

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

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 企画調整部門

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

本系群の資源量をコホート解析により推定した。資源量は1994～1997年に2.3万トンに達した後、2001年の2.0万トンまで減少した。2004年以降は増加し、2019年まで1.9万トンから2.3万トンの間で推移した。2020年の資源量はわずかに減少して17,540トンとなった。本種は栽培漁業対象種であり、2019年の放流尾数は285万尾、基礎データの制約により精度の問題は残るが、2020年の混入率は1.6%、添加効率は0.05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 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2016	20,751	13,022	6,297	0.41	30
2017	20,263	12,579	6,188	0.40	31
2018	19,918	12,265	6,582	0.44	33
2019	19,200	11,518	6,597	0.45	34
2020	17,540	11,017	5,816	0.43	33

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 $M=0.24$ (1歳魚)、 0.17 (2歳以降) (島本 1999)
マダイ人工種苗放流数	栽培漁業用種苗等の生産・入手・放流実績(海づくり協会)
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

2020年には全国のマダイの漁獲量 14,642 トンに対し、その 40%にあたる 5,816 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、1998 年には 900 万尾であったものが 2019 年には 285 万尾となり、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、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。

(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鰻曾根では 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（58%）、釣り・延縄（15%）、小型底びき網（6%）沖合底びき網（6%）、及び刺網（6%）など多種多様である。2020年の県別の漁獲量の割合は、福岡県（35%）、長崎県（27%）で、鹿児島県と島根県（9%）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。その後の情報はなく、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。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、1969年の11,166トンがピークで、1990年の5,111トンまで減少が続いた。それ以降、現在まで5,111～7,065トンの範囲内で推移している。直近5カ年（2016～2020年）の漁獲量は横ばいを示し、2020年の漁獲量は5,816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40%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1.3万～2.3万トンの間で推移し、2020年は1.5万トンとなっている。また、本種の養殖は減少傾向にあるものの、2020年の全国の養殖マダイ収穫量は6.2万トンで、全国のマダイ漁獲量の4.1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2.0万～2.3万トンであった。近年では1.2万トンとなり減少しているが、本海域における漁獲量の2.0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、1986～2020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（7歳以上）の資源尾数については補足資料2の方法を用い、2020年の選択率は過去3年間（2017～2019年）の平均とした。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。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。2020年のプラスグループのFは、6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、2020年は1歳魚が29%、2歳魚が40%、3歳魚が19%であり、3歳魚以下が全体の87%を占めた(図6)。各齢の漁獲尾数の前年比は、1~4歳で0.7~0.9倍、5~6歳で1.0~1.1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1994~1997年に2.3万トンに達した後、2001年の2.0万トンまで減少を続けた。2004年以降は増加し、2019年まで1.9万トンから2.3万トンの間で推移した。2020年の資源量はわずかに減少して17,540トンとなった(図5、7、補足表2-2)。漁獲割合は1986~2020年まで25~34%(平均29%)の間で推移し、2020年の漁獲割合は33%であった(図7)。漁獲係数(全年齢群の平均)は1986~2020年では0.32~0.45の範囲で推移し、2020年は0.43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8~10%と推定された。

(5) 生物学的管理基準(漁獲係数)と現状の漁獲圧の関係

年齢別選択率を2020年と同じにして漁獲係数(F)を変化させた場合のYPRと%SPRを図10に示す。F_{current}(2017~2019年)の推定値(0.43)は、F_{max}(0.17)やF_{20%SPR}(0.21)を大きく上回った。

(6) 種苗放流効果(補足資料3)

本系群内において2019年には、島根県、山口県、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。2019年までの集計結果によると、放流総数は1999年に914万尾に達した後減少し、2019年には285万尾となった(図11)。

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、2020年における混入率は1.6%(補足表3-1)、添加効率は0.05であった(補足表3-2)。

本海域では、放流種苗由来のマダイが 17.9 万～200.8 万尾加入しており（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. 資源評価のまとめ

資源量は 1994～1997 年に 2.3 万トンに達した後、2001 年の 2.0 万トンまで減少を続けた。2004 年以降は増加に転じ、2019 年まで 1.9 万トンから 2.3 万トンの間で推移した。2020 年の資源量はやや減少し、17,540 トンとなった。

6. その他

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っている。

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.
- 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.
- 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、増淵隆仁、中川雅弘)

