Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.), no.38, pp. 95-106, Mar. 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

# Bathymetrical Distribution and Growth of the Giant Button Top *Umbonium giganteum* (Lesson) at off Fujisawa, Sagami Bay, Central Japan

佐藤武宏[1)]・利波之徳[2)]・山本章太郎[3)]

Takehiro SATO[1)], Yukinori TONAMI[2)] & Shotaro YAMAMOTO[3)]

**Abstract.** Distributions of benthic animals were investigated by dredge sampling at off Fujisawa, Sagami Bay, Central Japan. Bathymetrical zonation which was distinguished by dominant species was confirmed from intertidal to subtidal waters at investigated area, namely, *Philyra syndactila – Chion semigranosa* zone, *Umbonium giganteum – Mactra chinensis* zone, *Diogenes spinifrons – Scaphechinus mirabilis* zone and *Astropecten latespinosus – Umbonium costatum* zone from the shore to offshore respectively. However, it is proposed that the zonation repeatedly becomes obvious and obscure in the long term with the replacement of the dominant species as compared with previous works.

The maximum biomass was recorded in *Umbonium giganteum – Mactra chinensis* zone distributed at depths of 1 to 5 meters. In this zone, *U. giganteum* and *M. chinensis* dominantly inhabited, but both species did not occur together.

Growth analysis of *U.giganteum* was carried out with size frequency distributions based on collections in different seasons. The size frequency distribution was decomposed into several normal distributions of various age groups assuming that it was normal mixture distribution. The equation of the growth curve was calculated with the mean and age of the groups. The result shows that the reproduction season is November, the growth season is summer, life span is at least five years and the maximum shell diameter reaches to 38 millimeters.

Life history traits of four species of the genus *Umbonium* distributed in the Western Pacific were compared. It is suggested that *U.giganteum*, *U.costatum* and *U.moniliferum* resemble one another in both reproduction and growth seasons. No common feature is recognized between *U.giganteum* and *U.vestiarium*. Life span tends to be longer in all the species toward the high latitude region. *U.giganteum* exceptionally has the large shell, and it is suggested that the species grows more rapidly than the other ones.

**Key words:** bathymetrical distribution, zonation, growth analysis, size frequency distribution, *Umbonium giganteum*

[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

[2)] 神奈川県環境農政部水産課
〒 231-8588 神奈川県横浜市中区日本大通 1
Fisheries Division, Environment and Agriculture Department,
Kanagawa Prefectural Government
1 Nihon-odori, Naka, Yokohama, Kanagawa 231-8588, Japan

[3)] 神奈川県水産技術センター相模湾試験場
〒 250-0021 神奈川県小田原市早川 1-2-1
Kanagawa Prefectural Fisheries Technology Center, Sagami Bay Experiment Station
1-2-1 Hayakawa, Odawara, Kanagawa 250-0021, Japan

## はじめに

ダンベイキサゴ *Umbonium giganteum* (Lesson, 1833)（図 1）は男鹿半島・鹿島灘から九州南部にかけて分布し、水深 30 m 以浅の砂底に生息するニシキウズガイ科の巻貝である（佐々木 , 2000）。本種は食用として利用され、鹿島灘、九十九里浜、遠州灘、浜名湖などが主な生産地となっている。しかし、いずれも生産量はごく限られており、全国的に流通することはほとんどなく多くは地場で消費されているようである。相模湾でも昭和 30 年代には多数が生息し、食用として利用され

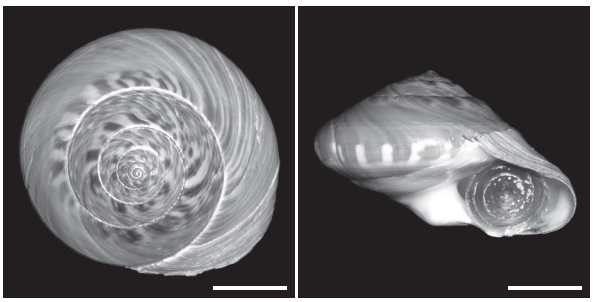

図 1. 藤沢市地先の相模湾で採集されたダンベイキサゴの成体の殻. KPM-NGD020196. スケールは 10 mm.
Fig. 1. A shell of an adult snail *Umbonium giganteum* collected at off Fujisawa, Sagami Bay, Japan. KPM-NGD020196. Scale bar represents 10 millimeters.

ていたものの、その後の海岸環境の悪化により生息数は極端に減少していたが、最近になって回復傾向にあるとされている（松島 , 2001）。

相模湾最奥部の藤沢市地先の海域では 1990 年代後半からダンベイキサゴの生息数の増加が経験的に確認されてきた。藤沢市漁業協同組合はそれまで副産物的に採集されて多くは自家消費に回されてきた本種を商業的に利用することを検討するに至った。しかし、本地域におけるダンベイキサゴの生息状況、年次変動、季節変動、成長などについては、はっきりしていない点が多かった。そこで同組合は神奈川県西湘地区行政センター水産課（当時）に働きかけ、両者の共同調査によってダンベイキサゴに関する基礎的なデータ採取をおこなうことになった。

本報告では、1999 年 10 月から 2002 年にかけて実施された調査によって得られたデータに基づき、調査地域におけるダンベイキサゴをはじめとする底生動物の生息状況と分布の特性を明らかにすることを第一の目的とした。

日本近海に分布する、サラサキサゴ属 *Umbonium* に分類される巻貝は、キサゴ *U. costatum* (Valenciennes, 1838)、イボキサゴ *U. moniliferum* (Lamarck, 1822)、タイワンキサゴ *U. suturale* (Lamarck, 1822)、ダンベイキサゴ *U. giganteum* (Lesson, 1833) の 4 種とされている（佐々木 , 2000）が、未記載種 1 種を含む 5 種に分類されるとする見解もある（小澤 , 1983; 小澤・岡本 , 1993）。このうち成長について報告されている種は、キサゴ（Noda, 1991）、イボキサゴ（Shimoyama, 1985; 小菅ほか , 1994）のみであり、キサゴ類の成長に関する知見は充分であるとはいえない。

軟体動物の絶対成長を解析する手段としては、殻体に記録される年輪や、殻内部に記録される成長縞が用いられる（佐藤 , 2001）。特に殻内部の微細成長縞の解析は極めて精度の高い成長解析を可能にしている。しかし、巻貝の場合は螺旋状の殻体を形成するため、その内部構造の観察と立体的な復元が難しく、キバウミニナ *Terebralia palustris* (Linnaeus, 1767) を扱った研究（Tojo & Ohno, 1999）などいくつかの研究例があるに過ぎない。キサゴの場合は殻体上に記録された年輪が成長解析に利用されている（Noda, 1991）。ダンベイキサゴの場合、殻体上に年輪がみられないこと、比較的小型で内部構造の観察が容易でないこと、多数の試料を採集することが可能であることなどから、成長解析の方法として殻サイズ組成の分析が妥当であると考えられる。

そこで本報告では、殻径組成に基づきダンベイキサゴの成長の様子を明らかにするとともに、キサゴ、イボキサゴの成長およびインド–西太平洋に分布するサラサキサゴ *U. vestiarium* (Linnaeus, 1758) の成長（Berry & bin Othman, 1983）との比較をおこなうことを第二の目的とした。

なお、野外における試料の採集は、1999 年 10 月から 2001 年 3 月までは著者の一人である利波が、それ以降は同じく山本が中心となって計画し、神奈川県海面漁業調整規則に基づく特別採捕許可を受けた漁業者によって実施された。

## 材料と方法

1999 年 10 月 22 日から 2002 年 10 月 31 日にかけて、相模湾最奥部の湘南海岸に位置する神奈川県藤沢市鵠沼海岸 4 丁目地先から辻堂西海岸 3 丁目地先までの、水深 15 m 以浅、東西約 2,500 m ×南北約 500 m の海域（図 2）において、のべ 24 日 75 調査測線での調査を実施した。調査には改良型貝桁とよばれる漁具（図 3）を用いた。漁具の開口部は、間口（幅）70 cm、高さ 30 cm であり、開口部の底面に埋在生物を効率良く採捕するために平板状もしくは櫛歯状の爪を取りつけた。漁具を漁業者の船舶によって約 1 ～ 2 ノット（約 1.85 ～ 3.70 km/h）で曳航し、底生生物を採集した。漁具を投入して曳航を開始した地点と曳航を終了した地点の緯度経度（表 1）を、GPS または簡易測量法で測定し記録した。水深は船舶備えつけの魚群探知器の水深計または錘をつけたロープを用いて測定した。採集された生物について船上でソーティングをおこない、種類、湿重量、個体数などを記録した。

あらかじめ定点海域を設け、調査測線がこの定点海域を通過し、かつ、充分な個体数のダンベイキサゴが得られた 12 測線（図 2; 表 1）のサンプルについては実験室に持ち帰り、ダンベイキサゴの殻径をデジタルノギスで測定した。一部の個体については殻を破壊して軟体部を露出させ、生殖腺の発達の様子について目視で観察した。

