

沖縄島周辺海域におけるイセエビ類・セミエビ類の 漁獲状況, 繁殖生態及び資源管理策 (沖縄沿岸域の総合的な利活用推進事業)

太田 格*, 上原匡人

Fisheries and reproductive biology of spiny and slipper lobsters around the Okinawa Islands: Implication for fisheries management

Itaru OHTA*, Masato UEHARA

本研究は、沖縄島におけるイセエビ類、セミエビ類について、漁獲統計データの解析と市場での漁獲物調査により、①漁獲実態と動向、②漁獲サイズ、③繁殖生態を把握するとともに、既往知見も加えて、資源管理策を検討することを目的に実施した。イセエビ類では顕著な資源の減少傾向はないものの、漁獲量は低位であり、セミエビ類、ゾウリエビ類では、どちらも顕著な資源の減少傾向が見られた。また、漁獲量及び平均単価の季節変動を調べた結果、イセエビ類では、解禁後の7月に漁獲が最も多く、次第に減少すること、平均単価は漁獲量と負の相関関係があること、活エビが、死エビに比べて平均1.6倍平均単価が高いことが分かった。抱卵雌の出現期間、出現サイズから、セミエビの産卵期は5月～9月、50%成熟サイズは88.4 mm CL (CL: 頭甲胸長)と推定され、また、産卵期の漁獲割合は60%、成熟サイズ以下の雌の漁獲割合は、個体数ベースで37%であったことから、産卵期・未成熟個体の漁獲割合が多いことが分かった。カノコイセエビ及びシマイセエビについて、漁獲サイズ組成、既往の成長式等の情報を基に、YPR (加入あたり漁獲量) 及びSPR (加入あたり産卵量) 解析とそのシミュレーションの結果、カノコイセエビでは、現状の漁獲では、再生産に貢献する親を十分に確保できていないこと、両種ともに漁獲開始サイズの引き上げにより、漁獲量及び産卵親エビ量を増大させる可能性があることが示された。これらのことから、イセエビ類、セミエビ類の資源の持続的・合理的な利用に向けた管理策の再検討が必要であると考えられた。

イセエビ類・セミエビ類は、それぞれ甲殻十脚目イセエビ下目イセエビ科、セミエビ科に属し (関口, 2014)、ともに沖縄沿岸海域において、重要な漁獲対象種を含む。主な対象種は、イセエビ科のカノコイセエビとシマイセエビであり、沖縄島北部では、カノコイセエビ65%、シマイセエビ22%、これに次いで、セミエビ科のセミエビ11%、ゾウリエビ2%の割合 (尾数%) で漁獲されている (久保, 2010)。また、近年の沿岸性魚介類の生産額では、イセエビ科で6% (5位)、セミエビ科で2.6% (11位) を占める重要な水産資源となっている (太田他, 未発表)。

イセエビ類については、沖縄県漁業調整規則によって、禁漁期 (4月～6月) と漁獲サイズ制限 (体長18cm以下の採捕禁止) が設けられている。この禁漁期は、繁殖保護を目的に設定されたと考えられるが、沖縄における実際の産卵期を十分にカバーできていないことが指摘されてきた (久保, 2010)。沖縄島のカノコイセエビでは、抱卵個体は3月～9月まで出現し、産卵盛期は、4月～7月である (久保, 2011)。一方、八重山諸島のシマイセエビでは、抱卵個体は周年出現し、4月～10月までは抱卵率が40%を超える (久保・太田, 2011)。また、沖縄島のシマイセエビでは、周年のデータが得られていないが、少なくとも、7月～8月は抱卵率が70%

以上を超えることが報告されている (久保, 2011)。いずれにしても、解禁される7月の抱卵個体が著しく多く、生産現場からは、繁殖保護のための禁漁期の見直しが求められている。

一方、セミエビ類については、漁業調整規則を含め、資源保護のための漁業管理策が一切設定されていない。また、資源生態に関する情報も、イセエビ類に比べ、非常に少ない。イセエビ類・セミエビ類については、近年の需要の増加に伴い、資源の減少が懸念されており、資源の持続的・合理的利用の観点から、管理策の再検討が必要だと思われる。

本研究は、イセエビ類、セミエビ類について、漁獲統計データの解析と市場での漁獲物調査により、①漁獲実態と動向、②漁獲サイズ、③繁殖生態を把握するとともに、既往知見も加えて、資源管理策について検討することを目的とした。特に、知見のなかったセミエビと不足していたシマイセエビの繁殖生態に関する情報をとりまとめた。また、主要対象種のカノコイセエビ、シマイセエビの管理策について、漁獲データと既往の生態情報を基に詳しく検討した。

材料及び方法

1) 漁獲統計

* E-mail : ootaitar@pref.okinawa.lg.jp , 現所属 : 沖縄県農林水産部水産課

沖縄県水産海洋技術センターの漁獲統計データベースから、1989年～2015年の沖縄島周辺各海域の漁獲量、生産額、延べ水揚げ日数を抽出し、それらの年計から、単位努力量あたりの漁獲量 (CPUE)、平均単価を計算した。漁獲統計に記録されたイセエビ類・セミエビ類については、種別の統計値はなく、また取り扱われている名称も市場によって異なる。本稿では、市場によって異なる名称を、イセエビ類、セミエビ類 (主にセミエビ、コブセミエビ含む)、ゾウリエビ類等 (ゾウリエビ、ミナミゾウリエビ、ウチワエビモドキ含む) の3つの分類群に統合して解析した (太田ら, 2016)。ただし、名護漁協の競り名称では、セミエビ類とゾウリエビ類を区別しておらず、セミエビ類にゾウリエビ類が含まれる。

また、主なイセエビ類の水揚げ市場である名護漁協については、2012年1月～2016年3月のイセエビ類の漁獲統計データを用いて、活エビ (生かしたまま漁獲・保存) と死エビ (主に矛突きなどで漁獲したもの) の漁獲割合、単価等の月ごとの変化を調べた。名護漁協市場では、通常の競りの後、活エビ・活魚の競りが行われ、伝票に付される競り番号が6000番台となるため区別が可能である。ここで用いたデータは種は特定できないが、前述したとおり、多くはカノコイセエビ、次いでシマイセエビ、他イセエビ科の全ての種を含む。

2) 漁獲物調査

2014年7月から2016年4月に、沖縄島周辺の9か所 (泊、知念、中城、沖縄市、勝連、与那城、石川、名護) の競り市場において (延べ138日、265カ所)、イセエビ類・セミエビ類を対象とした漁獲物調査を実施した。各市場では、各個体について、種同定、性別判別、繁殖指標の確認を行い、頭甲胸長 (CL) を定規にて1mm単位で測定した (一部1cm単位で測定)。雌については、繁殖活動の指標として、精包・抱卵の有無を記録した (抱卵雌、精包雌)。また、可能な限り、漁法と漁獲海域を確認し、セリ番号を記録した。原則的には、調査毎に可能な限り多くの個体を調査したが、調査目的が、主に繁殖生態とサイズ組成の把握であったため、水揚げの多いカノコイセエビとシマイセエビについては、死エビを中心に測定し、必ずしも全数を測定することはできなかった。よって、調査尾数の割合は、優占するカノコイセエビとシマイセエビについては実際の漁獲尾数割合よりも過小となるが、

その他の種については、調査尾数が概ね種構成比を反映するよう調査した。なお、泊市場には、県内離島や奄美大島の漁獲物も多く水揚げされるが、本稿での解析では、主に沖縄島周辺海域の漁獲物のデータを用いた。セリ番号を記録した個体については、漁獲統計情報から販売単価を照合させて、種別の単価を調査した。

3) 産卵期・成熟サイズの推定

沖縄島産の漁獲物に基づき、産卵期と繁殖活動の変化を調べた。セミエビ類については周年調査を実施したが、イセエビ類については、禁漁期 (4月～6月) 以外の時期の状況を調査した。産卵期は、抱卵雌及び精包雌の出現期とした。繁殖活動の変化を調べるために、月ごとに、成熟サイズ以上の雌に対する抱卵雌の割合を求めた。

セミエビの成熟サイズについては、産卵期のデータを用いて、頭甲胸長階級ごとに、全雌に対する抱卵雌の割合を求め、ロジスティック回帰式をあてはめた。求められた回帰式により、成熟サイズの指標として50%抱卵サイズを推定した。

4) カノコイセエビ・シマイセエビの資源管理策

①年齢組成、全減少係数の推定

カノコイセエビ及びシマイセエビについて、沖縄島周辺の漁獲物のCL組成と既往の成長式等を用いて、年齢組成と全減少係数 Z を推定した。成長式は、ベルタランフィの成長式とし、カノコイセエビはトンガ産 (Munro, 1988)、シマイセエビは太平洋産の平均値 (Pitcher, 1993) を参照して、雌雄で異なるパラメータを用いた (表1)。

繰り返し計算法 (Matsumiya, 1990) によって、各種雌雄別にCL組成を年齢組成に変換した。このとき、繰り返し計算法は3回とし、成長式から推定される各年齢の平均CLの標準偏差を0.5cmと仮定した。2種の寿命を10年 (Pitcher, 1993) として、自然死亡係数 M は、①田中・田内の方法 ($M = 2.5/\text{寿命}$) を基準に、②Hoenig (1983)の方法、③これら2つの平均値の3手法を用いて、それぞれ、 $M = 0.25$, $M = 0.34$, $M = 0.42$ とした。また、年齢組成から、catch curve法 (Beverton and Holt, 1957) により、全減少係数 Z を推定した。漁獲死亡係数 F は、 $F = Z \cdot M$ で求めた。CLから体重 (BW) 及びBL (体長) の変換には、CL-BW関係式及び