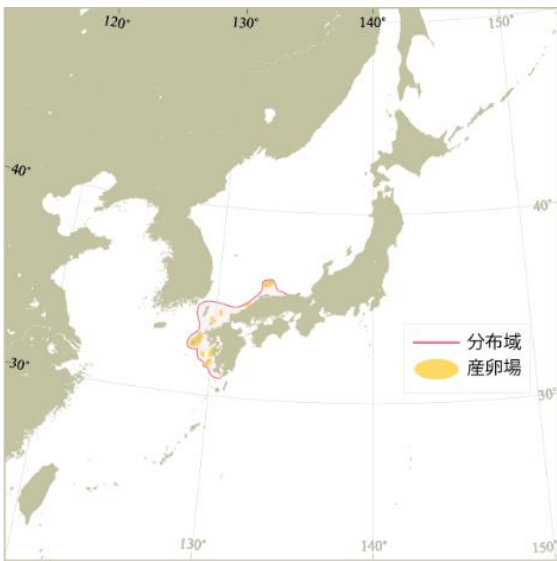


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

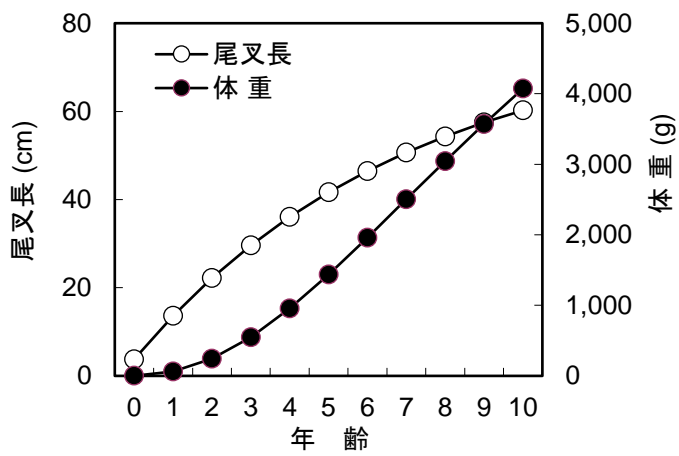


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の成長

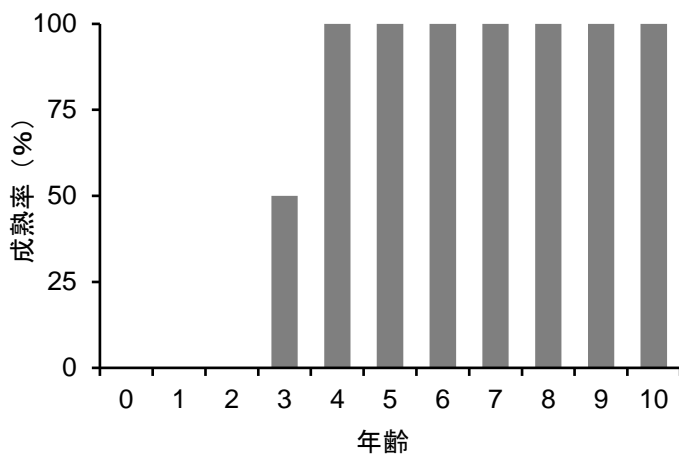


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の成熟率

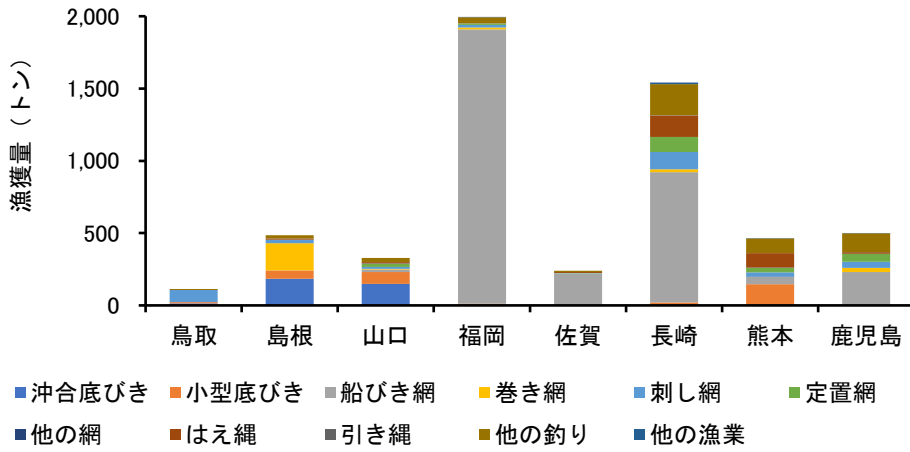


図4. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別漁業種別の2020年漁獲量

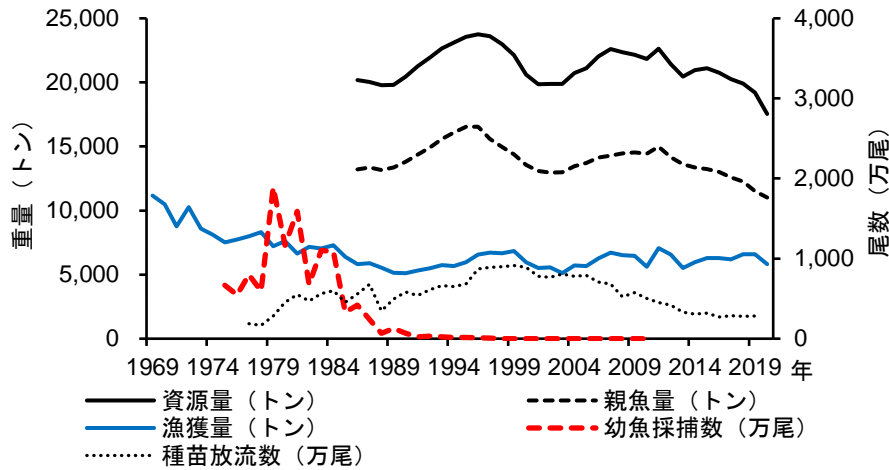


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、資源量、親魚量、養殖用天然幼魚の採捕、尾数（一部は秋元・内田（1988）より）、および人工種苗放流数の経年変化