測定されたダンベイキサゴの殻径について殻径組成を示すヒストグラムを作成し、その頻度を用いて分析をおこなった。ヒストグラムのピークの推移がもっとも明瞭な年齢群を $A_0$ と定義し、$A_0$ より大型の年齢群を順に $A_1$、$A_2$、…、小型の年齢群を順に $A_{-1}$、$A_{-2}$、…と定義した。それぞれの年齢群の殻径の分布が正規分布であると仮定して、ダンベイキサゴ集団の殻径の分布、すなわち、各年齢群の分布の和からなる混合正規分布

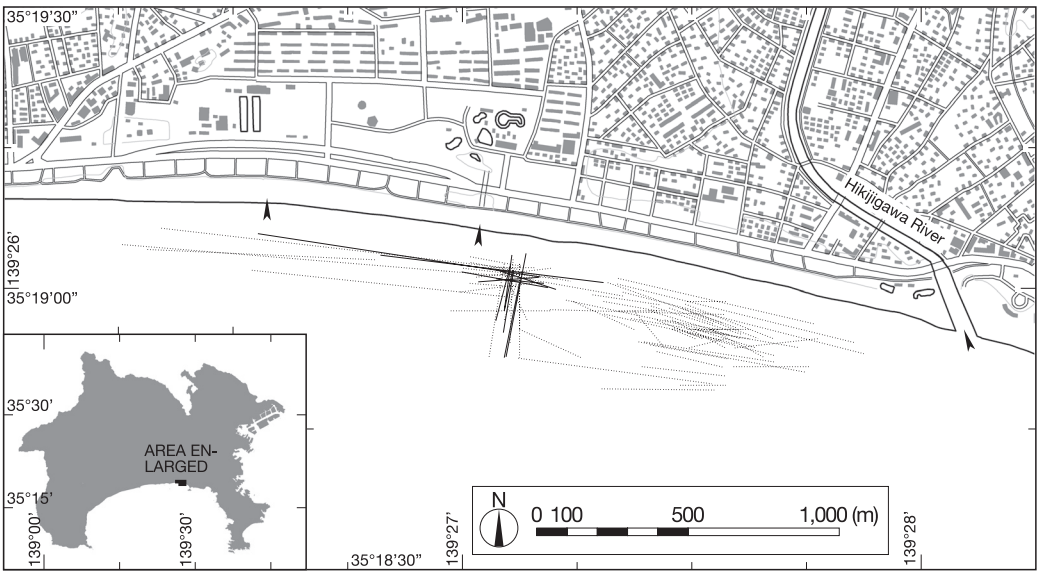


図 2. 調査地．実線は成長解析に使用したサンプルを採集した調査測線を，点線は底生生物の分布調査に使用したサンプルを採集した調査測線を示す．矢印は河川および排水路の河口の位置．

Fig. 2. Index map and locality map of investigated area. Solid lines and dotted lines represent transects for growth analysis and transects for distribution inquiry of benthic animals respectively. Arrowheads show the sites of mouths of river and canals.

図 3. 調査に使用した改良型貝桁とよばれる漁具．開口部の間口（幅）は 70 cm，高さは 30 cm.

Fig. 3. Improved dredge ("Kairyo-gata-Kaiketa" in Japanese) used for sampling. Width and height of the aperture are 70 and 30 centimeters respectively.

$$G(D) = \sum p_i g_i(D),\ \ g_i(D) = N(D_i, \sigma_i^2)$$

$N$ : normal distribution

$i$ = ..., -2, -1, 0, 1, 2, ...

を満たす、それぞれの年齢群の混合率 $p_i$、殻径の平均値 $D_i$、標準偏差 $\sigma_i$ を求めた。パラメタの推定には、相澤・滝口（1999）によって充分な有効性が示されていることから、Microsoft Excel のソルバー（Microsoft 社 , Microsoft Excel 2004 for Mac, ver. 11.5.3）を使用した。

混合正規分布のあてはめによって得られた値を用いて成長曲線へのあてはめをおこなった。大畑ほか(2002)によって、ダンベイキサゴは孵化後 3 〜 19 日で着底し、後生殻の形成が始まることが示されているが、本地域における孵化時季がはっきりしていないため、着底し、後生殻の形成が始まった日を $d$ と仮定して初期値として与えた。このとき、各採集日におけるそれぞれの年齢群の殻径の平均値 $D_i$ は、着底日 $d$ からの通算時間、すなわち、着底以降の絶対年齢 $t$ 時点における殻径とみなすことができる。ここで、試料採集方法による選択によって一定のサイズ以下の個体が採集されていない、という点を考慮して、それぞれの年齢群の絶対年齢を求めた。これらの絶対年齢と殻径に関する赤嶺の成長式（Akamine, 1993）

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

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

$t$ : age in year from $d$ ($d$ : day of sinking)

について、成長式から求められる殻径 $D(t)$ と混合正規分布のあてはめによって得られた年齢群の平均値 $D_i$ の両者の誤差の 2 乗の総和

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

が最小となるパラメタ $d, r, k, a, t_0, t_1$ を求めた。パラメタの推定には同様に Microsoft Excel のソルバーを使用した。

## 結　果

調査地域の底質は砂質であり、河川が流入する場所の近傍ではやや粒度が細粒化したが、それ以外の場所では中粒砂〜細粒砂からなっていて、場所を問わずほぼ均一であった。礫などはほとんど含まれていなかった。

改良型貝桁を用いた底生生物調査で採集された生物のうち、生体が複数回採集されたものは 53 種であった（表 2）。そのうち、最も多数の生体が採集されたのは、ダンベイキサゴ *Umbonium giganteum*、バカガイ *Mactra chinensis* の 2 種であった。これに続いて、トゲトゲツノヤドカリ *Diogenes spinifrons*、チョウセンハマグリ *Meretrix lamarckii*、ヒラミモジガイ *Astropecten*

表 1．調査測線の位置データ．日付は「西暦の末尾 2 桁＋月＋日」の 6 桁で表記した．始点と終点は，それぞれ漁具の曳航を開始または終了した地点．曳航距離は始点と終点の間の直線距離．成長解析に使用した試料を採集した調査測線を丸印で示した．緯度経度は世界測地系（WGS84）によって表記した．

Table 1. Locality data of transects. Dates are documented in "yymmdd" form. Start and end mean the position of beginning point and end point of towing the gear. Distance is calculated as the distance of straight line from beginning point to end point of towing. Transects in which specimen used for growth analysis were collected are shown with open circles. Latitude and longitude are shown using WGS84 map datum.

