

相模湾初島南東沖「冷湧水」の起源： 「しんかい2000」第721潜航の結果

角 皆 潤*¹ 石橋純一郎*¹ 脇田 宏*¹ 蒲生 俊敬*²
増澤 敏行*³ 中塚 武*³

相模湾初島南東沖のシロウリガイ群集域においては、「冷湧水」が存在していると考えられてきた。しかしその「冷湧水」がどのような種類のものであるか、その起源については定説にはいたっていなかった。この解明をめざして行われた「しんかい2000」の第721潜航において、約10℃の温度異常を示す湧水を赤褐色海底変色域から採取することに成功した。本論においてはその湧水の化学組成の分析結果を報告し、その起源について考察した。

分析の結果から、湧水は海水とは明瞭に化学組成が異なっており、海水に比較してアルカリ度・H₂S・SiO₂・NH₄に富んでおり、逆にCl・SO₄・K・Na・Mg・Caに乏しいことがわかった。この化学組成は、湧水が堆積物中の間隙水と未知の低Cl濃度の水（「Fresh Water」と呼ぶ）が混合したものとするとうまく説明できる。さらにこの「Fresh Water」の起源について過去の知見を併せて考察すると、天水が最も有力である。初島南東沖における湧水は、従来言われてきたようなプレートの沈み込みに起因する「冷湧水」や、火山性（熱水性）の湧水ではなく、陸域の地下水の水平流動が原因である可能性が強いといえるだろう。

キーワード：冷湧水、地球化学、赤褐色海底変色、天水、地下水

Source of "Cold Seepage" at the off Hatsushima Island, Sagami Bay : a Preliminary Report of the Dive 721 of "Shinkai 2000"

Urumu TSUNOGAI*⁴ Jun-ichiro ISHIBASHI*⁴ Hiroshi WAKITA*⁴
Toshitaka GAMO*⁵ Toshiyuki MASUZAWA*⁶
Takeshi NAKATSUKA*⁶

Fluid seeping activity has been widely recognized at the bathyal *Calypptogena* community site, off Hatsushima Island, Sagami Bay. The source of the seeping fluids, however, was not determined. In order to clarify the origin, geochemical studies have been conducted. During the dive 721 of "Shinkai 2000", oozing fluids (about 10°C higher than

* 1 東京大学理学部

* 2 東京大学海洋研究所

* 3 名古屋大学大気水圏科学研究所

* 4 Faculty of Science, University of Tokyo

* 5 Ocean Research Institute, University of Tokyo

* 6 Institute for Hydrosphere and Atmospheric Science, Nagoya University

ambient sea water) were collected at the site with reddish-brown seafloor. In this study, we report chemical composition of the fluid samples.

The chemical composition of the fluid samples is clearly different from that of sea water. Fluid samples show enrichment in alkalinity, H_2S , SiO_2 and NH_4 , while depletion in Cl , SO_4 , K , Na , Mg and Ca , compared with sea water. The seeping fluid composition is well explained by mixing of typical pore water and low Cl content water ("Fresh Water"). Meteoric water is the most plausible source of the "Fresh Water". This result strongly suggests that the seeping fluid is interpreted to be from deep groundwater in the land area through lateral migration, instead of source from subducting plate compactions or volcanic heat sources.

Key words: Cold seepage, Geochemistry, Reddish-brown seafloor, Meteoric water, Groundwater

1. はじめに

1984年に相模湾初島南東沖の水深1100—1200mの斜面下部(図1-aのArea2, 以下「初島サイト」とする)で、シロウリガイ(*Calymene soyoe*)を優先種とする高密度深海生物群集が発見された(Okutani and Egawa, 1985)。1984年以来北米・オレゴン沖, 日本海溝, 南海トラフ等, プレート沈み込み帯を中心に発見さ

