

沖縄島南部米須海岸における 生きている化石 *Acanthochaetetes* (普通海綿綱) の生息状況

比嘉啓一郎¹⁾・福山 祐貴¹⁾・関谷 聖月²⁾
Ronald R. WEST³⁾・長井 孝一⁴⁾・杵山 哲男⁵⁾

(平成 22 年 5 月 31 日受理)

Habitat of a Living Fossil, *Acanthochaetetes* (Class Demospongiae), along the Komesu Coast in the Southern Part of Okinawa Island

Keiichiro HIGA¹⁾, Yuki FUKUYAMA¹⁾, Mizuki SEKIYA²⁾,
Ronald R. WEST³⁾, Koichi NAGAI⁴⁾, and Tetsuo SUGIYAMA⁵⁾

(Received May 31, 2010)

Abstract

This is the first report on the habitat of *Acanthochaetetes* (Class Demospongiae), a living fossil, from Okinawa Island. These hypercalcified demosponges were observed by individual divers and a submarine VTR camera along the Oodo-Komesu coast in southern Okinawa Island. They occur in the cryptic habitats in submarine caves and on the reef slope below the intense storm wave base (see Fig. 5). These hypercalcified demosponges are shaped like mushrooms that are less than 10 cm in diameter. They are over 30 specimens per square meter attached to the lateral surfaces of the caves. The caves occur between -27 to -7 m depth in spur and groove system on

¹⁾ 福岡大学大学院理学研究科, 〒 814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1

Graduate School of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka, 814-0180, Japan

²⁾ 〒 061-1273 北海道北広島市大曲柏葉 3-6-16

3-6-16, Omagari-Hakuyou, Kitahiroshima, 061-1273, Japan

³⁾ カンザス大学自然史博物館

Natural History Museum and Biodiversity Institute at the University of Kansas in Lawrence, Kansas, USA

⁴⁾ 元琉球大学, 〒 804-0082 北九州市戸畑区新池 1-8-15

Present address: Shin-ike, Tobata, Kitakyushu, 804-0082, Japan

⁵⁾ 福岡大学理学部地球圏科学科, 〒 814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1

Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

the shallow reef slope. The living surface of these hypercalcified demosponges is commonly bright yellow, but sometime it is a reddish brown or spotted brown/yellow. Based on the morphology of the siliceous spicules as observed with the SEM we identify these hypercalcified demosponges as *Acanthochaetetes wellsi*. During our fieldwork we collected, from the beach gravel on the Oodo-Komesu coast, 1360 specimens of hypercalcified demosponges. These specimens were probably swept up on to the beaches from the caves of the reef slope by storm waves and surges. Further investigations of the ecological requirements, reproduction and larval development, and geographic distribution are urgently needed. Such information is essential to understanding the growth history and phylogenetic relationship of fossil chaetetids.

Keyword: *hypercalcified demosponge*, *Acanthochaetetes wellsi*, *submarine caves*, *Okinawa Island*

はじめに

ジャマイカで石灰質の骨格と珪質骨針をもつ海綿類が発見されたことをきっかけに、1970年代に“硬骨海綿綱 (Sclerospongiae)”という新たな分類群が提唱され (Hartman and Goreau, 1970), 生きている化石の発見として注目された。その理由は、この海綿が古生代から中生代の礁環境に生息していた床板サンゴ目の“刺毛サンゴ類” (以後、ケーテテス類 chaetetids と呼ぶ) と極めて類似した石灰質骨格をもっていたからである。この発見は化石の分類についても新しい議論を巻き起こし、それまで刺胞動物門に属すると考えられていたケーテテス類や層孔虫類を、海綿動物門に移動させる見解が提唱され、今日でもその考えは支持されている (森, 1994)。

秋吉石灰岩を代表とする西南日本の秋吉帯の海山型石灰岩では、石炭紀後期のペンシルバニア亜紀の主要な造礁生物としてケーテテス類 (*Chaetetes* sp.) が知られている。ケーテテス類はかつて床板サンゴに分類されていた。その骨格構造は縦方向の壁 (wall) によって小さく仕切られた管状の calicle が多数 cerioid 状に集合した群体で、床板 (tabulae) に支えられたそれぞれの calicle にサンゴ体をもっていたものと考えられていたからである。しかし、その骨格構造は

Acanthochaetetes や *Ceratoporella* などの現生“硬骨海綿類”に極めて類似しており、さらに石炭紀のケーテテス類から現生海綿にそっくりの星状溝 (流出溝) が発見されたこと (West and Clark, 1984) と、白亜紀の *Acanthochaetetes* から珪質骨針が発見されたこと (Reitner and Engeser, 1987) から、ケーテテス類は全て海綿動物門に含められている。

秋吉石灰岩から産出するケーテテス類は礁フレームワーク構築の主役となっており、生物礁環境区分の多様な環境に呼応し、多様な成長形態を示している (Nagai, 1985; Sugiyama and Nagai, 1994; West et al., 2001)。ケーテテス類はオルドビス紀以後、礫性石灰岩から産出が知られている (Hill, 1981) が、中生代後期にイシサンゴ類に造礁生物としての地位を奪われ、現在では隠棲生活者として海底洞穴などの光が届かない環境で生き延びていることが知られている (Hartman and Goreau, 1972; Wörheide, 1998)。しかしいつ頃、どのような状況でその生態的地位を追われ隠棲生活を始めたのか、正確な情報はまだ得られていない。

ケーテテス類を含む石灰質の骨格をもつ“硬骨海綿類”は、現在では普通海綿綱 (Demospongiae) に属する3つの目にまたがって分類されている (Table 1 参照; Hooper and Van Soest, 2002)。そのため、

Table 1. Systematic classification of recent hypercalcified demosponges and their skeletal mineralogy.

