

西部南太平洋におけるアルビンガイ類の種分化

小島 茂明*1 太田 秀*1 藤原 義弘*2
藤倉 克則*2 橋本 惇*2

中央マリアナトラフ、南部マリアナトラフ、マヌス海盆及び北フィジー海盆の熱水噴出孔周辺から採集したアルビンガイ類について、ミトコンドリアDNAの塩基配列に基づく系統解析を行った。中央マリアナトラフと南部マリアナトラフのアルビンガイ *Alviniconcha hessleri* 集団の間には、遺伝的な差異が見られなかった。マヌス海盆と北フィジー海盆で採集された個体はいずれも、マリアナの個体とは明らかに異なる配列を示し未記載種であると考えられる。さらに、北フィジー海盆からのみ、第3の種と考えられる個体が少数採集された。これら3者の間の系統関係と各海盆の拡大開始時期から、アルビンガイ類の進化過程を考察した。

キーワード：アルビンガイ類，種分化，背弧海盆，西部南太平洋

Speciation of Gastropods of the Genus *Alviniconcha* in the South Western Pacific

Shigeaki KOJIMA*3 Suguru OHTA*3 Yoshihiro FUJIWARA*4
Katsunori FUJIKURA*4 Jun HASHIMOTO*4

Phylogenetic relationships among gastropods of the genus *Alviniconcha* collected at the four vent sites in the South Western Pacific, were analyzed based on the nucleotide sequences of mitochondrial DNA. No genetic differentiation was detected between the population of *Alviniconcha hessleri* of the Central Mariana Trough and that of the South Mariana Trough. All individuals collected in the Manus Basin and the North Fiji Basin were genetically different from *A. hessleri*. They are thought to be a species different from *A. hessleri*. In addition, the third species was discovered in the North Fiji Basin. On the basis of their phylogenetic relationships and the geological ages of these vent fields, we discussed the speciation process of the genus *Alviniconcha*.

Key words : *Alviniconcha*, speciation, back-arc basins, South Western Pacific

*1 東京大学海洋研究所

*2 海洋科学技術センター海洋生態・環境研究部

*3 Ocean Research Institute, University of Tokyo

*4 Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

マリアナトラフからラウ海盆にいたる西部南太平洋の熱水噴出孔周辺にみられる化学合成生物群集は、マヌス海盆のデスモスサイトとニューアイルランド海盆を除き、シロウリガイを欠く点で特徴的である。これらの生物群集では、シロウリガイのニッチ（生態学的地位）を、*Alviniconcha* 属と *Ifremeria* 属の大型腹足（巻貝）類が占めている。こうした腹足類のうち最初に発見されたのが、アルビンガイ *Alviniconcha hessleri* で、中央マリアナトラフの熱水域（水深3,650m）を模式産地として記載された（Okutani and Ohta, 1988）。その後、同じマリアナトラフの南部（水深1,470m）でも同種とされる個体群が発見されている（Gamo et al., 1993）。2つの生息場所の間には、2,000mを超える水深差があるにもかかわらず、採集された個体には、顕著な形態の違いが見られないことが報告されている（Hasegawa et al., 1997）。

マヌス海盆、北フィジー海盆及びラウ海盆の熱水域にも、アルビンガイ類が生息している。これらの海域で採集された個体は、一般にマリアナの個体に比べ大型で、別種である可能性が指摘されているが、分類学的な位置付けははまだ不明である。

アルビンガイ類の様に形態学上の分類形質に乏しい動物群の分類には、遺伝子マーカーの利用が有効であるが、アルビンガイ類の分類に分子系統学の手法を用いた研究は、現在までに、アロザイム分析により北フィジー海盆とラウ海盆の集団間の遺伝的差異を比較した例（Denis et al., 1993）があるだけである。

2. 材料と方法

潜水調査船「しんかい2000」、「しんかい6500」、「ノチール」の潜航調査において、中央マリアナトラフ（Alice Springs Field）、南マリアナ海嶺（Forecast Vent Field）、マヌス海盆（PACMANUS Site）及び北フィジー海盆（White Lady site, STARMER II site）の熱水噴出孔周辺で、アルビンガイ類、計80個体を採集した（表1）。Kojima et

表1 本研究で利用したサンプル
Table 1 Samples used in this study.

