

沖縄背弧海盆伊平屋海凹のシロウリガイサイト とピラミッドサイトの熱水噴出孔生物群集の生 態学的観察

金 東成^{*1} 太田 秀^{*1}

1990年5月16日および5月17日の「しんかい2000」のダイブ#480および#481において、前年度に引き続き沖縄背弧海盆の伊平屋小海嶺東部の熱水噴出孔の生物群集を訪れた。堆積底のシロウリガイサイト（水深1400m）と、溶岩と熱水析出物の岩盤からなるピラミッドサイト（水深1390m）の2つのターゲットを定め、距離的には近傍であるが基盤の異なる生物群集を比較することに主眼がおかれた。シロウリガイサイトの生物群集に1年間の時間変化はほとんど認められなかった。また、熱的異常はほとんど認められずむしろ冷湧水的な温度環境でありながら、生物群集は熱水的であることが再確認された。

堆積物に被覆されシロウリガイサイトは、生物量としてはシロウリガイが、個体数としては2種のミョウガガイ類が優占する。岩盤からなるピラミッドサイトは2種のえびとシンカイヒバリガイ類が個体数で卓越し、生物量では数種の高綿が優占した。また、シロウリガイ、大型のハオリムシ、ミョウガガイが認められなかった。

Submersible observations and comparison of the biological communities of the two hydrothermal vents on the Iheya Ridge of the Mid-Okinawa Trough

Dong Sung KIM^{*2} Suguru OHTA^{*2}

During the Dives 480 and 481 of the submersible SHINKAI 2000 on May 16 and 17, 1990, two hydrothermal vent communities on the northern slope of the Iheya Ridge in the Mid-Okinawa Trough (27°32.5'N ; 126°58.5'E ; depth 1400m) were visited.

The first site, "Calymene Site", was characterized by relatively thick blanket of sediments, pleated and/or laminated lava flow, with occasional lobate pillows and white and yellow stains. Although no remarkable shimmering water and thermal anomalies were detected during the observations and sampling of the dense patches of organisms, the extraordinarily thick community must be fueled by hydrothermal chemicals. The community was dominated by *Calymene* sp. nov. in biomass, primitive scalpellids (*Neolepas* spp.) and slender vestimentiferan tube worm in number. The second

* 1 東京大学海洋研究所

* 2 Ocean Research Institute, University of Tokyo

site," Pyramid Site", situated only 200m northward to the "Calypotogena Site" have typical clear smokers over 200° C, and characterized by the hard substratum of volcanic rocks and hydrothermal slabs.

Bearing two themes in mind, i. e., 1) to follow the temporal variation (succession) of the biological communities at the "Calypotogena Site" over a year, 2) to compare the communities between the sediment covered and hard rock vents, the two missions were dedicated to observations on their life forms, behaviors, feeding habits and inter-specific competitions, together with collection of as many animals as possible.

No remarkable succession was perceived at the "Calypotogena Site" over a year. Many of the vent members occurred at both sites. However, *Calypotogena* sp. which were confined to sediment bottom, *Neolepas* spp. and larger vestimentiferan tube worms were found to thrive only at the "Calypotogena Site".

Keywords : Iheya Ridge, hydrothermal vent community, Calypotogena, vestimentiferan tube worms

1. はじめに

熱水噴出孔は噴出物自体の働きで孔部を閉じる運命にあり、その寿命も数十年以下と見積もられている。したがってある熱水噴出孔の周辺に繁栄する生物群集もほぼ同じタイムスパンで変遷すると考えられる。その意味で前年のダイブ#409および#410で発見した伊平屋 A 海域（通称伊平屋小海嶺東部：27°33.0' N；126°58.2' E：1360m～1405m）のシロウリガイサイト（太田, 1991b 参照）を再訪し、同一サイトでの生物群集の時間的変遷を追跡することに大きな期待がもたれた。一方、伊平屋 A 海域のシロウリガイサイトの200m北側には200℃以上の高温のクリアスモーカーと濃密な生物群集を特徴とするピラミッドサイトが発見された（木村ほか, 1989；田中ほか, 1989）。前者はチムニーや“ゆらぎ”状の熱水噴出あるいはガスの自噴を伴わない堆積物で覆われた場所であるが、それにもかかわらずこの地域に著しい密度の熱水性生物群集が認められていた。後者は溶岩と熱水析出物の岩盤からなる典型的な熱水地帯である。これら2つのターゲット間で、距離的には近傍であるが基質の異なる生物群集を比較することもおおいに興味をそそる。平成2年度のダイブ#480および#481はこの2主題をメインテーマするものであった。本潜航報告においては多岐にわたる個別的な研究成果とは別に、産状の記載と

生態観察を中心に報告する。

2. 調査地点と研究装備

双方のダイブとも沖縄舟状海盆伊平屋小海嶺北東部の水深約1400m 前後の平坦部に位置するシロウリガイサイトと、その北方約200m に位置するピラミッドサイトを訪れた（図1）。

1991年5月16日のダイブ#480には群集構造の記載用に鉛直方向にセットした白黒フィルムを装填したステレオカメラ、小型のベイトトラップ2個、中型のベイトトラップ1個、化学吸着剤を付けた折り畳み式のベイトトラップ1個、採泥管2本、鋤簾、白金抵抗温度プローブを艇に装備した。翌5月17日のダイブ#481には小型のベイトトラップ、手網、採泥管、温度プローブを装備した。さらに両ダイブを通じてベイロード・ラック（廂下）には開閉式近底層プランクトンネット（RMT改良型）（菊池ほか, 1991参照）を装着した。

3. 潜航記録と観察

前年度の経験を踏まえ、ダイブ#480ではシロウリガイサイトに容易にアプローチできた。ダイブ#481では逆に、ピラミッドサイトを先に訪れ、シロウリガイサイトを探したが、目的地に到達するのにかなりの時間がかかった。以下にダイブ#

