

令和 2（2020）年度マダイ日本海西部・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

水産技術研究所 管理部門、環境応用部門

参画機関：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コホート解析により推定した。資源量は 1994～1998 年に 17 千トンに達した後、2002 年の 15 千トンまで減少を続けた。2004 年以降は増加に転じ、2019 年まで 16 千トン台から 17 千トン台の間で推移した。2019 年の資源量は 17,973 トンとなった。再生産関係において、加入量が比較的高い親魚量の下限值である 2005 年の親魚量 10.1 千トンを B_{limit} とした。2019 年の親魚量は 10.3 千トンでこれを上回っている。中位と低位の境界値を B_{limit} とすると、資源水準は中位、動向は最近 5 年間（2015～2019 年）の資源量の推移から横ばいと判断した。現状の漁獲圧で漁業を継続しても資源は増加することが予測された。資源量を増加させることを管理目標として、 $F_{current}$ を管理基準とし、ABC 算定規則 1-1) - (1) より 2021 年 ABC を算出した。本種は栽培漁業対象種であり、2018 年の放流尾数は 2,804 千尾、基礎データの制約により精度の問題は残るが、2019 年の混入率は 2.9%、添加効率は 0.14 と推定された。

| 管理基準 | Target/ Limit | 2021 年 ABC (トン) | 漁獲割合 (%) | F 値 (現状の F 値からの増減%) |
|---------------|------------------|--------------------|-------------|------------------------|
| $F_{current}$ | Target | 5,382 | 30 | 0.38 (-20%) |
| | Limit | 6,411 | 36 | 0.48 (0%) |

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。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、より安定的な資源の増大が期待される F 値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。 $F_{current}$ は、2016～2018 年の F の平均値、漁獲割合は 2021 年の漁獲量/資源量、F 値は各年齢の平均値である。ABC に 0 歳魚は含まれない。

| 年 | 資源量 (トン) | 親魚量 (トン) | 漁獲量 (トン) | F 値 | 漁獲割合 (%) |
|------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|
| 2016 | 17,389 | 10,240 | 6,297 | 0.47 | 36 |
| 2017 | 17,560 | 10,329 | 6,188 | 0.46 | 35 |
| 2018 | 17,960 | 10,515 | 6,607 | 0.50 | 37 |
| 2019 | 17,973 | 10,333 | 6,607 | 0.48 | 37 |
| 2020 | 17,832 | 10,734 | 6,411 | 0.48 | 36 |
| 2021 | 17,911 | 10,793 | — | — | — |

2020 年、2021 年の値は、将来予測に基づく値。

水準：中位 動向：横ばい

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 |
|---------------|---|
| 漁獲量および年齢別漁獲尾数 | 漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 以西底びき網漁漁獲成績報告書(水産庁) 漁業種別漁獲量(鳥取～鹿児島(8)県) 漁業種別・月別体長組成(鳥取県・島根県・佐賀県・長崎県) 漁業種別・銘柄別漁獲量(福岡県・鹿児島県) 年齢別漁獲尾数(鳥取～鹿児島(8)県) |
| 自然死亡係数(M) | 年当たり $M=0.125$ を仮定 (田中 1960) |
| マダイ人工種苗放流数 | 2018 年までの県別・水域別放流尾数(水産機構) |
| 放流魚標識率・混入率 | 天然・人工魚別年齢別漁獲尾数(鹿児島県) 年別年齢別混入率(佐賀県、熊本県) 年別混入率(島根県) |
| 養殖マダイ収穫量 | 漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) |

1. まえがき

2019 年には全国のマダイの漁獲量 15,937 トンに対し、その 42%にあたる 6,607 トンが日本海西部(鳥取県以西)から九州西岸(鹿児島県佐多岬以西)に至る水域(以下、本海域)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取り扱う。なお、東シナ海における以西底びき網漁業による漁獲は含まない。マダイは栽培漁業の対象種として各地で種苗放流が行われており、本系群においても 1970 年代中頃より事業規模で実施されてきた。近年の放流尾数は徐々に減少し、1998 年には 9,000 千尾であったものが 2018 年には 2,804 千尾となり、近年の放流尾数は徐々に減少している。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群のマダイは、鳥取県以西の日本海西部海域と、福岡県から鹿児島県の九州西岸域

に分布している（図 1）。島根県の隠岐島周辺や山口県から鹿児島県にかけての九州西岸海域で、島周りを中心にいくつかの産卵場が知られている。1～3 歳魚は春季の接岸と秋季の離岸（沖合越冬）の季節的な移動を繰り返す。4 歳以上の成魚は等深線に沿った移動を行い、広域的に回遊すると推定されている。

(2) 年齢・成長

孵化後の尾叉長は、半年で 9 cm、1 年で 14 cm、2 年で 22 cm、3 年で 30 cm（図 2）となり、寿命は 20 歳程度と推定されている（田中 1986）。

(3) 成熟・産卵

産卵期は南ほど早く、鹿児島県では 2～5 月、長崎県の五島西沖や鯨曾根では 3 月上旬～5 月下旬、同県壱岐・対馬周辺では 4～6 月、福岡県では 3～5 月下旬である。孵化した仔魚は 30～40 日の浮遊期の後に底生生活に入り、幼魚は 4～5 月頃に沿岸一帯に広く分布する（田中 1986）。3 歳の半数と 4 歳以降の全数が再生産を行う（図 3）。

(4) 被捕食関係

稚魚は端脚類や尾虫類などの動物プランクトン、当歳魚はヨコエビ類やアミ類、成魚は甲殻類や貝類、多毛類などを主要な餌とする（木曾 1980）。捕食者は大型の魚類などである。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群を対象とする漁業は船びき網（56%）、釣り・延縄（16%）、小型底びき網（7%）沖合底びき網（6%）、及び刺網（6%）など多種多様である。2019 年の県別の漁獲量の割合は、福岡県（31%）、長崎県（28%）で、島根県（11%）がそれに次いだ（図 4）。なお、当海域における遊漁採捕量は、213～327 トン（農林水産省統計情報部 1998、2003）と推定され、当該年の漁獲量に対して 4～5%であったが、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、1969 年の 11 千トンがピークで、1990 年の 5 千トンまで減少が続いた。それ以降、現在まで 5 千～7 千トンの範囲内で推移している。直近 5 カ年（2015～2019 年）の漁獲量は横ばいを示し、2019 年の漁獲量は昨年と同じ 6.6 千トンであった（図 5、表 1）。全国のマダイ漁獲量に対する本系群の占める割合は 42%であった。全国のマダイ漁獲量は 1970 年以降増減を繰り返しながら 14 千～20 千トンの間で推移し、2019 年は 16 千トンとなっている。また、本種の養殖は減少傾向にあるものの、2019 年の全国の養殖マダイ収穫量は 62 千トンで、全国のマダイ漁獲量の 3.9 倍に達する。本海域における養殖マダイ収穫量は 1990 年代には 20 千トンであった。近年では 11 千トンとなり減少しているが、本海域における漁獲量の 1.7 倍である。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

漁獲は漁期の中央で行われるとする Pope の近似式 (Pope 1972、補足資料 2) を用いてコホート解析した (補足資料 1)。漁業種別体長組成や年齢組成に基づいて推定された県別の漁業種類別年齢別漁獲尾数を合計し、1986~2019 年の系群全体の年齢別漁獲尾数を推定した。プラスグループ (10 歳以上) の資源尾数については補足資料 2 の方法を用い、2019 年の選択率は過去 3 年間 (2016~2018 年) の平均とした。自然死亡係数 M は、寿命を 20 年として田内・田中の式 (田中 1960) で求めた 0.125 を用いた。コホートがまだ完結していない年齢群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去 3 年間平均の漁獲係数 F を用いて計算した。2018 年のプラスグループの F は、9 歳の F と同じになるよう調整した。なお、1993 年頃から各地で漁獲における全長規制が導入されたことで、漁獲尾数の推定精度が下がる 0 歳魚は計算から除外し、資源への加入年齢は 1 歳とした。

(2) 資源量指標値の推移

本種は多種多様な漁業の対象となっている。ただし、近年の本種の魚価の低迷から主な漁獲対象にされない事例も増えている。2007 年度以降は、本種を漁獲する主要漁業種の漁労体数や出漁日数が公表されていない。これらのことから漁獲努力量の把握は困難であり、コホート解析において CPUE などを用いるチューニングはしていない。

(3) 漁獲物の年齢組成

漁獲物全体に占める年齢別尾数の割合を見ると、2019 年は 1 歳魚が 33%、2 歳魚が 40%、3 歳魚が 17% であり、3 歳魚以下が全体の 90% を占めた (図 6)。このうち、1~4 歳の漁獲尾数は前年に対して 1.0~1.2 倍であったが、5~10 歳では前年に対して 0.7~0.9 倍となった (補足表 2-1)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

年齢別漁獲尾数 (補足表 2-1) に基づくコホート解析の結果 (補足表 2-3)、資源量は 1994~1998 年に 17 千トンに達した後、2001 年の 15 千トンまで減少を続けた。2002 年以降は増加し、2019 年まで 15 千トンから 18 千トンの間で推移した。2019 年の資源量は 17,973 トンとなった (図 5、7、補足表 2-2)。漁獲割合は 1986~2019 年まで 32~41% (平均 38%) の間で推移し、ほぼ一定であり 2019 年の漁獲割合は 37% であった (図 7)。漁獲係数は 1986~2019 年では 0.44~0.60 の範囲で推移し、2019 年は 0.48 となった (図 8、補足表 2-4)。

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 を変化させた場合の資源量、親魚量、加入量の変動を図 9 に示す。解析に用いた M (0.125) に 20% の誤差があった場合、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 5~6% と推定された。

(5) 再生産関係

1 歳魚の資源尾数と放流された放流魚の混入率に基づいて、1 歳魚を天然魚と放流魚に分離し、再生産関係を検討した。親魚量と翌年の 1 歳魚加入尾数の関係 (図 10、表 2) を

見ると、親魚量と加入尾数の変動はほぼ連動していた。2019年の親魚量は10.3千トン、加入尾数は13,728千尾であった。再生産成功率（親魚量1kgあたりの翌年の1歳魚加入尾数）は、これまで周期的に増減が繰り返され、過去の平均値は1.23に対して2019年は1.27尾/kgとなり、ほぼ平均値に近い値を示した（図11、表2）。

(6) Blimitの設定

これまでの再生産関係を見ると、親魚量と翌年の1歳加入尾数との間にはほぼ正の関係が認められる（図12）。昨年までと同様に近年の再生産関係において、加入量が比較的高い親魚量の下限值である2005年の親魚量10.1千トンをBlimitとした。

