

長野県中部中新統別所層の冷湧水炭酸塩岩より産出するシロウリガイ類の種多様性

Species diversity of vesicomid bivalves from the middle Miocene seep carbonates in the Bessho Formation, Nagano Prefecture, Japan

*宮嶋 佑典¹、延原 尊美²、小池 伯一³

*Yusuke Miyajima¹, Takami Nobuhara², Hakuichi Koike³

1.京都大学大学院理学研究科、2.静岡大学教育学部、3.信州新町化石博物館

1.Graduate school of Science, Kyoto University, 2.Faculty of Education, Shizuoka University,

3.Shinshushinmachi Fossil Museum

シロウリガイ類は新生代を通じて冷湧水域における主要な動物として進化・繁栄を遂げてきた。同一湧水域内での現生シロウリガイ類の複数種の共存は、硫化水素濃度や塩度、水温への嗜好性の違いによると考えられているが (Barry et al., 1997; Watanabe et al., 2013), 化石シロウリガイ類の複数種の共存とその要因についてはあまり議論されていない。長野県に分布する中部中新統別所層は背弧海盆内の陸棚斜面に堆積した泥岩からなり、多様なサイズの冷湧水成炭酸塩岩を包含する。別所層からはこれまで *Adulomya uchimuraensis* および "*Calyptogena*" *akanudaensis* が知られていたが、本発表では "*C.* *akanudaensis*" の属の帰属を再検討し、さらに *Pliocardia* sp., *Adulomya* sp. の2種のシロウリガイ類化石を新たに報告する。これら計4種のシロウリガイ類の産出頻度は炭酸塩岩のサイズによって異なる。すなわち、直径20 m以上の大規模な炭酸塩岩体からは、多数の *A. uchimuraensis* のほかに、"*C.* *akanudaensis*" と *Pliocardia* sp. がまれに産出する。直径1 mほどのより小さな岩体では "*C.* *akanudaensis*" が相対的に豊富に産出し、*A. uchimuraensis* を伴う。数cmサイズの炭酸塩コンクリーションを含むシルト岩からは、*Adulomya* sp. が散在的に多数産出する。これらの炭酸塩のサイズの違いは湧水のフラックスや持続期間の違いを示唆しており、別所層内でのシロウリガイ類の種多様性は湧水場間での湧水活動の違いを反映している可能性がある。

キーワード: *Pliocardia*, *Adulomya*, オトヒメハマグリ科、中期中新世、冷湧水

Keywords: *Pliocardia*, *Adulomya*, Vesicomidae, Middle Miocene, Cold seep

北海道の始新統幌内層における湧水活動履歴の復元の試み

Reconstruction of seepage history in the Eocene Poronai Formation, Hokkaido, Japan

*延原 尊美¹、白鳥 百合子¹、人見 進太郎¹、石村 豊穂²、井尻 暁³*Takami Nobuhara¹, Yuriko Shirotori¹, Shintaro Hitomi¹, Toyoho Ishimura², Akira Ijiri³

1. 静岡大学教育学部理科教育講座地学教室、2. 茨城高等専門学校 物質工学科、3. 海洋研究開発機構 高知コアセンター

1. Science Education (Geology), Faculty of Education, Shizuoka University, 2. Department of Chemistry and Material Engineering, National Institute of Technology, Ibaraki College, 3. Kochi Institute for Cores Sample Research, JAMSTEC

The Eocene Poronai Formation, central Hokkaido, is known to mark the oldest fossil records of vesicomid bivalves in Japan. This study made an outcrop mapping of lithology, mode of fossils occurrence, and stable isotopic analyses to make clear the seep-habitats in initial stages of vesicomid diversification through the Cenozoic age.

A series of irregular-shaped seep-carbonate rocks, about 1-2 m in diameter, vertically piled up in the outcrop section of massive siltstone. The carbonate rocks and the surroundings yield abundant shells of chemosynthetic bivalves, *Hubertschenkia ezoensis* and *Conchocele bisecta*. Their modes of fossil occurrences are divided into two types, 1) shell-concentrated lens and 2) sporadic patches and scattering, which alternate each other in the vertical section. The shell-concentrated lenses are mainly recognized in siltstone, whereas the scattering type is encompassed in the carbonate bodies.