Class	Order	Family	Genus	Species	calcareous basal skelton
Demospongiae	Hadromerida	Acanthochaetetidae	<i>Acanthochaetetes</i>	<i>wellsi</i>	high Mg calcite
				<i>japonica</i>	
				<i>seunesi</i>	
			<i>Willardia</i>	<i>caicosensis</i>	aragonite
	Poecilosclerida	Merliidae	<i>Merlia</i>	<i>normani</i>	high Mg calcite
	Agelasida	Astroscleridae	<i>Astrosclera</i>	<i>willeyana</i>	aragonite
<i>Ceratoporella</i>			<i>nicholsoni</i>	aragonite	

石灰質の骨格を伴う海綿類を総称して hypercalcified demosponge と呼んでいるが (Finks and Rigby, 2004), 分類学的には多系統のものとなされている。これらを分類する上で注目されているのは、珪質骨針の形状や軟体部の特徴で、軟体部の基部に形成される石灰質骨格の形状は、その構造的な単純さのためかほとんど無視されている。しかし、化石として保存されるのは、ごく少数の例を除くとほとんどはこの基部の石灰質骨格のみである。従って、現生標本から得られる珪質骨針の形態と石灰質基部の骨格の形態を、改めて詳細に照合比較することが必要である。その結果によっては、化石に遡って系統的な議論が可能になるかもしれない (森, 1994)。

最近では石灰質骨格を持つ普通海綿類は、古環境情報を解読するための指標試料 (プロキシリー) として注目されている。カリブ海で採集された *Ceratoporella nicholsoni* を用いて、過去 700 年間の古水温変化を復

元した研究 (Böhm et al., 2000; Lazareth et al., 2000 ほか) などがきっかけとなり、成長速度の遅い石灰質骨格を持つ普通海綿類を用いて、過去数百年の環境復元が試みられている。

著者らは、2004 年頃から沖縄島南部の米須海岸で、ケーテス類に極めて類似した形態の石灰質骨格をもつ普通海綿の打ち上げ礫を大量に採集してきた。その分類学的な位置や化石ケーテス類との類縁性や系統関係、それらが海岸沿いのどこに生息し、どのような仕組みで大量に浜に打ち上げられるのか、興味を持って注目してきた。これまで、米須海岸における打ち上げ礫の分布調査を行い、また、沖合の礁縁から陸棚上の海底にかけて、無人水中カメラによる観察調査を実施した (Nagai et al., 2007)。今年に入って米須海岸に隣接する大渡浜でダイビング調査を行い、礁縁の縁溝・縁脚部に発達する海底洞穴やトンネル状開口部の側壁に大量の現生 hypercalcified demosponge を発見

Table 2. List of the hypercalcified demosponges reported from the Ryukyu Islands.

Reference	Locality	Depth of the specimen collected	Classification
Mori (1977)	Yarabuzaki, Ishigaki Island	beach gravel	<i>Acanthochaetetes wellsi?</i>
	Shimoji Island	submarine cave, 23m depth	<i>Astrosclera willeyana</i>
	Nakaoji, Okinawa Island		
	Tonaki Island		
Yamaguchi (1986)	Shidonohama, Tonaki Island		
	Shimajiri, Kume Island	beach gravel	hypercalcified demosponges
	Higashihennazaki, Miyako Island		
	Tomori, Miyako Island		
	West coast, Tarama Island		
Ogawa (1992)	Yarabuzaki, Ishigaki Island	submarine cave, 4-5m depth	<i>Acanthochaetetes wellsi</i>
Ogawa et al. (1993)	Amitori bay, Iriomote Island	submarine cave, 40m depth	<i>Astrosclera willeyana</i>
Oomori, T. et al. (1998)	Kawata, Okinawa Island	5-10m depth	
	Zamami Island	5-10m depth	hypercalcified demosponges
	Higashihennazaki, Miyako Island	beach gravel	
Wörheide (1998)	Shimoji Island		<i>Astrosclera willeyana</i>
Ise (2005)	Kuroshima Island		<i>Acanthochaetetes wellsi</i>
Oomori, K., et al. (2008)	East coast, Kume Island	submarine cave, 20-25m depth	<i>Acanthochaetetes wellsi</i> <i>Astrosclera willeyana</i>
	Hedo, Okinawa Island		
This study	Ie, Okinawa Island		
	Kawata, Okinawa Island	beach gravel	hypercalcified demosponges
	Tokeshi, Okinawa Island		
	Hyakuna, Okinawa Island		
	Gushikami, Okinawa Island		
	Oodo-Komesu, Okinawa Island	submarine cave, 7-27m depth off-reef slope, 85-100m depth	<i>Acanthochaetetes wellsi</i> hypercalcified demosponges?
	Ikei Island		
	Minna Island	beach gravel	hypercalcified demosponges
	Tokashiki harbor, Tokashiki Island		

