

令和 4（2022）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

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

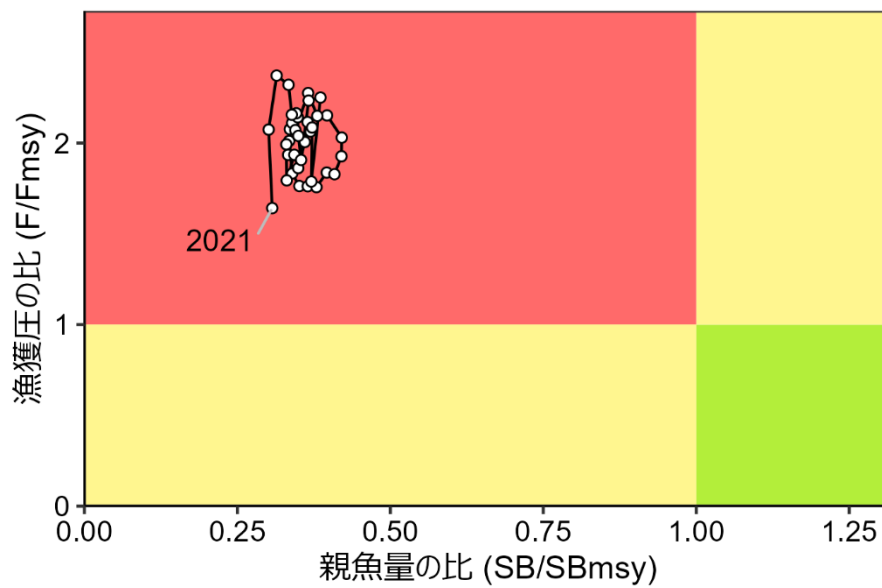
本系群の 1986 年以降の資源量について、2007 年以降の島根県大型定置網 CPUE を資源量指標値としたチューニングコホート解析により計算した。本系群の漁獲量は 1969 年の 112 百トンから 1985 年の 64 百トンに減少した後、1986 年以降は 51 百～71 百トンで推移し、2021 年は 5,217 トン（概数値）であった。資源量は 1988 年の 198 百トンから 1996 年の 238 百トンに増加した後、2001 年の 199 百トンに減少し、2007 年の 227 百トンに増加した。以降はわずかに減少傾向であったが 2021 年は増加し、210 百トンとなった。親魚量は 2018 年まで資源量の 63～70%で推移したが、2019 年以降その割合は減少傾向で、2021 年は 57%（121 百トン）であった。

本種は栽培対象種であり、2020 年には 273 万尾の人工種苗が放流された。2021 年の漁獲物における人工種苗放流魚の混入率は 2.4%、添加効率（放流魚の 1 歳魚加入までの生残率）は 0.21 であった。本系群の天然魚加入尾数（1 歳魚資源尾数）は、1282 万～1908 万尾の範囲で推移した。

令和 3 年 11 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は 393 百トンである。この基準に従うと、本系群の 2021 年の親魚量は、MSY を実現する水準を大きく下回る。また、本系群に対する 2021 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を上回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2017～2021 年）の推移から「減少」と判断される。

本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて最終化される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した。

要 約 図 表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	393 百トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る (SB/SBmsy=0.31)
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る (F/Fmsy=1.66)
2021 年の親魚量の動向	減少
最大持続生産量 (MSY)	6,720 トン
2023 年の ABC	-
コメント: ・ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。	

近年の資源量、親魚量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2017	210	133	6,188	2.15	29
2018	208	131	6,582	2.32	32
2019	204	124	6,629	2.37	32
2020	200	118	5,889	2.07	29
2021	210	121	5,217	1.64	25
2022	231	141	6,317	1.85	27
2023	239	155	-	-	-
・2021年の漁獲量は概数値。 ・2022年、2023年の値は将来予測に基づく平均値である。					

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり。

データセット	基礎情報、関係調査等
年別・年齢別漁獲尾数	・2020 年県別魚種別漁獲量、2021 年県別魚種別漁獲量概数値(水産庁、鳥取県～鹿児島県の 8 県) ・漁獲物年齢組成
自然死亡係数 (M)	M=0.24/年(1 歳魚)、0.17/年(2 歳以降)とした(島本 1999)
資源量指標値	島根県大型定置網における 1 日 1 経営体あたり漁獲量
人工種苗放流尾数等	栽培漁業用種苗放流実績(全国豊かな海づくり推進協会) 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)

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 2-1)。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、1 年で 14 cm、2 年で 22 cm、3 年で 30 cm(図 2-2)となり、寿命は 20 歳程度と推定されている。本系群で用いる成長と尾叉長－体重関係は以下の式で表される。

$$\begin{aligned} \text{年齢－尾叉長関係式} \quad FL_t &= 78.14 \times (1 - \exp(-0.1423 \times (t+0.35))) \\ \text{尾叉長－体重関係式} \quad BW &= 0.0382 \times FL^{2.825} \end{aligned}$$

ここで FL_t : t 歳時の尾叉長 (cm)、 BW : 体重 (g)、 FL : 尾叉長 (cm)。

なお、各年齢時の体重は、年の中間時点の値とするため、各齢に 0.5 歳を足した計算値とした。

(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 2-3)。

(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、当歳魚は端脚類やアミ類、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（53%）、釣り・延縄（12%）、小型底びき網（6%）、沖合底びき網（5%）、および刺網（6%）など多種多様である（割合は 2021 年の値）。2021 年の漁獲量が多い県は、長崎県（33%）と福岡県（29%）で、島根県と鹿児島県（10%）がそれに次いだ（図 3-1）。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。また、2008 年には鳥取県、島根県、山口県（瀬戸内海含む）、長崎県、熊本県、鹿児島県の 6 県における遊漁採捕量の合計が 677 トンと推定されている（遊漁採捕量調査、2008）。本報告では遊漁については考慮していないが、今後、遊漁による漁獲が資源に与える影響について検討していく必要がある。また、本報告では外国船による漁獲についても考慮していない。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は 1969 年の 112 百トンから 1985 年の 64 百トンに減少した後、1986 年以降は 51 百～71 百トンで推移し、2021 年は 5,217 トン（概数値）であった（図 3-2、表 3-1）。全国のマダイ漁獲量に対する本系群の占める割合は 33%であった。

1986 年から現在に至るまでの漁獲尾数は、短期的な増減を繰り返しながら、835 万～1300 万尾で推移し、2021 年は 1005 万尾であった（図 3-3）。年齢別に見ると 1～3 歳魚が漁獲物の多くを占め、2021 年は 1 歳魚 34.1%、2 歳魚 38.3%、3 歳魚 17.6%であった。漁獲重量では、2～3 歳魚が多かった（図 3-4）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1986 年以降に得られている年齢別漁獲尾数と系群全体の漁獲量を用いたコホート解析により、年別の年齢別漁獲係数、年齢別資源尾数、資源量、親魚量を推定した（補足資料 2）。この際、2007 年以降に得られている島根県の大形定置網による標準化 CPUE（1 日 1 経営体あたりの漁獲量）をチューニング指標に用いた。漁獲は漁期の中央で行われるとする Pope の近似式（Pope 1972）を用いた。2021 年の加入量は 2018～2020 年の平均と仮定した。

(2) 資源量指標値の推移

島根県の大形定置網による標準化 CPUE（1 日 1 経営体あたりの漁獲量）は、2008 年に減少したのち 2009 年に増加したが、以後 2014 年にかけて再び減少した。2016 年、2017 年には一時的に増加したが 2018 年以降再び低い値を示し、2021 年には増加した（図 4-1、表 4-1）。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

資源量は1988年の198百トンから1996年の238百トンに増加した後、2001年の199百トンに減少し、2007年の227百トンに再び増加した。以降はわずかに減少傾向であったが2021年は増加し、210百トンとなった(図4-2、表4-2)。親魚量は2018年まで130百～165百トン(資源量の63～70%)で推移したが、2019年以降その割合は減少傾向で、2021年は121百トン(資源量の57%)であった(図4-3)。

天然魚の加入量(1歳資源尾数)は、1989年の1297万尾から1997年の1815万尾に増加し、2001年の1282万尾に減少した。以降概ね増加傾向で推移しており、2021年は1758万尾であった(表4-2)。

年齢別Fは、短期的な増減を繰り返しているが、期間を通して2歳と3歳で特に高かった(図4-4)。2020年、2021年のFは減少傾向である。漁獲割合は24～32%の間で推移しており、2021年は25%であった(図4-2)。

自然死亡係数Mの値を30%増減させ、資源量、親魚量および1歳資源尾数の感度解析を行ったところ、資源量では85～123%、親魚量では83～124%、1歳資源尾数では85～122%の変化となった(図4-5)。

(4) 種苗放流と加入量

本種は栽培漁業の対象種であり、本系群の対象海域では1977年から人工種苗放流が実施されている。放流尾数は放流開始以降増加し、1999年に最多の914万尾に達したが、以後は減少しており、2013年以降は300万尾前後で推移している(図4-6)。2020年は、島根県、山口県、長崎県、熊本県、鹿児島県で計273万尾が放流された(2021年は未集計)。

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、3県から年齢別の推定値が毎年提供されており、それ以外の県については不明、もしくは欠測年があるものの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した。添加効率は、1歳の資源尾数に各年の混入率を掛けた値を前年の放流尾数で割ることにより求めた。その結果、2021年の漁獲物における人工種苗放流魚の混入率は2.4%、添加効率は0.16であった(表4-3)。

本海域では、放流種苗由来のマダイが1歳時に17.9万～201.1万尾加入しており、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。2021年に1歳で加入した放流魚は43.2万尾、直近5年間(2017～2021年)の平均は37.4万尾と推定された。

(5) 加入量当たり漁獲量(YPR)、加入量当たり親魚量(SPR)および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量(SPR)を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図4-7に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合(%SPR)の推移を示す。%SPRは漁獲圧が低いほど大きな値となる。2021年の%SPRは13%であった。

現状の漁獲圧に対するYPRと%SPRの関係を図4-8に示す。ここで、現状の漁獲圧(F2022)は、選択率に令和3年11月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量MSYを実現するF(F_{msy})の推定に用いた値(下瀬ほか2021)を用い、%SPRが2021年の値(13%)となるFとした。また、年齢別平均体重および成熟

割合についても F_{msy} 算出時の値を使用した。 F_{msy} は %SPR に換算すると 26% に相当する。現状の漁獲圧 (F_{2022}) は F_{msy} や $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ を上回る。

(6) 再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 4-9 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはホッカー・スティック型再生産関係が適用されている（下瀬ほか 2021）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは令和 3（2021）年度の資源評価（下瀬ほか 2022）に基づく 1986～2019 年の親魚量・加入量とした。なお、加入量としては天然由来の加入尾数のみを使用した。最適化方法には最小二乗法を用い、加入量の残差の自己相関を考慮した。また「再生産関係の決定に関するガイドライン（令和 3 年度）（FRA-SA2021-ABCWG01-03）」に従い、観測範囲の最小親魚量を変曲点とした。再生産関係式の各パラメータを補足表 6-1 に示す。

(7) 現在の環境下において MSY を実現する水準

最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) および MSY を実現する漁獲量として、上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値（下瀬ほか 2021）を補足表 6-2 に示す。

(8) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-10 に示す。また、2021 年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表 6-3 に示した。本系群における 2021 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) を下回っており、2021 年の親魚量は SB_{msy} の 0.31 倍である。また、2021 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧 (F_{msy}) を上回っており、2021 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧の 1.66 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/F_{msy}) とは、各年の F の選択率の下で F_{msy} の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、直近 5 年間（2017～2021 年）の推移から減少と判断される。

5. 資源評価のまとめ

2021 年の資源量は 210 百トン、親魚量は 121 百トンで、MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) を下回っており減少傾向である。2021 年の漁獲圧は前年より減少しているが、なお MSY を実現する漁獲圧 (F_{msy}) を上回っている。

6. その他

現状、小型で未成熟の割合が高い 2、3 歳魚の漁獲圧が高く、MSY を実現する水準に回復させるために大幅な漁獲圧の削減が必要という結果となっているが、資源評価の基礎となる年齢別漁獲尾数の算出方法等については、引き続き検討していく必要がある。

7. 引用文献

- 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.
- 農林水産省統計情報部 (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.
- 島本信夫 (1999) 瀬戸内海東部海域におけるマダイの資源変動および栽培漁業に関する研究. 兵庫水試研報, **35**, 43-112.
- 下瀬 環・増渕隆仁・中川雅弘 (2021) 令和 3 (2021) 年度マダイ日本海西部・東シナ海系群の管理基準値案等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-39. FRA-SA2021-BRP05-001.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211124/FRA-SA2021-BRP05-001.pdf (last accessed 6 September 2022)
- 下瀬 環・増渕隆仁・中川雅弘 (2022) 令和 3 (2021) 年度マダイ日本海西部・東シナ海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産研究・教育機構, 1-20. FRA-SA2021-RC01-11.
<http://abchan.fra.go.jp/digests2021/details/202150.pdf> (last accessed 6 September 2022)
- 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.