| transect id. | | start | | end | | distance (m) | growth analysis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| date | no. | latitude | longitude | latitude | longitude | | |
| 991022 | 01 | 35°19'01.4"N | 139°27'10.0"E | 35°19'00.9"N | 139°27'02.1"E | 201 | ○ |
| 991125 | 01 | 35°19'02.3"N | 139°27'04.3"E | 35°19'00.1"N | 139°27'12.3"E | 213 | ○ |
| 000131 | 01 | 35°19'01.2"N | 139°27'12.4"E | 35°19'02.4"N | 139°27'00.1"E | 312 | |
| 000221 | 01 | 35°19'02.4"N | 139°27'11.6"E | 35°19'01.4"N | 139°27'01.7"E | 252 | |
| 000223 | 01 | 35°19'01.0"N | 139°27'14.2"E | 35°19'03.0"N | 139°27'01.1"E | 336 | |
| | 02 | 35°18'57.8"N | 139°27'20.5"E | 35°18'57.8"N | 139°27'26.5"E | 152 | |
| | 03 | 35°18'56.8"N | 139°27'25.5"E | 35°18'54.8"N | 139°27'31.5"E | 164 | |
| | 04 | 35°18'55.8"N | 139°27'32.5"E | 35°18'52.8"N | 139°27'39.5"E | 200 | |
| | 06 | 35°18'56.0"N | 139°27'35.9"E | 35°18'58.1"N | 139°27'28.8"E | 189 | |
| | 07 | 35°18'55.9"N | 139°27'27.8"E | 35°18'54.2"N | 139°27'35.7"E | 209 | |
| 000314 | 01 | 35°19'00.3"N | 139°27'11.2"E | 35°19'02.0"N | 139°26'59.9"E | 290 | ○ |
| | 02 | 35°18'57.8"N | 139°27'22.5"E | 35°18'53.8"N | 139°27'26.5"E | 159 | |
| | 03 | 35°18'56.8"N | 139°27'26.5"E | 35°18'55.8"N | 139°27'33.5"E | 179 | |
| | 04 | 35°18'58.8"N | 139°27'29.5"E | 35°18'58.8"N | 139°27'34.5"E | 126 | |
| | 05 | 35°18'55.8"N | 139°27'27.5"E | 35°18'54.8"N | 139°27'30.5"E | 82 | |
| | 06 | 35°18'55.8"N | 139°27'32.5"E | 35°18'55.8"N | 139°27'37.5"E | 126 | |
| 000418 | 01 | 35°19'02.4"N | 139°27'09.5"E | 35°19'02.4"N | 139°27'03.0"E | 164 | |
| | 02 | 35°19'02.8"N | 139°27'06.3"E | 35°18'56.7"N | 139°27'04.4"E | 192 | ○ |
| 000602 | 01 | 35°19'03.8"N | 139°27'06.5"E | 35°18'57.8"N | 139°27'05.5"E | 187 | ○ |
| 000717 | 01 | 35°19'00.7"N | 139°27'10.7"E | 35°19'01.2"N | 139°27'04.5"E | 158 | ○ |
| 000803 | 01 | 35°19'00.5"N | 139°27'10.6"E | 35°19'02.1"N | 139°27'05.8"E | 130 | |
| 000825 | 01 | 35°19'01.8"N | 139°27'07.5"E | 35°18'56.8"N | 139°27'05.5"E | 162 | |
| | 02 | 35°19'00.8"N | 139°27'09.5"E | 35°18'59.8"N | 139°26'59.5"E | 254 | |
| | 03 | 35°19'01.8"N | 139°27'05.5"E | 35°18'56.8"N | 139°27'08.5"E | 172 | |
| 000920 | 01 | 35°19'02.2"N | 139°27'06.7"E | 35°18'55.5"N | 139°27'05.4"E | 210 | ○ |
| | 02 | 35°19'02.6"N | 139°27'07.7"E | 35°19'03.6"N | 139°27'01.1"E | 171 | |
| | 03 | 35°19'00.7"N | 139°27'01.0"E | 35°19'00.4"N | 139°27'07.3"E | 160 | |
| 001019 | 01 | 35°19'02.3"N | 139°27'07.4"E | 35°19'06.7"N | 139°26'20.6"E | 1,188 | |
| | 02 | 35°19'03.9"N | 139°27'08.4"E | 35°18'52.9"N | 139°27'05.7"E | 346 | ○ |
| 001117 | 01 | 35°19'00.8"N | 139°27'07.5"E | 35°18'52.8"N | 139°27'05.5"E | 252 | ○ |
| | 02 | 35°19'02.8"N | 139°27'07.5"E | 35°18'52.8"N | 139°27'07.5"E | 308 | |
| | 03 | 35°19'02.8"N | 139°27'07.5"E | 35°18'55.8"N | 139°27'07.5"E | 216 | |
| | 04 | 35°18'55.8"N | 139°27'07.5"E | 35°18'52.8"N | 139°27'15.5"E | 222 | |
| | 05 | 35°18'58.8"N | 139°27'14.5"E | 35°18'55.8"N | 139°27'22.5"E | 222 | |
| 001222 | 01 | 35°19'03.3"N | 139°27'06.6"E | 35°18'54.3"N | 139°27'06.3"E | 276 | |
| | 02 | 35°19'04.9"N | 139°26'15.5"E | 35°19'01.3"N | 139°27'09.4"E | 1,366 | |
| | 07 | 35°18'50.8"N | 139°27'34.5"E | 35°18'51.8"N | 139°27'23.5"E | 280 | |
| | 08 | 35°18'53.8"N | 139°27'34.5"E | 35°18'56.8"N | 139°27'27.5"E | 200 | |
| | 09 | 35°18'54.8"N | 139°27'36.5"E | 35°18'57.8"N | 139°27'24.5"E | 317 | |
| | 10 | 35°18'57.8"N | 139°27'11.5"E | 35°18'57.8"N | 139°26'58.5"E | 328 | |
| | 11 | 35°19'02.8"N | 139°27'05.5"E | 35°18'52.8"N | 139°27'03.5"E | 312 | |
| | 12 | 35°18'53.8"N | 139°27'35.5"E | 35°18'54.8"N | 139°27'46.5"E | 280 | |
| 010328 | 01 | 35°18'53.8"N | 139°27'29.5"E | 35°18'54.8"N | 139°27'34.5"E | 130 | |
| | 02 | 35°18'55.8"N | 139°27'30.5"E | 35°18'53.8"N | 139°27'38.5"E | 211 | |
| | 03 | 35°18'55.8"N | 139°27'30.5"E | 35°18'54.8"N | 139°27'37.5"E | 179 | |
| | 04 | 35°18'55.8"N | 139°27'29.5"E | 35°18'55.8"N | 139°27'36.5"E | 177 | |
| | 05 | 35°19'01.8"N | 139°27'06.5"E | 35°18'57.8"N | 139°27'05.5"E | 126 | ○ |
| | 06 | 35°18'49.8"N | 139°27'28.5"E | 35°18'49.8"N | 139°27'34.5"E | 152 | |
| | 07 | 35°18'58.8"N | 139°27'18.5"E | 35°18'57.8"N | 139°27'25.5"E | 179 | |
| | 08 | 35°18'51.8"N | 139°27'35.5"E | 35°18'51.8"N | 139°27'45.5"E | 253 | |
| 010926 | 01 | 35°18'56.5"N | 139°27'33.9"E | 35°19'00.8"N | 139°27'19.0"E | 398 | |
| | 02 | 35°18'54.7"N | 139°27'33.8"E | 35°18'57.4"N | 139°27'18.6"E | 393 | |
| | 03 | 35°18'49.3"N | 139°27'33.0"E | 35°18'49.4"N | 139°27'18.2"E | 372 | |
| | 04 | 35°19'00.8"N | 139°27'18.5"E | 35°19'03.8"N | 139°26'49.3"E | 742 | ○ |
| | 05 | 35°19'03.3"N | 139°26'48.8"E | 35°19'04.4"N | 139°26'18.8"E | 757 | |
| 011026 | 01 | 35°18'55.2"N | 139°27'35.0"E | 35°18'58.9"N | 139°27'13.6"E | 554 | |
| | 02 | 35°18'57.4"N | 139°27'34.4"E | 35°18'57.9"N | 139°27'11.5"E | 580 | |
| | 03 | 35°18'50.0"N | 139°27'32.7"E | 35°18'52.7"N | 139°27'07.4"E | 644 | |
| | 04 | 35°18'59.3"N | 139°27'06.5"E | 35°19'02.1"N | 139°26'32.5"E | 864 | |
| 011122 | 01 | 35°19'01.5"N | 139°27'10.2"E | 35°19'06.1"N | 139°26'33.3"E | 943 | ○ |
| | 02 | 35°19'01.3"N | 139°27'20.4"E | 35°18'56.4"N | 139°27'46.1"E | 667 | |
| | 03 | 35°18'54.4"N | 139°27'51.4"E | 35°19'00.7"N | 139°27'20.3"E | 809 | |
| | 04 | 35°18'59.8"N | 139°27'21.0"E | 35°18'53.2"N | 139°27'52.5"E | 821 | |
| 020304 | 01 | 35°18'56.4"N | 139°27'32.8"E | 35°18'58.1"N | 139°27'27.1"E | 153 | |
| | 02 | 35°18'52.7"N | 139°27'34.7"E | 35°18'54.1"N | 139°27'24.6"E | 258 | |
| 020327 | 01 | 35°18'53.0"N | 139°27'40.8"E | 35°18'55.4"N | 139°27'29.5"E | 293 | |
| | 02 | 35°18'53.4"N | 139°27'25.5"E | 35°18'51.8"N | 139°27'34.1"E | 224 | |
| 020507 | 01 | 35°18'52.3"N | 139°27'40.9"E | 35°18'54.5"N | 139°27'23.8"E | 436 | |
| | 02 | 35°18'58.4"N | 139°27'25.9"E | 35°18'59.5"N | 139°27'17.1"E | 226 | |
| | 03 | 35°18'54.8"N | 139°27'38.7"E | 35°18'57.6"N | 139°27'29.9"E | 238 | |
| 020918 | 01 | 35°18'51.2"N | 139°27'45.0"E | 35°18'54.5"N | 139°27'23.1"E | 563 | |
| | 02 | 35°18'53.9"N | 139°27'44.0"E | 35°18'57.0"N | 139°27'22.1"E | 560 | |
| 021031 | 01 | 35°18'55.3"N | 139°27'36.5"E | 35°18'58.3"N | 139°27'24.7"E | 312 | |
| | 02 | 35°18'59.4"N | 139°27'21.0"E | 35°19'01.7"N | 139°27'05.1"E | 408 | |
| | 03 | 35°18'58.5"N | 139°27'29.2"E | 35°18'54.8"N | 139°27'40.8"E | 314 | |

表 2. 藤沢市地先の相模湾で貝桁によって採集された動物.
Table 2. Animals collected with dredge in shallow waters at off Fujisawa, Sagami Bay, Japan.

