

相模湾初島沖化学合成生物群集の群集生態

藤倉 克則*¹ 橋本 惇*¹ 藤原 義弘*¹ 奥谷 喬司*²

日本周辺にある深海系化学合成生物群集のうち、相模湾の初島沖の群集について群集生態学的研究を潜水調査船「しんかい2000」、無人探査機「ドルフィン-3K」、深海曳航式カメラ「JAMSTEC Deep Tow Camera」を用いて行った。また、群集生態学的特徴を明確にするために、同じ相模湾の沖ノ山堆と沖縄トラフ南奄西海丘の化学合成生物群集、初島沖周辺の漸深海性非化学合成生物群集を比較対象群集として調査した。群集の組成・順位-相関量関係・多様度・類似度は調査で得られた写真とサンプルから解析した。

初島沖からは化学合成生物群集に固有な種として23種の大型底生無脊椎動物が出現し、沖ノ山堆からは13種、南奄西海丘からは24種がそれぞれ出現した。また、初島沖周辺の漸深海性非化学合成生物群集からは、はるかに多い69種が認められた。

化学合成生物群集構成種の相関量（密度）から、3か所の群集いずれも1ないし2種が優占的な構造を呈していた。種の多様度は、非化学合成生物群集に比べ化学合成生物群集は低くなった。

初島沖と沖ノ山堆は12種が共通種であったことから、両群集の動物相は類似する傾向にあったが、順位-相関量関係・多様度・類似度といった群集構造は、初島沖は南奄西海丘に類似していた。

キーワード：化学合成生物群集、初島沖、沖ノ山堆、南奄西海丘、群集生態

Community Ecology of the Chemosynthetic Community at Off Hatsushima Site, Sagami Bay, Japan

Katsunori FUJIKURA*³ Jun HASHIMOTO*³
Yoshihiro FUJIWARA*³ Takashi OKUTANI*⁴

Community ecology of chemosynthetic communities was studied by the submersible "Shinkai 2000", the ROV "Dolphin-3K" and the "JAMSTEC Deep Tow Camera" at three chemosynthetic community sites (Off Hatsushima and Okinoyama Bank sites in Sagami Bay, and Minami-Ensei Knoll site in Okinawa Trough) and a non-chemosynthetic bathyal community near Off Hatsushima site, all in Japanese waters. Composition,

*¹ 海洋科学技術センター深海研究部

*² 日本大学農獣医学部

*³ Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

*⁴ College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon University

rank-relative abundance series, diversity and similarity of invertebrate megalo-benthos from all communities have been analyzed on the basis of photographs and collected specimens.

Twenty-three obligate species of a chemosynthetic community occurred in Off Hatsushima site, 13 species from Okinoyama Bank site, and 24 species from Minami-Ensei Knoll site. In contrast to these communities, 69 species occurred from a non-chemosynthetic bathyal community near Off Hatsushima site.

Only one or two predominant species exist in relative abundance (density) within these three sites of the chemosynthetic communities. Species diversity of chemosynthetic community was lower than that of a non-chemosynthetic bathyal community.

Faunal composition of Off Hatsushima site was similar to that of Okinoyama Bank site owing to 12 common species found at both sites. However, the present study suggests that community structure (rank-relative abundance series, diversity and similarity) at Off Hatsushima site was similar to that of Minami-Ensei Knoll site, than Okinoyama Bank site.

Key words : Chemosynthetic community, Off Hatsushima site, Okinoyama Bank site, Minami-Ensei Knoll site, Community ecology

1. はじめに

日本周辺の深海域には、化学合成生物群集が、相模湾の5か所 (Okutani and Egawa, 1985; Hashimoto *et al.*, 1989; Fujikura *et al.*, 1991)、駿河湾 (藤倉 ほか, 1992)、沖縄トラフの3か所 (加藤 ほか, 1989; 太田, 1990a; 橋本 ほか, 1990) 小笠原諸島海域の3か所 (橋本・藤倉, 1992; 藤倉 ほか, 1993)などに存在している。このような群集は化学合成細菌が生産者となる生態系を構成することで通常の深海生物群集とは異なっている。世界的な深海系の化学合成生物群集からは1991年までに236種が報告され、そのうち223種が新種として記載されている (Tunnicliffe, 1991)。また、通常の深海生物に比べ高い密度とバイオマスを有することが知られている (Hessler and Smithey, 1983; Lutz and Kennish, 1993)。しかし、これら化学合成生物群集の異なる群集間における動物相や多様性に関する群集生態学的な研究は、定性的なものはいくつかあるが定量的なものは少ない (Grassle *et al.*, 1985; Hessler *et al.*, 1988; Tunnicliffe, 1988)。

そこで、本研究では日本周辺にある深海域の化学合成生物群集のなかから、調査研究がこれまでに繰り返し行われている相模湾初島沖の化学合成生物群集を対象にして、群集組成や群集構造の解明を試みた。そのために、初島沖の比較対象として同じ相模湾にあり水深帯も同様な沖ノ山堆冷水湧出帯生物群集と沖縄トラフ南奄西海丘

の熱水噴出孔生物群集を選定し比較した。また、非化学合成生物群集との相違を明確にするために初島沖周辺の漸深海帯非化学合成生物群集との比較も行った。なお、本研究で扱った化学合成生物群集に関する研究は、これまでもいくつか報告されているが (Hashimoto *et al.*, 1989; 橋本 ほか, 1990, 1993; 太田, 1990b)、動物相や分布生態について、いくつかの新たな知見が得られたので、それぞれの群集に関する簡単な記載を行った。

2. 調査方法及び材料

初島沖化学合成生物群集域の調査は潜水調査船「しんかい2000」、無人探査機「ドルフィン-3 K」、JAMSTEC Deep Tow Cameraを用い、初島の南東沖約7 km 地点の水深574~1,338mで行った(図1)。漸深海帯非化学合成生物群集の調査は、初島沖化学合成生物群集の調査と同時に「しんかい2000」及び「JAMSTEC Deep Tow Camera」を用いた。沖ノ山堆化学合成生物群集の調査は34°58.2'N, 139°31.6'E地点を中心に調査した(図1)。南奄西海丘には(図2)、B凹地(28°24.4'N, 127°37.9'E付近)とC凹地(28°23.3'N, 127°38.3'E付近)に化学合成生物群集が存在する(橋本 ほか, 1990)。両方あわせて南奄西海丘化学合成生物群集とし「しんかい2000」によって潜航調査を行った。

