ムラサキウニの生殖年周期と産卵月齢周期性

堀 井 貴 司

(1995年11月13日受付)

The Annual Reproductive Cycle and Lunar Spawning Rhythms
of the Purple Sea Urchin *Anthocidaris crassispina**1

Takashi Horii*2

The annual reproductive cycle and lunar spawning rhythms in the spawning season of the purple sea urchin *A. crassispina*, which lives in Mera Bay of South Izu in Shizuoka, were examined by the successive change of the gonad index and histological observation of the gonad. The following is the annual reproductive cycle of the purple sea urchin; the gonad become to develop from January to May, the spawning season to be from June to August, and the gonadal growing action to degenerate from September to December. Moreover, it was suggested that this cycle is closely related to the annual change of the sea water temperature. As the population of this species spawned several times every full moon period in the spawning season, they were thought to have lunar spawning rhythm that spawns once each the lunar period. It was suggested that the gonad in the spawning season could recover for the next spawning in about a week.

キーワード：ムラサキウニ，生殖年周期，産卵月齢周期

ムラサキウニ *Anthocidaris crassispina* は北海道南部（津軽海峡沿岸）から中国東岸に分布する温帯性種であり、^{1,2)} 日本や香港³⁾ などでは漁業対象とされる産業上の重要種でもある。本種の産卵期は一般に夏型（5～8月）であるとされているが、¹⁾ 広範な分布範囲を持つにもかかわらず、著者の知る限り、生殖腺の組織学的観察に基づく産卵期の報告は香港、³⁾ 千葉県館山、⁴⁾ 長崎県平戸⁵⁾ でのものがあるだけである。*Diadema setosum* は本邦では一般に夏期に産卵することが知られているが、⁶⁾ シンガポールでは産卵のピークは10月に認められるものの年間を通して産卵することが報告されている。⁷⁾ 広範な分布域を持つ種の生殖年周期性を明らかにするためには、分布域に応じたより多くの知見が必要となる。

数種のウニ類で産卵の月齢周期性に関する報告がされているが、⁷⁻¹⁴⁾ 月齢周期性の有無については異なった見解を持たれている種もある。Kobayashi and Nakamura⁹⁾ は *Diadema setosum* が1月齢で2回の産卵を行う半月齢周期性を持つと報告したが、Hori *et al.*⁷⁾ は再生産の月齢周期性は明かではないとした。本種では1月齢で1回の産卵を行う月齢周期性の可能性が示唆されたが、¹⁰⁾

Kobayashi¹¹⁾ はこの論文を引用して本種が半月齢周期性を持つと改めて結論している。しかし、月齢周期性の示唆¹⁰⁾ から半月齢周期性の存在¹¹⁾ にいたる経過の論議は明らかになっておらず、本種の月齢周期性には未だに不明瞭な部分が残されている。

本研究では、静岡県南伊豆町にある妻良湾において、生殖腺指数と生殖腺の組織学的観察に基づいたムラサキウニの生殖年周期および産卵の月齢周期に関する知見を得たので報告する。

材料および方法

本研究で用いたムラサキウニの標本は静岡県南伊豆町の妻良湾（Fig. 1）で1985年5月～1986年4月に10～20個体を月1～2回、1986年5～10月には殻径約40 mm以上の5, 6個体を週に1～2回の割合（満月，新月，上弦，下弦とそれらの月齢の間）で採集した。ウニの採集は水深1～3 mで行い、同時に水深1 mで水温の測定を行った。標本は原則として体腔内に若干量の原液中性ホルマリンを注射した後に10%中性ホルマリン海水で固定し、殻径、体重を測定した後に生殖腺を取り出

*1 昭和62年度日本水産学会春季大会において口頭発表した。

*2 北海道立函館水産試験場室蘭支場（Muroan Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami, Muroan, Hokkaido 051, Japan）。

Fig. 1. Location of Mera Bay.