(7) 資源の水準・動向

資源水準を求めるにあたり、中位と低位の境界値をBlimit（親魚量10.1千トン）とすると（図12）、2019年の親魚量は10.3千トンであり（表2）、Blimitを上回っているため中位と判断した。動向は最近5年間（2015～2019年）の資源量の推移から横ばいと判断した。なお、資源解析を開始した1986年以降において、親魚量の最高値（1995年の11.2千トン）は最低値（2001年の9千トン）の1.2倍程度であり、資源水準の基準となる親魚量の変動幅が非常に小さい（表2）。このため、本系群については中位と高位の区分は困難と判断し、高位水準の設定は行っていない。

(8) 今後の加入量の見積もり

将来予測における加入量の計算は、再生産関係から求められる天然加入尾数に、近年の種苗放流尾数の動向を反映させるため、直近年の放流尾数に2019年の添加効率を乗じた値を加えたものを初期資源尾数とした。従って、将来予測値には放流効果が含まれることになる。なお、再生産成功率は直近年の変動の影響を受けにくいと考えられる過去10年間（2009～2018年）の中央値である1.36（尾/kg）を使用し（表2）、今後の加入量の見積もりを行った。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

2019年以降の再生産成功率は、過去10年間（2009～2018年）の中央値である1.36（尾/kg）とし、各年齢の選択率は2019年と同じで推移すると仮定し、現状の漁獲圧で漁業を継続しても資源は増加することが予測されたことから（図13）、資源量を増加させることを管理目標としてこれを実現するFcurrentを管理基準とした。年齢別選択率を2019年と同じにしてFを変化させた場合のYPRと%SPRを図14に示す。Fcurrent（2016～2018年）の推定値（0.48）は、資源量が維持されるFmed（0.47）を若干上回った。

(10) 種苗放流効果（補足資料3）

本系群内において2018年には、島根県、佐賀県、長崎県、熊本県及び鹿児島県でマダイ人工種苗が放流されている。2018年までの集計結果によると、放流総数は1999年に9,136千尾に達した後に減少し、2018年には2,804千尾となった（図15）。

標識装着率で補正された放流魚の年齢別混入率については、2県から近年の年毎の推定

値が提供されており、それ以外の県については不明あるいは欠測年があるが全年齢込みの混入率が提供されている。このため、混入率は全年齢込みの値を用いて推定することとした。また、添加効率は、加入時の値が推定されるべきであるが、前述したようなことから、全年齢込みの値で添加効率を計算した。このように基礎情報が限られるが、利用できるデータを用いて人工種苗の混入率や添加効率を概算的に算出した。その結果、2019年における混入率は2.9%（補足表3-1）、添加効率は0.14であった（補足表3-2）。

現状のF、再生産成功率、添加効率は、及び現状のF値、再生産成功率（過去10年の中央値）、及び現状の放流強度（3,000千尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合、添加効率は0.14における2025年の資源量及び漁獲量を推定した（補足図1）。その結果、添加効率は0.14における放流ありとなしの場合の資源量の差は231トンと推定された。2025年資源量の予測値は18,342トンであるため、放流魚の割合は1.3%と推定された。また、同様に漁獲量の差については91トンと推定された。2025年資源量の予測値は8,781トンであるため、放流魚の割合は1.0%と推定された。

本海域では、放流種苗由来のマダイが219千～1,660千尾加入しており（補足表3-2）、天然の加入群を下支えする一定の効果はあると考えられる。

5. 2021年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は1994～1998年に17千トンに達した後、2002年の15千トンまで減少を続けた。2004年以降は増加に転じ、2019年まで16千トン台から17千トン台の間で推移した。2019年の資源量は17,973トンとなった。2019年の親魚量は10.3千トンでBlimit（10.1千トン）を上回っているため資源水準は中位、動向は最近5年間（2015～2019年）の資源量の推移から横ばいと判断した。

(2) ABCの算定

過去における再生産関係（図12）を見ると、親魚量と翌年の1歳加入尾数との間には正の関係が認められるため、加入量が比較的高い親魚量の下限值である2005年の親魚量10.1千トンでBlimitとした。2019年の親魚量は10.3千トンでこれを上回っており（表2）、ABC算定規則1-1) - (1)に該当する。現状の漁獲圧で漁業を継続しても資源は増加することが予測された。資源量を増加させることを管理目標として、これを実現する管理基準Fcurrentにより、ABCを算定した。

2021年にFlimit（0.48）で漁獲した場合のABClimitは6,411トン、不確実性を見込んだFtarget（0.38）で漁獲した場合のABCtargetは5,382トンと算出された。

| 管理基準 | Target/ Limit | 2021年ABC (トン) | 漁獲割合 (%) | F値 (現状のF値から の増減%) |
|----------|------------------|------------------|-------------|-------------------------|
| Fcurrent | Target | 5,382 | 30 | 0.38 (-20%) |
| | Limit | 6,411 | 36 | 0.48 (0%) |

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。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、より安定的な資源の増大が期待されるF値による漁獲量である。Ftarget = α Flimitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。Fcurrentは、2016～2018年のFの平均値、漁獲割合は2021年の漁獲量/資源量、F値は各年齢の平均値である。ABCに0歳魚は含まれない。

(3) ABCの評価

再生産成功率を過去10年間(2009～2018年)の中央値と仮定し、複数の漁獲シナリオに基づいてFを変化させた場合の漁獲量、資源量及び親魚量を下表と図13に示す。将来予測においては、2020年の漁獲係数は2019年と同じ、また2021年以降は年齢別選択率を2019年と同じとし、漁獲係数の年齢平均値が各資源管理基準のF値となるよう設定した。Fcurrent(0.48)は資源量の維持を目標としたFmed(0.47)を僅かに上回っているが(図13)、Fcurrentで漁獲しても、漁獲量、資源量及び親魚量は増加することが予測された。

| 管理基準 | F値 | 漁獲量(トン) | | | | | | | |
|-------------|------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
| 0.8Fmed | 0.37 | 6,607 | 6,437 | 5,311 | 5,909 | 6,421 | 7,006 | 7,691 | 8,426 |
| 0.8Fcurrent | 0.38 | 6,607 | 6,437 | 5,382 | 5,954 | 6,439 | 6,992 | 7,634 | 8,317 |
| Fmed | 0.47 | 6,607 | 6,437 | 6,311 | 6,459 | 6,559 | 6,647 | 6,718 | 6,783 |
| Fcurrent | 0.48 | 6,607 | 6,437 | 6,411 | 6,495 | 6,559 | 6,606 | 6,630 | 6,649 |
| | | 資源量(トン) | | | | | | | |
| | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
| 0.8Fmed | 0.37 | 17,973 | 17,832 | 17,911 | 19,786 | 21,620 | 23,646 | 25,904 | 28,344 |
| 0.8Fcurrent | 0.38 | 17,973 | 17,832 | 17,911 | 19,676 | 21,390 | 23,271 | 25,356 | 27,597 |
| Fmed | 0.47 | 17,973 | 17,832 | 17,911 | 18,214 | 18,450 | 18,647 | 18,832 | 19,022 |
| Fcurrent | 0.48 | 17,973 | 17,832 | 17,911 | 18,090 | 18,211 | 18,285 | 18,342 | 18,404 |
| | | 親魚量(トン) | | | | | | | |
| | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
| 0.8Fmed | 0.37 | 10,333 | 10,734 | 10,793 | 11,915 | 13,302 | 14,641 | 15,940 | 17,401 |
| 0.8Fcurrent | 0.38 | 10,333 | 10,734 | 10,793 | 11,840 | 13,132 | 14,374 | 15,571 | 16,909 |
| Fmed | 0.47 | 10,333 | 10,734 | 10,793 | 10,838 | 10,980 | 11,125 | 11,228 | 11,328 |
| Fcurrent | 0.48 | 10,333 | 10,734 | 10,793 | 10,753 | 10,807 | 10,875 | 10,906 | 10,931 |

(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 |
|--------------------|-------------------------------------|
| 2018 年漁獲量確定値 | 2018 年漁獲量の確定 |
| 2019 年漁獲量速報値 | 2019 年までの推定資源量および RPS・Fcurrent・Fmed |
| 2019 年年齢別漁獲尾数 | 2019 年までの推定資源量および RPS・Fcurrent・Fmed |

| 評価対象年 (当初・再評価) | 管理 基準 | F 値 | 資源量 (トン) | ABClimit (トン) | ABCtarget (トン) | 漁獲量 (トン) (実際の F 値) |
|-----------------------|----------|------|-------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| 2019 年(当初) | Fmed | 0.40 | 16,912 | 5,856 | 4,908 | |
| 2019 年(2019 年 再評価) | Fcurrent | 0.39 | 22,773 | 6,748 | 5,619 | |
| 2019 年(2020 年 再評価) | Fcurrent | 0.48 | 17,806 | 6,607 | 5,555 | 6,607 (0.48) |
| 2020 年(当初) | Fcurrent | 0.39 | 24,167 | 7,407 | 6,178 | |
| 2020 年(2020 年 再評価) | Fcurrent | 0.48 | 17,832 | 6,429 | 5,400 | |

2019 年(当初)の値は 2017 年までの漁獲データを用いた 2018 年における評価結果、2019 年(2019 年再評価)と 2020 年(当初)は 2018 年までのデータを用いた 2019 年における結果、2019 年(2020 年再評価)と 2020 年(2020 年再評価)は 2019 年までのデータを用いた今回の結果である。

2019 年(当初)の資源量は 16,912 トン、2019 年の再評価では 22,773 トン、2020 年の再評価では 17,806 トンとなった。2019 年当初から 2019 年再評価時には上方修正となったが、2020 年の再評価では下方修正となった。2020 年当初から 2019 年再評価についても同様に下方修正となった。資源量、親魚量および加入尾数におけるレトロスペクティブ解析結果を図 16 に示した。資源量及び親魚量の解析では、2018 年の推定値を除くと概ね上方修正になる傾向を示した。一方、加入尾数については、直近年のデータを加えることによって、一定の傾向は認められなかった。

6. ABC 以外の管理方策の提言

近年のマダイの単価は著しく低下し、漁獲されたマダイだけでなく養殖マダイの単価も共に低下している可能性が示唆される。漁業者にとってマダイは漁家経営上魅力的な魚とは言えなくなり、F が低下することによって資源管理上はプラスの効果をもたらしている可能性は考えられる。

7. 引用文献

秋元 聡・内田秀和 (1988) 筑前海区におけるマダイ資源の現状と問題点. 水産海洋研究,

62, 128-131.

