

# 相模湾初島沖海底生物群集のシロウリガイの微量元素組成

増澤敏行<sup>\*1</sup> 半田暢彦<sup>\*1</sup> 小山睦夫<sup>\*2</sup>

1987年11月の潜水調査船「しんかい2000」の第314潜航で、相模湾初島沖のシロウリガイ群集(34° 59.9' N, 139° 13.6' E: 水深1,160 m)でシロウリガイ(*Calymene bairdi*)を採集し、その器官別元素組成を機器放射化分析法によりもとめた。1986年6月の第227潜航で採集したシロウリガイ試料の軟体部も混合試料として同時に分析を行った。器官別で見るとCr, Zn, Feが鰓で、またAg, Hg, Se, Asが消化管で、最も濃度が高かった。全軟体部の組成を“Mussel Watch”の指標生物であるムラサキガイ(*Mytilus edulis*; 的矢湾産)と比較するとAg(×250), Cr(×43), Zn(×15), Hg(×12)とSb(×11)がシロウリガイに著しく濃縮していた。これらの元素の種類とその濃縮の度合は、東太平洋海嶺21°Nの熱水噴出口生物群集のガラバゴスシロウリガイ(*Calymene magnifica*)における元素濃縮に大変よく似ていた。初島沖では冷水の湧出が想定されているもののまだその存在は確認されていないが、もしシロウリガイの重金属元素組成がその生活環境の反映であるとするならば、初島沖のシロウリガイ群集において想定されている冷水は、熱水に似てこれら重金属を高濃度に含んでいる可能性がある。

## Trace Element Composition of *Calymene bairdi* from a Giant Clam Colony off Hatsushima Island, Sagami Bay, Japan

Toshiyuki MASUZAWA<sup>\*3</sup>,  
Nobuhiko HANDA<sup>\*3</sup> and Mutsuo KOYAMA<sup>\*4</sup>

Specimens of *Calymene bairdi* were collected from a deep-sea colony off Hatsushima Island, Sagami Bay (34° 59.9' N, 139° 13.6' E; 1,160m deep) during Dive 314 of the submersible “SHINKAI 2000” on November 16, 1987. The elemental compositions of individual organs of *C. bairdi* were obtained by instrumental neutron activation analysis as well as that of the total soft tissue collected from the same colony during Dive 227 on June 7, 1986.

Among the organs, the contents of Cr, Zn, and Fe were highest in the gills and those of Ag, Hg, Se, and As in the digesting organ. In the total soft tissue, Ag (×250), Cr (×43), Zn (×15), Hg (×12), and Sb (×11) are highly accumulated relative to those of *Mytilus edulis* from Matoya Bay, Japan.

\*1 名古屋大学 水圏科学研究所

\*2 京都大学 原子炉実験所

\*3 Water Research Institute, Nagoya University

\*4 Research Reactor Institute, Kyoto University

These elements and their degrees of accumulation are very similar to those of *Calypotgena magnifica* collected from the metal-rich hydrothermal vent at 21°N on the East Pacific Rise. A cold water vent has been expected at the deep-sea colony off Hatsushima Island, but it has not been confirmed yet. If the elemental composition of *C. soyoae* reflects the environmental condition, this result suggests the possibility that the expected cold vent water contains high concentrations of heavy metals similar to the metal-rich hydrothermal vent water on the East Pacific Rise.

