

【研究報告】

マチ類 4 種の資源動向：沖縄版資源評価の試み

上原匡人*, 太田 格, 海老沢明彦

Current status of four deepwater lutjanid fishes: approaches of stock assessment for Okinawan populations

Masato UEHARA*, Itaru OHTA, and Akihiko EBISAWA

ハマダイ, アオダイ, ヒメダイ, オオヒメの深海性フエダイ科魚類 (マチ類) は, 沖縄県の漁船漁業, 特に底魚一本釣り漁業における重要な漁獲対象資源である. ここでは, 琉球列島海域のうち, 南琉球海域あるいは沖縄海域におけるマチ類 4 種の個体群の現状を評価するために, 1977–2016 年の漁獲統計データと資源量指数を基に解析した. また, 仮想個体群解析を用いた資源量推定を行い, 資源管理の効果判定した.

その結果, ハマダイ, アオダイ, ヒメダイでは資源水準が「低位」, 長期傾向が「減少」で, オオヒメでは資源水準が「中位」, 長期傾向が「変動」であった. 資源量の評価値は, ハマダイ, アオダイ, ヒメダイの 3 種平均で約 5 割, オオヒメで約 3 割減少しており, 特に前 3 種の資源状況の悪化が示唆された. 資源量の将来予測から, いずれの種においても小型魚を保護する管理策を継続し, 現行の漁獲圧を維持した場合, 横ばいあるいは微増傾向を示した. 一方, 小型魚の保護を継続し, 現行よりも漁獲圧を 30%削減した場合, 資源量の増加傾向を示し, 管理策に伴う漁獲量の減少が約 3–35 トンと対象種による幅が認められた. 以上から, 2000 年代初期の資源水準に回復させるためには, 管理策に伴う漁獲量の減少を考慮しつつ, 現行よりも漁獲圧を削減することが望ましいと考えられた.

沖縄県の漁船漁業における重要な漁獲対象資源であるハマダイ *Etelis coruscans*, アオダイ *Paracaesio caerulea*, ヒメダイ *Pristipomoides sieboldii*, オオヒメ *Pr. filamentosus* のフエダイ科 4 種を含む深海性フエダイ類の漁獲量は, 1980 年頃をピークに急減し, 2004 年以降, 盛期の約 1/10 で推移している (青沼・田邊, 2014). このような現状を受け, 琉球列島海域では, 特に漁獲量の多いハマダイ, アオダイ, ヒメダイおよびオオヒメの 4 種 (以下, 特に記載がない限りは, マチ類はこれら 4 種を指す) を対象に, 2005 年より資源の維持・回復を図るための調査・研究および資源管理の取組を実施している.

資源管理に取り組む上で, 対象資源の現状を評価することは重要であり, その評価を行うためには, 対象種の成長, 寿命, 成熟などの生物情報と漁場別の漁獲量, 体長組成, 漁獲努力量などの漁業情報の蓄積が不可欠となる. 沖縄県水産海洋技術センターでは, 1996 年から本格的にマチ類 4 種の生物情報を収集し始め, これまでに成長や成熟が明らかになりつつある (山本, 2003; 海老沢ら, 2005a, 2005b, 2005c, 2010; 海老沢, 2003, 2007; Uehara et al., 2018). また, 漁業情報についても, 2001 年から本県のマチ類総漁獲量の 9 割以上を占める泊魚市で調査を継続しており (例えば福田・海老沢, 2002; 松尾・海老沢, 2007; 平手ら, 2008; 南ら, 2011; 上原ら, 2012), 引き続き, 資源の動向を注視していくことが重要である.

マチ類 4 種の資源評価は, 琉球列島海域全体の個体群について

毎年実施されている. 直近の評価によれば, 同海域の個体群は 4 種ともに資源水準が「低位」, 資源動向はアオダイとヒメダイが「減少」, ハマダイが「増加」, オオヒメが「横ばい」であるとされている (下瀬ら, 2018). このうち, ハマダイとアオダイについては, 南琉球海域の個体群で資源評価が行われており, これによると前・後種ともに「低位・減少」とされている (上原ら, 2017a; 2017c). 近年の集団遺伝構造の解析から, 沖縄海域におけるハマダイ, アオダイ, ヒメダイは漁場間で遺伝的な差が認められないことが明らかになりつつあり (Díaz-Sacco et al., 2016; 角ら, 2018; 今井ら, 未発表), 少なくともこれら 3 種の琉球列島個体群は, 遺伝的に同一資源であることが示唆されるが, ハマダイの資源動向については, 琉球列島海域と南琉球の個体群間に評価の違いが認められている (下瀬ら, 2018; 上原ら, 2017c). また, ハマダイとアオダイは, 漁場別体長組成の経年変動や寿命において, 漁場間 (南琉球 vs. 尖閣・大陸棚) に差異が認められていることから (上原ら, 未発表), 両種の個体群が遺伝的に同一資源であっても, 資源量推定では生活史特性を考慮して, 漁場ごとに扱う必要があることを示唆している. さらに, 近年の外国漁船による影響を受け, 特定の漁場で漁獲が集中する事態も生じている (上原ら, 2015, 2017b). これらの状況から, 琉球列島海域全体ではなく, 沖縄海域や南琉球海域の個体群を対象とした資源診断が求められている.

そこで本研究では, 資源評価が行われていないヒメダイ属 2 種

* E-mail : xx049430@pref.okinawa.lg.jp 本所 (現所属 : 恩納村漁業協同組合)

を含むマチ類 4 種について漁獲統計と資源量指数を基に、資源の現状を評価した。また、仮想個体群解析 (VPA: Virtual Population Analysis) により資源量推定を行い、漁獲努力量削減による資源回復の効果を検証し、適切な管理策について考察した。

材料及び方法

(1) 解析に用いた漁獲量および体長組成データ

沖縄県水産海洋技術センターでは、2001 年から本県のマチ類総漁獲量の 9 割以上を占める沖縄県泊魚市場有限責任事業組合鮮魚卸売市場（以下、泊魚市）で漁場別の漁獲体長を測定しており、2002 年からは漁場別漁獲量も集積している（福田・海老沢、未発表；福田，2005，2006，2007；松尾・海老沢，2007；平手ら，2008，2009，2010；南ら，2011；上原ら，2012，2013，2015，2017b，2018，2019）。本研究では、漁場別の全漁獲尾数が整備されている 2002 年以降のデータを用いた。漁場区分は、これまでの県内での漁業情報の集積状況（福田，2005，2006，2007；松尾・海老沢，2007；平手ら，2008，2009，2010；南ら，2011；上原ら，2012，2013，2015，2017b，2018，2019）を考慮して、「宝山・大丸」と「八重山・与那国」を南琉球海域、「尖閣・大陸棚あるいは尖閣を含む大陸棚」と「県内その他」を中琉球海域とし、これら 2 海域をあわせて沖縄海域とした。

マチ類 4 種の漁獲量は、沖縄海域における正確な漁獲量の把握が 2002 年 4 月以降と短いため、長期的な変動傾向を検討するには不十分である。そこで、喜屋武 (1988) により整理されたデータ (1977–1985 年) と沖縄県水産海洋技術センターで集計している漁獲統計データ (1989–2016 年) を用いて、マチ類 4 種の漁獲量の経年変化を調べた。このとき、漁獲統計の集計単位は暦年 (1–12 月) とした。

なお、過去の漁獲量データは、南シナ海や小笠原諸島など他海域での操業分も含まれていることに留意する必要がある。

(2) 年齢別の漁獲尾数と資源尾数の推定

マチ類 4 種の産卵期は、ハマダイが 5–11 月、アオダイが 4–9 月、ヒメダイとオオヒメが 3–10 月と推定されている (Table 1；Uehara et al., 2018)。本研究では、年齢の起算日を産卵期の最初の日（ハマダイ：5 月 1 日、アオダイ：4 月 1 日、ヒメダイ・オオヒメ：3 月 1 日）とし、データの集計単位をこの起算日から 1 年間とした。

近年の集団遺伝構造の解析から、沖縄海域におけるハマダイ、アオダイ、ヒメダイは漁場間で遺伝的な差が認められないという (Díaz-Sacco et al., 2016；角ら，2018；今井ら，未発表)。オオヒメについても、ハワイ諸島の個体群が一つの集団であること報告されていることから (Gaither et al., 2011)，沖縄海域の漁場間で遺伝的な差はない可能性が高い。しかし、これら 4 種のうち、ハマダイとアオダイは、漁場別体長組成の経年変動や寿命において、漁場間に差異が認められる (上原ら，未発表)。このため、年齢別漁獲尾数・資源尾数の算出は、ハマダイとアオダイが南琉球海域の個体群、ヒメダイ属 2 種が沖縄海域の個体群についてそれぞれ行った。

年齢別漁獲尾数は、上述した体長組成データと成長式 (表 1) を基に、繰り返し計算法 (真子・松宮，1977) を用いて年齢組成

に変換して求めた。この繰り返し計算法は、高齢魚の年齢組成が減少しないことが多く、収束条件を厳しく設定すると、ある年齢群だけ不自然に大きな組成となる場合が認められている (海老沢，2004)。このため収束条件は設定せず、繰り返し計算回数を福田・海老沢 (2003) に従い 3 回とし、ハマダイ 60 歳、アオダイ 55 歳、ヒメダイ 35 歳、オオヒメ 30 歳まで変換した。得られた年齢別漁獲尾数は対数変換し、ハマダイ 31 歳以上、アオダイ 31 歳以上、ヒメダイ 16 歳以上、オオヒメ 21 歳以上について、減少率 (ハマダイ 20–30 歳、アオダイ 20–30 歳、ヒメダイ 6–15 歳、オオヒメ 15–20 歳を基に算出) を与えて強制的に年齢組成を減少させた。この重み付けを行った年齢別漁獲尾数を用いて、仮想個体群解析 (Virtual Population Analysis: VPA) (平松，2001) により年齢別資源尾数を推定した。ここで、沖縄県に水揚げされるマチ類 4 種は主に 2 歳魚以降であること、また、2010 年以降、小型魚保護の取組を行っていることから、資源尾数の推定は 2 歳以降について行った。解析は、以下に示す Pope の近似式 (Pope, 1972) を用い、2002–2015 年 (ヒメダイ属 2 種は 2003–2015 年) までの 1–(最高齢–2) 歳の年齢別資源尾数は (1) 式により求めた。また、(最高齢–1) 歳と最高齢の資源尾数は、(2) 式および (3) 式により求めた。

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

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

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} (N_{a+1,y+1} \exp(M))}{C_{a,y} + C_{a-1,y}} + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (3)$$

さらに、最近年 (2016 年) の 3 歳の資源尾数は (4) 式によって、また 4 歳～最高齢までの資源尾数は (5) 式により求めた。

$$N_{3,2016} = \frac{1}{5} \sum_{y=2011}^{2015} N_{3,y} \quad (4)$$

$$N_a = \frac{C_a \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F)} \quad (5)$$

ここで N 、 C 、 F 、 a 、 y は、資源尾数、漁獲尾数、漁獲係数、年齢、年を、 M は自然死亡係数をそれぞれ示す。

2002–2015 年の年齢別漁獲係数 $F_{a,y}$ は (6) 式で、最近年 (2016 年) の F は (7) 式でそれぞれ求めた。最近年の最高齢 (以下、ターミナル F という) は、海老沢ら (2008) の方法に従い県内漁船の資源量指数 (CPUE) を求め (ハマダイのみ、那覇標本船の CPUE と八重山標本船の CPUE の相乗平均)、以下の式 (8) でチューニングを行い、ターミナル F ($F_{\max, 2016}$) が最小となるようマイクロソフト Excel のソルバーを用いて探索的に求めた。

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right) \quad (6)$$

$$F_{a,2016} = \frac{F_{a,2011} + F_{a,2012} + F_{a,2013} + F_{a,2014} + F_{a,2015}}{F_{\max, 2011} + F_{\max, 2012} + F_{\max, 2013} + F_{\max, 2014} + F_{\max, 2015}} F_{\max, 2016} \quad (7)$$

$$F_{\max, 2016} = \sum_{y=2007}^{2016} (I_y - qN_y)^2 \quad (8)$$

$$Iは資源量指数 (CPUE), qは比例定数 \left(q = \frac{\sum I_y N_y}{\sum N_y^2} \right)$$

VPA で用いる自然死亡係数 M は, 寿命 (λ) に基づく経験式を用いることが多く, 本研究では田内・田中の式 (田中, 1960) により推定した. 沖縄海域におけるマチ類 4 種の寿命は, ハマダイが 60 歳と推定されている (海老沢ら, 2010). また, 他 3 種については, 解析が進行中であるため暫定的にアオダイ 55 歳, ヒメダイ 35 歳, オオヒメ 30 歳とした (Table 1; 上原ら, 未発表). また, 他海域での年齢査定結果 (Andrew et al., 2012; Andrew, personal communication; Ralston and Miyamoto, 1983, Williams et al., 2015) を参考に λ の値を変化させ (Table 1), M の仮定による資源量推定値の変動を調べた.

なお, M の値は 4 歳以降に適用し, 1~3 歳の M については海老沢ら (2009b) に従い, 3 歳から 1 歳まで年齢が若くなるにつれて M を 2 倍ずつ増大させた. また, 本研究では, 特に断りのない場合を除き, 体長は尾又長 (FL) を示す.

表1 マチ類4種の産卵期, 成長式および寿命

	ハマダイ	アオダイ	ヒメダイ	オオヒメ
産卵期	5-11	4-9	3-8	3-8
成長式*				
L_{∞}	81.9	46.1	39.4	67.5
K	0.155	0.168	0.202	0.122
t	0.218	-2.202	-1.319	-3.076
寿命 (λ) *	60	55	35	30
異なる M の算出に用いた λ	30, 40, 50, 60, 70	40, 50, 55, 60, 70	20, 25, 30, 35, 40	20, 25, 30, 35, 40
文献	1, 3, 5, 6, 7	5, 6	5, 6	2, 4, 5, 6, 7

*解析中のため暫定値. M は自然死亡係数.