It is noteworthy that all the shell-concentrated lenses were associated with calcitic concretions partly containing fluidized texture just below them. The fluidized part consists of mixture of 1) white-colored detrital micrite depleted in $\delta^{13}\text{C}$ (-38.05 to -22.91‰), 2) gray-colored micrite not depleted in $\delta^{13}\text{C}$ (4.87 to 9.01‰) and 3) black-colored sparitic cements with widely ranging values of $\delta^{13}\text{C}$ (-42.09 to 1.88‰). Detail lithological mapping show that such fluidized texture tends to be formed avoiding shell-rich part. These suggest that the alternating pattern of two modes of fossil occurrences was controlled by intermittent fluidizing events as follows. Sporadic biofacies was formed under the diffusive phase resulting in gradual rise of pore-water pressure. Over the critical point of pore-water pressure, fluidization was triggered in unconsolidated parts not rich in buried shell remains, which acted as a nucleus of precursor concretions. Such local fluidization caused a focused flow fostering shell-concentrated mode.

キーワード：化学合成、シロウリガイ類、メタン湧水、幌内層、始新世

Keywords: chemosynthetic, Vesicomiyidae, methane seepage, Poronai Formation, Eocene

浅海鯨骨生態系の変遷：九十九湾における水槽および天然環境における鯨骨群集形成実験

Succession of whale-fall ecosystems at shallow waters: mainly based on one year monitoring of deployed whale carcasses in aquarium tank and natural environments in Tsukumo Bay, Ishikawa, Japan

森谷 和浩²、*ジェンキンス ロバート¹、関口 俊男³、鈴木 信雄³

Kazuhiro Moriya², *Robert Jenkins¹, Toshio Sekiguchi³, Nobuo Suzuki³

1.金沢大学理工研究域自然システム学系、2.金沢大学大学院自然科学研究科、3.金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設

1.School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University, 2.Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 3.Noto Marine Laboratory, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

海底に沈んだ鯨類の遺骸の周囲には「鯨骨群集」と呼ばれる生物群集が形成される (Smith, 1989; Nature). 鯨骨群集は、遺骸の腐敗の進行などにもなって構成種が遷移することが知られている (Smith and Baco, 2003). しかし、群集の基礎をなす微生物と骨の関係を含めた生態系変遷の詳細は明らかになっていない。これは一般的な潜水艇を用いた海洋調査では、断片的な時間軸でしか観察できず、また、もろい微生物マットを乱さずに観察することが困難であることによる。これらの問題を解決すべく、本研究では天然環境に限りなく近い水槽をつくり、(1) 鯨骨群集形成実験系を確立する、(2) 確立した系で微生物マットに着目した生態系変遷を明らかにする、ことを目的とし研究を進めた。

また、鯨骨群集やそれに類する群集は化石においても報告されており、骨に残された微生物痕などから化石鯨類や、中生代の首長竜類の遺骸に形成された微生物マットについてたびたび議論されている (Danise et al., 2012など)。しかし、現生における骨に残された微生物痕の詳細は不明な点が多く、古生物学的に応用する基礎データが少ない。そこで、(3) 上記の実験系を利用して、化石への応用を目指し特に骨に残されうる生物活動痕がいつ、どこで形成されるか明らかにする、ことを第三の目的とした。

実験概要及び手法：能登半島九十九湾に面した金沢大学臨海実験施設内の“天然海水かけながし水槽”を利用し、その水槽内において鯨骨を設置して時系列観察を実施した。なお、九十九湾の天然環境にも鯨骨を設置して適宜引き上げと観察を行い、水槽実験が天然を模しているか確認した。設置した期間は水槽内実験では約1年間、天然環境では約1年11ヶ月である。また、水槽実験では断続的なサンプリングのために椎骨を切り分けた“チップサンプル”も用意して設置した。

水槽実験におけるチップサンプル、天然環境及び水槽内設置した椎骨は断続的に回収し、骨表面や内部の観察を行った。また一部の微生物についてはDAPI染色を施し蛍光顕微鏡で観察した。

