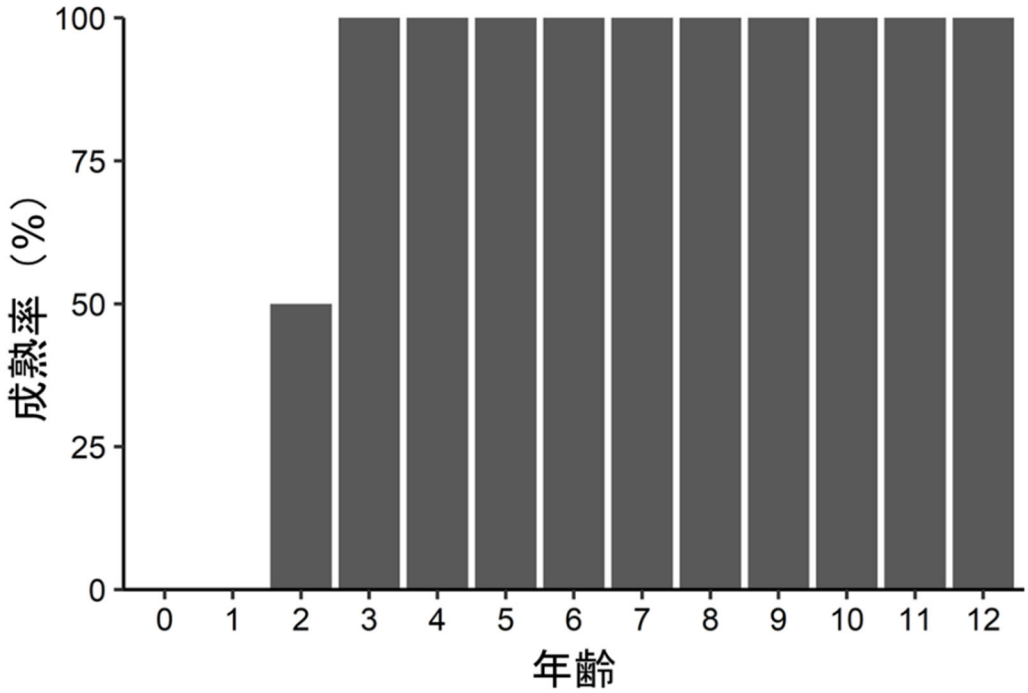



図 3.　ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

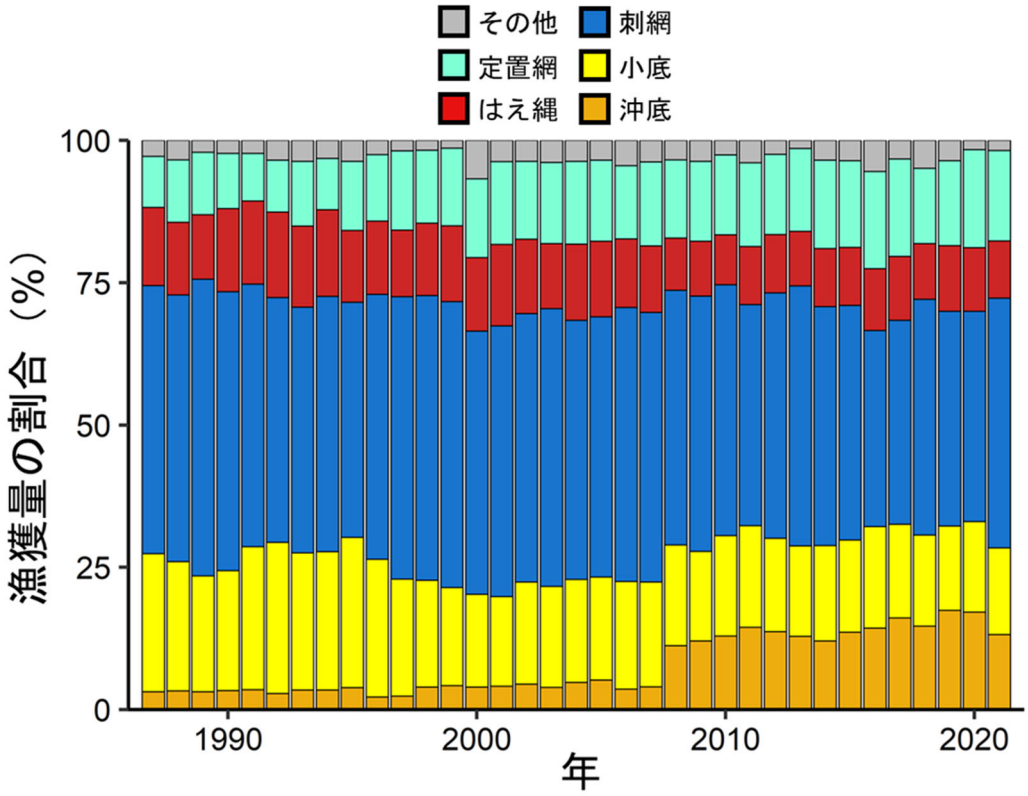



図 4.　漁業種類別漁獲量割合（農林統計）

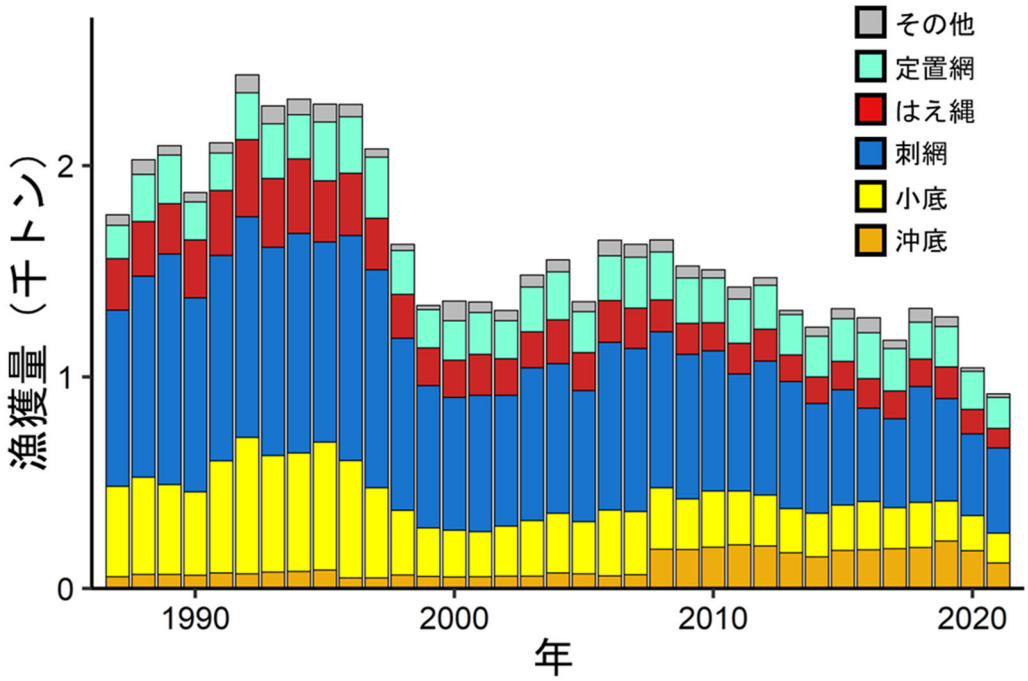



図 5.　漁業種類別漁獲量（農林統計）

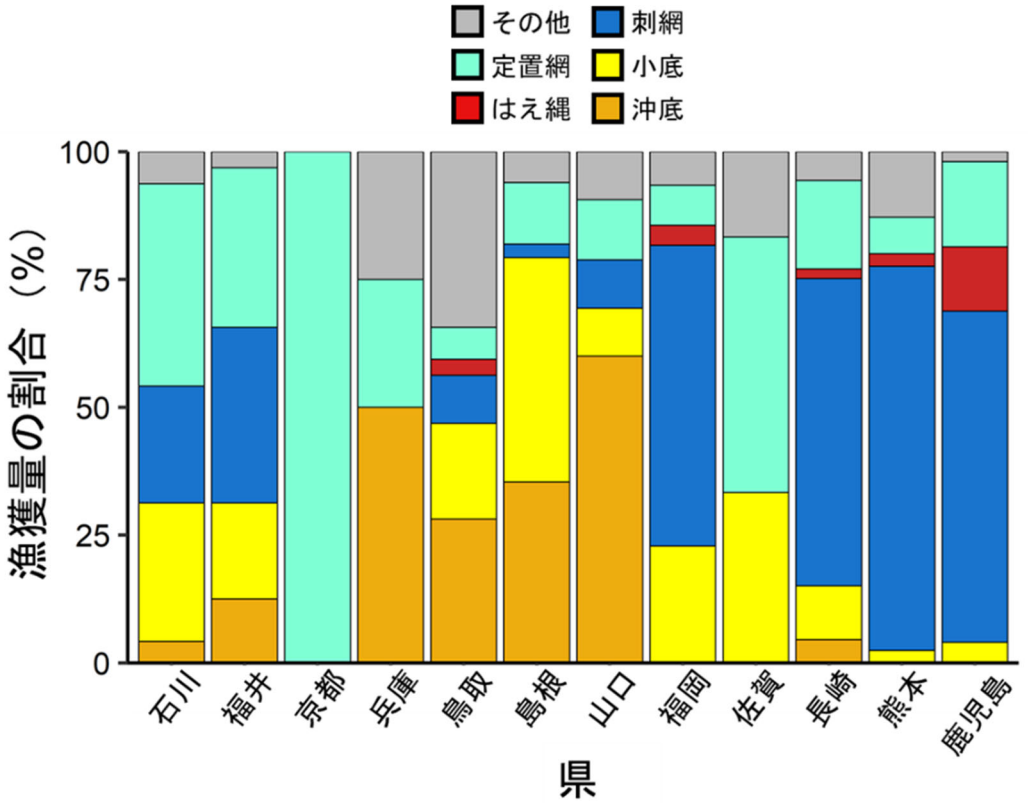



図 6.　2021 年の県別漁業種別漁獲量割合（農林統計）

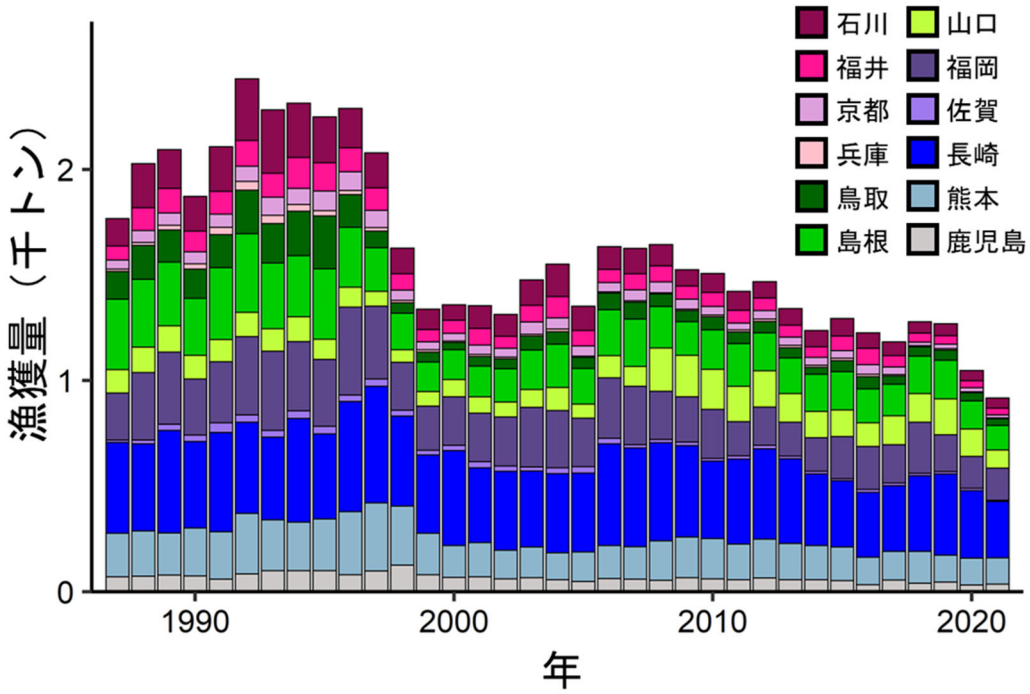



図 7.　県別漁獲量の経年変化（農林統計）