1 Andrews (personal communication); 2 Andrews et al. (2012); 3 海老沢ら (2010); 4 Ralston and Miyamoto (1983); 5 Uehara et al. (2018); 6 上原ら (未発表); 7 Williams et al. (2015).

(3) 資源評価

VPA は, 近年かつ若齢部分の推定値の信頼性は低いという性質を有している. また, マチ類 4 種の漁場別漁獲量は過去 15 年分 (2002-2016 年), 資源量は過去 14 年分 (ヒメダイ属 2 種) あるいは 15 年分 (ハマダイ・アオダイ) の短い期間しか得られていない. このため, これら 4 種の資源評価は, 太田ら (2017) の方法に従い, 水準と傾向を下記のように決定した.

①水準: 近年の資源量が, 過去に比べてどのような量的レベルにあるのかを示す. 指標として漁獲量と沖縄海域における資源量指数 (CPUE) を用いた. ここで, CPUE の算出方法は, 海老沢ら (2008) に従い, 県内標本船について行い, 評価値を次式により算出した.

$$\text{評価値}_{\text{catch}} =$$

$$[2012-2016 \text{ 年の平均値}] / [1974-2011 \text{ 年の最大値}]$$

$$\text{評価値}_{\text{CPUE}} =$$

$$[2012-2016 \text{ 年の平均値}] / [1989-2011 \text{ 年の最大値}]$$

得られた評価値は, 標本船のマチ類全体の CPUE (海老沢ら, 2008) が, 過去に比べて概ね 30 % よりも低下している現状を踏まえ, >0.9 を「高位」, $0.7-0.9$ を「中位」, <0.7 を「低位」とした.

なお, この評価値は, 2010 年までの最大値を基準に, 現在の状況を評価しているため, 漸増傾向にある指標に対して, 過去に比した増加の程度が適切に反映されていない (太田ら,

2017). そこで, 水準の参考値を次式により算出し, 総合評価の際の参考とした.

$$\text{水準参考値} =$$

$$[2012-2016 \text{ 年の平均値}] / [1989-1999 \text{ 年の平均値}]$$

②傾向: 上記 2 つの指標について, 長期傾向として 37 年分 (漁獲量) あるいは 28 年分 (CPUE) の各指標データを直線回帰し, 回帰式が有意であった場合, 正の傾きを「増加」, 負の傾きを「減少」とした. また, 有意でない場合, 変動係数が 10% 以下を「横ばい」, それ以上を「変動」とした.

同様に, 短期傾向として, 近年 5 年分 (2012-2016 年) における傾向を決定した. ただし, 回帰式が有意でない場合は, すべて「横ばい」とした.

③指標の選択および総合評価: 太田ら (2017) を参考に, 指標の有効性を示すカテゴリーを以下の 2 つに区分した.

A: 各指標間で, 水準と傾向のすべてが一致する場合

B: 各指標間で, 水準と傾向のいずれかが一致しない場合

なお, 総合評価は, 沖縄海域以外のデータが含まれていない CPUE の水準と傾向 (長期・短期) を採用した.

(4) 資源量と漁獲量の将来予測

本研究では, 4 種ともに加入齢を 2 歳とし, 2017 年以降の加入齢魚と最高齢魚を除く全年齢の資源尾数は (9) 式で, 最高齢の資源尾数は (10) 式で求めた.

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(F_{a,y} M) \quad (9)$$

$$N_{a+y,y+1} = (N_{a-1,y} + N_{a+y,y}) \exp(-F_{a-1,y} - M) \quad (10)$$

また, 2017 年以降の漁獲尾数は, (11) 式で求めた.

$$C_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M} N_{a+1,y+1} \{ \exp(F_{a,y} + M) - 1 \} \quad (11)$$

資源動向を把握し, 予測する上で, 再生産関係は極めて重要な情報である. そこで, 加入齢の資源尾数は, 太田ら (2013) に従い, 過去 12 年間の RPS_{ratio} (2002-2013 年の各年の再生産成功指数 RPS を平均 RPS で除したものをランダムにリサンプリングし, Beverton-Holt の再生産式に乗じて求めた. このとき, 加入齢が 2 歳であることから, 前々年の親魚量を用いた.

いずれも現行の小型魚の保護は継続のもと, 以下の 3 つシナリオをそれぞれ仮定して, 各 1,000 回のシミュレートを実施した. シミュレート結果のうち, 中央値, 10 パーセンタイル値および 90 パーセンタイル値を資源量と漁獲量の将来予測値として用いた.

シナリオ 1: 現行の F を維持した場合

シナリオ 2: 現行の F を 10% 削減した場合

シナリオ 3: 現行の F を 30 % 削減した場合

結 果

(1) マチ類 4 種の漁獲動向

1977-2015 年 (1986-1988 年を除く) に, 沖縄県泊魚市に水揚げされたマチ類 4 種の漁獲量を図 1 に示す. ハマダイの漁獲量は, 1979 年の最高値 379.4 トンから減少傾向を示し, 2004 年には最低値 68.5 トン (盛期の約 2 割) まで落ち込んで以降, 直近 5 年間は 86.5-116.3 トンで推移した (図 1A). また, 海域別の漁

獲量が得られている 2003 年以降の 14 年間の推移は、沖縄海域と南琉球海域のいずれにおいても (図 2A, 3A), 2003 年から 2010 年にかけて増加傾向を示したが, 2011 年以降は概ね横ばいとなった。アオダイの漁獲量は, 1980 年の最高値 587.6 トンから減少傾向を示し, 2014 年には最低値 110.4 トン (盛期の約 2 割) となった (図 1B)。沖縄海域と南琉球海域の漁獲量については, 2010 年頃から減少傾向を示し, いずれも 2016 年に最低値となった (図 2B, 3B)。ヒメダイの漁獲量は, 1985 年の最高値 361.6 トンから減少傾向を示し, 2015 年には最低値 70.1 トン (盛期の約 2 割) となった (図 1C)。沖縄海域と南琉球海域の漁獲量についても減少傾向を示し, 近年はそれぞれ 72.1–80.0 トン, 41.4–46.3 トンで推移していた (図 2C, 3C)。オオヒメの漁獲量は, 1981 年の最高値 173.8 トンから減少傾向を示し, 2016 年には最低値 36.2 トン (盛期の約 2 割) となった (図 1D)。沖縄海域と南琉球海域の漁獲量については, 変動が認められたものの, それぞれ 39.1–77.1 トン, 18.8–41.6 トンで推移した (図 2D, 3D)。

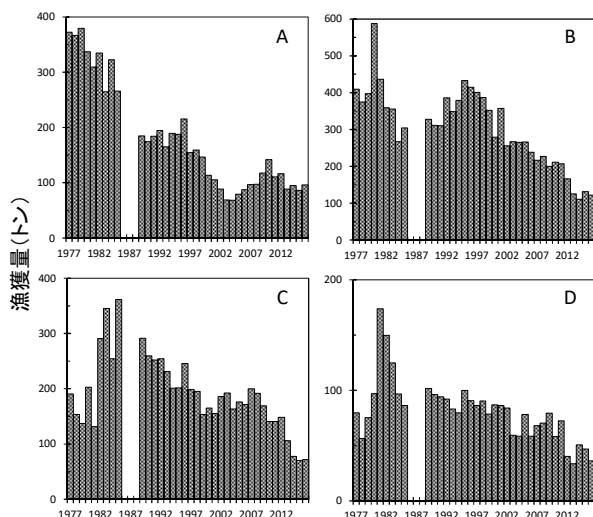


図 1 泊魚市に水揚げされたマチ類 4 種の漁獲量の推移 (A: ハマダイ, B: アオダイ, C: ヒメダイ, C: オオヒメ)

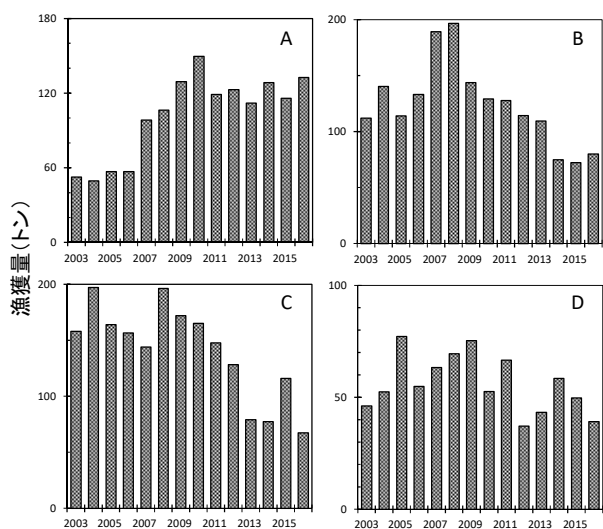


図 2 沖縄海域で漁獲されたマチ類 4 種の漁獲量の推移 (A: ハマダイ, B: アオダイ, C: ヒメダイ, C: オオヒメ)

(2) マチ類 4 種の資源量指数の動向

八重山標本船のハマダイの CPUE (kg/航海数) は, 1992 年の 46.6 から 2003 年の 16.0 まで減少した後, 2010 年 (31.3) まで

増加傾向を示した。以降, 24.1–34.3 の間を, 増減を繰り返して推移した (図 4A)。アオダイでは, 期間を通して CPUE が漸減傾向を示した (図 4B)。ヒメダイでは, 1990 年の 27.3 から 2004 年の 8.6 まで減少した後, 以降, 多少の増減が認められたものの, 概ね横ばいであった (図 4C)。オオヒメでは, 期間をとおして, 横ばいであった (図 4D)。

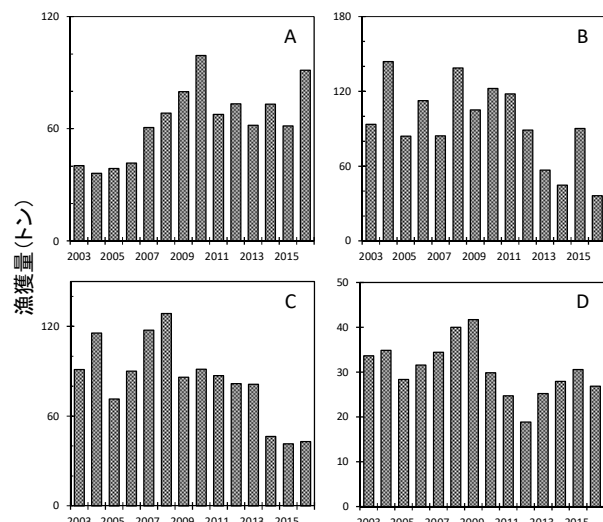


図 3 南琉球海域で漁獲されたマチ類 4 種の漁獲量の推移 (A: ハマダイ, B: アオダイ, C: ヒメダイ, C: オオヒメ)

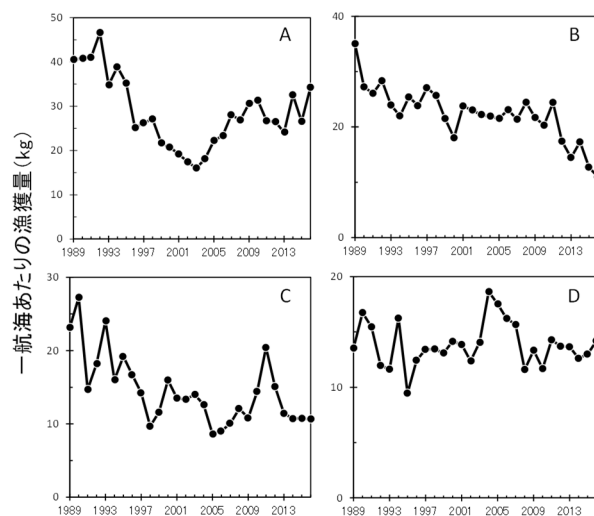


図 4 八重山標本船におけるマチ類 4 種の一航海あたりの漁獲量の推移 (A: ハマダイ, B: アオダイ, C: ヒメダイ, C: オオヒメ)

(3) マチ類 4 種の年齢別漁獲尾数

市場調査と漁獲量から推定されたマチ類 4 種の年齢別漁獲尾数を補足資料 1–1, 2–1, 3–1, 4–1 に示す。マチ類 4 種は, 主に 2 歳魚から漁獲され始めた。ハマダイの年齢別漁獲尾数は, 約 26–92 千尾で変動し, 2009–2010 年に高水準であった。また, 漁獲の中心は各年とも 3–4 歳で, 全漁獲尾数の 53.9–83.5% を占めた。アオダイでは, 年齢別漁獲尾数が約 42–213 千尾と大きく変動した。漁獲の中心は各年とも 3–7 歳で, 全漁獲尾数の 71.1–85.8% を占めた。ヒメダイでは, 年齢別漁獲尾数が約 138–424 千尾で変動し, 2007–2008 年に高水準の漁獲があった。漁獲の中心は各年とも 3–6 歳で, 全漁獲尾数の 65.8–87.2% を占めた。オオヒメでは, 年齢別漁獲尾数が約 30–66 千尾で変動し, 他の 3 種と比べて

変動幅は最も小さかった。漁獲の中心は各年とも2-4歳で、全漁獲尾数の42.7-75.5%を占めた。

(4) マチ類4種の年齢別資源尾数および資源量

年齢別漁獲尾数に基づき推定されたマチ類4種の年齢別資源尾数を補足資料1-2, 2-2, 3-2, 4-2に、資源量を図5にそれぞれ示す。マチ類4種の漁獲割合は、ハマダイ 27.1-45.0%, アオダイ 11.9-34.1%, ヒメダイ 15.9-32.0%, オオヒメ 14.4-26.2%であった。

