

マダイ瀬戸内海 中・西部 2.
海洋環境と生態系への配慮

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産研究・教育機構 公開日: 2025-03-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 竹茂, 愛吾, 小畑, 泰弘, 岸田, 達 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2013887

2. 海洋環境と生態系への配慮

概要

生態系情報・モニタリング(2.1)

瀬戸内海においてマダイを漁獲する漁業による生態系への影響の把握に必要な情報、モニタリングの有無については、海洋環境、プランクトン等の低次生産生物から漁業対象であるマダイ等の生態等についての研究が長年に亘りなされて知見が蓄積されてきた(2.1.1 4点)。瀬戸内海域では海洋環境、低次生産、及び漁業資源に関する調査が水産研究・教育機構(以下、水産機構)、並びに関係府県の調査船によって定期的に行われている(2.1.2 4点)。魚種別の漁獲量等は行政機関等により調査され公表されているが、混獲や漁獲物組成に関する情報は十分得られていない(2.1.3 3点)。

同時漁獲種への影響(2.2)

評価対象種を漁獲する漁業による他魚種への影響のうち、混獲利用種について、吾智網では目立った混獲種は存在しないと考えた。小型底びき網(以下、小底)では、えび類、いか類、かれい類を混獲利用種としたが、いずれも漁獲量が減少傾向であった。刺網では混獲利用種はかれい類であるが、かれい類については漁獲量が減少傾向を示している(2.2.1 吾智網5点、小底2点、刺網2点、総合評価4点)。混獲非利用種については、吾智網では目合いが大きいため小型の生物は混獲されないと考えた。小底ではヒメガザミ、ヘイケガニ、イヨスダレガイ、オカメブナを混獲非利用種としPSA評価を行い総合的なリスクは中程度となった。刺網ではシログス、トカゲエソ、シログチを混獲非利用種としてPSA評価を行い、総合的なリスクは中程度とされた(2.2.2 吾智網4点、小底3点、刺網3点、総合評価4点)。希少種への影響については、アカウミガメに中程度の懸念が認められたが、全体としては低かった(2.2.3 4点)。

海洋環境・生態系への影響(2.3)

食物網を通じたマダイ漁獲の間接影響について、マダイの捕食者としてはヒラメ、あなご類、えそ類、アイナメが考えられた。捕食者は漁獲量が全体的に減少傾向であったが(アイナメは不明)、餌生物であるマダイは減少していないことから減少の原因がマダイの漁獲とは考えられなかった(2.3.1.1 4点)。未成魚期、成魚期マダイの餌生物は、あみ類が最も多く、続いて海藻、短尾類、多毛類、貝類等である。これら小型無脊椎動物、植物の豊度に関するデータは得られていないが、捕食者のマダイの資源状態が安定しているため、餌生物への捕食圧が定向的に大きく変化しているとは考えにくく、餌生物への影響も大きくないと考えられる(2.3.1.2 4点)。瀬戸内海においてマダイの競争者と考えられるかれい類は漁獲量がほぼ一貫して減少傾向であるが、マダイとかれい類の漁獲量には有意な正の相関がみられ、少なくともかれい類の減少は、マダイの増加にともなう餌を巡る競争によるものではないという

ことが示唆される(2.3.1.3 3点)。

漁業による生態系全体への影響については、総漁獲量及び漁獲物平均栄養段階の低下が認められ、評価対象漁法のみが要因とは考えがたいが、幅広い魚種の漁獲量の低下が漁獲物の平均栄養段階の低下を招いていることから生態系全体に及ぼす影響が懸念された(2.3.2 2点)。種苗放流が生態系に与える影響は見られなかった(2.3.3 5点)。海底環境への影響については漁獲物の平均栄養段階の変化幅は小さく、懸念は認められなかった(2.3.4 5点)。水質環境への負荷は軽微であると判断される(2.3.5 4点)。大気環境への影響については、中程度であると判断した(2.3.6 3点)。

評価範囲

① 評価対象漁業の特定

山本・河野(2020)によれば、2018年のマダイ瀬戸内海中・西部系群に対する漁獲量は2,486トンであるが、漁業種類別にみると吾智網 1,096 トン(44.1%)、小底 635 トン(25.5%)、刺網 281 トン(11.3%)で、以上3漁法で75%を上回る。よって、評価対象漁業は吾智網、小底、刺網とする。

② 評価対象海域の特定

本系群の分布域である瀬戸内海中・西部(燧灘、備後芸予瀬戸、安芸灘、伊予灘、周防灘)、及び豊後水道とする。

③ 評価対象漁業と生態系に関する情報の集約と記述

1) 漁具、漁法

- ・吾智網：山口県(瀬戸内海)の例では、楕円形の網地が縮結によって袋状となった網の両側に630mのひき綱を付けたものを用い、潮流を受けるように網を張った後ローラーでひき綱を巻き上げる(金田 2005)。
- ・小底：瀬戸内海では、手繰1種、2種、3種及び板びきの4漁法がある。手繰1種は網口開口装置を有しない“かけまわし”、手繰2種、3種、板びきは開口装置としてビーム、桁及びオッターボードを有する(東海 1993)。
- ・刺網：固定式刺網(建網)を用いるが詳細は不明。

2) 船サイズ、操業隻数、総努力量

- ・吾智網：使用漁船は3～5トン(金田 2005)。操業隻数は不明。
- ・小底：
漁業法66条3項による瀬戸内海での小底の隻数とサイズは、表のとおり制限されており、船のサイズはほとんど5トン未満となっている。

県名	隻数の最高限度	うち5～10トン	うち10～13.5トン	13.5トン以上
広島	1,563	1	0	0
山口	2,667	7	0	0
香川	1,638	2	0	0
愛媛	1,456	0	0	0
福岡	420	0	0	0
大分	963	0	0	0

瀬戸内海中・西部、及び豊後水道における小底経営体数は、2018年漁業センサスによれば広島県 324、山口県 353、福岡県 116、愛媛県 602、大分県 291、合計 1,686 である(農林水産省 2020)。1 経営体当たりの出漁日数は兵庫県の場合で年間 140～170 日である(兵庫県 2006)。

・刺網：和歌山県のマダイ刺網漁業では、1.5 トン程度の小型漁船を用いる(金田 2005)。瀬戸内海中・西部及び豊後水道における「その他の刺網」の 2018 年の経営体数は 2,380 であるが(農林水産省 2020)、これには固定式でない流刺網も含まれる。

3) 主要魚種の年間漁獲量

2018 年漁業・養殖業生産統計(農林水産省 2019)による、瀬戸内海中・西部区に相当する県の漁獲量上位魚種は以下に示すとおりである。ただし、東部海域との境界の香川県、岡山県は東部に含めた。愛媛県、大分県の漁獲量には、評価対象海域に合わせるため豊後水道の漁獲量も含めた。

	広島	愛媛	山口	大分	福岡	合計	率(%)
カタクチイワシ	10,501	10,078	2,187	2,635	0	25,401	19.4
さば類	22	18,221	5	5,045		23,293	17.8
マアジ	29	4,807	115	2,667		7,618	5.8
シラス	1,674	2,911		2,370		6,955	5.3
ブリ	74	1,525	192	1,548	2	3,341	2.6
マダイ	354	1,479	422	489	3	2,747	2.1
漁獲量合計	15,573	75,492	6,674	31,820	1,308	130,867	100

4) 操業範囲：大海区、水深範囲

- ・大海区：瀬戸内海区のうち瀬戸内海中・西部、及び豊後水道
- ・水深範囲：瀬戸内海中・西部海域の平均水深は、備後灘 20 m、燧灘 24 m、安芸灘 40 m、伊予灘 56 m 等である(環境省 2017)。

5) 操業の時空間分布

- ・吾智網の漁期は山口県(周防灘)では 4～6 月である(金田 2005)。
- ・小底、刺網については、詳細は不明である。

6) 同時漁獲種

・混獲利用種

吾智網：吾智網は漁業・養殖業生産統計では船びき網に入っているが、船びき網の中でもパッチ網の漁獲と考えられる浮魚類、及びイカナゴを除外した 2018 年の県ごとの魚種別漁獲量(単位トン)及び総計は以下のとおりである(農林水産省 2019)。以下の表では、吾智網でマダイの漁獲量がない福岡県は除外した。この表によれば、マダイ以外のたい類等の比率は小さいため、混獲利用種は無視できると考えられる。

魚種名	広島	愛媛	山口	大分	合計	比率(%)
マダイ	65	515	303	203	1,086	89.5
クロダイ・ヘダイ	21	11	11	14	57	4.7
チダイ・キダイ	10	11	10	13	44	3.6
スズキ	6	1	10	2	19	1.6
合計	106	540	334	233	1,213	100.0

小底：2018 年の県の小底による魚種別漁獲量(単位トン)は以下のとおりである(農林水産省 2019)。なお、えび類について、小底の中で最も漁獲量が多い手繰り 2 種(えび漕ぎ網)はサルエビ、アカエビ、トラエビ等の小型えび類からなる(東海 1993, 統計の区分上クルマエビは含まない)。かれい類で漁獲量が大きいのはいか類、マコガレイである(兵庫県 2006)。たこ類は 8 割がマダコ(兵庫県 2017)、いか類はコウイカ科、ベイカ等であるが(松村・福田 1981)、種組成の詳細は不明である。