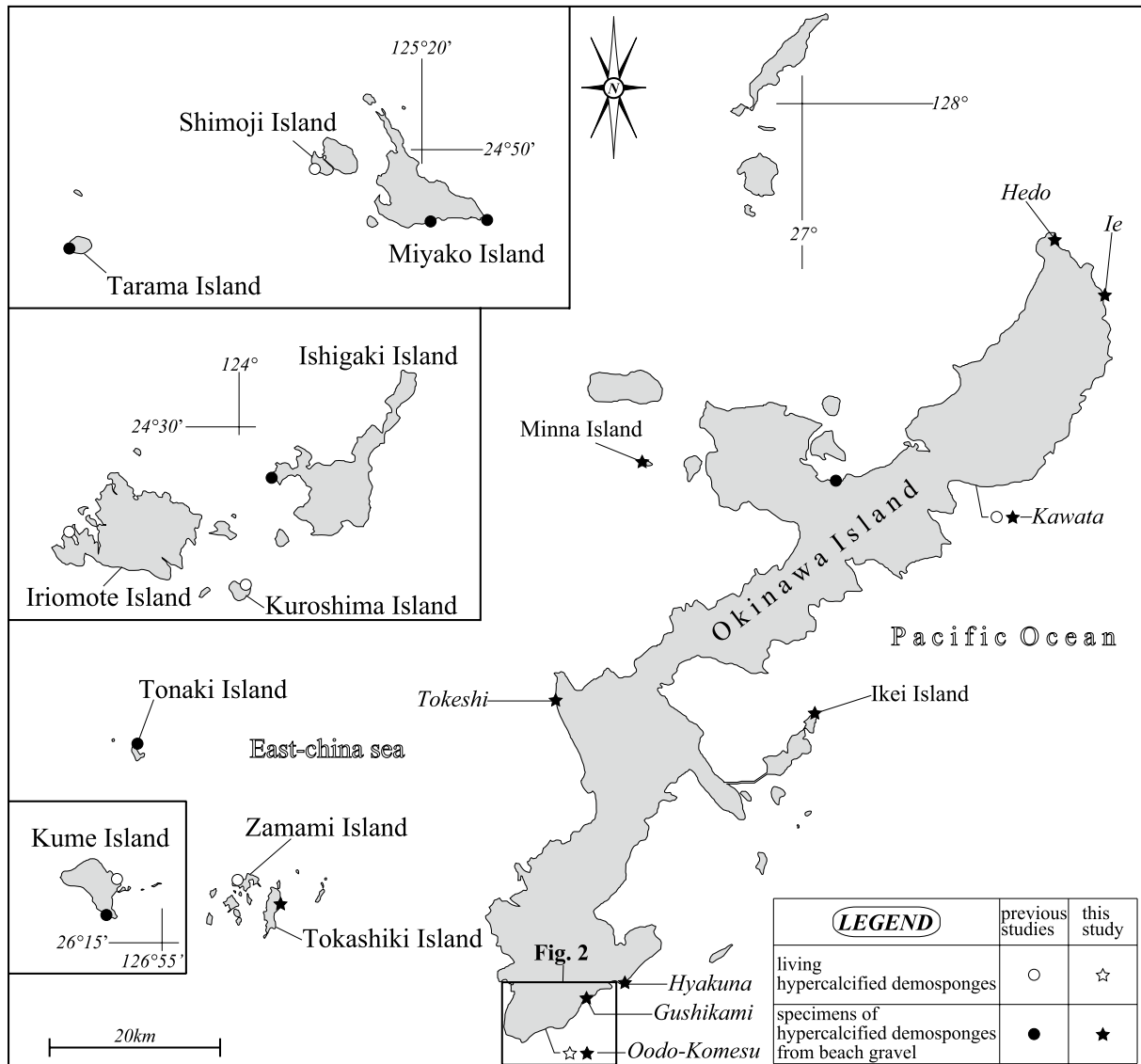


Fig. 1. Map showing the locations of reported occurrences. Circles are previously reported sites, and stars are sites investigated for this study.

した。これは骨針の特徴から *Acanthochaetetes wellsi* であることが明らかになったので、沖縄島のサンゴ礁海域におけるこれらの石灰質骨格を伴う普通海綿類について具体的な生息状況を報告する。

琉球列島での研究史

琉球列島で初めて現生 hypercalcified demosponge を発見報告したのは、Mori (1977) である。石垣島屋良部崎 (Fig. 1) から採集した打ち上げ礫標本を Mori (1976) がパラオの現生標本をもとに提唱した *Tabulospongia* 属の新種 *T. japonica* として記載報告した。同論文では石灰質骨格から得られた珪質骨針を

図示しているが、標本が打ち上げ礫であることから、運搬過程で別種の実験骨針が混入した可能性が指摘されている (山口, 1986)。また Mori (1977) の報告以降、世界各地のサンゴ礁域から多くの hypercalcified demosponge の標本が採集されているが、同様の骨針を持つ種が存在しないため、石灰質骨格の形態から *Acanthochaetetes* 属に含まれるものと考えられている (山口, 1986; Reitner and Engeser, 1987)。

山口 (1986) はサンゴ礁域の実験類を総括する中で、当時の総称を用いて“硬骨海綿類”として琉球列島での打ち上げ礫の分布 (Fig. 1; Table 2) と、これらのグループの研究史を紹介している。化石グループとの系統関係や、海底洞穴など光の届かない場所に生息す

る隠棲生活者としての特徴など、これまでの研究成果を紹介し、打ち上げ礫の産状から、おそらく沿岸部にも棲息するものと推測している。なお、琉球列島で海浜の打ち上げ礫として採集したもの(400個に及ぶ)は、おそらく *Acanthochaetetes* 属と推測し、下地島の水深 23 m の海底洞穴からダイバーが採集した標本が *Astrosclera willeyana* であることを報告している。しかし、具体的な形態の違いや生息状況については記述されていない。

小川(1992)及び小川ほか(1993)は、西表島網取湾口から hypercalcified demosponge の生きている状況を琉球列島において初めて確認し、分類の根拠や形態の特徴、生息状況などの詳細な記述を行った。それによると水深 4~5 m の海底洞穴には *Acanthochaetetes wellsi*、水深 40 m の海底洞穴には *Astrosclera willeyana* が生息していることを報告している。

大森保ほか(1998)は、沖縄島東村川田沿岸および座間味島の水深 5~10 m から採集した hypercalcified demosponge と、宮古島東平安名崎付近で採集した海浜打ち上げ礫の hypercalcified demosponge を用いて、石灰質骨格の成長速度を求めている。具体的な分類名には触れていないが、いずれもその標本はカルサイト骨格であると述べている。成長速度の解析には、軟 X 線写真による骨格密度の差を用いることで、0.4~1.0 mm/年という結果を得た。また、EPMA 分析によって Mg/Ca 比を求め、その温度依存性から年成長量を推定し、0.4~0.6 mm/年という結果を得ている。さらに Pb210 減衰法で β 線、 γ 線量を測定し、座間味島の標本から 1.22~1.14 mm/年、沖縄島東村の標本から 0.4~0.6 mm/年という計測結果を報告した。

Wörheide(1998)はインド洋—太平洋域のサンゴ礁から *Astrosclera willeyana* を採集し、この種の微細骨格構造、生物鉱化作用、安定同位体記録、分類、生物地理、および系統分類について詳細な検討を行っている。この中で宮古島下地島から採集された標本 (*Astrosclera willeyana*) を研究に用いて記述しているが、具体的に下地島での生息状況については触れていない。Wörheide は礁の基盤に形成された洞穴ないしトンネル状構造を、照度によって Zone 1~4 に区分し、照度 0.1 lux 以下の Zone 4 には主に *Acanthochaetetes wellsi* が、照度 2 lux までの Zone 3 には主に *Astrosclera willeyana* が分布し、両者の分布域は一部重なっていることを報告している。

