令和元（2019）年度マチ類（奄美・沖縄・先島諸島）の資源評価

担当水研：西海区水産研究所
参画機関：鹿児島県水産技術開発センター、沖縄県水産海洋技術センター

要　　約

マチ類主要4種（アオダイ、ハマダイ、ヒメダイ、オオヒメ）の本系群の資源状態について、鹿児島市中央卸売市場における水揚げ量および八重山漁協所属船の1隻1航海あたりの漁獲量（CPUE）の変動傾向により評価した。マチ類の漁獲量は、1960年代から1980年代にかけて高い水準で推移したが、その後急激に減少に転じた。2000年代以降は、増減を繰り返しながら低い水準で推移している。資源水準の判断には、1960年から2018年まで59年分の漁獲統計がある鹿児島市中央卸売市場のデータを用いた。アオダイ、ハマダイおよびヒメダイとオオヒメの混合種群について解析した結果、いずれの種・種群においても1990年代以降の漁獲はそれ以前の漁獲量と比較して少なく、資源水準を低位と判断した。資源動向の判断には、主に八重山漁協所属船のCPUEを用いた。その結果、いずれの種も資源動向を横ばいと判断した。

マチ類では漁獲統計、生物情報において充分なデータが整備されていないため、漁獲量と八重山漁協所属船のCPUEを基に、その水準および変動傾向に合わせた漁獲を行うことを管理方策として、ABC算定規則2-1）を適用して2020年ABCを算定した。

第1期資源回復計画で周年禁漁であった保護区が2010年4月に一部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が見られた。保護区内での1操業あたりの漁獲量制限を設ける等、解禁した保護区での資源管理方策を早急に策定することが望ましい。

	管理基準	Target/ Limit	2020 年 ABC（トン）	漁獲割合（%）	F 値（現状の F 値からの増減%）
アオダイ	0.7·Cave 3-yr·1.10	Target	186	－	－
		Limit	232	－	－
ハマダイ	0.7·Cave 3-yr·0.95	Target	136	－	－
		Limit	170	－	－
ヒメダイ	0.7·Cave 3-yr·1.06	Target	56	－	－
		Limit	70	－	－
オオヒメ	0.7·Cave 3-yr·0.86	Target	36	－	－
		Limit	45	－	－

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、より安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。ABCtarget = αABClimitとし、係数αには標準値0.8を用いた。Cave 3-yrは2016～2018年の平均漁獲量を用いた。

魚種	年	資源量（トン）	親魚量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合（%）
アオダイ	2014	－	－	265	－	－
	2015	－	－	338	－	－
	2016	－	－	336	－	－
	2017	－	－	316	－	－
	2018	－	－	253	－	－
ハマダイ	2014	－	－	238	－	－
	2015	－	－	233	－	－
	2016	－	－	268	－	－
	2017	－	－	263	－	－
	2018	－	－	234	－	－
ヒメダイ	2014	－	－	132	－	－
	2015	－	－	114	－	－
	2016	－	－	107	－	－
	2017	－	－	94	－	－
	2018	－	－	112	－	－
オオヒメ	2014	－	－	93	－	－
	2015	－	－	80	－	－
	2016	－	－	66	－	－
	2017	－	－	74	－	－
	2018	－	－	114	－	－

魚種	水準	動向
アオダイ	低位	横ばい
ハマダイ	低位	横ばい
ヒメダイ	低位*	横ばい
オオヒメ		横ばい

*1989年まで2種が区別されていなかったため、本報告では両種を混合種群として扱った。

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり。

データセット	基礎情報、関係調査等
漁獲量	主要港水揚量（鹿児島県、沖縄県）
資源量指標値・CPUE	八重山漁協所属船の漁獲量・のべ水揚げ隻数（周年、沖縄県）
尾叉長組成	生物情報収集調査（鹿児島県、沖縄県）

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、ハマダイ、ヒメダイ、オオヒメ）の漁獲量は、1960～1980年代に最大を記録し、その後著しく減少した後、近年は低位で推移している。水産庁は平成15（2003）年度にこれら4魚種を資源回復計画対象種に指定し、資源動向を的確に把握することを目的として平成16（2004）年度から資源評価調査を開始した。平成17（2005）年度には第1期資源回復計画が公表され、鹿児島県では同年4月から5年間、16の保護区で周年または季節的な禁漁、沖縄県では同年10月から平成21（2009）年度3月まで、北大九曽根と沖の中の曽根の2つの保護区で周年禁漁となった。平成22（2010）年度より第2期マチ類資源回復計画が開始され、鹿児島県で17区、沖縄県で5区の周年または季節的な禁漁措置が実施されると共に、小型魚保護の目的で漁獲体長規制が実施されている。平成24（2012）年度より、新たな枠組みである南西諸島海域マチ類広域資源管理方針が作成され、新規保護区の設定、小型魚の漁獲制限などが導入された。平成26（2014）年度には、鹿児島県において新たに2保護区が追加された。令和元（2019）年度以降も、鹿児島県で19区（周年保護3区、期間保護16区）、沖縄県で5区（周年保護1区、期間保護4区）の保護区と小型魚の漁獲制限など、資源管理への取り組みが継続されている。

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、ハマダイ、ヒメダイ、オオヒメのいずれも伊豆諸島以南および紀伊半島以南に分布する（図1）。アオダイは日本近海からの記録しかないが、他の3種はハワイ諸島から東アフリカに広く分布する（Allen 1985）。

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

回遊・移動に関して、これまでに得られている情報は限定的である。鹿児島県水産技術開発センターが2005年より標識放流調査を実施し、2017年までにアオダイ1,581個体、ハマダイ108個体、ヒメダイ64個体、オオヒメ79個体を放流した。2017年までの再捕は、アオダイ11個体、ヒメダイ1個体、オオヒメ3個体であるが、このうちアオダイ2個体とオオヒメ2個体は、放流した曽根よりそれぞれ40 km、150 kmおよび83 km、93 km離れた別の曽根で再捕され、曽根間を移動している可能性が示唆された（図2、宍道ほか 2018）。沖縄県水産海洋技術センターは、2006～2017年に北大九曽根および第二多良間堆での試験操業において、アオダイ8個体、ハマダイ121個体、ヒメダイ42個体、オオヒメ43個体を放流した。2012年3月末までにオオヒメ2個体が、それぞれ2.37年後と3.28年後に、いずれも放流地点から5.3 km離れた場所で再捕された（Uehara et al. 2019）。生息水深の深いハマダイでは、標識放流後の生残が不明であったが、2016年に屋久島海域において実施した超音波テレメトリーを使った調査により、ハマダイが標識放流後も生存していることが分かった（Okuyama et al. 2019）。

（2）年齢・成長

増田ほか（2012）によるアオダイの耳石輪紋解析の結果、最高齢は雌で53歳、雄で58歳と推定され、Bertalanffyの成長式は雌雄別に次式で与えられた（図3）。

雌：FL_t=450.3(1-exp(-0.279(t+0.982)))

雄：FL_t=419.6(1-exp(-0.353(t+0.630)))　　（tは年齢、FL_tはt歳時の尾叉長cm）

増田ほか（2010）によるハマダイの耳石輪紋解析の結果、最高齢は雌で40歳、雄で21歳と推定され、Bertalanffyの成長式は雌雄別に次式で与えられた（図4）。

雌：FL_t=906.1(1-exp(-0.167(t+0.081)))

雄：FL_t=887.2(1-exp(-0.135(t+0.818)))

なお、海老沢ほか（2009）は、耳石輪紋を約55本持った個体を報告している。

増田ほか（2008）によるヒメダイの耳石輪紋解析の結果、最高齢は雌で18歳、雄で38歳と推定され、Bertalanffyの成長式は雌雄別に次式で与えられた（図5）。

雌：FL_t=380.0(1-exp(-0.196(t+4.723)))

雄：FL_t=362.0(1-exp(-0.144(t+7.422)))

なお、上原ほか（未発表）によると、雌雄ともに最高齢は30歳以上と推定されている。

増田ほか（2008）によるオオヒメの耳石輪紋解析の結果、最高齢は7歳と推定され、Bertalanffyの成長式に雌雄差は認められず次式で与えられた（図6）。

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

なお、上原ほか（未発表）によると、雌雄ともに最高齢は25歳以上と推定されている。

マチ類は耳石年輪が読みづらく、ハマダイでは調査個体数の2～3割程度しか解析できない（増田ほか 2010）。小型のハマダイ（尾叉長45 cm以下）とヒメダイ（23 cm以下）では、耳石に形成される微細輪紋を利用した日齢査定が試みられている（海老沢・前田 2006）。

（3）成熟・産卵

マチ類はいずれの種も産卵期中に複数回産卵すると考えられており、ハマダイとオオヒメでは、月齢による産卵頻度の変化が知られている（Uehara et al. 2018）。各種の尾叉長と成熟率の関係（図7）および産卵期は沖縄海域で推定されている（Uehara et al. 2018）。各種の成熟尾叉長時の年齢は、増田ほか（2008、2010、2012）の成長式を用いて換算した。

アオダイ雌の最小成熟尾叉長と50%成熟尾叉長はそれぞれ、24.7 cm（2歳）、34.8 cm（4歳）、産卵期は4～9月である。

ハマダイ雌の最小成熟尾叉長と50%成熟尾叉長はそれぞれ、61.2 cm（6歳）、67.1 cm（8歳）、産卵期は5～11月である。

ヒメダイ雌の最小成熟尾叉長と50%成熟尾叉長はそれぞれ、23.7 cm（1歳）、24.6 cm（1歳）、産卵期は3～10月である。

オオヒメ雌の最小成熟尾叉長と50%成熟尾叉長はそれぞれ、33.1 cm（2歳）、35.7 cm（2歳）、産卵期は3～10月である。

（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）。

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）。

ヒメダイの胃内容物としては、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）。

捕食者については、マハタの胃からハマダイが、カンパチの胃からアオダイが出現した記録がある（小枝・本村 2017）。また、釣獲したマチ類を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100 m以深で操業する深海一本釣漁業や底立はえ縄漁業によって漁獲される。周年操業する一本釣専業者が主体であるが、時期に応じてソデイカ漁などの他漁業と兼業する漁業者もいる。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、沖縄諸島や八重山諸島では、5トン未満の小型船で日帰りまたは2～3日、5トン以上の船で1週間程度の操業が主体である。

（2）漁獲量の推移

長期的なマチ類の水揚げ量の記録は、鹿児島市中央卸売市場で1960年以降、沖縄県で1965年以降（主要4種以外も含む）に存在する。マチ類全体の漁獲量は、いずれの県においても1960～1980年代にかけて高い水準で推移していたが、1980年代後半から1990年代にかけて急激に減少した（表1、2）。鹿児島市中央卸売市場では、1988年までの水揚げ量はおよそ600～1,100トンで推移していたが、1989年以降に急激な減少に転じた（図8、表1）。2000年以降も緩やかな減少傾向が続き、2018年の水揚げ量は148トンで、最大値（1,145トン）を記録した1969年のおよそ13%であった。内閣府沖縄総合事務局が集計した沖縄農林水産統計年報によれば、沖縄県に水揚げされるマチ類全体の漁獲量は、1980年の2,308トンを最大として、1979～1982年に2,000トンを超える漁獲を記録した（表2）。その後の漁獲量は、1983～1989年には1,065～1,564トン、1990～2006年には212～977トンとなり、40年間で大幅に減少した。1990年代の漁獲量の大幅な減少は、漁場探索技術の革新によって効率的な漁場探索ができるようになったため、過剰な漁獲圧がかかったことが一因として考えられる。なお、マチ類の主漁法である一本釣り漁業の沖縄県における経営体数は、1974～2001年まで1,097～1,655経営体あったものが、2002年以降に800前後に減少している。2007年以降、沖縄農林水産統計年報におけるマチ類全体漁獲量の集計が廃止となった一方、1989年以降沖縄県によりマチ類4種の水揚げ量が継続的に収集されている。なお、表2におけるマチ類全体の漁獲量は属人統計であり、主要4種の漁獲量は属地統計によるものである。

アオダイとハマダイの海域全体の漁獲統計は、1999年以降に鹿児島県・沖縄県で整備されたものが利用可能である。アオダイの漁獲量は、1999年の746トンを最大に、以降減少傾向が続いており、2018年は253トンであった（図9、表3）。県別に見ると、鹿児島県では1999

年の395トンから2007年まで減少し、以降142～205トンで推移している。沖縄県では、1995年の433トンを最大に減少傾向で、2018年は89トンであった（表2）。

ハマダイの漁獲量は1999年以降2003年まで漸減し200トンを下回ったが、その後は増加に転じ、2018年は234トンであった（図10、表3）。県別に見ると、鹿児島県では、1999年の132トンから2005年の72トンまで減少したが、その後増加傾向となって2018年は112トンであった。沖縄県では、1996年の215トンを最大に減少し、2003年に最低値である66トンを記録したが、その後増加傾向に転じ、2018年は122トンであった。

鹿児島県の主要漁港における漁獲統計は1999年に整備されたが、2007年以前には岩本漁協および奄美地域ではヒメダイとオオヒメが区別されていなかったため、マチ類4種の海域全体の漁獲統計を扱えるようになったのは2008年以降である（表3）。なお、鹿児島県の喜界島漁協だけは、現在までヒメダイとオオヒメが区別されていないが、年1トン未満しかないため、ここでは集計から除外した。ヒメダイの漁獲量は、2008年以降減少が続いており、2018年は112トンであった（表3）。オオヒメの漁獲量は、2009年の93トンから2013年の45トンまで減少したが、その後増加して2018年は114トンであった。県別にみると、鹿児島県におけるヒメダイとオオヒメの合計漁獲量は、2000年以降減少し、2009～2012年に50トン台になった（図11、表3）。その後、2013～2014年に80トン台に増加したが、2015年以降再び減少して、2018年は59トンであった。沖縄県におけるヒメダイの漁獲量は、1989年の300トンを最大に、以降減少傾向が続いており、2014年以降は100トン未満であった（図12）。沖縄県におけるオオヒメの漁獲量は、1989～2012年に漸減し、2013年に最低値25トンを記録した後、2014年以降は再び増加し、2018年は114トンであった（図13）。

なお本報告で扱った魚種別漁獲量の推移については、鹿児島県・沖縄県の主要漁港の漁獲データが全て整備され、海域全体でのデータ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後の期間における変動であることに留意する必要がある。

（3）漁獲努力量

資源量指標値の算出に使用している八重山漁協所属船が、1989年以降にマチ類各種を水揚げした年間ののべ航海数を漁獲努力量として記す（表4）。アオダイでは、1996年の1,565航海を最多に減少傾向であり、2004～2012年には500航海前後、2013年以降は300航海前後で推移している。ハマダイでは、1996年の2,407航海を最多に減少傾向であり、2013年以降は1,000～1,200航海前後で推移している。ヒメダイでは、1996年の1,215航海を最多に減少傾向であり、2013年以降は500航海前後で推移している。オオヒメでは、2009年まで300～500航海前後で増減を繰り返していたが、2010年以降は200航海前後で推移している。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

