

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)

上原匡人*1・太田 格*2・海老沢明彦*3

Stock assessment of *Paracaesio caerulea* in the southern Ryukyus

Masato UEHARA*1, Itaru OHTA*2, and Akihiko EBISAWA*3

アオダイは、沖縄県の漁船漁業における重要な漁獲対象資源である。資源状況を診断するため、南琉球海域のアオダイ個体群について仮想個体群解析を行った。アオダイの漁獲量は、1980年代前半に約600トンに達したが、以降減少に転じ、2014年には盛期の約2割まで落ち込んだ。また、近年の漁獲量、標本船の資源量指数、推定した資源量の変動傾向は、いずれも減少傾向を示した。これらから、沖縄海域におけるアオダイの資源水準は低位、資源動向は減少であると判断された。また、将来予測の結果、沖縄海域で現行の漁獲圧を維持し、20cm未満の小型魚を保護する管理策を継続しても、資源の大幅な回復は見込めないことが明らかとなった。資源管理の方法として、現在よりも大幅に漁獲圧を削減すること、および産卵親魚の保護は大きな効果が認められると予測された。

アオダイ *Paracaesio caerulea* は、我が国周辺海域にのみ生息し、主に南日本に分布するフエダイ科の魚である(島田, 2013)。本種は、沖縄県の漁船漁業における重要な漁獲対象資源であるが、その漁獲量は減少の一途を辿っており、2014年には、盛期の約15%まで減少した。この現状を受け、琉球列島海域では、アオダイをはじめ、ハマダイ、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、アオダイの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。この評価によれば、同個体群は資源水準が低位、資源動向が横ばいであると評価されている(青沼・田邊, 2014)。しかし、沖縄海域では、少なくとも「宝山・大丸」および「八重山・与那国」の個体群と「尖閣」の個体群では、体長組成に違いが認められ、成長様式が漁場間で異なることが示唆されている(上原ら, 2017)。また、本種の遺伝的集団構造を調べた結果、本種の「宝山・大丸」と「八重山・与那国」の集団間では違いが認められず、「尖閣」とは違いが認められるという(今井ら, 2015)。さらに、近年は外国漁船の影響を受け、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)。このような中、アオダイの評価は、琉球列島海域全体ではなく、沖縄海域の集団別、特に最大の漁場である南琉球海域(宝山・大丸～八重山・与那国)の資源動向の把握と評価が喫緊の課題となっている。本研究では、これまでに得られたアオダイの生物情報と漁業情報に基づいて、仮想個体群解析(VPA: Virtual Population Analysis)を用い南琉球海域における資源量を推

定し、資源の現状を評価した。また、体長制限および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、2003年からは漁場別漁獲量も集積している(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)。本研究では、漁場別の全漁獲尾数が整備されている2003年以降のデータを用いた。漁場区分は、本種の集団遺伝構造を考慮し(今井ら, 2015)、県内の主要3漁場のうち(上原ら, 2012, 2013, 2015, 2017)「宝山・大丸」および「八重山・与那国」を南琉球海域とした。

アオダイの漁獲量の長期的な変動傾向は、沖縄海域における正確な漁獲量の把握が2003年以降と短いため、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(1989～2014年)を用いて、アオダイの漁獲量の経年変化を調べた。なお、漁獲統計の集計単位は暦年(1～12月)とした。

(2) 年齢別の漁獲尾数および資源尾数の推定

沖縄海域のアオダイの産卵期は、4～9月と推定されている(上原ら, 未発表)。本研究では、年齢の起算日を4月1日とし、データの集計単位を4月1日から翌年の3月31日までとした。

*1 E-mail: ueharmst@pref.okinawa.lg.jp, 現所属: 水産海洋技術センター普及班本部駐在,

*2 沖縄県農林水産部水産課, *3 水産海洋技術センター石垣支所

年齢別漁獲尾数は、上述した体長組成データと成長式 ($L_{\infty} = 46.2$, $K = 0.158$, $t_0 = -2.241$; 上原ら, 未発表) 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。このとき、繰り返し計算回数は、福田・海老沢 (2003) に従い3回とし、55歳まで変換した。この年齢別漁獲尾数を用いて、仮想個体群解析 (Virtual Population Analysis: VPA) により年齢別資源尾数を推定した。ここで、沖縄県では、アオダイの0歳魚にあたる尾叉長20 cm未滿の個体が漁獲された場合、漁場を移動する等の自主的な漁獲制限を行っている。そのため、資源尾数の推定は1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、2003~2013年までの1~53歳の年齢別資源尾数は式 (1) により求めた。また、最高齢-1歳と最高齢の資源尾数は、式 (2) および (3) 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 (2014年) の1~3歳までの資源尾数は式 (4) によって、また4~55歳までの資源尾数は式 (5) により求めた。

