

アカウニの年齢形質と成長

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	角田, 信孝
巻/号	55巻11号
掲載ページ	p. 1899-1905
発行年月	1989年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



アカウニの年齢形質と成長

角田 信孝

(1989年6月8日受付)

Age Determining Character and Growth of a Sea Urchin
*Pseudocentrotus depressus*Nobutaka Kakuda*¹

The growth of a sea urchin *Pseudocentrotus depressus* was investigated using dark brown zones in the fifth genital plate as an age determining character. The dark brown zones which were arbitrarily referred to as ring marks were first ascertained to be an age determining character, i.e. they were formed once a year (from June to October) and there is a significant correlation between the width of the fifth genital plate and that of each annual ring mark. The relationship between the test diameter (D , mm) and the width of the fifth genital plate (R , mm) was expressed by the following equation: $R=0.30768+0.04161D-0.00008D^2$. Based on these results, growth formulae for the test diameter (D_t , mm) and total weight (W_t , g) were adequately expressed by the Von Bertalanffy's equations:

$$D_t=84.1(1-e^{-0.3442(t-0.3617)}), W_t=209.0(1-e^{-0.3442(t-0.3617)})^{2.8798}$$

respectively. Seasonal changes in colour of the marginal zone of the genital plate revealed that the white opaque zone and the dark brown zone were formed in the faster plate growth period (from November to May) and in the slower plate growth period (from June to October), respectively.

アカウニは、日本海側では北海道松前以南、太平洋側では茨城県日立市以南から鹿児島県大隅諸島までの海域に分布している。^{*2} 本種は主として夏に漁獲される重要種で、山口県日本海沿岸ではバフンウニと共に磯根漁業生産額中に占める比重は高い。

漁業対象生物群の年齢や成長に関する特性値は、資源管理や増殖対策を策定する際の基本的事項の一つとして重要である。ウニ類では殻径組成の解析、¹⁻⁵⁾ 標識放流、¹⁾ 殻板に形成される色素帯、⁴⁻⁶⁾ などから年齢と成長が検討されている。しかし、殻板の色素帯について、その形成過程や年齢形質としての適否を詳しく論じた報告は少なく、特に本邦産のウニ類に関しては川村がエゾバフンウニ⁵⁾ とキタムラサキウニ⁶⁾ について報告しているにすぎない。

著者はバフンウニ、アカウニ、ムラサキウニの3種について予察的検討を行い、生殖板に形成される色素帯が年齢形質として利用できる可能性を示唆し、アカウニについては年齢と成長との関係を推定した。⁹⁾ しかしながら、そこでは色素帯の形状やその形成過程の詳細は述べ

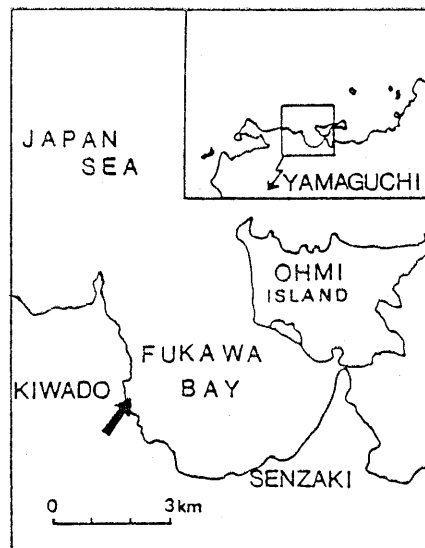


Fig. 1. Location of sampling ground.

*¹ 山口県外海水産試験場 (Yamaguchi Prefectural Fisheries Experimental Station, Nagato, Yamaguchi 759-41, Japan).