資源水準の判断には、1960年から2018年まで59年間のマチ類4種の漁獲統計がある鹿児島市中央卸売市場のデータを用いた（補足資料1）。なお、鹿児島中央卸売市場では1989年までヒメダイとオオヒメが区別されていなかったため、本報告では両種を混合種群として扱った。水準の判断には、アオダイ、ハマダイおよびヒメダイ・オオヒメの混合種群それ

ぞれの漁獲量の最高値と最低値を3等分した値を高位・中位・低位の区切りとした（図8）。

資源動向の判断には、1989年から2018年まで30年間のデータがある沖縄県八重山漁協所属一本釣漁船のデータを用いた。海老沢ほか（2008）の方法に従い、1隻1航海あたりの漁獲量（CPUE）を年毎に求め、これを資源量指標値とした（表4）。それぞれの種の資源動向は、近年5年の資源量指標値の推移から判断した。

（2）資源量指標値の推移

アオダイの資源量指標値は、2011年まで概ね横ばいで推移していたが、以降2016年まで減少し、その後はわずかに増加した（図14）。

ハマダイの資源量指標値は、1992年から2003年にかけて減少傾向にあったが、その後増加に転じた。2011年以降は短期的な増減があるものの概ね横ばいで推移している（図15）。

ヒメダイの資源量指標値は、1989年から2005年にかけて減少傾向にあったが、その後2011年にかけて増加に転じた。その後2013年まで再び減少したが、それ以降は概ね横ばいで推移している（図16）。

オオヒメの資源量指標値は、これまで漸減・漸増を繰り返していたが、2008年以降は概ね横ばいで推移している（図17）。

（3）漁獲物の尾叉長組成の推移

2004～2018年に鹿児島県（主に種子島沖、屋久島沖、奄美大島沖、沖永良部島沖）および沖縄県（主に宝山・大九曽根、八重山諸島沖、大陸棚斜面）で漁獲、水揚げされたマチ類の尾叉長組成を年毎に作成し、尾叉長と成熟率の関係から成熟個体数の割合を算出した。

アオダイの尾叉長組成は、28～34 cmに最頻値を持つ単峰型で、資源回復計画に伴う漁獲体長規制（20 cm未満）が導入された2010年4月以降、小型魚の水揚げが減少した（図18）。成熟個体数の割合は、2004～2006年には10～20%前後であったが、2007年以降は30%前後に増加し、2015～2017年には40%以上に増加した。

ハマダイの尾叉長組成は、29～40 cmに最頻値を持つ単峰または二峰型で、資源回復計画に伴う漁獲体長規制（30 cm未満）が導入された2010年4月以降、小型魚の水揚げが減少した（図19）。他魚種と比べて漁獲尾叉長範囲が広く、かつ漁獲物中の成熟個体数の割合が毎年0.5～3.1%と著しく低い。

ヒメダイの尾叉長組成は、27～30 cmに最頻値を持つ単峰型で、資源回復計画に伴う漁獲体長規制（20 cm未満）が導入された2010年4月以降、小型魚の水揚げが減少したが、2017年以降に再び小型魚の水揚げが増加した（図20）。成熟個体数の割合は、2004～2010年には67～73%であったが、2011年以降は73～77%に増加した。

オオヒメの尾叉長組成は、36～44 cmに最頻値を持つ単峰または多峰型で、資源回復計画に伴う漁獲体長規制（20 cm未満）が導入された2010年4月以降、小型魚の水揚げが減少した（図21）。成熟個体数の割合は、2004～2010年には56～78%であったが、2011年以降は58～89%に増加した。

（4）資源の水準・動向

資源水準は、鹿児島市中央卸売市場における過去59年間の漁獲統計から、アオダイ、ハ

マダイ、ヒメダイ・オオヒメ混合種群のいずれも低位と判断した（図8)。

資源動向は、近年5年の資源量指標値の推移から、4種とも横ばい（図14、15、16、17）と判断した。

5. 2020年ABCの算定

（1）資源評価のまとめ

資源水準は、鹿児島市中央卸売市場における過去59年の年間水揚げ量から、アオダイ、ハマダイ、ヒメダイ・オオヒメ混合種群のいずれも低位であった。資源動向は、近年の八重山漁協所属船のCPUEを資源量指標値として用いて判断した結果、4種とも横ばいであった。

第1期および第2期資源回復計画、その後の広域資源管理方針により周年または期間保護区を設置した結果、資源の減少に歯止めがかかりつつあるが、資源の増加にはつながっていない。今後、漁獲体長規制の強化や保護区解禁後の漁場利用のあり方など、新たな方策が必要であろう。

（2）ABCの算定

マチ類は十分な漁獲統計、生物情報データが整備されていないため、漁獲量と資源量指標値の推移を根拠に、その水準および変動傾向に合わせた漁獲を行うことを管理方策として、以下のABC算定規則2-1）に基づき2020年ABCを算定した。

$$\mathrm{ABClimit} = \delta_1 \times \mathrm{Cave\ 3-yr} \times \gamma_1$$

$$\mathrm{ABCtarget} = \mathrm{ABClimit} \times \alpha$$

$$\gamma_1 = (1 + \mathrm{k}\,(\mathrm{b} / \mathrm{I}))$$

ここで、Cave 3-yrは2016～2018年の平均漁獲量（アオダイ302トン、ハマダイ255トン、ヒメダイ95トン、オオヒメ75トン)、δ_1はABC算定規則においてCaveを用いる時の低位水準の推奨値である0.7とした。kはABC算定規則2-1）における標準値1.0、bは2016～2018年の資源量指標値の傾き（アオダイ+1.42、ハマダイ−1.73、ヒメダイ+0.65、オオヒメ−1.71)、Iは2016～2018年の資源量指標値の平均値（アオダイ14.36 kg/航海、ハマダイ34.24 kg、ヒメダイ11.02 kg、オオヒメ12.57 kg）を用いた。

	管理基準	Target/ Limit	2020 年 ABC（トン）	漁獲割合（%）	F 値(現状の F 値からの増減%)
アオダイ	0.7·Cave 3-yr·1.10	Target	186	－	－
		Limit	232	－	－
ハマダイ	0.7·Cave 3-yr·0.95	Target	136	－	－
		Limit	170	－	－
ヒメダイ	0.7·Cave 3-yr·1.06	Target	56	－	－
		Limit	70	－	－
オオヒメ	0.7·Cave 3-yr·0.86	Target	36	－	－
		Limit	45	－	－

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、より安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。ABCtarget = αABClimitとし、係数αには標準値0.8を用いた。Cave3-yrは2016～2018年平均漁獲量を用いた。

（3）ABCの再評価

魚種	評価対象年（当初・再評価）	管理基準	F 値	資源量	ABC Limit（トン）	ABC Target（トン）	漁獲量（トン）
アオダイ	2018 年（当初）	0.7·Cave 3-yr·0.77	－	－	164	131	
	2018 年（2018 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·0.77	－	－	168	134	
	2018 年（2019 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·0.77	－	－	168	134	253
	2019 年（当初）	0.7·Cave 3-yr·1.20	－	－	278	222	
	2019 年（2019 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·1.20	－	－	278	222	
ハマダイ	2018 年（当初）	0.7·Cave 3-yr·1.03	－	－	177	142	
	2018 年（2018 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·1.03	－	－	177	142	
	2018 年（2019 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·1.04	－	－	177	142	234
	2019 年（当初）	0.7·Cave 3-yr·1.17	－	－	209	167	
	2019 年（2019 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·1.17	－	－	209	167	
ヒメダイ	2018 年（当初）	0.7·Cave 3-yr·1.00	－	－	81	65	
	2018 年（2018 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·1.00	－	－	82	66	
	2018 年（2019 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·1.00	－	－	82	66	112
	2019 年（当初）	0.7·Cave 3-yr·0.99	－	－	73	58	
	2019 年（2019 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·0.99	－	－	73	58	
オオヒメ	2018 年（当初）	0.7·Cave 3-yr·1.06	－	－	58	46	
	2018 年（2018 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·1.06	－	－	59	47	
	2018 年（2019 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·1.06	－	－	59	47	114
	2019 年（当初）	0.7·Cave 3-yr·0.99	－	－	51	41	
	2019 年（2019 年再評価）	0.7·Cave 3-yr·0.99	－	－	51	41	

データの変更はないため、ABCも変更はない。

6. ABC以外の管理方策の提言

1980年代以降にマチ類全体の漁獲量が急激に減少したことから、2005年に第1期資源回復計画が公表され、5年間の期限付きながら18の保護区が設置された。2010年より第2期資源回復計画が開始され、周年または季節的な保護区を、鹿児島県で17区、沖縄県で5区に増

やした。2012年からは広域資源管理方針となって、現在では、鹿児島県で19区（周年保護3区、期間保護16区）、沖縄県で5区（周年保護1区、期間保護4区）の保護区が設置されている。これらの結果、漁獲物の平均尾叉長上昇や大型個体の増加が確認されるなど（宍道ほか 2018）、一定の効果が現れはじめていると考えられるものの、海域全体の資源量増加には至っていない。

2010年の第2期資源回復計画の開始に伴い、保護区設置に加え漁獲体長規制などによる小型魚保護も導入され、海域全体における小型魚への漁獲圧削減措置が実施されている。マチ類は一般に成長が遅く長寿命であり、成熟までに8年以上を要する魚種（ハマダイ）があるなど、長期的な視点での管理措置の実施が必要である。

第1期資源回復計画で周年禁漁であった保護区が2010年4月に一部解禁、または全面解禁となったことにより、特にハマダイにおいて集中漁獲が見られた。そのため、解禁された保護区での集中漁獲を避けるため、解禁時の保護区内への入域制限や1操業あたりの漁獲量制限を設ける等、保護区が一時的な管理方策にならないよう継続的な措置を講じていくことが望ましい。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策定することが検討されている。

7. 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**, 208 pp.

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1航海当たり漁獲量の年変化. 平成19年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, **69**, 104-106.

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. 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.

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

小枝圭太・本村浩之 (2017) 鹿児島大学総合研究博物館に所蔵されている胃内容物魚類標本. Nature of Kagoshima **43**, 257-269.

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.

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, 8.

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 (2012) 薩南諸島周辺海域におけるアオダイの年齢と成長. 2012年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 13.

Okuyama, J., Shishidou, H. and Hayashibara, T. (2019) Post-release horizontal and vertical behavior and philopatry of deepwater longtail red snapper *Etelis coruscans* around a bank. Fish. Sci., **85**, 361-368.

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

宍道弘敏・調査船くろしお乗組員 (2018) 200カイリ水域内漁業資源総合調査事業－II（マチ類）. 平成28年度鹿児島県水産技術開発センター事業報告書, 23-29.

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, 1-16.

上原匡人・青沼佳方・山田真之・中村博幸・平手康市・岩本健輔・太田　格・海老沢明彦 (2013) 北大九曽根保護区の試験操業結果（アオダイ等資源回復推進調査、マチ類資源評価・資源回復調査、資源管理体制推進事業、生物情報収集調査）. 沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, **74**, 61-65.

Uehara, M., Ebisawa, A. and Ohta, I. (2018) Reproductive traits of deep-sea snappers (Lutjanidae): Implication for Okinawan bottomfish fisheries management. Reg. Stud. Mar. Sci., **17**, 112-126.

Uehara, M., Ebisawa, A., Ohta, I. and Aonuma, Y. (2019) Effectiveness of deepwater marine protected areas: Implication for Okinawan demersal fisheries management. Fish. Res., **215**, 123-130.