## 1. はじめに

1984年に相模湾初島沖の水深1,100–1,200 mの陸側斜面下部でシロウリガイ (*Calypotgena soyoae*) を優先種とする深海高密度生物群集が発見された(橋本ほか, 1987)。この深海生物群集は、中央海嶺の深海熱水噴出口周辺の深海生物群集とは別に1984年以後オレゴン沖、日本海溝、南海トラフなどプレートの沈み込み帯で発見されはじめた深海生物群集として、そのエネルギー源とテクトニクスとの関係に関心が寄せられている。1986年6月に「シロウリガイ群集総合調査」として相模湾初島沖の生物群集のうちで最大の群集であるB点(35° 00.0' N, 139° 13.5' E)において「しんかい 2000」による3回の潜航調査(第225, 226, 227潜航)で試料採集と生物学的、地球化学研究が行われた(太田ほか, 1987)。1987年11月に同一地点で2回目の総合調査として3回の潜航調査(第313, 314, 315潜航)が行われた(太田, 1988)。今回シロウリガイの軟体部及び貝殻の微量元素分析を行ったので、得られた特異な組成の予察的結果を報告する。

## 2. 試料と方法

1987年11月15日の「しんかい 2000」第313潜航(潜航観察者 小池)で、1986年6月の調査と同じシロウリガイ群集にいたり、群集中に音響指令型水中フラッシュと音響トランスポンダを設置した(太田, 1988)。11月16日の第314潜航(潜航観察者 増澤)では、水中フラッシュ設置点の北約10mの生貝と死貝が雑居するパッチ(34° 59.9' N, 139° 13.6' E, 水深 1,160 m)で観察と試

料採集を行った(写真1)。第314潜航では、群集内の長い堆積物コアを取る目的で新たに考案製作した打込式採泥器による採泥を試みたが、海底でのマニピュレーターによる打込みと引抜きには成功したが、海面での母船への揚収過程で、波浪に対して採集した堆積物試料を保持することができなかった。シロウリガイ試料は、マニピュレーターにより現場温度のまま「なつしま」船上に回収するための保冷箱中に採集して船上に回収し、冷蔵して陸上の実験室に持ち帰り、翌日まだ生きているところ(写真2)を鰓、消化管、外套膜、水管、閉殻筋、足、心臓などの器官と貝殻に解剖し、凍結乾燥及び60℃での真空乾燥により乾燥試料とした。また1986年6月の第227潜航(潜航観察者 半田)で同一群集から採集し凍結保存したシロウリガイ試料を、凍結状態で軟体部を貝殻から分離し粉碎混合後、凍結乾燥及び真空乾燥により全軟体部試料とした。

軟体部または貝殻試料30–210mgを精秤してポリエチレン袋に封入し、京都大学原子炉実験所のKUR炉で圧気輸送管により中性子放射化し一定時間冷却後Ge(Li)半導体検出器–4096チャンネル波高分析器システムでγ線スペクトルの測定を行う機器放射化分析法(Koyama et al., 1987)により、20秒照射して短寿命核種(Al, Cl, Na, Mn, Ca, K)、60分照射して中寿命核種(Na, Br, As, La)と長寿命核種(Fe, Cr, Rb, Ba, Ag, Se, Sb, Zn, Co, Sc, Hg)の定量を行った。

### 3. 結果と考察

表1に初島沖のシロウリガイの全軟体部と貝殻の元素組成を示す。表1には、比較として東太平洋海嶺 21° Nの海底熱水湧出口の生物群集のガラパゴスシロウリガイ (*Calyplogena magnifica*) の軟体部 (Roesijadi and Crecelius, 1984) と三重県矢野産のムラサキガイ (*Mytilus edulis*) の軟体部から調製した国立公害研究所の「環境標準試料 NIES No. 6 “Mussel”」 (Okamoto, 1984; Okamoto and Fuwa, 1985) の元素組成を載せてある。ムラサキガイは、国際的環境モニタリングプロジェクトである“Mussel Watch”において温帯域に広く分布する二枚貝としてマガキ (*Crassostrea gigas*) とともに指標生物とされており (岡本, 不破, 1984), 二枚貝の元素組成の参照生物として最も適当なものと考

えられる。貝殻では、主成分のCaの外ではSrの濃度が高かった。図1にシロウリガイの軟体部のγ線スペクトルの一例として、外套膜の照射して26日冷却後のスペクトルを示す。すでに短、中寿命核種は減衰してしまっているものの、Zn-65とAg-110mとが主要なピークであるという、ZnとAgの著しい濃縮を示す特異な組成がスペクトルから示される。

