

東部南海トラフ付加体における冷湧水の 化学的性質 (KAIKO-TOKAI計画): 「しんかい6500」潜航#113報告

蒲生 俊敬*¹ 石橋純一郎*² 下島 公紀*³ 中塚 武*⁴
角皆 潤*² 増澤 敏行*⁴ 酒井 均*⁵ 満澤 巨彦*⁶

東部南海トラフにおけるプレート沈み込み冷湧水帯の地球化学的解明のために、日仏 KAIKO-NANKAI計画 (1989年) で発見されたシロウリガイコロニーを再訪し、海底直上海水と海底堆積物の同時採取を「しんかい6500」で初めて行った。海底直上水は、「しんかい2000」用に開発した熱水採取装置を「しんかい6500」向きに改良した採水装置によって、また海底堆積物は、「しんかい2000」ですでに使用実績のある打ち込み式重錘コアラーを「しんかい6500」で初めて使用することによって、それぞれ成功裏に採取された。堆積物中の間隙水を「よこすか」船上で抽出し、コロニー付近の堆積間隙水中の主要陽・陰イオン、Mn (II), H_2S , NH_4^+ , SiO_2 , PO_4^{3-} , pH 及びアルカリ度の鉛直分布を明らかにした。シロウリガイコロニーからわずか30cm離れただけで、堆積物の間隙水中にはほとんど硫酸還元の特候は認められず、コロニーの内側と外側では間隙水の化学的性質に著しい落差のある可能性を示した。なお、シロウリガイコロニー内ではその外側に比べて、表層堆積物の温度が明らかに高いことを確認した。

キーワード: 冷湧水, 沈み込み帯, 南海トラフ, 地球化学, 付加体, 間隙流体

-
- * 1 東京大学海洋研究所
 - * 2 東京大学理学部
 - * 3 電力中央研究所
 - * 4 名古屋大学大気水圏科学研究所
 - * 5 山形大学理学部
 - * 6 海洋科学技術センター深海研究部
 - * 7 Ocean Research Institute, University of Tokyo
 - * 8 Faculty of Science, University of Tokyo
 - * 9 Central Research Institute of Electric Power Industry
 - * 10 Institute for Hydrospheric-Atmospheric Sciences, Nagoya University
 - * 11 Faculty of Science, Yamagata University
 - * 12 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

Chemical Characteristics of Cold Seepage at the Eastern Nankai Trough Accretionary Prism (KAICO-TOKAI Program) : a Preliminary Report of the Dive 113 of "Shinkai 6500"

Toshitaka GAMO*⁷ Jun-ichiro ISHIBASHI*⁸
Kiminori SHITASHIMA*⁹ Takeshi NAKATSUKA*¹⁰
Urumu TSUNOGAI*⁸ Toshiyuki MASUZAWA*¹⁰
Hitoshi SAKAI*¹¹ Kyohiko MITSUZAWA*¹²

In an effort to elucidate geochemical behaviors of cold seepage at the plate subduction zone in the eastern Nankai Trough, water samples just above the bottom and a sediment core sample were collected at the same time using the submersible "Shinkai 6500" at one of the *Calyptogenia* communities located during the Japan-France KAICO-NANKAI project in 1989. The water samples (8 bottles) were taken with a specially designed pumping system whose proto-type had already been utilized for "Shinkai 2000" dives. The undisturbed sediment sample with a diameter of 8cm and a length of 14cm was successfully recovered with the Masuzawa-type pile driving corer. Sedimentary pore waters were squeezed on board "Yokosuka" to obtain vertical profiles of major cations and anions, Mn (II), H₂S, NH₄⁺, SiO₂, PO₄³⁻, pH and alkalinity. We suggest that there may be a drastic change of pore water chemistry between inside and outside the *Calyptogenia* community, because the sedimentary pore waters recovered from only 0.3 meter apart from the margin of the community show little indication of in situ sulfate reduction. It was confirmed that surface sediment temperature is higher inside the *Calyptogenia* community than the outside.

