

黄海漁場におけるコウライエビの成熟について

松山, 倫也
九州大学農学部水産学教室

松浦, 修平
九州大学農学部水産学教室

<https://doi.org/10.15017/22315>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 38 (2/3), pp.71-79, 1983-11. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :

黄海漁場におけるコウライエビの成熟について

松山 倫也・松浦 修平

九州大学農学部水産学第一講座

(1983年7月18日受理)

On the Maturation of the Korai Prawn, *Penaeus chinensis* (Osbeck) in the Yellow Sea

MICHIYA MATSUYAMA and SHUHEI MATSUURA

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-04, Fukuoka 812

緒 言

コウライエビ *Penaeus chinensis* (Osbeck) は経済的価値が極めて高く、我国以西底曳網漁業の重要な対象種とされており、また、中国、韓国などでも重要な漁業資源となつている。本種の性成熟については、これまで岡・白旗 (1965)、岡 (1967) の卵および卵巣の組織学的観察や水産庁西海区水産研究所遠洋資源部 (1965) の産卵習性に関する報告などがあるが、卵の成熟過程や卵巣内卵数についての知見はまだ十分とはいえない。筆者らは、以西底曳網漁場におけるコウライエビの成熟に関する基礎的知見を得ることを目的として、卵巣組織像の観察や卵径測定および卵の計数を行い、卵巣卵の成熟過程や卵数についての検討を行った。

本研究に用いた標本は、1981年3月に西海区水産研究所によつて行われたコウライエビの分布調査の際、同研究所の調査船陽光丸によつて採集されたものである。研究の機会を与えられ、これら貴重な標本の提供と論文の校閲を頂いた西海区水産研究所大滝英夫博士¹⁾ ならびに竹下貢二博士、また標本の採集、測定、卵巣の摘出および固定保存に多大の労をかけた同研究所の北島忠弘、田川勝両技官ならびに調査船乗組員の各位に深甚の謝意を表す。さらに、論文のとりまとめに当たつて指導を頂いた九州大学農学部板沢靖男教授に深く感謝の意を表す。

材料および方法

本研究に用いた材料は1981年3月に黄海沖合漁場で採集されたが、この時期はコウライエビが沖合漁場より沿岸の産卵場に向かつて北上回帰を始める時期に当たる (庄嶋・大滝, 1982)。採集地点は地点I (北緯34度10分, 東経123度24分) およびII (北緯34度28分, 東経122度54分) である。

地点Iでは120尾 (3月13日採集)、また地点IIでは97尾 (3月16日採集) の雌エビが得られたが、それらのうちからそれぞれ29尾および23尾の標本を抽出して供試した。採集された標本については船上で頭胸甲長 (Fig. 1) や体重を測定した後、卵巣を取り出し、それを10%ホルマリンで固定保存した。卵巣は実験室に持ち帰り、組織学的観察や卵径測定および卵の計数を行った。後述のように卵巣の部位による成熟度の差異は認められないので、標本の処理を出来るだ

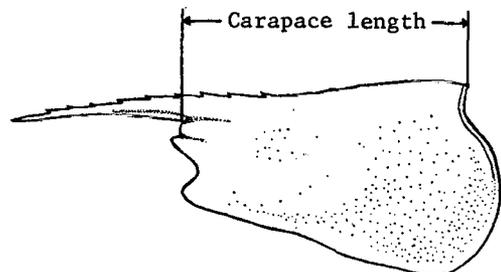


Fig. 1. Diagram showing the carapace length of the Korai prawn.

1) 現在、遠洋水産研究所

け一定にするため、卵径測定や卵の計数に用いる副標本 (0.01~0.02 g) は右側卵巢の一定部位 (Fig. 2 に示す部位Ⅲ) より採取することとし、1個体につき3個ずつの副標本を取り出した。この副標本より個々の卵を分離して0.5~1.0 ccの水を加え、万能投影機を用いて50倍に拡大して卵径測定および卵の計数を行った。卵の計数は原則として2回行い、単位重量当たりの卵数に卵巢重量を乗じて卵数を推定した。組織はパラプラスト包埋、6~8 μmの連続切片にマイヤー・ヘマトキシリン-エオシン染色を施して観察した。

生殖腺指数 (gonadosomatic index, GSI) は次式により求めた。 $GSI=100 GW/BW$ ここで GW は卵巢重量 (g), BW は体重 (g) を示す。

結果および考察

卵巢の外部形態および内部構造

卵径や卵数の検討に先立ち、卵巢の外部形態や内部構造の観察を行った。これらについては既に岡 (1967) による詳細な報告があるが、内部構造、特に卵の増殖部位について筆者らが得た若干の知見を加えて考察を試みる。