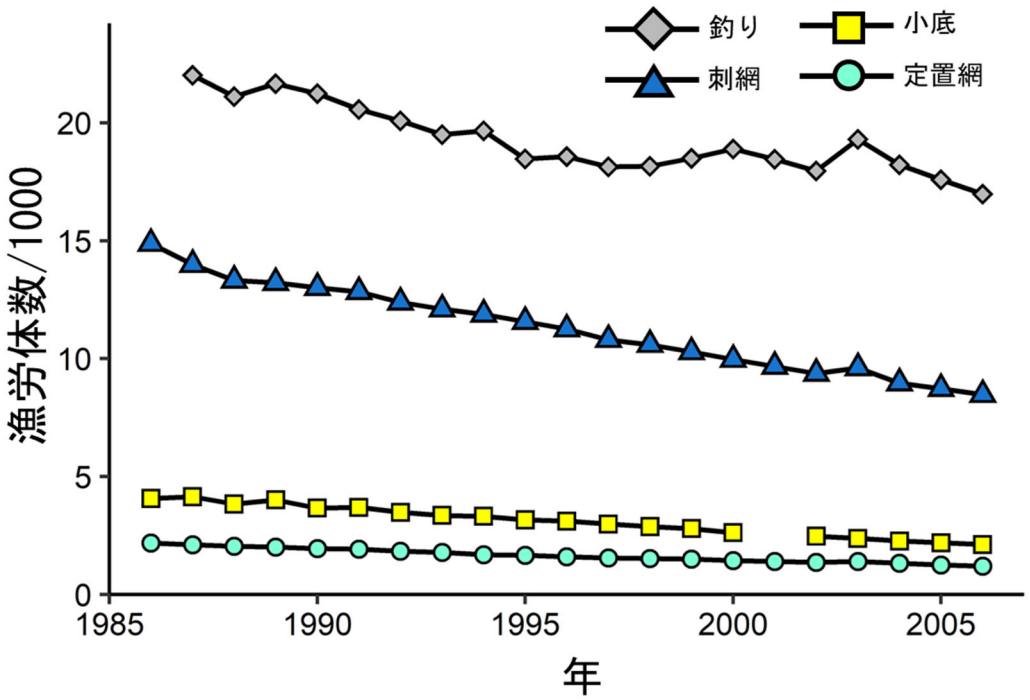



図 8.　主な沿岸漁業漁の漁法別漁労体数

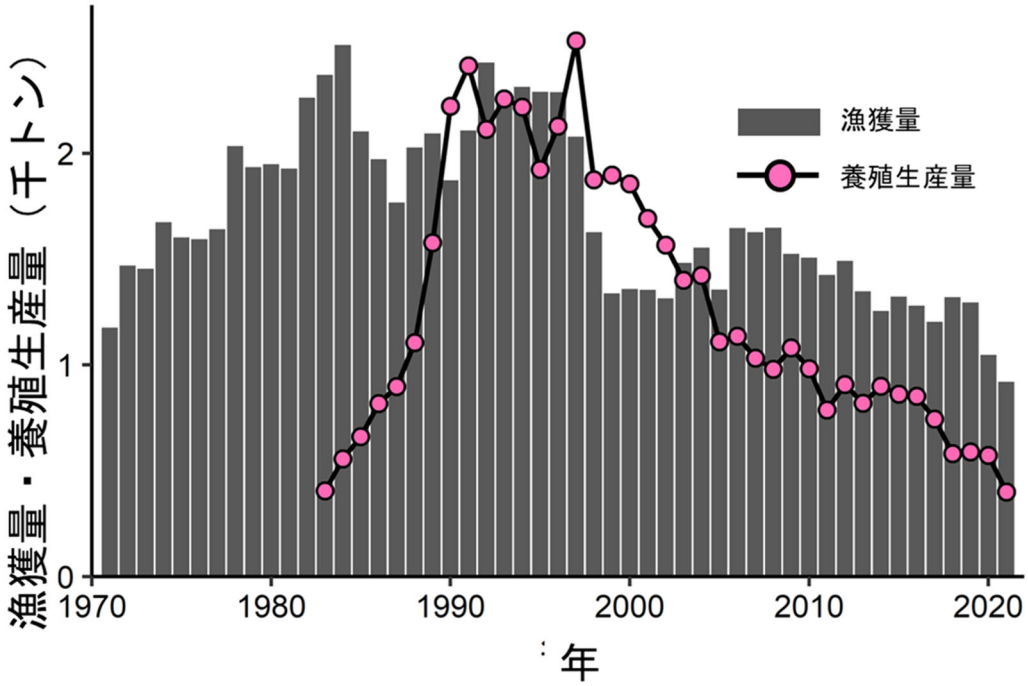



図 9.　漁獲量および養殖生産量

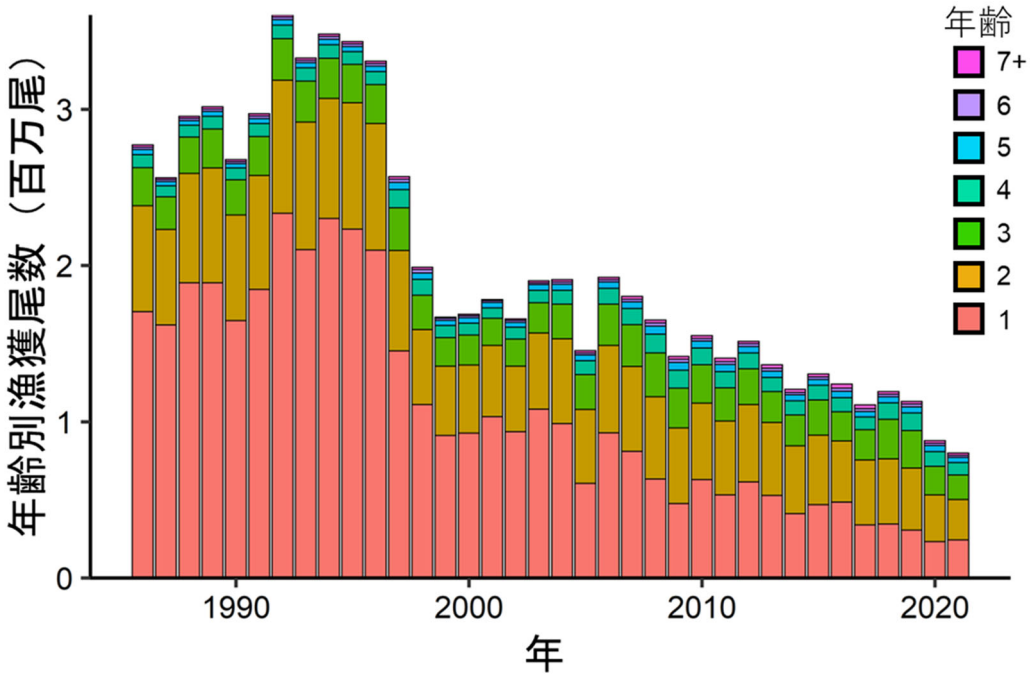



図 10.　年齢別漁獲尾数

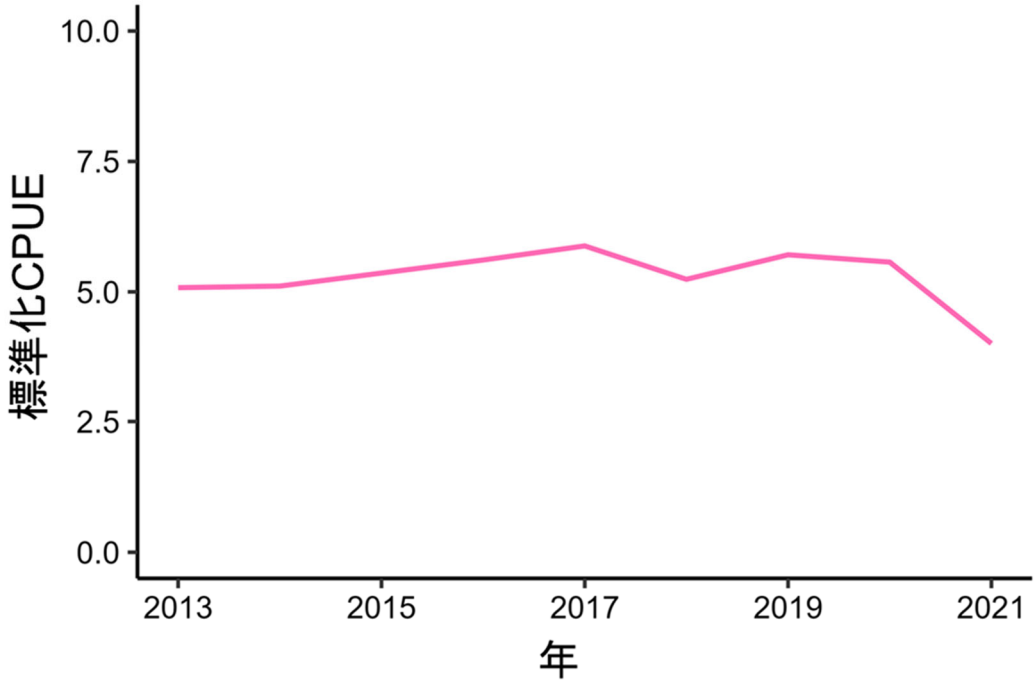



図 11.　島根県大型定置網の標準化 CPUE（資源量指標値）

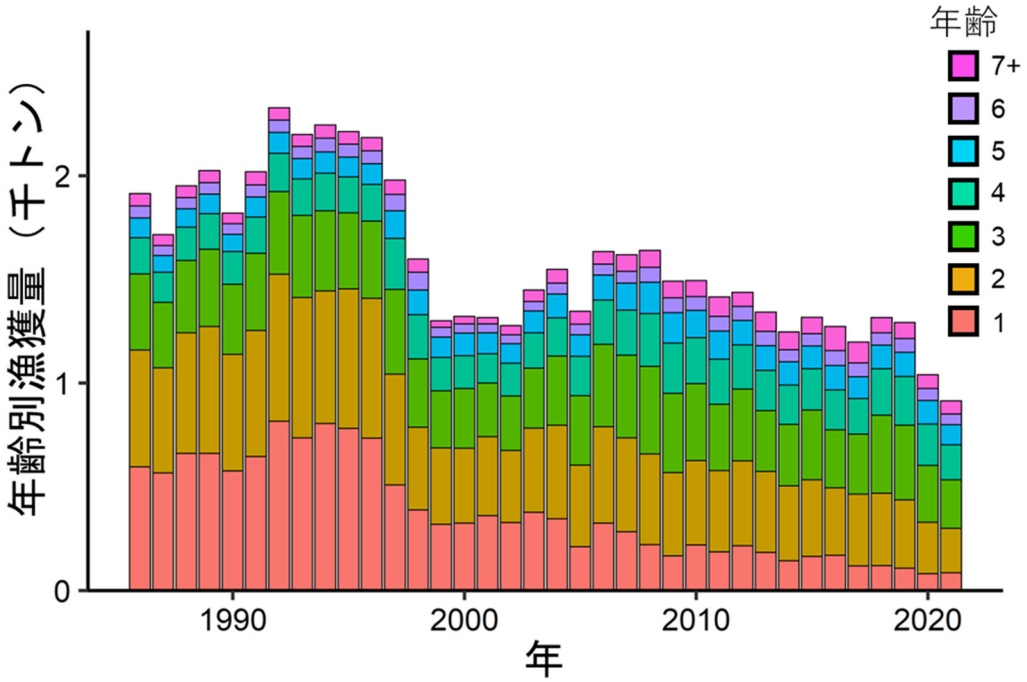



図 12.　年齢別漁獲量

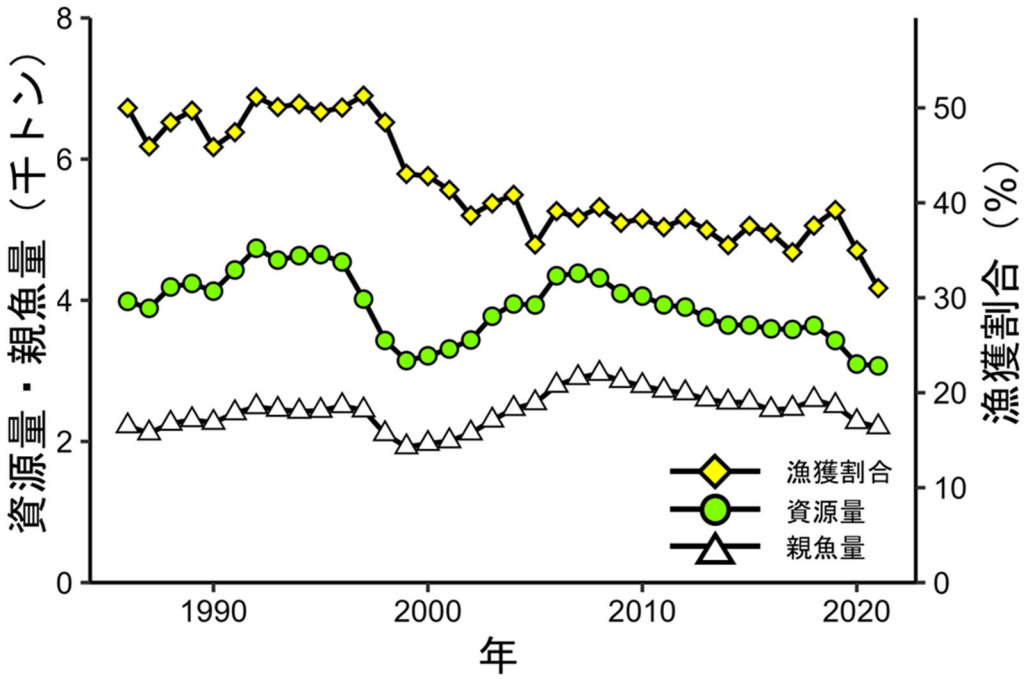