表1 カノコイセエビ、シマイセエビ及びセミエビの成長式、頭甲胸長 (CL) 対体重 (BW) 及び体長 (BL) 関係式

内容	カノコイセエビ			シマイセエビ			セミエビ	
	オス	メス	文献	オス	メス	文献	雌雄込	文献
ベルタランフィの成長式： $L(t)=L\infty(1-\exp^{-k(t)})$								
$L\infty$	13.3	11.8	Munro, 1988	15.7	12.2	Pitcher, 1992		
k	0.31	0.42		0.27	0.41			
CL-BW関係式： $BW(g)=aCL(cm)^b$								
a	2.676	2.7943	宍道ら, 2011	1.801	1.295	宍道ら, 2011	0.7458	本研究
b	2.480	2.4766		2.607	2.792		2.9186	(暫定値)
CL-BL関係式： $BL(mm)=aCL(mm)+b$								
a	2.9791		久保, 2010	2.4438		久保・太田, 2011	2.5649	本研究
b	5.0922			1.8457			-13.405	(暫定値)

CL-BL 関係式を用いた (表 1)。

②YPR 及び SPR の計算

得られた生物情報：成長式 Z , M , F を用いて、加入量あたりの漁獲量 (YPR) 及び加入量あたりの親魚量 (SPR) の解析を行った (桜本, 1998)。計算は 1 歳から 10 歳の範囲を、1/6 歳ごとに行った。成熟率は、最小抱卵サイズであったカノコイセエビ 170 mm BL, シマイセエビ 160 mm BL (久保・太田, 2011) となる年齢：いずれも 1.67 歳以上を 1, それ以下を 0 とした。まず、現行の漁獲開始体長 (BLc) : 18 cm として、現状の F (F_{current}), YPR を最大化させる F (F_{max}), 30%~40%SPR を実現する F ($F_{30\%SPR} \sim F_{40\%SPR}$) をそれぞれ計算し、現状の評価及び管理策の検討を行った。また、漁獲開始体長 BLc を 12~30 cm (1 cm 間隔) の範囲で、また、 F を 0~0.8 (0.05 間隔) の範囲で変化させた時の YPR 及び SPR をそれぞれ計算し、YPR では、YPR 最大値との比の分布図を、また、SPR では %SPR の分布図を作成した。%SPR は、漁獲なし ($F=0$) のときの SPR に対する各条件での SPR の百分率として算出した。

結果

1) 漁獲の動向

沖縄島周辺のイセエビ類, セミエビ類, ゾウリエビ類等の 3 分類群について、過去 27 年間 (1989 年~2015 年) の漁獲の推移を図 1 に示す。イセエビ類の年間漁獲量は、約 11 トンから 21 トンの間を推移していたが、2009 年以降、約 13 トン前後が続く、過去の水準と比べるとやや低めで推移していた。また、CPUE は、努力量の減少に伴い、緩やかな増加傾向

を示した。

一方、セミエビ類では、年間漁獲量は、過去 27 年間で約 6.3 トンから 1.9 トンまで漸減し、CPUE も同じ漸減傾向であった。ゾウリエビ類も概ね同様であり、1.4 トンから 0.4 トンに漸減し、CPUE もほぼ同様であった。

過去 27 年間の年間生産額は、イセエビ類で約 3,100 万円~6,700 万円, セミエビ類で 1,500 万円~2,500 万円, ゾウリエビ類で 100 万円~300 万円の範囲であった。また、平均単価は、イセエビ類約 3,300 円/kg, セミエビ類約 5,800 円/kg, ゾウリエビ類約 1,800 円/kg であった。いずれの種も、2000 年代に入ると、単価は増加傾向にあり、2015 年の平均単価は、イセエビ類約 4,900 円/kg, セミエビ類約 10,100 円/kg, ゾウリエビ類約 2,800 円/kg となった。特にセミエビ類では、漁獲量が 1989 年の 40% に減少したにもかかわらず、単価が高騰し、2.8 倍となったため、2015 年の生産額は過去最高となり、3 分類群の 1/4 を占めた。

2) 漁獲量及び単価の季節変動

沖縄島周辺のイセエビ類・セミエビ類の 3 分類群について、過去 25 年間 (1989 年~2013 年) の沖縄島全 18 市場の月別平均漁獲割合と平均単価を図 2 に示す。イセエビ類は、4 月~6 月が禁漁期であり、解禁直後の 7 月に最も多く漁獲され、その割合は年間の 23% であった。一方、セミエビ類, ゾウリエビ類は、4 月~8 月に漁獲が多く、漁獲割合は各月 10% を超え、この 5 か月間で 60% 以上が漁獲されていた。イセエビ類, セミエビ類では、漁獲の少ない月ほど平均単価は高く、特に 12 月~3 月に高い傾向が見られた。一方、ゾウリエビ類の平均単価は、漁獲量の増減にかかわらず概ね一定であった。

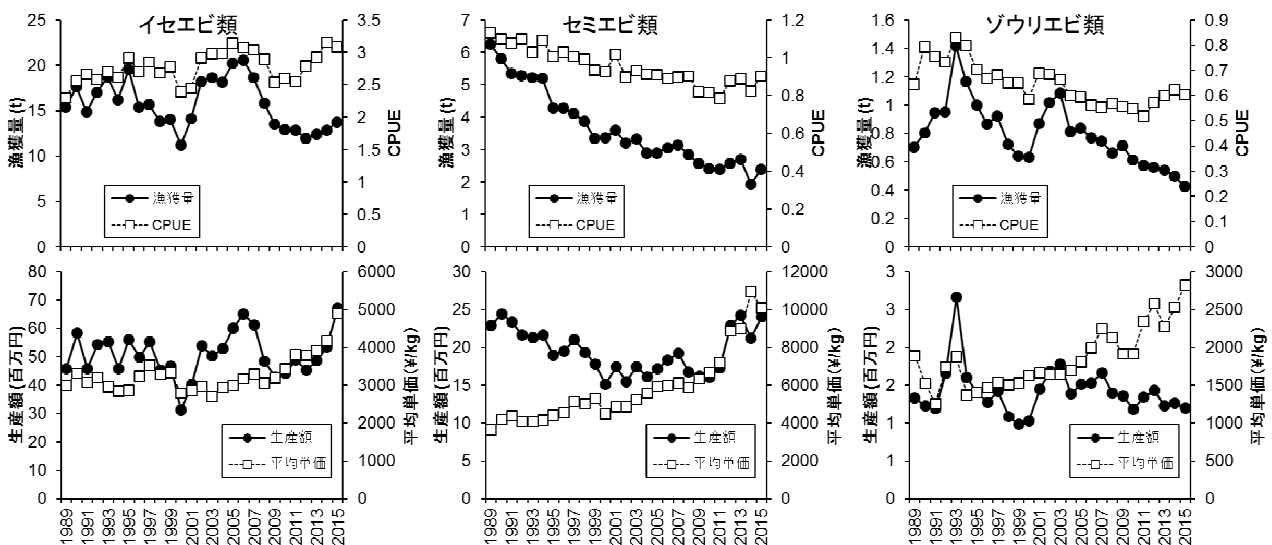


図 1 沖縄島周辺海域におけるイセエビ類(左), セミエビ類 (中央), ゾウリエビ類 (右) の漁獲統計データ (1989 年~2015 年)
上段：漁獲量, 1 回操業あたりの漁獲量 (CPUE), 下段：生産額, 平均単価

表2 沖縄県の漁獲対象イセエビ類及びセミエビ類と調査した尾数

科	和名	学名	調査尾数	% 備考
イセエビ	イセエビ	<i>Panulirus japonicus</i>	0	0.0 漁獲確認なし
Palinuridae	カノコイセエビ	<i>Panulirus longipes bispinosus</i>	737	49.6
	ネッタイイセエビ	<i>Panulirus longipes longipes</i>	6	0.4
	アマミイセエビ	<i>Panulirus femoristriga</i>	1	0.1
	シマイセエビ	<i>Panulirus penicillatus</i>	239	16.1
	ゴシキエビ	<i>Panulirus versicolor</i>	119	8.0
	ニシキエビ	<i>Panulirus ornatus</i>	74	5.0
	ケブカイセエビ	<i>Panulirus homarus</i>	5	0.3
セミエビ	セミエビ	<i>Scyllarides squammosus</i>	205	13.8
Scyllaridae	コブセミエビ	<i>Scyllarides haanii</i>	0	0.0 過去に漁獲確認 (久保, 2010)
	ミナミゾウリエビ	<i>Parribacus antarcticus</i>	22	1.5
	ゾウリエビ	<i>Parribacus japonicus</i>	29	2.0
	ウチワエビモドキ	<i>Thenus orientalis</i>	50	3.4
			1487	100.0

