

## 紀伊水道産クマエビの産卵生態と成長, 寿命

上田幸男\*<sup>1</sup>Spawning ecology, growth and life span of the green tiger prawn,  
*Penaeus semisulcatus* in Kii ChannelYukio UETA \*<sup>1</sup>

Investigations on the spawning ecology, growth, and life-span of the green tiger prawn, *Penaeus semisulcatus* in Kii Channel off Tokushima Prefecture were carried out from April 1990 to January 1992, based on samples from catches by small scale trawlers. Relationships between female prawn size and the gonad somatic index showed that the minimum size at maturity was 14.2 cm in body length and spawning took place during last June to early August. Growth and life-span were estimated by the length-frequency analysis. The Pitcher & Macdonald growth equations with periodic function were applied to the monthly change of mean size. Main population recruited from September, and died after spawning in the next year. A part of population survived until next spawning season. The life-span of this species was one year after hatching and a part of the population lived for two years.

キーワード：クマエビ, アシアカ, 産卵期, 生物学的最小形, 成長, 寿命

クマエビ *Penaeus semisulcatus* はインド洋から西太平洋まで広く分布し, 日本では沖縄以北, 日本海側で石川県, 太平洋岸で千葉県まで広く分布する (馬場ほか 1986)。本種は中東地域や東南アジアにおいて沿岸漁業や養殖漁業の対象になっており, とりわけ, 国内外の底びき網漁業の主要漁獲対象資源になっている (Holthuis 1980)。

日本では標準和名のクマエビよりも, 歩脚や腹肢の赤いという特徴を示す「アシアカ」「アシアカエビ」という地方名が西日本で浸透している。紀伊水道の徳島県沿岸においても古くからクマエビを対象にした小型底びき網漁業が営まれている。1950年当時の紀伊水道における小型底びき網漁業ではクマエビを主対象として本種の回遊を追って操業が営まれていたことが報告されている (水産庁徳島水産駐在所 1950)。また, 当時の本種の漁獲量や生産金額は, クマエビ *Penaeus japonica* やヨシエビ *Metapenaeus ensis* よりも大きく, 底びき網漁業の漁獲物中で最も重要な種類であったことが記されている。今日においても本種が紀伊水道の主要漁獲対象資源となっていることは変わらない。

クマエビの生態や漁業については, 有明海熊本沿岸 (池末 1963), 延岡湾 (通山ほか 1971), 臼杵湾 (幡手 1963), 周防灘 (八柳, 前川 1961), 土佐湾 (通山 1981, 宮本 1988), 笠岡湾 (安田 1956), 大阪湾 (倉田 1980), 愛知県沿岸 (愛知水試 1942) およびインド南部のポーク湾とマナール湾 (Thomas 1975, Thomas 1977) で調査が実施されている。

紀伊水道では小竹, 田原 (1958) により内湾域における稚エビ期の分布と成長について詳しく調べられている

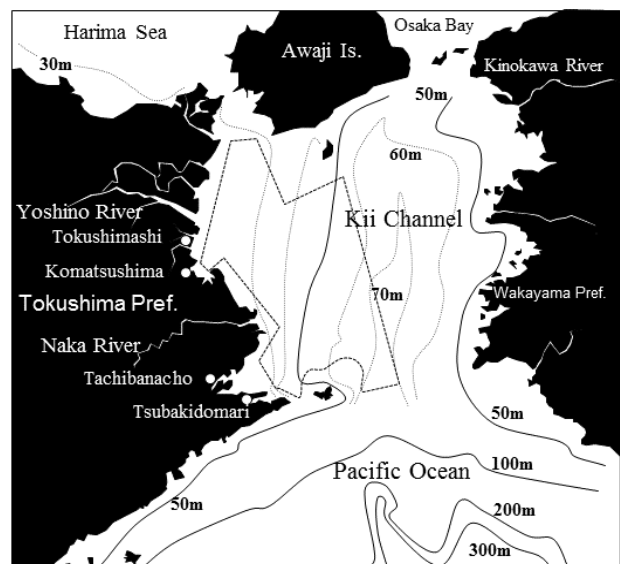


Fig. 1 Map showing fishing ground (dotted line) of small scale trawlers and landing ports (white circle) for *Penaeus semisulcatus*

が, 漁獲加入後の生態については明らかにはされていない。

このことから, 本研究では小竹, 田原 (1958) の研究成果を踏まえ, 産卵生態, 漁獲加入後の成長, 寿命等の基本的な生態や生活史について解析を試み, 他海域産と比較した。