	広島	愛媛	山口	大分	福岡	合計	率(%)
えび類	102	883	382	233	92	1,692	14.3
いか類	37	1,222	81	209	40	1,589	13.4
マダイ	71	483	36	52	1	643	5.4
かれい類	52	266	163	100	61	642	5.4
タチウオ	24	493	1	3	2	523	4.4
スズキ	25	150	30	22	22	249	2.1
総計	773	7,313	1,728	1,435	611	11,860	100

刺網：2018 年の県ごとの刺網による魚種別漁獲量(単位トン)は以下のとおりである(農林水産省 2019)。なお、マダイは固定式刺網で漁獲されることが考えられるため、流し網で漁獲されることが考えられるサワラ、ブリは表及び総計から除外した。これを見ると、小底同様、主なかれい類はいか類、マコガレイであると考えられる。

魚種名	広島	愛媛	山口	大分	福岡	合計	率(%)
かれい類	51	143	77	68	42	381	10.1
マダイ	84	120	36	96	2	338	9.0
いか類	16	104	20	35	3	178	4.7
クロダイ・ヘダイ	69	34	20	17	15	155	4.1
総計	566	1,394	644	971	181	3,756	100

・混獲非利用種

吾智網：混獲種は少ないことから、非利用種についても、なしとした。

小底：小底については、上記混獲利用種の幼魚が混獲投棄されることが問題とされるが(東海 1993)、混獲利用種以外では、中・西部域ではないが、岡山県の 1993 年 10 月～1994 年 1 月の石桁漕網試験操業の結果で以下のとおり多様な生物が混獲されている(唐川 1998)。このうち、総漁獲個体数の 5%を超えるものを評価対象とすると、サルエビは混獲利用種のえび類に入っているため、ヒメガザミ、ヘイケガニ、イヨスダレガイ、棘皮動物のなかで優占種であるオカメブンプクとなる。

	種類	個体数	率(%)
魚類	タマガンゾウビラメ	142	0.6
	アカハゼ	143	0.6
	シログチ	99	0.4
長尾類	サルエビ	1,561	6.7
	テナガテッポウ	712	3.0
	シバエビ	298	1.3
	トラエビ	230	1.0
短尾類	ヒメガザミ	2,719	11.6
	ヘイケガニ	2,879	12.3
	フタホシイシガニ	757	3.2
	マルバガニ	442	1.9
	イシガニ	292	1.2
軟体類	イヨスダレガイ	4,704	20.1
	ウミフクロウ	327	1.4
その他(99%棘皮動物)	優占種：オカメブンプク	6,927	29.6
全種類の合計		23,393	

刺網：瀬戸内海における底刺網の漁獲物組成に関しては知見が少ないが、角田(1970)によれば、広島湾でのキス底流網の試験操業において、個体数、もしくは重量で総漁獲量の 5%を上回るのは、シロギス、トカゲエソ、シログチである。

7) 希少種

環境省レッドデータブックを根拠とした。環境省による 2020 年レッドデータブック掲載種の中で、生息環境が瀬戸内海区と重複する動物は以下のとおりである(環境省 2020a)。

爬虫類 アカウミガメ(EN)

鳥類 ヒメクロウミツバメ(VU)、コアジサシ(VU)、カンムリウミスズメ(VU)、ヒメウ(EN)

2.1 操業域の環境・生態系情報、科学調査、モニタリング

2.1.1 海洋環境や生態系に与える影響を評価するために必要な基盤情報の蓄積

瀬戸内海は本州、四国及び九州によって囲まれた半閉鎖水域で、沿岸域の人口が多いため古くより漁業が盛んでマダイ等の養殖業発祥の地でもある。これら漁業、養殖業を支えるため水産機構、及び各府県に設置された水産試験研究機関が長年に亘り海洋環境、プランクトン等の低次生産生物に関する調査を行い、評価対象種であるマダイの生態・漁業についても知見は多い(農林水産技術会議事務局 1980, 山本・河野 2020)。このため4点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
利用できる情報は ない		部分的だが利用 できる情報 がある	リスクベース評 価を実施できる 情報がある	現場観測による時系列データや生 態系モデルに基づく評価を実施で きるだけの情報が揃っている

2.1.2 海洋環境や生態系に関する科学調査の実施

瀬戸内海域では海洋環境及び漁業資源に関する調査が水産機構の調査船によって毎年実施されている。その規模は平成26年度では、海洋環境、魚類資源に関するものだけで8航海(延べ44日)実施された(水産機構・瀬戸内海区水産研究所 2020)。また当該海域を擁する関係府県の水産試験研究機関はそれぞれ調査船を有しており、原則月1回の海洋観測を初めプランクトン、漁業資源等に関する調査を実施している。したがって4点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
科学調査は 実施されて いない		海洋環境や生態系につい て部分的・不定期的に調 査が実施されている	海洋環境や生態系に関 する一通りの調査が定 期的に実施されている	海洋環境モニタリングや生 態系モデリングに応用可 能な調査が継続されている

2.1.3 漁業活動を通じた海洋環境・生態系のモニタリング

行政機関により県別魚種別漁獲量等は調査され公表されている(農林水産省 2019)。しかしこれだけでは混獲や漁獲物組成に関する情報は十分得られていないため3点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
漁業活動から情報は 収集されてい ない		混獲や漁獲物組 成等について部 分的な情報を収 集可能である	混獲や漁獲物組成等 に関して代表性のあ る一通りの情報を収 集可能である	漁業を通じて海洋環境や生 態系の状態をモニタリ ングできる体制があり、 順応的管理に応用可能 である

2.2 同時漁獲種への影響

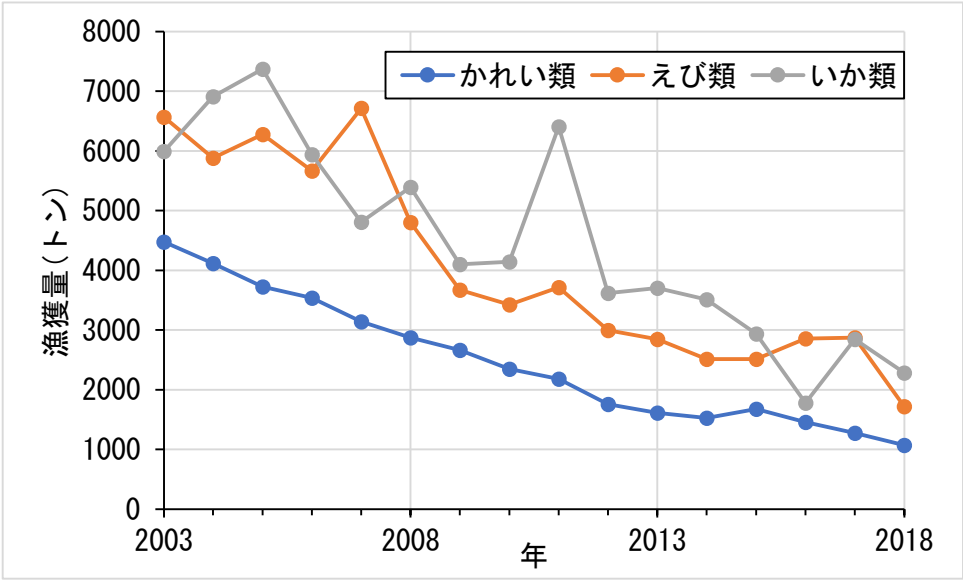
2.2.1 混獲利用種への影響

- ・ 吾智網

混獲種は総漁獲量に対する漁獲量が5%以下で、漁業の影響は軽微と考えられるため5点とする。

・小底

評価範囲③ 6)に示したとおり農林統計でより漁獲量が多く、総漁獲量の5%以上であるえび類、いか類、かれい類を混獲利用種とし、CA評価を行った。類で括られる群は種組成は不明であるが、組成が年々大きく変動することはないであろうと考え、そのまま漁獲統計の数値を用いた。

評価対象漁業	小底	
評価対象海域	瀬戸内海区	
評価対象魚種	えび類、いか類、かれい類	
評価項目番号	2.2.1	
評価項目	混獲利用種への影響	
評価対象要素	資源量	2
	再生産能力	
	年齢・サイズ組成	
	分布域	
	その他：	
評価根拠概要	えび類、いか類、かれい類は漁獲量が減少傾向であることから2点とする。	
評価根拠	えび類、いか類、かれい類は農林水産統計(農林水産省 2019)による県別漁獲量が利用できる。瀬戸内海東部海域との境界の香川県、岡山県は東部に含め、広島県、愛媛県、山口県、福岡県、大分県の魚種(類)別合計漁獲量を図2.2.1に示す。愛媛県、大分県の漁獲量には、評価対象海域に合わせるため豊後水道の漁獲量も含めた。  図2.2.1 瀬戸内海中・西部、豊後水道における類別漁獲量 以上のとおり、小底の混獲利用種として漁獲量上位に位置づけられるかれい類、えび類、いか類の漁獲量はいずれも減少傾向を示している。このことから、本項目は2点とする。	

