

相模湾冷湧水生態系に関する生態学的知見

太田 秀*¹

「しんかい2000」の1986年度相模湾初島南東沖 A 海域でのダイブ#225-227, 1987年度の同海域のダイブ#316および1988年度の同海域ダイブ#381ならびに沖ノ山堆南西側急崖部へのダイブ#382の潜航は、冷湧水底生生物群集の観察と採集の他に、群集の生理活性測定、寄生生物の研究、堆積物および間隙水採取、冷湧水性プランクトンの採集作業、主要生物についてヘモグロビンなどの系統学的・生理学的特性の研究、環境測定ならびに産状のステレオ写真測量などを主目的とするものであった。これらの潜航には、水中音響トランスポンダーと深海用フラッシャーを組み合わせた水中標識や、精密地中温度記録器などが開発・活用された。

また、ハオリムシ2種、エゾイバラガニ、オウナガイ類など冷湧水帯の生物群集の産状について追補的な観察と考察を加えた。さらにシロウリガイベッド内外の地中温度の短期連続記録、地中温度勾配、1年弱にわたる長期地中温度の記録が得られた。

大型のハオリムシならびにシロウリガイのヘモグロビンの構造・アミノ酸配列が決定され、硫化水素結合部位、系統的な検討が加えられた。

Ecological Observations and Remarks on the Cold Seep Communities in Sagami Bay, Central Japan

Suguru OHTA*²

Several ecological observations and remarks on the cold seep communities at the Hatsushima site and Okinoyama site in Sagami Bay, central Japan are described. These remarks are based on the samples and observations through the porthole of Japanese submersible "SHINKAI 2000" during Dives 225-227 in 1986, Dive 316 in 1987, Dive 381 in 1988 at the Hatsushima site, and Dive 382 at the Okinoyama site. These dives are coordinated for the elucidation of biological activities, physiological characteristics of the representative members of the seep benthic organisms, parasitic organisms, and benthic plankton. Dives are guided by a transponder-flasher marker, and new techniques are applied for the interstitial water sampling and subbottom temperature recordings.

Additional remarks are noted for several subordinate members, such as 2 species of vestimentiferan tube worms, stone crab and a thyasirid bivalve.

* 1 東京大学 海洋研究所

* 2 Ocean Research Institute,
The University of Tokyo

Chemical properties of the hemoglobins of the vestimentiferans and *Calyp-
togena*, and systematic relationships are briefly discussed.

1. はじめに

1984年に始まる「しんかい2000」を用いた相模湾約170m深の「シロウリガイ群集」の総合的研究(太田ほか, 1987; Sakai *et al.*, 1987; 石井ほか, 1988; Hashimoto *et al.*, 1989), および1984年~85年に実施された「日仏 KAIKO 計画」による海洋プレート沈み込み帯における地質学的・地球物理学的研究は, 特異な深海生態系が1000~6000mという大深度の海洋底のサブダクションゾーン沿いに存在することを実証するという成果を挙げてきた。これらの調査によってもたらされた深海生物標本は, シロウリガイ類を指標種とする群集で, 太陽エネルギーに支えられたものとは異なり, 海洋底の沈み込みに伴う圧縮によって, 堆積物中から断層面沿いに浸み出す遺留水中のメタンもしくは硫化水素を利用する化学合成細菌を基幹とする生態系であることが, 明らかにされてきた(遠藤ら, 1987; Fiala-Medioni and le Penec, 1989)。この深海生態系は東太平洋海膨などの海洋底拡大軸や, 背弧海盆リフト系で知られる熱水噴出孔の硫化水素生態系と対極をなすものである。これら非熱水性湧水に支えられると思われる生態系が, 1984年以降に相模湾の170m, オレゴン沖(Suess *et al.*, 1985; Kulm *et al.*, 1986a), フロリダ海台裾部(Paull *et al.*, 1984, 1985), チリ沖(Kulm *et al.*, 1986b)に続々と見いだされて学界の注目を浴びたが, 研究が開始される時点ではいずれも地質学的・地球物理学研究にとどまり, 生物学・化学・地質学・地球物理学等からの多面的な総合研究が待たれていた。近年「しんかい2000」による継続研究あるいは文部省科学研究費補助金による総合研究を通して, 我が国の太平洋岸には太平洋プレート, フィリピンプレートの沈み込みと関連して, 深海冷湧水生物群集をめぐる生態学的・地球科学的研究が盛んとなった(Ohta and Laubier, 1987; 太田ほか, 1987; Sakai *et al.*, 1987; Hashimoto *et al.*, 1989; 太田(編)1990)。最近はさらに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た。また諸外

国と共同してマリアナや北フィジー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, プレートの収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を統一的に研究する機会が増えてきた。相模湾初島沖および沖ノ山堆をめぐる多岐にわたる個別的な研究成果は他に譲り, 二, 三の生態学的観察を中心に補足的に産状も交えて報告する。

2. 調査地点と研究装備

1986年度「しんかい2000」の相模湾初島南東沖A海域でのダイブ#225-227(6月2日~7日: 35°00.0'N; 139°13.5'E; 水深約170m), 1987年度の同海域のダイブ#316(11月20日)および1988年度の同海域ダイブ#381ならびに沖ノ山堆南西側急崖部へのダイブ#382(34°58.5'N; 139°31.7'E; 水深約150m)の, 潜航地点の海底地形の概略図を図1に示す(両測点の詳細な地形図ならびに地質学については橋本ら, 1987, 1988; 石井ら, 1988; Hashimoto *et al.*, 1989; 内田ら, 1989; Fujioka and Taira, 1989参照)。潜航の主目的は, 冷湧水底生物群集の観察と採集の他に, 群集の生理活性測定(小池ほか, 1988), 寄生生物の研究(三浦, 1988, 1990), 堆積物および間隙水採取(増澤ほか, 1988), 冷湧水性プランクトンの採集作業(菊池ほか, 1990), 主要生物についてヘモグロビンなどの系統学的・生理学的特性の研究(Suzuki *et al.*, 1988, 1989a, 1989b, 1990a, 1990b), 環境測定および産状のステレオ写真測量などであった。