## 材料と方法

## 市場調査と計測

まず, 本種の漁獲サイズや成長を明らかにする目的で 1990年4月~1992年1月に, 月に2~4回の割合で, 紀伊水

\*1 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所鳴門庁舎 (Fisheries Research Institute Naruto Branch, Tokushima Agriculture, Forestry, and Fisheries Technology Support Center, Dounoura, Seto, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan)

道西部の徳島県沿岸で操業する小型底びき網漁船が水揚げするクマエビを徳島市、椿泊、小松島および橘町漁業協同組合の荷さばき所で計測した(Fig.1, Table 1)。交接器の形態から雌雄を判別後、額角基部から尾節後端の体長をパンチングにより計測した。また、1990年4月~1992年3月に月に1~3回の割合で漁獲物の一部を購入し、10%ホルマリンに固定後、雌雄別に体長、頭甲胸長および体重を測定するとともに、1990年の雌については生殖腺重量を測定し、池末(1963)の方法に従い、卵巣の色調から目視により成熟の状態を未熟、稍熟、成熟の3段階に判別した。

産卵生態の解析

産卵期を明らかにする目的で生殖腺重量(GWg)と体重(BWg)から次式により生殖腺重量指数(GSI)を求めた。

$$GSI = 100GW/BW$$

各月の体長とGSIの関係および成熟段階の推移より産卵期および生物学的最小形を求めるとともに各月の性比に有意差があるか二項検定により検定した。

成長と寿命の解析

体長データから雌雄別、月別の体長組成を求め、赤嶺(1985)の<sup>2</sup>最小化法に基本をおいた方法によって正規分布を適用し、各年級群に分別した。正規分布の面積比から、各年級群の割合を求めた。

得られた各発生群の平均体長の推移にGauss-Newton法により、Pitcher & Macdonald(1973)の成長式を適用した。また、雌雄別の体長-体重および体長-頭甲胸長間のアロメトリー式を求め、共分散分析により雌雄差があるか検定した。

Table 1 Numbers examined of *Penaeus semisulcatus* in Kii Channel, sex ratio and results of the binomial test

Month	Numbers examined		Sex ratio (Male/Female)	Binomial test (1-tailed test)
	Male	Female		
Apr-90	70	140	0.33	$p < 0.001$
May-90	141	162	0.47	$p > 0.05$
Jun-90	121	122	0.50	$p > 0.05$
Jul-90	12	25	0.32	$p < 0.05$
Sep-90	21	38	0.36	$p < 0.05$
Oct-90	201	192	0.51	$p > 0.05$
Nov-90	293	355	0.45	$p < 0.01$
Dec-90	253	384	0.40	$p < 0.001$
Jan-91	28	52	0.35	$p < 0.01$
Feb-91	22	42	0.34	$p < 0.01$
Mar-91	90	118	0.43	$p < 0.05$
Apr-91	53	79	0.40	$p < 0.05$
May-91	411	442	0.48	$p > 0.05$
Jun-91	212	204	0.51	$p > 0.05$
Jul-91	62	58	0.52	$p > 0.05$
Aug-91	0	6	0.00	$p < 0.05$
Sep-91	26	45	0.37	$p < 0.05$
Oct-91	294	306	0.49	$p > 0.05$
Nov-91	64	53	0.55	$p > 0.05$
Dec-91	74	74	0.50	$p > 0.05$
Jan-92	18	12	0.60	$p > 0.05$
Total	2,466	2,909	0.46	$p < 0.001$

Table 2 Maturity of ovaries of *Penaeus semisulcatus* over 14.2cm in body length

Date	Numbers examined	Maturity of Ovaries*		
		Immature	Maturing	Mature
25-Apr-90	9	9		
21-May-90	11	10	1	
11-Jun-90	6	6		
5-Jul-90	12	1	4	7
13-Jul-90	3		1	2
9-Aug-90	1			1
9-Oct-90	1	1		
11-Oct-90	11	11		
25-Oct-90	2	2		
27-Nov-90	8	7	1	
28-Nov-90	47	47		
26-Dec-90	13	13		
10-Jan-91	15	15		
6-Feb-91	18	18		
14-Feb-91	5	5		
13-Mar-91	10	10		
12-Apr-91	17	17		
1-May-91	33	32	1	
27-May-91	15	9	6	
5-Jun-91	6	6		
27-Jun-91	11		3	8
22-Jul-91	4		2	2
20-Sep-91	15	15		
4-Oct-91	9	9		
30-Oct-91	33	33		
7-Nov-91	11	11		
4-Dec-91	3	3		
11-Dec-91	13	13		
13-Jan-92	20	20		
7-Feb-92	8	8		
27-Feb-92	4	4		
9-Mar-92	16	16		

