

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18602

研究課題名(和文) インドー西太平洋に分布する深海化学合成生物群集の姉妹性の検証

研究課題名(英文) Phylogeography of deep-sea chemosynthetic fauna in Indo-western Pacific region

研究代表者

渡部 裕美 (WATANABE, Hiromi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・海洋生物多様性研究分野・技術主任

研究者番号：50447380

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、インド洋と西太平洋の深海化学合成生物群集の交流を地理的に分断した過程を明らかにするため、分子系統解析とプランクトン幼生の生態的特徴に基づき遺伝子交流可能範囲を推定するものであった。本研究では複数の分類群に関してインド洋と西太平洋をはじめとする深海化学合成生物群集に分布する系統群を中心とした分子系統解析を実施することによって、本研究開始時に提唱していた「海洋の陸地化に伴う系統群の分断および種分化」よりも、プランクトン幼生の輸送を左右する海洋構造の変化の方が、海洋生物の種分化さらには多様化に対してより大きな影響を与えていることを示した。

研究成果の概要(英文)：The present study attempted to reveal phylogeography of deep-sea chemosynthetic fauna distributed in Indo-western Pacific regions, to identify the range of gene flow of local lineages of deep-sea chemosynthetic fauna, furthermore, to determine the geological event which split the original lineage, to increase biodiversity in deep ocean. DNA barcoding analysis revealed that morphological variability of deep-sea chemosynthetic fauna, and taxonomy and morphological keys of barnacles of subfamily Neolepadinae was revised. The molecular phylogeographic analyses showed that the lineages in Indian Ocean was migrated from southern Pacific through Southern Ocean, and genetically diversified locally by formation of Circum-Antarctic Current, rather than geological events such as formation of Sunda Arc or collision of Indian Plate. The present study provided a new calibration date for phylogenetic analyses based on current formation.

研究分野：海洋生態学

キーワード：種分化 生物多様性 系統地理

### 1. 研究開始当初の背景

種分化は、地球上の生物多様性創出機構を支える基本的なイベントの1つである。陸上生物における種分化のメカニズム、さらに創出された多様性の分布パターンはダーウィンをはじめとする島嶼生物学者によって明らかにしてされてきたが、これらは陸上と海洋の生物で異なることが知られている。海洋、特に深海は、地下を除く地球上の生命圏の9割を占める環境であり、地球上の生物多様性創出機構を知るためには、深海における生物の種分化機構を明らかにすることは欠かせない。

生物個体群の地理的な分断は種を分化させる主な要因の1つである。海洋生物の種分化に関しては、約300万年前に成立したパナマ地峡によって、その東西に分布していた浅海生物種を分化させたことが知られている。必ずしも全ての海洋生物がこのイベントによって多様化した訳ではないが、深海生物もパナマ地峡の成立によって個体群が分断され、多様化したと仮定し、種分化の年代を分子系統学的解析から推定し、その機構を論じている場合が多い。パナマ地峡の成立に代わる、海洋生物の個体群を分断したと予想されるイベントが存在しないことが、問題であると予想される。

### 2. 研究の目的

世界中の海嶺や海溝に沿って断続的に分賦する化学合成生物群集は、深海底に分布する島嶼のような環境であり、海洋生物の種分化過程を明らかにするための優れた研究対象である。本研究では浅海から深海まで幅広い環境において提唱されているインド-太平洋生物地理区に注目し、インド洋および西太平洋に分布する深海化学合成生物群集の姉妹性を、分子系統学的解析と海洋物理モデルシミュレーションを用いて検証する。これにより、インド半島の衝突およびスダ列島の形成によってテチス海生物群集が分断された過程を明らかにすることができるだけでなく、DNA塩基配列情報を用いた分岐年代推定のための新しいキャリブレーションイベントを提供し、これまで過小評価されていた深海化学合成生物群集の放散年代を見直すことができる。

### 3. 研究の方法

インド洋および西太平洋の深海化学合成生物群集に対して、(1)研究協力者と共に分類学的調査を実施し、必要に応じて新種記載を行い、(2)両海域に共通して分布する属を対象に分子系統学的解析を行い、両海域に分布する近縁種の姉妹性を検証した。さらに(3)海洋物理モデルシミュレーションを用いて、分子系統学的解析から予想される生物分散の実現性を検証した。以下、詳細を記す。

