

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24570037

研究課題名(和文) 熱水域ベントス群集を対象とした新規加入幼生の時空間的変動の定量評価

研究課題名(英文) Spatio-temporal variability in recruitment of benthic invertebrates in hydrothermal vents

研究代表者

中村 雅子 (NAKAMURA, MASAKO)

東海大学・海洋学部・講師

研究者番号：50580156

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：今後の熱水鉱床開発に伴って、熱水域生物群集の保護が必須である。熱水域生物群集は主にベントスで構成されており、その形成、維持機構の解明には、新規加入幼生に関する知見が不可欠である。そのため、本研究では、沖縄トラフの熱水噴出域において、ベントスの新規加入幼生の種構成や加入量の空間的、時間的変異を系統立てて定量化することを目的とした。加入量の定量化には人工幼生付着基盤を用い、6熱水域に設置し、そのうち、2つの海域から回収した。その結果、海域間や海域内地点間、また、回収時期によって、加入幼生の構成や量が異なることが明らかとなった。このような差異が形成される要因としては初期生活史特性などが考えられる。

研究成果の概要(英文)：Due to growing anthropogenic impacts on hydrothermal vents, understanding on community structuring and maintaining mechanisms through larval recruitment is crucial. In this study, we aimed to quantify the recruitment variability of benthos at the hydrothermal vents in the Okinawa Trough, using artificial colonization plates. We set the plates at six different vents and retrieved them from two vents. Animal composition and abundance on the plates were different between vents, among sites within a vent, and between timings of recovery of the plates. The variability found in the recruitment might be influenced by reproductive and early-life history characteristics.

研究分野：ベントス生態学

キーワード：熱水生態系 幼生加入 ベントス群集 幼生分散

## 1. 研究開始当初の背景

沖縄には、サンゴ礁と並ぶ豊かな海洋生態系として、沖縄トラフが琉球列島の西方深海に広がっている。そこには、熱水噴出域があり、海底火山活動由来の化学物質(硫化物やメタン等)をエネルギー源として、細菌が生産者、ベントス(底生動物)が消費者となった熱水生態系が形成されている。沖縄トラフではこれまでに、南奄西海丘から第4与那国海丘まで7つの熱水噴出域が確認されており、それぞれの熱水噴出域では多様な生物群集がみついている。また、生物群集の多様性は、地域間および地域内地点間で大きく異なると報告されている(藤倉ら 2008)。さらに、熱水噴出域には、陸域の鉱物資源が乏しい日本にとっての大切な鉱物資源である熱水鉱床が存在する。つまり、熱水噴出域には、豊かな生態系と鉱物資源が同時に存在しており、今後、熱水噴出域では、熱水鉱床の開発に伴い、熱水生態系の保護が必須である。

熱水生態系の保護には、まず、生態系を構成する生物群集や環境に関する知見が必要である。そして、生物群集の形成・維持機構の解明は、生態系への影響を最小限に抑える熱水鉱床開発計画を立案するために不可欠である。しかし、沖縄トラフの熱水噴出域の生物群集や環境に関する知見は、未だ体系的ではなく、生物群集の形成・維持機構の解明には至っていない。

熱水噴出域の生物群集は、主に、固着性または移動能力が低いベントスにより形成されている。これらのベントスは、生活史の初期に浮遊幼生期をもつ。浮遊幼生は、遊泳能力が乏しく、海流によって輸送され分散する(Chevaldonné et al. 1997; Marsh et al. 2001)。つまり、熱水噴出域のベントスにとって、浮遊幼生期が唯一の移動・分散の機会であり、いつ、どこに、どれだけ、どの種の浮遊幼生がやってくるかが、群集の動態を左右する、と考えられる。これは、固着性または移動能力が低いベントス群集の維持が、現存する群集の生存に加えて、群集内に新規に加入する幼生の有無に依存しているためである。特に熱水噴出域は、突然の熱水噴出や海底噴火などによってベントス群集が影響を受けやすい。そのため、浮遊幼生の新規加入の時空間的変動は、熱水噴出域のベントス群集の動態(形成や維持)に大きな影響を与えたと考えられている(Mullineaux et al. 1998; Mullineaux et al. 2010)。このため、熱水噴出域の生物群集の形成・維持機構の解明には、新規加入幼生に関する知見が不可欠である。しかしこれまで、沖縄トラフの熱水噴出域において、新規加入幼生について調査した研究はなく、群集の組成や動態と加入幼生の関係は明らかになっていない。

