

相模湾初島沖化学合成生物群集の群集生態

—第2報— (動物相の比較)

藤倉 克則*¹ 橋本 惇*¹ 藤原 義弘*¹ 奥谷 喬司*²

相模湾初島沖にある化学合成生物群集はプレート衝突による冷水湧出帯生物群集であるとされてきたが、局所的に高い温度異常があることから熱水噴出孔生物群集の特徴も有する可能性が指摘されてきた。そこで、初島沖群集の動物相（大型無脊椎動物）を初島沖から約30km離れた沖ノ山堆冷水湧出帯生物群集と約1,350km沖縄トラフ南奄西海丘熱水噴出孔生物群集、そして初島沖群集周辺の非化学合成生物群集の動物相との共通性を調べ、さらに世界中の化学合成生物群集と比較することにより、動物相が熱水噴出孔生物群集と冷水湧出帯生物群集のどちらの特徴を有するか調べた。動物相の固有性から見ると、初島沖群集は、沖ノ山堆群集に比べ熱水噴出孔生物群集に特異的に出現する動物群が多く出現していた。一方で、南奄西海丘は、熱水噴出孔生物群集に特異的に出現する動物群が卓越していた。また、太平洋における化学合成生物群集間の共通動物群の出現から、地理的に不連続に位置している東太平洋、南西太平洋、西太平洋の群集間には過去において何らかの生物地理学的繋がりがあったことが考えられた。

キーワード：群集生態、初島沖、熱水噴出孔生物群集、冷水湧出帯生物群集、シロウリガイ

Community Ecology of the Chemosynthetic Community at Off Hatsushima Site, Sagami Bay, Japan—II : Comparisons of Faunal Similarity

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

The bathyal chemosynthetic community called Off Hatsushima Site in Sagami Bay has been suggested to be characterized by a cold seep created by plate convergence. However, high-temperature anomalies exist in local areas associated with rust colored seabed and some *Calyptogena* colonies at the site. Therefore, this community represents both a cold seep area and a hydrothermal vent area.

This study compared the faunal similarities between the Off Hatsushima Site and three

*1 海洋科学技術センター深海研究部

*2 日本大学生物資源科学部（海洋科学技術センター客員研究員）

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

*4 College of Bioresource Sciences, Nihon University (Guest Scientist of Japan Marine Science and Technology Center)

reference communities; Okinoyama Bank Site, a cold seep; Minami-Ensei Knoll, a hydrothermal vent; and a bathyal community near the Off Hatsushima Site which is non-chemosynthetic. Furthermore, faunal compositions were compared to chemosynthetic communities worldwide. From these examinations, the faunal characteristics of the Off Hatsushima Site were discussed.

The results show that the megabenthos fauna of the Off Hatsushima Site contained more vent taxa than the Okinoyama Bank. However, fauna of the Minami-Ensei Knoll was dominated by vent taxa. From faunal similarities between different chemosynthetic communities in the Pacific, a biogeographic relationship appears present between chemosynthetic communities in the west, southwest and east Pacific.

Key words: Community ecology, Off Hatsushima Site, Hydrothermal Vent, Cold Seep,

Calypotriga soyoeae

1. はじめに

前報では、相模湾初島沖の化学合成生物群集の群集構造について、沖ノ山堆冷水湧出帯生物群集、南奄西海丘熱水噴出孔生物群集、初島沖群集周辺の漸深海帯非化学合成生物群集と順位一相関量関係、多様度指数、類似度といった指標を用いて定量的な比較を行った(藤倉ほか, 1995a)。そして、初島沖群集は、近距離に位置する沖ノ山堆群集や接する非化学合成生物群集よりも、南奄西海丘熱水群集に類似した特徴を有することが結論された。

そこで、前報の群集構造に引き続き、本研究では、初島沖群集の大型無脊椎動物相の固有性を把握するために、沖ノ山堆群集・南奄西海丘群集に加え世界各地の化学合成生物群集との動物相の共通性・非共通性を調べた。さらに、初島沖群集を含め日本周辺から、南西太平洋・東太平洋にある群集間の共通性についても検討したので報告する。

2. 調査方法および材料

初島沖群集および周辺の非化学合成生物群集の調査は、35°00.2'N, 139°13.5'E 付近を中心に、初島の南東沖約7km 地点の水深574~1,338m で、「しんかい2000」、「ドルフィン-3K」、「JAMSTEC Deep Tow Camera」を用いて行った。沖ノ山堆群集の調査は34°58.2'N, 139°31.6'E, 水深約1,100m 地点を中心に調査し、南奄西海丘では、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)の両方を「しんかい2000」による調査を行った。

化学合成生物群集の固有種と非化学合成生物群集から侵入したゲスト種の区分は、前報(藤倉ほか, 1995a)に

したがった。深海域における化学合成生物群集は、各々の群集間は独立して存在し地理的に連続ではなく、主にプレート境界に沿って位置している(図1)。これらの群集の動物相と、本研究で調査した3か所の化学合成生物群集の動物相を比較することによって動物群の固有性について検討した。さらに、科レベルの分類群について、世界各地の化学合成生物群集と初島沖、沖ノ山堆、南奄西海丘間との共通係数(CC)(Jaccard, 1902)を以下の式にしたがって求めた。

$$CC=c/(a+b-c)$$

a, b: 両群集の分類群数

c: 両群集に共通の分類群数

また、種レベルで初島沖、沖ノ山堆、南奄西海丘間の共通性と、さらに世界各地の群集との共通性から群集間の生物地理学的考察を行った。

3. 化学合成生物群集動物相の固有性

初島沖からは23種、沖ノ山堆からは13種、南奄西海丘からは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1)(藤倉ほか, 1995a)。次に、主要分類群ごとに分布特性を述べる。

(1) 多毛綱 (Polychaeta)

初島沖から出現したヤドリゴカイ科 Nautiliniellidae のカギヤドリゴカイ *Shinkai sagamiensis* はシロウリガイ *Calypotriga soyoeae*, *Natsushima bifurcata* はスエヒロキヌタレガイ *Acharax johnsoni*, ヤドリゴカイ科の1種 Nautiliniellidae gen. et sp. はオウナガイ *Conchocele disjuncta* と、すべて二枚貝を宿主とした寄生種である。沖ノ山堆でも、これら宿主二枚貝は分布しているにもかかわらず、*S. sagamiensis* と Nautiliniellidae gen. et

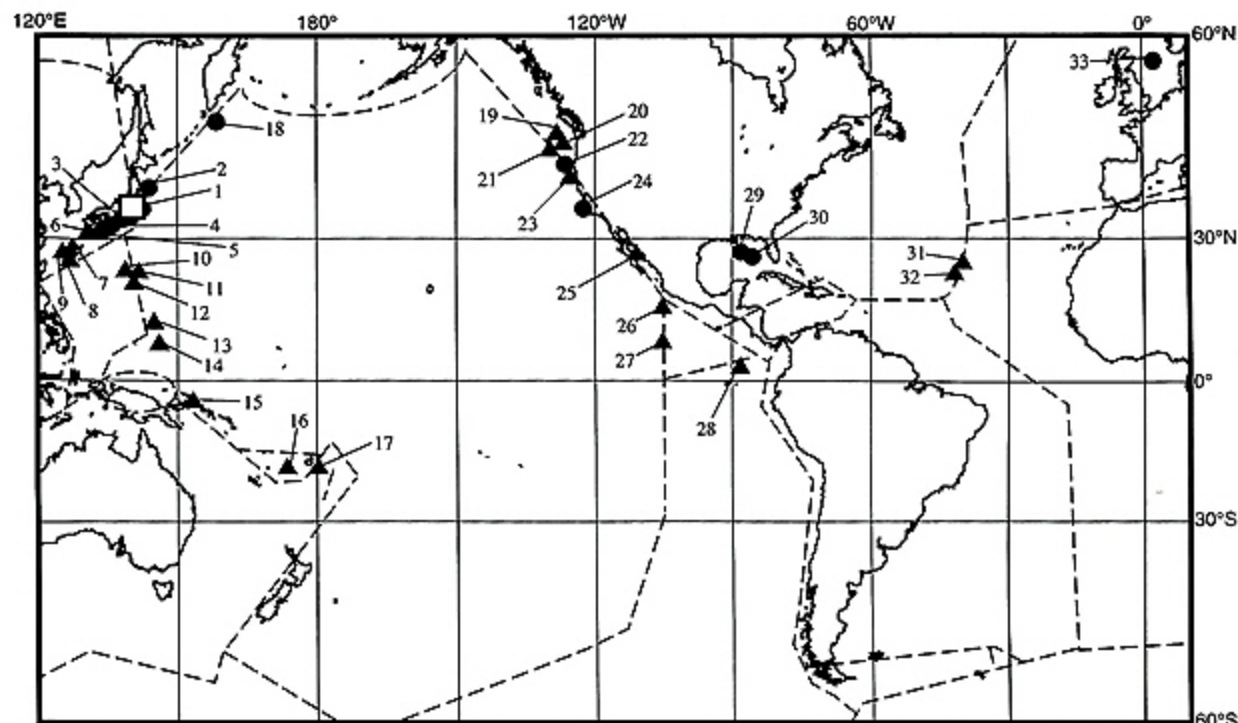


図1 世界の化学合成生物群集。破線はプレート境界を示す。□：初島沖，●：冷水湧出帯生物群集，▲：熱水噴出孔生物群集

Fig. 1 Locations of chemosynthetic communities in the world's oceans. Broken lines show plate boundaries. □: The Off Hatsushima Site, ●: Seep community, ▲: Vent community. 1: Okinoyama Bank Site, 2: Japan Trench, 3: Suruga Bay, 4: Nankai Trough, 5: Kagoshima Bay, 6: Muroto and Ashizuri Knolls, 7: Minami-Ensei Knoll, 8: Iheya Ridge, 9: Izena Hole, 10: Mokuyo Seamount, 11: Suiyo Seamount, 12: Kaikata Seamount, 13: Nikko Seamount, 14: Mariana Trough, 15: Manus Basin, 16: North Fiji Basin, 17: Lau Basin, 18: Off Paramushir, 19: Explorer Ridge, 20: Juan de Fuca, 21: Axial Seamount, 22: Oregon Subduction Zone, 23: Gorda Ridge, 24: Monterey Bay, 25: Guaymas Basin, 26: East Pacific Rise 21°N, 27: East Pacific Rise 13°N, 28: Galapagos Rift, 29: Louisiana Slope, 30: Florida Escarpment, 31: Mid-Atlantic Ridge 26°N (TAG), 32: Mid-Atlantic Ridge 23°N, 33: North Sea.

sp. は確認されていない。一方、カギヤドリゴカイ属 *Shinkai* では、ミナミヤドリゴカイ *S. longipedata* が伊平屋海嶺のシロウリガイ属の1種 *Calyptogena* sp. に寄生し (Miura and Ohta, 1991), また南奄西海丘のエンセイシロウリガイ *C. solidissima* にも同属種が寄生することから (三浦, 私信), カギヤドリゴカイ属は、宿主としてシロウリガイ属二枚貝を選択していると考えられる。また、ヤドリゴカイ科の別種は南奄西海丘から *Mytilidiphila okinawaensis* と *M. ensei* が出現した。*M. okinawaensis* は、シンカイヒバリガイ *Bathymodiolus japonicus* とカズキンカイヒバリガイ *B. adaloides* にも寄生しているが、初島沖、沖ノ山堆には認められていない。しかし、*M. okinawaensis* は、伊平屋海嶺のシンカイヒバリガイに寄生している (Miura and Hashimoto, 1993)。本科は日本海溝のナギナタシロウリガイ *C. phaseoliformis* に寄生する *Nautilina calypto-*

genicola を模式種として創設された科で (Miura and Laubier, 1989), メキシコ湾の Florida Escarpment の天然ガス湧出域から同科の *Laubierus mucronatus* と *Flascarpia alvinae* が確認されている (Blake, 1993)。一方、同科の種は化学合成生物群集が認められていないカリフォルニア沖から *Miura spinosa*, とメキシコ沖から *Santelma miraseta* が報告されており、これらも二枚貝に寄生していると考えられている (Blake, 1993)。したがって、ヤドリゴカイ科は科としては、化学合成生物群集に固有とは断定できないが、化学合成生物群集のなかでは、熱水・冷水・天然ガス湧出域といった多様なタイプの群集にわたって分布している (図2)。

初島沖の *Protomystides hatsushimaensis* はハオリムシの1種 *Lamellibrachia* sp. の棲管に付着していたが、沖ノ山堆のハオリムシ類からは認められなかった。本種が属する *Protomystides* 属の種は、非化学合成生物群集

表 1 初島沖・沖ノ山堆・南奄西海丘の3化学合成生物群集から出現する化学合成生物群集に固有種の出現状況と固有種の特徴。
+: 出現, -: 未確認, MEK: 南奄西海丘, OBS: 沖ノ山堆, OHS: 初島沖。a: 種レベルより高い分類群で固有性が強く, 主に熱水噴出孔生物群集に分布, b: 種レベルより高い分類群で固有性が強く, 主に冷水湧出帯生物群集に分布, c: 種レベルより高い分類群で固有性が強く, 群集のタイプと無関係に分布, d: 種レベルで固有で, 同属種が主に熱水噴出孔生物群集に分布, e: 種レベルで固有で, 同属種が群集のタイプと無関係に分布

Table 1 Occurrence and obligation in the chemosynthetic communities from three sites: the Minami-Ensei Knoll Site, the Okinoyama Bank Site, and the Off Hatsushima Site. +: occurred, -: not observed. MEK: Minami-Ensei Knoll, OBS: Okinoyama Bank Site, OHS: Off Hatsushima Site. Category of obligation in the chemosynthetic communities: a: The taxon (taxonomic level is higher than species) mainly distribute at vent communities, b: The taxon (taxonomic level is higher than species) mainly distribute at seep communities, c: The taxon (taxonomic level is higher than species) mainly distribute at both types (vent and seep) communities, d: The taxon (taxonomic level is the species) mainly distribute at vent communities, e: The taxon (taxonomic level is the species) mainly distribute at both types (vent and seep) communities.