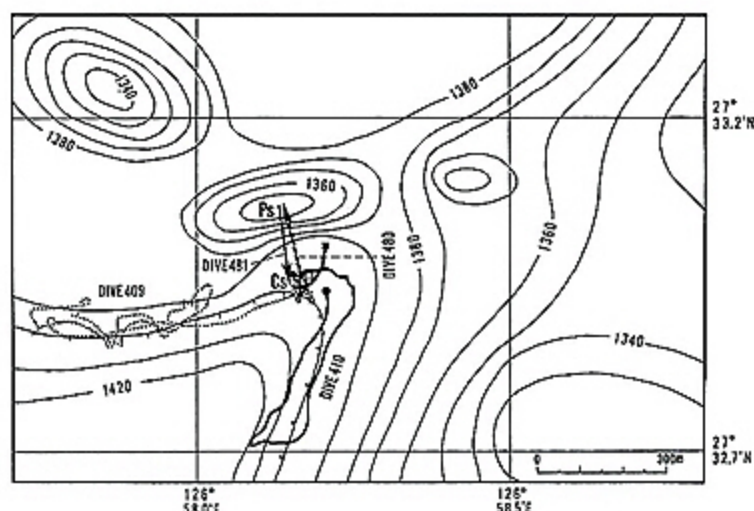


図1. 前年度の潜航#409と#410および本年度の潜航#480と#481の航跡と海底地形の概略. Ps: ピラミッドサイト, Cs: シロウリガイサイト

Fig. 1. Track lines of Dives 409, 410, 480 and 481 on the SeaBeam map of the relevant site. Ps: Pyramid Site, Cs: Calyptra Site.

480, #481潜航中の海底, 生物の様子および作業内容を時間を追って記す。

〔ダイブ#480: 1990年5月16日〕

11:01 平らな海底を視認 (深度 1401m)。

11:04 白い粉末が散在している所に着底。

体長30~40cmのミツマタナマコがかなりの密度で見える。彼らは泥表の有機デトリタスを選択的に摂食する生物である。おそらく自由生活の化学合成細菌がすでにこの辺りの堆積物の表面にも多いのであろう。深海性のウナギ類 *Synphobranchus*, トカゲギス *Aldrovandia affinis* やギンザメ類も通常の海底で期待される密度よりかなり高い。これらの魚類はふつう熱水噴出孔生物に固有な生物には数えないが、ここの海水の雰囲気は通常の生物に有毒な化学成分が希薄であることを示している。

11:09 水深1400~1410mの範囲はかなり平らで、明色の細粒堆積物に覆われている。水深1400m沿いには所々に黒褐色の積層構造を持った岩、長卵形の枕状溶岩および多くのしわに覆われたシート状のフラットが露出する。岩質は典型的な玄武岩とは異なり、かなり珪酸分の多い噴出岩と思われる。その露岩の上には白くて丸いガラス海綿類のイイジマオキナカイメン *Phoronema ijimai*

Okadaが見える。その回りの海底にはシロウリガイ死殻。露岩上にはガラス海綿類と大型で中央部に最大幅を持つカイロウドウケツの仲間 *Euplectella* sp., 大型いそぎんちゃく類, ケヤリムシ類 (Sabellidae: 棲管径5耗程) が生える。これはシロウリガイサイトの周辺100m規模の延長線に分布する。海綿類は濾過食性の動物であり、これほどの密度を維持できるのは底層流中にバクテリアのクロットなどが豊富であることを思わせる。

11:13 シロウリガイの死殻が次第に増大。

11:17 大きな露岩の隙間に細いハオリムシがいる。平らな地面には大きなハオリムシがまばらに体の先端部約10~15cmを垂直に出している。

11:24 イバラガニの歩く姿が見える。

11:30 堆積底の諸処には硫酸カルシウムもしくは硫酸バリウムと思われる白い粉末のマットが見られる。

11:51 千匹以上の細いハオリムシが、髪がもつれた様な叢を作っているのが見える (写真1)。この群の中には乳白色半透明の体色・白い眼球・長い額角・細い歩脚を持つ *Alvinocaris* sp. と、燈色の体色・黒い眼球・短い額角・太い歩脚を持つ *Lebbeus* sp. の2種類のエビがたくさん住んでいる。また、その下の方には大きなハオリムシが鰓

突起を出しているのがみえる。その隣には赤橙色の長さ3~6cmぐらいの中型のシンカイヒバリガイ類、シンカイコシオリエビがいる。岩の上には *Neolepas* 型のミョウガガイも住んでいる。

この周辺ではシロウリガイ死殻とヒトデ類を散見する。

12:11 昇り傾斜。

12:24 平らな地面から火成岩域に移行する。シロウリガイの死殻が次第に増えると共に *Henricia* や *Goniasteridae* などのヒトデ類およびイバラガニを視認。

12:26 シロウリガイサイトを発見。前年に設置したトラップがみえる。

生物が密集しているシロウリガイサイトの地形など全般的な様子は、角礫岩滓および粗砂粒で覆われた底質に、灰黒褐色の火山性の平板状の岩が露出している。その周辺の等深線沿いに幅約5m、長さ約20mほどにわたって著しい密度で生氣に満ちた底生生物が生活していた。シロウリガイが1×3m、1×1m程度の群集を成しているところ以外にも、岩の隙間には30~40、15~20個位の生きたものが見られる。

再訪したシロウリガイサイトは、前年度に比べて縁辺部のシロウリガイがやや減少してはいるが、全般的にはそれほど変わらない印象をうけた。シロウリガイが旺盛に生きている場所の堆積物の厚さは約15cmあり、その回りの堆積物の厚さは約5cmで、その下は岩盤と思われる。開いた殻の開口部からはピンク色の外套膜を覗かせ、不完全なサイフォンを通してゆったりと呼吸を噴出している。生物量において最も優占するのはこのシロウリガイ類であり、パッチ内の現存量は優に10kg/m²級と推定される。

シンカイヒバリガイの仲間、元来この場所では個体数が少ないものの、去年とほぼ変わっていない。岩盤上や細かいハオリムシの隙間に住んでいるのが見える。

13:07 小型、中型および折り畳み式のベイトトラップを設置。

13:18 化学的析出物もしくはバクテリアマットをかぶっている細かいハオリムシの隙間には大型の熱水性エビ類が見えかくれする。前年度は手網で挑戦したが、殆どが逃げてしまい、マニピュレー

