

有光層におけるハオリムシの発見

橋本 惇*¹ 藤倉 克則*¹ 三浦 知之*² 小坂 丈予*³

今日まで、ハオリムシ類は、化学合成細菌を生産者とした生態系である熱水噴出孔生物群集及び冷水湧出帯生物群集を構成する典型的な深海生物の1つと考えられてきた。しかし、1993年2月に、鹿児島湾奥部の火山性ガス・熱水噴出孔に関わる生物群集の探索を目的とした曳航式深海カラー-TVシステムによる一連の調査により、湾奥東部にある小海丘の頂上部付近（水深82m）において、おびただしい数のハオリムシを発見し、その採集に成功した。鹿児島湾でのハオリムシの発見は世界最浅の記録であり、熱水噴出孔・冷水湧出帯生物群集に関する生物地理学的・生態学的観点から非常に重要である。

Discovery of Vestimentiferan Tube-worms in the Euphotic Zone

Jun HASHIMOTO*⁴ Katsunori FUJIKURA*⁴
Tomoyuki MIURA*⁵ Joyo OSSAKA*⁶

To date, vestimentiferan tube-worms have been considered to be a typical member of the deep-sea biological communities supported by chemosynthetic production. In 1993, during a series of surveys exploring the biological community accompanied by submarine fumaroles called "Tagiri" by local fishermen, numerous vestimentiferan tube-worms were discovered to form clusters at a depth of 82m in Kagoshima Bay, southern Japan. The vestimentiferans in Kagoshima Bay are well remarkable not only in the shallowest occurrence in the world but also in the first record from the euphotic zone. This discovery contribute to the biogeography, ecology and other biological studies of chemosynthesis-based communities.

*1 海洋科学技術センター深海研究部

*2 鹿児島大学水産学部, 海洋科学技術センター流動研究員

*3 玉川大学農学部

*4 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

*5 Faculty of Fisheries, Kagoshima University; Visiting Researcher of Japan Marine Science and Technology Center

*6 Tamagawa University

1 はじめに

ハオリムシの一種である*Lamellibrachia barhami*が最初に採集されたのは、北太平洋の水深1,125m地点である(Webb, 1969)。その後、ハオリムシ類は、熱水噴出孔生物群集や冷水湧出帯生物群集を構成する主要な一群として注目され、現在まで6属10種が記載されている(Jones, 1985; Mañé-Garzón and Montero, 1986)。しかし、科より高い分類群レベルではその帰属が問題とされ、外部形態等から有鬚動物門の一綱(Webb, 1969)、環形動物門の一綱(van der Land and Nørrevang, 1975)、あるいは独立した門(Jones, 1985)として扱われるばかりでなく、発生様式(Southward, 1988)やヘモグロビン構造(Suzuki *et al.*, 1989)などにおいても系統が論じられている。一方、ハオリムシ類の生息は、東太平洋やメキシコ湾の水深1,125mから3,270mの熱水噴出孔・冷水湧出帯生物群集(Webb, 1969; Jones, 1985)、南米のガイアナ沖の水深500m地点(van der Land and Nørrevang, 1975)や南米のウルグアイのモンテビデオ沖の水深400m地点(Mañé-Garzón and Montero, 1986)で確認されており、スペイン沖の水深1,160m地点では沈船からハオリムシらしい棲管が採取されている(Dando *et al.*, 1992)。また、我が国周辺海域においては、相模湾(Hashimoto *et al.*, 1989)、中部沖縄トラフの南奄西海丘(橋本ほか, 1990)や伊平屋海嶺(太田, 1990)、小笠原海域の木曜海山、日光海山(橋本・藤倉, 1992)などの水深430mから1,370mにかけて存在する冷水湧出帯生物群集、熱水噴出孔生物群集から数タイプのハオリムシ類が発見され採集されている。

鹿児島湾は阿多カルデラと始良カルデラという2つの巨大な火口によって形成された湾中部と湾奥部から成り(Matsumoto, 1943)、両海域は活火山の桜島によって分断されている。湾奥北東部には水深200mの平坦な凹地が存在し、若尊プロトカルデラと命名されている(桑代, 1964)。桜島から湾奥東部の地域で起こった22,000年前の噴火は大隅降下軽石から入戸火砕流にいたる一連の活動として知られ、(Aramaki and Ui, 1966)、現在も、湾奥東部の水深80m地点と200m地点には、火山性噴気現象が存在し、地元当漁者に“た