なお, これらの潜航には新しく開発した測器がいくつか投入された。水中音響トランスポンダーと深海用フラッシュを組み合わせた水中標識(写真1)は, ダイブ#313(1987年11月15日)によって相模湾初島南東沖のシロウリガイ群集の中(34°59.90'N; 139°13.60'E; 1160m)に設置され, ダイブ#381(1988年11月5日)によって回収されるまで同海域の「しんかい2000」の潜航ならびに「淡青丸」による同群集の環境をめぐる諸々の研究の基準点として役立てられた(太田,

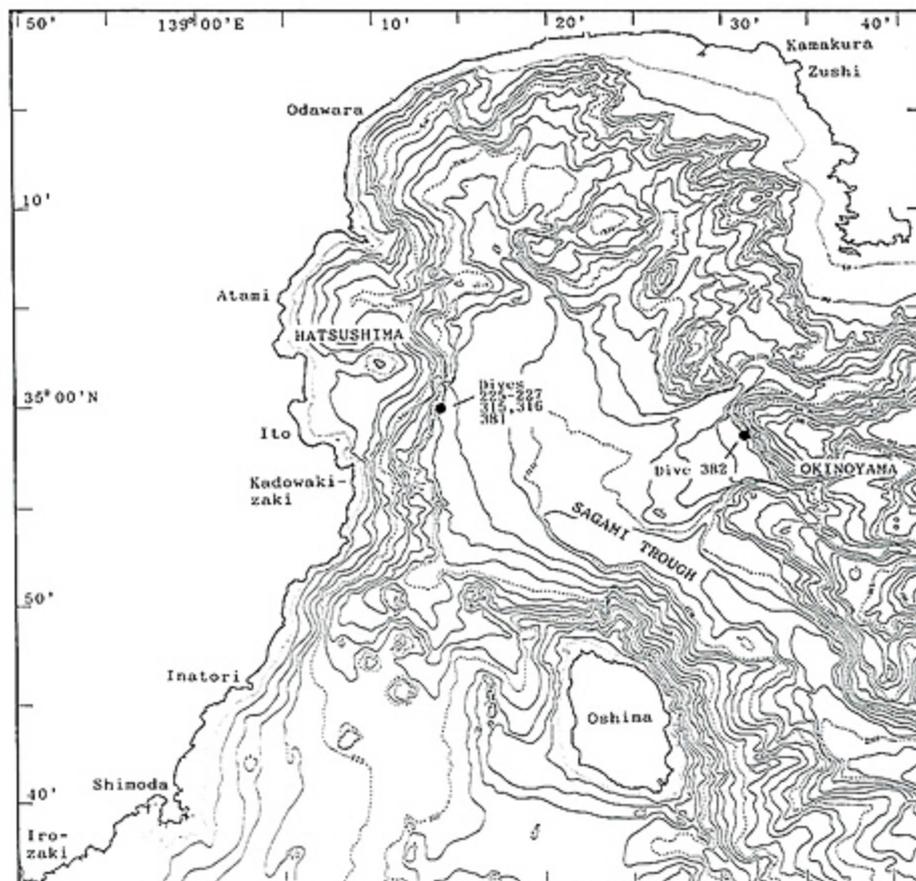


図1 相模湾の概略海底地形図と測点位置

Fig. 1 Topographic map of Sagami Bay and the survey spots.

1988;Gamo *et al.*, 1988)。酸素電極式現場型大型生物呼吸量測定装置 (写真2), 間隙水採取装置 (写真3, 4), 精密地中温度記録器 (写真3, 4), 採水器 (蒲生・酒井, 1988) も開発され, これらのダイブで活用された。各ダイブでは上記の測器の他に, 群集構造の記載用に鉛直方向にセットしたステレオカメラ, ペイトラップ・手網・塩ビ製密閉型サンプルボックス・採泥管・電動グラブ等を適宜組み合わせ潜水船に装備した。さらに1988年度には潜水船のペイロード・ラック (廂下) に開閉式近底層プランクネット (RMT改良型), サンプルバスケット左舷側に海底直上プランクトン採集用の開閉式プランクネットを装着した (菊池ほか, 1990参照)。

3. 観察といくつかの考察

3. 1 初島沖のシロウリガイ巨大ベッド

音響・フラッシャー標識を設置した初島沖のシロウリガイの最大のコロニーの様子は, すでに詳しく報告されている (太田ほか, 1987;橋本ほか, 1987;Sakai *et al.*, 1987) ので重複をさける。しかしシロウリガイを優占種とする群集の中には, ハナシガイ科 *Thyasiridae* の *Conchocle* sp. (aff. オウナガイ *C. disjuncta*: 写真5), サガミマルハナシガイ *Axinulus kelliaformis*, ヨゴレハナシガイ *A. simplex* やキヌタレガイ科に属するスエヒロキヌタレガイ *Acharax johnsoni* (写真6), ツキガイ科の *Lucinoma* sp. (aff. *L. yoshidai*) 等の二枚貝が堆積物中に潜んでいることを忘れてはならない。特にシロウリガイとほぼ同じサイズに達する *Conchocle* sp. は, 相模湾の初島および沖ノ山堆南西急崖裾部の深海冷水群集においては従

属種であるが、千島列島のバラムシル島沖の冷湧水域ではシロウリガイに置き替って卓越種となることが知られている (Kuznetsov *et al.*, 1987; Scarlato and Ohta, in prep.)。ちなみに、これらの種はいずれもヘモグロビンは持たないものの鰓は極端に肥大し、やはり鰓組織に共生バクテリアを保有し、シロウリガイと同様化学合成独立栄養動物と考えられる (Kuznetsov and Ohta, 1988; 太田未発表データ)。ほぼ同じ地質学的セッティングと思われる沖ノ山堆では、イガイ類を比較的多産する (橋本ほか, 1988) のに対して、初島沖ではイガイ類が現在のところ見つかっていない。