ターで破碎したシロウリガイをオトリにしてやっとのことで、少数個体を採集したのだが、今年是用意したベイトトラップでこれらの長尾類や端脚類をよく採集できた(写真2)。この長尾類や端脚類は比較的小型ながら俊敏で猛猛な捕食者(消費者)である。蓋の穴の大きさに差をつけた2種類の小型のベイトトラップには、餌とした二枚貝の軟体部から広がる臭いを追って、まず端脚類が入って来る。大きい穴があるトラップには、*Alvinocaris* や *Lebbeus* がどんどん接近して来るが、トラップの中に入るまでにはかなりの時間がかかった。トラップの奥にある餌を口まで引き寄せて、体の前半分だけをトラップの中に入れて、少しづつ引きちぎって摂食しては外に逃げるといふ賢い行動を見せる。しかし、時間の経過とともにトラップの中はエビでいっぱいになった。自然状態での密度は200個体/1m²程度で、80%~90%の個体は *Alvinocaris* である。マニピュレーターで破碎された貝に対する接近の方式にも *Alvinocaris* は先に遊泳して来るのだが、*Lebbeus* は太い歩脚で歩きながら遅れて接近する。

13:37 二枚貝の近傍の露岩には極めて古い体制を残した2種の未記載のミョウガガイ類の集塊と、からみあう小型で細かいハオリムシ類が密集群落を形成している。細かいハオリムシの糸玉はあたかも牡丹雪に埋められたように化学的析出物もしくはバクテリアマットをかぶっている。これらが個体数において最も優占する生物である。シロウリガイやハオリムシなどの生物をサンプリングする。細かいハオリムシの間にはよくトゲクモヒトデが隠れて住んでいる。シェルターというよりは、ハオリムシの叢下に沈積した腐泥をねらっているものと思われる。

ハオリムシの下、もしくはやや周辺部の粗砂に薄く覆われた堆積底には開口部の径が1cm程度、全長30~70cmの大型のハオリムシが、鎌首を持ち上げた蛇もしくはアスバラガスのように開口部を10~20cm直立させて生えている。叢状に群れることはなく、基部の大部分は堆積物の下で岩に固着している。生息密度の高い部分では20個体/m²に達する。潜水艇のカメラを大型のハオリムシに向けて固定し観察を続ける。体幹の先端部を地面に直立させて、ハオリ部の上にある開口部から、短

い鰓糸と細い鰓突起を伸ばしたり引っ込めたりしている（写真3）。

最大の生息密度をもつのがミョウガガイ類 *Neolepas*-type sp. A であるが、これはシロウリガイやハオリムシなどが密集している回りの露岩に固着して広く分布している。またそれとは別種のものと思われるミョウガガイ *Neolepas* sp. B が数個体ずつハオリムシの鞘に付着しているのが見られる。ハオリムシの棲管に付着するミョウガガイは、ほとんどが先端部に付いている。これはミョウガガイがハオリムシが成長して後付着したことを示し、ミョウガガイの寿命は相対的に短く、opportunistic な繁殖戦略を示唆している。細いハオリムシの上には海綿が付着する（写真4）。

13:40 温度測定を実施。探索およびサンプル採集の過程ではチムニーやゆらぎ状の熱水噴出は認められず、伊是名や南奄西のようにガス（ガス液）の自噴も伴わないので、厳密には“熱水噴出孔”生物群集とは断定しかねるものである。温度計をシロウリガイが一番元気よく生活している中に差し込んだ結果、3.1℃の周辺海水温に比べ0.3～0.5℃くらい高い3.4～3.6℃であった。

13:55 若いイバラガニが歩いている。

14:06 トゲクモヒトデ類が小さい岩の上、もしくは細いハオリムシの叢中や上を歩いているのが観察された（写真5）。これはハオリムシなどを採集する時に出てくるのを見るにつけ、想像以上に多いと予想される。ほとんどのものが同じサイズである。また、シロウリガイ群集中に *Ophiura* 型のクモヒトデが見えた（写真6）。この2種類とも伊平屋の生物群集としては無視できない量で存在することを指摘しておこう。

14:37 採泥管で白色変色帯の堆積物を採取しようとする。コア・キャッチャーを供えた採泥筒では飛散し、採集はできなかった。粒子の粘着性が希薄であることから、このマットは *Beggiatoa* などの糸状細菌を主体としたものではなく、炭酸塩もしくは硫酸塩を主成分とする化学的析出物と思われる。

14:48 開閉式近底層プランクネット（RMT改良型）を開いて10分くらい周辺を走る。

15:10 離底。

〔ダイブ#481:1990年5月17日〕

10:55 溶岩上のおびただしい数の *Pheronema* *ijimai* とシロウリガイの貝殻とともに海底を視認。ピラミッドサイトを目指してさらに前進。

11:07 白い変色帯と水の“ゆらぎ”状の噴出を視認。

11:08 ピラミッドサイトの西縁に到着。ピラミッドサイトの様子を見ると、全体的には中の抜けた溶岩の岩板の間から熱水が出ているのが見える。割れ目から沸き上がる“ゆらぎ”状の水の噴出孔の回りには細いハオリムシ、シンカイコシオリエビと *Alvinocaris*, *Lebbeus*。少し離れてシンカイヒバリガイの仲間、さらに離れて細かい数mm程度のゴミのような海綿。それを大きく取り巻いてジャガイモ型の直径5～10cmの海綿、希に直径1.5cmくらいの大型の笠貝も見える。平らな岩盤上のえび類は約50個体/50×50cmと高密度である（写真7）。シンカイヒバリガイは3匹あるいは5匹ずつ、ところどころに散在しており、2×2mあたり20匹程度で、大きさは1cm級の小さい物から10cmくらいのものまで見えるが、全般的にあまり大型ではない。全体的に個体数で優占するものは *Alvinocaris* と *Lebbeus* およびシンカイヒバリガイである。そして生物量としてはむしろ露岩の表面を覆う海綿（写真8）が優占し、自由生活者では大型のシンカイコシオリエビ（シンカイヒバリガイの個体数の約数分の一）が多い。ピラミッドサイトには大型のハオリムシ、シロウリガイ、ミョウガガイがほとんどいない。