図 13.　資源量・親魚量および漁獲割合

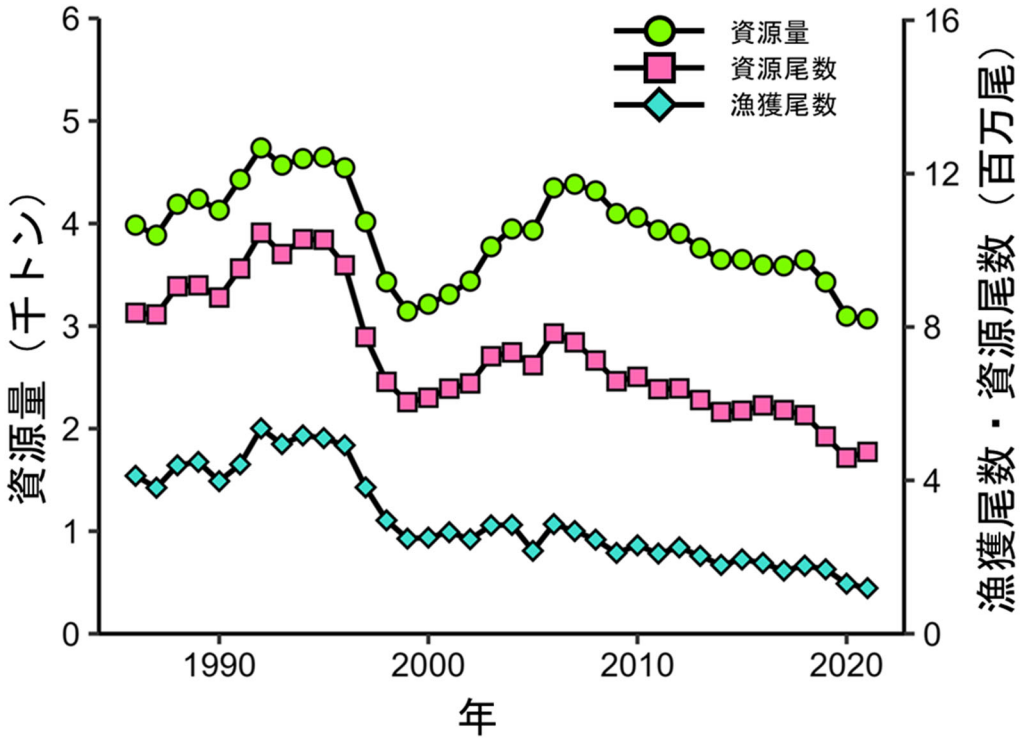



図 14.　資源量、資源尾数および漁獲尾数

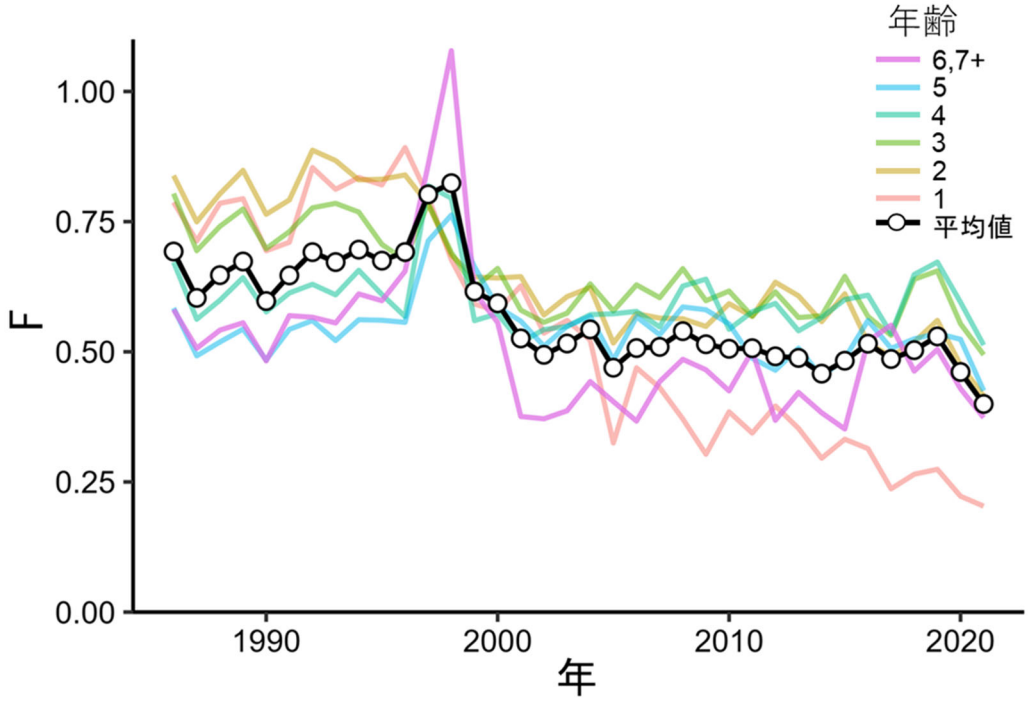



図 15.　コホート解析により推定された年齢別 F 値と平均値

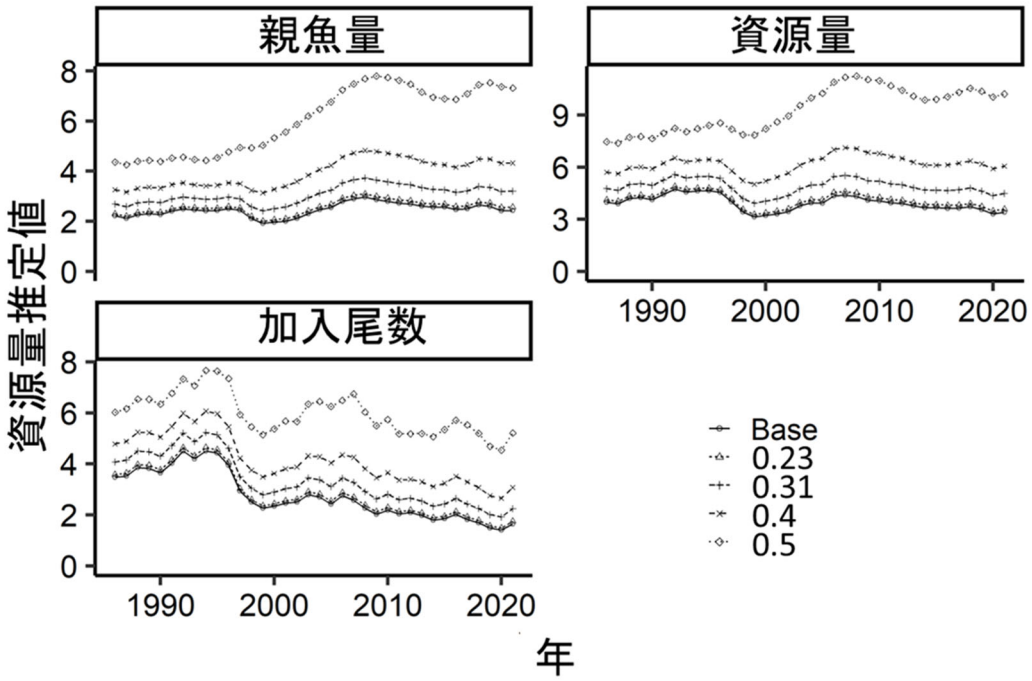



図 16.　M を変化させた場合の資源量・親魚量・1 歳魚加入尾数
　　親魚量、資源量の単位は千トン、加入尾数の単位は百万尾

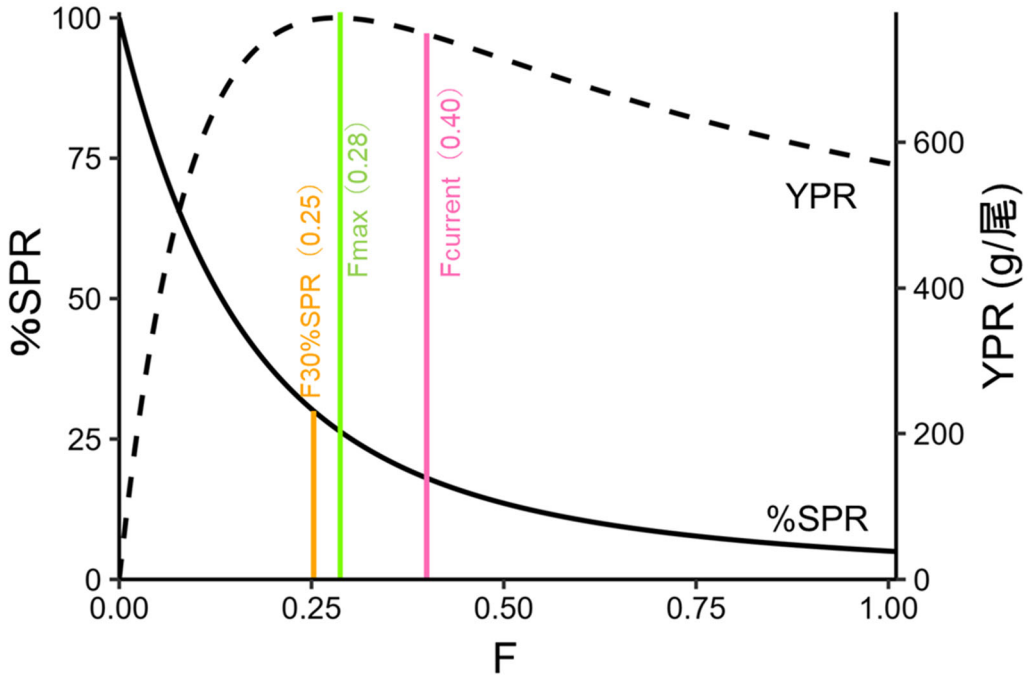
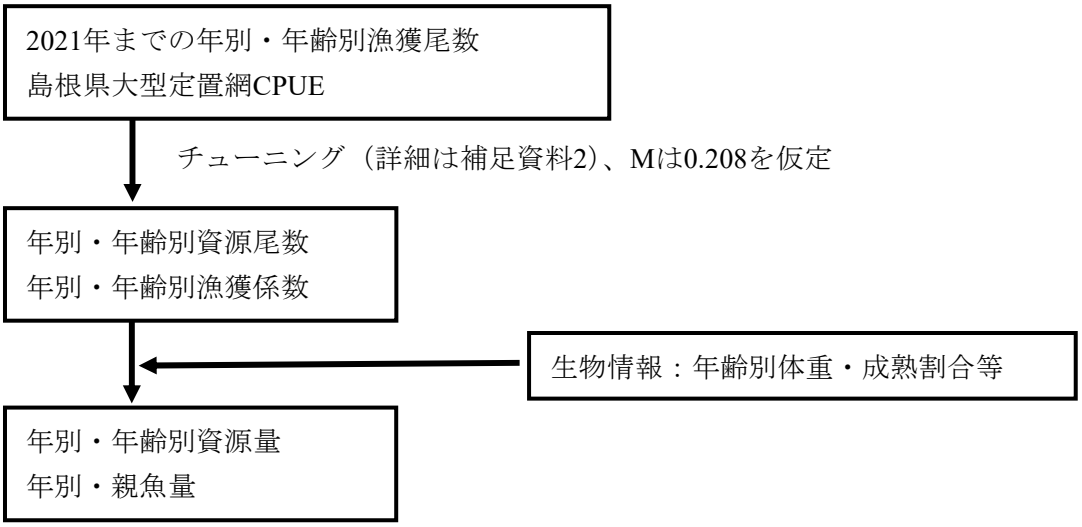