れ始めた深海生物群集の1つとして, そのエネルギー源やテクトニクスとの関係に関心が寄せられている。1987

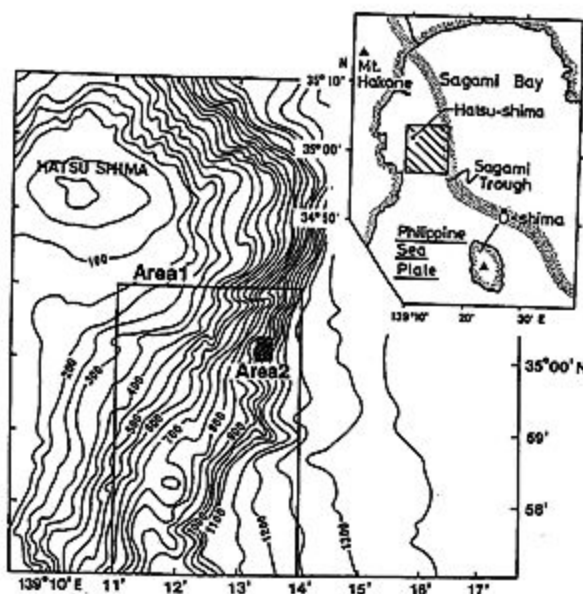


図1-a 試料採取が行われた初島サイト(図中の「Area2」)と相模湾初島南東沖の海底地形図

Fig. 1-a Map showing the location of the Hatsushima site (Area2 in the figure) together with the bottom topography of off Hatsushima Island in Sagami Bay. (modified from Gamo et al. (1988) which is reproduced from the bathymetric chart (1:100,000) of the Sagami Bay published by the Japan Maritime Safety Agency in February 1983.)

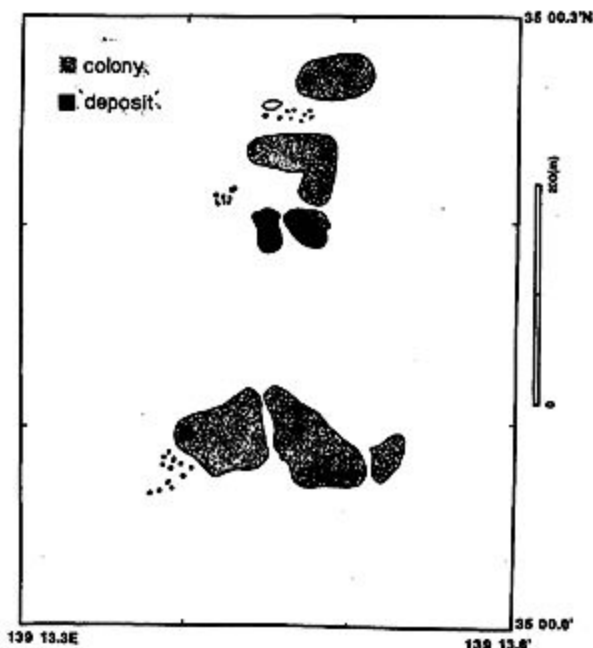


図1-b 湧水採取地点と初島サイトにおけるシロウリガイ群集域及び赤褐色海底変色域の分布(段野司令の原図をもとに作成。図1-aのArea2に相当する)。

●: Dive 721 (No. 1-8, M) サンプルング地点
■: Dive 720 (No. 1) サンプルング地点
colony: シロウリガイ・コロニー
deposit: 赤褐色海底変色域

Fig. 1-b Map showing the precise locations of fluid sampling in the Area2 of the Fig. 1-a. Distributions of *Calymene* colonies and reddish brown "deposits" are also shown. (modified from the original map of commander Danno.)

●: Dive 721 (No. 1-8, M) sampling point
■: Dive 720 (No. 1) sampling point
colony: *Calymene* colonies
deposit: Reddish-brown "deposits"

ると相模湾の東側の沖ノ山堆の水深1,100mの基シロウリガイをはじめとする高密度の深海生物群見され (Hashimoto et al., 1988), その後の調査, 相模湾全体では水深750—1,300mにわたる計8確認されている (田中・橋本, 1991)。さらにはになると初島サイトの生物群集域内もしくはそのた場所で赤褐色の海底面変色域と炭酸塩鉱物を多む岩石も発見された (Naka et al., 1991; 図1—b

に発見された初島サイトの生物群集 (39°59.9' N, 6°E, 水深1,160m) においては, 1986年以来生物地球化学的・地球物理学的研究が広範に行われている。その結果, 以下の各所見が提案されている。シロウリガイ群集の直上水中の CH_4 濃度は極め, CH_4 に富んだ湧水がシロウリガイ群集下よりしている (Sakai et al., 1987; Gamo et al., 1988)。初島サイト付近には最高2,000mW/m²に達する, 殻熱流量異常が観測される (Kinoshita et al.,

シロウリガイ群集下の堆積物中では湧水中の CH_4 た硫酸還元が起きており, これにより生成した生物群集のエネルギー源になっている (Masu- it et al., 1992)。

湧水は海水に比べて CH_4 のほか, 全炭酸・ NH_4 でおり, SO_4 に乏しい。またマグマ性成分の寄与である ^3He 濃度には異常がみとめられない (角皆 1993)。