Species	Community			Obligation	Species	Community			Obligation
	OHS	OBS	MEK			OHS	OBS	MEK	
Polychaeta					Provannidae				
Polynoidae					<i>Provanna glabra</i>	+	+	+	c
<i>Brachipolynoe pettiboneae</i>	-	-	+	a	Turridae				
Phyllodoctidae					<i>Oenopota sagamiensis</i>	+	-	-	d
<i>Protomyxides hatsushimaensis</i>	+	-	-	d	<i>Phymorhynchus buccinoides</i>	+	-	-	d
Maldanidae					Bivalvia				
<i>Nicomache ohtai</i>	+	+	-	d	Solemyidae				
Nautiliniellidae					<i>Acharax johnsoni</i>	+	+	-	b
<i>Shinkai sagamiensis</i>	+	-	-	c	Mytilidae				
<i>Shinkai</i> n. sp.	-	-	+	c	<i>Bathymodiolus platifrons</i>	+	+	-	a
<i>Natsushima bifurcata</i>	+	+	-	c	<i>Bathymodiolus japonicus</i>	+	+	+	a
<i>Mytilidipha enseiensis</i>	-	-	+	c	<i>Bathymodiolus odonoides</i>	-	+	+	a
<i>Mytilidipha okinawaensis</i>	-	-	+	c	<i>Bathymodiolus</i> sp.	-	-	+	a
Nautiliniellidae n. gen. et sp.	+	-	-	c	Lucinidae				
Alvinellidae					<i>Lucinoma yoshidai</i>	+	-	-	b
<i>Paralvinella hessleri</i>	-	-	+	a	Thyasiridae				
unident.					<i>Conchocele disjuncta</i>	+	+	-	b
Polychaeta gen. sp. 1	+	-	-	?	Vesicomyidae				
Vestimentifera					<i>Calypogena soyoe</i>	+	+	-	c
Lamellibrachidae					<i>Calypogena solidissima</i>	-	-	+	c
<i>Lamellibrachia</i> sp.	+	+	-	c	Crustacea				
unident.					Scalpellidae				
Vestimentifera gen. sp. 1	+	+	-	c	<i>Neolepas</i> sp. 1	+	-	-	a
Vestimentifera gen. sp. 2	-	-	+	c	<i>Neolepas</i> sp. 2	-	-	+	a
Vestimentifera gen. sp. 3	-	-	+	c	Bresiliidae				
Gastropoda					<i>Alvinocaris longirostris</i>	+	-	+	a
Fissurellidae					Hyppolytidae				
<i>Puncturella parvinobilis</i>	-	-	+	d	<i>Lebbeus washingtonianus</i>	-	-	+	d
Acmaciidae					<i>Lebbeus</i> sp.	+	-	-	d
<i>Serradonta vestimentifericola</i>	+	-	-	e	Crangonidae				
<i>Bathymacra nipponica</i>	+	+	-	c	<i>Paracrangon</i> sp. 2	-	-	+	d
<i>Bathymacra secunda</i>	-	-	+	c	Bythograeidae				
Lepetodrilidae					Bythograeidae gen. sp. 1	-	-	+	a
<i>Lepetodrilus japonicus</i>	-	-	+	a	Lithodidae				
Trochidae					<i>Paralomis jamsteki</i>	-	-	+	d
<i>Margarites shinkai</i>	+	+	-	c	<i>Paralomis</i> sp.	-	-	+	d
Turbinidae					Galatheididae				
<i>Cantranea jamsteki</i>	-	-	+	d	<i>Munidopsis</i> sp.	-	-	+	d

にも普通に出現するが, 東太平洋海嶺 21°N に *P. papillosa*, Juan de Fuca と Explorer Ridge に *P. veranae* が分布しており (Blake, 1985; Blake and Hilbig, 1990), 同科別属種は Galapagos Rift に *Galapagomystides aristata* が分布している (Blake, 1985)。したがって, 本科の種は化学合成生物群集のなかでも, 初島沖以外は熱水噴出孔生物群集に分布していることになる。

初島沖と沖ノ山堆の共通種である *Nicomache ohtai* は, この両群集以外からは認められていない。*Nicomache* 属は非化学合成生物群集に普通であるが, 化

学合成生物群集からは Galapagos Rift, 東太平洋海嶺 13°N, 21°N, Mariana Trough に *N. arwidsoni* が共通に出現し (Blake, 1985; Hessler and Lonsdale, 1991), Juan de Fuca と Explorer Ridge に *N. venticola* が分布している (Blake and Hilbig, 1990)。よって, 化学合成生物群集のなかでは, 初島沖と沖ノ山堆以外が熱水噴出孔生物群集である。

南奄西海丘から出現したウロコムシ科 Polynoidae の *Brachipolynoe pettiboneae* は, シンカイヒバリガイ属二枚貝に寄生しており, 伊豆海穴, 海形海山, North Fiji Basin, Lau Basin にも出現するが (Miura and

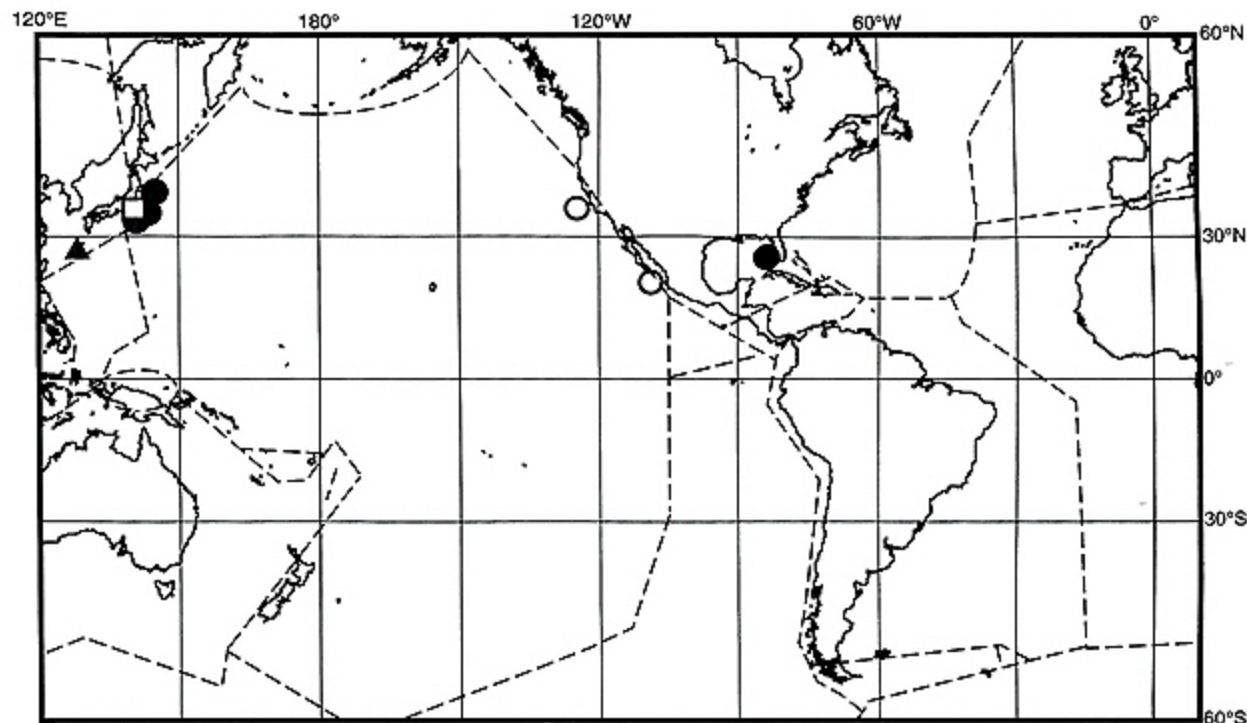


図 2 ヤドリゴカイ科多毛類の分布。□：初島沖，●：冷水湧出帯生物群集，▲：熱水噴出孔生物群集，○：化学合成生物群集未確認

Fig. 2 Geographical distribution of nautiliniellid polychaetes (Source: Miura and Laubier, 1989, 1990; Miura and Ohta, 1991; Blake, 1993; Miura and Hashimoto, 1993; Miura, personal communication). □: Off Hatsushima Site, ●: Seep community, ▲: Vent community, ○: Characteristics of community is unidentified.

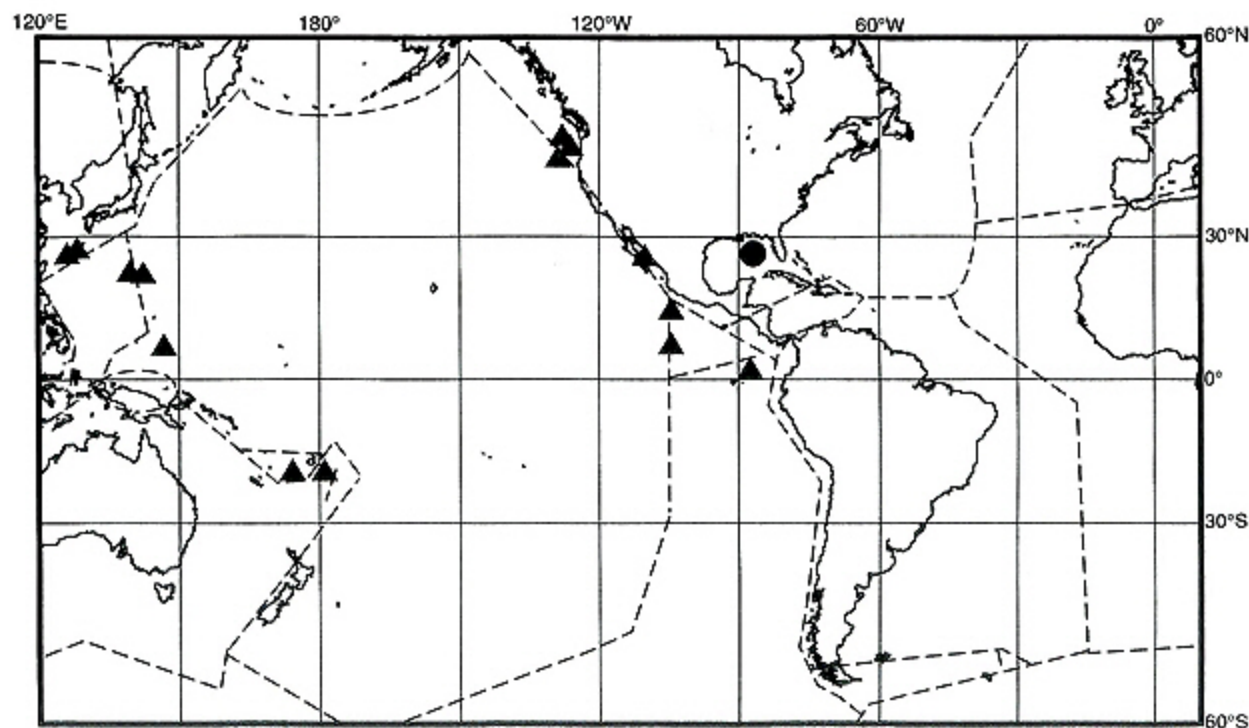


図 3 ウロコムシ科多毛類の分布。●：冷水湧出帯生物群集，▲：熱水噴出孔生物群集

Fig. 3 Geographical distribution of polynoid polychaetes from chemosynthetic communities (Source: Pettibone, 1984, 1985a, 1985b, 1986, 1988, 1989; Tunnicliffe, 1985, 1988; Miura and Hashimoto, 1991b; Hashimoto and Fujikura, 1992; Desbruyères *et al.*, 1994). ●: Seep community, ▲: Vent community.