*² 重井陸夫博士 (東京大学理学部付属臨海実験所) の私信。

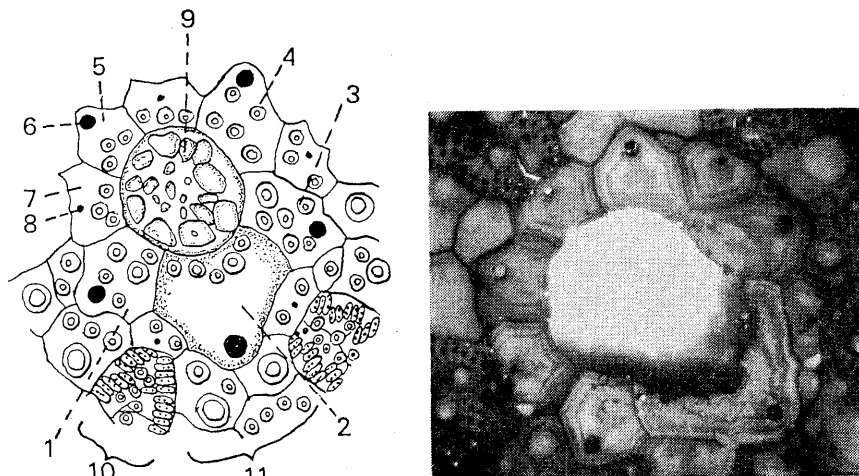


Fig. 2. Periproct external view (left) and pigmented growth zones in the genital plates (right).
 1-5, 1st to 5th genital plates; 6, genital pore.
 7, radial plate; 8, eye spot; 9, periproctal plate.
 10, interambulacral zone; 11, ambulacral zone.

られておらず、また測定標本数も 240 個体と少なかった。

本報告では、山口県の日本海側に位置する日置町黄波戸地先のアカウニについて試料を追加し、生殖板に形成される色素帯の形状、形成過程、年齢形質としての適否および年齢と成長との関係などについて検討した。

材料と方法

年齢査定に用いた材料は、1977 年 3 月から 1978 年 5 月まで毎月 1 回、黄波戸地先のウニ漁場 (Fig. 1) 内の 1~5 m の水深帯でスキューバ潜水により 20~30 個体ずつ採取した 374 個体 (殻径 12~87 mm) と、1977 年および 1978 年の 8 月上旬に同漁場で漁業者 (素潜り) が採取した漁獲物の中から抽出した 522 個体 (同 64~89 mm) の合計 896 個体であった。

採取したアカウニは、調査船の活魚槽に収容して実験室まで輸送し、直ちに殻径、体重、生殖腺重量等を測定した。その後殻の頂上系を切り取り、棘を除去し、熱風乾燥して保存した。生殖板の観察標本は Jensen⁸⁾ の方法に準じた川村⁹⁾ の手法によって作製した。

作製した標本については、後述の理由から第 5 生殖板を対象としてその横幅および板上の色素帯幅を実体顕微鏡の接眼マイクロメーターを用い反射照明下で測定した。測定はある程度の期間をおいて同一殻板について 5 回繰返した。

結果

生殖板に形成される色素帯の形状とその周年変化 5 個の生殖板にはいずれも中央部に白色不透明帯があり、

その外側に黒褐色不透明帯がそれぞれの生殖板の形状と相似形をなして形成され、さらに外側へ向って白色と黒褐色の不透明帯が交互に形成されていた (Fig. 2)。黒褐色帯の内外には、通常、幅が 80~100 μm 前後の灰色の色素帯が連続しているが、白色帯から灰色帯への移行部位は不明瞭なものが多く、黒褐色帯が最も鮮明であるので、この部分を輪紋と定めた。輪紋は第 1 輪では幅の広いものもあったが、それ以外では幅 10~20 μm の線状になっており、読み取りは容易であった。しかし、7~8 輪以上になると各輪紋の間隔が狭くなるため、読み取りが困難な場合も少なくなかった。まれに相接して数輪形成されていたり、当然形成されるべき位置にない (魚鱗でみられるいわゆる標示の重複ならびに偽輪、あるいは省略に相当する) 輪紋もみられたが、偽輪と判断される輪紋は、通常、輪紋の一部が不連続になるという特徴がみられるため、正常に形成されている輪紋との識別は比較的容易であった。

生殖板の横断面 (Fig. 3) をみると、各色素帯は板の周縁に並行し表層に開くコの字形の相似的な層状配置をとっていた。このような形態はキタムラサキウニの生殖板でも認められており、⁶⁾ ウニ類の生殖板は板の側方と内側に向って成長することを示唆している。

輪紋の形成位置に規則性があるか否かを検討するため、5 つの輪紋をもつ 45 個体の標本について、第 5 生殖板の横幅と各輪紋の横幅との関係をプロットした (Fig. 4)。その結果、生殖板幅と各輪紋幅との間には固有の比例関係が認められ、輪紋の形成位置には規則性のあることが示唆された。

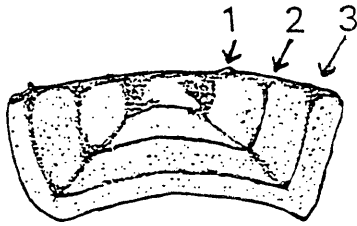


Fig. 3. Vertical section of a genital plate.
1, 2 and 3, 1st, 2nd and 3rd pigmented (dark brown) zone.