CH_4 の起源は堆積物中の有機物を起源として微より生成されたものであり, マグマ起源のものやの熱分解を起源としたものではない (角皆ほか,

赤褐色の海底面変色域においては堆積物中の温度海水に比べて約10°C高い (Naka et al., 1991)。し, この湧水の起源や湧水系のシステム (すなわいう種類の湧水か?) に関してはほとんど不明のあった。これまで

プレート運動に伴う堆積物中間隙水の圧縮による Iashimoto et al., 1989; Yoshida and Tsukahara,

堆積層下のマグマ活動に起因した海底温泉水の湧 (jioka et al., 1989; 上田, 1989; Naka et al., 1991) となつた2つの考えが提案されている。②はこがフィリピン海プレートの沈み込み帯 (図1—さらに陸源の厚い堆積物に覆われていることに

基づいており, ⑥はこの場所が伊豆・小笠原弧の火山フロント上で伊豆の単成火山群も近く, さらに高地殻熱流量異常や堆積物中の温度異常が観測されていることに基づいている。

これらはいずれも決め手を欠いており, 定説にはいたっていない。そこで本研究では初島サイト内でも特に活発な湧水域であると考えられる (角皆ほか, 1993) 赤褐色の海底変色域において湧水の採取を行い, 溶存化学成分の分析を行った。

2. 第721潜航概要・試料採取

潜航調査はすべて初島サイトで行われた (図1—b)。採水は海洋科学技術センター所属の「しんかい2000」により, 8連装回転バルブ式採水器 (Sakai et al., 1990) を用いて行った。微弱な湧水を海水との混合を少なくして採取するため, 採水口は下向きロート状の特殊なものを製作して用いた。

第721潜航 (観察者: 脇田宏) においては, 赤褐色海底変色域 (写真1) 内の約8cmの凹地 (写真2) から湧水のゆらぎを観察した。激しい所では砂を巻き上げており, これまで同サイトでは確認されたことのない規模の湧水であると考えられる。湧水の噴出地点付近には生物の類は一切みとめられなかった。また凹地には黒色沈殿状の物質がたまっているように観察された。採水は湧水のゆらぎに採水口のロートをかざす方式で行い (写真3), 搭載した採水筒 (約700ml) の8本すべてについて

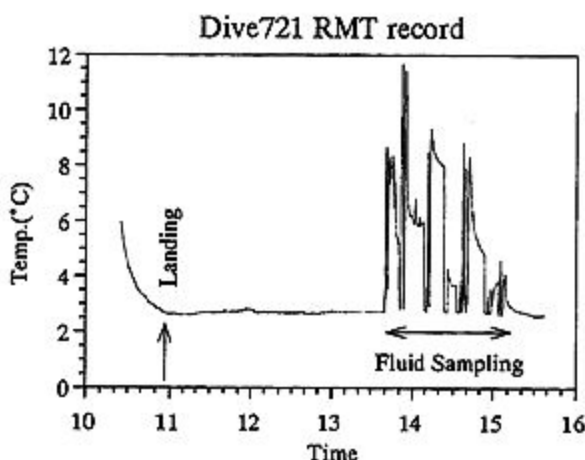


図2 第721潜航におけるRMT温度計の温度変化。「Fluid Sampling」の間の温度が湧水の温度に相当する。
Fig. 2 Temperature records of the RMT type thermometer during the dive 721. Anomalous high temperature during "Fluid Sampling" corresponds to that of the venting fluid.

同一地点において採水した (D721 No. 1-8)。さらに M 式採泥器 (Gamo et al., 1991) により、海底変色域の底層直上水を 1 本採取した (D721 No. M)。温度計測は採水口の先端部分に取り付けた離合社製 RMT 温度計により行った。潜航中の温度計の温度変化を図 2 に示す。「Fluid Sampling」と記された部分が湧水のゆらぎに採水口をかざしていた時間であり、明瞭に温度が高くなっていることがわかる。ゆらぎの温度は最高約 12°C で周辺海水より約 10°C も高かった。

またこの潜航に先立って行われた第 720 潜航 (観察者: 増沢敏行) でも初島サイト内の生物群集域の直上で採水を 1 本行った (D720 No. 1)。この試料においては温度等に異常は観測されなかった。この結果も併せて報告する。

3. 湧水試料の分析

試料を母船「なつしま」に回収後直ちに、pH (Corning ion analyzer 250), $\text{SiO}_2 \cdot \text{NH}_4$ (島津 UV-1200 分光光度計) を常法に従って船上で分析した。さらに陸上の