(執筆者：下瀬 環、増渕隆仁、井関智明)

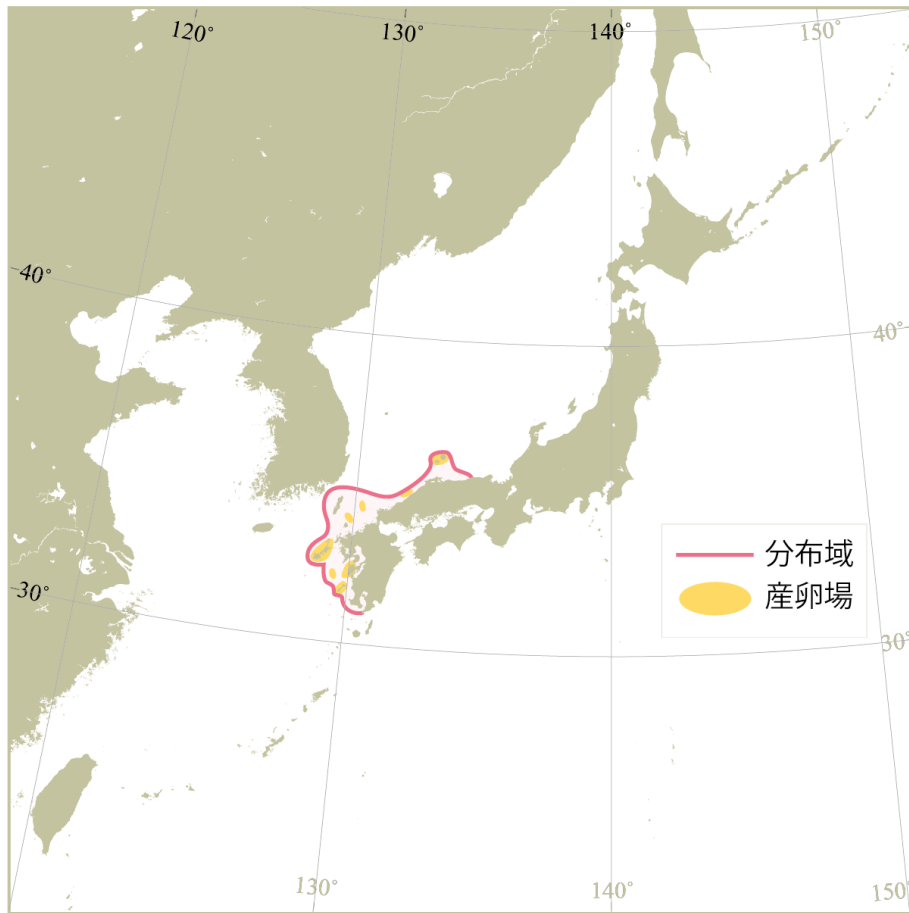


図 2-1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布域

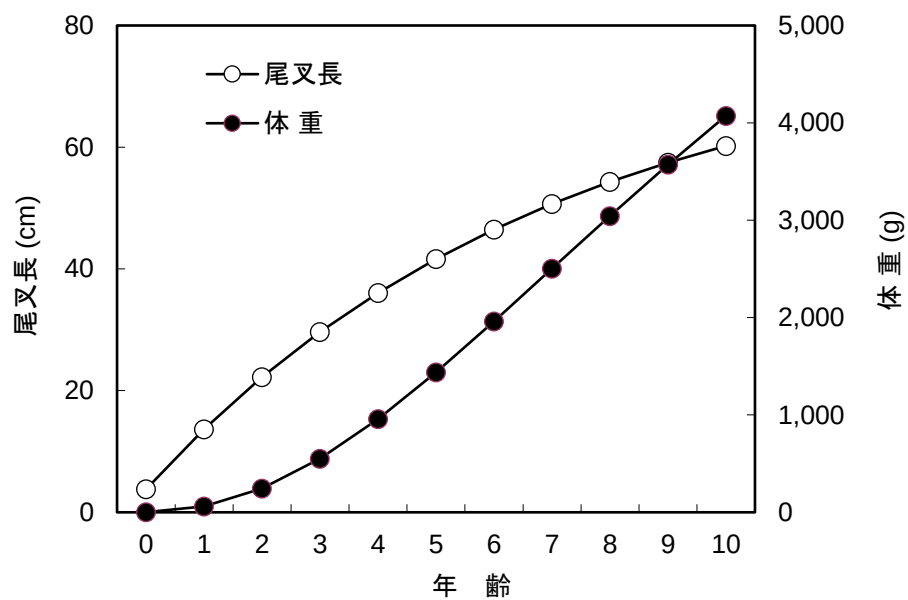


図 2-2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の成長

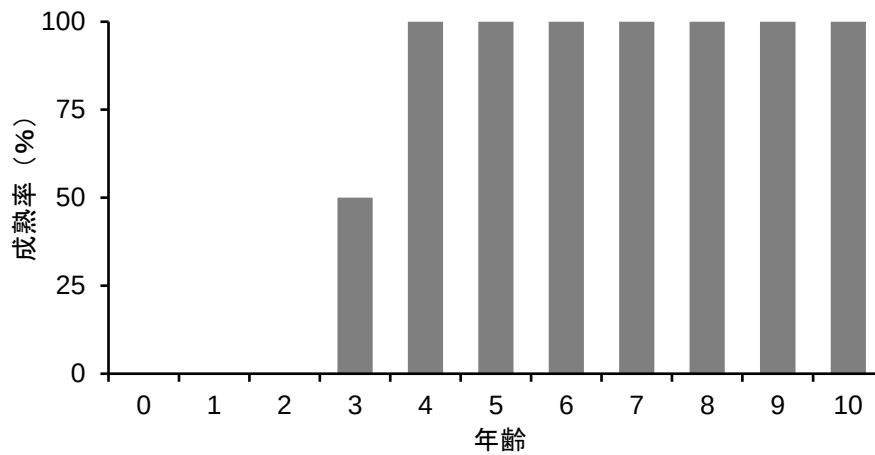


図 2-3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

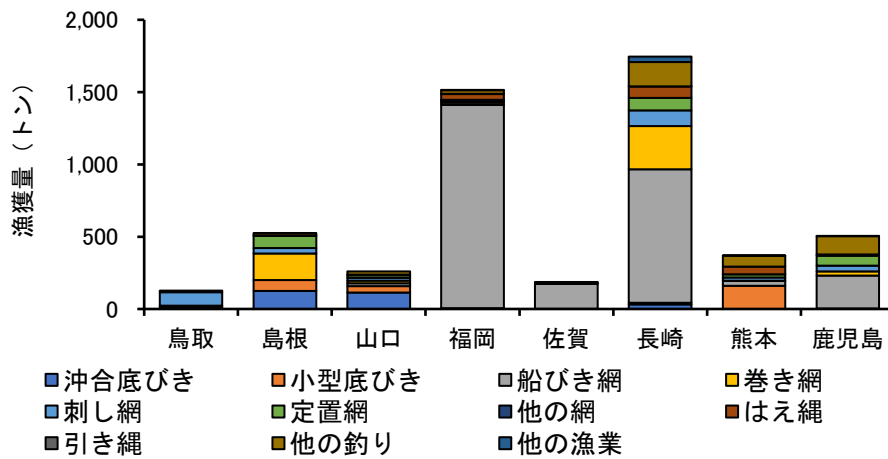


図 3-1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別漁業種別の漁獲量（2021 年）

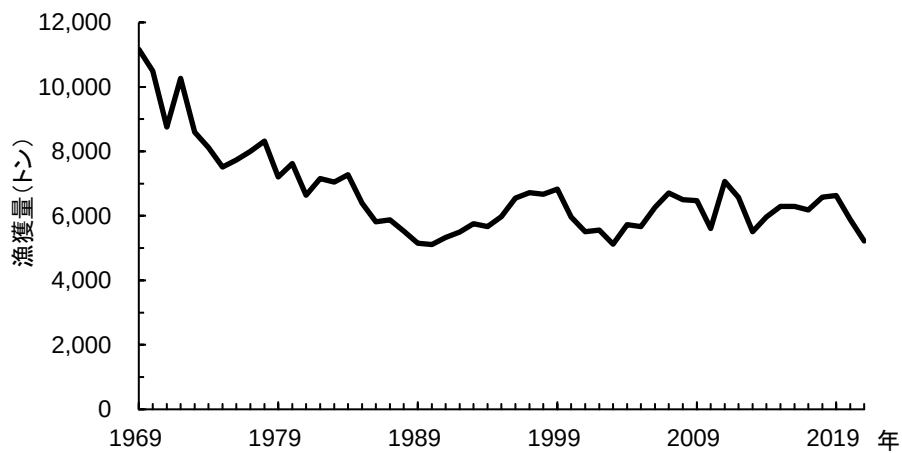


図 3-2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量の推移

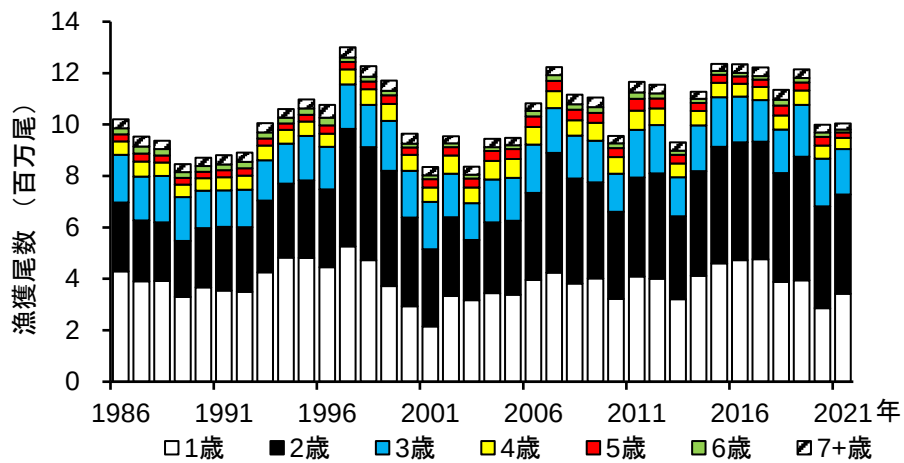


図 3-3. 年齢別漁獲尾数の経年変化

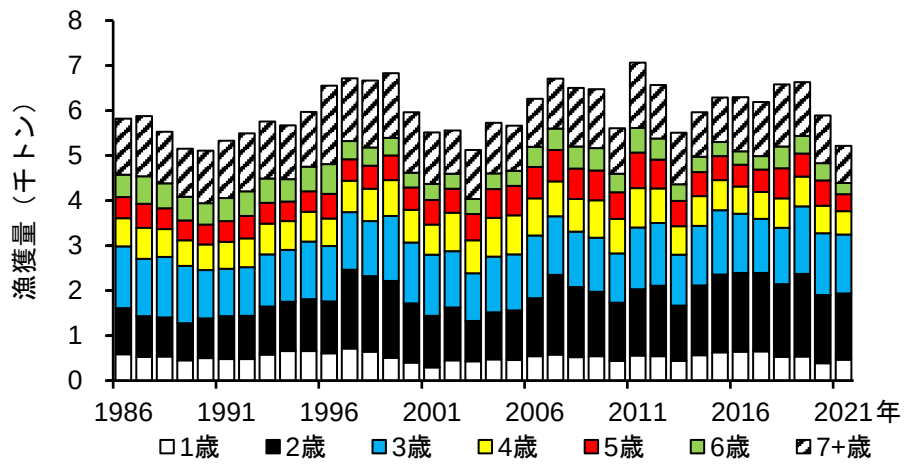


図 3-4. 年齢別漁獲量の経年変化

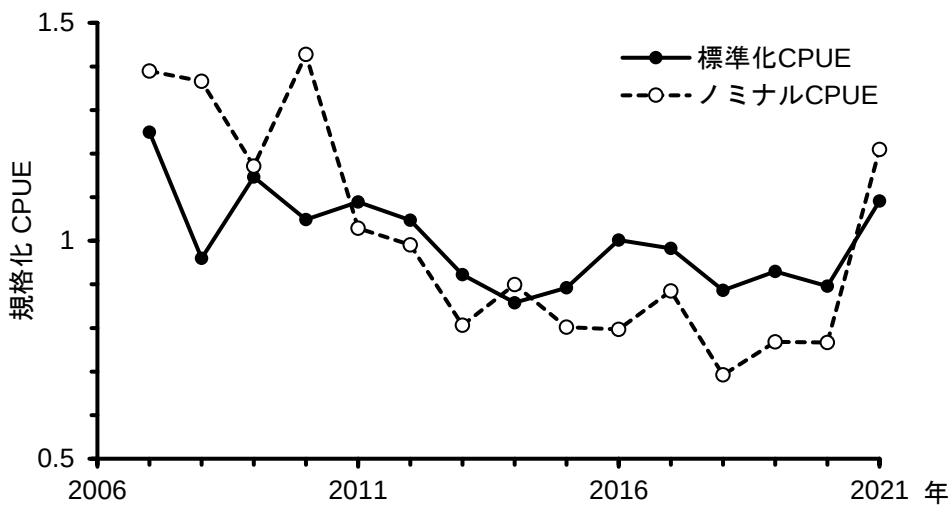


図 4-1. 島根県大型定置網による規格化したノミナル CPUE と標準化 CPUE

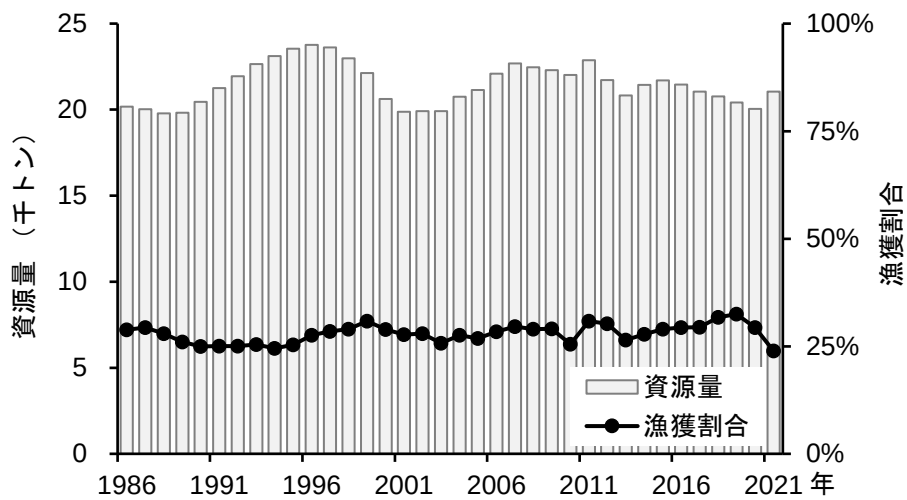


図 4-2. 資源量と漁獲割合の推移

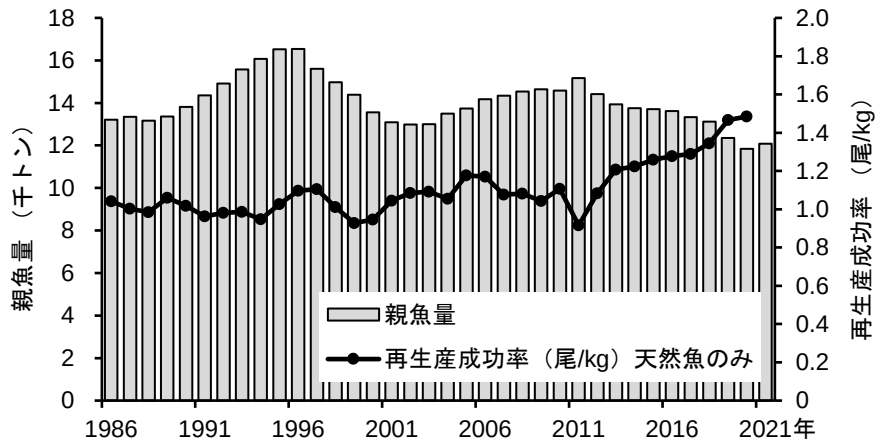


図 4-3. 親魚量と再生産成功率（翌年の1歳魚資源尾数）の推移

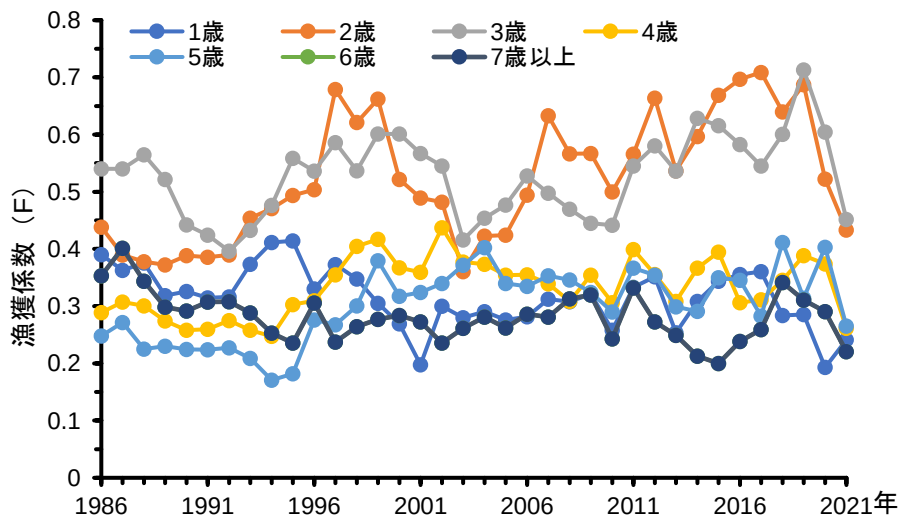


図 4-4. 年齢別漁獲係数 (F) の推移

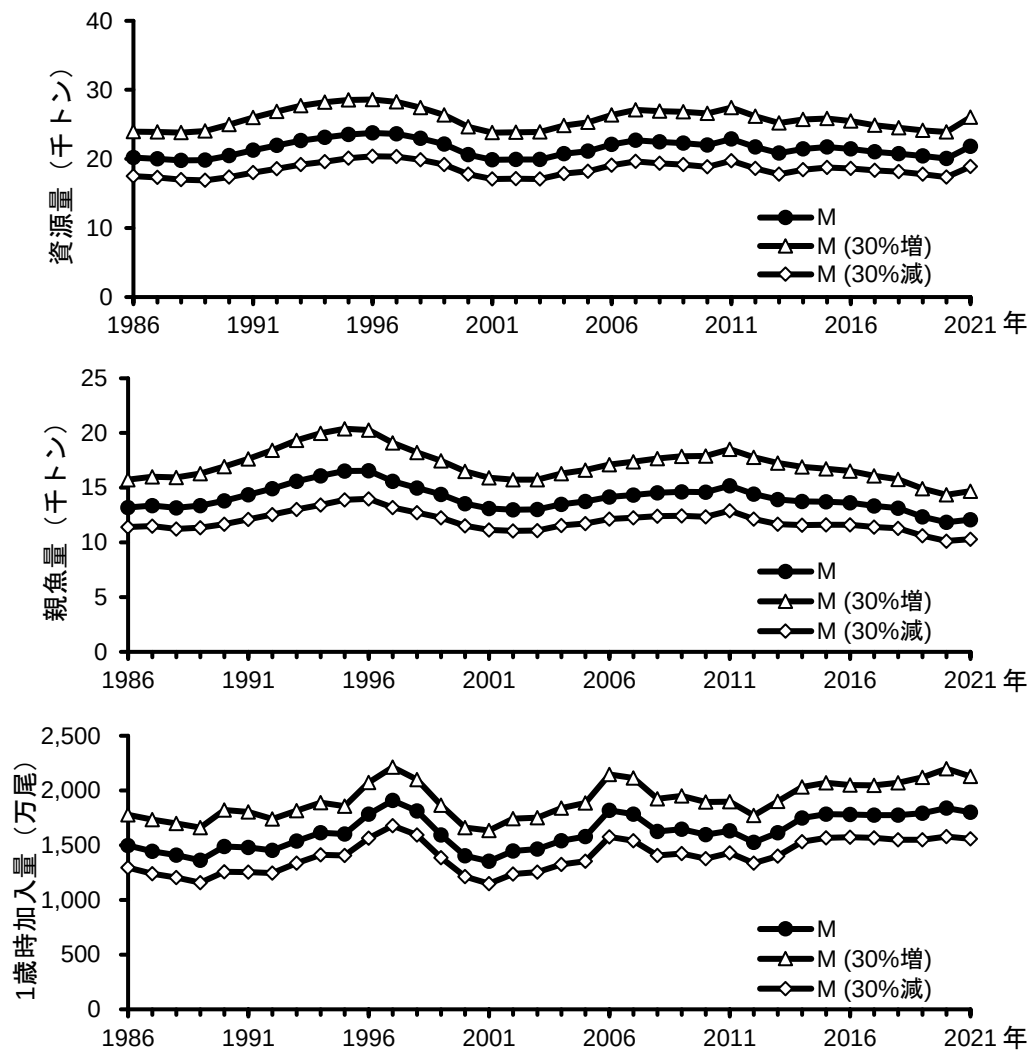


図 4-5. 自然死亡係数 M の値による資源量・親魚量・加入量の感度解析

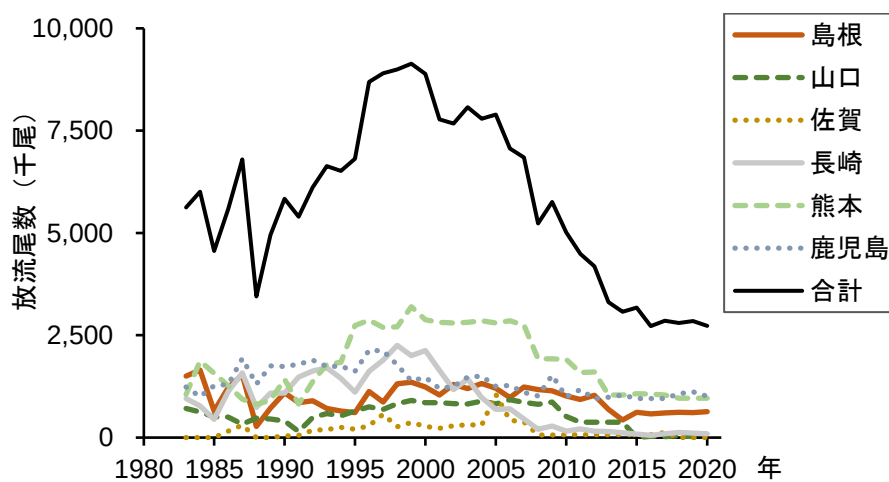


図 4-6. 1983 年以降の放流尾数の推移

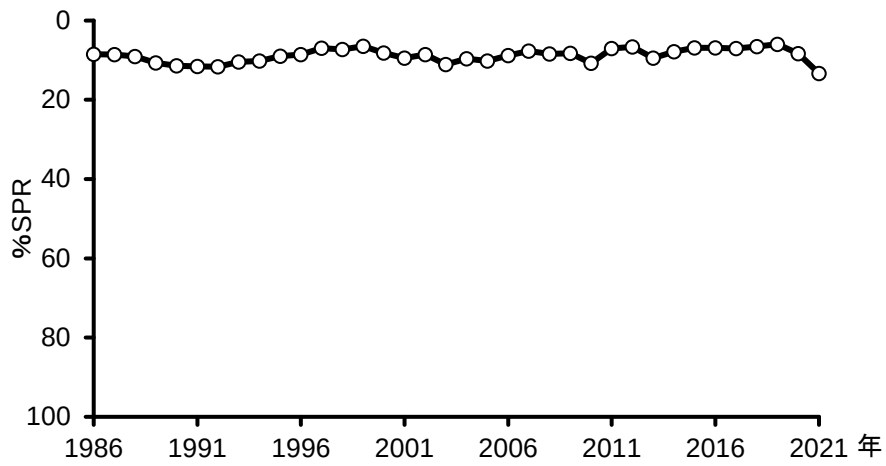


図 4-7. %SPR の推移

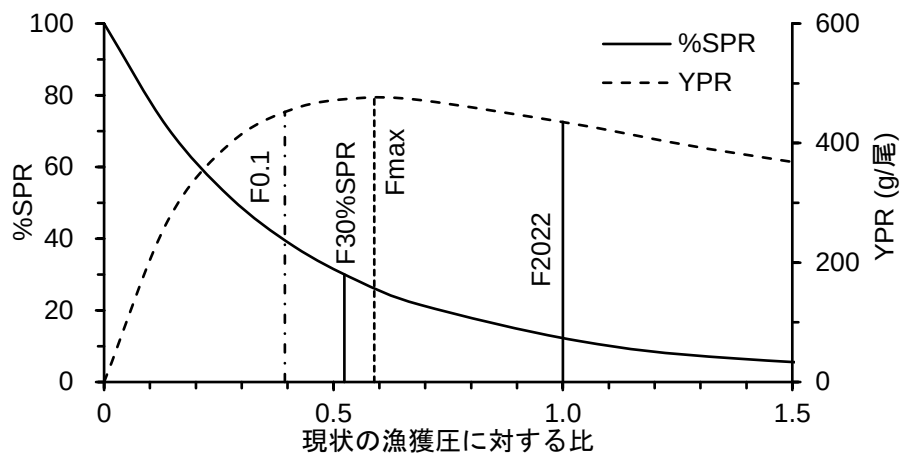


図 4-8. 現状の漁獲圧 (F2022) に対する YPR、%SPR の関係

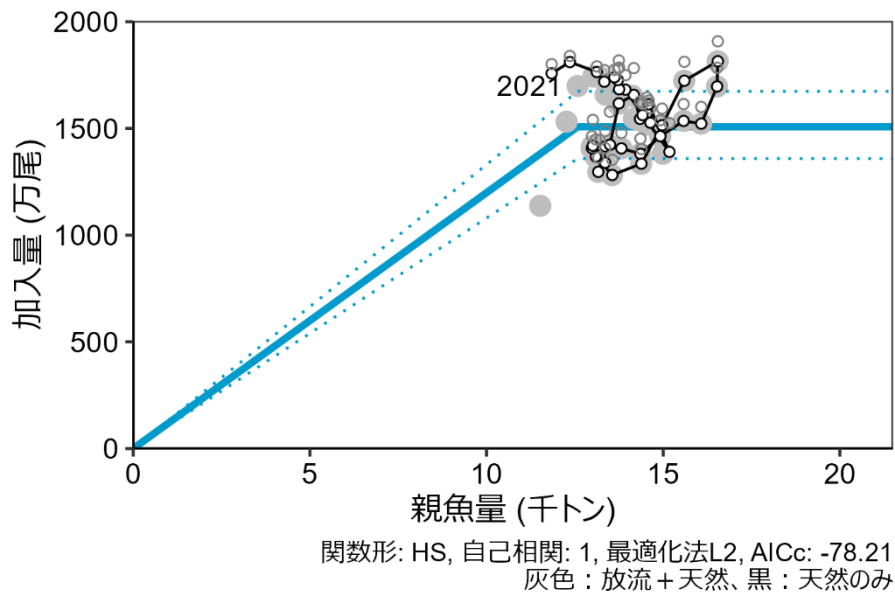


図 4-9. 親魚量と加入量の関係 青実線は本系群で適用した再生産関係式であり、上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。再生産関係式のパラメータは令和 3 年 11 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（下瀬ほか 2021）に示された値に基づく。丸印は今年度評価において推定された 1986～2021 年の親魚量と加入量を示し、黒色は天然のみ、灰色は種苗放流を加味した加入量である。図中の数字は加入群の加入年を示す。

