

## 室戸半島四万十帯に分布するノジュールの産状と内部構造 Distridution and internal structure of the nodules occuring in Shimanto sedimentary rocks,Muroto Peninsula,Shikoku

山本 亮太<sup>1\*</sup>;大原 亮佑<sup>2</sup>;柴田 伊廣<sup>3</sup>;乾 睦子<sup>2</sup>  
YAMAMOTO, Ryouta<sup>1\*</sup>; OHARA, Ryousuke<sup>2</sup>; SHIBATA, Tadahiro<sup>3</sup>; INUI, Mutuko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国土館大学大学院, <sup>2</sup> 国土館大学理工学部, <sup>3</sup> 文化庁

<sup>1</sup> Kokushikan University, <sup>2</sup> School of Science and Engineering, Kokushikan University, <sup>3</sup> Agency for Cultural Affairs

堆積岩中に多く発見されているノジュールは、母岩から容易に分離できるコンクリーションである。ノジュールは、体化石や生痕化石が核となり、その周囲に鉱物が凝縮・沈殿して形成されると推測されているが、具体的な形成過程の解明に至っていない。ノジュールは、形成時の環境やそこで起きた現象を記憶していると考えられる。室戸半島の四国東部第三系四万十帯(23-56 Ma)には、地域住民に「鉄丸石」と呼ばれるノジュールが見つっている。これらのノジュールは、現在も進行している南海トラフの付加体形成プロセスを経て地上に露出したとされ、現在の深海底面で起きている現象を推測できる点で重要である。本研究は、室戸半島に産するノジュールの産状と内部構造の観察及び、現生のノジュールとの比較からノジュールの生成過程を推測したものである。

まず、厚さ約10cmの泥岩層と約2cmの砂岩層とからなる砂泥互層の露頭において、ノジュールの産状を観察した。主に泥岩層中に直径約3cmの球型に近いノジュールが産出していた。何枚もの異なる泥岩層中にノジュールは存在したが、多くの場合、いくつかのノジュールが近接して見られる傾向があった。ノジュールが産出しない泥岩層も見られた。一枚の泥岩層の中では同じ深さに並んで分布する傾向があった。同様な大きさのノジュールがいくつか集まって同じ深さに分布する様子は、何らかの生痕であることを示している可能性がある。

次に、ノジュールと周囲の母岩との関係を観察した。ノジュールは、大部分が泥岩層中にあり砂岩層に直接接していなかった。一般に、ノジュールと上位の砂岩層との間には一定の厚さの泥岩層が観察できた。一部違う産状のものもあった。ひとつは、上位の砂岩層と一部が接しており母岩とノジュールとの境が見つけにくいものが観察できた。次に、ノジュールの上の部分に沿って砂岩層や泥岩層が曲がっている様子のもが観察できた。これは、堆積中の圧密を受けている際にノジュールが既に形成されていたことにより砂岩層や泥岩層が曲がってしまった事を示しているのではないかと考えられる。最後に、露頭とノジュールとの間にくぼみや境目がわかりやすいものが観察できた。これは、転石で堆積中に転がってしまったものではないかと考えられる。ノジュールと砂岩層の間に泥岩層があるということはノジュールの核となる生物が海底面上ではなく海底面の堆積物中で生活していたのではないかと考えられる。

ノジュールと母岩の泥岩を切断し内部構造を観察したところ、ノジュールの大部分は、母岩とよく似た黒色又は褐色のマトリックスで構成されていた。ノジュールの内部構造に同心円状に成長した痕跡が見つからず、中にはTasseliaのような構造を持つノジュールも観察できた。母岩とノジュールに共通して、幅が約10 $\mu$ mの方解石の脈が観察できた。ノジュール内部のみ、細粒の一边の長さが50-450 $\mu$ mの角が丸みを帯びた三角形や四角形の黄鉄鉱を観察できた。またエネルギー分散型X線分光分析(EDS)を用いて化学分析を行った結果、ノジュールと母岩内にフランボイダル構造の黄鉄鉱が分布していた。黄鉄鉱の一つ一粒の粒径は、1-2 $\mu$ mで集合体の直径は約10 $\mu$ mのもが観察できた。ノジュール内の黄鉄鉱は、基本的に不規則にノジュール全体に散在していたが一部、局所的に方解石の脈付近に存在する傾向も見られた。母岩内の黄鉄鉱は、方解石の脈の付近のみで観察できた。ノジュール内のみ粒径約3 $\mu$ mの方解石も観察できた。これらの方解石は、不定形であり鉱物と鉱物の隙間を埋めるように分布しており、ノジュール全体に面積比約5-10%程含まれていた。

室戸のノジュールと現生のノジュールを比較した結果、マトリックスの色合いに違いがあり、室戸の方が黒色で現生の方が褐色であった。両方によく似た構造のフランボイダル構造の黄鉄鉱と方解石が観察できた。両者の大きな違いは、現生のノジュールにのみ外縁部に外側に向かって伸びている様子の針状の直径約4mmの方解石が観察できた。