\* Classification by Ikematsu(1963)

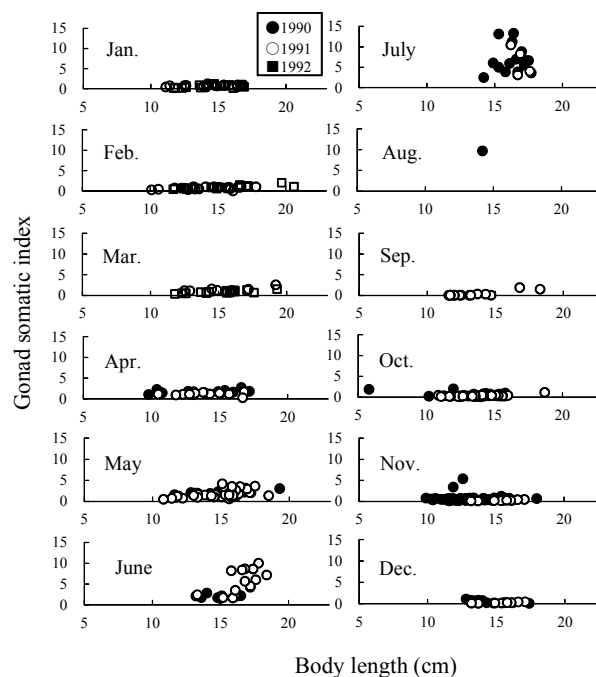


Fig.2 Seasonal change of gonad somatic index of female by size

結果

産卵期の推定

体長とGSIの関係および池末(1963)の方法による成熟度判別より生物学的最小形を体長14.2cm(1990年8月9日標本)と推定した。1990年4月~1992年3月における各月の体長とGSIの関係を示すとともに、生物学的最小形より大きい個体について調査日毎に成熟度を未熟、稍熟、成熟の3段階に分けて示した(Table 2)。ホルマリン固定後において、未熟個体の卵巣は白色を呈し、GSIも3以下であった。成熟が進み稍熟状態に達すると、卵巣は黄色もしくは橙色を帯び、GSIも3.1~4.5に上昇した。成熟段階に達すると、卵巣は橙色ないし暗緑色を呈し、卵巣は個々によく分離した。この段階でGSIは5.6~10.4となった。このことから、1991年の個体についてはGSIが3.1未満の個体は未熟、GSIが3.1以上5.6未満の個体については稍熟、5.6以上の個体は成熟と判別した。

GSIは1990年が7月、1991年が5月より上昇しはじめた(Fig. 2)。表1から1990年には7月5日に稍熟、成熟個体が出現し、1991年には5月27日に一部稍熟個体が出現しているが、本格的な稍熟、成熟個体の出現は6月27日となった。標本数は少ないが、1990年7月上旬~8月上旬および1991年6月下旬~7月下旬には成熟個体が出現してい

た。1990年10月および1991年9、10月には稍熟、成熟個体が全く見られなかった。このことから紀伊水道における本種の産卵期は6月下旬~8月上旬と推定した。

1990年7月、1991年6月の体長とGSIの関係より、大型群の方が成熟が早い傾向が認められるが、主たる産卵群は体長15.0~18.0cmと推定された。

性比

二項検定により性比に有意差があるかどうか調べたところ、周年を通して雌の割合が多い調査月が多かった。しかしながら、5、6月の産卵前の親エビでは1990、1991年ともに性比に有意差がみられなかった( $p>0.05$ )。

体長組成

調査期間中の測定個体数は雌2,466、雄2,909の計5,375であった(Table1)。Fig.3、4にクマエビの雌雄別、月別の体長組成を示した。解析に供した標本の体長範囲は、雌が5.0~21.5cm、雄が8.5~20.0cmで、全ての個体で雌雄を判別することができた。