図2に、初島沖のシロウリガイのムラサキガイに対する元素濃度の比較を両対数のグラフで示す。図2から示されるように、シロウリガイの全軟体部ではムラサキガイに比べてAg (×250), Cr (×43), Zn (×15), Hg (×12), Sb (×11) が著しく濃縮しているといえることができる。これらの元素は、海底熱水湧出口のガラパゴスシロウリガイにおいても著しく濃縮している元素で

表1 相模湾初島沖海底生物群集のシロウリガイの元素組成。

Table 1 Chemical composition of a deep-sea clam, *Calyplogena soyoe*, from Sagami Bay.

| Element   | Sagami Bay<br><i>Calyplogena soyoe</i> |        | EPR 21° N <sup>1)</sup><br><i>Calyplogena magnifica</i> |  | Matoya Bay <sup>2)</sup><br><i>Mytilus edulis</i> |
|-----------|----------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|
|           | Soft tissue                            | Shell  | Soft tissue                                             |  | Soft tissue                                       |
| Na (%)    | 3.57                                   | 0.50   | 3.63                                                    |  | 1.00                                              |
| K         | -                                      | -      | 1.44                                                    |  | 0.54                                              |
| Ca        | 1.43                                   | 39.7   | 0.212                                                   |  | 0.13                                              |
| Cl        | 6.99                                   | 0.067  | 6.48                                                    |  | 1.76                                              |
| Rb (ug/g) | 6.2                                    | -      | 8.94                                                    |  | 2.4                                               |
| Br        | 234                                    | 3.3    | -                                                       |  | 86.8                                              |
| Sr        | -                                      | 952    | 41                                                      |  | 17                                                |
| Al        | 168                                    | -      | -                                                       |  | 220                                               |
| Sc        | 0.131                                  | 0.0032 | 0.032                                                   |  | 0.044                                             |
| Cr        | 27.5                                   | 0.37   | 16.6                                                    |  | 0.63                                              |
| Mn        | 22                                     | -      | 5                                                       |  | 16.3                                              |
| Fe        | 906                                    | 36     | 760                                                     |  | 158                                               |
| Co        | 0.189                                  | 0.0078 | 0.131                                                   |  | 0.370                                             |
| Zn        | 1577                                   | 1.71   | 2152                                                    |  | 106                                               |
| Se        | 3.4                                    | 0.194  | 3.6                                                     |  | 1.5                                               |
| As        | 7.1                                    | -      | 24.8                                                    |  | 9.2                                               |
| Sb        | 0.137                                  | -      | 3.6                                                     |  | 0.012                                             |
| Hg        | 0.96                                   | 0.054  | 0.41                                                    |  | 0.05                                              |
| Ag        | 6.8                                    | -      | 20.4                                                    |  | 0.027                                             |
| La        | 1.69                                   | -      | 1.2                                                     |  | 0.176                                             |

1) Roesijadi and Crecelius (1984)

2) NIES Mussel: Okamoto and Fuwa (1985); Okamoto (1984)