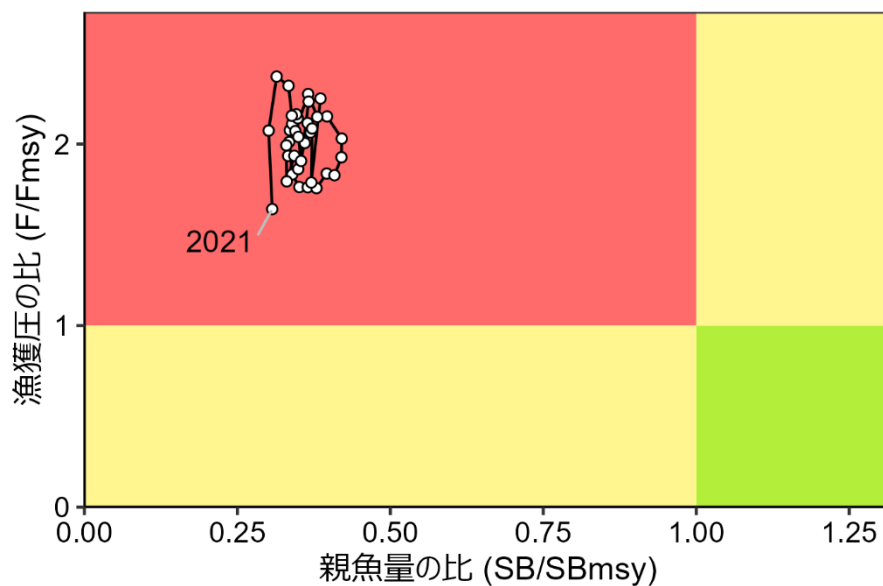


図 4-10. 神戸プロット

表 3-1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量（トン）

年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
漁獲量	11,166	10,493	8,759	10,268	8,596	8,121	7,517	7,729	8,000	8,320
年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
漁獲量	7,206	7,622	6,638	7,154	7,050	7,279	6,392	5,819	5,879	5,532
年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
漁獲量	5,154	5,111	5,327	5,495	5,754	5,669	5,973	6,555	6,716	6,666
年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
漁獲量	6,830	5,964	5,512	5,561	5,123	5,729	5,665	6,265	6,710	6,505
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
漁獲量	6,472	5,610	7,065	6,568	5,506	5,965	6,291	6,297	6,188	6,582
年	2019	2020	2021							
漁獲量	6,629	5,889	5,217							

* 2021 年の漁獲量合計値は概数値。

表 4-1. 2007 年以降の島根県大型定置網による CPUE（kg/日・経営体）と規格化 CPUE（平均を 1 とした時の相対値）

年	努力量 (日・経営体)	漁獲量 (kg)	CPUE (kg/日・経営体)		規格化 CPUE	
			ノミナル	標準化	ノミナル	標準化
2007	2,912	109,748	37.69	13.24	1.39	1.25
2008	2,578	95,499	37.04	10.17	1.37	0.96
2009	2,914	92,590	31.77	12.15	1.17	1.15
2010	2,403	93,031	38.71	11.12	1.43	1.05
2011	2,681	74,819	27.91	11.54	1.03	1.09
2012	2,542	68,307	26.87	11.10	0.99	1.05
2013	2,390	52,276	21.87	9.77	0.81	0.92
2014	2,658	64,878	24.41	9.09	0.90	0.86
2015	2,669	58,061	21.75	9.45	0.80	0.89
2016	2,807	60,666	21.61	10.61	0.80	1.00
2017	2,334	56,007	24.00	10.41	0.88	0.98
2018	2,264	42,502	18.77	9.39	0.69	0.89
2019	2,360	49,150	20.83	9.85	0.77	0.93
2020	2,195	45,659	20.80	9.49	0.77	0.90
2021	2,326	76,325	32.81	11.57	1.21	1.09