## 2. 研究の目的

本研究では、沖縄トラフの熱水噴出域において、ベントスの新規加入幼生の種構成や加入量の空間的、時間的変異を系統立てて定量化することを目的とした。また、周辺のベントス群集と比較し、沖縄トラフの熱水噴出域生物群集の動態や種多様性と、幼生加入との関係を検討した。

## 3. 研究の方法

新規加入幼生の種構成や加入量の空間的、時間的変異を定量化するために、人工幼生付着基盤(以下、基盤; 図1)を用いた。基盤は、沖縄トラフ内の6つの熱水噴出域(伊平屋北、与論、伊良部、鳩間、第四与那国)にROVを用いて設置した。各熱水噴出域内には、リプリケートとして、2~3地点とり、各地点には、1~3セットの基盤を設置した。設置は、2011年のNT11-20航海、2012年のK12-02航海、2013年のNT13-22航海、2014年のKY14-02航海と2016年3月(以下、C16-03)の航海で行った。

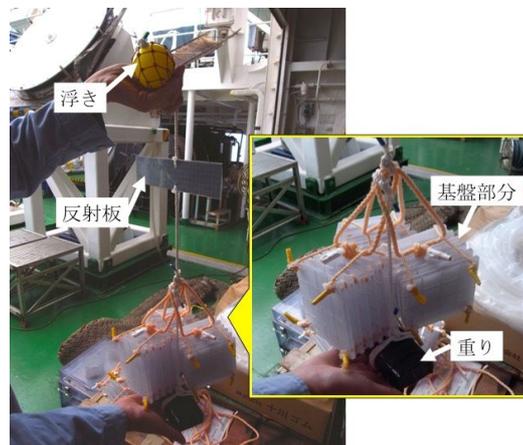


図1. 熱水噴出域設置用の人工幼生付着基盤。

設置場所のひとつ、伊平屋北は、2010年9月に深海掘削船「ちきゅう」が、統合国際深海掘削計画(IODP)において、掘削を行った場所であり、掘削により新たに形成された熱水噴出孔のC0014Gで加入量調査を行った。掘削により人工的に作られたC0014Gの付近に2地点(Site 01, Site 02)とり、対象区(Site 03)として、掘削以前から存在した生物群集内に基盤を設置した。C0014G付近は、掘削以前は生きた生物がほとんど確認されていないが、基盤設置時に、Site 01では肉眼でエビ類などが確認された。一方、Site 02では確認されなかった。Site 03ではシンカイヒバリガイ類やゴエモンコシオリエビ、キノミフネカサガイなどが確認された。

設置した基盤のうち、伊平屋北(NT13-22)と鳩間(KY14-02とC16-03)で回収を行った。伊平屋北では、設置から21ヶ月後に、鳩間では、28ヶ月と12ヶ月後に回収をした。回

収を行った地点では、加入量の時間変動を捉えるために新しい基盤の設置を行った。

回収した基盤上に着定している生物を、形態分類学および分子生物学的手法を用いて、種同定し、種ごとに加入量を明らかにした。また、基盤上の生物群集を構成する主要な種に関しては、体長計測を行い、サイズ頻度分布から加入パターンを推測した。さらに、主要な種に関しては、高感度遺伝子マーカーであるマイクロサテライトマーカーを用いて、遺伝子流動の程度から遺伝的な群集構造を推定した。

