

高知県の鮮新統穴内層から産出したニシキウズガイ科腹足類

Umbonium (Suchium) obsoletum arenarium の酸素同位体比プロファイル

中山健太郎¹・山岡勇太²・高月崇成¹・近藤康生^{1,3}

(¹高知大学大学院総合人間自然科学研究科理学専攻, ²高知大学大学院総合人間自然科学研究科応用自然科学専攻,

³高知大学自然科学系理学部門)

Oxygen Isotopic Profile of the Trochid Gastropod, *Umbonium (Suchium) obsoletum arenarium* from the Pliocene Ananai Formation, Kochi

Kentaro Nakayama¹, Yuta Yamaoka¹, Takashige Kozuki¹, Yasuo Kondo^{1,2}

¹ *Studies in Sciences, Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University;*

² *Studies in Applied Sciences, Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University;*

³ *Sciences Unit, Natural Sciences Cluster, Kochi University*

Abstract : Oxygen isotopic ($\delta^{18}\text{O}$) profile was obtained for the extinct trochid gastropod, *Umbonium (Suchium) obsoletum arenarium* from the Late Pliocene Ananai Formation in Kochi on the northeastern coast of Tosa Bay. The inferred habitat was shallow sea, but away from the influence of freshwater. Then, influence of freshwater to mixing of oxygen isotope ratios can be excluded, and the $\delta^{18}\text{O}$ profile can be regarded as changing water temperature. As a result, two distinct high temperature peaks and one more obscure low temperature zone were recognized in the profile along the subsutural band, and the two high temperature peaks correspond to clear growth rings. This suggests that this subspecies grew continuously under relatively cold conditions, but shell formation slowed down in every summer. The two clear growth rings can therefore be regarded as annual rings. As such growth rings can be identified for specimens of moderate preservation, it would be possible to reconstruct shell growth history of this subspecies by observing shell surface features alone.

キーワード: キサゴ属, 酸素同位体比, 穴内層, 鮮新世, 高知県

Keywords: *Umbonium*, oxygen isotope ratios, Ananai Formation, Pliocene, Kochi Prefecture

はじめに

Umbonium (Suchium) 属は化石種および現生種共に日本列島とその周辺に分布するニシキウズガイ科腹足類である (小澤¹⁾). *Umbonium (Suchium)* 属の研究は Makiyama²⁾以降数多くなされてきている. なかでも, 小澤・岡本³⁾は現生種キサゴ類について DNA 分析による系統解析, および化石種の分類学的再検討をおこない, これらを統合したキサゴ類の系統樹を作成した. このように, 本属は, 我が国の腹足類のなかで, 現生と化石の情報を統合した系統学的研究が行われている数少ない分類群である. しかしその一方で, 本属の化石種に関する生態学的情報は少なく, このことが系統学的知見に基づいて, それら進化や進化の古環境背景を解釈しようとする際の制約となっている. そこで, 本研究では化石種キサゴ類の成長を明らかにするため, 酸素同位体比分析をおこなった.

分析標本, および産出層の年代と堆積環境

今回, 分析を行ったのは高知県安芸郡安田町ウツデ谷川右岸の穴内層最下部の露頭 (山岡ほか⁴⁾) から産出した 1 標本 (KSG-kn17) で, *Umbonium (Suchium) obsoletum arenarium* (Makiyama) に同定される. 本亜種は, Makiyama²⁾が静岡県掛川層群の天王砂岩層 (柴ほか⁵⁾ における大日層下部にあたる) から記載したもので, 螺層上の強い螺肋 (横肋) と縫合下の少し潰れた形状の顆粒を特徴とする. これらの特徴は, ウツデ谷川露頭から産出する標本の特徴と一致する. なお, Makiyama⁶⁾は唐ノ浜地域から本亜種の産出を記録しており, その産地は明記されていないが, 今回の標本と同じ産地, あるいは同層準の別産地と思われる. また, 本亜種は杉山⁷⁾が *U. (S.) suchiense obsoletum forma arenarium* (Makiyama) としたものと同じである. なお, 山岡ほか⁴⁾は本露頭から産出する *Umbonium (Suchium)* 属を *U. (S.) suchiense* として図示したが, 形態的特徴から *U. (S.) suchiense* ではなく *U. (S.) obsoletum arenarium* に同定される.