これらの群集から出現した動物種を、
・共生性の化学合成細菌を有する

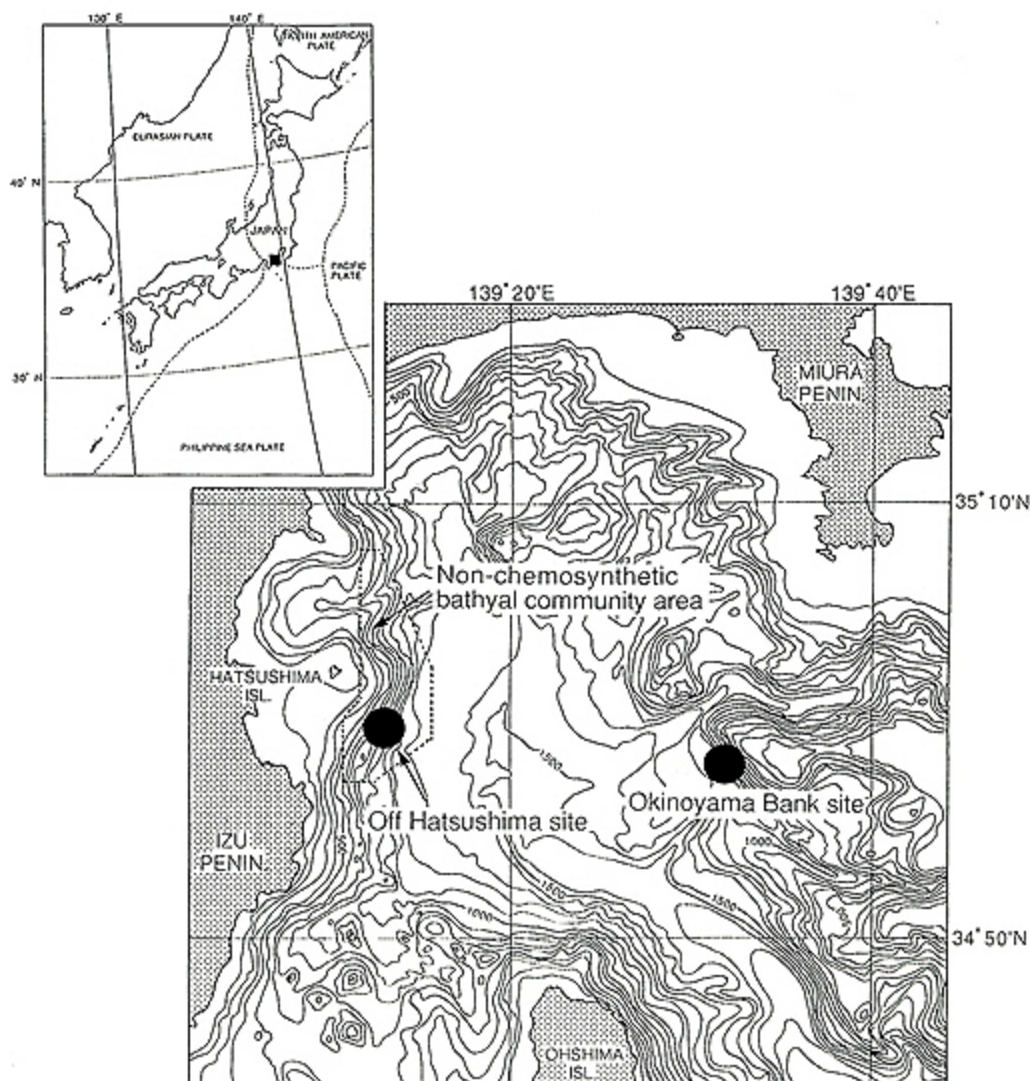


図1 相模湾における初島沖・沖ノ山雄化学合成生物群集と初島沖周辺漸深性非化学合成生物群集の調査海域図
Fig. 1 Index map of two chemosynthetic communities (Off Hatsushima site and Okinoyama Bank site) and non-chemosynthetic community near Off Hatsushima site, Sagami Bay.

- ・高密度に生息する
- ・他の化学合成生物群集から近縁種が出現する
- ・生息域は化学合成生物群集域に限られる

といった要因から、化学合成生物群集の固有種と周辺の非化学合成生物群集から化学合成生物群集内に進入したゲスト種に区分した。密度・バイオマスは各調査機器で得られた写真及びサンプルから解析した。

群集構造は、群集から出現する種の相対量を高い順から並べたときの規則性から群集の構造に一定の規則性を見いだす順位—相対量関係、種の多様度指数 β (森下, 1967)、木元の類似度指数 $C\pi$ (木元・武田, 1989) を用いて解析した。また、木元の類似度指数を平均連結法の

1つである Mountford 法によってクラスター分析を行い、群集の類似性をデンドログラムに表した。

これらの群集組成や構造の比較によって、初島沖化学合成生物群集の群集生態学的な特徴を定量的に説明すると同時に、化学合成生物群集と非化学合成生物群集の相違について検討した。

3. 群集組成

3.1 相模湾初島沖化学合成生物群集

化学合成生物群集は、35°00.2'N, 139°13.5'E 付近を中心水深830~1,230mにかけて分布しており、地形と対応させると1,250m以深の平坦面には分布せず、斜面に

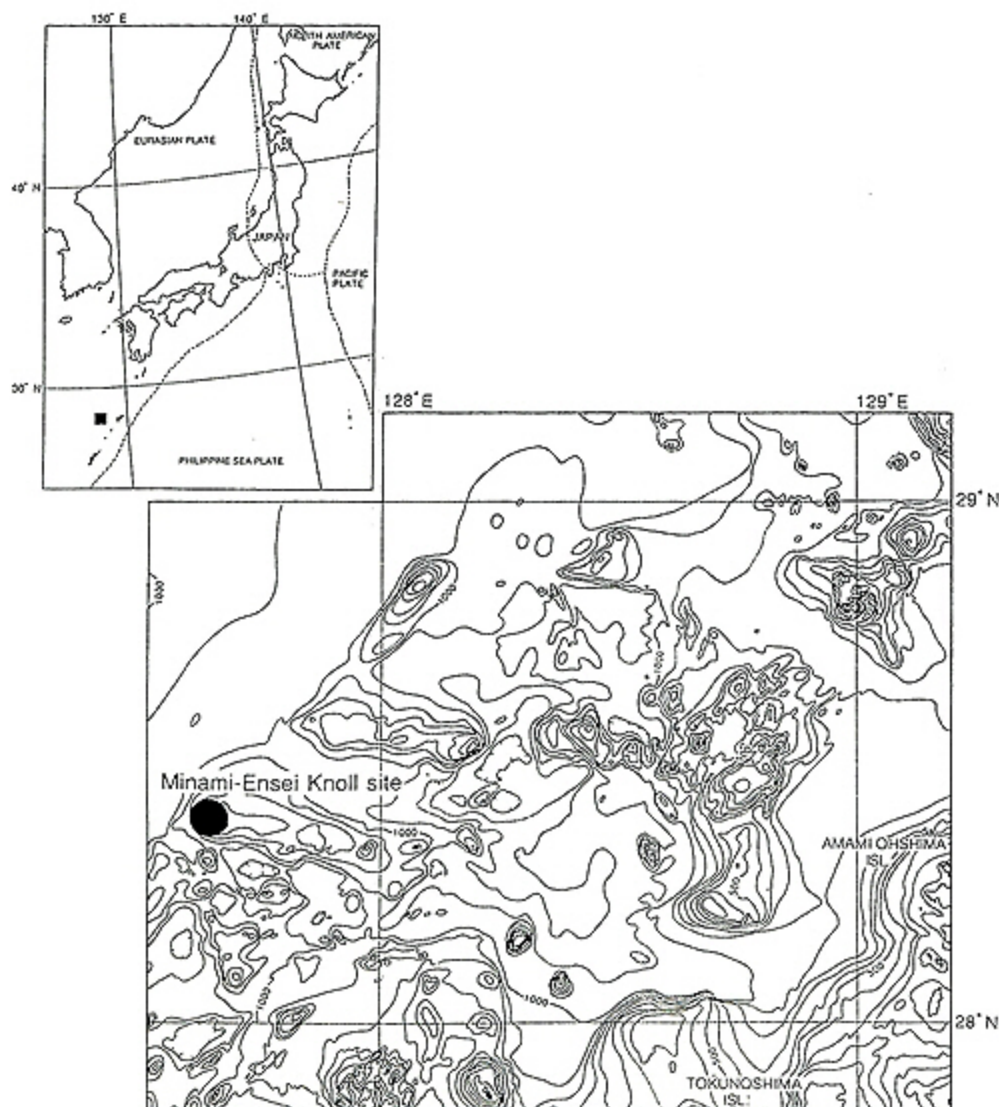


図2 沖縄トラフにおける南奄西海丘化学合成生物群集の調査海域図
Fig. 2 Index map of chemosynthetic community at Minami-Ensei Knoll site, Okinawa Trough.

分布する傾向が認められた。なかでも、 $35^{\circ}00.0'N \sim 35^{\circ}00.4'N$, $139^{\circ}13.3'E \sim 139^{\circ}13.6'E$ で囲まれる範囲 (水深 $1,120 \sim 1,220m$) に分布の中心が認められた。水温は、水深 $1,100m$ 以深で $2.7 \sim 2.9^{\circ}C$ 、塩分濃度は 34.5 を示した。そして、23種の大型底生無脊椎動物が化学合成生物群集に固有種であった (表1)。

シロウリガイ *Calyplogena soyoae* Okutani, 1957の外殻腔には多毛類のカギヤドリゴカイ *Shinkai sagamiensis* Miura and Laubier, 1990、スエヒロキヌクレガイ *Acharax johnsoni* (Dall, 1891) の外殻腔内には *Natsushima bifurcata* Miura and Laubier, 1990が寄生していた。カギヤドリゴカイのシロウリガイに対する寄生率は

低く2.8%程度であったのに対し、*N. bifurcata* のスエヒロキヌクレガイに対する寄生率は高く約90%に寄生していた。寄生性以外の多毛類では、*Protomystides hatsushimaensis* Miura, 1988と *Nicomache ohtai* Miura and Hashimoto, 1991が出現した。多毛類の密度は、カギヤドリゴカイと *N. bifurcata* は高い値を示し、*P. hatsushimaensis* と *N. ohtai* は低い値となった (表1)。

ハオリムシ動物は2種出現し、1種は *Lamellibrachia* sp.で、大型個体では全長30cmで末端部に向かうほど細くなっていた。もう一方の種は、*Lamellibrachia* sp.よりチューブ径が細く、開口部から末端部までは約2mmほどの同一径で *Vestimentifera* gen. sp. 1 とした。

表1 相模湾初島沖から出現した化学合成生物群集に固有な大型底生無脊椎動物と各種の密度及びバイオマス

Table 1 Density and biomass wet weight of obligate invertebrate megabenthos occurred from the chemosynthetic community of Off Hatsushima site, Sagami Bay.