さらに、基盤を設置した地点の周辺から生物群集を採集し、生殖腺の発達度合いやサイズ頻度分布、遺伝的集団構造から、繁殖生態や加入パターンの解析を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 基盤設置周辺域の生物群集を形成するベントスのうち、パイオニア種といわれるキノミフネカサガイ *Lepetodrilus nux* について、繁殖生態と分散および加入機構の一端が明らかとなった。繁殖生態に関して、雌雄異体で、メスが精子嚢をもち体内受精を行うことが明らかとなった。さらに、オス、メス共に、発生段階のことなる配偶子を生殖腺内にもつことから、連続的に繁殖を行っていることが推定された。また、遺伝的集団解析とサイズ頻度分布解析から、沖縄トラフ内は遺伝的に同一な集団であるが、幼生の新規加入は断続的であり、場所によってそのパターンが異なることが明らかとなった。

(2) 上記キノミフネカサガイの新たな分布地域も明らかとなった。これまで記録のなかった南奄西と伊良部海丘においてキノミフネカサガイの生息を確認した。

(3) 基盤を設置した周辺から採集された生物サンプルを元に、遺伝的集団構造解析に用いるマイクロサテライトマーカーの解析が進められ、キノミフネカサガイのマーカーは、(4)の集団遺伝解析で用いた。

(4) 沖縄トラフにおいて、熱水噴出域におけるベントスの新規加入パターンの一端を明らかにした。回収した基盤上に加入していたベントス群集は、熱水噴出域間、および、同域内調査地点間で大きく異なった。

##### 伊平屋北における加入

C0014G の付近の Site 01 と Site 02、および、対象区である Site 03 へ加入したベントス群集は量や種組成において地点間で大きく異なった(図2)。一番多くの生物種が確認されたのが Site 03 であり、加入個体数も極めて多かった。また、Site 02 への加入量は少なく、加入生物も Site 01 と Site 03 とは大きく異なった。一方、Site 01 で確認された生物種は Site 03 で全て確認

された。Site 01 と Site 03 に加入した生物種で一番個体数が多かったのは、キノミフネカサガイであった。そのため、同2地点に加入したキノミフネカサガイについて、サイズ組成と遺伝的な集団構造を比較した。その結果、サイズ組成については2地点間で大きな違いが見られた。Site 03 への加入個体は2 cm 以下の小さな個体に偏る傾向が顕著に見られたが、Site 01 にはそういった偏りは見られなかった。一方、遺伝的な集団構造には、地点間で大きな違いは見られなかった。これは(1)の広域で行ったキノミフネカサガイの遺伝的集団解析結果に準ずるものであった。

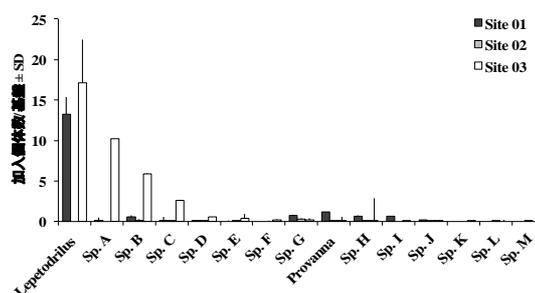


図2. 伊平屋北内3地点におけるベントス加入量(平均値±標準偏差)。

##### 鳩間における加入

鳩間内の2地点(Site H01、Site H02)ではともに、ニヨリハイカブリニナ *Provanna subglabra* の加入が著しく多かった(図3)。この傾向は KY14-02 と C16-03 での回収に共通するものであった。2地点のうち、Site H01の方がSite H02に比べて加入量が多い、という結果も2回の回収に共通した。しかし、KY14-02にSite H01とSite H02から回収された基盤上の生物種数に違いはなかったが、C16-03では、Site H02から回収した基盤上の生物種数が同時期回収のSite H01やKY14-02時と比べて非常に少なかった。

##### 地点間比較

基盤への主要な新規加入種は、伊平屋北でキノミフネカサガイであり、鳩間でニヨリハイカブリニナであった。両種ともに、伊平屋北と鳩間で加入が観察されたが、全ベントス加入量に対する割合が伊平屋北と鳩間で大きく異なっていた。キノミフネカサガイもニヨリハイカブリニナも両海域で一般的に見られる普通種であり、沖縄トラフに広く分布している。上記のような違いが伊平屋北と鳩間で見られた要因については、今後、周辺海域の群集構造との関係や新規加入幼生の時空間変動パターン、物理環境などを明らかにすることから検討していく。