Key words : Cold seepage, Subduction zone, Nankai Trough, Geochemistry, Accretionary prism, Pore fluids, KAICO-TOKAI program

1. はじめに

プレートの沈み込みにともない、プレート上の堆積物の一部がはぎ取られて陸側に押しつけられたものを、一般に付加体と呼んでいる。付加体は、プレート運動によって圧縮され、付加体の内部から間隙水が絞り出されて断層沿いに海底に湧出する。このような湧出水（熱水のように高温ではないことから冷湧水と呼ばれる）は、硫化水素やメタンガスを豊富に含み、シロウリガイやハオリムシなどの深海生物群集に共生する化学合成細菌の栄養源になると言われる。

御前崎沖の東部南海トラフ（図1）では、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う付加体が発達している。すでに1985年の日仏KAICO計画（Le Pichon et al.,

1987）、1989年の日仏KAICO-NANKAI計画（小林・Le Pichon, 1990; Le Pichon et al., 1992）の際にフランスの潜水船ノーティルによって、顕著なシロウリガイコロニー（冷湧水域）が多数発見されている。1991年には海洋科学技術センター（JAMSTEC）の「しんかい6500」も同海域に潜航し、冷湧水域を確認している。これまでの同海域での潜航調査を通じて、冷湧水を含む海底直上水が採取分析され、通常海水とは明らかに異なった化学組成をもつ冷湧水が検出された（Boulègue et al., 1987; Gamo et al., 1992）。しかし、冷湧水のエンドメンバーの化学組成や化学フラックス、さらにそれらの時空間変動についてはまだほとんど明らかでない。

本研究は、これまでに継続して行ってきた南海トラ

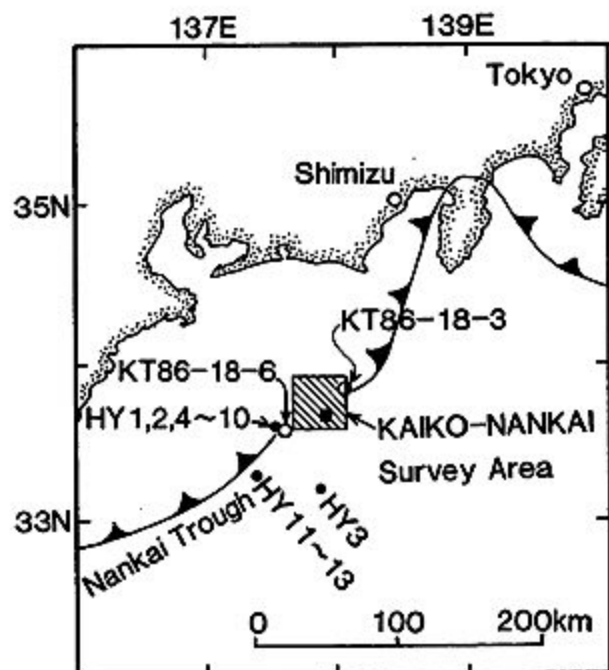


図1 潜航地点(■)及び東部南海トラフ周辺海域図
Fig.1 Map showing the diving location (■) in the eastern Nankai Trough area.

フ沈み込み冷水水域の総合的地球化学研究の一環として、1992年に「しんかい6500」を用いてKAIKO-NANKAI計画で発見されたシロウリガイコロニー周辺を再調査したものである。研究の主目的は、冷水水、海底堆積物(間隙水)及び底生生物の化学的性質を明らかにすることによって、冷水水の起源や化学フラックスの解明を進めることであるが、就航して比較的日の浅い「しんかい6500」を用いて、海水や堆積物を効率よく採取する手法を確立することも、本潜航の重要な目的であった。

2. 潜航調査の概要(「しんかい6500」潜航#113)

2.1 日時、潜航位置及び潜航者

1992年5月24日、9時47分～17時15分(ハッチ閉鎖時間)

東部南海トラフ(33°38.82'N, 137°54.48'E)(WGS-84測地系による)

潜水船船長: 赤澤克文

船長補佐: 飯嶋一樹

観察者: 蒲生俊敬

(船上待機: 石橋純一郎, 下島公紀, 中塚武, 角皆潤)

2.2 ベイロード

2.2.1 船外取付け機器

熱水採水器(ポンプ、回転バルブ、採水筒8本付き、東大海洋研究所所有のもの)

増渾式重錘打ち込みコアラ(名大気水圏科学研究所所有のもの)

生物採取用木箱(250×250×250、船上で製作したもの)

マニピュレーターの先端に装着したもの:

採水吸入口(外径10mm、内径8mmのチタン管)、温度計-1(「しんかい6500」に常備されているもの。先端のみに白金抵抗体を内蔵し、船内で温度が直読できる)及び温度計-2(JAMSTEC所有の海洋電子(株)製ヒートフローメーター/モデルKHF-001。先端及び先端から10cm及び20cmの合計3点に白金抵抗温度計を内蔵。以下、これらの白金センサーを先端から順にセンサー1、センサー2、及びセンサー3と呼ぶ)。これら2種類の温度計は一緒に束ねて「しんかい6500」のマニピュレーターに固縛し、温度計-2を根元まで埋没させたとき、温度計-1の先端が海底直上数cmにくるように位置を調節した。採水吸入口もマニピュレーターに固定したが、上記の温度計の束とは180度逆向きに取り付け、温度計測中に採水口が堆積物でふさがれるのを避けた。