伊勢(2005)は石垣島—西表島間の石西礁湖地域の黒島から採集された *Acanthochaetetes wellsi* を報告したが、詳細は明らかではない。さらに大森一人ほか

(2008)が、久米島東部の通称シチューガマと呼ばれるクレバス状の縁溝が点在する場所で、水深 20~25 m の狭い空隙に棲息していた *Acanthochaetetes wellsi* と *Astrosclera willeyana* を採集している。前者は生体部が黄色から薄褐色で、後者は濃い褐色であると報告している。Wörheide(1998)が報告したように、両種は礁縁の溝状構造に形成された空隙の壁面で共存していた可能性が高い。大森一人ほか(2008)は石灰質骨格の Mg/Ca 比や Sr/Ca 比を軟 X 線写真と比較し、これらの値が周期的な変動を繰り返すことを指摘し、微量分析を導入すれば 100 年スケールでの気候変動や海洋環境変動を解明することができると指摘している。

米須海岸における打上げ礫の分布状況

筆者らは従来から沖縄島南部の米須海岸で大量の hypercalcified demosponge の打ち上げ礫が見つかることに注目していた。著者の一人、関谷が 2006 年度琉球大学卒業論文として、米須海岸に打ち上げられた hypercalcified demosponge 骨格礫の分布調査を行い、さらに礁縁に発達した縁溝・縁脚部において潜水調査を行った。打ち上げ礫の分布調査結果を Fig. 2 に示す。米須海岸は幅 50 m、長さ約 2 km の砂—礫浜で、波打ち際から沖合に幅 150~400 m の水深の浅い礁原が発達する。

海綿の石灰質骨格の打ち上げ礫の分布調査は、海岸線 1150 m の範囲で 50 m 間隔の調査区域を設け、区域ごとに採集した礫の数を記録した。海綿の礫はイシサンゴの礫に比べて明らかに優白色で、よく円磨されている。その大きさは 1 cm 程度から最大長径 31 cm まで認められたが、握りこぶし大以下の 5 cm 程度のものが多い。また、礫の比重を計測したが、1.6~2.3 g/cm³ とややばらついた値を示した。これは打ち上げ礫に海綿の石灰質骨格が付着している基盤部分を含んでいるためや、骨格内部の空間の石化の違いを反映しているものと考えられる。

調査区域のうち西側に偏った区間で礫は集中して採集できた。最も多数採集した区域では 386 個を得ている。10 個に満たない区間は Fig. 2 には示していないが、調査区域内で総計 1360 個の hypercalcified demosponge の骨格礫を採集した。米須海岸は沖縄島南部に位置し、夏期は卓越風が吹きつける海岸で、特に台風襲来時などの暴風期には高い波が打ち寄せる地域である。従って、礁縁の沖合に潜在する海底洞穴や、縁溝に発達する光の届かないトンネル状水路に生息すると考えられるこれらの海綿は、暴風時の波浪によってはぎ取られ、浅い礁原を一気に浜まで運ばれ、打ち

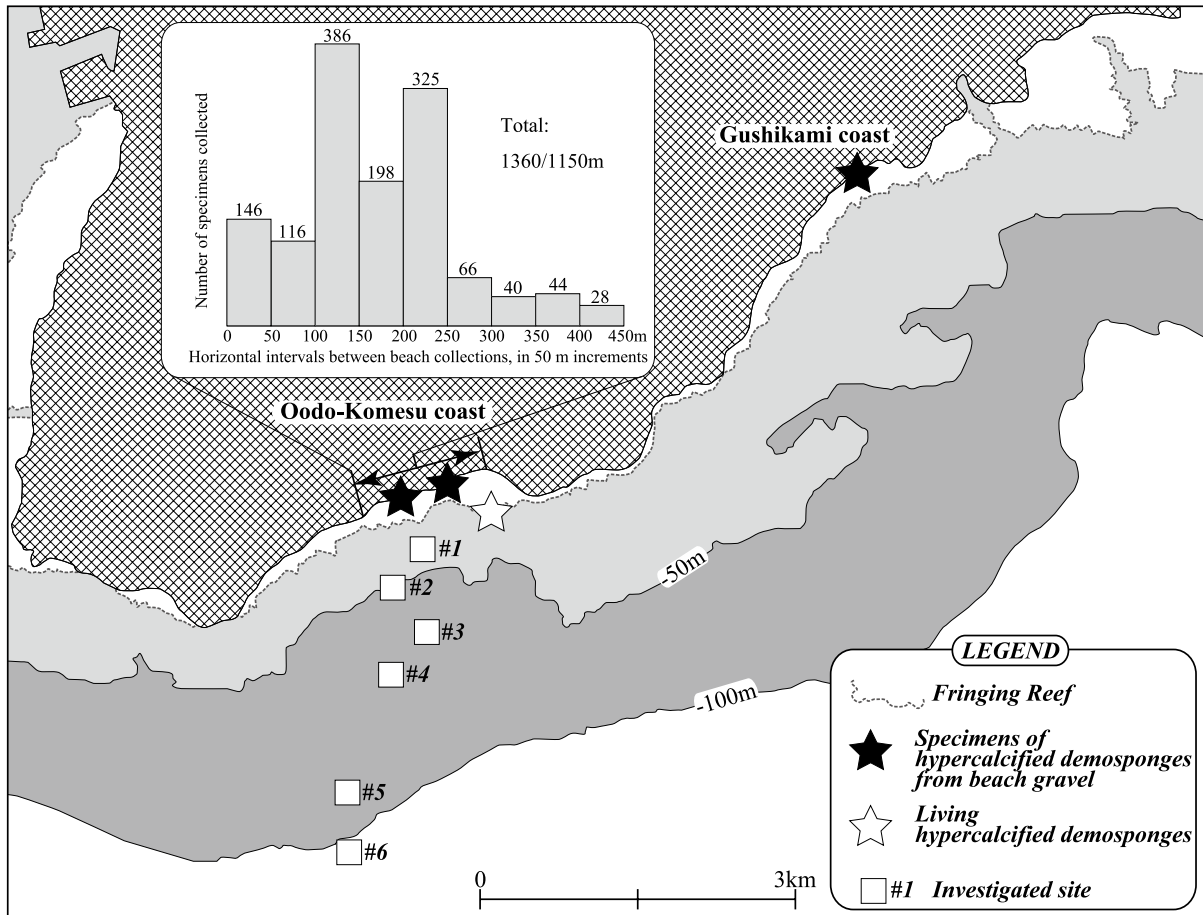


Fig. 2. Map showing the Oodo-Komesu coast, southern part of Okinawa Island, and the location of the sites investigated. Bar graph showing the distribution of gravels collected along the Komesu coast.