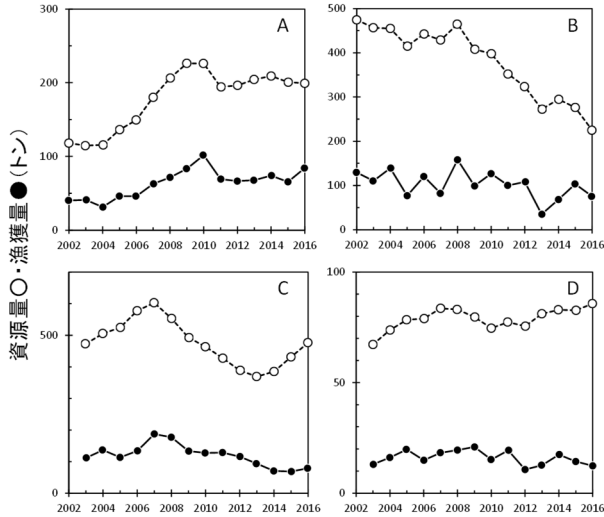


図5 マチ類4種の資源量(○)および漁獲量(●)の推移 (A: ハマダイ, B: アオダイ, C: ヒメダイ, D: オオヒメ)

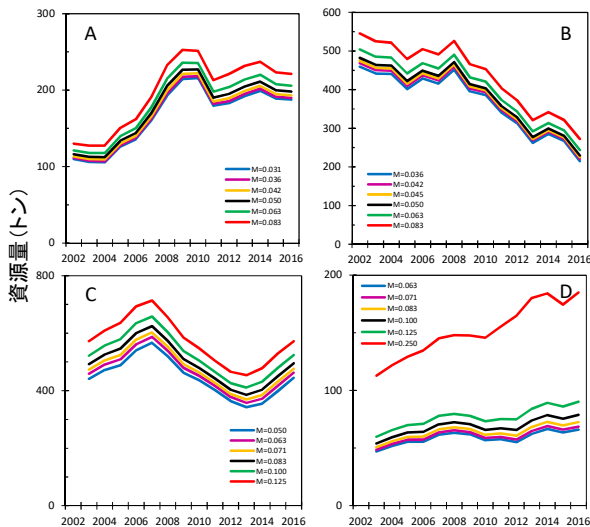


図6 異なる自然死亡係数 M の仮定によるマチ類4種の資源量の変化 (A: ハマダイ, B: アオダイ, C: ヒメダイ, D: オオヒメ)

ハマダイでは、推定された資源尾数が約97-328千尾(平均206千尾)、資源量が118.1-226.3トンと大きく変動した。また、2歳魚の加入尾数も、約37-178千尾と大きく変動し、特に2007-2008年および2012年は、高い水準となった。ハマダイの全資源尾数に占める50%成熟年齢以上の尾数の割合(以下、成熟年齢の割合という)は、0.5-3.1%で変動した。解析によって推定された漁獲係数 F の平均値は0.173-0.526で、2012-2013年が特に高い値を示した(補足資料1-3)。

アオダイでは、資源尾数が約355-789千尾(619千尾)、資源量が225.0-474.6トンで変動、2010年から減少傾向に転じて、

2013年以降は500千尾および300トンを下回る低い水準で推移した。また、2歳魚の加入尾数も同様の傾向を示した。成熟年齢の割合は、10.7-22.3%で推移した。 F の平均値は0.182-0.521で(補足資料2-3)、2010-2011年に特に高い値を示した。

ヒメダイの資源尾数および資源量は、約1,133-1,939千尾(1,505千尾)、369.2-602.7トンで変動し、前2種に比べてその変動幅は小さかった。また、2歳魚の加入尾数も、同様の傾向を示した。成熟年齢の割合は40.0-55.6%で推移し、 F の平均値が0.159-1.440と大きく変動した(補足資料3-3)。

オオヒメでは、資源尾数が約178-231千尾(208千尾)、資源量が67.3-85.7トンと概ね横ばいで推移した。2歳魚の加入尾数も概ね横ばいで推移し、約55千尾-100千尾で変動した。成熟年齢の割合は0.9-1.8%で推移し、ハマダイ同様、低い値を示した。 F の平均値は、2003-2010年まで0.086-0.404で変動していたが、2011年以降、大きく変動した(補足資料4-3)。

自然死亡係数 M の値は、4種ともに大きいほど資源量の推定値が大きくなった(図6)。

(5) マチ類4種の資源評価と将来予測

マチ類4種について、定法に従い資源評価を行うと(表2)、ハマダイ、アオダイ、ヒメダイの3種の資源水準は「低位」、長期傾向は「減少」、短期傾向は「変動」となった。一方、オオヒメでは、資源水準が「中位」、長期傾向および短期傾向ともに「変動」であった。

表2 沖縄海域におけるマチ類4種の資源量指標、評価値および資源評価

総合評価	ハマダイ	アオダイ	ヒメダイ	オオヒメ
指標の有効性	A	A	A	B
評価値	0.62	0.42	0.43	0.72
参考値	0.84	0.56	0.66	1.00
水準	低位	低位	低位	中位
長期傾向	減少	減少	減少	変動
短期傾向	変動	変動	変動	変動

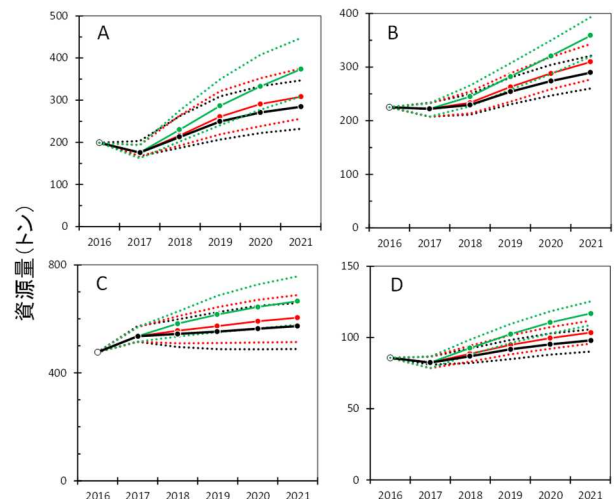


図7 南琉球海域・沖縄海域におけるマチ類4種の資源量の将来予測 (A: ハマダイ, B: アオダイ, C: ヒメダイ, D: オオヒメ)。実線は中央値、点線は10および90パーセンタイル値を示す。

加入齢の資源尾数を、ランダムにリサンプリングし、現行の管理策で1,000回のシミュレートを実施した結果(図7)、いずれの

種も横ばいあるいは微増傾向を示した。しかし、アオダイとヒメダイでは、資源管理の取り組みが始まる以前の 2000 年代初期の水準まで回復するには至らなかった。続いて現行の管理策のもと、漁獲圧を 20%と 30%に削減した場合では、資源量変動は同様の傾向を示し、漁獲圧の削減率が高いほど、増加幅は大きくなった。しかし、アオダイでは、依然として 2000 年代初期の資源量水準まで回復するには至らなかった。

同様に漁獲量についても 1,000 回のシミュレートをした結果 (図 8)、漁獲圧削減に伴う漁獲量の減は、ハマダイが最大 13.0 トン、アオダイが最大 3.2 トン、ヒメダイが最大 34.1 トン、オオヒメが最大 4.2 トンであった。

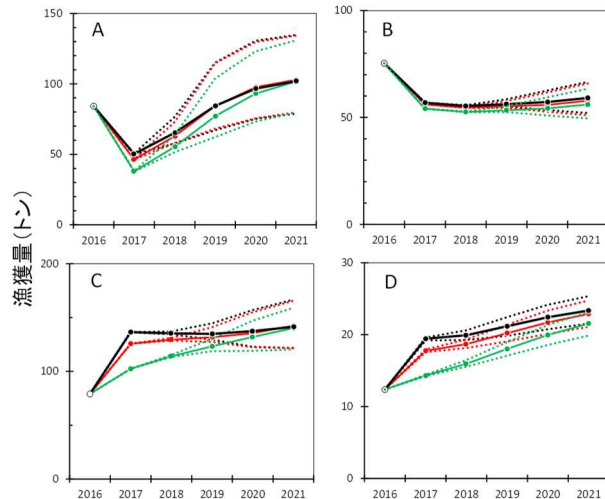


図 8 南琉球海域・沖縄海域におけるマチ類 4 種の漁獲量の将来予測 (A: ハマダイ, B: アオダイ, C: ヒメダイ, D: オオヒメ)。実線は中央値、点線は 10 および 90 パーセンタイル値を示す。

考 察

(1) 沖縄海域におけるマチ類 4 種の資源評価

本研究では、南琉球海域あるいは沖縄海域におけるマチ類 4 種の各個体群について、長期にわたり集積されている既存情報 (漁獲統計データベース・CPUE) を用い、評価のアルゴリズムを可能な限り単純化・機械化して (太田ら, 2017), 客観的な資源評価を試みた。その結果、マチ類 4 種のうちハマダイ、アオダイ、ヒメダイについては、資源水準が「低位」、長期傾向が「減少」、短期傾向が「変動」、オオヒメでは、資源水準が「中位」、長・短期傾向ともに「変動」と評価された。ハマダイとアオダイについては、傾向の算定方法が異なるものの過去の報告と一致し (上原ら, 2017a, 2017c), ヒメダイ属 2 種については、本研究が初めての評価となる。

集団遺伝構造の解析から、沖縄海域におけるハマダイ、アオダイ、ヒメダイは、漁場間で遺伝的な差が認められないことが明らかになりつつあり (Díaz-Sacco et al., 2016; 角ら, 2018; 今井ら, 未発表), 少なくともこれら 3 種の琉球列島個体群は、遺伝的に同一資源であることが示唆されている。琉球列島全体についての評価では、資源水準がいずれの種でも「低位」、ハマダイで「増加」、資源動向はアオダイとヒメダイで「減少」、オオヒメで「横ばい」とされている (下瀬ら, 2018)。この動向は、本研究の短期傾向に類似しているものの、異なる算定方法のため、単純に比較をする

ことはできないが、遺伝的に同一の集団であるハマダイ、アオダイ、ヒメダイの動向 (短期傾向) は、本研究の評価とは異なった。今後、同一の算定方法で求めた場合でも違いが認められるとすれば、同じ集団であっても、海域単位に分けて評価を行うなど取扱いに際して留意する必要があると考えられ、詳細な検討が望まれる。

本研究より、資源量の評価値は、ハマダイ、アオダイ、ヒメダイで約 4-6 割 (3 種平均で約 5 割)、オオヒメで約 3 割の減少していることがわかった (表 2)。この結果は、少なくとも過去約 30 年間で資源量が 3-6 割減少していることを意味し、特に前 3 種で深刻な資源状況の悪化を暗示していた。一方、チューニング VPA で推定された資源量から評価値等を参考情報として求めたところ (表 3)、すべての種で、資源水準や傾向が前述の結果と異なった。これは、推定された資源量のデータが、2002 年以降の約 15 年分と短く、漁獲量や資源量指数の約半分以下のデータ量であるため、2000 年代以前の資源量の絶対値を反映していないことに起因するものと示唆された。CPUE は、漁業を通じて比較的容易に得られるデータであり、一般に、資源量が多い場合には高い値を示し、逆に資源量の減少した場合は低下することが多いため、資源量の増減を判断する指標になると考えられる (桜本, 1998)。資源が減少した場合、漁業の特性上、一航海時の操業回数、1 回操業あたりの時間の増加、枝縄の数、竿の数など努力量の増大が十分考えられるが、本研究で用いた CPUE では、その量的・質的な変化を捉えることはできていない。これらのことを踏まえ、CPUE による資源評価の取扱いについては、留意する必要があるが、現時点で沖縄海域の長期的な変動を把握できる重要な指標であることに変わりはない。本研究では、推定された資源量に基づく評価結果を参考情報と位置付けることとするが、今後も情報の蓄積と充実を図り、VPA やチューニング VPA のような詳細な資源解析結果を重視していく方向性を検討すべきであろう。

表 3 チューニング VPA により推定された資源量に基づき算定されたマチ類 4 種の資源量指標、評価値および資源評価

総合評価	ハマダイ	アオダイ	ヒメダイ	オオヒメ
評価値	0.89	0.59	0.68	0.98
参考値	1.30	0.63	0.77	1.05
水準	中位	低位	中位	高位
長期傾向	増加	減少	減少	増加
短期傾向	横ばい	減少	増加	増加

(2) マチ類 4 種の資源回復・管理に向けて

本研究では、成長や寿命の情報が暫定値であるものの、詳細な資源量解析として、チューニング VPA を行った。その結果、琉球列島海域で資源回復計画が始まった 2005 年以降、資源量が増大・微増傾向を示したのは、ハマダイとオオヒメの 2 種であった。ハマダイでは、加入齢とした 2 歳魚が 2002 年以降増加傾向を示し、特に 2007-2008 年および 2012 年に高い水準となった。すなわち、ハマダイの資源量増大は、加入の好条件が継続し、特に大きな年級群の出現に起因すると考えられた。本種の親魚量が極めて少ない状況下で、大きな年級群が出現したという特殊性については、海老沢ら (2007) でも指摘されており、小笠原列島海域のように琉球列島海域以外からの補給の可能性が推察されている。

規格（口径や側長）の異なる稚魚ネットを用いた卵稚仔調査（上原・岩本, 2015; 高宗, 2018）では、ハマダイの仔魚は、沖縄海域から採集されておらず、現時点で潮流など海洋環境情報に基づく分散経路の推定は行えていない。本種の仔魚が、調査を行っていない近底層に分布する可能性も十分考えられるため、加入の動向や浮遊期の分散経路を推測する上でも、サンプリング方法の検討と詳細な調査が急務である。一方、オオヒメでは、期間を通して目立った変動は認められなかった。本種は、他の3種に比べて漁獲対象としての重要度が低く、そのことに起因する可能性も示唆されたが、詳細は不明であった。

アオダイとヒメダイでは、推定資源量は、前種が減少傾向、後種が増減を繰り返したことから、現行の管理策を継続しても2000年代初期の資源水準まで回復は見込めない可能性が示唆された。このため、両種については、より踏み込んだ管理の取組が望まれる。種別にみると、アオダイでは、ハマダイのような大きな年級群の出現は認められず、加入尾数も2010年以降減少傾向を示した。特にアオダイは、分布がインド・西太平洋の中でも日本周辺海域に限定されることから、少なくとも日本周辺海域以外からの仔魚の補給はないと考えられる。一方、ヒメダイでも、大きな年級群の出現は認められなかった。前述の調査（上原・岩本, 2015; 高宗, 2018）より、アオダイ属やヒメダイ属の仔魚が沖縄海域に出現し、形態による種同定が可能であること、定性的ではあるものの出現量の多い海域があることがわかりつつある。今後は、定量的な調査方法を確立することで、これら仔魚の加入動向のモニタリングを可能にするとともに、海洋環境情報に基づく分散経路の解明や資源量推定の精度を高める体制を早急に整備していく必要がある。