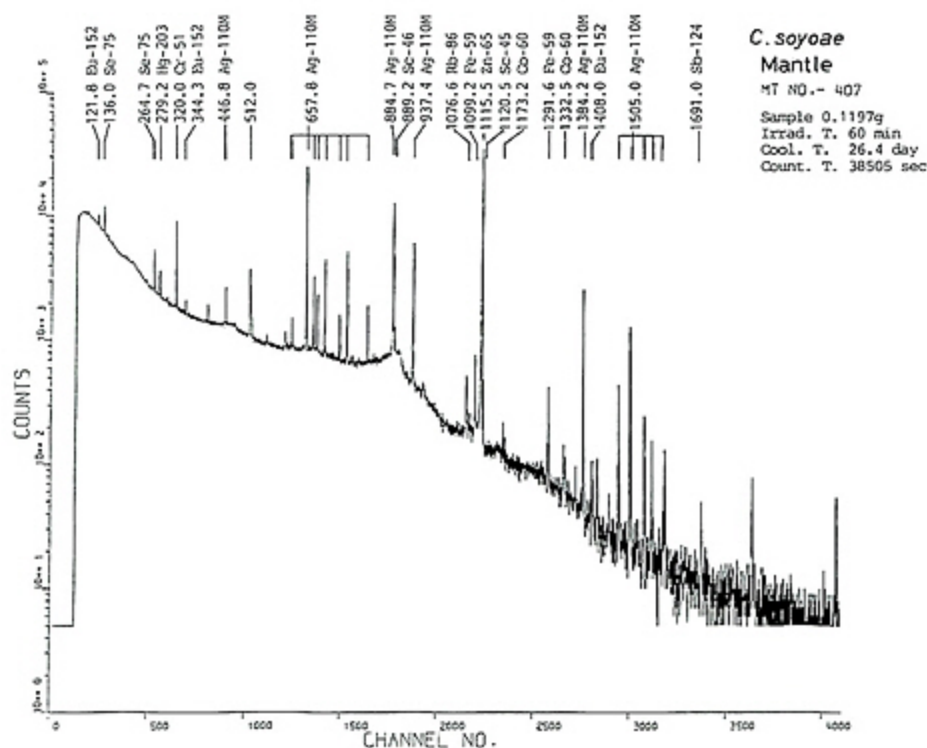


図1 シロウリガイ外套膜の26日冷却後の $\gamma$ 線スペクトル。ZnとAgのピークが卓越している。  
Fig. 1  $\gamma$ -ray spectrum of mantle of *Calyptogena soyoe* after 26-day cooling

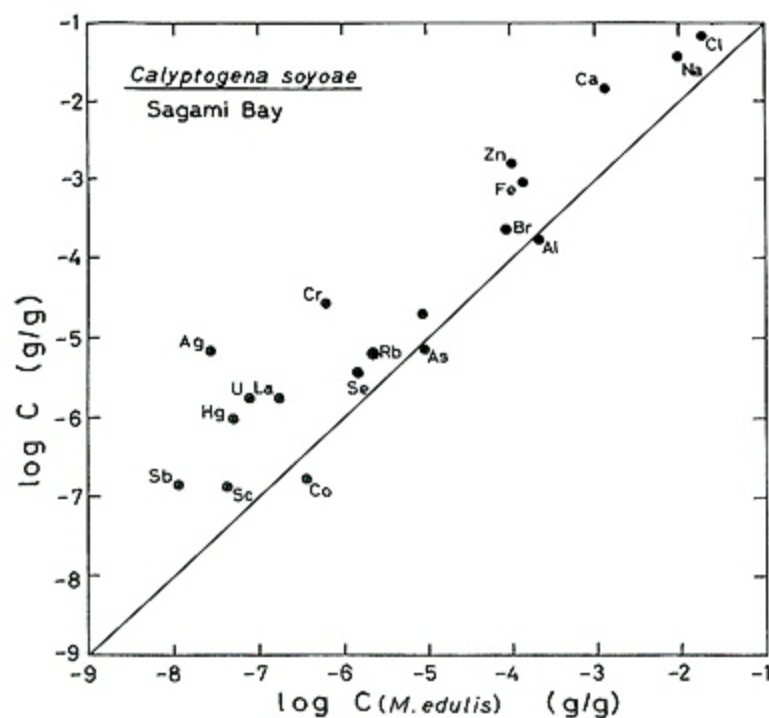


図2 相模湾初島沖生物群集のシロウリガイの  
的矢湾産ムラサキガイに対する両対数  
グラフでの全軟体部の元素組成の比較

Fig. 2 Relationship of elemental  
composition of total soft  
tissue between *Calyptogena  
soyoe* from Sagami Bay  
and *Mytilus edulis* from  
Matoya Bay in logarithmic  
scale.