$$N_{a,2014} = \frac{1}{5} \sum_{y=2007}^{2011} N_{a,y} \quad (4) \quad \text{※ } 1 \sim 3 \text{ 歳は過去5年間平均}$$

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

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。

2003~2013年の年齢別漁獲係数 $F_{a,y}$ は以下の式 (6) で求めた。最近年 (2014年) の F は、過去3年間 (2011~2013年) における同一年齢における F の平均値とした。最近年 (2014年) における最高齢の F は、 F_{a-1} とほぼ等しくなると仮定し、Microsoft Excel のソルバーを用いて探索的に求めた。

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

VPA で用いる自然死亡係数 M は、寿命に基づく経験式を用いることが多い。南琉球個体群では、最高齢が52歳であったことから (上原ら, 未発表)、それぞれ寿命 λ を55歳とし、田内・田中の式 (田中, 1960) により推定した。また、 M の仮定による資源量推定値の変動をみるため、南琉球個体群30, 40, 50, 60歳のそれぞれ4水準についても同様に推定した。

なお本研究では、VPA を用いて資源量を推定したが、

CPUE によるチューニングは行わなかった。その理由として、泊魚市標本船は資源量等に応じて漁獲のターゲットを変化させることが示唆され (海老沢ら, 2008)、特に近年、外国漁船の影響によりターゲットをアオダイからハマダイへ変化させたことを確認しているため (上原ら, 未発表)、CPUE が資源の傾向を正しく反映していない可能性が示唆されるからである。

(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、アオダイの漁場別漁獲量・資源量は、過去11年間 (2003~2014年) の短い期間しか得られていない。そのため、本種の資源量水準と動向の把握は、我が国周辺水域の漁業資源評価で用いられている方法を採用し (水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, 2016)、沖縄海域の評価を行った。資源水準は、漁獲量が整備された1977年以降の漁獲量の最大値と最小値を3等分し、それぞれ「上位」、「中位」、「低位」の3段階に区分した。また、資源量の変動傾向については、上述のようにCPUEが資源の傾向を正しく反映していない可能性があるため、主として資源量指数 (1航海あたりの漁獲量; CPUE) の経年変動に加え、VPAにより推定した資源量の経年変化の傾向を基に「増加」、「横ばい」、「減少」の3段階に区分した。CPUEの算出は、海老沢ら (2008) の方法に従い八重山漁協所属の標本船 (以下、八重山標本船) を対象とした。

(4) 資源量の将来予測

2015年以降の資源尾数は、加入齢 (1歳) と最高齢 (55歳) を除く全年齢が (7) 式を、最高齢が (8) 式で求めた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (7)$$

$$N_{a+,y+1} = (N_{a-1,y} + N_{a,y}) \exp(-F_{a-1,y} - M) \quad (8)$$

なお加入量予測は、過去 (2003~2011年) の1歳魚資源尾数をランダムにリサンプリングし、以下の4つシナリオを仮定して、各1000回のシミュレートを実施した。シミュレートの結果のうち、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、小型魚 (20 cm未滿) の保護を継続した場合

シナリオ2: 現行の F を維持し、未成魚 (36 cm未滿) の保護を行った場合

シナリオ3: 現行の F よりも20%削減し、小型魚 (20 cm未滿) の保護を行った場合

シナリオ4: 現行の F よりも30%削減した場合

結果及び考察

(1) 沖縄海域におけるアオダイの漁獲と資源の現状

1977~2014年 (1986~1988年を除く) に、沖縄県泊魚市に水揚げされたアオダイの漁獲量を図1に示す。本種の漁獲量は、1980年の最高値588トンから増減を繰り返しながら減少傾向を示し、2014年には最低値124トン (盛期の