雌雄ともに2~3峰形を呈するが、雄の方が各峰の重なりが大きく、モードがやや不明瞭であった。雌の体長組成を参考に正規分布を適用した。調査年を通じて

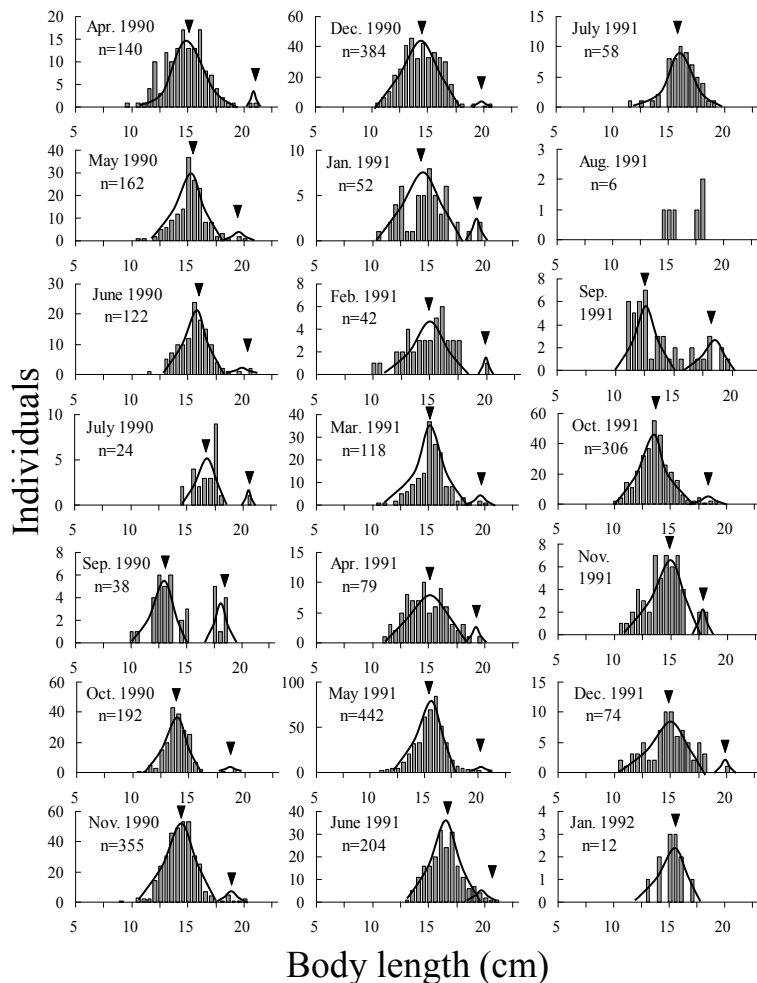


Fig.3 Size frequency of body length of female. Black triangles show the mean of each Gaussian distribution.

雌雄ともに9月より10~15cmの小型群の加入が認められた。これらの群は10月以降、主群となり翌年の4月頃まで徐々に加入した。正規分布の面積比(Table 3)から大部分はふ化後1年以内の0歳で、9月を除いて1歳以上の割合は雌で12%、雄で22.7%以下であった。

成長と寿命

9月時点では雌雄ともに平均体長が12.5cmであったが12月には雌で15cm、雄では13cmに成長した(Fig. 5)。翌年の9月には雌では18cm、雄では16cmまで成長した。6~8月に産卵後、9月には前年加入群の割合は著しく減少した。その後、1歳群として少量ながら翌年の6、7月の産卵期まで出現した。つまり、雌雄ともに一部の個体群はふ化後約2年の寿命を有した。

7月15日を誕生日( $t=0$ )と仮定して、月齢と平均体長のセットデータをプロットした(Fig.5)。各月の雌雄毎の平均体長にPitcher & Macdonaldの成長曲線を適用した(Fig.6)。雌雄共に1~4月には成長は停滞したが、その他の月は成長した。また、成長式から0歳時には1~2cm、1歳時には2~3cmほど雌の体長が大きく見積もられた。

相対成長

雌雄別の体長(BLcm) - 体重(BWg)関係のアロメトリー

式は次式で示された。

雌： $BW = 0.0145BL^{2.975}$

( $5.8 \leq BL \leq 20.6$ ,  $r=0.988$ ,  $n=381$ ,  $P<0.001$ )

雄： $BW = 0.0221BL^{2.811}$

( $8.4 \leq BL \leq 16.8$ ,  $r=0.974$ ,  $n=313$ ,  $P<0.001$ )

雌雄のアロメトリー式に差があるかどうか検定したところ、有意な差は認められなかった(共分散分析,  $P>0.05$ )。

雌雄共通のアロメトリー式は次式で示された。

$BW = 0.0162BL^{2.934}$  ( $r=0.985$ ,  $n=694$ ,  $P<0.001$ )