上げられるのではないかと予想された。

著者らは手分けして、沖縄島各所の礫浜における hypercalcified demosponge 骨格礫の分布状況を調査した。これまで山口 (1986) が主に宮古島や石垣島の打ち上げ礫の報告をしていたが、沖縄島にも打ち上げ礫の分布する浜が各所に点在することが明らかになった。これまで筆者らが礫を採集した地域を Fig. 1 に示す。今回新たに採集した地域は黒色星マークで示しており、北端の辺戸岬から東南側の海岸の各地や、北西側の水納島、読谷村渡慶次、南部では具志頭や百名などで骨格の礫を確認した。これらのことから、現生の hypercalcified demosponge は、沖縄島ほぼ全域の縁

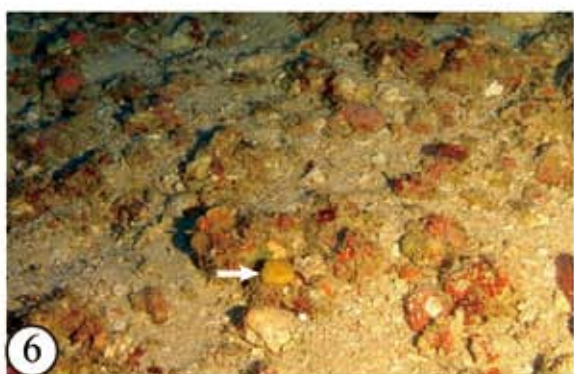
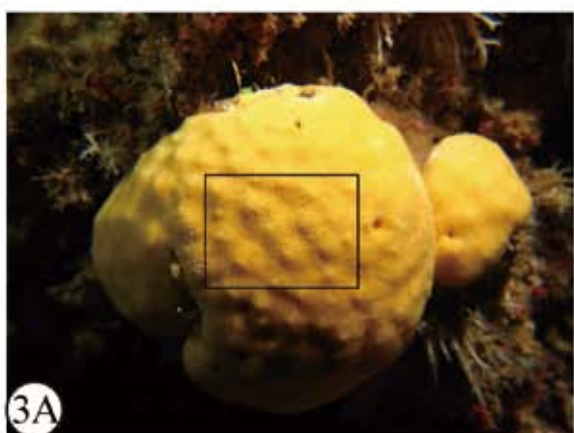
溝・縁脚が発達する礁斜面で生息している可能性が明らかになった。

米須—大渡海岸で明らかになった生息状況

1. 礁斜面浅海域での潜水調査

筆者らの一人関谷は、礫が最も集中していた区域の礁縁部分で、2005年に4回の潜水調査を実施した (Fig. 2, site #1)。調査した場所では、礁縁外側の礁斜面浅海域に水深 27 m 以上の深い縁溝・縁脚が発達している。そのうち潜水可能だった水深 7~27 m の縁溝部に形成された海底洞穴やオーバーハング部な

Fig. 3. In situ habitat of living hypercalcified demospogones. 1-4, within a submarine cave at site #1. 2, close-up of a cave wall; walls are mainly covered by red algae, and hypercalcified demospogones shown in bright yellow. 3A-B, *Acanthochaetetes wellsi*. 3B close up of the surface in the black square in 3A. Note the well developed mamelons and astrorhize. 4, spotted surface of a hypercalcified demosponge. 5, columnar coralline algal mounds on the sloping sandy sea floor at -65m. 6-7, rhodolitic coralline algae on the sloping sandy sea floor; white arrows are probably hypercalcified demospogones (6, -85m; 7, -100m). 2-4, photos by Keishin Hiranuma.



どでは、1 m²の範囲あたり10数個の hypercalcified demosponge が付着していることが明らかになった。洞穴内で hypercalcified demosponge が付着していたのは、天井部ないし側壁で、側方ないし下方に向かって成長し、その部分の照度は1~14 luxであった。4回の潜水で37個の現生 hypercalcified demosponge の標本試料を採集したが、珪質骨針については採集後に洗浄したことによって多くが失われてしまい、詳しい分類学的検討はできなかった。石灰質骨格には古生代の層孔虫化石に見られるものと極めて類似している乳頭状突起 (mamelon structure) や星状溝 (astrorhizae) が発達し、棲息時には濃い黄色をしていることが特徴的であった。石灰質骨格は茎の短いキノコ状を呈しており、茎の先端部分で壁面または天井部の固着基盤に付着しているため、強い波浪によって比較的簡単に破損する可能性がある。また、縁溝部の海底に堆積した砂礫中からも2、3の骨格を採集した。