卵巢の外部形態

コウライエビの卵巢は左右相称の器官で、体の背面において前後に伸長し、頭胸部では七つの側枝に分かれる。第1枝は前方へ伸長し、また第2~7枝は左右から下方へ分枝して複雑な形状を呈している (Fig. 2)。第6および7枝はさらに内枝と外枝に分かれ、第6枝の外枝より輸卵管が伸びている。

卵巢の内部構造

卵巢の内部構造をみると、全体は1層の卵巢膜で包まれ、多数の卵巢囊 ovarian bursa によつて構成されている。比較的成熟の進んだ卵巢では、卵巢囊は外部から肉眼で観察することが出来る。卵巢囊の内部はさらに多数の卵囊 egg pouch により細分され、それら卵囊内に卵が認められる (Fig. 3-1)。従つて卵巢を構成する最小単位は卵囊であり、卵囊の集合体が卵巢囊で、卵巢はこの卵巢囊により構成されている。前後に伸びた卵巢の中央部の横断面をみると卵巢の内側面から卵巢内部に向かつて陥入が認められる (Fig. 3-1)。この内腔を形成する上皮層の表面には卵原細胞、あるいはごく初期の卵母細胞が認められる (Fig. 4)。これに接して1層の膜 (mi) があり、この膜は陥入部全体を囲み卵巢膜に続く。この膜と卵巢囊膜 (mob) の間に多数の核が散在する結合組織層がある。十脚甲殻類 Decapoda の卵巢におけるこの陥入部は

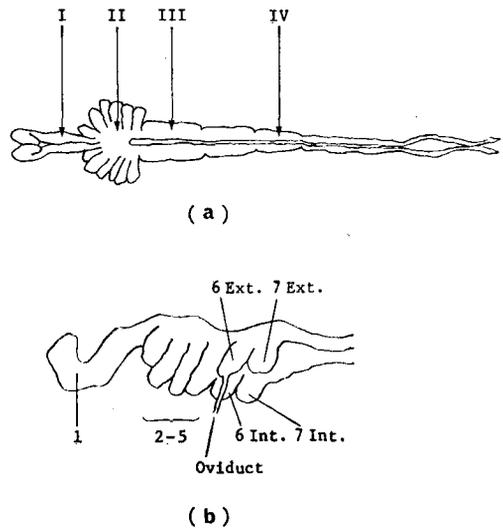


Fig. 2. (a) Dorsal view of the ovary showing the egg-sampling portions (I-IV). (b) Lateral view of the anterior part of the ovary indicating an oviduct, the 6th and 7th lobes branching off into internal and external lobes.

ヌマエビ (Ishikawa, 1885) を初めとし、多くの種でその存在が知られている (Ishikawa, 1885, Bumps, 1891, Jackson, 1913, King, 1948, Parameswara, 1953, Pillai, 1960)。この陥入部は“germogen” (例えば Ishikawa, 1885), “zone of proliferation” (例えば King, 1948), あるいは“formative region” (Parameswara, 1953) と呼ばれており、ここで卵原細胞の分裂増殖が行われ、それは卵母細胞となつて陥入部の内腔 (li) へ分離されると考えられている。筆者らもこれらの例に従い、陥入部を“formative region (fr)”と呼ぶことにする。

fr は卵巢の中軸付近で各卵巢囊に連絡しており、fr の生殖上皮から分離した未熟卵は卵囊内部にまで達している (Fig. 3-2)。頭胸部における卵巢では fr は側方の分枝ごとに分かれており、さらに第6枝の外枝の fr は輸卵管へ通じている。従つて fr の内腔は排卵された成熟卵が通る卵巢腔の役割を果たしていると考えられる。Parameswara (1953) は *Palaemon idae* の fr の構造が、排卵時に成熟した卵を卵巢のすべての部分から輸卵管に導くのに効果があることを指摘している。