Species	Density (inds./m ²)	Biomass (g/m ²)	Remarks
Annelida			
Polychaeta			
<i>Protomystides hatsushimaensis</i> Miura, 1988	0.02	0.002	
<i>Nicomache ohtai</i> Miura & Hashimoto, 1991	0.01	0.001	
<i>Shinkai sagamiensis</i> Miura & Laubier, 1990	3.32	0.19	
<i>Natsushima bifurcata</i> Miura & Laubier, 1990	0.15	0.04	
<i>Nautiliellidae</i> n. gen. et sp. Miura (personal communication)	unknown	unknown	
<i>Polychaeta</i> gen. sp. 1	unknown	unknown	muddy tube
Vestimentifera			
Basibrachia			
<i>Lamellibrachia</i> sp. unident.	0.32	4.42	
<i>Vestimentifera</i> gen. sp. 1	0.24	0.11	
Mollusca			
Gastropoda			
<i>Serradonta vestimentifericola</i> Okutani, Tsuchida & Fujikura, 1992	0.002	0.001	
<i>Bathymacra nipponica</i> Okutani, Tsuchida & Fujikura, 1992	4.1	0.19	
<i>Margarites shinkai</i> Okutani, Tsuchida & Fujikura, 1992	4.2	2.17	
<i>Provanna glabra</i> Okutani, Tsuchida & Fujikura, 1992	309.9	22.96	
<i>Oenopota sagamiana</i> Okutani & Fujikura, 1992	8.16	7.22	
<i>Phymorhynchus buccinoides</i> Okutani, Fujikura & Sasaki, 1993	0.27	2.99	
Bivalvia			
<i>Acharax johnsoni</i> (Dall, 1891)	0.17	1.35	
<i>Bathymodiolus japonicus</i> Hashimoto & Okutani, 1994	1.55	13.84	
<i>Bathymodiolus platifrons</i> Hashimoto & Okutani, 1994	0.83	4.46	
<i>Lucinoma yoshidai</i> Habe, 1958	0.0005	—	dead shell
<i>Conchocele disjuncta</i> Gabb, 1886	0.25	—	dead shell
<i>Calypptogena soyoe</i> Okutani, 1957	127.6	8041.37	
Arthropoda			
Crustacea			
<i>Neolepas</i> sp. 1	0.05	0.11	
<i>Alvinocaris longirostris</i> Kikuchi & Ohta, MS	0.05	0.10	
<i>Lebbeus</i> sp.	0.04	unknown	

Lamellibrachia sp. は林立して生息しているのに対し、*Vestimentifera* gen. sp. 1 は蔦蔦状に絡まり合って生息していた。密度は、2種ともほぼ同等の密度となり（表1）、*Lamellibrachia* sp. では最高20inds./m²、*Vestimentifera* gen. sp. 1 では最高101 inds./m²と高い値を示す地点もあった。

腹足類ではサガミハイカブリナ *Provanna glabra* Okutani, Tsuchida and Fujikura, 1992が最も広範囲に分布していた。サガミマンジガイ *Oenopota sagamiana* Okutani and Fujikura, 1992は錆色変色域の堆積物上に集中的に分布しており、*Phymorhynchus buccinoides* Okutani, Fujikura and Sasaki, 1993も錆色変色域内の

岩石露頭に特異的に分布していた。この錆色変色域は、地殻熱流量が著しく高いこと、炭酸塩岩を多量に含む岩石が認められることから、火山活動の影響を受けていることが示唆されているが（仲ほか, 1991）、最近では地下水の湧出も示唆されており（角皆 ほか, 1994）、湧出水の起源に関しては明確にされていない。しかし、いずれにせよ沖ノ山堆の冷水湧出帯生物群集とは異なり、温度が高い湧出水が湧き出ている。*P. buccinoides* と同所に生息するシンカイヒバリガイ類の殻表面には、*P. buccinoides* のものと思われる卵塊が多量に付着していた。また、ソウヨウバイ *Buccinum soyomaru* Okutani, 1977と *Neptunea acutispiralis* Okutani, 1968がゲスト種

表2 相模湾沖ノ山堆から出現した化学合成生物群集に固有な大型底生無脊椎動物と各種の密度及びバイオマス
Table 2 Density and biomass wet weight of endemic invertebrate megabenthos occurred from the chemosynthetic community of Okinoyama Bank site, Sagami Bay.

Species	Density (inds./m ²)	Biomass (g/m ²)	Remarks
Annelida			
Polychaeta			
<i>Nicomache ohtai</i> Miura & Hashimoto, 1991	0.01	0.0007	
<i>Natsushima bifurcata</i> Miura & Laubier, 1990	unknown	unknown	
Vestimentifera			
Basibrachia			
<i>Lamellibrachia</i> sp.	0.30	1.90	
unident.			
<i>Vestimentifera</i> gen. sp. 1	0.48	0.76	
Mollusca			
Gastropoda			
<i>Bathymacra nipponica</i> Okutani, Tsuchida & Fujikura, 1992	0.05	unknown	uncollected
<i>Margarites shinkai</i> Okutani, Tsuchida & Fujikura, 1992	0.23	0.04	
<i>Provanna glabra</i> Okutani, Tsuchida & Fujikura, 1992	6.45	0.66	
Bivalvia			
<i>Acharax johnsoni</i> (Dall, 1891)	0.35	10.98	
<i>Bathymodiolus japonicus</i> Hashimoto & Okutani, 1994	0.02	1.02	
<i>Bathymodiolus platifrons</i> Hashimoto & Okutani, 1994	0.04	10.03	
<i>Bathymodiolus aduloideus</i> Hashimoto & Okutani, 1994	0.04	0.94	
<i>Conchocele disjuncta</i> Gabb, 1886	0.13	—	dead shell
<i>Calyptogena soyoeae</i> Okutani, 1957	188.81	9898.19	

として化学合成生物群集域内に多く進出していた。密度は、サガミハイカブリナが構成種中最も高い値を示しており(表1)、最高で1,073inds./m²という高い密度を示している地点も認められ、個体数から見たこの群集の最大の個体群はサガミハイカブリナであった。

二枚貝では最も優占的に生息していたのはシロウリガイで、錆色変色域内には粗密になる傾向が認められた。岩石露頭からは、ヘイトウシンカイヒバリガイ *Bathymodiolus platifrons* Hashimoto and Okutani, 1994と、シンカイヒバリガイ *Bathymodiolus japonicus* Hashimoto and Okutani, 1994が高密度に付着していた。これら2種は、3か所の岩石露頭に特異的に群生しており、そのうち2か所は、錆色変色域内にある露頭であった。そのほかに、スエヒロキヌクレガイの死殻が海底表面に多く観察でき、生貝は海底下約20cmから採集できた。また、オウナガイ *Conchocele disjuncta* Gabb, 1886とヨシグツキガイモドキ *Lucinoma yoshidai* Habe, 1958の死殻が観察できた。密度はシロウリガイが高い値となり、局所的な最高値は352inds./m²を示し、バイオマスの最大値は22.19kg/m²を示す地点もあった。したがって、個体数からみた最大の個体群はサガミハイカブリナであるが、バイオマスから見ると最大の個体群はシ

ロウリガイとなった。

甲殻類では湧水現象によって変質を受けた白色の岩石露頭表面に *Neolepas* sp. 1が付着し、同所に *Alvinocaris longirostris* Kikuchi and Ohta, MSとイバラモエビ属の1種 *Lebbeus* sp.の計3種が観察・採集できた。これらの分布域は極めて狭く、3種とも共通の1地点の変質岩石露頭のみ認められた。エゾイバラガニ *Paralomis multispina* (Benedict, 1894) はゲスト種として化学合成生物群集域に頻りに観察された。

3. 2 相模湾沖ノ山堆化学合成生物群集

沖ノ山堆における化学合成生物群集は、初島沖の西方約30kmに位置した34°58.2'N, 139°31.5'E付近の水深1,045~1,180mを中心に観察できた。「しんかい2000」のSTD計測により、水理環境は水深1,000m以深で水温2.7~3.3°C、塩分濃度は34.5を示した。そして、13種の大型底生無脊椎動物が化学合成生物群集に固有種であった(表2)。

多毛類では、*Nicomache ohtai* が泥の棲管とともに採集され、また、スエヒロキヌクレガイの外殻腔には *Natsushima bifurcata* の寄生が認められている(三浦、私信)。ハオリムシ動物は、初島沖と同種として扱われている(太田, 1990b)、*Lamellibrachia* sp.と *Vestimentifera*

表3 沖縄トラフ南奄西海丘から出現した化学合成生物群集に固有な大型底生無脊椎動物と各種の密度及びバイオマス
Table 3 Density and biomass wet weight of endemic invertebrate megabenthos occurred from the chemosynthetic community of Minami-Ensei Knoll site, Okinawa Trough.

