

スガイ *Lunella coronata coreensis* (Récluz, 1853) の年齢と成長

行平 英基^{*1}・野田 幹雄^{*2}・橋本 博明^{*3}・具島 健二^{*3}

広島大学生物生産学部, 東広島市 739

1995年11月9日受付

要 旨 1992年5月から1993年11月まで, 広島県福山市鞆町仙酔島の磯水域において, スガイ (リュウテンサザエ科) の年齢と成長について調査した。その結果次のような資源生態的特性を明らかにした。蓋に形成される輪紋が年齢形質として有効であることが明らかにされ, 年齢形質法により本種の成長を算出した結果, 成長式は次式で表された:

$$SD_t = 30.40 (1 - e^{-0.3407(t - 0.3313)})$$

これによると, SD_{∞} は 30.40 mm であった。採集された最大個体の SD は 28.66 mm で, 蓋の輪紋から年齢は満7才と推定された。成長は満0~1才が速いが, 高齢になるにつれて鈍化した。本種は春から秋にかけて成長し, 低水温期の冬はほとんど成長しなかった。

キーワード: 年齢, 成長, スガイ, 蓋, 仙酔島

緒 言

スガイ *Lunella coronata coreensis* (RECLUZ, 1853) は, 腹足綱 GASTROPODA, 原始腹足目 PROSOBRANCHIA, リュウテンサザエ科 Turbinidae に属し, 房総半島以南, 九州, 韓国からインド, 西太平洋の岩礁域の潮間帯に生息し, 殻高は最大で 3.5 cm に達する小型の巻貝である (Abbott and Dance, 1988)。また, 同じリュウテンサザエ科のサザエ *Turbo cornutus*, チョウセンサザエ *Turbo argyrostoma* およびヤコウガイ *Turbo marmoratus* などと同様に食用とされる。

リュウテンサザエ科の巻貝のうち磯根資源として重要なサザエ (翠川, 1986a; 葭矢, 1990), チョウセンサザエ (村越・山本, 1991), ヤコウガイ (Murakoshi et al., 1992) については, 近年水産増殖学および水産資源管理学的見地からの研究がなされている。中でもサザエについては, 増殖技術 (翠川, 1986a), 食性 (葭矢, 1990), 初期生活史 (山崎・石渡, 1987b; 山崎・石渡, 1988), 成熟と産卵 (山本・山川, 1985; 角田ら, 1986; 翠川, 1986b), 分布 (山崎・石渡, 1987a), 移動 (葭矢, 1990) など増養殖から生態学的分野にわたって詳細な研究が行われている。

本種は普通に観察され, かつ食用とされるのにもかかわらず, 成熟と産卵に関する概括的記載が見られるのみで (猪野, 1948; 和田, 1957; 網尾, 1963), その資源生態に関する詳細な研究はなされていない。

本研究では, 広島県福山市鞆町仙酔島の磯水域で, 年齢形質を利用して本種の年齢と成長を明かにした。

材 料 と 方 法

調査場所は, 生息量が多く, 小型個体から大型個体まで分布し, さらに漁獲圧が低いことが予備調査により明らかとなった瀬戸内海中央部に位置する仙酔島 (東経133度24分, 北緯35度23分) を選定し (Fig. 1), 調査を1992年5月から1993年11月にかけて行った。

調査にあたり, 潮間帯域の2ヶ所に各々20mの調査定線 (定線Aと定線B) を設置し, 月例の生態観測定線とした。定線Aと定線Bでの0mから20mまでの潮位は, それぞれ106~222cm, 28~168cmであった。定線Aは潮間帯中部に位置し, 定線Bは潮間帯中部と下部に位置した。なお, 本調査場所の干満差は, 最大426cm (1993年11月), 最小77cm (1993年3月), また最干潮位は-24cm (1993年2月), 最満潮位は443cm (1993

