# 平成23年度マチ類（奄美・沖縄・先島諸島）の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（青沼佳方、名波敦、鈴木伸明）
参 画 機 関：鹿児島県水産技術開発センター、沖縄県水産海洋研究センター

要　　約

マチ類全体の漁獲量は、鹿児島県・沖縄県共に1970年代後半から1980年代前半にかけてピークに達し、その後急激に減少傾向に転じている。1970年代後半の鹿児島市中央卸売市場でのマチ類の水揚げ量はおよそ1,000トン前後で推移していたが2010年ではおよそ1/7の154トンに、また沖縄県では1980年には2,308トンあった水揚げ量は2006年にはおよそ1/10の238トンまで減少した。近年一本釣り漁業の経営体数もピーク時の半数程度まで減少しているが、その分を考慮しても漁獲量の減少は著しい。従って、マチ類4種の資源の水準は低位とした。

マチ類主要4種（アオダイ・ヒメダイ・オオヒメ・ハマダイ）のそれぞれの種について、近年の漁獲量、大型船および八重山船におけるCPUEまたはCPUEの相乗平均、および参考値として試算した資源量の推移から、それぞれの資源の動向はアオダイ・ヒメダイおよびオオヒメで横ばい、ハマダイで増加傾向にあると判断した。

2010年4月より、第1期資源回復計画で周年禁漁であった保護区が一部解禁、または全面解禁となったことより、特にハマダイにおいて集中漁獲の傾向がうかがえる。今後は従来の管理方策に加え、解禁した保護区での資源管理方策を早急に実施することが望ましい。

| 魚種 | 年 | 資源量 | 漁獲量（トン） | F値 | 漁獲割合 |
|---|---|---|---|---|---|
| アオダイ | 2009 | － | 369 | － | － |
| | 2010 | － | 416 | － | － |
| ヒメダイ・オオヒメ計 | 2009 | － | 299 | － | － |
| | 2010 | － | 248 | － | － |
| ハマダイ | 2009 | － | 212 | － | － |
| | 2010 | － | 262 | － | － |

| | 水準 | 動向 |
|---|---|---|
| アオダイ | 低位 | 横ばい |
| ヒメダイ | 低位 | 横ばい |
| オオヒメ | 低位 | 横ばい |
| ハマダイ | 低位 | 増加 |

## 1. まえがき

奄美・沖縄・先島諸島海域に分布するマチ類主要4種（アオダイ、ヒメダイ、オオヒメ、ハマダイ）の漁獲量は近年著しく低位で推移している。水産庁は平成15年度にこれら4魚種を資源回復計画対象種に指定し、資源の動向を的確に把握することを目的として平成16年

度からこれら4種の資源評価調査を開始した。平成17年4月に第1期資源回復計画が公表され、鹿児島県水域では平成17年4月以降5年間16の保護区で季節的または周年にわたる禁漁措置がとられ、また沖縄県では平成17年10月より平成22年3月まで、北大九曽根と沖の中の曽根の2保護区で周年禁漁となった。平成22年4月より第2期マチ類資源回復計画がスタートし、鹿児島海域で17区、沖縄海域で5区の周年または季節的な禁漁措置がとられている。

## 2. 生態

### （1）分布・回遊

マチ類は熱帯～温帯海域に広く分布し、日本近海ではアオダイ、ヒメダイ、オオヒメ、ハマダイのいずれも伊豆諸島および紀伊半島以南に分布する（図1）。南西諸島では種子島・屋久島以南に分布し、南下するほど個体数が多くなる傾向があると推定される。アオダイは日本近海からの記録しか知られていないが、他の3種は九州パラオ海嶺、南沙諸島、インドネシア、グアム、ハワイ諸島近海に広く分布する(Allen 1985)。

生息水深は4種間で異なる。アオダイは水深80～300mに生息し主に150～200mで漁獲される。ヒメダイは150～400mに生息し180～250mで多く漁獲される。オオヒメは70～350mに生息し100～150mで多く漁獲される。ハマダイは生息水深が110～500mと最も深く、主に250～300mの間で漁獲される（佐多 1988）。

回遊に関しては不明な点が多い。鹿児島県水産技術開発センターでは平成16年より標識放流調査を実施しており、これまでにアオダイは1,414尾、ヒメダイは60尾、オオヒメは76尾、ハマダイは13尾放流されている。その結果、現在までにアオダイ9尾、ヒメダイ1尾、オオヒメ2尾が再補されているが、このうちアオダイ2尾とオオヒメ1尾は、放流した曽根よりそれぞれ40km、150kmおよび93km離れた別の曽根で再補されていることより曽根間を移動している可能性が示唆されている（宍道ら 2009）（図2）。

### （2）年齢・成長

アオダイについて耳石年輪の輪紋解析を行ったところ（片山 2007）、脊椎骨の輪紋を基に解析した年齢査定（東京都水産試験場 1974；佐多 1995）および体長組成の最頻値の推移に加えて耳石重量を利用して求めた成長式（海老沢ら 2004）と比較して、若齢魚で若干の差違が認められたが、概ね一致した。これらのBertalanffyの成長式は

雌：$FL_t=442.6(1-\exp(-0.338(t+0.641)))$

雄：$FL_t=420.6(1-\exp(-0.350(t+0.882)))$　　（tは年齢）

で与えられる（片山 2007）（図3）。

ヒメダイについては沖縄本島北部海域産の漁獲物を用いて体長組成の最頻値の推移に加えて耳石重量を利用した年齢解析（海老沢 2003）と耳石年輪の輪紋の計数を用いた年齢解析（増田ら 2008）では若干の差違が認められたため、本報告では増田ら(2008)に従った。これらを用いてBertalanffyの成長式を求めたところ、

雌：$FL_t=380.0(1-\exp(-0.196(t+4.723)))$

雄：$FL_t=362.0(1-\exp(-0.144(t+7.422)))$

で表され、最高齢は雌で18歳、雄で38歳であった（増田ら 2008）（図4）。

オオヒメにおいては、年級群の体長モードの推移と耳石重量-体長関係から推定した年齢

解析（海老沢ら 2005c）と耳石年輪の輪紋計数を用いた年齢解析はほぼ一致した。これらを用いてBertalanffyの成長式を求めたところ、

$$FL_t=559.1(1-exp(-0.321(t+0.802)))$$

で表され、雌雄による差は認められなかった（増田ら2008）（図5）。

ハマダイについては耳石年輪の輪紋解析に基づいて年齢査定をし、成長式を求めたところ、

雌：$FL_t=906.1(1-exp(-0.167(t+0.081)))$

雄：$FL_t=887.2(1-exp(-0.135(t+0.818)))$

で与えられ、メスにおいては1歳で27cmFL、10歳で73cmFL、20歳で85cmFL以上に達すると推定された（増田ら 2010）（図6）。

マチ類は耳石年輪の輪紋が非常に不鮮明であり、ハマダイに至っては調査全個体数のおよそ2割程度しか解析できない。ヒメダイとハマダイの耳石に形成される微細輪紋を走査型電子顕微鏡で観察・計数し、他の方法により査定した年齢と比較した結果、微細輪紋を日周輪と解釈することが妥当であると判断された。この手法による齢査定は、小型魚（ハマダイで45cmFL以下、ヒメダイで23cmFL以下）において有効である。しかし大型魚の耳石においては複数の日周輪が吸収された深く明瞭な溝が刻まれるために、正確な計数が不可能であり、大型魚の正確な齢査定や、寿命の推定のためには別の手法を考案する必要があると考えられる（海老沢・前田 2006）。

（3）成熟・産卵

マチ類4種の尾叉長(FL)と成熟率の関係を図7に示した。

沖縄近海のアオダイの成熟率は、29.5cmで30%、34.7cmで65%、38.7cmでほぼ100%が成熟する（海老沢ら 2005a）。産卵期は4～8月で産卵盛期は4～6月と推定される（友利ら 1979）。一回あたりの産卵数は29.5cmでおよそ3.3万粒、45cmでおよそ16.4万粒と推定され（海老沢ら 2005a）、成熟期の卵と排卵痕が同時に見られることから、4～8月の産卵期間中に複数回の産卵をおこなうと考えられる（山本 2003）。

ヒメダイは23.1cmで40%、28.0cmで85%、31.8cmで100%が成熟し、産卵数は40%成熟で3.9万粒、85%成熟で6.7万粒、およそ40cmで17.8万粒を産卵する（海老沢ら 2005b）。沖縄近海に分布する群れの産卵盛期は5～7月である（山本・島田 1999）。

オオヒメについては30cmで成熟がはじまり、38.6cmで40%、44.3cmで89%、およそ48cmで100%成熟する（海老沢ら 2005c）。産卵盛期は5～7月と推定されている（富山 2000）。

沖縄近海のハマダイでは、65cm階級以上から成熟個体が出現し、70cm、75 cm、80 cm、および85 cm階級の成熟率はそれぞれ69%、77%、96%、および100%であった（海老沢 2007）。産卵期は長く、GSI値（100×生殖腺重量/体重）が2.0以上の個体は4～11月に得られている（海老沢 2007）。

（4）被捕食関係

アオダイは大型の動物性プランクトン（ヒカリボヤ類、クダクラゲ類、サルパ類、オタマボヤ類、クラゲノミ類、甲殻類の幼生）を捕食する（東京都水産試験場 1974）。

ヒメダイの胃内容物として魚類、ヒカリボヤ類、浮遊性甲殻類、イカ類、多毛類が記録

されている(Kami 1973)。

オオヒメも魚類、ヒカリボヤ類、浮遊性甲殻類、イカ類などの中層に浮遊、あるいは遊泳している生物を捕食している(Kami 1973)。

ハマダイは小型イカ類、魚類などの近底層性小型遊泳生物を捕食している（小菅 未発表資料）。

マチ類を捕食する他の生物については今のところ知られていないが、釣獲したマチ類が海面に引き揚げるまでの間にサメ類によって食害される被害が漁業上の問題として指摘されている。

## 3. 漁業の状況

### （1）漁業の概要

マチ類は鹿児島県・沖縄県いずれにおいても水深100m以深で操業している深海一本釣漁業や底建延縄漁業によって漁獲されている。周年操業する一本釣専業者が多いが、時期に応じてソデイカ漁などの他種漁業との兼業も行われている。また、一本釣でも操業形態や1航海あたりの操業日数に違いがあり、奄美群島や熊毛地区では日帰り操業が多いのに対し、沖縄本島や八重山諸島においては5t未満の小型船で日帰りまたは2～3日、5t以上の船で1週間程度である。

### （2）漁獲量の推移

1960～2010年の鹿児島県中央卸売市場でのマチ類4種合計の水揚げ量を図8に、1961～2006年の沖縄県のマチ類全体（主要4種以外も含む）の漁獲量と一本釣り経営体数の経年変化を図9に示した。鹿児島中央卸売市場においては1988年まではおよそ800トン前後で増減を繰り返しながらほぼ横ばい状態で推移していたが、1989年以降急激な減少に転じ、2010年には1969年の最高値1,145トンのおよそ1/7の154トンまで減少した。近年10年でも緩やかな減少傾向が続いており、2010年の水揚げ量は2001年の3/5程度まで落ち込んでいる。沖縄県に水揚げされるマチ類全体の漁獲量では、1980年に2,308トンの最高値を記録した後の5年間に急速に減少し、1985年には最高時の約半分にまで落ち込んだ後、1987年にかけて若干回復したものの、その後2006年まで減少傾向が続いている。また、1960年代から1980年代にかけて1,000トンを下回ることがなかったのに対し、1990年から2006年には977～238トンで徐々に減少しながら推移していることから、40年間の間に漁獲量水準は大幅に減少している。ただし、2002年以降はマチ類の主漁法である一本釣り経営体数も大幅に減少していることから、近年の漁獲量の減少は資源の減少と必ずしも一致しないと考えられる（表1、図9）。沖縄県のマチ類4種の水揚げ量および鹿児島県主要漁協での水揚げ量を表1および表2に示した。なお、表1におけるマチ類全体の漁獲量は属人統計、主要4種の漁獲量は属地統計によるものである。

鹿児島県・沖縄県の主要漁港の魚種別漁獲データが全て整備された1999～2010年のアオダイの漁獲量を図10に示した。1999年には746トンあった水揚げ量は2004年までは増減を繰り返しながら推移していたが、2005～2009年では減少傾向が続いており、2009年には1999年の1/2程度の369トンまで減少した。2010年にはやや増加し、2007年と同程度の416トンまで回復している。水揚げ地別では、鹿児島県では2002年に300トン台、2007年に200トン台

を下回り、2007～2009年は減少を続けながら100トン台で推移していたが、2010年には200トン台に回復した。また沖縄県の水揚げ量では、1999年以降200～300トン台で増加・減少を繰り返しながら減少傾向で推移していたが、近年5年間では200トン前後で推移している。

ヒメダイ・オオヒメにおいては、鹿児島県中央卸売市場では1989年以前、熊毛地域では1998年以前、岩本漁協および奄美地域では2007年以前は両種を種別に分けて扱っていなかった。よってここでは鹿児島中央卸売市場における1960～2010年のヒメダイ・オオヒメの漁獲量を合わせたものを図11に、鹿児島県の主要漁港の漁獲データが整備された近年12年のヒメダイとオオヒメの合計漁獲量を図12に示した。また、1989年以降沖縄県に水揚げされたヒメダイの漁獲量を図13に、オオヒメの漁獲量を図14に示した。鹿児島中央卸売市場におけるヒメダイとオオヒメを合わせた水揚げ量は、1986年に178トンの最高値を記録して以降減少傾向で推移し、1989年には100トンを割り込んだ。近年5年も減少傾向が続いており、2010年には最高値を記録した1986年のおよそ1/20である9トンの水揚げ量しか記録されていない（図11）。一方、鹿児島県主要漁港全体に水揚げされたヒメダイとオオヒメを合わせた漁獲量は多少の増加･減少を繰り返しながらほぼ横ばい状態で安定している（図12）。1989年以降の沖縄県のヒメダイの漁獲量は138～300トンの間で変動しているが、1999年以降200トンを下回るようになり、以後2010年までの10年間は138～189トンで、小幅な増減を繰り返しながらほぼ横ばい状態である（図13）。また沖縄県のオオヒメの漁獲量は56～93トンの間で推移し、調査期間内の変動幅は他種と比較して小さく、ほぼ安定している。2006年に59トンを記録して以降漸増傾向にあり、2009年には77トンまで回復したが、2010年には56トンまで減少した（図14）。

鹿児島県・沖縄県に水揚げされた1999年以降のハマダイの漁獲量を図15に示した。2003年には総漁獲量が200トンを下回ったが、その後増加傾向で推移し、2010年には1999年とほぼ同程度の262トンまで回復した。水揚げ地別の漁獲量の推移では、鹿児島県では2003年に100トンを下回り78トンまで減少したが、その後微量な増加傾向で推移し、2010年には118トンまで回復した。沖縄県においても2003年に最低値の66トンを記録したが、その後増加傾向に転じ、2010年には調査期間内で最も多い漁獲量である144トンまで回復した。

なお本報告で扱った魚種別の漁獲量の推移については、鹿児島県・沖縄県の主要漁港の魚種別漁獲データが全て整備され、海域全体の魚種毎のデータの収集が可能となった1999年以降の変動を扱っており、1980年以前と比べてマチ類の総漁獲量が半分以下に落ち込んだ期間における変動であることに留意する必要がある。すなわち、30～40年以前の水準と比べて4種とも顕著に減少した後、近年5年ではアオダイ、ヒメダイおよびオオヒメは低位で横ばい、ハマダイは増加の状態にあると推定した。

## 4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

沖縄県・鹿児島県の主要港に水揚げされるマチ類の漁獲統計による魚種別漁獲量全体の経年変動の傾向を検討した。また、沖縄県に水揚げされるマチ類のうち、県漁連に水揚げする県外大型標本船13隻および八重山漁協所属のマチ類船全体の漁獲量と漁獲努力量の情報を収集し、過去22年間の傾向を検討した。さらにアオダイおよびハマダイにおいては鹿児島県・沖縄県に水揚げされる各種の総漁獲量と体長組成から、またヒメダイおよびオオ

ヒメにおいては沖縄県に水揚げされる各種の総漁獲量と体長組成から各種の年齢別漁獲尾数を推定し、それらを用いて八重山船のCPUEまたは八重山船と大型船のCPUEの相乗平均でチューニングしたコホート計算を試行し、資源の動向の参考とした（補足資料2）。

（2）資源量指標値の推移

沖縄県漁連に水揚げする大型標本船13隻、および八重山漁協所属の一本釣船全体について、1航海あたりの漁獲量(CPUE)を資源量の指標として求めた（表3、4、5）。

沖縄県に水揚げする大型標本船によるアオダイの漁獲量は近年減少傾向にあるが、CPUEは多少の増減を伴いながらほぼ横ばい状態を保っている（図16）。八重山漁協所属船におけるアオダイのCPUEは、近年10年はほぼ横ばい状態で安定している。また1990年代から2004年にかけて八重山船のアオダイ漁獲量は減少傾向で推移しているにもかかわらず、CPUEはほぼ横ばいである（図17）。従って、この期間の八重山海域での漁獲量の減少は、一本釣り経営体数の減少の影響と推察される。近年5年におけるアオダイの総漁獲量は2009年まで小幅ながら減少傾向にあったが、2010年には2007年とほぼ同程度まで回復していること、琉球列島南西海域で主に操業する八重山漁協所属船の漁獲量とCPUEが、近年5年間はほぼ横ばい状態であること、また沖縄本島以北を中心に操業する大型船の漁獲量はやや減少傾向にあるが、CPUEは増減を伴いながらもほぼ横ばい状態であること、さらに大型船CPUEと八重山船CPUEの相乗平均（図18）もほぼ横ばい状態を示していることも考え合わせて、本調査海域のアオダイ資源は近年低位ながらも横ばいで安定しながら推移していると推察される。

ヒメダイでは漁獲量の動向とCPUEの動向はほぼ一致しており、大型標本船では2004年以降、八重山船では2005年以降2008年まで漁獲量の増加に伴いCPUEも増加傾向を示した。2010年の大型標本船の漁獲量とCPUEの減少は、主な漁獲対象種をヒメダイからハマダイにシフトさせたため、1航海あたりの漁獲量が減ったものと考えられる。大型船と八重山船のCPUEの相乗平均は2005～2008年まで増加傾向であったが、近年3年はほぼ横ばい状態である（図19、20、21）。

大型標本船におけるオオヒメの漁獲量とCPUEは、2010年にはやや減少したものの2009年までは大幅な増加傾向を示している（図22）。一方八重山船による本種の漁獲量は、2009年までの5年間はほぼ横ばい状態であるにもかかわらず、CPUEの変動幅が大きく、漁獲量との明確な関係が見られない（図23）。これは、八重山漁協には魚価が比較的安価なオオヒメを専獲する漁業者はほとんど存在せず、ハマダイ釣り目的（水深300m以深）で餌を降下中に、オオヒメが掛かったら（水深200m以浅）持って帰る、という漁業形態であるためCPUEにばらつきが出ることが原因として考えられる。一方大型標本船においては、1990年代中頃から2000年代前半にかけてハマダイの漁獲量が大幅に減少したことに伴って、その損失分を補うためにオオヒメを専獲し始めたため漁獲量・CPUEが大幅に増加しているものと考える。本種は特定の時間帯にほぼ特定の水深帯を群れをなして移動することが漁業者間では経験的に知られており、その知見の蓄積からより効率的な漁獲が可能になったため、漁獲量・CPUEが増加したものと考えられる。ただし、両CPUEの相乗平均は漸減漸増を繰り返しながらほぼ横ばい状態であることから（図24）、この大型標本船における漁獲量とCPUEの増加は資源量の増加ではないと考えられる。なお、2010年に大型船・八重山船共に