雌雄別の体長(BLcm) - 頭甲胸長(CLcm)アロメトリー式は次式で示された。

雌： $BL = 3.462CL + 1.509$

( $5.8 \leq BL \leq 20.6$ ,  $r=0.979$ ,  $n=381$ ,  $P<0.001$ )

雄： $BL = 3.804CL + 0.505$

( $8.4 \leq BL \leq 16.8$ ,  $r=0.968$ ,  $n=308$ ,  $P<0.001$ )

雌雄のアロメトリー式に差があるかどうか検定したところ、傾きに差が認められた(共分散分析,  $P<0.001$ )。即ち、雄に比べて雌の方が若干ながら体長に対する頭甲胸長の割合が大きい傾向がみられた。

雌雄共通のアロメトリー式は次式で示された。

$BL = 3.477CL + 1.519$

( $5.8 \leq BL \leq 20.6$ ,  $r=0.978$ ,  $n=689$ ,  $P<0.001$ )

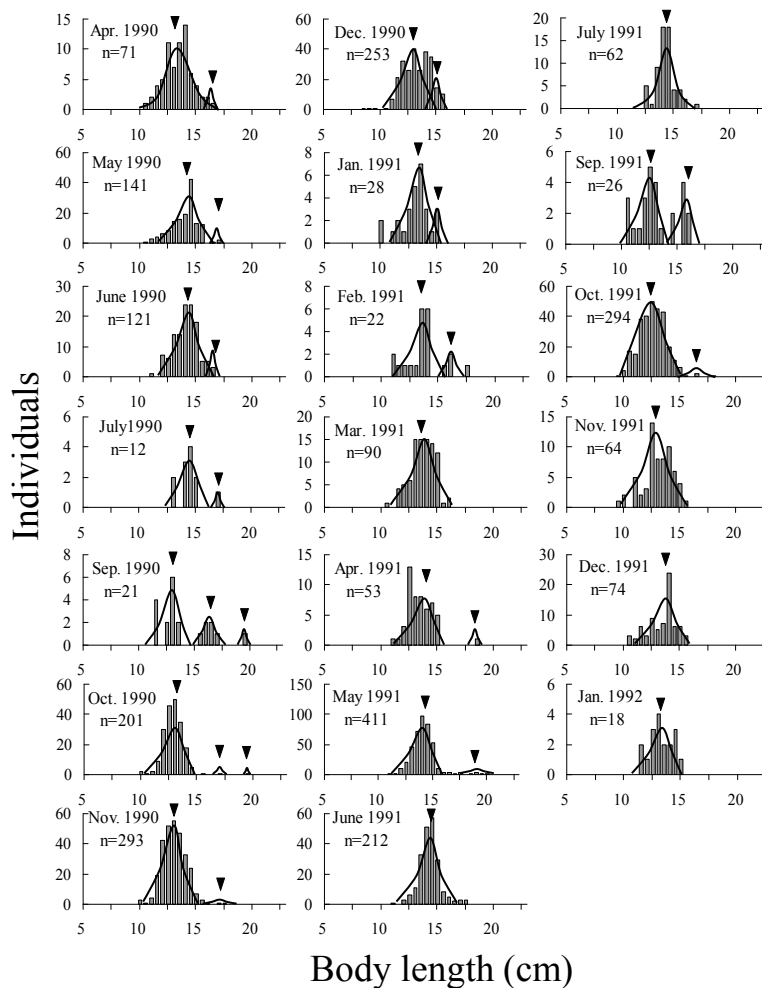


Fig.4 Size frequency of body length of male. Black triangles show the mean of each Gaussian distribution.



Table 3 Ratio of individual by hatching group estimated from size frequency distribution (Fig. 3,4)

Month	Female		Male		
	Small group	Large group	Small group	Large group	Large group 2
Apr-90	98.6	1.4	100.0		
May-90	94.6	5.4	97.9	2.1	
Jun-90	95.2	4.8	100.0		
Jul-90	100.0	0.0	100.0		
Aug-90					
Sep-90	73.8	26.2	66.7	28.6	0.5
Oct-90	97.3	2.7	97.7	1.8	0.5
Nov-90	94.1	5.9	98.0	2.0	
Dec-90	97.2	2.8	77.3	22.7	
Jan-91	90.5	9.5	100.0		
Feb-91	90.5	9.5	81.9	18.1	
Mar-91	97.5	2.5	100.0		
Apr-91	91.2	8.8	98.1	1.9	
May-91	97.3	2.7	96.4	3.6	
Jun-91	89.7	10.3	100.0		
Jul-91	100.0		100.0		
Aug-91					
Sep-91	75.7	24.3	69.4	30.6	
Oct-91	93.5	6.5	92.9	7.1	
Nov-91	100.0		100.0		
Dec-91	88.0	12.0	100.0		
Jan-92	100.0		100.0		