^{*1} Zoology Department, James Cook University, Townsville, Q4811, Australia

^{*2} 水産大学校増殖学科, 下関市永田本町2-7-1, 759-65

^{*3} 広島大学生物生産学部, 東広島市 739

年8月)であった。

標本は、1992年5月から1993年5月にわたって、毎月大潮の干潮時に調査場所で約100個体を採集した。採集個体は実験室へ持ち帰り、総重量(0.001g単位で測定)と殻径(0.01mm単位で測定、殻径(Shell Diameter)は以下SDと略記)を測定した後、10%ホルマリン溶液で1晩固定した。その後、殻から軟体部を抜き取り生殖巣の様相から雌雄を判別記載して殻と蓋および軟体部を別々に標本瓶に保存した。殻の重量は、殻を市販の次亜塩素酸ナトリウム(4~6%)を約3分の1に希釈した溶液に1晩漬けて表面の付着物を除去した後、乾燥器で乾燥($32 \pm 2^\circ\text{C}$, 3日間)させ測定した。

環境要因として、大潮の干潮時に水温計と塩分屈折計を用いて水温と塩分濃度を測定した。測定は定線Aの中間10m地点で潮位約+120cmに位置するタイドプールならびに、調査場所の西側と東側の沿岸海域の2ヶ所で行い、沿岸海域についてはその平均を求めた。塩分濃度は、試料を実験室へ持ち帰り、室内で測定を行った。

月例の採集標本とは別に、毎月調査場所で無作為に約100個体の殻径(以下SDと略記)を測定した。特に1993年5月には210個体、同年8月には322個体のSDを測定した。これらの個体は測定後、採集した同じ場所に放した。これらの測定値と月例採集標本の測定値を合わせて各月のSD組成を求め、それを赤嶺(1985)のプログラムにより各年級群の正規分布のモードと偏差を算出した(年級群解析)。

本種の蓋の裏側には、休止帯と思われる輪紋が観察されたので(Fig. 2)、これを年齢形質と仮定し、蓋の最大径(以下ODと略記)の毎月の縁辺成長量と各休止帯の長径を測定(0.01mm単位で測定)することにより(Fig. 3)、Walfordの定差図法(WALFORD, 1946)よりvon Bertalanffyの成長式を算出した。

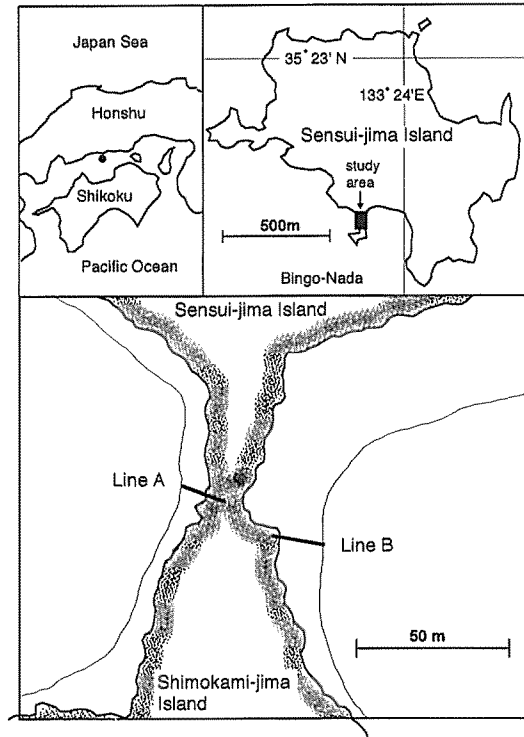


Fig. 1. Location of Sensui-jima Island (dot in top left) and study area (rectangle in top right). Ecological survey lines A and B are shown in the bottom. Solid thin line, and solid thick line with a shaded portion indicate tidal lines at the mean low water of the spring tide and tide line at the mean low water, respectively.



Fig. 2. Operculum of *L. coronata coreensis* (OD: 11.05mm; SD: 28.56mm) showing year rings.