以上のとおり、吾智網 5 点、小底 2 点、刺網 2 点であることから、漁獲量による重み付け平均(3.6)を基に本項目は 4 点とする。

2.2.2 混獲非利用種への影響

- 表2.2.2a 混獲非利用種のPSA評価(小底)

表 2.2.2b PSA 評価採点

	P(生産性スコア)	1(高生産性)	2(中生産性)	3(低生産性)
P1	成熟開始年齢	< 5年	5-15年	> 15年
P2	最高年齢(平均)	< 10歳	10-25歳	> 25歳
P3	抱卵数	> 20,000卵/年	100-20,000卵/年	< 100卵/年
P4	最大体長(平均)	< 100 cm	100-300 cm	> 300 cm
P5	成熟体長(平均)	< 40 cm	40-200 cm	> 200 cm

P6	繁殖戦略	浮性卵放卵型	沈性卵産み付け型	胎生・卵胎生
P7	栄養段階	< 2.75	2.75-3.25	> 3.25
P8	密度依存性(無脊椎動物のみ適用)	低密度における補償作用が認められる	密度補償作用は認められない	低密度における逆補償作用(アリー効果)が認められる
P	Pスコア総合点	算術平均により計算する		$=(P1+P2+...Pn)/n$
	S(感受性スコア)	1(低感受性)	2(中感受性)	3(高感受性)
S1	水平分布重複度	< 10 %	10-30 %	> 30%
S2	鉛直分布重複度	漁具との遭遇確率は低い	漁具との遭遇確率は中程度	漁具との遭遇確率は高い
S3	漁具の選択性	成熟年齢以下の個体は漁獲されにくい	成熟年齢以下の個体が一般的に漁獲される	成熟年齢以下の個体が頻繁に漁獲される
S4	遭遇後死亡率	漁獲後放流された個体の多くが生存することを示す証拠がある	漁獲後放流された個体の一部が生存することを示す証拠がある	漁獲後保持される、もしくは漁獲後放流されても大半が死亡する
S	Sスコア総合点	幾何平均により計算する		$=(S1*S2*...Sn)^{(1/n)}$
	PSAスコア	< 2.64 低い	2.64-3.18 中程度	> 3.18 高い
	PSAスコア総合点	PとSのユークリッド距離として計算する		$=\text{SQRT}(P^2+S^2)$
	全体評価	PSAスコア全体平均値及び高リスク種の有無に基づき評価する		

これらの種の生産性に関する生物特性については、すべては明らかでないものの近縁の種からの類推等により表 2.2.2b の基準に基づきスコアを推測した。いずれの種も生産性に関するスコアは高くない(リスクは低い)が、漁業に対する感受性のスコアは高い値(リスクは高い)となり、総合的なリスクは中程度となった(表 2.2.2a)。このため評価は3点とする。

・刺網：瀬戸内海における底刺網の漁獲物組成に関しては知見が少ないが、角田(1970)によれば、広島湾でのキス底流網の試験操業において、個体数、もしくは重量で総漁獲量の5%を上回るのは、シログス、トカゲエソ、シログチである。これら3種の生産性に関する生物特性(最高年齢、最大体長等)は落合・田中(1998)、角田(1970)、小島(1967)を参照した。

表2. 2. 2c 混獲非利用種のPSA評価(刺網)

採点項目	評価対象生物 標準と名	脊椎動物or 無脊椎動物	P(生産性, Productivity)スコア									S(感受性, Susceptibility)スコア					PSA評価結果	
			成熟開始年齢	最高年齢	抱卵数	最大体長	成熟体長	繁殖戦略	栄養段階	密度依存性	PSスコア総合点 (算術平均)	水平分布重複度	鉛直分布重複度	漁具の選択性	遭遇後死亡率	Sスコア総合点 (幾何平均)	PSA スコア	リスク区分
2.2.2	シログス	脊椎動物	1	1	1	1	1	1	1	2	1.00	3	3	2	3	2.71	2.89	中程度
2.2.2	トカゲエソ	脊椎動物	1	1	1	1	1	1	2	2	1.14	3	3	2	3	2.71	2.94	中程度
2.2.2	シログチ	脊椎動物	1	1	1	1	1	1	2	2	1.14	3	3	2	3	2.71	2.94	中程度
	対象漁業	刺し網																
	対象海域	瀬戸内海																

表 2.2.c のとおり、刺網の混獲非利用種については、漁業に対する感受性は高いが、生産性に関するリスクが低く、PSA 評価としてはリスクは中程度とされた。以上のことから刺網は

3点とする。

以上の結果から、混獲非利用種については、吾智網4点、小底3点、刺網3点であったことから、漁獲量による重み付け平均点(3.5)より総合評価は4点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
評価を実施できない	混獲非利用種の中に資源状態が悪い種が多数含まれる。PSAにおいて悪影響のリスクが総合的に高く、悪影響が懸念される種が含まれる	混獲非利用種の中に資源状態が悪い種が少数含まれる。PSAにおいて悪影響のリスクは総合的に低い、悪影響が懸念される種が少数含まれる	混獲非利用種の中に資源状態が悪い種は含まれない。PSAにおいて悪影響のリスクは低く、悪影響が懸念される種は含まれない	混獲非利用種の個別資源評価により、混獲種は資源に悪影響を及ぼさない持続可能レベルにあると判断できる

2.2.3 希少種への影響

環境省が指定した絶滅危惧種のうち、評価対象水域と分布域が重複する種は、アカウミガメ、ヒメクロウミツバメ、コアジサシ、カンムリウミスズメ、ヒメウである。これら生物について PSA でリスク評価したものが表 2.2.3a、その根拠となる生物特性等をまとめたものが表 2.2.3b である。表 2.2.3a のとおり、寿命の長いアカウミガメで中程度と判断されたが、全体的には希少種に対するリスクは低いと判断される。よって4点を配点する。

表2.2.3a 希少種のPSA評価結果

評価対象生物			P(生産性, Productivity)スコア								S(感受性, Susceptibility)スコア						PSA評価結果		
採点項目	標準和名	脊椎動物or 無脊椎動物	成熟開始年齢	最年齢	抱卵数	最大体長	成熟体長	繁殖戦略	栄養段階	密度依存性	Pスコア総合点 (算術平均)	水平分布重複 度	鉛直分布重複 度	漁具の選択性	遭遇後死亡率	Sスコア総合点 (幾何平均)	PSA スコア	リスク区分	
2.2.3	アカウミガメ	脊椎動物	3	3	2	2	2	2	2		2.29	1	1	1	1	1.00	2.49	低い	
2.2.3	ヒメクロウミツバメ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	1	1	1	1	1.00	2.11	低い	
2.2.3	コアジサシ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	1	1	1	1	1.00	2.11	低い	
2.2.3	カンムリウミスズメ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	1	1	1	1	1.00	2.11	低い	
2.2.3	ヒメウ	脊椎動物	1	2	3	1	2	3	3		2.14	1	1	1	1	1.00	2.36	低い	
対象漁業	船びき網	対象海域	瀬戸内海											PSAスコア全体平均				2.24	低い

採点項目	評価対象生物 標準和名	脊椎動物or 無脊椎動物	P(生産性, Productivity) スコア								S(感受性, Susceptibility) スコア						PSA評価結果	
			成熟開始年齢	最長年齢	抱卵数	最大体長	成熟体長	繁殖戦略	栄養段階	密度依存性	PSA総合点 (算術平均)	水平分布重複 度	鉛直分布重複 度	漁具の選択性	遭遇後死亡率率	PSA総合点 (幾何平均)	PSA スコア	リスク区分
2.2.3	アカウミガメ	脊椎動物	3	3	2	2	2	2	2		2.29	1	1	1	2	1.19	2.58	低い
2.2.3	ヒメクロウミツバメ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	1	1	1	2	1.19	2.21	低い
2.2.3	コアジサシ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	1	1	1	2	1.19	2.21	低い
2.2.3	カンムリウミスズメ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	1	1	1	2	1.19	2.21	低い
2.2.3	ヒメウ	脊椎動物	1	2	3	1	2	3	3		2.14	1	1	1	2	1.00	2.36	低い
対象漁業	小型底びき網	対象海域	瀬戸内海													PSAスコア全体平均	2.31	低い

評価対象生物			P(生産性, Productivity)スコア								S(感受性, Susceptibility)スコア						PSA評価結果	
採点項目	標準和名	脊椎動物or 無脊椎動物	成熟開始年齢	最若年齢	抱卵数	最大体長	成熟体長	繁殖場所	栄養段階	密度依存性	PSスコア総合点 (算術平均)	水平分布重複 度	鉛直分布重複 度	漁具の選択性	遭遇感と死亡率	PSスコア総合点 (幾何平均)	PSA スコア	リスク区分
2.2.3	アカウミガメ	脊椎動物	3	3	2	2	2	2	2		2.29	1	2	1	2	1.41	2.69	中程度
2.2.3	ヒメクロウミツバメ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	2	1	1	2	1.41	2.33	低い
2.2.3	コアジサシ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	2	1	1	2	1.41	2.33	低い
2.2.3	カンムリウミスズメ	脊椎動物	1	1	3	1	1	3	3		1.86	2	1	1	2	1.41	2.33	低い
2.2.3	ヒメウ	脊椎動物	1	2	3	1	2	3	3		2.14	2	1	1	2	1.00	2.36	低い
対象漁業	刺し網	対象海域	瀬戸内海												PSAスコア全体平均		2.41	低い