Species	Density (inds./m ²)	Biomass (g/m ²)	Remarks
Annelida			
Polychaeta			
<i>Brachipolynoe pettiboneae</i> Miura & Hashimoto, 1991	1.75	0.40	
<i>Paralvinella hessleri</i> Desbruyères & Laubier, 1989	—	—	uncollected
<i>Shinkai</i> n. sp. Miura (personal communication)	—	—	uncollected
<i>Mytilidiphila enseiensis</i> Miura & Hashimoto, 1993	0.61	0.002	
<i>Mytilidiphila okinawaensis</i> Miura & Hashimoto, 1993	1.75	0.005	
Vestimentifera			
unident.			
<i>Vestimentifera</i> gen. sp. 2	1.43	7.06	
<i>Vestimentifera</i> gen. sp. 3	0.49	—	uncollected
Mollusca			
Gastropoda			
<i>Puncturella parvinobilis</i> Okutani, Fujikura & Sasaki, 1993	0.007	0.0001	
<i>Bathymacraea secunda</i> Okutani, Fujikura & Sasaki, 1993	0.38	0.09	
<i>Lepetodrilus japonicus</i> Okutani, Fujikura & Sasaki, 1993	0.81	0.10	
<i>Cantrainea jamsteci</i> (Okutani & Fujikura, 1990)	5.26	4.00	
<i>Provanna glabra</i> Okutani, Tsuchida & Fujikura, 1992	0.10	0.01	
Bivalvia			
<i>Bathymodiolus japonicus</i> Hashimoto & Okutani, 1994	45.87	681.15	
<i>Bathymodiolus adaloides</i> Hashimoto & Okutani, 1994	7.06	23.07	
<i>Bathymodiolus</i> sp.	0.05	7.94	
<i>Calyptogena solidissima</i> Okutani, Hashimoto & Fujikura, 1992	0.22	51.39	
Arthropoda			
Crustacea			
<i>Neolepas</i> sp.2	0.02	0.0001	
<i>Alvinocaris longirostris</i> Kikuchi & Ohta, MS	3.15	1.25	
<i>Lebbeus washingtonianus</i> (Rathbun, 1902)	1.35	1.96	
<i>Paracrangon</i> sp.2	0.07	0.40	
<i>Bythograeidae</i> gen. sp.	0.004	—	uncollected
<i>Paralomis jamsteci</i> Takeda & Hashimoto, 1990	0.30	3.64	
<i>Paralomis</i> sp.	0.03	0.29	
<i>Munidopsis</i> sp.	0.28	—	uncollected

gen. sp. 1 が出現した。軟体動物では初島沖にも認められるシンカイシタゲミ *Margarites shinkai* Okutani, Tsuchida and Fujikura, 1992, サガミハイカブリナ, ワタゾコシロアミガサガイモドキ *Bathymacraea nipponica* Okutani, Tsuchida and Fujikura, 1992 の 3 種が出現した。サガミハイカブリナが最も多く分布していたのはシロウリガイ群生地の外縁部から近傍の堆積物上であり、狭い範囲に局所的に集中して分布していた。二枚貝類としてはシロウリガイ, ヘイトウシンカイヒバリガイ, シンカイヒバリガイに加えカズギシンカイヒバリガイ *Bathymodiolus adaloides* Hashimoto and Okutani, 1994 も出現した。また、オウナガイも認められ、

沖ノ山堆の化学合成生物群集域からは 5 種の二枚貝が出現した。優占的に生息していたのは初島沖同様シロウリガイであり、水管のみを海底上に露出させている小型個体も多く、群生地の底質は黒色粗粒砂で小豆大の小礫が多くなっていた。最も高い密度及びバイオマスを示したのはシロウリガイであった (表 2)。

3. 3 沖縄トラフ南奄西海丘化学合成生物群集

南奄西海丘における化学合成生物群集は、B 凹地と C 凹地に分布していることが知られており (橋本 ほか, 1990), 両凹地から 24 種の大型底生性無脊椎動物が化学合成生物群集に固有種として出現した (表 3)。

南奄西海丘からはこれまでに 21 種の多毛類が採集さ

れているが (Miura and Hashimoto, 1993; 橋本 ほか, 1993), 固有種はシンカイヒバリガイ類に寄生性の *Brachipolynoe pettiboneae* Miura and Hashimoto, 1991, オキナワイガイヤドリ *Mytilidiphila okinawaensis* Miura and Hashimoto, 1993, エンセイシロウリガイヤドリ *Mytilidiphila enseiensis* Miura and Hashimoto, 1993 と熱水チムニー壁に密集していた *Paralvinella hesleri* Desbruyères and Laubier, 1989 であった。また, エンセイシロウリガイ *Calyptogena solidissima* Okutani, Hashimoto and Fujikura, 1992 の外套腔には *Shinkai* n. sp. が寄生している (三浦, 私信)。ハオリムシ動物は 2 種が観察されており (橋本 ほか 1990), 太いタイプと細いタイプに区分でき, 太いタイプを *Vestimentifera* gen. sp. 2, 細いタイプを *Vestimentifera* gen. sp. 3 とした。温水湧出部では 2 種が混在して高密度に分布しており, *Vestimentifera* gen. sp. 2 の下に *Vestimentifera* gen. sp. 3 が隠れるように生息していた。

腹足類はサガミハイカブリニナ, *Puncturella parvinobilis* Okutani, Fujikura and Sasaki, 1993, *Bathymacra secunda* Okutani, Fujikura and Sasaki, 1993, *Lepetodrilus japonicus* Okutani, Fujikura and Sasaki, 1993, シンカイサンショウガイ *Cantrainea jamsteci* (Okutani and Fujikura, 1993) の 5 種が出現した。初島沖や沖ノ山堆ではサガミハイカブリニナが高密度に生息していたが, 南奄西海丘では低くなり代わりにシンカイサンショウガイが高密度に生息していた (表 3)。また, ゲスト種として *Neptunea insularis* (Dall, 1985) var. が頻繁に観察できた。

二枚貝は, シンカイヒバリガイ, カズキシンカイヒバリガイ, 堆積物中に埋没して生息していた *Bathymodiolus* sp., そしてエンセイシロウリガイが認められており (Okutani, Hashimoto and Fujikura, 1992; Hashimoto and Okutani, 1994), 出現した種の中で最も高い密度・バイオマスを示したのはシンカイヒバリガイであった (表 3)。また, シンカイヒバリガイの方が多く生息しており, 得られたサンプルから生息比率を推定したところシンカイヒバリガイ: カズキシンカイヒバリガイ = 13: 2 であった。*Bathymodiolus* sp. は粗粒砂堆積域の一部にエンセイシロウリガイとともに観察でき, シンカイヒバリガイのような大規模な集団は観察できなかった。