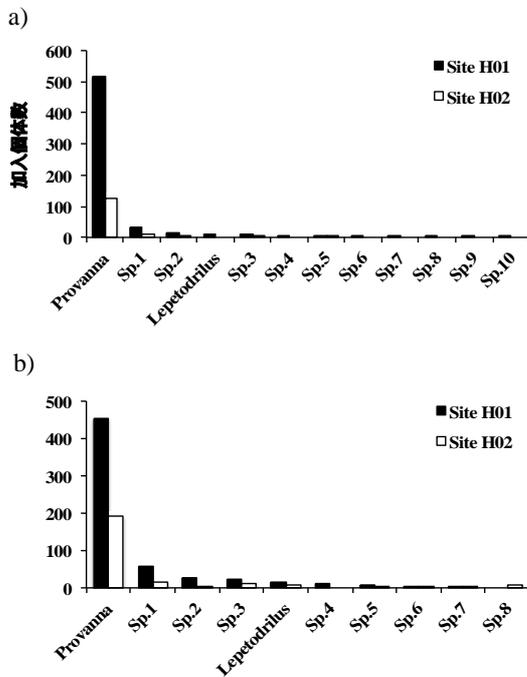


図3 . 鳩間内2地点におけるベントス加入量。  
a) KY14-02 , b) C16-03

## 5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

Nakajima, Y., Shinzato, C., Khalturian, M., Nakamura, M., Watanabe, H., Satoh, N., Mitarai, S. (in press) The mitochondrial genome sequence of a deep-sea, hydrothermal vent limpet, *Lepetodrilus nux*, presents a novel vetigastropod gene arrangement. Marine Genomics (査読あり), doi:10.1016/j.margen.2016.04.005

Nakamura, M., Chen, C., Mitarai, S. (2015) Insights into life-history traits of *Munidopsis* spp. (Anomura: Munidopsidae) from hydrothermal vent fields in the Okinawa Trough, in comparison with the existing data. Deep-Sea Research(査読あり), Part 2, 100:48-53 doi:10.1016/j.dsr.2015.02.007

Nakamura, M., Watanabe, H., Sasaki, T., Ishibashi, J., Fujikura, K., Mitarai, S. (2014) Life history traits of *Lepetodrilus nux* in the Okinawa Trough, based upon gametogenesis, shell size, and genetic variability. Marine Ecology Progress Series (査読あり), 505:119-130 doi:10.3354/mesp10779

[学会発表](計 3 件)

中村雅子ら, "沖縄トラフ伊平屋北熱水域における「ちきゅう」掘削後のベントス幼生加入パターン", 2015年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会、2015年9月2日-5日、北海道大学(札幌)

Watanabe, H. et al. "Habitat segregation in transition zones in hydrothermal vent fields in the Okinawa Trough, north-western Pacific", 14<sup>th</sup> International Deep-Sea Biology Symposium, August 31-September 4, 2015, Aveiro, Portugal.

Nakamura, M. et al., "Gametogenesis and population structure of a hydrothermal vent gastropod *Lepetodrilus nux* at different vent sites in Okinawa Trough", 13<sup>th</sup> International Deep-Sea Biology Symposium, December 3-7, 2012, Wellington, New Zealand.

[図書](計 0 件)

[産業財産権]  
出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

中村 雅子 (NAKAMURA, Masako)  
東海大学・海洋学部・講師  
研究者番号: 50580156

### (2)研究分担者

渡部 裕美 (WATANABE, Hiromi)  
海洋研究開発機構・極限環境生物圏領域・研究員  
研究者番号: 50447380

佐々木 猛智 (SASAKI, Takenori)  
東京大学・総合研究博物館・准教授  
研究者番号：70313195

(3)研究協力者

中島 祐一 (NAKAJIMA, Yuichi)  
沖縄科学技術大学院大学・海洋生態物理学  
ユニット・研究員  
研究者番号：50581708