ぎり”と呼ばれている。このような噴気現象を伴う鹿児島湾の海底環境は、水深の違いこそあれ、基本的には熱水噴出孔生物群集の棲息環境と同様である。また、1977年には湾奥部魚類の水銀汚染を究明するため、小型潜水艇「はくよう」による潜航調査が実施され、撮影されたビデオ映像や写真に不鮮明ではあるがハオリムシとみられる生物が記録されていた。そのため、鹿児島湾湾奥部でも、熱水噴出孔生物群集の発見が期待された。

海洋科学技術センターは鹿児島大学および玉川大学などの協力も得て、1990年以来数度にわたって当海域の調査を行ってきたが、1993年2月に実施された曳航式深海カラーTVカメラシステムによる調査で、おびただしい数のハオリムシを鹿児島湾の湾奥部水深82mの海底に発見した。本論では、この発見について、その概略を報告する。

2 材料と方法

調査に使用した曳航式深海カラーTVシステムには、カラーTV、TV用照明ライト、35mmスティルカメラ(2台)、スティルカメラ用ストロボ(2台)、CTD、音響航法用トランスポンダが基本装備されているが、今回は“たぎり”の環境計測のため米国シーバード社のDO計(SBE-16/D0)を曳航体に取り付け使用した。また、40cm×10cm×50cmの小型ドレッジを曳航体の下1mに吊り下げ、リアルタイムで海底を観察しながら生物や底泥の採集が可能になるようにした。ハオリムシの分布状態はビデオ画像とスティル写真および曳航体の航跡から求め、調査中の船位はGPS(WGS 84, 補正值なし)、曳航体位置はスーパーショートベースライン方式トランスポンダ航法により求めた。また、ハオリムシの分布密度と生物量は、スティル写真のステレオ解析と採集個体の計測値から算出した。

3 結果と考察

1990年以来、若尊プロトカルデラ中央部の水深200m海域において曳航式深海カラーTVシステムや無人探査機「ドルフィン3K」による熱水噴出孔生物群集の探索が行われた。その結果、多くの噴気孔と熱水に揺らぐ繊維状バクテリアが確認され、採集した底泥からは赤色の化学合成硫黄細菌

が単離された (Naganuma *et al.*, 1991) が、熱水噴出孔生物群集を構成すると推定されるメガベントスは確認できなかった。

1993年2月4日、若尊プロトカルデラの東部に位置する小海丘において曳航体による調査を実施したところ (図1)、海丘頂上部付近の水深82mから110mにかけて、多くの“たぎり”現象とおびただしい数のハオリムシを発見した (写真1)。その後、曳航体に取り付けた小型ドレッジによりハオリムシ類の採集に成功した (写真2)。鹿児島湾のハオリムシは、軟泥が厚く堆積した数mオーダーの岩に付着棲息していた。このようなハオリムシ群落は、円錐丘頂上部の150m×200m程度の

限定された狭い範囲で観察された。ハオリムシの最大分布密度は3,000個体/m²、生物量は9 kg/m²以上と推定された。鹿児島湾のハオリムシの分類学的検討は、現在、三浦が行っているが、一部の鰓糸が膜状に融合していることから *Lamelibrachia* 属の一種と考えられる。ハオリムシ棲息域からは、未記載のキヌタレガイ科二枚貝類、多毛類、テナガエビ科長尾類、コシオリエビ科異尾類が採集された。

“たぎり”ガスには、80.6~84.3volume%の高濃度の二酸化炭素、12.5~15.3volume%のメタン、0.07~0.47volume%の硫化水素が検出された (小坂ほか, 1992)。噴出孔直上の海水温度は、周囲