表2. 2. 3b 希少種の生産性に関する生物特性値

種名	成熟開始 年齢 (年)	最大年 齢 (年)	抱卵 数	最大体 長 (cm)	成熟体 長(cm)	栄養段 階TL	出典
アカウミガ メ	35	70~80	400	110	80	4	岡本ほか (2019), 石原 (2012), Seminoff (2004)
ヒメクロウ ミツバメ	2	6	1	20	19	3.6	浜口ほか (1985), Klimkiewicz et al. (1983)
コアジサシ	3	21	2.5	28	22	3.8	Clapp et al. (1982), 高野 (1981)
カンムリウ ミスズメ	2	7	2	26	24	3.8	叶内ほか (1998), Preikshot (2005)
ヒメウ	<8	8	7	73	<73	>4.0	BirdLife International (2018), Whitehouse & Aydin (2016)

1点	2点	3点	4点	5点
評価を 実施で きない	希少種の中に資源状態が 悪く、当該漁業による悪 影響が懸念される種が含 まれる。PSAやCAにおい て悪影響のリスクが総合 的に高く、悪影響が懸念 される種が含まれる	希少種の中に資源状態 が悪い種が少数含 まれる。PSAやCAにお いて悪影響のリスク は総合的に低い、 悪影響が懸念される 種が少数含まれる	希少種の中に資源状態 が悪い種は含まれ ない。PSAやCAにおい て悪影響のリスクは 総合的に低く、悪影 響が懸念される種は 含まれない	希少種の個別 評価に基づ き、対象漁業 は希少種の存 続を脅かさな いと判断でき る

2.3 海洋環境・生態系への影響

2.3.1 食物網を通じた間接影響

2.3.1.1 捕食者への影響

マダイの捕食者としては、仙台湾ではアイナメ、ヒラメ(櫻井ほか 2018)、長崎県志々伎湾における当歳魚のマダイについてはマアナゴ、マエソ、クロアナゴ等(松宮 1980)が記録されている。ヒラメ、あなご類、マエソ(えそ類)、アイナメについては瀬戸内海にも分布するため、これらの種を捕食者として CA 評価を行った。

2.3.1.1 マダイ捕食者に対する影響のCAによる評価結果

評価対象漁業	吾智網、小底、刺網	
評価対象海域	瀬戸内海中・西部	
評価対象魚種	ヒラメ、あなご類、えそ類、アイナメ	
評価項目番号	2. 3. 1. 1	
評価項目	捕食者への影響	
評価対象要素	資源量	4
	再生産能力	
	年齢・サイズ組成	
	分布域	
	その他:	
評価根拠概要	捕食者は全体的に減少傾向であるが、餌生物であるマダイは減少していないことから減少の原因がマダイの漁獲とは考えられない。よって4点とする。	
評価根拠	ヒラメについては瀬戸内海系群として資源評価が行われており(山田・本田 2020)、水準・動向については高位・横ばいとされているが、ここでは豊後水道を含む瀬戸	

内海中・西部の状況について、当該海域の漁獲量の動向をみた。マアナゴ、クロアナゴはあなご類として、当該海域の漁獲量が利用可能である(農林水産省 2019)。当該海域とは、便宜的に広島県、山口県、福岡県、及び豊後水道を含む愛媛県、大分県とした。えそ類は豊後水道における漁獲量の時系列(大分県 2020)を用いた。アイナメについては利用できる情報がなかった。

ヒラメ、あなご類、大分県豊後水道のえそ類、マダイ瀬戸内海中・西部系群の漁獲量(山本・河野 2020)を図2.3.1.1に示す。マダイ瀬戸内海中・西部系群の資源水準・動向は高位・増加とされる(山本・河野 2020)。なお、あなご類の2007年の数値は愛媛県の太平洋南区(豊後水道)の漁獲量が非公表のため含まれていないが、大勢に影響はないと思われる。

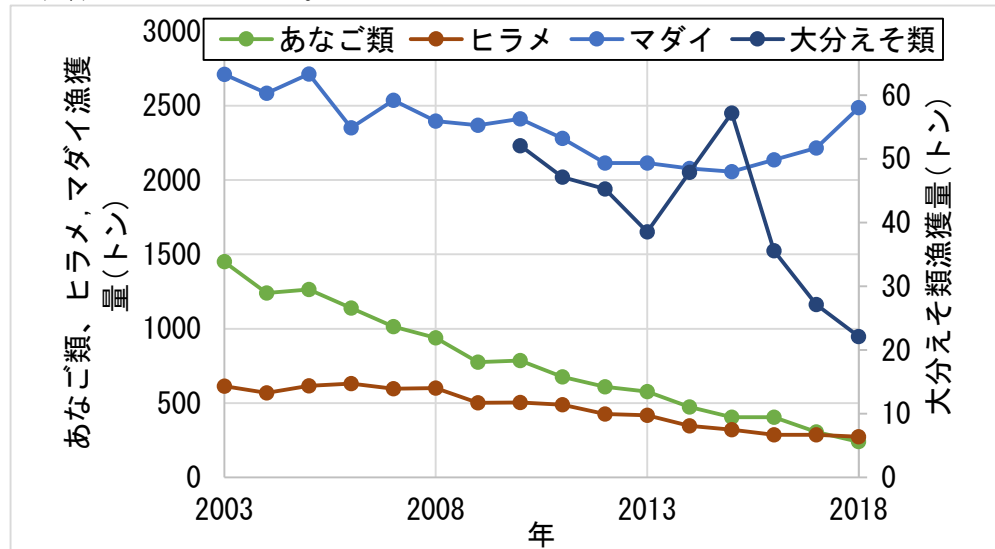


図2.3.1.1 瀬戸内海中・西部のヒラメ、あなご類、大分県豊後水道のえそ類、及びマダイの漁獲量

図2.3.1.1によれば、あなご類、えそ類は減少傾向、瀬戸内海全域では高位・横ばいとされるヒラメも当該海域では緩やかな減少傾向を示している。一方、被食者であるマダイは、長期的に見れば緩やかな減少の後、ここ数年は緩やかな増加傾向を示している。捕食者がおしなべて減少傾向であるため(アイナメは不明)、マダイの増加傾向は、捕食圧が減少したことも原因のひとつかも知れないが、捕食者にとっては、餌生物の一部であるマダイは増加傾向であり、マダイの漁獲が自身の資源動向に影響を与えたとは考えられない。したがって4点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
評価を実施できない	多数の捕食者に定向的变化や変化幅の増大などの影響が懸念される	一部の捕食者に定向的变化や変化幅の増大などの影響が懸念される	CAにより対象漁業の漁獲・混獲によって捕食者が受ける悪影響は検出されない	生態系モデルベースの評価により、食物網を通じた捕食者への間接影響は持続可能なレベルにあると判断できる

2.3.1.2 餌生物への影響

瀬戸内海における未成魚期、成魚期のマダイの餌生物は、あみ類が最も多く、続いて海藻、短尾類、多毛類、貝類等である(高場 2004)。これら小型無脊椎動物、植物は漁業の対象ではないため豊度に関するデータは得られていないが、摂餌するマダイは図 2.3.1.1 に示すように、

漁獲量は安定しているため、餌生物への捕食圧が定方向的に大きく変化しているとは考えにくい。このため4点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
評価を実施できない	多数の餌生物に定方向的变化や変化幅の増大などの影響が懸念される	一部の餌生物に定方向的变化や変化幅の増大などの影響が懸念される	CAにより対象漁業の漁獲・混獲によって餌生物が受ける悪影響は検出されない	生態系モデルベースの評価により、食物網を通じた餌生物への間接影響は持続可能なレベルにあると判断できる

2.3.1.3 競争者への影響

瀬戸内海においてマダイの競争者と考えられるのは、評価範囲③ 6)の各漁業での漁獲量が大きい魚種の中では、小型甲殻類、ベントス食性を持つかれい類と考えられる。このうち、かれい類についてCA評価を行った。