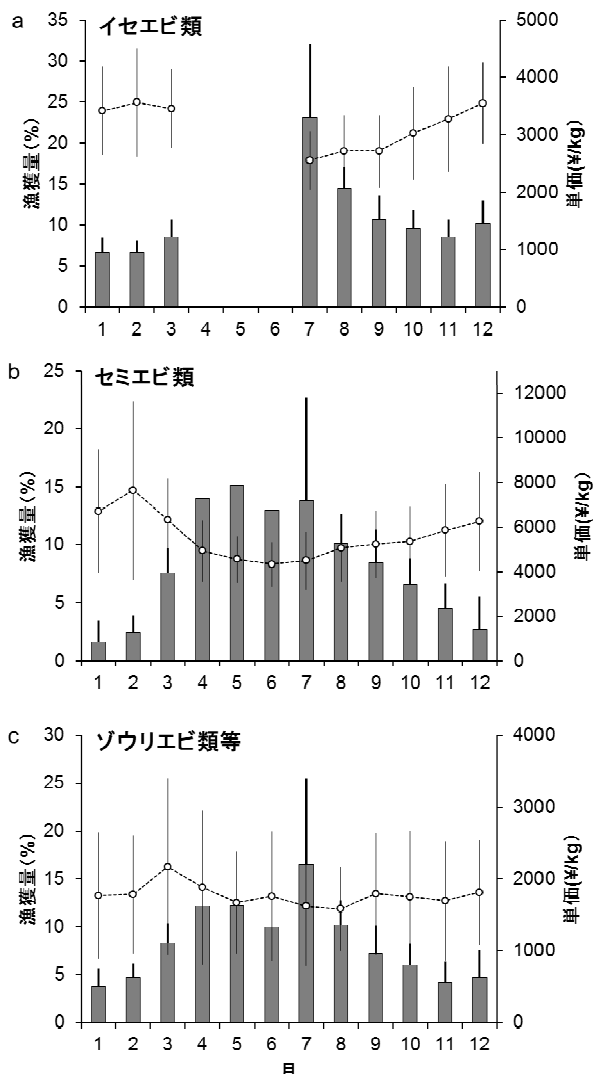


図2 イセエビ類、セミエビ類、ゾウリエビ類の月別漁獲割合（棒グラフ）及び平均単価（折れ線）。垂線はそれぞれの標準偏差。1989年～2013年の沖縄島18市場における平均値。

表3 イセエビ・セミエビ類の漁法別漁獲割合（個体数%）

和名	調査尾数	潜水漁	定置網	刺網
カノコイセエビ	446	98.7		1.3
シマイセエビ	176	100.0		
ゴシキエビ	77	90.9	1.3	7.8
ニシキエビ	56	64.3	5.4	30.4
ネッタイイセエビ	6	100.0		
ケブカイセエビ	5			100.0
アマミイセエビ	1	100.0		
セミエビ	187	83.4	0.5	16.0
ゾウリエビ	28	85.7		14.3
ミナミゾウリエビ	19	84.2		15.8
ウチワエビモドキ	45	11.1		88.9

3) 漁法別漁獲割合・漁獲サイズ組成及び性比

沖縄で漁獲される可能性のあるイセエビ類は8種、セミエビ類は5種であるが、そのうち、本研究の漁獲物調査では、イセエビ類7種（イセエビを除く）、セミエビ類4種（コブセミエビを除く）の合計11種を確認し、計1487個体を調査した（表2）。そのうち、漁法を確認した1046個体についてまとめると、多くの種は、主に潜水漁で漁獲されているが、ニシキエビ、ゴシキエビ、セミエビ、ゾウリエビ、ミナミゾウリエビは刺網や定置網でも漁獲されていた（表3）。特に、内湾性のケブカイセエビ、ウチワエビモドキは多くが刺網で漁獲された（表3）。

イセエビ類・セミエビ類について、雌雄別の漁獲CL組成と平均CLを図3に示す。漁獲サイズの雌雄の違いをコルモゴロフ・スミルノフ検定を用いて検討した結果、カノコイセエビ及びシマイセエビでは、雄が雌よりも大きく（カノコイセエビ： $D = 0.20$, $P < 0.001$, シマイセエビ： $D = 0.18$, $P < 0.05$ ）、セミエビでは雌が雄よりも大きかった（ $D = 0.30$, $P < 0.001$ ）。漁獲物の性比は、多くの種が雌雄1:1であったが、カノコイセエビ及びシマイセエビでは、それぞれ1:1.19（ χ^2 二乗検定： $\chi^2 = 5.59$, $P < 0.05$ ）、1:1.34（ $\chi^2 = 5.13$, $P < 0.05$ ）

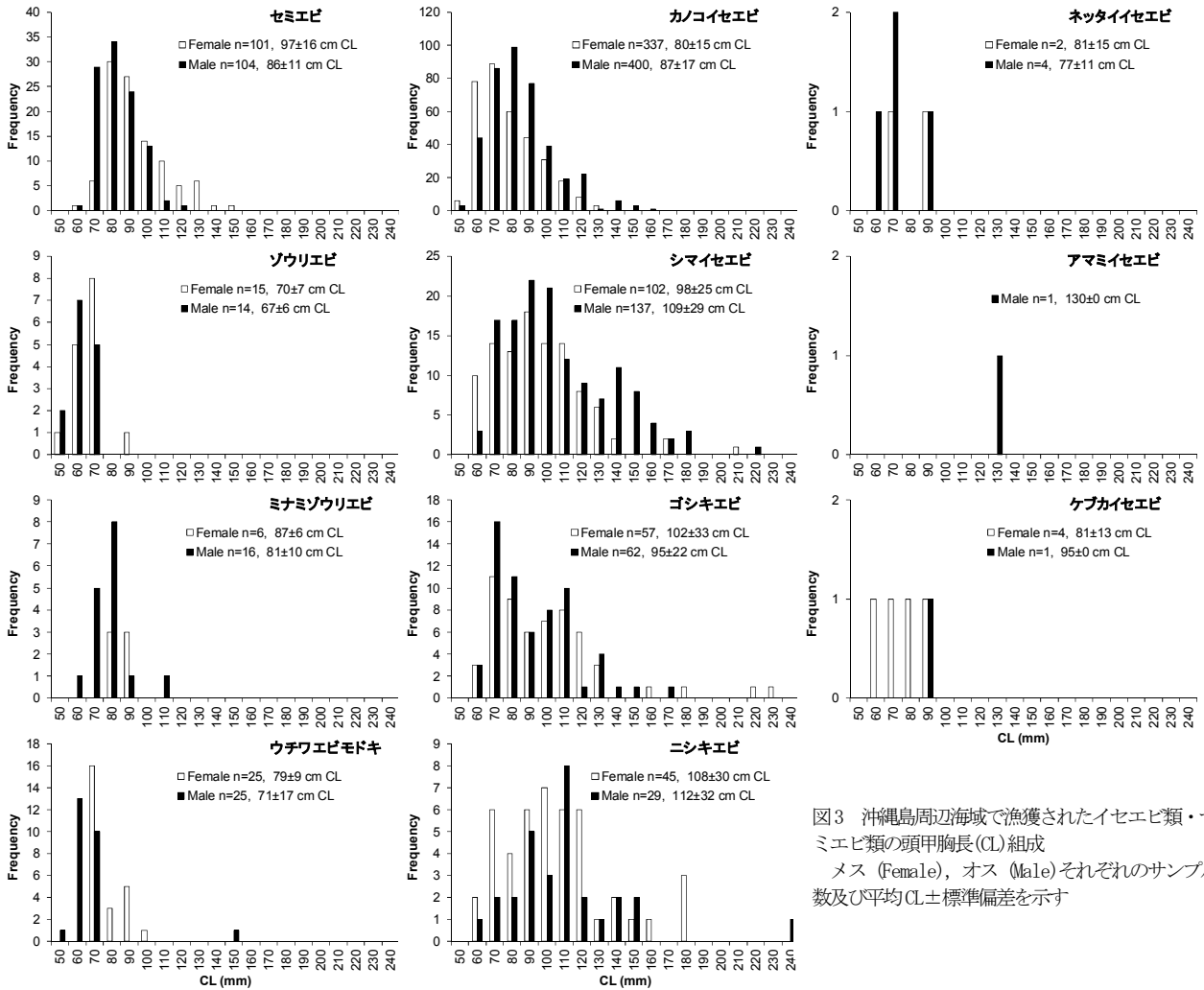


図3 沖縄島周辺海域で漁獲されたイセエビ類・セミエビ類の頭甲胸長(CL)組成
メス (Female), オス (Male)それぞれのサンプル数及び平均CL±標準偏差を示す

で、雄の割合が有意に多かった (図3)。

4) 活エビと死エビの漁獲量及び平均単価

名護漁協市場の漁獲統計

データを基に、近年のイセエビ類の漁獲量、CPUE、平均単価を活エビ、死エビに分けて図4に示す。各月の漁獲量及びCPUEは、解禁後の7月をピークに急速に減少した。各月の活エビの漁獲割合は、約2割～8割であり、期間中の全体では48%であった。平均単価については、活エビが、死エビに比べて、1.2～2.1倍 (平均1.6倍)、約380円～3400円高く、期間中の平均は、活エビ4,938円/kg、死エビ3,073円/kgであった (図4)。

前述のとおり、平均単価は季節的な変動を示し、2015年を除いて、解禁後の7月に最低となった。また、活エビ、死エビいずれの平均単価も、イセエビ類の月合計漁獲量と負の相関関係が認められ (回帰分析, $P < 0.001$)、月合計漁獲量が約400kg以下の時、活エビの平均単価が5,000円/kg以上となる場合が多かった (図5)。

さらに、漁獲物調査と漁獲統計を照合して、種ごとの平均単価を求めた (表4)。死エビで平均単価を比較すると、セミエビが最も高く、次いで、カノコイセエビ、ゴシキエビとなった。活エビと死エビの平均単価を比較すると、ウチワエビ

モドキを除く、全ての種で、活エビの単価が2.1～4.5倍高かった。特に、ニシキエビ、ゾウリエビでは、それぞれ、4.5倍、3.0倍となった。

5) 繁殖生態

①セミエビの産卵期・成熟サイズの推定

沖縄島周辺海域で漁獲されたセミエビの雌 (101個体) を基に産卵期及び成熟サイズを推定した。抱卵雌 (22個体) は5月～9月に出現した (図6)。抱卵している最小サイズは、80.0 mm CLであった。なお、精包雌は観察されなかった。この5月～9月の抱卵期間において、CL階級ごとに雌の抱卵率を求め、ロジスティック回帰式をあてはめた結果、50%抱卵サイズは、88.4 mm CLと推定された (図7)。また、成熟サイズ以上 (> 80 mm CL) の雌により、各月の抱卵率を求めた結果、5月～9月は20%～83%であり、特に5月～8月は30%以上の値を示した (図6)。なお、5月～9月の漁獲量は年計の約60%であり (図2)、また50%成熟サイズ以下の雌の漁獲割合は、個体数ベースで37%であった (図3)。