刺胞動物門 Cnidaria
　花虫綱 Anthozoa
　　スナイソギンチャク *Dofleinia armata*
軟体動物門 Mollusca
　腹足綱 Gastropoda
　　キサゴ *Umbonium costatum*
　　ダンベイキサゴ *Umbonium giganteum*
　　カニモリガイ *Rhinoclavis kochi*
　　シマメノウフネガイ *Crepidula onyx*
　　ツメタガイ *Glossaulax didyma*
　　カズラガイ *Phalium flammiferum*
　　アカニシ *Rapana venosa*
　　ムギガイ *Mitrella bicincta*
　　アラレガイ *Niotha variegata*
　　ヨフバイ *Telasco sufflatus*
　二枚貝綱 Bivalvia
　　サトウガイ *Scapharca satowi*
　　サルボウガイ *Scapharca kagoshimensis*
　　ベンケイガイ *Glycymeris albolineata*
　　タマキガイ *Glycymeris vestita*
　　ムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis*
　　ミドリイガイ *Perna viridis*
　　ホトトギス *Musculista senhousia*
　　バカガイ *Mactra chinensis*
　　フジノハナガイ *Chion semigranosa*
　　ミゾガイ *Siliqua pulchella*
　　ヒナガイ *Dosinorbis bilunulatus*
　　ワスレガイ *Cyclosunetta menstrualis*
　　チョウセンハマグリ *Meretrix lamarckii*
　頭足綱 Cephalopoda
　　イイダコ *Octopus ocellatus*
環形動物門 Annelida
　多毛綱 Polychaeta
　　スゴカイイソメ *Diopatra sugokai*
節足動物門 Arthropoda
　軟甲綱 Crustacea
　　クルマエビ *Marsupenaeus japonicus*
　　トゲトゲツノヤドカリ *Diogenes spinifrons*
　　アカボシヤドカリ *Dardanus aspersus*
　　ベニホンヤドカリ？ *Pagurus similis*？
　　ホンヤドカリ属の一種 *Pagurus* sp.
　　フシメクダヒゲガニ *Blepharipoda liberata*
　　サメハダヘイケガニ *Paradorippe granulata*
　　キンセンガニ *Matuta victor*
　　ジュウイチトゲコブシ *Arcania undecimspinosa*
　　ヒラコブシガニ *Philyra syndactyla*
　　ヒラツメガニ *Ovalipes punctatus*
　　ガザミ *Portunus trituberculatus*
　　イシガニ *Charybdis japonica*
棘皮動物門 Echinodermata
　ヒトデ綱 Asteroidea
　　スナヒトデ *Luidia quinaria*
　　ヒラモミジガイ *Astropecten latespinosus*
　　モミジガイ *Astropecten scoparius*
　　トゲモミジガイ *Astropecten polyacanthus*
　　アカヒトデ *Certonardoa semiregularis*
　　イトマキヒトデ *Asterina pectinifera*
　　キヒトデ *Asterias amurensis*
　ウニ綱 Echinoidea
　　ハスノハカシパン *Scaphechinus mirabilis*
脊索動物門 Chordata
　硬骨魚綱 Osteichthyes
　　ダイナンウミヘビ *Ophisurus macrorhynchos*
　　マゴチ *Platycephalus* sp. 2 of Nakabo (2002)
　　シログチ *Pennahia argentata*
　　アラメガレイ *Tarphops oligolepis*
　　クロウシノシタ *Paraplagusia japonica*
　　クサフグ *Takifugu niphobles*

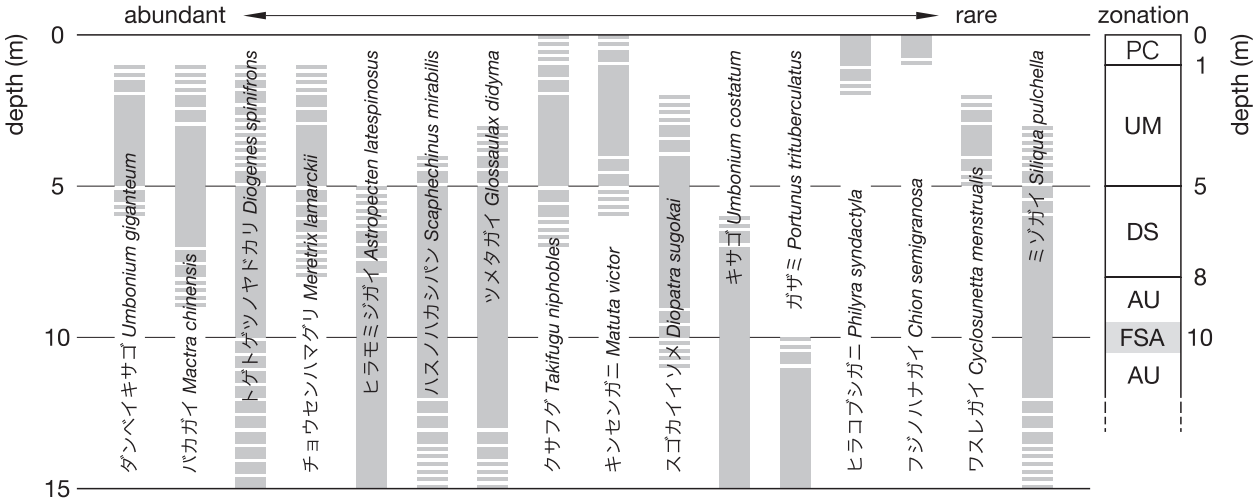


図 4. 藤沢市地先の相模湾における底生生物の深度分布状況と，特徴的な種によって区分される分布帯の概念図．PC ＝ヒラコブシガニ–フジノハナガイ帯；UM ＝ダンベイキサゴ–バカガイ帯；DS ＝トゲトゲツノヤドカリ–ハスノハカシパン帯；AU ＝ヒラモミジガイ–キサゴ帯；FSA ＝破片化貝殻密集帯.

Fig. 4. A schematic view of bathymetrical distributions and zonation of marine benthic animal from intertidal to subtidal waters at off Fujisawa, Sagami Bay, Japan. Zonation is distinguished by dominat species. PC = *Philyra syndactyla* - *Chion semigranosa* zone; UM = *Umbonium giganteum* - *Mactra chinensis* zone; DS = *Diogenes spinifrons* - *Scaphechinus mirabilis* zone; AU = *Astropecten latespinosus* - *Umbonium costatum* zone; FSA = fragmented shell accumulation zone.

*latespinosus*、ハスノハカシパン *Scaphechinus mirabilis* の 4 種が多く採集された。これらの 6 種は他の種類に対して圧倒的に多数を占め、湿重量で比較すると 6 種で全体の約 95% を占めていた。これらの生物は種類によって生息する水深が明瞭に分かれており（図 4）、汀線に平行な帯状分布構造を示していた。この帯状分布構造は優占種によって、水深 1 m 以浅のヒラコブシガニ・フジノハナガイ帯（*Philyra syndactylus* - *Chion semigranosa* zone）、水深 1 ～ 5 m のダンベイキサゴ・バカガイ帯（*Umbonium giganteum* - *Mactra chinensis zone*）、水深 5 ～ 8m のトゲトゲツノヤドカリ・ハスノハカシパン帯（*Diogenes spinifrons* - *Scaphechinus mirabilis* zone）、水深 8m 以深のヒラモミジガイ・キサゴ帯（*Astropecten latespinosus* - *Umbonium costatum* zone）に区分された。水深 10m 付近では多数の破片化した貝殻の密集帯（fragmented shell accumulation zone）が認められた。破片化した貝殻には、破断面が新鮮で鋭利なものが多く含まれていた。

本地域において最大の生物量を示した、ダンベイキサゴ・バカガイ帯では、両種はある程度の割合で共存しているのではなく、一方が圧倒的に多く生息し他方はほとんど生息しない、という all-or-nothing 型の拮抗関係にあることがわかった。特に河川水の流入がある地点（図 2 の矢印で示した地点）の近傍ではバカガイが優占していることがわかった。それ以外の場所ではダンベイキサゴが優占している場合が多かったが、同じ測線で採集した場合においても、あるときにはほぼすべてダンベイキサゴが採集されたり、またあるときにはほぼすべてバカガイが採集されたりといった現象が観察された。

ダンベイキサゴの生殖腺を観察した結果、8 月までの夏季には生殖腺の肥大は観察されなかったが、9 月以降徐々に生殖腺が肥大する個体が増加した。生殖腺の肥大が最も著しかったのは 11 月であった。生殖腺が肥大する個体は 3 月頃まで観察されたが、生殖腺の肥大が見られなくなる時季は不明瞭であった。

12 測線で採集されたダンベイキサゴの殻径組成についてヒストグラムを作成した。ヒストグラムはポリモーダルな分布を示し、調査地域においてダンベイキサゴの個体群は複数年齢群から構成されていることが示された。そのうち、もっとも明瞭な年齢群を $A_0$ としたところ、全調査期間内では $A_{-2}$ から $A_2$ までの 5 群を識別することができた。ただし、1 回の調査で同時に識別される年齢群は最大で 3 群であった。それぞれの年齢群について、混合率 $p_i$、平均値 $D_i$、標準偏差 $\sigma_i$ とする混合正規分布を求め（表 3）、ヒストグラムに上書きした（図 5）。混合率は、$A_{-2}$、$A_0$、$A_2$ で大きく、$A_{-1}$、$A_1$ では小さかった。すなわち、ダンベイキサゴの年齢群の個体数は年によって大きく変動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することから、ダンベイキサゴは夏季により成長し、冬季には成長が停滞することが示された。

各採集日におけるそれぞれの年齢群の殻径の平均値 $D_i$、推定着底日 $d$ からの絶対年齢 $t$ について、赤嶺の成長式にあてはめた結果、ダンベイキサゴの成長曲線の式

$$D(t) = \frac{35.47}{\exp(\exp(-0.9013(F(t)-F(1.250))))}$$

$$F(t) = t + \frac{0.1042}{2\pi}\sin 2\pi(t + 0.4737)$$

$t$ : age in year from $d$

$d$ (day of sinking) : 2 December

表 3. 混合正規分布の分離によって求められた，ダンベイキサゴ各年齢群の混合率，平均値，標準偏差．$A_i$ ＝年齢群．最も明瞭に識別される年齢群を $A_0$ と定義し，それより上位の年齢群を正の添数で，下位の年齢群を負の添数で示した．$p_i$ ＝年齢群 $A_i$ の混合率．$D_i$ ＝年齢群 $A_i$ の平均殻径．$\sigma_i$ ＝年齢群 $A_i$ の殻径の標準偏差．