約2割)まで落ち込んだ。また、正確な海域別漁獲量が得られている2004年以降の10年間の推移をみても、同様の傾向を示し、漁獲量は約3割まで減少していた。八重山標本船のCPUEは、多少の増減を繰り返しながら漸減し、2012年以降は20kg未満で推移した(図2)。

2003~2014年の年齢別漁獲尾数を表2に示す。漁獲の中

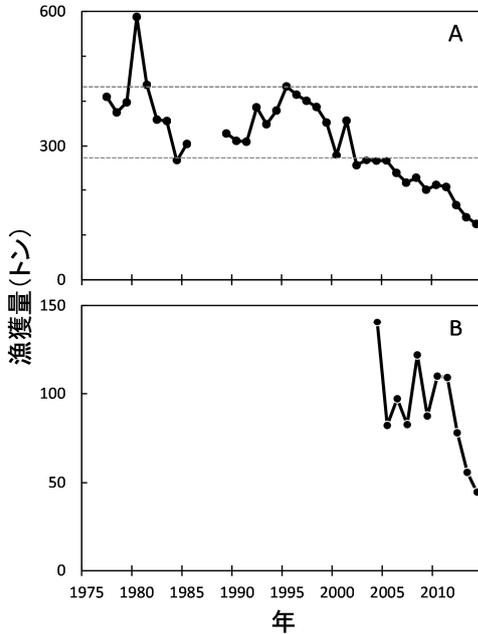


図1 泊魚市で水揚げされたアオダイの漁獲量(A)と南琉球海域での漁獲量(B)の推移

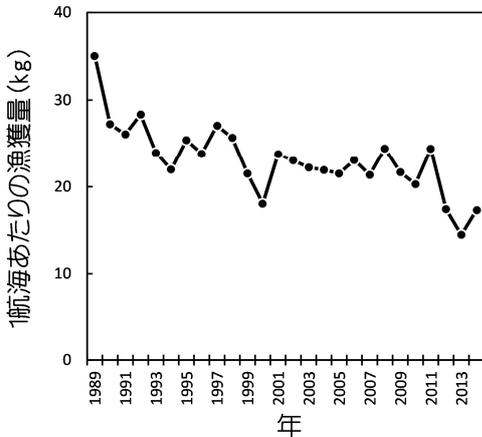


図2 八重山標本船の1航海あたりの漁獲量の推移

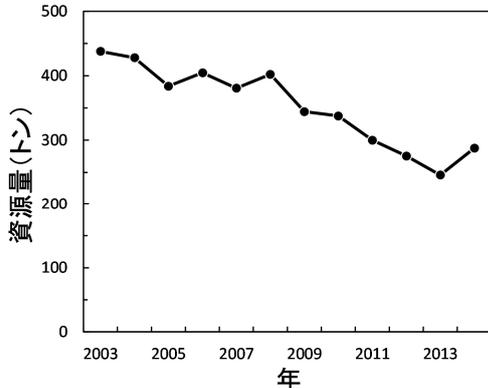


図3 南琉球海域におけるアオダイの推定資源量の推移

心は3~5歳であり、全漁獲尾数の47.8~63.8%を占めた。また、50%成熟年齢以下(表1)の漁獲割合は68.9~81.8%であった。

年齢別漁獲尾数を基に計算した1歳以上の資源尾数と資源量を表3および図3に示す。2003年に437.8トンであった資源量は減少傾向を示し、2012年以降には300トン未満で推移した。漁獲割合は、外国漁船による影響のあった2013年(上原ら, 2015)を除いて19~34%の範囲で増減を繰り返す、概ね横ばいであった。自然死亡係数Mの値は、大きいほど資源量推定値が大きくなった(図4)。