卵巢卵の成熟段階

岡・白旗 (1965) は組織切片の観察に基づき、卵巢卵の成熟段階を仁前期、仁後期、前卵黄期、第1次卵

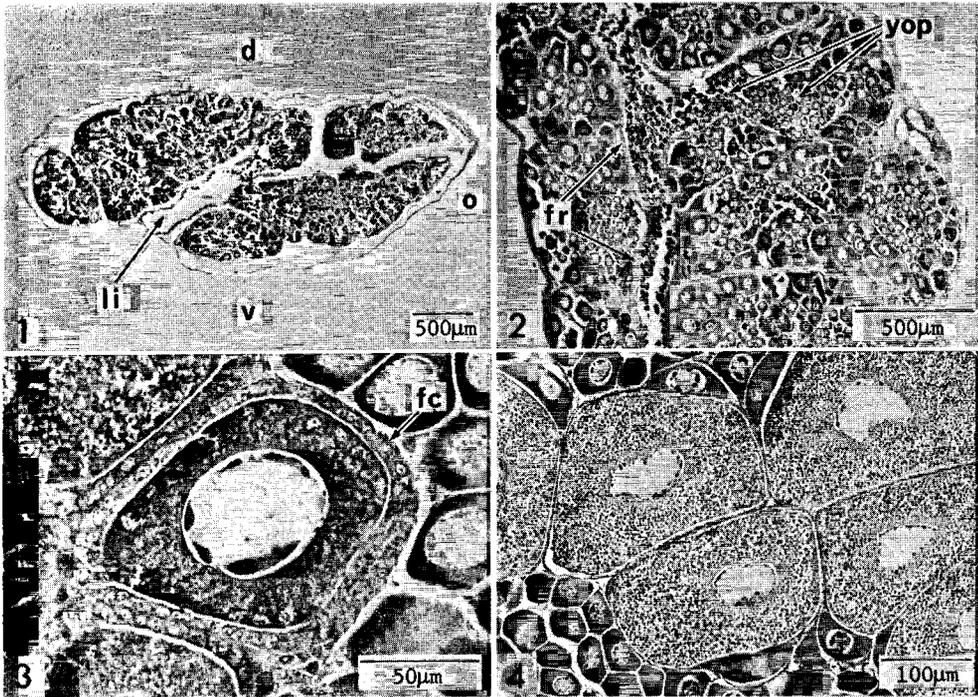


Fig. 3. Photomicrographs of the ovary of the Korai prawn.

1. Cross section of the ovary at the portion III (see Fig. 2). d: dorsal side, v: ventral side, o: outer side, li: lumen of invagination.

2. Vertical section of the ovary showing small young oocytes that are observed near the formative region and large young oocytes that are observed in the inner part of the egg pouch. fr: formative region, yop: young oocyte in the egg pouch.

3. Incassate follicle layer surrounding an oocyte in the pre-yolk stage. fc: follicle cell.

4. Oocyte in the secondary yolk globule stage.

黄球期, 第2次卵黄球期, 第3次卵黄球期, 前成熟期, 成熟期の8段階に分類し, それぞれの成熟段階の特徴を記載した。本研究に用いた標本においては第3次卵黄球期以上に成熟の進んだ卵は得られなかったが, 岡・白旗(1965)の記載に本研究の結果を加えて要約すると次の通りである。

仁前期 (Early nucleolus stage) fr の上皮層には2種類の卵母細胞が認められた。一つは卵原細胞の分裂が完了し, 第1次成長期に入った段階の非常に小さな卵で, 核内には1個の仁が認められヘマトキシリンにごく弱く染まる薄い細胞質を持つ。この期の卵は魚類における染色仁期 chromatin nucleolus stage の卵に相当すると考えられる。他の一つはこの小さな卵が成長したもので, これが仁前期と呼ばれる卵である。この期の卵は核と細胞質の増大が著しく, 小型の仁が核の周辺部に散在する。細胞質はヘマトキシリンに好染する。卵は仁前期に成長した段階で fr の内腔に分離される。

仁後期 (Later nucleolus stage) fr の内腔から各卵囊の内部にかけて大量に認められる仁前期の卵群は, 卵囊の内部のものほど大型卵となっている。卵囊内の仁前期の卵は核と細胞質の増大が続き仁後期となる。細胞質は仁前期に比べややヘマトキシリンの好染性を失い, 核膜に沿って並ぶ仁は大型化する。

前卵黄期 (Pre-yolk stage) 核および細胞質は増大を続け, 細胞質内にヘマトキシリン-エオシン染色では染まらない胞状物質が出現する。細胞質はさらに好塩基性を失う。胞状物質は細胞質の増大に伴い次第に細胞質全域に認められるようになる。この期の卵を前卵黄期卵と呼ぶ。卵が前卵黄期に達すると卵を包む濾胞細胞層の肥厚が顕著となる。卵囊内では卵囊膜に沿って前卵黄期卵が並び, 中央部に fr の内腔から続いている仁前期卵とそれが発達した仁後期卵が認められる。

第1次卵黄球期 (Primary yolk globule stage) 卵囊膜に沿って成長を続ける前卵黄期卵の細胞質内に

Table 1. Diameters in μm of oocyte and nucleus in oocytes of different maturation stages, measured on the ovary sections. N: number of oocytes examined.

