

東京湾盤洲干潟におけるイボキサゴの成長について

Growth of the Button Top *Umbonium moniliferum* (Lamarck) (Mollusca: Gastropoda: Trochidae)
at Banzu Tidal Flat, Tokyo Bay, Central Japan佐藤武宏¹⁾Takehiro SATO¹⁾

Abstract. Growth of button top *Umbonium moniliferum* (Lamarck, 1822) (Mollusca: Gastropoda: Trochidae) at Tokyo Bay was analysed statistically. The size frequency distributions of the population were shown based on synodic monthly sampling at Banzu Tidal Flat (lat. 35°24'52.5"N, long. 139°53'22.9"E, WGS84 map datum) from June 2005 to July 2007. Each size frequency distribution was decomposed into several normal distributions of various cohorts assuming that it was normal mixture distribution. The equation of the growth curve was calculated. It is suggested that the population of the *U. moniliferum* consists of two cohorts per every year. Most of the individuals belong to the one cohort. As for the major cohort, the result insist that the reproduction occurs in November, the growth advances mainly in summer, life span is at least nearly four years and the maximum shell diameter reaches to 23 millimeters.

Key words: growth analysis, growth curve, size frequency distribution, normal mixture distribution, *Umbonium moniliferum*

はじめに

イボキサゴ *Umbonium moniliferum* (Lamarck, 1822)(図 1) は北海道南部から九州にかけて分布し、潮間帯付近の砂底および砂泥底に生息するニシキウズガイ科の巻貝である(佐々木, 2000)。本種は近縁種であるキサゴ *U. costatum* (Valenciennes, 1838) に形態的に類似するが、キサゴに比較して殻が小型であり、臍部滑層が大きい点で区別される。また、キサゴが外海的環境の砂底に生息するのに対して、イボキサゴは砂質干潟に生息するという特徴を持つ。

これまでイボキサゴの成長については、福岡県津屋崎干潟(Shimoyama, 1985; 小澤, 1997)、熊本県茂木根(本渡)干潟(Tamaki, 1994; 小菅ほか, 1994; Harada *et al.*, 2005)において調べられてきた。これらの研究は定期的なサンプリングによって繁殖時季、成長時季、寿命を推定したものであるが、成長曲線とその曲線式を求めるには至っておらず、複数の個体群について成長を比較するには不十分な点も多い。

イボキサゴと同属のダンベイキサゴ *U. giganteum*

(Lesson, 1833) では、神奈川県藤沢(佐藤ほか, 2009)と千葉県九十九里(柴田, 1993; 大畑ほか, 2002)では繁殖時季が異なるなど、地域によって生活史が異なることが明らかにされている。したがって、イボキサゴについても個体群



図 1. 東京湾盤洲干潟で採集されたイボキサゴの成体の殻。KPM-NGD020309。スケールは 5mm。

Fig. 1. A shell of an adult button top *Umbonium moniliferum* collected at Banzu Tidal Flat, Tokyo Bay. KPM-NGD020309. Scale bar represents 5 millimeters.

¹⁾神奈川県立生命の星・地球博物館
〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 499
Kanagawa Prefectural Museum of Natural History
499 Iryuda, Odawara, Kanagawa 250-0031, Japan
sato@nh.kanagawa-museum.jp

によって生活史が異なる可能性があり、これまで調べられてきた九州以外の各地の個体群の成長や繁殖時季を調査し、比較する必要がある。

本種は内湾の砂質干潟に生息するため、20世紀以降の干潟の環境悪化に起因すると思われる個体群の減少が全国各地で顕著であり、兵庫県のレッドデータ生物リストでは絶滅(大原, 2003)に、絶滅危惧I類相当として千葉(黒住, 2011)、愛知(木村, 2009)、三重(木村, 2005)、熊本(熊本県希少野生動植物検討委員会, 1998)の各県が県レッドデータ生物リストに、愛媛県のレッドデータ生物リストでは準絶滅危惧(石川, 2003)に位置づけられている。また、相模湾ではかつては三浦半島沿岸を中心に分布していたものの、1994年にはほとんど見られない状態に減少し(池田, 1994)、その後消滅した(池田ほか, 2001)とされている。このように危急的状况にある本種の繁殖時季、成長、寿命などの生活史に関する基本的なデータを蓄積することは、本種の保全や保護を考える際に重要な基礎知識となると考えられる。

東京湾中部東岸に位置する千葉県木更津市畔戸地先の盤洲干潟ではイボキサゴが高密度で生息しているため、多数の個体を用いた殻サイズ組成に基づく成長解析が可能である。そこで本報告では東京湾盤洲干潟に定点を設定し、定期的サンプリングによって殻サイズ組成を測定し、この殻サイズ組成に基づく成長解析をおこなうことにより、イボキサゴの繁殖時季、成長時季、寿命を明らかにし、成長曲線およびその曲線式を求めることを目的とした。