(1)過去に実施された航海で取得された標

本を精査したところ、進出と予想される2種の貝類、4種の甲殻類、1種の多毛類が見つかった。研究協力者に形態の観察を依頼するとともに、これらのミトコンドリアの部分塩基配列を取得、分子系統解析を実施することにより、新種を特徴付ける形態が環境変異によるものではないことを確認し、種の記載を行った。

(2)インド洋および太平洋に分布する種のうち、*Bathymodiolus* 属、*Alvinocaris* 属、*Neolepas* 属、*Lepetodrilus* 属に関してミトコンドリアDNAの部分塩基配列を取得し、公共データベースに登録されている同属別種の塩基配列データと併せて分子系統解析を行った。

### 4. 研究成果

本研究によって、西太平洋およびインド洋の深海化学合成生物群集から5つの新種、および2種の希少種の分布を報告することができた。また、化学合成生物群集が分布する環境の中でも、特に熱水噴出域では環境変化が大きく、遺伝的に均質であっても生息環境によって形態が変化することも明らかにした。この結果に基づき、深海性ミョウガガイ類の *Neolepadinae* における分類の見直しも行った。

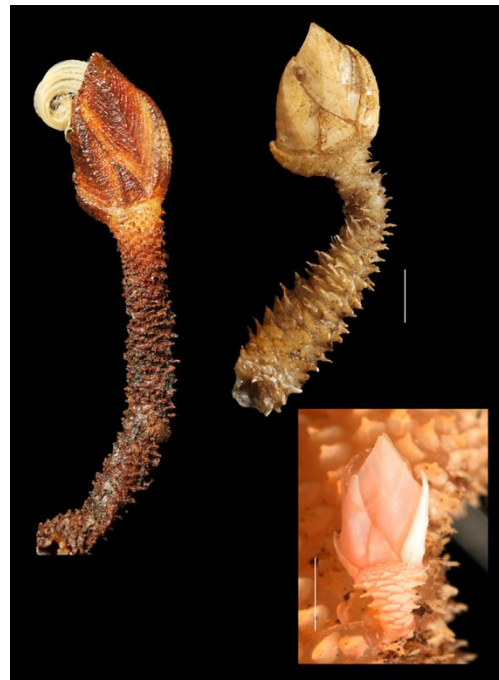


図1. インド洋かいいいフィールド(A)およびソリティアフィールド(B)から採集された *Neolepas marisindica*. 別種として報告されても良いくらい形態が異なるが、種内変異が検出できるほど塩基置換速度が速いDNA部分塩基配列に違いは認められなかった。(Watanabe et al. 2018)

本研究で実施した分子系統学的解析からは、インド洋と西太平洋に分布する同属異種間の姉妹性を確認することはできなかった。

一方で、インド洋に分布する種は、南極のものと同縁であることが示された。特にミヨウガガイの仲間である *Neolepas* に関しては、主な調査対象となっている中央および南西インド洋海嶺だけでなく、南東インド洋海嶺にも分布することが明らかになり、インド洋の深海化学合成生物群集の分布像を一新することができた。また、太平洋から南極を経てインド洋に向かって深海生物は分布域を拡げてきたと推測され、南極環流の形成によってこれらの個体群が分断され、種として分化したものと考えられた。つまり、インド半島の衝突やスダ列島の形成といった海洋の陸地化に伴う地理的分断ではなく、南極環流の形成という海洋そのものの環境が変化することの方が、海洋生物の多様化に影響を与えることが示唆された。

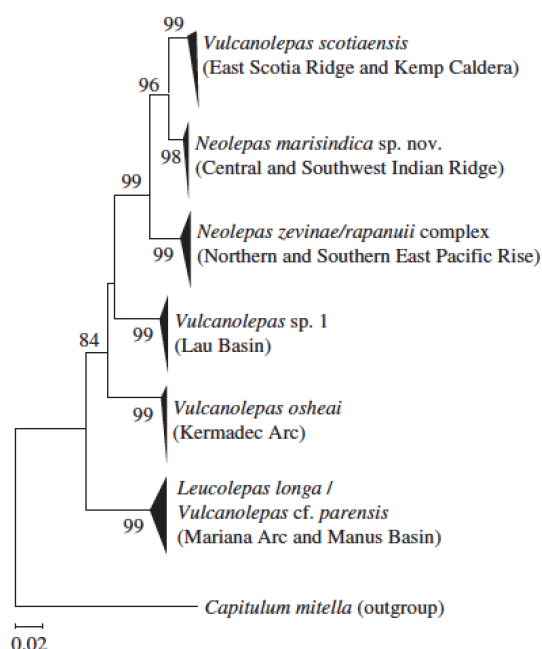


図2. 深海化学合成生物群集に分布するミヨウガガイ類の分子系統樹。インド洋に生息する *N. marisindica* は南極海に生息する *V. scotiaensis* と姉妹群を構成し、これらと最も近縁なのは南東太平洋に分布する *N. zeviniae/rapanuii* complex であった。(Watanabe et al. 2018)