Maturation stage of oocyte		Range	Mean \pm S. D.		N
Early nucleolus stage					
at the formative region	oocyte	17.3 - 40.8	28.6	5.1	80
	nucleus	10.6 - 21.2	15.8	2.3	
in the egg pouch	oocyte	26.0 - 70.1	44.7	7.8	
	nucleus	15.7 - 33.8	25.1	3.9	
Later nucleolus s.					
Later nucleolus s.	oocyte	44.6 - 114.7	68.2	13.3	80
	nucleus	27.4 - 50.0	37.7	5.1	
Pre-yolk s.					
Pre-yolk s.	oocyte	90.4 - 157.5	115.9	17.1	100
	nucleus	40.7 - 69.1	55.0	6.0	
Primary yolk globule s.					
Primary yolk globule s.	oocyte	117.6 - 225.5	159.0	20.9	80
	nucleus	50.5 - 90.7	64.9	8.0	
Secondary yolk globule s.					
Secondary yolk globule s.	oocyte	177.9 - 281.9	227.6	26.2	20
	nucleus	47.0 - 80.4	60.3	10.7	

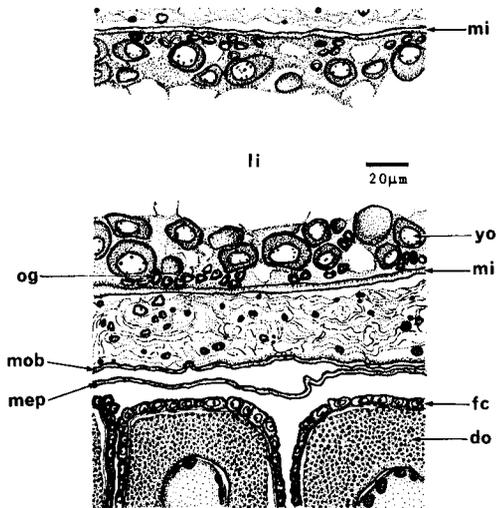


Fig. 4. Vertical section of the formative region. li: lumen of invagination, yo: young oocyte, og: oogonium, mi: membrane of invagination, mob: membrane of ovarian bursa, mep: membrane of egg pouch, fc: follicle cell, do: developing oocyte along the membrane of egg pouch.

微小な卵黄粒が出現し細胞質は次第にエオシン好性となる。細胞質の増大に比べ核径はほとんど変化なく、核膜に沿って並ぶ仁は小型となる。

第2次卵黄球期 (Secondary yolk globule stage) 卵黄球は数と大きさを増し細胞質全体を占めエオシンに好染する。細胞質は増大を続けるが核径には変化がない。

供試標本中には第3次卵黄球期以上に発達した卵を持つ個体は認められなかった。各成熟段階にある卵の卵径と核径を Table 1 に示す。なお測定は組織切片

標本を用いて行ったので実際の径より小さく、例えば第2次卵黄球期卵の卵径平均値は、万能投影機でホルマリン固定の卵を直接測定した場合の約 $260 \mu\text{m}$ に対し、切片標本測定のものでは $227.6 \mu\text{m}$ であった。

濾胞細胞層は卵が卵嚢壁で発達を始める頃から増大するが、その厚さは卵の発達とともに変化する (Fig. 5)。卵径モード M_0 が $100 \sim 150 \mu\text{m}$ のとき卵は前卵黄期にあり、 $150 \mu\text{m}$ を越えると第1次卵黄球期に入る。濾胞細胞層は卵が前卵黄期に達すると急激に肥厚し (Fig. 3-3), M_0 が $140 \mu\text{m}$ のとき最大に達した。 M_0 が $150 \mu\text{m}$ を越え卵が第1次卵黄球期に入ると、

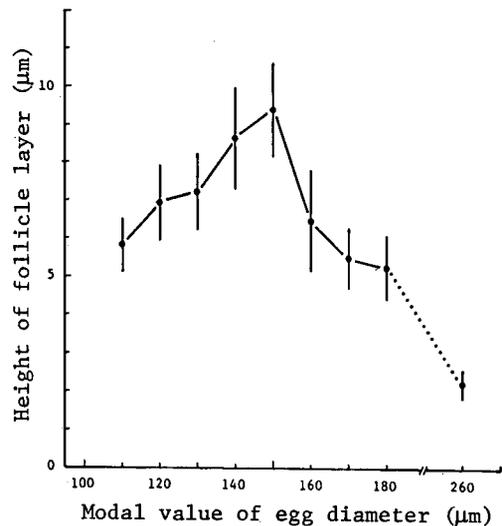


Fig. 5. Change of the height of follicle layer with maturation of egg. Average values of the height of follicle layer and the standard deviations are indicated by solid circles and vertical bars.

それ以降は厚さが減少し、第2次卵黄球期 (M_0) は約 $260 \mu\text{m}$ ではさらに薄くなっている (Fig. 3-4).