材料と方法

東京湾中部東岸に位置する千葉県木更津市畔戸地先盤洲干潟の、最満潮線から約1km沖合に定点(lat. 35°24'52.5"N, long. 139°53'22.9"E, WGS84 map datum) (図2)を設定し、2005年6月8日から2005年10月31日にかけてと2005年11月13日から2007年5月2日にかけてのほぼ一朔望月間隔ならびに2007年7月4日に調査を実施した。調査定点で表面から深さ3cmまでの堆積物を採集し、目合い1mmの篩を用いてイボキサゴを篩い出した。採集されたイボキサゴについては、殻径をデジタルノギ

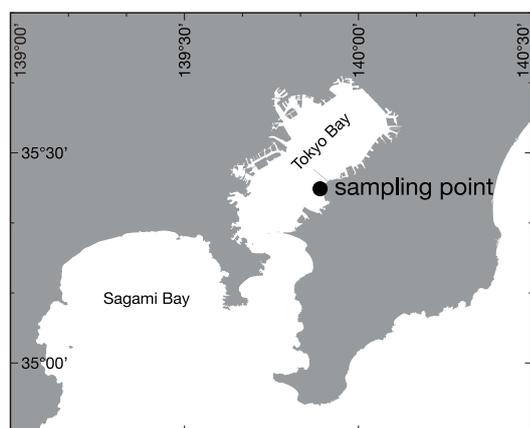


図2. イボキサゴの採集地。

Fig. 2. Map of sampling point of *Umbonium moniferum*.

スで測定するとともに、一部の個体については殻を破壊して軟体部を露出させ、生殖腺の肥大と縮小の様子について目視および鏡下で観察した。調査の際には定点付近を観察し、死亡した個体の集積が認められるかどうか確認した。2006年4月17日以降の調査では、定点における生息密度を算出した。

軟体動物の絶対成長を解析する手段としては、殻内部に形成される成長縞の解析が最も高精度かつ確実である(佐藤, 2001)が、巻貝の成長線は3次元螺旋の殻体内部に形成されるため、Tojo & Ohno (1999)によるキバウミナ *Terebralia palustris* (Linnaeus, 1767) などの少数の例を除いて、一般には用いられない。殻体状に年輪として刻まれる成長のギャップを利用した成長解析は、イボキサゴと同属のキサゴなどでおこなわれているが(Noda, 1991)、イボキサゴは殻体上に年輪が刻まれないことからこの方法を用いることはできない。イボキサゴは多数の個体を得ることが可能であることから、イボキサゴと同属のダンベイキサゴの成長解析(佐藤ほか, 2009)同様に殻サイズ組成の分析が妥当であると考えられる。そこで、測定した殻径について、殻径組成を示すヒストグラムを作成し、それを利用して成長解析をおこなった。ヒストグラムが多峰性を示す場合には、頻度分布の経時推移がもっとも明確なコホートを C_0 と定義し、 C_0 より大型のコホートを順に C_1 、 C_2 、…、小型のコホートを順に C_{-1} 、 C_{-2} 、…、と定義した。それぞれのコホートの殻径の分布が正規分布であると仮定し、イボキサゴ集団の殻径の分布、すなわち、各コホートの殻径分布の総和である混合正規分布

$$G_e(D) = \sum p_i g_i(D)$$

$$g_i(D) = N(D_i, \sigma_i^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left(-\frac{(D-D_i)^2}{2\sigma_i^2}\right)$$

N : normal distribution

$i = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$

を満たす、それぞれのコホートの混合率 p_i 、平均値 D_i 、標準偏差 σ_i を求めた。各コホートに対する混合率、平均値、標準偏差を変化させ、それによって算出される各区間の算出頻度 $G_e(D)$ と測定頻度 $G_o(D)$ の差の二乗和

$$\sum (G_e(D) - G_o(D))^2$$

が最小となるような値を求めた。算出には Microsoft Excel for Mac 2011 ver. 14.1.3 (110805) (Microsoft Corp.) ならびにそのアドインである Solver.xlam (Frontline Systems Inc.) を使用した。

それぞれのコホートについて、オスメスの両方が含まれているかどうかを確認した。また、コホート間で殻径に対する殻高、殻長角、臍部滑層の径、殻口高、殻口幅の比率を、佐藤・松島(2000)にしたがって比較し、形態的な変異が存在するかどうかを検討した。

混合正規分布の解析によって得られた値を用いて、成長曲線の推定をおこなった。各調査日におけるそれぞれのコホートの殻径の平均値 D_i はイボキサゴが着底した日からの通算時間、すなわち、着底後の絶対年齢 t 時点における殻径とみなすことができる。イボキサゴはサイズによって生息場所が異なるという傾向が認められている