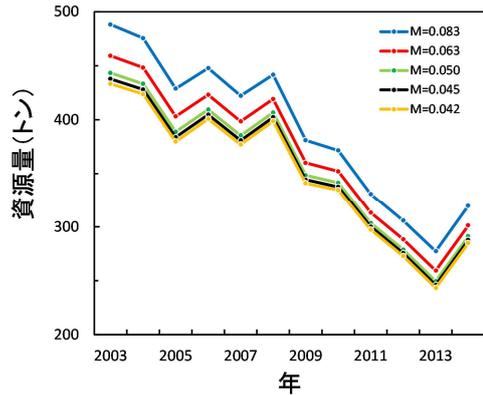


図4 Mの仮定によるアオダイの推定資源量の変化

以上、漁獲量の変動傾向から、2014年時点での沖縄海域におけるアオダイの資源水準は低位であると判断された。また、近年の漁獲量、標本船のCPUE、参考値として推定した資源量から、資源の動向は減少傾向にあると判断された。しかし、泊魚市に水揚げする標本船の一部では、時期や年によって南シナ海や小笠原近海でも操業していたことが知られている(海老沢ら, 2008)。近年はこれら海域での操業実績がないことから、漁獲量の長期傾向から資源水準を判断する場合、正確に反映していない可能性があることを留意する必要がある。10年程度の間でも、3割以下にまで減少していることを考慮すると、資源水準はより深刻な可能性もある。そのため、今後も海域別の正確な漁業情報の集積に努め、アオダイの資源動向をモニタリングしていく必要がある。

(2) 将来予測と管理策の検討

過去(2003~2011年)の1歳魚の資源尾数から加入尾数をランダムにリサンプリング後、現状(シナリオ1)で1000回のシミュレートを実施して加入量予測を行った結果(図5)、南琉球海域における資源量(2014年:288トン)は微増傾向を示し、2020年には330トンに達した。続いて、現状のFを維持し、未成魚(36cm未満)を保護した場合(シナリオ2)、資源量は増大傾向を示し、2020年の推定資源量(604トン)が、2003年時点(438トン)よりも高いレベルまで回復した。同様に、シナリオ3および4についてみると、現行の漁獲圧を大幅に削減することで、資源量は増大傾向を示し、漁獲圧の削減値が大きいほど、推定資源量も大きくなった。

現在、沖縄海域では、沖縄海区漁業調整委員会指示を発動

し、周年あるいは期間限定の5つの保護区を設定し管理を行っている。また、漁業者の努力目標として、アオダイ 20 cm 未満の個体が釣獲された場合、再放流と漁場移動を行うこととしている。これらの取り組みは、取り組みを開始した 2010 年以降、漁業者に広く浸透しつつあるが、本研究で行った複数のシナリオに基づく将来予測の結果からは、現行の F の維持と小型魚の保護の管理策では、資源の増大・回復に大きな効果は望めないことが示された。

今後、保護区や体長制限に重きを置いた管理策を展開するのであれば、産卵親魚を保護するために周年保護区を海域単位で設定するとともに、体長制限を未成魚 (36 cm 未満) まで拡大することが有効である。しかし、保護区設定に際しては、複数年から長期にわたり保護する必要があるため、現在利用されていない漁場を選定する必要があること、また、本種は 30~35cm の個体が漁獲の中心であることから、現実的に漁業者の合意が得られない可能性が極めて高い。さらに、1 度漁獲した個体の再放流は、アオダイの生息水深が深いため、減圧に伴う眼の突出、鰾の反転や破裂により死亡することが多く (上原, 未発表), 困難である。一方、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の対象となっていない。本研究では、漁獲圧の削減値が大きいほど、資源の回復幅も大きくなることが示された。そのため、今後は 5 トン未満にも公的規制を導入し、現状以上の許可を与えないように上限を設定するなど、資源回復のために隻数を抑制し、漁獲圧の低減を図ることが現実的な管理策であると考えられる。

文献

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.

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.

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.

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.

今井秀行, 外間一樹, 甲斐哲也, 太田 格, 上原匡人, 2015. 琉球列島におけるハマダイとアオダイの遺伝的集団構造解析 (予報). 平成 27 年度日本水産学会秋季大会講演要旨.