木曾克裕 (1980) 平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態-I. 成長に伴う餌料の変化とその年変動. 西水研研報, **54**, 291-306.

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.

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 克 (1986) II. 天然当歳魚の生態. 「マダイの資源培養技術」田中 克・松宮義晴編, 恒星社厚生閣, 東京, 59-74.

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

(執筆者: 中川雅弘、門田 立)

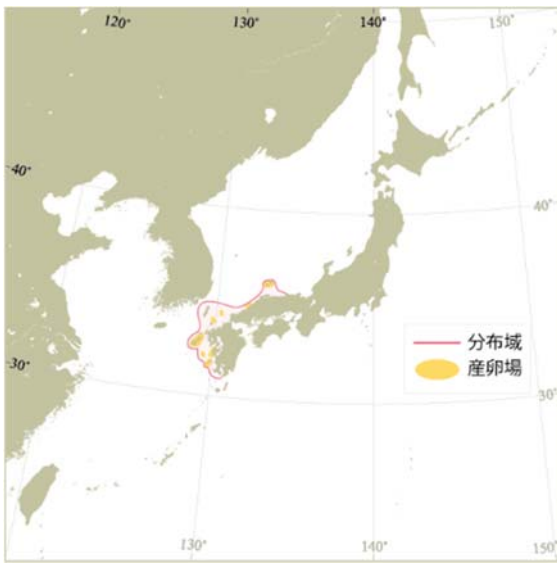


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

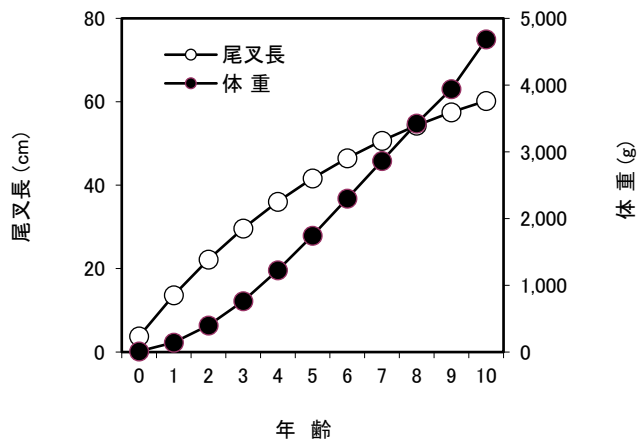


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の成長

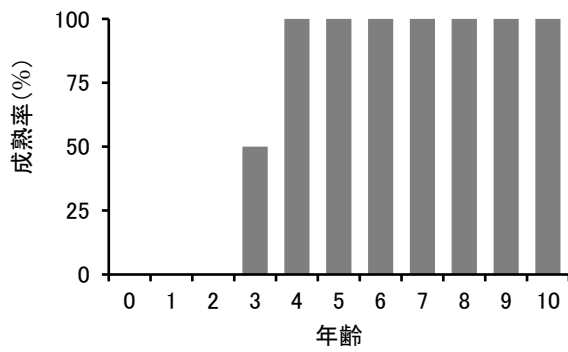


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の成熟率

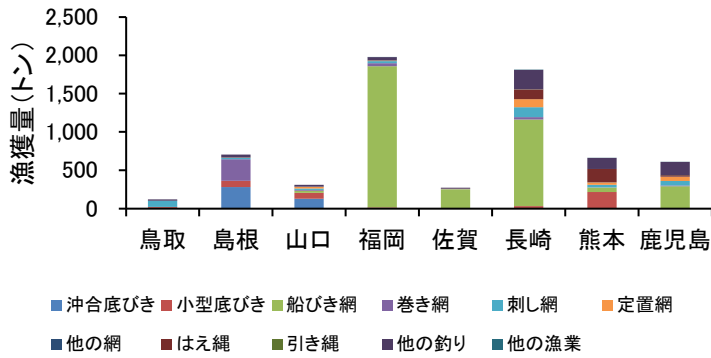


図 4. マダイ日本海西部・東シナ系群の県海別漁業種別の 2019 年漁獲量

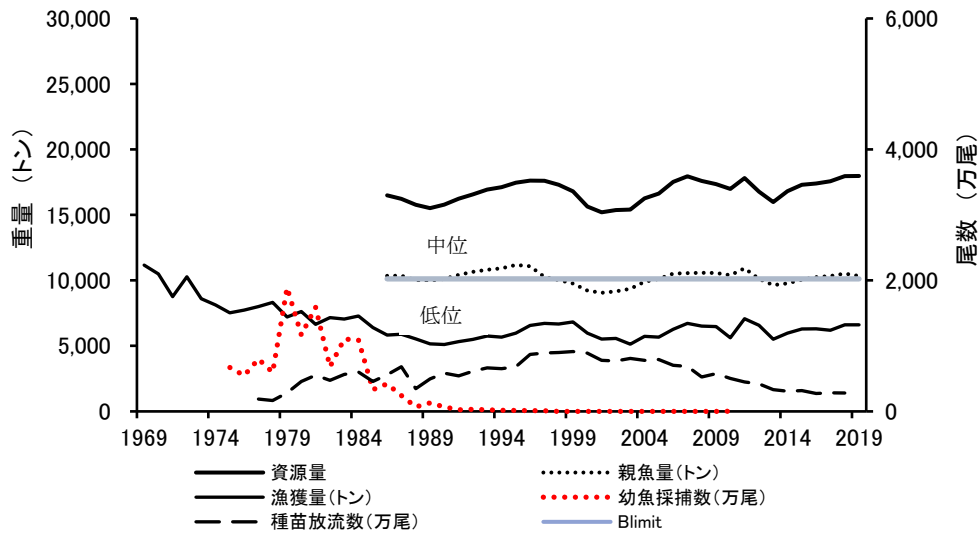


図 5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、資源量、親魚量、養殖用天然幼魚の採捕、尾数（一部は秋元・内田（1988）より）、および人工種苗放流数の経年変化