底生性甲殻類は *Alvinocaris longirostris*, *Lebbeus washingtonianus* (Rathbun, 1902), *Paracrangon* sp., *Bythograeidae* gen. sp., エンセイエゾイバラガニ *Par-*

alomis jamsteci Takeda and Hashimoto, 1990, *Paralomis* sp., *Munidopsis* sp., *Neolepas* sp. 2 が採集でき *A. longirostris*, *L. washingtonianus* が高い密度を示した (表 3)。*Neolepas* sp. 2 はエンセイシロウリガイの殻表面に 6~7 個体が付着していた。*A. longirostris* は, 熱水チムニーの壁面や熱水噴出によって白色に変色しているところを中心に密集しており, 熱水噴出孔から約 1 m 以上離れたところには認められなかった。*L. washingtonianus* は, *A. longirostris* ほど熱水噴出孔に近づいて生息することはなく *Paracrangon* sp. 2 は, さらに熱水噴出孔から離れたところに分布していた。エンセイエゾイバラガニと *Paralomis* sp. は明確にすみわけており, 熱水噴出孔至近ではエンセイエゾイバラガニが分布し, シンカイヒバリガイやカズキシンカイヒバリガイの群生地外縁域から粗粒砂堆積域にかけて *Paralomis* sp. が分布していた。*Bythograeidae* gen. sp. は, 熱水噴出によって白色に変色した岩石露頭の陰に観察できた。*Munidopsis* sp. も熱水噴出によって白色に変色した岩石露頭に集中的に分布しており噴出域から離れると観察できなかった。

3. 4 相模湾初島沖漸深海帯非化学合成生物群集

初島沖化学合成生物群集に接する水深 574~1,338 m の非化学合成生物群集から出現した大型底生無脊椎動物を表 4 に示した。

マクカブトヤギ *Arthrogorgia ijimai* (Kinoshita, 1907) にはキヌガサモズル *Asteronyx loveni* (Müller and Troschel, 1843) が絡みついていることもあった。堆積物に覆われたところではクサイロギンエビスガイ *Bathymbembix aeola* (Watson, 1879) が多く生息しており, 複数個体が集中している方が普通であった。ソウヨウバイは 1,400~1,500 m の泥質域に分布することが報告されていたが (Okutani, 1977), 本研究ではさらに浅域より出現し, *Neptunea acutispiralis* は, 三宅島沖の 1,180 m より記載されていたが (Okutani, 1968), 相模湾まで分布域を広げることができた。また, 掘足類のうちカホウハラブツノガイ *Polyschides fausta* Kuroda and Habe, 1971 は浅海域に生息していることが知られていたが (Kuroda et al., 1971), 漸深海域にまで分布することが判明した。エゾイバラガニは, 大きな岩石露頭上には小型個体が密集している様子が認められ高い密度を示した (表 4)。ヒトデ類の中ではゴカクヒトデ *Ceramaster japonicus* (Sladen, 1889) が頻繁に堆積物上に観察できた。クモヒトデ類ではオキノテツルモツル *Gorogonocephalus eucnemis* (Müller and Troschel, 1842)

表4 相模湾初島沖化学合成生物群集周辺の漸深海性生物群集から出現した大型底生無脊椎動物とその密度
Table 4 Density of invertebrate megabenthos occurring in non-chemosynthetic bathyal community near Off Hatsushima site, Sagami Bay.

Species	Density (inds./1000m ²)	Remarks	Species	Density (inds./1000m ²)	Remarks
Porifera			Mollusca		
Calcarea			Bivalvia		
<i>Leucosolenia</i> Type	19.26		<i>Nuculana sagamiensis</i> Okutani, 1962	0.41	dead shell
<i>Grania</i> Type	1.02		<i>Cuspidaria obusirostris</i> Okutani, 1962	0.20	
Hexactinellida			Cephalopoda		
<i>Ferrea</i> Type	5.70		Octopoteuthidae gen. sp.	0.61	
<i>Euplectella imperialis</i> Ijima, 1901	0.20		<i>Benthocopus</i> sp.	0.20	
<i>Crateromorpha</i> Type	1.22		Arthropoda		
<i>Acanthascus</i> Type	2.24		Crustacea		
<i>Rhabdocalypus</i> Type	4.07		<i>Aristidae</i> gen. sp.	3.67	
Cnidaria			<i>Acanthephyra</i> sp.	2.44	
Hydrozoa			<i>Glyphocrangon</i> sp.	0.20	
<i>Branchiocerianthus imperator</i> (Allman, 1885)	0.41		<i>Paracrangon</i> sp.1	6.72	
Anthozoa			<i>Decapoda</i> gen. sp. 1	0.20	
<i>Subergorgia</i> sp.	3.46		<i>Lithodes turritus</i> Ortomann, 1892	0.20	
<i>Ellisella</i> Type	1.43		<i>Paralomis multispinosa</i> (Benedict, 1894)	23.62	
<i>Arthrorgorgia iijimai</i> (Kinoshita, 1907)	0.81		<i>Galatheid</i> gen. sp. 1	0.41	
<i>Pennatul</i> sp.	4.28		<i>Galatheid</i> gen. sp. 2	0.20	
<i>Actinosephyra</i> sp.	1.43		Echinodermata		
<i>Actinostola</i> Type	6.52		Asteroidea		
<i>Actiniaria</i> gen. sp. 1	0.20		<i>Persephonaster</i> sp.	1.02	
<i>Actiniaria</i> gen. sp. 2	0.20		<i>Ceramaster japonicus</i> (Sladen, 1889)	4.28	
<i>Flabellidae</i> gen. sp. 1	1.02		<i>Jahannaster giganteus</i> Goto, 1914	0.61	
<i>Flabellidae</i> gen. sp. 2	0.81		<i>Radiaster notabilis</i> (Fisher, 1913)	0.81	
Echidura			<i>Solaster paxillatus</i> Sladen, 1889	0.81	
Echiuroidea			<i>Solaster uchidai</i> Hayashi, 1939	0.20	
<i>Bonellidae</i> gen. sp.	0.41		<i>Distasterias stichantha</i> (Sladen, 1889)	7.13	
Annelida			Ophiuroidea		
Polychaeta			<i>Asterionyx loveni</i> (Müller & Troschel, 1842)	0.20	
<i>Macellicephala</i> sp.	0.61		<i>Gorgonocephalus eucnemii</i> (Müller & Troschel, 1842)	1.02	
<i>Nereis</i> sp.	2.04		<i>Amphiplopus glaucus</i> (Lyman, 1878)	8.35	
<i>Onuphiidae</i> gen. sp.	4.89		<i>Ophiocliton fastigatus</i> Lyman, 1878	7.94	
<i>Spionidae</i> gen. sp.	4.07		<i>Ophiocliton hastatum</i> Lyman, 1878	63.53	
<i>Ophelidae</i> gen. sp.	1.02		<i>Ophiuroidea</i> gen. spp.	20.36	
<i>Maldanidae</i> gen. sp.	1.02		Echinoida		
<i>Spirorbidae</i> gen. sp.	—		<i>Phormosoma bursarium</i> A. Agassiz, 1881	6.92	
<i>Polychaeta</i> gen. sp. 2	—	muddy tube	<i>Calveriosoma gracile</i> (A. Agassiz, 1881)	2.85	
Sipunculoidea			<i>Echinus lucidus</i> Döderlein, 1885	1.02	
<i>Sipunculoidea</i> gen. sp. 1	0.41		<i>Linopneustes murrayi</i> (A. Agassiz, 1879)	31.36	
Mollusca			Holothuroidea		
Gastropoda			<i>Bathyploetes natans</i> (M. Sars, 1868)	4.68	
<i>Otukaia kiheizibisu</i> Otuka, 1939	0.20		<i>Pannychia moseleyi</i> Theel, 1882	5.70	
<i>Bathybembix aeola</i> (Watson, 1879)	7.74		<i>Paelopatides confundens</i> Theel, 1886	0.81	
<i>Neptunea acutispinalis</i> Okutani, 1968	1.83		<i>Paelopatides purpureopunctatus</i> Stüiter, 1908	0.20	
<i>Buccinum sayomaru</i> Okutani, 1977	1.22		<i>Psolus squamatus</i> (Koren, 1844)	64.35	
Scaphopoda					
<i>Gadila sagamiensis</i> Kuroda & Habe, 1971	0.20	dead shell			
<i>Polyschides fausta</i> Kuroda & Habe, 1971	0.20				