Hashimoto, 1991, 1993; Desbruyères *et al.*, 1994), 宿主種は、それぞれの群集ですべて異なる。そして、*Brachipolynoe* 属は熱水噴出孔生物群集以外からは認められていない。ウロコムシ科の分布は、東太平洋海膨に沿った熱水噴出孔生物群集 (Pettibone, 1984, 1985a, 1985b; Tunnicliffe *et al.*, 1985; Tunnicliffe, 1988), Mariana Trough (Pettibone, 1989), Florida Escarpment (Pettibone, 1986) (図3), Florida Escarpment 以外はすべて熱水噴出孔生物群集であることから、本科の分布の中心は熱水噴出孔生物群集と判断できる。

マリアナイトエラゴカイ *Paralvinella hessleri* は Mariana Trough にも出現している (Desbruyères and Laubier, 1989)。また、本種が属するエラゴカイ科 Alvinellidae は東太平洋海膨に沿った熱水噴出孔生物群集に分布し (Desbruyères and Laubier, 1980, 1982, 1986; Tunnicliffe *et al.*, 1985; Tunnicliffe, 1988), また熱水チムニーの外壁といった最も熱水噴出現象の影響を強く受ける所に生息していることから、本科は、高温の熱水噴出現象が存在する熱水噴出孔生物群集に固有の

科である (三浦, 1991)。

(2) ハオリムシ動物 (Vestimentifera)

ハオリムシ動物は世界中の多様なタイプの化学合成生物群集に分布し (図4), また、これまで知られているすべての種が化学合成細菌を共生させた独立栄養動物であることから (Fisher, 1990), 初島沖・沖ノ山堆・南奄西海丘に分布する種も化学合成生物群集に固有の動物である可能性が高い。それゆえ、これまで採集されながらも化学合成生物群集の存在が確認されていない南米沖 (Mañe-Garzon and Montero, 1985) やカリフォルニア沖 (Webb, 1969) にも化学合成生物群集が存在すると考えられるが、今のところ報告がない。

(3) 腹足綱 (Gastropoda)

初島沖から出現したワタゾコヤドリガサガイ *Serradonta vestimentifericola* は他から出現しておらず、ワタゾコアミガサガイモドキ *Bathymacrea nipponica* は、初島沖と沖ノ山堆に共通に出現している。*Bathymacrea* 属は *B. nipponica* を模式種として創設され、同属では伊平屋海嶺に *B. secunda* が分布する (Okutani *et al.*, 1993a)。シンカイシタダミ *Margarites*

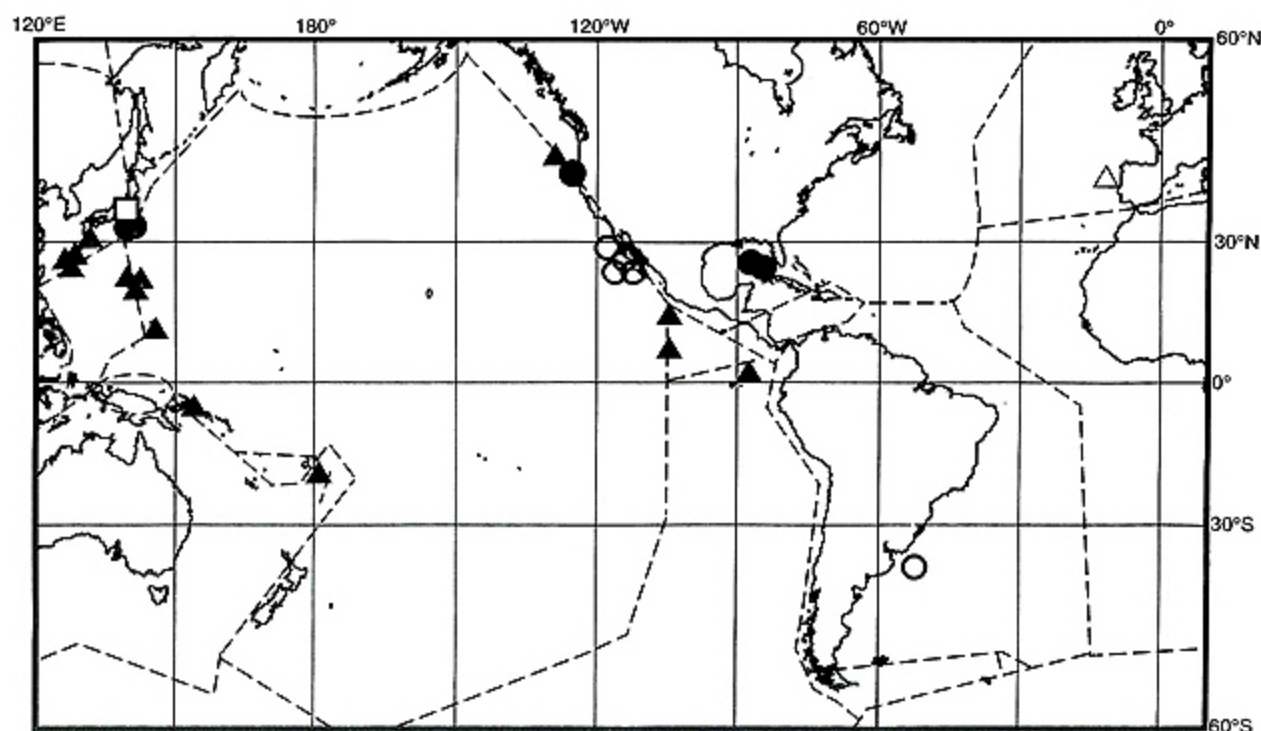


図4 ハオリムシ動物の分布。□: 初島沖, ●: 冷水湧出帯生物群集, ▲: 熱水噴出孔生物群集, △: 腐敗物堆積, ○: 化学合成生物群集未確認

Fig. 4 Geographical distribution of vestimentiferan worms (Source: Webb, 1969; Jones, 1985; Mañe-Garzon and Montero, 1985; Hashimoto *et al.*, 1989, 1990, 1993b; Ohta, 1990a; Southward, 1991; Hashimoto and Fujikura, 1992; Dando *et al.*, 1992; Fujikura *et al.*, 1992). □: The Off Hatsushima Site, ●: Seep community, ▲: Vent community, △: Decomposition of grains, ○: Characteristics of community as yet unidentified.

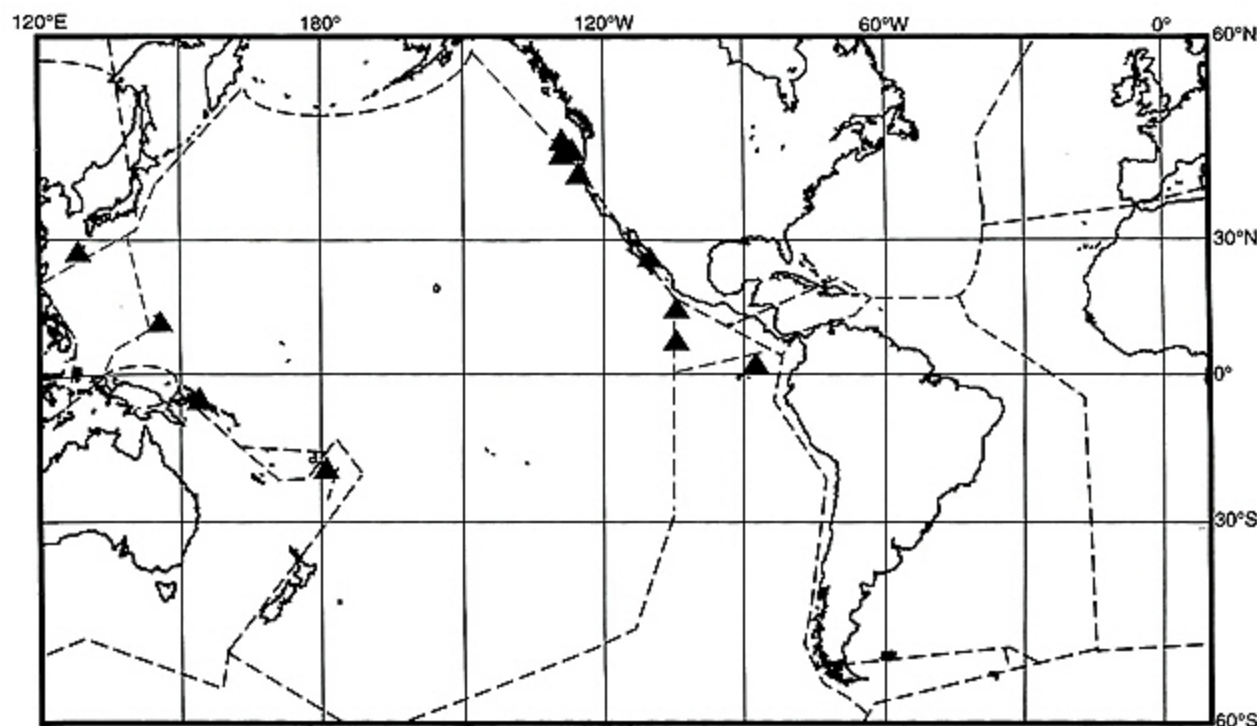


図 5 Lepetodrilidae 科腹足類の分布。▲：熱水噴出孔生物群集

Fig. 5 Geographic distribution of lepetodrilid limpets (Source: McLean, 1988; 1993; Okutani *et al.*, 1993a; Desbruyères *et al.*, 1994). ▲: Vent community.

shinkai は初島沖と沖ノ山堆の他に伊是名海穴からも認められる (Okutani *et al.*, 1993a)。

Puncturella parvinobilis, *Lepetodrilus japonicus* は、南奄西海丘以外からは確認されていない。*P. parvinobilis* が属するコウダカスカシガイ属は、化学合成生物群集に固有な分類群ではないが、伊是名海穴に *P. rimaizenaensis* が分布している (Okutani *et al.*, 1993a)。*L. japonicus* が属する Lepetodrilidae 科は、東太平洋海膨に沿った熱水噴出孔生物群集から *L. elevatus* のほか多種が記載され (McLean, 1988, 1993), *L. elevatus* は Mariana Trough と Lau Basin にも分布している (Desbruyères *et al.*, 1994) (図 5)。これらはすべて熱水噴出孔生物群集であり、本科は熱水噴出孔生物群集に固有な科と考えられる。また、シンカイサンショウガイ *Cantrainea jamsteci* は、最近の調査で伊平屋海嶺北部の水深 1,000m に新たに見つかった熱水噴出孔生物群集 (門馬ほか, 1996) からも採集されている。

腹足類では、サガミハイカブリニナ *Provanna glabra* が初島沖、沖ノ山堆、南奄西海丘から唯一共通に出現したが、伊平屋海嶺・伊是名海穴にも分布していることから (Okutani *et al.*, 1993a), 日本周辺の化学合成生物群集に固有な種と思われる。本種が属するハイカブリニナ

科 Provannidae は世界各地の群集から報告されている (Warén and Bouchet, 1986, 1989; Okutani and Ohta, 1988; Okutani, 1990; Bouchet and Warén 1991; Warén and Ponder, 1991; Okutani *et al.*, 1992b, 1993a) (図 6)。しかしながら、化学合成生物群集が認められていないメキシコ湾、パナマ沖、カリフォルニア沖からも採集されており (Dall, 1908, 1918; Warén and Bouchet, 1989) (図 6), 化学合成生物群集に固有な科とは断定されない。しかし、本科の多くは化学合成生物群集から採集されており、その分布も熱水・冷水・天然ガス湧出域と多様なタイプにわたっている。

サガミマンジガイ *Oenopota sagamiana* と *Phymorhynchus buccinoides* は、初島沖以外からは認められていない。これら両種が属するクダマキガイ科 Turridae は化学合成生物群集に固有ではないが、*Oenopota* 属の他の 1 種 *O. ogasawarana* は海形海山から出現する (Okutani *et al.*, 1993a)。 *Phymorhynchus* 属の種は、North Fiji Basin (Okutani and Ohta, 1993), Galapagos Rift, 東太平洋海膨 13°N, 21°N, Juan de Fuca, 大西洋中央海嶺 23°N に分布する (Warén and Bouchet, 1989)。そして North Fiji Basin の *P. starmeri* は、熱水噴出孔生物群集にそれほど多く生息するわけで

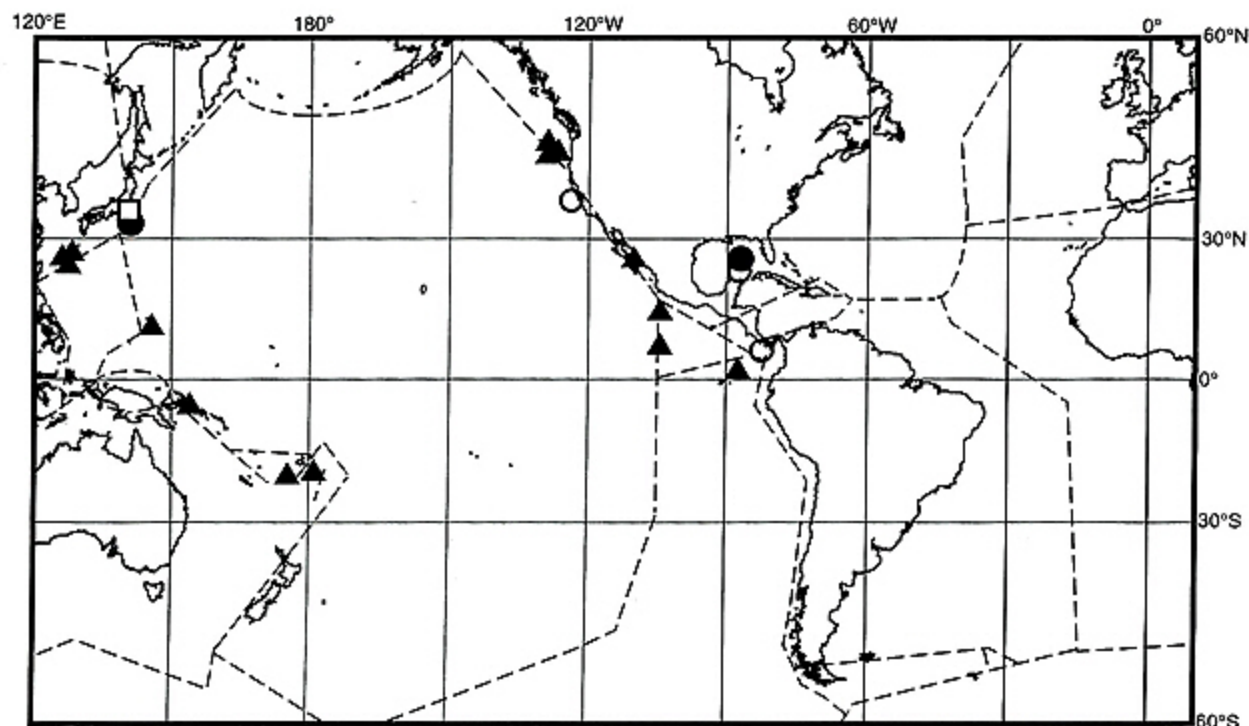


図6 ハイカブリナ科腹足類の分布。□：初島沖，●：冷水湧出帯生物群集，▲：熱水噴出孔生物群集，○：化学合成生物群集未確認

Fig. 6 Geographic distribution of provannid gastropods (Source: Dall, 1908, 1918; Warén and Bouchet, 1986, 1989; Okutani and Ohta, 1988; Okutani, 1990; Beck, 1991; Bouchet and Warén, 1991; Warén and Ponder, 1991; Okutani *et al.*, 1992b, 1993a). □: The Off Hatsushima Site, ●: Seep community, ▲: Vent community, ○: Characteristics of community as yet unidentified.