輪紋形成時期を明らかにするため、生殖板外縁部の色彩の周年変化を調べた。結果は Fig. 5 に示されたように、外縁部が黒褐色を呈する個体（輪紋形成中）は 6 月頃から出現し、その割合は 9 月中旬に 46% となり、10

月中旬には 100% に達した。10 月下旬以降は白色外縁部をもつ個体の出現がみられ、11 月中旬には 46%、1 月中旬には 88%、2 月下旬には全個体が白色外縁部をもつ個体で占められた。このことは、輪紋が 1 年のうちで 6・7 月から 10 月にかけて 1 輪形成されることを示すものである。

以上のように、生殖板に形成される輪紋は年 1 回形成され、各輪紋の形成位置には規則性が認められることから、年齢表示の形質としての条件を十分に具えていると認められる。

輪紋形成時の殻径 年齢形質としての輪紋を有する 5 個の生殖板のうち、第 2、第 5 生殖板は左右相称形であり、その成長軸を容易に決めることができたが、第 2 生殖板は穿孔板で破損しやすく、読輪が困難なものが多かった。そこで、本研究ではエゾバフンウエ²⁾ やキタムラ

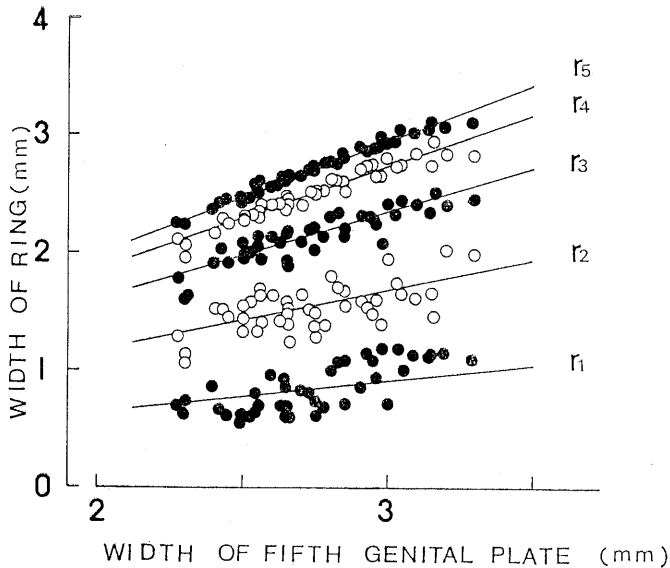


Fig. 4. Relationships between the width of the fifth genital plate and that of each ring mark in the five-ringed specimens.

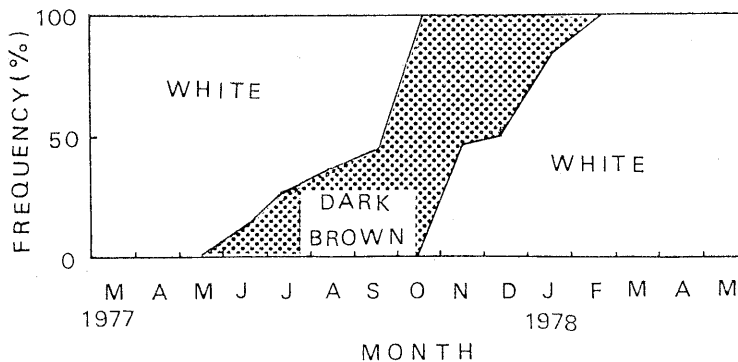


Fig. 5. Seasonal changes in colour of the marginal zone of the genital plates.

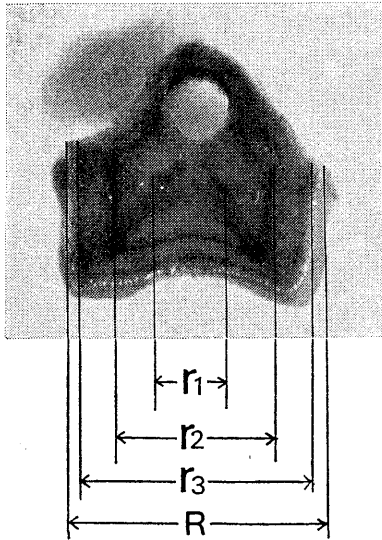


Fig. 6. An example of measurements of the fifth genital plate with three rings. r , annulus widths; R , width of the fifth genital plate.