採集場所	潜水調査船	No.	N
中央マリアナトラフ	「しんかい6500」	D153	9
南部マリアナトラフ	「しんかい6500」	D185	5
		D186	11
		D650	9
マヌス海盆	「しんかい2000」	D914	20
北フィジー海盆	「ノチール」	D12	4
		D15	2
		D20	3
	「しんかい6500」	D77	4
		D80	2

al. (1997)と同じ方法により、各個体から、ミトコンドリアDNAを抽出、PCR法によりCOI領域の下流域を増幅し、ダイレクト・シーケンス法で塩基配列を決定した。集団の遺伝的組成の差の有意性は、Raff and Bentzen (1989)の方法により検定した。アルビンガイ類の系統は、北フィジー海盆ホワイトレディーサイトで採集されたヨモツヘグイニナ *Ifremeria nautilei* を外群（アウトグループ）として、近隣結合法（Saitoh and Nei, 1987）で解析した。

3. 結果

ミトコンドリアDNA・COI領域の306塩基対の配列に基づいて系統解析を行ったところ、解析した80個体は、大きく3つのグループに分かれることが示された。第1のグループは、中央マリアナトラフと南部マリアナトラフの全個体から構成されており、*Alviniconcha hessleri* に対応する。第2のグループは、マヌス海盆の全ての個体と北フィジー海盆の個体の大部分から構成されていた。北フィジー海盆のSTARMER IIサイトで採集された5個体のうち3個体が第3のグループを形成した。それぞれのグループに属する個体間の遺伝的変異は、グループ間の変異に比べて小さく、おのおののグループに属する個体は別の種である可能性が高い。各グループの分類学的位置付けを行うためには、綿密な外部形態の吟味や微細な内部形態の比較など、より詳細な検討が必要であるが、本稿では暫定的にこれらを別種と考え、上記の第2のグループを構成する個体群を種A、第3のグループを種Bとする。

マリアナトラフのアルビンガイ（第1グループ）では、同一の配列を持つ個体が、中央トラフと南部トラフの両方で優占しているのに加え、他の2種類の配列をもつ個体が、両方の集団に出現しており、大きな水深の差にもかかわらず集団間に明確な違いは見出されなかった。Raff and Bentzen (1989)の方法による検定でも、2つの集団間に有意な遺伝的組成の差は検出されなかった ($p=0.102$)。マヌス海盆と北フィジー海盆の種Aでも同様に、優占する配列が共通し、有意な差は検出されなかった ($p=0.377$)。

暫定的な3種の間の系統関係を推定するために、さらに上流の配列（216塩基対）を決定し、アルビンガイと同じハイカブリニナ科（Provannidae）に属する近縁種ヨモツヘグイニナ *Ifremeria nautilei* を外群にして、解析を行った。結果を図1に示す。マリアナのアルビンガイと種Aが姉妹関係にあり、種Bはより遠縁であることが示された。以上の系統関係は、非常に高いブートストラップ確率（100%）により支持されている。