Table 3. Mixing ratios, means and standard deviations of age groups of *Umbonium giganteum* calculated by decomposion of normal mixture distribution. $A_i$ = age group. The most obviously distinguished age group is defined as $A_0$. A with positive and negative index represent senior and junior age group respectively. $p_i$ = mixture ratio of age group $A_i$. $D_i$ = mean shell diameter of age group $A_i$. $\sigma_i$ = standard deviation of shell diameter of age group $A_i$.

| | $A_{-2}$ | | | $A_{-1}$ | | | $A_0$ | | | $A_1$ | | | $A_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $p_{-2}$ | $D_{-2}$ | $\sigma_{-2}$ | $p_{-1}$ | $D_{-1}$ | $\sigma_{-1}$ | $p_0$ | $D_0$ | $\sigma_0$ | $p_1$ | $D_1$ | $\sigma_1$ | $p_2$ | $D_2$ | $\sigma_2$ |
| 991022 | | | | | | | 0.3279 | 22.92 | 0.9947 | 0.0440 | 29.63 | 0.9189 | 0.6281 | 33.23 | 1.1989 |
| 991125 | | | | | | | 0.3884 | 23.71 | 1.6092 | 0.0660 | 29.93 | 0.9307 | 0.5456 | 32.92 | 1.1661 |
| 000314 | | | | | | | 0.4729 | 24.02 | 1.5187 | | | | 0.5271 | 33.77 | 1.5271 |
| 000418 | | | | | | | 0.6446 | 25.06 | 1.2337 | | | | 0.3554 | 33.49 | 1.1472 |
| 000602 | | | | | | | 0.5906 | 26.74 | 1.2460 | | | | 0.4094 | 33.20 | 1.7817 |
| 000717 | | | | | | | 0.6045 | 28.46 | 1.2691 | | | | 0.3955 | 33.76 | 1.3285 |
| 000920 | | | | 0.0290 | 22.25 | 0.4495 | 0.6324 | 29.52 | 0.9895 | 0.3386 | 33.47 | 1.6431 | | | |
| 001019 | | | | 0.0232 | 23.00 | 0.8412 | 0.7395 | 29.38 | 0.9529 | 0.2373 | 33.70 | 1.3651 | | | |
| 001117 | | | | | | | 0.4389 | 29.19 | 1.0753 | 0.5611 | 32.52 | 1.5934 | | | |
| 010328 | | | | 0.1788 | 23.83 | 1.0523 | 0.8212 | 30.05 | 1.1775 | | | | | | |
| 010926 | 0.3211 | 22.41 | 1.7876 | | | | 0.6789 | 33.24 | 1.7042 | | | | | | |
| 011122 | 0.7958 | 23.00 | 1.1560 | 0.0298 | 29.75 | 0.5476 | 0.1744 | 33.01 | 0.9465 | | | | | | |

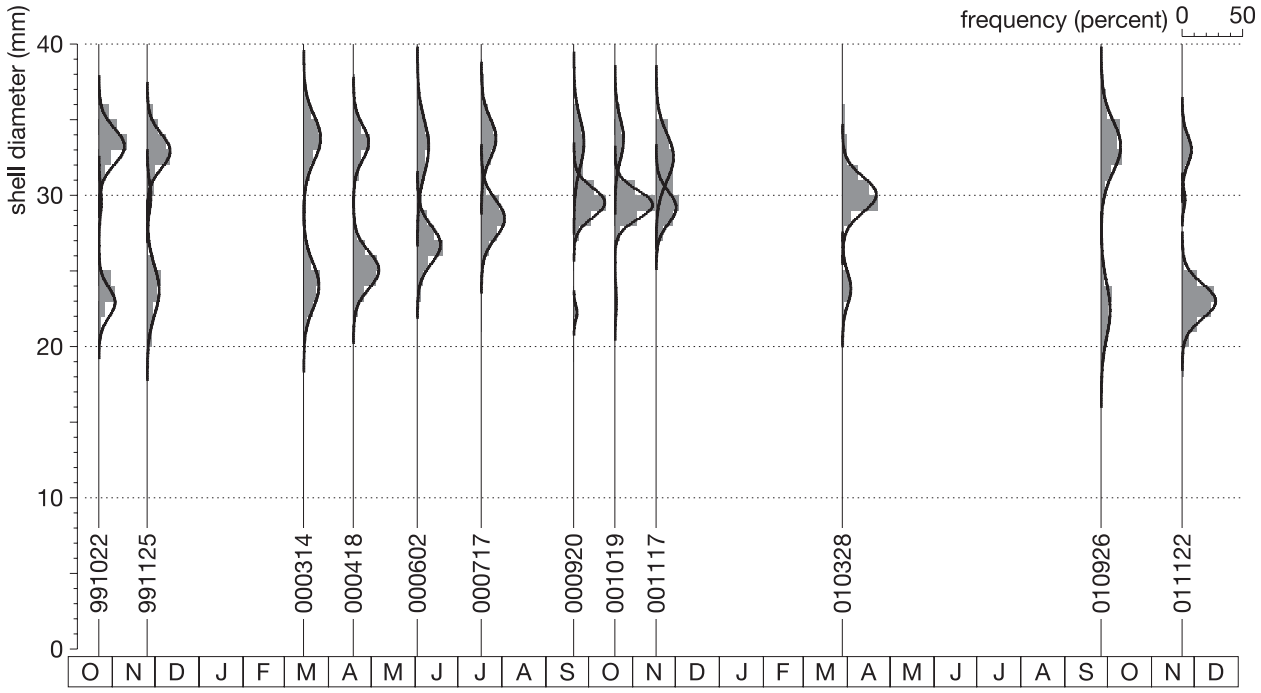


図 5．藤沢市地先の相模湾におけるダンベイキサゴの殻径分布の季節変化．ヒストグラムは実測値を，曲線は複合正規分布の分解によって得られた，各年齢群の殻径分布を示す．

Fig. 5. Seasonal changes in size frequency distributions of *Umbonium giganteum* collected at off Fujisawa, Sagami Bay, Japan. Solid histograms represent distributions of living population. Overplotted solid curves represent distributions of each age group decomposed from normal mixture distibutions.

を得た（図 6）。

## 考　察

今回の調査によって、相模湾最奥部の藤沢市鵠沼海岸地先から辻堂西海岸地先までの浅海域では、汀線に平行な帯状分布構造が確認された。それらは優占種によって、ヒラコブシガニ・フジノハナガイ帯（水深 1 m 以浅）、ダンベイキサゴ･バカガイ帯（水深 1 ～ 5 m）、トゲトゲツノヤドカリ・ハスノハカシパン帯（水深 5 ～ 8 m）、ヒラモミジガイ・キサゴ帯（水深 8 m 以深）、破片化貝殻密集帯（水深 10 m 付近）に区分することができた。しかし、2003 年以降の調査ではこの帯状分布構造はそれほど明瞭ではなくなってきている、という観察がある（石黒雄一氏・櫻井　繁氏 , 私信）。調査地域では、1960 年代には、ダンベイキサゴ、チョウセンハマグリ、ベンケイガイ、ワスレガイ、バカガイが生息していたが、その後、ほぼ絶滅に近い状態まで減少し､最近回復してきている（松島 , 2001）という報告や、ダンベイキサゴとバカガイが all-or-nothing 型の拮抗状態にあるという現象も確認されている（佐藤 , 2003）。今回の調査では、同じ測線で採集した場合においても、あるときにはほぼすべてダンベイキサゴが採集されたり、またあるときにはほぼすべてバカガイが採集されたりする、という現象も確認された。これらのことは、本地域では帯状分布構造が安定しているのではなく、何らかの条件の変化によってその構成種が漸次変化しながら明瞭になる時期と不明瞭になる時期を繰り返している、ということを示していると考えられる。

このような現象は、近隣地域である平塚市地先の浅

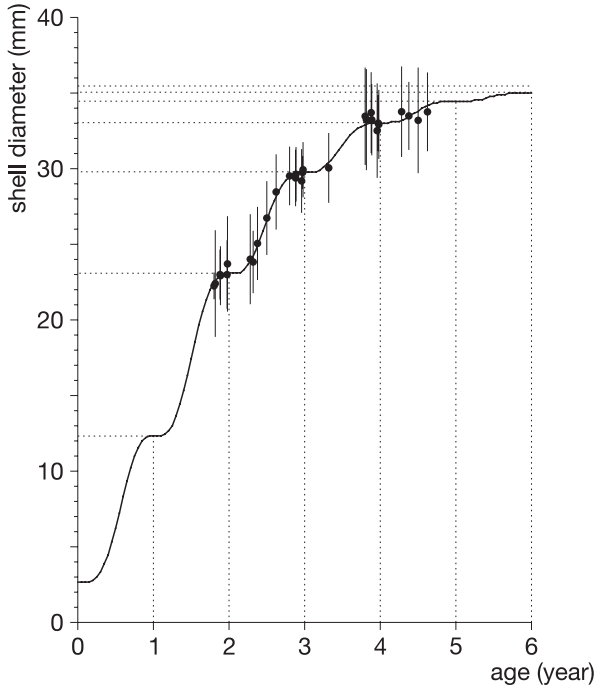


図 6．ダンベイキサゴの成長曲線．黒丸は各年齢群の平均殻径を，エラーバーは年齢群の 95% 信頼区間を示す．

Fig. 6. Growth curve of *Umbonium giganteum*. Solid circles and error bars represent age group mean and 95 percent confidence interval of the groups respectively.