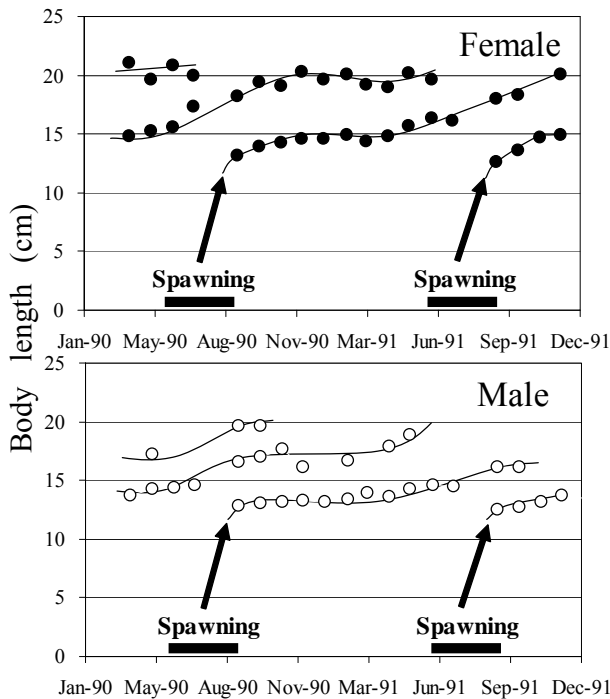


Fig.5 Seasonal change of mean body length obtained from size frequency distribution of *Penaeus semisulcatus*. Thin lines and thick ones are growth curves fitted by eye and spawning season respectively. Arrows show the estimation from spawning to recruit.

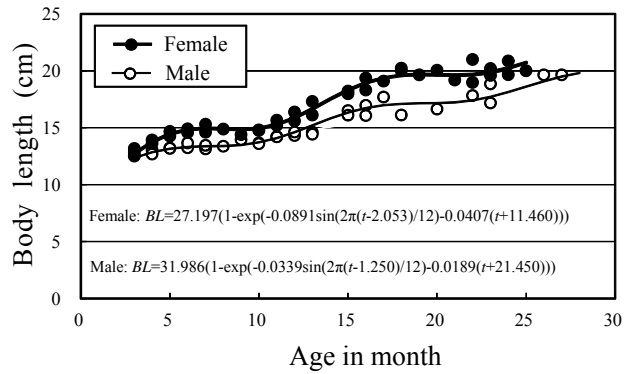


Fig.6 Estimated growth curve of *Penaeus semisulcatus* in Kii Channel. Thin line and thick one are growth curves of male and female respectively.

考 察

産卵生態

本邦産クマエビの産卵期については何れもGSIの季節変化と卵巣の目視から推定されている。有明海熊本県沿岸(池末1963), 周防灘(八柳, 前川1961)で6月中旬~9月上旬, 土佐湾(通山1981)で5月下旬~7月下旬, 笠岡湾(安田1956)で6~7月と報告されている(Table 4)。岡山県栽培漁業センターでは土佐湾産の親エビを用いて6月中旬, 8月上旬に採卵している(村田, 山野井1989)。本研究の紀伊水道産クマエビの産卵期は6月下旬~8月上旬で周防灘とほぼ一致する。土佐湾は太平洋に面しており, 紀伊水道や周防灘より水温が高いことから, 産卵期も若干早いと考えられる。一方, より水温が高いインド南部のポーク湾やマナール湾(Thomas 1975)では, 6~9月および1~2月にピークを有するものの周年産卵がみられる。従って低緯度になるに連れて水温が高く, 産卵期が長くなると考えられる。

雌の生物学的最小形については, 有明海熊本県沿岸(池末1963)で頭胸甲長3.13cm(体長12.3cm), 周防灘(八柳, 前川1961)で頭胸甲長4.4cm(体長16.7cm), 紀伊水道で体長14.2cm, インド南部(Thomas 1975)で頭胸甲長2.3cm(体長9.5cm)であることから, 水温の高い海域の方が小型で成熟すると考えられる。

性比

紀伊水道産では雌雄ともに十分な漁獲サイズに達した5,6月には性比が0.47~0.51であることから, 自然界における本種の性比はほぼ0.5と考えられる。インド産(Thomas 1975)の標本においても月により多少の雌雄差はみられるものの概ね雌雄差がないことが報告されている。