2.2.2 船内持ち込み機器

採水用24V直流電源

採水動作制御箱

温度計-2用データロガー

2.3 潜航記録

09:47 ハッチ閉鎖。

10:00 着水。

10:11 ベント全開、潜航開始。

10:33 深度1,000m。

11:32 深度3,675m。下降用バラスト離脱。海底からの高度85m。

11:35 深度3,700m。1.546°C。高度50m。

11:44 海底視認。

11:54 深度3,751m。視程8m。流向流速、320°へ0.1ノット。小さいし中型のシロウリガイ(死に殻の長さ:10~20cm)がときたま小規模な群集(貝の数は20匹程度)をなす。貝はほとんど泥中に埋もれている。海底面には貝のはい跡がすじ状に残っている。

11:56 150°方向にある目標点に向かいゆっくり航走開始(深度3,751m)。

- 12:18 約30匹のシロウリガイコロニー（アネモネが約10匹付着している）。
- 12:21 前方に初めて大規模なコロニー群を視認、そちらに向きを変える。
- 12:22 停止。複数の大規模な円形のコロニーが、約10メートルの間隔で点在している。1つのコロニー内の貝の数は数百のオーダーで、赤褐色のアネモネ（数十個体）が貝に付着している。コロニーとコロニーの間には貝の移動した跡とみられるすじが多数交錯し、死に殻がまばらに点在しているほか、長さ30cm級の巨大シロウリガイが単独で直立しているのが数個見られる。コロニー内のみ黒い海底土が露出している。1つのコロニーの直前に着底（深度：3,761m）。図2に、以下の観測作業の位置関係を示す。
- 12:41 重錘コアラをサンプルバスケットから取り出す。
- 12:44 重錘コアラを、コアラの中心がコロニーの左側の縁の約30cm外に置く（図2参照）。グラバを離したところ、コアラは自重で約20cm沈下した（0~40cmの目盛りのうち、0~20cmまでしか見えなくなる）。
- 12:50 コロニーの手前側から、グラバでシロウリガイを採取。シロウリガイの長さは、いずれも10~15cm程度。

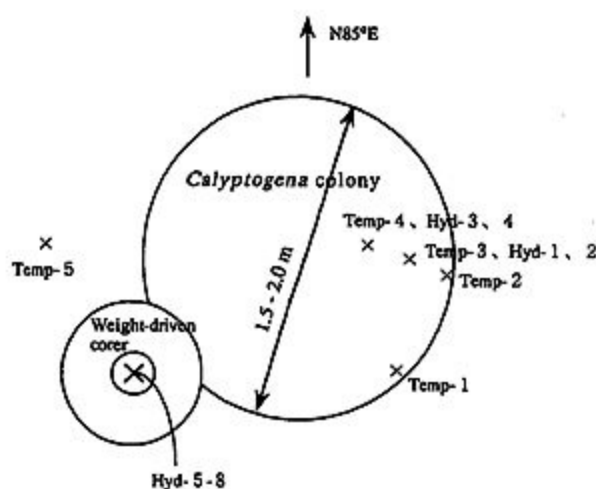


図2 シロウリガイコロニーにおいて行った観測項目とそれらの位置関係

Fig. 2 Location of temperature measurements, coring, and hydrocasts performed in and around the *Calyptogena* colony visited by "Shinkai 6500".

- 13:03 コロニーの縁（シロウリガイを採取した場所の少し右側、図2のTemp-1）で第1回温度計測（13:09まで）。温度計-2のほぼ根元まで突き刺す（以下の温度計測についても同様）。このとき温度計-1の表示：1,600℃。
- 13:10 図2のTemp-2で第2回温度計測（13:23まで）。温度計-1：1,580℃。
- 13:13 重錘コアラの打ち込み（錘の上下運動）を15回行う。ほぼ完全に打ち込まれ、コアラの亚克力管の部分がほとんど見えなくなる（写真1）。少なくとも深さ40cmまで堆積物は非常に柔らかいことがわかる。
- 13:28 マニピュレーターの油圧がダウンし、両温度センサーが30秒間ほど海底面に中途半端に突き刺さる（ほぼ2回目の温度計測地点と同じ場所）。
- 13:31 コロニー内（図2のTemp-3）で、第3回温度計測（13:36まで）。温度計-1：1,586℃。
- 13:38 採水1本目（Hyd-1）を第3回温度計測とほぼ同一点で行う。
- 13:41 同一点で採水2本目。
- 13:47 採水管の先端を左に移動し、コロニーの中心にさらに近付ける。
- 13:48 採水3本目（Hyd-3）。採水中にマニピュレーターの油圧がダウンし、採水管横倒しとなるが、そのまま続行（写真2参照）。
- 13:50 採水管横倒しのまま、採水4本目。
- 13:53 採水4本目と同位置で、第4回温度計測（Temp-4）。温度計-1：1,600℃。
- 14:05 重錘コアラを引き抜いてサンプルバスケットへ格納。
- 14:48 重錘コアラを引き抜いた後の穴の中へ吸入口を差し込み、採水5本目（Hyd-5）。
- 14:51 同一場所で採水6本目。
- 14:56 採水管の先端を穴の中にさらに2~3cm深く入れ、採水7本目。
- 14:59 同一場所で採水8本目。
- 15:02 コロニーの外側（バックグラウンド）で第5回温度計測（Temp-5）。温度計-1：1,574℃。
- 15:10 バラスト投下、浮上開始。
- 16:40 浮上（潜航時間：6時間29分）。
- 16:51 吊り上げ。
- 17:15 ハッチ開放（ハッチ閉鎖時間：7時間28分）。