本研究では、アオダイを除いた3種について、少なくとも現行よりも漁獲圧を30%削減することで、2000年代初期の資源量水準までの回復あるいはそれ以上の増大が示された（図7）。管理策に伴う漁獲量の減少は、2017–2019年に約3–34トンの差が認められ、管理策に伴う漁獲量減の影響の程度が、魚種によって異なることが示された（図8）。マチ類4種は、主な生息水深が異なるため（Sata, 1991）、漁業者は、操業水深を違えることでターゲットを変化させている。このため、漁獲圧の削減に重きをおいた管理策を推進する場合、漁獲量の減少に伴う影響を考慮の上、魚種別に漁獲圧の削減目標を決定することが望ましいであろう。また現在、沖縄県では、5トン以上の動力漁船を使用する底魚一本釣りは許可漁業となっているが、5トン未満については許可漁業の対象となっていない。近年は、外国漁船操業等調査・監視事業によるマチ類への漁獲圧の増減（上原ら, 2018）が懸念されていることから、操業隻数など漁獲圧を入口でコントロールする取組（インプットコントロール）の導入を検討することが急務となっている。今後は5トン未満へも公的規制を拡大し、現状以上の許可を与えないよう上限を設定するなど、少しでも漁獲圧の削減を図ることが重要である。

謝 辞

貴重な体長データの収集に尽力されてきた歴代の市場調査担

当者の福田将数、松尾和彦、山田真之、平手康市、南 洋一、久保弘文、仲盛 淳、島田和彦、甲斐哲也の各氏に、また、マチ類の生態や漁業に関する重要な情報を提供頂いた多くの漁業者と漁業関係者に感謝申し上げる。

文 献

- Andrews AH, DeMartini EE, Brodziak J, Nichols RS, Humphreys RL, 2012: A long-lived life history for a tropical deepwater snapper (*Pristipomoides filamentosus*): bomb radiocarbon and lead-radium dating as extensions of daily increment analysis in otoliths. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science*, 69: 1850–1869.
- 青沼佳方, 田邊智唯, 2014: 平成26年度マチ類（奄美・沖縄・先島諸島）の資源評価。平成26年度我が国周辺水域の漁業資源評価第2分冊, 1135–1171.
- Díaz-Sacco JJ, Kai T, Ohta I, Uehara M, Imai H, 2016: Genetic stock structure and genetic diversity of lavender jobfish, *Pristipomoides sieboldii* based on mitochondrial DNA sequences. Advance abstract for 53th annual meeting of the biological society of Okinawa.
- 海老沢明彦, 2003: ハマダイ (*Etelis coruscans*) の産卵期と成熟体長および成長に関する予備的研究（マチ類の漁業管理推進調査）。平成13年度沖縄県水産試験場事業報告書, 81–83.
- 海老沢明彦, 2004: 八重山海域におけるイソフエフィ（くちなぎ）の資源管理効果について（電灯潜りの資源管理）。平成14年度沖縄県水産試験場事業報告書, 115–122.
- 海老沢明彦, 2007: 琉球列島海域に分布するハマダイの産卵期と成熟体長（生物情報収集調査およびアオダイ等資源回復推進調査）。平成17年度沖縄県水産試験場事業報告書, 91–92.
- 海老沢明彦, 平手康市, 山田真之, 2008: 沖縄県水産海洋研究センター漁獲統計データベースを基に推定したアオダイ、ヒメダイおよびハマダイの種別1航海あたりの漁獲量の年変化。平成19年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 69: 39–42.
- 海老沢明彦, 平手康市, 山田真之, 2009a: 沖縄県海域で漁獲されたハマダイの年齢別漁獲尾数の推移（アオダイ等資源回復推進調査, 生物情報収集調査）。平成20年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 70: 15–19.
- 海老沢明彦, 平手康市, 山田真之, 2009b: VPAによる琉球列島海域産ハマダイの資源量推定（アオダイ等資源回復推進調査, 生物情報収集調査）。平成20年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 70: 20–22.
- 海老沢明彦, 平手康市, 山田真之, 2009c: 琉球列島産ハマダイの資源管理方法の検討（アオダイ等資源回復推進調査, 生物情報収集調査）。平成20年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 70: 23–27.
- 海老沢明彦, 平手康市, 山田真之, 松尾和彦, 福田将数, 2010: ハマダイの生物情報。平成21年度普及に移す技術の概要, 103–104.
- 海老沢明彦, 前田 健, 2006. 日周輪解析によるハマダイ及びヒメダイの成長式推定の試み（生物情報収集調査およびアオダイ

- 等資源回復推進調査). 平成 16 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 78-82.
- 海老沢明彦, 山本隆司, 福田将数, 2005a: 沖縄近海産アオダイの生物特性と資源評価. 平成 16 年度普及に移す技術の概要, 145-146.
- 海老沢明彦, 山本隆司, 福田将数, 2005b: 沖縄近海産ヒメダイの生物特性と資源評価. 平成 16 年度普及に移す技術の概要, 147-148.
- 海老沢明彦・山本隆司・福田将数, 2005c: 沖縄近海産オオヒメの生物特性と資源評価. 平成 16 年度普及に移す技術の概要, 149-150.
- 福田将数, 海老沢明彦, 2003: マチ類の漁業管理推進調査. 平成 13 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 59-63.
- 福田将数, 2005: 県内主要漁場で漁獲されたマチ類 4 種の体長別漁獲尾数 (沿岸資源動向調査及びマチ類の漁業管理推進調査). 平成 15 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 79-96.
- 福田将数, 2006: 沖縄周辺海域におけるマチ類の漁獲状況把握調査. 平成 16 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 66-77.
- 福田将数, 2007: 県内主要漁場で漁獲されたマチ類 4 種の尾又長別漁獲尾数. 平成 17 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 72-90.
- Gaither MR, Jones SA, Kelly C, Newman SJ, Sorenson L, Bowen BW, 2011: High connectivity in the deepwater snapper *Pristipomoides filamentosus* (Lutjanidae) across the Indo-Pacific with isokation of the Hawaiian Archipelago. PLoS ONE, 6: e28913.
- 平松和彦, 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. 社団法人日本水産資源保護協会, 東京, p104-128.
- 平手康市, 海老沢明彦, 山田真之, 2008: 県内主要漁場で漁獲されたマチ類 4 種の尾又長別漁獲尾数 (生物情報収集事業). 平成 19 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 69, 164-187.
- 平手康市, 海老沢明彦, 山田真之, 2009: 2008 年度に県内主要漁場で漁獲されたマチ類 4 種の月別・尾又長毎漁獲尾数 (生物情報収集事業). 平成 20 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 70: 117-136.
- 平手康市, 南 洋一, 海老沢明彦, 2010: 2009 年度に県内主要漁場で漁獲されたマチ類 4 種の月別・尾又長別漁獲尾数 (生物情報収集事業). 平成 21 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 71: 123-141.
- 喜屋武俊彦, 1988: 鮮魚取扱い市場の水揚量調査 (資料編). 昭和 60 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 79-169.
- 真子 渺, 松宮義晴 1977. 銘柄組成による年齢組成推定法. 西海区水産研究所研究報告, 50: 1-8.
- 松尾和彦, 海老沢明彦, 2007: 県内主要漁場で漁獲されたマチ類 4 種の体長別漁獲尾数 (沿岸資源動向調査及びマチ類の漁業管理推進調査). 平成 18 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 73-90.
- 南 洋一, 平手康市, 海老沢明彦, 2011: 2010 年度に県内主要漁場で漁獲されたマチ類 4 種の月別・尾又長毎漁獲尾数 (生物情報収集事業). 平成 22 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 72: 129-147.
- 太田 格, 秋田雄一, 上原匡人, 海老沢明彦, 2017: 沖縄島沿岸域における水産資源の 27 年間の動向と現状. 平成 27 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 77: 35-60.
- Pope JG. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Bulletin, 9: 65-74.
- Ralston S, Miyamoto GT, 1983: Analyzing the width of daily otolith increments to age the Hawaiian snapper, *Pristipomoides filamentosus*. Fishery Bulletin, 81: 523-535.
- 桜本和美, 1998: 漁業管理の ABC. 成山堂書店, 東京.
- Sata T, 1991: Deep-sea snappers. In: Aquaculture in Tropical Areas. Midori Shobo Co. Ltd., Tokyo, 149-155.
- 島田和彦, 2013: フェダイ科. 日本産魚類検索 全種の同定 第 3 版, 東海大学出版会, 東京. 913-930.
- 下瀬 環, 青沼佳方, 林原 毅, 2018: 平成 29 年度マチ類 (奄美・沖縄・先島諸島) の資源評価. 平成 29 年度我が国周辺水域の漁業資源評価第 2 分冊, 1315-1347.
- 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, 2015: 平成 27 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価・TAC 種以外) 第 2 分冊. 水産庁増殖推進部, 東京. 646 pp.
- 高宗秀典, 2018: 琉球列島における深海性フェダイ科仔稚魚の出現状況と形態. 平成 29 年度琉球大学理学部海洋自然科学科卒業論文.
- 田邊智唯, 青沼佳方, 2015: 平成 27 年度マチ類 (奄美・沖縄・先島諸島) の資源評価. 平成 27 年度我が国周辺水域の漁業資源評価第 2 分冊, 1200-1237.
- 田中昌一, 1960: 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海区水産研究所研究報告, 28: 1-200.
- 上原匡人, 久保弘文, 平手康市, 太田 格, 海老沢明彦, 2012: 2011 年度に沖縄海域で漁獲されたマチ類 4 種の漁場別漁獲量および体長組成 (生物情報収集調査). 平成 23 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 73: 39-58.
- 上原匡人, 仲盛 淳, 南 洋一, 秋田雄一, 太田 格, 海老沢明彦, 2013: 2012 年度に沖縄海域で漁獲されたマチ類 4 種の漁場別漁獲量および体長組成 (資源管理体制推進事業・生物情報収集調査). 平成 24 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 74: 97-112.
- 上原匡人, 岩本健輔, 2015: 沖縄島南方沖で得られた深海性フェダイ科仔魚と DNA バーコーディング法による同定の試み (マチ類の資源評価・資源回復調査, 資源管理体制推進事業). 平成 25 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 75: 38-41.
- 上原匡人, 仲盛 淳, 島田和彦, 秋田雄一, 太田 格, 海老沢明彦, 2015: 2013 年度に沖縄海域で漁獲されたマチ類 4 種の漁場別漁獲量および体長組成 (資源管理体制推進事業・生物情報収集調査). 平成 25 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 75: 89-119.

- 上原匡人, 太田 格, 海老沢明彦. 2017a: 南琉球海域におけるアオダイの資源評価 (マチ類の資源評価・資源回復調査). 平成 26 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 76: 45–52.
- 上原匡人, 島田和彦, 太田 格, 海老沢明彦, 秋田雄一. 2017b: 2014 年度に沖縄海域で漁獲されたマチ類 4 種の漁場別漁獲量および体長組成 (資源管理体制推進事業・生物情報収集調査). 平成 26 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 76: 72–88.
- 上原匡人, 太田 格, 甲斐哲也, 海老沢明彦. 2017c: 南琉球海域におけるハマダイの資源評価 (マチ類の資源評価・資源回復調査). 平成 27 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 77: 21–31.
- 上原匡人, 甲斐哲也, 島田和彦, 太田 格, 海老沢明彦, 秋田雄一. 2018: 2015～2016 年度に沖縄海域で漁獲されたマチ類 4 種の漁場別漁獲量および体長組成 (資源管理体制高度化推進事業・生物情報収集調査). 平成 28 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 78: 46–70.
- 上原匡人, 甲斐哲也, 島田和彦, 太田 格, 海老沢明彦, 秋田雄一. 2019: 2017 年度に沖縄海域で漁獲されたマチ類 4 種の漁場別漁獲量および体長組成 (資源管理体制高度化推進事業・生物情報収集調査). 平成 29 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 79: 印刷中.
- Uehara M, Ohta I, Ebisawa A. 2018. Reproductive traits of deep-sea snappers (Lutjanidae): Implication for Okinawan bottomfish fisheries management. *Regional Studies in Marine Science*, 17: 112–126.
- Williams AJ, Newman SJ, Wakefield CB, Bunel M, Halafih T, Kaltavara J, Nicol SJ. 2015: Evaluating the performance of otolith morphometrics in deriving age compositions and mortality rates for assessment of data-poor tropical fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 72: 2098–2109.
- 山本隆司. 2003: 沖縄近海産アオダイ (しちゅうまち) の成熟と産卵. 平成 14 年度普及に移す技術の概要, 139–140.