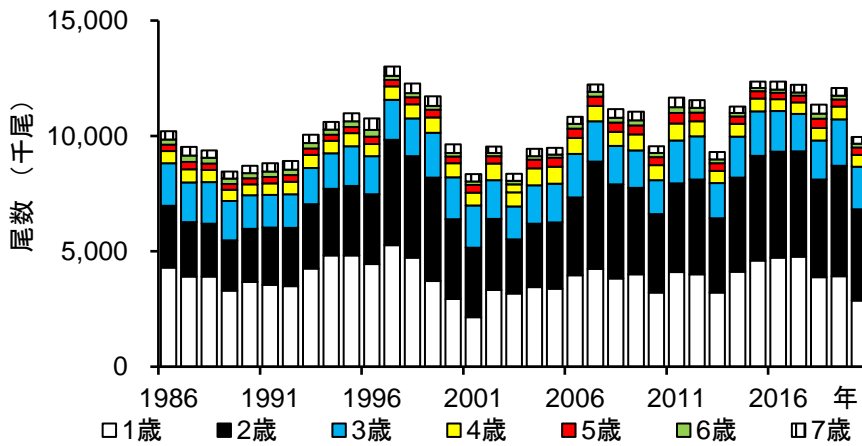


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

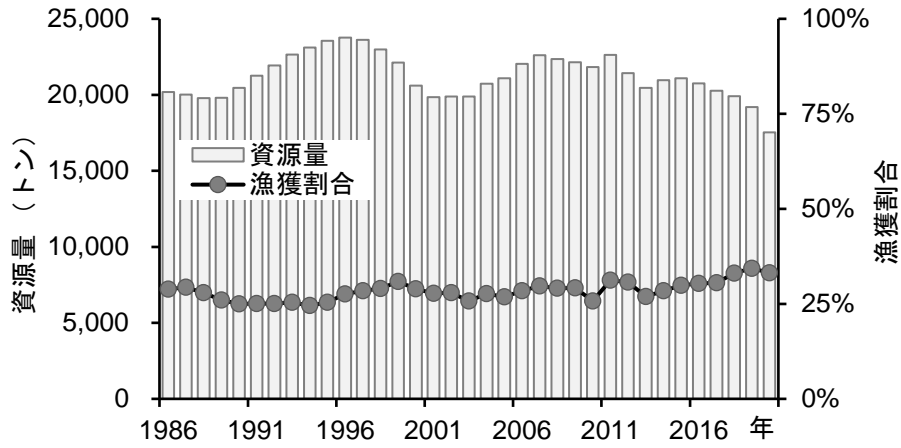


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

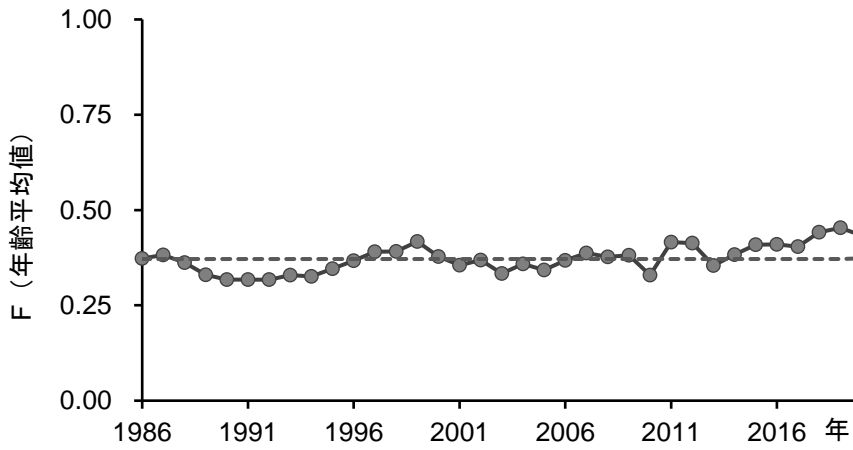


図8. 漁獲係数 (F) の経年変化 点線は過去平均値。

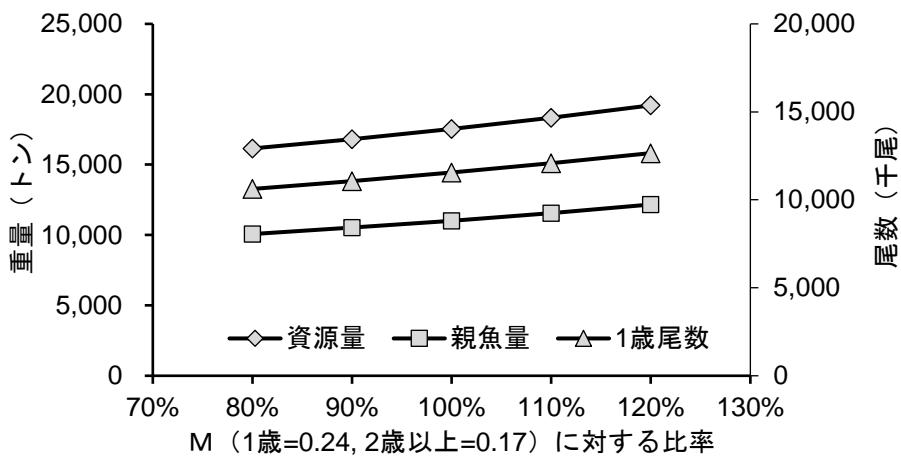


図9. 資源量、親魚量、1歳魚尾数に対する M の影響

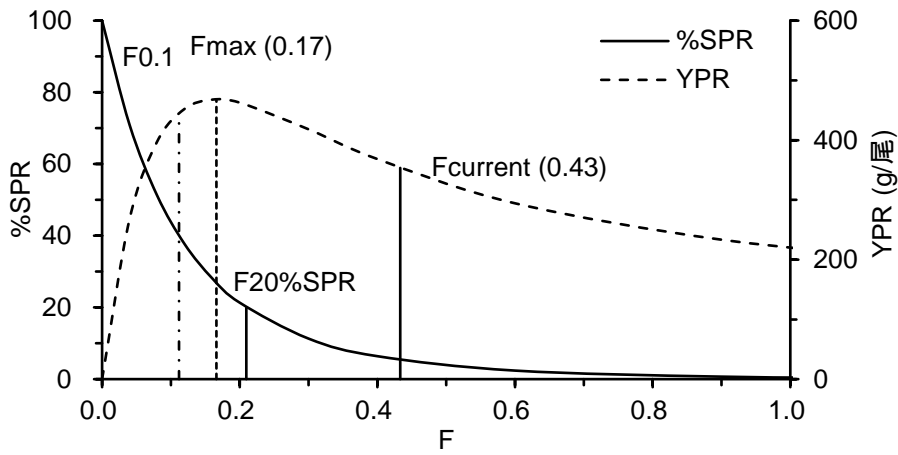


図 10. 漁獲係数 (F) と%SPR (実線)、YPR (点線) との関係、ならびに F の参考値

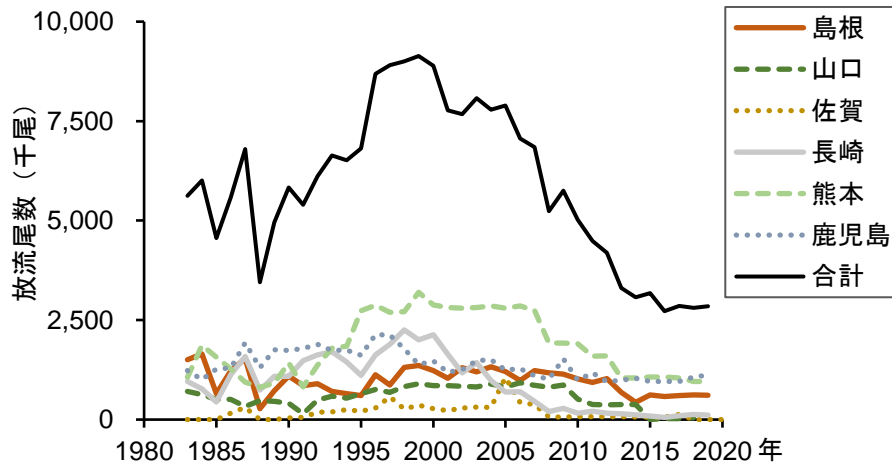
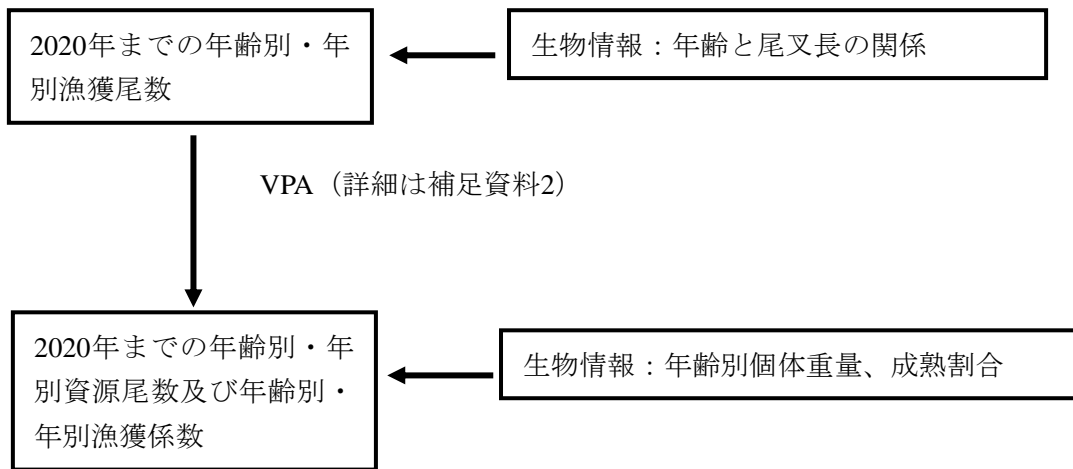


図 11. 県別マダイ人工種苗放流数の経年変化

補足資料1 資源評価の流れ



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

補足資料 2 資源計算の方法

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、7 歳以上の漁獲尾数を 7+歳として集計した。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。

$$\text{成長式} \quad : \quad L_t = 78.14 \times (1 - e^{-0.1423 \times (t + 0.35)})$$

$$\text{尾叉長-体重関係式} \quad : \quad BW = 0.0382 \times FL^{2.825}$$

ここで L_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。

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。

$$N_{6,y} = \frac{C_{6,y}}{C_{7+y} + C_{6,y}} N_{7+y+1} e^M + C_{6,y} e^{\frac{1}{2}M}$$