して湿重量を測定し、組織標本に供した。ただし、1986年5~10月に採集した標本については身溶け防止のために以下のような処置を行った。採集後固定せずに各部位を測定し、アリストートルのランタンおよび消化管を取り除き、体腔部に市販のホルマリン原液を入れた。5分後に生殖腺を取り出し、20%ホルマリンに1時間、その後10%ホルマリンに入れて固定し、湿重量を測定した後に組織標本を作成した。

生殖腺の組織学的観察のための標本は常法のパラフィン法によって4~8 μ mの組織切片を作成し、マイヤー

ヘマトキシリンとエオシンの二重染色を施した。組織標本はFuji¹⁵⁾の生殖腺成熟段階に従って6段階(0期:未発達期, I期:発達期または回復期, II期:成長期, III期:成熟前期, IV期:成熟後期, V期:放出期)に分類した。生殖腺指数算出には以下の式を用いた。

$$\text{生殖腺指数 (GI)} = \frac{\text{生殖腺重量 (g)}}{\text{体重 (g)}} \times 100$$

結 果

生殖腺指数と成熟段階との関係 生殖腺指数(以降GIと呼ぶ)と成熟段階との関係をFig. 2に示した。V期はほとんどGI値5以下を示し、III, IV期は5以下から10を越える値までGI値の範囲は広いが、IV期では5以上が卓越していた。I, II期も全体として広い分布を持っているが、図中に示した▽印は栄養細胞の蓄積, GI値の上昇, 成熟段階の発達をみせた1~4月の個体, ○印は産卵期中と産卵期後の個体で、同じI期, II期でも季節によってGI値が異なっていた。このように、I~IV期ではGI値の変異幅が大きかった。

生殖年周期 GI値は6月上旬に極大値を示した後、その下旬に急減して平均値は5以下となり、8~9月には2前後で推移した。その後、10~12月には2以下に減少した。GI値は1月に入ると上昇し始め、2月下旬~5月には5以上の値を示した(Fig. 3)。

Fig. 2. Relationship between gonad index and gonad stage.

“O” indicates gonad index of an individual at each gonad stage and “▽” the gonad index of an individual at stage I and II from January to April.

Stage 0, neuter; Stage I, Developing virgin and recovering spent; Stage II, Growing; Stage III, pre-mature; Stage IV, mature; Stage V, spent.

生殖腺組織の成熟段階の経月変動を Fig. 4 に示す。1985 年 5~7 月には I~V 期の生殖腺がそれぞれ認められたが、その大半は III, IV 期の状態であった。8~10 月に残存した配偶子が観察される V 期個体が出現し、11~12 月にはほとんどの個体の生殖腺が I 期の状態となった。1986 年 1~3 月になると GI 値の上昇に伴って栄養細胞が増加した。1 月には I 期の生殖腺が多かったが、漸進的に II 期の段階の生殖腺を持つ個体の出現が増え、3 月下旬に III 期の成熟段階に達した生殖腺を持つ個

体が現れた。4 月には I, II 期の個体は少なくなり、5 月に認められなくなったが、III 期の個体は急増した。

妻良の水深 1 m の水温は 1~2 月に最低の 14°C 台になり、8 月に最高の 26°C 台となった (Fig. 5)。生殖腺は 12 月には I 期で GI 値が最も低いが、水温が最も低くなる 1 月以降、水温の上昇とともに GI 値は上昇し、成熟段階も I 期から IV 期へと発達した。水温がピークとなる 8 月を過ぎると V 期や I 期の状態の生殖腺を持つ個体が増え、水温の低下と並行して 10 月以降にはほと

Fig. 3. Seasonal change in gonad index from May 1985 to May 1986. Each vertical bar indicates confidence interval (95%).

Fig. 4. Seasonal change in gonad stages from May 1985 to May 1986. Solid circle indicates a female and open one a male. Gonad stage I~V in this figure and in Figure 2 are the same.