本研究によって、南極を含む海域に分布する海洋生物の分子系統学的解析の分岐年代推定のキャリブレーションイベントを追加することができ、海洋をはじめとする水圏生物の多様化機構の一端を明らかにすることができたと考えている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7件)

Chen C, Okutani T, **Watanabe HK**, Kojima S. The first cuspidariid bivalve associated with a hydrothermal vent discovered from

the Southern Mariana Trough. *Venus*. In press. (査読有)

Zhang Y, Sun J, Rouse GW, Wiklund H, Pleijel F, **Watanabe HK**, Chen C, Qian PY, Qiu JW. Phylogeny, evolution and mitochondrial gene order rearrangement in scale worms (Aphroditiformia, Annelida). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, in press. (査読有)

Uyeno D, **Watanabe HK**, Shimanaga M (2018) A new dirivultid copepod (Siphonostomatoida) from hydrothermal vent fields of the Izu-Bonin Arc in the North Pacific Ocean. *Zootaxa*, **4415**: 381 – 389. (査読有)

Komai T, Chen C, **Watanabe HK** (2018) Two new species of the crangonid genus *Metacrangon* Zarenkov, 1965 (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Okinawa Trough, Japan. *Zootaxa*, **4410**: 97 – 112. (査読有)

**Watanabe HK**, Chen C, Marie DP, Takai K, Fujikura K, Chan BKK (2018) Phylogeography of hydrothermal vent stalked barnacles: a new species fills a gap in the Indian Ocean dispersal corridor“ hypothesis. *Royal Society Open Science*, **5**: 172408. DOI 10.1098/rsos.172408. (査読有)

Chen C, **Watanabe HK**, Miyazaki J, Kawagucci S (2017) Unanticipated discovery of two rare gastropod molluscs from recently located hydrothermally influenced area in the Okinawa Trough. *PeerJ* **5**: e4121; DOI 10.7717/peerj.4121. (査読有)

Chen C, **Watanabe HK**, Ohara Y (2017) A very deep *Provanna* (Gastropoda: Abyssochrisoidea) discovered from the Shinkai Seep Field, Southern Mariana Forearc. *Journal of Marine Biological Association of U.K.*, Doi:10.1017/S0025315416001648. (査読有)

〔学会発表〕(計 3件)

**Watanabe HK**, Yahagi T, Kojima S, Mitarai S, Yamamoto H (2017) Dispersal and population maintenance of two hydrothermal vent shrimps, *Alvinocaris longirostris* and *Shinkaicaris leurokolos*. 6<sup>th</sup> International Symposium on Chemosynthesis-Based Ecosystem, Woods Hole, MA, USA, Sep 2017. (Oral presentation)

**Watanabe HK**, Chan BKK (2017) Revision of taxonomy of deep-sea chemosynthetic barnacles. Japan Geoscience Union Meeting, Makuhari Messe, Chiba, Japan, May 2017. (Poster presentation)

**渡部裕美**, 瀬之口れいな, 上島優貴, 野牧秀隆, 北橋倫, 山本啓之 (2016) 深海熱水噴出域に生息する *Stygiopontius* 属 (ウオジラミ目: Dirivultidae 科) の系統地理. 日本ベントス学会・プランクトン学会合同大会, 熊本県立大学, 熊本, Sep 2016. (Poster presentation)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡部 裕美 (WATANABE, Hiromi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・海洋生物多様性研究分野・技術主任

研究者番号: 50447380

### (2) 研究協力者

御手洗 哲司 (MITARAI, Satoshi)

沖縄科学技術大学院大学・海洋生態物理学ユニット・准教授

CHEN, Chong (CHEN, Chong)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・深海・地殻内生物圏研究分野・ポスドクトラル研究員