（執筆者：下瀬　環、青沼佳方、林原　毅）

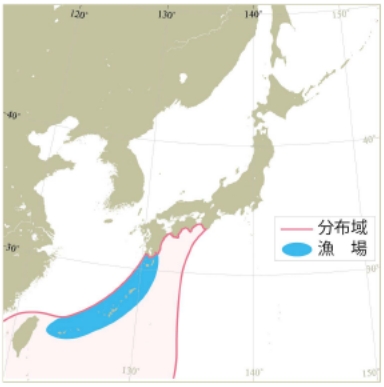


図1.　マチ類の分布域と漁場

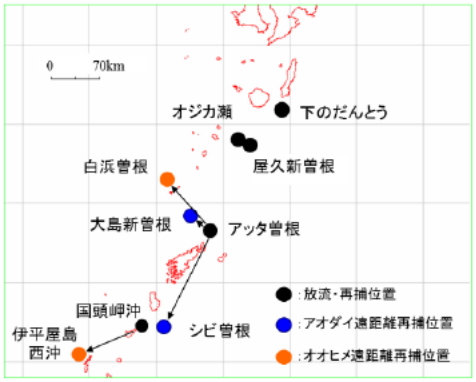


図2.　鹿児島海域での標識放流および再捕地点

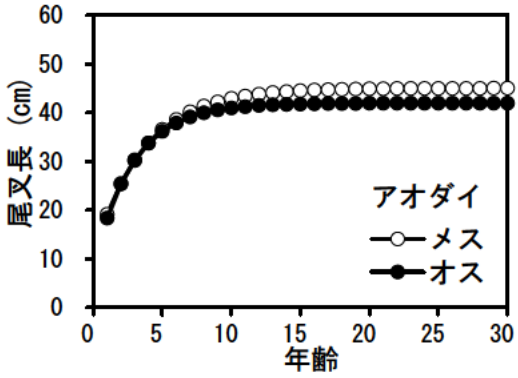


図3.　アオダイの成長曲線

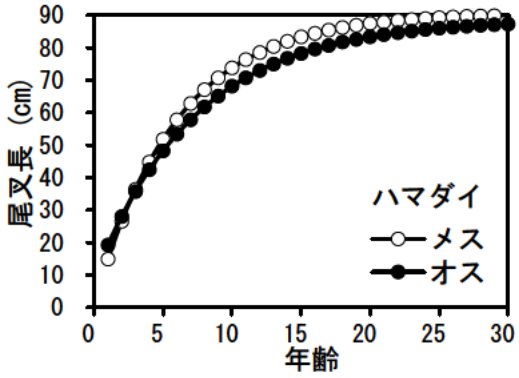


図4.　ハマダイの成長曲線

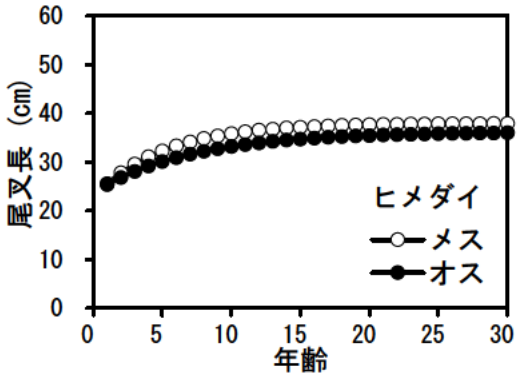


図5.　ヒメダイの成長曲線

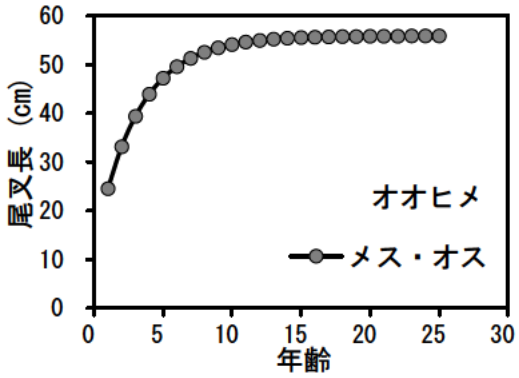


図6.　オオヒメの成長曲線

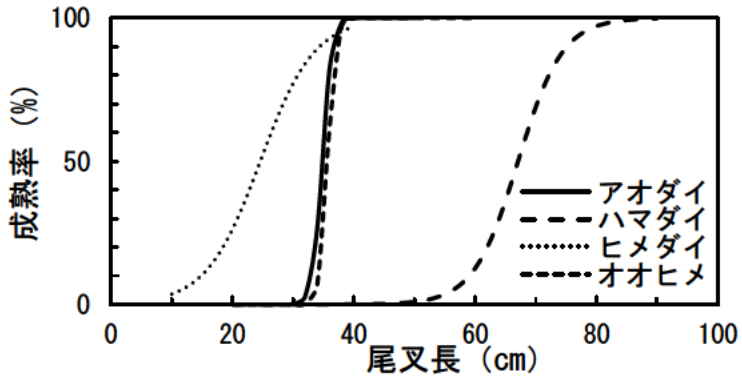


図7.　マチ類4種の尾叉長と成熟率の関係

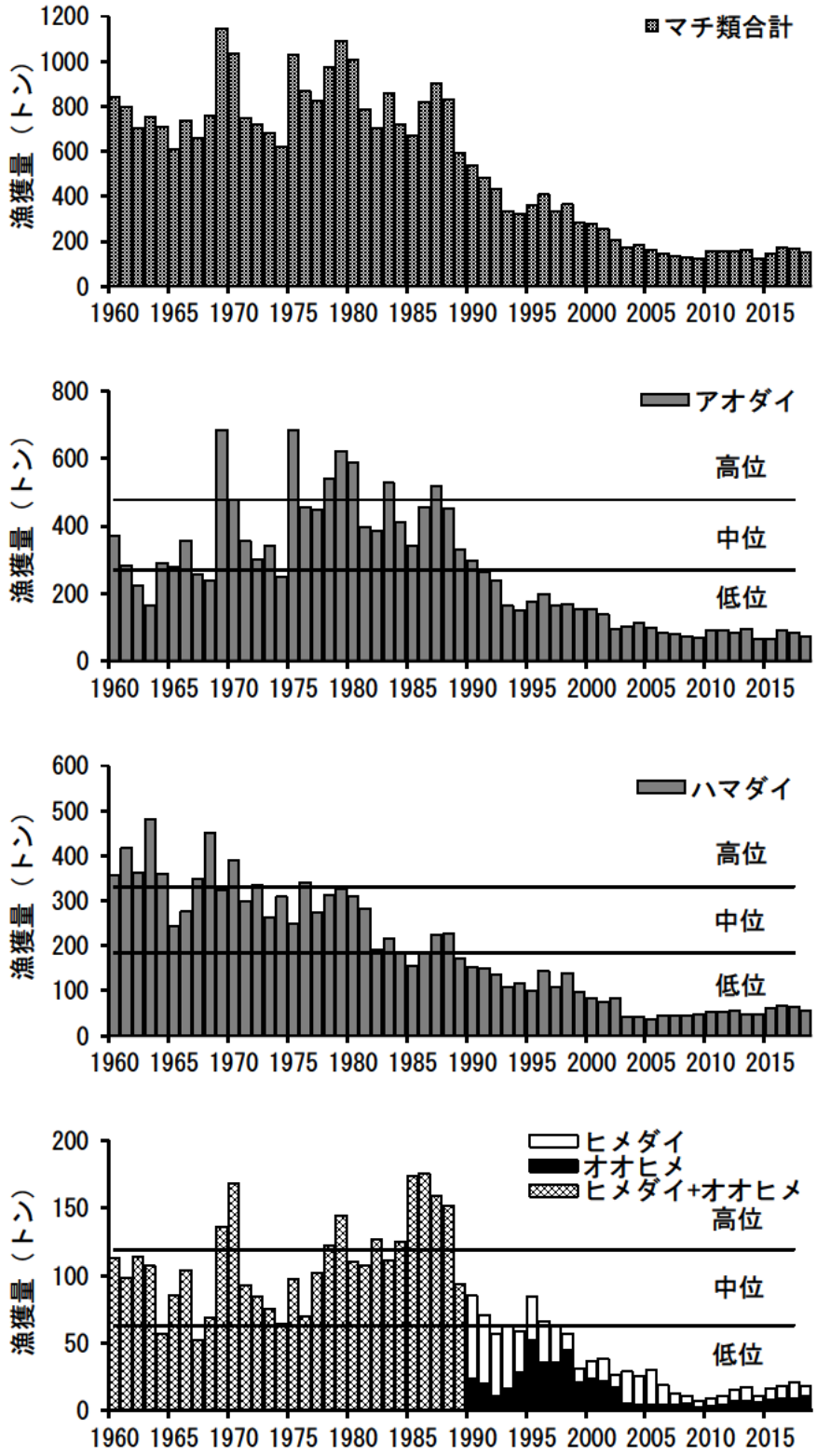


図8.　鹿児島市中央卸売市場におけるマチ類4種水揚げ量の経年変化

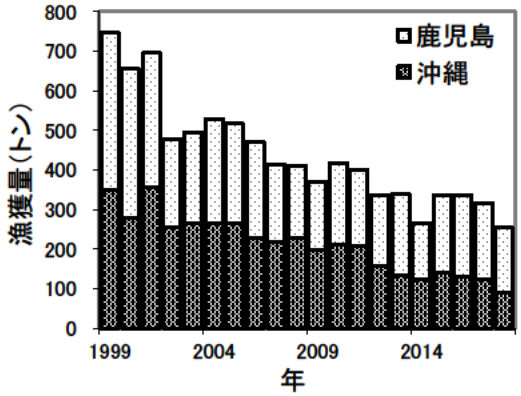


図9.　アオダイの漁獲量

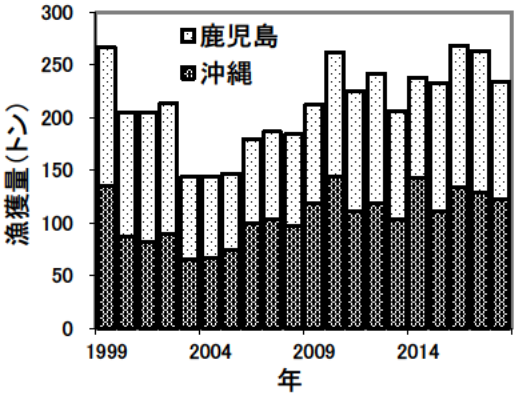


図10.　ハマダイの漁獲量

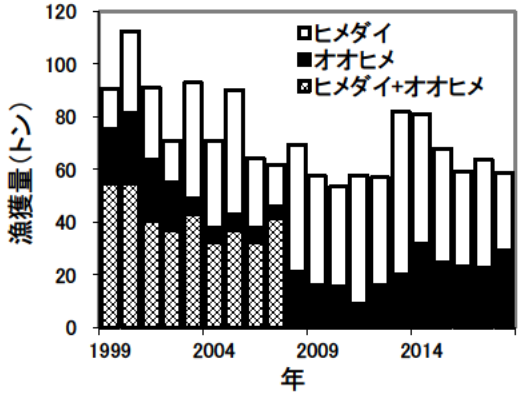


図11.　鹿児島県主要港におけるヒメダイおよびオオヒメの漁獲量

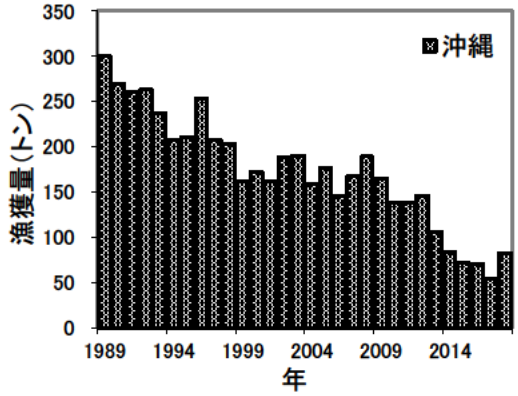


図12.　沖縄県のヒメダイ漁獲量

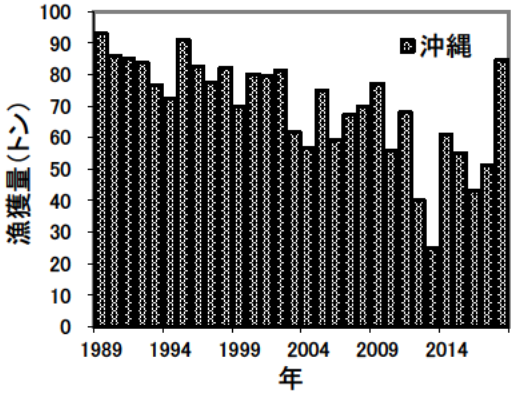


図13.　沖縄県のオオヒメ漁獲量

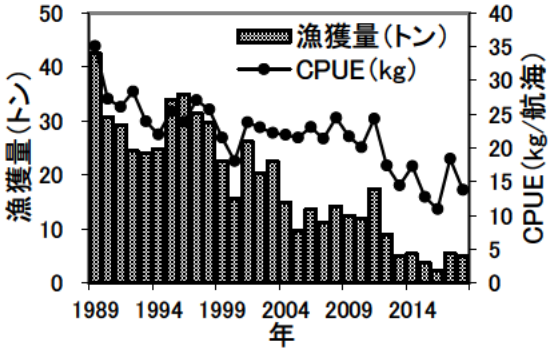


図14.　八重山漁協所属船によるアオダイの漁獲量とCPUE

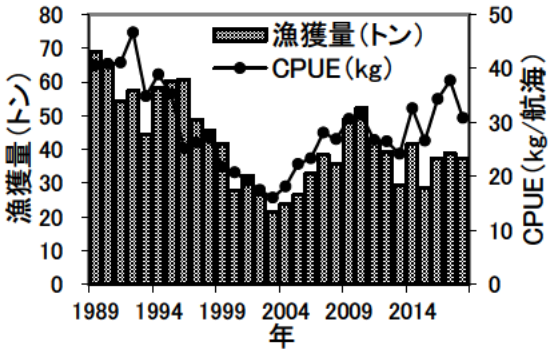


図15.　八重山漁協所属船によるハマダイの漁獲量とCPUE

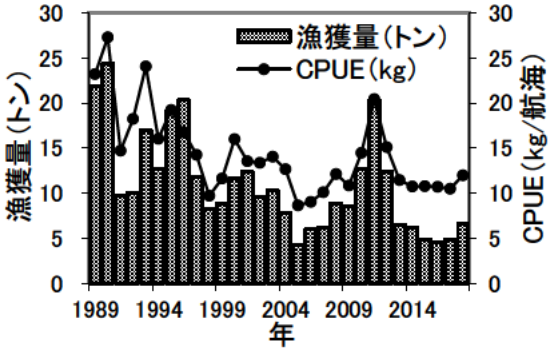


図16.　八重山漁協所属船によるヒメダイの漁獲量とCPUE

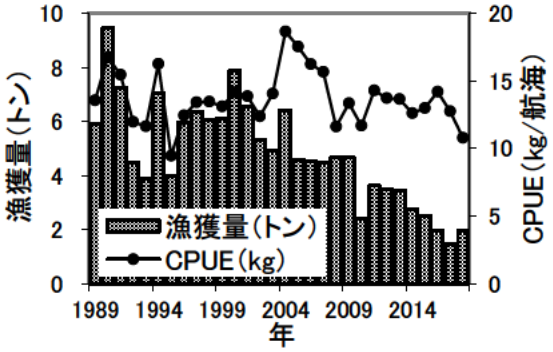


図17.　八重山漁協所属船によるオオヒメの漁獲量とCPUE

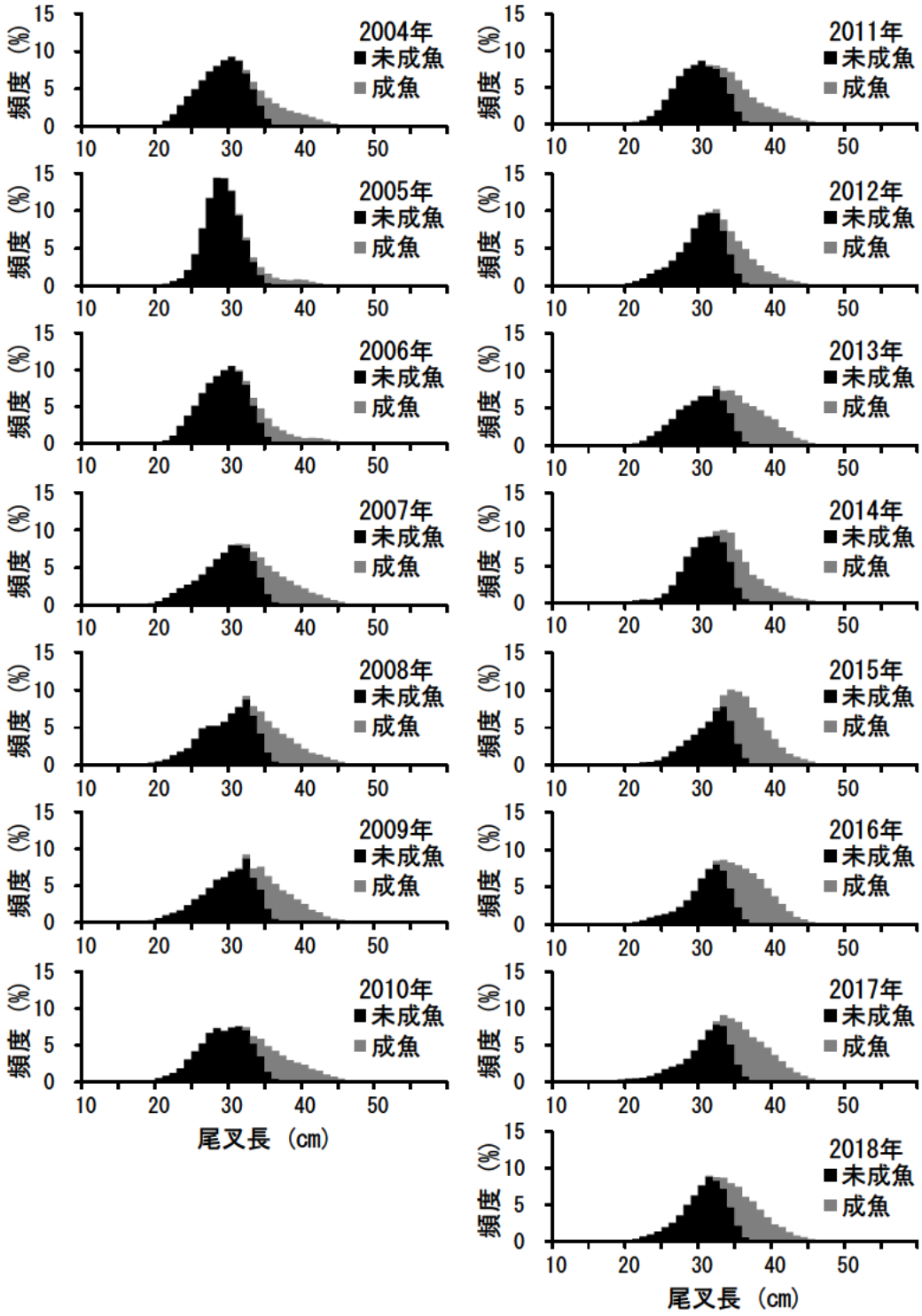


図18.　2004～2018年漁獲物に基づくアオダイの尾叉長組成　縦軸は出現頻度（%）、縦棒の黒色は未成熟個体、灰色は成熟個体。

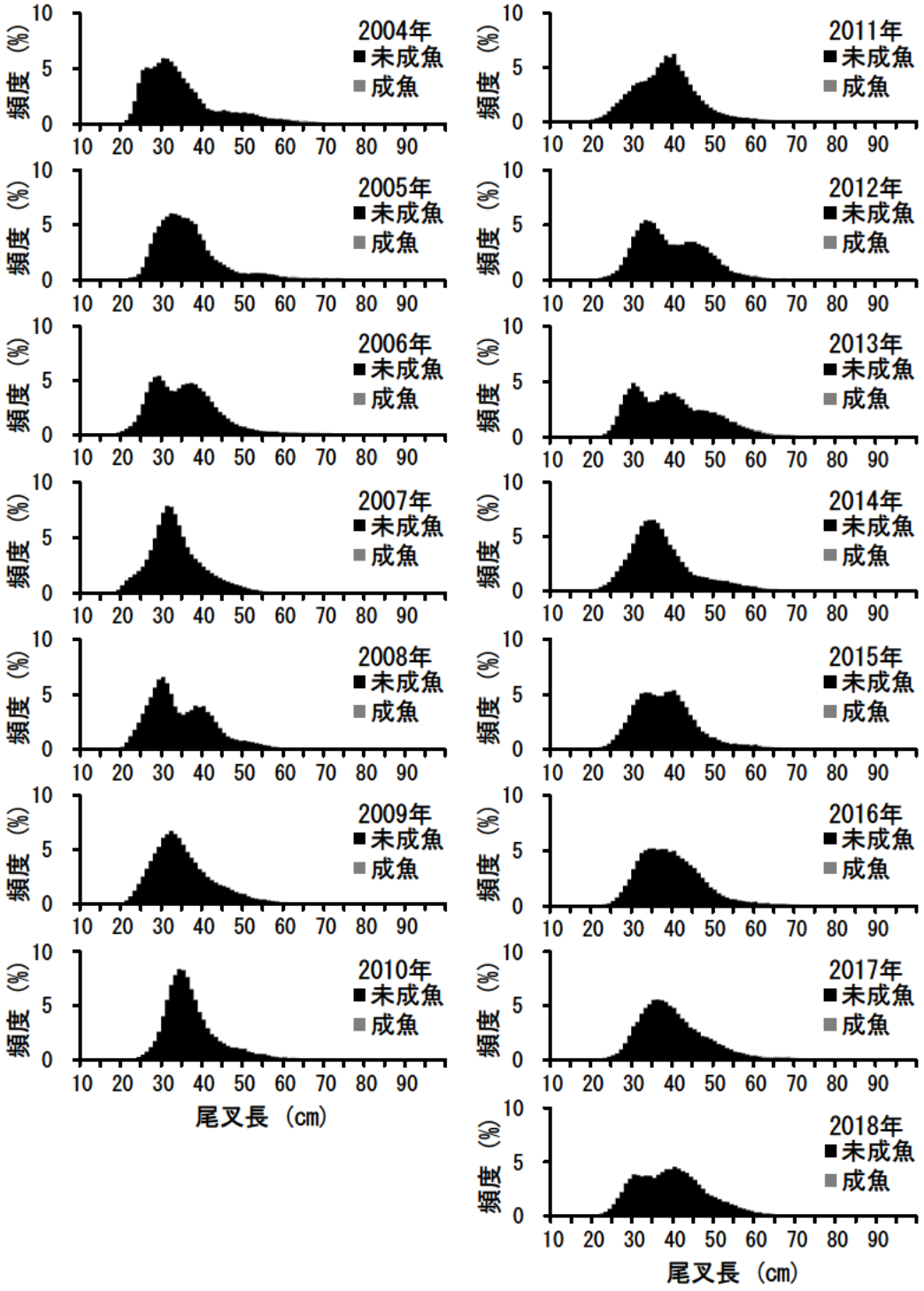


図19.　2004～2018年漁獲物に基づくハマダイの尾叉長組成　縦軸は出現頻度（%）、縦棒の黒色は未成熟個体、灰色は成熟個体。

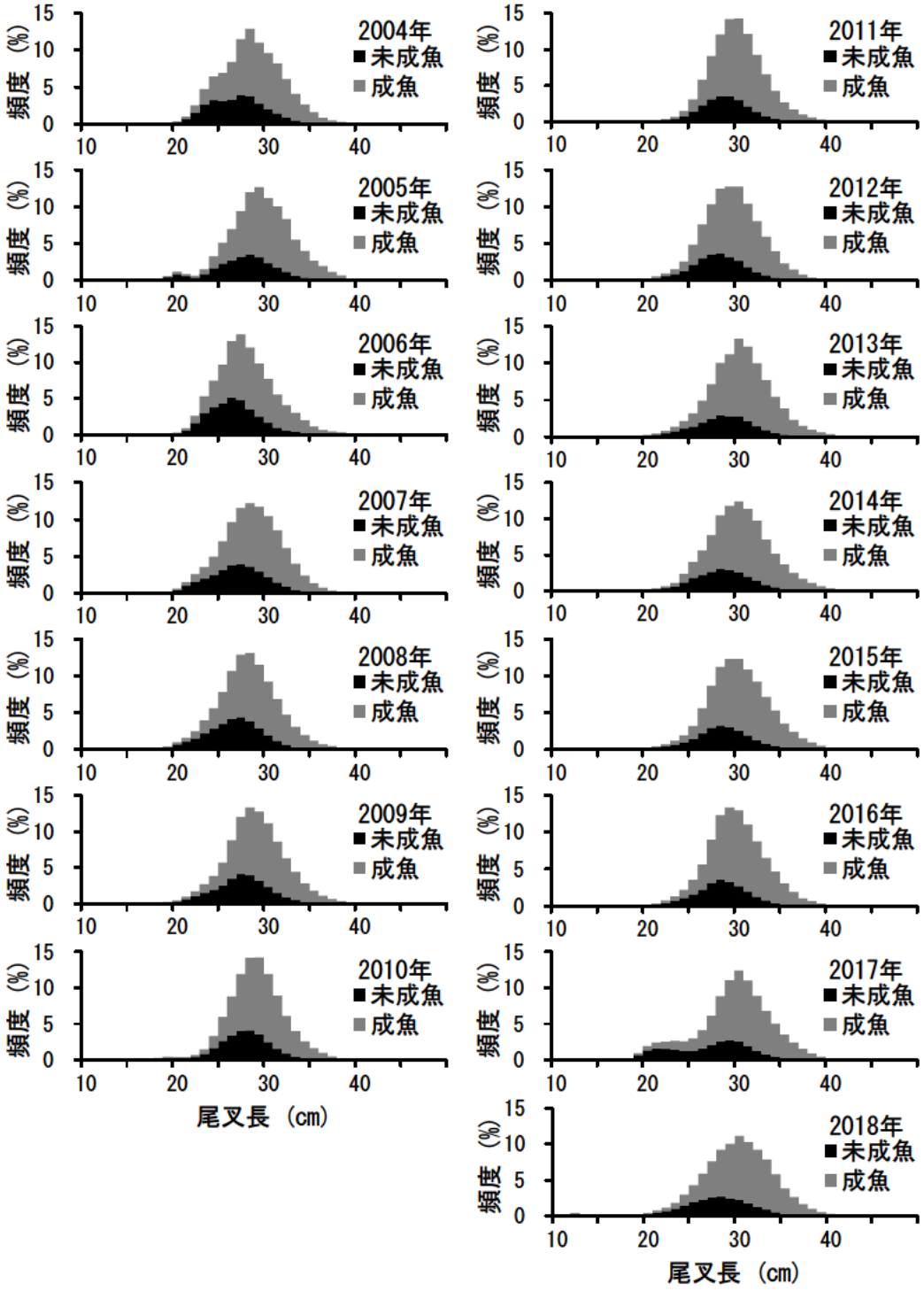


図20.　2004～2018年漁獲物に基づくヒメダイの尾叉長組成　縦軸は出現頻度（%）、縦棒の黒色は未成熟個体、灰色は成熟個体。

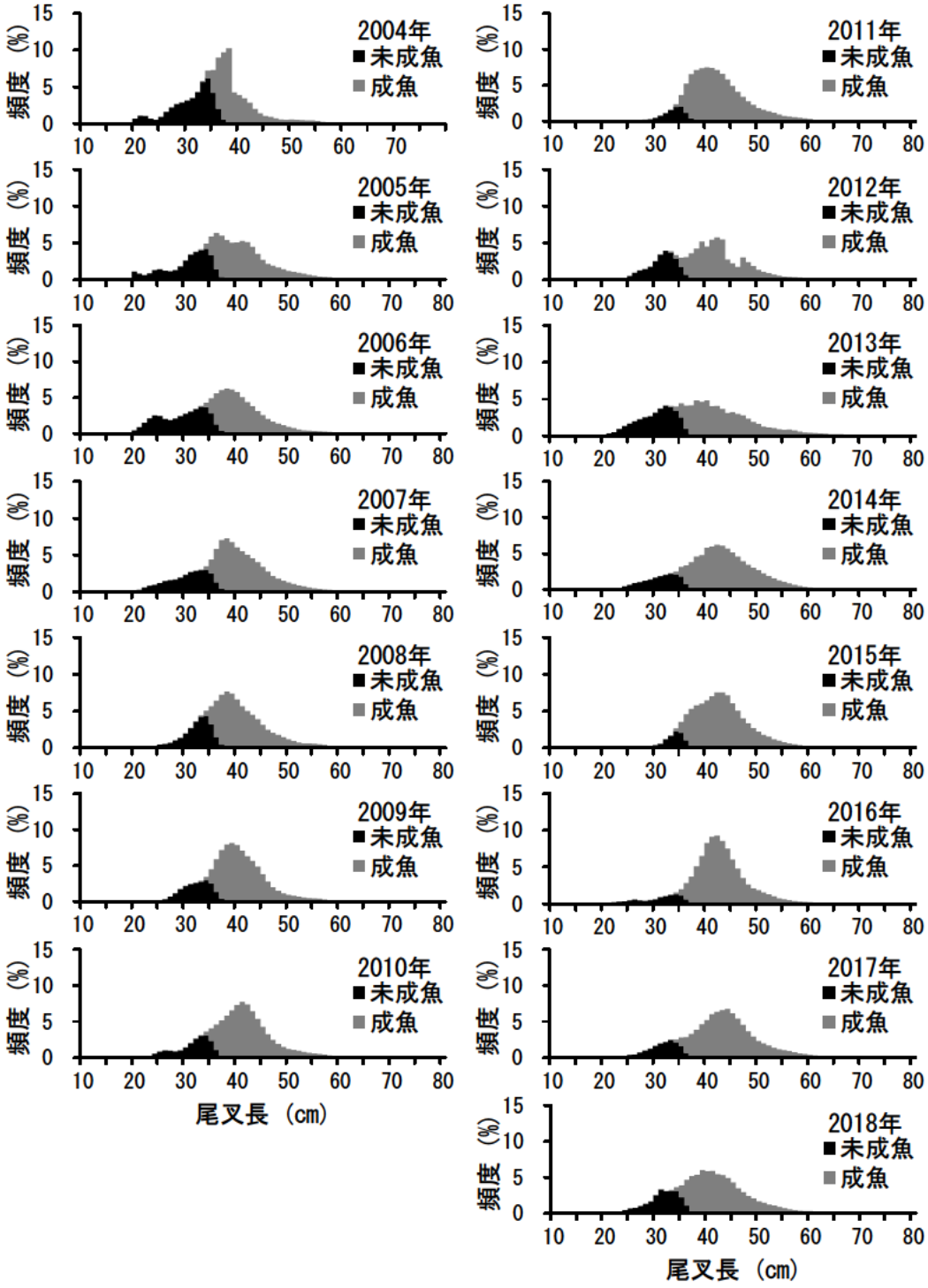


図21.　2004～2018年漁獲物に基づくオオヒメの尾叉長組成　縦軸は出現頻度（%）、縦棒の黒色は未成熟個体、灰色は成熟個体。

表1. 鹿児島市中央卸売市場における1960年～2018年のマチ類水揚げ量（トン）

年	アオダイ	ハマダイ	ヒメダイ+オオヒメ	ヒメダイ	オオヒメ	合計
1960	372	356	113			841
1961	283	417	98			798
1962	225	363	114			702
1963	164	480	107			751
1964	292	360	57			709
1965	280	244	85			609
1966	357	276	104			737
1967	258	348	52			658
1968	239	452	69			760
1969	685	324	136			1,145
1970	476	391	168			1,035
1971	355	300	93			748
1972	300	336	84			720
1973	343	263	75			681