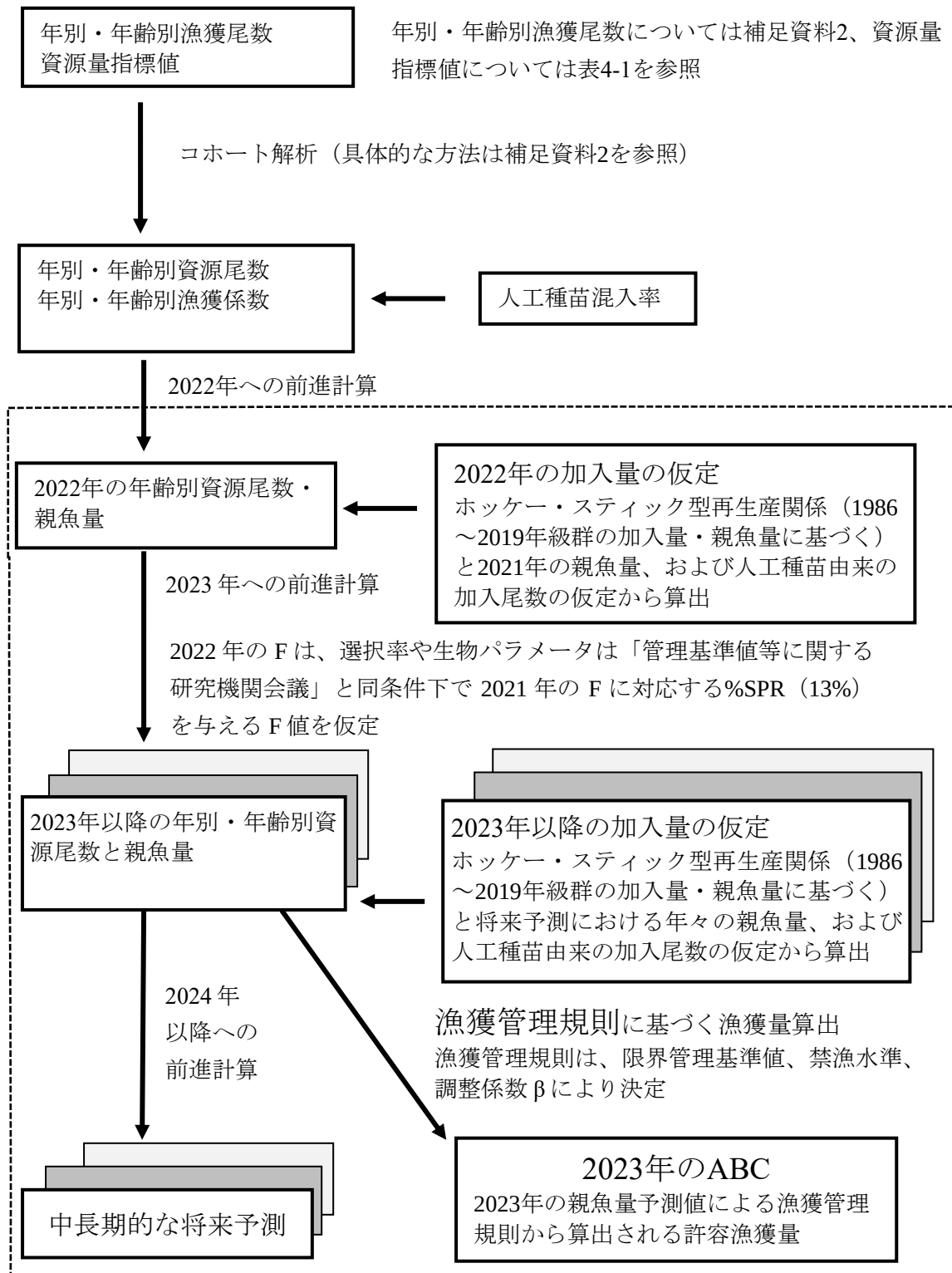
表 4-2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 (千尾)		漁獲 割合 (%)	%SPR	F/Fmsy
				天然 由来	人工 種苗 由来			
1986	5,819	20,176	13,205	14,239	733	29	8.50	2.08
1987	5,879	20,026	13,354	13,749	707	29	8.61	2.11
1988	5,532	19,789	13,161	13,395	689	28	9.06	2.01
1989	5,154	19,817	13,359	12,966	667	26	10.64	1.83
1990	5,111	20,462	13,817	14,154	728	25	11.40	1.76
1991	5,327	21,252	14,356	14,067	724	25	11.55	1.76
1992	5,495	21,936	14,918	13,810	711	25	11.62	1.76
1993	5,754	22,652	15,578	14,637	753	25	10.40	1.84
1994	5,669	23,111	16,076	15,352	790	25	10.17	1.83
1995	5,973	23,548	16,526	15,226	783	25	8.97	1.93
1996	6,555	23,758	16,545	16,968	873	28	8.61	2.03
1997	6,716	23,620	15,598	18,149	934	28	6.96	2.15
1998	6,666	22,986	14,970	17,236	887	29	7.26	2.15
1999	6,830	22,134	14,383	15,149	779	31	6.47	2.28
2000	5,964	20,620	13,559	13,349	687	29	8.17	2.07
2001	5,512	19,871	13,093	12,820	712	28	9.47	1.93
2002	5,561	19,908	12,983	13,681	802	28	8.61	1.99
2003	5,123	19,912	13,008	14,075	559	26	11.05	1.79
2004	5,729	20,754	13,493	14,193	1,211	28	9.61	1.94
2005	5,665	21,136	13,744	14,234	1,547	27	10.18	1.86
2006	6,265	22,095	14,168	16,174	2,011	28	8.82	2.01
2007	6,710	22,689	14,344	16,571	1,256	30	7.69	2.12
2008	6,505	22,461	14,538	15,448	809	29	8.40	2.06
2009	6,472	22,287	14,638	15,717	732	29	8.25	2.09
2010	5,610	22,009	14,586	15,268	688	25	10.77	1.79
2011	7,065	22,879	15,177	16,130	179	31	7.05	2.25
2012	6,568	21,726	14,416	13,902	1,346	30	6.66	2.23
2013	5,506	20,832	13,929	15,625	525	26	9.45	1.91
2014	5,965	21,441	13,752	16,816	678	28	7.84	2.04
2015	6,291	21,703	13,716	16,834	1,012	29	6.88	2.14
2016	6,297	21,463	13,618	17,266	531	29	6.91	2.16
2017	6,188	21,046	13,333	17,397	345	29	7.06	2.16
2018	6,582	20,764	13,123	17,191	543	32	6.59	2.32
2019	6,629	20,414	12,359	17,645	264	32	5.96	2.37
2020	5,889	20,043	11,843	18,112	284	29	8.34	2.07
2021	5,217	21,049	12,075	17,581	432	25	12.51	1.64

表 4-3. 人工種苗の放流尾数、混入率と添加効率

放流年	放流数 (万尾)	翌年		放流魚加入数 (万尾)	添加効率 (1歳加入)
		1歳魚資源尾数 (万尾)	混入率 (%)		
1985	456.4	1,497.1			
1986	558.4	1,445.6			
1987	679.7	1,408.4			
1988	345.3	1,363.3			
1989	495.3	1,488.2			
1990	583.3	1,479.0			
1991	540.0	1,452.1			
1992	611.5	1,539.0			
1993	663.3	1,614.1			
1994	651.9	1,600.9			
1995	681.4	1,784.1			
1996	869.1	1,908.2			
1997	890.4	1,812.3			
1998	900.0	1,592.8			
1999	913.6	1,403.5			
2000	888.7	1,353.2	5.3	71.2	0.08
2001	777.3	1,448.4	5.5	80.2	0.10
2002	767.3	1,463.4	3.8	55.9	0.07
2003	807.5	1,540.3	7.9	121.1	0.15
2004	779.0	1,578.1	9.8	154.7	0.20
2005	789.5	1,818.5	11.1	201.1	0.25
2006	706.5	1,782.7	7.0	125.6	0.18
2007	684.2	1,625.7	5.0	80.9	0.12
2008	523.6	1,644.9	4.5	73.2	0.14
2009	575.5	1,595.5	4.3	68.8	0.12
2010	501.7	1,630.9	1.1	17.9	0.04
2011	449.0	1,524.8	8.8	134.6	0.30
2012	418.8	1,615.1	3.3	52.5	0.13
2013	330.6	1,749.4	3.9	67.8	0.21
2014	307.4	1,784.7	5.7	101.2	0.33
2015	317.4	1,779.7	3.0	53.1	0.17
2016	272.4	1,774.2	1.9	34.5	0.13
2017	285.6	1,773.4	3.1	54.3	0.19
2018	280.4	1,791.0	1.5	26.4	0.09
2019	285.0	1,839.5	1.5	28.4	0.10
2020	273.2	1,801.3	2.4	43.2	0.16
2021	未集計	-	-	-	-

補足資料 1 資源評価の流れ



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

(http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html)

補足資料 2 計算方法

(1) 年別年齢別漁獲尾数の推定とコホート解析に用いたパラメータ

年齢別漁獲尾数は、鳥取県、島根県、山口県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、鹿児島県の各県で推定された。各県によって推定される年齢組成の最高齢が異なるため、7 歳以上の漁獲尾数を 7+歳として集計した。なお、1993 年頃から各地で 0 歳魚の捕獲が禁止されたため、資源への漁獲加入年齢は 1 歳魚とし、解析では 0 歳魚を除外した。自然死亡係数 M は、島本（1999）に従い、1 歳魚で 0.24、2 歳魚以上で 0.17 とした。成長に関するパラメータは、従来本系群に用いられてきた以下の式に従った。

$$\begin{aligned} \text{成長式} &: FL_t = 78.14 \times (1 - e^{-0.1423 \times (t + 0.35)}) \\ \text{尾叉長－体重関係式} &: BW = 0.0382 \times FL^{2.825} \end{aligned}$$

ここで FL_t : t 歳時の尾叉長 (cm)、 BW : 体重 (g)、 FL : 尾叉長 (cm)

なお、各年齢時の体重は、年の中間時点の値とするため、各齢に 0.5 歳を足した計算値とした。また、7+歳の体重は、7～20 歳が全減少係数=0.5 で減少すると仮定して得られた個体数割合を用いた加重平均である 3,531 g とした。この年齢群に充てるべき体重は、年齢組成の変動を考慮して毎年更新されるべきであるが、現時点では、年齢組成推定精度にばらつきがあること、過去にさかのぼったデータの精査ができないことから、年によらず一定の数値を用いた。

(2) 資源量推定法

1986 年以降に得られた年齢別漁獲尾数と本系群が対象とする海域における漁獲量を用いてコホート解析を行った。コホート計算に用いた生物パラメータを補足表 2-1 に示す。

最新年を除く y 年 a 歳 (0～5 歳) の資源尾数 ($N_{a,y}$) および漁獲係数 ($F_{a,y}$) は、それぞれ以下の式で求めた (平松 2001)。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M_a) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right) \quad (1 \leq a \leq 5) \quad (1)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (1 \leq a \leq 5) \quad (2)$$

なお、 $C_{a,y}$ は y 年 a 歳の漁獲尾数である。

7 歳以上はプラスグループ (7+) であり、6 歳と 7+歳の漁獲係数は等しいと仮定して、6 歳魚以上の資源尾数を以下の式で求めた。

$$N_{6,y} = \left(\frac{C_{6,y}}{(C_{6,y} + C_{7+,y})}\right) N_{7+,y+1} \exp(M_6) + C_{6,y} \exp\left(\frac{M_6}{2}\right) \quad (3)$$

$$N_{7+,y} = \left(\frac{C_{7+,y}}{C_{6,y}}\right) N_{6,y} \quad (4)$$

最新年の資源尾数は、以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = \frac{c_{a,y}}{1 - \exp(-F_{a,y})} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right) \quad (1 \leq a \leq 7^+) \quad (5)$$

$F_{6,y}$ は、 y 年における CPUE の観測値 u_y （島根県大型定置網で漁獲されるマダイの標準化 CPUE (kg/日・社)、数値は表 4-1 参照) を使用したチューニングコホート解析により推定した (平松 2001)。対数変換した u_y は、次のような正規分布の確率変数であると仮定した。

$$\ln(u_y) = \ln q \sum_a (N_{a,y} W_a) + \varepsilon_y \quad \text{なお、} \varepsilon_y \sim N(0, \sigma^2) \quad (6)$$

W_a は a 歳の平均体重である。

q は漁具能率であり、チューニングに使用した調査の年数を T 年とすると (7) 式により求められる。

$$q = \exp\left(\frac{\sum_y \ln(u_y) - b \sum_y \ln(\sum_a (N_{a,y} W_a))}{T}\right) \quad (7)$$

チューニングコホート解析で推定する資源量より求めた CPUE の理論値と CPUE の観測値のトレンドが最も一致するように、(8) 式を最小とするパラメータを推定した。

$$SS = \sum_y \left(\ln(u_y) - \ln(q \sum_a (N_{a,y} W_a)) \right)^2 \quad (8)$$

ただし、コホート解析において最近年の加入量は過少もしくは過大に推定されることが多く、本解析でも上記の方法で推定した 2021 年の 1 歳魚の資源尾数は著しく多く算出された。この値をそのまま将来予測に利用すると、過度に楽観的な値が導かれるリスクがあるため、本年度評価においては、2021 年の 1 歳魚の資源尾数は 2018～2020 年の平均である 1801 万尾とし、2021 年 1 歳魚の F は (2) 式を用いて推定した。

親魚量は 1 歳以上の資源尾数に平均体重と成熟率 (fra 、補足表 2-1) をかけることで求めた。

$$SB_y = \sum_{a=1}^{7^+} N_{a,y} W_a fra \quad (9)$$

(3) 混入率および天然由来、人工種苗由来の加入尾数の推定

y 年における人工種苗由来の加入尾数 Ra_y は、以下の式で計算される。

$$Ra_y = N_{1,y} \times \text{人工種苗混入率}$$

また、添加効率とは全ての放流尾数のうち、生き残って資源に添加された尾数の割合で、以下の式で計算される。

$$\text{添加効率} = \frac{Ra_y}{y-1 \text{ 年の人工種苗放流尾数}}$$

天然由来加入尾数 Rn_y は、 $N_{1,y}$ から Ra_y を減じることで求めた。

$$Rn_y = N_{1,y} - Ra_y$$

(4) YPR、SPR の解析

加入あたり漁獲量 (YPR) と加入あたり親魚量 (SPR) は、以下の式で求めた。

$$\begin{aligned} YPR &= \sum_{a=1}^{\infty} S_a W_a \exp(-M_a/2) (1 - \exp(-F_a)) \\ SPR &= \sum_{a=0}^{\infty} f r_a S_a W_a \\ S_{a+1} &= S_a \exp(-F_a - M_a) \quad (\text{ただし } S_0=1) \end{aligned}$$

ここで、 S_a は a 歳における生残率、 $f r_a$ は a 歳の雌の成熟割合を示す。

(5) モデル診断結果

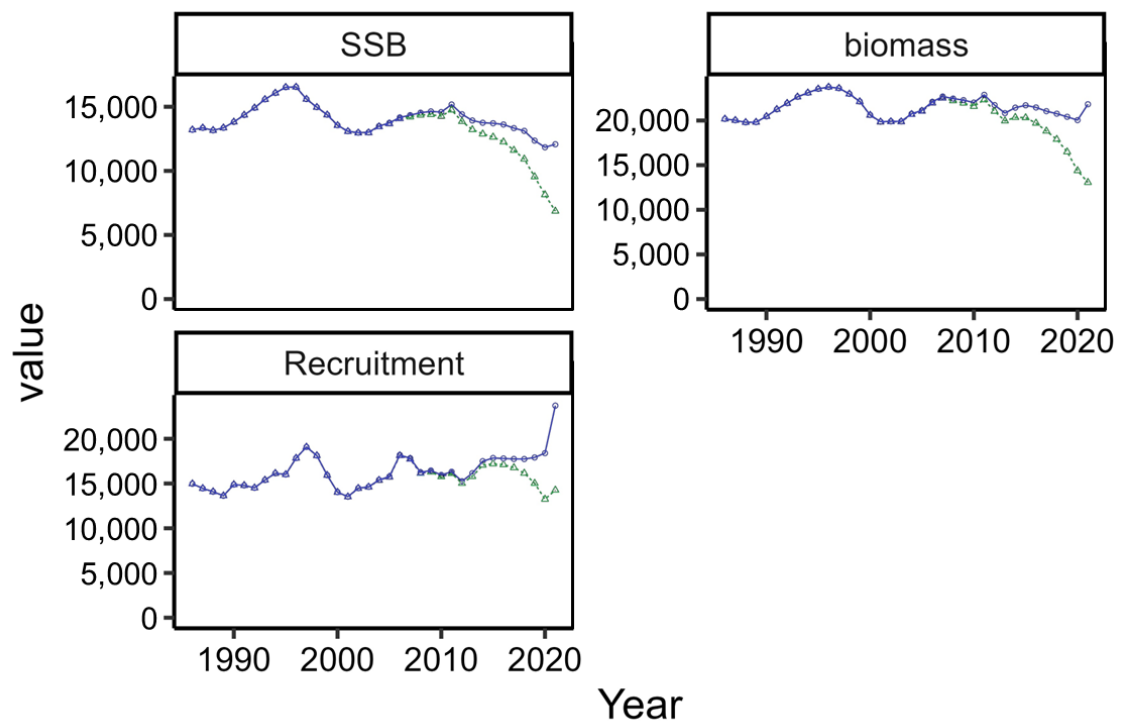
「令和 4 (2022) 年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針 (FRA-SA2022-ABCWG02-03)」に従い、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。