万能投影機の透過光下では、仁前期および仁後期卵は中央に核を持つ透明卵として認められる。卵が前卵黄期に達すると不透明となり核も認められなくなる。卵はこの期以降も不透明な像を示す。従つて万能投影機では卵の投影像から仁後期以前の卵群と前卵黄期以降の卵群の2種類が区別される。

卵巣の部位による成熟度の差異

卵巣の成熟度を調査するに当たり、卵巣の部位による成熟度の差異を考慮する必要がある。このため標本中最も成熟の進んだものと平均的なもの2個体について、体右側の卵巣を用い、Fig. 2 に示す4カ所より材料を採取し、卵径組成と組織学的成熟度を部位間で比較した。卵径測定はそれぞれ500個の発達途上卵に

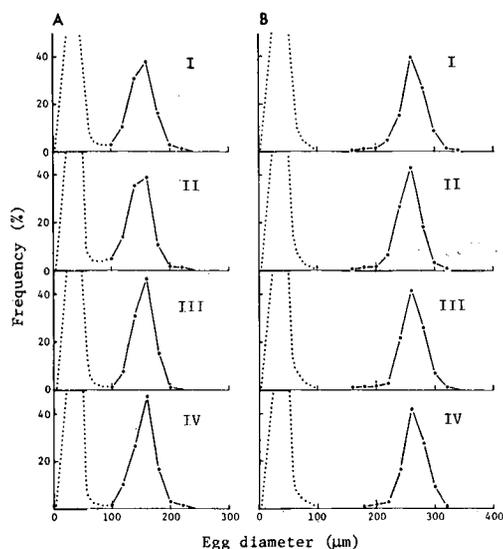


Fig. 6. Egg diameter composition of various portions of the ovary. A: female of 59.8 mm in carapace length, B: female of 57.7 mm in carapace length. I-IV, sampling portions (see Fig. 2).

ついて行つた。各部位の卵径組成を Fig. 6 に示す。これによると2個体とも部位による卵径差は認められず、また組織学的な検討によつても卵巣の部位による成熟度の差異は認められなかつた。この結果、卵径、卵数の調査のためにはどの部位から標本を取つても使用可能であることがわかつた。

卵径組成と卵巣の成熟段階

全標本について卵径組成を求めた結果、成熟段階に

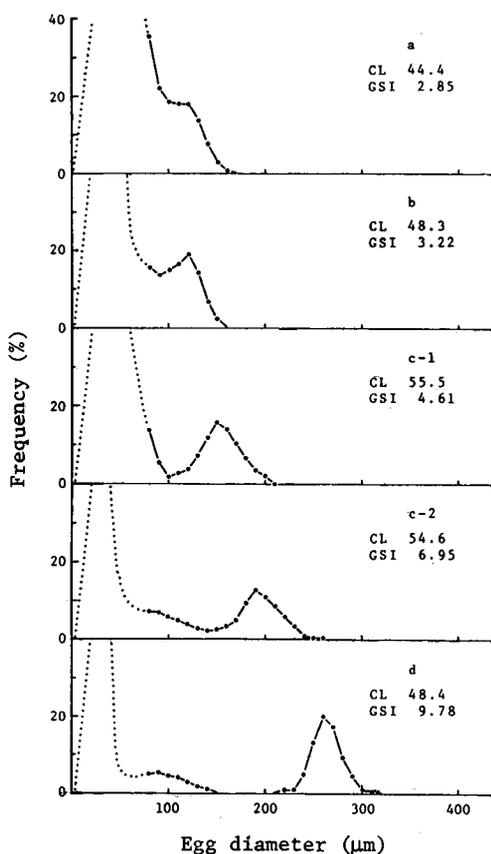


Fig. 7. Egg diameter composition in order of maturation stage. CL: carapace length in mm, GSI: gonadosomatic index.

よつて次の四つの型 (a-d) が区別された (Fig. 7).

a 卵径組成において卵団として識別できるモードは形成されていない。発達途上にある卵は前卵黄期にある。卵巣は頭胸部から尾節まで伸長し頭胸部の側枝も発達しているが、全体的に細い。固定標本は乳白色を示す。GSI は平均 3.67 であつた。

b 卵径組成において $150 \mu\text{m}$ 未満にモードがあり、モードを形成する卵団は前卵黄期にある。a 型卵巣に比べ少し肥厚し、固定標本は乳白色を示す。GSI は平均 3.91 であつた。

c 卵径組成においてモードが $150 \sim 190 \mu\text{m}$ に形成され、そのモードを持つ卵団は第1次卵黄球期にある。前半を c-1、後半を c-2 とした。c の段階で発達途上卵群は完全な卵団として識別できる。卵黄の蓄積が始まり、固定標本は淡黄色を示す。GSI は平均 5.25 であつた。

Table 2. GSI, modal value of diameter and their maturation stage of developing eggs in ovaries of various types. Type of ovary: see Fig. 7, N: number of samples, M_0 : modal value of diameter in μm of developing eggs, *: no mode.