1974	248	309	64			621
1975	685	249	98			1,032
1976	456	341	70			867
1977	448	274	101			823
1978	542	311	122			975
1979	621	326	145			1,091
1980	589	309	110			1,008
1981	396	283	108			787
1982	387	191	126			704
1983	528	217	112			857
1984	411	185	125			721
1985	340	154	174			668
1986	457	186	176			818
1987	518	225	159			902
1988	453	228	152			832
1989	329	171	94			594
1990	299	153		61	23	536
1991	262	150		51	20	483
1992	237	136		46	11	430
1993	163	107		47	17	334
1994	148	117		31	28	323
1995	174	101		32	53	360
1996	198	143		31	35	408
1997	163	109		26	36	334
1998	169	139		12	45	365
1999	152	98		11	21	281
2000	155	83		13	24	275
2001	139	76		16	22	253
2002	95	83		9	18	204
2003	102	43		23	6	174
2004	114	43		20	5	182
2005	97	35		26	5	163
2006	83	44		14	4	146
2007	80	44		9	4	136
2008	73	44		6	5	127
2009	69	46		4	3	123
2010	92	53		5	4	153
2011	92	54		6	4	157
2012	83	55		9	7	154
2013	96	48		10	7	161
2014	63	48		5	6	122
2015	65	61		8	8	142
2016	90	67		9	9	175
2017	84	64		12	9	169
2018	73	57		7	11	148

表2. 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（トン）、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（トン）

年	マチ類全体重量	経営体数	アオダイ	ハマダイ	ヒメダイ	オオヒメ
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	185	300	93
1990	977	1,443	311	174	270	86
1991	904	1,430	310	184	261	85
1992	969	1,417	386	195	263	84
1993	659	1,097	349	165	238	77
1994	661	1,138	379	189	208	72
1995	665	1,238	433	188	211	91
1996	683	1,334	415	215	254	83
1997	634	1,315	401	155	207	78
1998	535	1,168	387	159	203	82
1999	495	1,284	351	134	162	70
2000	421	1,234	279	87	172	80
2001	551	1,234	357	82	162	80
2002	279	835	255	90	188	81
2003	251	769	267	66	190	62
2004	212	842	265	67	159	57
2005	241	781	266	74	177	75
2006	238	753	228	100	145	59
2007			217	103	167	67
2008			227	97	189	70
2009			199	118	165	77
2010			212	144	138	56
2011			207	111	139	68
2012			158	118	146	40
2013			135	103	106	25
2014			123	143	83	61
2015			142	111	71	55
2016			132	134	71	43
2017			125	129	54	51
2018			89	122	82	85