漁獲量が減少しているのは、ヒメダイと同様に、ハマダイの漁獲が近年比較的好調でありかつ、資源回復計画に伴う保護区が一部解禁されたことから主な漁獲対象を高価で出取引されるハマダイにシフトさせたため、1航海あたりの漁獲量が減少した結果と考えられる。

ハマダイにおいては漁獲量の動向とCPUEの動向はほぼ一致しており、1990年代中頃から2000年代前半に漁獲量・CPUE共に大幅な減少傾向であったが、大型標本船では2004年以降、八重山船では2003年以降に増加傾向に転じている。2010年の大型船の漁獲量とCPUEの急激な増加は、資源回復計画に伴う保護区が一部解禁になったことに拠る集中漁獲と、主漁獲対象をヒメダイ・オオヒメから近年漁獲が好調であり、かつ単価の高いハマダイへシフトさせた影響と考えられる（図25、26、27）。

（3）漁獲物の体長組成の推移

2004～2010年に鹿児島海域（中種子・屋久島・奄美）および沖縄海域（宝山～大九曽根・八重山～与那国・尖閣諸島）から漁獲されたマチ類の年別尾叉長組成を図28～31に示した。

鹿児島海域のアオダイは32～33cm（3歳相当）をモードにもつ単峰型で漁獲物の成熟個体率は50～67%、沖縄海域では28～32cmにモードを持つ単峰型（2～3歳相当）で、漁獲物の成熟個体率は27～47%であり沖縄海域のアオダイは鹿児島海域よりやや小型であった（図28）。

ヒメダイにおいては鹿児島海域では30～33cm（3～5歳相当）にモードを持つ単峰型で漁獲物の成熟個体率は64～78%、沖縄海域では28～29cmにモードを持つ単峰型（2歳相当）で、漁獲物の成熟個体率は35～50%であり、アオダイ同様沖縄海域のヒメダイは鹿児島海域よりやや小型であった（図29）。

オオヒメでは鹿児島海域では34～38cmにモードを持つほぼ単峰型（2歳相当）で、漁獲物の成熟個体率は27～34%、沖縄海域では21～25cmおよび36～39cmにモードをもつ多峰型（1～2歳相当）、または35～39cm（3歳相当）にモードを持つ単峰型を示し、漁獲物の成熟個体率は26～45%と、アオダイ・ヒメダイとは逆に鹿児島海域の漁獲物の方がやや小さかった（図30）。

ハマダイにおいて鹿児島海域および沖縄海域では29～49cm（1～4歳相当）にモードを持つ単峰型または多峰型を示し、漁獲物の成熟個体率は鹿児島海域で0.6～2.1%、沖縄海域では0.3～1.7%と、非常に低い値を示した。特に沖縄海域では毎年新たな1歳群が出現し、翌年の漁獲の中心になっている傾向がうかがえた（図31）。なお、2010年4月から開始された第2期資源回復計画から、沖縄県では尾叉長が30cm未満、鹿児島県では小型のハマダイが漁獲された場合、漁場の移動または釣り針サイズを変更するという規制を設けた。その結果、2004～2009年の鹿児島県・沖縄県のハマダイの合計漁獲個体数のうち30cmFL未満の漁獲個体数は全体の17.2～32.8%（平均26.3%）であったのに対し、2010年では7.8%まで減少した。

（4）資源の水準・動向

1960年以降、沖縄・鹿児島両県におけるマチ類全体の漁獲量は1970年代後半から1980年代中頃にピークに達し、その後急激に減少している。2000年代中旬以降は沖縄県、鹿児島県共にピーク時の1/7~1/10まで減少しているため、水準を低位とする。なお、水準は過去51年間のマチ類4種の漁獲量の記録がある鹿児島県中央卸売市場の漁獲量を基準とし、1969年

に記録した最高値（1,145トン）を3等分した値を高位と中位、中位と低位の区切り線とした（図8）。アオダイにおいては鹿児島県、沖縄県ともに近年5年の漁獲量の動向はほぼ横ばい状態にある。八重山漁協所属船による漁獲量・CPUEはほぼ横ばい状態であるものの、大型標本船の漁獲量は減少傾向を示している。ただし、CPUEの相乗平均は多少の増減を繰り返しながらも過去9年間ほぼ横ばい状態であること、また参考値として計算したコホート計算の結果も近年5年間の資源量は1,700トン前後でほぼ安定していることから、動向は横ばいと判断した。

ヒメダイに関しては、特に近年3年間は鹿児島海域・沖縄海域共に漁獲量はやや減少している。しかしながら本種の漁獲量の減少はハマダイへの漁獲魚種変更のため漁獲が控えられた影響が考えられること、CPUEの相乗平均はほぼ横ばいであること、試算した資源量も横ばいであることから、本種の動向は横ばいと判断した。

オオヒメに関しては大型標本船による漁獲量およびCPUEはともに近年大幅に増加しているがこれはオオヒメの集中漁獲によるものと考えられ、資源量の増加ではないと考えられる。よって大型船の漁獲量・CPUEおよびそれを用いた相乗平均から判断した動向は不確実性が高まるため、ここではそれらを動向の判断から除外した。2010年の沖縄県の漁獲量は減少したものの、2006～2009年は増加傾向を示している。また沖縄県全体の漁獲量はほぼ横ばい状態であり、八重山船の漁獲量もほぼ横ばい状態が続いている。さらに八重山船のCPUEを用いてチューニングしたVPAで試算した資源量も、僅かに減少傾向にあるもののほぼ横ばい状態である。よって動向は横ばいと判断した。

ハマダイにおいては鹿児島県の漁獲量は近年5年増加傾向にある。沖縄県の漁獲量では2008年に若干減少したが、2009年以降には回復している。CPUEの相乗平均も増加傾向であること、また試行したコホート計算から資源量は近年増加傾向で推移していることから動向は増加と判断した。

## 5. 資源管理の方策

漁獲量の推移が資源状態を反映すると仮定すると、1980年代以降マチ類全体の漁獲量が急激に減少していることから、マチ類資源の水準は極めて低位である判断され、早急に資源回復をはかる必要がある。2005年に第1期資源回復計画に基づいて18区の保護区が5年間の期限付きで設置された。その結果、保護区内では一定の効果が現れはじめているものの（宍道ら 2010）、海域全体の資源量に反映されるには至っていない。2010年より開始された第2期資源回復計画では第1期より保護区を拡大し、現在22区の周年または季節的な保護区を設置している。また第2期資源回復計画では保護区に加え漁獲サイズ規制なども開始し、保護区内のみならず、海域全体の漁獲圧を下げる方向で実施されている。マチ類は成熟までに早い種で3年、遅い種では10年以上を要する魚種であることから、保護区を10年程度で解禁して親魚を漁獲してしまうことは望ましくない。よって資源回復計画終了後も産卵親魚を保護するための漁獲制限措置を講じていく必要がある。また、2010年は特にハマダイにおいて、一時的に解禁された保護区での集中漁獲の傾向がうかがえた。沖縄県では県内漁業者に対して解禁された保護区への入域回数制限を実施しているが、今後これらの措置は沖縄県外所属の漁船にも適用し、さらには保護区内での1操業あたりの漁獲量制限を設ける等、保護区が一定期間内の一時的な管理方策にならないような措置を講じていくことが

必要とされる。

## 6. 引用文献


Allen, G. R.(1985) FAO species catalogue, Vol. 6. Snappers of the world. An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. FAO Fisheries Synopsis No. 125, Vol. 6: 208p.

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(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・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. 平成16年沖縄県水産試験場事業報告書, 78-82.

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CPUE年変化. 平成19年度沖縄県水産試験場事業報告書, 104-106.

海老沢明彦・山本隆司・福田将数(2004) 体長組成のモード推移と尾叉長－耳石重量関係式から推定したアオダイの成長式（マチ類の漁業管理推進調査）. 平成14年度沖縄県水産試験場事業報告書, 110-114.

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) 体長組成のモード推移と尾叉長－耳石重量関係式から推定したヒメダイの成長式（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, 97-101.

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, 147-148.

Kami, H. T. (1973) The *Pristipomoides* (Pisces: Lutjanidae) of Guam with notes on their biology. Micronesica 9: 97-118.

片山雅子(2007) 鹿児島県産フエダイ科魚類4種の年齢と成長. 鹿児島大学大学院水産学研究科修士論文, 93pp.

Kikkawa, B. S.(1984) Maturation, spawning and fecundity of opakapaka, *Pristipomoides filamentosus*. Proceedings of Research Inv. NWHIUNIHI- SEAGRANT-MR-84-01, 149-160.

増田育司・片山雅子・浅野龍也・久保満・神野公広・斉藤真美(2008) 薩南諸島周辺海域におけるヒメダイとオオヒメの成長. 2008（平成20）年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 7pp.

増田育司・片山雅子・浅野龍也・入野敬介・久保満・神野公広・宍道弘敏・斉藤真美(2010) 薩南諸島周辺海域におけるハマダイの年齢と成長. 2010年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, pp.

佐多忠夫(1988) マチ類　諸喜田茂充　編著　サンゴ礁域の増養殖, 緑書房 東京, 144-151.

佐多忠夫(1995) 体長組成から推定したアオダイの成長. 平成5年度沖縄県水産試験場事業報告書, 86-88.

宍道弘敏・久保満・神野公広(2009) フエダイ科魚類3種の標識放流技術と放流再捕記録. 2009

年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 90pp.
宍道弘敏・神野公広・久保満(2010) 鹿児島県海域におけるマチ類資源回復計画開始後の尾叉長組成の変化. 平成22年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 8pp.
富山仁志(2000) 沖縄近海におけるヒメダイとオオヒメの成熟. 琉球大学理学部海洋自然科学科卒業論文, 51pp.
友利昭之助・喜屋武俊彦・川崎一男・金城武光・吉川一男(1979) 200海浬水域内漁業資源総合調査. 昭和53年度沖縄県水産試験場事業報告書, 30-33.
東京都水産試験場(1974) 昭和48年度指定調査研究総合助成事業、底魚資源調査研究報告書（アオダイ）. 東水試出版物通刊No. 244, 調査研究要報 No. 108, 1-16p.
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. 沖縄県農林水産試験研究推進会議, 139-140.
山本隆司・島田和彦(1999) 沿岸漁場総合整備開発基礎調査の概要. 平成9年度沖縄県水産試験場事業報告書, 87-94.

表1.　沖縄県におけるマチ類全体（主要4種以外も含む）の漁獲量、一本釣り経営体数（深海一本釣り以外も含む）およびマチ類主要4種の漁獲量　（単位：トン）

| | マチ類全体重量 | 経営体数 | アオダイ | ヒメダイ | オオヒメ | ハマダイ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1961 | 1,633 | | | | | |
| 1962 | 1,431 | | | | | |
| 1963 | 1,306 | | | | | |
| 1964 | 1,109 | | | | | |
| 1965 | 1,488 | | | | | |
| 1966 | 1,233 | | | | | |
| 1967 | 1,463 | | | | | |
| 1968 | 1,167 | | | | | |
| 1969 | 1,349 | | | | | |
| 1970 | 1,320 | | | | | |
| 1971 | 1,253 | | | | | |
| 1972 | 1,270 | | | | | |
| 1973 | 1,178 | | | | | |
| 1974 | 1,391 | 1,151 | | | | |
| 1975 | 1,365 | 1,250 | | | | |
| 1976 | 1,423 | 1,233 | | | | |
| 1977 | 1,542 | 1,203 | | | | |
| 1978 | 1,825 | 1,112 | | | | |
| 1979 | 2,046 | 1,351 | | | | |
| 1980 | 2,308 | 1,340 | | | | |
| 1981 | 2,229 | 1,355 | | | | |
| 1982 | 2,067 | 1,390 | | | | |
| 1983 | 1,564 | 1,415 | | | | |
| 1984 | 1,226 | 1,262 | | | | |
| 1985 | 1,065 | 1,422 | | | | |
| 1986 | 1,188 | 1,522 | | | | |
| 1987 | 1,362 | 1,566 | | | | |
| 1988 | 1,218 | 1,655 | | | | |
| 1989 | 1,100 | 1,456 | 328 | 300 | 93 | 185 |
| 1990 | 977 | 1,443 | 311 | 270 | 86 | 174 |
| 1991 | 904 | 1,430 | 310 | 261 | 85 | 184 |
| 1992 | 969 | 1,417 | 386 | 263 | 84 | 195 |
| 1993 | 659 | 1,097 | 349 | 238 | 77 | 165 |
| 1994 | 661 | 1,138 | 379 | 208 | 72 | 189 |
| 1995 | 665 | 1,238 | 433 | 211 | 91 | 188 |
| 1996 | 683 | 1,334 | 415 | 254 | 83 | 215 |
| 1997 | 634 | 1,315 | 401 | 207 | 78 | 155 |
| 1998 | 535 | 1,168 | 387 | 203 | 82 | 159 |
| 1999 | 495 | 1,284 | 351 | 162 | 70 | 134 |
| 2000 | 421 | 1,234 | 279 | 172 | 80 | 87 |
| 2001 | 551 | 1234 | 357 | 162 | 80 | 82 |
| 2002 | 279 | 835 | 255 | 188 | 81 | 90 |
| 2003 | 251 | 769 | 267 | 190 | 62 | 66 |
| 2004 | 212 | 842 | 265 | 159 | 57 | 67 |
| 2005 | 241 | 781 | 266 | 177 | 75 | 74 |
| 2006 | 238 | 753 | 228 | 145 | 59 | 100 |
| 2007 | | | 217 | 167 | 67 | 103 |
| 2008 | | | 227 | 189 | 70 | 98 |
| 2009 | | | 199 | 165 | 77 | 118 |
| 2010 | | | 212 | 138 | 56 | 144 |

表2.　鹿児島県における近年12年のマチ類の漁獲量

| 年 | アオダイ | ヒメダイ・オオヒメ | ヒメダイ | オオヒメ | ハマダイ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1999 | 395 | 55 | 15 | 21 | 132 |
| 2000 | 376 | 55 | 31 | 27 | 118 |
| 2001 | 339 | 41 | 27 | 23 | 122 |
| 2002 | 224 | 37 | 16 | 18 | 123 |
| 2003 | 228 | 43 | 44 | 6 | 78 |
| 2004 | 264 | 33 | 33 | 5 | 77 |
| 2005 | 251 | 37 | 47 | 6 | 72 |
| 2006 | 241 | 33 | 26 | 5 | 80 |
| 2007 | 197 | 41 | 15 | 5 | 83 |
| 2008 | 184 | | 48 | 21 | 87 |
| 2009 | 170 | | 41 | 16 | 94 |
| 2010 | 204 | | 38 | 16 | 118 |

（単位：トン）

表3.　大型標本船によるマチ類漁獲量とCPUE

| | | アオダイ | | ヒメダイ | | オオヒメ | | ハマダイ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 年 | 操業数 | 漁獲量 | CPUE | 漁獲量 | CPUE | 漁獲量 | CPUE | 漁獲量 | CPUE |
| 1989 | 113 | 92.5 | 0.819 | 100.2 | 0.887 | 3.4 | 0.030 | 13.3 | 0.118 |
| 1990 | 130 | 99.9 | 0.769 | 91.8 | 0.706 | 5.5 | 0.043 | 11.3 | 0.087 |
| 1991 | 150 | 122.1 | 0.814 | 112.0 | 0.746 | 6.7 | 0.044 | 15.3 | 0.102 |
| 1992 | 154 | 180.4 | 1.172 | 80.5 | 0.523 | 6.7 | 0.043 | 10.9 | 0.071 |
| 1993 | 166 | 166.2 | 1.001 | 84.4 | 0.508 | 6.2 | 0.037 | 22.6 | 0.136 |
| 1994 | 178 | 212.9 | 1.196 | 83.6 | 0.469 | 10.0 | 0.056 | 21.9 | 0.123 |
| 1995 | 185 | 215.4 | 1.164 | 101.6 | 0.549 | 11.0 | 0.059 | 29.4 | 0.159 |
| 1996 | 222 | 200.7 | 0.904 | 127.5 | 0.574 | 13.1 | 0.059 | 30.0 | 0.135 |
| 1997 | 234 | 204.2 | 0.872 | 118.3 | 0.505 | 15.0 | 0.064 | 14.5 | 0.062 |
| 1998 | 220 | 178.5 | 0.811 | 119.7 | 0.544 | 11.4 | 0.052 | 16.8 | 0.076 |
| 1999 | 194 | 172.6 | 0.890 | 98.9 | 0.510 | 13.6 | 0.070 | 11.2 | 0.058 |
| 2000 | 221 | 152.9 | 0.692 | 96.8 | 0.438 | 18.6 | 0.084 | 9.9 | 0.045 |
| 2001 | 210 | 185.6 | 0.884 | 81.8 | 0.389 | 16.9 | 0.081 | 6.1 | 0.029 |
| 2002 | 230 | 145.1 | 0.631 | 130.1 | 0.566 | 19.7 | 0.086 | 4.5 | 0.020 |
| 2003 | 258 | 160.6 | 0.622 | 124.0 | 0.481 | 20.5 | 0.080 | 5.1 | 0.020 |
| 2004 | 256 | 178.4 | 0.697 | 120.8 | 0.472 | 23.3 | 0.091 | 4.6 | 0.018 |
| 2005 | 252 | 173.2 | 0.687 | 129.3 | 0.513 | 32.4 | 0.129 | 7.7 | 0.030 |
| 2006 | 266 | 170.7 | 0.642 | 136.6 | 0.513 | 31.9 | 0.120 | 7.8 | 0.029 |
| 2007 | 273 | 141.2 | 0.517 | 156.0 | 0.572 | 39.7 | 0.146 | 11.3 | 0.041 |
| 2008 | 247 | 140.9 | 0.570 | 159.7 | 0.646 | 35.6 | 0.144 | 9.1 | 0.037 |
| 2009 | 224 | 109.6 | 0.489 | 134.9 | 0.602 | 39.7 | 0.177 | 12.7 | 0.057 |
| 2010 | 204 | 124.7 | 0.611 | 103.5 | 0.507 | 32.7 | 0.160 | 32.9 | 0.161 |