②カノコイセエビ・シマイセエビの産卵期

沖縄島周辺海域で漁獲されたカノコイセエビ (337個体)、シマイセエビ (102個体) の雌について、禁漁期の4月～6

表4 沖縄島周辺海域における主なイセエビ類、セミエビ類種別平均単価

(2014年7月～2016年3月の漁獲物調査+漁獲統計情報： 全市場，調査月込)

種名	死エビ (D)					活エビ (L)					平均 L/D
	n	平均	標準偏差	最小値	最大値	n	平均	標準偏差	最小値	最大値	
カノコイセエビ	366	2,730	984	370	8,200	64	5,999	1,301	500	7,510	2.2
シマイセエビ	172	1,829	600	1,000	4,300						
ゴシキエビ	55	2,520	1,355	200	6,000	12	5,208	4,526	2,700	16,400	2.1
ニシキエビ	19	2,194	918	1,500	4,000	28	9,933	4,050	700	17,150	4.5
セミエビ	8	3,893	4,003	1,030	13,600	128	9,493	4,467	1,200	24,900	2.4
ゾウリエビ	13	955	447	120	2,000	13	2,821	1,435	510	4,510	3.0
ウチワエビモドキ	8	2,058	659	620	2,390	27	2,137	1,144	510	4,200	1.0

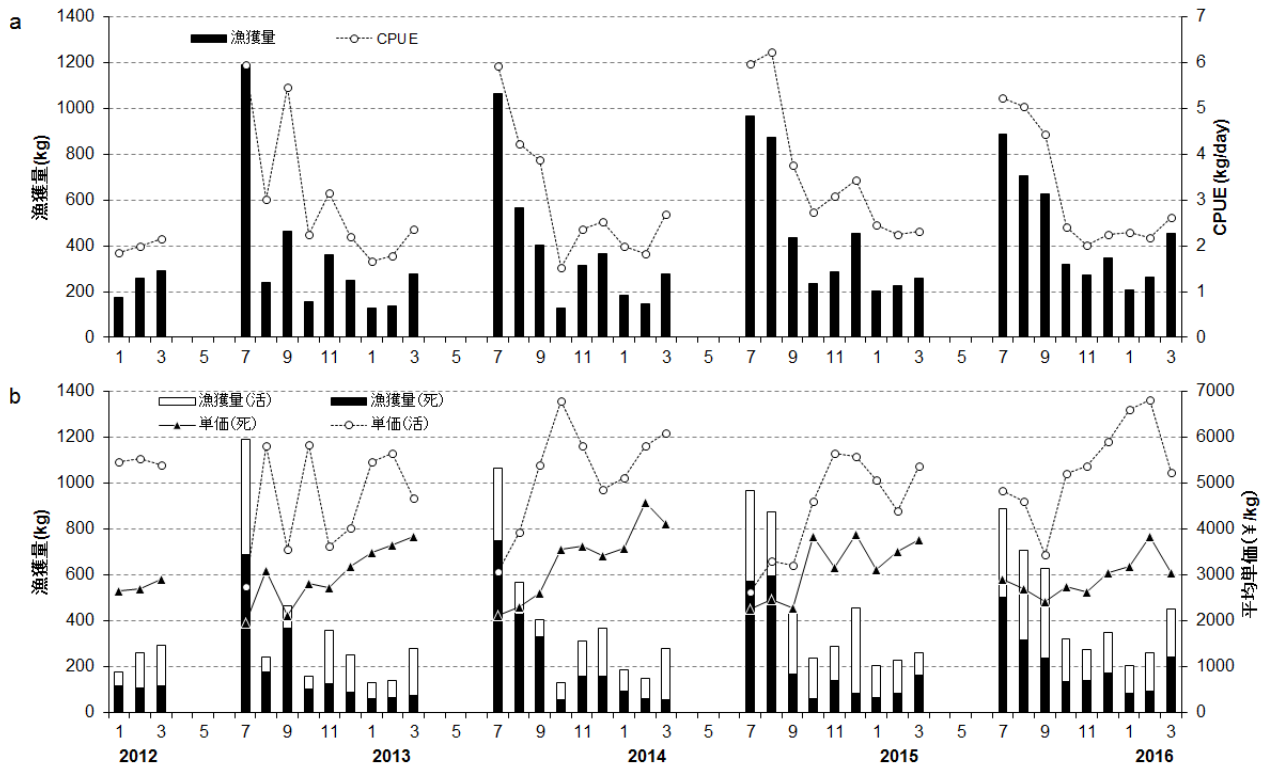


図4 名護漁協市場におけるイセエビ類の a) 漁獲量及びCPUE, b) 活エビ、死エビ毎の漁獲量及び平均単価 (2012年1月～2016年3月)

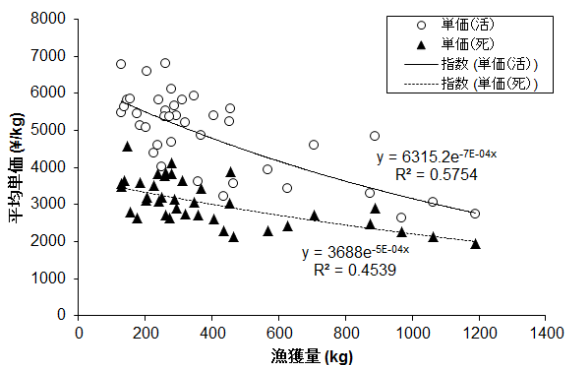


図5 イセエビ類の月合計漁獲量と月平均単価 (活エビ・死エビ毎、名護漁協市場2012年1月～2016年3月)

月を除いて調査した。カノコイセエビでは、抱卵雌は7月～10月、精包雌は3月、7月～9月、11月に観察された(図8)。抱卵率は、解禁後の7月に59%で高い値を示した後、翌月以

降20%以下に低下した。一方、シマイセエビでは、抱卵雌は7月～10月、精包雌は7月～9月、11月～12月に観察された(図8)。抱卵率は、7月に67%、8月～10月まで40%以上の高い値を示した。

③その他のイセエビ類・セミエビ類の繁殖情報

イセエビ類3種、セミエビ類3種については、繁殖に関する若干の情報が得られた(表5)。産卵期の指標となる、精包雌、抱卵雌の出現は、ゴシキエビで8月～9月であった。ニシキエビ、ネッタイイセエビ、ゾウリエビについては7月～8月に出現した。ミナミゾウリエビについては、7月と10月に抱卵雌が観察された。ウチワエビモドキについては5月～8月に抱卵雌が観察された。

6) カノコイセエビ・シマイセエビの資源管理策

①年齢組成、全減少係数の推定

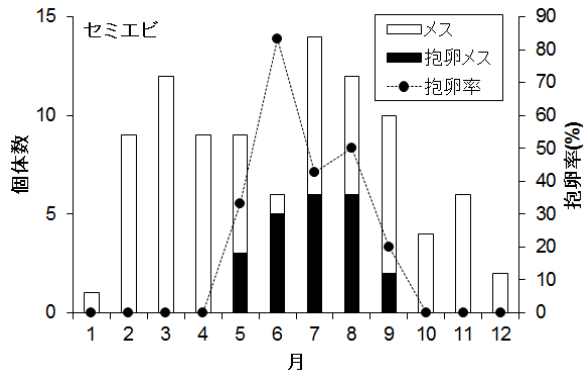


図6 セミエビの月別抱卵率 (80 mm CL 以上の雌のみ)

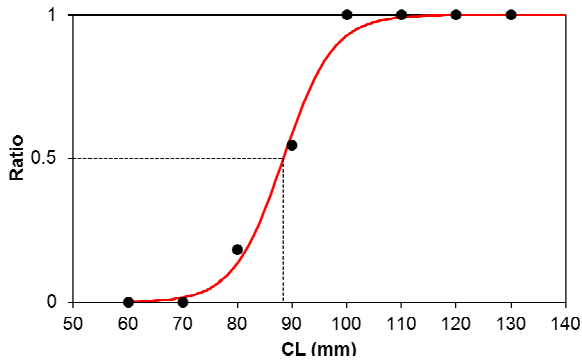


図7 セミエビの頭甲胸長 (CL) 階級ごとの抱卵メスの割合 (沖縄島で漁獲された5月~9月の抱卵期のメスに基づく)

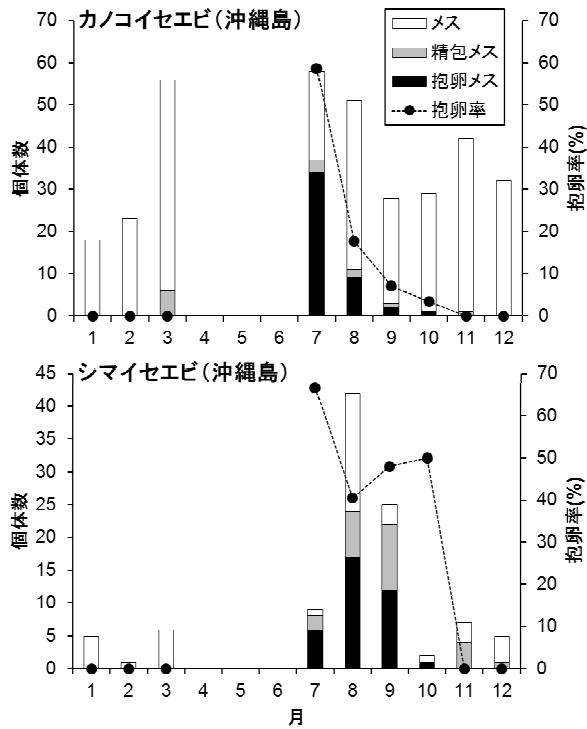


図8 カノコイセエビ及びシマイセエビの月別抱卵率 (4月~6月は禁漁期)

漁獲物の CL 組成を、年齢組成に変換した (図9). カノコイセエビでは、雌2歳、雄3歳、シマイセエビでは、雌雄ともに3歳がモードとなった. カノコイセエビではモード年齢から7歳まで、シマイセエビでは8歳までのデータを用いて

Z を算出した. 両種とも、雄と雌で Z はほぼ同じであり、その雌雄の平均値をとり、カノコイセエビで $Z=0.8$ 、シマイセエビで $Z=0.59$ と推定された.