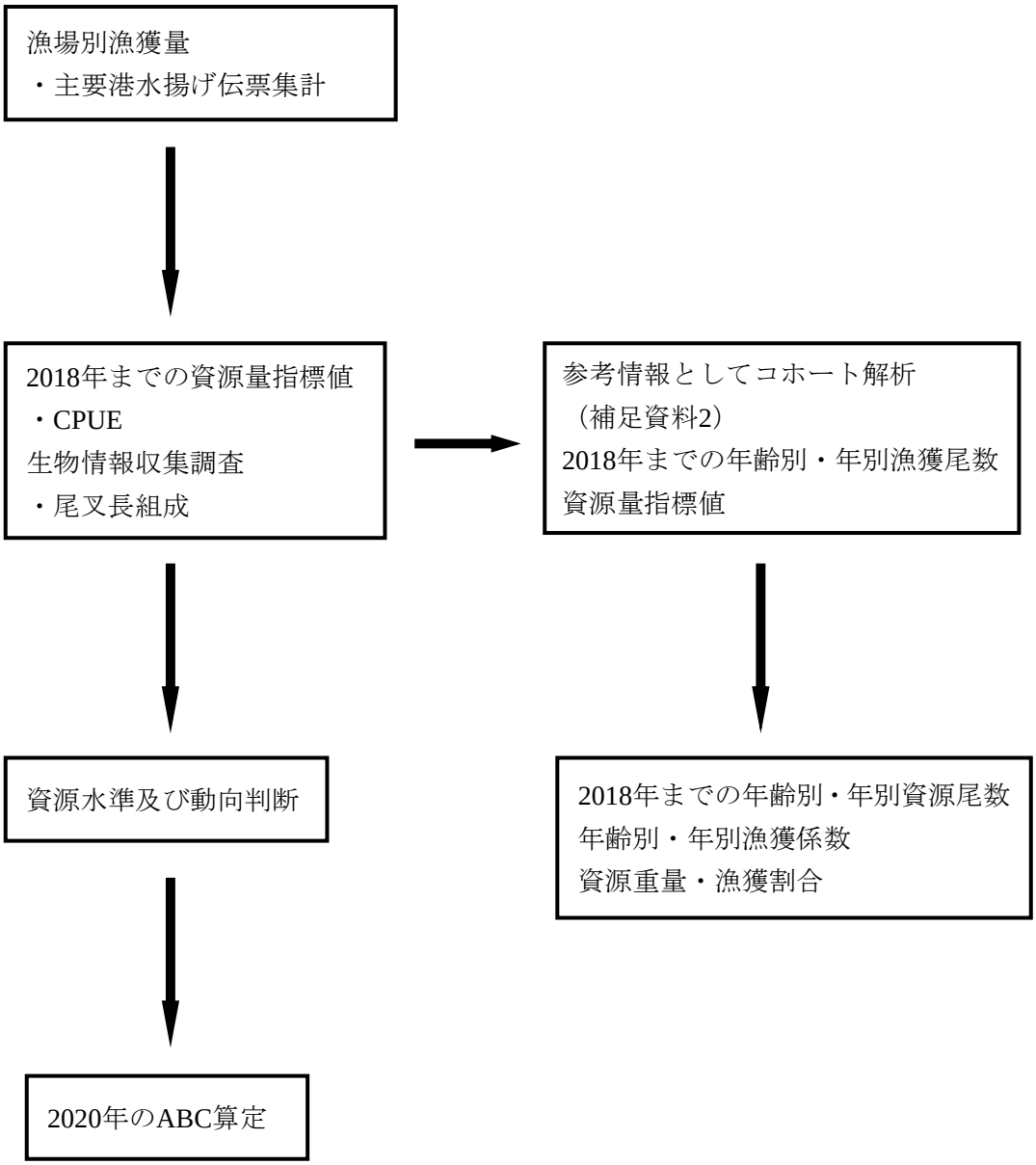
表3. 鹿児島県と沖縄県におけるマチ類4種の漁獲量（トン）

	アオダイ			ハマダイ			ヒメダイ+オオヒメ	ヒメダイ			オオヒメ		
年	鹿児島	沖縄	合計	鹿児島	沖縄	合計	鹿児島	鹿児島	沖縄	合計	鹿児島	沖縄	合計
1999	395	351	746	132	134	266	55	15	162		21	70	
2000	376	279	655	118	87	205	55	31	172		27	80	
2001	339	357	695	122	82	204	41	27	162		23	80	
2002	224	255	479	123	90	213	37	16	188		18	81	
2003	228	267	495	78	66	144	43	44	190		6	62	
2004	264	265	529	77	67	144	33	33	159		5	57	
2005	251	266	516	72	74	146	37	47	177		6	75	
2006	241	228	470	80	100	180	33	26	145		5	59	
2007	197	217	414	83	103	186	41	15	167		5	67	
2008	184	227	411	87	97	184		48	189	237	21	70	91
2009	170	199	369	94	118	212		41	165	206	16	77	93
2010	204	212	416	118	144	262		38	138	176	16	56	72
2011	195	207	402	114	111	225		49	139	188	9	68	77
2012	177	158	335	123	118	241		41	146	187	16	40	56
2013	205	135	340	103	103	206		61	106	167	20	25	45
2014	142	123	265	95	143	238		49	83	132	32	61	93
2015	196	142	338	122	111	233		43	71	114	25	55	80
2016	205	132	336	134	134	268		36	71	107	23	43	66
2017	191	125	316	135	129	263		41	54	94	23	51	74
2018	165	89	253	112	122	234		29	82	112	30	85	114

表4. 八重山漁協所属船によるマチ類4種の漁獲量（トン）・航海数およびCPUE（kg／航海）

	アオダイ			ハマダイ			ヒメダイ			オオヒメ		
年	漁獲量	航海数	CPUE	漁獲量	航海数	CPUE	漁獲量	航海数	CPUE	漁獲量	航海数	CPUE
1989	42.53	1,214	35.04	68.93	1,701	40.52	21.82	942	23.16	5.89	435	13.54
1990	30.82	1,132	27.23	64.77	1,588	40.79	24.34	893	27.26	9.46	565	16.74
1991	29.26	1,123	26.06	54.10	1,319	41.02	9.64	656	14.69	7.25	469	15.45
1992	24.38	860	28.34	57.34	1,230	46.62	9.98	548	18.22	4.46	373	11.96
1993	23.90	998	23.95	44.39	1,276	34.79	17.00	707	24.05	3.87	333	11.63
1994	24.78	1,127	21.99	58.37	1,502	38.86	12.60	787	16.01	7.03	433	16.24
1995	33.84	1,332	25.40	60.06	1,706	35.20	18.99	989	19.20	3.98	421	9.46
1996	34.91	1,465	23.83	60.52	2,407	25.14	20.30	1,215	16.71	5.96	479	12.45
1997	31.34	1,158	27.07	48.87	1,862	26.25	11.69	821	14.24	6.37	475	13.42
1998	29.73	1,158	25.67	45.51	1,679	27.11	8.17	844	9.68	6.04	449	13.45
1999	22.42	1,042	21.52	41.79	1,925	21.71	8.85	764	11.59	6.11	467	13.09
2000	15.53	861	18.04	27.71	1,337	20.72	11.58	725	15.98	7.88	557	14.15
2001	26.23	1,103	23.78	32.18	1,677	19.19	12.36	914	13.52	6.54	472	13.86
2002	20.24	878	23.05	26.57	1,524	17.43	9.52	713	13.36	5.30	428	12.37
2003	22.48	1,012	22.22	21.54	1,344	16.03	10.30	735	14.01	4.93	351	14.06
2004	14.79	674	21.94	23.72	1,308	18.13	7.81	619	12.62	6.41	344	18.64
2005	9.67	449	21.53	26.44	1,189	22.24	4.27	496	8.61	4.59	262	17.52
2006	13.60	589	23.09	32.78	1,404	23.35	5.97	662	9.02	4.54	280	16.21
2007	11.09	519	21.37	38.35	1,367	28.05	6.16	611	10.08	4.45	284	15.67
2008	14.15	579	24.44	35.79	1,332	26.87	8.86	733	12.09	4.65	401	11.60
2009	12.51	577	21.69	48.70	1,590	30.63	8.54	790	10.81	4.67	350	13.34
2010	11.75	579	20.30	52.16	1,665	31.33	12.64	876	14.43	2.39	205	11.68
2011	17.40	713	24.41	41.88	1,569	26.69	20.27	993	20.42	3.61	253	14.28
2012	9.00	517	17.40	39.36	1,486	26.49	12.43	824	15.08	3.47	253	13.71
2013	5.03	348	14.46	29.51	1,222	24.14	6.52	570	11.43	3.45	253	13.65
2014	5.38	311	17.29	41.49	1,275	32.54	6.10	569	10.72	2.77	220	12.61
2015	3.69	290	12.72	28.47	1,072	26.56	4.81	447	10.76	2.51	193	12.99
2016	2.31	211	10.94	37.37	1,091	34.25	4.49	421	10.67	1.96	138	14.19
2017	5.47	298	18.37	38.75	1,028	37.69	4.88	467	10.45	1.48	116	12.75
2018	4.96	360	13.77	37.10	1,205	30.79	6.54	547	11.96	1.98	184	10.77

補足資料1　資源評価の流れ



補足資料2　資源計算方法

鹿児島県と沖縄県の漁獲統計を用いて、アオダイとハマダイでは2004～2018年、ヒメダイとオオヒメでは両種が殆どの地域で区分された2008～2018年においてコホート解析し、それぞれの種における資源量を計算した。現在マチ類の資源尾数推定は、以下の2点の問題を内包している。

（1）マチ類は年齢査定が困難で、精度の高いAge-length keyが得られていないため、年齢別尾叉長組成は、現在までに得られている成長式の切断法を用いて作成した。

（2）使用したデータは2004～2018年の15年分（アオダイ、ハマダイ）もしくは2008～2018年の11年分（ヒメダイ、オオヒメ）であるが、マチ類のように長寿命でかつ成熟が遅い魚種に対してはさらなるデータの蓄積が必要である。

計算にあたり、尾叉長（FL、cm）－体重（BW、g）の換算はUehara et al.（2018）に従い、以下の式を用いた。

・アオダイ　$BW=0.0159 \times FL^{3.06}$
・ハマダイ　$BW=0.0220 \times FL^{2.93}$
・ヒメダイ　$BW=0.0093 \times FL^{3.19}$
・オオヒメ　$BW=0.0239 \times FL^{2.92}$

自然死亡係数Mは、田内・田中の式（田中 1960）に従い、M=2.5/寿命により求めた。なお、マチ類はいずれの種も長寿命であり、種の正確な寿命は不明であるため、自然死亡係数の妥当性も不明であることから、自然死亡係数を変えたときに資源計算の結果がどう変化するかを検討し、補足資料3に示した。

（1）資源尾数の計算

年齢別漁獲尾数は漁獲物の尾叉長組成から推定した。年齢別資源尾数は生残の式（1、2）および漁獲方程式（3）に基づくコホート解析により計算した。

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

$$N_{a+,y+1} = N_{a+,y}e^{(-F_{a+,y}-M)} + N_{a,y}e^{(-F_{a,y}-M)} \quad (2)$$

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

（Nは資源尾数、Cは漁獲尾数、aは年齢、yは年）

Fの計算は石岡・岸田（1985）の反復式を用い、プラスグループの資源尾数は平松（2000）に従った。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、2018年のFは過去3年間の平均値とした。ただし、ハマダイにおける2018年のFは過去5年間の平均値、オオヒメのFは過去10年間の平均値とした。

（2）チューニングVPA

資源尾数を計算した後、八重山漁協所属船のCPUE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、2018年の年齢別選択率が過去3年（2016～2018年）の

平均であるとして計算した。

最小　$\sum_{y=2004}^{2018}\left\{\ln\left(q\cdot B_y\right)-\ln\left(CPUE_y\right)\right\}^2$　　アオダイ、ハマダイ

最小　$\sum_{y=2008}^{2018}\left\{\ln\left(q\cdot B_y\right)-\ln\left(CPUE_y\right)\right\}^2$　　ヒメダイ、オオヒメ

$q=\left(\frac{\prod_{y=2004}^{2018}\left(CPUE_y\right)}{\prod_{y=2004}^{2018}B_y}\right)^{\frac{1}{15}}$　　アオダイ、ハマダイ

$q=\left(\frac{\prod_{y=2008}^{2018}\left(CPUE_y\right)}{\prod_{y=2008}^{2018}B_y}\right)^{\frac{1}{11}}$　　ヒメダイ、オオヒメ

ここでBは資源量、CPUEは八重山漁協所属船のCPUEを示す。

1. アオダイ

耳石輪紋の解析結果から、アオダイは50年以上生きると考えられている（増田ほか 2012）ため、ここでは寿命を50歳と仮定し、自然死亡係数Mを0.05として計算した。アオダイは、0歳魚の漁獲がほとんどないため、加入年齢を1歳とし、資源量は1歳魚以降について求めた。

（1）漁獲物の年齢構成

2004～2018年の年齢別漁獲尾数を推定した（補足図2-1、補足表2-1）。漁獲の中心は、2004～2010年に1～3歳魚であったが、2011～2014年には2～3歳魚になり、2015年以降には3歳魚以上になった。

（2）資源量の推移

年齢別漁獲尾数を元に資源量と漁獲割合を計算した（補足図2-2、補足表2-2）。1歳以上の資源量は、2004～2005年には1,500トンを超えたがその後漸減し、2016年以降には1,000トン未満に減少した。漁獲割合は、2004～2018年の期間中、26～36%で増減を繰り返している。

親魚量は、2004～2016年に、466～597トンで推移していたが、2017年以降に減少し、2018年は316トンであった（補足図2-3）。加入尾数は2004年の117万尾から減少を続け、2013年以降は50万尾を下回った。

再生産成功率は、2005～2007年に減少し、その後2012年まで概ね横ばいであったが、2012～2016年に再び減少し、2017～2018年にはわずかに増加した（補足図2-4）。

（3）資源と漁獲の関係

年齢別選択率を一定（2016～2018年の平均）として、2018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）を計算した（補足図2-5）。Fcurrent（2018年の平均F=0.47）は、Fmax（0.14）、F30%SPR（0.08）、F0.1（0.06）よりかなり高い値を示した。