海でも確認されている。1965 年の調査では、コタマガイ、ワスレガイ、ツメタガイ、バイ、ヒラモミジガイが採集された（柴田 , 1967）。1969 年にはさらに詳細な調査が実施され、水深 5 m 以浅ではダンベイキサゴ（相模湾河口付近を除く地域）またはコタマガイ（相模湾河口付近）が優占し、水深 5 ～ 10 m ではヒラコブシガニ、キサゴ、ヒラモミジガイが優占し、水深 7 m 以深にはベンケイガイが出現し、水深 10 m 以深にはマルサルボウガイ、ミゾガイが出現することが報告されている（木幡・山田 , 1970）。しかし、2007 年の調査では、水深 10 m 以浅ではキサゴ、ツメタガイ、ホタルガイ、サトウガイ、バカガイ、ワスレガイの分布が確認され、水深 10 ～ 20 m ではホタルガイが優占し、かつて多数生息していたダンベイキサゴ、コタマガイを確認することはできなかった（大和田ほか , 2007）。

長期的にみると、今から約 6,500 年前の縄文海進の時代には、本報告の調査地域である藤沢市地先一帯では現在よりも 3 ～ 4 km 北側に海岸線が位置しており、さらに境川と柏尾川に沿って溺れ谷型の南北に細長い“古大船湾”が形成されていた（松島 , 1972）。この“古大船湾”の外洋水塊の影響を受ける砂底環境では、内湾側から外洋側に向かって、ベンケイガイ、チョウセンハマグリ、ダンベイキサゴ、コタマガイが分布していたことが化石記録から明らかにされている（松島 , 1984; 松島・大嶋 , 1974）。この時代においても浅海で帯状分布構造が存在していたことは示されているが、その構成種や分布の順番は本報告で示したものとは同一ではない。したがって、長期的にも帯状分布構造やその構成種は漸次変化していると考えることができるだろう。

このような帯状分布構造の変化が何によって引き起こされているかを把握することは重要である。1997 年に海底耕耘事業を実施したところダンベイキサゴが前年度に比較して 5 ～ 10 倍多く採集されたという報告（機械システム振興協会 , 2004）からも、底質の変化が底生生物の変化の原因の一つになっていることは明らかである。しかし、その底質の変化が何をきっかけに起こっているかを明確に示すことは難しい。ダンベイキサゴとバカガイが拮抗状態にあり、その要因として淡水の影響と堆積物の粒度と関係がありそうなこと（佐藤 , 2003）、今回の調査で、河川水の流入がある地点の近傍でバカガイが優占し、それ以外の場所ではダンベイキサゴが優占するという結果が得られたこと、ダンベイキサゴとコタマガイの分布が、相模川河口からの距離に依存していること（木幡・山田 , 1970）、コタマガイの殻長組成と底質に関連がみられること（柴田 , 1967）などから、河川水や河川によって供給される堆積物が底質の変化をもたらし、その結果として、帯状分布構造の変化に何らかの影響を与えていることが予想される。しかし、このことについては、この地域の底生生物の分布をさらに長期的に調査して分析する必要があると考えている。

水深 10 m 付近に分布する破片化貝殻密集帯は全調査期間にわたって確認された。この分布帯では、その上下に分布する底生生物の破片化した死殻が多数分布し、特定の種類の死殻が集積するような選択性は確認されなかった。この分布帯から採集されるダンベイキサゴの死殻は、多くの場合、殻口が失われていたり、殻口の反対側の螺層に不規則な形状の小孔を持っていたりする、という特徴を持っていた。一方、殻口や螺層の摩滅、付着性生物の付着、穿孔性生物の生痕などが確認されるものは少なかった。このような特徴は、貝殻破壊性捕食者による捕食痕（Ogaya, 2004）に極めて酷似しており、捕食に起因する破壊が貝殻の破片化の原因の一つであると考えられる。また、バカガイの死殻にも、殻の腹縁部が破壊され鋭利な破断面を保持しているにも関わらず、靭帯が接合した合弁状態のものを多数確認することができた。このことは、破壊が波浪や長距離の運搬によって引き起こされたものではないことを示している。破片化した貝殻の密集した化石は貝殻破壊性捕食者が登場した新生代以降に広くみられる現象であり、捕食が破片化の原因となっているという説が示されている（Oji *et al*., 2003）。本調査地域でも、甲殻類、魚類などの貝殻破壊性捕食者が採集され、生息を裏づけるものとなっている。しかし、その生物量などについては詳しくは調べられていない。したがって、これらの生物による捕食は破片化貝殻密集帯の形成に貢献している可能性はあるとはいえ、その影響がどの程度であるかは依然不明である。このことについては、今後詳しい検討が必要であると考えている。

殻径組成を混合正規分布に分解することによって、それぞれの年齢群の混合率、平均値、標準偏差を推定した。この値を赤嶺の成長式にあてはめ、ダンベイキサゴの成長曲線の式を得た。赤嶺の成長式はリチャーズの成長式（Richards, 1959）に季節による周期的な成長の変動を導入して拡張したものであるが、そのリチャーズの成長式はもともとそれ以前に成長曲線の式として提示されてきていた、ロジスティック曲線の式、フォン・ベルタランフィの成長式、ゴンペルツの成長式を内包している（Richards, 1959）。今回得られたダンベイキサゴの成長曲線の式は、リチャーズの成長式の特殊な場合であるゴンペルツの成長式に季節による成長の変化を導入した式に相当することが示された。ゴンペルツの成長曲線は貝類の成長式として多く用いられるとされており（赤嶺 , 2007）、成長曲線の推定として妥当な結果であると考えられる。

今回得られたダンベイキサゴの成長曲線の式から、調査地域においてダンベイキサゴは推定着底日である 12 月 2 日の前後に着底して後生殻を形成し始め、およそ 5 年で殻径約 34.5 mm まで成長することが示された。推定される 1 年あたりの殻径の増加量は、着底日から 1 年ごとにそれぞれ、12.3 mm、10.8 mm、6.7 mm、3.3 mm、1.4 mm であった（図 6）。その結果、殻径は着底日から 1 年ごとにそれぞれ、12.3 mm、23.1mm、29.8 mm、33.1 mm、34.5 mm に達する（図 6）。成長曲線の収束値は殻径 35.5 mm であった（図 6）。寿命は少なくとも 5 年かそれ以上であると推定されるが、5 年目以降は 1 年あたりの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。実測値では年齢 3.8 年以降

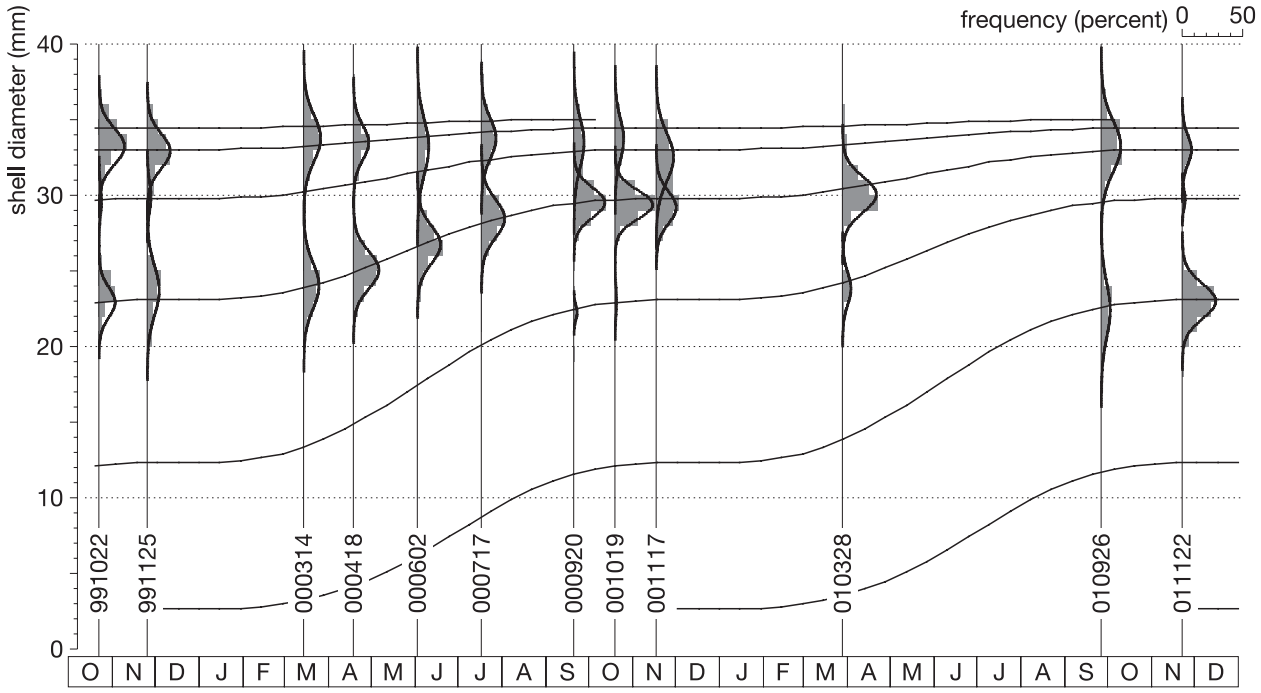


図 7. ダンベイキサゴの殻径分布の季節変化および各年齢群の成長曲線.
Fig. 7. Growth curves of each age group of *Umbonium giganteum* overplotted on size frequency distributions.