マチ類 4 種の資源評価

補足資料 1-1 南琉球海域におけるハマダイの年齢別漁獲尾数

年齢	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	23	0	3	3	14	10	0	4	0	1	0	0	0	0
2	685	7,256	1,888	2,999	2,999	4,794	8,215	1,208	420	1,828	1,499	2,664	510	428	345
3	4,444	12,343	15,858	21,202	21,202	24,538	39,448	50,425	23,857	16,768	12,011	28,926	19,763	13,527	14,321
4	10,921	6,599	7,229	13,833	13,833	23,684	19,709	28,700	54,788	22,366	19,804	14,868	36,538	24,543	27,611
5	4,141	3,690	1,753	5,163	5,163	4,917	7,468	5,903	7,946	14,621	10,034	6,595	5,392	11,069	12,953
6	1,540	1,732	1,087	1,130	1,130	1,649	2,186	2,120	1,994	2,569	5,121	4,048	1,782	1,974	3,857
7	1,053	941	707	395	395	629	839	898	1,135	564	1,555	2,289	1,336	596	1,404
8	770	650	387	247	247	347	380	410	681	264	462	917	838	411	954
9	541	483	231	194	194	277	197	219	409	176	212	351	407	360	487
10	395	360	160	157	157	243	125	138	260	129	143	171	190	290	335
11	296	267	117	126	126	200	93	96	174	93	111	108	95	204	253
12	217	196	87	98	98	152	74	71	120	64	87	77	52	130	216
13	153	141	63	74	74	110	60	53	83	43	65	57	31	78	216
14	105	101	45	55	55	77	48	40	57	28	48	41	20	46	155
15	71	73	33	41	41	54	37	30	39	19	34	29	13	27	68
16	48	53	24	30	30	39	28	23	27	12	24	21	9	16	31
17	33	39	19	23	23	28	22	18	19	9	18	15	7	10	20
18	23	29	15	17	17	21	17	14	14	6	13	11	5	7	14
19	17	23	12	14	14	16	13	11	10	5	10	8	4	5	10
20	13	18	10	11	11	13	10	9	8	4	8	6	3	3	7
21	10	15	9	9	9	10	8	7	6	3	7	5	2	3	6
22	8	12	8	8	8	9	7	6	5	2	6	4	2	2	5
23	6	10	7	7	7	7	6	5	4	2	5	4	2	2	4
24	5	9	6	6	6	6	5	5	4	2	4	3	1	1	3
25	5	8	6	6	6	6	4	4	3	2	4	3	1	1	3
26	4	7	5	5	5	5	4	4	3	2	3	2	1	1	2
27	3	7	5	5	5	5	3	3	3	1	3	2	1	1	2
28	3	6	5	4	4	4	3	3	2	1	3	2	1	1	2
29	3	6	5	4	4	4	3	3	2	1	3	2	1	1	2
30	3	5	5	4	4	4	3	3	2	1	2	2	1	1	2
31	2	4	4	3	3	3	2	2	2	1	2	1	1	1	1
32	2	4	4	3	3	3	2	2	1	1	2	1	0	1	1
33	1	3	3	3	3	2	2	2	1	1	2	1	0	0	1
34	1	3	3	2	2	2	1	2	1	1	1	1	0	0	1
35	1	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	1
36	1	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	1
37	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
38	1	2	2	2	2	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
39	1	2	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
40	0	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
41	0	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
42	0	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
43	0	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
44	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	25,527	35,136	29,835	45,900	45,900	61,886	79,040	90,446	92,089	59,592	51,315	61,241	67,009	53,740	63,294

補足資料 1-2 VPAによって推定された南琉球海域におけるハマダイの年齢別資源尾数(2歳: $M=0.167$,
3歳: $M=0.083$, 4歳以降: $M=0.042$)

年齢	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2	37,191	58,722	60,621	78,390	74,707	112,848	178,059	85,451	64,389	51,709	110,817	85,623	67,749	44,436	72,067
3	17,506	30,852	43,031	49,577	63,596	60,478	91,113	143,165	71,222	54,118	42,089	92,425	70,028	56,879	37,221
4	18,182	11,844	16,546	24,380	25,276	38,175	32,106	45,990	83,351	42,644	33,707	27,202	57,290	45,472	39,356
5	8,253	6,744	4,898	8,791	9,837	10,697	13,421	11,493	16,004	26,291	18,999	12,936	11,530	19,167	19,579
6	4,090	3,860	2,855	2,981	3,375	4,379	5,445	5,559	5,243	7,569	10,899	8,396	5,949	5,779	7,544
7	2,865	2,415	2,006	1,675	1,753	2,131	2,585	3,082	3,256	3,077	4,744	5,438	4,089	3,961	3,610
8	2,118	1,716	1,395	1,232	1,220	1,294	1,428	1,658	2,076	2,012	2,398	3,027	2,975	2,614	3,215
9	1,549	1,277	1,009	959	939	928	902	998	1,189	1,325	1,671	1,848	2,005	2,033	2,106
10	1,146	956	752	741	730	711	618	671	742	740	1,098	1,395	1,429	1,524	1,598
11	853	713	564	565	558	547	444	471	509	457	583	914	1,171	1,185	1,178
12	631	529	422	426	419	412	328	335	357	318	348	451	771	1,030	937
13	462	392	315	320	313	306	246	242	252	226	242	248	357	688	860
14	340	293	238	241	234	227	186	177	180	161	174	168	182	312	584
15	253	223	182	184	177	170	142	132	131	117	127	121	121	156	254
16	193	174	143	143	136	130	110	100	97	87	94	88	87	103	123
17	152	138	115	113	107	101	87	78	74	66	71	66	65	74	83
18	122	113	95	92	86	81	69	62	57	52	55	51	49	55	61
19	102	95	80	77	71	66	57	50	46	41	44	40	38	42	47
20	86	81	69	65	60	55	47	42	38	34	35	32	30	33	36
21	74	70	60	56	51	47	40	35	32	28	29	26	24	26	28
22	65	62	53	49	45	40	34	30	27	24	24	21	20	21	23
23	58	55	47	43	39	35	30	26	23	21	21	18	16	17	18
24	52	50	43	39	35	31	26	23	20	18	18	15	14	14	15
25	47	45	39	35	31	27	23	20	18	16	16	13	12	12	12
26	42	41	35	31	28	24	21	18	16	14	14	11	10	10	10
27	38	37	32	28	25	22	18	16	14	12	12	10	8	9	9
28	34	33	29	26	23	19	16	14	12	11	10	8	7	7	7
29	31	30	26	23	20	17	14	13	11	9	9	7	6	6	6
30	27	27	23	20	18	15	13	11	9	8	8	6	5	5	5
31	24	23	20	18	15	13	11	9	8	7	6	5	4	4	4
32	21	21	18	16	14	11	9	8	7	6	6	4	3	3	3
33	19	19	16	14	12	10	8	7	6	5	5	4	3	3	3
34	17	17	15	12	11	9	7	6	5	5	4	3	2	2	2
35	15	15	13	11	10	8	6	6	5	4	4	3	2	2	2
36	14	14	12	10	8	7	6	5	4	3	3	2	2	2	2
37	12	12	11	9	8	6	5	4	4	3	3	2	1	1	1
38	11	11	10	8	7	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1
39	10	10	9	7	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1
40	9	9	8	6	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1
41	8	8	7	6	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1
42	7	7	6	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1
43	6	6	6	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0
44	6	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0
45	5	5	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0
46	5	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0
47	4	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
48	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
49	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
50	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
51	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
52	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
53	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
54	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
55	1	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	96,778	121,803	135,917	171,459	184,042	234,119	327,713	300,037	249,457	191,258	228,403	240,637	226,060	185,692	190,614

マチ類 4 種の資源評価

補足資料 1-3 解析によって推定された南琉球海域におけるハマダイの漁獲係数

年齢	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2	0.020	0.144	0.034	0.042	0.045	0.047	0.051	0.015	0.007	0.039	0.015	0.034	0.008	0.011	0.031
3	0.307	0.540	0.485	0.590	0.427	0.550	0.600	0.458	0.430	0.390	0.353	0.395	0.348	0.285	0.513
4	0.950	0.841	0.591	0.866	0.818	1.004	0.986	1.014	1.112	0.767	0.916	0.817	1.053	0.801	1.260
5	0.718	0.818	0.455	0.916	0.768	0.634	0.840	0.743	0.707	0.839	0.775	0.735	0.649	0.891	1.125
6	0.485	0.613	0.492	0.489	0.418	0.485	0.527	0.493	0.491	0.426	0.654	0.678	0.365	0.429	0.738
7	0.471	0.507	0.446	0.275	0.261	0.359	0.402	0.353	0.440	0.207	0.408	0.562	0.406	0.167	0.506
8	0.464	0.489	0.333	0.229	0.232	0.320	0.317	0.291	0.408	0.144	0.219	0.370	0.339	0.175	0.361
9	0.441	0.488	0.267	0.231	0.236	0.364	0.253	0.254	0.432	0.146	0.139	0.215	0.232	0.199	0.270
10	0.434	0.486	0.244	0.243	0.248	0.429	0.231	0.235	0.442	0.196	0.142	0.134	0.146	0.216	0.241
11	0.437	0.483	0.239	0.257	0.261	0.468	0.240	0.233	0.429	0.232	0.216	0.128	0.087	0.194	0.248
12	0.433	0.475	0.235	0.268	0.273	0.473	0.263	0.242	0.419	0.230	0.295	0.192	0.072	0.138	0.269
13	0.413	0.459	0.228	0.271	0.279	0.455	0.288	0.254	0.408	0.215	0.323	0.266	0.094	0.124	0.296
14	0.379	0.434	0.216	0.267	0.277	0.426	0.304	0.263	0.391	0.197	0.326	0.288	0.118	0.163	0.316
15	0.336	0.403	0.204	0.257	0.268	0.394	0.310	0.267	0.367	0.176	0.319	0.285	0.120	0.195	0.317
16	0.292	0.370	0.191	0.244	0.257	0.362	0.305	0.267	0.339	0.157	0.308	0.273	0.116	0.176	0.298
17	0.252	0.337	0.180	0.229	0.244	0.335	0.293	0.263	0.310	0.142	0.295	0.259	0.112	0.151	0.277
18	0.217	0.307	0.172	0.215	0.232	0.311	0.278	0.256	0.283	0.129	0.284	0.245	0.108	0.132	0.260
19	0.187	0.280	0.166	0.204	0.221	0.291	0.263	0.248	0.260	0.120	0.275	0.234	0.105	0.119	0.247
20	0.163	0.257	0.162	0.195	0.212	0.274	0.248	0.240	0.240	0.114	0.269	0.226	0.103	0.111	0.238
21	0.144	0.239	0.159	0.187	0.206	0.261	0.235	0.234	0.225	0.111	0.265	0.221	0.101	0.105	0.232
22	0.129	0.225	0.158	0.181	0.202	0.253	0.224	0.228	0.214	0.110	0.263	0.220	0.100	0.103	0.230
23	0.118	0.214	0.160	0.178	0.199	0.246	0.218	0.225	0.206	0.110	0.265	0.222	0.100	0.103	0.232
24	0.109	0.206	0.162	0.178	0.200	0.241	0.213	0.226	0.202	0.111	0.269	0.228	0.101	0.105	0.236
25	0.103	0.201	0.166	0.179	0.203	0.240	0.209	0.227	0.203	0.114	0.276	0.237	0.103	0.109	0.243
26	0.100	0.200	0.172	0.182	0.207	0.244	0.210	0.230	0.205	0.121	0.287	0.250	0.107	0.116	0.254
27	0.098	0.202	0.181	0.188	0.215	0.249	0.216	0.238	0.209	0.127	0.307	0.267	0.112	0.124	0.271
28	0.098	0.207	0.192	0.197	0.226	0.259	0.222	0.253	0.219	0.135	0.328	0.298	0.119	0.135	0.294
29	0.100	0.216	0.208	0.211	0.242	0.275	0.235	0.268	0.237	0.148	0.352	0.332	0.134	0.150	0.323
30	0.105	0.229	0.228	0.230	0.266	0.298	0.255	0.294	0.257	0.167	0.396	0.374	0.151	0.177	0.366
31	0.088	0.205	0.219	0.214	0.249	0.273	0.230	0.274	0.230	0.156	0.373	0.353	0.139	0.160	0.342
32	0.084	0.203	0.227	0.218	0.255	0.276	0.231	0.278	0.231	0.161	0.386	0.370	0.144	0.167	0.355
33	0.081	0.201	0.235	0.221	0.261	0.278	0.231	0.283	0.231	0.166	0.398	0.387	0.149	0.174	0.369
34	0.077	0.198	0.244	0.225	0.266	0.280	0.231	0.287	0.232	0.171	0.410	0.404	0.153	0.182	0.382
35	0.074	0.196	0.252	0.229	0.272	0.282	0.230	0.292	0.232	0.176	0.422	0.422	0.158	0.189	0.396
36	0.071	0.193	0.261	0.233	0.278	0.283	0.230	0.296	0.232	0.182	0.434	0.440	0.162	0.196	0.409
37	0.067	0.191	0.269	0.237	0.284	0.285	0.230	0.300	0.231	0.187	0.446	0.458	0.167	0.204	0.423
38	0.064	0.188	0.279	0.240	0.290	0.287	0.229	0.304	0.231	0.192	0.457	0.476	0.171	0.211	0.437
39	0.061	0.185	0.288	0.244	0.296	0.288	0.229	0.308	0.230	0.197	0.469	0.495	0.176	0.219	0.450
40	0.059	0.183	0.297	0.248	0.302	0.290	0.228	0.312	0.230	0.202	0.480	0.514	0.180	0.227	0.464
41	0.056	0.180	0.307	0.252	0.308	0.291	0.227	0.316	0.229	0.207	0.492	0.533	0.185	0.234	0.478
42	0.053	0.177	0.317	0.255	0.315	0.293	0.227	0.319	0.228	0.212	0.503	0.553	0.189	0.242	0.492
43	0.051	0.174	0.327	0.259	0.321	0.294	0.226	0.323	0.227	0.217	0.514	0.573	0.193	0.250	0.506
44	0.048	0.172	0.337	0.263	0.327	0.296	0.225	0.326	0.226	0.222	0.524	0.593	0.198	0.258	0.519
45	0.046	0.169	0.348	0.267	0.334	0.297	0.224	0.330	0.224	0.227	0.535	0.613	0.202	0.266	0.533
46	0.044	0.166	0.359	0.271	0.340	0.298	0.223	0.333	0.223	0.232	0.546	0.634	0.206	0.275	0.548
47	0.042	0.164	0.370	0.275	0.347	0.300	0.222	0.337	0.222	0.237	0.556	0.655	0.210	0.283	0.562
48	0.040	0.161	0.383	0.279	0.355	0.301	0.221	0.340	0.220	0.242	0.567	0.676	0.215	0.292	0.576
49	0.038	0.159	0.396	0.284	0.362	0.303	0.221	0.344	0.219	0.248	0.577	0.699	0.219	0.301	0.591
50	0.037	0.158	0.409	0.290	0.372	0.305	0.220	0.348	0.218	0.253	0.588	0.722	0.224	0.310	0.607
51	0.036	0.159	0.428	0.295	0.382	0.309	0.220	0.353	0.217	0.259	0.600	0.747	0.229	0.320	0.623
52	0.035	0.160	0.456	0.307	0.392	0.314	0.222	0.358	0.216	0.265	0.613	0.774	0.234	0.330	0.642
53	0.034	0.160	0.486	0.327	0.414	0.319	0.224	0.367	0.217	0.272	0.628	0.806	0.241	0.342	0.663
54	0.034	0.163	0.517	0.349	0.454	0.337	0.226	0.378	0.220	0.281	0.646	0.845	0.250	0.357	0.689
55	0.034	0.167	0.562	0.373	0.501	0.377	0.241	0.390	0.224	0.295	0.670	0.895	0.263	0.376	0.723
56	0.036	0.174	0.614	0.414	0.556	0.429	0.278	0.432	0.229	0.312	0.715	0.968	0.282	0.405	0.776
57	0.040	0.192	0.695	0.465	0.660	0.497	0.330	0.541	0.259	0.330	0.774	1.131	0.315	0.448	0.868
58	0.060	0.227	0.880	0.561	0.817	0.661	0.407	0.729	0.353	0.402	0.845	1.412	0.413	0.531	1.043
59	0.105	0.379	1.330	0.890	1.240	1.024	0.659	1.120	0.573	0.668	1.257	1.949	0.668	0.845	1.559
60	0.105	0.379	1.330	0.890	1.240	1.024	0.659	1.120	0.573	0.668	1.257	1.949	0.668	0.845	1.559
平均	0.173	0.282	0.348	0.306	0.355	0.367	0.292	0.353	0.300	0.237	0.461	0.526	0.219	0.260	0.493