図 17.　%SPR、YPR および F

表 1.　県別漁獲量と総漁獲量（トン）

| 年 | 石川 | 福井 | 京都 | 兵庫 | 鳥取 | 島根 | 山口 | 福岡 | 佐賀 | 長崎 | 熊本 | 鹿児島 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1985 | 223 | 92 | 49 | 8 | 131 | 357 | 136 | 219 | 22 | 600 | 184 | 82 | 2,103 |
| 1986 | 168 | 73 | 44 | 9 | 83 | 310 | 150 | 263 | 15 | 531 | 255 | 71 | 1,972 |
| 1987 | 130 | 67 | 43 | 11 | 132 | 333 | 111 | 222 | 12 | 430 | 206 | 71 | 1,768 |
| 1988 | 208 | 108 | 57 | 14 | 160 | 321 | 121 | 319 | 19 | 412 | 215 | 73 | 2,027 |
| 1989 | 184 | 116 | 58 | 23 | 151 | 302 | 125 | 341 | 30 | 486 | 199 | 79 | 2,094 |
| 1990 | 164 | 99 | 56 | 25 | 139 | 270 | 112 | 266 | 30 | 410 | 226 | 75 | 1,872 |
| 1991 | 212 | 107 | 63 | 34 | 156 | 341 | 105 | 290 | 45 | 470 | 225 | 59 | 2,107 |
| 1992 | 292 | 122 | 72 | 41 | 207 | 372 | 115 | 371 | 34 | 432 | 286 | 85 | 2,429 |
| 1993 | 300 | 114 | 86 | 39 | 187 | 311 | 106 | 376 | 31 | 392 | 240 | 100 | 2,282 |
| 1994 | 258 | 146 | 76 | 32 | 210 | 290 | 118 | 327 | 36 | 491 | 230 | 100 | 2,314 |
| 1995 | 260 | 133 | 93 | 24 | 251 | 333 | 96 | 317 | 36 | 403 | 245 | 99 | 2,290 |
| 1996 | 187 | 114 | 88 | 20 | 154 | 284 | 94 | 417 | 31 | 521 | 299 | 80 | 2,289 |
| 1997 | 166 | 107 | 81 | 17 | 79 | 206 | 70 | 344 | 35 | 553 | 322 | 98 | 2,078 |
| 1998 | 121 | 77 | 49 | 12 | 49 | 173 | 60 | 227 | 27 | 427 | 279 | 126 | 1,627 |
| 1999 | 96 | 59 | 37 | 11 | 47 | 140 | 69 | 209 | 22 | 371 | 196 | 81 | 1,338 |
| 2000 | 74 | 61 | 37 | 7 | 34 | 140 | 82 | 230 | 25 | 449 | 152 | 68 | 1,359 |
| 2001 | 108 | 79 | 44 | 10 | 47 | 144 | 78 | 230 | 30 | 354 | 161 | 71 | 1,355 |
| 2002 | 102 | 57 | 43 | 9 | 47 | 158 | 71 | 232 | 25 | 374 | 135 | 61 | 1,314 |
| 2003 | 122 | 80 | 61 | 9 | 66 | 187 | 84 | 283 | 19 | 360 | 146 | 66 | 1,483 |
| 2004 | 153 | 102 | 55 | 13 | 60 | 204 | 110 | 271 | 28 | 375 | 127 | 57 | 1,555 |
| 2005 | 116 | 73 | 48 | 9 | 53 | 168 | 67 | 229 | 31 | 374 | 140 | 48 | 1,356 |
| 2006 | 107 | 72 | 45 | 9 | 78 | 218 | 105 | 286 | 27 | 481 | 157 | 62 | 1,647 |
| 2007 | 121 | 76 | 50 | 9 | 81 | 224 | 94 | 276 | 15 | 468 | 154 | 59 | 1,628 |
| 2008 | 102 | 76 | 53 | 9 | 59 | 196 | 205 | 228 | 14 | 465 | 187 | 55 | 1,649 |
| 2009 | 77 | 63 | 47 | 6 | 53 | 159 | 196 | 215 | 16 | 434 | 192 | 67 | 1,525 |
| 2010 | 91 | 66 | 40 | 8 | 63 | 186 | 190 | 232 | 13 | 366 | 192 | 60 | 1,507 |
| 2011 | 90 | 63 | 33 | 10 | 55 | 202 | 168 | 162 | 15 | 402 | 169 | 57 | 1,425 |
| 2012 | 79 | 60 | 41 | 10 | 55 | 179 | 172 | 181 | 17 | 447 | 185 | 66 | 1,492 |
| 2013 | 80 | 56 | 40 | 11 | 49 | 178 | 135 | 161 | 13 | 396 | 172 | 57 | 1,348 |
| 2014 | 76 | 51 | 38 | 10 | 33 | 186 | 124 | 169 | 13 | 337 | 161 | 57 | 1,255 |
| 2015 | 82 | 68 | 35 | 11 | 58 | 189 | 127 | 199 | 13 | 326 | 163 | 52 | 1,323 |
| 2016 | 73 | 78 | 46 | 14 | 64 | 183 | 114 | 205 | 15 | 324 | 131 | 34 | 1,281 |
| 2017 | 63 | 54 | 37 | 11 | 41 | 171 | 138 | 184 | 13 | 309 | 128 | 55 | 1,204 |
| 2018 | 52 | 43 | 16 | 8 | 47 | 190 | 136 | 246 | 16 | 373 | 153 | 41 | 1,321 |
| 2019 | 58 | 40 | 21 | 9 | 48 | 184 | 172 | 176 | 13 | 401 | 128 | 46 | 1,296 |
| 2020 | 48 | 33 | 20 | 6 | 37 | 135 | 130 | 151 | 11 | 319 | 126 | 32 | 1,048 |
| 2021 | 49 | 32 | 15 | 4 | 32 | 116 | 86 | 154 | 7 | 265 | 124 | 36 | 920 |

## 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　資源量計算方法

年齢別漁獲尾数と農林統計漁獲量の関係を調整する際に、漁獲量には 0 歳魚を含むものとした。ただし、現在は漁獲物の体長制限が行われているため 0 歳魚の漁獲は少ない。漁獲統計が 1～12 月の集計値であるため、1 月 1 日を年齢の起算日とし、1 歳魚以上について資源量を推定した。
最近年を除く a 歳、y 年の資源尾数 Na,y は Pope の近似式（Pope 1972）により

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

ここでの C は漁獲尾数、M は自然死亡係数
最近年を除く a 歳、y 年の漁獲係数 Fa,y は

$$F_{a,y} = -\,ln\left[1 - \frac{C_{a,y}\,exp(\frac{M}{2})}{N_{a,y}}\right]$$

7 歳以上をプラスグループとし、6 歳と 7+歳の漁獲係数が等しいと仮定した。

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

$$N_{7+,y} = \frac{C_{7+,y}}{C_{6,y}} N_{6,y}$$

最近年（2021 年）の資源尾数は下記式で求めた。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}\cdot\ \exp\,(\frac{M}{2})}{\left(1 - \exp\,(-F_{a,y})\right)}$$

2013 年から直近年までの島根県大型定置網標準化 CPUE（以降、島根定置 CPUE）を資源量の指標として用いて、次式が最小となるように最近年の 6 歳と 7+歳の F 値 を探索的に求めた。また、探索するための初期値は最近年の 6 歳と 7+歳の選択率は 1、5 歳以下の選択率は 2018～2020 年の平均値と仮定した。

$$-\ln L = \sum_{y=2013}^{2021}\left[\frac{\ln(2\pi\sigma^2)}{2} + \frac{\left\{\ln\left(CPUE_y\right) - \ln(qB_y)\right\}^2}{2\sigma^2}\right]$$

ここで、q は指標値の比例定数、By はコホート解析により推定された y 年の資源量を示す。σ は観測誤差を表す標準偏差である。

自然死亡係数 M は年齢によらず一定とし、寿命を 12 年として田内・田中の方法（田中 1960）（寿命を n 年とすると、M=2.5/n）で求めた 0.208 を用いた。資源尾数から資源量への変換や親魚量の算出に用いた年齢別体重と成熟率は以下の通りである。下記の年齢別体重は昨年使用していた重量と異なる。変更の経緯、計算方法は補足資料 4 に示した。

| 年齢 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7+ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均体重 (g) | 350 | 831 | 1,500 | 2,100 | 2,953 | 3,685 | 4,310 |
| 成熟率 (%) | 0 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

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。本系群の資源評価では、今年度より島根定置 CPUE をチューニングに用いたコホート解析を導入した。指標値と予測値との関係をみると、2020 年と 2021 年に比較的大きな残差が見られた（補足図 2-1、2-3）。指標値と予測値との関係は、概ね線形を仮定して問題ないと考えられた（補足図 2-2）。チューニングにより、資源量、親魚量、加入尾数ともに上方修正された（補足図 2-4）。資源量および親魚量のレトロスペクティブパターンにおいて、2016～2017 年に比較的大きく過大推定されているが（補足図 2-5）、指標値の年限が短いことにも起因すると考えられるため、引き続き指標値の動向に注視していく必要がある。

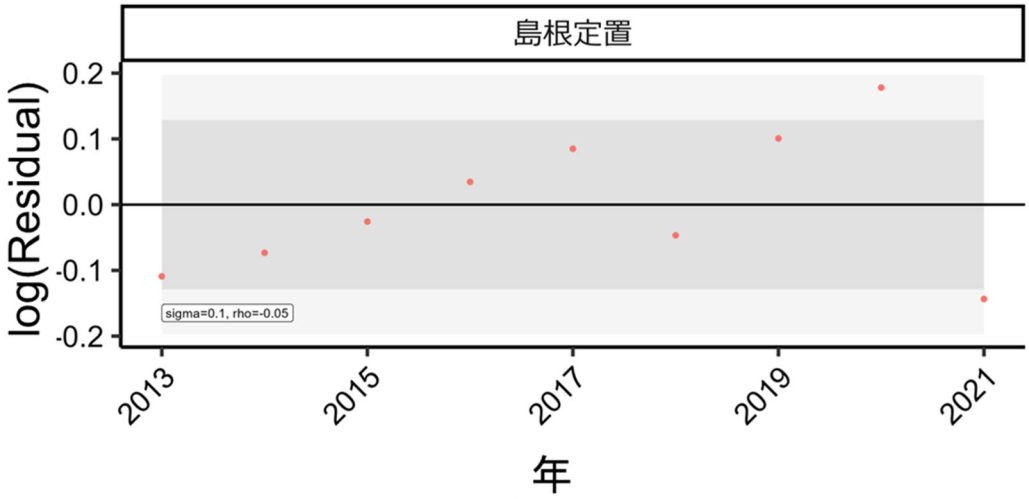
本系群は石川県から鹿児島県までの資源を 1 系群として扱っているところ、今回使用した資源量指標値は島根県の定置網漁業の CPUE のみであることから、系群全体の動向をより反映させるには、さらなる資源量指標値の探索により、チューニングコホート解析を改良していく必要がある。

上記のような問題点と課題を含んでいることを踏まえつつ、現在利用可能な情報をできるかぎり活用することで、新型コロナ感染症拡大に伴う漁獲努力量の減少を資源評価に反映させることをめざし、本年度、島根定置 CPUE を使ったチューニングコホート解析を導入する。

## 引用文献

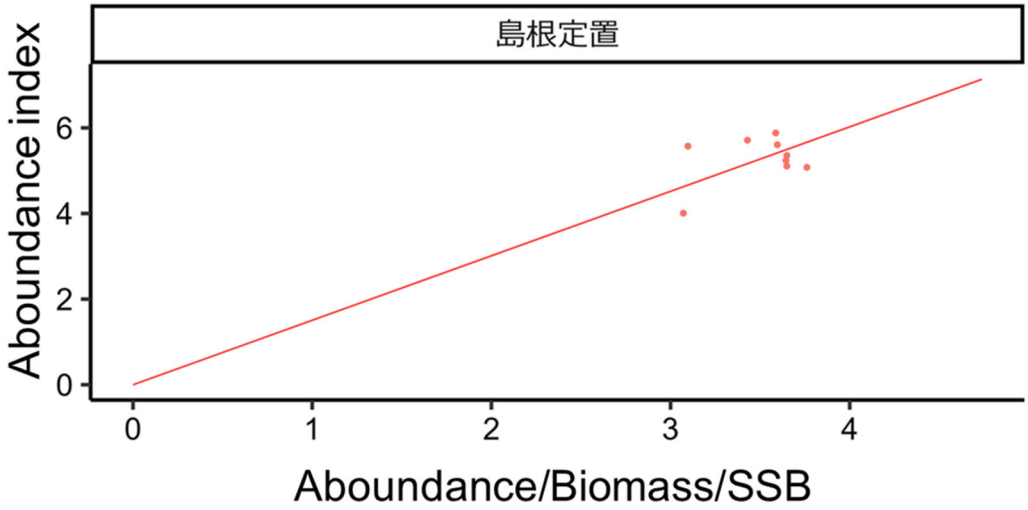
Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res., Bull., 9, 65-74.