北ほか⁸⁾は陸上掘削コアによって穴内層の分析を行い, 後期鮮新統穴内層における環境変化について報告した. 山岡ほか⁴⁾は本露頭の最下部が北ほか⁸⁾が分析した掘削コア (ANA2) の深度 64-67 m 付近に対比できること, 及び掘削コア中に含まれる底生有孔虫の酸素同位体比の推移 (北ほか⁸⁾) と酸素同位体標準曲線 LR04 (Lisiecki and Raymo⁹⁾) との対比から年代を 3.1 Ma と推定した.

この露頭からは *Umbonium (Suchium)* 属と共にマツヤマワスレガイ *Callista chinensis*, ヤグラモシオガイ *Bathytromus foveolatus*, トドロキガイ *Glycymeris fulgurata* などの現生種を含む多くの二枚貝化石が共産する (山岡ほか⁴⁾). これらの現生種二枚貝は現在, 外洋水の影響下で生息していることから, 本露頭から産出する *Umbonium (Suchium)* 属の生息場も同様であったと推定できる. 外洋水の影響が卓越することから, 生息場における淡水の影響は限定的であり, 殻に記録される酸素同位体比への影響も無視できると考えた. したがって, 本研究で得られた酸素同位体比プロファイルは, 本種の生息地の水温変動を表すと考えられる. なお, 分析標本の殻の保存状態は極めて良好であり, 殻の光沢が残り, 色彩も観察できることから, 深刻な殻の変質は起こっていないと判断した.