実験室に持ち帰った後、25ml バイアル瓶に密封した試料からアルカリ度 (Metrohm, 665 Dosimat 自動滴定装置によるグラブプロット法) を測定した。

さらに陸上で主要陽イオン (原子吸光法・ICP 発光分光法)、主要陰イオン (イオンクロマト法)、硫化水素 (ZnS として固定して持ち帰り重量法) の分析を行った。

4. 結果・考察

4. 1 湧水 (Fluid) の組成

試料の分析結果を図 3 に示す。値はすべてサンプリングにおける蒸留水の混入の影響を補正してある。第 720 潜航で得られたシロウリガイ群集上の試料にはほとんど異常がみとめられなかったが、第 721 潜航で得られた湧水試料は周辺海水に比較して明瞭な異常を示した。特に SO_4 の異常は顕著である。そこで図 3 においては、 SO_4 の濃度を横軸に、各成分の濃度を縦軸に取って示してある。pH・アルカリ度・ NH_4 ・Cl に関しては、同サイトで過去に採取された試料の結果も併せて示してある。

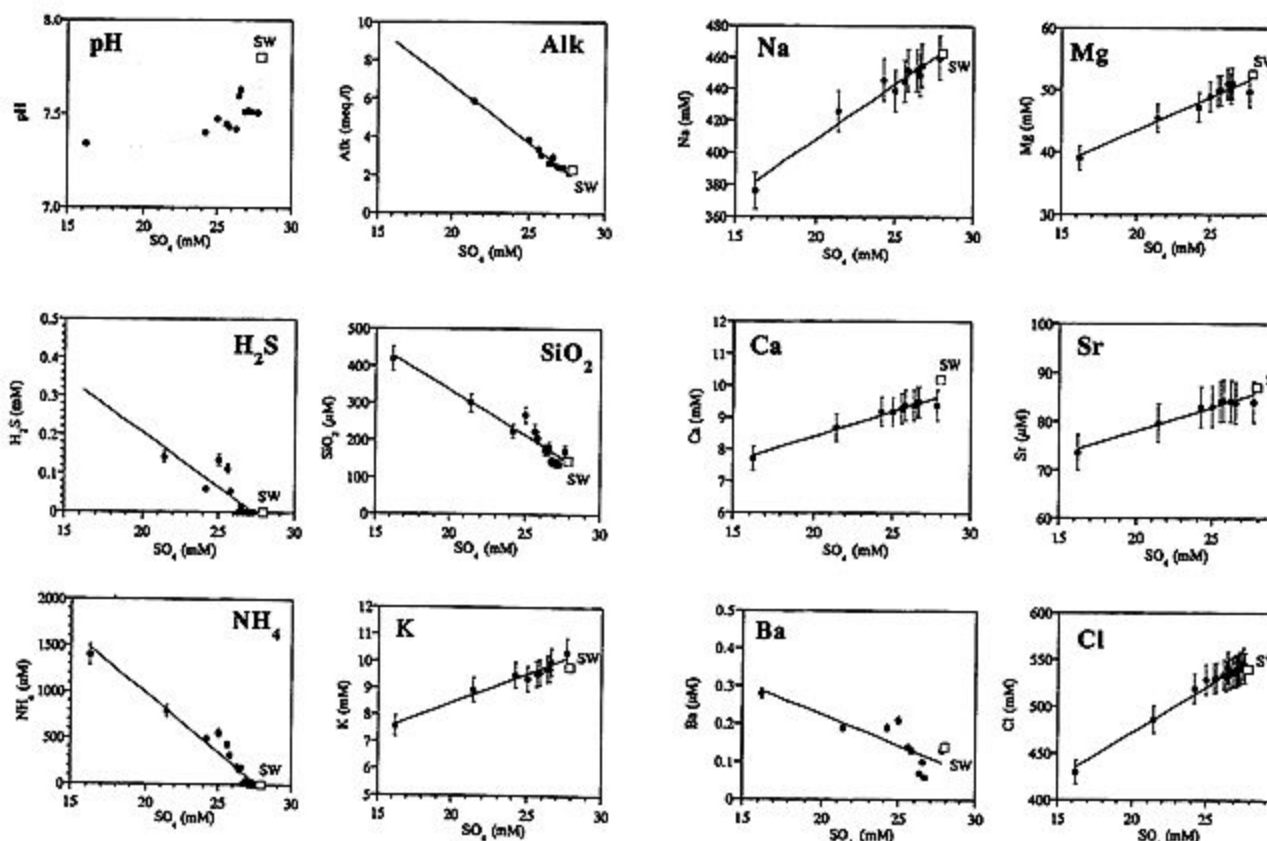


図 3 湧水試料中 (●) 及び海水中 (□) の各成分 (pH, Alkalinity, H_2S , SiO_2 , NH_4 , K, Na, Mg, Ca, Sr, Ba, Cl) の SO_4 プロット。直線は湧水試料について回帰したもの

Fig. 3 Plot of elemental concentrations versus SO_4 concentrations for the samples (●) and sea water (□). Solid line show regression of the samples.