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

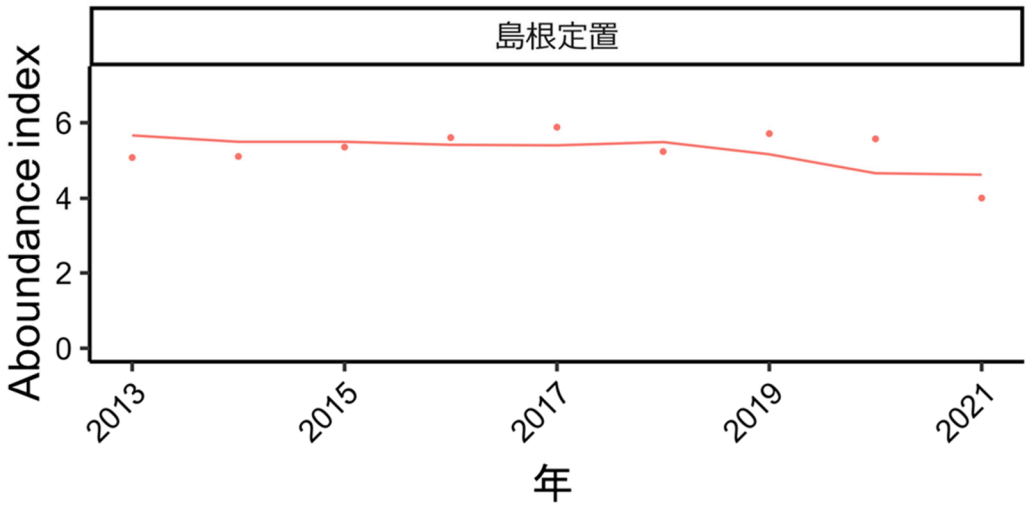



補足図 2-1.　残差プロット

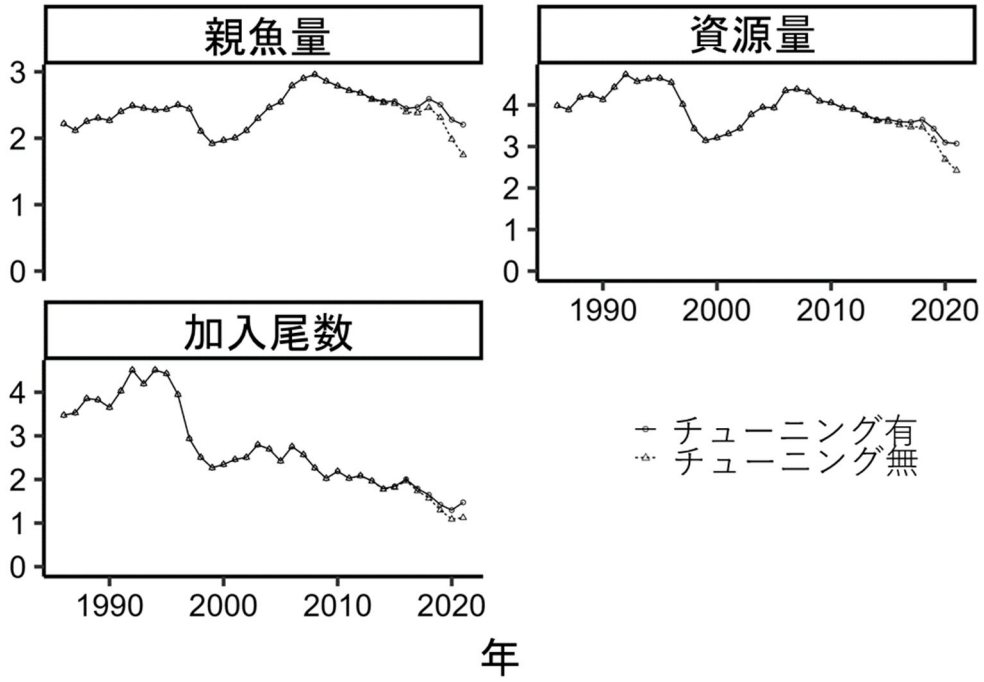
Sigma は観測誤差、rho は残差の自己相関係数、薄い灰色は 1.96σ 区間（95%区間）、濃い灰色は 1.28σ 区間（80%区間）を示す。



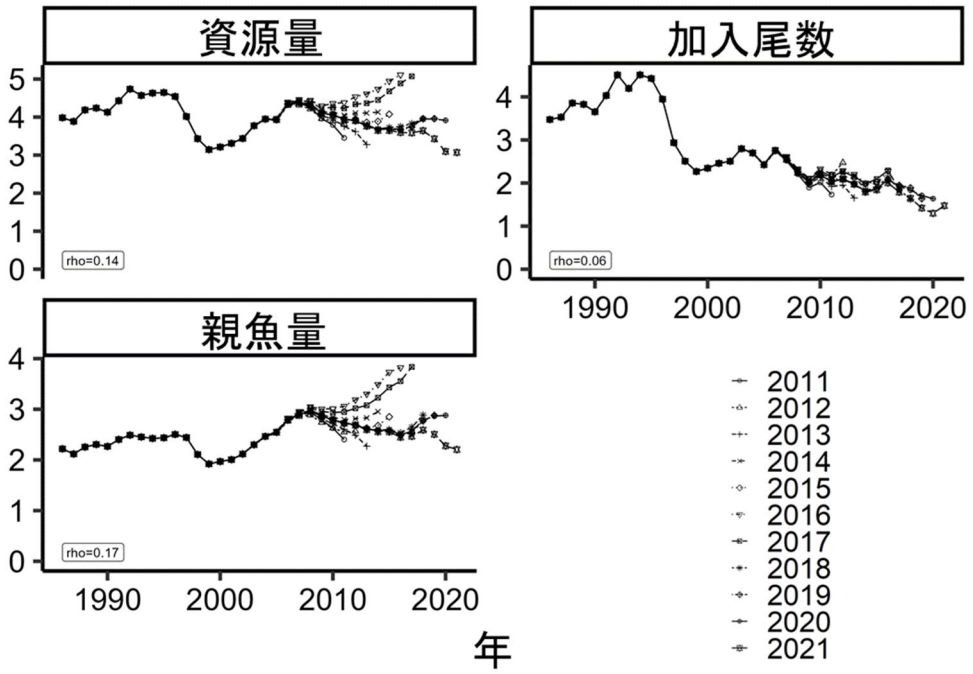

補足図 2-2.　指資源量指数に対する推定資源量指数のプロット




補足図 2-3.　指標値の観測値（丸印）とモデルの予測値（実線）の時系列プロット




補足図 2-4.　チューニング無しとの比較。親魚量、資源量の単位は千トン、加入尾数の単位は百万尾




補足図 2-5.　レトロスペクティブ解析の結果。親魚量、資源量の単位は千トン、加入尾数の単位は百万尾

補足表 2-1.　ヒラメ日本海中西部･東シナ海系群の年齢別漁獲尾数（千尾）

| 年 | 0 歳 | 1 歳 | 2 歳 | 3 歳 | 4 歳 | 5 歳 | 6 歳 | 7+歳 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1986 | 739 | 1,706 | 677 | 244 | 83 | 33 | 16 | 14 | 2,772 |
| 1987 | 664 | 1,621 | 610 | 210 | 69 | 27 | 13 | 12 | 2,563 |
| 1988 | 974 | 1,890 | 699 | 232 | 77 | 30 | 15 | 13 | 2,956 |
| 1989 | 889 | 1,890 | 736 | 248 | 82 | 32 | 15 | 13 | 3,016 |
| 1990 | 670 | 1,647 | 676 | 225 | 76 | 28 | 14 | 12 | 2,678 |
| 1991 | 1,132 | 1,847 | 730 | 248 | 83 | 33 | 16 | 15 | 2,972 |
| 1992 | 1,297 | 2,334 | 853 | 265 | 88 | 34 | 16 | 14 | 3,604 |
| 1993 | 1,066 | 2,103 | 815 | 264 | 84 | 33 | 16 | 14 | 3,328 |
| 1994 | 899 | 2,301 | 769 | 257 | 86 | 35 | 18 | 15 | 3,481 |
| 1995 | 986 | 2,234 | 809 | 245 | 83 | 32 | 17 | 14 | 3,433 |
| 1996 | 1,351 | 2,099 | 810 | 249 | 84 | 34 | 17 | 15 | 3,308 |
| 1997 | 1,266 | 1,455 | 643 | 272 | 117 | 45 | 21 | 16 | 2,569 |
| 1998 | 374 | 1,111 | 480 | 219 | 102 | 40 | 23 | 15 | 1,990 |
| 1999 | 475 | 913 | 443 | 184 | 77 | 33 | 13 | 7 | 1,670 |
| 2000 | 473 | 928 | 435 | 192 | 75 | 37 | 12 | 8 | 1,688 |
| 2001 | 509 | 1,032 | 457 | 173 | 68 | 34 | 12 | 7 | 1,782 |
| 2002 | 476 | 937 | 418 | 175 | 75 | 32 | 11 | 10 | 1,659 |
| 2003 | 439 | 1,081 | 488 | 193 | 81 | 36 | 13 | 13 | 1,903 |
| 2004 | 75 | 989 | 542 | 222 | 88 | 39 | 14 | 16 | 1,910 |
| 2005 | 125 | 606 | 473 | 224 | 90 | 36 | 14 | 14 | 1,456 |
| 2006 | 161 | 929 | 560 | 265 | 102 | 41 | 14 | 14 | 1,924 |
| 2007 | 115 | 811 | 544 | 266 | 104 | 44 | 16 | 19 | 1,802 |
| 2008 | 106 | 633 | 526 | 281 | 121 | 51 | 19 | 19 | 1,651 |
| 2009 | 423 | 478 | 483 | 254 | 116 | 50 | 19 | 19 | 1,418 |
| 2010 | 156 | 630 | 489 | 247 | 106 | 45 | 18 | 18 | 1,552 |
| 2011 | 127 | 532 | 472 | 213 | 103 | 46 | 19 | 22 | 1,408 |
| 2012 | 157 | 615 | 494 | 230 | 101 | 40 | 18 | 16 | 1,515 |
| 2013 | 98 | 528 | 468 | 196 | 92 | 40 | 19 | 21 | 1,365 |
| 2014 | 112 | 413 | 433 | 198 | 90 | 38 | 16 | 20 | 1,208 |
| 2015 | 104 | 469 | 446 | 224 | 94 | 37 | 16 | 18 | 1,305 |
| 2016 | 89 | 487 | 391 | 186 | 92 | 40 | 20 | 27 | 1,242 |
| 2017 | 65 | 340 | 416 | 193 | 82 | 35 | 18 | 23 | 1,108 |
| 2018 | 58 | 345 | 418 | 252 | 107 | 38 | 16 | 17 | 1,194 |
| 2019 | 36 | 307 | 397 | 240 | 112 | 39 | 18 | 18 | 1,131 |
| 2020 | 84 | 233 | 299 | 182 | 95 | 39 | 16 | 16 | 879 |
| 2021 | 60 | 245 | 258 | 156 | 80 | 33 | 14 | 15 | 801 |

補足表 2-2.　島根大型定置網の標準化 CPUE（資源量指標値）

| 年 | 島根県大型定置漁業 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | CPUE (kg/日) | 下側信頼限界 2.5% | 上側信頼限界 97.5% | 基準化 CPUE |
| 2013 | 5.08 | 4.88 | 5.28 | 0.96 |
| 2014 | 5.11 | 4.93 | 5.30 | 0.97 |
| 2015 | 5.36 | 5.18 | 5.54 | 1.01 |
| 2016 | 5.61 | 5.41 | 5.84 | 1.06 |
| 2017 | 5.88 | 5.64 | 6.11 | 1.11 |
| 2018 | 5.24 | 5.04 | 5.47 | 0.99 |
| 2019 | 5.71 | 5.51 | 5.96 | 1.08 |
| 2020 | 5.57 | 5.36 | 5.80 | 1.05 |
| 2021 | 4.01 | 3.88 | 4.16 | 0.76 |