（単位：トン）

表4.　八重山漁協所属船によるアオダイおよびヒメダイの漁獲量・操業数およびCPUE

| | アオダイ | | | ヒメダイ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 年 | 漁獲量 | 操業数 | CPUE | 漁獲量 | 操業数 | CPUE |
| 1989 | 42.5 | 1,214 | 0.035 | 21.8 | 942 | 0.023 |
| 1990 | 30.8 | 1,132 | 0.027 | 24.3 | 893 | 0.027 |
| 1991 | 29.3 | 1,123 | 0.026 | 9.6 | 656 | 0.015 |
| 1992 | 24.4 | 860 | 0.028 | 10.0 | 548 | 0.018 |
| 1993 | 23.9 | 998 | 0.024 | 17.0 | 707 | 0.024 |
| 1994 | 24.8 | 1127 | 0.022 | 12.6 | 787 | 0.016 |
| 1995 | 33.8 | 1332 | 0.025 | 19.0 | 989 | 0.019 |
| 1996 | 34.9 | 1465 | 0.024 | 20.3 | 1215 | 0.017 |
| 1997 | 31.3 | 1158 | 0.027 | 11.7 | 821 | 0.014 |
| 1998 | 29.7 | 1158 | 0.026 | 8.2 | 844 | 0.010 |
| 1999 | 22.4 | 1042 | 0.022 | 8.9 | 764 | 0.012 |
| 2000 | 15.5 | 861 | 0.018 | 11.6 | 725 | 0.016 |
| 2001 | 26.2 | 1103 | 0.024 | 12.4 | 914 | 0.014 |
| 2002 | 20.2 | 878 | 0.023 | 9.5 | 713 | 0.013 |
| 2003 | 22.5 | 1012 | 0.022 | 10.3 | 735 | 0.014 |
| 2004 | 14.8 | 674 | 0.022 | 7.8 | 619 | 0.013 |
| 2005 | 9.7 | 449 | 0.022 | 4.3 | 496 | 0.009 |
| 2006 | 13.6 | 589 | 0.023 | 6.0 | 662 | 0.009 |
| 2007 | 11.1 | 519 | 0.021 | 6.2 | 611 | 0.010 |
| 2008 | 14.2 | 579 | 0.024 | 8.9 | 733 | 0.012 |
| 2009 | 12.5 | 577 | 0.022 | 8.5 | 790 | 0.011 |
| 2010 | 11.8 | 589 | 0.020 | 13.0 | 892 | 0.015 |

（単位：トン）

表5.　八重山漁協所属船によるオオヒメおよびハマダイの漁獲量・操業数およびCPUE

| | オオヒメ | | | ハマダイ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 年 | 漁獲量 | 操業数 | CPUE | 漁獲量 | 操業数 | CPUE |
| 1989 | 5.9 | 435 | 0.014 | 68.9 | 1,701 | 0.041 |
| 1990 | 9.5 | 565 | 0.017 | 64.8 | 1,588 | 0.041 |
| 1991 | 7.3 | 469 | 0.015 | 54.1 | 1,319 | 0.041 |
| 1992 | 4.5 | 373 | 0.012 | 57.3 | 1,230 | 0.047 |
| 1993 | 3.9 | 333 | 0.012 | 44.4 | 1,276 | 0.035 |
| 1994 | 7.0 | 433 | 0.016 | 58.4 | 1,502 | 0.039 |
| 1995 | 4.0 | 421 | 0.009 | 60.1 | 1,706 | 0.035 |
| 1996 | 6.0 | 479 | 0.012 | 60.5 | 2,407 | 0.025 |
| 1997 | 6.4 | 475 | 0.013 | 48.9 | 1,862 | 0.026 |
| 1998 | 6.0 | 449 | 0.013 | 45.5 | 1,679 | 0.027 |
| 1999 | 6.1 | 467 | 0.013 | 41.8 | 1,925 | 0.022 |
| 2000 | 7.9 | 557 | 0.014 | 27.7 | 1,337 | 0.021 |
| 2001 | 6.5 | 472 | 0.014 | 32.2 | 1,677 | 0.019 |
| 2002 | 5.3 | 428 | 0.012 | 26.6 | 1,524 | 0.017 |
| 2003 | 4.9 | 351 | 0.014 | 21.5 | 1,344 | 0.016 |
| 2004 | 6.4 | 344 | 0.019 | 23.7 | 1,308 | 0.018 |
| 2005 | 4.6 | 262 | 0.018 | 26.4 | 1,189 | 0.022 |
| 2006 | 4.5 | 280 | 0.016 | 32.8 | 1,404 | 0.023 |
| 2007 | 4.5 | 284 | 0.016 | 38.3 | 1,367 | 0.028 |
| 2008 | 4.7 | 401 | 0.012 | 35.8 | 1,332 | 0.027 |
| 2009 | 4.7 | 350 | 0.013 | 48.7 | 1,590 | 0.031 |
| 2010 | 2.4 | 209 | 0.011 | 52.3 | 1,750 | 0.030 |