ため(小菅ほか, 1994)、採集をおこなった定点においてはある特定の cohorts に偏って採集されている可能性がある、ということも考慮した上でそれぞれの cohorts の絶対年齢を見積もった。これらの絶対年齢と殻径について、赤嶺の成長式(Akamine, 1993)

$$D(t) = \begin{cases} \frac{D_{\infty}}{(1+r \exp(-k(F(t)-F(t_0))))^{1/r}} & (r \neq 0) \\ \frac{D_{\infty}}{\exp(\exp(-k(F(t)-F(t_0))))} & (r = 0) \end{cases}$$

$$F(t) = t + \frac{a}{2\pi} \sin 2\pi(t-t_1)$$

t : age in year from the day of settlement

について、成長式から求められる殻径 $D(t)$ と混合正規分布によって得られた cohorts の平均値 D_i の差の二乗和

$$\sum (D(t) - D_i)^2$$

が最小となるパラメータ r, k, a, t_0, t_1 を求めた。パラメータの推定には混合正規分布の分解と同様に Microsoft Excel for Mac

2011 ver. 14.1.3 (110805) (Microsoft Corp.) ならびにそのアドインである Solver.xlam (Frontline Systems Inc.) を使用した。

結果

2005年6月8日から2007年7月4日にかけて26回の調査をおこなった。調査地点周辺で複数回生体が確認された種は43種であった(表1)。これらの種はいずれも砂質干潟や砂泥質干潟で普通に見られる種であった。これらの種は水深と底質あるいは構造物を含めた基質の種類に応じてパッチ状に分布していた。定点とそのごく近傍ではイボキサゴが排他的に高密度で生息し、他の生物の生息はほとんど認めることができなかった。

定点における多数の死亡個体の集積は、2005年9月2日、9月30日、10月31日、11月13日および、2006年9月8日、10月4日、11月5日に観察された。集積した死亡個体は、軟体部が生鮮状態のままに残存していて死後直後の状況を呈しているものがほとんどであり、軟体部が失われているものや貝殻破壊性捕食者や穿孔性捕食者による捕食の痕跡が確認されるものはほぼ含まれていなかった。

表1. 東京湾盤洲干潟に設定したイボキサゴの調査定点近傍で複数回生体が確認された生物。

Table 1. Animals observed twice or more in the synodic monthly investigations around the fixed point for sampling of *Umbonium moniliferum*.

海綿動物門 Porifera	ウメノハナガイ? <i>Pillucina pisidium</i> ?
普通海綿綱 Demospongiae	ヒメシラトリ <i>Macoma incongrua</i>
ナミイソカイメン <i>Halichondria panicea</i>	マテガイ <i>Solen strictus</i>
刺胞動物門 Cnidaria	カガミガイ <i>Phacosoma japonicum</i>
鉢虫綱 Scyphozoa	アサリ <i>Ruditapes philippinarum</i>
ミズクラゲ <i>Aurelia aurita</i>	環形動物門 Annelida
アカクラゲ <i>Chrysaora melanaster</i>	多毛綱 Polychaeta
エチゼンクラゲ <i>Stomolophus nomurai</i>	スゴカイイソメ <i>Diopatra sugokai</i>
花虫綱 Anthozoa	タマシキゴカイ <i>Arenicola brasiliensis</i>
タテジマイソギンチャク <i>Haliplanella lineata</i>	ミズヒキゴカイ <i>Cirriformia comosa</i>
ウメボシイソギンチャク科の一種 Actiniidae sp.	節足動物門 Arthropoda
軟体動物門 Mollusca	軟甲綱 Crustacea
腹足綱 Gastropoda	シロスジフジツボ <i>Fistulobalanus albicostatus</i>
イボキサゴ <i>Umbonium moniliferum</i>	タテジマフジツボ <i>Amphibalanus amphitrite</i>
ホソウミニナ <i>Batillaria cumingii</i>	ニホンスナモグリ <i>Callianassa japonica</i>
シマメノウフネガイ <i>Crepidula onyx</i>	ユビナガホンヤドカリ <i>Pagurus minutus</i>
サキグロタマツメタ <i>Euspira fortunei</i>	マメコブシガニ <i>Philyra pisum</i>
ツメタガイ <i>Glossaulax didyma</i>	イシガニ <i>Charybdis japonica</i>
アカニシ <i>Rapana venosa</i>	アシハラガニ <i>Helice tridens</i>
レイシガイ <i>Thais bronni</i>	ケフサイソガニ <i>Hemigrapsus penicillatus</i>
イボニシ <i>Thais clavigera</i>	コメツキガニ <i>Scopimera globosa</i>
アラムシロ <i>Reticunassa festiva</i>	ヤマトオサガニ <i>Macrophthalmus japonicus</i>
キセワタガイ <i>Philine argentata</i>	棘皮動物門 Echinodermata
アメフラシ <i>Aplysia kurodai</i>	ヒトデ綱 Asteroidea
二枚貝綱 Bivalvia	キヒトデ <i>Asterias amurensis</i>
ムラサキガイ <i>Mytilus galloprovincialis</i>	脊索動物門 Chordata
ホトトギスガイ <i>Musculista senhousia</i>	ホヤ綱 Ascidiacea
マガキ <i>Crassostrea gigas</i>	シロボヤ? <i>Styela plicata</i> ?
バカガイ <i>Mactra chinensis</i>	軟骨魚綱 Chondrichthyes
シオフキ <i>Mactra veneriformis</i>	アカエイ <i>Dasyatis akajei</i>