及び *Asterionyx loveni* Müller and Troschel, 1842 がマクカブトヤギに絡み付いている様子も観察できた。また、クロスナクモヒトデ *Amphiplopus glaucus* (Lyman, 1878) とリュウコツクモヒトデ *Ophiocliton fastigatus* Lyman, 1878 は堆積物中に埋没し、2~3本の腕を海底上に伸張させていた。最も高頻度に観察できたクモヒトデ類は *Ophiocliton hastatum* Lyman, 1878 で堆積物上に多く分布し高い密度を示した(表4)。ウニ類では、殻表面に小囊を数個有するナマハゲフクロウニ *Phor-*

mosoma bursarium A. Agassiz, 1881 が密集して生息していた。そのほかにもウルトラブブク *Linopneustes murrayi* (A. Agassiz, 1879) が堆積物上に密集していた。ナマコ類では、ムラサキハゲナマコ *Pannychia moseleyi* Theel, 1882 が、堆積物上に分布しており数個体並んでいることもあったが、通常は単独個体で分布していた。また岩石露頭表面にはジイガセキンコ *Psolus squamatus* (Koren, 1844) が群生し高い密度を示した(表4)。

表5 順位 (R) — 相関量 (密度 D) から求めた3か所の化学合成生物群集 (初島沖, 沖ノ山堆, 南奄西海丘) と初島沖周辺漸深帯非化学合成生物群集の a 及び b 値の比較

Table 5 Comparisons of the a and b values of rank (R) — abundance (density D) equations from three chemosynthetic communities (Minami-Ensei Knoll site, Off Hatsushima site and Okinoyama Bank site) and a non-chemosynthetic bathyal community near Off Hatsushima site.

Community	ln (D or B) = a · R + b		
	a	b	r
Off Hatsushima site	-0.54	11.61	0.94
Okinoyama Bank site	0.75	10.18	0.90
Minami-Ensei Knoll site	-0.37	9.84	0.84
Non-chemosynthetic bathyal community near Off Hatsushima site	0.16	3.95	0.93

4. 群集構造の比較

順位—相対量関係は, これまでに等比級数則 (元村, 1932), 対数正規則 (Preston, 1948) などの規則性が提唱されているが, これらの規則性は群集の種類数など標本のサイズによって, それぞれ適合するモデルが異なる (森下, 1961)。3か所の化学合成生物群集は等比級数則と一致するが, 漸深帯非化学合成生物群集では対数正規則に一致する傾向が認められる。しかし, 初島沖化学合成生物群集と同一条件で比較するため漸深帯非化学合成生物群集も等比級数則にあてはめて比較した。初島沖では上位2種 (サガミハイカブリニナ, シロウリガイ) が突出して優位で, それ以下の順位となるとゆるやかに密度は減少している。沖ノ山堆では最上位 (シロウリガイ) と2位 (サガミハイカブリニナ), 2位と3位 (*Vestimentifera* gen. sp. 1) の間に大きな減少が認められ3位以下はゆるやかに密度が低くなる (図3)。南奄西海丘では最上位種 (シンカイヒバリガイ) が突出し, それ以下は緩やかに減少する。また, 漸深帯非化学合成生物群集では上位2種 (*ジイガセキンコ*, *Ophiocten hastatum*) が突出し, 5位 (*アミツボカイメン*型 *Leucosolenia* Type) と6位 (*クロスナクモヒトデ*) の間に差が大きくなった (図3)。これらを, 等比級数則に一致するとみなし

$$\ln D = a \cdot R + b$$

D: 密度, R: 順位, a , b : 定数

の関係式で表せる。そして a , b 値を比較すると, 初島沖化学合成生物群集は接する漸深帯非化学合成生物群集とは大きく異なるが沖ノ山堆と南奄西海丘には類似した値となる (表5)。傾きを示す a 値は, 群集の複雑性を示し

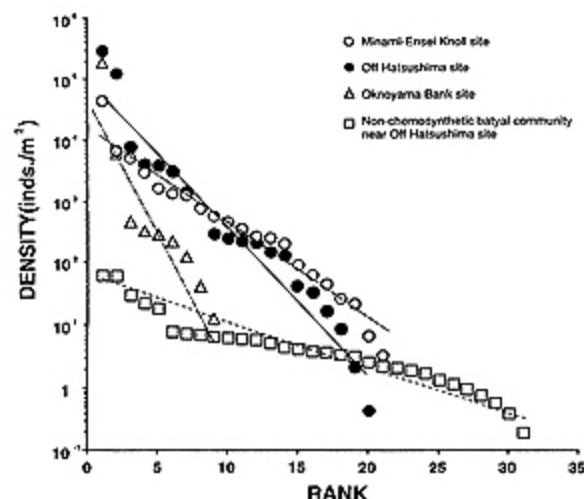


図3 順位—相関量 (密度) 関係による3か所の化学合成生物群集 (初島沖・沖ノ山堆・南奄西海丘) 及び初島沖周辺漸深帯非化学合成生物群集間の比較図

Fig. 3 Comparisons of community structure by rank-abundance (density) diagram between three chemosynthetic communities (Minami-Ensei Knoll site, Off Hatsushima site and Okinoyama Bank site) and non-chemosynthetic community near Off Hatsushima site.

a 値が低いほど群集は複雑になることから (元村, 1932), 漸深帯非化学合成生物群集が最も複雑であるのに対し, 沖ノ山堆が最も単純な構造であることが示唆できる。また, 初島沖と最も類似していたのは南奄西海丘で, 漸深帯非化学合成生物群集が最も大きく異なっている (図3)。等比級数則の特徴は順位の高い優占種の生態的地位の先取説で説明されており, 生態的地位の大きさは,

ある種が生態的地位空間の一部を先取りすることで一義的に決まり、先取できなかった種は残った空間を占めることになる (Whittaker, 1975)。ただし順位の高い種が群集に入ってきた時期が早いというのではなく、競争における相対的な強さを意味している。また、沖ノ山堆、南奄西海丘では化学合成細菌を共生させるタイプの動物が優位になる傾向にあり、沖ノ山堆では1~7位、南奄西海丘では1~5位を占めている。それに対し、初島沖では共生細菌を保有しないタイプのサガミマンジガイなども優位な位置に存在することで特徴づけられる。サガミマンジガイは、初島沖の中では錆色変色域にのみ特異的に分布する種であり、この場所には多毛類の *Polychaeta* gen. sp. 1 とわずかのシロウリガイが分布するだけで、サガミマンジガイと食性・分布空間といった生態的資源を競合する種が存在しないため優位になると考えられる。そして、等比級数則にあてはまる群集は厳しい環境下において構成種も少ない場合に優占性が強く現われる (Whittaker, 1975)。地殻変動に伴った熱水噴出孔生物群集や冷水湧出帯生物群集といった化学合成生物群集は、高濃度の硫化水素・メタンの湧出や温度変化などに起因した環境の厳しさが、熱水噴出現象・冷水湧出現象はまた、短期的に変動していると考えられている (Lutz *et al.*, 1983; Lalou and Brichet, 1982)。初島沖、沖ノ山堆、南奄西海丘においてもシロウリガイ類の死骸堆積域が多く観察できこれは海底からの噴・湧出水の消失もしくは減少に伴っていることから、群集内でも噴・湧出現象は短期的に移り変わるため安定していないことに起因して等比級数則に一致したと考えられる。

生物群集の構造的特性のパラメータとして用いられている種の多様度指数 β (森下, 1967) によって初島沖と対象群集を比較すると、 β は漸深海帯非化学合成生物群集が最も高く、3か所の化学合成生物群集では、南奄西海丘、初島沖、沖ノ山堆の順となった(表6)。つまり、漸深海帯非化学合成生物群集3か所の化学合成生物群集よりはるかに高い値を示したことから、最も種が多様であることが判明した。また、化学合成生物群集では初島沖は南奄西海丘と類似していることが示された。群集間の類似性を示す類似度指数 $C\pi$ (木元・武田, 1967) から Mountford の平均連結法によってクラスター分析を行いデンドログラムを作成したところ、初島沖とは近距離に位置する沖ノ山堆より南奄西海丘の方が類似した群集となった。また、沖ノ山堆を含め化学合成生物群集は極めて類似した群として扱うことができた(図4)。種の多様性や群集の類似性は、それぞれの群集に属する種数の

表6 3か所の化学合成生物群集(初島沖、沖ノ山堆、南奄西海丘)と初島沖周辺漸深海帯非化学合成生物群集における多様度指数 β (Morisita, 1967)

Table 6 Diversity index β (Morisita, 1967) from three chemosynthetic community (Minami-Ensei Knoll site, Off Hatsushima site and Okinoyama Bank site) and a non-chemosynthetic bathyal community near Off Hatsushima site.