はなくゲスト種として扱われている (Okutani and Ohta, 1993)。

(4) 二枚貝綱 (Bivalvia)

シロウリガイは初島沖・沖ノ山堆のほかにも、同じ相模湾の相模海丘、三崎海丘、三浦海丘に群生地が確認されている (Fujikura *et al.*, 1991)。なお、mtDNA 解析によりシロウリガイは2種に区別できることが示唆されているが (Kojima *et al.*, 1995)、本研究で扱ったサンプルおよび写真からは区別されていない。南奄西海丘から採集されているエンセイシロウリガイは、最近の調査で四国沖室戸海丘と足摺海丘にも分布することが判明している (藤倉ほか, 1995b)。シロウリガイ属のほとんどは化学合成生物群集から採集されており (図7)、ガラパゴスシロウリガイ *C. magnifica*、カイコウシロウリガイ *C. kaihoi*、テンリュウシロウリガイ *C. laubieri* は鰓内に共生する化学合成細菌から栄養を摂取している (Fiala-Médioni and Métiévier, 1986; Fiala-Médioni *et al.*, 1993)。しかし、テンリュウシロウリガイの胃内容物には珪藻が存在することから消化器系は機能しており、化学合成細菌からの栄養摂取とデトリタス食を併用している

(Le Pennec and Fiala-Médioni, 1988)。チリ沖から記載された *C. australis* は、分布生態は観察されていないが、鰓内に共生細菌を有することから化学合成生物群集の存在が示唆されている (Stuardo and Valdovinos, 1988)。最近では、Monterey Bay の冷水湧出帯生物群集から、複数種 (*C. kilmeri*, *C. packardiana*, ワダツミウリガイ *C. pacifica*, *C. stearnsii*, *C. gigas*, *Calyptogena* 未記載種) が出現している (Barry *et al.*, in press)。しかしながら、ワダツミウリガイ、*C. ponderosa*, *C. kilmeri* は、化学合成生物群集の存在は認められていない地点から採集されている (Dall, 1891, 1916; Woodring, 1938; Boss, 1968; Bernard, 1974)。したがって、シロウリガイ属は化学合成生物群集に固有とは断定されないが、代表的なグループであることは確かで、熱水、冷水といった群集のタイプと無関係に出現する。

シンカイヒバリガイ類は、世界各地の群集に分布しており (Kenk and Wilson, 1985; Grassle, 1986; Hessler and Lonsdale, 1991; Desbruyères *et al.*, 1994; Hashimoto and Okutani, 1994; Von Cosel *et al.*, 1994)、そして、ガラパゴスシンカイヒバリガイ *B.*

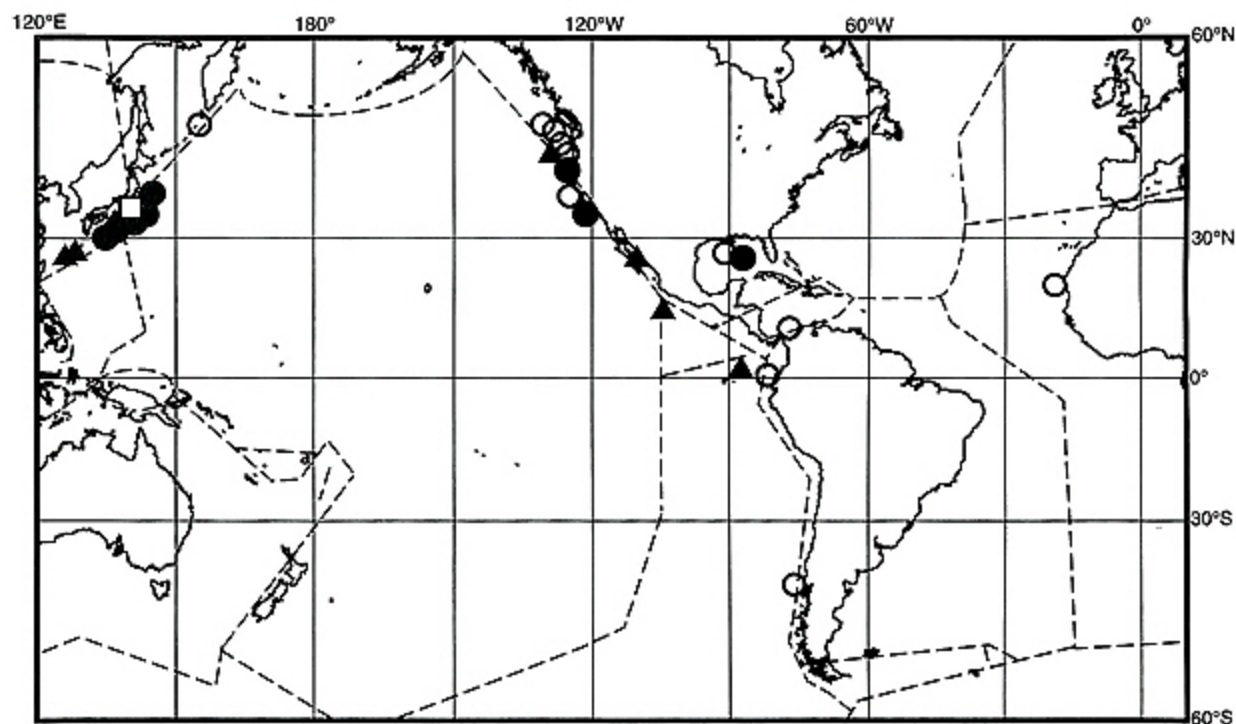


図7 シロウリガイ属二枚貝の分布。□：初島沖，●：冷水湧出帯生物群集，▲：熱水噴出孔生物群集，○：化学合成生物群集未確認

Fig. 7 Geographic distribution of *Calyptogena* bivalves (Source: Dall, 1891, 1895, 1903, 1916; Crickmay, 1929; Boss, 1968; Tiba, 1972; Oberling and Boss, 1970; Bernard, 1974; Boss and Turner, 1980; Scarlato, 1981; Kennicutt II et al., 1985; Okutani and Metivier, 1986; Metivier et al., 1986; Stuardo and Valdovinos, 1988; Ohta, 1990a; Tunnicliffe, 1991; Okutani et al., 1992a, 1993b). □: The Off Hatsushima Site, ●: Seep community, ▲: Vent community, ○: Characteristics of community as yet unidentified.

thermophilus は鰓内に共生細菌を保有するが (Rau and Hedges, 1979; Fiala-Médioni, 1988), 化学合成細菌から得られる栄養を補充するために微小有機物も摂食しており完全な独立栄養動物ではないことが知られている (Page et al., 1991)。シンカイヒバリガイ属二枚貝は、化学合成生物群集にのみ認められ、特に熱水噴出孔生物群集を中心に分布する傾向にある (図8)。

初島沖から出現したヨシダツキガイモドキ *Lucinoma yoshidai* は、これまでに相模湾において、シロウリガイと同一地点から採集されている (Okutani, 1962, 1966)。また、Louisiana Slope の天然ガス湧出域にも *Lucinoma* sp. が認められており (Turner, 1985), Fisher (1990) は、ツキガイ科 Lucinidae のすべての種が化学合成細菌を保有することを示唆し、硫化物濃度は $1\mu\text{M}$ 程度の低濃度でも生息できるとしている。そして、沿岸域の内湾においては間隙水に 8mM の硫化水素が存在することから (Fenchel and Riedl, 1970), $1\mu\text{M}$ 程度の硫化物濃度域は堆積物が有機物過多になるような内湾や沿岸域などに存在すると思われ、そのような所にはツキガイ

イ科二枚貝は生息できると考えられる。このような還元的堆積物中の群集をもとに、「Sulfide System」が提唱され (Fenchel and Riedl, 1970), これはテクトニクスに伴った化学合成生物群集と同じ生態系概念に位置づけられる。それゆえ、ヨシダツキガイモドキは初島沖でなければ生息できないわけではないが、低濃度の硫化物が存在する「Sulfide System」から付加したと考えられる。また、スエヒロキヌタレガイ *Acharax johnsoni* は独立栄養動物であり (太田, 1990b), 本種が属するキヌタレガイ科 Solemyidae は化学合成生物群集から採集されている例は多く、North Fiji Basin から *A. alinae* が出現し (Metivier and Von Cosel, 1993), Monterey Bay, Oregon Subduction Zone に *Solemya* sp. (Suess et al., 1985; Embley et al., 1990), メキシコ湾の Louisiana Slope には *S. caribbaea* が分布している (Turner, 1985)。また、還元的堆積物中から採集された *S. borealis*, *S. velum*, *S. reidi*, *S. pusilla* は鰓内に共生細菌を保有しており (Felbeck, 1983; Cavanaugh, 1983; Conway et al., 1989, 1992; Kuznetsov et al., 1991), 海藻堆積に

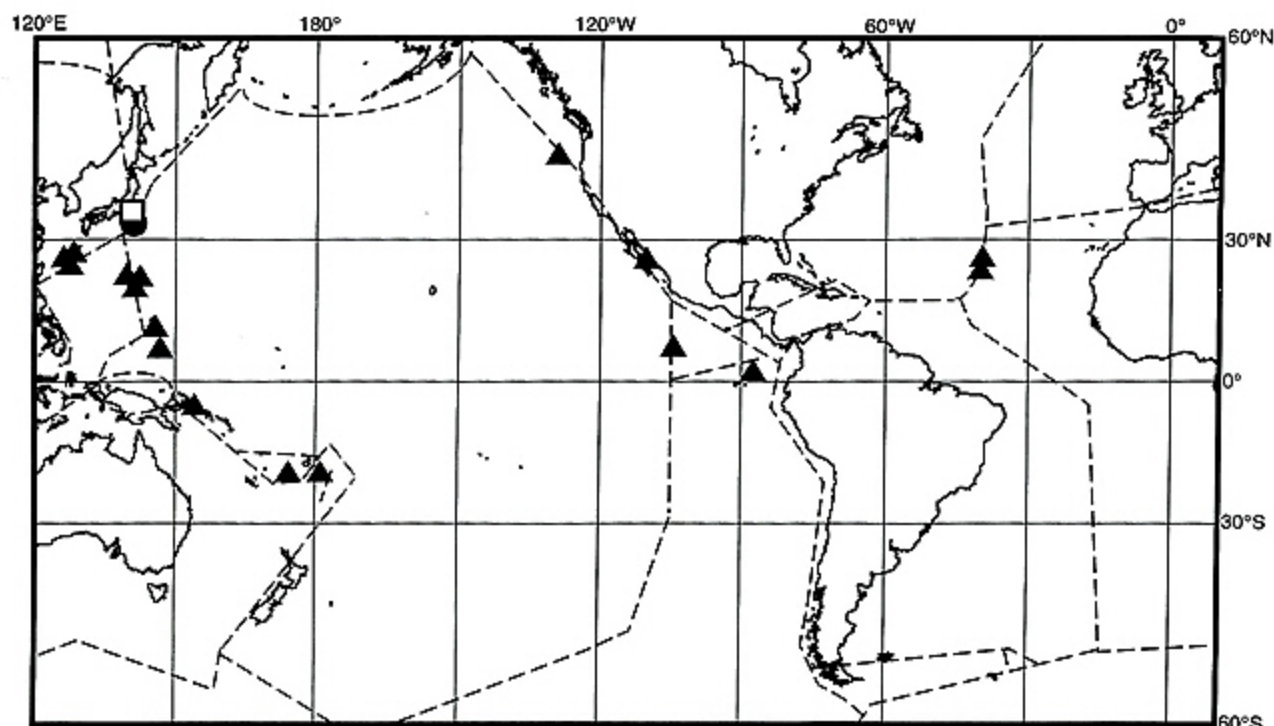


図8 シンカイヒバリガイ属二枚貝の分布。□：初島沖，●：冷水湧出帯生物群集，▲：熱水噴出孔生物群集

Fig. 8 Geographic distribution of *Bathymodiulus* mussels from chemosynthetic communities (Source: Kenk and Wilson, 1985; Grassle, 1986b; Hessler and Lonsdale, 1991; Hashimoto and Fujikura, 1992; Hashimoto and Okutani, 1994; Von Cosel *et al.*, 1994). □: The Off Hatsushima Site, ●: Seep community, ▲: Vent community.