11:27 ペイトトラップを設置。

11:31 異常な形態のエビを発見（写真9）。他のエビに比べて長さは1.3倍位（約7cm～8cm程度）、太さは2倍以上で、頭胸部から体の約2/3を覆を被ったように“苔”が生えている。これは乳白色半透明の体色・白い眼球・長い額角・細い歩脚をもつことから、*Alvinocaris* の老成個体と思われる。この“苔”は細菌のフィラメントと思われるが、生態的意義は未詳。

11:34 ヒバリガイが付いている岩石や *Alvinocaris*, *Lebbeus* の採集を始める。

11:58 手網でコシオリエビの採集を試みる。

12:12 イバラガニの摂食行動の観察。

12:19 マニピュレータでイバラガニの採集を試みる。

12:38 ゲンゲ類が海底に着座している。多くの場合丸まった姿勢をとり、時にはこの姿勢のまま水中に浮かぶものもある。周りの1つの岩の上に *Henricia* sp. が4匹見える。

12:48 ピラミッドの上・中段部には激しい熱水の“ゆらぎ”状噴出があり、これ自身チムニーである。チムニーは *Paralvinella hessleri* の棲管が覆い、さらに額角が幅広いコシオリエビが蜆集している。このコシオリエビはピラミッドの上に上がるほど段々量が増え、チムニーの頂上の回りにはその全部を被うように密集している(写真10)。また、チムニーの諸処にはケヤリムシ類の多毛類が付着する。

13:04 ピラミットサイトから離れてシロウリガイサイトに向かう。

13:16 シロウリガイの死殻が続く。溶岩の上にハオリムシや海綿が見える。

14:01 途中細いハオリムシと5、6匹のシロウリガイを視認。*Henricia* sp. が多数見える。

14:12 シロウリガイサイトに到着。大型のヒバリガイ2匹が見える。

14:34 ダイブ#480で設置した、折り畳み式ベイトトラップに若いイバラガニや大量の *Alvinocaris*, *Lebbeus* が入っている(写真11)。このトラップの回収は翌日のダイブに期待する。

14:41 大型のイバラガニをマニピュレーターで捕獲する。淡黄色の体色、歩脚の各節が扁平で、前後端に櫛歯状に棘が並んでいる甲幅15cmに達する大型種である。この種は南奄西海域の種類 *Paralomis jamsteci* Takeda & Hashimoto, 1990 [駿河湾産の *Paralomis cristata* Takeda & Ohta, 1979の近縁種] とは互いに近距離であるにも関わらず別種と考えられるが、*Paralomis verrilli* に極めて類似する。

14:53 離底。

4. 考察

本邦の太平洋岸には太平洋プレートとフィリピンプレートの沈み込みと関連して深海冷水生物群集が数多く発見され、その生態学的研究が盛んである(Ohta and Laubier, 1987; 太田ほか, 1987; Sakai et al., 1987; Hashimoto et al., 1989; 太田(編), 1990)。しかし、従前はチムニーを伴

う大規模な高温熱水噴出現象とそれに会合した旺盛な熱水噴出孔生物群集が本邦周辺に確認されておらず、むしろ諸外国と共同してマリアナや北フィジー、マヌスなど遠隔地の背弧海盆のリフト系調査に参加することによって観察と研究素材を得ていた(Okutani and Ohta, 1988; Hessler et al., 1988; Stein et al., 1988)。1988年沖縄海盆の伊平屋海嶺・伊是名海穴海域に高温熱水噴出現象と豊富な生物群集の存在が報告され始め(加藤ほか, 1989; 木村ほか, 1988; 田中ほか, 1989)、プレートの集束と発散といういずれも「地球テクトニクスに支えられた深海生物群集」(太田, 1988)を統一的に研究するフィールドに恵まれることになった。

ガラパゴス・リフトの水深2500mから、地質学者と化学者たちによって、1977年度に初めて熱水噴出孔に会合した濃密な生物群集が発見されて以来、各学問領域の活発な研究が進んでいる。そこに住む大型生物は化学合成独立栄養細菌と共生関係をもっており(Felbeck, 1981; Cavanaugh et al., 1981)、熱水噴出孔環境で十分な成長を見せる(Hessler and Smithey, 1983)。熱水噴出孔で自由生活をする化学合成独立栄養細菌が発見され(Lilley et al., 1983; Jannasch and Mottl, 1985)、その生態系の基礎生産は化学合成によって支えられていることが知られるようになった(Jannasch and Mottl, 1985)。しかし、自由生活化学合成細菌以外にも大型生物が熱水噴出孔群集で基礎生産を支配していることが示唆された(Jannasch, 1985; Johnson et al., 1986)。そこに密集して住んでいるハオリムシ、シロウリガイ、そしてシンカイヒバリガイなどの最も優占する種だけで湿重量が20-30kg/m²を超えることを説明しなければならなかったからである(Somero et al., 1983; Hessler et al., 1983; Laubier and Desbruyeres, 1984)。

伊平屋の未記載種のシロウリガイ類もヘモグロビンに富む血液、退縮した消化管、異常に肥厚した鰓およびその産状から、相模湾や日本海溝・千島海溝などの冷水帯の堆積底にすむシロウリガイ類ならびに東太平洋海盆の熱水バント域の岩盤上に生息するガラパゴスシロウリガイ *Calypotogena magnifica* の両者に共通した生態を有して

いることが示された。鰓組織に共生細菌を充満した bacteriocytes 層が観察され、固定サンプルの光学顕微鏡観察で鰓組織内に多量の無機硫酸の析出結晶が見られることから、硫酸化型細菌を宿主のものと推定される。

沖縄背孤海盆のシロウリガイが体の半分以上を堆積物に埋めているのは、多くの斧足類の生態上もっともなことである。筆者らが日本の周辺およびマヌス海盆で発見したシロウリガイ類はいずれも例外なく堆積底にすみ、かつ、ある条件のもとでは堆積物のなかを歩き得る (Ohta and Laubier, 1987)。火成岩および熱水析出物の岩盤からなるピラミッドサイトでは、殆どの熱水生物のメンバーが見られるが、シロウリガイは見えなかった。日本周辺の現生シロウリガイ類はいずれも堆積物を必要とするグループであるらしい。しかし、ガラパゴスや EPR などのシロウリガイはほとんどが岩の隙間に斧足を挿入して住んでいる (Hessler et al., 1985) ことから、同属にもかかわらず著しく異なる環境に適応するシロウリガイ属の進化や、生活法などを比較する価値がある。