結果・考察

【鯨骨の時系列変化】開始後数日の間に、硫化水素と思われるガスの発生、鯨骨の浮上が起きた。これは骨内有機物の硫酸還元菌による分解で硫化水素ガスが発生し、それにより鯨骨に浮力が生じたと考えられる。

開始後約1週間に、鯨骨周辺では複数のタイプの微生物マットを確認した。この中で白色マットは細胞内に顆粒を含む繊維状の原核生物からなり、緑色マットは緑藻類から構成されていた。繊維状原核生物内の顆粒はEDX分析により硫黄であることが明らかとなった。このことから白色の繊維状原核生物は硫黄酸化細菌であることが推定される。

骨周辺にはツリガネムシ類 (*Zoothamnium niveum*)、ガラスシタダミ科腹足類 (*Xenoskenea* sp.) などが見られた。*Z. niveum*は硫黄酸化細菌を外部共生する生物である (Kawato et al., 2010)。このことから*Z. niveum*の出現から化学合成生態系が成立したと考えられる。*X. sp.*は骨表面に繁茂する微生物マットを摂食し、さらに骨周辺で繁殖も行っていった。また天然環境に放置した鯨骨には固着性のフジツボ類が見られた。鯨骨が固着基盤として利用されていたと考えられる。さらにチップサンプルを観察すると鯨骨に元々存在する穴には線虫類や多毛類が見られた。これらの生物は鯨骨内の有機物を摂食していると思われる。

これらの結果から浅海域による鯨骨遺骸の遷移を検討する。まず骨の周りの肉が取り除かれ、骨内から硫酸還元により硫化水素が発生し鯨骨自体も浮上する。その後沈降し、速やか化学合成生態系が成立する。加えて緑

藻類も鯨骨にマット形成する。続いて鯨骨表面に繁茂したマットや、鯨骨内の有機物を摂食する生物が出現する。海水にさらされている箇所は穿孔痕が形成される。最終的に固着性基盤として利用される。

【骨に残された微生物活動痕】水槽内から10ヶ月以降に回収した骨の表面にはマイクロサイズの微小穿孔痕があった。これらの穿孔痕は海水にさらされていた鯨骨上部のみに認められ、堆積物に埋没していた鯨骨の下部には見られなかった。これは海水にさらされる比較的酸化的な環境にのみ生息する微生物によって形成されたと考えられる。森谷（2014, 金沢大学卒業論文）は首長竜の骨上部に顕著に観察された微小穿孔痕にもとづいて骨上部が海水に露出していたと推定したが、本研究結果はこの推定結果を支持する。

まとめ

水槽内において鯨骨群集の形成に成功し、この水槽実験を利用して微生物マットに着目した鯨骨生態系の変遷を明らかにすることができた。また骨化石に残された微生物痕が堆積物への埋没範囲の指標となることを明らかにした。

キーワード：鯨骨群集、生態系、還元環境

Keywords: Whale-fall community, ecosystem, reduced environment

深海化学合成生物群集に生息する底生性カイアシ類集団の遺伝的連結性

Population connectivity of benthic copepods in deep-sea chemosynthetic communities

*渡部 裕美¹、瀬之口 れいな²、上島 優貴²、野牧 秀隆¹、北橋 倫¹、嶋永 元裕²、山本 啓之¹

*Hiromi WATANABE¹, Reina Senokuchi², Yuki Uejima², Hidetaka Nomaki¹, Tomo Kitahashi¹, Motohiro Shimanaga², Hiroyuki Yamamoto¹

1.海洋研究開発機構、2.熊本大学

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Kumamoto University

Meiobenthos are small (<1mm) benthic animals living on seafloor. Although their considerable diversity in marine environment, only less attention is paid for meiobenthos than macro- and mega-benthos. Copepod is the most abundant crustacean in meiobenthos in deep-sea hydrothermal vent environment, and a copepod family Dirivultidae is one of the most successful vent taxa. However, only little is known about ecology and evolution of dirivultids. In the present study, we examined efficiencies of several DNA extraction methods available for copepods, and estimate population connectivity of dirivultid copepods of the genus *Stygiopontius* in the western Pacific hydrothermal vent fields. DNA extraction efficiency was increased when the morphology of copepod was destructed. However, even the DNA extraction with the lowest concentration (~5ng/μL) was sufficient to obtain sequence data by Sanger sequencer. Genetic diversities of *Stygiopontius* copepods were different among oceanographic regions, higher in back-arc basins in the southern Pacific than in volcanic arc. In both regions, local populations were not significantly separated genetically based on partial mtCOI sequence. The present result contributes to our knowledge of ecology of meiobenthos, and establishment of environmental assessment tool using meiobenthos in deep-sea hydrothermal vent fields.