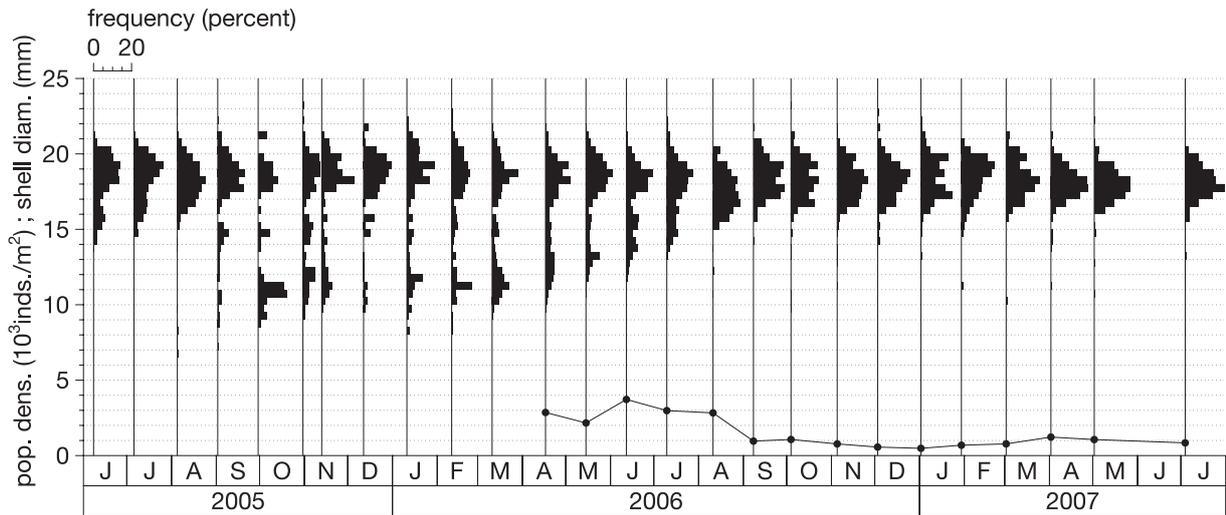


図 3. 東京湾盤洲干潟におけるイボキサゴの生息密度と殻径分布の季節変化. 折れ線グラフは生息密度を、ヒストグラムは殻径分布を示す。

Fig. 3. Seasonal changes in population density and size frequency distributions of *Umbonium moniliferum* collected at Banzu Tidal Flat, Tokyo Bay, Japan. Line chart and histograms represent population density and size frequency distributions respectively.

2006年4月17日から2007年7月4日にかけての15回の調査では、定点におけるイボキサゴの生息密度を算出した(図3)。もっとも密度が高かったのは2006年6月12日で、3,722.2 (inds./m²) に達していた。2006年8月11日までの調査期間には、生息密度は3,000 (inds./m²) 前後を推移していたが、2006年9月8日には959.3 (inds./m²) に急減し、それ以降は1,000 (inds./m²) 前後で推移した。もっとも低い密度を示したのは2007年1月2日で、その値は480.6 (inds./m²) であった。

生殖腺の肥大と縮小の様子について確認した。生殖腺は春季から夏季にかけて徐々に肥大し、秋季から冬季に急激に収縮する様子が確認された。2005年には9月2日に生殖腺が収縮した個体が確認されはじめ、その頻度は12月12日にかけて徐々に増加した。その後2006年2月11日までの間はほとんどの個体で生殖腺が収縮した状態が続いた。翌年の場合は、2006年8月11日に生殖腺が

収縮した個体が確認されはじめ、12月3日にかけて収縮する個体の頻度が増加し、2007年3月2日までの間でほとんどの個体で生殖腺が収縮した状態が続いた。

2005年6月8日から2007年7月4日にかけての26回の調査で測定されたイボキサゴの殻径について、ヒストグラムを作成した(図3)。ヒストグラムは多峰性を示したため、調査地域においてイボキサゴの個体群は複数のコホートから構成されていることが示された。

これら複数のコホートにはそれぞれオスメスが含まれていた。また、コホート間で殻径に対する殻高、殻長角、臍部滑層の径、殻口高、殻口幅の比率を比較したがいずれも統計的に有意な差を見出すことはできず、形態的な変異を検出することはできなかった。