補足表 2-3.　ヒラメ日本海中西部･東シナ海系群の年齢別資源量および、漁獲割合（資源量の単位はトン）

| 年 | 1 歳 | 2 歳 | 3 歳 | 4 歳 | 5 歳 | 6 歳 | 7+歳 | 資源量 | 漁獲割合 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1986 | 1,216 | 1,099 | 736 | 395 | 241 | 147 | 150 | 3,984 | 0.49 |
| 1987 | 1,235 | 1,067 | 697 | 375 | 230 | 136 | 146 | 3,886 | 0.45 |
| 1988 | 1,349 | 1,168 | 739 | 396 | 244 | 143 | 150 | 4,188 | 0.48 |
| 1989 | 1,339 | 1,187 | 767 | 401 | 248 | 147 | 150 | 4,238 | 0.49 |
| 1990 | 1,278 | 1,167 | 745 | 402 | 241 | 146 | 150 | 4,129 | 0.45 |
| 1991 | 1,411 | 1,231 | 797 | 421 | 258 | 150 | 161 | 4,429 | 0.48 |
| 1992 | 1,579 | 1,337 | 818 | 436 | 261 | 152 | 155 | 4,737 | 0.51 |
| 1993 | 1,468 | 1,296 | 807 | 428 | 266 | 151 | 153 | 4,570 | 0.50 |
| 1994 | 1,579 | 1,257 | 798 | 419 | 266 | 160 | 154 | 4,632 | 0.50 |
| 1995 | 1,550 | 1,321 | 803 | 421 | 248 | 154 | 150 | 4,647 | 0.49 |
| 1996 | 1,381 | 1,315 | 843 | 451 | 261 | 143 | 147 | 4,543 | 0.50 |
| 1997 | 1,028 | 1,091 | 833 | 488 | 292 | 152 | 133 | 4,017 | 0.52 |
| 1998 | 877 | 892 | 731 | 432 | 246 | 145 | 107 | 3,431 | 0.47 |
| 1999 | 794 | 860 | 659 | 417 | 223 | 116 | 76 | 3,145 | 0.43 |
| 2000 | 821 | 847 | 662 | 402 | 272 | 116 | 93 | 3,214 | 0.42 |
| 2001 | 861 | 888 | 654 | 389 | 259 | 153 | 107 | 3,310 | 0.41 |
| 2002 | 877 | 887 | 683 | 416 | 265 | 150 | 160 | 3,438 | 0.38 |
| 2003 | 979 | 990 | 735 | 445 | 276 | 161 | 188 | 3,774 | 0.39 |
| 2004 | 944 | 1,078 | 792 | 471 | 294 | 162 | 208 | 3,947 | 0.39 |
| 2005 | 848 | 1,080 | 847 | 479 | 304 | 169 | 207 | 3,934 | 0.34 |
| 2006 | 964 | 1,182 | 944 | 540 | 309 | 190 | 219 | 4,348 | 0.38 |
| 2007 | 899 | 1,162 | 977 | 573 | 346 | 177 | 248 | 4,383 | 0.37 |
| 2008 | 793 | 1,127 | 969 | 607 | 378 | 206 | 238 | 4,318 | 0.38 |
| 2009 | 709 | 1,055 | 940 | 570 | 371 | 213 | 239 | 4,097 | 0.37 |
| 2010 | 766 | 1,010 | 894 | 588 | 343 | 210 | 249 | 4,059 | 0.37 |
| 2011 | 710 | 1,005 | 819 | 548 | 390 | 200 | 263 | 3,935 | 0.36 |
| 2012 | 731 | 971 | 835 | 527 | 352 | 243 | 244 | 3,903 | 0.37 |
| 2013 | 690 | 949 | 756 | 513 | 333 | 224 | 297 | 3,761 | 0.36 |
| 2014 | 627 | 934 | 758 | 488 | 341 | 203 | 298 | 3,649 | 0.34 |
| 2015 | 645 | 899 | 784 | 488 | 316 | 220 | 296 | 3,649 | 0.36 |
| 2016 | 702 | 892 | 715 | 468 | 305 | 197 | 317 | 3,596 | 0.36 |
| 2017 | 626 | 988 | 779 | 461 | 291 | 177 | 264 | 3,587 | 0.34 |
| 2018 | 577 | 953 | 887 | 521 | 308 | 177 | 220 | 3,644 | 0.36 |
| 2019 | 497 | 853 | 832 | 532 | 311 | 185 | 219 | 3,429 | 0.38 |
| 2020 | 454 | 729 | 714 | 491 | 310 | 185 | 213 | 3,097 | 0.34 |
| 2021 | 516 | 701 | 665 | 467 | 309 | 186 | 227 | 3,071 | 0.30 |

補足表 2-4.　ヒラメ日本海中西部･東シナ海系群の資源尾数（千尾）

| 年 | 1 歳 | 2 歳 | 3 歳 | 4 歳 | 5 歳 | 6 歳 | 7+歳 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1986 | 3,474 | 1,323 | 491 | 188 | 82 | 40 | 35 | 5,632 |
| 1987 | 3,529 | 1,284 | 465 | 178 | 78 | 37 | 34 | 5,604 |
| 1988 | 3,856 | 1,405 | 493 | 188 | 83 | 39 | 35 | 6,098 |
| 1989 | 3,826 | 1,428 | 511 | 191 | 84 | 40 | 35 | 6,115 |
| 1990 | 3,652 | 1,405 | 497 | 191 | 82 | 40 | 35 | 5,901 |
| 1991 | 4,030 | 1,482 | 531 | 201 | 87 | 41 | 37 | 6,410 |
| 1992 | 4,511 | 1,609 | 545 | 208 | 88 | 41 | 36 | 7,038 |
| 1993 | 4,196 | 1,560 | 538 | 204 | 90 | 41 | 36 | 6,664 |
| 1994 | 4,511 | 1,513 | 532 | 199 | 90 | 43 | 36 | 6,925 |
| 1995 | 4,427 | 1,590 | 536 | 201 | 84 | 42 | 35 | 6,914 |
| 1996 | 3,946 | 1,583 | 562 | 215 | 88 | 39 | 34 | 6,468 |
| 1997 | 2,936 | 1,313 | 555 | 232 | 99 | 41 | 31 | 5,208 |
| 1998 | 2,507 | 1,074 | 488 | 206 | 83 | 39 | 25 | 4,421 |
| 1999 | 2,269 | 1,035 | 439 | 198 | 75 | 32 | 18 | 4,066 |
| 2000 | 2,344 | 1,020 | 442 | 191 | 92 | 32 | 22 | 4,142 |
| 2001 | 2,459 | 1,068 | 436 | 185 | 88 | 42 | 25 | 4,302 |
| 2002 | 2,506 | 1,067 | 456 | 198 | 90 | 41 | 37 | 4,394 |
| 2003 | 2,796 | 1,191 | 490 | 212 | 94 | 44 | 44 | 4,870 |
| 2004 | 2,698 | 1,297 | 528 | 224 | 99 | 44 | 48 | 4,938 |
| 2005 | 2,424 | 1,300 | 565 | 228 | 103 | 46 | 48 | 4,713 |
| 2006 | 2,753 | 1,423 | 630 | 257 | 105 | 51 | 51 | 5,270 |
| 2007 | 2,569 | 1,399 | 651 | 273 | 117 | 48 | 58 | 5,115 |
| 2008 | 2,266 | 1,356 | 646 | 289 | 128 | 56 | 55 | 4,796 |
| 2009 | 2,026 | 1,270 | 627 | 271 | 126 | 58 | 56 | 4,432 |
| 2010 | 2,188 | 1,215 | 596 | 280 | 116 | 57 | 58 | 4,510 |
| 2011 | 2,029 | 1,210 | 546 | 261 | 132 | 54 | 61 | 4,293 |
| 2012 | 2,088 | 1,169 | 557 | 251 | 119 | 66 | 57 | 4,306 |
| 2013 | 1,970 | 1,142 | 504 | 244 | 113 | 61 | 69 | 4,102 |
| 2014 | 1,791 | 1,124 | 505 | 232 | 116 | 55 | 69 | 3,892 |
| 2015 | 1,842 | 1,082 | 523 | 232 | 107 | 60 | 69 | 3,915 |
| 2016 | 2,004 | 1,073 | 477 | 223 | 103 | 53 | 73 | 4,008 |
| 2017 | 1,790 | 1,189 | 520 | 220 | 98 | 48 | 61 | 3,926 |
| 2018 | 1,647 | 1,147 | 591 | 248 | 104 | 48 | 51 | 3,837 |
| 2019 | 1,421 | 1,027 | 555 | 253 | 105 | 50 | 51 | 3,462 |
| 2020 | 1,298 | 877 | 476 | 234 | 105 | 50 | 50 | 3,089 |
| 2021 | 1,474 | 844 | 443 | 222 | 105 | 51 | 53 | 3,191 |

補足表 2-5.　ヒラメ日本海中西部･東シナ海系群の年齢別親魚量（単位はトン）

| 年 | 1 歳 | 2 歳 | 3 歳 | 4 歳 | 5 歳 | 6 歳 | 7+歳 | 親魚量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1986 | 0 | 550 | 736 | 395 | 241 | 147 | 150 | 2,219 |
| 1987 | 0 | 534 | 697 | 375 | 230 | 136 | 146 | 2,118 |
| 1988 | 0 | 584 | 739 | 396 | 244 | 143 | 150 | 2,255 |
| 1989 | 0 | 593 | 767 | 401 | 248 | 147 | 150 | 2,306 |
| 1990 | 0 | 584 | 745 | 402 | 241 | 146 | 150 | 2,267 |
| 1991 | 0 | 616 | 797 | 421 | 258 | 150 | 161 | 2,403 |
| 1992 | 0 | 668 | 818 | 436 | 261 | 152 | 155 | 2,490 |
| 1993 | 0 | 648 | 807 | 428 | 266 | 151 | 153 | 2,453 |
| 1994 | 0 | 629 | 798 | 419 | 266 | 160 | 154 | 2,425 |
| 1995 | 0 | 661 | 803 | 421 | 248 | 154 | 150 | 2,437 |
| 1996 | 0 | 658 | 843 | 451 | 261 | 143 | 147 | 2,504 |
| 1997 | 0 | 546 | 833 | 488 | 292 | 152 | 133 | 2,443 |
| 1998 | 0 | 446 | 731 | 432 | 246 | 145 | 107 | 2,107 |
| 1999 | 0 | 430 | 659 | 417 | 223 | 116 | 76 | 1,921 |
| 2000 | 0 | 424 | 662 | 402 | 272 | 116 | 93 | 1,969 |
| 2001 | 0 | 444 | 654 | 389 | 259 | 153 | 107 | 2,006 |
| 2002 | 0 | 443 | 683 | 416 | 265 | 150 | 160 | 2,117 |
| 2003 | 0 | 495 | 735 | 445 | 276 | 161 | 188 | 2,300 |
| 2004 | 0 | 539 | 792 | 471 | 294 | 162 | 208 | 2,464 |
| 2005 | 0 | 540 | 847 | 479 | 304 | 169 | 207 | 2,545 |
| 2006 | 0 | 591 | 944 | 540 | 309 | 190 | 219 | 2,793 |
| 2007 | 0 | 581 | 977 | 573 | 346 | 177 | 248 | 2,902 |
| 2008 | 0 | 563 | 969 | 607 | 378 | 206 | 238 | 2,961 |
| 2009 | 0 | 528 | 940 | 570 | 371 | 213 | 239 | 2,861 |
| 2010 | 0 | 505 | 894 | 588 | 343 | 210 | 249 | 2,789 |
| 2011 | 0 | 503 | 819 | 548 | 390 | 200 | 263 | 2,722 |
| 2012 | 0 | 486 | 835 | 527 | 352 | 243 | 244 | 2,687 |
| 2013 | 0 | 474 | 756 | 513 | 333 | 224 | 297 | 2,597 |
| 2014 | 0 | 467 | 758 | 488 | 341 | 203 | 298 | 2,555 |
| 2015 | 0 | 450 | 784 | 488 | 316 | 220 | 296 | 2,555 |
| 2016 | 0 | 446 | 715 | 468 | 305 | 197 | 317 | 2,448 |
| 2017 | 0 | 494 | 779 | 461 | 291 | 177 | 264 | 2,466 |
| 2018 | 0 | 477 | 887 | 521 | 308 | 177 | 220 | 2,591 |
| 2019 | 0 | 427 | 832 | 532 | 311 | 185 | 219 | 2,506 |
| 2020 | 0 | 364 | 714 | 491 | 310 | 185 | 213 | 2,278 |
| 2021 | 0 | 351 | 665 | 467 | 309 | 186 | 227 | 2,205 |