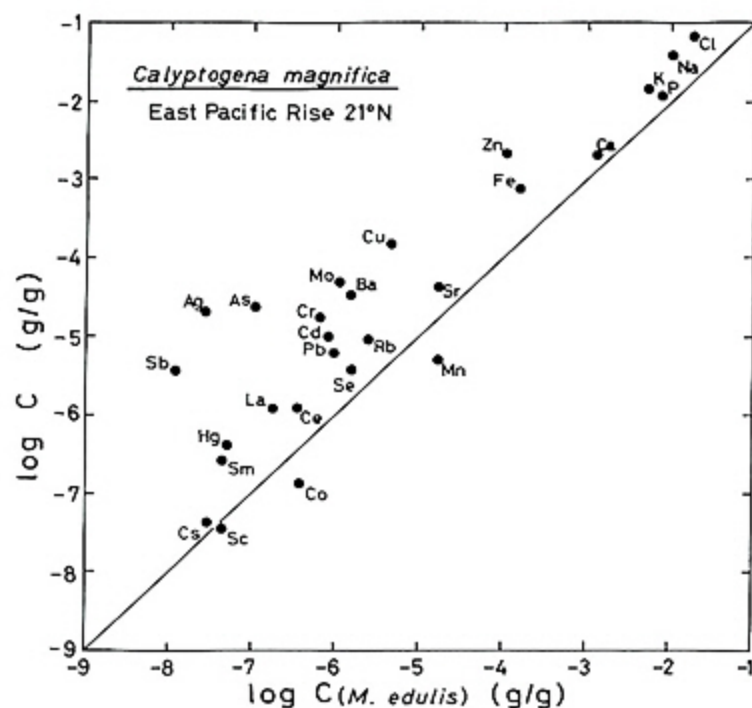


図3 東太平洋海嶺21°Nの深海熱水湧出口の生物群集のガラパゴスシロウリガイの的矢湾産ムラサキイガイに対する両対数グラフでの全軟体部の元素組織の比較

Fig. 3 Relationship of elemental composition of total soft tissue between *Calyptogena magnifica* from the deep-sea hydrothermal vent at 21°N on the East Pacific Rise and *Mytilus edulis* from Matoya Bay in logarithmic scale.

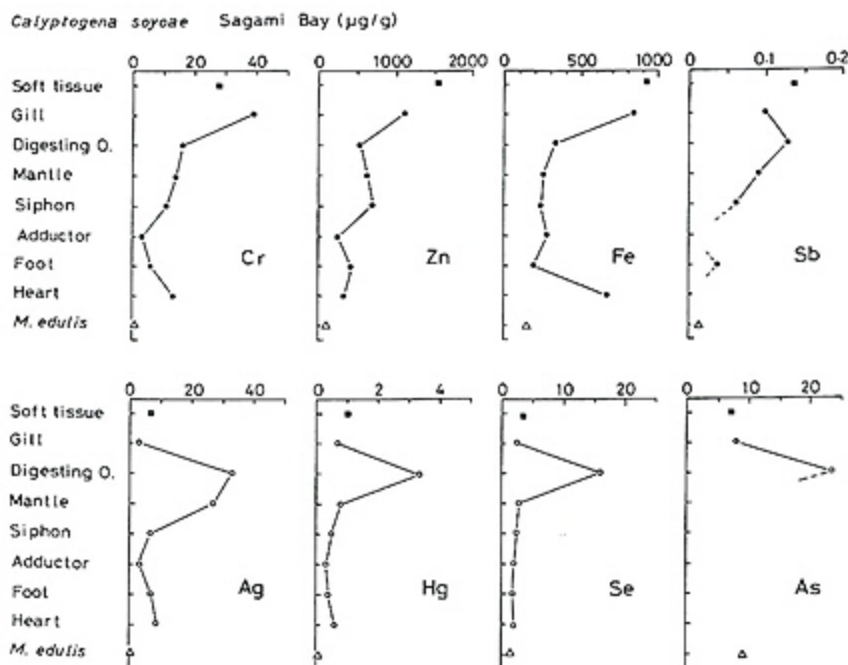


図4 相模湾初島沖海底生物群集のシロウリガイの各器官の元素濃度  
シロウリガイの全軟体部の元素濃度 (表1)  
的矢湾産ムラサキイガイの元素濃度 (表1)