2.3.1.3 マダイ競争者に対する影響のCAによる評価結果

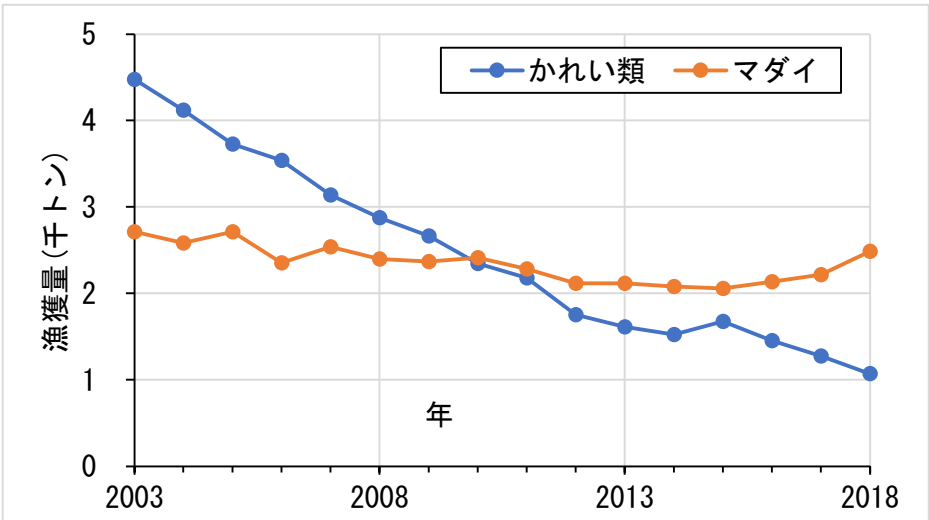
評価対象漁業	吾智網、小底、刺網																																																				
評価対象海域	瀬戸内海中・西部																																																				
評価対象魚種	かれい類																																																				
評価項目番号	2.3.1.3																																																				
評価項目	競争者への影響																																																				
評価対象要素	資源量	3																																																			
	再生産能力																																																				
	年齢・サイズ組成																																																				
	分布域																																																				
	その他：																																																				
評価根拠概要	かれい類は、マダイとの競争の結果によるものではないと思われるが、漁獲量が減少傾向のため3点とする。																																																				
評価根拠	かれい類は2.2.1同様、農林水産統計(農林水産省 2019)による県別漁獲量(広島県、愛媛県、山口県、福岡県、大分県)の合計を用いた。愛媛県、大分県の漁獲量には、評価対象海域に合わせるため豊後水道の漁獲量も含めた。かれい類漁獲量とマダイ瀬戸内海中・西部系群の漁獲量(山本・河野 2020)を同時に示すと、図2.3.1.3aのとおりである。  <table border="1"> <caption>図2.3.1.3a: 漁獲量(千トン)の推移 (推定値)</caption> <thead> <tr> <th>年</th> <th>かれい類</th> <th>マダイ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2003</td><td>4.5</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>2004</td><td>4.1</td><td>2.6</td></tr> <tr><td>2005</td><td>3.7</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>2006</td><td>3.5</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>2007</td><td>3.1</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>2008</td><td>2.8</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>2009</td><td>2.6</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>2010</td><td>2.3</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>2011</td><td>2.1</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>2012</td><td>1.8</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>2013</td><td>1.6</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>2014</td><td>1.5</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>2015</td><td>1.7</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>2016</td><td>1.4</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>2017</td><td>1.3</td><td>2.3</td></tr> <tr><td>2018</td><td>1.1</td><td>2.5</td></tr> </tbody> </table>		年	かれい類	マダイ	2003	4.5	2.7	2004	4.1	2.6	2005	3.7	2.7	2006	3.5	2.4	2007	3.1	2.5	2008	2.8	2.4	2009	2.6	2.4	2010	2.3	2.4	2011	2.1	2.2	2012	1.8	2.1	2013	1.6	2.1	2014	1.5	2.1	2015	1.7	2.1	2016	1.4	2.2	2017	1.3	2.3	2018	1.1	2.5
年	かれい類	マダイ																																																			
2003	4.5	2.7																																																			
2004	4.1	2.6																																																			
2005	3.7	2.7																																																			
2006	3.5	2.4																																																			
2007	3.1	2.5																																																			
2008	2.8	2.4																																																			
2009	2.6	2.4																																																			
2010	2.3	2.4																																																			
2011	2.1	2.2																																																			
2012	1.8	2.1																																																			
2013	1.6	2.1																																																			
2014	1.5	2.1																																																			
2015	1.7	2.1																																																			
2016	1.4	2.2																																																			
2017	1.3	2.3																																																			
2018	1.1	2.5																																																			

図2. 3. 1. 3a 瀬戸内海中・西部域におけるかれい類及びマダイの漁獲量

図2. 3. 1. 3aによれば、かれい類はほぼ一貫して減少傾向であるが、マダイはほぼ横ばいを保っているように見える。両者の散布図は図2. 3. 1. 3bのとおりで有意な正の相関がみられた($r=0.79$; $p<0.01$)。正の相関関係が見られたということは、少なくともかれい類の減少傾向は、マダイの増加にともなう餌を巡る競争を通じて引き起こされたものではないということを示唆しているが、定向的な変化(減少傾向)を示していることから3点とする。

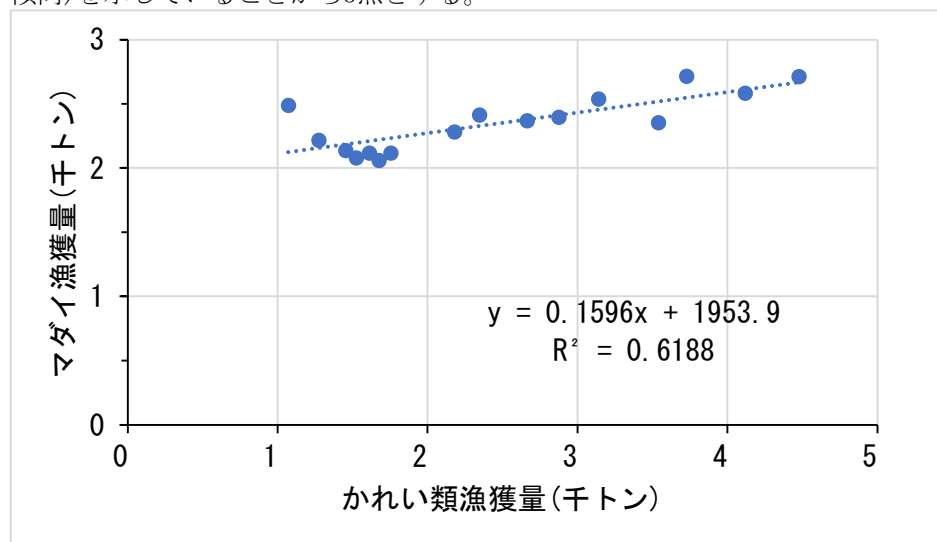


図2. 3. 1. 3b かれい類とマダイの漁獲量散布図(2003～2018年)

1点	2点	3点	4点	5点
評価を実施できない	多数の競争者に定向的变化や変化幅の増大などの影響が懸念される	一部の競争者に定向的变化や変化幅の増大などの影響が懸念される	CAにより対象漁業の漁獲・混獲によって競争者が受ける悪影響は検出されない	生態系モデルベースの評価により、食物網を通じた競争者への間接影響は持続可能なレベルにあると判断できる

2.3.2 生態系全体への影響

図 2.3.2a に示した評価対象海域における漁獲物の栄養段階組成をみると、瀬戸内海区では漁獲は TL2.5–3.5 に属する生物で多く、図 2.3.2b で約 30%を占める栄養段階 2.5 程度のカタクチイワシが寄与していることがわかる。

図 2.3.2c により評価対象海域の総漁獲量と漁獲物平均栄養段階(MTLc)を見ると、瀬戸内海区では、2014 年以降、総漁獲量及び MTLc に有意な減少($p<0.05$)が認められる。主漁場が評価対象海区内で、漁獲量の減少が認められたのは、あさり類、あなご類、あわび類、イカナゴ、うに類、がざみ類、かれい類、クロダイ・ヘダイ、コノシロ、サザエ、タチウオ、すずき類、ヒラメ、ふぐ類、まあじ類等であり、タチウオ、すずき類、ヒラメ等の高次捕食者の減少が MTLc の低下に寄与していると考えられる。評価対象漁法によるマダイの漁獲のみが要因とは考えがたいものの、栄養段階に関わらず幅広い魚種に漁獲量の減少傾向が認められ、

MTLc が低下していることから 2 点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
評価を実施できない	対象漁業による影響の強さが重篤である、もしくは生態系特性の定向的变化や変化幅拡大が起きていることが懸念される	対象漁業による影響の強さは重篤ではないが、生態系特性の変化や変化幅拡大などが一部起きている懸念がある	SICAにより対象漁業による影響の強さは重篤ではなく、生態系特性に不可逆的な変化は起っていないと判断できる	生態系の時系列情報に基づく評価により、生態系に不可逆的な変化が起っていないと判断できる