Community	Diversity index (β)
Off Hatsushima site	1.89
Okinoyama Bank site	1.09
Minami-Ensei Knoll site	2.29
Non-chemosynthetic bathyal community	11.28

多さと、各種の個体群の大きさによって決められる。そして、非化学合成生物群集が高い多様性を示したのは、出現種数が化学合成生物群集に比べ多いこと、各種の個体群は決して大きくはないが均一化した大きさの個体群を有した群集であるためである。これは、これまでも示唆されている深海域のベントスの種多様性が高いこと (Ekman, 1953; Vinogradova, 1962; Hessler and Sanders, 1967; Rex, 1973) と一致していた。このような深海域のベントスの高い種多様性は生態的地位が重複しないこと、捕食と競争が生産力によってつりあっていることが理由とされており (Dayton and Hessler, 1972; Rex, 1976)、非生物的環境が厳しいか変動が激しく同一状態の持続性が短いところでは環境に強く規制された多様性の低い群集となるが、環境の変動が少なく長期間安定した環境では多様性の高い群集となることが示唆されている (Sanders, 1968)。それに対し、初島沖、沖ノ山堆、南奄西海丘といった化学合成生物群集では、漸深海帯非化学合成生物群集に比べ種数は少ないこと、各種の個体群は漸深海帯非化学合成生物群集よりはるかに大きい、1~2種が極めて大きな個体群を有しているために多様性は低くなる。また、前述したような環境の不安定性による影響も大きいと考えられる。

世界的に存在する化学合成生物群集の中から、冷水湧出帯生物群集と熱水噴出孔生物群集の固有種数を比較しても、冷水湧出帯生物群集では東太平洋にある Oregon Subduction Zone (Suess *et al.*, 1985) や Monterey Bay (Embley *et al.*, 1990) からは4~12種程度であるのに対し、Galapagos Rift、東太平洋海嶺13°N、東太平洋海

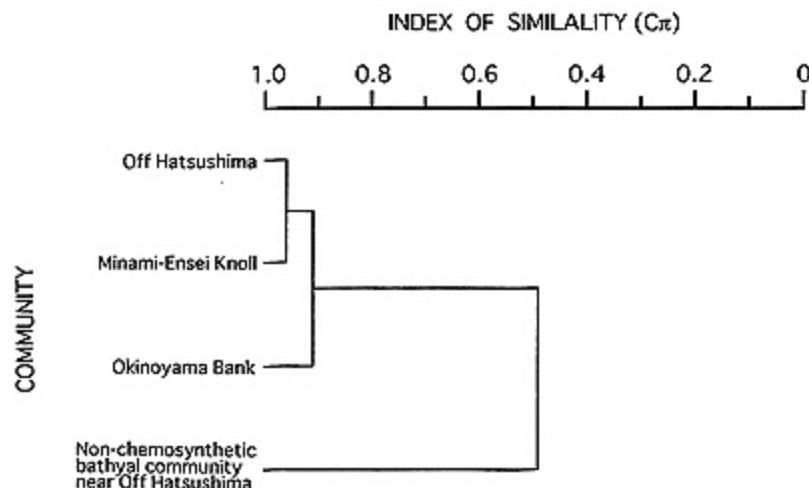


図4 類似度指数($C\pi$)から求めた4か所の群集間(初島沖, 沖ノ山堆, 南奄西海丘, 初島沖周辺漸深性非化学合成生物群集)の類似性を示すデンドログラム

Fig. 4 Dendrogram of 4 communities (Minami-Ensei Knoll site, Non-chemosynthetic bathyal community, Okinoyama Bank site and Off Hatsushima site) by the cluster analysis of average-linkage method from index of similarity ($C\pi$).

膨21°N (Tunnicliffe, 1991), North Fiji Basin・Lau Basin (Desbruyères *et al.*, 1994), Mariana Trough (Hessler and Lonsdale, 1991) の熱水噴出孔生物群集からは20種以上の固有種が出現し, 熱水噴出孔生物群集の方が大型底生性無脊椎動物に関しては多様な固有種を産する。初島沖, 沖ノ山堆は約30kmと近距離にありながら, 種の多様性, 群集の類似性が一致しないのは沖ノ山堆には出現せず, 初島沖に出現する種が多いことに起因する。両群集に共通しない種のうち甲殻類の *Neolepas* sp. 1, *A. longirostris*, *Lebbeus* sp. の3種は, 近縁種のこれまでの採集地から熱水噴出孔生物群集に強い固有性を示す動物群に含まれる。沖ノ山堆は初島沖と異なり, 火山活動の影響を受けない冷水湧出帯生物群集であるため, これら熱水噴出孔生物群集に強い固有性を示す動物群は分布していないと考えられる。また, 初島沖でサガミマンジガイや *P. buccinoides* が分布する地点も地殻熱流量が極めて高い錯色変色域に限られている。つまり, 近距離にある化学合成生物群集でも, 熱水噴出孔生物群集であるか, 冷水湧出帯生物群集であるかの違いにより分布する固有種数が異なるため種の多様性・群集の類似性に違いが生じることが示唆される。そして, 初島沖—南奄西海丘間にこのような類似性が生じた原因については, 初島沖は厚い堆積物に覆われているため南奄西海丘ほどの活動的な熱水噴出現象は認められないが, 湧出水の温度が高いという熱水噴出孔生物群集の特徴も有する化学合成生物群集であるため南奄西海丘との類似性が

高くなると考えられる。

初島沖—南奄西海丘間では, 群集組成は初島沖—沖ノ山堆間ほど類似しないが, 順位—相関量関係のみならず, 種の多様性・群集の類似性においても初島沖—沖ノ山堆間より初島沖—南奄西海丘間の方が高い類似性を示す。つまり, 固有種として出現する種数と, それぞれの種が有する個体群の大きさが類似していることになる。

5. おわりに

深海系に存在する化学合成生物群集の群集生態学的研究で重要なことの1つは, 第1に構成種を明らかにし, その成果に基づいて群集を定量的に解析した結果から, 化学合成生物群集の普遍性を見だし, 非化学合成生物群集といかに異なった群集であるのかを示すことが挙げられる。

本研究では, 初島沖—南奄西海丘間では, 群集組成は初島沖—沖ノ山堆間ほど類似しないが, 順位—相関量関係のみならず, 種の多様性・群集の類似性においても初島沖—沖ノ山堆間より初島沖—南奄西海丘間の方が高い類似性を示すことが分かった。また, 化学合成生物群集と初島沖周辺の漸深海帯非化学合成生物群集の異質性は明らかで, 化学合成生物群集間同士の共通性が認められた。

最後に日本周辺には, このほかにも小笠原諸島海域, 沖縄トラフ, 南海トラフ, 日本海溝, 駿河湾, 鹿児島湾などにも化学合成生物群集が存在しており, これらを総

括して日本周辺の化学合成生物群集の群集生態学的特徴を研究しなくてはならない。そして、さらに世界的に分布する化学合成生物群集について研究することにより、化学合成生物群集の群集生態学的普遍性を明らかにし起源・進化を解明することが今後重要となる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、海洋科学技術センター深海研究部各位及び東京水産大学瀬川進博士にはご支援とご助言をいただきました。多毛類の分類学的研究は、鹿児島大学三浦知之博士、十脚類は横浜国立大学菊池知彦博士、蔓脚類は千葉大学山口寿之博士、クモヒトデ類は入村精一博士にご指導いただきました。また、多くの方々に潜水調査船「しんかい2000」で得た画像記録の使用を認めていただきました。そして、潜水調査船「しんかい2000」運航チーム、無人探査機「ドルフィン-3 K」操縦班、支援母船「なつしま」及び海洋調査船「かいよう」乗組員の皆様にも調査にご協力いただきました。以上の方々に心より感謝いたします。