Type of ovary	Station	N	GSI			M_0	Maturation stage of developing eggs
			Range	Mean	\pm S. D.		
a	I	1		4.49		*	Pre-yolk stage
	II	1		2.85			
	combined	2	2.85 - 4.49	3.67	1.16		
b	I	22	1.50 - 5.89	3.90	1.08	110 - 140	Pre-yolk stage
	II	10	2.90 - 4.72	3.94	0.53		
	combined	32	1.50 - 5.89	3.91	0.94		
c	I	6	3.53 - 6.95	5.90	1.31	150 - 190	Primary yolk globule stage
	II	10	4.10 - 5.78	4.86	0.45		
	combined	16	3.53 - 6.95	5.25	0.98		
d	I	0				200 -	Secondary yolk globule stage
	II	2	9.78 - 12.23	11.01	1.73		
	combined	2	9.78 - 12.23	11.01	1.73		

d モードの卵は第2次卵黄球期にある。発達途上卵群は分離卵団となる。卵巣は成熟が進み、卵巣膜の上から発達した卵巣嚢が肉眼ではつきり認められる。固定標本は橙黄色を示す。GSI は平均 11.01 であった。

以上の成熟段階別の特徴を要約して Table 2 に示した。また採集地点別に卵巣の型別組成を求めると (Fig. 8), I および II 地点における a-d 型各卵巣の出現率 (%) はそれぞれ a: 3.4 および 4.3, b: 75.9 および 43.5, c: 20.7 および 43.5, d: 0 および 8.7 であった。

いずれの卵巣でも仁前期および仁後期の未熟卵は常に多数存在していた。卵巣卵の発達様式は成熟期卵巣の卵径組成を調べなければ最終的には判らないが、一つの峰が比較的早い時期に分離し、未熟卵群と発達途上卵群の二つの卵群に分かれていることから山本ら (1959) のいう部分同時発生型に属するものと思われる。従つて卵巣の成熟度には発達途上卵群の成熟度がそのまま適用出来るよう。

卵巣内卵数

本種は若干の例を除き 1 年で成熟・産卵し寿命を終えることが知られており (吉田, 1949), また卵巣卵発達様式は部分同時発生型をとるとみられることから、発達途上卵の卵数を産卵数の指標として用いることが出来ると考えられる。それで、供試標本 52 個体のそれぞれについて前卵黄期以上に発達した卵の卵数 (E) を求めた。しかし供試標本のうち、卵径組成におけるモードの形成が不完全な a, b 型卵巣では、前卵黄期の卵数は逐次増加する過程にあるから、卵数は同じ大きさの個体でもかなり変動する。一方、卵径組成

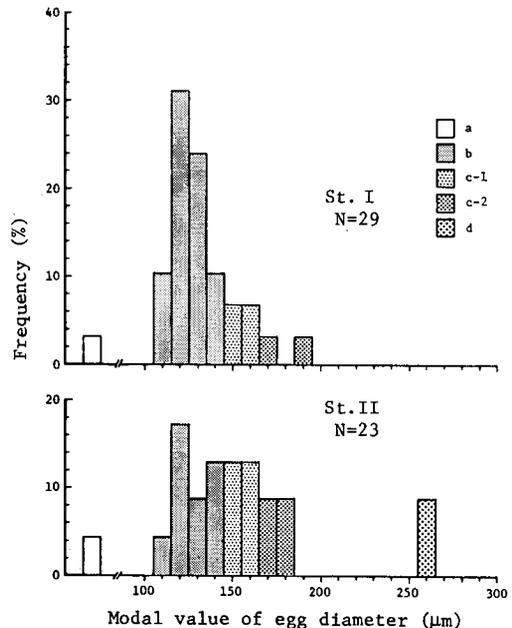


Fig. 8. Distribution of modal values of diameters of developing eggs in Stations I and II. a-type ovary has no mode.

において独立した卵団がみられる c, d 型の卵巣 (18 個体) は、そのような変動は小さいので、それらの卵巣について求めた E を産卵数の指標として用いることにした。この E を用いて頭胸甲長 (L mm) との関係求めた結果、

$$E = 0.0770 L^{4.0391} \quad (r = 0.94)$$

が得られた (Fig. 9)。

本種の 1 尾当たりの産卵数は 20~100 万個 (水産庁

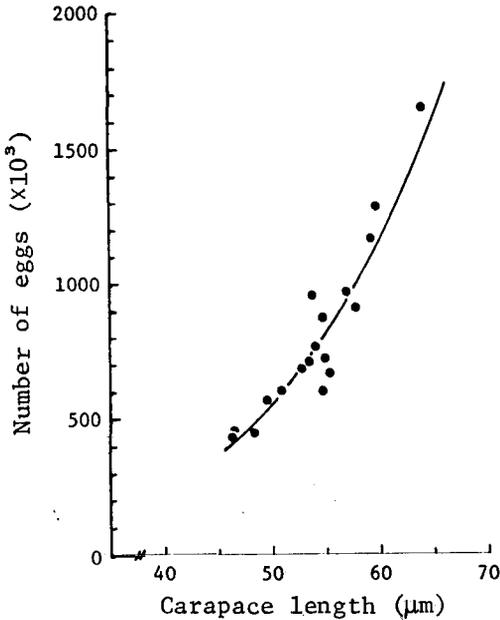


Fig. 9. Relationship between carapace length and number of eggs in the primary and secondary yolk globule stages.