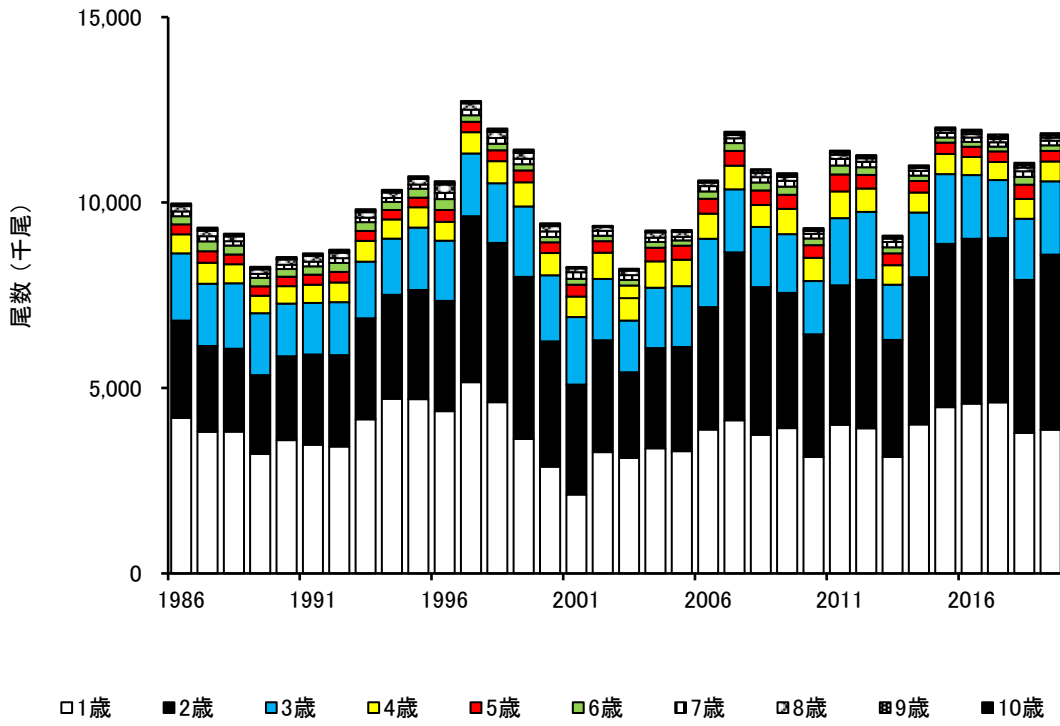


図 6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

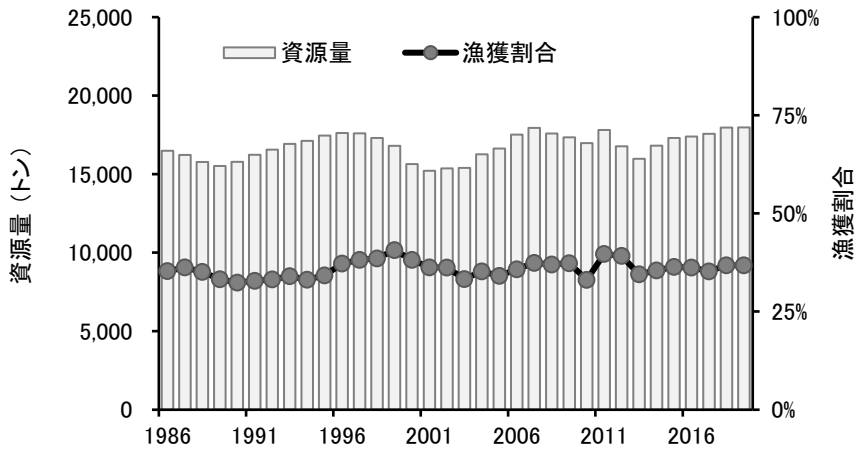


図 7. 資源量と漁獲割合の経年変化

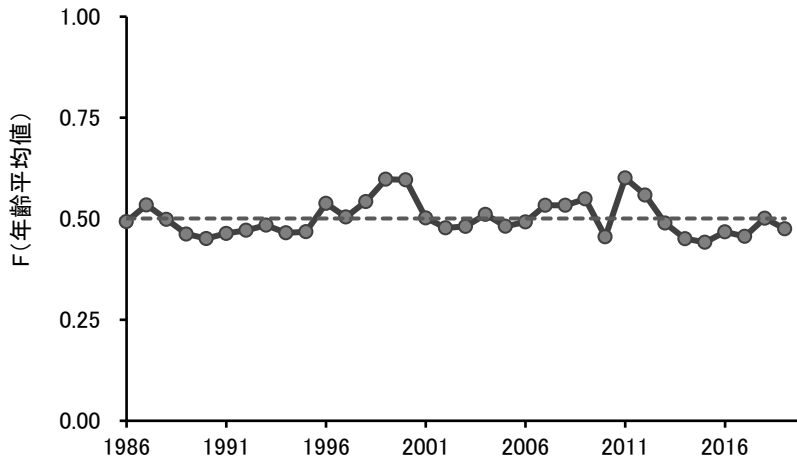


図 8. 漁獲係数の経年変化 点線は過去平均値。

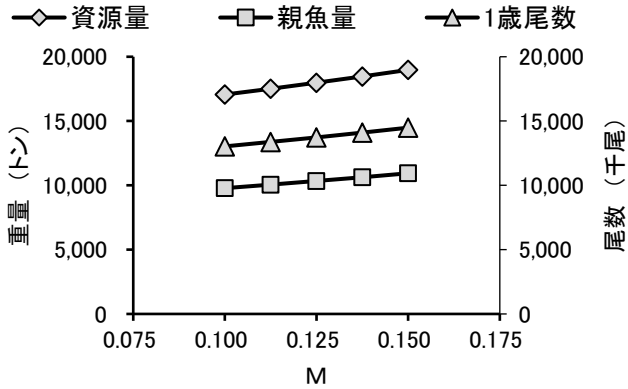


図 9. 資源量、親魚量、1歳魚尾数に対する M の影響

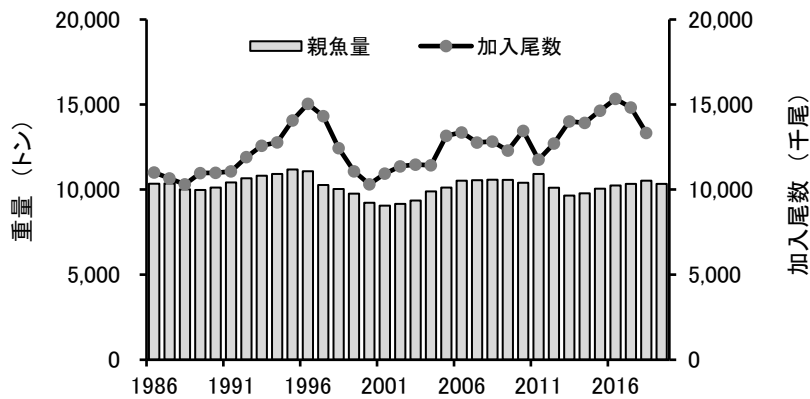


図 10. 親魚量と翌年加入尾数の経年変化

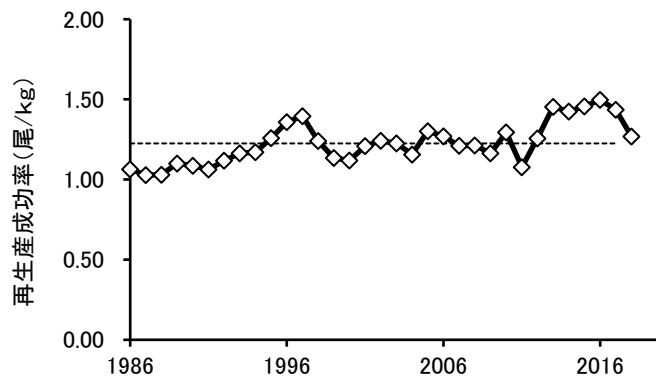


図 11. 再生産成功率の経年変化 点線は過去の平均値。

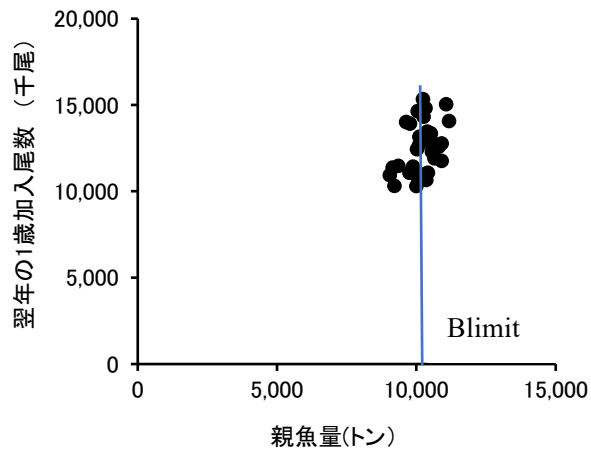


図 12. 再生産関係

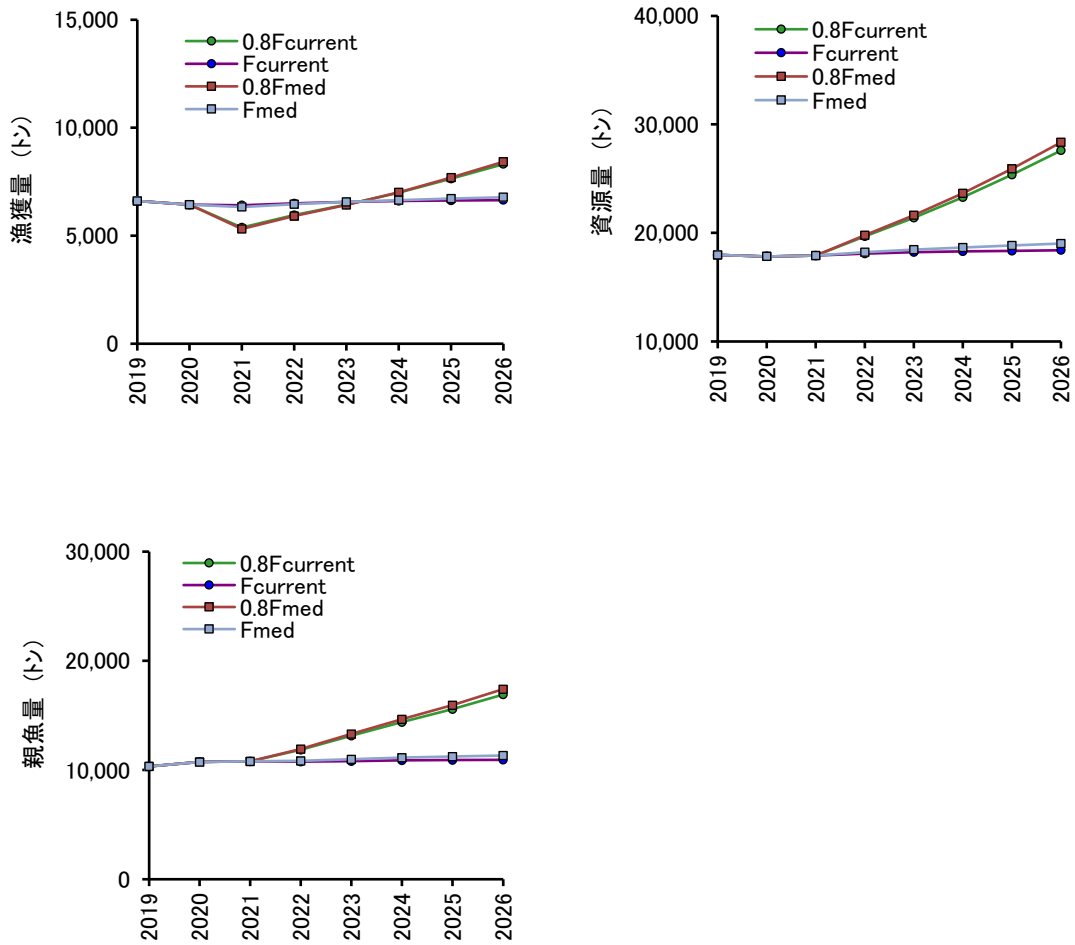


図 13. 異なる F 値による漁獲量と資源量、親魚量の予測推移

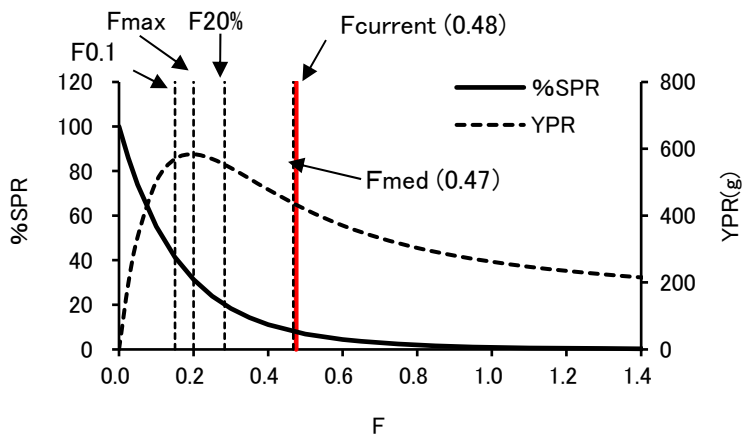


図 14. 漁獲係数 F と %SPR (実線)、YPR (点線) との関係、ならびに F の参考値

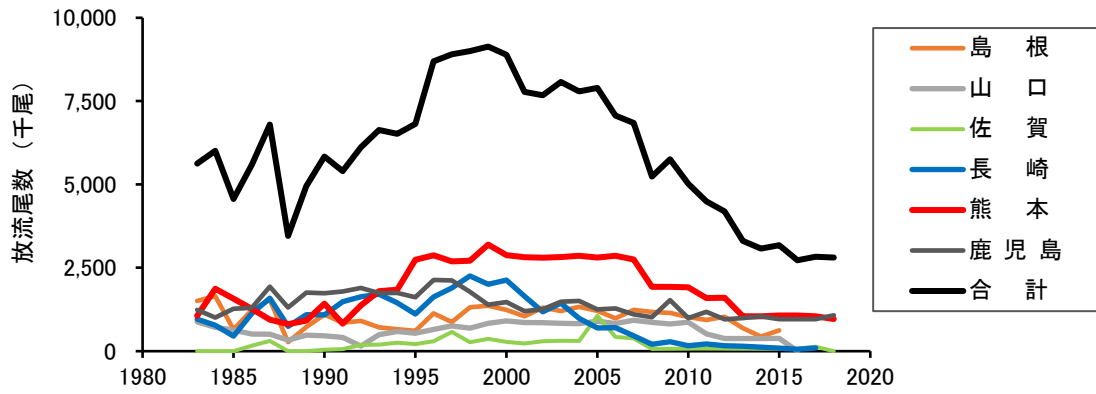


図 15. 県別マダイ人工種苗放流数の経年変化

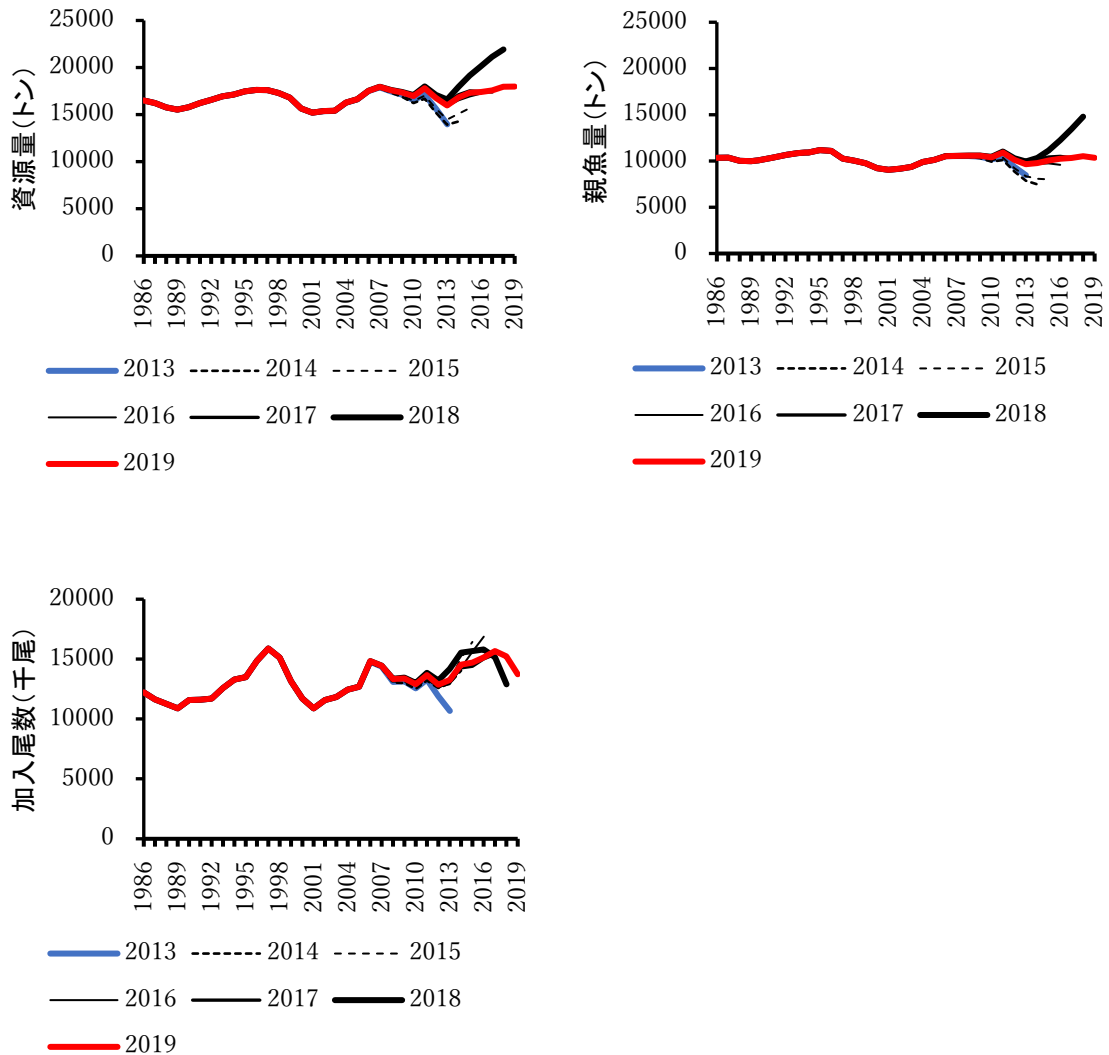
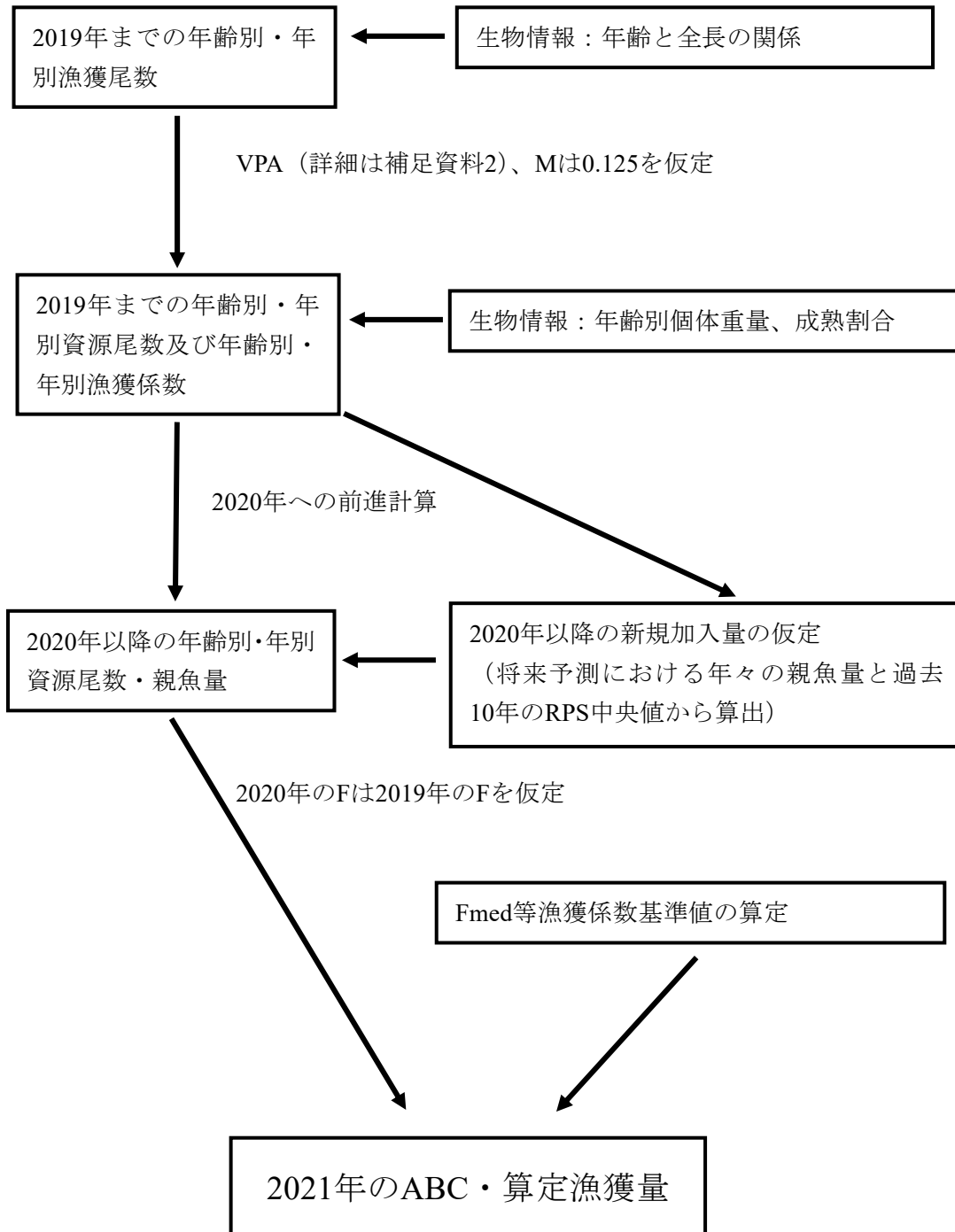


図 16. 資源量、親魚量及び加入尾数のレトロスペクティブ解析

表 2. コホート解析によるマダイ日本海西部・東シナ海系群の再生産関係

| 年 | 親魚量 (トン) | 天然加入量(千尾) (翌年の1歳魚) | 再生産成功率 (尾/kg) |
|------|-------------|-----------------------|------------------|
| 1986 | 10,343 | 11,005 | 1.06 |
| 1987 | 10,361 | 10,652 | 1.03 |
| 1988 | 10,007 | 10,304 | 1.03 |
| 1989 | 9,969 | 10,965 | 1.10 |
| 1990 | 10,114 | 10,982 | 1.09 |
| 1991 | 10,417 | 11,068 | 1.06 |
| 1992 | 10,654 | 11,904 | 1.12 |
| 1993 | 10,810 | 12,577 | 1.16 |
| 1994 | 10,913 | 12,769 | 1.17 |
| 1995 | 11,175 | 14,063 | 1.26 |
| 1996 | 11,076 | 15,037 | 1.36 |
| 1997 | 10,261 | 14,315 | 1.40 |
| 1998 | 10,026 | 12,435 | 1.24 |
| 1999 | 9,758 | 11,068 | 1.13 |
| 2000 | 9,215 | 10,309 | 1.12 |
| 2001 | 9,050 | 10,933 | 1.21 |