チューニングの有無による VPA 結果の違いを補足図 2-1 に、チューニングにおけるモデル診断結果を補足図 2-2 に、資源解析とその結果における年別年齢別漁獲尾数、年齢別漁獲係数、年齢別資源尾数、年齢別資源量をそれぞれ補足表 2-2～5 に示した。

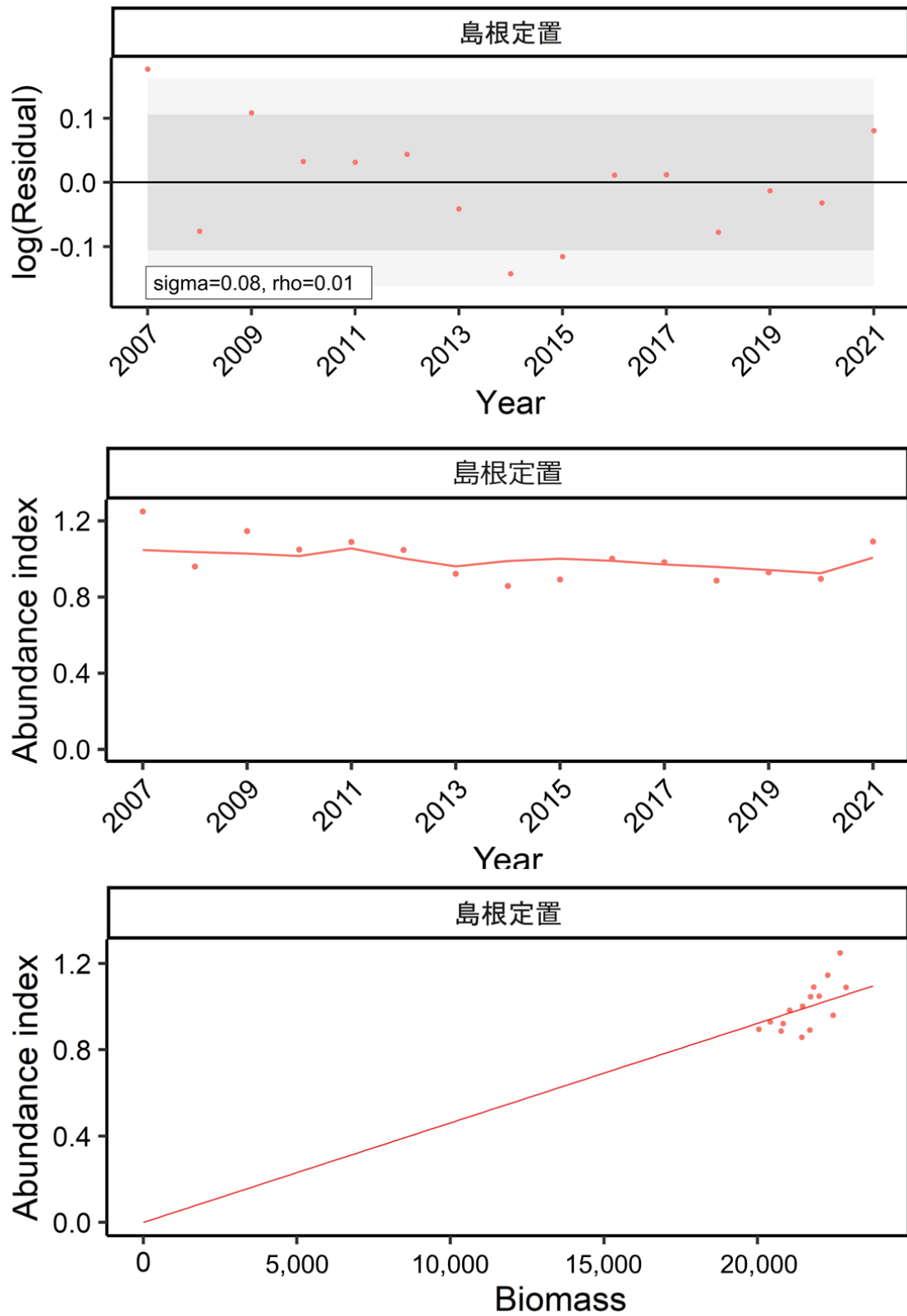
資源量、親魚量および加入尾数におけるレトロスペクティブ解析結果を補足図 2-3 に示した。資源量の解析では、2017～2021 年の推定値はわずかに上方修正された。親魚量の解析では、大きな修正は認められなかった。加入尾数の解析では、各年の最近年で急な減少や増加がみられ、毎年上方修正される傾向が認められた。

引用文献

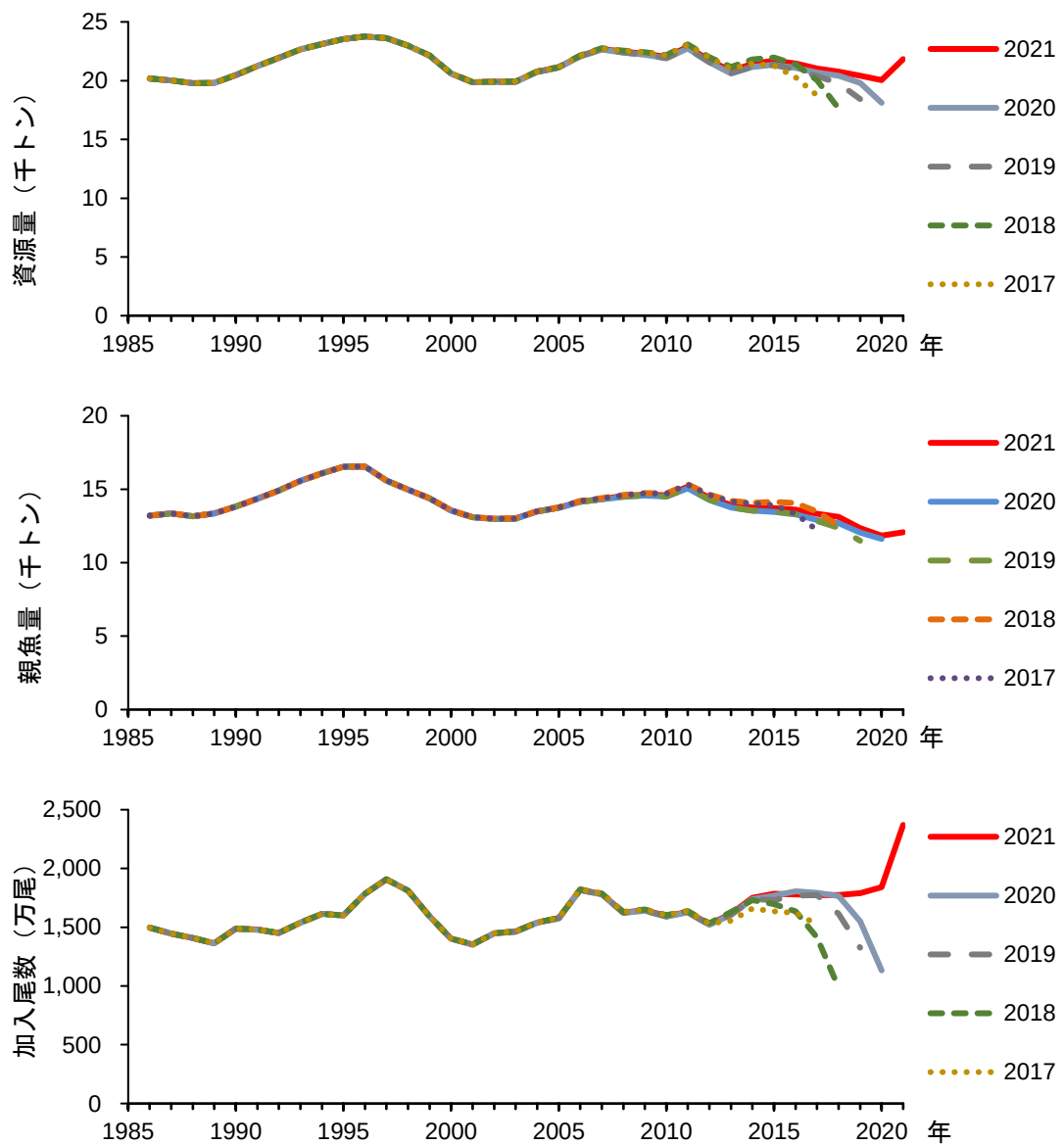
- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—, 日本水産資源保護協会, 104-128.
- 資源評価高度化作業部会 (2022) 令和 4 (2022) 年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針. FRA-SA2022-ABCWG02-03.
- 島本信夫 (1999) 瀬戸内海東部海域におけるマダイの資源変動および栽培漁業に関する研究. 兵庫水試研報, 35, 43-112.



補足図 2-1. チューニングの有り (○) と無し (△) による VPA の結果



補足図 2-2. チューニング VPA のモデル診断結果



補足図 2-3. 資源量、親魚量、1歳資源尾数のレトロスペクティブ解析結果 凡例の数字はコホート解析の最終年を示す。

補足表 2-1. コホート計算に用いた年齢別平均体重、成熟率および自然死亡係数 (M)

年齢	平均体重		自然死亡	年齢	平均体重		自然死亡
	(kg)	成熟率	係数 (M)		(kg)	成熟率	係数 (M)
1	0.136	0	0.24	5	1.694	1.0	0.17
2	0.382	0	0.17	6	2.230	1.0	0.17
3	0.742	0.5	0.17	7+	3.531	1.0	0.17
4	1.189	1.0	0.17				

補足表 2-2. 資源解析結果 年齢別漁獲尾数 (千尾)

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	合計
1986	4,290	2,680	1,853	525	277	225	352	10,201
1987	3,902	2,364	1,716	577	314	274	380	9,527
1988	3,913	2,286	1,806	525	273	247	325	9,375
1989	3,297	2,174	1,708	481	259	235	303	8,459
1990	3,670	2,308	1,452	479	259	214	331	8,712
1991	3,542	2,485	1,417	504	275	229	359	8,812
1992	3,494	2,516	1,457	543	291	245	366	8,912
1993	4,252	2,789	1,566	575	274	241	358	10,055
1994	4,827	2,874	1,553	535	259	222	338	10,608
1995	4,817	3,013	1,726	560	268	246	345	10,975
1996	4,452	3,025	1,652	518	323	297	493	10,761
1997	5,265	4,567	1,727	587	283	181	395	13,004
1998	4,723	4,395	1,646	609	302	181	421	12,276
1999	3,715	4,479	1,946	666	325	176	406	11,714
2000	2,938	3,449	1,817	612	296	147	380	9,639
2001	2,152	2,997	1,837	562	322	159	323	8,353
2002	3,328	3,070	1,684	720	316	149	273	9,539
2003	3,169	2,347	1,422	616	344	151	308	8,358
2004	3,447	2,754	1,664	725	376	158	318	9,442
2005	3,377	2,878	1,676	730	389	148	285	9,483
2006	3,961	3,375	1,883	691	411	202	303	10,826
2007	4,242	4,650	1,745	657	408	214	315	12,232
2008	3,824	4,077	1,664	606	402	218	370	11,161
2009	4,011	3,735	1,621	699	392	224	369	11,050
2010	3,220	3,391	1,475	643	349	186	286	9,551
2011	4,097	3,848	1,854	737	465	247	410	11,657
2012	4,008	4,098	1,878	645	378	211	336	11,554
2013	3,211	3,220	1,523	535	329	165	325	9,308
2014	4,119	4,070	1,785	556	315	153	280	11,278
2015	4,605	4,527	1,933	561	313	143	280	12,361
2016	4,723	4,590	1,773	505	286	133	341	12,351
2017	4,761	4,576	1,615	506	293	133	340	12,223
2018	3,884	4,226	1,690	549	394	219	390	11,352
2019	3,946	4,796	2,028	557	303	174	337	12,142
2020	2,863	3,955	1,857	513	329	174	299	9,990
2021	3,422	3,852	1,769	434	222	111	235	10,045

補足表 2-3. 資源解析結果 年齢別漁獲係数 (F)

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	%SPR
1986	0.39	0.44	0.54	0.29	0.25	0.35	0.35	8.5
1987	0.36	0.39	0.54	0.31	0.27	0.40	0.40	8.6
1988	0.38	0.38	0.57	0.30	0.23	0.34	0.34	9.1
1989	0.32	0.37	0.52	0.27	0.23	0.30	0.30	10.6
1990	0.33	0.39	0.44	0.26	0.22	0.29	0.29	11.4
1991	0.31	0.39	0.42	0.26	0.22	0.31	0.31	11.5
1992	0.32	0.39	0.40	0.27	0.23	0.31	0.31	11.6
1993	0.37	0.45	0.43	0.26	0.21	0.29	0.29	10.4
1994	0.41	0.47	0.48	0.25	0.17	0.25	0.25	10.2
1995	0.41	0.49	0.56	0.30	0.18	0.24	0.24	9.0
1996	0.33	0.50	0.54	0.31	0.28	0.31	0.31	8.6
1997	0.37	0.68	0.59	0.35	0.27	0.24	0.24	7.0
1998	0.35	0.62	0.54	0.40	0.30	0.26	0.26	7.3
1999	0.31	0.66	0.60	0.42	0.38	0.28	0.28	6.5
2000	0.27	0.52	0.60	0.37	0.32	0.28	0.28	8.2
2001	0.20	0.49	0.57	0.36	0.32	0.27	0.27	9.5
2002	0.30	0.48	0.55	0.44	0.34	0.24	0.24	8.6
2003	0.28	0.36	0.42	0.38	0.37	0.26	0.26	11.1
2004	0.29	0.42	0.45	0.37	0.40	0.28	0.28	9.6
2005	0.28	0.42	0.48	0.35	0.34	0.26	0.26	10.2
2006	0.28	0.49	0.53	0.35	0.33	0.29	0.29	8.8
2007	0.31	0.63	0.50	0.34	0.35	0.28	0.28	7.7
2008	0.31	0.57	0.47	0.31	0.35	0.31	0.31	8.4
2009	0.32	0.57	0.45	0.35	0.32	0.32	0.32	8.3
2010	0.26	0.50	0.44	0.31	0.29	0.24	0.24	10.8
2011	0.33	0.57	0.55	0.40	0.37	0.33	0.33	7.0
2012	0.35	0.66	0.58	0.36	0.35	0.27	0.27	6.7
2013	0.25	0.54	0.54	0.31	0.30	0.25	0.25	9.5
2014	0.31	0.60	0.63	0.37	0.29	0.21	0.21	7.8
2015	0.34	0.67	0.62	0.39	0.35	0.20	0.20	6.9
2016	0.36	0.70	0.58	0.31	0.35	0.24	0.24	6.9
2017	0.36	0.71	0.55	0.31	0.28	0.26	0.26	7.1
2018	0.28	0.64	0.60	0.35	0.41	0.34	0.34	6.6
2019	0.29	0.69	0.71	0.39	0.31	0.31	0.31	6.0
2020	0.19	0.52	0.60	0.37	0.40	0.29	0.29	8.3
2021	0.24	0.43	0.45	0.26	0.27	0.22	0.22	13.3