サキウニ⁶⁾の場合と同様に第5生殖板を用い、その横幅を測定した (Fig. 6)。

第5生殖板の横幅と殻径との関係を Fig. 7 に示した。Fig. 7 から放物線関係が想定されたので、最小二乗法により第5生殖板の横幅 (R , mm) と殻径 (D , mm) との関係式を求めると、

$$R = 0.30768 + 0.04161 D - 0.00008 D^2 \quad (1)$$

となり、 $F_0 = 1895.7 > F(2, 777; 0.01)$ で、関係式は1%の危険率で有意であった。

896 個体の測定標本のうち、確実に輪紋を読み取ることができた 780 個体について、各輪紋別に平均横幅を求め Table 1 に示した。各輪紋の平均横幅を式 (1) に代入し、輪紋形成時の平均殻径を求めると、 $D_1 = 12.5$ mm, $D_2 = 33.0$ mm, $D_3 = 48.4$ mm, $D_4 = 59.0$ mm, $D_5 = 66.0$ mm, $D_6 = 71.2$ mm となった。ただし、 D_n は第 n 輪が形成された時の平均殻径を表わし、本研究では7輪以上は標本個体数が少ないため算出しなかった。

年齢と成長 輪紋形成時の平均殻径から Walford の定差図を描くと、各点は直線に適合し (Fig. 8), 次式で表

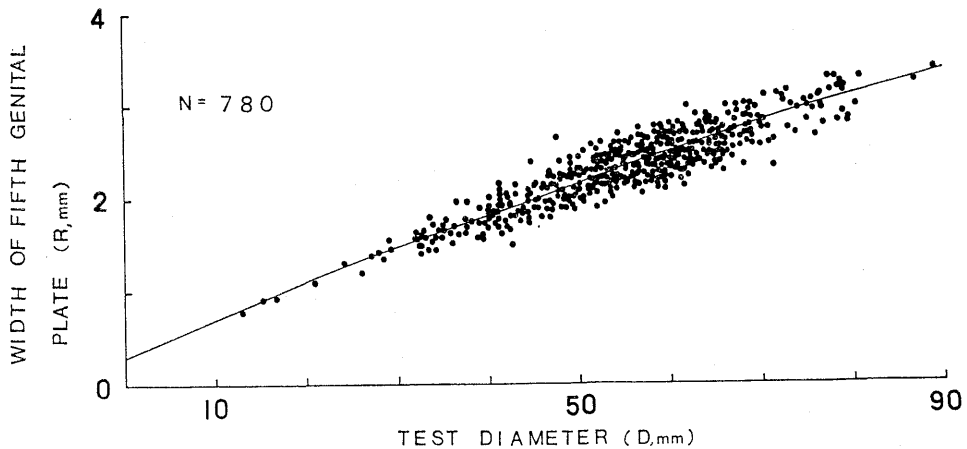


Fig. 7. Relationship between the test diameter and the width of the fifth genital plate.

Table 1. Average widths (mm) of each ring mark in the fifth genital plates

No. of rings	No. of samples	Width (mm) of ring mark							
		r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8
1	6	0.78							
2	58	0.82	1.55						
3	323	0.80	1.61	2.12					
4	320	0.80	1.59	2.14	2.48				
5	45	0.84	1.54	2.15	2.50	2.70			
6	22	0.83	1.58	2.14	2.49	2.68	2.85		
7	5	0.91	1.55	2.19	2.53	2.75	2.90	2.99	
8	1	0.90	1.55	2.00	2.45	2.70	2.86	2.95	3.03
Average		0.81	1.59	2.13	2.48	2.70	2.86	—	—

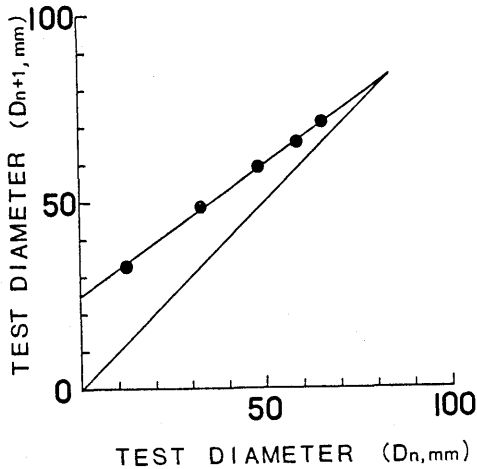


Fig. 8. Walford's growth transformation for *P. depressus*.