んがⅠ期となり、GI値も2以下になった。

産卵月齢周期性 1986年5～10月に採集した殻径約40 mm以上の標本の生殖腺指数の経月変化をFig. 6に、成熟段階の経月変化をFig. 7に示す。

GI値の推移をみると (Fig. 6), GI値は5月上旬には平均値で6を超え、中旬には11以上の値を示すようになった。5月下旬にGI値は若干減少したが、数日後には回復した。6月22, 25日にもGI値は減少し、29日の調査では再び回復、7月22日に再度GI値の低下をした後は漸減傾向を示し、8月以降は3以下となった。

生殖腺組織の成熟段階は (Fig. 7) 1986年5月上旬にはほとんどがⅢ期の状態となり、次いでⅣ期の段階の生殖腺を持つ個体が中旬から多くなり、6月上旬には全ての個体がⅣ期となった。6月22, 25日にⅡ, Ⅲ期の

個体が出現したが、それらの個体の臄胞腔には5月以前に出現したⅡ, Ⅲ期の成熟段階の生殖腺にみられたような数多くの栄養細胞は認められなかった。29日には全ての個体がⅣ期の成熟段階の生殖腺を持ち、その状態は7月中旬まで続き、7月22日にⅢ, Ⅴ期の個体が出現した。8月にはⅠ期～Ⅴ期の成熟段階の個体が認められた。8月下旬から出現したⅠ期の生殖腺を持つ個体の割合は9月に増加し、10月に入るとほとんどの個体がⅠ期の成熟段階の生殖腺を持つようになり、9～10月に生殖細胞の形成機能は休止状態へと移行していった。

1986年の夏期の満月は5月24日、6月22日、7月21日、8月20日であった。GI値の低下は満月日の前後の調査で認められた。組織学的観察からは6月22, 25日に栄養細胞のないⅡ, Ⅲ期の状態、7月22日には栄養細胞のないⅢ期とⅤ期の生殖腺を持つ個体が確認された。

考 察

ムラサキウニの南伊豆における生殖年周期はGI値と成熟段階の季節変化から1～5月が発達期、6～8月が産卵期、9～12月が栄養細胞の蓄積もなく、配偶子の形成機能も停止する生殖活動休止期にあたると考えられた。この年周期性の結果は千葉県館山⁴⁾、長崎県平戸島⁵⁾での報告と類似するが、香港では産卵期が6～10月、生殖腺が増重、発達し始めるのが11～12月であり、³⁾本邦産のムラサキウニに比べて産卵期が長く、産卵期終了後の生殖腺の回復時期も早い。*Diadema setosum*は低緯度地方に生息する個体群は高緯度のものとは産卵様式が異

Fig. 5. Change of sea water temperature at 1 m depth layer in Mera Bay.

Fig. 6. Successive change of gonad index from May to October 1986. Each vertical bar indicates confidence interval (95%). Lunar phase "●" indicates new moon and "○" full moon.

Fig. 7. Successive change of gonad stage from May to October 1986.

Lunar phase "●" indicates new moon and "○" full moon.

Solid circle indicates a female and open one a male.

Gonad stage I~V in this figure and in Figure 2 are the same.

なり、シンガポールでは生殖腺は退化することなく産卵は年間を通して観察された。⁷⁾ 本種では産卵期間等の長短はあるものの基本的な年周期性には相違はなく、産卵期が年1回夏期にある生殖年周期が種としての特性であると考えられた。