$$N_{7+y} = \frac{C_{7+y}}{C_{6,y}} N_{6,y} \quad \text{ただし、} y \text{ は年}$$

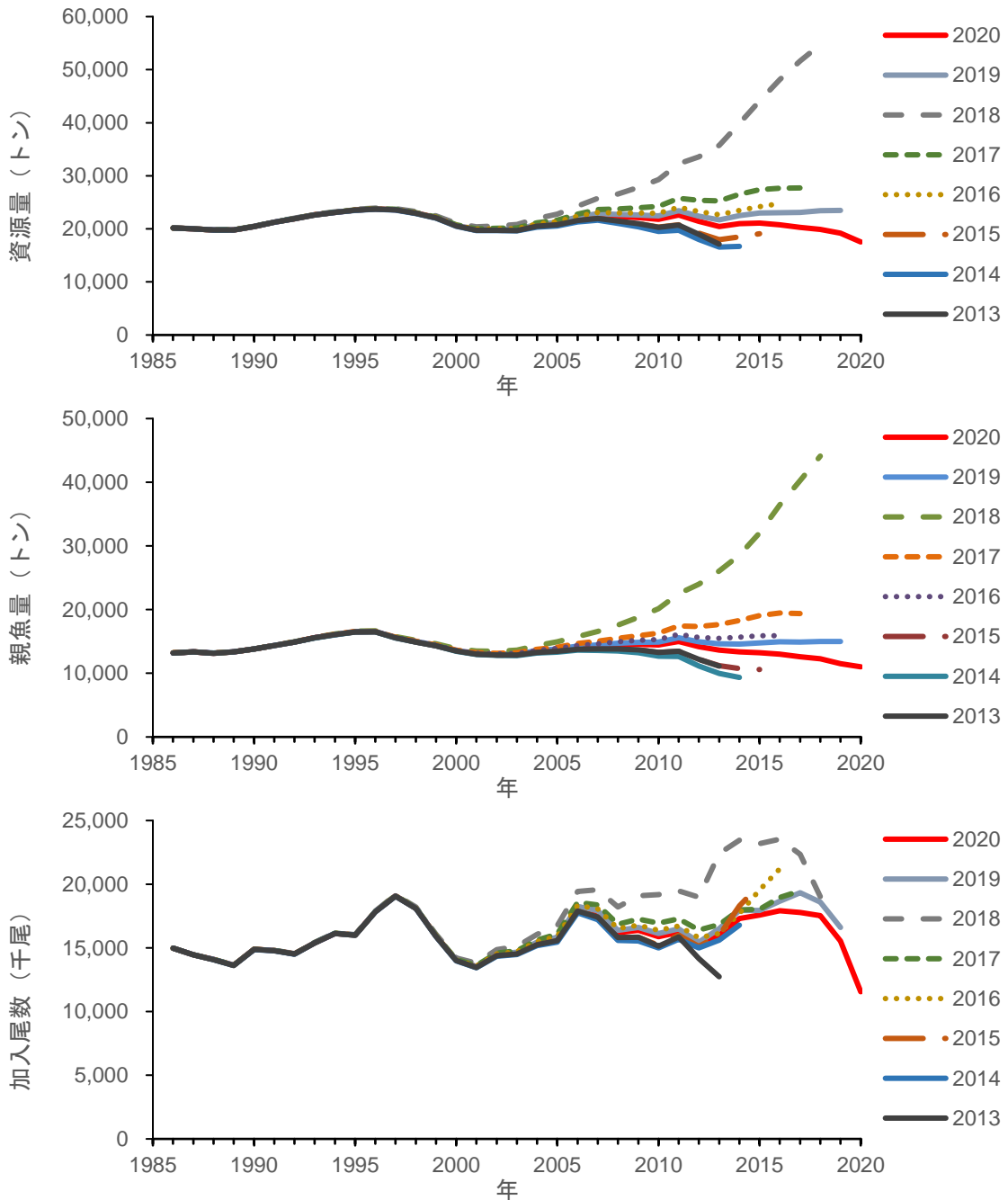
なお、1993 年頃から各地で 0 歳魚の捕獲が禁止されたため、資源への加入年齢は 1 歳魚とし、解析では 0 歳魚を除外した。

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 2-1 に示した。資源量及び親魚量の解析では、2013~2015 年の推定値は上方修正され、近年の推定値は下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。

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.



補足図 2-1. 資源量、親魚量及び加入尾数のレトロスペクティブ解析

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	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	3,927	4,773	2,019	555	301	174	336	12,084
2020	2,861	3,958	1,847	507	322	169	288	9,954

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	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	19,788
1989	1,856	2,905	3,394	2,597	2,328	2,213	4,523	19,816
1990	2,026	2,978	3,281	2,724	2,372	2,053	5,026	20,461
1991	2,014	3,226	3,310	2,851	2,529	2,105	5,216	21,250
1992	1,977	3,242	3,597	2,928	2,642	2,245	5,303	21,935
1993	2,095	3,177	3,601	3,272	2,674	2,338	5,492	22,649
1994	2,198	3,181	3,309	3,159	3,038	2,409	5,814	23,108
1995	2,180	3,213	3,258	2,779	2,965	2,843	6,307	23,544
1996	2,429	3,176	3,214	2,520	2,468	2,743	7,204	23,754
1997	2,598	3,850	3,146	2,542	2,222	2,079	7,178	23,615