2. ハマダイ

ハマダイの耳石輪紋は判別が難しいため、寿命に関する知見は少ないが、沖縄県水産海

洋技術センターでハマダイの耳石を解析した結果、輪紋の最大数は約55本であった。年輪の読み取り個体が増えれば、さらに高齢な個体も出現すると考えられるため、本種の寿命を60年と仮定し、自然死亡係数Mを0.042として計算した（海老沢ほか 2009）。ただし、小型若齢時における自然死亡率は、これより高いと考えられるため、3歳から1歳まで年齢が若くなるにつれて自然死亡係数を2倍ずつ増加させた（海老沢ほか 2009）。すなわち、1歳でM=0.333、2歳でM=0.167、3歳でM=0.083、4歳以上でM=0.042とした。加入年齢を1歳とし、資源量は1歳魚以降について求めた。

（1）漁獲物の年齢構成

2004～2018年の年齢別漁獲尾数を推定した（補足図2-6、補足表2-3）。漁獲の中心は、2～3歳であったが、2009年以前は1歳魚も多く漁獲されていた。

（2）資源量の推移

年齢別漁獲尾数を元に資源量と漁獲割合を計算した（補足図2-7、補足表2-4）。1歳以上の資源量は、2004年の410トンから増加して、2009～2018年には623～722トンになり、概ね横ばいで推移している。漁獲割合は2004～2018年の期間中、32～39%で推移している。

親魚量は2004～2007年に大幅に減少し、その後上昇し続けていたが、2018年にわずかに減少した（補足図2-8）。加入量は2004～2009年に増加傾向にあったが、2010～2011年に大きく減少し、その後2013年にかけて再び増加したが、以降再び減少した。2018年は大きく増加した。

再生産成功率は2008年まで大きく増加したものの、2009～2011年に減少、2013年までわずかに増加し、その後再び減少した（補足図2-9）。2018年は増加した。

（3）資源と漁獲の関係

2018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）を計算した（補足図2-10）。Fcurrent（2018年の平均F=0.38）は、Fmax（0.08）、F30%SPR（0.06）、F0.1（0.05）のいずれよりもかなり高い値を示した。

3. ヒメダイ

耳石輪紋の解析結果から、鹿児島海域におけるヒメダイの最高齢は雌で18歳、雄で38歳と推定された（増田ほか 2008）が、沖縄海域では雌雄ともに30歳以上の個体が確認されていることから（上原ほか 未発表）、ここでは寿命を30歳と仮定し、自然死亡係数Mを0.083として計算した。ヒメダイは、他の3種と異なり、0歳魚から漁獲されているため、加入年齢を0歳とし、資源量は全年齢について求めた。

（1）漁獲物の年齢構成

2008～2018年の年齢別漁獲尾数を推定した（補足図2-11、補足表2-5）。漁獲の中心は1～4歳魚であった。2008～2010年には0歳魚も多く漁獲され、2011年以降には少なくなったが、2017～2018年には再び0歳魚の漁獲が増えた。

（2）資源量の推移

年齢別漁獲尾数を元に資源量と漁獲割合を計算した（補足図2-12、補足表2-6）。資源量は2008年の1,039トンから減少を続けたが、2014年以降は700トン前後で推移している。漁獲割合は、2008～2013年まで19～23%であったが、2014年以降は14～18%減少した。

親魚量は2008年の768トンから徐々に減少し、2014年以降は523～562トンで推移している（補足図2-13）。加入量は2008年の65万尾から減少を続け、2015年に27万尾になった。2017・2018年の加入量は、0歳魚が多く漁獲されたことにより多く推定された。

再生産成功率は2008年から2015年にかけて減少したが、2017・2018年は高く推定された（補足図2-14）。

（3）資源と漁獲の関係

2018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）を計算した（補足図2-15）。Fcurrent（2018年の平均F=0.20）は、Fmax（0.20）と同程度、F30%SPR（0.14）、F0.1（0.09）よりも高い値を示した。

4. オオヒメ

耳石輪紋の解析結果から、鹿児島海域におけるオオヒメの最高齢は7歳と推定された（増田ほか 2008）が、海外では40年以上生きることが報告されており（Andrews et al. 2012）、沖縄海域でも雌雄ともに25歳以上の個体が確認されていることから（上原ほか 未発表）、ここでは寿命を25歳と仮定し、自然死亡係数Mを0.10として計算した。オオヒメは、0歳魚の漁獲がほとんどないため、加入年齢を1歳とし、資源量は1歳魚以降について求めた。

（1）漁獲物の年齢構成

2008～2018年の年齢別漁獲尾数を推定した（補足図2-16、補足表2-7）。漁獲の中心は2～4歳魚であったが、2008～2010、2012～2014、2018年には1歳魚も多かった。

（2）資源量の推移

年齢別漁獲尾数を元に資源量と漁獲割合を計算した（補足図2-17、補足表2-8）。資源量は2008～2015年に340～392トンで推移したが、その後減少し、2018年は269トンであった。漁獲割合は、2009年の24%から減少し、2013年に12%になった。その後上昇して2018年は42%であった。

親魚量は2008～2015年に291～336トンで推移したが、その後減少し、2018年は239トンであった（補足図2-18）。加入量は2008年から2011年にかけて減少した後、2012～2014年に増加、2015年に減少した後、おおむね横ばいで推移している。

再生産成功率は2011年まで減少、2013年まで増加し、2014～2015年に再び減少した。2015年以降はわずかな増加傾向にある（補足図2-19）。

（3）資源と漁獲の関係

2018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）を計算した（補足図2-20）。Fcurrent（2018年の平均F=0.76）

は、Fmax（0.26）、F30%SPR（0.14）、F0.1（0.16）のいずれよりもかなり高い値を示した。

引用文献

Andrews, A. H., DeMartini, E. E., Brodziak, J., Nichols, R. S. and Humphreys, R. L. (2012) A long-lived life history for a tropical, deepwater snapper (*Pristipomoides filamentosus*): bomb radiocarbon and lead–radium dating as extensions of daily increment analyses in otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **69**, 1850-1869.

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. 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.

平松一彦 (2001) 3. 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―, 日本水産資源保護協会, 104-128.

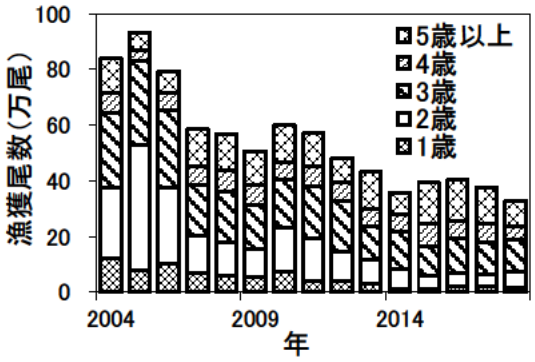
石岡清英・岸田　達 (1985) コホート解析に用いる漁獲方程式の解法とその精度の検討. 南西水研報, **19**, 111-120.

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.

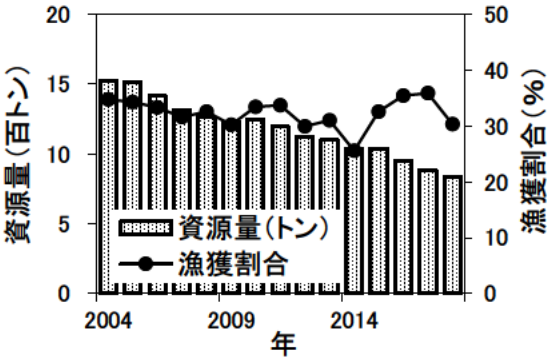
増田育司・片山雅子・浅野龍也・入野敬介・久保　満・神野公広・宍道弘敏・斉藤真美 (2012) 薩南諸島周辺海域におけるアオダイの年齢と成長. 2012年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 13.

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

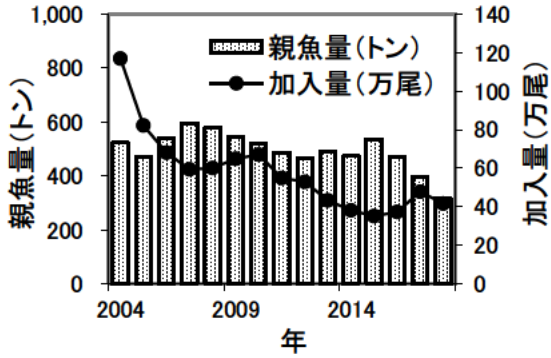
Uehara, M., Ebisawa and A., Ohta, I. (2018) Reproductive traits of deep-sea snappers (Lutjanidae): Implication for Okinawan bottomfish fisheries management. Reg. Stud. Mar. Sci., **17**, 112-126.