結 果

本種の生息場所の水温は、Fig. 4に示したように、沿岸海域で7.9℃から29.6℃の間を推移し（変動幅：21.7℃）、タイドプールでは4.0℃から33.2℃の間を推移した（変動幅：29.2℃）。1993年は、水温は9月に最高になり、沿岸海域とタイドプールでそれぞれ26.8℃と29.0℃であった。1993年の夏期は、1992年に比べ最高水温は低く、水温の変動が大きかった。

塩分濃度は、沿岸海域で24.5‰から34.0‰間を推移し（変動幅：9.5‰）、タイドプールで25.0‰から34.5‰間（変動幅：9.5‰）を推移した。1992年の夏は、塩分濃度はあまり低下しなかったが、1993年では梅雨時期から夏にかけて塩分濃度が著しく低下し、その変動幅も大きかった。

毎月測定されたスガイの殻径頻度分布をFig. 5に示した。この組成を年級群解析した結果がFig. 6である。春から秋にかけては成長し、冬には成長がほとんど止まった。また、4月から5月に新規加入群が出現することが分かった。

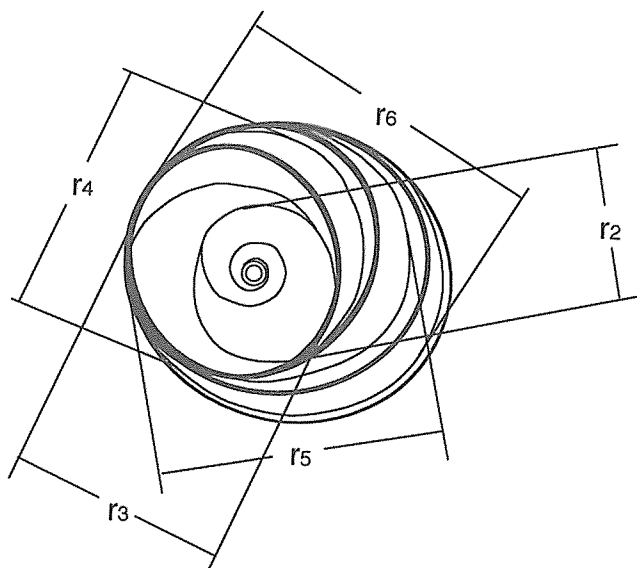


Fig. 3. Dimensions of year rings (r2-6) found on the operculum of *L. coronata coreensis*, as used in the growth determination. r1 ring is invisible.

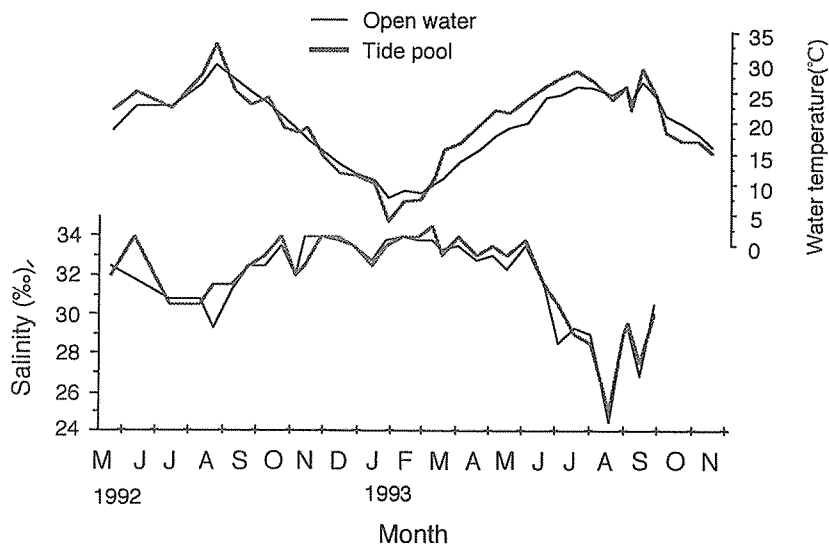


Fig. 4. Monthly change in water temperature and salinity in the open water and the tide pool at the reef of Sensui-jima Island.