よる還元的環境には *Solemya* sp. が 2,660 inds./m² 以上の高密度で生息している (Rainer and Wadley, 1991)。それゆえ、North Fiji Basin を除くと冷水域や還元堆積物域に多く出現する。Fisher (1990) は、キヌタレガイ科に属するすべての種が独立栄養動物であるわけではないが、共生細菌を保有する種は低濃度の硫化物が堆積物中に存在すれば生息できるとしている。したがって、本種もヨシダツキガイモドキ同様、「Sulfide System」から、初島沖、沖ノ山堆に付加した種と考えられる。

オウナガイ *Conchocele disjuncta* も化学合成細菌を鰓内に保有する独立栄養動物であり (太田, 1990b)、本種が属するハナシガイ科 Thyasiridae の種も化学合成生物群集から採集されている例は多く、オホーツク海のバラムシル島沖の水深 770m にある群集では *Conchocele* sp. が優占種となっており (Zonenshain *et al.*, 1987)、東太平洋海膨 21°N や Guaymas Basin にも分布している (Grassle *et al.*, 1985; Turner, 1985)。また、*Thyasira flexuosa*, *T. gouldi*, *T. sarsi* は化学合成細菌を保有しているが (Dando and Southward, 1986; Spiro *et al.*, 1986; Reid and Brand, 1986; Southward, 1986), *T. ferruginea* と *T. equalis* は化学合成細菌を保有していな

い (Dando and Southward, 1986)。Fisher (1990) は、本科もすべての種が独立栄養動物とは断定できないが、低濃度の硫化物が堆積物中では生息できるとしている。したがって、オウナガイも「Sulfide System」からの付加種と考えられる。

(5) 甲殻綱 (Crustacea)

Neolepas sp. 1 と同属種は、南奄西海丘から *Neolepas* sp. 2 が出現した。本属は、東太平洋海膨 13°N と 21°N に固有種の *N. zeviniae* から設立された属で (Newman, 1979), North Fiji Basin, Lau Basin (Desbruyères *et al.*, 1994), 日光海山 (橋本・藤倉, 1992), 伊平屋海嶺 (太田, 1990a) にも分布している。そして、本属の種は、熱水噴出孔生物群集以外からは認められていない。

初島沖から出現した *Alvinocaris longirostris* は南奄西海丘と共通種であり (菊池, 私信), また、伊平屋海嶺にも分布している (Kikuchi and Ohta, 1995)。本種が属する *Alvinocaris* 属は、化学合成生物群集に固有の属とされ (Galkin and Moskalev, 1990), 大西洋中央海嶺, Galapagos Rift, Louisiana Slope にも分布する (Williams and Chace, 1982; Williams, 1988)。*Alvinocaris* 属が属する Bresiliidae 科は化学合成生物群集に固有な

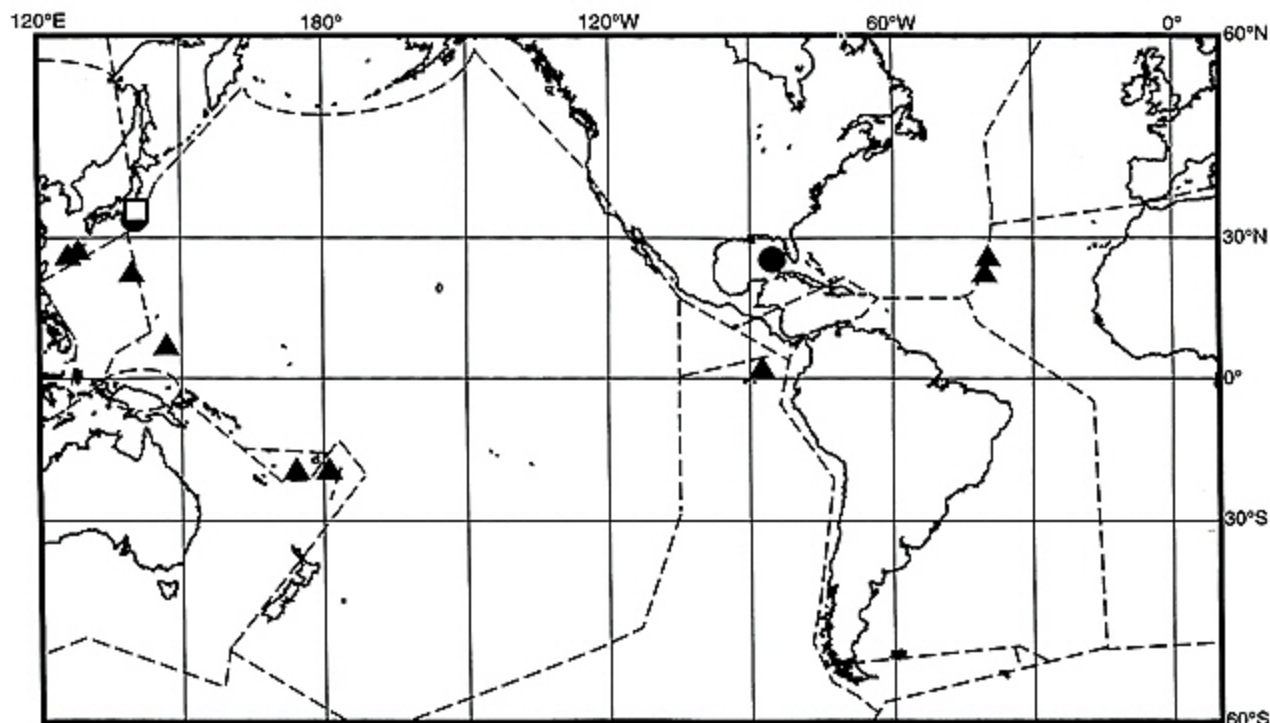


図 9 Bresiliidae 科エビの分布。□：初島沖，●：冷水湧出帯生物群集，▲：熱水噴出孔生物群集

Fig. 9 Geographic distribution of bresiliid shrimps from chemosynthetic communities (Source: Williams and Chace, 1982; Williams and Rona, 1986; Williams, 1988; Ohta, 1990a; Martin and Hessler, 1990; Hashimoto and Fujikura, 1992; Hashimoto *et al.*, 1993a; Desbruyères *et al.*, 1994). □: The Off Hatsushima Site, ●: Seep community, ▲: Vent community.

科ではないが, Mariana Trough (Martin and Hessler, 1990), North Fiji Basin と Lau Basin (Desbruyères *et al.*, 1994), 木曜海山 (橋本・藤倉, 1992) に分布している (図 9)。初島沖と Louisiana Slope 以外は熱水噴出孔生物群集であり, 化学合成生物群集のなかでは熱水噴出孔生物群集を中心に分布している。イバラモエビ属 *Lebbeus* sp. と同属種は, *L. washingtonianus* が南奄西海丘と伊平屋海嶺に出現している (Kikuchi and Ohta, 1995)。属レベルでは, 化学合成生物群集に固有な分類群ではないが, 東太平洋海膨 13°N, Lau Basin, 木曜海山にも同属種が認められている (de Saint Laurent, 1984; Desbruyères *et al.*, 1994; 橋本・藤倉, 1992)。そして, 初島沖以外は熱水噴出孔生物群集であることから, 化学合成生物群集のなかでは熱水噴出孔生物群集を中心に分布している。

南奄西海丘から出現したエンセイゾイバラガニ *Paralomis jamsteci* および *Paralomis* sp. 1 は, 他の群集からは認められていない。また, 伊平屋海嶺, North Fiji Basin, Lau Basin にも同属種が分布し (太田, 1990a; Desbruyères *et al.*, 1994), その他の群集には初島沖や沖ノ山堆のようにゲスト種として進入している場合が

多い。シンカイコシオリエビ属 *Munidopsis* は化学合成生物群集に固有の属ではないが, 世界各地の熱水噴出孔生物群集 (Williams and Van Dover, 1983; Williams, 1988; 太田, 1990a; Williams and Baba, 1989) と Florida Escarpment (Hecker, 1985) に分布することから, 熱水群集を主体に分布している。

Bythograeidae は Galapagos Rift の *Bythograea thermydron* を模式種として創設され, 東太平洋海膨 13°N, 21°N に分布する (Williams, 1980; de Saint Laurent, 1984)。本科の種は海形海山 (藤倉ほか, 1993; 大野ほか, 1996), 水曜海山, 日光海山 (橋本・藤倉, 1992), Mariana Trough (Hessler and Martin, 1989), 大西洋中央海嶺 (Williams, 1988) の熱水噴出孔生物群集に分布しており (図 10), 熱水噴出孔生物群集に固有な科と判断される。

以上のような固有性の検討結果から, 初島沖, 沖ノ山堆, 南奄西海丘に出現する化学合成生物群集の固有種は以下の 5 つの範疇に区分できる。

- a: 種レベルより高い分類群で固有性が強く, その分類群が主に熱水噴出孔生物群集に分布する。
- b: 種レベルより高い分類群で固有性が強く, その分

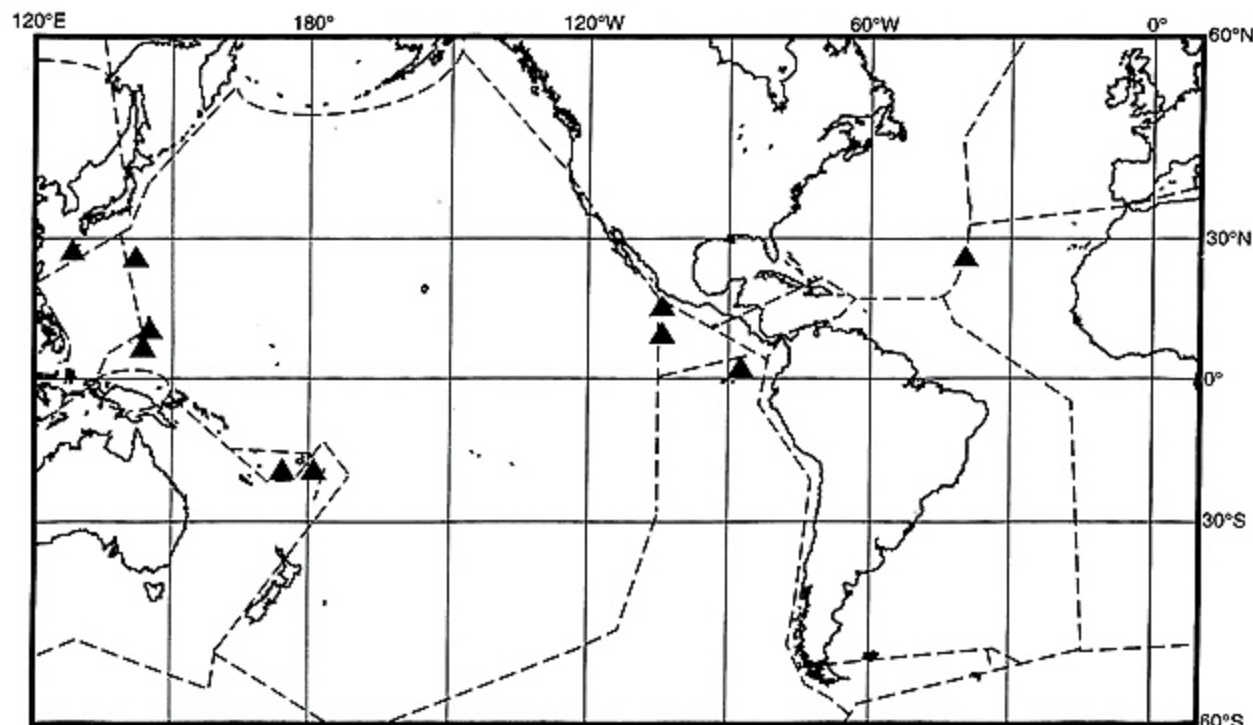


図 10 Bythograeidae 科カニの分布。▲：熱水噴出孔生物群集

Fig. 10 Geographic distribution of bythograeid crabs (Source: Williams, 1980, 1988; de Saint Laurent, 1984, 1988; Guinot, 1988; Hessler and Martin, 1988; Hashimoto and Fujikura, 1992; Fujikura *et al.*, 1993; Desbruyères *et al.*, 1994). ▲: Vent community.