1998	2,467	3,947	3,200	2,368	2,142	1,888	6,966	22,979
1999	2,168	3,842	3,477	2,530	1,898	1,761	6,449	22,126
2000	1,910	3,525	3,248	2,576	2,003	1,442	5,906	20,610
2001	1,842	3,219	3,429	2,407	2,144	1,619	5,199	19,858
2002	1,971	3,333	3,235	2,630	2,019	1,720	4,984	19,891
2003	1,991	3,220	3,373	2,535	2,040	1,595	5,135	19,889
2004	2,095	3,318	3,680	3,008	2,088	1,561	4,974	20,723
2005	2,145	3,453	3,563	3,158	2,487	1,549	4,738	21,094
2006	2,472	3,588	3,701	2,988	2,661	1,964	4,664	22,037
2007	2,421	4,110	3,583	2,948	2,515	2,112	4,920	22,611
2008	2,207	3,904	3,570	2,940	2,520	1,958	5,256	22,355
2009	2,230	3,572	3,622	3,011	2,589	1,975	5,145	22,145
2010	2,161	3,561	3,312	3,128	2,531	2,072	5,055	21,821
2011	2,210	3,676	3,528	2,868	2,759	2,095	5,501	22,637
2012	2,063	3,486	3,405	2,746	2,300	2,111	5,310	21,421
2013	2,177	3,193	2,924	2,554	2,297	1,778	5,526	20,449
2014	2,355	3,715	3,041	2,290	2,237	1,876	5,448	20,962
2015	2,393	3,800	3,317	2,163	1,887	1,837	5,697	21,095
2016	2,438	3,718	3,146	2,375	1,727	1,455	5,892	20,751
2017	2,421	3,778	2,969	2,318	2,068	1,333	5,376	20,263
2018	2,386	3,728	3,077	2,251	1,999	1,696	4,781	19,918
2019	2,117	3,948	3,232	2,315	1,851	1,412	4,324	19,200
2020	1,574	3,340	3,220	2,166	1,919	1,438	3,883	17,540