補足資料 2-1 南琉球海域におけるアオダイの年齢別漁獲尾数

年齢	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0	10	2	3	1	47	333	58	118	0	1	4	0	0	4	269
1	846	757	431	469	687	1,054	2,182	2,327	23	48	636	13	64	15	626
2	10,710	12,834	8,855	6,577	6,204	5,822	16,427	16,189	1,474	2,505	6,041	605	794	301	1,930
3	29,669	27,537	33,038	15,887	26,949	12,544	34,663	30,862	15,602	18,546	16,578	4,117	5,529	3,045	6,947
4	39,646	28,684	48,042	19,301	43,259	17,022	42,221	30,282	35,136	34,516	29,293	8,062	16,511	10,692	15,330
5	35,670	23,763	39,149	17,468	34,141	17,340	38,324	21,748	32,397	29,782	33,221	8,504	19,842	19,297	19,079
6	23,283	17,024	23,081	12,664	19,437	13,715	27,756	13,423	21,543	17,923	23,750	6,336	14,467	22,990	15,369
7	15,543	14,204	14,936	10,584	12,660	12,211	20,685	10,555	16,800	12,122	15,638	6,209	11,345	22,048	12,926
8	10,341	11,269	10,246	8,202	8,777	9,912	14,768	8,552	13,287	8,227	9,440	4,863	7,841	16,598	9,551
9	4,730	5,452	4,944	3,792	4,239	4,768	7,133	4,143	6,936	3,588	3,689	1,795	3,098	8,440	4,068
10	2,213	2,605	2,451	1,757	2,111	2,295	3,415	1,975	3,571	1,598	1,456	644	1,223	3,385	1,711
11	1,190	1,417	1,391	949	1,211	1,282	1,820	1,095	2,027	837	670	291	571	1,410	837
12	699	834	856	564	758	783	1,043	666	1,218	489	344	155	299	649	452
13	435	516	552	355	501	504	629	427	759	305	192	91	169	325	261
14	283	333	370	235	344	338	397	285	490	202	114	58	102	175	159
15	193	224	256	162	245	236	262	198	328	139	72	39	65	101	102
16	137	156	184	116	181	170	180	142	228	101	48	27	44	62	69
17	100	114	137	87	139	127	129	106	165	76	34	20	31	41	49
18	77	86	105	67	109	99	97	82	124	59	25	16	23	28	36
19	61	67	83	54	89	79	75	66	96	48	19	13	18	21	27
20	49	54	68	44	74	65	60	54	77	39	15	11	15	16	22
21	41	45	57	37	63	54	49	45	63	34	12	9	12	12	18
22	35	38	49	32	55	47	41	39	53	29	11	8	10	10	15
23	31	33	42	28	49	41	36	34	46	26	9	7	9	9	13
24	27	29	38	25	44	37	32	31	41	23	8	7	8	7	11
25	25	26	34	23	41	33	28	28	36	21	7	6	7	6	10
26	23	24	31	21	38	31	26	26	33	20	7	6	7	6	9
27	21	22	29	20	35	29	24	24	31	18	6	5	6	5	8
28	20	21	27	19	34	27	22	23	29	17	6	5	6	5	8
29	19	19	26	18	32	25	21	21	27	17	5	5	5	5	7
30	18	18	24	17	31	24	20	21	26	16	5	5	5	4	7
31	15	15	20	14	26	20	16	17	21	13	4	4	4	3	6
32	13	14	18	13	24	18	14	15	19	12	4	4	4	3	5
33	12	12	16	12	22	17	13	14	17	11	3	3	3	3	4
34	11	11	15	11	20	15	12	13	15	10	3	3	3	2	4
35	10	10	13	10	18	14	10	12	13	9	3	3	3	2	4
36	9	9	12	9	17	12	9	11	12	9	2	3	3	2	3
37	8	8	11	8	15	11	8	10	11	8	2	3	2	2	3
38	7	7	10	7	14	10	8	9	10	7	2	2	2	1	3
39	7	7	9	7	13	9	7	8	9	7	2	2	2	1	2
40	6	6	8	6	12	9	6	7	8	6	2	2	2	1	2
41	6	5	7	6	11	8	5	7	7	5	1	2	2	1	2
42	5	5	7	5	10	7	5	6	6	5	1	2	1	1	2
43	5	4	6	5	9	6	4	6	6	5	1	2	1	1	1
44	4	4	5	4	8	6	4	5	5	4	1	1	1	1	1
45	4	3	5	4	8	5	4	5	5	4	1	1	1	1	1
46	3	3	4	4	7	5	3	4	4	4	1	1	1	1	1
47	3	3	4	3	7	4	3	4	4	3	1	1	1	0	1
48	3	3	4	3	6	4	3	3	3	3	1	1	1	0	1
49	3	2	3	3	6	4	2	3	3	3	1	1	1	0	1
50	2	2	3	2	5	3	2	3	3	2	1	1	1	0	1
51	2	2	3	2	5	3	2	3	2	2	1	1	1	0	1
52	2	2	2	2	4	3	2	2	2	2	0	1	1	0	1
53	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	0	1	0	0	0
54	2	1	2	2	4	2	1	2	2	2	0	1	0	0	0
55	1	1	2	2	3	2	1	2	2	2	0	1	0	0	0
合計	176,289	148,349	189,728	99,718	162,863	101,246	212,771	143,758	152,855	131,509	141,393	41,980	82,165	109,740	89,975

マチ類 4 種の資源評価

補足資料 2-2 VPA によって推定された南琉球海域におけるアオダイの年齢別資源尾数 (2 歳: $M=0.182$,
3 歳: $M=0.091$, 4 歳以降: $M=0.046$)

年齢	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2	227,882	218,252	205,823	190,540	187,919	211,314	229,674	201,882	156,182	135,341	115,906	91,507	78,905	69,264	98,184
3	172,126	176,449	165,733	160,403	150,544	148,830	168,819	170,711	147,841	128,352	109,672	88,995	75,529	64,784	57,368
4	130,267	128,818	134,802	119,761	131,283	111,710	123,911	121,026	126,386	120,085	99,477	84,301	77,327	63,683	56,244
5	94,554	85,723	95,054	81,849	95,572	83,162	90,107	77,132	86,046	86,424	81,008	66,422	72,674	57,751	50,401
6	62,532	55,483	58,685	52,561	61,137	57,951	62,516	48,640	52,446	50,553	53,470	44,935	55,157	50,049	36,321
7	40,266	36,993	36,376	33,515	37,846	39,420	41,969	32,606	33,357	29,056	30,787	27,878	36,744	38,565	25,351
8	23,385	23,283	21,464	20,159	21,679	23,789	25,732	19,884	20,839	15,452	15,915	14,132	20,569	24,021	15,299
9	12,009	12,237	11,232	10,494	11,245	12,136	13,043	10,153	10,640	6,925	6,724	5,980	8,749	11,990	6,729
10	6,723	6,851	6,364	5,901	6,321	6,602	6,936	5,490	5,652	3,387	3,109	2,818	3,960	5,333	3,207
11	4,185	4,261	4,000	3,685	3,921	3,977	4,065	3,289	3,315	1,909	1,675	1,548	2,063	2,588	1,787
12	2,794	2,836	2,686	2,462	2,594	2,562	2,547	2,105	2,073	1,186	1,006	946	1,195	1,414	1,094
13	1,969	1,986	1,894	1,731	1,802	1,737	1,683	1,414	1,361	791	656	625	752	850	716
14	1,454	1,456	1,393	1,271	1,306	1,232	1,167	993	935	558	457	439	508	554	495
15	1,120	1,112	1,066	970	985	912	847	727	671	414	337	325	363	386	358
16	895	882	844	767	769	701	641	554	502	320	259	251	273	283	269
17	738	722	690	626	620	558	504	436	390	256	207	201	213	218	210
18	625	607	579	525	514	457	408	355	313	211	171	165	172	173	168
19	542	522	496	450	436	384	340	296	259	178	144	139	142	142	138
20	478	458	434	392	378	330	290	252	219	153	124	119	120	118	115
21	429	409	385	348	332	289	252	219	188	134	108	103	103	101	98
22	388	370	347	313	296	255	223	193	165	118	95	91	90	87	84
23	351	336	316	284	267	229	198	172	146	105	84	80	79	76	73
24	320	305	289	261	244	208	179	154	131	95	75	72	70	67	64
25	292	279	263	240	225	190	162	140	117	85	68	64	62	59	57
26	266	255	241	218	206	175	149	127	106	77	61	58	55	52	50
27	242	232	220	200	188	160	137	117	97	69	54	52	49	47	44
28	220	210	200	182	171	145	125	108	88	62	48	46	44	41	39
29	199	191	181	165	156	131	112	98	81	57	43	40	39	37	35
30	180	172	164	148	140	117	100	87	73	51	38	35	34	32	31
31	161	154	146	133	125	104	88	76	63	44	33	31	29	27	26
32	146	139	132	120	113	94	80	69	56	40	29	28	26	24	23
33	132	126	120	109	102	85	72	62	51	36	26	25	23	21	20
34	120	114	109	99	93	76	65	56	45	32	23	22	20	18	17
35	108	104	99	89	84	69	58	50	41	29	21	19	18	16	15
36	98	94	89	81	76	62	52	45	37	26	18	17	16	14	13
37	89	85	81	73	69	56	47	41	33	23	16	15	14	12	12
38	80	77	73	67	62	51	42	37	30	21	15	14	12	11	10
39	72	69	66	60	56	46	38	33	27	19	13	12	11	10	9
40	65	63	60	55	51	41	34	30	24	17	12	11	9	8	8
41	59	57	54	49	46	37	31	27	21	15	10	9	8	7	7
42	53	51	49	45	42	33	28	24	19	14	9	8	7	6	6
43	48	46	44	40	38	30	25	22	17	12	8	7	6	6	5
44	43	41	40	36	34	27	22	20	15	11	7	7	6	5	5
45	38	37	36	33	30	24	20	17	14	10	6	6	5	4	4
46	33	33	32	29	27	21	18	16	12	9	6	5	4	4	3
47	28	28	28	26	24	19	16	14	11	8	5	4	4	3	3
48	24	24	24	23	22	17	14	12	10	7	4	4	3	3	3
49	20	20	21	20	19	15	12	11	8	6	4	3	3	2	2
50	16	16	17	16	16	13	11	10	7	5	3	3	2	2	2
51	12	13	14	13	13	11	9	8	6	4	2	2	2	2	1
52	8	9	11	10	10	8	7	7	5	4	2	2	1	1	1
53	5	6	7	8	8	6	5	5	4	3	2	1	1	1	1
54	3	4	4	5	6	4	3	3	3	2	1	1	1	0	1
55	3	3	4	4	5	3	3	3	3	2	1	1	1	0	1
合計	788,893	763,104	753,581	691,665	720,268	710,615	777,638	700,058	651,178	582,802	522,054	432,624	436,273	392,970	355,228