（単位：トン）

図1.　マチ類の分布図

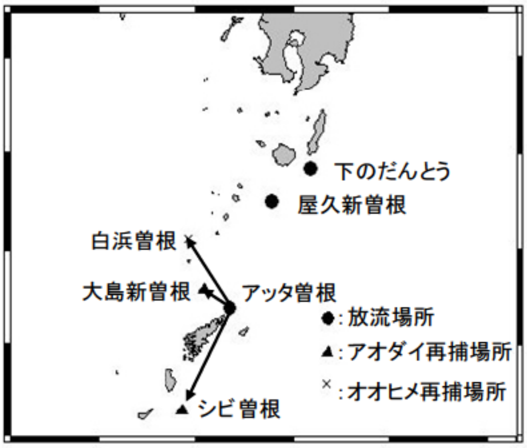



図2.　標識放流地点および再補地点

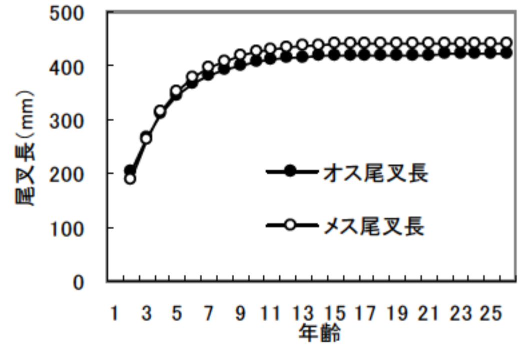



図3.　アオダイの成長曲線

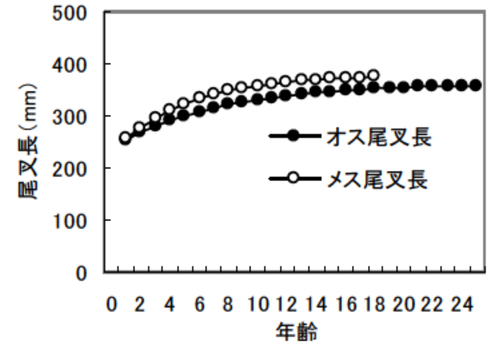



図4.　ヒメダイの成長曲線

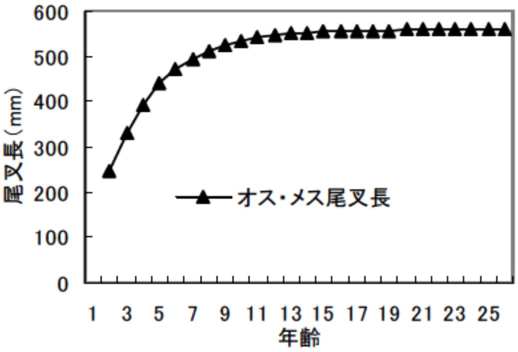



図5.　オオヒメの成長曲線

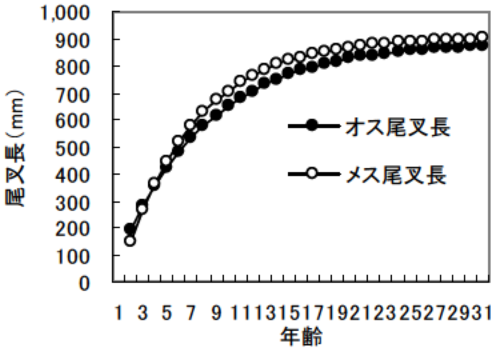



図6.　ハマダイの成長曲線

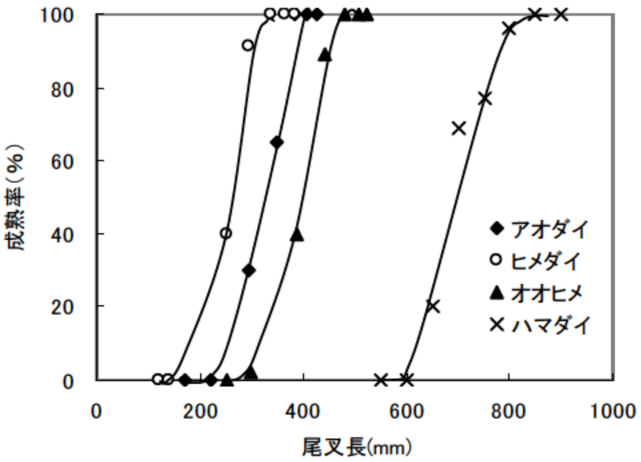



図7.　マチ類4種の尾叉長と生殖腺成熟率の関係

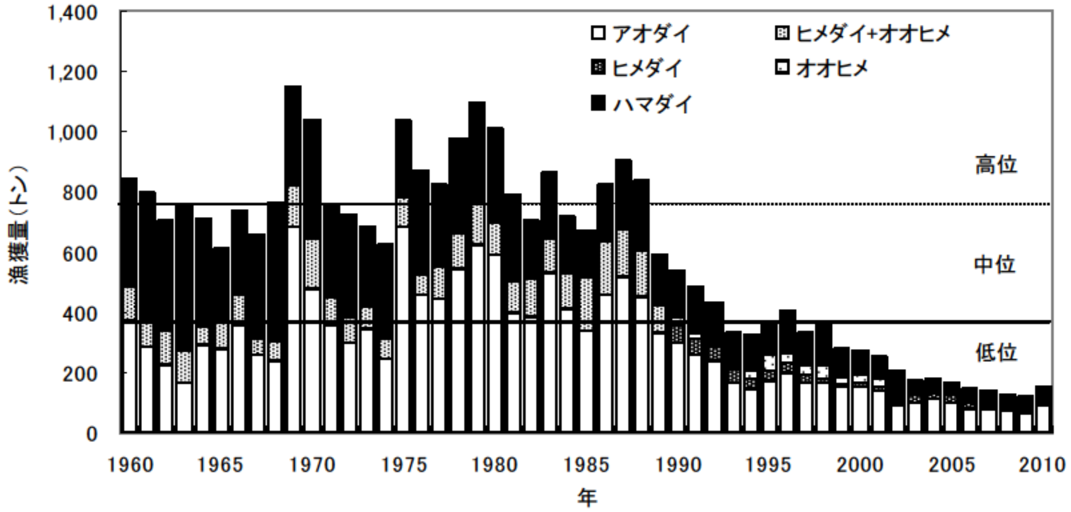



図8.　鹿児島県中央卸売市場におけるマチ類4種の水揚げ量の経年変化

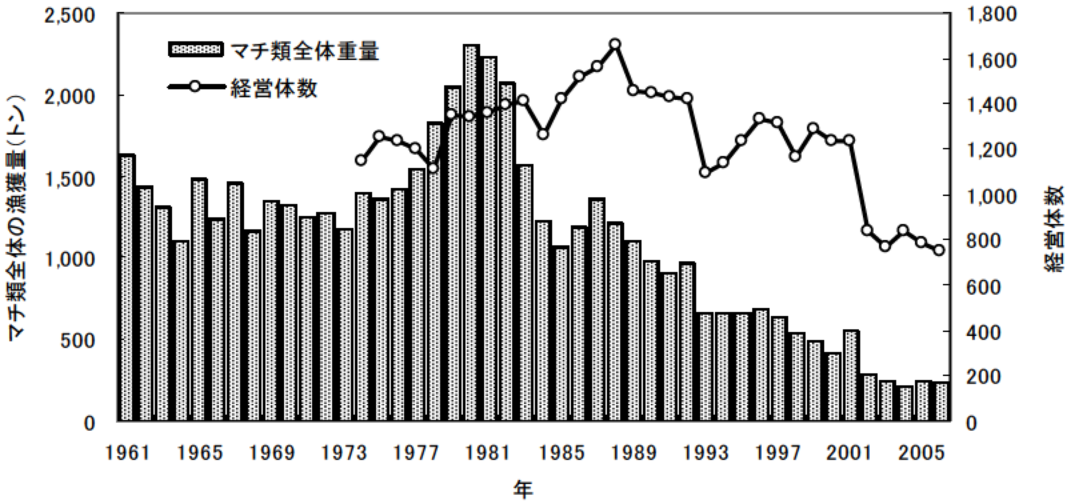



図9.　沖縄県のマチ類の漁獲量（主要4種以外も含む）と一本釣り経営体数の経年変化

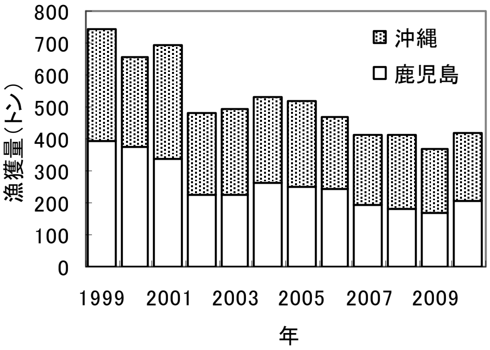



図10.　アオダイの漁獲量

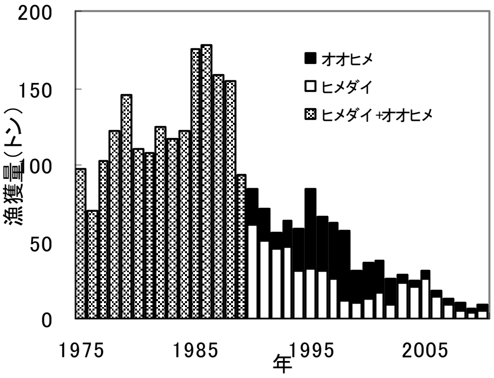



図11.　鹿児島中央卸売市場におけるヒメダイ＋オオヒメの水揚げ量の経年変化

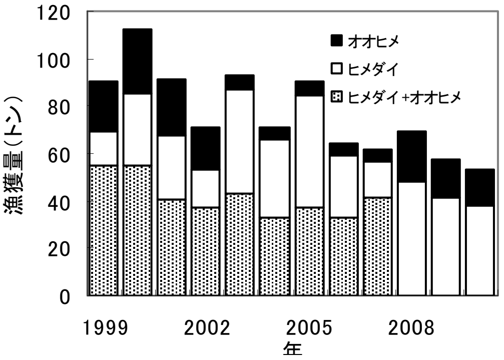



図12.　鹿児島県主要漁港におけるヒメダイ＋オオヒメの漁獲量

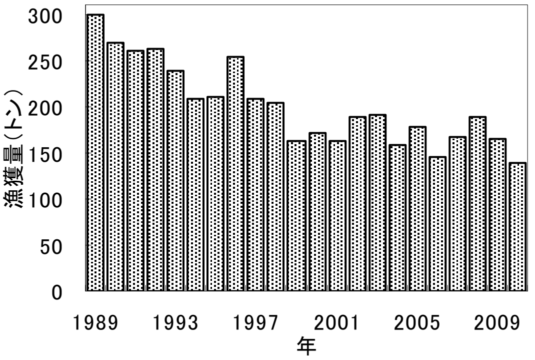



図13.　沖縄県におけるヒメダイの漁獲量

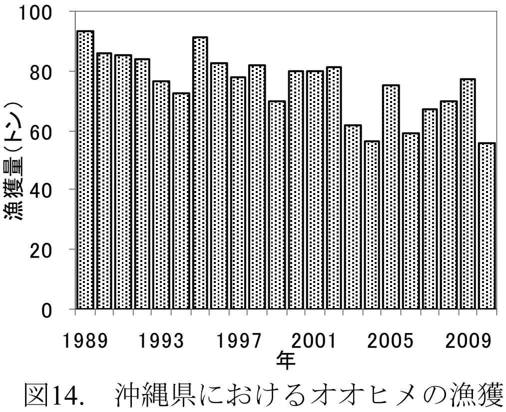



図14.　沖縄県におけるオオヒメの漁獲量

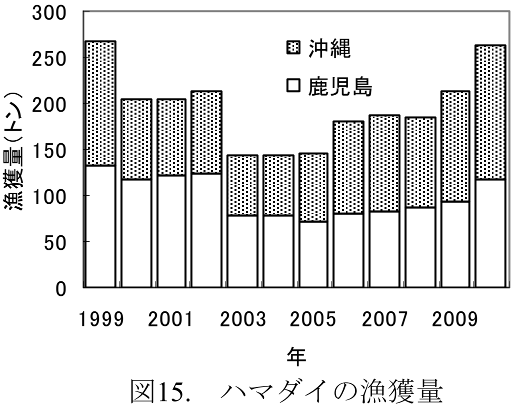



図15.　ハマダイの漁獲量

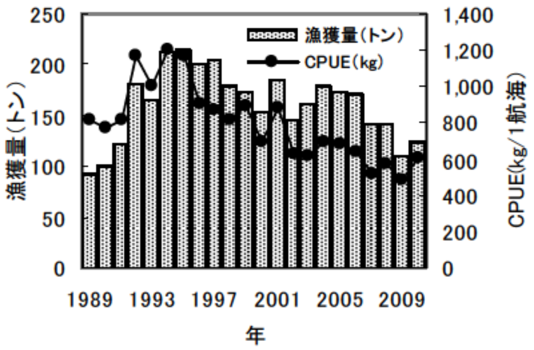



図16.　大型標本船による
アオダイの漁獲量とCPUE

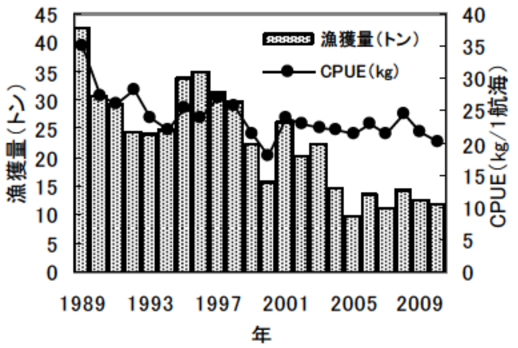



図17.　八重山漁協所属船による
アオダイの漁獲量とCPUE

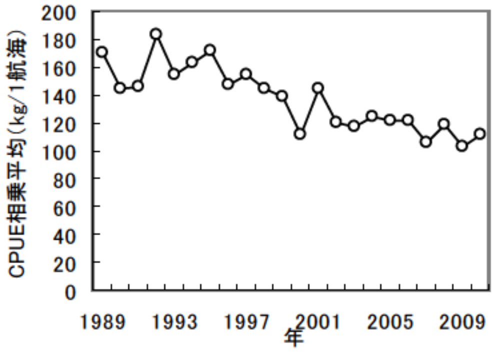



図18.　アオダイCPUEの相乗平均

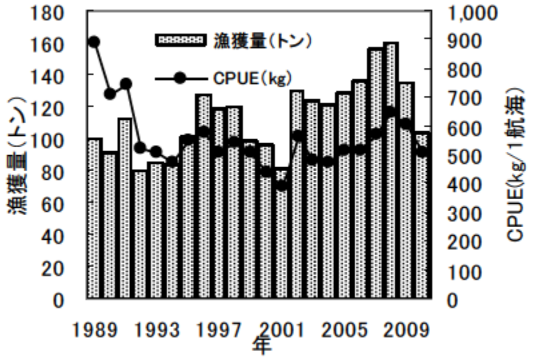



図19.　大型標本船による
ヒメダイの漁獲量とCPUE

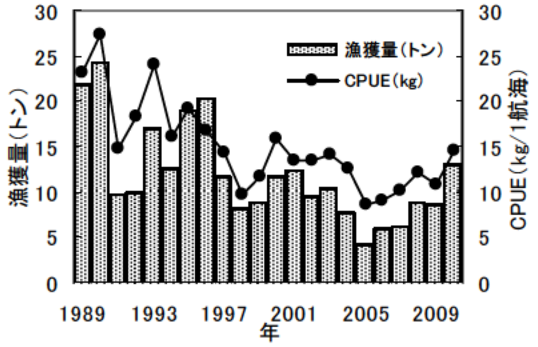



図20.　八重山漁協所属船による
ヒメダイの漁獲量とCPUE

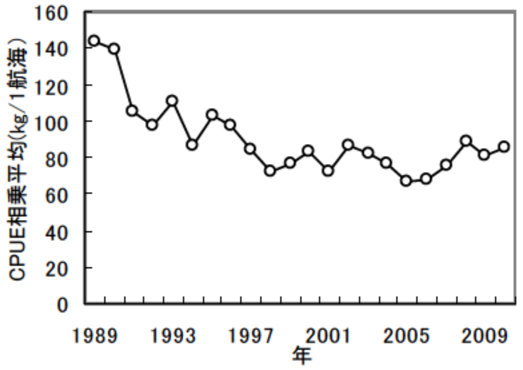



図21.　ヒメダイCPUEの相乗平均

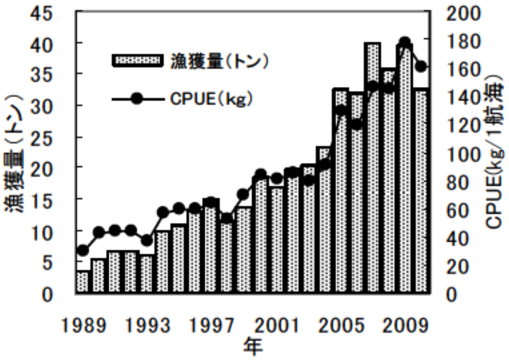



図22.　大型標本船による
オオヒメの漁獲量とCPUE

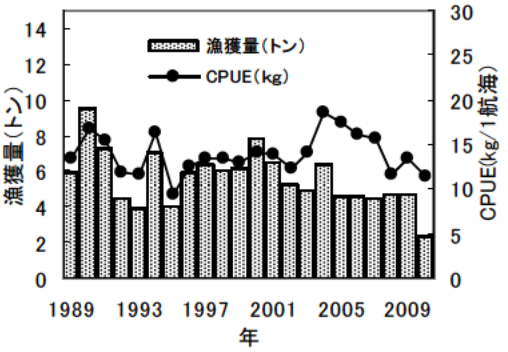



図23.　八重山漁協所属船による
オオヒメの漁獲量とCPUE

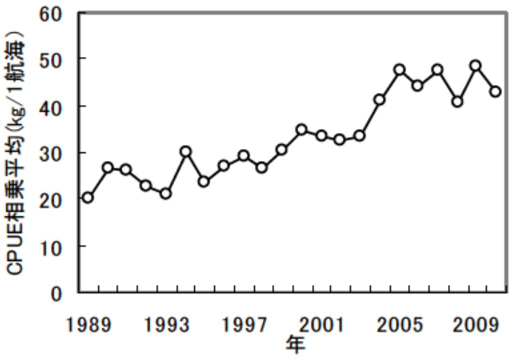



図24.　オオヒメCPUEの相乗平均

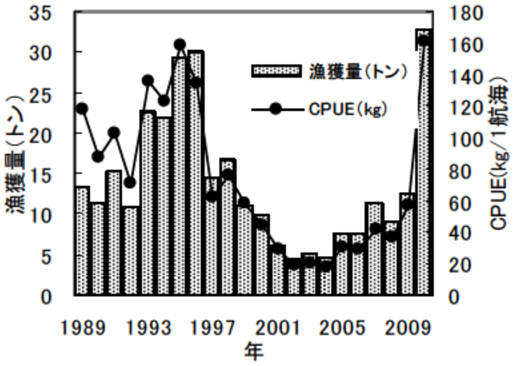



図25.　大型標本船による
ハマダイの漁獲量とCPUE

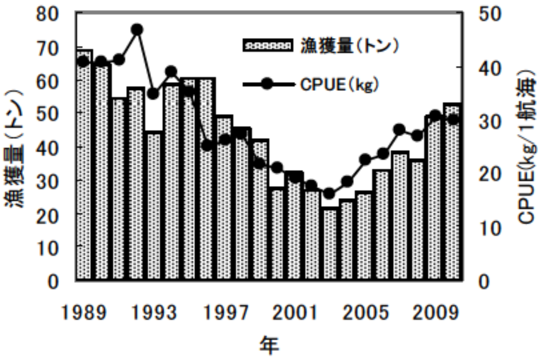



図26.　八重山漁協所属船による
ハマダイの漁獲量とCPUE

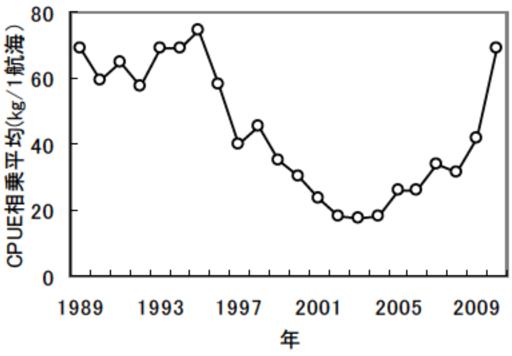



図27.　ハマダイCPUEの相乗平均

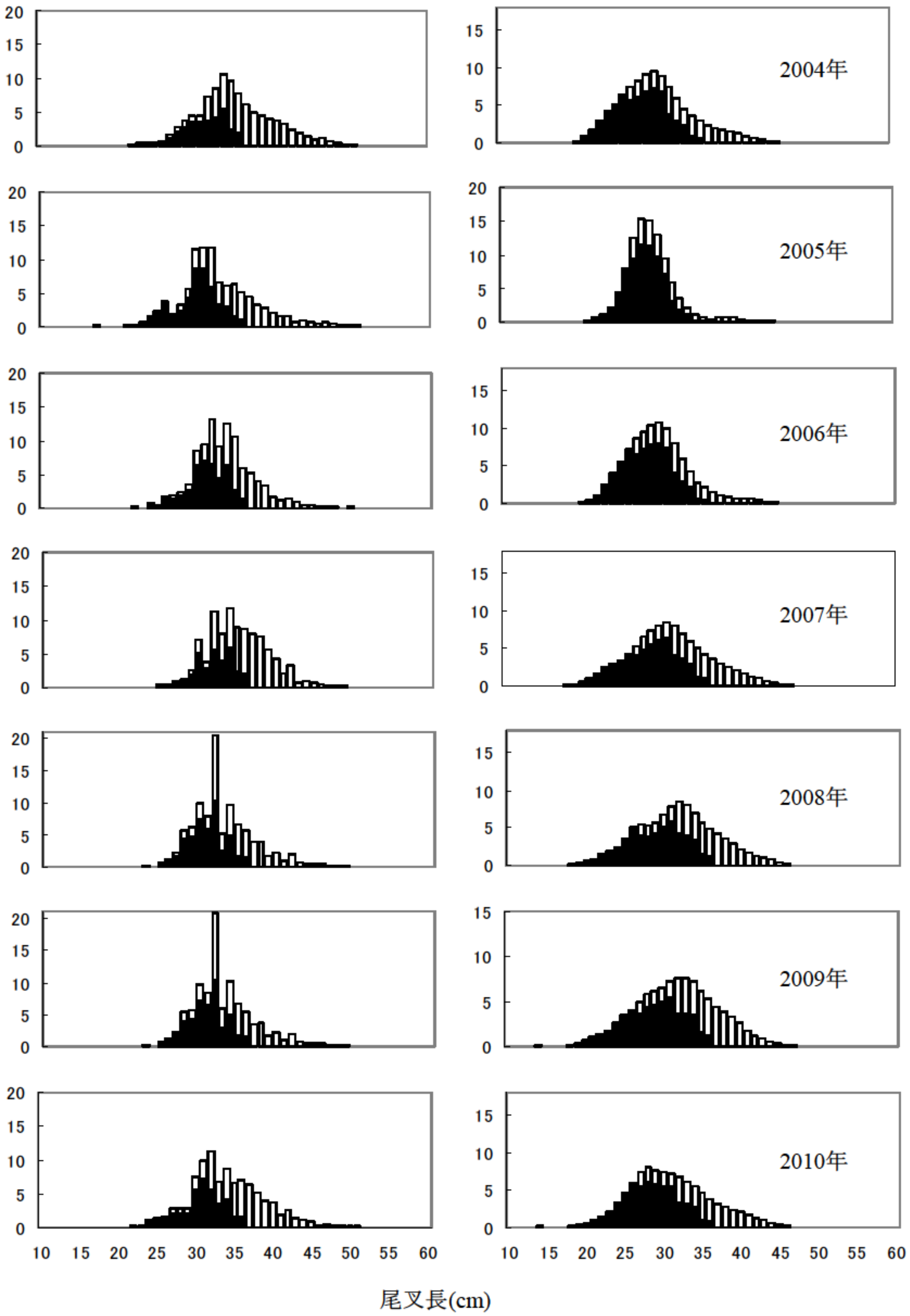



図28. 鹿児島県（左側）および沖縄県（右側）に水揚げされたアオダイの尾叉長組成　縦軸は頻度(%)、白抜きは成熟個体割合を示す。

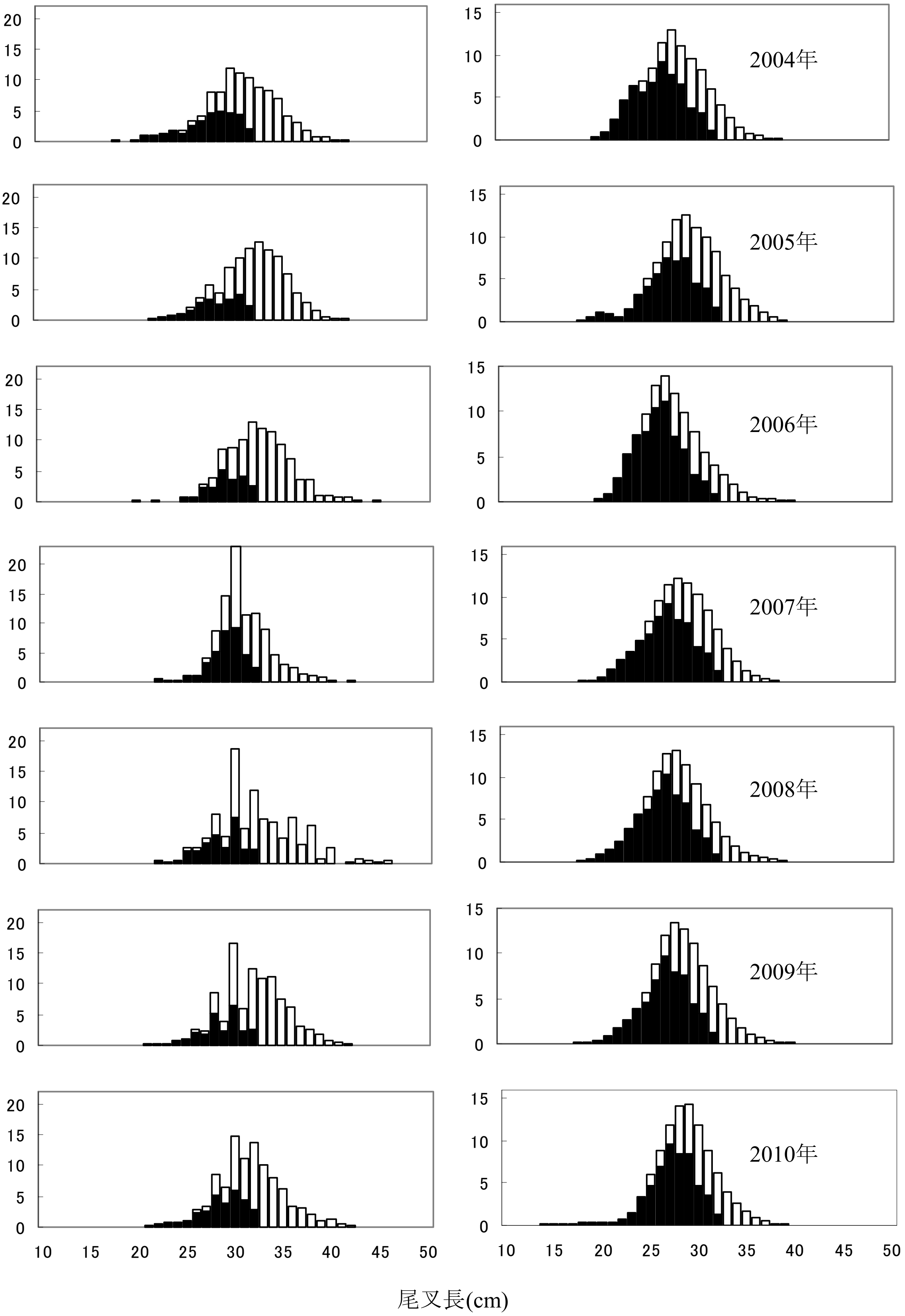



図29.　鹿児島県（左側）および沖縄県（右側）に水揚げされたヒメダイの尾叉長組　成縦軸は頻度(%)、白抜きは成熟個体割合を示す。

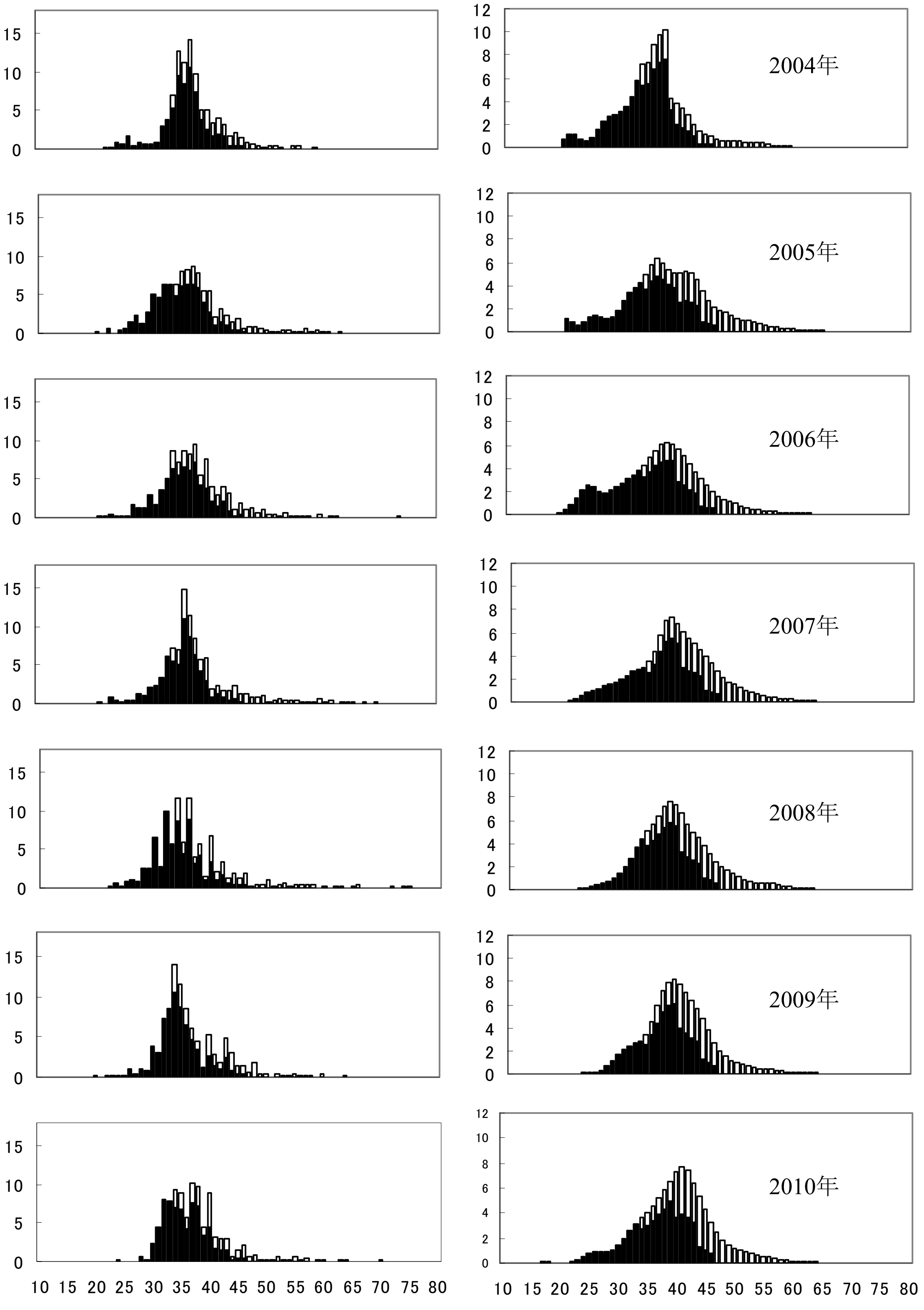



図30.　鹿児島県（左側）および沖縄県（右側）に水揚げされたオオヒメの尾叉長組成　縦軸は頻度(%)、白抜きは成熟個体割合を示す。

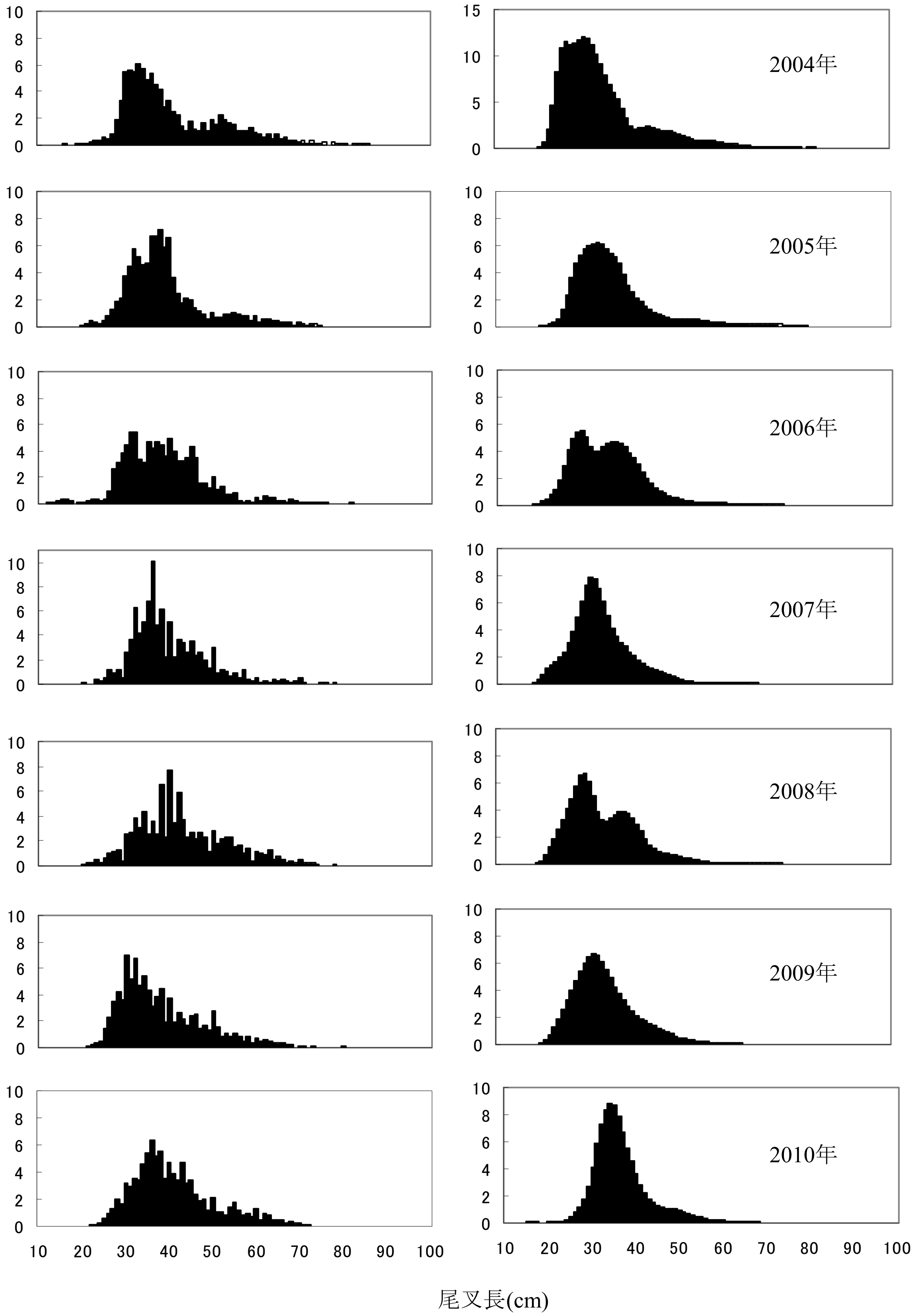



図31.　鹿児島県（左側）および沖縄県（右側）に水揚げされたハマダイの尾叉長組成　縦軸は頻度(%)を示す。

## 補足資料１　資源回復計画による効果の検証

2010年4月１日より第2期資源回復計画がスタートし、鹿児島県の周辺海域では4区の周年保護区と13区の期間保護区が設置された。第1期資源回復計画で設定されていた周年保護区の調査海域である屋久新曽根とファーゾネは、それぞれ廃止および2～11月禁漁の期間保護区に変更されたため、新たな周年保護区であるオジカ瀬とアッタ曽根において7月21日、8月19日および9月16日に鹿児島県水産海洋技術センターによって試験操業が行われた（付表1、2）。オジカ瀬ではアオダイとハマダイが多く漁獲されヒメダイ・オオヒメの漁獲はなかった。またアッタ曽根ではアオダイが多く漁獲され、それ以外の種ではヒメダイ1尾のみが漁獲されている。