表 1 湧水の推定エンド・メンバー組成 (Fluid)。垂外洋性堆積物中の間隙水の組成 (Pore Water A, B) 及び海水の組成 (Sea Water) も同時に示す。表中の湧水と間隙水のデータの矢印は、各成分について海水よりも enrich しているもの (↑)、海水より deplete しているもの (↓)、海水とほぼ同じもの (→) の分類を表す。

[データソース]

Pore Water A (南海トラフ, 43.6 mbsf): ODP leg 131 Site 808A (Taira et al., 1991)

Pore Water B (相模湾・初島サイト・シロウリガイ群集外, 20 cmbsf): D 227-202 (Masuzawa et al., 1991)

Table 1 Chemical compositions of the end member fluids. Pore water compositions of hemipelagic sediments (Pore Water A, B) and sea water are also shown. Arrows represents enrichment (↑) or depletion (↓) of each component in comparison with sea water. Almost equal component to sea water is represented in (→).

[Data sources]

Pore Water A (Nankai Trough, 43.6 mbsf): ODP leg 131 Site 808A (Taira et al., 1991)

Pore Water B (Sagami Bay, the Hatsushima site, outside the *Caloptogena* community, 20 cmbsf): D227-202 (Masuzawa et al., 1991)

		Fluid	Pore Water A (NankaiT)	Pore Water B (Sagami)	Sea Water
pH		7.3	7.9		7.8
Alk.	meq/l	8.67 ↑	48.74	6.28 ↑	2.3
H ₂ S	mM	0.31 ↑		0.08 ↑	0
Cl	mM	435 ↓	576	541 →	540
SO ₄	mM	16.2 ↓	0.4	23.8 ↓	27.9
SiO ₂	μM	429 ↑	532	874 ↑	145
NH ₄	μM	1479 ↑	7500	1570 ↑	< 10
K	mM	7.6 ↓	11.8	13.5 ↑	9.8
Na	mM	381 ↓	529	498 ↑	463
Mg	mM	39.4 ↓	36.6	53.7 ↓	52.6
Ca	mM	7.8 ↓	2.6	9.0 ↓	10.2
Sr	μM	74 →	95	→	87
Ba	μM	0.29 ↑			0.14

いずれの成分 (pHを除く) もSO₄ときれいな直線関係を示すことから、これは海水 (「SW」) と図中に記す) と未知の湧水との mixing line であることがわかる。すなわち採取された試料は、[SO₄]=27.9 (mM) の海水と[SO₄]≤16.2 (mM) の湧水のエンド・メンバーとが様々な比率で混合したものであると考えられる。そこで、海水の混合が最も少なかった試料の[SO₄]=16.2 (mM) を湧水のエンド・メンバーのSO₄濃度と仮定して、湧水の溶存化学組成を求めた (表1に「Fluid」として示す)。比較の対照として代表的な日本近海の垂外洋性陸起源堆積物中の間隙水組成を「Pore Water」として示す (南海トラフ43.6mbsf, 相模湾20cmbsf)。

4. 2 湧水の起源

表1に示されているように、アルカリ度・H₂S・

NH₄・SiO₂といった成分は海水に比較して高く、逆にCl・SO₄・K・Na・Mg・Caといった成分が海水に比べて低いことがわかる。増加傾向を示した成分すべて (アルカリ度・H₂S・NH₄・SiO₂) と、減少傾向を示した成分の一部 (SO₄・K・Mg・Ca) については増減の傾向が、一般的な垂外洋性陸起源堆積物における間隙水の増減の傾向と同じであり、間隙水と海水との混合で一応説明できる。これは湧水が堆積層中の間隙水の影響を強く受けていることを示すものと考えられる。

しかし主成分であるClとNaの減少は間隙水では説明することができない。とくにClの減少は最大で海水の30%に達しており、堆積物と海水との通常の反応で説明することは不可能である (Sayles and Manheim, 1975)。図4に湧水のClとSO₄の関係を広いレンジで示してあるが、「Fluid endmember」は海水と間隙水