西海区水産研究所遠洋資源部, 1965) といわれている。これに対して上記の結果は高い値を示しており、卵の成熟が進むにつれ卵数は減少するのではないかと考えられる。岡 (1967) は本種の卵巣組織の観察から、卵嚢壁に沿った卵巣卵は卵の成長が進むにつれて次第にその数が減少することを指摘している。

庄嶋・大滝 (1982) によると産卵群 (雌エビ) の平均頭胸甲長は約 57 mm とみられる。この頭胸甲長に対応する卵数を上記の $L-E$ 関係から求めると 952×10^3 個となるが、第 1 次および第 2 次卵黄球期から成熟期に入る間の卵数の減少はかなり大きいと思われるので、実際の産出卵数はこの値を大幅に下回るものとなる。

要 約

コウライエビについて資源生物学的特性として重要な成熟に関する基礎的知見を得るため、1981 年 3 月、黄海漁場の 2 地点において調査船によって採集された 52 尾の雌エビ標本を用いて研究を行った。

1 卵巣の外部形態ならびに組織切片に基づく内部構造および卵形成過程の観察を行った。卵の増殖は formative region の生殖上皮で行われると考えられ、内腔に分離された未熟な卵は、内腔から各卵嚢の内部

にかけて大量に認められた。卵嚢内では卵嚢壁に沿った卵の発達が顕著であり、発達途上卵を取り囲む濾胞細胞層の厚さは卵の成長に伴い変化した。

2 卵巣の部位による卵成熟度の差異は認められなかった。

3 卵径組成により卵巣の成熟度を区分し、組織学的特徴に基づく卵の成熟段階との対応を検討した。発達途上卵が前卵黄期に達した頃から卵巣は未熟な a 型から b 型へ発達し、卵径組成において峰の形成が開始され、第 1 次卵黄球期に達すると c 型卵巣となり、その峰は明確な一つの卵団を形成した。さらに第 2 次卵黄球期に達すると、それは未熟な卵群から完全に分離した卵団を形成し、d 型卵巣となった。このように卵巣成熟の早期に一つの分離卵団が形成されることから、卵巣卵の発達様式は部分同時発生型に属するものと思われ、発達途上卵の卵数が産卵数の指標となると考えられる。

4 発達途上卵の卵数 E と頭胸甲長 L との関係は、発達途上卵が第 1 次卵黄球期以上に達した c および d 型卵巣を対象とした場合に高い相関が認められ、 $E = 0.0770 L^{4.0391}$ ($r = 0.94$) の式で表わされた。

文 献

Bumps, H. C. 1891 The embryology of the American lobster. *Jour. Morph.*, 5: 215-262
 Ishikawa, C. 1885 On the development of a freshwater Macrurous crustacean, *Atyephira compressa*, De Haan. *Quart. Jour. Micr. Sci.*, 25: 391-428
 Jackson, H. G. 1913 *Eupagurus. L. M. B. C. Memoirs*, 21, London (Parameswara, 1953 より引用)
 King, J. E. 1948 A study of the reproductive organs of the common marine shrimp, *Penaeus setiferus* (Linnaeus). *Biol. Bull.*, 94: 244-262
 岡 正雄 1967 コウライエビ *Penaeus orientalis* Kishinouye の研究—III. 卵巣の構造と排卵機構について. 長大水産学部研報, (23): 43-56
 岡 正雄・白旗総一郎 1965 コウライエビ *Penaeus orientalis* Kishinouye の研究—II. 卵巣卵の形態的分類と卵巣成熟度について. 長大水産学部研報, (18): 30-40
 Parameswara, R. 1953 On the female reproductive system of *Palaeomon idae*, Heller. *Jour. Zool. Soc. India*, 5: 227-234
 Pillai, R. S. 1960 Studies on the shrimp *Caridina laevis* (Heller) II. The reproductive system. *Jour. Mar. Biol. Ass. India*, 2: 226-236

- 庄嶋悦子・大滝英夫 1982 コウライエビの資源解析. 西水研報, (58): 23-51
- 水産庁西海区水産研究所遠洋資源部 1965 鄭恩綬: コウライエビ(大正エビ)の生活習性と漁撈についての若干の技術経験. 中国水産文献訳第2集, 底魚資源調査研究連絡, (35): 10-15
- 山本喜一郎・甲斐久行・石田カ一 1959 マス (*Onchorynchus masou*) の卵形成について(予報). 北水研報, (20): 109-116
- 吉田 裕 1949 コウライエビの生活史に就て. 日本誌, 15: 245-248

Summary

Maturation of the ovary of the Korai prawn, *Penaeus chinensis* (Osbeck) was studied with 52 specimens sampled from catches of survey trawling at two stations in an offshore fishing ground of the Yellow Sea in March, 1981.