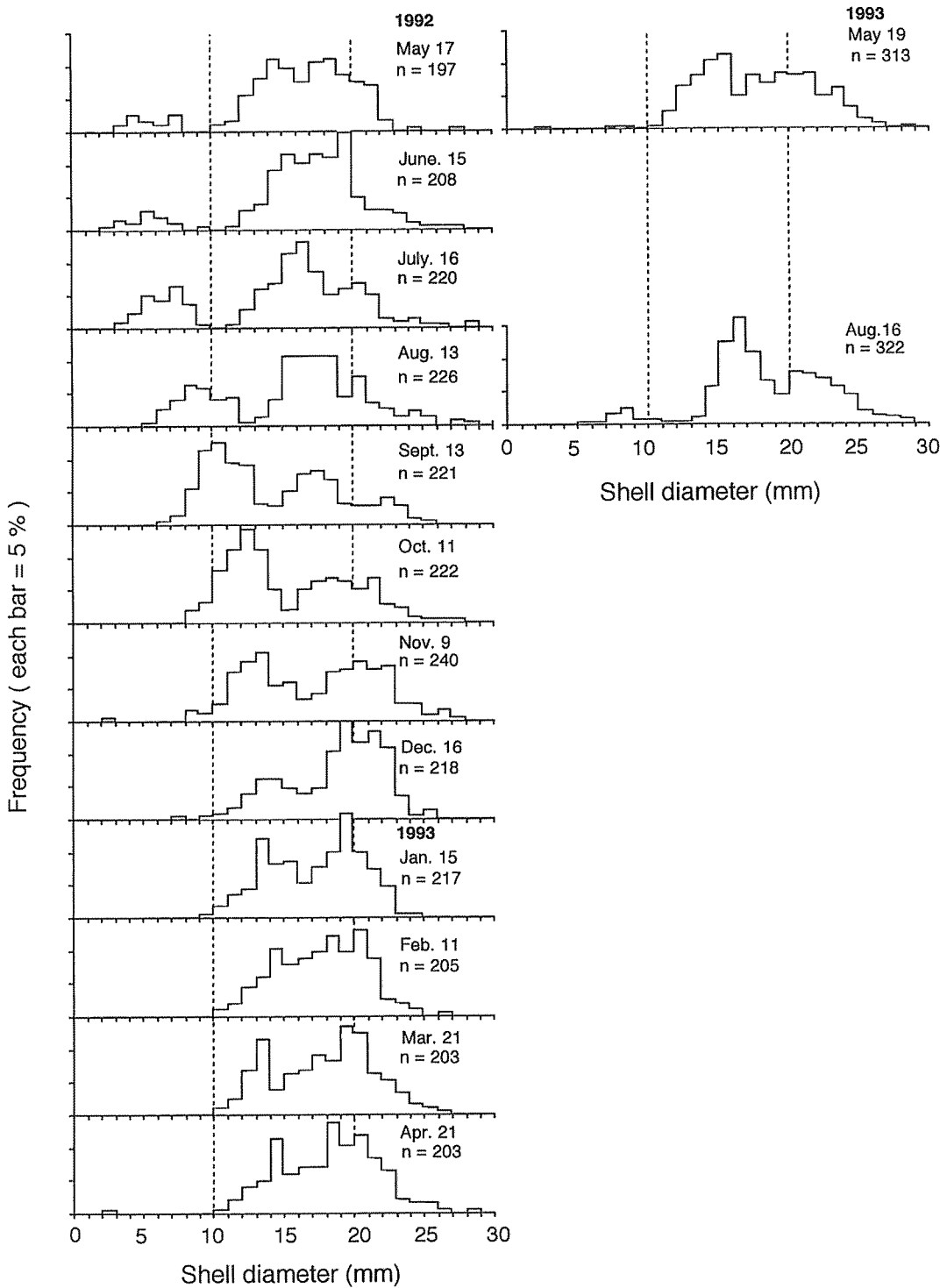


Fig. 5. Seasonal change in the size (SD) frequency distribution of *L. coronata coreensis*.