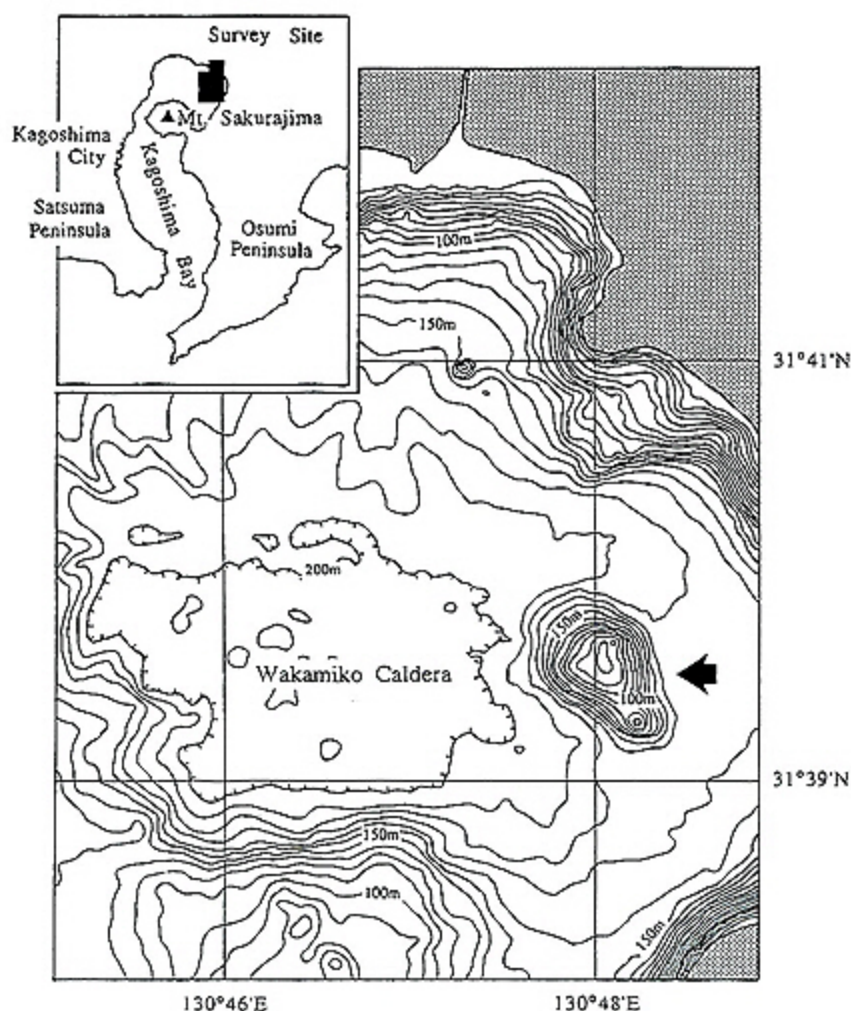


図1 鹿児島県北部の海底地形図。ハオリムシ群集は、若尊プロトカルデラ東部にある小海丘 (太矢印) の頂上部で発見された。

Fig. 1 Topography of the northern part of Kagoshima Bay. Living vestimentiferans were found near the summit of a small knoll (thick arrow) neighbored the Wakamiko Proto-caldera.

環境温度16°Cに比べやや高い28~30°Cを示した。また、表面海水がpH8.2であるのに対し、直上水はpH5.1~6.9と非常に低い値を示した。

ハオリムシ類は、熱水噴出孔生物群集や冷水湧出帯生物群集に知られるような化学合成を基礎生産とする特異な生態系に典型的な深海生物の1つと考えられてきた (Jones, 1985など)。すなわち、ハオリムシ類は、体内共生細菌が硫黄の酸化過程で得るエネルギーを間接的に利用していると考えられている (Felbeck *et al.*, 1985)。鹿児島湾のハオリムシも“たぎり”から放出される硫化水素を利用している可能性が高い。また、このことは、硫化水素源として硫酸ナトリウムを添加することにより、本種を150日以上室内飼育した事実 (三浦私信) から指示される。今回の鹿児島湾での発見により、ハオリムシ類が深海のみならず、浅海の有光層にも棲息が可能であることが証明された。また、ハオリムシ類が棲息するための環境制限要因は、熱水・冷湧水中の化学成分と水深との組み合わせによるものではなく、単に熱水・冷湧水中の化学成分のみによることが実証された。

鹿児島湾奥部の熱水活動は、早くとも22,000年前以降に始まったものであり (Aramaki and Ui, 1966), 熱水環境形成の地史あるいはハオリムシ類の分布や進化を考えた場合、比較的新しい出来事であることを重視する必要がある。また、その熱水活動域も他の熱水噴出孔生物群集が棲息する熱水活動域に比べて浅い。このような“たぎり”群集は、千島列島のウシシル島の温泉生物群集 (Trasvo *et al.*, 1990) と同様に、光合成と化学合成を基幹とする複雑な生態系を構成しているものと思われる。しかし、鹿児島湾の生物群集はいまだに十分に調査されておらず、他の海域と同様に一連の熱水生物が得られる可能性も否定できない。一方、他の熱水生物が得られなければ、鹿児島湾のハオリムシが、中部沖繩トラフの南奄西海丘 (橋本ほか, 1990) や伊平屋海嶺 (太田, 1990) などのような鹿児島湾に比較的近い熱水噴出孔から伝播した可能性も推定される。

今後、鹿児島湾のハオリムシに関する伝播経路や生態的意義について考察するために、ハオリムシ類の生活史・分散機構あるいは集団間の遺伝的

距離および“たぎり”群集の構造を解明することが望まれる。

謝 辞

本調査に際し、終始協力を惜しまれなかった調査船「なつしま」・「かいよう」の船長はじめ乗組員の方々および無人探査機「ドルフィン3K」操縦班の皆様に深謝します。調査に協力いただいた鹿児島大学の上野宏共教授、大木公彦助教授、四宮明彦助教授および本文をまとめるに際し御助言いただいた東京大学海洋研究所の太田秀教授にも併せて感謝します。