補足表 2-4. 資源解析結果 年齢別資源尾数（千尾）

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	合計
1986	14,971	8,223	4,833	2,277	1,371	825	1,286	33,786
1987	14,456	7,972	4,475	2,376	1,439	903	1,251	32,872
1988	14,084	7,911	4,554	2,200	1,474	925	1,216	32,365
1989	13,633	7,609	4,575	2,184	1,374	993	1,281	31,648
1990	14,882	7,800	4,423	2,290	1,400	921	1,423	33,140
1991	14,790	8,452	4,461	2,397	1,493	944	1,477	34,014
1992	14,521	8,493	4,848	2,462	1,560	1,007	1,502	34,392
1993	15,390	8,324	4,854	2,751	1,578	1,048	1,556	35,501
1994	16,141	8,334	4,461	2,657	1,793	1,080	1,647	36,113
1995	16,009	8,416	4,391	2,337	1,750	1,275	1,787	35,965
1996	17,841	8,321	4,333	2,119	1,457	1,231	2,041	37,341
1997	19,082	10,086	4,241	2,138	1,312	932	2,033	39,825
1998	18,123	10,341	4,314	1,992	1,265	847	1,974	38,855
1999	15,928	10,067	4,688	2,128	1,121	790	1,827	36,549
2000	14,035	9,235	4,379	2,167	1,183	647	1,674	33,320
2001	13,532	8,435	4,623	2,025	1,266	727	1,474	32,082
2002	14,484	8,736	4,363	2,213	1,192	772	1,413	33,174
2003	14,634	8,442	4,551	2,134	1,205	716	1,456	33,139
2004	15,403	8,701	4,966	2,533	1,234	701	1,411	34,950
2005	15,781	9,060	4,811	2,661	1,471	696	1,345	35,824
2006	18,185	9,418	5,000	2,519	1,575	884	1,325	38,905
2007	17,827	10,792	4,846	2,488	1,490	951	1,399	39,794
2008	16,257	10,261	4,833	2,485	1,496	883	1,497	37,712
2009	16,449	9,397	4,912	2,549	1,540	893	1,468	37,207
2010	15,955	9,381	4,497	2,655	1,509	939	1,447	36,384
2011	16,309	9,694	4,800	2,439	1,650	952	1,579	37,424
2012	15,248	9,196	4,645	2,347	1,381	965	1,532	35,313
2013	16,151	8,439	3,994	2,193	1,388	817	1,604	34,587
2014	17,494	9,857	4,162	1,971	1,359	868	1,593	37,304
2015	17,847	10,108	4,578	1,872	1,152	857	1,679	38,093
2016	17,797	9,955	4,369	2,087	1,064	685	1,751	37,709
2017	17,742	9,811	4,183	2,058	1,296	636	1,620	37,345
2018	17,734	9,733	4,074	2,045	1,272	825	1,468	37,151
2019	17,910	10,505	4,330	1,885	1,221	711	1,375	37,937
2020	18,395	10,588	4,458	1,790	1,078	753	1,290	38,352
2021	18,013	11,932	5,300	2,055	1,039	608	1,289	40,234

補足表 2-5. 資源解析結果 年齢別資源量 (トン)

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	合計
1986	2,038	3,139	3,586	2,708	2,323	1,839	4,542	20,176
1987	1,968	3,043	3,321	2,826	2,437	2,013	4,418	20,026
1988	1,918	3,020	3,379	2,617	2,497	2,063	4,294	19,789
1989	1,856	2,905	3,394	2,597	2,328	2,214	4,523	19,817
1990	2,026	2,978	3,282	2,724	2,373	2,053	5,026	20,462
1991	2,014	3,226	3,310	2,851	2,529	2,105	5,216	21,252
1992	1,977	3,242	3,597	2,929	2,642	2,245	5,304	21,936
1993	2,095	3,178	3,602	3,272	2,674	2,338	5,493	22,652
1994	2,198	3,182	3,310	3,160	3,038	2,409	5,815	23,111
1995	2,180	3,213	3,258	2,779	2,965	2,844	6,308	23,548
1996	2,429	3,177	3,215	2,521	2,468	2,744	7,205	23,758
1997	2,598	3,850	3,147	2,543	2,223	2,079	7,180	23,620
1998	2,468	3,948	3,201	2,369	2,143	1,888	6,969	22,986
1999	2,169	3,843	3,478	2,531	1,899	1,762	6,452	22,134
2000	1,911	3,526	3,249	2,578	2,004	1,443	5,909	20,620
2001	1,843	3,220	3,430	2,409	2,145	1,620	5,204	19,871
2002	1,972	3,335	3,237	2,632	2,021	1,722	4,989	19,908
2003	1,993	3,223	3,377	2,538	2,042	1,597	5,143	19,912
2004	2,097	3,322	3,685	3,013	2,091	1,563	4,983	20,754
2005	2,149	3,459	3,569	3,165	2,492	1,553	4,749	21,136
2006	2,476	3,595	3,710	2,996	2,669	1,970	4,678	22,095
2007	2,427	4,120	3,596	2,960	2,525	2,120	4,941	22,689
2008	2,214	3,917	3,586	2,956	2,534	1,969	5,285	22,461
2009	2,240	3,587	3,644	3,032	2,609	1,990	5,184	22,287
2010	2,172	3,581	3,337	3,158	2,557	2,094	5,108	22,009
2011	2,221	3,701	3,562	2,901	2,795	2,124	5,575	22,879
2012	2,076	3,511	3,446	2,792	2,340	2,151	5,410	21,726
2013	2,199	3,222	2,964	2,609	2,351	1,823	5,664	20,832
2014	2,382	3,763	3,088	2,344	2,303	1,936	5,624	21,441
2015	2,430	3,859	3,396	2,227	1,952	1,911	5,927	21,703
2016	2,423	3,800	3,242	2,482	1,804	1,527	6,184	21,463
2017	2,416	3,745	3,103	2,448	2,197	1,418	5,719	21,046
2018	2,415	3,716	3,023	2,433	2,155	1,839	5,185	20,764
2019	2,439	4,010	3,213	2,242	2,070	1,585	4,855	20,414
2020	2,505	4,042	3,307	2,129	1,827	1,678	4,555	20,043
2021	2,453	4,555	3,933	2,444	1,760	1,355	4,550	21,049

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

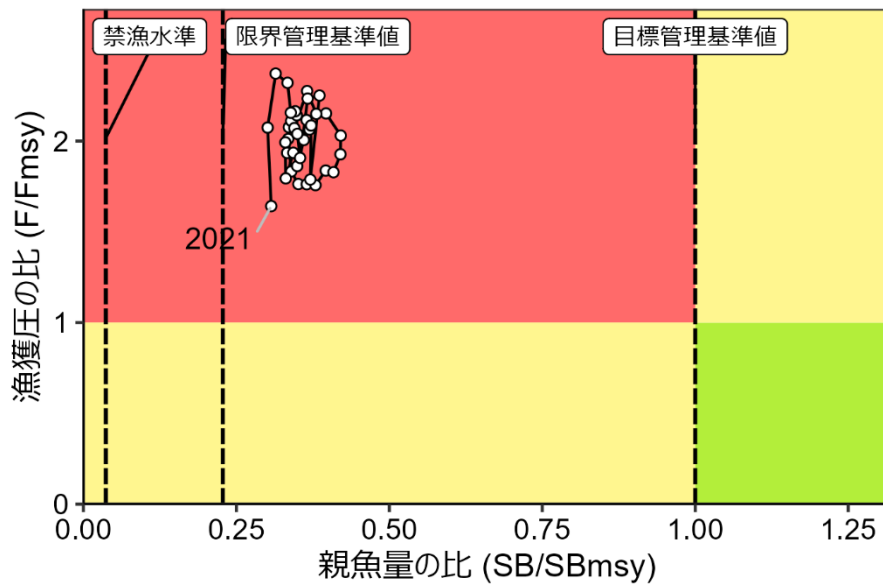
令和 3 年 11 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 393 百トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy : 90 百トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy : 14 百トン) を用いることが提案されている (下瀬ほか 2021、補足表 6-2)。この推定に用いたパラメータ値は補足表 3-1 に示す。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。コホート解析により得られた 2021 年の親魚量 (SB2021 : 121 百トン) は限界管理基準値案および禁漁水準案を上回るが目標管理基準値案を下回る。本系群における漁獲圧は、1986 年以降 2021 年まで MSY を実現する漁獲圧を上回っていたと判断される (補足図 3-1)。

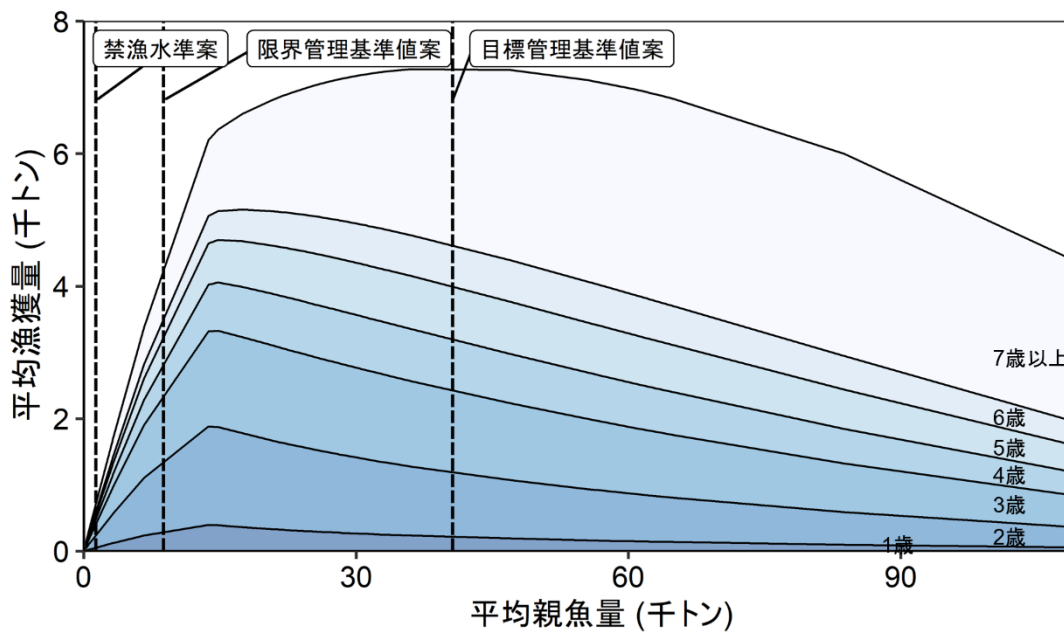
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。親魚量が SBlimit 以下では 2~3 歳魚が多くを占めるが、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられ、SBmsy 達成時には 7 歳以上の漁獲が主体となると推測された。

引用文献

下瀬 環・増渕隆仁・中川雅弘 (2021) 令和 3 (2021) 年度マダイ日本海西部・東シナ海系群の管理基準値案等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-39. FRA-SA2021-BRP05-001.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211124/FRA-SA2021-BRP05-001.pdf (last accessed 6 September 2022)



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



補足図 3-2. 管理基準値案および禁漁水準案と年齢別漁獲量曲線の関係

補足表 3-1. 最大持続生産量 MSY を実現する水準の推定に用いたパラメータ値

年齢	選択率	Fmsy	現状の漁獲圧 (F2022)	平均体重 (kg)	自然死亡係数 (M)	成熟率
1	0.97	0.14	0.33	0.136	0.24	0
2	2.02	0.28	0.68	0.382	0.17	0
3	1.85	0.26	0.62	0.742	0.17	0.5
4	1.07	0.15	0.36	1.189	0.17	1.0
5	1.10	0.16	0.37	1.694	0.17	1.0
6	1.00	0.14	0.34	2.230	0.17	1.0
7+	1.00	0.14	0.34	3.531	0.17	1.0

補足資料 4 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2021 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2023～2053 年の将来予測計算を行った（補足資料 5）。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、1,000 回の繰り返し計算を行った。また本系群においては継続して種苗放流が行われているため、現状の放流が継続される場合として、人工種苗由来の 1 歳魚の 2017～2021 年平均加入尾数を毎年の加入量に加算した条件での予測も行った。

2022 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2021）から仮定した。2020 年以降の漁獲圧は、新型コロナウイルス感染症の蔓延の影響を受け、2019 年以前よりも低い水準にあり、その状況は 2022 年も継続しているものと判断される。そのため、現状の漁獲圧は、管理基準値案を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）の条件下で、今年度評価における 2020 年と 2021 年の漁獲圧の平均に対応する %SPR を与える F 値とした。2023 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では「漁獲管理規則案での漁獲開始から 10 年後の 2032 年に、 β が 0.9 以下であれば 50%以上の確率で目標管理基準値を上回ると予測された」とされている。

(3) 2023 年の予測値

漁獲管理規則に基づき試算された 2023 年の平均漁獲量は、再生産関係による加入のみの場合、 β を 0.8 とした場合には 3,050 トン、 β を 1.0 とした場合には 3,740 トンであった（補足表 6-4a）。現状の放流を想定した場合には、2023 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 3,070 トン、 β を 1.0 とした場合には 3,770 トンであった（補足表 6-4b）。2023 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも目標管理基準値を下回り、どちらの場合でも平均 155 百トンと見込まれた。