| 2002 | 9,154 | 11,363 | 1.24 |
| 2003 | 9,355 | 11,466 | 1.23 |
| 2004 | 9,885 | 11,422 | 1.16 |
| 2005 | 10,113 | 13,160 | 1.30 |
| 2006 | 10,519 | 13,355 | 1.27 |
| 2007 | 10,549 | 12,766 | 1.21 |
| 2008 | 10,573 | 12,821 | 1.21 |
| 2009 | 10,564 | 12,288 | 1.16 |
| 2010 | 10,395 | 13,450 | 1.29 |
| 2011 | 10,914 | 11,753 | 1.08 |
| 2012 | 10,108 | 12,702 | 1.26 |
| 2013 | 9,640 | 14,006 | 1.45 |
| 2014 | 9,775 | 13,914 | 1.42 |
| 2015 | 10,049 | 14,635 | 1.46 |
| 2016 | 10,240 | 15,329 | 1.50 |
| 2017 | 10,329 | 14,819 | 1.43 |
| 2018 | 10,515 | 13,330 | 1.27 |
| 2019 | 10,333 | | |

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算の方法

年別年齢別資源尾数の算出には、下記の Pope の近似式 (Pope 1972) を用い、チューニングを用いない基本的な VPA によって行った (補足表 2-3)。

$$\text{Pope の近似式} \quad : \quad N_{a,y} = N_{a+1,y+1} e^M + C_{a,y} e^{M/2}$$

ここで $N_{a,y}$: y 年の a 歳魚資源尾数

$C_{a,y}$: y 年の a 歳魚漁獲尾数

各県によって推定される年齢組成が異なるため、10 歳以上の漁獲尾数を 10+歳として集計した。自然死亡係数 M は年齢によらず一定とし、寿命を 20 として田内・田中の式 (田中 1960) (寿命を n 年とすると、 $M=2.5/n$) による 0.125 を用いた。成長に関するパラメータは、従来より本系群に用いられてきた値に従った。

コホートがまだ完結していない年級群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去 3 年間平均の漁獲係数 F を用いて計算した。最近年の最高齢の F は、同一年の 1 歳若い年齢群の F と同じになるよう調整し、高齢部分の計算には以下の式を用いた。

$$N_{9,y} = \frac{C_{9,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}} N_{10+,y+1} e^M + C_{9,y} e^{\frac{1}{2}M}$$

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y}} N_{9,y} \quad \text{ただし、} y \text{ は年}$$

なお、1993 年頃から各地で 0 歳魚の捕獲が禁止されたため、資源への加入年齢は 1 歳魚とし、解析では 0 歳魚を除外した。

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.