その後筆者の一人杵山は、2010年3月にダイバーの協力を得て米須海岸東端の大渡海岸で潜水調査を行った。大渡海岸は礁縁が発達し、浅礁湖、礁原、礁嶺が発達する。浅礁湖の西側寄りに人工的に水路が作られており、その沖合側に縁溝・縁脚が発達している。縁溝部では水深7~22 mの範囲に、水中ブリッジ状の構造やトンネル状水路、奥が行き止まりになる海底洞穴など、変化に富んだ海底地形が発達している (Fig. 3.1)。ほぼ垂直の縁溝壁面や、ややオーバーハングした光の届く範囲には、hypercalcified demosponge は全く付着していない。しかし、縁溝の壁面から水平方向に開口したトンネル状構造の数m奥で、日光が届かなくなる壁面や凹凸に富んだ天井部には、多数の海綿類が付着していることが明らかになった (Fig. 3.2)。これまで正確には計測していないが、1 m²に30個体以上の大小さまざまなサイズの hypercalcified demosponge が付着していた。中でも5 cmを超える大型のものは、半球状の表面に密に乳頭状突起と星状溝が発達していることが目視で確認できる (Fig. 3.3a-b)。光の届かない海底では、これらの海綿は水中ライトの光を当てると表面は鮮やかな黄色である (Fig. 3.2-3)。また、一部には赤茶色、または黄色と赤茶色のまだら模様の色合いのものが見られた (Fig. 3.4)。これらは大森一人ほか (2008) が宮古島で採集した標本について報告したように、*Acanthochaetetes wellsi* と *Astrosclera willeyana* の2種類である可能性もあるが、現在のところ未確認である。

先端が閉じた海底洞穴では、入り口付近の流れのある場所に1 cm程度の大きさの小型のものが付着していたが、堆積物が底に堆積している洞穴奥部にはほとんど付着していない。海綿動物は濾過食者であるため、

生息するには水流がある場所が好適と考えられるが、縁溝に開口するトンネル状水路は、暴風時には激しい波浪に曝される場所でもある。従って、このような場所へ付着した個体は、浜への打ち上げ礫となる確率も極めて高いと考えられ、比較的小型の個体しか付着していない可能性がある。

大渡海岸での潜水調査で2個体を採集した。いずれも表面色は黄色の個体で、洗浄せずに室内に持ち帰り、乾燥した時点で簡易電子顕微鏡による骨針の観察を行った (Fig. 4)。石灰質骨格の表面には壁で境されたハチノス状の calicle が密に発達し、ほぼ1 cmごとに流出溝である星状溝が発達している (Fig. 4.1-2)。その表面を拡大すると、calicle を囲む外壁部分の表面に多数の刺状微小骨針 (diplasters; Fig. 4.3) と、壁面沿い、ないし壁を貫く針状骨針 (tylostyles) が観察された。特に後者の骨針は一端が丸い特徴があり (Fig. 4.4)、これらの珪質骨針の形態的特徴から採集した試料が *Acanthochaetetes wellsi* であることが明らかになった。石灰質骨格の表面より奥部では、calicle の壁面から石灰質の刺 (spines) がほぼ水平に発達しており、さらに水平な床板 (horizontal tabulae) が形成されている。これらの特徴は、打ち上げ礫として採集した hypercalcified demosponge の石灰質骨格部の形態と、極めてよく一致した。また、石炭紀の化石ケートテス類 (*Chaetetes* sp.) とも極めて類似している。

2. 島棚での海底調査

米須海岸での潜水調査では水深27 m付近までしか確認できないため、さらに沖合の礁斜面基底部から島棚斜面まで、遠隔操縦の水中カメラロボットによる調査を行った (Nagai et al., 2007)。調査は小型船舶を用いて米須海岸の沖に南南西方向に5か所 (Fig. 2, site #2~6) で行った。得られた結果を海底地形断面図 (Fig. 5) に示す。なお、水深40 mの礁斜面下部である site #2では、プロダイバーによる直接潜水調査を行った。

水深40 m付近の礁斜面はまだ光が届く範囲で、イシサンゴ類が斜面を覆っていた。既に死滅したイシサンゴのテーブル状骨格の下面で、ごく稀にオレンジ色の海綿が下方に向かって付着していることが確認できた。しかし海底表面では hypercalcified demosponge 類は全く見つからなかった。

水深60 m付近から (site #3) 海底地形が大きく変化し、島棚斜面が緩く沖合に向かって傾斜している。海底には粗粒の砂礫質堆積物がうねりの大きいリップルを形成している。さらにその沖合で水深65 m付近では、円筒状に立ちあがったサンゴ藻による石灰マウンドが砂質の海底に点在していることが明らか