②YPR 及び SPR の計算

YPR 及び %SPR の計算に用いた成長と BL-BW 関係を図10に、 $M=0.25$ の場合の計算結果を図11に示す. カノコイセエビでは、 $F_{\text{current}}=0.55$ であり、このとき YPR は YPR 最大値の 0.98 倍、%SPR=22% あった (図11A). %SPR を 40% 以上にしつつ、YPR を最大化させる条件は、BLc27cm、 $F=0.75$ であり、このとき %SPR=42%、YPR を 16% 増加させると試算された (図11B-C). また、 F を現在に近い状態で保ちつつ、BLc を変化させた時の YPR と %SPR を試算した結果、BLc 26 cm までは、YPR は増加し、%SPR は BLc の引き上げに伴い増加した (図11D-E).

シマイセエビでは、 $F_{\text{current}}=0.34$ であり、このとき YPR は YPR 最大値の 0.98 倍、%SPR=38% あった (図11A). %SPR を 40% 以上にしつつ、YPR を最大化させる条件は、BLc 25 cm、 $F=0.7$ であり、このとき %SPR=44%、YPR を 15% 増加させると試算された (図11B-C). また、 F を現在に近い状態で保ちつつ、BLc を変化させた時の YPR と %SPR を試算した結果、BLc 22 cm までは、YPR は増加し、%SPR は BLc を引き上げに伴い増加した (図11D-E).

$M=0.34$ 及び $M=0.42$ の場合について、図12、図13に示す. M の推定値によって、各推定値は異なり、 M が大きくなるほど、現状の F は小さく、%SPR は大きく推定され、BLc の引き上げによる YPR の増加効果は低くなった.

考 察

本研究により、イセエビ類・セミエビ類の漁獲実態と動向が明らかとなった. これまでに沖縄県内の市場において水揚げが確認できた種は、イセエビを除く、イセエビ科7種、セミエビ科5種の合計12種であった (表2). イセエビは、琉球諸島にも分布するとされるが (Holthuis, 1991)、近年の調査では確認されていないので、漁獲があっても非常に少ないと考えられた. また、近年和名の与えられたカノコイセエビの近縁種2種: ネットアイセエビ、アマミイセエビ (関口, 2014) の漁獲が確認されたが、その漁獲割合は1%以下であった.

漁獲の動向から、セミエビ類、ゾウリエビ類では顕著な資源の減少が認められた. 一方、イセエビ類では漁獲量は低位で推移しているものの、近年の CPUE は増加傾向であった. しかし、近年の平均単価の著しい高騰傾向も認められており、漁獲圧の増加に伴う努力量の質的な変化を引き起こし、CPUE が資源量の増加を反映したものでない可能性がある. 同様に、セミエビの平均単価も著しく高騰しており、いっそうの漁獲圧の増加が予想される. よって、持続的な漁業を行うためには、セミエビ・ゾウリエビ類を含め、生物学的な情報に基づく合理的な管理策が必要だと思われる.

表5 沖縄島周辺域におけるイセエビ類3種・セミエビ類3種の抱卵メス及び精包メスの月別出現個体数

種名	カテゴリー/月	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	備考
ゴシキエビ	メス	12	7	9			1		3	2	11	10	
	精包メス							1					126 mm CL
	抱卵メス								1				109 mm CL
ニシキエビ	メス	9	8	13					1		11	2	
	精包メス						1						145 mm CL
ネッタイセエビ	精包メス							1					70 mm CL
	抱卵メス						1						97 mm CL
ソウリエビ	メス						3	7				1	
	抱卵メス						4						71~75 mm CL
ミナミソウリエビ	メス	1											
	精包メス						1	1					85~97 mm CL
	抱卵メス						2			1			81~91 mm CL
ウチワエビモドキ	メス			4	1	4	2	6		1			
	抱卵メス				1	1	2	3					70~91 mm CL

現在、沖縄県漁業調整規則では、イセエビ類に対して、体長 18 cm 以下の採捕禁止（漁獲サイズ制限）と 4 月～6 月の採捕禁止（禁漁期）が設けられている。制限漁獲サイズを換算すると、カノコイセエビ 60 mm CL、シマイセエビ 66 mm CL となる。現在、セミエビ科は対象となっていない。この規則の主な理念は、水産資源の保護培養である。基本的な考え方は、①各個体に生涯一度は産卵させる機会を与えること、②繁殖個体を保護することであり、資源の持続的利用のための基本的なルールとして重要である。①については、漁獲サイズ制限、②については、禁漁期が対応し、それぞれ、成熟サイズ、産卵期を考慮して決める必要がある。

本研究では、これまで情報のなかった琉球列島産のセミエビについて、産卵期と成熟サイズを明らかにした。抱卵雌の出現と抱卵率の推移から、セミエビの産卵期は 5 月～9 月、盛期は 5 月～8 月であると考えられた。また、雌の最小成熟サイズは 80 mm CL、50%成熟サイズは 88.4 mm CL であった。成熟サイズの推定には、成熟の指標として抱卵や精胞の有無を用いた外部形態による手法と生殖腺を精査する生理学的手法があるが、外部形態による手法は、生理学的手法よりも過大に推定するとされる（DeMartini et al., 2005; Chang et al., 2007）。ハワイにおけるセミエビ雌の 50%成熟サイズは、生理学的手法で 51.1 mm TW (Tail width: 尾部の最大幅)、外部形態による手法で 55.5 mm TW との報告されている（DeMartini et al., 2005）。外部形態のプロポーシオンから概算すると、CL=1.2TW なので、55.5 mm TW は 66.6 mm CL となり、本研究の結果は、ハワイ産に比べてかなり大きいと考えられた。調査の結果、沖縄島周辺では、個体数ベースで、約 4 割が 50%成熟サイズ以下の未成熟個体であり未成熟個体への過度な漁獲が懸念される。セミエビの未成熟個体の保護のためには、漁獲制限サイズの導入が必要であり、その基準として、90 mm CL (217 mm BL) 以上が推奨される。

カノコイセエビ、シマイセエビの繁殖生態については、琉球列島周辺においても、いくつかの研究が行われてきた。カノコイセエビの雌の成熟最小サイズは、抱卵個体の出現状況

から、カノコイセエビ 170 mm BL (換算値 57 mm CL)、シマイセエビ 160 mm BL (換算値 58 mm CL) 付近にあると考えられる（久保・太田, 2011）。また、台湾南東海域のシマイセエビでは、雌の 50%成熟サイズは、外部形態による手法で 67 mm CL であり（Chang et al., 2007）、換算すると約 180 mm BL で、本県の制限サイズと一致する。よって、この制限サイズは、少なくとも、カノコイセエビ及びシマイセエビの最小成熟サイズ以上にはなっていると言える。

カノコイセエビの産卵期は、沖縄島で 3 月～9 月（盛期 4 月～7 月）（久保, 2010, 2011）、奄美大島で 4 月～9 月（宍道ら, 2011）と報告されている。これまでも、解禁される 7 月の抱卵率が高いことが指摘されており（久保, 2010）、本研究でも同様の結果が示された。一方、シマイセエビの産卵期は、八重山諸島で周年（盛期 4 月～10 月）（久保・太田, 2011）、奄美大島で 4 月～11 月（宍道ほか, 2011）、台湾南東海域で周年（盛期 5 月～9 月）（Chang et al., 2007）と報告されており、カノコイセエビに比べて産卵期が長い。沖縄島では、これまでも 7 月～8 月の抱卵率が高いことが報告されており（久保, 2011）、本研究の結果と合わせると、沖縄島においても周年産卵がみられるが、その盛期は 4 月～9 月であると考えられる。解禁後に抱卵率が高いことは、各地の漁業者や仲買からも指摘されてきており、漁業調整規則の改定が求められてきた。セミエビも含めて 3 種の産卵盛期を考えると 4 月から 9 月または 10 月までとなり、繁殖保護の観点からは、禁漁期の延長が必要だと考えられる。

主要対象種 2 種：カノコイセエビ、シマイセエビについて、漁獲サイズ組成と既知の生物情報を用いて、 $M=0.25$ を基準に YPR 及び SPR 解析を行った。YPR は成長乱獲の指標として、%SPR は加入乱獲の指標として、簡易かつ有効な資源評価及び管理策の検討方法である（松宮, 1986; 桜本, 1998）。カノコイセエビでは、現在の漁業 (BLc 18 cm) における漁獲死亡係数 (F_{current}) が、YPR を最大化させる F (F_{max}) に近く、資源を無駄なく利用しているといえる。しかし、現行の漁獲では、%SPR は、経験的な基準である 30%~40%（松宮, 1986; 桜本, 1998）を下回っており、再生産に必要な親エ