確認されるコホートのうち、成長の推移がもっとも明瞭なコホートをC₀と定義したところ、全調査期間内ではC₄からC₄までの9群の存在が確認された。ただし、1回

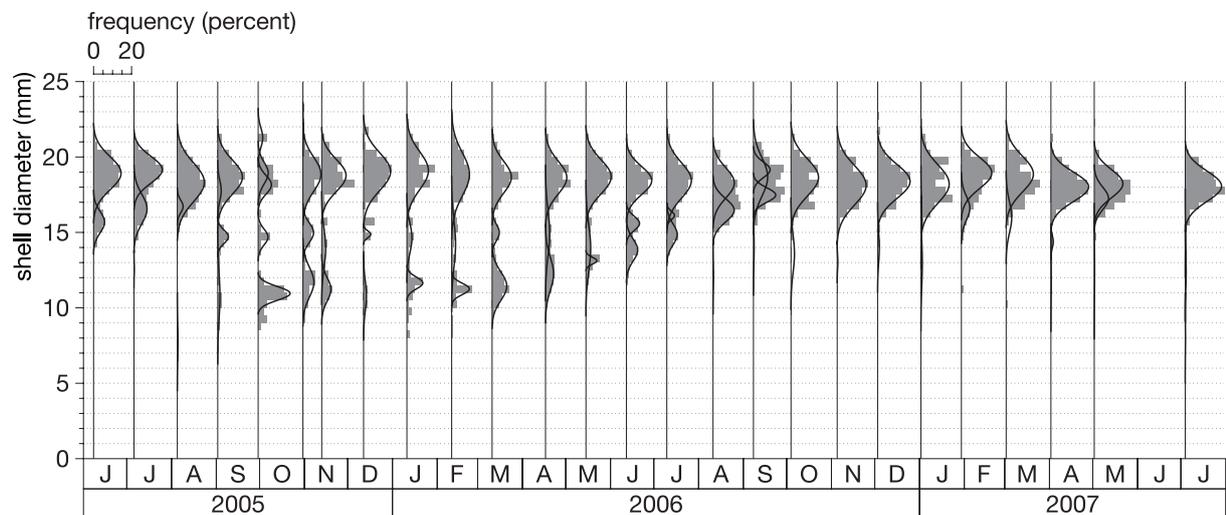


図 4. 東京湾盤洲干潟におけるイボキサゴの殻径分布の季節変化. ヒストグラムは実測値を、曲線は複合正規分布の分解によって得られた、各コホートの殻径分布を示す。

Fig. 4. Seasonal changes in size frequency distributions of *Umbonium moniliferum* collected at Banzu Tidal Flat, Tokyo Bay, Japan. Histograms represent distributions of living population. Overplotted curves represent distributions of each cohorts decomposed from normal mixture distributions.

の調査で同時に識別することができたコホート数は最大で5であった。それぞれのコホート C_i について、混合率 p_i 、平均値 D_i 、標準偏差 σ_i とする混合正規分布を求め(表2)、ヒストグラムに上書きした(図4)。あるコホート C_i に注目すると、その1年後のピークはその時季の C_{i+2} のコホートのピークとほぼ同じ値を、1年前のピークはその時季の C_{i-2} のコホートを示すことが読み取れた。このことからイボキサゴは1年につき成長のプロファイルが異なる2つのコホート、すなわち、添字が0および偶数の系列($\dots, C_{-2}, C_0, C_2, \dots$)と添字が奇数の系列($\dots, C_{-3}, C_{-1}, C_1, C_3, \dots$)を形成することが示された。添字が0および偶数の系列の混合比が大きく、添字が奇数の系列の混合比は小さかったことから、集団におけるほとんどの個体は添字が0および偶数の系列のコホートに所属し、ごく限られた個体のみが添字が奇数の系列のコホートに所属することが示された。

殻径組成の分布は夏季に著しく推移し、冬季には推移が停滞することが確認された。このことから、イボキサゴは夏季に盛んに成長し、冬季には成長が停滞することが示された。

各調査日におけるそれぞれのコホートの殻径の平均値 D_i 、推定着底日からの絶対年齢 t について、赤嶺の成長式(Akamine, 1993)にあてはめた結果、混合比が大きかった添字が0および偶数の系列のコホートについて、成長曲線の式

$$D(t) = \frac{23.34}{\exp(\exp(-0.9487(F(t) - F(0.6025))))}$$

$$F(t) = t + \frac{0.1427}{2\pi} \sin 2\pi(t + 0.7303)$$

t : age in year from the day of settlement (13 November)