12月にはGI値が年間を通して最も低く栄養細胞の蓄積もない生殖腺は、水温が最も低くなった1月を過ぎると水温の上昇とともにGI値の上昇、栄養細胞の増大、生殖細胞の発達が始まった。5月まで著しい発達を示した生殖腺は6月に産卵期を迎え、水温がピークとなる8月を過ぎる頃に産卵期は終了し、その後、水温の低下とともにGI値は極小になり、生殖活動は休止した。*Diadema antillarum*の生殖周期は水温の季節変化に従っているが、他の環境要因も関係している可能性があり、¹²⁾ *Echinometra mathaei*では生殖周期の規則性には臨界最低水温と栄養物質の蓄積が重要であると報告された。¹⁶⁾ *Paracentrotus lividus*は生殖腺の成長には水温と光周期が影響しており、配偶子放出には水温が関係していると報告され、¹⁴⁾ 本種でも環境要因の周期的変動が重要であると示唆された。³⁾ Masuda and Dan⁴⁾は生殖活動と水温年変動との関係は論議しなかったが、本研究結果と類似した水温、GI値、成熟段階の年変化を示しており、本種の生殖年周期と水温年変動とが密接な関係にあることが示唆される。*Hemicentrotus pulcherrimus*の産卵期は12月から4月で、水温13°C前後で産卵が始

まり、10°C前後に降温すると盛期に入り、再び上昇して13°C前後にいたると終了する。¹⁷⁾ 本種では水温の下降時期が産卵期の終了の合図となり、年最低水温とそれに続く水温上昇が生殖腺の回復の引き金になっているのかも知れない。

数種のウニ類で産卵の月齢周期性に関して報告されている。⁷⁻¹⁴⁾ *Diadema setosum*は和歌山県白浜では産卵には半月齢周期性があると報告されたが、⁹⁾ シンガポール沿岸では産卵と月齢との相関は認められないと報告されている。⁷⁾ *Heterocentrotus mammillatus*の月齢周期には潮汐のような他の環境要因が引き金となっていると示唆された。¹³⁾ ムラサキウニでは和歌山県白浜町で個体の体容積に対する生殖腺容積の比(GT率)を用いた成熟段階の分類が生殖細胞の成熟度とほぼ一致するとしてGT率を利用した研究が行われ、本種の産卵は月齢周期性を持って行われると示唆されていた。¹⁰⁾ その後、産卵は半月齢周期で行われると結論されたが、¹¹⁾ ムラサキウニの産卵の周期性が月齢周期性の示唆¹⁰⁾から半月齢周期性¹¹⁾へと変更された経緯は明かではない。生殖腺サイズの測定のみによってウニ類の再生産リズムを認めることは誤差の基となることが報告されており、¹²⁾ 本種でも組織学的観察による生殖腺の成熟段階それぞれのGI値の幅は重複しており(Fig. 2)、GI値だけから成熟段階を特定することはできない。小林¹⁰⁾はムラサキウニの成熟に関する周期性はやや不明瞭であると述べてお

り、GT率だけで産卵の周期性を明かにすることは困難なのではないだろうか。1986年の妻良湾では6月下旬と7月下旬にGI値が急落し、その急落した日に採集した標本の組織観察を行い、6月下旬には産卵後回復してきたと考えられるⅡ、Ⅲ期(後述)の生殖腺を持つ個体、7月下旬にはⅢ、Ⅴ期の個体が認められた。これらの結果から、妻良湾のムラサキウニ二個体群は1986年の産卵期には少なくとも2回の産卵を行ったと考えられ、その2回の産卵が両方とも満月付近にあたることから1月齢で1回の産卵を行う月齢周期性が本種の産卵様式であると考えられた。

GI値は1~5月にかけて上昇し、成熟段階は1~3月にはⅠ、Ⅱ期、3月下旬からⅢ期へと発達した。1~3月のGI値の上昇は主に栄養細胞の蓄積に起因する。このため、5月以前に現れるⅠ~Ⅲ期の成熟段階の生殖腺には生殖細胞と生殖細胞との間に栄養細胞が充満していた。しかし、6月22、25日に採集された成熟段階がⅡ、Ⅲ期に区分された個体の生殖腺には栄養細胞は認められず、臃胞腔には空隙が存在した。これは配偶子放出後、栄養細胞の蓄積を待たずに再び配偶子が形成されて臃胞腔に送り出された結果であると考えられ、同一個体が1産卵期に複数回産卵することを示唆している。また、6月29日に得られた標本の全てがⅣ期であったことから、産卵盛期中の生殖腺は配偶子放出後わずかな期間、おそらく1週間程で次の放卵放精が可能となる段階に回復する可能性が示唆された。