わされた。

$$D_{n+1} = 24.49 + 0.70881 D_n \quad (r=0.999) \quad (2)$$

式 (2) から Von Bertalanffy の成長式定数を求めると、理論的極限殻径 (D_∞) は 84.1 mm, K は 0.3442 となり、残りの定数 t_0 は 0.5284 となった。これより成長式は、

$$D_t = 84.1(1 - e^{-0.3442(t-0.5284)}) \quad (3)$$

となる。ただし、 t は輪紋形成時期を起点とした年齢である。

本種の産卵期は 10~3 月頃で、盛期は 12 月と推定される。⁹⁾ 輪紋形成の盛期は 10 月と考えられるので、産卵時期と輪紋形成時期との差は 2 ヶ月 (0.1667 年) となる。

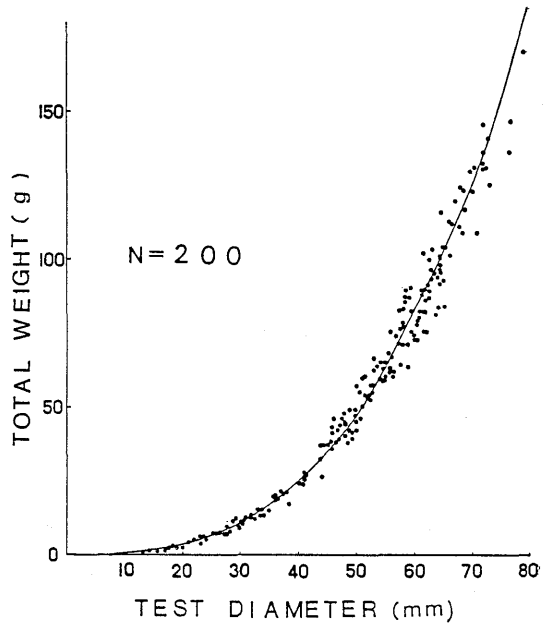


Fig. 10. Relationship between the test diameter and the total weight.

そこで、アカウニの年間の成長が一様であると仮定して、(3) 式の t_0 に 0.1667 年を加える補正を施し、満年齢に対応した次の成長式を得た。

$$D_t = 84.1(1 - e^{-0.3442(t-0.3817)}) \quad (4)$$

ただし、 D_t は満 t 歳における殻径 (mm)。式 (4) から満 1, 2, 3, 4 歳時の殻径を求めるとそれぞれ 16.6 mm, 36.2 mm, 50.2 mm, 60.1 mm となった (Fig. 9)。

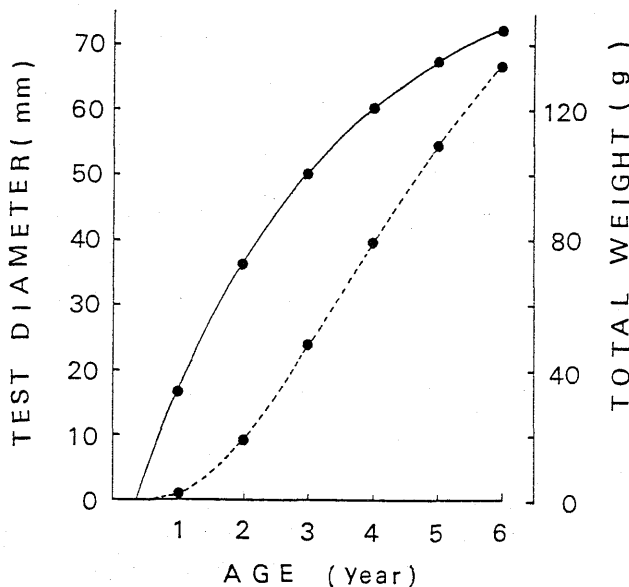


Fig. 9. Growth curves in the test diameter (solid line) and the total weight (dotted line).