補足表 2-6.　年齢別漁獲係数

| 年 | 1 歳 | 2 歳 | 3 歳 | 4 歳 | 5 歳 | 6 歳 | 7+歳 | F(平均) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1986 | 0.79 | 0.84 | 0.80 | 0.67 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.69 |
| 1987 | 0.71 | 0.75 | 0.69 | 0.56 | 0.49 | 0.51 | 0.51 | 0.60 |
| 1988 | 0.79 | 0.80 | 0.74 | 0.60 | 0.52 | 0.54 | 0.54 | 0.65 |
| 1989 | 0.79 | 0.85 | 0.77 | 0.64 | 0.54 | 0.56 | 0.56 | 0.67 |
| 1990 | 0.69 | 0.76 | 0.70 | 0.58 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.60 |
| 1991 | 0.71 | 0.79 | 0.73 | 0.61 | 0.54 | 0.57 | 0.57 | 0.65 |
| 1992 | 0.85 | 0.89 | 0.78 | 0.63 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.69 |
| 1993 | 0.81 | 0.87 | 0.79 | 0.61 | 0.52 | 0.56 | 0.56 | 0.67 |
| 1994 | 0.83 | 0.83 | 0.77 | 0.66 | 0.56 | 0.61 | 0.61 | 0.70 |
| 1995 | 0.82 | 0.83 | 0.71 | 0.61 | 0.56 | 0.60 | 0.60 | 0.68 |
| 1996 | 0.89 | 0.84 | 0.68 | 0.57 | 0.56 | 0.65 | 0.65 | 0.69 |
| 1997 | 0.80 | 0.78 | 0.79 | 0.82 | 0.71 | 0.86 | 0.86 | 0.80 |
| 1998 | 0.68 | 0.69 | 0.69 | 0.80 | 0.76 | 1.08 | 1.08 | 0.82 |
| 1999 | 0.59 | 0.64 | 0.62 | 0.56 | 0.66 | 0.61 | 0.61 | 0.62 |
| 2000 | 0.58 | 0.64 | 0.66 | 0.57 | 0.59 | 0.56 | 0.56 | 0.59 |
| 2001 | 0.63 | 0.64 | 0.58 | 0.52 | 0.56 | 0.38 | 0.38 | 0.53 |
| 2002 | 0.54 | 0.57 | 0.56 | 0.54 | 0.51 | 0.37 | 0.37 | 0.49 |
| 2003 | 0.56 | 0.61 | 0.57 | 0.55 | 0.55 | 0.39 | 0.39 | 0.52 |
| 2004 | 0.52 | 0.62 | 0.63 | 0.57 | 0.57 | 0.44 | 0.44 | 0.54 |
| 2005 | 0.32 | 0.52 | 0.58 | 0.57 | 0.48 | 0.40 | 0.40 | 0.47 |
| 2006 | 0.47 | 0.57 | 0.63 | 0.58 | 0.57 | 0.37 | 0.37 | 0.51 |
| 2007 | 0.43 | 0.56 | 0.60 | 0.55 | 0.53 | 0.44 | 0.44 | 0.51 |
| 2008 | 0.37 | 0.56 | 0.66 | 0.63 | 0.59 | 0.49 | 0.49 | 0.54 |
| 2009 | 0.30 | 0.55 | 0.60 | 0.64 | 0.58 | 0.47 | 0.47 | 0.51 |
| 2010 | 0.38 | 0.59 | 0.62 | 0.54 | 0.55 | 0.42 | 0.42 | 0.51 |
| 2011 | 0.34 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.49 | 0.50 | 0.50 | 0.51 |
| 2012 | 0.40 | 0.63 | 0.62 | 0.59 | 0.46 | 0.37 | 0.37 | 0.49 |
| 2013 | 0.35 | 0.61 | 0.57 | 0.54 | 0.51 | 0.42 | 0.42 | 0.49 |
| 2014 | 0.30 | 0.56 | 0.57 | 0.57 | 0.45 | 0.38 | 0.38 | 0.46 |
| 2015 | 0.33 | 0.61 | 0.65 | 0.60 | 0.49 | 0.35 | 0.35 | 0.48 |
| 2016 | 0.31 | 0.52 | 0.57 | 0.61 | 0.56 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| 2017 | 0.24 | 0.49 | 0.53 | 0.53 | 0.51 | 0.55 | 0.55 | 0.49 |
| 2018 | 0.26 | 0.52 | 0.64 | 0.65 | 0.52 | 0.46 | 0.46 | 0.50 |
| 2019 | 0.27 | 0.56 | 0.66 | 0.67 | 0.54 | 0.50 | 0.50 | 0.53 |
| 2020 | 0.22 | 0.47 | 0.55 | 0.60 | 0.52 | 0.43 | 0.43 | 0.46 |
| 2021 | 0.20 | 0.42 | 0.49 | 0.51 | 0.43 | 0.37 | 0.37 | 0.40 |

## 補足資料３　放流効果の試算

①　県別混入率

各県では、黒化個体を指標とした人工種苗の混入率が把握されている。2021 年における放流種苗の混入率は日本海中部海域の各県で 2.4～6.3%、日本海西部海域の各県で 0.8～13.0%、東シナ海海域の各県で 4.8～21.7%となった（補足表 3-1）。2021 年における系群全体での放流種苗の混入率は 11.3%と推定された（補足表 3-2）。なお、混入率は全年齢込みで示した。

②　添加効率の試算

チューニングコホート解析で算出された 1 歳魚尾数、および放流魚混入率と放流尾数より添加効率を試算した（補足表 3-3）。本来であれば各年級群における 1 歳時の混入率を用いて添加効率を求めるべきだが、年齢別の混入率データが十分に得られていないため、全年齢込みの値で添加効率を計算した。2020 年放流群の添加効率は 0.04 と推定された（補足表 3-3）。

補足表 3-1.　府県別混入率（%）

| 年 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 石川 | 4.7 | 3.7 | 4.3 | 3.5 | 4.8 | 8.1 | 10.7 | 14.7 | 13.0 |
| 福井 | 5.1 | 5.8 | 5.4 | 6.4 | 4.7 | 4.1 | 6.5 | 7.6 | 9.5 |
| 京都 | 22.0 | 13.1 | 14.1 | 9.0 | 7.1 | 11.5 | 9.8 | 7.9 | 11.6 |
| 兵庫 | 3.1 | 2.7 | 4.3 | 4.0 | 2.0 | 5.0 | 4.7 | 2.6 | 6.7 |
| 鳥取 | 1.5 | 2.4 | 1.6 | 3.0 | 2.0 | 3.8 | 3.5 | 7.3 | 11.8 |
| 島根 | 1.4 | 3.6 | 7.6 | 7.0 | 8.7 | 3.9 | 2.7 | 3.0 | 2.6 |
| 山口 | 2.9 | 2.2 | 4.2 | 5.2 | 4.0 | 1.4 | 4.3 | 3.2 | 3.8 |
| 福岡 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 佐賀 | 17.0 | 15.1 | 13.2 | 4.3 | 4.6 | 3.4 | 9.8 | 8.8 | 25.4 |
| 長崎 | - | - | - | - | - | 10.7 | 13.3 | 10.3 | 13.9 |
| 熊本 | 29.1 | 29.1 | 24.3 | 32.6 | 20.8 | 22.4 | 22.5 | 24.8 | 22.6 |
| 鹿児島 | 19.5 | 12.9 | 16.9 | 22.7 | 28.6 | 17.9 | 15.8 | 11.9 | 17.6 |
| 全体 | 12.1 | 10.1 | 11.6 | 17.0 | 13.3 | 9.6 | 11.1 | 10.5 | 13.8 |

| 年 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 石川 | 8.7 | 9.3 | 7.0 | 5.7 | 6.1 | 5.3 | 4.8 |
| 福井 | 6.5 | 5.2 | 4.2 | 5.7 | 6.6 | 5.9 | 6.3 |
| 京都 | 7.1 | 3.6 | 2.6 | 1.8 | 6.4 | 0.0 | 4.0 |
| 兵庫 | 3.5 | 3.2 | 3.0 | 0.0 | 2.2 | 10.0 | 2.4 |
| 鳥取 | 5.4 | 3.2 | 7.8 | 7.7 | 6.3 | 18.5 | 13.0 |
| 島根 | 5.7 | 19.3 | 5.5 | 4.6 | 3.4 | 4.3 | 5.2 |
| 山口 | 2.8 | 1.9 | 1.6 | 1.0 | 1.7 | 1.2 | 0.8 |
| 福岡 | - | - | - | - | - | - | - |
| 佐賀 | 15.7 | 8.6 | 7.5 | 8.7 | 8.2 | 18.2 | 4.8 |
| 長崎 | 10.8 | 14.3 | 20.5 | 25.5 | 24.1 | 21.4 | 18.3 |
| 熊本 | 29.5 | 25.3 | 24.2 | 28.7 | 25.5 | 27.7 | 21.7 |
| 鹿児島 | 18.0 | 14.0 | 10.9 | 14.9 | 17.2 | 11.1 | 16.1 |
| 全体 | 11.3 | 10.1 | 9.8 | 13.0 | 13.0 | 14.4 | 11.3 |

混入率は全年齢込みで示し、年度単位で提出された値は年の値として扱った。－は不明を示す。

補足表 3-2.　前年の府県別放流尾数（千尾）

| 年 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 石川 | 253 | 285 | 294 | 307 | 309 | 286 | 323 | 302 | 374 |
| 福井 | 471 | 512 | 481 | 533 | 394 | 349 | 266 | 306 | 261 |
| 京都 | 450 | 427 | 462 | 166 | 168 | 141 | 43 | 47 | 55 |
| 兵庫 | 400 | 280 | 295 | 310 | 318 | 345 | 278 | 267 | 283 |
| 鳥取 | - | - | 61 | 62 | 57 | 70 | 57 | 57 | 76 |
| 島根 | 727 | 598 | 633 | 649 | 601 | 578 | 424 | 197 | 464 |
| 山口 | 461 | 614 | 635 | 601 | 644 | 615 | 650 | 636 | 614 |
| 福岡 | 94 | 77 | 99 | 57 | 98 | 126 | 114 | 42 | 6 |
| 佐賀 | 159 | 150 | 156 | 141 | 110 | 102 | 104 | 102 | 102 |
| 長崎 | 1,196 | 1,061 | 1,076 | 1,029 | 1,030 | 1,052 | 931 | 1,069 | 774 |
| 熊本 | 924 | 802 | 719 | 825 | 826 | 988 | 815 | 872 | 910 |
| 鹿児島 | 949 | 935 | 947 | 836 | 876 | 783 | 785 | 911 | 834 |
| 全体 | 6,084 | 5,741 | 5,858 | 5,516 | 5,431 | 5,435 | 4,790 | 4,808 | 4,753 |

| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 石川 | 343 | 305 | 253 | 267 | 243 | 234 | 214 |
| 福井 | 214 | 238 | 179 | 179 | 238 | 211 | 184 |
| 京都 | 59 | 41 | 6 | 6 | 10 | 6 | 6 |
| 兵庫 | 312 | 286 | 245 | 250 | 210 | 210 | 150 |
| 鳥取 | 30 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 島根 | 257 | 355 | 354 | 342 | 358 | 350 | 364 |
| 山口 | 528 | 494 | 558 | 533 | 484 | 571 | 523 |
| 福岡 | 6 | 14 | 13 | 19 | 24 | 20 | 21 |
| 佐賀 | 102 | 96 | 90 | 105 | 102 | 369 | 102 |
| 長崎 | 899 | 750 | 704 | 686 | 601 | 529 | 539 |
| 熊本 | 808 | 785 | 785 | 789 | 823 | 835 | 805 |
| 鹿児島 | 817 | 764 | 737 | 757 | 620 | 784 | 761 |
| 全体 | 4,375 | 4,188 | 3,984 | 3,993 | 3,773 | 4,179 | 3,729 |