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

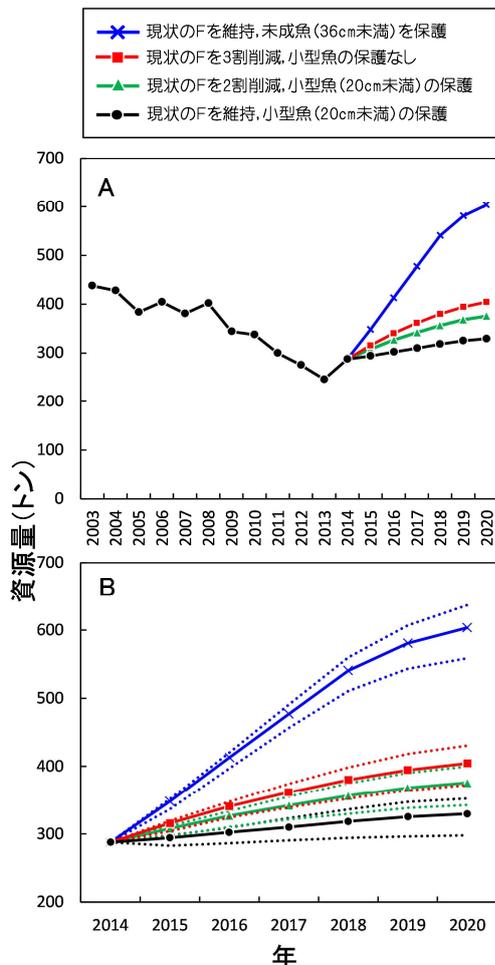


図 5 南琉球海域における異なるシナリオ下での資源量の将来予測 (M=0.063)。A: 2003~2020 年, B: 2014~2020 年 (実線は中央値, 点線は 10 および 90 パーセンタイル値)

- 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・尾叉長毎漁獲尾数(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.
- 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.
- 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.
- 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, 2016: 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. 703 pp.
- 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, 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: 89-109.
- 上原匡人, 島田和彦, 秋田雄一, 太田 格, 海老沢明彦, 2017: 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.

南琉球海域におけるアオダイの資源評価

表 1 南琉球海域におけるアオダイの生物学的特性

Age	FL (cm)	BW (kg)	Maturity
0	16.8	0.09	0.00
1	21.3	0.19	0.00
2	25.2	0.31	0.00
3	28.4	0.45	0.04
4	31.1	0.60	0.09
5	33.4	0.74	0.19
6	35.4	0.88	0.37
7	37.0	1.02	0.59
8	38.4	1.14	0.78
9	39.6	1.25	0.89
10	40.6	1.35	0.95
11	41.5	1.44	0.98
12	42.2	1.51	0.99
13	42.8	1.58	1.00
14	43.3	1.64	1.00
15	43.7	1.69	1.00
16	44.1	1.73	1.00
17	44.4	1.77	1.00
18	44.7	1.80	1.00
19	44.9	1.83	1.00
20	45.1	1.85	1.00
21	45.2	1.87	1.00
22	45.4	1.89	1.00
23	45.5	1.90	1.00
24	45.6	1.92	1.00
25	45.6	1.93	1.00
26	45.7	1.94	1.00
27	45.8	1.94	1.00
28	45.8	1.95	1.00
29	45.9	1.95	1.00
30	45.9	1.96	1.00
31	45.9	1.96	1.00
32	46.0	1.97	1.00
33	46.0	1.97	1.00
34	46.0	1.97	1.00
35	46.0	1.97	1.00
36	46.0	1.97	1.00
37	46.0	1.98	1.00
38	46.0	1.98	1.00
39	46.0	1.98	1.00
40	46.1	1.98	1.00
41	46.1	1.98	1.00
42	46.1	1.98	1.00
43	46.1	1.98	1.00
44	46.1	1.98	1.00
45	46.1	1.98	1.00
46	46.1	1.98	1.00
47	46.1	1.98	1.00
48	46.1	1.98	1.00
49	46.1	1.98	1.00
50	46.1	1.98	1.00
51	46.1	1.98	1.00
52	46.1	1.98	1.00
53	46.1	1.98	1.00
54	46.1	1.98	1.00
55	46.1	1.98	1.00