補足資料 2-3 解析によって推定された南琉球海域におけるアオダイの漁獲係数

年齢	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2	0.053	0.067	0.048	0.039	0.037	0.031	0.082	0.092	0.010	0.020	0.059	0.007	0.011	0.005	0.027
3	0.199	0.178	0.234	0.109	0.207	0.092	0.242	0.210	0.117	0.164	0.172	0.050	0.080	0.050	0.136
4	0.373	0.258	0.453	0.180	0.411	0.169	0.429	0.296	0.335	0.348	0.358	0.103	0.246	0.188	0.327
5	0.488	0.333	0.547	0.246	0.455	0.240	0.571	0.340	0.486	0.435	0.544	0.140	0.328	0.418	0.490
6	0.479	0.377	0.515	0.283	0.393	0.277	0.605	0.332	0.545	0.450	0.606	0.156	0.312	0.635	0.567
7	0.502	0.499	0.545	0.390	0.419	0.381	0.702	0.402	0.724	0.556	0.733	0.259	0.380	0.879	0.737
8	0.602	0.683	0.670	0.538	0.535	0.556	0.885	0.580	1.056	0.787	0.933	0.434	0.494	1.227	1.018
9	0.516	0.608	0.598	0.461	0.487	0.514	0.820	0.540	1.099	0.755	0.824	0.367	0.450	1.273	0.964
10	0.411	0.493	0.501	0.363	0.418	0.439	0.701	0.459	1.040	0.659	0.652	0.266	0.380	1.048	0.789
11	0.344	0.416	0.440	0.306	0.380	0.400	0.613	0.416	0.983	0.595	0.526	0.214	0.333	0.815	0.652
12	0.296	0.358	0.394	0.267	0.355	0.375	0.543	0.391	0.918	0.547	0.431	0.184	0.295	0.635	0.549
13	0.256	0.309	0.354	0.236	0.334	0.352	0.482	0.369	0.845	0.503	0.355	0.162	0.261	0.496	0.467
14	0.222	0.267	0.317	0.209	0.314	0.329	0.427	0.347	0.768	0.461	0.295	0.144	0.230	0.391	0.399
15	0.194	0.230	0.283	0.187	0.294	0.307	0.380	0.326	0.694	0.422	0.247	0.130	0.203	0.313	0.345
16	0.170	0.200	0.253	0.168	0.276	0.285	0.339	0.305	0.627	0.389	0.211	0.118	0.181	0.255	0.303
17	0.150	0.176	0.227	0.153	0.260	0.266	0.305	0.287	0.568	0.360	0.183	0.109	0.163	0.213	0.270
18	0.134	0.156	0.206	0.140	0.245	0.249	0.277	0.270	0.518	0.337	0.161	0.103	0.149	0.183	0.245
19	0.121	0.141	0.189	0.130	0.234	0.235	0.255	0.257	0.478	0.320	0.146	0.098	0.139	0.161	0.227
20	0.111	0.128	0.175	0.122	0.224	0.224	0.237	0.246	0.446	0.306	0.134	0.095	0.132	0.145	0.213
21	0.103	0.118	0.163	0.116	0.217	0.214	0.222	0.238	0.421	0.297	0.126	0.094	0.127	0.134	0.204
22	0.098	0.111	0.154	0.111	0.212	0.208	0.212	0.232	0.403	0.291	0.120	0.094	0.123	0.127	0.198
23	0.094	0.105	0.147	0.107	0.208	0.203	0.205	0.228	0.390	0.289	0.117	0.095	0.122	0.122	0.196
24	0.092	0.102	0.143	0.105	0.206	0.200	0.200	0.228	0.382	0.289	0.116	0.098	0.123	0.119	0.195
25	0.091	0.101	0.142	0.104	0.205	0.198	0.197	0.229	0.382	0.293	0.116	0.101	0.125	0.119	0.198
26	0.092	0.101	0.142	0.105	0.208	0.198	0.195	0.231	0.385	0.305	0.118	0.106	0.128	0.120	0.204
27	0.094	0.102	0.144	0.107	0.215	0.201	0.196	0.235	0.391	0.318	0.123	0.112	0.134	0.124	0.213
28	0.097	0.105	0.149	0.111	0.223	0.210	0.200	0.242	0.401	0.335	0.130	0.122	0.141	0.129	0.225
29	0.102	0.110	0.156	0.117	0.236	0.222	0.212	0.254	0.416	0.356	0.139	0.134	0.154	0.136	0.241
30	0.108	0.117	0.165	0.125	0.254	0.238	0.227	0.277	0.445	0.384	0.150	0.148	0.169	0.151	0.263
31	0.099	0.105	0.151	0.115	0.239	0.221	0.206	0.259	0.409	0.365	0.138	0.143	0.158	0.135	0.247
32	0.099	0.105	0.150	0.116	0.243	0.223	0.205	0.262	0.409	0.374	0.140	0.150	0.163	0.135	0.253
33	0.099	0.104	0.150	0.117	0.247	0.225	0.205	0.265	0.409	0.383	0.142	0.157	0.167	0.136	0.259
34	0.099	0.104	0.150	0.117	0.250	0.226	0.204	0.268	0.409	0.391	0.143	0.164	0.172	0.137	0.265
35	0.099	0.103	0.150	0.118	0.254	0.228	0.203	0.271	0.409	0.400	0.145	0.172	0.177	0.138	0.271
36	0.099	0.102	0.149	0.119	0.258	0.230	0.203	0.274	0.408	0.410	0.147	0.180	0.182	0.139	0.278
37	0.100	0.102	0.149	0.120	0.262	0.232	0.202	0.278	0.408	0.419	0.149	0.189	0.187	0.140	0.284
38	0.100	0.102	0.149	0.120	0.266	0.234	0.202	0.281	0.408	0.429	0.151	0.197	0.192	0.141	0.291
39	0.100	0.101	0.149	0.121	0.270	0.236	0.201	0.284	0.408	0.438	0.153	0.207	0.198	0.142	0.299
40	0.101	0.101	0.149	0.122	0.275	0.239	0.201	0.288	0.408	0.449	0.155	0.217	0.204	0.143	0.306
41	0.101	0.101	0.149	0.123	0.279	0.241	0.201	0.292	0.408	0.460	0.157	0.227	0.210	0.144	0.315
42	0.102	0.101	0.150	0.124	0.285	0.244	0.201	0.296	0.409	0.471	0.159	0.239	0.217	0.146	0.323
43	0.103	0.101	0.150	0.126	0.290	0.247	0.201	0.300	0.410	0.484	0.162	0.251	0.224	0.147	0.333
44	0.105	0.101	0.151	0.127	0.296	0.250	0.201	0.305	0.412	0.498	0.165	0.264	0.233	0.149	0.344
45	0.106	0.102	0.152	0.129	0.304	0.254	0.202	0.311	0.414	0.514	0.168	0.280	0.242	0.152	0.356
46	0.111	0.103	0.155	0.131	0.312	0.260	0.204	0.318	0.418	0.532	0.173	0.297	0.253	0.155	0.371
47	0.118	0.108	0.157	0.135	0.321	0.266	0.207	0.326	0.425	0.555	0.179	0.318	0.266	0.160	0.388
48	0.128	0.115	0.166	0.139	0.335	0.274	0.210	0.339	0.433	0.584	0.186	0.342	0.284	0.166	0.410
49	0.140	0.125	0.179	0.148	0.350	0.287	0.215	0.350	0.450	0.618	0.197	0.374	0.305	0.175	0.438
50	0.160	0.138	0.200	0.164	0.385	0.301	0.225	0.367	0.465	0.679	0.210	0.417	0.335	0.187	0.480
51	0.204	0.159	0.225	0.188	0.444	0.340	0.236	0.398	0.491	0.741	0.238	0.475	0.382	0.205	0.536
52	0.266	0.211	0.269	0.220	0.545	0.416	0.275	0.432	0.547	0.846	0.269	0.592	0.452	0.238	0.630
53	0.388	0.296	0.390	0.279	0.695	0.573	0.360	0.549	0.616	1.105	0.330	0.749	0.638	0.292	0.818
54	0.646	0.502	0.643	0.476	1.080	0.914	0.594	0.882	0.950	1.595	0.544	1.163	1.008	0.488	1.260
55	0.646	0.502	0.643	0.476	1.080	0.914	0.594	0.882	0.950	1.595	0.544	1.163	1.008	0.488	1.260
平均	0.202	0.199	0.254	0.182	0.334	0.294	0.317	0.332	0.521	0.498	0.259	0.244	0.259	0.283	0.405

補足資料 3-1 沖縄海域におけるヒメダイの年齢別漁獲尾数

年齢	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0	0	0	0	2	0	0	137	65	0	0	0	0	0	0
1	53	9	15	355	152	37	596	562	31	21	1	1	1	20
2	5,685	2,194	2,705	6,271	5,976	4,836	3,759	1,772	1,705	1,306	239	303	237	729
3	40,436	34,072	31,496	33,584	52,328	55,574	26,193	21,679	13,062	15,998	3,829	5,337	5,114	7,560
4	71,034	89,862	73,329	74,662	117,286	130,513	78,091	75,708	45,391	54,904	20,143	23,354	24,422	30,356
5	62,967	89,309	74,335	81,058	115,922	114,455	90,333	89,213	75,603	72,515	44,164	39,835	39,217	47,839
6	38,425	52,453	44,782	52,951	72,304	59,074	54,861	54,413	62,600	51,773	44,931	33,246	31,047	37,160
7	19,172	23,627	19,640	26,107	34,526	25,182	24,007	23,389	33,543	26,108	28,622	18,443	17,139	19,444
8	8,995	9,633	7,493	11,550	14,493	10,823	9,563	8,743	14,738	11,279	14,650	8,655	8,294	8,662
9	4,344	3,940	2,823	5,110	5,922	5,066	3,954	3,232	6,180	4,722	7,051	3,974	3,996	3,772
10	2,251	1,713	1,132	2,397	2,516	2,619	1,796	1,268	2,690	2,056	3,479	1,922	2,038	1,726
11	1,267	813	502	1,225	1,153	1,486	909	546	1,265	964	1,837	1,010	1,127	857
12	772	425	249	686	579	916	510	261	653	494	1,056	580	678	466
13	507	245	138	421	320	607	314	139	369	277	664	363	442	278
14	355	154	84	280	193	429	210	81	228	169	456	245	309	180
15	263	104	56	200	127	321	150	52	152	111	339	176	230	126
16	101	32	16	68	40	114	46	14	51	37	133	65	89	43
17	57	16	7	36	19	64	24	6	25	18	75	36	51	22
18	33	8	3	19	9	36	12	3	13	9	42	19	29	12
19	19	4	2	10	5	20	6	1	6	4	24	11	16	6
20	11	2	1	5	2	11	3	1	3	2	13	6	9	3
21	6	1	0	3	1	6	2	0	2	1	8	3	5	2
22	3	0	0	1	1	4	1	0	1	1	4	2	3	1
23	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	1	2	0
24	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0
25	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	256,760	308,616	258,808	297,002	423,874	412,197	295,477	281,148	258,311	242,769	171,764	137,588	134,497	159,264

補足資料 3-2 VPA によって推定された沖縄海域におけるヒメダイの年齢別資源尾数 (2 歳 : $M = 0.286$,
3 歳 : $M = 0.143$, 4 歳以降 : $M = 0.071$)

年齢	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2	535,690	567,572	638,448	662,921	583,108	486,406	395,093	331,733	290,283	321,381	392,717	445,146	440,363	377,978
3	403,430	397,631	424,616	477,434	492,734	433,012	361,331	293,645	247,754	216,664	240,378	294,910	334,255	330,717
4	294,888	312,077	312,974	338,766	382,609	378,419	323,626	288,843	234,370	202,610	172,926	204,813	250,682	284,997
5	177,991	206,018	203,854	220,643	243,370	243,061	226,398	225,965	195,878	174,415	135,665	141,569	168,159	209,836
6	89,483	104,963	105,640	118,074	127,218	114,737	115,866	123,627	124,304	109,425	92,420	83,699	93,372	118,725
7	41,252	46,237	47,115	55,146	58,841	48,681	49,826	54,943	62,600	55,331	51,925	42,694	45,849	56,977
8	19,034	19,908	20,252	24,916	26,153	21,470	21,026	23,226	28,586	25,918	26,325	20,727	21,955	26,151
9	9,377	9,043	9,241	11,626	12,054	10,366	9,547	10,349	13,189	12,394	13,248	10,374	10,947	12,438
10	4,981	4,539	4,617	5,880	5,894	5,508	4,763	5,074	6,517	6,316	6,983	5,531	5,825	6,337
11	2,738	2,466	2,574	3,206	3,162	3,060	2,602	2,702	3,500	3,472	3,897	3,144	3,295	3,456
12	1,624	1,327	1,511	1,912	1,804	1,831	1,415	1,545	1,989	2,038	2,303	1,856	1,953	1,981
13	954	766	825	1,167	1,118	1,121	821	825	1,187	1,222	1,421	1,125	1,168	1,164
14	603	399	477	636	680	732	457	461	634	748	871	683	697	661
15	371	219	223	363	322	447	268	223	351	371	534	371	400	351
16	155	92	104	154	146	177	106	105	158	180	238	170	176	150
17	85	47	54	82	77	97	55	54	84	98	132	93	96	78
18	47	24	28	43	41	53	29	28	44	53	74	51	52	40
19	26	12	15	23	22	29	15	15	24	29	41	28	28	21
20	15	6	8	12	12	16	8	8	13	16	23	15	16	11
21	8	3	4	7	6	9	4	4	7	9	13	8	9	5
22	5	2	2	4	3	5	2	2	4	5	7	5	5	3
23	3	1	1	2	2	3	1	1	2	3	4	3	3	1
24	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
25	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	1,582,762	1,673,352	1,772,584	1,923,019	1,939,378	1,749,242	1,513,260	1,363,379	1,211,480	1,132,700	1,142,149	1,257,017	1,379,307	1,432,079