これら二枚貝を捕食する生物としては、エゾイバラガニ *Paralomis multispina* がまずあげられる。彼らはシロウリガイ群集内では密集することなく、むしろ数 m 四方に 1 匹程度と疎らに棲み、多分弱ったシロウリガイをこじ開けて捕食したり、シロウリガイ周辺の泥土を摘んでいるのが普通に観察される (橋本ら, 1987; 写真 9 参照)。ダイブ #381 でシロウリガイベッドへのアプローチ途上で密集個体が観察された (写真 7)。一般の深海底の生物では子供を見かけることが少ないものであるが、一つの岩塊に幼体 (発育ステージが異なる) がこのようにたくさん見られるのは珍しい。しかし、エゾイバラガニはシロウリガイ群集の中ではむしろ疎らで、周辺部の岩場に密集することが石井輝秋氏のダイブ #177 記録 (石井ほか, 1988) でも指摘できる。ちなみにイバラガニ類は冷湧水に特有なものではなく、正常の深海底にも棲み、かつ漁獲されているが、歪尾類の習性として岩塊や沈木の周辺に身を寄せる傾向がある (Ohta, 1983)。写真 7 の岩塊にはカンザシゴカイ類やカサガイ類が多数付着しているのが見られるが、観察時間中これらを摂食している様子は見られなかった。タラバガニ科の大型十脚甲殻類が、熱水噴出孔や冷湧水生物群集の構成要員となることは、相模湾以外では南奄西海域 (橋本ら, 1990)、沖縄海盆の伊是名小海嶺海域 (太田, 1990)、オレゴン沖サブダクション帯 (Suess *et al.*, 1985)、北フィジー海盆 (太田ら, 未発表) で知られているが、ファン・デ・フーカの 1580m の熱水海域では、これがクモガニ科の *Macrogonia* に置き替わっている (Tunnicliffe *et al.*,

1985) のは面白い。ちなみに、北フィジー海盆 (1980m) では、Bythograeidae の短尾類とタラバガニ科が同時に出現するが、マリアナ背弧海盆ではタラバガニ科は出現せず (水深 3600m はタラバガニ科には深すぎるためか)、ファン・デ・フーカではクモガニ科のみ、そして日本の冷湧水・熱水噴出孔ではイバラガニ類のみが出現する。ただしその種類は水深と地域によって異なり、遠州灘の 2000~4000m の冷湧水帯ではゴカクエゾイバラガニ *Paralomis verrilli* が視認された (KAIKO-NANKAI 計画: 太田, 未発表)。

ソウヨウバイ *Baccinum soyomaruae* やサガミバイ *B. sagamianum* および未記載種 *Neptunea* sp. などのエゾバイ科の大型腹足類も、シロウリガイベッド中に 1 個体/m² 程度の密度で見られる。

3. 2 初島南東沖急崖裾部の北側

1988年11月20日のダイブ #316 は、巨大なシロウリガイベッド北側のハオリムシ群集の観察と採集を主目的とするものであった。潜航点はトランスポンダー・フラッシャー標識を起点として、1160~1130m の深度幅で、ほぼ真北に向い密集生物群集の探索を開始した。1160m 以深は傾斜がややきつく、灰緑色の凝灰質細粒シルト性の堆積物に埋積されており、何となく不毛な感じを受けた。水深 1120m 以浅はスクリーと火山性および火山性堆積岩の岩盤となる。ほぼ等深線沿いに精査する途上、大蛇の這い跡を思わせる幅 50cm 程度で延々と伸びた痕跡を視認し、搭乗者一同当初は狼狽の跡を隠せなかった。石井輝秋氏が「淡青丸」で円筒型ドレッジ採集を行った形跡であろう。この溝の底には粗粒碎屑物が見られた。

途中で見かけたシロウリガイベッドは 10×10m, 5×4m, 1×1.5m とやや小振りでありながら、ほとんど死殻を見かけない極めて旺盛な生育ぶりであり、その境界は極めてシャープであった。パッチ内の現存量は殻込み湿重量で 10kg/m² 級と推定される。この堆積物の厚みはせいぜい 10~15cm で、地中温度プローブはいずれも岩盤に当たり、それ以上は刺入できなかった。音響・フラッシャー標識を置いた集中調査地点である巨大シロウリガイベッドの場所とは、表層堆積物の厚みが薄いという点で異なる。しかし、シロウリガ

イの生育があまりに旺盛かつ周辺海底とは明瞭な境界線をなしてパッチを形成し、また後述するように地下から海底面への物質移動を明瞭に示す温度異常がみられるため、シロウリガイパッチ下には浅いロートをなした湧水から析出した炭酸カルシウム質のコンクリーションの存在を想像させる。

12時10分 (35°00.10'N;139°12.61'E : 1130m) について目的としていた大型のハオリムシのパッチを発見した。西側の急崖から剝落したと思われる火山性堆積岩のタルス地形に巨大なスラブが散在し、約10cm厚の灰緑色凝灰質細粒シルトに覆われた景観に入ると、写真8に示したような数10匹から100匹程度の叢状のハオリムシの群落がいくつか目についた。先端部の直径で1cm、なめらかにテーパした管を約30~40cm水中に持ち上げている。顕著なラッパ状の突起が棲管に認められないことが一つの特徴となろうか。下半分の長さはスラブの下に差し込み、岩盤に付着することによって体全体を支えている。従って、マニピュレーターで採集しようとしても容易なことではない。管は無傷に採集された場合1m弱の長さには達するが、管内の軟体部を圧壊しないように、10本ほどを纏めて掴むのが良い標本を採集するコツである。管の先端から濃橙色の鰓突起を直径3cmほどの花卉状に開くが、何よりもその中央部に雌蕊のように突きだしロート状に広げた淡緑白色のobturaculumが可憐である(写真9)。分類的には*Lamellibrachia*に属すべきものであるが、あきらかに新種である。採集された標本は、分類形態学、血液ヘモグロビンの分析、管の化学成分の分析(複合硬蛋白である:東北大学菊池康夫氏私信)、体後部の栄養体に共生する化学合成細菌の電子顕微鏡観察に供した。この大ハオリムシの周辺にはシロウリガイの死殻がまばらに散在するが、現在生育するシロウリガイのパッチは見つからない。底土をマニピュレーターで掘ってみても、元気のよいシロウリガイベッドにおけるような黒色の粗粒堆積物は見られない。温度プローブを当てても、岩盤に阻まれるまでの15cmの深さまでは特に温度異常もなかった。