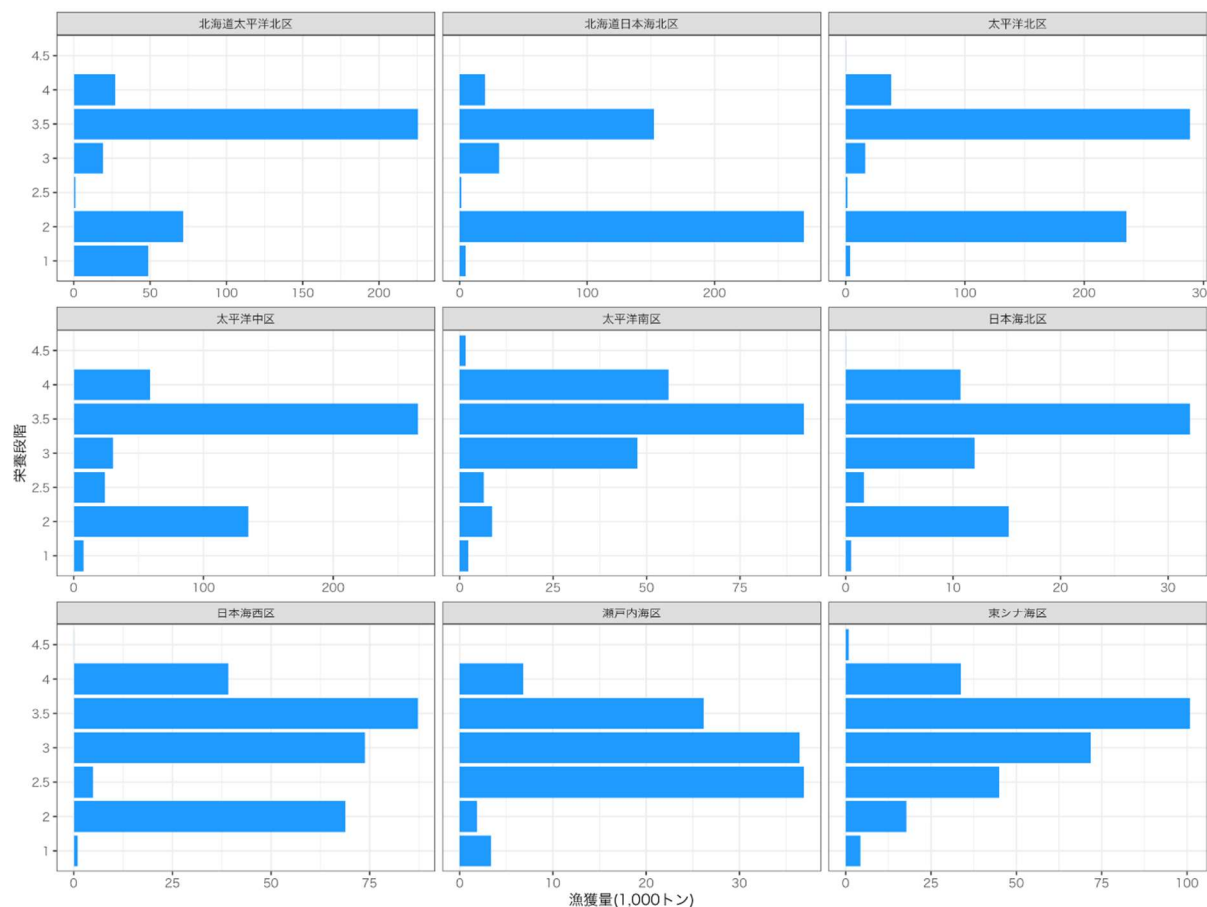


図2.3.2a 評価対象海域における漁獲物の栄養段階組成

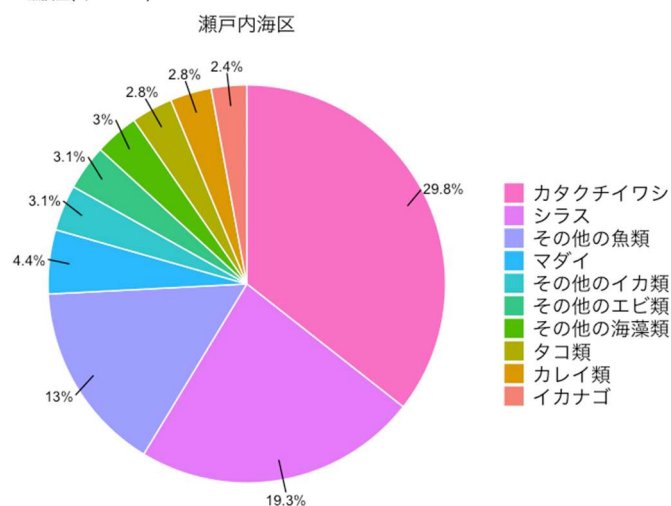


図2.3.2b 2018年の海面漁業生産統計に基づく瀬戸内海区の漁獲物の種組成

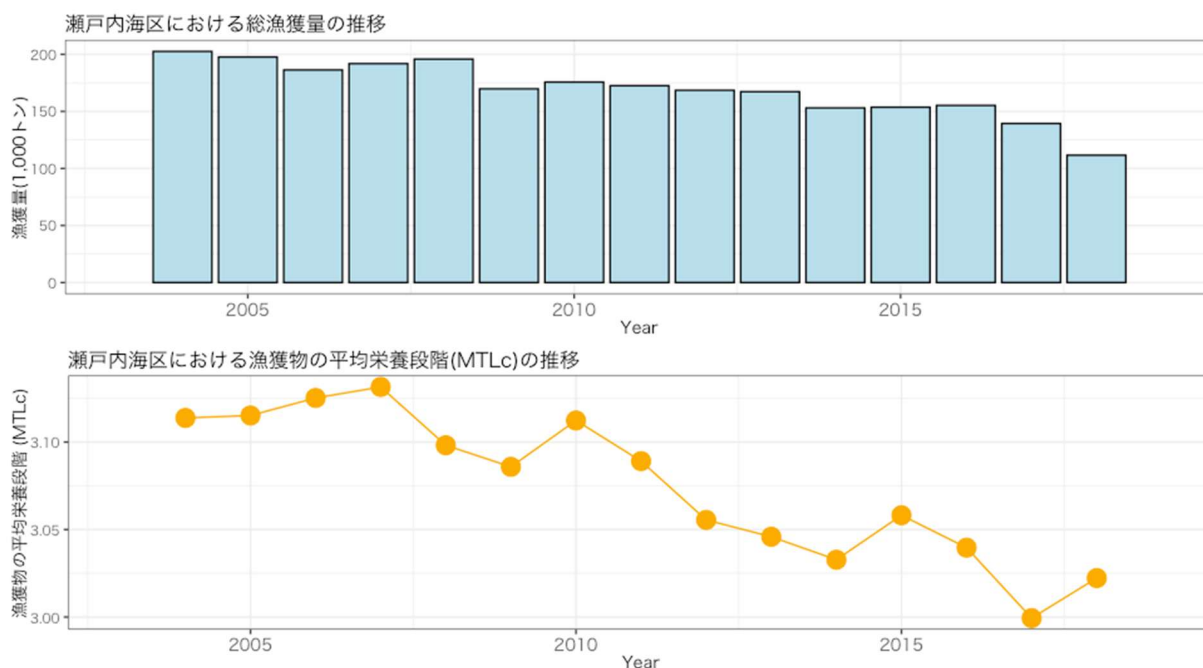


図2. 3. 2c 海面漁業生産統計調査から求めた、評価対象海域における総漁獲量(上段)と漁獲物平均栄養段階(下段)の推移

2.3.3 種苗放流が生態系に与える影響

種苗放流は漁獲量増加、資源回復等の効果が見込まれる反面、大量の人工種苗を天然の海域に放流することともなう自然界、海洋生態系への影響が指摘されている(北田 2001, 水産総合研究センター・水産庁 2015)。ここでは、遺伝的健全性確保(2.3.3.1)、遺伝子攪乱回避(2.3.3.2)、野生種への疾病蔓延回避(2.3.3.3)について評価を行う。

2.3.3.1 種苗遺伝的健全性確保のための必要親魚量確保

遺伝的多様性確保のため、それぞれの種苗生産施設では 100～200 尾程度の親魚を 1 水槽または複数の水槽に収容し、自然産卵により受精卵を得ている。これらの親魚から生産する人工放流種苗については、年 1 回ではなく複数回の種苗生産を実行することで野生集団に近いレベルまで遺伝的多様性が高まることが報告されている(水産総合研究センター・水産庁 2015)。よって 5 点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
継代した人工魚を親魚としている		放流対象海域から得た天然魚を親魚としている。若しくは PNIが0.3未満	放流対象海域から得た天然魚を親魚とし、これを定期的に入れ替えている	放流対象海域から得た天然魚を親魚とし、60尾以上を確保した上で、これを定期的に入れ替えている。もしくはPNI0.5以上

2.3.3.2 遺伝子攪乱回避措置

日本沿岸域におけるマダイは、日本海西・東シナ海、日本海北・中部、瀬戸内海中・西部、

瀬戸内海東部、太平洋南部、太平洋中部の6系群で資源が評価されている。マイクロサテライト多型分析によると、海域間に顕著な遺伝的差異は認められておらず、全国的にひとつの大きな遺伝的集団であると考えられている。しかし、マダイの管理単位については、遺伝的リスクを含め資源を管理するといった観点からも上記6系群をもとに設定することが望ましいとしている(水産総合研究センター・水産庁 2015)。よって5点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
親魚の属する系群の分布域と異なる海域(河川)にしばしば種苗を放流している	親魚採捕海域(河川)と種苗放流海域(河川)が異なることが稀にある		系群構造は不明であるが、親魚採捕海域(河川)と種苗放流海域(河川)が同一である	系群(若しくは遺伝的に均一集団)構造を把握した上で、同一系群(集団)内での親魚採捕、種苗放流を行っている