2. 4 地形、底質、生物等海底観察のまとめ

2. 4. 1 地 形

今回の潜航は、東部南海トラフ付加体最南端のスラスト面（深度約4,000m）から斜面を200mほど上昇した平坦部のシロウリガイコロニーで行なわれた。ここは日仏KAIKO-NANKAI計画のSite-1である（Le Pichon et al., 1992; Chamot-Rooke et al., 1992）。また、1991年に行なわれた「しんかい6500」潜航#71（観察者：東大海洋研・瀬川爾朗）の調査地点ともほぼ同じである。

本潜航は試料の採取を主目的としたので、地形が平坦なシロウリガイコロニー域に直行した。着底後、航行中に観察した海底面はごくわずかで、あまり特徴のない平坦な海底面が続いた。

2. 4. 2 底 質

堆積物の表面は白っぽい泥。バラストの投下やスラストの回転によって簡単に舞い上がるほど、粒度は細かい。シロウリガイコロニー内のみ、黒色の泥が露出している。また、コロニーから数十cm程度離れた場所では、表面は白っぽい泥で覆われているが、数cm下からは黒色の泥の層に変わる。コロニー外の堆積物表面は、シロウリガイがはいったあとと思われるすじあとが多数みられる。

2. 4. 3 生 物

今回の観測場所は、直径1.5～2mのほぼ円形をしたシロウリガイコロニーで、コロニー内にはシロウリガイが数百個体密集していた。そのほぼ9割は長さ10～15cm程度の大きさで、殻のほとんどを堆積物中に没し、水管のみ海水中に突き出していた。その他の貝は長さ20cm程度とやや大きく、殻の1/3から半分近くを海底上に露出させ、それらの多くは殻の先端に暗赤色のアネモネを付着させていた。その他、コロニー内で横倒しになっている貝も所々に見られた。これらは、貝が密集しすぎたためにはじき出されたものか、あるいは死んでいるのか不明である。明らかな死に殻（殻が開いているもの）もコロニーの縁に多く見られた。KAIKO-NANKAI計画の際の観測結果からみて、今回潜航した平坦な海底面（深度3,760～3,780m）には、このような円形パッチ状のコロニーが、ほぼ東西方向の等深線に沿ってベルト状に続いているはずである。なお、コロニーとコロニーの間の海底面には、さらに大型（長さ30cm程度と推定される）のシロウリガイが数個体、群集を形成せず単独で、殻を半分程度海水中に突き出しているのが観察された。

2. 5 採取試料と船上分析

以下に示したような海水及び堆積物試料を回収した。生物試料（シロウリガイ）は、採取箱の蓋が潜航中に破損・流失したため、浮上時に海面ですべて失われた。

2. 5. 1 海水試料No. 1～8（各750ml）

No. 1～4：シロウリガイコロニーの直上水

No. 5～8：重錘コアラを抜いたあとにできた穴の中の水

2. 5. 2 堆積物試料（重錘コアラによる）

シロウリガイコロニーの縁から約30cm外側の堆積物。直径80mm、長さ140mm。

2. 5. 3 海水試料の分析

pH（Corning, Ion analyzer 250）、アルカリ度（Metrohm, 665 Dosimat自動滴定装置によるグラブプロット法）、硫化水素（Metrohm Ag⁺/S²⁻電極とMetrohm 654 pH meterによる滴定）、シリカ、アンモニア、リン酸（島津 UV-1200 分光光度計による比色分析）を船上で分析。