を得ることができた(図5)。一方、混合比が小さかった添字が奇数の系列のコホートについては、妥当な成長曲線の式を得ることができなかった。

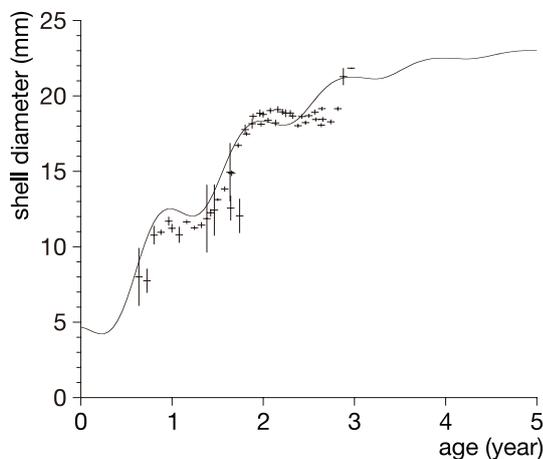


図5. イボキサゴの成長曲線。各コホートについて、横棒は平均殻径を、縦棒は母平均の95%信頼区間を示す。

Fig. 5. Growth curve of *Umbronium moniliferum*. Horizontal bars and vertical bars represent means and 95 percent confidence intervals of the population means of the cohorts respectively.

考 察

調査地域では9月から11月にかけてイボキサゴの多数の死亡個体の集積が確認された。これらの死亡個体は、軟体部が生鮮状態で残存しており死後直後の状況を呈しており、軟体部が失われているものや貝殻破壊性捕食者や穿孔性捕食者による捕食の痕跡が確認されるものがほとんど含まれていないことから、自然死に起因するものであると考えられる。9月に確認された生息密度の急激な低下の原因も多数の個体の自然死によるものと考えられる。

一方、生殖腺の急激な収縮は秋季に確認された。また、春季から夏季にかけて徐々に生殖腺が肥大することも確認された。このことから、春季から夏季にかけて繁殖の準備をおこない、秋季に一気に放精放卵をおこなうことが考えられる。イボキサゴの繁殖期に関しては、福岡県津屋崎干潟では主に10月(小澤, 1997)、熊本県茂木根(本渡)干潟では9月から11月(小菅ほか, 1994; Harada *et al.*, 2005)という報告があるが、秋季に生殖腺が急激に収縮するという今回の観察結果は、これらの先行研究に調和的であった。

殻径組成を混合正規分布に分解し、それぞれのコホートの平均値を赤嶺の成長式(Akamine, 1993)にあてはめることにより、イボキサゴの成長曲線の式を得た。赤嶺の成長式は、フォン・ベルタランフィの成長式およびゴンペルツの成長式を内包するリチャーズの成長式(Richards, 1959)に周期的な季節変動を導入して拡張したものである。今回得られたイボキサゴの成長曲線の式は、貝の成長式として多く用いられるとされる(赤嶺, 2007)ゴンペルツの成長曲線に季節変動を導入した式に相当するものであることが示された。この式は、イボキサゴの近縁種であるダンベイキサゴの成長式(佐藤ほか, 2009)と同等の式であり、結果の妥当性を裏づけると考えられる。

これらの結果から、調査地域においてイボキサゴは秋季に孵化し、算出された推定着底日である11月13日の前後に相当する11月中頃に着底し、1年後に12.2mm、2年後に18.1mm、3年後に21.2mmに達することが示された。予測される収束値は殻径23.3mmであった。着底後3年以降は殻径の増加量が微小になるため寿命を推定するのは困難であるが、寿命は4年弱程度と推定される。

調査では殻径10mm以下の個体はほとんど採集されなかった。殻径10mmに達するには、着底後約0.8年(ほぼ10か月に相当)を要することが推定される。小菅ほか(1994)は熊本県茂木根(本渡)干潟において、幼個体はより汀線に近い水深の浅い場所に生息していることを報告している。本調査地域でもイボキサゴの幼個体はより汀線に近い場所に生息し、繁殖に参加するサイズに成長する時期になってはじめて定点付近に移動してくることが考えられる。

本調査地域ではイボキサゴの個体群は年当たり2コホートから構成されると考えられた。ヒストグラムの推移が明瞭だった添字が0および偶数の系列のコホート($\dots, C_{-2}, C_0, C_2, \dots$)については成長曲線の式を得ることができたが、添字が奇数の系列のコホート($\dots, C_{-3}, C_{-1}, C_1, C_3, \dots$)については妥当な成長曲線の式を得ることができなかった。この理由として、添字が奇数の系列のコホートに属する個

体が少ないことが挙げられる。個体数が少ないために、たまたまサンプリングされた個体の値のばらつきが過大な影響を与えた可能性があるだろう。このことは、それぞれのコホートの混合率が低いこと(表 2)、 C_0 、 C_2 のヒストグラムが滑らかに推移しているのに対して C_1 、 C_I のヒストグラムのピーク値が図上で上下に振動していること(図 4)などによって示されている。