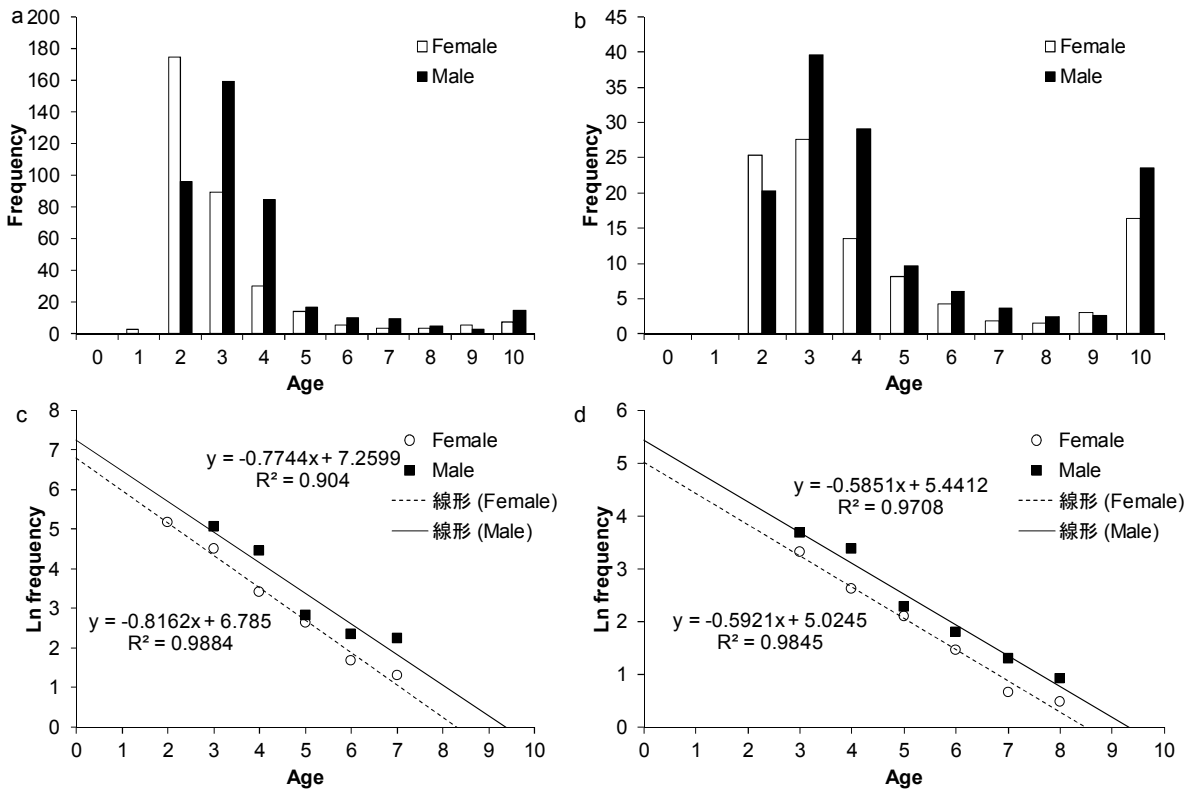


図9 頭甲胸長組成から推定した年齢組成: (a) カノコイセエビ, (b) シマイセエビ及びcatch curve法によるZの推定: (c) カノコイセエビ, (d) シマイセエビ

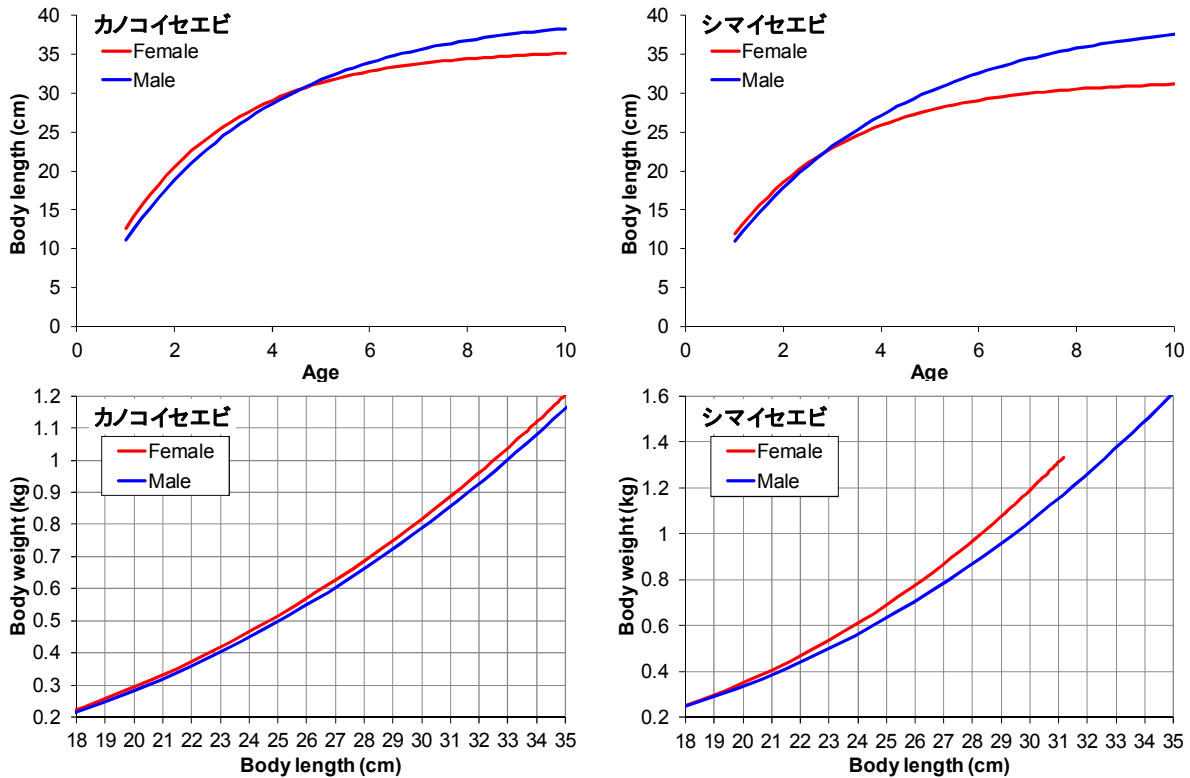


図10 カノコイセエビ及びシマイセエビのYPR・SPR解析で想定した成長および体長-体重関係 (パラメータは表1参照)

ビを十分に残せていないことが示されている。一方、シマイセエビでは、 F_{current} は F_{max} に近く、また、%SPRも40%に近いことから、適切な漁業が行われていると考えられる。漁獲開始サイズBLcと F を変えてシミュレートし、%SPRを40%以上に保ちつつ、YPRを最大化させるBLcを検討した

ところ、カノコイセエビでは、 $BLc=27\text{ cm}$, $F=0.75$ ($1.4F_{\text{current}}$)にしたとき、YPRを16%増加させ、シマイセエビでは、 $BLc=25\text{ cm}$, $F=0.7$ ($2.1F_{\text{current}}$)にしたとき、YPRを15%増加させると試算された。また、 F が現状のままでも、ある程度までの漁獲制限サイズ増加により、YPRの増加が見