補足表 2-1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数（千尾）

| 年 | 1歳 | 2歳 | 3歳 | 4歳 | 5歳 | 6歳 | 7歳 | 8歳 | 9歳 | 10+歳 | 合計 |
|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|--------|
| 1986 | 4,195 | 2,621 | 1,812 | 513 | 270 | 220 | 126 | 142 | 37 | 38 | 9,976 |
| 1987 | 3,819 | 2,314 | 1,679 | 565 | 307 | 268 | 139 | 146 | 43 | 44 | 9,324 |
| 1988 | 3,823 | 2,234 | 1,765 | 513 | 267 | 242 | 115 | 130 | 34 | 38 | 9,161 |
| 1989 | 3,223 | 2,124 | 1,670 | 470 | 254 | 230 | 108 | 121 | 33 | 36 | 8,267 |
| 1990 | 3,594 | 2,260 | 1,422 | 469 | 253 | 210 | 116 | 140 | 33 | 35 | 8,531 |
| 1991 | 3,470 | 2,434 | 1,388 | 494 | 269 | 225 | 127 | 148 | 38 | 39 | 8,631 |
| 1992 | 3,421 | 2,464 | 1,427 | 532 | 285 | 240 | 130 | 149 | 39 | 41 | 8,727 |
| 1993 | 4,153 | 2,724 | 1,530 | 561 | 267 | 235 | 120 | 148 | 39 | 43 | 9,819 |
| 1994 | 4,707 | 2,803 | 1,514 | 521 | 252 | 216 | 110 | 143 | 36 | 41 | 10,344 |
| 1995 | 4,700 | 2,940 | 1,684 | 547 | 261 | 240 | 111 | 153 | 35 | 38 | 10,709 |
| 1996 | 4,375 | 2,973 | 1,623 | 509 | 317 | 292 | 171 | 223 | 44 | 46 | 10,576 |
| 1997 | 5,158 | 4,474 | 1,692 | 575 | 277 | 177 | 153 | 169 | 31 | 34 | 12,739 |
| 1998 | 4,615 | 4,295 | 1,609 | 595 | 295 | 176 | 156 | 164 | 38 | 53 | 11,997 |
| 1999 | 3,625 | 4,372 | 1,899 | 650 | 317 | 171 | 146 | 158 | 38 | 54 | 11,432 |
| 2000 | 2,878 | 3,379 | 1,780 | 600 | 290 | 144 | 149 | 144 | 33 | 47 | 9,442 |
| 2001 | 2,128 | 2,965 | 1,818 | 556 | 319 | 158 | 177 | 105 | 17 | 21 | 8,263 |
| 2002 | 3,270 | 3,016 | 1,655 | 708 | 310 | 146 | 135 | 96 | 16 | 20 | 9,372 |
| 2003 | 3,115 | 2,307 | 1,398 | 605 | 338 | 149 | 133 | 117 | 23 | 29 | 8,214 |
| 2004 | 3,376 | 2,697 | 1,630 | 710 | 368 | 155 | 115 | 144 | 23 | 30 | 9,247 |
| 2005 | 3,297 | 2,810 | 1,636 | 712 | 380 | 144 | 95 | 129 | 24 | 30 | 9,258 |
| 2006 | 3,877 | 3,303 | 1,843 | 677 | 403 | 198 | 141 | 95 | 31 | 30 | 10,597 |
| 2007 | 4,130 | 4,527 | 1,699 | 640 | 397 | 208 | 132 | 85 | 50 | 40 | 11,908 |
| 2008 | 3,735 | 3,982 | 1,625 | 592 | 393 | 213 | 143 | 117 | 68 | 33 | 10,901 |
| 2009 | 3,917 | 3,647 | 1,582 | 682 | 383 | 219 | 154 | 103 | 58 | 45 | 10,790 |
| 2010 | 3,139 | 3,305 | 1,438 | 627 | 340 | 181 | 120 | 78 | 45 | 37 | 9,310 |
| 2011 | 4,006 | 3,762 | 1,812 | 721 | 455 | 242 | 178 | 112 | 63 | 49 | 11,399 |
| 2012 | 3,913 | 4,000 | 1,833 | 630 | 369 | 206 | 147 | 93 | 50 | 38 | 11,280 |
| 2013 | 3,143 | 3,152 | 1,491 | 523 | 322 | 162 | 143 | 89 | 49 | 36 | 9,111 |
| 2014 | 4,018 | 3,970 | 1,741 | 542 | 308 | 149 | 124 | 78 | 42 | 29 | 11,001 |
| 2015 | 4,481 | 4,405 | 1,880 | 546 | 304 | 139 | 118 | 77 | 43 | 34 | 12,027 |
| 2016 | 4,576 | 4,447 | 1,718 | 490 | 277 | 129 | 120 | 89 | 63 | 58 | 11,965 |
| 2017 | 4,610 | 4,430 | 1,564 | 490 | 284 | 129 | 120 | 88 | 62 | 60 | 11,836 |
| 2018 | 3,789 | 4,123 | 1,649 | 535 | 385 | 214 | 150 | 100 | 64 | 67 | 11,074 |
| 2019 | 3,875 | 4,720 | 1,976 | 535 | 287 | 151 | 123 | 85 | 58 | 59 | 11,869 |

補足表 2-2. コホート解析によるマダイ日本海西部・東シナ海系群の推定資源重量 (トン)

| 年 | 1歳 | 2歳 | 3歳 | 4歳 | 5歳 | 6歳 | 7歳 | 8歳 | 9歳 | 10+歳 | 合計 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|--------|
| 1986 | 1,760 | 2,835 | 3,096 | 2,264 | 1,933 | 1,630 | 1,209 | 909 | 381 | 469 | 16,486 |
| 1987 | 1,674 | 2,730 | 2,913 | 2,291 | 2,003 | 1,665 | 1,197 | 868 | 398 | 482 | 16,222 |
| 1988 | 1,620 | 2,662 | 2,957 | 2,187 | 1,952 | 1,667 | 1,107 | 817 | 342 | 457 | 15,768 |
| 1989 | 1,567 | 2,529 | 2,900 | 2,149 | 1,906 | 1,695 | 1,180 | 797 | 347 | 445 | 15,515 |
| 1990 | 1,668 | 2,625 | 2,753 | 2,178 | 1,929 | 1,670 | 1,243 | 899 | 363 | 455 | 15,783 |
| 1991 | 1,671 | 2,732 | 2,817 | 2,255 | 1,967 | 1,698 | 1,271 | 938 | 394 | 485 | 16,228 |
| 1992 | 1,684 | 2,785 | 2,873 | 2,386 | 2,023 | 1,708 | 1,260 | 931 | 404 | 505 | 16,559 |
| 1993 | 1,811 | 2,835 | 2,941 | 2,419 | 2,125 | 1,739 | 1,230 | 911 | 396 | 519 | 16,926 |
| 1994 | 1,913 | 2,871 | 2,839 | 2,398 | 2,118 | 1,897 | 1,276 | 910 | 379 | 516 | 17,117 |
| 1995 | 1,942 | 2,914 | 2,844 | 2,271 | 2,157 | 1,921 | 1,501 | 991 | 396 | 515 | 17,453 |
| 1996 | 2,139 | 2,988 | 2,817 | 2,083 | 1,956 | 1,946 | 1,464 | 1,227 | 442 | 549 | 17,612 |
| 1997 | 2,287 | 3,591 | 2,919 | 2,115 | 1,781 | 1,591 | 1,351 | 994 | 419 | 551 | 17,599 |
| 1998 | 2,178 | 3,660 | 2,861 | 2,180 | 1,714 | 1,474 | 1,270 | 934 | 384 | 639 | 17,295 |
| 1999 | 1,892 | 3,595 | 3,106 | 2,194 | 1,762 | 1,358 | 1,144 | 837 | 339 | 570 | 16,797 |
| 2000 | 1,684 | 3,267 | 2,941 | 2,206 | 1,690 | 1,365 | 1,030 | 737 | 266 | 450 | 15,636 |
| 2001 | 1,568 | 3,038 | 3,099 | 2,109 | 1,788 | 1,341 | 1,112 | 609 | 215 | 327 | 15,205 |
| 2002 | 1,668 | 3,035 | 3,010 | 2,290 | 1,738 | 1,392 | 1,048 | 604 | 230 | 347 | 15,362 |
| 2003 | 1,704 | 2,853 | 2,968 | 2,352 | 1,716 | 1,353 | 1,135 | 670 | 257 | 388 | 15,397 |
| 2004 | 1,793 | 3,000 | 3,169 | 2,588 | 1,962 | 1,267 | 1,085 | 769 | 246 | 383 | 16,263 |
| 2005 | 1,828 | 3,119 | 3,138 | 2,604 | 2,087 | 1,488 | 975 | 775 | 249 | 365 | 16,628 |
| 2006 | 2,134 | 3,233 | 3,257 | 2,554 | 2,104 | 1,608 | 1,247 | 723 | 308 | 347 | 17,514 |
| 2007 | 2,079 | 3,765 | 3,096 | 2,484 | 2,099 | 1,578 | 1,234 | 863 | 383 | 361 | 17,941 |
| 2008 | 1,919 | 3,536 | 3,117 | 2,422 | 2,071 | 1,585 | 1,173 | 878 | 560 | 325 | 17,586 |
| 2009 | 1,927 | 3,292 | 3,121 | 2,536 | 2,072 | 1,562 | 1,168 | 778 | 459 | 428 | 17,344 |
| 2010 | 1,859 | 3,244 | 2,950 | 2,591 | 2,068 | 1,585 | 1,126 | 736 | 410 | 405 | 16,973 |
| 2011 | 1,968 | 3,368 | 3,114 | 2,516 | 2,228 | 1,671 | 1,253 | 804 | 460 | 426 | 17,807 |
| 2012 | 1,852 | 3,312 | 2,996 | 2,317 | 1,979 | 1,610 | 1,185 | 750 | 403 | 368 | 16,769 |
| 2013 | 1,908 | 3,061 | 2,728 | 2,125 | 1,877 | 1,505 | 1,213 | 779 | 419 | 358 | 15,972 |
| 2014 | 2,093 | 3,487 | 2,914 | 2,142 | 1,811 | 1,489 | 1,217 | 818 | 460 | 381 | 16,811 |
| 2015 | 2,117 | 3,611 | 3,046 | 2,117 | 1,801 | 1,443 | 1,234 | 884 | 543 | 504 | 17,301 |
| 2016 | 2,179 | 3,498 | 2,945 | 2,143 | 1,764 | 1,439 | 1,211 | 922 | 614 | 675 | 17,389 |
| 2017 | 2,255 | 3,614 | 2,722 | 2,187 | 1,889 | 1,455 | 1,233 | 891 | 606 | 707 | 17,560 |
| 2018 | 2,192 | 3,787 | 2,930 | 2,049 | 1,944 | 1,585 | 1,251 | 916 | 580 | 724 | 17,960 |
| 2019 | 1,977 | 3,941 | 3,445 | 2,245 | 1,697 | 1,431 | 1,166 | 838 | 559 | 673 | 17,973 |