は殻径が約 33.3 mm（標準偏差の平均は 1.4 mm）に収束し、ほとんど成長がみられない（図 6）。殻径組成のグラフに求められたダンベイキサゴの成長曲線の式を上書きした図（図 7）をみると、混合率が高く、個体数が多い年齢群 $A_2$ のピークがはっきり識別されるのは 2000 年 7 月 17 日のデータであり、その後は年齢群 $A_2$ の一部が $A_1$ に融合したようなピークが観察された後、11 月 17 日は 年齢群 $A_1$ のピークが明瞭になっている。これらのことから、ダンベイキサゴは着底後 5 年を過ぎるとかなりの個体が死亡し、それ以降生き残る個体はごく少数であると推定される。したがって、ダンベイキサゴの寿命は 5 〜 6 年と考えるのが妥当であろう。

今回の調査では殻径 20 mm 以上の個体しか採集されなかったが、このサイズに達するには着底後約 1.6 年の時間を要することが推定される（図 6）。殻径 20 mm 以下の個体が採集されなかった理由としては、採集方法による選択と、採集場所による選択が考えられる。前者としては、曳航される改良型貝桁が海底で上下微動をしながら進む際に小型の個体が桁と海底の隙間を通り抜けてしまう、ということと、桁の後部に取りつけられた網の目（図 2）をくぐり抜けてしまう、ということが考えられる。後者としては、小型の個体はより汀線に近い水深の浅い海域に生息している、ということが考えられる。

なお、殻径 20 mm 程度の個体であっても生殖腺の肥大は観察されたため、ダンベイキサゴは少なくとも孵化後 2 年の段階では性成熟に達しており、繁殖に参加しているものと思われた。したがって、ダンベイキサゴは一生の間に少なくとも 4 〜 5 回の繁殖をおこなうと考えられる。

生殖腺について観察をおこなった結果、ダンベイキサゴの生殖腺は 8 月までの夏季には肥大が観察されず、9 月以降に肥大が見られ、11 月にもっとも著しくなり、3 月ごろまで肥大が観察されることがわかった。このことから、ダンベイキサゴの繁殖時期は 11 月を中心とした冬季であることが予想された。成長曲線のあてはめから得られた、ダンベイキサゴの推定着底日は 12 月 2 日であった。大畑ほか（2002）によってダンベイキサゴは孵化後 3 〜 19 日で着底することが示されている。これを適用した結果、ダンベイキサゴの孵化日は 11 月 13 〜 29 日であることが推定された。すなわち、ダンベイキサゴの生殖腺の肥大から予想される繁殖時季と成長曲線解析から推定される繁殖時季はまったく矛盾しない。

柴田（1993）は鏡下観察に基づく生殖腺熟度指数の算出によって、ダンベイキサゴの産卵時季を 11 月末から 1 月までと 4 月から 6 月までの年 2 回と推定している。大畑ほか（2002）は飼育下におけるダンベイキサゴの自然産卵について報告しているが、それによると、産卵時季は 1 月、4 〜 7 月という記録もあるが、大半は 11 月末から 12 月にかけてである。

今回、生殖腺の観察から繁殖時期が 11 月を中心とした冬季であると予想された結果と、成長曲線式の算出によってダンベイキサゴの推定孵化日が 11 月 13 〜 29 日であり推定着底日が 12 月 2 日であるという結果が得られたことは、これらの先行研究の結果に調和的であり、本地域でもダンベイキサゴが 11 月から 12 月を中心とした時季に産卵している可能性が高いことを示唆する。しかし、春季の産卵については、今回の調査ではそれを積極的に裏づける根拠に乏しく、今後さらに調査をおこなう必要があるだろう。

今回の調査で、年齢群 $A_2$ から $A_{-2}$ と定義された年齢群は、それぞれ 1995 年 11 月前後に孵化した年齢群から 1 年おきに 1999 年 11 月前後に孵化した年齢群までの 5 群である、と推定された。このうちヒストグラムの推移がもっとも明瞭だった年齢群 $A_0$ は、1997 年 11 月前後に孵化したと推定される。今回の調査から、ダンベイキサゴは、1995 年、1997 年、1999 年に大発生し、1996 年、1998 年は小発生であったことが明らかになった。このようなダンベイキサゴの大発生と小発生の繰り返しが規則的に 2 年周期で起こっているかどうかは、今回のような短期間の調査からは明らかにすることができず、単なる偶然の結果であるという可能性を否定できない。一方で、同じような現象は函館湾に生息するキサゴにもみられ、1980 年から 1988 年にかけて、偶数年に多く発生し、奇数年に発生が少ない、という 2 年周期の発生量の変化が観察されている（Noda & Nakao, 1995, 1996）。

推定された混合率から判断すると、ダンベイキサゴの大発生の年の年齢群と小発生の年の年齢群の個体数には 10 倍程度の差がみられた（表 3）。遠州灘におけるダンベイキサゴの漁獲量統計によると、漁獲量が最大の年と最小の年では 10 倍以上の差があると判断される記録もあり（小泉 , 2007）、漁獲量の変動が激しいことが知られている。相模湾でも 1997 年の海底耕耘の実施後にダンベイキサゴの漁獲量が 5 〜 10 倍になったという記録がある（機械システム振興協会 , 2004）。1997 年の海底耕耘と 1997 年 11 月前後に孵化したと推定される年齢群 $A_0$ の大発生の直接の因果関係は不明であるが、海底耕耘が間接的に何らかの影響を与えたことも充分考えられる。大発生と小発生の繰り返しの原因を明らかにすることは難しいが、原因の一つとして、ダンベイキサゴとバカガイの拮抗関係の影響や、帯状分布構造の変化と同様に河川水や河川によって供給される堆積物の変化による底質環境の変化を挙げることができるだろう。

今回の解析で得られた、ダンベイキサゴの産卵時季、成長時季、寿命、最大サイズを、キサゴ属の他の種のそれと比較した（表 4）。産卵時季に関しては、キサゴは函館湾において 6 〜 7 月と 9 〜 10 月（Noda *et al*., 1995）、ダンベイキサゴは九十九里において 11 〜 1 月と 4 〜 7 月（柴田 , 1993; 大畑ほか , 2002）、イボキサゴは九州において 9 〜 11 月（小澤 , 1997; Harada *et al*., 2005）、サラサキサゴはマレーシアのペナン島において 3 〜 5 月を中心に 8 月まで（Berry, 1986, 1987）であった。成長時季に関しては、サラサキサゴをのぞく 3 種は夏季に活発に成長する、という共通性が確認された。サラサキサゴは 11 〜 4 月にかけてやや活発に成長する（Berry & bin Othman, 1983）が、調査がおこなわれたペナン島は赤道付近の熱帯域に位置し、この地域におけるこの時季が温帯域におけるいわゆる冬季に相当するものかどうかは確認が必要であり、単純に比較することは避けるべきであろう。キサゴの成長量と海水温との間には正の相関があることが示されている（Noda, 1991）が、同じような海水温変動を示す中緯度地域に生息するダンベイキサゴ、イボキサゴにも同じような傾向がみられるのかもしれない。このことに関しては、さらに詳しい調査が必要と考えられる。寿命は、キサゴが 8 年以上（Noda, 1991）、ダンベイキサゴが 5 〜 6 年もしくはそれ以上（本報告）、イボキサゴは 4 〜 5 年以上（Shimoyama, 1985; 小菅ほか , 1994）、サラサキサゴは 2 年（Berry & bin Othman, 1983）という結果であった。この結果、高緯度地域の種ほど長い寿命を持っている、という傾向が示された。野外で採集された個体の最大殻径を比較したところ、キサゴが約 26 mm（Noda, 1991）、ダンベイキサゴが約 38mm（本報告）、イボキサゴが約 18 mm（Shimoyama, 1985）、サラサキサゴが約 13 mm（Berry & bin Othman, 1983）という結果であった。寿命との関係で考えると、これら 4 種の中ではダンベイキサゴが極端に大型であり、急速に成長するという特徴を持つことが明らかになった。

## まとめ

神奈川県藤沢市地先の相模湾において貝桁を用いて底生生物を採集し、底生生物の分布状況について検討をおこなった。調査地域では潮間帯から潮下帯にかけて帯状分布構造が確認され、優占種によっていくつかの分

表 4. 西太平洋に分布するサラサキサゴ属 4 種の生活史特性の比較．寿命は年単位で示した．最大サイズは，推定される最大殻径をミリメートル単位で示した．出典：1) Noda *et al*., 1995；2) Noda, 1991；3) 柴田 , 1993；4) 大畑ほか , 2002；5) 本報告；6) 小澤 , 1997；7) Shimoyama, 1985；8) 小菅ほか , 1994；9) Harada *et al*., 2005；10) Berry, 1986；11) Berry, 1987；12) Berry & bin Othman, 1983.