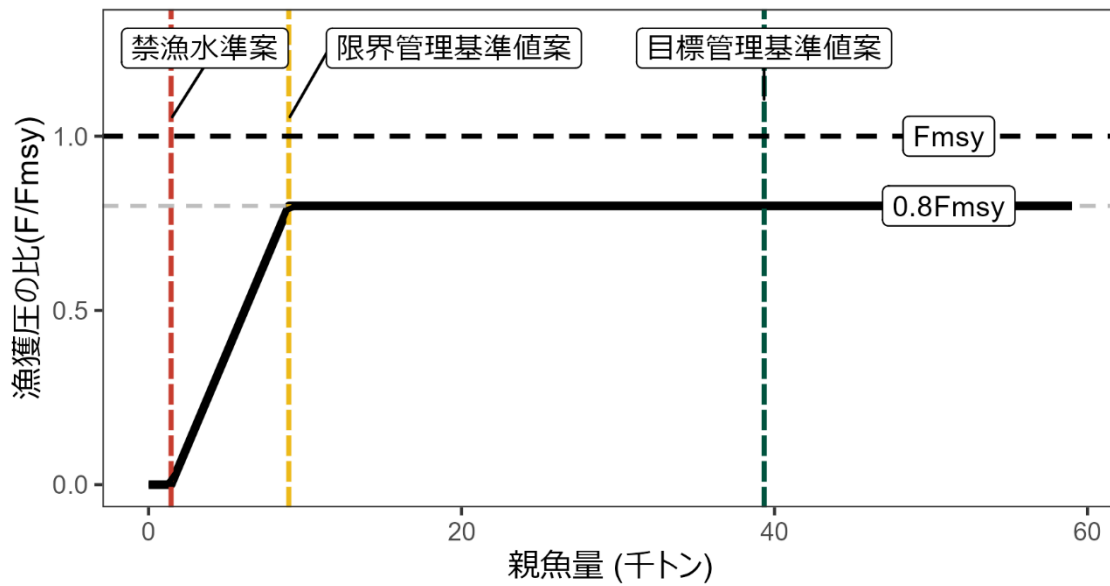
(4) 2024 年以降の予測

2024 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2、4-3 および補足表 4-1～4-4 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、再生産関係による加入のみの場合（補足図 4-2、補足表 4-1a、4-2a、4-3a、4-4a）では 2033 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 491 百トン（90%予測区間は 445 百～538 百トン）であり、 β を 1.0 とした場

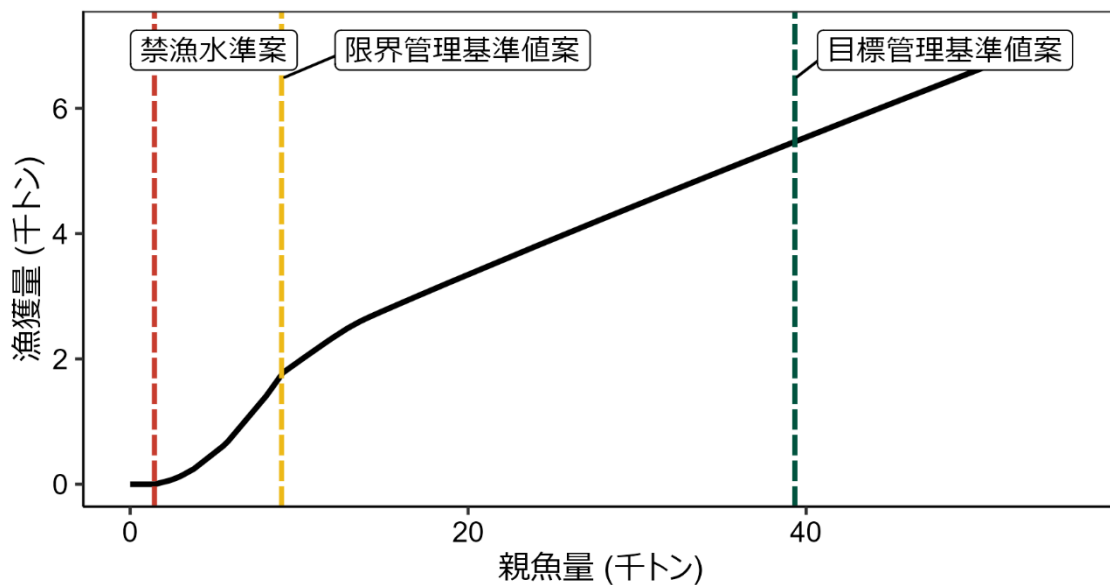
合には 394 百トン（90%予測区間は 355 百～431 百トン）である（補足表 6-5a）。予測値が 2033 年に目標管理基準値案を上回る確率はいずれの β においても 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率はいずれの β においても 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2022）を継続した場合の 2033 年の親魚量の予測値は 162 百トン（90%予測区間は 146 百～178 百トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 0%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

同様に、現状の放流を想定した場合（補足図 4-3、補足表 4-1b、4-2b、4-3b、4-4b）では、2033 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 502 百トン（90%予測区間は 456 百～549 百トン）であり、 β を 1.0 とした場合には 402 百トン（90%予測区間は 364 百～440 百トン）である（補足表 6-5b）。予測値が目標管理基準値案および限界管理基準値案を上回る確率は、いずれの β においても 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2022）を継続した場合の 2033 年の親魚量の予測値は 165 百トン（90%予測区間は 150 百～182 百トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 0%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

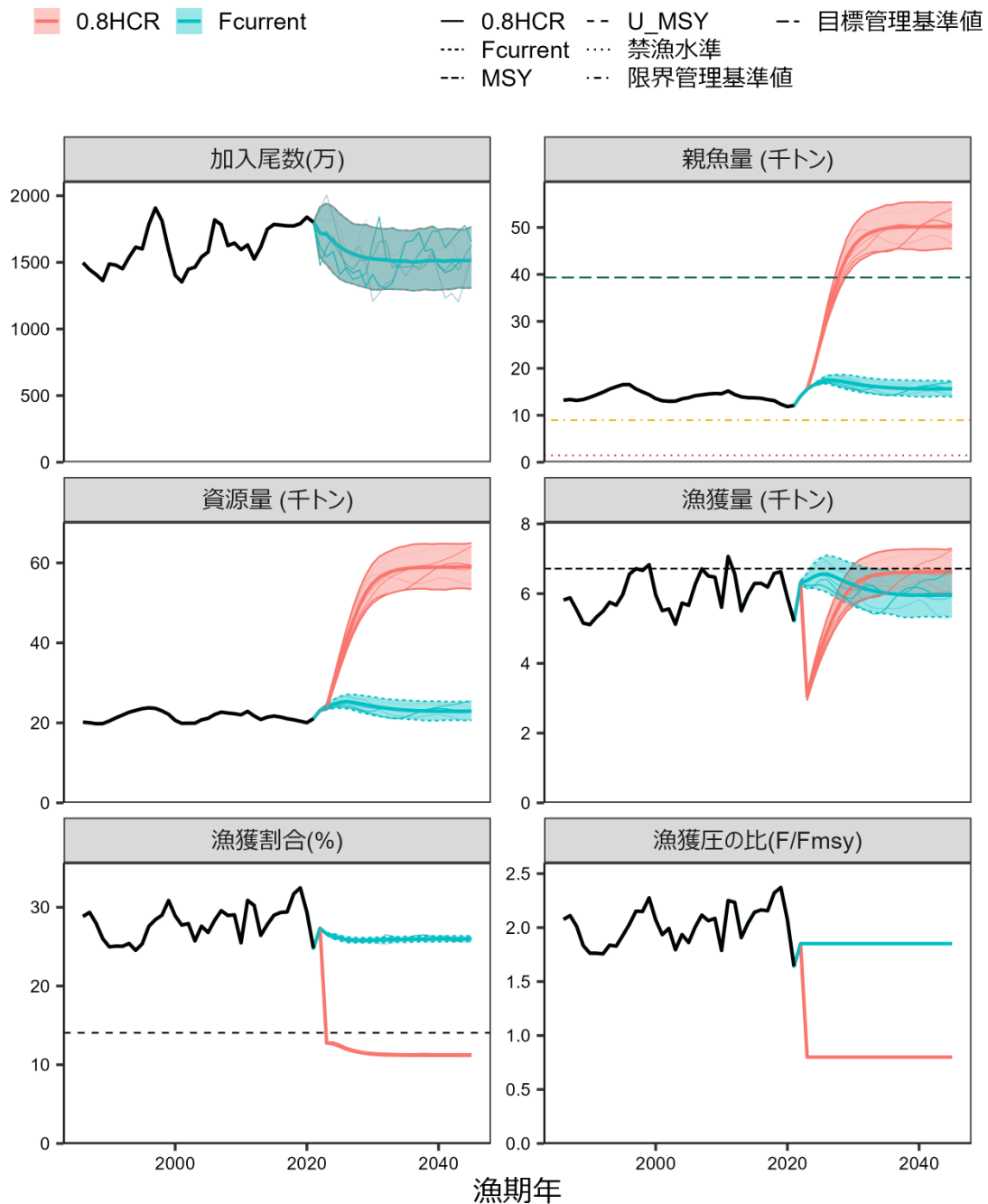
a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

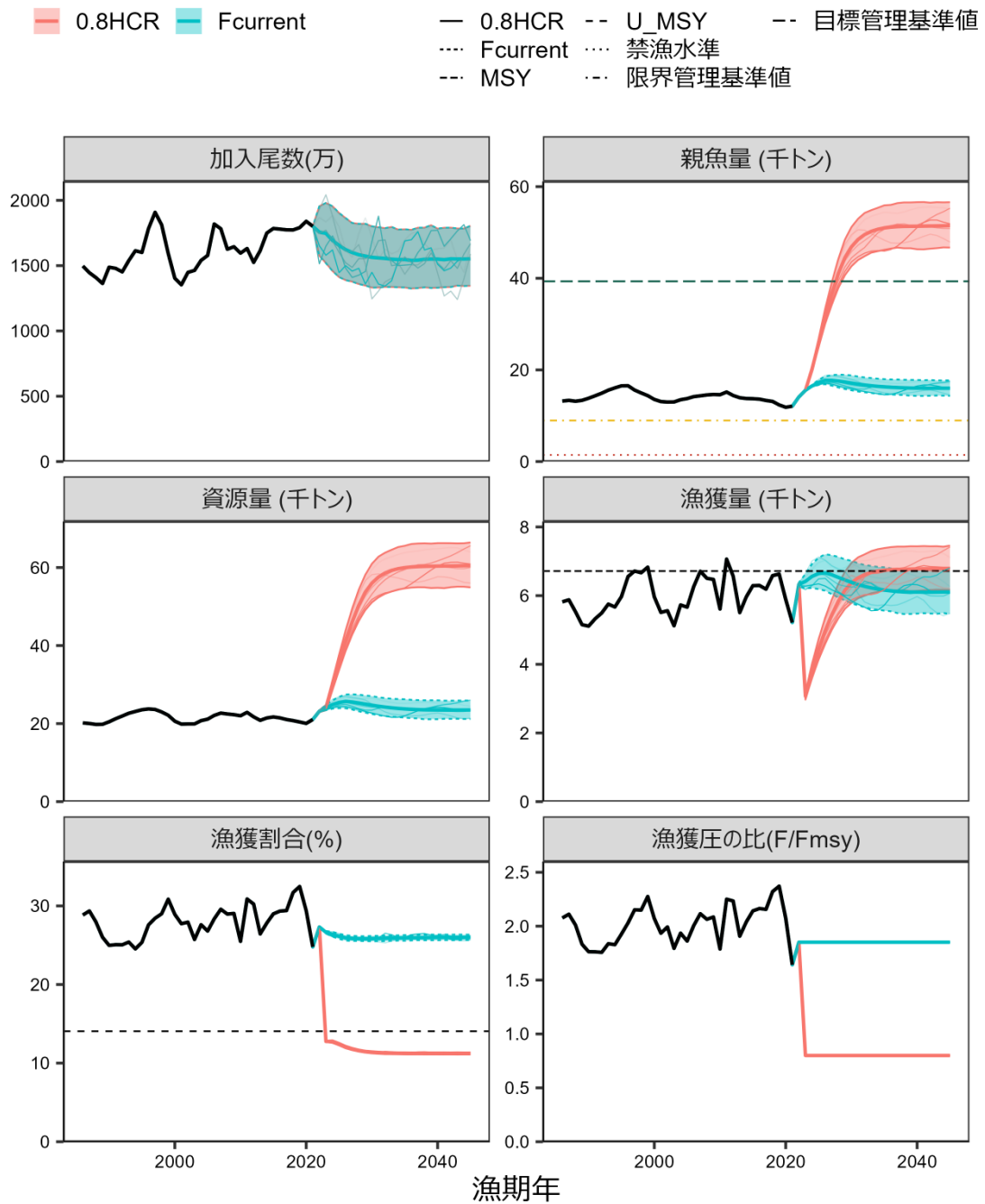


補足図 4-1. 漁獲管理規則案 目標管理基準値案 (SBtarget) は HS 再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線は Fmsy、灰色破線は 0.8Fmsy、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 4-2. 将来の加入量として再生産関係による加入のみを想定した場合の漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧での将来予測（緑色） 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄点線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（ F_{2022} ）により仮定し、2023 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 4-1）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 4-3. 現状の放流を想定した場合の漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧での将来予測（緑色） 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄点線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F_{2022}) により仮定し、2023 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 4-1）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年平均値（37.4 万尾）とした。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	23	37	45	50	51	50
0.9	0	0	0	0	0	0	0	11	59	81	90	94	96	97	98
0.8	0	0	0	0	0	0	2	69	96	100	100	100	100	100	100
0.7	0	0	0	0	0	0	36	98	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	0	0	91	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	0	3	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	0	45	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	0	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b) 現状の放流を想定した場合 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	35	52	61	65	67	65
0.9	0	0	0	0	0	0	0	19	72	90	96	98	98	99	100
0.8	0	0	0	0	0	0	4	80	99	100	100	100	100	100	100
0.7	0	0	0	0	0	0	49	99	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	0	0	95	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	0	6	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	0	57	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	0	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年平均値（37.4 万尾）とした。

補足表 4-2. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

b) 現状の放流を想定した場合 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年平均値（37.4 万尾）とした。