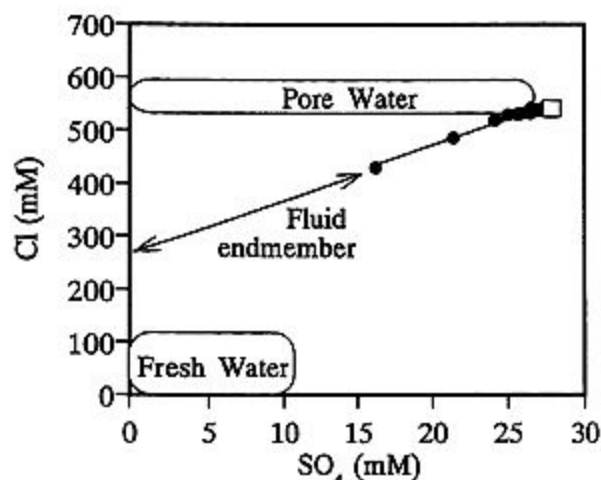


図4 湧水試料中(●)及び海水中(□)のCl濃度とSO₄濃度の関係。直線は湧水試料について回帰したもの

Fig.4 Plot of Cl concentrations versus SO₄ concentrations for the samples (●) and sea water (□). Solid line shows regression of the samples.

(Pore Water) の混合では説明がつかないことがわかる。つまり「Fluid endmember」の組成を実現するためには海水と間隙水以外の第3の成分を考える必要がある。図4から予想されるように、この第3の成分はClやSO₄が海水に比較してdepleteしているはずである。以下この第3の成分を「Fresh Water」成分と呼ぶことにする。この「Fresh Water」成分が湧水のシステムを理解するうえで重要であると考えられる。すなわちこの「Fresh Water」成分がこの湧水の本来の成分であり、この「Fresh Water」が堆積層中を上昇する過程であとから間隙水や海水が加わったものと考えられるからである。

4.3 「Fresh Water」成分の起源

海底において存在が認められた「Fresh Water」の起源として次に挙げるようなものが考えられる。

- ① ガス・ハイドレート層が分解して生成した間隙水 (Hesse and Harrison, 1981)
- ② 堆積層中の粘土鉱物から脱水した間隙水 (Gieskes et al., 1990)
- ③ 粘土鉱物により ion filtration された間隙水 (Hanshaw and Coplen, 1973)
- ④ 熱水系の気-液分離により gas phase rich になった海水 (Massoth et al., 1989)
- ⑤ 天水 (Sayles and Manheim, 1975)

しかし、湧水中に³Heの異常がほとんど見られないこと(角皆ほか, 1993)から、④の熱水系は考える必要

はない。①②③の特殊な間隙水の場合は量的な制約が大きいこと、湧水中に radiogenic (放射壊変) 起源の⁴Heの異常がほとんどみとめられないことから、やはり考えにくい。現在の知識からは⑤の天水起源が有力であろう。また天水が海底に湧出するシステムとしては、⑤-(a) (天水を用いた) 熱水系と、⑤-(b) 地下水の水平方向への流動が考えられるが、⑤-(a) の熱水系は④の熱水系と同様の理由で考えにくい。逆に⑤-(b) の地下水の場合を考えてみると、伊豆半島の地下1,000mに存在する地下水が水平方向に流れて海底に湧出した場合、湧水において観測された温度は矛盾なく説明できる。また、湧水中の³Heや⁴Heがほとんど異常を示さない事実とも一致する。

4.4 今後の展望

非熱水性の海底湧水であるならば、湧水中にH₂Sが検出されたのは世界で初めてである。今後生物群集と湧水との関係を考察するうえで非常に重要な要素となるだろう。さらにこの海底変色域内は活発な湧水域であるにもかかわらず、生物群集がほとんど見られない。この点も今後の課題である。

また海底湧水中にこれほど大きな低Cl濃度の異常が見いだされたことは高温の熱水を除くとほとんど例がない。この湧水がもし本論で提案されたような陸域からの地下水の水平方向の流動が原因であるならば、このような現象はほかでも多く確認されてよいはずである。今後大陸縁辺域の「冷湧水」や間隙水の起源を考察するうえで重要な要素となるだろう。また、堆積物-海洋間の物質の移動過程を考察するうえでも大いに注目される現象となるであろう。

謝 辞

極めて有意義な潜航調査を行うことができたことは、「しんかい2000」の段野司令・今井副司令をはじめとした運航チームの皆様、及び母船「なつしま」の乗組員の皆様の暖かい協力のおかげです。特に運航チームの皆様には採水器のセッティングや新型採水口の製作にあたり適切な助言と協力をいただいたのをはじめとして、公私ともに大変お世話になりました。また海洋科学技術センター深海研究部の皆様には種々ご尽力いただいたばかりか、多くの議論に参加していただきました。ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

Fujioka, K., M. Kinoshita, W. Soh, S. Tsukawaki, J.