シロウリガイの密集ベッド域にもこのハオリムシが疎らに見つかるが、いずれにしてもその生息

環境は特異である。彼らの生息環境はシロウリガイ群集の縁辺部の岩盤域であり、そもそも温度計を地面に刺入するには向かないところに棲んでいる。それにしても温度異常が殆ど記録できないところ、すなわち湧出水の濃度がおそらく希薄であろう場所に、しかもobturaculumという化学物質取り込み装置を堆積物面よりかなり上に持ち上げて棲んでいることを考えると、かれらは強大な物質濃縮能力を持たなければならないことになる。ハオリムシの炭素・窒素安定同位体比がシロウリガイのそれとは異なる挙動を示すこと(Saino and Ohta, 1989)と併せて、今後この問題を解明しなければならない。

3. 沖ノ山堆裾部

相模湾沖ノ山堆南西側急崖裾部へのダイブ#382で、湧水生物群集の観察を行った。まず急崖の西南1150mに着底し、観察を進めながらほぼ東北方向に急傾斜の崖に迫った。1115mの地点の小扇状地形上に25×10m規模のシロウリガイ群落を認め、着座後採集と観察に移った。この地点のシロウリガイは概して初島沖の標識測点より旺盛な生育ぶりであり、死殻をほとんど含まず、堆積物内へ深く潜り込んだ貝は殻長の1/4程度をのぞかせるものが大部分である。また、パッチの境界が極めて明確であることも特徴であろう。採集した標本の殻長モードが11cm程度であるので、初島サイトのそれよりも1~2cm小振りである。前年度の「しんかい2000」、「ドルフィン3K」により同一スポットの調査(橋本ほか, 1988)とそのサイズはあまり変わらないので、密度効果によるものであろうか。地形とシロウリガイの産状については橋本ほか(1988)、内田ほか(1989)に詳しい記載が既になされているのでこれらに譲ろう。なお、シロウリガイ類の毒々しいまでに赤色の軟体部(写真10)には、撓脚類・多毛類などの外部寄生生物も多種見つけられる。撓脚類については戸田龍樹博士(東京大学海洋研究所)、多毛類については三浦知之博士(鹿児島大学)にその研究を託した。

オウナガイの仲間 *Conchocete* sp. は、この群落の中よりもむしろ1150~1140m付近に多く、初島サイトよりもオウナガイの比率は高いように思

われる。

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 *Distorasterias stichantha* (SLADEN) がシロウリガイの殻をこじ開け、これらを捕食している様子が観察された(写真11)。この他にもシロウリガイ等を捕食する可能性のある生物として、(腐)肉食性の大型の巻貝(ソウヨウバイ、サガミバイほかの3種の *Neptunea* 類: 写真11のものは未記載種)がかなりの密度で生息する。従来シロウリガイの捕食者として、あるいは湧水生態系とノーマルな外部の生態系との物質・エネルギーの媒介者として、エゾイバラガニの役割が報告されていたが、もちろんかれらも健在であった(写真12)。シロウリガイ群集に特有と思われるゲンゲの仲間も、例によって殻と殻の合間にみられるが、彼らがシロウリガイを捕食する姿は今のところ認められていない。

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が、少なくとも相模湾の冷湧水地域には小型のクモヒトデとともに多数産する(写真13)。また、最近いくつかの熱水噴出孔生物群集を訪れた際、熱水孔から距離をおいて多腕の *Brisingiidae* に属するひとで類が多いことに気づいた。ウデボソヒトデ類は海綿類や腔腸動物と並んで懸濁食を営み、おそらく熱水域の懸濁態の微生物塊や微小プランクトンを捕食しているものと思われる。

急崖にさしかかると、初島サイトと同種と思われる大型のハオリムシとともに、初島サイトでは希であった細いハオリムシ(写真14)が糸玉のように絡んで、火山性砂岩あるいは角礫岩の割れ目に生えている。この新しいハオリムシは、Dive #317のTBS取材ダイブの映像記録から筆者が認め、本タイプでの主要な採集目標としたものである。直径2mm程度で激しくループをなすが、長さは40~60cmに達する。成体のハオリムシとしては現在最も小型の種であり、ハオリムシ門 *VESTIMENTIFERA* と有鬚動物 *POGONOPHORA* をリンクする形質を備えている。この2門は元来区別する必要がないのかもしれない。

個体数が少ないものの、ヒバリガイ類の1種も

足糸で岩塊および細いハオリムシの棲管に付着して見つかる。EPR、マリアナ・北フィジー海盆のものほど大型化していない。イガイ科に属するが、外套膜が軟体部全体を袋状に包まないという点では、典型的な *Bathymodiolus* 属とは異なる。鰓糸の基本構造は糸鰓類に属するが、各ラメラは異常に幅広く発達し、シロウリガイ類と同様に鰓組織に共生細菌を保有しているため、混合食者であろう。

4. いくつかの実験結果と考察

4. 1 初島沖シロウリガイベッドの地温測定について

相模湾初島沖1170mのシロウリガイベッドにおいて、生物群集を支える化学的エネルギーを含む堆積物下からの湧水を間接的に証明するため、メモリー式精密地温記録器を表層堆積物下に刺入し、長期にモニターする実験を実施してきた。