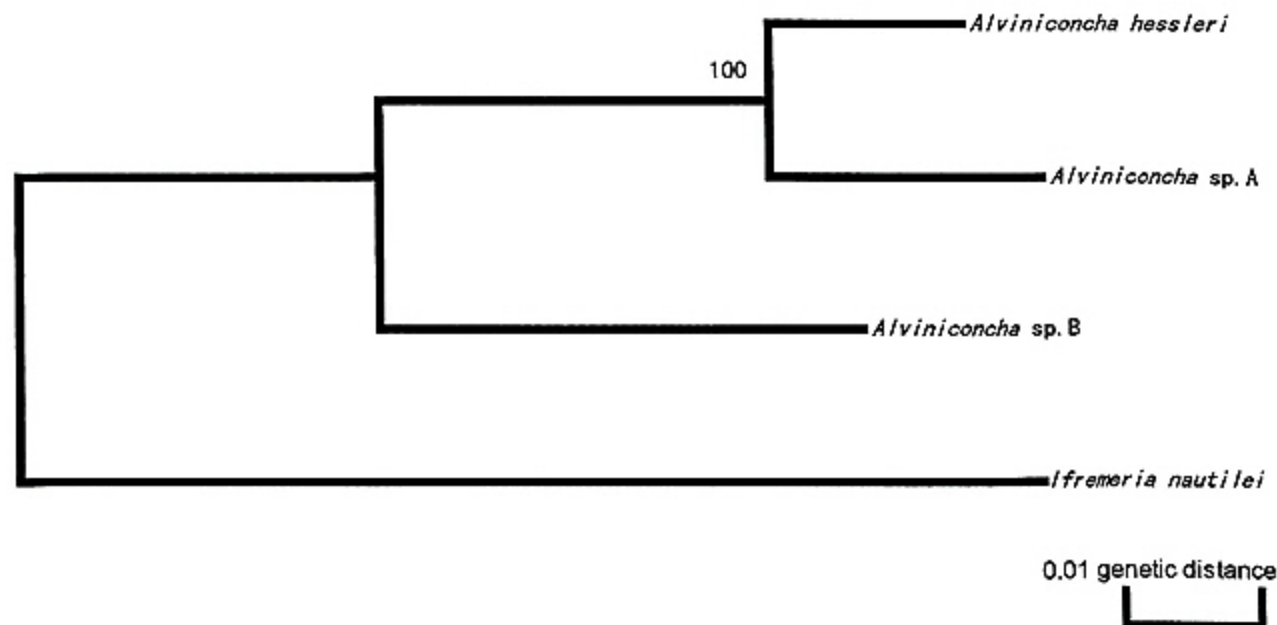


図1 暫定的なアルビンガイ3種間の系統関係
Fig. 1 Phylogenetic relationships among three tentative species of *Alviniconcha*.

4. 考 察

現在までにアルビンガイ類の生息が確認されているのは、本研究でサンプリングを行ったマリアナトラフ、マヌス海盆、北フィジー海盆の他にはラウ海盆のみである。北フィジー海盆の拡大が開始したのが1000万年以上前である (Malahoff et al., 1982) のに対し、マリアナトラフは500万年前 (Hussong and Uyeda, 1982)、マヌス海盆とラウ海盆は350万年前 (Taylor 1979; Weissel, 1977) といわれている。

アルビンガイ類の種分化過程について、著者らが現在考えている仮説を図2に示す。これが正しければ、北フィジー海盆で誕生した全てのアルビンガイの共通祖先種が、マリアナトラフの拡大開始後、マリアナに分布を広げ、ここで地理的に隔離される一方、北フィジーに残された集団が、種Bになる。350万年前以降、マリアナトラフからマヌス海盆へ移入した集団から種Aが誕生し、マリアナトラフの集団は、*A. hessleri*になる。マリアナトラフの2つの熱水域の集団間には大きな水深の違いにもかかわらず隔離が生じず、それ以上新しい種は生まれなかった。ラウ海盆には、北フィジーから種Bが移入している。比較的最近になって、種Aがマヌス海盆から北フィジーに分布を拡大し、種Bを駆逐しつつあるのが現在の状況となる。

以上のシナリオのうち、ラウ海盆については現在までのところ、国内にサンプルがなく、具体的なデータに基

づく検証が不可能である。Denis et al. (1993)は、アロザイム分析に基づき、北フィジー集団とラウ集団が、遺伝的に異なることを報告している。彼らの分析は、個体毎でなく、集団全体の平均値の比較を行っているため、ラウ海盆の集団が、種Bのみで構成されているか、北フィジー集団と同様に、種Aと種Bが共存しているが2種の割合が大きく異なるとすれば、上記のシナリオと矛盾しない。

現状では、ラウ海盆のアルビンガイが、他の海域の3種とは別の第4の種である可能性も否定できない。いずれにせよラウ海盆のサンプルの入手と、各海域の集団のより詳細な構造の解析、そして分岐年代の正確な推定による、仮説の検証が必要である。

謝 辞

サンプルの採集に際しての、STARMER航海及びBIOACCESS-Manus 96航海の乗船研究者の皆様、「しんかい2000」「しんかい6500」「ノチール」運航チームおよび支援母船「なつしま」「よこすか」「ナディール」の乗組員の皆様の協力に感謝する。また、南部マリアナトラフのサンプル（「しんかい6500」Dive 350）を提供して下さった角皆 潤博士に感謝する。