参考文献

- Aramaki, S. and T. Ui (1966): The Aira and Ata pyroclastic flows and related calderas and depressions in southern Kyushu, Japan. *Bull. Volcanol.*, 29, 29-47.
- Dando, P. R., A. J. Southword, E. C. Southword, D. R. Dixon, A. Crawford and M. Crawford (1992): Shipwrecked tube worms. *Nature*, 356, p. 667.
- Felbeck, H., M. A. Powell, S. C. Hand and G. N. Somero (1985): Metabolic adaptations of hydrothermal vent animals. *Biol. Soc. Washington*, 6, 261-272.
- 橋本 惇・藤倉克則 (1992): 水曜海山・木曜海山・日光海山における熱水噴出孔生物群集。第9回しんかいシンポジウム予稿集, 48-51.
- 橋本 惇・藤倉克則・堀田 宏 (1990): 南奄西海丘における深海生物群集の観察。「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 6, 167-179.
- Hashimoto, J., S. Ohta, T. Tanaka, H. Hotta, S. Matsuzawa and H. Sakai (1989): Deep-sea communities dominated by the giant clam, *Calymene soyocae*, along the slope foot of Hatsushima island, Sagami Bay, Central Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 71, 179-192.
- Jones, M. L. (1985): On the vestimentifera, new phylum: Six new species and other taxa, from hydrothermal vents and

- elsewhere Bull. Biol. Soc. Washington, 6, 117-158.
- 桑代 勲 (1964) : Proto-calderaについて. 地学雑誌, 73, 114-120.
- Land, J. van der A. Nørrevang (1975) : The systematic position of *Lamellibrachia* (Annelida, Vestimentifera). Zeits. Zool. Sys. Evol. Sonder, 1, 86-101.
- Mañé-Garzón, F. and R. Montero (1986) : Sobre una nueva forma de verme tubícola - *Lamellibrachia victori* n.sp. (Vestimentifera) - Proposición de un nuevo phylum : Mexoneurophora. Rev. Biol. Uruguay, 8, 1-28.
- Matsumoto, T. (1943) : The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. Jap Jour Geol and Geogr, 19, Special Number, 1-57.
- Naganuma, T., Deep Sea Research Group and Deep Star Group (1991) : Collection of chemosynthetic sulfur bacteria from a hydrothermal vent and submarine volcanic vents. Proc. JAMSTEC Symp. Deep Sea Res., 7, 201-217.
- 太田 秀 (1990) : 沖縄海盆伊平屋海凹の熱水性生物群集「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 6, 145-156.
- Oki, S. and S. Hayasaka (1978) : Geological study on Kagoshima Bay, South Kyushu, Japan. Part IV - A note on the peculiar mode of occurrence of foraminifers in the bottom sediments of the bay-head area. Rep. Fac. Sci. Kagoshima Univ. Earth Sci. Biol., 11, 1-11.
- 小坂丈予・平林順一・上野健治・黒崎 誠・橋本惇 (1992) : しんかいシンポジウム報告書, 8, 75-80.
- Suzuki, T., T. Takagi, K. Okuda, T. Furukohri and S. Ohta (1989) : The deep-sea tube worm hemoglobin: Subunit structure and phylogenetic relationship with annelid hemoglobin. Zool. Sci., 6, 915-926.
- Tarasov, V. G., M. V. Propp, L. N. Propp, A. V. Zhirmunsky, B. B. Namsaraev, V. M. Gorlenko and D. A. Starynin (1990) : Shallow-water gasohydrothermal vents of Ushishir volcano and the ecosystem of Kraternaya Bight (the Kurile Islands). Mar. Ecol., 11, 1-23.
- Webb, M. (1969) : *Lamellibrachia barhami*, gen. nov., sp. nov. (Pogonophora), from the northwest Pacific. Bull. Mar. Sci., 19, 18-47.

(原稿受理 : 1993年7月22日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載



写真1 鹿児島湾のハオリムシ群集。31°39.55' N, 130°48.07' E, 水深82m。群集の間出する熱水とガスが白色の斑状部として撮影されている。

Photo 1 A cluster of vestimentiferan tube-worms, 31°39.55' N, 130°48.07' E, 82 m deep, Kagoshima Bay. The vent fluid welling out of the clump base was also photographed as whitish patches.



写真2 鹿児島湾奥部で採集されたハオリムシの1個体(スケール単位; mm)

Photo 2 A specimen of the vestimentiferans collected from the same site. (a scale; mm)