補足表 2-3. コホート解析によるマダイ日本海西部・東シナ海系群の推定資源尾数（千尾）

| 年 | 1歳 | 2歳 | 3歳 | 4歳 | 5歳 | 6歳 | 7歳 | 8歳 | 9歳 | 10+歳 | 合計 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|--------|
| 1986 | 12,219 | 7,106 | 4,047 | 1,847 | 1,108 | 708 | 422 | 266 | 97 | 100 | 27,919 |
| 1987 | 11,626 | 6,843 | 3,808 | 1,869 | 1,148 | 723 | 418 | 254 | 101 | 103 | 26,892 |
| 1988 | 11,252 | 6,672 | 3,865 | 1,784 | 1,119 | 724 | 386 | 238 | 87 | 98 | 26,225 |
| 1989 | 10,885 | 6,338 | 3,790 | 1,753 | 1,092 | 736 | 412 | 233 | 88 | 95 | 25,423 |
| 1990 | 11,584 | 6,579 | 3,598 | 1,776 | 1,105 | 726 | 434 | 263 | 92 | 97 | 26,253 |
| 1991 | 11,602 | 6,846 | 3,683 | 1,839 | 1,127 | 738 | 443 | 274 | 100 | 104 | 26,756 |
| 1992 | 11,692 | 6,979 | 3,755 | 1,946 | 1,159 | 742 | 440 | 272 | 103 | 108 | 27,196 |
| 1993 | 12,575 | 7,104 | 3,845 | 1,973 | 1,218 | 755 | 429 | 266 | 100 | 111 | 28,377 |
| 1994 | 13,286 | 7,197 | 3,711 | 1,956 | 1,214 | 824 | 445 | 266 | 96 | 110 | 29,105 |
| 1995 | 13,489 | 7,303 | 3,718 | 1,852 | 1,236 | 834 | 524 | 289 | 101 | 110 | 29,457 |
| 1996 | 14,856 | 7,489 | 3,683 | 1,699 | 1,121 | 845 | 511 | 358 | 112 | 117 | 30,792 |
| 1997 | 15,885 | 9,001 | 3,816 | 1,725 | 1,021 | 691 | 472 | 290 | 106 | 118 | 33,124 |
| 1998 | 15,122 | 9,173 | 3,740 | 1,778 | 982 | 640 | 443 | 273 | 98 | 136 | 32,386 |
| 1999 | 13,136 | 9,010 | 4,061 | 1,789 | 1,010 | 590 | 399 | 244 | 86 | 122 | 30,447 |
| 2000 | 11,693 | 8,187 | 3,844 | 1,799 | 968 | 593 | 360 | 215 | 67 | 96 | 27,823 |
| 2001 | 10,886 | 7,615 | 4,051 | 1,720 | 1,024 | 582 | 388 | 178 | 55 | 70 | 26,569 |
| 2002 | 11,581 | 7,607 | 3,935 | 1,868 | 996 | 605 | 366 | 176 | 58 | 74 | 27,267 |
| 2003 | 11,837 | 7,149 | 3,880 | 1,918 | 984 | 588 | 396 | 196 | 65 | 83 | 27,095 |
| 2004 | 12,450 | 7,520 | 4,142 | 2,111 | 1,124 | 550 | 379 | 225 | 62 | 82 | 28,645 |
| 2005 | 12,691 | 7,816 | 4,102 | 2,124 | 1,196 | 646 | 340 | 226 | 63 | 78 | 29,284 |
| 2006 | 14,820 | 8,103 | 4,258 | 2,083 | 1,206 | 699 | 435 | 211 | 78 | 74 | 31,966 |
| 2007 | 14,438 | 9,436 | 4,048 | 2,026 | 1,203 | 686 | 431 | 252 | 97 | 77 | 32,692 |
| 2008 | 13,326 | 8,862 | 4,074 | 1,976 | 1,187 | 689 | 409 | 256 | 142 | 69 | 30,990 |
| 2009 | 13,383 | 8,251 | 4,079 | 2,069 | 1,187 | 679 | 408 | 227 | 116 | 91 | 30,491 |
| 2010 | 12,908 | 8,131 | 3,856 | 2,114 | 1,185 | 688 | 393 | 215 | 104 | 86 | 29,680 |
| 2011 | 13,669 | 8,442 | 4,071 | 2,052 | 1,277 | 726 | 437 | 235 | 117 | 91 | 31,116 |
| 2012 | 12,858 | 8,300 | 3,916 | 1,890 | 1,134 | 699 | 414 | 219 | 102 | 78 | 29,610 |
| 2013 | 13,247 | 7,672 | 3,567 | 1,733 | 1,076 | 654 | 423 | 227 | 106 | 76 | 28,781 |
| 2014 | 14,533 | 8,738 | 3,809 | 1,747 | 1,038 | 647 | 425 | 239 | 117 | 81 | 31,374 |
| 2015 | 14,703 | 9,051 | 3,982 | 1,726 | 1,032 | 627 | 431 | 258 | 138 | 108 | 32,055 |
| 2016 | 15,133 | 8,766 | 3,849 | 1,748 | 1,011 | 625 | 423 | 269 | 156 | 144 | 32,124 |
| 2017 | 15,663 | 9,057 | 3,559 | 1,783 | 1,082 | 632 | 430 | 260 | 154 | 151 | 32,772 |
| 2018 | 15,224 | 9,492 | 3,831 | 1,671 | 1,114 | 689 | 437 | 268 | 147 | 154 | 33,027 |
| 2019 | 13,728 | 9,876 | 4,504 | 1,832 | 972 | 622 | 407 | 245 | 142 | 144 | 32,471 |

補足表 2-4. コホート解析によるマダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲係数推定値

| 年 | 1歳 | 2歳 | 3歳 | 4歳 | 5歳 | 6歳 | 7歳 | 8歳 | 9歳 | 10+歳 | F(平均) |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1986 | 0.45 | 0.50 | 0.65 | 0.35 | 0.30 | 0.40 | 0.38 | 0.84 | 0.52 | 0.52 | 0.49 |
| 1987 | 0.43 | 0.45 | 0.63 | 0.39 | 0.34 | 0.50 | 0.44 | 0.95 | 0.61 | 0.61 | 0.53 |
| 1988 | 0.45 | 0.44 | 0.67 | 0.37 | 0.29 | 0.44 | 0.38 | 0.87 | 0.54 | 0.54 | 0.50 |
| 1989 | 0.38 | 0.44 | 0.63 | 0.34 | 0.28 | 0.40 | 0.33 | 0.80 | 0.51 | 0.51 | 0.46 |
| 1990 | 0.40 | 0.46 | 0.55 | 0.33 | 0.28 | 0.37 | 0.34 | 0.84 | 0.48 | 0.48 | 0.45 |
| 1991 | 0.38 | 0.48 | 0.51 | 0.34 | 0.29 | 0.39 | 0.36 | 0.86 | 0.51 | 0.51 | 0.46 |
| 1992 | 0.37 | 0.47 | 0.52 | 0.34 | 0.30 | 0.42 | 0.38 | 0.87 | 0.52 | 0.52 | 0.47 |
| 1993 | 0.43 | 0.52 | 0.55 | 0.36 | 0.27 | 0.40 | 0.35 | 0.89 | 0.53 | 0.53 | 0.48 |
| 1994 | 0.47 | 0.54 | 0.57 | 0.33 | 0.25 | 0.33 | 0.31 | 0.85 | 0.50 | 0.50 | 0.47 |
| 1995 | 0.46 | 0.56 | 0.66 | 0.38 | 0.25 | 0.37 | 0.26 | 0.82 | 0.46 | 0.46 | 0.47 |
| 1996 | 0.38 | 0.55 | 0.63 | 0.38 | 0.36 | 0.46 | 0.44 | 1.09 | 0.54 | 0.54 | 0.54 |
| 1997 | 0.42 | 0.75 | 0.64 | 0.44 | 0.34 | 0.32 | 0.42 | 0.97 | 0.37 | 0.37 | 0.50 |
| 1998 | 0.39 | 0.69 | 0.61 | 0.44 | 0.38 | 0.35 | 0.47 | 1.03 | 0.53 | 0.53 | 0.54 |
| 1999 | 0.35 | 0.73 | 0.69 | 0.49 | 0.41 | 0.37 | 0.49 | 1.16 | 0.65 | 0.65 | 0.60 |
| 2000 | 0.30 | 0.58 | 0.68 | 0.44 | 0.38 | 0.30 | 0.58 | 1.25 | 0.73 | 0.73 | 0.60 |
| 2001 | 0.23 | 0.54 | 0.65 | 0.42 | 0.40 | 0.34 | 0.66 | 0.99 | 0.39 | 0.39 | 0.50 |
| 2002 | 0.36 | 0.55 | 0.59 | 0.52 | 0.40 | 0.30 | 0.50 | 0.87 | 0.34 | 0.34 | 0.48 |
| 2003 | 0.33 | 0.42 | 0.48 | 0.41 | 0.46 | 0.31 | 0.44 | 1.02 | 0.47 | 0.47 | 0.48 |
| 2004 | 0.34 | 0.48 | 0.54 | 0.44 | 0.43 | 0.36 | 0.39 | 1.14 | 0.49 | 0.49 | 0.51 |
| 2005 | 0.32 | 0.48 | 0.55 | 0.44 | 0.41 | 0.27 | 0.35 | 0.94 | 0.52 | 0.52 | 0.48 |
| 2006 | 0.33 | 0.57 | 0.62 | 0.42 | 0.44 | 0.36 | 0.42 | 0.65 | 0.56 | 0.56 | 0.49 |
| 2007 | 0.36 | 0.71 | 0.59 | 0.41 | 0.43 | 0.39 | 0.39 | 0.45 | 0.80 | 0.80 | 0.53 |
| 2008 | 0.35 | 0.65 | 0.55 | 0.38 | 0.43 | 0.40 | 0.46 | 0.66 | 0.71 | 0.71 | 0.53 |
| 2009 | 0.37 | 0.64 | 0.53 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | 0.52 | 0.66 | 0.75 | 0.75 | 0.55 |
| 2010 | 0.30 | 0.57 | 0.51 | 0.38 | 0.37 | 0.33 | 0.39 | 0.49 | 0.61 | 0.61 | 0.46 |
| 2011 | 0.37 | 0.64 | 0.64 | 0.47 | 0.48 | 0.44 | 0.57 | 0.71 | 0.85 | 0.85 | 0.60 |
| 2012 | 0.39 | 0.72 | 0.69 | 0.44 | 0.43 | 0.38 | 0.47 | 0.60 | 0.74 | 0.74 | 0.56 |
| 2013 | 0.29 | 0.58 | 0.59 | 0.39 | 0.38 | 0.31 | 0.45 | 0.54 | 0.68 | 0.68 | 0.49 |
| 2014 | 0.35 | 0.66 | 0.67 | 0.40 | 0.38 | 0.28 | 0.37 | 0.43 | 0.48 | 0.48 | 0.45 |
| 2015 | 0.39 | 0.73 | 0.70 | 0.41 | 0.38 | 0.27 | 0.35 | 0.38 | 0.41 | 0.41 | 0.44 |
| 2016 | 0.39 | 0.78 | 0.64 | 0.35 | 0.34 | 0.25 | 0.36 | 0.43 | 0.56 | 0.56 | 0.47 |
| 2017 | 0.38 | 0.74 | 0.63 | 0.35 | 0.33 | 0.25 | 0.35 | 0.44 | 0.55 | 0.55 | 0.46 |
| 2018 | 0.31 | 0.62 | 0.61 | 0.42 | 0.46 | 0.40 | 0.45 | 0.51 | 0.62 | 0.62 | 0.50 |
| 2019 | 0.36 | 0.71 | 0.63 | 0.37 | 0.38 | 0.30 | 0.39 | 0.46 | 0.58 | 0.58 | 0.48 |