なお、伊平屋産シロウリガイ類の殻内部から採集された寄生性多毛類はミナミヤドリゴカイ *Shinkai longipedata* Miura & Ohta, 1991 および *Branchiopolynoe pettiboneae* Miura & Hashimoto, 1991 という新種として発表された。

中西部太平洋域のマリアナ背孤海盆、マヌス海盆や南太平洋域の北フィジー海盆、ラウ海盆などの熱水噴出孔で最も目立ち、かつ、体内に共生する化学合成独立栄養細菌を持つことで生態的にみかけ上生産者の地位を占めたのが *Alviniconcha hessleri* や *Ifremeria nautilei* などの巻貝であったが (Both et al., 1986; Ohta, 1988 in Hessler et al., 1988; Stein et al., 1988; STARMER-Nautile participants, unpublished data), 沖縄熱水海域では EPR と同様、あるいは日本周辺のテクトニクスに支えられる特殊深海生物群集の例に漏れず、シロウリガイ類とハオリムシ類であったことに改めて注目する必要がある。

シンカイヒバリガイ類の鰓系の基本構造は系鰓類に属するが、各ラメラは異常に幅広く発達し (写真12)、シロウリガイ類と同様、鰓組織に共生

細菌を保有している。消化管・鰓の解剖と光学顕微鏡観察上の印象、鰓で集めた懸濁物をかすめ取るとされる多毛類が鰓によく外部寄生してことから、周辺海水に懸濁する自由生活化学合成細菌塊の濾過食も同時に効率よく行う混合食者 mixotroph と考えられる。

ハオリムシ門は1977年ガラパゴスリフト系で初めの発見されて以来、今まで5科10種 (Jones, 1985, 1987, 1988) が発表されている。これには日本やファン・デ・フカなどのものが含まれていない。伊平屋産の大型のハオリムシは *Lamelli-brachiida* に属するものと推定されるが、*Lamelli-brachia barhami* (Webb, 1969), メキシコ湾の *Lamelli-brachia* (Hecker, 1985) など *Lamelli-brachiida* は本来冷湧水帯でのみ知られるグループである。伊平屋産のものは鰓突起が細く、鰓糸も短く、棲管が後方に向かってテーバーし、開口部の近くに何段ものラッパ状のひだを持っていることから、相模湾のものとは違う種類 (太田, 1991b) と思われる。鰓突起は全体的に花が咲いたような感じで、それほど大きくはない。鰓糸は血管中のヘモグロビンで赤く見える。体には消化器官系が全く認められず、ゼラチン状で脆弱な栄養体組織に共生細菌を保有している。

大型の捕食者としてイラコアナゴ類 *Synphobranchus* sp. およびイバラガニ類がよく出現した。ゲンゲ類は密集した群集内に固有の種であり、群集の外では見られない。当然捕食者と推定したいところだが、ベイトトラップに全く誘引されないし、延べ4回の潜航観察中にも摂餌する様子が観察されていない。また、その種も確定されていないので、この種を採集すべくスラップガンの装備を強く望む。

Alvinocaris や *Lebbeus* は細いハオリムシの群の中、シロウリガイサイト、ピラミッドサイトのいずれにおいてもたくさん出現した。また、ベイトトラップや破砕した二枚貝に対する彼らの活発な反応はすでに記した。しかしシロウリガイなどの二枚貝を直接に捕食できない彼らの主食は何であろうか。ハオリムシ類が軟体部を出すときに、それを摘んで食べる可能性がある。イバラガニ自身は緩慢な捕食者であるが、イバラガニが二枚貝をアタックした場合には、すばやいエビ類は当然そ

の相伴にあずかれるであろう。おそらく彼らは generalizer としてあらゆる餌食物を利用してその高いポピュレーションを維持しているのであろう。

動作が極めて緩慢なシンカイコシオリエビ類は何を捕食しているのでしょうか。特に額角が広いシンカイコシオリエビがチムニー上に密集しているのは、高熱と有毒雰囲気に対する高い耐性を武器として、他種が入り込めないハビタットでエラゴカイなどを捕食していると推定される。

前年度に現場に放置した手網が、木綿製のネットのみ何ものかに“食べられて”しまい、フレームを柄に縛り付けたビニール紐は無傷のまま残っていた。セルローズ質の木綿を利用できる生物も存在するのだろうか。

熱水噴出孔の代表的な生物であるハオリムシ、シロウリガイおよびシンカイヒバリガイなどの遷移を観察し、熱水噴出孔自体の消長と対応させようとする研究がある (Hessler et al., 1985, 1988)。この仮説に従えば、ハオリムシが生きているのはまだ熱水噴出が盛んであることを示している。シロウリガイサイトにはまだまだハオリムシとシロウリガイ、また数的にはやや少ないがシンカイヒバリガイ類が繁栄していることから、この地域の生物の様相はまだ青年期的な状態であることが生態学的には予想される。しかし、熱水の化学的・地質学的特性の時間変化の研究 (Campbell et al., 1988)、その物理・化学的要因に対応して変化する生物相に関する研究 (Laubier and Desbruyeres, 1985; Hessler et al., 1985, 1988; Fustec et al., 1987)、その熱水域での化学・生物学的な相関関係の研究 (Johnson et al., 1988) などこの地域をモデルとして実施したいところである。

伊平屋小海嶺、とりわけシロウリガイサイトの高密度生物群集を“熱水性”生物群集とみなしたが、この現場自体には高温熱水の噴出は見られない。シロウリガイサイトは、堆積物に覆われた沖縄舟状背孤海盆の熱水域の特性 (蒲生ほか, 1991; 石橋ほか, 1991) に付随する低温性のメタンに富む噴出孔である可能性もある。後に述べる棘皮動物が多産すること、捕食性の魚類が容易に出入りすることもこの可能性を示唆する。とまれ、