さらに、溶存気体（メタン、ヘリウム、全炭酸濃度と安定同位体比）、主要陽イオンと陰イオン、水の酸素と酸素の同位体比、及び微量重金属等を後日分析するために、試料を分取して持ち帰った。

2. 5. 4 堆積物試料

厚さ20mmずつ7層にスライスし、船上で間隙水を油圧圧縮方式で抽出した。得られた間隙水は、各層とも約40mlであった。

間隙水試料の一部を用いて、海水試料と同じ項目（硫化水素を除く）について船上分析を行った。また、主要陽イオンと陰イオン、全炭酸と炭素同位体比、硫化水素などの陸上分析用に試料を分取・保存した。

名古屋大学大気水圏科学研究所において、Cl⁻、SO₄²⁻、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、K⁺、Mn（II）及びH₂Sを、Masuzawa et al.（1992）の方法により分析した。

3. 結果と考察

3. 1 試料採取について

海底直上水の採取に用いた熱水採水装置は、原理は「しんかい2000」用熱水採取装置（酒井ほか、1990；蒲生、1993）とほとんど同一であるが、「しんかい2000」用装置を「しんかい6500」にそのまま搭載することはできなかったため、「しんかい6500」用に新たに製作したものである。その際、採水装置の主要部分（深海ポンプ、自動回転バルブ、及び採水筒（8本）の相互配置を大幅に変更し、耐圧容器を6,500m仕様とし、かつこれ

らを「しんかい6500」耐圧殻の下側に収納する形状とした。採水装置の第1号機は1990年度に海洋科学技術センターで制作された。1991年の「しんかい6500」潜航#72（西部南海トラフ、潜航者：東大海洋研・藤本博巳）で作動試験を行なった後（藤本ほか，1991），同年のSTARMER計画（北フィジー海盆）で本格的に使用された（Ishibashi et al., 1994）。これらの使用実績に基づき，細部に改良を加えた2号機が，1991年度に東大海洋研究所で制作された。本潜航で使用したのはこの2号機である。海水中で使用は初めてであったが，所期の性能どおりに作動し，8本の採水筒すべてにコロニーの直上海水が採取された。

重錘打ち込み式コアラは，当初「しんかい2000」用に開発されたもので（増澤・半田，1989），今回使用したものはその改良型である。「しんかい6500」に搭載するのは初めてであったが，これも順調に作動し，シロウリガイコロニー近傍から，不攪乱（かくらん）の堆積物試料（直径8cm）を深さ14cmにわたって回収することに成功した。

堆積物試料は，シロウリガイコロニー内から採取するのが望ましかったが，コアラを安定に設置するには，海底面から貝を除いて平坦にする必要があった。しかし貝の生息密度があまりに高いこと，また貝を抜き取ることによって堆積層を大幅にかき乱すなどの問題点があった。また今回は「しんかい6500」による同コアラの最初の作動確認ということもあり，堆積物試料を確実に回収することを優先した。このような事情から，コロニー内からの堆積物採取は次回の課題に残した。

3. 2 温度測定

潜航記録（2，3）に述べたように，温度計-1によって計測された海底直上水の温度をコロニーの内側と外側で比較すると，前者の方が後者よりも0.02～0.03℃高い傾向がある。これはコロニー内では湧水のしみだしがあるためと考えられる。

図3は，温度計-2のデータである。5回の温度計測を（1）～（5）の数字で示してある。センサー1，2，3の温度記録が温度軸（縦軸）に関して0.1～0.15℃程度ずれているのは，センサーの温度修正を行っていないためで，温度計が海水中にあるときは3つのセンサーは本来同一温度を示すべきである。ただしここでは，それぞれのセンサーの相対的な温度変化に注目したいので，図を見やすくすることあて，あえて補正を加えていない。コロニー内での計測（1）～（4）と，コロニー外の計測（5）の記録をセンサー1（地中へ深さ約20cm挿入

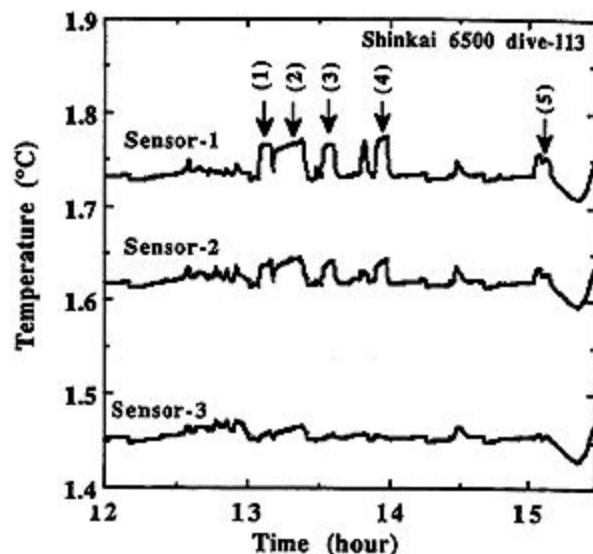


図3 ヒートフロープローブ（温度計-2）による温度記録。測定（1）～（4）はシロウリガイコロニー内，測定（5）はコロニー外で行った。

Fig. 3 Temperature records by the three temperature sensors of the heat flow probe. Measurements (1)–(4) were performed inside the *Calyptogena* colony and measurement (5) was outside the colony.