類群が主に冷水湧出帯生物群集に分布する。

- c: 種レベルより高い分類群で固有性が強く、その分類群が群集のタイプと無関係に分布する。
- d: 種レベルで固有で、同属種が主に熱水噴出孔生物群集に分布する。
- e: 種レベルで固有で、同属種が群集のタイプと無関係に分布する。

となる。したがって初島沖は a-4 種, b-3 種, c-8 種, d-5 種, e-2 種, 沖ノ山堆は a-3 種, b-2 種, c-6 種, d-1 種, e-1 種, 南奄西海丘は a-9 種, c-8 種, d-7 種といった構成を示す (表 1)。このことから、南奄西海丘は熱水群集に固有性を強く示す分類群が主体となって動物相が構成されているが、沖ノ山堆は熱水・冷水群集に共通の分類群が多く、そして初島沖は熱水・冷水群集に共通の分類群に加え、a や d に含まれる種が多いことから、熱水群集の固有性を強く示す動物相が多く認められる。初島沖は、東伊豆半成火山群の火山活動の影響を受けていることや (仲ほか, 1991)、地下水の湧出といった現象が示唆され (角皆ほか, 1994)、錆色変色域の堆積物中やシロウリガイ群生地内で高い温度上昇異常が認められている。つまり、温度が高いという点で熱水群集としての特徴を

有するため、熱水に固有性の強い動物相が付加されているのかもしれない。

4. 化学合成生物群集動物相の共通性

4.1 化学合成生物群集間

(1) 種の共通性

群集を構成する固有種数は初島沖で 23 種となり、これは南奄西海丘より 1 種少なく沖ノ山堆よりは 10 種多い (表 1)。そして、沖ノ山堆の 13 種のうち 12 種が初島沖の共通種であり、カヅキンカイヒバリガイのみが非共通種で、南奄西海丘からは 24 種のうちサガミハイカブリニナ、シンカイヒバリガイ、*Alvinocaris longirostris* の 3 種が初島沖と共通種となる (表 1)。サガミハイカブリニナとシンカイヒバリガイは 3 か所の化学合成生物群集すべてに共通で、カヅキンカイヒバリガイは沖ノ山堆と南奄西海丘に共通となる (表 1)。したがって、約 30km の距離しかない初島沖と沖ノ山堆の類似性のみならず、初島沖、沖ノ山堆と約 1,350km 離れた沖繩トラフの南奄西海丘間にも共通種が認められ (表 1)、地理的に連続しない南奄西海丘と初島沖、沖ノ山堆にかつては何かの生物地理学的な繋がりがあったことが示唆

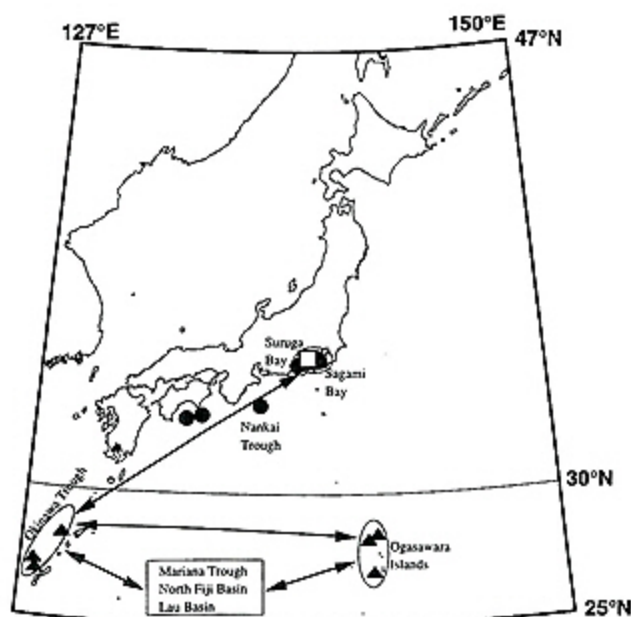


図 11 日本周辺の異なる化学合成生物群集間における動物相の類似性から見た生物地理学的繋がり。□：初島沖、●：冷水湧出帯生物群集、▲：熱水噴出孔生物群集

Fig. 11 Biogeographic relationship from the faunal similarities between the different chemosynthetic communities in Japanese waters. □: Off Hatsushima Site, ●: Seep community, ▲: Vent community.

される (図 11)。

その他の群集との共通性を見ると、サガミハイカブリニナ、ヘイトウシンカイヒバリガイ、カヅキシンカイヒバリガイ、シンカイシタダミは、伊平屋海嶺もしくは伊是名海穴にも分布する (Okutani *et al.*, 1993a; Hashimoto and Okutani, 1994)。南奄西海丘の *Brachipolynoe pettiboneae* は伊是名海穴、海形海山や (Miura and Hashimoto, 1991)、7,000km 以上離れた North Fiji Basin と Lau Basin にも分布している (Desbruyères *et al.*, 1994)。同じく南奄西海丘から出現するマリアナイトエラゴカイは伊是名海穴や (Miura and Ohta, 1991)、3,000km 離れた Mariana Trough にも分布している (Desbruyères and Laubier, 1989)。これらのことから、相模湾と沖縄トラフ間にも何らかの生物地理学的な繋がりがあったことを示しているが、相模湾と小笠原諸島海域間には認められない (図 11)。一方で、沖縄トラフとは、小笠原諸島海域、Mariana Trough, North Fiji Basin, Lau Basin と繋がり示している (図 11)。

化学合成生物群集の動物相の共通性は、世界中の群集にも認められる。North Fiji Basin と Lau Basin は約

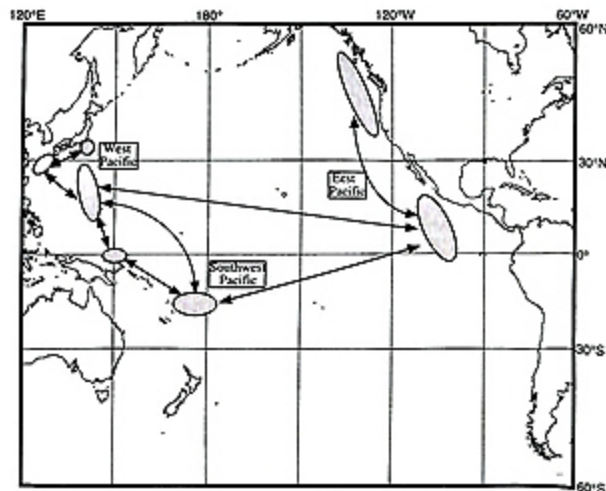


図 12 太平洋の異なる化学合成生物群集間における動物相の類似性から見た生物地理学的繋がり

Fig. 12 Biogeographic relationship from the faunal similarities between the different chemosynthetic communities in the Pacific ocean.

1,300km 離れており、North Fiji Basin からは 26 種、Lau Basin からは 34 種が出現し、そのうち 17 種が共通種となる (Desbruyères *et al.*, 1994)。また、太平洋においては、多毛類の *Amphisamytha galapagensis*、*Brachipolynoe pettiboneae*、腹足類の *Lepetodrilus elevatus*、シンカイフネアマガイ *Shinkailepas kaikatensis*、アルビンガイ *Alviniconcha hessleri*、ヨモツヘグイニナ *Ifremeria nautili* のように遠距離間の群集に共通に出現する種も多いことから、太平洋においては日本周辺を含めた西太平洋、南西太平洋、東太平洋といった地理的に不連続な群集間にも、Hessler and Lonsdale (1991) が示すように生物地理学的な関連性を示唆している (図 12)。

(2) 科の共通性

初島沖群集、沖ノ山堆群集、南奄西海丘群集から出現する科と、他の群集の科について共通性を共通係数 (CC) を用いて比較すると、Oregon Subduction Zone と Monterey Bay との共通性は、同じ冷水性である沖ノ山堆群集との間で高く、熱水性である南奄西海丘群集とは低くなり、初島沖群集はそのほぼ中間となる (表 2)。一方で、Mariana Trough, North Fiji Basin, Lau Basin, Galapagos Rift といった熱水噴出孔生物群集との共通性は反対となり、やはり初島沖群集は中間となる (表 2)。そして、化学合成生物群集の中でも、冷水群集間、熱水群集間でそれぞれ共通性が高くなる傾向があり、初島沖では熱水噴出孔こそ認められないが、局所的に海底

表 2 初島沖・沖ノ山堆・南奄西海丘の3化学合成生物群集から出現する科と世界各地の化学合成生物群集から出現する科の共通係数 (CC) (Jaccard, 1902) の比較

Table 2 Comparisons of the coefficient of community (CC) (Jaccard, 1902) by family between three chemosynthetic communities (the Minami-Ensei Knoll, the Okinoyama Bank Site and the Off Hatsushima Site) and other chemosynthetic communities in the world.

	Coefficient of community (CC) by family					
	Seep community		Vent community			
	Oregon Subduction Zone	Monterey Bay	Mariana Trough	North Fiji Basin	Lau Basin	Galapagos Rift
Off Hatsushima Site	0.16	0.10	0.15	0.18	0.21	0.15
Okinoyama Bank Site	0.25	0.15	0.20	0.13	0.18	0.11
Minami-Ensei Knoll	0.10	0.05	0.45	0.42	0.37	0.24

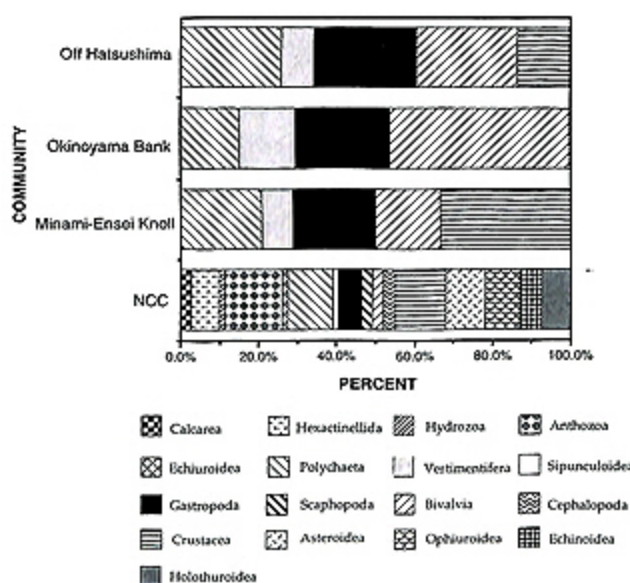


図 13 初島沖・沖ノ山堆・南奄西海丘の3化学合成生物群集および初島沖群集周辺の非化学合成生物群集 (NCC) の網構成

Fig. 13 Percent composition by the class level at three chemosynthetic communities (the Minami-Ensei Knoll, the Okinoyama Bank Site, the Off Hatsushima Site) and a non-chemosynthetic bathyal community (NCC) near Off Hatsushima Site.

堆積物下の高い温度異常が認められ、熱水性と冷水性が複合した群集であることに起因し、両者との共通性があるのかもしれない。

(3) 高次分類群の共通性

初島沖から出現する固有種の高次分類群は、多毛綱、ハオリムシ動物、腹足綱、二枚貝綱、甲殻綱の5分類群にわたって出現し、南奄西海丘と一致していた (表1)。

他の化学合成生物群集の高次分類群は、Oregon Subduction Zoneでハオリムシ動物、腹足綱、二枚貝

綱、甲殻綱から成り立ち (Suess *et al.*, 1985), Monterey Bay では、多毛綱と有鬚動物 Pogonophora も出現する (Embley *et al.*, 1990)。また、Mariana Trough からは、ハオリムシ動物を欠くが、花虫綱 Anthozoa と無板綱 Aplousophora が出現し (Hessler and Lonsdale, 1991), その他の4綱は初島沖と共通している。Galapagos Rift では、初島沖から出現した綱に加え、花虫綱、無板綱、腸鳃綱 Enteroptneusta が出現する (Tunnicliffe, 1991)。このように、冷水・熱水群集では固有種の動物相が属する高次分類群は限られ、ほとんどの群集に共通な高次分類群として多毛綱、有鬚動物 (ハオリムシ動物は独立した門として扱われる見解もあるが、最近では有鬚動物門の中の1群として扱われることが多い)、腹足綱、二枚貝綱、甲殻綱といった選択的な分類群から形成されている。

4. 2 化学合成生物群集-非化学合成生物群集間

非化学合成生物群集の動物相は12綱にわたって出現した化学合成生物群集の固有種が属する高次分類群で、非化学合成生物群集には認められなかったのは、ハオリムシ動物のみであった (図13)。非化学合成生物群集からのゲスト種の生息密度は、前報で示したように極めて低いことから (藤倉ほか, 1995a), 初島沖や沖ノ山堆の化学合成生物群集内に観察されることは偶然性によるところが大きい。そして、North Fiji Basin ではウデボンヒトデ科 Brisingidae の1種やイソギンチャク類が認められ (橋本ほか, 1989), 南海トラフではユムシ綱、花虫綱、甲殻綱、ヒトデ綱、ナマコ綱に属する種、日本海溝でも花虫綱、ウミユリ綱、ヒトデ綱、クモヒトデ綱、ナマコ綱の種が出現し (Ohta and Laubier, 1987), これらは分布型からみてゲスト種と判断できる。Florida Escarpment にもゲスト種として花虫綱と甲殻綱の種が分

布している。このように多様な動物群の種が、化学合成生物群集内に一時的にせよ侵入しているが、これらが大きな個体群を形成するためには長期間滞在している必要があると思われる。そのためには、大量に存在する硫化物などに対する抗毒機能や有効利用、熱水噴出孔生物群集では高温に抵抗する必要があるだろう。