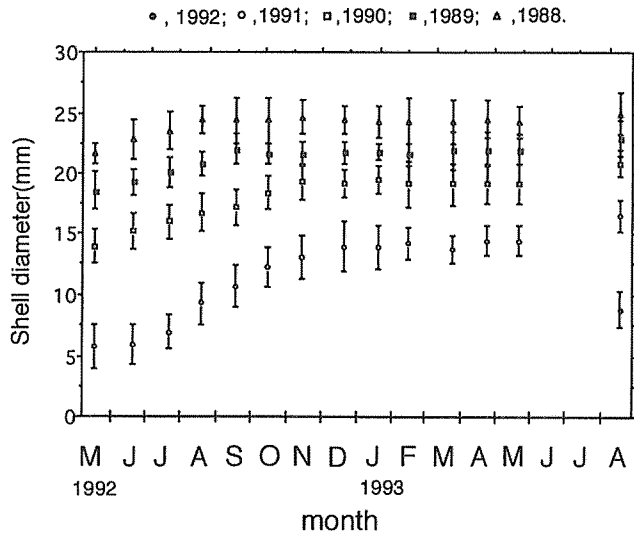


Fig. 6. Growth of successive year groups of *L. coronata corensis*. Each vertical line through mark is a standard deviation. Each mark denotes a mean in SD.

本種の蓋の裏側には、Fig. 2 と Fig. 3 に示したように濃く太い線と薄く細い線様の輪紋が見られた。これらのうち細い輪紋は 1) 年級群解析により冬期はほとんど成長していないこと、2) 春以降採集された個体には一番外側が細い輪紋であったこと、ならびに、3) 濃く太い輪紋の場合は、複数の同様の輪紋が隣接して見られることから冬にできる休止帯と考え、各輪紋形成時の OD と縁辺成長量を測定した。

最初に、蓋の標本を殻の成長が休止する冬期 (1 ~ 3 月) の標本と成長期にあたる 5 ~ 9 月までの標本の 2 グループに分けて、SD と OD の相関関係を調べた。両群の回帰直線を求めその傾きに差があるかどうかを市原 (1990) の方法に基づき判定したが、有意な差は認められなかった (*t* 分布, 両側確率 $p > 0.05$)。したがって非成長期 (1 ~ 3 月) と成長期との間では、SD に対する OD の関係に有意な差はなく、殻と蓋は

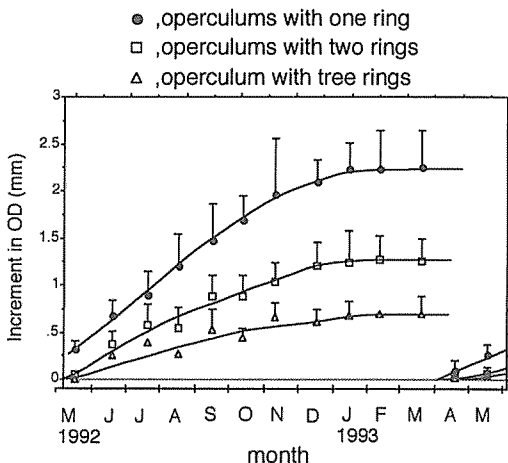


Fig. 7. Marginal growth (mean + standard deviation) of operculums and estimated growth curves in *L. coronata corensis*.

常に同じ割合で成長することが分かった。

次に、標本を輪紋を 1 本持つグループ、2 本持つグループ、3 本持つグループに分け、各グループの蓋の縁辺成長量の季節的变化を Fig. 7 に表した。縁辺成長量は、輪紋の数に関係なく 4 ~ 12 月まで増大傾向を示すが、1 ~ 3 月はほとんど増加しなかった。また、輪紋数の少ない若い個体ほど成長量が大きかった。推定成長曲線は、3 月と 4 月の間で明瞭に 2 つに区分された。したがって、この輪紋は 1 年周期で形成される年齢形成として認められた。

さらに、各輪紋の形成時の OD を雌雄別に Mann-Whitney U-検定により比較したが、どの年級群においても各輪紋形成時での雌雄の有意な差は、有意水準 5% で認められなかった。したがって、雌雄を込みにして各輪紋形成時の蓋の平均 OD を