2.3.3.3 野生種への疾病蔓延回避措置

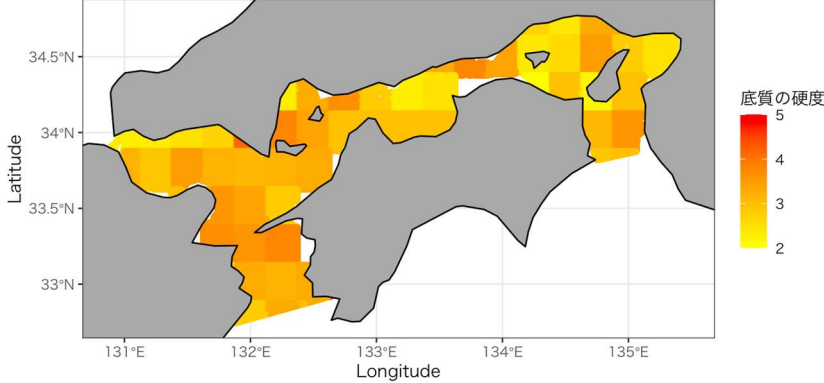
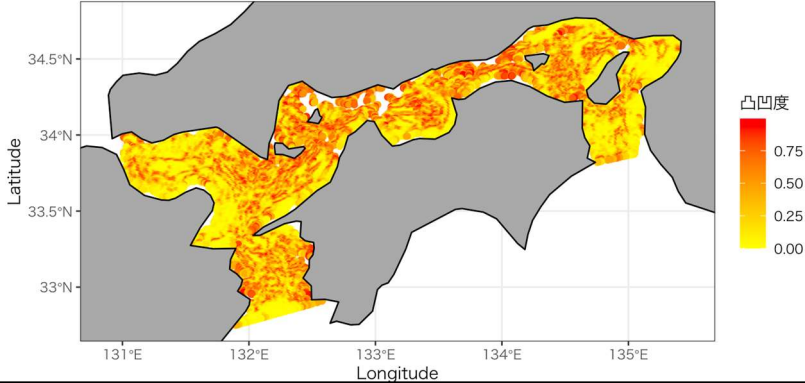
種苗生産機関では、病原体の天然海への拡散を避けるために「防疫的見地からみた放流種苗に関する申し合わせ事項(I)」に基づき(栽培漁業技術開発推進事業全国協議会 1999)、種苗生産過程で異常な死亡が認められなかった生産回次の種苗のみを放流している(西岡 2019)。よって5点とする。

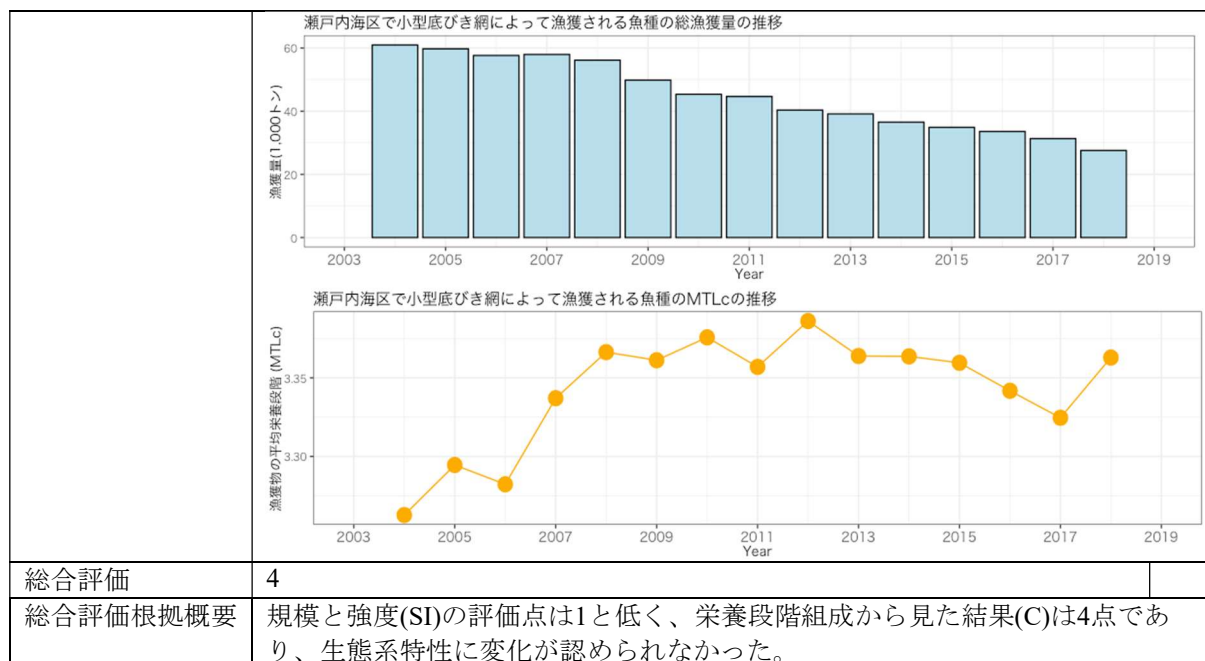
1点	2点	3点	4点	5点
魚病診断体制、蔓延防止措置ともに未整備である				魚病診断体制が整えられており、蔓延防止体制がある

2.3.4 海底環境への影響

小底は着底漁具であるが、瀬戸内海区では、着底漁具による攪乱に対する海底環境の応答を評価するための長期的な時系列データ(多様度指数等)が利用可能でないため、SICA 評価を行った。

評価対象漁業	小底
評価対象海域	瀬戸内海区
評価項目番号	2.3.4
評価項目	海底環境
空間規模スコア	3
空間規模評価根拠概要	瀬戸内海区の小底の操業面積は、操業が困難な航路や潮の速い海域を除くと最大でも瀬戸内海の70%程度と考えられる。評価手順書に沿うと小底の空間規模スコアは3となる。
時間規模スコア	2
時間規模評価根拠概要	瀬戸内海区における小底の操業日数は年間140～170日で悪天候等により制限されるが年間の約26%が操業日数であると考え、時間規模スコアは2となる。
影響強度スコア	2
影響強度評価根拠	空間規模と時間規模のスコア、それぞれ1点、1点、漁法は1そうびきであるか

概要	ら強度スコアを算出すると、 $\text{SQRT}(3^2 + 1^2) = 3.16$ となる。	
水深スコア	1	
水深スコア評価根拠	瀬戸内海におけるマダいの分布水深は平均的に25m以浅と考えられるためスコア1となる。	
地質スコア	2	
地質スコア評価根拠	下図のとおり、瀬戸内海の底質は礫や転石とみられることから(MIRC 2016)、スコアは2とした。 	
地形スコア	2	
地形スコア評価根拠	水深データから算出した凹凸度を指標とすると地形は不規則と考えられるため(MIRC 2016)、スコアは2とした。 	
総合回復力	1.67	
総合回復力評価根拠	上記3要素の算術平均 $((2+1+2)/3)$ から総合回復力は1.67となった。	
SRスコア	1(低い(2.60))	
SRスコア評価根拠	S(規模と強度)とR(回復力)のユークリッド距離を求めると $(\text{SQRT}(S^2 + R^2)) = 2.60$ となり、中程度との境界値2.64を下回るためスコアは1(影響強度は低度)となった。	
Consequence (結果) スコア	種構成	
	機能群構成	
	群集分布	
	栄養段階組成	4
	サイズ組成	
Consequence 評価根拠概要	ここでは、小底の(MTLc)の経年変化をもとに栄養段階組成に着目して、影響強度の結果を評価した。 小底のMTLcには増加傾向が認められたが、その幅は小さいため結果スコアは4点とする。	



吾智網、刺網は着底漁具ではないため 5 点とすると、漁獲量で重み付けした平均点(4.7)より本項目は 5 点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
評価を実施できない	当該漁業による海底環境への影響のインパクトが重篤であり、漁場の広い範囲で海底環境の変化が懸念される	当該漁業による海底環境への影響のインパクトは重篤ではないと判断されるが、漁場の一部で海底環境の変化が懸念される	SICAにより当該漁業が海底環境に及ぼすインパクトおよび海底環境の変化が重篤ではないと判断できる	時空間情報に基づく海底環境影響評価により、対象漁業は重篤な悪影響を及ぼしていないと判断できる

2.3.5 水質環境への影響

評価対象漁法に由来するか判別ができないが、評価対象海域における海洋汚染の発生件数は 1 件のみであり(海上保安庁 2019)、水質環境への影響は軽微であると考えられるため 4 点とする。種苗生産施設については、水質汚濁防止法等の施行状況によれば(環境省 2020b)、該当すると思われる特定事業場に関する平成 30 年度の改善命令、違反はいずれも 0 件であったことから 4 点と考えられる。このため総合評価も 4 点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
多くの物質に関して対象漁業もしくは、種苗生産施設等からの排出が水質環境へ及ぼす悪影響が懸念される。もしくは取り組み状況について情報不足により評価できない		一部物質に関して対象漁業もしくは、種苗生産施設等からの排出が水質環境へ及ぼす悪影響が懸念される	対象漁業もしくは、種苗生産施設等からの排出物は適切に管理されており、水質環境への負荷は軽微であると判断される	対象漁業もしくは種苗生産施設等からの排出物は適切に管理されており、水質環境への負荷は軽微であると判断されるだけでなく、対象漁業もしくは種苗生産施設等による水質環境への負荷を低減する取り組みが実施されている