表2 南琉球海域におけるアオダイの年齢別漁獲尾数

Age	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	14	3	2	62	161	62	218	0	1	6	0	0
1	1,660	912	535	1,117	1,238	3,763	2,111	78	55	752	77	54
2	14,129	12,105	6,584	9,941	6,329	17,603	13,804	3,372	2,648	6,006	1,654	1,325
3	26,596	35,790	17,003	31,273	12,245	31,380	28,075	19,404	17,538	17,404	5,727	8,559
4	27,950	46,191	20,958	41,096	16,246	37,591	26,248	29,683	31,386	29,438	8,195	16,954
5	23,088	35,251	17,444	30,608	15,776	33,453	17,119	23,895	27,137	29,112	7,739	17,210
6	16,240	20,548	11,428	17,397	11,802	23,616	9,876	15,859	16,450	19,109	5,374	12,848
7	13,486	13,633	9,206	11,573	10,506	17,576	7,923	12,889	11,329	12,771	5,317	10,838
8	10,731	9,571	7,094	8,164	8,606	12,548	6,559	10,367	7,758	8,026	4,168	7,846
9	5,190	4,590	3,166	3,897	4,013	5,819	3,054	5,294	3,345	3,157	1,467	3,208
10	2,484	2,243	1,421	1,909	1,872	2,672	1,396	2,658	1,472	1,248	499	1,297
11	1,356	1,260	760	1,087	1,033	1,390	759	1,491	767	576	220	611
12	801	771	454	679	632	787	461	895	447	297	117	319
13	497	496	289	449	409	472	297	561	280	166	69	179
14	321	332	194	310	277	298	199	366	185	99	44	106
15	216	231	135	222	195	198	139	248	128	63	30	67
16	151	167	98	165	142	137	101	175	93	42	22	45
17	110	125	74	127	108	99	76	128	70	29	16	32
18	83	96	58	100	84	74	59	97	54	22	13	23
19	65	77	47	82	68	58	47	76	44	17	11	18
20	52	63	39	69	56	47	39	61	36	13	9	14
21	43	53	33	59	48	39	33	51	31	11	8	12
22	37	45	29	52	41	33	28	43	27	9	7	10
23	32	40	26	46	36	28	25	38	24	8	6	9
24	28	35	23	42	33	25	22	33	22	7	6	8
25	25	32	21	39	30	23	20	30	20	6	5	7
26	23	29	20	36	28	21	19	27	18	6	5	6
27	21	27	18	34	26	19	17	25	17	5	5	6
28	20	26	17	32	24	18	16	24	16	5	5	6
29	19	24	17	31	23	17	16	22	15	5	4	5
30	18	23	16	29	22	16	15	21	15	5	4	5
31	17	22	15	28	21	15	14	20	14	4	4	5
32	17	22	15	28	21	15	14	20	14	4	4	5
33	16	21	15	27	20	14	14	19	13	4	4	4
34	16	20	14	26	20	14	13	19	13	4	4	4
35	15	20	14	26	19	14	13	18	13	4	4	4
36	15	20	14	26	19	14	13	18	13	4	4	4
37	15	19	14	25	19	13	13	17	12	4	4	4
38	15	19	13	25	18	13	12	17	12	4	4	4
39	14	19	13	25	18	13	12	17	12	4	4	4
40	14	19	13	25	18	13	12	17	12	4	4	4
41	14	19	13	24	18	13	12	17	12	4	4	4
42	14	18	13	24	18	13	12	17	12	4	4	4
43	14	18	13	24	18	13	12	16	12	4	4	4
44	14	18	13	24	18	13	12	16	12	4	4	4
45	14	18	13	24	17	12	12	16	12	4	4	4
46	14	18	13	24	17	12	12	16	12	4	4	4
47	14	18	13	24	17	12	12	16	12	4	4	4
48	14	18	13	24	17	12	12	16	12	4	4	4
49	14	18	13	24	17	12	12	16	12	4	4	4
50	14	18	13	24	17	12	12	16	12	4	4	4
51	14	18	13	24	17	12	12	16	12	4	4	4
52	14	18	13	24	17	12	12	16	12	3	4	4
53	14	18	13	24	17	12	12	16	12	3	4	4
54	14	18	13	24	17	12	12	16	12	3	4	4
55	14	18	13	24	17	12	12	16	12	3	4	4
Total	145,849	185,263	97,542	161,344	92,562	190,202	119,075	128,336	121,733	128,513	40,917	81,729