10Ma

7Ma

3.5Ma

Present

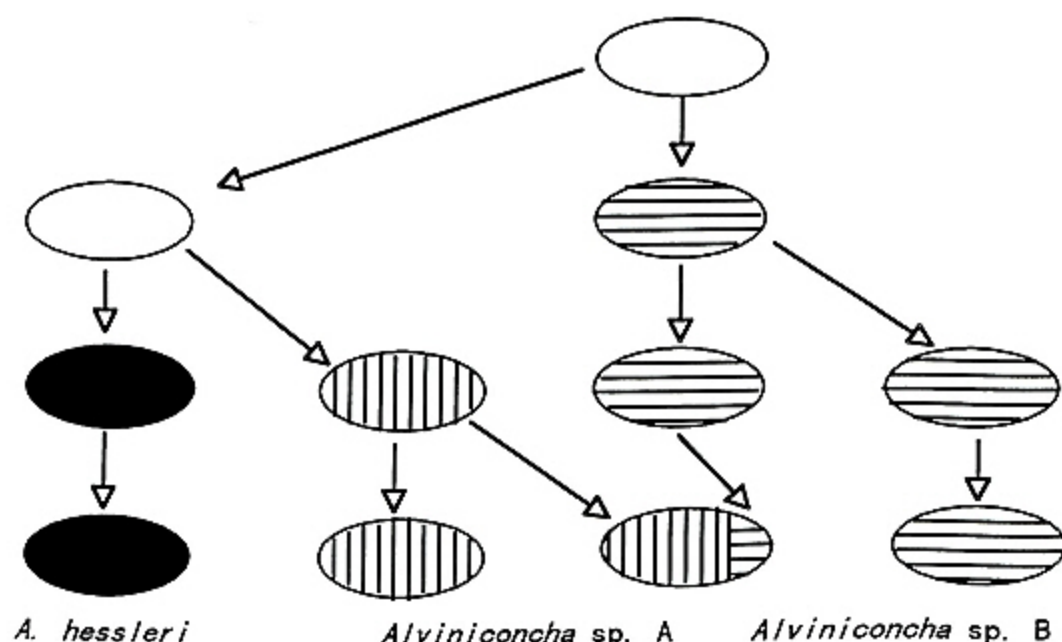


図2 アルビンガイ類の種分化過程に関する仮説

Fig. 2 Hypothetical process of speciation of the genus *Alviniconcha*.

引用文献

- Denis, F., D. Jollivet and D. Moraga (1993) : Genetic separation of two allopatric populations of hydrothermal snails *Alviniconcha* spp. (Gastropoda) from two south Western Pacific back-arc basins. *Biochemical Systematics and Ecology*, 21, 431-440.
- Gamo, T. and the shipboard scientific party (1993) : Revisits to the mid-Mariana Trough hydrothermal site and discovery of new venting in the southern Mariana region by the Japanese Submersibles Shinkai 6500. *InterRidge News*, 2, 11-14.
- Hasegawa, K., K. Fujikura and T. Okutani (1997) : Gastropod fauna associated with hydrothermal vents in the Mariana back-arc basin : Summary of the results of 1996 "Shinkai 6500" dives. *JAMSTEC Journal of Deep Sea Research*, 13, 69-83.
- Hussong, D. M. and S. Uyeda (1981) : Tectonic process and the history of the Mariana arc: a synthesis of the results of Deep Sea Drilling Project leg 60. *International Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 60, 909-929.
- Kojima, S., R. Segawa and I. Hayashi (1997) : Genetic differentiation among populations of the Japanese

turban shell *Turbo (Batillus) cornutus* corresponding to warm currents. *Marine Ecology Progress Series*, 150, 149-155.

- Malahoff, A., S. R. Hammond, J. J. Naughton, D. L. Keeling and N. Richmond (1982) : Geophysical evidence for post-Miocene rotation of the island Viti Levu, Fiji, and its relationship to the tectonic development of the North Fiji. *Earth and Planetary Science Letters*, 57, 398-414.
- Okutani, T. and S. Ohta (1988) : A new gastropod mollusk associated with hydrothermal vents in the Mariana back-arc basin, Western Pacific. *Venus (Japanese Journal of Malacology)*, 47, 1-9.
- Raff, D. A. and P. Bentzen (1989) : The statistical analysis of mitochondrial DNA polymorphisms and the problem of small samples. *Molecular Biology and Evolution*, 6, 539-545.
- Saitoh, N. and M. Nei (1987) : The neighbour-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 10, 471-483.
- Taylor, B. (1979) : Bismarck Sea: Evolution of a back-arc basin. *Geology* 7, 171-174.

Weissel, J. K. (1977) : "Evolution of the growth of small plate." p429-437. In : Island arcs, deep sea trenches and back-arc basins. Edited by Talwani, M. and W. C.

Pitman III, American Geophysical Union, Washington, 470pp.

(原稿受理：1998年7月10日)