2.3.6 大気環境への影響

長谷川(2010)によれば、我が国の漁業種類ごとの単位漁獲量・水揚げ金額あたり二酸化炭素排出量の推定値は下表のとおりである。

表2.3.6 漁業種類別の漁獲量・生産金額あたりCO₂排出量試算値(長谷川 2010による)

漁業種類	t-CO ₂ /t	t-CO ₂ /百万円
小型底びき網縦びきその他	1.407	4.98
沖合底びき網1 そうびき	0.924	6.36
船びき網	2.130	8.29
中小型1 そうまき巾着網	0.553	4.34
大中型その他の1 そうまき網	0.648	7.57
大中型かつおまぐろ1 そうまき網	1.632	9.2
さんま棒うけ網	0.714	11.65
沿岸まぐろはえ縄	4.835	7.95
近海まぐろはえ縄	3.872	8.08
遠洋まぐろはえ縄	8.744	12.77
沿岸かつお一本釣り	1.448	3.47
近海かつお一本釣り	1.541	6.31
遠洋かつお一本釣り	1.686	9.01
沿岸いか釣り	7.144	18.86
近海いか釣り	2.676	10.36
遠洋いか釣り	1.510	10.31

船びき網は2.130、小底は1.407と我が国漁業の中では中程度のCO₂排出量となっているため、評価は3点が妥当と考えられる。刺網は前2者に比べ走行距離が小さいと考えられるため4点とする。漁獲量による重み付け平均(3.1)より本項目は3点とする。

1点	2点	3点	4点	5点
評価を実施できない	多くの物質に関して対象漁業からの排出ガスによる大気環境への悪影響が懸念される	一部物質に関して対象漁業からの排出ガスによる大気環境への悪影響が懸念される	対象漁業からの排出ガスは適切に管理されており、大気環境への負荷は軽微であると判断される	対象漁業による大気環境への負荷を軽減するための取り組みが実施されており、大気環境に悪影響が及んでいないことが確認されている

引用文献

BirdLife International. (2018) *Uria aalge*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018:

e.T22694841A132577296. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22694841A132577296.en> Downloaded on 21 May 2020.

Clapp, R. B., M. K. Klimkiewicz and J. H. Kennard (1982) Longevity records of north American birds: Gaviidae through alcidae, *J. Field Ornithol.*, 53, 81-124.

<https://www.jstor.org/stable/pdf/4512701.pdf?refreqid=excelsior%3A00ff8d18094bbb36c4cf1540f7b14152>

浜口哲一・森岡照明・叶内拓哉・蒲谷鶴彦 (1985) 山溪カラー名鑑 日本の野鳥. 山と溪谷社, 591pp.

長谷川勝男 (2010) わが国における漁船の燃油使用量とCO₂排出量の試算.水産技術, 2, 111-

121. <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010792523.pdf>
- 兵庫県 (2006) 兵庫県瀬戸内海海域小型底びき網漁業包括的資源回復計画
https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_keikaku/pdf/hyougo_kosoko.pdf
- 兵庫県 (2017) 「ひょうごの農林水産業」指導の手引き, 46-53,
<https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk02/nou/documents/29tebiki-6.pdf>
- 石原 孝 (2012) 第3章 生活史 成長と生活場所. 「ウミガメの自然誌」. 東京大学出版会, 東京, 57-83.
- 海上保安庁 (2019) 海上保安統計年報, 70,
https://www.kaiho.mlit.go.jp/doc/doc/hakkou/2019_01_tokei.pdf
- 角田俊平 (1970) 底流網によるキスの生態とその資源に関する研究, J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ. 9, 1-55. <https://core.ac.uk/download/pdf/197305881.pdf>
- 金田禎之 (2005) 日本漁具・漁法図説 増補二訂版, 成山堂書店, 東京, pp637
- 環境省 (2017) 瀬戸内海の概況
https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/kankyojoho/sizenkankyo/gaikyo.htm
- 環境省 (2020a) 環境省レッドデータブック 2020 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/114457.pdf>
- 環境省 (2020b) 平成30年度水質汚濁防止法等の施行状況
<http://www.env.go.jp/water/H30sekoujokyo.pdf>
- 叶内拓哉・安部直哉・上田秀雄 (1998) 山溪ハンディ図鑑7 日本の野鳥. 山と溪谷社, 東京, 672pp
- 唐川純一 (1998) 岡山県西部水域において秋冬季に石桁漕網により漁獲した動物群の組成 (1993年度), 岡山水試報, 13, 1-14
<https://www.pref.okayama.jp/norin/suishiken/houkoku/13/H10.1-14.pdf>
- 北田修一 (2001) 栽培漁業と統計モデル分析, 共立出版, pp335.
- Klimkiewicz, M. K., R. B. Clapp, A.G. Fitcher (1983) Longevity records of north American birds: Remizidae through Parulinae, J. Field Ornithol., 54, 287-294.
<https://www.jstor.org/stable/pdf/4512835.pdf?refreqid=excelsior%3A60d0af28a14fa670b627b00bdacc8b67>
- 小島喜久雄 (1967) 東シナ海・黄海産シログチの年齢と成長, 西水研研報, 35, 61-76
- 松宮義晴 (1980) マダイをめぐる魚種間の関係, 研究成果(農林水産技術会議(編)), 129-136
- 松村真作・福田富男 (1981) 岡山県東部における小型底曳網標本船の漁獲物組成と海上投棄魚の実態(昭和55年度), 55年度岡山水試事報, 56-71
- MIRC (2016) 北西太平洋底質メッシュデジタルデータ
<http://www.mirc.jha.or.jp/products/BMMDv2/>
- 西岡豊弘 (2019) 海産魚の種苗生産過程に発生するウイルス性神経壊死症の防除に関する研究. 水研機構研報, 48, 1-60. <https://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/bull/bull48/48-01.pdf>
- 農林水産技術会議事務局 (1980) 資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補

- 給機構に関する研究, 研究成果, 129, pp.299
- 農林水産省 (2019) 海面漁業生産統計調査
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html
- 農林水産省 (2020) 2018 年漁業センサス
<https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/fc/2018/2018fc.html>
- 落合 明・田中 克 (1998) 「新版魚類学(下)改訂版」. 恒星社厚生閣, 東京, 1139pp.
- 大分県 (2020) 大分県豊後水道漁海況速報(短期)
<http://www.pref.oita.jp/soshiki/15090/bungosokuhou-tanki.html>
- 岡本 慶・越智大介・菅沼弘行 (2019) 海亀類(総説), 令和元年度国際漁業資源の現況, 水産庁・水産研究・教育機構, http://kokushi.fra.go.jp/R01/R01_46_turtles-R.pdf
- Preikshot, D. (2005) Data sources and derivation of parameters for generalised Northeast Pacific Ocean Ecopath with Ecosim models. Fisheries Centre Research Reports 13(1): 179-206.
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2011/12091/pdf/13_1b.pdf
- 栽培漁業技術開発推進事業全国協議会 (1999) 防疫的見地からみた放流種苗に関する申し合わせ事項(I)
- 櫻井慎大・富樫博幸・天野洋典・栗田 豊 (2018) 仙台湾における東日本大震災後の魚類相および魚類間の捕食・被食関係, 東北底魚研究, 38, 66-73
- Seminoff, J.A. (2004) *Chelonia mydas*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T4615A11037468. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T4615A11037468.en>
 Downloaded on 27 November 2019.
- 水産機構・瀬戸内海区水産研究所 (2020) しらふじ丸調査航海報告
<http://feis.fra.affrc.go.jp/shirafuji/index.html>
- 水産総合研究センター・水産庁 (2015) 人工種苗放流に係る遺伝的多様性への影響リスクを低減するための技術的な指針, 人工種苗放流の遺伝的多様性に関する指針検討委員会編, 29. https://www.jfa.maff.go.jp/j/koho/bunyabetsu/pdf/identeki_tayousei_sisin.pdf
- 高場 稔 (2004) 広島県におけるマダイ資源培養に関する研究(学位論文), pp.110
<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2030691728.pdf>
- 高野伸二 (1981) カラー写真による日本産鳥類図鑑, 東海大学出版会, pp.202
- 東海 正 (1993) 瀬戸内海における小型底びき網漁業の資源管理－投棄魚問題と網目規制－, 南西水研研報, 26, 31-106 http://feis.fra.affrc.go.jp/publi/bull_nansei/bull_nansei2604.pdf
- 山田徹生・本田 聡 (2020) 令和元(2019)年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構 <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201961.pdf>
- 山本圭介・河野悌昌 (2020) 令和元(2019)年度マダイ瀬戸内海中・西部系群の資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構 <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201949.pdf>
- Whitehouse, G. A., and K. Y. Aydin. (2016) Trophic structure of the eastern Chukchi Sea: An updated mass balance food web model. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-318, 175p.
<https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/9107>