5. おわりに

以上のような研究から、相模湾初島沖を主体に、化学合成生物群集の動物相の特異性が示唆できた。特に、初島沖群集は高い温度異常が認められ、熱水性・冷水性の両方の群集の特徴を有するため、熱水噴出孔生物群集に特異的な動物群が付加していることが示唆された。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、駿河湾などにも化学合成生物群集が存在しており、これら日本周辺の化学合成生物の群集生態学的特徴の総括的研究が要請される。そして、さらに地球の進化とリンクさせた研究によって、このような謎に満ちた化学合成生物群集の起源と進化過程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、東京水産大学教授瀬川進博士には詳細なご助言ならびに本論文のご校閲を賜り、海洋科学技術センター特任参事堀田宏（前深海研究部長）博士、深海研究部長木下肇博士、研究主幹藤岡換太郎博士には研究のご支援をいただいた。鹿児島大学三浦知之博士、横浜国立大学菊池知彦博士には、分類学的なご指導をいただき、また、多くの方々が「しんかい2000」で得た画像記録の使用を認めていただいた。海洋科学技術センターの門馬大和、満澤巨彦両氏を初め深海研究部各位、日本海洋事業(株)の調査補助員の方々、「しんかい2000」運航チーム、「ドルフィン-3K」操縦班、「なつしま」および「かいよう」乗組員の皆様には調査にご協力いただいた。また、Dr. James Huntには英文を校閲していただいた。以上の方々に心より感謝する。

引用文献

- Barry, P. J., H. G. Greene, D. L. Orange, C. H. Baxter, B. H. Robison, R. E. Kochevar, J. W. Nybakken, D. L. Reed and C. M. McHugh (in press): Biologic and geologic characteristics of cold seeps in Monterey Bay, California. *Deep-Sea Res.*
- Beck, L. A. (1991): *Olgaconcha tufari* n. gen. et n. sp. — a new mesogastropod (Mesogastropoda) from hydrothermal vents in the Manus Back-arc Basin (Bismarck Sea, Papua New Guinea) —. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 92 B, 277-287.
- Bernard, F. R. (1974): The genus *Calyptogena* in British Columbia with a description of a new species (Bivalvia, Vesicomidae). *Venus, Jap. Jour. Malac.*, 33, 11-22.
- Blake, J. A. (1985): Polychaeta from the vicinity of deep-sea geothermal vents in the eastern Pacific. I: Euphronsinidae, Phyllodocidae, Hesionidae, Nereidae, Glyceridae, Dorvilleidae, Orbinidae and Maldanidae. *Bull. Biol. Soc. Wash.*, 6, 67-110.
- Blake, J. A. (1993): New genera and species of deep-sea polychaetes of family Nautiliniellidae from the Gulf of Mexico and eastern Pacific. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 106 (1), 147-157.
- Blake, J. A. and B. Hilbig (1990): Polychaeta from the vicinity of deep-sea hydrothermal vents in the eastern Pacific. II. New species and records from the Juan de Fuca and Explorer Ridge Systems. *Pac. Sci.*, 44 (3), 219-253.
- Boss, K. J. (1968): Biological investigations of the Deep Sea, 40. New species of Vesicomidae from the Gulf of Darien, Caribbean Sea (Bivalvia: Mollusca). *Bull. Mar. Sci.*, 18, 731-748.
- Boss, K. J. and R. D. Turner (1980): The giant white clam from the Galapagos Rift, *Calyptogena magnifica* species novum. *Malacologia*, 20, 161-194.
- Bouchet, P. and A. Warén (1991): *Ifremeria nautili*, Nouveau gastéropode d'évents hydrothermaux, probablement associé à des bactéries symbiotiques. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sér. III*, 312, 495-501.
- Cavanaugh, C. M. (1983): Symbiotic chemoautotrophic bacteria in marine invertebrates from sulfide-rich habitats. *Nature*, 302, 58-61.
- Conway, N., J. McDowell Capuzzo and B. Fry (1989): The role of endosymbiotic bacteria in the nutrition of *Solemya velum*: evidence from a stable isotope analysis of endosymbionts and host. *Limnol. Oceanogr.*, 34, 149-155.

- Conway, N., B. Howes, J. McDowell Capuzzo, R. Turner and C. Cavanaugh (1992): Characterization and site description of *Solemya borealis* (Bivalvia; Solemyidae), another bivalve-bacteria symbiosis. *Mar. Biol.*, 112, 601-613.
- Crickmay, C. H. (1929): On a new pelecypod, *Calypptogena gibbera*. *Canadian Field-Naturalist*, 43, p. 93.
- Dall, W. H. (1891): On some new or interesting West American shells obtained from the dredgings of the U. S. Fish Commission steamer *Albatross* in 1888, and from other sources. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 14 (849), 173-191.
- Dall, W. H. (1895): Scientific results of explorations by the U. S. Fish Commission steamer "Albatross". No. XXXIV. Report on Mollusca and Brachiopoda dredged in deep water, chiefly near the Hawaiian Islands, with illustrations of hitherto unfigured species from northwest America. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 17, 675-733, 23-32 pls.
- Dall, W. H. (1903): Contributions of the Tertiary fauna of Florida with especial reference to the Caloosahatchie River, including in many cases a complete revision of the generic groups treated of and their American Tertiary species. Part VI. Concluding the work. *Transactions of the Wagner Free Institute of Science of Philadelphia*, 3, 1219-1654, 48-60 pls.
- Dall, W. H. (1908): Reports on the dredging operations off the west coast of Central America to the Galapagos, to the west coast of Mexico and in the Gulf of California, in charge of Alexander Agassiz, carried on by the U.S. Fish Commission Steamer *Albatross* during 1891, Lieut. Commander Z.L. Tanner, USN commanding. XXXVII. Reports on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer *Albatross* from October 1904 to March 1905, Lieut. Commander L.N. Garrett, USN commanding XIV. The Mollusca and the Brachiopod. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harv.*, 63, 205-487.
- Dall, W. H. (1916): Diagnoses of new species of marine bivalve mollusks from the northwest coast of America in the United States National Museum. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 52 (2183), 393-417.
- Dall, W. H. (1918): Descriptions of new species of shells, chiefly from Magdalena Bay, Lower California. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 31, 5-8.
- Dando, P. R. and A. J. Southward (1986): Chemoautotrophy in bivalve molluscs of the genus *Thyasira*. *Jour. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 66, 915-929.
- Dando, P. R., A.J. Southward, E. C. Southward, D.R. Dixon, A. Crawford and M. Crawford (1992): Shipwrecked tube worms. *Nature*, 356, 667.
- Desbruyères, D. and L. Laubier (1980): *Alvinella pompejana* gen. sp. nov., Ampharetidae aberrant des sources hydrothermales de la ride Est-Pacifique. *Oceanologica Acta*, 3, 267-274.
- Desbruyères, D. and L. Laubier (1982): *Paralvinella grasslei*, new genus, new species of Alvinellinae (Polychaeta: Ampharetidae) from the Galapagos rift geothermal vents. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 95 (3), 482-492.
- Desbruyères, D. and L. Laubier (1986): Les Alvinellidae, une famille nouvelle d'annélides polychètes inféodées aux sources hydrothermales sous-marines: Systématique, biologie et écologie. *Can. J. Zool.*, 64, 2227-2245.
- Desbruyères, D. and L. Laubier (1989): *Palalvinella hessleri*, New species of Alvinellidae (Polychaeta) from the Mariana Back-Arc Basin hydrothermal vents. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 102, 761-767.
- 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.
- 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.
- Felbeck, H. (1983): Sulfide oxidation and carbon fix-

- ation by the gutless clam *Solemya reidi*: an animal-bacteria symbiosis. *Jour. Comp. Physiol.*, 152, 3-11.
- Fenchel, T. M. and R. J. Riedl (1970): The sulfide system: a new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. *Mar. Biol.*, 7, 255-268.
- Fiala-Médioni, A. (1988): Synthèse sur les adaptations structurales liées à la nutrition des mollusques bivalves des sources hydrothermales profondes. *Oceanol. Acta, Spéc.* 8, 173-179.
- Fiala-Médioni, A. and C. Métivier (1986): Ultrastructure of the gill of the hydrothermal vent bivalve *Calyptogena magnifica*, with a discussion of its nutrition. *Mar. Biol.*, 90, 215-222.
- Fiala-Médioni, A., J. Boulégué, S. Ohta, H. Felbeck and A. Mariotti (1993): Source of energy sustaining the *Calyptogena* populations from deep trenches in subduction zones off Japan. *Deep-Sea Res.* I, 40 (6), 1241-1258.
- Fisher, C. R. (1990): Chemoautotrophic and methanotrophic symbioses in Marine invertebrates. *Aqua. Sci.*, 2 (3&4), 399-436.
- Fujikura, K., J. Hashimoto and T. Okutani (1991): 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. 第9回しんかいシンポジウム報告書, 9, 383-391.
- 藤倉克則・橋本 惇・藤原義弘・奥谷喬司 (1995a): 相模湾初島沖化学合成生物群集の群集生態. *JAMSTEC 深海研究*, 11, 227-241.
- 藤倉克則・橋本 惇・藤原義弘・本多牧生・菊池知彦・戸田龍樹・「かいよう」乗船研究者一同 (1995b): 室戸海丘及び足摺海丘の深海曳航調査結果. 第12回しんかいシンポジウム予稿集, 30-31.
- Galkin, S. V. and L. I. Moskalev (1990): Hydrothermal fauna of Mid-Atlantic Ridge. *Oceanology*, 30 (5), 624-627.
- Grassle, J. F. (1985): Hydrothermal vent animals: Distribution and biology. *Science*, 229, 713-717.
- Grassle, J. F. (1986): The ecology of deep-sea hydrothermal vent communities. *Adv. Mar. Biol.*, 23, 301-362.
- Guinot, D. (1988): Les crabes des sources hydrothermales de la dorsale du Pacifique oriental (campagne Biocypris, 1984). *Oceanol. Acta, Spéc.*, 8, 109-118.
- 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 (1993a): 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., T. Miura, K. Fujikura and J. Osaka (1993b): Discovery of vestimentiferan tube-worms in the euphotic zone. *Zool. Sci.*, 10 (6), 1063-1067.
- Hashimoto, J., S. Ohta, T. Tanaka, H. Hotta, S. Matsuzawa and H. Sakai (1989): Deep-sea communities dominated by the giant clam, *Calyptogena soyoeae*, along the slope foot of Hatsushima Island, Sagami Bay, central Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 71, 179-192.
- 橋本 惇・D. Jollivet・KAIYO 88 乗船研究者 (1989): 北フィジー海盆における熱水噴出孔生物群集: 日仏共同研究 KAIYO 88 の成果. *La Mer*, 27, 62-71.
- Hecker, B. (1985): Fauna from a cold sulfur-seep in the Gulf of Mexico: Comparison with hydrothermal vent communities and evolutionary implications. *Bull. Biol. Soc. Wash.*, 6, 465-473.
- Hessler, R. R. and P. F. Lonsdale (1991): Biogeography of Mariana Trough hydrothermal vent com-