殻径と体重 (W, g) との関係 (Fig. 10) は次式で示された。

$$W=0.0006 D^{2.8793} \quad (r=0.996) \quad (5)$$

式 (4), (5) より、体重の成長式として

$$W_t=209.0(1-e^{-0.3442(t-0.3617)})^{2.8793} \quad (6)$$

が得られた。この式から満 1, 2, 3, 4 歳時の体重はそれぞれ 2.0 g, 18.5 g, 47.3 g, 79.4 g となった (Fig. 9)。

考 察

久米¹⁰⁾は、間歩帯板に出現する色素帯 (生長条帯) の数と頂上系と眼板との間から形成される殻板の増加数とから、アカウニの殻の成長様式を推定し、さらに生殖板と眼板上の色素帯の形状から両者の成長様式の相違を指摘している。しかし、これらの色素帯を用いて年齢を推定することは困難であるとした。間歩帯や歩帯の殻板の色素帯から成長を推定する方法は、上述の殻の成長様式からみて、新しく付加される殻板の数も考慮する必要がある、対象とする殻板の形成時期の決定が困難である⁷⁾ことから、実用的でない。

これに対し、今回、アカウニの年齢査定に用いた生殖板は、ウニ幼生の変態時にすでに形成されており、¹¹⁾ しかも、生殖板に形成される黒褐色帯 (輪紋) は標示形成の等時隔性、規則性を具えているので、これを用いた年齢査定は簡便かつ信頼性が高い方法であるといえる。

第 5 生殖板の輪紋から求めた黄波戸産アカウニの成長は、満 1, 2, 3, 4 歳でそれぞれ 16.6, 36.2, 50.2, 60.1 mm と推定されたが、殻径組成の推移から推定された豊北町和久地先産のそれは 1.4~1.8 歳で 23~24 mm, 2.4~2.8 歳で 37~42 mm, 3.4 歳で 53 mm と見積られ、¹²⁾ 黄波戸産と似た値であった。上記 2 地区地先はいずれもウニ漁場としてはいわゆる“身入りの良い漁場”に属し、餌料環境には顕著な差異はみられないので、輪紋からの推定値は、山口県日本海沿岸における身入りの良いウニ漁場での成長を示すものと考えられる。

アカウニの殻の成長は、11 月頃から 4, 5 月頃にかけて急激で、6, 7 月から 10 月頃までは逆に著しく遅く、* それぞれ白色帯および黒褐色帯の形成時期と一致している。したがって、アカウニの生殖板にみられる白色帯は殻の成長の速い時期に、黒褐色帯 (輪紋) は殻の成長の遅い時期にそれぞれ形成された部位と解釈できる。一方、エゾバフンウニの場合にも、Fuji,⁵⁾ 川村,⁶⁾ 滝^{13,14)}らの一連の研究から、生殖板の黒色帯 (輪紋) の形成時期は殻の成長の休止期 (夏期) にあたると判断されるので、生殖板の輪紋形成の機構はアカウニと類似していると考えられる。なお、Pearse and Pearse⁷⁾は、殻板の成長帯に関する研究の中で、殻板に形成される明暗帯あるいは着色

と非着色帯は、観察時の照明方法の如何によってまったく逆転することを指摘している。すなわち、不透明帯 (反射光下では明るく、透過光下では暗く見える) は相対的に速い殻板の成長によって生じること、半透明帯 (反射光下では暗く、透過光下では明るく見える) は逆に相対的に遅い殻板の成長によって生じること等である。今回の生殖板の観察結果は、これらの指摘とよく一致した。

ウニ殻の成長に関与する要因として、摂餌海藻の種類と量、個体の大きさ、生殖腺の発達状態、水温等があげられている。^{2,7,14-16)} エゾバフンウニでは、生殖腺の発達する夏期には殻の成長はほとんど停止している。²⁾ この時期には未成熟個体では顕著でないが、成体では摂餌量に著しい減少が認められるため、生殖腺の発達に関連した生理的要因が考えられている。¹⁷⁾ アカウニでは摂餌量の季節的变化は明らかにされていないが、殻の成長の遅い時期は生殖腺の発達時期と一致しており、エゾバフンウニと同様、輪紋形成には生殖腺の発達が大きく関与しているかもしれない。一方、生殖腺の発達時期に摂餌量が急低下するという現象がみられないならば、殻の成長が遅いこの時期には色素沈着が高密度になることも考えられるので、本種の摂餌活動の周年変化については、今後、明らかにする必要がある。