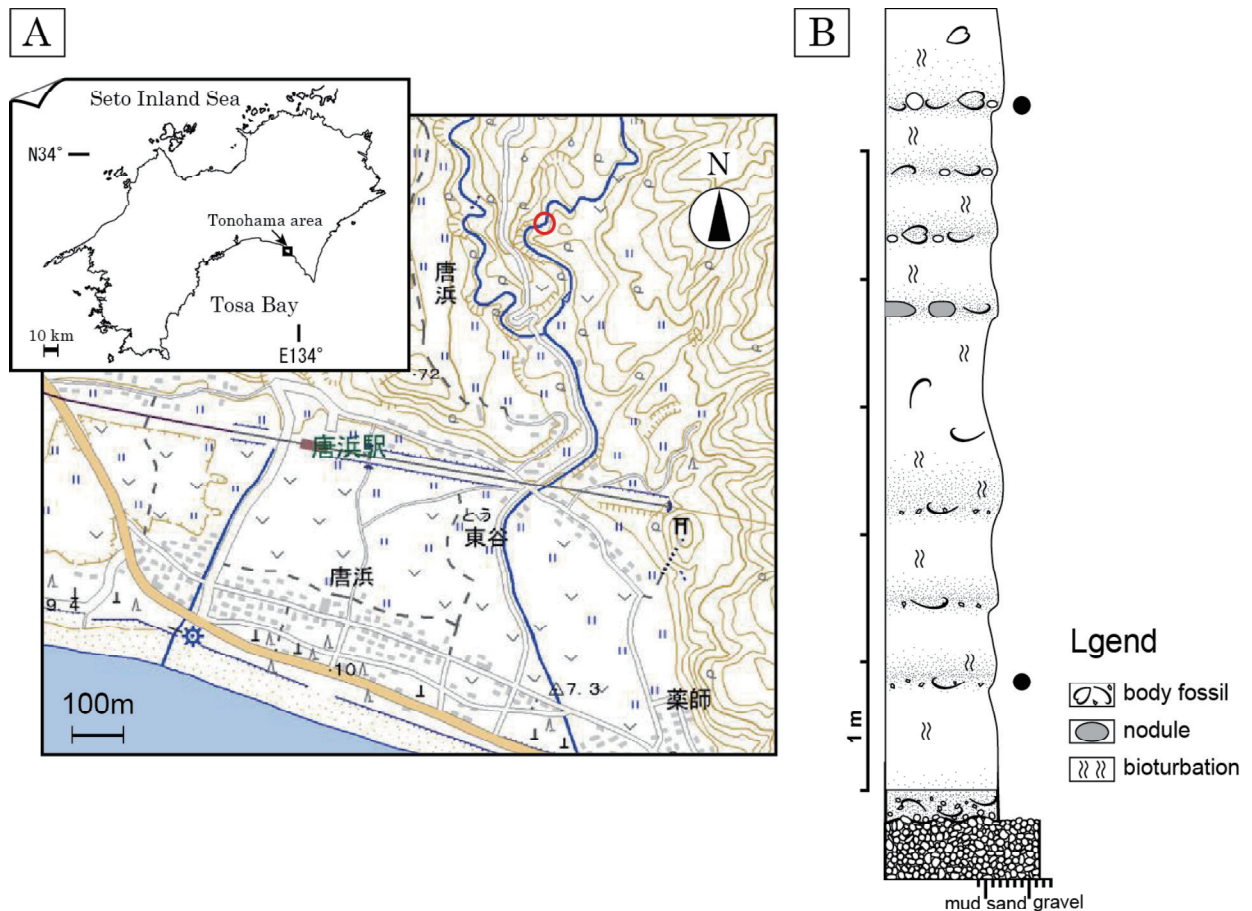


図 1. 分析標本産出地点と産出層準. A: 唐ノ浜地域 (国土地理院の標準地図を使用). 赤丸は *Umbonium (Suchium) obsoletum arenarium* が産出した地点を示す. B: ウツデ谷川露頭柱状図 (山岡原図). 黒丸はキサゴ類の産出層準を示す.

酸素同位体比分析

まずハンディールーターを用いて, KSG-kn17 標本の螺肋上で, 1-1.5 mm 間隔で殻の成長線に沿って殻表面を削り, 粉末試料を採取した. この際, 試料に真珠層から成る内層が混入しないように注意した. この標本の殻表には, 微細成長線がほぼ全面に観察され, それらの間隔が前後に比べて密になる部分が見られ, 明らかな不連続面 (成長輪) を形成している部分もあるので, これらをまたぐように分析ポイントを 31 か所設定した (図 2). その後, 高知大学海洋コア総合研究センターの安定同位体分析システム MAT253 を用いて, 採取した試料の酸素同位体比測定をおこなった. また, 標準試料はサンプリング番号 1-14 で ANU-m2, サンプリング番号 15-31 で NBS-19 を使用した.

酸素同位体比プロファイル, および外部成長輪との関係

酸素同位体比測定の結果は図 3 の通りである. $\delta^{18}\text{O}$ 値のプロファイルは一つ目の試料を採取したポイントを暫定的に始点 (0 mm) として, 分析ポイント 1 から 31 まで, 縫合に沿った距離を表示した.

今回得られた $\delta^{18}\text{O}$ 値のプロファイルでは, 軽い値に 2 つのピークと重い値が連続的に記録されていることがわかった. 最初の軽い値のピーク値は -1.49 ‰ (分析ポイント 2), 次のピーク値は -0.44 ‰ (分析ポイント 30) であり, 最初のピーク値は二番目のピーク値よりも軽い値が記録されている. また最初のピーク値の直後の分析ポイント 4 で, 0 ‰付近まで値が重くなるが, その後急速に -1.35 ‰ (分析ポイント 5) まで回復する. 最大値と最小値の差は 2.70 ‰である.