沖縄県周辺海域では1区の周年保護区と4区の期間保護区が設置されている。このうち第2期資源回復計画より周年保護区から期間保護区（5～11月禁漁）に変更された北タイキュウソネにおいて、第1期資源回復計画からの継続調査が沖縄県水産海洋研究センターによって行われた（付表3）。その結果、2010年の各種のCPUE（1航海あたりの漁獲尾数）は過去4年間のCPUEと比較して、オオヒメを除き、最低値を記録した（付図1～4）。北タイキュウソネは5～11月の期間禁漁への変更に伴い、2010年4月1日から1ヶ月間の解禁期間があった。2010年度の調査結果が過去最低値を記録した原因として、この解禁期間にマチ類の集中漁獲が行われ、その影響が試験操業の結果に表れた可能性が非常に高い。

第1期資源回復計画で周年保護区であった沖ノナカノソネが期間保護区（11～3月禁漁）に変更されたため、新たな周年保護区である第2多良間堆の試験操業を行い、その結果を付表4に示した。ハマダイおよびヒメダイが比較的多く漁獲され、オオヒメは1尾も漁獲されなかった。

沖縄県の南西海域に位置する沖ノナカノソネが期間保護区に変更されたことに伴い、2010年4月より7ヶ月間、沖ノナカノソネでの操業が可能になった（ただし沖縄県の漁業者は入域回数制限あり）。この解禁期間中のうち4～8月までの5ヶ月間における八重山漁協所属の漁業者の沖ノナカノソネでの月別CPUE（1航海あたりの漁獲量）を付図5～8に示した。その結果、ハマダイでは2009年の年間平均CPUEがおよそ31kg/1航海であるのに対し、この5ヶ月間の平均CPUEはおよそ100kg/1航海であった。他の3種のCPUEは前年の平均以下、あるいは同程度であることより、解禁と同時にハマダイへの集中漁獲があったことがうかがえる。

第1期資源回復計画の結果、保護区内では一定の効果が現れていることが報告されている（宍道ら 2010）。しかしながら解禁後に集中漁獲を行えば、5年間の保護も1年で元に戻ってしまう可能性が十分に考えられる。今後はこれまでの資源回復に係わる取り組みに加えて、保護区を解禁した後の資源管理について検討していく必要がある。

## 引用文献

宍道弘敏・神野公広・久保満(2010) 鹿児島県海域におけるマチ類資源回復計画開始後の尾叉長組成の変化. 平成22年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 8pp.

付表1.　オジカ瀬における効果調査の結果

| | | アオダイ | ヒメダイ | オオヒメ | ハマダイ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 操業回数 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 第 1 回 | 漁獲尾数 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| H22.7.21 | 平均尾叉長(cm) | 41.0 | - | - | 36.6 |
| | 尾/回 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.12 |
| | 操業回数 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 第 2 回 | 漁獲尾数 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| H22.8.19 | 平均尾叉長(cm) | - | - | - | 38.6 |
| | 尾/回 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.31 |
| | 操業回数 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 第 3 回 | 漁獲尾数 | 34 | 0 | 0 | 0 |
| H22.9.16 | 平均尾叉長(cm) | 38.9 | - | - | - |
| | 尾/回 | 1.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 操業回数 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| 合計 | 漁獲尾数 | 35 | 0 | 0 | 20 |
| | 平均尾叉長(cm) | 38.9 | - | - | 47.2 |
| | 尾/回 | 0.63 | 0.00 | 0.00 | 0.36 |

付表2.　アッタ曽根における効果調査の結果

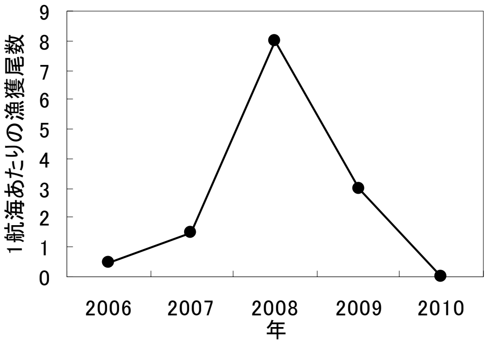
| | | アオダイ | ヒメダイ | オオヒメ | ハマダイ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 操業回数 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 第 1 回 | 漁獲尾数 | 65 | 0 | 0 | 0 |
| H22.7.21 | 平均尾叉長(cm) | 29.0 | - | - | - |
| | 尾/回 | 4.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 操業回数 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 第 2 回 | 漁獲尾数 | 54 | 0 | 0 | 0 |
| H22.8.19 | 平均尾叉長(cm) | 27.8 | - | - | - |
| | 尾/回 | 2.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 操業回数 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 第 3 回 | 漁獲尾数 | 50 | 1 | 0 | 0 |
| H22.9.16 | 平均尾叉長(cm) | 29.1 | 33.3 | - | - |
| | 尾/回 | 4.17 | 0.08 | 0.00 | 0.00 |
| | 操業回数 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| 合計 | 漁獲尾数 | 169 | 1 | 0 | 0 |
| | 平均尾叉長(cm) | 28.6 | 33.3 | - | - |
| | 尾/回 | 3.52 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |

付表3.　北タイキュウソネにおける効果調査の結果

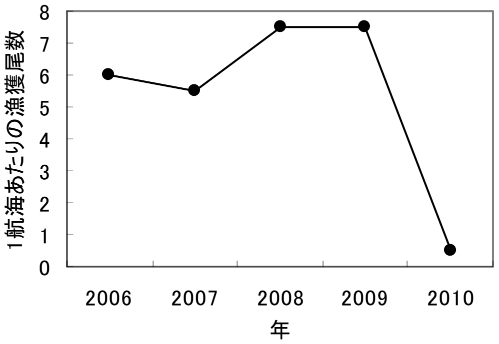
| | | アオダイ | | ヒメダイ | | オオヒメ | | ハマダイ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 尾数 | 平均重量 | 尾数 | 平均重量 | 尾数 | 平均重量 | 尾数 | 平均重量 |
| 平成18年 | 1回目 | 1 | 1.40 | 0 | - | 0 | - | 36 | 1.95 |
| | 2回目 | 0 | - | 12 | 0.87 | 7 | 1.66 | 43 | 1.93 |
| | 合計 | 1 | 1.40 | 12 | 0.87 | 7 | 1.66 | 79 | 1.94 |
| 平成19年 | 1回目 | 1 | 1.40 | 3 | 0.80 | 4 | 1 50 | 65 | 1.89 |
| | 2回目 | 2 | 1.65 | 8 | 0.71 | 2 | 2.00 | 68 | 1.41 |
| | 合計 | 3 | 1.57 | 11 | 0.74 | 6 | 1.67 | 133 | 1.65 |
| 平成20年 | 1回目 | 12 | 1.31 | 10 | 0.67 | 36 | 1.43 | 34 | 1.37 |
| | 2回目 | 4 | 1.43 | 5 | 0.76 | 11 | 1.69 | 36 | 1.57 |
| | 合計 | 16 | 1.34 | 15 | 0.70 | 47 | 1.49 | 70 | 1.47 |
| 平成21年 | 1回目 | 2 | 1.45 | 3 | 0.67 | 5 | 1.64 | 103 | 1.42 |
| | 2回目 | 4 | 1.25 | 12 | 0.77 | 4 | 1.63 | 69 | 2.57 |
| | 合計 | 6 | 1.32 | 15 | 0.75 | 9 | 1.63 | 172 | 1.88 |
| 平成22年 | 1回目 | 0 | - | 0 | - | 2 | 1.43 | 47 | 1.02 |
| | 2回目 | 0 | - | 1 | 0.80 | 7 | 2 23 | 3 | 1.37 |
| | 合計 | 0 | - | 1 | 0.80 | 9 | 2.05 | 50 | 1.04 |

付表4.　第2多良間堆における効果調査の結果

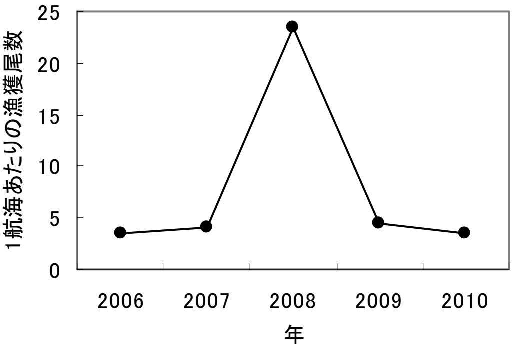
| | | アオダイ | ヒメダイ | オオヒメ | ハマダイ |
|---|---|---|---|---|---|
| 第1回<br>H22.10.13 | 操業回数 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| | 漁獲尾数 | 3 | 4 | 0 | 7 |
| | 平均尾叉長(cm) | 31.7 | 31.2 | - | 37.8 |
| | 尾/回 | 0.11 | 0.14 | 0.00 | 0.25 |
| 第2回<br>H22.12.20 | 操業回数 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| | 漁獲尾数 | 3 | 8 | 0 | 8 |
| | 平均尾叉長(cm) | 40.8 | 31.3 | | 38.6 |
| | 尾/回 | 0.12 | 0.31 | 0.00 | 0.31 |
| 合計 | 操業回数 | 54 | 54 | 54 | 54 |
| | 漁獲尾数 | 6 | 12 | 0 | 15 |
| | 平均尾叉長(cm) | 36.2 | 31.3 | - | 38.2 |
| | 尾/回 | 0.11 | 0.22 | 0.00 | 0.28 |



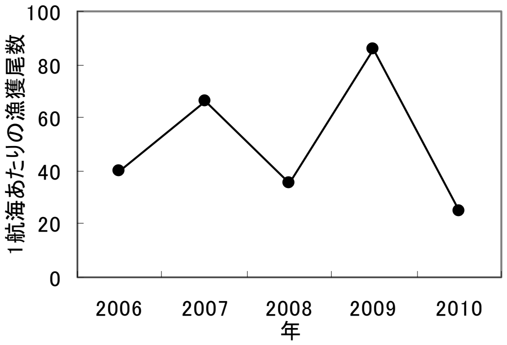

付図1.　北タイキュウソネにおける
アオダイのCPUEの推移



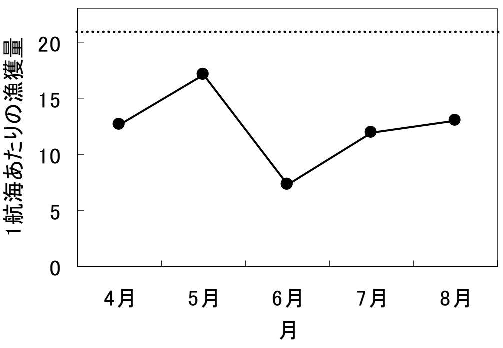

付図2.　北タイキュウソネにおける
ヒメダイのCPUEの推移



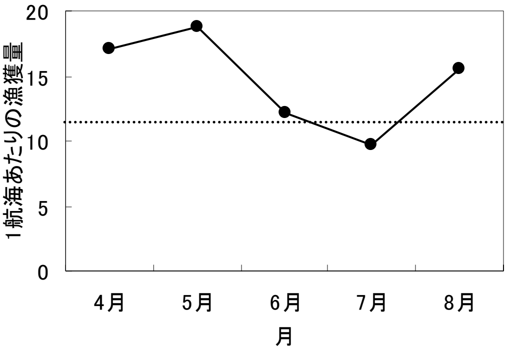

付図3.　北タイキュウソネにおける
オオヒメのCPUEの推移



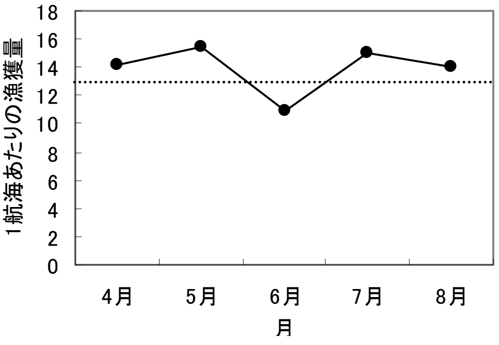

付図4.　北タイキュウソネにおける
ハマダイのCPUEの推移



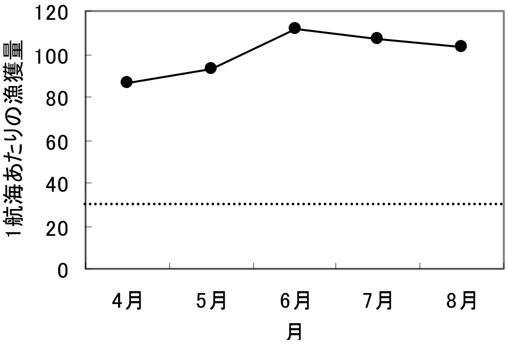

付図5.　沖ノナカノソネにおる
アオダイのCPUEの推移
破線は2009年の八重山船の平均
CPUE。




付図6.　沖ノナカノソネにおる
ヒメダイのCPUEの推移
破線は2009年の八重山船の平均
CPUE。




付図7.　沖ノナカノソネにおる
オオヒメのCPUEの推移
破線は2009年の八重山船の平均
CPUE。




付図8.　沖ノナカノソネにおる
ハマダイのCPUEの推移
破線は2009年の八重山船の平均
CPUE。

## 補足資料2　資源計算方法

アオダイ・ハマダイでは鹿児島・沖縄海域全体、ヒメダイ・オオヒメでは沖縄海域のみにおいてコホート計算を行い、2004～2010年のそれぞれの種における資源量を計算した。ただしマチ類の資源尾数推定には以下の3点の問題を内包している。

(1)マチ類は年齢査定が非常に困難であり、精度の高いAge-length keyは現在整備中である。よって年齢別体長組成は、現在までに得られている知見から推定した成長式の切断法に拠った。

(2)主に釣獲による漁獲物に依存しているため、「資源の漁獲のしやすさが年齢によってあまり変わらず」というコホート解析の前提条件を満たさない可能性がある。

(3)使用したデータは2004～2010年の7年分である。マチ類のように長寿命でかつ成熟までに10年以上もかかる魚種に対してはさらにデータの蓄積が必要。

計算にあたり、尾叉長(FL)－体重(BW)換算式は福田・海老沢(2002)に従い、以下の式で求めた。

・アオダイ　$BW=0.01694 \times FL^{3\ 05}$
・ヒメダイ　$BW=0.01382 \times FL^{3\ 094}$
・オオヒメ　$BW=0.02961 \times FL^{2\ 876}$
・ハマダイ　$BW=0.02892 \times FL^{2\ 866}$

自然死亡率Mは田中(1960)に従い、M=2.5/λにより求めた（λ=寿命）。

（1）Popeの近似式を用いた資源尾数の計算

年齢別漁獲尾数はPopeの近似式＋平松のプラスグループ対応式を用い、

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

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

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

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

で求めた（Nは資源尾数、Cは漁獲尾数、aは年齢、yは年）。

ターミナルFを除く漁獲係数Fは以下の計算式により求めた。

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

最高齢の$F_a$は$F_{a-1}$とほぼ等しくなるように探索的に求め、2010年のFは過去3年間の平均値とした。

（2）チューニングVPA

Popeの近似式を用いて資源尾数の計算を行った後、大型標本船の漁獲努力量と八重山船の漁獲努力量の相乗平均を用いて最近年のFを以下の式のようにチューニングした。各年齢のFは2010年の年齢別選択率が過去6年（2004～2009年）の平均であるとして計算した。

$$\text{最小} \sum_{y=2004}^{2010} \left\{ \ln\left(q \cdot B_y\right) - \ln\left(CPUE1_y \cdot CPUE2_y\right)^{\frac{1}{2}} \right\}^2$$

$$q = \left( \frac{\prod_{y=2004}^{2010} \left(CPUE1_y \cdot CPUE2_y\right)^{\frac{1}{2}}}{\prod_{y=2004}^{2010} B_y} \right)^{\frac{1}{7}}$$

（Bは資源量、CPUE1とCPUE2は大型標本船と八重山船の漁獲努力量）

（3）将来予測

2011年以降の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y}\exp(-F_{a,y} - M)$$ 加入齢魚および最高齢魚を除く全年齢

$$N_{a+,y+1} = (N_{a-1,y} + N_{a+,y})\exp(-F_{a-1,y} - M)$$ 最高齢(+GP)

加入齢が0歳魚の場合の加入齢の資源尾数は、各年の親魚量と設定した再生産成功率より算出した。また、加入齢が1歳魚の場合、加入齢の資源尾数は前年の親魚量と設定した再生産成功率より算出した。