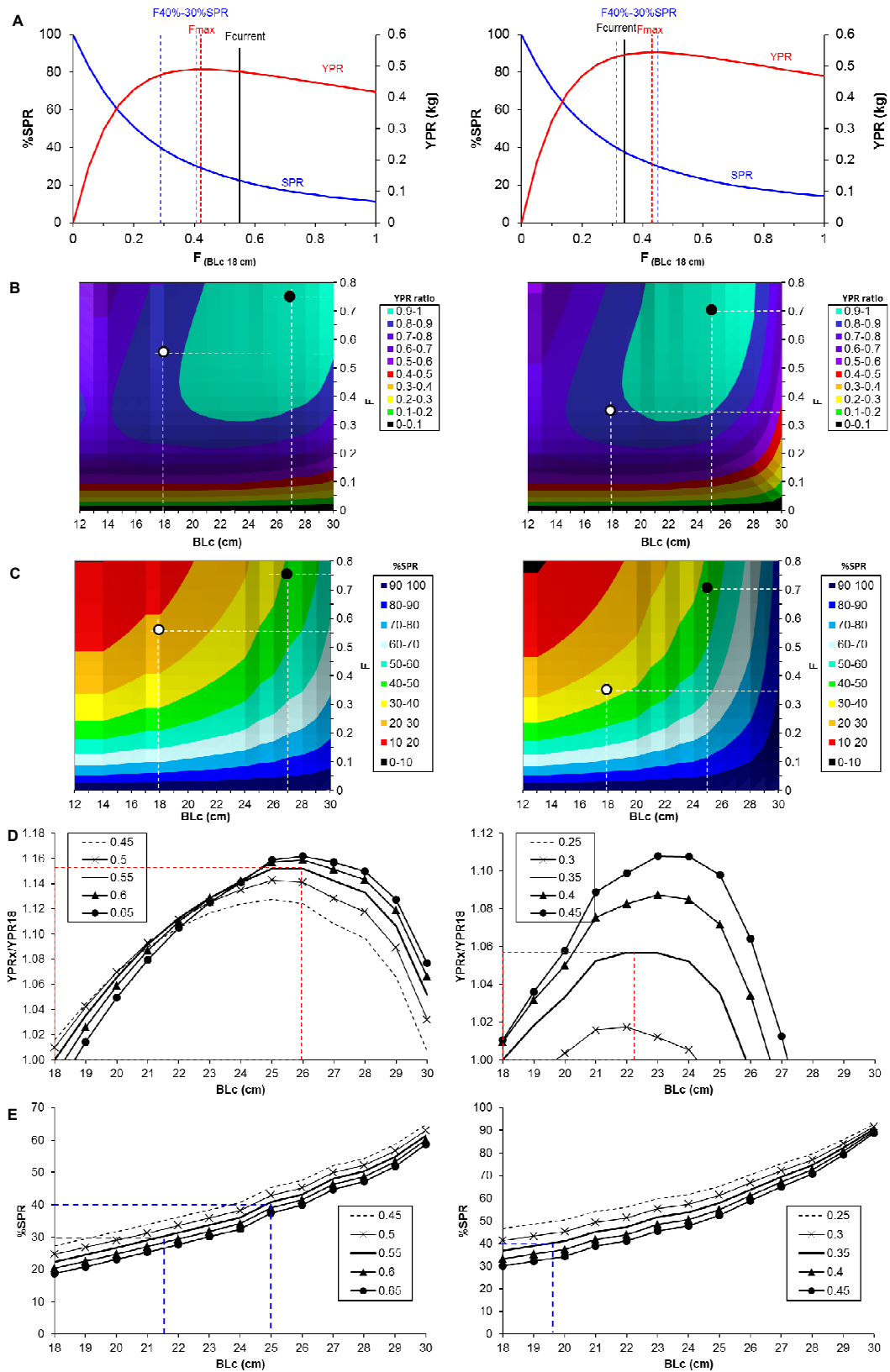


図11 カノコイセエビ（左列）およびシマイセエビ（右列）のYPR及び%SPRの推定（ $M=0.25$ の場合）

カノコイセエビ: $Z=0.8$, シマイセエビ $Z=0.59$

- A) 漁獲死亡係数 F と%SPR及びYPRの関係（現状：漁獲開始体長 BLc 18cm場合）。
 現状の F ($F_{current}$) , YPRを最大化させる F (F_{max}) , 40%–30%SPRとなる F の範囲 ($F_{40\%}-30\%SPR$) .
- B) 漁獲開始体長 BLc 及び漁獲死亡係数 F ごとのYPR比（各条件のYPR/現状のYPR）等高線
 (○：現在の BLc 及び F , ●：%SPR>40%のうち, YPRを最大とする BL 及び F)
- C) 漁獲開始体長 BLc 及び漁獲死亡係数 F ごとの%SPR等高線 (○：現在の BLc 及び F , ●：%SPR>40%のうち, YPRを最大とする BL 及び F)
- D) 漁獲開始体長 BLc とYPR相対値（各条件のYPR/現状のYPR）. $F_{current} \pm 0.1$ までを計算.
- E) 漁獲開始体長 BLc と%SPR. $F_{current} \pm 0.1$ までを計算.

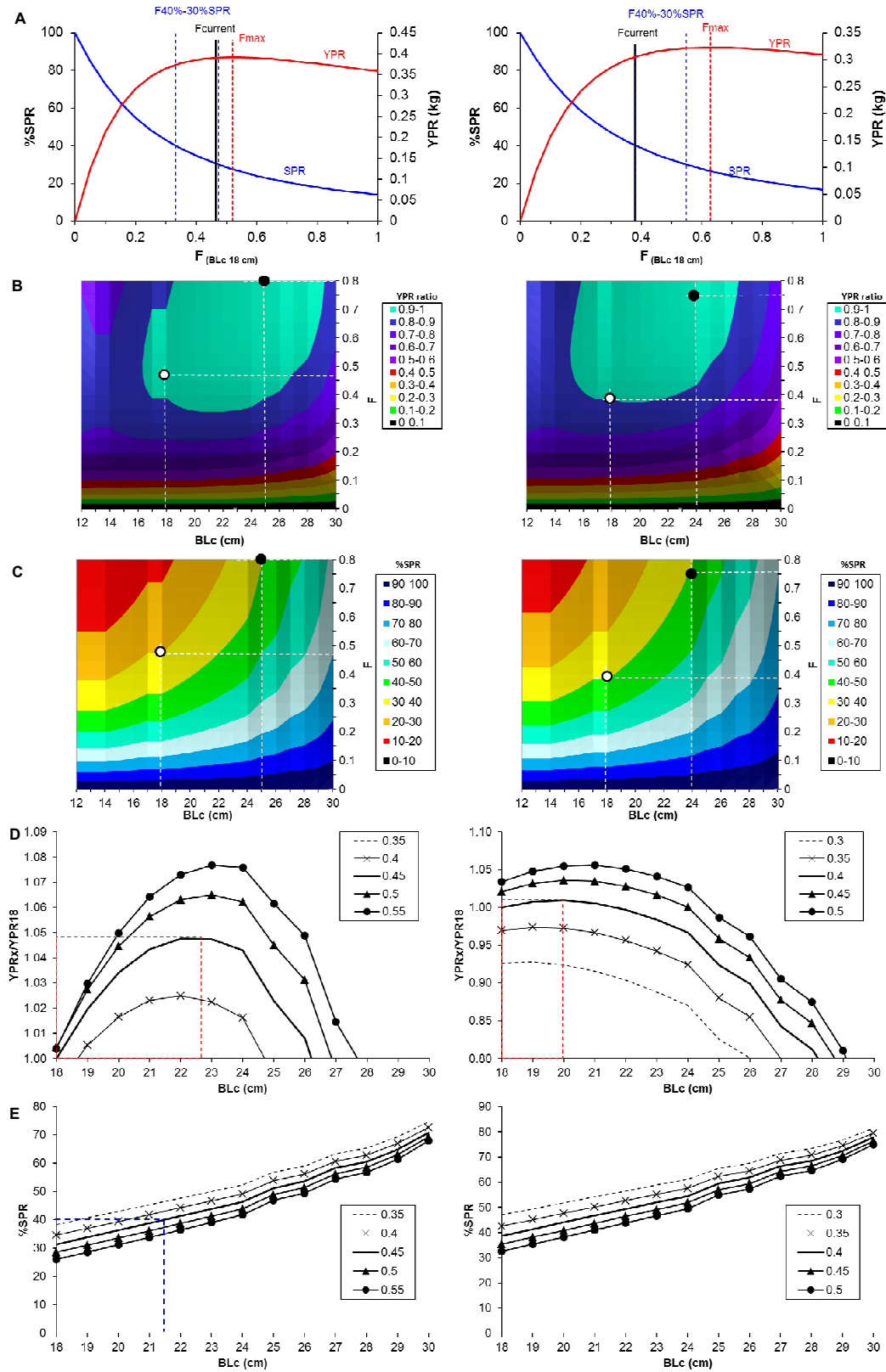


図12 カノコセイセビのYPR及び%SPRの推定 (左列: M=0.34, 右列: M=0.42の場合)

カノコセイセビ: Z=0.8

- A) 漁獲死亡係数Fと%SPR及びYPRの関係 (現状: 漁獲開始体長BLc18cmの場合).
 現状のF ($F_{current}$), YPRを最大化させるF (F_{max}), 40%-30%SPRとなるFの範囲 (F40%-30%SPR).
 B) 漁獲開始体長BLc及び漁獲死亡係数FごとのYPR比 (各条件のYPR/現状のYPR) 等高線
 (○: 現在のBLc及びF, ●: %SPR>40%のうち, YPRを最大とするBL及びF)
 C) 漁獲開始体長BLc及び漁獲死亡係数Fごとの%SPR等高線 (○: 現在のBLc及びF, ●: %SPR>40%のうち, YPRを最大とするBL及びF)
 D) 漁獲開始体長BLcとYPR相対値 (各条件のYPR/現状のYPR). $F_{current} \pm 0.1$ までを計算.
 E) 漁獲開始体長BLcと%SPR. $F_{current} \pm 0.1$ までを計算.

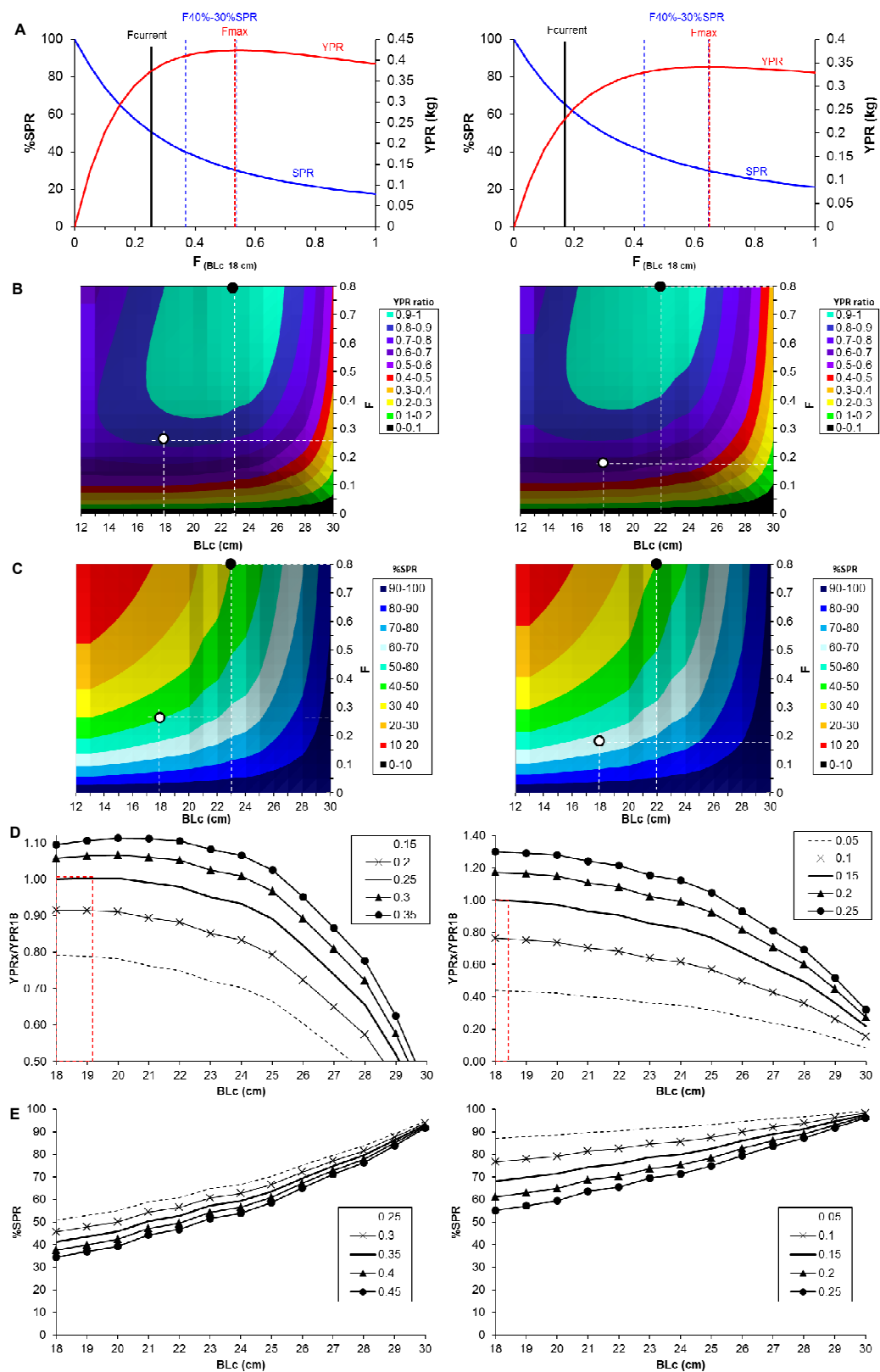


図13 シマイセエビのYPR及び%SPRの推定 (左列: $M=0.34$, 右列: $M=0.42$ の場合)