南琉球海域におけるアオダイの資源評価

表3 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

Age	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	165,451	151,916	143,559	156,635	171,699	153,895	115,646	91,779	81,700	138,104	136,310	122,944
2	169,560	156,476	144,274	136,657	148,582	162,859	143,378	108,443	87,625	78,015	131,231	130,178
3	155,699	148,214	137,690	131,427	120,866	135,793	138,415	123,513	100,328	81,142	68,677	123,783
4	116,068	122,781	106,641	114,951	95,016	103,526	99,085	104,820	99,057	78,726	60,524	60,028
5	77,016	83,588	72,172	81,415	69,670	74,913	62,179	69,024	71,146	63,974	46,451	49,824
6	49,819	51,025	45,415	51,913	47,878	51,153	38,883	42,682	42,598	41,457	32,673	36,822
7	33,455	31,730	28,671	32,225	32,600	34,213	25,794	27,501	25,283	24,625	20,936	25,969
8	21,085	18,785	16,993	18,398	19,481	20,882	15,512	16,904	13,680	13,085	11,047	14,808
9	10,934	9,658	8,594	9,303	9,600	10,202	7,688	8,411	6,018	5,488	4,658	6,482
10	6,043	5,375	4,742	5,117	5,080	5,250	4,061	4,361	2,862	2,482	2,157	3,017
11	3,728	3,347	2,944	3,142	3,024	3,024	2,405	2,516	1,569	1,297	1,152	1,574
12	2,467	2,237	1,966	2,070	1,940	1,879	1,532	1,556	946	749	675	886
13	1,720	1,574	1,384	1,435	1,314	1,236	1,026	1,013	612	467	425	531
14	1,256	1,158	1,019	1,040	933	856	719	691	419	311	284	338
15	958	887	781	785	691	621	526	493	302	220	201	228
16	761	705	621	614	533	470	400	367	228	164	149	162
17	625	579	510	497	426	370	315	284	179	128	116	121
18	529	489	431	415	351	302	257	228	146	103	93	95
19	460	424	374	355	298	254	216	188	123	86	78	76
20	409	376	331	311	259	219	186	160	106	74	66	64
21	370	339	298	278	230	193	163	140	93	65	58	55
22	340	311	273	252	208	173	146	124	84	59	52	48
23	316	289	253	232	190	158	133	112	76	54	47	43
24	298	271	237	217	177	146	123	103	71	50	43	39
25	283	257	225	204	166	137	115	96	66	47	41	36
26	271	246	214	194	157	129	109	90	62	44	38	34
27	261	236	206	186	150	123	103	86	59	42	36	32
28	253	228	199	179	144	118	99	82	57	40	35	30
29	246	222	193	173	139	114	96	79	55	39	33	29
30	240	216	188	168	135	111	93	76	53	38	32	28
31	235	211	184	164	132	108	90	74	52	37	31	27
32	230	207	180	161	129	105	88	72	51	36	31	26
33	226	204	177	158	126	103	86	70	50	35	30	25
34	223	200	174	155	124	101	84	69	49	34	29	25
35	219	197	171	152	122	100	83	68	48	34	29	24
36	216	194	169	150	120	98	82	67	47	33	28	24
37	213	192	167	148	118	96	80	66	46	33	28	23
38	210	189	164	146	117	95	79	64	46	32	27	23
39	206	186	162	144	115	94	78	63	45	31	27	22
40	203	183	159	142	113	92	77	62	44	31	26	22
41	199	180	157	139	111	91	75	61	43	30	26	22
42	195	176	154	137	109	89	74	60	42	30	25	21
43	191	173	151	134	107	87	73	59	41	29	25	21
44	185	168	147	131	105	85	71	58	40	28	24	20
45	179	163	143	128	102	83	69	56	39	27	23	19
46	173	157	138	124	99	80	67	55	38	26	22	19
47	161	152	133	119	95	77	65	53	36	25	21	18
48	144	141	127	114	91	74	62	50	34	23	20	17
49	128	125	117	109	86	70	59	48	32	22	19	16
50	112	109	101	99	81	65	55	45	30	19	17	14
51	93	94	87	85	72	61	50	41	27	17	15	13
52	70	76	72	70	58	52	46	37	23	15	13	11
53	51	54	55	56	44	38	38	33	19	11	10	9
54	33	36	34	40	31	25	25	24	16	7	7	6
55	33	36	34	40	31	25	25	24	16	7	7	6
Total	825,046	797,741	724,754	753,834	734,378	765,315	661,084	607,300	536,561	531,825	518,884	578,772