室戸半島の四万十帯では、ノジュールが泥岩層の中に多く分布していることが明らかとなり、海底面上ではなく堆積物中で生活していた生物の生痕が大きくノジュールと関わっていると考えられる。生痕化石などのノジュール化は圧密が始まってから起きていると予想でき、方解石の部分が空隙率と同等と仮定すれば、ノジュールはある程度圧密してから形成したと考えられる。ノジュールの大きさは核となる生痕に由来しているようであり、ノジュールの断面からは同心円状に成長していた痕跡が見当たらなかった。ノジュール化を促す方解石の供給は方解石の脈によって行われていたと推測できる。上越沖のノジュールの外縁部にある方解石が成長していたのは、静かな泥の中でノジュールが形成されているからであると思われる。

キーワード: ノジュール, 四万十帯, 泥岩層, 黄鉄鉱, 生痕化石

Keywords: nodule, Shimanto belt, mudstone layer, pyrite, trace fossil

## 上部漸深海帯の拡散的メタン湧水—新潟県下部鮮新統田麦川層の例— Diffuse methane seep in the upper bathyal zone from the lower Pliocene Tamugigawa Formation, Niigata Prefecture

宮嶋 佑典<sup>1\*</sup>  
MIYAJIMA, Yusuke<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科  
<sup>1</sup> Graduate School of Science, Kyoto University

小さな炭酸塩コンクリーションと冷湧水二枚貝類の化石が散在的に産する露頭の産状は「拡散的湧水 (diffuse seep)」と呼ばれ、短命で弱い湧水によって形成されたと解釈されている (Nesbitt et al., 2013). このような産状は炭酸塩にセメントされていない堆積物中に内生または半内生の生物化石をその場で保存し、また湧水がどのようにして透水性の低い堆積物中を拡散するのかを理解する上で重要であるにもかかわらず、大規模なメタン湧水炭酸塩岩体と比べてあまり研究されてこなかった。

日本海側地域では、新第三系の海成層よりシロウリガイ類化石が小さな炭酸塩コンクリーションを伴って産出する場合があります。これらは拡散的冷湧水の産状である可能性がある。本発表では新潟県の下部鮮新統田麦川層に見られる拡散的メタン湧水の産状を報告する。十日町市松之山松口では、越道川に露出する灰色シルト岩中に、多様な形状で中礫サイズのコンクリーションがシロウリガイ類やツキガイ類、ハナシガイ類化石と共に散在する。コンクリーション及び化石の形状や分布を露頭スケッチによって記録し、またいくつかのコンクリーションの炭素・酸素安定同位体比を分析して露頭スケッチにプロットした。本露頭より産する軟体動物化石は極めて多様な分類群からなっており、シロウリガイ類のような冷湧水二枚貝類の他にも原鰓二枚貝類やタマガイ類、エゾバイ類といった小型腹足類およびツノガイ類からなる。内生のツキガイ類やハナシガイ類は露頭上部で合弁かつ生息姿勢を保った状態で産する。シロウリガイ類は少なくとも *Archivesica kannoi* と *Calyptogena cf. pacifica* の2種からなるが、種構成の27% (n=54) にすぎない。シロウリガイ類が卓越せず、またタマガイ類による捕食痕が見られることは比較的浅い環境を示唆し (cf. Kiel, 2010; Amano et al., 2010), これは軟体動物化石から推定されている田麦川層の堆積環境 (上部漸深海帯 200-500 m: 天野ほか, 1991; 天野, 1994) と矛盾しない。コンクリーションは主に露頭中部より産し、不定形または球状、漏斗型、棲管型の形状のものが見られる。それらは明灰色か、露頭最下部では暗灰色をしており、ミクライト質低 Mg カルサイトからなる。炭素同位体比は -46.0 ~ -24.3 ‰ と低く、主に嫌氣的メタン酸化 (AOM) 起源であると考えられる。このことはミクライト中にバイオマーカー pentamethylcosane (PMI) が含まれることから示唆される。互いに近接して、または露頭の同一層準より産するコンクリーションは差が6%以内で近い炭素同位体比をもち、このことはそれらが同一のAOM帯で形成されたことを示唆するのかもしれない。以上から、本露頭は前期鮮新世の比較的浅い環境 (上部漸深海帯) での拡散的メタン湧水場の露頭であり、湧水はシルト質堆積物中の棲管などの空隙を介して拡散していたと考えられる。本研究のように露頭に散在する各々のコンクリーションの同位体比を分析することで、拡散的湧水場の露頭中で過去のAOM帯を認定することも可能かもしれない。

キーワード: 拡散的メタン湧水, 新潟県, 鮮新世, 上部漸深海帯  
Keywords: diffuse methane seep, Niigata, Pliocene, upper bathyal zone