・アオダイ

耳石解析の結果アオダイは35歳程度まで生きると考えられている。しかしながら、30歳以上の個体が漁獲されることは希であり、ほぼ20歳代までが漁獲の中心である。従ってここでは寿命を25歳と仮定し、自然死亡係数Mを0.1として計算した。また、自然死亡係数Mの値が資源量計算に与える影響を見るために、Mの値を変化させた場合の2010年の資源量、親魚量および加入量を付図9に示した。同時にこれらMの値の変化に伴い2004～2010年の漁獲死亡係数Fの経年変化を付図10に示した。資源量、親魚量および加入量はM値の増大に伴

い大きくなり、逆に、F値は小さくなる。

（1）漁獲物の年齢構成

2004～2010年の年齢別漁獲尾数を推定した（付表5、付図11）。漁獲の中心は1～3歳魚であり、2005年に2歳魚の漁獲尾数が増加したが、以降は減少し続けている。2004～2006年では3歳魚より1歳魚の漁獲が多かったが2007年以降は3歳魚の漁獲尾数が1歳魚を上回っている。

（2）資源量の推移

年齢別漁獲尾数を元に計算した資源量と漁獲割合を付表6、付図12に示した。2005年は1,955トンであったアオダイ資源量は徐々に減少傾向を示し、2009年では1,681トンと、4年前のおよそ86%程度まで減少した。2010年には1,723トンと、2008年とほぼ同程度まで回復している。漁獲割合は20%でほぼ安定しており、2010年は24%であった。

加入尾数と親魚量の推移を付図13に示した。加入尾数は2004～2007年に急激に減少し、2007年には2004年の120万尾の3/5程度の72万尾まで落ち込んだが、2008年以降増加に転じ、2010年には2004年とほぼ同程度の117万尾まで回復した。親魚量は2004年以降増加傾向を示し、近年5年間はほぼ1,000トン前後で推移している。

再生産成功率を付図14に示した。2004～2006年は減少傾向にあったが、近年はほぼ横ばいで推移している。

（3）資源と漁獲の関係

年齢別選択率を一定（2004～2009年の平均）として、2010年の平均Fを基準に、Fを変化させた場合の加入量あたりの親魚量(SPR)および加入量あたりの漁獲量(YPR)を付図15に示した。Fcurrent（2010年の平均F=0.28）は30%SPR(0.19)およびF0.1(0.19)より高かったが、Fmax(0.29)より若干低かった。

（4）将来予測

直近年をのぞく過去3年間の再生産成功率の平均が2010年以降続くと仮定して加入量を計算し、様々なFの元での資源量（付表7、付図16）と漁獲量（付表8、付図17）を推定した。現状のFを維持した場合、2013年以降徐々に資源量は減少し、2016年には2010年の3/4程度である1,301トン前後まで減少する。現状の資源量を維持するためには現在のFを0.8倍まで引き下げる必要があり(Fsus=0.8Fcurrent)、さらに資源の回復を目指すためには現状のFを0.64倍することが望ましい(Flimit=0.8Fsus=0.64Fcurrent)。

・ヒメダイ

増田ほか(2008)によると、耳石の輪紋から推定したヒメダイ雄の寿命は38歳、雌は18歳である。よってここではヒメダイの寿命をほぼ中間の25歳と仮定し、自然死亡係数Mを0.1と仮定した。また、自然死亡係数Mの値が資源量計算に与える影響を見るために、Mの値を変化させた場合の2009年の資源量、親魚量および加入量を付図18に示した。同時にこれらMの値の変化に伴い2004～2010年の漁獲係数Fの経年変化を付図19に示した。資源量、親魚量お

よび加入量はMの値の増大に伴い大きくなり、逆にF値は小さくなる。

（1）漁獲物の年齢構成

2004～2010年の年齢別漁獲尾数を推定した（付表9、付図20）。漁獲の中心は1～3歳魚であり、全漁獲尾数70%前後を占めている。

（2）資源量の推移

年齢別漁獲尾数を元に計算した資源量と漁獲割合を付表10、付図21に示した。2004年の589トン以降徐々に増加傾向を示し、2008年には700トンを超えた。近年3年は750トン前後で安定している。漁獲割合は2009年まで20%台で推移していたが、2010年には18%まで減少した。

加入量と親魚量の推移を付図22に示した。親魚量は2006年に249トンまで落ち込んだが、以降は増加傾向を示し、2010年は368トンまで回復した。加入量は2008年以降減少に転じ、2010年は過去最低の36万尾であった。

再生産成功率を付図23に示した。2004～2006年は増加傾向を示し、2007年以降は親魚量の増加と加入量の減少に伴い、再生産成功率も大幅に減少している。2010年は2006年のおよそ40%程度である。

（3）資源と漁獲の関係

2010年の平均Fを基準に、Fを変化させた場合の加入量あたりの親魚量(SPR)および加入量あたりの漁獲量(YPR)を付図24に示した。Fcurrent（2010年の平均F=0.21）はF0.1(0.25)、30%SPR(0.29)およびFmax(0.42)のいずれよりも低い値を示している。

（4）将来予測

様々なFの元で推定した資源量と漁獲量をそれぞれ付表11、付図25および付表12、付図26に示した。現状のFを維持した場合、資源量は増加を続け、2016年には2010年の3.5倍の2,592トンまで増加する。現状の資源量を維持するためには現在のFを2.1倍まで引き上げることが可能であるが(Fsus=2.1Fcurrent)、さらに資源の増加を目指し、現状のFを0.8倍することが望ましい(Flimit=0.8Fcurrent)。

・オオヒメ

増田ほか(2008)によると、耳石の輪紋から推定したオオヒメの寿命は7歳であり、海老沢ほか(2005)では少なくとも20年以上あると推定している。よってここではオオヒメの寿命をほぼ15歳と仮定し、自然死亡係数Mを0.17と仮定した。また、自然死亡係数Mの値が資源量計算に与える影響を見るために、Mの値を変化させた場合の2010年の資源量、親魚量および加入量を付図27に示した。同時にこれらMの値の変化に伴い2004～2010年の漁獲係数Fの経年変化を付図28に示した。資源量、親魚量および加入量はMの値の増大に伴い大きくなり、逆にF値は小さくなった。

（1）漁獲物の年齢構成

2004～2010年の年齢別漁獲尾数を推定した（付表25、付図29）。漁獲の中心は1～3歳魚であり、全漁獲尾数の70%以上を占めている。2006年以降0歳魚の漁獲が大幅に落ち込んでおり、2010年は2006年の1/10以下である。本種は同等のサイズの個体が群れをなして移動することが漁業者の間で経験的に知られており、そのため魚価の安い小型サイズを選択的に漁獲しない可能性も考えられる。

（2）資源量の推移

年齢別漁獲尾数を元に計算した資源量と漁獲割合を付表14、付図30に示した。なお、本種の資源量推定に当たり、大型船のCPUEは専獲による影響が大きいと判断されるため、相乗平均を用いず八重山船のCPUEのみを用いてチューニングをした。本種の資源量は2004年以降ほぼ横ばい状態で推移していたが、2009年からやや減少傾向に転じた。2010年もやや減少したが増減の幅が小さいこと、2008年まで横ばい状態であることから2004～2010年の資源量は横ばい状態と考えられる。漁獲割合は16～27%の間で変動しながら推移している。

加入量と親魚量の推移を付図31に示した。親魚量は147～206トン程度でほぼ安定しているのに対し、2007年以降の加入量の減少は激しい。これは近年小型魚を選択的に漁獲しなくなったことに起因していると考えられる。

再生産成功率を付図32に示した。本種の再生産成功率は2007年以降急激に減少したが、2010年には2006年をやや下回る程度まで回復した。

（3）資源と漁獲の関係

2010年の平均Fを基準に、Fを変化させた場合の加入量あたりの親魚量(SPR)および加入量あたりの漁獲量(YPR)を付図33に示した。Fcurrent（2010年の平均F=0.26）はFmax(0.32)よりも低い値を示したが30%SPR(0.17)、F0.1(0.2)はFcurrentより高い値を示し、加入乱獲の傾向が示唆された。

（4）将来予測

様々なFの元で推定した資源量と漁獲量をそれぞれ付表15、付図34および付表16、付図35に示した。現状のFを維持した場合2016年の資源量は2010年よりおよそ45%減少し、122トンとなる。現状の資源量を維持するためには現在のFをおよそ0.7倍まで減少させることが必要であり(Fsus=0.7Fcurrent)、さらに不確実性を見込んで資源の増加を目指すためには現状のFを0.56倍まで減少させることが望ましい(Flimit=0.56Fcurrent)。

・ハマダイ

ハマダイの寿命に関する知見はほとんどない。一般にフエダイ類の寿命は成熟年齢の5～12倍であることが知られている（Loubens 1980; 海老沢ほか 2009）。ハマダイは50%成熟までに10～11年要することが知られているため、寿命は少なくとも60年はあると考えられる（海老沢ほか 2009）。そこで本種の寿命を60年と想定し、自然死亡率Mを0.042とした。ただし沖縄海域のハマダイの漁獲の中心は1～3歳であることから海老沢ほか(2009)に従い、このMは4歳以上に適用し、3歳から1歳まで年齢が若くなるにつれて2倍ずつ増大させた。すなわち、1歳でM=0.33、2歳でM=0.16、3歳でM=0.083、4歳でM=0.042とした。また、自然死亡

係数Mの値が資源量計算に与える影響を見るために、Mの値を変化させた場合の2010年の資源量、親魚量および加入量を付図36および付図37に示した。ただし付図36では寿命30歳および100歳に相当するMの値は全て4歳以上から適用し、3歳以下の若齢魚に対しては2倍ずつ増大させたMの値を、また付図37では寿命30歳、60歳および100歳に相当するMの値をそのまま若齢魚にも適用した。同時にこれらMの値の変化に伴い2004～2010年の漁獲死亡係数Fの経年変化を付図38および付図39に示した。資源量、親魚量および加入量はMの値の増大に伴い大きくなり、逆に、F値は小さな値を示した。また、若齢魚のM値を変化させた場合の資源量、親魚量、加入量は、変化させなかった場合に比べて大きな値と変動を示したが、F値にはほとんど変化が表れなかった。

（1）漁獲物の年齢構成

2004～2010年の年齢別漁獲尾数を推定した（付表17、付図40）。漁獲の中心は1～3歳魚であり、これらは総漁獲尾数の82～89%を占めている。成熟開始年齢以降の漁獲尾数は減少傾向にあり、2007年以降は全体の1%前後で推移している。なお、2010年4月より施行されている第2期資源回復計画の一環として、鹿児島県では小型魚を、沖縄県では30cm未満のハマダイの漁獲を控える旨の規制が出た。これにより1歳魚の漁獲が大幅に減少し、2004～2009年では全体の14～22%（平均16%）あった1歳魚の漁獲尾数が2010年では3.5%まで減少した。

（2）資源量の推移

年齢別漁獲尾数を元に計算した資源量と漁獲割合を付表18、付図41に示した。なお、30cm未満（主に1歳魚）のハマダイに対して漁獲規制が施行されたため、2010年より正確な資源量の推移を把握しづらくなった。よってここでは2歳魚以上のハマダイの資源量の推移について検討した。

2004年以降増加傾向で推移し、2004年には341トンであった2歳魚以上の資源量が、2010年にはおよそ3.3倍の1,141トンまで増加した。漁獲割合は2006年以降減少傾向を示し、2010年は2006年以前のおよそ1/2程度まで減少した。

加入量と親魚量の推移を付図42に示した。親魚量は2004～2005年の38トン前後から急激に減少し、2007年には26トンまで減少したが、2010年には39トンまで回復している。加入量は2004年以降増加傾向を示しているが、特に近年3年の増加は著しい。2010年では2004年のおよそ4倍の61万尾まで増加した。なお、この加入量は2歳魚資源尾数を指す。

再生産成功率を付図43に示した。本種の再生産成功率は2004年以降増加傾向で推移しており、2010年は2004年のおよそ3倍程度まで増加した。

（3）資源と漁獲の関係

2010年の2歳魚以上の平均Fを基準に、Fを変化させた場合の加入量（2歳魚）あたりの親魚量(SPR)および加入量（2歳魚）あたりの漁獲量(YPR)を付図44に示した。Fcurrent（2010年の平均F=0.22）は30%SPR(F=0.1)、F0.1(F=0.09)、Fmax(F=0.12)のいずれよりも高い値を示している。

（4）将来予測

様々なFの元で推定した2歳魚以上の資源量と漁獲量をそれぞれ付表19、付図45および付表20、付図46に示した。現状のFを維持した場合2016年の資源量は2010年よりおよそ5.3倍増加し、5,997トンとなる。現状の資源量を維持するためには現在のFを2.9倍まで引き上げることが可能である(Fsus=2.9Fcurrent)。沖縄県では資源回復計画の一環として、30cmFL未満のハマダイは漁獲しないように漁獲体長規制を行っている。ここでFcurrentの状態で35cmFL未満の漁獲体長規制を行うと、2016年にはさらに15%の資源量増加が見込まれ（6,922トン）、漁獲体長規制を40cmFL未満に拡大した場合、2016年には同様に30%の資源量増加が見込まれる（7,818トン）。

## 引用文献


海老沢明彦・山本隆司・福田将数(2005) 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, 147-148.

海老沢明彦・平手康市・山田真之(2009) 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21年度沖縄県水産海洋研究センター業報告書,（印刷中）.

福田将数・海老沢明彦(2002) マチ類の漁業管理推進調査. 沖縄県水産試験場事業報告書,67：72-90.

Loubens, G. (1980) Biologie de quelques de piossons du lagon neo-caledonien. III Croissance. Cah. Indo-Pac, 23 : 101-153.

増田育司・片山雅子・浅野龍也・久保満・神野公広・斉藤真美(2008) 薩南諸島周辺海域におけるヒメダイとオオヒメの成長. 2008（平成20）年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 7.

田中昌一(1960)水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理. 東北水研報, 28： 1-200.


付表5.　アオダイの年齢別漁獲尾数

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0歳 | 2,556 | 1,753 | 2,583 | 6,403 | 6,294 | 6,323 | 7,341 |
| 1歳 | 173,765 | 152,568 | 158,228 | 90,112 | 84,232 | 67,756 | 102,715 |
| 2歳 | 362,558 | 595,804 | 385,843 | 205,595 | 179,322 | 159,591 | 215,982 |
| 3歳 | 155,784 | 121,523 | 156,737 | 128,649 | 140,129 | 124,262 | 119,326 |
| 4歳 | 58,335 | 26,011 | 45,730 | 58,068 | 62,190 | 59,707 | 55,686 |
| 5歳 | 39,035 | 16,023 | 24,431 | 42,217 | 44,833 | 42,428 | 40,255 |
| 6歳 | 15,494 | 8,828 | 7,580 | 16,159 | 16,377 | 16,004 | 15,870 |
| 7歳 | 13,471 | 8,027 | 5,852 | 13,348 | 12,761 | 13,051 | 14,354 |
| 8歳 | 11,020 | 5,418 | 5,995 | 10,216 | 9,353 | 8,902 | 10,771 |
| 9歳以上 | 23,054 | 12,685 | 15,273 | 24,759 | 23,810 | 18,050 | 26,189 |

付表6.　アオダイの年齢別資源重量　（単位：トン）

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0歳 | 184 | 139 | 120 | 102 | 103 | 109 | 148 |
| 1歳 | 410 | 342 | 267 | 210 | 192 | 191 | 223 |
| 2歳 | 393 | 536 | 418 | 328 | 293 | 257 | 266 |
| 3歳 | 261 | 261 | 305 | 283 | 284 | 257 | 224 |
| 4歳 | 161 | 163 | 197 | 215 | 211 | 201 | 184 |
| 5歳 | 134 | 113 | 149 | 165 | 171 | 162 | 155 |
| 6歳 | 95 | 92 | 97 | 124 | 121 | 124 | 117 |
| 7歳 | 79 | 74 | 79 | 86 | 102 | 97 | 101 |
| 8歳 | 66 | 59 | 61 | 69 | 66 | 82 | 78 |
| 9歳以上 | 169 | 176 | 186 | 203 | 202 | 200 | 228 |

付表7.　異なるFによるアオダイ資源量の推移予測　（単位：トン）

| 漁獲のシナリオ | F値 | 管理基準 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 現在の漁獲圧を維持 | 0.28 | Fcurrent | 1,723 | 1,710 | 1,667 | 1,557 | 1,457 | 1,378 | 1,301 |
| 資源量を維持 | 0.22 | Fsus(0.8Fcur) | 1,723 | 1,710 | 1,667 | 1,654 | 1,635 | 1,633 | 1,631 |
| 現在より控えた漁獲 | 0.29 | Flimit(0.64Fcur) | 1,723 | 1,710 | 1,667 | 1,737 | 1,798 | 1,877 | 1,961 |

付表8.　異なるFによるアオダイ漁獲量の推移予測　（単位：トン）

| 漁獲のシナリオ | F値 | 管理基準 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 現在の漁獲圧を維持 | 0.28 | Fcurrent | 415 | 415 | 439 | 402 | 366 | 347 | 323 |
| 資源量を維持 | 0.22 | Fsus(0.8Fcur) | 415 | 415 | 365 | 357 | 340 | 339 | 333 |
| 現在より控えた漁獲 | 0.29 | Flimit(0.64Fcur) | 415 | 415 | 302 | 311 | 308 | 319 | 327 |

付表9.　ヒメダイの年齢別漁獲尾数

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0歳 | 54,606 | 29,474 | 58,354 | 52,174 | 68,316 | 36,047 | 23,333 |
| 1歳 | 96,719 | 77,241 | 128,392 | 107,748 | 139,875 | 94,959 | 80,158 |
| 2歳 | 86,281 | 88,631 | 76,842 | 91,153 | 109,837 | 93,650 | 85,411 |
| 3歳 | 64,194 | 76,393 | 46,466 | 72,265 | 71,679 | 70,758 | 62,739 |
| 4歳 | 22,035 | 29,857 | 14,268 | 23,359 | 20,993 | 22,650 | 18,431 |
| 5歳 | 14,771 | 19,741 | 10,536 | 15,192 | 13,768 | 15,815 | 12,004 |
| 6歳 | 9,484 | 14,419 | 7,037 | 9,135 | 8,683 | 10,081 | 7,814 |
| 7歳以上 | 12,451 | 24,394 | 9,913 | 10,505 | 13,338 | 15,195 | 10,874 |

付表10.　ヒメダイの年齢別資源重量　（単位：トン）

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0歳 | 109 | 114 | 136 | 144 | 149 | 125 | 74 |
| 1歳 | 127 | 130 | 155 | 162 | 185 | 189 | 164 |
| 2歳 | 116 | 109 | 119 | 130 | 146 | 159 | 181 |
| 3歳 | 87 | 86 | 75 | 94 | 98 | 107 | 129 |
| 4歳 | 48 | 54 | 45 | 52 | 56 | 61 | 71 |
| 5歳 | 34 | 34 | 34 | 36 | 37 | 42 | 46 |
| 6歳 | 26 | 23 | 20 | 26 | 24 | 27 | 31 |
| 7歳以上 | 41 | 47 | 35 | 37 | 46 | 49 | 52 |

付表11.　異なるFによるヒメダイ資源量の推移予測　（単位：トン）

| 漁獲のシナリオ | F値 | 管理基準 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 現在の漁獲圧を維持 | 0.21 | Fcurrent | 747 | 898 | 1,112 | 1,381 | 1,714 | 2,109 | 2,592 |
| 資源量を維持 | 0.44 | Fsus(2.1Fcur) | 747 | 898 | 1,112 | 1,134 | 1,153 | 1,150 | 1,143 |
| 現在より控えた漁獲 | 0.17 | Flimit(0.8Fcur) | 747 | 898 | 1,112 | 1,432 | 1,845 | 2,360 | 3,016 |