シマイセエビ: $Z=0.59$

- A) 漁獲死亡係数Fと%SPR及びYPRの関係 (現状: 漁獲開始体長BLc18cmの場合).
 現状のF ($F_{current}$), YPRを最大化させるF (F_{max}), 40%–30%SPRとなるFの範囲 ($F_{40\%-30\%SPR}$).
- B) 漁獲開始体長BLc及び漁獲死亡係数FごとのYPR比 (各条件のYPR/現状のYPR) 等高線
 (○: 現在のBLc及びF, ●: %SPR>40%のうち, YPRを最大とするBL及びF)
- C) 漁獲開始体長BLc及び漁獲死亡係数Fごとの%SPR等高線 (○: 現在のBLc及びF, ●: %SPR>40%のうち, YPRを最大とするBL及びF)
- D) 漁獲開始体長BLcとYPR相対値 (各条件のYPR/現状のYPR). $F_{current} \pm 0.1$ までを計算.
- E) 漁獲開始体長BLcと%SPR. $F_{current} \pm 0.1$ までを計算.

込まれることから、漁獲制限サイズを大きくするなど、積極的な管理策の導入によって、より合理的・安定的な生産を目指すことが可能であると考えられた。

ただし、この YPR 及び %SPR の試算は、毎年の加入量の変動など、資源の動的な把握ではなく、あくまでも前提とする生物特性とある時点での漁獲実態から、導き出したものであることに留意が必要である。また、前提としている成長式、寿命、 M など、仮定するパラメータにより、結果は大きく異なる。甲殻類には一般的に有効かつ簡便な年齢形質がないため、成長、寿命に関する正確な情報を得ることは簡単ではない。よって、前提とする M の値によって、結果がどのような幅で変化するかを検討することが重要である。 M の推定にはいくつかの経験的な推定方法があるが (Hoenig, 1983; 赤嶺, 2001)、本研究では主な 2 手法とその平均値、計 3 手法で M を算出し、YPR 及び %SPR の試算を行った。特に、本稿では、田中・田内の方法による M を基準とした。この方法は国内の資源評価などで一般的に用いられているもので、3 手法のうち最も小さく見積もられる。よって、相対的に漁業の影響が大きく見積もられるために、現状の評価については、より予防的な値を示し、持続的な漁業を目指すうえで保守的な結果を示すが、BLc や F の変化させた時の YPR の増大効果を大きく示す。反対に、 M の推定値が大きくなれば、 Z に対する F の貢献度が低くなるので、漁獲の影響が小さく見積もられる。3 つの M を用いた試算結果より、再生産の観点からは、カノコイセエビでは %SPR を増加させる方策、シマイセエビでは少なくとも現状維持以上の方策が重要であると考えられる。BLc の引き上げは、多くの条件で %SPR を増加させる。また、現状の F , $M < 0.34$ を想定した場合、カノコイセエビでは、BLc 25 cm までの引き上げであれば、YPR を現状よりも増加させる (～+15%)。また、カノコイセエビ、シマイセエビともに、BLc の引き上げとともに、 F を引き上げれば、現状よりも YPR を向上させるので、合理的な漁獲の観点からも、BLc の引き上げを、積極的に検討すべきだと考えられる。

一方、BLc は漁獲可能な最小サイズを決めるものだが、大型個体の保護のために、漁獲制限最大サイズ (漁獲サイズの上限) を検討することも重要だと思われる。水産生物の一般的な特徴として、大型の雌ほど、1 回あたりの産卵量が多いので、再生産への貢献度が高い。また、シマイセエビでは、1 産卵期中、小型個体では 1 回程度、大型個体 (> 60 mm CL) では、少なくとも 3 回以上産卵すると推定されており、大型個体の再生産への貢献度がより高くなる (Chang et al., 2007)。また、イセエビでは、交尾の成功に体サイズが関係し、雌が雄よりも大きい場合は、交尾に成功することはほとんどないという (出口, 1988)。このような観点から、大型個体を残すという概念も管理策には重要な要素である。

加えて、経済的な視点も資源管理策を検討する上で重要な要素である。本研究では、近年の単価の高騰状況、活エビの単価が著しく高いこと、また、単価は漁獲量と負の相関関係があることを示した。仲買からの聞き取りから、近年の単価

の高騰は、主に外国人観光客を中心とする活エビ需用の増加に伴うものだと考えられる。また、毎年繰り返される、解禁後から数か月の間での漁獲量及び CPUE の急減は、解禁後の漁獲の集中による、資源量や生息密度等の低下を反映していると考えられる。このように漁期ごとの現存量には限りがあるので、毎月の漁獲量の上限を定めれば、年間を通じた安定供給と単価の向上につながる可能性がある。また、原則として活エビのみを漁獲すれば、単価の向上につながるだけでなく、抱卵エビや制限サイズ以下の小型エビの放流が可能となる。実際に、海外の多くの地域では抱卵雌の採捕禁止を、和歌山県、徳島県、大分県では、やす突漁法等の漁具の制限を義務付けている (久保, 2010)。イセエビ類のように、特に付加価値の高い対象種については、資源の持続的利用に向けた格段の配慮が必要であるとともに、生産性向上に向けた戦略的な管理策を導入していくことも重要である。

文 献

- 赤嶺達郎, 2001: M の推定. 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書, 資源解析手法教科書. 社団法人日本水産資源保護協会, 東京, 58–61.
- Beverton R. J. H., Holt S. J., 1957: On the dynamics of exploited fish populations. London: Chapman and Hall.
- Chan Y., Sun C., Chen Y., Yeh S., Chiang W., 2007: Reproductive biology of the spiny lobster, *Panulirus penicillatus*, in the southern coastal waters off Taiwan. Marine Biology. 151, 553–564.
- DeMartini E. E., McCracken M. L., Moffitt R. B., Wetherall J. A., 2005: Relative pleopod length as an indicator of size at sexual maturity in slipper (*Scyllarides squammosus*) and spiny Hawaiian (*Panulirus marginatus*) lobsters. Fisheries Bulletin. 103, 23–33.
- Hoenig J. M., 1983: Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fishery Bulletin, 82: 898–903.
- Holthuis L. B., 1991: FAO species catalogue. Vol. 13. Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. FAO Fisheries Synopsis. No. 125, Vol. 13. Rome, FAO. 292pp.
- 久保弘文, 2010: 沖縄島北部におけるカノコイセエビを中心にしたイセエビ類の抱卵実態等について. 沖縄県水産業改良普及事業活動実績報告書. 81–85.
- 久保弘文, 2011: 沖縄島北部におけるカノコイセエビを中心にしたイセエビ類の抱卵実態等について (追補). 沖縄県水産業改良普及事業活動実績報告書. 42–43.
- 久保弘文, 太田 格, 2011: 沖縄におけるイセエビ類 2 種の産卵生態と漁業調整の現状. 日本ベントス学会ポスター発表.
- Matsumiya Y., 1990: Method for estimating age composition from market size composition: Its

- mathematical examination. Nippon Suisan Gakkaishi, 56, 841.
- 松宮義晴, 1996 : 水産資源管理概論. 東京. 日本水産資源保護協会.
- Munro J. L., 1988: Growth and mortality rates and state of exploitation of spiny lobsters in Tonga. SPC Inshore Fisheries Research, BP.51. 1-34
- Pitcher C. R., 1993: Spiny lobster. In: Wright A. and Hill L. (eds) Nearshore Marine Resources of the South Pacific: Information for Fisheries Development and Management. Honiara, Suva. Forum Fisheries Agency (FFA), Institute of Pacific Studies (IPS). 539-607.
- 桜本和美, 1998 : 漁業管理のABC. 東京 : 成山堂
- 宍道弘敏, 塩浦喜久雄, 中村章彦, 篤昭仁, 外城和幸, 遠矢潤一, 上野貴治, 石田博文, 立石章治, 永井伸也, 2011 : 奄美海域におけるイセエビ類の生態と抱卵エビ蓄養技術. 鹿児島県水産技術開発センター研究報告書. 2, 15-26.
- 関口秀夫, 2014: イセエビ・セミエビ類の和名について. タクサ 日本動物分類学会誌. 37, 36-45.
- 出口吉昭, 1988 : 5. イセエビ. 平野礼次郎 (編) , エビ・カニ類の種苗生産. 恒星社厚生閣. 東京. 水産学シリーズ 71, 64-75.