- Ashi, K. Akimoto and M. Watanabe (1989) : Geology of Sagami Bay and its Environs—Reports on the Results of KT88-1 Cruise—. Bull. Earthq. Res. Inst., 64, 391-431.
- Gamo T., H. Sakai, J. Ishibashi, T. Oomori, H. Chiba, K. Shitashima, K. Nakashima, Y. Tanaka and H. Masuda (1991) : Growth mechanism of the hydrothermal mounds at the CLAM Site, Mid Okinawa Trough, inferred from their morphological, mineralogical, and chemical characteristics (in Japanese with English abstract). JAMSTECTR Deep-sea Res., 7, 163-184.
- Gamo T., J. Ishibashi, K. Shitashima, M. Kinoshita, M. Watanabe, E. Nakayama, Y. Sohrin, E.-S. Kim, T. Masuzawa and K. Fujioka (1988) : Anomalies of bottom CH_4 and trace metal concentrations associated with high heat flow at the Calyptogena community off Hatsushima Island, Sagami Bay, Japan: A preliminary report of Tansei Maru KT-88-1 cruise Leg-1. Geochemical J., 22, 215-230.
- Gieskes, J.M., P. Vrolijk and G. Blanc (1990) : Hydrogeochemistry of the Northern Barbados Accretionary Complex Transect : Ocean Drilling Project Leg 110. J. Geophys. Res., 95 (B6), 8809-8818.
- Hashimoto, J., S. Matsuzawa and H. Hotta (1988) : Searching for Biological Communities at the Okinoyama Bank site, the Sagami Bay. JAMSTECTR Deep-sea Res., 4, 177-188.
- Hashimoto, J., S. Ohta, T. Tanaka, H. Hotta, S. Matsuzawa and H. Sakai (1989) : Deep-sea communities dominated by the giant clam *Calyptogena soyoe*, along the slope foot of Hatsushima Island, Sagami Bay, central Japan. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeocol., 71, 179-192.
- Hanshaw, B.B. and T.B. Coplen (1973) : Ultrafiltration by a compacted clay membrane—II. Sodium ion exclusion at various ionic strengths. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 2311-2327.
- Hesse, R. and W.E. Harrison (1981) : Gas hydrates (clathrates) causing pore-water freshening and oxygen isotope fractionation in deep-water sedimentary sections of terrigenous continental margins. Earth Planet. Sci. Lett., 55, 453-462.
- Kinoshita, M., M. Yamano and S. Makita (1991) : High Heat Flow Anomaly around Hatsushima Biological Community in the Western Sagami Bay, Japan. J. Phys. Earth, 39, 553-571.
- Massoth, G.J., D.A. Butterfield, J.E. Lupton, R.E. McDuff, M.D. Lilley and I.R. Jonasson (1989) : Submarine venting of phase-separated hydrothermal fluids at Axial Volcano, Juan de Fuca Ridge. Nature, 340, 702-705.
- Masuzawa, T., N. Handa, H. Kitagawa and M. Kusakabe (1992) : Sulfate reduction using methane in sediments beneath a bathyal "cold seep" giant clam community off Hatsushima Island, Sagami Bay, Japan. Earth Planet. Sci. Lett., 110, 39-50.
- Naka, J., K. Fujikura and J. Hashimoto (1991) : New Geological Information of Calyptogena Colony off Hatsushima, Sagami Bay. JAMSTECTR Deep-sea Res., 7, 1-6.
- Okutani, T. and K. Egawa (1985) : The first underwater observation on living habit and thanatocoenosis of *Calyptogena soyoe* in bathyal depth of Sagami Bay. Venus, 44, 285-288.
- Sakai, H., T. Gamo, K. Endow, J. Ishibashi, T. Ishizuka, F. Yanagisawa, M. Kusakabe, T. Akagi, G. Igarashi and S. Ohta (1987) : Geochemical study of the bathyal seep communities at the Hatsushima site, Sagami Bay, Central Japan. Geochemical J., 21, 227-236.
- Sakai, H., M. Yamano, T. Tanaka, T. Gamo, E.-S. Kim, J. Ishibashi, K. Shitashima, T. Matsumoto, T. Oomori, F. Yanagisawa and M. Tsutsumi (1990) : Geochemical studies of the hydrothermal system at the Izena Cauldron using "Shinkai 2000". JAMSTECTR Deep-sea Res., 6, 69-85.
- Sayles, F.L. and F. Manheim (1975) : Interstitial solutions and diagenesis in deeply buried marine sediments: results from the Deep Sea Drilling Project. Geochim. Cosmochim. Acta, 39, 103-127.
- 田中武男・橋本 博 (1991) : 相模湾の現生シロウリガイの分布. 月刊地球, 13 (1), 42-46.
- Taira, A., I.A. Hill, J.V. Firth, et al. (1991) : Proc. ODP