した）について比較すると，計測（1）～（4）では約0.04℃の温度上昇が観測されたのに対し，計測（5）ではその半分の0.02℃しか温度が上昇していないことがわかる。すなわち，地中20cmの温度は，コロニーの内部の方が外側に比べて明らかに高温で，冷湧水に伴うコロニー内の高いヒートフローを反映しているものと考えられる。

シロウリガイ・コロニー内で地中温度が高いことは，同一海域におけるKAIKO計画やKAIKO-NANKAI計画の際にも観察されている（Le Pichon et al., 1987；Foucher et al., 1992）。

3. 3 化学分析

分析結果を表1にまとめて示す。分析はまだ継続中で，堆積物そのものの分析はまだ行われていない。表1のデータは中間報告である。なお，熱水採水装置によるサンプリングの際，1本目の採水器は多量の蒸留水を吸入するため，海水試料が大幅に希釈されてデータとして使用できない。したがって1本目のデータは表1から除外してある。

海底直上から回収した海水試料は，表1のBottom water-2から-4の3本がシロウリガイ群集直上のもの，またBottom water-5から-8の4本が，コア試料を引き抜いた後の穴の中の海水である。両者を比較すると，

表 1 海底直上海水及び堆積物間隙水中の化学成分濃度

Table 1 Results of chemical measurements for the seawater samples taken just above the bottom and those for the sedimentary pore waters.

	Sample No.	SiO ₂ (μ M)	PO ₄ (μ M)	NH ₄ (μ M)	pH	Alkalinity (mM)	Cl (mM)	SO ₄ (mM)	Na (mM)	Mg (mM)	Ca (mM)	K (mM)	Mn (II) (mM)	H ₂ S (mM)
Bottom water	2	129	3.3	<10	7.73	2.30								
	3	131	3.4	<10	7.72	2.36								
	4	130	3.2	<10	7.70	2.30								
	5	139	3.3	<10	7.72	2.38								
	6	134	3.4	<10	7.76	2.34								
	7	134	4.7	<10	7.73	2.35								
	8	134	3.2	<10	7.73	2.35								
Pore water	Surface	130	2.2	<10	7.77	2.39	539	27.8	474	52.5	10.1	9.6	0.002	0.0
	0-2 cm	258	4.1	24	7.39	2.54	537	27.9	461	52.1	10.0	10.4	0.006	0.0
	2-4 cm	292	19.0	45	7.35	2.64	539	27.9	471	51.8	9.9	10.8	0.009	0.0
	4-6 cm	320	6.2	41	7.45	2.62	537	27.9	470	51.1	9.8	11.0	0.004	0.0
	6-8 cm	289	8.0	36	7.52	2.56	538	27.8	472	52.0	9.9	10.8	0.002	0.0
	8-10 cm	257	11.4	34	7.55	2.65	538	28.0	472	51.1	9.7	11.1	0.002	0.2
	10-12 cm	253	4.7	28	7.63	2.58	536	27.7	474	51.2	9.8	10.4	0.002	0.0
	12-14 cm	284	6.5	28	7.61	2.59	536	27.8	467	50.1	9.5	11.5	0.002	0.0

SiO₂濃度は後者の方が明らかに高い。これは後で示す間隙水のデータから明らかなように、海底直上の海水に比べて堆積物間隙水の方が2倍以上SiO₂に富むためであろう。PO₄³⁻、NH₄⁺及びpHには違いが認められないが、アルカリ度はわずかに同様の傾向が認められる。穴の中から採取した海水の方が、より堆積物間隙水の影響を受けるためであろう。KAIKO-NANKAI計画の際も、柱状採泥器を抜いた後の穴から採取した海水は、極めて高いメタンガス濃度を示した (Gamo et al., 1992)。