計算し、この値を冬期のODとSDとの回帰直線式にあてはめて平均SDを求めた (Table 1)。Table 1によれば最初の輪紋は平均SDが13.66mmの時に形成されることになる。本種の産卵期は6~9月であったので (行平ら, 1995), 年級群解析の結果を考慮すると (Fig. 6), 本種の蓋に最初の輪紋が形成されるのは生後2回目の冬, つまり年齢1才5ヶ月ぐらいの時であることが分かる。Table 1の平均SDを用いてWalfordの定差方程式を導き, 極限殻径 SD_{∞} と成長係数 k を求めた結果, 成長式は以下のように導かれた。

$$SD_t = 30.40 (1 - e^{-0.3407t})$$

この成長式に入れるべき t は, 本式にODから得られた1st ring時のSDを代入して求めた。これにより, 上記の成長式は次のように変換された。

$$SD_t = 30.40 (1 - e^{-0.3407(4 - 0.3313t)})$$

年齢形質法により推定した各年齢時のSD, SD_{∞} および k をTable 2に示した。なお, 本調査で採集された最大SD (SD_{max})は28.79mm, また, 蓋の輪紋調査から採集標本中最高齢の個体は満7才 (SD 28.66mm)であった。

Table 1. Mean OD, standard deviations and mean SD at each year ring for *L. coronata coreensis*.

Number of year rings	N	OD (mm)					
		1st ring	2nd ring	3rd ring	4th ring	5th ring	6th ring
2	111	5.4±0.71	7.64±0.53				
3	86	5.21±0.74	7.33±0.53	8.52±0.42			
4	33	5.57±0.95	7.62±0.78	8.83±0.71	9.52±0.62		
5	12	6.18±0.59	8.27±0.48	9.38±0.26	10.12±0.36	10.71±0.27	
6	8	6.12±0.70	8.16±0.54	9.40±0.36	10.21±0.40	10.72±0.48	11.24±0.31
Mean		5.42±0.78	7.58±0.61	8.77±0.60	9.87±0.59	10.72±0.40	11.24±0.31
N		245	250	111	36	12	2
Mean SD		13.66	18.76	21.58	24.18	26.19	27.42

Table 2. SD_{∞} , the coefficient of growth (k), and SD at each age estimated from the Bertalanffy's growth equation obtained by the application of measurements of OD.

Method	SD	k	SD (mm) at each age									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Year ring on operculum	30.40	0.3407	11.09	16.66	20.63	23.45	25.46	26.88	27.90	28.62	29.13	29.50

考 察

上述のように, 最大SD (SD_{max} =28.79mm)を持った個体は, 蓋の輪紋数から28.79mm, 満7才であった。年齢形質法を用いた本調査では, SD_{∞} は30.40mmとなり, 計算上 SD_{max} に満8才で達することになる。したがって最大個体の年齢との差は1才となる。この差は年齢形質に用いた蓋のうち高齢個体の蓋の数の割合が極めて少なかったことにより生じた差と考えられるが, 成長速度は個体により異なること, 高齢の個体ほど成長量が小さいことが影響していると考えられる。

本種の成長を経年的に検討すると, 導かれた成長式から満1才, 2才, 3才, 4才, 5才のSDはそれぞれ, 11.09mm, 16.66mm, 20.63mm, 23.45mm, 25.46mmとなる。本調査により, 成長は高齢になるにしたがい緩やかになり, 若齢群ほど速い, 特に0才貝と1才貝が速いことが明らかとなった。

季節的な成長を検討すると, 年級群解析や蓋の縁辺成長量測定の結果, 本種は4~12月に成長し, 1~3月 (水温が海面水温7.88~11.15℃, タイドプールの水温3.95~15.70℃)ではほとんど成長しないことが明ら

かになった。これは本種の採餌活動が、冬期の低水温（海面水温：7.88～11.15℃，タイドプール内水温：3.95～15.70℃）によってかなり抑えられているためと考えられる。

年級群解析の結果、本種の新規加入群の出現時期は4から5月であることが判明した。1993年4月以前の時期には加入群はわずかしら認められておらず、着底後の稚貝がどこに生息するのかについての調査は今後の課題である。