補足表 4-3. 将来の親魚量の平均値の推移

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	12,100	14,100	15,500	19,300	23,700	28,000	31,400	34,300	36,400	37,700	38,600	39,100	39,400	39,400	39,500
0.9	12,100	14,100	15,500	19,700	24,600	29,600	33,700	37,200	39,900	41,600	42,800	43,500	43,900	44,400	44,500
0.8	12,100	14,100	15,500	20,100	25,600	31,300	36,100	40,300	43,700	45,900	47,500	48,500	49,100	50,200	50,300
0.7	12,100	14,100	15,500	20,500	26,600	33,100	38,800	43,800	47,900	50,700	52,700	54,100	55,000	56,900	57,000
0.6	12,100	14,100	15,500	20,900	27,700	35,000	41,600	47,600	52,500	56,100	58,600	60,400	61,600	64,600	64,800
0.5	12,100	14,100	15,500	21,300	28,800	37,000	44,600	51,700	57,600	62,000	65,100	67,500	69,100	73,600	74,000
0.4	12,100	14,100	15,500	21,700	29,900	39,200	47,900	56,100	63,200	68,500	72,500	75,500	77,700	84,100	84,800
0.3	12,100	14,100	15,500	22,100	31,100	41,400	51,400	61,000	69,400	75,900	80,800	84,500	87,400	96,500	97,600
0.2	12,100	14,100	15,500	22,500	32,400	43,800	55,200	66,300	76,300	84,000	90,000	94,700	98,400	111,000	113,000
0.1	12,100	14,100	15,500	23,000	33,700	46,400	59,200	72,100	83,800	93,100	100,000	106,000	111,000	128,000	131,000
0.0	12,100	14,100	15,500	23,400	35,100	49,100	63,600	78,400	92,100	103,000	112,000	119,000	125,000	149,000	153,000
F2022	12,100	14,100	15,500	16,500	17,100	17,500	17,500	17,300	17,000	16,800	16,600	16,300	16,200	15,600	15,600

b) 現状の放流を想定した場合（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	12,100	14,100	15,500	19,400	23,900	28,300	31,900	34,800	37,100	38,500	39,400	39,900	40,200	40,400	40,400
0.9	12,100	14,100	15,500	19,800	24,800	29,900	34,200	37,800	40,600	42,500	43,700	44,400	44,900	45,500	45,600
0.8	12,100	14,100	15,500	20,100	25,800	31,600	36,600	41,000	44,500	46,900	48,500	49,500	50,200	51,400	51,500
0.7	12,100	14,100	15,500	20,500	26,800	33,500	39,300	44,500	48,800	51,700	53,800	55,200	56,200	58,200	58,400
0.6	12,100	14,100	15,500	20,900	27,900	35,400	42,200	48,300	53,500	57,200	59,800	61,700	63,000	66,200	66,400
0.5	12,100	14,100	15,500	21,300	29,000	37,400	45,200	52,500	58,700	63,200	66,500	68,900	70,700	75,400	75,800
0.4	12,100	14,100	15,500	21,700	30,200	39,600	48,500	57,100	64,400	69,900	74,000	77,100	79,400	86,200	86,900
0.3	12,100	14,100	15,500	22,200	31,400	41,900	52,100	62,000	70,700	77,400	82,400	86,300	89,300	98,800	100,000
0.2	12,100	14,100	15,500	22,600	32,700	44,300	55,900	67,400	77,700	85,700	91,900	96,700	101,000	114,000	116,000
0.1	12,100	14,100	15,500	23,000	34,000	46,900	60,000	73,300	85,400	94,900	102,000	109,000	113,000	131,000	134,000
0.0	12,100	14,100	15,500	23,500	35,300	49,700	64,500	79,700	93,800	105,000	114,000	122,000	128,000	152,000	157,000
F2022	12,100	14,100	15,500	16,500	17,200	17,700	17,700	17,600	17,400	17,100	16,900	16,700	16,500	16,000	16,000

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年平均値（37.4 万尾）とした。

補足表 4-4. 将来の漁獲量の平均値の推移

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	5,217	6,320	3,740	4,430	5,020	5,500	5,880	6,190	6,420	6,560	6,650	6,700	6,730	6,730	6,730
0.9	5,217	6,320	3,400	4,110	4,720	5,220	5,640	5,990	6,260	6,430	6,550	6,620	6,660	6,710	6,710
0.8	5,217	6,320	3,050	3,750	4,370	4,900	5,350	5,730	6,030	6,240	6,380	6,470	6,530	6,620	6,630
0.7	5,217	6,320	2,700	3,380	3,990	4,530	4,990	5,400	5,730	5,960	6,120	6,230	6,310	6,460	6,470
0.6	5,217	6,320	2,340	2,980	3,570	4,100	4,570	4,990	5,340	5,590	5,770	5,900	5,980	6,200	6,210
0.5	5,217	6,320	1,970	2,560	3,110	3,610	4,070	4,480	4,840	5,100	5,290	5,430	5,530	5,800	5,830
0.4	5,217	6,320	1,590	2,100	2,600	3,050	3,480	3,870	4,220	4,480	4,670	4,810	4,920	5,240	5,270
0.3	5,217	6,320	1,200	1,620	2,040	2,420	2,790	3,140	3,450	3,690	3,870	4,010	4,110	4,460	4,500
0.2	5,217	6,320	810	1,120	1,420	1,710	1,990	2,260	2,510	2,700	2,850	2,970	3,060	3,400	3,400
0.1	5,217	6,320	410	570	740	900	1,070	1,230	1,370	1,490	1,600	1,700	1,700	1,900	2,000
0.0	5,217	6,320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2022	5,217	6,320	6,370	6,490	6,550	6,560	6,490	6,410	6,320	6,250	6,180	6,130	6,080	5,950	5,950

b) 現状の放流を想定した場合（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	5,217	6,330	3,770	4,480	5,090	5,590	5,980	6,300	6,550	6,700	6,800	6,860	6,890	6,900	6,900
0.9	5,217	6,330	3,420	4,150	4,780	5,300	5,740	6,100	6,380	6,570	6,690	6,770	6,820	6,870	6,870
0.8	5,217	6,330	3,070	3,800	4,430	4,980	5,440	5,830	6,150	6,370	6,520	6,610	6,680	6,790	6,790
0.7	5,217	6,330	2,720	3,420	4,050	4,600	5,080	5,500	5,850	6,090	6,260	6,370	6,450	6,620	6,630
0.6	5,217	6,330	2,350	3,020	3,620	4,160	4,640	5,080	5,450	5,710	5,890	6,030	6,120	6,350	6,370
0.5	5,217	6,330	1,980	2,590	3,150	3,660	4,130	4,570	4,940	5,210	5,410	5,550	5,660	5,950	5,970
0.4	5,217	6,330	1,600	2,130	2,630	3,100	3,540	3,950	4,300	4,570	4,770	4,920	5,030	5,370	5,400
0.3	5,217	6,330	1,210	1,640	2,060	2,460	2,840	3,200	3,520	3,760	3,950	4,100	4,210	4,560	4,600
0.2	5,217	6,330	820	1,130	1,440	1,730	2,020	2,310	2,560	2,760	2,910	3,040	3,100	3,500	3,500
0.1	5,217	6,330	410	580	750	920	1,080	1,250	1,400	1,520	1,600	1,700	1,800	2,000	2,000
0.0	5,217	6,330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2022	5,217	6,330	6,420	6,560	6,640	6,670	6,610	6,530	6,460	6,390	6,320	6,270	6,230	6,100	6,100

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年平均値（37.4 万尾）とした。

補足資料 5 将来予測の方法

将来予測は、「令和 4（2022）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」の 1 系資源の管理規則に従い、令和 3 年 11 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F（F_{msy}）の推定に用いた再生産関係（下瀬ほか 2021）と、補足表 5-1 に示した各種設定（自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重、現状の漁獲圧）を使用して実施した。資源尾数や漁獲量の予測計算には、「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（FRA-SA2022-ABCWG02-04）」に基づき、統計ソフトウェア R（version 4.2.0）および計算パッケージ frasyr（ver.2.2.0.2）を用いた。

また本系群は栽培対象種であり種苗放流が継続的に行われている（表 4-3）。将来予測において種苗放流を考慮する場合では、将来の人工種苗由来の加入尾数として 2017～2021 年の 1 歳魚の平均加入尾数（37.4 万尾）を毎年の加入量に加算して予測を行った。

将来予測における 1～6 歳魚の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1} - F_{a-1,y-1}) \quad (a = 1, \dots, 6)$$

7 歳魚以上のプラスグループの資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{7+,y} = N_{6,y-1} \exp(-M_{6,y-1} - F_{6,y-1}) + N_{7+,y-1} \exp(-M_{7+,y-1} - F_{7+,y-1})$$

将来予測における漁獲圧（F）は 1 系資源の漁獲管理規則に従い、以下の式で求めた。

$$F_{a,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t < SB_{ban} \\ \beta \gamma(SB_t) F_{msy} & \text{if } SB_{ban} \leq SB_t < SB_{limit} \\ \beta F_{msy} & \text{if } SB_t \geq SB_{limit} \end{cases}$$

$$\gamma(SB_y) = \frac{SB_y - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

ここで、SB_y は y 年の親魚量、F_{msy} および SB_{target}、SB_{limit}、SB_{ban} はそれぞれ補足表 6-2 に案として示した親魚量の基準値である。

また、各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

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

将来予測における資源量および漁獲量は、ここで求めた資源尾数または漁獲尾数に補足表 5-1 の平均体重を乗じて求め、親魚量はこの資源量に成熟割合を乗じて算出した。

引用文献

- 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 (2022) 令和 4 (2022) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.
- 資源評価高度化作業部会 (2022) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート. FRA-SA2022-ABCWG02-04.
- 下瀬 環・増渕隆仁・中川雅弘 (2021) 令和 3 (2021) 年度マダイ日本海西部・東シナ海系群の管理基準値案等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-39. FRA-SA2021-BRP05-001.
- https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211124/FRA-SA2021-BRP05-001.pdf (last accessed 6 September 2022)

補足表 5-1. 将来予測計算に用いた設定値

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2022 (注 3)	平均体重 (kg)	自然死亡係数 (M)	成熟率
1	0.97	0.14	0.25	0.136	0.24	0
2	2.02	0.28	0.52	0.382	0.17	0
3	1.85	0.26	0.48	0.742	0.17	0.5
4	1.07	0.15	0.28	1.189	0.17	1.0
5	1.10	0.16	0.29	1.694	0.17	1.0
6	1.00	0.14	0.26	2.230	0.17	1.0
7+	1.00	0.14	0.26	3.531	0.17	1.0

注 1：令和 3 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 3 年度資源評価での $F_{current}$ の選択率）

注 2：令和 3 年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、令和 3 年度資源評価での $F_{current}$ に $F_{msy}/F_{current}$ を掛けたもの）

注 3：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2020 年と 2021 年の平均の年齢別 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2022 年の漁獲量の仮定に使用した

補足資料 6 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小二乗法	有	1.20	12,579	0.063	0.733

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D. は加入量の標準偏差、 ρ は自己相関係数である。

補足表 6-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	39,300 トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	8,960 トン	限界管理基準値案。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	1,440 トン	禁漁水準案。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳以上) = (0.14, 0.28, 0.26, 0.15, 0.16, 0.14, 0.14)	
%SPR (Fmsy)	26%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	6,720 トン	最大持続生産量 MSY

補足表 6-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2021	12,075トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳以上)=(0.24, 0.43, 0.45, 0.26, 0.27, 0.22, 0.22)	
U2021	24.8%	2021 年の漁獲割合
%SPR (F2021)	13%	2021 年の%SPR
管理基準値案との比較		
SB2021/ SBmsy (Sbtarget)	0.31	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値案)に対する 2021 年の親魚量の比
F2021/ Fmsy	1.64	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2021 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る	
親魚量の動向	減少	

* 2021 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合

2023 年の親魚量(予測平均値):155 百トン			
項目	2023 年の 漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022)	2023 年の 漁獲割合 (%)
$\beta=1.0$	3,740	0.54	15.6
$\beta=0.9$	3,400	0.49	14.2
$\beta=0.8$	3,050	0.43	12.7
$\beta=0.7$	2,700	0.38	11.3
$\beta=0.6$	2,340	0.32	9.8
$\beta=0.5$	1,970	0.27	8.2
$\beta=0.4$	1,590	0.22	6.6
$\beta=0.3$	1,200	0.16	5.0
$\beta=0.2$	810	0.11	3.4
$\beta=0.1$	410	0.05	1.7
$\beta=0$	0	0.00	0.0
F2020-2021	6,370	1.00	26.6

b) 現状の放流を想定した場合

2023 年の親魚量(予測平均値):155 百トン			
項目	2023 年の 漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022)	2023 年の 漁獲割合 (%)
$\beta=1.0$	3,770	0.54	15.6
$\beta=0.9$	3,420	0.49	14.2
$\beta=0.8$	3,070	0.43	12.8
$\beta=0.7$	2,720	0.38	11.3
$\beta=0.6$	2,350	0.32	9.8
$\beta=0.5$	1,980	0.27	8.2
$\beta=0.4$	1,600	0.22	6.6
$\beta=0.3$	1,210	0.16	5.0
$\beta=0.2$	820	0.11	3.4
$\beta=0.1$	410	0.05	1.7
$\beta=0$	0	0.00	0.0
F2020-2021	6,420	1.00	26.6

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年平均値 (37.4 万尾) とした。

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果

a) 再生産関係による加入のみの場合

考慮している不確実性: 加入量					
β	2033 年の親魚量 (百トン)	90% 予測区間 (百トン)	2033 年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	394	355 – 431	50	100	100
$\beta=0.9$	439	398 – 481	96	100	100
$\beta=0.8$	491	445 – 538	100	100	100
$\beta=0.7$	550	498 – 602	100	100	100
$\beta=0.6$	616	558 – 675	100	100	100
$\beta=0.5$	691	626 – 758	100	100	100
$\beta=0.4$	777	703 – 852	100	100	100
$\beta=0.3$	874	791 – 959	100	100	100
$\beta=0.2$	984	891 – 1,079	100	100	100
$\beta=0.1$	1,110	1,004 – 1,215	100	100	100
$\beta=0$	1,252	1,134 – 1,370	100	100	100
F2020-2021	162	146 – 178	0	100	100

b) 現状の放流を想定した場合

考慮している不確実性: 加入量					
β	2033 年の親魚量 (百トン)	90% 予測区間 (百トン)	2033 年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	402	364 – 440	65	100	100
$\beta=0.9$	449	408 – 491	98	100	100
$\beta=0.8$	502	456 – 549	100	100	100
$\beta=0.7$	562	510 – 614	100	100	100
$\beta=0.6$	630	571 – 689	100	100	100
$\beta=0.5$	707	641 – 773	100	100	100
$\beta=0.4$	794	720 – 869	100	100	100
$\beta=0.3$	893	810 – 978	100	100	100
$\beta=0.2$	1,006	913 – 1,101	100	100	100
$\beta=0.1$	1,136	1,028 – 1,239	100	100	100
$\beta=0$	1,279	1,161 – 1,398	100	100	100
F2020-2021	165	150 – 182	0	100	100

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年平均値（37.4 万尾）とした。

補足表 6-6. 人工種苗由来の加入尾数を変化させた場合に予測される親魚量・漁獲量と親魚量が管理基準値案を上回る確率のまとめ

将来の 加入の想定	β	10年後の目標 達成確率(%)	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)		
		親魚量が目標 管理基準値案 を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後
			2028年	2033年	2023年	2028年	2033年
再生産関係 による加入 のみ	1	50	34,300	39,400	3,740	6,190	6,730
	0.9	96	37,200	43,900	3,400	5,990	6,660
	0.8	100	40,300	49,100	3,050	5,730	6,530
	0.7	100	43,800	55,000	2,700	5,400	6,310
	0.6	100	47,600	61,600	2,340	4,990	5,980
	0.5	100	51,700	69,100	1,970	4,480	5,530
	F2020- 2021	0	17,300	16,200	6,370	6,410	6,080
種苗放流を 考慮(37.4 万尾)*	1	65	34,800	40,200	3,770	6,300	6,890
	0.9	98	37,800	44,900	3,420	6,100	6,820
	0.8	100	41,000	50,200	3,070	5,830	6,680
	0.7	100	44,500	56,200	2,720	5,500	6,450
	0.6	100	48,300	63,000	2,350	5,080	6,120
	0.5	100	52,500	70,700	1,980	4,570	5,660
	F2020- 2021	0	17,800	16,800	6,390	6,530	6,250

漁獲管理規則案での調整係数 β を0.5～1.0にて0.1刻みで変更した結果をまとめた。

漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0年後）の2023年の値と、5年および10年管理を行った後の値（2028年および2033年）を示した。

*現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は2017～2021年平均値（37.4万尾）とした。