前述の通り, 分析標本産出地点の貝化石群の組成は外洋水の影響を示唆し, 淡水の影響は無視できると考えられるので, $\delta^{18}\text{O}$ 値のプロファイルは水温を表すとみなせる. したがって, 軽いピークは夏季, 重い値を示す大部分は冬季を中心と

する低水温期にあたる．このことから，本種は冬季を中心とした低水温期に殻形成を連続的にを行い，夏季には殻形成が停滞したことがわかる．

次に，殻装飾と酸素同位体比変動との関連性をみると，明瞭な成長輪は高水温のピークとほぼ一致する．つまり，殻表面にみられる明瞭な成長輪は夏季に形成される年輪であることがわかった．*U. (S.) obsoletum arenarium* の年輪部分では外部微細成長線の間隔が通常の殻形成時の間隔に比べ，非常に狭くなっている．これは年輪部分で成長が停滞していることを示唆している．また，このことは殻に記録される酸素同位体比曲線が高水温の部分で上に鋭角な凸のグラフの形状を呈していることとも調和的である（中島¹⁰⁾）．よって，穴内層から産出する *U. (S.) obsoletum arenarium* は夏季に成長が停滞したものと考えられる．また，年輪にある程度の幅が観察されることから，成長停滞期であっても少量の付加成長がおこなわれていたことが示唆される．今回の酸素同位体比測定によってウツデ谷川露頭から産出する *U. (S.) obsoletum arenarium* にみられる明瞭な成長輪が年輪であることが明らかとなり，肉眼観察による個体の年齢が推定できる可能性がある．