“熱水性”生物群集は決して直接に熱を求めて生活する訳ではない。直接に熱を (あるいは温度差を) エネルギー源に利用できる生物は地球惑星には存在しない。

従来、棘皮動物は海水中の化学成分に極めて敏感な生物群と考えられ、熱水噴出孔では硫化水素や重金属が、湧出帯では芳香族炭化水素などが充満する環境に侵入できないと見なされてきた (Hessler et al., 1983; Grassle et al., 1986)。特に微量重金属の存在が棘皮動物の発生を阻害する効果は有名である。しかし、マリアナ背孤海盆、北フィジー海盆、13°N の熱水噴出孔のすぐ近傍にウデボソヒトデ科 *Brisingidae* が多産することが気づかれていた (太田, 未発表)。また、北フィジー海盆熱水噴出域の St. 14 で散開性の熱水噴出孔の開口部にシンカイヒバリガイ・ハオリムシと共に未記載種のクルマナマコの 1 種 *Chiridota* sp. が、まさしく熱水噴出孔にバウンドして多産していた (太田, 未発表)。さらに熱水環境ではないが、相模湾冷湧水地域でシロウリガイの濃密ベッド中に、大型で 5 腕の叉棘目ヒトデ科のウデナガヒトデがシロウリガイの殻をこじ開け、捕食している様子と小型のクモヒトデも多数住んでいることが発見された (太田, 1991a)。

沖縄背孤海盆では、必ずしも熱水噴出孔の近傍とはいえないが、棘皮動物が無視し得ない密度で発見された。沖縄背孤海盆の熱水噴出孔が地下において沸騰 (気液分離) を起こした可能性があること (酒井ほか, 1991)、島孤マグマ型の熱水系であること (石橋ほか, 1991) などから、高濃度の硫化水素や重金属を必ずしも含んでいないことに関係しているとも考えられるが、棘皮動物にも熱水環境に適応した種類が存在することを真剣に考慮しなければならないであろう。

5. 謝 辞

本研究を行うに際し、段野司令以下「しんかい 2000」運航チームならびに越智船長以下支援母線「なつしま」の運航スタッフにはお世話になった。

琉球大学大森保助教授、横浜国立大学菊池知彦博士、創価大学戸田龍樹博士をはじめ、南西諸島の行動に参加された方々に感謝します。本研究の実施にあたり、一部は国立環境研究所からの委託

研究「リフト系の解明に関する調査・研究：熱水性大型生物群集の生態の調査・研究」の補助を受けた。

参考文献

- Both, R., Crook K., Taylor B., Borgan S., Chappell B., Frankel E., Liu L., Sinton J. and Tiffin D., 1986. Hydrothermal chimneys and associated fauna in the Manus Back-Arc Basin, Papua New Guinea. *Eos*, 67 (21), 489-491.
- Cavanaugh C. M., Gardiner S. L., Jones M. L., Jannasch H. W. and Waterbury J. B., 1981. Prokaryotic cells in the hydrothermal vent tube worm *Riftia pachyptila* Jones : possible chemoauto-trophic symbionts. *Science*, 209, 340-342.
- Campbell A. C., Bowers T. S., Measures C. I., Falkner K. K., Khadem M. and Edmond J. M., 1988. A time series of vent fluid compositions from 21°N, East Pacific Rise (1979, 1981, 1985), and the Guaymas Basin, Gulf of California (1982, 1985). *Journal of Geophysical Research*, 93 (B5), 4537-4549.
- Felbeck H., 1981. Chemoautotrophic potential of the hydrothermal vent tube worm, *Riftia pachyptila* Jones (Vestimentifera). *Science*, 209, 336-338.
- Fustec A., Desbruyeres D. and Juniper S. K., 1987. Deep-sea hydro-thermal vent communities at 13°N on the East Pacific Rise : microdistribution and temporal variations. *Biological Oceanography*, 4 (2), 121-164.
- 蒲生俊敬・酒井 均・金 銀洙・下島公紀・柳沢文孝・石橋純一郎・大森 保・山野 誠・野尻幸宏・田中武男・松本 剛・満沢巨彦・長沼 毅, 1991. 中部沖縄トラフ海底熱水活動の地球化学的研究：「しんかい2000」第416回潜航報告および熱水的主要化学成分濃度からみた熱水活動の特徴。第6回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書。JAMSTECTR Deepsea Research, (6), 51-62 (in Japanese with English abstract and legends).
- Grassle J. F., 1986. The ecology of deep-sea hydrothermal vent communities. *Advances in Marine Biology*, 23, 301-362.
- Hashimoto J., Ohta S., Tanaka T., Hotta H., Matsuzawa H. and Sakai H., 1989. Deep-sea communities dominated by the giant clam, *Calypotegena soyozaki*, along the slope foot of Hatsushima Island, Sagami Bay, Central Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 71 (1/2), 179-192.
- Hecker B., 1985. Fauna from a cold sulfur-seep in the Gulf of Mexico : comparison with hydrothermal vent communities and evolutionary implications. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, (6), 465-473.
- Hessler R. R., Lonsdale P. and Hawkins J., 1988. Patterns on the ocean floor. *New Scientist*, (24), 47-51.
- Hessler R. R. and Smithey W. M., Jr., 1983. The distribution and community structure of megafauna at the Galapagos Rift hydrothermal vents. In "Hydrothermal Process at Seafloor Spreading Centers", P. A. Rona, K. Bostrom, L. Laubier and K. L. Smith, Jr. (eds.), NATO Conference Series IV, Plenum Press, New York, 735-770.
- Hessler R. R., Smithey W. M., Jr. and Keller C. H., 1985. Spatial and temporal variation of giant clams, tube worms and mussels at deep-sea hydrothermal vents. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, (6), 411-428.
- Hessler R. R., Smithey W. M., Boudrias M. A., Keller C. H., Lutz R. A. and Childress J. J., 1988. Temporal change in megafauna at the Rose Garden hydrothermal vent (Galapagos Rift ; Eastern Tropical Pacific). *Deep-Sea Research*, 35 (10/11), 1681-1709.
- 石橋純一郎・佐野有司・脇田 宏・蒲生俊敬・堤真・酒井 均, 1991. 中部沖縄トラフ海底熱水活動の地球化学的研究：溶存気体成分からみた熱水活動の特徴。第6回「しんかい2000」シンポジウム報告書。JAMSTECTR Deepsea Research, (6), 63-68 (in Japanese).