添字が奇数の系列のコホートは殻径 10mm 以上の場合において、添字が 0 および偶数の系列に帰属する連続する 2 つのコホートの間に位置する。このような添字が奇数の系列が存在する理由として、(1)同時に孵化、着底し、その後の成長率が異なる、ということと(2)孵化、着底の時期が異なるため、位相がずれた成長の様相を示す、ということが考えられる。2 つのコホートはそれぞれオスメスの両方から構成されているため、性差であるという可能性は否定される。同時に孵化、着底し、その後の成長率が異なる、という可能性に関しては、今回の調査からは否定する根拠も肯定する根拠も得ることはできなかった。定点以外の他地域の個体群からの浮遊幼生の供給による新規加入の可能性については、実験下で観察される浮遊期間が 200 時間程度と短いこと(Harada *et al.*, 2005)、かつて東京湾に最も近かった分布地である相模湾では既に個体群が消滅していること(池田ほか, 2001)などから、積極的に支持するだけの根拠は認められない。しかし、このことだけで新規加入を完全に否定することもできないため、さらに詳しく調べる必要があると考えられる。

イボキサゴの近縁種であるダンベイキサゴに注目すると、神奈川県藤沢では 11 月から 12 月にかけて繁殖をおこなうという報告(佐藤ほか, 2009)と、千葉県九十九里では 11 月から 1 月にかけてと 4 月から 7 月にかけての 2 回繁殖をおこなうという報告(柴田, 1993; 大畑ほか, 2002)がなされている。イボキサゴでも同様に、個体群によってあるいは何らかの条件によって年 1 回繁殖する場合と年 2 回繁殖する場合があります、今回の調査で対象とした個体群では調査期間内に 1 年当たり 2 回繁殖をおこなっていて、秋季に繁殖したグループが個体数の多い(添字が 0 および偶数の系列の)コホートを形成し、それ以外の時期に繁殖したグループが個体数の少ない(添字が奇数の系列の)コホートを形成していたという可能性が示唆される。しかし、このことに関してはより詳細な調査をおこなう必要があると考えられる。

まとめ

東京湾中部東岸に位置する千葉県木更津市畔戸地先の盤洲干潟に生息するイボキサゴ *Umbonium moniliferum* (Lamarck, 1822) の成長解析を試みた。殻径分布を混合正規分布と仮定し、それぞれのコホートに分離して成長曲線の式を求めた。

調査地域ではイボキサゴの個体群は 1 年当たり 2 つのコホートから構成されることが示された。この 2 つのコホートのうち、大部分が所属するコホートについて、成長曲線の式を求めることができた。

その結果、イボキサゴの多くの個体は 11 月に孵化し、

夏季に成長し、最大殻径約 23mm に達した後、孵化後約 4 年弱を経た秋季に死亡するということが明らかにされた。

イボキサゴの個体群が 1 年当たり 2 つのコホートから構成される理由については、成長率の違いと孵化時季の違いが予想されるものの、その理由の特定にはさらに詳しい調査が必要である。

謝 辞

名古屋大学博物館の大路樹生教授にはイボキサゴの成長解析をおこなうにあたって手法やデータの取り扱いに関して多くの議論をしていただいたほか、干潟の生物の種間相互作用についてご指導ご助言をいただいた。東京大学大学院の棚部一成教授、遠藤一佳教授はじめ進化・古生物学セミナーの諸氏には本報告をまとめるにあたって多くの実りある議論をしていただいた。神奈川大学の金沢謙一准教授には浅海域の底生生物の分布について意見交換をさせていただいた。北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門の宮地 鼓 博士には調査地域における底生生物の生息状況について情報をいただいた。神奈川県立生命の星・地球博物館の大島光春主任学芸員、石浜佐栄子学芸員には調査に協力していただいた。本報告をまとめるにあたっては日本学術振興会科学研究助成基金助成金(基盤研究(C); 課題番号: 23501050; 研究代表者: 佐藤武宏)の一部ならびに日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B); 課題番号: 22300276; 研究代表者: 高桑正敏)の一部を使用した。記して心より感謝申し上げます。