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	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	32,871
1988	14,084	7,911	4,554	2,200	1,474	925	1,216	32,364
1989	13,633	7,609	4,575	2,184	1,374	993	1,281	31,647
1990	14,882	7,800	4,423	2,290	1,400	921	1,423	33,138
1991	14,790	8,451	4,461	2,397	1,492	944	1,477	34,012
1992	14,520	8,492	4,847	2,462	1,559	1,007	1,502	34,389
1993	15,389	8,323	4,854	2,751	1,578	1,048	1,555	35,498
1994	16,141	8,334	4,460	2,656	1,793	1,080	1,647	36,110
1995	16,008	8,415	4,391	2,336	1,750	1,275	1,786	35,961
1996	17,839	8,320	4,332	2,119	1,456	1,230	2,040	37,337
1997	19,080	10,085	4,241	2,137	1,311	932	2,033	39,819
1998	18,120	10,339	4,313	1,991	1,264	847	1,973	38,848
1999	15,925	10,065	4,686	2,127	1,120	790	1,826	36,540
2000	14,031	9,233	4,377	2,166	1,182	647	1,672	33,308
2001	13,525	8,431	4,621	2,024	1,265	726	1,473	32,065
2002	14,474	8,731	4,360	2,211	1,191	771	1,411	33,150
2003	14,622	8,434	4,546	2,131	1,204	715	1,454	33,107
2004	15,386	8,691	4,959	2,529	1,232	700	1,409	34,906
2005	15,756	9,046	4,803	2,655	1,468	695	1,342	35,764
2006	18,154	9,398	4,988	2,512	1,570	881	1,321	38,824
2007	17,782	10,767	4,830	2,479	1,485	947	1,393	39,682
2008	16,207	10,225	4,812	2,471	1,487	878	1,489	37,570
2009	16,381	9,357	4,882	2,531	1,528	886	1,457	37,022
2010	15,872	9,328	4,464	2,630	1,494	929	1,432	36,149
2011	16,228	9,629	4,755	2,411	1,628	940	1,558	37,149
2012	15,152	9,132	4,589	2,309	1,357	947	1,504	34,990
2013	15,990	8,364	3,941	2,147	1,355	798	1,565	34,159
2014	17,299	9,730	4,099	1,925	1,320	841	1,543	36,757
2015	17,574	9,955	4,471	1,819	1,114	824	1,614	37,369
2016	17,907	9,740	4,240	1,997	1,019	653	1,669	37,224
2017	17,781	9,897	4,001	1,949	1,220	598	1,522	36,969
2018	17,526	9,764	4,147	1,892	1,180	760	1,354	36,624
2019	15,550	10,341	4,356	1,947	1,092	633	1,225	35,144
2020	11,557	8,749	4,340	1,821	1,133	645	1,100	29,344