補足資料 3 放流効果の試算

放流効果算定に必要な人工種苗の年齢別混入率は、一部の関係県から提供されているものの、系群全体の傾向を解析できるだけの十分なデータは得られていない。ここでは、利用可能なデータだけを用いて行った試算結果を参考として示す。

① 県別混入率

年齢別混入率は多くの県で得られていないが、全年齢込みの混入率が4県で得られている。そこで、それらの混入率を各県の漁獲量で重みづけして算出した平均値を系群全体の混入率とした。本系群における混入率は2.9%と推定された(補足表3-1)。ただし、標識装着率で補正されていない値も一部含まれている。

② 添加効率の試算

VPA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。添加効率の算出方法を以下に示す。VPAで算出された1歳魚(天然+放流)の資源尾数に混入率を乗じて放流1歳魚の尾数を推定し、その値を前年の放流尾数で除した値を添加効率とした。なお、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。本系群における添加効率は0.14と推定された(補足表3-2)。

③ 添加効率を変化させた場合の漁獲量と資源量への効果

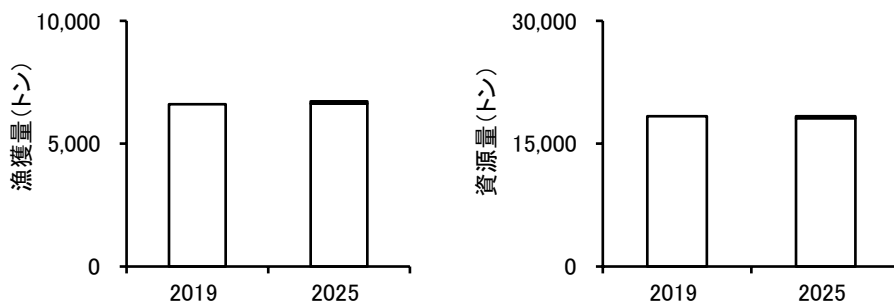
2019年度の資源評価を基に、現状のF値、再生産成功率(過去10年の中央値)、及び現状の放流強度(3,000千尾)で種苗を放流した場合と放流しなかった場合、添加効率0.14における2025年の資源量及び漁獲量を推定した(補足図3-1)。計算方法は亘(2011)に準じて行った。その結果、添加効率0.14における放流ありとなしの場合の資源量の差は231トンと推定された。2025年資源量の予測値は18,342トンであるため、放流魚の割合は1.3%と推定された。また、同様に漁獲量の差については8,781トンと推定された。2025年漁獲量の予測値は8,781トンであるため、放流魚の割合は1.0%と推定された。

本海域では、放流種苗由来のマダイが219千~1,660千尾加入しており(補足表3-2)、天然の加入群を下支えする一定の効果はあると考えられる。

引用文献

- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会(2007) 種苗放流実績表。平成17年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)総括編・動向編, 80-82.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会(2008) 種苗放流実績表。平成18年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)総括編・動向編, 80-82.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会(2009) 種苗放流実績表。平成19年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)総括編・動向編, 80-82.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会(2010) 種苗放流実績表。平成20年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)総括編・動向編, 76-78.

- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2011) 種苗放流実績表. 平成 21 年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 76-78.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2012) 種苗放流実績表. 平成 22 年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 76-78.
- 水産総合研究センター (2013) 種苗放流実績表. 平成 23 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 72-73.
- 水産総合研究センター (2014) 種苗放流実績表. 平成 24 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 62-64.
- 水産総合研究センター (2015) 種苗放流実績表. 平成 25 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 64-65.
- 水産総合研究センター (2016) 種苗放流実績表. 平成 26 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 62-65.
- 水産研究・教育機構 (2017) 種苗放流実績表. 平成 27 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 64-65.
- 水産研究・教育機構 (2018) 種苗放流実績表. 平成 28 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 64-65.
- 水産研究・教育機構 (2019) 種苗放流実績表. 平成 29 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 64-65.
- 亘 真吾 (2011) 平成 23 年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価. 平成 23 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産総合研究センター, 1385-1410.



補足図 3-1. 漁獲量及び資源量に対する放流魚の貢献

□は天然魚、■は放流魚を示す。

補足表 3-1. 県・年別混入率(%) ただし、標識装着率で未補正の値が含まれる。

| 年 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鳥取 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 島根 | — | — | — | 7.4 | 19.3 | 18.1 | 14.1 | 8.4 | 7.4 | 6.7 |
| 山口 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 福岡 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 佐賀 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 1.5 | 3.3 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 0.8 | 0.3 |
| 長崎 | 3.5 | 4.2 | 1.8 | 6.4 | — | — | — | — | — | — |
| 熊本 | 9.6 | 10.3 | 8.0 | 15.8 | 11.9 | 12.3 | 6.0 | 6.0 | 5.6 | 3.9 |
| 鹿児島 | 5.3 | 4.5 | 4.4 | 4.2 | 2.1 | 2.4 | 2.1 | 1.4 | 1.2 | 2.6 |
| 全体 | 5.3 | 5.6 | 4.0 | 7.9 | 10.0 | 11.2 | 7.5 | 4.2 | 4.2 | 4.8 |

| 年 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鳥取 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 島根 | 0.0 | 21.5 | 4.7 | 6.1 | 2.0 | 4.2 | 0.7 | 2.0 | 0.6 |
| 山口 | — | — | — | — | 5.6 | 1.0 | 0.2 | — | — |
| 福岡 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 佐賀 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 1.2 | 0.6 | 0.8 | 0.0 | 0.1 | 0.1 |
| 長崎 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 熊本 | 2.2 | 3.8 | 6.8 | 4.5 | 4.5 | 6.2 | 5.2 | 5.8 | 8.5 |
| 鹿児島 | 1.2 | 1.4 | 1.0 | 0.8 | 9.8 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.7 |
| 全体 | 1.6 | 8.6 | 4.1 | 3.6 | 5.4 | 3.3 | 2.1 | 2.7 | 2.9 |

全年齢込みの混入率で示した。

補足表 3-2. 添加効率の試算結果

| 年 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 前年の放流数 (千尾) | 8,887 | 7,773 | 7,673 | 8,074 | 7,790 | 7,895 | 7,015 | 6,842 | 5,236 | 5,755 |
| 1歳魚加入数 (千尾) | 10,886 | 11,582 | 11,837 | 12,450 | 12,691 | 14,820 | 14,438 | 13,326 | 13,383 | 12,908 |
| 混入率(%) | 5.3 | 5.6 | 4.0 | 7.9 | 10.0 | 11.2 | 7.5 | 4.2 | 4.2 | 4.8 |
| 放流魚加入数 (千尾) | 577 | 649 | 473 | 984 | 1,269 | 1,660 | 1,083 | 560 | 562 | 620 |
| 添加効率 | 0.06 | 0.08 | 0.06 | 0.12 | 0.16 | 0.21 | 0.15 | 0.08 | 0.11 | 0.11 |

| 年 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 前年の放流数 (千尾) | 5,017 | 4,490 | 4,188 | 3,306 | 3,074 | 3,174 | 2,724 | 2,828 | 2,804 |
| 1歳魚加入数 (千尾) | 13,669 | 12,858 | 13,247 | 14,533 | 14,703 | 15,133 | 15,663 | 15,224 | 13,728 |
| 混入率(%) | 1.6 | 8.6 | 3.5 | 3.8 | 5.4 | 3.3 | 2.1 | 2.7 | 2.9 |
| 放流魚加入数 (千尾) | 219 | 1,106 | 545 | 527 | 789 | 498 | 334 | 406 | 398 |
| 添加効率 | 0.04 | 0.25 | 0.13 | 0.16 | 0.26 | 0.16 | 0.12 | 0.14 | 0.14 |

放流尾数：水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2007～2012）、水産総合研究センター（2013～2015）、水産総合研究センター（2016）、水産研究・教育機構（2017～2019）。

混入率は全年齢込みで示した。