間隙水試料は、海底直上の海水に比べて、シリカ、リン酸、アンモニア、及びアルカリ度が高く、またpHは低い (表1参照)。これらの濃度異常は、堆積物の色が表層の灰色から黒色に変わる深さ2~6cmの付近で顕著となる傾向がある。Mn (IV) の還元で生成するMn (II) は、濃度としては非常に低いが、やはり2~4cm付近で極大を示した。しかしSO₄²⁻は深さとともに変化がなく、また硫酸還元の際に生成する硫化水素もほとんど検出されなかった。その他、Cl⁻、Na⁺、Mg²⁺も海水とほとんど変わらず、Ca²⁺にわずかな減少、K⁺にわずかな増加傾向が認められた。

当面の結論として、この堆積物の深さ14cm以内では、硫酸還元による有機物の酸化分解反応はほとんど起こっていないと考えられる。この点では、相模湾初島沖のシロウリガイコロニー内の堆積物のように、深さとともに硫酸イオンが直線的に減少し、深さ14~15cmで硫酸イオン濃度=9.6mM、硫化水素=0.33 mMを示した例

(Masuzawa et al., 1992) とは対照的である。KAIKO-NANKAI計画の際に採取されたシロウリガイの体内にはイオウ酸化細菌が共生しており、冷湧水中に含まれる硫化水素をもとに化学合成を行っていると推定されている (Fiala-Medioni et al., 1993)。本潜航で採取した堆積物中に全く硫化水素が存在しなかったことは、シロウリガイコロニー内部と外部とで、間隙水の化学的性質に急激な変化 (不連続面) のあることを示唆している。

4. ま と め

1989年の日仏KAIKO-NANKAI計画で発見された東部南海トラフ付加体前縁部のシロウリガイコロニー (冷湧水域) を、「しんかい6500」 (潜航#113) によって1992年に再調査した。得られた成果は以下のとおりである。

(1) コロニーの内部と外部で地中温度を精密に測定し、コロニー内部の方が、湧水の影響で温度が高い傾向にあることを確認した。

(2) 「しんかい6500」による冷湧水と堆積物間隙水の採取については、ほぼ所期の目的を達成することができた。すなわち、シロウリガイコロニー直上 (数cm以内) の海水 (4試料)、コアラを引き抜いたあとにできた穴の中の海水 (4試料) を、「しんかい6500」に搭載した熱水採水器を用いて採取することに成功した。さらに重錘打ち込み式コアラを用いて、コロニーのすぐ外側の海底堆積物 (直径8cm) を厚さ14cmにわたって層序

を乱さずに採取することにも成功した。

(3) 冷湧水と間隙水の化学分析は、船上で一部行なわれ、さらに下船後陸上の研究室で継続中である。今回採取した堆積物は、コロニーの縁からわずか30cm程度はずれた場所のもので、表面から数cm下から黒色層が現われる。この黒色泥はシロウリガイコロニーの海底に露出しているものと同一と考えられる。間隙水の分析結果からは、この黒色層の出現に対応して NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 、pHなどに変化が認められたが、硫酸還元反応の兆候は深さ14 cmの間では認められなかった。今後、さらに長いコア試料の採取・分析を行うとともに、コロニー内部のコア試料についても調査を進める必要がある。

謝 辞

有意義な潜航調査を行うことができたのは、「しんかい6500」の坂倉司令、井田副司令、福井整備長、田代潜航長及び本潜航時の赤沢船長、飯嶋船長補佐ほか運航チームの皆様、また母船「よこすか」の兵頭船長以下乗組員の皆様の適切な熟練したオペレーションのたまものであり、ここに厚くお礼申し上げる。また首席研究員小林和男教授（東大海洋研究所、現在：海洋科学技術センター）には、本研究のために様々な便宜をはかっていただいた。本研究の一部は、文部省重点領域研究「海洋フラックス」の補助を受けて行なわれた。