株式会社「離合社」に特注した耐圧6000m、分解能約3/1000°C、記録数8000データの機種を用いた。

1986年度ダイブ#225~227では、シロウリガイ群集内部と、数10m離れた対照区において、数日間の短期測定を堆積物表面と表面下30cmとで記録した(図2: 写真3, 4)。旺盛なシロウリガイ

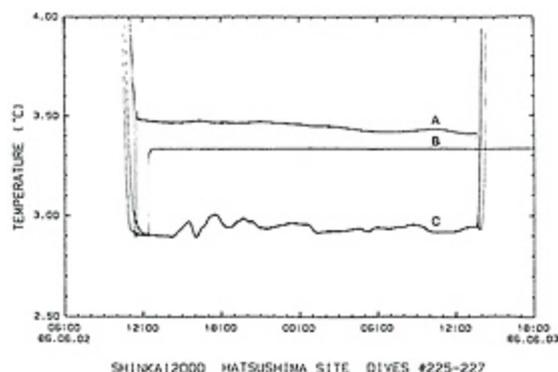


図2 初島サイトにおいて測定されたA: シロウリガイベッド内堆積物表面下30cmの地中温、B: 対照区30cmの地中温およびC: 海底面上1cmの水溫短期記録

Fig. 2 Temperature records of A: 30cm below the surface sediment in the *Calyptogena* bed, B: 30cm below the surface sediment in the control area, and C: on the surface sediment at the Hatsushima site.

群落内の30cm 深の堆積物温度は、周辺海水温度に比べ0.5-1℃程度高温であった。これに対し、シロウリガイの見られない対照区では、温度異常はその半分ほどである。これらの記録はサンプリング間隔が1分のもので、記録時間は翌日のダイブの終わりまでの約27時間である。図2のCの直上水温は底層流の変動と共に変動するが、Bの対照区の30cm 下の地中温にはこの時間幅ではまったく影響を及ぼしていない。しかし、周辺水温よりは約0.4℃高いことは、対照区がシロウリガイは不在ながら、シロウリガイベッドの縁辺部のためであろう。Aの連続記録は必ずしも最大の温度異常が認められた場所ではないが、それでも約0.6℃の高い異常が認められる。この測定期間中の緩やかな変動が、湧水の変動を示すものか、あるいは温度プローブの刺入後、隣接するシロウリガイが姿勢を変更した結果であるかは、今のところ決着がつけられない（前後の映像の比較からは、シロウリガイの運動はごく小さいものと思われる）。測器のドリフトでないことは前後の較正と、抜き取った時の底層水温測定値が見事に一致していることで証明される。

1987年度のダイブ#315-316では、湧水フラックス測定を試みとして、群集内部の堆積物表層10cm および30cm の温度差を数点で測定した（図3）。前半が濃密なシロウリガイ群集内部の場合で、周辺海水温より表面下10cm で+0.38℃、30cm の深さでは+0.8℃の異常であり、堆積物20cm あたり0.42℃の差、つまり1m あたり2℃の温度差にも達し、概算の地温勾配は拡大軸熱水噴出地帯の値に匹敵する。後半が「しんかい2000」の、マニピュレーターのスパンが許す限りのシロウリガイ群集から離れたスポットの測温で、周辺海水温より表面下10cm で+0.25℃、30cm の深さでは+0.45℃の異常であり、堆積物20cm あたり0.2℃の差、つまり1m あたり1℃の温度差にあたる。いずれにしても、どうやら相模湾のシロウリガイ群集地帯は単に沈み込み帯の遺留水の湧出のみならず、火成活動要因が複合するものと推測された（木下ほか、1988参照）。

また、湧水をモニターするため1987年11月18日のダイブ#315より1988年11月5日のダイブ#381まで、約1年間にわたって堆積物下30cm の長期

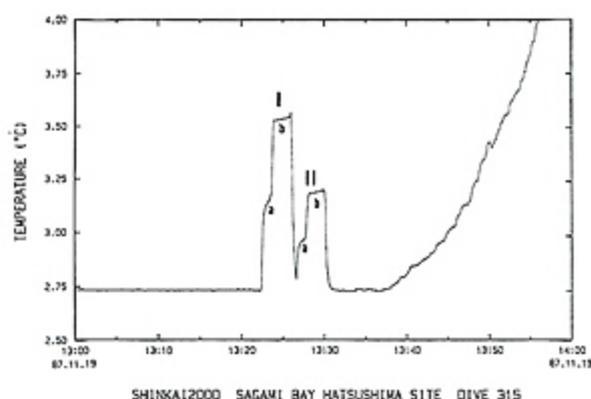


図3 精密温度記録器による初島サイトの地中温度および水温の記録

- I ㊦: シロウリガイベッド内, 表面下10cm
- I ㊧: シロウリガイベッド内, 表面下30cm
- II ㊦: 対照区, 表面した10cm
- II ㊧: 対照区, 表面した30cm

Fig. 3 Temperature records of I a: 10cm below the surface sediment in *Calyptogena* bed, I b: 30cm below the surface sediment in *Calyptogena* bed, II a: 10cm below the surface sediment just outside of *Calyptogena* bed, and II b: 30cm below the surface just outside of *Calyptogena* bed.

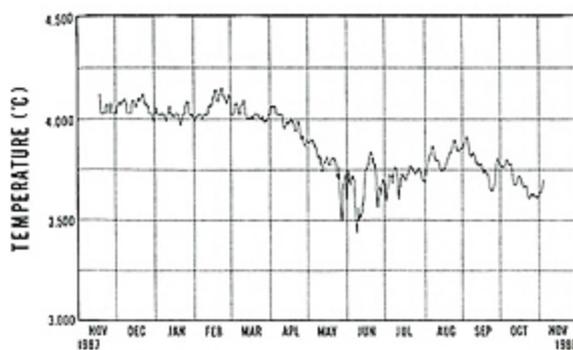


図4 初島サイトのシロウリガイベッド中の海底面下30cm の長期温度記録

Fig. 4 Long-term temperature records 30cm below the surface sediment over 11 months in the *Calyptogena* bed at the Hatsushima site.