- munities. *Deep-Sea Res.*, 38, 185-199.
- Hessler, R. R. and J. W. Martin (1989) : *Austinograea williamsi*, new genus, new species, a hydrothermal vent crab (Decapoda : Bythograeidae) from the Mariana Back-arc Basin, western Pacific. *Jour. Crust. Biol.*, 9 (4), 645-661.
- Jaccard, P. (1902) : Gezetze der pflanzenverthertheit in der alpinen region. *Flora*, 90, 349-377.
- Jones, M. L. (1985) : On the Vestimentifera, new phylum : Six new species, and other taxa, from hydrothermal vents and elsewhere. *Bull. Biol. Soc. Wash.*, 6, 117-158.
- Kenk, V. C. and B. R. Wilson (1985) : A new mussel (Bivalvia, Mytilidae) from hydrothermal vents in the Galapagos Rift zone. *Malacologia*, 26, 253-271.
- Kennicutt II, H. M. C., J. M. Brooks, R. R. Bidigare, R. R. Fay, T. L. Wade and T. J. McDonald (1985) : Vent-type taxa in a hydrocarbon seep region on the Louisiana Slope, *Nature*, 317, 351-353.
- Kikuchi, T. and S. Ohta (1995) : Two caridean shrimps of the families bresiliidae and hypolytidae from a hydrothermal field on the Iheya Ridge, off the Ryokyu Islands, Japan. *Jour. Crust. Biol.*, 15 (4), 771-785.
- Kojima, S., R. Segawa, T. Kobayashi, T. Hashimoto, K. Fujikura, J. Hashimoto and S. Ohta (1995) : Phylogenetic relationships among species of *Calyplogena* (Bivalvia : Vesicomidae) collected around Japan revealed by nucleotide sequences of mitochondrial genes. *Mar. Biol.*, 122, 401-407.
- Kuznetsov, A. P., S. Ohta and K. Endow (1991) : Morphofunctional consequences of bacterial symbiotrophy in *Solemya (Petrasma) pusilla* (Protobranchia, Bivalvia) from Sagami Bay (Central Japan), *Izu. Akad. Nauk USSR*, 6, 895-903.
- Le Pennec, M. and A. Fiala-Médioni (1988) : The role of the digestive tract of *Calyplogena laubieri* and *Calyplogena phaseoliformis*, vesicomid bivalves of the subduction zones of Japan. *Oceanol. Acta*, 11, 193-199.
- Mañe-Garzon, F. and R. Montero (1985) : Sobre una nueva forma de verme tubicola *Lamellibrachia victori* n. sp. (Vestimentifera) proposicion de un nuevo phylum : *Mesoneurophor*. *Rev. Biol. Uruguay*, 8 (1), 1-28.
- Martin, J. W. and R. R. Hessler (1990) : *Chorocaris vandoverae*, a new genus and species of hydrothermal vent shrimp (Crustacea, Decapoda, Bresiliidae) from the western Pacific. *Contr. Sci. Nat. Hist. Mus. Los Angeles County*, 417, 1-11.
- McLean, J. H. (1988) : New archaeogastropod limpets from hydrothermal vents : superfamily Lepetodrilacea, I. Systematic descriptions. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B319, 1-32.
- McLean, J. H. (1993) : New species and records of *Lepetodrilus* (Vetigastropoda : Lepetodrilidae) from hydrothermal vents. *Veliger*, 36 (1), 27-35.
- Métivier, B. and R. Von Cosel (1993) : *Acharax alinae* n. sp., solemyidae (Mollusca : Bivalvia) geante du bassin de Lau. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sér. III*, 316, 229-237.
- Métivier, B., T. Okutani and S. Ohta (1986) : *Calyplogena (Ectenagena) phaseoliformis* n. sp., an unusual vesicomid bivalve collected by the submersible Nautile from abyssal depths of the Japan and Kurile Trenches. *Venus, Jap. Jour. Malac.*, 45 (3), 161-168.
- 三浦知之 (1991) : 深海の多毛類. 遺伝, 45 (12), 33-38.
- Miura, T. and L. Laubier (1989) : *Nautilina calyplogenicola*, a new genus and species of parasitic polychaete on a vesicomid bivalve from the Japan Trench, representative of a new family Nautilinidae. *Zool. Soc. Jap.*, 6 (2), 387-390.
- Miura, T. and L. Laubier (1990) : Nautiliniellid polychaetes collected from the Hatsushima Cold-seep Site in Sagami Bay, with descriptions of new genera and species. *Zool. Soc. Jap.*, 7 (2), 319-325.
- Miura, T. and J. Hashimoto (1991) : Two new branchiate scale-worms (Polynoidae : Polychaeta) from the hydrothermal vent of the Okinawa Trough and the volcanic seamount off Chichijima Island. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 104 (1), 166-174.
- 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.
- Miura, T. and S. Ohta (1991): Two polychaete species from the deep-sea hydrothermal vent in the Middle Okinawa Trough. Zool. Soc. Jap., 8, 383-387.
- 門馬大和・岩瀬良一・満澤巨彦・海宝由佳・藤原義弘・網谷泰孝・青木美澄 (1996): 南西諸島深海曳航調査 (K95-07-NSS). JAMSTEC 深海研究, 12, 195-210.
- 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.
- Newman, W. A. (1979): A new scalpellid (Cirripedia): a Mesozoic relic living near an abyssal hydrothermal spring. Trans. San Diego Soc. Nat. Hist., 19, 153-167.
- Oberling, J. J. and K. J. Boss (1970): Observations on the shell structure of *Calyptogena* (Vesicomidae; Bivalvia; Mollusca). Revue Suisse de Zoologie, 77, 81-90.
- 太田 秀 (1990a): 沖縄海盆伊平屋海山の熱水性生物群集. 「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.
- Ohta, S. and L. Laubier (1987): Deep biological communities in the subduction zone of Japan from bottom photographs taken during "nautilie" dives in the Kaiko project. Earth and Planetary Science Letters, 83, 329-342.
- Okutani, T. (1962): Report on the archibenthal and abyssal lamellibranchiate mollusca mainly collected from Sagami Bay and adjacent waters by the R. V. *Soyo-Maru*. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 32, 1-40, 5 pls.
- Okutani, T. (1966): Archibenthal and abyssal mollusca collected by the R. V. *Soyo-Maru* from Japanese waters during 1964. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 46, 1-32, 2 pls.
- Okutani, T. (1990): Two new species of *Provanna* (Gastropoda: Cerithiacea?) from "snail pit" in the hydrothermal vent site at the Mariana Back-Arc Basin. Venus, Jap. Jour. Malac., 49 (1), 19-24.
- Okutani, T. and B. Métivier (1986): Descriptions of three new species of vesicomid bivalves collected by the submersible Nautilie from abyssal depths off Honshu, Japan. Venus, Jap. Jour. Malac., 45, 147-160.
- Okutani, T. and S. Ohta (1988): A new gastropod mollusk associated with hydrothermal vents in the Mariana Back-Arc Basin. Venus, Jap. Jour. Malac., 47, 1-9.
- Okutani, T. and S. Ohta (1993): New buccinid and turrid gastropods from North Fiji and Lau Basins. Venus, Jap. Jour. Malac., 52 (3), 217-221.
- Okutani, T., K. Fujikura and T. Sasaki (1993a): New taxa and new distribution records of deep-sea gastropods collected from or near the chemosynthetic communities in the Japanese waters. Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo Ser. A, 19 (4), 123-143.
- Okutani, T., K. Fujikura and J. Hashimoto (1993b): Another new species of *Calyptogena* (Bivalvia: Vesicomidae) from bathyal depth in Suruga Bay, Japan. Venus, Jap. Jour. Malac., 52 (2), 121-126.
- Okutani, T., J. Hashimoto and K. Fujikura (1992a): A new species of vesicomid bivalve associated with hydrothermal vents near Amami-Oshima Island, Japan. Venus, Jap. Jour. Malac., 51 (4), 225-233.
- Okutani, T., E. Tsuchida and K. Fujikura (1992b): Five bathyal gastropods living within or near the *Calyptogena*-community of Hatsushima Islet, Sagami Bay. Venus, Jap. Jour. Malac., 51 (3), 137-148.
- 大野多恵子・藤倉克則・橋本 惇・藤原義弘・瀬川 進 (1996): 小笠原海域「海形海山」の熱水噴出孔生物群集. JAMSTEC 深海研究, 12, 221-230.
- Page, M. M., A. Fiala-Médioni, C.R. Fisher and J. J. Childress (1991): Experimental evidence for filter feeding by the hydrothermal vent mussel, *Bathymodiolus thermophilus*. Deep-Sea Res., 38 (12), 1455-1461.
- Pettibone, M. H. (1984): A new scale-worm commensal with deep-sea mussels on the Galapagos hydrothermal vent (Polychaeta: Polynoidae). Proc. Biol. Soc. Wash., 97, 226-239.

- Pettibone, M. H. (1985a): An additional new scale worm (Polychaeta : Polynoidae) from the hydrothermal rift area off Western Mexico at 21° N. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, **98**, 150-157.
- Pettibone, M. H. (1985b): Additional branchiate scale worms (Polychaeta : Polynoidae) from Galapagos hydrothermal vent and rift-area off western Mexico at 21°N. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, **98**, 447-469.
- Pettibone, M. H. (1986): A new scale-worm commensal with deep-sea mussels in the seep-sites at the Florida Escarpment in the eastern Gulf of Mexico (Polychaeta : Polynoidae : Brachipolynoidae). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, **99**, 444-451.
- Pettibone, M. H. (1988): New species and new records of scaled polychaetes (Polychaeta : Polynoidae) from hydrothermal vents of the Northeast Pacific Explorer and June de Fuca Ridges. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, **101**, 192-208.
- Pettibone, M. H. (1989): New species of scale-worms (Polychaeta : Polynoidae) from hydrothermal rift-area of the Mariana Back-arc Basin in the western central Pacific. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, **102**, 137-153.
- Rainer, S. F. and V. A. Wadley (1991): Abundance, growth and production of bivalve *Solemya* sp., a food source for juvenile rock lobsters in a seagrass community in Western Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **152**, 201-223.
- Rau, G. H. and J. I. Hedges (1979): Carbon-13 depletion in a hydrothermal vent mussels: suggestion of a chemosynthetic food source. *Science*, **203**, 648-649.
- Reid, R. G. B. and D. G. Brand (1986): Sulfide-oxidizing symbiosis in Lucinaceans: implications for bivalve evolution. *Veliger*, **29**, 3-24.
- de Saint Laurent, M. (1984): Crustacés décapodes d'un site hydrothermal actif de la dorsale du Pacifique oriental (13°N), en provenance de la campagne française Biocytherm. *C. R. Acad. Sci. Paris Sér. III*, **299** (9), 355-360.
- de Saint Laurent, M. (1988): Les mégalopes et jeunes stades crabe de trois espèces de genre *Bythograea* Williams, 1980 (Crustacea Decapoda Brachyura). *Oceanol. Acta Spéc.*, **8**, 99-107.
- Scarlato, O. A. (1981): Bivalve mollusks from low latitudes of the west Pacific. *Academy of Sciences of USSR, Institute of Zoology, Leningrad*, 479 pp. (in Russian).
- Southward, E. C. (1986): Gill symbionts in Thyasirids and other bivalve molluscs. *Jour. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **66**, 889-914.
- Spiro, B., P. B. Greenwood, A. J. Southward and P. R. Dando (1986): $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in marine invertebrates from reducing sediments: confirmation of nutritional importance of chemoautotrophic endosymbiotic bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **28**, 233-240.
- Stuardo, J. and C. Valdovinos (1988): A new bathyal *Calyptogena* from off the coast of central Chile (Bivalvia : Vesicomidae). *Venus, Jap. Jour. Malac.*, **47** (4), 241-250.
- 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.
- 千葉蘭児 (1972): オホーツク海およびベーリング海域から採集された貝類数種について. *貝類学雑誌*, **30** (4), 153-157.
- 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.
- Tunnicliffe, V., S. K. Juniper and M. E. de Burgh (1985): The hydrothermal vent community on Axial Seamount, Juan de Fuca Ridge. *Bull. Biol. Soc. Wash.*, **6**, 453-464.
- 角皆 潤・石橋純一郎・脇田 宏・蒲生俊敬・増澤敏行・中塚 武 (1994): 相模湾初南東島沖「冷湧水」の起源: 「しんかい2000」第721潜航の結果. *JAMSTEC 深海研究*, **10**, 395-403.
- Turner, R. D. (1985): Notes on mollusks of deep-sea vents and reducing sediments. *American Malacological Bulletin, Special Edition No. 1*, 23-34.

- Von Cosel, R., B. Métiévier and J. Hashimoto (1994) : Three new species of *Bathymodiolus* (Bivalvia : Mytilidae) from hydrothermal vents in the Lau Basin and the North Fiji Basin, Western Pacific, and the Snake Pit area, Mid-Atlantic Ridge. *Veliger*, 37 (4), 374-392.
- Warén, A. and P. Bouchet (1986) : Four new species of *Provanna* Dall (Prosobranchia, Cerithiacea?) from East Pacific hydrothermal sites. *Zool. Scr.*, 15, 157-164.
- Warén, A. and P. Bouchet (1989) : New gastropods from East Pacific hydrothermal vents. *Zool. Scr.*, 18, 67-102.
- Warén, A. and W. F. Ponder (1991) : New species, anatomy, and systematic position of the hydrothermal vent and hydrocarbon seep gastropod family Provannidae fam. n. (Caenogastropoda). *Zool. Scr.*, 20, 27-56.
- Webb, M. (1969) : *Lamellibrachia barhami*, gen. nov., sp. nov. (Pogonophora), from the Northeast Pacific. *Bull. Mar. Sci.*, 19 (1), 18-47.
- Williams, A. B. (1980) : A new crab family from the vicinity of submarine thermal vents on the Galapagos Rift (Crustacea : Decapoda : Brachyura). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 93, 443-472.
- Williams, A. B. (1988) : New marine decapod crustaceans from waters influenced by hydrothermal discharge, brine, and hydrocarbon seepage. *Fish. Bull. U.S.*, 86, 263-287.
- Williams, A. B. and K. Baba (1989) : New squat lobsters (Galatheidae) from the Pacific Ocean : Mariana Back Arc Basin, East Pacific Rise, and Cascadia Basin. *Fish. Bull. U.S.*, 87, 899-910.
- Williams, A. B. and F. A. Chace (1982) : A new caridean shrimp of the family Bresiliidae from thermal vents of the Galapagos Rift. *Jour. Crustacean Biol.*, 2 (1), 136-147.
- Williams, A. B. and P. A. Rona (1986) : Two new caridean shrimps (Bresiliidae) from a hydrothermal field on the Mid-Atlantic Ridge. *Jour. Crustacean Biol.*, 6, 446-462.
- Williams, A. B. and C. L. Van Dover (1983) : A new species of *Munidopsis* from submarine thermal vents of the East Pacific Rise at 21°N (Anomura : Galatheidae). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 96, 481-488.
- Woodring, W. P. (1938) : Lower pliocene mollusks and echinoids from the Los Angeles Basin, California. United States Department of the Interior, Geological Survey Professional Paper 190, p. 67, 9 pls.
- Zoneushayn, L. P., I. O. Murdmaa, B. V. Baranov, A. P. Kuznetsov, V. S. Kuzin, M. I. Kuz'min, G. P. Avdeyko, P. A. Stunzhas, V. N. Lukashin, M. S. Barash, G.M. Valyashko and L. L. Demina (1987) : An underwater gas source in the Sea of Okhotsk West of Paramushir Island. *Oceanology*, 27 (5), 598-602.

(原稿受理 : 1996 年 7 月 12 日)