参考文献

- Boulegue, J., J.T. Iiyama, J.-L. Charlou and J. Jedwab (1987): Nankai Trough, Japan Trench and Kuril Trench: geochemistry of fluids sampled by the submersible "Nautilus". *Earth Planet. Sci. Lett.*, 83, 363-375.
- Chamot-Rooke, N., S.J. Lallemant, X. LePichon, P. Henry, M. Sibuet, J. Boulègue, J.-P. Foucher, T. Furuta, T. Gamo, G. Glauco, K. Kobayashi, S. Kuramoto, Y. Ogawa, P. Schultheiss, J. Segawa, A. Takeuchi, P. Tarits and H. Tokuyama (1992): Tectonic context of fluid venting at the toe of the eastern Nankai accretionary prism: evidence for a shallow detachment fault. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 109, 319-332.
- Fiala-Medioni, A., J. Boulègue, S. Ohta, H. Felbeck and A. Mariotti (1993): Source of energy sustaining the *Calyptogen* populations from deep trenches in subduction zones off Japan. *Deep-Sea Res.*, 40 (6), 1241-1258.
- Foucher, J.-P., P. Henry, X. Le Pichon and K. Kobayashi (1992): Time-variations of fluid expulsion velocities at the toe of the eastern Nankai accretionary complex. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 109, 373-382.
- 藤本博巳・木下 肇・蒲生俊敬 (1991): 南海トラフ付加体掘削孔内温度計測一掘削孔の観察とデータ回収の試み一. 第8回しんかいシンポジウム予稿集, 21-23.
- 蒲生俊敬 (1993): "海洋化学・生物調査技術: 採水および懸濁物・沈降粒子の採取." p204-222. In: 海洋調査フロンティア. 海洋調査技術学会編.
- Gamo, T., H. Sakai, J. Ishibashi, K. Shitashima and J. Boulègue (1992): Methane, ethane and total inorganic carbon in fluid samples taken during the 1989 Kaiko-Nankai project. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 109, 383-390.
- Ishibashi, J., D. Grimaud, Y. Nojiri, J.-M. Auzende and T. Urabe (1994): Fluctuation of chemical components of the phase-separated hydrothermal fluid from the North Fiji Basin Ridge. *Mar. Geol.*, 116, 215-226.
- 小林和男・X. Le Pichon (1990): KAICO-NANKAI計画 (日仏協力日本海溝共同調査第3次計画) 研究成果中間報告書. 92pp.
- Le Pichon, X., T. Iiyama, J. Boulègue, J. Charvet, M. Faure, K. Kano, S. Lallemend, H. Okada, C. Rangin, A. Taira, T. Urabe and S. Uyeda (1987): Nankai Trough and Zenisu Ridge: a deep-sea submersible survey. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 83, 285-299.
- Le Pichon, X., K. Kobayashi and Kaiko-Nankai Scientific crew (1992): Fluid venting activity within the eastern Nankai Trough accretionary wedge: a summary of the 1989 Kaiko-Nankai results. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 109, 308-318.
- 増澤敏行・半田暢彦 (1989): 重錘打ち込み式コアラーによる相模湾初島沖海底生物群集からの砂質堆積物コアの採取と間隙水の化学組成 (「しんかい2000」第380潜航). 「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, 5, 23-29.
- Masuzawa, T., N. Handa, H. Kitagawa and M. Kusakabe (1992): Sulfate reduction using meth-

ane in sediments beneath a bathyal "cold seep"
giant clam community off Hatsushima Island,
Sagami Bay, Japan. Earth Planet. Sci. Lett., 110,
39-50.

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・柳澤
文孝・堤 眞 (1990):「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
炭素液泡と包接化合物について.「しんかい2000」
研究シンポジウム報告書, 6, 69-85.

(原稿受理: 1994年 6 月30日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載



写真 1 コロニーの左側外で使用中の重錘打ち込み式コアラ-

Photo 1 The weight-driven corer in use at outer left side of the *Calyptogenia* colony.

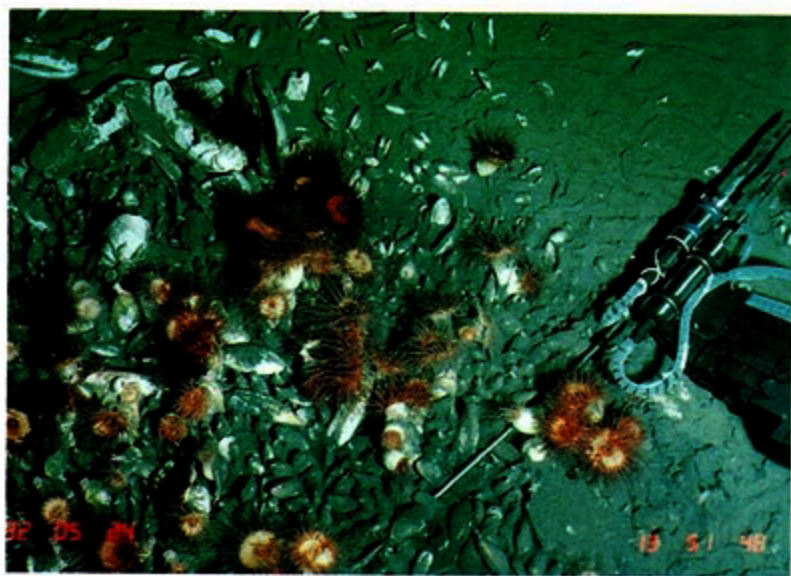


写真 2 コロニーの右側で直上海水の採水中

Photo 2 Water sampling just above the colony at inner right side of the *Calyptogenia* colony.