Fig. 4 Elemental concentrations in individual organs of *Calyptogena soyoe* from Sagami Bay, total soft tissue of *Calyptogena soyoe* (Table 1) soft tissue of *Mytilus edulis* from Matoya Bay (Table 1)

あり、Sbの濃縮度がより大きい(×300)ことを除けば、そのムラサキガイに比した濃縮度もよく似ている(図3)。

図4に、シロウリガイの各器官におけるいくつかの元素の濃度を示す。参照として全軟体部とムラサキガイの濃度も示してある。他の器官に比べ、Cr, ZnとFeは鰓で、Sb, Hg, Se, Asは消化管で、またAgは消化管と外套膜で顕著に濃度が高かった。Feが心臓でも濃度が高いのは、シロウリガイがヘモグロビンを持っている(太田ほか, 1987)ことによると考えられる。

初島沖のシロウリガイは、熱水湧出口のガラパゴスシロウリガイに似て、鰓が異常に発達し(写真2)、鰓に化学合成硫黄細菌を内部共生させている(太田ほか, 1987; 遠藤ほか, 1987)と考えられ、元素態硫黄濃度が大変高い(Sakai et al., 1987)。シロウリガイに著しい濃縮を示したAg, Zn, Hg, Sb, As, Seは難溶性硫化物を形成するいわゆる親銅元素であり、またCrは還元条件下で難溶性となる元素である。東太平洋海嶺の熱水中には、硫化水素とともにこれらの元素が高濃度に溶存し、湧出口周辺には多量の硫化鉱物が沈積しつつある。Roesijadi and Creclius (1984)は、熱水湧出口周辺のガラパゴスシロウリガイにこれらの重金属元素が異常に濃縮しているのは、この重金属に富む熱水の反映と説明した。

初島沖生物群集においては、直上水中のメタン濃度が極めて高い(Sakai et al., 1987)、シロウリガイ軟体部の炭素と窒素の安定同位体比が異常に小さい(Saino and Ohta, 1988)、あるいは堆積物間隙水中の溶存有機態炭素濃度が極めて高く(半田, 増澤, 1987)塩素量が低くなっている(増澤, 半田, 1987)など、海水とは大きく異なる物質の供給が示唆され、沈み込み帯であることから冷湧水の存在が想定されているが、これまでのところ肉眼的に確認できるような湧水の存在やその実体は知られていない。それにもかかわらず、初島沖のシロウリガイで著しい濃縮を示す元素の種類とその濃縮の度合(図2)は、東太平洋海嶺熱水湧出口のガラパゴスシロウリガイ(図3)に大変よく似ているといえる。もし初島沖のシロウリガイの元素組成がその生活環境の反映であるならば、いいかえればシロウリガイが“Mussel

Watch”をしているのであるならば、想定されているが確認されていない初島沖生物群集の冷湧水は、東太平洋海嶺の熱水に似てAg, Zn, Crなどの重金属を高濃度に含んでいる可能性がある。

## 謝 辞

本研究は、1987年11月の海洋科学技術センターの「しんかい 2000」による潜航調査を用いて行われた。調査に協力を惜しまれなかった鶴司令、段野副司令以下、整備、潜航士の皆様に深謝いたします。シロウリガイの解剖をしていただいた愛知教育大学の金森正臣博士、その際協力をいただいた吉岡小夜子博士、また有益な助言をいただいた千葉大学理学部堀越増興博士、東京大学海洋研究所の太田秀博士、白山義久博士に感謝の意を表します。本研究の放射化分析は、京都大学原子炉実験所共同利用研究によりなされた。