地温記録を得た（図4）。リニアライズ回路に欠陥があり、ある水温値の周辺の追従性が良くないが、全体としては月周潮汐リズムとともに、長周期・大振幅の変動が記されている。コントロールとして底層水温の同時記録がないのは残念であるが、これまでの深海繫留型の底層流向・流速およ

び温度観測の経験から、この地中温度変動リズムほどの変動幅がこの深度においては考えに難い。この温度記録計測期間における門脇崎東沖の群発地震情報(気象庁地震予知情報課, 1989)と照合すると、いくつかの厳しい温度変化の後に群発地震が起こっている傾向があり、この間における何らかの地下活動が暗示された。

4. 2 シロウリガイとハオリムシのヘモグロビンの特性と類縁関係

相模湾の初島南東沖および沖ノ山堆裾部約1100mで採集された大型のハオリムシおよびシロウリガイのヘモグロビンについて、高知大学理学部鈴木知彦氏、東北大学理学部高木尚氏と共同で生理学的特性を研究した。その成果は既に報告済みであるが(Suzuki *et al.*, 1988, 1989a, 1989b, 1990a, 1990b), その要旨のみを以下に記す。

大型ハオリムシ(*Lamellibrachia* sp.)のヘモグロビンは細胞外にあって、ゲル濾過法で3000kDaと440kDaの2種類のヘモグロビンにわけられた。たいへん大きな分子量であるが、無脊椎動物ではそれほど珍しいわけではない。ただし、2種類のヘモグロビンを持つという意味では稀な例である。次いで、SDS ポリアクリルアミド・ゲル[SDS/PAGE]電気泳動では、前者はさらに4本の17kDa付近の鎖と、30kDa付近の2本の鎖からなっていることが判明した。一方、440kDaのヘモグロビンは17kDa付近の4本の鎖のみからなることがわかった。逆相クロマトグラフィーで構成鎖を単離し、AⅢ鎖をアミノ酸シーケンサーでアミノ酸配列を決定したところ、多毛類のイトメゴカイおよび貧毛類のツリミズズのヘモグロビンのアミノ酸配列と極めて高い相同性を示し、血液蛋白的にはハオリムシ門が環形動物に極めて近い類縁であると結論された。また、単量体としてのAⅢ鎖には3個のシスチンがあり、うち2個は分子内S-S結合に使われるが、残りの1個が硫化水素結合部位を提供しているであろうこと、つまりヘモグロビン自体が硫化水素の担体であることも示唆された(Suzuki *et al.*, 1990a)。

シロウリガイ(*Calyptogena soyoe*)は赤血球の中に2種類のヘモグロビンを持つが、そのうちHbIIの全アミノ酸配列(136残基)が決定できた

(Suzuki *et al.*, 1989a)。2鎖は互いに近い配列を持っているが、アミノ酸配列に関して、フネガイ科 [*Anadara*, *Barbatia*, *Scapharca*], ウミニナ科 [*Busycon*], テングニシ科 [*Cerithidea*], およびアメフラシ科 [*Dolabella*, *Aplysia*]の軟体動物と比較した結果、いずれのヘモグロビンとも相同性が低く、またN末端残基に他の軟体動物に共通する突起がないという構成の特殊性を考慮して、オトヒメハマグリガイ科のシロウリガイは、軟体動物ヘモグロビンとしてはプリミティブなものであると考えられた。

5. 謝 辞

本研究を行うに際し、段野洲興司令以下「しんかい2000」運航チームならびに支援母船「なつしま」の運航スタッフには、すっかりお世話になった。また、海洋科学技術センター深海研究部は、シービームマップ、参考となるダイブ記録などを快く提供してくれた。深く感謝いたします。東京大学海洋研究所小池勲夫博士は、ダイブ#313において標識の設置に協力頂いた。鹿児島大学三浦知之博士には、ダイブ#315中に地中温の測定に協力頂いた。高知大学鈴木知彦博士はヘモグロビンの生化学的研究、白山義久博士には母船上でのサンプル処理を手助けして頂いた。東大地震研究所日比谷紀之・木下正高両博士は、伊豆半島沖の地震活動に関する情報の指摘ならびに地中温度の解釈に関するディスカッションに参加して頂いた。

本研究の実施にあたり、文部省科学研究費補助金一般研究A「海洋の沈み込み帯に伴う特殊深海生態系の学際的研究」No. 61400001に補助を受けた。

参考文献

- 遠藤圭子・酒井均・太田秀, 1987. アクリジンオレンジ染色によるエポキシ樹脂包埋組織切片中の共生細菌の検索—シロウリガイ鰓組織中の共生細菌の検索を例として, 第3回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, JAM-STEECTR Deepsea Research, (3), 61-68.
- Fiala-Medioni, A. and le Penneec, M., 1989. Adaptive features of the bivalve molluscs associ-