## 水温が化学合成生物群集の分布に与える影響 Thermal effect for distribution of deep-sea chemosynthetic faunas

渡部 裕美<sup>1\*</sup>; 矢萩 拓也<sup>2</sup>; 長井 裕季子<sup>1</sup>; 徐 美恵<sup>2</sup>; 小島 茂明<sup>2</sup>; 石橋 純一郎<sup>3</sup>; 山本 啓之<sup>1</sup>;  
藤倉 克則<sup>1</sup>; 御手洗 哲司<sup>4</sup>; 豊福 高志<sup>1</sup>  
WATANABE, Hiromi<sup>1\*</sup>; YAHAGI, Takuya<sup>2</sup>; NAGAI, Yukiko<sup>1</sup>; SEO, Mihye<sup>2</sup>; KOJIMA, Shigeaki<sup>2</sup>;  
ISHIBASHI, Jun-ichiro<sup>3</sup>; YAMAMOTO, Hiroyuki<sup>1</sup>; FUJIKURA, Katsunori<sup>1</sup>; MITARAI, Satoshi<sup>4</sup>;  
TOYOFUKU, Takashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>3</sup> 九州大学, <sup>4</sup> 沖縄科学技術大学院大学

<sup>1</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>2</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo,

<sup>3</sup> Kyushu University, <sup>4</sup> Okinawa Institute of Science and Technology

水温は、海洋生物の分布や生活史特性を特徴づける環境因子のひとつである。深海熱水噴出域は海洋環境の中でも幅広い水温環境を示すことから、水温が生物の分布や生態に与える影響を解明するのに適した環境である。本講演では、主に飼育実験の結果に基づき、深海熱水噴出環境において水温が生物の分布に与える影響について議論する。

水温が生物に与える影響を検討するために、沖縄トラフの深海熱水噴出域に生息する2種のオハラエビ類、熱水噴出孔近傍に分布するエンセイオハラエビ (*Shinkaicaris leurokolos*) と熱水縁辺域に分布するオハラエビ (*Alvinocaris longirostris*) の受精卵および浮遊幼生を5-30℃の環境下で200-280日間飼育した。受精卵の孵化までにかかる時間は、両種とも既往研究と同様に水温が上がれば上がるほど短くなったものの、孵化至適水温 (本研究では孵化率が50%より高い場合とした) はエンセイオハラエビの方がオハラエビよりも高かった。したがって、抱卵期間はエンセイオハラエビの方がオハラエビ短くなるものと予想される。オハラエビ類の多くには繁殖の季節性は観察されていないため、抱卵期間が短いことは繁殖回数が多いことにつながる。これらの観察結果は、エンセイオハラエビでオハラエビよりも高い遺伝的多様性が観察されていること (Yahagi et al. submitted) とよく一致している。孵化幼生の生育に適した水温も、飼育実験の結果からは孵化至適水温同様エンセイオハラエビの方がオハラエビよりも高いと考えられる。これらのオハラエビ類が分布する沖縄トラフの熱水噴出域のうち、水深が浅い環境では海底の水温が比較的高温となることから、オハラエビの幼生の正常な成長が困難であると予想される。また、浮遊幼生の生育至適水温からは、エンセイオハラエビは表層流を利用した分散が可能であり、沖縄トラフ以外の海域にも分布することが予想されるが、これまでに沖縄トラフ以外の熱水噴出域からエンセイオハラエビの分布は報告されていない。

この飼育実験では、水温が2種のオハラエビ類の分布や生活史をコントロールする主要な環境因子であることを示すことができた。水温が生物の代謝速度に影響を与えることは広く知られている。また、上記飼育実験の他にも水温が化学合成生物群集の生態に影響を与える例が知られている。このような知見を蓄積することによって、化石化学合成生物群集においても水温を推定することにより、生態についての推測が可能となるかもしれない。

キーワード: 熱水噴出域, オハラエビ類, 飼育実験

Keywords: hydrothermal vent, Alvinocarididae, rearing experiment

## 化学合成化石群集研究の現状と課題 Current status and problems of studies on ancient fossil chemosynthetic communities

ジェンキンズ ロバート<sup>1\*</sup>  
JENKINS, Robert<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学  
<sup>1</sup> Kanazawa University

Lonsdale (1977) が初めて熱水噴出口周辺から奇妙な深海生態系（のちに化学合成生態系だと発覚）を報告してから約40年が経とうとしている。この間、化学合成生態系は熱水噴出孔のみならず、メタン湧水や鯨骨、沈木などからも発見された。それぞれの化学合成生態系は化石記録でも認識され、地質時代を通じた化学合成生態系の変遷が理解されつつある。また、化学合成生態系が成立する極限環境への進化様式について現生・化石双方から様々な仮説が提唱されている。一方で化学合成化石群集を研究する上での課題も見えてきた。本発表ではこれまでの化学合成化石群集研究のまとめを行い、今後の進展へ向けた課題の整理を行う。特に化学合成化石群集の認定、時間軸と地域で見られる化石記録の偏在性、現生生物の分子生物学的解析から示される分岐年代と化石記録の整合性に着目した発表を行う。

キーワード: 化学合成生態系, 進化, 化石群集, 中生代, 新生代, 極限環境

Keywords: chemosynthesis-based ecosystem, evolution, fossil assemblage, Mesozoic, Cenozoic, Extreme environment