- with English abstract and legends).
- Jannasch H. W., 1985. The chemosynthetic support of life and the microbial diversity at deep-sea hydrothermal vents. *Proceedings of the Royal Society of London*, **B225**, 277-297.
- Jannasch H. W. and Mottl M. J., 1985. Geomicrobiology of deep-sea hydrothermal vents. *Science*, **229**, 717-725.
- Johnson K. S., Beehler C. M., Sakamoto-Arnold and Childress J. J., 1986. In situ measurements of chemical distributions in a deep-sea hydrothermal vent field. *Science*, **231**, 1139-1141.
- Johnson K. S., Childress J. J., Hessler R. R., Sakamoto-Arnold C. M. and Beehler C. L., 1988. Chemical and biological interactions in the Rose Garden hydrothermal vent field, Galapagos Spreading Center. *Deep-sea Research*, **35** (10/11), 1723-1744.
- Jones M. L., 1985. The vestimentiferans of the Eastern Pacific, with comments on specimens from the Gulf of Mexico. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, (6), 117-158.
- Jones M. L., 1987. On the status of the phylum-name, and other names, of the vestimentiferan tube worms. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, **100** (4), 1049-1050.
- Jones M. L., 1988. The vestimentifera, their biology and systematic and evolutionary patterns. *Oceanologica Acta*, **8**, 69.
- 加藤幸弘・中村光一・岩淵 洋・橋本 惇・金子康江, 1989. 沖縄トラフ中部, 伊是名海穴の地形と地質—1987, 88年の潜航結果—。第5回「しんかい2000」シンポジウム報告書。JAMSTECTR Deepsea Research, (5), 163-182 (in Japanese with English abstract and legends).
- 菊池知彦・戸田龍樹・根本敬久・太田 秀, 1990. 「しんかい2000」による海底直上でのプランクトン採集の試み。第6回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書。JAMSTECTR Deepsea Research, (6), 115-122 (in Japanese with English abstract and legends).
- 木村政昭・田中武男・許 正憲・安藤雅孝・大森保・井沢英二・嘉川 朗, 1989. 「しんかい2000」による沖縄トラフ中部熱水域の地形・鉱床・生物の観察。第5回「しんかい2000」シンポジウム報告書。JAMSTECTR Deepsea Research, (5), 223-234 (in Japanese with English abstract and legends).
- Laubier L. and Desbruyeres D., 1984. Les oasis du fond des oceans. *La Recherche*, **15**, 1506-1517.
- Laubier L. and Desbruyeres D., 1985. Oases at the bottom of the ocean. *Endeavour*, New Series, **9** (2), 67-76.
- Lilley M. D., Baross J. A. and Gordon L. I., 1983. Reduced bases and bacteria in hydrothermal fluids: the Galapagos Spreading Center and 21°N East Pacific Rise. In "Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers", P. A. Rona, K. Bostrom, L. Laubier and K. L. Smith, Jr. (eds.), Plenum Press, New York. pp. 411-449.
- Miura T. and Hashimoto J., 1991. Two new branchiate scale-worms (Polynoidae: Polychaeta) from the hydrothermal vent of the Okinawa Trough and the volcanic seamount off Chichijima Island. *Proceedings of Biological Society of Washington*, **104**, 166-174.
- Miura T. and Ohta, S., 1991. Two polychaete species from the deep-sea hydrothermal vent in the Middle Okinawa Trough. *Zoological Sciences*, **8**, 383-387.
- Ohta S. and Laubier L., 1987. Deep biological communities in the subduction zone of Japan from bottom photographs taken during "Nautile" dives in the Kaiko Project. *Earth and Planetary Science Letters*, **83**, 329-342.
- 太田 秀, 1988. 海底熱水系と生物過程。地球化学 **22**: 87-95 (in Japanese).
- 太田 秀(編), 1990. 昭和61年, 62年度文部省科学研究費補助金(一般研究A)研究成果報告書「海洋プレートの沈み込みに伴う特殊深海生態系の学際的研究」, 東京大学海洋研究

所. 224 pp. [collected reprints].

- 太田 秀・酒井 均・平 朝彦・大和田紘一・石井輝秋・前田昌調・藤岡換太郎・才野敏郎・木暮一啓・蒲生俊敬・白山義久・古田俊夫・石塚明男・遠藤圭子・角 隆幸・堀田 宏・橋本 惇・半田暢彦・増澤敏行・堀越増興, 1987. 相模湾初島沖における「シロウリガイ群集」総合調査報告(1). 第3回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (3), 51-60 (in Japanese with English abstract and legends).
- 太田 秀, 1991a. 相模湾冷湧水生態系に関する生態学的知見. 第6回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (6), 181-196 (in Japanese with English abstract and legends).
- 太田 秀, 1991b. 沖縄海盆伊平屋海凹の熱水性生物群集. 第6回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (6), 145-156 (in Japanese with English abstract and legends).
- Okutani T. and Ohta S., 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.
- Sakai H., Gamo T., Endow K., Ishibashi J., Ishizuka T., Yanagisawa F., Kusakabe M., Akagi T., Igarashi G. and Ohta S., 1987. Geo-chemical study of the bathyal seep communities at the Hatsushima site, Sagami Bay, Central Japan. *Geochemical Journal*, 21, 227-236.
- 酒井 均・山野 誠・田中武男・蒲生俊敬・金銀洙・石橋純一郎・下島公紀・松本 剛・大森 保・柳沢文孝・堤 眞, 1991. 「しんかい2000」による伊是名海穴熱水系の地球化学的研究—第413回及び第415回潜航報告, 及び第424回潜航で採取した二酸化炭素液胞と包接化合物について. 第6回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (6), 69-85 (in Japanese with English abstract and legends).
- Somero G. N., Siebenaller J. F. and Hochachka P.