Table 4. Comparison of life history traits among four species of genus *Umbonium* in Western Pacific. Life span is shown in year. Max. size is estimated maximum shell diameter in millimeters. References: 1) Noda *et al*., 1995; 2) Noda, 1991; 3) Shibata, 1993 (in Japanese with English abstract); 4) Ohata *et al*., 2002 (in Japanese); 5) this study; 6) Ozawa, 1997 (in Japanese); 7) Shimoyama, 1985; 8) Kosuge *et al*., 1994 (in Japanese with English abstract); 9) Harada *et al*., 2005; 10) Berry, 1986; 11) Berry, 1987; 12) Berry & bin Othman, 1983.

| species | locality | reproduction season | growth season | life span | max. size |
|---|---|---|---|---|---|
| *U. costatum* | Hakodate, Hokkaido | Jun.-Jul., Sept.-Oct. [1)] | summer [2)] | >8 [2)] | 26 [2)] |
| *U. giganteum* | Kujukuri, Chiba | Nov.-Jan., Apr.-Jul. [3), 4)] | | | |
| | Fujisawa, Kanagawa | Nov.-Dec. [5)] | summer [5)] | >5-6 [5)] | 38 [5)] |
| *U. moniliferum* | Tsuyazaki, Fukuoka | mostly Oct. [6)] | summer [7)] | >5 [7)] | 18 [7)] |
| | Amakusa, Kumamoto | Sept.-Nov. [8)] | | >4 [9)] | |
| *U. vestiarium* | Penang, Malaysia | mainly Mar.-May [10), 11)] | Nov.-Apr. [12)] | 2 [12)] | 13 [12)] |

布帯に区分することができた。ダンベイキサゴは水深 1 ～ 5 m の海域にバカガイと拮抗関係を持ちながら分布していた。帯状分布構造は常に安定しているのではなく、長期的には優占種が変化しながら明瞭になったり曖昧になったりを繰り返しているものと考えられる。

ダンベイキサゴの殻径分布を用いて成長解析を試みた。殻径分布を混合正規分布と仮定し、それぞれの年齢群に分離して、成長曲線の式を求めた。その結果、繁殖時季が 11 月、成長時季が夏季、寿命が 5 年以上、最大殻サイズが 38 mm という、ダンベイキサゴの成長の特性を明らかにすることができた。

西太平洋に分布するサラサキサゴ属 4 種を比較したところ、ダンベイキサゴは、繁殖時季、成長時季、寿命などの点において、キサゴ、イボキサゴとよく似た特徴を持つことがわかった。しかし、最大殻サイズは著しく大きく、他の 3 種に比べて急激に成長することが示された。

## 謝　辞

東京大学大学院の大路樹生准教授には、浅海域における生物の分布とその相互作用に関して貴重なご教示をいただくとともに、粗稿を読んでいただき多くのご助言をいただいた。神奈川県水産技術センター相模湾試験場の石黒雄一主査（当時主任研究員）、同センター内水面試験場の櫻井　繁 主任研究員には、2003 年以降の調査地における底生生物の分布状況について情報を提供していただいた。東京大学大学院の棚部一成教授をはじめ進化・古生物学セミナーの諸氏には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ならびに大和田正人博士には、近隣海域における底生生物の分布状況について情報を提供していただいた。採集された魚類に関しては神奈川県立生命の星・地球博物館の瀬能　宏 博士に同定をしていただいた。神奈川県藤沢市漁業協同組合および同組合員の漁業者諸氏には、調査にあたって多大なるご協力をいただいた。地理情報システム（GIS）を利用した調査地域地図の作図にあたっては神奈川県立生命の星・地球博物館の田中徳久 主任学芸員のご協力をいただいた。記して心から深謝申し上げる。

## 引用文献

相澤　康・滝口直之 , 1999. MS-Excel を用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討 . 水産海洋研究 , **63**(4): 205-214.

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 .

Berry, A. J., 1986. Daily, tidal, and two-weekly spawning periodicity and brief pelagic dispersal in the tropical intertidal gastropod *Umbonium vestiarium* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **95**: 211-223.

Berry, A. J., 1987. Reproductive cycles, egg production and recruitment in the Indo-Pacific intertidal gastropod *Umbonium vestiarium* (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 24: 711-723.

Berry, A. J. & Z. bin Othman, 1983. An annual cycle of recruitment, growth and production in a Malaysian population of the trochacean gastropod *Umbonium vestiarium* (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **17**: 357-363.

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.

機械システム振興協会 , 2004. 自走式海底耕耘装置の開発に関するフィージビリティスタディ報告書 . 50 pp. 機械システム振興協会 , 東京 .

木幡　孜・山田彰一 , 1970. 平塚地先におけるコタマガイ *Gomphina* (*Macridiscus*) *melanaegis* Roemer の資源調査 . 神奈川県水産試験場相模湾支所報告 , (9): 35-43.

小泉康二 , 2007. 今年は当たり年 !? ～豊漁いろいろ～ . はまな , (519): 7-8.

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.

松島義章 , 1972. 古大船湾の貝化石群集−その湾奥部について−. 神奈川県立博物館研究報告（自然科学）, **1**(5): 31-43.

松島義章 , 1984. 日本列島における後氷期の浅海性貝類群集−特に環境変遷に伴うその時間・空間的変遷−. 神奈川県立博物館研究報告（自然科学）, (15): 37-109.

松島義章 , 2001. 相模湾の貝類「ダンベイキサゴ」. ミドリ , (41): 1.

松島義章・大嶋和雄 , 1974. 縄文海進期における内湾の軟体動物群集 . 第四紀研究 , **13**(3): 135-159.

Nakabo, T., 2002. Platycephalidae. *In* Nakabo, T. (ed.), Fishes of Japan with pictorial key to the species, English edition, pp. 615-620, 1523-1524. Tokai University Press, Tokyo.

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.

Noda, T. & S. Nakao, 1995. Spatio-temporal population dynamics of the sand snail *Umbonium costatum*: importance of ontogenetic migration and annual recruitment variability. *Marine Biology*, **123**: 815-820.

Noda, T. & S. Nakao, 1996. Dynamics of an entire population of the subtidal snail *Umbonium costatum*: the importance of annual recruitment fluctuation. *Journal of Animal Ecology*, **65**: 196-204.

Noda, T., S. Nakao & S. Goshima, 1995. Life history of the temperate subtidal gastropod *Umbonium costatum*. *Marine Biology*, **122**: 73-78.

Ogaya, C., 2004. Presence or absence of the shell aperture: a criterion to identify shell breakage induced by durophagy in *Umbonium* (Mollusca: Gastropoda: Trochidae). *Paleontological Research*, **8**(4): 311-324.

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.

Oji, T., C. Ogaya & T. Sato, 2003. Increase of shell-crushing predation recorded in fossil shell fragmentation. *Paleobiology*, **29**(4): 520-526.

大和田正人・吉田奈央・佐藤武宏・金沢謙一 , 2007. 海産無脊椎動物の相互作用と形態・適応の進化、および、人間活動がこれらに与える影響−相模湾平塚沖浅海の貝類と海底環境−. *Science Journal of Kanagawa University*, (18): 77-80.

小澤智生 , 1983. キサゴ類にみられる進化過程 . 化石 , (34): 3-4.

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 .

小澤智生・岡本健児 , 1993. 古生物学的ならびに分子系統学的アプローチの統合による系統進化学の新しい展開−腹足類キサゴ類を例として−. 月刊地球 , **15**(9): 589-595.

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 , 2003. 波の下のギリギリのバランス . 自然科学のとびら , **9**(1): 6.

柴田勇夫 , 1967. 平塚地先のコタマガイ分布調査（神奈川県水産指導所試料 No. 5）. 11 pp. 神奈川県水産指導所 , 神奈川小田原 .

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.

Tojo, B. & T. Ohno, 1999. Continuous growth-line sequences in gastropod shells. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **145**: 183-191.

## 摘　要

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. (Sato, T., Y. Tonami & S. Yamamoto, 2009. Bathymetrical distribution and growth of the giant button top *Unbonium giganteum* (Lesson) at off Fujisawa, Sagami Bay, Central Japan. *Bull. Kanagawa prefect. Mus.*（*Nat. Sci.*）, (38): 95-106.)

神奈川県藤沢市地先の相模湾において、底生生物の分布について調査をおこなった。その結果、優占種によって、汀線に平行にヒラコブシガニ・フジノハナ帯、ダンベイキサゴ・バカガイ帯、トゲトゲツノヤドカリ・ハスノハカシパン帯、ヒラモミジガイ・キサゴ帯、破片化貝殻密集帯に区分される、帯状分布構造が確認された。しかし、この帯状分布構造は、常に安定しているのではなく、長期的には優占種の置き換わりを伴って変化していくことが示された。殻径分布を用いて、ダンベイキサゴの成長解析をおこない、成長曲線の式を算出した。この結果、ダンベイキサゴの繁殖時季が 11 月、成長時季は夏季、寿命は 5 年以上、最大殻径が 38mm に達することが明らかになった。西太平洋に分布するサラサキサゴ属の 4 種で比較すると、ダンベイキサゴは、特に大きな殻と、急速な成長速度によって特徴づけられることが明らかになった。

（受付 2008 年 11 月 30 日；受理 2009 年 1 月 22 日）