－は不明。

補足表 3-3.　添加効率の試算結果

| 年 | 前年放流数（千尾） | 1 歳魚資源尾数（千尾） | | 混入率（%） | 添加効率 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 天然魚 | 放流魚 | | |
| 1987 | 2,629 | 3,169 | 359 | 10.2 | 0.14 |
| 1988 | 2,510 | 3,463 | 393 | 10.2 | 0.16 |
| 1989 | 2,744 | 3,437 | 390 | 10.2 | 0.14 |
| 1990 | 3,432 | 3,281 | 372 | 10.2 | 0.11 |
| 1991 | 3,349 | 3,620 | 410 | 10.2 | 0.12 |
| 1992 | 4,024 | 4,052 | 459 | 10.2 | 0.11 |
| 1993 | 5,257 | 3,768 | 427 | 10.2 | 0.08 |
| 1994 | 6,737 | 4,052 | 459 | 10.2 | 0.07 |
| 1995 | 6,874 | 3,977 | 451 | 10.2 | 0.07 |
| 1996 | 6,816 | 3,545 | 402 | 10.2 | 0.06 |
| 1997 | 6,978 | 2,637 | 299 | 10.2 | 0.04 |
| 1998 | 6,731 | 2,252 | 255 | 10.2 | 0.04 |
| 1999 | 7,829 | 2,038 | 231 | 10.2 | 0.03 |
| 2000 | 9,135 | 2,106 | 239 | 10.2 | 0.03 |
| 2001 | 8,427 | 2,208 | 250 | 10.2 | 0.03 |
| 2002 | 8,864 | 2,251 | 255 | 10.2 | 0.03 |
| 2003 | 7,194 | 2,512 | 285 | 10.2 | 0.04 |
| 2004 | 7,805 | 2,423 | 275 | 10.2 | 0.04 |
| 2005 | 7,930 | 2,177 | 247 | 10.2 | 0.03 |
| 2006 | 6,084 | 2,421 | 332 | 12.1 | 0.05 |
| 2007 | 5,741 | 2,310 | 260 | 10.1 | 0.05 |
| 2008 | 5,858 | 2,002 | 263 | 11.6 | 0.04 |
| 2009 | 5,516 | 1,681 | 345 | 17.0 | 0.06 |
| 2010 | 5,431 | 1,897 | 290 | 13.3 | 0.05 |
| 2011 | 5,435 | 1,835 | 194 | 9.6 | 0.04 |
| 2012 | 4,790 | 1,857 | 231 | 11.1 | 0.05 |
| 2013 | 4,808 | 1,764 | 206 | 10.5 | 0.04 |
| 2014 | 4,753 | 1,544 | 247 | 13.8 | 0.05 |
| 2015 | 4,375 | 1,634 | 208 | 11.3 | 0.05 |
| 2016 | 4,188 | 1,801 | 203 | 10.1 | 0.05 |
| 2017 | 3,984 | 1,614 | 175 | 9.8 | 0.04 |
| 2018 | 3,993 | 1,434 | 213 | 13.0 | 0.05 |
| 2019 | 3,773 | 1,236 | 184 | 13.0 | 0.05 |
| 2020 | 4,179 | 1,115 | 183 | 14.1 | 0.04 |
| 2021 | 3,729 | 1,308 | 166 | 11.3 | 0.04 |

放流尾数は栽培漁業用種苗等の生産・入手・放流実績による。混入率は全年齢込みで示した。*1987 年から 2005 年の混入率は、2006 年から 2015 年の全県平均値とした。

## 補足資料 4　ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群における年齢別平均体重の変更について

ヒラメは雌雄によって大きく成長が異なることが報告されており（厚地ほか 2004，金丸ほか 2007）、本系群の中で漁獲量が多い長崎県、福岡県、佐賀県の年齢―体長データを使用して推定された成長曲線と体長 - 体重関係（金丸ほか 2007）と比較すると雌に偏った重量となっていた（補足図 4-1）。本系群の資源評価は、雌雄を合計した年齢別漁獲尾数に年齢別体重を積算することで資源量を計算している。そのため、年齢別体重も年齢別の雌雄比を考慮する必要があると考えられる。加えて、プラスグループの重量は、7 歳～12 歳までの平均値を使うよりも 7 歳～12 歳までの資源の減耗を仮定し、全減少係数で重みづけをした平均重量を仮定する方がコホート解析との乖離が少なくなると考えられる。以上の判断により、令和 4 年度の資源評価から、より実際の資源状況に則した年齢別平均体重を用いるため、年齢別体重の変更を行った。

金丸ほか（2007）の成長曲線と体長―体重関係式を用いて 4 月 1 日を年齢起算日と仮定し、0 歳～12 歳までの雌雄別年齢別体重を算出した。また，2013 年から山口県で行われているヒラメの精密計測情報および年齢査定結果をもとに年齢別性比を算出し、年齢別の性比での加重平均した重量を算出した。7 歳以上の性比は、7 歳と同じであると仮定した。計算に使用した性比は補足表 4-1 に示す。なお，計算式は下記に示す。

$$W_a = (W_{a,male} \cdot Sr_{a,male}) + (W_{a,female} \cdot (1 - Sr_{a,male}))$$

$W_a$ は a 歳魚の平均個体重、$W_{a,\,male}$ および $W_{a,\,female}$ は、a 歳魚雌雄別の重量、$Sr_{a,male}$ は a 歳魚の雄の比率（$Sr_{a,male}<1$）、である。

プラスグループの重量は，自然死亡係数 M と漁獲死亡係数 F から計算される Z（全減少係数）を仮定し、個体数の絶対値 N 減少をさせ、N の比率で加重平均した。下記の式を示す。

$$N_{t+1} = N_t \cdot \exp(-\mathrm{M} - \mathrm{F})$$

$$W_{7+} = \frac{\sum_{t=7}^{12}\{(W_t \cdot N_t\}}{\sum_{t=7}^{12} N_t}$$

$N_t$ は 7 歳魚の個体数の絶対値を 1 とした時の t 歳魚の個体数。t の範囲はプラスグループである 7 から 12 までとした。また、M は 0.208，F は評価時点での $F_{7,1986}$～$F_{7,2021}$ の平均値 0.51 を仮定した。$W_{7+}$はプラスグループの重量、Wt は t 歳魚の重量である。計算した年齢別平均体重を補足図 4-1、補足表 4-2 に示す。年齢別体重は年齢別漁獲尾数の算出に使用しているため、年齢別漁獲尾数の計算からさかのぼって再計算し、資源量と親魚量、加入尾数をチューニングコホート解析によって算出した。加えて、本年度の資源評価結果（補足表 2-2、2-3）と比較した場合の修正率を補足図 4-2 に示す。修正率が正の値をとる場合、本資源評価では上方修正されていることを示す。年齢別体重の変更前後では、資源量推定値は同様の動向を示すが、重量変更を行うと資源量、加入量が上方修正となり、親魚量は下方修正される傾向が示された。修正率の違いは、1990 年代後半から行われている漁獲体長の制限やネオヘテロボツリウム症の蔓延等（道根 1999、良永 2017）によって、本系群の年齢別漁獲尾数の組成が 1990 年代後半から大きく変化していることに起因していると考えられる。しかし、本系群におけるそれらの影響評価は進んでいない。そのため、引き続き年齢別体重や成長・寄生虫の感染状況をはじめとした生態的知見を蓄積し、より適切な

年齢別体重をはじめとする生物パラメタに関する検討を続ける必要がある。

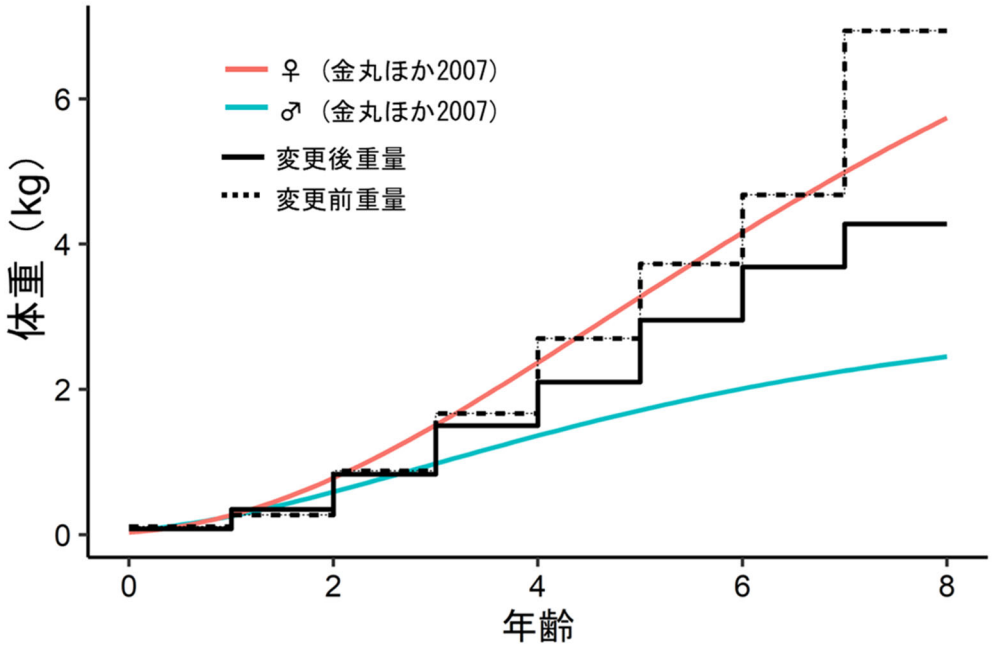
## 引用文献

厚地伸・増田育司・赤毛宏・伊折克生（2004）耳石横断薄層切片を用いた鹿児島県近海産ヒラメの年齢と成長. 日本水産学会誌, 70(5), 714-721.

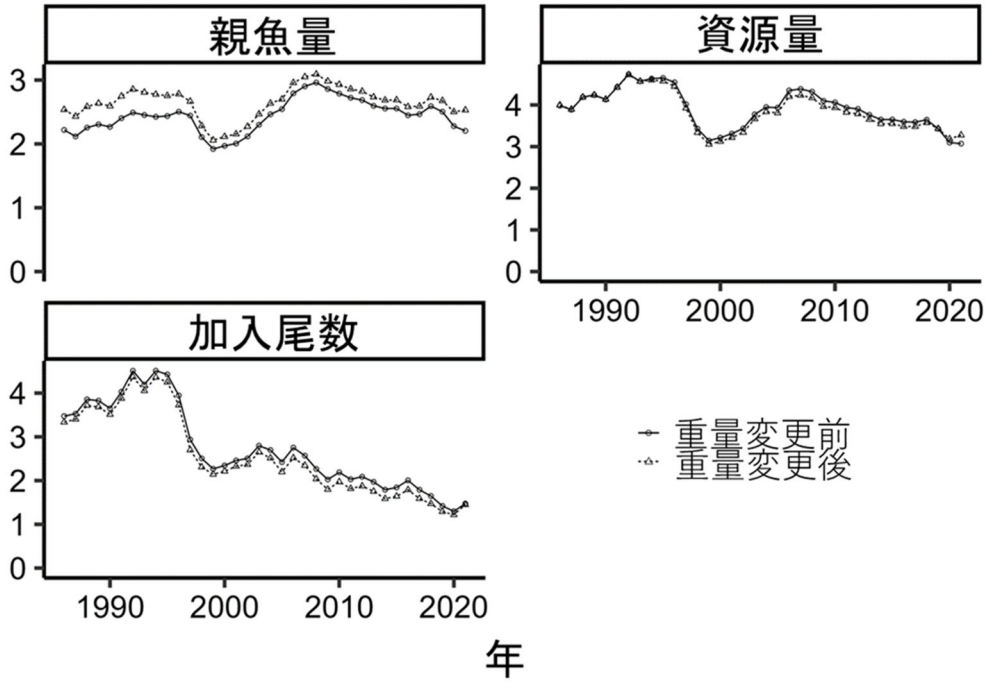
金丸彦一郎・一丸俊雄・伊藤正博 (2007) 九州北西部におけるヒラメの Age-Length Key. 佐賀玄海水振セ研報, 4, 75-78.

道根淳 (1999) 養殖場および養成親魚ヒラメで発見された寄生虫 *Neoheterobothriumu* sp.について. 島根県栽培漁業センター調査報告 2, 15-23.

良永知義 (2017) ヒラメのネオヘテロボツリウム症. 魚病研究, 52(1), 6-10.




補足図 4-1.　変更前後の年齢別体重と金丸ほか（2007）の雌雄別年齢別体重




補足図 4-2.　年齢別体重変更前後の親魚量・資源量・加入尾数の比較。
　　親魚量、資源量の単位は千トン、加入尾数の単位は百万尾

補足表 4-1.　山口県精密計測個体の年齢別性比

| 年齢 | 雄 | 雌 |
|---|---|---|
| 0 | 0.61 | 0.39 |
| 1 | 0.52 | 0.48 |
| 2 | 0.44 | 0.56 |
| 3 | 0.34 | 0.66 |
| 4 | 0.43 | 0.57 |
| 5 | 0.32 | 0.68 |
| 6 | 0.30 | 0.70 |
| 7+ | 0.44 | 0.56 |

補足表 4-2.　変更前後の年齢別重量（単位は g）

| 年齢 | 変更前 | 変更後 |
|---|---|---|
| 0 | 110 | 78 |
| 1 | 270 | 350 |
| 2 | 880 | 831 |
| 3 | 1,670 | 1,500 |
| 4 | 2,700 | 2,100 |
| 5 | 3,730 | 2,953 |
| 6 | 4,680 | 3,685 |
| 7+ | 6,938 | 4,310 |