引用文献

- Akamine, T., 1993. A new standard formula for seasonal growth of fish in population dynamics. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**(11): 1857-1863.
- 赤嶺達郎, 2007. 水産資源解析の基礎. 115 pp. 恒星社厚生閣, 東京.
- Harada, K., S. Ohashi, A. Fujii & A. Tamaki, 2005. Embryonic and larval development of the trochid gastropod *Umbonium moniliferum* reared in the laboratory. *Venus (Journal of the Malacological Society of Japan)*, **63**(3-4): 135-143.
- 池田 等, 1994. 相模湾より消えゆく貝類. 潮騒だより, (5): 6-7.
- 池田 等・倉持卓司・渡辺政美, 2001. イボキサゴ *Umbonium (Suchium) moniliferum* (Lamarck, 1822). 同著, 相模湾レッドデータ-貝類-, p. 26. 葉山しおさい博物館, 神奈川県葉山町.
- 石川 裕, 2003. イボキサゴ. 愛媛県貴重野生動物植物検討委員会編, 愛媛県レッドデータブック Red data book, Ehime-愛媛県の絶滅のおそれのある野生生物-, p. 233. 愛媛県県民環境部環境局自然保護課, 愛媛県松山市.
- 木村昭一, 2005. イボキサゴ. 三重県環境森林部自然環境室編, 三重県レッドデータブック 2005 動物. p. 381. 財団法人三重県環境保全事業団, 三重県津市.
- 木村昭一, 2009. イボキサゴ. 愛知県環境調査センター編, 愛知県の絶滅のおそれのある野生生物 レッドデータブックあいち 2009-動物編-, p. 468. 愛知県環境部自然環境課, 名古屋市.
- 小菅丈治・西濱士郎・高山順子, 1994. 天草茂木根干潟の大型底生生物-特にイボキサゴとハマグリ-の生息について-. 南紀生物, **36**(2): 115-119.
- 熊本県希少野生動物植物検討委員会(海洋生物分科会: 野島 哲・森 敬介・堤 裕昭・福田 靖・右田清治), 1998. イボキサゴ. 熊本県希少野生動物植物検討委員会編, 熊本県の保護上重要な野生動物植物 レッドデータブックくまもと. p. 330.

- 熊本県環境生活部自然保護課, 熊本県熊本市.
- 黒住耐二, 2011. イボキサゴ. 千葉県レッドデータブック改訂委員会編, 千葉県の保護上重要な野生生物—千葉県レッドデータブック—動物編 2011 年改訂版. p. 476. 千葉県環境生活部自然保護課, 千葉市.
- Noda, T., 1991. Shell growth of the sand snail, *Umbonium costatum* (Kiener) in Hakodate Bay. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University*, **42**(4): 115-125.
- 大原健司, 2003. 貝類. 兵庫県県民生活部環境局自然保護課編, 改訂・兵庫の貴重な自然—兵庫県版レッドデータブック 2003—. pp. 97, 188-197. 財団法人ひょうご環境創造協会, 神戸市.
- 大畑 聡・柴田輝和・清水利厚・田辺 伸・石田 修, 2002. ダンベイキサゴの産卵と初期発生について. 千葉県水産研究センター研究報告, (1): 45-47.
- 小澤智生, 1997. 食われるための繁栄. 奥谷喬司編, 貝のミラクル軟体動物の最新学, pp. 210-223. 東海大学出版会, 東京.
- Richards, F. J., 1959. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, **10**(29): 290-300.
- 佐々木猛智, 2000. ニシキウズガイ科. 奥谷喬司編, 日本近海産貝類図鑑, pp. 55-83. 東海大学出版会, 東京.
- 佐藤慎一, 2001. 絶対成長. 池谷仙之・棚部一成編, 古生物の科学 3. 古生物の生活史, pp. 46-72. 朝倉書店, 東京.
- 佐藤武宏・松島義章, 2000. 多変量解析を用いた化石ウチムラサキガイ(マルスダレガイ科)の殻形態の解析とその古生物学的意義. 化石, (67): 19-31.
- 佐藤武宏・利波之徳・山本章太郎, 2009. 藤沢市地先の相模湾におけるダンベイキサゴの分布と成長について. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), (38): 95-106.
- 柴田輝和, 1993. 九十九里海域におけるダンベイキサゴの産卵期. 日本水産学会誌, **59**(8): 1309-1312.
- Shimoyama, S., 1985. Size-frequency distribution of living populations and dead shell assemblages in a marine intertidal sand snail, *Umbonium (Suchium) moniliferum* (Lamarck), and their palaeoecological significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **49**: 327-353.
- Tamaki, A., 1994. Extinction of the trochid gastropod, *Umbonium (Suchium) moniliferum* (Lamarck), and associated species on an intertidal sandflat. *Researches on Population Ecology*, **36**(2): 225-236.
- Tojo, B. & T. Ohno, 1999. Continuous growth-line sequences in gastropod shells. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **145**: 183-191.

摘 要

佐藤武宏, 2012. 東京湾盤洲干潟におけるイボキサゴの成長について. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), (41): 1-8. (Sato, T., 2012. Growth of the button top *Umbonium moniliferum* (Lamarck) (Mollusca: Gastropoda: Trochidae) at Banzu Tidal Flat, Tokyo Bay, central Japan. *Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.)*, (41): 1-8.)

東京湾中部東岸の盤洲干潟において得られたイボキサゴを用いて成長解析をおこなった。この結果、調査地域ではイボキサゴは1年当たり2つのコホートから構成されることが示された。大多数の個体が所属するコホートについて成長曲線の式を求めた。その結果、イボキサゴの繁殖時季が11月、成長時季が夏季、寿命が約4年弱、最大殻径が23mmに達することが明らかになった。

(受付 2011 年 11 月 30 日; 受理 2011 年 12 月 28 日)