付表12.　異なるFによるヒメダイ漁獲量の推移予測　（単位：トン）

| 漁獲のシナリオ | F値 | 管理基準 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 現在の漁獲圧を維持 | 0.21 | Fcurrent | 138 | 151 | 180 | 223 | 289 | 352 | 431 |
| 資源量を維持 | 0.44 | Fsus(2.1Fcur) | 138 | 151 | 338 | 345 | 364 | 363 | 359 |
| 現在より控えた漁獲 | 0.17 | Flimit(0.8Fcur) | 138 | 151 | 147 | 189 | 254 | 321 | 409 |

付表13.　オオヒメの年齢別漁獲尾数

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0歳 | 2,286 | 3,042 | 4,434 | 1,661 | 494 | 173 | 557 |
| 1歳 | 16,237 | 13,818 | 12,783 | 10,164 | 10,346 | 9,208 | 6,106 |
| 2歳 | 28,137 | 21,700 | 18,757 | 19,926 | 23,165 | 23,839 | 13,239 |
| 3歳 | 7,261 | 13,216 | 10,671 | 11,989 | 12,736 | 16,944 | 12,781 |
| 4歳 | 2,049 | 5,507 | 4,360 | 5,769 | 5,544 | 7,144 | 5,679 |
| 5歳 | 1,086 | 3,299 | 2,334 | 3,075 | 3,090 | 2,949 | 2,557 |
| 6歳 | 660 | 1,458 | 929 | 1,319 | 1,209 | 1,083 | 1,008 |
| 7歳 | 287 | 615 | 306 | 489 | 414 | 420 | 405 |
| 8歳 | 273 | 534 | 236 | 410 | 359 | 348 | 341 |
| 9歳 | 255 | 441 | 211 | 329 | 351 | 305 | 289 |
| 10歳以上 | 935 | 1,916 | 1,196 | 1,569 | 1,584 | 1,498 | 1,270 |

付表14.　オオヒメの年齢別資源重量　（単位：トン）

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 歳 | 22 | 24 | 27 | 24 | 13 | 11 | 5 |
| 1 歳 | 49 | 46 | 45 | 49 | 49 | 28 | 19 |
| 2 歳 | 66 | 58 | 56 | 60 | 66 | 60 | 32 |
| 3 歳 | 39 | 46 | 44 | 44 | 46 | 50 | 41 |
| 4 歳 | 26 | 31 | 29 | 31 | 28 | 30 | 28 |
| 5 歳 | 21 | 23 | 21 | 22 | 21 | 19 | 17 |
| 6 歳 | 17 | 18 | 15 | 16 | 15 | 14 | 12 |
| 7 歳 | 13 | 14 | 13 | 12 | 12 | 11 | 10 |
| 8 歳 | 14 | 11 | 11 | 11 | 9 | 9 | 9 |
| 9 歳 | 14 | 12 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 |
| 10 歳以上 | 66 | 67 | 64 | 58 | 51 | 47 | 42 |

付表15.　異なるFによるオオヒメ資源量の推移予測　（単位：トン）

| 漁獲のシナリオ | F 値 | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 現在の漁獲圧を維持 | 0.29 | Fcurrent | 223 | 186 | 166 | 158 | 147 | 134 | 122 |
| 資源量を維持 | 0.2 | Fsus(0.7Fcur) | 223 | 186 | 166 | 169 | 169 | 166 | 164 |
| 現在より控えた漁獲 | 0.16 | Flimit(0.56Fcur) | 223 | 186 | 166 | 175 | 181 | 185 | 189 |

付表16.　異なるFによるオオヒメ漁獲量の推移予測　（単位：トン）

| 漁獲のシナリオ | F 値 | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 現在の漁獲圧を維持 | 0.29 | Fcurrent | 56 | 42 | 34 | 34 | 34 | 31 | 29 |
| 資源量を維持 | 0.2 | Fsus(0.7Fcur) | 56 | 42 | 25 | 27 | 29 | 29 | 29 |
| 現在より控えた漁獲 | 0.16 | Flimit(0.56Fcur) | 56 | 42 | 20 | 23 | 26 | 27 | 28 |

付表17.　ハマダイの年齢別漁獲尾数

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 歳 | 31,433 | 10,238 | 29,302 | 36,086 | 36,561 | 32,264 | 8,899 |
| 2 歳 | 60,138 | 56,281 | 65,831 | 115,142 | 79,229 | 110,595 | 114,236 |
| 3 歳 | 24,918 | 39,168 | 56,033 | 49,820 | 54,897 | 59,921 | 88,962 |
| 4 歳 | 9,434 | 8,495 | 14,630 | 14,230 | 14,600 | 19,045 | 19,874 |
| 5 歳 | 7,348 | 4,946 | 5,179 | 5,172 | 7,535 | 7,996 | 10,868 |
| 6 歳 | 3,502 | 3,095 | 2,220 | 1,520 | 2,520 | 2,626 | 4,182 |
| 7 歳 | 1,926 | 1,586 | 1,401 | 896 | 1,235 | 1,097 | 2,034 |
| 8 歳 | 1,119 | 972 | 851 | 640 | 623 | 552 | 890 |
| 9 歳 | 682 | 914 | 812 | 514 | 499 | 376 | 615 |
| 10 歳 | 583 | 830 | 686 | 281 | 439 | 328 | 370 |
| 11 歳 | 245 | 515 | 399 | 174 | 263 | 171 | 189 |
| 12 歳 | 245 | 365 | 352 | 155 | 197 | 137 | 167 |
| 13 歳 | 252 | 269 | 226 | 129 | 141 | 109 | 132 |
| 14 歳 | 93 | 96 | 97 | 44 | 48 | 47 | 59 |
| 15 歳 | 53 | 81 | 83 | 33 | 33 | 21 | 40 |
| 16 歳 | 60 | 58 | 79 | 24 | 25 | 18 | 26 |
| 17 歳 | 73 | 38 | 61 | 20 | 17 | 9 | 18 |
| 18 歳 | 53 | 19 | 54 | 8 | 16 | 7 | 11 |
| 19 歳以上 | 73 | 88 | 140 | 44 | 43 | 21 | 22 |

付表18.　ハマダイの年齢別資源重量　（単位：トン）

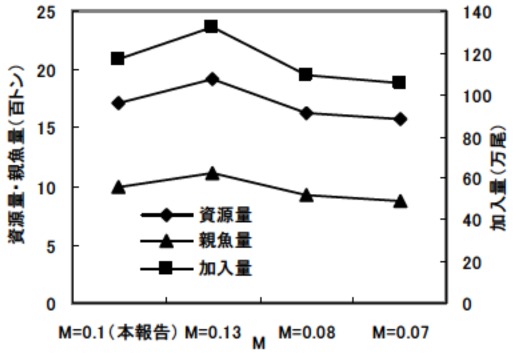
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 歳 | 89 | 94 | 131 | 121 | 213 | 261 | 69 |
| 2 歳 | 90 | 109 | 114 | 167 | 154 | 283 | 369 |
| 3 歳 | 55 | 82 | 113 | 115 | 152 | 173 | 318 |
| 4 歳 | 42 | 43 | 59 | 75 | 91 | 130 | 163 |
| 5 歳 | 41 | 33 | 36 | 43 | 65 | 86 | 126 |
| 6 歳 | 31 | 28 | 25 | 29 | 38 | 57 | 83 |
| 7 歳 | 24 | 22 | 20 | 20 | 28 | 35 | 56 |
| 8 歳 | 21 | 17 | 17 | 15 | 17 | 24 | 32 |
| 9 歳 | 16 | 16 | 13 | 13 | 13 | 15 | 23 |
| 10 歳 | 13 | 13 | 11 | 9 | 11 | 11 | 13 |
| 11 歳 | 8 | 9 | 8 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| 12 歳 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 13 歳 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 14 歳 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 15 歳 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 16 歳 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 17 歳 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 18 歳 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 19 歳以上 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |

付表19.　異なるFによるハマダイ資源量の推移予測　　　（単位：トン）

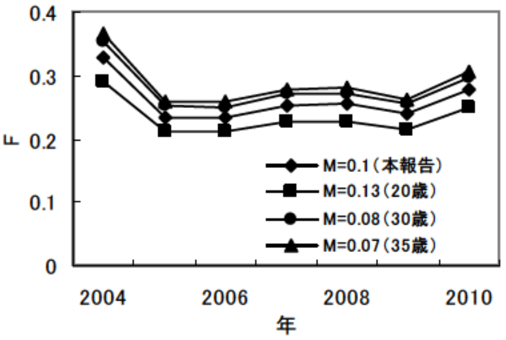
| 漁獲のシナリオ | F値 | 管理基準 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 現在の漁獲圧を維持 | 0.22 | Fcurrent | 1,141 | 1,506 | 1,959 | 2,540 | 3,320 | 4,420 | 5,997 |
| 資源量を維持 | 0.65 | Fsus(2.9Fcur) | 1,141 | 1,506 | 1,959 | 1,731 | 1,794 | 1,863 | 1,904 |
| 35cmFL 以下を禁漁 | 0.21 | Fcurrent （35cm 以下禁漁） | 1,141 | 1,506 | 1,959 | 2,669 | 3,629 | 4,982 | 6,922 |
| 40cmFL 以下を禁漁 | 0.2 | Fcurrent （40cm 以下禁漁） | 1,141 | 1,506 | 1,959 | 2,781 | 3,930 | 5,534 | 7,818 |

付表20.　異なるFによるハマダイ資源量の推移予測　　　（単位：トン）

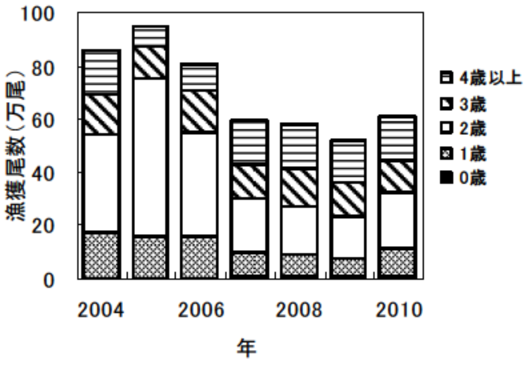
| 漁獲のシナリオ | F値 | 管理基準 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 現在の漁獲圧を維持 | 0.27 | Fcurrent | 259 | 346 | 433 | 551 | 708 | 942 | 1,291 |
| 資源量を維持 | 0.64 | Fsus(2.9Fcur) | 259 | 346 | 992 | 854 | 890 | 950 | 982 |
| 35cmFL 以下を禁漁 | 0.25 | Fcurrent （35cm 以下禁漁） | 259 | 346 | 361 | 494 | 659 | 898 | 1,246 |
| 40cmFL 以下を禁漁 | 0.24 | Fcurrent （40cm 以下禁漁） | 259 | 346 | 292 | 406 | 576 | 808 | 1,132 |