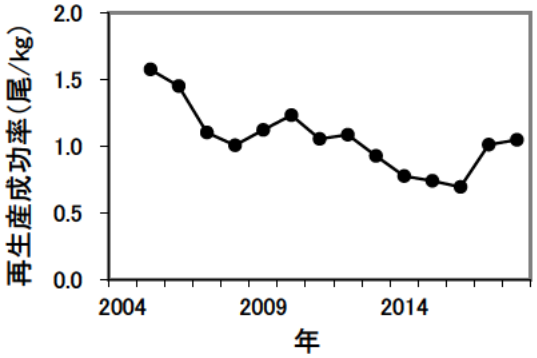
補足図2-1.　アオダイの年齢別漁獲尾数



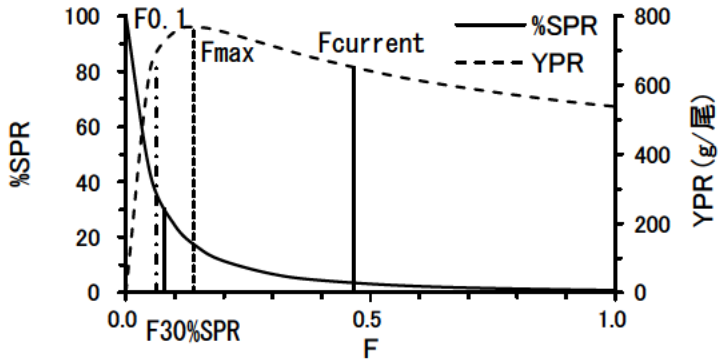
補足図2-2.　アオダイの資源量と漁獲割合



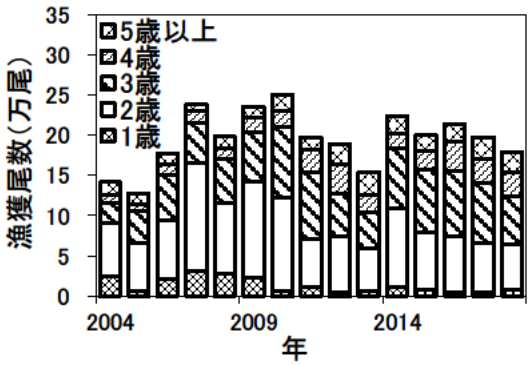
補足図2-3.　アオダイの親魚量と加入尾数



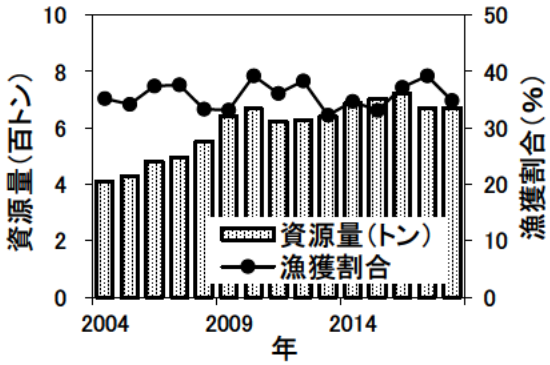
補足図2-4.　アオダイの再生産成功率



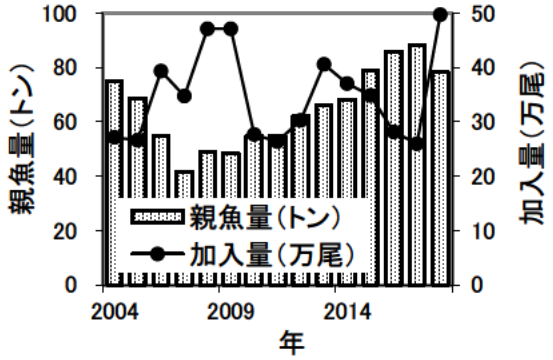
補足図2-5.　アオダイのSPRとYPR



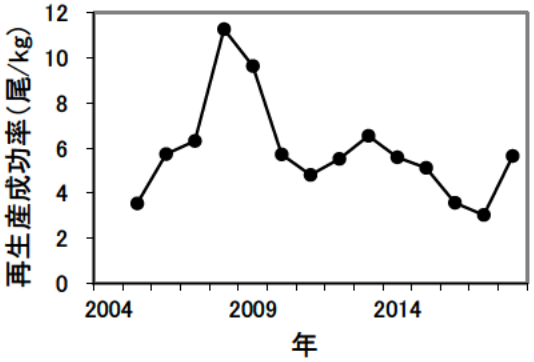
補足図2-6.　ハマダイの年齢別漁獲尾数



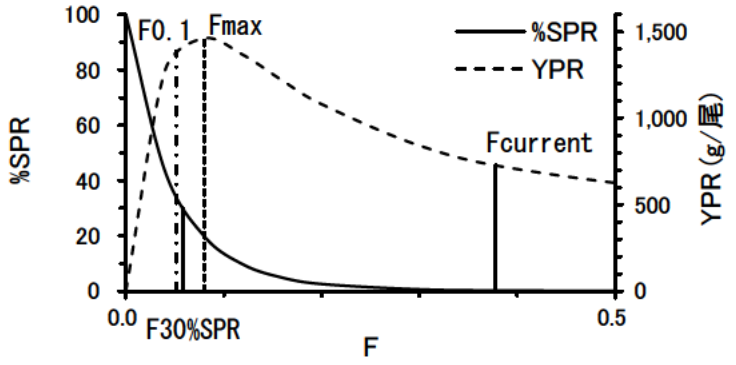
補足図2-7.　ハマダイの資源量と漁獲割合



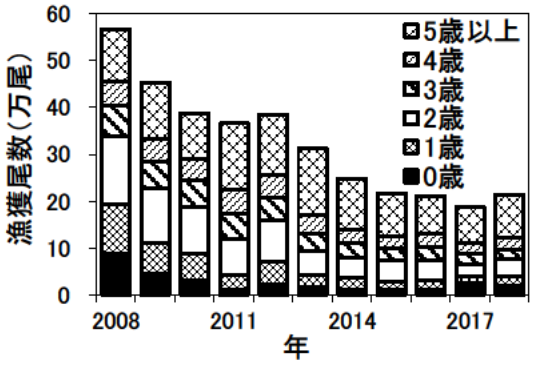
補足図2-8.　ハマダイの親魚量と加入尾数



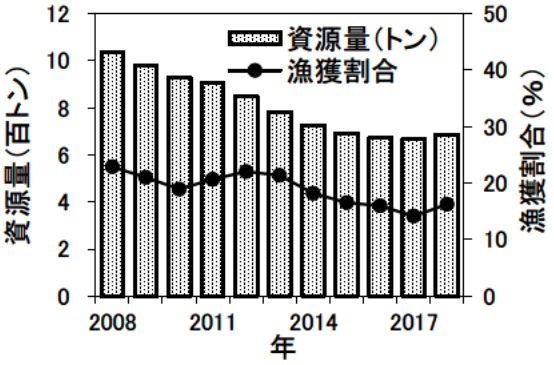
補足図2-9.　ハマダイの再生産成功率



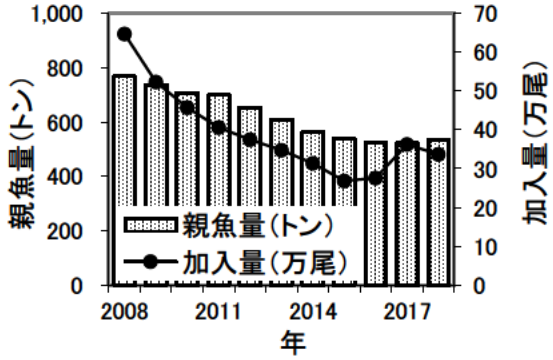
補足図2-10.　ハマダイのSPRとYPR



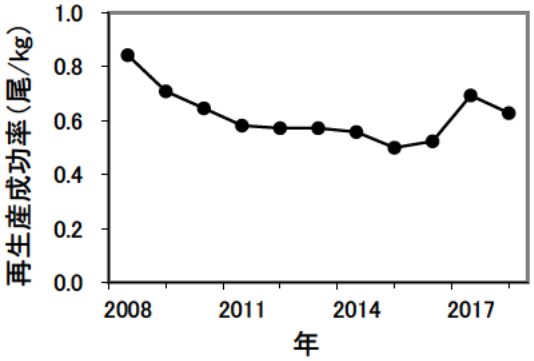
補足図2-11.　ヒメダイの年齢別漁獲尾数



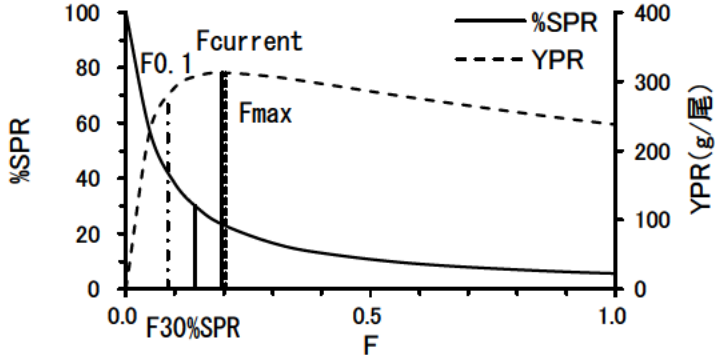
補足図2-12.　ヒメダイの資源量と漁獲割合



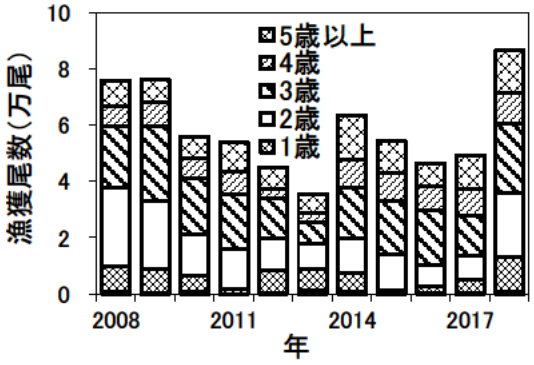
補足図2-13.　ヒメダイの親魚量と加入尾数



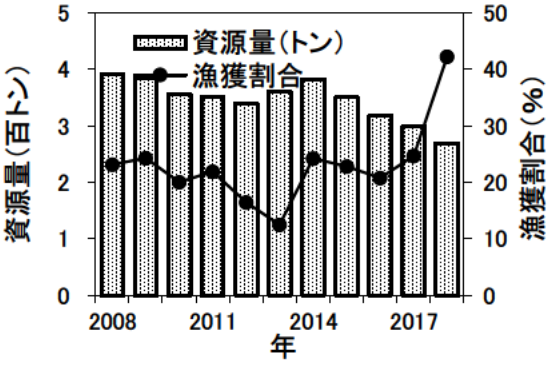
補足図2-14.　ヒメダイの再生産成功率



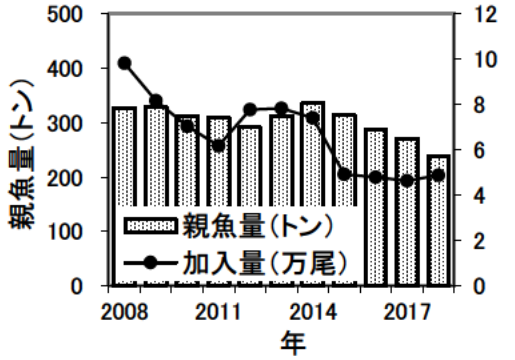
補足図2-15.　ヒメダイのSPRとYPR



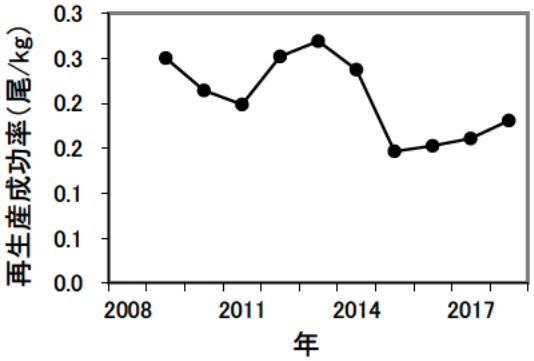
補足図2-16.　オオヒメの年齢別漁獲尾数



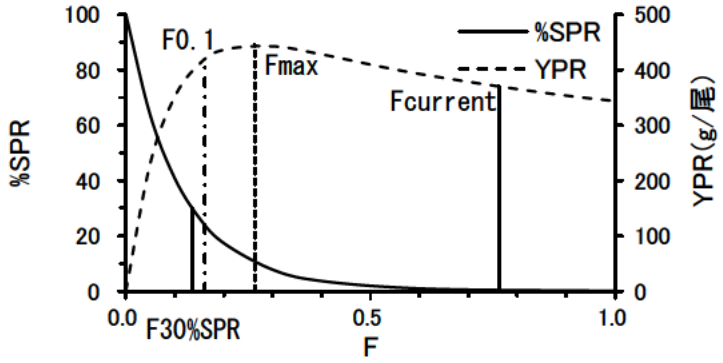
補足図2-17.　オオヒメの資源量と漁獲割合



補足図2-18.　オオヒメの親魚量と加入尾数



補足図2-19.　オオヒメの再生産成功率



補足図2-20.　オオヒメのSPRとYPR

補足表2-1.　アオダイの年齢別漁獲尾数（単位：千尾）

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	122	80	103	69	60	52	72	42	41	31	12	12	20	21	19
2歳	255	448	270	131	120	103	157	154	103	85	73	46	48	45	57
3歳	266	303	279	184	181	157	172	184	186	123	134	109	124	114	112
4歳	71	38	64	68	74	70	65	74	64	61	60	78	65	64	51
5歳	47	18	32	49	52	49	47	47	41	47	34	66	58	50	38
6歳	33	16	18	35	36	35	34	30	23	37	20	43	44	38	25
7歳	13	8	6	13	13	13	14	12	8	15	7	14	15	14	8
8歳	11	5	6	10	9	9	11	9	5	11	5	9	11	11	7
9歳以上	23	12	15	24	23	18	26	19	12	22	11	17	17	20	12

補足表2-2.　アオダイの年齢別資源重量（単位：トン）

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	321	236	191	155	159	169	180	155	140	120	102	94	98	122	112
2歳	355	437	307	240	215	225	245	248	213	203	171	155	144	148	193
3歳	283	326	322	261	254	230	248	247	251	231	231	193	188	170	178
4歳	137	140	174	180	175	166	157	169	158	161	184	177	144	130	115
5歳	109	86	122	135	137	126	119	114	118	117	122	150	123	99	84
6歳	87	70	75	100	96	94	85	79	74	86	76	98	93	72	54
7歳	58	52	53	58	62	56	55	48	47	50	44	57	50	43	28
8歳	49	41	42	47	41	46	39	37	33	37	30	36	39	30	25
9歳以上	124	122	128	137	125	112	115	94	88	92	77	80	71	66	48

補足表2-3.　ハマダイの年齢別漁獲尾数（単位：千尾）

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	24	6	20	31	27	23	5	11	5	6	11	7	4	4	8
2歳	67	60	74	134	88	120	117	59	68	53	98	72	71	62	56
3歳	25	39	56	51	55	60	89	84	55	45	74	77	82	75	60
4歳	9	8	15	14	15	19	20	27	36	22	18	24	36	29	30
5歳	7	5	5	5	8	8	11	9	16	16	12	9	12	15	15
6歳	3	3	2	1	2	2	3	3	4	6	5	4	4	5	5
7歳	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	2
8歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1
9歳	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
10歳	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
11歳	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19歳以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足表2-4.　ハマダイの年齢別資源重量（単位：トン）

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	81	85	118	96	138	142	83	77	91	131	112	106	90	77	139
2歳	88	101	105	151	122	182	198	114	108	119	172	152	148	122	103
3歳	48	73	98	93	110	113	160	176	118	97	136	165	162	151	122
4歳	36	34	47	54	57	71	73	101	119	84	68	84	113	103	99
5歳	35	27	26	29	41	43	51	51	75	76	61	49	59	70	71
6歳	26	22	18	17	23	28	31	31	39	46	45	40	36	38	42
7歳	23	19	16	14	16	19	25	23	26	30	33	35	32	27	25
8歳	19	15	13	11	12	12	16	17	17	18	21	25	26	23	17
9歳	13	13	9	8	8	8	9	11	12	11	12	15	17	18	13
10歳	11	10	8	5	7	6	7	6	7	8	7	10	12	13	11
11歳	7	8	5	4	5	5	4	5	4	5	5	6	8	8	8
12歳	6	6	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5	5	6	6
13歳	4	4	3	2	3	3	2	2	2	3	2	3	4	4	4
14歳	3	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	3	2
15歳	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2
16歳	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2
17歳	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
18歳	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1
19歳以上	3	4	3	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	3	3

補足表2-5.　ヒメダイの年齢別漁獲尾数（単位：千尾）

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	87	46	30	10	22	16	11	10	10	25	18
1歳	105	65	57	33	48	25	24	19	19	13	22
2歳	147	115	101	77	87	53	45	43	45	28	36
3歳	65	58	55	52	49	35	29	27	28	21	21
4歳	52	50	46	52	49	41	31	27	27	23	24
5歳	39	39	35	44	40	38	28	23	23	20	22
6歳	27	29	24	34	31	31	24	20	18	16	20
7歳	17	20	15	24	23	24	18	15	14	13	17
8歳	11	13	10	16	15	17	13	11	10	9	12
9歳以上	17	19	14	24	20	31	25	21	15	18	22

補足表2-6.　ヒメダイの年齢別資源重量（単位：トン）

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	137	111	91	91	82	76	70	58	61	69	66
1歳	179	158	134	121	112	99	94	86	73	75	95
2歳	186	169	158	135	127	112	106	100	92	78	82
3歳	144	137	133	127	112	100	97	95	89	80	71
4歳	120	116	112	109	105	91	85	86	84	77	72
5歳	86	94	91	90	83	80	70	70	73	71	67
6歳	64	65	73	72	65	61	59	55	58	61	60
7歳	42	47	47	58	51	46	42	44	43	47	51
8歳	28	30	33	36	42	35	29	29	34	33	38
9歳以上	53	56	56	69	69	83	74	67	66	78	86

補足表2-7.　オオヒメの年齢別漁獲尾数（単位：千尾）

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	9	9	6	2	8	8	7	1	2	5	12
2歳	28	24	15	14	11	9	12	13	8	9	23
3歳	22	27	20	19	14	8	18	19	19	14	25
4歳	7	9	7	8	4	3	10	10	8	9	11
5歳	3	3	2	3	3	2	5	4	3	4	5
6歳	2	2	2	2	2	1	4	3	2	3	3
7歳	1	1	1	2	1	1	3	2	1	2	2
8歳	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
9歳以上	3	2	2	3	2	2	4	2	2	3	4

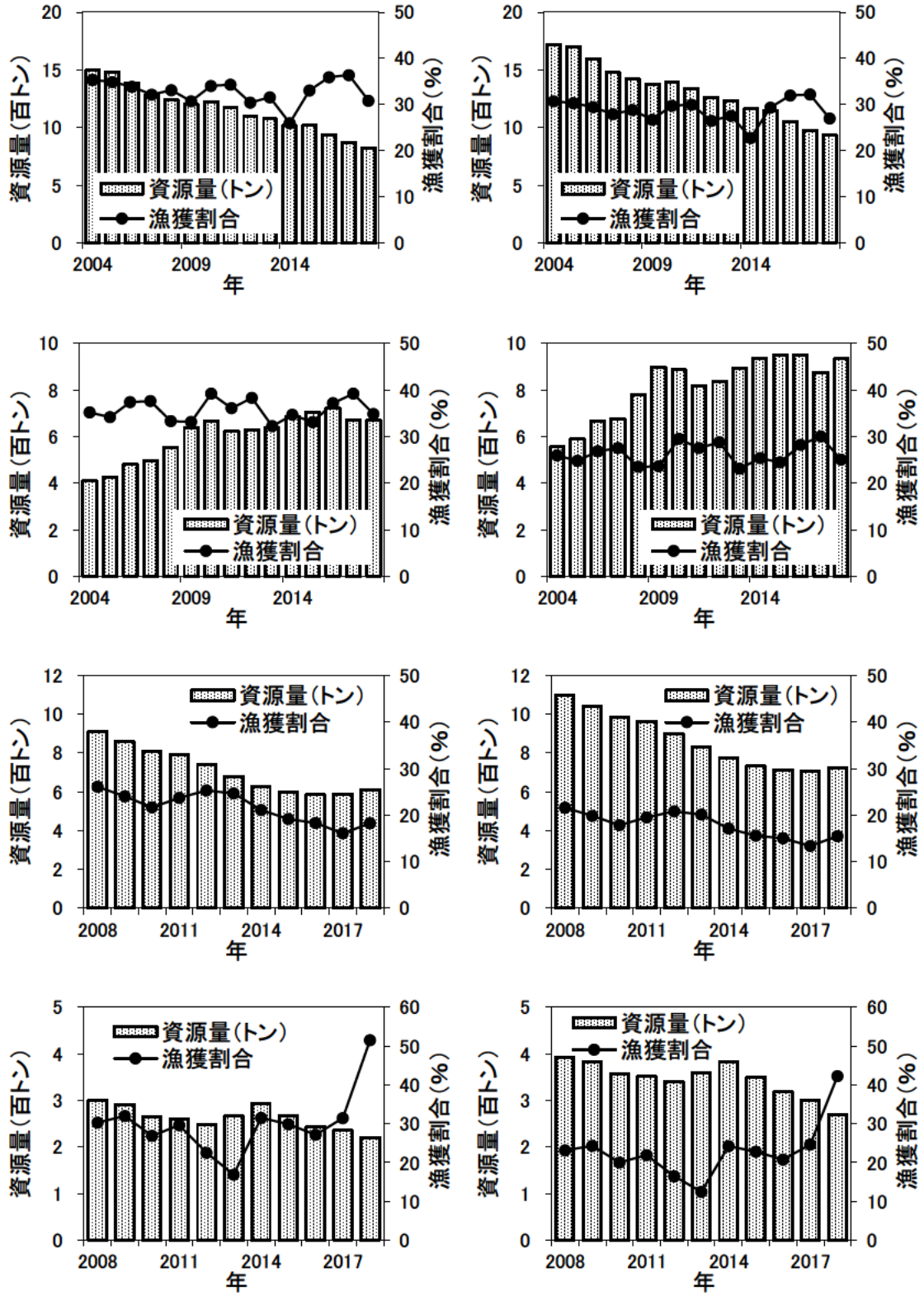
補足表2-8.　オオヒメの年齢別資源重量（単位：トン）

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1歳	51	42	35	33	40	38	36	27	23	24	25
2歳	77	71	57	52	46	53	55	54	39	35	32
3歳	59	68	63	58	50	48	61	58	55	41	37
4歳	39	36	40	43	38	36	46	43	39	34	25
5歳	28	28	22	29	31	33	32	30	27	26	19
6歳	21	22	23	18	23	26	30	23	23	22	18
7歳	16	17	19	20	13	19	23	22	18	19	16
8歳	13	13	14	16	15	10	17	16	18	14	14
9歳以上	88	86	84	83	84	97	82	77	78	86	83