体長組成

日本各地域における調査の最大体長は有明海熊本県沿岸産(池末1963)で雌が頭胸甲長5.0cm(体長18.8cm), 雄が頭胸甲長3.8cm(体長15.0cm), 周防灘(八柳, 前川1961)でそれぞれ頭胸甲長6.3cm(体長23.3cm), 頭胸甲長5.2cm(体長20.3cm), 土佐湾(通山1981)ではそれぞれ体長21.3cm, 19.3cm, インド南部(Thomas 1975)ではそれぞれ頭胸甲長5.0cm(体長18.8cm), 頭胸甲長4.8cm(体長

18.8cm)であったことから、本調査における雌雄の最大体長21.3cm, 20.3cmは周防灘産に次いで大きかった (Table 4)。

周年を通して雌が大きく、雌の標本が多いことから、雌の法が相対的に早く漁獲加入し、獲られ易い傾向があらると考えられる。

#### 成長と寿命

阪地(2003)は土佐湾に棲息するクルマエビ科エビ類の稚エビ以降の分布を5タイプに分け、クマエビは干潟-上部大陸棚(Estuary-Upper continental shelf)型に属することを報告している。

1958年当時の紀伊水道では頭胸甲長2.5~19mmの稚エビが7~10月に橘湾や小松島湾のアマモ場に出現し、成長するに連れて藻場の泥域の境界に蜻集するようになることが報告されている(小竹, 田原1958)。さらに、8月になると両湾一帯に広く分布するようになり、9月中旬には沖合の小型底びき網漁場で頭胸甲長3cm, 体長10cm前後のクマエビが漁獲される。9月に漁獲加入することは本研究と一致する。

稚エビ期の生態については山口県の小郡湾や秋穂湾においても調査が実施されており、頭胸甲長10~30mmの稚エビが湾内で採集され、9~10月に頭胸甲長3~4cm(体長11.9~15.4cm)に成長し、湾外の漁場に移動することが報告されている(八柳, 前川1961)。

杉野, 村田(1990)は高知産の親エビを用いて種苗生産試験を行い、6月9日に採卵し、38日後の7月18日に平均全長15.3mmに育成している。また、村田(1987)は種苗生産した全長15.7mmの稚エビを用いて7月11日から9月16日まで中間育成し、平均全長63.2mm(体重2.3g)まで育成した。

これらの種苗生産や中間育成結果は、小竹, 田原(1958)の稚エビ期の成長、八柳, 前川(1961)の稚エビ期から漁獲期の成長、本研究の漁獲期の成長や寿命と概ね連動する。

本研究の体長組成の経月変化から9月に漁獲加入した主群は翌年の産卵後には大部分が死滅するが、一部の個体群については生残して再び産卵を行うものと推定した。従って小竹, 田原(1958)の稚エビ期の研究を踏まえるならば、紀伊水道産のクマエビの主群の寿命は1年で、一部の個体群の寿命は2年と考えられる。

寿命については、有明海熊本県沿岸産(池末1963)、臼杵湾産(播手1963)および周防灘産(八柳, 前川1961)が1年、インド南部産(Thomas 1975)が2年と報告されている。主群の寿命が1年ということにおいては本研究と一致するが、一部が2年の寿命を有する点においてはインド南部産と一致する。

本研究では1990~1992年の資源水準が低い時期の漁獲物を対象に調査と解析を実施した。2008年以降、クマエビの資源水準と漁獲量は著しく増加しており、ハモやシリヤケイカと並び紀伊水道の小型底びき網漁業を支える最重要資源になっている。にもかかわらず、クマエビの資源や生態に関する知見が乏しいのが実際である。資源管理や漁況予測のためにもふ化から加入時の生態や資源変動要因を明らかにする必要がある。

#### 謝辞

クマエビの体長計測に御協力頂いた当時の徳島県水産試験場渡辺健一科長および石田陽司研究員に深謝する。また、活魚や鮮魚商品として扱われているにもかかわらず体長計測において便宜をはかっていただいた徳島市、椿泊、小松島および橘町の各漁業協同組合の底びき網漁業者および職員の方々に心より御礼申し上げます。本研究の統計解析には徳島大学総合科学部の濱野龍夫教授が作成されたHAPPY SEA (Hamano's Program Package for You - Support on Ecological Analysis)を用いた。N88Basicで作成されたものであるが視覚的で非常に使いやすい解析ソフトである。記して謝意を表します。