謝 辞

本論文のご校閲の労をとっていただいた川村一廣博士、北海道原子力環境センター吾妻行雄氏、本研究の機会を与えて下さった東海大学教授上柳昭治博士、調査に際してご理解とご協力をいただいた東海大学南伊豆臨海実習場の関係者の方々、南伊豆町漁業協同組合妻良支所の方々に対し深謝する。

文 献

- 1) 松井 魁: ウニの増殖, 水産増養殖叢書, 12, 日本水産資源保護協会, 東京, 1966, pp. 103.
- 2) 富士 昭: 北海道のウニとその増殖, 水産増養殖叢書, 21, 日本水産資源保護協会, 東京, 1969, pp. 79.
- 3) S. T. Chiu: Reproductive biology of *Anthocidaris crassispina* in Hong Kong, in "Echinoderm Biology" (ed. by Burke et al.), Balkema, Rotterdam, 1988, pp. 193-204.
- 4) R. Masuda and J. C. Dan: Studies on the annual reproductive cycle of the sea urchin and the acid phosphatase activity of relict ova. *Biol. Bull.*, 153, 577-590 (1977).
- 5) 山崎 誠, 清本節夫: 長崎県平戸島産ムラサキウニの生殖周期. 西水研研報, 71, 33-40 (1993).
- 6) 重井睦夫: 第3綱ウニ類, 「動物系統分類学8中棘皮動物」(内田 亨監修), 中山書店, 東京, 1974, pp. 208-332.
- 7) R. Hori, V. P. E. Phang, and T. J. Lam: Preliminary study on the pattern of gonadal development of the sea urchin, *Diadema setosum*, off the coast of Singapore. *Zoological Science*, 4, 665-673 (1987).
- 8) N. Kobayashi: Spawning periodicity of sea urchins at Seto. I. *Mespilia globulus*. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, 14, 403-414 (1967).
- 9) N. Kobayashi and K. Nakamura: Spawning periodicity of sea urchins at Seto. II. *Diadema setosum*. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, 15, 173-184 (1967).
- 10) 小林直正: 和歌山県白浜におけるウニの生殖周期性Ⅲ. シラヒゲウニ, ナガウニ, ムラサキウニおよびタワシウニ. 同志社大理工学研報, 9, 42-57 (1969).
- 11) N. Kobayashi: Spawning periodicity of sea urchins at Seto. IV. *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, 35, 335-345 (1992).
- 12) T. M. Iliffe and J. S. Pearse: Annual and lunar reproductive rhythms of the sea urchin, *Diadema antillarum* (Philippi) in Bermuda. *International Journal of Invertebrate Reproduction*, 5, 139-148 (1982).
- 13) A. Dotan: Reproduction of the slate pencil sea urchin, *Heterocentrotus mammillatus* (L.), in the Northern Red Sea. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 41, 457-465 (1990).
- 14) M. Byrne: Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast on Ireland. *Mar. Biol.*, 104, 275-289 (1990).
- 15) A. Fuji: Studies on the biology of the sea urchin. I. Superficial and histological gonadal changes in gametogenic process of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, 11, 1-14 (1960).
- 16) J. S. Pearse: Reproductive periodicities of Indo-Pacific invertebrates in the Gulf of Suez. II. The Echinoid *Echinometra mathaei*. *Bull. Mar. Sci.*, 19, 580-613 (1969).
- 17) 川名 武: バフソウニの増殖について. 水産研究誌, 33, 104-116 (1938).