Pearse and Pearse⁷⁾は、色素が生殖板の色素帯の唯一の形成要因とは考え難いとしている。しかし、Moore¹⁸⁾は、色素は摂餌された餌料海藻に由来すると考え、滝、¹⁶⁾ 滝および高橋、¹⁹⁾ 川村⁶⁾らも色素の起源は餌料海藻にあると考えた。ウニ類には餌料に由来するカロチノイド系色素と生体内で合成されるメラニン、キノン両系の色素が多いことが知られている。¹⁹⁾ しかし、ウニ類の色素については不明な点も多く、殻板としての石灰化過程における色素沈着の機構と色素の起源については今後の課題である。

本報告をまとめるにあたり、御指導と御校閲を賜った長崎大学水産学部助教授吉越一馬博士、中央水産研究所小川嘉彦博士並びに山口県外海水産試験場次長中原民男氏に心から厚く御礼を申し上げる。また研究の機会を与えて下さった同場長大内俊彦氏に深謝する。

要 約

1977 年 3 月から 1978 年 8 月までの期間に採取した山口県黄波戸産アカウニ 896 個体を用い、生殖板に形成される色素帯の形状、形成過程、年齢形質としての適否等を検討すると共に、その輪紋 (黒褐色不透明帯) を測定し、年齢と成長との関係を推定した。

1. 生殖板の中央部には白色不透明帯があり、その外

* 角田信孝: 山口外海水試事報 (昭和 55 年度), 57-59 (1982).

側に各生殖板の形状と相似形に輪紋が形成され、さらに外側へ向って、白色帯と輪紋が交互に形成されていた。

2. 輪紋は年周期をもって形成され、形成開始時期は6月頃で、盛期は10月頃と推定された。また、輪紋の形成位置には規則性が認められ、生殖板に形成される輪紋は、年齢標示形質として十分な条件を具えていた。

3. 第5生殖板の横幅 (R , mm) と殻径 (D , mm) との関係式は次式で表わされた。

$$R = 0.30768 + 0.04161 D - 0.00008 D^2$$

4. 満年齢 (t) と殻径、体重 (W , g) との関係は Von Bertalanffy の成長式によりそれぞれ次式で表わされた。

$$D_t = 84.1 (1 - e^{-0.8442(t-0.9817)})$$

$$W_t = 209.0 (1 - e^{-0.8442(t-0.9817)})^{2.8783}$$

文 献

- 1) A. R. Fuji: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **29**, 118-126 (1963).
- 2) A. Fuji: *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **15**, 83-160 (1967).
- 3) 井上 泰, 中村達夫, 角田信孝, 寺尾百合正, 重宗新治, 西村忠恭: 山口外海水試研報, **10**, 1-46 (1969).
- 4) H. B. Moore: *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **20**, 109-128 (1935).
- 5) 川村一広: 北水試研報, **16**, 1-54 (1973).
- 6) 川村一広: 北水試研報, **6**, 56-61 (1966).
- 7) J. S. Pearse and V. B. Pearse: *Am. Zool.*, **15**, 731-753 (1975).
- 8) M. Jensen: *Sarsia*, **37**, 41-44 (1967).
- 9) 増殖場造成指針作成委員会編: ウニ, 増殖場造成指針, 地球社, 東京, 1982, pp. 168-171.
- 10) 久米又三: 理学会, **27**, 17-21 (1929).
- 11) K. Onoda: *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser.*, **7**, 103-134 (1931).
- 12) 井上 泰, 中村達夫, 寺尾百合正, 重宗新治, 津田寿吉, 佐竹武元: 山口外海水試研報, **8**, 1-34 (1967).
- 13) 滝 襄: 日水誌, **38**, 117-125 (1972).
- 14) 滝 襄: 北水試研報, **13**, 19-29 (1971).
- 15) 川村一広, 林 忠彦: 北水試月報, **22**, 22-45 (1965).
- 16) 滝 襄: 日水誌, **44**, 955-960 (1978).
- 17) A. Fuji: *Jap. J. Ecol.*, **12**, 181-186 (1962).
- 18) H. B. Moore: *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **21**, 711-719 (1937).
- 19) 滝 襄, 高橋正樹: 臨海医学紀要, 1-11 (1984).