## 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, 61-68。
- 半田暢彦, 増澤敏行, 1987, 相模湾初島沖深海底生物群集近傍堆積物中の有機物の化学的特性。第3回「しんかい 2000」研究シンポジウム報告書, 91-98。
- 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, 37-50。
- Koyama M., Matsushita R. and Takada J., 1987, Reactor neutron activation analysis by using multi elemental comparators: Problems of nuclear constants of  $^{128}\text{I}$ ,  $^{175}\text{Yb}$  and several other nuclides, Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry, Articles, 113, 199-207。
- 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,

99-104.

太田 秀, 1988, 相模湾初島沖の深海冷湧水性生物群集調査(Ⅱ). 1987年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 364.

太田 秀ほか, 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(Ⅰ). 第3回「しんかい 2000」研究シンポジウム報告書, 51-60.

Okamoto K. (ed.), 1984. Analytical Results for NIES "Mussel" Reference Material. National Institute for Environmental Studies, 11p.

Okamoto K. and Fuwa K., 1985. Mussel tissue powder, a certified reference material, Analyst, 110, 785-789.

岡本研作, 不破敬一郎, 1984. 環境標準試料 NIES No. 6 「ムラサキイガイ」について, 季刊環境研究, 第50号, 108-117.

Roesijadi G. and Crecelius E.A., 1984,

Elemental composition of the hydrothermal vent clam *Calypotogena magnifica* from the East Pacific Rise. Marine Biology, 83, 155-161.

Saino T. and Ohta S., 1988,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  ratios of vesicomyd clams and a vestimentiferan tube worm in the subduction zone east of Japan.

Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology, (in press).

the bathyal seep communities at the Hatsu shima site, Sagami Bay, Central Japan. Geochemical Journal, 21, 227-236.

(原稿受理 1988年4月21日)



写真1 「しんかい2000」第314潜航の試料採集地点  
( $34^{\circ}59.9'N$ ,  $139^{\circ}13.6'E$ , 水深1,160 m)

Photo. 1 Sampling site of *Calyptogenia soyoeae* at the deep-sea colony off Hatsushima Island, Sagami Bay, during Dive 314 ( $34^{\circ}59.9'N$ ,  $139^{\circ}13.6'E$ ; 1,160 m deep).

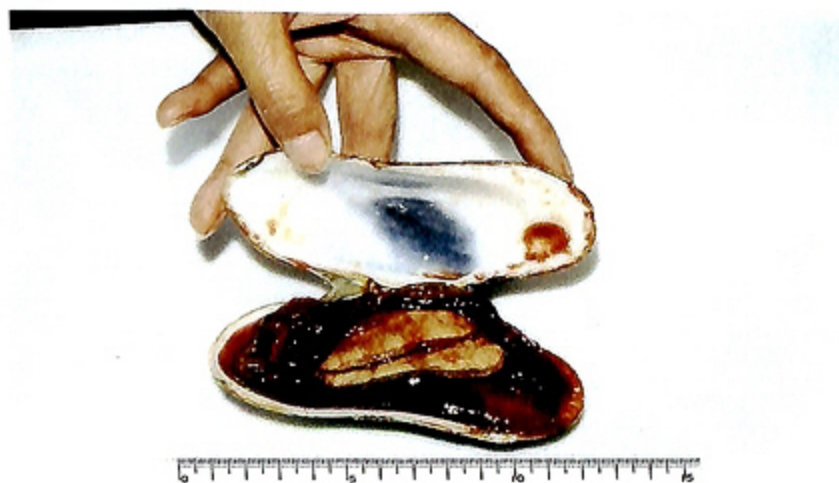


写真2 第314潜航で採集し分析に供されたシロウリガイ

Photo. 2 *Calyptogenia soyoeae* collected during Dive 314.