キーワード：熱水噴出孔、環境影響評価、メイオベントス

Keywords: hydrothermal vent, environmental assessment, meiobenthos

南部マリアナ前弧しんかい湧水域における生物群集の炭素、窒素、硫黄
安定同位体組成による栄養源の評価

Evaluation of nutrient sources of the biological community in the Shinkai Seep Field,
Southern Mariana Forearc using C, N and S stable isotopes

*大西 雄二¹、山中 寿朗¹、渡部 裕美²、小原 泰彦^{2,3}

*Yuji Onishi¹, Toshiro Yamanaka¹, Hiromi WATANABE², Yasuhiko OHARA^{2,3}

1.岡山大学、2.海洋研究開発機構、3.海上保安庁海洋情報部

1.Okayama University, 2.JAMSTEC, 3.Hydrographic and Oceanographic Dept. of Japan

2010年に南部マリアナ前弧の水深約5600 mの海溝陸側斜面にシロウリガイを主とする化学合成生物群集が発見され、その一帯はShinkai Seep Field (SSF)と名付けられた。SSFは、これまでに化学合成生物群集が知られている熱水噴出孔やメタン湧出域とは全く異なるテクトニックな背景を持っており、マントルかんらん岩の蛇紋岩化反応に伴って発生するメタンによって微生物硫酸還元が行われ、そこで発生する硫化水素を利用して硫黄酸化細菌が一次生産を行っていると考えられている。しかし、実際にこの生物群集を支えているエネルギー源や栄養源に関する地球化学的研究は行われていなかった。そこで、本研究ではSSFにおける生物群集の栄養源をC,N,S安定同位体組成を用いて検討することを目的とした。

試料はJAMSTECの有人潜水調査船「しんかい16500」の潜航調査によってYK13-08航海で採取されたシロウリガイ (*Calymene mariana*) の他にシロウリガイコロニー周辺で採取された様々な生物と懸濁粒子、コロニー直下の堆積物を分析に用いた。生物試料は軟組織のC、N、S同位体組成を、懸濁物試料はC,N同位体を、堆積物は全有機炭素 (TOC)、全窒素 (TN)、酸揮発性硫化物 (AVS) 濃度およびそれらの同位体組成の測定を行った。堆積物中TOC、AVS濃度は深度の増加とともに増加し、それらの同位体比は減少する傾向が見られた。これはコロニー直下の堆積物中において、硫酸還元細菌の活動によって生じる硫化水素を用いた一次生産が行われている事を示している。懸濁粒子の同位体組成は植物プランクトンに見られる値の範囲内であることから、海洋表層で光合成によって生産された有機物であると考えられる。

シロウリガイ軟組織の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、以前に報告されている値とほぼ等しく、エラ内に硫黄酸化細菌を共生させているシロウリガイに典型的な値の範囲である。 $\delta^{34}\text{S}$ 値は堆積物中のAVSが持つ $\delta^{34}\text{S}$ 値とほぼ等しい結果であった。このことからシロウリガイの生育を支えるエネルギー源が堆積物中の硫酸還元細菌の活動に由来する硫化水素であることを示している。また、多毛類やヨコエビ、イソギンチャクは懸濁粒子と堆積有機物との中間的な同位体組成を持ち、光合成、化学合成両方に由来する有機物を摂食していると考えられる。ヒゲムシはそれらとは明らかに異なる同位体組成を持っており、シロウリガイとは異なる炭素固定回路を持つ硫黄酸化細菌やメタン酸化細菌に栄養源を依存している可能性が考えられる。

キーワード：同位体組成

Keywords: isotopic composition