Init. Repts., 131. College Station TX (Ocean Drilling Program), 306pp.

角 皆 潤・石橋純一郎・脇田 宏・蒲生俊敬・中塚武・中村岳史 (1993): 海底からのメタンの放出と湧水の起源—相模湾初島南東沖冷湧水の場合—, 1993年度日本地球化学会講演要旨集, 48-49.

上田誠也 (1989): 海溝・島弧・背弧系の地球熱学的研究, 昭和63年度科学研究費補助金研究成果報告書, 146pp.

Yoshida, N. and H. Tsukahara (1991): $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ in the shell of *Calyptogena soyoae* from the subduction zone Sagami Bay and fluid flow from the deep part of the sea floor. JAMSTECTR Deep-sea Res., 7, 25-31.

(原稿受理: 1994年6月30日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

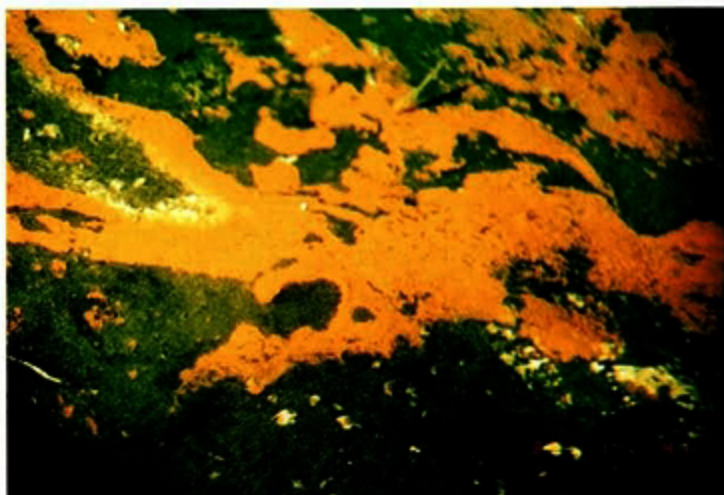


写真 1 赤褐色海底変色域

Photo 1 Reddish brown seafloor area of the Hatsushima site.



写真 2 湧水噴出孔 (直径約 8cm の凹地)。写真では不明瞭であるが、ビデオ映像には湧水のゆらぎが噴出するのがはっきり確認できる。

Photo 2 Fluid vent (about 8 cm in diameter). Shimmering emission is more clear in video records.

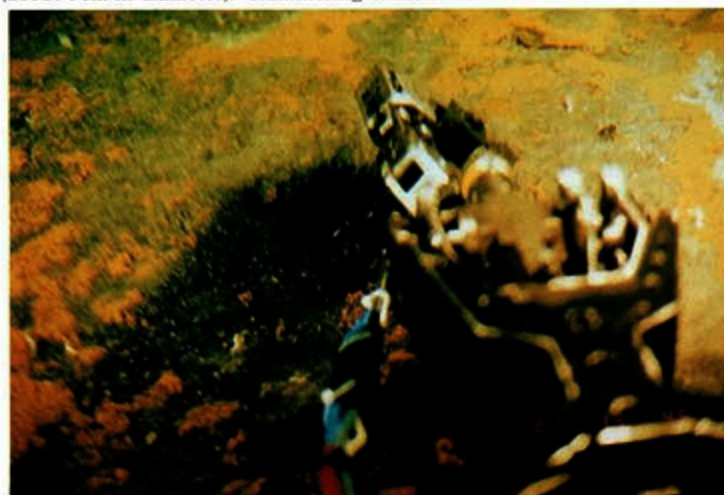


写真 3 採水作業の様子。マニピュレーターの下に見えるのが採水器の採水口

Photo 3 Fluid sampling and inlet pipe of water sampler.