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 (F) 推定値

年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	F (平均)
1986	0.39	0.44	0.54	0.29	0.25	0.35	0.35	0.37
1987	0.36	0.39	0.54	0.31	0.27	0.40	0.40	0.38
1988	0.38	0.38	0.57	0.30	0.23	0.34	0.34	0.36
1989	0.32	0.37	0.52	0.27	0.23	0.30	0.30	0.33
1990	0.33	0.39	0.44	0.26	0.22	0.29	0.29	0.32
1991	0.31	0.39	0.42	0.26	0.22	0.31	0.31	0.32
1992	0.32	0.39	0.40	0.27	0.23	0.31	0.31	0.32
1993	0.37	0.45	0.43	0.26	0.21	0.29	0.29	0.33
1994	0.41	0.47	0.48	0.25	0.17	0.25	0.25	0.33
1995	0.41	0.49	0.56	0.30	0.18	0.24	0.24	0.35
1996	0.33	0.50	0.54	0.31	0.28	0.31	0.31	0.37
1997	0.37	0.68	0.59	0.36	0.27	0.24	0.24	0.39
1998	0.35	0.62	0.54	0.41	0.30	0.26	0.26	0.39
1999	0.31	0.66	0.60	0.42	0.38	0.28	0.28	0.42
2000	0.27	0.52	0.60	0.37	0.32	0.28	0.28	0.38
2001	0.20	0.49	0.57	0.36	0.32	0.27	0.27	0.36
2002	0.30	0.48	0.55	0.44	0.34	0.24	0.24	0.37
2003	0.28	0.36	0.42	0.38	0.37	0.26	0.26	0.33
2004	0.29	0.42	0.45	0.37	0.40	0.28	0.28	0.36
2005	0.28	0.43	0.48	0.36	0.34	0.26	0.26	0.34
2006	0.28	0.50	0.53	0.36	0.34	0.29	0.29	0.37
2007	0.31	0.64	0.50	0.34	0.36	0.28	0.28	0.39
2008	0.31	0.57	0.47	0.31	0.35	0.32	0.32	0.38
2009	0.32	0.57	0.45	0.36	0.33	0.32	0.32	0.38
2010	0.26	0.50	0.45	0.31	0.29	0.25	0.25	0.33
2011	0.33	0.57	0.55	0.40	0.37	0.34	0.34	0.42
2012	0.35	0.67	0.59	0.36	0.36	0.28	0.28	0.41
2013	0.26	0.54	0.55	0.32	0.31	0.26	0.26	0.35
2014	0.31	0.61	0.64	0.38	0.30	0.22	0.22	0.38
2015	0.35	0.68	0.64	0.41	0.36	0.21	0.21	0.41
2016	0.35	0.72	0.61	0.32	0.36	0.25	0.25	0.41
2017	0.36	0.70	0.58	0.33	0.30	0.28	0.28	0.40
2018	0.29	0.64	0.59	0.38	0.45	0.38	0.38	0.44
2019	0.34	0.70	0.70	0.37	0.36	0.35	0.35	0.45
2020	0.33	0.68	0.62	0.36	0.37	0.34	0.34	0.43

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2020年の混入率は1.6%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2020年の添加効率は0.05と推定された（補足表3-2）。本海域では、放流種苗由来のマダイが17.9万～200.8万尾加入しており、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。

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	5.5	3.8	7.9	9.8	11.1	7.0	5.0	4.5	4.3

年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
鳥取	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
島根	0.0	21.5	4.7	6.1	2.0	4.2	0.7	2.0	0.6	0.4
山口	-	-	-	-	5.6	2.0	0.2	-	-	-
福岡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
佐賀	0.2	0.2	0.5	1.2	0.6	0.8	0.0	0.1	0.1	0.1
長崎	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
熊本	2.2	6.8	4.5	5.1	5.7	5.0	6.2	7.1	3.7	4.5
鹿児島	1.2	1.4	1.0	0.8	9.8	0.9	1.0	0.9	0.7	0.7
全体	1.1	8.8	3.3	3.9	5.7	3.0	1.9	3.1	1.5	1.6

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	8,075	7,790	7,895	7,065	6,842	5,236	5,755
1歳魚尾数 (千尾)	13,525	14,474	14,622	15,386	15,756	18,154	17,782	16,207	16,381	15,872
混入率(%)	5.26	5.54	3.82	7.86	9.80	11.06	7.04	4.98	4.45	4.31
放流魚加入数 (千尾)	712	802	558	1,209	1,545	2,008	1,253	807	729	684
添加効率	0.08	0.10	0.07	0.15	0.20	0.25	0.18	0.12	0.14	0.12

年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
前年の放流数 (千尾)	5,017	4,490	4,188	3,306	3,074	3,174	2,724	2,856	2,804	2,850
1歳魚尾数 (千尾)	16,228	15,152	15,990	17,299	17,574	17,907	17,781	17,526	15,550	11,557
混入率(%)	1.10	8.83	3.25	3.88	5.67	2.98	1.94	3.06	1.49	1.56
放流魚加入数 (千尾)	179	1,337	520	671	997	534	345	537	231	180
添加効率	0.04	0.30	0.12	0.20	0.32	0.17	0.13	0.19	0.08	0.06

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。