謝 辞 本研究は広島大学生物圏科学研究科修士論文の研究として行なわれた。本研究を遂行するに当たり、終始懇切なご指導と有益な御助言を頂いた広島大学生物生産学部名誉教授角田俊平博士に深甚の謝意を表するとともに、研究内容について御教示を頂いた広島大学生物生産学部教授今林博道博士に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- ABBOTT R. T. and DANCE S. P., 1988, 世界海産貝類大図鑑. 波部忠重・奥谷喬司監修・訳, 52pp., 平凡社, 東京.
- 赤嶺達郎, 1985, 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. 日水研報, 35: 129-160.
- 網尾 勝, 1963, 海産腹足類の比較発生学並びに生態学的研究. 水産大学校研究報告, 12(2・3): 1-144.
- 市原清志, 1990, バイオサイエンスの統計学. 378pp., 南江堂, 東京.
- 猪野 峻, 1948, スガイの産卵. 日本水産学会誌, 14(1), 68(年会講演要旨).
- 角田信孝・渡邊 直・由良野範義・陣之内征龍, 1986, サザエの成熟, 産卵に関する研究. 山口県外海水産試験場研究報告, 21: 1-38.
- 翠川忠康, 1986a, サザエに関する既往知見と問題点. 和水試報, 17: 36-56.
- 翠川忠康, 1986b, サザエの成熟・産卵に関する研究. 和水試報, 17: 57-63.
- MURAKOSHI, M., T. KOMATSU, R. NAKAMURA, 1992, Development of Mass Seed Production Techniques for Green Snail, *Turbo marmoratus* in Okinawan Water. *SUISANZOSHOKU*, 41: 299-309.
- 村越正慶・山本隆司, 1991, チョウセンサザエ *Turbo argyrostoma* の種苗生産試験(概要). 昭和63年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書, p. 73-74.
- 和田清治, 1957, 無脊椎動物発生学. 久米・団共編, 346pp, 培風館, 東京.
- WALFORD, L. A., 1946, A New graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull., Woods Hole*, 91: 141-147.
- 山本哲生・山川紘, 1985, サザエ *Turbo (Batillus) cornutus* の生殖巣成熟に関する研究. 日本水産学会誌, 51: 357-364.
- 山崎明人・石渡直典, 1987a, サザエの生態学的研究Ⅰ. 生息場所の生態的特性. *La mer*, 25: 124-126.
- 山崎明人・石渡直典, 1987b, サザエの生態学的研究Ⅱ. 稚貝の生息場所. *La mer*, 25: 184-189.
- 山崎明人・石渡直典, 1988, サザエの生態学的研究Ⅲ. 初期成長と密度変化. *La mer*, 26: 12-18.
- 行平英基・野田幹雄・橋本博明・具島健二, 1995, スガイ, *Lunella coronata coreensis*(Réclus, 1853)の成熟と産卵, 生物生産学研究, 広島大学生物生産学部紀要, 34: 133-145.
- 葭矢 護, 1990, サザエ増殖のための資源・漁業管理方法の開発, 京都府立海洋センター研究論文集, 2: 1-43.

On the Age and Growth on Moon Coronate Turban,
Lunella coronata coreensis (Récluz, 1853)

Hideki YUKIHIRA^{*1}, Mikio NODA^{*2},
Hiroaki HASHIMOTO^{*3} and Kenji GUSHIMA^{*3}

Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, 739, Japan

The age and growth of the turbinid gastropod *Lunella coronata coreensis* at Sensuijima Island, Hiroshima Prefecture were examined from May 1992 to November 1993. Age was determined from year rings in the operculum. An individual with the largest operculum (shell diameter=28.66 mm) was 7-year old. The relationship between age and shell diameter (SD) was expressed using von Bertalanffy's growth equation: $S D t = 30.40 (1 - e^{-0.3407(t-0.3313)})$. Population growth was rapid at 0 to 1 year of age and decreased thereafter. Growth was suppressed by the low sea water temperature in winter.

Key words: age, growth, moon coronate turban, operculum, Sensui-jima

^{*1} Zoology Department, James Cook University, Townsville, Q4811, Australia

^{*2} National Fisheries University, Department of Biology and Aquaculture, Nagatahon-machi 2-7-1, Shimonoseki-shi, 759-65 Japan

^{*3} Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima, 739 Japan