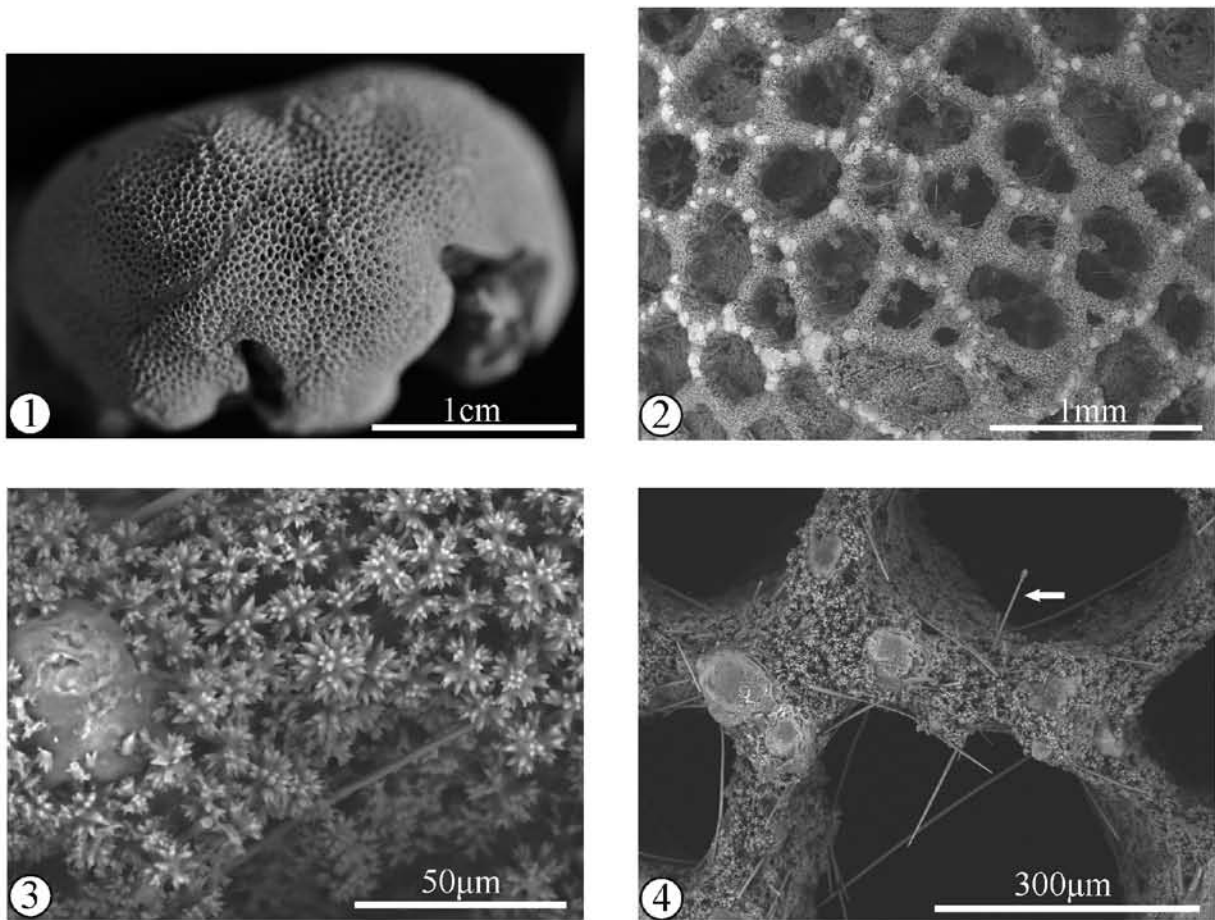


Fig. 4. Calcareous basal skelton and spicules of *Acanthochaetetes wellsi*. 1, top surface of calcareous basal skelton showing astrorhizae. 2, SEM photo of the surface of calcareous basal skelton. 3, SEM photo of the dipraster microscleres. 4, SEM photo of the tylostyle megasclere (white arrow).

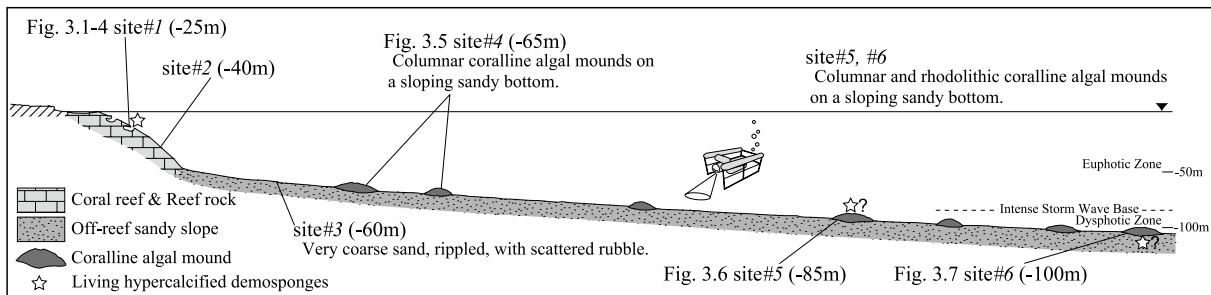


Fig. 5. Schematic cross section of Oodo-Komesu coast from sea level to a depth of 100m showing the conditions of the sea floor, and distribution of living hypercalcified demosponges (including probably specimens at -85 and -100 m).

になった (Fig. 3.5). この付近でも海底には光は届いているが、マウンドの構築者が紅藻類であることから、強光性帯 (euphotic zone) より深い場所であるとみなせる。しかし、浅海の洞穴部で見られるような hypercalcified demosponge は、発見できなかった。

さらに沖合の水深 85 m の site #5 では、砂質海底

に多数のサンゴ藻による石灰藻球 (rhodolites) が分布している様子が観察できた (Fig. 3.6). 転動によって形成された石灰藻球の発達から、この付近がおそらく暴風時の波浪限界に近い水深と考えられる。さらに沖合の水深 100 m の site #6 付近まで、石灰藻球の周辺部に黄色から褐色の半球状で hypercalcified

demosponge 類らしいものが複数個観察できた (Fig. 3.6-7). この付近は弱光性帯 (disphotic zone) に相当し, 大型の堆積粒子などを付着基盤として, 上方に向かってドーム状に成長する hypercalcified demosponge が生息している可能性が考えられる. ジャマイカ沖の深い礁斜面から採集された直径 1 m 近いマウンド状の *Ceratoporella nicholsoni* など (Hartman and Goreau, 1970; 1972) は, 光の届かない海底で上方に向かって成長していたものと考えられる. 沖縄近海でも光の届かない水深の島棚上では, 海底から上方にマウンド状に成長する hypercalcified demosponge 類が, 生息している可能性も期待できることが明らかになった.

今後の課題

沖縄島南部の米須海岸で打ち上げ礫の分布調査, 礁縁浅海部での潜水調査によって, 石灰質骨格を持ついわゆる hypercalcified demosponge と呼ばれている生きた化石, *Acanthochaetetes wellsi* が, 海底洞穴や, 縁溝に発達したトンネル状構造部分の, 光の届かない側面から天井部にかけて多数生息していることが明らかになった. これまで主に琉球列島南部の宮古島や石垣島などで, 生息情報や打ち上げ礫の報告がなされてきたが, 沖縄島でも光の届かない空間構造を提供する海底地形が整っておれば, これらの海綿類は普通に生息していることが明らかになった.

今後の課題としては, 生息場所の詳しい環境条件 (水深, 水温, 水流の強さ, 照度など) や, 生息密度などの生態学的な情報収集が必要である. また, *Acanthochaetetes wellsi* と *Astrosclera willeyana* の 2 種類が共存している可能性があり, 両者の海底での分布や, 珪質骨針や石灰質骨格の形態的な違いなどを詳しく検討する必要がある. 生きた状態での採集が可能なので, 遺伝情報の解析など生化学的分類研究も可能である. 更にこれらの海綿類の地理的な分布についても明らかにする必要がある. 今のところ沖縄島北端の辺戸岬までは確認しているが, 奄美海域などでの生息状況を調べることが必要である.