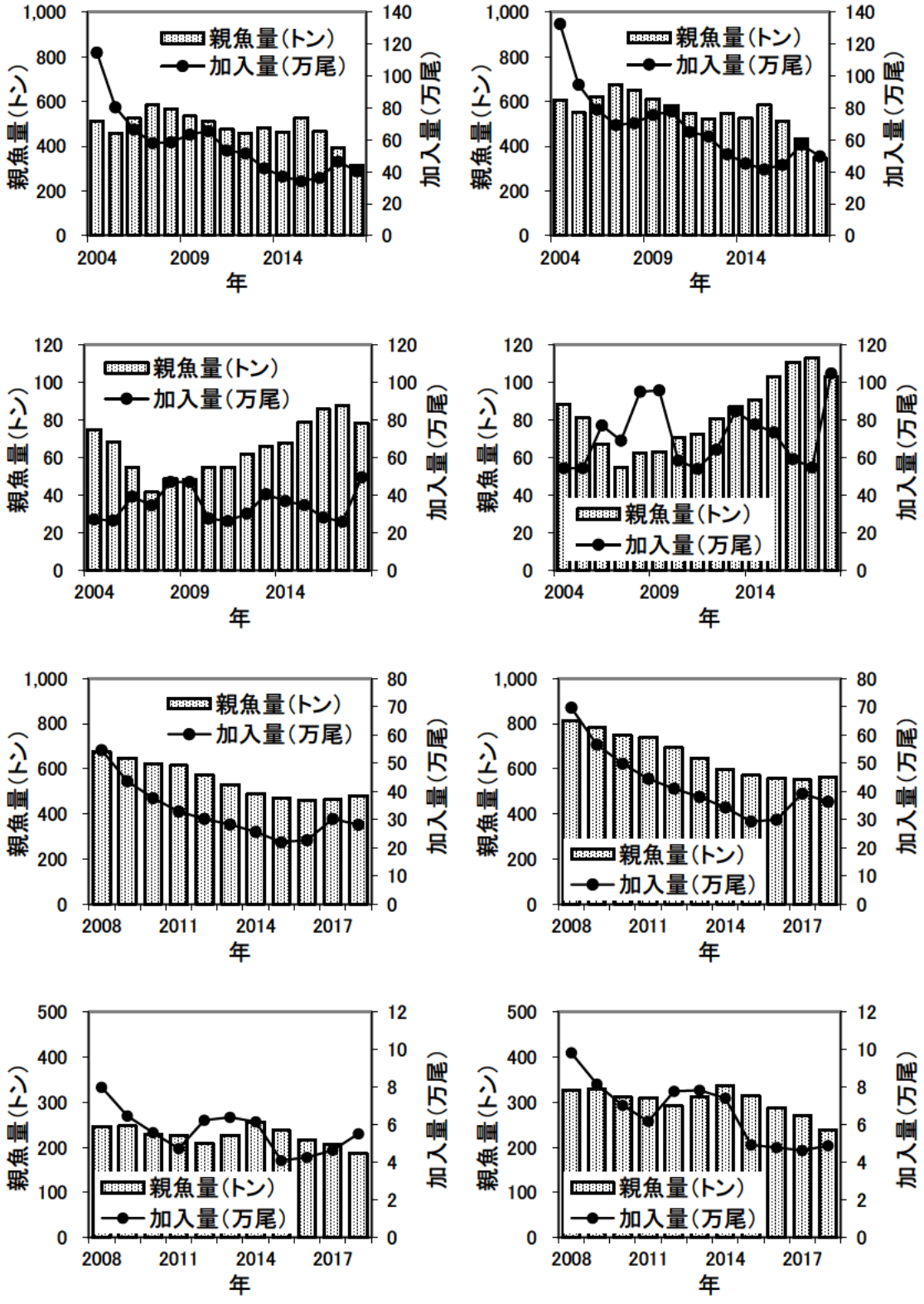
補足資料3　資源計算で用いる自然死亡係数の検討

補足資料2の資源計算におけるマチ類の自然死亡係数は、田内・田中の式（田中 1960）「M=2.5/寿命」を用いて推定している。しかし、マチ類はいずれの種も長寿命であるため、これまでに報告のある最高齢記録が、種の寿命を正確に表しているかは不明であり、同時に自然死亡係数の妥当性も不明である。そこで、マチ類4種で仮定している自然死亡係数（0.05、0.042、0.083、0.10）の最小値（0.042）と最大値（0.10）を各種に適用し、自然死亡係数を変えたときに資源計算の結果がどう変化するかを検討した。

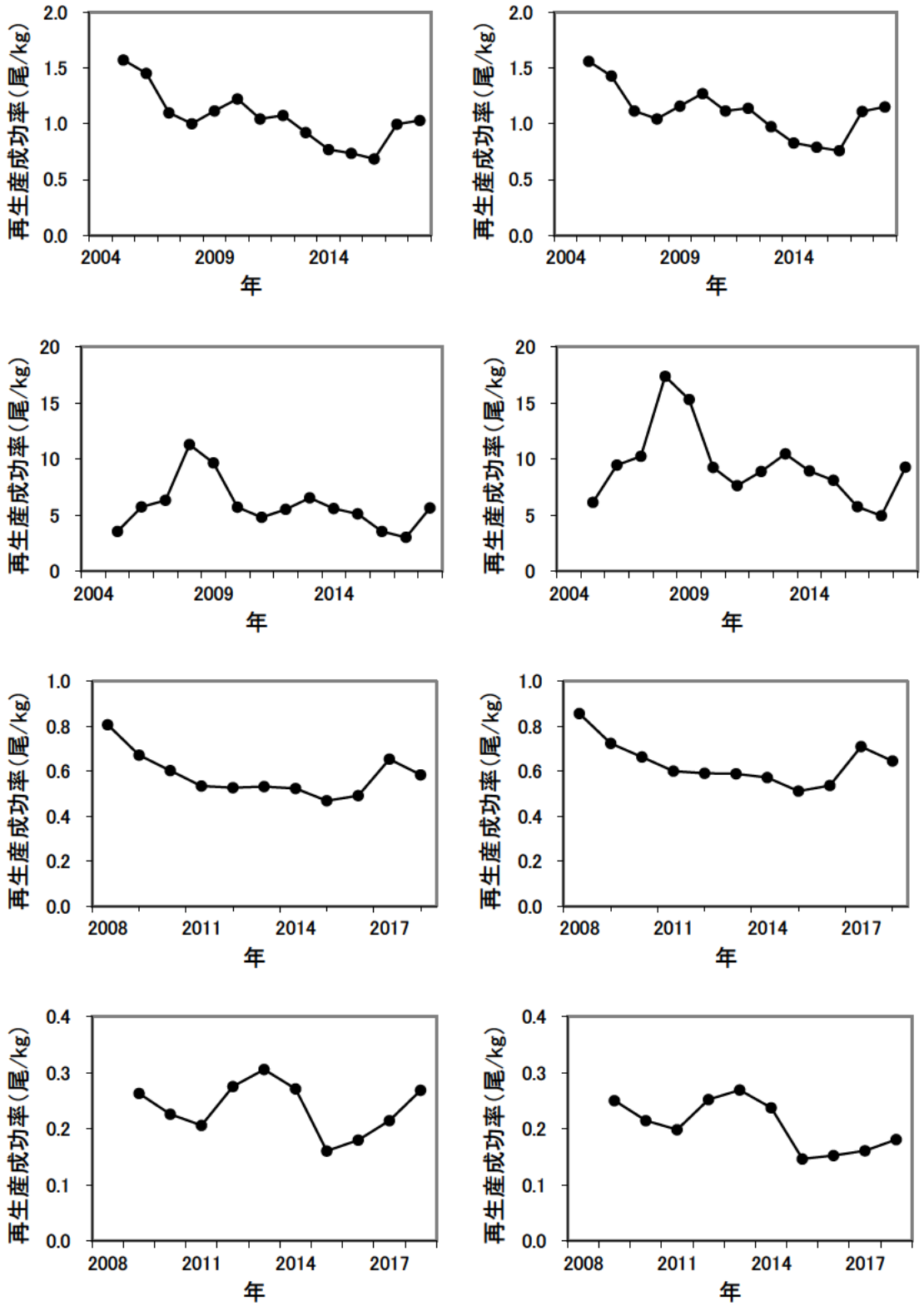
いずれの種でも、自然死亡係数が大きい時に推定資源量、推定親魚量、推定加入量は多く、漁獲割合は小さくなった（補足図3-1、3-2）。再生産成功率は、自然死亡係数が大きい時に、ハマダイでは大きくなったが、他3種での変化はわずかであった（補足図3-3）。いずれの場合も変動傾向には大きな変化がなかったため、資源動向判断等に用いることになっても、自然死亡係数の変化による大きな影響はないと考えられた。再生産成功率において、ハマダイでのみ大きな差が表れたのは、1～3歳の自然死亡係数を1歳若くなるごとに2倍ずつ増加させているため、加入年齢時点で自然死亡係数の差が大きくなっているからである。SPRとYPR曲線においては、いずれの種でも、自然死亡係数が大きい時に、Fcurrentは小さく、Fmaxは大きくなり、ヒメダイでは両値の大小が逆転した（補足図3-4）。いずれの種でも、年齢査定する個体数を増やして最高齢が更新されると、自然死亡係数は小さくなるため、Fcurrentは大きく、Fmaxは小さくなる可能性がある。いずれの種でも、自然死亡係数が大きい時にF30%SPRとF0.1はわずかに大きくなった。



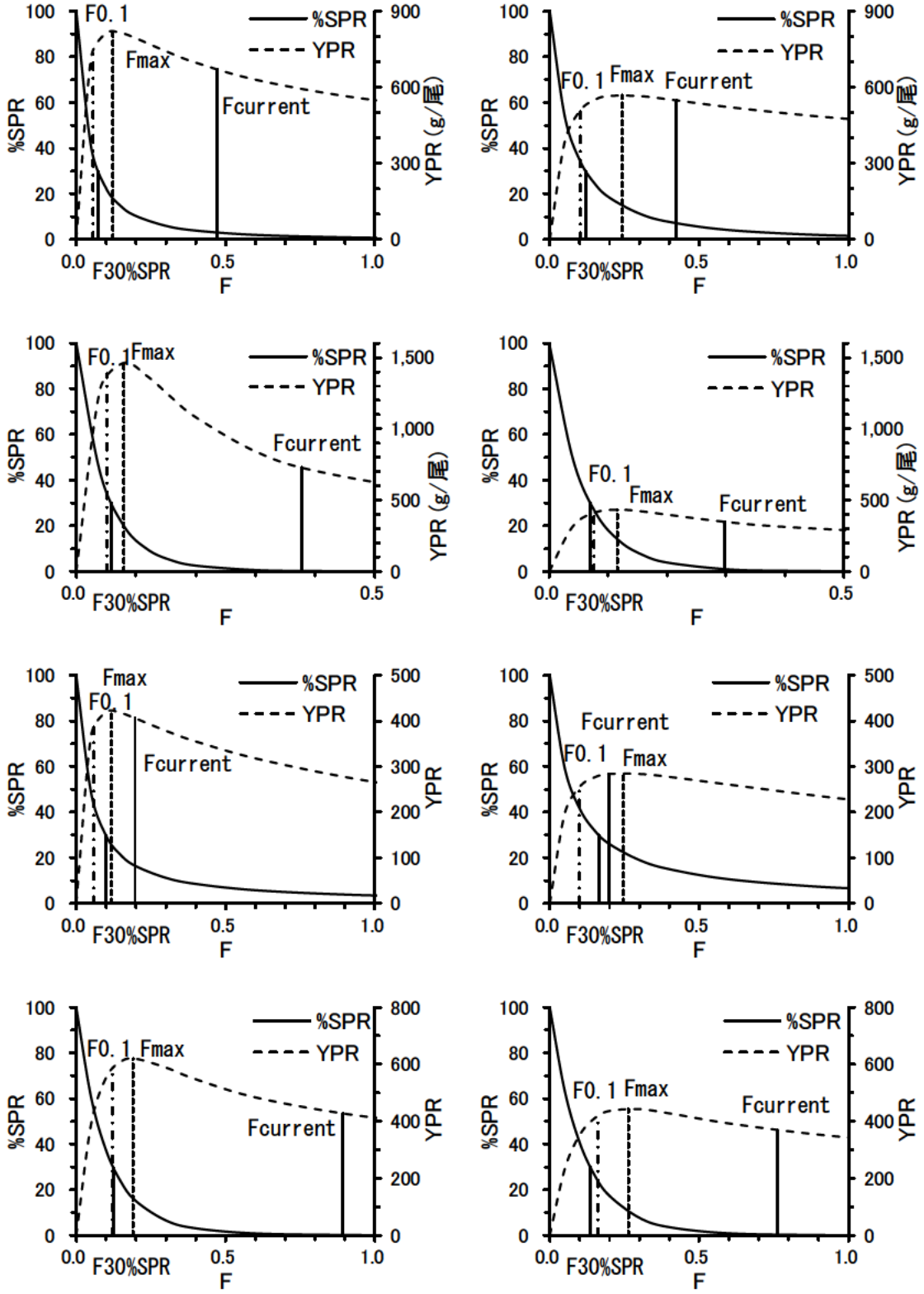
補足図3-1.　異なる自然死亡係数を仮定して推定した資源量と漁獲割合　上からアオダイ、ハマダイ、ヒメダイ、オオヒメ（左：M=0.042、右：M=0.100）



補足図3-2.　異なる自然死亡係数を仮定して推定した親魚量と加入尾数　上からアオダイ、ハマダイ、ヒメダイ、オオヒメ（左：M=0.042、右：M=0.100）



補足図3-3.　異なる自然死亡係数を仮定して推定した再生産成功率　上からアオダイ、ハマダイ、ヒメダイ、オオヒメ（左：M=0.042、右：M=0.100）



補足図3-4.　異なる自然死亡係数を仮定して推定したSPRとYPR　上からアオダイ、ハマダイ、ヒメダイ、オオヒメ（左：M=0.042、右：M=0.100）