補足資料 3-3 解析によって推定された沖縄海域におけるヒメダイの漁獲係数

年齢	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2	0.012	0.004	0.005	0.011	0.012	0.012	0.011	0.006	0.007	0.005	0.001	0.001	0.001	0.002
3	0.114	0.097	0.083	0.079	0.121	0.148	0.081	0.083	0.058	0.083	0.017	0.020	0.017	0.025
4	0.287	0.354	0.278	0.259	0.382	0.442	0.288	0.317	0.224	0.330	0.129	0.126	0.106	0.117
5	0.457	0.596	0.475	0.479	0.681	0.669	0.534	0.526	0.511	0.564	0.412	0.345	0.277	0.270
6	0.589	0.730	0.579	0.625	0.889	0.763	0.675	0.609	0.738	0.674	0.701	0.530	0.423	0.392
7	0.657	0.754	0.566	0.675	0.937	0.768	0.692	0.582	0.810	0.671	0.847	0.594	0.490	0.436
8	0.673	0.696	0.484	0.655	0.854	0.739	0.637	0.494	0.764	0.600	0.860	0.567	0.497	0.420
9	0.654	0.601	0.381	0.608	0.712	0.706	0.561	0.391	0.665	0.502	0.802	0.506	0.475	0.377
10	0.632	0.496	0.293	0.549	0.584	0.679	0.495	0.300	0.558	0.411	0.726	0.447	0.450	0.332
11	0.653	0.418	0.226	0.504	0.475	0.700	0.450	0.235	0.469	0.339	0.670	0.405	0.438	0.297
12	0.679	0.404	0.187	0.465	0.404	0.731	0.468	0.193	0.416	0.289	0.645	0.391	0.446	0.280
13	0.800	0.402	0.190	0.468	0.352	0.825	0.505	0.191	0.389	0.267	0.662	0.407	0.498	0.284
14	0.940	0.509	0.202	0.609	0.349	0.936	0.645	0.201	0.466	0.266	0.782	0.464	0.615	0.332
15	1.327	0.678	0.302	0.842	0.527	1.364	0.867	0.275	0.596	0.372	1.073	0.677	0.907	0.464
16	1.121	0.456	0.170	0.618	0.338	1.095	0.600	0.153	0.408	0.239	0.869	0.505	0.746	0.354
17	1.192	0.433	0.150	0.615	0.303	1.146	0.591	0.132	0.379	0.214	0.887	0.506	0.800	0.356
18	1.262	0.411	0.132	0.610	0.271	1.195	0.580	0.112	0.351	0.192	0.904	0.507	0.857	0.359
19	1.331	0.388	0.116	0.603	0.241	1.243	0.566	0.096	0.323	0.172	0.921	0.506	0.917	0.363
20	1.400	0.365	0.101	0.595	0.214	1.290	0.551	0.081	0.298	0.153	0.937	0.505	0.981	0.367
21	1.467	0.342	0.088	0.585	0.189	1.335	0.534	0.068	0.273	0.137	0.952	0.502	1.047	0.372
22	1.534	0.320	0.077	0.573	0.167	1.378	0.515	0.057	0.250	0.122	0.967	0.499	1.117	0.378
23	1.601	0.298	0.067	0.560	0.147	1.420	0.495	0.048	0.228	0.108	0.981	0.495	1.191	0.384
24	1.668	0.277	0.058	0.546	0.130	1.460	0.474	0.040	0.207	0.096	0.994	0.490	1.267	0.391
25	1.741	0.258	0.050	0.532	0.114	1.498	0.452	0.033	0.188	0.085	1.007	0.485	1.346	0.398
26	1.813	0.242	0.044	0.520	0.100	1.536	0.431	0.027	0.170	0.075	1.019	0.478	1.427	0.405
27	1.881	0.226	0.038	0.508	0.088	1.573	0.409	0.023	0.154	0.067	1.030	0.471	1.511	0.414
28	1.945	0.210	0.033	0.504	0.077	1.642	0.389	0.019	0.139	0.059	1.040	0.464	1.599	0.422
29	2.010	0.195	0.029	0.499	0.070	1.725	0.387	0.015	0.125	0.052	1.051	0.456	1.689	0.432
30	2.224	0.180	0.025	0.489	0.063	1.943	0.394	0.014	0.113	0.046	1.064	0.449	1.786	0.442
31	2.484	0.200	0.022	0.477	0.056	2.207	0.487	0.012	0.109	0.041	1.079	0.443	1.894	0.456
32	2.834	0.235	0.023	0.468	0.049	2.456	0.649	0.014	0.108	0.039	1.099	0.438	2.049	0.478
33	3.273	0.306	0.026	0.601	0.044	2.719	0.858	0.018	0.139	0.038	1.284	0.439	2.282	0.535
34	3.853	0.448	0.033	0.867	0.055	3.225	1.204	0.023	0.203	0.050	1.650	0.598	2.782	0.676
35	3.853	0.448	0.033	0.867	0.055	3.225	1.204	0.023	0.203	0.050	1.650	0.598	2.782	0.676
平均	1.440	0.382	0.164	0.543	0.296	1.317	0.549	0.159	0.325	0.218	0.874	0.450	1.050	0.373

補足資料 4-1 沖縄海域におけるオオヒメの年齢別漁獲尾数

年齢	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0	232	609	619	2,655	305	241	122	152	3	127	310	50	31	56
1	3,532	2,672	5,399	5,421	3,026	2,789	1,613	1,230	245	1,606	1,556	828	217	412
2	12,176	8,183	14,874	10,679	10,154	10,452	7,441	5,118	3,011	4,815	4,288	3,790	1,545	1,551
3	13,706	11,901	18,485	13,824	15,070	16,500	14,981	9,862	10,187	6,903	6,427	7,890	5,191	3,929
4	8,303	10,385	13,622	10,666	12,939	14,216	15,652	10,550	14,097	6,813	6,349	9,751	8,300	6,440
5	3,800	6,571	7,211	5,619	7,813	8,137	10,021	7,403	10,630	5,041	4,742	8,300	7,612	6,442
6	1,615	3,459	3,176	2,390	3,761	3,708	4,725	3,885	5,527	2,856	3,019	5,429	4,796	4,370
7	728	1,703	1,328	958	1,600	1,570	1,957	1,733	2,400	1,324	1,804	2,999	2,423	2,341
8	374	851	589	407	662	683	814	736	999	552	1,077	1,515	1,116	1,135
9	220	449	296	196	286	321	368	323	433	226	663	741	518	547
10	144	253	170	108	135	165	185	152	202	96	426	365	260	275
11	101	152	109	67	70	92	103	77	102	44	287	185	145	148
12	75	96	76	46	40	55	62	43	56	22	202	98	89	84
13	57	63	55	34	24	35	40	25	33	12	148	55	60	51
14	44	44	42	26	16	24	27	16	20	7	113	32	43	32
15	35	31	33	21	11	17	19	10	13	4	89	20	32	21
16	28	23	26	18	8	13	14	7	9	3	72	13	25	14
17	23	17	21	15	6	10	11	5	6	2	61	9	20	9
18	19	13	17	13	4	8	8	4	5	1	52	6	17	7
19	16	11	14	12	3	7	6	3	4	1	45	4	14	5
20	13	9	12	11	3	6	5	2	3	1	40	3	12	4
21	11	7	9	9	2	4	4	2	2	0	33	2	10	2
22	9	5	8	8	1	4	3	1	1	0	28	2	8	2
23	7	4	6	7	1	3	2	1	1	0	24	1	7	1
24	6	3	5	6	1	2	2	1	1	0	20	1	6	1
25	5	2	4	5	1	2	1	0	1	0	17	1	5	1
26	4	2	3	5	0	1	1	0	0	0	15	0	4	0
27	3	1	3	4	0	1	1	0	0	0	13	0	3	0
28	3	1	2	3	0	1	1	0	0	0	11	0	3	0
29	2	1	2	3	0	1	0	0	0	0	9	0	2	0
30	2	1	2	3	0	1	0	0	0	0	8	0	2	0
合計	45,293	47,522	66,218	53,239	55,942	59,069	58,189	41,341	47,991	30,456	31,948	42,090	32,516	27,880

補足資料 4-2 VPA によって推定された沖縄海域におけるオオヒメの年齢別資源尾数 (2 歳 : $M = 0.333$,
3 歳 : $M = 0.167$, 4 歳以降 : $M = 0.083$)

年齢	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2	82,498	87,823	95,576	98,046	99,791	92,033	79,743	70,203	70,447	79,934	79,985	69,068	54,640	70,815
3	46,620	48,806	56,001	55,892	61,214	62,908	57,096	50,840	45,971	47,929	53,199	53,682	46,281	37,843
4	23,909	26,853	30,363	30,397	34,593	37,951	38,070	34,548	33,961	29,540	34,220	39,119	38,182	34,401
5	11,478	14,033	14,744	14,870	17,736	19,417	21,281	20,013	21,666	17,724	20,644	25,394	26,639	27,168
6	5,454	6,915	6,608	6,648	8,291	8,823	10,059	9,968	11,311	9,738	11,472	14,444	15,402	17,207
7	2,796	3,469	3,044	3,033	3,824	4,021	4,561	4,723	5,444	5,105	6,220	7,659	8,082	9,570
8	1,598	1,874	1,558	1,526	1,872	1,984	2,193	2,319	2,683	2,706	3,427	3,992	4,170	5,112
9	1,010	1,112	908	868	1,014	1,087	1,170	1,237	1,428	1,510	1,961	2,121	2,220	2,766
10	693	719	592	552	611	658	692	723	829	899	1,173	1,168	1,240	1,546
11	498	499	419	382	404	433	448	460	520	569	735	671	725	892
12	374	361	314	280	287	305	310	313	349	380	481	401	439	528
13	289	272	240	216	214	226	227	226	247	267	329	249	275	319
14	229	212	190	168	167	173	174	170	183	196	235	161	177	195
15	184	168	153	135	129	138	136	134	142	149	174	108	117	122
16	149	136	125	110	104	109	110	107	113	118	134	75	80	77
17	122	111	103	90	84	88	87	88	92	95	106	53	56	50
18	99	91	85	75	69	72	71	70	76	78	86	39	41	33
19	81	73	71	62	56	59	58	58	61	66	71	30	30	21
20	59	59	57	52	46	49	48	47	50	53	60	22	23	14
21	43	41	46	41	37	40	39	39	41	44	48	16	17	9
22	33	29	32	33	29	33	32	32	34	36	40	12	13	6
23	26	22	22	22	23	26	27	27	29	30	33	10	10	4
24	21	17	16	14	13	20	21	22	24	25	28	7	8	3
25	17	13	13	10	7	12	16	17	20	21	23	6	6	2
26	13	11	10	8	4	6	9	14	16	18	19	5	5	1
27	9	8	8	6	3	4	4	7	12	14	16	4	4	1
28	6	5	6	5	2	2	2	3	6	11	13	3	3	0
29	4	3	4	4	1	1	1	1	3	6	10	1	2	0
30	3	2	3	3	1	1	1	1	2	4	9	1	2	0
合計	178,315	193,737	211,311	213,548	230,626	230,679	216,686	196,410	195,760	197,265	214,951	218,521	198,889	208,705

補足資料 4-3 解析によって推定された沖縄海域におけるオオヒメの漁獲係数

年齢	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2	0.192	0.117	0.203	0.138	0.128	0.144	0.117	0.090	0.052	0.074	0.065	0.067	0.034	0.039
3	0.385	0.308	0.444	0.313	0.311	0.336	0.336	0.237	0.276	0.170	0.141	0.174	0.130	0.120
4	0.450	0.516	0.631	0.455	0.494	0.495	0.560	0.383	0.567	0.275	0.215	0.301	0.257	0.217
5	0.423	0.670	0.713	0.501	0.615	0.574	0.675	0.487	0.716	0.352	0.274	0.417	0.354	0.284
6	0.369	0.737	0.695	0.470	0.640	0.577	0.673	0.522	0.712	0.365	0.321	0.497	0.393	0.308
7	0.317	0.717	0.607	0.399	0.573	0.523	0.593	0.482	0.616	0.315	0.360	0.525	0.375	0.294
8	0.279	0.641	0.501	0.326	0.460	0.445	0.489	0.402	0.491	0.239	0.397	0.503	0.327	0.263
9	0.257	0.547	0.415	0.268	0.348	0.368	0.397	0.317	0.380	0.169	0.434	0.453	0.279	0.231
10	0.244	0.457	0.356	0.228	0.262	0.302	0.327	0.247	0.293	0.118	0.476	0.394	0.247	0.205
11	0.239	0.381	0.318	0.202	0.200	0.250	0.274	0.193	0.229	0.084	0.522	0.340	0.233	0.189
12	0.234	0.324	0.290	0.187	0.156	0.210	0.235	0.153	0.183	0.061	0.575	0.295	0.238	0.182
13	0.229	0.277	0.275	0.177	0.126	0.179	0.204	0.123	0.148	0.046	0.634	0.260	0.256	0.181
14	0.224	0.241	0.261	0.177	0.104	0.157	0.179	0.101	0.122	0.036	0.697	0.233	0.289	0.185
15	0.219	0.213	0.250	0.178	0.091	0.140	0.159	0.084	0.102	0.029	0.764	0.213	0.334	0.194
16	0.216	0.193	0.241	0.183	0.080	0.133	0.142	0.072	0.087	0.023	0.835	0.198	0.393	0.206
17	0.213	0.178	0.235	0.191	0.072	0.128	0.135	0.062	0.075	0.019	0.906	0.186	0.466	0.222
18	0.218	0.168	0.233	0.203	0.066	0.126	0.127	0.058	0.066	0.017	0.984	0.177	0.558	0.242
19	0.225	0.166	0.232	0.220	0.063	0.128	0.122	0.054	0.063	0.014	1.091	0.172	0.670	0.270
20	0.269	0.169	0.244	0.241	0.061	0.133	0.120	0.051	0.060	0.013	1.208	0.177	0.826	0.307
21	0.301	0.182	0.241	0.258	0.054	0.124	0.108	0.044	0.050	0.011	1.262	0.155	0.931	0.324
22	0.325	0.202	0.294	0.281	0.051	0.121	0.101	0.039	0.044	0.009	1.336	0.142	1.070	0.350
23	0.340	0.209	0.358	0.400	0.049	0.124	0.094	0.035	0.039	0.007	1.405	0.129	1.216	0.376
24	0.354	0.209	0.398	0.584	0.064	0.126	0.092	0.031	0.034	0.006	1.471	0.116	1.372	0.403
25	0.371	0.206	0.421	0.767	0.091	0.184	0.090	0.029	0.030	0.005	1.538	0.103	1.536	0.432
26	0.385	0.206	0.440	0.947	0.116	0.297	0.132	0.027	0.028	0.004	1.604	0.093	1.718	0.463
27	0.473	0.202	0.467	1.171	0.138	0.435	0.226	0.039	0.026	0.004	1.679	0.083	1.968	0.505
28	0.663	0.252	0.487	1.578	0.171	0.607	0.365	0.069	0.038	0.003	2.129	0.075	2.282	0.609
29	1.036	0.395	0.727	2.234	0.267	0.945	0.595	0.117	0.067	0.005	2.870	0.106	2.988	0.811
30	1.036	0.395	0.727	2.234	0.267	0.945	0.595	0.117	0.067	0.005	2.870	0.106	2.988	0.811
平均	0.362	0.327	0.404	0.535	0.211	0.319	0.285	0.161	0.195	0.086	1.002	0.231	0.853	0.318