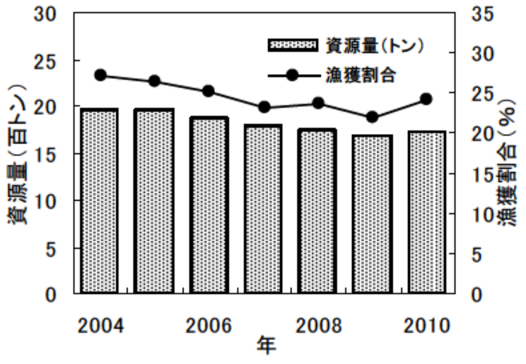

付図9.　アオダイのMを変化させた場合の資源量、親魚量および加入量　Mは左から25、20、30、35歳相当。



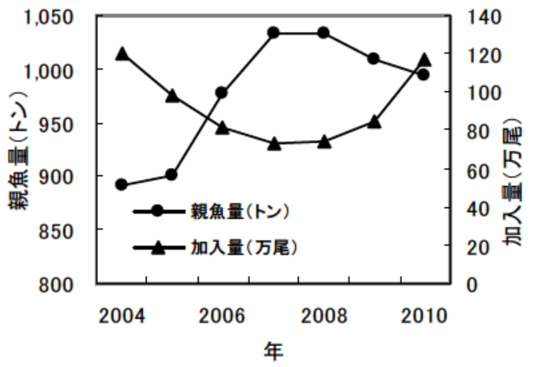

付図10.　アオダイのMを変化させた場合のF値の経年変化



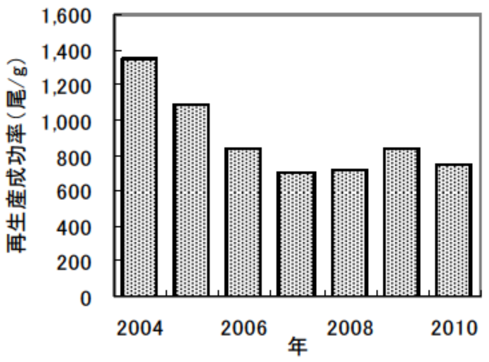

付図11.　アオダイの年齢別漁獲尾数



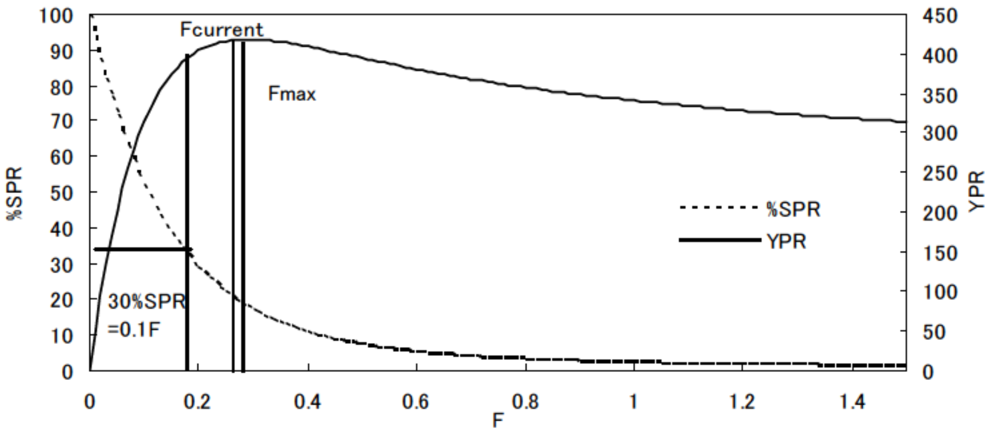

付図12.　アオダイの資源量と漁獲割合



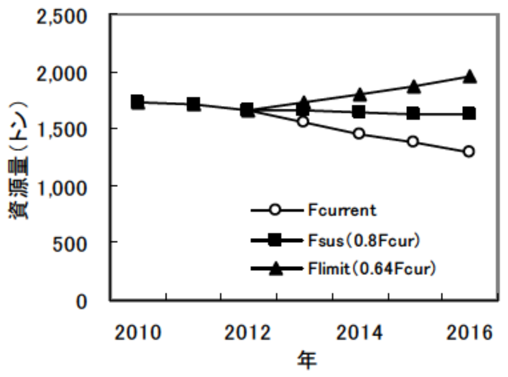

付図13.　アオダイの親魚量と加入尾数



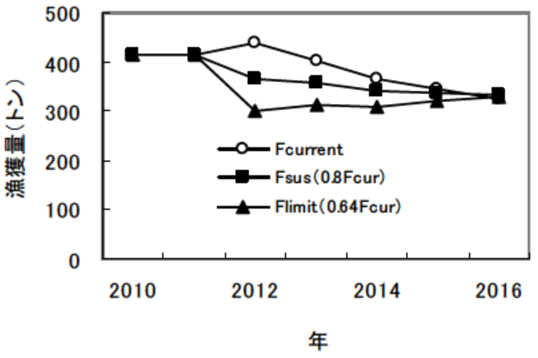

付図14.　アオダイの再生産成功率



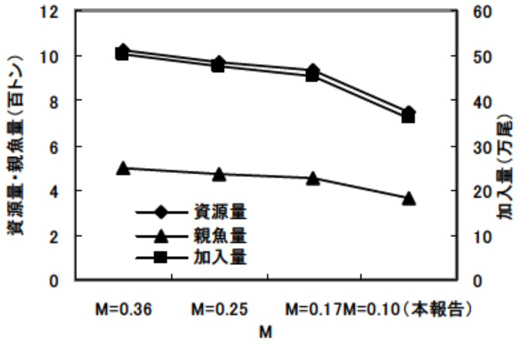

付図15.　アオダイのYPRとSPR



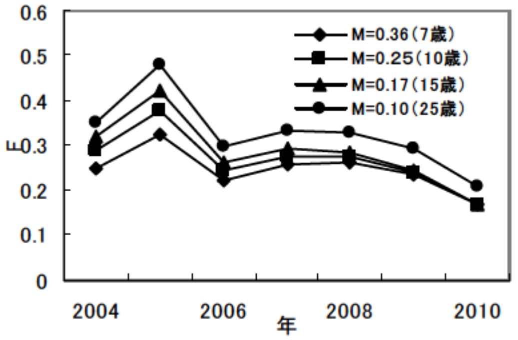

付図16.　様々なFによるアオダイの資源量の予測



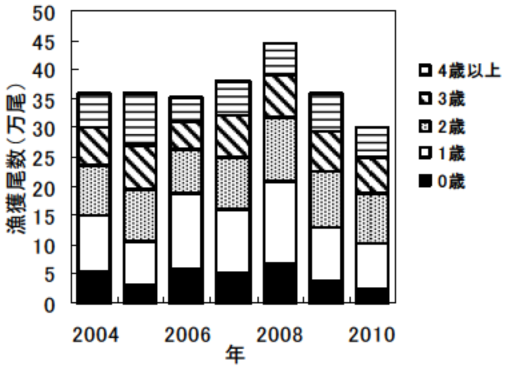

付図17.　様々なFによるアオダイの漁獲量の予測



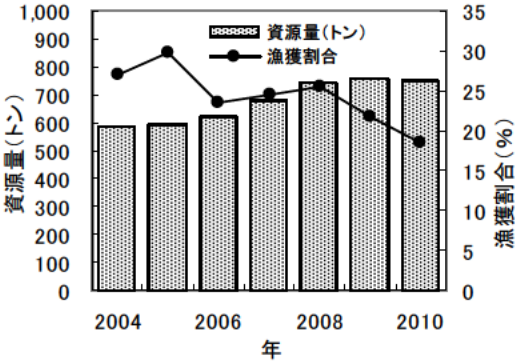

付図18.　ヒメダイのMを変化させた場合の資源量、親魚量および加入量　Mは左から7、15、20、25歳相当。



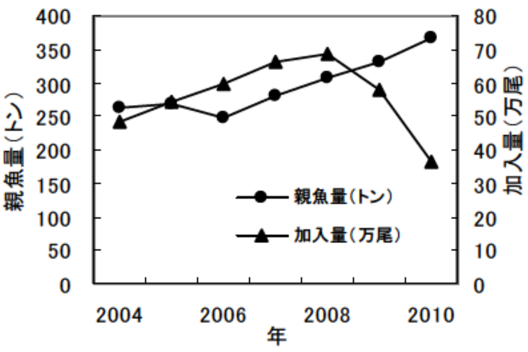

付図19.　ヒメダイのMを変化させた場合のF値の経年変化



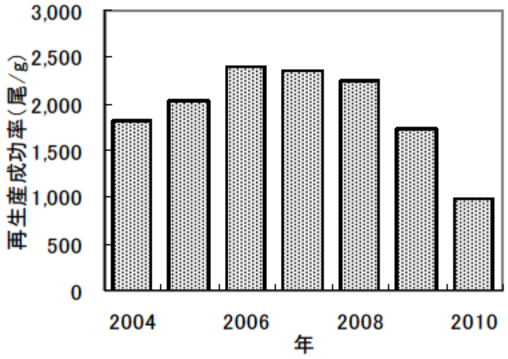

付図20.　ヒメダイの年齢別漁獲尾数



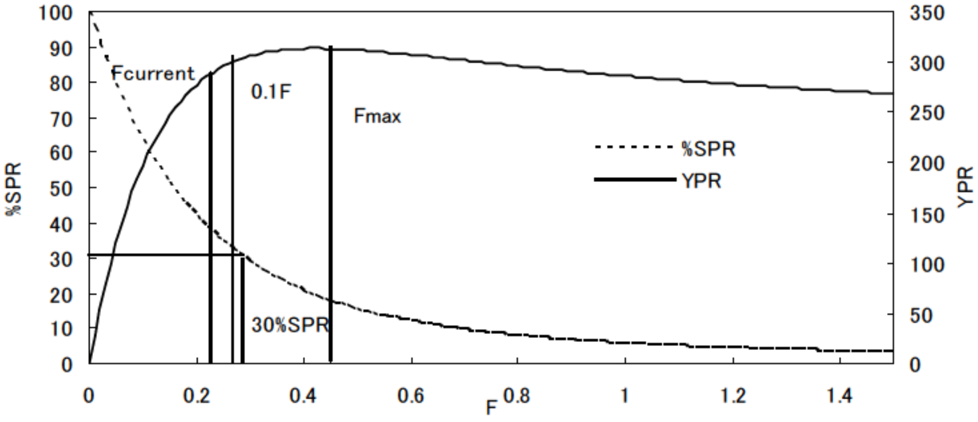

付図21.　ヒメダイの資源量と漁獲割合



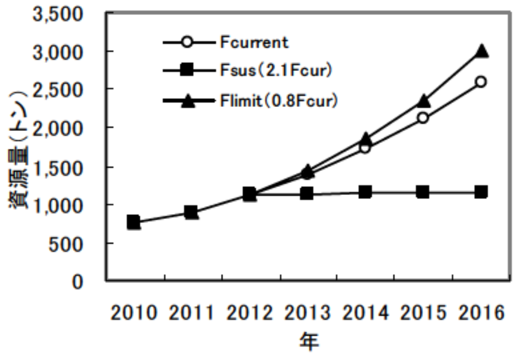

付図22.　ヒメダイの親魚量と加入量



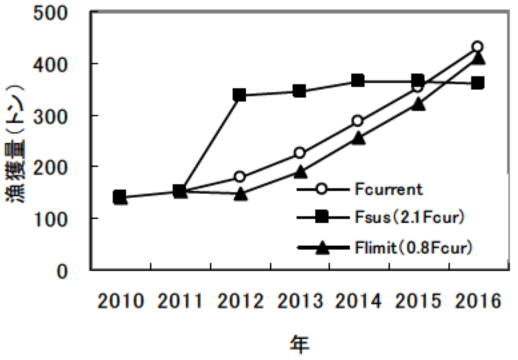

付図23.　ヒメダイの再生産成功率



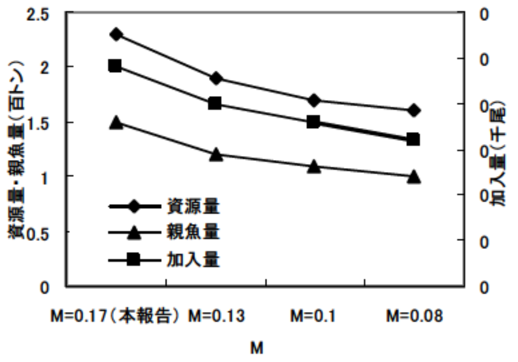

付図24. ヒメダイのYPRとSPR



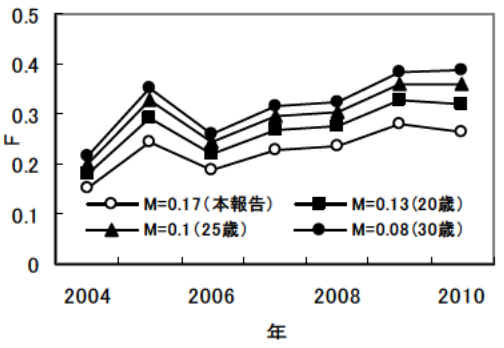

付図25.　様々なFによるヒメダイの資源量の予測



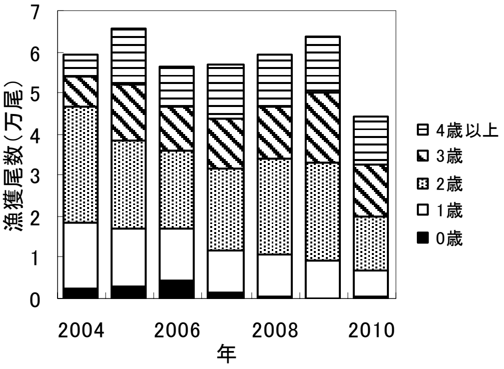

付図26.　様々なFによるヒメダイの漁獲量の予測



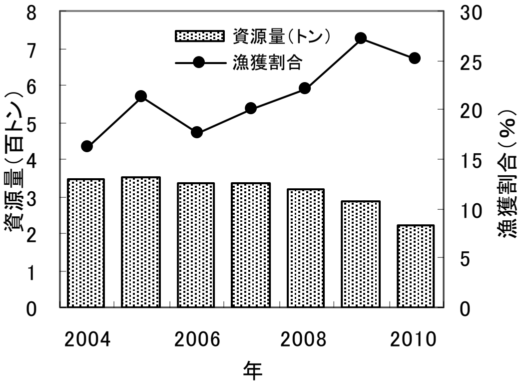

付図27.　オオヒメのMを変化させた場合の資源量、親魚量および加入量 Mは左から15、20、25、30歳相当。



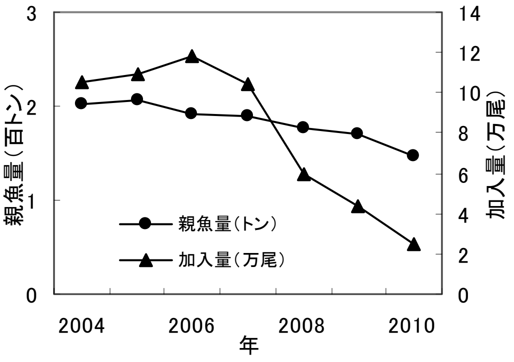

付図28.　オオヒメのMを変化させた場合のF値の経年変化



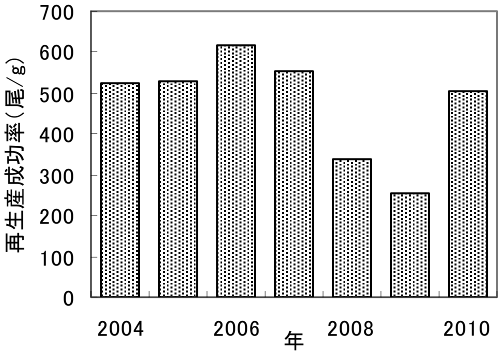

付図29.　オオヒメの年齢別漁獲尾数



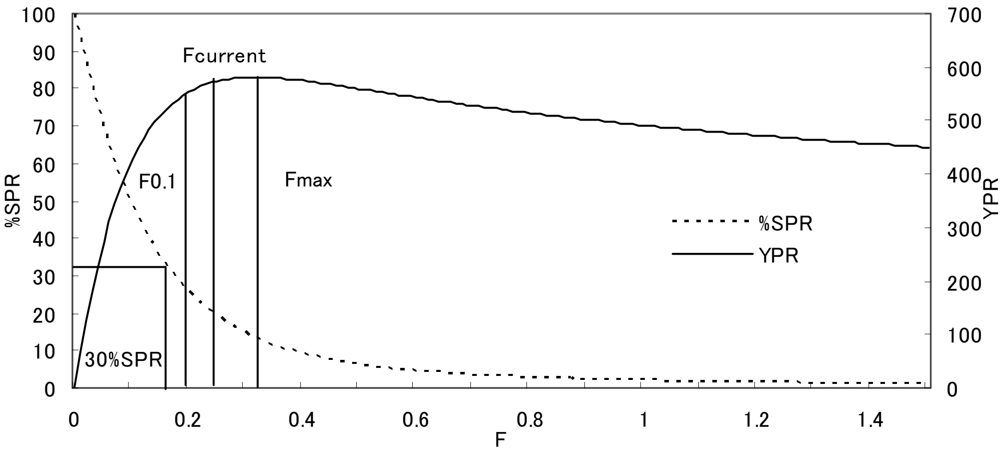

付図30.　オオヒメの資源量と漁獲割合



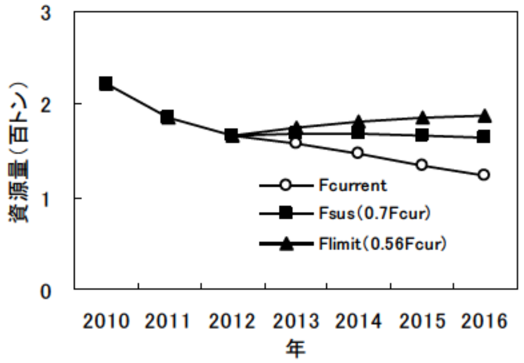

付図31.　オオヒメの親魚量と加入量



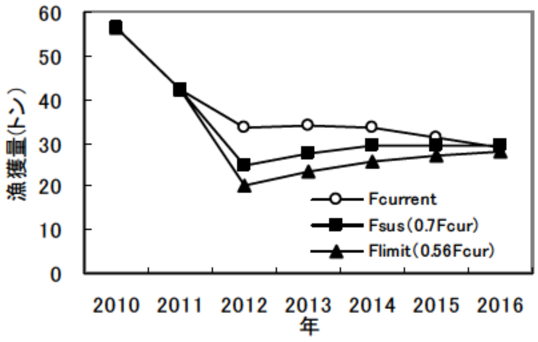

付図32.　オオヒメの再生産成功率



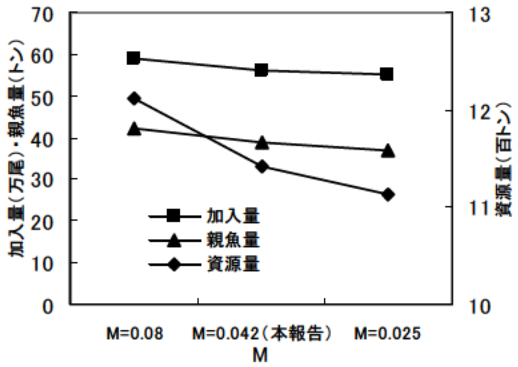

付図33.　オオヒメのYPRとSPR



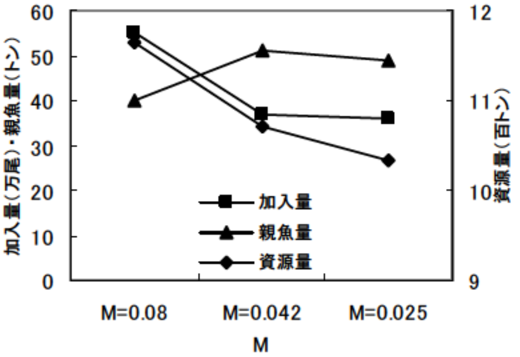

付図34. 様々なFによるオオヒメの資源量の予測



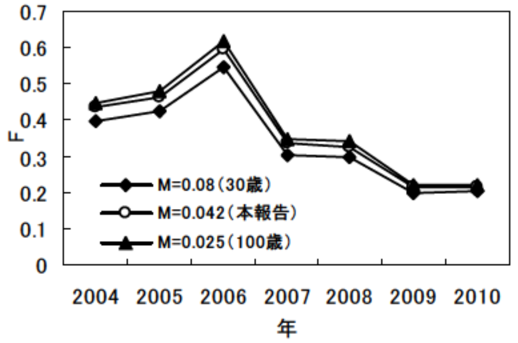

付図35. 様々なFによるオオヒメの漁獲量の予測



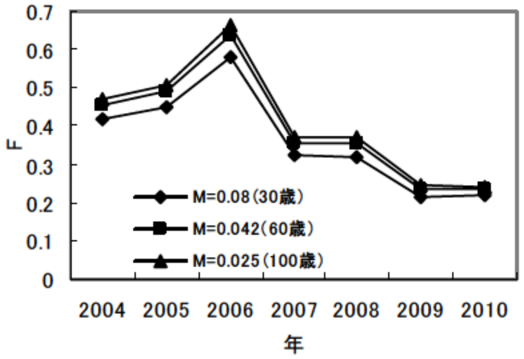

付図36. Mを若齢に従い変化させた場合のハマダイの資源量、親魚量および加入量 それぞれのMは左から30、60、100歳に相当。



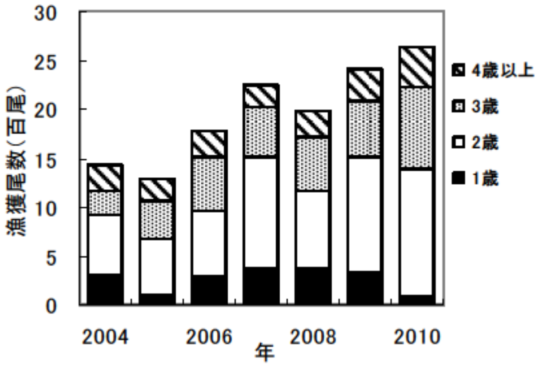

付図37. Mを一定にした場合のハマダイの資源量、親魚量および加入量 それぞれのMは左から30、60、100歳に相当。



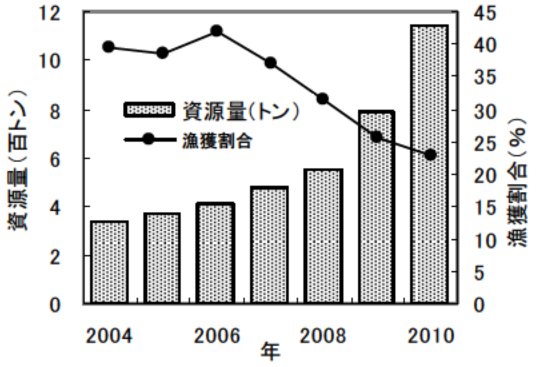

付図38. ハマダイのMを変化させた場合のF値の経年変化(Mは若齢に従い変化)



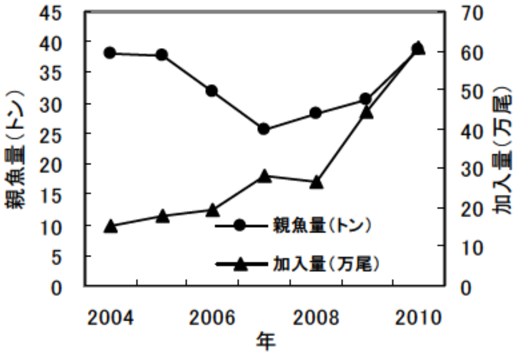

付図39. ハマダイのMを変化させた場合のF値の経年変化(Mは一定)



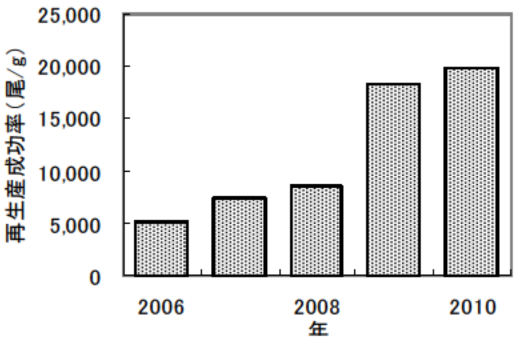

付図40. ハマダイの年齢別漁獲尾数



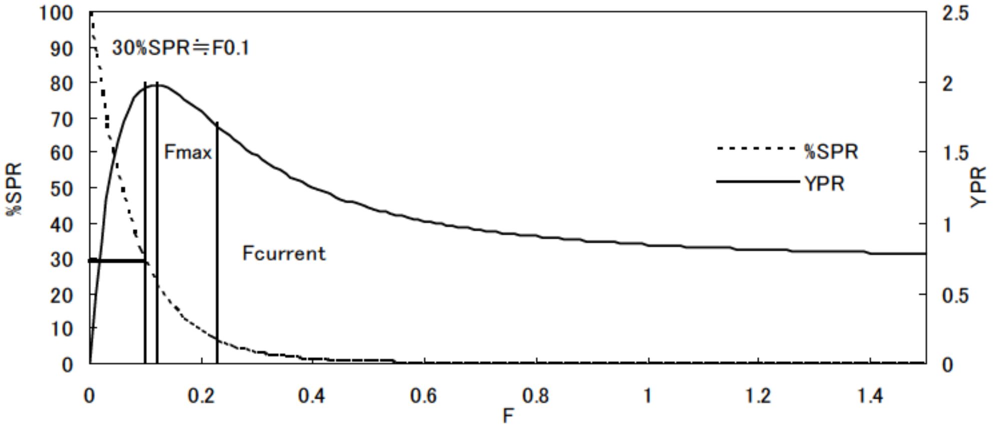

付図41. 2歳魚以降のハマダイの資源量と漁獲割合



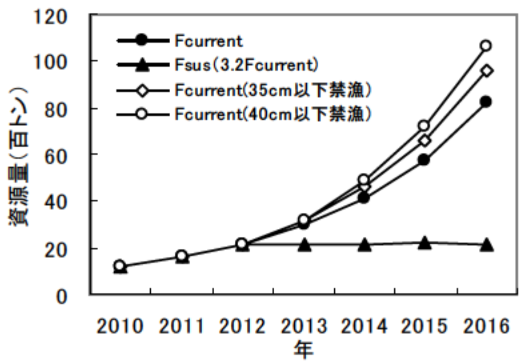

付図42. ハマダイの親魚量と加入尾数



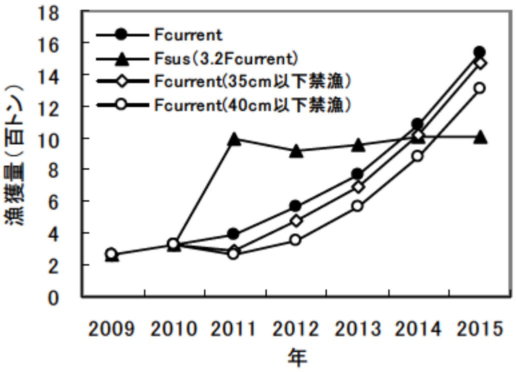

付図43. ハマダイの再生産成功率




付図44. 2歳魚以降のハマダイのYPRとSPR




付図45.　様々なFによる2歳魚以降のハマダイの資源量の予測




付図46.　様々なFによる2歳魚以降のハマダイの漁獲量の予測