また島棚での調査に使用した遠隔操縦の水中カメラには, 試料採集のための器具は備わっていなかった. 従って水深 85 ~ 100 m 付近のドーム状に上方に成長していると考えられる海綿類を, 装置を工夫して採集し, その分類学的検討を行う必要がある.

今回沖縄島において, 生きた化石 *Acanthochaetetes* の分布と生息状況が初めて明らかになった. その生態学的及び分類学的検討が進むことによって, 最近注目されている過去の環境情報を読み取るための指標 (プロキシ) として用いる上で, その読み取り精度がさ

らに高められるものと期待される.

謝 辞

潜水調査や水中カメラ調査において, 芙蓉海洋開発 (株) 沖縄支店の皆さんに大変お世話になった. また大渡海岸での潜水調査では, サザンリーフ沖縄代表平沼啓伸氏に常にサポートしていただき, 同氏が撮影した水中カメラの写真を快く提供していただいた. 野外調査にあたっては琉球大学農学部の黒田登美雄教授に便宜を図っていただいた. 福岡大学理学部の横張文男教授には原稿の査読をしていただき, 有益な討論と助言をいただいた. 以上の方々に衷心からお礼申し上げます.

文 献

- Böhm, F., Joachimski, M. M., Dullo, W.-C., Eisenhauer, A., Lehnert, H., Reitner, J. and Wörheide, G., 2000, Oxygen isotope fractionation in marine aragonite of coralline sponges. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **64**, 1695-1703.
- Finks, R. M. and Rigby, K. J., 2004, Hypercalcified sponges. In Kaesler, R. L. ed., *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part E (Revised), Porifera, vol. 3*, Geol. Soc. America and The University of Kansas. Boulder and Lawrence, 585-764.
- Hartman, W. D. and Goreau, T. F., 1970, Jamaican coralline sponges: Their morphology, ecology and fossil relatives. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, **25**, 205-243.
- Hartman, W. D. and Goreau, T. F., 1972, *Ceratoporella* (Porifera: Sclerospongiae) and the chaetetid "coral". *Transact Connecticut Acad. Sci.*, **44**, 131-148.
- Hill, D., 1981, Rugosa and Tabulata. In Moore, R. C., Robinson, R. A., Teichert, C., Ashlock, V., Keim, J. D., McCormick, L. and Williams, R. B., eds., *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F, Coelenterata, Supplement 1*, Geol. Soc. America, Boulder, 1-762.
- Hooper, J. N. A. and Van Soest, R. W. N., eds., 2002, *Systema Porifera: A guide to the classification of sponges*. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, (2 vols), 1708pp.
- 伊勢優史, 2005, 海綿動物の分類学研究の現状: 第 1 部「海綿動物について」. タクサ, **18**, 3-4.

- Lazareth, C. E., Willenz, P., Navez, J., Keppens, E., Dehairs, D. and Andre, L., 2000, Sclerosponges as a new potential recorder of environmental changes; lead in *Ceratoporella nicholsoni*. *Geology*, **28** (6), 515-518.
- Mori, K., 1976, A New Recent Sclerosponge from Ngargol, Palau Islands and Its Fossil Relatives. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser.*, **46** (1), 1-9.
- Mori, K., 1977, A Calcitic Sclerosponge from the Ishigaki-shima Coast, Ryukyu Islands, Japan. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser.*, **47** (1), 1-5.
- 森 啓, 1994, 生きている化石硬骨海綿およびその関連グループの研究の現状. *化石*, **57**, 21-23.
- Nagai, K., 1985, Reef-forming algal Chaetetid boundstone found in the Akiyoshi limestone Group, southwest Japan: (Reconstruction of the "Akiyoshi Organic Reef"—I). *Bull. Akiyoshi-dai Mus. Nat. Hist.*, **20**, 1-15.
- Nagai, K., West, R. R., Sugiyama, T. and Sekiya, M., 2007, Living and Pleistocene chaetetid sponges from Okinawa, southwest Japan. *X International congress on fossil Cnidaria and Porifera, St. Petersburg, Russia, Abstracts*, p.66.
- 小川数也, 1992, 幻の琉球列島産硬骨カイメンついに発見. *南紀生物*, **34** (2), 102.
- 小川和也・横地洋之・松崎加奈恵, 1993, 西表島網取湾において発見された硬骨カイメンの種類とその生態. *南紀生物*, **35** (1), 33-38.
- 大森一人・渡邊 剛・白井厚太郎・管 治伸, 2008, 太平洋に生息する硬骨海綿の微量構造および微量元素変動. *月刊地球*, **30** (7), 322-329.
- 大森 保・玉城祐一・信島賢誌・伊良波幸彦, 1998, 生物硬組織 (サンゴ・硬骨海綿) への鉛イオンの取り込み. *月刊地球*, **20** (4), 202-208.
- Reitner, J. and Engeser, T. S., 1987, Skeletal structures and habitats of Recent and fossil *Acanthochaetetes* (subclass Tetractinomorpha, Demospongiae, Porifera). *Coral Reefs*, **6**, 13-18.
- Sugiyama, T. and Nagai, K., 1994, Reef facies and paleoecology of reef-building corals in the lower part of the Akiyoshi limestone Group (Carboniferous), Southwest Japan. *Cour. Foesch.-Inst. Senckenberg*, **172**, 231-240.
- West, R. R. and Clark, G. R., 1984, Palaeobiology and biological affinities of Paleozoic chaetetids. *Palaontographica Americana*, **54**, 337-348.
- West, R. R., Nagai, K. and Sugiyama T., 2001, Chaetetid substrates in the Akiyoshi Organic Reef Complex, Akiyoshi-dai, Japan. *Bull. Tohoku Univ. Museum*, **1**, 134-143.
- Wörheide, G., 1998, The Reef Cave Dwelling Ultraconservative Coralline Demosponge *Astrosclera willeyana* Lister 1990 from the Indo-Pacific. Micromorphology, Ultrastructure, Biocalcification, Isotope Record, Taxonomy, Biogeography, Phylogeny. *Facies*, **38**, 1-88.
- 山口正士, 1986, サンゴ礁のカイメン類4 硬骨カイメン類. *海洋と生物*, **46**, 330-335.