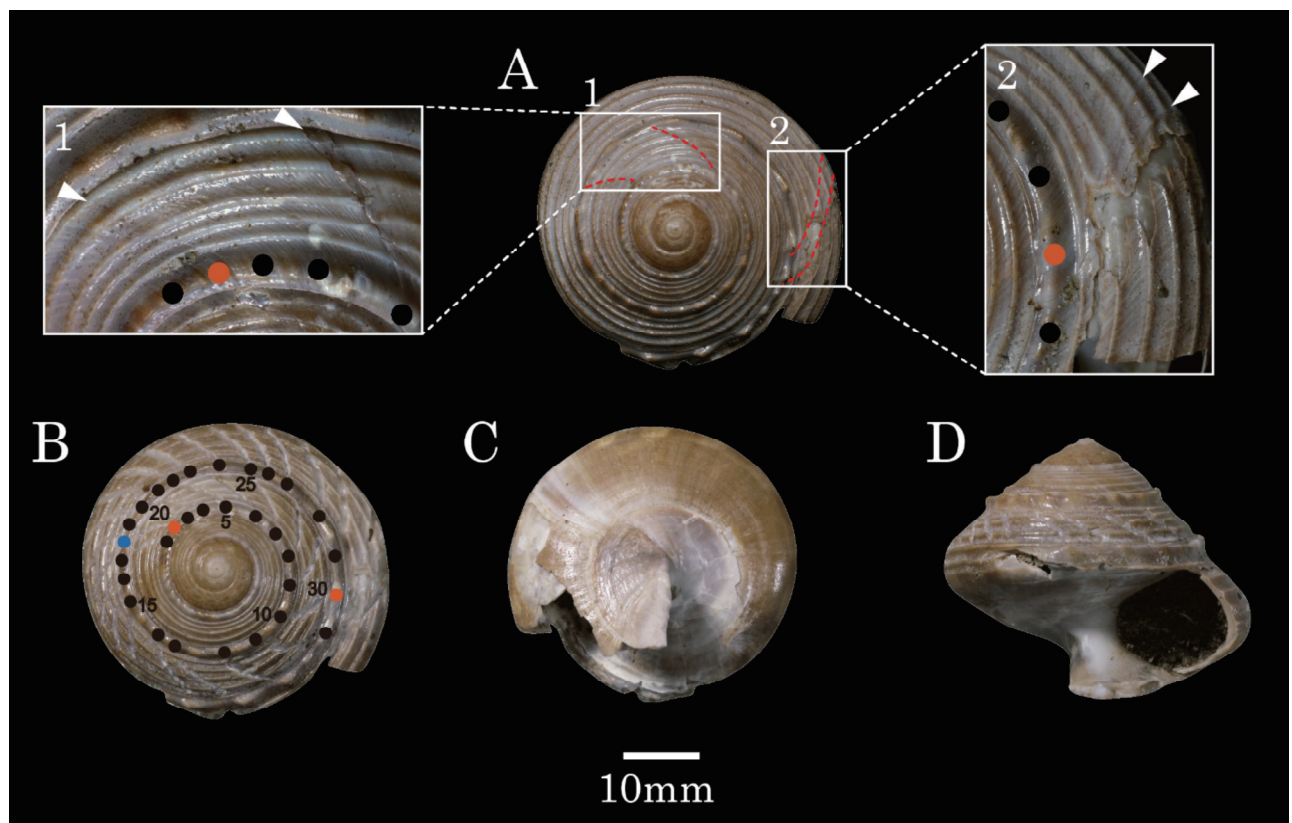


図 2. 酸素同位体比測定をおこなった *U. (S.) obsoletum arenarium* (KSG-*kn17*). A: 殻頂方向からの写真 (サンプル採取前). 微細成長線の間隔が狭くなっている部分が観察される. 写真中の赤点線は年輪の位置を示す. 1-2: 写真 A 中の白四角 1-2 の拡大写真. 写真 1-2 中の白三角は年輪の始点と終点を示す. B: 殻頂方向からの写真 (サンプル採取後). 成長線に沿って削った場所が見える. 橙点は高水温のピークを示し，青点は最低水温を示す. 番号は図 3 のグラフ中の番号と一致する. C: 滑層部の写真. D: 殻口方向からの写真 (サンプル採取後).

なお，酸素同位体比測定によってキサゴ類の殻表面にみられる明瞭な成長輪が年輪であることが判明したが，今のところ，最初の明瞭な年輪が 1 年目の夏であるのか，あるいはそれ以前にも年輪があるのかははっきりしない．したがって，本稿では年齢の推定は控える．標本を実体顕微鏡下で観察すると幼貝部分にも“段差”がみられるが，これが年輪に当たるかどうかは，今後の検討を要する．