- ated with fluid venting in the subduction zones off Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 71, 161-167.
- Fujioka, K. and Taira, A., 1989. Tectono-sedimentary settings of seep biological communities - a synthesis from the Japanese subduction zone. In "Sedimentary Facies in the Active Plate Margin", A. Taira and F. Masuda (eds.), Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, pp. 577-602.
- 蒲生俊敬・酒井均, 1989. 相模湾初島沖における海底湧水の化学フラックス測定のための採水装置の試作. 第5回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (5), 317-323.
- Gamo, T., Ishibashi, J., Shitashima, K., Kinoshita, M., Watanabe, M., Nakayama, E., Sohrin, Y., Kim, E., Masuzawa, T. and Fujioka, K., 1988. Anomalies of bottom CH_4 and trace metal concentrations associated with high heat flow at the *Calyptogenia* community off Hatsushima Island, Sagami Bay, Japan: A preliminary report of Tansei Maru KT-88-1 cruise Leg-1. *Geochemical Journal*, 22, 215-230.
- Hashimoto, J., Ohta, S., Tanaka, T., Hotta, H., Masuzawa, S. and Sakai, H., 1989. Deep-sea communities dominated by the giant clam, *Calyptogenia soyoae*, along the slope foot of Hatsushima Island, Sagami Bay, central Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 71 (1/2), 179-192.
- 橋本惇・田中武男・松澤誠二・堀田宏, 1987. 相模湾初島沖におけるシロウリガイ群集の調査. 第3回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (3), 37-50.
- 橋本惇・松澤誠二・堀田宏, 1988. 相模湾沖ノ山堆における深海生物群集の探索. 第4回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (4), 177-188.
- 石井輝秋・渡辺正晴・石塚明男・太田秀・酒井均・原村寛・鹿園直建・富樫和也・薬袋佳孝・富永健・鎮西清高・堀越増興・松本英二, 1988. 「しんかい2000」によるシロウリガイ群生地を含む相模湾西部の地質学的研究. 第4回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (4), 189-218.
- 菊池知彦・戸田龍樹・根本敬久・太田秀, 1990. 第6回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deep-sea Research, (6), (本誌, 別記)
- 木下正高・蒲生俊敬・藤岡換太郎・KT-88-1航海乗組者一同, 1988. 相模湾初島沖で発見された高熱熱流量異常. 1988年度日本地震学会講演要旨集.
- 気象庁地震予知情報課, 1989. 伊豆半島およびその周辺の地震活動(1988年5月~10月). 地震予知連絡会報, 41, 227-242.
- 小池勲夫・白山義久・蒲生俊敬・酒井均, 1988. 相模湾初島沖より得られたシロウリガイの呼吸速度. 第4回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (4), 233-237.
- Kulm, L. D., Suess, E., Moore, J. C., Carson, B., Lewis, B. T., Ritger, S. D., Kadko, D. C., Thornburg, T. M., Embley, R. W., Rugh, W. D., Massoth, G. J., Langseth, M. G., Cochrane, G. R., Scamman, R. L., 1986a. Oregon Subduction Zone: venting, fauna, and carbonates. *Science*, 231, 561-566.
- Kulm, L. D., Suess, E., Thornburg, T. M., Embley, R. W., Hussong, D. M. and Resig, J. M., 1986b. Fluid venting processes and their relation to tectonic styles in subduction zones of the Eastern Pacific. Abstract of the International KAIKO Conference on Subduction Zones, November 1986, Tokyo-Shimizu, pp. 28-29.
- Kuznetsov, A. P. and Ohta, S., 1988. Mechanism of feeding in *Axinulus kelliiformis* and *A. simplex* (Thyasiridae, Bivalvia) from Suruga Bay, Japan and the significance of the bacterial chemosynthesis as an energy source. In "Structural and Functional Researches of the Marine Benthos", A. P. Kuznetsov and M. N. Sokolova (eds.), Shirshov Institute of

- Oceanology, Academy of Sciences of the USSR, Moscow, pp. 6-15 & 122 (in Russian).
- Kuznetsov, A. P., Galkin, S. V. and Rass, T. S., 1987. A new benthic community based on both photo and chemosynthetic energy sources. In "Feeding of Marine Invertebrates and its Significance in Formation of Communities". A. P. Kuznetsov and M. N. Sokolova (eds.), Shirshov Institute of Oceanology, Academy of Sciences of the USSR, Moscow, pp. 6-15 (in Russian).
- 増澤敏行・半田暢彦, 1987. 相模湾初島沖海底生物群集の堆積物コア間隙水の化学組成. 第3回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (3), 91-96.
- Metivier, B., Okutani T. and Ohta S., 1986. *Calyptogena (Ectenagena) phaseoliformis* n. sp., an unusual vesicomyid bivalve collected by the submersible *Nautile* from abyssal depths of the Japan and Kurile Trenches. *Venus (Japanese Journal of Malacology)*, 45 (3), 161-168.
- 三浦知之, 1988. 相模湾初島南東沖シロウリガイ群集における多毛類及び寄生生物調査. 第4回「しんかい2000」研究シンポジウム報告書. JAMSTECTR Deepsea Research, (4), 239-244.
- 三浦知之, 1990. シロウリガイ群集における多毛類および寄生生物調査. 日本ベントス研究会誌, (38), 41-44.
- Ohta, S., 1983. Photographic census of large-sized benthic organisms in the bathyal zone of Suruga Bay, central Japan. *Bulletin of the Ocean Research Institute, University of Tokyo*, 15, 1-244.
- 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. 相模湾初島沖の深海冷湧水性生物群集調査 (II). 1988年度日本海洋学会春季大会講演要旨集. p. 364.
- 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」, 東京大学深海研究所. 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.
- Okutani T. and Metivier B., 1986. Descriptions of three new species of vesicomyid bivalves collected by the submersible *Nautile* from abyssal depths off Honsyu, Japan. *Venus (Japanese Journal of Malacology)*, 45 (3), 147-160.
- Paull, C. K., Hecker, B., Commeau, R., Freeman-Lynde, R. P., Neumann, C., Corso, W. P., Golubic, S., Hook, J. E., Sikes, E. and Curray, J., 1984. Biological communities at the Florida Escarpment resemble hydrothermal vent taxa. *Science*, 226, 965-967.
- Paull, C. K., Jull, A. J. T., Toolin, L. J., Linick, T., 1985. Stable isotope evidence for chemosynthesis in an abyssal seep community. *Nature*, 317, 709-711.
- Saino, T. and S. Ohta, 1989. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ratios of vesicomyid clams and a vestimentiferan tube worm in the subduction zone east of Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 71, 169-178.
- Sakai, H., Gamo, T., Endow, K., Ishibashi, J., Ishizuka, T., Yanagisawa, F., Kusakabe, M., Aka-gi, T., Igarashi, G. and Ohta, S., 1987. Geochemical study of the bathyal seep communities at the Hatsushima site, Sagami Bay, Central Japan. *Geochemical Journal*, 21, 227-236.