Table 4 Ecological information of *Penaeus semisulcatus* in eight different localities

Waters	Spawning season (peak season)	Life span	Minimum body length at maturity in female	Maximum body length*	Fishing season	Reference
Ariake Sea	June to early September (late June to late August)	1 year	12.3cm	Female:18.8cm Male:15.0cm	September to October	Ikematsu(1963)
Nobeoka Bay					April to June, October to November	Toriyama <i>et al.</i> (1971)
Usuki Bay		1 year			May to July, September to December	Harite(1963)
Suou Nada	Mid June to early September	1 year	16.7cm	Female:23.3cm Male:20.3cm		Yatsuyanagi & Maekawa(1961)
Tosa Bay	late May to late July	2 years		Female:21.3cm Male:19.3cm	May to June, October to November	Toriyama(1981)
Kasaoka Bay	(June to July)					Yasuda(1956)
Palk Bay and Gulf of Manner	June to September, January to February	2 years	9.5cm	Female:18.8cm Male:18.8cm		Thomas(1975,1977)
Kii Channel	late June to early August	1~2 years	14.2cm	Female:21.3cm Male:20.3cm	September to July	Present study

\* estimated by allometry formula between carapace length and body length in present study.

文 献

- 愛知水試．愛知県産重要蝦類生態調査．昭和16年度  
1942：1-20.
- 赤嶺達郎．Polymodalな度数分布を正規分布へ分解するBASICプログラムの検討．日本海区水研研究報告1985；  
35：129 - 159 ．
- 馬場敬次，林健一，通山正弘．日本陸棚周辺の十脚甲殻類．社団法人日本水産資源保護協会，東京，75p  
(1986) ．
- 幡手格一．臼杵湾におけるクマエビの漁獲高の変動と環境要因並びに一・二の生態について．大分県水試研究報告1963 ； 2：13 - 35 ．
- Holthuis,L.B. Shrimps and prawns of the world. FAO Species Catalogue, Vol.1, Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Leiden, Netherlands, 51p. (1980).
- 池末 弥．有明海におけるエビ・アミ類の生活史，生態に関する研究．西海区水研報1963；30：1-24 ．
- 小竹子之助，田原恒男．エビ資源の減少について．1954 - 1957徳島県水試事報1958：77-88 ．
- 倉田 博．大阪湾およびその周辺海域におけるクマエビの資源生態．関西空港建設計画のための漁業環境影響調査委員会報告(昭和51～54年度)1980；3：156-157 ．
- 宮本 猛．土佐湾における小型底びき網漁業について．南西外海の資源・海洋研究1988；4：1-5 ．
- 村田 守．クマエビ種苗の放流とその効果事例．岡山水試報，1987；2：208-211 ．
- Pitcher,T.J.and P. D. M.Macdonald.1973. Two models for seasonal growth in fishes. *Journal of Applied Ecology*;**10**:599-606.
- 阪地英男．土佐湾におけるクルマエビ科エビ類の資源生物学的研究．水産総合研究センター研究報告2003;**6**:73-127.
- 杉野博之，村田 守．クマエビの種苗生産試験．岡山水試報，1990；5：128-130 ．
- 水産庁徳島水産駐在所．紀伊水道におけるエビ漁業．1950：1-38 ．  
1971；2：13-35 ．
- Thomas, M.M. Reproduction , fecundity and sex ratio of the green tiger prawn *Penaeus semisulcatus* DE HAAN. *Ind. J. Fish*1975;**21**:152-163.
- Thomas, M.M. Age and growth, length-weight relationship and relative condition factor of *Penaeus semisulcatus* DE HAAN. *Ind. J. Fish*1977; **22**:133-142.
- 通山正弘．土佐湾産浅海性エビ類の生態，特にクマエビとアカエビについて．昭和55年度漁業資源研究会議，西日本底魚部会会議報告，水産庁・水産研究所・漁業資源研究会議報1981：16 - 38 ．
- 通山正弘，工藤晋二，黒木敏行．延岡湾の小型底びき網漁業について- ，その漁獲物組成．南西水研報1971;**4**:13-35.
- 安田治三郎内湾における蝦類の資源生物学的研究 ( )，各論.各種類の生態に関する研究．内海区水研報1956；9：1-81 ．
- 八柳健郎，前川兼佑．山口県瀬戸内海における重要生物の生態学的研究，第10報，瀬戸内海産クマエビ *Penaeus semisulcatus* DE HANN の生態．山口県内海水試業績1961；8：25 - 38 ．