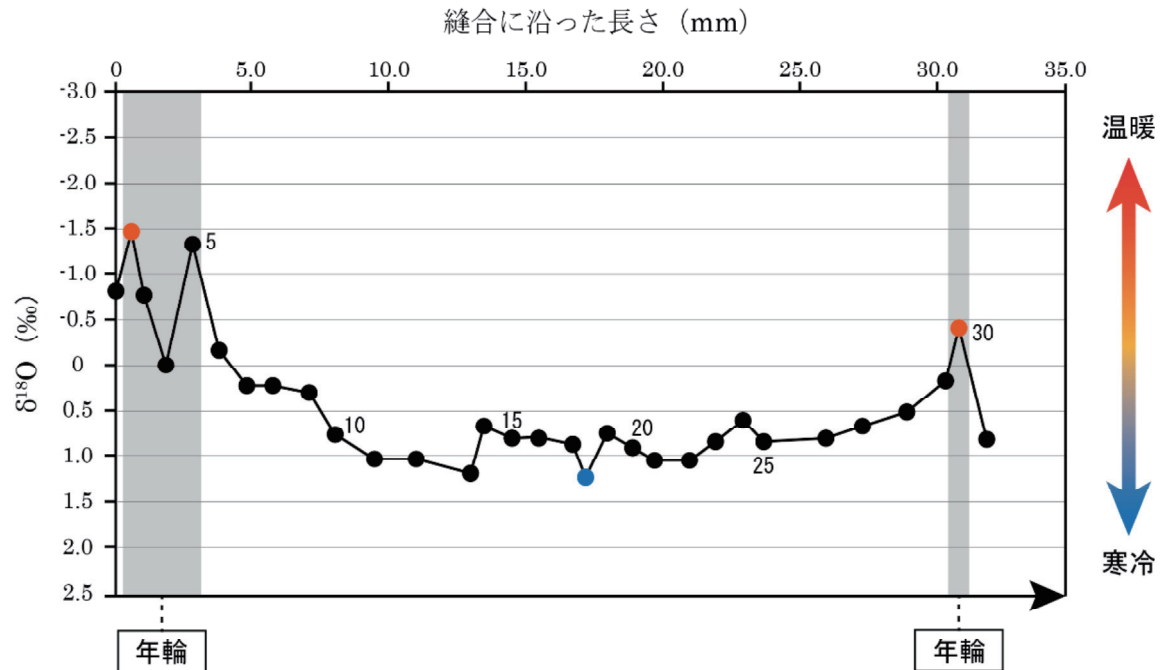


図 3. *U. (S.) obsoletum arenarium* の酸素同位体比測定結果. グラフ中の番号は図 2 の写真 B の番号と一致する. 酸素同位体比の値が小さくなるほど水温が高いことを示し, 大きくなるほど水温が低いことを意味する. 橙点は高水温のピーク, 青点は最低水温を示す. グラフ中の灰色部は年輪の位置を示す. 成長方向はグラフの右側.

まとめ

- ・酸素同位体比測定によって, 鮮新統穴内層産の *U. (S.) obsoletum arenarium* の殻表面にみられる明瞭な成長輪は夏季に一本形成される年輪であることがわかった.
- ・微細成長線の間隔が年輪部分で詰まること, 酸素同位体比曲線が上, すなわち高水温側に鋭角な凸の形状を呈することから *U. (S.) obsoletum arenarium* は夏季に成長停滞するものと考えられる.
- ・年輪にある程度の幅があることから, 成長停滞期であっても少量の付加成長がおこなわれていたことが示唆される.

謝辞

研究を進めるにあたり, 本学理学部奈良正和准教授には研究内容について日ごろからご教示をいただき, 奈良研究室の愛甲健太氏にも様々な視点から多くの助言をいただいた. また酸素同位体比分析に際しては山野 溪氏, 田中宏典氏, 下岡宗大氏ならびに, 村山雅史教授をはじめ, 高知大学海洋コア総合研究センターの皆様にご協力いただいた. これらの方々にこの場を借りて深く御礼申し上げます.

引用文献

- 1) 小澤智生, キサゴ類の起源と移動, 日本産新生代貝類の起源と移動, 小高民生・小笠原憲四郎 (編), 47-51. (1983)
- 2) Makiyama, J., The evolution of *Umbonium*. *Japanese Journal of Geology and Geography*, **3**, 119-130. (1924)
- 3) 小澤智生・岡本健児, 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**, 589-595. (1993)
- 4) 山岡勇太・近藤康生・高月崇成・中山健太郎, 高知県安田町に分布する鮮新統穴内層最下部の亜熱帯的な外浜・陸棚混合化石群. 高知大学学術報告, **62**, 26-32. (2013)
- 5) 柴 正博・渡邊恭太郎・横山謙二・佐々木 昭仁・有働文雄・尾形千里, 掛川層群上部層の火山灰層. 海・人・自然

- (東海大学博物館研究報告), **2**, 53-108. (2000)
- 6) Makiyama, J., Molluscan fauna of the lower part of the Kakegawa Series in the province of Totomi, Japan.
Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University., Ser. B, **3**, 1-147. Pl. 1-6. (1927)
- 7) 杉山敏郎, 本邦産現世及び化石種 *Umbonium* の貝殻の変異及び其の進化に就いて(其の2). 地質学雑誌, **42**, 449-482.
(1935)
- 8) 北 重太・池原 実・岩井雅夫・近藤康生, 穴内層ボーリングコアの安定同位体分析に基づく後期鮮新世の環境変動.
地球惑星連合大会 2009, L132-P001. (2009)
- 9) Lisiecki, L. E., and Raymo, M. E., A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records.
Paleoceanography, **20**, PA1003. (2005)
- 10) 中島 礼, タカハシホタテっていったいどんな生物? 化石, **81**, 90-98. (2007)

平成26年(2014)10月9日受理

平成26年(2014)12月31日発行