External shape and internal structure of the ovary were examined. Numerous young oocytes of increasing diameter, produced at the germinal epithelium of the formative region and budded off into the lumen of invagination, were observed from the lumen to the inner part of the egg pouch. The largest oocytes were found along the membrane of egg pouch. Height of the follicle layer changed with development of oocyte.

Difference of maturity among different portions of an ovary was not recognized. Maturing ovaries were classified into 4 types (a, b, c and d) based on the egg diameter compositions. These types were characterized by the modal value of egg diameters, the histological maturation stage of developing eggs, and mean of gonadosomatic index as follows: (a) no mode, pre-yolk stage, 3.67; (b) 110~140 μm , pre-yolk stage, 3.91; (c) 150~190 μm , primary yolk globule stage, 5.25; and (d) 200 μm and over, secondary yolk globule stage, 11.01. Developing eggs formed an isolated batch from young eggs during the ovarian maturation, and this pattern of oocyte development is considered to belong to the group synchronous type.

Relationship between number of developing eggs (E) and carapace length (L in mm) was expressed in the following equation, for the eggs in the primary and the secondary yolk globule stages.

$$E = 0.0770 L^{4.0391} \quad (r = 0.94).$$

Appendix table. Data on ovaries of *Penaeus chinensis* collected in the Yellow Sea. CL: carapace length in mm, BW: body weight in g, GW: gonad weight in g, GSI: gonadosomatic index, EN: number of developing eggs in pre-yolk stage and over, M_0 : modal value of egg diameter in mm of developing eggs, Stage: maturity stage of ovary classified by egg diameter compositions (see Fig. 7), *: no mode.

Station I								Station II							
	CL	BW	GW	GSI	EN $\times 10^3$	M_0	Stage	CL	BW	GW	GSI	EN $\times 10^3$	M_0	Stage	
1	48.3	59	1.90	3.22	358	120	b	44.4	47	1.53	3.26	424	120	b	
2	49.2	63	2.71	4.30	448	140	b	44.4	48	1.37	2.85	257	*	a	
3	49.3	64	1.64	2.56	254	120	b	46.4	52	2.64	5.08	436	150	c-1	
4	50.8	68	1.02	1.50	289	110	b	46.5	58	2.82	4.86	458	170	c-2	
5	51.4	72	2.71	3.76	720	120	b	47.4	62	1.80	2.90	455	120	b	
6	51.5	70	2.86	4.09	476	130	b	48.4	60	5.87	9.78	445	260	d	
7	51.8	69	1.91	2.77	436	130	b	49.5	64	3.32	5.19	573	180	c-2	
8	52.0	72	3.24	4.50	723	120	b	50.0	66	2.85	4.32	676	120	b	
9	52.4	74	2.22	3.00	343	110	b	50.9	67	3.09	4.61	603	160	c-1	
10	52.8	74	2.77	3.74	723	110	b	51.3	70	2.90	4.14	460	140	b	
11	52.8	74	3.89	5.26	689	150	c-1	52.4	69	2.91	4.22	618	130	b	
12	53.3	78	3.02	3.87	873	140	b	53.4	76	3.52	4.63	714	180	c-2	
13	53.4	79	2.59	3.28	475	120	b	54.1	80	4.06	5.08	770	150	c-1	
14	53.4	79	3.45	4.37	641	120	b	55.0	82	3.78	4.61	722	150	c-1	
15	53.5	77	3.18	4.13	943	130	b	56.5	84	3.44	4.10	564	140	b	
16	53.8	74	5.09	6.88	962	170	c-2	56.9	89	4.19	4.71	974	160	c-1	
17	53.9	75	3.22	4.29	670	120	b	57.7	87	4.11	4.72	834	120	b	
18	54.2	81	3.64	4.49	1183	*	a	57.7	102	12.47	12.23	914	260	d	
19	54.3	100	3.04	3.04	457	120	b	58.5	104	3.88	3.73	1498	110	b	
20	54.6	76	4.74	6.23	882	150	c-1	58.6	97	4.02	4.14	1293	140	b	
21	54.6	78	5.42	6.95	606	190	c-2	59.1	96	3.94	4.10	1175	170	c-2	
22	54.8	85	2.35	2.76	401	120	b	59.8	104	6.01	5.78	1293	160	c-1	
23	55.4	79	3.82	4.84	823	130	b	65.8	133	5.16	3.88	1030	130	b	
24	55.4	88	3.11	3.53	671	160	c-1								
25	55.5	75	4.24	5.65	1101	130	b								
26	55.6	80	4.28	5.35	1329	140	b								
27	57.5	90	4.43	4.92	1060	130	b								
28	63.6	120	7.07	5.89	1483	130	b								
29	64.0	129	8.42	6.53	1647	160	c-1								