引用文献

- Dayton, P. K. and R. R. Hessler (1972) : Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep sea. *Deep-Sea Res.*, **19**, 199-208.
- Desbruyères, D., A. Alayse-Danet, S. Ohta and the Scientific Parties of BIOLAU and STARMER Cruises (1994) : Deep-sea hydrothermal communities in southwestern Pacific back-arc basins (the North Fiji and Lau Basins) : Composition, microdistribution and food web. *Mar. Geol.*, **116**, 227-242.
- Ekman, S. (1953) : *Zoogeography of the Sea*. Sidgwick & Jackson, London.
- Embley, R. W., S. L. Eitrem, C. H. McHugh, W. R. Normark, G. H. Rau, B. Hecker, A. E. DeBevoise, H. G. Greene, W. B. F. Ryan and C. Baxter (1991) : Geological setting of chemosynthetic communities in the Monterey Fan Valley System. *Deep-Sea Res.*, **37**, 1651-1667.
- Fujikura, K., J. Hashimoto and T. Okutani (1991a) : Preliminary account of gastropods associated with hydrothermal vents and cold seeps around Japan. Abstracts of 6th Deep-Sea Biology Symp., Copenhagen, July 1991, 24-25.
- 藤倉克則・橋本 惇・服部陸男・「しんかい2000」運航チーム・深海調査グループ (1992) : 駿河湾で初めて発見されたシロウリガイ群生地. 第9回しんかいシンポジウム予稿集, 83-84.
- 藤倉克則・橋本 惇・瀬川 進・藤原義弘 (1993) : 熱水噴出域に生息するユノハナガニ (仮称: Bythograeidae) の温度耐性. しんかいシンポジウム報告書, **9**, 383-391.
- Grassle, J. F., L. S. Brown-Leger, L. Morse-Porteous, R. Petrecca and I. Williams (1985) : Deep-sea fauna in the vicinity of hydrothermal vents. *Bull. Biol. Soc. Wash.*, **6**, 443-452.
- 橋本 惇・藤倉克則 (1992) : 水曜海山・木曜海山・日光海山における熱水噴出孔生物群集. 第9回しんかいシンポジウム予稿集, 48-51.
- Hashimoto, J. and T. Okutani (1994) : Four new mytilid mussels associated with deep-sea chemosynthetic communities around Japan. *Venus, Jap. Jour. Malac.*, **53**(2), 61-83.
- 橋本 惇・藤倉克則・堀田 宏 (1990) : 南奄西海丘における深海生物群集の観察. 「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, **6**, 167-179.
- 橋本 惇・藤倉克則・太田 秀・三浦知之 (1993) : 南奄西海丘における熱水噴出孔生物群集の観察(II). しんかいシンポジウム報告書, **9**, 327-336.
- 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 Hatushima Island, Sagami Bay, central Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **71**, 179-192.
- Hessler, R. R. and P. F. Lonsdale (1991) : Biogeography of Mariana Trough hydrothermal vent communities. *Deep-Sea Res.*, **38**, 185-199.
- Hessler, R. R. and H. L. Sanders (1967) : Faunal diversity in the deep sea. *Deep-Sea Res.*, **14**, 65-78.
- Hessler, R. R. and W. M. Smithey, Jr. (1983) : "The distribution and community structure of megafauna at the Galapagos Rift hydrothermal vents." p 735-770. In : *Hydrothermal Processes at Sea-floor Spreading Centers*, NATO Conf. Ser. 4,

- vol. 12. Edited by P. A. Rona, K. Bostrom, L. Laubier and K. L. Smith, Jr., Plenum, New York.
- Hessler, R. R., W. M. Smithey, Jr., M. A. Boudrias, C. H. Keller, R. A. Lutz and J. J. Childress (1988): Temporal change in megafauna at the Rose Garden hydrothermal vent (Galapagos Rift; eastern tropical Pacific). *Deep-Sea Res.*, **35**, 1681-1709.
- 加藤幸弘・中村光一・岩瀬 洋・橋本 惇・金子康江 (1989): 沖縄トラフ中部, 伊豆海峽の地形と地質—1987, 88年の潜航結果—. 「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, **5**, 163-182.
- 木元新作・武田博清(1989): 群集生態学入門. 共立出版, 東京, 137-140pp.
- Kuroda, T., T. Habe and K. Oyama (1971): The sea shells of Sagami Bay, Edited by Biol. Lab. Imp. Household, Maruzen, Tokyo, 487pp., 121 pls.
- Lalou, C. and E. Brichet (1982): Ages and implications of East Pacific Rise sulfide deposits at 21° N. *Nature*, **300**, 169-171.
- Lutz, R. A. and M. J. Kennish (1993): Ecology of deep-sea hydrothermal vent communities: a review. *Reviews of Geophysics*, **31**(3), 211-242.
- Lutz, R. A., L. W. Fritz and D. C. Rhoads (1983): Aragonite dissolution at a deep-sea hydrothermal vent: Implications for determining molluscan growth rates (abstract). *EOS*, **64**, p. 1017.
- Miura, T. and J. Hashimoto (1993): *Mytilidiphila*, a new genus of nautiliniellid polychaetes living in the mantle cavity of deep-sea mytilid bivalves collected from the Okinawa Trough. *Zool. Soc. Jap.*, **10**(1), 169-174.
- 元村 勲(1932): 群集の取扱について. *動物学雑誌*, **44**, 379-383.
- 森下正明 (1961): 「動物の個体群」, p163-262. In: 動物生態学, 宮地伝三郎ほか編, 朝倉書店, 東京.
- 森下正明 (1967): 「京都付近における蝶の季節分布」, p95-132. In: 自然: 生態学的研究, 森下正明・吉良竜夫編, 中央公論社, 東京.
- 仲 二郎・藤倉克則・橋本 惇 (1991): 相模湾初島沖シロウリガイ群集域における地質学的新知見. 「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, **7**, 1-5.
- 太田 秀 (1990a): 沖縄海盆伊平屋海門の熱水性生物群集. 「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, **7**, 145-156.
- 太田 秀 (1990b): 相模湾冷水生態系に関する生態学的知見. 「しんかい2000」研究シンポジウム報告書, **7**, 181-190.
- Okutani, T. (1968): Bathyal and abyssal Mollusca trawled from Sagami Bay and the south off Boso Peninsula by the R/V Soyo-Maru, 1965-1967. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **56**, 7-55, incl. 3 pls.
- Okutani, T. (1977): Two new species of the genus *Buccinum* from bathyal zone in Sagami Bay, Japan (Gastropoda: Buccinidae). *Venus, Jap. Jour. Malac.*, **36**(2), 73-80.
- Okutani, T. and K. Egawa (1985): The first underwater observation on living habit and thanatocoenoses of *Calypotegena soyoae* in bathyal depths of Sagami Bay. *Venus, Jap. Jour. Malac.*, **44**, 285-289.
- Okutani, T., J. Hashimoto and K. Fujikura (1992): A new species of vesicomid bivalve associated with hydrothermal vents near Amami-Oshima Island, Japan. *Venus, Jap. Jour. Malac.*, **51**(4), 225-233.
- Preston, F. W. (1948): The commonness and rarity of species. *Ecology*, **29**, 254-283.
- Rex, M. A. (1973): Deep-sea species diversity: decreased gastropod diversity at abyssal depths. *Science*, **181**, 1051-1053.
- Rex, M. A. (1976): Biological accommodation in the deep-sea benthos: comparative evidence on the importance of predation and productivity. *Deep-Sea Res.*, **23**, 975-987.
- Sanders, H. L. (1968): Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist*, **102**, 243-282.
- Suess, E., B. Carson, S. D. Ritger, J. C. Moore, M. L. Jones, L. V. Kulme and G. R. Cochrane (1985): Biological communities at vent sites along the subduction zone off Oregon. *Bull. Biol. Soc. Wash.*, **6**, 475-484.
- Tunnicliffe, V. (1988): Biogeography and evolution hydrothermal-vent fauna in the eastern Pacific Ocean. *Proc. R. Soc. London, Ser. B*, **233**, 347-366.
- Tunnicliffe, V. (1991) The biology of hydrothermal

vents: Ecology and evolution. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, **29**, 319-407.

角皆 潤・石橋純一郎・脇田 宏・蒲生俊敬・増澤敏行
・中塚 武 (1994) : 相模湾初島南東沖「冷水」の
起源 : 「しんかい2000」第721潜航の結果. *JAM-
STEC 深海研究*, **10**, 395-403.

Vinogradova, N. G. (1962) : Vertical zonation in the

distribution of deep-sea benthic fauna in the
ocean. *Deep-Sea Res.*, **8**, 245-250.

Whittaker, R. H. (1975) : *Communities and Eco-
systems*, Second Edition. The Macmillan Com-
pany, New York, 387 pp.

(原稿受理 : 1995年6月27日)