- W., 1983. Biochemical and physiological adaptations of deep-sea animals. In "Deep-Sea Biology", The Sea, Vol. 8 (G. T. Rowe, ed.), Wiley, New York, pp. 261-330.
- Stein J. L., Cary S. C., Hessler R. R., Ohta S., Vetter R. D., Childress J. J. and Felbeck H., 1988. Chemoautotrophic symbiosis in a hydrothermal vent gastropod. *Biological Bulletin*, 174, 373-378.
- Takeda M. and Hashimoto J., 1990. A new species of the genus *Paralomis* (Crustacea, Decapoda, Lithodidae) from the Minami-Ensei Knoll in the Mid-Okinawa Trough. *Bulletin of the National Science Museum, Ser. A (Zool.)*, 16, 79-88.
- Takeda M. and Ohta S., 1979. A new species of the Lithodidae (Crustacea, Anomura) from Suruga Bay, central Japan. *Bulletin of the National Museum, Ser. A (Zool.)*, 5, 195-200.
- 田中武男・増澤巨彦・堀田 宏, 1989. 沖縄トラフ伊平屋小海嶺東部の1988年潜航調査について. 第5回「しんかい2000」シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (5), 267-282 (in Japanese with English abstract and legends).
- Webb M., 1969. *Lamellibrachia barhami*, gen. nov., sp. nov. (Pogonophora), from the Northeast Pacific. *Bulletin of Marine Science*, 19, 18-47.



写真1. 岩の上の細いハオリムシの群れ。

Photo. 1. Tangled dense patch of several thousands of slender vestimentiferan tube worms on a rock.



写真4. ハオリムシに付いている海綿

Photo. 4. Sponges on the tubes of slender vestimentiferan worms.

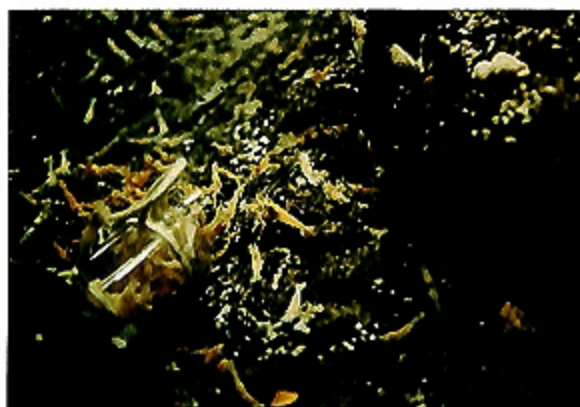


写真2. バイトトラップに入ってくる長尾類や端脚類

Photo. 2. *Alvinocaris*, *Lebbeus* and amphipods lured into a baited trap.



写真5. 細いハオリムシの中や岩の上のトゲクモヒトデ

Photo. 5. *Ophiacantha*-type ophiuroids among the slender vestimentifera and crawling on the rock.



写真3. 棲管の先端部から短い鰓糸と細い鰓突起を伸ばす大型のハオリムシ

Photo. 3. Larger vestimentiferan tube worm protruding short gill filaments and obturaculum.



写真6. シロウリガイベット中のクモヒトデ

Photo. 6. *Ophiura*-type ophiuroids among the *Calyplogena* bed.



写真7. ピラミッドサイトでの2種類のえび。密度は50個体/50×50cmに達する

Photo. 7. Dense patch of two species of the shrimps *Alvinocaris* and *Lebbeus*.

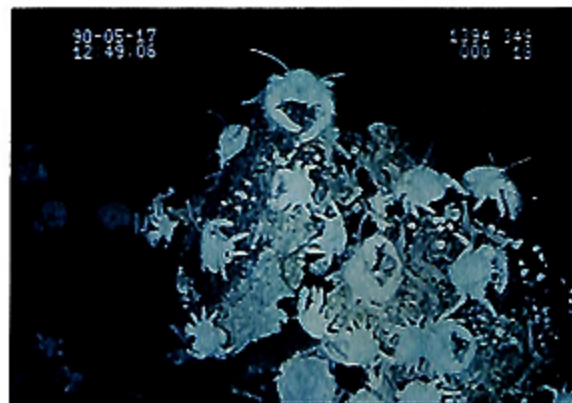


写真10. ピラミッドの頂上周辺を被うように網集するコシオリエビ類

Photo. 10. Galatheid crabs with broad rostrum aggregate and cover the flank of the chimney of the Pyramid Site.

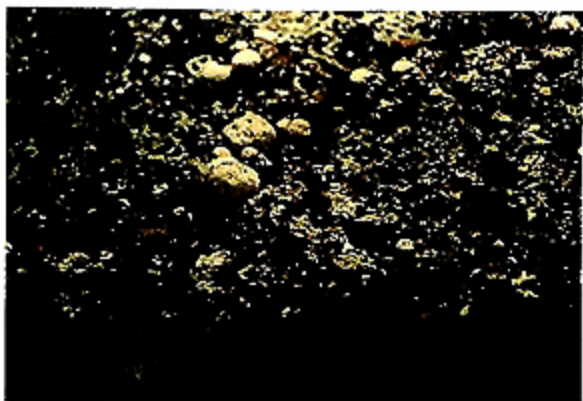


写真8. 岩の上の海綿類

Photo. 8. Sponges covering the outcropping rock.



写真11. 折り畳み式のベイト・トラップ中の若いイバラガニ

Photo. 11. Young stone crab, *Paralomis* sp. in the distensible bait trap.



写真9. 翼を被ったように“苔”が生えている異常な *Alvinocaris* sp.

Photo. 9. Large *Alvinocaris* sp. covered by "bacterial?" filaments.

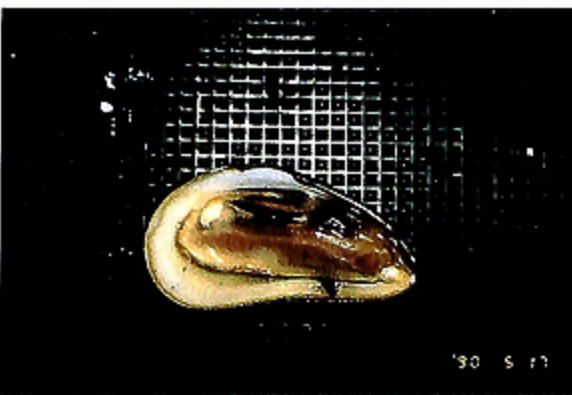


写真12. シンカイヒバリガイの1種。ラメラが異常に幅広く発達している

Photo. 12. Photograph of a mussel opened showing the well developed ctenidia.