- Suess, E., Carson, B., Ritger, S. D., Moore, J. C., Jones, M. L., Kulm, L. D. and Cochrane, G. R., 1985. Biological communities at vent sites along the subduction zone off Oregon. Bulletin of the Biological Society of Washington, (6), 475-484.
- Suzuki, T., Takagi, T. and Ohta, S., 1988.
N-terminal amino acid sequence of the deep-sea tube worm haemoglobin remarkably resembles that of annelid haemoglobin. Biochemical Journal, 255, 541-545.
- Suzuki, T., Takagi, T. and Ohta, S., 1989a.
Primary structure of a dimeric haemoglobin from the deep-sea cold-seep clam *Calyptogena soyoeae*. Biochemical Journal, 260, 177-182.
- Suzuki, T., Takagi, T. and Ohta, S., 1990a.
Primary structure of a constituent polypeptide chain (A III) of the giant haemoglobin from the deep-sea tube worm *Lamellibrachia*: a possible H₂S-binding site. Biochemical Journal, 266, 221-225.
- Suzuki, T., Takagi, T. and Ohta, S., 1990b.
Primary structure of a linker subunit of the tube worm 3 000-kDa hemoglobin. Journal of Biological Chemistry, 265(3), 1551-1555.
- Suzuki, T., Takagi, T., Okuda, K., Furukohri, T. and Ohta, S., 1989b. The deep-sea tube worm hemoglobin: subunit structure and phylogenetic relationship with annelid hemoglobin. Zoological Science, 6, 915-926.
- Tunnicliffe, V., Juniper, S. M., de Burgh, M. E. 1985. The hydrothermal vent community on Axial Seamount, Juan de Fuca Ridge. Bulletin of the Biological Society of Washington, (6), 453-464.
- 内田敏夫・橋本惇・藤倉克則・奥谷喬司, 1989.
シロウリガイ群集の定点調査. 1989年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集. p. 158.

(原稿受理 1990年6月27日)

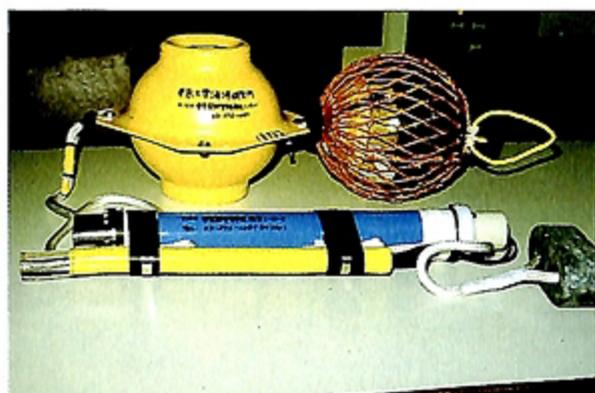


写真1 トランスポンダー・フラッシャー標識
 Photo. 1 Acoustic transponder and flash light marker.

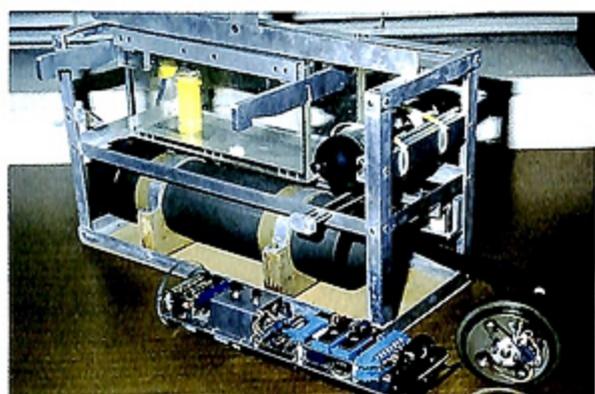


写真2 現場型大型生物呼吸量測定装置
 Photo. 2 *In situ* respirometer for large organisms.



写真3 精密地中温度記録器（実験区）
 Photo. 3 Subbottom temperature recorder and pore water sampler penetrated into the *Calyptogen* bed. Hatsushima site, 1170m.



写真4 精密地中温度記録器（対照地区）
 Photo. 4 Subbottom temperature recorder and pore water sampler penetrated into the control area. Hatsushima site, 1170m.



写真5 相模湾産オウナガイ類

Photo. 5 A thyasid bivalve *Conchocete* sp. (aff. *C. disjuncta*) collected from the Hatsushima site.



写真6 相模湾初島東南沖産スエヒロキスタレガイ

Photo. 6 A solemyid bivalve *Acharax johnsoni* collected from the Hatsushima site.



写真7 エゾイバラガニの密集個体群。Dive 381：初島サイト1170m

Photo. 7 Aggregation of *Paralomis multispina* on a rock of the Hatsushima site. 1170m.



写真8 大型のハオリムシの群落。Dive #316.

Photo. 8 Thicket of large vestimentiferan tube worm *Lamellibrachia* sp. to the north of the marker bouy point.



写真9 相模湾産大型ハオリムシの軟体部
 Photo. 9 Anterior part of the vestimentifera *Lamelibrachia* sp. collected from the Hatsushima site.



写真10 シロウリガイの軟体部
 Photo. 10 Soft part of *Calyptogena soyocae*.



写真11 シロウリガイを捕食するウテナガヒトデとエゾバイ科の巻貝. 沖ノ山堆1 130m
 Photo. 11 An asteroid *Distorasterias stichantha* and a buccinid snail *Neptunea* sp. feed on *Calyptogena soyocae*. Okinoyam site 1 130m.



写真12 シロウリガイを捕食するエゾイバラガニ
 Photo. 12 *Paralomis multispina* feeding on *Calyptogena soyocae*.



写真13 シロウリガイベッド中のクモヒトデ
Photo. 13 Small ophiuroid in *Calyptogena* bed.



写真14 沖ノ山堆産の細く小型のハオリムシ
Photo. 14 New slender vestimentiferan tube worm
collected from the Okinoyama site.